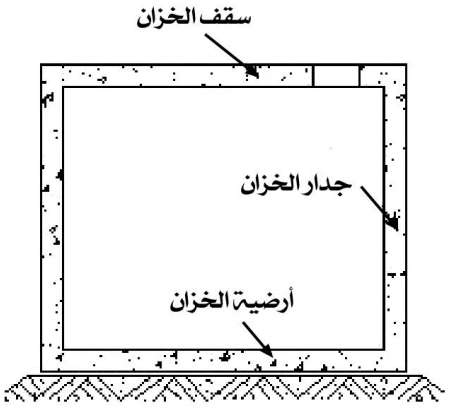
1- أنواع الخزانات الخرسانية:

الخزانات الخرسانية هي منشآت هندسية تستخدم لتخزين المواد السائلة، كمياه الشرب والزيت والنفط وغيرها.

وتظهر مقاطع هذه الأنواع من الخزانات الأفقية والرأسية بشكل مستطيل أو مربع أو اسطواني.

وتختلف الخزانات عن الأحواض المستخدمة كأحواض سباحة أو محطات لمعالجة المياه وغيرها كون الخزانات مغطاة وتتكون من العناصر الآتية:

- الأرضية (Floor).
- الجدران (Walls).
- السقف (Roof). شكل (1)



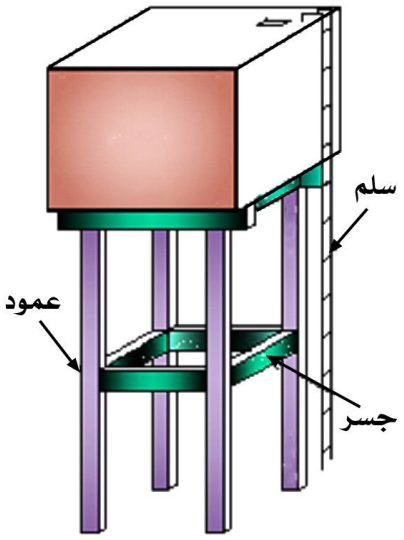
شكل (1)
قطاع رأسي لخزان خرساني أرضي

وتسمى الخزانات الخرسانية المستطيلة بحسب موقع إنشائها أو بشكل أبعادها إلى:

1-1 أنواع الخزانات حسب موقعها:

1-1-1 الخزانات المرتفعة:
(Elevated tanks)

تقام هذه الخزانات فوق هيكل خرساني يتكون من الأعمدة الشاقولية أو المائلة، وتربط فيما بينها بجسور على مناسيب مختلفة حسب ارتفاعها. وتستخدم غالباً في تخزين مياه الشرب وخاصة في مناطق التجمعات السكانية، شكل (2).



شكل (2)
خزان خرساني مرتفع

2-1-1 الخزانات الأرضية: (Ground Tank)

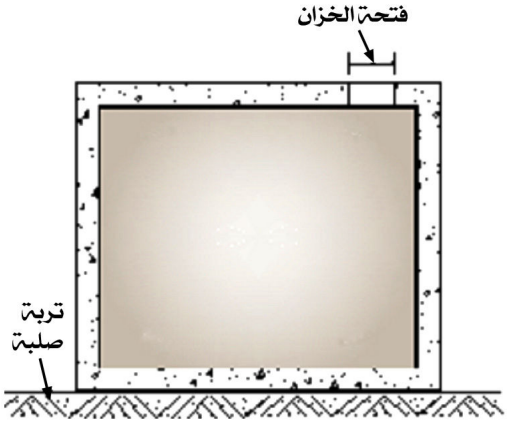
تكون هذه الأنواع من الخزانات موضوعة على سطح الأرض أو مغمورة جزئياً أو كلياً في التربة. وتقسم الخزانات الأرضية حسب وضعها على الأرض كما يلي:

أ- خزانات على سطح الأرضية:

تـنفذ الخـزانات علـى سـطح الأرض حـسب طريقة إسنادها وفق ما يلي:

- خزانات تسند مباشرة على الأرض وذلك في حالـة أن التربة التي يقام عليها الخزان صلبة وجافـة، ويـنفذ علـى أسـاس (فرشـة) مـن الخرسـانة العاديـة بـسمك (10-15) سـم وتبـرز 20 سم من وجـه الجدار في جميع الاتجاهات، شكل (3).

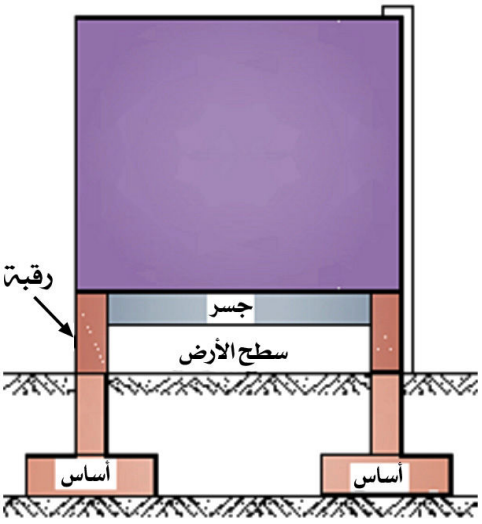
وهذا النوع من الخزانات سيكون موضوع هذه الوحدة إنشاء الله.



شكل (3)

خزان على ارض صلبة

- خزانات تسند على عناصر خرسانية وذلك في حالـة أن التربة رطبة ومقاومتها ضعيفة، حيث ينفذ هذا النوع فوق أساسات خرسانية منفصلة على أن يرتفع بمقدار (1) متر من سطح الأرض، مستنداً على جسور ورقاب خرسانية، شكل (4).



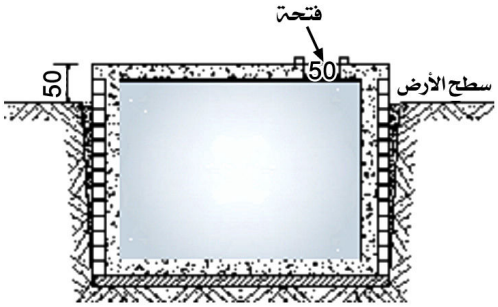
شكل (4)

خزان ارضي بهيكل خرساني

ب- خزانات تحت سطح الأرض:

(Ground Tank Under)

ينفذ هذا النوع تحت سطح الأرض بأحجام مختلفة ولأغراض متعددة، حيث يتم الحفر في التربة بحسب الأبعاد المطلوبة للخزان مع الأخذ في الاعتبار المساحة اللازمة لإقامة الجوانب الخارجية لقالب الخزان، سواء كانت هذه الجوانب من الخشب أو البلك، كما يتم رفع سقف الخزان بمقدار 50 سم على الأقل من سطح الأرض، شكل (5).



شكل (5)

خزان تحت سطح الأرض

2-1 أنواع الخزانات حسب أبعادها:

ويعتمد هذا الوصف على العلاقة بين ارتفاع جدران الخزان إلى طول وعرض أرضيته.

أ- الخزانات الضحلة: (Shallow Tanks)

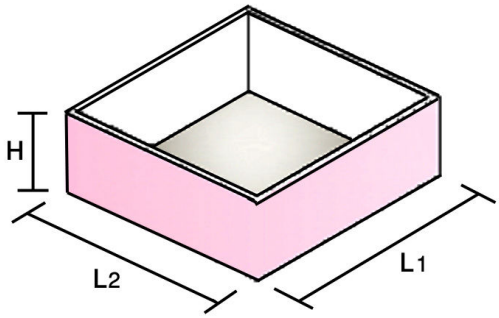
ويسمى هذا النوع بالخزانات الضحلة عندما يكون ارتفاع الخزان أقل أو يساوي نصف طول أو عرض أرضيته، شكل (6).

$$H \le 0.5L1 \quad or \quad 0.5L2$$

حيث أن:

H ارتفاع الخزان.

L1,L2 أبعاد أرضية الخزان.



شكل (6)

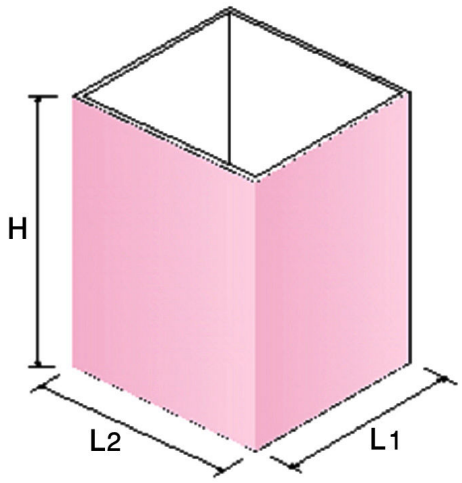
خزان ضحل

وفي هذا النوع فإن الحمل الناتج من ضغط السوائل (الماء) سوف ينتقل ويقاوم في الاتجاه الرأسي للجدران فقط (كابولي).

ب- الخزانات العميقة: (Deep Tanks)

يُطلق على الخزان عميق إذا كان ارتفاع الخزان أكبر من ضعف طول أو عرض أرضيته. والقوى المؤثرة على الجدران تنتقل في الاتجاه الأفقي، شكل (7).

$$H > 2L1 \quad or \quad 2L2$$



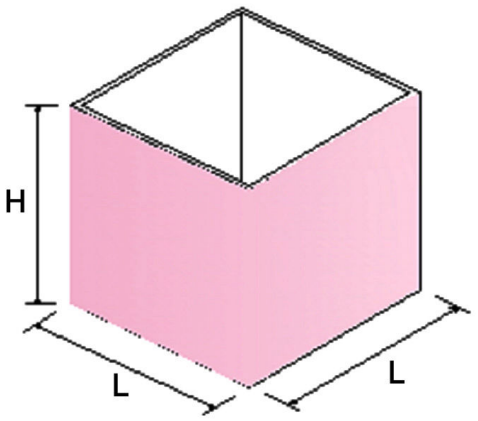
شكل (7)
خزان عميق

ج- الخزانات المتوسطة: Medium Tanks

ويسمى هذا النوع خزان متوسط عندما يكون ارتفاع الخزان يساوي طول وعرض قاعدته أو عندما يكون ارتفاعه إلى عرضه أو طوله أكبر من 0.5 ولا يزيد عن 2، شكل (8).

$$(2L \geq H \geq 0.5)$$

والضغوط الهدروستاتيكية المؤثرة على الجدران تنتقل وتقاوم في كل من الاتجاه الأفقي والرأسي للجدار.



شكل (8)
خزان مكعب

2- وظائف (أهمية) حديد التسليح في الخزانات المستطيلة:

الخزانات الخرسانية المستطيلة: هي تركيب إنشائي مكون من عدة عناصر (members) أفقية مثل أرضية وسقف الخزان وعناصر رأسية مثل الجدران. ومتصلة فيما بينها بشكل متعامد عبر نقاط اتصال تسمى بالعقد (Joints) أو الزوايا.

حيث تتعرض عناصر الخزانات الخرسانية المستطيلة إلى قوى انعطاف (قوى شد) ناتج من تأثير ضغط الماء عليها. وكما هو معروف فان الخرسانة بشكل عام ضعيفة لمقاومة الشد وللتغلب على هذا الضعف يضاف حديد التسليح في عناصر لخزانات وفقاً لطبيعة عملها (لوظيفتها) في تلك العناصر، حيث يكون حديد التسليح فيها رئيسياً وقد يكون ثانوياً.

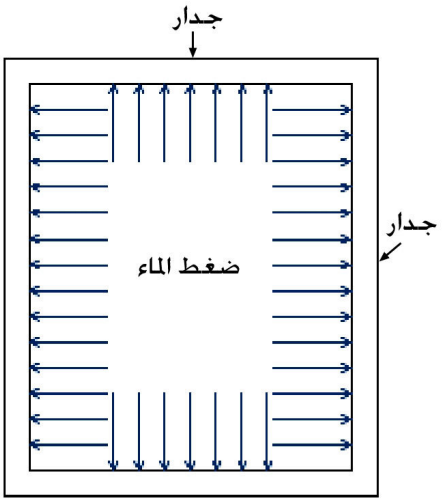
1-2 حديد تسليح الجدران: (R. of Wall)

جدران الخزانات المستطيلة: عبارة عن جدران مستطيلة أو مربعة الشكل. وعند ملأها بالماء أو أي سائل آخر. تتعرض جدران الخزانات المستطيلة إلى قوى انعطاف (bending) في اتجاهين. حيث قد تكون الجدران عرضه للانعطاف (الانحناء) الأفقي على شكل شريط مثبت على أركان الخزان، شكل (9- أ).

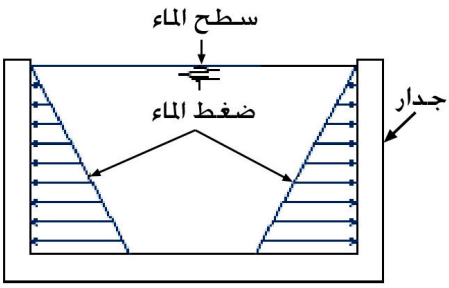
أو تكون عرضه للانعطاف الرأسي على شكل بلاطة معلقة (كابولى). ارتفاع الجدار يعتبر معلق على أرضية الخزان، شكل (9- ب).

ويمكن تحديد اتجاه هذه القوى التي ستتعرض لها جدران أي خزان من العلاقة بين أبعاد الخزان.

وتأتي أهمية تحدد اتجاه قوى الانعطاف الناتجة من ضغط المياه على الجدران في تحديد مواضع واتجاه حديد التسليح الرئيسي في الجدران لمقاومة تلك القوى.



أ- الضغط الأفقي على الجدران



ب- الضغط الرأسي على الجدران

شكل (9)

الضغط الأفقي والرأسي على الجدران

أ- التسليح الأفقي:

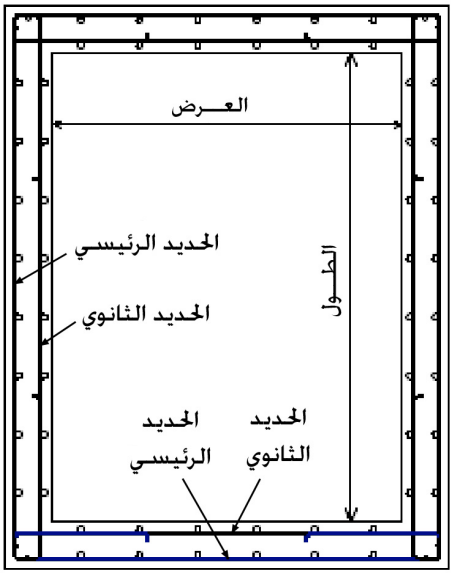
يعتبر الحديد الأفقي التسليح الرئيسي في الطبقة الخارجية لأي جدار إذا كان طول الخزان إلى عرضه أكبر من اثنين.

(الطول/ العرض) > 2

ويسمى حديد رئيسي، لأنه يقاوم الانعطاف الأفقي في الجدران الناتجة من ضغط المياه عليها.

أما الحديد الأفقي المقابل له في الطبقة الداخلية يعتبر ثانوي لأنه يوضع فقط لمقاومة إجهادات التقلص (الانكماش) فقط، شكل (10).

وفي هذه الحالة تشبه جدران الخزن البلاطات الأفقية المستمرة، وأركان الخزان تمثل المساند.



شكل (10)

الحديد الأفقي في الجدران

ب- التسليح الرأسي:

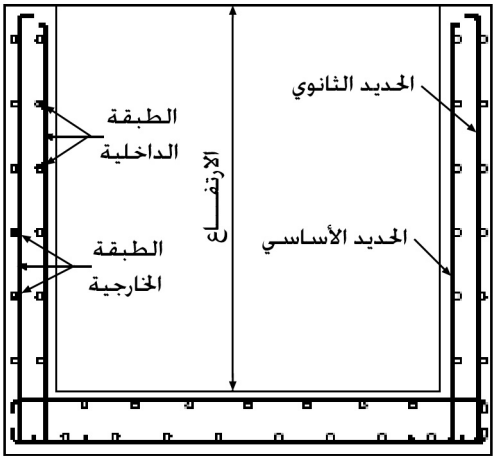
يعتبر الحديد الرأسي التسليح الرئيسي في الطبقة الداخلية لأي جدار إذا كان طول الخزان إلى عرضه أقل من اثنين.

(الطول/العرض) < 2

وكذلك يسمى حديد رئيسي لأنة يقاوم انعطاف الجدران الرأسي الناتجة من ضغط المياه.

أما الحديد الرأسي المقابل له في الطبقة الخارجية يعتبر ثانوي لأنه يوضع فقط لمقاومة إجهادات التقلص (الانكماش) وفروق درجات الحرارة، شكل (11).

في هذه الحالة يشبه الجدار بلاطة معلقة (كابولي) وتعتبر أرضية الخزان مسند الجدار الكابولي.



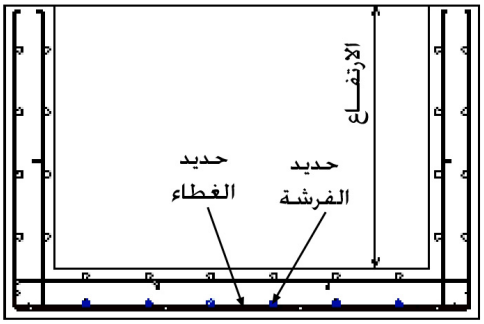
شكل (11)

الحديد الرأسي في الجدار

2-2 حديد تسليح أرضية الخزان:

تتعرض أرضية الخزان إلى حمل موزع ناتج من وزن السائل الموجود في الخزان والوزن الذاتي لبلاطة الأرضية كما تتعرض إلى قوي رأسية ناتجة عن رد فعل التربة من أسفل إلى أعلى.

ويوزع حديد التسليح فيها باعتبار أنها بلاطة مثبتة من الأطراف الأربعة. ويتكون حديد التسليح في أرضية الخزان من طبقتين هي:



شكل (12)
حديد الطبقة السفلية

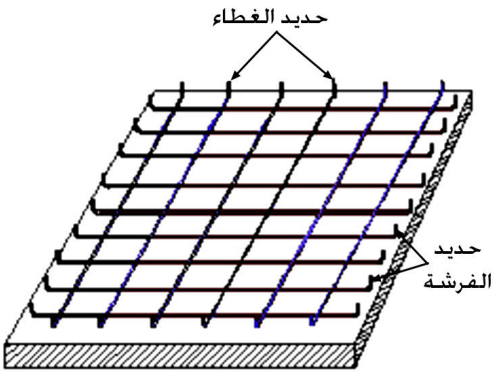
2-2-1 الطبقة السفلية:

يوزع حديد التسليح في الطبقة السفلى لأرضية الخزان؛ لمقاومة عزم الانعطاف في الاتجاهين العرضي والطولي بحسب شكل بلاطة أرضية الخزان كما يلي: شكل (12)

أ- البلاطة المستطيلة:

- حديد الفرشة: ويسمى الحديد الرئيسي أيضاً ويقاوم فقط عزم الانحناء الأكبر في الاتجاه القصير لأرضية الخزان.
- حديد الغطاء: ويسمى الحديد الثانوي، ويقاوم أيضاً عزم الانحناء الأصغر.

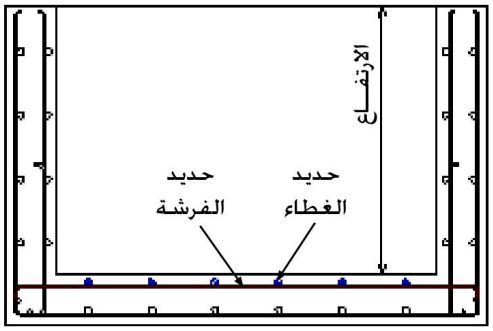
شكل (13).



شكل (13)
حديد الطبقة السفلية

ب- البلاطة المربعة:

يوزع حديد التسليح فيها بشكل متساوي في الاتجاهين، ويطلق على الحديد في الاتجاهين بالحديد الرئيسي.



شكل (14)
حديد الطبقة العلوية

2-2-2 الطبقة العلوية:

يوزع حديد التسليح في الطبقة العلوية لأرضية الخزان لمقاومة عزم الانعطاف عند أطراف البلاطة في الاتجاهين العرضي والطولي بحسب شكل بلاطة أرضية الخزان أيضاً، شكل (14).

3-2 حديد تسليح زوايا الخزان:

بالرغم من أن قوى الضغط الهيدروستاتيكية الواقعة على الجدران وأرضية الخزان تقاوم في الاتجاه الرأسي والأفقي إلى أنها سوف تولّد عزم انحناء عند الأركان (الزوايا الأفقية بين الجدران المتعامدة) بالإضافة إلى تولد قوى شد عمودية بين الجدران

ولذلك فإن هذه الزوايا تحتاج إلى إضافة قضبان تسليح بأشكال معينة، تكون ربط جاسئ في منطقة اتصال عناصر الخزان، وتتوافق مع توفير حديد التسليح بطريقة اقتصادية في المكان التي يحتاج إلى وجودها فقط.

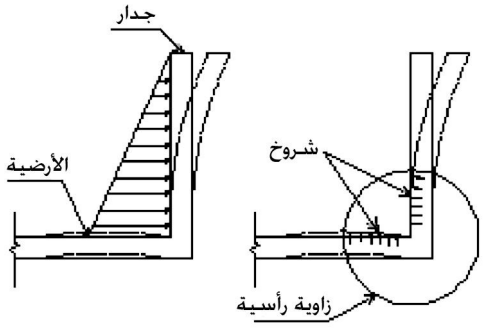
2-3-1 الزوايا الرأسية بين الجدران والأرضية:

ضغط الماء على الجدران الرأسية للخزان يبدأ من الصفر على سطح الماء ويصل إلى أقصى قيمة عند قاع الخزان وعليه فإن هذه المنطقة تكون معرضة إلى أقصى عزم انحناء عند قاع الجدار وخاصة في حالة الجدران الكابولية.

(الطول/العرض < 2)

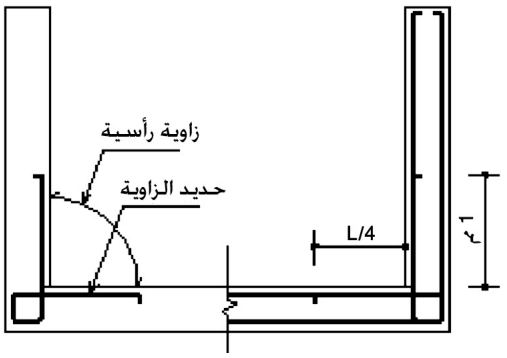
كما تتعرض هذه المنطقة إلى قوة شد عمودية على أرضية الخزان، وتسبب هذه القوى التشكيلات والشروخ في منطقة الزاوية الرأسية. ويمتد الحديد الذي يقاوم تلك الشروخ في الجدران وعلى الأخص الطبقة الداخلية على مسافة متر أو (h/3) الأكبر من أرضية الخزان. ويمتد الحديد أيضاً على الطبقة العلوية لأرضية الخزان على مسافة لا تقل عن (L/4) من الوجه الداخلي للجدار، شكل (15).

وبسبب أن الضغط في أسفل الجدار (في الزاوية) أكبر من وسط وأعلى الجدار فإن هذه المنطقة تحتاج إلى إضافة حديد تسليح مكسح؛ لمنع حدوث التشكلات والشروخ فيها، وبحسب الشكل والعدد المطلوب في المخطط، شكل (16).



شكل (15)

تشكل زوايا (أركان) الخزان

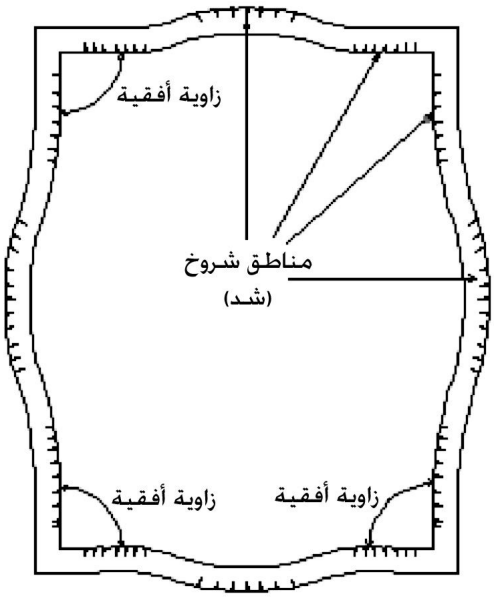


شكل (16)

حديد تسليح الزوايا الرأسية

2-3-2 الزوايا الأفقية بين الجدران:

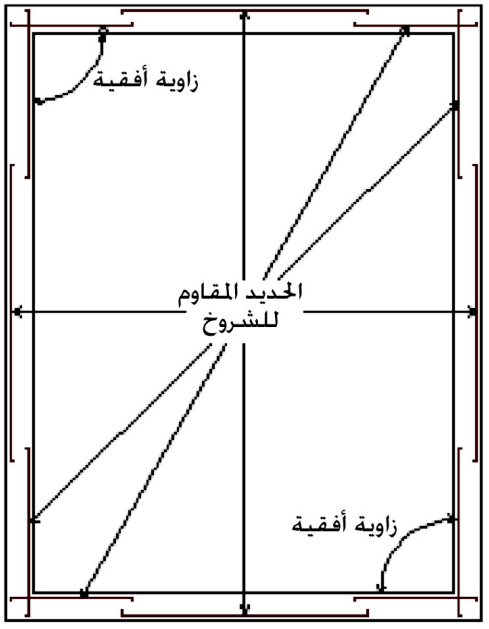
تتعرض الزوايا الأفقية بين الجدران إلى قوى شد عمودية على الجدران بالإضافة إلى عزم انحناء وتزداد أهمية هذه القوى إذا كان طول الخزان إلى عرضه أكبر من 2، ولتوضيح ذلك فإن ضغط الماء الأفقي (الجانبي) على الجدران الطويلة يسبب قوى شد (عزم انعطاف)على أطراف الجدران المتعامدة من الداخل. وفي نفس الوقت يحدث قوى شد في منتصف الجدار على الحافة الخارجية منه ينتج عنها (شروخ)، شكل (17).



شكل (17)

تشوهات نقص حديد التسليح

وبسبب حدوث تلك القوى في الزوايا الأفقية بين الجدران المتعامدة يجب توزيع حديد التسليح المستمر ثم يضاف حديد مكسح لإكمال الأعداد المطلوبة في التصميم وبحيث تمتد على مناطق حدوث الشروخ وبشكل اقتصادي، شكل (18).



شكل (18)

حديد تسليح الزوايا الرأسية

3- أنواع حديد التسليح ومجال استعمالها:

هناك كثير من أنواع حديد التسليح المستخدم في تسليح عناصر المنشآت الخرسانية ويتم اختيار أنواع حديد التسليح في تصميم وتنفيذ الخزانات والمنشآت الأخرى تبعاً لما يأتي:

1-3 مقاومة الحديد:

أ- **الحديد العادي:** المقاومة القصوى للشد بين (280-350) نيوتن/ مم^2 ويستخدم على نطاق واسع للكانات وشبكات البلاطات وفي تسليح عناصر الخزانات والمباني ذات الأحجام الصغيرة.

ب- **الحديد عالي الجهد ذو نوعات:** يفضل استخدام حديد صلب عالي المقاومة للشد (500– 600) نيوتن/ مم^2 ويستخدم لمختلف العناصر الإنشائية ويتم اختيار قوة الحديد من قبل المصمم الإنشائي.

2-3 أسطح القضبان:

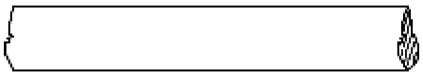
أ- حديد أملس واهم مميزاته:

- سهل القص والتشكيل.
- يصنع غالباً بأقطار صغيرة.
- مسافة التشريك بين القضيبين المتصلين لا تقل عن ∅40cm.

ب- حديد ذو نتوءات واهم مميزاته: شكل (19)

- عالي المقاومة.
- يصنع بأقطار مختلفة وبأطوال (6-12) متراً.
- مسافة التشريك لا تقل عن ∅20cm.
- النتوءات السطحية تساهم في زيادة قوة التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح. لذا لا يكون هناك حاجة لثني نهايات القضبان على شكل بواكير.

قضيب ذو نتوءات



قضيب أملس

شكل (19)
أنواع حديد التسليح

3-3 أقطار القضبان:

لا يزيد قطر ∅ أكبر سيخ مستعمل في عناصر الخزانات عن (T0.1) القيمة الآتية:

$$\varnothing \leq R\ (Uz/Fs)\ \varnothing \times 106$$

حيث إن:

R= معامل يعتمد على نوع سطح قضبان التسليح
60 للقضبان الملساء 120 للمحززة.

Uz= نسبة مساحة حديد إلى مساحة الخرسانة.

Fs = مقاومة حديد التسليح

T = سمك القطاع الخرساني.

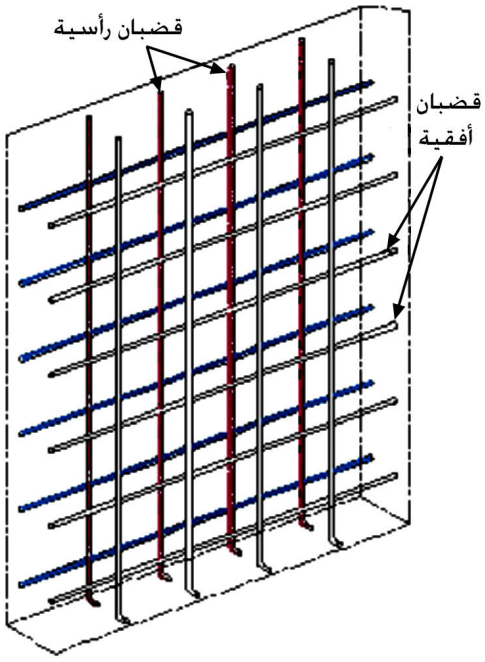
∅ = قطر الحديد.

4- طرق تسليح الخزانات المستطيلة:

يشكل ويوزع حديد التسليح الرئيسي في عناصر الخزان على المناطق المعرضة لقوي الشد المنقولة من ضغط المياه في الاتجاه الرأسي والأفقي بعدة طرق لكي توزع في هذه المناطق بشكل يضمن وجود الحديد اللازم فيها وبأقل كمية ممكنة من حديد التسليح. وأغلب طرق تسليح الخزانات المستطيلة هي:

4-1 قضبان التسليح المستقيمة:

يوزع الحديد الرأسي والأفقي في الجدران وكذلك حديد الفرش والغطاء في الأرضية بشكل مستقيم ومتعامد. وبحيث تبقى جميع القضبان في العنصر ولا تمتد إلى العنصر المجاور، شكل (20).



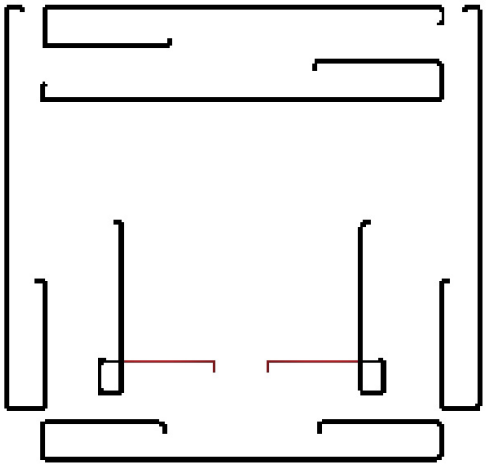
شكل (20)
قضبان تسليح مستقيمة

4-2 قضبان التسليح المكسحة:

تأتى أهمية تشكيل وتكسيح قضبان التسليح في توثيق عقد (زوايا) اتصال عناصر الخزان، حيث يتطلب تشريك قضبان التسليح بين الجدار وأرضية الخزان أو بين الجدران المتعامدة وهذا يتطلب تشكيل قضبان هذه المناطق (العقد) بأشكال تحقق ذلك، شكل (21).

كما تأتى أهمية تشكيل قضبان التسليح في أن القضيب الواحد يمكن أن يغطي بعد تشكيله أكثر من منطقة شد مختلفة المواضع في وجهي العنصر الواحد أو في عناصر الخزان المتصلة وبأقل طول ممكن لقضيب التسليح.

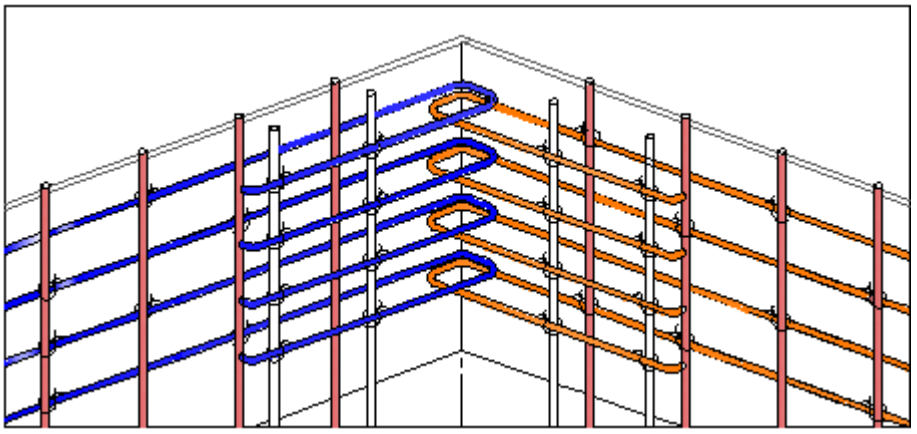
ولمزيد من التوضيح عن أهمية تشكيل قضبان التسليح في توزيع القضبان على عناصر الخزان حسب العدد المطلوب في المخطط:



شكل (21)
بعض أشكال قضبان التسليح

أ- بعض طرق توزيع قضبان التسليح المستقيمة والمكسحة (المعطفة) في عناصر الخزانات:

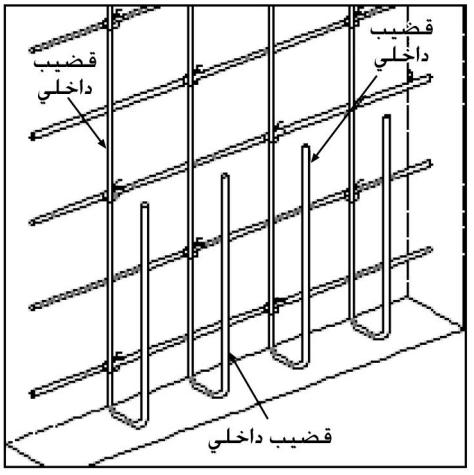
* تشكل قضبان تسليح الجدران الأفقية بشكل كابولي بحيث يمتد القضيب الواحد في الطبقة الخارجية للجدار؛ لمقاومة قوى الانعطاف الموجبة في منتصفة بينما طرفي القضيب المكسحة (ثني طرفي القضيب بزاوية 180°) تمتد في الطبقة الداخلية للجدار لمقاومة قوى الانعطاف الموجبة السالبة على طرفي الجدار عند زوايا الخزان الأفقية، شكل (22).



شكل (22)

حديد كابول أفقي

* تشكل قضبان التسليح الرأسي من طرف واحد لكي يمتد القضيب في الطبقة الخارجية للجدران لمقاومة قوى التقلص، بينما الطرف المكسحة يمتد في الطبقة الداخلية للجدار لمقاومة قوى الانعطاف أسفل الجدار (الكابولى)، شكل (23).

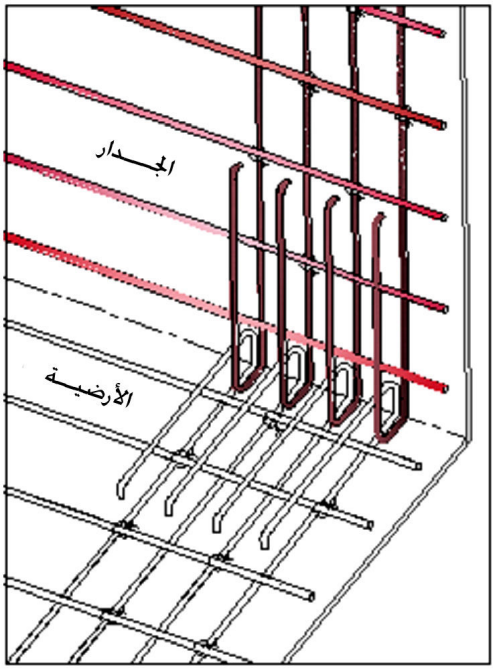


شكل (23)

حديد كابول رأسي

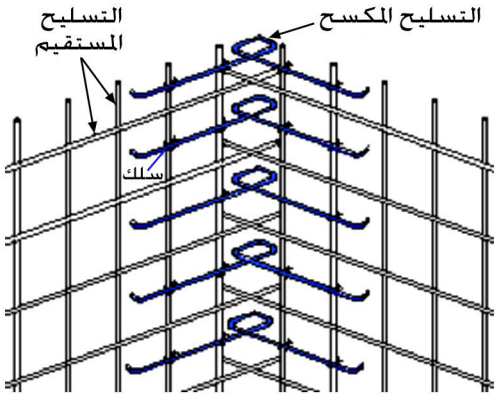
* يُشكل حديد الفرش والغطاء في الطبقة السفلية بشكل كابولي من الطرفين لمقاومة قوى الانحناء في منتصف بحر أرضية الخزان ويمتد إلى أعلى عند طرفي أرضية الخزان حتى الطبقة العلوية لكي يقاوم أيضاً قوى الانحناء السالبة.

وفي هذه الطريقة لا يحتاج إلى إضافة قضبان التسليح في الزوايا الرأسية والأفقية للخزان لأن الكوابيل الممتدة من الطبقات الخارجية للجدران والممتدة أيضاً من الطبقة السفلية للأرضية والقضبان الرأسية الداخلية تساوي العدد المطلوب لتسليح الزوايا، شكل (24).



شكل (24)
تسليح الزوايا الرأسية

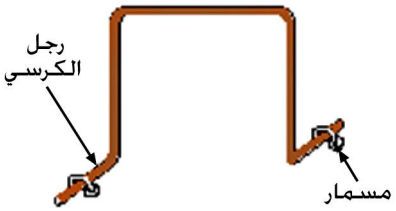
* وفي هذه الطريقة يوزع الحديد الرأسي والأفقي في الجدران وكذلك حديد الفرش والغطاء في الأرضية بشكل مستقيم ومتعامد. وبحيث تبقى جميع القضبان في العنصر ولا تمتد إلى العنصر المجاور. ثم يتم إضافة حديد مكسح في زوايا الخزان على طبقات التسلح الداخلية للجدران وعلى الطبقة العلوية لأرضية الخزان لإكمال العدد المطلوب واللازم لتسليح زوايا الخزان، شكل (25).



شكل (25)
تسليح الزوايا الأفقية

5- وظائف الكراسي والقضبان المساعدة:

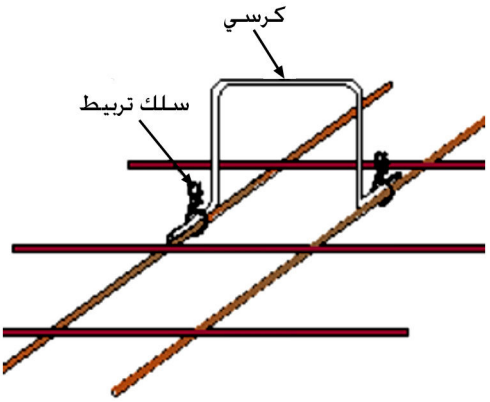
تستعمل الكراسي الحديدية في كثير من العناصر الإنشائية والتي تتضمن أكثر من طبقة تسليح، حيث توزع الكراسي اللازمة على مسافات منتظمة على القالب الخشبي وتثبت فيها بغرز المسامير على القالب وثنيها حول أرجل الكرسي، شكل (26).



شكل (26)

كرسي مثبت بمسامير

أو تثبت على حديد التسليح وذلك بربطها على قضبان تسليح الطبقة الأولى بواسطة أسلاك التربيط، شكل (27).



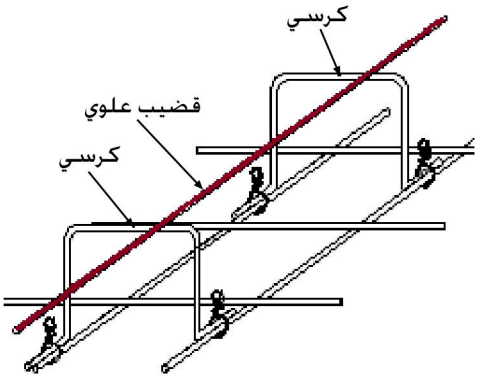
شكل (27)

كرسي مثبت بأسلاك

وأهم وظائفها:

أ- حمل حديد تسليح الطبقة الداخلية للجدران والطبقة العليا للأرضيات والأسقف، شكل (28).

ب- التحكم وضبط المسافة بين طبقات التسليح ومنع أزاحتها من مواقع تثبيتها أثناء عملية الصب والدمك (الهز اليدوي أو الميكانيكي).



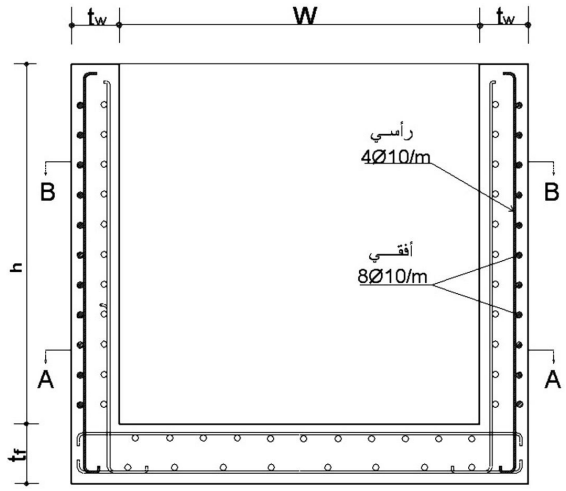
شكل (28)

كراسي حاملة

6- المخططات الإنشائية للخزانات:

1-6 أنواع المخططات:

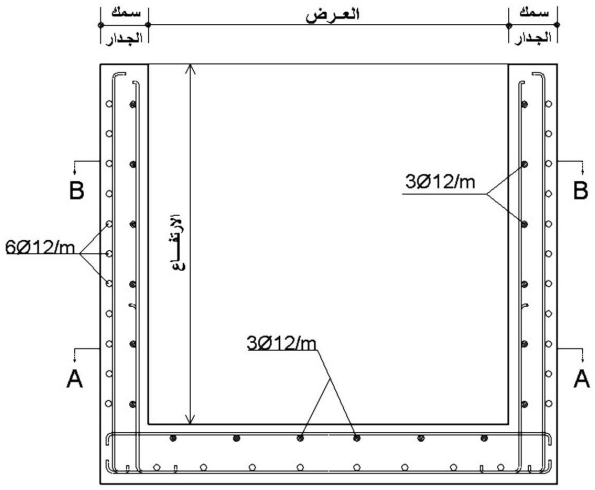
تـــتكون المخططـــات الإنـــشائية المستخدمة لتنفيذ وتسليح الخزانات من مقاطع إنشائية رأسية وأفقية للعناصر المكونة للخزان والتي يقوم بإنجازها مهندس إنشائي. ويبين فيها التفصيلات اللازمة عن تسليح عناصر الخزان مثل تحديد أبعاد عناصر الخزان وتحديد محتواها من حيث عدد وأقطار قضبان التسليح والمسافة بينها كما يرسم على القطاعات تفريد قضبان التسليح لتوضح شكل وعدد تشريك حديد التسليح للجدران مع الأرضية أو بين الجدران.



قطاع رأسي (A - A)

1-1-6 مخطط القطاع الرأسي للخزان:

وتعرض في هذا القطاعات موقع وعدد وشكل قضبان التسليح الرأسي والأفقي لكل من الجدارين المتقابلين وحديد الفرش والغطاء لأرضية الخزان حيث يمكن أن يرسم أكثر من قطاع رأسي لعناصر الخزان في الاتجاه الواحد وذلك لتوضيح الحديد الأفقي في وسط وأطراف الجدران، شكل (29).



قطاع رأسي (B - B)

شكل (29)

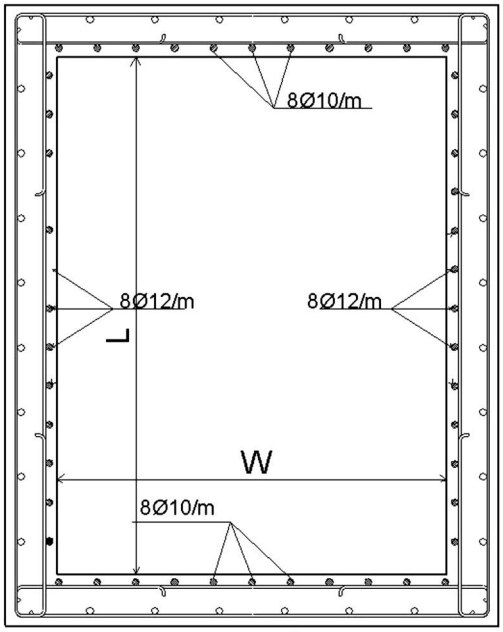
قطاعات إنشائية رأسية

2-1-6 مخطط القطاع الأفقي للخزان:

وترسم هذه المخططات من قطاع أو أكثر وعلى مسافات مختلفة من سطح أرضية الخزان لعرض اختلاف نوع وعدد قضبان الحديد الرأسية على تلك المستويات المختلفة.

أ- قطاع أفقي على ارتفاع أقل أو يساوي المتر من سطح الأرض.

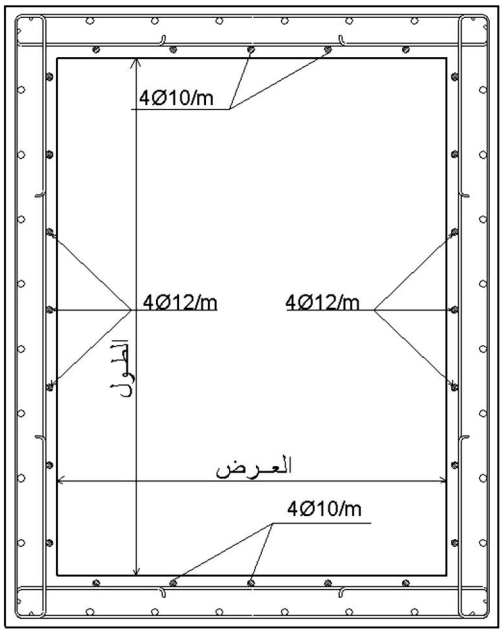
شكل (30) قطاع (A -A)



قطاع أفقي (A - A)

ب- قطاع أفقي على ارتفاع أكبر أو يساوي نصف ارتفاع الجدار من سطح أرضية الخزان.

شكل (30) قطاع (B - B)



قطاع أفقي (B - B)

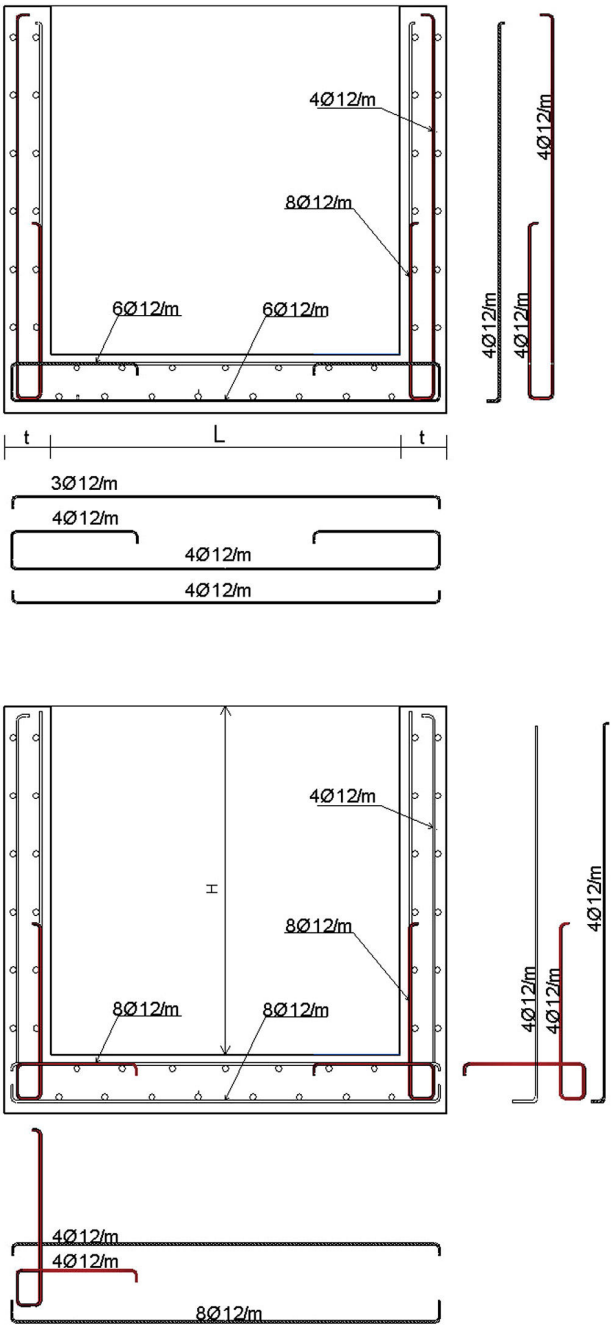
شكل (30)

قطاعات إنشائية أفقية

3-1-6 تفريد حديد التسليح:

في كثير من الحالات تكون هناك الحاجة إلى رسوم إنشائية تفصيلية يفرد فيها حديد التسليح لضمان دقة التنفيذ بالشكل المطلوب.

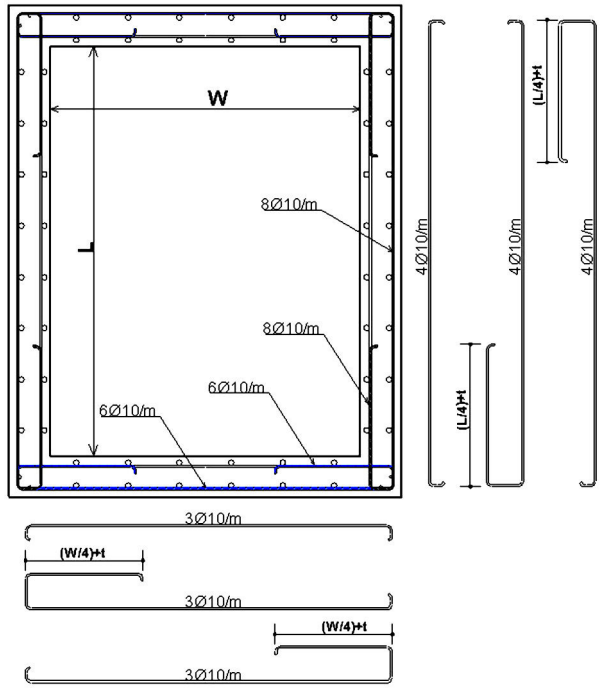
أ- **التفريد في القطاعات الرأسية:**
يفرد حديد التسليح في مخطط القطاع الرأسية للخزانات لتوضيح عدد وشكل الحديد الرأسي والمكسح (حديد التشريكة) للجدران وتسهيل قراءة وفهم تركيب وتكسيح، بحيث توزع قضبان حديد التسليح في المواقع والأماكن التي يحتاج وجودها فيها بطريقة اقتصادية وتتيح إمكانية حصر كميات حديد التسلح اللازمة لعناصر الخزان، شكل (31).

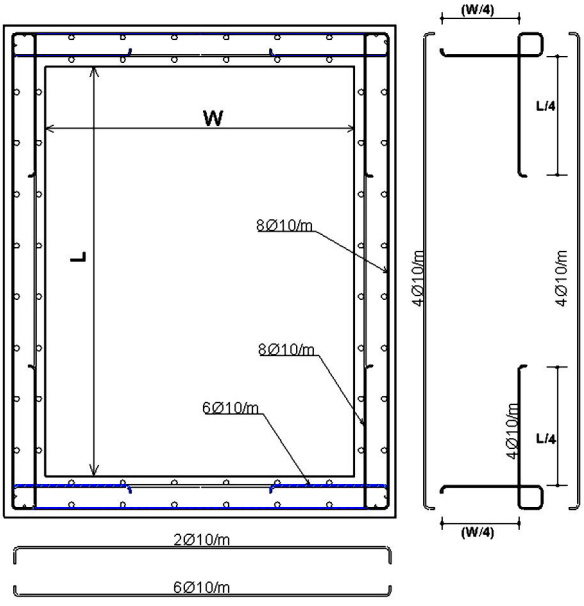


شكل (31)
تفريد الحديد في القطاعات الرأسية

ب- **التفريد في القطاعات الأفقية:**

في القطاع الأفقي للخزانات يفرد حديد تسليح الجدران المتعامدة لتفصيل الحديد الأفقي كي يمتد خلال المناطق المعرضة لقوى الشد على جانبي الجدار الواحد وكيفية ربط وتوثيق الجدران المتجاورة بقضبان التسليح المكسحة لمقاومة قوى الشد فيها بطريقة تمكن من توفير الحديد. كما يسهل تفرد حديد التسليح وحساب وتنفيذ أعمال حدادة عناصر الخزان، شكل (32).





شكل (32)

تفريد الحديد في القطاعات الأفقية

2-6 أهمية المخططات الإنشائية:

إن أهمية دراسة المخططات الخاصة بتسليح الخزانات بعناية من الأمور المهمة ليس فقط لضمان دقة تنفيذ ما ورد فيها من حيث نوع وعدد وشكل وموقع قضبان التسليح بل تظل مهمة أيضاً في حساب كميات التسليح والفحص والإشراف (مطابقة ما نفذ في الواقع مع ما هو مطلوب في المخططات) وأهم المعلومات التي يجب استقاؤها ومعرفتها من مخططات تسليح الخزانات هي:

1-2-6 قراءة أبعاد الخزان:

يستفاد من قراءة أبعاد عناصر الخزان في تحديد الأطوال اللازمة لقضبان تسليح عناصر الخزان وتقرأ الأبعاد من المخططات كما يلي:

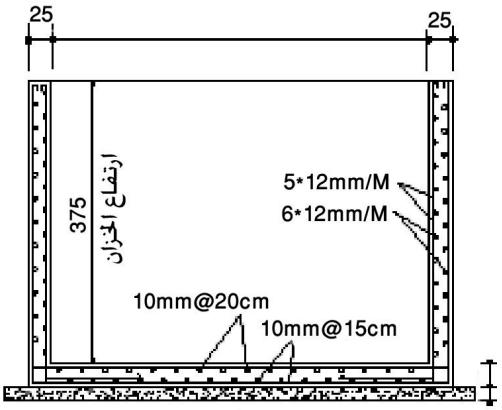
أ- ارتفاع وسمك الجدران وأرضية الخزان:

تقرأ أيضاً من القطاع الرأسي. شكل (33)

ارتفاع الجدران = 375 سم

سمك الجدران = 25 سم

سمك الأرضية = 25 سم



قطاع رأسي

ب- طول جدران ا لخزان تقرأ من القطاع الأفقي:

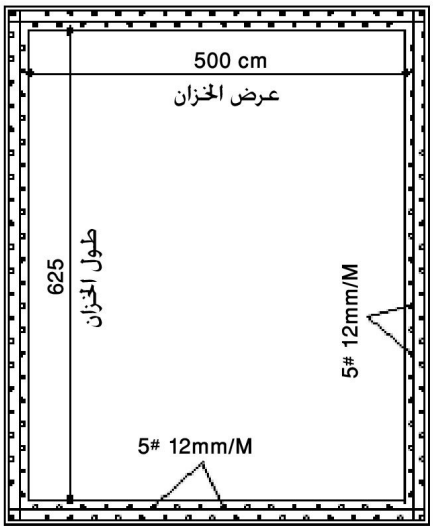
شكل (33)

الطول الصافي للجدار الطويل = 625 سم

الطول الصافي للجدار القصير = 500 سم

الطول الصافي لأرضية الخزان = 625 سم

العرض الصافي لأرضية الخزان = 500 سم



قطاع أفقي

شكل (33)

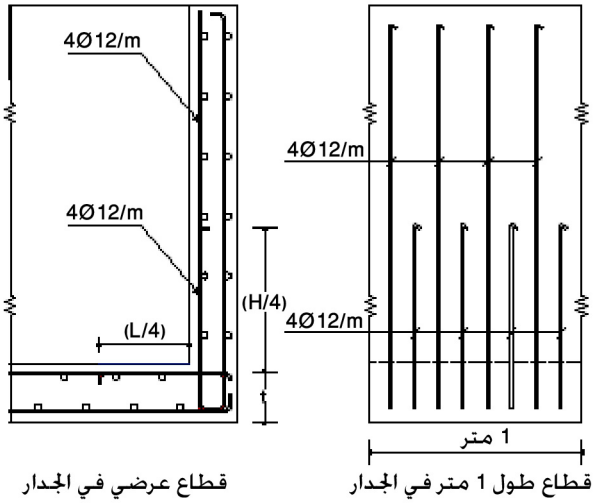
مخطط إنشائي لخزان مستطيل

2-2-6 قراءة نوع وعدد قضبان التسليح:

يكتب نوع وعدد قضبان التسليح اللازمة لكل عنصر إنشائي في المخططات الإنشائية بعدة طرق أهمها:

أ- عدد قضبان التسليح في المتر: شكل (34)

وتكتب في المخطط (6∅12/ المتر) وتقرأ عدد قضبان التسليح ستة قطر كل واحد منها (12) مم.



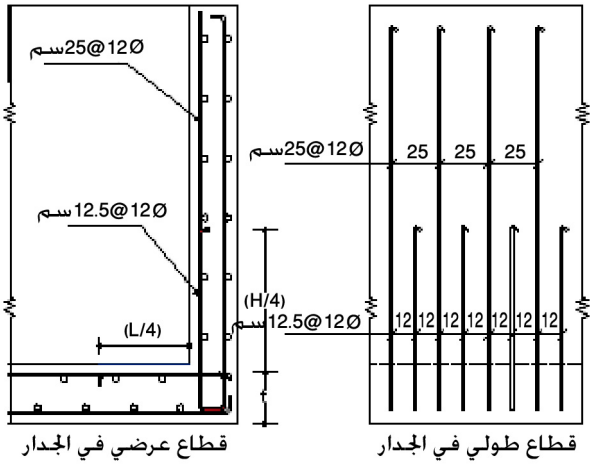
شكل (34)

توزيع قضبان التسليح في المتر

ب- المسافة بين قضبان التسليح: شكل (35)

وتكتب في المخطط (∅12 @ 20 سم) ويقرأ حديد التسليح قطر (12) مم لكل 20 سنتيمتر.

عدد القضبان في المتر = (100 / المسافة بين القضبان) سم



شكل (35)

المسافة بين القضبان

7- حساب طول وعدد قضبان تسليح عناصر الخزانات:

بعد قراءة مخطط القطاعات الإنشائية لعناصر الخزان ومعرفة طول وعرض جدران الخزان وكذلك معرفة عدد قضبان حديد التسليح الرأسي والأفقي في المتر الطولي يحسب طول وعدد القضبان اللازمة لكل جدار بحسب الخطوات الآتية:

1-7 حساب طول وعدد قضبان تسليح الجدران (Walls):

يتكون حديد تسليح جدران الخزانات من طبقتين خارجية وداخلية.

1-1-7 الطبقة الخارجية:

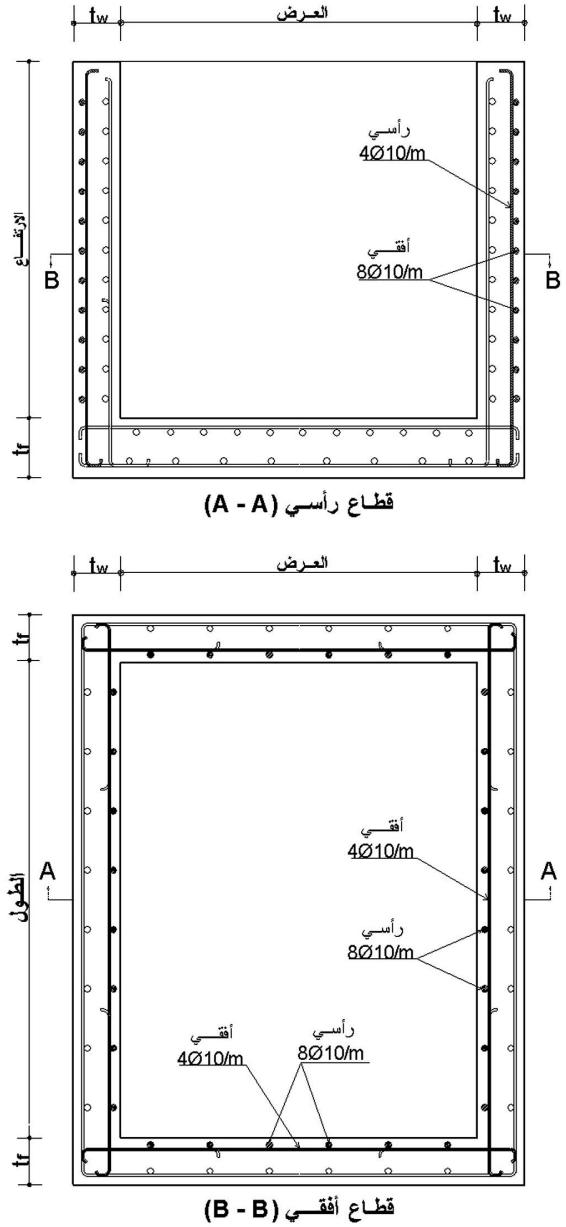
يوزع حديد الطبقة الخارجية لجدار الخزان في الاتجاهين الرأسي والأفقي.

أ- **الحديد الرأسي:** يأخذ عدد قضبان الحديد الرأسي من مخطط القطاع الرأسي أو الأفقي لجدران الخزان من الأسهم الموضحة في القطاعات، شكل (36).

- طول القضيب =
  ارتفاع الجدار + سمك الأرضية
- عدد القضبان =
  عددها في المتر × طول الجدار
- الطول الإجمالي =
  طول القضيب × عدد القضبان

ب- **الحديد الأفقي:** أيضاً يحسب طول وعدد القضبان الأفقية للطبقة الخارجية للجدار الواحد كما يلي:

- طول القضيب =
  طول الجدار + 2 × سمك الجدار
- عدد القضبان =
  عددها في المتر × ارتفاع الجدار
- الطول الإجمالي =
  طول القضيب × عدد القضبان



شكل (36)

مخطط إنشائي لخزان

2-1-7 الطبقة الداخلية:

يحسب طول وعدد قضبان تسليح الطبقة الداخلية للجدار الطويل والقصير من المخطط. شكل (37) كما يلي:

أ- الحديد الرأسي للجدار الطويل:

- طول القضيب =

ارتفاع الجدار+ سمك الأرضية (tf)

شكل (38)

- عدد القضبان =

عددها في المتر × طول الجدار

- الطول الإجمالي =

طول القضيب × عدد القضبان

ب- يحسب طول وعدد قضبان الحديد الرأسي للجدار القصير بنفس الطريقة.

ج- الحديد الأفقي للجدار الطويل:

- طول القضيب =

طول الخزان + 2 × سمك الجدار (tw)

- عدد القضبان =

عددها في المتر × ارتفاع الجدار

- الطول الإجمالي =

طول القضيب x عدد القضبان

د- الحديد الأفقي للجدار القصير:

- طول القضيب =

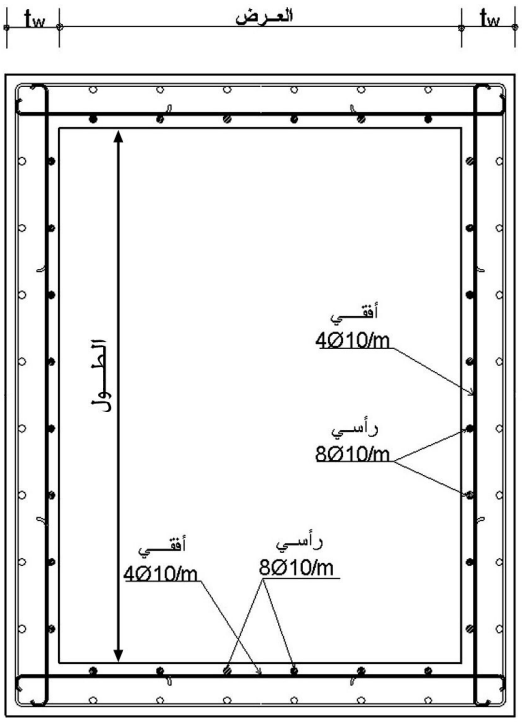
عرض الخزان + 2× سمك الجدار (tw)

- عدد القضبان =

عددها في المتر × ارتفاع الجدار

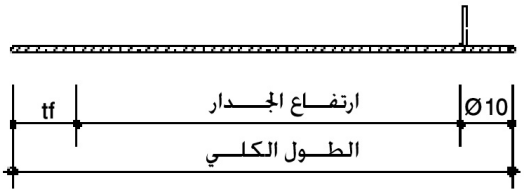
- الطول الإجمالي =

طول القضيب × عدد القضبان



شكل (37)

قطاع رأسي



شكل (38)

طول القضيب الرأسي

2-7 حساب طول وعدد قضبان تسليح أرضية الخزان (Tank's Floor):

يوزع حديد التسليح في بلاطة أرضية الخزان على طبقتين هي الطبقة السفلية والمتكونة من حديد الفرشة الذي يمتد في الاتجاه القصير وحديد الغطاء أيضاً الذي يمتد في الاتجاه الطويل، شكل (39).

1-2-7 الطبقة السفلية:

ويتكون حديد الطبقة السفلية من:

أ- **حديد الفرشة:** وهي قضبان التسليح التي تفرش أولاً على أرضية الخزان ويحسب طول وعدد قضبانها كما يلي:

- طول القضيب =
  عرض الخزان + 2× سمك الجدار
  شكل (40)
- عدد القضبان =
  عددها في المتر × طول الخزان
- الطول الإجمالي =
  طول القضيب × عدد القضبان

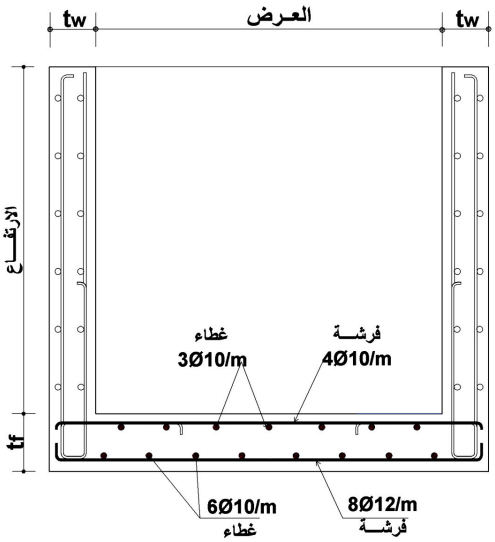
ب- **حديد الغطاء:** توزع بشكل عمودي فوق حديد الفرشة وتحسب كما يلي:

- طول القضيب =
  طول الخزان + 2 × سمك الجدار
  شكل (41)
- عدد القضبان =
  عددها في المتر × عرض الخزان
- الطول الإجمالي =
  طول القضيب × عدد القضبان

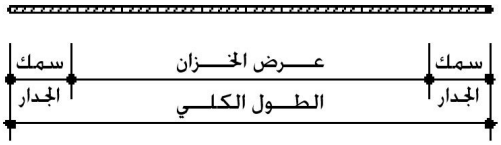
2-2-7 الطبقة العلوية:

يُحسب طول وعدد قضبان تسليح الطبقة العلوية لأرضية الخزان بنفس طريقة حساب حديد الطبقة السفلية.

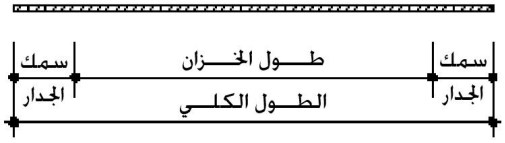
ملاحظة: يحسب طول وعدد قضبان تسليح أسقف الخزانات بنفس طريقة حساب أرضية الخزان.



شكل (39)
قطاع رأسي



شكل (40)
طول قضيب الفرش



شكل (41)
طول قضيب الغطاء

3-7 حساب طول وعدد قضبان تسليح الزوايا: (Corners)

وهي الزاوية القائمة التي تكون ملتقى بين جدران الخزان وبين الجدران وأرضية الخزان والذي يتم فيها إشراك حديد التسليح بين الجدران وأرضية الخزان لضمان توثيق اتصالهم مع بعض. ويمكن تقسيم نقاط الاتصال إلى:

1-3-7 الزوايا الرأسية: (Vertical Corner)

يقرأ طول وعدد الحديد المشترك بين الجدران وأرضية الخزان من مخطط القطاع الأفقي لجدران الخزان والذي يحدد موقع هذا القطاع على مسافة أقل من متر من أرضية الخزان، شكل (42).

أ- الاتجاه القصير:

- طول القضيب =

(tf + tw)2 +(H/3)+(W/4)

حيث أن:

W = عرض الخزان

H = ارتفاع الخزان

tw = سمك جدار الخزان

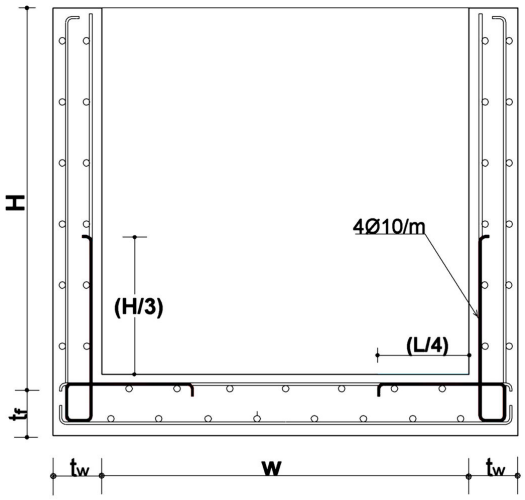
tf = سمك أرضية الخزان. شكل (43-a)

- عدد القضبان =

عددها في المتر × طول الخزان

- الطول الإجمالي =

طول القضيب × عدد القضبان



قطاع رأسي

شكل (42)

قطاع إنشائي رأسي

ب- الاتجاه الطويل:

- طول القضيب =

(tf + tw)2 +(H/3)+(W/4)

حيث أن:

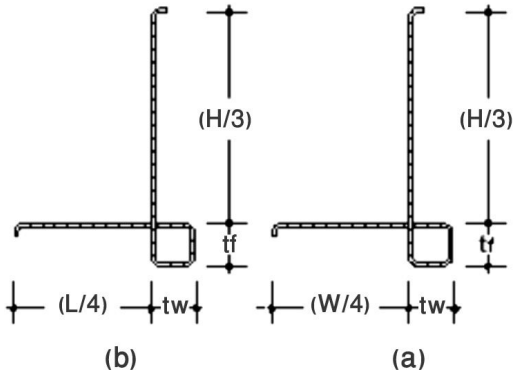
L = طول الخزان. شكل (43-b)

- عدد القضبان =

عددها في المتر × طول الخزان

- الطول الإجمالي =

طول القضيب × عدد القضبان



شكل (43)

قضيب زاوية مكسح

2-3-7 الزوايا الأفقية:

(Horizn. Corner)

وهي الزاوية القائمة التي تكون نقاط التقاء بين الجدران الطويلة والقصيرة في الخزانات المستطيلة والذي يتم فيها اشتراك حديد التسليح بين الجدران لضمان توثيق اتصال الجدران مع بعضها، شكل (44).

- طول القضيب =

(tf)2 +(W/4)+ً(L/4)

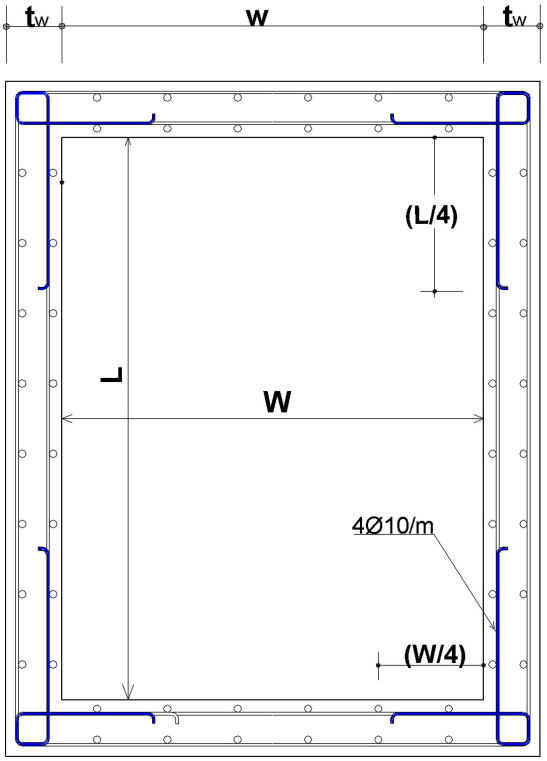
شكل (45)

- عدد القضبان =

(عددها في المتر × ارتفاع الخزان) × 4

- الطول الإجمالي =

طول القضيب × عدد القضبان



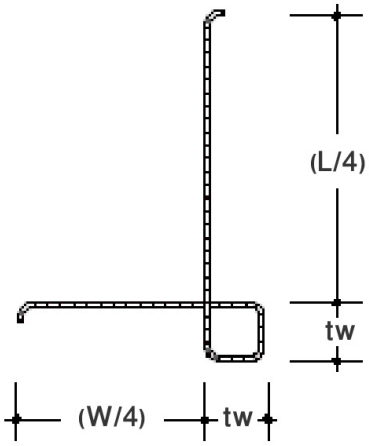
شكل (44)

قطاع إنشائي أفقي

ملاحظة:

من أجل تجنب ترك فضلات من أسياخ حديد التسليح التي لا يمكن استخدامها في التسليح بسبب قصر طولها يفضل تقريب طول القضبان إذا أمكن إلى القيم الآتية:

(0.70– 1 – 1.20 – 1.50 – 1.70 –
2 – 2.40 – 3 – 4 – 6) م.



شكل (45)

قضيب زاوية مكسح

8- حساب كميات الحديد اللازمة لتسليح الخزانات:

لمعرفة كمية الحديد اللازم لتسليح أي عنصر إنشائي، نجمع أطوال قضبان التسليح ذات القطر الواحد والمستعملة في تسليح ذلك العنصر، ونقوم بضرب مجموع الأطوال في وزن وحدة الطول للحصول على كمية الحديد اللازم لتسليحه. حيث يتم حساب كميات التسليح من الرسومات التنفيذية بضرب المتغيرات الآتية:

- كتلة المتر الطولي (كجم/ متر). جدول (1)
- الطول الكلي بالمتر.
- عدد القضبان.

جدول (1)

القطر ∅ مم	كتلة المتر الطولي (كج)	لقطر ∅ مم	كتلة المتر الطولي (كج/م)
8	0.395	16	1.58
12	0.888	18	2.00
14	1.21	20	2.47

وتقاس كميات أعمال التسليح بالكيلوجرام أو الطن وتستخدم جداول جاهزة تبين كتلة المتر الطولي لأي قضيب تسليح قطره D.

كما يمكن تحديد كتلة المتر الطولي بالكيلوجرام لأي قضيب قطره D من المعادلة الآتية:

$$Mass = 0.617 \times D^2$$

حيث:

Mass = كتلة المتر الطولي بالكيلوجرام

D= قطر القضيب سم

ولتسهيل حساب كميات أعمال التسليح ينظم جدول مناسب وتصنف العناصر الإنشائية حسب بُعدها وتسليحها بحيث تأخذ كل مجموعة متشابهة رمزاً أو رقماً واحداً.

جدول (2)

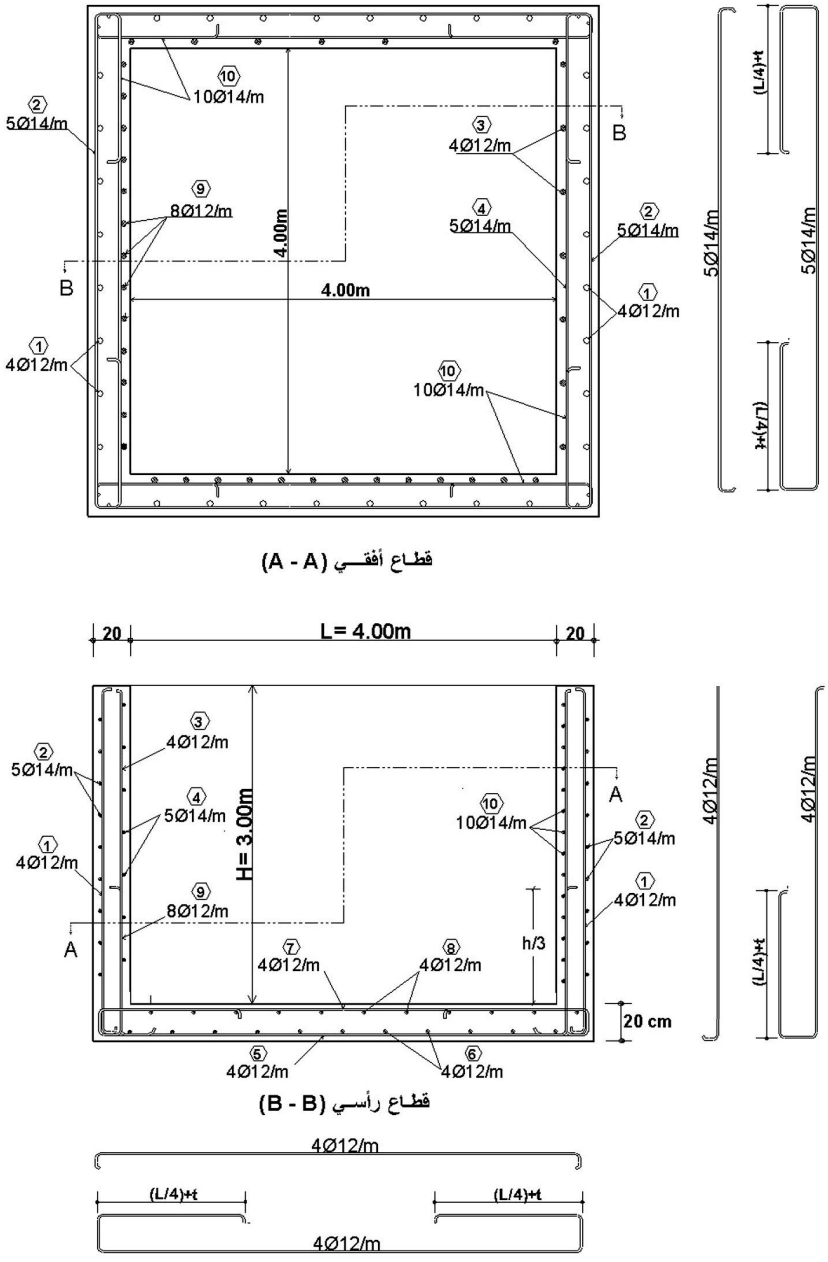
كميات تسليح الخزان

رقم القضيب	القطر (مم)	الشكل	الطول (م)	العدد	كتلة السيخ (كج/م)	إجمالي الكتلة (كج)	ملاحظات
1	14		2.4	6	1.210	17.42	فرش
2	12		3	18	0.888	.48	غطاء

مثال (1):

ادرس المخطط الإنشائي الموضح في الشكل (46) بعناية وحدد ما يأتي:

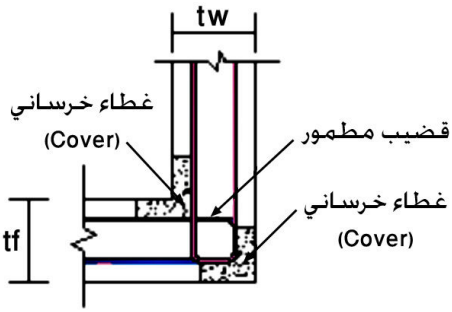
1. طول وقطر وعدد القضبان اللازمة لتنفيذ المخطط.
2. لخص البيانات المطلوبة في الفقرة (1) في جدول.



شكل (46)

مخطط إنشائي لخزان

3- تذكر أن الغطاء الخرساني = 2.5 سم
شكل (47)



شكل (47)
الغطاء الخرساني

الحل:

1- الجدران:

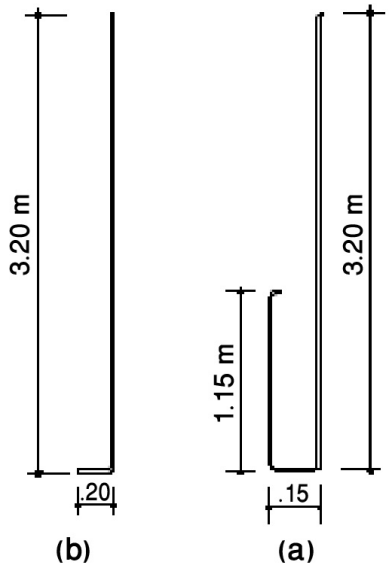
أولاً: قضبان الطبقة الخارجية:

- الحديد الرأسي (1)

القطر = 12 مم
الطول = 4.50 م
شكل (48- a)
العدد = 4 x 4 x 4 = 64 قضيباً

- الحديد الأفقي (2)

القطر = 14 مم
الطول = 5 م، شكل (49- b)
العدد = 60 قضيباً



شكل (48)
الحديد الرأسي

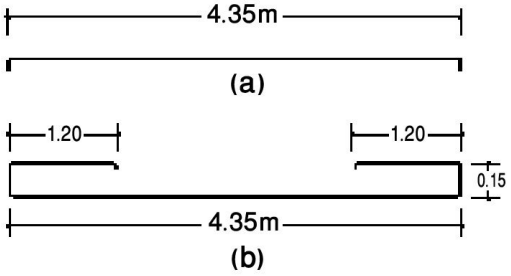
ثانياً: قضبان الطبقة الداخلية:

- الحديد الرأسي (3)

القطر = 12 مم
الطول = 5 م، شكل (48 - b)
العدد = 64 قضيباً

- الحديد الأفقي (4)

القطر = 14 مم
الطول = 4.35 م، شكل (49- a)
العدد = 60 قضيباً



شكل (49)
الحديد الأفقي

2- أرضية الخزان:

أولاً: قضبان الطبقة السفلية: شكل (49- b)

- حديد الفرشة (5)

القطر = 12 مم

الطول = 5 م

العدد = 16 قضيباً

- حديد الغطاء (6)

القطر = 12 مم

الطول = 5 م

العدد = 16 قضيباً

ثانياً: قضبان الطبقة العلوية: شكل (49- a)

- حديد الفرشة (7)

القطر = 12 مم

الطول = 4.35 م

العدد = 16 قضيباً

- حديد الغطاء (8)

القطر = 12 مم

الطول = 4.35 م

العدد = 16 قضيباً

جدول (3)

جدول كميات تسليح الخزان

رقم القضيب	القطر (مم)	الشكل	الطول (م)	العدد	كتلة السيخ (كج/م)	إجمالي الكتلة (كج)	ملاحظات
1	12		4.50	46	0.888	256	قضبان الطبقة الخارجية الرأسي (جدار)
2	14		5	60	1.210	363	قضبان الطبقة الخارجية الأفقي (جدار)
3	12		5	46	0.888	284	قضبان الطبقة الداخلية الرأسي (جدار)
4	14		4.35	60	1.210	316	قضبان الطبقة الداخلية الأفقي (جدار)
5	12		5	16	0.888	71	قضبان الطبقة السفلية (فرش أرضية)
6	12		5	16	0.888	71	قضبان الطبقة الخارجية (غطاء أرضية)
7	12		4.35	16	0.888	62	قضبان الطبقة الخارجية (أرضية فرش)
9	12		4.35	16	0.888	62	قضبان الطبقة الخارجية (غطاء أرضية)

مثال (2):

ادرس المخطـط الإنـشائي الموضـح فـي الشكل (50) بعناية وحدد ما يأتي:

1. طول وقطر وعدد القضبان اللازمة لتنفيذ المخطط.
2. احسب كتلة المتر الطولي لأنواع القضبان المبينة في المخطط من المعادلة:

$$Mass = 0.617 \times D^2$$

3. احسب الكتلة الإجمالية لكل صنف بضرب المتغيرات الآتية:

كتلة المتر الطولي × طول القضيب × العدد

4. لخـص البـيانات المطلـوبة فـي الفقـرات السابقة في جدول.
5. قدر التكاليف بضرب سعر وحدة الكتلة في الكتلة الإجمالية.

الحل:

1- طـول وعـدد القـضبان المـستقيمة الرأسـية والأفقية اللازمة لتسلح جدران الخزن:

أ- الجدران الطويلة:

- الحديد الأفقي في الطبقة الخارجية: (1)

القطر = 10 مم

طول القضيب = 2.5+2(0.2) = 2.9م

≈ 3 م

عدد القضبان=2 x 8 x 2 = 32 قضيباً

- الحديد الرأسي في الطبقة الخارجية: (2)

القطر = 10 مم

طول القضيب = 2+0.2 = 2.20 م

≈ 2.4 م

لتحاشي بقاء فضلة

عدد القضبان = 20 قضيباً

- الحديد الأفقي في الطبقة الداخلية: (3)

القطر = 10 مم

طول القضيب = 3 م

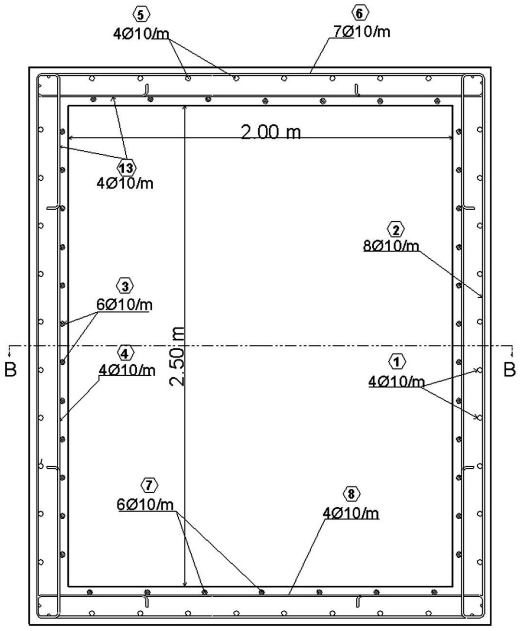
عدد القضبان = 16 قضيباً

- الحديد الرأسي في الطبقة الداخلية: (4)

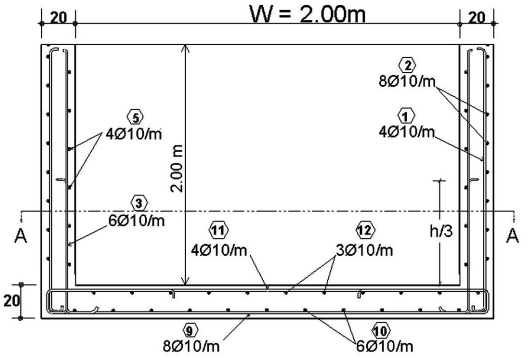
القطر = 10 مم

طول القضيب = 2.4 م

عدد القضبان = 16 قضيباً



قطـاع أفقـي (A - A)



قطـاع رأسـي (B - B)

شكل (50)

مخطط إنشائي لخزان مربع

ب- الجدران القصيرة:

القطر = 10 مم

- الحديد الأفقي في الطبقة الخارجية (5) شكل (51)

طول القضيب = 2.40 م

عدد القضبان = 28 قضيباً

- الحديد الرأسي في الطبقة الخارجية: (6)

طول القضيب = 2.40 م

عدد القضبان = 8 قضبان

- الحديد الأفقي في الطبقة الداخلية: (7)

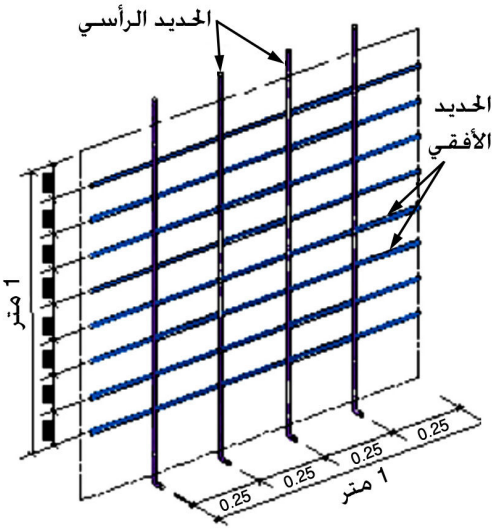
طول القضيب = 2.20 ≈ 2.40 م

عدد القضبان = 16 قضيباً

- الحديد الرأسي في الطبقة الداخلية: (8)

طول القضيب = 2.40 م

عدد القضبان = 12 قضيباً



شكل (51)

حديد الطبقة الخارجية

2- طول وعدد القضبان المستقيمة الفرش والغطاء في أرضية الخزان من القطاع الرأسي:

أ- الطبقة السفلية: القطر = 10 مم

- حديد الفرش: (9)

طول القضيب = 2.40 م

عدد القضبان = 20 قضيباً

- حديد الغطاء: (10)

طول القضيب = 2.90 ≈ 3 م

عدد القضبان = 12 قضيباً

ب- الطبقة العلوية: القطر = 10 مم

- حديد الفرش: (11)

طول القضيب = 2.40 م

عدد القضبان = 10 قضبان

- حديد الغطاء: (12)

طول القضيب = 3 م

عدد القضبان = 6 قضبان

3- طول وعدد القضبان تشريك في زوايا الخزان (المكسحة):

أ- الزوايا الرأسية: (13)

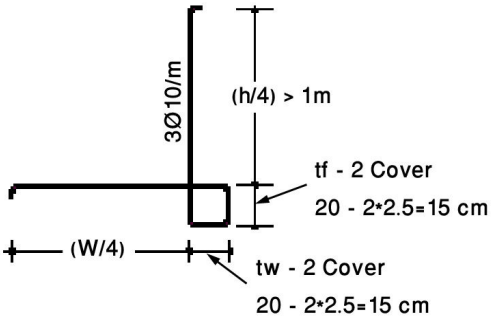
- الجدران الطويلة:

القطر = 10 مم

طول القضيب = 1.77 ≈ 2 م

عدد القضبان = 15

شكل (52)



شكل (52)

قضيب تشريك رأسي

- الجدران القصيرة:

القطر = 10 مم

طول القضيب = 1.89 ≈ 2 م

عدد القضبان = 12

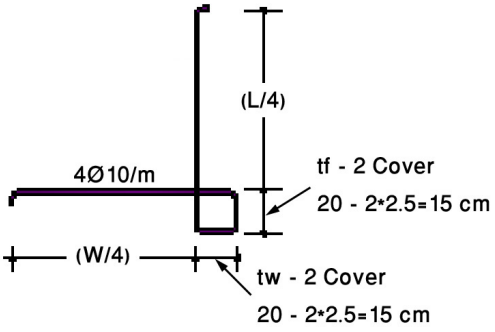
مجموع عدد القضبان = 27 قضيباً

ب- الزوايا الأفقية: (14)

طول القضيب = 1.72 ≈ 1.70 م

عدد القضبان = 32 قضيباً

شكل (53)



شكل (53)

قضيب تشريك رأسي أفقي

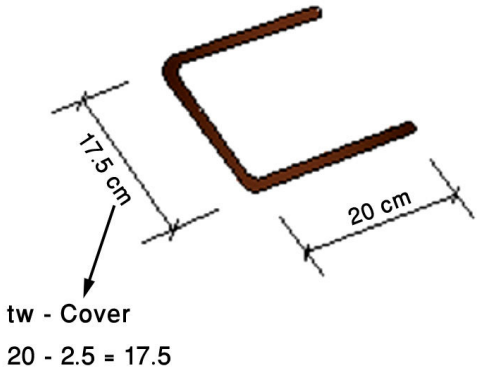
4- طول وعدد الكراسي والقضبان المساعدة:

- كراسي الجدران: (15)

الطول = 0.95 ≈ 1.00 م

العدد = 16

شكل (54)



شكل (54)

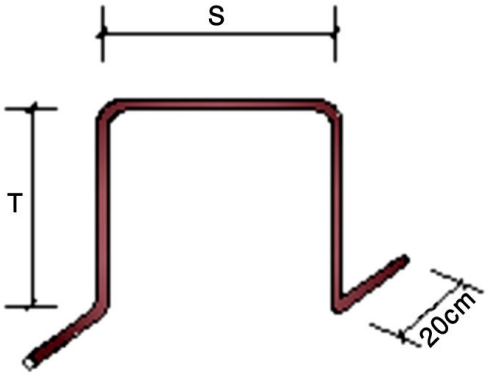
كرسي جدار

- كراسي أرضية الخزان: (16)

الطول = 0.60 م

العدد = 4

شكل (55)



شكل (55)

كرسي أرضية

حساب كتلة المتر الطولي لأنواع القضبان المبينة في المخطط من المعادلة:

Mass = $0.617 \times D^2$

MassØ1.0 = 0.617×1.0^2 kg/m

MassØ1.0 = 0.617×1.0^2

= 0.617 Kg/m

جدول (4)

جدول كميات التسليح

رقم القضيب	القطر (مم)	الشكل	الطول (م)	العدد	كتلة المتر (كج/م)	الكتلة (كغ)	ملاحظات
1	10		3	32	0.617	59.23	حديد أفقي (ط. الخارجية) في الجدار الطويل
2	10		2.4	20	0.617	29.61	حديد رأسي (ط. الخارجية) في الجدار الطويل
3	10		3	16	0.617	29.61	حديد أفقي (ط. الداخلية) في الجدار الطويل
4	10		2.4	16	0.617	23.69	حديد رأسي (ط. الداخلية) في الجدار الطويل
5	10		2.4	28	0.617	41.46	حديد أفقي (ط. الخارجية) في الجدار القصير
6	10		2.4	8	0.617	11.84	حديد رأسي (ط. الخارجية) في الجدار القصير
7	10		2.4	16	0.617	23.69	حديد أفقي (ط. الداخلية) في الجدار القصير
8	10		2.4	12	0.617	17.77	حديد رأسي (ط. الداخلية) في الجدار القصير
9	10		2.4	20	0.617	29.61	حديد الفرش (ط.سفلية)
10	10		3	12	0.617	22.21	حديد الغطاء (ط.سفلية)
11	10		2.4	10	0.617	14.81	حديد الفرش (ط.سفلية)
12	10		3	6	0.617	11.11	حديد الغطاء (ط.علوية)
13	10		2	27	0.617	33.32	زوايا الجدران والأرضية
14	10		1.7	32	0.617	33.56	الزوايا بين الجدران
15	10		1	16	0.617	9.87	كراسي الجدران
16	10		0.6	4	0.617	1.48	كراسي أرضية
إجمالي الكتلة المطلوبة لحديد تسليح الخزان						**393**	**كجم + 5% هالك**

التكاليف = إجمالي الكتلة المطلوبة × سعر وحدة الكتلة

إذا كان سعر وحدة الكتلة = 130 ريال

التكاليف = 393 x 1.05x 130 = 53645 ريال