

اعمال الخرسانة و ظروف الجو الحار في اليمن

عبدالله بن دحمان

قسم الهندسة المدنية-كلية الهندسة-جامعة عدن

الملخص

الظروف الجوية في موقع العمل يمكن ان تكون مختلفة كثيرا عن تلك الظروف المناسبة للخرسانة . ففي ظروف الجو الحار تظهر جملة من المشاكل الخاصة مرتبطة بالخرسانة تنتج من درجة الحرارة العالية ،وفي كثير من الحالات من زيادة معدل التبخر للماء من خلطة الخرسانة الطازجة. تتضمن ورقة البحث محاولة لدراسة ظروف الجو الحار بعناصره المختلفة والتأثيرات الناتجة علي الخرسانة. كما يتضمن البحث ايضا مقترحات لبعض الاجراءات والتدابير العملية تساعد على تخفيض هذه التأثيرات ومنع أو خفض إمكانية احتمال حدوث شروخ في الخرسانة .

كلمات مفتاحية: الجو الحار ، الخرسانة ، درجة الحرارة ، التأثيرات ، التشققات

1. المقدمة:

صناعة الخرسانة هو العامل الرئيسي المؤثر على خواصها ،فالخرسانة تصنع في الموقع وخواصها الميكانيكية تعتمد بالدرجة الاولى على جودة عملية الصناعة هذه .وتبدأ صناعة الخرسانة بتحديد خواص المواد المستعملة تمهيدا لتصميم الخلطة الخرسانية بحيث تفي بإحتياجات المقاومة مع الزمن ،وفي نفس الوقت تفي بإحتياجات القابلية للتشغيل المناسبة لطريقة الصب . وبعد خلط المكونات الرئيسية للخرسانة فإنها تمر بعدة مراحل حتى تصل الى حالتها الصلدة .ويجب ان تتميز الخرسانة في كل مرحلة من هذه المراحل ببعض الخواص .فمثلا تكون الخرسانة الطازجة سهلة نسبيا في عمليات الخلط والنقل والدمك والإنهاء وذلك بدون إنفصال حبيبي لمكوناتها المختلفة خلال هذه العمليات ،أي أنه يجب أن تكون ذات قابلية تشغيل معقولة . وبالمثل يجب أن تكون الخرسانة و هي متصلبة ذات مقاومة كافية للأحمال التي سوف تقع عليها مصحوبة بمقاومة عالية مع الزمن ،وذلك للغرض الذي صنعت من أجله .

لقد نالت هذه المادة إهتماما خاصا من قبل الجهات البحثية العاملة في مجال البناء في كافة أنحاء العالم ،وانصبحت مجمل الأبحاث العلمية علي دراسة عناصر الخرسانة المسلحة والأبعاد الإقتصادية والجمالية لها . كما إمتدت هذه الدراسات و الأبحاث لتشمل أحوال الطقس وتأثيره على الخرسانة ومنشأتها . ومن خلال دراسة بعض هذه الأبحاث لوحظ بأن المنشآت الخرسانية في المناطق الحارة لا تصمد كثيرا كما ان عمرها الإفتراضي قصير ، وتعرض كذلك لكثير من الأضرار التي تهدد سلامتها . ففي ظروف الجو الحار تظهر جملة من المشاكل الخاصة بالخرسانة تنتج من درجة حرارة الخرسانة العالية ،وفي كثير من الحالات ، من زيادة معدل التبخر للماء من الخرسانة الطازجة . وكنتيجة لذلك فإن قابلية التشغيل، الشك وعدد آخر من خواص الخرسانة الطويلة الأمد تتأثر بذلك.

مجال وهدف هذا البحث يتلخص في النقاط التالية:

1. توضيح مفهوم الجو الحار،مع دراسة وتحليل الظروف المناخية السائدة في معظم مناطق الجمهورية اليمنية .
- 2 دراسة وتحليل تأثيرات عناصر الجو الحار على الخرسانة الطازجة وخلال مرحلة التصلب المبكر.
- 3 إقتراح عدد من الإجراءات والخطوات العملية التي يمكن تنفيذها أثناء خلط وصب وتصلب الخرسانة المبكر لمنع او خفض حدة هذه التأثيرات .

2. المفهوم العام للجو الحار:

مفهوم الجو الحار هو مفهوم واسع، وقد تمت الإشارة إليه في كثير من الأبحاث ولكن من منطلقات مختلفة قد تنطبق على منطقة ولا تنطبق على الأخرى. وطبقاً ل [5] فقد تم تعريف الجو الحار على أنه خليط من الظروف التالية:

- ارتفاع درجة حرارة الجو المحيط
- درجة حرارة الخلطة الخرسانية
- الرطوبة النسبية للجو
- سرعة الرياح.

حيث تؤدي هذه الظروف مجتمعة الى زيادة معدل فقدان رطوبة الخرسانة وزيادة معدل إماهة الإسمنت، وهذان يتسببان في الإضرار بجودة الخرسانة الطازجة والمتصلدة. ويمكن ان يظهر هذ التأثير خلال أي جزء من السنة في البلاد الحارة الرطبة أو الحارة الجافة. كما يمكن أن يظهر في المناطق الأخرى من العالم خلال فصل الصيف. وفي [6] تم تصنيف ظروف الجو الحار الى:

الجو الحار الرطب: يتسم بدرجات حرارة عالية ونسبة رطوبة عالية أيضاً (جنوب شرق آسيا).
الجو الحار الجاف: ويتسم بدرجات حرارة عالية ونسبة رطوبة منخفضة (الخليج العربي).
ولمعرفة الظروف المناخية في مختلف مناطق اليمن فإن الجداول (1، 2، 3) تعطى تلخيصاً لنتائج قراءات إحصائية عن درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح والأمطار. فالتداول رقم (1) يبين متوسط درجات الحرارة اليومية المقتبسة من القراءات المسجلة كل ثلاث ساعات خلال اليوم لمحطة الإرساد في سيوون (م/حضر موت). وقد سجلت أعلى درجات الحرارة بعد الظهر بين الساعة الثانية عشر والثالثة بعد الظهر، بينما سجلت أدنى درجات الحرارة الساعة السادسة صباحاً.
كما يبين الجدول رقم (2) المتوسط الشهري لدرجة الحرارة. أما الجدول رقم (3) فيعطي المتوسط السنوي لقيم عناصر المناخ المختلفة. أما بالنسبة للرطوبة النسبية فإنها تختلف من شهر لآخر وايضا خلال فصول السنة. فالمتوسط في الحديدة مرتفع طوال السنة ولاينخفض عن 60% في كل الشهور، وفي عدن لاينخفض المتوسط الشهري عن 66%، وفي صنعاء التي تمثل المناطق المرتفعة تتراوح القيمة ما بين 55-60%. وفي مأرب الواقعة على مشارف الربع الخالي تتراوح الرطوبة النسبية ما بين 60-63%. وفي المناطق الداخلية الشديدة الجفاف (سيوون) تتراوح ما بين 20-45%. أما بالنسبة لسرعة الرياح فهي منخفضة الي متوسط في اغلب مناطق اليمن عدى في المناطق القريبة مباشرة من الساحل والمناطق المرتفعة [2,1]. ومن البيانات اعلاه يتضح أن:
_ اليمن شديدة الحرارة لإن الشمس تسقط عليها عمودية مرتين في السنة، لذا فإن وحدة المساحة تتعرض لكميات كبيرة من الطاقة الشمسية، كما تمتد فترة الإشعاع الشمسي ما بين 6-9 ساعات يومياً.

_ الجو السائد في معظم مناطق اليمن هو جو حار يتميز بدرجة حرارة يومية تزيد عن 25 درجة مئوية.

_ بشكل عام فإن المناخ المسيطر على مناطق اليمن هو مناخ صحراوي حار -جاف وحار-رطب على الشريط الساحلي، معتدل في المناطق الهضبية، وبارد جاف شتاءً او ممطر صيفا. ويظهر تطرف المناخ وارتفاع المدى الحراري في المناطق الداخلية البعيدة عن البحر والقريبة من الصحراء.

جدول (1) : متوسط الحرارة الشهرية (درجة مئوية) محسوبة على المتوسط اليومي من القراءات المسجلة لكل ثلاث ساعات في اليوم، للفترة ما بين (1980-1984) - سيؤون

الشهر	الساعة 6 00	الساعة 900	الساعة 1200	الساعة 1500	الساعة 1800	الساعة 2100
يناير	10,8	18,9	24,7	27,9	23,7	20,4
فبراير	13,5	20,7	26,4	29,7	26,9	22,8
مارس	17,2	24,7	30,8	33,5	30,6	27,4
إبريل	20,5	28,4	34,1	36,2	33	28,8
مايو	23,1	31,5	36,9	38,8	35,8	32,2
يونيو	24,5	34,2	39,6	41,4	38,8	34,3
يوليو	27,7	34,7	39,6	41,7	39,3	35,4
أغسطس	26,7	33,8	39,0	40,8	37,8	34,3
سبتمبر	23,1	31,4	37,0	38,7	35,6	31,5
أكتوبر	16,9	37,3	32,7	34,0	30,3	25,4
نوفمبر	14,0	23,6	28,6	30,8	26,5	21,7
ديسمبر	11,0	20,0	25,3	27,8	23,7	19,5

جدول (2) : متوسط درجة الحرارة الشهرية لبعض محطات الأرصاد في اليمن (درجة مئوية)

الشهر	عدن	الحديدة	صنعاء	المكلا	المخا	سيؤون	ذمار	تعز
يناير	25,6	24,4	16,1	24,2	26	19	12,5	21,3
فبراير	25,7	25,6	18,5	24,7	26,5	22	14	22,2
مارس	27	27,5	20,7	26	27,5	21	16	23,7
إبريل	28,5	29,8	19,4	27,9	29	27,5	17	26,3
مايو	30,9	31,2	22,9	29,7	31,5	30	17,5	26,8
يونيو	32,6	32,4	17,4	30,9	32	32	19	27,2
يوليو	31,9	33,1	22,5	29,7	32,5	32,5	19,5	26
أغسطس	31,4	33,7	21,2	29	32,5	32	18	25
سبتمبر	31,3	32,2	22,1	29	33	28,5	17,5	25,8
أكتوبر	28,7	29,7	18	27,5	29,5	25	15	25,8
نوفمبر	26,6	28	15,4	26,4	27,5	22	13	24
ديسمبر	25,5	25,5	15,2	24,9	26	21,5	12	20,6

3 . تأثير الجو الحار على الخرسانة :

تظهر تأثيرات الجو الحار مباشرة على المكونات الرئيسية للخرسانة قبل عملية الخلط . فعند خزن الإسمنت في أماكن مكشوفة ومعرض مباشرة لأشعة الشمس تزداد درجة حرارته بمقدار خمس إلى ست درجات مئوية عن درجة حرارة الوسط المحيط . كما إن تعرض الإسمنت للرطوبة يؤدي إلى تكوين حبيبات متصلدة تقلل من خواصه الفيزيائية والميكانيكية . والركام الذي يتم خزنه في موقع مكشوف ومعرض أيضا لأشعة الشمس المباشرة ترتفع درجة حرارته بحوالي أربع إلى خمس درجات مئوية عن الركام الذي يتم حمايته من هذه العوامل^[3] .

جدول (3) : المتوسط السنوي لقيم عناصر المناخ لبعض محطات الأرصاد في اليمن

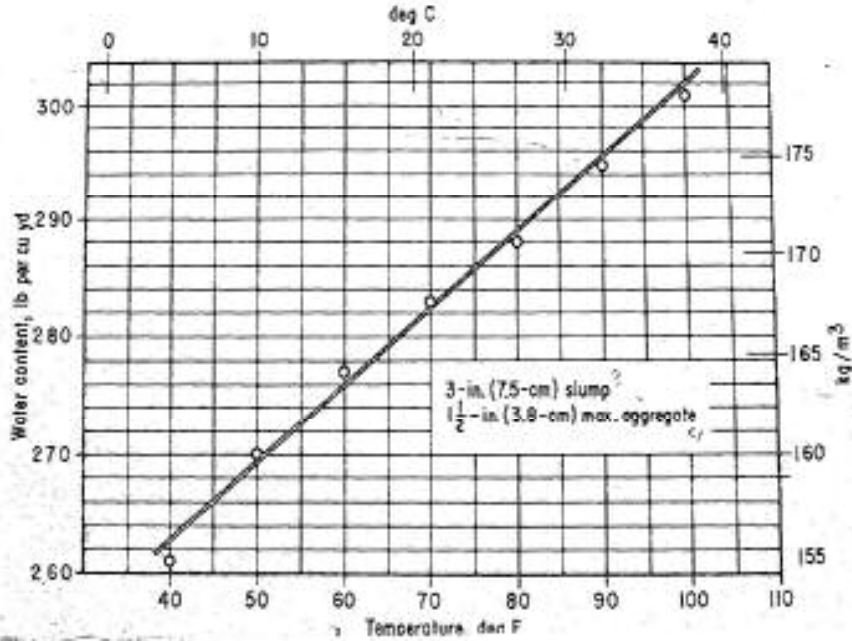
م محطة الأرصاد	معدل درجة الحرارة (°C)	الرطوبة النسبية %	سرعة الرياح m/s	الأمطار mm	الطاقة الشمسية cal/day/cm ²	فترة الإشعاع الشمسي hrs./day
سيئون	26.5	42.2	1	64.6	468	9
المخا	29.2	74.1	4.7	21.4		8.3
ذمار	16	59.7	1.2	360		8.3
لحج	28.3	68.1	1.1	55.6	428	8.1
مأرب	26.1	22.6	3.4	79.2	261	9.4
الجوف	26.5	22.3	3.4	67	276	
حجة	23.6	54.8	1.3	259	210	
الكود	25.5	75	1.6	64.5		8.9

كما ترتفع درجة حرارة الماء المستخدم في خلط الخرسانة ، بل وينتج من تأثير الجو الحار الإستهلاك المرتفع لماء الخلط بهدف تحسين قابليتها للتشغيل شكل (1) . ولكن هذه المياه المضافة تؤثر سلبا على خواص الخرسانة في الحالة اللدنة والمتصلدة . ولا بد من فهم دور الماء في العجينة الإسمنتية . فبعد خلط الإسمنت والماء مباشرة يحدث تكثف لحبيبات الإسمنت والماء ، ويسمى الماء المحصور في الفراغات داخل هذا التكتل بالماء الشعري حتى يحدث له تفاعل كامل مع الإسمنت . ويحتاج الإسمنت إلى ربع وزنه ماء لإتمام هذا التفاعل، كما يحتاج إلى 10% من وزنه ماء آخر لتكوين عجينة الإسمنت الجيلاتينية . ويسمى هذا الماء الإضافي بالماء الجيلاتيني . ولزيادة القابلية للتشغيل تزداد نسبة الماء إلى الإسمنت عن 0,4 مطلوبة للإمهاء ولتكوين العجينة . هذا الماء الزائد بالإضافة إلى الماء الجيلاتيني هو الذي يسبب زيادة المسام الشعرية عند تبخره . وبعد عملية الإمهاء تتصلد العجينة الإسمنتية مكونة جسما صلبا متجانسا به 25% من حجمه فراغات داخلية (المسام الجيلاتينية) (شكل 2) . وتعتمد المسام الكلية أساسا على المسام الشعرية الأكبر حجما ، وتعتمد بدرجة أقل على المسام الجيلاتينية الدقيقة . هذه المسام الكلية هي التي تحدد مقاومة الخرسانة للضغط^[4] . ويمكن تلخيص التأثيرات الناتجة عن الجو الحار على الخرسانة في الحالة اللدنة في التالي :

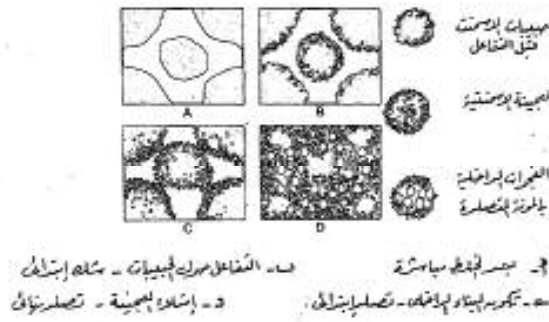
- 1- الاستهلاك المرتفع للماء .
- 2- صعوبة ضبط ومراقبة الهواء الحبيس
- 3- التبخر السريع لمياه الخلط .
- 4- الانخفاض السريع في القيمة الحاصلة من اختبار الهبوط .
- 5- المعدل المرتفع للشك .
- 6- الميل المرتفع للانكماش اللدن^[5] .

3.1 الخلطة الخرسانية:

تسمى درجة حرارة الخلطة الخرسانية الطازجة بدرجة الحرارة الابتدائية . وتتأثر هذه الحرارة كثيرا بدرجة حرارة مكونات الخرسانة الرئيسية، إذا لم يتم حمايتها من ظروف الجو في موقع العمل، وخاصة ظروف الجو الحار. وارتفاع درجة الحرارة الابتدائية للخرسانة يسبب ارتفاعا لدرجة الحرارة الناتجة من عملية الإمهاء وعلى درجة الحرارة العظمى التي تتولد في مركز الكتلة الخرسانية في الساعات الأولى بعد عملية الصب . ولتوضيح تأثير درجة حرارة الجو الحار على درجة حرارة مكونات الخرسانة ودرجة حرارة الخرسانة الابتدائية تم قياس درجات الحرارة للمكونات والخلطة الخرسانية أثناء تنفيذ جسر خرساني في مدينة عدن (جدول رقم 4) .



شكل (1) زيادة استهلاك الماء في الخلطة الخرسانية مع زيادة درجة حرارة الجو [5]



شكل (2) تفاعل الإسمنت مع الماء (الإماهة) [4]

جدول (4): درجة حرارة الخرسانة ومكوناتها (درجة مئوية)

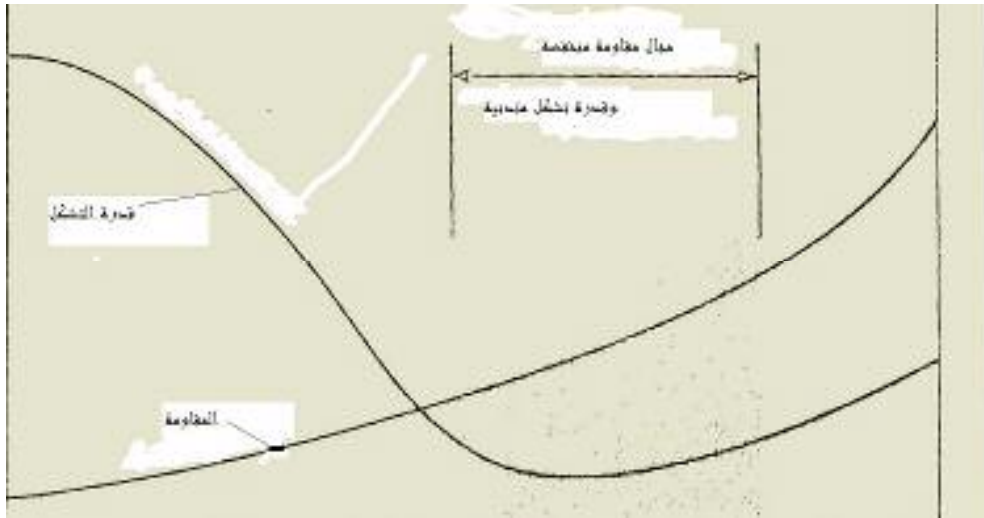
درجة حرارة الخلطة الخرسانية	درجة حرارة الماء	درجة حرارة الإسمنت	درجة حرارة الركام			درجة حرارة الجو	زمن قياس درجة الحرارة
			كبير 22/11	وسط 11/4	صغير 4/0		
27	28	27	23	24	29	20	6:15
31	29,5	31	24	26,5	30	28,7	10:00
32	29,6	34	24	27	30	30	12:00

ويمكن خفض درجة الحرارة الابتدائية عن طريق خفض درجة حرارة مكونات الخرسانة نفسها. فالتغيير في درجة حرارة المكونات بمعدل 10 درجات مئوية يحدث تغييرا في درجة الحرارة الابتدائية للخرسانة بحسب المعدلات التالية:

الإسمنت 0.7 درجة مئوية، الركام 7.1، والماء 2.3 درجة مئوية (تم احتساب هذه المعدلات لخلطة خرسانية بكمية إسمنت 200 كجم/م³ ونسبة الماء إلى الإسمنت 7.0) [7].
 وكقاعدة عامة يمكن خفض درجة الحرارة الابتدائية للخرسانة بمعدل درجة مئوية واحدة عن طريق:
 . - خفض درجة حرارة الركام بمعدل 2,9 درجة مئوية
 - خفض درجة حرارة ماء الخلط بمعدل 6,5 درجة مئوية
 - الإستعاضة عن جزء من ماء الخلط بكمية من الثلج حوالي 7 كجم/م³ [8]

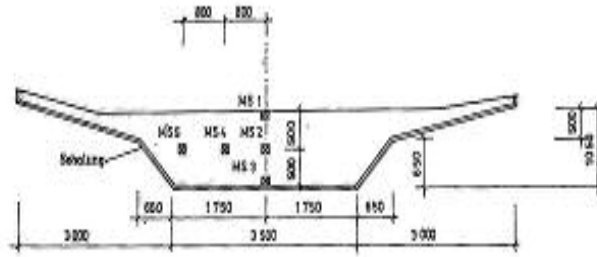
3.2: مرحلة التصلب المبكر للخرسانة

الخرسانة المتصلبة هي التي قلت لدونتها نتيجة بدء عملية الشك، كما تقل قدرة الخرسانة على التشوه أيضاً، بينما مقاومتها للشد لم تصل قيمتها للحد الأدنى، وبذلك تكون الخرسانة في بداية مرحلة التصلب. وبعد انتهاء عملية الشك تزداد المقاومة في البداية ببطء مع زيادة درجة التصلب وبعدها بسرعة. وتقل بدرجة كبيرة قدرة الخرسانة على التشوه حتى تصل إلى حدها الأدنى ثم تزداد في النهاية مع زيادة المقاومة (شكل رقم 3).

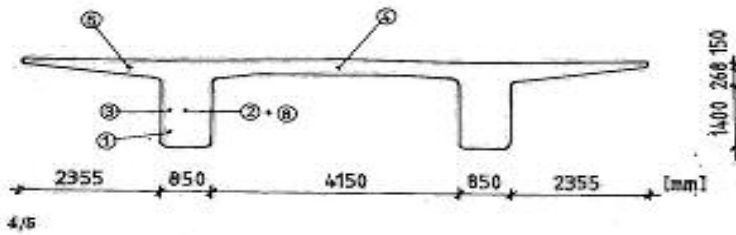
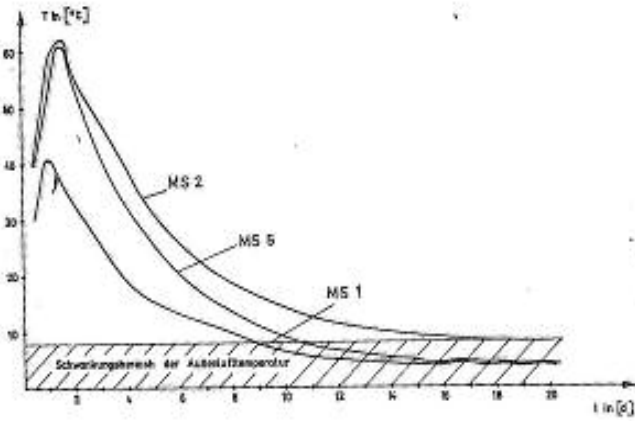


شكل (3) تطور المقاومة وقدرة التشكل في الخرسانة [11]

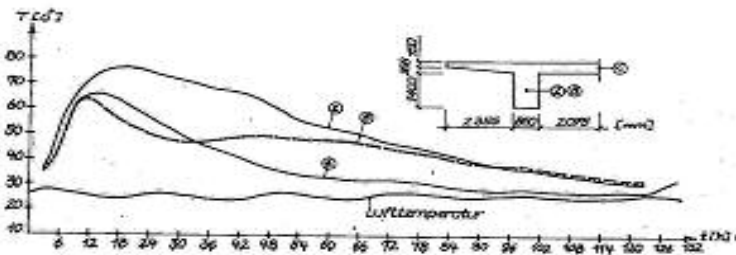
وخلال هذه المرحلة تتولد حرارة داخل الخرسانة نتيجة التفاعل الكيميائي (الإماهة) ينتج عنها ارتفاع لدرجة حرارة الكتلة الخرسانية . وتؤثر على عملية الإماهة ، الحرارة المنبعثة ودرجة الحرارة الناتجة عنها عدد من العوامل منها درجة حرارة الجو المحيط، نوع وكمية الإسمنت، نسبة الماء إلى الإسمنت، درجة حرارة الخرسانة الابتدائية وسمك العنصر الخرساني . وفي الخرسانة الكتلية تكون درجة الحرارة عالية وخاصة في قلب العنصر الخرساني . ويتكون مجال حراري متدرج تكون فيه القيمة العظمى في القلب والدنيا عند السطح ، وينتج من ذلك فروقات حرارية تسبب إجهادات (شد على السطح وضغط في الداخل) . ولتوضيح تطور درجة الحرارة الناتجة من عملية الإماهة خلال مرحلة التصلب المبكرة ، يلخص الشكل (4) نتائج قياسات تم رصدها لنقاط معينة في مقطع جسر خرساني تم تنفيذه في ظروف الجو الحار (عدن) ، والآخر في ظروف الجو البارد (ألمانيا).



المقطع الخرساني رقم 1



4/5



المقطع الخرساني رقم 2

شكل (4): المقاطع الخرسانية وتطور درجة حرارة الإماهة فيها [9]

ويتضح أن الفروقات في درجة الحرارة ناتجة من تأثير ظروف الجو المحيط. وتوضح البيانات التالية (جدول 5) تأثير درجة حرارة الخرسانة الابتدائية، كمية الإسمنت وسماكة المقطع الخرساني على قيمة وزمن حدوث درجة الحرارة العظمى [9]. والإجهادات الحرارية الناتجة من الإماهة يمكن أن تصل إلى قيم عالية في الخرسانة الكتلية. أما في المباني العادية فإن قيمتها تكون صغيرة واحتمال ظهور تشققات يصبح منعدماً. والعامل الأكثر تأثيراً في ظروف الجو الحار هو ارتفاع معدل التبخر في المساحات السطحية الكبيرة (البلاطات) نتيجة نزوح الماء إلى السطح وتبخره بسرعة خلال مرحلة التصلب المبكر للخرسانة.

جدول (5): درجة الحرارة العظمى في المقاطع الخرسانية

المقطع الخرساني	الوقت (ساعة)	درجة الحرارة العظمى (درجة مئوية)	كمية الإسمنت (كج/م ³)	سماعة المقطع (م)	درجة الحرارة الابتدائية (درجة مئوية)	درجة حرارة الجو المحيط (درجة مئوية)	موقع إنشاء الجسر
1	24	61,5	450	3,5	13	5	المانيا 1985
2	21	77	430	0,85	30	25	اليمن (عدن) 1985

3.3 معدل التبخر وشروخ الانكماش اللدن:

عندما يتبخر الماء من سطح الخرسانة حديثة الصب بأسرع من معدل تعويضه نتيجة الإدماء-نزوح الماء إلى سطح الخرسانة- فإن الخرسانة السطحية تبدأ في الانكماش. ونظرا للقيود الداخلي علي الحركة نتيجة عدم انكماش الخرسانة أسفل الطبقة السطحية تبدأ إجهادات الشد في الزيادة في الخرسانة الضعيفة التي لم تتصلد بعد ، وينتج عنها شروخ قصيرة تمتد في كل الاتجاهات .والمجال الحرج لدرجة الحرارة المسبب للانكماش اللدن عند مستويات مختلفة للرطوبة ، هو عند درجة حرارة 25- 2+ درجة مئوية ونسبة رطوبة ما بين 30 إلى 40% ،أو عندما تكون درجة الحرارة 38+ -3 درجة مئوية ونسبة رطوبة ما بين 70 -90 % . وعند الصب في الجو الحار فإن الشروخ المحتملة الحدوث عندما يزيد معدل التبخر من سطح الخرسانة عن واحد كج/م² في الساعة [5] . وعموما يزداد معدل التبخر في الظروف التالية :

- أ) عندما تقل الرطوبة النسبية
- ب) عندما تزداد درجة حرارة الجو والخرسانة
- ج) عندما تكون درجة حرارة الخرسانة أكبر من درجة حرارة الجو
- د) عندما تزداد سرعة هبوب الرياح فوق سطح الخرسانة. [3]

ولمعرفة سلوك الخرسانة بالنسبة للإدماء ، معدل التبخر وزمن ظهور التشققات على سطح البلاطات خلال مرحلة التصلب وفي ظروف الجو الحار ، فقد تضمنت بعض الأبحاث المنشورة نتائج إختبارات معملية . ففي [10] تم إعداد نماذج لبلاطات بمقاس 40×300×400 ملم (A1) ومقاس 620×310×40 ملم (A2) مصنوعة من ثلاث خلطات خرسانية M1 ، M2 ، M3 بمقاومة ضغط 250 ، 350 و 450 كج/سم² ونسبة الماء إلى الإسمنت 0,62 ، 0,48 و 0,38 . الاختبار تم تنفيذه داخل المختبر عند درجة حرارة 25 درجة مئوية و 50% رطوبة نسبية لعدد ثلاث بلاطات من كل نموذج.

أما العدد الآخر من النماذج من الخلطات الخرسانية الثلاث فقد تم وضعها في الخارج لمدة خمس ساعات خلال الأيام المشمسة تحت تأثير قيم متغيرة لعناصر الجو الحار. ومن خلال رصد التغيرات الفيزيائية التي ظهرت في البلاطات، خلصت إختبارات البحث للنتائج التالية:

في ظروف الجو داخل المختبر حدث الانكماش اللدن في نماذج البلاطات المصنوعة من M1 بعد 215 دقيقة بينما المصنوعة من M3 بعد 255 دقيقة .

في ظروف الجو الحار المتغير حدث الإدماء في وقت مبكر. فالبلاطات المصنوعة من M1 حدث الإدماء ما بين 15-20 دقيقة من الصب، ومن M2 بعد 30 دقيقة، أما البلاطات المصنوعة من M3 لم يظهر أي إدماء.

-الانكماش اللدن في الأطراف حدث بعد 120 دقيقة في كل البلاطات ،بينما ظهرت التشققات فقط في البلاطات المصنوعة من M1 بعد ساعتين .

-عندما تزيد المساحة السطحية بنسبة 60% يتضاعف معدل التبخر خلال الساعتين الأولى بعد الصب .

أما البحث الآخر فقد تضمن نتائج اختبار لقطع بلاطات خرسانية تم اختبارها عند مستويات مختلفة لعناصر الجو (درجة حرارة الجو، الرطوبة النسبية وسرعة الرياح) إضافة إلى درجة حرارة الخرسانة. وقد لخص الباحث نتائج تلك الاختبارات في النقاط التالية:

-تأثير سرعة الرياح علي سلوك البلاطات وظهور التشققات هو الأكبر خلال مرحلة التصلب المبكرة.

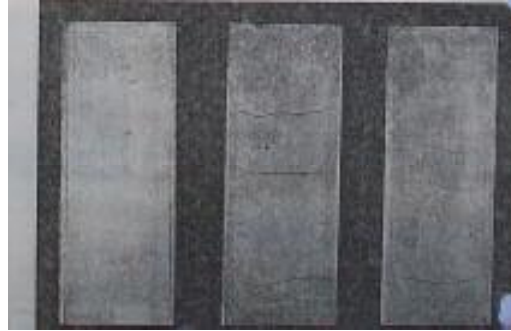
-البلاطات التي تم اختبارها عند نسبة رطوبة 30% ظهرت فيها تشققات بكثافة كبيرة، بينما الأخرى

تراجعت فيها التشققات إلى النصف عند ارتفاع الرطوبة النسبية من 40-50%. أما البلاطات التي

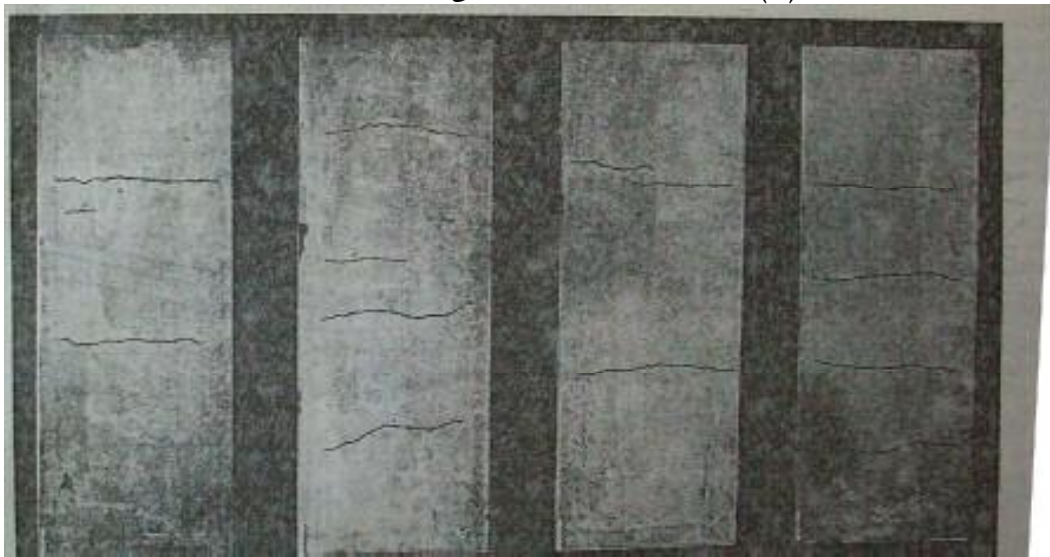
اختبرت عند 65 % لم تظهر فيها أية تشققات (شكل 5) .

-تأثير درجة حرارة الجو على التشققات ضئيل جدا ،والتأثير حدث فقط على زمن حدوث هذه

التشققات (شكل 6) .



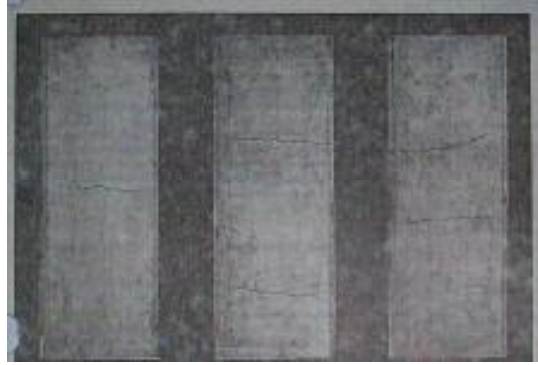
شكل(5) : تأثير الرطوبة النسبية على وقت حدوث التشققات
40% 50% 65% الرطوبة النسبية



10 15 20 30
درجة مئوية 7,5 6,5 5,5 4,5
ساعة بداية

شكل(6) : تأثير درجة حرارة الجو المحيط على التشققات

-تأثير درجة حرارة الخرسانة على التشققات مشابه لتأثير درجة حرارة الجو المحيط (شكل 7). فعند ارتفاع درجة حرارة الخرسانة تحدث التشققات في زمن مبكر [11].



21 درجة مئوية 32 41
6,5 ساعة بداية التشققات 3,5 2,5
شكل (7) : تأثير درجة حرارة الخرسانة على التشققات [11]

4. الخلاصة والاستنتاجات:

يخلق الجو الحار مشاكل كثيرة لصناعة وصب ومعالجة الخرسانة والتي ان تنعكس تأثيراتها على خواصها في الحالة اللدنة والمتصلبة . وتمتد تلك التأثيرات على العناصر الأساسية في منشآت الخرسانة المسلحة . وعند خلط وصب الخرسانة وخلال مرحلة التصلب المبكر فإن المشاكل التي يخلقها الجو الحار تتلخص في ارتفاع درجة حرارة المكونات ، ارتفاع درجة حرارة الخلطة الخرسانية ، الاستهلاك المرتفع للماء ، التبخر السريع لماء الخلط من الخرسانة وإمكانية حدوث الانكماش والتشققات اللدنة وخاصة في بلاطات الأسقف ذات الأسطح الكبيرة في المباني العادية . ولا بد من إعطاء اهتمام إضافي واتخاذ إجراءات خاصة وضرورية للحد من هذه التأثيرات . وفي ما يلي بعض الخطوات والإجراءات العملية ملخصة في التالي :

أولا : إجراءات عامة تتطلبها صناعة الخرسانة :

- 1- حماية مواد الخرسانة في موقع العمل من أشعة الشمس المباشرة .
- 2- تجنب إضافة الماء إلى الخلطة الخرسانية بدون معيار محدد .
- 3- اختيار زمن مناسب لصب الخرسانة يكون خلال الساعات الأولى من الصباح الباكر أو في وقت متأخر من الظهيرة حين تكون درجة حرارة الجو أقل من 30 درجة مئوية.
- 4- يجب ألا تزيد المدة ما بين إضافة ماء الخلط ووضع الخرسانة في القالب عن 20 دقيقة في الصيف أو 30 دقيقة في فصول السنة الأخرى ، ويتم دمكها قبل مضي 30 دقيقة من وضعها في القالب .
- 5- تسوية سطح الخرسانة أثناء الصب وحمايته من أشعة الشمس المباشرة .
- 6- المعالجة المباشرة التي يجب أن تبدأ بعد ساعتين من الصب.
- 7- في حالة صب المسطحات الواسعة يلزم تنفيذ فواصل انكماش يتم ملؤها بعد الصب بالبيتيومين أو أي مادة مماثلة لتفادي حدوث التشققات .
- 8- تنفيذ فواصل تمدد بحيث تكون المسافة القصوى بينها من 30 - 35 م للمنشآت العادية .
- 9- رش القوالب بالمياه قبل الصب .

ثانيا : إجراءات لمنع الفقد السريع لرطوبة الخرسانة السطحية :

- 1-تغطية سطح الخرسانة بأفرخ من البلاستيك أو عدة طبقات من الخيش المببل أو رشها بمواد سريعة التصلب تكون طبقة تمنع تبخر الماء قبل انتهاء فترة الإدماء .
- 2-استعمال المظلات التي تعمل على خفض درجة حرارة السطح المعرض لأشعة الشمس .
- 3-إستعمال مواد مضافة مناسبة لتحسين تشغيل خلطات الخرسانة .

ثالثا : إجراءات للخرسانة التي يتم صبها عند درجة حرارة أعلى من 36 درجة مئوية :

- 1-تبريد الركاب باستخدام رشاشات المياه .
- 2-تبريد الماء قبل استخدامه في خلط الخرسانة .
- 3- استخدام مواد مؤخررة للتصلب لتجنب التشقق في سطوح الخرسانة الخارجية بسبب جفافها بصورة أسرع من السطوح الداخلية الملامسة للقالب الخشبي .
- 4-استخدام مواد كارهة للماء لتلافي الزيادة غير المطلوبة في كمية الماء أثناء الخلط والصب والعمل بالموقع .

5. توصيات واقتراحات:

- 1- توفير معلومات إحصائية كافية عن الأحوال الجوية المختلفة يتم الاستفادة منها عند تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية.
- 2- توجيه البحث العلمي إلى الأبحاث التطبيقية التي تخدم صناعة الخرسانة في ظروف الجو الحار في اليمن وتبحث في مصادر المواد الخام السليمة.
- 3- عداد الدراسات التي تبحث الظروف البيئية الخارجية المحيطة بأعمال الخرسانة وتحديد البيئات الصغيرة المختلفة وأثارها على الخرسانة ومنشآتها .
- 4- اعداد الدراسات المتعلقة بحصر وتحليل الأضرار التي لحقت بمباني الخرسانة المسلحة وخاصة منها ما يتعلق بظروف الجو الحار .
- 5- دراسة وتحليل تأثير درجة حرارة الجو على المنشآت القائمة لمعرفة سلوك السطوح بمختلف أنواعها وكذا بالنسبة للجسور الخرسانية

المراجع العلمية:

- [1] ع.ع. بلفقيه ،جغرافية الجمهورية اليمنية . عدن، سلسلة الكتاب الجامعي (3) . 1997.
- [2] م.أبو العلاء ،جغرافية شبه جزيرة العرب .الجزء الرابع ،الطبعة الثانية الأنجلو المصرية - القاهرة .، مكتبة الأنجلو المصرية -القاهرة .1989.
- [3] البقرى ،الإنشاء والانهيال .الطبعة الأولى ،طباعة دار الحرمين،72 ش -مصر والسودان- حدائق القبة-1994
- [4] ش.أبو المجد وآخرون ،تصدع المنشآت الخرسانية وطرق إصلاحها . دار النشر للجامعات- الطبعة الثانية-مصر .1997.

[5] ACI-Committee Report: Hot Weather Concreting Reported by ACI Committee 305, Aug.1997.

- [6] 2.N.R.Shattaf, A.M.Alshamsi: The effect of condoned silica fume on some properties of concrete in hot climates Proceedings of the first international conference on reinforced concrete materials in hot climates. Alain-U.A.E. April 24th-27th/1994 .pp.147-157.
- [7] P.Catharin: Die Hydrationswaerme der Zemente und ihre Bedeutung. Zement und Beton.Heft 11, 12-Wien.1971.
- [8]O.N.N.Nambiar, V.Krishnamurthy: Control of temperature in mass concrete pours. March 1984-Indian Concrete Journal.1984.pp.
- [9] A. Bin Dahman, G.Foerster): Tempraturmessungen infolge ydratationswaermeentwicklung
MassivenBrueckenuerbauten.WZderHAB–Weimar, 34.jahrgang-Reihe
Heft5.1988.pp.326- 328.
- [10] W.H.Mirza, H.A.Bakkali: Rate of evaporation from fresh concrete in hot weather. Proceedings of the first international conference on reinforced concrete materials in hot climates .Alain-U.A.E.1994.pp.107-120.
- [11] G.Fischers, W.Manns (1973): Ursachen fuer das Entstehen von Rissen in jugen Beton.Betontechnische Berichte.Beton,4/73,5/73.1973.pp.167-228,222-228.

CONCRETE WORKS IN HOT WEATHER CONDITIONS OF YEMEN

Abdullah Bin Dahman

Civil Engg. Department-Faculty of Engineering-University of Aden

Abstract

Weather conditions at job site may be very different from the optimum conditions for concrete .In hot weather there are some special problems involved in concreting arising from both ,higher temperature of concrete and ,in many cases ,from an increased evaporation rate of water from the fresh concrete mix .This paper presents a study of hot weather conditions and their related effects on concrete .Finally ,some special measures are suggested to help for reducing these effects and to avoid or minimize cracking in concrete .

Keywords: Hot Weather, Concrete, Temperature, Effects, Cracks.