تأثير طول فترة الهزعند إعادة هز الخرسانة بعد مدة معينة من صبها على مقاومة الضغط

د. مصطفي ابوشعالة الدلنسي
جامعة مصراتة ، قسم الهندسة المدنية ، مصراتة ، ليبيا
Mustafa2280@yahoo.com

الملخص ـــ **من الظواهر المهمة التي تؤثر على مقاومة الضغط للخرسانة وبالتالي تخفض ديمومة الخرسانة هي هز الخرسانة مباشرة بعد صبها و إعادة الهز بعد فترة زمنية معينة من الصب. في هذا البحث، تقنية إعادة هز الخرسانة استخدمت للمعرفة أفضل فترة زمنية لهز الخرسانة بعد مدة معلومة من إعادة الهز. 90 دقيقة (وقت إعادة الهز) بعد صب الخرسانة في قوالب اسطوانية قياسية حسب مواصفات ASTM تعرضت الخرسانة لفترة هز ثانية . وطول الفترة اللازمة لإعادة الهز تتراوح من 15 الي 45 ثانية. لتحقق من تأثير المحتوي المائي علي مقاومة الضغط في الخرسانة، اختيرت نسب مختلفة من نسبة الماء إلى الإسمنت (0.5 ، 0.55 ، 0.6) للخلطة الخرسانية المستخدمة. تظهر نتائج الدراسة حدوث تحسن في مقاومة الضغط للخرسانة بعد تعرضها لفترات زمنية مختلفة من الهز بعد إعادة الهز (90 دقيقة) اعتمادا على نسبة الماء إلى الإسمنت.**

الكلمات المفتاحية: **إعادة الهز، فترة الهز، قابلية التشغيل، ومقاومة الضغط**

1. المقدمة

عدم الحصول على مقاومة ضغط مناسبة يعتبر مشكلة شائعة في المنشآت الخرسانية والتي بدورها تؤثر بشكل سلبي علي ديمومة واداء الخرسانة. نقصان مقاومة الضغط في الخرسانة عن المقاومة التصميمة تؤدي إلى حدوث فشل في الإنشاءات الخرسانية. للحد من الأثار الجانبية لعدم الوصول إلى مقاومة الضغط التصميمية على ديمومة الخرسانة، تضاف المضافات الخاصة للحصول على الضغط التصميمي للخرسانة مثل مضافات الضغط الذاتي (Self-compaction Admixtures) والتي تؤثر بشكل سلبي على تكلفة الخرسانة. طول فترة الهز المثالية لكل نسبة ماء إلى الإسمنت في الخلطة الخرسانية المستخدمة بعد إعادة الهز والتي تعطي أفضل مقاومة ضغط هي المستهدفة في هذا البحث.

2. تقنية هز الخرسانة الطرية

تقنية هز الخرسانة الطرية هي تقنية تساعد على شك الخرسانة بتسليط نبضات هز سريعة على حبيبات مزيج الخرسانة والتي تؤدي الي حركة حبيبات مزيج الخرسانة بشكل متفاوت. الهز يجبر الحبيبات على التحرك باتجاه السطح و حول قضبان التسليح و بعكس اتجاه القالب. هذه العملية تقلل من الفراغات و تجلب العجينة الاسمنتية إلى السطح والتي بدورها تسهل من عملية انهاء وجه الخرسانة. بشكل عام، تقنية هز الخرسانة الطرية تعطي تدفق أفضل وقابلية تشغيل عالية للخرسانة الطرية [1].

هز الخرسانة يكون عن طريق هزازات ميكانيكية تنتج قوة هز داخل جسم الخرسانة بترددات و مدى وتسارع متفاوت و ذلك حسب نوع وحجم الخرسانة [3,2]. و من الأنواع الشائعة للهزازات الميكانيكية الهزاز الداخلي ذو الإبرة المعدنية (Needle Vibrator)، ومن مزايا هذا الهزاز عمل الابرة مباشرة على جسم الخرسانة كما يمكن تحريكه من مكان إلى أخر بسهولة و بسرعة خلال عملية الهز. قطر (35 mm) للإبرة المعدنية للهزاز الداخلي وبتردد (180 Hz) استخدمت في هذا البحث [4,1].

استلمت الورقة بالكامل في مارس 2017 وروجعت في 28 مارس 2017 وقبلت للنشر في 29 مارس 2017 ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 30 مارس 2017 .

3. تقنية إعادة هز الخرسانة

تقنية إعادة هز الخرسانة هي عملية إعادة هز للخرسانة المصبوبة بعد فترة معينة من الصب وأحيانا بعد اكتمال عملية الهبوط. إعادة هز الخرسانة هي عملية طرد الهواء والماء المحبوس من جسم الخرسانة المصبوبة قبل التصلب النهائي للخرسانة وتعيد توزيع حبيبات المزيج الخرساني بشكل متقارب مع بعضها البعض مما يزيد في كثافة الخرسانة. تقنية إعادة هز الخرسانة استحدثت لطرد الماء المحبوس تحت حديد التسليح ولكن بالتجربة بعض الخواص الأخرى للخرسانة تحسنت بشكل ملحوظ ومنها زيادة مقاومة الضغط للخرسانة و تحسن عملية الالتصاق بين الخرسانة وحديد التسليح. كذلك يزيد مقاومة الامتصاص و ديمومة الخرسانة ويقلل النفاذية ويتحكم في الانكماش و الزحف في الخرسانة [8-5].

الفترة اللازمة للهز المبدئي باستخدام إبرة الهز والتي تضمن هز كامل للخرسانة المحيطة بإبرة الهز لا يمكن تحديدها بشكل دقيق حيث أنها تعتمد على قابلية تشغيل الخلطة الخرسانية، حجم الإبرة وحجم الخرسانة المصبوبة. مدة الهز الابتدائي بعد صب الخرسانة يتراوح من 5 إلي 10 ثانية للخرسانة التي تعطي مقدار الهبوط من 25 إلى 75 ملم، عمليا تعتبر 10 ثواني مدة هز ابتدائي مقبول للمعظم الأعمال الخراسانية [4,3]. طول فترة الهز اللازمة لهز الخرسانة بعد مضي فترة من صبها (وقت إعادة الهز) يعتبر أكثر تعقيدا ومن صعب تحديده حيث أنه لايعتمد فقط على العوامل السابقة التي تساعد في تحديد زمن الهز الابتدائي بل أيضا يعتمد علي الوقت المطلوب بعد عملية الصب لتعريض الخرسانة لعملية إعادة الهز و خبرة المهندس أو الملاحظات أثناء غرس الهزاز في جسم الخرسانة الطرية.

4. الهدف من البحث

إعادة هز الخرسانة قبل تصلبها النهائي هي تقنية تستخدم لتحسين الديمومة وبعض الخواص الأخرى للخرسانة و كذلك من ناحية تقليص كلفة تصميم الخلاطات الخرسانية. هذا البحث يعتمد بشكل أساسي علي تحديد طول فترة الهز المناسبة لكل نسبة ماء إلى الإسمنت في الخلطة الخرسانية المستخدمة بعد مضي ساعة ونصف من صبها والذي يعطي أفضل نتيجة لمقاومة الضغط للخرسانة.

5. البرنامج العملي للبحث

قابلية التشغيل للخرسانة (workability) توصف عن طريق اختبار الهبوط (slump test) و تحسب مقاومة الضغط للخرسانة (compressive strength) عن طريق اختبار الضغط القياسي. أولاً، طريقة اختبار المعهد الأمريكي لاختبارات المواد [9] لتحديد مقاومة الضغط للخرسانة والتي تم اعتمادها في هذا البحث. ثانياً، حيث أنه وقت الشك النهائي للخرسانة الطرية يمكن اعتباره حتى 6 ساعات بعد عملية الصب للخرسانة العادية وعملية إعادة الهز للخرسانة تم اختياره بعد 90 دقيقة من صب الخرسانة، عليه لا حاجة لتحديد زمن الشك النهائي للخلطات الخرسانية المستخدمة في البحث [10-12]. ثالثاً، استخدام هزاز داخلي و الذي يوافق متطلبات الهز حسب مواصفات المعهد الأمريكي

لاختبارات المواد [13] بدلا من طاولة الهز المعتمدة في المواصفات أنفة الذكر.

أ. نسب الخلط و أبعاد العينة:

تم إنتاج خرسانة عادية بالنسب مختلفة من نسبة الماء إلى الإسمنت (0.6, 0.55, 0.5) باستخدام Type I&II اسمنت بورتلاندي و رمل (C-33) و حصى بحجم أقصى 19 ملم و ماء الشرب. نسب خلط للخلطات الخرسانية المستخدمة في هذه الدراسة موضحة في جدول (1). المعهد الأمريكي لاختبارات المواد [9] يستخدم القالب الاسطواني بحجم (30x15 سم) لتحديد مقاومة الضغط للخرسانة وهو الذي تم اعتماده في هذا البحث.

جدول 1. نسب الخلط الخرسانة

w/c ratio	Cement, kg/m^3	Water, kg/m^3	Gravel, kg/m^3	Sand, kg/m^3
0.5	279	139.4	1067.9	947.5
0.55	279	153.7	1048.3	929.7
0.6	279	167.3	1048.9	893.5

ب. مدة الهز الابتدائي للخرسانة و وقت أعادة الهز:

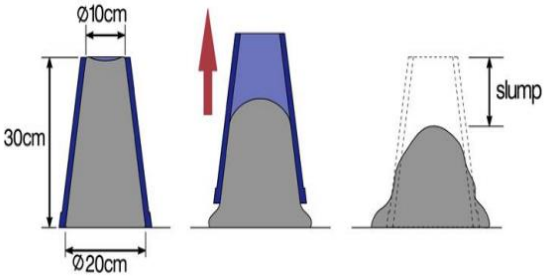
استخدام الهزاز الداخلي لهز الخرسانة و الذي يعطي نفس التردد المطلوب حسب المواصفات [13,4,3,1]. الهز الابتدائي كان مباشرة بعد الصب لفترة من 3 إلى 5 ثواني للعينات الأسطوانية الخاصة بدراسة مقاومة الضغط للخرسانة. وقت الانتظار بعد صب العينات وقبل عملية إعادة الهز اختيرت لتكون 90 دقيقة اعتمادا على بحوث سابقة [8,6].

ج. طول فترة الهز عند إعادة الهز الخرسانة:

لتقيم تأثير طول الفترة الزمنية اللازمة (مدة الهز الثانية) لإعادة الهز، ثلاثة فترات زمنية لوقت إعادة الهز اختيرت : 15، 30 و 45 ثانية. أثناء عملية الهز لوحظ بشكل نظري أن هذه الفترات الزمنية تبين تناسق و دمك جيد في سطح الخرسانة. بالرغم من استخدام فترة زمنية أخري (60 ثانية) لوقت إعادة الهز إلا أن الخلطة الخرسانية أظهرت علامات انفصال المواد الناعمة من الخلطة الخرسانية وكذلك تناقص في مقاومة الضغط للخرسانة بعمر 7 أيام لهذا تم استبعادها من ضمن الفترات الزمنية المقترحة في البحث.

د. اختبار الهبوط و تجهيز العينة:

تم خلط الخرسانة في الخلاط المركزي الخاص بالشركة الموردة للخرسانة حسب مواصفات ACI و ASTM من أجل التحكم في التباين بين الخلطات الخراسانية و التفاوت في الظروف الجوية المحيطة. عليه تعتبر كل العينات لكل نسبة ماء إلى الإسمنت تحت نفس الظروف الجوية. طبقا للموصفات ASTM C143/C143M [14]، اختبار الهبوط كما في الشكل (1) استخدم للوصف قابلية تشغيل الخلطات الخراسانية المستخدمة في البحث. جدول (2) يعرض قياسات الهبوط في الخلطات الخراسانية المستخدمة و وصف قابلية التشغيل لكل الخلطات. من الجدول ، قابلية التشغيل للخلطات الخراسانية تتراوح من قابلية تشغيل متوسطة إلى قابلية تشغيل عالية كما هو معرف من قبل [15]، عليه فإن الخلطات الخراسانية في حالة تسمح بإعادة هزها بعد مرور فترة زمنية من الصب. بعد تحديد قابلية التشغيل لكل خلطة، تم صب الخرسانة في القوالب الاسطوانية القياسية وتعريضها إلى هز ابتدائي يتراوح من 3 إلى 5 ثانية باستخدام الهزاز الداخلي. بعد ساعة ونصف من صب الخرسانة، ثلاثة عينات اسطوانية لم يتم تعريضها لفترة هزة ثانية ، تم إعادة هز ثلاثة عينات لكل فترة زمنية مقترحة للهز (15، 30 و 45 ثانية). بشكل عام، 12 عينة تم تحضيرها لكل نسبة ماء إلى الإسمنت. تم فك القوالب من على العينة بعد مضي 24 ساعة من صب الخرسانة وتم معالجتها بغمرها في حوض ماء عند درجة حرارة 21±2 ^{o}C لمدة 28 يوم لتجهزها لإختبار مقاومة الضغط للخرسانة.



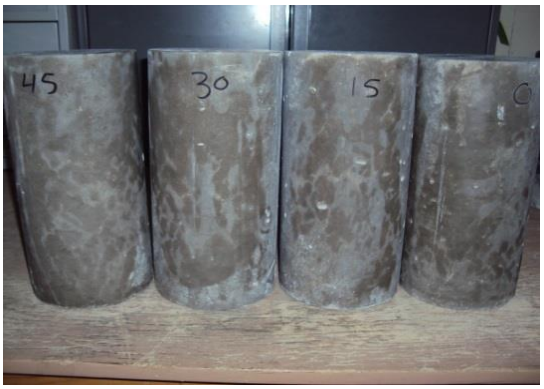
الشكل 1. اختبار الهبوط

الجدول 2. قيم الهبوط و وصف قابلية التشغيل للخلطات الخراسانية

w/c ratio	Slump, mm	Description of workability
0.5	68	Medium
0.55	85	High
0.6	102	High

هـ. اختبار الضغط القياسي:

أجري اختبار الضغط القياسي في هذا البحث لغرض التأكد من أن مقاومة الخرسانة للضغط تزداد عند تعرض العينات الاسطوانية لإعادة الهز بعد فترة زمنيه (وقت إعادة هز الخرسانة) من صبها كما هو مثبت عند [5-8]. اختبار مقاومة الخرسانة للضغط أجري طبقا للمواصفة (ASTM 2012) [9] باستخدام ماكينة تطبق حمل ضغط عمودي على العينة الخرسانية بمعدل تحميل (.0.25 Mpa/sec) حتى يحدث الفشل في العينة. تحسب مقاومة الخرسانة للضغط بقسمة حمل الفشل على مساحة وجهه العينة الخرسانية (15x30 cm). الشكل (2) يبين العينات الاسطوانية المستخدمة في البحث.



الشكل 2. عينات الخرسانة الاسطوانية

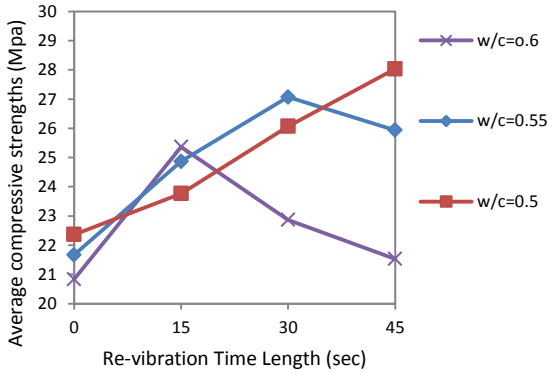
6. النتائج

نتائج مقاومة الخرسانة للضغط بعمر 28 يوم لكل العينات الاسطوانية معروضة في الجدول (3). الملاحظات العامة من الجدول تتمحور في : 1) مقاومة الخرسانة للضغط ازدادت تقريباً 7% عند انخفاض نسبة ماء إلى الإسمنت و عدم تعرض الخلطات الخراسانية لفترة هز ثانية (إعادة هز). 2) عند نسبة معينة من الماء إلى الإسمنت، مقاومة الخرسانة للضغط زادت تقريباً 23% عند تعرض الخلطات الخراسانية لفترة هز ثانية (إعادة هز). 3) مقاومة الخرسانة للضغط تتناسب عكسياً مع نسبة الماء إلى الإسمنت.

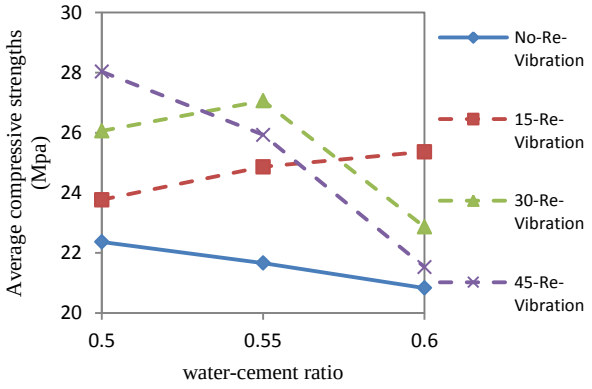
جدول 3. مقاومة الضغط للعينات الخراسانية في حالة الهز الابتدائي و إعادة الهز

Average values of 28 days compressive strength (fc'), Mpa					
w/c ratio	Samples	Initial vibration	Lengths of re-vibration time (seconds)		
			15	30	45
0.5	1	22.8	23.6	27.3	29
	2	22.2	24.5	26.6	28.3
	3	22.1	23.2	24.3	26.8
	Average	22.37	23.77	26.07	28.03
0.55	1	22.3	25.5	28.3	27.3
	2	20.8	24.5	27.4	25.6
	3	21.9	24.6	25.5	24.9
	Average	21.67	24.87	27.07	25.93
0.6	1	20.4	26	22.6	21.7
	2	21.2	24.3	24.1	21.4
	3	20.9	25.8	21.9	21.5
	Average	20.83	25.37	22.87	21.53

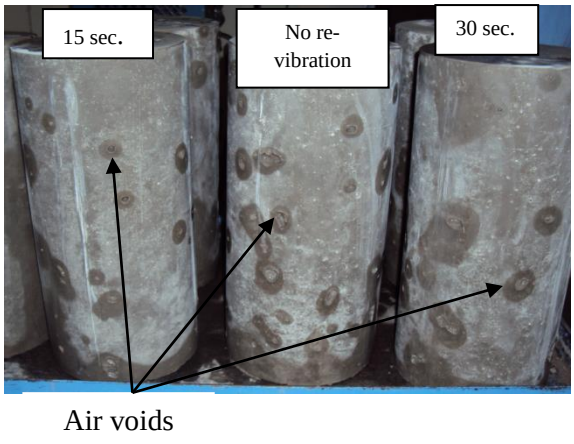
القيم المتوسطة للمقاومة الخرسانة للضغط مقابل طول الفترة الزمنية للهز عند إعادة الهز لكل نسبة ماء إلى الإسمنت موضحة في الشكل (3) بينما مقاومة الضغط للخرسانة مقابل نسبة الماء إلى الإسمنت لكل فترة زمنية للهز عند إعادة الهز موضحة في الشكل (4). من هذه الاشكال نلاحظ مقاومة الخرسانة للضغط تعتمد على نسبة الماء إلى الإسمنت و المدة الزمنية لإعادة الهز كما يلي: 1) عند نسبة ماء إلى الإسمنت (0.60)، أعلي مقاومة ضغط للخرسانة كانت عند هز الخلطة الخرسانية لمدة 15 ثانية. بالرغم من زيادة مقاومة الضغط للخرسانة عند هزها لمدة 30 و 45 ثانية مقارنة مع عدم إعادة الهز الخرسانة، إلا أن المقاومة أقل من المقاومة الناتجة عن هز الخلطة لمدة 15 ثانية. عند هذه النسبة من الماء إلى الإسمنت، الفترات الزمنية لإعادة الهز (30 و 45 ثانية) أظهرت علامات انفصال في مكونات الخلطة الخرسانية مثل زيادة في كمية العجينة الإسمنتية علي وجهه العينة. 2) عند نسبة ماء إلى الإسمنت (0.55)، زيادة مقاومة الخرسانة للضغط لوحظت وكانت عند هز الخلطة الخرسانية لمدة 30 ثانية. عند هز الخلطة الخرسانية لمدة 45 ثانية أظهرت علامات انفصال مكونات الخلطة الخرسانية مع زيادة في مقاومة الخرسانة للضغط اقل من عند هزها لمدة 30 ثانية. عند هز الخلطة الخرسانية لمدة 15 ثانية أظهرت علامات عدم تجانس كامل في الخلطة الخرسانية مثل ظهور فقاعات الهواء علي وجهه العينة مما يدل علي الحاجة لزيادة في مدة الهز و مع ذلك فان مقاومة الخرسانة للضغط كانت افضل من المقاومة عند الهز الابتدائي فقط. 3) عند نسبة ماء إلى الإسمنت (0.50)، تحسن في مقاومة الخرسانة للضغط تتناسب بشكل طردي مع الفترة الزمنية لإعادة الهز. في هذه الحالة عند الهز لمدة 45 ثانية متوسط مقاومة الضغط زادت بحوالي 23% عن العينة التي لم تتعرض لفترة هز ثانية. بينما المقاومة عند إعادة الهز لمدة 15 و 30 ثانية أظهرت علامات الحاجة الي زيادة في مدة الهز كما هو مبين بالشكل (5).



الشكل 3. متوسط مقاومة الخرسانة للضغط بعمر 28 يوم مقابل أطوال فترة الهز بعد إعادة هز الخرسانة



الشكل 4. متوسط مقاومة الخرسانة للانضغاط بعمر 28 يوم مقابل نسب الماء إلي الاسمنت



الشكل 5. الفراغات الهوائية نتيجة نقص في الهز للعينات عند عدم الهز لفترة ثانية و عند إعادة الهز لفترة 15 ثانية وعند إعادة الهز لفترة 30 ثانية

7. الاستنتاجات

1. وصف قابلية التشغيل للخلطات الخرسانية المستخدمة في البحث صنفت من المتوسط الي العالي عن طريق مقدار الهبوط لكل خلطة. لذلك تطبيق تقنية إعادة الهز كانت ممكنة بسبب قابلية تعرض الخلطات الخرسانية لإعادة الهز بدون حدوث انفصال فيها.
2. الخلطات الخرسانية الناتجة من نسب مختلفة من الماء إلى الإسمنت (0.50، 0.55، 0.60) مقاومتها للضغط تزداد حتى 23% عند تطبيق تقنية إعادة الهز عليها.
3. أفضل مقاومة ضغط للخرسانة عند نسبة ماء إلى الإسمنت (0.50) كانت عند هز الخرسانة بعد 90 دقيقة من صبها لفترة 45 ثانية وهي التي أعطت تجانس ملحوظ في توزيع مكونات الخلطة الخرسانية.
4. عند نسبة ماء إلى الإسمنت (0.55) أفضل مقاومة ضغط لوحظت عند هز الخرسانة بعد 90 دقيقة من صبها لمدة زمنية قدرها 30 ثانية.
5. المدة الزمنية لإعادة الهز 15 ثانية اعطت أفضل نتائج لمقاومة الضغط للخرسانة للخلطة الخرسانية بنسبة ماء إلى الإسمنت (0.60).
6. تتناسب الفترة الزمنية اللازمة لهز الخرسانة للمرة الثانية بعد ساعة ونصف من صبها مع نسبة الماء إلى الإسمنت تناسباً عكسياً بحيث تتناقص الفترة الزمنية لإعادة الهز كلما زادت نسبة الماء إلى الإسمنت.
7. في المناطق الجافة قابلية التشغيل العالية مطلوبة لتحكم في تشكيل و صب الخرسانة و للحفاظ علي مقاومة ضغط تتناسب مع المقاومة التصميمية فإن تطبيق تقنية إعادة الهز و لفترات مناسبة يكون هو البديل لاستخدام المضافات التي تؤثر بشكل سلبي على تكلفة الخرسانة.

المراجع

[1]"Concrete Vibration Handbook."(CVH).(2003). <http://www.multiquip.com/multiquip/pdfs/Concrete_vibrators_1003_handbook_DataId_25124_Version_1.pdf> (Oct. 2003).

[2] ACI 309.1R. (1993). "Behavior of Fresh Concrete during Vibration."

[3] Cement & Concrete Association of New Zealand (CCANZ).(2006). "Vibration of Concrete," Information Bulletin: IB 46, www.ccanz.org.nz

[4] Cement Concrete & Aggregates Australia (CCAA).(2006). "Compaction of Concrete," Data Sheet, June, www.ccaa.com.au

[5] Sawyer, D. H., and Lee, S. F.(1956). "The Effect of Re-vibration on Properties of Portland Cement Concrete." presented at the annual meeting of the American Society for Testing and Materials.

[6] Vollickt, C. A.(1958)."Effects of Re-vibrating Concrete." ACI Journal, 54, 721-732.

[7] Maclnnis, C., and Kosteniuk, P. W. (1979). "Effectiveness of Re-vibration and High-Speed Slurry Mixing for producing High-Strength Concrete," ACI Journal, No. 76, pp. 1255-1265.

[8] Krishna, M. V., Kumar, P. R., and Bhaskar, B. N.(2008). "Effect of Re-vibration on Compressive Strength of Concrete." Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing), 9 (3), 291-301.

[9] American Society for Testing and Materials (ASTM).(2012), "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens." C39/C39M-12, West Conshohocken, Pa.

[10] Portland Cement Association (PCA). (2003). "Design and Control of Concrete Mixtures." 14th edition, Engineering Bulletin 001.

[11] Qi, C., Weiss, J., & Olek, J. (2003)., "Characterization of Plastic Shrinkage Cracking in Fiber-Reinforced Concrete Using Semi-Automated Image Analysis." RILEM Materials and Structures, Vol. 36, No. 260, July 2003, pp. 386-395.

[12] Qi, C., Weiss, J., & Olek, J. (2005)., "Statistical Significance of the Restrained Slab Test for Quantifying Plastic Cracking in Fiber Reinforced Concrete." Journal of ASTM International, July/August., Vol. 2, No. 7, Paper ID JAI12242.

[13] American Society for Testing and Materials (ASTM).(2012), "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test specimens in the Laboratory." C192/C192M-12, West Conshohocken, Pa.

[14] American Society for Testing and Materials (ASTM). (2012), "Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement concrete." C143/C143M-12, West Conshohocken, Pa.

[15] Neville, A. M.(2011). Properties of Concrete, 5th Ed., Pearson Education Limited, England.

BIOGRAPHY

Mustafa Abushaala Aldalinsi was born in Misurata/Libya, on August 21, 1980. He received B.Sc. degree in Civil Engineering from University of Sirt at Hoon, in 2003. He got his M.Sc. and Ph.D. degrees in Civil Engineering from the University of Texas at El Paso/USA in 2010 and 2013, respectively. Now, Mustafa is currently lecturer in Department of Civil Engineering at Misurata University/Libya and the director of Projects Office at Misurata Municipality/Libya. His research filed is applied in concrete testing, concrete materials, and structural analysis.

ACKNOWLEDGMENT

The author wish to thank Misurata University /Libya for giving such an opportunity for publication.