

## تشكل الشقوق في الجدران البيتونية المسلحة المرتبطة بالأساس - المشكلة والحلول

الدكتور زكائي طريفي\*

(تاريخ الإيداع 23 / 6 / 2014. قِيلَ للنشر في 24 / 8 / 2014)

### □ ملخص □

تعتبر الشقوق من العيوب الهامة في العناصر البيتونية، لوحظ بعد صب الجدران البيتونية المسلحة المرتبطة بالأساس أنه بعد فترة زمنية قصيرة من تصلب البيتون، وبدون أي تحميل للجدران تتشكل شقوق طولية نافذة وعادة تكون بمسافات منتظمة على طول الجدار مما استرعى انتباهنا لهذه الظاهرة، وقد حصلت في عدة مشاريع هندسية . قمنا من خلال هذا البحث بوصف الحالة، وشرحها، وتحليلها، ودراسة أسباب تشكلها. وذلك من خلال دراسة ميدانية لثلاثة مشاريع هندسية منفذة في اللاذقية وهي عبارة عن حوض ترسيب، ومبنى فندق سياحي ومول تجاري، حيث تراوح عرض الشقوق ما بين 1.25 mm وحتى 3 mm ، واختلف ارتفاعها في كل حالة مدروسة. تم في ختام البحث وضع الحلول العملية لتجنب هذه الظاهرة ومنها اعتماد فواصل طولية للجدران البيتونية المسلحة بتباعد حوالي ثلاثين مرة سماكة الجدار وذلك لتجنب الشقوق الناجمة عن التقلص والإجهادات الحرارية، حيث يكون عمق الفاصل حوالي 20 mm وعرضه ما بين 15 mm حتى 20 mm وينفذ من جهتي الجدار الداخلية والخارجية. بعد تصلب البيتون وفك القالب الخشبي تملأ هذه الفواصل بمواد مألثة مرنة .

**الكلمات المفتاحية:** جدران بيتونية ، شقوق، بيتون، تقلص البيتون، الإجهادات القسرية، الفواصل البيتونية .

\* أستاذ مساعد - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Formation of cracks in the reinforced concrete walls related to Foundation – Problem and Solutions.-

Dr. Zakai Tarifi\*

(Received 23 / 6 / 2014. Accepted 24 / 8 / 2014)

### □ ABSTRACT □

Cracks are considered important defects in concrete elements. It was noticed after constructing the reinforced concrete walls related to the Foundation, that after a short time after the hardening of concrete and without any overloading on the wall, there have been vertical cracks of regular distances along each wall we noticed this phenomenon it had happened in many construction projects. We have described the situation and we have also explained and analyzed it by examining its reasons by a thorough study of three projects carried out in Latakia including scale decanter, building of a tourist hotel and a trade centre. Which crack width ranging from 1.25 mm to 3 mm, the height differed in each case studied. Ultimately, we have found the practical solutions to avoid this phenomenon, including adoption of longitudinal joints for reinforced concrete walls, spacing is about thirty times the wall thickness, in order to avoid cracks caused by shrinkage and thermal stress, where the depth of joint about 20 mm, and the width ranging between 15 mm to 20 mm, implemented on both sides of the wall internal and external. After hardening of concrete and lifting the wooden template fill the joints with filler flexible materials.

**Keywords:** concrete wall, Crack, concrete, Shrinkage of concrete, forced Stress, Expansion joint .

---

\*Associate Professor at the Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

## مقدمة:

لا يوجد بيتون بدون شقوق. يمكن إهمال هذه الشقوق عندما لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، أما عندما تكون ظاهرة وواضحة للعيان فيجب الاهتمام وتدقيق موقع هذه الشقوق وشكلها وعرضها وعمقها . من المعلوم أن الشقوق لها تأثير كبير على ديمومة المنشآت الهندسية عموماً، وخصوصاً في المنشآت المائية. تكون الشقوق في الجدران البيتونية المسلحة طبيعية عندما لا يتجاوز عرض الشق  $0.3\text{mm}$  [ 1 ] ، ويمكن أن تحدث الشقوق لأسباب عديدة حسب نوع المنشأة .

### أسباب تشكل الشقوق في البيتون الطري:

تحدث الشقوق في البيتون الطري خلال 30 دقيقة وحتى خمس ساعات بعد صب البيتون في الكوفراج، وتكون أسباب تشكلها ما يلي:

- هبوط في البيتون الطري وذلك نتيجة عدم الدمك والرج الجيد للبيتون المصبوب،
- النقص المبكر للبيتون، تحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح البيتون أثناء تصلبه. يتعلق التبخر بدرجة الحرارة، وسطوع الشمس المباشر، والتي تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على السطح البيتوني، تكون الشقوق الناجمة عن هذا التأثير عادة سطحية،
- تشوهات الكوفراج نتيجة تغير الرطوبة أو عدم إتقان تنفيذ الكوفراج،
- التغيرات السريعة والمفاجئة في درجات الحرارة.

### أسباب تشكل الشقوق في البيتون المتصلب:

- بعد الانتهاء من عملية الصب وترك البيتون تبدأ عملية الاماهة وبالنتيجة نحصل على بيتون متصلب، وفي هذه المرحلة يبدأ العنصر البيتوني بتلقي الأحمال المصمم لأجلها وتكون أسباب تشكل الشقوق في هذه الحالة ناجمة عن تعرض العنصر البيتوني إلى إجهادات شد عند تحميله سواء أكانت طويلة أم مائلة ونميز أسبابها إلى ما يلي:
- الإجهادات القسرية نتيجة عدم الاختيار الجيد لأماكن الفواصل البيتونية،
  - إجهادات ذاتية في البيتون نتيجة عدم الاختيار الجيد لأبعاد المقطع العرضي والتسليح وتنفيذه،
  - الأحمال الخارجية مثل الأحمال الستاتيكية أو الأحمال الديناميكية نتيجة عدم التقدير الدقيق للحمولات.

## أهمية البحث وأهدافه:

تعتبر الشقوق من العيوب الهامة في العناصر البيتونية، لاحظنا بعد صب الجدران البيتونية المسلحة المرتبطة بحصيرة البناء وفي الظروف والورشات المحلية في مدينة اللاذقية، أنه بعد فترة زمنية قصيرة من تصلب البيتون، ودون أي تحميل للجدران تتشكل شقوق طولية نافذة وعادة تكون بمسافات منتظمة على طول الجدار استرعى انتباهنا لهذه الظاهرة وقد حصلت في عدة مشاريع هندسية نهدف من خلال هذا البحث وصف الحالة وشرحها وتحليلها ودراسة أسباب تشكلها ومن ثم إيجاد الحلول العملية لتجنب هذه الظاهرة .

### طرائق البحث ومواده:

تمت ملاحظة حالة الشقوق الطولية المنتظمة والنافذة في العديد من المشاريع المحلية أثناء تنفيذها في مدينة اللاذقية، وفي فترات إنشاء مختلفة، سدرس هذه الظاهرة من خلال ثلاث حالات عملية، ونورد فيما يلي وصف موجز لهذه الحالات:

الحالة المدروسة الأولى: عبارة عن حوض ترسيب لمحطة معالجة صناعية، منفذ في الساحل السوري، وهو بناء بكتلة واحدة بأبعاد طوله الإجمالي 35.2 m وعرضه 8.6 m بارتفاع عن سطح الأرض 3.3m، يستخدم لترسيب المياه الصناعية ولفصلها عن العوالق الثقيلة . نفذ الحوض من بيتون ذي صنف C25 ومن فولاذ تسليح محلزن عالي المقاومة بحد مرونة  $4200 \text{ Kg/cm}^2$  . ورغم اتخاذ كامل الاحتياطات أثناء التنفيذ، من استخدام كوفراج بالدفشرة أي عدم استخدام أية قضبان فولاذية لترتيب الكوفراج، وقد استخدمت المكتمات في الخلطة البيتونية مع استخدام الرجاجات لدمك البيتون. بعد الانتهاء من أعمال التنفيذ، وقبل إملاء الحوض بالماء ظهرت شقوق طولية نافذة ذات تباعدات منتظمة حوالي 3m، وارتفاع حوالي من 2m إلى 2.5 m من أعلى القاعدة ولم تصل الشقوق إلى السطح العلوي للجدار وبقياس عرض الشقوق تبين لدينا أن عرض الشقوق الوسطي حوالي 3 mm . يوضح الشكل رقم ( 1 ) أشكال الشقوق المتشكلة وكذلك المخططات التنفيذية للبناء .

الحالة المدروسة الثانية: عبارة عن فندق سياحي، منفذ في الساحل السوري، وهو عبارة عن بناء مؤلف من ثلاث كتل منفصلة عن بعضها البعض بفواصل تمتد وزلزالية . نفذت الجدران البيتونية المسلحة من بيتون ذي صنف C25 ومن فولاذ تسليح محلزن عالي المقاومة بحد مرونة  $4200 \text{ Kg/cm}^2$  ، ورغم اتخاذ كامل الاحتياطات أثناء التنفيذ من استخدام الرجاجات لدمك البيتون ظهرت الشقوق الموضحة في الشكل رقم ( 2 ) ، وذلك بعد فترة قصيرة من صب الجدران، ودون أن تخضع الجدران لأية حمولات أي قبل تنفيذ الردم خلف الجدران البيتونية . والشقوق طولية على ارتفاع الجدار ونافذة ويتباعد منتظم حوالي 4m ، وتراوح عرض الشقوق بين 1.5 mm وحتى 2.5 mm .

الحالة المدروسة الثالثة: عبارة عن مول تجاري، منفذ في الساحل السوري، وهو عبارة عن بناء مؤلف من خمس كتل منفصلة عن بعضها البعض بفواصل تمتد وزلزالية . نفذت الجدران البيتونية المسلحة من بيتون ذي صنف C25 ومن فولاذ تسليح محلزن عالي المقاومة بحد مرونة لا يقل عن  $4200 \text{ Kg/cm}^2$  ، وكان ارتفاع الجدار البيتوني المسلح بحدود 4.55m وبسماكة 35 cm ويرتبط بنهايته العلوية بسقف القبو، وبالرغم من اتخاذ كامل الاحتياطات أثناء التنفيذ من استخدام الرجاجات لدمك البيتون ظهرت الشقوق الموضحة في الشكل رقم ( 3 ) وذلك بعد فترة قصيرة من صب الجدران ودون أن تخضع الجدران لأية حمولات أي قبل تنفيذ الردم خلف الجدران البيتونية، وقد كانت الشقوق طولية ونافذة وتراوحت التباعدات بين الشقوق من 2.5 m إلى 4m ، ووصلت في بعض الحالات إلى النهاية العلوية للجدار. تراوح عرض الشقوق ما بين 1.25 mm وحتى 2.5 mm . وقد ظهرت هذه الشقوق في كافة الكتل الإنشائية المشكلة للبناء .



توضيح ارتفاع الشقوق مع ارتفاع الجدار البيتوني

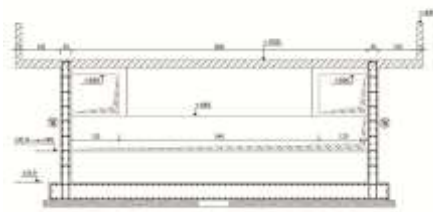


توضيح توزيع الشقوق على طول الجدار وبتباعد منتظم

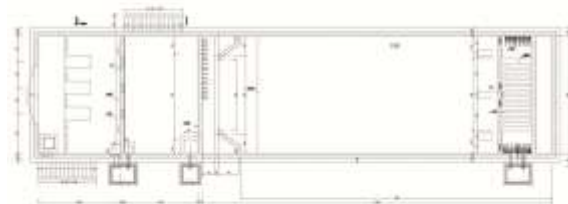


توضيح تفصيلي للشق عند الحصيرة البيتونية

### المعطيات التنفيذية للحالة المدروسة الأولى



مقطع عرضي في الحوض



مسقط أفقي للحوض

نسبة طول الجدار إلى ارتفاعه : ( cm )  $10.7 = 330 \div 3520$

الشكل ( 1 ) : صور ومعطيات من واقع حوض ترسيب، الحالة المدروسة الأولى .



توضيح الشقوق الطولية من داخل القبو

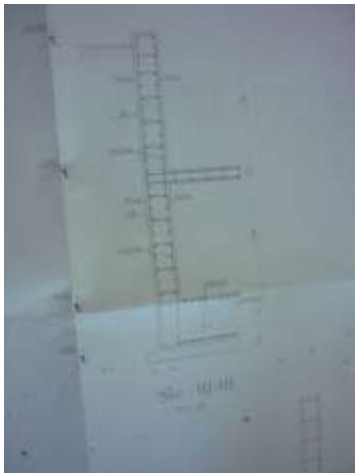


منظور للبناء يوضح الجدران المحيطة



تفاصيل الشقوق الطولية النافذة

### المعطيات التنفيذية للحالة المدروسة الثانية



مقطع عرضي في الجدار



مسقط أفقي للجدران

نسبة طول الجدار إلى ارتفاعه:  $5.8 = 430 \div 2500$  ( cm )

الشكل ( 2 ) : صور ومعطيات من واقع مبنى فندق سياحي ، الحالة المدروسة الثانية .



منظور يوضح الكوفراج الخشبي للجدار البيتوني



منظور لحديد تسليح الجدار مع القاعدة البيتونية

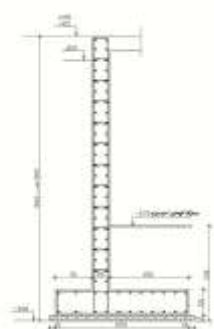


منظور يوضح ردم الجدار بعد العزل

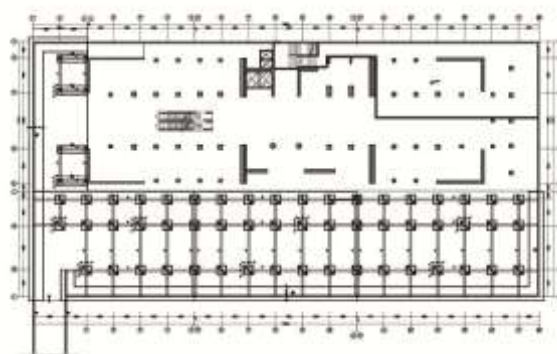


منظور يوضح طول الجدار والعزل من جهة الردم

### المعطيات التنفيذية للحالة المدروسة الثالثة



مقطع عرضي في الجدار



مسقط أفقي يوضح توضع الجدران المحيطة

نسبة طول الجدار إلى ارتفاعه :  $7.4 = 455 \div 3350$  ( cm )

الشكل ( 3 ) : صور ومعطيات من واقع مول تجاري، الحالة المدروسة الثالثة .

## النتائج والمناقشة:

### تحليل أسباب تشكل الشقوق:

تتشكل أثناء عملية تصلب البيتون إجهادات قسرية ناجمة عن حرارة الاماهة، وبحسب أبحاث Springenschmid [ 2 , 3 ] فإن البيتون يمر أثناء تصلبه بخمس مراحل ( كما هو موضح في الشكل ( 4 ) ) وهي:

المرحلة الأولى: تنتهي بعد حوالي ساعتين من صب البيتون، حيث يبدأ الإسمنت بالتصلب، ولا يحدث في هذه المرحلة أية زيادة في درجات الحرارة الناجمة عن الاماهة.

المرحلة الثانية: تنتهي بعد حوالي خمس ساعات، وتتميز بارتفاع درجات الحرارة الناجمة عن تفاعلات الاماهة، وفي هذه المرحلة تبدأ الممانعة في زيادة حجم الخلطة البيتونية حيث يبدأ الانكماش. يرمز لدرجة الحرارة في نهاية هذه المرحلة بالرمز T01 وتعرف بالنقطة الصفرية الأولى للإجهادات الحرارية وتكون أكبر من درجة حرارة البيتون المصبوب .

المرحلة الثالثة: تنتهي هذه المرحلة بعد حوالي من ست إلى تسع ساعات، وتتميز بزيادة درجة حرارة البيتون الناجمة عن الاماهة مما يؤدي إلى زيادة حجم الخلطة البيتونية. تنتهي مرحلة التمدد للبيتون حيث يبدأ تشكل إجهادات الضغط في البيتون، ومع الوصول إلى أعلى درجة حرارة للبيتون وأكبر مقاومة على الضغط نتيجة حرارة الاماهة تنتهي هذه المرحلة .

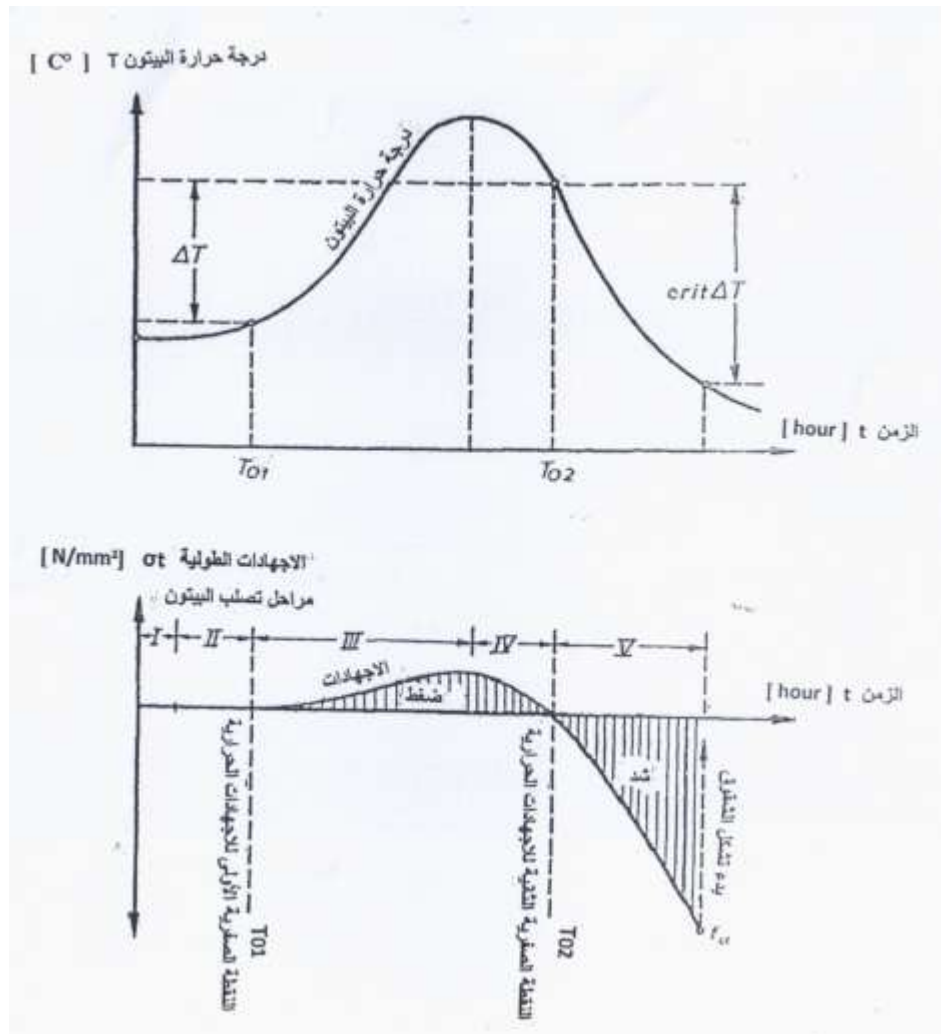
المرحلة الرابعة: تستمر هذه المرحلة من تسع حتى أحد عشر ساعة، وتتميز ببداية الانخفاض في درجة حرارة البيتون، وفي نفس الوقت يبدأ تناقص حجم البيتون ولكن البيتون لا يكون حرا وإنما تحدث ممانعة لحدوث الانكماش في الحجم وكننتيجة لذلك يؤدي إلى تناقص إجهادات الضغط في البيتون. تعود درجة حرارة البيتون إلى قيمة الصفر الاعتيادي وتسمى بالنقطة الصفرية الثانية للإجهادات الحرارية ويرمز لها بالرمز T02 . يسمى الفرق في درجات الحرارة بين النقطة الصفرية الثانية والأولى  $\Delta T$  ، أي:

$$\Delta T = T02 - T01$$

المرحلة الخامسة: تستمر هذه المرحلة من أحد عشر ساعة وحتى خمس عشرة ساعة، حيث تستمر عملية تبريد البيتون في هذه المرحلة ويستمر التناقص في حجم البيتون وكذلك تستمر ممانعة صغر الحجم حيث يبدأ تشكل الإجهادات القسرية وبالتالي يبدأ تشكل إجهادات الشد ومع الوقت تكبر هذه الإجهادات وتزداد قيمتها بشكل كبير وتتجاوز مقاومة البيتون على الشد ويبدأ تشكل الشقوق. تسمى درجة حرارة البيتون التي تؤدي إلى تشكل الشقوق بحرارة الشقوق، ويسمى الفرق بين النقطة الصفرية الثانية وحرارة الشقوق بفرق درجة الحرارة الحرج (  $\Delta T_{crit}$  ) ويختلف هذا الفرق تبعا لنوع الإسمنت ، أي:

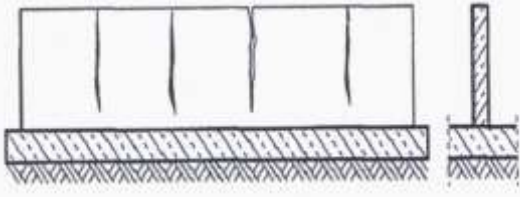
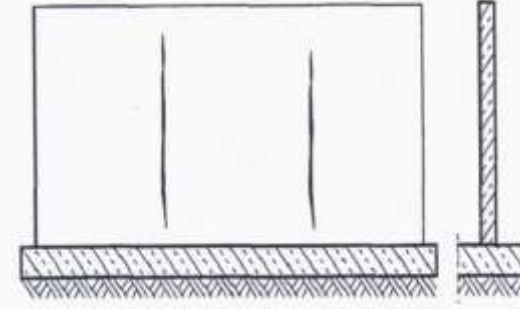
$$\Delta T_{crit} = T02 - ( \text{درجة حرارة الشقوق} )$$





الشكل ( 4 ) : توضيح مراحل تصلب البيتون بالعلاقة مع التوزيع الحراري في البيتون الناجم عن الاماهة، وتوزيع الإجهادات في البيتون وبالتالي تشكل الشقوق [ 2 , 3 ] .

إن تشكل الشقوق الناجمة عن الإجهادات القسرية تحدث في الجدران البيتونية اللاحقة الصب على الحصيرة المتصلبة كما هو شائع في الحياة العملية (الورشات)، حيث تحدث إجهادات قسرية في أسفل الجدار نتيجة التماسك بين الجدار البيتوني والحصيرة، بينما يتمكن القسم العلوي من الجدار من حرية التثوه. في الجدران البيتونية قصيرة الارتفاع تنشأ الشقوق فوق الحصيرة، وغالبا ما يستمر مسار الشقوق حتى الطرف العلوي للجدار، وتكون المسافات بين الشقوق متقاربة، بينما تكون الشقوق في الجدران طويلة الارتفاع قريبة من الحصيرة وتنتهي غالبا قبل الطرف العلوي للجدار أي تتشكل الشقوق في الجزء الوسطي من الجدار، وتكون المسافات بين الشقوق متباعدة [ 2 ] ، يوضح الشكل ( 5 ) أشكال هذه الشقوق .

ملاحظات	شكل الشقوق	تصنيف الجدار
تبدأ الشقوق من أعلى الحصيرة البيتونية وتستمر حتى الطرف العلوي للجدار. المسافات بين الشقوق متقاربة .		الجدران البيتونية قصيرة الارتفاع
تتشكل الشقوق في وسط الجدار . المسافات بين الشقوق متباعدة .		الجدران البيتونية طويلة الارتفاع
الشكل ( 5 ) أشكال الشقوق في الجدران البيتونية المسلحة بالعلاقة مع ارتفاع الجدران [ 2 ] .		

كلما صغرت نسبة طول الجدار إلى ارتفاعه، كلما أدى إلى صغر الإجهادات القسرية، يوضح الشكل ( 6 ) توزع الإجهادات القسرية بالعلاقة مع نسبة طول الجدار البيتوني إلى ارتفاعه .

تم تأكيد هذه الظاهرة في الطبعة الحديثة الرابعة من الكود العربي السوري [ 1 ] ، حيث تمت الإشارة إلى أن العناصر الإنشائية التي لا تملك الحرية التامة في التشكل الخارجي تعد مقيدة التشكل، وتم التوضيح بتأثير فعل انكماش البيتون بعوامل عديدة أهمها تبخر الماء الحر في البيتون وبتعلقه بالزمن وبموامل مختلفة أهمها:

• رطوبة الجو المحيط ،

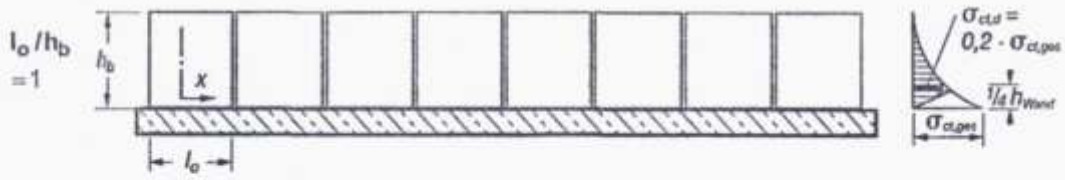
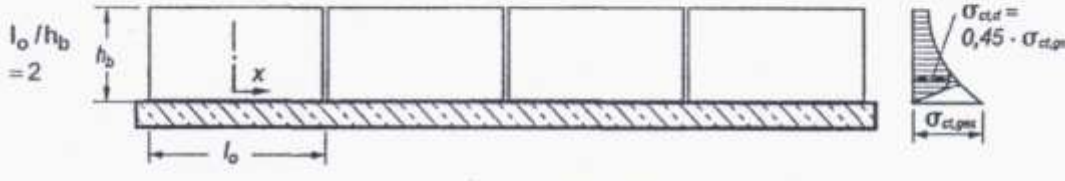
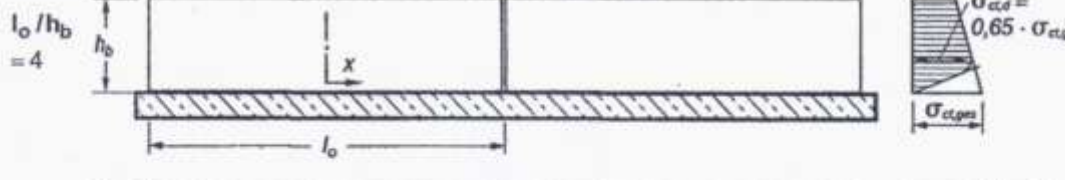
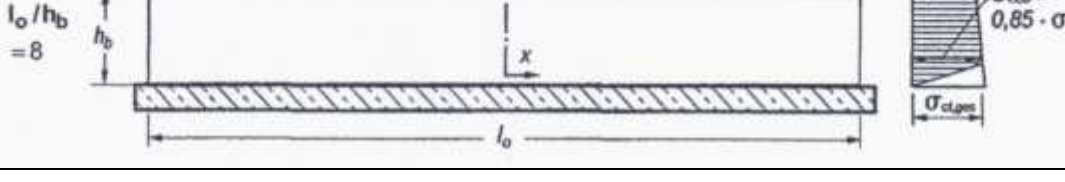
• نسبة الماء إلى الإسمنت ،

• سماكة العنصر الإنشائي ،

• نوع الحصىات وعلاقته بالوزن النوعي للحصىات .

يمكن اعتماد قيمة الانكماش الأساسية بالنسبة لمدينة اللاذقية مساوية للقيمة 0.22 mm لكل متر طولي

باعتبار رطوبة نسبية وسطية بحوالي 80% .

نسبة طول الجدار إلى ارتفاعه	واجهة الجدار البيتوني وارتباطه مع الحصيرة	الإجهادات القسرية $\sigma_{ct}$ في المقطع X
		
	<p>عندما تزيد نسبة طول الجدار إلى ارتفاعه عن عشرة تصبح الإجهادات القسرية على كامل ارتفاع الجدار  <math>\sigma_{ct,d} = 1.0 \sigma_{ct,ges}</math></p>	
<p>الشكل ( 6 ) : توضيح توزيع الإجهادات القسرية في الجدران البيتونوية بالعلاقة مع نسبة طول الجدار إلى ارتفاعه [ 2 ] .</p>		

يمكننا مما سبق تفسير تشكل الشقوق للحالات المدروسة العملية كما يلي:

إن نسبة طول الجدار إلى ارتفاعه في الحالة المدروسة الأولى مساوية للقيمة 10.7 ، بينما في الحالتين الثانية والثالثة هي 5.8 و 7.4 على التوالي، مما يؤدي لتشكيل إجهادات شد قسرية تزيد مع نسبة طول الجدار إلى ارتفاعه تتسبب في تشكل الشقوق الطولية والتي لاحظناها في الحالات العملية المدروسة .

#### معالجة الشقوق:

يجب الانتباه للشقوق عندما تظهر في العناصر البيتونوية ومراقبتها وذلك من خلال قياس سماكة الشق وطوله وعرضه وعمقه، ومن المهم جدا ملاحظة فيما إذا كان يتسع ويزداد مع الزمن، مع العلم أن هناك طرق عملية للدراسة ومنها استخدام بقع الجبصين فوق الشقوق ومراقبة حدوث الشق في الجبصين، أو باستخدام جهاز يقيس العرض بين كرتين فولاذيتين مثبتتين على جانبي الشق .

يصح من الضروري التفكير في إصلاح الشقوق عندما يزيد عرض الشق في الجدران البيتونية المسلحة عن 5mm [ 4 , 5 ] .

يمكن حقن وإملاء الشقوق بمواد مالئة مختلفة وهي:

- البولي ريتان ،
- مواد ايبوكسية ،
- محلول إسمنتي ،
- مونة إسمنتية .

يطبق البولي ريتان أو المواد الإيبوكسية على الشقوق عادة بالحقن أي تحت الضغط وذلك من خلال حقنة تطبق قوة ضغط على المواد المالئة مما يؤدي إلى نفاذها داخل الشقوق وإملاء كامل الشق . طبعاً قبل تطبيق الحقن يتم تنظيف الشق من الغبار وذلك من خلال ضاغط هوائي أي بتطبيق هواء مضغوط في منطقة الشق مما يؤدي إلى تنظيف الشق من كافة العوالق ومن ثم تطبيق الحقن .

### الاستنتاجات والتوصيات:

نستنتج في ختام البحث أنه للمحافظة على تنفيذ جدران بيتونية مسلحة ذات جودة ونوعية عاليتين، فيجب الاهتمام بتجنب تشكل الشقوق أو جعل الشقوق ضمن الحدود المقبولة، ويتم ذلك باتخاذ بعض الاحتياطات والإجراءات العملية التالية:

- الإعتناء الجيد بتصميم الخلطة البيتونية واختيار مكوناتها بدقة .
- التأكد من تجانس وانتظام تربة التأسيس أسفل الحصيرة .
- الاعتناء بتنفيذ الكوفراج الخشبي، والتأكد من التريبط الجانبي لكوفراج الجدار، وذلك لمقاومة دفع البيتون المصبوب داخل الكوفراج .
- الاهتمام بتنفيذ فولاذ التسليح والأخذ بعين الاعتبار لنسب التسليح الدنيا والعظمى وفق الكود [ 1 ] وذلك لمقاومة الشقوق الناجمة عن تقلص البيتون .
- اعتماد فواصل طولية للجدران البيتونية المسلحة بتباعد حوالي ثلاثون مرة سماكة الجدار، وذلك لتجنب الشقوق الناجمة عن التقلص والإجهادات الحرارية، حيث يكون عمق الفاصل حوالي 2 cm وعرضه ما بين 1.5 cm حتى 2cm وينفذ من جهتي الجدار الداخلية والخارجية. بعد تصلب البيتون وفك قالب الخشبي تملأ هذه الفواصل بمواد مالئة مرنة .
- اعتماد بيتون ذو قابلية تشغيل مقبولة أي ما بين 10 cm حتى 15 cm مع تجنب إضافة الماء للبيتون في الموقع وأثناء الصب، والاستعاضة عن ذلك باستخدام المدونات .
- الاهتمام بعملية صب البيتون والاستمرارية في عملية الصب لتجنب تصلب البيتون أثناء الصب .
- تنفيذ الردمية خلف الجدار البيتوني وفقاً للدراسة الإنشائية، وبغاية وبنوعية ردم وفق الأصول الهندسية، مع الاهتمام بتصريف المياه خلف الجدار البيتوني عن طريق طبقة الدريناج النظيفة .

### المراجع:

- [ 1 ] الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة . الطبعة الرابعة، دمشق ، 2012 ، 404 .
- [ 2 ] Lohmeyer , Ebeling : *Weisse Wannen - einfach und sicher* .- VBT - Verlag Bau und Technik, 2009, 461 Seiten.
- [ 3 ] Röhling: *Zwangsspannungen infolge Hydratationswärme* .- VBT - Verlag Bau und Technik, 2009, 444 Seiten.
- [ 4 ] Dieter Ansorge : *Bauwerksabdichtung gegen von aussen und innen angreifende Feuchte* .- Fraunhofer IRB Verlag, 2011, 300 Seiten.
- [ 5 ] Frank Frössel : *Risse in Gebäuden* .- Baulino Verlag, 2009, 440 Seiten.