مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (30) العدد (1) 2008
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (30) No. (1) 2008

أثر الاستخدام الأمثل للملدنات على مواصفات المونة الإسمنتية في الحالة الطرية والصلبة

الدكتور علي خيربك*

(تاريخ الإيداع 15 / 8 / 2007. قُبِل للنشر في 2008/2/28)

□ الملخّص □

تشير أغلب الطرق و القوانين الخاصة بتصميم الخلطات البيتونية، أو حساب مقاومات البيتون بدلالة مكوناته إلى تناسبٍ عكسي بين كمية الماء المضافة التي يُعبَّر عنها –غالباً– بالنسبة W/C ، و المقاومة المتوقعة للبيتون. لذلك نسعى دوماً إلى الإقلال من كمية الماء، للحصول على بيتون باكتنازٍ أكبر و ذي مقاومةٍ و ديمومةٍ عاليتين.

تقتضي الاتجاهات الحديثة التي تتطلب زيادةً في المقاومة وفي قابلية التشغيل، دون استخدام المزيد من الماء تعويض نقصان قابلية التشغيل بإضافة الملدنات التي تعمل على تأمين اللدونة الكافية للخلطة عند صبها.

فإذا ما علمنا أن الإسمنت يحتاج لأقل من 30% من وزنه من الماء لإتمام إماهته، وأنه من الممكن إنقاص هذه النسبة إلى حوالي 0.25، يمكن أن نتخيل تحسن مواصفات البيتون بعد إضافة الملدنات (plastifiants).

قمنا في هذا البحث بدراسة التأثير الإيجابي للملدنات في المونة عند استخدامها بالشكل الأمثل، مع الإشارة إلى عدم وجود تأثيرات سلبية لاستخدامها بنسب قليلة جداً، و لضعف التأثير الجانبي لها في البيتون بعد التصلب.

تُظهر النتائج إمكانية الوصول إلى مقاومات لم تكن ممكنة في السابق باستخدام قيم W/C بجوار الـ 0.30.

الكلمات المفتاحية: الملدنات، السوبرملدنات، قابلية التشغيل، البيتون الطري، نسبة الإشباع، مخفضات الماء، المونة الإسمنتية.

*مدرس – قسم هندسة و إدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (30) العدد (1) 2008
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (30) No. (1) 2008

L'effet d'une meilleure utilisation des superplastifiants sur les propriétés du mortier à l'état frais et durci

Dr. Ali Kheirbek*

(Déposé le 15 / 8 / 2007. Accepté 28/2/2008)

□ Résumé □

Les performances du béton sont inversement proportionnels au dosage en eau. L'utilisation des plastifiants et des superplastifiants réducteurs d'eau a permis d'atteindre des résistances élevées, avec une maniabilité permettant de couler le béton dans des meilleures conditions. En général, un ciment consomme moins de 30% d'eau de son poids pour s'hydrater, nous pouvons donc imaginer l'amélioration des performances si le rapport W/C serait proche du 0,3 avec des superplastifiants. Dans cet article nous avons essayé de mesurer l'amélioration des propriétés du béton, et surtout sa résistance mécanique après une incorporation idéale des superplastifiants. Nous avons également montré l'influence de certains paramètres de formulation sur l'efficacité de ces adjuvants. Des valeurs élevées de résistances mécaniques ont été atteintes, pour des formulations avec $W/C \leq 0,30$.

Mots-clés : Plastifiants, superplastifiants, maniabilité, béton frais, dosage de saturation, réducteur d'eau, mortier.

***Maître Assistant- Département de Génie et Management de la Construction- Faculté de Génie Civil- Université de Tichrine- Lattaquié- Syrie.**

مقدمة:

يأخذ الإسمنت حاجته من الماء في أثناء تفاعل الإماهة، كذلك تأخذ الحصويات أيضاً حاجتها، ويتبخر القسم المتبقي مع الزمن، مما قد يسمح بظهور مسامات في بنية البيتون تشكل خطراً عليه مع تقدم العمر؛ إذ يتشقق ويصبح عرضةً للعوامل الجوية و تضعف مقاومته و ديمومته على السواء. من هنا يتبين ضرورة الإقلال ما أمكن من كمية الماء الواجب إضافتها إلى البيتون لضمان الديمومة الكافية. كما يجب أن تحقق الخلطة البيتونية عند الصب قابلية تشغيل جيدة ومن هنا تأتي ضرورة إدخال الملدنات في تركيبها.

يُنظر إلى الملدنات بوصفها وسيطاً يقوم بتأخير التفاعل بين الماء و الإسمنت فترةً من الزمن تتراوح تقريباً بين 5 و 10 دقائق تسمح لنا بفرش البيتون و تسوية سطحه و إسالته ضمن شبكة التسليح و المناطق الضيقة من القوالب.

استُخرجت الملدنات في بداية استخدامها من المواد الطبيعية كالراتنجات الخشبية، و نشاء الذرة، و بعض الأملاح المعدنية. و بعد أن أصبح استعمالها ضرورة في صناعة البيتون ، أصبح تحضيرها يتم صنعياً من مواد كيميائية تعطي بعد خلطها مع البيتون الطري الأثر نفسه الذي تعطيه المواد الطبيعية المستخدمة سابقاً.

تشكل الملدنات إحدى الإضافات المساعدة التي تُستخدم في تحضير البيتون [1]، و التي تُضاف إليه بكميات قليلة، لذلك نجدها –غالباً– على شكل محاليل معلقة يختلف تركيزها من محلولٍ لآخر، و تزداد فعاليتها أو تنقص وفقاً لمحتوى المادة الصلبة (الملدنات) في المحلول.

نعرض فيما يأتي بشكلٍ مختصر لأهم الإضافات المساعدة التي يمكن استخدامها في البيتون، مع التأثير المنتظر لكلٍّ نوعٍ منها.

الإضافات المساعدة (Les adjuvants):

لوحظ منذ زمن بعيد تأثير بعض المواد في الإسمنت و البيتون، و ذلك عند إضافتها بنسبٍ قليلة. و الآن ومنذ ثلاثة عقود لايكاد يخلو نوع من البيتون من هذه الإضافات، حتى أصبحت دفاتر الشروط في معظم المشاريع تفرض استخدام إضافات خاصة تُحدِّدُ مسبقاً نوعها و مواصفاتها و الأثر المرجو منها في البيتون [2].

تُعرَّف الإضافات المساعدة (Les adjuvants) بأنها منتجات كيميائية تُضاف إلى البيتون في أثناء الخلط أو قبل الصب بنسب لا تتجاوز عموماً الـ 5% من وزن الإسمنت لتعديل سلوك البيتون وخواصه.

تصنيف و استخدامات الإضافات المساعدة (Classification et utilisation)

تُصنف الإضافات المساعدة بحسب الأثر الذي تسببه إضافتها إلى البيتون. تُعطي المواصفات الأوروبية التصنيف الآتي لهذه الإضافات [2] :

1. الملدنات مخفضات الماء (Plastifiants réducteur d'eau) : وهي مركبات تتثبت جزئياً على حبيبات الإسمنت بفعل قوى التجاذب بينها و بين هذه الحبيبات، و تعمل على تبعثر حبيبات الإسمنت في الخليط مما يساعد في تأمين اللدونة الكافية دون إضافة كمية زائدة من الماء [3].

يُلخَّص تأثير هذه الإضافات بقدرتها في تخفيض كمية الماء بمعدل 5% للحصول على قابلية تشغيل مكافئة، وبالتالي زيادة في المقاومة بمعدل 10%. كانت الأنواع الأولى من هذه الإضافات تُستَخرج من مخلفات صناعة الورق

رخيصة الثمن (اللينوسيلفونات أو الكبريتات الخشبية)، أما الآن فتُستخدَم لتحضيرها مواد صناعية أساسها المركبات البوليميرية و كبريتات الكالسيوم و الصوديوم.

تُضاف هذه الملدنات بنسب تتراوح بين الـ 0.3 و 5% من وزن الإسمنت، مع الإشارة إلى أن إضافتها في الحدود القصوى تؤخر زمن التجمد.

2. الملدنات عالية الفعالية (Superplastifiants hautement réducteur d'eau) : وهي مركبات لها آلية عمل الملدنات نفسها [4] و لكن بشكلٍ أكبر تأثيراً. يظهر ذلك بقدرة أكبر على تخفيض الماء للحصول على قابلية التشغيل نفسها، إذ يمكن لها أن تخفض الماء بنسبة بين 15 و 25% ، و تزيد المقاومة بنسبة بين 20 و30%، أما تركيبها الكيميائي فهو من نوع صموغ الميلامين الكبريتية أو كبريتات النفتالين أو كبريتات الفينيل.

تختلف هذه الإضافات عن الملدنات بقصر زمن تأثيرها الذي لا يتجاوز –غالباً– الـ 35 دقيقة، لذلك تُستخدم معها مؤخرات التجمد في أغلب الأحيان.

تُضاف الملدنات عالية الفعالية في المراحل الأخيرة من الخلط، وغالباً ما يكون ذلك في موقع الصب عند استخدام بيتون المجابل، إذ تُزوَّد الجبالات بخزان خاص للملدنات يسمح بإضافتها قبل استعمال البيتون.

تتم إضافة الملدنات عالية الفعالية إلى البيتون على مرحلتين [5] :

1. إضافة جزء منها عند خلط البيتون و قبل نقله في الجبالة.
2. إضافة الجزء المتبقي ضمن الجبالة و قبل الصب مباشرة.

3. حاجزات الماء (Rétenteurs d'eau) :

وهي إضافات ناعمة تساعد على تخفيض ظاهرة طفو الماء إلى سطح البيتون الطري (Ressuage). تُستخدم لصناعة هذه الإضافات مركبات ميتيل السيلولوز المستخرج من الخشب، أما آلية العمل فتتلخص بازدياد حجم جزيئات هذه الإضافات عند ملامستها للماء، مما يعمل على سد منافذ صعود الماء إلى سطح البيتون المصبوب.

4. مولدات الفقاعات الهوائية (Entraîneurs d'air) :

و هي إضافات تعمل على حجز فقاعات ميكروية من الهواء بأقطار أقل من 100 ميكرون ضمن بنية البيتون، مما يستدعي التفريق بينها و بين الهواء المحتجز في البيتون عند الخلط (Air occlue) و الذي تتجاوز أقطار فقاعاته الـ 1مم.

أما تركيب هذه الإضافات فهو عبارة عن صموغ صناعية أو أحماض دسمة أو كبريتات الكيل.

تعمل الفقاعات الهوائية المتولدة بفعل هذه الإضافات على :

1. زيادة قابلية تشغيل البيتون و ذلك لعمل الفقاعات الميكروية كحبيبات شديدة النعومة تتحرك بحرية و مرونة ضمن البيتون الطري بأقل احتكاك ممكن.
2. زيادة مقاومة البيتون لحلقات الصقيع و الذوبان (Cycles gel dégel) عن طريق استيعاب الفقاعات لزيادة حجم الماء عند تجمده.

5. المُسرِّعات (Les accélérateurs) : وهي إضافات قابلة للانحلال في الماء تعمل على تسريع تفاعلات الإماهة، و تستخدم عادة عند الصب في الأوقات الباردة. نُميِّز عادةً بين نوعين من المسرِّعات :

مُسرِّعات التجمد (Accélérateurs de prise): المصنعة عادة من القلويات، كربونات و كبريتات الصوديوم و البوتاسيوم.

مُسرِّعات التصلب (Accélérateur de durcissement) : المصنعة من أملاح الكلور و الكربونات والتي تُستخدم عادةً عند الحاجة لفك القالب بسرعة.

6. المُؤخِّرات (Les retardateurs) : إضافات قابلة للانحلال في الماء ذات تأثير يشبه تأثير المسرعات و لكن بشكلٍ عكسي عن طريق تأخير تفاعلات الإماهة، مما يفيد في الصب في الأوقات الباردة و نقل البيتون لمسافات بعيدة و معاودة الصب.

7. إضافات التكتيم (Les hydrofuges) : إضافات كيميائية تعمل على خفض خاصية الامتصاص الشعري للبيتون، و هي تُصنع عادة من مركبات السيترات المنحلة التي تشكل عند ملامستها للكلس في الإسمنت بلورات من سيترات الكالسيوم غير المنحلة و التي تعمل على إغلاق الشبكة الشعرية في البيتون.

أهمية البحث و أهدافه:

يهدف البحث إلى دراسة الأثر الإيجابي للملدنات عندما تُستَخدم بالشكل الأمثل في مقاومة البيتون من خلال الوصول إلى قيم لم تكن ممكنة من قبل، مع الإشارة إلى عدم وجود تأثيرات سلبية لهذه الإضافات، وذلك لاستخدامها بنسب قليلة جداً، و لضعف التأثير الجانبي لها في البيتون بعد أن يحدث التصلب.

كما يهدف إلى دراسة تأثير نظافة الرمل على فعالية الملدنات و تقييم مدى تأثر هذه الفعالية بقيمة المكافئ الرملي ES للرمل المستخدم.

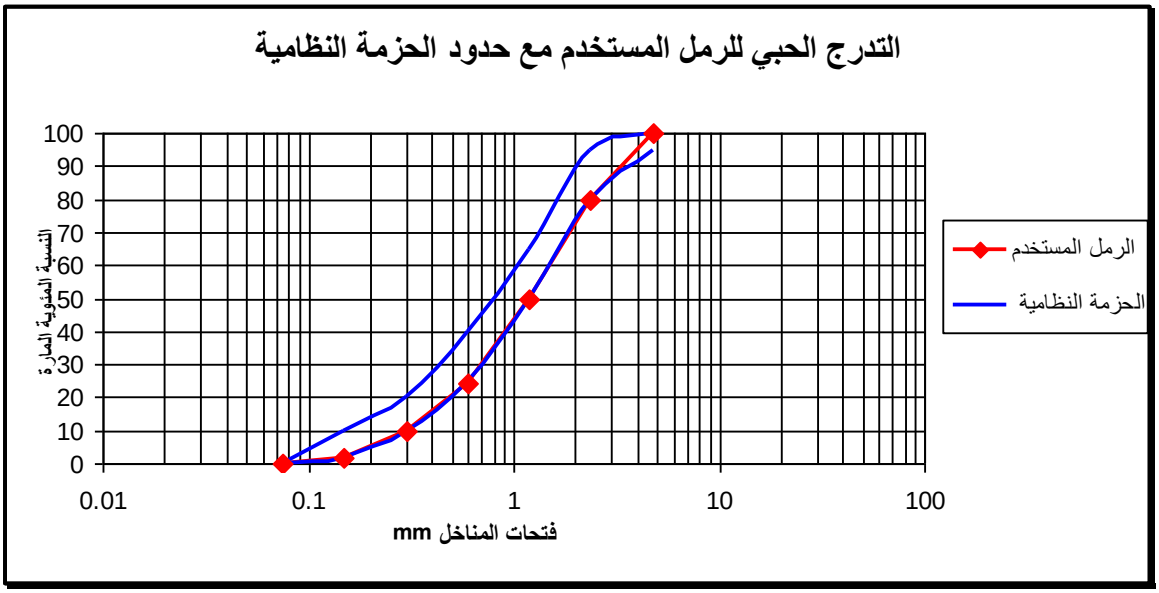
طريقة البحث ومواده:

تم اعتماد المنهجية التجريبية في إجراء البحث من خلال إجراء عدد كاف من اختبارات قابلية التشغيل والمقاومة الميكانيكية على خلطات متنوعة من المونة الإسمنتية (29 خلطة)، باستخدام أنواع مختلفة من الملدنات ليتم بعدها جمع النتائج و تحليلها و مناقشتها للوصول إلى الاستنتاجات و التوصيات اللازمة.

1. الإحضارات :

تم إجراء الاختبارات الخاصة بالملدنات على خلطات من المونة الإسمنتية تحوي في تركيبها على:

1. **إسمنت بورتلاندي عادي تصنيف I** صنع معمل إسمنت طرطوس مُصنَّع وفق المواصفة السورية رقم 1987/63 بصنف 32.5 .
2. **رمل نهري** بلون رمادي تمّ غسل جزء منه على المنخل (N200) و ذلك للتخلص من الشوائب الموجودة فيه و رفع مكافئه الرملي ES من 65 إلى 95 . يبين الشكل 1 التدرج الحبي للرمل المستخدم و موقع منحني التدرج الحبي بالنسبة للحزمة النظامية وفق المواصفات القياسية السورية. يبدو من تدرج الرمل أنه يقع ضمن الحزمة النظامية على الحد اليميني لها، مما يعطيه خشونة نسبية يدل عليها معامل نعومته الذي بلغت قيمته : $Mf = 3.4$.
3. **ثلاثة ملدنات A و B و C** مختلفة الفعالية (عادية و عالية الفعالية) مصنَّعة من مواد كيميائية خاصة خالية من الكلور و من النيترات. تم الحصول عليها من شركة محلية مختصة بكيماويات البيتون.
4. **ماء للجبل** قابل للشرب.



الشكل 1 : منحني التدرج الحبي للرمل النهري المغسول

2. خلط المواد و طريقة العمل :

تمت عملية تحضير عينات المونة الطرية في خلاط المونة الإسمنتية الخاص في مخبر تجريب المواد في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، و بشكلٍ موحد لجميع العينات وفق التسلسل الآتي [6] :

- وزن المواد (رمل – إسمنت – ماء– ثلث الملدن) بدقة وبشكل منفصل.
- وضع الماء معط الملدن في الخلاط بهدوء (الخلاط متوقف).
- وضع الإسمنت في الخلاط (الخلاط متوقف).
- تشغيل الخلاط بسرعةٍ بطيئة (140 دورة/دقيقة)، مدة 15 sec.
- إضافة الرمل .
- ترك الخلاط يدور بسرعة بطيئة (140 دورة/دقيقة)، مدة 30 sec.
- إيقاف الخلاط ثم إضافة الثلثين المتبقيين من الملدن.
- تحريك المواد يدوياً لنزع ما التصق في قعر وعاء الخلط .
- إعادة الخلاط للدوران بسرعة (285 دورة/دقيقة)، مدة 30 sec ثمّ ببطء مدة 15 sec.

بعد تحضير المونة الطرية مباشرة يتم قياس قابلية تشغيلها مباشرة باستخدام جهاز قياس قابلية التشغيل (Maniabilimètre)، الذي تمت صناعته لأغراض البحث في مخابر كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين.

يبين الشكل 2 الجهاز المصنع و الذي يتألف من حيز على شكل متوازي مستطيلات بأبعاد 10*10*20 سم، و من حاجز معدني متحرك يفصل الحيز السابق إلى قسمين : الأول توضع فيه العينة قبل الجريان و الثاني تَجري فيه العينة بعد نزع الحاجز.

تُصب عينة المونة الإسمنتية في القسم الأول من الجهاز قبل الحاجز المعدني، و لقياس قابلية تشغيل المونة الإسمنتية، تُترَك العينة تجري بعد رفع الحاجز و تحت رج آلي ثابت حتى تصل إلى حدٍّ معين في طرف الجهاز (خط

مرجعي ثابت). يُقاس في أثناء ذلك زمن جريان المونة بالثانية والذي يمتد بين لحظة نزع الحاجز و وصول المونة إلى الخط المرجعي في طرف الجهاز.

الشكل 2 : جهاز قياس قابلية تشغيل المونة (Maniabilimètre)

نتائج الاختبارات و مناقشتها (Résultats et discussion)

تمَّ صب خلطات مختلفة من المونة الإسمنتية و ذلك بهدف :

- تحديد علاقة نسبة الملدن (P/C) مع زمن الجريان (قابلية التشغيل) و تأثير W/C في حد الإشباع.
- تحديد مقدار التخفيض الأعظمي للماء الذي يقوم به الملدن، و أثر ذلك في رفع المقاومة.
- دراسة تأثير نظافة الرمل في فعالية الملدن.

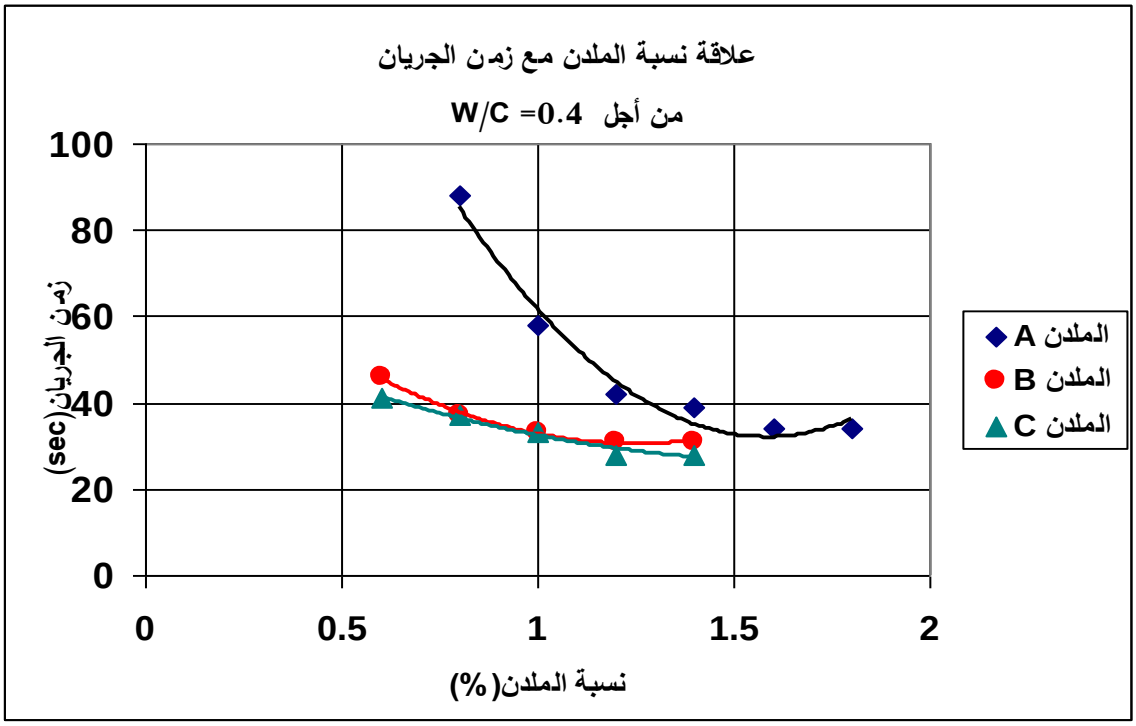
يُقصد بحدِّ الإشباع نسبة الملدن العظمى من وزن الإسمنت (P/C)، و التي يستقر بعدها زمن الجريان عند حدٍّ معين.

يبين الشكل 3 تغير زمن الجريان المقاس بدلالة نسبة الملدن الداخلة في الخلطة و ذلك لخلطات مونة إسمنتية بنسبة ماء إلى إسمنت تعادل W/C=0.4 ، و بمعدل خمس خلطات لكل ملدن تمثل نتيجة كل منها نقطة على منحني الشكل رقم 3.

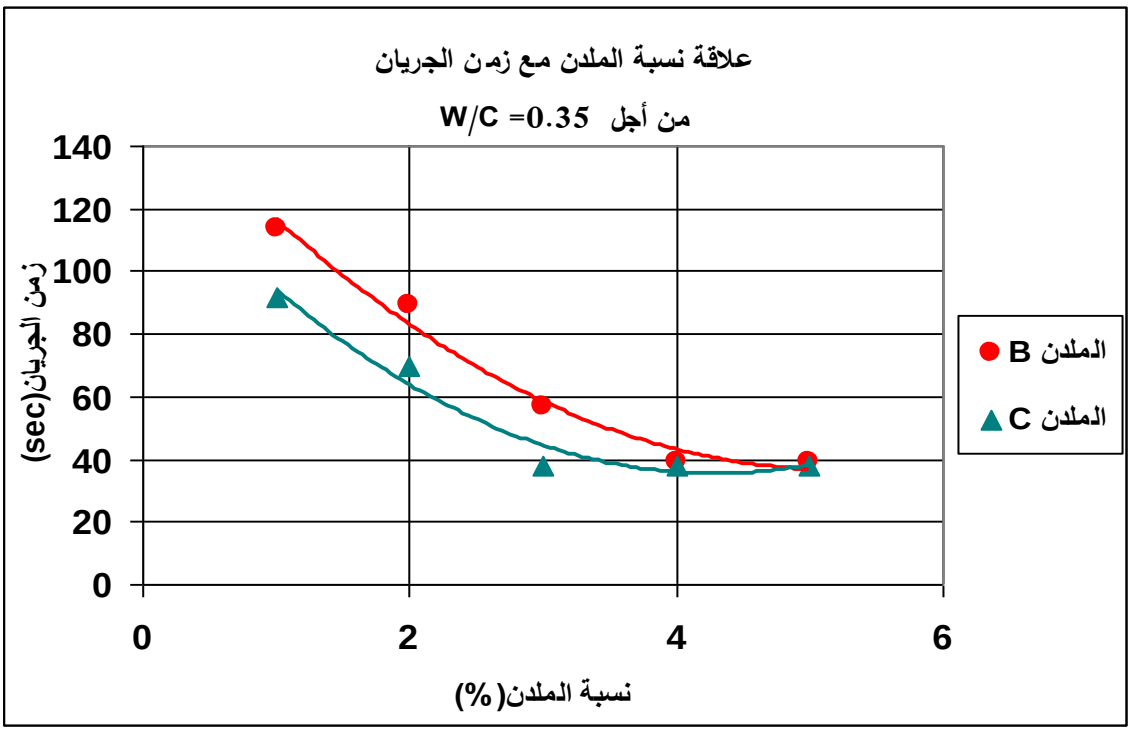
تسمح المنحنيات الثلاثة الخاصة بالملدنات A و B و C بالقول : إن الملدن A هو الأقل فعالية فيما تتقارب فعالية كل من الملدنات B و C .

تسلك المنحنيات الثلاثة سلوكاً متشابهاً بقيم مختلفة، إذ يستقر زمن الجريان للملدن A عند حد الإشباع 1.6% و عند 1.2% لكلٍّ من الملدنات B و C .

أما الشكل 4 فيبين تغير زمن الجريان المقاس بدلالة نسبة الملدن الداخلة في الخلطة و ذلك لخلطات مونة إسمنتية بنسبة ماء إلى إسمنت تعادل W/C=0.35 ، و باستخدام الملدن B و C اللذين ظهرا بفعالية أكبر مقارنة مع الملدن .



الشكل 3 : علاقة نسبة إضافة الملدن مع قابلية التشغيل و تقدير حد الإشباع



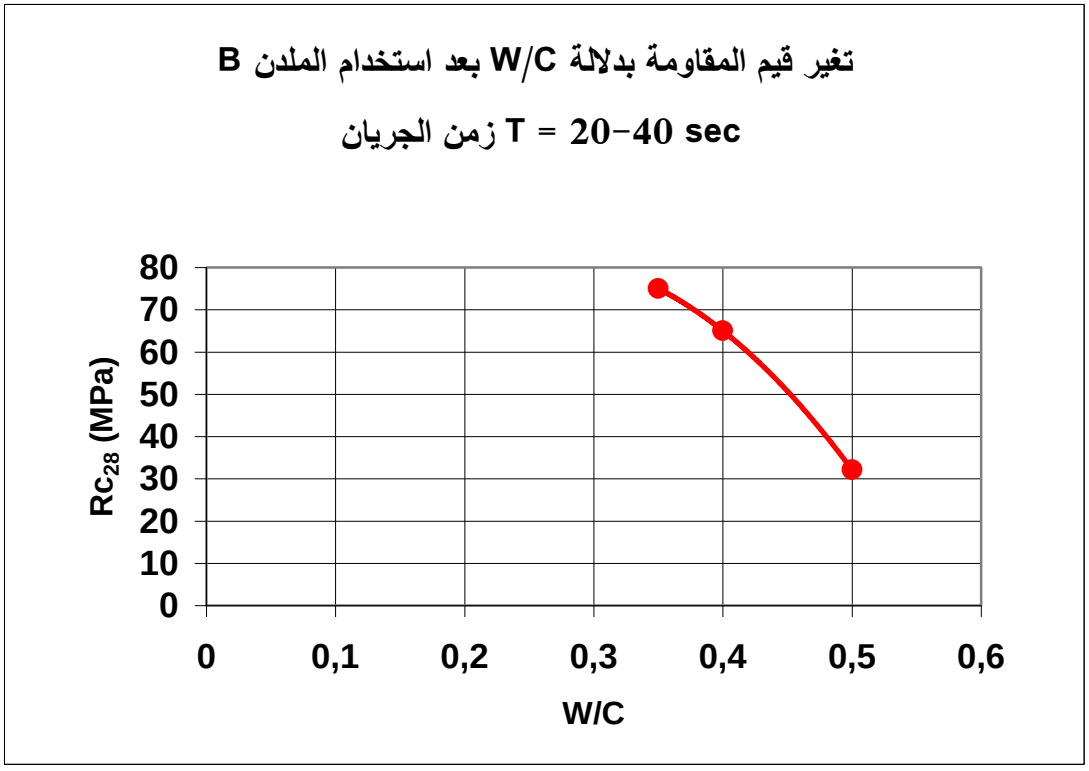
الشكل 4 : علاقة نسبة إضافة الملدن مع قابلية التشغيل و تقدير حد الإشباع

تؤثر النسبة W/C في حد الإشباع بشكل كبير، إذ يبين الشكل 4 أن نسب الملدن المستخدمة في الخلطة والموافقة لحالة الإشباع، تزداد من 1.2% لتصبح بحدود 3% بالنسبة للملدن C، و بحدود 4% بالنسبة للملدن B عندما تهبط قيمة W/C من 0.4 إلى 0.35.

و لإظهار الأثر الإيجابي للملدن، قمنا بتحديد الزيادة في المقاومة لعينات تتشابه في القوام، و تختلف بين بعضها فقط في نسبة الماء إلى الإسمنت و نسبة الملدن المضافة (تسع عينات من ثلاث خلطات : W/C=0.35 – W/C=0.40 – W/C=0.50).

يبين الشكل 5 أننا استطعنا باستخدامنا للملدن B تخفيض النسبة W/C من 0.5 إلى 0.35 أي بمقدار 30%، لينعكس ذلك إيجاباً على المقاومة، و ترتفع من 32MPa للخلطات ذات النسبة W/C=0.5 إلى 65MPa للخلطات ذات النسبة W/C=0.4 وصولاً إلى 75MPa للخلطات ذات النسبة W/C=0.35 أي بزيادة تتجاوز الـ 100%.

ملاحظـــة : استخدم الملدن B في منحني الشكل رقم 5 بالنسب التالية : 1.2% للخلطة ذات النسبة W/C=0.40 ،و 4% للخلطة ذات النسبة W/C=0.35 ، و 0% للخلطة ذات النسبة W/C=0.50 .



الشكل 5 : ازدياد المقاومة مع انخفاض نسبة الماء إلى الإسمنت لعينات متقاربة في القوام (باستخدام الملدن B)

و لتحديد تأثير نظافة الرمل في فعالية الملدن قمنا بتجريب خلطات من الرمل نفسه قبل غسله وبعده ، و ذلك باستخدام الملدن B (باعتبار أنه أظهر مع الملدن C فعالية جيدة و متقاربة مقارنة بالملدن A) وفق نسب الإشباع التي تم تحديدها من منحنيات الشكل 3 ، و بنسبة W/C=0.4.

يبين الجدول 1 التأثير الواضح لنظافة الرمل في فعالية الملدن، إذ ازداد زمن الجريان بمقدار 20 ثانية عند استخدام نسبة الملدن نفسها في خلطة استُخدم فيها رمل غير مغسول.

الجدول 1 تأثير نظافة الرمل على فعالية الملدن

نظافة الرمل	W/C	نسبة الملدن P/C (%)	زمن الجريان (Sec)
ES = 96	0.4	1.2	31
ES = 65	0.4	1.2	51

الاستنتاجات و التوصيات (Conclusion et recommandations):

بعد سلسلة التجارب و النتائج التي حصلنا عليها، تظهر الأهمية الكبيرة لاستخدام الملدنات في الخلطات البيتونية، هذه الإضافات التي تزيد من مقاومات البيتون بشكل كبير إذا ما استُخدمت بالشكل الأمثل، و التي بدونها لم يكن باستطاعة المصممين تصنيع البيتون عالي الأداء (Béton à Hautes Performances BHP) [7] .

يتمثل ذلك في قدرة الملدنات ذات الفعالية الجيدة على الخروج من مجال مقاومات البيتون الكلاسيكي(30MPa) و الدخول في مجال مقاومات البيتون عالي الأداء (40 - 90MPa). مع الإشارة إلى الوصول إلى المقاومة 75MPa في هذا البحث على المونة الإسمنتية، أي دخول المجال المذكور.

يتوافق ذلك مع قدرة الملدنات على إعطاء مونة إسمنتية ذات قوام و قابلية تشغيل متماثلة لخلطات بمحتوى ماء مختلف (W/C = 0.35 – 0.50) [8].

يُظهر البحث كذلك ضرورة مراعاة معاملات الخلطة الأخرى كنظافة الرمل للوصول إلى أداء أفضل للملدنات ضمن المونة أو البيتون، بعد أن أظهرت التجارب أن نقصان المكافئ الرملي بحدود 32% يُقابل بزيادة زمن الجريان (نقصان قابلية التشغيل) بحدود 65%.

يمكن أن تلعب معاملات أخرى كالتدرج الحبي للحصويات و نوع الإسمنت المستخدم دوراً في تحسين أداء الملدنات في الخلطة، و هو ما يمكن إجراؤه و التحقق منه في أبحاث لاحقة.

يمكن في هذا المجال تسجيل بعض التوصيات الخاصة بالملدنات :

- إجراء الدراسات و الأبحاث الخاصة بالملدنات المستخدمة مع إحضارات محلية من حيث تأثير معاملات الخلطة الأخرى الخاصة بالحصويات كالتدرج الحبي و النظافة و الشكل، و نوعية الإسمنت و نعومته، في أداء الملدنات.
- ضرورة التحقق من فعالية الملدن قبل استخدامه في البيتون، و إجراء دراسة أولية تسمح بتقدير الفاعلية و تحديد النسبة المثلى للإضافة التي تتعلق دائماً بخصائص الخلطة و الملدن.
- العناية بالإحضارات و خصوصاً الرمل للوصول إلى أفضل فعالية للملدن إذا ما علمنا أن انخفاض المكافئ الرملي يعمل بشكل واضح على التقليل من فعالية الملدن ؛
- عدم الاكتفاء بالمعلومات الواردة في النشرات المرفقة مع الملدنات، و اعتماد القيم التي ستعطيها الاختبارات الأولية الخاصة بتقييم الملدنات قبل استخدامها.

المراجع:

1. MALIER Y. *Les Bétons à Hautes Performances*, Presse de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, 1992, 1593.

2. BARON, J. , OLIVIER, J. P. *Les bétons, bases et données pour leur formulation*, Eyrolles, Paris, 1999, 522.

3. DREUX, G. , FESTA J. *Nouveau guide du béton et de ses constituants*, Eyrolles, Paris, 1998, 409.

4. DE LARRARD, F. , LACROIX R. *Utilization of High Strength / High Performance Concrete*, Presse de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, 1992, 1593.

5. BAROGHEL-BOUNY V. *Caractérisation microstructurale et hydriques des pâtes de ciment et des bétons ordinaires et à très hautes performances*, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1994, 468.

6. DE LARRARD, F. *Structure granulaires et formulation des bétons*, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, 2000, 414.

7. CHOPIN D. *Malaxage des bétons à hautes performances et des bétons auto-plaçant*, Rapport final de thèse; université de Nantes, n°ED 0367-036; Nantes, 2002.

8. JOSSERAND L., DE LARRARD F. : *Experimental study of scale effect in fresh mortar bleeding*, International Congress - Challenges of Concrete Construction, Dundee, scotland, oct. 2002, 8p.