

مثال (3-1):

ليكن لدينا خزان أرضي ملىء بالمياه ، نصف قطره الداخلي $R=20\text{ m}$ وارتفاعه $H=5\text{m}$. صمم جدار الخزان (احسب سماكة الجدار وفولاذ التسليح) وذلك بفرض أن الخزان مستند بشكل حر (منزلق) على القاعدة وحر من الأعلى .

الحل :

بما أن الخزان يستند بشكل حر من الأسفل (منزلق) وحر من الأعلى فإنه يتعرض الى قوة شد حلقيه فقط تحسب وفق العلاقة (3-2) :

$$N_x = \gamma . x . R = 10 \times 10 \times X = 100 . X \text{ KN/mL}$$

إن مساحة فولاذ التسليح الحلقيه اللازمة تحسب وفق العلاقة (4-3) :

$$A_{Sx} = \frac{Ntx}{\sigma_s}$$

وإن سماكة جدار الخزان تحدد وفق العلاقة (2-18) وذلك باعتباره معرض لقوة شد فقط :

$$A_c = b . t = \frac{Nt + \epsilon_{sh} . E_s . A_s - \sigma_t . n . A_s}{\sigma_t}$$

$$t = \frac{Nt + \epsilon_{sh} . E_s . A_s - \sigma_t . n . A_s}{b . \sigma_t}$$

فإذا قسمنا الجدار إلى خمس شرائح بارتفاع 1م لكل شريحة واعتبار إن مواصفات فولاذ التسليح والبيتون المستخدمة هي :

$$\epsilon_{sh} = 0,0002 , \quad f_c = 20 \text{ MPa} \quad E_s = 210000 \text{ MPa} , \quad f_y = 400 \text{ MPa} , \quad n = 10$$

قيم الإجهادات المسموحة وفق الكود العربي السوري :

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

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

إن قيم فولاذ التسليح وسماكة البيتون المطلوبة في كل شريحة على ارتفاع الخزان مبينة في الجدول التالي :

سماكة الجدار المطلوبة	القضبان المختارة	A_s	N_x	P_x	الشريحة
tmm		mm ²	KN/mL	KN.m	
70	12T10	454	100	10	1
125	12T10	909	200	20	2
186	12T12	1364	300	30	3
250	12T14	1818	400	40	4
311,8	12T16	2272	500	50	5

من الجدول نلاحظ أن سماكة جدار الخزان المطلوبة تتراوح بين 31,18cm في الأسفل حتى 7cm في الأعلى . من الناحية العملية نختار سماكة الجدار بشكل متدرج من الاسفل 35cm ومن الأعلى 15cm . نتحقق من

الإجهادات الشادة في البيتون في أسفل الخزان بموجب العلاقة (2-17) :

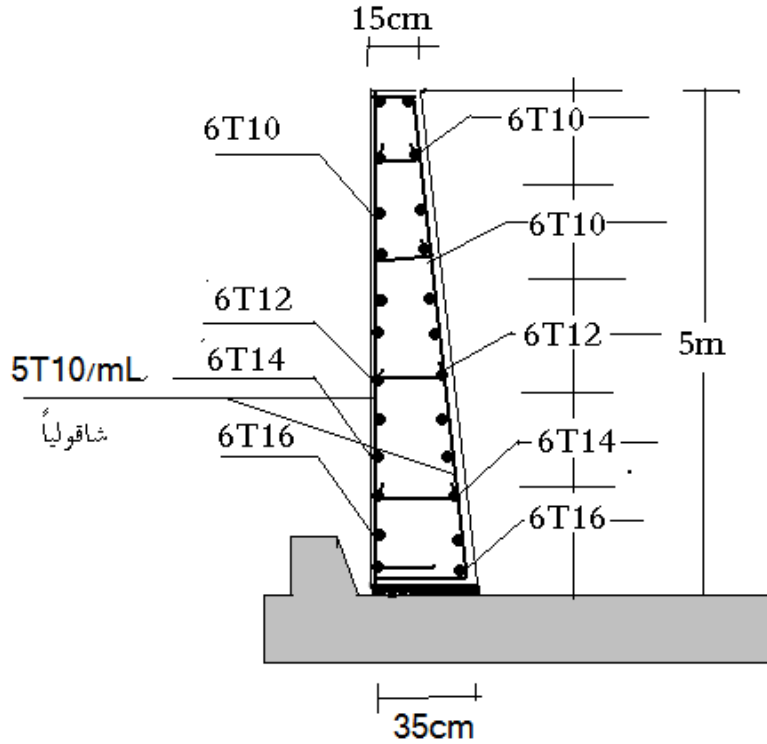
$$\sigma_t = \frac{Nt + \epsilon_{sh}.Es.As}{Ac + nAs} = \frac{500 \times 10^3 + 0,0002 \times 210000 \times 2412}{1000 \times 350 + 10 \times 2412} = 1,6 < 1,79$$

إذا إجهاد الشد محقق في البيتون.

فولاذ التسليح الشاقولي إنشائي ويساوي :

$$A_s = 0,002 \times 1000 \times 350 = 700 \text{mm}^2 \rightarrow \text{نختار } 10T10mL$$

ان شكل الجدار وتسليحه مبين على الشكل رقم (3-10)



الشكل (10-3) يبين أبعاد وتسليح الجدار

مثال (2-3):

يطلب حساب القوى الأعظمية الرئيسية بشكل تقريبي المتولدة في جدار خزان أسطواني ، مملوء بالماء ، قطره الداخلي $D=20m$ وارتفاعه $H=5m$ ، وسماكة جداره $t=300mm$. وهو خزان سطحي مكشوف وموثوق في القاعدة وحر من الأعلى .

الحل : نحسب قيمة العامل n :

$$n = 1,316 \frac{H}{\sqrt{R.t}} = 1,316 \frac{5}{\sqrt{10*0,3}} = 3,8$$

إذاً الخزان متوسط العمق :

$$N_{\max} = (0,5...0,75) \gamma . R . H = 0,55 * 10 * 10 * 5 = 275 KN / ml$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8...10} \gamma . H . D . t = \frac{1}{8,5} * 10 * 5 * 20 * 0,3 = 35,3 KN.m / ml$$

مثال (3-3) :

يطلب حساب القوى الرئيسية المتولدة في جدار الخزان الأسطواني المحسوب في المثال (3-1)، قطره الداخلي $D=20m$ وارتفاعه $H=5m$ ، وهو خزان سطحي مكشوف وذلك وفق الحالات التالية :

1- الجدار مستند بشكل مفصلي مع القاعدة .

2- الجدار مستند بشكل وثاقه مع القاعدة .

الحل :

بفرض أن مواصفات فولاذ التسليح والبيتون المستخدمة هي :

$$n=10, \varepsilon_{sh} = 0,0002, f_c=20MPa, E_s=210000MPa, f_y=400MPa$$

قيم الإجهادات المسموحة :

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

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

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

1 - الجدار متمفصل في الأسفل وحر من الأعلى :

نحسب السماكة التقريبية لجدار الخزان من العلاقة (2-14) كما يلي :

$$t = 0,8 \frac{H.R}{\sigma_t} = 0,8 \frac{5 \times 10}{1,79} = 22.35cm$$

نأخذ سماكة الجدار $t=25cm$ ثابتة على كامل الارتفاع .

لاستخدام الجداول نحسب العامل :

$$\frac{H^2}{D.t} = \frac{25}{20 \times 0,25} = 5$$

من جداول (3-3) نوجد قيم $C_n \dots C_m$ ونعوضها في العلاقات (2-12 و 2-13) فنحصل على قيم

$N \dots M$ على كامل ارتفاع الخزان كما مبين في الجدول التالي :

جدول يبين قيم قوى الشد الحلقية وعزم الانعطاف على ارتفاع الجدار المتمفصل مع القاعدة

M KN.m/MI	Cm	Nt KN/mL	Cn	X m
00	000	- 4	-0,008	0
00	0000	57	0,114	0,5
0,13	0,0001	117.5	0,235	1,0
0,75	0.0006	178	0,356	1,5
2	0,0016	234,5	0,469	2,0

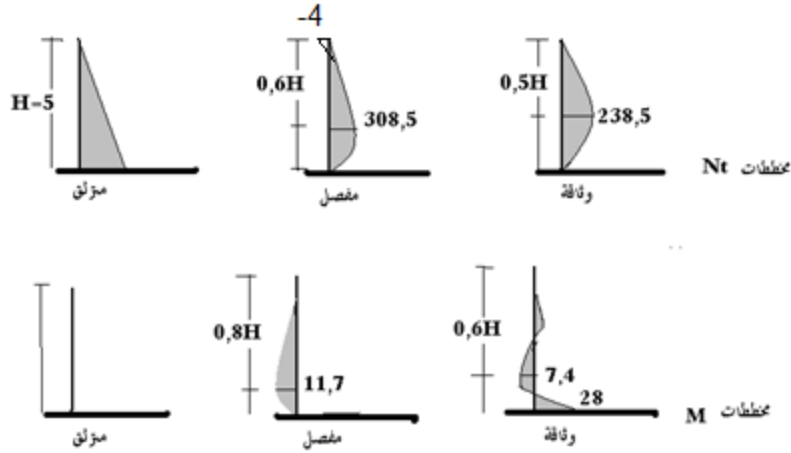
4,25	0,0034	281	0,562	2,5
7,12	0,0057	308,5	0,617	3
10	0,008	305	0,606	3,5
11,72	0,0094	251	0,503	4
9,75	0,0078	147	0,294	4,5
0	0	0	0	5

2- في حالة كون الاتصال بين الجدار والقاعدة بشكل وثيقة تكون القوى الشادة الأفقية وعزم الانعطاف بالاتجاه الشاقولي كما هو مبين في الجدول التالي :

جدول يبين قيم القوى الحلقية الشادة وعزم الانعطاف الشاقولي على كامل ارتفاع جدار الخزان

M KN.m/mL	Cm	Nt KN/mL	Cn	X m
00	000	12,5	0,025	0
0,25	00002	68,5	0,137	0,5
1	0,0008	122,5	0,245	1,0
2	0,0016	173	0,346	1,5
3,6	0,0029	214	0,428	2,0
5,8	0,0046	238,5	0,477	2,5
7,4	0,0059	234,5	0,469	3
7,4	0,0059	199	0,398	3,5
3,5	0,0028	129	0,259	4
-7,2	-0,0058	46	0,092	4,5
-28	-0,0222	0	000	5

إن مخططات القوة الحلقية N_x والعزم M_x مبينة على الشكل (3-13) للحالات الثلاث . من هذا الشكل نلاحظ التأثير الكبير لطريقة اتصال الخزان مع القاعدة على عمل الخزان ، وبالتالي على القوى الإجهادات الناتجة في مقاطع الخزان .



الشكل (3-13) يبين مخططات قوى الشد الحلقية Nt وعزوم الإنعطاف M المتولدة في جدران الخزان لمختلف حالات اتصال الجدار مع القاعدة .

حساب التسليح في حالة الاتصال المفصلي : مساحة التسليح الأفقية والشاقولية الدنيا تساوي:

$$A_{smin} = 0,0025 \times 250 \times 1000 = 625mm^2$$

نختار 10T10/mL

التسليح الأفقي الحلقوي يحسب بتقسيم جدار الخزان الى شرائح مترية من العلاقة التالية :

$$A_s = \frac{Nt}{\sigma_s} = \frac{Nt}{220}$$

نبدل قيم Nt من الجدول فنحصل على :

$$A_{s1} = \frac{117 \times 1000}{220} = 532mm^2 ,$$

$$A_{s2} = \frac{234500}{220} = 1066 mm^2$$

$$A_{s3} = 1400mm^2, \quad A_{s4} = 1386mm^2, \quad A_{s5} = 670mm^2$$

نختار فولاذ التسليح كما مبين في الجدول التالي :

القضبان المختارة	As	Nt	الشريحة
	mm2	KN/Ml	
10T10	532	117,5	1
10T12	1066	234,5	2
10T14	1400	308,5	3
10T14	1386	305	4
10T12	670	147	5

حساب التسليح الشاقولي يتم بالعلاقة التالية:

$$A_s = \frac{M}{\sigma_{s,0,8t}} = \frac{11,7 \times 10^6}{220 \times 0,8 \times 250} = 266 \text{mm}^2 < A_{s_{\min}} = 625 \text{mm}^2$$

لذلك نأخذ تسليحاً إنشائي شاقولي $10T10/mL$

التحقق من الإجهادات الشادة في البيتون :

$$\sigma_{t \max} = \frac{N_{t \max} + \epsilon_{sh} \cdot E_s \cdot A_s}{A_c + n \cdot A_s}$$

$$\sigma_{t \max} = \frac{308,5 \times 10^3 + 0,0002 \times 210000 \times 1539}{250000 + 10 \times 1539} = 1,40 < 1,79 \text{MPa}$$

إذاً الإجهادات في البيتون محققة .

حساب التسليح في حالة الانصال بشكل وثيقة :

حساب مساحة التسليح الأفقي في حالة الوثاقفة يتم بتقسيم الجدار إلى شرائح مترية كما هو مبين في الجدول التالي :

القضبان المختارة	A_s mm ²	N_t KN/mL	الشريحة
10T10	557	122,5	1
10T12	970	214	2
10T12	1080	238,5	3
10T12	905	199	4
10T12	210	46	5

مساحة التسليح الشاقولي بحسب كما يلي :

$$A_s = \frac{28 \times 10^6}{220 \times 0,8 \times 250} = 636 \text{mm}^2 \rightarrow 6T12/mL$$

التحقق من الإجهادات الشادة في البيتون الناتجة عن العزم :

$$\sigma_t = \frac{6M}{b \cdot t^2} = \frac{6 \times 28 \times 10^6}{1000 \times 250 \times 250} = 2,69 > 2,55 \text{MPa}$$

إذا الإجهادات الشادة المتولدة في البيتون والناتجة عن العزم في أسفل الخزان غير محققة ، لذلك نلجأ إلى إنشاء شطفة في أسفل الجدار بعرض إضافي 25 cm وارتفاع 25cm فتصبح الإجهادات في البيتون (في متوسط ارتفاع الشطفة):

$$\sigma_t = \frac{6 \times 28 \times 10^6}{1000 \times 375 \times 375} = 1,19 \ll 2,55 \text{MPa}$$

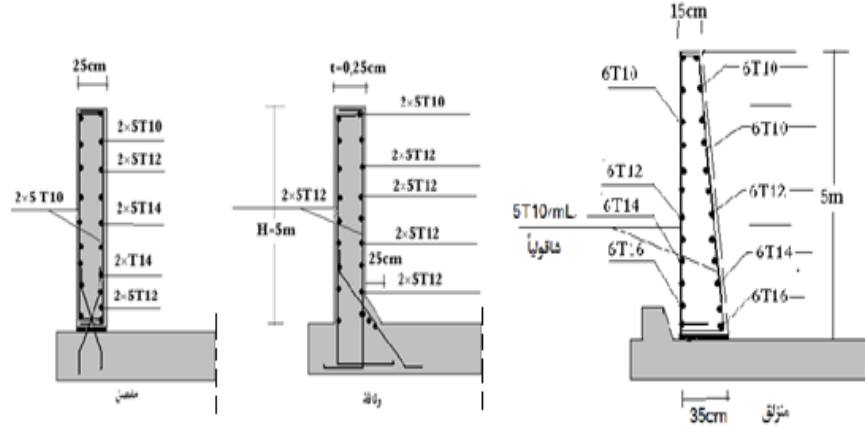
عند نهاية الشطفة :

$$\sigma_t = \frac{6 \times \frac{28+7,2}{2} \times 10^6}{1000 \times 250 \times 250} = 1,69 \ll 2,55 \text{MPa}$$

الإجهادات محققة .

باعتبار القوة الحلقية في هذه الحالة (الوثاقه) أقل من حالة الاتصال المفصلي، إذا الإجهادات الشادة بالاتجاه الأفقي محققة .

ملاحظة : لم ندخل الوزن الذاتي للجدار عند التحقق من الإجهادات الشادة الناتجة عن العزوم، وهذا لصالح الأمان .



الشكل(3-14) يبين تسليح الجدار في حالتي الاستناد على القاعدة بشكل منزلق أو وثاقه أو مفصل .