تأثير نوع الملدنات الفائقة على التشغيلية والخواص الميكانيكية للخرسانة ذاتية الدمك

*أ. عبدالرؤوف أبوذينة[1] ، م. أيمن رجب محمد عبدالحفيظ[2]، محمد النفاتي الهادي[3]

[1]عضو هيئة تدريس - قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الزيتونة، ترهونة، ليبيا

[3-2]طلبة بكالوريوس – قسم الهندسة المدنية, كلية الهندسة, جامعة المرقب, القره بوللي , ليبيا

[1]Raouf.aboudina@yahoo.com

[2]ar4440809@gmail.com

[3]Hmady.tribole@gmail.com

الملخص

تعتبر الخرسانة الذاتية الدمك من الانواع الحديثة وتمتاز هذه النوعية بالانسيابية العالية واللزوجة وليست في حاجة للدمك, وهي قابلة للانسياب تحت تأثير وزنها الذاتي. تنعكس هذه المميزات في أدائية الخرسانة الذاتية الدمك حيث تجعلها قادرة على التشكل والمرور خلال القوالب الإنشائية الضيقة أو المقاطع الإنشائية ذات التسليح المكثف مع تحقيق درجة دمك عالية دون الحاجة إلى استخدام الهزازات اثناء عملية الدمك الخارجي وكذلك بدون حدوث انفصال حبيبي أو نضوح في الخرسانة .

تتناول هذه الدراسة استخدام انواع مختلفة من الملدنات الفائقة (Super plasticizer) المتوافرة في السوق الليبي لإنتاج الخرسانة ذاتية الدمك, حيث تم استخدام 5 أنواع من الملدنات الفائقة المتوافرة في السوق الليبي وهي (FOSROC-AURAMIX 326C)و (SIKA VISCOCRETE-TEMPO 12) و (agel-Fx6) و (agel-Technohyper N) و (ليبيا لكيماويات البناء- ليبومنت أف أف) بنسب متقاربة للحصول على نتائج غير متفاوتة, وذلك لدراسة تأثير هذه الملدنات الفائقة على الخرسانة ذاتية الدمك في حالتيها الطرية والمتصلبة.

حيث وجد أن الخلطة الخرسانية التي تحتوي على الملدن الفائق (FOSROC-AURAMIX 326C) قد أعطت أكبر قطر انسياب مقارنة بالخلطات الأخرى, بينما تبين أن الخلطة الخرسانة ذاتية الدمك التي تحتوي على الملدن الفائق (agel-Technohyper N) قد حققت أفضل النتائج في كل من اختبار صندوق حرف L, و اختبار مقاومة الضغط للمكعبات الخرسانية, واختبار مقاومة الانحناء للمناشير الخرسانية مقارنة بباقي الخلطات.

تمهيد

الخرسانة ذاتيه الدمك هي نوع من الخرسانات ذات سيولة عالية مما يسمح لها بالدمك الذاتي والتوغل في المساحات الضيقة كثيفة التسليح **[1]** وعلي الرغم من زيادة لدونة الخرسانة فإنها تحافظ علي الجودة العالية التي تتطلبها صناعة البناء اليوم, مما يتيح المرونة بالإضافة الى المقاومة العالية. ترجع مرونة الخرسانة ذاتية الدمك الى ان هناك العديد من الاضافات يمكن إضافتها عند تصميم الخلطة الخرسانية لعمل منتج نهائي يناسب النتيجة المطلوب الوصول اليها من ناحية اللدونة والمقاومة. وقد جري تحليل العديد من الحالات المتعلقة بتطبيقات الخرسانة الذاتية الدمك في الفترة من عام 1993 الي الوقت الحاضر، حيث تزايد استخدام الخرسانة ذاتية الدمك في العديد من البلدان. اثبتت هذه التحاليل انه يجب اعتبار الخلطات الخرسانية ذاتية الدمك من الخلطات ذات مجال واسع الاستخدام ومناسبة للعديد من الاستخدامات **[2]** . اضافة الملدن المتفوق تستخدم في جميع انواع الخرسانة ذاتية الدمك, لأنه المكون الأساسي الذي يمنح الخرسانة ذاتية الدمك لدونتها العالية, وهذه الاضافة تقلل من كميه الماء المستخدم وتحافظ على نفس كثافة الخرسانة التقليدية **[3]**.

في دراسة سابقة تم دراسة تأثير اضافة ثلاثة أنواع مختلفة من المواد الفعالة للملدن المتفوق وهي: السلفونيت النفثالين الفورمالديهايد (SNF) (Sulphonated Naphthalene Formaldehyde) ، بولي كربوكسيل الأثير (PCE) (Poly Carboxylate Ether)و بولي كربوكسيل الأثير المعدل (MPCE) (Modified Carboxylate Ether) على قابلية التشغيل والخواص الميكانيكية للخلطات الخرسانة ذاتية الدمك (SCC), قد لوحظ في إختبارات الخرسانة في حالتيها اللدنة والمتصلبة أن أفضل خلطة هي المحتوية على المادة الفعالة (MPCE) تليها بفارق بسيط الخلطة المحتوية على المادة الفعالة (PCE), بينما كانت أضعف نتيجة من الخلطة المحتوية على المادة الفعالة (SNF) **[9]**.

اهمية الدراسة :

تتناول هذه الدراسة استخدام انواع مختلفة من الملدنات الفائقة (Super plasticizer) المتوافرة في السوق الليبي لإنتاج الخرسانة ذاتية الدمك, حيث انه لابد من استخدام الملدن الفائق لإنتاج الخرسانة ذاتية الدمك. حيث يؤدي إستخدام الملدنات إلى زيادة تشغيلية الخرسانة وسيولتها, وتخفيض نسبة الماء الى الاسمنت في الخلطة, وتقليل امكانية حصول انفصال حبيبي أو نضح.

أهداف الدراسة :

تهدف هذه دراسة لمعرفة تأثير انواع مختلفة من الملدنات الفائقة (Super plasticizers) على الخواص اللدنة والمتصلبة للخرسانة ذاتية الدمك. بالإضافة إلى التحقق من إمكانية الاستفادة من مزايا هذه الملدنات الفائقة في تحسين الخصائص الهندسية للخرسانة ذاتية الدمك ومعرفة تأثيرها على الانسيابية ومقاومة الضغط والانحناء. يتميز هذا العمل بتقديم بعض المعلومات والبيانات المتعلقة بتأثير تغير نوع الملدن الفائق على خواص الخرسانة ذاتية الدمك ، ايضا للفت الانتباه وإمكانية استخدام الخرسانة ذاتية الدمك في صناعة التشييد.

البرنامج العملي :

في هذه الدراسة استخدمت الملدنات الفائقة بنسبة 1.8% من وزن الإسمنت لجميع الخلطات بإستثناء الخلطة الخرسانية المحتوية على الملدن (AURAMIX 326C), حيث تم إستخدام نسبة 1.4% من وزن الإسمنت, ذلك لأنها اعلى نسبة مسموح استخدامها حسب النشرة الفنية الخاصة بهذا الملدن الفائق، بينما نسبة 1.4% لم تعطي نتائج داخل المواصفات بالنسبة للخلطات الاخرى, لهذا تم إعتماد نسبة 1.8% لهذه الخلطات. الجدول رقم (1) يوضح نسب ومقادير الملدنات المستخدمة في كل خلطة.

جدول (1) يوضح المقادير المستخدمة لكل ملدن

اسم الملدن	رمز الخلطة الخرسانية	نسبة الملدنات الى وزن الاسمنت في الخلطة الخرسانية	مقدار الملدنات في الخلطة الخرسانية	السعر في السوق الليبي
TEMBO 12	TEMP-SCC	%1.8	9 كجم/م^3	-
AURAMIX 326 C	AURA-SCC	%1.4	7 كجم/م^3	7 دينار / لتر
ليبومنت أف-أف	LIBO-SCC	%1.8	9 كجم/م^3	7 دينار / لتر
FX6	FX6-SCC	%1.8	9 كجم/م^3	-
Technohyper N	TECH-SCC	%1.8	9 كجم/م^3	7.5 دينار / لتر

تم التحصل على الملدنين الفائقين (SIKA VISCOCRETE-TEMPO 12) و (agel-Fx6) مجانا من شركة الاتحاد العربي للمقاولات, قد تمت معالجة جميع الخلطات في الماء للفترتين 7 و28 يوم، وتم عمل اختبار مقاومة الضغط عند الفترتين7 و 28 يوم، واختبار مقاومة الانحناء عند الفترة 28 يوم.

مكونات الخلطة الخرسانية:

الإسمنت:

الاسمنت البورتلاندي العادي المستخدم في هذه الدراسة من انتاج مصنع الاتحاد العربي للمقاولات بمدينة زليتن, وأجريت الاختبارات الخاصة بالتركيب الكيميائي والمعدني و الخواص الفيزيائية, وكانت جميعها تقع ضمن الحدود المسموح بها في المواصفات البريطانية (BS12:1996)**[4]** .

الركام الناعم:

الركام الناعم المستخدم في هذه الدراسة تم توريده من محاجر بمنطقة غريان، وأجريت الفحوصات الخاصة بالرمل وحسب حدود المواصفات البريطانية (BS882:1992)**[5]** , تشير الفحوصات الى ان الركام الناعم مطابق للمواصفة

من حيث التدرج. علما بأن الوزن النوعي ونسبة الامتصاص ونسبة المواد الناعمة والكثافة هي 2.631 و 0.1% و 1% و 1500 كجم /م^3 على التوالي.

الركام الخشن:

تم توريد الركام الخشن من محاجر في مدينة غريان. تم اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن والنتائج كانت ضمن الحدود والمواصفات البريطانية المعتمدة(BS 1992:882) **[5]**. علما بان الوزن النوعي ونسبة الامتصاص ونسبة المواد الناعمة ومعامل الصدم و لوس انجلوس والكثافة هي 2.579 و 2.5% و 0.55% و 18.4% و 26.3% و 1430 كجم/م^3 على التوالي.

الماء:

تم استخدام الماء الصالح للشرب في اعداد الخلطات الخرسانية والذي تم اختباره في مركز البحوث الصناعية بتاجوراء، وأثبتت نتائج الاختبار مطابقتة لحدود المواصفات الليبية رقم 294 لسنة 1988ف **[6]**.

الإضافات:

تم استخدام عدد 5 من الملدنات الفائقة المتواجدة في السوق الليبي كإضافات كيميائية لتوفير خواص التشغيلية للخرسانة ذاتية الدمك. الجدول (2) يوضح بعض خصائص الملدنات الفائقة المستخدمة.

الجدول (2) يوضح بعض الخصائص للملدنات الفائقة المستخدمة

اسم الشركة المصنعة	اسم الملدن الفائق	نسبة الاستخدام الى وزن الاسمنت	الأساس الكيميائي	اللون
SIKA	**Tembo 12**	**تتراوح بين 0.2-3%**	**acrylic copolymer**	**سائل بني فاتح**
FOSROC	**AURAMIX 326C**	**تتراوح بين 0.8-1.4%**	**polycarboxylate ether**	**سائل بني**
ليبيا لكيماويات البناء	**ليبومنت – أف أف**	**تتراوح بين 0.6-3%**	**Naphthaline Formaldehyde Sulfonate**	**سائل بني داكن**
Agel	**Fx6**	**تتراوح بين 0.6-2%**	**polycarboxylate**	**سائل بني داكن**
Agel	**technohyper N**	**تتراوح بين 0.6-2%**	**polycarboxylate**	**سائل بني داكن**

تصميم وخلط الخلطة الخرسانية:

اعتمدت هده الدراسة على اعداد خلطات خرسانية ذاتية الدمك باستخدام اسمنت بورتلاندي عادي وركام ناعم وخشن وماء وكانت نسبة الخلط حسب المعايير لتصميم الخلطة ونسبة الماء إلى الإسمنت 0.488% وكان المتغير هوا نوع ونسبة الملدن وتم استعمال نسب ملدنات تتراوح من 1.4% إلى 1.8% من وزن الإسمنت، والجدول رقم (3) يوضح نسب وكميات الخلطة الخرسانية المستخدمة. تم خلط المكونات بأسلوب مشابه لما قام به (Grunewald & Walraven) **[7]** حيث قاما بخلط الاسمنت والرمل لمدة 10 ثواني ثم يضاف ماء الخلط والملدن المتفوق ويستمر الخلط لمدة 110 ثانية وبعد ذلك يضاف الركام ويستمر الخلط لمدة 60 ثانية.

جدول (3) يوضح المقادير التي استخدمت في الخلطة الخرسانية

الاسمنت م^3/ كجم	نسبة الماء الي الاسمنت	الركام الخشن م^3/كجم	جرينيليا م^3/كجم	الركم الناعم م^3/كجم
500	0.488	295.8	549.3	845

نتائج اختبار الخرسانة في الحالة اللدنة:

الخواص اللدنة لخلطات الخرسانة ذاتية الدمك تم اختبارها باستخدام اختبار الانسياب لقياس الانسيابية واختبار (صندوق حرف L) لقياس قابلية المرور.

تأثير نوعية الملدنات على الخرسانة في الحالة اللدنة:

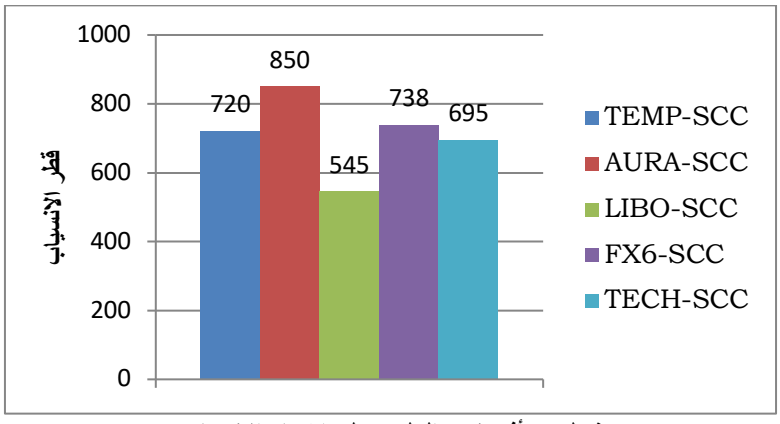
تأثير تغير نوع الملدن المستخدم على الخرسانة ذاتية الدمك أعطى نتائج مختلفة على الخواص اللدنة للخرسانة, فكانت أغلب الخلطات الخرسانية ذات سيولة وانسيابية من الجيدة الى الممتازة, بينما كانت احدى الخلطات الخرسانية ذات سيولة وانسيابية ضعيفة جدا, جعلتها خارج حدود المواصفات المستخدمة (EFNARC) **[8]** . وتم تدوين النتائج في جدول (4).

الجدول4 نتائج اختبارات الخرسانة في الحالة اللدنة

رقم الخلطة	رمز الخلطة	الانسياب	حدود المواصفة	صندوق - L	حدود المواصفة
		ملم	ملم	H2/H1	H2/H1
1	TEMP-SCC	720	850-550	0.77	1-0.75
2	AURA-SCC	850	850-550	0.75	1-0.75
3	LIBO-SCC	545	850-550	0.69	1-0.75
4	FX6-SCC	738	850-550	0.77	1-0.75
5	TECH-SCC	695	850-550	0.85	1-0.75

اختبار الانسياب:

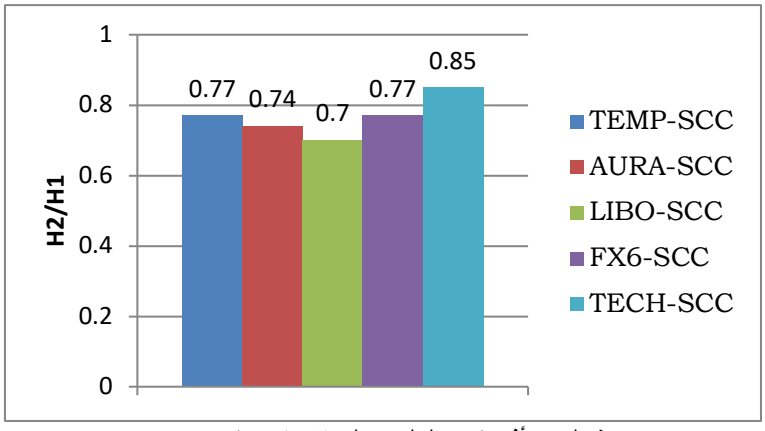
الشكل رقم (1) يوضح نتائج اختبار الانسياب لجميع الخلطات, سجلت جميع الخلطات قطر انسيابي كان ضمن حدود المواصفات الأوروبية (EFNARC) **[8]** إلا الخلطة (LIBO-SCC) كان خارج المواصفات الأوروبية (EFNARC) **[8]** واظهرت الخلطة (AURA-SCC) أكبر قطر انسياب مقارنة بالخلطات الأربعة الأخرى المستهدفة في هذه الدراسة. حيث أعطت قطر اكبر من الخلطات (FX6-SCC وTEMP-SCC – TECH SCC و LIBO-SCC) بنسبة زيادة قدرها (115% و 118% و 122% و 156%) على التوالي.



شكل 1 تأثير نوع الملدن على اختبار الإنسياب

اختبار صندوق حرف L:

جميع الخلطات اظهر نسبة ميل (H2/H1) ضمن حدود المواصفات الأوروبية إلا الخلطة (LIBO-SCC) كان خارج المواصفات الأوروبية (EFNARC) **[8]**. الشكل(2) يوضح نتائج اختبار صندوق L, وكانت الخلطة (TECH-SCC) قد اعطت اقل ميلان(H_2 / H_1) مقارنة بالخلطات الأربعة الأخرى المستهدفة في هذه الدراسة. حيث أعطت زيادة في الميل أكبر من الخلطات (TEMP-SCC و AURA-SCC و LIBO-SCC و FX6- SCC) بنسب قدرها (110.4% و 113.3% و 123.2% و 110.4%) على التوالي.



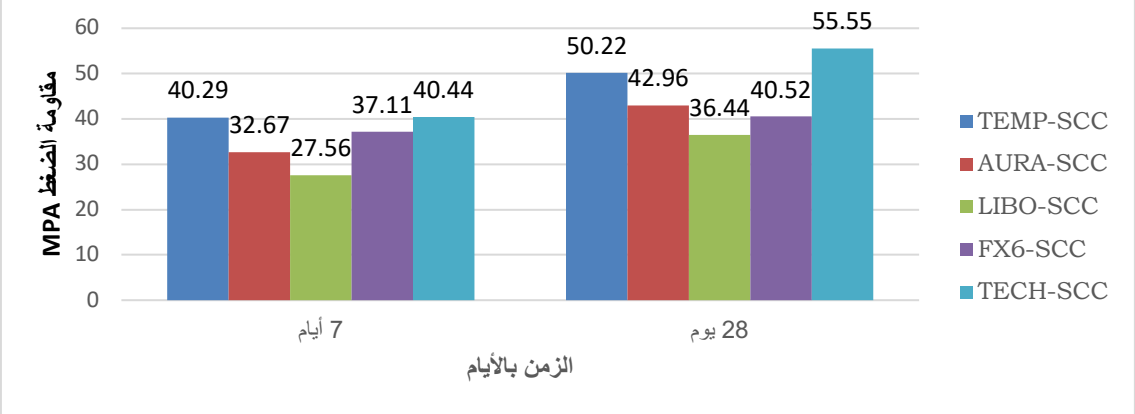
شكل 2 تأثير نوع الملدن على اختبار صندوق-L

نتائج اختبار مقاومة الضغط:

لقياس مقاومة الضغط فقد تم اختبار عدد 30 مكعب ، والجدول رقم (5) و الشكل رقم (3) يوضح نتائج تأثير تغير نوع الملدن على مقاومة الضغط.

جدول 5 يوضح نتائج اختبار مقاومة الضغط لجميع الخلطات

رقم الخلطة	رمز الخلطة	مقاومة الضغط لوحدة (Mpa)		
		7 أيام	28 يوم	نسبة الزيادة من 7 أيام إلى 28 يوم
1	TEMP-SCC	40.29	50.22	%19.77
2	AURA-SCC	32.67	42.96	%23.95
3	LIBO-SCC	27.56	36.44	%24.37
4	FX6-SCC	37.11	40.52	%8.42
5	TECH-SCC	40.44	55.55	%27.20



شكل 3 يوضح تأثير الملدن على مقاومة الضغط لجميع الخلطات

من المعاينة يتضح أن الخلطة (TECH-SCC) قد اعطت اعلى مقاومة ضغط خلال فترتي المعالجة 7 أيام و28 يوم، بينما كانت الخلطة (LIBO – SCC) هي الأقل مقاومة بين جميع الخلطات التي تمت دراستها خلال فترتي المعالجة 7 و 28 يوم. حيث تم احتساب قيم مقاومة الضغط من متوسط عدد 3 عينات لكل خلطة.

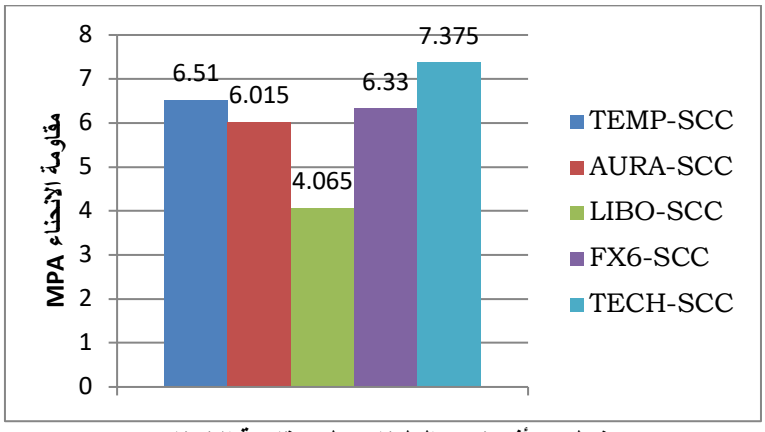
نتائج اختبار مقاومة الانحناء:

عدد 15 المنشور تمت معالجتها في الماء حتى موعد الاختبار المقرر في هذه الدراسة وهو 28 يوم حيث تم احتساب قيم المقاومة الانحناء من متوسط عدد 3 عينات لكل خلطة الجدول (5) يوضح نتائج اختبار مقاومة الانحناء.

جدول 5 يوضح نتائج اختبار مقاومة الانحناء

رقم الخلطة	رمز الخلطة	مقاومة الإنحناء (Mpa) 28 يوم
1	TEMP-SCC	6.51
2	AURA-SCC	6.015
3	LIBO-SCC	4.065
4	FX6-SCC	6.33
5	TECH-SCC	7.375

النتائج المتحصل عليها توضح أن الخلطة (ECHN-SCC) اظهرت أعلى قيمة لمقاومة الإنحناء مقارنة مع جميع الخلطات الأخرى خلال فترة المعالجة 28 يوم, حيث أعطت قيمة أكبر من الخلطات (TEMP-SCC و AURA-SCC و LIBO-SCC و FX6-SCC) بنسبة زيادة قدرها (113.3% و 122.6% و 181.4% و 116.5%) وشكل (4) يوضح نتائج اختبار مقاومة الانحناء.



شكل 4 تأثير نسب الملدنات على مقاومة الإنحناء

الخلاصة :

من خلال الدراسة المعملية التى أجريت وتحليل النتائج يمكن تلخيص النقاط التالية:

1- تباين جودة الملدنات الفائقة الموجودة في السوق الليبي.

2- الخلطة AURA-SCC المحتوية على المادة الفعالة PCE اعطت افضل قيمة انسياب بين جميع الخلطات المستهدفة في هذه الدراسة, مما يتوافق مع نتائج الدراسة السابقة **[9]**.

3- الخلطة TECH-SCC المحتوية على المادة الفعالة PCE اعطت افضل قيمة ميل في اختبار صندوق –L, وافضل نتيجة في اختبارات مقاومة الضغط ومقاومة الانحناء مما يتوافق مع الدراسة السابقة **[9]**.

4-الخلطة LIBO-SCC المحتوية على المادة الفعالة SNF أعطت اقل النتائج في اختبارات الخرسانة في حالتيها اللدنة والمتصلبة, مما يتوافق أيضا مع الدراسة السابقة **[9]**.

5- الملدن ليبومنت – أف أف, تم به عمل الخلطة LIBO-SCC التي أعطت نتائج خارج المواصفات في إختبارات اللدونة للخرسانة ذاتية الدمك, وأقل النتائج في كل من إختباري مقاومة الضغط والانحناء. لهذا نوصي بإختبار هذا الملدن للتحقق من جودة استخدامه في الخرسانات المختلفة.

6- يوصى بالقيام بعدد من الاختبارات الاخرى للخرسانة في حالتها اللدنة, مثل اختبار U-BOX و J-RING و V-FUNNEL وغيرها.

المراجع :

[1]Alireza K, John L et al. Effect of molecular architecture of polycarboxylate ethers on plasticizing performance in alkali-activated slag paste [J]. *J Mater Sci, 2014(49):2761–2772.*

[2]Alone M, Palacios M, et al. Compatibility between polycarboxylate-based admixtures and blended-cement pastes [J]. Cement and Concrete Composites, 2013*, (35):151-162.*

[3]Yamada K, Takahashi T, Hanehara S, et al. Effects of the Chemical Structure on the Properties of Polycarboxylate-type Superplasticizer[J]. Cement and Concrete Research, 2000, *30(2): 197-207.*

[4] BS 12: 1996 "Specification for Portland Cement". British Standards Institution, *389 Chiswik high road, London, W4 4AC, UK*

[5] (11) BS 882:1992 "Specification for aggregates from natural sourcesfor concrete". British Standards Institution, *389 Chiswk high road, London, W4 4AL, UK, 1992.*

[6] المواصفات القياسية الليبية رقم 294 لسنة 1988 ف, الخاصة بالمياه المستعملة في الخرسانة, *المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية ، طرابلس*

[7] Grunewald. S. (2004) ''Performance Based -Design of Self Compacting Fiber Reinforced Concrete", PH. D Thesis. Department of Civil And Mining Engineering, Delft University of Technology, Published And distributed By *Delft University Press*, *Netherlands.*

[8] "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete". Specification, Production and Use (2005).

[9] Evangeline.K1, Dr.M.Neelamegam2, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X. PP 18-29 *www.iosrjournals.org*, (Department of Civil Engineering, Easwari EngineeringCollege, India).