

الباب الثالث

ماء الخلط

(Mixing Water)

أولا : وظيفة ماء الخلط

ثانيا : نوع ماء الخلط

ثالثا : المواد المتصارفت في ماء الخلط

١ - الطين والمواد الرسوبية

٢ - المواد العضوية

٣ - الأملاح

رابعا : ملاحظات بشأن ماء الخلط

خامسا : مشاكل ماء الخلط

سادسا : أنواع الخرسانة بالنسبة لكمية الماء

سابعاً : استعمال الماء الأخرى في الخرسانة

١ - استعمال الماء في غسل الركام

٢ - استعمال الماء في معالجة الخرسانة

أولاً : وظيفة ماء الخلط (Function of Mixing Water)

يمثل ماء الخلط أحد العناصر الهامة والأساسية في الخرسانة حيث يقوم بالوظائف الرئيسية الآتية :

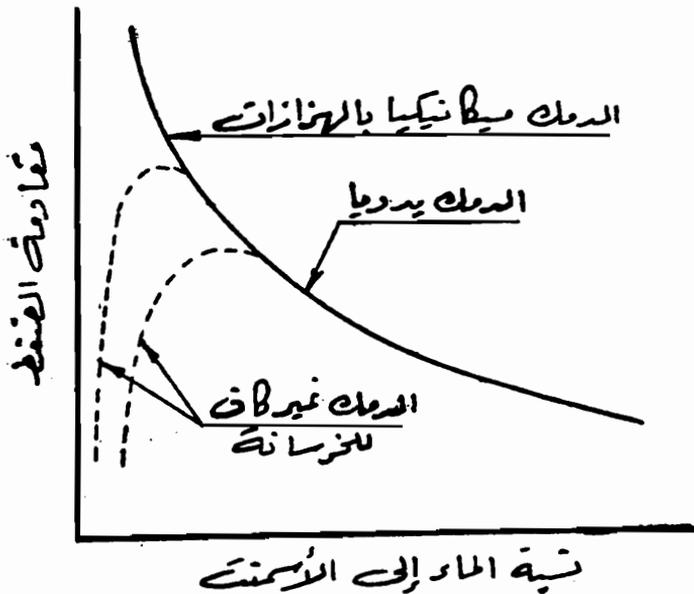
- (١) يعمل على إمامة (Hydration) الأسمنت وتفاعله مكوناً عجينة الأسمنت التي تعتبر المادة الفعالة في الخرسانة والتي تعمل على تماسك حبيبات الركام وذلك بعد أن تشكل ابتدائياً ثم نهائياً وبعد ذلك تتصلد . ويحتاج كل جزء من الأسمنت إلى ٠.٣ من وزنه تقريباً من الماء وذلك لاتمام إمامته .
- (ب) يعمل الماء على يبلل الركام وهو بذلك يحيطه بطبقة من الماء تحول دون امتصاص حبيبات الركام للماء اللازم لعملية الامامة .

(ج) يقوم الماء بما يشبه فعل التشحيم (Lubrication) في المسكّنات فهو بذلك يساعد على جعل الخرسانة قابلة للتشغيل (Workable) وعندما يتبخر هذا الجزء من الماء يترك فراغات بالخرسانة لذلك يوصى دائماً بتقليل الماء المستخدم بغرض التشحيم إلى نهايته الصغرى إذا أن الاسراف في استعمال ماء الخلط بغرض زيادة قابلية التشغيل يؤدي إلى نقص ملحوظ في المقاومة النهائية وذلك نتيجة الفراغات الناشئة عن تبخر ماء الخلط بعد أن يحتل مكاناً في الخرسانة .

ويؤخذ ماء الخلط في العادة على هيئة نسبة بين الماء والأسمنت (م / س - W/C) وهناك طريقة أخرى قديمة تنص على أخذ الماء بنسبة مئوية من الوزن الكلي للعناصر الجافة (الركام والأسمنت) ونتائج هذه الطريقة ليست جيدة كما أن الطريقة الأولى تفضلها لامكان ضبط كمية الأسمنت عن طريق عدد الشكاير (وزن الشيكارة الواحدة من الأسمنت ٥٠ كجم) .

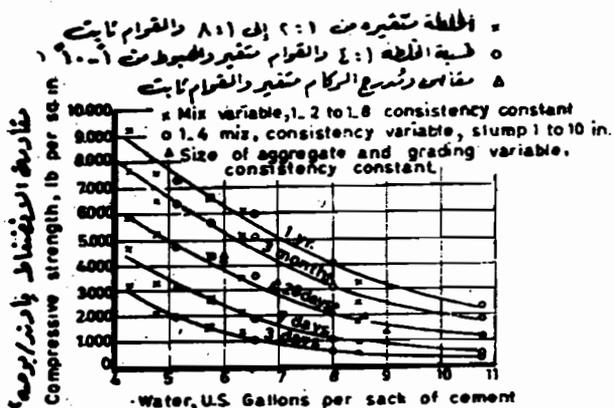
إن كمية ماء الخلط اللازمة للاتحاد الكيميائي مع الأسمنت تتراوح من ٠,٢٥ إلى ٠,٣٠ من وزن الأسمنت وإذا استعملت تلك الكمية فإنها تغطي خرسانة طازجة جافة جداً , Too dry) وبالتالي تكون صعبة التشغيل الأمر الذي يؤدي إلى صعوبة الدمك والتبعية تواجد الفراغات . فذلك يلزم إضافة كمية ماء أخرى لتسهيل عمليات الخلط والصب والدمك على أن تكون بأقل كمية ممكنة للوفاء بهذا الغرض نظراً لأن زيادة الماء في الخلطة الخرسانية يؤدي إلى ضعف المقاومة للأحمال

كما يتضح من الشكل رقم (٣ - ١) ورقم (٣ - ٢).
 لانيا - نوع ماء الخلط (Quality)



نسبة الماء إلى الأسمنت
 شكل رقم (٣ - ١)

العلاقة بين مقاومة الضغط ونسبة الماء إلى الأسمنت بالخرسانة



الماء بالأسمنت الأمريكي لك بمسألة أسمنت

COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE OF VARYING WATER CONTENTS AT DIFFERENT AGES (Moist room curing, 8 by 12 in. cylinders)

مقاومة الانضغاط للخرسانة ذات محتويات ماء متغيرة ولاحجار مختلفة (ساية بالحرارة الرطبة - أبطراناته أبطرها ٨×٨×٨)

شكل رقم (٣ - ٢)

يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفاً خالياً من المواد الضارة مثل الزيوت والاحماض والقلويات والاملاح والمواد العضوية والمواد الاخرى التي قد تؤثر تأثيراً متلفاً على الخرسانة أو حديد التسليح ويمكن استعمال الماء غير الصالح للشرب في خلط الخرسانة وإذا كانت مقاومة الضغط بعد ٢٨،٠٧ يوماً للمينات التي يستعمل في خلطها هذا الماء تساوى ٩٠٪ على الأقل من مقاومة الضغط لمينات ماثلة جهزت بماء خلط صالح للشرب .

ويوجد رأى شائع أن الماء الصالح للشرب يصلح بالتبعية للاستخدام كماء للخلط في الخرسانة ويلاحظ أن عكس ذلك غير صحيح بمعنى أن الماء غير الصالح للشرب

لا يشترط أن يكون غير صالح للخرسانة بل قد يصلح فياه الأنهار والجداول المائية (Streams) غير الملوثة بالمخلفات (Wastes) وغير الملحية المذاق (Salty taste) تصلح كإم خلط للخرسانة . ويجب ألا يحتوي ماء الخلط على الطين والمواد الناعمة والمواد العضوية والاحماض والقلويات والأملاح وجميعها ضارة بالخرسانة . ويمكن استخدام الماء المحتوى على الطين بعد ترسيب الطين في أحواض للتخلص منه كما يمكن استخدام الماء ذي المذاق المالح بعد تحليله والتأكد بالاختبارات من ضآلة تأثيره على :

١ — خاصية المقاومة للخرسانة .

١ — مظهر سطح الخرسانة (Appearance) حيث تسبب الأملاح الذاتية تزهيراً

(Efflorescence) بسطح الخرسانة .

٣ — خاصية صدأ حديد التسليح حيث توجد الأملاح الذاتية عند تعرض الخرسانة

لحالة التحلل الكهربي (Electrolyte) التي تسبب صدأ حديد التسليح لذلك لا يوصى باستعمال ماء البحر كإم خلط للخرسانة المسلحة ولكن يمكن استخدامه عند الضرورة في الخرسانة العادية بشرط العناية بالدمك (Compaction) للحصول على خرسانة كثيفة (Dense) ومراعاة أن تكون نسبة الماء للأمنت $\frac{1}{2}$ أقل ما يمكن في حدود قابلية

التشغيل المطلوبة مع الأخذ في الاعتبار المقاومة المحدودة غير العالية لمثل هذه الخرسانة . وبصفة عامة إذا كان الماء من مصادر غير عادية كالأبار والينابيع فيجب اختبارها وذلك للتأكد من صلاحيتها للاستخدام كإم خلط للخرسانة وذلك بعمل اختبارات مقارنة على زمن الشك للأمنت ومقاومة الضغط للونة والخرسانة والتحمل مع الزمن وتأثير المواد الكيميائية والعوامل الجوية كل ذلك باستعمال الماء موضوع الاختبار والماء العادي الصالح للشرب بغرض دراسة مدى التغير في خواص الخرسانة المصنوعة من كل .

ويلاحظ أن اختبار هاتين الخلطتين في مدى ٢٨ يوماً وهي فترة تصلد الخرسانة لا يكون كافياً بل يجب دراسة النوعين على مدى أطول . وفي المعمل يكون ذلك ممكناً عن طريق مجموعة من الدورات تؤدي إلى اختصار كبير في زمن التعرض للعوامل الجوية بحيث يمكن عن طريق هذه الدورات والتي تشمل التسخين والتبريد الفجائيين لإحداث نفس الأثر في الخرسانة والذي يتم على مدار نين طويلة في فترة لا تتجاوز الأسابيع .

وقد يكون التحليل الكيميائي في معظم الأحيان هو القيصم في المشكلة .

ثالثاً - المواد الضارة في ماء الخلط :

هناك بعض المواد التي تؤدي إلى تأثيرات ضارة بالخرسانة وذلك عند وجودها في ماء الخلط منها الطين والمواد الرسوبية والزيوت والأملاح والقلويات والأحماض والمواد العضوية والأصبغ والفضلات . . . الخ .

١ - الطين والمواد الرسوبية :

بسبب الطين والمواد الرسوبية نقصاً ملحوظاً في مقاومة الخرسانة وعدم ثبات حجمها ويعزى هذا إلى أن الطين نفسه يؤخر التفاعل بين الماء والأسمنت (الإماهة) ويفلف أيضاً حبيبات الركام ويحول دون التماسك الكامل بين الركام وعجينة الأسمنت هذا بالإضافة إلى قدرة الطين على امتصاص الماء فيؤدي إلى حدوث تغيرات في الحجم وانكماش قد يؤدي إلى تشققات .

وقد لا يعتبر وجود الطين بنسبة صغيرة في ماء الخلط ضاراً بالخرسانة بل قد يساعد على ملء الفراغات الصغيرة الموجودة بين حبيبات الركام وبصفة خاصة في الخرسانة فقيرة الأسمنت (Poor Cement Concrete) حيث أن التغيرات الحجمية تكون فيها صغيرة أصلاً وكل ما حدث هو أن حبيبات الطين هذه ملأت الفراغات بين حبيبات الركام .

٢ - المواد العضوية :

ويظهر ضررها عندما تغلب حبيبات الركام وتسبب في نقص التماسك بينها وبين عجينة الأسمنت كما أنها قد تكون سبباً في تشقق الخرسانة ثم قصفها .

وتظهر التشققات على هيئة مجموعة من التشققات الشعرية (Hair Cracks) تنمو إلى شروخ وتصل إلى تفتت ولا يقتصر ضرر هذه التشققات على الخرسانة نفسها بل قد يمتد الضرر إلى غير الخرسانة فمثلاً في الممرات الجوية والطرق قد تؤدي هذه الشروخ إلى تأكل الإطارات فتتأثر بذلك السرعة كما تتأثر اليايات والأجزاء الأخرى .

٣ - الأملاح :

الأملاح مثل الكبريتات والكلوريدات وفي بعض الأحيان الكبرونات لها تأثيرات ضارة على الخرسانة وبعضها قد يتسبب في تزهيرها . وفي بعض الأحيان يسمح باستخدام ماء البحر في خلط الخرسانة مع اتخاذ بعض الاحتياطات ولو أنه يتسبب في ظهور بعض الأملاح على سطحها نتيجة لحركة الماء انجذب بالأملاح تجاه السطح . هذا

فضلا عن إمكانية استخدامه في بعض الأحيان كماء للعالجة . كما تسبب أسكوريدات صدا حديد التسليح ولذلك يجب التأكد من أن الخرسانة التي ستوضع في ماء البحر غير منفذة للماء (سدودة له) كما يجب عدم استخدام ماء البحر في الخرسانة المسلحة حتى لا يصدأ حديد التسليح . وفي بعض الأحيان حين يؤدي استخدام ماء البحر للخرسانة إلى نقص مقاومتها قد تضيف عا.لا يعمل على زيادة المقاومة لمعادلة تأثير ماء البحر ويكون ذلك العامل غالباً هو زيادة نسبة الاسمنت مثلا .

وإبطاء ملاحظات بشأن ماء الخلط :

يجب الابتعاد عن مصادر المياه التي تحمل الشوائب والمواد الضارة ومن هذه المصادر المجارى التي تحمل كميات مركزة من المواد العالقة والمجارى التي تحمل الفضلات الصناعية والمنزلية والآبار القريبة من المناجم والبحيرات الصغيرة والقنوات الصغيرة في التربة القلوية ويمكن الكشف بسهولة عن وجود بعض هذه الشوائب والمواد الضارة مثل الزيوت والمواد العضوية التي تطفو على سطح الماء وفي أغلب الأحيان يضطر لاجراء اختبارات أو تحاليل كيميائية للتأكد من خلو الماء من الشوائب أو لمعرفة نوع المواد العضوية. ويمكن استخدام أوراق عباد الشمس لمعرفة ما إذا كان الماء حمضيا أو قلويا . وفيما يلي بعض النتائج الهامة التي يحتاج المهندس إلى معرفتها عند تحديد صلاحية ماء الخلط للخرسانة :

(١) لا يعتبر لون الماء أو رائحته دليلا قاطعا على مدى صلاحية استخدامه كماء خلط الخرسانة .

(ب) يمكن استعمال أنواع كثيرة من الماء الملوث في خلط الخرسانة وقد لا ينتج عنه ضرر ظاهر للخرسانة المسلحة وذلك عكس ما يتصوره بعض المهندسين ويشترط للسماح باستخدام هذا الماء أن يكون التلوث الموجود به غير مركز لدرجة واضحة كما يشترط لإجراء الاختبارات اللازمة .

(ج) أى ماء استخدم من قبل كماء مغلى يمكن استعماله كماء خلط دون أن يتلف الاسمنت أو الخرسانة أو الخرسانة المسلحة .

(د) تقلل الشوائب الآتية مقاومة الخرسانة المسلحة بأقل من ١٥ ٪ .

١ - الماء المحتوى على ١٥ ٪ صوديوم .

- ٢ - الماء المحتوى على كبريتات بنسبة لا تتجاوز ١ ٪ .
 - ٣ - ماء المناجم باستثناء مناجم الفحم .
 - ٤ - ماء الطلبيات في محاجر الجبس .
 - ٥ - الماء العادم (Waste Water) من مصانع الصابون أو البيرة .
 - ٦ - ماء البحر الذى يحتوى على أقل من ٣ ٪ كلوريد صوديوم .
- (٥) لا تصلح الأنواع الآتية من الماء لا استخدامها كما خلط للخرسانة :
- ١ - ماء البحر الذى يحتوى على ٣,٥ ٪ أو أكثر من الأملاح .
 - ٢ - الماء الذى يحتوى على ٣,٥ ٪ أو أكثر من محلول الكبريتات .
 - ٣ - الماء الذى يحتوى على أكثر من ٣ ٪ كلوريد صوديوم .
 - ٤ - الماء العادم من المدابغ والمصانع الكيماوية ومصانع المعادن .
 - ٥ - الماء المحتوى على مواد سكرية . ويتسبب عنها الانهيار التام فى مقاومة الخرسانة حيث تمنع الاسمنت من الشك .

٦ - الماء العادم من مصانع فحم الكوك .

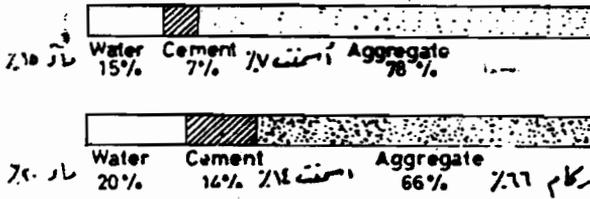
وبصفة عامة يمكن اعتبار الحد المقبول للنقص فى مقاومة الضغط فى المونة والخرسانة هو ١٠ ٪ وقد يتجاوز بعض المهندسين ويريد هذا الحد إلى ١٥ ٪ كحد أقصى مع اتخاذ الاحتياطات اللازمة .

وتعتبر الطريقة العملية لاستخدام أى ماء خلط مشبوه هى إجراء مجموعة اختبارات لتحديد زمن الشك والتجمل والمقاومة ثم مقارنة النتائج بخرسانة من ماء عادى وقبولها أو رفضها تبعاً للحدود السابقة .

خاصة : مشاكل ماء الخلط :

توجد مشاكل كثيرة بالنسبة لماء الخلط الصالح للخرسانة ومدى توافره ولا تظهر هذه المشاكل فى المدن نتيجة توفر المياه الصالحة للشرب ولكنها تظهر فى الصحارى ومناطق ندرة المياه العذبة حيث يلزم البحث عن مياه صالحة فى المناطق النائية .

كما أن تحديد كمية (Quantity) المياه اللازمة للخرسانة يعتبر مشكلة تقابل المهندس حيث تتراوح نسبة الماء إلى الاسمنت المستخدمة فى الخلطات الخرسانية بين ٣٥ . إلى ٨٠ . وتتوقف على ما يأتى :



(شكل رقم ٣ - ٣)

تأثير كمية الأسمنت على محتوى الماء بالخلطة الخرسانية

رصف الطرق تحتاج إلى ماء خلط أقل من الخرسانة المسلحة.

(ج) كمية الاسمنت الموجودة بالخلطة الخرسانية أى مدى غنى الخلطة الخرسانية بالاسمنت

(Richness of Mix) وبالتالي نسبة الركام إلى الاسمنت (Aggregate / Cement ratio)

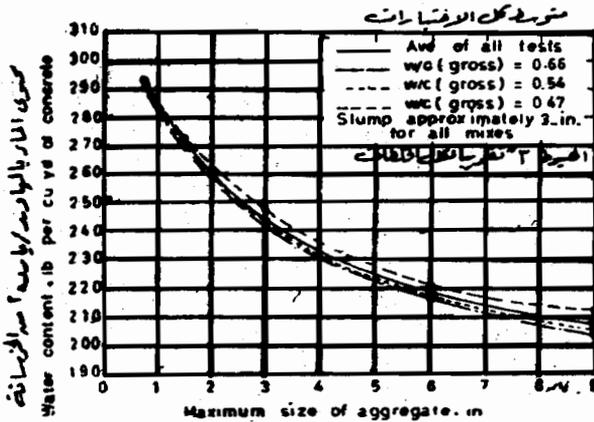
شكل رقم (٣ - ٣)

(د) طريقة دمك (Compaction) الخرسانة فالدمك الميكانيكي باستخدام

الهزازات الميكانيكية (Yibrators) يحتاج إلى كمية أقل من الماء لخرسانته عن تلك لو كان الدمك يدوياً .

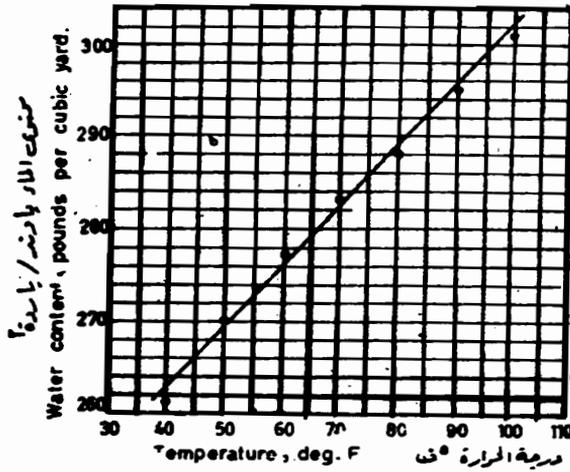
(هـ) نوع الركام ومدى تدرجه الجببي ومقدار مساحته السطحية وأقصى مقياس له

شكل رقم (٣ - ٤) .



شكل رقم (٣ - ٤)

- (د) درجة حرارة الجو ومقدار رطوبته النسبية . شكل رقم (٣ - ٥) .
ومن الملاحظ أن زيادة ماء الخلط تؤدي إلى :
- (١) حدوث انفصال حبيبي (Segregation) الخرسانة الطازجة (Fresh Concrete)
- (ب) حدوث ظاهرة النضج (Bleeding) وما يصاحبها من تواجد طبقة من الأسمنت البائي على سطح الخرسانة وتعرف هذه الظاهرة بالزبد (Laitance) .



شكل رقم (٣ - ٥)

(ح) خرسانة متصلدة

ذات فراغات .

(د) صعوبة وصل

الخرسانة القديمة

بالخرسانة الحديثة الصب .

(هـ) صعوبة صب

الخرسانة في الأجواء

شديدة البرودة .

(و) وجود طبقة

ترايبية بسطح البلاطات

الخرسانية .

سادسا : انواع الخرسانة بالنسبة لكمية ماء الخلط :

يختلف نوع الخرسانة تبعاً لكمية ماء الخلط المستخدم كما يلي :

١ - خرسانة جافة القوام : (Dry Consistency)

وتحدث إذا كانت كمية الماء قليلة بدرجة ملحوظة وتعطى لذلك خرسانة جافة القوام .

٢ - خرسانة لدنة القوام : (Plastic Consistency)

وفها تكون نسبة الماء إلى الأسمنت مناسبة وتعطى خرسانة لدنة القوام . وإذا

زادت كمية الماء عن هذه النسبة فإنها تعطى قواماً بين اللدن والبرى (Soft) أما إذا

قلت فإنها تعطى قواماً بين اللدن والجاف .

٣ - خرسانة مبتلة القوام (Wet Consistency)

إذا زادت كمية المياه عن الحد المناسب فإن الخرسانة الناتجة تكون مزودة القوام ضعيفة المقاومة يظهر بها الانفصال الحيبي : والنضح (Segregation & Bleeding) .

صاحباً - استعمال الماء الأخرى في الخرسانة :

ذكرنا فيما سبق استعمال الماء في خلط الخرسانة وكميته تحديد كميته المناسبة وإن كان يستخدم في أغراض أخرى لا تقل أهمية عن إمالة الأسمنت نذكر منها :

(١) استخدام الماء في غسل الركام :

يستخدم الماء الصالح في عمليات غسل حبيبات الركام والتي تكون عادة بغرض إزالة المخلفات الملتصقة من الغرين والطين والمواد الناعمة والأملاح والمواد العضوية والتي تعلق بأسطح الحبيبات .

ويلاحظ أن استعمال ماء غير صالح لغسل الركام قد يؤدي إلى أضرار تفوق تلك التي تنشأ عند استعمال هذا الماء في الخلط وذلك لأنها تساعد على تكوين المخلفات السميكة التي تمنع الالتصاق وتقلل التماسك وإن كان من الصعب وضع حدود فاصلة في ذلك إلا بمساعدة اختبارات المقارنة (Comparative Tests) .

(ب) استخدام الماء في معالجة الخرسانة :

يمكن القول أنه إذا استثنينا احتمال تغير لون الخرسانة فإن وجود الطين والزيوت والقيم المتوسطة من الأملاح في ماء المعالجة قد لا تؤثر بشكل أو بصورة ضارة على جسم الخرسانة . ومع ذلك فيجب معالجة الماء المحتوى على الأحماض أو المركبات العضوية بكل حذر حيث يفضل عدم استخدامه إلا بعد إجراء مجموعة من الاختبارات بغرض تحديد مدى صلاحيته كماء للمعالجة .