الجزء الثامن

اختبارات العناصر الإنشائية الخرسانية

مقدمة :

يشـــتمل هذا الجزء على الاختبارات غير المتلفه والمتلفه التى تجرى على الخرسانات بالعناصر الإنشـــائية المختلفة القائمة والتى تم الرجوع إليها بالكود المصرى لتصميم وتنفيذ الخرسانة. كما يشتمل هـــذا الجـــزء على الاحتياطات الواجب اتباعها عند إجراء الاختبارات وتحليل النتائج وهذه الاختبارات تشتمل على :

- إجراءات استخراج واختبار القلوب الخرسانية .
- توصيات لاختبار صلادة السطح باستخدام مطرقة الارتداد .
- توصيات قياس سرعة النبضات فوق الصوتية فى الخرسانة .
- تجربة تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية

٨-١ إجراءات استخراج واختبار القلوب الخرسانية

PROCEDURE FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES

٨-١-١ عـــام

إن أسباب استخراج القلب لاختبار مقاومة الضغط للخرسانة هى بوجه عام لتعيين واحد أو أكثر مما يلى :

١ – التأكد من تحقيق المنشأ لمقاومة الضغط المميزة فى حالة عدم إجراء اختبار الضغط على العينات أو فى حالة فشل العينات المختبرة فى تحقيق المقاومة المميزة المطلوبة .

٢- جودة الخرسانة فى المنشأ.

٣- دراسة أمان فى المنشأ تحت تأثير أى من :

أ – نظام التحميل الفعلى

ب – نظام التحميل التصميمى

جـ – نظام التحميل لاستعمال جديد.

٤- التدهور فى المنشأ نتيجة :

أ – زيادة التحميل.

ب – الكلال

جـ – التفاعل الكيميائى.

د – الحريق أو الانفجار.

هـ– العوامل الجوية

بالنسـبة للغـرض الثانى فإن تقدير المقاومة الفعلية يعطى مقياسا لمقاومة الضغط للخرسانة فى موقع محدد، و يمكن تطبيقه فى الحسابات الإنشائية. كما أنه فى حالة تدهور المنشأ فإن المقاومة الفعلية لقلـوب مسـتخرجة من الخرسانة فى الأماكن المتأثرة بالتدهور والأماكن السليمة قد تمكننا من تحديد درجة التدهور الحادثة.

ويمـــيز اختبار القلب أنه يعتبر أرخص الطرق المتاحة و أكثرها عمليه، لمعرفة مقاومة خرسانة مـــنفذه فعلاً والعديد من البيانات الأخرى عن الخرسانة المنفذة كخواص الركام الكبير والصغير ونسبتها ودرجة دمك الخرسانة ومساميتها ومحتوى الأسمنت ... الخ.

٨-١-٢ الهدف

الهـــدف مـــن هـــذا الاختـــبار هو التوصية بالإجراءات التى تتبع عند استخراج واختبار القلوب الخرســـانية لتعيين مقاومة الضغط للخرسانة المصبوبة بالموقع وكذلك سابقة الصب . وتلك الإجراءات مصممة – اعتمادا على البحث والخبرة – للخرسانة المصنوعة من أنواع الأسمنت البورتلاندى والركام الطبـــيعى وللقلـــوب الخرســـانية المقطوعة والمختبرة طبقاً للمواصفات القياسيـــــة المصريـــــة رقم ١٦٥٨ – ١٩٩٥ .

ويمكـــن تطبـــيق معاملات التحويل الواردة بهذا التقرير بوجه عام على الخرسانة المحتوية على إضافات ولكن يجب استعمالها بحرص فى حالة الخرسانة التى :

- تحتوى على ركام صناعى أو ركام خفيف.
- تحتوى على أسمنت غير بورتلاندى.
- كانت ناقصة الدمك أو تلفت لأى سبب.

٨-١-٣ التعريفات

مقاومة المكعب القياسى **Standard Cube Strength**

مقاومة الضغط لمكعب أخذ من الخرسانة وتم إعداده واختباره طبقاً للمواصفات القياسية.

مقاومة القلب **Core Strength**

مقاومـــة الضـــغط المقاسة لقلب خرسانى كما هو معرف بالمواصفـــة القياسية المصريـــــة رقم ١٦٥٨ – ١٩٩٥.

المقاومة الفعلية **Actual Strength**

مقاومـــة الضـــغط للخرســـانة فى موقع محدد باعتبار أنها مقاومة الضغط لمكعب من الخرسانة موجود بالمنشأ.

المقاومة الفعلية التقديرية Estimated Actual Strength

وهـــى مقاومـــة ضغط المكعب القياسى لخرسانة العضو المختبر مقدرة من مقاومة ضغط القلب الخرســـانى المـــأخوذة من هذا العضو. ويأخذ هذا التقدير تأثير نسبة طول القلب إلى قطره وتأثير اتجاه أخـــذ القلـــب الخرســـانى وتأثير وجود صلب تسليح عمودى على محور القلب الخرسانى على مقاومة ضغط المكعب القياسى المقدرة.

٨-١-٤ التخطيط والعمل التحضيرى لاستخراج القلوب

يجـــب أن يكـــون أســـاس اتخـــاذ القرار باستخراج القلوب لتقدير المقاومة الفعلية متصلا بجميع الأطراف المعنية، بل يجب عقد اجتماع ويفضل أن يكون بالموقع بل ويحضره ممثل عن المقاول الذى سيســـتخرج القلـــب فى حالات الاستخراج المعقدة ويجب أن يغطى التخطيط والعمل التحضيرى النقاط التالية :

أ – الحاجة إلى هذا الاختبار والهدف منه.

ب– دلـــيل مـــن ســـجلات الموقـــع أو المسح باستخدام الاختبارات غير المتلفة لتحديد موقع الخرسانة موضع الشك.

جـــ – المواضع المقترحة للقلوب وعددها وحجمها.

د – قيمة المقاومة المطلوبة طبقاً للتصميم والإجراء الذى سوف يتبع إذا كانت المقاومة المقدرة أقل من المقاومة المطلوبة.

هـــ– مسئوليات الأفراد فيما يختص بتنفيذ العمل.

٨-١-٤-١ تحديد أماكن استخراج القلوب ومكان صلب التسليح

يجـــب تحديـــد أماكن الخرسانة موضع الشك فى العنصر اعتمادا على الفحص البصرى أو من الســـجلات. وقـــد يكون من الضرورى استعمال اختبار غير متلف لتعيين حدودها . كذلك يجب تحديد مكـــان أســـياخ صـــلب التسليح باستعمال جهاز الكشف عن صلب التسليح (أو من سجلات الموقع) وتوضع علامات على العضو توضح موقع أسياخ صلب التسليح بالنسبة لأماكن القلوب المقترحة.

٨-١-٤-٢ تحديد عدد القلوب

إن اختبار القلب بطبيعته أكثر اختلافا عن اختبار المكعب. فمعامل الاختلاف نتيجة الاختبار فقط للقلـــوب المقطوعة والمعدة جيداً ٦ % بينما قيمته للمكعبات المعدة جيداً ٣ % فقط، فالمقاومة الحقيقية المقـــدرة من قلب واحد تقع فى حدود ± ١٢ % فقط من القيمة الفعلية الحقيقية لمقاومة الخرسانة فى

القلب (حدود ثقة ٩٥ %). وبزيادة عدد عينات القلوب من أماكن أخذ العينات تتحسن اعتمادية المتوسط التقديرى للمقاومة الفعلية حيث يقع التقدير المتوسط للمقاومة الفعلية عند موقع محدد مقدرا باستخدام عدد (n) من القلوب فى حدود $\frac{12\%}{\sqrt{n}}$ من المقاومة الفعلية لخرسانة القلوب بمستوى ثقة ٩٥ % ، لذا فإن زيادة عدد القلوب يؤدى إلى نتائج أفضل كما هو موضح بالجدول التالى (٨-١-١)

جدول (٨-١-١) تاثير عدد القلوب المعدة جيداً على الاختلاف بين المقاومة المتوسطة والمقاومة الفعلية

عددالقلوب (n)	حدود اختلاف متوسط المقاومة المقدرة عن المقاومة الفعلية (مستوى ثقه ٩٥ %)
١	± ١٢ %
٢	± ٦ %
٣	± ٤ %
٤	± ٣ %

يجب الأخذ فى الاعتبار انه يمكن اعتبار أن عموداً صغير المقطع غير كفء إنشائيا اعتمادا على نتيجة قلب واحد فقط لأن القلب الواحد يمثل عينة ممثلة لدرجة جودة الخرسانة التى قد تؤدى للانهيار فى حين أن هذا لن يكون صحيحا إذا كان القلب الخرسانى مأخوذا من عنصر كبير الحجم ، لذا فإنه يوصى بأن يكون عدد القلوب المستخرجة عاكسا لحجم الخرسانة الحقيقية التى يمكنها أن تؤدى إلى أن يكون العنصر غير كفء إنشائيا.

وعند تحديد عدد القلوب المطلوبة يجب التفريق بين الأغراض المختلفة لاستخراج تلك القلوب ويجب الحكم على العناصر الإنشائية المتشابهة كوحدة واحدة كأن نحكم على أعمدة طابق معين أو نحكم على خرسانة سقف محدد. ويفضل ألا يقل عدد القلوب المطلوبة للحكم على صلاحية عناصر إنشائية معينة عن ٣ قلوب ويحتوى الجدول التالى (٨-١-٢) على قيم استرشادية لعدد القلوب المطلوبة.

جدول (٨-١-٢) قيم استرشادية لعدد القلوب المختبرة

الغرض من استخراج القلوب			
الصلاحية		ضبط الجودة	
حجم خرسانة الأعضاء المختبرة (ح) م^3	عدد القلوب	حجم خرسانة الأعضاء المختبرة (ح) م^3	عدد القلوب
≤ ١٥٠	٣	≤ ٢٥٠	٣
> ١٥٠	٣ + $\frac{(ح - ١٥٠)}{٥٠}$	> ٢٥٠	٣ + $\frac{(ح - ٢٥٠)}{١٠٠}$

• يقرب عدد القلب المحتوى على كسر إلى الرقم الصحيح الأعلى

٨-١-٤-٣ تحديد مواضع استخراج القلوب

يمكـــن أن يستقطع القلب من أى موضع بالخرسانة المشكوك فيها طبقاً للغرض من الاختبار ويفضـــل أن يكـــون خالـــيا مـــن الحديد. إذا كان استقطاع القلب سيؤدى إلى شكوك حول أداء العضو التشغيلى فى المستقبل فإن القلب يستقطع من أقرب جزء من الخرسانة المشكوك فيها لموقع غير حرج مـــتفق عليه.ولا يجب على الإطلاق أن تستقطع أى قلوب من الأماكن التى يؤدى استقطاع القلب نفسه إلى جعل العنصر غير آمن.

قـــد يحـــدث أن يظهـــر الفحص البصرى أو الاختبارات غير المتلفة منطقة ذات جودة قليلة ومتســـعة بقـــدر مؤثر على مقاومة العضو كله؛ فى هذه الحالة يكون من المناسب أخذ القلب من هذه المـــنطقة لـــتقدير المقاومـــة الفعلية مع أخذ الاحتياطات اللازمة لتأمين العضو فى حين أن وجود عيب موضـــعى فـــى القلب المستخرج فقط وغير موجود فى الخرسانة ككل يجعل من غير الملائم الاعتماد على هذا القلب فى تقييم أداء العنصر ككل.

– يجب أن يملأ مكان القلب بعد القطع ويكون ذلك عن طريق :

١ – ملء خرسانة جافة ذات مقاومة مناسبة فى مكان القلب.

٢ – صب جراوت أسمنت بورتلاندى أو راتنج إيوكسى فى الحفرة الجافة ثم إدخال أسطوانة مصبوبة مـــن الخرســـانة لها نفس قطر الفتحة واستخدام طريقة الضخ أو البرم لتثبيت الأسطوانة فى فراغ القلب الممتلئ بالجراوت أوالراتنج .

٣ – إذا كـــان اســـترجاع الشـــكل الأصـــلى مهمـــا فيجب نشر الجزء الخارجى للقلب واعادته لمكانه الأصلى. ويملأ الجزء الداخلى فقط من الفراغ الحلقى بخرسانة طازجة.

٨-١-٤-٤ مقاس القلب

الأقطار المسموح بها هى ١٠٠ و ١٥٠ ملليمتر حيث لا يتعدى المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير ٢٥ و ٤٠ ملليمتر على التوالى ويفضل استخدام القطر ١٥٠ ملليمتر كلما أمكن ذلك لأنه يعطى نـــتائج أكـــثر اعـــتمادية .ويوضـــح الجدول التالى أفضلية الاختيارات الخاصة بأبعاد القلوب والمشاكل المحتملة المصاحبة لكل اختيار:

الاختبار	القطر (مم)	الطول (مم)	المشاكل المحتملة
الأول	١٥٠	١٥٠	قد يحتوى على أسياخ تسليح
	١٥٠	٣٠٠	قد يؤدى إلى قطع الخرسانة بعمق أكبر من المرغوب
	١٠٠	١٠٠	- لا يسمح به إذا كان المقاس الاعتبارى أكبر من ٢٥مم - قد يؤدى إلى قطع الخرسانة بعمق أقل من المطلوب.
الأخير	١٠٠	٢٠٠	قد يعطى نتائج أقل اعتمادية.

يجب ألا تكون نسبة طول القلب إلى قطره أقل من واحد أو أكثر من اثنين بعدما تُغطى نهايتاه. وبوجه عام تفضل القلوب القصيرة عن الطويلة حيث نسبة الطول إلى القطر بين ١ و ١,٢ .

- حالة خاصة

اعتمادا على أبحاث منشورة فإنه يمكن اختبار قلوب يتراوح قطرها بين ٥٠ مم حتى ١٠٠مم وتعتبر نتائجها مرضية ولكن من الضرورى أن تختبر القلوب باستعمال ماكينات اختبار تلائم مقاس القلب، وعادة فإن المكنات المصممة لاختبار العينات ذات أقطار ١٠٠ و ١٥٠ مم تكون غير مناسبة لاختبار العينات ذات الأقطار الصغيرة. كما يجب ألا تستعمل الأقطار الصغيرة إذا كان المقاس الاعتبارى الأكبر للركام يزيد على ٢٠ مم. ويجب الأخذ فى الاعتبار أن القلوب ذات الأقطار الصغيرة قد تعطى نتائج ذات اختلاف أكبر من القلوب ذات الأقطار ١٠٠ و ١٥٠ مم ($\frac{\pm 36\%}{\sqrt{n}}$) .

٨-١-٤-٥ معمل الاختبار

يجب أن تقوم الأطراف المعنية بالموافقة على معمل الاختبار الذى سيقوم بإعداد واختبار القلوب وتقييمه من حيث قدرته على إجراء الفحوص الضرورية وتغطية القلوب وإجراء اختبار الضغط طبقاً لمتطلبات هذه المواصفة ويعطى اهتماماً خاصاً بوجود شهادة معايرة لأداء ماكينة اختبار الضغط.

٨-١-٤-٦ الإشراف

يقوم بالإشراف على قطع القلوب شخص مسئول توافق عليه الأطراف المعنية ويكون قادرا على استعمال تقديره لتجنب إحداث إتلافات ولضمان استخراج القلوب بطريقة صحيحة وترقيمها. ويتم إعطاء المعلومات الآتية للمشرف الذى سيشرف على عملية الثقب:

١ – موقـــع الخرســـانة المشكوك بها وأى جزء غير مناسب للقلب وكذلك الموقع المحتمل للحديد إذا وجد ضمن عمق الثقب.

٢ – قطر القلب وعدد القلوب المطلوبة ونقط الثقب محددة على سطح الخرسانة.

٣ – عمق الخرسانة المراد استخراجها من كل موقع والجزء المحـــدد منه لاختباره والإجراءات التى يجب اتباعها إذا كسر القلب قبل الوصول للطول المطلوب.

٤ – الإجراءات التى يجب اتباعها إذا أظهر فحص القلب دمكا غير كاف – حديد – شروخ.

٥ – التعليمات التى يجب إعطاؤها لمعمل الاختبار.

٨-١-٥ الحصول على القلوب

يشـــمل الحصـــول على القلوب ثقب واستخراج وفحص وتعريف القلب – تسجيل المعلومات – تحديد طول الاختبار والإرسال للمعمل.

٨-١-٥-١ الأجهزة

جهـــاز قطـــع العينة من الخرسانة المتصلدة باستخدام أسطوانة القطع وهي عبارة عن أسطوانات بأقطـــار مخـــتلفة مزودة بفدية من سبيكة خاصة مخلوطة ببرادة الماس لها خاصية القطع في الخرسانة أثناء دوران الأسطوانة بواسطة الجهاز.

٨-١-٥-٢ ثقب واستخراج القلب

يجب أن يقوم بعملية الثقب فنى مدرب ويراعى ما يلى :

– يجب أن يحافظ على وضع ثابت للمثقاب أثناء الثقب وإلا فإنه قد يحصل على قلب منحنى مما يؤدى إلى نقص فى المقاومة المقاسة.

– يجب مراعاة أن يكون الضغط المؤثر به على المثقاب بدرجة مناسبة لأن الضغط القليل يمنع تأثير القـــاطع الماســـى فـــى حين أن الضغط الكبير يسبب تآكلا زائدا للماس وقد يؤدى إلى كسر محور الموتور.

– قبل فصل القلب يجب التأكد من الوصول لعمق الثقب المطلوب.

– يمكن الاستدلال على أن المثقاب واجه صلب تسليح من تغير صوت المثقاب أو تغير سرعته أو من لون ماء التبريد.

– يـــتم استخراج القلب عادة بإدخال إزميل بجانب القلب لفصل القلب عند أو بالقرب من نهاية الطول المثقوب ثم استخراج القلب باستخدام المثقاب أو كلابات .

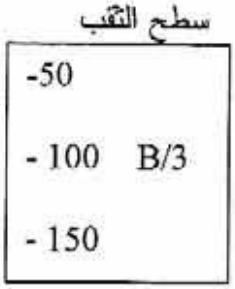
– ويجب على المشرف التأكد من أن طريقة الثقب المستخدمة لا تسبب تشوها أو تلفا للقلب.

٨–١–٥–٣ الفحص

عـــند استخراج كل قلب يجب أن يقوم المشرف بفحصه للتأكد من أن طوله مناسب للاختبار وإذا لم يكن كذلك فيجب أن يستخرج قلب آخر قريبا من منطقة استخراج القلب المرفوض.

٨–١–٥–٤ تعريف القلب

يجـــب أن يعطـــى كل قلب رقما كوديا يكتب على سطح القلب المقطوع . كذلك توضع علامات علـــى القلـــب تبين المسافة بالمليمترات من سطح ثقب الخرسانة .حتى يمكن بعد تسوية القلب معرفة وضع العينة المختبرة بالنسبة للعنصر الإنشائى.



مسقط جانبى لقلب موضح عليه الرقم الكودى(B/3)
وعلامات من سطح الثقب على مسافات ٥٠مم

٨–١–٥–٥ تقرير الثقب

يقوم المشرف بإعداد تقرير عن الثقب أثناء العمل يحتوى على :

– موقع الثقب

– الرقم الكودى للقلوب

– أى ملاحظات

٨-١-٥-٦ إرسال القلوب للمعمل وتحديد أطوالها

يجب أن يتأكد المشرف من سلامة نقل القلوب للمعمل بدون حدوث تلف لها ويرسل معها التعليمات الخاصة بتحديد أى جزء من القلب يعد ويختبر ويراعى الآتى:

- يجب ألا يقل طول القلب بعد الإعداد عن القطر ولا يزيد على ضعف القطر ويفضل ألا يزيد الطول على ١,٢ القطر. ويفضل أن يتم إعداد القلب بحيث لا يشمل طول الاختبار المقاطع التى تحتوى على قطع من أسياخ صلب التسليح .

٨-١-٦ إعداد القلوب للاختبار

يشمل عمل المعمل وهو تسوية نهايات القلوب وتغطية نهاياتها واختبارها ، كما يشمل كذلك فحصها وتعيين كثافتها.

٨-١-٦-١ الأجهزة

- منشار لقطع الخرسانة لتسوية نهايات العينة إما بالقطع أو البري، و هو عبارة عن قرص دائري مزود بفدية من الماس أو كربيد السيليكون متصل بموتور للحركة (يستخدم في حالة تجهيز العينة بطريقة التجليخ) ويمكن من تسوية السطح في حدود التفاوت المسموح به.
- طوق من الصلب مستوى الحافتين و لوح من الزجاج بسمك لا يقل عن ٨ مم يستخدمان في حالة تجهيز نهايات العينة باستخدام المونة الأسمنتية.
- قالب لتجهيز نهايات العينة بالكبريت يتكون من لوح أفقي ذى سطح مستو من الصلب لا يزيد التفاوت في أفقية سطحه عن ٠,٣٠ مم ومتعامد مع دليل رأسى لضمان الحصول على نهاية مستوية و متعامدة مع محور العينة .
- مكنة اختبار مقاومة الضغط مناسبة للعينة من حيث الحجم و الحمل المتوقع.

٨-١-٦-٢ الإجراءات

٨-١-٦-٢-١ الفحص

يجب أن يقوم المعمل بفحص وتصوير كل قلب طبقاً لتعليمات المشرف على قطع القلوب وتدوين الملاحظات. وتشمل الملاحظات ما يلى:

أ – عدم تجانس الخرسانة خلال القلب أو بين القلوب بعضها البعض.

ب – الفراغات الموجودة على السطح الخارجى للقلب من حيث الحجم حيث تقسم إلى:

صغيرة / متوسطة / كبيرة

ويصنف الفراغ حسب أبعاده كالتالى :

- فراغ صغير إذا كان مقاسه يتراوح بين ٠,٥ مم و ٣ مم
- فراغ متوسط إذا كان مقاسه يتراوح بين ٣ مم و ٦ مم
- فراغ كبير إذا كان مقاسه أكبر من ٦ مم
- فـراغات التعشـيش وهى الفراغات المتصلة الناتجة غالبا من عدم كفاية الدمك أو عند نقص المونة.

جـ – مكان الشروخ أو التلف أو الحديد. توضع علامات على سطح القلب على المناطق التالفة وحول حديد التسليح ويرسم شكل توضيحى لكل قلب .

د – مقـاس الركام التقريبى (يأخذ فى الاعتبار أن الركام المقطوع يبدو أصغر). ونوع الركام وشكله ولونه.

هـ – التدرج الظاهرى للركام وأى صفات ظاهرة للرمل.

٨-١-٦-٢-٢ القياسات

- قياس الأبعاد : يقاس القطر وطول القلب قبل وبعد إعداد النهايات
- قـياس الـوزن والكثافة : يوزن كل قلب وتعين كثافة الخرسانة بحالة تسليمها للمعمل أو فى الحالة المشبعة
- قـياس صلب التسليح : يقاس قطر الحديد والبعد بين أسياخ الحديد إن وجدت. ويعين موقع أى سيخ موجود بقياس المسافة من مركز السيخ المكشوف إلى سطح القلب قبل وبعد إعداد النهايات.

٨-١-٦-٢-٣ حدود التفاوت

حدود التفاوت المسموح بها فى العينة المجهزة كالتالى :

أ – الاستواء : التفاوت المسموح به لسطح نهايتى العينة ٠,٠٦ مم

ب – الـتعامد : التفاوت المسموح به بين نهاية العينة المعدة أولا ومحور العينـة كمحور أساسى هو ٢مم

جـ – التوازى : التفاوت المسموح به فى توازى السطح العلوى مع السطح السفلى هو ٢ مم.

د – الأسطوانية : التفاوت المسموح به هو ٣ % من قطر القلب.

٨-١-٦-٢-٤ تجهيز العينات

١ - تسوية القلب لطول الاختبار

يجـــب أن يقوم المعمل بتسوية كل قلب طبقا لتعليمات المشرف على قطع القلوب مع التأكيد على ألا يقـــل طـــول القلب المعد عن ٩٥ % من القطر وبحيث لا يزيد عن ضعف قطر القلب. ويستخدم للتسوية حجر تجليخ والأفضل استخدام منشار قطع الخرسانة .

٢ - تجهيز نهايتى الاختبار بالتجليخ

- توضع العينات فى ماء درجة حرارته ٢٠ ± ٢°م لمدة ساعة على الأقل قبل التجليخ .
- تـــرفع العيـــنات من الماء ويتم إعداد النهايات وعمل القياسات المطلوبة فى مدة لا تزيد على ساعة وتعاد العينات ثانية إلى الماء.
- يتم تجليخ النهايات بمنشار من الماس بحيث لايتعدى التفاوت الحدود المسموح بها فى بند (٨-١-٦-٢-٢) .

٣ - تغطية نهايات العينة

أ - التغطية بالمونة

- تحفظ العينات فى الماء عند درجة حرارة ٢٠ ± ٢° م لمدة ساعة على الأقل قبل التغطية.
- تتكون مادة التغطية من ثلاثة أجزاء بالوزن من الأسمنت الألومينى إلى جزء من رمل ناعم يمر من منخل ٠,٣مم .
- توضـــع العيـــنة بعـــد رفعها من الماء على سطح أفقى ويركب طوق من الصلب بقطر يناسب قطر القلـــب عـــند نهايـــة العينة بحيث يكون حرف الطوق العلوى أفقيا ويعلو مباشرة أعلى نقطة بسطح العينة .
- يـــتم ملء الطوق بمادة التغطية حتى يتكون سطح محدب فوق حرف الطوق ثم يضغط على المونة بلـــوح التغطـــية الزجاجى والمغطى بطبقة من الزيت مع الحركة الدائرية حتى تتلامس تماما حافة الطوق ولوح الزجاج.
- توضـــع العيـــنة بـــالطوق ولوح الزجاج مباشرة فى جو رطوبته النسبية ٩٠ % على الأقل ودرجة حرارة ٢٠ ± ٥°م ويرفع الطوق عندما تصبح المونة صلبة بقدر كاف.

ب – التغطية بالكبريت

– تحفظ العينات فى حالة جافة قبل التغطية .

– تتكون مادة التغطية من أجزاء متساوية بالوزن من الكبريت ورمل سيليسى ناعم يمر من منخل ٠,٣٠مم وتحجز على منخل ٠,١٥ مم بالإضافة إلى نسبة صغيرة من الكربون الأسود (١–٢%). يسخن الخليط إلى درجة ١٣٠ – ١٥٠ °م ويسمح للخليط بأن يبرد قليلا مع التقليب المستمر .

– يحضر القالب بدهان لوح الصلب بالبرافين ويسخن قليلا ويوضع على سطح مستو ثم يصب به الخليط السابق وتوضع العينة فى طبقة الكبريت بحيث يكون محور العينة رأسيا بمساعدة دليل القالب. بعد بضع ثوان يزال الكبريت الزائد بسكين حادة وترفع العينة من القالب.

٨–١–٦–٢–٥ حفظ العينات

– بعد تجهيز العينة أو تغطية سطحها يتم غمرها فى الماء عند درجة حرارة ٢٠ ± ٢ °م لمدة ٤٨ ساعة على الأقل قبل الاختبار للوصول إلى حالة التشبع.

– لا تختبر العينات المأخوذة من خرسانة عالية المقاومة والتى تمت تغطية نهايتيها بمونة الأسمنت الألومينى إلا بعد أن يصل إجهاد مونة التغطية إلى قيمة أعلى من القيمة المتوقعة لخرسانة القلب على أنه يجب ملاحظة الآتى :

– عدم استخدام أى طريقة أخرى للتغطية.

– تكون التغطية بأقل سمك ممكن.

– فى حالة التسوية اليدوية يمكن أن يصل سمك الطبقة الأقصى إلى أكثر قليلا من نصف المقاس الاعتبارى الأكبر.

– القلوب التى يتعدى فيها التفاوت فى الأسطوانية الحدود المسموح بها أو التى يظهر فيها التعشيش بدرجة كبيرة لا تختبر.

٨–١–٦–٢–٦ تعيين الكثافة

تعطى كثافة القلب معلومات مفيدة بوجه عام، ويمكن تعيين الكثافة طبقاً للإجراءات التالية

أ – قبل التغطية مباشرة يغمر القلب بعد تسوية نهاياته فى الماء لمدة ٢/١ ساعة ويعين حجم القلب بطريقة إزاحة الماء (V_u)

ب – تـتم تغطـية القلب (بعد السماح له بالجفاف فى حالة استعمال التغطية بالكبريت والرمل). إذا لم تكـن كـثافة مادة التغطية معروفة بدرجة دقة عالية فيجب عمل عينة منها وحفظها مع القلوب فى الماء وتعين كثافتها (D_c) قبل اختبار القلب.

جـ – بعـد فترة الغمر فى الماء وقبل اختبار الضغط مباشرة يوزن القلب المغطى فى الهواء ويعين وزنه (W_t) (مشبع والسطح جاف) ويعين حجمه (V_t) .

د – يمكن تعيين كثافة الخرسانة المشبعة (D_a) من العلاقة التالية :

$$D_a = \frac{Wt - Dc(Vt - Vu)}{Vu} \qquad (8\text{-}1\text{-}1)$$

ملاحظة :

إذا كـان القلـب يحـتوى على حديد ، فيجب استخراجه من القلب بعد اختبار الضغط للقلب ووزنه (W_s) وتعيين حجمه (V_s) ثم تعين الكثافة كالتالى:

$$D_a = \frac{Wt - Dc(Vt - Vu) - Ws}{Vu - Vs} \qquad (8\text{-}1\text{-}2)$$

٨-١-٧ اختبار القلب

– يجب أن يختبر القلب بعد فترة لا تقل عن يومين بعد التغطية والغمر فى الماء.

– يختبر القلب بعد رفعه مباشرة من الماء وهو فى حالة رطبة.

– القلوب ذات التغطية المفككة أو المشرخة لاتختبر.

– يعين القطر المتوسط للقلب لأقرب مليمتر (تحسب القيمة المتوسطة لمساحة المقطع).

– يقاس طول القلب المغطى لأقرب مليمتر وتحسب النسبة λ = طول القلب إلى القطر

٨-١-٧-١ وضع العينة فى ماكينة الاختبار

يـزال أى مـاء أو رمـل من على سطحى القلب وينظف سطحا لوحى التحميل ثم توضع العينة بحيـث يـتطابق مركـزها مع مركز الفك السفلى لمكنة الاختبار ولا تستعمل أى حشوات بين سطحى العينة وسطحى لوحى التحميل.

٨-١-٧-٢ التحميل

يـتم التأثـير بالحمل تدريجيا وبمعدل منتظم ومستمر يتراوح بين ٠,٢٠ نيوتن /مم^2 إلى ٠,٤٠ نيوتـن /مـم^2 حتى يصل إلى أقصى حمل يمكن أن تتحمله العينة ويسجل حمل الكسر . ويلاحظ شكل الانهيار ويرسم إذا كان شكله غير معتاد حيث أن شكل الكسر العادى للقلب يعنى:

أ – عدم حدوث شروخ أو كسر مؤثر فى مادة التغطية.

ب – عدم فقد التماسك بين مادة التغطية والقلب.

جـ – حدوث شروخ متماثلة حول كل محيط القلب

يعتـبر حـدوث شرخ قطرى فى حالة القلوب الطويلة مقبولا ، ولكن يجب أن يسجل حدوثه فى التقرير إذا كان القلب قصيراً ($\lambda < 1.2$) أو مع وجود حديد أو تعشيش للمساعدة فى تفسير النتائج.

٨-١-٨ حساب النتائج

تحسب مقاومة الضغط للقلب بقسمة الحمل الأقصى للقلب على مساحة المقطع لأقرب نيوتن /مم^2.

٨-١-٨-١ تقدير المقاومة الفعلية

يتضـمن تقديـر المقاومة الفعلية بمعلومية مقاومة القلب التصحيح نتيجة اختلاف شكل القلب عن المكعب والاختلاف بين اتجاه الصب واتجاه التحميل، وذلك باستخدام المعادلات الآتية:

القلوب المثقوبة فى اتجاه أفقى :

$$\text{المقاومة الفعلية المقدرة للمكعب} = \frac{2.5}{1.5 + \frac{1}{\lambda}} \times \text{مقاومة القلب.}$$

القلوب المثقوبة فى اتجاه رأسى :

$$\text{المقاومة الفعلية المقدرة للمكعب} = \frac{2.3}{1.5 + \frac{1}{\lambda}} \times \text{مقاومة القلب.}$$

حيث λ هى نسبة طول القلب إلى قطره

٨-١-٨-٢ تصحيح مقاومة القلب لتأثير صلب التسليح :

يفضـل أن تكون القلوب المستعملة لقياس مقاومة الخرسانة غير محتوية على صلب ولكن إذا لم يـتحقق ذلـك فإنه من المتوقع حدوث انخفاض فى المقاومة المقاسة للقلب المحتوى على صلب تسليح (ليس فى اتجاه محور القلب) ويتراوح هذا النقص بين ٥ و ٢٠% فى حالة القطر الكبير . ولذا يجب

استعمال عامل تصحيح لوجود الصلب حيث يضرب إجهاد القلب أو المقاومة الفعلية المقدرة فى هذا العامل.

أ – فى حالة وجود سيخ تسليح واحد

إذا كان القلب يحتوى على سيخ تسليح واحد عمودى على محور القلب فإن المقاومة الفعلية المقدرة يجب أن تصحح بضربها فى المعامل التالى :

$$\text{Correction Factor} = 1 + 1.5\left(\frac{s}{L}.\frac{\Phi}{d}\right) \qquad (8\text{-}1\text{-}3)$$

حيث :

ϕ = قطر سيخ الحديد

d = قطر عينة القلب الخرسانى

s = المسافة بين محور سيخ الحديد والنهاية القريبة للعينة

L = ارتفاع القلب الخرسانى

ب – فى حالة وجود عدة أسياخ تسليح يكون معامل التصحيح فى هذه الحالة يساوى:

$$\text{Correction Factor} = 1 + 1.5\left(\frac{\Sigma s.\Phi}{L.d}\right) \qquad (8\text{-}1\text{-}4)$$

ويلاحظ أنه إذا كانت المسافة بين السيخين عند أقرب نقطة بينهما لا تزيد عن قطر السيخ الأكبر، يؤخذ فى الاعتبار فقط السيخ الذى له القيمة الأكبر من $(S.\phi)$.

٨-١-٩ حدود الدقة والحيود للنتائج

١ – يتوقع أن تقع المقاومة الفعلية المتوقعة المقدرة من قلب واحد فى حدود $\pm$١٢% من المقاومة الفعلية الحقيقية لخرسانة القلب – بدرجة ثقة ٩٥% – وبالتالى فإن المقاومة الفعلية المتوقعة المتوسطة لعدد n قلب يمكن الاعتماد عليها – بنسبة ثقة ٩٥ % – حيث تقع فى حدود $\pm$ $\left(\frac{12\%}{\sqrt{n}}\right)$ من المقاومة الفعلية الحقيقية المتوسطة لخرسانة القلوب.

٢ – يجب التأكيد على أنه يفضل أن تكون القلوب خالية من حديد التسليح ولكن إن وجد حديد تسليح فى القلب الخرسانى تستعمل معاملات التصحيح. ويؤخذ فى الاعتبار أنه إذا كان التصحيح بين ٥ % و ١٠ % فإن استعمال نتائج القلوب لا يتم إلا بالاتفاق على ذلك ولكن إذا كان التصحيح يزيد عن ١٠% فإن نتائج القلب لا يعتمد عليها ويؤخذ فى الاعتبار أخذ قلوب أخرى.

٣ – فـــي الحـــالات الخاصـــة التى تختبر فيها قلوب صغيره (أقل من ١٠٠ مم) فلا تختبر القلوب المحتوية على حديد تسليح.

٨-١-١٠ تفسير النتائج

عند تفسير النتائج يجب أخذ هذه النقاط فى الاعتبار :

١ – حيث أن إجراءات الاختبار تتطلب غمر العينات فى الماء قبل الاختبار فإنه سيحدث انخفاض فى المقاومة – قد يصل إلى ١٥ % – بالنسبة لمقاومة الخرسانة الجافة .

٢ – العلاقـــة الـــتى تستخدم لتعيين المقاومة الفعلية المقدرة تأخذ فى الاعتبار أى اختلاف بين القلب والمكعب القياسى من حيث الاتجاه .

٣ – تعتـــبر الخرســـانة مقـــبولة إذا كانت المقاومة المتوسطة للقلوب لا تقل عن ٧٥ % من المقاومة المطلوبـــة فـــى حالة المنشآت من الخرسانة المسلحة – ولا تقل عن ٨٠% من المقاومة فى حالة المنشـــآت مـــن الخرســـانة ســـابقة الإجهاد. ولا تقل المقاومة المحسوبة لأى قلب عن ٦٥ % من المقاومـــة المطلوبـــة فـــى حالـــة المنشآت من الخرسانة المسلحة – ولا تقل عن ٧٥% فى حالة المنشآت من الخرسانة سابقة الإجهاد .

٨-١-١١ تقرير الاختبار

٨-١-١١-١ عـــام

يجب أن يذكر بالتقرير المواصفة القياسية التى أخذت وجهزت واختبرت العينات على أساسها . ويشتمل التقرير على البيانات التالية:

٨-١-١١-٢ بيانات تقدم بواسطة مقدم العينات للاختبار

أ – بيانات إلزامية

- تعريف القلب
- تاريخ الثقب
- اتجاه الثقب بالنسبة لاتجاه الصب
- اسم الشخص الذى قام باستخراج القلوب
- ظروف حفظ العينات
- عمر الخرسانة عند إجراء الاختبار

ب – بيانات اختيارية

- اسم المشروع
- جزء المشروع أو مكوناته

- المقاومة المميزة
- تفاصيل الخلطة الخرسانية
- الإضافات المستعملة

٨-١-١١-٣ بيانات تقدم بواسطة المعمل

أ – بيانات إلزامية

١ – تعريف العينة .
٢ – تاريخ استلام العينة .
٣ – القطر المتوسط للعينة .
٤ – أقصى وأقل طول للعينة كما وردت .
٥ – كثافة العينة .
٦ – طول العينات بعد التجهيز وموضعها من العينة الأصلية.
٧ – طريقة تجهيز النهايات
٨ – توصيف درجة الدمك وتوزيع المواد والفراغات ووجود الشروخ.
٩ – تاريخ الاختبار.
١٠ – عمر العينة عند الاختبار (إذا كان معروفا).
١١ – طول فترة الحفظ فى الماء قبل الاختبار .
١٢ – مقاس ومكان حديد التسليح .
١٣ – أقصى حمل للانهيارلكل قلب.
١٤ – مقاومة القلب للضغط والمقاومة الفعلية التقديرية للمكعب.
١٥ – مظهر الخرسانة بعد الكسر ونوع الانهيار .
١٦ – أية ملاحظات أخرى .

ب – بيانات اختيارية

١ – صور فوتوغرافية للقلوب وقت استلامها.
٢ – وصف الركام– نوعه – شكل الحبيبات– المقاس الاعتبارى الأكبر .

٨-١-١٢ مراجع

– المواصفات القياسية المصرية رقم ١٦٥٨ – ١٩٩٥ طرق اختبار الخرسانة جزء ٦: تعيين مقاومة الخرسانة للضغط بطريقة اختبار القلب الخرسانى