الخزانات الأرضية

١. فلسفة الجملة الإنشائية .
٢. الخزانات الأرضية .
٣. الجملة الإنشائية للخزانات الأرضية .

فلسفة الجملة الإنشائية

إعداد
الدكتور المهندس
عبد الحميد كيخيا
٢٠١١

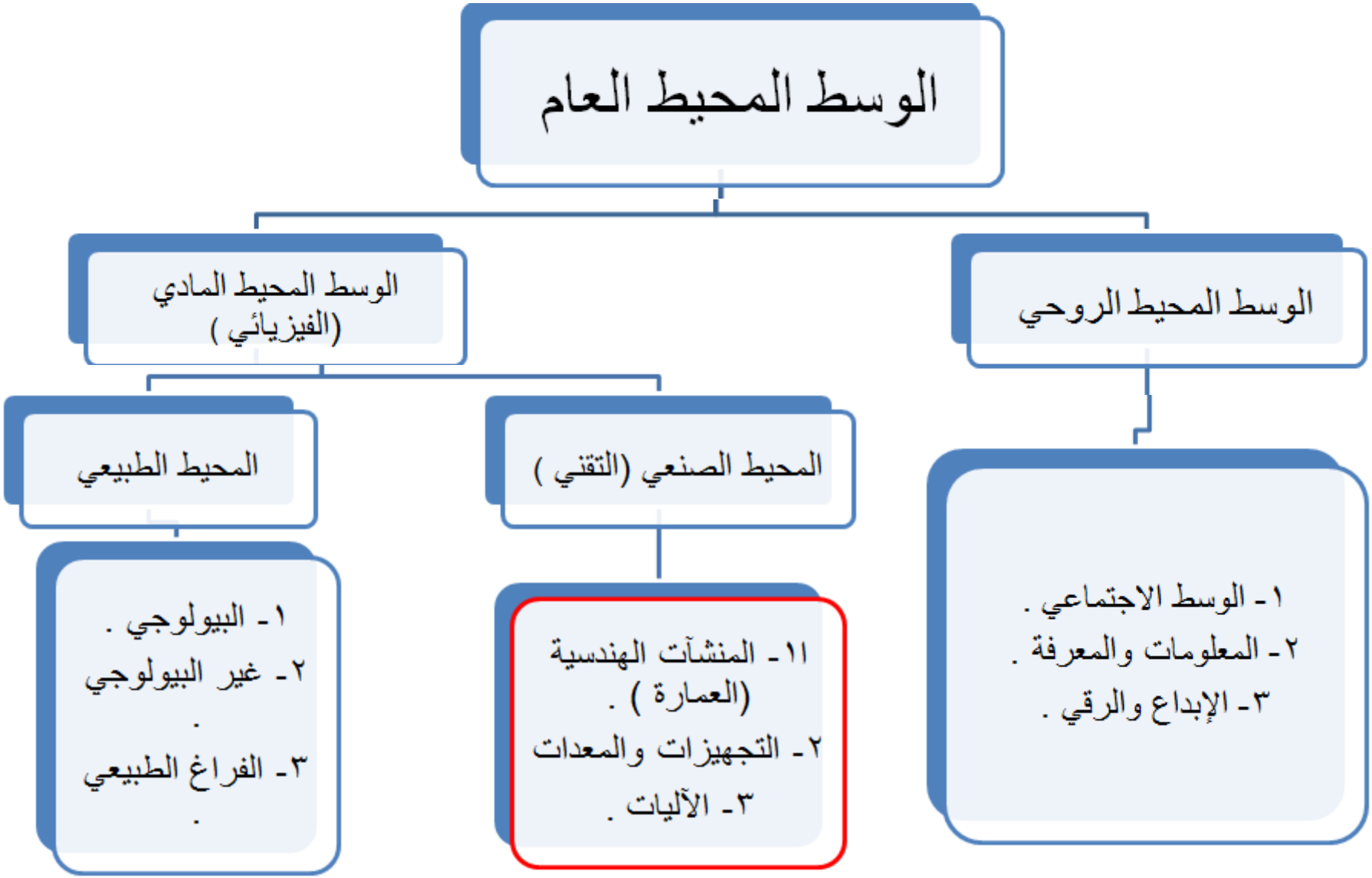
العمران في مقدمة أبن خلدون

- كتب ابن خلدون في مقدمته الشهيرة :إن خلاصة الظواهر الاجتماعية والاقتصادية والسياسية والبيئية تفسر بالعمران ، وأن العمران خلاصة النتاج الإنساني في المجتمع من خلال ما يتميز به من خصائص حضرية ومن توفر مختلف الموارد الفردية والقومية ،ومدى تطور العلوم ، عبر ستة مؤثرات : جغرافية – اجتماعية –سياسية – بيئية – اقتصادية – ثقافية .
- كما أوضح ابن خلدون في مقدمته **ثلاثة قوانين** مهمة في تفسيره العمراني هي:

١. إن العمران هو **خلاصة الظواهر الاجتماعية والاقتصادية والسياسية والبيئية** ، وأن هذه الظواهر هي أحداث طبيعية للبشر لا يمكن التخلص منها أو إلغاؤها ، لأنها طبيعية والأمور الطبيعية لا تتبدل .
٢. لا يحدث العمران فجأة ، وإنما **يتم على مراحل** ويستغرق وقتاً من أجل التدرج في الأمور الطبيعية .
٣. إن كل متكون في زمان ، لا بد له من **اختلاف في أطواره** ، وانتقاله في زمن التكوين من طور إلى أخر حتى ينتهي إلى غايته .

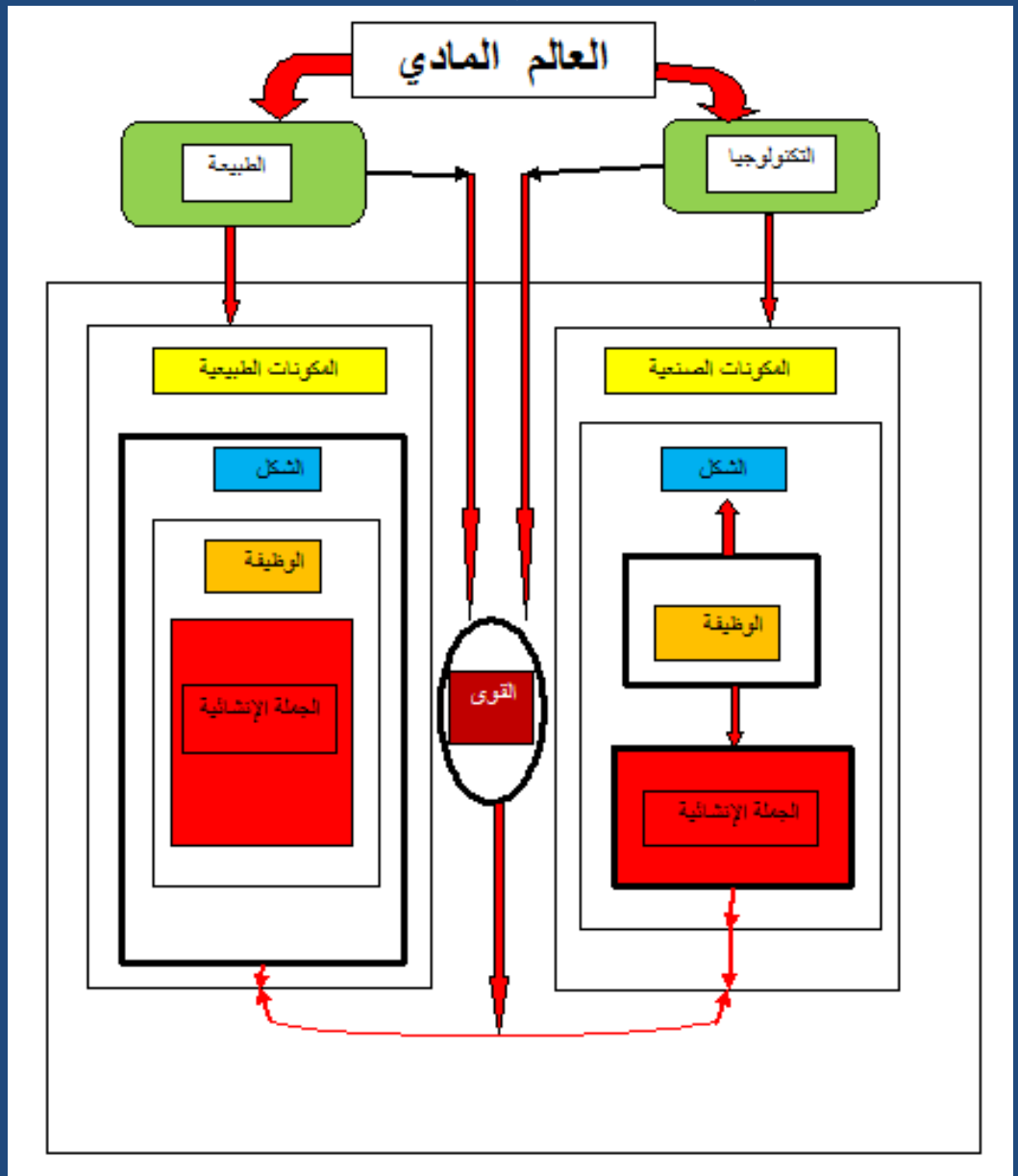
- **يوجد ثلاثة مبادئ لتأثير المعرفة على تطور الإنسان وارتقائه :**

١) يجب أن نتعلم كيفية **تحليل الأشياء** بشكل دقيق وبسيط ونفكر بشكل خلاق.
٢) يجب أن **نطور طرق الإبداع** باستخدام المعرفة والتحضر.
٣) يجب أن يبقى التفكير حياً ، وفي حالة حركة دائمة بحيث لا يفقد **خاصية التعلم وطرح الأسئلة .**



العمارة هي تكوين المكون الصنعي في الوسط المحيط الفيزيائي . وذلك باعتبار أن الوسط المحيط العام مكون من جزأين (مادي وروحي)

مكونات العالم المادي



العالم المادي يتكون من مجموعة مكونات ،مستقلة ومترابطة مع بعضها ،صغيرة جداً وعملاقة ،حية وجامدة ،تنمو طبيعياً أو تبنى من قبل الإنسان . بشكل عام يمكن تصنيف مكونات العالم المادي إلى طبيعية وصنعيه . هذه المكونات لها وظيفة وشكل يعبر عنها ،حيث أن المحافظة على شكلها دليل على استمراريتها بالقيام بوظيفتها المحددة .

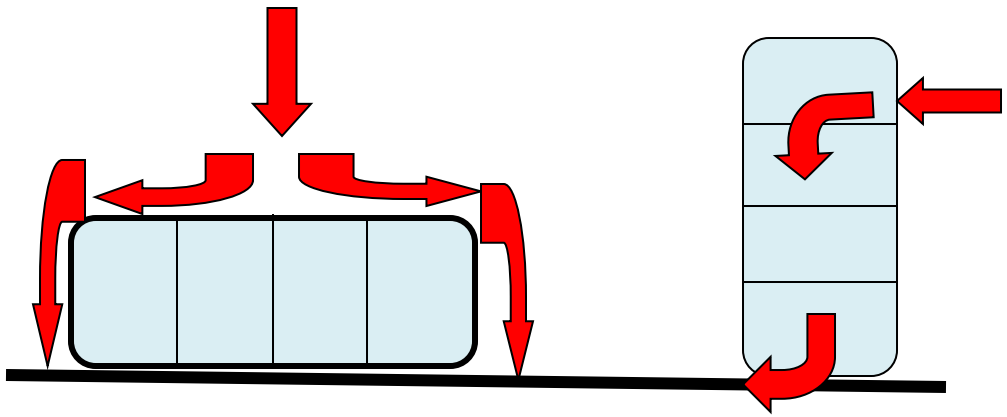
مفهوم الجملة الإنشائية

- كل مكونات العالم المادي تخضع لتأثيرات الوسط المحيط . الهيكل الإنشائي الذي **يحافظ على شكل المكون** ، للقيام **بوظيفته** المحددة ، تحت **تأثير القوى** الناتجة عن النشاط البشري والوسط الطبيعي المحيط ، **لفترة زمنية** طويلة ، يسمى الجملة الإنشائية .
- تعتبر الجملة الإنشائية الجزء الرئيسي والأهم في المكونات المادية للأشكال الموجودة على سطح الكرة الأرضية مثل : المنشآت الهندسية، التجهيزات والآليات، الأشجار ، الكائنات الحية .....الخ ، بدونها لا يمكن الحفاظ على الشكل المادي للمكون ، وبدون الحفاظ على الشكل المادي لا يمكن تأدية الوظيفة المنوطه بالمكون ،وبالتالي **بدون الجملة الإنشائية لا يوجد مكون مادي** .
- تطور علوم الجملة الإنشائية مستمرة بدون نهاية ، فهي تكون بشكل قفزات نوعية في تطور تصورات لتصميم المكونات المادية الصنعية وتغير بشكل جزري لهذه التصورات .
- المبادئ العامة لتصميم الجمل الإنشائية لا تتعلق بالزمن ، وهي ضرورية لجميع المهندسين الذين يعملون في التصميم ، وبدون معرفة هذه المبادئ لا يمكن المشاركة في صنع الوسط المحيط الحاضر والمستقبل .

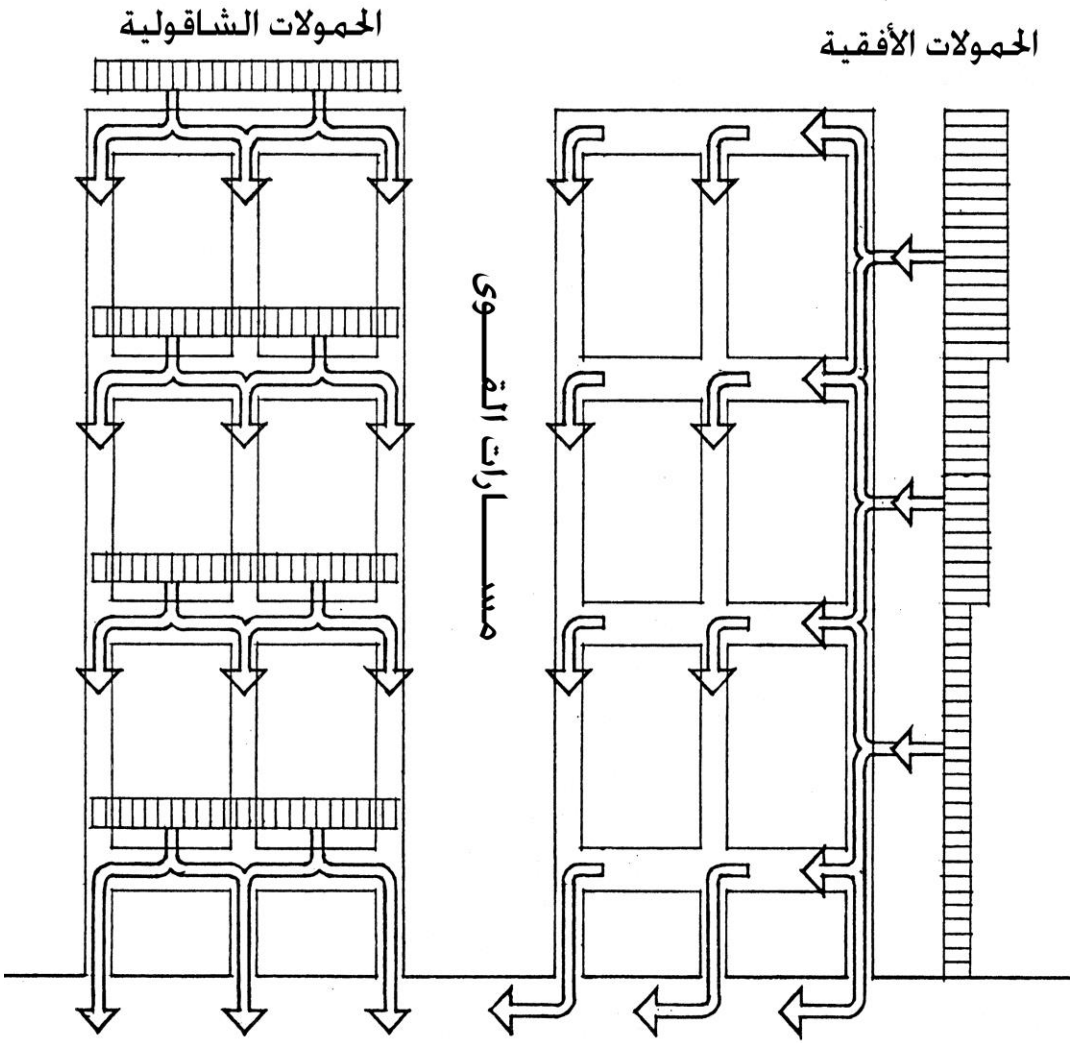
مفهوم الجملة الإنشائية (وظيفتها)

- وظيفة الجملة الإنشائية في المكونات الطبيعة والصنعية ليس فقط في مقاومة التأثيرات الخارجية بل في طريقة انتقالها ضمن مادة عناصر الجملة الإنشائية . من هنا يمكن القول بأن الجملة الإنشائية تعمل وفق المراحل التالية :

- استقبال الحمولات والقوى .
- توزيع هذه الحمولات والقوى .
- نقل الحمولات والقوى .



-
- تعتبر هذه المراحل الأساس لتصميم الجملة الإنشائية وتقيم كفاءتها واقتصاديتها .



كلما كان مسار القوى (الجريانات) أقصر وأقل انحناء ، كلما كانت كفاءة الجملة الإنشائية أكبر

الجملة الإنشائية للمكونات الطبيعية والصنيعة

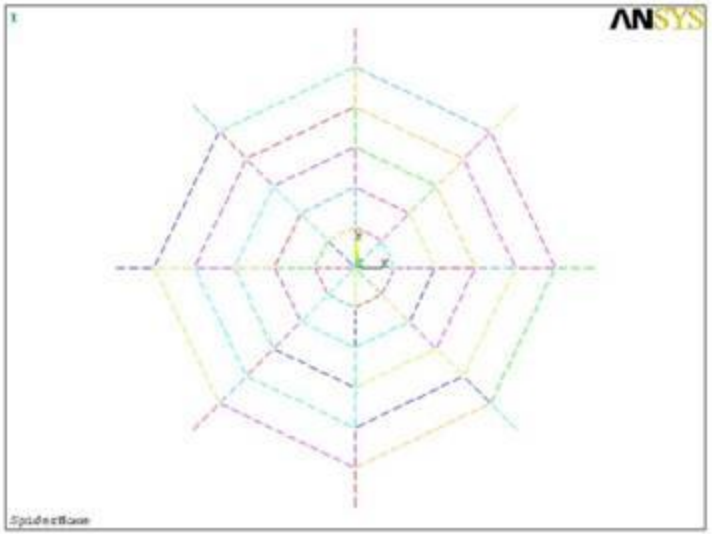
- (الطبيعة أفضل مهندس) .
- يسعى الإنسان دائماً لتقليد الطبيعة في جميع أعماله وإنجازاته ، وبالتالي فإن العلم والتكنولوجيا تتطور بدراسة واختبار الظواهر والمكونات الطبيعية .
- العلاقة بين الجملة الإنشائية للمكونات الطبيعية والصنعية بالحد الأدنى تكون باعتبار التقارب المحلي بين الإنسان والطبيعة وفي الحد الأعلى وفق الأسس التالية :

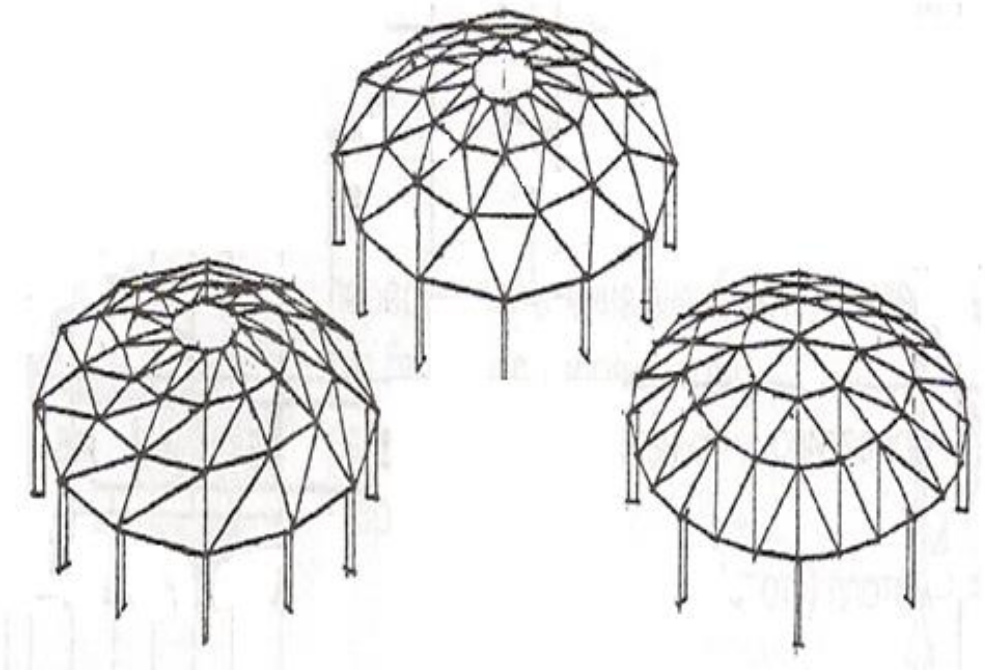
✓ وظيفة الجملة الإنشائية في كلا الحالتين هي تأمين الشكل المادي الممكن لمقاومة القوى والتأثيرات المحيطة .

✓ في كلا النوعين يتم تأمين الوظيفة وفق القوانين الفيزيائية والميكانيكية .

✓ الجملة الإنشائية الطبيعية والصنعية تظهر الطاقة الكامنة في شكل المكون (الطبيعي ، الصنعي) الذي يحتويه هذا الشكل في بنيته الداخلية .

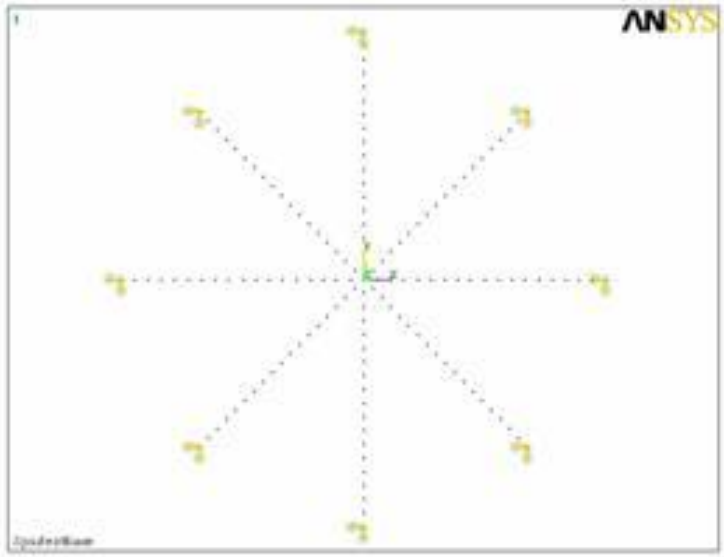
الجملة الإنشائية للمكونات الطبيعية والصنيعة

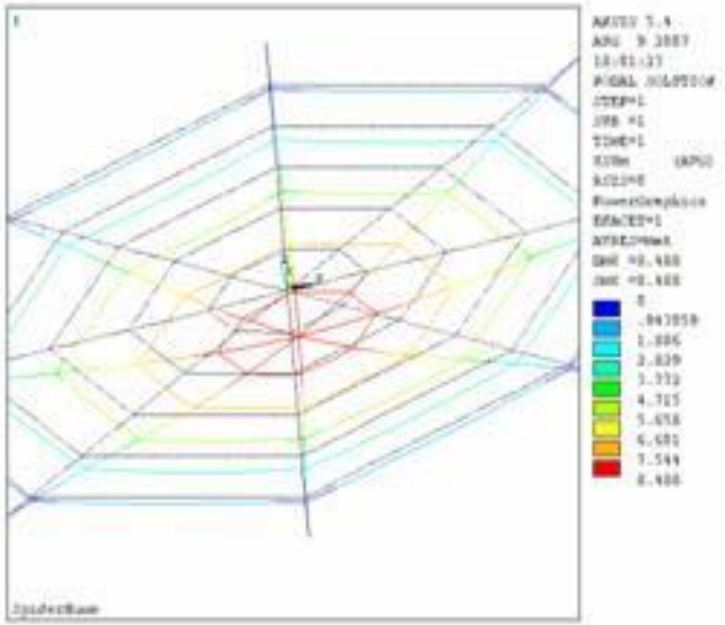




الجملة الإنشائية في بيت العنكبوت صورة رقم(١)تبين بيت العنكبوت ،فإذا مثلنا بيت العنكبوت من منظور هندسي عن طريق تمثيله بأضلاع ينتج المنشأ المبين في صورة رقم ٢.

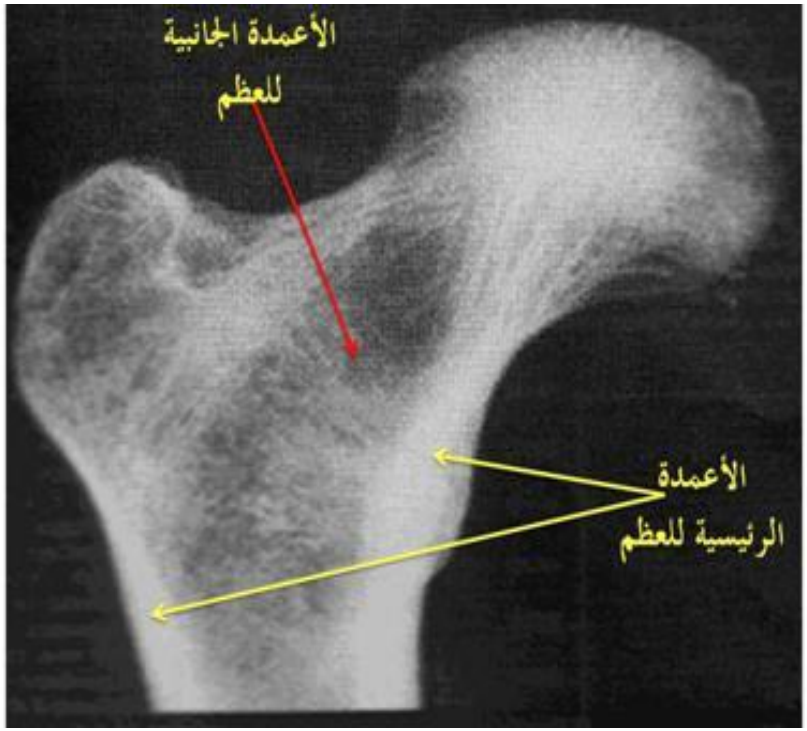
الجملة الإنشائية في بيت العنكبوت

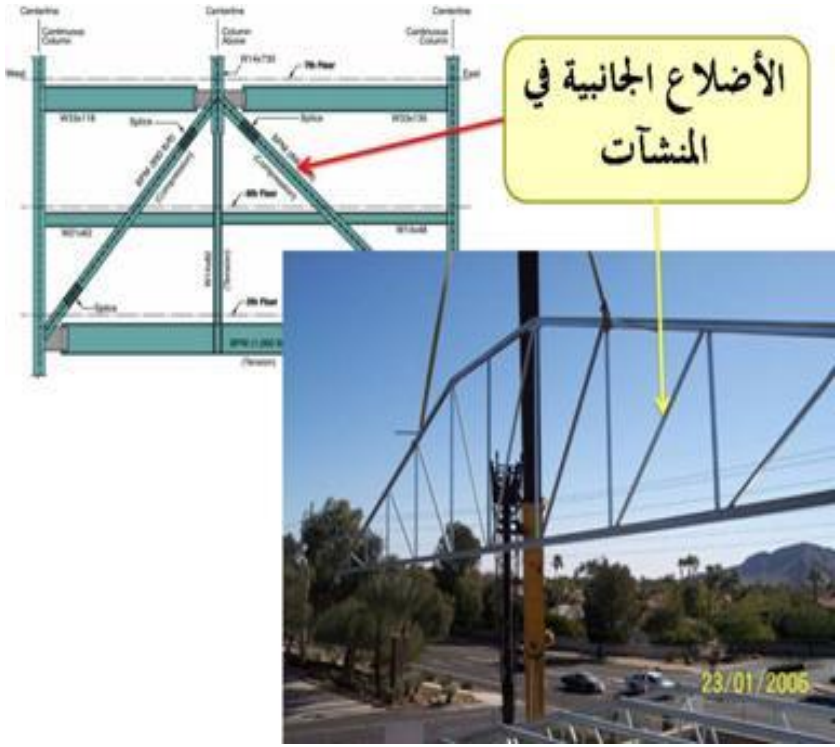




- نجد بأن بيت العنكبوت صمم بوضع أضلاع تتحمل قوة شد ، هذه الأضلاع تمتد من نقاط تثبيت البيت إلى المركز ولنسمي هذه الأضلاع بالأضلاع المركزية وأضلاع عرضية تمتد بين الأضلاع المركزية.
- من هنا فإن بيت العنكبوت يعتبر نظاما هندسياً متكاملا ومثاليا في مواصفاته، وهذا من معانيه الاستخدام الأمثل للمادة والطاقة وذلك باستخدام أقل كمية من المادة الإنشائية .
- الأمر الثاني الذي يدفع الإنسان إلى التأمل في بيت العنكبوت هو وظيفة الأضلاع الجانبية التي ترتبط بالأضلاع المركزية للبيت، فلمعرفة وظيفة هذه الأضلاع تم عمل نموذج حاسوبي لبيت العنكبوت حيث أنه في أحد النماذج تم حساب الإزاحات المتولدة في بيت العنكبوت من وزن معين في مركز البيت بدون وجود أضلاع جانبية ترتبط بالأضلاع المركزية،ونموذج أخر مع وجود أضلاع جانبية ، فتبين إن الإزاحات تقل بمقدار النصف .
- من هنا فإن هذه الأضلاع (الوصلات) الجانبية الرابطة للأعمدة الرئيسية للمنشأ تزيد من استقرار المنشأ وتقلل الإزاحات المتولدة فيه من أثر التحميل وبالتالي تقلل من خطر الانهيار للمنشأ.

الجملة الإنشائية للمكونات الطبيعية والصنيعة

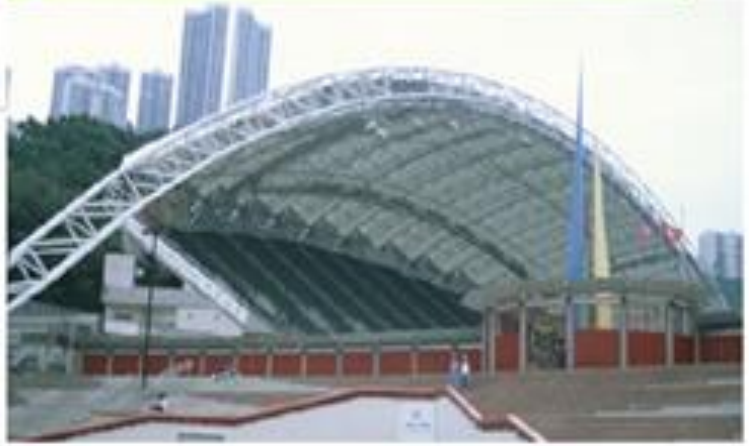


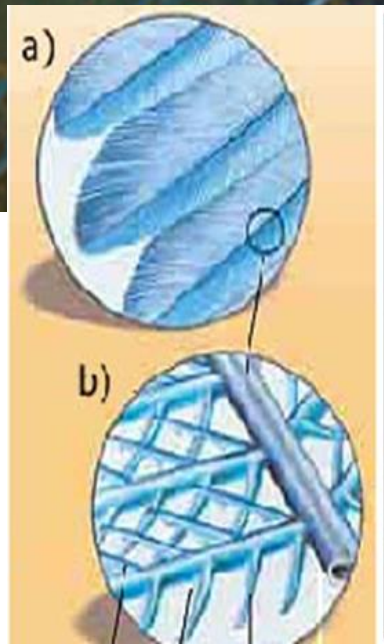


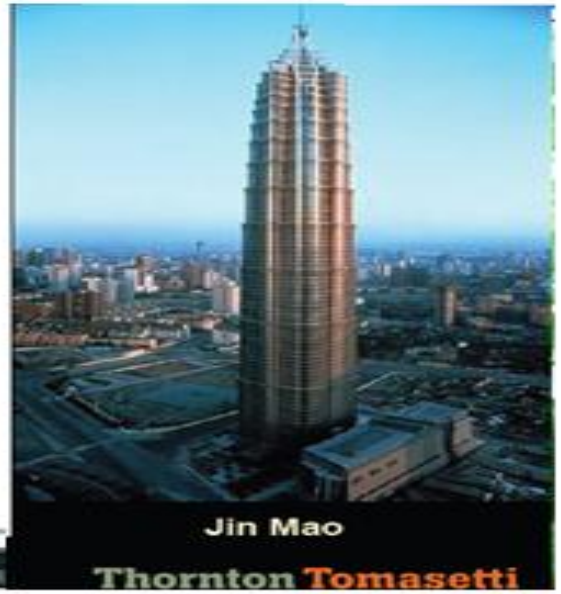
• نجد تطبيق آخر لهذه الروابط الجانبية في جسم الإنسان حيث أنه إذا تفكرنا في جسم الإنسان وفي العظم البشري نجد بأن العظم يتألف من مادة كثيفة سيراميكية و هي التي تتحمل القوى المؤثرة على العظم ونجد بأن بين هذه الأعمدة السيراميكية هناك مادة عظمية (اسفنجية) سيراميكية تربط بين الأعمدة الرئيسية للعظم، كما هو مبين في الصورة. و وظيفة هذه المادة البينية هو مثل الأعمدة الجانبية في بيت العنكبوت حيث أن هذه المادة العظمية الخفيفة تزيد من استقرار العظم وتماسكه وقوته

الجملة الإنشائية للمكونات الطبيعية والصنيعة

الهيكل العظمي للجسم الإنسان كجملة إنشائية هندسية




a)
b)


Jin Mao
Thornton Tomasetti

الجملة الإنشائية للمكونات الطبيعية والصنيعة
(التشابه والاختلاف)

التشابه

١- **الوظيفة** (تأمين الشكل المادي)

٢- **مقاومة القوى والتأثيرات**

(تخضع لقوانين الفيزيائية والميكانيكية الطبيعية)

٣- **إظهار الطاقة الكامنة** .

الاختلاف

١- **المادة المكونة** .

٢- **طريقة التكوين** .

الطبيعية :عملية ذاتية ومستمرة .

الصنعية :عمليات متتابعة ومترابطة .

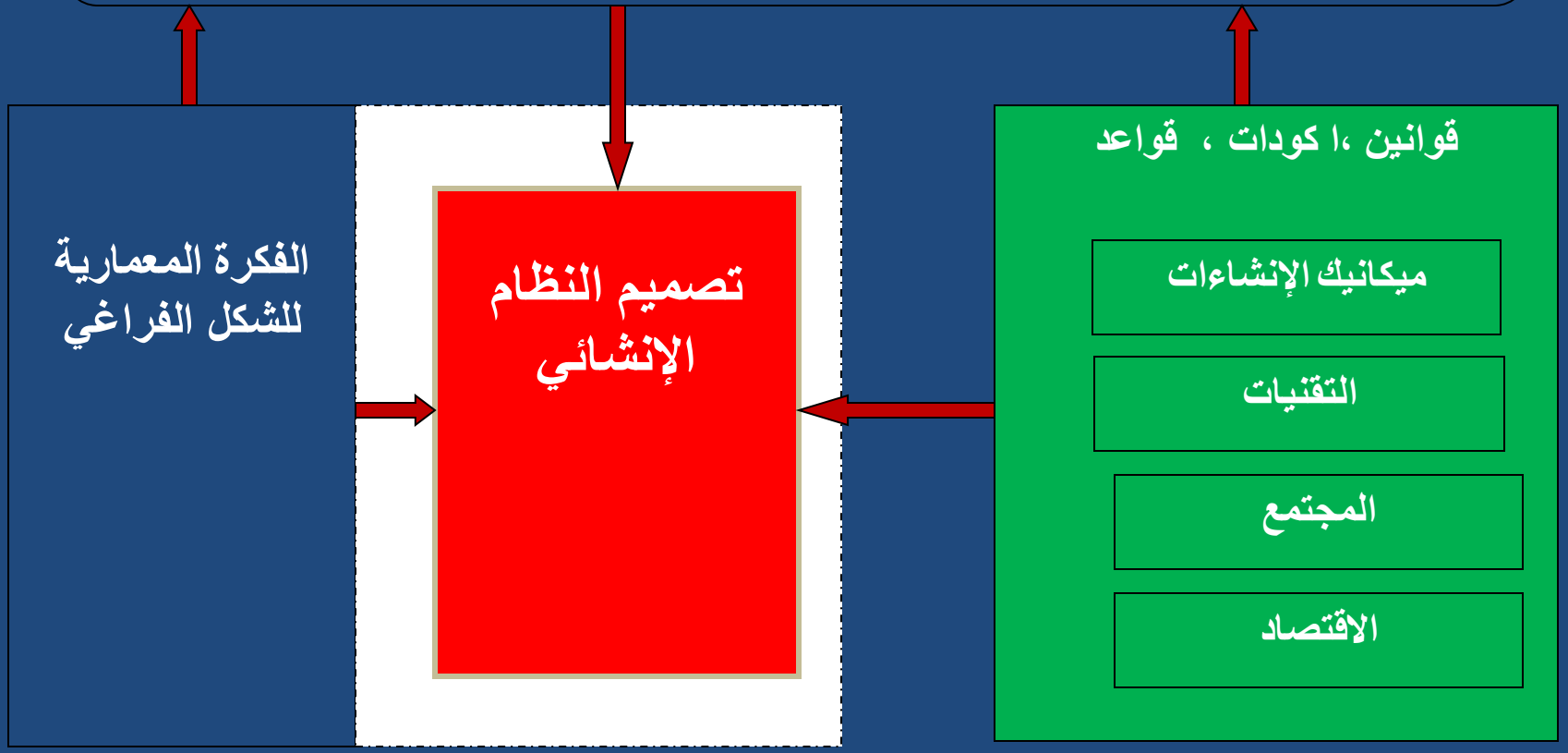
٣- **دورة الحياة** :

الطبيعية :مستدامة تنتقل من شكل إلى أخر .

الصنعية :تسعى لان تكون مستدامة

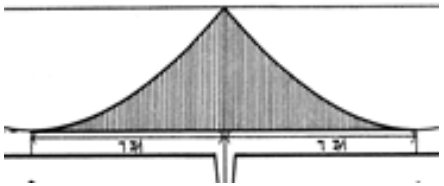
تطبق على الجملة الإنشائية الطبيعية مفهوم الاستدامة حيث تتكون من مواد طبيعية هي بالأصل مواد تالفة من مكون أخر ومن هنا فإن مفهوم الاستدامة يعتبر الأساس في التصميم الاقتصادي واختيار مواد الجملة الإنشائية الصنعية .

المبادئ العامة لتصميم النظام الإنشائي

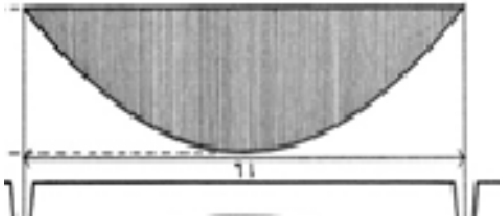


مبادئ تصميم النظام الإنشائي (عوامل الكفاءة)

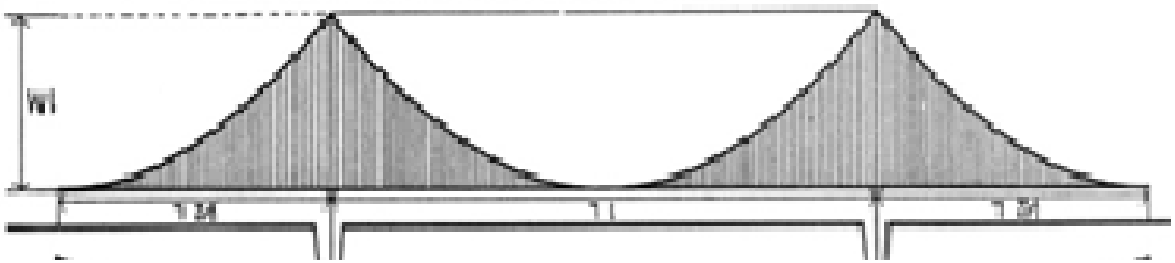
المبادئ التشكيلية	المبادئ الاستاتيكية	المبادئ الاقتصادية
1 - الخبرات السابقة 2 - المطابقة بين التصورات عن الشكل والقوى . 3 - اختيار الأفضل	1 - الأبعاد والشكل الفراغي للجملة الإنشائية . 2 - استمرارية جريانات القوى . 3 - التقرير الاستاتيكي (مقررة ، غير مقررة)	1 - التراتبية والتناظر . 2 - التوزيع المتوازن للحمولات بين عناصر الجملة . 3 - انتقال الحمولات بين العناصر .



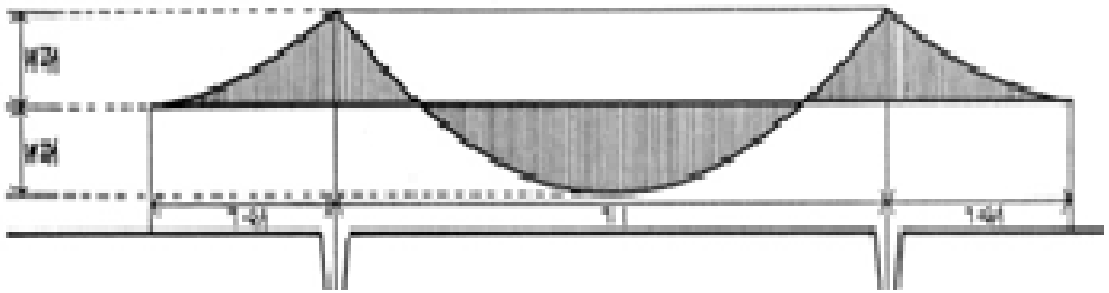
جائز على مسند في الوسط



جائز على مسندين

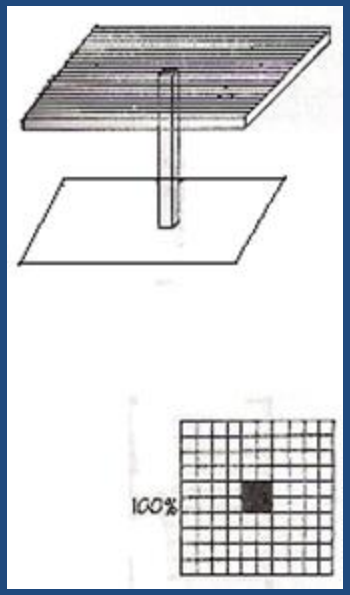


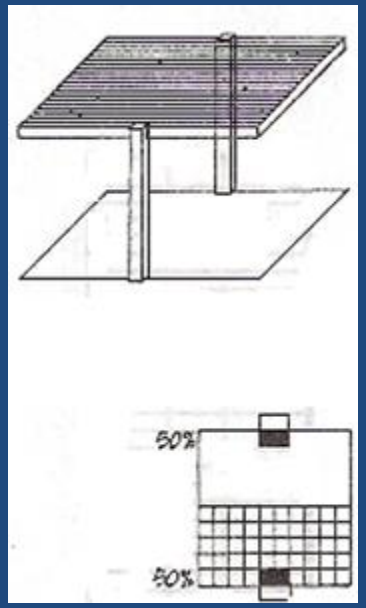
جائز على مسندين مع أظفار جانبية
بطول نصف طول الفتحة

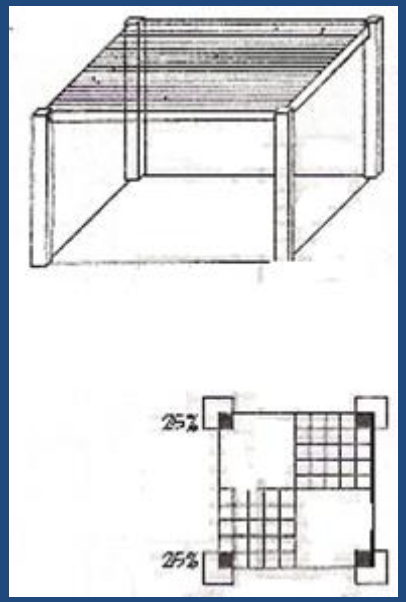


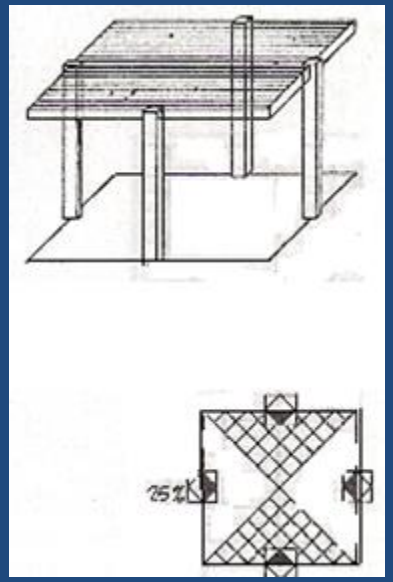
جائز على مسندين مع أظفار جانبية
بطول ثلث طول الفتحة

توضع العناصر الإنشائية الشاقولية في المسقط الأفقي







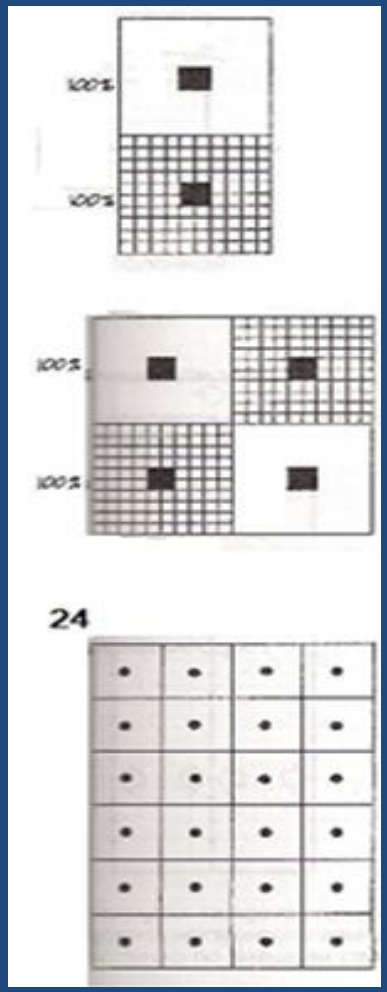


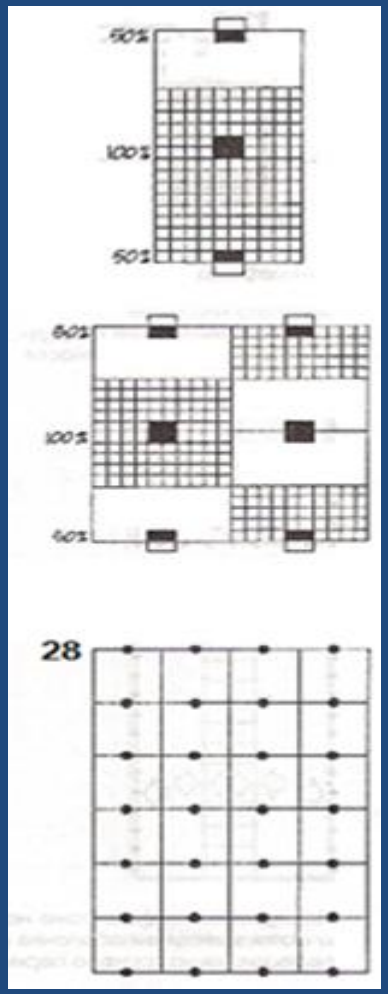
يمكن ان تتوضع العناصر الشاقولية في المسقط المربع الشكل بأربعة حالات

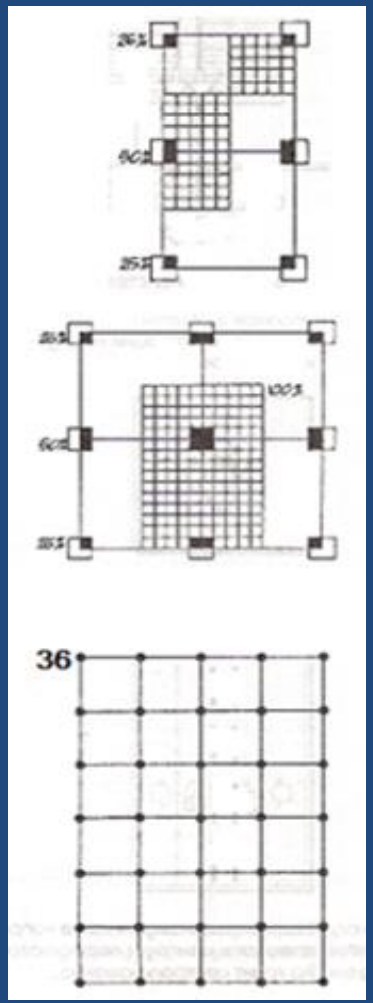
١- في الوسط : عنصر واحد يأخذ ١٠٠% من الحمولات .

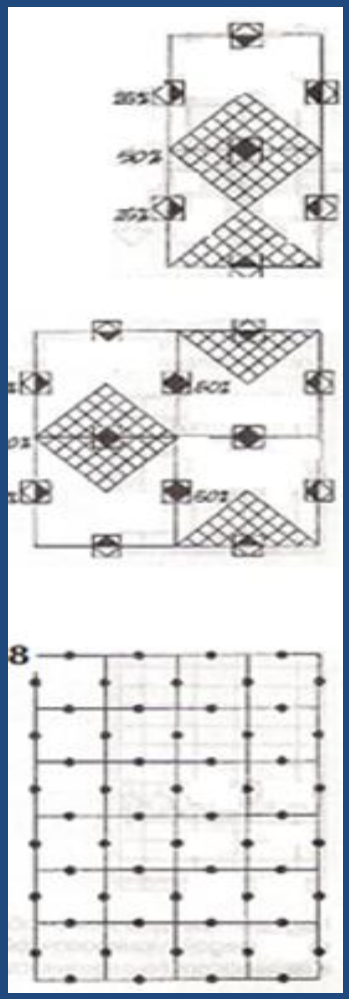
- ٢-- في منتصف طرفين : عنصرين كل عنصر يأخذ ٥٠%من الحمولة .
- ٣- في الأطراف : أربعة عناصر كل عنصر يأخذ ٢٥% من الحمولة .
- ٤- في منتصف الاطلاع : أربعة عناصر كل عنصر يأخذ ٢٥%من الحمولة .

توضع العناصر الإنشائية الشاقولية في المسقط الأفقي









مع زيادة عدد المربعات المكونة للمسقط تختلف نسبة الحمولات المنقولة إلى كل عنصر من العناصر الشاقولية وفق الحالات المذكورة سابقاً وبالتالي يحدث نوع من عدم المساوات في توزيع الحمولات في النظام الواحد .

نلاحظ بأن النظام الأمثل هو الحالة الأولى إذ تتوزع الحمولة بالتساوي ويبقى كل عنصر يتحمل ١٠٠% وعدد العناصر أقل

مكونات الجملة الإنشائية

حساب وتصميم العناصر الإنشائية
(التصميم الإنشائي)

يتم التصميم الإنشائي للمنشآت البيتونية المسلحة وفق المراحل المتتابعة التالية:

١- اختيار النظام الإنشائي : (الجملة الإنشائية)

- المواد : نوعية البيتون ، نوعية حديد التسليح .
- تحديد القوى والحمولات الخارجية المطبقة .
- اختيار وتحديد الجملة الإنشائية الملائمة للمشروع (طبيعة العناصر الإنشائية وطريقة اتصالها مع بعض) .

٢- حساب القوى الداخلية في العناصر .

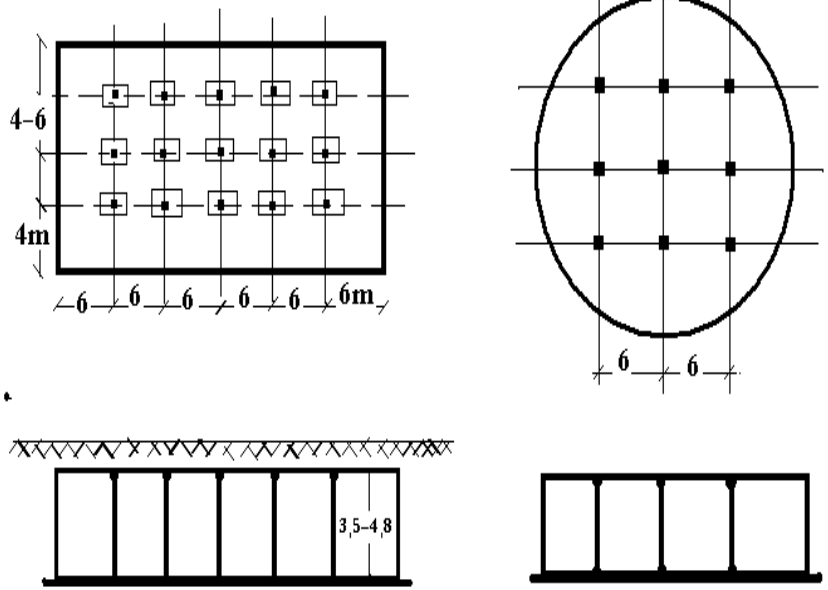
٣- حساب أبعاد مقاطع العناصر ، حديد التسليح .

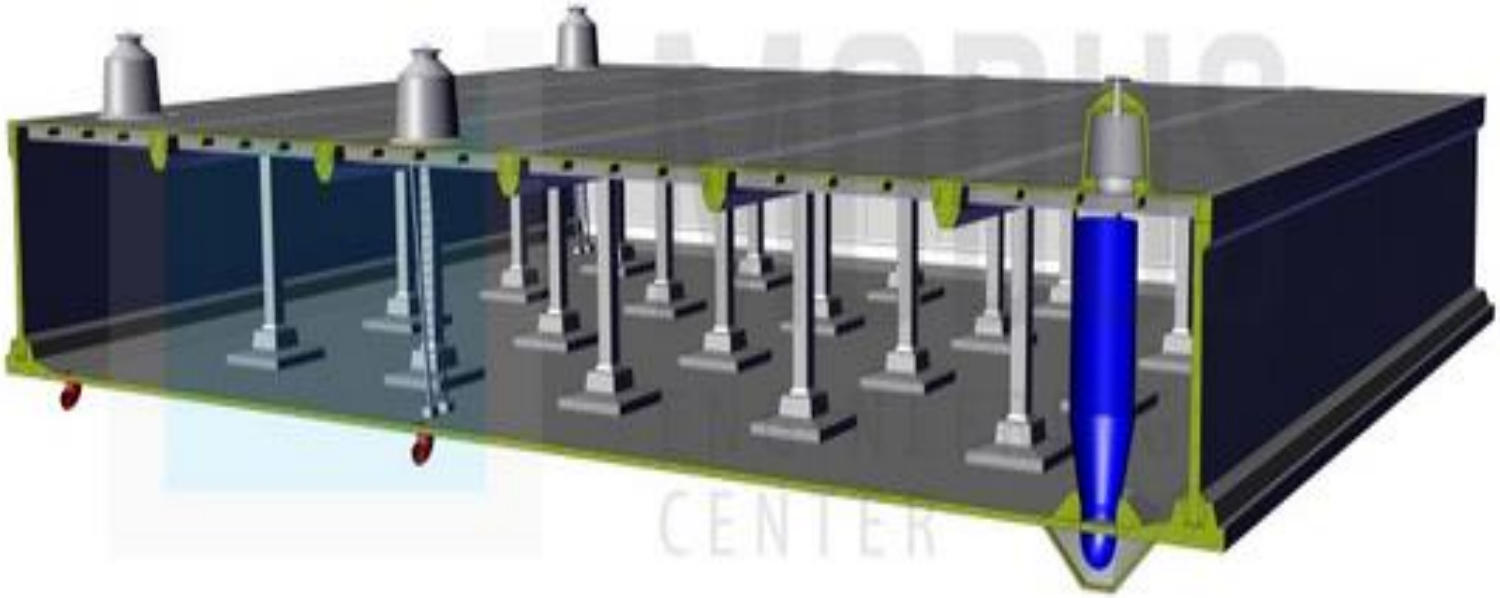
٤- تطبيق القواعد والنورمات الخاصة (نسب التسليح الدنيا ، نسب التسليح الإنشائية ، سماكة طبقات التغطية البيتونية ، أبعاد العناصر ....الخ) .

٥- الرسومات التفصيلية التنفيذية والقواعد والنورمات الخاصة بها .

الخزانات الأرضية

- الخزانات الأرضية يمكن أن تكون على سطح الأرض مباشرة أو مطمورة بشكل جزئي أو كلي، لها شكل اسطواني (أو أي شكل منحني أخر)، أو يكون مقطعها بشكل مضلع منتظم (مربع ،مستطيل ،مثمن ....ألخ) أو غير منتظم، تنفذ من البيتون المسلح المصبوب في المكان أو من البيتون المسبق الصنع .
اختيار الجملة الإنشائية للخزانات الأرضية يتم بالأخذ بعين الاعتبار تحقيق اشتراطات المقاومة والكتامة والناحية الاقتصادية ، وذلك وفق متطلبات الاستثمار والظروف المحلية للخزان .





مقارنة بين الخزانات الأسطوانية والمضلعة

- حجم التخزين : $V=S.H$

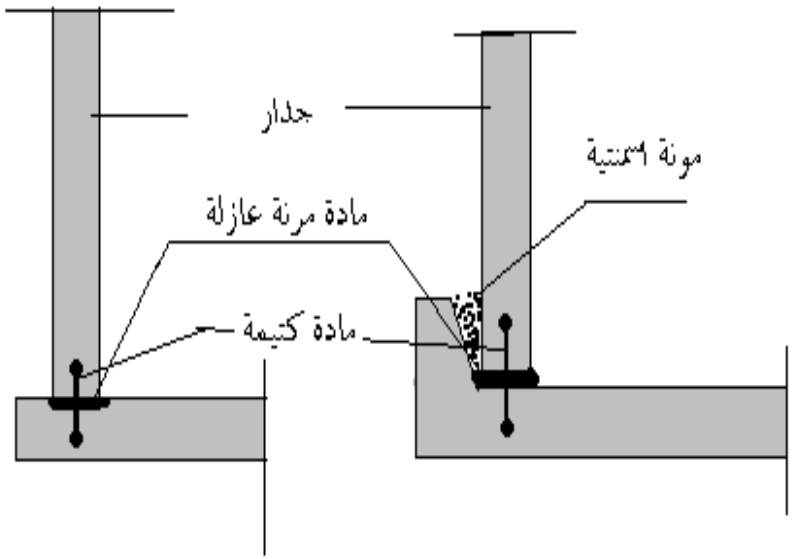
- حيث : H - ارتفاع الخزان ، S– مساحة القاعدة .
- وباعتبار أن محيط الدائرة Lc يساوي:
- $$L_C = \sqrt{4\pi.S} = 3.54\sqrt{S}$$
- وأن محيط المربع يساوي :
- $$L_T \geq 4\sqrt{S}$$

- من هنا نلاحظ بان حجم مادة الإنشاء المستخدمة في الخزانات المضلعة أكبر منها في الخزانات الاسطوانية ، إلا أن حجم العمل المطلوب للتنفيذ وطبيعته يختلف بين النوعين . لذلك فإن اختيار شكل الخزان وعناصره الإنشائية الرئيسية يتعلق بعدد عوامل (كما رأينا في المحاضرة الأولى) .

حساب وتصميم جدران الخزانات الأرضية

- تعتبر جدران الخزانات عناصر إنشائية فراغية ،لذلك فإنها تتعرض إلى مجموعة كبيرة من الإجهادات الداخلية المعقدة . من هنا فإن الحساب الدقيق لجدران الخزانات عملية صعبة ومعقدة لذلك نلجأ إلى الطرق التقريبية وهي كافية من الناحية العملية لتصميم جدران الخزانات المصنوعة من البيتون المسلح .
- تختلف طرق حساب جدران الخزانات عن بعضها وذلك حسب كيفية اتصالها مع القاعدة والسقف .
- هناك ثلاثة حالات ممكنة لاتصال الجدران مع القاعدة (منزلقة – متمفصلة- وثاقة) ، أما مع السقف فيكون الاتصال بشكل حر عادة ،وفي بعض الحالات الخاصة يكون الاتصال بشكل وثاقة أو مسند بسيط .

اتصال جدران الخزان مع القاعدة

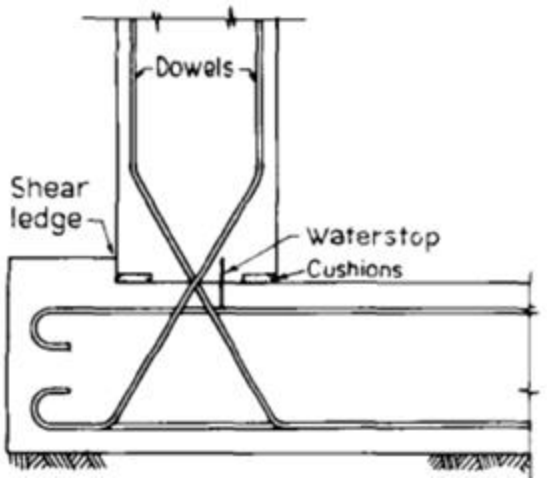


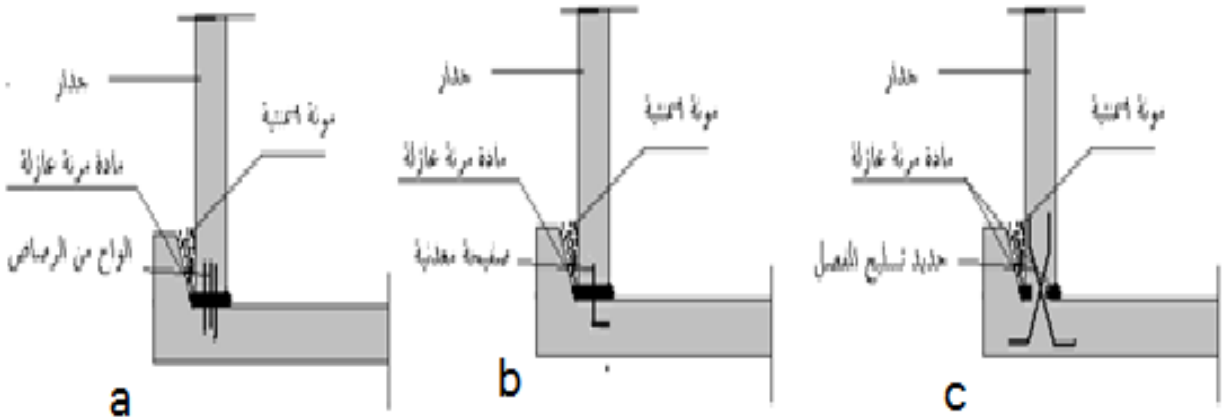
- اتصال الجدران مع القاعدة يمكن أن يكون بشكل وثاقة أو مفصلي أو حراً .
- ١- **الاتصال الحر** : يستخدم الاتصال الحر بين الجدران والقاعدة عندما تكون التربة ضعيفة بشكل عام
- $\left(\sigma_{ALL} \le 1Kg/cm^2\right)$
- حيث يملك جدار الخزان عندها القدرة على الدوران أو الانتقال الحر عند القاعدة . تستخدم المواد المرنة للفصل بين الجدران والقاعدة كالإسفلت أو البلاستيك المرن أو غيرها من المواد المرنة ، كما تستخدم بعض المواد من أجل منع التسرب ، كالصفائح النحاسية أو الألواح الرصاص أو النيوبرين أو المطاط الطبيعي أو أية مواد أخرى بحيث تحقق الكتامة التامة والمقاومة نتيجة ضغط السائل ،.يفضل اختيار تصميم القاعدة في هذه الحالة بشكل حصيرة عامة مع جوائز .
- في الحالة التي يكون فيها
$\left(\sigma_{ALL} \le 0.5Kg/cm^2\right)$

- يفضل استخدام حصيرة عامة محملة على أوتاد أو أساسات عميقة ، عندها يمكن تحويل الاتصال بين القاعدة والجدار إلى وثاقة .

اتصال جدران الخزان مع القاعدة

- **الاتصال المفصلي**: يستخدم الاتصال المفصلي عندما يكون تحمل التربة المسموح .
$$\left(2.5 \geq \sigma_{ALL} \geq 0.75 Kg/cm^2\right)$$
- أو في الحالات التي لا يفضل فيها نقل العزوم من الجدران الى القاعدة .الشكل (٣-٤) يبين عدد حالات لتشكيل المفاصل ، تستخدم الحالتين ب ، ج في حالة كون الحمولات كبيرة نسبياً . في هذه الحالة يسمح للجدران بالدوران ولا يسمح لها بالانتقال ، كما انه تستخدم المواد المرنة والعازلة بالإضافة إلى المواد المعدنية لتأمين الكتامة والمقاومة المطلوبة .(T)

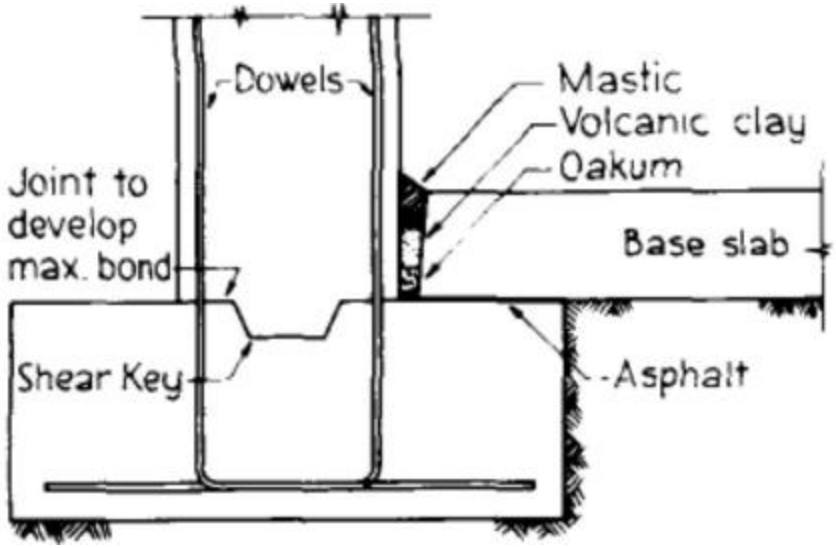


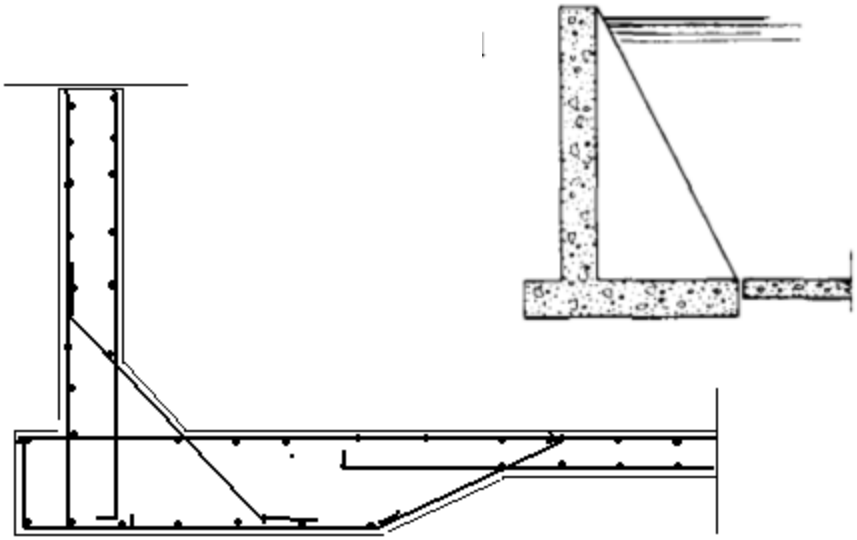


- الشكل (٣-٤) الاتصال المفصلي بين الجدار والقاعدة .
- تصمم القاعدة في هذه الحالة بشكل حصيرة عامة ،وتحسب على الحمولات الناتجة من الوزن الذاتي للخزان والحمولات الاستثمارية .

اتصال جدران الخزان مع القاعدة

- **٣ - الاتصال بشكل وثاقة** :يستخدم الاتصال بشكل وثاقة عندما يكون تحمل التربة المسموح $(\sigma_{ALL} \geq 2Kg/cm^2)$
- أن هذه الطريقة من الاتصال تمنع الجدار من الدوران والانتقال ، وبالتالي يعمل الجدار بشكل مشترك مع القاعدة بالاتجاهين الأفقي (الحلقي) والشاقولي . يبين الشكل (٣-٥) كيفية تنفيذ الوثاقة بين الجدران والقاعدة .



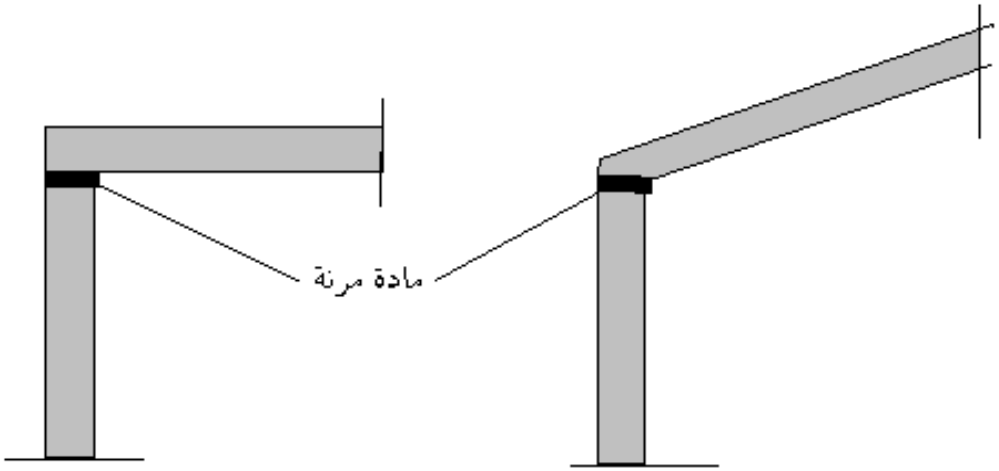


- الشكل (٣-٥) الإتصال بشكل وثاقة بين جدار الخزان والأرضية .

اتصال الجدران مع السقف

يتم اتصال جدران الخزانات مع السقف وفق الطرق التالية :

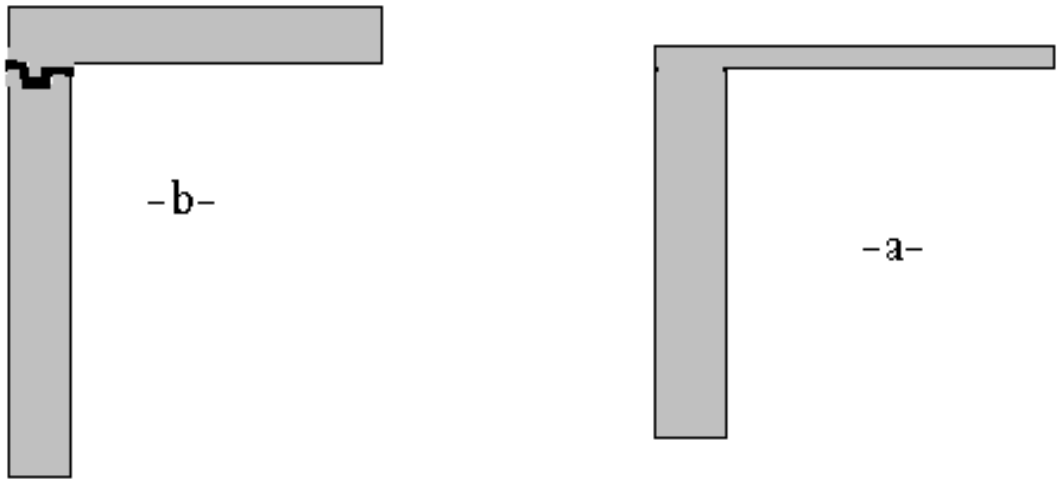
- **الاتصال الحر** : يفضل استخدام هذا النوع من الاتصال في حالة كون السقف مكشوفاً ، ومعرضاً لتأثيرات الوسط المحيط ، وخصوصاً التغيرات الحرارية . يكون السقف في هذه الحالة عبارة عن بلاطات عادية أو قشرية كروية تستند على محيط مرن ، كما مبيت على الشكل



- الإتصال الحر بين السقف والجدار

اتصال الجدران مع السقف

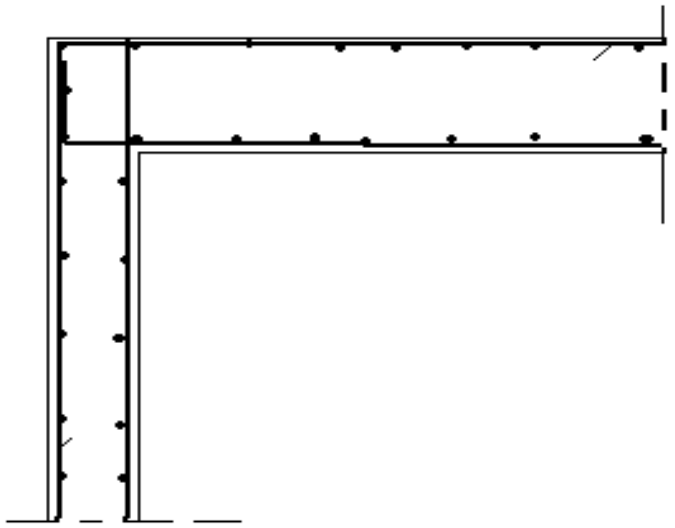
- **الاتصال المفصلي** : يستخدم هذا النوع في حالة كون السقف عبارة عن بلاطات مستوية ومطمور ، أي غير معرضة لتأثيرات الوسط المحيط . عندما تكون سماكة السقف صغيرة بالنسبة لسماكة الجدار تنفذ هذه الحالة بدون أية إجراءات، في حالة تساوي سماكة السقف مع سماكة الجدار يتم إنشاء مفصل مرن .(T)



- الإتصال المفصلي بين السقف والجدار

اتصال الجدران مع السقف

- **الاتصال بشكل وثاقة** : يستخدم هذا النوع من الاتصال في حالة كون الخزان مطمور ذو سقف مستوي وسماكة السقف كبيرة بالنسبة لسماكة الجدار ، حيث تشكل وثاقة بين الجدار والسقف كما مبين على الشكل

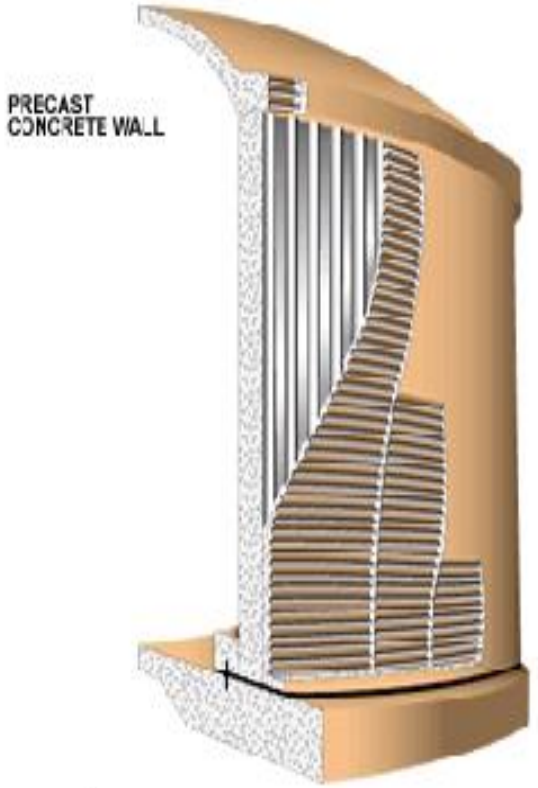


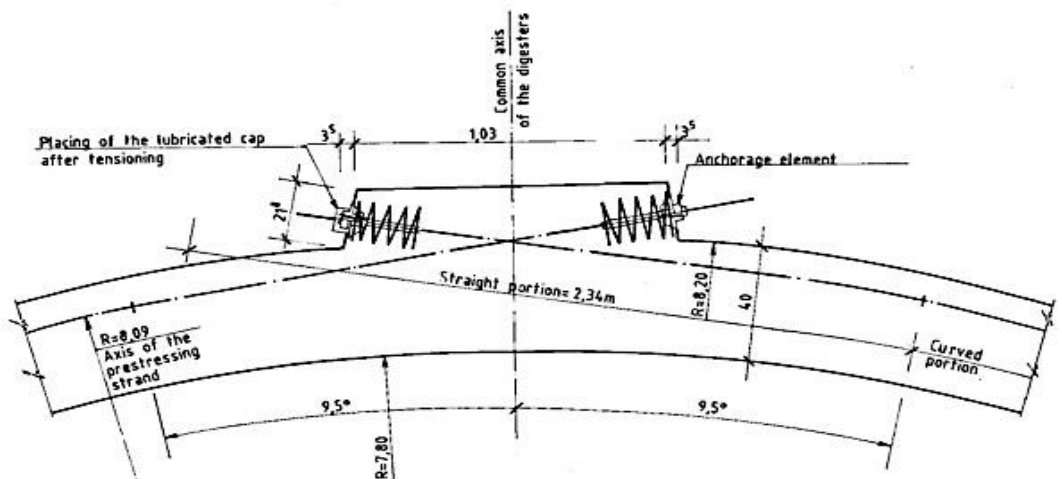
- الإتصال بشكل وثاقة بين السقف والجدار .

حساب وتصميم جدران الخزانات الأرضية الأسطوانية

الخزانات الأرضية الأسطوانية

الخزانات الأرضية الأسطوانية المسبقة الإجهاد

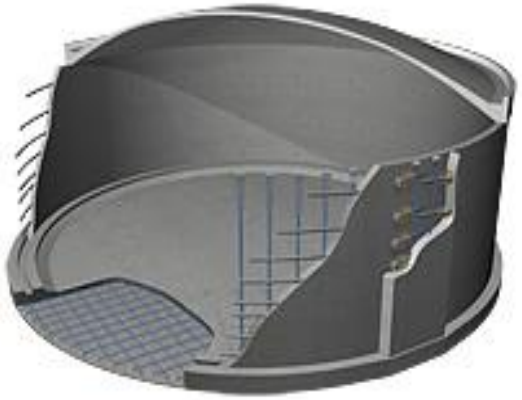


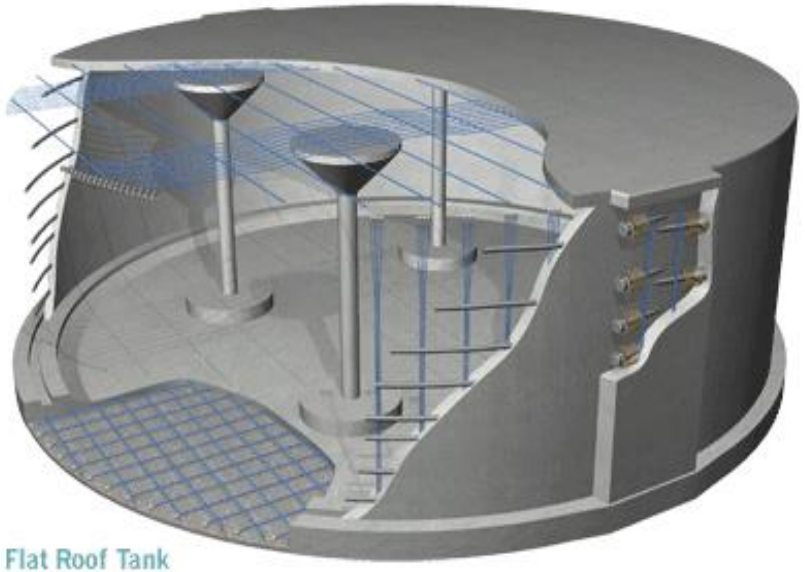


الخزانات الأرضية الأسطوانية

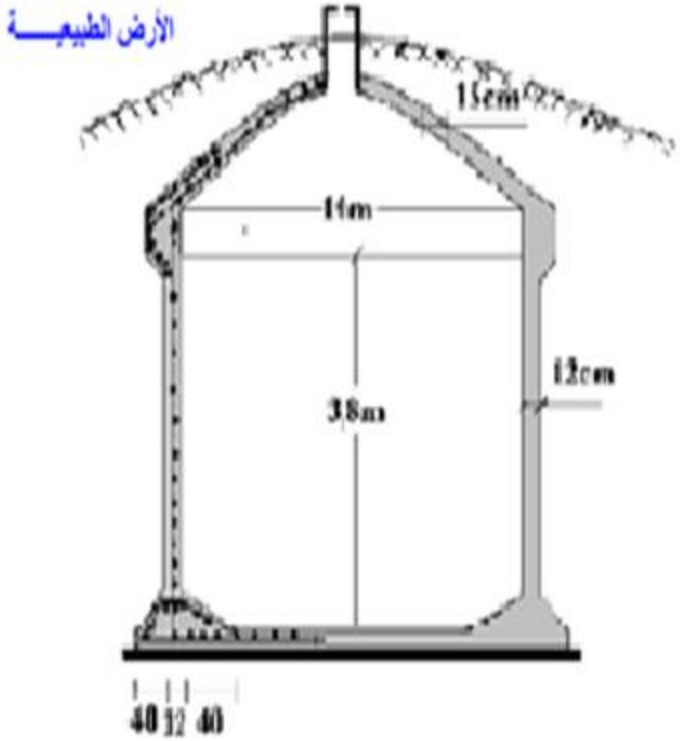
الخزانات الأرضية الأسطوانية المسبقة الصنع والإجهاد

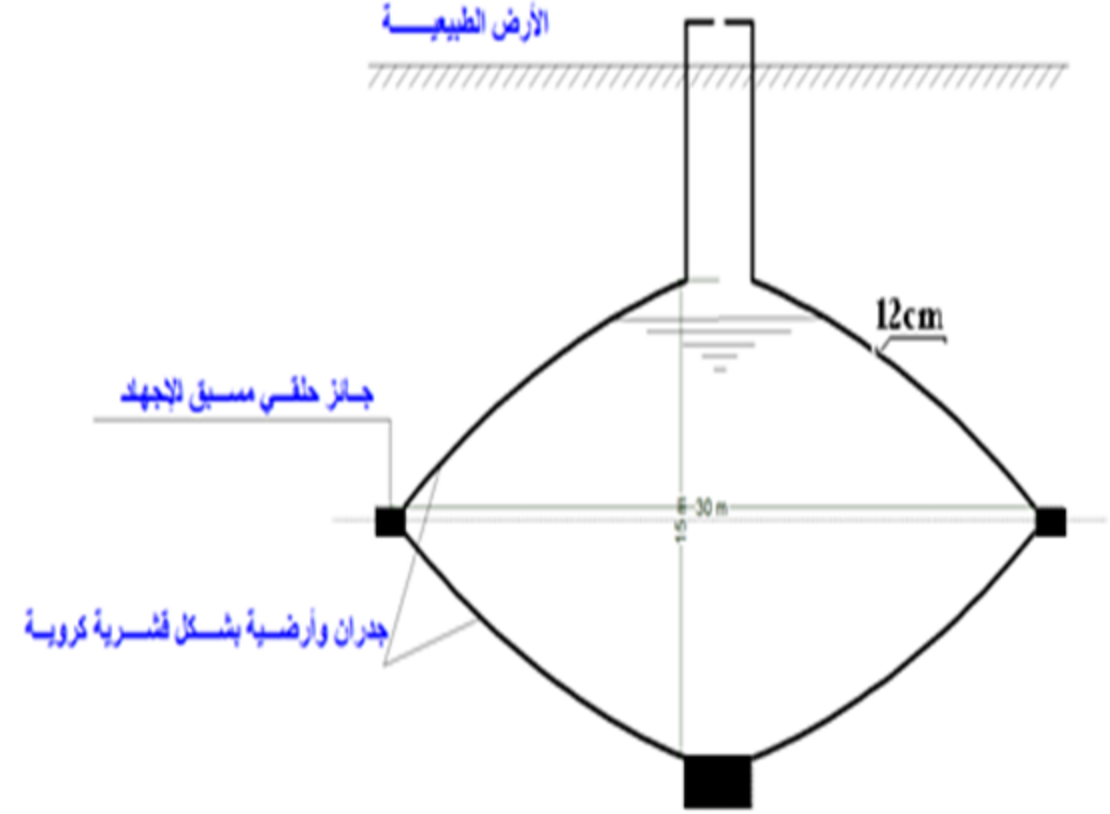
الخزانات الأرضية الأسطوانية





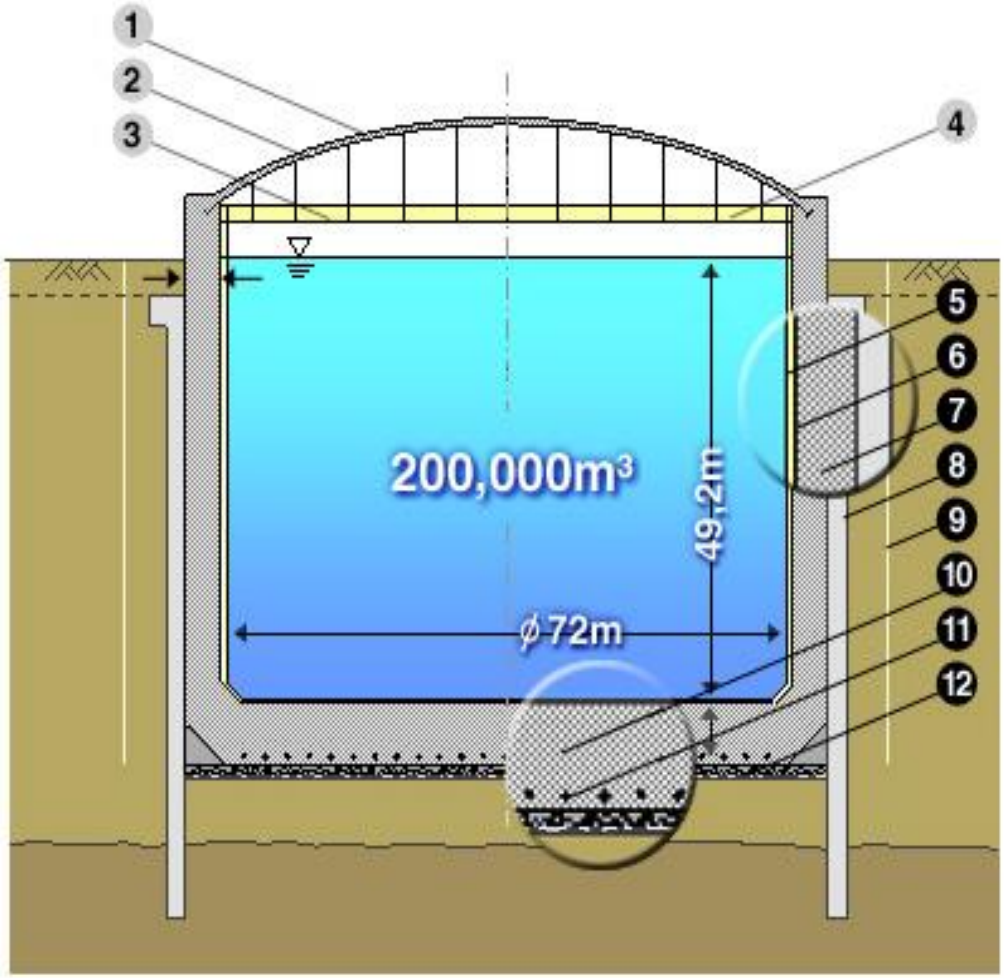
Flat Roof Tank


الأرض الطبيعيـــة
15cm
11m
12cm
38m
40 12 40


الأرض الطبيعيـــة
12cm
جـائز حلقـي مسـبق الإجهاد
30 m
جدران وأرضـية بشـكل قشـرية كرويـة

12.

1. Reinforced concrete tank cover
2. Steel roof
3. Suspended deck
4. Glass wool insulation
5. Non-CFC rigid polyurethane form (PUF) insulation
6. 18Cr-8Ni stainless steel membrane
7. Reinforced concrete side wall
8. Reinforced concrete cut-off wall
9. Side heater
10. Reinforced concrete bottom slab
11. Bottom heater
12. Gravel layer

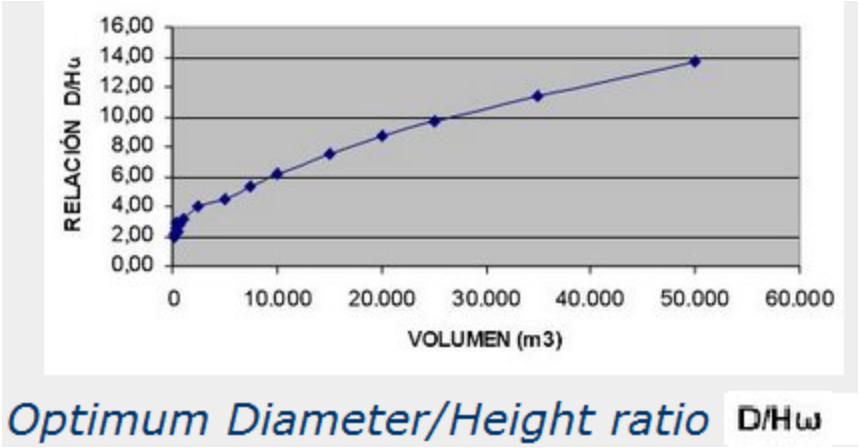


الخزانات الأرضية الأسطوانية

- الخزانات الأسطوانية الأرضية تتكون عادة من جدار اسطواني رقيق ، قاعدة ، سطح بشكل قشرية كروية ، أو سطح أفقي . من خلال الدراسة الاقتصادية والخبرة العملية فإن حجم وأبعاد الخزانات البيتونية الأسطوانية المسلحة يمكن أن تكون كما مبين في الجدول رقم (٣-٢)
- جدول رقم (٣-٢) أبعاد الخزانات الأسطوانية البيتونية المسلحة الأكثر انتشارا

الحجم م3	100	150	250	500	1000	2000	3000	6000
القطر م	6,5	8	10	12	18	24	30	42
الارتفاع م	3,6	3,6	3,6	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8

- في حال كون سطح الخزان بشكل قبة كروية فإنها تستند مباشرة على محيط الجدار الاسطواني، أو على جائز حلقي، أما في حالة كون السطح مستوي وقطره يزيد عن 9m فلابد من إضافة أعمدة داخلية يستند عليها السطح الذي يكون عادة بدون جوائز ساقطة . أن هذا النوع من السقوف يعطي ارتفاع فعال أعظمي لحجم التخزين، وإمكانية أكبر للتهوية . الأعمدة تزود عادة بتيجان من الأعلى ومن الأسفل ، ويكون البعد بين محاورها 4-6m .



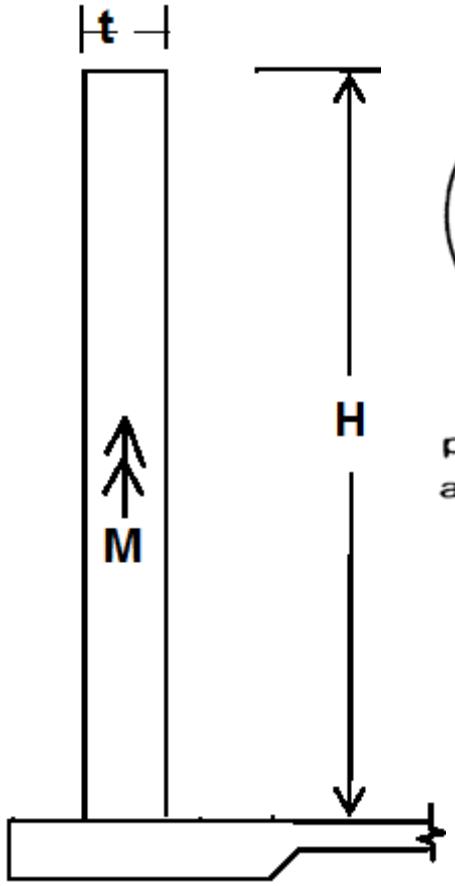
النسبة الاقتصادية للابعاد يمكن أن تكون كما مبين على الرسم البياني :

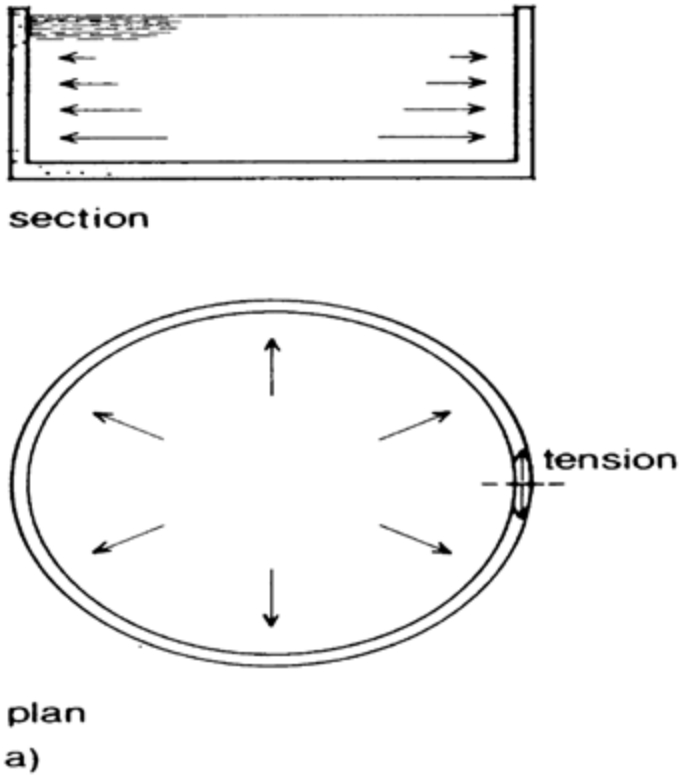
- .

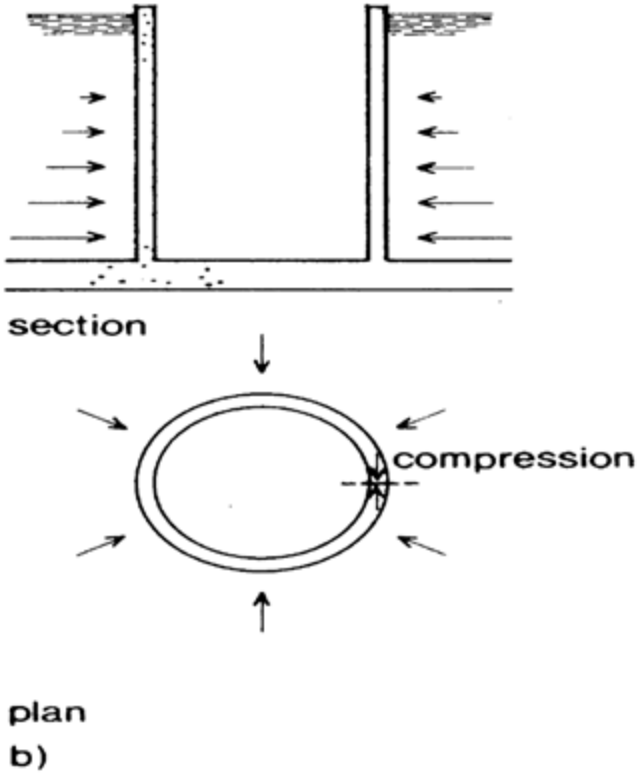
حساب وتصميم جدران الخزانات الأسطوانية

- تعتبر جدران الخزانات الأسطوانية عناصر إنشائية فراغية ،لذلك فإنها تتعرض إلى مجموعة كبيرة من الإجهادات الداخلية المعقدة . من هنا فإن الحساب الدقيق لجدران الخزانات الأسطوانية عملية صعبة ومعقدة ،حيث يتم الحل الدقيق إما باعتبار جدار الخزان قشرية اسطوانية رقيقة مع الأخذ بعين الاعتبار الشروط الطرفية للاستناد على السقف والقاعدة ، أو وفق حل معادلة تفاضلية من الدرجة الرابعة تعكس العلاقة بين التشوهات الإجهادات في جدار الخزان ، حيث تحدد الثوابت عند حل المعادلة التفاضلية من الشروط الطرفية لاستناد جدار الخزان عند القاعدة والسقف .
- من خلال الخبرة والتجارب العملية تبين أن الطرائق التقريبية كافية لحساب جدران الخزانات الأسطوانية المصنوعة من البيتون المسلح . لذلك سوف نستعرض لاحقاً بعض الطرق التقريبية أو استخدام الجداول في حساب جدران الخزانات الأسطوانية المنفذة من البيتون المسلح .
- تختلف طرق حساب جدران الخزانات الاسطوانية عن بعضها وذلك حسب كيفية اتصالها مع القاعدة والسقف .
- هناك ثلاثة حالات ممكنة لاتصال الجدران مع القاعدة (منزلقة – متمفصلة- وثاقة) ، أما مع السقف فيكون الاتصال بشكل حر عادة ،وفي بعض الحالات الخاصة يكون الاتصال بشكل وثاقة أو مسند بسيط .

القوى الرئيسية في الخزانات الأسطوانية الأرضية.

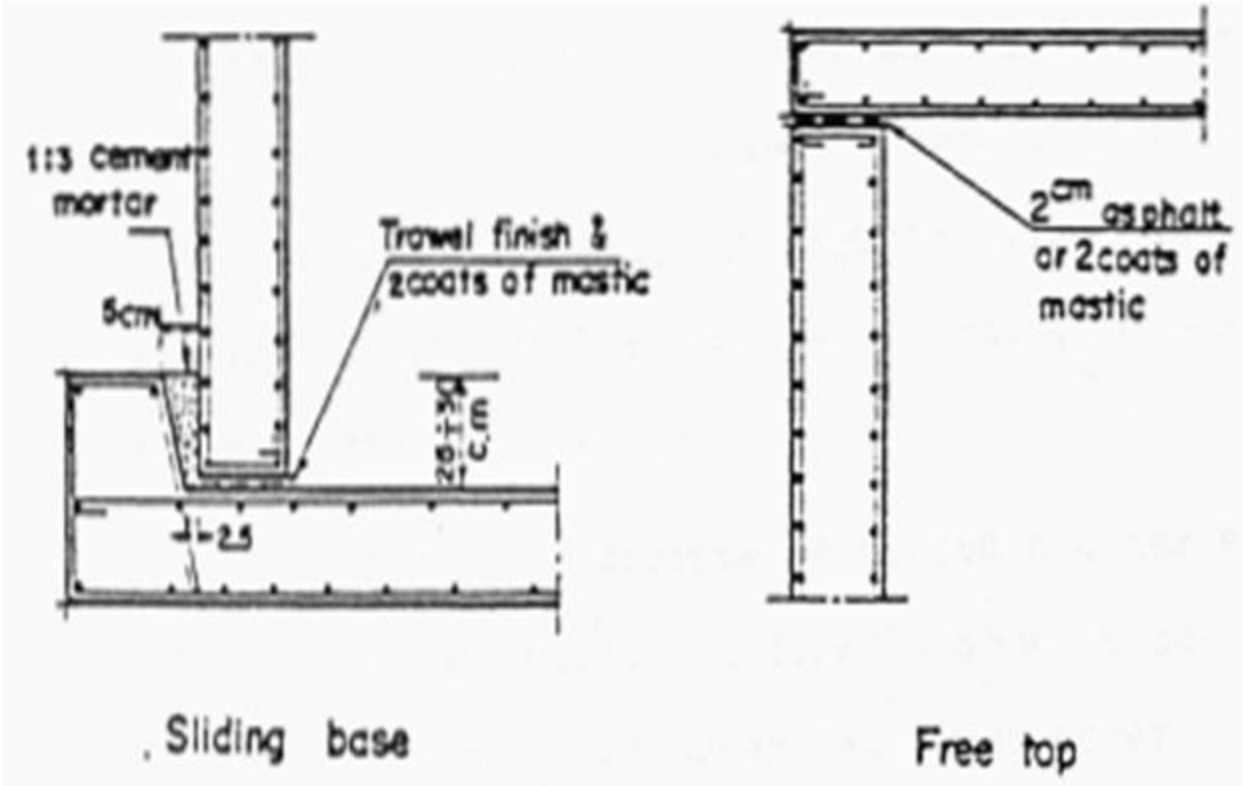


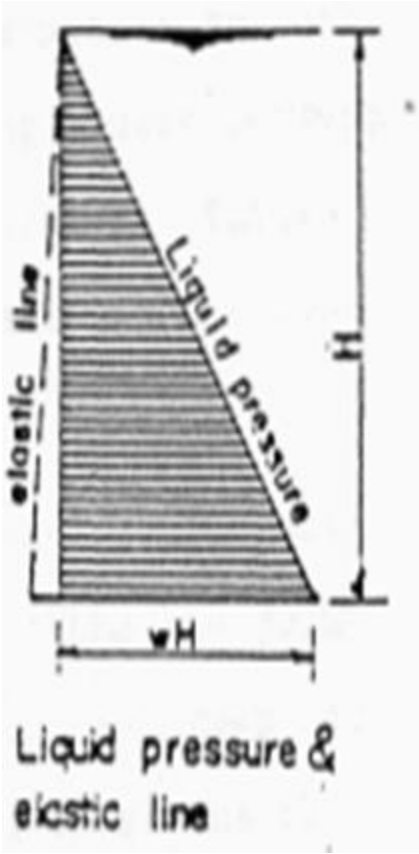




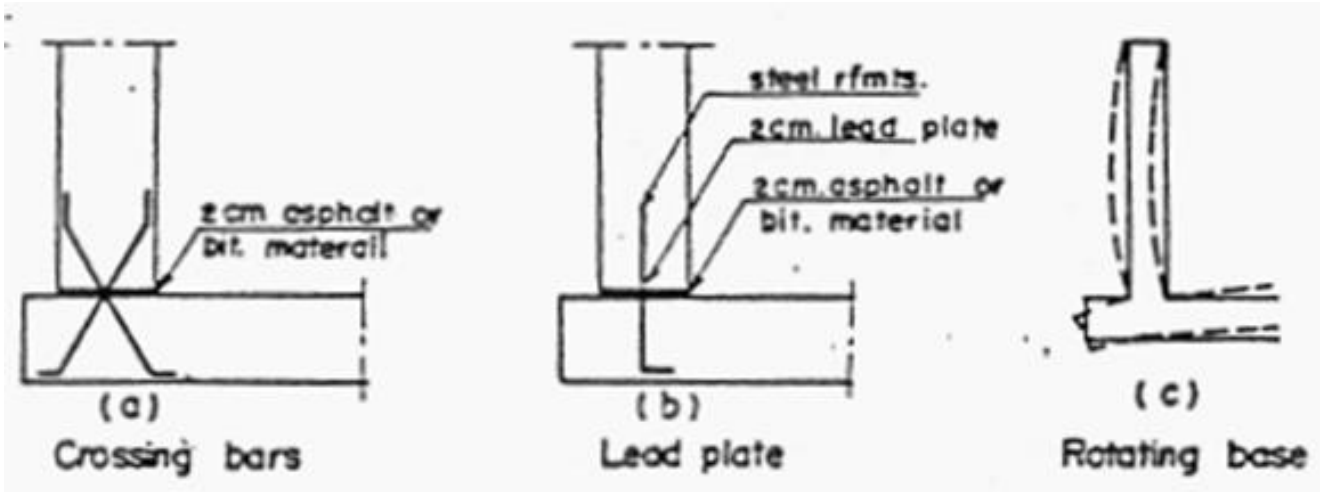
Direct forces in circular tanks
(*a*) Tensile forces
(*b*) Compressive forces

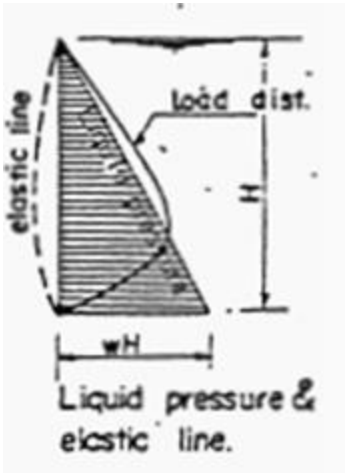
حساب جدران الخزانات الحرة من الأعلى والمستندة بشكل حر (منزلقة) على القاعدة

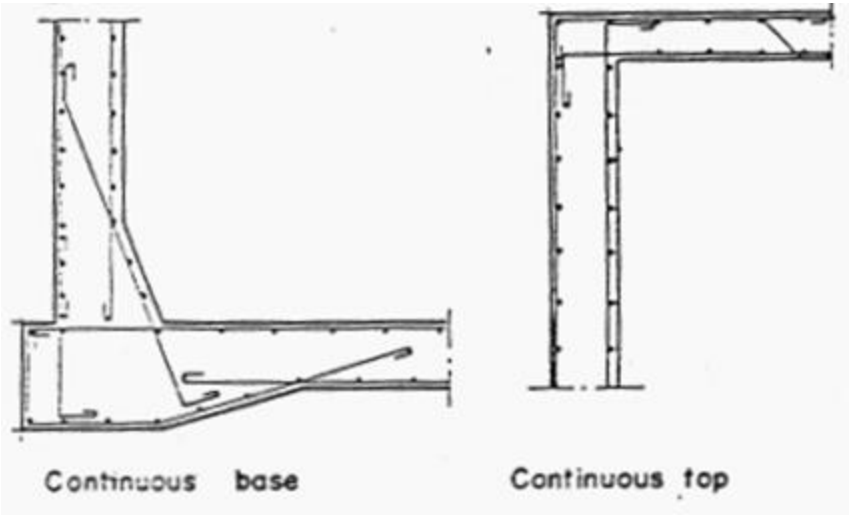


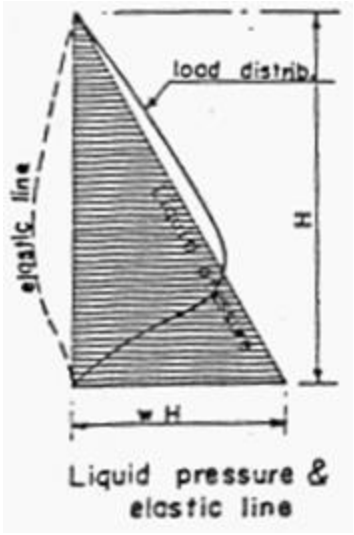


حساب وتصميم جدران الخزانات الأسطوانية المتمفصلة أو الموثوقة مع القاعدة

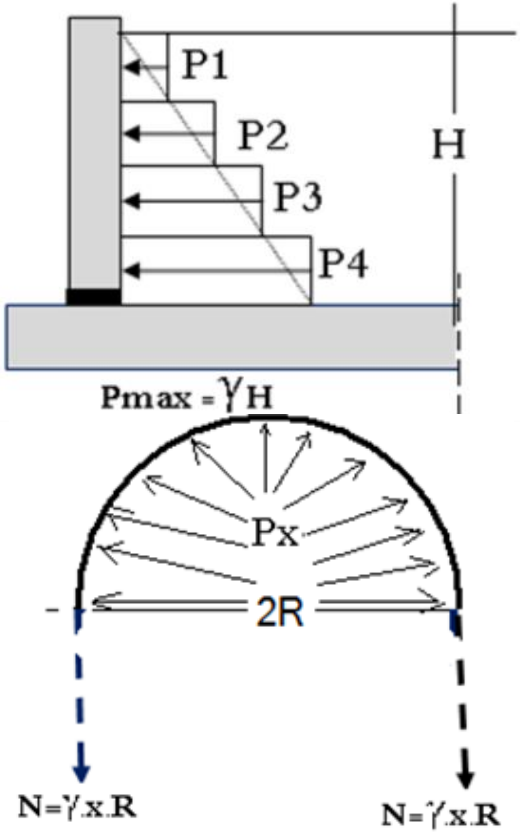








حساب القوى الداخلية في جدران الخزانات الحرة من الأعلى والمستندة بشكل حر (منزلقة) على القاعدة

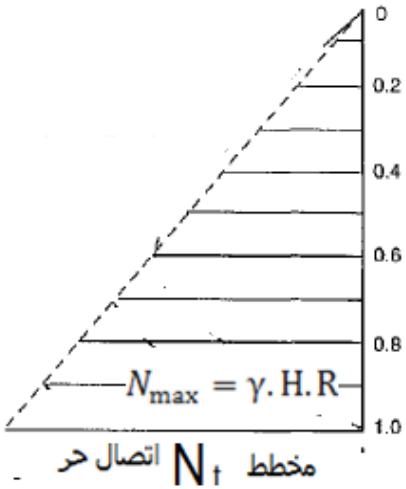


- يحسب ضغط السائل على جدران الخزان بالعلاقة التالية : $P_X = \gamma . X$
- حيث : – الوزن النوعي للسائل داخل الخزان ، X- بعد النقطة المدروسة عن السطح العلوي للسائل .
- في هذا النوع من الخزانات تتولد فقط قوة شد أفقية في جدران الخزان تحسب كما يلي :

$$2N_X = P_x . 2R = 2.\gamma.X.R \rightarrow N_X = \gamma.X.R$$

- وقوة الشد ألأعظميه تكون في أسفل الجدار وتساوي $N_{max} = \gamma . H . R$
- حيث H-R–نصف قطر وارتفاع السائل في الخزان .
- حساب فولاذ التسليح وسماكة الجدار يتم باعتبار مقاطع الجدار معرضة إلى قوة شد محورية فقط ، حيث يتم تقسيم الجدار إلى شرائح حلقية بارتفاع ا م وتصمم كل شريحة على قوة الشد في أسفلها . فمثلاً مساحة فولاذ التسليح الحلقي في الشريحة السفلية تساوي :

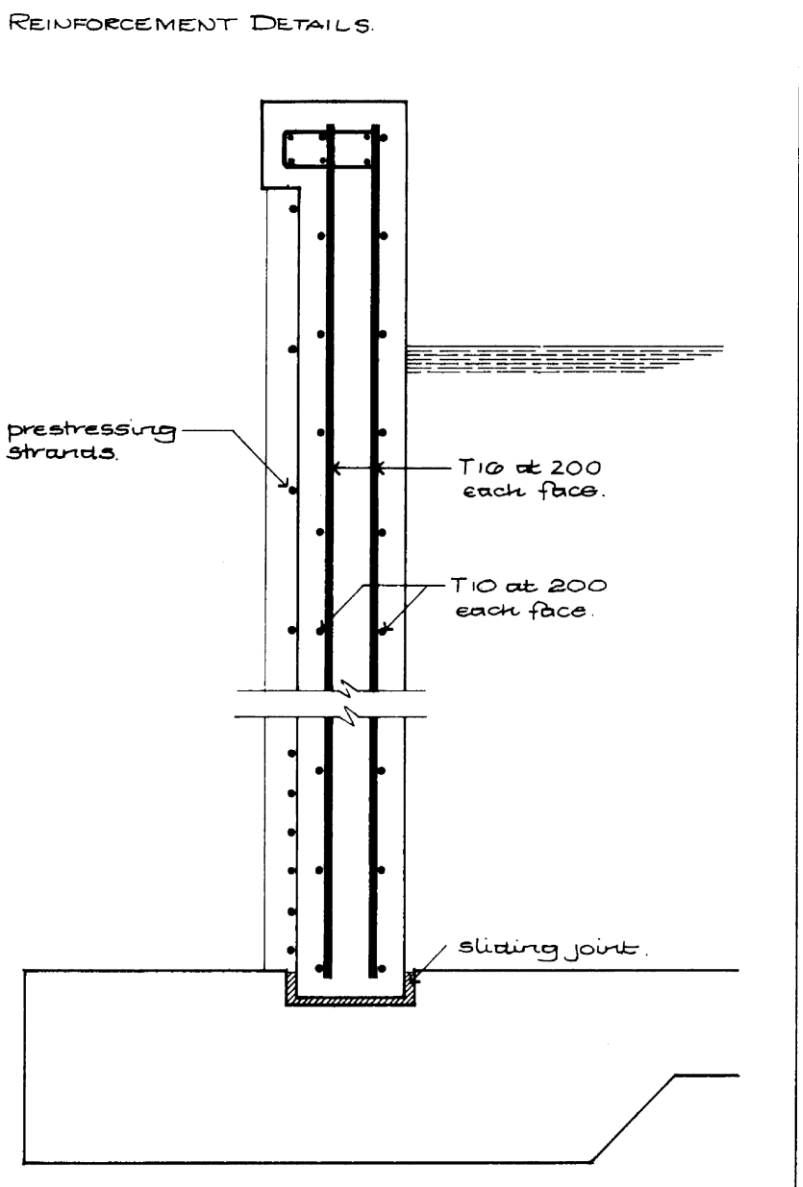
$$As_{max} = \frac{N_{max}}{\sigma_s}$$

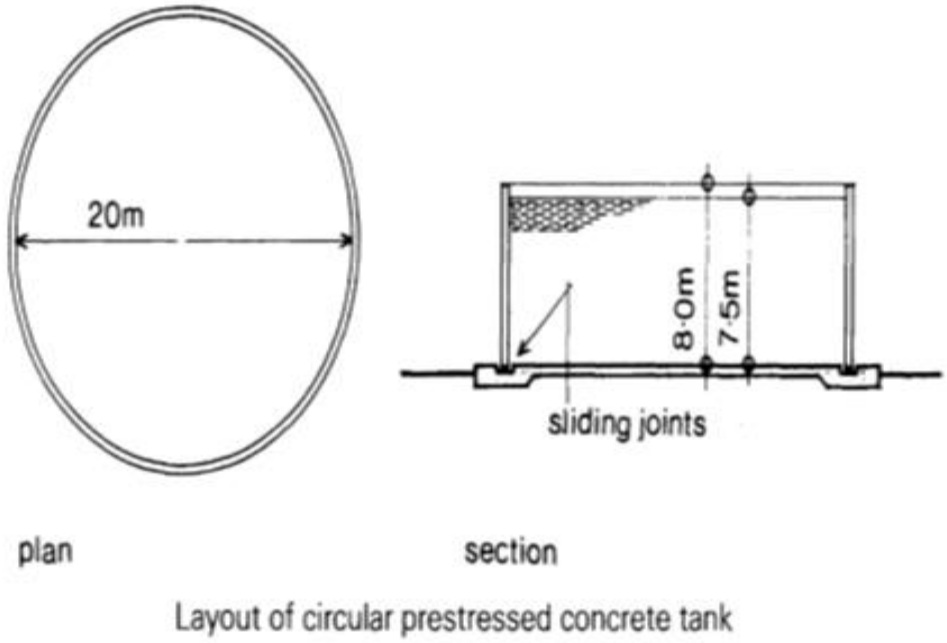


- فولاذ التسليح الشاقولي يكون إنشائياً ويؤخذ عادة بحدود 20....30% من التسليح الحلقي وبحيث لا يقل عن 0,2....0,3% من مساحة المقطع البيتوني .
- سماكة الجدار يحسب من العلاقة التالية :

$$A_c = \frac{Nt + \varepsilon_{sh} . Es . As - \sigma_t . n . As}{\sigma_t}$$

مثال على تسليح جدار خزان أرضي مستند بشكل حر على القاعدة وحر من الأعلى .





Layout of circular prestressed concrete tank

سؤال امتحان بتاريخ (٢١/٨/٢٠١٣)

- **السؤال الرابع : (١٥ علامة) .**
- خزان أرضي اسطواني الشكل قطره ١٥ م وارتفاعه ٦ م .متصل مع القاعدة والسقف بشكك حر ، مواصفات فولاذ التسليح والبيتون المستخدمة هي : fc=20MPa ، fy=400 MPa ، n=10 ، ,

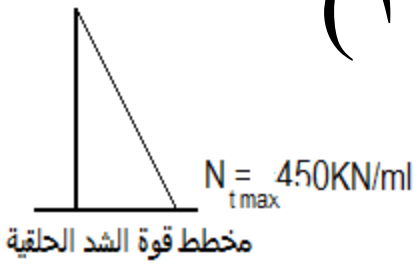
$$\sigma_t = 0{,}4\sqrt{f_c} \qquad \sigma_s = 0{,}55f_y$$

- المطلوب :

١. ارسم مخططات القوى المتولدة في جدار الخزان .
٢. احسب حديد التسليح الأفقي والشاقولي وسماكة الجدار البيتوني المطلوبة في أسفل الجدار وفي المنتصف .
٣. ارسم مقطع شاقولي في الجدار مبين فيه حديد التسليح الأفقي والشاقولي وأبعاد الجدار .

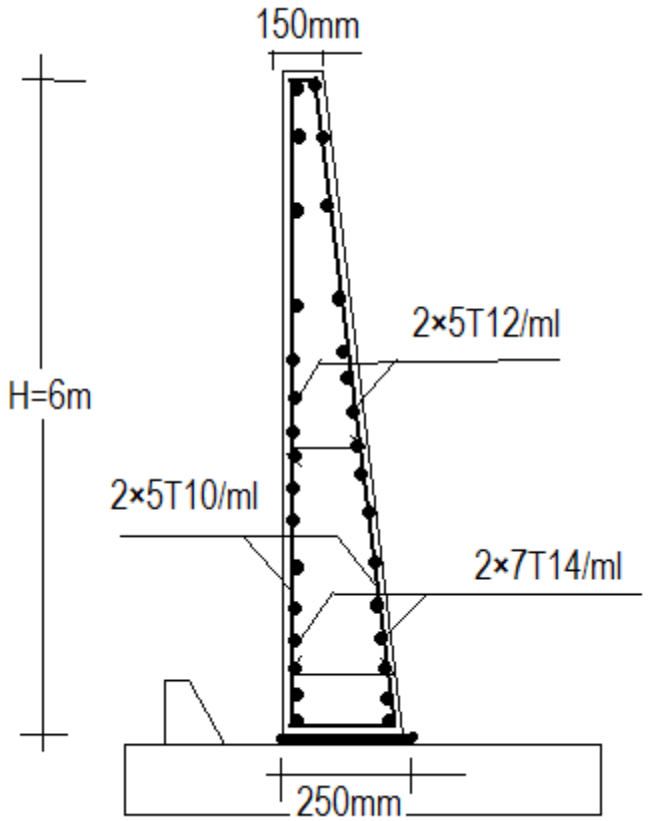
- ملاحظة : أهمل تأثير الانكماش .

حل مسائلة امتحان (٢١/٨/٢٠١٣)



مخطط قوة الشد الحلقية

- **أجوبة السؤال الثاني :**
- تتولد في جدران الخزان قوة شد حلقية فقط تساوي :
- $N_t=\gamma.x.R=10.7,5.X$
- قوة الشد الحلقية الأعظمية تكون في الأسفل وتساوي :
- $N_{tmax}=\gamma.H.R=10.7,5.6=$ 450KN/ml ويكون مخطط القوى كما مبن على الشكل
- **مساحة حديد التسليح المطلوبة :**



مقطع في جدار الخزان

- **في الأسفل :** $A_s=\frac{N_t}{\sigma_s}=\frac{450.10^3}{0,55.400}=2045mm^2$
- نختار 14T14 تكون : $A_s=14.\ 15,4=2156mm^2$ ، ٧ على كل وجه .
- **في المنتصف :** $N_t=10.7,5.3=225KN/ml$
- $A_s=\frac{N_t}{\sigma_s}=\frac{225.10^3}{0,55.400}=1022,5mm^2$
- نختار 10T12 تكون : $A_s=10.\ 11,3=1130mm^2$ ، 5 على كل وجه .
- **حديد التسليح الشاقولي يكون إنشائي مقداره :**
- $A_S=0,002.1000.250=500mm^2$ نختار 10T10 ، ٥ لكل وجه .
- **حساب سماكة الجدار المطلوبة :**
- يحدد سماكة الجدار من القانون التالي $A_c=b\times t=\frac{N_t-\sigma_t.n.A_s}{\sigma_t}$
- **في الأسفل :** $1000.t=450.1000-1,79.10.2156/1,79$ =229,8mm
- نختار t=250mm
- **في المنتصف :** $1000.t=225.1000-1,79.10.1130/1,79$ =114,4mm
- نختار سماكة الجدار في الأعلى t=150mm .

الطريقة التقريبية لحساب القوى الداخلية في جدران الخزانات الأسطوانية الموثوقة من الأسفل والحرة من الأعلى

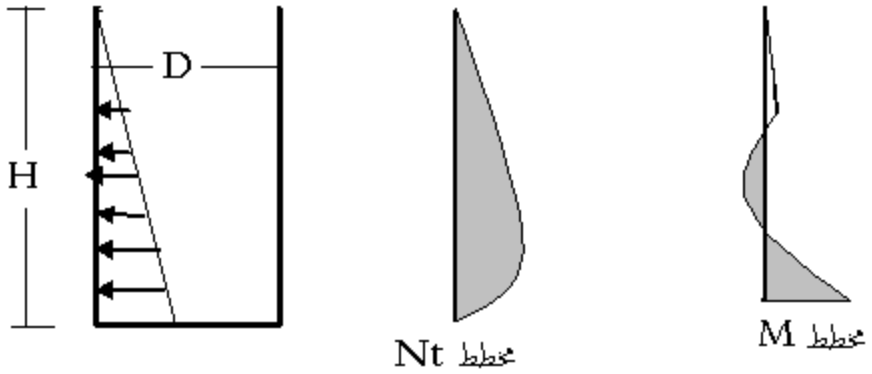
- يقسم هذا النوع من جدران الخزانات الأسطوانية ، وفق أبعادها الأساسية إلى ثلاث فئات : (حسب العامل n)
- حيث العامل n الذي يساوي

$$n = 1{,}316.\frac{H}{\sqrt{R.t}}$$

- حيث : H– ارتفاع الخزان ، R– نصف قطر الخزان ، t- سماكة جدار الخزان
- ١- **الخزانات الأسطوانية العميقة** : التي تكون أعماقها كبير بالنسبة إلى أقطارها ، يكون فيها ($n > 8$)
- ٢- **الخزانات قليلة العمق :** يكون ارتفاع الخزان صغير بالنسبة إلى القطر، حيث يكون فيها ($n < 2{,}5$)
- ٢- **الخزانات متوسطة العمق** : وهي أكثر الخزانات شيوعاً حيث تقع بين الفئتين السابقتين،يكون فيها ($2{,}5 < n < 8$)

الطريقة التقريبية لحساب القوى الداخلية في جدران الخزانات الأسطوانية الموثوقة من الأسفل والحرة من الأعلى

الخزانات الأسطوانية العميقة : التي تكون أعماقها كبير بالنسبة إلى أقطارها ، يكون فيها (n > 8) . تعمل جدران هذا النوع من الخزانات بشكل رئيسي في **الاتجاه الحلقي** ، ماعدا **الجزء القريب من القاعدة والسقف** (إذا كان الجدار متصل مع السقف). الشكل يبن توزع الضغط ومخطط القوة الحلقية وعزم الانعطاف في جدران الخزانات العميقة .

- 

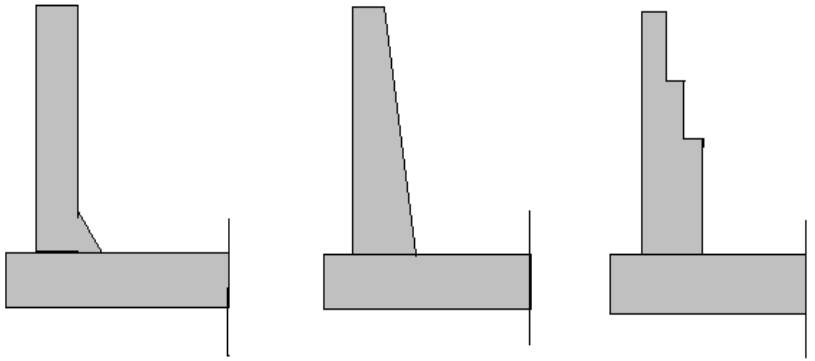
إن قيم القوى الحلقية والعزوم ألأعظمية الشاقولي المتولدة في الجدار الموثوق من الأسفل والحر في الأعلى والناتجة عن ضغط السائل من الداخل تحسب وفق العلاقات التالية :

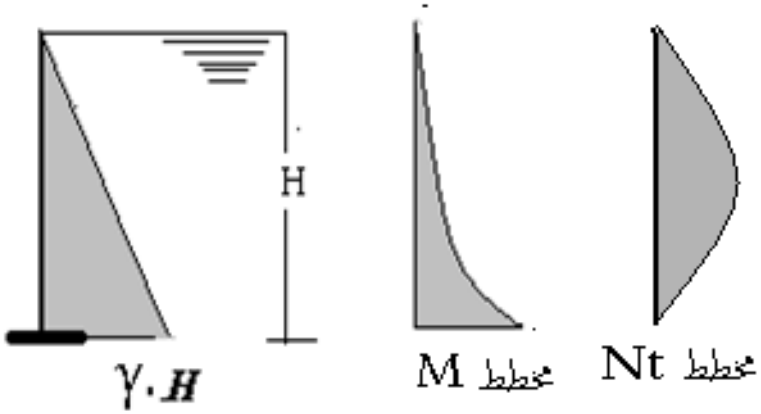
- $N_{\max} = (0.8 - 0.9)\gamma.R.H$ $\quad M^{-}_{\max} = \frac{1}{7,5....8}.\gamma.D.H.t$ $\quad M^{+}_{\max} = \frac{M^{-}_{\max}}{5}$

- حيث : Nmax- القوة الحلقية العظمى والتي تقع على بعد ٠,٨...٠,٩ من ارتفاع الخزان .
- أن التصميم الأفضل لجدران هذا النوع من الخزانات يكون باختيار مقطع متغير السماكة، يزداد من الأعلى باتجاه الأسفل ، وذلك من أجل تحقيق شرط الكتامة ، وذلك باعتبار القوة الحلقية تزداد بشكل خطي باتجاه الأسفل . أغلب المواصفات تنص على أن لا تقل سماكة الجدار عن 8cm. في كل الأحوال يجب تحقيق شرط الكتامة .

الطريقة التقريبية لحساب القوى الداخلية في جدران الخزانات الأسطوانية الموثوقة من الأسفل والحرة من الأعلى

- **الخزانات قليلة العمق :** يكون ارتفاع الخزان صغير بالنسبة إلى القطر، حيث يكون فيها (n < 2,5) . تقاوم الجدران في هذه الحالة ضغط السائل بشكل رئيسي بالاتجاه الشاقولي،حيث **يعمل الجدار كظفر** ، لذلك فإن صلابة الجدار تكون كبيرة بالاتجاه الشاقولي مقارنة بالاتجاه الأفقي . يحسب الجدار في هذه الحالة بأخذ شريحة مترية منه باعتبارها ظفر موثوق من الأسفل وحر من الأعلى ، يكون مقطع الجدار متغير السماكة أو متدرج كما مبين على الشكل





مقاطع جدار الخزانات الأسطوانية قلية العمق والتي تعمل بشكل ظفر

عزم الانعطاف الأعظمي يكون في الأسفل ، القوة الحلقية Nt أكبر ما يمكن في منتصف الارتفاع :

$$M^{-}_{\max} = \frac{1}{6}.\gamma.H.H.H \qquad N_{\max} = (0.5)\gamma.R.H$$

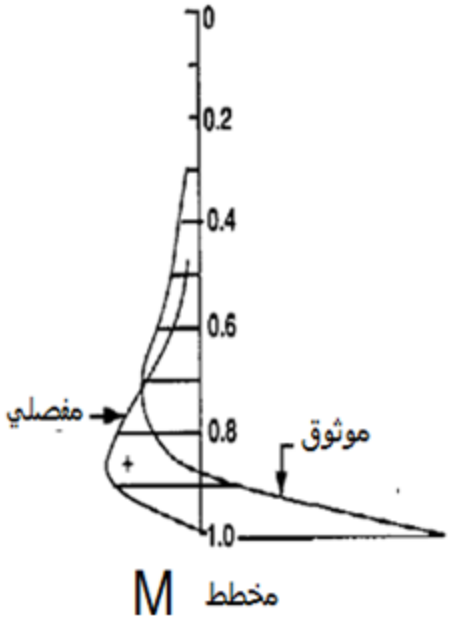
.

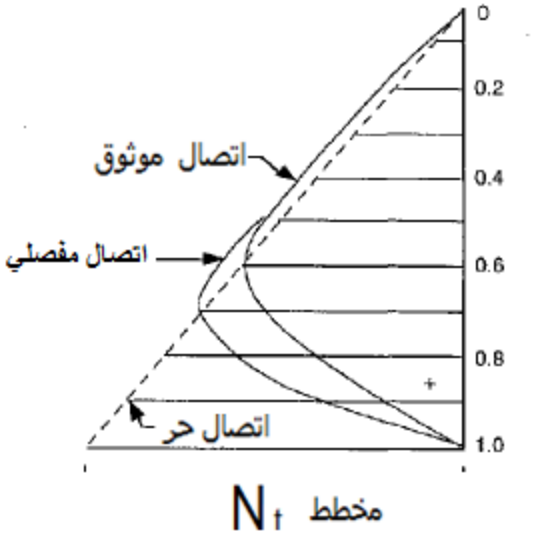
الطريقة التقريبية لحساب القوى الداخلية في جدران الخزانات الأسطوانية الموثوقة من الأسفل والحرة من الأعلى

- **الخزانات متوسطة العمق** : وهي أكثر الخزانات شيوعاً حيث تقع بين الفئتين السابقتين،يكون فيها ($2,5< n < 8$) . في هذه الحالة تعمل الجدران بشكل مشترك أفقياً وشاقولياً. القوى الأساسية التي تتولد في الجدار هي قوى الشد الأفقية وعزم الانعطاف بالاتجاه الشاقولي ، ويكون مخططاتها مشابه للحالة الأولى :

$$M^{-}_{\max} = \frac{1}{8....10} \cdot \gamma . H . D . t$$

$$M^{+}_{\max} = \frac{M^{-}_{\max}}{5}$$





- أما القيم العظمى للقوة الحلقية فتحسب وفق العلاقات التالية :

$$N_{\max} = (0.5 - 0.75)\gamma . R . H$$

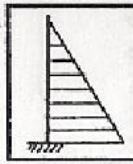
- وهي تقع على مسافة 0,5—0,75 H من أعلى الخزان

حساب القوى الداخلية في جدران الخزانات الأسطوانية بواسطة الجداول

- هناك عدد طرق لحساب الخزانات الأسطوانية بواسطة الجداول والخطوط البيانية ، سنختار منها طريقة جداول الكود البريطاني لحساب خزانات السوائل Bs 5337 .
- تعطي هذه الطريقة كلاً من عزم الانعطاف M وقوة الشد الحلقية Nt ، المتولدة في جدران الخزان ، والناتجة عن حالات التحميل المختلفة ، وذلك وفق أسلوب اتصال الجدران مع الأرضية بالعلاقات التالية :
- $$Nt = C_N . \gamma . H . R$$
- $$M = C_M . \gamma . H^3$$
- حيث : $C_N - C_M$ - عوامل تؤخذ من الجداول (٣-٣) بدلالة $\frac{H^2}{D.t}$ وتغير العمق H
- وذلك حسب كيفية اتصال الجدار مع القاعدة بشكل مفصلي أو وثاقة .
- لاستخدام الجداول لا بد في البداية من تحديد سماكة الجدار. يمكن حساب سماكة جدار الخزان بشكل أولي حسب العلاقة التالية :
- $$t \cong 0{,}8 \times \frac{H.R}{\sigma_t}$$
- حيث : t– سماكة جدار الخزان مقدرة ب cm - - الإجهادات المسموحة في البيتون على الشد مقدره ب MPa ، H-R– نصف قطر وارتفاع الخزان مقدرة بالمتر .
- بعد حساب قوى الشد الحلقية وعزم الانعطاف المتولدة في جدار الخزان ، يتم حساب التسليح اللازم والتحقق من إجهاد الشد في البيتون .

حساب جدران الخزانات الأسطوانية بواسطة الجداول

الجدول رقم (3-3)



قيم الشد الحلقي في جدران الخزانات الدائرية من تأثير حمولة مثلثية ؛ الطرف السفلي موثوق ؛ الطرف العلوي حر

$$N_t = Cn \cdot \gamma \cdot H \cdot R$$

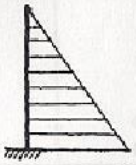
الاشارة الموجبة تدل على الشد

$\frac{H^2}{D\,t}$	المعامل Cn									
	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	+0.10	+0.218	+0.335	+0.443	+0.534	+0.575	+0.350	+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.	+0.200	+0.306	+0.420	+0.539	+0.639	+0.666	+0.541	+0.241
16.0	0.00	099	+0.199	+0.304	+0.412	+0.531	+0.614	+0.687	+0.582	+0.265

	المعامل Cn				
	.75 H	.80 H	.85 H	.90 H	.95 H
20.0	+0.716	+0.654	+0.520	+0.325	+0.115
24.0	+0.746	+0.702	+0.577	+0.372	+0.137
32.0	+0.782	+0.768	+0.663	+0.459	+0.182
40.0	+0.800	+0.805	+0.731	+0.530	+0.217
48.0	+0.791	+0.828	+0.785	+0.593	+0.254
56.0	+0.763	+0.838	+0.824	+0.536	+0.285

حساب جدران الخزانات الأسطوانية بواسطة الجداول

الجدول رقم (3-3)



قيم عزوم الانعطاف في جدران الخزانات الدائرية من تأثير حمولة مثلثية ؛ الطرف السفلي موثوق ؛ الطرف العلوي حر .

$$M = C_M \cdot \gamma \cdot H^3$$

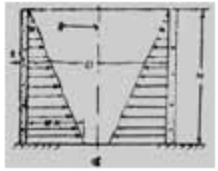
الإشارة الموجبة تدل على الشد للوجه الخارجي

$\frac{H^2}{D\,t}$	المعامل C_M									
	0.1	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	+.0005	+.0014	+.0021	+.0007	-.0042	-.0150	-.0302	-.0529	-.0816	-.1205
0.8	+.0011	+.0037	+.0063	+.0080	+.0070	+.0023	-.0068	-.0224	-.0465	-.0795
1.2	+.0012	+.0042	+.0077	+.0103	+.0112	+.0090	+.0022	-.0108	-.0311	-.0602
1.6	+.0011	+.0041	+.0075	+.0107	+.0121	+.0111	+.0058	-.0051	-.0232	-.0505
2.0	+.0010	+.0035	+.0068	+.0099	+.0120	+.0115	+.0075	-.0021	-.0185	-.0436
3.0	+.0006	+.0024	+.0047	+.0071	+.0090	+.0097	+.0077	+.0012	-.0119	-.0333
4.0	+.0003	+.0015	+.0028	+.0047	+.0066	+.0077	+.0069	+.0023	-.0080	-.0268
5.0	+.0002	+.0008	+.0016	+.0029	+.0046	+.0059	+.0059	+.0028	-.0058	-.0222
6.0	+.0001	+.0003	+.0008	+.0019	+.0032	+.0046	+.0051	+.0029	-.0041	-.0187
8.0	.0000	+.0001	+.0002	+.0008	+.0016	+.0028	+.0038	+.0029	-.0022	-.0146
10.0	.0000	.0000	+.0001	+.0004	+.0007	+.0019	+.0029	+.0028	-.0012	-.0122
12.0	.0000	-.0001	+.0001	+.0002	+.0003	+.0013	+.0023	+.0026	-.0005	-.0104
14.0	.0000	.0000	.0000	.0000	+.0001	+.0008	+.0019	+.0023	-.0001	-.0090
16.0	.0000	.0000	-.0001	-.0002	-.0001	+.0004	+.0013	+.0019	+.0001	-.0079

	المعامل C_M				
	.80 H	.85 H	.90 H	.95 H	1.00 H
20.0	+.0015	+.0014	+.0005	-.0018	-.0063
24.0	+.0012	+.0012	+.0007	-.0013	-.0053
32.0	+.0007	+.0003	+.0007	-.0008	-.0040
40.0	+.0002	+.0005	+.0005	-.0005	-.0032
48.0	.0000	+.0001	+.0005	-.0003	-.0026
56.0	.0000	.0000	+.0004	-.0001	-.0023

Table 2.A
CYLNDRICAL TANKS WITH FIXED BASE, FREE TOP

Coefficients for Tension in Circular Rings
Triangular Load
T = Coefficient x wHR kg. per m.
Positive sign indicates tension.



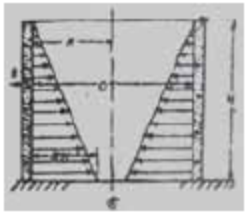
H^2	Coefficient at Point									
D_r	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H
0.4	+0.149	+0.134	+0.120	+0.101	+0.062	+0.066	+0.049	+0.029	+0.014	+0.004
0.2	+0.263	+0.239	+0.215	+0.190	+0.160	+0.130	+0.096	+0.063	+0.034	+0.010
1.2	+0.283	+0.271	+0.254	+0.234	+0.209	+0.180	+0.142	+0.099	+0.054	+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	+30.30	+0.262	+0.157	+0.052
4.0	+0.067	+0.164	+0.256	+0.389	+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	+0.119	+0.234	+0.344	+0.441	+0.505	+0.514	+0.447	+0.301	+0.112
8.0	-0.011	+0.104	+0.218	+0.335	+0.443	+0.534	+0.575	+530	+0.381	+0.151
10.0	-0.011	+0.098	+0.028	+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	+0.300	+0.413	+0.531	+0.541	+0.687	+0.582	+0.265

Coefficient of Point

	0.75H	0.80H	0.85H	0.90H	0.5H
20	+0.716	+0.654	+0.520	+0.325	+0.115
24	+0.746	+0.702	+0.577	+0.372	+0.137
32	+0.782	+0.768	+0.663	+0.459	+0.182
40	+0.800	+0.805	+0.731	+0.530	+0.217
48	+0.701	+0.828	+0.785	+0.593	+0.254
56	+0.763	+0.838	+0.824	+0.536	+0.285

CYLINDRICAL TANKS

Coefficients for Moments in Cylindrical Walls.
Triangular Load
Moments = Coefficient x wH^3 kg .m per m.
Positive sign indicates tension in the outside



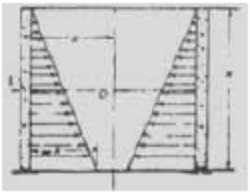
H^2	Coefficient at Point									
D_t	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H	1.0H
0.4	+.0005	+.0014	+.0021	.0007	-.0063	-.0150	-.0302	-.0529	-.0616	-.1205
0.2	+.0011	+.0037	+.0065	+.0060	+.0070	+.0023	-.0065	-.0234	-.0445	-.0795
1.2	+.0013	+.0043	+.0077	+.0103	.0113	+.0090	+.0022	-.0108	-.0311	-.0005
1.6	+.0011	+.0041	+.0075	+.0107	+.0131	+.0111	+.0058	-.0051	-.0222	-.0505
2.0	+.0010	+.0035	+.0065	+0089	+.0120	+.0115	+.0075	-.0021	-.0135	-.0436
3.0	+.0006	+.0024	+.0047	+.0071	+.0090	+.0097	+.0077	+.0012	-.0119	-.0333
4.0	+.0002	+.0015	+.0028	+.0067	+.0065	+.0077	+.0069	+.0025	-.0080	-.0266
5.0	+.0002	+.0006	+.0016	+.0029	+.0046	+.0059	+.0059	+.0028	-.0058	-.0222
6.0	+.0001	+.0008	+.0008	+.0019	+.0032	+.0046	+.0051	+.0029	-.0041	-.0187
8.0	.0000	+.0001	+.0008	+.0008	+.0016	+.0028	+.0038	+.0029	-.0022	-.0146
10.0	.0000	.0000	+.0001	+.0004	+.0007	+.0019	+.0029	+.0025	-.0002	-.0122
12.0	.0000	-.0001	+.0001	+.0002	+.0008	+.0013	+.0023	+.0026	-.0006	-.0104
14.0	.0000	.0000	.0000	.0000	+.0001	+.0009	+.0019	+.0023	-.0001	-.0090
16.0	.0000	.0000	-.0001	-.0001	-.0001	+.0004	+.0013	+.0019	-.0001	-.0079

Coefficient of Point

	0.80H	0.85H	0.90H	0.25H	1.00H
20	+.0016	+.0014	+.0005	-.0018	-.0003
24	+.0012	+.0012	+.0007	-.0013	-.0053
32	+.0007	+.0009	+.0007	-.0008	-.0040
40	+.0002	+.0005	+.0006	-.0005	-.0032
48	+.0000	+.0001	+.0006	-.0003	-.0026
56	+.0000	+.0000	+.0006	-.0001	-.0023

CYLINDRICAL TANKS WITH HINGED BASE AND FREE TOP

Coefficients for Tension in Circular Rings
Triangular Load
T = Coefficient x wHR kg. per m.
Positive sign indicates tension.



H^2	Coefficient at Point									
D_t	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H
0.4	+0.474	+0.440	+0.395	+0.352	+0.308	+0.264	+0.215	+0.166	+0.111	+0.007
0.2	+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	+0.358	+0.343	+0.309	+0.255	+0.185	+0.098
1.6	+0.271	+0.302	+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	+0.875	+0.210
4.0	-0.017	+0.137	+0.253	+0.267	+0.469	+0.545	+0.579	+0.553	+0.447	+0.256
5.0	-0.006	+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	-0.006	+0.095	+0.200	+0.311	+0.423	+0.552	+0.666	+0.730	+0.676	+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	+0.000	+0.197	+0.299	+0.408	+0.531	+0.659	+0.761	+0.752	+0.513
16.0	+0.202	+0.100	+0.198	+0.299	+0.403	+0.521	+0.650	+0.764	+0.776	+0.543

Coefficient of Point

	0.75H	0.80H	0.85H	0.90H	0.95H
20	+0.812	+0.817	+0.756	+0.603	+0.0344
24	+0.816	+0.839	+0.793	+0.647	+0.0377
32	+0.814	+0.861	+0.847	+0.721	+0.436
40	+0.802	+0.866	+0.880	+0.778	+0.483
48	+0.791	+0.864	+0.900	+0.820	+0.527
56	+0.781	+0.859	+0.911	+0.852	+0.563

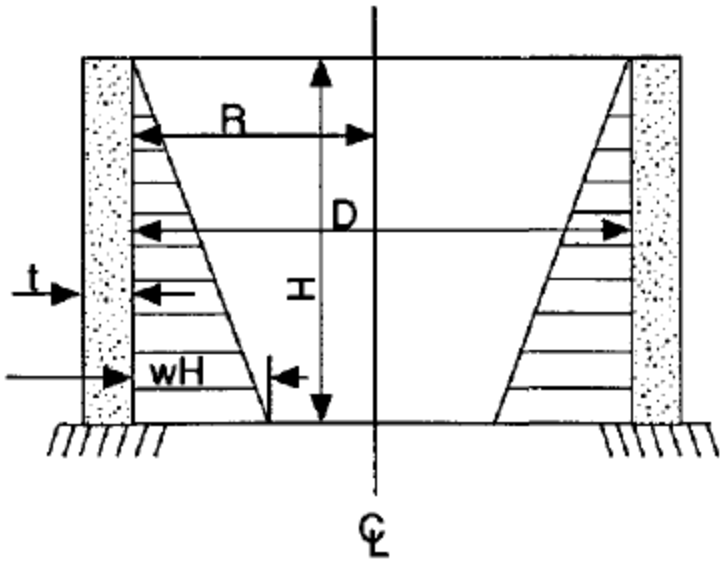


Table A-1 — Tension in circular rings

T = coef. × wHR lb per ft
Positive sign indicates tension

	Coefficients at point									
$\frac{H^2}{Dt}$	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H
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	+0.119	+0.234	+0.344	+0.441	+0.504	+0.514	+0.447	+0.301	+0.112
8.0	-0.011	+0.104	+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	+0.096	+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

Supplemental Coefficients

	Coefficients at point				
$\frac{H^2}{Dt}$	.75H	.80H	.85H	.90H	.95H
20	+0.716	+0.654	+0.520	+0.325	+0.115
24	+0.746	+0.702	+0.577	+0.372	+0.137
32	+0.782	+0.768	+0.663	+0.459	+0.182
40	+0.800	+0.805	+0.731	+0.530	+0.217
48	+0.791	+0.828	+0.785	+0.593	+0.254
56	+0.763	+0.838	+0.824	+0.636	+0.285

Table A-2— Moments in cylindrical wall

Mom. = coef. × wH^3 ft-lb per ft
Positive sign indicates tension in the outside

	Coefficients at point									
$\frac{H^2}{Dt}$	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H	1.0H
0.4	+.0005	+.0014	+.0021	+.0007	-.0042	-.0150	-.0302	-.0529	-.0816	-.1205
0.8	+.0011	+.0037	+.0063	+.0080	+.0070	+.0023	-.0068	-.0224	-.0465	-.0795
1.2	+.0012	+.0042	+.0077	+.0103	+.0112	+.0090	+.0022	-.0108	-.0311	-.0602
1.6	+.0011	+.0041	+.0075	+.0107	+.0121	+.0111	+.0058	-.0051	-.0232	-.0505
2.0	+.0010	+.0035	+.0068	+.0099	+.0120	+.0115	+.0075	-.0021	-.0185	-.0436
3.0	+.0006	+.0024	+.0047	+.0071	+.0090	+.0097	+.0077	+.0012	-.0119	-.0333
4.0	+.0003	+.0015	+.0028	+.0047	+.0066	+.0077	+.0069	+.0023	-.0080	-.0268
5.0	+.0002	+.0008	+.0016	+.0029	+.0046	+.0059	+.0059	+.0028	-.0058	-.0222
6.0	+.0001	+.0003	+.0008	+.0019	+.0032	+.0046	+.0051	+.0029	-.0041	-.0187
8.0	.0000	+.0001	+.0002	+.0008	+.0016	+.0028	+.0038	+.0029	-.0022	-.0146
10.0	.0000	.0000	+.0001	+.0004	+.0007	+.0019	+.0029	+.0028	-.0012	-.0122
12.0	.0000	-.0000	+.0001	+.0002	+.0003	+.0013	+.0023	+.0026	-.0005	-.0104
14.0	.0000	.0000	.0000	.0000	+.0001	+.0008	+.0019	+.0023	-.0001	-.0090
16.0	.0000	.0000	-.0001	-.0002	-.0001	+.0004	+.0013	+.0019	+.0001	-.0079

Supplemental Coefficients

	Coefficient at point				
$\frac{H^2}{Dt}$	.80H	.85H	.90H	95H	1.00H
20	+.0015	+.0014	+.0005	-.0018	-.0063
24	+.0012	+.0012	+.0007	-.0013	-.0053
32	+.0007	+.0009	+.0007	-.0008	-.0040
40	+.0002	+.0005	+.0006	-.0005	-.0032
48	.0000	+.0001	+.0006	-.0003	-.0026
56	.0000	.0000	+.0004	-.0001	-.0023

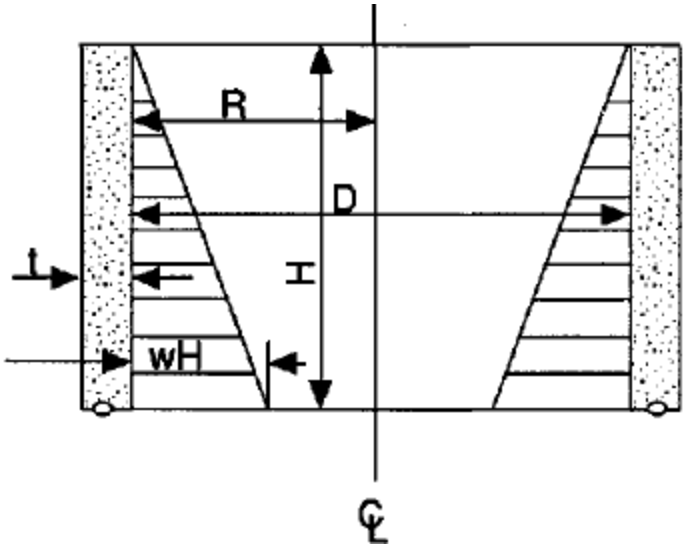


Table A-5— Tension in circular rings

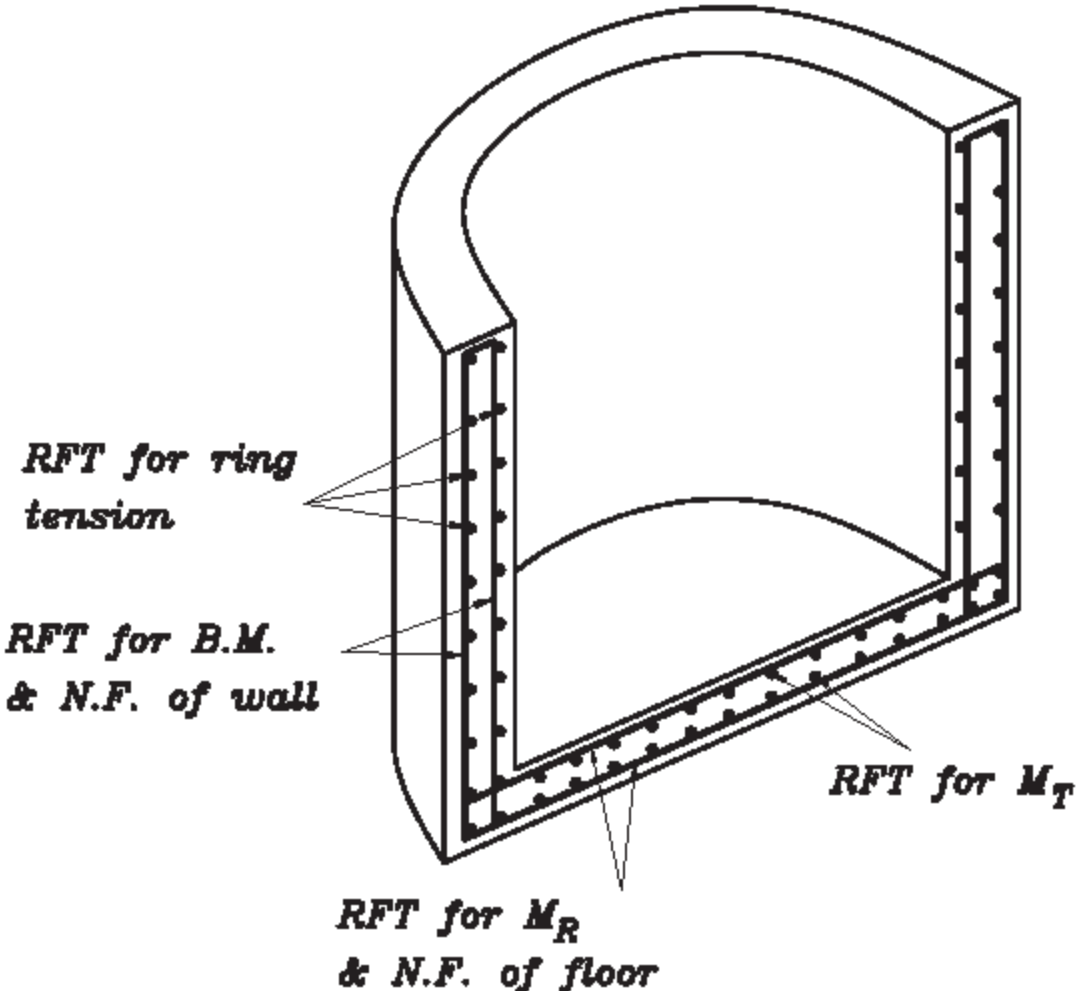
T = coef. × wHR lb per ft
Positive sign indicates tension

$\frac{H^2}{Dt}$	Coefficients at point									
	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H
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	+0.358	+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

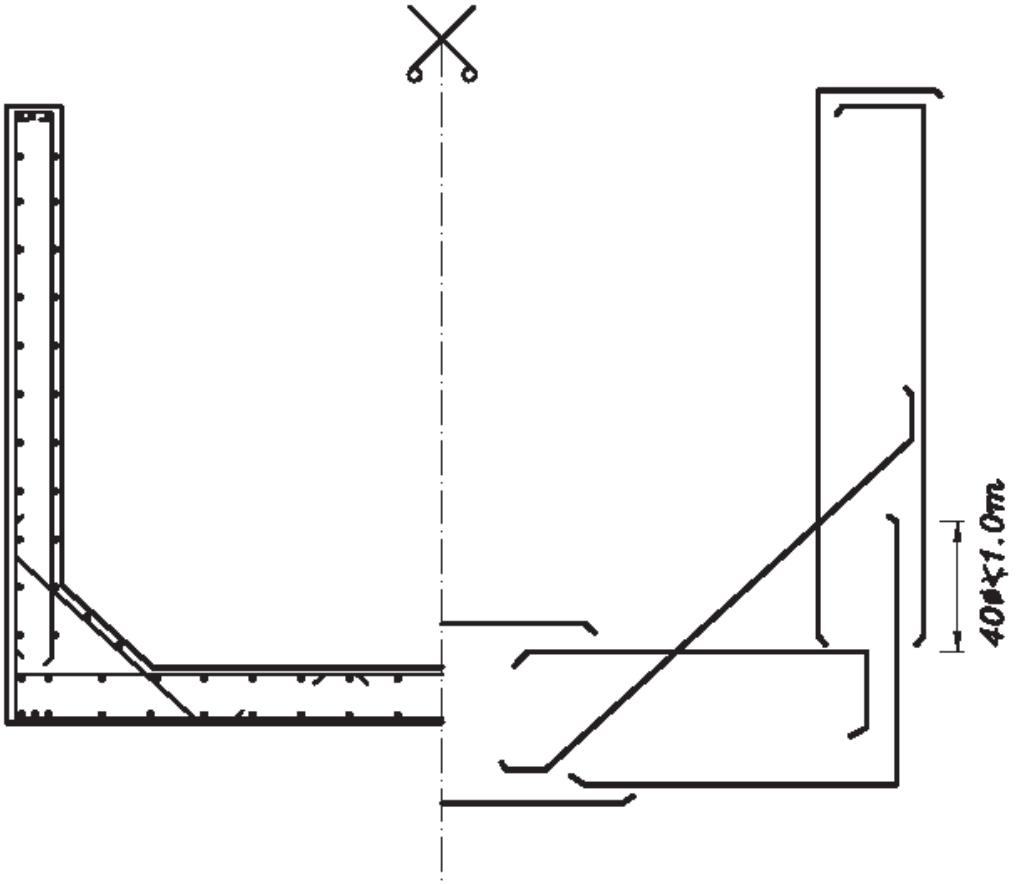
Supplemental Coefficients

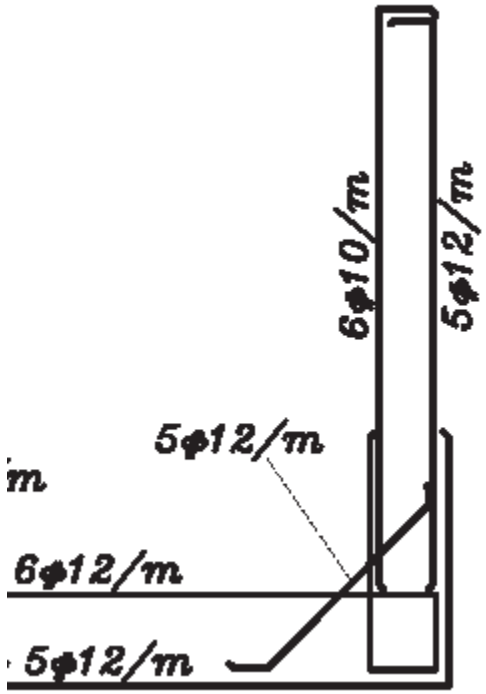
$\frac{H^2}{Dt}$	Coefficient at point				
	.75H	.80H	.85H	.90H	.95H
20	+0.812	+0.817	+0.756	+0.603	+0.344
24	+0.816	+0.839	+0.793	+0.647	+0.377
32	+0.814	+0.861	+0.847	+0.721	+0.436
40	+0.802	+0.866	+0.880	+0.778	+0.483
48	+0.791	+0.864	+0.900	+0.820	+0.527
56	+0.781	+0.859	+0.911	+0.852	+0.563

– Design of sections



$$A_{s_{min}} = \begin{cases} 5\text{ø}12/m \text{ for main steel (at tension side)} \\ 5\text{ø}10/m \text{ for secondary steel (at compression side)} \end{cases}$$


40φ≤1.0m


6φ10/m
5φ12/m
5φ12/m
m
6φ12/m
5φ12/m

شروط تسليح جدران الخزانات الاسطوانية

- نسبة التسليح في العناصر الإنشائية للخزانات تخضع لنفس نسب التسليح للعناصر البيتونية المسلحة بالإضافة إلى الشروط التالية :
- باعتبار أن بعض العناصر يمكن أن تكون خاضعة لإجهادات شد لذلك يجب أن تحقق نسبة التسليح الدنيا : μ (min) العلاقة التالية : $N=A_c.\sigma_{ct}=A_s.\sigma_s$
-

$$A_s.\sigma_s = bh.\sigma_{ct}$$

$$\left(\frac{A_s}{bh}\right)_{(min)} = \mu\ (min) = \frac{\sigma_{ct}}{\sigma_s}$$

حيث : σ_{ct} – مقاومة البيتون على الشد وتساوي حسب الكود العربي السوري :

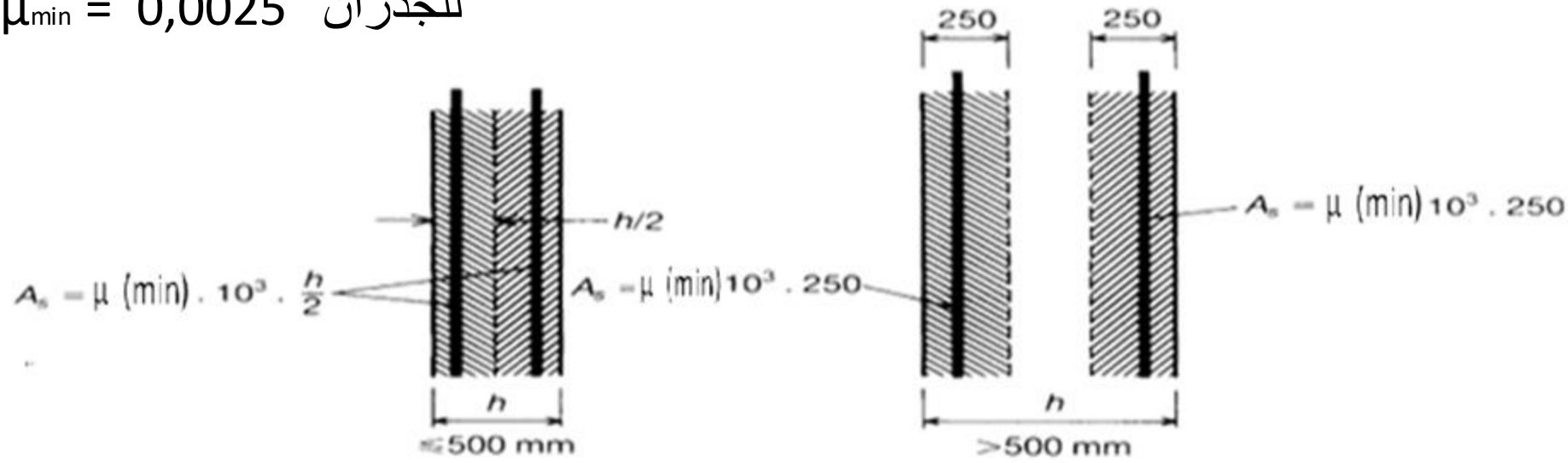
$$\sigma_{ct} = 0,4\sqrt{f_c} \qquad \sigma_s = 0,55f_y$$

- نسبة التسليح الدنيا μ (min) للجدران والبلاطات المعرضة لإجهادات شد تحسب كما يلي :

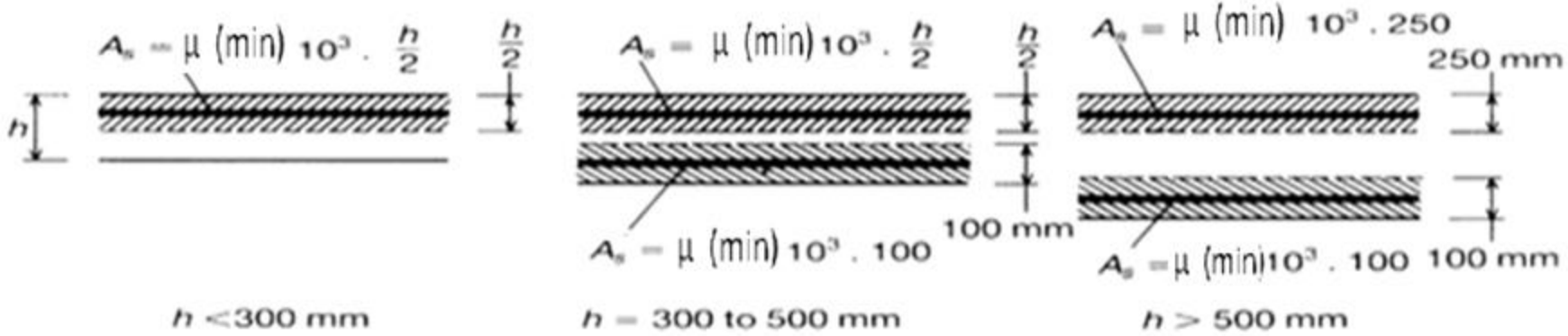
كيفية حساب نسبة التسليح في الجدران والبلاطات

μ_{min} = 0,002 للبلاطات

μ_{min} = 0,0025 للجدران



ا-جدران أو بلاطات مكشوفة من الطرفين



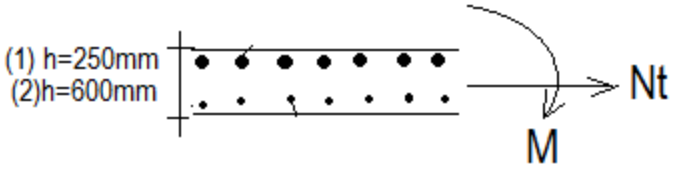
بلاطات متوضعة على تربة

مثال

- المطلوب حساب حديد التسليح اللازم لجدار خزان ، في حالتين (سماكة الجدار 25سم ، سماكة الجدار ٦٠سم) معرض لقوة شد مقدارها Nt =100 Kn /ml وعزم انعطاف M=20 KN.m/ml . مواصفات البيتون وحديد التسليح هي : fy=400MPa، . , fc=20MPa ,

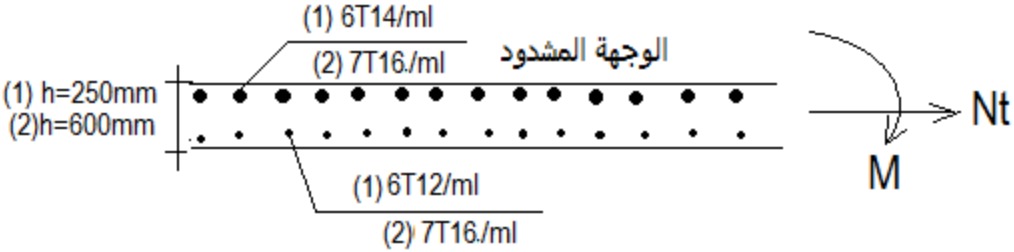
$$\sigma_t = 0{,}4\sqrt{f_c} = 0{,}4 \times \sqrt{20} = 1{,}79MPa \qquad \sigma_s = 0{,}55f_y = 0{,}55 \times 400$$

- الحل :
- مساحة حديد التسليح تحسب وفق العلاقة االتالية :



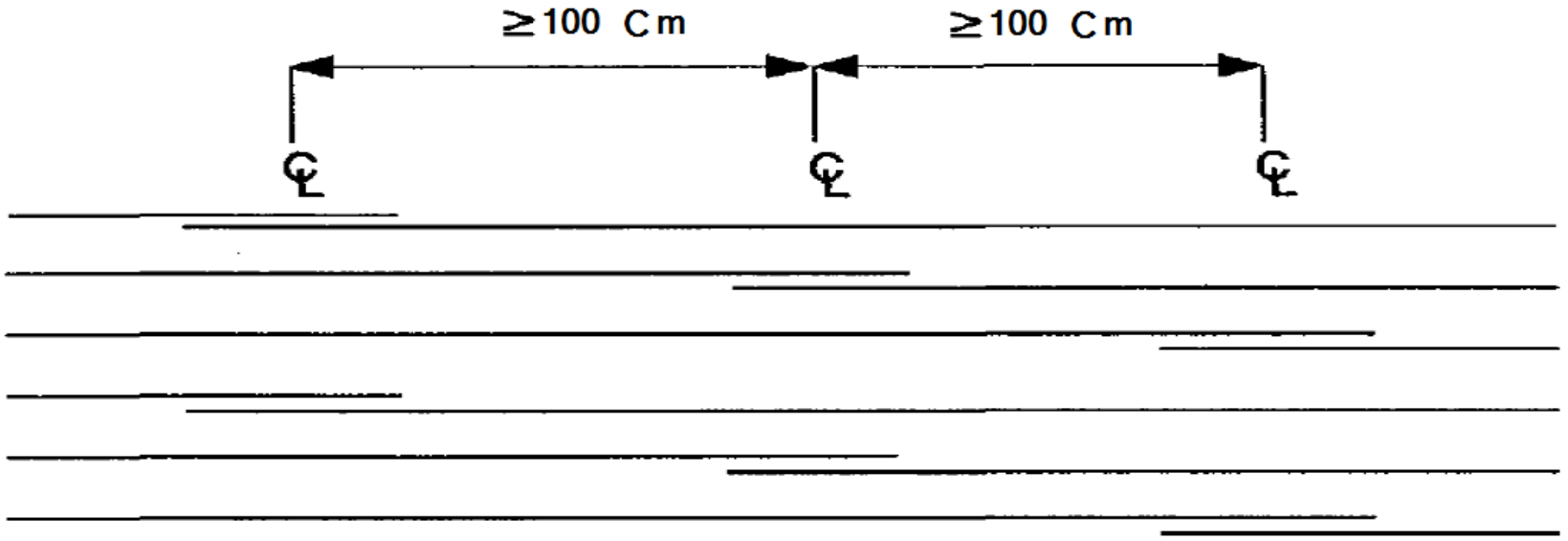
$$A_s = \frac{M}{\sigma_S . 0{,}8 . t} + \frac{Nt}{\sigma_s}$$

- مساحة مقطع حديد التسليح اللازم لمقاومة قوى الشد : (للحالتين)
- As= Nt/σs =100.1000/0,55.400=454mm2 توزع على جهتي المقطع في كل جهة 454/2 =227 mm2
- مساحة التسليح اللازمة للعزم :
- الحالة (١) As = 20 .1000.1000/0,55.400.0,8.250=455mm2 توضع في الطرف المشدود من المقطع.
- الحالة (٢) As = 20 .1000.1000/0,55.400.0,8.600=190 mm2 توضع في الطرف المشدود من المقطع .
- وبالتالي مساحة التسليح في الطرف المشدود : (١) 455+227=682 mm2 . الحالة (٢) 190+227=417mm2
- في الطرف الأخر : 227mm2 .
- نسب التسليح الدنيا : μ (min)= fct/fy=1,97/400=0,005
- مساحة حديد التسليح الدنيا في كل جهة :
- (١) : 0,005. 1000.250/2=625 mm2
- (٢) : 0,005.1000.250=1250mm2
- وبالتالي تكون كمية التسليح اللازمة في كل حالة كما يلي :
- (١) للوجه المشدود : 682 mm2 نختار 6T14
- للوجه الآخر : 625mm2 نختار 6T12 .
- (٢) للوجهين : 1250mm2 نختار 7T16 .



شروط تسليح جدران الخزانات الاسطوانية

- بالإضافة إلى الشروط العامة لتسليح الجدران يجب أن نتحقق مما يلي :
- **التسليح الأفقي** :
- - يجب ان لا يتم وصل أكثر من ثلث عدد القضبان الأفقية في مقطع شاقولي واحد .
- - يجب أن لا تقل المسافة الأفقية بين مناطق وصل القضبان الأفقية عن ١م .



شروط وصل قضبان التسليح الأفقية فى جدران الخزانات الأسطوانية
يجب أن لا يوصل فى المقطع الشاقولى الواحد أكثر من ثلث عدد القضبان
يجب أن لا تقل المسافة بين القضبان الموصولة عن 100 Cm

مثال على حساب جدران الخزانات الأسطوانية

- يطلب حساب القوى الرئيسية المتولدة في جدار خزان أسطواني، قطره الداخلي D=20m وارتفاعه H=5m ، وهو خزان سطحي مكشوف وذلك وفق الحالات التالية :
  1. **الجدار مستند بشكل حر على القاعدة**
  2. **الجدار مستند بشكل مفصلي مع القاعدة .**
  3. **الجدار مستند بشكل وثاقة مع القاعدة .**
- **الحل :**
- بفرض ان مواصفات فولاذ التسليح والبيتون المستخدمة هي : fy=400MPa، Es=210000MPa ,fc=20MPa, n=10، .
- قيم الإجهادات المسموحة :
- للبيتون على الشد البسيط

$$\sigma_t = 0{,}4\sqrt{f_c} = 0{,}4 \times \sqrt{20} = 1{,}79\text{MPa}$$

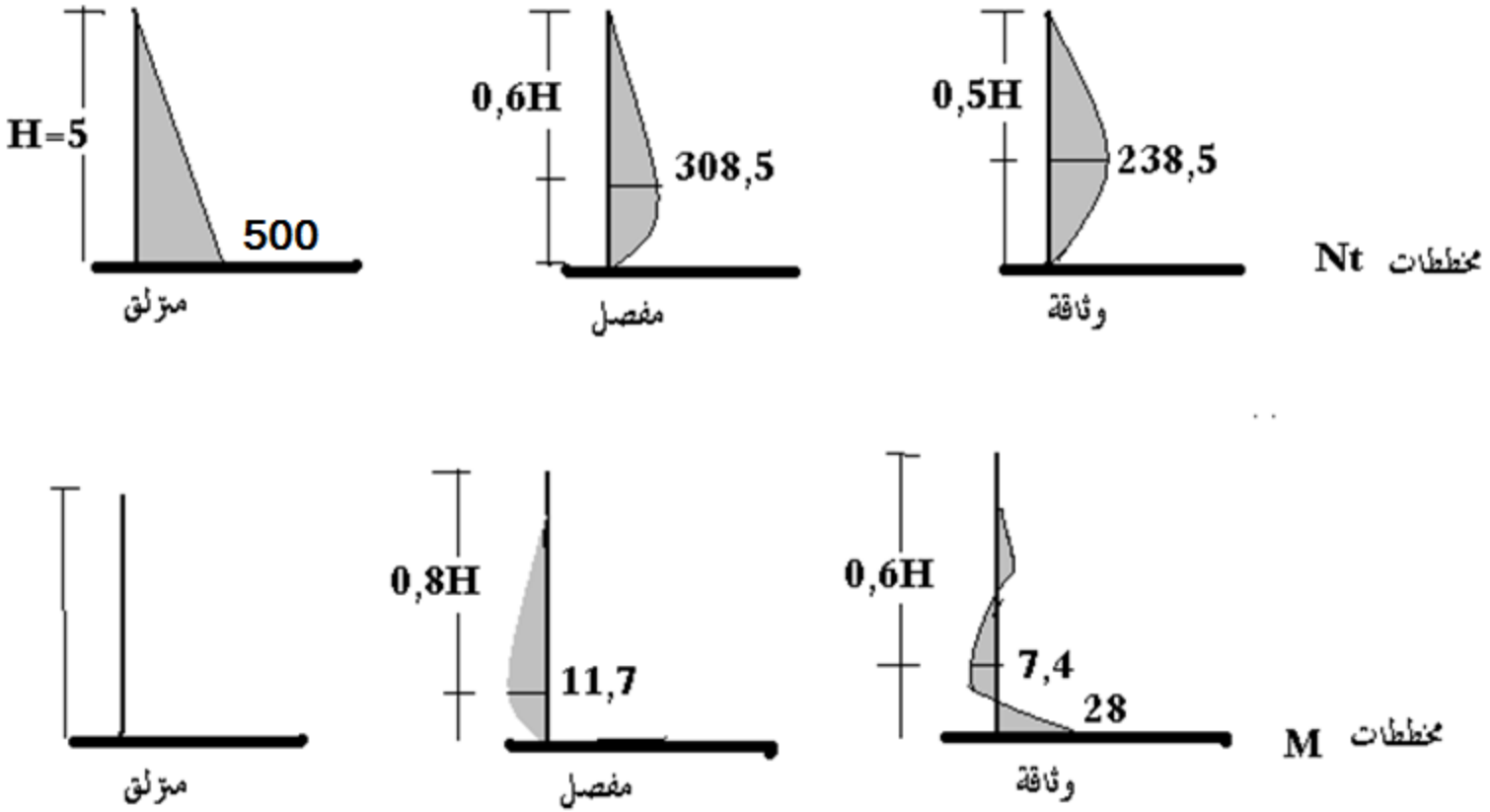
- للانعطاف

$$\sigma_t = 0{,}57\sqrt{f_c} = 0{,}4 \times \sqrt{20} = 2{,}55\text{MPa}$$

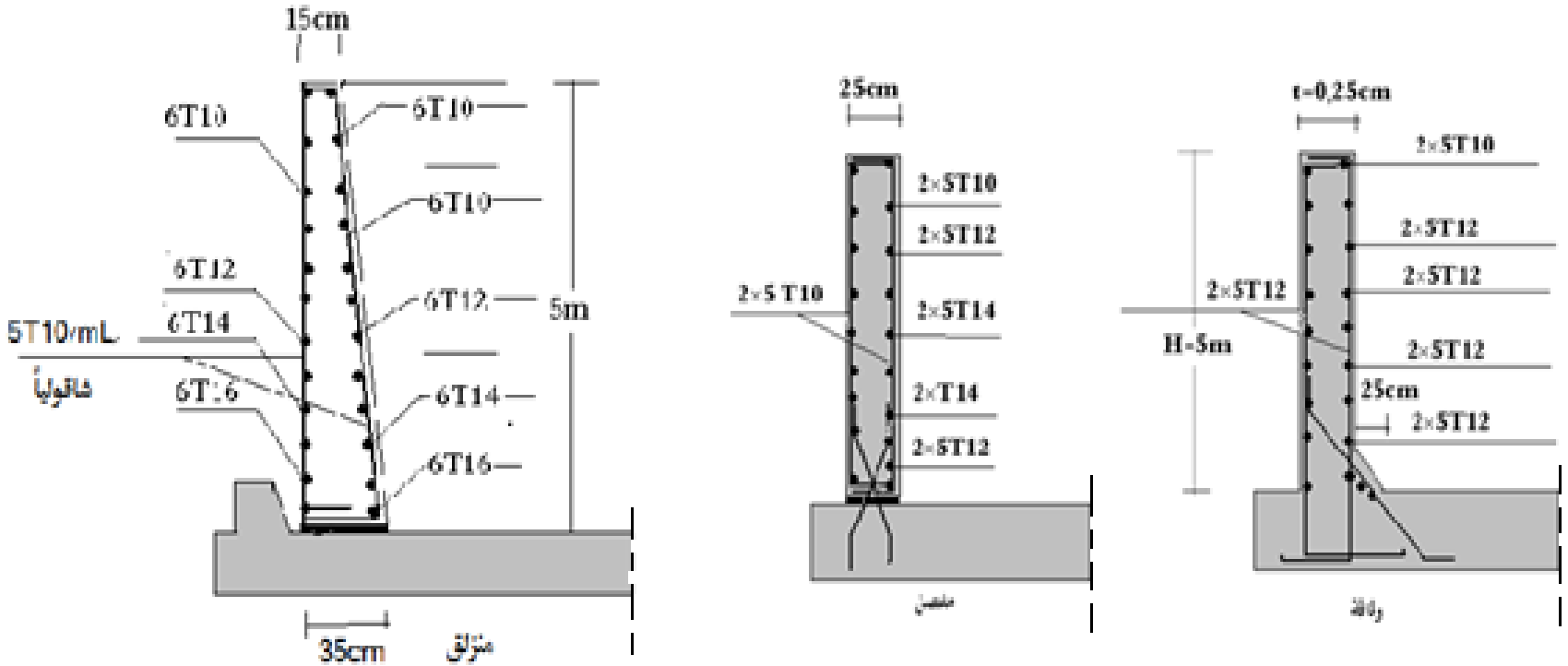
- لفولاذ التسليح

$$\sigma_s = 0{,}55f_y = 0{,}55 \times 400 = 220\text{MPa}$$

(T)مثال على حساب الخزانات الأسطوانية



مثال على حساب الخزانات الأسطوانية (T)



أسئلة عن المحاضرة

١. ماهي وظيفة الجملة الإنشائية في المنشآت بشكل عام ؟؟
٢. ماهي مكونات الجملة الإنشائية (عناصرها الرئيسية)؟؟
٣. ماهي المراحل الرئيسية الأساسية للتصميم الإنشائي للمنشآت بشكل عام ؟
٤. مقارنة بين الخزانات الأسطوانية والمضلعة من حيث حجم مواد البناء اللازمة وطبيعة العمل المطلوبة للتنفيذ؟؟؟
٥. لماذا نسعى بأن يكون ارتفاع الخزان أقل ما يمكن ؟؟؟
٦. حالات اتصال جدران الخزانات مع القاعدة والسقف ،ومتى تستخدم كل حالة ؟؟
٧. العناصر الأساسية المؤثرة على حساب جدران الخزانات الأسطوانية .
٨. القوى الداخلية الرئيسية المتولدة في جدران الخزانات الأسطوانية المستندة بشكل حر على القاعدة والحرة من الأعلى ومكان تأثيرها .
٩. القوى الداخلية الرئيسية المتولدة في جدران الخزانات الأسطوانية : القلية العمق ، المتوسطة العمق ، العميقة ، ومكان تأثيرها الأعظمي وذلك في حالة كون الجدران موثوقة من الأسفل وحرة من الأعلى .
١٠. ما هي نسبة التسليح الدنيا في البلاطات والجدران الخاضعة لإجهاد شد وكيفية حسابها ؟؟؟
١١. مسائل العملي .

أسئلة أمتحان سابقة

١. إن حساب جدران الخزانات يتعلق بشكل أساسي بطريقة إتصالها مع القاعدة والسقف . بين مع الرسم طرق إتصال جدران الخزانات مع السقف والقاعدة ومتى تستخدم كل حالة

٢. ما هو الفرق بين الخزانات المضلعة والخزانات الأسطوانية من حيث : حجم المواد اللازمة للتنفيذ ، وصعوبة التنفيذ ، وما هي العوامل التي تؤثر على اختيار شكل الخزان .

٣. يراد تصميم خزان أرضي اسطواني الشكل يتسع ل١٠٠٠م^{٣} من الماء . اختر الأبعاد المناسبة لهذا الخزان (القطر ، الارتفاع) مع تفسير سبب الاختيار .

٤. أين تقع قوى الشد الأعظمية بالاتجاه الأفقي الناتجة عن ضغط المياه في الخزانات الأرضية الأسطوانية أو المضلعة العميقة الموثوقة من الأسفل والحرة من الأعلى ؟؟؟ ولماذا ؟؟؟ .

٥. في حال اتصال جدران الخزان الأسطواني مع القاعدة بشكل وثاقة تامة تكون القوى الأعظمية الأساسية المتشكلة (M,N) أكبر ما يمكن في الأسفل عند اتصال القاعدة مع الجدار .(صح أو خطا مع تعليل الجواب) .

٦. في حال اتصال جدران الخزان الأسطواني مع القاعدة بشكل منزلق (حر) تتشكل فقط قوة شد حلقية في جدران الخزان ولا يوجد أية قوى أساسية أخرى . .(صح أو خطا مع تعليل الجواب) .

٧. يكون التسليح الحلقي أعظم ما يمكن في جدران الخزانات العميقة الموثوقة من الأسفل ، على مسافة تبعد ٠,٢٥ من ارتفاع الجدار من القاعدة . .(صح أو خطا مع تعليل الجواب) .

السؤال الرابع : (١٥) علامة .

يطلب حساب وتصميم جدران خزان أرضي اسطواني الشكل يتسع $1000m^3$ من الماء .
أفرض إن الأتصال مع القاعدة يكون بشكل وثاقة وحر من الأعلى .مع رسم مقطع في الجدار .

مواصفات فولاذ التسليح والبيتون المستخدمة هي : fy=400 MPa ، $\sigma_t = 0{,}4\sqrt{f_c}$,

fc=20MPa ، $\sigma_t = 0{,}57\sqrt{f_c}$ ، $\sigma_s = 0{,}55 f_y$

العلاقات المساعدة : $t \cong 0{,}8 \times \frac{H.R}{\sigma_t}$ $n = 1{,}316.\frac{H}{\sqrt{R.t}}$

القوى في حال كان الخزان عميق : $N_{max} = (0.8-0.9)\gamma.R.H$ $M^{-}_{max} = \frac{1}{7{,}5\ldots8}.\gamma.D.H.t$ $M^{-}_{max} = \frac{M^{-}_{max}}{5}$

القوى في حال كان الخزان متوسط العمق: $N_{max} = (0.5-0.75)\gamma.R.H$ $M^{-}_{max} = \frac{1}{8\ldots10}.\gamma.H.Dt$ $M^{-}_{max} = \frac{M^{-}_{max}}{5}$

جواب السؤال الرابع :

نفرض قطر الخزان ١٨ م وبالتالي يكون ارتفاع الخزان H= 1000/3.14*81 = 3,93 m

نفرض ارتفاع الخزان H= 4 m

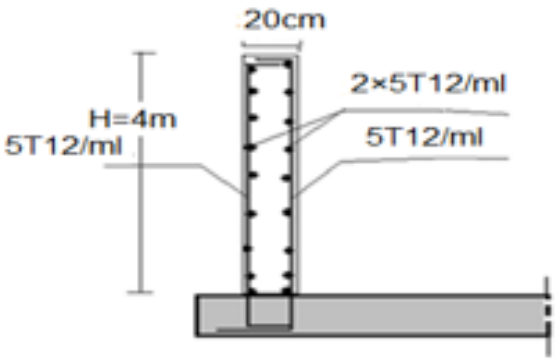
$\sigma_t = 0{,}57\sqrt{f_c} = 2{,}55MPa$ ، $\sigma_t = 0{,}4\sqrt{f_c} = 1{,}79MPa$ ، $\sigma_s = 0{,}55f_y = 0{,}55 \times 400 = 220MPa$

١- نحدد سماكة جدار الخزان من العلاقة التالية : t =0,8 *4*9/1,79=16 cm

نفرض سماكة الجدار t=20 cm

٢- نحدد نوعية الخزان : n= 1,316 *4/√9*20= 3,9 إذا الخزان متوسط العمق :

٣- حساب القوى الداخلية الأعظمية :



N_{max}= 0,6 *10* 9*4= 216KN/ml

M_{max}= 1/9 *10*4*18*0,2=16KN.m/ml

٤- حساب حديد التسليح الأفقي الأعظمي :

$A_s = N/\sigma_s$ = 216*1000/220 =981mm²

نختار 10T12 خمسة لكل طرف وتكون A_s= 1131mm²

٥- حديد التسليح الشاقولي :

$A_s = M/\sigma_s$*0,8*t= 16*10⁶/ 220*0,8*200=454mm²

$A_{s\,min}$=0,0025*200*1000=500mm² نختار 10T12 لحديد التسليح الشاقولي .

٦- التحقق من الإجهادات في البيتون : الناتجة عن قوة الشد :

$\sigma_t = N/A_c$ = 216*1000/200*1000= 1,08<1,79 MPa

الناتجة عن عزم الإنعطاف :

$\sigma_t = 6M/ b* t^2$ = 6*16*10⁶ / 1000*200*200 =2,4<2,55MPa

إذا الإجهادات محققة .