

ماهر نادر الخولي

skillmaher@yahoo.com

سلسلة المنشآت البتونية المسلحة

ملحوظة: الكتاب محمي بحقوق النشر وهو مخصص للقائمه الأصدقاء ويرجى عدم نشره أو توزيعه مهما كان السبب لأن ذلك حرام شرعا

خزانات المياه العالية والارضية

د. م. محمد سليمان تادفج
استاذ الانشاءات في كلية الهندسة المدنية
بجامعة حلب

الوكيل المصمم
الادارة الجامعية - حلب هـ ٢٤٤٢٣٠

ماهر نادر الخولي

skillmaher@yahoo.com

مكتبة المهندس المدني

ملحوظة: الكتاب محمي بحقوق النشر وهو مخصص لفائدة الأصدقاء ويرجى عدم نشره أو توزيعه مهما كان السبب لأن ذلك حرام شرعا

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف

الطبعة الثانية

١٩٩٢

دار الغدير للطباعة والنشر والتوزيع
سورية - سلمية - شارع محصب
هاتف ٤٢٦٠٨ - ص ب ٣١

ملحوظة: الكتاب محمي بحقوق النشر وهو مخصص لفائدة الأصدقاء ويرجى عدم نشره أو توزيعه مهما كان السبب لأن ذلك حرام شرعا

المقدمة :

تحتل المنشآت المائية من البيتون المسلح لدى المهندس المصمم الانشائي والمائي اهتماما كبيرا لضرورتها ولزومها في المشاريع المدنية المائية فالتطور الذي تشهده المنطقة العربية ، والزيادة المضطردة في المشاريع السكنية والاقتصادية جعل من الخزانات المائية العالية والأرضية منشآت ضرورية وكثيرة اذ لا بد من تشييدها لتأمين الماء العذب للمواطن فـ في المدنية والريف . فاذا كانت المنشآت العادية من البيتون المسلح أمينة واقتصادية وتصمم ابعادها ومقاطعها بشكل يضمن مقاومتها وديمومتها فان تصميم منشآت الخزانات المائية البيتونية المسلحة لا بد له من الاخذ بعين الاعتبار ، اضافة للمقاومة المطلوبة ، تأمين الكتامة اللازمة .

يتضمن الفصل الأول من الكتاب المؤثرات المعتبرة في دراسة الخزانات كالمحولات والحرارة والتقلص والسيلان والمؤثرات المناخية والهزة الأرضية ، كما يتضمن الفصل الأول موضوع تصنيف الخزانات ،

أما الفصل الثاني فيبحث في تكنولوجيا الخزانات والعناصر المكونة لها والتغطيات الداخلية والخارجية والفواصل ،

خصص الفصل الثالث للاسس الانشائية المعتمدة في تصميم الخزانات ، الاجهادات المسموحة في البيتون والفولاذ وطرق تصميم المقاطع العرضية في الشد والانعطاف والانعطاف المركب وغيرها .

أما الفصل الرابع فقد خصص لدراسة وتصميم جدران الخزانات الدائرية آخذا بالاعتبار أنواع الاستنادات المختلفة مع شرح بعض الطرق الحسابية المعتمدة في الأنظمة العالمية .

يبحث الفصل الخامس في طرق تصميم وما يمكن أن تكون هذه الأغشية والأرضيات قشريات دورانية مختلفة الأنواع والأشكال (جسور حلقيه) ،

وردت دراسة وتصميم الخزانات المستطيلة في الفصل السادس وشرحت أساس التصميم للخزانات العميقة وغير العميقة ، كما احتوى هذا الفصل على دراسة البلاطات المحملة بحمولات موزعة بانتظام أو حمولات مثلثية ، ونظرا للاستعمال الكثير للجيزان الجدارية (الأحجية) في الخزانات المائية ، فقد خصص لها فصل مستقل هو الفصل السابع وقد درست الجيزان الجدارية ذات الفتحة الواحدة وكثيرة الفتحات ،

بحث الفصل الثامن في أرضيات الخزانات المائية المستندة على الأرض وطرق تصميمها وذلك بتحديد مخططات ردود الأفعال من التربة وبالتالي مخططات الجهود المطبقة عليها ،

أما الفصل التاسع وهو الفصل الأخير فقد درست العناصر الحاملة للخزانات العالية المستطيلة منها أو الدائرية من أعمدة واسطوانات وشيخات وبحث أيضا في طرق تصميم الأساسات المختلفة للخزانات العالية ، لاندي الكمال في عملنا هذا بل نتقدم سلفا بجزيل الشكر والامتنان لكل من يتقدم لنا بملاحظاته لتطوير هذا الكتاب واغنائه ، يحدون الأمل في تقديم عمل نافع .

أملنا أن يكون هذا الكتاب مفيدا لأخوتي المهندسين والطلبة والمهتمين وأن يجدوا فيه مرجعا معينا في دراسة وتصميم خزانات المياه من البيوت المسلح ، راجيا لهم النجاح ، والله الموفق .

المؤلف

محمد سليمان تادفي

ملحوظة: الكتاب محمي بحقوق النشر وهو مخصص لفائدة الأصدقاء ويرجى عدم نشره أو توزيعه مهما كان السبب لأن ذلك حرام شرعا

١ - ١ تعاريف :

الـ
-
عمـ

الخزانات البيتونية المسلحة هي منشآت هندسية تستخدم لتخزين المواد المختلفة ومنها المواد السائلة كمياء الشرب والمياه المالحة والصناعية أو الزيوت والكحول والنفط وغيرها .
تكون هذه الخزانات موضوعة على سطح الارض أو مغمورة جزئيا فسي التربة أو مغمورة كلياً فيها أو قد تكون عالية عن سطح الارض كالخزانات العالية . أو تكون فوق أسطح الابنية .

١ - ٢ اختيار شكل الخزان في المسقط الافقي :

ان أشكال الخزانات في المسقط الافقي مختلفة ، وعادة ماتكيسون الخزانات الصغيرة مربعة أو مستطيلة الشكل ، كما أن الخزانات الدائرية وخاصة الكبيرة منها كثيرة الاستعمال وخاصة لكلفتها العامة القليلة ويعود ذلك للسببين التاليين :

١ - من أجل حجم V ومساحة القاعدة S معطيين ، فان الخزان الذي محيطه اصغري هو الذي تكون كلفته اصغرية ايضاً .

- ففي حالة خزان مربع الشكل ، محيطه يساوي P :

$$P = 4\sqrt{S}$$

- وفي حالة خزان دائري مساحته S ايضاً يكون محيطه :

$$P' = \sqrt{4\pi S} = 3,57\sqrt{S}$$

- وفي حالة خزان مستطيل الشكل ، ابعاده : $a \times b = S$ بحيث

$$\frac{b}{a} = K \geq 1$$

$$P'' = \frac{2(K+1)\sqrt{K}}{K} \cdot \sqrt{S} = \gamma\sqrt{S}$$

ونجد أنه من أجل قيم K مايقابلها من γ وفق مايلي :

K = 1	2	3	4
$\gamma = 4$	4,23	4,61	5,00

• ويبدو أن المحيط الاصغري يخص الشكل الدائري

ب - من المعروف أن المقاطع الدائرية الحلقية والتي تعاني من تأثير ضغط منتظم على كامل المحيط لاتولد سوى جهدا ناظميا في المقاطع العرضية يساوي:

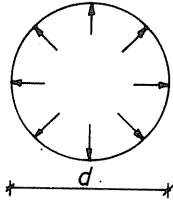
$$F = p \frac{d}{2}$$

وباعتبار أن :

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = 1,13\sqrt{S}$$

فسيكون :

$$F = 0.565p\sqrt{S}$$



بينما في المقاطع المربعة للخزانات التي

طول ضلعها يساوي : $a = \sqrt{S}$ ، فان

الجهد الناظمي في المقطع يساوي :

$$F = \frac{pa}{2} = \frac{p\sqrt{S}}{2} = 0,5p\sqrt{S}$$

ويبدو أن الجهد الناظمي في حالسنة

الخزانات المربعة اصغر بشيء قليل

عما هو في الخزانات الدائرية ، الا أن

الجدران في الخزانات المربعة تتحمل

عزم انعطاف يساوي :

$$M = \frac{pa^2}{12} = \frac{pS}{12}$$

الشكل رقم (١ - ١)

والذي يتطلب كمية اكبر من البيتون والتسليح لتغطية هذا العزم الكبير •

١ - ٣ المؤثرات المعتبرة في دراسة الخزانات :

تخضع الخزانات للمؤثرات التالية :

- الوزن الذاتي للخزان وملحقاته .
- حمولة أو وزن السائل المحتوي فيه .
- الحمولات المختلفة للاستثمار .
- تغيرات الحرارة .
- اشر التقلص .
- السيلان (الزحف) .
- المؤثرات المناخية من رياح وثلج .
- الهزة الارضية .

١ - ٣ - ١ الوزن الذاتي :

يؤخذ الوزن الذاتي للبيتون المسلح مساويا ٢٥٠٠ كغ/م^٣ وللبيتون العادي

٢٤٠٠ كغ/م^٣ وللمونة الاسمنتية ٢٠٠٠ كغ/م^٣ ولبلاط الموزاييك ٢٤٠٠ كغ / م^٣

وللسيراميك ٢٥٠٠ كغ/م^٣ .

١ - ٣ - ٢ حمولة أو اوزان السوائل :

نبين فيما يلي بعض اوزان السوائل النوعية :

١٠٣٠ كغ/م ^٣	الحليب	١٠٠٠ كغ/م ^٣	مياه الشرب
= ١٠٦٠	حمض الخل	= ١٠٢٥	مياه البحر
= ١٨٣٥	حمض الكبريت	= ١٠٧٥	مياه مالحة (مجري)
= ٩٠٠	الامونيا	= ٧٥٥	النفط
= ٨٢٥	الكحول	= ٧٠٣	الغازولين
= ٨٩٠~٨٠٠	البنزين	= ١٢٠٠	القطران

١ - ٣ - ٣ حملات الاستثمار :

يمكن اعتبار الحملات الاضافية التالية للاستثمار :

حمولة الادراج : ١٥٠ كغ/لدرجة الواحدة أو

٤٥٠ كغ/٢م

صالات التحكم وغيرها ٢٥٠ كغ / ٢

صالات وممرات فوق

المنشآت المائية : ٤٠٠ كغ/٢م

١ - ٣ - ٤ أثر تغيرات الحرارة والتقلص :

يؤثر تغيرات الحرارة والتقلص على المنشآت المائية والخزانات كما هو الحال في بقية المنشآت والابنية ، خاصة عندما تكون الخزانات مرتفعة عن الارض . ان أثر التغير الحراري والتقلص هو مهمل في مثل هذه الحالات خاصة وعندما تكون مليئة بالسوائل فان التقلص ينعدم ، وبالعكس ينشأ بعض الانتفاخ الذي يقلل من اجهادات الشد في البيتون .

١ - ٣ - ٥ أثر السيلان (الزحف) :

يؤثر السيلان خاصة في العناصر المضغوطة بشكل دائم أو شبه دائم والاجهادات المتولدة منه ليست مرتفعة ، لذلك يفضل اخذه بعين الاعتبار في حسابات العناصر الحاملة للخزانات العالية وخاصة في الاعمدة ذات النحافة القليلة . كما أن السيلان يخفف من قيمة عامل المرونة E وبالتالي يجب أخذ ذلك في حسابات تحنيب هذه الاعمدة .

١ - ٣ - ٦ المؤثرات المناخية ، الرياح والثلج :

٦ - الرياح : لايعتبر أثر حمولة الرياح الا في الخزانات العالية وبالتالي

يهمل في الخزانات الارضية غير المرتفعة . ويمكن تطبيق ماورد

في المادة ٥ - ٤ - ١ من الكود العربي في حساب دفع الرياح الافقي

وتحويل ضغط الرياح الديناميكي الى ضغط ستاتيكي موزع بانتظام في

المنشآت (الخزانات العالية) التي لا يزيد ارتفاعها عن أربعة أضعاف الضلع الصغير لسطحها والذي يساوي :

$$W_i = 1,2 K_h \cdot K_s \cdot W_d \quad W_i = 1,2 * K_h * K_s * W_d$$

حيث :

W_i - الضغط الستاتيكي الموزع بانتظام $2م$ كغ/ على الواجهة المعرضة للرياح .

K_h - معامل علو المنشأ بالنسبة لمستوي الارض .

K_s - معامل الموقع بالنسبة لحماية المنشأ من فعل الرياح أو من تعرضه لها .

W_d - الضغط الديناميكي للرياح والناجم من سرعتها $2م$ كغ/

تحسب K_h من العلاقة :

$$K_h = 2,5 \left(1 - \frac{42}{h + 60} \right)$$

وتؤخذ K_h مساوية للواحد بالنسبة للاجزاء التي يقل ارتفاعها عن سطح الارض عن عشرة امتار .

ويؤخذ معامل الموقع K_s من الجدول التالي :

الموقع المتعرض للعواصف : (شواطئ البحار، رؤوس التلال، الجزر) $\frac{K_s}{1,30}$

الموقع العادي متوسط التصرف : (السهول) $1,00$

الموقع المحمي من العواصف بالتلال أو بالعناصر الثابتة الأخرى : $0,80$

يحسب الضغط الديناميكي للرياح عند اصطدامها بحاجز عمودي على اتجاهها من العلاقة :

$$W_d = \frac{V^2}{16}$$

حيث تعطي V سرعة الرياح بالمتري في الثانية و W_d بالكغ/ $2م$.

ويمكن الدلالة على قيم سرعة الرياح وفق تصنيف المناطق وشسيدة

الرياح فيها وفق الجدول رقم (1 - 1) التالي :

الجدول رقم (١ - ١)

تقسيم المناطق تبعا لسرعة العواصف

المنطقة	درجة	سرعة الريح		الضغط الديناميكي كغ/م ^٢
		كم/ساعة	متر/ثانية	
الاولى	قوية جدا	١٧٥	٤٨٦	١٤٨
الثانية	قوية	١٥٠	٤١٦	١٠٨
الثالثة	معتدلة	١٢٥	٣٤٧	٧٥
الرابعة	ضعيفة	١٠٠	٢٧٨	٤٨

في المنشآت ذات المقطع الدائري والمعرضة للرياح يمكن تخفيض شدة ضغط

الرياح بضربها بعامل يساوي $\frac{1}{3}$.

ب- الثلج : ان احمال الثلج قليلة نسبة لاحمال الاخرى ولاتطبق الا على
سطوح الخزانات الافقية أو المائلة ، ويمكن العودة الى تعليمات

الكود العربي المادة رقم (٥ - ٤ - ٢) لتقدير احمالها .

١ - ٣ - ٧ الهزة الارضية :

ان تعليمات الكود العربي في تقييم احمال الزلازل تخص الابنية العادية
والمؤلفة من طوابق متساوية الارتفاع ، وبالتالي لايمكن تطبيقها في المنشآت
الخاصة كالخزانات العالية ، لذلك وبالرجوع الى بعض الانظمة الاخرى التي تحدد
احمال الزلازل للمنشآت الخاصة نجد أن الجهود المتولدة من احمال الزلازل كبيرة
جدا بالمقارنة مع احمال الرياح والتي لايمكن مقاومتها أو الحساب على اساسها
لذلك نبين باختصار ماتعطيه تعليمات الكود الفرنسي في حساب احمال الزلازل

والتي هي :

$$F = 2\alpha P$$

الجهد الافقي :

حيث :

$$\alpha = 0,7 \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3$$

ومن أجل الخزانات يكون : $\alpha_1 = \alpha + 0,02(h - 10)$
 باعتبار أن α تساوي : 0,05 في المنطقة (I) ضعيفة الهزة الأرضية
 = = متوسطة (II) في المنطقة (II)
 = = شديدة (III) في المنطقة (III)
 و h - ارتفاع الخزان الكلي عن سطح الأرض بالامتار .

• قيمة وسطية $\alpha_2 = 1$

• قيمة وسطية $\alpha_3 = 1,25$

الجهد الشاقولي : $F = \pm 4\alpha P$

وتؤخذ α_1 في حساب الجهد الشاقولي مساوية لـ : 0,05 ~ 0,15 فقط وذلك حسب نوع المنطقة كما مرّ سابقا .

لنحسب أثر دفع الرياح والهزة الأرضية للخزان المبين في الشكل ، ارتفاع قعره (10 m) ، الحلة مكعبة الشكل ضلعها بطول (5 m) سعتيه (100 m³) من الماء ، وزن الحلة الكلي 150 t محمولة على أعمدة مع شيناجات افقية .

ضغط الرياح : $W_i = 1,3 K_h \cdot K_s \cdot W_d$

إذا اعتبرنا : $K_h = 2,5 \left(1 - \frac{42}{15 + 60}\right) = 1,1$

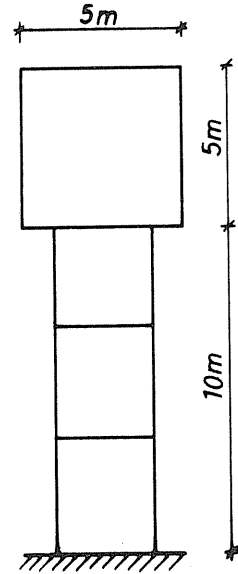
$K_s = 1$

$W_d = 108 \text{ kg/m}^2$

يكون : $W_i = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 108 = 145,5 \text{ kg/m}^2$

ومنه ضغط الرياح الستاتيكي :

$F = 145,5 \cdot 5 \cdot 5 = 3862,5 \text{ kg} = 3,86 \text{ t}$



الشكل رقم (١ - ٢)

الهزة الارضية : منطقة متوسطة الهزة .

$$\alpha_1 = 0,10 + 0,02(H - 10) = 0,20 ;$$

$$\alpha = 0,7 \cdot 0,20 \cdot 1 \cdot 1,25 = 0,175 ;$$

$$F = 2\alpha P = 2 \cdot 0,175 \cdot 150 = 52,5 \text{ t}$$

$$F' = \pm 4\alpha P = \pm 4 \cdot 0,175 \cdot 150 = 52,5 \text{ t}$$

ويبدو واضحا من هذا المثال أن اثر الهزة الارضية كبير جدا نسبة لدفع الرياح وبالتالي يتعذر اخذه بعين الاعتبار في الحسابات الانشائية للخزانات العالية للهدر الكبير في المواد والكلفة ، لذلك تعتبر هذه الخزانات عادة غير مقاومة للهزات الارضية الكبيرة .

١ = ٤ تصنيف الخزانات :

يمكن تصنيف الخزانات وفق مايلي :

آ - وضع الخزان نسبة للارض :

- خزانات تستند مباشرة على سطح الارض كما يبينه الشكل رقم (١ - ٣) .

- خزانات تستند على اعمدة قصيرة نسبيا كما في حالة المشابح ، الشكل

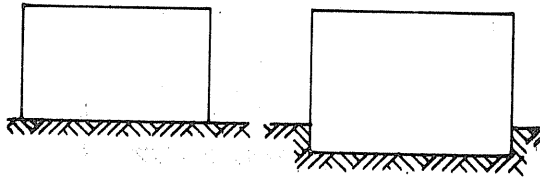
رقم (١ - ٤) .

- خزانات عالية تستند على اعمدة عالية تربطها في مناسيب مختلفة

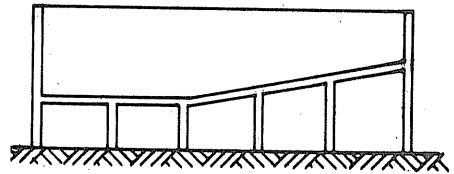
روابط أو شيناجات افقية أو تستند على اسطوانات أو جذوع مخاريط

أو غيرها ، الشكل رقم (١ - ٥) .

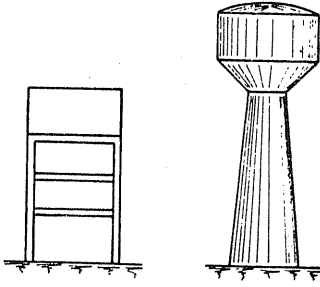
- خزانات توضع على سطوح الابنية ، الشكل رقم (١ - ٦) .



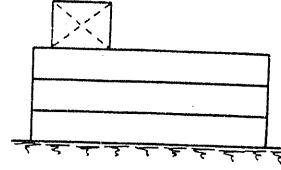
الشكل رقم (١ - ٣)



الشكل رقم (١ - ٤)



الشكل رقم (٥ - ١)



الشكل رقم (٦ - ١)

ب - شكل الخزان :

- خزانات مربعة .
- خزانات مستطيلة .
- خزانات اسطوانية .
- خزانات ذات اشكال مختلفة .

ج - التغطية :

- خزانات مفتوحة .
- خزانات مغطاة

د - التوضع والتجميع :

- خزانات بسيطة ، الشكل رقم (٧ - ١)

- خزانات مضاعفة ، الشكل رقم (٨ - ١)

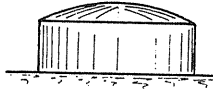
- خزانات متطبقة فوق بعضها ، الشكل رقم (٩ - ١)

هـ - الاستعمال :
- خزانات مضاعفة ومتطبقة فوق بعضها ، الشكل رقم (١٠ - ١) .

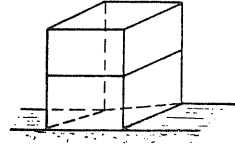
- خزانات تجميع مياه أو سوائل مختلفة (احماض ، نפט ، زيوت ، وغيرها . .)

- احواض معالجة مياه .

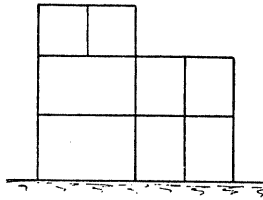
- احواض سياحة .



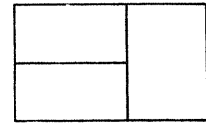
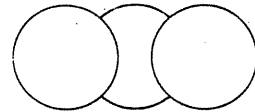
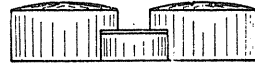
الشكل رقم (٧ - ١)



الشكل رقم (٨ - ١)



الشكل رقم (٩ - ١)



الشكل رقم (١٠ - ١)

الفصل الثاني

تكنولوجيا الخزانات

نبحث في هذا الفصل العناصر المكونة للخزانات بمختلف أنواعها وطرق

العزل والتغطيات .

٢ - ١ العناصر الرئيسية للخزانات :

نبين باختبار بعض مواصفات العناصر الرئيسية المكونة للخزانات بمختلف

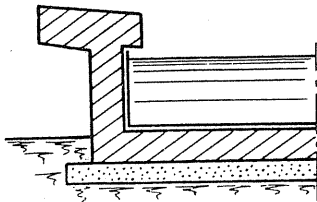
أنواعها من احواض وخزانات وخزانات كبيرة .

٢-١-١ احواض صغيرة تستند على الارض مباشرة :

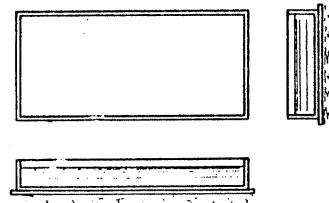
يكون ارتفاع الماء في هذه الاحواض متراوحا بين ٣٠ و ٦٠ سم ويتألف من ارضية بيتونية مسلحة تتراوح سماكتها من ٧ - ١٠ سم تفضلها عن التربة طبقة من البيتون العادي (بيتون نظافة) ، اما الجدران ذات الارتفاعات القليلة فهي منتهية من الاعلى بستارة بيتونية مسلحة أو من الحجر، والشكل رقم (٢ - ١) يوضح مقطعا نموذجيا لهذه الاحواض .

٢-١-٢ احواض كبيرة تستند على الارض مباشرة :

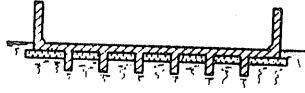
وقد تكون هذه الاحواض ذات ابعاد افقية كبيرة أو ذات ارتفاع كبير ومايخص النوع الاول من انواع مختلفة للارضية ، تبين الاشكال ذات الارقام ٢ - ٢ ، ٢ - ٣ ، ٢ - ٤ ثلاث انواع للارضيات : مليئة معصبة باتجاهه أو باتجاهين ، وتفضل غالب الارضيات المليئة كونها أقل كلفة وتستعمل خاصة في الاحواض غير الكبيرة نسبيًا والمسنودة على الترب الجيدة .



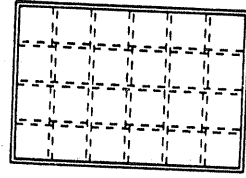
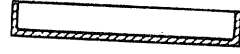
الشكل رقم (٢ - ١)



الشكل رقم (٢ - ٢)

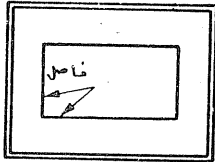


الشكل رقم (٢ - ٣)

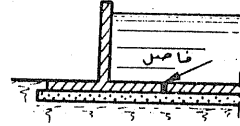
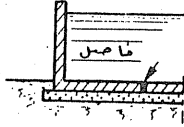


الشكل رقم (٢ - ٤)

ويمكن في حالات الترب الممتازة ، حوارية قاسية أو صخرية مثلاً. تخفيف سماكة الأرضية وخاصة في المنطقة الوسطية منها . وذلك باستعمال فواصل تمديد كتيمة قرب جدران الاحواض ، انظر الشكلين (٢ - ٥) و (٢ - ٦) .

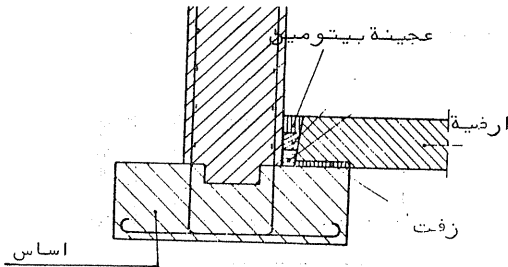


الشكل رقم (٢ - ٥)

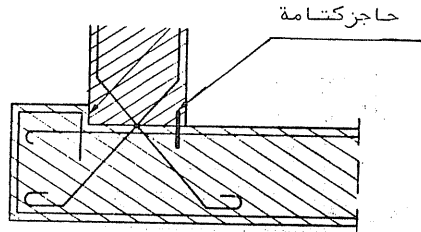


الشكل رقم (٢ - ٦)

أما ما يخص ارتباط الجدران مع الأرضيات ، فيكون في حالات كثيرة مفصلياً وهذا ما يوضحه الشكلان رقم (٢ - ٧) و (٢ - ٨) ، حيث يبين الشكل (٢ - ٧) كيف يستند جدار الحوض بشكل مفصلي على أساس خاص به ، ويبين الشكل (٢ - ٨) ارتكاز مفصلي لجدار الحوض على الأرضية ، ويجب التنويه الى أن المفصل في هذه الحالة لابد وأن يرافقه باستناد الجدار في اعلاه على رابط أو عكسي وجود ردم ترابي خلف هذه الجدران .

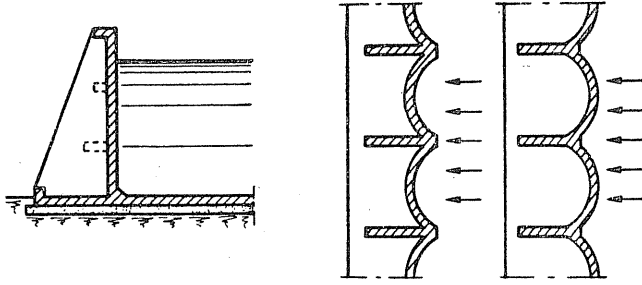


الشكل رقم (٢ - ٧)

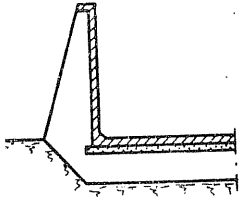


الشكل رقم (٢ - ٨)

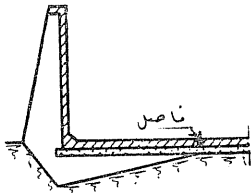
ويمكن أن يكون استناد الجدران على الارضيات بالاستعانة بجدران خارجية متعامدة معها ، وفي هذه الحالة تكون جدران الاحواض مستوية أو محدبة أو مقعرة وهذا ما يوضحه الشكل رقم (٢ - ٩) .



الشكل رقم (٢ - ٩)



الشكل رقم (٢-١٠)



الشكل رقم (٢-١١)

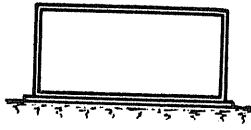
ويمكن في حالات اخرى أن تكون الجدران الظرفية الخارجية الداعمة لجدران الاحواض موثوقة مع جسور الارضية المعصبة حين توفرها ، كما في الشكل رقم (٢ - ١٠) أو توثق بجسور ظرفية افقية قادرة على تأمين التوازن التام في حالة الارضيات الحافية على فواصل تمديد قرب الجدران ، وهذا ما يوضحه الشكل رقم (٢ - ١١) .

٢ - ٣-١ خزانات صغيرة تستند على الارض مباشرة :

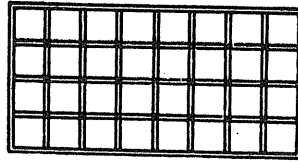
الخزانات هي منشآت لتخزين السوائل ، تختلف عن الاحواض سابقة الذكر بانها مغطاة ، والخزانات الصغيرة المستندة مباشرة على الارض قد تكون مستطيلة أو دائرية الشكل وجدرانها ذات سماكة ثابتة . تستند من الاعلى على السقف ومن الاسفل على الارضية ، الشكل رقم (٢ - ١٢) .

٢-١-٤ خزانات كبيرة تستند على الارض مباشرة :

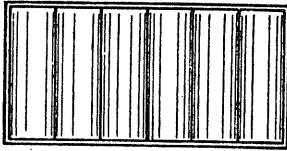
ان مذكرناه سابقا عن جدران وارضيات الاحواض ينطبق تماما على
الخزانات الكبيرة ، اما نوع التغطية وطريقتها فهي تتوافق ونوع الخزان
وأهميته وابعاده ، فهناك خزانات تستند سقوفها على أعمدة داخلية
اضافة الى جدرانها الخارجية ، وهناك بعض الخزانات سقوفها قشرية أو بشكل
صفائح مطوية - والاشكال ذات الارقام (٢ - ١٣) ، (٢ - ١٤) ، (٢ - ١٥) توضح
بعض نماذج هذه الخزانات .



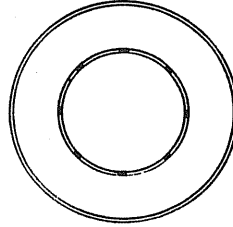
الشكل رقم (٢ - ١٢)



الشكل رقم (٢ - ١٣)



الشكل رقم (٢ - ١٤)

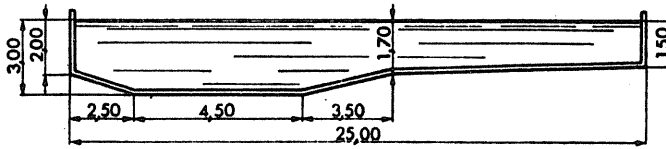
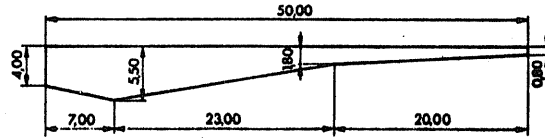
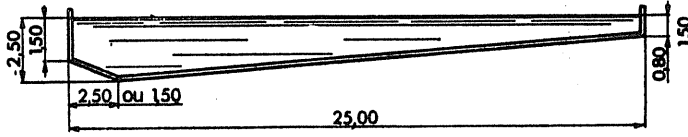


الشكل رقم (٢ - ١٥)

٢-١-٥ احواض سباحة تستند على اعمدة :

تنفذ احواض السباحة النظامية وفق ابعاد مختلفة معتمدة من الاتحاد
الدولي الرياضي ٠ اطوالها تتراوح بين ٢٥ ، ٣٣ ، ٣٣ ، ٥٠ مترا وعرضها
يتناسب وعدد خطوط السباحة الذي يتراوح بين ٤ و ٦ خطوط ٠ واذا كان عرض
هذه الاحواض يتراوح بين ١٥م و ٢٥م فيكون بذلك عرض هذه الاحواض
مترواحا بين ٨م و ١٥ مترا ، أما اعماق احواض السباحة فيمكن اعتمادها

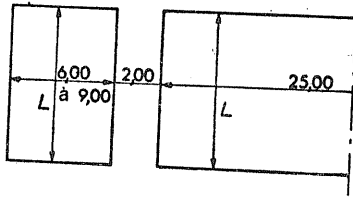
من النماذج المبينة في الشكل رقم (٢ - ١٦) .



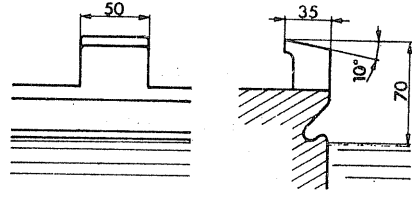
الشكل رقم (٢ - ١٦)

يلحق عادة باحواض السباحة النظامية الصيفية أو الشتوية احواض صغيرة للاطفال طولها يساوي الى عرض الاحواض النظامية وعرضها يتراوح بين ٦ و ٩ امتار اما عمق الماء فيها فيتراوح بين ٧٠ و ١٢٠ سم وميل ارضيتها لايزيد عن ٤,٤٤ انظر الشكل رقم (٢ - ١٧)، تنتهي جدران احواض السباحة النظامية والاحواض الصغيرة بشطفة ذات ميزابية اضافة الى مصاطب القفر .

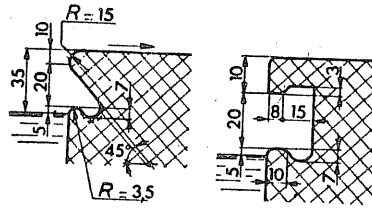
يوضح الشكل رقم (٢ - ١٨) تفصيلة مصطبة القفز مع الشطفة أعلى جدران احواض السباحة النظامية ويوضح الشكل رقم (٢ - ١٩) تفصيلة هذه الشطفة فسي جدران احواض السباحة الصغيرة .



الشكل رقم (٢ - ١٧)

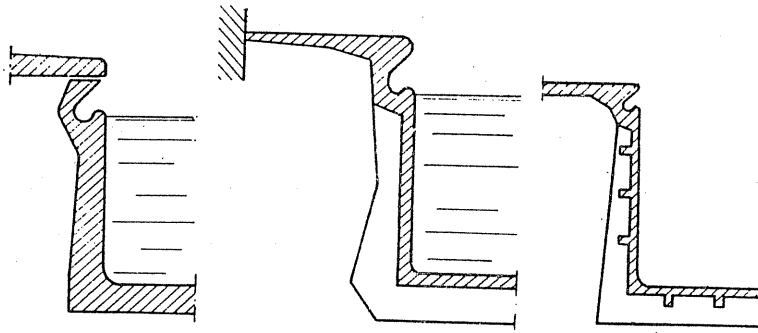


الشكل رقم (٢ - ١٨)



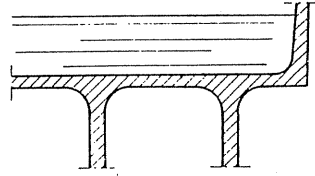
الشكل رقم (٢ - ١٩)

أرصفة أحواض السباحة تكون أحيانا متصلة بجدرانها وموثوقة بها وقد تكون موثوقة في منشأ مجاور ومفصلة عن الحوض بفاصل تمدد كتيمة .
 أما جدران أحواض السباحة فقد تكون حرة من الأعلى موثوقة بالأرضية وتكون في هذه الحالة سميكة نسبيا . انظر الشكل رقم (٢ - ٢٠) . وقد تكون رقيقة مسنودة على اظفار شاقولية أو تستند على اظفار شاقولية وجسور افقية صغيرة المقطع .

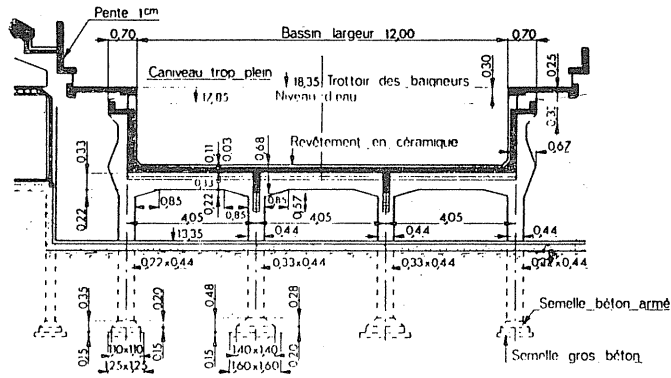


الشكل رقم (٢ - ٢٠)

ارضية احواض السباحة هي بلاطات مليئة تكون من نوع البلاطات الفطرية التي تستند مباشرة على الاعمدة، انظر الشكل رقم (٢ - ٢١)، أو تحملها جسور متدلية تستند بدورها على الاعمدة الحاملة كما في الشكل رقم (٢ - ٢٢) الذي يوضح مقطعا عرضيا في مسبح شتوي في مدينة بوردو (Bordeaux) بفرنسا .



الشكل رقم (٢ - ٢١)



الشكل رقم (٢ - ٢٢)

٢-١-٦ الخزانات العالية :

تتألف الخزانات العالية من حلة وعناصر ترفعها عن سطح الارض .
 الحلة : تكون عادة باشكال مختلفة ، مستطيلة ، اسطوانية ، مخروطية وغيرها
 وتتألف من العناصر التالية :

- الجدران .

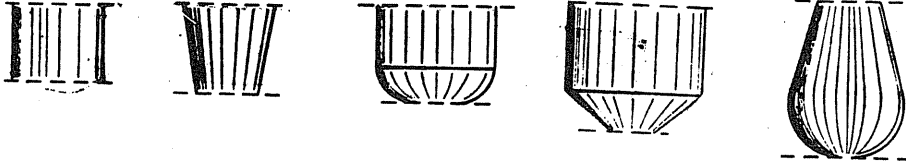
- الغطاء .

- الارضية .

تكون جدران الحلة المستطيلة عبارة عن اربع بلاطات (جدران) شاقولية وقد تكون باشكال اسطوانية أو مخروطية أو انواع مختلفة من قشريات دورانية ، الشكل رقم (٢ - ٢٣) .

اما غطاء الحلة فيكون مستويا أو على شكل قبة مختلفة الاشكال كما يوضحه الشكل رقم (٢ - ٢٤) .

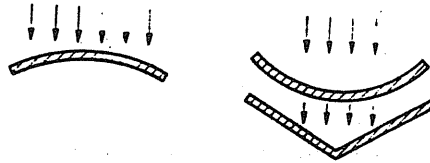
وفيما يخص أرضية الحلة فقد تكون مستوية (مستطيلة أو مربعة أو دائرية أو حلقيه) أو بشكل قبة مضغوطة تحديها للأسفل أو قبة تحديها للأعلى مشدودة أو مخروطية كما يبينه الشكل رقم (٢ - ٢٥) .



الشكل رقم (٢ - ٢٣)



الشكل رقم (٢ - ٢٤)

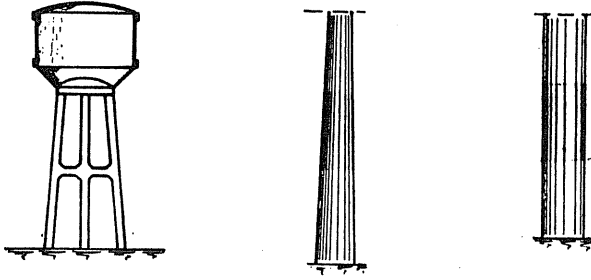


الشكل رقم (٢ - ٢٥)

الهيكل الحامل للحلة :

تستند الحلة على أعمدة شاقولية أو مائلة تصل فيما بينها روابط على مناسيب مختلفة أو قد تستند على اسطوانة حاملة للحلة ،

وفي بعض الحالات تستخدم الاعمدة المربوطة مع بعضها بالروابط على محيط الحلة اضافة الى اسطوانة مركزية، وفي حالات اخرى يمكن استخدام قطاعات من قشريات دورانية تتناسب معماريا مع شكل وابعاد الحلة . الشكل رقم (٢ - ٢٦) يوضح بعض اشكال الهياكل الحاملة للحلة .



الشكل رقم (٢ - ٢٦)

ان الشروط المناخية الخارجية وطبيعة ونوع السوائل ضمن الخزانات وضرورة تأمين عدم تسربها من خلال الخزانات ، كل ذلك يتطلب تنفيذ بعض الاجراءات التي تخص التغطية الخارجية والداخلية للحلة أو الخزان . فالتغطية الخارجية لسطوح الخزانات هي لتأمين العزل الحراري ، حرارة الصيف أو يبرد وتجمد الشتاء ، والتغطية الداخلية لهذه السطوح هي لتأمين الكثامة اللازمة لمنع تسرب السوائل من خلال مسامات هذه السطوح اضافة الى حمايتها من أي ضرر من ملامسة السوائل لها .

٢ - ٢ التغطيات والفواصل :

٢-٢-١ التغطية الخارجية للخزانات :

يمكن في بعض الحالات الخاصة للخزانات الاستغناء عن التغطية الخارجية لها ومن هذه الحالات : خزانات معالجة المياه المالحة ، احواض السباحة المحمولة على اعمدة ، خزانات الوقود ومنتجات النفط . أما في الحالات العامة فمن الضروري تأمين الحماية الخارجية للخزانات وذلك حماية لسطوحها

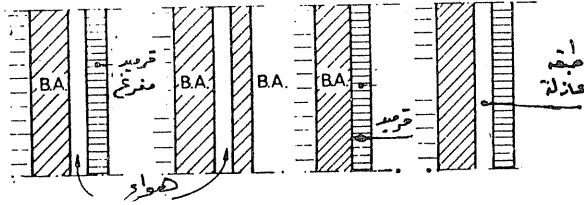
من العوامل الجوية وكذلك تأمين العزل الحراري للسوائل المخزنة فيها
كمياه الشرب ونخص بالذكر خزانات المياه العذبة المستندة على الارض مباشرة
أو الخزانات العالية فهي تتعرض لارتفاع درجة الحرارة في الصيف
ولانخفاضها في الشتاء أو تشكل الجليد ، فهي بحاجة ماسة لعزلها خارجيا
عزلا حراريا ، ويجب التنويه الى أن ارتفاع أو انخفاض حرارة الجو لايؤثر
كثيرا على الخزانات المائية الكبيرة التي يزيد حجمها عن الف متر مكعب
وذلك باعتبار أن العطالة الحرارية الكبيرة للمياه من جهة وحجم البيتون
الكبير من جهة اخرى كل ذلك يجعل الاختلاف بين درجة حرارة المياه في الصيف
والشتاء ليس كبيرا وهذا عكس ما نراه في الخزانات الصغيرة التي تتغير
درجة حرارة الماء ضمنها تغيرا كبيرا بين الصيف والشتاء ، الامر الذي
يستدعي تأمين العزل الحراري لجدرانها وسقفها باعتبار أن قعرها لا يتعرض
لأشعة الشمس صيفا اضافة الى أن سماكته تكون كبيرة نسبيا .

التغطية الخارجية للجدران :

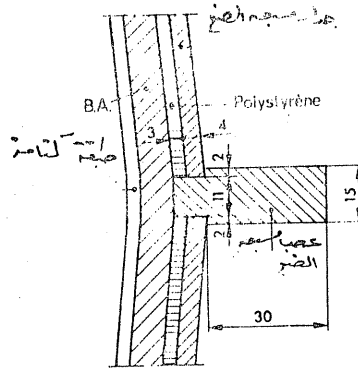
يوضح الشكل رقم (٢ - ٢٧) بعض انواع التغطيات الخارجية للجدران وتتلخص

بما يلي :

- جدار من البيتون المسلح يفصلها عن الجدار طبقة هوائية .
- جدار من القرميد المفرغ (ناري) يوضع داخل القالب قبل الصب .
- جدار من القرميد الناري مفرغ أو مليء يبنى من الجهة الخارجية لجدار
الخزان ويبعد عنه مسافة صغيرة لتأمين طبقة هوائية بين الجدارين .
- طبقة من مادة عازلة بولستيرين أو بيتون رغوي أو ستيريوبور توضع
بين جدران رقيقة من البيتون المسلح مسبقة الصب وجدران الخزان . تستخدم
الجدران مسبقة الصب كوفراجا ايضا بحيث تستند على اعصاب بيتونية مسلحة
مسبقة الصب ايضا . انظر الشكل رقم (٢ - ٢٨) .



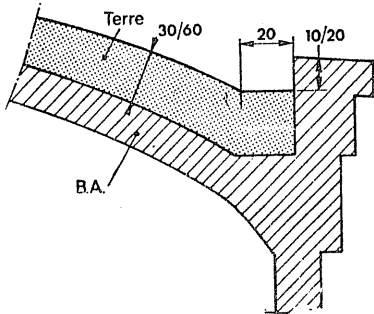
الشكل رقم (٢ - ٢٧)



الشكل رقم (٢ - ٢٨)

التغطية الخارجية للسقف :

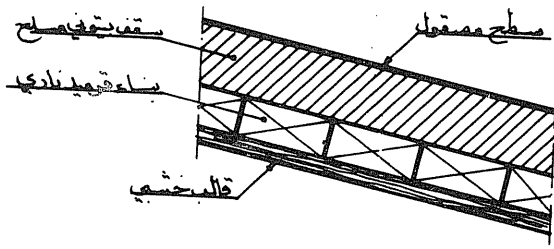
يمكن استعمال الردم الترابي المرموض للعزل الحراري لسقوف الخزانات وتتراوح سماكته بين ٣٠ و ٦٠ سم ، الامر الذي يؤدي الى زيادة كبيرة لحمولات السقف ويجعله غير اقتصاديا ، انظر الشكل رقم (٢-٢٩).



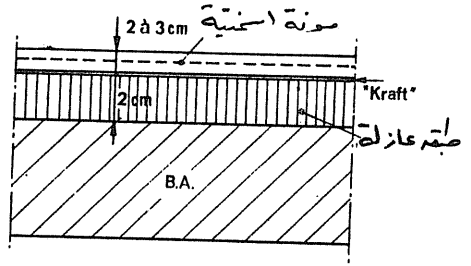
الشكل رقم (٢ - ٢٩)

لذلك يفضل في هذه الحالات استعمال مادة عازلة كطبقة من القرميد الناري المفرغ أو طبقة من الستيريوبور أو غيرها على أن يؤمن عدم تسرب مياه الامطار اليها لتغطيتها بمادة كتيمة كمونة اسمنتية عيار ٥٠٠ كغ/م^٣ اسمنت فيها شبكة تسليح رقيقة - وتمد هذه الطبقة فسوق ورق الكرافت (Kraft) ، انظر الشكل رقم (٢-٣٠).

وفي بعض الحالات اذا كانت المادة العازلة الحرارية هي طبقة من القرميد الناري ، يمكن وضعها تحت السقف وذلك ببناء هذه الطبقة فوق الكوفراج مباشرة بحيث يصب بيتون السقف مباشرة عليها . على أن يراعى مقل سطح البيتون المسلح برش ١٥ كغ اسمنت للمتر المربع وذلك لتأمين الكتامة ضد تسرب مياه الامطار . انظر الشكل رقم (٢-٣١) .



الشكل رقم (٢ - ٣١)



الشكل رقم (٢ - ٣٠)

٢-٢-٢ التغطية الداخلية للخزانات :

ان هدف التغطية الداخلية للخزانات هو تأمين كتامة جيدة لمنع تسرب الماء الى البيتون المسلح اضافة الى منع اي ضرر من تماس السائل المخزن مع الواجهة الداخلية للخزانات . وتستعمل لهذه الغاية عدة طرق من اضافة بعض المركبات الكيميائية التي لاتنقص مقاومة البيتون ولكن تزيد من كتامته أو مد طبقة من الزريقة الاسمنتية يليها طبقة اخرى مصقولة أو استعمال بعض الطلاءات البيتومينية أو الريزينية أو غيرها والتي أصبحت تنتج بكثرة من قبل شركات متخصصة .

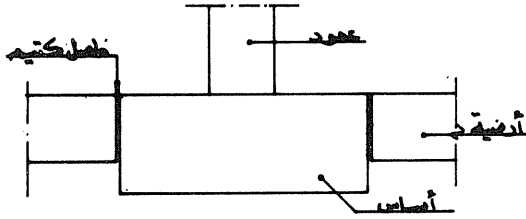
٢-٢-٣ الفواصل :

يراعى في الخزانات ما أمكن الاقلال من استعمال الفواصل لكونها مكلفة وتسبب بعض الضرر في المقاومة والكتامة . يمكن التفريق بين نوعين من الفواصل: الفواصل الانشائية التي توضح بشكل تساعد المنشأ بالتكيف نتيجة للتشوهات أو التغيرات الناتجة من التقلص أو هبوطات الاساسات ، وفواصل التمدد الحراري التي تسمح لعناصر الخزانات بالتمدد أو التقلص نتيجة الحرارة بشكل مريح ودون تشكل تشققات نتيجة لذلك .

وتتباع فواصل التقلص عن بعضها بحدود ١٥ - ٢٥ م ، ويمكن أن تصل المسافة بين فواصل التمدد لحدود ٤٠ م . أما ما يخص فواصل هبوطات الاساسات ،

ففي الخزانات الأرضية الكبيرة والمغطاة مثلا ، يستند السقف على أعمدة بدورها تستند على الأرضية ، فإذا ما كانت تربة التأسيس قابلة للانضغاط نسبيا ، فيجب عزل أساسات الأعمدة عن أرضية الخزان بفواصل تسمح لهذه الأساسات بالهبوطات بمعزل عن الأرضية المجاورة لها . الأمر الذي يحميها

من التشقق . انظر الشكل رقم (٢ - ٣٢) .

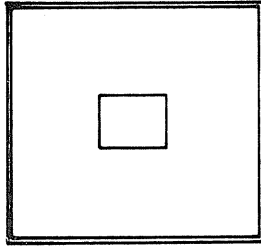


تصمم الفواصل الكتيمة بأشكال مختلفة وفي أكثر الحالات يملأ الفاصل بمسواد مسرنة (حشوة) من الرمل والبيتومين أو الزيت وتستعمل اغشية مرنة تربط بين حافتي الفاصل كما هو موضح فسي

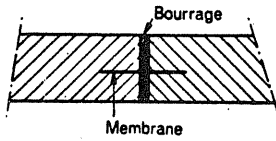
الشكل رقم (٢ - ٣٣) .

يوضح الشكل رقم (٢ - ٣٤) بعض انواع

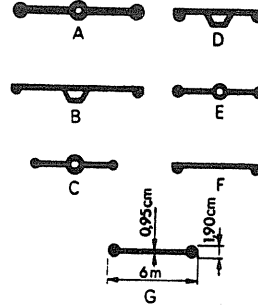
الاغشية المصنعة من الكاوتشوك .



الشكل رقم (٢ - ٣٢)



الشكل رقم (٢ - ٣٣)



الشكل رقم (٢ - ٣٤)

الفصل الثالث

الاسس الانشائية في تصميم المنشآت المائية

٣ - ١ الاجهادات المسموحة في البيتون والفلاد:

يطلب من مقاطع المنشآت المائية البيتونية المسلحة تحقيق المقاومة اللازمة لتحمل كافة الجهود المؤثرة عليها من حمولات وردود افعال وعزوم وغيرها اضافة الى الكتامة اللازمة لتأمين الوظيفة المرجوة من عدم السماح لدخول أو تسرب المياه الى داخل المقاطع ومنع حدوث الصدأ في الفولاذ .
ولمنع حدوث الشقوق في العناصر الانشائية المعرضة للمياه تحت تأثير قوى الشد المحورية أو قوى الشد المصحوبة بعزم انعطاف ، لابد من دراسة اجهادات هذه العناصر وتحديد اجهادات الشد الناظمية ضمن قيم معينة اخفض من قيم مسموحة تحسب بشكل مستقل في العناصر المختلفة في المنشآت المائية . تحسب الاجهادات المسموحة في شد البيتون باحدى الطرق التالية :

١ - اجهاد الشد المسموح في البيتون من تأثير قوى محورية شادة :

$$(١ - ٣) \quad \overline{\sigma_c} = 0.7 \sim 1 \sqrt{f^c_c} \quad .$$

$$(٢ - ٣) \quad \overline{\sigma_c} = 0.83 \sqrt{f^c_c} \quad . \quad \text{وتعتبر في أغلب الاحيان} :$$

٢ - اجهاد الشد المسموح في البيتون من تأثير عزم انعطاف :

$$(٣ - ٣) \quad \overline{\sigma_{cb}} = 1 \sim 1.5 \sqrt{f^c_c} \quad .$$

$$(٤ - ٣) \quad \overline{\sigma_{cb}} = 1.25 \sqrt{f^c_c} \quad : \quad \text{ويعتبر في أغلب الحالات مساويا} :$$

باعتبار f^c_c هي المقاومة الاسطوانية المميزة بعد ٢٨ / يوما من الصب

لاسطوانة قطرها 15 cm وطولها 30 cm .

بعض المراجع تعطي اجهادات الشد المسموحة في البيتون بدلالة المقاومة

المكعبية بعد ٢٨ / يوما لمكعبات 20.20.20 cm وفق مايلي :

$$\bar{\sigma}_c = 0.075 \sigma_{cub} \text{ - الاجهاد المسموح في الشد المحوري}$$

$$\bar{\sigma}_c = 0.10 \sigma_{cub} \text{ - الاجهاد المسموح في الشد من الانعطاف}$$

حيث σ_{cub} - المقاومة المكعبية المذكورة اعلاه .

كما تعطي بعض المراجع جداول لقيم الاجهادات المسموحة في الشد $\bar{\sigma}_c$, $\bar{\sigma}_{cb}$ بدلالة المقاومة المكعبية أو بدلالة عيار الاسمنت في البيتون ، كما هو

الحال في الجدول التالي :

الحالة التصميمية	عيار الاسمنت Kg/m ³	σ_{cub} Kg/cm ²	اجهادات الشد المسموحة	
			$\bar{\sigma}_c$ Kg/cm ²	$\bar{\sigma}_{cb}$ Kg/cm ²
بادخال اثر الانكماش	300	160	14	18
	350	200	16	20
	400	250	20	25
عدم ادخال اثر الانكماش	300	160	10	15
	350	200	12	18
	400	250	15	20

أما الاجهادات المسموحة في شد الفولاذ بالشد المحوري أو الشد الناتج من الانعطاف البسيط فيتم اختيارها من الجدول التالي وذلك حسب نوع الفولاذ المستعمل:

$\bar{\sigma}_s$	اجهاد الشد المسموح	اجهاد الخضوع	نوع الفولاذ
1400 Kg/cm ²		2400 Kg/cm ²	- فولاد عادي مرن
2000 Kg/cm ²		3800~4000 Kg/cm ²	- فولاد عالي المقاومة
2200 Kg/cm ²		4200 Kg/cm ²	- فولاد عالي المقاومة معالج على البارد

ان اجهادات الشد المسموحة في الفولاذ والمدونة في الجدول اعلاه يجب أن تترافق مع مقاومة جيدة للبيتون ، بحيث يجب أن لاتقل المقاومة المكعبية

للبيتون عن $\bar{\sigma}_{cub} = 200 \text{ Kg/cm}^2$ ، وفي حال استعمال بيتون مقاومته
المكعبية أقل من 200 Kg/cm^2 يفضل عندها استخدام الفولاذ العادي المرن والسذي
لا يزيد الاجهاد المسموح فيه على الشد عن 1200 Kg/cm^2 .
لقد عالج بعض الباحثون موضوع التناسب بين الاجهادات المسموحة في شد
الفولاذ وضغط البيتون بالانعطاف ، اذ أن استخدام فولاذ عالي المقاومة يتطلب
أن يكون البيتون المغلف له ذو مقاومة جيدة للتماسك أي ذو مقاومة جيدة
للضغط . ونذكر على سبيل المثال ما اقترحه الدكتور (محمد هلال) من جامعة
القاهرة من اجهادات مسموحة في ضغط البيتون بالانعطاف $\bar{\sigma}_c$ نسبة للاجهادات
المسموحة في شد الفولاذ المستعمل $\bar{\sigma}_s$ وذلك وفق الجدول التالي :

1400	2000	2400	الاجهاد المسموح في شد الفولاذ $\bar{\sigma}_s \text{ Kg/cm}^2$
60-70	70-90	90-105	الاجهاد المسموح في ضغط البيتون بالانعطاف $\bar{\sigma}_c \text{ Kg/cm}^2$

٣ - ٢ تصميم المقاطع العرضية :

تختلف الجهود المؤثرة في المقاطع العرضية المختلفة في المنشآت المائية من
شد محوري الى انعطاف بسيط أو انعطاف مركب . ونبين فيما يلي باختصار العلاقات
الخاصة بتصميم المقاطع العرضية لكل حالة على حدة .

٣ - ٢ - ١ مقاطع عرضية تخضع للشد المحوري :

من المعروف أن مقاومة البيتون على الشد لا تستخدم في مقاومة المقاطع
العرضية للقوى الشادة ، لذلك يوكل الى الفولاذ مقاومة كافة قوى الشد المطبقة في

$$As = \frac{F_t}{\bar{\sigma}_s} \quad (٣ - ٥)$$

المقاطع العرضية أي :

حيث : As - مساحة مقطع الفولاذي .

F_t - القوة الشادة المحورية .

$\bar{\sigma}_s$ - الاجهاد المسموح في شد الفولاذ .

اضافة الى ذلك يجب أن تتحقق الكتامة في المنشآت المائية الى جانب تحقيق المقاومة . وذلك بأن يكون اجهاد الشد الفعلي في البيتون σ_c أقل من الاجهاد المسموح σ_c أي :

$$(3-6) \quad \sigma_c = \frac{F_t}{AC + (n-1)As} < \overline{\sigma_c} .$$

$$\sigma_c = \frac{F_t}{AC(1+n\mu)} < \overline{\sigma_c} . \quad \text{ويتقريب مقبول :}$$

• AC - مساحة المقطع البيتوني المشدود

• AS - مساحة مقطع الفولاذ المشدود

n - النسبة المعيارية (عامل التعادل) وتؤخذ مساوية لـ (10) فسي

المقاطع غير المشدقة وقبل تأشير الانكماش والزحف .

• μ - نسبة مساحة الفولاذ الى مساحة البيتون في المقطع العرضي .

٣-٢-٢ تأثير حادشة الانكماش على المقاطع المشدودة (SHRINKAGE) :

الانكماش أو التقلص انفعال لدن يظهر بشكل تغير في حجم البيتون بعد صبه وبدء مرحلة التصلب فيه ويزداد هذا الانفعال مع مرور الزمن - وليس له أية علاقة بالحمولات أو الاجهادات المطبقة على البيتون :

• لنفرض أن عنصرا من البيتون المسلح فيه : AS مساحة مقطع الفولاذ

• AC مساحة مقطع البيتون

وبسبب التقلص تولدت اجهادات ضغط في الفولاذ : $\overline{\sigma_s} sh$

واجهادات شد في البيتون : $\overline{\sigma_c} sh$

ان قوى الشد في الفولاذ توازن قوى الضغط في البيتون أي :

$$(a) \quad As \cdot \overline{\sigma_s} sh = AC \cdot \overline{\sigma_c} sh$$

ان قيمة التقلص الكلية في العنصر البيتوني المسلح يساوي الى مجموع التفاضل في

الفولاذ والبيتون (انظر الشكل رقم ٣ - ١)

$$\Delta L = \Delta L_s + \Delta L_c \quad \text{أي :}$$

$$\epsilon sh = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta L_s}{L} + \frac{\Delta L_c}{L} = \epsilon'_s + \epsilon_c \quad \text{أو :}$$

وبالتعويض بدلالة معايير التشكل الطولي (عامل يونغ) للفولاذ والبيتون نحصل :

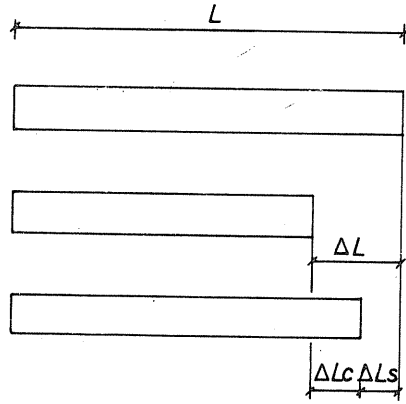
$$(b) \quad \epsilon_{sh} = \frac{\sigma_{Ssh}}{E_s} + \frac{\sigma_{Csh}}{E_c} .$$

بفرض أن النسبة المعيارية (عامل التعادل) بين E_s ، E_c هي n أي :

$$n = \frac{E_s}{E_c} .$$

وإن نسبة التسليح هي μ أي $\mu = \frac{A_s}{A_c}$

من العلاقتين a و b يمكن الحصول على :



الشكل رقم (٣ - ١)

$$(٧ - ٣) \quad \sigma_{Ssh} = \frac{\epsilon_{sh} \cdot E_s}{1 + \mu n} \quad : \quad \text{(اجهاد ضغط في الفولاذ من الانكماش)}$$

$$(٨ - ٣) \quad \sigma_{Csh} = \frac{\epsilon_{sh} \cdot E_c \cdot \mu n}{1 + \mu n} \quad : \quad \text{(اجهاد شد في البيتون من الانكماش)}$$

والاجهاد الحاصل من أثري قوة الشد المحورية والانكماش في البيتون هو :

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{F_t}{A_c(1 + n\mu)} + \frac{\epsilon_{sh} \cdot E_c \cdot \mu n}{1 + \mu n} \\ &= \frac{F_t}{A_c + n \cdot A_s} + \frac{\epsilon_{sh} \cdot E_c \cdot n\mu}{A_c + n \cdot A_s} \cdot A_c \end{aligned}$$

$$(9-3) \quad \sigma_c = \frac{F_t + \epsilon sh.Es.As}{Ac + n.As}$$

فاذا بدلنا في العلاقة السابقة :

$$\epsilon sh \text{ تساوي : } 0,00025$$

$$Es \text{ تساوي : } 2100 \text{ t/cm}^2$$

$$n \text{ تساوي : } 10$$

و $Ac = b.t$ ففي الجدران في المنشآت المائية من أجل : $b = 100 \text{ cm}$

تصبح $Ac = 100 \text{ t}$ حيث t سماكة الجدار بالسم .

$$As = \frac{F_t}{\bar{\sigma}_s} = \frac{F_t}{1400 \text{ Kg/cm}^2}$$

وكذلك اذا فرضنا $\bar{\sigma}_c = 16 \text{ Kg/cm}^2$ نعوض في العلاقة (9-2) فيكون :

$$\sigma_c = \frac{F_t + \epsilon sh.Es.F_t/\bar{\sigma}_s}{100 \text{ t} + n.F_t/\bar{\sigma}_s}$$

أو :

$$t = \frac{\epsilon sh.Es + \bar{\sigma}_s - n.\sigma_c}{100 \bar{\sigma}_s . \bar{\sigma}_c} . F_t$$

وبالتعويض بالقيم السابقة نحصل على : $t = 0,8 F_t$ (10-3)

حيث : t - بالسنتيمترات سماكة الجدار المدروس .

F_t - بالطنونات في المتر الطول الواحد .

$$As = \frac{F_t}{\bar{\sigma}_s} = \frac{t}{0,8 \bar{\sigma}_c} \quad \text{من العلاقة (2-5) نجد:}$$

ومن أجل $\bar{\sigma}_s = 1.4 \text{ t/cm}^2$ نحصل على: $As = 0,9 t$ (11-3)

باعتبار As بالسم² .

t بالسم .

وبالتالي تكون : $\mu = \frac{As}{Ac} = \frac{0,9 t}{100 t} = 0,9 \%$ (12-3)

تطبيق :

جدار خزان مائي يؤثر فيه ضغط الماء بقوة محورية شادة تساوي $t = 28 \text{ F}_t$

يطلب تصميم مقطع الجدار وحساب اجهادات الشد في البيتون اذا فرضنا أن

$$f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2 ;$$

$$s = 2100000 \text{ Kg/cm}^2 ; \epsilon_{sh} = 2.10^{-4} ;$$

$$\sigma_{cub} = 200 \text{ Kg/cm}^2 ;$$

• عامل النسبة المعيارية يساوي : $n = 10$

الحل :

من الجدول نرى أنه بإدخال اثر الانكماش تكون : $\bar{\sigma}_c = 16 \text{ Kg/cm}^2$

وكذلك فان : $\bar{\sigma}_s = 1400 \text{ Kg/cm}^2$

نعين سماكة الجدار بغية تأمين الكتامة وعدم حدوث تشققات :

$$t = 0,8 \cdot F_t = 0,8 \cdot 28 \approx 22,4 \text{ cm} = 23 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{F_t}{\bar{\sigma}_s} = \frac{28000}{1400} = 20 \text{ cm} . \quad \text{مساحة التسليح المشدود :}$$

$$A_s = 0,9 t = 0,9 \cdot 22,4 \approx 20 \text{ cm}^2 . \quad \text{أو :}$$

نختار $14 \text{ } \emptyset \text{ } 14 \text{ m.m/m}$ أي على كل وجه $7 \text{ } \emptyset \text{ } 14 \text{ m}$

نتحقق من الشد في البيتون من العلاقة (٣ - ٩) :

$$\sigma_c = \frac{F_t + \epsilon_{sh} \cdot E_s \cdot A_s}{A_c + n A_s} =$$

$$= \frac{28000 + 0,0002 \cdot 2100000 \cdot 20}{100 \cdot 23 + 10 \cdot 20} = 14,56 < 16 \text{ Kg/cm}^2 .$$

• محقق

٣-٢-٣ مقاطع عرضية تخضع لعزم انعطاف :

رأينا سابقا في المنشآت البيتونية المسلحة العادية ان تصميم المقاطع

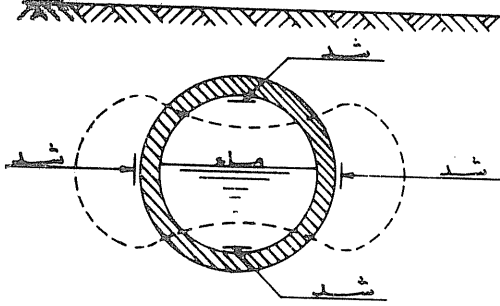
العرضية المنعطفة لا يتطلب احتياطات اضافية سوى تحقيق المتانة والمقاومة، أما

في حالة المنشآت البيتونية المسلحة المعرضة للماء أو الرطوبة فلدينا حالتان:

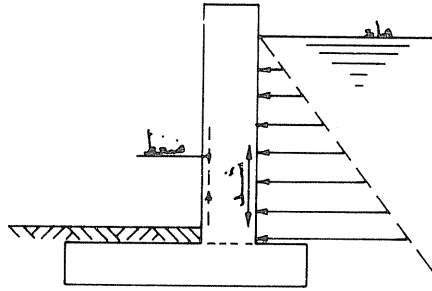
آ - الألياف المضغوطة ملامسة للماء .

ب - الألياف المشدودة ملامسة للماء .

فاذا كانت الألياف المشدودة ملامسة للهواء الجاف والمضغوطة ملامسة للماء فان تصميم المقاطع العرضية لا يختلف عما هو معروف سابقا في المنشآت العادية، اما اذا كانت الألياف المشدودة ملامسة للماء والمضغوطة ملامسة للهواء فان تصميم المقاطع العرضية يتطلب احتياطات خاصة بالكثامة ومنع تشقق البيبتسون . اضافة الى المقاومة .



الشكل رقم (٢ - ٣)



الشكل رقم (٣-٣)

فمثلا يبين الشكل رقم (٢ - ٣) انبوبا من البيبتون المسلح تسيل الماء فيه بالراحة ومطمورا في التربة بعمق كبير ، تتعرض سطوحه الداخلية الملامسة للماء الى الشد أو الضغط .

ويبين الشكل رقم (٣ - ٣) جدارا لخزان مائي يتعرض الوجه الملامس للماء الى الشد . لتأمين الكثامة في مثل هذه المقاطع يجب أن لا يتجاوز اجهاد الشد الاعظمي في الألياف الملامسة للماء قيمة الاجهاد المسموح $\overline{\sigma_{cb}}$ والذي مر ذكره سابقا .

ان اجهاد الشد في المقاطع المستطيلة ابعادها $b.t$ عندما يكون محور العزم موازيا للضلع b يساوي :

$$(١٣ - ٣) \quad \sigma_c = \frac{M}{W} = \frac{6M}{b.t^2} .$$

فاذا فرضنا أن $b = 100 \text{ cm}$

$$\overline{\sigma_{cb}} = 18 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{و}$$

$$\frac{\overline{\sigma_c}}{6} = \frac{M}{1.t^2} = \frac{18}{6} = 3 ; \quad \text{تكون :}$$

$$(14-2) \quad t = \sqrt{\frac{M}{3}} \quad \text{ومننه :}$$

حيث تعطى M بـ Kg.m

t بـ cm

ولتأمين المقاومة يصمم المقطع العرضي الذي حددت أبعاده $b = 100 \text{ cm}$ و t من العلاقة السابقة والذي يتحمل عزم انعطاف بسيط M حسب الطرق العادية

$$(15-2) \quad A_s = \frac{M}{\overline{\sigma_s} \cdot \epsilon \cdot d} \quad \text{المعروفة في كتب البيتون المسلح أي :}$$

حيث : $d = t - d'$

d' - التغطية وتساوي في الجدران : $4 \text{ cm} \sim 2,5$

ϵ - ثابت يؤخذ من جداول الانعطاف البسيط بدلالة الاجهادات المسموحة في شد

الفولاذ وضغط البيتون في المقاطع المستطيلة .

$$M = 3.t^2.100 \text{ Kg.cm} \quad \text{فاذا بدلنا في العلاقة الاخيرة :}$$

$$\epsilon \cdot \overline{\sigma_s} \approx 1300 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{واعتبرنا أن :}$$

$$d \approx 0,9 t \quad \text{وكذلك :}$$

$$(16-2) \quad A_s = \frac{3.t^2.100}{1300 \cdot 0,9.t} = 0,26 t \quad \text{نحصل على :}$$

اذ تعطى ; t بـ cm

A_s بـ cm^2

وتكون نسبة التسليح الطولي مساوية :

$$(17-2) \quad \mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{0,26 t}{100 t} = \% 0,26$$

تطبيق :

جدار من البيتون المسلح لخزان ماء يخضع لعزم انعطاف $M = 4 \text{ t.m/m}$ في

شريحة عرضها $b = 1 \text{ m}$ ، عين سماكة جدار الخزان ومساحة التسليح المشدود اذا

علمت أن :

$$\sigma_{cub} = 200 \text{ Kg/cm}^2 , \quad f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2 , \quad \overline{\sigma_{cb}} = 18 \text{ Kg/cm}^2$$

الحل :

حساب الكتامة من العلاقة رقم (٣ - ١٤) نجد :

$$t = \sqrt{\frac{M}{3}} = \sqrt{\frac{4000}{3}} = 36,5 \text{ cm} \approx 37 \text{ cm} .$$

وإذا اعتبرنا التغطية $d' = 3 \text{ cm}$ يبقى الارتفاع الفعال d مساويا :

$$d = t - d' = 37 - 3 = 34 \text{ cm} .$$

ومنه نحسب الارتفاع الفعال اللازم دونما حاجة لتسليح مضغوط :

$$d = \gamma \sqrt{\frac{M}{d}} = 0,291 \sqrt{\frac{400.000}{100}} = 18.4 < 34 \text{ cm} .$$

• محقق

$$\gamma = 0,291$$

حيث : من جداول الانعطاف البسيط باعتبار أن :

$$\epsilon = 0,861$$

$$\overline{\sigma_c} = 0,4 f_c = 0,4 \cdot 0,83 \cdot 200 = 66,5 \text{ Kg/cm}^2 .$$

$$\overline{\sigma_s} = 1400 \text{ Kg/cm}^2 .$$

حساب التسليح المشدود من العلاقة (٣ - ١٥) نجد :

$$A_s = \frac{M}{\overline{\sigma_s} \cdot \epsilon \cdot d} = \frac{4 \times 10^5}{1400 \cdot 0,861 \cdot 34} = 9,76 \text{ cm}^2/\text{m} .$$

$$A_s = 0,26 \cdot t = 0,26 \cdot 37 = 9,62 \text{ cm}^2/\text{m} : \text{ نجد (٣ - ١٦) } .$$

٣-٢-٤ مقاطع عرضية تخضع للانعطاف المركب :

كما هو الحال في الشد البسيط والانعطاف البسيط فان حساب المنشآت المائية

يتطلب تحقيق المتانة والكتامة . فاذا كانت الألياف المعرضة للماء مضغوطة

تصمم المقاطع العرضية كما في المنشآت العادية . أما اذا كانت الألياف المعرضة

للماء مشدودة ، وجب عند ذلك أن يكون التصميم وفق شروط تحقيق الكتامة .

ان شرط الكتامة هو عدم السماح بوجود شقوق في البيتون المعرض لاجهادات

شادة ، وبالتالي فان اجهادات الشد الفعلية يجب أن لاتزيد عن اجهاد الشد

المسموح في الانعطاف .

أي :

$$\frac{M}{W} \pm \frac{F}{A} < \overline{\sigma_{cb}} .$$

ففي المقاطع العرضية المستطيلة نكتب العلاقة السابقة :

$$(18 - 3) \quad \overline{\sigma_{cb}} = \frac{6M}{b \cdot t^2} \pm \frac{F}{b \cdot t} < \overline{\sigma_{cb}} .$$

بعض المراجع تستخدم العلاقة العملية التالية :

$$(19 - 3) \quad t = \sqrt{\frac{M}{3}} \pm 2 .$$

حيث : t - سماكة الجدار بالسنتيمترات والمعرض من احد وجوهه للماء والذي

يعاني من تأثير انعطاف مركب .

M - عزم الانعطاف ويعطي ب Kg.m .

تؤخذ الاشارة الموجبة في حالة القوى الشادة والاشارة السالبة في حالة القوى

الضاغطة .

تطبيق :

أوجد التسليح اللازم لجدار يتعرض للجهود التالية وذلك من أجل شريحة

عرضها متر واحد :

$$M = 5 \text{ t.m} .$$

$$F_t = 6 \text{ t} .$$

$$\overline{\sigma_s} = 1400 \text{ Kg/cm}^2 ; \quad \overline{\sigma_{cb}} = 18 \text{ Kg/cm}^2 ;$$

$$\overline{\sigma_c} = 70 \text{ Kg/cm}^2 .$$

الحل :

من العلاقة (19 - 3) نجد :

$$t = \sqrt{\frac{M}{3}} + 2 = \sqrt{\frac{5000}{3}} + 2 = 42,8 \approx 43 \text{ cm}$$

لنتحقق من دقة العلاقة السابقة بحساب الاجهاد الشاد في البيتون من العلاقة :

$$\overline{\sigma_{cb}} = \frac{6M}{b \cdot t^2} + \frac{F_t}{b \cdot t} =$$

$$= \frac{6 \cdot 5 \cdot 10^5}{100 \cdot 43^2} + \frac{6000}{100 \cdot 43} = 16,22 + 1,40 = 17,62 < 18 \text{ Kg/cm}^2 .$$

$$e = \frac{M}{F_t} = \frac{5}{6} = 0,83 \text{ m}$$

$$e = 83 \text{ cm} > \frac{37}{2} = \frac{Z}{2}$$

واللامركزية :

والمقطع مضغوط ومشدود لأن :

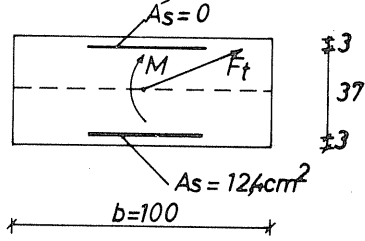
لنحسب العزم حول التسليح المشدود :

$$m = M - F_t \frac{Z}{2} =$$

$$= 5 - 6 \frac{0,37}{2} = 3,89 \text{ t.m}$$

لنرى فيما اذا احتاج المقطع لتسليح مضغوط A_s

$$\bar{d} = \gamma \sqrt{\frac{m}{b}}$$



الشكل رقم (٢-٤)

تحدد شوابت الانعطاف البسيط الخاصة بالمقاطع المستطيلة من الجداول الخاصة

$$\gamma = 0,279$$

وتساوي :

$$\varepsilon = 0,857$$

ومنه :

$$\bar{M} = \left(\frac{\bar{d}}{\gamma}\right)^2 b$$

$$= \left(\frac{40}{0,279}\right)^2 \cdot 100 = 20,55 \text{ t.m} > m$$

• لاجابة لتسليح مضغوط

أما التسليح المشدود فيساوي :

$$A_s = \frac{3,89 \times 10^5}{1400 \cdot 0,857 \cdot 40} + \frac{6000}{14000} = 12,4 \text{ cm}^2$$

• نستعمل للتسليح المشدود : 8 Ø 14/m في طرف الجدار المحاذي للماء .

• ونستعمل تسليح اصغري : 8 Ø 10/m على الوجه الآخر .

الفصل الرابع

تصميم جدران الخزانات الدائرية

٤ - ١ تعريف :

الخزانات الدائرية هي من اكثر انواع الخزانات الارضية أو العاليسية استعمالا لتخزين المياه العذبة أو الصناعية الناتجة من المعامل أو المحروقات السائلة . تختلف طرق حساب الخزانات الدائرية عن بعضها وذلك باختلاف اسناد نهاياتها العلوية والسفلية . فقد تكون النهايات العلوية حرة أو متصلة (مستندة) مع السقف في حال وجود اسقف للخزانات ، وهي حالة خاصة ، أما استناد جدران الخزانات الدائرية من الاسفل فيمكن أن يكون ضمن الحالات التالية :

أ - خزانات دائرية ذات استناد منزلق مع الارضية .

ب - خزانات دائرية ذات استناد مفصلي مع الارضية .

ج - خزانات دائرية ذات استناد موثوق أو مستمر مع الارضية .

تبيين الاشكال رقم (٤ - ١ ، ٢ ، ٣) انواع استنادات الجدران الدائرية

مع الارضيات .

٤ - ٢ الخزانات الدائرية المنزلقة على القاعدة : الشكل رقم (٤ - ١) ،

يعطي ضغط السائل على جدران الخزان بالعلاقة :

$$P_x = \gamma \cdot X \quad ; \quad (٤ - ١)$$

حيث : γ - كثافة السائل .

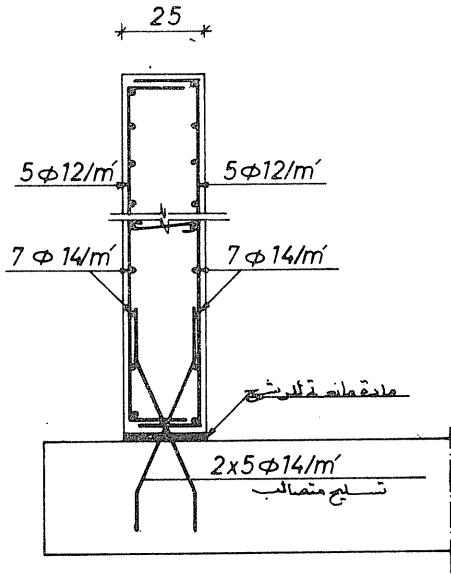
X - بعد النقطة من الخزان عن سطح السائل العلوي .

فإذا كان ارتفاع السائل في الخزان هو H يكون الضغط الهيدروستاتيكي

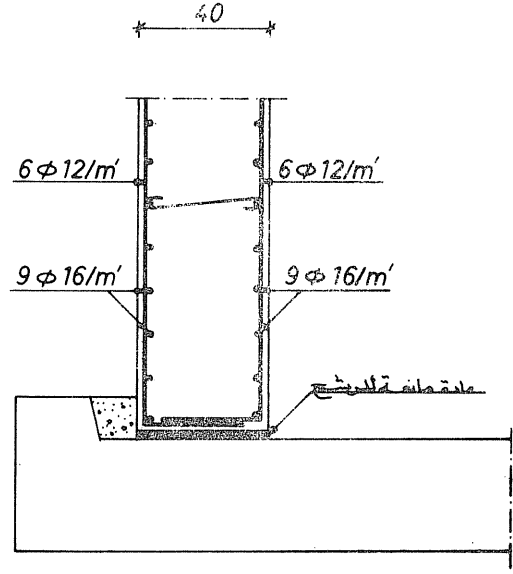
$$P_{\max} = \gamma \cdot H \quad ; \quad (٤ - ٢)$$

الاعظمي في اسفل الخزان هو : تحسب قوة الشد المحورية F_x في الانابيب أو الخزانات الدائرية رقيقة

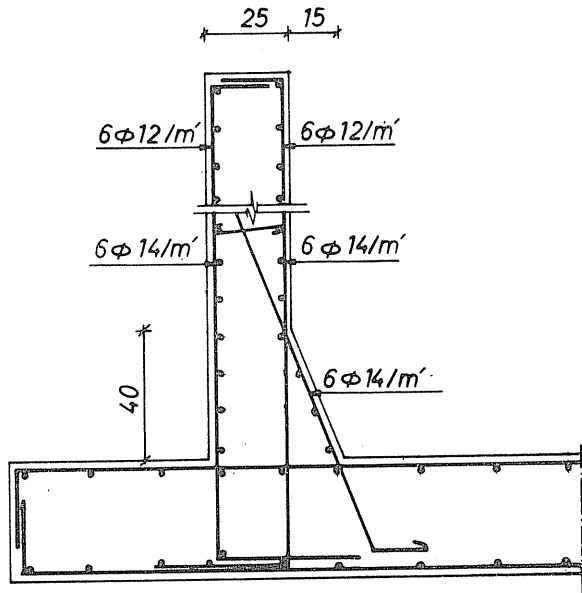
الجدران ذات الاستناد المنزلق بالعلاقة :



استناد مفصلي
الشكل رقم (٤ - ٢)



استناد منزلق
الشكل رقم (٤ - ١)



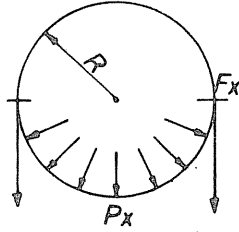
استناد بوشافة
الشكل رقم (٤ - ٣)

$$2F_x = P_x \cdot 2R \quad ;$$

$$= 2 \cdot \gamma \cdot x \cdot R$$

ومنہ :

$$(3 - \epsilon) \quad F_x = \gamma \cdot x \cdot R$$



الشكل رقم (4 - 4)

وقوة الشد الاعظمية F_{max} تكون في قعر الخزان، باعتبار أن ارتفاع الماء فيه هو H ، وتساوي :

$$(4 - \epsilon) \quad F_{max} = \gamma \cdot H \cdot R$$

نحسب مساحة الفولاذ لمقاومة قوة الشد F_x بالعلاقة المعروفة :

$$As = \frac{F_x}{\sigma_s}$$

تقسم وهما الجدران الاسطوانية الى مجموعة حلقات ذات ارتفاعات

واحدة وليكن متر واحد مثلا ،

وتكون P_x ، F_x لكل حلقة

موافقة لليها السفلي . فالحلقة

رقم (3) المبينة في الشكل

رقم (4 - 5) تتحمل قوة شد F_x

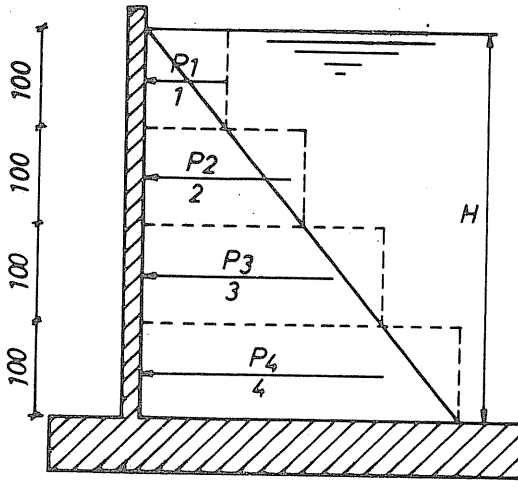
تساوي : $F_x = \gamma \cdot x \cdot R$;

$$= \gamma \cdot 3 \cdot R = 3 \cdot \gamma \cdot R$$

مساحة الفولاذ المشدود في قعر الخزان

تساوي:

$$As_{max} = \frac{F_{max}}{\sigma_s}$$



الشكل رقم (4 - 5)

في جدران الخزانات الدائرية الرقيقة تعتبر اجهادات الشد فيها موزعة

بانتظام ، وقد رأينا سابقا من أجل الاجهادات المسموحة التالية :

$$\bar{\sigma}_{cb} = 16 \text{ Kg/cm}^2 \quad ;$$

$$\bar{\sigma}_s = 1400 \text{ Kg/cm}^2 \quad ;$$

$$\varepsilon_{sh} = 25 \cdot 10^{-4} \quad ;$$

$$E_s = 2100 \text{ t/cm}^2 \quad ;$$

$$n = 10 \quad .$$

ان سماكة الجدران الرقيقة والتي تتحمل شدا محوريا يمكن تعيينها من العلاقة :

$$t_x = 0,8 \cdot F_x \quad ;$$

$$t_{max} = 0,8 \cdot F_{max} \quad .$$

حيث : F - قوة الشد من أجل متر طول وبالطونات .

t - سماكة الجدار بالسنتمترات .

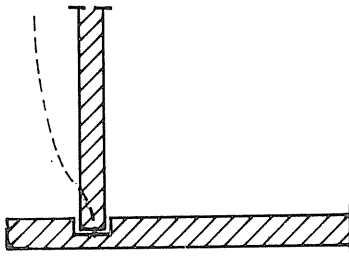
• ومساحة التسليح اللازمة لمقاومة قوة الشد المحورية بالسنتمتر مربع هي :

$$As = 0,9 \cdot t_x \quad ;$$

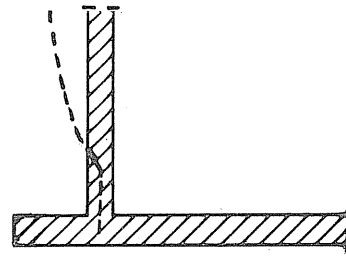
$$As_{max} = 0,9 \cdot t_{max} \quad .$$

٤ - ٣ الخزانات الدائرية المثبتة على القاعدة : انظر الشكل رقم (٤ - ٦)

لقد اهلنا في الدراسة السابقة اثر ارتباط أو استناد جدار الخزان الدائري مع قاعه ومع السقف ان وجد . ان قاع الخزان الدائري يعيق تغييرات هذا الجدار وخاصة في عقدة اتصاله معه ، والشكل رقم (٤ - ٦) يوضح شكل التغييرات في الجدران الموثوقة بالقاع أو المتفصلة معه .



الجدار متمفصل مع الارضية



الجدار موثوق بالارضية

الشكل رقم (٤ - ٦)

وسنورد فيما يلي دراسة انشائية لايجاد الجهود من شد وانعطاف في الجدار الرقيق لخزان دائري غير مسقوف يستند على قاعدة ، تستند بدورها على تربة صلبة ، وذلك في الحالتين التاليتين :

- آ - الجدران موثوقة بوثاقة مرنة مع القاعدة • (ووثاقة جزئية)
 ب - الجدران متمفصلة مع القاعدة •

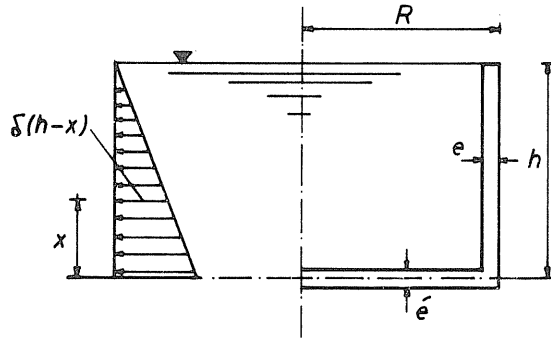
٤-٣-١ طريقة هانجان - سوارى : (Hangan - Soare)

من المعروف ان استناد الجدران الدائرية على قاعدة صلبة يعيق مسـ تغيراتها وبالتالي يولد جهودا اضافية خاصة في حالة الوثاقة ، من عزم اعطاف في المستوي الشاقولي وقوى مماسية وقوى شادة •

١ - عزم الوثاقة M_0 :

يعطى عزم الوثاقة بالعلاقة التالية :

$$M_0 = K \cdot \delta \cdot h^3 .$$



الشكل رقم (٤ - ٧)

- حيث : h - ارتفاع الماء الكلي •
 δ - كثافة السائل •
 K - تحدد من العلاقة :

$$(٥ - ٤) \quad \left(\frac{e}{e}\right)^3 \cdot K^{3/2} + \frac{3}{2\beta \cdot h} \cdot K - \frac{3}{4\beta^3 \cdot h^3} \left(1 - \frac{1}{\beta \cdot h}\right) = 0$$

وحيث :

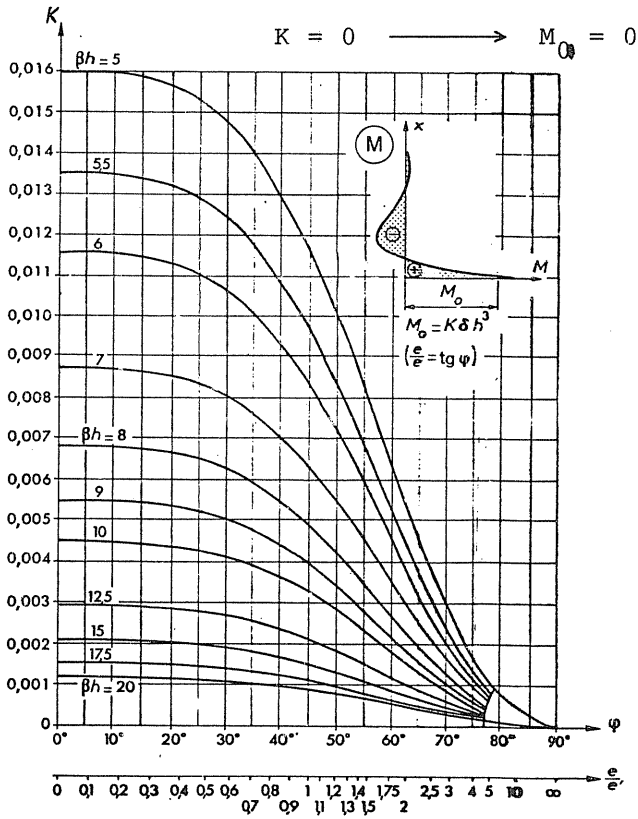
$$(٦ - \varepsilon) \quad \beta = \frac{4 \sqrt{3(1-\nu)^2}}{\sqrt{R \cdot e}}$$

• ν - عامل بواسون ، ويؤخذ عادة مساويا لـ 1/6 .

تحدد قيمة K من الشكل رقم (٨ - ٤) بدلالة $\frac{e}{e'}$ و $\beta \cdot h$ من أجل وشاقفة تامة أي عندما $e' = \infty$ تصحح $\frac{e}{e'} = 0$ ومنه :

$$(٧ - \varepsilon) \quad K = \frac{1}{2 \cdot \beta^2 \cdot h^2} \left(1 - \frac{1}{\beta \cdot h} \right) .$$

وفي حالة التمثفصل تكون $e' = 0$ ، $\frac{e}{e'} = \infty$ وتكون :



الشكل رقم (٨ - ٤)

٢ - بعد نقطة انعدام العزم X_0 :

يعطى بعد انعدام العزم عن قعر الخزان بالعلاقة :

$$(٨ - \varepsilon) \quad X_0 = K_0 \cdot h .$$

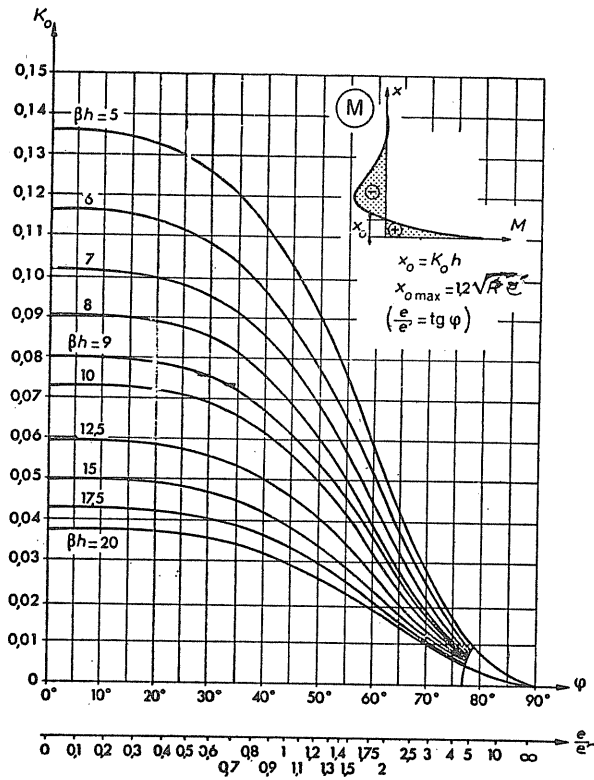
$$(9 - \varepsilon) \quad K_0 = \frac{\text{arc tg}(2.K.\beta^2.h^2)}{\beta.h} \quad \text{و}$$

• يعطي الشكل رقم (9 - \varepsilon) قيم الثابت K_0 بدلالة النسبة $\frac{e}{e'}$ و $\beta.h$

٣ - بعد نقطة الانعطاف السالب الاعظمي X_1 :

يعطى بعد نقطة عزم الانعطاف السالب الاعظمي بالعلاقة :

$$(10 - \varepsilon) \quad X_1 = K_1.h$$



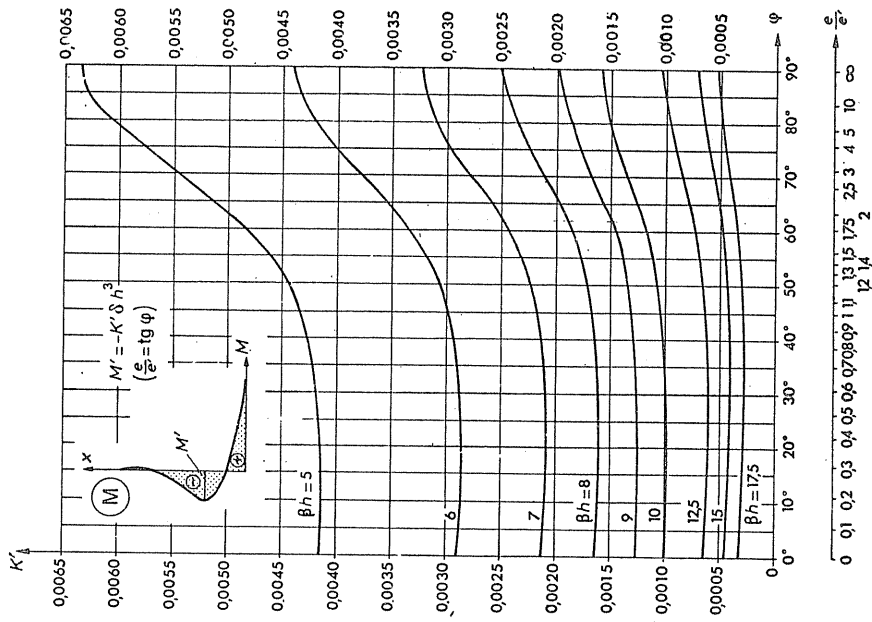
الشكل رقم (9 - \varepsilon)

$$(11 - \varepsilon) \quad K_1 = K_0 + \frac{\pi}{4.\beta.h} \quad \text{حيث :}$$

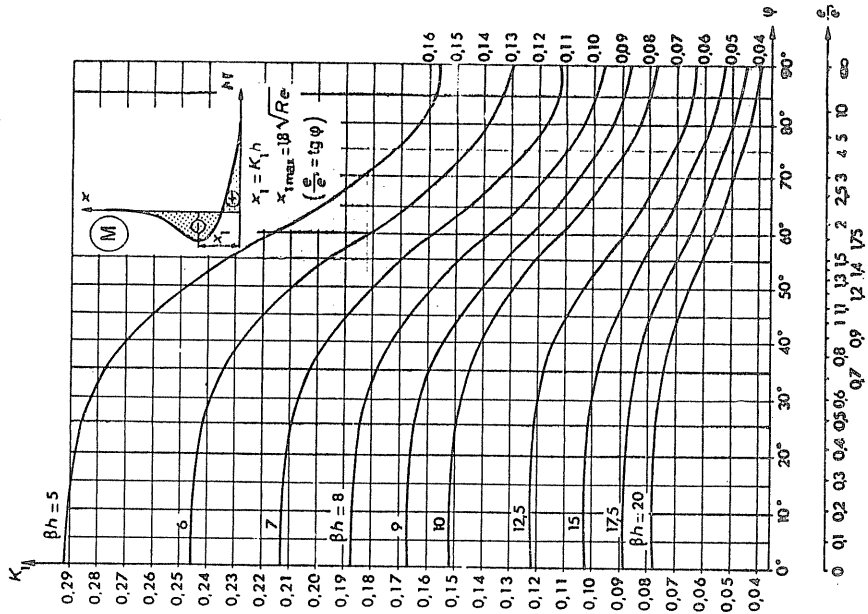
• يعطي الشكل رقم (10 - \varepsilon) قيم الثابت K_1

٤ - عزم الانعطاف السالب الاعظمي M' :

يعطى بالعلاقة :



الشكل رقم (٤) - (١٠)



الشكل رقم (٤) - (١١)

$$(12 - \varepsilon) \quad \dot{M} = -\dot{K} \cdot \delta \cdot h^3 .$$

حيث :

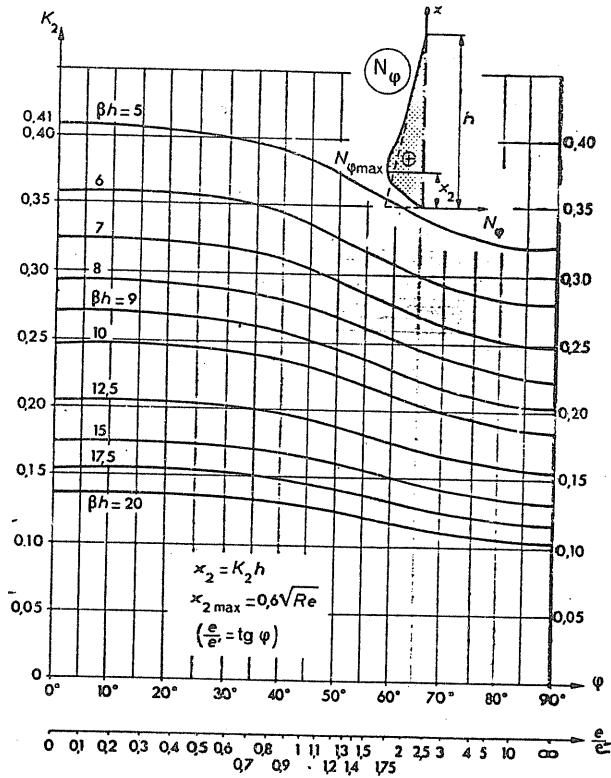
$$(13 - \varepsilon) \quad \dot{K} = -K \cdot \dot{e} \cdot \beta \cdot X_1 \left[\cos \beta X_1 - \frac{1}{2 \cdot K \cdot \beta^2 \cdot h^2} \sin \beta X_1 \right] .$$

• يعطي الشكل رقم (11 - \varepsilon) قيم العامل K' .

• بعد نقطة تطبيق أكبر جهد ناظمي شاد X_2 :

$$(14 - \varepsilon) \quad X_2 = K_2 \cdot h .$$

• يعطي الشكل رقم (12 - \varepsilon) قيم K_2 .



الشكل رقم (12 - \varepsilon)

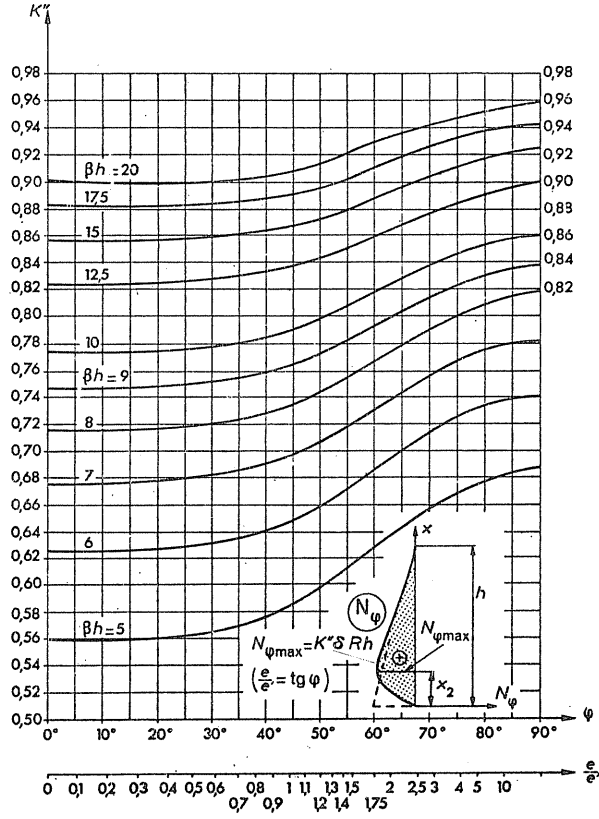
٦ - قيمة الجهد الناظمي الشاد الاعظمي N_{\max} :

يعطى بالعلاقة :

$$N_{\psi \max} = K'' \cdot \delta \cdot R \cdot h \cdot (10 - \xi)$$

- تعطي الخطوط البيانية الموضحة في الشكل رقم (١٣ - ٤) قيمة العامل K''
- يتبين مما سبق أن هذه الطريقة عامة وتعطي نتائج صحيحة من أجل
- وشاكة تامة للجدار مع قعر الخزان
- ومن أجل حالة مفصل بينهما

فاذا اعتبرنا أن :



الشكل رقم (٤ - ١٣)

• عامل بواسون في البيتون المسلح $\nu = \frac{1}{6}$

• كثافة الماء $\delta = 1$

نجد أنه في حالة الوشافة التامة يكون :

$$e' = \infty \longrightarrow \frac{e}{e'} = 0 \quad ;$$

$$(16 - \xi) \quad M_0 = \delta \cdot h^3 \frac{1}{2 \cdot \beta^2 \cdot h^2} \left(1 - \frac{1}{\beta \cdot h}\right) .$$

وبالتعويض نحصل على :

$$(17 - \xi) \quad M_0 = \frac{h \cdot R \cdot e}{3,416} - \frac{(R \cdot e)^{3/2}}{4,464} .$$

وفي حالة المفصل يكون :

$$e' = 0 \quad , \quad \frac{e}{e'} = \infty \quad , \quad K = 0 .$$

$$X_1 \cong 0.6 \sqrt{R \cdot e} . \quad \text{نحصل على :}$$

وهو بعد نقطة العزم الاعظمي السالب عن القعر .

وتكون قيمة عزم الانعطاف السالب الاعظمي مساوية :

$$(18 - \xi) \quad M' = -\delta \cdot h \cdot R \cdot e \frac{\sqrt{2} \cdot e^{-\pi/4}}{4 \sqrt{3(1-\nu^2)}} .$$

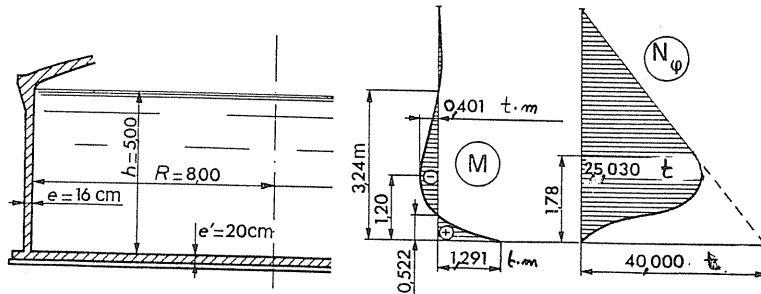
وبالتعويض في القيم المحددة اعلاه نحصل على :

$$M' \cong -0.0944 h \cdot R \cdot e .$$

تطبيق :

ليكن الخزان الدائري المبين في الشكل رقم (٤ - ١٣ - ٦) ارسم مخططي الشد

الحلقي وعزم الانعطاف لجداره الدائري بطريقة (هانجان - سوارى) .



الشكل رقم (٤ - ١٣ - ٦)

$$\frac{e}{e'} = \frac{0,16}{0,20} = 0,80 \quad ; \quad \text{الحل :}$$

$$\beta h = 5,78 \quad .$$

من الاشكال ذات الارقام (٤ - ٨ ، ٩ ، ١٠ ، ١١ ، ١٢ ، ١٣) نجد :

$$K = 0,0103 \quad ; \quad M_0 = 0,0103 \cdot 1.5^3 = 1,290 \quad \text{t.m} \quad ;$$

$$K_0 = 0,1044 \quad ; \quad x_0 = 0,1044 \cdot 5 = 0,522 \quad \text{m} \quad ;$$

$$K_1 = 0,240 \quad ; \quad x_1 = 0,240 \cdot 5 = 1,20 \quad \text{m} \quad ;$$

$$K' = 0,00325 \quad ; \quad M' = -0,00325 \cdot 5^3 = -0,401 \quad \text{t.m} \quad ;$$

$$K_2 = 0,355 \quad ; \quad x_2 = 0,355 \cdot 5 = 1,78 \quad \text{m} \quad ;$$

$$K'' = 0,626 \quad ; \quad N_{\max} = 0,626 \cdot 8 \cdot 5 = 25 \quad \text{t} \quad .$$

٤ - ٣ - ٣ دراسة الخزانات الدائرية باستعمال جداول الكود البريطاني لخزانات

السوائل 1976 : BS 5337 :

تعطي هذه الجداول ثوابت لحساب قوى الشد والعزوم بفعل الاشرين الحلقي والظفري وذلك باستعمال الجداول اللاحقة رقم من (٤-١) وحتى (٤-١٢) وذلك لتعيين قيم القوى الشادة وعزوم الانعطاف في حالتين مختلفتين لاستناد الخزان الدائري على القاعدة وهما :

• استناد مفصلي

• استناد موشوق

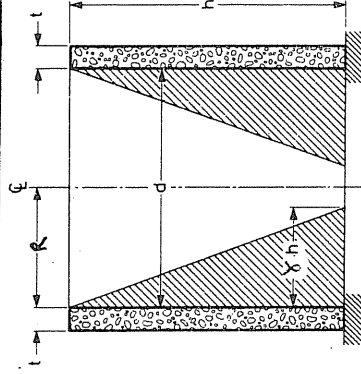
كما تعطي قيم هذه الجهود في حالتين من التحميل :

آ - حمولات موزعة بانتظام على كامل ارتفاع جدار الخزان (ضغط سائل أو هواء منتظم)

ب - حمولات موزعة بشكل مثلثي على ارتفاع جدار الخزان (ضغط هيدروستاتيكي) ، ويجدر التنويه الى أن هذه الجداول معتمدة ايضا من قبل مؤسسة الاسمنت البورتلندي الاميركية

ونبين في المثال التالي توضيحا لاستخدام هذه الجداول

الجدول رقم (١ - ٤)



قيم الشد الحطقي في الخزانات الدائرية من تأشير حصوله مشائية

الطرف السفلي موشوق .

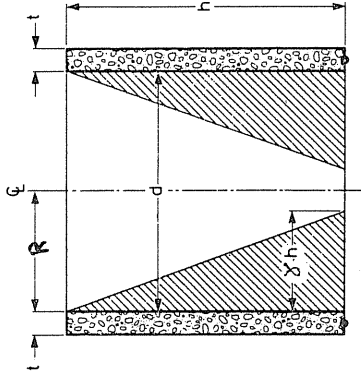
الطرف العلوي حر .

$$F_t = C_T \cdot \gamma \cdot h \cdot R$$

الإشارة الموجبة تدل على الشد .

العامل C_T

$\frac{h^2}{d^3}$	C_T										
	0.0 h	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	
0.4	+0.149	+0.134	+0.120	+0.101	+0.082	+0.066	+0.049	+0.029	+0.014	+0.004	
0.8	+0.263	+0.239	+0.215	+0.190	+0.160	+0.130	+0.096	+0.063	+0.034	+0.010	
1.2	+0.283	+0.271	+0.254	+0.234	+0.209	+0.180	+0.142	+0.099	+0.054	+0.016	
1.6	+0.265	+0.268	+0.268	+0.266	+0.250	+0.226	+0.185	+0.134	+0.075	+0.023	
2.0	+0.234	+0.251	+0.273	+0.285	+0.285	+0.274	+0.232	+0.172	+0.104	+0.031	
3.0	+0.134	+0.203	+0.267	+0.322	+0.357	+0.362	+0.330	+0.262	+0.157	+0.052	
4.0	+0.067	+0.164	+0.256	+0.339	+0.403	+0.429	+0.409	+0.334	+0.210	+0.073	
5.0	+0.025	+0.137	+0.245	+0.346	+0.428	+0.477	+0.469	+0.398	+0.259	+0.092	
6.0	+0.018	+0.118	+0.234	+0.344	+0.441	+0.504	+0.514	+0.447	+0.301	+0.112	
8.0	-0.011	+0.107	+0.218	+0.335	+0.443	+0.534	+0.575	+0.530	+0.381	+0.151	
10.0	-0.011	+0.098	+0.208	+0.323	+0.437	+0.542	+0.608	+0.589	+0.440	+0.179	
12.0	-0.005	+0.097	+0.202	+0.312	+0.429	+0.543	+0.628	+0.633	+0.494	+0.211	
14.0	-0.002	+0.098	+0.200	+0.306	+0.420	+0.539	+0.639	+0.666	+0.541	+0.241	
16.0	0.000	+0.099	+0.199	+0.304	+0.412	+0.531	+0.641	+0.687	+0.582	+0.265	



قيم الشد الحثفي في الخزانات الدائرية من تأثير حمولة مثلثية

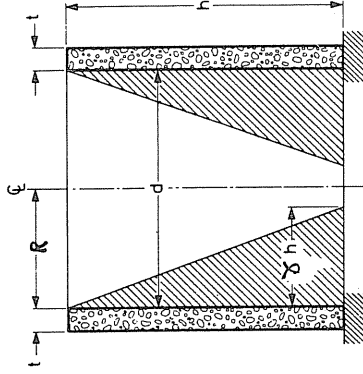
الطرف السفلي مفعل

الطرف العلوي حر .

$$F_T = C_T \cdot \delta \cdot h \cdot R$$

الإشارة الموجبة تدل على الشد .

$\frac{h^2}{dt}$	العامل C_T										
	0.0 h	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	
0.4	+0.474	+0.440	+0.395	+0.352	+0.308	+0.264	+0.215	+0.165	+0.111	+0.057	
0.8	+0.423	+0.402	+0.381	+0.358	+0.330	+0.297	+0.249	+0.202	+0.145	+0.076	
1.2	+0.350	+0.355	+0.361	+0.362	+0.368	+0.343	+0.309	+0.256	+0.186	+0.098	
1.6	+0.271	+0.303	+0.341	+0.369	+0.385	+0.385	+0.362	+0.314	+0.233	+0.124	
2.0	+0.205	+0.260	+0.321	+0.373	+0.411	+0.434	+0.419	+0.369	+0.280	+0.151	
3.0	+0.074	+0.179	+0.281	+0.375	+0.449	+0.506	+0.519	+0.479	+0.375	+0.210	
4.0	+0.017	+0.137	+0.253	+0.367	+0.469	+0.545	+0.579	+0.553	+0.447	+0.256	
5.0	-0.008	+0.114	+0.235	+0.356	+0.469	+0.562	+0.617	+0.606	+0.503	+0.294	
6.0	-0.011	+0.103	+0.223	+0.343	+0.463	+0.566	+0.639	+0.643	+0.547	+0.327	
8.0	-0.015	+0.096	+0.208	+0.324	+0.443	+0.564	+0.661	+0.697	+0.621	+0.386	
10.0	-0.008	+0.095	+0.200	+0.311	+0.428	+0.552	+0.666	+0.730	+0.678	+0.433	
12.0	-0.002	+0.097	+0.197	+0.302	+0.417	+0.541	+0.664	+0.750	+0.720	+0.477	
14.0	0.000	+0.098	+0.197	+0.299	+0.408	+0.531	+0.659	+0.761	+0.752	+0.513	
16.0	+0.002	+0.100	+0.198	+0.299	+0.403	+0.521	+0.650	+0.764	+0.776	+0.536	



قيم عزوم الانعطاف في الخزانات الدائرية من تأثير حمولة مثلثية

الطرف السفلي موثوق .

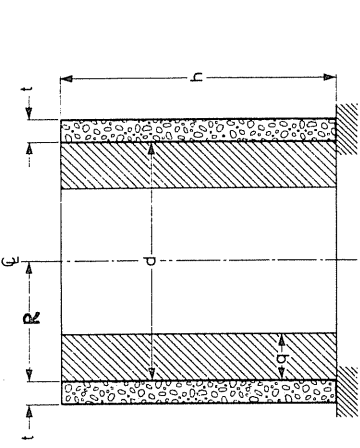
الطرف العلوي حر .

$$M = C_M \cdot \Delta \cdot h^3$$

الاشارة الموجبة تدل على الشد في الوجه الخارجي .

$\frac{h^2}{dt}$	العامل C_M									
	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	1.0 h
0.4	+0.0005	+0.0014	+0.0021	+0.0007	-0.0042	-0.0150	-0.0302	-0.0529	-0.0816	-0.1205
0.8	+0.0011	+0.0037	+0.0063	+0.0080	+0.0070	+0.0023	-0.0068	-0.0224	-0.0465	-0.0795
1.2	+0.0012	+0.0042	+0.0077	+0.0103	+0.0112	+0.0090	+0.0022	-0.0108	-0.0311	-0.0602
1.6	+0.0011	+0.0041	+0.0075	+0.0107	+0.0121	+0.0111	+0.0058	-0.0051	-0.0232	-0.0505
2.0	+0.0010	+0.0035	+0.0068	+0.0099	+0.0120	+0.0115	+0.0075	-0.0021	-0.0185	-0.0436
3.0	+0.0006	+0.0024	+0.0047	+0.0071	+0.0090	+0.0097	+0.0077	+0.0012	-0.0119	-0.0333
4.0	+0.0003	+0.0015	+0.0028	+0.0047	+0.0066	+0.0077	+0.0069	+0.0023	-0.0080	-0.0268
5.0	+0.0002	+0.0008	+0.0016	+0.0029	+0.0046	+0.0059	+0.0059	+0.0028	-0.0058	-0.0222
6.0	+0.0001	+0.0003	+0.0008	+0.0019	+0.0032	+0.0046	+0.0051	+0.0029	-0.0041	-0.0187
8.0	.0000	+0.0001	+0.0002	+0.0008	+0.0016	+0.0028	+0.0038	+0.0029	-0.0022	-0.0146
10.0	.0000	.0000	+0.0001	+0.0004	+0.0007	+0.0019	+0.0029	+0.0028	-0.0012	-0.0122
12.0	.0000	.0000	+0.0001	+0.0002	+0.0003	+0.0013	+0.0023	+0.0026	-0.0005	-0.0104
14.0	.0000	.0000	.0000	.0000	+0.0001	+0.0008	+0.0019	+0.0023	-0.0001	-0.0090
16.0	.0000	.0000	-0.0001	-0.0002	-0.0001	+0.0004	+0.0013	+0.0019	+0.0001	-0.0079

الجدول رقم (٤ - ٤)

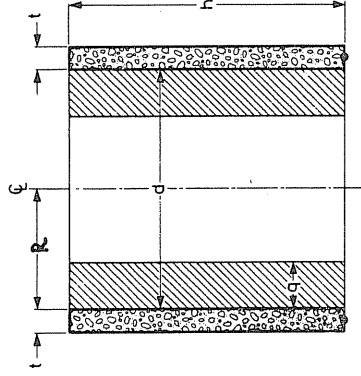


قيم الشد الحطبي في الخزانات الدائرية من تأشير حمولة منتظمة
 الطرف السفلي موشوق .
 الطرف العلوي حر .
 الاشارة الموجبة تدل على الشد .

$$F_t = C_T \cdot q \cdot R \cdot$$

١
٥
١

$\frac{h^2}{dt}$	العامل C_T									
	0.0 h	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h
0.4	+0.582	+0.505	+0.431	+0.353	+0.277	+0.206	+0.145	+0.092	+0.046	+0.013
0.8	+1.052	+0.921	+0.796	+0.669	+0.542	+0.415	+0.289	+0.179	+0.089	+0.024
1.2	+1.218	+1.078	+0.946	+0.808	+0.665	+0.519	+0.378	+0.246	+0.127	+0.034
1.6	+1.257	+1.141	+1.009	+0.881	+0.742	+0.600	+0.449	+0.294	+0.153	+0.045
2.0	+1.253	+1.144	+1.041	+0.929	+0.806	+0.667	+0.514	+0.345	+0.186	+0.055
3.0	+1.160	+1.112	+1.061	+0.998	+0.912	+0.796	+0.646	+0.459	+0.258	+0.081
4.0	+1.085	+1.073	+1.057	+1.029	+0.977	+0.887	+0.746	+0.553	+0.322	+0.105
5.0	+1.037	+1.044	+1.047	+1.042	+1.015	+0.949	+0.825	+0.629	+0.379	+0.128
6.0	+1.010	+1.024	+1.038	+1.045	+1.034	+0.986	+0.879	+0.694	+0.430	+0.149
8.0	+0.989	+1.005	+1.022	+1.036	+1.044	+1.026	+0.953	+0.788	+0.519	+0.189
10.0	+0.989	+0.998	+1.010	+1.023	+1.039	+1.040	+0.996	+0.859	+0.591	+0.226
12.0	+0.994	+0.997	+1.003	+1.014	+1.031	+1.043	+1.022	+0.911	+0.652	+0.262
14.0	+0.997	+0.998	+1.000	+1.007	+1.022	+1.040	+1.035	+0.949	+0.705	+0.294
16.0	+1.000	+0.999	+0.999	+1.003	+1.015	+1.032	+1.040	+0.975	+0.750	+0.321



قيم الشد الحلقي في الخزانات الدائرية من تأثير حمولة منتظمة

الطرف السفلي مفعل .

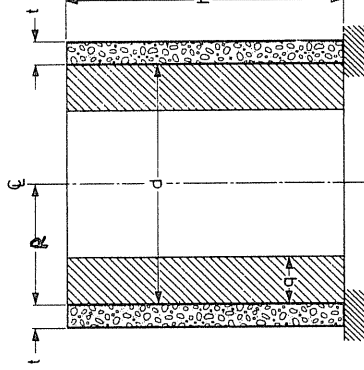
الطرف العلوي حر .

$$F_t = C_T \cdot \rho \cdot R$$

الإشارة الموجبة تدل على الشد

$\frac{h^2}{dt}$	العامل C_T									
	0.0 h	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h
0.4	+1.474	+1.340	+1.195	+1.052	+0.908	+0.764	+0.615	+0.465	+0.311	+0.154
0.8	+1.423	+1.302	+1.181	+1.058	+0.930	+0.797	+0.649	+0.502	+0.345	+0.166
1.2	+1.350	+1.255	+1.161	+1.062	+0.958	+0.843	+0.709	+0.556	+0.386	+0.198
1.6	+1.271	+1.203	+1.141	+1.069	+0.985	+0.885	+0.756	+0.614	+0.433	+0.224
2.0	+1.205	+1.160	+1.121	+1.073	+1.011	+0.934	+0.819	+0.669	+0.480	+0.251
3.0	+1.074	+1.079	+1.081	+1.075	+1.049	+1.006	+0.919	+0.779	+0.575	+0.310
4.0	+1.017	+1.037	+1.053	+1.067	+1.045	+1.045	+0.979	+0.853	+0.647	+0.356
5.0	+0.992	+1.014	+1.035	+1.056	+1.069	+1.062	+1.017	+0.906	+0.703	+0.394
6.0	+0.989	+1.003	+1.023	+1.043	+1.063	+1.066	+1.039	+0.943	+0.747	+0.427
8.0	+0.985	+0.996	+1.008	+1.024	+1.043	+1.064	+1.061	+0.997	+0.821	+0.486
10.0	+0.992	+0.995	+1.000	+1.011	+1.028	+1.052	+1.066	+1.030	+0.878	+0.533
12.0	+0.998	+0.997	+0.997	+1.002	+1.017	+1.041	+1.064	+1.050	+0.920	+0.577
14.0	+1.000	+0.998	+0.997	+0.999	+1.008	+1.031	+1.059	+1.061	+0.952	+0.613
16.0	+1.002	+1.000	+0.998	+0.999	+1.003	+1.021	+1.050	+1.064	+0.976	+0.636

الجدول رقم (٤ - ٦)



قيم عزوم الانعطاف في الخانات الدائرية من تأثير حمولة منتظمة

الطرف السفلي موثوق .

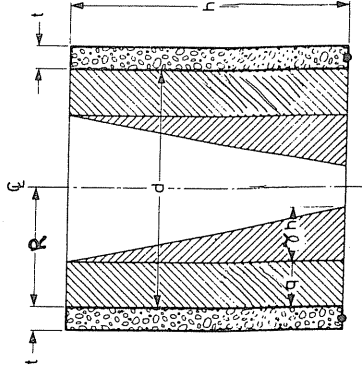
الطرف العلوي حر .

$$M = C_m \cdot q \cdot h^2$$

الاشارة الموجبة تدل على الشد في الطرف الخارجي .

$\frac{h^2}{dt}$	العامل C_m									
	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	1.0 h
0.4	-.0023	-.0093	-.0227	-.0439	-.0710	-.1018	-.1455	-.2000	-.2593	-.3310
0.8	.0000	-.0006	-.0025	-.0083	-.0185	-.0362	-.0594	-.0917	-.1325	-.1835
1.2	+0.0008	+0.0026	+0.0037	+0.0029	-.0009	-.0089	-.0227	-.0468	-.0815	-.1178
1.6	+0.0011	+0.0036	+0.0062	+0.0077	+0.0068	+0.0111	-.0093	-.0267	-.0529	-.0876
2.0	+0.0010	+0.0036	+0.0066	+0.0088	+0.0089	+0.0059	-.0019	-.0167	-.0389	-.0719
3.0	+0.0007	+0.0026	+0.0051	+0.0074	+0.0091	+0.0083	+0.0042	-.0053	-.0223	-.0483
4.0	+0.0004	+0.0015	+0.0033	+0.0052	+0.0068	+0.0075	+0.0053	-.0013	-.0145	-.0365
5.0	+0.0002	+0.0008	+0.0019	+0.0035	+0.0051	+0.0061	+0.0052	+0.0007	-.0101	-.0293
6.0	+0.0001	+0.0004	+0.0011	+0.0022	+0.0036	+0.0049	+0.0048	+0.0017	-.0073	-.0242
8.0	.0000	+0.0001	+0.0003	+0.0008	+0.0018	+0.0031	+0.0038	+0.0024	-.0040	-.0184
10.0	.0000	-.0001	.0000	+0.0002	+0.0009	+0.0021	+0.0030	+0.0026	-.0022	-.0147
12.0	.0000	.0000	-.0001	.0000	+0.0004	+0.0014	+0.0024	+0.0022	-.0012	-.0123
14.0	.0000	.0000	.0000	.0000	+0.0002	+0.0010	+0.0018	+0.0021	-.0007	-.0105
16.0	.0000	.0000	.0000	-.0001	+0.0001	+0.0006	+0.0012	+0.0020	-.0005	-.0091

الجدول رقم (٤ - ٧)



قيم عزوم الانعطاف في الخزانات الدائرية من تأثير حمولة مثلثية ومنظمة.

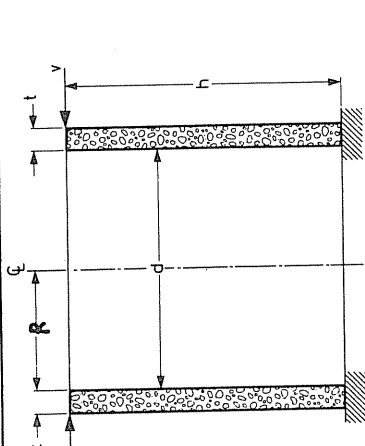
- الطرف السفلي مفصل
- الطرف العلوي حر

$$M = C_m (\gamma \cdot h^3 + \rho \cdot h^2) \cdot$$

• الاشارة الموجبة تدل على الشد في الوجه الخارجي

$\frac{h^2}{dt}$	العامل C_m									
	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	1.0 h
0.4	+0.020	+0.0072	+0.0151	+0.0230	+0.0301	+0.0348	+0.0357	+0.0312	+0.0197	0
0.8	+0.0019	+0.0064	+0.0133	+0.0207	+0.0271	+0.0319	+0.0329	+0.0292	+0.0187	0
1.2	+0.0016	+0.0058	+0.0111	+0.0177	+0.0237	+0.0280	+0.0296	+0.0263	+0.0171	0
1.6	+0.0012	+0.0044	+0.0091	+0.0145	+0.0195	+0.0236	+0.0255	+0.0232	+0.0155	0
2.0	+0.0009	+0.0033	+0.0073	+0.0114	+0.0158	+0.0199	+0.0219	+0.0205	+0.0145	0
3.0	+0.0004	+0.0018	+0.0040	+0.0063	+0.0092	+0.0127	+0.0152	+0.0153	+0.0111	0
4.0	+0.0001	+0.0007	+0.0016	+0.0033	+0.0057	+0.0083	+0.0109	+0.0118	+0.0092	0
5.0	.0000	+0.0001	+0.0006	+0.0016	+0.0034	+0.0057	+0.0080	+0.0094	+0.0078	0
6.0	.0000	.0000	+0.0002	+0.0008	+0.0019	+0.0039	+0.0062	+0.0078	+0.0068	0
8.0	.0000	.0000	-.0002	.0000	+0.0007	+0.0020	+0.0038	+0.0057	+0.0054	0
10.0	.0000	.0000	-.0002	-.0001	+0.0002	+0.0011	+0.0025	+0.0043	+0.0045	0
12.0	.0000	.0000	-.0001	-.0002	.0000	+0.0005	+0.0017	+0.0032	+0.0039	0
14.0	.0000	.0000	-.0001	-.0001	-.0001	.0000	+0.0012	+0.0026	+0.0033	0
16.0	.0000	.0000	.0000	-.0001	-.0002	-.0004	+0.0008	+0.0022	+0.0029	0

الجدول رقم (٤ - ٨)



V تأثير قوة قاطعة شدتها

قيم الشدالطقي في الخزانات الدائرية من تأشير قوة قاطعة شدتها

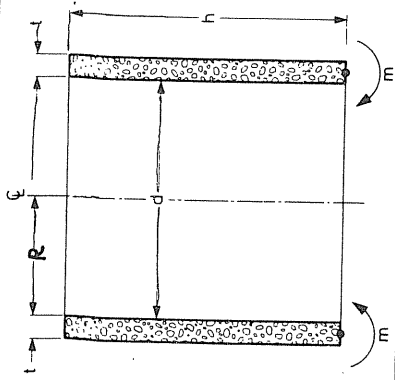
موزعة بانتظام على الطرف العلوي .

الطرف السفلي موثوق .

$$F_t = C_T \cdot \frac{V \cdot R}{h}$$

الاشارة الموجبة تدل على الشد .

$\frac{h^2}{dt}$	العامل C_T									
	0.0 h	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 hc	0.7 h t	0.8 h	0.9 h
0.4	- 1.57	- 1.32	- 1.08	- 0.86	- 0.65	- 0.47	- 0.31	- 0.18	- 0.08	- 0.02
0.8	- 3.09	- 2.55	- 2.04	- 1.57	- 1.15	- 0.80	- 0.51	- 0.28	- 0.13	- 0.03
1.2	- 4.57	- 3.17	- 2.44	- 1.79	- 1.25	- 0.81	- 0.48	- 0.25	- 0.10	- 0.02
1.6	- 6.04	- 3.54	- 2.60	- 1.80	- 1.17	- 0.69	- 0.36	- 0.16	- 0.05	- 0.01
2.0	- 7.51	- 3.83	- 2.68	- 1.74	- 1.02	- 0.52	- 0.21	- 0.05	+ 0.01	+ 0.01
3.0	- 10.42	- 4.37	- 2.70	- 1.43	- 0.58	- 0.02	+ 0.15	+ 0.19	+ 0.13	+ 0.04
4.0	- 12.76	- 4.73	- 2.60	- 1.10	- 0.19	+ 0.26	+ 0.38	+ 0.33	+ 0.19	+ 0.06
5.0	- 14.74	- 4.99	- 2.45	- 0.79	+ 0.11	+ 0.47	+ 0.50	+ 0.37	+ 0.20	+ 0.06
6.0	- 16.42	- 5.17	- 2.27	- 0.50	+ 0.34	+ 0.59	+ 0.53	+ 0.35	+ 0.17	+ 0.01
8.0	- 18.77	- 5.36	- 1.85	- 0.02	+ 0.63	+ 0.66	+ 0.46	+ 0.24	+ 0.09	+ 0.01
10.0	- 20.76	- 5.43	- 1.43	+ 0.36	+ 0.78	+ 0.62	+ 0.33	+ 0.12	+ 0.02	0.00
12.0	- 22.42	- 5.41	- 1.03	+ 0.63	+ 0.83	+ 0.52	+ 0.21	+ 0.04	- 0.02	0.00
14.0	- 23.77	- 5.34	- 0.68	+ 0.80	+ 0.81	+ 0.42	+ 0.13	0.00	- 0.03	- 0.01
16.0	- 24.74	- 5.22	- 0.33	+ 0.96	+ 0.76	+ 0.32	+ 0.05	+ 0.04	- 0.05	- 0.02

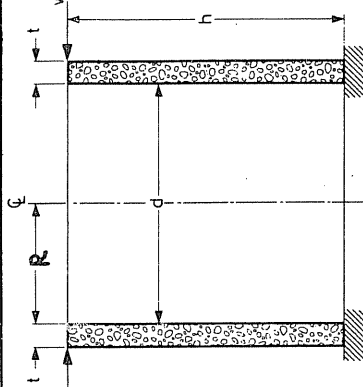


قيم الشد الطفي في الخزانات الدائرية من تأثير عزم M موزع بانتظام على محيط الطرف السفلي

- الطرف السفلي مفصل
- الطرف العلوي حر
- الإشارة الموجبة تدل على الشد

$$F_t = C_T \cdot \frac{M \cdot R}{h^2}$$

$\frac{h^2}{dt}$	العامل C_T										
	0.0 h	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	
0.4	+2.70	+2.50	+2.30	+2.12	+1.91	+1.69	+1.41	+1.13	+0.80	+0.44	
0.8	+2.02	+2.06	+2.10	+2.14	+2.10	+2.02	+1.95	+1.75	+1.39	+0.80	
1.2	+1.06	+1.42	+1.79	+2.03	+2.46	+2.65	+2.80	+2.60	+2.22	+1.37	
1.6	+0.12	+0.79	+1.43	+2.04	+2.72	+3.25	+3.56	+3.59	+3.13	+2.01	
2.0	-0.68	+0.22	+1.10	+2.02	+2.90	+3.69	+4.30	+4.54	+4.08	+2.75	
3.0	-1.78	-0.71	+0.43	+1.60	+2.95	+4.29	+5.66	+6.58	+6.55	+4.73	
4.0	-1.87	-1.00	-0.08	+1.04	+2.47	+4.31	+6.34	+8.19	+8.82	+6.81	
5.0	-1.54	-1.03	-0.42	+0.45	+1.86	+3.93	+6.60	+9.41	+11.03	+9.02	
6.0	-1.04	-0.86	-0.59	-0.05	+1.21	+3.34	+6.54	+10.28	+13.08	+11.41	
8.0	-0.24	-0.53	-0.73	-0.67	-0.02	+2.05	+5.87	+11.32	+16.52	+16.06	
10.0	+0.21	-0.23	-0.64	-0.94	-0.73	+0.82	+4.79	+11.63	+19.48	+20.87	
12.0	+0.32	-0.05	-0.46	-0.96	-1.15	+3.52	+11.27	+21.80	+25.73	+25.73	
14.0	+0.26	+0.04	-0.28	-0.76	-1.29	+2.29	+10.55	+23.50	+30.34	+30.34	
16.0	+0.22	+0.07	-0.08	-0.64	-1.28	-1.30	+1.12	+9.67	+24.53	+34.65	



شدها V موزعة بانتظام على الطرف العلوي .

الطرف السفلي مشقوق .

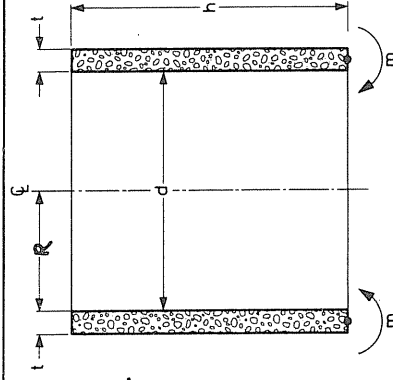
الطرف العلوي حر .

$$M = C_m \cdot V \cdot h$$

الإشارة الموجبة تدل على الشد في الوجه الخارجي .

العامل C_m

$\frac{h^2}{dt}$	العامل C_m									
	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	1.0 h
0.4	+0.093	+0.172	+0.240	+0.300	+0.354	+0.402	+0.448	+0.492	+0.535	+0.578
0.8	+0.085	+0.145	+0.185	+0.208	+0.220	+0.224	+0.223	+0.219	+0.214	+0.208
1.2	+0.082	+0.132	+0.157	+0.164	+0.159	+0.145	+0.127	+0.106	+0.084	+0.062
1.6	+0.079	+0.122	+0.139	+0.138	+0.125	+0.105	+0.081	+0.056	+0.030	+0.004
2.0	+0.077	+0.115	+0.126	+0.119	+0.103	+0.080	+0.056	+0.031	+0.006	-0.019
3.0	+0.072	+0.100	+0.100	+0.086	+0.066	+0.044	+0.025	+0.006	-0.010	-0.024
4.0	+0.068	+0.088	+0.081	+0.063	+0.043	+0.025	+0.010	-0.001	-0.010	-0.019
5.0	+0.064	+0.078	+0.067	+0.047	+0.028	+0.013	+0.003	-0.003	-0.007	-0.011
6.0	+0.062	+0.070	+0.056	+0.036	+0.018	+0.006	0.000	-0.003	-0.005	-0.006
8.0	+0.057	+0.058	+0.041	+0.021	+0.007	0.000	-0.002	-0.003	-0.002	-0.001
10.0	+0.053	+0.049	+0.029	+0.012	+0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	0.000
12.0	+0.049	+0.042	+0.022	+0.007	0.000	-0.002	-0.002	-0.001	0.000	0.000
14.0	+0.046	+0.036	+0.017	+0.004	-0.001	-0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.000
16.0	+0.044	+0.031	+0.012	+0.001	-0.002	-0.002	-0.001	0.000	0.000	0.000



قيم عزوم الانعطاف في الخزانات الدائرية من تأثير عزم انعطاف

شدته M موزع بانتظام على المحيط السفلي .

الطرف السفلي مفصل .

الطرف العلوي حر .

$$M = C \cdot M$$

الإشارة الموجبة تدل على الشد في الوجه الخارجي .

$\frac{h^2}{dt}$	قيم الشايت C									
	0.1 h	0.2 h	0.3 h	0.4 h	0.5 h	0.6 h	0.7 h	0.8 h	0.9 h	1.0 h
0.4	+0.013	+0.051	+0.109	+0.196	+0.296	+0.414	+0.547	+0.692	+0.843	+1.000
0.8	+0.009	+0.040	+0.090	+0.164	+0.253	+0.375	+0.503	+0.659	+0.824	+1.000
1.2	+0.006	+0.027	+0.063	+0.125	+0.206	+0.316	+0.454	+0.616	+0.802	+1.000
1.6	+0.003	+0.011	+0.035	+0.078	+0.152	+0.253	+0.393	+0.570	+0.775	+1.000
2.0	-0.002	-0.002	+0.012	+0.034	+0.096	+0.193	+0.340	+0.519	+0.748	+1.000
3.0	-0.007	-0.022	-0.030	-0.029	+0.010	+0.087	+0.227	+0.426	+0.692	+1.000
4.0	-0.008	-0.026	-0.044	-0.051	-0.034	+0.023	+0.150	+0.354	+0.645	+1.000
5.0	-0.007	-0.024	-0.045	-0.061	-0.057	-0.015	+0.095	+0.296	+0.606	+1.000
6.0	-0.005	-0.018	-0.040	-0.058	-0.065	-0.057	+0.057	+0.252	+0.572	+1.000
8.0	-0.001	-0.009	-0.022	-0.044	-0.068	-0.062	+0.002	+0.178	+0.515	+1.000
10.0	0.000	-0.002	-0.009	-0.028	-0.053	-0.067	-0.031	+0.123	+0.467	+1.000
12.0	0.000	0.000	-0.003	-0.016	-0.040	-0.064	-0.049	+0.081	+0.424	+1.000
14.0	0.000	0.000	0.000	-0.008	-0.029	-0.059	-0.060	+0.048	+0.387	+1.000
16.0	0.000	0.000	+0.002	-0.003	-0.021	-0.051	-0.066	+0.025	+0.354	+1.000

الجدول رقم (٤ - ١٢)

القسم في الطرف السفلي للخزانات الدائرية :

• حمولة مثلثية $V = C_a \cdot \gamma \cdot h^2$;

• حمولة موزعة بانتظام $V = C_a \cdot \gamma \cdot h$;

• عزم m في الطرف السفلي $V = C_a \cdot \frac{m}{h}$.

$\frac{h^2}{dt}$	حمولة مثلثية قاعدة موزونة	حمولة منتظمة قاعدية موزونة	حمولة مثلثية أو منتظمة قاعدة متممجة	عزم في الطرف السفلي
0.4	+0.436	+0.755	+0.245	-1.58
0.8	+0.374	+0.552	+0.234	-1.75
1.2	+0.339	+0.460	+0.220	-2.00
1.6	+0.317	+0.407	+0.204	-2.28
2.0	+0.299	+0.370	+0.189	-2.57
3.0	+0.262	+0.310	+0.158	-3.18
4.0	+0.236	+0.271	+0.137	-3.68
5.0	+0.213	+0.243	+0.121	-4.10
6.0	+0.197	+0.222	+0.110	-4.49
8.0	+0.174	+0.193	+0.096	-5.18
10.0	+0.158	+0.172	+0.087	-5.81
12.0	+0.145	+0.158	+0.079	-6.38
14.0	+0.135	+0.147	+0.073	-6.88
16.0	+0.127	+0.137	+0.068	-7.36

نطبيق :

يطلب تصميم خزان دائري قطره الداخلي $d = 20 \text{ m}$ وارتفاعه $h = 5 \text{ m}$

حر من الأعلى وذلك وفق حالات الاستناد التالية :

- استناد منزلق على القاعدة .
- استناد مفصلي = = .
- استناد موثوق = = .

الحل :

1 - الخزان الدائري يستند استناداً منزلقاً على القاعدة :

تحدد سماكة جدران الخزان بشكل تقريبي بالعلاقة التالية :

$$t_{\max} = 0,4 \cdot \gamma \cdot H \cdot d \quad (19 - \epsilon)$$

$$t_{\max} = 0,4 \cdot 1,5 \cdot 20 = 40 \text{ cm}$$

• نختار مقطع متغير للجدار من 20 cm بالأعلى الى 40 cm بالأسفل .

• بما أن الخزان منزلق من الأسفل على القاعدة فإنه في كافة المقاطع تكون :

$$M = 0$$

• أما قوى الشد الحلقية فإنها تزداد من الأعلى الى الأسفل وفق العلاقة :

$$T_{\max} = \gamma \cdot R \cdot x$$

• حيث x هو ترتيب المقطع العرضي اعتباراً من منسوب سطح الماء في الخزان .

• يمكن تنظيم الجدول رقم (13 - 4) التالي لقيم الشد الحلقية في الخزان :

الجدول رقم (13 - 4)

X	0	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	H
F_t	0	10	20	30	40	50

ب - الخزان متمفصل مع القاعدة :

يفضل في هذه الحالة اختيار سماكة المقطع ثابتة وتحسب بشكل تقريبي من العلاقة :

$$(20 - \epsilon) \quad t = 0,5 \cdot \gamma \cdot h \cdot R$$

$$t = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 10 = 25 \text{ cm} .$$

(21 - \epsilon) $F_t = C_T \cdot P_{\max} \cdot R$; $P_{\max} = \gamma \cdot h$.
 بتحديد قوة الشد الحلقية من العلاقة :
 بتحديد قيم عزم الانعطاف من العلاقة :

$$(22 - \epsilon) \quad M = C_M \cdot P_{\max} \cdot h^2 .$$

أما الثابتان C_M و C_T فيحددان من الجدولين رقم (2 - \epsilon) و (7 - \epsilon) واعتمادا على الثابت التالي :

$$\frac{h^2}{d \cdot t} = \frac{25}{20 \cdot 0,25} = 5 .$$

يمكن تنظيم الجدول رقم (14 - \epsilon) التالي الخاص بقيم الشد الحلقية F_t وعزم الانعطاف M حيث اعتبرنا :

$$P_{\max} = \gamma \cdot h = 5 \text{ t/m} .$$

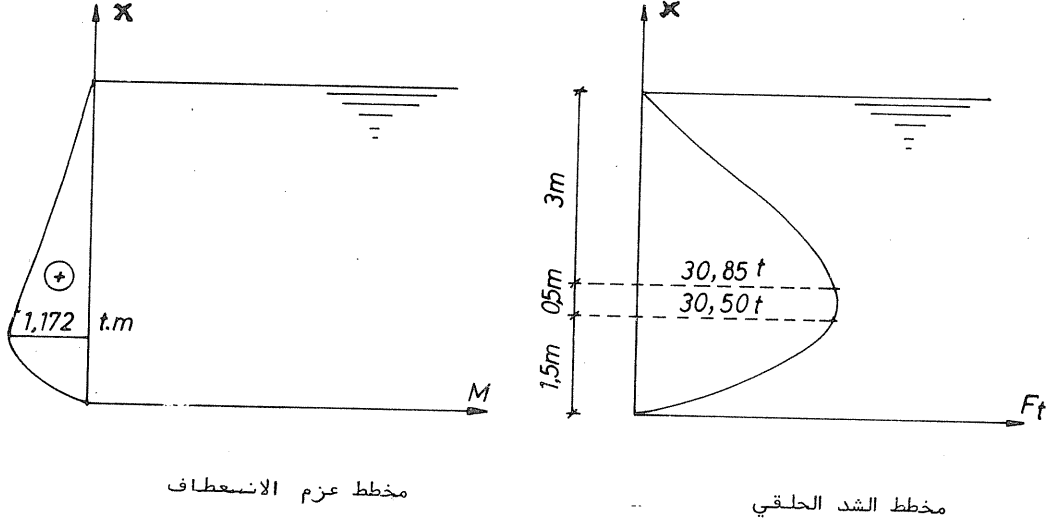
$$R = 10 \text{ m} \quad \text{باعتبار :}$$

$$h = 5 \text{ m}$$

الجدول رقم (14 - \epsilon)

X	0	0.1h	0.2h	0.3h	0.4h	0.5h	0.6h	0.7h	0.8h	0.9h	h
C_T	-0.008	0.114	0.235	0.356	0.469	0.562	0.617	0.606	0.503	0.294	0
F_t	-0.4	5.7	11.75	17.8	23.45	28.1	30.85	30.5	25.1	14.7	0
C_M	0.00	0.000	0.0001	0.0006	0.0016	0.0034	0.0057	0.008	0.0094	0.0078	0
M	0.0	0.0	0.013	0.075	0.20	0.425	0.712	1.00	0.172	0.975	0

يبين في الشكل رقم (٤ - ١٤) مخططا الشد الحلقي وعزم الانعطاف في جدار كون الجدران متمفصلة مع القاعدة .



الشكل رقم (٤ - ١٤)

تحسب قوة القص V_{max} عند اتصال الاسطوانة بالقاعدة (المفصل) بالعلاقة التالية :

$$(٤ - ٢٣) \quad V_{max} = C_a \cdot \gamma \cdot h^2$$

يحدد العامل C_a من الجدول رقم (٤ - ١٢) من أجل $\frac{h^2}{dt} = 5$ وتساوي :

$$C_a = 0.121$$

$$V_{max} = 0,121 \cdot 1.25 \approx 3 \text{ t/m}^2 \quad \text{ومنه :}$$

ج - الخزان موشوق مع القاعدة :

تختلف هذه الحالة عن سابقتها بتولد عزم انعطاف سالب عند اتصال الجدار بالقاعدة اتصالا جاسئا ويكون هذا العزم بالقيمة المطلقة عزمًا أعظميًا .

تسلك الجدران في هذه الحالة سلوكاً حلقياً إذ يتولد في المقاطع العرضية جهد شاد وسلوكاً ظهيرياً يتولد عزوم انعطاف سالبة أعظمية عند الوشاقة تتغير لتصبح موجبة في مقاطع أبعد عن القاعدة . وعلى كل حال فإن العزم الموجب وقوة الشد في هذه الحالة أقل من مشيلاتها في حالة الخزان المتمفصل مع القاعدة .

تحتسب سماكة جدار الخزان كما في الحالة السابقة أي تساوي 25 cm ، ولكن وجود عزم سالب كبير عند الوشاقة يتطلب لحظ شطفه (Gousset) مناسبة لامتناس هذا العزم مع المحافظة على الكتامة المطلوبة .

انطلاقاً من : $\frac{h^2}{dt} = 5$ يمكن حساب قوى الشد الحلقية وعزوم الانعطاف من الجدولين : (١ - ٤) و (٣ - ٤) اللذان يحددان الثابتين C_M و C_T . الجدول رقم (٤ - ١٥) يبين قيم الثوابت وقوى الشد الحلقية وعزوم الانعطاف في مقاطع عرضية تتباعد عن بعضها $0,1 H$.

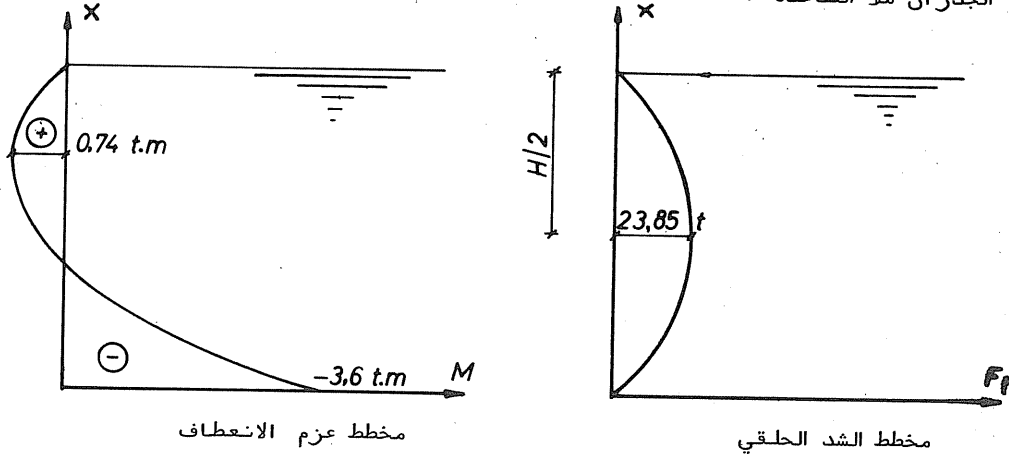
الجدول رقم (٤ - ١٥)

X	0	0.1h	0.2h	0.3h	0.4h	0.5h	0.6h	0.7h	0.8h	0.9h	h
C_T	0.025	0.137	0.245	0.346	0.428	0.477	0.469	0.398	0.259	0.092	0.00
F_t	1.25	6.85	12.25	17.3	21.4	23.85	23.45	19.9	12.9	4.6	0.00
C_M	0.00	0.0002	0.0008	0.0016	0.0029	0.0046	0.0059	0.006	0.003	-0.0058	-0.0222
M	0.00	0.025	0.10	0.20	0.36	0.58	0.74	0.74	0.35	-0.72	-2.8

ملاحظة :

لاينصح باعتماد نتائج هذه الجداول من أجل قيم عزوم الوشاقة الشامة لانها تعطي قيما أقل من ماتعطيها الطرق الأخرى . فمثلا في حالتنا هذه فان قيمة العزم السالب عند الوشاقة تكون مساوية : $-3,6 \text{ t.m}$ بدلا من $-2,8 \text{ t.m}$.
يبين الشكل رقم (٣ - ١٥) مخططي الشد الحلقي وعزم الانعطاف في حالة وشاقة

الجدران ملا القاعدة .



الشكل رقم (٤ - ١٥)

تحسب قوة القص V_{max} عند اتصال الاسطوانة بالقاعدة (الوشاقة) من العلاقة :

$$V_{max} = C_a \cdot \gamma \cdot h^2$$

يحدد العامل C_a من الجدول رقم (٤ - ١٢) ومن أجل $\frac{h^2}{dt} = 5$

$$V_{max} = 0,213 \cdot 1.25 = 5,33 \text{ t/m'}$$

حساب التسليح في المقاطع الهامة :

$$\bar{\sigma}_s = 1400 \text{ Kg/cm}^2 ; \quad \bar{\sigma}_c = 16 \text{ Kg/cm}^2 ;$$

$$\varepsilon_{sh} = 0.00025 ;$$

$$E_s = 2100000 \text{ Kg/cm}^2 .$$

$$A_s = \frac{F_t}{\sigma_s} = \frac{50000}{1,400} = 35,7 \text{ cm}^2/\text{m} : \text{التسليح الحلقي الافقي}$$

$$A_s \approx 0,9 t = 0,9 \cdot 40 = 36 \text{ cm}^2/\text{m} = 2 \cdot 9 \phi 16 \text{ mm/m}$$

$$\sigma_c = \frac{F_t + \epsilon_{sh} \cdot E_s \cdot A_s}{A_c + n \cdot A_s} : \text{واجهد الشدفي البيتون يساوي}$$

$$\sigma_c = \frac{50,000 + 0,00025 \cdot 2100000 \cdot 36}{100,40 + 10 \cdot 36} = 15,8 < 16 \text{ Kg/cm}^2$$

• محقق

ب - الخزان متمفصل مع القاعدة :

التسليح الافقي الحلقي يساوي :

$$A_s = \frac{F_t}{\sigma_s} = \frac{30850}{1400} = 22 \text{ cm}^2/\text{m} = 2 \times 7 \phi 14 \text{ mm/m}$$

اجهد الشد في البيتون يساوي :

$$\sigma_c = \frac{30850 + 0,00025 \cdot 2100000 \cdot 22}{100,25 + 10 \cdot 22} = 15,6 < 16 \text{ Kg/cm}^2$$

يحسب التسليح الخاص بالانعطاف وهو تسليح شاقولي من جهة الطرف المشدود

الخارجي باعتبار أن الارتفاع الفعال يساوي :

$$d = 25 - 3 = 22 \text{ cm}$$

باهمال الوزن الذاتي للجدار يكون :

$$\text{محقق } t = \sqrt{\frac{M}{3}} = \sqrt{\frac{1172}{3}} = 19,8 < 25 \text{ cm}$$

والتسليح الشاقولي الخاص بالانعطاف : $t = 5,15 \text{ cm}^2/\text{m}$: $A_s \approx 0,26 \cdot t$

باعتبار ان السماكة اللازمة هي المحسوبة وتساوي 19.8 cm ولكن بزيادة

السماكة t الى 25 cm من المفروض أن تنقص مساحة التسليح وتصبح :

$$A_s = \frac{M}{\sigma_s \cdot \epsilon \cdot d} = \frac{117200}{1300 \cdot 22} = 4,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

ج - الخزان موشوق مع القاعدة :

باعتبار أن السماكة ثابتة $t = 25 \text{ cm}$ مع وجود شطفة عند الاتصال مع

القاعدة تساوي 40 cm نحسب التسليح الافقي الحلقي :

$$A_s = \frac{F_t}{\sigma_s} = \frac{23,850}{1,400} = 17 \text{ cm}^2/\text{m} = 2 \times 6 \phi 14/\text{m}$$

ويكون اجهاد الشد في البيتون :

$$\sigma_c = \frac{23850 + 0.00025 \cdot 2100000 \cdot 17}{100.25 + 10 \cdot 17} = 12.3 < 16 \text{ Kg/cm}^2$$

• محقق

تحقيق السماكة في أسفل الجدار :

السماكة اللازمة هي :

$$t = \sqrt{\frac{3600}{3}} = 34.6 < 40 \text{ cm} .$$

وبفرض التغطية $d' = 5 \text{ cm}$ يكون الارتفاع الفعال :

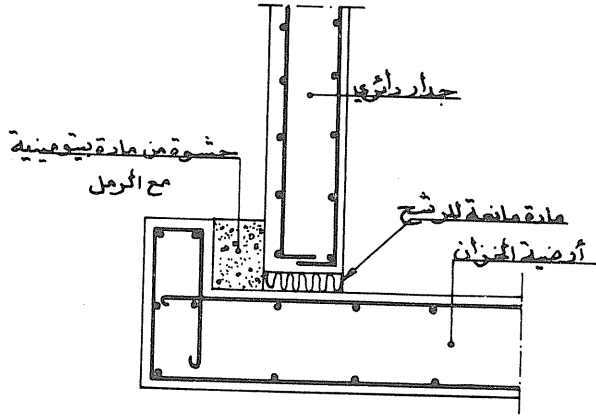
$$d = 40 - 5 = 35 \text{ cm}$$

والتسليح الخاص بالانعطاف :

$$A_s = \frac{360000}{1300 \cdot 35} = 8 \text{ cm}^2/\text{m}' = 6 \phi 14 / \text{m}' .$$

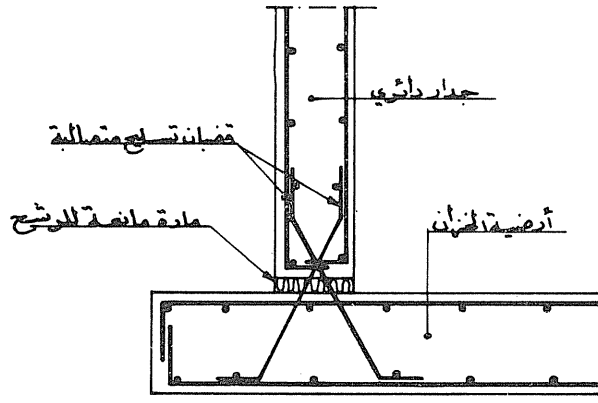
ويبين الشكل رقم (٤ - ١٦) تفاصيل تسليح جدار الخزان الدائري فقط وذلك في الحالات الثلاث المذكورة سابقا ودون الدخول في تفاصيل

تسليح الارضيات •



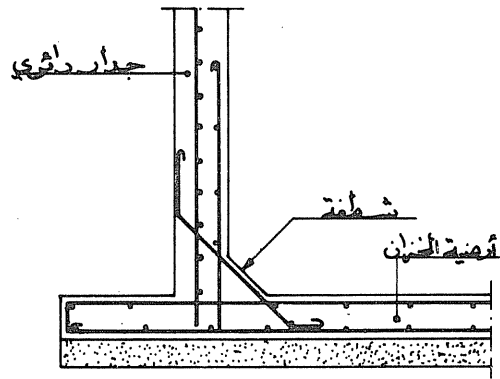
استناد منزلق للجدار الدائري على القاعدة

الشكل رقم (٤ - ١٦ - أ)



استناد مفصلي للجدار الدائري على القاعدة

الشكل رقم (٤ - ١٦ - ب)

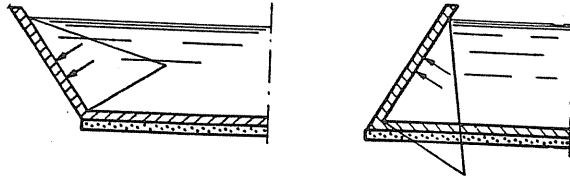


وشافة الجدار الدائري مع القاعدة

الشكل رقم (٤ - ١٦ - ج)

٤ - الخزانات بشكل جزم مخروط :

يبين الشكل رقم (٤ - ١٧) حالتين من اشكال هذه الخزانات :

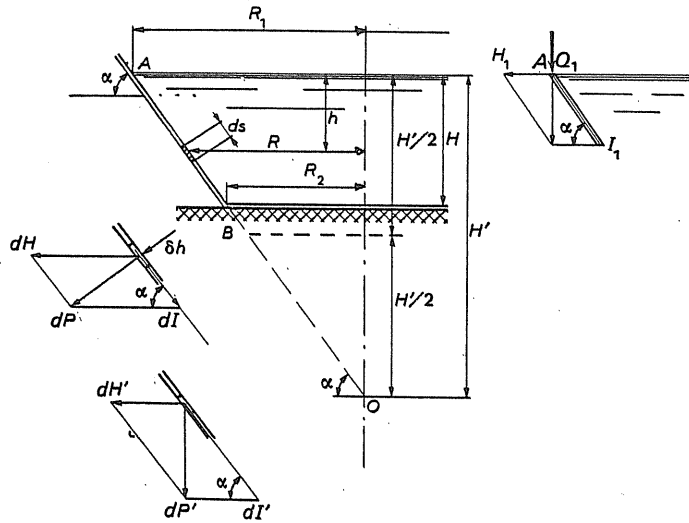


شكل (٤ - ١٧)

ولندرس جدار الخزان المبين في الشكل رقم (٤ - ١٨) بحيث يميل مولد المخروط عن الافق بزاوية تساوي α وباعتبار e سماكة الجدار ، واذا اعتبرنا عنصرا بطول جزئي dS نصف قطره R يعلوه الماء بارتفاع h . ان ضغط الماء المؤثر على هذا العنصر يساوي :

$$dp = \delta h \cdot dS$$

حيث : δ - الوزن الحجمي للسائل .



الشكل رقم (٤ - ١٨)

ومركبتا الضغط dp هما :

$$dI = \frac{\delta h}{\text{tg } \alpha} dS \quad ; \quad dH = \frac{\delta h}{\sin \alpha} dS$$

والوزن الذاتي للعنصر dS هو $d\rho' = \Delta \cdot e \cdot dS$ حيث Δ الوزن الحجمي للجدار .

مركباته هما : $dH' = \frac{\Delta e}{\text{tg } \alpha} \cdot dS$; $dI' = \frac{\Delta e}{\sin \alpha} \cdot dS$.
ان قوة الشد الحلقية المتولدة عند نصف القطر R هي :

$$dT = (dH + dH')R$$

$$dT = \left(\frac{\delta h}{\sin \alpha} + \frac{\Delta e}{\text{tg } \alpha} \right) R dS = \frac{R}{\sin \alpha} (\delta h + \Delta e \cos \alpha) dS \quad (24 - \xi)$$

ومن أجل $\alpha = \frac{\pi}{2}$ تصبح :

$$T = R \cdot \delta \cdot h$$

ان قوة الشد الحاملة من دفع الماء تساوي المفر في النقطتين A و O وتمر بقيمة عظمى في نقطة بين A و O .

$$(25 - \xi) \quad \frac{R \delta h}{\sin \alpha} = \frac{H' - h}{\text{tg } \alpha} \cdot \frac{\delta h}{\sin \alpha}$$

وتكون اعظمية عندما تكون $(H' - h)h$ اعظمية وهذا يكون من أجل $h = \frac{H'}{2}$ وهذه النقطة تقع بحسب قيمة H اما بين A و B او بين B و O .

اما قوة الشد الحاملة من الوزن الذاتي للجدار أي : $\frac{\Delta e}{\text{tg } \alpha} R dS$ فتكون اعظمية في A ومعدومة في O .

بحسب التسليح الحلقى المشدود في أي نقطة من الجدار من العلاقة :

$$A_s = \frac{T}{\sigma_s}$$

في حال وجود قوة ضاغطة في أعلى الجدار كالقوة Q_1 فان لها مركبتان :

$$(26 - \xi) \quad I_1 = Q_1 \sin \alpha \quad ; \quad H_1 = \frac{Q_1}{\text{tg } \alpha}$$

والتسليح الحلقى المشدود والخاص بالحمولة Q_1 في النقطة A يساوي :

$$(27 - \xi) \quad A_{s1} = \frac{H_1 \cdot R_1}{\sigma_s}$$

يقسم الجدار عادة الى شرائح متساوية الارتفاع ويحسب في كل شريحة مساحة التسليح الحلقي المشدود وفق ماورد سابقا ، على أنه يجب اضافة اثر الارتباط بين الجدار والارضية ومايتولد من ذلك من عزم انعطاف وفق مولد جزع المخروط، اذ يجب اخذه بعين الاعتبار،ويمكن تقدير الجهود الناجمة عن هذا الارتباط، كما مر في حالة الخزانات الاسطوانية، وذلك في حالتين : الجدار متمفصل مع الارضية أو الجدار موثوق بالارضية ، كما أن دراسة الارضية نفسها تتعلق بنوع هذا الارتباط .

الفصل الخامس

تصميم غطاء وأرضية الخزانات الدائرية

هناك أنواع مختلفة لأغطية وأرضيات الخزانات الدائرية الأرضية أو العالية ، ويتوقف تحديد نوع الأرضية أو الغطاء لكل خزان اعتماداً على الشكل المعماري المعتمد ، وعلى أهميته وحجمه والكلفة المترتبة عن ذلك ، فهناك البلاطات الدائرية أو الحلقية المستوية أو القشريات الدورانية بأنواعها المختلفة ومايتبع ذلك من عناصر انشائية حاملة لهذه البلاطات أو القشريات من جسور حلقية محيطية أو داخلية وأعمدة تستند عليها هذه البلاطات في حالات معينة ، لذلك سنورد فيما يلي باختصار حداولا لتحديد الجهود والتشوهات التي تتولد في المقاطع الهامة من البلاطات أو القشريات التي تكون أرضيات وأغطية الخزانات الدائرية ، إضافة الى حسابات الجهود في الجسور الحلقية .

٥ - ١ البلاطات الدائرية والحلقية البسيطة :

ونقصد بالبلاطات الدائرية أو الحلقية البسيطة تلك التي تستند على حلقة واحدة للاستناد . نبين في الجدول رقم (٥ - ١) اللاحق قيم الجهود والتشوهات التالية :

- M_r - عزم الانحناف القطري .
- M_t - عزم الانحناف المماسي .
- Q_r - القوى القاطعة القطرية .
- Q_t - القوى القاطعة المماسية .
- M_k - عزم الفتل .
- W - الانتقال .
- φ - زاوية الدوران القطرية .
- ψ - زاوية الدوران المماسية .

وذلك من أجل مختلف أنواع البلاطات الدائرية أو الحلقية أو الدائرية
الظرفية المتناظرة بالنسبة للمركز ، الموشوكة أو المتمفصلة على محيطها
والمحملة بحمولات موزعة بانتظام جزئية أو كلية أو حمولات مركزة في المركز
أو حمولات موزعة على حلقة داخلية مركزية أو عزوم موزعة بانتظام .

٥ - ٢ البلاطات الدائرية المستمرة :

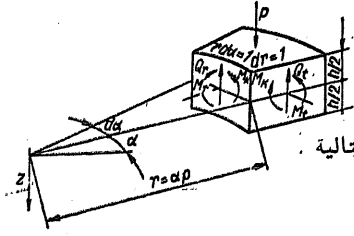
وتقدم البلاطات الدائرية التي تستند على عدة مساند حلقية انصاف اقطارها
تترايد بقيم متساوية مع المحافظة في الشكل والحمولات والاستنادات على التناظر
بالنسبة لمركز البلاطة .

وتبين في الجدول رقم (٥ - ٢) قيم عزوم الانعطاف القطرية وعزوم الانعطاف
المماسية وردود الافعال عند كل مسند حلقي وذلك للبلاطات الدائرية المستمرة
والمحملة بحمولة موزعة بانتظام شدتها P على كامل مساحتها وذلك في
حالتين :

- ١ - المسند الحلقي المحيطي هو مسند بسيط .
- ٢ - المسند الحلقي المحيطي هو وثاقه تامة .

ويشمل الجدول الحالات الاربع التالية :

- أ - بلاطة دائرية مسنودة على مسندين حقيقيين (حلقين) أي بثلاث مجازات
قطرية متساوية .
- ب - بلاطة دائرية مسنودة على نقطة في مركزها ومسندين حقيقيين ، أي بأربع
مجازات قطرية متساوية .
- ج - بلاطة دائرية مسنودة على ثلاث مساند حلقية أي بخمس مجازات قطرية
متساوية .
- د - بلاطة دائرية مسنودة على نقطة في مركزها وثلاث مساند حلقية ، أي بست
مجازات قطرية متساوية .



البلاطات الدائرية •

في الجداول (٥-١) اعتبرت الاصطلاحات التالية

- نصف قطر البلاطة الدائرية - a
- نصف قطر المقطع الحلقي - r

$$E h^3$$

الصلابة الاسطوانية للبلاطة - $D = \frac{E h^3}{12 (1 - \mu^2)}$

- A - رد فعل الاستناد
- Q_r - القوى القاطعة المماسية
- M_t - عزم الفتل
- W - الانتقال
- φ - زاوية الدوران القطرية
- Ψ - زاوية الدوران المماسية
- h - سماكة البلاطة
- E - عامل المرونة
- μ - عامل بواسون
- M_r - عزم الانعطاف القطري
- M_t - عزم الانعطاف المماسي
- Q_r - القوى القاطعة القطرية

تبين الجداول (٥-١) قوانين ومخططات القوى الداخلية مع الانتقالات

الجدول رقم (٥-١) قوانين حساب البلاطات الدائرية والحلقية

بلاطة دائرية محملة بحمولة موزعة بانتظام

$p = \text{const}; P = p a^2 \pi; Q_r = -\frac{P}{2a\pi} \rho; A = \frac{P}{2a\pi}$

$$W = \frac{P a^3}{64 D \pi} (1 - \rho^2) \left(\frac{5 + \mu}{1 + \mu} - \rho^2 \right);$$

$$\varphi = \frac{P a}{16 D \pi} \rho \left(\frac{2 + \mu}{1 + \mu} - \rho^2 \right);$$

$$M_r = \frac{P}{16 \pi} (3 + \mu) (1 - \rho^2);$$

$$M_t = \frac{P}{16 \pi} [3 + \mu - (1 + 3\mu) \rho^2]$$

$$W = \frac{P a^3}{64 D \pi} (1 - \rho^2)^2;$$

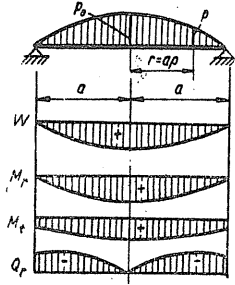
$$\varphi = \frac{P a}{16 D \pi} \rho (1 - \rho^2);$$

$$M_r = \frac{P}{16 \pi} [1 + \mu - (3 + \mu) \rho^2];$$

$$M_t = \frac{P}{16 \pi} [1 + \mu - (1 + 3\mu) \rho^2]$$

بلاطة دائرية محملة بحمولة بشكل قطع مكافئ

$$\rho = \rho_0 (1 - \rho^2); \quad P = \frac{1}{2} \rho_0 a^2 \pi; \quad Q_r = -\frac{P}{2a\pi} \rho (2 - \rho^2); \quad A = \frac{P}{2a\pi}$$

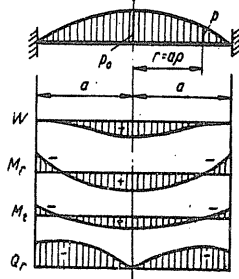


$$W = \frac{Pa^2}{288D\pi} \left(\frac{31 + 7\mu}{1 + \mu} - \frac{39 + 15\mu}{1 + \mu} \right) \rho^2 + 9\rho^4 - \rho^6;$$

$$\varphi = \frac{Pa}{48D\pi} \rho \left(\frac{13 + 5\mu}{1 + \mu} - 6\rho^2 + \rho^4 \right);$$

$$M_r = \frac{P}{48\pi} [13 + 5\mu - 6(3 + \mu)\rho^2 + (5 + \mu)\rho^4];$$

$$M_t = \frac{P}{48\pi} [13 + 5\mu - 6(1 + 3\mu)\rho^2 + (1 + 5\mu)\rho^4]$$



$$W = \frac{Pa^2}{288D\pi} (7 - 15\rho^2 + 9\rho^4 - \rho^6);$$

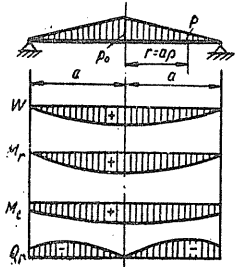
$$\varphi = \frac{Pa}{48D\pi} \rho (5 - 6\rho^2 + \rho^4);$$

$$M_r = \frac{P}{48\pi} [5(1 + \mu) - 6(3 + \mu)\rho^2 + (5 + \mu)\rho^4];$$

$$M_t = \frac{P}{48\pi} [5(1 + \mu) - 6(1 + 3\mu)\rho^2 + (1 + 5\mu)\rho^4]$$

بلاطة دائرية محملة بحمولة مخروطية

$$\rho = \rho_0 (1 - \rho); \quad P = \frac{1}{3} \rho_0 a^2 \pi; \quad Q_r = -\frac{P}{2a\pi} \rho (3 - 2\rho); \quad A = \frac{P}{2a\pi}$$

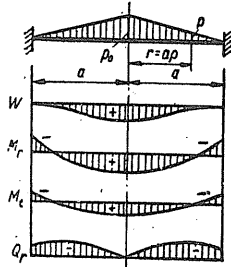


$$W = \frac{Pa^2}{4800D\pi} \left[\frac{3(183 + 43\mu)}{1 + \mu} - \frac{10(71 + 29\mu)}{1 + \mu} \rho^2 + 225\rho^4 - 64\rho^6 \right];$$

$$\varphi = \frac{Pa}{240D\pi} \rho \left(\frac{71 + 29\mu}{1 + \mu} - 45\rho^2 + 16\rho^3 \right);$$

$$M_r = \frac{P}{240\pi} [71 + 29\mu - 45(3 + \mu)\rho^2 + 16(4 + \mu)\rho^3];$$

$$M_t = \frac{P}{240\pi} [71 + 29\mu - 45(1 + 3\mu)\rho^2 + 16(1 + 4\mu)\rho^3]$$



$$W = \frac{Pa^2}{4800D\pi} (129 - 290\rho^2 + 225\rho^4 - 64\rho^6);$$

$$\varphi = \frac{Pa}{240D\pi} \rho (29 - 45\rho^2 + 16\rho^3);$$

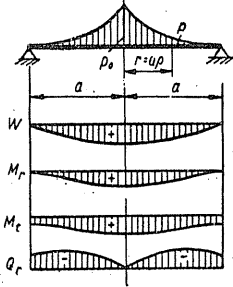
$$M_r = \frac{P}{240\pi} [29(1 + \mu) - 45(3 + \mu)\rho^2 + 16(4 + \mu)\rho^3];$$

$$M_t = \frac{P}{240\pi} [29(1 + \mu) - 45(1 + 3\mu)\rho^2 + 16(1 + 4\mu)\rho^3]$$

تابع الجدول رقم (٥ - ١)

بلاطة دائرية محملة بحمولة بشكل قطع مكافئ

$$\rho = \rho_0(1 - \rho)^2; \quad = \frac{1}{6} \rho_0 a^2 \pi; \quad Q_r = -\frac{P}{2a\pi} \rho (6 - 8\rho + 3\rho^2); \quad A = \frac{P}{2a\pi}.$$

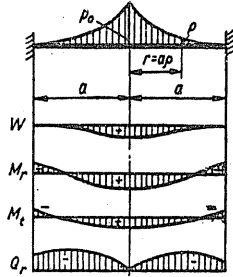


$$W = \frac{Pa^2}{2400D\pi} \left[\frac{323 + 83\mu}{1 + \mu} - \frac{5(89 + 41\mu)}{1 + \mu} \rho^2 + 225\rho^4 - 128\rho^5 + 25\rho^6 \right];$$

$$\varphi = \frac{Pa}{240D\pi} \rho \left(\frac{89 + 41\mu}{1 + \mu} - 90\rho^2 + 64\rho^3 - 15\rho^4 \right);$$

$$M_r = \frac{P}{240\pi} [89 + 41\mu - 90(3 + \mu)\rho^2 + 64(4 + \mu)\rho^3 - 15(5 + \mu)\rho^4];$$

$$M_t = \frac{P}{240\pi} [89 + 41\mu - 90(1 + 3\mu)\rho^2 + 64(1 + 4\mu)\rho^3 - 15(1 + 5\mu)\rho^4];$$



$$W = \frac{Pa^2}{2400D\pi} (83 - 205\rho^2 + 225\rho^4 - 128\rho^5 + 25\rho^6);$$

$$\varphi = \frac{Pa}{240D\pi} \rho (41 - 90\rho^2 + 64\rho^3 - 15\rho^4);$$

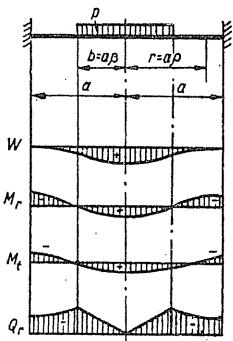
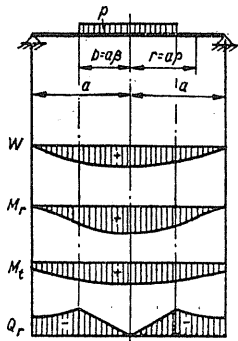
$$M_r = \frac{P}{240\pi} [41(1 + \mu) - 90(3 + \mu)\rho^2 + 64(4 + \mu)\rho^3 - 15(5 + \mu)\rho^4];$$

$$M_t = \frac{P}{240\pi} [41(1 + \mu) - 90(1 + 3\mu)\rho^2 + 64(1 + 4\mu)\rho^3 - 15(1 + 5\mu)\rho^4];$$

بلاطة دائرية محملة بحمولة جزئية موزعة بانتظام

$$P = \rho b^2 \pi = \rho a^2 \pi \beta^2; \quad Q_r = -\frac{P}{2a\beta^2 \pi} \rho \quad 0 \leq \rho \leq \beta;$$

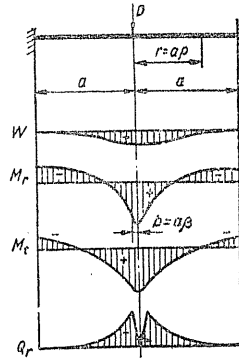
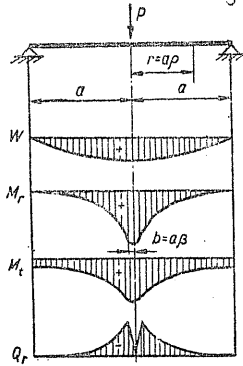
$$A = \frac{P}{2a\pi}; \quad Q_r = -\frac{P}{2a\pi} \cdot \frac{1}{\rho} \quad \beta \leq \rho \leq 1;$$



من أجل $0 \leq \rho \leq \beta$	من أجل $0 \leq \rho \leq \beta$
$W = \frac{Pa^2}{64D\pi} \cdot \frac{1}{1+\mu} \left\{ 4(3+\mu) - (7 + 3\mu)\beta^2 + 4(1+\mu)\beta \ln \beta - 2[4 - (1-\mu)\beta^2 - 4(1+\mu) \ln \beta] \rho^2 + \frac{1+\mu}{\beta^2} \rho^4 \right\};$	$W = \frac{Pa^2}{64D\pi} \left[4 - 3\beta^2 + 4\beta^2 \ln \beta - 2(\beta^2 - 4 \ln \beta) \rho^2 + \frac{1}{\beta^2} \rho^4 \right];$
$\varphi = \frac{Pa}{16D\pi} \cdot \frac{1}{1+\mu} \rho \left[4 - (1-\mu)\beta^2 - 4(1+\mu) \ln \beta - \frac{1+\mu}{\beta^2} \rho^2 \right];$	$\varphi = \frac{Pa}{16D\pi} \rho \left(\beta^2 - 4 \ln \beta - \frac{1}{\beta^2} \rho^2 \right);$
$M_r = \frac{P}{16\pi} \left[4 - (1-\mu)\beta^2 - 4(1+\mu) \ln \beta - \frac{3+\mu}{\beta^2} \rho^2 \right];$	$M_r = \frac{P}{16\pi} \left[(1+\mu)(\beta^2 - 4 \ln \beta) - \frac{3+\mu}{\beta^2} \rho^2 \right];$
$M_t = \frac{P}{16\pi} \left[4 - (1-\mu)\beta^2 - 4(1+\mu) \ln \beta - \frac{1+3\mu}{\beta^2} \rho^2 \right].$	$M_t = \frac{P}{16\pi} \left[(1+\mu)(\beta^2 - 4 \ln \beta) - \frac{1+3\mu}{\beta^2} \rho^2 \right].$
من أجل $\beta \leq \rho \leq 1$	من أجل $\beta \leq \rho \leq 1$
$W = \frac{Pa^2}{32D\pi} \cdot \frac{1}{1+\mu} \left\{ [2(3+\mu) - (1-\mu)\beta^2](1-\rho^2) + 2(1+\mu)\beta^2 \ln \rho + 4(1+\mu)\rho^2 \ln \rho \right\};$	$W = \frac{Pa^2}{32D\pi} \left\{ (2-\beta^2)(1-\rho^2) + 2(\beta^2 + 2\rho^2) \ln \rho \right\};$
$\varphi = \frac{Pa}{16D\pi} \cdot \frac{1}{1+\mu} \left\{ [4 - (1-\mu)\beta^2] \rho - (1+\mu)\beta^2 \frac{1}{\rho} - 4(1+\mu)\rho \ln \rho \right\};$	$\varphi = \frac{Pa}{16D\pi} \rho \left[\beta^2 \left(1 - \frac{1}{\rho^2} \right) - 4 \ln \rho \right];$
$M_r = \frac{P}{16\pi} \left[(1-\mu)\beta^2 \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) - 4(1+\mu) \ln \rho \right];$	$M_r = \frac{P}{16\pi} \left[-4 + (1-\mu)\beta^2 \frac{1}{\rho^2} + (1+\mu)(\beta^2 - 4 \ln \rho) \right];$
$M_t = \frac{P}{16\pi} \left\{ (1-\mu) \left[4 - \beta^2 \left(\frac{1}{\rho^2} + 1 \right) \right] - 4(1+\mu) \ln \rho \right\}$	$M_t = \frac{P}{16\pi} \left[-4\mu - (1-\mu)\beta^2 \frac{1}{\rho^2} + (1+\mu)(\beta^2 - 4 \ln \rho) \right]$

بلاطة دائرية محملة بقوة مطبقة في المركز .

$$Q_r = -\frac{P}{2a\pi} \cdot \frac{1}{\rho} \quad \rho \geq \beta; \quad Q_r = 0 \quad \rho = 0; \quad A = \frac{P}{2a\pi} .$$



$$W = \frac{Pa^2}{16D\pi} \left[\frac{3+\mu}{1+\mu} (1-\rho^2) + 2\rho^2 \ln \rho \right];$$

$$\varphi = \frac{Pa}{4D\pi} \rho \left(\frac{1}{1+\mu} - \ln \rho \right).$$

$$W = \frac{Pa^2}{16D\pi} (1-\rho^2 + 2\rho^2 \ln \rho);$$

$$\varphi = -\frac{Pa}{4D\pi} \rho \ln \rho.$$

من أجل $\rho > \beta$

$$M_r = -\frac{P}{4\pi} (1+\mu) \ln \rho;$$

$$M_r = -\frac{P}{4\pi} [1 + (1+\mu) \ln \rho];$$

$$M_t = \frac{P}{4\pi} [1 - \mu - (1+\mu) \ln \rho].$$

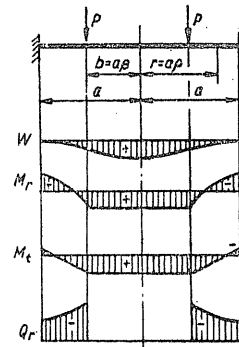
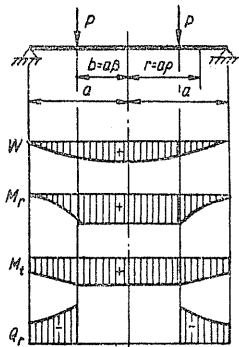
$$M_t = -\frac{P}{4\pi} [\mu + (1+\mu) \ln \rho].$$

$$M_r = M_t = \frac{P}{4\pi} [1 - (1+\mu) \ln \beta]$$

$$M_r = M_t = -\frac{P}{4\pi} (1+\mu) \ln \beta$$

بلاطة دائرية محملة بموزعة على محيط دائرة .

$$Q_r = 0 \quad 0 \leq \rho \leq \beta; \quad Q_r = -P\beta \frac{1}{\rho} \quad \beta \leq \rho \leq 1; \quad A = P\beta.$$



من أجل $0 \leq \rho \leq \beta$

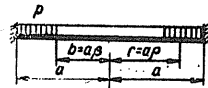
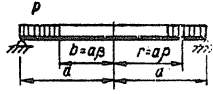
$$\begin{aligned} W &= \frac{Pa^3}{8D} \cdot \frac{\beta}{1+\mu} \{ (3+\mu)(1-\beta^2) + \\ &+ 2(1+\mu)\beta^2 \ln \beta - [(1-\mu)(1-\beta^2) - \\ &- 2(1+\mu) \ln \beta] \rho^2 \}; \\ \varphi &= \frac{Pa^2}{4D} \cdot \frac{\beta}{1+\mu} \rho \{ (1-\mu)(1-\beta^2) - \\ &- 2(1+\mu) \ln \beta \}; \\ M_r = M_t &= \frac{Pa}{4} \beta \{ (1-\mu)(1-\beta^2) - \\ &- 2(1+\mu) \ln \beta \}. \end{aligned} \quad \begin{aligned} W &= \frac{Pa^3}{8D} \beta [1-\beta^2 + 2\beta^2 \ln \beta + \\ &+ (1-\beta^2 + 2 \ln \beta) \rho^2]; \\ \varphi &= -\frac{Pa^2}{4D} \beta \rho (1-\beta^2 + 2 \ln \beta); \\ M_r &= -\frac{Pa}{4} \beta (1+\mu)(1-\beta^2 + 2 \ln \beta); \\ M_t &= -\frac{Pa}{4} \beta (1+\mu)(1-\beta^2 + 2 \ln \beta). \end{aligned}$$

من أجل $\beta \leq \rho \leq 1$

$$\begin{aligned} W &= \frac{Pa^3}{8D} \cdot \frac{\beta}{1+\mu} \{ [3+\mu - (1-\mu)\beta^2] \times \\ &\times (1-\rho^2) + 2(1+\mu)(\beta^2 + \rho^2) \ln \rho \}; \\ \varphi &= \frac{Pa^2}{4D} \cdot \frac{\beta}{1+\mu} \rho \left[2 - (1-\mu)\beta^2 - \right. \\ &\left. - (1+\mu)\beta^2 \frac{1}{\rho^2} - 2(1+\mu) \ln \rho \right]; \\ M_r &= \frac{Pa}{4} \beta \left[(1-\mu)\beta^2 \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) - \right. \\ &\left. - 2(1+\mu) \ln \rho \right]; \\ M_t &= \frac{Pa}{4} \beta \left\{ (1-\mu) \left[2 - \beta^2 \left(\frac{1}{\rho^2} + 1 \right) \right] - \right. \\ &\left. - 2(1+\mu) \ln \rho \right\}. \end{aligned} \quad \begin{aligned} W &= \frac{Pa^3}{8D} \beta \{ (1+\beta^2)(1-\rho^2) + \\ &+ 2(\beta^2 + \rho^2) \ln \rho \}; \\ \varphi &= \frac{Pa^2}{4D} \beta \rho \left[\beta^2 \left(1 - \frac{1}{\rho^2} \right) - 2 \ln \rho \right]; \\ M_r &= -\frac{Pa}{4} \beta \left[2 - (1-\mu)\beta^2 \frac{1}{\rho^2} - \right. \\ &\left. - (1+\mu)(\beta^2 - 2 \ln \rho) \right]; \\ M_t &= -\frac{Pa}{4} \beta \left[2\mu + (1-\mu)\beta^2 \frac{1}{\rho^2} - \right. \\ &\left. - (1+\mu)(\beta^2 - 2 \ln \rho) \right]. \end{aligned}$$

بلاطة دائرية محملة بحمولة موزعة بشكل حلقي .

$$\begin{aligned} Q_r = 0 & \quad (\leq \beta); \quad Q_r = -\frac{\rho a}{2} \left(\rho - \frac{\beta^2}{\rho} \right) \quad (\rho \geq \beta); \quad A = \frac{\rho a}{2} (\beta^2 - 1); \\ k_1 &= [(5+\mu) - (7+3\mu)\beta^2] (1-\beta^2) - 4(1+\mu)\beta^4 \ln \beta; \\ k_2 &= [(3+\mu) - (1-\mu)\beta^2] (1-\beta^2) + 4(1+\mu)\beta^2 \ln \beta. \end{aligned}$$



من أجل $\rho \leq \beta$

$$\begin{aligned} W &= \frac{\rho a^4}{64D(1+\mu)} [k_1 - 2k_2 + \\ &+ 2k_2(1-\rho^2)]; \\ M_r = M_t &= \frac{\rho a^2}{16} k_2. \end{aligned} \quad \begin{aligned} W &= \frac{\rho a^4}{64D} \{ 4\beta^2(1-\beta^2) - 4\beta^2 \ln \beta (1+\beta^2) + \\ &+ 2[1-\beta^2(\beta^2 - 4 \ln \beta)(1-\rho^2)] \}; \\ M_r = M_t &= \frac{\rho a^2}{16} (1+\mu) [1-\beta^2(\beta^2 - 4 \ln \beta)]. \end{aligned}$$

من أجل $\rho \geq \beta$

$$W = \frac{Pa^4}{64D(1+\mu)} [2[(3+\mu)(1-2\beta^2) + (1-\mu)\beta^4](1-\rho^2) - (1+\mu)(1-\rho^4) - 4(1+\mu)\beta^4 \ln \rho - 8(1+\mu)\beta^2 \rho^2 \ln \rho];$$

$$M_r = \frac{\rho a^2}{16} [(3+\mu)(1-\rho^2) - (1-\mu)\beta^4 \times (\frac{1}{\rho^2} - 1) + 4(1+\mu)\beta^2 \ln \rho];$$

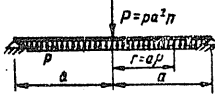
$$M_t = \frac{\rho a^2}{16} [(1+3\mu)(1-\rho^2) + (1-\mu)\beta^4 \times (\frac{1}{\rho^2} - 1) + 4(1+\mu)\beta^2 \rho^2 \ln \rho + 2(1-\mu)(1-\beta^2)^2]$$

$$W = \frac{\rho a^4}{64D} [2(1-3\beta^2-\beta^4)(1-\rho^2) - (1-\rho^4) - 4\beta^4 \ln \rho - 8\beta^2 \rho^2 \ln \rho];$$

$$M_r = \frac{\rho a^2}{16} [-2(1-\beta^2)^2 + (3+\mu)(1-\rho^2) - (1-\mu)\beta^4 (\frac{1}{\rho^2} - 1) + 4(1+\mu)\beta^2 \ln \rho];$$

$$M_t = \frac{\rho a^2}{16} [-2\mu(1-\beta^2)^2 + (1+3\mu)(1-\rho^2) + (1-\mu)\beta^4 (\frac{1}{\rho^2} - 1) + 4(1+\mu)\beta^2 \ln \rho]$$

بلاطة دائرية محملة بحمولة مطبقة في المركز وبمحور مداسه مورعه بانتظام .



$$W = \frac{Pa^2}{64D\pi} [2 \frac{3+\mu}{1+\mu} (1-\rho^2) + (1-\rho^4) + 8\rho^2 \ln \rho];$$

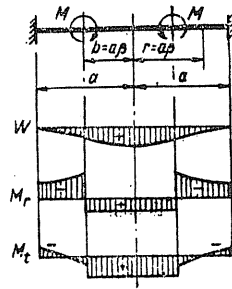
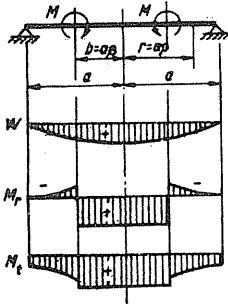
$$M_r = -\frac{P}{16\pi} [(3+\mu)(1-\rho^2) + 4(1+\mu) \ln \rho];$$

$$M_t = -\frac{P}{16\pi} [(1+3\mu)(1-\rho^2) + 4(1+\mu) \ln \rho - 2(1-\mu)];$$

$$Q_r = -\frac{P}{2\pi a} (\frac{1}{\rho} - \rho)$$

بلاطة دائرية محملة بعزم موزع على محيط الدائرة .

$$Q_r = 0; \quad A = 0.$$



من أجل $0 \leq \rho \leq \beta$

$$W = \frac{Ma^2}{4D} \cdot \frac{1}{1+\mu} [2\beta^2[1 - (1+\mu) \ln \beta] - (1+\mu + (1-\mu)\beta^2)\rho^2];$$

$$\varphi = \frac{Ma}{2D} \cdot \frac{1}{1+\mu} \rho [1+\mu + (1-\mu)\beta^2];$$

$$M_r = M_t = \frac{M}{2} [1+\mu + (1-\mu)\beta^2].$$

$$W = -\frac{Ma^2}{4D} [2\beta^2 \ln \beta + (1-\beta^2)\rho^2];$$

$$\varphi = \frac{Ma}{2D} (1-\beta^2)\rho;$$

$$M_r = M_t = \frac{M}{2} (1+\mu)(1-\beta^2).$$

من أجل $\beta \leq \rho \leq 1$

$$W = \frac{Ma^2}{4D} \cdot \frac{\beta^2}{1+\mu} [(1-\mu)(1-\rho^2) - 2(1+\mu) \ln \rho];$$

$$\varphi = \frac{Ma}{2D} \cdot \frac{\beta^2}{1+\mu} \left[(1-\mu)\rho + (1+\mu)\frac{1}{\rho} \right];$$

$$M_r = \frac{M}{2} (1-\mu) \beta^2 \left(1 - \frac{1}{\rho^2} \right);$$

$$M_t = \frac{M}{2} (1-\mu) \beta^2 \left(1 + \frac{1}{\rho^2} \right)$$

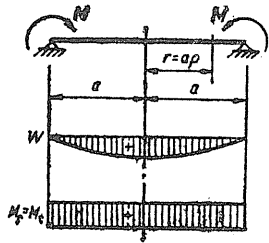
$$W = -\frac{Ma^2}{4D} \beta^2 (1-\rho^2 + 2 \ln \rho);$$

$$\varphi = \frac{Ma}{2D} \beta^2 \left(\frac{1}{\rho} - \rho \right);$$

$$M_r = -\frac{M\beta^2}{2} \left[1 + \mu + (1-\mu)\frac{1}{\rho^2} \right]$$

$$M_t = -\frac{M\beta^2}{2} \left[1 + \mu - (1-\mu)\frac{1}{\rho^2} \right]$$

بلاطة دائرية محملة بعزم على محيط الاستناد



$$Q_r = 0; \quad A = 0;$$

$$W = \frac{Ma^2}{2D(1+\mu)} (1-\rho^2);$$

$$\varphi = \frac{Ma}{D(1+\mu)} \rho;$$

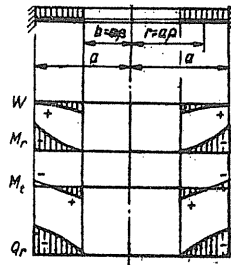
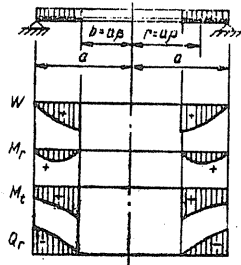
$$M_r = M_t = M$$

بلاطة حلقيّة محملة بمحمولة موزعة بانتظام

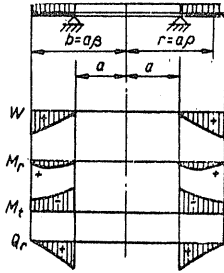
$$Q_r = -\frac{pa}{2} \left(\rho - \beta^2 \frac{1}{\rho} \right); \quad A = \frac{pa}{2} (1 - \beta^2) \text{ (при } \beta < 1); \quad A = \frac{pa}{2} (\beta^2 - 1) \text{ (при } \beta > 1);$$

$$k_3 = \beta^2 [3 + \mu + 4(1+\mu)\frac{\beta^2}{1-\beta^2} \ln \beta]; \quad k_4 = \beta^2 \frac{(1-\mu)\beta^2 + (1+\mu)(1+4\beta^2 \ln \beta)}{1-\mu + (1+\mu)\beta^2}$$

من أجل $\beta < 1$



$\beta > 1$ من أجل

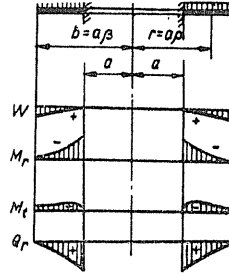


$$W = \frac{pa^4}{64D} \left\{ \frac{2}{1+\mu} [(3+\mu)(1-2\beta^2) + k_3] (1-\rho^2) - (1-\rho^4) - \frac{4}{1-\mu} k_3 \ln \rho - 8\beta^2 \rho^2 \ln \rho \right\};$$

$$\varphi = \frac{pa^3}{16D} \left[\frac{1}{1+\mu} (3+\mu - 4\beta^2 + k_3) \rho - \rho^3 + \frac{k_3}{1-\mu} \cdot \frac{1}{\rho} + 4\beta^2 \rho \ln \rho \right];$$

$$M_r = \frac{pa^2}{16} \left[(3+\mu)(1-\rho^2) + k_3 \left(1 - \frac{1}{\rho^3} \right) + 4(1+\mu)\beta^2 \ln \rho \right];$$

$$M_t = \frac{pa^2}{16} \left[2(1-\mu)(1-2\beta^2) + (1+3\mu) \times (1-\rho^2) + k_3 \left(1 + \frac{1}{\rho^3} \right) + 4(1+\mu)\beta^2 \ln \rho \right]$$



$$W = \frac{pa^4}{64D} [-1 + 2(1-k_4 - 2\beta^2)(1-\rho^2) + \rho^4 - 4k_4 \ln \rho - 8\beta^2 \rho^2 \ln \rho];$$

$$\varphi = \frac{pa^3}{16D} \left[(1-k_4)\rho - \rho^3 + k_4 \frac{1}{\rho} + 4\beta^2 \rho \ln \rho \right];$$

$$M_r = \frac{pa^2}{16} \left[(1+\mu)(1-k_4) + 4\beta^2 - (3+\mu)\rho^2 - (1-\mu)k_4 \frac{1}{\rho^2} + 4(1+\mu)\beta^2 \ln \rho \right];$$

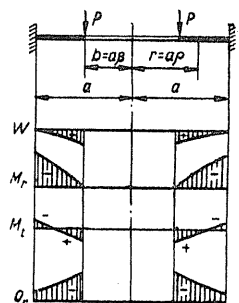
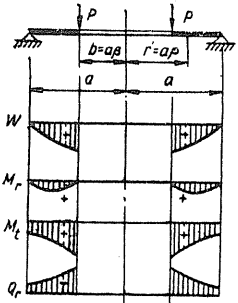
$$M_t = \frac{pa^2}{16} \left[(1+\mu)(1-k_4) + 4\mu\beta^2 - (1+3\mu)\rho^2 + (1-\mu)k_4 \frac{1}{\rho^2} + 4(1+\mu)\beta^2 \ln \rho \right]$$

بلاطة حلقيّة محملة بحمولة موزعة على محيط الدائرة الصغيرة للبلاطة .

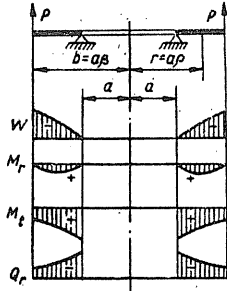
$$Q_r = -P\beta \frac{1}{\rho}; \quad A = P\beta \quad \beta < 1; \quad A = -P\beta \quad (\text{при } \beta > 1);$$

$$k_3 = (1+\mu) \frac{\beta^2}{1-\beta^2} \ln \beta; \quad k_4 = \beta^2 \frac{1+(1+\mu) \ln \beta}{1-\mu+(1+\mu)\beta^2}$$

$\beta < 1$ من أجل



$\beta > 1$ من أجل

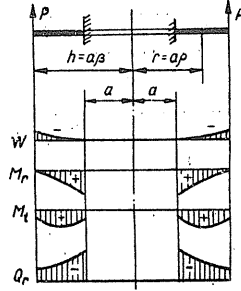


$$W = \frac{Pa^3}{8D} \beta \left[\frac{3 + \mu - 2k_6}{1 + \mu} (1 - \rho^2) + 4 \frac{k_6}{1 - \mu} \ln \rho + 2\rho^2 \ln \rho \right];$$

$$\varphi = \frac{Pa^2}{2D} \beta \left[\frac{1 - k_6}{1 + \mu} \rho - \frac{k_6}{1 - \mu} \frac{1}{\rho} - \rho \ln \rho \right];$$

$$M_r = \frac{Pa}{2} \beta \left[k_6 \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) - (1 + \mu) \ln \rho \right];$$

$$M_t = \frac{Pa}{2} \beta \left[1 - \mu - k_6 \left(\frac{1}{\rho^2} + 1 \right) - (1 + \mu) \ln \rho \right]$$



$$W = \frac{Pa^3}{8D} \beta [(1 + 2k_6)(1 - \rho^2) + 4k_6 \ln \rho + 2\rho^2 \ln \rho];$$

$$\varphi = \frac{Pa^2}{2D} \beta \left[k_6 \left(\rho - \frac{1}{\rho} \right) - \rho \ln \rho \right];$$

$$M_r = \frac{Pa}{2} \beta \left[-1 + (1 + \mu) k_6 + (1 - \mu) k_6 \frac{1}{\rho^2} - (1 + \mu) \ln \rho \right];$$

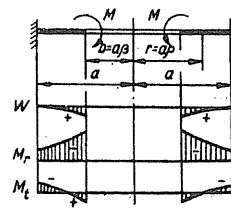
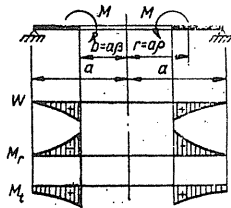
$$M_t = \frac{Pa}{2} \beta \left[-\mu + (1 + \mu) k_6 - (1 - \mu) k_6 \frac{1}{\rho^2} - (1 + \mu) \ln \rho \right]$$

بلاطة حلقيّة محمّلة بعزّمة موزعة على محيط الدائرة الصغرى للبلاطة .

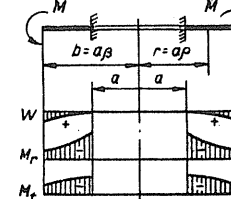
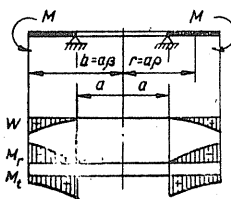
$$Q_r = 0; A = 0;$$

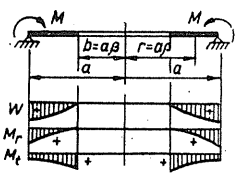
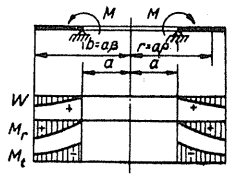
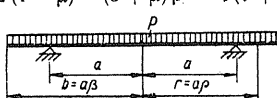
$$k_7 = \frac{\beta^2}{1 - \beta^2}; k_8 = \frac{\beta^2}{1 - \mu + (1 + \mu) \beta^2}$$

$\beta < 1$ من أجل



$\beta > 1$ من أجل



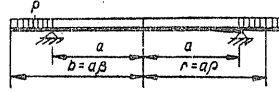
$W = \frac{Ma^2}{2D} \cdot \frac{k_7}{1+\mu} \left(1 - \rho^2 - 2 \frac{1+\mu}{1-\mu} \ln \rho \right);$ $\varphi = \frac{Ma}{D} \cdot \frac{k_7}{1+\mu} \left(\rho + \frac{1+\mu}{1-\mu} \cdot \frac{1}{\rho} \right);$ $M_r = Mk_7 \left(1 - \frac{1}{\rho^2} \right);$ $M_t = Mk_7 \left(1 + \frac{1}{\rho^2} \right)$	$W = \frac{Ma^2}{2D} k_8 (-1 + \rho^2 - 2 \ln \rho);$ $\varphi = \frac{Ma}{D} k_8 \left(\frac{1}{\rho} - \rho \right);$ $M_r = -Mk_8 \left[1 + \mu + (1 - \mu) \frac{1}{\rho^2} \right];$ $M_t = -Mk_8 \left[1 + \mu - (1 - \mu) \frac{1}{\rho^2} \right]$
<p>بلاطة حلقيّة محملة بعزم على محيط الاستناد ($\rho = 1$)</p> <p>$Q_r = 0; A = 0; k_9 = \frac{1}{1 - \beta^2}$.</p>	
	
$W = \frac{Ma^2}{2D} \frac{k_9}{1+\mu} \left(1 - \rho^2 - 2 \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta^2 \ln \rho \right);$ $\varphi = \frac{Ma}{D} \frac{k_9}{1+\mu} \left(\rho + \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta^2 \frac{1}{\rho} \right);$	$M_r = M\beta^2 k_9 \left(\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\rho^2} \right);$ $M_t = M\beta^2 k_9 \left(\frac{1}{\beta^2} + \frac{1}{\rho^2} \right)$
<p>بلاطة دائرية ظفرية محملة بحمولة موزعة بانتظام</p> <p>$Q_r = -\frac{pa}{2} \rho \quad (\rho \leq 1); \quad Q_r = \frac{pa}{2} \left(\frac{\beta^2}{\rho} - \rho \right), \quad (\rho > 1);$</p> <p>$k_{10} = 2(1 - \mu) + (1 + 3\mu)\beta^2 - 4(1 + \mu)\beta^2 \ln \beta;$</p> <p>$k_{11} = 2(1 - \mu) - (3 + \mu)\beta^2 - 4(1 + \mu)\beta^2 \ln \beta.$</p>	
	
<p style="text-align: center;">من أجل $\rho \leq 1$</p> $W = \frac{pa^3}{64D} \left[\frac{2k_{10}}{1+\mu} (1 - \rho^2) - (1 - \rho^4) \right];$ $M_r = \frac{pa^2}{16} [k_{10} - (3 + \mu) + (3 + \mu)(1 - \rho^2)];$ $M_t = \frac{pa^2}{16} [k_{10} - (1 + 3\mu) + (1 + 3\mu)(1 - \rho^2)]$	<p style="text-align: center;">من أجل $\rho > 1$</p> $W = \frac{pa^4}{64D} \left[\frac{2k_{11}}{1+\mu} (1 - \rho^2) - (1 - \rho^4) - \right.$ $\left. - 8\beta^2 \ln \rho - 8\beta^2 \rho^2 \ln \rho \right];$ $M_r = \frac{pa^2}{16} \left[k_{10} - (3 + \mu) + (3 + \mu)(1 - \rho^2) - \right.$ $\left. - 2(1 - \mu)\beta^2 \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) + 4(1 + \mu)\beta^2 \ln \rho \right];$ $M_t = \frac{pa^2}{16} \left[k_{10} - (1 + 3\mu) + (1 + 3\mu)(1 - \rho^2) + \right.$ $\left. + 2(1 - \mu)\beta^2 \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) + 4(1 + \mu)\beta^2 \ln \rho \right]$

بلاطة دائرية ظفرية محملة بحمولة موزعة بانتظام على الظفر

$$Q_r = 0 \quad \rho \leq 1; \quad Q_r = \frac{\rho a}{2} \left(\frac{\beta^2}{\rho} - \rho \right) = \Phi_2 \rho a \quad \rho > 1; \quad A = \frac{\rho a}{2} (\beta^2 - 1);$$

$$k_{12} = \frac{1}{\beta^2} [(1 - \mu) + 4\mu\beta^2 - (1 + 3\mu)\beta^4 + 4(1 + \mu)\beta^4 \ln \beta];$$

$$k_{13} = \frac{1}{\beta^2} [(1 - \mu)(1 - 2\beta^2) + (3 + \mu)\beta^4 + 4(1 + \mu)\beta^4 \ln \beta].$$



من أجل $\rho \leq 1$

$$W = -\frac{\rho a^4}{32D(1 + \mu)} k_{12} (1 - \rho^2);$$

$$M_r = -\frac{\rho a^2}{16} k_{12} = \Phi_1 \rho a^2;$$

$$M_t = -\frac{\rho a^2}{16} k_{12} = \Phi_2 \rho a^2.$$

من أجل $\rho > 1$

$$W = -\frac{\rho a^4}{64D(1 + \mu)} [2k_{13}(1 - \rho^2) + (1 + \mu)(1 - \rho^4) + 4(1 + \mu)(2\beta^2 - 1) \ln \rho + 8(1 + \mu)\beta^2 \rho^2 \ln \rho];$$

$$M_r = -\frac{\rho a^2}{16} \left[k_{12} - (3 + \mu)(1 - \rho^2) + (1 - \mu)(2\beta^2 - 1) \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) - 4(1 + \mu)\beta^2 \ln \rho \right] = \Phi_1 \rho a^2;$$

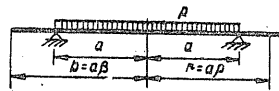
$$M_t = -\frac{\rho a^2}{16} \left[k_{12} - (1 + 3\mu)(1 - \rho^2) + (1 - \mu)(2\beta^2 - 1) \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) - 4(1 + \mu)\beta^2 \ln \rho \right] = \Phi_2 \rho a^2.$$

قيم التوابع Φ_3 ، Φ_2 ، Φ_1 مبينة في الجدول (٥ - ٣)

بلاطة دائرية ظفرية محملة بحمولة موزعة بانتظام في قسمها المركزي

$$Q_r = -\frac{\rho a}{2} \rho = \Phi_2 \rho a \quad \rho \leq 1; \quad Q_r = 0 \quad \rho > 1; \quad A = -\frac{\rho a}{2};$$

$$k_{14} = \frac{1 - \mu}{\beta^2} + 2(1 + \mu).$$



من أجل $\rho \leq 1$

$$W = \frac{\rho a^4}{64D} \left[2 \frac{k_{14}}{1 + \mu} (1 - \rho^2) - (1 - \rho^4) \right];$$

$$M_r = \frac{\rho a^2}{16} [k_{14} - (3 + \mu) + (3 + \mu)(1 - \rho^2)] = \Phi_1 \rho a^2;$$

$$M_t = \frac{\rho a^2}{16} [k_{14} - (1 + 3\mu) + (1 + 3\mu)(1 - \rho^2)] = \Phi_2 \rho a^2.$$

من أجل $\rho > 1$

$$W = \frac{\rho a^4}{32D} \left[\frac{1 - \mu}{1 + \mu} \cdot \frac{1}{\beta^2} (1 - \rho^2) - 2 \ln \rho \right];$$

$$M_r = -\frac{\rho a^2}{16} (1 - \mu) \left[\frac{\beta^2 - 1}{\beta^2} + \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) \right] = \Phi_1 \rho a^2;$$

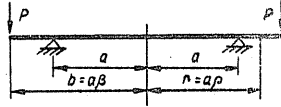
$$M_t = -\frac{\rho a^2}{16} (1 - \mu) \left[-\frac{\beta^2 + 1}{\beta^2} - \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) \right] = \Phi_2 \rho a^2.$$

قيم التوابع Φ_3 ، Φ_2 ، Φ_1 مبينة في الجدول (٥ - ٤)

بلاطة دائرية ظفرية محملة بحمولة موزعة على محيط الظفر .

$$Q_r = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \rho \leq 1 \\ \rho > 1 \end{array} \right. ; \quad Q_r = P \frac{\beta}{\rho} \quad \left\{ \begin{array}{l} \rho \leq 1 \\ \rho > 1 \end{array} \right. ; \quad A = P\beta;$$

$$k_{16} = (1 - \mu) \left(\beta - \frac{1}{\beta} \right) + 2(1 + \mu) \beta \ln \beta.$$



من أجل $\rho \leq 1$

$$W = -\frac{Pa^3}{8D} \frac{k_{16}}{1 + \mu} (1 - \rho^2);$$

$$M_r = M_t = -\frac{Pa}{4} k_{16}$$

من أجل $\rho > 1$

$$W = \frac{Pa^3}{8D} \left[-\left(\frac{k_{16}}{1 + \mu} + 2\beta \right) (1 - \rho^2) - 2\beta \ln \rho - 2\beta \rho^2 \ln \rho \right];$$

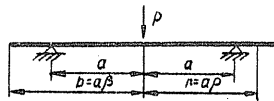
$$M_r = -\frac{Pa}{4} \left[k_{16} + (1 - \mu) \beta \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) - 2(1 + \mu) \beta \ln \rho \right];$$

$$M_t = -\frac{Pa}{4} \left[k_{16} - (1 - \mu) \beta \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) - 2(1 + \mu) \beta \ln \rho \right]$$

بلاطة دائرية ظفرية محملة بقوة مطبقة في المركز .

$$Q_r = -\frac{P}{2\pi a\rho} \quad (\text{при } \rho \leq 1); \quad Q_r = 0 \quad (\text{при } \rho > 1); \quad A = -\frac{P}{2\pi a};$$

$$k_{16} = 2(1 + \mu) \beta^2.$$



من أجل $\rho \leq 1$

$$W = -\frac{Pa^2}{8\pi D} \left[\left(\frac{1 - \mu}{k_{16}} + 1 \right) (1 - \rho^2) + \rho^2 \ln \rho \right];$$

$$M_r = -\frac{P}{8\pi\beta^2} [(1 - \mu) (\beta^2 - 1) + k_{16} \ln \rho];$$

$$M_t = -\frac{P}{8\pi\beta^2} [-(1 - \mu) (\beta^2 + 1) + k_{16} \ln \rho]$$

من أجل $\rho > 1$

$$W = \frac{Pa^2}{8\pi D} \left[\frac{1 - \mu}{k_{16}} (1 - \rho^2) + \ln \rho \right];$$

$$M_r = -\frac{P}{8\pi\beta^2} (1 - \mu) \left[(\beta^2 - 1) + \beta^2 \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) \right];$$

$$M_t = -\frac{P}{8\pi\beta^2} (1 - \mu) \left[-(\beta^2 + 1) - \beta^2 \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) \right]$$

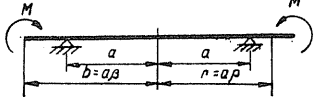
تابع الجدول رقم (٥ - ١)

بلاطة دائرية ظفرية محملة بعزم انعطاف موزع على محيط الظفر .

$Q_r = 0;$

$W = \frac{Ma^2}{2D(1+\mu)} (1 - \rho^2);$

$M_r = M_t = M$

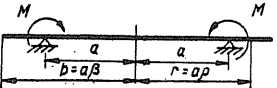


بلاطة دائرية ظفرية محملة بعزم انعطاف موزع على محيط الاستناد .

$Q_r = 0;$

$k_{17} = \frac{1 - \mu}{\beta^2};$

$k_{18} = (1 + \mu) + k_{17}.$



من أجل $\rho \leq 1$

$W = \frac{Ma^2}{4D} \frac{k_{18}}{1 + \mu} (1 - \rho^2);$

$M_r = M_t = \frac{M}{2} k_{18}$

من أجل $\rho > 1$

$W = \frac{Ma^2}{4D} \left[\frac{k_{17}}{1 + \mu} (1 - \rho^2) - 2 \ln \rho \right];$

$M_r = \frac{M}{2} (1 - \mu) \left[\left(\frac{1}{\beta^2} - 1 \right) - \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) \right];$

$M_t = \frac{M}{2} (1 - \mu) \left[\left(\frac{1}{\beta^2} + 1 \right) + \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) \right]$

يبين الجدول التالي قيم التوابع المبينة أدناه من أجل : $0 < \rho < 2.5$

$(1 - \rho^2); (1 - \rho^4); \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right); \ln \rho; \rho^2 \ln \rho.$

قيم التوابع المساعدة لحساب البلاطات الدائرية والحلقية .

ρ	$1 - \rho^2$	$1 - \rho^4$	$\frac{1}{\rho^2} - 1$	$\ln \rho$	$\rho^2 \ln \rho$
0,0	1,00	1,0000	∞	$-\infty$	0,0000
0,1	0,99	0,9999	99,0000	-2,3026	-0,0230
0,2	0,96	0,9984	24,0000	-1,6094	-0,0644
0,3	0,91	0,9919	10,1111	-1,2040	-0,1084
0,4	0,84	0,9744	5,2500	-0,9163	-0,1556
0,5	0,75	0,9375	3,0000	-0,6931	-0,1733
0,6	0,64	0,8704	1,7778	-0,5108	-0,1839
0,7	0,51	0,7599	1,0408	-0,3567	-0,1748
0,8	0,36	0,5904	0,5625	-0,2231	-0,1428
0,9	0,19	0,3439	0,2346	-0,1053	-0,0853
1,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

ρ	$1-\rho^2$	$1-\rho^4$	$\frac{1}{\rho^2} - 1$	$\ln \rho$	$\rho^2 \ln \rho$
1,1	-0,21	-0,4641	-0,1736	0,0953	0,1153
1,2	-0,44	-1,0736	-0,3056	0,1823	0,2625
1,3	-0,69	-1,8561	-0,4083	0,2624	0,4434
1,4	-0,96	-2,8416	-0,4898	0,3365	0,6595
1,5	-1,5	-4,0625	-0,5556	0,4055	0,9123
1,6	-1,56	-5,5536	-0,6094	0,4700	1,2032
1,7	-1,89	-7,3521	-0,6540	0,5306	1,5335
1,8	-2,24	-9,4976	-0,6914	0,5878	1,9044
1,9	-2,61	-12,0321	-0,7230	0,6419	2,3171
2,0	-3,00	-15,0000	-0,7500	0,6931	2,7726
2,1	-3,41	-18,4481	-0,7732	0,7419	3,2719
2,2	-3,84	-22,4256	-0,7934	0,7885	3,8161
2,3	-4,29	-26,9841	-0,8110	0,8329	4,4061
2,4	-4,76	-32,1776	-0,8264	0,8755	5,0427
2,5	-5,25	-38,0625	-0,8400	0,9163	5,7268

قيم عزوم الانعطاف القطرية M_R والمماسية M_t وردود الافعال
في البلاطات الدائرية المستمرة ذات المجازات المتساوية .

ثلاث مجازات متساوية

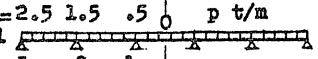
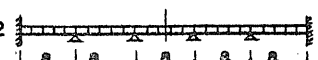
أربع مجازات متساوية

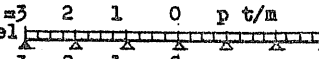
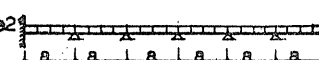
عزوم الانعطاف				
ρ	Case 1		Case 2	
	M_R	M_t	M_R	M_t
1.5	0	+0.188	-0.0835	-0.0139
1.3	+0.0578	+0.0271	-0.0132	+0.0049
1.1	+0.0889	+0.0225	+0.0330	+0.0119
1.0	+0.0925	+0.0151	+0.0455	+0.0109
0.9	+0.0875	+0.0042	+0.0506	+0.0068
0.7	+0.0411	-0.0267	+0.0300	-0.0097
0.5	-0.0851	-0.0591	-0.0552	-0.0291
0.3	-0.0535	-0.0441	-0.0235	-0.0141
0.1	-0.0376	-0.0366	-0.0077	-0.0066
0.0	-0.0357	-0.0357	-0.0057	-0.0057
Mult	ρa^2	ρa^2	ρa^2	ρa^2
ردود الافعال				
Sup.	Case 1		Case 2	
2	+ 0.3618		+ 0.4535	
1	+ 1.1642		+ 0.8898	
Mult	ρa		ρa	

عزوم الانعطاف				
ρ	Case 1		Case 2	
	M_R	M_t	M_R	M_t
2.0	0	+0.129	-0.0811	-0.0135
1.6	+0.0847	+0.0179	+0.0346	+0.0093
1.5	+0.0848	+0.0127	+0.0444	+0.0086
1.4	+0.0748	+0.0053	+0.0449	+0.0057
1.0	-0.1069	-0.0314	-0.0769	-0.0172
0.6	-0.0008	+0.0080	+0.0179	+0.0109
0.5	+0.0137	+0.0110	+0.0284	+0.0099
0.4	+0.0225	+0.0104	+0.0322	+0.0044
0.1	-0.0035	-0.0310	-0.0244	-0.0676
Mult	ρa^2	ρa^2	ρa^2	ρa^2
ردود الافعال				
Sup.	Case 1		Case 2	
2	+0.3655		+0.5612	
1	+1.2001		+0.9131	
0	+0.4330		+0.6709	
Mult	ρa	ρa^2	ρa	ρa^2

خمس مجازات متساوية

ست مجازات متساوية

$P = 2.5 \ 1.5 \ .5 \ 0 \ p \ t/m$ Case1  Case2  $v = l/6$				
عزوم الانعطاف				
ρ	Case - 1		Case 2	
	M_R	M_t	M_R	M_t
2.5	0	+0.0098	-0.0787	-0.0131
2.1	+0.0818	+0.0159	+0.0348	+0.0076
2.0	+0.0799	+0.0118	+0.0425	+0.0075
1.9	+0.0676	+0.0058	+0.0403	+0.0051
1.5	-0.1130	-0.0254	-0.0875	-0.0155
1.1	+0.0132	+0.0082	+0.0302	+0.0115
1.0	+0.0289	+0.0094	+0.0432	+0.0107
0.9	+0.0375	+0.0077	+0.0488	+0.0069
0.5	-0.0446	-0.0186	-0.0537	-0.0277
0.1	+0.0029	+0.0039	-0.0062	-0.0052
0.0	+0.0048	+0.0048	-0.0043	-0.0043
Mult	$p a^2$	$p a^2$	$p a^2$	$p a^2$
ردود الافعال				
Sup.	Case 1		Case 2	
3	+ 0.3675		+ 0.4594	
2	+ 1.2065		+ 1.0255	
1	+ 0.7931		+ 0.8765	
Mult	$p a$		$p a$	

$P = 3 \ 2 \ 1 \ 0 \ p \ t/m$ Case1  Case2  $P = 0, \ M_R = M_t = -\infty \ v = l/6$				
عزوم الانعطاف				
ρ	Case 1		Case 2	
	M_R	M_t	M_R	M_t
3.0	0	+0.0081	-0.0799	-0.0133
2.6	+0.0814	+0.0153	+0.0354	+0.0076
2.5	+0.0789	+0.0118	+0.0426	+0.0073
2.4	+0.0659	+0.0066	+0.0401	+0.0052
2.0	-0.1106	-0.0232	-0.0852	-0.0149
1.6	+0.0164	+0.0062	+0.0321	+0.0089
1.5	+0.0296	+0.0069	+0.0422	+0.0084
1.4	+0.0340	+0.0058	+0.0433	+0.0057
1.0	-0.0660	-0.0121	-0.0753	-0.0164
0.6	+0.0247	+0.0120	+0.0189	+0.0110
0.5	+0.0338	+0.0095	+0.0292	+0.0098
0.4	+0.0357	+0.0022	+0.0327	+0.0040
0.1	-0.0320	-0.0809	-0.0255	-0.0695
Mult	$p a^2$	$p a^2$	$p a^2$	$p a^2$
ردود الافعال				
Sup.	Case 1		Case 2	
3	+0.3725		+0.4675	
2	+1.1500		+0.9733	
1	+0.9622		+1.0420	
0	+0.7573		+0.6834	
Mult	$p a$	$p a^2$	$p a$	$p a^2$

٥ - ٣ القشريات الدورانية :

تصمم اغطية أو ارضيات الخزانات الدائرية ، وخاصة منها العالية ، بشكل قشريات دورانية وذلك للتخفيف من قيم عزوم الانعطاف أو لانعدامها في معظم الحالات ، ومايتبع ذلك من اقتصاد في كميات البيتون المسلح . يبين الجدول رقم (٥ - ٣) قيم الجهود الداخلية في القشريات الدورانية من أجل احمال مختلفة (وزن ذاتي - حمولة موزعة بانتظام - ضغط هيدروستاتيكي ٠.٠٠) وذلك للاشكال من القشريات الدورانية الاكثر استخداما في تصميم اغطية وارضيات الخزانات الدورانية .

تصمم القشريات الدورانية البيتونية المسلحة بحيث تتحمل الجهود المطبقة عليها N_1 و N_2 اضافة لعزم الانعطاف الشاقولي M_1 الذي يكون صغيرا في كثير من الحالات .

ففي القشريات ذات الاقطار الصغيرة تختار السماكة لها $h_t \geq 8 \text{ cm}$ اذ تكون الاجهادات فيها محققة ويكون اثر التحنيب (التشوه) فيها مهما لا أيضا ، أما استناد القشريات على الجسور الحلقية فهو ليس بالاستناد البسيط ، أي أن M_1 لاتساوي الصفر وكذلك الأمر ليس بوشاقة تامة في المعنى الصحيح ، لذلك جرت العادة على زيادة سماكة القشريات الدورانية عند استنادها على الجسور الحلقية للتغلب على هذه العزوم . ونبين فيما يلي قيم عزوم الانعطاف وفق مولد القشرية الكروية في حالتها الاستناد المذكورتين اعلاه .

بعض المراجع تحسب عزوم الانعطاف M_1 الموجبة والسالبة في القشريات الكروية انطلاقا من عامل صلابة القشرية الكروية والذي يساوي :

$$(٥ - ١) \quad K = \sqrt{\frac{R}{\delta}} \cdot 4 \sqrt{3(1 - \mu^2)}$$

$$\mu = \frac{1}{6} \quad \text{وذلك من أجل} \quad K = 1,31 \sqrt{\frac{R}{\delta}} \quad \text{والذي يساوي :}$$

حيث : R - نصف قطر القشرية الكروية .

μ - عامل بواسون .

δ - سماكة القشرية .

٦ - حالة الوشاقة التامة :

عزم الوشاقة السالب :

$$(٢ - ٥) \quad M_{1max}^- = T_2 \frac{R}{2K^2}$$

حيث : T_2 - قوة الشد الحلقية عند طرف القشرية الكروية السفلي وتساوي

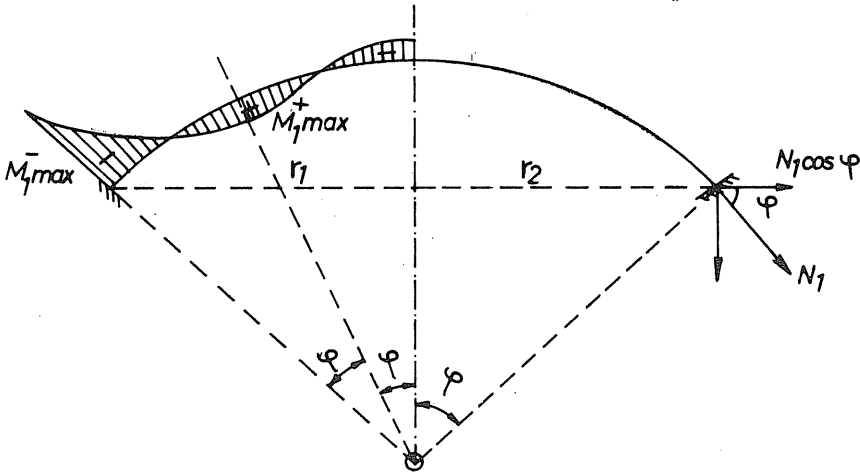
$$T_2 = N_1 \cdot \cos \varphi \cdot r_2 \cdot$$

N_1 - القوة المؤثرة في مستوي المولد عند طرف القشرية .

φ - الزاوية الرأسية بين طرف القشرية الكروية ومحورها .

r_2 - نصف قطر الدائرة العمودية على محورها والمارة من

محيط الاستناد .



الشكل رقم (١ - ٥)

العزم الموجب الاعظمي :

$$M_{1max}^+ = 0,208 M_{1max}^- \cdot$$

ويكون العزم الموجب الاعظمي مؤثرا في مقطع عرضي زاويته φ_1 . انظر

الشكل رقم (١ - ٥) .

$$(٣ - ٥) \quad \varphi_1 = \frac{\pi \cdot R}{2K} \cdot$$

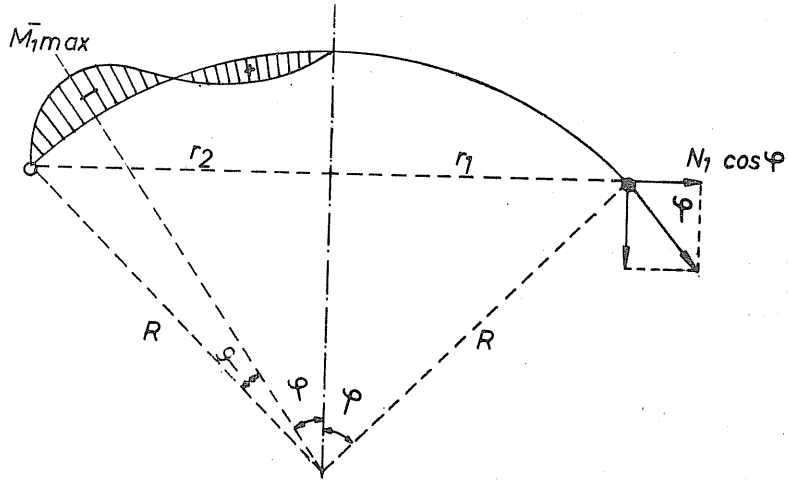
ب - حالة الاستناد المفصلي :

$$(٤ - ٥) \quad \bar{M}_{1max} = 0,161 \cdot T_2 \cdot \frac{R}{K^2} \quad \text{العزم السالب الاعظمي} :$$

والزاوية ψ_1 الخاصة بمقطع العزم السالب الاعظمي تساوي :

$$(٥ - ٥) \quad \psi_1 = \frac{\pi \cdot R}{4K} .$$

حيث K و T_2 حددنا سابقا ، انظر الشكل رقم (٢ - ٥) .



الشكل رقم (٢ - ٥)

وهناك بعض المراجع تنصح باعتماد بعض الابعاد كالمسافات والسهم

للقشريات الكروية ، فمثلا تحدد السماكة δ للقشرة الكروية من العلاقتين :

$$(٦ - ٥) \quad \frac{r_2}{75} \geq \delta \geq \frac{r_2}{100} .$$

$$(٧ - ٥) \quad \frac{R}{125} \geq \delta \geq \frac{R}{175} . \quad \text{أو} :$$

ولا تنقل سماكة القشرية في أعلى نقطة عن 5 cm وتزداد عادة هذه

السماكة على الاطراف حيث تسطح بشبكتين قرب حلقة الاستناد، ان البعد

الاقتصادي لارتفاع القشرية الكروية (السهم) f يعطى بالقيمة :

$$(٨ - ٥) \quad f = \frac{2r_2}{5} \sim \frac{r_2}{3} .$$

ويختار نصف القطر من العلاقة :

$$(٩ - ٥) \quad R = \frac{r_2^2 + f^2}{2f} .$$

٥ - ٤ الجسر الحلقي :

مهمة هذا العنصر الانشائي في الخزانات الدائرية ، ان كان مستعملا في السقف أو الأرضية ، هي نقل الحمولات من البلاطات الدائرية أو الحلقيّة أو القشريات الدورانية اضافة الى وزنه الذاتي الى العنصر أو العناصر الحاملة له ، وقد تكون اسطوانة ، وهذا ما يصادف في الجسور الحلقيّة الحاملة لسقف الخزانات الدائرية وبالتالي تكون عزوم الانعطاف المتولدة فيه معدومة ، وقد يستند الجسر الحلقي على أعمدة ، وغالبا ما يكون عددها مزدوجا ، وتصادف هذه الحالة في أرضيات الخزانات الدائرية أو في بعض السقوف التي لا تستند مباشرة على الجدار الاسطواني بل على أعمدة محددة ، وذلك بغية توفير فتحات للتهوية في أعلى الخزانات الدائرية .

ونورد في الجدول رقم (٥ - ٤) قيم عزوم الانعطاف والفتل المتولدة

في مختلف المقاطع العرضية للجائر الحلقي وذلك من أجل حالتين للحمولات :

- آ - حمولة موزعة بانتظام على كامل طول الجسر الموثوق من طرفيه .
- ب - حمولة مركزة في منتصف الفتحة الواحدة للجسر الموثوق من طرفيه .

يمكن حساب الجهود في الجسور الحلقيّة من أجل حالات مختلفة لعدد الاعمدة

وبالتالي للزوايا α التي هي نصف قيمة الزاوية المركزية بين عمودين .

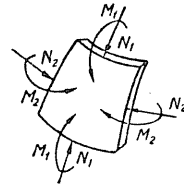
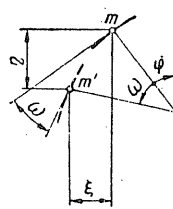
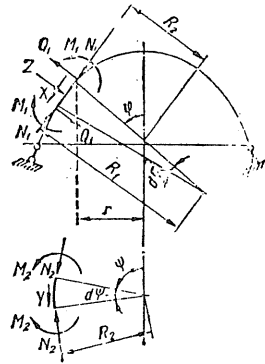
وتكون قيم الزوايا α بحسب عدد الاعمدة مبينة كما يلي :

عدد الاعمدة الحاملة للجسر الحلقي	الزاوية α
4	45°
6	30°
8	22,5°
12	15°

الجدول رقم (٥ - ٣)

نورد فيما يلي جداول حساب القشريات الدورانية في الحالة المرنة معتبرين الاصطلاحات التالية :

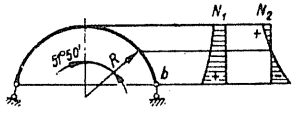
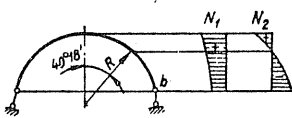
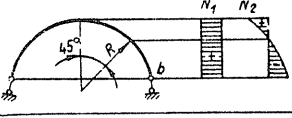
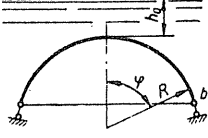
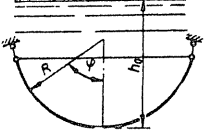
- R_1 - نصف قطر انحناء المولد
- R_2 - نصف قطر الانحناء في المستوى المتعامد مع مستوى المولد
- φ - الزاوية بين محور تناظر القشرية الدورانية والناظم على المقطع
- $r = R_2 \sin \varphi$ - نصف قطر الدائرة المارة من المقطع
- δ - سماكة القشرية
- N_1 - القوة المؤثرة في مستوى المولد وتقدر في وحدة طول الدائرة المارة من المقطع
- Q_1 - القوة القاطعة الواقعة الواقعة في مستوى المولد ، تقدر في وحدة طول الدائرة
- S - القوة القاطعة في وحدة طول الدائرة
- N_2 - القوة المؤثرة في مستوى الدائرة - تقدر في وحدة طول المولد
- M_1 - العزم في مستوى المولد في وحدة طول الدائرة
- M_2 - العزم في مستوى الدائرة في وحدة طول المولد
- x, y, z - مركبات الحمولة الخارجية في وحدة سطح القشرية
- u - مركبة الانتقال في مستوى المولد
- w - مركبة الانتقال القطرية
- ξ - المركبة الافقية للانتقال
- η - المركبة الشاقولية للانتقال
- ω - زاوية الدوران
- E - عامل المرونة
- μ - عامل بواسون
- FK - مساحة المقطع العرضي للدائرة (الحلقة)
- IK - عزم عطالة المقطع العرضي للدائرة بالنسبة للمحور الافقي المار من مركزها

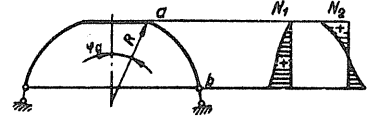
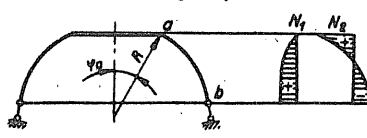
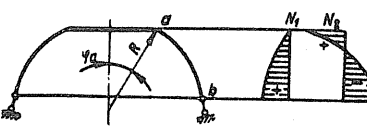
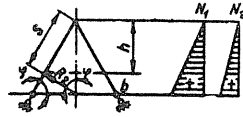
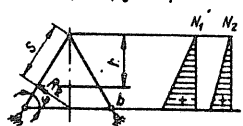


القوى الداخلية في حالة المحولات السطحية المتناظرة :

$$\frac{N_1}{R_1} + \frac{N_2}{R_2} = Z; \quad N_1 = \frac{Q\varphi}{2\pi R_2 \sin^2 \varphi}, \quad (\varphi = 0 - 3)$$

حيث : $Q\varphi$ - محصلة المحولات الخارجية المؤثرة ضمن الدائرة المحددة بالزاوية φ بالنسبة لمحور الدوران .

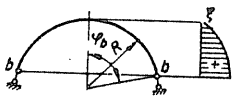
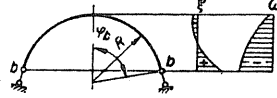
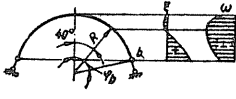
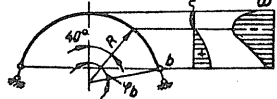
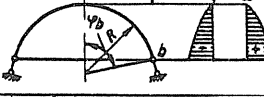
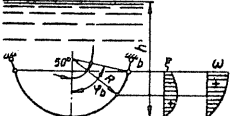
شكل التحميل ومنحط القوى الداخلية	N_1	N_2
<p>• قشرية نصف كروية مغلقة</p> <p>$(R_1 = R_2 = R)$</p> $N_1 = -\frac{Q\varphi}{2\pi R \sin^2 \varphi}; \quad N_2 = ZR - N_1$		
<p>• الوزن الذاتي</p> <p>$g = \text{const}$</p> 	$\frac{gR}{1 + \cos \varphi}$	$gR \cos \varphi - N_1$
<p>حمولة ثلجية على γ م أفقي</p> <p>$p = p_0 \cos \varphi$</p> 	$\frac{p_0 R}{3} \left(1 + \frac{\cos^2 \varphi}{1 + \cos \varphi} \right)$	$p_0 R \cos^2 \varphi - N_1$
<p>• حمولة ثلجية على γ م أفقي</p> <p>$p = p_0$</p> 	$\frac{p_0 R}{2}$	$p_0 R \cos^2 \varphi - N_1$
<p>ضغط هيدروستاتيكي (الوزن النوعي للسائل γ)</p> 	$\gamma \frac{R^2}{6} \left[3 \frac{h_0}{R} + \left(1 - 2 \frac{\cos^2 \varphi}{1 + \cos \varphi} \right) \right]$	$\gamma R^2 \left[\frac{h_0}{R} + (1 - \cos \varphi) \right] - N_1$
<p>ضغط هيدروستاتيكي (الوزن النوعي للسائل γ)</p> 	$-\frac{\gamma R^2}{6} \left[3 \frac{h_0}{R} - \left(1 - 2 \frac{\cos^2 \varphi}{1 + \cos \varphi} \right) \right]$	$-\gamma R^2 \left[\frac{h_0}{R} - (1 - \cos \varphi) \right] - N_1$

شكل التحميل ومخطط القوى الداخلية	N_1	N_2
قشرية/ نصف كروية مفتوحة •		
<p>الوزن الذاتي ، $g = \text{const}$</p> 	$gR \frac{\cos \varphi_a - \cos \varphi}{\sin^2 \varphi}$	$gR \cos \varphi - N_1$
<p>حمولة ثلجية على 1/2 م أفقي $p = p_0 \cos \varphi$</p> 	$\frac{p_0 R}{3} \cdot \frac{\cos^3 \varphi_a - \cos^3 \varphi}{\sin^2 \varphi}$	$p_0 R \cos^3 \varphi - N_1$
<p>حمولة ثلجية على 1/2 م أفقي • $p = p_0$</p> 	$\frac{p_0 R}{2} \left(1 - \frac{\sin^2 \varphi_a}{\sin^2 \varphi} \right)$	$p_0 R \cos^2 \varphi - N_1$
<p>قشرية مخروطية مغلقة : $\left(R_1 = \infty; R_2 = h \frac{\cos \varphi}{\sin^2 \varphi} \right)$</p> <p>$N_1 = \frac{Qh}{2\pi h \cos \varphi} ; N_2 = Zh \frac{\cos \varphi}{\sin^2 \varphi}$</p>		
<p>الوزن الذاتي ، $g = \text{const}$</p> 	$\frac{gh}{2 \sin^2 \varphi}$	$2N_1 \cos^2 \varphi$
<p>حمولة ثلجية على 1/2 م أفقي • $p = p_0 \cos \varphi$</p> 	$\frac{p_0 h}{2} \cdot \frac{\cos \varphi}{\sin^2 \varphi}$	$2N_1 \cos^2 \varphi$

تابع الجدول رقم (٥ - ٣)

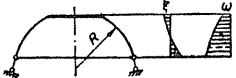
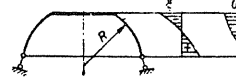
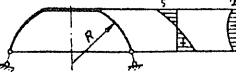
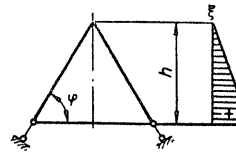
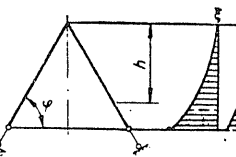
شكل التحميل ومخطط القوى الداخلية	N_1	N_2
<p>شكل التحميل ومخطط القوى الداخلية</p> <p>ضغط هيدروستاتيكي (الوزن النوعي للسائل γ)</p>	$\frac{\gamma h}{6} (3h_0 + 2h) \frac{\cos \varphi}{\sin^2 \varphi}$	$\gamma h (h_0 + h) \frac{\cos \varphi}{\sin^2 \varphi}$
<p>ضغط هيدروستاتيكي (الوزن النوعي للسائل γ)</p>	$-\frac{\gamma h}{6} (3h_0 - 2h) \frac{\cos \varphi}{\sin^2 \varphi}$	$-\gamma h (h_0 - h) \times \frac{\cos \varphi}{\sin^2 \varphi}$
<p>قشرية مخروطية مفتوحة •</p>		
<p>الوزن الذاتي ،</p> <p>$g = \text{const}$</p>	$\frac{gh}{2 \sin^2 \varphi} \left(1 - \frac{h_a^2}{h^2} \right)$	$gh \text{ctg}^2 \varphi$
<p>حمولة ثلجية على γ م أفقي •</p> <p>$p = p_0 \cos \varphi$</p>	$\frac{p_0 h \cos \varphi}{2 \sin^2 \varphi} \left(1 - \frac{h_a^2}{h^2} \right)$	$p_0 h \frac{\cos^3 \varphi}{\sin^2 \varphi}$
<p>القشرية الاسطوانية •</p> <p>$(R_1 = \infty; R_2 = R; \varphi = 90^\circ)$</p> <p>$N_1 = \frac{Qh}{2\pi R}; N_2 = ZR$</p>		
<p>الوزن الذاتي</p> <p>$g = \text{const}$</p>	qh	<p>—</p>

تتابع الجدول رقم (٥ - ٣) التغيرات في حالة الحمولات السطحية المتناظرة

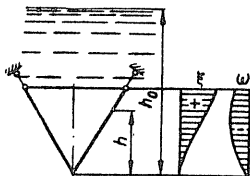
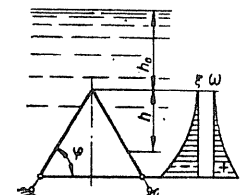
شكل التحميل ومخطط التغيرات	٤	٥
قشرية نصف كروية مغلقة •		
ارتفاع حرارة 	$R\alpha t \sin \varphi$	—
وزن ذاتي $g = \text{const}$ 	$\frac{gR^2}{E\delta} \sin \varphi \left(\frac{1+\mu}{1+\cos \varphi} - \cos \varphi \right)$	$-\frac{gR^2}{E\delta} (2+\mu) \sin \varphi$
حمولة ثلجية على ٢ م أفقي $p = p_0 \cos \varphi$ 	$\frac{p_0 R}{E\delta} \sin \varphi \left[(1+\mu) \times \frac{1-\cos^2 \varphi}{3 \sin^2 \varphi} - \cos^3 \varphi \right]$	$-\frac{p_0 R}{E\delta} (4+\mu) \sin \varphi \cos^2 \varphi$
حمولة ثلجية على ٢ م أفقي $p = p_0$ 	$\frac{p_0 R^2}{E\delta} \sin \varphi \left(\frac{1+\mu}{2} - \cos^2 \varphi \right)$	$-\frac{p_0 R}{E\delta} (3+\mu) \sin \varphi \cos \varphi$
ضغط هيدروستاتيكي (الوزن النوعي للسائل γ) 	$-\frac{\gamma R^3}{E\delta} \cdot \frac{\sin \varphi}{2} \left[\frac{h_0}{R} (1-\mu) + (1-\cos \varphi) \times \left(2 - \frac{1+\mu}{3} \times \frac{1+2 \cos \varphi}{1+\cos \varphi} \right) \right]$	$\frac{\gamma R^3}{E\delta} \sin \varphi$
ضغط هيدروستاتيكي (الوزن النوعي للسائل γ) 	$\frac{\gamma R^3}{E\delta} \cdot \frac{\sin \varphi}{2} \left[\frac{h_0}{R} (1-\mu) - (1-\cos \varphi) \left(2 - \frac{1+\mu}{3} \cdot \frac{1+2 \cos \varphi}{1+\cos \varphi} \right) \right]$	$\frac{\gamma R^3}{E\delta} \sin \varphi$

قشرية نصف كروية مفتوحة •

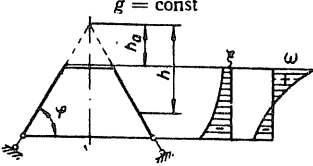
تابع الجدول رقم (٥ - ٣)

<p>ارتفاع حرارة م</p>	<p>- تستعمل نفس الدساتير في حالة القشرية</p>	
<p>وزن ذاتي $g = \text{const}$</p> 	$\frac{gR^2}{E\delta} \sin \varphi \left[(1+\mu) \times \frac{\cos \varphi_a - \cos \varphi}{\sin^3 \varphi} - \cos \varphi \right]$	$-\frac{gR}{E\delta} (2 + \mu) \sin \varphi$
<p>حمولة ثلجية على ٢م أفقي $p = p_0 \cos \varphi$</p> 	$\frac{p_0 R^2}{E\delta} \sin \varphi \left[(1 + \mu) \times \frac{\cos^3 \varphi_a - \cos^3 \varphi}{3 \sin^2 \varphi} - \cos^3 \varphi \right]$	$-\frac{p_0 R}{E\delta} (4 + \mu) \sin \varphi \cos^3 \varphi$
<p>حمولة ثلجية على ٢م أفقي $p = p_0$</p> 	$\frac{p_0 R^2}{E\delta} \sin \varphi \left[\frac{1 + \mu}{2} \left(1 - \frac{\sin^2 \varphi_a}{\sin^2 \varphi} \right) - \cos^2 \varphi \right]$	$-\frac{p_0 R}{E\delta} (3 + \mu) \times \sin \varphi \cos \varphi$
<p>• قشرية مخروطية مغلقة •</p>		
<p>ارتفاع حرارة م</p> 	$\alpha, h \text{ ctg } \varphi$	
<p>وزن ذاتي $g = \text{const}$</p> 	$-\frac{gh^2}{E\delta} \cdot \frac{\text{ctg } \varphi}{2 \sin^2 \varphi} \times (2 \cos^2 \varphi - \mu)$	$-\frac{gh}{E\delta} \cdot \frac{\text{ctg } \varphi}{2 \sin^2 \varphi} [1 + 2\mu - 2 \cos^2 \varphi (2 + \mu)]$
<p>حمولة ثلجية على ٢م أفقي $p = p_0$</p>	<p>لحساب التفرجات تستخدم نفس الدساتير من أجل الوزن الذاتي وذلك بإبدال g بـ $p_0 \cos \varphi$</p>	

تابع الجدول رقم (٥ - ٣)

شكل التحميل ومخطط التغيرات	ξ	ω
<p>ضغط هيدروستاتيكي (الوزن النوعي للسائل γ)</p> 	$\frac{\gamma h^2}{E\delta} \cdot \frac{\text{ctg}^2 \varphi}{6 \sin \varphi} [3h_0 (2 - \mu) - 2h (3 - \mu)]$	$-\frac{\gamma h}{E\delta} \cdot \frac{\text{ctg}^2 \varphi}{6 \sin \varphi} \times (9h_0 - 16h)$
<p>ضغط هيدروستاتيكي (الوزن النوعي للسائل γ)</p> 	$-\frac{\gamma h^2}{E\delta} \cdot \frac{\text{ctg}^2 \varphi}{6 \sin \varphi} [3h_0 (2 - \mu) + 2h (3 - \mu)]$	$\frac{\gamma h}{E\delta} \cdot \frac{\text{ctg}^2 \varphi}{6 \sin \varphi} (9h_0 + 16h)$

قشرية مخروطية مفتوحة •

شكل التحميل ومخطط التغيرات	ξ	ω
ارتفاع حرارة t°		تستخدم نفس الدساتير من أجل القشرية المخروطية المقلقة
<p>الوزن الذاتي $g = \text{const}$</p> 	$-\frac{gh^2}{E\delta} \text{ctg}^3 \varphi \left[1 - \frac{\mu}{2 \cos^2 \varphi} \left(1 - \frac{h_a^2}{h^2} \right) \right]$	$-\frac{gh}{E\delta} \cdot \frac{\text{ctg} \varphi}{2 \sin^2 \varphi} \left[1 + 2\mu - 2 \cos^2 \varphi (2 + \mu) - \frac{h_a^2}{h^2} \right]$
<p>حمولة ثلجية على γ م أفقي $p = p_0$</p>	تستخدم نفس الدساتير من أجل الوزن النوعي وذلك بإبدال g ب $p_0 \cos \varphi$	

تتابع الجدول رقم (٣-٥) القوى الداخلية والتفريعات الناتجة من تأثير قوى خارجية مطبقة على محيط القشرية .

$$D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}$$

الصلابة الاسطوانية

$$k = \frac{h}{\sin \varphi \sqrt{R\delta}} \sqrt[4]{3(1-\mu^2)} \quad ; \quad \text{عامل صلابة القشريات المخروطية والاسطوانية}$$

$$\left(\mu = 1/6 ; k = \frac{1,31A}{\sin \varphi \sqrt{R\delta}} \right)$$

$$k = \sqrt{\frac{R}{\delta}} \sqrt[4]{3(1-\mu^2)}$$

عامل صلابة القشريات الكروية

$$\left(\mu = 1/6 (k = 1,31 \sqrt{\frac{R}{\delta}}) ; \right)$$

$$\Phi_1 = e^{-\xi} \cos \xi ; \quad \Phi_2 = e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi) ;$$

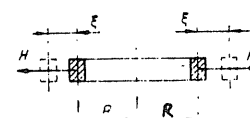
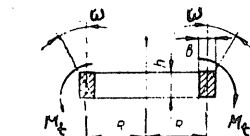
$$\Phi_3 = e^{-\xi} \sin \xi ; \quad \Phi_4 = e^{-\xi} (\sin \xi + \cos \xi) .$$

ξ	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	ξ	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4
0	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,250	0,0904	-0,1815	0,2719	0,3623
0,002	0,9980	0,9960	0,0020	1,0000	1,500	0,0158	-0,2068	0,2226	0,2384
0,004	0,9960	0,9920	0,0040	1,0000	1,750	-0,0310	-0,2020	0,1720	0,1400
0,006	0,9900	0,9800	0,0060	1,0000	2,000	-0,0563	-0,1793	0,1230	0,0667
0,008	0,9920	0,9841	0,0089	0,9999	2,250	-0,0663	-0,1482	0,0820	0,0157
0,010	0,9900	0,9801	0,0099	0,9999	2,500	-0,0658	-0,1149	0,0492	-0,0166
0,020	0,9800	0,9674	0,0196	0,9996	2,750	-0,0591	-0,0835	0,0244	-0,0347
0,040	0,9600	0,9216	0,0384	0,9984	3,000	-0,0493	-0,0563	0,0021	-0,0422
0,060	0,9401	0,8836	0,0565	0,9966	3,250	-0,0385	-0,0343	-0,0042	-0,0427
0,080	0,9202	0,8464	0,0738	0,9940	3,500	-0,0283	-0,0177	-0,0106	-0,0388
0,100	0,9003	0,8100	0,0903	0,9906	3,750	-0,0193	-0,0059	-0,0134	-0,0327
0,200	0,8024	0,6398	0,1627	0,9651	4,000	-0,0120	0,0019	-0,0139	-0,0258
0,300	0,7078	0,4888	0,2189	0,9267	4,500	-0,0023	0,0085	-0,0108	-0,0132
0,400	0,6174	0,3564	0,2610	0,8784	5,000	0,0019	0,0084	-0,0065	-0,0046
0,500	0,5323	0,2414	0,2908	0,8231	5,500	0,0029	0,0058	-0,0029	0,0000
0,600	0,4529	0,1430	0,3089	0,7628	6,000	0,0024	0,0031	-0,0007	0,0017
0,700	0,3798	0,0589	0,3689	0,6997	6,500	0,0018	0,0012	0,0003	0,0018
0,800	0,3131	-0,0083	0,3223	0,6353	7,000	0,0007	0,0001	0,0006	0,0013
0,900	0,2527	-0,0358	0,3185	0,5712	7,500	0,0002	-0,0003	0,0005	0,0007
1,000	0,1987	-0,1109	0,3086	0,5083	8,000	0,0001	-0,0004	0,0004	0,0003

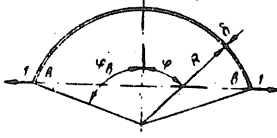
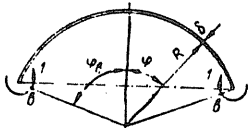













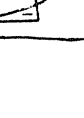
القوى الداخلية والتفريعات الناتجة من تأثير قوى خارجية على جانبي حلقي .

FK - مساحة المقطع المرضي للحلقة -

IK - عزم عطالة مقطع الحلقة المرضي بالنسبة لمحوره الافقي -

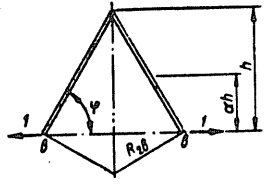
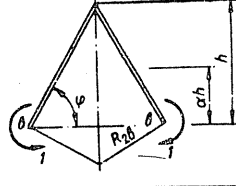
شكل التحميل	زاوية الدوران الانتقالات عزم الانعطاف القوي ر النظامية			
	HR	-	$\frac{HR^2}{EF_k}$	-
	-	M1R	-	$\frac{M_1 R^2}{EI_k}$

القشرية نصف الكروية

القوى و التغيرات	شكل التحميل			
				
N_1		$-\sin \varphi_b \operatorname{ctg} \varphi \Phi_2$		$-\frac{2k}{R} \operatorname{ctg} \varphi \Phi_2$
N_2		$-2k \sin \varphi_b \Phi_1$		$\frac{2k^2}{R} \Phi_2$
M_1		$\frac{R}{k} \sin \varphi_b \Phi_3$		$-\Phi_4$
M_2		$\frac{R^2}{2k^2} \sin \varphi_b \operatorname{ctg} \varphi \times \Phi_4 + \mu M_1$		$-\frac{1}{k} \operatorname{ctg} \varphi \Phi_1 + \mu M_1$
Q_1		$-\sin \varphi_b \Phi_2$		$-\frac{2k}{R} \Phi_2$
σ		$-\frac{2k^2}{E\delta} \sin \varphi_b \Phi_4$		$\frac{4k^2}{E\delta R} \Phi_2$
ε		$\frac{R}{E\delta} \sin \varphi_b \times (2k \sin \varphi \Phi_1 - \mu \cos \varphi \Phi_2)$		$-\frac{2k}{E\delta} (k \sin \varphi \Phi_2 + \mu \cos \varphi \Phi_3)$
σ_b		$-\frac{2k^2}{E\delta} \sin \varphi_b$		$\frac{4k^2}{E\delta R}$
ε_b		$\frac{R \sin \varphi_b}{E\delta} (2k \sin \varphi_b - \mu \cos \varphi_b)$		$-\frac{2k^2}{E\delta} \sin \varphi_b$

قشرية مخروطية .

شكل التحميل

القوى و التغيرات	شكل التحميل	
		
N_1	$-\cos \varphi \Phi_2$	$-\frac{2k}{h} \cos \varphi \Phi_3$
N_2	$-\frac{2R_0^2 k \sin^2 \varphi}{h} \Phi_1$	$\frac{2R_2 k^2 \sin^2 \varphi}{h^2} \Phi_2$
M_1	$\frac{h}{k} \Phi_3$	$-\Phi_4$
M_2	$\frac{h^2}{R_2 k^2} \frac{\text{ctg } \varphi}{\sin \varphi} \Phi_4 + \mu M_1$	$-\frac{h}{R_2 k} \frac{\text{ctg } \varphi}{\sin \varphi} \Phi_1 + \mu M_1$
Q_1	$-\sin \varphi \Phi_2$	$-\frac{2k}{h} \sin \varphi \Phi_3$
ω	$\frac{h}{2Dk^2 \sin \varphi} \Phi_4$	$\frac{h}{Dk \sin \varphi} \Phi_1$
ξ	$\frac{h^3}{2Dk^3 \sin \varphi} \left(\Phi_1 - \mu \frac{h}{2R_2 k} \frac{\text{ctg } \varphi}{\sin \varphi} \Phi_2 \right)$	$-\frac{h^2}{2Dk^2 \sin \varphi} \left(\Phi_2 + \mu \frac{h \cos \varphi}{R_2 k \sin^2 \varphi} \Phi_3 \right)$
ω_b	$\frac{h^2}{2Dk^2 \sin \varphi}$	$\frac{h}{Dk \sin \varphi}$
ξ_b	$\frac{h^3}{2Dk^3 \sin \varphi} \left(1 - \mu \frac{h}{2R_2 k} \frac{\text{ctg } \varphi}{\sin \varphi} \right)$	$\frac{h^2}{2Dk^2 \sin \varphi}$

الجدول رقم (٥ - ٤)

نورد فيما يلي الدساتير والجداول الخاصة بالجوائز المنحنية (بحر حلقية) التي يقع خطها الاوسط في مستو واحد . تؤثر الحمولات المركزة أو الموزعة بانتظام عموديا على مستوى الجوائز المنحنية

في الدساتير اعتبرت الاصطلاحات التالية :

E - عامل المرونة

$J = b h^3 / 12$ - عزم عطالة المقطع العرضي بالنسبة للمحور المادي على

b - عرض مقطع الجائز . مستوى الانعطاف .

h - ارتفاع مقطع الجائز . E J - صلابة الانعطاف .

K' - عامل يتعلق بالنسبة h / b . G - عامل القص .

X - عزم الانعطاف في منتصف المجال . $I_k = K' h b^3$ - عزم عطالة الفتل .

Z - القوة القاطمة في منتصف المجال . G I_k - صلابة الفتل .

Y - عامل الفتل في منتصف المجال .

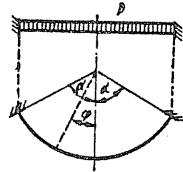
M - عزم الانعطاف في مقطع ما . M_k - عزم الفتل في مقطع ما .

قيم K' من أجل قيم مختلفة للنسبة h / b

h/b	1,00	1,20	1,50	1,75	2,00	2,50
k'	0,141	0,166	0,196	0,214	0,229	0,249
h/b	3,00	4,00	5,00	6,00	10,00	∞
k'	0,263	0,281	0,291	0,299	0,312	0,333

جائز موثوق من طرفيه ، خطه الاوسط بشكل قوس دائري

الجائز محمل بحمولة موزعة بانتظام على كامل طوله .

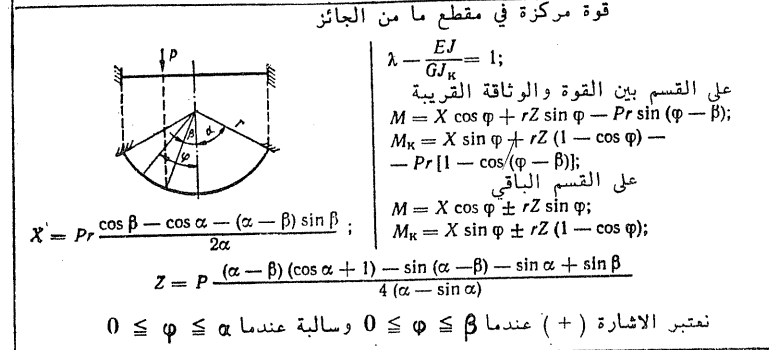
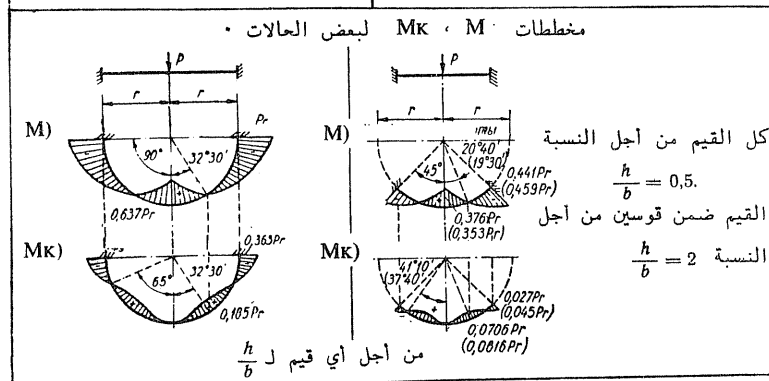
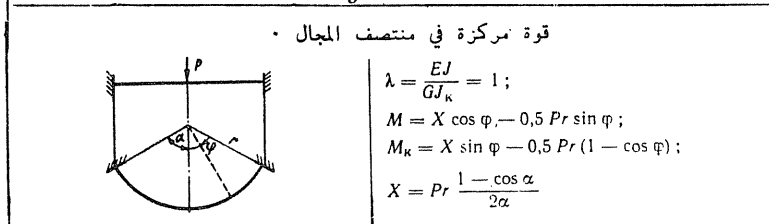
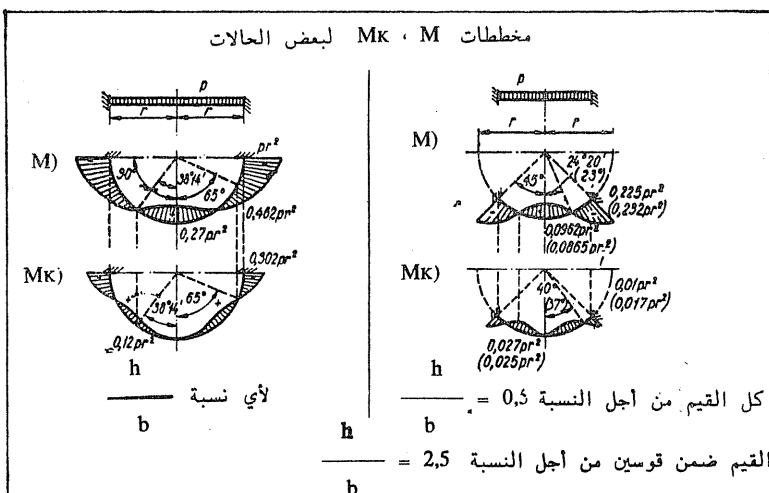


$$\lambda = \frac{EJ}{GJ_k} = 1;$$

$$M = X \cos \varphi - pr^2 (1 - \cos \varphi);$$

$$M_k = X \sin \varphi - pr^2 (\varphi - \sin \varphi);$$

$$X = pr^2 \left(\frac{2 \sin \alpha - \alpha \cos \alpha}{\alpha} - 1 \right).$$



تطبيق (1)

أرضية حلقة خزان ماء عالي اسطوانية الشكل ، بشكل بلاطة حلقة فيها

الخارجي . واطافة الى وزنها الذاتي ووزن

الماء فهي تتحمل على محيط الدائرة الداخلية

• حمولة $P = 1,5 \text{ t/m}$

صم هذه الارضية اذا كان ارتفاع

الماء فيها يساوي $3,5 \text{ m}$ وبفرض

عامل بواسون للبيتون المسلح يساوي : $\mu = \frac{1}{6}$

نستعين بالجدول رقم (٥-١) لرسم مخططات عزوم الانعطاف .

$$\beta = \frac{b}{a} = 0,25 \quad ; \quad \bar{\alpha} - \text{الحمولة الموزعة بانتظام } p$$

$$\rho = \frac{r}{a} \longrightarrow 0,25 \sim 1 \quad ;$$

$$\ln 0,25 = -1,3863 \quad ;$$

$$K_3 = \beta^2 \left[3 + \mu + 4(1 + \mu) \frac{\beta^2}{1 - \beta^2} \ln \beta \right] \quad ;$$

$$K_3 = 0,0625 \left[\frac{19}{6} + \frac{28}{6} \cdot \frac{0,0625}{0,9375} \cdot (-1,3863) \right] = 0,171 \quad .$$

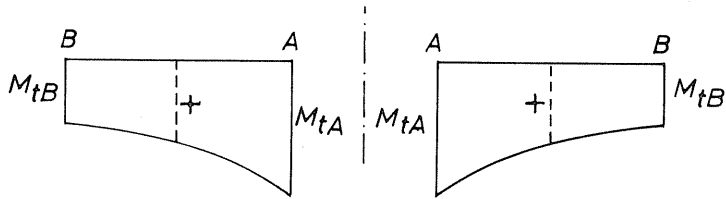
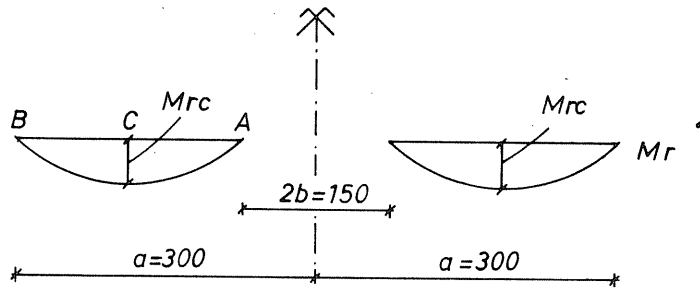
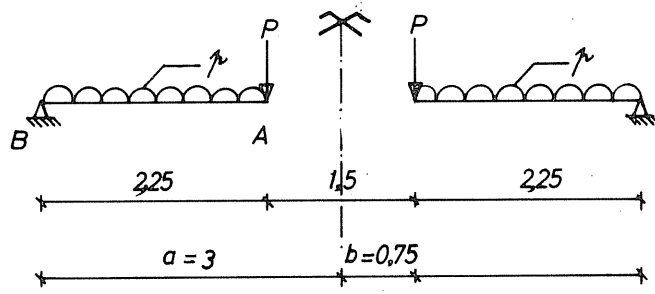
$$\rho = 0,25 \quad : \quad \text{من أجل A حيث} \quad : \quad \underline{\text{حساب } M_t}$$

$$\begin{aligned} M_{tA} &= \frac{pa^2}{16} \left[2(1 - \mu)(1 - 2\beta^2) + (1 + 3\mu)(1 - \rho^2) + K_3 \left(1 + \frac{1}{\rho^2} \right) + 4(1 + \mu)\beta^2 \ln \rho \right] \\ &= \frac{pa^2}{16} \left[\frac{10}{6} \cdot 0,875 + 1,5 \cdot 0,9325 + 0,171 \left(1 + \frac{1}{0,0625} \right) + \frac{28}{6} \cdot 0,0625 \cdot (-1,3863) \right] \\ &= 0,335 \text{ pa}^2 \quad . \end{aligned}$$

$$\rho = 1 \quad : \quad \text{من أجل B حيث}$$

$$M_{tB} = \frac{pa^2}{16} \left[\frac{10}{6} \cdot 0,875 + 1,5 \cdot 0 + 0,171 \cdot 2 + \frac{28}{6} \cdot 0,0625 \cdot 0 \right]$$

$$M_{tB} = 0,1125 \text{ pa}^2 \quad .$$



الشكل رقم (٥ - ٣)

مخططا عزمي الانعطاف M_r و M_t في البلاطة الطولية المسنودة استنادا بسيطا على محيطها الخارجي والمحملة بحمولة موزعة بانتظام q على كامل مساحتها وحمولة P خطية موزعة على محيط الدائرة الصغيرة الداخلية .

حساب M_r :

من أجل A حيث: $\rho = 0,25$

$$M_{rA} = \frac{pa^2}{16} \left[(3 + \mu)(1 - \rho^2) + K_3 \left(1 - \frac{1}{\rho^2}\right) + 4(1 + \mu)\beta^2 \ln \rho \right]$$
$$= \frac{pa^2}{16} \left[\frac{19}{6} \cdot 0,9375 + 0,171(-15) + \frac{28}{6} \cdot 0,0625(-1,3863) \right]$$
$$M_{rA} \approx 0$$

من أجل C حيث:

$$\rho = \frac{r}{a} = \frac{1,875}{3} = 0,625$$
$$M_{rC} = \frac{pa^2}{16} \left[\frac{19}{6} \cdot 0,6094 + 0,171(-1,56) + \frac{28}{6} \cdot 0,0625(-0,47) \right]$$
$$M_{rC} = +0,0954 pa^2$$
$$M_{rB} \approx 0$$

وكذلك يكون:

ب - الحمل الموزعة على محيط الدائرة الصغيرة الداخلية P:

$$K_5 = (1 + \mu) \frac{1}{1 - \beta^2} \cdot \ln \beta$$

$$K_5 = \frac{7}{6} \cdot \frac{0,0625}{0,9375} \cdot (-1,3863) = -0,107823$$

حساب M_t : في A حيث: $\rho = 0,25$

$$M_{tA} = \frac{Pa}{2} \beta \left[1 - \mu - K_5 \left(\frac{1}{\rho^2} + 1 \right) - (1 + \mu) \ln \rho \right]$$
$$= Pa \frac{0,25}{2} \left[-\frac{5}{6} + 0,107823 \left(1 + \frac{1}{0,0625} \right) - \frac{7}{6} \cdot (-1,3863) \right]$$

$$M_{tA} = 0,535 Pa$$

في B حيث: $\rho = 1$

$$M_{tB} = Pa \cdot \frac{0,25}{2} \left[-\frac{5}{6} + 0,107823 \cdot 2 - \frac{7}{6} \cdot 0 \right]$$
$$= 0,131 Pa$$

حساب M_r : في النقطة C حيث: $\rho = 0,625$

باعتبار أن $M_{rA} = M_{rB} \approx 0$

$$M_{rC} = \frac{Pa}{2} \beta \left[K_5 \left(\frac{1}{\rho^2} - 1 \right) - (1 + \mu) \ln \rho \right]$$
$$M_{rC} = Pa \frac{0,25}{2} \left[-0,107823 \cdot 1,56 - \left(-\frac{7}{6} \right) \cdot (-0,47) \right]$$
$$M_{rC} = +0,0475 Pa$$

ج - حساب القوة القاطعة القطرية:

تكون أعظمية في النقطة B باعتبار أن: $\rho = 1$ يكون:

$$Q_{rB} = -\frac{pa}{2} \left(\rho - \beta^2 \frac{1}{\rho} \right) - P \frac{\beta}{\rho} = -0,46875 pa - 0,25 P$$

د - حساب التسليح :

$$M_{\max} = M_{tA} = 0,335 \text{ pa}^2 + 0,535 \text{ P.a} .$$

بفرض سماكة الارضية تساوي 40 cm تكون :

$$p = 0,40 \cdot 2500 + 3500 = 4500 \text{ Kg/m}^2 ;$$

$$M_{tA} = 0,335 \cdot 4500 \cdot 9 + 0,535 \cdot 1500 \cdot 3 = 15975 \text{ Kg.m/m} ;$$

$$M_{tB} = 0,1125 \cdot 4500 \cdot 9 + 0,131 \cdot 1500 \cdot 3 = 5146 \text{ Kg.m/m} .$$

وباعتبار أن كلا من العزمين M_t و M_r موجب فالالياف المشدودة هي الالياف السفلية غير الملامسة للماء ، لذلك نجد أن لاجابة لتحقيق شرط الكتامة في سماكة الارضية .

وإذا اعتبرنا أن المقاومة المميزة للبيتون $f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ وعامل

مرونة الفولاذ هو $f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$ يكون :

$$\frac{\sigma'_c}{f'_c} = 0,4 \cdot 200 = 80 \text{ Kg/cm}^2 ;$$

$$\frac{\sigma_s}{f_y} = 0,55 \cdot 2400 \approx 1300 \text{ Kg/cm}^2 .$$

ومنه نجد أن ثوابت الانعطاف البسيط للمقاطع المستطيلة هي :

$$\alpha = 0,481 ; \quad \varepsilon = 0,840 ; \quad \gamma = 0,249$$

$$d = \gamma \sqrt{\frac{M_t}{I}} = 31,5 \text{ cm} < 37 \text{ cm} .$$

باعتبار : $h_t = 40 \text{ cm}$

التسليح الحلقي :

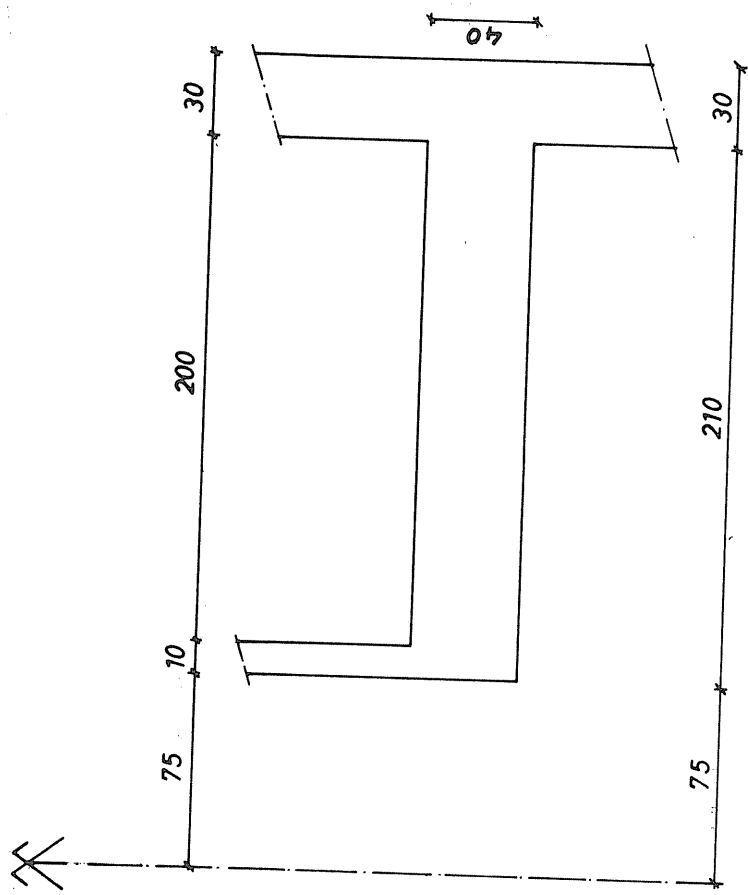
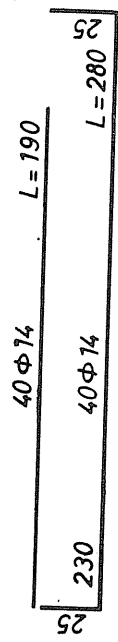
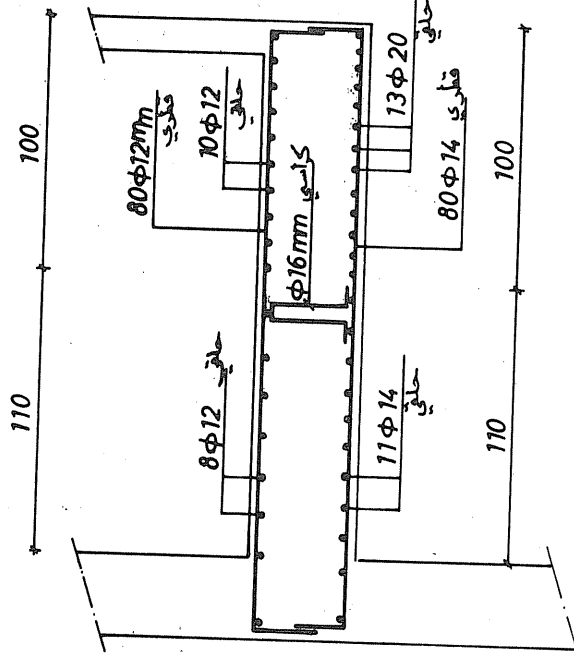
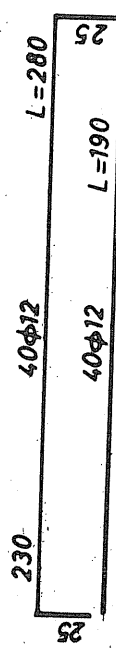
$$A \quad \text{في} \quad A_{st} = \frac{M_{tA}}{\sigma_s \cdot \varepsilon \cdot d} = 39,5 \text{ cm}^2/\text{m} ;$$

$$B \quad \text{في} \quad A_{st} = 12,7 \text{ cm}^2/\text{m} .$$

التسليح القطري :

$$M_{rC} = +0,0954 \text{ pa}^2 + 0,0475 \text{ P.a} = 4077 \text{ Kg.m/m}$$

$$C \quad \text{في} \quad A_{sr} = \frac{M_{rC}}{\sigma_s \cdot \varepsilon \cdot d} = 10,1 \text{ cm}^2/\text{m} .$$



الشكل رقم (٥ - ٤)

القوى القاطعة والاجهاد المماسي :

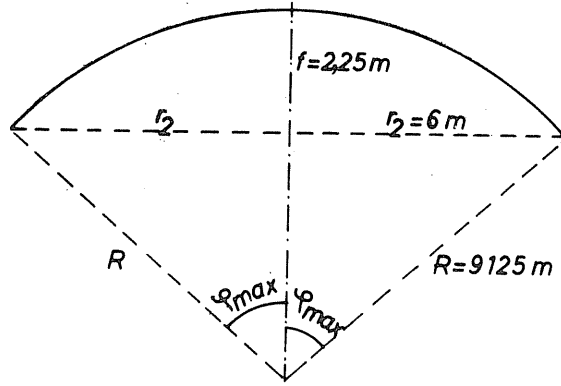
$$Q_{rB} = -6328 - 375 = 6703 \text{ Kg/m} ; \quad \tau_B = 2,13 \text{ Kg/cm}^2 .$$

يبين الشكل رقم (٥ - ٤) مقطعا شاقوليا مارا من مركز البلاطة

الحلقية مع تفاصيل التسليح الحلقي والقطري فيها .

تطبيق (٢)

سقف خزان دائري نصف قطره يساوي 6 m بشكل قبة قشرية كروية نصف قطرها R و $f = 2,25 \text{ m}$. المطلوب تصميم هذا السقف مع الجسر الحلقي الذي تستند عليه القشرية والذي بدوره يستند على ستة اعمدة .



الحل :

٦ - القبة الكروية :

نفرض سماكة للقشرية مساوية : $\delta = 7 \text{ cm}$ باعتبارها تحقق : $\frac{600}{75} > 7 > \frac{600}{100}$

$$R = \frac{r_2^2 + f^2}{2f} = \frac{36 + 5,06}{4,5} = 9,125 \text{ m} ; \quad \text{ويكون نصف قطرها :}$$

وكذلك فان : $\frac{R}{125} > \delta = 7 > \frac{R}{175}$ محققة .

الحمولات :

الوزن الذاتي باعتبار $\delta = 7 \text{ cm}$:

من سطح القبة : $0,07.2500 = 175 \text{ Kg/m}^2$

التغطية من سطح القبة: 25 Kg/m^2

الحمولة الميتة : $g = 200 \text{ Kg/m}^2$ (الوزن الذاتي)

الحمولة الحية : $P = 150 \text{ Kg/m}^2$ (بما فيها حمولة الثلج)

حساب الجهود من الوزن الذاتي g :

من الجدول رقم (٣ - ٥) نجد :

$$N_1 = \frac{gR}{1 + \cos \varphi} ; N_2 = gR \cos \varphi - N_1$$

وباعتبار أن :

$$\text{tg } \varphi_{\max} = \frac{r_2}{R - f} = \frac{6}{9,125 - 2,25} = 0,8727$$

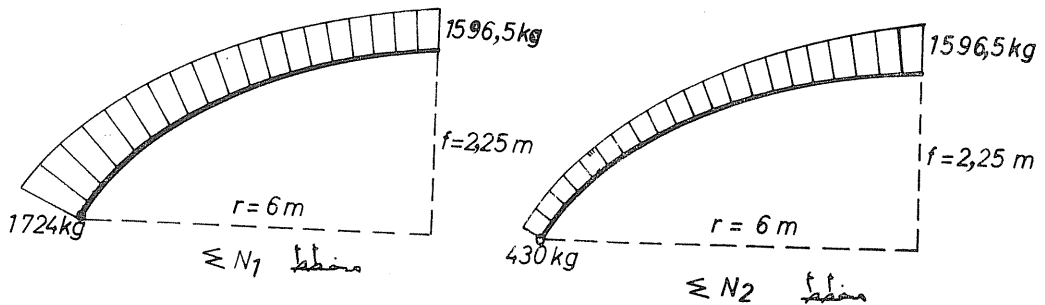
$$\varphi_{\max} = (41,1)^\circ ; \cos \varphi_{\max} = 0,754$$

$$\varphi = 0 ; N_1 = \frac{200 \cdot 9,125}{2} = 912,5 \text{ Kg/m} ; N_2 = 912,5 \text{ Kg/m}$$

$$\varphi_{\max} = (41,1)^\circ ; N_1 = 1040 \text{ Kg/m} , N_2 = 336 \text{ Kg/m}$$

حساب الجهود من الحمولة الحية P :

$$N_1 = \frac{P \cdot R}{2} ; N_2 = P \cdot R \cos^2 \varphi - N_1 ;$$



$$\varphi = 0 ; N_1 = \frac{150.9,125}{2} = 684 \text{ Kg/m} ; N_2 = 684 \text{ Kg/m} ;$$

$$\varphi = (41,1)^\circ ; N_1 = 684 \text{ Kg/m} ; N_2 = 94 \text{ Kg/m} .$$

$$\varphi = 0 ; \Sigma N_1 = 1596,5 \text{ Kg/m} ; \Sigma N_2 = 1596,5 \text{ Kg/m} .$$

$$\varphi = (41,1)^\circ ; \Sigma N_1 = 1724 \text{ Kg/m} ; \Sigma N_2 = 430 \text{ Kg/m} .$$

لنحسب عزوم الانعطاف وفق مولد القشرية الكروية بفرض أنها موثوقة

وتامة بالجسر الحلقي الذي تستند عليه فيكون :

$$T_2 = N_1 \cdot \cos \varphi \cdot r_2 = 1724 \cdot 0,754.6 = 7800 \text{ Kg} ;$$

$$M_{1\max}^- = T_2 \cdot \frac{R}{2K^2} .$$

وباعتبار عامل بواسون $\mu = \frac{1}{6}$ مثلا تكون K مساوية :

$$K = 1,31 \sqrt{\frac{R}{\delta}} = 14,96$$

$$M_{1\max}^- = 7800 \cdot \frac{9,125}{2 \cdot 14,96^2} = 159 \text{ Kg.m/m} ;$$

ومنه :

$$M_{1\max}^+ = 0,208 M_{1\max}^- = 33 \text{ Kg.m/m} .$$

وإذا فرضنا أن استناد القشرية على الجسر الحلقي هو استناد مفصلي ، يتولد

عزم انعطاف وفق مولد القشرية الكروية هو :

$$M_{1\max}^- = 0,161 \cdot T_2 \cdot \frac{R}{K^2} = 0,161 \cdot 7800 \cdot \frac{9,125}{14,96^2} = 51,2 \text{ Kg.m/m} .$$

وإذا اعتبرنا أن سماكة القشرية قد زادت قرب الجسر الحلقي لتصبح 10 cm

فستكون اللامركزية العظمى :

$$e = \frac{M_{1\max}^-}{N_1} = \frac{15900}{1724} = 9,22 \text{ cm} .$$

وهي لامركزية كبيرة بالنسبة لسماكة القشرية الكلية عند الطرف والتي تساوي

. 10 cm

$N_1 = 1724 \text{ Kg/m}$: واذا حسبنا التسليح اللازم لتحمل جهد ضاغط
 $M_1 = 159 \text{ Kg.m/m}$: وعزم انعطاف
 ومن أجل فولاد عادي مرن فيه : $f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$ والمقاومة المميزة للبيتون
 $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ نجد أن التسليح اللازم أقل من التسليح الاصغري ، لذلك
 نستعمل شبكة تسليح $5 \phi 8/m$ وقرب المسند نضيف شبكة اخرى $5 \phi 8/m$
 من الاعلى .

ب - الجسر الحلقي :

رد فعل القشرية على الجسر الحلقي :

$$N_1 = 1724 \text{ Kg/m} ;$$

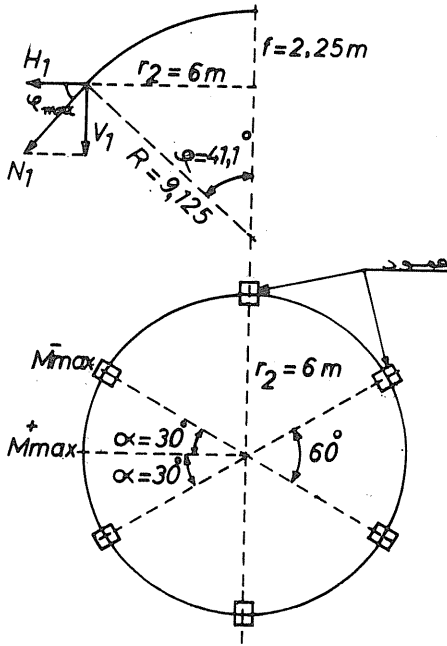
$$\psi_{\max} = (41,1)^\circ ;$$

$$H_1 = N_1 \cdot \cos \psi_{\max} ;$$

$$= 1300 \text{ Kg/m} ;$$

$$V_1 = N_1 \cdot \sin \psi_{\max} ;$$

$$V_1 = 854 \text{ Kg/m}$$



الشكل رقم (٥ - ٥)

قوة الشد في الجائز الحلقي :

$$T_2 = H_1 \cdot r_2 = 1300 \cdot 6 = 7800 \text{ Kg}$$

نختار مقطع الجسر الطقي مستطيل الشكل 25×40 cm ، فيكون :

$$P = V_1 = 0,25 \cdot 0,40 \cdot 1.2500 =$$

$$P = 854 + 250 = 1104 \text{ Kg/m}$$

من الجدول رقم (٥ - ٤) نحسب عزوم الانعطاف والفتل باعتبار $\alpha = 30^\circ$

$$X = Pr^2 \left(\frac{2 \sin \alpha - \alpha \cos \alpha}{\alpha} - 1 \right) = 0,04431 Pr^2 \quad \text{يكون :}$$

نحسب M_{\max}^+ من أجل $\varphi = 0$ في منتصف المسافة بين كل عمودين :

$$M_{\max}^+ = X \cos \varphi - Pr^2 (1 - \cos \varphi) = 0,04431 Pr^2 = 1761 \text{ Kg.m} \cdot$$

ونحسب M_{\max}^- من أجل $\varphi = \alpha = 30^\circ$ عند كل عمود :

$$M_{\max}^- = -0,0897 Pr^2 = -3565 \text{ Kg.m} \cdot$$

$$V_{\max} = P \cdot \frac{\pi}{6} = 577 \text{ Kg} \quad \text{القوى القاطعة :}$$

والاجهاد المماسي يساوي : $\tau_{\max} \approx 1,1 \text{ Kg/cm}^2$ (صغير جدا)

نحسب $M_t \max$ عزم الفتل الاعظمي الذي يساوي :

$$M_t = X \sin \varphi - Pr^2 (\varphi - \sin \varphi)$$

$$M_t = 47 \text{ Kg.m} \quad \varphi = \alpha = 30^\circ$$

وهي قيمة صغيرة .

يحبس التسليح الطولي في الجسر الطقي ليتحمل قوة شد $T_2 = 7800 \text{ Kg}$

مع عزم انعطاف سالب اعظمي : $M_{\max}^- = -3565 \text{ Kg.m}$ قرب الاعمدة وقوة شد T_2

مع عزم انعطاف موجب $M_{\max}^+ = 1761 \text{ Kg.m}$ بين كل عمودين ، والشكل رقم

(٥ - ٦) يوضح التسليح مع الابعاد .

ولحساب هذه العوامل نوجد قيم انتقالات كل من محيط القشرية والطوق الاستنادي:
 - انتقال المحيط الاستنادي للقشرية من تأثير حمولة g : (الجدول رقم ٥ - ٣)

$$\begin{aligned} \text{باعتبار } \delta = 12 \text{ cm فان الحمولة الكلية تساوي :} \\ 0,12 \cdot 2500 \cdot \cos 30 = 350 \text{ Kg/m}^2 \\ = 150 \text{ Kg/m}^2 \\ g = 500 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\xi_p}^{\circ} &= - \frac{gh^2}{\delta} \cdot \frac{\text{ctg } \psi}{2 \sin^2 \psi} (2 \cos^2 \psi - \mu) = \\ &= - \frac{0,500 \cdot 3,5^2}{0,12} \cdot \frac{1,73}{2 \cdot 0,5^2} (2 \cdot 0,865^2 - \frac{1}{6}) = - 236 . \end{aligned}$$

- دوران المحيط الاستنادي للقشرية :

$$E_{w_p}^{\circ} = - \frac{gh}{\delta} \cdot \frac{\text{ctg } \psi}{2 \sin^2 \psi} [1 + 2\mu - 2 \cos^2 \psi (2 + \mu)] = 97$$

أما القوة H على محيط القشرية فتساوي :

$$H = N_1 \cos 30 = \frac{0,500 \cdot 3,5 \cdot 0,865}{2 \cdot 0,5^2} = 3,0275 \text{ t}$$

$$N_1 = \frac{gh}{2 \sin^2} \quad \text{حيث :}$$

- ان الانتقال الافقي للطوق الاستنادي من تأثير H يساوي (الجدول رقم ٥ - ٣)

$$E_{\xi_p}^k = - \frac{HR^2}{F_k} = - \frac{3,0275 \cdot 6^2}{0,3} = - 363$$

- أما الدوران في الطوق من تأثير H فيساوي : $E_{w_p}^k = 0$

لنعين انتقال محيط القشرية من تأثير $X_2 = 1$ ، $X_1 = 1$ (الجدول رقم ٥ - ٣)

الملاية الاسطوانية للقشرية :

$$\frac{D}{E} = \frac{\delta^3}{12(1 - \mu^2)} = \frac{0,12^3}{12 [1 - (\frac{1}{6})^2]} = 148 \cdot 10^{-6} ;$$

$$K = \frac{1,31 h}{\sin \psi \sqrt{B_2 \delta}} = 7,64$$

حيث : $R_2 = 12 \text{ m}$

وتكون الانتقالات من أجل مساوية : $D_1 = \frac{D}{E}$

دوران القشرية في نهايتها من العزم الاحادي :

$$Ew_1^{\circ} = \frac{h}{D_1 \cdot K \cdot \sin \varphi} = 6191 \quad .$$

الانتقال الافقي لطرف القشرية من العزم الاحادي أو دوران القشرية في نهايتها من أجل $H = 1$ يساوي :

$$E\xi_1^{\circ} = Ew_2^{\circ} = - \frac{h^2}{2D_1 \cdot K^2 \sin \varphi} = - 199 \quad .$$

أما الانتقال الافقي لنهاية القشرية من أجل $H = 1$ فيساوي :

$$E\xi_2^{\circ} = \frac{h^3}{2D_1 \cdot K^2 \sin} \left(1 - \mu \frac{h}{2R_2} \cdot \frac{\text{ctg } \varphi}{\sin \varphi} \right) = 595$$

انتقال الطوق الاستنادي من تأثير القوى الاحادية (الجدول رقم ٥ - ٣)

$$x_1 = M = 0 \quad ; \quad x_2 = H = 0 \quad .$$

دوران الطوق من العزم الاحادي :

$$Ew_1^k = \frac{1 \cdot R^2}{I_k} = 4000 \quad .$$

دوران الطوق من $H = 1$ أو انتقال افقي للطوق من أجل $M = 1$:

$$E\xi_1^k = Ew_2^k = 0 \quad .$$

انتقال افقي للطوق من أجل $H = 1$:

$$E\xi_2^k = \frac{1 \cdot R^2}{F_k} = 120 \quad .$$

باعتبار مساحة مقطع الطوق : $F_k = 0,3 \text{ m}^2$

وعزم عطالته : $I_k = 0,009 \text{ m}^4$.

وبذلك نوجد عوامل المعادلات النظامية في طريقة القوى بجمع قيم

الانتقالات في نهاية القشرية وفي الطوق الاستنادي :

$$a_{11} = Ew_1^{\circ} + Ew_1^k = 10191 \quad ;$$

$$a_{21} = a_{12} = Ew_2^{\circ} + Ew_2^k = - 199 \quad ;$$

$$a_{22} = E\xi_2^{\circ} + E\xi_2^k = 715 \quad ;$$

$$a_{1p} = Ew_p^{\circ} + Ew_p^k = 97 \quad ;$$

$$a_{2p} = E\xi_p^{\circ} + E\xi_p^k = -599 \quad .$$

وبالتعويض في المعادلات النظامية تصبح :

$$10191 x_1 - 199 x_2 + 97 = 0$$

$$-199 x_1 + 715 x_2 - 599 = 0$$

$$x_1 = 0,026 \text{ t.m} \quad \text{: بحل هاتين المعادلتين نجد}$$

$$x_2 = 0,840 \text{ t}$$

وتكون قيم القوى الداخلية النهائية في هذه الجملة هي :

القوة الشادة في الطوق الاستنادي :

$$N^k = R(H - x_2) = 6(3,0275 - 0,840) = 13,125 \text{ t}$$

وفي محيط القشرية من الجدول رقم (٥ - ٣) نجد:

$$N_2 = 2 \frac{gh \cos^2 \varphi}{2 \sin^2 \varphi} + \frac{2R_2 K^2 \sin^2 \varphi \cdot \phi_2 \cdot x_1}{h^2} - \frac{2R_2 K \sin^2 \varphi \cdot \phi_1 \cdot x_2}{h}$$

وباعتبار $R_2 = 12 \text{ m}$

$$N_2 = 2 \frac{0,500 \cdot 3,5 \cdot 0,865^2}{2 \cdot 0,5^2} + \frac{2 \cdot 12 \cdot 7,64^2 \cdot 0,5^2 \cdot 1 \cdot 0,026}{3,5^2} - \frac{2 \cdot 12 \cdot 7,64 \cdot 0,5^2 \cdot 1 \cdot 0,84}{3,5} = - 5,021 \text{ t/m}$$

$$N_1 = \frac{gh}{2 \sin^2 \varphi} - \frac{2K}{h} \cos \varphi \cdot \phi_3 \cdot X_1 - \cos \varphi \cdot \phi_2 \cdot X_2 = \frac{0,500 \cdot 3,5}{2 \cdot 0,5^2} - 0,865 \cdot 1 \cdot 0,840 = 2,77 \text{ t/m}$$

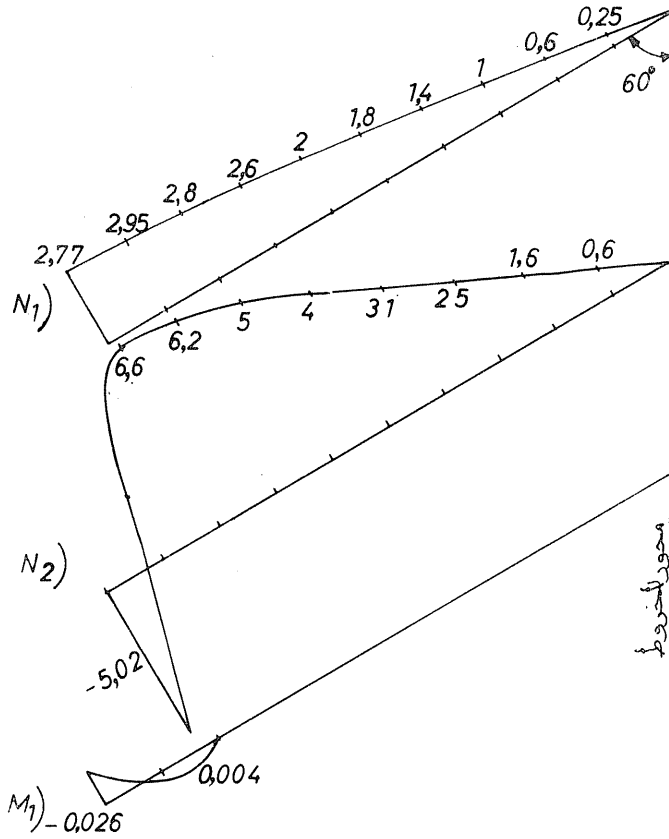
$$M_1 = \frac{h}{K} \phi_3 \cdot X_2 - \phi_4 \cdot X_1 = - 0,026 \text{ t.m/m}$$

وذلك من أجل $\xi = 0$ يكون :

$$\phi_1 = 1 \quad ; \quad \phi_2 = 1 \quad ; \quad \phi_3 = 0 \quad ; \quad \phi_4 = 1$$

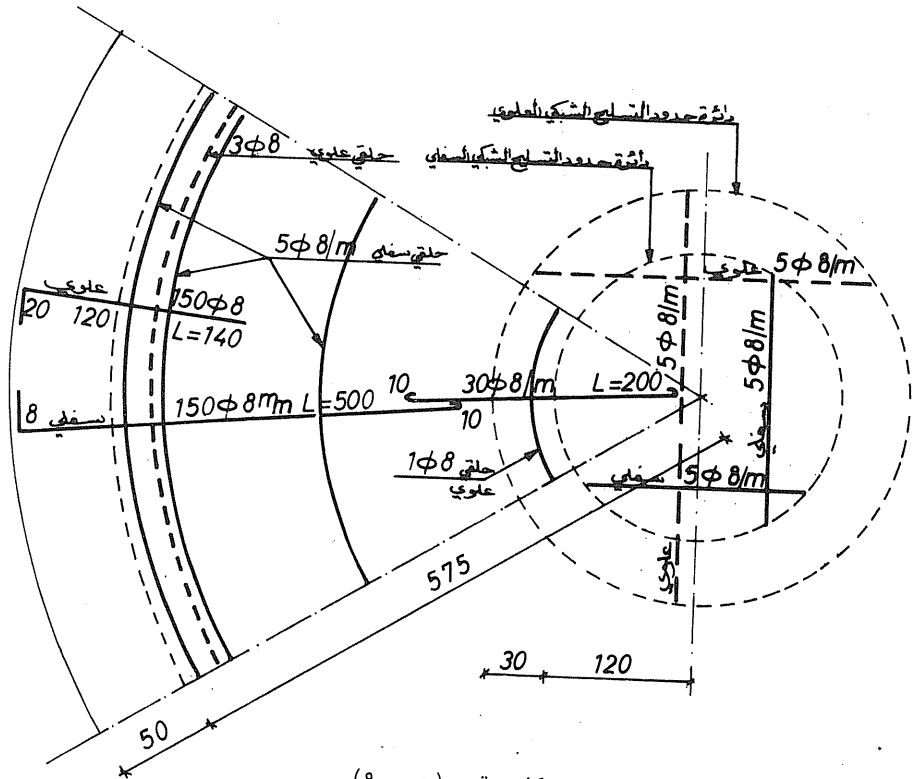
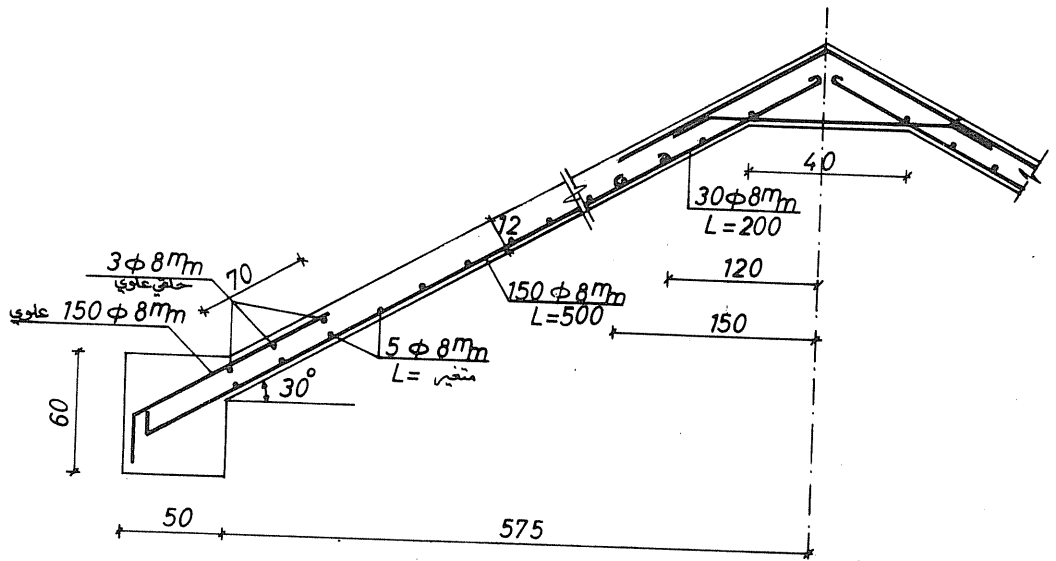
يبين الشكل رقم (٥ - ٨) مخططات القوى الداخلية M_1 , N_2 , N_1

• للقشرية المخروطية المدروسة



الشكل رقم (٥ - ٨)

ونجد أن M_1 مهملة لصغرها ، أما N_1 الموازية لمولد المخروط فهي ضاغطة واكبر قيمة لها قرب طرف القشرية السفلى وتساوي $2,95 \text{ t/m}$ ، أما N_2 المماسية والعمودية على المولد فان اكبر قيمة ضاغطة لها هي $6,6 \text{ t/m}$ واكبر قيمة شادة لها هي عند طرف القشرية السفلى وتساوي 5 t/m .
 وباعتماد الاجهادات المسموحة العملية في البيتون أو الفولاذ نجد أن تسليح القشرية هو تسليح اصغري والشكل رقم (٥ - ٩) يوضح مقطعا مارا من محور القشرية المخروطية ومسقطا لها يبين تفاصيل التسليح الطولي والحلقي للقشرية المذكورة .



الشكل رقم (٥ - ٩)

الفصل السادس

تصميم الخزانات المستطيلة

٦ - ١ مقدمة :

تتصف هذه الخزانات بان مقطعها الأفقي بشكل مستطيل أو مجموعة من المستطيلات وقد تكون مربعة وهي حالة خاصة من الخزانات المستطيلة ، تكون الخزانات المستطيلة أرضية أي تستند على الأرض أو قد تكون عالية تستند على جسور وأعمدة .

وكما هو الحال في الخزانات الدائرية ، فان ارتباط جدران الخزانات المستطيلة مع قاعدتها يلعب دورا هاما في توزيع الجهود في جدران وقاعدة هذه الخزانات . وبالتالي فهناك أثر أول في توزيع الجهود وهو الاطار الأفقي المستطيل وأثر ثاني في هذا التوزيع هو التوزيع الشاقولي للجهود بين الجدران والقاعدة الحاملة . ومن المعروف أنه كلما اقتربنا من أسفل الخزان كان المعسول في توزيع الجهود هو الأثر الثاني، بينما في أعلى الخزان يكون الأثر الأهم هو الاطار الأفقي . ويمكن استخلاص نتيجة في توزيع الجهود وفق الأثر الأول (الاطار الأفقي المستطيل) في حالة ارتفاع الخزان الكبير ويكون توزيع الجهود وفق الأثر الثاني وهو التوزيع الشاقولي وذلك عندما يكون ارتفاع الخزان صغيرا . تقسم الخزانات بناء على ذلك الى قسمين :

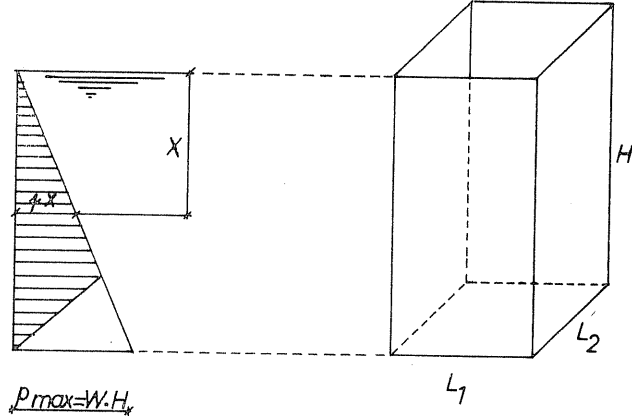
أ - خزانات مستطيلة عميقة .

ب - خزانات مستطيلة قليلة العمق .

٦ - ٢ الخزانات المستطيلة العميقة :

وهي أبسط أنواع الخزانات المستطيلة وخاصة عندما تتكون من وحدة مستطيلة واحدة . تعتبر الخزانات عميقة عندما تكون : $\frac{H}{L_2} > 2$ و $\frac{H}{L_1} > 2$.

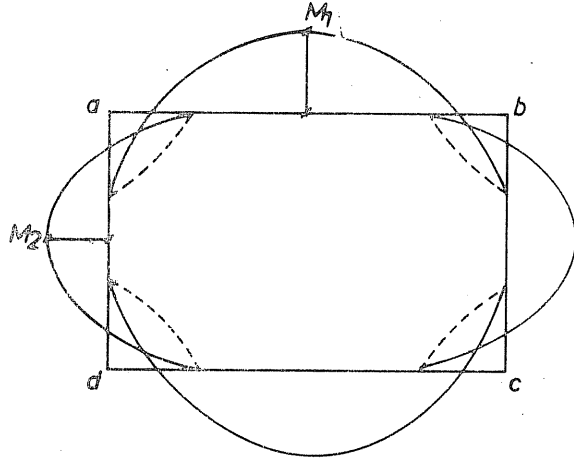
- حيث : L_1 ، L_2 - البعدان الأفقيان للخزان .
- H - ارتفاع الماء في الخزان



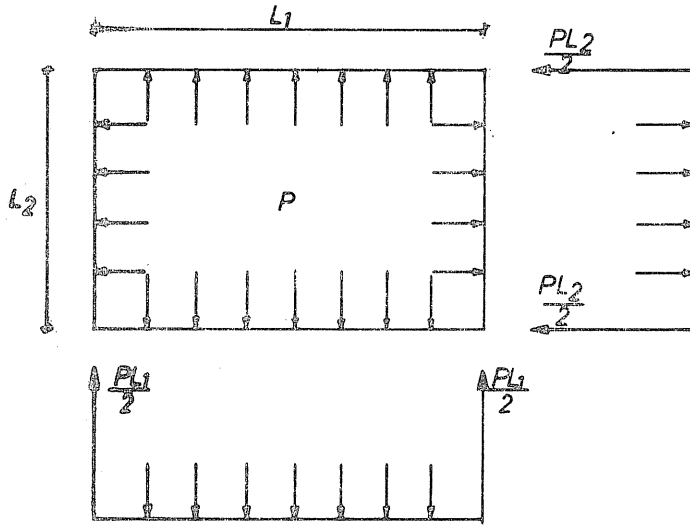
الشكل رقم (٦ - ١)

ان الضغط الهيدروستاتيكي للماء يقاوم من قبل الجدران وفق فعل اطاري افقي (Horizontal Frame) أما الجزء السفلي من الجدار والقريب من القاعدة فان الضغط الهيدروستاتيكي للماء يقاوم فيه بفعل عزم وشاقة بين الجدار والارضية (مفعول ظفري) (Cantelever Action) وهذا ما يوضح الشكل رقم (٦ - ١) .

ان التناظر في الشكل الهندسي لمسقط الخزان المستطيل والضغط الهيدروستاتيكي فيه p وفق محوري تناظر يسمح باعتبار أن عزوم الشاقة في الرؤوس الأربعة للمستطيل متساوية وان العزمين في منتصفى الضلعين المتقابلين للمستطيل متساويان . انظر الى الشكل رقم (٦ - ٢) :



الشكل رقم (٦ - ٢)



الشكل رقم (٦ - ٣)

ان أي مقطع عرضي في الجدران الأربعة يخضع الى عزم انعطاف وقوة محورية شادة تساوي $\frac{PL_1}{2}$ في الضلعين الصغيرين وتساوي $\frac{PL_2}{2}$ في الضلعين الكبيرين ، انظر الشكل رقم (٦ - ٣) .

٦-٢-١ حساب عزوم الانعطاف بطريقة كلايرون :

لحساب العزوم في رؤوس المستطيل نكتب معادلة كلايرون (معادلة العزوم

$$M_a \frac{L_1}{I_1} + 2M_b \left(\frac{L_1}{I_1} + \frac{L_2}{I_2} \right) + M_c \frac{L_2}{I_2} = - \frac{PL_1^3}{4I_1} - \frac{PL_2^3}{4I_2} \quad \text{(الثلاثة) فنجد :}$$

وبسبب التناظر يكون : $M_a = M_b = M_c = M_d$ وبما أن :

$$I_1 = I_2 = I$$

تصبح العلاقة السابقة بعد الاختصار كما يلي :

$$M_c L_2 + M_c L_1 + 2M_c (L_1 + L_2) = - p \frac{L_1^3 + L_2^3}{4} ;$$

$$3M_c (L_1 + L_2) = - \frac{L_1^3 + L_2^3}{4} ;$$

$$M_c = \frac{-p}{12} \frac{L_1^3 + L_2^3}{L_1 + L_2} .$$

ومنه :

$$(١ - ٦) \quad M_c = - \frac{p}{12} (L_1^2 - L_1 L_2 + L_2^2) . \quad \text{وبعد الاختصار :}$$

ومنه يمكن حساب عزما الانعطاف M_1 و M_2 في وسط اضلاع المستطيل :

$$M_1 = \frac{PL_1^2}{8} - M_c ;$$

$$(٢ - ٦) \quad M_1 = \frac{p}{24} (L_1^2 + 2L_1 L_2 - 2L_2^2) ;$$

$$(٣ - ٦) \quad M_2 = \frac{p}{24} (L_2^2 + 2L_1 L_2 - 2L_1^2) . \quad \text{وكذلك الأمر :}$$

حالة خاصة :

في حالة المقطع المربع أي عندما : $L_1 = L_2 = L$

$$(٤ - ٦) \quad M_c = - \frac{PL^2}{12} \quad \text{تكون قيم العزوم هي :}$$

$$(٥ - ٦) \quad M_1 = M_2 = \frac{PL^2}{24}$$

وتسهيلا للحساب يمكن من العلاقات السابقة استنتاج في المقطع المستطيل أن:

$$(٦ - ٦) \quad M_1 = \alpha \frac{PL_2^2}{12} \quad ;$$

$$(٧ - ٦) \quad M_2 = \beta \frac{PL_2^2}{12} \quad ;$$

$$(٨ - ٦) \quad M_C = \gamma \frac{PL_2^2}{12} \quad .$$

تحدد قيم الثوابت α و β و γ حسب النسبة I_1/I_2 من الجدول رقم (٦ - ١)

التالي :

الجدول رقم (٦ - ١)

$\frac{I_1}{I_2}$	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
α	0.5	0.71	0.92	1.15	1.38	1.63	1.88	2.15	2.42	2.71	3.0
β	0.5	0.39	0.27	0.11	0.06	-0.25	-0.46	-0.69	-0.94	-1.21	-150
γ	-1	-1.11	-1.24	-1.40	-1.56	-1.75	-1.96	-2.10	-2.44	-2.71	-3.0

وعندما تكون اطوال اضلاع المستطيل غير متقاربة الأمر الذي قد يستدعي

مراعاة اقتصادية السماكات باختيار سماكات غير متساوية للضلعين E_1 ، L_2

وبالتالي فإن I_1 لاتساوي I_2 ومنه نفرض أن :

$$x = \frac{I_1}{L_1} \cdot \frac{L_2}{I_2}$$

عند ذلك تكون قيمة عزم الانعطاف في رؤوس المستطيل مساوية :

$$(٩ - ٦) \quad M_C = \frac{-p}{12} \cdot \frac{L_1^3 + xL_2^3}{1 + x}$$

٦-٢-٢ حساب عزوم الانعطاف بطريقة دائرة الشد :

بما أن جدران الخزان تتعرض الى عزم انعطاف M وقوة شادة F_t نتيجة تأثير الضغط الهيدروستاتيكي عليه ، أي تتعرض الى انعطاف مركب والقوة المحورية المؤثرة فيه هي قوة شادة ، يمكن الاستعاضة عن M و F_t بقوة شادة لامركزية تبعد عن مركز المقطع العرضي مسافة : $e = \frac{M}{F_t}$
 ان قيمة الانحراف e تختلف من مقطع لآخر في الضلع الواحد باختلاف قيم عزم الانعطاف M الذي يتغير وفق قطع مكافئ .

لندرس أولاً الخزان ذو المقطع العرضي المربع ولنحسب الانحرافات في منتصف الضلع ثم في رأس المربع .

(٦ - ١٠) في منتصف ضلع المربع : $e_1 = \frac{p \cdot L^2 / 24}{p \cdot L / 2} = \frac{L}{12}$;

(٦ - ١١) في رأس المربع : $e_2 = \frac{p \cdot L^2 / 12}{p \cdot L / 2} = \frac{L}{6}$.

ان نصف قطر دائرة الشد للخزان يعين كما يلي :

$$2F_t = 2 p \cdot R \quad ;$$

$$F_t = p \cdot R$$

عزم الانعطاف في منتصف الضلع هو : $M_1 = F_t \cdot e = p \cdot R \cdot e = p \cdot \frac{L^2}{24}$;

(a) ومنه نجد : $R \cdot e = \frac{L^2}{24}$.

(b) ولكن الانحراف e مرتبط مع نصف قطر الدائرة بالعلاقة : $e = R - \frac{L}{2}$

من العلاقتين a و b نحذف e فنحصل على :

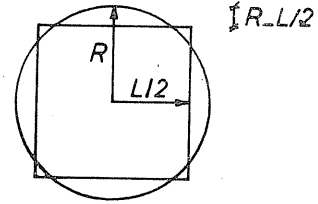
$$R \left(R - \frac{L}{2} \right) = \frac{L^2}{24} \quad ;$$

$$R^2 - R \frac{L}{2} - \frac{L^2}{24} = 0 \quad ;$$

$$R = \frac{L}{2} \pm \sqrt{\frac{L^2}{4} + \frac{L^2}{6}}$$

(٦ - ١٢)

$$R = 0.573 L$$



الشكل رقم (٦ - ٤)

وتكون مساحة دائرة الشد Ω مساوية :

$$\Omega = \pi \cdot R^2 = \pi (0,573 L)^2 = 1,03 L^2 .$$

ونسبة مساحة الدائرة الى مساحة الخزان الكلية تساوي :

$$\frac{\Omega}{A} = \frac{1,03 L^2}{L^2} = 1,03 .$$

تمتاز هذه الطريقة بأن قيمها مقبولة وصحيحة وتطبق على الخزانات المستطيلة والمغلقة بأن واحد وهذا ماسنجده في المثال التالي :

تطبيق :

المطلوب حساب عزوم الانعطاف الافقية في الخزان المستطيل الذي فيه $L_1=2L_2$

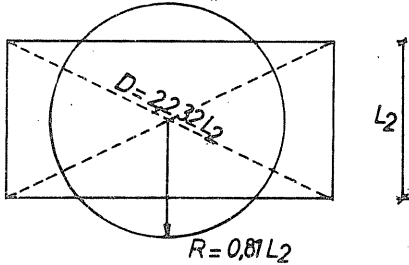
باعتقاد طريقة دائرة الشد التقريبية مع مقارنة هذه النتائج مع طريقة

كلايرون : $\Omega = 1,03 A$;

$$= 1,03 (L_1 \cdot L_2) = 1,03 \cdot 2L_2^2 = 2,06 L_2^2 .$$

ومن جهة اخرى : $\Omega = \pi \cdot R^2 = 2,06 L_2^2$.

$$R = \sqrt{\frac{2,06 L_2^2}{\pi}} = 0,81 L_2 .$$



ان قوة الشد في المستطيل أو المربع تساوي :

$$F_t = p \cdot R = p \cdot 0,81 \cdot L_2$$

طول قطر الخزان المستطيل يساوي :

$$D = \sqrt{L_1^2 + L_2^2} = \sqrt{5} \cdot L_2 = 2,232 L_2 .$$

وعزم الانعطاف في رأس المستطيل أي عند العقدة التي يتلاقى فيها الجداران هو :

$$M_c = F_t \cdot e = F_t \left(R - \frac{D}{2} \right) ;$$

$$M_c = 0,81 \cdot p \cdot L_2 \left(0,81 L_2 - \frac{2,232}{2} L_2 \right) ;$$

$$M_e = -0,249 p \cdot L_2^2 .$$

ان قيمة العزم M_c بالرجوع للجدول رقم (٦ - ١) تساوي :

$$M_c = \gamma \frac{p \cdot L_2^2}{12} = 3p \frac{L_2^2}{12} = 0,25 p \cdot L_2^2 .$$

وهي قيمة قريبة جدا من القيمة السابقة والمحسوبة بطريقة دائرة الشد :

ان قيمة العزم في منتصف الضلع الطويل L_1 تساوي :

$$M_1 = \frac{p \cdot L_1^2}{8} - M_c = p \left[\frac{4L_2^2}{8} - 0,25 L_2^2 \right] ;$$

وفي منتصف الضلع القصير L_2 تساوي :

$$M_2 = \frac{p \cdot L_2^2}{8} - M_c = p \left[\frac{L_2^2}{8} - 0,25 L_2^2 \right] ;$$

$$M_2 = -0,125 p \cdot L_2^2 .$$

٦ - ٢ - ٣ العزوم الشاقولية في جدران الخزانات المستطيلة العميقة :

رأينا في الفقرات السابقة طرق حساب عزوم الانعطاف الأفقية في الخزانات المستطيلة العميقة والتي فيها $H > 2L_2$, $H > 2L_1$ أما عزوم الانعطاف الشاقولية أي التي يعمل فيها جدار الخزان كظفر مرتبط بالأرضية الأفقية (أي وثاقبة الجدران بقاع الخزان) فتحسب من العلاقات :

$$(١٣ - ٦) \quad M^- = -p_{\max} \cdot \frac{L^2}{24} \quad : \text{ في طرف قاع الخزان وأسفل الجدار } :$$

$$(١٤ - ٦) \quad R = 0,3 p_{\max} \cdot L \quad : \text{ يرافقه رد فعل يساوي } :$$

$$(١٥ - ٦) \quad M^+ = +p_{\max} \cdot \frac{L^2}{12} : \text{ وعلى بعد } 0,75H \text{ من سطح الماء في الخزان } :$$

يرافقه قوة شد في جدار الخزان وعلى عمق $0,75 H$ تساوي :

$$(١٦ - ٦) \quad F_t = p_x \cdot \frac{L}{2} = 0,75 H \cdot \frac{L}{2} .$$

يجب أن لا تقل نسبة التسليح الشاقولي عن 20 % من التسليح الأفقي

لمقاومة الانكماش وتثبيت التسليح الأفقي .

٦ - ٣ الخزانات المستطيلة غير العميقة :

إذا كانت أبعاد الخزانات المستطيلة تحقق المتراجحات :

$$\frac{H}{L_1} < 2 \quad , \quad \frac{H}{L_2} < 2 .$$

فان جدران هذه الخزانات المستطيلة تقاوم الضغط الهيدروستاتيكي للماء

وفق سلوك ظفري بدلا من السلوك الحثي الخاص بالخزانات العميقة .

أ - الجدران موثوقة مع الأرضية وحرّة من الأعلى :

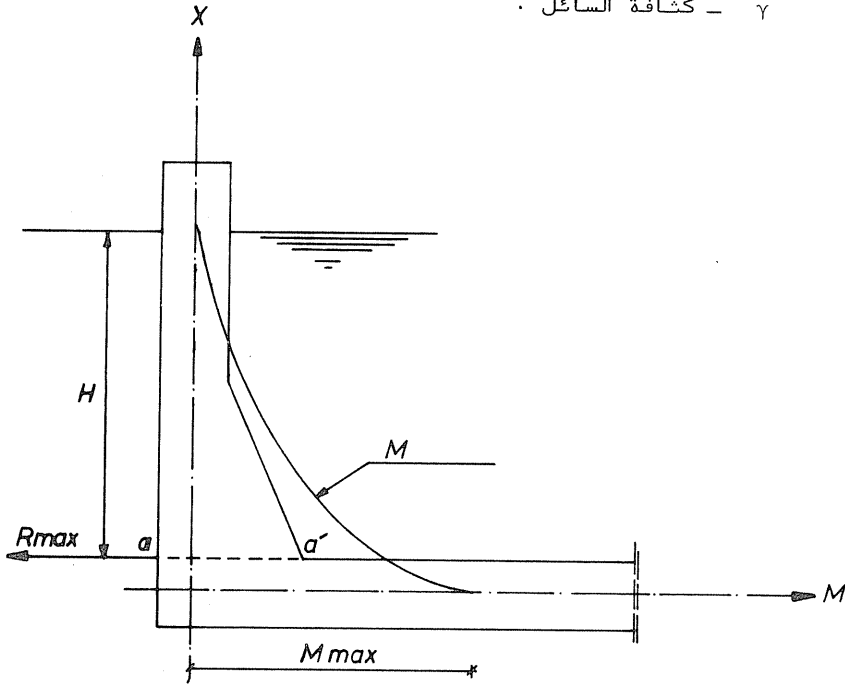
تطبق هذه الحالة في الأحواض والمساح وغيرها • ويكون عزم الانعطاف الشاقولي الاعظمي في أسفل الجدار وعند اتصاله مع قاع الخزان وهو يساوي :

$$(17 - 6) \quad M_{aa'} = M_{\max} = \gamma \cdot H^3 / 6 \cdot$$

$$(18 - 6) \quad R_{\max} = \gamma \cdot H^2 / 2 \cdot \quad \text{ورد الفعل عند القعر :}$$

• حيث : H - ارتفاع الماء •

• γ - كثافة السائل •

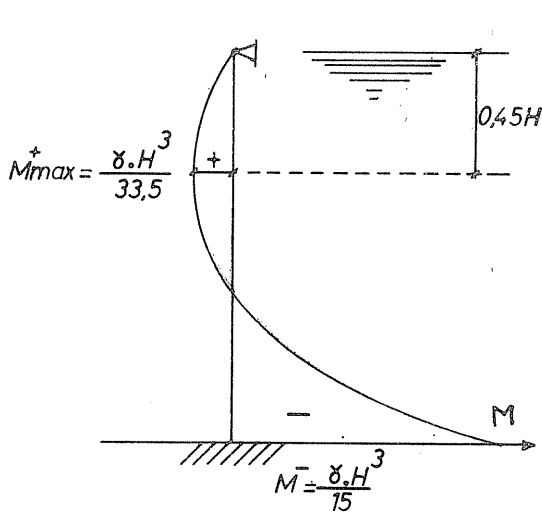


الشكل رقم (6 - 6)

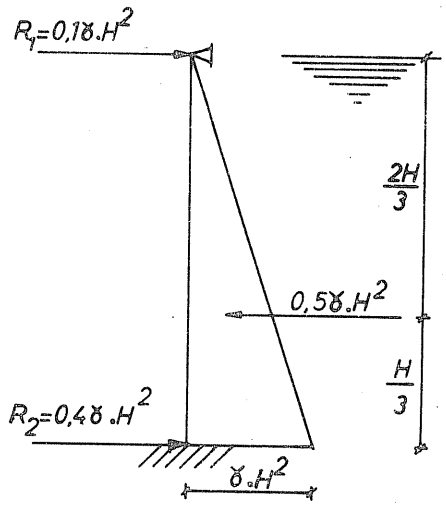
ب - الجدران مسنودة من الأعلى وموثوقة مع الأرضية :

الجدران الخاصة بالخزانات المستطيلة والتي لا يزيد ارتفاعها عن 4,5 m تحدد عزوم الانعطاف الشاقولية فيها وردود الافعال الافقية من المخطط المبين

• في الشكل رقم (7 - 6)



مخطط عزم الانعطاف الشاقولي



مخطط الدفع وردود الافعال الأفقية

الشكل رقم (٦ - ٧)

(١٩ - ٦) $\bar{M} = -\gamma \frac{H^3}{15}$: عزم الانعطاف عند الوشاقة :

عزم الانعطاف الموجب عند 0,45H من الاعلى يساوي :

(٢٠ - ٦) $M_{max}^+ = \gamma \frac{H^3}{33,5}$.

رد الفعل من الأعلى :

(٢١ - ٦) $R_1 = 0,10 \cdot \gamma \cdot H^2$.

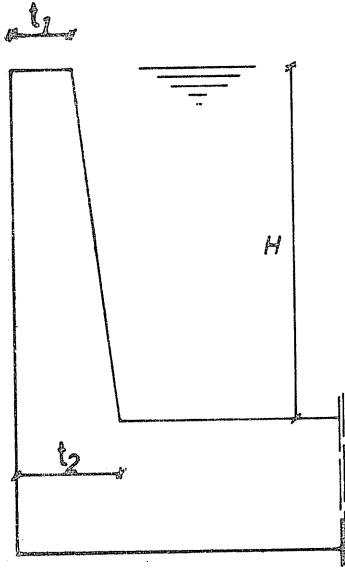
$R_2 = 0,4 \cdot \gamma \cdot H^2$. : رد الفعل من الأسفل

يفضل عند تصميم الجدران في هذه الحالة أن تكون ذات سماكة ثابتة خاصة في منطقة العزم الموجب ، أي أن هذه السماكة قابلة لتحمل العزم الموجب الأعظمي ، على أن يزود المقطع العرضي بشطفه (Gousset) عند اتصاله مع القاعدة للتغلب على العزم السالب الأعظمي . أما في حالة اعتماد سماكة متغيرة للجدران من t_1 في الأعلى الى t_2 في الأسفل ، فإن عزم الانعطاف السالب في الوشاقة

(٢٢ - ٦) $M^- = \frac{-\gamma \cdot H^3}{K}$: يحسب من العلاقة :

• حيث تحدد K من الجدول رقم (٦ - ٢) بدلالة النسبة $\frac{t_2}{t_1}$

الجدول رقم (٦ - ٢)



$\frac{t_2}{t_1}$	1	1,5	2	2,5	3
K	15	13,2	12	11,2	10,7
λ	1,0	1,14	1,25	1,34	1,40

الشكل رقم (٦ - ٨)

أما λ فتساوي :

$$\lambda = \frac{\text{قيمة } M^- \text{ باعتبار تغير في السماكة } t}{\text{قيمة } M^- \text{ باعتبار سماكة } t \text{ ثابتة}}$$

ج - الجدران موثوقة من الأعلى ومن الأسفل :

إذا كانت سماكة هذه الجدران ثابتة وموثوقة من الأعلى والأسفل فإن عزوم الانعطاف الشاقولية الموجبة والسالبة وردود الأفعال تعطى كما يلي ، انظر

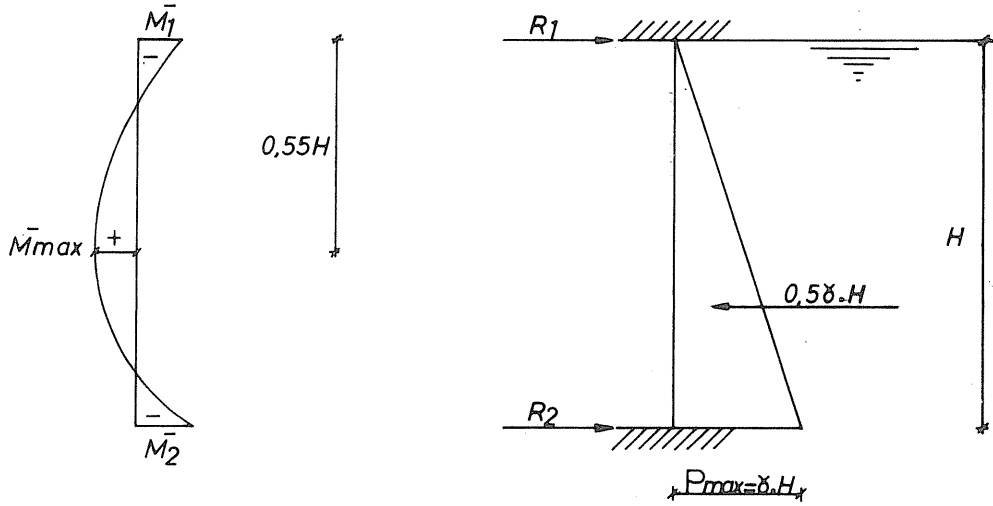
الشكل رقم (٦ - ٩) •

$$(٢٤ - ٦) \quad M_1^- = - \frac{\gamma \cdot H^3}{30} \quad ;$$

$$(٢٤ - ٦) \quad M_2^- = - \frac{\gamma \cdot H^3}{20} \quad ;$$

$$(٢٥ - ٦) \quad M_{\max} = \frac{+\gamma \cdot H^3}{46,6} \quad ;$$

$$(٢٦ - ٦) \quad \left| \begin{array}{l} R_1 = 0,15 \gamma \cdot H^2 \quad ; \\ R_2 = 0,35 \gamma \cdot H^2 \quad . \end{array} \right.$$



مخطط الدفع وردود الأفعال الأفقية مخطط عزم الانعطاف الشاقولي

الشكل رقم (٦ - ٩)

أما في حالة الجدار ذو السماكة المتغيرة من الأعلى t_1 إلى الأسفل t_2 ،

فان قيمتي عزمي الانعطاف M_1^- و M_2^- تعطيان بالعلاقتين :

$$(٢٧ - ٦) \quad M_1^- = \frac{-\gamma \cdot H^3}{K_1} \quad ;$$

$$(٢٨ - ٦) \quad M_2^- = \frac{-\gamma \cdot H^3}{K_2} \quad .$$

يحدد الثابتان K_1 و K_2 من الجدول رقم (٦ - ٣) واعتمادا على النسبة

$$: \frac{t_2}{t_1}$$

الجدول رقم (٦ - ٣)

$\frac{t_2}{t_1}$	1	1,5	2	2,5	3
K_1	30	38,7	52,6	63,6	76,5
K_2	20	16,7	14,7	13,7	12,8

في جدران الخزانات المستطيلة المحسوبة باتجاه شاقولي فقط والمثبتة (موشوقة) في أطرافها الأربعة والتي تتحمل مغطا هيدروستاتيكا يمكن اعتماد قيمة تقريبية لعزم الانعطاف السالب الافقي بين كل جدارين شاقوليين متجاورين تساوي :

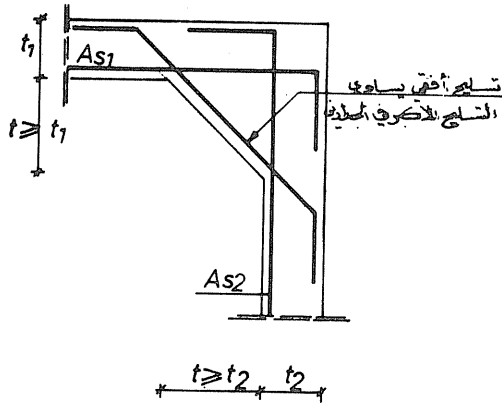
$$M = - \frac{\gamma \cdot H^3}{33,8} \quad (٦ - ٢٩)$$

وذلك في المقطع الذي يبعد مسافة $0,4 H$ من الأسفل ، ان قيمة رد الفعل

الموافقة لهذا العزم تساوي :

$$R = 0,25 \gamma \cdot H^2 \quad (٦ - ٣٠)$$

من المفضل تزويد جدران الخزانات المستطيلة غير العميقة والتي تعمل كبلاطات بالاتجاه الشاقولي بتسليح عرضي افقي مساحته لاتقل عن (20 %) من التسليح الاساسي الشاقولي ، على أن لا يقل عن ($5 \phi 8/m$) لكل وجه ، كما يفضل أن تلتقي الجدران الشاقولية بزواوية ذات شطفة مناسبة يكون تسليحها الاساسي مبين في الشكل رقم (٦ - ١٠) .



الشكل رقم (٦ - ١٠)

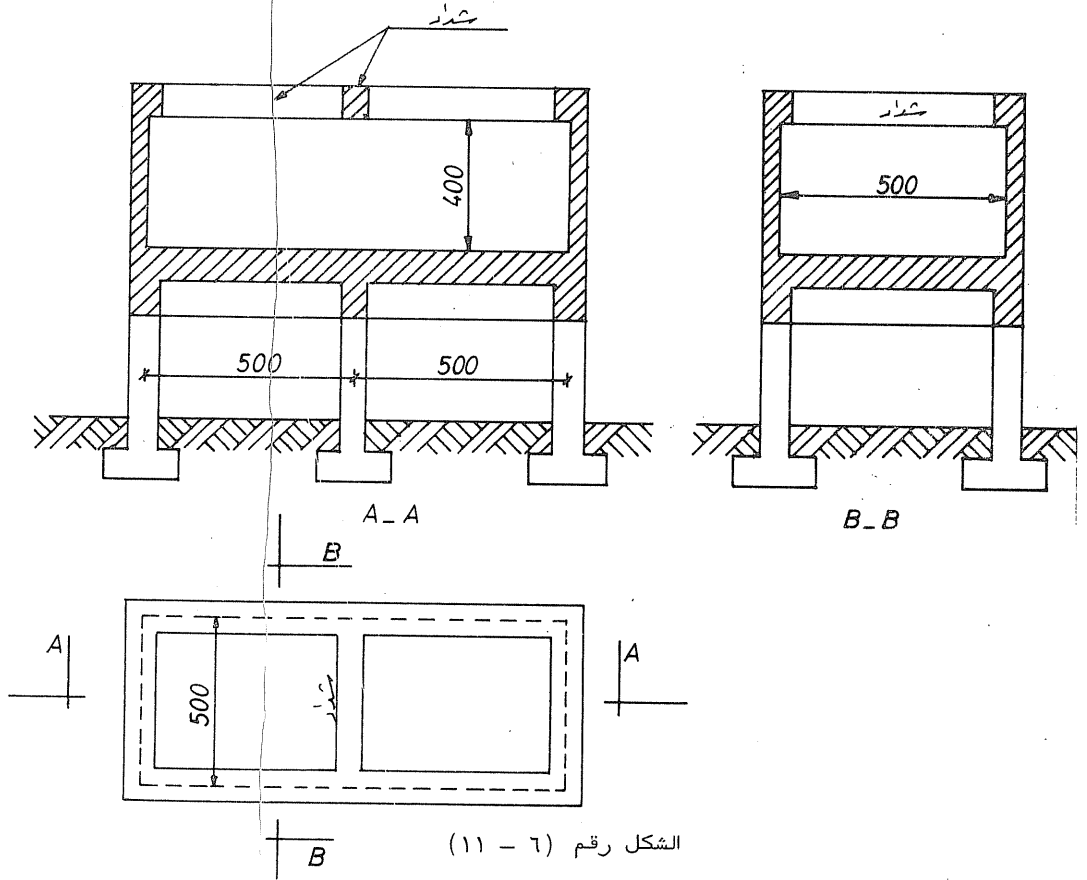
٦ - ٤ جدران الخزانات المستطيلة ذات السلوك المضاعف :

قد تكون اشكال الخزانات المستطيلة تمكنها من تصنيفها ضمن فئة من الخزانات التي تحسب بلاطاتها بالاتجاهين وذلك اذا كانت تستند على أكثر من مسندين أي ثلاثة مساند على الأقل. تطبق على حساب هذه البلاطات المكونة

للخزانات ما يطبق على حساب البلاطات العادية ذات الحمولة الثابتة أو المتغيرة
(المثلثية) • نوضح احدى هذه الاشكال بالتطبيق التالي :

تطبيق :

ايجاد قيم عزوم الانعطاف في جدران الخزان المبين في الشكل رقم (٦ - ١١)



الشكل رقم (٦ - ١١)

الحل :

تعتبر جدران هذا الخزان مسنودة بشكل بسيط في اعلاها على جائز محيطي
ومستمرة في اسفلها مع أرضية الخزان وهي بلاطة تحسب باتجاه وحيد • أما
الأرضيات فانها تعتبر مجموعة من البلاطات القصيرة ذات الاتجاهين ، وكل بلاطة
مربعة الشكل مستمرة مع البلاطة المجاورة ومع الجدران المحيطة بها •

لنبدأ بحساب جداري الخزان الطويلين ، يعتبر الجدار مسنودا بشكل بسيط

من الأعلى على جائز محيطي ومستمر من الأسفل مع ارضية الخزان .
ان عزم الوشافة السالب يعطى بالعلاقة :

$$M^- = \frac{-\gamma_s H^3}{15} = \frac{-1.4^3}{15} = -4,27 \text{ t.m/m}^2 .$$

والعزم الموجب على عمق 0,45 H من الأعلى يساوي :

$$M_{\max}^+ = \frac{\gamma_s H^3}{33,5} = \frac{+1.4^3}{33,5} = 1,91 \text{ t.m/m}^2 .$$

أما قعر الخزان فإن حمولته الكلية تساوي :

$$4 \text{ t/m}^2 \text{ : وزن ماء}$$

$$0,25.2,5.1 = 0,624 \text{ t/m}^2 \text{ : وزن ذاتي للبيتون}$$

$$2.0,02.1.2 = 0,080 \text{ t/m}^2 \text{ : وزن ذاتي للزريقة}$$

$$W = 4,7 \text{ t/m}^2 \text{ : المجموع}$$

يمكن أن تحسب بلاطة الخزان (الأرضية) باعتبارها موثوقة من أطرافها

الأربعة وهي مربعة الشكل حمولتها الكلية $W = 4,7 \text{ t/m}^2$. من دليل

المهندس الانشائي نجد أن :

$$M_x^- = M_y^- = -0,0417.W.L^2 =$$

$$= -0,0417.4,7.25 = -4,9 \text{ t.m} .$$

ونجد أن فرق العزم يساوي :

$$\Delta M = 4,9 - 4,27 = 0,63 \text{ t.m} .$$

ويجب توزيع هذا الفرق بين الجدار والقعر وفق الصلاية النسبية لهما، وباعتبار

أن هذه القيمة صغيرة والصلايات متقاربة يمكن قبول أن القيمة الوسطية للعزم

السالب عند اتصال الجدار بالقعر تساوي :

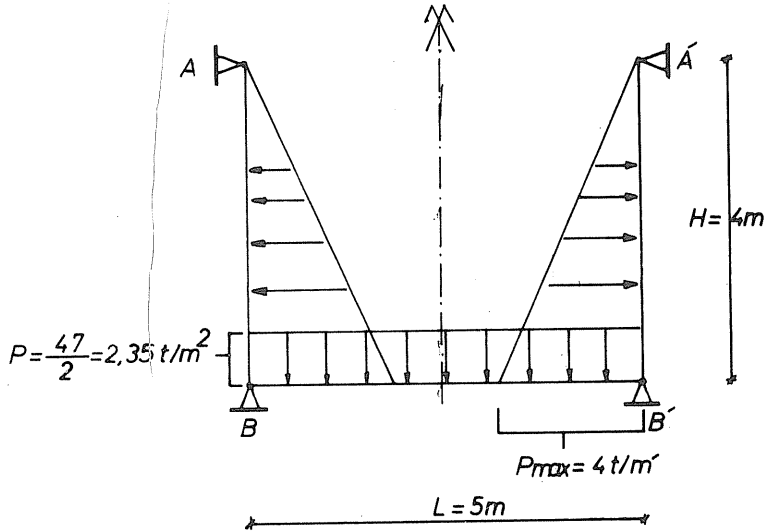
$$M^- = -\left(\frac{4,27 + 4,9}{2}\right) = -4,6 \text{ t.m} .$$

وبطريقة ثانية ، يمكن حساب عزوم الانعطاف السالبة عند اتصال الجدران

بالقعر اعتمادا على نظرية العزوم الثلاثة وذلك بفرض أن الحمولة الكلية على

القعر $4,7 \text{ t/m}^2$ في البلاطة المربعة الواحدة . يمكن اعتبارها ذات تأثير في

كل اتجاه ، يساوي : $\frac{4,7}{2} \text{ t/m}$ ، انظر الشكل رقم (٦ - ١٢) ، وبسبب
التناظر في الاستنادات اضافة للشكل المربع لهذه البلاطات نكتب :



الشكل رقم (٦ - ١٢)

$$2M_b (H + L) + M_b \cdot L = -6 (S_1 + S_2) \quad .$$

حيث :

$$S_1 = P_{\max} \frac{H^3}{45} \quad ; \quad S_2 = \frac{p \cdot L^3}{24} \quad .$$

$$2M_b (4 + 5) + 5M_b = -6 \left(\frac{4 \cdot 4^3}{45} + \frac{2,35 \cdot 5^3}{24} \right) ;$$

$$M_b = M_b = -4,7 \text{ t.m} \quad \text{ومنه :}$$

ونجد أن هذه القيمة قريبة جدا من القيمة المحسوبة سابقا والتي تساوي

$-4,6 \text{ t.m}$. يمكن حساب قيمة العزوم الأخرى اللازمة لتصميم السماكات

والتسليح اللازم في الخزان المدروس انطلاقا من القيم المحسوبة اعلاه .

٦ - ٥ دراسة البلاطات باتجاهين :

غالبا ماتصادف البلاطات البيتونية المسلحة ذات الاتجاهين في تصميم

خزانات المياه الأرضية والعالية ، إذ تكون أرضيات أو جدران أو أغطية هذه

الخزانات ، ان دراسة هذه البلاطات ، والتي تسمى في بعض الأحيان بالبلاطات المنعطفة أو بالبلاطات التي حمولاتها تتعامد مع مستواها الاوسط ، تكون اعتمادا على النظرية العامة للصفائح الرقيقة . وتعتبر البلاطة رقيقة عندما يكون :

$$\frac{1}{5} \leq \frac{h}{l_k} \leq \frac{1}{80}$$

باعتبار أن h سماكة البلاطة و l_k بعدها الاصغري ، أما اذا كانت $\frac{h}{l_k} < \frac{1}{5}$ ، فان دراسة هذه الصفائح يعود لنظرية الصفائح السمكية .

ان دراسة انعطاف البلاطات الرقيقة يعتمد على الفرضيات التالية :

آ - ان أي ناظم على المستوى الاوسط قبل التغير للبلاطة يبقى ناظما عليه بعد التغير ، وكذلك فان طوله لا يتغير . واذا كان المحوران x و y يقعان في المستوى الاوسط للبلاطة والمحور Z يتعامد معهما ، يكون :

$$\begin{aligned} \gamma_{YZ} &= 0 & (\text{التغير الزاوي النسبي في المستوى } YZ) \\ \gamma_{XZ} &= 0 & (\text{التغير الزاوي النسبي في المستوى } XZ) \\ \epsilon_Z &= 0 & (\text{التغير الطولي النسبي وفق } Z) \end{aligned}$$

ب - يهمل الاجهاد الناظمي σ_Z الموازي للمحور Z نسبة الى قيمتي الاجهادين الناظمين الآخر σ_C و σ_Y .

ج - ان الانتقالات الموازية للمحورين x و y في المستوى الاوسط معدومة .

و اذا كان : μ - عامل بواسون .

E - عامل المرونة .

ω - الانتقال عموديا على مستوى الصفيحة .

يكون قانون هوك :

$$\epsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \mu \sigma_y) = -Z \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} ;$$

$$\epsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \mu \sigma_x) = -Z \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} ;$$

$$\epsilon_z = 0 ;$$

$$\gamma_{xy} = -2Z \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} .$$

وإذا حسبت الاجهادات الناعمية والنعاسية في نقطة ما ترتيبها Z بحيث :

$$-\frac{h}{2} < Z < \frac{h}{2}$$

بدلالة الانتقال w تكون :

$$\sigma_x = -\frac{EZ}{1-\mu^2} \left(-\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) ;$$

$$\sigma_y = -\frac{EZ}{1-\mu^2} \left(-\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) ;$$

$$\tau_{xy} = -\frac{EZ}{1+\mu} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} ;$$

$$\tau_{yz} = -\frac{E}{2(1-\mu^2)} \left(\frac{h^2}{4} - Z^2 \right) \frac{\partial}{\partial y} \nabla^2 w ;$$

$$\tau_{zx} = -\frac{E}{2(1-\mu^2)} \left(\frac{h^2}{4} - Z^2 \right) \frac{\partial}{\partial x} \nabla^2 w .$$

أما الجهود الداخلية فتساوي :

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) ;$$

$$M_y = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) ;$$

$$Q_x = -D \frac{\partial}{\partial x} \nabla^2 w ; \quad Q_y = -D \frac{\partial}{\partial y} \nabla^2 w ;$$

$$H = M_{xy} = M_{yx} = -D(1-\mu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} .$$

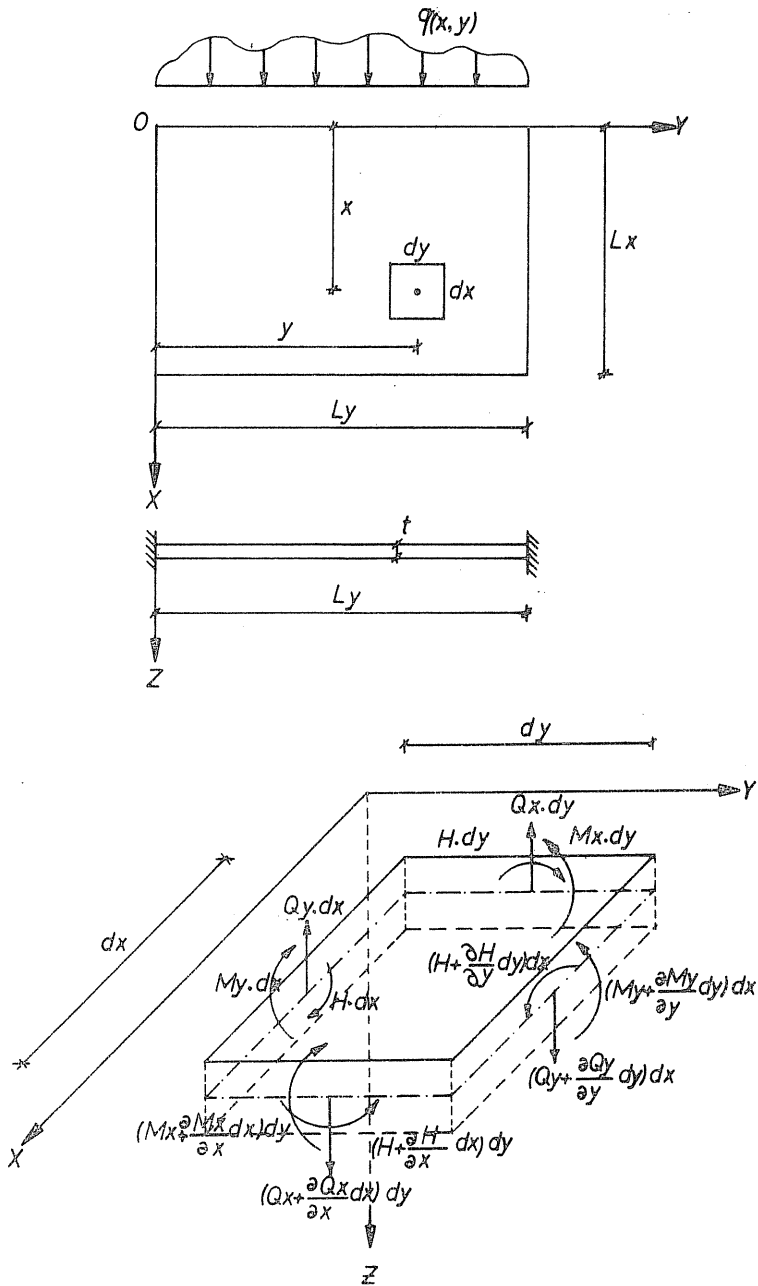
ولتحديد الانتقال w الذي بمعرفته يمكن تحديد كافة الاجهادات والجهود في المقاطع العرضية المختلفة في البلاطة ، نقتطع من البلاطة المستطيل العنصري $dx \cdot dy$

المبين في الشكل رقم (٦ - ١٣) مع الجهود المطبقة على اضلعه .

بكتابة معادلات التوازن التفاضلية وهي :

- معادلة التوازن الاول (بالاسقاط على المحور Z)

- معادلة التوازن الثانية (العزوم حول المحور x)



الشكل رقم (٦ - ١٢)

• معادلة التوازن الثالثة (العزوم حول المحور Y)

وبالاختصار نحصل على :

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = -q \quad ;$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial M_y}{\partial y} = 0 \quad ;$$

$$\frac{\partial H}{\partial y} + \frac{\partial M_x}{\partial x} = 0 \quad .$$

نحذف قيمتي Q_x و Q_y من المعادلات السابقة لنحصل على المعادلة التالية :

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 H}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} = -q \quad .$$

نعوض قيم M_x و M_y و H بقيمها بدلالة ω ونبدلها في المعادلة

السابقة فنحصل على :

$$\nabla^4 \omega = \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = \frac{q}{D} \quad .$$

يتم حل هذه المعادلة التفاضلية من الدرجة الرابعة للتغيرات ω وتحديد

شوايتها من الشروط على المحيط والتي تختلف من مسألة لأخرى .

نورد فيما يلي جداول (R. BARESH) المستمدة من نظرية المرونة

وتطبيقاتها لحساب البلاطات المستطيلة المستوية والمحملة بحمولات موزعة

بانظام أو مثلثية والمختلفة بنوع استنادها على محيطها .

ونوضح حسب الشكل بجانبه اصطلاح

طرف موثوق

انواع استناد البلاطات على محيطها :

طرف مسنود

تعطي هذه الجداول القيم التالية :

طرف حر

• W_{max} - السهم الاعظمي .

• W_s - السهم في مركز البلاطة .

• W_{bs} - السهم في منتصف ضلع حرفي البلاطة .

• M_y, M_x - عزمي الانعطاف في مركز البلاطة وفق الاتجاهين X و Y .

• $M_{Ymin}, M_{Xmin}, M_{YVS}, M_{XVS}$ - عزوم الوشاقة ان وجدت عند الاستنادات وعزوم الوشاقة

وتعتبر هذه الجداول مايلي :

• a - عرض البلاطة المستطيلة

• b - طولها

$$\lambda = \frac{b}{a} , \nu = \frac{a}{b}$$

وعامل بواسون : $\mu = 0,15$

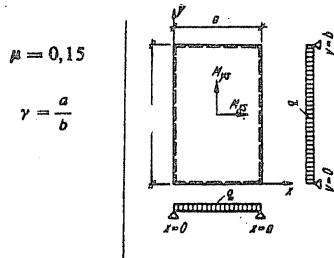
الجدول اللاحقة من رقم (٦ - ٤) وحتى (٦ - ١٣) تخص البلاطات المستطيلة والمحملة

بحمولة موزعة بانتظام

الجدول اللاحقة من رقم (٦ - ١٤) وحتى (٦ - ٢٥) تخص البلاطات المستطيلة

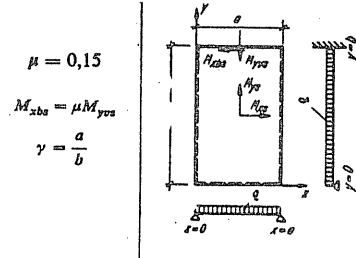
والمحملة بحمولات مثلثية وفق الاوضاع الممكنة

الجدول رقم (٦ - ٤)



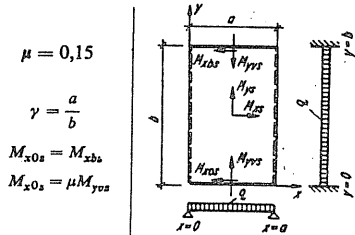
γ	w_x	M_{xz}	M_{yz}
0,50	0,1189	0,0991	0,0079
0,55	0,1101	0,0923	0,0103
0,60	0,1015	0,0857	0,0131
0,65	0,0931	0,0792	0,0162
0,70	0,0851	0,0730	0,0194
0,75	0,0777	0,0669	0,0230
0,80	0,0708	0,0611	0,0269
0,85	0,0644	0,0557	0,0307
0,90	0,0584	0,0507	0,0344
0,95	0,0529	0,0462	0,0383
1,00	0,0476	0,0423	0,0423
1,10	0,0390	0,0353	0,0500
1,20	0,0320	0,0293	0,0575
1,30	0,0262	0,0244	0,0644
1,40	0,0216	0,0204	0,0710
1,50	0,0179	0,0173	0,0772
1,60	0,0149	0,0146	0,0826
1,70	0,0124	0,0124	0,0874
1,80	0,0105	0,0107	0,0916
1,90	0,0088	0,0091	0,0954
2,00	0,0074	0,0079	0,0991
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qb^2
M.f.			

الجدول رقم (٦ - ٥)



γ	w_x	M_{xz}	M_{yz}	M_{yzs}
0,50	0,1087	0,0908	0,0084	-0,0305
0,55	0,0981	0,0826	0,0109	-0,0362
0,60	0,0881	0,0747	0,0135	-0,0421
0,65	0,0786	0,0670	0,0162	-0,0479
0,70	0,0698	0,0599	0,0192	-0,0537
0,75	0,0618	0,0533	0,0221	-0,0594
0,80	0,0544	0,0472	0,0249	-0,0650
0,85	0,0479	0,0417	0,0277	-0,0703
0,90	0,0421	0,0369	0,0304	-0,0750
0,95	0,0370	0,0327	0,0330	-0,0797
1,00	0,0326	0,0291	0,0354	-0,0840
1,10	0,0253	0,0228	0,0399	-0,0917
1,20	0,0197	0,0180	0,0438	-0,0980
1,30	0,0155	0,0143	0,0471	-0,1032
1,40	0,0123	0,0115	0,0500	-0,1075
1,50	0,0099	0,0094	0,0524	-0,1109
1,60	0,0079	0,0076	0,0544	-0,1136
1,70	0,0063	0,0062	0,0561	-0,1160
1,80	0,0052	0,0052	0,0575	-0,1184
1,90	0,0043	0,0044	0,0586	-0,1203
2,00	0,0036	0,0037	0,0594	-0,1213
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.				

الجدول رقم (٦ - ٦)



$\mu = 0,15$

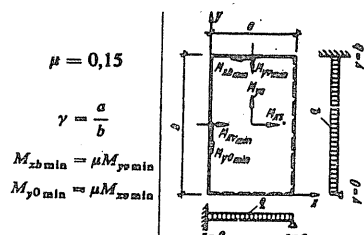
$\gamma = \frac{a}{b}$

$M_{x0a} = M_{xb0}$

$M_{y0a} = \mu M_{y0b}$

γ	w_a	M_{xa}	M_{ya}	M_{y0a}
0,50	0,0990	0,0835	0,0088	-0,0297
0,55	00,872	0,0738	0,0113	-0,0350
0,60	0,0759	0,0647	0,0137	-0,0400
0,65	0,0657	0,0563	0,0166	-0,0450
0,70	0,0565	0,0489	0,0187	-0,0497
0,75	0,0484	0,0423	0,0212	-0,0540
0,80	0,0414	0,0363	-0,0233	-0,0578
0,85	0,0355	0,0313	0,0254	-0,0612
0,90	0,0305	0,0270	0,0274	-0,0644
0,95	0,0262	0,0232	0,0292	-0,0677
1,00	0,0225	0,0201	0,0309	-0,0699
1,10	0,0167	0,0151	0,0335	-0,0741
1,20	0,0126	0,0113	0,0357	-0,0770
1,30	0,0096	0,0088	0,0374	-0,0793
1,40	0,0073	0,0068	0,0386	-0,0811
1,50	0,0057	0,0053	0,0396	-0,0815
1,60	0,0045	0,0042	0,0404	-0,0825
1,70	0,0036	0,0034	0,0410	-0,0830
1,80	0,0029	0,0028	0,0414	-0,0832
1,90	0,0023	0,0023	0,0416	-0,0833
2,00	0,0018	0,0019	0,0417	-0,0833
V.f.	$\frac{qa^4}{Ek^3}$	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.				

الجدول رقم (٦ - ٧)



$\mu = 0,15$

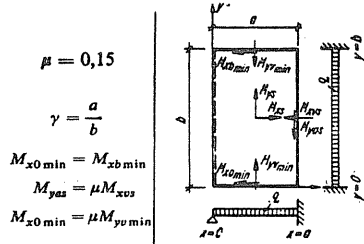
$\gamma = \frac{a}{b}$

$M_{xbmin} = \mu M_{y0min}$

$M_{y0min} = \mu M_{xa0min}$

γ	w_a	M_{xa}	M_{xa0min}	M_{ya}	M_{y0min}
0,50	0,0549	0,0570	-0,1189	0,0040	-0,0205
0,55	0,0520	0,0543	-0,1148	0,0054	-0,0249
0,60	0,0490	0,0514	-0,1104	0,0072	-0,0294
0,65	0,0458	0,0483	-0,1057	0,0092	-0,0341
0,70	0,0425	0,0451	-0,1008	0,0114	-0,0390
0,75	0,0393	0,0418	-0,0957	0,0139	-0,0442
0,80	0,0361	0,0385	-0,0905	0,0164	-0,0498
0,85	0,0330	0,0354	-0,0852	0,0191	-0,0548
0,90	0,0301	0,0324	-0,0798	0,0217	-0,0598
0,95	0,0273	0,0295	-0,0745	0,0243	-0,0648
1,00	0,0246	0,0269	-0,0699	0,0269	-0,0699
1,10	0,0201	0,0221	-0,0608	0,0319	-0,0787
1,20	0,0164	0,0182	-0,0530	0,0365	-0,0865
1,30	0,0133	0,0148	-0,0462	0,0406	-0,0937
1,40	0,0108	0,0122	-0,0405	0,0442	-0,0993
1,50	0,0089	0,0100	-0,0358	0,0473	-0,1041
1,60	0,0072	0,0081	-0,0317	0,0499	-0,1082
1,70	0,0059	0,0066	-0,0282	0,0521	-0,1116
1,80	0,0048	0,0055	-0,0252	0,0540	-0,1143
1,90	0,0040	0,0046	-0,0226	0,0556	-0,1167
2,00	0,0034	0,0040	-0,0203	0,0570	-0,1189
V.f.	$\frac{qa^4}{Ek^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.					

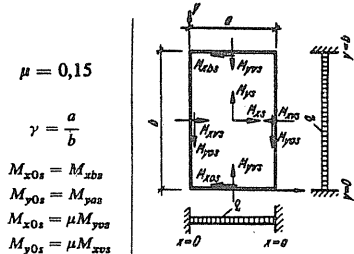
الجدول رقم (٦ - ٨)



$\mu = 0,15$
 $\gamma = \frac{a}{b}$
 $M_{x0min} = M_{xbmin}$
 $M_{y0a} = \mu M_{x0a}$
 $M_{x0min} = \mu M_{y0min}$

γ	w_s	M_{xs}	M_{x0a}	M_{ys}	M_{y0min}
0,50	0,0528	0,0550	0,1135	0,0045	0,0203
0,55	0,0489	0,0514	0,1078	0,0062	0,0247
0,60	0,0450	0,0476	0,1021	0,0081	0,0291
0,65	0,0411	0,0436	0,0964	0,0101	0,0336
0,70	0,0373	0,0398	0,0906	0,0122	0,0381
0,75	0,0336	0,0359	0,0845	0,0145	0,0427
0,80	0,0300	0,0323	0,0881	0,0169	0,0471
0,85	0,0266	0,0289	0,0720	0,0191	0,0513
0,90	0,0236	0,0257	0,0661	0,0211	0,0551
0,95	0,0209	0,0228	0,0603	0,0232	0,0586
1,00	0,0184	0,0202	0,0546	0,0252	0,0617
1,10	0,0142	0,0158	0,0467	0,0287	0,0676
1,20	0,0110	0,0123	0,0399	0,0316	0,0722
1,30	0,0086	0,0096	0,0341	0,0340	0,0757
1,40	0,0068	0,0075	0,0293	0,0359	0,0782
1,50	0,0054	0,0060	0,0254	0,0374	0,0800
1,60	0,0043	0,0048	0,0221	0,0386	0,0814
1,70	0,0034	0,0039	0,0193	0,0395	0,0825
1,80	0,0027	0,0031	0,0171	0,0402	0,0834
1,90	0,0022	0,0026	0,0154	0,0408	0,0842
2,00	0,0018	0,0022	0,0141	0,0412	0,0847
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.					

الجدول رقم (٦ - ٩)



$\mu = 0,15$
 $\gamma = \frac{a}{b}$
 $M_{x0a} = M_{x0s}$
 $M_{y0a} = M_{y0s}$
 $M_{x0a} = \mu M_{y0a}$
 $M_{y0a} = \mu M_{x0a}$

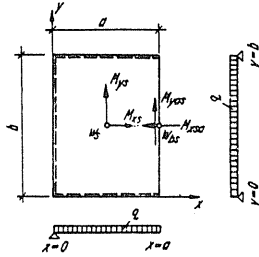
γ	w_s	M_{xs}	M_{x0a}	M_{ys}	M_{y0a}
0,50	0,0296	0,0405	0,0833	0,0024	0,0143
0,55	0,0286	0,0394	0,0817	0,0033	0,0172
0,60	0,0275	0,0378	0,0794	0,0046	0,0206
0,65	0,0261	0,0360	0,0767	0,0061	0,0242
0,70	0,0246	0,0339	0,0737	0,0079	0,0280
0,75	0,0231	0,0315	0,0704	0,0098	0,0320
0,80	0,0214	0,0293	0,0668	0,0103	0,0360
0,85	0,0196	0,0269	0,0631	0,0139	0,0406
0,90	0,0180	0,0247	0,0593	0,0160	0,0440
0,95	0,0164	0,0224	0,0554	0,0181	0,0480
1,00	0,0149	0,0202	0,0515	0,0202	0,0515
1,10	0,0121	0,0164	0,0449	0,0242	0,0585
1,20	0,0098	0,0131	0,0388	0,0287	0,0643
1,30	0,0078	0,0105	0,0336	0,0306	0,0690
1,40	0,0063	0,0084	0,0291	0,0332	0,0728
1,50	0,0051	0,0066	0,0254	0,0353	0,0757
1,60	0,0041	0,0053	0,0223	0,0369	0,0779
1,70	0,0033	0,0042	0,0198	0,0383	0,0797
1,80	0,0027	0,0035	0,0176	0,0392	0,0812
1,90	0,0022	0,0028	0,0158	0,0399	0,0824
2,00	0,0018	0,0024	0,0143	0,0405	0,0833
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.					

الجدول رقم (٦ - ١٠)

$$\mu = 0,15$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{x_{10}} = -\mu M_{y_{01}}$$



γ	w_s	w_{bs}	M_{x_s}	M_{y_s}	$M_{y_{2s}}$
0,3	2,1571	4,1259	0,1133	0,0143	0,0256
0,4	1,1222	2,0659	0,0994	0,0245	0,0415
0,5	0,6529	1,1539	0,0832	0,0341	0,0575
0,6	0,4063	0,6940	0,0683	0,0441	0,0724
0,7	0,2652	0,4356	0,0559	0,0535	0,0848
0,8	0,1775	0,2771	0,0459	0,0611	0,0922
0,9	0,1271	0,1937	0,0373	0,0699	0,1037
1,0	0,0913	0,1358	0,0305	0,0764	0,1108
1,2	0,0504	0,0706	0,0213	0,0883	0,1201
1,5	0,0235	0,0305	0,0128	0,0992	0,1264
2,0	0,0083	0,0100	0,0063	0,1114	0,1316
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.					

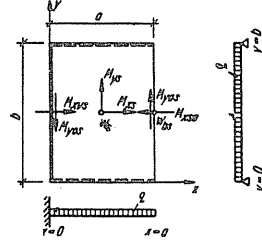
الجدول رقم (٦ - ١١)

$$\mu = 0,15$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{xza} = -\mu M_{yza}$$

$$M_{y0z} = \mu M_{xzs}$$



γ	w_a	w_{bz}	M_{xs}	M_{xzs}	M_{yz}	M_{yaz}
0,3	0,4198	1,1002	-0,0733	-0,4308	0,0007	0,0056
0,4	0,3298	0,8337	-0,0300	-0,3687	0,0048	0,0153
0,5	0,2514	0,5985	-0,0056	-0,3091	0,0106	0,0288
0,6	0,1909	0,4298	0,0106	-0,2513	0,0180	0,0436
0,7	0,1450	0,3101	0,0188	-0,2066	0,0269	0,0594
0,8	0,1108	0,2233	0,0223	-0,1702	0,0366	0,0736
0,9	0,0847	0,1616	0,0228	-0,1416	0,0454	0,0858
1,0	0,0650	0,1176	0,0221	-0,1182	0,0536	0,0955
1,2	0,0392	0,0649	0,0187	-0,0845	0,0680	0,1098
1,5	0,0200	0,0296	0,0113	-0,0548	0,0850	0,1229
2,0	0,0077	0,0160	0,0068	-0,0312	0,1031	0,1308
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.						

الجدول رقم (٦ - ١٢)

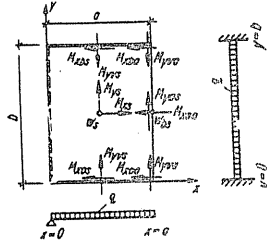
$$\mu = 0,15$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{x10} = -\mu M_{y02}$$

$$M_{x03} = M_{xbs} = \mu M_{y02}$$

$$M_{x04} = M_{xbs} = \mu M_{y02}$$



γ	w_s	w_{bs}	M_{xx}	M_{yy}	M_{y02}	M_{y02}	M_{y02}
0,3	1,3464	2,3163	0,1044	0,0128	0,0230	-0,0377	-0,0693
0,4	0,5588	0,9711	0,0725	0,0184	0,0307	-0,0472	-0,0782
0,5	0,2758	0,4559	0,0520	0,0232	0,0361	-0,0557	-0,0846
0,6	0,1511	0,2316	0,0394	0,0267	0,0403	-0,0612	-0,0852
0,7	0,0903	0,1289	0,0298	0,0299	0,0426	-0,0662	-0,0854
0,8	0,0578	0,0773	0,0223	0,0319	0,0438	-0,0707	-0,0853
0,9	0,0386	0,0490	0,0168	0,0349	0,0442	-0,0744	-0,0850
1,0	0,0266	0,0325	0,0126	0,0362	0,0445	-0,0771	-0,0848
1,2	0,0138	0,0159	0,0078	0,0386	0,0447	-0,0805	-0,0846
1,5	0,0059	0,0066	0,0041	0,0408	0,0449	-0,0828	-0,0845
2,0	0,0019	0,0021	0,0018	0,0417	0,0450	-0,0833	-0,0845
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
M.f.							

الجدول رقم (٦ - ١٣)

$$\mu = 0,15$$

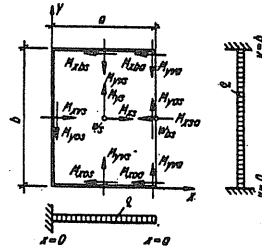
$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{x_{aa}} = -\mu M_{y_{aa}}$$

$$M_{x_{0a}} = M_{x_{ba}} = \mu M_{y_{aa}}$$

$$M_{x_{0a}} = M_{x_{ba}} = \mu M_{y_{aa}}$$

$$M_{y_{0a}} = \mu M_{x_{aa}}$$



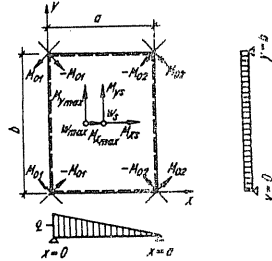
γ	w_a	w_{ba}	M_{xx}	$M_{x_{0a}}$	$M_{y_{aa}}$	$M_{y_{aa}}$	$M_{y_{0a}}$	$M_{y_{ba}}$
0,3	0,3764	0,9700	-0,0489	-0,3833	0,0019	0,0078	-0,0131	-0,0333
0,4	0,2565	0,5909	-0,0025	-0,2783	0,0068	0,0173	-0,0242	-0,0545
0,5	0,1613	0,3433	0,0132	-0,2004	0,0120	0,0268	-0,0335	-0,0709
0,6	0,1031	0,1981	0,0192	-0,1476	0,0177	0,0333	-0,0416	-0,0798
0,7	0,0674	0,1211	0,0190	-0,1106	0,0217	0,0384	-0,0493	-0,0837
0,8	0,0452	0,0753	0,0173	-0,0865	0,0247	0,0413	-0,0561	-0,0848
0,9	0,0315	0,0484	0,0154	-0,0691	0,0270	0,0426	-0,0616	-0,0850
1,0	0,0226	0,0324	0,0125	-0,0559	0,0288	0,0435	-0,0664	-0,0851
1,2	0,0124	0,0159	0,0086	-0,0387	0,0327	0,0443	-0,0734	-0,0848
1,5	0,0055	0,0066	0,0047	-0,0248	0,0370	0,0449	-0,0791	-0,0846
2,0	0,0018	0,0021	0,0021	-0,0139	0,0406	0,0450	-0,0830	-0,0845
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
M.f.								

الجدول رقم (٦ - ١٤)

$$\mu = 0,15$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$\lambda = \frac{b}{a}$$



γ	w_s	w_{max}	M_{xx}	M_{xmax}	M_{yy}	M_{ymax}
0,5	0,0593	0,0593	0,0495	0,0514	0,0040	0,0040
0,6	0,0507	0,0507	0,0429	0,0452	0,0066	0,0066
0,7	0,0426	0,0426	0,0363	0,0390	0,0098	0,0098
0,8	0,0354	0,0354	0,0305	0,0335	0,0134	0,0134
0,9	0,0292	0,0292	0,0255	0,0286	0,0173	0,0173
1,0	0,0238	0,0238	0,0212	0,0241	0,0212	0,0212
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.						

λ	w_s	w_{max}	M_{xx}	M_{xmax}	M_{yy}	M_{ymax}
0,5	0,0037	0,0040	0,0040	0,0069	0,0505	0,0536
0,6	0,0065	0,0068	0,0066	0,0101	0,0429	0,0451
0,7	0,0103	0,0105	0,0098	0,0135	0,0363	0,0375
0,8	0,0145	0,0147	0,0134	0,0170	0,0305	0,0310
0,9	0,0191	0,0191	0,0173	0,0206	0,0255	0,0255
1,0	0,0238	0,0238	0,0212	0,0241	0,0212	0,0212
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.						

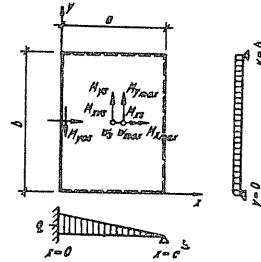
الجدول رقم (٦ - ١٥)

$$\mu = 0,15$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$\lambda = \frac{b}{a}$$

$$M_{y0z} = \mu M_{x0z}$$



γ	w_z	w_{max}	M_{xz}	M_{xmax}	M_{x0z}	M_{y0}	M_{ymax}
0,5	0,0258	0,0258	0,0277	0,0281	-0,0653	0,0017	0,0023
0,6	0,0238	0,0238	0,0262	0,0265	-0,0629	0,0030	0,0038
0,7	0,0217	0,0217	0,0240	0,0243	-0,0597	0,0049	0,0058
0,8	0,0195	0,0195	0,0218	0,0219	-0,0561	0,0074	0,0079
0,9	0,0174	0,0174	0,0194	0,0194	-0,0523	0,0104	0,0104
1,0	0,0150	0,0150	0,0172	0,0172	-0,0495	0,0134	0,0134
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.							

λ	w_z	w_{max}	M_{xz}	M_{xmax}	M_{x0z}	M_{y0}	M_{ymax}
0,5	0,0032	0,0032	0,0043	0,0058	-0,0210	0,0439	0,0448
0,6	0,0054	0,0054	0,0068	0,0080	-0,0275	0,0359	0,0364
0,7	0,0078	0,0078	0,0097	0,0105	-0,0338	0,0283	0,0285
0,8	0,0104	0,0104	0,0127	0,0128	-0,0392	0,0222	0,0223
0,9	0,0129	0,0129	0,0150	0,0150	-0,0445	0,0172	0,0172
1,0	0,0150	0,0150	0,0172	0,0172	-0,0495	0,0134	0,0134
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.							

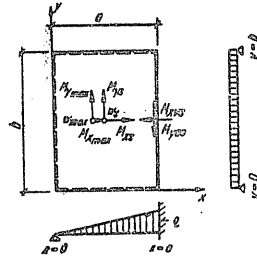
الجدول رقم (٦ - ١٦)

$$\mu = 0,15$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$\lambda = \frac{b}{a}$$

$$M_{y_{\max}} = \mu M_{x_{\max}}$$



γ	w_s	w_{\max}	M_{xx}	$M_{x_{\max}}$	$M_{x_{\min}}$	M_{yy}	$M_{y_{\max}}$
0,5	0,0315	0,0322	0,0316	0,0394	-0,0560	0,0019	0,0032
0,6	0,0291	0,0306	0,0293	0,0366	-0,0531	0,0036	0,0048
0,7	0,0260	0,0275	0,0268	0,0332	-0,0490	0,0060	0,0071
0,8	0,0233	0,0246	0,0238	0,0298	-0,0446	0,0087	0,0099
0,9	0,0205	0,0216	0,0212	0,0267	-0,0402	0,0120	0,0132
1,0	0,0177	0,0187	0,0183	0,0236	-0,0352	0,0156	0,0170
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.							

λ	w_s	w_{\max}	M_{xx}	$M_{x_{\max}}$	$M_{x_{\min}}$	M_{yy}	$M_{y_{\max}}$
0,5	0,0035	0,0038	0,0041	0,0072	-0,0094	0,0472	0,0532
0,6	0,0060	0,0064	0,0067	0,0105	-0,0146	0,0388	0,0436
0,7	0,0088	0,0096	0,0095	0,0140	-0,0201	0,0317	0,0349
0,8	0,0118	0,0129	0,0122	0,0175	-0,0257	0,0250	0,0276
0,9	0,0149	0,0158	0,0155	0,0206	-0,0306	0,0199	0,0217
1,0	0,0177	0,0187	0,0183	0,0236	-0,0352	0,0156	0,0170
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.							

الجدول رقم (٦ - ١٧)

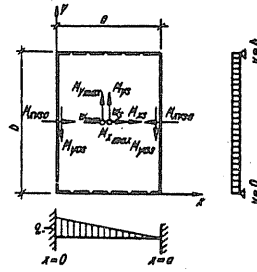
$$\mu = 0,15$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$\lambda = \frac{b}{a}$$

$$M_{y0a} = \mu M_{x0a0}$$

$$M_{y0a} = \mu M_{x0a0}$$



γ	w_s	w_{max}	M_{xs}	M_{xmax}	M_{x0a0}	M_{x0b0}	M_{ys}	M_{ymax}
0,5	0,0154	0,0154	0,0208	0,0213	-0,0512	-0,0336	0,0010	0,0017
0,6	0,0147	0,0147	0,0203	0,0208	-0,0506	-0,0333	0,0018	0,0028
0,7	0,0141	0,0141	0,0195	0,0199	-0,0493	-0,0324	0,0032	0,0043
0,8	0,0134	0,0134	0,0183	0,0187	-0,0472	-0,0309	0,0050	0,0061
0,9	0,0124	0,0124	0,0170	0,0174	-0,0456	-0,0290	0,0074	0,0080
1,0	0,0112	0,0112	0,0155	0,0160	-0,0432	-0,0267	0,0100	0,0101
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.								

λ	w_s	w_{max}	M_{xs}	M_{xmax}	M_{x0a0}	M_{x0b0}	M_{ys}	M_{ymax}
0,5	0,0031	0,0031	0,0044	0,0057	-0,0210	-0,0093	0,0316	0,0424
0,6	0,0049	0,0049	0,0069	0,0079	-0,0269	-0,0130	0,0323	0,0327
0,7	0,0067	0,0067	0,0094	0,0106	-0,0331	-0,0167	0,0246	0,0250
0,8	0,0085	0,0085	0,0117	0,0129	-0,0368	-0,0207	0,0182	0,0184
0,9	0,0100	0,0100	0,0138	0,0147	-0,0408	-0,0241	0,0135	0,0137
1,0	0,0112	0,0112	0,0155	0,0160	-0,0432	-0,0267	0,0100	0,0101
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.								

الجدول رقم ٦ - ١٨

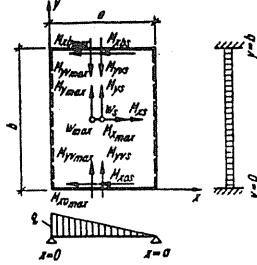
$$\mu = 0,15$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$\lambda = \frac{b}{a}$$

$$M_{x0} = M_{xb} = \mu M_{y0}$$

$$M_{x0 \max} = M_{xb \max} = \mu M_{y0 \max}$$



γ	w_s	w_{\max}	M_{xs}	$M_{x \max}$	M_{ys}	$M_{y \max}$	M_{y0}	$M_{y0 \max}$
0,5	0,0494	0,0494	0,0416	0,0442	0,0044	0,0045	-0,0152	-0,0153
0,6	0,0379	0,0379	0,0323	0,0352	0,0068	0,0070	-0,0199	-0,0202
0,7	0,0280	0,0280	0,0246	0,0278	0,0095	0,0097	-0,0249	-0,0256
0,8	0,0207	0,0207	0,0182	0,0226	0,0117	0,0121	-0,0289	-0,0304
0,9	0,0152	0,0152	0,0135	0,0186	0,0138	0,0143	-0,0323	-0,0343
1,0	0,0112	0,0115	0,0100	0,0151	0,0155	0,0162	-0,0349	-0,0375
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
M.f.								

λ	w_s	w_{\max}	M_{xs}	$M_{x \max}$	M_{ys}	$M_{y \max}$	M_{y0}	$M_{y0 \max}$
0,5	0,0010	0,0012	0,0010	0,0028	0,0208	0,0258	-0,0424	-0,0572
0,6	0,0019	0,0022	0,0018	0,0048	0,0203	0,0246	-0,0419	-0,0521
0,7	0,0034	0,0038	0,0032	0,0071	0,0195	0,0227	-0,0408	-0,0473
0,8	0,0054	0,0061	0,0050	0,0098	0,0183	0,0204	-0,0391	-0,0438
0,9	0,0081	0,0086	0,0074	0,0125	0,0170	0,0183	-0,0372	-0,0405
1,0	0,0112	0,0115	0,0100	0,0151	0,0155	0,0162	-0,0349	-0,0375
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
M.f.								

$\mu = 0,15$

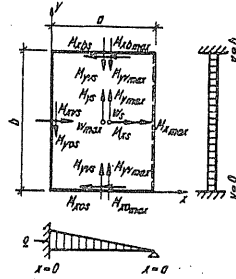
$\gamma = \frac{a}{b}$

$\lambda = \frac{b}{a}$

$M_{x0z} = M_{xbz} = \mu M_{y0z}$

$M_{x0 \max} = M_{xb \max} = \mu M_{y0 \max}$

$M_{y0z} = \mu M_{x0z}$



γ	w_z	w_{max}	M_{xz}	$M_{x \max}$	M_{x0z}	M_{yz}	$M_{y \max}$	M_{y0z}	M_{y0x}
0,5	0,0238	0,0238	0,0258	0,0259	-0,0614	0,0020	0,0024	-0,0090	-0,0090
0,6	0,0203	0,0203	0,0227	0,0227	-0,0565	0,0032	0,0032	-0,0129	-0,0129
0,7	0,0170	0,0170	0,0192	0,0192	-0,0505	0,0057	0,0057	-0,0170	-0,0170
0,8	0,0140	0,0140	0,0157	0,0157	-0,0445	0,0080	0,0080	-0,0210	-0,0210
0,9	0,0111	0,0111	0,0128	0,0128	-0,0389	0,0100	0,0100	-0,0248	-0,0248
1,0	0,0087	0,0087	0,0102	0,0111	-0,0340	0,0118	0,0119	-0,0283	-0,0283
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
M.f.									

λ	w_z	w_{max}	M_{xz}	$M_{x \max}$	M_{x0z}	M_{yz}	$M_{y \max}$	M_{y0z}	$M_{y0 \max}$
0,5	0,0009	0,0011	0,0012	0,0031	-0,0112	0,0205	0,0243	-0,0412	-0,0498
0,6	0,0017	0,0018	0,0022	0,0044	-0,0154	0,0194	0,0210	-0,0397	-0,0459
0,7	0,0030	0,0031	0,0038	0,0058	-0,0199	0,0175	0,0182	-0,0375	-0,0413
0,8	0,0048	0,0048	0,0057	0,0074	-0,0246	0,0158	0,0161	-0,0345	-0,0366
0,9	0,0066	0,0066	0,0079	0,0093	-0,0293	0,0138	0,0140	-0,0313	-0,0324
1,0	0,0087	0,0087	0,0102	0,0111	-0,0340	0,0118	0,0119	-0,0283	-0,0283
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
M.f.									

الجدول رقم (٦ - ٢٠)

$$\mu = 0,15$$

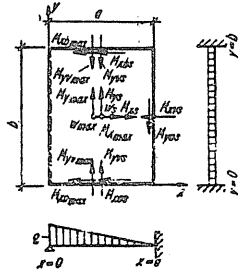
$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$\lambda = \frac{b}{a}$$

$$M_{x0} = M_{xbs} = \mu M_{y0s}$$

$$M_{x0 \max} = M_{xbs \max} = \mu M_{y0 \max}$$

$$M_{y0s} = \mu M_{x0s}$$



γ	w_s	w_{\max}	M_{xs}	$M_{x \max}$	M_{x0s}	M_{ys}	$M_{y \max}$	M_{y0s}	$M_{y0 \max}$
0,5	0,0289	0,0309	0,0292	0,0362	-0,0512	0,0024	0,0029	-0,0105	-0,0116
0,6	0,0246	0,0259	0,0248	0,0313	-0,0453	0,0043	0,0047	-0,0148	-0,0165
0,7	0,0201	0,0213	0,0206	0,0267	-0,0382	0,0067	0,0072	-0,0195	-0,0219
0,8	0,0163	0,0174	0,0166	0,0227	-0,0313	0,0092	0,0100	-0,0240	-0,0268
0,9	0,0128	0,0137	0,0129	0,0188	-0,0255	0,0113	0,0125	-0,0280	-0,0312
1,0	0,0098	0,0105	0,0101	0,0155	-0,0205	0,0135	0,0149	-0,0314	-0,0361
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
M.f.									

λ	w_s	w_{\max}	M_{xs}	$M_{x \max}$	M_{x0s}	M_{ys}	$M_{y \max}$	M_{y0s}	$M_{y0 \max}$
0,5	0,0010	0,0011	0,0010	0,0034	-0,0028	0,0206	0,0263	-0,0423	-0,0591
0,6	0,0018	0,0021	0,0019	0,0055	-0,0048	0,0199	0,0247	-0,0414	-0,0532
0,7	0,0032	0,0037	0,0033	0,0075	-0,0077	0,0193	0,0223	-0,0396	-0,0483
0,8	0,0051	0,0059	0,0051	0,0100	-0,0115	0,0172	0,0198	-0,0362	-0,0432
0,9	0,0073	0,0082	0,0074	0,0130	-0,0155	0,0151	0,0173	-0,0336	-0,0392
1,0	0,0098	0,0105	0,0101	0,0155	-0,0205	0,0135	0,0149	-0,0314	-0,0361
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
M.f.									

الجدول رقم (٦ - ٢١)

$$\mu = 0,15$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

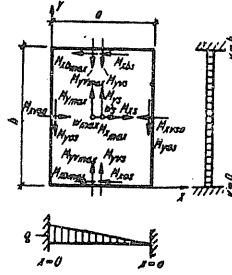
$$\lambda = \frac{b}{a}$$

$$M_{x0s} = M_{xs} = \mu M_{yos}$$

$$M_{x0 \max} = M_{x \max} = \mu M_{y \max}$$

$$M_{y0s} = \mu M_{xos}$$

$$M_{yos} = \mu M_{xos}$$



γ	w_s	w_{\max}	M_{xx}	$M_{x \max}$	M_{xos0}	M_{xosa}	M_{yz}	$M_{y \max}$	M_{yos}	$M_{yos \max}$
0,5	0,0147	0,0147	0,0203	0,0207	-0,0494	-0,0323	0,0012	0,0020	-0,0070	-0,0073
0,6	0,0137	0,0137	0,0189	0,0191	-0,0474	-0,0308	0,0023	0,0028	-0,0101	-0,0107
0,7	0,0122	0,0122	0,0170	0,0170	-0,0444	-0,0278	0,0040	0,0040	-0,0137	-0,0146
0,8	0,0106	0,0106	0,0147	0,0153	-0,0408	-0,0245	0,0059	0,0059	-0,0176	-0,0186
0,9	0,0090	0,0090	0,0123	0,0134	-0,0370	-0,0211	0,0081	0,0082	-0,0215	-0,0232
1,0	0,0075	0,0075	0,0101	0,0114	-0,0330	-0,0176	0,0101	0,0103	-0,0253	-0,0270
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
M.f.										

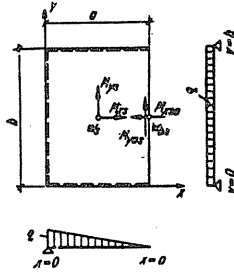
λ	w_s	w_{\max}	N_{xx}	$M_{x \max}$	M_{xos0}	M_{xosa}	M_{yz}	$M_{y \max}$	M_{yos}	$M_{yos \max}$
0,5	0,0009	0,0010	0,0012	0,0031	-0,0112	-0,0027	0,0203	0,0237	-0,0409	-0,0500
0,6	0,0017	0,0017	0,0023	0,0044	-0,0154	-0,0049	0,0189	0,0210	-0,0391	-0,0461
0,7	0,0029	0,0029	0,0040	0,0058	-0,0199	-0,0076	0,0170	0,0178	-0,0362	-0,0414
0,8	0,0044	0,0044	0,0059	0,0077	-0,0245	-0,0108	0,0147	0,0151	-0,0326	-0,0359
0,9	0,0060	0,0060	0,0081	0,0098	-0,0291	-0,0141	0,0123	0,0127	-0,0290	-0,0313
1,0	0,0075	0,0075	0,0101	0,0114	-0,0330	-0,0176	0,0101	0,0103	-0,0253	-0,0270
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
M.f.										

الجدول رقم (٦ - ٢٢)

$$\mu = 0,15$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

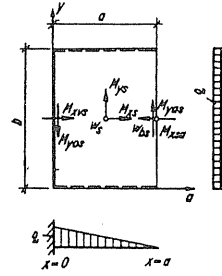
$$M_{xzo} = -\mu M_{yzo}$$



γ	w_o	w_{bo}	M_{zo}	M_{yo}	M_{yzo}
0,3	0,7383	1,2305	0,0578	0,0052	0,0086
0,4	0,4077	0,6825	0,0519	0,0089	0,0138
0,5	0,2383	0,3790	0,0440	0,0126	0,0190
0,6	0,1493	0,2217	0,0369	0,0176	0,0234
0,7	0,0996	0,1382	0,0308	0,0205	0,0271
0,8	0,0693	0,0879	0,0258	0,0245	0,0297
0,9	0,0508	0,0577	0,0213	0,0278	0,0313
1,0	0,0365	0,0394	0,0176	0,0310	0,0327
1,2	0,0211	0,0194	0,0124	0,0370	0,0334
1,5	0,0103	0,0075	0,0075	0,0440	0,0314
2,0	0,0039	0,0021	0,0036	0,0520	0,0275
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.					

الجدول رقم (٦ - ٢٣)

$\mu = 0,15$
 $\gamma = \frac{a}{b}$
 $M_{xzo} = -\mu M_{yzo}$
 $M_{yoz} = \mu M_{xoz}$



γ	w_x	w_y	M_{xz}	M_{xoz}	M_{yz}	M_{yoz}
0,3	0,1303	0,3040	-0,0167	-0,1504	0,0003	0,0015
0,4	0,0962	0,2244	0,0006	-0,1342	0,0015	0,0041
0,5	0,0788	0,1632	0,0092	-0,1158	0,0035	0,0077
0,6	0,0624	0,1194	0,0128	-0,1003	0,0063	0,0122
0,7	0,0479	0,0835	0,0145	-0,0864	0,0096	0,0162
0,8	0,0378	0,0598	0,0150	-0,0746	0,0132	0,0200
0,9	0,0297	0,0427	0,0143	-0,0655	0,0164	0,0229
1,0	0,0234	0,0306	0,0135	-0,0574	0,0197	0,0251
1,2	0,0153	0,0167	0,0107	-0,0451	0,0265	0,0288
1,5	0,0083	0,0068	0,0075	-0,0330	0,0354	0,0288
2,0	0,0035	0,0020	0,0040	-0,0212	0,0463	0,0267
V.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2
M.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2

الجدول رقم (٦ - ٢٤)

$\mu = 0,15$

$\gamma = \frac{a}{b}$

$M_{x_{0a}} = M_{x_{ba}} = \mu M_{y_{0a}}$

$M_{x_{0b}} = M_{x_{ab}} = \mu M_{y_{0b}}$

$M_{x_{aa}} = -\mu M_{aa}$

γ	w_s	w_{bs}	M_{xx}	M_{yy}	M_{yxx}	M_{yyx}	M_{yba}
0.3	0,4633	0,7528	0,0589	0,0045	0,0073	-0,0138	-0,0212
0.4	0,2015	0,2977	0,0475	0,0069	0,0099	-0,0186	-0,0227
0.5	0,1051	0,1407	0,0356	0,0090	0,0115	-0,0227	-0,0228
0.6	0,0642	0,0724	0,0261	0,0110	0,0119	-0,0262	-0,0202
0.7	0,0396	0,0391	0,0194	0,0127	0,0118	-0,0294	-0,0178
0.8	0,0258	0,0212	0,0150	0,0142	0,0113	-0,0322	-0,0155
0.9	0,0175	0,0118	0,0112	0,0155	0,0106	-0,0344	-0,0132
1.0	0,0123	0,0067	0,0087	0,0167	0,0096	-0,0365	-0,0113
1.2	0,0064	0,0027	0,0053	0,0187	0,0083	-0,0393	-0,0092
1.5	0,0028	0,0008	0,0027	0,0203	0,0064	-0,0414	-0,0070
2.0	0,0009	0,0002	0,0010	0,0209	0,0042	-0,0425	-0,0046
V. f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
M. f.							

الجدول رقم (٦ - ٢٥)

$$\mu = 0,15$$

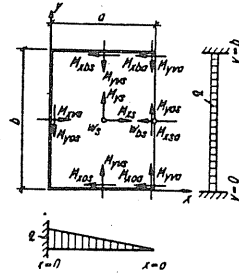
$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{x0a} \equiv M_{xbs} = \mu M_{y0s}$$

$$M_{x0a} \equiv M_{xba} = \mu M_{yua}$$

$$M_{y0s} = \mu M_{xus}$$

$$M_{xsa} = -\mu M_{yus}$$



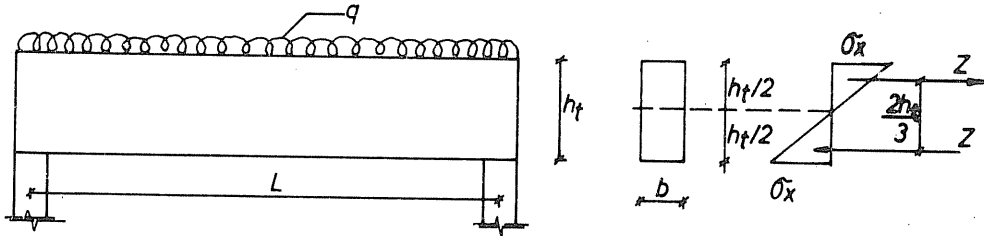
γ	w_s	w_{bs}	M_{xs}	M_{xus}	M_{ys}	M_{yas}	M_{yus}	M_{yua}
0,3	0,1158	0,2461	-0,0089	-0,1369	0,0007	0,0024	-0,0048	-0,0083
0,4	0,0733	0,1374	0,0025	-0,1147	0,0021	0,0048	-0,0079	-0,0131
0,5	0,0469	0,0825	0,0080	-0,0916	0,0038	0,0068	-0,0117	-0,0158
0,6	0,0353	0,0516	0,0114	-0,0728	0,0059	0,0083	-0,0160	-0,0166
0,7	0,0264	0,0293	0,0122	-0,0565	0,0081	0,0092	-0,0202	-0,0164
0,8	0,0192	0,0169	0,0122	-0,0453	0,0104	0,0099	-0,0241	-0,0156
0,9	0,0132	0,0102	0,0110	-0,0390	0,0119	0,0099	-0,0272	-0,0138
1,0	0,0095	0,0062	0,0091	-0,0345	0,0129	0,0095	-0,0301	-0,0119
1,2	0,0058	0,0026	0,0060	-0,0260	0,0148	0,0082	-0,0347	-0,0100
1,5	0,0027	0,0008	0,0030	-0,0182	0,0169	0,0063	-0,0382	-0,0074
2,0	0,0009	0,0002	0,0012	-0,0112	0,0191	0,0041	-0,0412	-0,0046
V.f. M.f.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2

الفصل السابع

الجدران الجدارية (الأحجية)

٧ - ١ مقدمة :

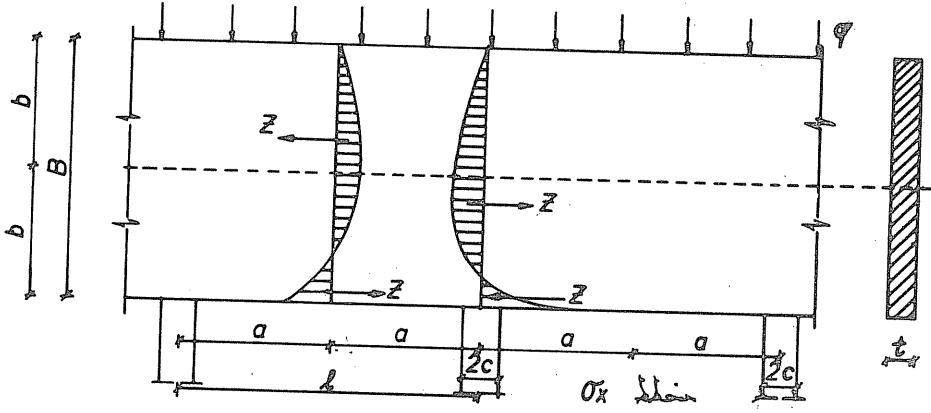
غالبا ما يصادف في الخزانات استخدام الجدران البيتونية المسلحة لنقل الحمولات المطبقة في مستواها e اضافة الى وزنها الذاتي، الى مساند على اطرافها أو الى نقاط استنادية اخرى . وقد تكون هذه الحمولات ، في غالب الاحيان ، موزعة بانتظام في طرفها العلوي أو في طرفها السفلي أو قد تكون مركزة في منتصف فتحتها ، وبالتالي يتولد في مختلف نقاطها اجهادات ناظمية ومماسية . وان كانت فرضية نافيه (Navier) الخاصة بتوزيع الاجهادات الناظمية σ_{xx} بشكل خطي مطبقة بشكل مقبول في الجسور البيتونية المسلحة ، انظر الشكل رقم (٧ - ١) فهي ليست صحيحة التطبيق عندما تكبر نسبة ارتفاع الجسر الى طوله .



الشكل رقم (٧ - ١)

وتختلف حدود تطبيق فرضية نافيه في العناصر البيتونية المسلحة من نظام الى آخر ، وتسهيلا يمكن قبولها عندما تكون نسبة $\frac{h_t}{L}$ اصغر من $\frac{1}{2}$ في الجسور المستوذة على مسندين بسيطين واصغر من $\frac{2}{5}$ في الجسور

المستمرة ، وماعدا ذلك ، فيجب العودة الى دراسة خاصة بالجيزان الجدارية لتعيين تغيرات قيم الاجهادات أو القوى الداخلية ، ويبين الشكل رقم (٧ - ٢) مخططات الاجهادات σ_x لجسر جداري مستمر في مقطعين عرضيين ، في منتصف الفتحة وعند أحد المساند .



الشكل رقم (٧ - ٢)

٧ - ٢ نظرية الجيزان الجدارية - الحالة الاجهادية المستوية في نظرية المفايح:

عندما تكون الحمولات مطبقة على محيط المفايح وتوازي مستواها الاوسط وهي موزعة بشكل منتظم على سماكة هذه المفايح ، فتكون الاجهادات فيها محققة لما يلي :

- الاجهادات σ_z و τ_{yz} و τ_{xz} معدومة .
- قيم باقي الاجهادات أي σ_x و σ_y و τ_{xy} لا تتغير على كامل سماكة المفايح أي لا تتغير وفق المحور Z العمودي على مستوى المفيحة .

أما التغيرات وفق قانون هوك فتكون في هذه الحالة هي :

$$(1 - \nu) \quad \begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{1}{E} (\sigma_x - \mu \sigma_y) & ; \\ \epsilon_y &= \frac{1}{E} (\sigma_y - \mu \sigma_x) & ; \\ \gamma_{xy} &= \frac{2(1 + \mu)}{E} \tau_{xy} & . \end{aligned}$$

ان حل نظرية المفاتيح يكون بالبحث عن مركبات الاجهادات الثلاث ومركبات التغيرات والانتقالات ، ويتم ذلك وفق الطرق العامة لحل مسائل نظرية المرونة في الحالة المستوية . ومنها البحث عن تابع الاجهادات $\psi(x, y)$ الذي يحقق التطابق في معادلات التوازن التفاضلية ، وبحيث تكون الاجهادات مساوية :

$$(2 - \nu) \quad \sigma_x = \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} \quad ; \quad \sigma_{xy} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial y}$$

وإذا بدلنا قيم الاجهادات في قيمة عامل لابلاس من الدرجة الثانية للاجهادين σ_x و σ_y والذي يساوي الصفر أي : $\nabla^2 (\sigma_x + \sigma_y) = 0$ فيكون :

$$\nabla^2 = \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} \right) = 0$$

أو تكتب :

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \right) = 0 \quad ;$$

$$(3 - \nu) \quad \frac{\partial^4 \psi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \psi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \psi}{\partial y^4} = 0 \quad \text{أو :}$$

وهي ماتعدى بالمعادلة التوافقية التفاضلية من الدرجة الرابعة وحلها يكون اعتمادا على الشروط الاولية على المحيط ويتم بالاعتماد على طرق عديدة منها طريقة الفروقات المحدودة (الشبكة) .

٧ - ٣ تعيين الاجهادات والجهود في الجيزان الجدارية :

ندرج فيما يلي جداول حساب الجيزان الجدارية ذات الفتحة الواحدة حرة الاستناد أو الموثوقة من طرفها ، وكذلك الجيزان الجدارية متعددة الفتحات باعتبارها جملا مرنة .

٧ - ٣ - ١ الجيزان الجدارية وحيدة الفتحة :

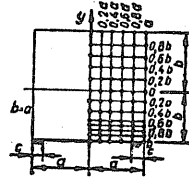
تسمح الجداول المدرجة أدناه بتعيين الاجهادات الناظرية والمماسية σ_x ، σ_y ، σ_v للجيزان الجدارية المربعة وحيدة الفتحة المستندة استنادا حرا من طرفها والمحملة بحمولة موزعة بانتظام مطبقة في أعلى أو أسفل الجدار مع الوزن الذاتي .

في هذه الجداول أخذ بعين الاعتبار ما يلي :

١ - سماكة الجدار تساوي وحدة الاطوال .

٢ - مسافة الاستناد c تساوي $c = 0,15 a$ حيث a هي نصف عرض الجدار .

٣ - الحمولة الموزعة بانتظام: $q = Q / 2 a$ حيث Q هي الحمولة الكلية على الجائر الجداري .



٤ - محصلة قوى الشد في المقطع الموجود في منتصف المجال تساوي $Z_x = 0,289 d$ حيث $d = 1,33 b$

الجدول (٧ - ٣) : جائر جداري مربع يستند استنادا حرا

حرا من الطرفين محمل بحمولة موزعة بانتظام ووزنه الذاتي .

الاجهادات σ_x الناتجة عن تحميل الجائر بحمولة احادية موزعة بانتظام ومطبقة في الطرف السفلي للجائر .

y	x						ملاحظات
	0	+0,2a	+0,4a	+0,6a	+0,8a	+1,0a	
+1,0b	-0,076	-0,067	-0,038	+0,020	+0,125	+0,278	المائل $q = \frac{Q}{2a}$ Q - الحمولة الكلية على كامل الفتحة
+0,8b	-0,075	-0,072	-0,050	+0,006	+0,120	+1,418	
+0,6b	-0,031	-0,032	-0,032	-0,007	+0,080	+0,296	
+0,4b	+0,055	+0,042	+0,009	-0,019	-0,003	+0,064	
+0,2b	+0,180	+0,148	+0,069	-0,038	-0,130	-0,174	
0	+0,340	+0,292	+0,151	-0,058	-0,285	-0,418	
-0,2b	+0,533	+0,464	+0,266	-0,074	-0,498	-0,768	
-0,4b	+0,745	+0,671	+0,472	-0,054	-0,715	-1,354	
-0,6b	+0,920	+0,870	+0,653	+0,054	-1,033	-2,120	
-0,7b	+0,980	+0,945	+0,784	+0,187	-1,235	-2,400	
-0,8b	+1,014	+0,995	+0,903	+0,449	-1,643	-2,240	
-0,9b	+1,024	+1,015	+0,976	+0,810	-2,120	-0,668	
-1,0b	+1,017	+1,009	+0,985	+0,968	-2,161	-	

تابع الجدول رقم (١٠ - ١) :
 الاجهادات σ_y الناتجة عن تحميل الجائز بحمولة احادية موزعة بانتظام ومطبقة
 في الطرف المتلقي للجائز .

y	x						ملاحظات
	0	+0,2a	+0,4a	+0,6a	+0,8a	+1,0a	
+1,0b	-1,076	-1,067	-1,038	-0,980	-0,875	-0,722	q العامل
+0,8b	-1,075	-1,072	-1,050	-0,994	-0,880	-0,582	
+0,6b	-1,031	-1,032	-1,032	-1,007	-0,920	-0,704	
+0,4b	-0,945	-0,958	-0,991	-1,019	-1,008	-0,936	
+0,2b	-0,820	-0,852	-0,931	-1,038	-1,130	-1,174	
0	-0,660	-0,708	-0,849	-1,058	-1,285	-1,418	
-0,2b	-0,467	-0,536	-0,734	-1,074	-1,498	-1,769	
-0,4b	-0,255	-0,329	-0,528	-1,054	-1,715	-2,354	
-0,6b	-0,080	-0,130	-0,347	-0,946	-2,033	-3,120	
-0,7b	-0,020	-0,055	-0,216	-0,813	-2,235	-3,400	
-0,8b	+0,014	-0,008	-0,097	-0,551	-2,643	-3,240	
-0,9b	+0,024	+0,015	-0,024	-0,190	-3,120	-1,668	
-1,0b	+0,017	+0,009	-0,015	-0,032	-3,161	--	

الاجهادات σ_y الناتجة عن حمولة احادية ممثلة للوزن الذاتي للجائز

y	x						ملاحظات
	0	+0,2a	+0,4a	+0,6a	+0,8a	+1,0a	
+1,0b	-0,076	-0,067	-0,038	-0,020	+0,125	+0,278	q العامل
+0,8b	-0,175	-0,172	-0,150	-0,094	+0,020	+0,318	
+0,6b	-0,231	-0,232	-0,232	-0,207	-0,120	+0,096	
+0,4b	-0,245	-0,258	-0,291	-0,319	-0,308	-0,236	
+0,2b	-0,220	-0,252	-0,331	-0,438	-0,530	-0,574	
0	-0,160	-0,208	-0,349	-0,558	-0,785	-0,918	
-0,2b	-0,067	-0,136	-0,334	-0,674	-1,098	-1,768	
-0,4b	+0,045	-0,029	-0,228	-0,754	-1,415	-2,054	
-0,6b	+0,120	+0,070	-0,147	-0,746	-1,833	-2,920	
-0,7b	+0,130	+0,095	-0,066	-0,663	-2,085	-3,250	
-0,8b	+0,114	+0,095	+0,003	-0,451	-2,543	-3,140	
-0,9b	+0,074	+0,065	+0,026	-0,140	-3,070	-1,618	
-1,0b	+0,017	+0,009	+0,015	-0,032	-3,161	--	

الاجهادات σ_x الناتجة عن الحمولات الثلاث السابقة

y	x						ملاحظات
	0	+0,2a	+0,4a	+0,6a	+0,8a	+1,0a	
+1,0b	-0,433	-0,403	-0,314	-0,184	-0,036	+0,100	q العامل
+0,8b	-0,236	-0,214	-0,150	-0,057	+0,049	+0,098	
+0,6b	-0,149	-0,131	-0,075	-0,001	+0,070	+0,092	
+0,4b	-0,134	-0,113	-0,068	-0,001	+0,056	+0,085	
+0,2b	-0,167	-0,149	-0,098	-0,026	+0,040	+0,078	
0	-0,212	-0,194	-0,142	-0,060	+0,030	+0,073	
-0,2b	-0,224	-0,215	-0,176	-0,092	+0,019	+0,073	
-0,4b	-0,141	-0,145	-0,161	-0,109	+0,006	+0,077	
-0,6b	+0,131	+0,088	-0,021	-0,071	+0,061	+0,086	
-0,7b	-0,369	+0,309	+0,133	+0,008	+0,130	+0,093	
-0,8b	-0,713	+0,614	+0,424	+0,080	+0,313	+0,100	
-0,9b	+1,028	+0,983	+0,840	+0,462	+0,016	+0,108	
-1,0b	+1,424	+1,427	+1,441	+1,501	-1,523	+0,117	

تابع الجدول رقم (٧-١)

الاجهادات τ_{xy} الناتجة عن الحملات الثلاث السابقة

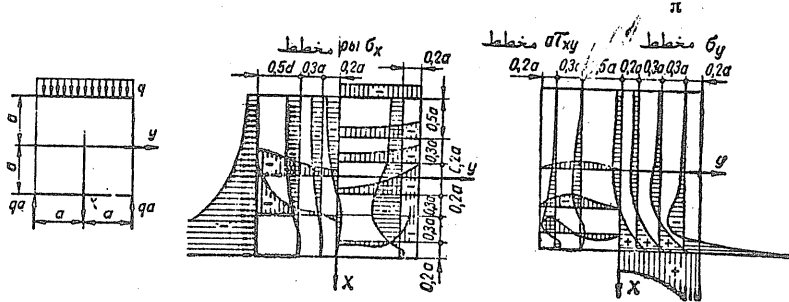
y	x					ملاحظات	
	0	+0,2a	+0,4a	+0,6a	+0,8a		+1,0a
+1,0b	0	-0,030	-0,067	-0,090	-0,104	-0,018	المامل q
+0,8b	0	+0,022	+0,035	+0,033	+0,016	+0,002	
+0,6b	0	+0,064	+0,110	+0,124	+0,088	-0,032	
+0,4b	0	+0,101	+0,174	+0,194	+0,136	-0,033	
+0,2b	0	+0,128	+0,237	+0,271	+0,184	-0,006	
0	0	+0,172	+0,304	+0,349	0,246	+0,012	
-0,2b	0	+0,201	+0,369	+0,446	+0,339	-0,004	
-0,4b	0	+0,205	+0,412	+0,546	+0,448	-0,024	
-0,5b	0	+0,155	+0,368	+0,626	+0,561	+0,014	
-0,7b	0	+0,103	+0,285	+0,623	+0,602	+0,042	
-0,8b	0	+0,048	+0,168	+0,565	+0,840	+0,012	
-0,9b	0	+0,003	+0,040	+0,355	+1,375	+0,019	
-1,0b	0	-0,014	-0,017	+0,019	+0,207	+0,023	

تسمح الجداول المدرجة أدناه بتعيين الاجهادات σ_x , σ_y , τ_{xy} للجوائز الجدارية المربعة وحيدة الفتحة والمستندة من طرفيها استنادا حرا على مساند بسيطة ومحملة بحمولة موزعة بانتظام على الطرف الملوي أو بقوة مركزة في وسط الفتحة .

• عرض الجدار يساوي وحدة الاطوال

الجدول (٧-٢) : جوائز جداري مربع وحيد الفتحة يستند على مساند بسيطة محمل بحمولة موزعة بانتظام من الاعلى .

• تضرب جميع قيم الاجهادات الواردة في الجداول بالمامل $2q/\pi$



الاجهادات	x	y				
		0,0	0,2a	0,5a	0,8a	1,0a
σ_x	-1,0a	-1,54	-1,57	-1,57	-1,58	-1,55
	-0,8a	-1,51	-1,51	-1,49	-1,65	-1,53
	-0,5a	-1,32	-1,34	-1,53	-1,77	-1,73
	-0,2a	-1,02	-1,04	-1,44	-2,06	-2,23
	0,0	-0,66	-0,80	-1,42	-2,41	-2,81
	+0,2a	-0,32	-0,39	-1,23	-2,83	-3,75
	+0,5a	+0,12	-0,26	-0,41	-3,57	-6,67
	+0,8a	+0,14	+0,17	+0,20	-1,50	-16,77
	+1,0a	0,00	+0,03	0,00	-0,06	-(0,11) ∞

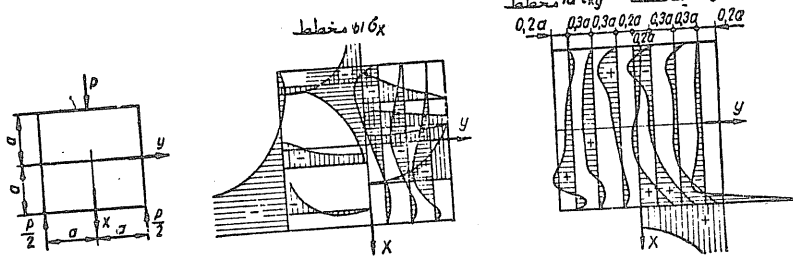
تابع الجدول رقم (٧-٢)

الاجهادات	z	y				
		0,0	0,2a	0,5a	0,8	1,0a
σ_y	-1,0a	-0,42	-0,36	-0,21	-0,06	0,00
	-0,8a	-0,35	-0,32	-0,19	-0,06	0,00
	-0,5a	-0,44	-0,41	-0,24	-0,07	0,00
	-0,2a	-0,63	-0,59	-0,38	-0,09	0,00
	0,0	-0,72	-0,70	-0,51	-0,14	0,00
	+0,2a	-0,68	-0,70	-0,64	-0,22	0,00
	+0,5a	-0,02	-0,14	-0,62	-0,59	0,00
	+0,8a	+1,85	+1,81	+1,36	-1,48	0,00
	+1,0a	+3,44	+3,41	+4,45	+10,79	∞ (0,0)
τ_{xy}	-1,0a	0,00	0,00	-0,02	-0,02	0,00
	-0,8a	0,00	-0,07	-0,13	-0,07	0,00
	-0,5a	0,00	-0,16	-0,26	-0,19	-0,01
	-0,2a	0,00	-0,26	-0,57	-0,38	0,00
	0,0	0,00	-0,35	-0,74	-0,58	0,00
	+0,2a	0,00	-0,36	-0,91	-0,88	0,00
	+0,5a	0,00	-0,18	-0,82	-1,60	-0,01
	+0,8a	0,00	+0,15	+0,33	-1,59	0,00
	+1,0a	0,00	-0,08	-0,02	+0,02	0,00

الجدول رقم (٧-٣)

جائز جداري مربع وحيد الفتحة يستند على مساند بسيطة محمل بمحمولة مركزة في وسط الفتحة .

تضرب جميع قيم الاجهادات بالمامل $P / \pi \cdot a$



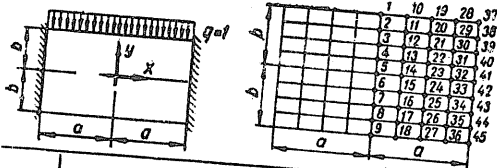
الاجهادات	z	y				
		0,0	0,2a	0,5a	0,8a	1,0a
σ_x	-1,0a	$-\infty$ (0,06)	+0,01	-0,01	0,00	-0,08
	-0,8a	-9,94	-2,49	-0,17	-0,09	+0,16
	-0,5a	-3,91	-2,93	-1,15	-0,63	+0,07
	-0,2a	-2,18	-1,98	-1,44	-1,29	-0,97
	0,0	-1,41	-1,41	-1,46	-1,89	-2,03
	+0,2a	-0,76	-0,79	-1,45	-2,54	-3,32
	+0,5a	-0,05	-0,36	-0,51	-2,82	-6,35
	+0,8a	+0,06	+0,10	+0,25	-1,47	-17,08
	+1,0a	-0,03	-0,01	+0,02	+0,02	$-\infty$ (-0,06)

تابع الجدول رقم (٧ - ٧)

الاجهادات	z	y				
		0,0	0,2a	0,5a	0,8a	1,0a
σ_y	-1,0a	+0,47 (-∞)	+0,50	+0,44	+0,11	0,00
	-0,8a	+0,38	-2,08	-0,76	-0,13	0,00
	-0,5a	+0,19	-0,24	-0,59	-0,25	0,00
	-0,2a	-0,07	-0,15	-0,21	-0,08	0,00
	0,0	-0,24	-0,22	-0,33	-0,11	0,00
	+0,2a	-0,29	-0,34	-0,46	-0,19	0,00
	+0,5a	+0,31	+0,16	-0,49	-0,85	0,00
	+0,8a	+2,09	+1,37	+1,51	-1,66	0,00
	+1,0a	+3,54	+3,66	4,82	+11,06	∞ (0,00)
τ_{xy}	-1,0a	0,00	+0,01	-0,07	+0,06	0,00
	-0,8a	0,00	-2,50	-0,46	+0,09	0,00
	-0,5a	0,00	-1,27	-1,10	-0,41	-0,01
	-0,2a	0,00	-0,76	-1,23	-0,73	0,00
	0,0	0,00	-0,70	-1,25	-0,89	0,00
	+0,2a	0,00	-0,58	-1,29	-0,89	+0,01
	+0,5a	0,00	-0,32	-1,03	-1,13	0,00
	+0,8a	0,00	+0,09	+0,21	-1,78	0,00
	+1,0a	0,00	0,00	+0,05	-1,71	0,00
				+0,07	-0,01	

يسمح الجدول (٧-٧) بتعيين الاجهادات σ_x , σ_y , τ_{xy} في الجوائز الجدارية وحيدة الفتحة الموثوقة من طرفيها والمحملة بحمولة موزعة بانتظام مطبقة على الطرف العلوي للجوائز. اعتبرت سماكة الجدار مساوية لوحدة الاطوال.

الجدول رقم (٧ - ٨)



النقطة	$\frac{a}{b} = 0,5$			$\frac{a}{b} = 1,0$			$\frac{a}{b} = 2,0$		
	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_x	σ_y	τ_{xy}
1	-0,306	-1,000	0,000	-0,602	-1,000	0,000	-1,376	-1,000	0,000
2	-0,188	-0,928	0,000	-0,323	-0,943	0,000	-0,885	-0,963	0,000
3	-0,158	-0,801	0,000	-0,197	-0,813	0,000	-0,532	-0,952	0,000
4	-0,125	-0,656	0,000	-0,132	-0,659	0,000	-0,282	-0,693	0,000
5	-0,083	-0,500	0,000	-0,083	-0,500	0,000	-0,083	-0,500	0,000
6	-0,041	-0,343	0,000	-0,034	-0,341	0,000	+0,115	-0,307	0,000
7	-0,008	-0,199	0,000	+0,031	-0,186	0,000	+0,366	-0,148	0,000
8	+0,021	-0,072	0,000	+0,157	-0,057	0,000	+0,718	-0,037	0,000
9	+0,140	0,000	0,000	+0,436	0,000	0,000	+1,210	0,000	0,000
10	-0,296	-1,000	0,000	-0,537	-1,000	0,000	-1,201	-1,000	0,000
11	-0,182	-0,930	-0,056	-0,289	-0,939	-0,105	-0,733	-0,967	-0,153
12	-0,157	-0,807	-0,068	-0,187	-0,802	-0,147	-0,422	-0,856	-0,286
13	-0,123	-0,661	-0,076	-0,131	-0,656	-0,157	-0,229	-0,694	-0,363
14	-0,083	-0,500	-0,080	-0,083	-0,500	-0,158	-0,083	-0,500	-0,389
15	-0,043	-0,339	-0,076	-0,036	-0,343	-0,157	+0,062	-0,306	-0,363
16	-0,010	-0,193	-0,068	+0,020	-0,192	-0,147	+0,261	-0,144	-0,286
17	+0,016	-0,070	-0,058	+0,122	-0,061	-0,105	+0,566	-0,033	-0,153
18	+0,129	0,000	0,000	+0,371	0,000	0,000	+1,036	0,000	0,000

تابع الجدول رقم (٧ - ٤)

النقطة	$\frac{a}{b} = 0,5$			$\frac{a}{b} = 1,0$			$\frac{a}{b} = 2,0$		
	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_x	σ_y	τ_{xy}
19	-0,216	-1,000	0,000	-0,315	-1,000	0,000	-0,598	-1,000	0,000
20	-0,167	-0,935	-0,107	-0,187	-0,928	-0,216	-0,259	-0,976	-0,304
21	-0,148	-0,827	-0,135	-0,158	-0,801	-0,290	-0,109	-0,860	-0,578
22	-0,117	-0,675	-0,157	-0,125	-0,656	-0,310	-0,071	-0,690	-0,730
23	-0,083	-0,500	-0,165	-0,083	-0,500	-0,315	-0,083	-0,500	-0,781
24	-0,049	-0,325	-0,157	-0,041	-0,343	-0,310	-0,095	-0,309	-0,730
25	-0,018	-0,173	-0,135	-0,008	-0,199	-0,290	-0,058	-0,140	-0,578
26	-0,001	-0,061	-0,107	+0,020	-0,072	-0,216	+0,092	-0,023	-0,304
27	+0,050	0,000	0,000	+0,148	0,000	0,000	+0,431	0,000	0,000
28	-0,045	-1,000	0,000	+0,115	-1,000	0,000	+0,557	-1,000	0,000
29	-0,142	-0,971	-0,141	-0,047	-0,937	0,318	+0,596	-0,957	-0,488
30	-0,129	-0,872	-0,203	-0,111	-0,846	-0,418	+0,398	-0,821	-0,882
31	-0,106	-0,702	-0,247	-0,105	-0,694	-0,471	+0,158	-0,663	-1,081
32	-0,083	-0,500	-0,260	-0,083	-0,500	-0,489	-0,083	-0,509	-1,146
33	-0,060	-0,298	-0,247	-0,061	-0,305	-0,471	-0,325	-0,337	-1,081
34	-0,037	-0,128	-0,203	-0,055	-0,153	-0,418	-0,565	-0,179	-0,882
35	-0,025	-0,028	-0,141	-0,120	-0,062	-0,318	-0,763	-0,043	-0,488
36	-0,122	0,000	0,000	-0,281	0,000	0,000	-0,723	0,000	0,000
37	+0,104	-1,000	0,000	+0,878	-1,000	0,000	+3,051	-1,000	0,000
38	-0,092	-1,091	-0,164	+0,132	-1,213	-0,328	+1,699	-0,960	-0,656
39	-0,092	-0,944	-0,281	-0,013	-1,093	-0,562	+1,012	-0,904	-1,125
40	-0,087	-0,759	-0,351	-0,023	-0,829	-0,703	+0,476	-0,704	-1,406
41	-0,083	-0,500	-0,375	-0,083	-0,500	-0,750	-0,083	-0,500	-1,500
42	-0,079	-0,241	-0,351	-0,144	-0,170	-0,703	-0,643	-0,296	-1,406
43	-0,074	-0,056	-0,281	-0,180	-0,093	-0,562	-1,179	-0,096	-1,125
44	-0,074	+0,091	-0,164	-0,298	+0,213	-0,328	-1,832	-0,037	-0,656
45	-0,027	0,000	0,000	-1,045	0,000	0,000	-3,218	0,000	0,000

يمكن استخدام الجدول السابق كذلك في حالة الحمولة الموزعة بانتظام المطبقة على الطرف السفلي للجائز وذلك بتغيير ترتيب وضع النقاط في الجائز بالنسبة للمحور x. وبتغيير اشارة الاجهادات . تعطى الاجهادات باعتبار النسب التالية لابعاد الجدار :

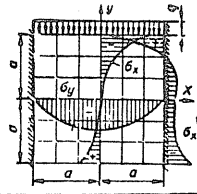
$$a / b = 0,5 \quad , \quad 1,0 \quad , \quad 2,0 .$$

حيث : a - نصف فتحة الجائز . b - نصف ارتفاعه

نورد فيما يلي جداول العالم دروكاج بالاعتماد على طريقة الشبكات في نظرية المرونة لتعيين قيم الاجهادات في نقاط الجيزان الجدارية .

وضعت الجداول (٧ - ٤) من اجل حالة الجيزان الجدارية الموثوقة من طرفين وعامل بواسون فيها يساوي ν ووزن الذاتي γ (Kg / cm³) هو وزن مسافة 1 cm² من الجائز الجداري ذو سماكة 1 cm

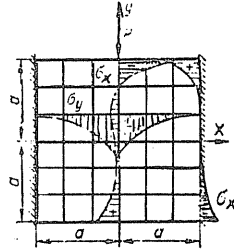
الجدول رقم (٧-٥)



جائز جداري مربع موثوق من طرفيه ومحمل بحمولة موزعة بانتظام

الاجهادات	y/a	x/a				العامل
		0	1/3	2/3	1,0	
σ_x	1,0	-0,693	-0,574	-0,122	1,084	q
	2/3	-0,209	-0,156	-0,032	-0,048	
	1/3	-0,038	-0,038	-0,068	-0,192	
	0	0,009	-0,006	-0,062	-0,160	
	-1/3	0,027	0,008	-0,044	-0,118	
	-2/3	0,077	0,043	-0,046	-0,139	
-1,0	0,261	0,176	-0,073	-0,465		
$2\tau_{xy}$	—	0,041	0,023	—	0,090	2qa
σ_y	1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	q
	2/3	-0,882	-0,883	-0,623	-0,008	
	1/3	-0,657	-0,595	-0,387	-0,032	
	0	-0,433	-0,387	-0,246	-0,027	
	-1/3	-0,240	-0,218	-0,148	-0,020	
	-2/3	-0,085	-0,082	-0,072	-0,023	
-1,0	0	0	0	0		
الاجهادات	y/a	x/a				العامل
		1/6	1/2	5/6	1,0	
τ_{xy}	+1,0	0	0	0	0	q
	5/6	0,059	0,226	0,603	1,099	
	1/2	0,112	0,350	0,586	0,574	
	1/6	0,112	0,321	0,462	0,465	
	-1/6	0,096	0,265	0,363	0,366	
	-1/2	0,077	0,213	0,290	0,288	
-5/6	0,043	0,125	0,196	0,208		

الجدول رقم (٧-٦)

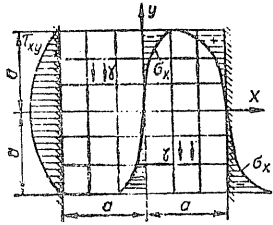


جائز جداري مربع موثوق من طرفيه ومحمل بقوة مركزة في منتصفه

الاجهادات	y/a	x/a				العامل
		0	1/3	2/3	1,0	
σ_x	1,0	-3,038	-0,390	0,654	1,511	$\frac{P}{2a}$
	2/3	0,130	-0,392	-0,138	0,074	
	1/3	0,286	-0,104	-0,238	-0,252	
	0	0,170	-0,010	-0,168	-0,249	
	-1/3	0,101	0,018	-0,101	-0,193	
	-2/3	0,147	0,073	-0,085	-0,228	
-1,0	0,441	0,287	-0,130	-0,748		

تابع الجدول رقم (٦ - ٧)

الاجهادات	y/a	x/a				المامل
		0	1/3	2/3	1,0	
Z_x	—	0,176	0,038	0,055	0,138	P
σ_y	1,0	-6,0	0	0	0	$\frac{P}{2a}$
	2/3	-3,352	-0,802	-0,093	0,012	
	1/3	-1,748	-0,828	-0,230	-0,042	
	0	-0,925	-0,697	-0,246	-0,042	
	-1/3	-0,457	-0,346	-0,187	-0,032	
	-2/3	-0,154	-0,131	-0,101	-0,038	
	-1,0	0	0	0	0	
الاجهادات	y/a	x/a				المامل
		1/6	1/2	5/6	1,0	
τ_{xy}	$\pm 1,0$	0	0	0	0	$\frac{P}{2a}$
	5/6	1,324	0,522	0,429	0,435	
	1/2	0,802	0,776	0,640	0,613	
	1/6	0,411	0,642	0,626	0,626	
	-1/6	0,234	0,485	0,544	0,549	
	-1/2	0,151	0,366	0,452	0,449	
	-5/6	0,077	0,208	0,309	0,328	

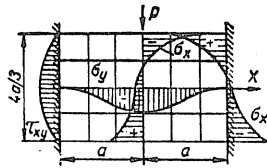


الجدول رقم (٧ - ٧)
جائز جدارى مربع موثوق من طرفيه
ومحمل بوزنه الذاتي فقط

الاجهادات	y/a	x/a				المامل
		0	1/3	2/3	1,0	
σ_x	1,0	-0,756	-0,542	0,159	1,520	γa
	2/3	-0,211	-0,131	0,073	0,284	
	1/3	-0,047	-0,028	0,011	0,049	
	0	0	0	0	0	
	-1/3	0,047	0,028	-0,011	-0,049	
	-2/3	0,211	0,131	-0,073	-0,284	
	-1,0	0,756	0,542	-0,159	-1,520	
Z_x	—	0,053	0,036	0,014	0,091	$\frac{1}{2} \gamma a^2$
σ_y	1,0	0	0	0	0	γa
	2/3	-0,119	-0,090	-0,004	0,048	
	1/3	-0,078	-0,056	0	0,008	
	0	0	0	0	0	
	-1/3	0,078	0,056	0	-0,008	
	-2/3	0,119	0,090	0,004	-0,048	
	-1,0	0	0	0	0	

تابع الجدول رقم (٧ - ٧)

الاجهادات	y/a	x/a				العامل
		1/6	1/2	5/6	1,0	
τ_{xy}	$\pm 1,0$	0	0	0	0	γa
	5/6	0,107	0,350	0,680	0,871	
	1/2	0,187	0,555	0,891	1,038	
	1/6	0,206	0,595	0,929	1,091	
	-1/6	0,206	0,595	0,929	1,091	
	-1/2	0,187	0,555	0,891	1,038	
	-5/6	0,107	0,350	0,680	0,871	



الجدول رقم (٧ - ٨)

جائز جداري نسبة بعديه 1,5/1 موثوق من طرفيه
ومحمل بقوة مركزة في منتصفه ،

الاجهادات	y/a	x/a				العامل
		0	1/3	2/3	1,0	
σ_x	2/3	-3,311	-0,564	0,742	1,955	$\frac{P}{2a}$
	1/3	0,058	-0,428	-0,091	0,189	
	0	0,308	-0,081	-0,214	-0,225	
	-1/3	0,400	0,138	-0,218	-0,463	
	-2/3	1,108	0,631	-0,370	-1,632	
Z_x	—	0,220	0,076	0,062	0,194	P
σ_y	2/3	-6,0	0	0	0	$\frac{P}{2a}$
	1/3	-3,252	-0,721	-0,046	0,032	
	0	-1,476	-0,620	-0,149	-0,037	
	-1/3	-0,477	-0,262	-0,130	-0,077	
	-2/3	0	0	0	0	
الاجهادات	y/a	x/a				العامل
		1/6	1/2	5/6	1,0	
τ_{yx}	2/3	0	0	0	0	$\frac{P}{2a}$
	1/2	1,374	0,653	0,607	0,622	
	1/6	0,888	0,990	0,881	0,852	
	-1/6	0,500	0,857	0,875	0,856	
	-1/2	0,238	0,500	0,631	0,670	
	-2/3	0	0	0	0	

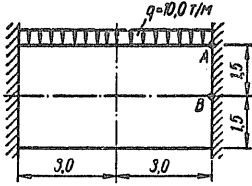
في هذه الجداول تؤخذ a مقدره بالسنتيمتر

تستخدم الجداول (٧ - ٨) أيضا في حالة تطبيق الحمولات في الطرف السفلي .

يمكن حساب قيمة الاجهاد الناظمي الاعظمي في اي نقطة من الجائز بواسطة الدستور :

$$\sigma_{\max} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4 \tau_{xy}^2}$$

حيث : σ_x - الاجهاد الناظمي الموازي للمحور x ، σ_y - الاجهاد الناظمي الموازي للمحور y .



الشكل رقم (٧ - ٣)

مثال : المطلوب تعيين الاجهادات والاجهاد الناظمي الاعظمي في النقطتين A ، B (انظر الشكل ٧-٣) اذا كانت سماكة الجدار 10 cm

الحل : من الجدول (٧-٤) النقطتان A ، B توافقان النقطتين 37 ، 41 والعمولة في وحدة السماكة تساوي

$$q' = \frac{10}{0,1} = 100 \text{ t/m}^2 \quad \alpha = \frac{3,0}{1,5} = 2$$

نجد في A أن :

$$\sigma_x = 3,051 \cdot 100 = 305 \quad ; \quad \sigma_y = - 1,00 \cdot 100 = - 100 \text{ t/m}^2$$

وفي B أن :

$$\sigma_x = - 0,083 \cdot 100 = - 8,3 \text{ t/m}^2 \quad ;$$

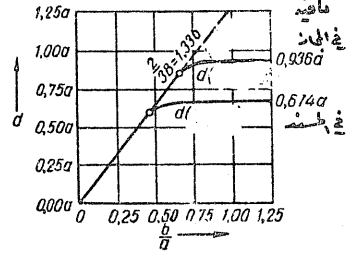
$$\sigma_y = - 0,500 \cdot 100 = - 50 \text{ t/m}^2 \quad ;$$

$$\tau_{xy} = - 1,50 \cdot 100 = - 150 \text{ t/m}^2 \quad ;$$

$$\sigma_{\max} = 122 \text{ t/m}^2 \quad . \quad \text{ والاجهاد الناظمي الاعظمي في B :}$$

٧-٣-٢ الجيزان الجدارية المستمرة

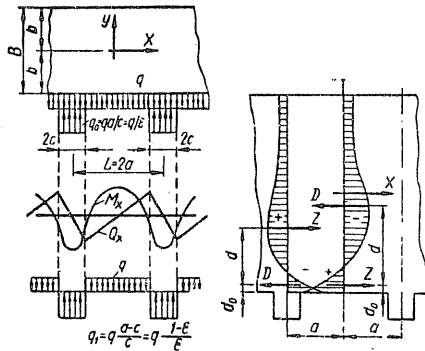
الجدول (٧-٩) تسمح بتعيين الاجهادات σ_x وعزم الانعطاف M ومحصلة الاجهادات الاناظرية الشادة Z (أي مساحة مخطط الاجهادات الشادة) ومحصلة الاجهادات الشادة ZH المبينة على نظرية (نافي) في التنخير الغطي للاجهادات الناظرية ، وتسمح هذه الجداول كذلك بتعيين المسافة d بين محصلة الاجهادات الشادة ومحصلة الاجهادات الضاغطة والمسافة d_0 (بعد المحصلة عن أسفل الجانز الجداري انظر الشكل (٧-٩)).



الشكل رقم (٧-٩)

قيمة d معطاة في سطرين بدلالة $a = 0,5 l$ وبدلالة $B = 2b$. تؤخذ سماكة الجانز مساوية لوحدة الاطوال . تسمح الجداول بتعيين القيم المذكورة أعلاه في مقطعين الاول في منتصف الفتحة والثاني عند المسند .

الجدول الاول هو لحالة تحميل الجانز الجداري المستمر بحمولة موزعة بانتظام على كامل الطول . أما الجدول الثاني فهو لحالة تحميل الجانز بحمولة جزئية متناظرة موزعة بانتظام .



الجدول رقم (٧-٩)

جانز جداري مستمر محمل بحمولة موزعة بانتظام على كامل طوله .

الاجهادات الناظرية الافقية σ_x (العامل q)

$\frac{a}{b}$	y	في الفتحة				في المسند			
		$e = \frac{c}{a}$							
		$1/8$	$1/4$	$1/10$	$1/20$	$1/2$	$1/8$	$1/10$	$1/20$
1,0	+1,00b	-0,060	-0,088	-0,092	-0,093	+0,060	+0,088	+0,092	+0,094
	+0,75b	-0,031	-0,045	-0,047	-0,049	+0,031	+0,045	+0,047	+0,049
	+0,50b	-0,042	-0,062	-0,064	-0,065	+0,042	+0,062	+0,064	+0,067
	+0,25b	-0,070	-0,088	-0,103	-0,104	+0,070	+0,108	+0,113	+0,115
	0,00	-0,115	-0,156	-0,162	-0,163	+0,115	+0,186	+0,199	+0,202
	-0,25b	-0,162	-0,194	-0,192	-0,199	+0,162	+0,295	+0,317	+0,332
	-0,50b	-0,136	-0,110	-0,106	-0,104	+0,136	+0,396	+0,476	+0,500
	-0,75b	-0,178	+0,277	+0,272	+0,292	+0,178	+0,169	+0,483	+0,620
	-1,00b	+1,001	+1,002	+1,002	+1,002	-1,001	-4,002	-9,002	-19,002
	Навые	$\pm 0,187$	$\pm 0,240$	$\pm 0,248$	$\pm 0,250$	$\pm 0,187$	$\pm 0,360$	$\pm 0,428$	$\pm 0,463$

تابع الجدول رقم (٧ - ٩)

$\frac{a}{b}$	y	في الفتحة				في المسند			
		$e = \frac{c}{a}$							
		$1/5$	$1/5$	$1/10$	$1/20$	$1/2$	$1/5$	$1/10$	$1/20$
1,5	+1,00b	-0,330	-0,470	-0,495	-0,502	+0,330	+0,496	+0,525	+0,533
	+0,75b	-0,183	-0,269	-0,286	-0,286	+0,185	+0,274	+0,287	+0,292
	+0,50b	-0,144	-0,196	-0,204	-0,206	+0,144	+0,228	+0,244	+0,247
	+0,25b	-0,147	-0,185	-0,188	-0,190	+0,147	+0,250	+0,271	+0,276
	0,00	-0,154	-0,169	-0,168	-0,168	+0,154	+0,315	+0,354	+0,363
	-0,25b	-0,122	-0,089	-0,083	-0,081	+0,122	+0,374	+0,456	+0,480
	-0,50b	+0,030	+0,127	+0,139	+0,140	-0,030	+0,385	+0,533	+0,607
	-0,75b	+0,407	+0,512	+0,523	+0,531	-0,407	-0,083	+0,156	+0,440
	-1,00b	+1,042	+1,062	+1,065	+1,066	-1,042	-4,062	-9,065	-19,066
	Навые	$\pm 0,422$	$\pm 0,540$	$\pm 0,556$	$\pm 0,563$	$\pm 0,422$	$\pm 0,810$	$\pm 0,962$	$\pm 1,041$
	2,0	+1,00b	-0,746	-1,032	-1,065	-1,070	+0,746	+1,175	+1,250
+0,75b		-0,458	-0,636	-0,658	-0,665	+0,458	+0,717	+0,760	+0,760
+0,50b		-0,304	-0,403	-0,417	-0,448	+0,304	+0,504	+0,542	+0,570
+0,25b		-0,210	-0,245	-0,249	-0,250	+0,210	+0,414	+0,463	+0,478
0,00		-0,129	-0,103	-0,095	-0,081	+0,129	+0,385	+0,464	+0,488
-0,25b		-0,001	+0,091	+0,105	+0,107	+0,001	+0,330	+0,486	+0,540
-0,50b		+0,240	+0,374	+0,382	+0,377	-0,240	+0,124	+0,394	+0,568
-0,75b		+0,647	+0,735	+0,783	+0,785	-0,647	-0,750	-0,445	+0,185
-1,00b		+1,204	+1,288	+1,313	+1,317	-1,204	-4,302	-9,317	-19,32
Навые		$\pm 0,750$	$\pm 0,960$	$\pm 0,990$	$\pm 1,000$	$\pm 0,750$	$\pm 1,440$	$\pm 1,710$	$\pm 1,850$

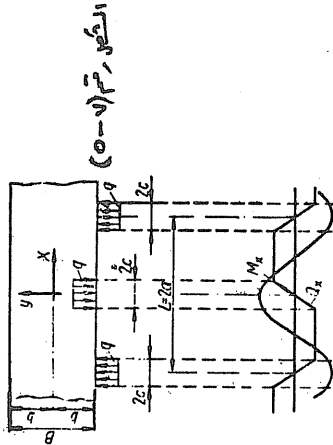
عزوم الانعطاف M محصلة الاجهادات الشادة Z والمسافتان d و d_0

$\frac{a}{b}$		في الفتحة				في المسند				العامل
		$e = \frac{c}{a}$								
		$1/5$	$1/5$	$1/10$	$1/20$	$1/2$	$1/5$	$1/10$	$1/20$	
0 ($b = \infty$)	M	0,125	0,160	0,165	0,166	0,125	0,240	0,285	0,309	$qa^2 = 0,25qL^2$
	Z_H	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	$qa = 0,5qL$
	d	0,143	0,171	0,176	0,177	0,143	0,322	0,422	0,495	$qa = 0,5qL$
	d	0,874	0,930	0,936	0,938	0,874	0,746	0,674	0,612	$a = 0,5L$
	d	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	$B = 2b$
	d_0	0,108	0,121	0,122	0,122	0,108	0,059	0,038	0,024	$a = 0,5L$
1,0	M	0,125	0,160	0,165	0,166	0,125	0,240	0,285	0,309	$qa^2 = 0,25qL^2$
	Z_H	0,094	0,120	0,124	0,125	0,094	0,180	0,214	0,232	$qa = 0,5qL$
	d	0,144	0,172	0,177	0,178	0,144	0,324	0,424	0,497	$qa = 0,5qL$
	d	0,870	0,924	0,932	0,934	0,870	0,740	0,682	0,612	$a = 0,5L$
	d	0,435	0,462	0,466	0,467	0,435	0,370	0,341	0,312	$B = 2b$
	d_0	0,109	0,121	0,123	0,124	0,109	0,059	0,036	0,021	$a = 0,5L$
1,5	M	0,125	0,160	0,165	0,166	0,125	0,240	0,285	0,309	$qa^2 = 0,25qL^2$
	Z_H	0,141	0,180	0,185	0,187	0,141	0,270	0,321	0,348	$qa = 0,5qL$
	d	0,151	0,182	0,186	0,187	0,151	0,351	0,428	0,498	$qa = 0,5qL$
	d	0,828	0,880	0,888	0,890	0,828	0,686	0,656	0,620	$a = 0,5L$
	d	0,620	0,660	0,666	0,667	0,620	0,515	0,492	0,465	$B = 2b$
	d_0	0,111	0,122	0,124	0,125	0,111	0,059	0,036	0,021	$a = 0,5L$
2,0	M	0,125	0,160	0,165	0,166	0,125	0,240	0,285	0,309	$qa^2 = 0,25qL^2$
	Z_H	0,188	0,240	0,247	0,249	0,188	0,360	0,428	0,464	$qa = 0,5qL$
	d	0,186	0,235	0,239	0,240	0,186	0,375	0,458	0,515	$qa = 0,5qL$
	d	0,674	0,682	0,690	0,692	0,674	0,640	0,622	0,600	$a = 0,5L$
	d	0,674	0,682	0,690	0,692	0,674	0,640	0,622	0,600	$B = 2b$
	d_0	0,114	0,127	0,128	0,129	0,114	0,062	0,039	0,022	$a = 0,5L$

الجدول رقم (٨٠ ص ٧)

جائز جداري مستمر محمل بحمولة جزئية موزعة بانتظام . $P = q \cdot 2c$

يعطي الجدول قيم $d_0, d, ZH, Z, M, \sigma_x$ في منتصف الفتحة . أما قيم Z, M, σ_x في المسند فتؤخذ مساوية للقيم في منتصف الفتحة ولكن بإشارة مأكسة .



y/b	$a = t$										$a = 1.5b$										$a = 2b$										العامل									
	$1/6$	$1/5$	$1/4$	$1/3$	$1/2$	$2/3$	$1/2$	$1/3$	$1/4$	$1/5$	$1/6$	$1/5$	$1/4$	$1/3$	$1/2$	$2/3$	$1/2$	$1/3$	$1/4$	$1/5$	$1/6$	$1/5$	$1/4$	$1/3$	$1/2$	$2/3$	$1/2$	$1/3$	$1/4$	$1/5$										
σ_x	+1,00	-0,660	-0,088	-0,092	-0,094	-0,330	-0,483	-0,510	-0,517	-0,746	-1,100	-1,104	-1,180	+1,00	-0,660	-0,088	-0,092	-0,094	-0,330	-0,483	-0,510	-0,517	-0,746	-1,100	-1,104	-1,180	+1,00	-0,660	-0,088	-0,092	-0,094	-0,330	-0,483	-0,510	-0,517	-0,746	-1,100	-1,104	-1,180	$\frac{P}{a}$
M	0,125	0,125	0,200	0,225	0,238	0,125	0,200	0,225	0,238	0,125	0,200	0,225	0,238	0,125	0,125	0,200	0,225	0,238	0,125	0,200	0,225	0,238	0,125	0,200	0,225	0,238	0,125	0,125	0,200	0,225	0,238	0,125	0,200	0,225	0,238	0,125	0,200	0,225	0,238	$\frac{Pa=0,5PL}{P}$
Z ^H	0,094	0,150	0,178	0,169	0,178	0,141	0,225	0,253	0,268	0,158	0,300	0,338	0,357	0,094	0,150	0,178	0,169	0,178	0,141	0,225	0,253	0,268	0,158	0,300	0,338	0,357	0,094	0,150	0,178	0,169	0,178	0,141	0,225	0,253	0,268	0,158	0,300	0,338	0,357	$\frac{P}{a=0,5L}$
Z	0,144	0,241	0,241	0,276	0,298	0,151	0,244	0,278	0,303	0,186	0,289	0,320	0,333	0,144	0,241	0,241	0,276	0,298	0,151	0,244	0,278	0,303	0,186	0,289	0,320	0,333	0,144	0,241	0,241	0,276	0,298	0,151	0,244	0,278	0,303	0,186	0,289	0,320	0,333	$\frac{P}{B=2b}$
d	0,870	0,830	0,830	0,816	0,790	0,828	0,820	0,808	0,788	0,674	0,692	0,704	0,716	0,870	0,830	0,830	0,816	0,790	0,828	0,820	0,808	0,788	0,674	0,692	0,704	0,716	0,870	0,830	0,830	0,816	0,790	0,828	0,820	0,808	0,788	0,674	0,692	0,704	0,716	$\frac{P}{a=0,5L}$
d ₀	0,435	0,415	0,415	0,408	0,395	0,420	0,415	0,406	0,391	0,314	0,326	0,340	0,350	0,435	0,415	0,415	0,408	0,395	0,420	0,415	0,406	0,391	0,314	0,326	0,340	0,350	0,435	0,415	0,415	0,408	0,395	0,420	0,415	0,406	0,391	0,314	0,326	0,340	0,350	$\frac{P}{a=0,5L}$
d ₀	0,109	0,068	0,068	0,043	0,026	0,111	0,072	0,044	0,026	0,114	0,077	0,048	0,028	0,109	0,068	0,068	0,043	0,026	0,111	0,072	0,044	0,026	0,114	0,077	0,048	0,028	0,109	0,068	0,068	0,043	0,026	0,111	0,077	0,048	0,028	0,114	0,077	0,048	0,028	$\frac{P}{a=0,5L}$

٧ - ٤ ملاحظات حول تصميم الجيزان الجدارية من البيتون المسلح :

تدل نتائج التجارب ان نظرية الجيزان الجدارية قابلة للتطبيق فسي الجيزان الجدارية من البيتون المسلح قبل تشكل التشققات الناجمة من الشد ، ولكن بعد تشكل هذه التشققات والتي تظهر بعد تطبيق حمولات التشغيل ، فان الاجهادات الحقيقية تكون اكبر من الاجهادات النظرية ، ان زراع الرافعة بين قوتي الشد والضغط تزداد عادة ، وكذلك تزداد قيم الاجهادات في التسليح المشدود عن القيم المحسوبة من نظرية المرونة . ومن جهة اخرى ان اجهادات الضغط الفعلية عند المساند هي أكبر من تلك التي تحسب بنظرية المرونة ، وقد تكون ذات قيم حرجة في الجيزان الجدارية الرقيقة نسبيا والمحملة بحمولات كبيرة . وتزداد اجهادات الضغط الناتجة عن ذلك بشكل اكبر من زيادة الحمولات .

ونتيجة لكبر عزوم عطالة الجسور الجدارية ، فان أي هبوط في مساندها يولد فيها اجهادات داخلية مرتفعة لايمكن اهمالها . من المعروف أن اجهادات الضغط في مستمف الفتحة عادة هي اجهادات صغيرة ولاحاجة لتدقيقها ، ويجب أن لاتقل سماكة هذه الجيزان عن (١٢) سم ، كما يفضل تدعيمها بروابط بيتونية مسلحة وخاصة للعناصر الرقيقة وذلك عند مساندها . يحسب تسليح الشد لمقاومة كامل قوى الشد المحسوبة من الفقرة السابقة ، أما القوى المماسية فهي ضعيفة نسبيا ولاحتجاج الى تسليح مائل أو أساور خاصة بها .

٧ - ٥ حساب تسليح الشد :

٦ - جازن جداري محمل بحمولة موزعة بانتظام شدتها q ومسنود على مسندين بسيطين :

تحسب محصلة الشد في أسفل الجازن الجداري (أي محصلة الاجهادات الشادة)

$$Z \text{ من العلاقة : } Z = \frac{M_{\max}^+}{d} \quad (٧ - ٤)$$

حيث M_{\max}^+ تساوي :

$$(٥ - \gamma) \quad M_{\max}^+ = \frac{q \cdot l^2}{8}$$

و $l = 2a$

و d - زراع المزدوجة وتساوي :

$$b < a \quad \text{في حالة} \quad d = 0,6 B = 1,2 b \quad ;$$

$$b > a \quad \text{في حالة} \quad d = 0,6 l = 1,2 a \quad .$$

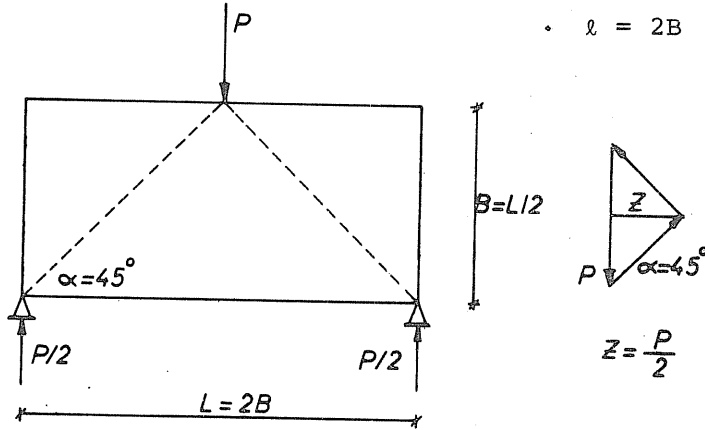
أما مساحة التسليح المشدود فتساوي : $A_s = \frac{Z}{\sigma_s}$ (٦ - ٧)

يبين الشكل رقم (٥ - ٧) تفصيلاً لتسليح جائر جداري محمل بحموليسية موزعة بانتظام مطبقة في الأعلى أو الأسفل .

ب - جائر جداري مسنود على مسندين بسيطين ومحمل بحمولة مركزة :

تحسب محصلة الشد في الطرف السفلي كما في الحالة السابقة أو بطريقة مقلع القوى، والشكل رقم (٦ - ٧) يوضح ذلك من أجل حالة جائر جداري

فيه $l = 2B$.



الشكل رقم (٦ - ٧)

$$M_{\max}^+ = \frac{Pl}{4} \quad ; \quad \text{عزم الانعطاف :}$$

$$Z = \frac{M_{\max}^+}{0,6 l} = \frac{P}{2,4} \quad . \quad \text{ذراع المزدوجة :}$$

ويتبين أن القيمتين متقاربتان وفي حالات أخرى لابعاد الجائر الجداري يفضل

اخذ القيمة الأكبر .

ج - جوائز جداري مستمر :

أعطى الجدول رقم (٧ - ١٠) قيم عزوم الانعطاف M ومحصلة الشد Z وكذلك
ذراع المزدوجة d والتغطية d_0 وذلك في منتصف الفتحة وفي محور الاستناد،
ويقال إن مساحة التسليح المشدود في أسفل وسط الفتحة أو في أعلى
المسند الوسطي تحسب من العلاقة المعروفة :

$$A_s = \frac{Z}{\sigma_s}$$

يوزع التسليح السفلي المشدود A_{s1} في وسط الفتحة على مسافة $2d_0$ من
أسفل الجدار ، أما التسليح العلوي المشدود A_{s2} فيكون نصفه مستمرا على
كامل طول الجدار ، ويبعد عن أسفل الجدار مسافة : $0,8 B \leq 0,8 \ell$
بمقدار يكون طول النصف الآخر مساويا لـ $0,6 \ell$ يوضع بشكل متناظر نسبة لمحور
الاستناد ويوزع على مسافة من أسفل الجدار محصورة بين $0,4 B \leq 0,4 \ell$
وبين التسليح العلوي المستمر أي على مسافة : $0,8 B \leq 0,8 \ell$ من أسفل
الجدار .

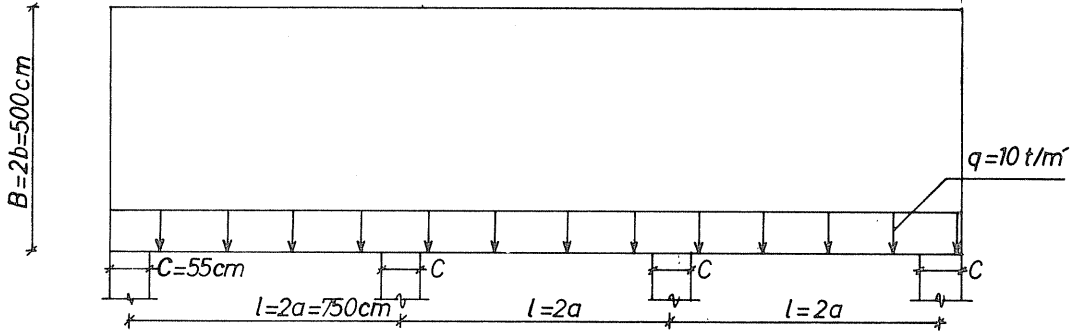
ملاحظة :

في حالة تطبيق الحمولات الموزعة بانتظام q على الطرف السفلي للجائز
الجداري البسيط أو المستمر يضاف تسليح تعليق شاقولي تحسب مساحته في المتر
الطولي الواحد A_v من العلاقة :

$$A_v = \frac{q}{\sigma_s} \cdot (\gamma - \gamma')$$

تطبيق :

جائز جداري مستمر مؤلف من ثلاث فتحات متساوية فيه $B = 5m$ و $\ell = 7,5m$
سماكته تساوي 20 cm محمل بحمولة موزعة بانتظام من الأسفل شدتها
• $q = 10 \text{ t/m}$ ، وعرض الاستناد $c = 55 \text{ cm}$



الشكل رقم (٧ - ٧)

الحل:

نجد أن : $\frac{a}{b} = \frac{l}{B} = 1,5$ وكذلك : $\epsilon = \frac{c}{a} = \frac{55}{375} = \frac{1}{15}$

ونجد من الجدول رقم (٧ - ١٠) أن :

في الفتحة	في المسند
$M_{\max}^+ = 0,1655 \cdot qa^2$;	$M_{\max}^- = 0,297 \cdot qa^2$;
$Z = 0,1865 \cdot qa$;	$Z = 0,463 \cdot qa$;
$d = 0,889 \cdot a$;	$d = 0,638 \cdot a$;
$d_o = 0,1245 \cdot a$.	$d_o = 0,028 \cdot a$.

وباعتبار أن المقاومة المميزة للبيتون $f_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ وحده

• مرونة الفولاذ $f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$ أي $\bar{\sigma}_s = 1300 \text{ Kg/cm}^2$

تكون مساحة التسليح في منتصف الفتحة :

$$A_{s1} = \frac{Z}{\bar{\sigma}_s} = \frac{0,1865 \cdot 10 \cdot 3,75}{1,3} = 5,5 \text{ cm}^2$$

توزع على مسافة من اسفل الجدار تساوي :

$$2d_o = 0,1245 \cdot a = 47 \text{ cm}$$

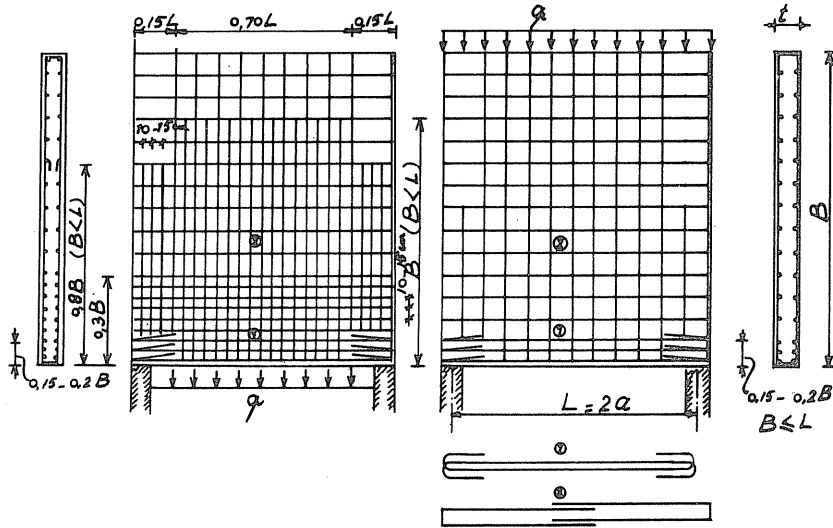
مساحة التسليح الافقي في محور الاستناد :

$$A_{s2} = \frac{0,463 \cdot 10 \cdot 3,75}{1,3} \cong 14 \text{ cm}^2$$

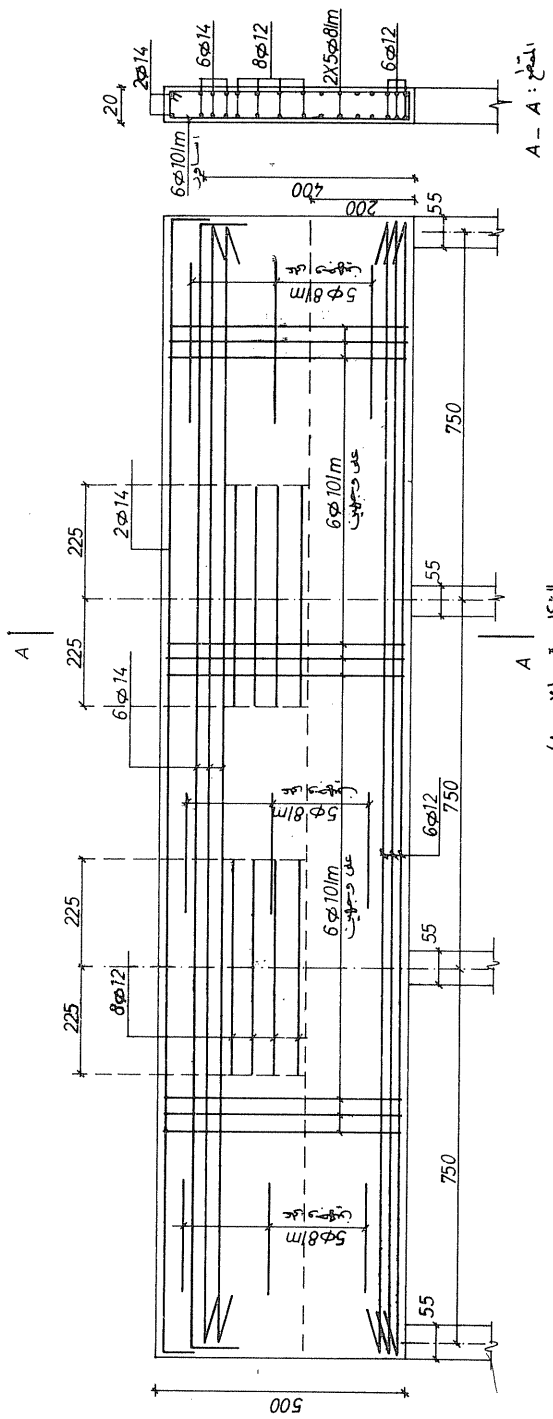
مساحة التسليح الشاقولي (تسليح التعليق) في المتر الطولي الواحد :

$$A_{sv} = \frac{q}{\sigma_s} = \frac{10}{1,3} = 8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

• يوضح الشكل رقم (٧ - ٨) تفاصيل تسليح الجداري المستمر المصمم



الشكل رقم (٧ - ٥)



المقطع : A - A

الشكل رقم (٧ - ٨)

الفصل الثامن

تصميم أرضيات الخزانات المستندة على الأرض

٨ - ١ مقدمة :

ان حساب أرضية خزان يستند على التربة مباشرة يشبه الى حد ما تصميم الحوائط العامة تحت الابنية في حالات خاصة الا أنه بعض الشيء أكثر تعقيدا وصعوبة فيما لو أريد معرفة الاجهادات المتولدة على التربة بشكل دقيق . ان هذا الامر يصعب معرفته بشكل دقيق لصعوبة تقدير تغيرات التربة نتيجة تطبيق الحمولات عليها ، وبالتالي يلجأ المصممون الى استعمال طرق تقريبية عملية في حساب أرضيات الخزانات الارضية اعتمادا على بعض الفرضيات في توزيع الاجهادات على التربة وبالتالي قيم الجهود المتولدة في هذه الأرضيات .

ان تصميم أرضيات الخزانات المستندة على الارض يتطلب حل المسائلتين

التاليتين :

- أ - دراسة توزيع الاجهادات المطبقة على التربة من أرضية الخزان وجدرائه .
- ب - تحديد الجهود المتولدة في الارضية ومن ثم ابعادها والتسليح اللازم .

٨ - ٢ توزيع الاجهادات على التربة تحت أرضية الخزان :

١ - الحمولة المطبقة : يجب حساب حمولة الخزان الأرضي الكلية وهو مليء بالماء

(السائل) وتساوي :

- الوزن الذاتي لغطاء الخزان (السقف) ان وجد مع الحمولة الحية المطبقة

عليه .

- حمولة جدران الخزان من وزنه الذاتي أو أية حمولة قد يتعرض لها .

- الوزن الذاتي للأرضية بما فيها وزن بيتون النظافة .

- وزن السائل .

٢ - اثر الوزن الذاتي للأرضية ووزن السائل :

إذا اعتبرنا :

H - ارتفاع السائل أو الماء الذي كثافته γ .

e - سماكة ارضية الخزان .

e' - سماكة طبقة بيتون النظافة .

يكون الاجهاد على التربة من هذين

الاشرين مساويا :

$$(1 - 8) \quad q_1 = \gamma \cdot H + 2,5e + 2,2e'$$

٣ - اثر حمولة جدران الخزان وغطائه ان وجد :

تختلف الجهود المطبقة على أطراف الأرضية باختلاف

نوع ارتباط الجدران مع هذه الارضية ونحفرق بيئسن

حالتين :

آ - الجدران متمفصلة بالارضية - حمولة شاقولية فقط .

ب - الجدران موشوكة بالارضية - حمولة شاقولية وعزم انعطاف .

الشكل رقم (٨ - ١)

٨ - ٣ الطريقة النظرية الاولى ، طريقة هيتيني (HETENYI) :

٨ - ٣ - ١ حالة الجدران المتمفصلة مع الارضية والمسندة على تربة قابلة

للانضغاط (مرنة) :

يبين الشكل رقم (٨ - ٢) خزاننا طويلا عرضه L ولتكن 2P الحمولة

المنقولة من جدرانها المتقابلة في المتر الطولي الواحد . توزع هذه الحمولة

على عرض متر واحد . اذا فرضنا أن K عامل رد فعل التربة وهو الاجهاد

على التربة الذي يوافق تغير هبوط واحد ، يكون رد فعل التربة σ الموافق

لتغير w وفق فينكلر (Vinkler) مساويا :

$$\sigma = -K \cdot w$$

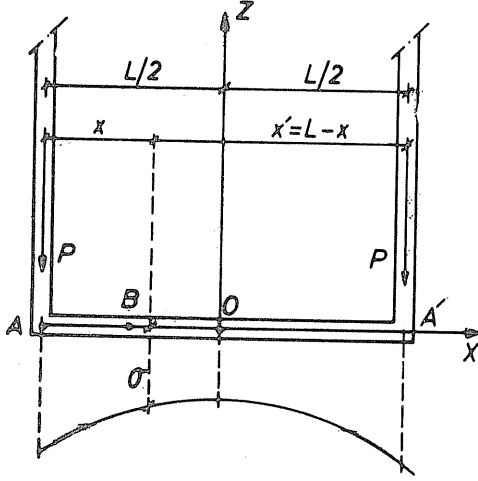
وإذا كانت p الحمولة على واحدة الطول ، تصبح المحصلة q مساوية :

$$q = p - \sigma =$$

(٢ - ٨)

$$q = p + Kw$$

العلاقة بين الحمولة q والعزم M والتغير w تكتب :



$$\frac{d^2 w}{dx^2} = \frac{M}{E \cdot I}$$

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = -q(x)$$

ومنه :

$$\frac{d^4 w}{dx^4} = + \frac{1}{E \cdot I} \cdot \frac{d^2 M}{dx^2} = -q(x) \frac{1}{E \cdot I}$$

أو :

$$\frac{d^4 w}{dx^4} = - \frac{1}{E \cdot I} (p + K \cdot w)$$

أو :

$$E \cdot I \frac{d^4 w}{dx^4} + K \cdot w + p = 0$$

نفرض أن :

$$\beta^4 = \frac{K}{4E \cdot I}$$

وبالتالي تصبح العلاقة :

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\beta^4 \cdot w + \frac{p}{E \cdot I} = 0$$

بحل المعادلة التفاضلية من الدرجة الرابعة والتي تعطى قيمة

w كما يلي :

$$w = A \cdot e^{-\beta x} \cdot \cos \beta \cdot x + B \cdot e^{-\beta x} \cdot \sin \beta \cdot x$$

باعتبار أن قيمة w متناظرة نسبة للمحور Z ، وإذا فرضنا أن :

$$\theta = e^{-\beta x} \cdot \cos \beta \cdot x ; \quad \xi = e^{-\beta x} \cdot \sin \beta \cdot x ;$$

$$\psi = e^{-\beta x} (\cos \beta \cdot x + \sin \beta \cdot x) ;$$

$$\Psi = e^{-\beta x} (\cos \beta \cdot x - \sin \beta \cdot x) .$$

$$y = A.\theta + \beta\xi \quad \text{نستنتج أن :}$$

ومنه يمكن استنتاج قيم M و V التي تساوي :

$$M = E.I \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{K}{2\beta^2} (A.\xi - \beta.\theta) \quad ;$$

$$V = E.I \frac{d^3 y}{dx^3} = \frac{K}{2\beta} (A.\psi + \beta.\varphi) \quad .$$

من الشروط الأولية وهي عندما : $X = L/2$ تصبح :

$$M = 0 \quad ; \quad V = P \quad .$$

يمكن استنتاج قيمة معادلة الانتقالات كما يلي :

$$(٥ - ٨) \quad w = \frac{2P\beta}{K} \cdot \frac{\cosh \beta x \cdot \cos \beta x' + \cosh \beta x' \cdot \cos \beta x}{\sinh \beta L + \sin \beta L}$$

ويكون التغيير في الطرفين :

$$(٦ - ٨) \quad w_A = \frac{2P\beta}{K} \cdot \frac{\cosh \beta L + \cos \beta L}{\sinh \beta L + \sin \beta L}$$

والتغير في المنتصف :

$$(٧ - ٨) \quad w_O = \frac{4P\beta}{L} \cdot \frac{\cosh \frac{\beta L}{2} \cdot \cos \frac{\beta L}{2}}{\sinh \beta L + \sin \beta L}$$

الدوران في الطرفين :

$$(٨ - ٨) \quad \theta_A = - \frac{2P\beta^2}{K} \cdot \frac{\sinh \beta L - \sin \beta L}{\sinh \beta L + \sin \beta L}$$

معادلة عزم الانعطاف :

$$(٩ - ٨) \quad M = - \frac{P}{\beta} \cdot \frac{\sinh \beta x \cdot \sin \beta x' + \sinh \beta x' \cdot \sin \beta x}{\sinh \beta L + \sin \beta L}$$

وفي المنتصف يكون :

$$(١٠ - ٨) \quad M_O = - \frac{2P}{\beta} \cdot \frac{\sinh \frac{\beta L}{2} \cdot \sin \frac{\beta L}{2}}{\sinh \beta L + \sin \beta L}$$

وتكون : $M_O = 0$ عندما $\beta L = 2\pi, 4\pi, 6\pi$ ،

القوة القاطعة المماسية تساوي :

$$(١١ - ٨) \quad V = \frac{P}{\sinh \beta L + \sin \beta L} (\sinh \beta x \cdot \cos \beta x' - \cosh \beta x \cdot \sin \beta x' + \cosh \beta x' \cdot \sin \beta x - \sinh \beta x' \cdot \cos \beta x)$$

يمكن استنتاج قيمة σ في النقاط O ، A ، B ، انظر الشكل رقم

(٢ - ٨) ، بدلالة القيمة $u = \beta \cdot L$ وفق الجدول رقم (١ - ٨) التالي :

الجدول رقم (١ - ٨)

σ_B	σ_A	σ_0	$u = \beta \cdot L$
$2,3 \frac{Q}{L}$	$2,3 \frac{Q}{L}$	$2,3 \frac{Q}{L}$	$\frac{\pi}{4}$
$\frac{1,8 Q}{L}$	$\frac{3Q}{L}$	$\frac{1,2 Q}{L}$	2
$\frac{1,2 Q}{L}$	$\frac{5,6 Q}{L}$	0	3,1

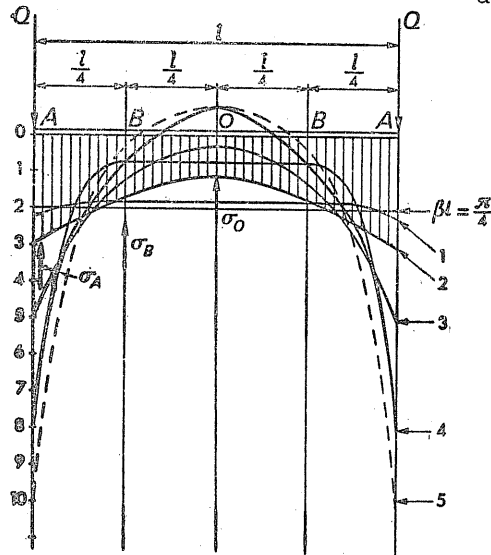
في كل الحالات التي تكون فيها $u > \frac{\pi}{4}$ نجد أن $\sigma_A > \sigma_B > \sigma_0$:

حيث :

L - عرض الخزان، وكافة القيم من أجل شريحة عرضها يساوي متر واحد .

يبين الشكل رقم (٣ - ٨) اشكال منحنيات تغير الاجهادات على التربة وفسق

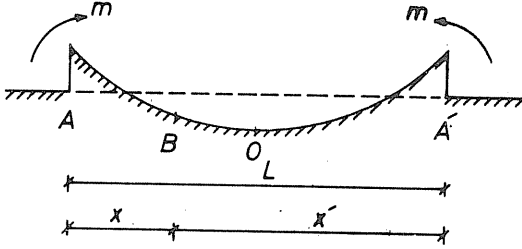
القيمة $u = \beta \cdot L$.



الشكل رقم (٣ - ٨)

٨ - ٣ - ٢ حالة الجدران الموشوقة مع الارضية (اشر عزم الوشاقه فقسسط)
والمسنودة على تربة قابلة للانضغاط (مرنة) :

درسنا في حالة سابقة أثر ضغط جدران الخزانات على قاعدتها عندئذ
تستند على تربة مرنة . أما أثر المزدوجتين على طرفي القاعدة فيعطس



الشكل رقم (٨ - ٤)

بالعلاقات التالية :

تعطى معادلة الخط المرن

من تأثير مزدوجتين m

في طرفي قاعدة تستند

على تربة مرنة بالعلاقة :

$$w = - \frac{2m\beta^2}{K} \cdot \frac{1}{\sinh \beta L + \sin \beta L} \{ \sinh \beta x \cdot \cos \beta x' - \cosh \beta x \cdot \sin \beta x' + \sinh \beta x' \cdot \cos \beta x - \cosh \beta x' \cdot \sin \beta x \}$$

والانتقال الحاصل في نهايتي الارضية يعطى بالعلاقة :

$$(١٣ - ٨) \quad w_A = - \frac{2m \cdot \beta^3}{K} \cdot \frac{\sinh \beta L - \sin \beta L}{\sinh \beta L + \sin \beta L}$$

وميل المماس للخط المرن في النهايتين يساوي :

$$(١٤ - ٨) \quad \theta_A = \theta_{A'} = \frac{4m \cdot \beta^3}{K} \cdot \frac{\cosh \beta L - \cos \beta L}{\sinh \beta L + \sin \beta L}$$

وقيمة عزم الانعطاف في المقطع الذي يبعد مسافة x من الطرف الأيسر :

$$(١٥ - ٨) \quad M = \frac{m}{\sinh \beta L + \sin \beta L} (\sinh \beta x \cdot \cos \beta x' + \cosh \beta x \cdot \sin \beta x' + \sinh \beta x' \cdot \cos \beta x + \cosh \beta x' \cdot \sin \beta x)$$

هو :

$$M_O = 2m \frac{\sinh \frac{\beta L}{2} \cdot \cos \frac{\beta L}{2} + \cosh \frac{\beta L}{2} \cdot \sin \frac{\beta L}{2}}{\sinh \beta L + \sin \beta L}$$

ويكون : $M_0 = 0$ عندما : $\sinh \frac{\beta L}{2} \cdot \cos \frac{\beta L}{2} = -\sin \frac{\beta L}{2} \cdot \cosh \frac{\beta L}{2}$

أي عندما : $\beta L \cdot \frac{3}{2} \pi , \frac{7}{2} \pi , \frac{11}{2} \pi , \dots$

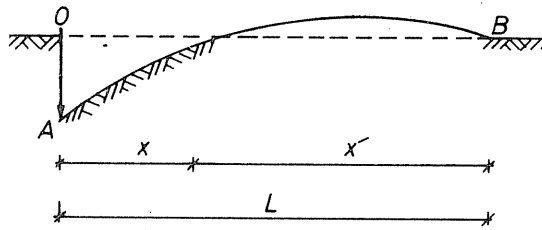
أما القوة القاطعة فتساوي :

$$(17 - \lambda) \quad V = 2m \cdot \beta \frac{\sinh \beta x \cdot \sin \beta x' - \sinh \beta x' \cdot \sin \beta x}{\sinh \beta L + \sin \beta L}$$

٨ - ٣ - ٣ حالة جدار متمفصل من طرف واحد فقط مع الأرضية المسنودة على

تربة قابلة للانضغاط (مرنة) :

تعطى معادلة الخط المرن بالعلاقة :



الشكل رقم (٨ - ٥)

$$(18 - \lambda) \quad w = \frac{2Q\beta}{K} \cdot \frac{\sinh \beta L \cdot \cos \beta x \cdot \cosh \beta x' - \sin \beta L \cdot \cosh \beta x \cdot \cos \beta x'}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L}$$

والانتقال في الطرف A يساوي :

$$(19 - \lambda) \quad w_A = \frac{2Q\beta}{K} \cdot \frac{\sinh \beta L \cdot \cosh \beta L - \sin \beta L \cdot \cos \beta L}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L}$$

والانتقال في الطرف B يساوي :

$$(20 - \lambda) \quad w_B = \frac{2Q\beta}{K} \cdot \frac{\sinh \beta L \cdot \cos \beta L - \sin \beta L \cdot \cosh \beta L}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L}$$

تصبح $y_B = 0$ عندما : $\beta L = \frac{5\pi}{4} , \frac{9\pi}{4} , \dots$

وميل المماس في الطرف A يساوي :

$$(21 - \lambda) \quad \theta_A = \frac{-2Q\beta^2}{K} \cdot \frac{\sinh^2 \beta L + \sin^2 \beta L}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L}$$

$$(٢٢ - \lambda) \quad \theta_B = -\frac{4Q\beta^2}{K} \cdot \frac{\sinh \beta L \cdot \sin \beta L}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L} \quad \text{وفي الطرف B}$$

وتكون $\theta_B = 0$ عندما $\beta L = \pi, 2\pi, 3\pi, 4\pi, \dots$

وعزم الانعطاف :

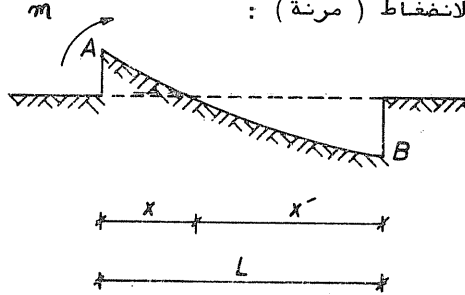
$$(٢٣ - \lambda) \quad M = -\frac{Q}{\beta} \cdot \frac{\sinh \beta L \cdot \sin \beta x \cdot \sinh \beta x' - \sin \beta L \cdot \sinh \beta x \cdot \sin \beta x'}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L}$$

القوة القاطعة :

$$(٢٤ - \lambda) \quad V = -Q \frac{1}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L} [\sinh \beta L (\cos \beta x \cdot \sin \beta x' - \sin \beta x \cdot \cosh \beta x') - \sin \beta L (\cosh \beta x \cdot \sin \beta x' - \sinh \beta x \cdot \cos \beta x')]$$

٨ - ٣ - ٤ حالة تأثير عزم انعطاف في طرف واحد من الارضية المسنودة على

تربة قابلة للانضغاط (مرنة) :



الشكل رقم (٨ - ٦)

معادلة الخط المرن :

$$(٢٥ - \lambda) \quad w = \frac{2m \cdot \beta^2}{K} \cdot \frac{1}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L} [\sinh \beta L (\cos \beta x' \cdot \sin \beta x - \sinh \beta x' \cdot \cos \beta x) + \sin \beta L \cdot (\sinh \beta x \cdot \cos \beta x' - \cosh \beta x \cdot \sin \beta x')]$$

$$(٢٦ - \lambda) \quad w_A = \frac{2m \cdot \beta^2}{K} \cdot \frac{\sinh^2 \beta L + \sin^2 \beta L}{\sinh^2 \beta L + \sin^2 \beta L} \quad \text{والانتقال في A}$$

$$(٢٧ - \lambda) \quad w_B = \frac{4m \cdot \beta^2}{K} \cdot \frac{\sinh \beta L \cdot \sin \beta L}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L} \quad \text{وفي B}$$

ويكون $w_B = 0$ حينما $L = \pi, 2\pi, 3\pi, \dots$

ويكون ميل المماس مساويا :

$$(٢٨ - \lambda) \quad \theta_A = \frac{4m \cdot \beta^3}{K} \cdot \frac{\sinh \beta L \cdot \cosh \beta L + \sin \beta L \cdot \cos \beta L}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L}$$

$$(29 - 8) \quad \Theta_B = \frac{4m \cdot \beta^2}{K} \cdot \frac{\sinh \beta L \cdot \cos \beta L + \sin \beta L \cdot \cosh \beta L}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L}$$

$\beta L = \frac{3}{4} \pi, \frac{7}{4} \pi, \dots$: عندما $\Theta_B = 0$ و

معادلة عزم الانعطاف :

$$(30 - 8) \quad M = \frac{m}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L} \left[\sinh \beta L (\sinh \beta x' \cdot \cos \beta x + \cosh \beta x' \cdot \cosh \beta x) - \sin \beta L (\sinh \beta x \cdot \cos \beta x' + \cosh \beta x \cdot \sin \beta x') \right]$$

والقوة القاطعة :

$$(31 - 8) \quad V = 2m \cdot \beta \frac{\sinh \beta L \cdot \sinh \beta x' + \sin \beta L \cdot \sinh \beta x \cdot \sin \beta x'}{\sinh^2 \beta L - \sin^2 \beta L}$$

ملاحظة :

مر سابقا أن رد فعل التربة σ يتناسب وعامل رد فعل التربة K الذي

يساوي : $K = K_0 \cdot b$ أي تصبح σ مساوية الى :

$$\sigma = K_0 \cdot b \cdot w$$

باعتبار : w - الهبوط في التربة .

b - عرض الشريحة المسنودة على التربة المرنة ويؤخذ فسي

معظم الحالات مساويا للواحد .

K_0 - عامل تربة الاساس (Foundation Modulus)

ويعطي الجدول التالي القيم التقريبية والعملية لهذا العامل :

K_0	Kg/cm^3	نوع التربة
0,5 ~ 1		ردم ترابي مرصوص .
1 ~ 2		طبقة من الرمل والبحص .
2 ~ 3		تربة غضارية مرطبة بالماء .
4 ~ 5		غضار مرطب بشكل كثيف .
6 ~ 8		غضار جاف متوسط المقاومة .
10		غضار جاف قاسي .
8 ~ 10		رمل خشن مع بحص بنسبة قليلة .

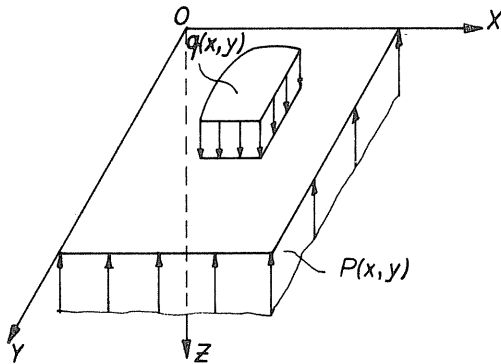
تابع الجدول

8 ~ 10	• بحص ناعم مع رمل بنسبة قليلة
10 ~ 12	• بحص متوسط مع رمل شاعم
12 ~ 15	• بحص متوسط مع رمل خشن
15 ~ 20	• بحص خشن مع رمل خشن

٨ - ٤ الطريقة النظرية الثانية ، طريقة سيمبوليدي (SIMBOLIDY) :

٨ - ٤ - ١ شرح موجز لمبدأ الطريقة :

ان علاقة فينكلر (Vinkler) التي تعطي قيمة ردالفعل (التربة) نسبة للانتقال w تعتبر ذات انتشار واسع لسهولة تطبيقها ، الا أنها قد لاتعطي نتائج صحيحة أو مقبولة في بعض الحالات ، لذلك نورد فيما يلي ملخص طريقة سيمبوليدي في دراسة الجهود والاجهادات في الاساسات المستندة على الترب المرنة والتي تعتمد على نظرية المرونة الخاصة بدراسة الصفائح المستطيلة المستندة على وسط مرن نصف مستمر . الشكل رقم (٨ - ٧) يوضح صفيحة مستطيلة مرنة تستند على وسط مرن وعلى كامل مساحتها ومحملة



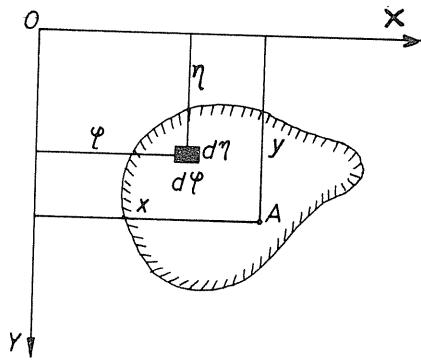
بحمولة متغيرة شدتها $q(x,y)$ ، ان رد فعل التربة يؤثر باتجاهه الاعلى وتتغير شدته وفق الاحداثيين x ، y ويساوي : $P(x,y)$ ان المعادلة التفاضلية للتغيرات العمودية على مستوى الصفيحة تعطى بالعلاقة التالية :

$$D\nabla^4 w = q(x,y) - P(x,y) \quad (a)$$

الشكل رقم (٨ - ٧)

وقيمة الانتقال الشاقولي لسطح الوسط المرن نصف المستمر تعطى بالعلاقة :

$$w(x,y) = \frac{1 - \mu_0}{\pi E_0} \iiint_F \frac{P(\xi - \eta) \cdot d\xi \cdot d\eta}{\sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}} \quad (b)$$



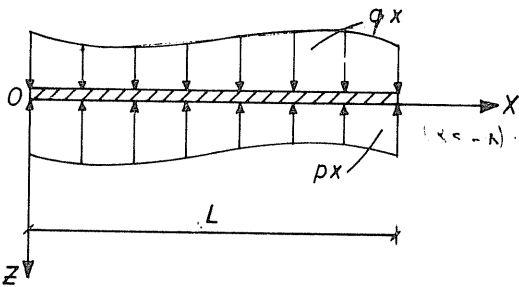
الشكل رقم (٨ - ٨)

حيث :

- η و ξ - إحداثيات مركز ثقل المساحة
- العنصرية الجزئية المحملة
- في المستوي $d\eta$ ، $d\xi$
- x ، y انظر الشكل رقم
- (٨ - ٨)
- x ، y - إحداثيات النقطة A التي
- يعين فيها الانتقال w

- E_0 ، μ_0 - عامل المرونة وعامل بواسون للوسط المرن
- F - المساحة المحملة من الصفيحة

ان إيجاد تابع التغيرات (الانتقالات) $w_{x,y}$ يتم بحل جملة المعادلتين (a) و (b) وذلك بالاستعانة بالشروط الأولية على المحيط . بمعرفة تابع التغيرات ، يمكن استنتاج قيم التغيرات النسبية ϵ_x ، ϵ_y ، γ_{xy} من العلاقات رقم (٧ - ١) وكذلك يمكن تحديد قيم الاجهادات σ_x ، σ_y ، τ_{xy} ، τ_{xz} ، τ_{yz} من العلاقات رقم (٧ - ٢) . فسياسات الاساس المستمرة أو التي لاتتغير الحمولات والجهود والاجهادات الا وفق محور واحد وليكن هو المحور x ، ففي هذه الحالة الخاصة ، اذا كان طول الاساس وفق المحور x هو L ، حيث تتغير كل من q و P وفق هذا المحور ، واذا كان عرض الصفيحة يساوي الواحد ، انظر الشكل رقم (٨ - ٩) ، فسيان



الشكل رقم (٩ - ٨)

المعادلة التفاضلية للتغيرات في

هذه الحالة تكتب بالشكل التالي:

$$EI = \frac{\partial^4 w}{\partial x^2} = q(x) - P(x) \quad \dots (٨ - ٩)$$

أما العلاقة بين رد الفعل $P(x)$

والانتقال $w(x)$ فتكتب :

$$w(x) = \frac{1 - \mu_0}{\pi E_0} \int_0^L \frac{P(\xi) \cdot d\xi}{x - \xi} \quad \dots (٨ - ٩)$$

حيث :

- μ_0 - عامل بواسون للتربة .
- E_0 - عامل مرونة التربة .

أعطى سيمبوليدي شدة رد فعل الوسط المرن على العنصر بالعلاقة التالية :

$$(٣٤ - ٨) \quad P_x = a_0 + \frac{2a_1}{L} \left(x - \frac{L}{2}\right) + \frac{4a_2}{L^2} \left(x - \frac{L}{2}\right)^2 + \frac{8a_3}{L^3} \left(x - \frac{L}{2}\right)^3 .$$

حيث :

L - طول العنصر .

a_3, a_2, a_1, a_0 - قيسم متغيرة وتتعلق بصلاية العنصر ، طوله ، عامل تشوه

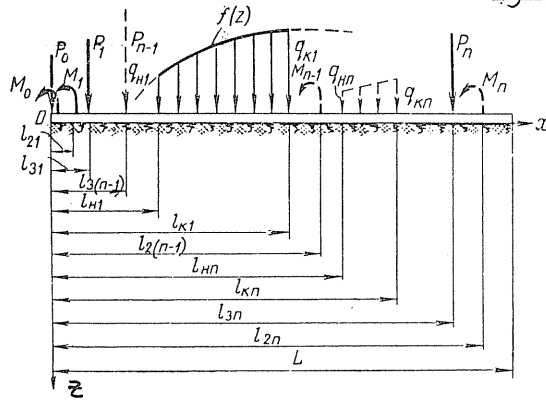
الوسط المرن (عامل يونغ للتربة) ، نوع وشكل الحمولات .

تدل الدراسات والتجارب الخاصة بالاساسات على الترب المرنة أن رد فعل

التربة على الاساسات لايتوزع بشكل منتظم في معظم الحالات وانما توزعه

يتعلق بشكل ونوع الحمولات على الاساس ، وبصلاية وطول العنصر وكذلك الامر

بمواصفات ونوع التربة .



الشكل رقم (٨ - ١٠)

ومن أجل مختلف أنواع التحميل على العنصر نعتبر :

$$(٢٥ - ٨) \quad q_x = \sum \int_{\ell_{Hi}}^{\ell_{Ki}} f(Z) + \sum \int_{\ell_{2i}}^{\ell_{2i}} M_i + \sum \int_{\ell_{3i}}^{\ell_{3i}} P_i$$

حيث : انظر الشكل رقم (٨ - ١٠)

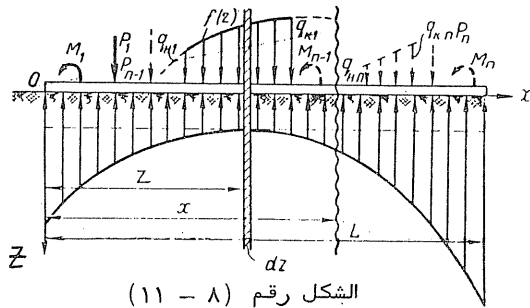
- $f(Z)$ - حمولة موزعة بشكل ما على العنصر .
- M_i - عزم انعطاف .
- P_i - حمولة مركزة .
- $\int_{\ell_{Hi}}^{\ell_{Ki}}$ - قاطع ذو اتجاهين .
- $\int_{\ell_{3i}}^{\ell_{3i}}$ - قاطع فجائي من الدرجة الاولى .
- $\int_{\ell_{2i}}^{\ell_{2i}}$ - = = = = الثانية .
- ℓ_{Hi} - المسافة بين بدء الحمولة الموزعة والطرف الايسر للعنصر .
- ℓ_{Ki} - المسافة بين نهاية الحمولة الموزعة والطرف الايسر للعنصر .
- ℓ_{2i} - المسافة بين نقطة تطبيق العزم M_i والطرف الايسر للعنصر .
- ℓ_{3i} - المسافة بين نقطة تطبيق القوة المركزة P_i والطرف الايسر للعنصر .

اذا بدلنا قيمتي q_x و P_x من العلاقتين (٢٤ - ٨) و (٢٥ - ٨)

في العلاقة (٢٢ - ٨) نحصل على :

$$(٢٦ - ٨) \quad EI \frac{d^2 w}{dx^2} = -a_0 - \frac{2a_1}{L} \left(x - \frac{L}{2}\right) - \frac{4a_2}{L^2} \left(x - \frac{L}{2}\right)^2 - \frac{8a_3}{L^3} \left(x - \frac{L}{2}\right)^3 + \sum \int_{\ell_{Hi}}^{\ell_{Ki}} f_{(z)} + \sum \int_{\ell_{2i}}^{\ell_{2i}} M_i + \sum \int_{\ell_{3i}}^{\ell_{3i}} P_i$$

بعد التكامل اربع مرات ، يمكن الحصول على :



الشكل رقم (٨ - ١١)

$$EIw = -\frac{a_0 x^4}{4!} - \frac{2a_1}{L} \frac{(x - \frac{L}{2})^5}{5!} - \frac{8a_2}{L^2} \frac{(x - \frac{L}{2})^6}{6!} - \frac{48a_3}{L^3} \frac{(x - \frac{L}{2})^7}{7!} + \sum \int_{\ell_{Hi}}^{\ell_{Ki}} \int_{\ell_{Hi}}^x f(Z) \frac{(x-Z)^3}{3!} dZ - \sum \int_{\ell_{Ki}}^{\ell_{Ki}} \int_{\ell_{Ki}}^x f(Z) \frac{(x-Z)^3}{3!} dZ +$$

$$+ \sum_{l_{2i}} \Gamma \cdot M_i \frac{(x - l_{2i})^2}{2!} + \sum_{l_{3i}} \Gamma \cdot P_i \frac{(x - l_{3i})^3}{3!} + D_3 \frac{x^3}{3!} +$$

(٣٧ - ٨)

$$+ D_2 \frac{x^2}{2!} + D_1 x + D_0 ;$$

تعتبر المعادلة (٣٧ - ٨) عن الخط الاوسط للعنصر المرن ، وتدخل ضمنها

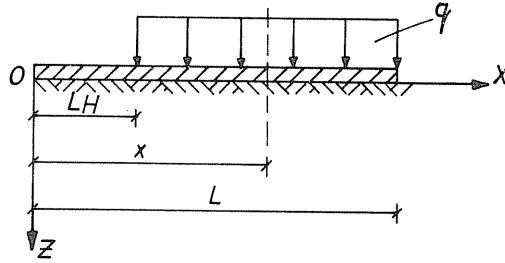
ثمانية ثوابت هي القيم : a_3 , a_2 , a_1 , a_0

وثوابت التكامل D_3 , D_2 , D_1 , D_0 . ولتعيينها يجب حل

مجموعة ثمانية معادلات تحدد من الشروط الأولية .

٨ - ٤ - ٢ حالات خاصة :

١ - حالة حمولة جزئية موزعة بانتظام : الشكل رقم (٨ - ١٢) .



الشكل رقم (٨ - ١٢)

تحدد القيم المتغيرة كما يلي :

$$a_0 = \frac{(8252 - 34\alpha) \left(1 - \frac{LH}{L}\right) q - 13440 B\alpha}{13440 + 29\alpha} ;$$

$$\frac{a_1}{3} = \frac{(1280 - \alpha) \frac{LH}{L} \left(1 - \frac{LH}{L}\right) q - 8Nq}{2048 + \alpha} ;$$

$$\frac{a_2}{3} = \frac{(5188 + 63\alpha) \left(1 - \frac{LH}{L}\right) q + 13440 B\alpha}{13440 + 29\alpha} ;$$

$$\frac{a_3}{10} = \frac{(384 + \alpha) \frac{L_H}{L} (1 - \frac{L_H}{L}) q + 4N\alpha}{2084 + \alpha}$$

يحدد رد فعل التربة P_x من العلاقة (٣٤ - ٨) السابقة باعتبار أن :

$$B = \frac{q}{120 L^5} (L - L_H)^5 - \frac{q(L - L_H)^2}{96 L^2} - W$$

$$W = \frac{q}{L^4} \cdot \frac{(\frac{L}{2} - L_H)^4}{24}$$

$$N = \frac{q}{L} (\frac{L}{2} - L_H) - \frac{q}{2L^2} (L - L_H)^2$$

$$\alpha = \frac{1 - \mu^2}{1 - \mu_0^2} \cdot \frac{\pi E_0 b L^3}{EI} \approx \frac{\pi E_0 b L^3}{EI}$$

حيث :

μ - عامل بواسون للعنصر .

b - عرضه .

E - عامل مرونته .

I - عزم عطالة مقطعه العرضي الثابت .

بمعرفة الثوابت الأربعة الأولى ، يمكن تحديد رد فعل التربة $P(x)$ من العلاقة

رقم (٣٤ - ٨) .

تعطى قيم القوى القاطعة من العلاقة :

$$V = \left[\frac{a_0}{2} (2x - L) - \frac{L}{120} (10a_1 + 3a_3) + \frac{q}{2L} (L - L_H)^2 \right] +$$

$$+ \frac{2a_1}{L} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^2}{2!} + \frac{8a_2}{L^2} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^3}{3!} + \frac{48a_3}{L^3} \cdot$$

$$\frac{(x - \frac{L}{2})^4}{4!} - \int_{L_H}^x q \cdot \frac{(x - L_H)^2}{2!} dx$$

وعزم الانعطاف يعطى بالعلاقة :

$$M = \frac{L^2}{240} (10a_1 - 5a_2 + 3a_3) + \left[-\frac{a_0}{2} (x - L) - \frac{L}{120} (10a_1 + 3a_3) + \frac{q}{2L} (L - L_H)^2 \right] x + \frac{2a_1}{L} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^3}{3!} + \frac{8a_2}{L^2} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^4}{4!} + \frac{48a_3}{L^3} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^5}{5!} - \int_{L_H}^x q \frac{(x - L_H)^2}{2!} \dots$$

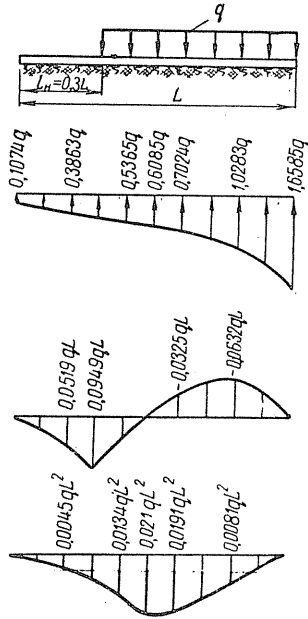
تطبيق :

عنصر طوله L عرضه $b = 1$ محمل بحمولة موزعة بانتظام على

طرفه اليمين ، يستند على تربة مرنة . ارسم مخططات P_x ، V ، M اذا

كانت : $\alpha = 240$ ، $L_H = 0,3L$

نحسب الثوابت :



$$W = \frac{q}{L^4} \cdot \frac{(-\frac{1}{2} - 0,3L)^4}{24} = \frac{q}{15000} ;$$

$$B = 382,84 \frac{q}{10^5} ;$$

$$N = - \frac{9}{200} q .$$

نعوض فنحصل على :

$$a_0 = 0,6085 q ;$$

$$a_1 = 0,3996 q ;$$

$$a_2 = 0,2745 q ;$$

$$a_3 = 0,376 q .$$

نعوض في معادلة P_x فنحصل على :

$$P_x = 0,6085q + \frac{2 \cdot 0,3996}{L} (x - 0,5L) + \frac{4 \cdot 0,2745}{L^2} (x - 0,5L)^2 + \frac{8 \cdot 0,376}{L^3} (x - 0,5L)^3 .$$

$$P_x = 0,1074 q \leftarrow x = 0 \quad \text{ونجد من أجل :}$$

$$P_x = 0,3863 q \leftarrow x = 0,2L$$

$$P_x = 0,5365 q \leftarrow x = 0,4L$$

• وهكذا ، انظر الشكل رقم (٨ - ١٣)

أما V فتساوي :

$$V = -0,1019qL + 0,6085qx - \int_{L_H} q(x-0,3L) + \frac{0,3996}{L}(x-0,5L)^2 + \\ + 0,366(x-0,5L)^3 + 0,752(x-0,5L)^4 .$$

$$Q = 0 \quad \leftarrow x = 0$$

$$Q = 0,0519 qL \quad \leftarrow x = 0,2L$$

$$Q = 0,0949 qL \quad \leftarrow x = 0,3L$$

وهكذا ،

عزم الانعطاف :

$$M = 0,0156qL^2 - 0,1019 qLx + 0,3042 qx^2 + \int_{L_H} \frac{q}{2}(x-0,3L)^2 + \\ + \frac{0,1332}{L}q(x-0,5L)^3 + \frac{0,0915}{L^2}q(x-0,5L)^4 + \\ + \frac{0,1504}{L^3}q(x-0,5L)^5 .$$

$$M = 0 \quad \leftarrow x = 0$$

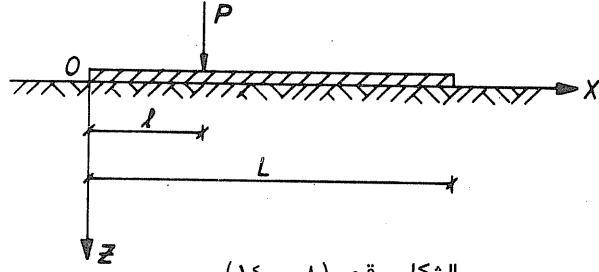
$$M = 0,0045 qL^2 \quad \leftarrow x = 0,2L$$

$$M = 0,021 qL^2 \quad \leftarrow x = 0,5L$$

$$M = 0,0081 qL^2 \quad \leftarrow x = 0,8L$$

• وهكذا ، انظر المخطط على الشكل رقم (٨ - ١٣)

٢ - حالة حمولة مركزة : انظر الشكل رقم (٨ - ١٤) .



الشكل رقم (٨ - ١٤)

$$\alpha = \frac{1 - \mu}{1 - \mu_0} \cdot \frac{\pi E_0 \cdot b \cdot L^3}{EI} \quad ; \quad \text{وباعتبار}$$

تحسب الثوابت كالتالي :

$$a_0 = \frac{(8252 - 34\alpha) \frac{P}{L} - 13440 B\alpha}{13440 + 29\alpha} \quad ;$$

$$a_{1/3} = \frac{(2l - L) (1280 - \alpha) \frac{P}{L^2} - 8N\alpha}{2048 + \alpha} \quad ;$$

$$a_{2/3} = \frac{(5188 - 63\alpha) \frac{P}{L} + 13440 B\alpha}{13440 + 29\alpha} \quad ;$$

$$a_{3/10} = \frac{(2l - L) (384 + \alpha) \frac{P}{L^2} + 4N\alpha}{2048 + \alpha} \quad .$$

باعتبار أن :

$$B = \frac{P(L - l)^4}{24L^5} - \frac{P(L - l)}{48L^2} - \int_0^{L/2} \frac{P(\frac{L}{2} - l)^3}{6L^4} \quad ;$$

$$N = \frac{1}{L^2} \left[L \int_0^{L/2} P - P(L - l) \right] \quad .$$

رد فعل التربة P_x يحدد من العلاقة (٨ - ٣٤) .

القوة القاطعة وعزم الانعطاف :

$$V = \left[\frac{a_0}{2} (2x - L) - \frac{L}{120} (10a_1 + 3a_3) + \frac{P(L - \ell)}{L} \right] + \frac{2a_1}{L} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^2}{2!} + \frac{8a_2}{L^2} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^3}{3!} + \frac{48a_3}{L^3} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^4}{4!} - \int_{\ell} P.$$

$$M = \frac{L^2}{240} (10a_1 - 5a_2 + 3a_3) + \left[\frac{a_0}{2} (x - L) - \frac{L}{120} (10a_1 + 3a_3) + \frac{P(L - \ell)}{L} \right] x + \frac{2a_1}{L} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^3}{3!} + \frac{8a_2}{L^2} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^4}{4!} + \frac{48a_3}{L^3} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^5}{5!} - \int_{\ell} P(x - \ell).$$

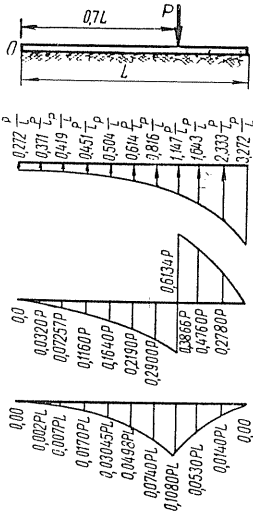
تطبيق :

عنصر طوله L عرضه $b = 1$ m يستند على تربة مرنة محمل بحمولة مركزة شدتها P مطبقة على مسافة $\ell = 0,7L$. اوجد مخططات P_x ، V ، M ، اذا كانت $\alpha = 0$.

نحسب :

$$P = \frac{P(L - \ell)^4}{24L^5} - \frac{P(L - \ell)}{48L^2} - \frac{P(\frac{L}{2} - \ell)^3}{6L^4} = 0,00591 \frac{P}{L} .$$

$$N = \frac{L \int_0^{L/2} P - P(L - \ell)}{L^2} = - \frac{P(L - 0,7L)}{L^2} = -0,3 \frac{P}{L} .$$



ومنه بالتعويض في القيم التالية نحصل :

$$P \quad a_0 = 0,6140 \frac{P}{L} ;$$

$$V \quad a_1 = 0,75 \frac{P}{L} ;$$

$$a_2 = 1,158 \frac{P}{L} ;$$

$$M \quad a_3 = 0,75 \frac{P}{L} .$$

الشكل رقم (٨ - ١٥)

ومنه يكون :

$$P_x = \left[0,614 + 1,5 \frac{(x - \frac{L}{2})}{L} + 4,632 \frac{(x - \frac{L}{2})^2}{L^2} + 6 \frac{(x - \frac{L}{2})^3}{L^3} \right] \frac{P}{L} .$$

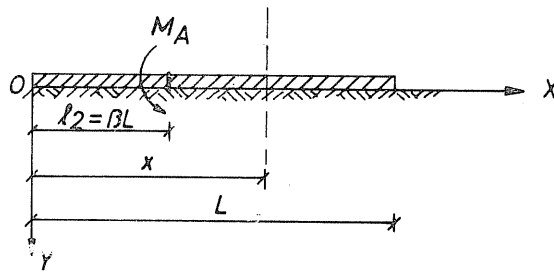
$$V = \left\{ \left[\frac{0,307}{L} (2x - L) + 0,2196 \right] + \frac{0,75}{L^2} (x - \frac{L}{2})^2 + \frac{1,544}{L^3} (x - \frac{L}{2})^3 + \frac{1,5}{L^4} (x - \frac{L}{2})^4 \right\} P - \int_l P .$$

$$M = \left\{ 0,0165 + \left[\frac{0,307}{L^2} (x - L) + \frac{0,2196}{L} \right] x + \frac{0,25}{L^3} (x - \frac{L}{2})^3 + \frac{0,386}{L^4} (x - \frac{L}{2})^4 + \frac{0,3}{L^5} (x - \frac{L}{2})^5 - \frac{1}{L} \cdot \int_0^{0,7L} (x - 0,7L) \right\} PL .$$

الشكل رقم (٨ - ١٥) يبين مخططات P_x ، V ، M بدلالة P و L باعتبار أن $b = 1$.

٣ - حالة (عزم) مزدوجة مطبق في مقطع عرضي :

انظر الشكل رقم (٨ - ١٦)



الشكل رقم (٨ - ١٦)

باعتبار أن :

$$\alpha = \frac{1 - \mu}{1 - \mu_0} \cdot \frac{\pi E_0 \cdot b \cdot L^3}{EI} .$$

تحدد القيم المتغيرة كما يلي :

$$a_0 = - \frac{13440 \cdot B \cdot \alpha}{13440 + 29\alpha} ;$$

$$\frac{a_2}{3} = + \frac{13440 \cdot B \cdot \alpha}{13440 + 29\alpha} ;$$

$$\frac{a_1}{3} = - \frac{2560 - 10\alpha}{2048 + \alpha} \cdot \frac{M_A}{L^2} ;$$

$$\frac{a_3}{10} = - \frac{768 + 6\alpha}{2048 + \alpha} \cdot \frac{M_A}{L^2} ,$$

ويحدد رد فعل التربة من العلاقة رقم (٨ - ٣٤) السابقة، وباعتبار أن :

$$B = \frac{M_A}{48L^5} [8(L - \ell_2)^3 - L^3] - \int_0^{L/2} \frac{M_A}{2L^4} \left(\frac{L}{2} - \ell_2\right)^2 .$$

وتعطي قيم القوى القاطعة من العلاقة :

$$V = \frac{a_2}{2} (2x - L) - \frac{L}{120} (10a_1 + 3a_3 + \frac{M_A}{L}) + \frac{2a_1}{L} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^2}{2!} + \frac{8a_2}{L^2} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^3}{3!} + \frac{48a_3}{L^3} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^4}{4!} .$$

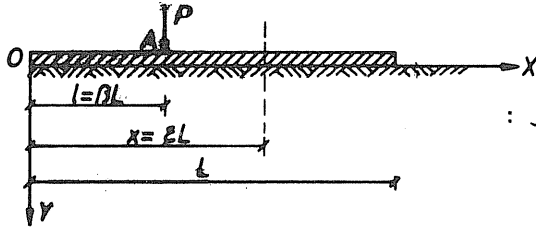
ويعطي عزم الانعطاف بالعلاقة :

$$M = \frac{L^2}{240} (10a_1 - 5a_2 + 3a_3) + \left[\frac{a_0}{2} (x - L) - \frac{L}{120} (10a_1 + 3a_3) + \frac{M_A}{L} \right] x + \frac{2a_1}{L} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^3}{3!} + \frac{8a_2}{L^2} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^4}{4!} + \frac{48a_3}{L^3} \cdot \frac{(x - \frac{L}{2})^5}{5!} - \int_{\ell_2}^{M_A} .$$

٨-٤-٣ استخدام الجداول في تحديد رد فعل التربة والقوى القاطعة وعزوم الانعطاف:

نورد فيما يلي جداول مستنبطة من طريقة (سيمبوليدي) تمكن بسهولة من تحديد قيم رد فعل التربة والقوى القاطعة وعزوم الانعطاف في مقاطع مختلفة تغطي كامل طول العنصر المرن الذي يستند على تربة مرنة وسنكتفي فقط بدراسة حالة حمولة مركزة مطبقة في مقطع ما من العنصر وحالة عزم مطبق أيضا في مقطع من العنصر المدروس باعتبار أن الحمولات الأخرى كالحمولة الموزعة بانتظام الجزئية أو التامة أو غيرها من الحمولات تكون نادرة الوجود في حالة ارضيات الخزانات المستندة على الأرض .

١ - حالة حمولة مركزة :



تطبيق القوة المركزة على مسافة x من الطرف الايسر للمنصوب باعتبار :

$$p = \bar{p} \frac{P}{bL} ;$$

$$V = \bar{V} \cdot P ;$$

$$M = \bar{M} \cdot P \cdot L .$$

انظر الشكل

الشكل رقم (٨-١٧)

حيث : p - رد فعل التربة . t/m^2

V - القوة القاطعة . t

M - عزم الانعطاف . $t.m$

و \bar{p} و \bar{V} و \bar{M} هي قيم لاقياسية تحدد من الجداول رقم (٨ - ٢) و

(٨ - ٣) و (٨ - ٤) وبالاعتماد على :

$$\alpha = \frac{1 - \mu^2}{1 - \mu_0^2} \cdot \frac{\pi E_0 \cdot b \cdot L^3}{EI} .$$

ونسبة بعد القوة عن الطرف الايسر الى طول العنصر :

$$\beta = \frac{l}{L}$$

و $\epsilon = \frac{x}{L}$ نسبة بعد المقطع العرضي المدروس عن الطرف الايسر الى طول العنصر

وتتغير هذه النسبة من الصفر الى الواحد .

تطبيق :

اساس من البيتون المسلح - يستند على تربة مرنة فيها $E_0 = 6000 \text{ t/m}^2$

و $\mu_0 = 0,3$ - طوله $L = 5 \text{ m}$ ويتحمل قوة مركزة في منتصفه شدها

$P = 40 \text{ t}$ ، يطلب ايجاد مخططات M, V, p باستخدام الجداول

اذا كان المقطع العرضي موضحا في الشكل رقم (٨ - ١٨) وعزم عطالته $I = 0,0256 \text{ m}^4$

وعامل مرونة الاساس $E = 2.10^6 \text{ t/m}^2$ ويمكن اهمال μ للبيتون

المسلح .

الجدول رقم (٢٠٨) قيم \bar{P}

$$P = \bar{P} \frac{P}{\delta L}$$

α	β	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0	5,522	3,812	2,560	1,669	1,050	0,614	0,270	-0,071	-0,498	-1,102	-1,978
	0,1	4,772	3,323	2,255	1,485	0,972	0,614	0,348	0,103	-0,193	-0,613	-1,228
	0,2	4,017	2,828	1,948	1,321	0,894	0,614	0,426	0,277	0,114	-0,118	-0,473
	0,3	3,272	2,333	1,643	1,147	0,816	0,614	0,504	0,451	0,419	0,371	0,272
	0,4	2,517	1,844	1,336	0,973	0,738	0,614	0,582	0,625	0,726	0,866	1,027
	0,5	1,772	1,355	1,031	0,789	0,660	0,614	0,660	0,789	1,031	1,355	1,772
	0,6	1,027	0,866	0,726	0,625	0,582	0,614	0,738	0,973	1,336	1,844	2,517
	0,7	0,272	0,371	0,419	0,451	0,504	0,614	0,816	1,147	1,643	2,333	3,272
	0,8	-0,473	-0,118	0,114	0,277	0,426	0,614	0,894	1,321	1,948	2,828	4,017
	0,9	-1,228	-0,613	-0,183	0,103	0,348	0,614	0,972	1,485	2,255	3,323	4,772
1,0	-1,978	-1,102	-0,498	-0,071	0,270	0,614	1,050	1,669	2,560	3,812	5,522	
25	0	5,729	3,900	2,553	1,604	0,959	0,523	0,201	-0,100	-0,477	-1,022	-1,831
	0,1	4,868	3,363	2,253	1,468	0,931	0,572	0,315	0,086	-0,185	-0,575	-1,156
	0,2	3,999	2,827	1,954	1,332	0,905	0,620	0,427	0,272	0,106	-0,127	-0,479
	0,3	3,125	2,288	1,653	1,191	0,871	0,563	0,535	0,459	0,401	0,332	0,223
	0,4	2,290	1,767	1,355	1,046	0,830	0,695	0,634	0,636	0,693	0,795	0,930
	0,5	1,584	1,269	1,023	0,848	0,743	0,708	0,743	0,743	0,846	1,023	1,269
	0,6	0,930	0,795	0,693	0,636	0,634	0,636	0,830	0,930	1,046	1,355	1,767
	0,7	0,223	0,332	0,401	0,459	0,535	0,620	0,871	1,191	1,653	2,288	3,125
	0,8	-0,479	-0,127	0,106	0,272	0,427	0,614	0,905	1,332	1,954	2,827	3,999
	0,9	-1,156	-0,575	-0,185	0,086	0,315	0,523	0,831	1,269	1,831	2,553	3,583
1,0	-1,831	-1,022	-0,477	-0,100	0,201	0,523	0,959	1,604	2,553	3,900	5,729	
0	0	5,943	3,981	2,547	1,544	0,876	0,440	0,133	-0,126	-0,457	-0,951	-1,708
	0,1	4,856	3,399	2,252	1,444	0,895	0,534	0,265	0,072	-0,173	-0,541	-1,092
	0,2	3,970	2,819	1,959	1,340	0,912	0,625	0,428	0,270	0,101	-0,129	-0,470

تابع الجدول رقم (٨ - ٢)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
50	0,3	3,002	2,247	1,666	1,233	0,921	0,707	0,563	0,463	0,380	0,293	0,170
	0,4	2,076	1,694	1,374	1,114	0,912	0,768	0,680	0,644	0,604	0,732	0,853
	0,5	1,414	1,190	1,017	0,892	0,818	0,793	0,818	0,892	1,017	1,190	1,414
	0,6	0,830	0,732	0,664	0,644	0,680	0,768	0,912	1,114	1,374	1,694	2,076
	0,7	0,170	0,293	0,380	0,463	0,563	0,707	0,921	1,233	1,666	2,247	3,002
	0,8	-0,470	-0,129	0,101	0,270	0,428	0,625	0,912	1,340	1,959	2,819	3,970
	0,9	-1,092	-0,541	-0,178	0,072	0,285	0,534	0,895	1,444	2,252	3,399	4,956
	1,0	-1,708	-0,951	-0,457	-0,126	0,138	0,440	0,876	1,544	2,547	3,981	5,948
	0	6,303	4,117	2,530	1,437	0,738	0,297	0,084	-0,169	-0,418	-0,823	-1,491
	0,1	5,115	3,463	2,252	1,399	0,831	0,468	0,233	0,047	-0,166	-0,485	-0,987
0,2	3,924	2,809	1,968	1,358	0,928	0,634	0,428	0,262	0,090	-0,135	-0,460	
0,3	2,767	2,168	1,686	1,306	1,011	0,783	0,607	0,468	0,348	0,232	0,101	
0,4	1,697	1,571	1,411	1,237	1,060	0,895	0,755	0,653	0,605	0,623	0,723	
0,5	1,120	1,055	1,005	0,969	0,947	0,940	0,947	0,969	1,005	1,055	1,120	
0,6	0,723	0,623	0,605	0,653	0,725	0,895	1,060	1,237	1,411	1,571	1,697	
0,7	0,101	0,232	0,348	0,468	0,607	0,783	1,011	1,305	1,686	2,168	2,767	
0,8	-0,460	-0,135	0,090	0,262	0,428	0,634	0,928	1,358	1,968	2,809	3,924	
0,9	-0,987	-0,485	-0,166	0,047	0,233	0,468	0,831	1,399	2,252	3,463	5,115	
1,0	-1,491	-0,823	-0,418	-0,169	0,034	0,297	0,728	1,437	2,530	4,117	6,303	
0	6,618	4,235	2,516	1,345	0,603	0,177	-0,051	-0,201	-0,384	-0,721	-1,326	
0,1	5,242	3,513	2,247	1,361	0,776	0,413	0,190	0,029	-0,153	-0,433	-0,894	
0,2	3,880	2,798	1,978	1,374	0,943	0,642	0,427	0,254	0,080	-0,140	-0,448	
0,3	2,563	2,104	1,708	1,377	1,087	0,847	0,643	0,463	0,316	0,178	0,049	
0,4	1,331	1,457	1,445	1,346	1,188	1,000	0,812	0,664	0,553	0,541	0,645	
0,5	0,875	0,942	0,995	1,032	1,055	1,062	1,065	1,032	0,995	0,942	0,875	
0,6	0,645	0,541	0,563	0,654	0,812	1,000	1,188	1,346	1,445	1,457	1,351	
0,7	0,049	0,178	0,316	0,463	0,643	0,847	1,087	1,377	1,708	2,104	2,563	

تابع الجدول رقم (٨ - ٢)

		E										
α	β	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
200	0.8	-0.448	-0.140	0.080	0.254	0.427	0.642	0.943	1.374	1.978	2.798	3.850
	0.9	-0.584	-0.433	-0.153	0.029	0.190	0.413	0.776	1.361	2.247	3.513	5.242
	1.0	-1.326	-0.721	-0.384	-0.201	-0.051	0.177	0.603	1.345	2.516	4.235	6.618
	0	6.800	4.334	2.500	1.261	0.485	0.075	-0.123	-0.323	-0.352	-0.632	-1.190
	0.1	5.374	3.558	2.243	1.327	0.730	0.366	0.154	0.013	-0.141	-0.382	-0.838
	0.2	3.845	2.793	1.988	1.388	0.956	0.648	0.424	0.246	0.068	-0.145	-0.437
	0.3	2.386	2.050	1.736	1.434	1.157	0.901	0.669	0.464	0.280	0.132	0.010
	0.4	1.061	1.369	1.485	1.446	1.302	1.091	0.858	0.648	0.501	0.463	0.575
	0.5	0.066	0.846	0.987	1.087	1.147	1.167	1.147	1.087	0.987	0.846	0.665
	0.6	0.575	0.463	0.501	0.648	0.858	1.091	1.302	1.446	1.485	1.369	1.061
0.7	0.010	0.132	0.280	0.464	0.669	0.901	1.157	1.434	1.736	2.050	2.386	
0.8	-0.437	-0.145	0.068	0.246	0.424	0.648	0.956	1.388	1.988	2.793	3.845	
0.9	-0.338	-0.382	-0.141	0.013	0.154	0.366	0.730	1.327	2.243	3.558	5.374	
1.0	-1.190	-0.632	-0.352	-0.223	-0.123	0.075	0.495	1.261	2.500	4.334	6.800	
0	7.128	4.419	2.483	1.189	0.399	-0.012	-0.181	-0.341	-0.321	-0.557	-1.050	
0.1	5.456	3.596	2.239	1.298	0.689	0.326	0.125	0.002	-0.131	-0.356	-0.760	
0.2	3.804	2.783	1.995	1.403	0.968	0.654	0.424	0.237	0.061	-0.147	-0.420	
0.3	2.927	2.004	1.555	1.489	1.217	0.948	0.691	0.457	0.253	0.092	-0.010	
0.4	0.778	1.287	1.518	1.537	1.401	1.168	0.895	0.637	0.456	0.403	0.540	
0.5	0.486	0.764	0.979	1.134	1.226	1.257	1.226	1.134	0.979	0.764	0.486	
0.6	0.540	0.403	0.456	0.637	0.895	1.168	1.401	1.603	1.837	1.518	1.287	
0.7	-0.010	0.092	0.253	0.457	0.691	0.948	1.217	1.489	1.753	2.004	2.227	
0.8	-0.420	-0.147	0.061	0.237	0.424	0.654	0.968	1.403	1.985	2.783	3.804	
0.9	-0.760	-0.356	-0.131	0.002	0.125	0.326	0.689	1.261	1.998	2.839	3.856	
1.0	-1.080	-0.567	-0.321	-0.241	-0.181	0.075	0.399	1.061	1.859	2.483	3.419	
0	7.337	4.492	2.467	1.120	0.316	-0.088	-0.230	-0.352	-0.322	-0.593	-0.985	
0.1	5.546	3.630	2.235	1.270	0.653	0.291	0.099	-0.008	-0.121	-0.326	-0.710	
0.2	3.777	2.780	2.004	1.416	0.979	0.659	0.421	0.220	0.050	-0.152	-0.412	

تابع الجدول رقم (٨ - ٢)

α	β	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
300	0.3	2.074	1.959	1.774	1.539	1.271	0.989	0.709	0.449	0.228	0.061	-0.030	
	0.4	0.546	1.217	1.552	1.619	-1.490	1.235	0.924	0.625	0.410	0.351	0.514	
	0.5	0.330	0.692	0.973	1.174	1.295	1.335	1.295	1.174	0.973	0.692	0.330	
	0.6	0.514	0.351	0.410	0.625	0.924	1.235	1.490	1.619	1.552	1.217	0.596	
	0.7	-0.030	0.061	0.228	0.449	0.709	0.989	1.271	1.539	1.774	1.959	2.074	
	0.8	-0.412	-0.152	0.060	0.230	0.421	0.659	0.979	1.416	2.004	2.780	3.777	
	0.9	-0.710	-0.326	-0.121	-0.008	0.099	0.291	0.653	1.270	2.235	3.630	5.545	
	1.0	-0.985	-0.490	-0.293	-0.252	-0.230	-0.088	0.316	1.120	2.467	4.492	7.337	
	0	7.534	4.561	2.451	1.061	0.241	-0.155	-0.273	-0.263	-0.267	-0.267	-0.435	-0.914
	0.1	5.621	3.558	2.230	1.246	0.620	0.260	0.078	0.078	-0.116	-0.112	-0.296	-0.661
0.2	3.742	2.771	2.011	1.427	0.988	0.663	0.418	0.418	0.223	0.043	-0.151	-0.394	
0.3	1.946	1.926	1.798	1.557	1.322	1.024	0.720	0.436	0.223	0.043	-0.151	-0.394	
0.4	0.327	1.162	1.589	1.697	1.573	1.294	0.945	0.609	0.363	0.030	-0.042	-0.286	
0.5	0.194	0.629	0.968	1.210	1.355	1.403	1.355	1.210	0.668	0.298	0.030	-0.042	
0.6	0.497	0.298	0.363	0.609	0.945	1.294	1.573	1.573	1.210	0.668	0.298	0.030	
0.7	-0.042	0.030	0.198	0.436	0.720	1.024	1.322	1.573	1.589	1.589	1.162	0.327	
0.8	-0.394	-0.151	0.043	0.223	0.418	0.663	0.945	1.294	1.573	1.798	1.926	1.946	
0.9	-0.661	-0.296	-0.112	-0.016	0.078	0.260	0.620	0.988	1.427	2.011	2.771	3.742	
1.0	-0.914	-0.435	-0.267	-0.263	-0.273	-0.088	0.316	1.061	2.467	4.492	7.337	11.816	
350	0	7.699	4.617	2.434	1.005	0.173	-0.214	-0.309	-0.267	-0.240	-0.383	-0.843	
	0.1	5.698	3.687	2.226	1.225	0.591	0.233	0.059	0.059	-0.104	-0.275	-0.630	
	0.2	3.707	2.763	2.016	1.438	0.998	0.667	0.416	0.416	0.216	-0.151	-0.375	
	0.3	1.816	1.896	1.814	1.628	1.366	1.056	0.732	0.430	0.178	0.010	-0.040	
	0.4	0.121	1.100	1.617	1.768	1.646	1.347	0.954	0.592	0.327	0.262	0.491	
	0.5	0.072	0.573	0.963	1.241	1.408	1.464	1.408	1.241	0.963	0.629	0.573	
	0.6	0.491	0.262	0.327	0.592	0.964	1.347	1.646	1.646	1.241	0.963	0.573	
	0.7	-0.040	0.010	0.178	0.430	0.732	1.056	1.366	1.628	1.628	1.617	1.100	
	0.8	-0.394	-0.151	0.043	0.223	0.418	0.663	0.945	1.294	1.573	1.798	1.926	
	0.9	-0.661	-0.296	-0.112	-0.016	0.078	0.260	0.620	0.988	1.427	2.011	2.771	
1.0	-0.914	-0.435	-0.267	-0.263	-0.273	-0.088	0.316	1.061	2.467	4.492	7.337		
400	0	7.859	4.777	2.494	1.065	0.177	-0.216	-0.311	-0.269	-0.243	-0.387	-0.847	
	0.1	5.858	3.847	2.285	1.235	0.595	0.237	0.063	0.063	-0.108	-0.281	-0.636	
	0.2	3.767	2.823	2.026	1.448	1.002	0.671	0.420	0.420	0.220	-0.155	-0.381	
	0.3	1.826	1.906	1.824	1.638	1.370	1.060	0.736	0.434	0.182	0.014	-0.044	
	0.4	0.125	1.109	1.626	1.778	1.656	1.359	0.956	0.596	0.329	0.264	0.495	
	0.5	0.076	0.583	0.973	1.251	1.418	1.474	1.418	1.251	0.973	0.629	0.573	
	0.6	0.495	0.264	0.329	0.596	0.965	1.359	1.656	1.656	1.251	0.973	0.573	
	0.7	-0.041	0.011	0.182	0.434	0.736	1.060	1.370	1.638	1.638	1.626	1.109	
	0.8	-0.396	-0.153	0.043	0.225	0.419	0.665	0.946	1.296	1.575	1.799	1.927	
	0.9	-0.663	-0.298	-0.113	-0.017	0.079	0.261	0.621	0.990	1.429	2.012	2.772	
1.0	-0.916	-0.437	-0.269	-0.264	-0.274	-0.089	0.317	1.063	2.469	4.494	7.339		

تابع الجدول رقم (٨ - ٢)

α	β	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
450	0.8	-0.375	-0.151	0.038	0.216	0.416	0.667	0.998	1.438	2.016	2.763	3.707
	0.9	-0.630	-0.275	-0.104	-0.023	0.059	0.233	0.591	1.225	2.226	3.687	5.698
	1.0	-0.843	-0.393	-0.240	-0.267	-0.309	-0.214	0.173	1.005	2.434	4.617	7.699
	0	7.868	4.674	2.420	0.954	0.112	-0.266	-0.340	-0.270	-0.218	-0.344	-0.804
	0.1	5.762	3.710	2.222	1.206	0.565	0.209	0.041	-0.028	-0.096	-0.254	-0.598
	0.2	3.684	2.763	2.026	1.450	1.007	0.670	0.413	0.206	0.026	-0.155	-0.364
	0.3	1.697	1.854	1.838	1.659	1.406	1.084	0.742	0.419	0.148	0.289	-0.008
	0.4	-0.067	1.049	1.649	1.835	1.714	1.393	0.978	0.573	0.227	0.959	0.523
	0.5	-0.036	0.523	0.959	1.269	1.456	1.518	1.456	1.269	0.835	1.649	1.049
	0.6	0.495	0.227	0.289	0.573	0.978	1.393	1.714	1.835	1.649	1.049	-0.067
0.7	-0.033	-0.008	0.148	0.419	0.742	1.084	1.406	1.669	1.838	1.854	1.697	
0.8	-0.364	-0.155	0.026	0.206	0.413	0.670	1.007	1.406	1.838	2.226	2.763	
0.9	-0.598	-0.254	-0.096	-0.028	0.041	0.209	0.565	1.005	1.206	2.222	3.710	
1.0	-0.804	-0.344	-0.218	-0.270	-0.340	-0.266	0.112	0.954	2.420	4.674	7.868	
500	0	8.014	4.719	2.406	0.906	0.057	-0.313	-0.367	-0.272	-0.196	-0.303	-0.762
	0.1	5.822	3.732	2.219	1.186	0.542	0.187	0.028	-0.032	-0.089	-0.236	-0.570
	0.2	3.658	2.757	2.032	1.461	1.015	0.673	0.409	0.199	0.020	-0.155	-0.350
	0.3	1.591	1.826	1.848	1.707	1.444	1.109	0.748	0.407	0.134	-0.026	-0.027
	0.4	-0.253	1.000	1.676	1.896	1.776	1.435	0.990	0.556	0.251	0.200	0.513
	0.5	-0.132	0.479	0.955	1.294	1.498	1.566	1.498	1.294	0.866	0.955	0.479
	0.6	0.513	0.200	0.251	0.556	0.950	1.435	1.776	1.866	1.676	1.000	-0.132
	0.7	-0.027	-0.026	0.134	0.407	0.748	1.109	1.444	1.707	1.848	1.826	1.591
	0.8	-0.350	-0.155	0.020	0.199	0.409	0.673	1.015	1.461	2.032	2.757	3.658
	0.9	-0.570	-0.236	-0.089	-0.032	0.028	0.187	0.542	1.005	1.206	2.219	3.732
1.0	-0.762	-0.303	-0.196	-0.272	-0.367	-0.266	0.112	0.906	2.406	4.719	8.014	

الجدول رقم (٨ - ٣) : قيم \bar{V}

$$v = \bar{V} \cdot P$$

α	β	ϵ										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0	-1	-0,538	-0,222	-0,013	0,121	0,203	0,247	0,257	0,230	0,152	0
	0,1	0	0,400	-0,321	-0,138	-0,016	0,062	0,110	0,132	0,129	0,090	0
	0,2	0	0,339	0,577	-0,262	-0,152	-0,078	-0,026	0,008	0,029	0,029	0
	0,3	0	0,278	0,476	0,614	-0,290	-0,219	-0,164	-0,116	-0,072	-0,032	0
	0,4	0	0,216	0,374	0,489	0,573	-0,360	-0,301	-0,241	-0,174	-0,094	0
	0,5	0	0,155	0,274	0,365	0,437	0,500	-0,437	-0,365	-0,274	-0,155	0
	0,6	0	0,094	0,174	0,241	0,301	0,360	0,427	-0,489	-0,374	-0,216	0
	0,7	0	0,032	0,072	0,116	0,164	0,219	0,290	0,386	-0,476	-0,278	0
	0,8	0	-0,029	-0,029	-0,008	0,026	0,078	0,152	0,262	0,423	-0,339	0
	0,9	0	-0,090	-0,129	-0,132	-0,110	-0,062	0,016	0,138	0,323	0,600	0
1,0	0	-0,152	-0,230	-0,257	-0,247	-0,203	-0,121	0,013	0,222	0,538	1	
25	0	-1	-0,522	-0,204	0,001	0,128	0,200	0,236	0,241	0,214	0,140	0
	0,1	0	0,408	-0,314	-0,130	-0,012	0,062	0,106	0,126	0,122	0,086	0
	0,2	0	0,338	0,575	-0,262	-0,152	-0,077	-0,026	0,010	0,029	0,029	0
	0,3	0	0,270	0,466	0,605	-0,292	-0,216	-0,156	-0,107	-0,064	-0,028	0
	0,4	0	0,202	0,358	0,476	0,569	-0,355	-0,289	-0,226	-0,160	-0,086	0
	0,5	0	0,142	0,256	0,349	0,428	0,500	-0,428	-0,349	-0,256	-0,142	0
	0,6	0	0,086	0,160	0,226	0,289	0,355	0,431	-0,476	-0,358	-0,202	0
	0,7	0	0,028	0,064	0,107	0,156	0,216	0,292	0,395	-0,466	-0,270	0
	0,8	0	-0,029	-0,029	-0,010	0,026	0,077	0,152	0,262	0,425	-0,338	0
	0,9	0	-0,086	-0,122	-0,126	-0,106	-0,062	0,012	0,130	0,314	0,592	0
1,0	0	-0,140	-0,214	-0,241	-0,236	-0,200	-0,128	-0,001	0,204	0,522	1	

تابع الجدول رقم (٨ - ٣)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
50	0	-1	-0,507	-0,186	0,015	0,134	0,198	0,226	0,227	0,198	0,131	0
	0,1	0	<u>0,414</u>	-0,306	-0,125	-0,009	0,061	0,101	0,119	0,114	0,080	0
	0,2	0	<u>-0,586</u>	<u>0,574</u>	-0,263	-0,152	-0,076	-0,024	0,011	0,030	0,029	0
	0,3	0	0,260	0,454	<u>0,599</u>	-0,295	-0,214	-0,151	-0,101	-0,058	-0,024	0
	0,4	0	0,188	0,342	0,465	<u>0,566</u>	-0,351	-0,280	-0,213	-0,148	-0,080	0
	0,5	0	0,130	0,240	0,334	0,419	<u>0,500</u>	-0,419	-0,334	-0,240	-0,130	0
	0,6	0	0,080	0,148	0,213	0,280	0,351	<u>0,434</u>	-0,465	-0,342	-0,188	0
	0,7	0	0,024	0,058	0,101	0,151	0,214	0,295	<u>0,401</u>	-0,454	-0,260	0
	0,8	0	-0,029	-0,030	-0,011	0,024	0,076	0,152	0,263	<u>0,426</u>	-0,336	0
	0,9	0	-0,080	-0,114	-0,119	-0,101	-0,061	0,009	0,125	0,306	<u>0,586</u>	0
1,0	0	-0,131	-0,198	-0,227	-0,226	-0,198	-0,134	-0,015	0,186	0,507	+1	
100	0	-1	-0,485	-0,156	0,038	0,144	0,193	0,208	0,202	0,174	0,113	0
	0,1	0	<u>0,425</u>	-0,292	-0,113	-0,004	0,060	0,094	0,109	0,102	0,071	0
	0,2	0	<u>-0,575</u>	<u>0,570</u>	-0,265	-0,152	-0,075	-0,022	0,013	0,030	0,029	0
	0,3	0	0,245	0,438	<u>0,587</u>	-0,298	-0,209	-0,140	-0,085	-0,046	-0,017	0
	0,4	0	0,163	0,313	0,445	<u>0,559</u>	-0,343	-0,261	-0,191	-0,129	-0,067	0
	0,5	0	0,109	0,212	0,310	0,406	<u>0,500</u>	-0,406	-0,310	-0,212	-0,109	0
	0,6	0	0,067	0,129	0,191	0,261	0,343	<u>0,441</u>	-0,445	-0,313	-0,163	0
	0,7	0	0,017	0,046	0,085	0,140	0,209	0,298	<u>0,413</u>	-0,438	-0,245	0
	0,8	0	-0,029	-0,030	-0,013	0,022	0,075	0,152	0,265	<u>0,430</u>	-0,334	0
	0,9	0	-0,071	-0,102	-0,109	-0,094	-0,060	0,004	0,113	0,292	<u>0,575</u>	0
1,0	0	-0,11	-0,17	-0,202	-0,208	-0,193	-0,144	-0,038	,156	0,485	1	

تابع الجدول رقم (٨ - ٣)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
150	0	-1	-0,464	-0,131	0,058	0,152	0,189	0,194	0,180	0,153	0,100	0
	0,1	0	0,434	-0,282	-0,105	0,000	0,058	0,088	0,099	0,092	0,064	0
	0,2	0	-0,566	0,567	-0,266	-0,151	-0,073	-0,019	0,014	0,030	0,029	0
	0,3	0	0,331	-0,433	0,578	-0,300	-0,204	-0,130	-0,074	-0,035	-0,011	0
	0,4	0	0,233	0,423	-0,422	0,555	-0,335	-0,245	-0,172	-0,112	-0,058	0
	0,5	0	0,142	0,288	0,428	-0,445	0,500	-0,394	-0,289	-0,188	-0,091	0
	0,6	0	0,091	0,188	0,289	0,394	-0,500	0,445	-0,428	-0,288	-0,142	0
	0,7	0	0,058	0,112	0,172	0,245	0,335	-0,555	0,422	-0,423	-0,233	0
	0,8	0	0,011	0,035	0,074	0,130	0,204	0,300	-0,578	0,433	-0,331	0
	0,9	0	-0,029	-0,030	-0,014	0,019	0,073	0,151	0,266	-0,567	0,566	0
200	0	-1	-0,100	-0,153	-0,180	-0,194	-0,189	-0,152	-0,058	0,131	0,464	1
	0,1	0	0,442	-0,272	-0,098	0,004	0,057	0,082	0,090	0,084	0,058	0
	0,2	0	-0,558	0,567	-0,266	-0,150	-0,071	-0,018	0,015	0,031	0,023	0
	0,3	0	0,330	-0,433	0,569	-0,301	-0,199	-0,121	-0,065	-0,028	-0,007	0
	0,4	0	0,223	0,410	-0,431	0,553	-0,327	-0,229	-0,155	-0,098	-0,051	0
	0,5	0	0,123	0,268	0,415	-0,447	0,500	-0,384	-0,272	-0,168	-0,076	0
	0,6	0	0,076	0,168	0,272	0,384	-0,500	0,447	-0,415	-0,268	-0,123	0
	0,7	0	0,051	0,098	0,155	0,229	0,327	-0,553	0,431	-0,410	-0,223	0
	0,8	0	0,007	0,028	0,065	0,121	0,199	0,301	-0,569	0,433	-0,330	0
	0,9	0	-0,028	-0,031	-0,015	0,018	0,071	0,150	0,266	-0,567	0,558	0
250	0	-1	-0,089	-0,135	-0,164	-0,181	-0,185	-0,159	-0,074	0,109	0,445	1
	0,1	0	0,449	-0,264	-0,091	0,007	0,056	0,077	0,083	0,078	0,053	0
	0,2	0	-0,551	0,565	-0,267	-0,149	-0,069	-0,015	0,017	0,031	0,028	0
	0,3	0	0,328	-0,435	0,561	-0,303	-0,195	-0,113	-0,055	-0,021	-0,003	0
	0,4	0	0,211	0,399	-0,439	0,561	-0,303	-0,195	-0,113	-0,055	-0,021	0
	0,5	0	0,091	0,188	0,289	0,394	-0,500	0,445	-0,428	-0,288	-0,142	0
	0,6	0	0,058	0,112	0,172	0,245	0,335	-0,555	0,422	-0,423	-0,233	0
	0,7	0	0,011	0,035	0,074	0,130	0,204	0,300	-0,578	0,433	-0,331	0
	0,8	0	-0,029	-0,030	-0,014	0,019	0,073	0,151	0,266	-0,567	0,566	0
	0,9	0	-0,064	-0,092	-0,099	-0,088	-0,058	0,000	0,105	0,282	-0,434	0

تابع الجدول رقم (٨ - ٣)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
250	0,4	0	0,107	0,249	0,402	$\frac{0,551}{-0,449}$	-0,320	-0,217	-0,140	-0,087	-0,045	0
	0,5	0	0,063	0,151	0,257	$\frac{0,375}{-0,500}$	-0,375	-0,257	-0,151	-0,063	0	0
	0,6	0	0,045	0,087	0,140	0,217	0,320	$\frac{0,449}{-0,551}$	-0,402	-0,249	-0,107	0
	0,7	0	0,003	0,021	0,055	0,113	0,195	0,303	$\frac{0,439}{-0,561}$	-0,399	-0,211	0
	0,8	0	-0,028	-0,031	-0,017	0,015	0,069	0,149	0,267	$\frac{0,435}{-0,565}$	-0,328	0
	0,9	0	-0,053	-0,078	-0,083	-0,077	-0,056	-0,007	0,091	0,264	$\frac{0,551}{-0,449}$	0
	1,0	0	-0,079	-0,120	-0,148	-0,170	-0,181	-0,164	-0,088	0,090	0,429	1
	0	-1	-0,415	-0,075	0,101	0,169	0,177	0,159	0,135	0,109	0,071	0
	0,1	0	$\frac{0,455}{-0,545}$	-0,257	-0,085	0,008	0,054	0,072	0,077	0,071	0,049	0
	0,2	0	0,326	$\frac{0,563}{-0,437}$	-0,268	-0,149	-0,068	-0,015	0,018	0,031	0,028	0
0,3	0	0,201	0,389	$\frac{0,555}{-0,445}$	-0,304	-0,191	-0,106	-0,049	-0,015	-0,001	0	
0,4	0	0,091	0,232	0,394	$\frac{0,548}{-0,452}$	-0,314	-0,206	-0,128	-0,078	-0,041	0	
300	0,5	0	0,052	0,136	0,244	$\frac{0,500}{-0,500}$	-0,368	-0,244	-0,136	-0,052	0	
	0,6	0	0,041	0,078	0,128	0,206	0,314	$\frac{0,452}{-0,548}$	-0,394	-0,232	-0,091	0
	0,7	0	0,001	0,015	0,049	0,106	0,191	0,304	$\frac{0,445}{-0,555}$	-0,389	-0,201	0
	0,8	0	-0,028	-0,031	-0,018	0,015	0,068	0,149	0,268	$\frac{0,437}{-0,563}$	-0,326	0
	0,9	0	-0,049	-0,071	-0,077	-0,072	-0,054	-0,008	0,085	0,257	$\frac{0,545}{-0,455}$	0
	1,0	0	-0,071	-0,109	-0,135	-0,159	-0,177	-0,169	-0,101	0,075	0,415	1

تابع الجدول رقم (٨ - ٣)

α	β	ε										1,0
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
350	0	-1	-0,400	-0,064	0,111	0,173	0,174	0,151	0,123	0,094	0,068	0
	0,1	0	0,490	-0,250	-0,080	0,011	0,053	0,069	0,072	0,066	0,046	0
	0,2	0	-0,540	0,562	-0,268	-0,148	-0,067	-0,014	0,018	0,031	0,027	0
	0,3	0	0,325	-0,438								
	0,4	0	0,193	0,382	0,551	-0,303	-0,186	-0,099	-0,041	-0,010	0,001	0
	0,5	0	0,076	0,218	0,384	0,549	-0,307	-0,195	-0,116	-0,070	-0,038	0
	0,6	0	0,042	0,123	0,232	0,361	0,500	-0,361	-0,232	-0,123	-0,042	0
	0,7	0	0,038	0,070	0,116	0,195	0,307	0,451	-0,384	-0,218	-0,076	0
	0,8	0	-0,001	0,010	0,041	0,099	0,186	0,303	0,449	-0,382	-0,193	0
	0,9	0	-0,027	-0,031	-0,018	0,014	0,067	0,148	0,268	0,438	-0,325	0
1,0	0	-0,046	-0,066	-0,072	-0,069	-0,053	-0,011	0,080	0,250	0,540	0	
	0	-0,068	-0,094	-0,123	-0,151	-0,174	-0,173	-0,111	0,064	0,400	1	
400	0	-1	-0,391	-0,046	0,121	0,176	0,170	0,142	0,113	0,088	0,059	0
	0,1	0	0,464	-0,245	-0,076	0,013	0,052	0,065	0,068	0,061	0,042	0
	0,2	0	-0,536	0,559	-0,269	-0,148	-0,066	-0,012	0,019	0,031	0,027	0
	0,3	0	0,323	-0,441								
	0,4	0	0,187	0,372	0,546	-0,305	-0,183	-0,093	-0,036	-0,006	0,003	0
	0,5	0	0,065	0,204	0,378	0,549	-0,301	-0,185	-0,106	-0,062	-0,035	0
	0,6	0	0,033	0,111	0,222	0,355	0,500	-0,355	-0,222	-0,111	-0,033	0
	0,7	0	0,035	0,062	0,106	0,185	0,301	0,451	-0,378	-0,204	-0,065	0
	0,8	0	-0,003	0,006	0,036	0,093	0,183	0,305	0,454	-0,372	-0,187	0
	0,9	0	-0,027	-0,031	-0,019	0,012	0,056	0,148	0,269	0,441	-0,323	0
1,0	0	-0,042	-0,061	-0,068	-0,065	-0,052	-0,013	0,076	0,245	0,536	0	
	0	-0,059	-0,088	-0,113	-0,142	-0,170	-0,176	-0,121	0,046	0,391	1	

تابع الجدول رقم (٨ - ٣)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
450	0	-1	-0,382 0,468	-0,035	0,127	0,178	0,166	0,134	0,103	0,079	0,054	0
	0,1	0	-0,532 0,322	-0,240	-0,071	0,014	0,051	0,062	0,063	0,056	0,040	0
	0,2	0	0,322	0,558 -0,442	-0,270	-0,147	-0,064	-0,011	0,020	0,032	0,026	0
	0,3	0	0,178	0,364	0,541 -0,459	-0,305	-0,180	-0,089	-0,031	-0,004	0,004	0
	0,4	0	0,054	0,192	0,370	0,549 -0,451	-0,294	-0,175	-0,098	-0,056	-0,034	0
	0,5	0	0,026	0,101	0,213	0,350	0,500 -0,500	-0,350	-0,213	-0,101	-0,026	0
	0,6	0	0,034	0,056	0,098	0,175	0,294	0,451 -0,549	-0,370	-0,192	-0,054	0
	0,7	0	-0,004	0,004	0,031	0,089	0,180	0,305	0,459 -0,541	-0,364	-0,178	0
	0,8	0	-0,026	-0,032	-0,020	0,011	0,064	0,147	0,270	0,442 -0,558	-0,322	0
	0,9	0	-0,040	-0,056	-0,063	-0,062	-0,051	-0,014	0,071	0,240	0,532 -0,463	0
1,0	0	-0,054	-0,079	-0,103	-0,134	-0,166	-0,178	-0,127	0,035	0,352	1	
500	0	-1	-0,373 0,472	-0,024	0,136	0,179	0,163	0,127	0,094	0,072	0,049	0
	0,1	0	-0,528 0,321	-0,235	-0,067	0,015	0,050	0,059	0,059	0,053	0,038	0
	0,2	0	0,321	0,558 -0,442	-0,270	-0,147	-0,063	-0,009	0,020	0,032	0,025	0
	0,3	0	0,173	0,359	0,537 -0,463	-0,305	-0,176	-0,083	-0,025	-0,001	0,005	0
	0,4	0	0,041	0,181	0,363	0,547 -0,453	-0,290	-0,169	-0,091	-0,053	-0,033	0
	0,5	0	0,019	0,091	0,205	0,346	0,500 -0,500	-0,346	-0,205	-0,091	-0,019	0
	0,6	0	0,033	0,053	0,091	0,169	0,290	0,453 -0,547	-0,363	-0,181	-0,041	0
	0,7	0	-0,005	0,001	0,025	0,083	0,176	0,305	0,463 -0,537	-0,359	-0,173	0
	0,8	0	-0,025	-0,032	-0,020	0,009	0,063	0,147	0,270	0,442 -0,558	-0,321	0
	0,9	0	-0,038	-0,053	-0,059	-0,059	-0,050	-0,015	0,067	0,235	0,528 -0,472	0
1,0	0	-0,049	-0,072	-0,094	-0,127	-0,163	-0,179	-0,136	0,024	0,373	1	

الجدول رقم (٨ - ٤) : قيم \bar{M}

$$M = \bar{M}PL$$

α	β	ϵ										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0	0	-0,076	-0,112	-0,123	-0,117	-0,100	-0,077	-0,052	-0,027	-0,008	0
	0,1	0	0,022	-0,024	-0,046	-0,053	-0,050	-0,042	-0,030	-0,017	-0,005	0
	0,2	0	0,018	0,065	0,031	0,011	-0,001	-0,006	-0,007	-0,005	-0,001	0
	0,3	0	0,014	0,053	0,106	0,074	0,049	0,030	0,017	0,006	0,002	0
	0,4	0	0,012	0,042	0,085	0,138	0,099	0,066	0,039	0,018	0,008	0
	0,5	0	0,008	0,030	0,061	0,102	0,149	0,102	0,061	0,030	0,008	0
	0,6	0	0,008	0,018	0,039	0,066	0,099	0,138	0,085	0,042	0,012	0
	0,7	0	0,002	0,006	0,017	0,030	0,049	0,074	0,106	0,053	0,014	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,006	-0,001	0,011	0,031	0,065	0,018	0
	0,9	0	-0,005	-0,017	-0,030	-0,042	-0,050	-0,053	-0,046	-0,024	0,022	0
1,0	0	-0,008	-0,027	-0,052	-0,077	-0,100	-0,117	-0,123	-0,112	-0,076	0	
25	0	0	-0,076	-0,111	-0,120	-0,113	-0,096	-0,074	-0,050	-0,027	-0,007	0
	0,1	0	0,022	-0,023	-0,045	-0,051	-0,049	-0,040	-0,028	-0,016	-0,005	0
	0,2	0	0,018	0,064	0,031	0,010	-0,001	-0,006	-0,007	-0,005	-0,001	0
	0,3	0	0,014	0,052	0,105	0,072	0,046	0,028	0,015	0,006	0,002	0
	0,4	0	0,011	0,039	0,081	0,134	0,095	0,063	0,037	0,018	0,005	0
	0,5	0	0,008	0,028	0,057	0,097	0,143	0,097	0,057	0,028	0,008	0
	0,6	0	0,005	0,018	0,037	0,063	0,095	0,134	0,081	0,039	0,011	0
	0,7	0	0,002	0,006	0,015	0,028	0,046	0,072	0,105	0,052	0,014	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,006	-0,001	0,010	0,031	0,064	0,018	0
	0,9	0	-0,005	-0,016	-0,028	-0,040	-0,049	-0,051	-0,045	-0,023	0,022	0
1,0	0	-0,007	-0,027	-0,050	-0,074	-0,096	-0,113	-0,120	-0,111	-0,076	0	
50	0	0	-0,074	-0,107	-0,115	-0,107	-0,090	-0,069	-0,046	-0,024	-0,007	0
	0,1	0	0,022	-0,022	-0,043	-0,049	-0,046	-0,038	-0,027	-0,015	-0,005	0
	0,2	0	0,018	0,064	0,030	0,010	-0,001	-0,006	-0,007	-0,005	-0,001	0
	0,3	0	0,013	0,050	0,104	0,068	0,043	0,025	0,012	0,005	0,001	0
	0,4	0	0,011	0,037	0,078	0,130	0,090	0,059	0,034	0,016	0,005	0
	0,5	0	0,007	0,025	0,054	0,092	0,138	0,092	0,054	0,025	0,007	0
	0,6	0	0,005	0,016	0,034	0,059	0,090	0,130	0,078	0,037	0,011	0
	0,7	0	0,001	0,005	0,012	0,025	0,043	0,068	0,104	0,050	0,013	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,006	-0,001	0,010	0,030	0,064	0,018	0
	0,9	0	-0,005	-0,015	-0,027	-0,038	-0,046	-0,049	-0,043	-0,022	0,022	0
1,0	0	-0,007	-0,024	-0,046	-0,069	-0,090	-0,107	-0,115	-0,107	-0,074	0	
100	0	0	-0,073	-0,103	-0,108	-0,099	-0,081	-0,061	-0,040	-0,021	-0,007	0
	0,1	0	0,023	-0,020	-0,039	-0,045	-0,042	-0,034	-0,023	-0,013	-0,004	0
	0,2	0	0,018	0,064	0,030	0,009	-0,002	-0,007	-0,007	-0,005	-0,001	0
	0,3	0	0,012	0,047	0,098	0,063	0,038	0,021	0,010	0,003	0,001	0
	0,4	0	0,009	0,032	0,070	0,121	0,082	0,052	0,029	0,014	0,004	0
	0,5	0	0,005	0,021	0,047	0,083	0,128	0,083	0,047	0,021	0,005	0
	0,6	0	0,004	0,014	0,029	0,052	0,082	0,121	0,070	0,032	0,009	0
	0,7	0	0,001	0,003	0,010	0,021	0,038	0,063	0,098	0,047	0,012	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,007	-0,002	0,009	0,030	0,064	0,018	0
	0,9	0	-0,004	-0,013	-0,023	-0,034	-0,042	-0,045	-0,039	-0,020	0,023	0
1,0	0	-0,007	-0,021	-0,040	-0,061	-0,081	-0,099	-0,108	-0,103	-0,073	0	

تابع الجدول رقم (٨ - ٤)

α	β	ξ										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
150	0	0	-0,071	-0,098	-0,101	-0,090	-0,073	-0,053	-0,034	-0,018	-0,005	0
	0,1	0	0,023	-0,018	-0,037	-0,042	-0,038	-0,031	-0,021	-0,012	-0,003	0
	0,2	0	0,018	0,063	0,029	0,008	-0,003	-0,007	-0,007	-0,005	-0,001	0
	0,3	0	0,012	0,045	0,095	0,059	0,034	0,018	0,008	0,003	0,001	0
	0,4	0	0,007	0,029	0,065	0,114	0,075	0,047	0,026	0,012	0,003	0
	0,5	0	0,005	0,019	0,042	0,077	0,121	0,077	0,042	0,019	0,005	0
	0,6	0	0,003	0,012	0,026	0,047	0,075	0,114	0,065	0,029	0,007	0
	0,7	0	0,001	0,003	0,008	0,018	0,034	0,059	0,095	0,045	0,012	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,007	-0,003	0,008	0,029	0,063	0,018	0
	0,9	0	-0,003	-0,012	-0,021	-0,031	-0,038	-0,042	-0,037	-0,018	0,023	0
1,0	0	-0,005	-0,018	-0,034	-0,053	-0,073	-0,090	-0,101	-0,098	-0,071	0	
200	0	0	-0,070	-0,096	-0,097	-0,084	-0,067	-0,048	-0,031	-0,016	-0,005	0
	0,1	0	0,024	-0,017	-0,034	-0,039	-0,035	-0,028	-0,019	-0,011	-0,003	0
	0,2	0	0,018	0,063	0,029	0,008	-0,003	-0,007	-0,007	-0,005	-0,001	0
	0,3	0	0,012	0,044	0,093	0,057	0,032	0,016	0,007	0,003	0,001	0
	0,4	0	0,007	0,026	0,060	0,109	0,070	0,043	0,024	0,011	0,003	0
	0,5	0	0,004	0,015	0,037	0,070	0,114	0,070	0,037	0,015	0,004	0
	0,6	0	0,003	0,011	0,024	0,043	0,070	0,109	0,060	0,026	0,007	0
	0,7	0	0,001	0,003	0,007	0,016	0,032	0,057	0,093	0,044	0,012	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,007	-0,003	0,008	0,029	0,063	0,018	0
	0,9	0	-0,003	-0,011	-0,019	-0,028	-0,035	-0,039	-0,034	-0,017	0,024	0
1,0	0	-0,005	-0,016	-0,031	-0,048	-0,067	-0,084	-0,097	-0,096	-0,070	0	
250	0	0	-0,069	-0,094	-0,093	-0,080	-0,062	-0,044	-0,028	-0,015	-0,004	0
	0,1	0	0,024	-0,016	-0,032	-0,036	-0,033	-0,026	-0,018	-0,010	-0,003	0
	0,2	0	0,017	0,063	0,028	0,007	-0,003	-0,007	-0,007	-0,005	-0,001	0
	0,3	0	0,011	0,041	0,090	0,053	0,028	0,013	0,005	0,001	0,000	0
	0,4	0	0,005	0,023	0,055	0,103	0,065	0,038	0,021	0,010	0,003	0
	0,5	0	0,003	0,013	0,034	0,065	0,109	0,065	0,034	0,013	0,003	0
	0,6	0	0,003	0,010	0,021	0,038	0,065	0,103	0,055	0,023	0,005	0
	0,7	0	0,000	0,001	0,005	0,013	0,028	0,053	0,090	0,041	0,011	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,007	-0,003	0,007	0,028	0,063	0,017	0
	0,9	0	-0,003	-0,010	-0,018	-0,026	-0,033	-0,036	-0,032	-0,016	0,024	0
1,0	0	-0,004	-0,015	-0,028	-0,044	-0,062	-0,080	-0,093	-0,094	-0,069	0	
300	0	0	-0,069	-0,092	-0,089	-0,075	-0,057	-0,041	-0,026	-0,014	-0,003	0
	0,1	0	0,025	-0,014	-0,030	-0,034	-0,030	-0,024	-0,016	-0,009	-0,002	0
	0,2	0	0,017	0,062	0,028	0,007	-0,003	-0,007	-0,007	-0,005	-0,001	0
	0,3	0	0,010	0,039	0,087	0,050	0,025	0,011	0,003	0,000	0,000	0
	0,4	0	0,005	0,020	0,052	0,099	0,061	0,035	0,019	0,009	0,003	0
	0,5	0	0,003	0,012	0,030	0,061	0,104	0,061	0,030	0,012	0,003	0
	0,6	0	0,003	0,009	0,019	0,035	0,061	0,099	0,052	0,020	0,005	0
	0,7	0	0,000	0,000	0,003	0,011	0,025	0,050	0,087	0,039	0,010	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,007	-0,003	0,007	0,028	0,062	0,017	0
	0,9	0	-0,002	-0,009	-0,016	-0,024	-0,030	-0,034	-0,030	-0,014	0,025	0
1,0	0	-0,003	-0,014	-0,026	-0,041	-0,057	-0,075	-0,089	-0,092	-0,069	0	
	0	0	-0,068	-0,089	-0,085	-0,070	-0,053	-0,037	-0,023	-0,012	-0,003	0
	0,1	0	0,025	-0,013	-0,029	-0,032	-0,028	-0,022	-0,015	-0,008	-0,002	0
	0,2	0	0,017	0,062	0,027	0,006	-0,004	-0,008	-0,007	-0,005	-0,001	0
	0,3	0	0,009	0,038	0,085	0,047	0,023	0,009	0,002	0,000	0,000	0

تابع الجدول رقم (٨ - ٤)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
350	0,4	0	0,004	0,018	0,048	0,094	0,057	0,032	0,017	0,008	0,002	0
	0,5	0	0,002	0,010	0,027	0,057	0,100	0,057	0,027	0,010	0,002	0
	0,6	0	0,002	0,008	0,017	0,032	0,057	0,094	0,048	0,018	0,004	0
	0,7	0	0,000	0,000	0,002	0,009	0,023	0,047	0,085	0,038	0,009	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,008	-0,004	0,006	0,027	0,062	0,017	0
	0,9	0	-0,002	-0,008	-0,015	-0,022	-0,028	-0,032	-0,029	-0,013	0,025	0
	1,0	0	-0,003	-0,012	-0,023	-0,037	-0,053	-0,070	-0,085	-0,089	-0,068	0
	0	0	-0,067	-0,087	-0,082	-0,067	-0,049	-0,034	-0,021	-0,011	-0,003	0
	0,1	0	0,025	-0,013	-0,028	-0,030	-0,027	-0,021	-0,014	-0,008	-0,002	0
	0,2	0	0,017	0,062	0,027	0,006	-0,004	-0,008	-0,007	-0,005	-0,001	0
400	0,3	0	0,009	0,037	0,083	0,046	0,021	0,008	0,002	0,000	0,000	0
	0,4	0	0,002	0,016	0,045	0,091	0,054	0,030	0,016	0,008	0,002	0
	0,5	0	0,001	0,008	0,025	0,053	0,096	0,053	0,025	0,008	0,001	0
	0,6	0	0,002	0,008	0,016	0,030	0,054	0,091	0,045	0,016	0,002	0
	0,7	0	0,000	0,000	0,002	0,008	0,021	0,046	0,083	0,037	0,009	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,008	-0,004	0,006	0,027	0,062	0,017	0
	0,9	0	-0,002	-0,008	-0,014	-0,021	-0,027	-0,030	-0,028	-0,013	0,025	0
	1,0	0	-0,003	-0,011	-0,021	-0,034	-0,049	-0,067	-0,082	-0,087	-0,067	0
	0	0	-0,066	-0,085	-0,079	-0,063	-0,046	-0,031	-0,019	-0,010	-0,003	0
	0,1	0	0,025	-0,012	-0,027	-0,029	-0,025	-0,020	-0,013	-0,007	-0,002	0
450	0,2	0	0,017	0,061	0,026	0,006	-0,004	-0,008	-0,007	-0,005	-0,001	0
	0,3	0	0,009	0,036	0,081	0,043	0,020	0,006	0,001	0,000	0,000	0
	0,4	0	0,002	0,014	0,042	0,088	0,051	0,029	0,016	0,007	0,002	0
	0,5	0	0,001	0,006	0,022	0,050	0,092	0,050	0,022	0,006	0,001	0
	0,6	0	0,002	0,007	0,016	0,029	0,051	0,088	0,042	0,014	0,002	0
	0,7	0	0,000	0,000	0,001	0,006	0,020	0,043	0,081	0,036	0,009	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,008	-0,004	0,006	0,026	0,061	0,017	0
	0,9	0	-0,002	-0,007	-0,113	-0,020	-0,025	-0,029	-0,027	-0,012	0,025	0
	1,0	0	-0,003	-0,010	-0,019	-0,031	-0,046	-0,063	-0,079	-0,085	-0,066	0
	0	0	-0,066	-0,084	-0,077	-0,061	-0,044	-0,029	-0,018	-0,010	-0,003	0
500	0,1	0	0,025	-0,012	-0,026	-0,028	-0,024	-0,019	-0,013	-0,007	-0,002	0
	0,2	0	0,017	0,061	0,026	0,006	-0,004	-0,008	-0,007	-0,005	-0,001	0
	0,3	0	0,009	0,035	0,080	0,042	0,019	0,006	-0,001	0,000	0,000	0
	0,4	0	0,002	0,012	0,039	0,085	0,048	0,025	0,013	0,006	0,002	0
	0,5	0	0,000	0,005	0,020	0,047	0,089	0,047	0,020	0,005	0,000	0
	0,6	0	0,002	0,005	0,013	0,025	0,048	0,085	0,039	0,012	0,002	0
	0,7	0	0,000	0,000	0,001	0,006	0,019	0,042	0,080	0,035	0,009	0
	0,8	0	-0,001	-0,005	-0,007	-0,008	-0,004	0,006	0,026	0,061	0,017	0
	0,9	0	-0,002	-0,007	-0,013	-0,019	-0,024	-0,028	-0,026	-0,012	0,025	0
	1,0	0	-0,003	-0,010	-0,018	-0,029	-0,044	-0,061	-0,077	-0,084	-0,066	0

نحسب الثوابت :

$$\alpha = \frac{1 - \mu^2}{1 - \mu_0^2} \cdot \frac{\pi E_0 \cdot b \cdot L^3}{EI}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 6000 \cdot 1 \cdot 125^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 0,0256 (1 - 0,09)} = 50 ;$$

$$\beta = \frac{2,5}{5} + 0,5 .$$

نحدد القيم اللاقياسية \bar{M} , \bar{V} , \bar{p}

تبعاً من الجداول ذات الأرقام (٢ - ٨)

(٣ - ٨) ، ونظراً للتناظر

نكتفي بالمقاطع العرضية على طرف واحد

من الحمولة P أي تتغير ξ من 0 , 0,1 , 0,2 , 0,3 , 0,4 , 0,5

ونوضح في الجدول رقم (٥ - ٨) اللاحق القيم اللاقياسية .

الجدول رقم (٥ - ٨)

ξ	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
\bar{p}	1,414	1,190	1,017	0,892	0,814	0,793
\bar{V}	0	0,13	0,24	0,334	0,419	0,500
\bar{M}	0	0,007	0,025	0,054	0,092	0,138

وبالتالي يكون :

$$p = \bar{p} \frac{P}{bL} = \frac{40}{1,5} \bar{p} = 8\bar{p}$$

$$V = \bar{V} \cdot P = 40 \cdot \bar{V}$$

$$M = \bar{M} \cdot P \cdot L = 200 \cdot \bar{M}$$

وننظم في الجدول رقم (٦ - ٨) اللاحق القيم الخاصة ببرد فعل التربة والقوى

القاطعة وعزم الانعطاف . ويوضح الشكل رقم (٨ - ١٨) المخططات التابعة لها .

الجدول رقم (٨ - ٦)

ξ	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
p	11,312	9,520	8,136	7,136	6,544	6,344
V	0	5,20	9,60	13,36	16,76	20,00
M	0	1,40	5,00	10,80	18,40	27,60

٢ - حالة عزم مطبق في مقطع عرضي :

يطبق العزم M_A في النقطة A

والتي تبعد مسافة l عن الطرف

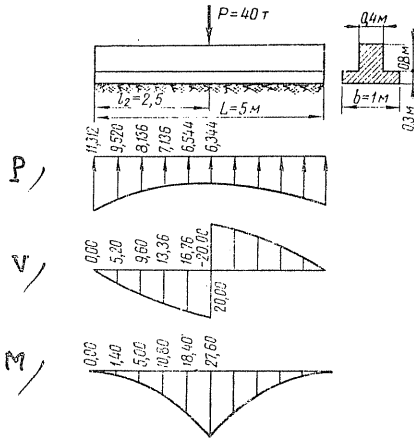
الايسر للعنصر ، وباعتبار :

$$p = \bar{p} \frac{M_A}{bL^2} ;$$

$$V = \bar{V} \frac{M_A}{L} ;$$

$$M = \bar{M} \cdot M_A .$$

انظر الشكل رقم (٨ - ١٩)



الشكل رقم (٨ - ١٨)

و \bar{p} , \bar{V} , \bar{M} هي قيم لاقياسية تحدد تباعا من الجداول ذات الارقام

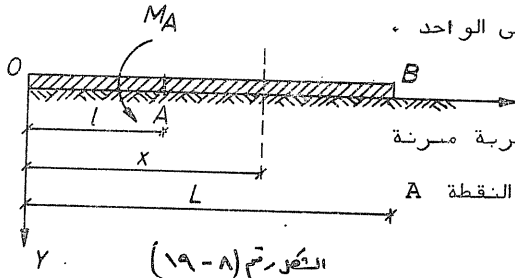
(٧ - ٨) و (٨ - ٨) و (٩ - ٨) واعتمادا على :

$$\alpha = \frac{1 - \mu^2}{1 - \mu_0^2} \cdot \frac{\pi E_0 \cdot b \cdot L^2}{EI} .$$

وعلى نسبة بعد النقطة A عن الطرف الايسر للعنصر أي : $\beta = l/L$ وكذلك

على $\xi = \frac{x}{L}$ نسبة بعد المقطع العرضي المدروس عن الطرف الايسر الى طول

العنصر وتتغير هذه النسبة من الصفر الى الواحد .



الشكل رقم (٨ - ١٩)

تطبيق :

اساس بيتوني مسلح يستند على تربة مرنة

عرضه $b = 1$ وطوله L ومحمل في النقطة A

الجدول رقم ٨ - قيم γ : $p = p \frac{MA}{bL^3}$

α	β	ϵ										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	1,0	7,500	4,920	3,060	1,740	0,780	0	-0,780	-1,740	-3,060	-4,920	-7,500
	0	8,759	5,395	3,002	1,363	0,269	-0,494	-1,139	-1,877	-2,922	-4,467	-6,783
	0,1	8,751	5,371	3,001	1,365	0,273	-0,490	-1,135	-1,875	-2,923	-4,469	-6,791
	0,2	8,697	5,367	2,999	1,379	0,297	-0,463	-1,111	-1,861	-2,925	-4,515	-6,845
	0,3	8,545	5,297	2,993	1,419	0,363	-0,387	-1,045	-1,821	-2,931	-4,585	-6,997
	0,4	8,253	5,163	2,981	1,495	0,492	-0,241	-0,916	-1,745	-2,943	-4,719	-7,289
	0,5	7,771	4,941	2,962	1,620	0,704	0	-0,704	-1,620	-2,962	-4,941	-7,771
	0,6	7,289	4,719	2,943	1,745	0,916	0,241	-0,492	-1,495	-2,981	-5,163	-8,253
	0,7	6,997	4,585	2,931	1,821	1,045	0,387	-0,363	-1,419	-2,993	-5,297	-8,545
	0,8	6,845	4,515	2,925	1,861	1,111	0,463	-0,297	-1,379	-2,999	-5,367	-8,697
25	0,9	6,791	4,469	2,923	1,875	1,135	0,490	-0,273	-1,365	-3,001	-5,371	-8,751
	1,0	6,783	4,487	2,922	1,877	1,139	0,494	-0,269	-1,363	-3,002	-5,395	-8,759
	0	9,917	5,829	2,943	1,015	-0,197	-0,940	-1,457	-1,993	-2,793	-4,099	-6,157
	0,1	9,903	5,799	2,943	1,019	-0,191	-0,933	-1,451	-1,989	-2,793	-4,083	-6,171
	0,2	9,797	5,774	2,938	1,046	-0,144	-0,880	-1,404	-1,962	-2,798	-4,154	-6,277
	0,3	9,511	5,642	2,927	1,121	-0,019	-0,737	-1,279	-1,887	-2,809	-4,286	-6,563
	0,4	8,955	5,386	2,905	1,265	0,226	-0,459	-1,034	-1,741	-2,831	-4,542	-7,119
	0,5	8,037	4,964	2,868	1,501	0,630	0	-0,630	-1,501	-2,868	-4,964	-8,037
	0,6	7,119	4,542	2,831	1,741	1,034	0,459	-0,226	-1,265	-2,905	-5,386	-8,955
	0,7	6,563	4,286	2,809	1,887	1,279	0,737	0,019	-1,121	-2,927	-5,642	-9,511
50	0,8	6,277	4,154	2,798	1,962	1,404	0,880	0,144	-1,046	-2,938	-5,774	-9,797
	0,9	6,171	4,083	2,793	1,989	1,451	0,933	0,191	-1,019	-2,943	-5,799	-9,903
	1,0	6,157	4,099	2,793	1,993	1,457	0,940	0,197	-1,015	-2,943	-5,829	-9,917
	0	11,976	6,581	2,820	0,389	-1,021	-1,714	-1,995	-2,171	-2,546	-3,427	-5,120
	0,1	11,948	6,568	2,819	0,396	-1,009	-1,700	-1,983	-2,164	-2,547	-3,440	-5,148
	0,2	11,756	6,480	2,811	0,446	-0,925	-1,604	-1,899	-2,114	-2,555	-3,528	-5,340
	0,3	11,234	6,240	2,790	0,582	-0,695	-1,343	-1,669	-1,978	-2,576	-3,768	-5,862
	0,4	10,222	5,773	2,750	0,845	-0,249	-0,836	-1,223	-1,715	-2,616	-4,235	-6,876
	0,5	8,548	5,004	2,683	1,280	0,487	0	-0,487	-1,280	-2,683	-5,004	-8,548
	0,6	6,876	4,235	2,616	1,715	1,223	0,836	0,249	-0,845	-2,750	-5,773	-10,222
100	0,7	5,862	3,768	2,576	1,978	1,669	1,343	0,695	-0,582	-2,790	-6,240	-11,234
	0,8	5,340	3,528	2,555	2,114	1,899	1,604	0,925	-0,446	-2,811	-6,480	-11,756
	0,9	5,148	3,440	2,547	2,164	1,983	1,700	1,009	-0,396	-2,819	-6,568	-11,948
	1,0	5,120	3,427	2,546	2,171	1,995	1,714	1,021	-0,389	-2,820	-6,581	-11,976

تابع الجدول رقم (٨ - ٧)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
150	0	13,758	7,216	2,696	-0,163	-1,728	-2,361	-2,428	-2,293	-2,318	-2,872	-4,314
	0,1	13,720	7,199	2,694	-0,153	-1,711	-2,342	-2,411	-2,283	-2,320	-2,889	-4,352
	0,2	13,456	7,077	2,684	-0,084	-1,595	-2,210	-2,295	-2,214	-2,330	-3,011	-4,616
	0,3	12,738	6,747	2,655	0,102	-1,279	-1,851	-1,979	-2,028	-2,359	-3,341	-5,334
	0,4	11,340	6,104	2,599	0,466	-0,664	-1,152	-1,364	-1,664	-2,415	-3,984	-6,732
	0,5	9,036	5,044	2,507	1,065	0,350	0	-0,350	-1,065	-2,507	-5,044	-9,036
	0,6	6,732	3,984	2,415	1,664	1,364	1,152	0,664	-0,466	-2,599	-6,104	-11,340
	0,7	5,334	3,341	2,359	2,028	1,979	1,851	1,279	-0,102	-2,655	-6,747	-12,738
	0,8	4,616	3,011	2,330	2,214	2,295	2,210	1,595	0,084	-2,684	-7,077	-13,456
	0,9	4,352	2,889	2,320	2,283	2,411	2,342	1,711	0,153	-2,694	-7,199	-13,720
	1,0	4,314	2,872	2,318	2,293	2,428	2,361	1,728	0,163	-2,696	-7,216	-13,758
200	0	15,323	7,758	2,572	-0,655	-2,343	-2,911	-2,781	-2,373	-2,106	-2,402	-3,679
	0,1	15,275	7,736	2,570	-0,642	-2,322	-2,887	-2,760	-2,360	-2,108	-2,424	-3,727
	0,2	14,949	7,586	2,557	-0,557	-2,178	-2,724	-2,616	-2,275	-2,121	-2,574	-4,053
	0,3	14,065	7,179	2,522	-0,328	-1,789	-2,282	-2,227	-2,046	-2,156	-2,981	-4,937
	0,4	12,341	6,386	2,453	0,121	-1,031	-1,420	-1,469	-1,597	-2,225	-3,774	-6,661
	0,5	9,501	5,080	2,339	0,859	0,219	0	-0,219	-0,859	-2,339	-5,080	-9,501
	0,6	6,661	3,774	2,225	1,597	1,469	1,420	1,031	-0,121	-2,453	-6,386	-12,341
	0,7	4,937	2,981	2,156	2,046	2,227	2,282	1,789	0,328	-2,522	-7,179	-14,065
	0,8	4,053	2,574	2,121	2,275	2,616	2,724	2,178	0,557	-2,557	-7,586	-14,949
	0,9	3,727	2,424	2,108	2,360	2,760	2,887	2,322	0,642	-2,570	-7,736	-15,275
	1,0	3,679	2,402	2,106	2,373	2,781	2,911	2,343	0,655	-2,572	-7,758	-15,323
250	0	16,713	8,227	2,450	-1,096	-2,882	-3,383	-3,072	-2,422	-1,908	-2,003	-3,181
	0,1	16,659	8,203	2,447	-1,082	-2,858	-3,356	-3,048	-2,408	-1,911	-2,027	-3,235
	0,2	16,281	8,029	2,432	-0,984	-2,692	-3,167	-2,882	-2,310	-1,925	-2,201	-3,613
	0,3	15,251	7,555	2,391	-0,716	-2,239	-2,652	-2,429	-2,042	-1,967	-2,675	-4,643
	0,4	13,249	6,634	2,311	-0,196	-1,358	-1,651	-1,548	-1,522	-2,047	-3,596	-6,645
	0,5	9,947	5,115	2,179	0,663	0,095	0	-0,095	-0,663	-2,179	-5,115	-9,947
	0,6	6,645	3,596	2,047	1,522	1,548	1,651	1,358	0,196	-2,311	-6,634	-13,249
	0,7	4,643	2,675	1,967	2,042	2,429	2,652	2,239	0,716	-2,391	-7,555	-15,251
	0,8	3,613	2,201	1,925	2,310	2,882	3,167	2,692	0,984	-2,432	-8,029	-16,281
	0,9	3,235	2,027	1,911	2,408	3,048	3,356	2,858	1,082	-2,447	-8,203	-16,659
	1,0	3,181	2,003	1,908	2,422	3,072	3,383	2,882	1,096	-2,450	-8,227	-16,713
300	0	17,963	8,640	2,329	-1,498	-3,364	-3,794	-3,314	-2,448	-1,721	-1,660	-2,787
	0,1	17,903	8,613	2,326	-1,482	-3,337	-3,764	-3,287	-2,432	-1,724	-1,687	-2,847
	0,2	17,477	8,417	2,309	-1,372	-3,150	-3,551	-3,100	-2,322	-1,741	-1,883	-3,273
	0,3	16,323	7,886	2,263	-1,071	-2,642	-2,974	-2,592	-2,021	-1,787	-2,414	-4,427
	0,4	14,079	6,854	2,173	-0,488	-1,655	-1,852	-1,605	-1,438	-1,877	-3,446	-6,671
	0,5	10,375	5,150	2,025	0,475	-0,025	0	0,025	-0,475	-2,025	-5,150	-10,375
	0,6	6,671	3,446	1,877	1,438	1,605	1,852	1,655	0,488	-2,173	-6,854	-14,079
	0,7	4,427	2,414	1,787	2,021	2,592	2,974	2,642	1,071	-2,263	-7,886	-16,323
	0,8	3,273	1,883	1,741	2,322	3,100	3,551	3,150	1,372	-2,309	-8,417	-17,477
	0,9	2,847	1,687	1,724	2,432	3,287	3,764	3,337	1,482	-2,326	-8,613	-17,903
	1,0	2,787	1,660	1,721	2,448	3,314	3,794	3,364	1,498	-2,329	-8,640	-17,963

تابع الجدول رقم (٨ - ٧)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
350	0	19,092	9,005	2,209	-1,865	-3,795	-4,154	-3,517	-2,455	-1,545	-1,361	-2,476
	0,1	19,026	8,974	2,207	-1,848	-3,765	-4,121	-3,487	-2,438	-1,547	-1,392	-2,542
	0,2	18,560	8,760	2,188	-1,727	-3,560	-3,888	-3,282	-2,317	-1,566	-1,606	-3,008
	0,3	17,298	8,179	2,138	-1,399	-3,005	-3,257	-2,727	-1,989	-1,616	-2,187	-4,270
	0,4	14,838	7,048	2,039	-0,759	-1,923	-2,027	-1,645	-1,349	-1,715	-3,318	-6,730
	0,5	10,784	5,183	1,877	0,295	-0,139	0	0,139	-0,295	-1,877	-5,183	-10,784
	0,6	6,730	3,318	1,715	1,349	1,645	2,027	1,923	0,759	-2,039	-7,048	-14,838
	0,7	4,270	2,187	1,616	1,989	2,727	3,257	3,005	1,349	-2,138	-8,179	-17,298
	0,8	3,008	1,606	1,566	2,317	3,282	3,888	3,560	1,727	-2,188	-8,760	-18,560
	0,9	2,542	1,392	1,547	2,438	3,487	4,121	3,765	1,848	-2,207	-8,974	-19,026
	1,0	2,476	1,361	1,545	2,455	3,517	4,154	3,795	1,865	-2,209	-9,005	-19,092
400	0	20,122	9,329	2,094	-2,204	-4,185	-4,473	-3,687	-2,448	-1,378	-1,099	-2,230
	0,1	20,050	9,296	2,091	-2,185	-4,154	-4,437	-3,656	-2,429	-1,381	-1,132	-2,302
	0,2	19,550	9,066	2,071	-2,055	-3,934	-4,187	-3,436	-2,299	-1,401	-1,362	-2,802
	0,3	18,190	8,440	2,017	-1,702	-3,335	-3,507	-2,837	-1,946	-1,455	-1,988	-4,162
	0,4	15,542	7,222	1,911	-1,013	-2,170	-2,183	-1,672	-1,257	-1,561	-3,206	-6,810
	0,5	11,176	5,214	1,736	0,122	-0,249	0	0,249	-0,122	-1,736	-5,214	-11,176
	0,6	6,810	3,206	1,561	1,257	1,672	2,183	2,170	1,013	-1,911	-7,222	-15,542
	0,7	4,162	1,988	1,455	1,946	2,837	3,507	3,335	1,702	-2,017	-8,440	-18,190
	0,8	2,802	1,362	1,401	2,299	3,436	4,187	3,934	2,055	-2,071	-9,066	-19,550
	0,9	2,302	1,132	1,381	2,429	3,656	4,437	4,154	2,185	-2,091	-9,296	-20,050
	1,0	2,230	1,099	1,378	2,448	3,687	4,473	4,185	2,204	-2,094	-9,329	-20,122
450	0	21,065	9,620	1,981	-2,516	-4,540	-4,756	-3,830	-2,430	-1,221	-0,868	-2,041
	0,1	20,991	9,585	1,979	-2,497	-4,508	-4,719	-3,798	-2,411	-1,223	-0,903	-2,115
	0,2	20,457	9,340	1,957	-2,358	-4,273	-4,452	-3,563	-2,272	-1,249	-1,148	-2,649
	0,3	19,011	8,675	1,899	-1,982	-3,637	-3,729	-2,927	-1,896	-1,303	-1,813	-4,095
	0,4	16,195	7,379	1,787	-1,250	-2,397	-2,397	-1,687	-1,164	-1,415	-3,109	-6,911
	0,5	11,553	5,244	1,601	-0,043	-0,355	0	0,355	0,043	-1,601	-5,244	-11,553
	0,6	6,911	3,109	1,415	1,164	1,687	2,397	2,397	1,250	-1,787	-7,379	-16,195
	0,7	4,095	1,813	1,303	1,896	2,927	3,729	3,637	1,982	-1,899	-8,675	-19,011
	0,8	2,649	1,148	1,245	2,272	3,563	4,452	4,273	2,358	-1,957	-9,340	-20,457
	0,9	2,115	0,903	1,223	2,411	3,798	4,719	4,508	2,497	-1,979	-9,585	-20,991
	1,0	2,041	0,868	1,221	2,430	3,830	4,756	4,540	2,516	-1,981	-9,620	-21,065
500	0	21,937	9,883	1,871	-2,809	-4,867	-5,011	-3,953	-2,403	-1,069	-0,663	-1,893
	0,1	21,857	9,846	1,868	-2,788	-4,831	-4,971	-3,917	-2,382	-1,072	-0,700	-1,973
	0,2	21,295	9,588	1,845	-2,642	-4,584	-4,690	-3,670	-2,236	-1,095	-0,958	-2,535
	0,3	19,771	8,887	1,784	-2,246	-3,914	-3,928	-3,000	-1,840	-1,156	-1,659	-4,059
	0,4	16,805	7,525	1,666	-1,474	-2,609	-2,445	-1,695	-1,068	-1,274	-3,024	-7,025
	0,5	11,915	5,273	1,470	-0,203	-0,457	0	0,457	0,203	-1,470	-5,273	-11,915
	0,6	7,025	3,024	1,274	1,068	1,695	2,445	2,609	1,474	-1,666	-7,525	-16,805
	0,7	4,059	1,659	1,156	1,840	3,000	3,928	3,914	2,246	-1,784	-8,887	-19,771
	0,8	2,535	0,958	1,095	2,236	3,670	4,690	4,584	2,642	-1,845	-9,588	-21,295
	0,9	1,973	0,700	1,072	2,382	3,917	4,971	4,831	2,788	-1,868	-9,846	-21,857
	1,0	1,893	0,663	1,069	2,403	3,953	5,011	4,867	2,809	-1,871	-9,883	-21,937

الجدول رقم (٨ - ٨) : قيم \bar{v}

$$\bar{v} = \bar{v} \frac{M_0}{L}$$

α	β	ϵ										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0-1,0	0	0,614	1,008	1,244	1,368	1,406	1,368	1,244	1,008	0,614	0
	0	0	0,699	1,112	1,324	1,402	1,389	1,308	1,158	0,922	0,557	0
	0,1	0	0,699	1,111	1,323	1,402	1,389	1,308	1,159	0,923	0,557	0
	0,2	0	0,695	1,106	1,319	1,399	1,389	1,311	1,163	0,928	0,561	0
	0,3	0	0,684	1,091	1,306	1,392	1,389	1,318	1,176	0,943	0,572	0
	0,4	0	0,663	1,063	1,281	1,378	1,389	1,332	1,201	0,971	0,593	0
	0,5	0	0,628	1,017	1,241	1,355	1,389	1,355	1,241	1,017	0,628	0
	0,6	0	0,593	0,971	1,201	1,332	1,389	1,378	1,281	1,063	0,663	0
	0,7	0	0,572	0,943	1,176	1,318	1,389	1,392	1,306	1,091	0,684	0
	0,8	0	0,561	0,928	1,163	1,311	1,389	1,399	1,319	1,106	0,695	0
0,9	0	0,557	0,923	1,159	1,308	1,389	1,402	1,323	1,111	0,699	0	
1,0	0	0,557	0,922	1,158	1,308	1,389	1,402	1,324	1,112	0,699	0	
25	0	0	0,776	1,205	1,396	1,433	1,373	1,253	1,080	0,845	0,506	0
	0,1	0	0,775	1,204	1,395	1,433	1,373	1,253	1,081	0,846	0,507	0
	0,2	0	0,768	1,194	1,386	1,427	1,373	1,259	1,090	0,856	0,514	0
	0,3	0	0,747	1,167	1,362	1,414	1,373	1,272	1,114	0,883	0,535	0
	0,4	0	0,707	1,113	1,315	1,387	1,373	1,299	1,161	0,937	0,575	0
	0,5	0	0,641	1,025	1,238	1,343	1,373	1,343	1,238	1,025	0,641	0
	0,6	0	0,575	0,937	1,161	1,299	1,373	1,387	1,315	1,113	0,707	0
	0,7	0	0,535	0,883	1,114	1,272	1,373	1,414	1,362	1,167	0,747	0
	0,8	0	0,514	0,856	1,090	1,259	1,373	1,427	1,386	1,194	0,768	0
	0,9	0	0,507	0,846	1,081	1,253	1,373	1,433	1,395	1,204	0,775	0
1,0	0	0,506	0,845	1,080	1,253	1,373	1,433	1,396	1,205	0,776	0	
50	0	0	0,913	1,371	1,521	1,483	1,341	1,153	0,945	0,713	0,419	0
	0,1	0	0,909	1,368	1,519	1,481	1,341	1,155	0,947	0,716	0,423	0
	0,2	0	0,897	1,350	1,502	1,472	1,341	1,164	0,964	0,734	0,435	0
	0,3	0	0,859	1,300	1,459	1,447	1,341	1,189	1,007	0,784	0,473	0
	0,4	0	0,786	1,203	1,373	1,398	1,341	1,238	1,093	0,881	0,546	0
	0,5	0	0,666	1,042	1,233	1,318	1,311	1,318	1,233	1,042	0,666	0
	0,6	0	0,546	0,881	1,093	1,238	1,341	1,398	1,373	1,203	0,786	0
	0,7	0	0,473	0,784	1,007	1,189	1,341	1,447	1,459	1,300	0,859	0
	0,8	0	0,435	0,734	0,964	1,164	1,341	1,472	1,502	1,350	0,897	0
	0,9	0	0,423	0,716	0,947	1,155	1,341	1,481	1,519	1,368	0,909	0
1,0	0	0,419	0,713	0,945	1,153	1,341	1,483	1,521	1,371	0,913	0	
100	0	0	1,030	1,510	1,625	1,522	1,310	1,068	0,831	0,604	0,350	0
	0,1	0	1,027	1,507	1,621	1,520	1,310	1,070	0,835	0,607	0,353	0
	0,2	0	1,008	1,481	1,599	1,507	1,310	1,083	0,857	0,633	0,372	0
	0,3	0	0,957	1,412	1,539	1,473	1,310	1,117	0,917	0,702	0,423	0
	0,4	0	0,856	1,278	1,422	1,406	1,310	1,184	1,034	0,836	0,524	0
	0,5	0	0,690	1,057	1,228	1,295	1,310	1,295	1,228	1,057	0,690	0
	0,6	0	0,524	0,836	1,034	1,184	1,310	1,406	1,422	1,278	0,856	0
	0,7	0	0,423	0,702	0,917	1,117	1,310	1,473	1,539	1,412	0,957	0
	0,8	0	0,372	0,633	0,857	1,083	1,310	1,507	1,599	1,481	1,008	0

تابع الجدول رقم (٨ - ٨)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
200	0,9	0	0,353	0,607	0,835	1,070	1,310	1,520	1,621	1,507	1,027	0
	1,0	0	0,350	0,604	0,831	1,068	1,310	1,522	1,625	1,510	1,030	0
	0	0	1,132	1,631	1,712	1,551	1,281	0,993	0,734	0,513	0,294	0
	0,1	0	1,129	1,626	1,708	1,549	1,281	0,995	0,738	0,518	0,297	0
	0,2	0	1,105	1,595	1,681	1,534	1,281	1,010	0,765	0,549	0,321	0
	0,3	0	1,042	1,510	1,606	1,491	1,281	1,053	0,840	0,634	0,384	0
	0,4	0	0,917	1,345	1,462	1,408	1,281	1,136	0,984	0,799	0,509	0
	0,5	0	0,713	1,072	1,223	1,272	1,281	1,272	1,223	1,072	0,713	0
	0,6	0	0,509	0,799	0,984	1,136	1,281	1,408	1,462	1,345	0,917	0
	0,7	0	0,384	0,634	0,840	1,053	1,281	1,491	1,606	1,510	1,042	0
0,8	0	0,321	0,549	0,765	1,010	1,281	1,534	1,681	1,595	1,105	0	
0,9	0	0,297	0,518	0,738	0,995	1,281	1,549	1,708	1,626	1,129	0	
1,0	0	0,294	0,513	0,734	0,993	1,281	1,551	1,712	1,631	1,132	0	
250	0	0	1,223	1,736	1,787	1,575	1,253	0,925	0,651	0,436	0,249	0
	0,1	0	1,219	1,730	1,783	1,572	1,253	0,982	0,655	0,442	0,253	0
	0,2	0	1,192	1,694	1,751	1,554	1,253	0,946	0,687	0,478	0,280	0
	0,3	0	1,118	1,595	1,665	1,505	1,253	0,995	0,773	0,577	0,354	0
	0,4	0	0,974	1,403	1,491	1,408	1,253	1,092	0,937	0,769	0,498	0
	0,5	0	0,736	1,086	1,219	1,250	1,253	1,250	1,219	1,086	0,736	0
	0,6	0	0,498	0,769	0,937	1,092	1,253	1,408	1,491	1,403	0,974	0
	0,7	0	0,354	0,577	0,773	0,995	1,253	1,505	1,665	1,595	1,118	0
	0,8	0	0,280	0,478	0,687	0,946	1,253	1,554	1,751	1,694	1,192	0
	0,9	0	0,253	0,442	0,655	0,928	1,253	1,572	1,783	1,730	1,219	0
1,0	0	0,249	0,436	0,651	0,925	1,253	1,575	1,787	1,736	1,223	0	
300	0	0	1,303	1,828	1,851	1,594	1,227	0,866	0,577	0,372	0,211	0
	0,1	0	1,259	1,823	1,846	1,591	1,227	0,869	0,582	0,377	0,215	0
	0,2	0	1,268	1,782	1,811	1,571	1,227	0,889	0,617	0,418	0,246	0
	0,3	0	1,185	1,671	1,714	1,516	1,227	0,944	0,714	0,529	0,329	0
	0,4	0	1,024	1,456	1,521	1,408	1,227	1,052	0,899	0,744	0,490	0
	0,5	0	0,757	1,100	1,214	1,230	1,227	1,230	1,214	1,100	0,757	0
	0,6	0	0,490	0,744	0,899	1,052	1,227	1,408	1,521	1,456	1,024	0
	0,7	0	0,329	0,529	0,714	0,944	1,227	1,516	1,714	1,671	1,185	0
	0,8	0	0,246	0,418	0,617	0,889	1,227	1,571	1,811	1,782	1,268	0
	0,9	0	0,215	0,377	0,582	0,869	1,227	1,591	1,846	1,823	1,299	0
1,0	0	0,211	0,372	0,577	0,866	1,227	1,594	1,851	1,828	1,303	0	
350	0	0	1,375	1,911	1,908	1,610	1,201	0,812	0,512	0,315	0,179	0
	0,1	0	1,370	1,904	1,902	1,607	1,201	0,815	0,518	0,322	0,184	0
	0,2	0	1,337	1,859	1,863	1,584	1,201	0,838	0,557	0,367	0,217	0
	0,3	0	1,246	1,738	1,757	1,524	1,201	0,898	0,663	0,488	0,308	0
	0,4	0	1,069	1,502	1,551	1,406	1,201	1,016	0,869	0,724	0,485	0
	0,5	0	0,777	1,113	1,210	1,211	1,201	1,211	1,210	1,113	0,777	0
	0,6	0	0,485	0,724	0,869	1,016	1,201	1,406	1,551	1,502	1,069	0
	0,7	0	0,308	0,488	0,663	0,898	1,201	1,524	1,757	1,738	1,246	0
	0,8	0	0,217	0,367	0,557	0,838	1,201	1,584	1,863	1,859	1,337	0
	0,9	0	0,184	0,322	0,518	0,815	1,201	1,607	1,902	1,904	1,370	0
1,0	0	0,179	0,315	0,512	0,812	1,201	1,610	1,908	1,911	1,375	0	

تابع الجدول رقم (٨ - ٨)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
400	0	0	1,440	1,985	1,957	1,621	1,176	0,763	0,455	0,267	0,152	0
	0,1	0	1,435	1,978	1,951	1,618	1,176	0,766	0,461	0,274	0,157	0
	0,2	0	1,399	1,930	1,909	1,594	1,176	0,790	0,503	0,322	0,193	0
	0,3	0	1,301	1,799	1,795	1,529	1,176	0,865	0,617	0,453	0,291	0
	0,4	0	1,110	1,545	1,573	1,402	1,176	0,982	0,839	0,707	0,482	0
	0,5	0	0,796	1,126	1,206	1,192	1,176	1,192	1,206	1,126	0,796	0
	0,6	0	0,482	0,707	0,839	0,982	1,176	1,402	1,573	1,545	1,110	0
	0,7	0	0,291	0,453	0,617	0,865	1,176	1,529	1,795	1,799	1,301	0
	0,8	0	0,193	0,322	0,503	0,790	1,176	1,594	1,909	1,930	1,399	0
	0,9	0	0,157	0,274	0,461	0,766	1,176	1,618	1,951	1,978	1,435	0
1,0	0	0,152	0,267	0,455	0,763	1,176	1,621	1,957	1,985	1,440	0	
450	0	0	1,500	2,051	2,000	1,630	1,153	0,716	0,402	0,225	0,130	0
	0,1	0	1,495	2,044	1,994	1,626	1,153	0,720	0,408	0,232	0,135	0
	0,2	0	1,456	1,993	1,949	1,600	1,153	0,746	0,453	0,283	0,174	0
	0,3	0	1,352	1,854	1,827	1,531	1,153	0,815	0,575	0,422	0,278	0
	0,4	0	1,149	1,584	1,591	1,396	1,153	0,950	0,811	0,692	0,481	0
	0,5	0	0,815	1,138	1,201	1,173	1,153	1,173	1,201	1,138	0,815	0
	0,6	0	0,481	0,692	0,811	0,950	1,153	1,396	1,591	1,584	1,149	0
	0,7	0	0,278	0,422	0,575	0,815	1,153	1,531	1,827	1,854	1,352	0
	0,8	0	0,174	0,283	0,453	0,746	1,153	1,600	1,949	1,993	1,456	0
	0,9	0	0,135	0,232	0,408	0,720	1,153	1,626	1,994	2,044	1,495	0
1,0	0	0,130	0,225	0,402	0,716	1,153	1,630	2,000	2,051	1,500	0	
500	0	0	1,555	2,112	2,040	1,637	1,130	0,675	0,356	0,188	0,111	0
	0,1	0	1,549	2,104	2,033	1,633	1,130	0,679	0,363	0,196	0,117	0
	0,2	0	1,508	2,050	1,986	1,606	1,130	0,706	0,410	0,250	0,158	0
	0,3	0	1,399	1,904	1,858	1,533	1,130	0,779	0,538	0,396	0,267	0
	0,4	0	1,185	1,619	1,609	1,391	1,130	0,921	0,787	0,681	0,481	0
	0,5	0	0,833	1,150	1,198	1,156	1,130	1,156	1,198	1,150	0,833	0
	0,6	0	0,481	0,681	0,787	0,921	1,130	1,391	1,609	1,619	1,185	0
	0,7	0	0,267	0,396	0,538	0,779	1,130	1,533	1,858	1,904	1,399	0
	0,8	0	0,158	0,250	0,410	0,706	1,130	1,606	1,986	2,050	1,508	0
	0,9	0	0,117	0,196	0,363	0,679	1,130	1,633	2,033	2,104	1,549	0
1,0	0	0,111	0,188	0,356	0,675	1,130	1,637	2,040	2,112	1,555	0	

الجدول رقم (٨ - ٩) : قيم \bar{M}

$$M = \bar{M} \cdot M_A$$

α	β	ξ										
		0	0,1]	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0	-1	-0,967	-0,895	-0,770	-0,639	-0,500	-0,361	-0,230	-0,105	-0,033	0
	0,1	0	$\frac{0,033}{-0,967}$	-0,895	-0,770	-0,639	-0,500	-0,361	-0,230	-0,105	-0,033	0
	0,2	0	$\frac{0,033}{-0,895}$	$\frac{0,105}{-0,895}$	-0,770	-0,639	-0,500	-0,361	-0,230	-0,105	-0,033	0
	0,3	0	0,033	0,105	$\frac{0,230}{-0,770}$	-0,639	-0,500	-0,361	-0,230	-0,105	-0,033	0
	0,4	0	0,033	0,105	0,230	$\frac{0,361}{-0,639}$	-0,500	-0,361	-0,230	-0,105	-0,033	0
	0,5	0	0,033	0,105	0,230	0,361	$\frac{0,500}{-0,500}$	-0,361	-0,230	-0,105	-0,033	0
	0,6	0	0,033	0,105	0,230	0,361	0,500	$\frac{0,639}{-0,361}$	-0,230	-0,105	-0,033	0
	0,7	0	0,033	0,105	0,230	0,361	0,500	0,639	$\frac{0,770}{-0,230}$	-0,105	-0,033	0
	0,8	0	0,033	0,105	0,230	0,361	0,500	0,639	0,770	$\frac{0,895}{-0,105}$	-0,033	0
	0,9	0	0,033	0,105	0,230	0,361	0,500	0,639	0,770	0,895	$\frac{0,967}{-0,033}$	0
1,0	0	0,033	0,105	0,230	0,361	0,500	0,639	0,770	0,895	0,967	0	
25	0	-1	-0,962	-0,880	-0,747	-0,610	-0,469	-0,334	-0,209	-0,094	-0,030	0
	0,1	0	$\frac{0,038}{-0,962}$	-0,880	-0,747	-0,610	-0,469	-0,334	-0,209	-0,094	-0,030	0
	0,2	0	$\frac{0,038}{-0,880}$	$\frac{0,119}{-0,880}$	-0,747	-0,610	-0,469	-0,334	-0,209	-0,094	-0,030	0
	0,3	0	0,037	0,117	$\frac{0,248}{-0,752}$	-0,610	-0,469	-0,334	-0,209	-0,094	-0,030	0
	0,4	0	0,036	0,113	0,242	$\frac{0,376}{-0,624}$	-0,469	-0,334	-0,209	-0,094	-0,030	0
	0,5	0	0,034	0,107	0,231	0,362	$\frac{0,500}{-0,500}$	-0,362	-0,231	-0,107	-0,034	0
	0,6	0	0,032	0,101	0,220	0,348	0,485	$\frac{0,624}{-0,376}$	-0,242	-0,113	-0,036	0
	0,7	0	0,031	0,097	0,214	0,340	0,476	0,616	$\frac{0,752}{-0,248}$	-0,117	-0,037	0
	0,8	0	0,030	0,095	0,211	0,335	0,471	0,611	0,749	$\frac{0,881}{-0,119}$	-0,038	0
	0,9	0	0,030	0,094	0,209	0,334	0,469	0,610	0,747	0,880	$\frac{0,962}{-0,038}$	0
1,0	0	0,030	0,094	0,209	0,334	0,469	0,610	0,747	0,880	0,962	1	

تابع الجدول رقم (٨ - ٩)

α	β	ϵ											
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
50	0	-1	-0,957	-0,863	-0,725	-0,583	-0,441	-0,309	-0,193	-0,089	-0,027	0	
	0,1	0	0,043	-0,863	-0,725	-0,583	-0,442	-0,309	-0,193	-0,089	-0,027	0	
	0,2	0	-0,957	0,136	-0,727	-0,586	-0,445	-0,312	-0,195	-0,090	-0,028	0	
	0,3	0	0,042	-0,864	0,267	-0,733	-0,595	-0,45	-0,321	-0,201	-0,094	-0,029	0
	0,4	0	0,041	0,132	0,254	0,389	-0,471	-0,337	-0,214	-0,101	-0,031	0	
	0,5	0	0,039	0,125	0,254	-0,611	0,500	-0,363	-0,234	-0,113	-0,035	0	
	0,6	0	0,035	0,113	0,234	0,363	-0,500	0,611	-0,254	-0,125	-0,039	0	
	0,7	0	0,031	0,101	0,214	0,337	0,471	-0,389	0,733	-0,132	-0,041	0	
	0,8	0	0,029	0,094	0,201	0,321	0,454	0,595	-0,267	0,727	0,864	-0,042	0
	0,9	0	0,028	0,090	0,195	0,312	0,445	0,586	0,727	-0,136	0,863	0,957	0
100	0	0	0,027	0,089	0,193	0,309	0,442	0,583	0,725	0,863	0,957	1	
	0,1	0	0,027	0,089	0,193	0,309	0,441	0,583	0,725	0,863	0,957	1	
	0,2	-1	-0,950	-0,839	-0,686	-0,534	-0,393	-0,268	-0,162	-0,073	-0,022	0	
	0,3	0	0,050	-0,839	-0,687	-0,535	-0,394	-0,269	-0,163	-0,073	-0,022	0	
	0,4	0	-0,950	0,158	-0,691	-0,541	-0,400	-0,275	-0,167	-0,076	-0,023	0	
	0,5	0	0,049	-0,842	0,297	-0,556	-0,416	-0,290	-0,179	-0,083	-0,025	0	
	0,6	0	0,047	0,151	0,275	0,415	-0,448	-0,319	-0,201	-0,096	-0,029	0	
	0,7	0	0,043	0,138	0,275	-0,585	0,448	0,585	-0,275	-0,138	-0,043	0	
	0,8	0	0,036	0,117	0,238	0,367	-0,500	0,415	0,703	-0,151	-0,047	0	
	0,9	0	0,029	0,096	0,201	0,319	0,448	-0,415	0,691	0,842	0,950	0	
150	0	0	0,022	0,073	0,163	0,269	0,394	0,535	0,687	0,839	0,950	0	
	0,1	0	0,022	0,073	0,162	0,268	0,393	0,534	0,686	0,839	0,950	1	
	0,2	-1	-0,943	-0,817	-0,653	-0,495	-0,352	-0,233	-0,139	-0,063	-0,019	0	
	0,3	0	0,057	-0,817	-0,654	-0,496	-0,354	-0,234	-0,140	-0,063	-0,019	0	
	0,4	0	-0,943	0,180	-0,660	-0,504	-0,362	-0,242	-0,146	-0,066	-0,020	0	
	0,5	0	0,056	-0,820	0,297	-0,556	-0,416	-0,290	-0,179	-0,083	-0,025	0	
	0,6	0	0,047	0,151	0,275	0,415	-0,448	-0,319	-0,201	-0,096	-0,029	0	
	0,7	0	0,043	0,138	0,275	-0,585	0,448	0,585	-0,275	-0,138	-0,043	0	
	0,8	0	0,036	0,117	0,238	0,367	-0,500	0,415	0,703	-0,151	-0,047	0	
	0,9	0	0,029	0,096	0,201	0,319	0,448	-0,415	0,691	0,842	0,950	0	

تابع الجدول رقم ٨ - ٩

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
150	0,3	0	0,053	0,170	$\frac{0,325}{-0,675}$	-0,524	-0,384	-0,262	-0,161	-0,076	-0,023	0
	0,4	0	0,047	0,152	$\frac{0,294}{0,435}$	-0,428	-0,303	-0,192	-0,094	-0,029	0	
	0,5	0	0,038	0,123	0,243	0,369	$\frac{0,500}{-0,500}$	-0,369	-0,243	-0,123	-0,038	0
	0,6	0	0,029	0,094	0,192	0,303	0,428	$\frac{0,555}{-0,435}$	-0,294	-0,152	-0,047	0
	0,7	0	0,023	0,076	0,161	0,262	0,384	0,524	$\frac{0,675}{-0,325}$	-0,170	-0,053	0
	0,8	0	0,020	0,066	0,146	0,242	0,362	0,504	0,660	$\frac{0,820}{-0,180}$	-0,056	0
	0,9	0	0,019	0,063	0,140	0,234	0,354	0,496	0,654	0,817	$\frac{0,943}{-0,057}$	0
	1,0	0	0,019	0,063	0,139	0,233	0,352	0,495	0,653	0,817	0,943	1
	0	-1	$\frac{-0,937}{0,062}$	-0,796	-0,625	-0,460	-0,318	-0,204	-0,119	-0,054	-0,015	0
	0,1	0	$\frac{-0,938}{0,061}$	-0,797	-0,626	-0,462	-0,320	-0,206	-0,120	-0,055	-0,016	0
200	0,2	0	0,061	$\frac{0,199}{-0,801}$	-0,633	-0,471	-0,330	-0,215	-0,127	-0,059	-0,017	0
	0,3	0	0,057	0,187	$\frac{0,348}{-0,652}$	-0,497	-0,357	-0,241	-0,146	-0,071	-0,021	0
	0,4	0	0,050	0,165	0,310	$\frac{0,454}{-0,546}$	-0,411	-0,290	-0,184	-0,093	-0,028	0
	0,5	0	0,039	0,129	0,247	0,372	$\frac{0,500}{-0,500}$	-0,372	-0,247	-0,129	-0,039	0
	0,6	0	0,028	0,093	0,184	0,290	0,411	$\frac{0,546}{-0,454}$	-0,310	-0,165	-0,050	0
	0,7	0	0,021	0,071	0,146	0,241	0,357	0,497	$\frac{0,652}{-0,348}$	-0,187	-0,057	0
	0,8	0	0,017	0,059	0,127	0,215	0,330	0,471	0,633	$\frac{0,801}{-0,199}$	-0,061	0
	0,9	0	0,016	0,055	0,120	0,206	0,320	0,462	0,626	0,797	$\frac{0,938}{-0,062}$	0
	1,0	0	0,015	0,054	0,119	0,204	0,318	0,460	0,625	0,796	0,937	1
	0	-1	$\frac{-0,932}{0,068}$	-0,778	-0,600	-0,430	-0,289	-0,180	-0,102	-0,048	-0,014	0
0,1	0	$\frac{-0,932}{0,067}$	-0,779	-0,601	-0,432	-0,290	-0,182	-0,103	-0,049	-0,014	0	
0,2	0	0,067	$\frac{0,216}{-0,784}$	-0,609	-0,443	-0,302	-0,193	-0,111	-0,054	-0,015	0	
0,3	0	0,062	0,203	$\frac{0,368}{-0,632}$	-0,472	-0,334	-0,222	-0,134	-0,067	-0,020	0	

تابع الجدول رقم (٨ - ٩)

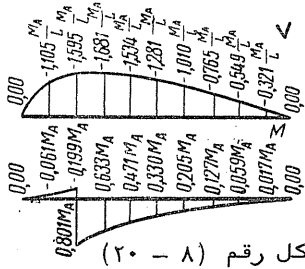
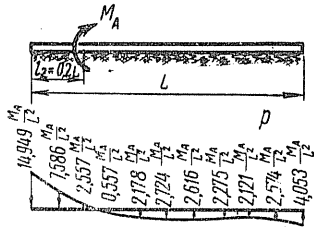
α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
250	0,4	0	0,054	0,177	0,324	0,470	-0,397	-0,280	-0,178	-0,093	-0,028	0
	0,5	0	0,041	0,135	0,251	0,375	0,500	-0,375	-0,251	-0,135	-0,041	0
	0,6	0	0,028	0,093	0,178	0,280	0,397	0,530	-0,324	-0,177	-0,054	0
	0,7	0	0,020	0,067	0,134	0,222	0,334	0,472	0,632	-0,203	-0,062	0
	0,8	0	0,015	0,054	0,111	0,193	0,302	0,443	0,609	0,784	-0,067	0
	0,9	0	0,014	0,049	0,103	0,182	0,290	0,432	0,601	0,779	0,932	0
	1,0	0	0,014	0,048	0,102	0,180	0,289	0,430	0,600	0,778	0,932	1
	0	-1	-0,927	-0,763	-0,578	-0,404	-0,263	-0,158	-0,088	-0,043	-0,011	0
	0,1	0	0,072	-0,764	-0,579	-0,406	-0,265	-0,160	-0,089	-0,043	-0,012	0
	0,2	0	-0,928	0,231	-0,588	-0,418	-0,278	-0,172	-0,098	-0,049	-0,013	0
0,3	0	0,071	-0,769	-0,588	-0,418	-0,278	-0,172	-0,098	-0,049	-0,013	0	
0,4	0	0,066	0,216	0,386	-0,452	-0,314	-0,206	-0,124	-0,064	-0,018	0	
0,5	0	0,057	0,187	0,337	0,484	-0,384	-0,270	-0,173	-0,093	-0,027	0	
300	0,6	0	0,042	0,140	0,255	0,377	0,500	-0,377	-0,255	-0,140	-0,042	0
	0,7	0	0,027	0,093	0,173	0,270	0,384	0,516	-0,337	-0,187	-0,057	0
	0,8	0	0,018	0,064	0,124	0,206	0,314	0,452	0,614	-0,216	-0,066	0
	0,9	0	0,013	0,049	0,098	0,172	0,278	0,418	0,588	0,769	-0,071	0
	1,0	0	0,012	0,043	0,089	0,160	0,265	0,406	0,579	0,764	0,928	0
	0	-1	-0,923	-0,750	-0,559	-0,382	-0,240	-0,140	-0,075	-0,038	-0,009	0
	0,1	0	0,076	-0,751	-0,560	-0,384	-0,242	-0,142	-0,076	-0,039	-0,010	0
	0,2	0	-0,924	0,244	-0,571	-0,397	-0,257	-0,155	-0,087	-0,044	-0,012	0
	0,3	0	0,074	-0,756	-0,571	-0,397	-0,257	-0,155	-0,087	-0,044	-0,012	0
	0,4	0	0,069	0,227	0,402	-0,433	-0,296	-0,191	-0,114	0,061	-0,017	0
0,5	0	0,059	0,196	0,347	0,496	-0,373	-0,262	-0,169	-0,093	-0,027	0	
350	0,6	0	0,043	0,144	0,258	0,379	0,500	-0,379	-0,258	-0,144	-0,043	0
	0,7	0	0,043	0,144	0,258	0,379	0,500	-0,379	-0,258	-0,144	-0,043	0

تابع الجدول رقم (٨ - ٩)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
400	0,6	0	0,027	0,093	0,169	0,262	0,373	$\frac{0,504}{-0,496}$	-0,347	-0,196	-0,059	0
	0,7	0	0,017	0,061	0,114	0,191	0,296	$\frac{0,598}{-0,402}$	-0,227	-0,069	0	
	0,8	0	0,012	0,044	0,087	0,155	0,257	$\frac{0,397}{0,571}$	$\frac{0,756}{-0,244}$	-0,074	0	
	0,9	0	0,010	0,039	0,076	0,142	0,242	$\frac{0,384}{0,560}$	$\frac{0,751}{-0,076}$	$\frac{0,924}{-0,076}$	0	
	1,0	0	0,009	0,038	0,075	0,140	0,240	$\frac{0,382}{0,559}$	$\frac{0,750}{0,923}$	$\frac{0,923}{0,923}$	1	
	0	-1	$\frac{-0,919}{0,081}$	-0,735	-0,541	-0,360	-0,220	-0,124	-0,065	-0,035	-0,009	0
	0,1	0	$\frac{-0,919}{0,079}$	-0,736	-0,542	-0,362	-0,223	-0,126	-0,066	-0,036	-0,009	0
	0,2	0	$\frac{0,257}{-0,743}$	-0,553	-0,377	-0,238	-0,141	-0,077	-0,043	-0,011	0	
	0,3	0	0,073	$\frac{0,240}{-0,583}$	$\frac{0,417}{-0,583}$	-0,416	-0,281	-0,180	-0,107	-0,060	-0,017	0
	0,4	0	0,063	0,206	$\frac{0,358}{-0,492}$	$\frac{0,508}{-0,492}$	-0,364	-0,255	-0,166	-0,094	-0,027	0
450	0,5	0	0,045	0,150	0,262	0,382	$\frac{0,500}{-0,500}$	-0,382	-0,262	-0,150	-0,045	0
	0,6	0	0,027	0,094	-0,166	0,255	$\frac{0,364}{-0,508}$	$\frac{0,492}{-0,508}$	-0,358	-0,206	-0,063	0
	0,7	0	0,017	0,060	0,107	0,180	0,281	$\frac{0,416}{-0,417}$	$\frac{0,583}{-0,417}$	-0,240	-0,073	0
	0,8	0	0,011	0,043	0,077	0,141	0,238	$\frac{0,377}{-0,257}$	$\frac{0,743}{-0,257}$	-0,079	0	
	0,9	0	0,009	0,036	0,066	0,126	0,223	$\frac{0,362}{0,542}$	$\frac{0,736}{-0,081}$	$\frac{0,919}{-0,081}$	0	
	1,0	0	0,009	0,035	0,065	0,124	0,220	$\frac{0,360}{0,541}$	$\frac{0,735}{0,919}$	$\frac{0,919}{0,919}$	0	
	0	-1	$\frac{-0,915}{0,084}$	-0,725	-0,525	-0,342	-0,203	-0,110	-0,055	-0,031	-0,007	0
	0,1	0	$\frac{-0,915}{0,082}$	-0,726	-0,527	-0,344	-0,205	-0,112	-0,057	-0,032	-0,008	0
	0,2	0	$\frac{0,267}{-0,733}$	-0,539	-0,360	-0,222	-0,128	-0,069	-0,039	-0,010	0	
	0,3	0	0,076	$\frac{0,248}{-0,571}$	$\frac{0,429}{-0,571}$	-0,401	-0,267	-0,169	-0,101	-0,058	-0,016	0
450	0,4	0	0,065	0,212	$\frac{0,367}{-0,482}$	$\frac{0,518}{-0,482}$	-0,355	-0,250	-0,163	-0,094	-0,027	0
	0,5	0	0,046	0,153	0,265	$\frac{0,384}{-0,500}$	$\frac{0,500}{-0,500}$	-0,384	-0,265	-0,153	-0,046	0
	0,6	0	0,027	0,094	0,163	0,250	$\frac{0,355}{-0,518}$	$\frac{0,482}{-0,518}$	-0,367	-0,212	-0,065	0
	0,7	0	0,016	0,058	0,101	0,169	$\frac{0,267}{0,401}$	$\frac{0,571}{-0,429}$	-0,248	-0,076	0	

تابع الجدول رقم (٩ - أ)

α	β	ε										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
500	0,8	0	0,010	0,039	0,069	0,128	0,222	0,360	0,539	0,733	-0,082	0
	0,9	0	0,008	0,032	0,057	0,112	0,205	0,344	0,527	0,726	0,916	0
	1,0	0	0,007	0,031	0,055	0,110	0,203	0,342	0,525	0,725	0,915	1
	0	-1	-0,912	-0,714	-0,511	-0,325	-0,187	-0,097	-0,047	-0,030	-0,006	0
	0,1	0	0,087	-0,715	-0,513	-0,328	-0,189	-0,100	-0,049	-0,031	-0,007	0
	0,2	0	-0,913	0,278	-0,525	-0,344	-0,207	-0,116	-0,061	-0,038	-0,009	0
	0,3	0	0,085	-0,722	0,441	-0,388	-0,255	-0,160	-0,095	-0,057	-0,015	0
	0,4	0	0,079	0,259	-0,559	0,527	-0,347	-0,245	-0,160	-0,094	-0,027	0
	0,5	0	0,067	0,221	0,376	-0,473	0,500	-0,386	-0,267	-0,158	-0,047	0
	0,6	0	0,047	0,158	0,267	0,386	-0,500	0,473	-0,376	-0,221	-0,067	0
	0,7	0	0,027	0,094	0,160	0,245	0,347	-0,527	0,559	-0,259	-0,079	0
	0,8	0	0,015	0,057	0,095	0,160	0,255	0,388	-0,441	0,722	-0,085	0
	0,9	0	0,009	0,038	0,061	0,116	0,207	0,344	0,525	-0,278	0,913	0
1,0	0	0,007	0,031	0,049	0,100	0,189	0,328	0,513	0,715	-0,087	0	
	0	0,006	0,030	0,047	0,097	0,187	0,325	0,511	0,714	0,912	1	



الشكل رقم (٢٠ - ٨)

التي تبعد مسافة $l = 0,2L$

عن الطرف الأيسر للأساس بعزم M_A

انظر الشكل رقم (٨ - ٢٠)

يطلب رقم مخططات M, V, p

إذا علم أن $\alpha = 200$

نجد أن $\beta = \frac{l}{L} = 0,2$

من الجداول رقم (٨ - ٧) و (٨ - ٨)

و (٨ - ٩) نحدد قيم $\bar{M}, \bar{V}, \bar{p}$

والشكل رقم (٢٠ - ٨) يوضح مخططات

M, V, p

تطبيق :

هيكل من البيتون المسلح خاص

بخزان ارضي يستند على اساس

مستمر الذي بدوره يستند على عملي

تربة مرنة . انظر الشكل رقم

(٨ - ٢١) من الحساب الانشائي

للهيكل تبين أنه يؤثر على اساسه

بقوتين مركبتين $P_1 = P_2 = 80t$

وبعزمين $|M_A| = |M_B| = 10t.m$

يطلب رسم مخططات M, V, p

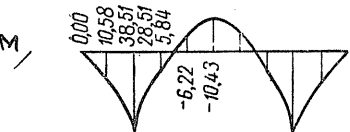
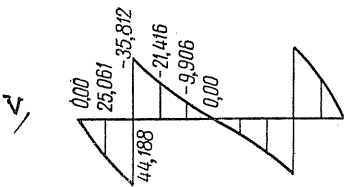
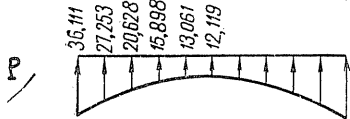
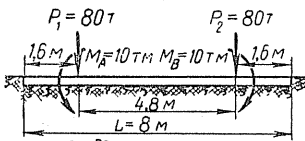
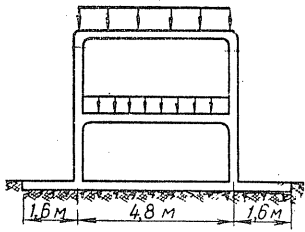
اذ كان عرض الاساس $b = 1m$

وطوله $L = 8m$ وارتفاعه $h_t = 0,4m$

وباعتبار أن $E_o = 1330 t/m^2$;

$E = 2.10^6 t/m^2$.

وتحمل قيمتا μ و μ_o



الشكل رقم (٨ - ٢١)

$$\alpha = \frac{1 - \mu^2}{1 - \mu_0^2} \cdot \frac{\pi E_0 \cdot b \cdot L^3}{EI} =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 1330 \cdot 1 \cdot 512}{2 \cdot 10^6 \cdot \frac{1 \cdot 0,4^3}{12}} \approx 200$$

نجد أن :

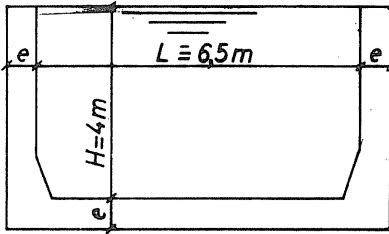
$$\beta_1 = \frac{1,6}{8} = 0,2 \quad ; \quad \beta_2 = \frac{6,4}{8} = 0,8$$

من الجداول رقم (٧ - ٨) و (٨ - ٨) و (٩ - ٨) نحدد قيم \bar{M} , \bar{V} , \bar{p} لكل من M_B , M_A , P_2 , P_1 ثم نوجد قيم p و V و M من العلاقات الخاصة بذلك والتي مرت سابقا ، والشكل رقم (٨ - ٢١) يوضح المخططات النهائية لكل من p و V و M .

تطبيق :

المطلوب تصميم قناة بيتونية مسلحة مقطعها العرضي مبين في الشكل

بجانبه بالاعتماد على المعلومات التالية :



$E = 210000 \text{ Kg/cm}^2$ - عامل مرونة البيتون المسلح
 $\bar{\sigma}'_c = 80 \text{ Kg/cm}^2$;
 البيتون بالانعطاف السيط
 $\bar{\sigma}_s = 1400 \text{ Kg/cm}^2$;
 الاجهاد المسموح في شد
 الفولاذ .

• $K_0 = 5,5$ - عامل رد فعل التربة .

الشكل رقم (٨ - ٢٢)

أولا : تصميم الجدران :

جدار القناة ظفر حر من الاعلى وموثوق من الاسفل ومحمل بحمولة دفع الماء

الافقية المثلثية .

- عزم الانعطاف السالب الاعظمي :

$$M_{\max}^- = - \gamma \frac{H^3}{6} = - 1 \cdot \frac{4^3}{6} = 10.7 \text{ t.m/ml.}$$

- الدفع الافقي :

$$R = \gamma \frac{H^2}{6} = 1 \cdot \frac{4^2}{2} = 8 \text{ t/ml.}$$

* تحقيق سماكة الجدران على الكتامة :

$$e = \sqrt{\frac{M}{3}} + 2 = \sqrt{\frac{10,7 \cdot 10^3}{3}} + 2 = 62 \text{ cm}$$

نختار سماكة للجدران من الأسفل مع الشطفة تساوي 65 cm ، وإذا كانت ابعاد الشطفة 15x50 cm ، تحقق السماكة على ارتفاع 50 cm من الاسفل :

$$H = 3,5 \text{ m} ; \quad \bar{M} = -1 \cdot \frac{3,5^3}{6} = -7,15 \text{ t.m/ml} \quad ;$$

$$e = \sqrt{\frac{M}{3}} + 2 = \sqrt{\frac{7,15 \cdot 10^3}{3}} + 2 = 50 \text{ cm} \quad .$$

* تحقيق سماكة الجدار على المقاومة :

$$\sigma_c = 80 \text{ Kg/cm}^2 \quad \rightarrow \quad K_1 = 0,253$$

$$\sigma_s = 1400 \text{ Kg/cm}^2 \quad K_2 = 1185$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = 0,253 \sqrt{\frac{10,7 \cdot 10^5}{100}} = 26,2 \text{ cm} < 57 \text{ cm} \quad .$$

: حساب التسليح أسفل الجدار :

$$A_s = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{10,6 \cdot 10^5}{1185 \cdot 57} = 15,84 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \rightarrow \quad 8 \phi 16/\text{m}' \quad .$$

: ويكون التسليح الثانوي مساويا :

$$\frac{1,5}{1000} \cdot 100 \cdot 65 = 9,75 \text{ cm}^2/\text{ml} = 5 \phi 16/\text{m}' \quad .$$

* حساب التسليح أعلى الشطفة حتى أعلى الجدار :

$$A_s = \frac{7,15 \cdot 10^5}{1185 \cdot 47} = 12,83 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \rightarrow \quad 8 \phi 14/\text{m}' \quad .$$

ونضع تسليح ثانوي عرضاني :

$$5 \phi 14/\text{m}' \quad .$$

ثانيا: تصميم الارضية :

$$e' = 60 \text{ cm} \quad \text{بفرض سماكة الارضية} \quad \text{=====}$$

* حساب الحمولات على شريحة مترواحد :

$$Q = 0,5 \cdot 4 \cdot 2,5 = 5 \quad \text{1 - وزن الجدار}$$

$$0,15 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 2,5 \quad \text{وزن الشطفة}$$

$$Q = 0,5 \cdot 4 \cdot 2,5 + 0,15 \cdot 0,5 \cdot \frac{2,5}{2} = 5,1 \text{ t/ml} = 51 \text{ Kg/cm} \quad .$$

٢ - وزن الأرضية والماء :

$$W = 4 + 0,6.2,5 = 5,5 \text{ t/m}^2 = 0,55 \text{ Kg/cm}^2$$

$$K = K_0 \cdot b = 5,5.100 = 550 \text{ Kg/cm}^2 \quad ; \quad \text{٣ - الثابتة K}$$

$$I_C = \frac{bh^3}{12} = \frac{100.60^3}{12} = 18.10^5 \text{ cm}^4 \quad ; \quad \text{٤ - عزم العطالة I_C}$$

$$\beta = 4\sqrt{\frac{K}{4EI}} = 4\sqrt{\frac{550}{4.210000.18.10^5}} = 0,0043 \quad ; \quad \text{٥ - الثابتة } \beta$$

$$m = 10,7 \text{ t.m/m} \quad ; \quad \text{٦ - العزم في الطرفين}$$

$$\beta L = 0,0043.7 = 3 \quad ; \quad \frac{\beta L}{2} = 1,5$$

	cos	sin	cosh	sinh	
					$\cosh \beta L = \frac{e^{\beta L} + e^{-\beta L}}{2}$;
βL	-0,99	0,141	10,06	9,97	$\sinh \beta L = \frac{e^{\beta L} - e^{-\beta L}}{2}$
$\frac{\beta L}{2}$	0,07	0,99	2,35	2,129	

* حساب الانتقال من أجل القوة Q :

$$y_A = \frac{2Q\beta}{K} \cdot \frac{\cosh \beta L \cdot \cos \beta L}{\sinh \beta L + \sin \beta L} = -7,85.10^{-4} \text{ cm} \quad ;$$

$$y_O = \frac{4Q\beta}{K} \cdot \frac{\cosh \frac{\beta L}{2} \cdot \cos \frac{\beta L}{2}}{\sinh \beta L + \sin \beta L} = 2,59.10^{-5} \text{ cm} \quad ;$$

$$M_O = -\frac{20}{\beta} \cdot \frac{\sinh \frac{\beta L}{2} \cdot \sin \frac{\beta L}{2}}{\sinh \beta L + \sin \beta L} = -4944,8 \text{ Kg.cm/cm}$$

$$\sigma_A = K \cdot y_A = -550.7,85.10^{-4} = -0,431 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_O = K \cdot y_O = 550.2,59.10^{-5} = 0,0142 \text{ Kg/cm}^2$$

* حساب الانتقال :

$$y_A = -\frac{2.m.\beta^2}{K} \cdot \frac{\sinh \beta L - \sin \beta L}{\sinh \beta L + \sin \beta L} = -7.10^{-4} \text{ cm}$$

$$y_O = -\frac{4.m.\beta^2}{K} \cdot \frac{\sinh \frac{\beta L}{2} \cdot \cos \frac{\beta L}{2} - \cosh \frac{\beta L}{2} \cdot \sin \frac{\beta L}{2}}{\sinh \beta L + \sin \beta L} = 3,1.10^{-4} \text{ cm}$$

$$M_O = 2m \frac{\sinh \frac{\beta L}{2} \cdot \cos \frac{\beta L}{2} + \cosh \frac{\beta L}{2} \cdot \sin \frac{\beta L}{2}}{\sinh \beta L + \sin \beta L} = 5239,5 \text{ Kg.cm/m} .$$

$$\sigma_A = -550.7.10^{-4} = -0,385 \text{ Kg/cm}^2 ;$$

$$\sigma_O = 3,1.10^{-4} . 550 = 0,1705 \text{ Kg/cm}^2 ;$$

$$M_O = 5239,5 \text{ Kg.cm/cm} .$$

* الاجهادات الكلية :

$$\sigma_A = 0,55 + 0,43 + 0,385 = 1,36 \text{ Kg/cm}^2 ;$$

$$\sigma_O = 0,55 - 0,014 - 0,17 = 0,366 \text{ Kg/cm}^2 ;$$

$$M_O = 5239,5 - 4944,8 = 294,7 \text{ Kg.m/m} .$$

* تحقيق السماكة للارضية :

$$t = \sqrt{\frac{10,7.10^3}{3}} = 59,7 < 60 \text{ cm} . \quad \text{١ - الكتامة} :$$

$$d = 0,253 \sqrt{\frac{10,7.10^5}{100}} = 26,2 \text{ cm} < 57 \text{ cm} . \quad \text{٢ - المقاومة} :$$

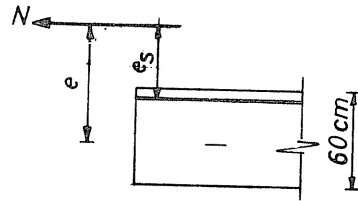
* حساب التسليح :

تتعرض البلاطة السفلية لانعطاف مركب (عزم + شد) :

$$M = 10,7 \text{ t.m/ml} ;$$

$$N = 8 \text{ t/ml} ;$$

$$e' = 60 \text{ cm} .$$



$$\sigma'_C = \frac{6.10,7.10^5}{100.60^2} + \frac{8.10^3}{100.60} = 19,16 \text{ Kg/cm}^2 < 20 \text{ Kg/cm}^2 .$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{10,7}{8} = 1,33 \text{ m} .$$

: المقطع مشدود ومضغوط :

$$e_s = e - \frac{H}{2} + d'$$

$$e_s = 1,33 - \frac{0,6}{2} + 0,04 = 1,07 \text{ m} .$$

$$M_s = N \cdot e_s = 8.1,07 = 8,56 \text{ t.m/m} ;$$

$$d = 0,253 \sqrt{\frac{8,56 \cdot 10^5}{100}} = 23,4 \text{ cm} < 57 \text{ cm} .$$

لا حاجة لحديد ضغط :

$$A_{s1} = \frac{M_s}{K_2 \cdot d} = \frac{8,56 \cdot 10^5}{1185 \cdot 57} = 12,67 \text{ cm}^2/\text{m} ;$$

$$A_{s2} = \frac{N}{\sigma_s} = \frac{8}{1,4} = 5,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

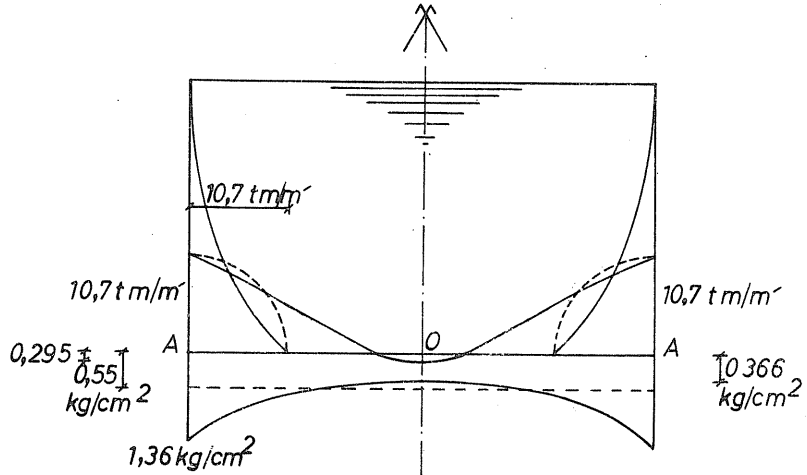
التسليح اللازم للانعطاف المركب. $A_s = 12,67 + 5,7 = 18,38 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow 8 \phi 18/\text{m}$

نضع تسليح عرضاني كنسبة من المقطع :

$$A_s = \frac{0,15}{100} \cdot 100 \cdot 60 = 9 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow 8 \phi 12/\text{m} .$$

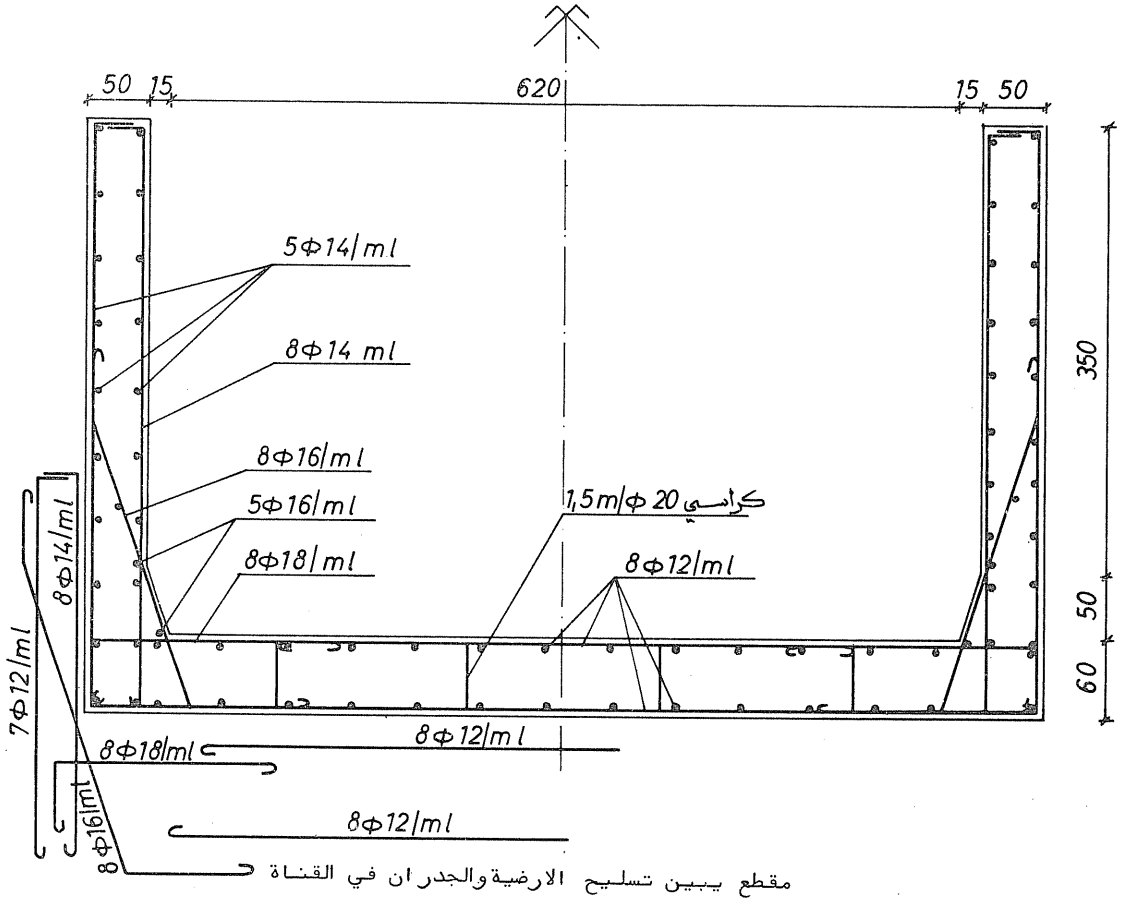
الشكل رقم (٨-٢٣) يوضح مخططي رد فعل التربة σ و عزم الانعطاف .

والشكل رقم (٨-٢٤) يوضح تسليح جدران وارضية القناة البيتونية المسلحة .



مخطط الاجهادات وعزم الانعطاف

الشكل رقم (٨-٢٣)



الشكل رقم (٨ - ٢٤)

٨ - الطريقة العملية :

ان طريقة الحساب السابقة لرد فعل التربة والجهود المختلفة تتطلب معرفة العامل K (عامل رد فعل التربة) والذي يصعب تحديد قيمته الصحيحة أو تتطلب معرفة عامل مرونة التربة والاساس الامر الذي قد يصعب تحديدهما بشكل صحيح ، لذلك يمكن في حالات كثيرة عدم الخوض في تحديد هذه القيمة وبالتالي يمكن دراسة توزيع الاجهادات في حالات خاصة فقط كتطبيق حمولات مركزة على طرفي ارضية خزان ارضي مثلا وذلك بطرق سهلة عملية ، تأخذ بالاعتبار نوعين من الارضيات : ارضية صلبة وارضية مرنة وكذلك تصنف التربة الى ثلاثة انواع :

- آ - تربة جيدة غير قابلة للتغير .
- ب - تربة متوسطة .
- ج - تربة ضعيفة تتغير بسهولة .

وستوزع الاجهادات على التربة اعتمادا على التصنيف السابق :

آ - تربة جيدة :

$$\sigma_A = \frac{6 \cdot Q}{L \cdot l} \quad \text{- الارضية صلبة ، الشكل رقم (٨ - ٢٥)}$$

$$\sigma_A = \frac{8 \cdot Q}{L \cdot l} \quad \text{- أرضية مرنة ، الشكل رقم (٨ - ٢٦)}$$

ب - تربة متوسطة :

$$\sigma_A = \frac{4 \cdot Q}{L \cdot l} \quad \text{- أرضية صلبة ، الشكل رقم (٨ - ٢٧)}$$

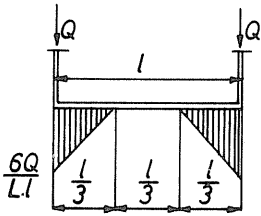
$$\sigma_A = \frac{6 \cdot Q}{L \cdot l} \quad \text{- أرضية مرنة ، الشكل رقم (٨ - ٢٨)}$$

ج - تربة ضعيفة :

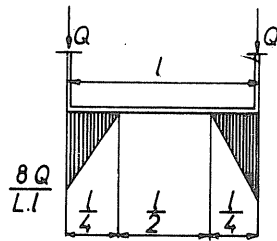
$$\sigma_A = \frac{2 \cdot Q}{L \cdot l} \quad \text{- أرضية صلبة ، الشكل رقم (٨ - ٢٩)}$$

$$\sigma_A = \frac{4 \cdot Q}{L \cdot l} \quad \text{- أرضية مرنة ، الشكل رقم (٨ - ٣٠)}$$

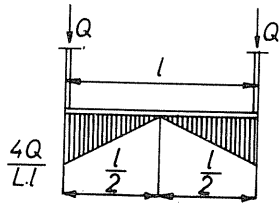
(١) - تربة جيدة :



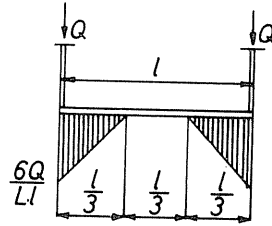
الشكل رقم (٨ - ٢٥)
أرضية صلبة



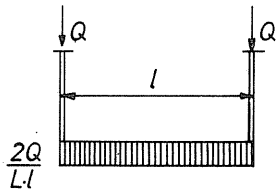
الشكل رقم (٨ - ٢٦)
أرضية مرنة



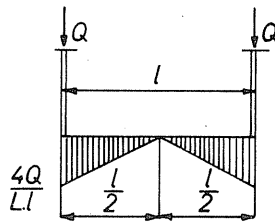
الشكل رقم (٨ - ٢٧)



الشكل رقم (٨ - ٢٨)



الشكل رقم (٨ - ٢٩)



الشكل رقم (٨ - ٣٠)

الفصل التاسع

دراسة العناصر الحاملة للخزانات العالية-

٩ - ١ مقدمة :

درسنا في الفصول السابقة الطرق الانشائية لحساب العناصر المكونة للخزانات بحد ذاتها الأرضية منها أو العالية والتي تنحصر في غطاء وارضية الخزان والتي تكون بلاطات أو قشريات مختلفة الأنواع والأشكال إضافة إلى جدران الخزان التي تكون اسطوانية في الخزانات الدائرية ، أو بلاطات شاقولية أو جسور جدارية في الخزانات المستطيلة ، لذلك سنعرض في هذا الفصل الأسس المعتمدة في تصميم العناصر الحاملة للخزانات العالية من أعمدة وروابط بينها أو اسطوانات وكذلك تصميم الاساسات الخاصة بها .

ان دراسة العناصر الحاملة للخزانات العالية وبمختلف اشكالها تتسم اعتمادا على الحمولات المطبقة عليها وهي :

آ - الحمولات الشاقولية :

وهي الوزن الذاتي للخزان (الحلة) والعناصر الحاملة له من اسطوانة أو أعمدة أو روابط أو غيرها إضافة إلى وزن الماء والحمولات الحية فوق غطاء الخزان .

ب - الحمولات الأفقية :

وهي دفع الرياح الأفقي على السطح الشاقولي أو المائل للخزان والعناصر الحاملة له ، على أنه في كثير من الحالات يمكن إهمال قيمة الدفع الأفقي على العناصر الحاملة للخزان إذا كانت أعمدة وروابط فقط .

ويتم حساب العناصر الحاملة للخزانات العالية في حالتين للتحميل :

- الحالة الأولى : الخزان مليء مع دفع الرياح
- الحالة الثانية : الخزان فارغ مع دفع الرياح

وسندرس العناصر الحاملة للخرانات العالية اعتمادا على اشكالها

وأهميتها .

٩ - ٢ العناصر الحاملة للخرانات المستطيلة :

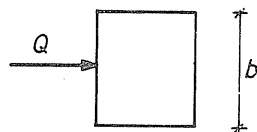
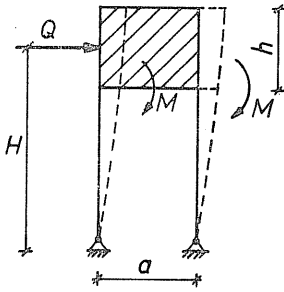
ان تصميم العناصر الحاملة للخرانات العالية المستطيلة يعتمد على أهمية الخزان (حجمه - ارتفاعه) وبالتالي عدد العناصر، وتكون هذه العناصر مستقلة انشائيا عن الخزان نفسه في حالة الخرنات الصغيرة نسبيا ، بينما ترتبط عادة ارتباطا وثيقا بالعناصر الخاصة بجدران وارضية وسقف الحلة في الخرنات الكبيرة ، وسنوضح ذلك في الحالات التالية :

أ - خرنات مستطيلة ذات مساحة افقية صغيرة :

عادة تكون اربعة اعمدة مستطيلة حاملة للخزان من زوايا الأربعة وتكون مراكزها منطبقة مع محاور جدران الخزان أو قد تكون مزاحة قليلا الى داخل المستطيل في حالات اخرى .

تعاني أعمدة الخزان من انعطاف مركب ناتج من حمولة الخزان ودفع الرياح عليه ، فاذا كانت أبعاد الخزان a ، b ، h انظر الشكل رقم (٩ - ١) ، فان قيمة الدفع الافقي الأكبر مطبقة على وجه الخزان المستطيل : $b \cdot h$ وتساوي

$$Q = q \cdot b \cdot h$$



الشكل رقم (٩ - ١)

حيث : q شدة دفع الرياح على المترالمربع .
اذا اعتبرنا أن العمود متمفصل مع الاساس (حالة اساس منعزل صغير) ، فتكون قيمة عزم الانعطاف من أثر الرياح في رأس كل عمود من الأعمدة الأربعة مساوية الى :

$$M = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q}{2} \cdot H = \frac{Q \cdot H}{4} \quad (٩ - ١)$$

وتكون قيمة جهد الشد أو الضغط في كل عمود

من أثر الريام مساوية الى :

$$(2-9) \quad N' = \frac{Q \cdot H}{2} \cdot \frac{1}{a} = \frac{Q \cdot H}{2a}$$

اذا كانت N_1 قيمة الضغط في كل عمود من الوزن الذاتي للخزان وهو فارغ

فيجب أن يكون :

$$N_1 > N'$$

وبذلك تحسب الأعمدة باعتبارها تخضع الى عزم انعطاف M وجهد ضاغط N

باعتبار الخزان مليء .

يتضح من العلاقة (٩-١) أن M تتناسب والارتفاع H ، لذلك فـ

الخزانات المرتفعة فان العزم يصبح كبيرا ويفضل في هذه الحالة اجراء مايلي:

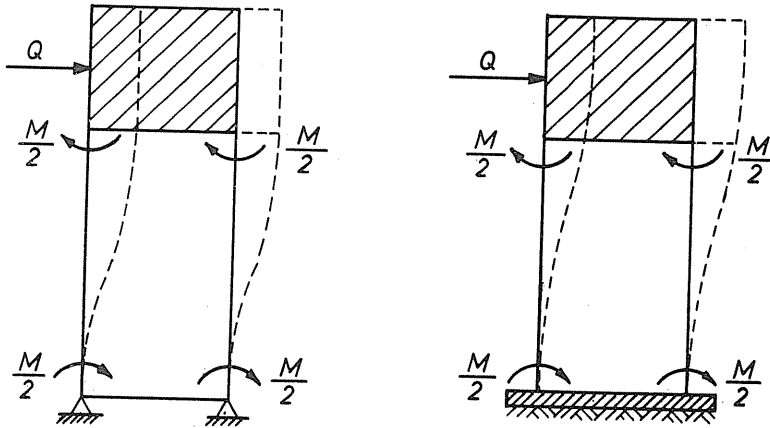
أ - ربط اسفل الأعمدة بروابط افقية قادرة على منع الدوران في أسفل الأعمدة .

ب - أو اعتماد حل الحصيرة العامة أو الحصيرة المفرغة لضمان تأمين وثاقبة الأعمدة

بها ، انظر الشكل رقم (٩-٢) .

وتكون قيم عزم الانعطاف في رأس وأسفل كل عمود من الأعمدة الاربع

مساوية الى $\frac{M}{2}$ وباعتبار قيمة M تحدد من العلاقة رقم (٩-١) السابقة .



الشكل رقم (٩-٢)

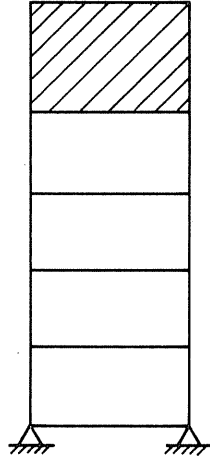
وأخيرا في الخزانات المستطيلة المرتفعة يمكن تخفيض قيم عزوم الانعطاف المطبقة على الأعمدة الحاملة لها من أثر الرياح وذلك بتنفيذ روابط افقية بين الأعمدة ، كما يوضحه الشكل رقم (٩ - ٣) وسنأتي على ذكر طريقة حساب هذه الأعمدة مع روابطها في الفقرات اللاحقة .

ب - خزانات مستطيلة ذات مساحة افقية كبيرة :

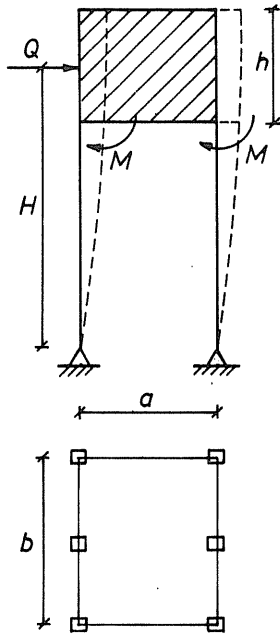
لاتكفي أربعة أعمدة لتلقي حمولات الخزان الشاقولية والافقية ، اضافة الى أن سعة مسطح الخزان يتطلب زيادة عدد نقاط الاستناد أسفله . يتم ذلك بزيادة عدد الأعمدة الى ستة أو ثمانية ، توزع على محيط المستطيل وتحسب قيم الجهد الناظمي وعزم الانعطاف كما في الحالة السابقة مع أخذ عدد الأعمدة الفعلي بعين الاعتبار ، انظر الشكل رقم (٩ - ٤) ، وتحسب M في كل عمود من العلاقة التالية في حالة ستة أعمدة :

$$M = \frac{Q \cdot H}{6} \quad (٩ - ٣)$$

وعندما تربط أسفل الأعمدة بروابط بيتونية مسلحة لمنع دوران الأعمدة من الأسفل أو عندما تنفذ الاساسات بشكل حصيرة عامة أو جزئية أيضا ، يمكن تطبيق في أعلى العمود وفي أسفله عزم شدته $\frac{M}{2}$. في حالات كثيرة يستخدم عمود أو اسطوانة في مركز الخزان اضافة الى الأعمدة على المحيط ، وتحسب حصة مايتحملة كل عنصر ، عمود أو غيرها ، من عزوم الانعطاف الناتج من دفع الرياح اعتمادا على نسب صلابات كافة العناصر الحاملة .



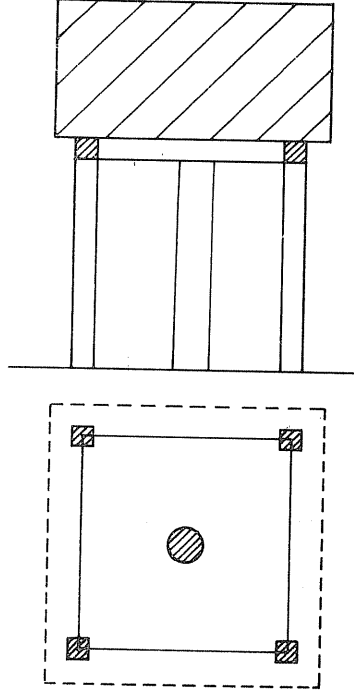
الشكل رقم (٩ - ٣)



الشكل رقم (٩ - ٤)

والشكل رقم (٩ - ٥) يوضح خزاناً مستطيلاً الشكل تحمله أربعة أعمدة

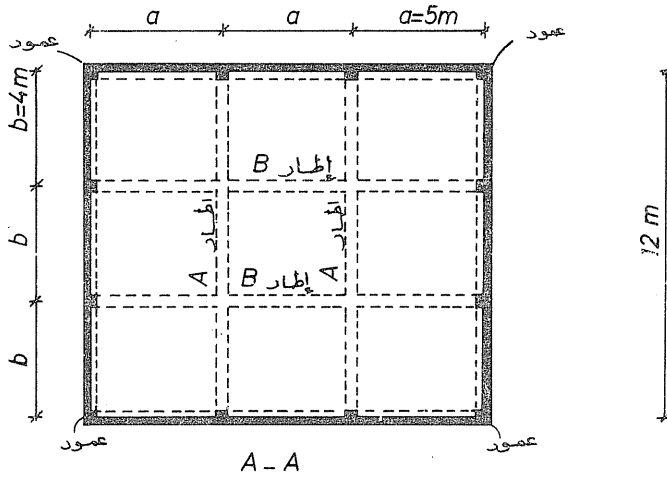
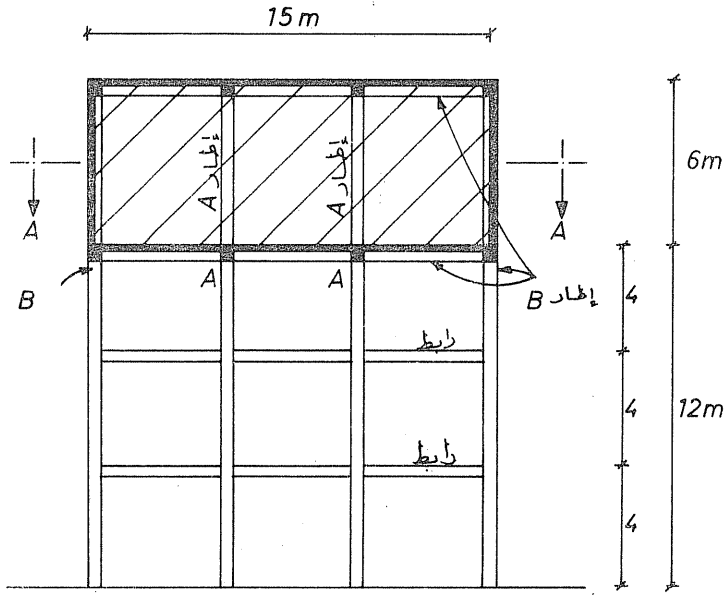
في أطرافه الأربعة إضافة إلى عمود دائري مركزي .



الشكل رقم (٩ - ٥)

ج - خزانات مستطيلة كبيرة :

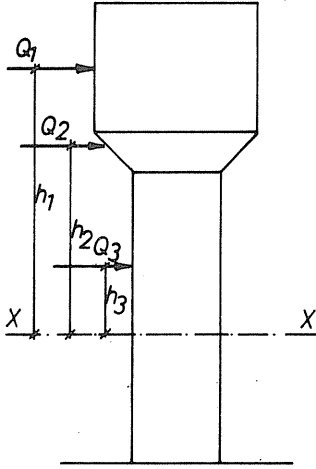
وهي الخزانات المستطيلة ذات السعة والارتفاع الكبيرين ، وتكون بلاطاتها المختلفة المكونة لجدرانها أو أرضيتها أو سقفها مدعمة بأعصاب بيتونية مسلحة للتقليل من سماكة هذه البلاطات . وتحسب هذه الأعصاب الأفقية والشاقولية الخاصة بالخزان نفسه كإطارات مغلقة تتحمل دفع الماء الداخلي إضافة إلى أوزانها الذاتية ، وفي حالات أخرى ، تحسب هذه الأطارات باعتبارها مندمجة مع العناصر الحاملة لها من أعمدة أو روابط أفقية . والشكل رقم (٩ - ٦) يوضح شكلاً من هذه الخزانات التي من الأفضل حسابها كإطارات بالاتجاهين .



الشكل رقم (٩ - ٦)

٩ - ٣ العناصر الحاملة للخزانات الاسطوانية :

تكون العناصر الحاملة للخزانات الاسطوانية عبارة عن اسطوانات مركزية أو أعمدة عددها مزدوج أربعة أو أكثر أو أشكال أخرى من قشريات دورانية مولدها مستقيم (جذع مخروط) أو منحنى، أو قد تكون الخزانات محمولة على



الشكل رقم (٧ - ٩)

اسطوانة مركزية اضافة الى اعمدة على المحيط . تتحمل العناصر الحاملة انعطافا مركبا ناتجا من الحمولات الشاقولية ، اوزان ذاتية ووزن الماء ، ودفع الرياح .

آ - الخزان الاسطواني يستند على اسطوانة حاملة :

يوضح الشكل (٧ - ٩) شكلا نموذجيا لخزان

اسطواني يستند على اسطوانة حاملة ، في

المقطع الافقي X - X نعتبر :

P - الوزن اعلى المقطع X - X للخزان وهو مليء .

P' - الوزن اعلى المقطع X - X للخزان وهو فارغ .

M - عزم الانعطاف ويساوي :

$$(٤ - ٩) \quad M = Q_1 \cdot h_1 + Q_2 \cdot h_2 + Q_3 \cdot h_3 .$$

A - مساحة المقطع العرضي X - X .

I - عزم عطالة المقطع العرضي X - X .

R - نصف قطر الاسطوانة الحاملة .

وتكون الاجهادات الف الفعلية في البيتون مساوية :

$$(٥ - ٩) \quad \left| \begin{array}{l} \sigma'_{c1} = \frac{P}{A} \pm \frac{M \cdot R}{I} \quad : \text{الخزان مليء} \\ \sigma'_{c2} = \frac{P'}{A} \pm \frac{M \cdot R}{I} \quad : \text{الخزان فارغ} \end{array} \right.$$

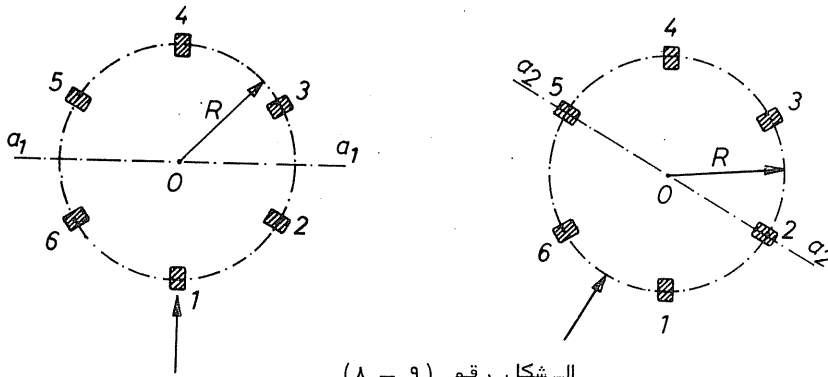
ويجب أن يتحقق :

$$(٦ - ٩) \quad \left| \begin{array}{l} \sigma'_{c1} < \bar{\sigma}_c \\ \sigma'_{c2} > 0 \end{array} \right.$$

حيث : $\bar{\sigma}_c$ - الاجهاد المسموح في الضغط البسيط في البيتون .

ب - الخزان الاسطواني يستند على أعمدة :

سندرس حالة خزان اسطواني على ستة أعمدة موزعة بانتظام على محيط دائرة ، ونفس الدراسة تجرى في حال عدد الاعمدة يختلف عن ستة - ونعتبر أن الريح يمكن أن تؤثر وفق الاتجاه 4 - 1 كما يوضح في الشكل رقم (9 - 8) ، ويمكن أن تؤثر الريح ايضا وفق الزاوية $\widehat{106}$ كما يوضح الشكل رقم (9 - 8 - ب) .



الشكل رقم (9 - 8)

ونظرا لوجود الروابط الافقية بين الاعمدة الشاقولية تعتبر هذه الاعمدة وكأنها مقطعاً عرضياً متجانساً ، توزع الحمولات الشاقولية عليه بالتساوي ، بينما يولد عزم الانعطاف ضغطاً في بعض الاعمدة وشداً في الاعمدة الاخرى ، اذا فرضنا أن :

- R - نصف قطر الدائرة المارة من مركز الاعمدة الستة .
- A - مساحة مقطع العمود .

يكون عزم عطالة المقطع العرضي الكلي للاعمدة حول $a_1 - a_1$ ، باعتبار أن الريح تؤثر وفق 4 - 1 ، مساوياً :

$$(9 - 7) \quad I_{a_1 a_1} = 2AR^2 + 4A \frac{R^2}{4} = 3A \cdot R^2$$

والاجهاد في العمود 4 يساوي :

$$(٨ - ٩) \quad \sigma'_c = \frac{N}{6A} + \frac{M \cdot R}{3AR^2} = \frac{N}{6A} + \frac{M}{3AR}$$

والضغط الكلي في العمود 4 يساوي :

$$(٩ - ٩) \quad N_4 = \sigma'_c \cdot A = \frac{N}{6} + \frac{M}{3AR}$$

$$(١٠ - ٩) \quad N_1 = \frac{N}{6} - \frac{M}{3AR} \quad \text{وفي العمود 1 يساوي :}$$

$$(١١ - ٩) \quad N_3 = N_5 = \frac{N}{6} + \frac{M}{6AR} \quad \text{وفي العمودين 3 و 5 يساوي :}$$

$$(١٢ - ٩) \quad N_2 = N_6 = \frac{N}{6} - \frac{M}{6AR} \quad \text{وفي العمودين 2 و 6 يساوي :}$$

وفي حالة كون الخزان مليئا يجب أن يتحقق :

$$\frac{N_4}{A} < \sigma'_c$$

وفي حالة كونه فارغا يجب أن يكون : $N_1 > 0$ أي العمود مغبوطا .

أما إذا أثرت الريح وفق منتصف الزاوية 106° فنجد وبنفس الطريقة أن :

$$(١٣ - ٩) \quad N_1 = N_6 = \frac{N}{6} - \frac{M}{2\sqrt{3} \cdot R}$$

$$(١٤ - ٩) \quad N_3 = N_4 = \frac{N}{6} + \frac{M}{2\sqrt{3} \cdot R} ; \quad N_2 = N_5 = \frac{N}{6}$$

نعتبر أنه في كل عمود محصور بين

رابطتين افقيين توجد نقطة العزم فيها

معدوم وهي موجودة في منتصف ارتفاع

هذا العمود ، وإذا اعتبرنا أن Q و Q'

دفع الريح في قسمي الخزان و Q'' دفع

الريح في النصف العلوي من العمود العلوي

أي بين I و $a_1 - a_1$ ، تكون :

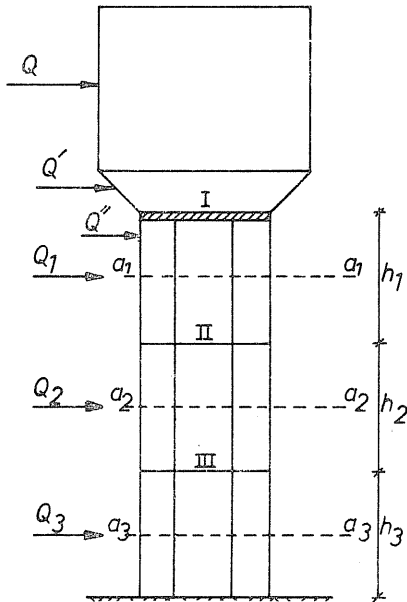
$$Q_1 = Q + Q' + Q''$$

وهي قيمة القوة القاطعة في المقطع $a_1 - a_1$

وقيمة العزم الكلية في المقطعين I و II

تساوي :

$$(١٥ - ٩) \quad M_{Ii} = M_{IIi} = Q_1 \cdot \frac{h_1}{2}$$



الشكل رقم (٩ - ٩)

وكذلك نجد أن :

$$(9 - 16) \quad M_{IIIi} = M_{IIIs} = Q_2 \cdot \frac{h_2}{2} \quad .$$

حيث : Q_2 - الجهد القاطع في المقطع $a_2 - a_2$.

- M_s - عزم الانعطاف في الطرف العلوي من الاعمدة .
- M_i - عزم الانعطاف في الطرف السفلي من الاعمدة .

وبمعرفة قيمة العزم الكلية في احد اطراف الاعمدة السفلية أو العلوية ،

يمكن تحديد قيمة العزم في كل عمود كما يلي :

$$(9 - 17) \quad m_s = m_i = \frac{M}{n} \quad .$$

باعتبار n عدد الأعمدة .

يحسب التسليح والاجهادات في البيتون المسلح في المقاطع العرضية الحرجة في

الأعمدة باعتماد قيم N و m الأكبر مع ضرورة التوحيد ما أمكن في الأبعاد .

أما تعيين قيم الجهود في الروابط الأفقية فيتم كما يلي :

إذا اعتبرنا مثلا المقطع العرضي II في الشكل رقم (9 - 9) ، وإذا كان

عدد الاعمدة يختلف عن الستة فتطبق كذلك نفس الطريقة في حساب الجهود فسي

الروابط الواصلة بينها ، وإذا كان m_{IIi} و m_{IIs} عزمي الانعطاف في العمود

العلوي والسفلي عند المقطع II يكون :

$$(9 - 18) \quad m_{Is} + m_{IIi} = m \quad .$$

وحتى تكون العقدة ، نقطة التقاء طرفي العمودين مع الرابطين ، في حالة

توازن تام يجب أن يكون مجموع العزمين في الرابطين عند نقطة التقائهما

مساويا الى m ايضا . فإذا كان :

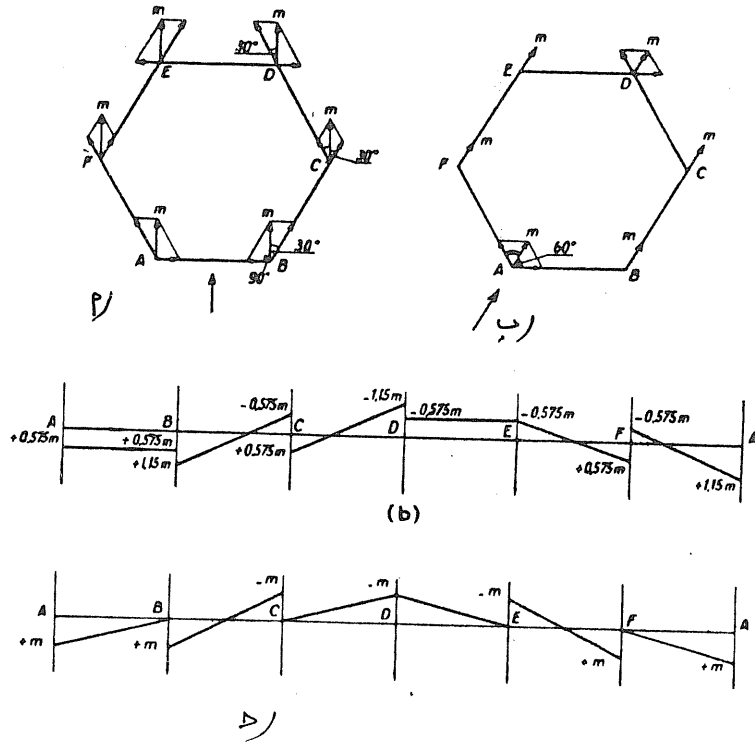
$$\cos 30^\circ = 0,866 \quad ; \quad \frac{1}{\cos 30^\circ} = 1,15 \quad ; \quad \text{tg } 30^\circ = 0,575 \quad .$$

يمكن رسم مخطط عزم الانعطاف في الروابط إذا اشرت الرياح عموديا على الضلع

AB ، وهذا ما يوضحه الشكل رقم (9 - 10 - ج) ، أما إذا اشرت الرياح وفتق

الاستقامة AD فان مخطط عزم الانعطاف في الروابط في هذه الحالة موضح في

الشكل رقم (9 - 10 - د) .



الشكل رقم (٩ - ١٠)

ونجد أن أكبر عزم تتحمله الروابط هو : $1,15 m$ وأكبر جهد قاطع هو : $\frac{2m}{l}$ ، باعتبار l طول الرابط (المسافة بين محوري عمودين متجاورين) . وأكبر جهد ناظمي يتحمله الرابط هو : $N = \pm \frac{Q}{6}$ باعتبار Q هو الجهد القاطع الكلي في المستوي الأفقي للرابط .
ملاحظة : في حال كون الخزان الاسطواني يستند على ثمانية اعمدة ، نجد أن قيمة اكبر عزم تتحمله الروابط هو $\sqrt{2} m$ وأكبر جهد قاطع هو $\frac{2m}{l}$ وأكبر جهد ناظمي في الرابط يساوي : $N = \pm \frac{Q}{8}$

٩ - ٤ أساسات الخزانات العالية :

لا تختلف دراسة أساسات الخزانات العالية عن دراسة الأساسات في المنشآت

البيوتونية المسلحة الأخرى، وهناك عوامل كثيرة تؤثر في تحديد شكل ونوع هذه الأساسات من مقاومة التربة والهبوطات التفاضلية الممكنة فيها والحمولات المطبقة على الخزان من اوزان ذاتية ووزن الماء ودفع الرياح الأفقي ، كما وتلعب أنواع العناصر الحاملة للخزانات دورا هاما في اختيار نوع الأساسات فيها .

نبين فيما يلي وباختصار أهم أنواع الأساسات المستخدمة في الخزانات

الغالية :

آ - أساسات (شروش) منعزلة :

يلجأ لهذه الأساسات عندما تكون الحمولات ليست كبيرة وترب التأسيس ذات مقاومة جيدة ، وهي اقتصادية الكلفة سهلة التنفيذ ، تكون متمركزة مع محور الاعمدة خاصة اذا كانت الاعمدة شاقولية وتمفصلة مع الاساس فهي لاتتحمل سوى ضغطا بسيطا . واذا كانت الاعمدة مائلة فتتولد مركبة افقية ، انظر الشكل رقم (٩ - ١١) ، وبالتالي يتوجب ربط الأساسات المنعزلة مع بعضها بروابط (شدادات) تتحمل جهدا شادا اضافة الى وظيفتها الأخرى وهي توزيع رد فعل التربة والتخفيف من الهبوطات التفاضلية في الأساسات .

اذا كانت المركبة الأفقية في العمود الواحد المائل هي H فان قيمة الشد

المحوري في الرابط الواصل بين كل اساسين منعزلين متجاورين تساوي :

$$Q = \frac{H}{2 \cos \alpha} \quad (٩ - ١٨)$$

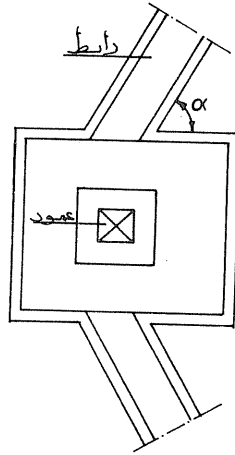
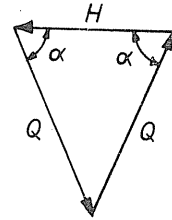
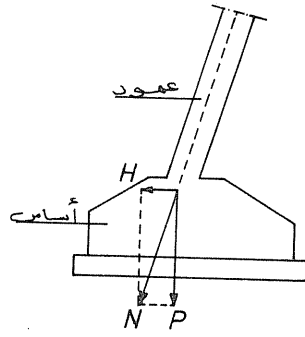
تحسب مساحة الأساس المنعزل وسماكته اعتمادا على قيمة الحمولة الكلية

الشاقولية وتؤخذ اكبر حمولة شاقولية بادخال اثر الرياح ، وحسب تحمل تربة

التأسيس المسموح $\bar{\sigma}_{soil}$ ثم يتم التحقق من الاجهادات المماسية من القمم

والثقب وتحسب مساحة التسليح المشدود من عزم الانعطاف .

انظر الشكل رقم (٩ - ١١) التالي :



الشكل رقم (٩ - ١١)

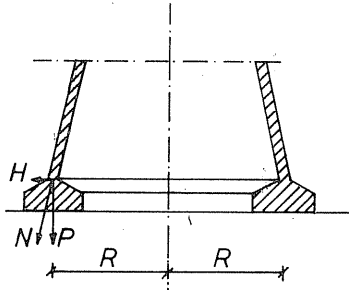
ب - اساسات مستمرة :

تستخدم الاساسات المستمرة تحت القشريات الدورانية أو الاسطوانات الحاملة للوزانات العالية ويتم الحساب من اجل طول متر واحد كما لو كان الاساس مستقيماً وفي حال كون القشرية الحاملة عند اتصالها مع الاساس المستمر مائلة فان المركبة الافقية وليتكن مثلاً H في المتر الطولي تولد شدا في الاساس المستمر الحلقوي

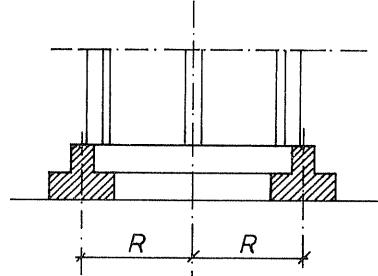
يساوي : $Q = H \cdot R$ (٩ - ١٩)

حيث R - نصف قطر الدائرة الوسطي في الاساس المستمر الحلقوي ، انظر الشكل رقم

(٩ - ١٢) •



الشكل رقم (٩ - ١٢)



الشكل رقم (٩ - ١٣)

وتستخدم الاساسات المستمرة ايضا تحت الاعمدة الحاملة للخزانات العالية المستطيلة أو الدائرية ، انظر الشكل رقم (٩ - ١٣) ، فهي في هذه الحالة جسور حلقيه تحسب الجهود المختلفة فيها من عزم انعطاف وعزم قتل وقوى قاطعة من الجدول رقم (٥ - ٤) في الفصل الخامس واذا كانت الاعمدة مائلة تولد في مختلف مقاطع الجسر الحلقي جهد شاد .

ج - حصيرة عامة :

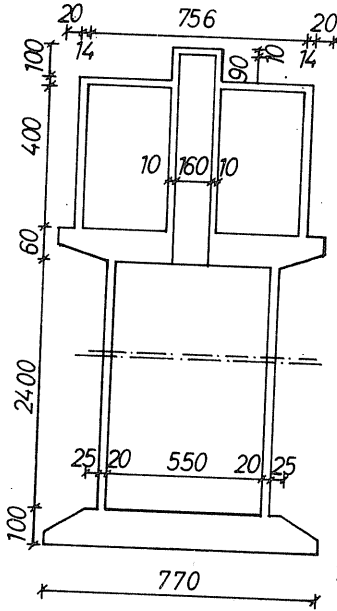
تستخدم الحصائر العامة عندما تكون ترب التأسيس ضعيفة نسبيا وتكون باشكال مختلفة ، فهي بلاطات دائرية تستند على حلقة وسطية هي الطرف السفلي للاسطوانة أو القشرية الدورانية الحاملة للخزان ، وقد تكون مربعة أو مضلعة في حال كون العناصر الحاملة للخزان هي اعمدة ويفضل في هذه الحالة دعم هذه الحصائر بجسور مقلوبة بترتيب انشائي معين .

د - اساسات على اوتاد :

في حالات خاصة لخزانات عالية كبيرة وترب تأسيس ضعيفة قد ينصح باستخدام الاوتاد ، ويراعى ان تكون قريبة قدر الامكان من الاعمدة أو القشريات الدورانية الحاملة للخزانات العالية وذلك للتخفيف من الجهود التي تولدها في الاساسات المنعزلة أو المستمرة أو الحوائط الجامعة لها .

تطبيق : دراسة الاسطوانة الحاملة والاساس لخزان دائري مبين مقطعه في

الشكل رقم (٩ - ١٤) .



المعطيات :

سرعة الرياح : $V = 120 \text{ Km/hour}$

تحمل التربة : $\bar{\sigma}_{\text{soil}} = 2 \text{ Kg/cm}^2$

المقاومة المميزة للبيتون : $f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$

عامل بواسون للبيتون : $\mu = 0,167$

اجهاد الخضوع للفولاذ المرن : $f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$

الحمولات الشاقولية :

أ - وزن الحلة فارغة : 127,50 t

ب - وزن الاسطوانة الحاملة مع الزريقة : 249,20 t

ج - وزن الاساس المفروض : 64,84 t (الشكل رقم ٩ - ١٤)

د - وزن سبع بلاطات نصف دائرية في

الاسطوانة الحاملة : 26,80 t

هـ - وزن الماء : 177,5 t

حساب دفع الرياح :

دفع الرياح الستاتيكي على الخزان :

$$W_i = 1,3 K_h \cdot K_s \cdot W_d$$

$$K_h = 2,5 \left(1 - \frac{42}{h + 60}\right) ; \quad \text{حيث نعتبر :}$$

$$h = 1 + 4 + 24 = 29 \text{ m} ;$$

$$K_h = 1,32 ; \quad K_s = 1 ;$$

$$W_d = \frac{v^2}{16} = \frac{(120 \cdot \frac{1000}{3600})^2}{16} = 69,43 \text{ Kg/m}^2$$

تخفف دفع الرياح في المنشآت الدائرية بنسبة $\frac{2}{3}$ وتصبح :

$$W_i = \frac{1,3 \cdot 2}{3} \cdot 1,32 \cdot 1 \cdot 69,43 = 79,43 \text{ Kg/m}^2$$

ومنه تحسب قوى دفع الرياح :

$$F_1 = 79,43 \cdot 1 \cdot 1,7 = 135 \text{ Kg} ;$$

$$F_2 = 79,43 \cdot 4 \cdot 7,7 = 2450 \text{ Kg} ;$$

$$F_3 = 79,43 \cdot 24 \cdot 5,7 = 10870 \text{ Kg} .$$

عزم الانقلاب M^- حول النقطة A يساوي :

$$M = F_1 \cdot 30,1 + F_2 \cdot 27,3 + F_3 \cdot 13 = 212,26 \text{ t.m}$$

العزم المثبت M^+ حول A دون اعتبار وزن

الماء والردم فوق الاساس يساوي :

$$M^+ = 3,85 (127,5 + 249,2 + 64,84 + 26,8) = 1803 \text{ t.m}$$

تحقيق الاستقرار :

$$\frac{M^+}{M^-} = \frac{1803}{212,26} = 8,5 > 3 \quad \text{محقق}$$

تحقيق الاجهادات في الاسطوانة الحاملة :

الشكل رقم (٩ - ١٥)

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M \cdot V}{I} \quad \bullet \text{ a - a المقطع}$$

باعتبار الزريقة يكون :

$$A \cong \pi (R_e^2 - R_i^2) ;$$

$$R_e = 2,85 + \frac{0,2}{2} + \frac{0,02 \cdot 2}{2,5} = 2,966 \text{ m} ;$$

$$R_i = 2,85 - \frac{0,2}{2} - \frac{0,02 \cdot 2}{2,5} = 2,734 \text{ m} ;$$

$$A = 4,15 \text{ m}^2 \quad ; \quad V = 2,85 \text{ m} \cdot$$

$$I = \frac{\pi}{4} (R_e^4 - R_i^4) = 16,9 \text{ m}^4 \cdot$$

$$\sigma_1 = \frac{581}{4,15} + \frac{198,8}{16,9} \cdot 2,85 = 173,5 \text{ t/m}^2 = 17,35 \text{ Kg/cm}^2 \quad ;$$

$$\sigma_2 = \frac{403}{4,15} - \frac{198,8}{16,9} \cdot 2,85 = 63,6 \text{ t/m}^2 = 6,36 \text{ Kg/cm}^2 \cdot$$

باعتبار أن N و M في المقطع a - a تساوي : انظر الشكل رقم (٩-١٥)

$$\text{مع وزن الماء} \quad N = 581 \text{ t} \quad ;$$

$$\text{بدون وزن الماء} \quad N = 403,5 \text{ t} \cdot$$

$$M = F_1 \cdot 29,1 + F_2 \cdot 26,3 + F_3 \cdot 12 = 198,8 \text{ t.m} \cdot$$

حساب التسليح في الاسطوانة الحاملة :

ان تعليمات الكود الاميركي (A.C.I) الخاصة بالاسطوانات البيتونية

المسلحة تتلخص في :

- اجهاد الضغط في البيتون بالانعطاف المركب وبادخال اثر الرياح لا يقل عن $0,25 f_c$

- لاتقل سماكة الاسطوانة عن 18 cm وتحوي على شبكتين للتسليح .

- لاتقل نسبة التسليح الطولي في الشبكة الواحدة عن % 0,25 ولا تستخدم اقطار

للتسليح اقل من 12 mm .

- لاتقل نسبة التسليح الحلقي في الشبكة الواحدة عن اكبر القيمتين التاليتين :

• 0,2 % أو $4,5 \text{ cm}^2$

$$A_s = \frac{0,25}{100} \cdot 20 \cdot 100 = 5 \text{ cm}^2/\text{m} \quad ; \quad \text{ويكون التسليح الطولي} :$$

$$5 \phi 12 / \text{m} \cdot$$

$$A_{st} = \frac{0,5}{100} \cdot 20 \cdot 100 = 4 \text{ cm}^2/\text{m} < 4,5 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{والتسليح الحلقي} :$$

$$6 \phi 10 / \text{m} \cdot$$

وتستعمل

• حساب الاجهادات تحت الاساس : انظر الشكل رقم (٩ - ١٦)

$$N = 645,84 \text{ t} \quad \text{وزن الخزان مع الماء :}$$

$$M = 212,26 \text{ t.m} \quad \text{عزم الرياح :}$$

$$A = \pi \cdot 3,85^2 = 46,57 \text{ m}^2 \quad \text{مساحة الاساس :}$$

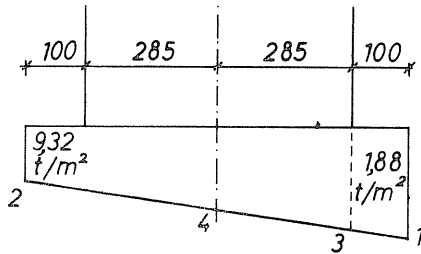
$$I = \frac{\pi \cdot 3,85^4}{4} = 172,56 \text{ m}^4 \quad \text{عزم عطالة الاساس :}$$

$$\sigma_1 = \frac{654,84}{46,57} + \frac{212,26}{172,56} \cdot 3,85 = 18,8 \text{ t/m}^2 = 1,88 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_{\text{soil}}$$

$$\sigma_2 = \frac{654,84}{46,57} - \frac{212,26}{172,56} \cdot 3,85 = 9,32 \text{ t/m}^2 = 0,932 \text{ Kg/cm}^2 ;$$

$$\sigma_4 = 14,06 \text{ t/m}^2 ;$$

$$\sigma_3 = 17,45 \text{ t/m}^2 .$$



ونعتبر بالتقريب الاجهاد المطبق على

البلاطة الدائرية الداخلية مع انقاص

وزن الاساس مساويا :

$$\sigma_{m1} = \frac{\sigma_3 + \sigma_4}{2} - 2,5 \cdot 1 = 13,26 \text{ t/m}^2 .$$

الشكل رقم (٩ - ١٦)

والاجهاد التقريبي المطبق على البلاطة الحلقية الخارجية بعد انقاص الوزن

الذاتي يساوي :

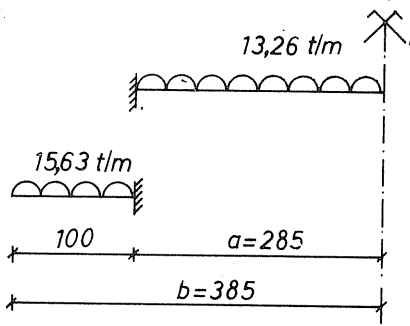
$$\sigma_{m2} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} - 2,5 \cdot 1 = 15,63 \text{ t/m}^2 .$$

حساب العزوم في بلاطة الاساس :

١ - البلاطة الدائرية الداخلية :

من جداول البلاطات الدائرية والحلقية نجد :

$$M_r = \frac{P}{16 \pi} [1 + \mu - (3 + \mu) \rho^2] ;$$



الشكل رقم (٩- ١٧)

$$M_t = \frac{P}{16\pi} [1 + \mu - (1 + 3\mu)\rho^2]$$

انظر الشكل رقم (٩- ١٧)

باعتبار : $\mu = 0,167$

$$P = \sigma_{ml} \cdot \pi a^2 = 338,2 \text{ t}$$

ونجد انه من أجل $\rho = 1$

$$M_r = 13,46 \text{ t.m/m}'; M_t = -2,25 \text{ t.m/m}'$$

: $\rho = 0,5$

$$M_r = 2,53 \text{ t.m/m}'; M_t = 5,33 \text{ t.m/m}'$$

: $\rho = 0$

$$M_r = 7,86 \text{ t.m/m}'; M_t = 7,86 \text{ t.m/m}'$$

ب- البلاطة الحلقية الخارجية :

من جداول البلاطات الحلقية ومن أجل $\beta = \frac{b}{a} > 1$ نجد أن :

$$M_r = \frac{Pa^2}{16} [(1+\mu)(1-K_4) + 4\beta^2(3+\mu)\rho^2 - (1-\mu)K_4\frac{1}{\rho} + 4(1+\mu)\beta^2 \text{Ln } \rho] ;$$

$$M_t = \frac{Pa^2}{16} [(1+\mu)(1-K_4) + 4\mu\beta^2(1+3\mu)\rho^2 + (1-\mu)K_4\frac{1}{\rho} + 4(1+\mu)\beta^2 \text{Ln } \rho] .$$

$$\beta = \frac{3,85}{2,85} = 1,35 ; \quad \beta^2 = 1,825 ; \quad \text{Ln } \beta = 0,3 \quad \text{حيث}$$

$$K_4 = \beta^2 \frac{(1-\mu)\beta^2 + (1+\mu)(1 + 4\beta^2 \text{Ln } \beta)}{1 - \mu + (1+\mu)\beta^2} = 3,23 .$$

وبالتعويض نجد :

$$M_r = -9,25 \text{ t.m/m}'; \quad M_t = -1,53 \text{ t.m/m}'; \quad \rho = 1$$

$$M_r = -2,02 \text{ t.m/m}'; \quad M_t = -1,06 \text{ t.m/m}'; \quad \rho = \frac{3,35}{2,85}$$

$$M_r = 0 ; \quad M_t = -0,68 \text{ t.m/m}'; \quad \rho = \beta = 1,35$$

حساب الصلابة النسبية للبلاطة الداخلية الدائرية والخارجية الحلقية :

زاوية الدوران من أجل M في المسند للبلاطة الداخلية : أي $\rho = 1$

$$\varphi = \frac{M_a}{D(1+\mu)} \cdot f = 1 = \frac{M \cdot 2,85}{D \cdot 1,167} \rightarrow M = 0,4095 \cdot D$$

زاوية الدوران من أجل M في المسند للبلاطة الحلقية الخارجية : أي $\rho = 1$

$$\varphi = \frac{M_a}{D} \cdot \frac{K_g}{1+\mu} \left(\rho + \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta^2 \frac{1}{\rho} \right) = 1$$

$$\beta = 1,35 ; \beta^2 = 1,8225 ; K_g = \frac{1}{1-\beta^2} = -1,22$$

$$M = -0,0945 \cdot D$$

الصلابة النسبية للبلاطة الداخلية :

$$R_1 = \frac{0,4095}{0,4095 + 0,0945} = 0,8125$$

$$R_2 = \frac{0,0945}{0,4095 + 0,0945} = 0,1875 : \text{الصلابة النسبية للبلاطة الحلقية}$$

لدينا فرق العزمين عند المسند من أجل $\rho = 1$ هو :

$$13,46 - 9,25 = 4,21 \text{ t.m/m'}$$

حصة البلاطة الداخلية :

$$4,21 \cdot 0,8125 = 3,42 \text{ t.m/m'}$$

حصة البلاطة الخارجية :

$$4,21 \cdot 0,1875 = 0,79 \text{ t.m/m'}$$

انظر الشكل رقم (٩ - ١٨)

ومن الجداول الخاصة بالبلاطات الدائرية

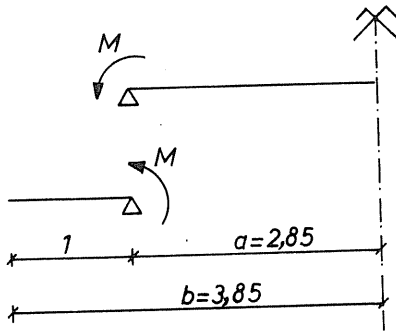
المسنودة على محيطها والمحملة بعزم M على كامل المحيط يكون في أي مقطع فيها

قيم M_r و M_t تساوي :

$$M_r = M_t = M$$

وشنظم الجدول التالي الخاص بالبلاطة

الدائرية .



الشكل رقم (٩ - ١٨)

ρ	$M_r \text{ t.m/m'}$			$M_t \text{ t.m/m'}$		
	1	0,5	0	1	0,5	0
وشافة	-13,46	2,53	7,86	-2,25	5,33	7,86
توزيع	3,42	3,42	3,42	3,42	3,42	3,42
مجموع	-10,04	5,95	11,28	1,17	8,75	11,28

وكذلك الأمر فالجدول الخاصة بالبلاطات الحلقية المستوّدة على محيطها والمحملة بعزم $M = 0,79 \text{ t.m/m}$ عند الاستناد تعطي قيم M_r ، M_t من العلاقات

التالية :

$$M_r = M \beta^2 K_g \left(\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\rho^2} \right) ;$$

$$M_t = M \beta^2 K_g \left(\frac{1}{\beta^2} + \frac{1}{\rho^2} \right) .$$

$$K_g = -1,22 \quad \text{و} \quad \beta^2 = 1,8225 \quad \text{: وقد حسبنا سابقا}$$

ونجد أن :

$$M_r = -0,79 \quad ; \quad M_t = 2,72 \quad ; \quad \rho = 1$$

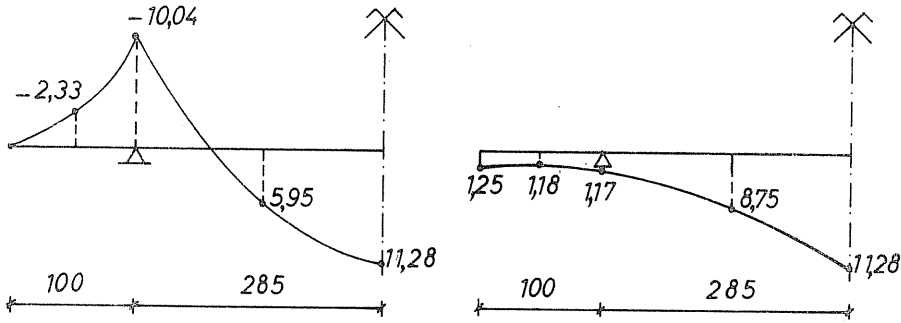
$$M_r = -0,31 \quad ; \quad M_t = 2,24 \quad ; \quad \rho = \frac{385}{285} = 1,175$$

$$M = 0 \quad ; \quad M = 1,93 \quad ; \quad \rho = 1,35$$

نظم الجدول التالي الخاص بالبلاطة الحلقية الخارجية :

ρ	M_r			M_t		
	1	1,175	1,35	1	1,175	1,35
وشافة	-9,25	-2,02	0	-1,53	-1,06	-0,68
توزيع	-0,79	-0,31	0	+2,72	+2,24	+1,94
مجموع	-10,04	-2,33	0	1,19	1,18	1,25

• ويبين الشكل رقم (٩ - ١٩) مخططي العزمين M_L و M_R في الاساس المدروس .



الشكل رقم (٩ - ١٩)

حساب التسليح :

$$\bar{\sigma}_c = 0,4 \cdot f'_c = 80 \text{ Kg/cm}^2 \quad ;$$

$$\bar{\sigma}_s = 0,55 \cdot f \cong 1300 \text{ Kg/cm}^2 \quad ;$$

شوايت الانعطاف البسيط للمقطع المستطيل هي : $\epsilon = 0,84$; $\gamma = 0,25$

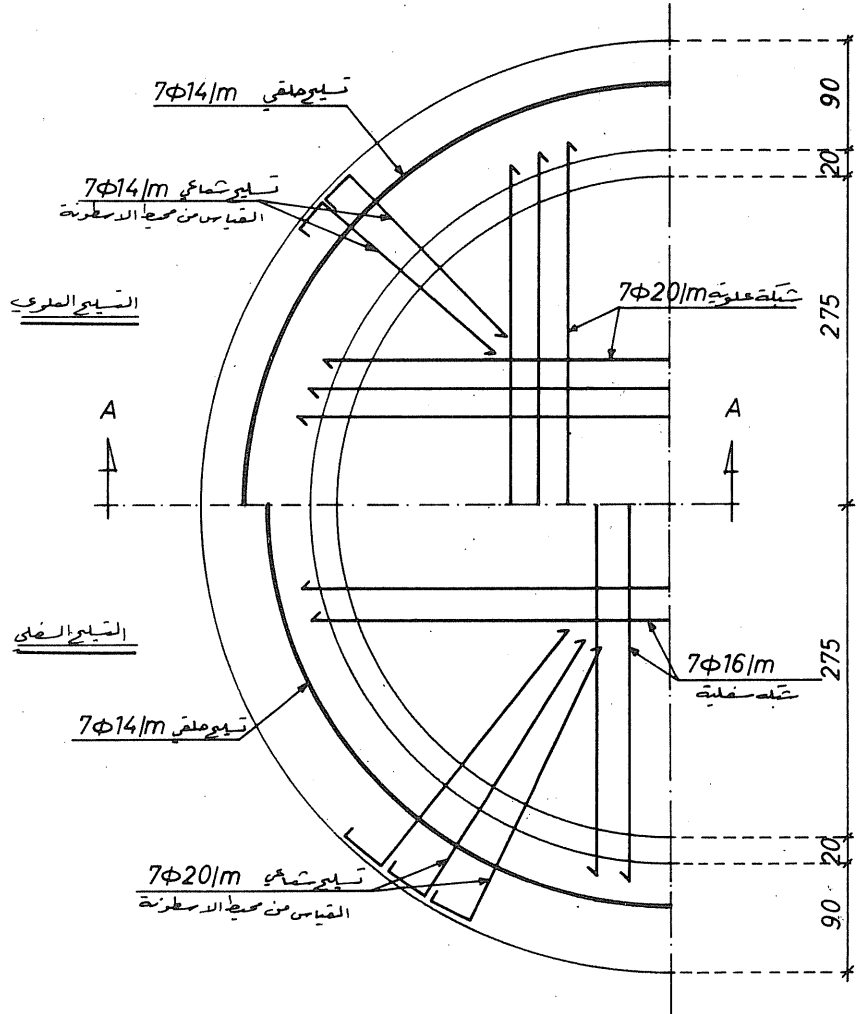
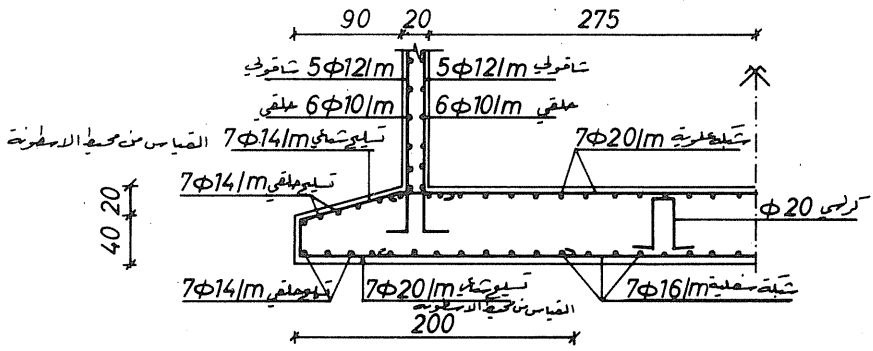
ويكون الارتفاع الفعال المطلوب :

$$d = \gamma \sqrt{\frac{M}{b}} = 0,25 \sqrt{\frac{11280}{1}} = 27 \text{ cm} < 50$$

شبكة علوية : $A_{st} = \frac{1128000}{0,84 \cdot 50 \cdot 1300} = 21 \text{ cm}^2/\text{m}$ التسليح العلوي في الوسط .

تسليح شعاعي سفلي : $A_{sr} = \frac{1004000}{0,84 \cdot 50 \cdot 1300} = 18,4 \text{ cm}^2/\text{m}$ التسليح السفلي عند المسند .

• انظر تفاصيل التسليح في الشكل رقم (٩ - ٢٠) .



الشكل رقم (٩ - ٢٠)

تطبيق : دراسة الاعمدة مع الشيناجات والاساسات لخزان دائري مبين مقطعه في

الشكل رقم (٩ - ٢١) •

الفرضيات والمعطيات :

- سرعة الرياح : $V = 120 \text{ Km/hour}$

- تحمل التربة : $\bar{\sigma}_{\text{soil}} = 5,5 \text{ Kg/cm}^2$

- المقاومة المميزة للبيتون :

$$f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$$

- اجهاد الخضوع للفولاذ المرن :

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

- الوزن الذاتي للحلة فارغة : 210 t

الحمولات الشاقولية :

الحلة : 210 t

الاعمدة : $6.0, 6.0, 6.18.2,5 = 97,2 \text{ t}$

الشيناجات : $2.0, 5.0, 5.14, 6.2,5 = 18,25 \text{ t}$

الجسر الحلقي : $0,6, 0,8. \pi. 5,8. 2,5 = 21,85 \text{ t}$

347,3 t

وزن الماء : 500 t

حساب دفع الرياح :

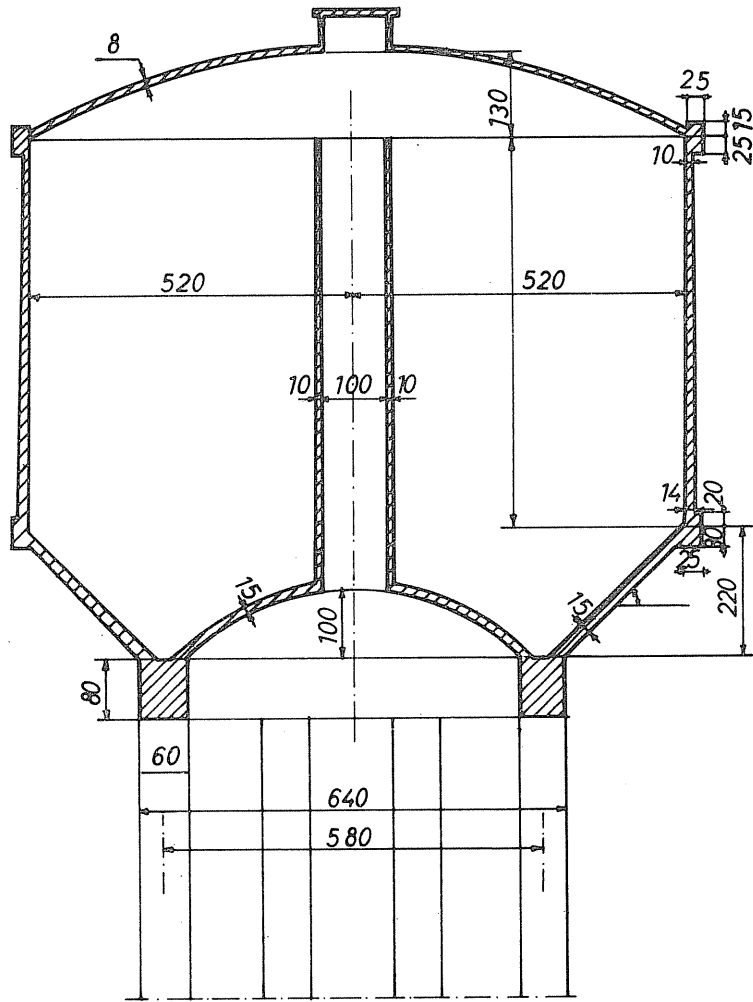
$$W_i = 1,3. K_h. K_s. W_d ;$$

$$K_s = 1 ; h = 27,5 ; K_h = 2,5(1 - \frac{42}{h+60}) = 1,3 \text{ ويكون}$$

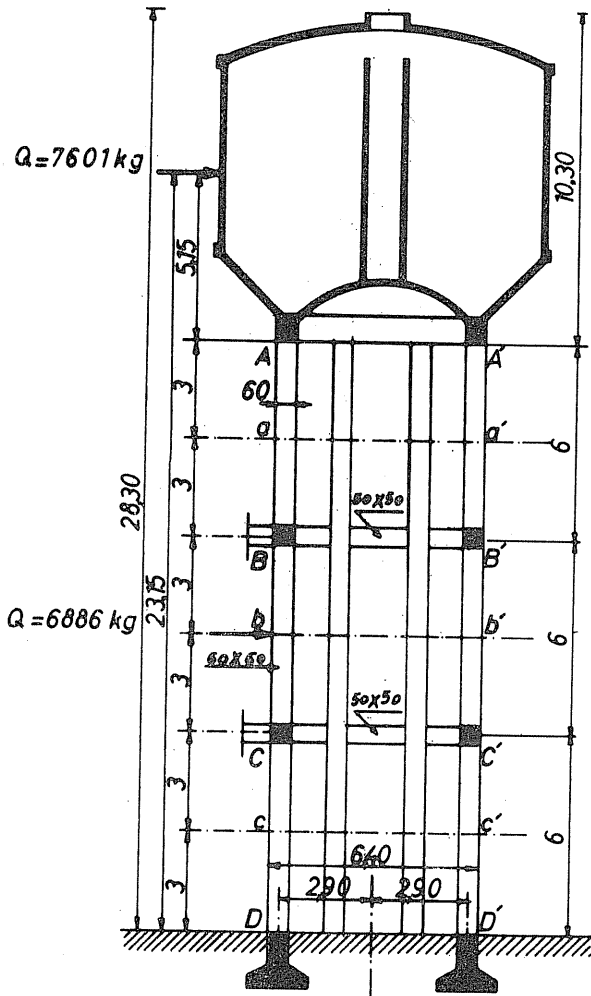
حيث :

$$W_d = \frac{V^2}{16} = 69,43 \text{ Kg/m}^2 ;$$

$$W_i = 117,3 \text{ Kg/m}^2 .$$



الشكل رقم (٩ - ٢١)



الشكل رقم (٩ - ٢٢)

يخفف من أجل الخزان ذو الشكل الدائري :

$$W_i = \frac{2}{3} \cdot 117,3 = 78,2 \text{ Kg/m}^2$$

مساحة الخزان الشاقولية المعرضة للرياح :

$$\frac{2}{3} \cdot 10,7 \cdot 1,3 = 9,3 \text{ m}^2 \quad \text{قبة السطح} :$$

$$6 \cdot 10,64 = 63,85 \text{ m}^2 \quad \text{الاسطوانة} :$$

$$\frac{10,64 + 6,5}{2} \cdot 2,2 = 18,85 \text{ m}^2 \quad \text{المخروط السفلي} :$$

$$0,8 \cdot 6,5 = 5,2 \text{ m}^2 \quad \text{الجسر الحلقي} :$$

$$97,2 \text{ m}^2 \quad \text{المجموع} :$$

مساحة الاعمدة والشيناجات :

$$(2 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,85) 18 = 52,2 \text{ m}^2 \quad \text{الاعمدة} :$$

$$0,5 \cdot 2 \cdot 6,5 = 6,5 \text{ m}^2 \quad \text{الشيناجات} :$$

$$58,7 \text{ m}^2 \quad \text{المجموع} :$$

$$Q_1 = 97,2 \cdot 78,2 = 7601 \text{ Kg} \quad \text{محصلة دفع الرياح على الحلة} :$$

$$Q_2 = 58,7 \cdot 117,3 = 6886 \text{ Kg} \quad \text{محصلة دفع الرياح على الاعمدة والشيناجات} :$$

$$7,601 \cdot 28,3 + 6,886 \cdot 9 = 277 \text{ t.m} \quad \text{عزم الرياح عند اسفل الاعمدة} :$$

$$347,3 \cdot \frac{6,50}{2} = 1129 \text{ t.m} \quad \text{عزم الوزن الذاتي عند طرف اسفل الاعمدة} :$$

ويحسب اكبر ضغط يتحملة عمود من العلاقة رقم (٩ - ٩) :

$$N_4 = \frac{N}{6} + \frac{M}{3R} = \frac{847,3}{6} + \frac{277}{3 \cdot 2,9} = 173,06 \text{ t}$$

ويحسب اصغر ضغط يتحملة عمود من العلاقة رقم (٩ - ١٠) ويساوي :

$$N_1 = \frac{N}{6} - \frac{M}{3R} = 109,38 \text{ t}$$

حساب عزوم الانعطاف في الاعمدة :

القوة القاطعة عند المقطع a - a :

$$Q_{a-a'} = 7601 + 117,3 \cdot 3(2 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,85) =$$

$$= 8621,5 \text{ Kg} \quad - ٢٧٤ -$$

العزم في أعلى واسفل كل عمود علوي :

$$M = 8621,5 \cdot \frac{3}{6} = 4311 \text{ Kg.m}$$

القوة القاطعة عند المقطع $b - b'$:

$$Q_{b-b'} = 7601 + 117,3[9(2,0,6+2,0,85) + 0,5 \cdot 6,5] = 11044 \text{ Kg.m}$$

العزم في أعلى واسفل كل عمود وسطي :

$$M = 11044 \cdot \frac{3}{6} = 5522 \text{ Kg.m}$$

القوة القاطعة عند المقطع $c - c'$:

$$Q_{c-c'} = 7601 + 117,3[15(2,0,6+2,0,85) + 2,0 \cdot 5,6,5] = 13466 \text{ Kg}$$

العزم في أعلى واسفل كل عمود سفلي :

$$M = 13466 \cdot \frac{3}{6} = 6733 \text{ Kg.m}$$

حساب الجهود المحورية في الاعمدة :

١ - الخزان مليء :

$$N = 210 + 21,85 + 500 = 731,85 \text{ t} ; \quad \text{في المقطع } A - A'$$

$$M = 7,601 \cdot 5,15 = 39,15 \text{ t.m} ;$$

$$N_{1,4} = \frac{N}{6} \pm \frac{M}{3 \cdot R}$$

$$N_4 = 126,5 \text{ t} ; \quad N_1 = 117,5 \text{ t}$$

في المقطع $B - B'$:

$$N = 210 + 21,85 + 500 + 32,4 = 764,25 \text{ t} ;$$

$$M = 7,601 \cdot 11,15 + \frac{6,886}{3} \cdot 3 = 91,64 \text{ t.m} ;$$

$$N_4 = 137,9 \text{ t} ; \quad N_1 = 116,9 \text{ t}$$

في المقطع $C - C'$:

$$N = 731,85 + \frac{2}{3} \cdot 97,2 + 9,125 = 805,775 \text{ t} ;$$

$$M = 7,601 \cdot 17,15 + \frac{2}{3} \cdot 6,886 \cdot 3 = 144,13 \text{ t.m} ;$$

$$N_4 = 150,9 ; \quad N_1 = 117,7 \text{ t}$$

: D - D' المقطع

وجدنا سابقا أن

$$N_4 = 173,06 \text{ t} \quad ; \quad N_1 = 109,38 \text{ t}$$

: ب - الخزان فارغ :

: A - A' المقطع

$$N = 231,85 \quad ; \quad M = 39,15 \text{ t.m} \quad ;$$

$$N_4 = 43,14 \text{ t} \quad ; \quad N_1 = 34,14 \text{ t}$$

: B - B' المقطع

$$N = 264,25 \quad ; \quad M = 91,64 \text{ t.m} \quad ;$$

$$N_4 = 54,58 \quad ; \quad N_1 = 33,50 \text{ t.m}$$

: C - C' المقطع

$$N = 305,775 \text{ t} \quad ; \quad M = 144,13 \text{ t.m} \quad ;$$

$$N_4 = 67,6 \text{ t} \quad ; \quad N_1 = 34,4 \text{ t}$$

: D - D' المقطع

$$N = 347,3 \text{ t} \quad ; \quad M = 277 \text{ t.m} \quad ;$$

$$N_4 = 89,7 \text{ t} \quad ; \quad N_1 = 26,1 \text{ t.m}$$

تصمم الاعمدة وفق الجهود المحورية الضاغطة مع عزوم الانعطاف النهائية

: التالية :

: A المقطع

$$M = 4,311 \text{ t.m} \quad ; \quad N = 126,5 \text{ t}$$

$$M = 4,311 \text{ t.m} \quad ; \quad N = 34,14 \text{ t}$$

: B المقطع

$$M = 4,311 \text{ t.m} \quad ; \quad N = 137,9 \text{ t} \quad ; \quad \text{اسفل العمود العلوي} :$$

$$M = 4,311 \text{ t.m} \quad ; \quad N = 33,5 \text{ t}$$

$$M = 5,522 \text{ t.m} \quad ; \quad N = 137,9 \text{ t} \quad ; \quad \text{اعلى العمود الوسطي} :$$

$$M = 5,522 \text{ t.m} \quad ; \quad N = 33,5 \text{ t}$$

المقطع C :

$$M = 5,522 \text{ t.m} ; N = 150,9 \text{ t} ; \text{ اسفل العمود الوسطي :}$$

$$M = 5,522 \text{ t.m} ; N = 34,4 \text{ t} .$$

$$M = 6,733 \text{ t.m} ; N = 150,9 \text{ t} ; \text{ اعلى العمود السفلي :}$$

$$M = 6,733 \text{ t.m} ; N = 34,4 \text{ t} .$$

$$M = 6,733 \text{ t.m} ; N = 173,06 \text{ t} ; \text{ المقطع D :}$$

$$M = 6,733 \text{ t.m} ; N = 26,1 \text{ t} .$$

حساب الجهود في الروابط الافقية :

من العلاقة رقم (٩ - ١٨) نحسب العزم في العقدة الواحدة .

في B يكون :

$$m = m_{Is} + m_{Iii} = 4,311 + 5,522 = 9,833 \text{ t.m}$$

مخططات عزوم الانعطاف في الروابط الافقية في حالة سعة اعمدة مبينة في

الشكل رقم (٩ - ١٠) واكبر عزم تتحمله الروابط هو : $11.31 \text{ t.m} = 1,15 \text{ m}$

القوة القاطعة في المستوي B - B يساوي :

$$Q = 7,601 + \frac{6,886}{3} = 9,896 \text{ t} .$$

القوة المحورية الشادة أو الضاغطة في الرابط تساوي :

$$\pm \frac{Q}{6} = 1,65 \text{ t}$$

القوة القاطعة التي يتحملها الرابط تساوي :

$$\frac{2m}{l} = \frac{2 \cdot 9,833}{2,3} = 8,55 \text{ t} .$$

حيث : $l = 2,9 - 0,6 = 2,3 \text{ m}$

في C : $m = 5,522 + 6,733 = 12,255 \text{ t.m}$.

اكبر عزم تتحمله الروابط : $1,15 \text{ m} = 14,1 \text{ t.m}$

القوة القاطعة في المستوي C - C يساوي :

$$Q = 7,601 + \frac{2}{3} \cdot 6,886 = 12,192 \text{ t} .$$

القوة المحورية الشادة أو الضاغطة في الرابط :

$$\pm \frac{Q}{6} = 2,03 \text{ t}$$

القوة القاطعة التي يتحملها الرابط تساوي :

$$V = \frac{2m}{l} = 10,7 \text{ t}$$

دراسة الاساس :

ان اكبر قوة ضغط تتحملها الاعمدة هي 173,06 t والعزم هو 6,733 t.m
وباعتبار وزن الاساس والشيناج بين الاساسات يكون :

$$N = 173,06 \cdot 1,1 \cong 190 \text{ t}$$

$$M = 6,733 \text{ t.m}$$

واللامركزية صغيرة

$$e = \frac{M}{N} = 3,54 \text{ cm}$$

نعتبر اساس العمود الواحد مربع الشكل مساحته : 4m^2

$$\sigma_{\text{soil}} = \frac{190}{4} + \frac{6,733 \cdot 6}{2 \cdot 4} = 53,25 \text{ t/m}^2 < \bar{\sigma}_{\text{soil}}$$

حساب التسليح :

أ - العمود السفلي :

$$\sigma'_c = \frac{N}{A} = \frac{173060}{3600} = 48 \text{ Kg/cm}^2 < 0,3 f'_c = 60 \text{ Kg/cm}^2$$

$$e = \frac{6,733}{173,06} = 0,039 \text{ m} < \frac{60}{6} = 10 \text{ cm}$$

المقطع مضغوط كلياً واللامركزية صغيرة

التسليح الطولي : $16 \phi 16 \text{ mm}$

الاساور مزدوجة : $\phi 8/25 \text{ cm}$

ب - الروابط في المستوي C وروابط الاساسات :

$$\bar{\sigma}_s = 0,55 \cdot 4200 = 2300 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}'_c = 0,4 \cdot 200 = 80 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\gamma = 0,287 ; \quad \epsilon = 0,886$$

ان اكبر الجهود المطبقة في هذه الروابط هي :

$$N = \pm 2,03 \text{ t}$$

اللامركزية كبيرة جداً : $e \cong 7 \text{ m}$

$$M = 14,1 \text{ t.m} \quad ;$$

$$d = 48 \approx h_t - d' \quad ;$$

$$A_s = A'_s = 15 \text{ cm}^2 \quad .$$

التسليح السفلي والعلوي :

$$\tau = \frac{V}{0,85 \cdot b \cdot d} = \frac{10700}{0,85 \cdot 50 \cdot 45} = 5,6 < \bar{\tau}_c = 6,22 \text{ Kg/cm}^2 \quad .$$

باعتبار أن :

$$\bar{\tau}_c = 0,44 \sqrt{f_c} = 6,22 \text{ Kg/cm}^2 \quad .$$

ج - الاساس :

نعتبر سماكة الاساس متر واحد ، فيكون محيط القص b_w مساويا :

$$b_w = 2(a + b + 2d) = 2(120 + 170) = 580 \text{ cm} \quad ;$$

$$V = 53,25(4 - 1,45 \cdot 1,45) = 101 \text{ t} \quad ;$$

$$\tau_c = \frac{101000}{0,886 \cdot 95 \cdot 580} = 2,1 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\tau}_c \quad ;$$

$$M = 53,25 \frac{(4 - 0,6)^2}{8} = 77 \text{ t.m/m} \quad ;$$

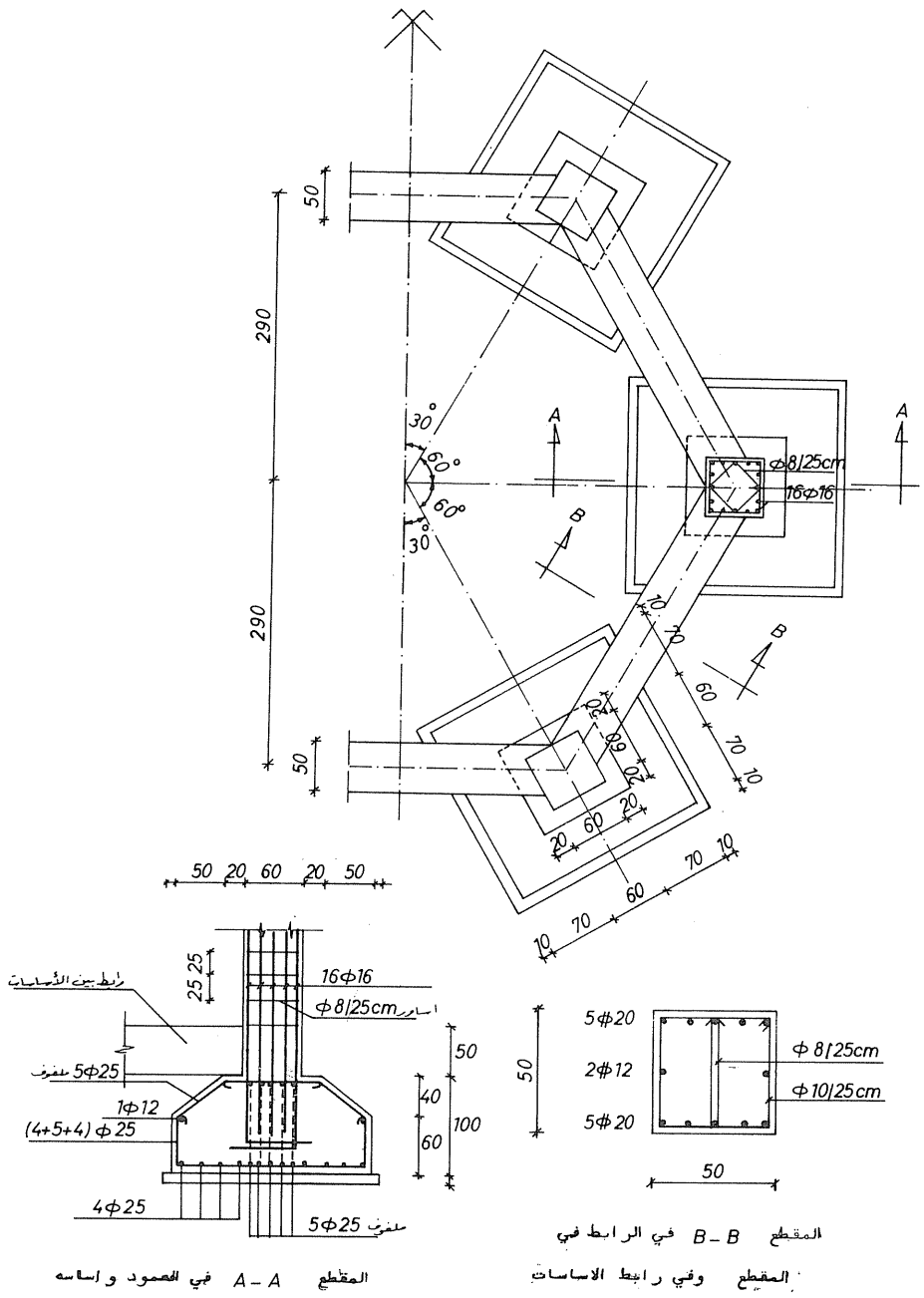
$$d = 79,6 \text{ cm} < 95 \text{ cm} \quad ;$$

$$A'_s = 39,8 \text{ cm}^2 \longrightarrow 8 \phi 25/\text{m} \quad .$$

الشكل رقم (٩ - ٢٣) يوضح تفاصيل تسليح العمود السفلي للخزان مع

اساساته وتسليح الرابط بين الاساسات والرابط في المقطع C ذو المنسوب ٦

متر فوق سطح الارض الطبيعية .



الشكل رقم (٩ - ٢٣)

المراجع العربية

=====

- دليل المهندس الانشائي - د.م محمد سليمان تادفي - المكتبة الجامعية
١٩٨٢ - حلب .
- البيتون المسلح - مبادئ التصميم وفق تعليمات الكود العربي وملخصه
" الطريقة المرنة الكلاسيكية " - د.م أنيس - د.م تادفي - م.م مدرس -
م.م حميضة . فرع نقابة المهندسين بحلب ١٩٨٨ .
- المنشآت المائية (أمالي) - دبلوم الدراسات المائية في كلية الهندسة
المدنية بحلب . د.م محمد سليمان تادفي - ١٩٨٧ .
- البيتون المسلح (١) دراسة نظرية وتطبيقات عملية - د.م محمد سليمان
تادفي - مديرية المطبوعات بجامعة حلب - ١٩٨٣ .
- البيتون المسلح (٢) دراسة نظرية وتطبيقات عملية - د.م محمد سليمان
تادفي - مديرية المطبوعات بجامعة حلب - ١٩٨٤ .
- تصميم الجدران البيتونية الحاملة - د.م ساطع بدوي - نقابة المهندسين
السوريين - ١٩٨٤ .
- الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة - الامانة العامة
لاتحاد المهندسين العربي - دمشق - ١٩٧٧ .
- ملخص الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة ، نقابة المهندسين
السوريين - ١٩٨٠ .

المراجع الأجنبية
=====

References and Further Reading

- Traité de Béton Armé. A. GUERRIN; R.C. LAVAUUR. Dunod, Paris, 1980.
- Le Calcul et la Verification des ouvrages en Béton Armé. P. CHARON. Eyrolles, Paris, 1957.
- Concrete Water Towers, Bunkers, Silos and other Elevated Structures. GRAY and MANNING. Cement and Concrete Association. Billing Limited; London, 1973.
- Handbook on B55337: 1976. R.D. Anchor, A.W. HILL, EYRE and SPOTTISWOODE Publications, 1983.
- Theory and Design of Reinforced Concrete Tanks. M. HILAL, MARCOU Publication. Cairo, 1980.
- Ossatures des Batiments. A. COIN. Eyrolles, Paris, 1973.
- Calcul Pratique des Ossatures de Batiments en Béton Armé. A. FUENTES, Eyrolles, Paris, 1983.

الفصل الأول

عموميات

المؤثرات المعتبرة في دراسة الخزانات - تصنيف الخزانات

- ٥ ١ - ١ تعاريف .
- ٥ ١ - ٢ اختيار شكل الخزان في المسقط الافقي .
- ٧ ١ - ٣ المؤثرات المعتبرة في دراسة الخزانات .
- ٧ ١ - ٣ - ١ الوزن الذاتي .
- ٧ ١ - ٣ - ٢ حمولة أو أوزان السوائل .
- ٨ ١ - ٣ - ٣ حمولات الاستثمار .
- ٨ ١ - ٣ - ٤ اثر تغيرات الحرارة والتقلص .
- ٨ ١ - ٣ - ٥ اثر السيلان .
- ٨ ١ - ٣ - ٦ المؤثرات المناخية .
- ١٠ ١ - ٣ - ٧ الهزة الأرضية .
- ١٢ ١ - ٤ تصنيف الخزانات .

الفصل الثاني

تكنولوجيا الخزانات

- ١٥ ٢ - ١ العناصر الرئيسية للخزانات .
- ١٥ ٢ - ١ - ١ احواض صغيرة تستند على الارض مباشرة .
- ١٥ ٢ - ١ - ٢ = = = = كبيرة
- ١٧ ٢ - ١ - ٣ خزانات صغيرة تستند على الارض مباشرة .
- ١٨ ٢ - ١ - ٤ = = = = كبيرة
- ١٨ ٢ - ١ - ٥ احواض سباحة تستند على اعمدة .
- ٢١ ٢ - ١ - ٦ الخزانات العالية .

- ٢ - ٢ التغطيات والفواصل .
- ٢٣ ١ - ٢ - ٢ التغطية الخارجية للخزانات .
- ٢٦ ٢ - ٢ - ٢ التغطية الداخلية للخزانات .
- ٢٦ ٣ - ٢ - ٢ الفواصل .

الفصل الثالث

الاسس الانشائية في تصميم المنشآت المائعية

- ٢٨ ١ - ٣ الاجهادات المسموحة في البيتون والفولاذ .
- ٣٠ ٢ - ٣ تصميم المقاطع العرضية .
- ٣٠ ١ - ٢ - ٣ مقاطع عرضية تخضع للشد المحوري .
- ٣١ ٢ - ٢ - ٣ تأثير حادثة الانكماش على المقاطع المشدودة .
- ٣٤ ٣ - ٢ - ٣ مقاطع عرضية تخضع لعزم انعطاف .
- ٣٧ ٤ - ٢ - ٣ مقاطع عرضية تخضع للانعطاف المركب .

الفصل الرابع

تصميم جدران الخزانات الدائرية

- ٤٠ ١ - ٤ تعريف .
- ٤٠ ٢ - ٤ الخزانات الدائرية المنزقة على القاعدة .
- ٤٣ ٣ - ٤ = = المثبتة = = .
- ٤٤ ١ - ٣ - ٤ طريقة هانجان - سوارى .
- ٥١ ٢ - ٣ - ٤ دراسة الخزانات الدائرية باستعمال جداول الكود البريطاني لخزانات السوائل .
- ٧٢ ٤ - ٤ الخزانات بشكل جذع مخروط

الفصل الخامس

تصميم عطاء وارضية الخزانات الدائرية .

- ٧٥ ١ - ٥ البلاطات الدائرية والحلقية البسيطة .
- ٧٦ ٢ - ٥ البلاطات الدائرية المستمرة .
- ٩٤ ٣ - ٥ القشريات الدورانية .
- ٩٧ ٤ - ٥ الجسر الحلقي .

الفصل السادس

تصميم الخزانات المستطيلة

- ١٢٧ ١ - ٦ مقدمة
- ١٢٧ ٢ - ٦ الخزانات المستطيلة العميقة
- ١٣٠ ١ - ٢ - ٦ حساب عزوم الانعطاف بطريقة كلايرون .
- ١٣٢ ٢ - ٢ - ٦ = = = = دائرة الشد .
- ١٣٤ ٣ - ٢ - ٦ العزوم الشاقولية في جدران الخزانات المستطيلة العميقة .
- ١٣٩ ٣ - ٦ الخزانات المستطيلة غير العميقة .
- ١٣٩ ٤ - ٦ جدران الخزانات المستطيلة ذات السلوك المضاعف .
- ١٤٢ ٥ - ٦ دراسة البلاطات باتجاهين .

الفصل السابع

الجيوزان الجدارية (الاحجبة)

- ١٦٧ ١ - ٧ مقدمة .
- ١٦٨ ٢ - ٧ نظرية الجيوزان الجدارية - الحالة الاجهادية المستوية في نظرية الصفائح .
- ١٧٠ ٣ - ٧ تعيين الاجهادات والجهود في الجيوزان الجدارية .
- ١٧٠ ١ - ٣ - ٧ الجيوزان الجدارية وحيدة الفتحة .
- ١٨٠ ٢ - ٣ - ٧ الجيوزان الجدارية المستمرة .

- ٧ - ٤ ملاحظات حول تصميم الجدران الجدارية، من البيتون المسلح . ١٨٣
٧ - ٥ حساب تسليح الشد . ١٨٣

الفصل الثامن

تصميم ارضيات الخزانات المستندة على الارض

- ٨ - ١ مقدمة . ١٨٩
٨ - ٢ توزيع الاجهادات على التربة تحت ارضية الخزان . ١٨٩
٨ - ٣ الطريقة النظرية الاولى - طريقة هيشيني . ١٩٠
٨ - ٣ - ١ حالة الجدران المتمفصلة مع الأرضية والمسنودة على تربة قابلة للانضغاط . ١٩٠
٨ - ٣ - ٢ حالة الجدران الموشوقة مع الارضية والمسنودة على تربة قابلة للانضغاط . ١٩٠
٨ - ٣ - ٣ حالة جدار متمفصل من طرف واحد فقط . ١٩٤
مع الارضية المسنودة على تربة قابلة للانضغاط . ١٩٥
٨ - ٣ - ٤ حالة تأشير عزم انعطاف في طرف واحد من الارضية المسنودة على تربة قابلة للانضغاط . ١٩٦
٨ - ٤ الطريقة النظرية الثانية - طريقة سيموليدي . ١٩٨
٨ - ٤ - ١ شرح موجز لمبدأ الطريقة . ١٩٨
٨ - ٤ - ٢ حالات خاصة . ٢٠٢
٨ - ٤ - ٣ استخدام الجداول في تحديد رد الفعل والقوى القاطعة وعزوم الانعطاف . ٢٠٩
٨ - ٥ الطريقة العملية . ٢٠٩

الفصل التاسع

دراسة العناصر الحاملة للخزانات العالية

- ٩ - ١ مقدمة . ٢٤٨
٩ - ٢ العناصر الحاملة للخزانات المستطيلة . ٢٤٩

الصفحة

٢٥٣	٩ - ٣ العناصر الحاملة للخزانات الاسطوانية .
٢٥٨	٩ - ٤ اساسات الخزانات العالية .
٢٨١	المراجع العربية .
٢٨٢	المراجع الاجنبية .
٢٨٣	الفهرس .

