تأثير استخدام البوزولانا على مقاومة الخرسانة في الأجواء الحارة

احمد جميل إبراهيم[1]

DOI: https://doi.org/10.54172/mjsc.v25i1.777

الملخـــــص

يتضمن البحث دراسة تأثير الأجواء الحارة على مقاومة الانضغاط والانثناء للخرسانة الحاويـــة على نسب مئوية مختلفة من البوزولانا المطحونة والتي تم استبدالها جزئيا من وزن الاسمنـــت المســـتعمل في الخلطات الخرسانية. بينت النتائج بان استخدام البوزولانا المطحونة بحدود 20% مـــن وزن الاسمنـــت في الخرسانة المصبوبة والمعالجة في الأجواء الحارة يقلل من تأثير ارتفاع درجة الحرارة على مقاومة الانضـــغاط للخرسانة.

[1] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة عمر المختار ، البيضاء – ليبيا .

©. المؤلف (المؤلفون) هذا المقال المجاني يتم الوصول إليه من خلال رخصة المشاع الإبداعي (CC BY-NC 4.0)

المقدمـــــة

ي الأجواء الحارة في دول الخليج العربي ومعظم دول الشرق الأوسط والصحراء الأفريقيـــة تكون لأغلب أيام أشهر الســـنة (CIRIA,2002; Fookes, et al,1987; General Statistical Organization,1981). خلـــط ونقـــل وصـــب ومعالجة الخرسانة في الأجواء الحارة لهـــا تـــأثيرات سلبية على خواص الخرسانة الطرية يمكن إيجازهـــا فيما يلي كما بينتها العديد من البحـــوث (ACI; Shalon ,1978 Committee 305R,1999 Ravina,1975; Bentur,1971; Venuat,1974; Neville,1995; Orr,1971; Ish-Shalom,and Rixom,and Mailvaganam,1986);

- زيادة كمية ماء الخلط للحصول علـــى القوام المطلوب.
- زيادة سرعة فقدان الهطول.
- زيادة الانكماش اللدن.
- زيادة سرعة التجمد والتصلب.
- صعوبة السيطرة على محتـــوى الهـــواء المحصور.
- احتمالية تكون المفاصل الباردة.

أما تأثير الأجواء الحارة على خـــواص الخرسانة الصلبة فيمكن إيجازها بما يلي كما وردت في العديـــد مـــن البحـــوث (Shalon , 1980; Ravina, and Shalon,1971 ; Price,1951 Klieger,1958; ; Abbasi, and Alam,1981; Neville,1995;)

- زيـــادة انكمـــاش الجفـــاف وزيـــادة التشققات بسبب التباين الحراري.
- زيادة النفاذية وخطورة صـــدأ حديـــد التسليح.
- زيادة الزحف.
- تقليل المقاومة النهائية.
- تقليل الديمومة.
- تقليل الترابط بـــين حديـــد التســـليح والخرسانة.
- عدم انتظام السطح.

استعمال البوزولانا الطبيعية المطحونـــة والتي تضاف كإحلال جزئي من وزن الإسمنـــت المستخدم يقلل من الكلفة بالإضـــافة إلى فوائـــده التقنية الأخرى مثل تقليل حرارة الأماهة وزيـــادة زمن التجمد، زيادة مقاومة الخرســـانة للأمـــلاح الكبريتية والكلوريدية وتقليل التمدد النـــاتج مـــن التفاعل القلوي لبعض أنواع الركام المســـتخدم في الخلطات الخرسانية كما ورد في عدد من البحوث (Popovics,1979 ; Malhotra,1980 ; Neville,1995; Mehta,1984). لـــذلك فـــان استعمال البوزولانا كمادة مضافة يمكن إن يقلـــل التأثير السلبي للأجواء الحارة على قسم من خواص الخرسانة.

هناك قليل جدا من البحوث التي تتطرق إلى استخدام البوزولانا كمادة مضافة للخلطـــات الخرسانية في الأجواء الحارة لذلك قمنا ا بـــإجراء هذا البحث لدراسة تأثير البوزولانا بإحلالها بنسب مئوية مختلفة مـــن وزن الاسمنـــت المســـتخدم في

الخلطات الخرسانية في الأجواء الحارة وبيان تأثيرها على مقاومة وانثناء الخرسانة.

الرموز والمصطلحات

$\mathbf{V_p}$ = حجم عجينة الاسمنت في الخلطة الخرسانية (لتر/ $م^3$) ، ($Vp = V_c + V_w$).

$\mathbf{V_c}$ ، $\mathbf{V_w}$ ، $\mathbf{V_a}$= حجم الاسمنت، الماء، والركام على التوالي (لتر/ $م^3$).

$\mathbf{V_{po}}$ = حجم عجينة الاسمنت الكافي للحصول على خرسانة مشبعة (لتر /$م^3$) (حجم عجينة الاسمنت الكافي لملء الفجوات البينية بين حبيبات الركام وتغليف سطوح حبيبات الركام المرصوص لقوام محدد للخرسانة).

L.O.I. = كمية الفقدان بالحرق في الاسمنت البورتلاندي (%).

I.R. = كمية المخلفات غير الذائبة في الاسمنت البورتلاندي (%).

المواد وطرق البحث

المواد المستعملة: –

الركام: –

استعمل الركام النهري المورد من الدانوب كركام للخلطات الخرسانية ذو مقاس أقصى 16 مم وتدرجه الذي تم اختباره بموجب مواصفات الهيئة الدولية للتوحيد القياسي (ISO 6274-1982) موضح في الجدول (1)

الجدول (1): تدرج الركام المستعمل في الخلطات الخرسانية.

مقاس الغربال (مم)	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.063
النسب التراكمية العابرة (%)	100	96	78.6	55.7	40.5	27.6	22.4	10	1.2	0.3

الاسمنت: –

استعمل الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي والمنتج من معمل أسمنت مدينة فاس (Vac). والمبينة خواصه الفيزيائية والكيميائية في الجداول (2) و (3) و (4) علما بانه مطابق للمواصفة البريطاني(BS 12-1996) والمواصفة الليبية (LQS/340/1997).

الجدول (2): الخواص الفيزيائية للإسمنت البورتلاندي.

الخاصية	النتيجة	المواصفة البريطانية	المواصفة الليبية
الكثافة النسبية	3.10		
النعومة (المساحة السطحية النوعية) بطريقة Blain(سم^2/حم)	3486	> 2250	> 2500
زمن التجمد بطريقة Vicat(دقيقة)			
التجمد الابتدائي	160	> 45	> 45
التجمد النهائي	240	< 600	< 600
مقاومة الانضغاط (نيوتن /مم^2)			
عمر 1 يوم	9.4		
عمر3 يوم	28	>23	>21
عمر 7 يوم	45.5		
عمر 28 يوم	57.1	> 41	> 39

الجدول (3): التحليل الكيميائي للإسمنت البورتلاندي.

الاوكسيد	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3	MgO	K_2O	Na_2O	TiO_2	L.O.I.	I.R.
الكمية%	63.99	20.66	6.53	3.15	1.54	1.47	0.76	0.25	0.27	0.93	0.12
المواصفة البريطانية					< 3.0	> 5.0				< 3.0	> 1.5
المواصفة الليبية					< 3.0	> 5.0				< 3.0	> 1.5

الجدول (4): المركبات الرئيسة للإسمنت البورتلاندي.

المركبات الرئيسية	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
الكمية (%)	44.6	26.97	12.69	17.56

واستعمالها كمادة مضافة بإحلالها بنسب وزنية (10%، 20 % و40%)

البوزولانا: -

استعملت البوزولانا من نوع (Rhyolite Tuff) والموردة من منطقة (Bodrogkeresztur) في المجر حيث تم طحنها من وزن الاسمنت البورتلاندي. علما بأن الكثافة النسبية للبوزولانا كانت 2.26 والنعومة (المساحة السطحية النوعية) بطريقة بلين كانت

6357 سم^2/جم. والتحليل الكيميائي لها كما موضح في الجدول (5).

الجدول(5): التحليل الكيميائي للبوزولانا.

الاوكسيد	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3	MgO	K_2O	Na_2O	TiO_2
الكمية %	1.96	69.23	11.65	1.16	0.37	0.64	4.03	0.65	0.09

ماء الخلط :-

استعمل الماء الصالح للشرب الاعتيادي مع كافة الخلطات الخرسانية.

أعمال الخرسانة:-

الخلطات المستخدمة:-

استعملت أربعة خلطات مكوناتها موضحة بالجدول (6) حيث الخلطة B هي الخلطة المرجعية محتوى الاسمنت فيها 350 كجم/م^3 وخالية من البوزولانا أما الخلطات P3, P2, P1) فتحتوي على بوزولانا مضافة بنسبة 10%، 20% و40% من وزن الاسمنت على التوالي.

صممت مكونات الخلطات الأربعة المستخدمة في هذا البحث بحيث يكون (V_{po}-V_p) بحدود 50-65 لتر/م^3 (Ujhelyi,1985) محتوى الماء 186 كجم/م^3 لم يتم تغيره لكي يكون كافي للحصول على خرسانة ذات قوام لدن (معامل الرص تقريبا 0.95-0.86) (Ujhelyi,1988&1989) أي يكون الهطول للخرسانة بحدود(7-10) سم . كذلك نسبة

الماء/ المادة الرابطة كانت ثابتة وهي 0.531 لكافة الخلطات ويقصد بالمادة الرابطة هو مجموع كميتي الاسمنت والبوزولانا، لكن نسبة الماء / الاسمنت قد عدلت وكما موضح في الجدول(6).

الجدول (6): الخلطات الخرسانية.

نوع الخلطة	مكونات الخلطة (كجم /م^3)				نسبة الركام / المادة الرابطة	نسبة الماء /الاسمنت	محتوى عجينة الاسمنت (لتر /م^3)
	الاسمنت	البوزولانا	الركام	الماء			
B	350	0	1851	186	5.29	0.531	299
P1	315	35	1840	186	5.26	0.590	303
P2	280	70	1830	186	5.23	0.664	307
P3	210	140	1806	186	5.16	0.886	316

تم عمل مجموعتين لكل من هذه الخلطات المجموعة الأولى (P3-20, P2-20, 20 P1-20, B-) تم تخزين المواد وخلطها وصب

الخرسانة ومعالجتها في الأجواء الاعتيادية للمختبر (درجة الحرارة 20±3 م°) ، الرطوبة النسبية حوالي (20–35) % أما المجموعة الثانية فهي (P3-42, P2-42, P1-42, B-42) حيث تم تخزين المواد وخلطها وصب الخرسانة ومعالجتها لمدة سبعة أيام في غرفة خاصة صممت بحيث تكون درجة الحرارة داخلها ثابتة (42 ±1 م°) والرطوبة النسبية 20% .

عملية الخلط:-

تم تخزين مواد كل خلطة قبل عملية الخلط بما لايقل عن 24 ساعة من اجل اكتساب مواد الخلطة درجة الحرارة المعينة للخلطة سواء في الأجواء الاعتيادية (20 م°) أو داخل الغرفة الخاصة بالنسبة لنماذج الأجواء الحارة (42 م°) ثم تخلط المواد بواسطة خلاطة قلابة متنقلة سعة 70 لتر وتتم عملية الخلط بوضع نصف كمية الركام أولا ثم يضاف الاسمنت وبعدها يضاف النصف الثاني من كمية الركام بعدها يتم الخلط للمواد وهي جافة لمدة نصف دقيقة ثم يضاف الماء ويستمر الخلط لمدة دقيقتين بعد ذلك ينقل الخليط ليتم صبه في قوالب بأبعاد (7*7*25) سم خلال فترة زمنية لا تتعدى 25 دقيقة.

صب ومعالجة النماذج :-

يتم صب النماذج ودمكها باستخدام منضدة هزازة بعد ذلك يتم تسوية السطح الخارجي للقوالب الخرسانية ومن ثم تغطيتها بقطعة من النايلون لمنع تبخر الماء وتركها لمدة 24 ساعة بعدها يتم فتح القوالب وتغمر النماذج داخل أحواض معدنية مملؤة بالماء لمدة ستة أيام في الأجواء الاعتيادية 20 م° بالنسبة للمجموعة الأولى أو داخل الغرفة الخاصة التي درجة حرارتها 42 م° بالنسبة لنماذج الأجواء الحارة أي المجموعة الثانية.بعد ذلك تنقل النماذج كافة بعد إخراجها من الماء لخزنها في غرفة المعالجة الاعتيادية (درجة الحرارة 20+2 م° والرطوبة النسبية بحدود 65%).

فحص النماذج الخرسانية:-

تم إجراء فحص مقاومة الانضغاط والانثناء للمواشير الخرسانية بعمر 7، 28 و 90 يوم حيث بعد إجراء فحص مقاومة الانثناء يتم فحص نصفي الموشور لتعين مقاومة الانضغاط وذلك باستعمال قطعة حديدية قياس 7*7سم توضع بين صفحتي التحميل لماكينة فحص الانضغاط وسطح النموذج العلوي والسفلي ، لكل خلطة تم عمل 9 نماذج حيث تم فحص 3 نماذج لكل عمر.

النتائج والمناقشة

نتائج البحث موضحة في الجدول(7). كل نتيجة لمقاومة الانثناء بالأعمار المختلفة هي المعدل الحسابي لنتائج ثلاث فحوصات كما وان كل نتيجة لمقاومة الانضغاط مدرجة في الجدول نفسه هي المعدل الحسابي لنتائج ستة فحوصات.

الجدول (7) نتائج الفحوصات.

نوع الخلطة	مقاومة الانضغاط (نيوتن/مم^2)			مقاومة الانثناء (نيوتن/مم^2)		
	7 يوم	28 يوم	90 يوم	7 يوم	28 يوم	90 يوم
B-20	30	46.8	42.8	6.1	6.2	7.3
B-42	36.1	40.4	36.7	4.0	5.0	6.0
P1-20	29.4	43.0	41.0	5.4	6.8	6.6
P1-42	32.8	40.6	36.6	3.8	4.2	5.9
P2-20	25.6	42.0	32.0	4.7	6.0	5.5
P2-42	30.1	38.5	37.3	3.7	4.4	5.3
P3-20	18.2	30.7	24.3	3.6	4.9	4.8
P3-42	20.1	22.8	26.8	3.0	2.4	2.9

تطور مقاومة الانضغاط والانثناء مع العمر للخلطة المرجعية B والخلطات الأخرى المخلوطة والمصبوبة والمعالجة بالأجواء الحارة (42 م°) مقارنة بالخلطات المخلوطة والمصبوبة والمعالجة بالأجواء الاعتيادية (20 م°) موضحة في الأشكال (1) و(2) ومن هذه الإشكال والجدول(7) نلاحظ ما يلي :

1- إن صب ومعالجة الخرسانة في الأجواء الحارة (42 م°) تزيد من مقاومة الانضغاط المبكرة بعمر 7 أيام لجميع الخلطات مقارنة بالأجواء الاعتيادية (20 م°) وذلك بسبب تسريع التفاعلات الكيمائية لعملية إماهة الأسمنت بارتفاع درجة الحرارة.

2- صب ومعالجة الخرسانة في الأجواء الحارة تقلل من مقاومة الانثناء المبكرة بعمر 7 أيام لجميع الخلطات مقارنة بالأجواء الاعتيادية.

3- إن الأجواء الحارة تقلل من مقاومة الانضغاط والانثناء بعمر 28 و90 يوم للخلطة المرجعية B مقارنة بالأجواء الاعتيادية.

ويعود تفسير ذلك (Neville,1995) إلى إن الاماهة الابتدائية السريعة تؤدي إلى تكوين نواتج ذات بنية فيزيائية ضعيفة ، ومن المحتمل إن

تكون أكثر مسامية ، ولهذا فان نسبة كبيرة من المسامات ستبقى دائما غير مملؤة بنواتج الاماهة مما يقلل من نسبة الجل / الفراغ وبالتالي يؤدي إلى تقليل المقاومة. وهناك تفسير أخر (Verbeck, and Helmuth,1971) يشير إلى إن الزيادة في معدل سرعة التميأ الابتدائي في درجات الحرارة العالية يؤدي إلى إبطاء التميأ اللاحق وبالنتيجة سيكون توزيع نواتج الاماهة غير منتظم ضمن عجينة الاسمنت ويؤثر بصورة عكسية على المقاومة بسبب كون نسبة الجل / الفراغ في الفراغات البينية اقل مما لوكان التميأ مستمرا بمعدل طبيعي ولهذا ستتكون مناطق ضعف محلية داخل عجينة الاسمنت والتي سوف تؤدي إلى انخفاض المقاومة الكلية بينما اختلف آخرون في تفسير ذلك (Venuat,1974;Mironov,1966;Butt,et al,1969) (Alexanderson,1972; حيث اجمعوا بان تباين معامل التمدد الحراري لمكونات عجينة الاسمنت هو المسبب لانخفاض مقاومة الخرسانة في الأعمار المتأخرة عند ارتفاع درجة الحرارة أثناء صب ومعالجة الخرسانة.

4- مقاومة الانضغاط بعمر 90 يوم للخرسانة الحاوية لحد 20 % من وزن الاسمنت فيها على البوزولانا والمصبوبة والمعالجة في الأجواء الحارة تكون مساوية أو أعلى من مقاومة الانضغاط للخرسانة المصنعة من أسمنت بورتلاندي غير حاوي على أي مضافات ومصبوبة ومعالجة في الأجواء الاعتيادية ، أما الخرسانة الحاوية على 40 %من وزن الاسمنت فيها على البوزولانا فتكون مقاومتها اقل.

5- مقاومة الانثناء بكافة الأعمار للخرسانة الحاوية على البوزولانا والمصبوبة والمعالجة في الأجواء الحارة تكون اقل من مقاومة الانثناء للخرسانة غير الحاوية على أي مضاف والمصبوبة والمعالجة بنفس الطريقة.

من الأشكال (3) و(4) والتي تبين العلاقة بين مقاومة الانضغاط والانثناء بعمر 7 ،28 و90 يوم من جهة والنسبة المئوية للبوزولانا والتي تم استبدالها من وزن الاسمنت البورتلاندي للخرسانة المخلوطة والمصبوبة والمعالجة في الأجواء الحارة مقارنة بالأجواء الاعتيادية من جهة أخرى وكذلك الأشكال (5)و(6) التي توضح العلاقة بين العمر والمقاومة النسبية للانضغاط والانثناء للخرسانة الحاوية على نسب مختلفة من البوزولانا (مقاومة الخرسانة للنماذج المخلوطة والمصبوبة والمعالجة في الأجواء الحارة نسبة إلى مقاومة الخرسانة المخلوطة والمصبوبة والمعالجة في الأجواء الاعتيادية).

يمكن أن نلاحظ انه من المفيد استخدام البوزولانا لحد 20% من وزن الاسمنت لأنه يقلل من تأثير الأجواء الحارة على مقاومة الانضغاط

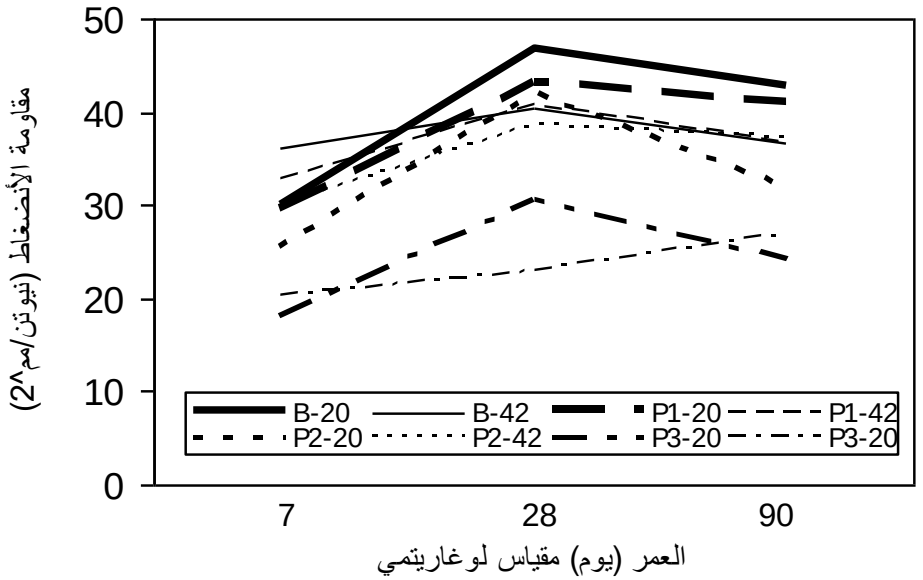
للخرسانة ويمكن أن نحصل على مقاومة انضغاط مساوية للخرسانة غير الحاوية على أي مادة مضافة مخلوطة ومصبوبة ومعالجة بنفس الظروف بالأعمار المتأخرة أي بعمر 90 يوم اخذين بنظر الاعتبار الفوائد التقنية الأخرى لاستعمال البوزولانا في الخرسانة المصنعة في الأجواء الحارة كزيادة زمن التجمد والتصلب للخرسانة وتقليل حرارة الإماهة وزيادة متانة ومقاومة الخرسانة لهجوم الأملاح الكبريتية والكلوريدية وتقليل عملية الكربنة والتزهر للخرسانة بالإضافة إلى تقليل الكلفة.

5- الاستنتاجات

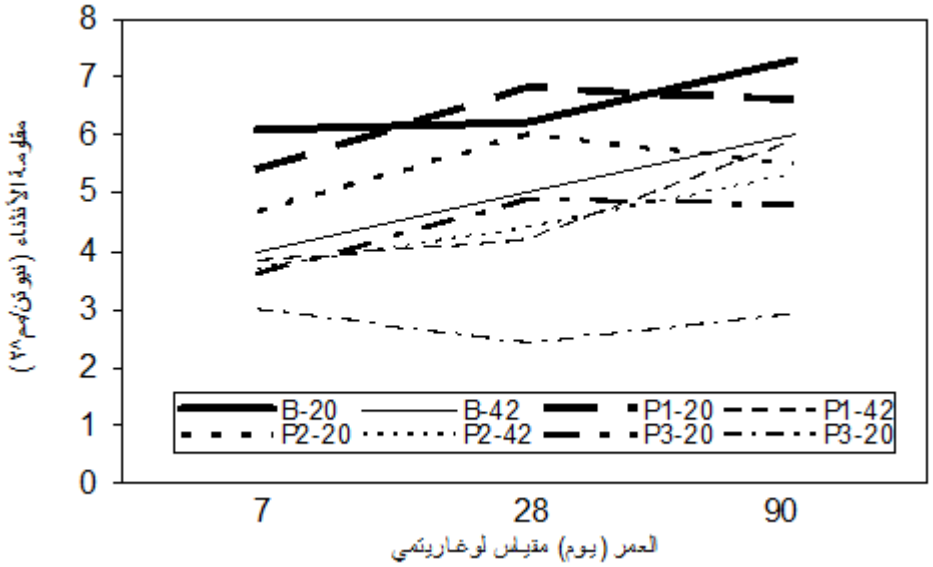
استنادا إلى نتائج هذا البحث، من الممكن استخلاص النقاط التالية :

1- مقاومة الانضغاط بعمر 90 يوم للخرسانة الحاوية لحد 20% من وزن الاسمنت فيها على البوزولانا تكون تقريبا مساوية لمقاومة الانضغاط للخرسانة المصنعة من سمنت بورتلاندي غير حاوي على أي مضافات.

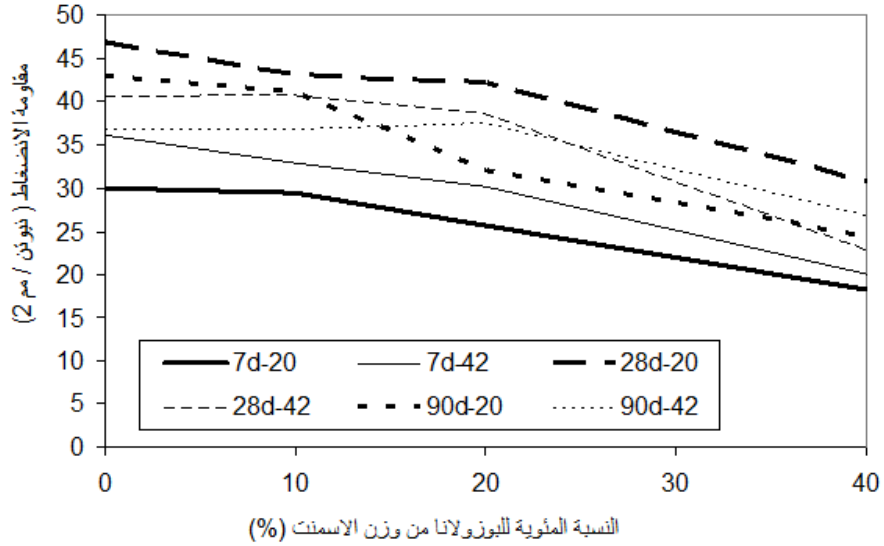
2- مقاومة الانثناء بكافة الأعمار للخرسانة الحاوية على البوزولانا تكون اقل من مقاومة الانثناء للخرسانة غير الحاوية على أي مضاف ويزداد الفرق بين المقاومتين بزيادة النسبة المئوية لمحتوى البوزولانا في الخرسانة.



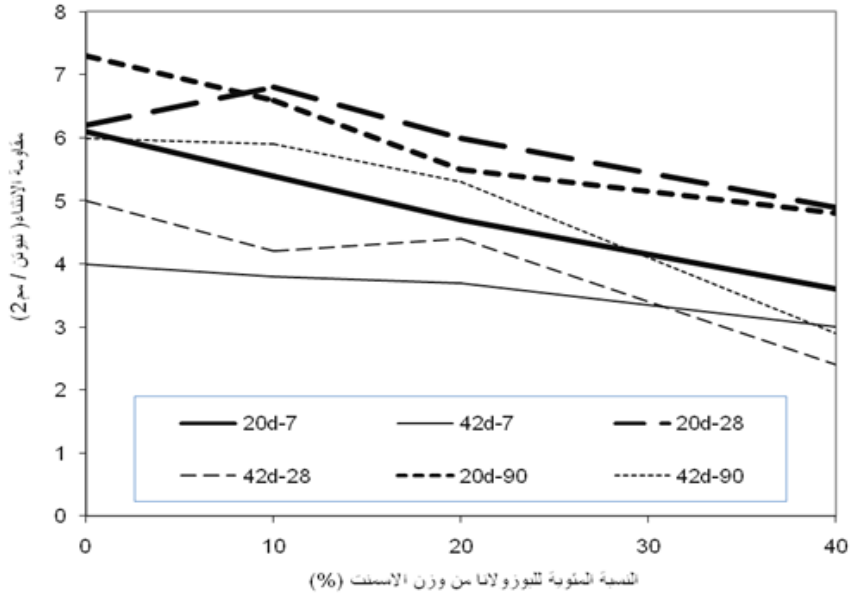
شكل (1) العلاقة بين مقاومة الانضغاط والعمر



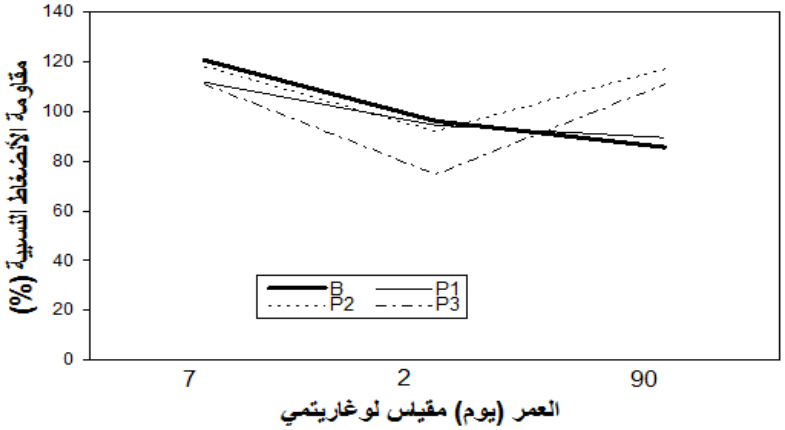
شكل (2) العلاقة بين مقاومة الانثناء والعمر



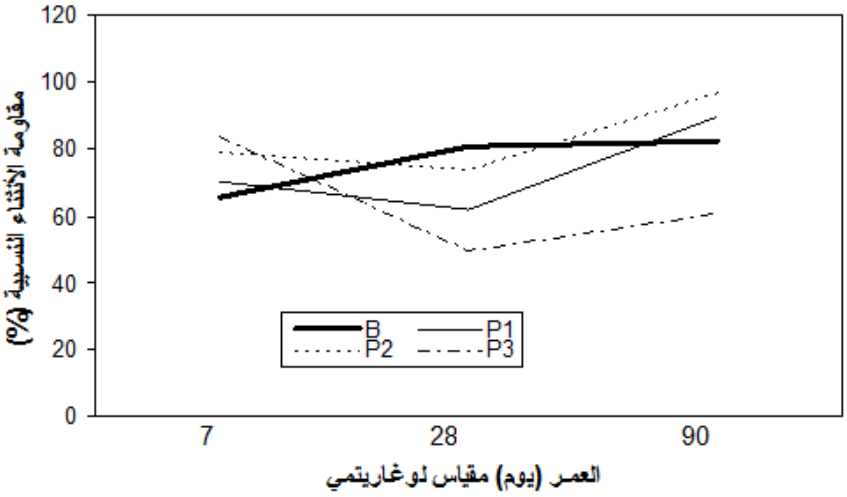
شكل (3) تأثير محتوى البوزلانا على مقاومة الانضغاط



شكل (4) تأثير محتوى البوزلانا على مقاومة الانثناء



شكل (5) تأثير محتوى البوزلانا على العلاقة بين مقاومة الانضغاط النسبية والعمر



شكل (6) تأثير محتوى البوزلانا على العلاقة بين مقاومة الانثناء النسبية والعمر

The effect of using tuff on strength of concrete in hot weather

Ahmad J. Ibrahim.*

Abstract

This paper investigates the effect of hot weather condition on the flexural and compressive strength of concrete, containing different percentages of ground tuff as partial replacement of cement used in concrete mixes. The results indicate that using ground tuff as a partial replacement of cement (up to 20%) for concrete cast and curded in hot weather decreases deficiency of influence of high temperature on compressive strength.

* Civil Engineering Department, College of Engineering,Omar AL- Mukhtar University,El- Beida-Libya.

المراجـــــع

ACI Committee 305R, 1999: Hot weather concreting, 20 pp .

Alexanderson, J., 1972: Strength loss in heat cured concrete, Proceeding of Swedish cement concrete, Research institute, No.43 .

Abbasi, A.F. and Alam, M.S. ,1981: Compressive strength of concrete in hot weather, Housing Science, Vol.6, No.2, pp.121-134.

British standards institution, 1996: (BS12-1996), Specification for Portland cement, London.

Butt, Y. M., Kolbasov, V. M. and Timashev, V. V., 1969: High temperature curing concrete under atmosphere pressure, Proc. 5th International Symposium on the chemistry of cement. Tokyo .

Central Statistical Organization, 1981: Republic of Iraq, Minstirey of Planning, Mean monthly temperature and relative humidity.

CIRIA, 2002: Guide to the construction of reinforced concrete in the Arabian Peninsula, CIRIA Report C557, Construction Industry Research and Information Association, London, 214 pp.

Fookes,P.G.,Barr J.M. and Simm,J.D.,1987 :Concrete and characteristics of component material in different climate environments ,Proceeding of Conference on improving concrete in Marine Environments, Institute for international Research, Hong Kong,pp.7.1-7.38.

Ish- Shalom, M. and Bentur, A., 1971 : Some observation on the effect of initial temperature on hydration and strength of Portland cements, Proc. International RILEM Symposium on Concrete and Reinforced concrete in Hot countries. Haifa. pp. 259-273.

Klieger, P., 1958: Effect of mixing and curing on concrete strength. ACI Journal Vol. 54, No.12, June, pp. 1063-1081 .

Libyan quality standards,1997: (LQS/557/1997), Specification for Portland cement .

Malhotra, V.M., 1980: Progress in Concrete Technology. Mines and Resources. Canada, Ottawa.

Mehta, P.K., 1984: Concrete Admixtures Hand Book. Noyes Pub. . New Jersey, pp. 303-336. (Ed. by Ramachandran.(

Mironov,S.A., 1966 : Some generalization in theory and technology of acceleration of concrete hardening, Highway Research Board, Special Report, Washington,No.90,pp.413-466.

Neville, A.M., 1995: Properties of concrete, Longman, Essex.

Orr, F.M., 1971: A factorial experiment to investigate the effect of cement temperature and initial mix

temperature on the consistency and 28-day strength of concrete, RILEM Symposium on Concrete and Reinforced Concrete in Hot countries. Haifa. August .

Popovics, S., 1979: Concrete making materials; McGraw-Hill, New York.

Price, W. H., 1951: Factor influencing concrete strength, ACI Journal Proc. Vol. 47, No.6, Feb. pp. 417-432 .

Ravina, D., and Shalon, R., 1971: The effect of elevated temperature on strength of Portland cement, ACI Special Publication No. 25. pp. 275-289 .

Ravina, D., 1975: Retmpering of prolonged mixed concrete with admixtures in hot weather, ACI Journal, Vol. 72, No.6, June, pp. 219-295 .

Shalon, R., 1978: Report on behavior of concreting in hot weather countries, Part 1, Materials and structures, Vol. 11, No.62, March- April, pp. 128-131 .

Shalon, R. 1980: Report on behavior of concreting in hot weather countries, Part 2, Materials and Structures, Vol. 13, No.75, May-June, pp. 255-264 .

Ujhelyi, J., 1985 : Betontechnologia I, Vizepitesi segedletek (Technology of Concrete, Handbook for water engineering,. VIZDOK, Budapest.(

Ujhelyi, J., 1988: Abetonstrukture optimalizalasa, I., ETI Jelentes, (Optimalization of concrete structure I, ETI Res. Rep.), Budapest.

Ujhelyi, J., 1989: A beton osszetetelenek tervezese es nyomoszilardasaganak becslese (Design of concrete mixture and estimation of its compressive strength II) Epitoanyag, Budapest. June.

Venuat, M., 1974: Effect of elevated temperature and pressure on the hydration of cement, 6th International Symposium on the Chemistry of Cement, Moscow, September.

Verbeck, G.J., and Helmuth.R.H., 1969: Structure and physical properties of cement paste, Proceeding 5th International Symposium on the Chemistry of Cement, Tokyo. December.