أثر عمل تشتيتي مستمر على تميه العجينة الاسمنتية

الدكتور منير زاهي حسن

مدرس في كلية الهندسة المدنية
جامعة تشرين

إن الغرض الرئيسي من هذه الدراسة هو محاولة للمشاركة في فهم آلية تميه الاسمنت ، وذلك باتباع طريقة جديدة تماماً للبحث . تعتمد هذه الطريقة على ابقاء العجينة الاسمنتية دون تصلب أثناء تميها وذلك بوساطة ميكانيكية .

لقد قمنا بتصميم جهاز خاص لمنع العجينة من الأخذ (*Laprise* وابقائها مائعة خلال فترة طويلة . لقد سمحت لنا هذه العملية باجراء تحاليل ودراسات جديدة لم تتم من قبل على قسمي العجينة الصلب والسائل مما أدى الى معطيات جديدة ساهمت جدياً بفهم آلية التميه بشكل أفضل .

١ ــ مقدمة :

ان عملية تصلب الاسمنت بعد اضافة الماء اليه عملية معقدة جداً من الناحية النظرية . وعلى الرغم من مرور مايزيد على مائة عام[١]على بداية دراسة تميه الاسمنت فانها ماتزال موضوع الساعة[٢] .

ان النظريات حول هذا الموضوع كثيرة جداً وليس من السهل حصرها عددياً الا أنه تبسيطاً للموضوع يمكن اعتبار أن هناك مدرستين كبيرتين :

الأولى : تعتبر أن تحول مركبات الاسمنت اللا مائية (anhydres) الى مركبات مائية (hydrates) غير قابلة للذوبان في الماء يتم دون أن يكون هناك انحلال للمركبات اللا مائية في الماء : بمعنى أن جزيئات الماء تثبت نفسها على جزيئات اللا مائيات محولة اياها الى جزيئات مائية (الاسمنت المتميه) .

الثانية : تعتبر أن المركبات اللا مائية تنحل تدريجياً في الماء ثم تترسب لتعطي المركبات المائية المسؤولة عن تصلب الاسمنت وعن ربط حبيباته بعضها الى بعض .

ان البرهان القاطع على صحة احدى هاتين النظريتين صعب للغاية نظراً لأن الأمور تجري على مستوى ميكروسكوبيك من ناحية ولأن امكانية دراسة ما يحدث داخل العجينة الاسمنتية ــ ولا سيما فيما يتعلق بالسائل ــ يصبح محدوداً جداً بعد تصلبها من ناحية أخرى .

ان الخلاف الرئيسي بين وجهتي النظر هاتين يتمركز حول نقطة أساسية لفهمها يجب التذكر أن سيليكات الكالسيوم الثلاثية (المركب الأساسي في الاسمنت البورتلاندي) بعد اضافة الماء اليها تمر في فترة تفاعل خامل جداً (ان لم يكن معدوماً) قبل أن تبدأ بالأخذ (La prise) هذه الفترة معروفة « بالفترة النائمة » La periode dormante . أو فترة ماقبل الأخذ .

عدد من النظريات يعتبر أن انحلال سيليكات الكالسيوم الثلاثية في الماء وترسبها الفوري على شكل سيليكات مائية هو تفاعل مستمر لا انقطاع فيه . ان سرعة هذا التفاعل تضبطها حالة تركيز الماء بالكالسيوم والفترة النائمة ما هي الا فترة تكون فيها سرعة التفاعل بطيئة جداً نظراً لأن الماء يكون في حالة فوق الاشباع بالكالسيوم وهذا يضعف سرعة انحلال وترسب السيليكات .

الا ان نظريات كثيرة تدعي أن سبب حدوث هذه الفترة النائمة يعود الى أن تفاعلاً سريعاً يحدث في اللحظات الأولى التي تلي اضافة الماء الى الاسمنت (أو الى السيليكات) مما يؤدي الى تشكل قشرة رقيقة جداً حول حبيبات الاسمنت تسبب عزلها عن الماء المضاف وتوقف التفاعل مؤقتاً (الفترة النائمة) .

ان التحول التدريجي في تركيب هذه القشرة أو تمزقها لأسباب متعددة بتعدد النظريات يسمح من جديد بتماس الماء مع طبقات حبيبات

الاسمنت غير المميه بعد وبتسارع التفاعل من جديد .

٢ ــ الفكرة الرئيسية في تشتيت حبيبات الاسمنت أثناء تميه :

لو تمكنا بطريقة ميكانيكية ما من ازالة القشرة المكونة من ناتج التفاعل وذلك بشكل مستمر عن سطوح حبيبات الاسمنت وبالتالي منعنا ترابط هذه الحبيبات مع بعضها البعض (أي حلنا دون تصلب الاسمنت) بحيث تحافظ العجينة الاسمنتية على لدانتها فهل سيسمح هذا بتسارع التفاعل وبتحول كامل حبيباته الى مركبات مائية ؟

مما لا شك فيه أن التحقق من دور هذه القشرة المفترض فيها أنها توقف التفاعل خلال الفترة النائمة سيسمح بالقاء الضوء على نقطة ما تزال موضع شك وتساؤل في نظرية تميه الاسمنت .

من جهة أخرى ان الحفاظ على لدانة العجينة سيسمح باستخراج المادة السائلة فيها بسهولة ومتابعة التفاعل عن طريقها .

في الحقيقة ان مواجهة أخذ العجينة (La prise) أي منع تصلبها بعد اضافة الماء اليها هو أمر عسير جداً . والمهتمون بهذه القضية كانوا قد قاموا بمحاولات كثيرة خلال أكثر من عشرين عاماً باءت جميعها بالفشل نظراً لصعوبة الأخذ ولا سيما بالنسبة للخلطات التي تكون فيها نسبة الماء الى الاسمنت E/C في حدودها العملية (٠ر٣ الى ٠ر٥) .

٣ ــ الحل العملي لمسألة التشتيت المستمر :

هذا الحل كان من أولى القضايا التي كان من الواجب حلها في دراستي التي تمت في مختبر CERIL

Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie des Liants hydrauliques -

والتي شكلت موضوع دكتوراه الدولة[٣] التي قدمت الى جامعة باريس السادسة (بيير وماري كوري) .

تمثل هذا الحل في تصميم يسمح بتأمين تشتيت مستمر لحبيبات الاسمنت وهو عبارة عن جهاز (انظر الشكل رقم ــ ١ ــ) مزود بمكبسين شاقوليين يعملان بفضل محرك كهربائي مزود بمنقص للسرعة المزدوجة على المحور الذي ينقل الحركة الى المكبسين تساوي ٢٤٠ كغ/سم وسرعة دوران المحور تساوي ١٣٥ دورة في الدقيقة . المكبسان مثبتان فوق جيب من مادة بلاستيكية (مرنة ، مقاومة ، وحيادية كيميائياً بالنسبة للعناصر والمركبات المكونة للاسمنت بحيث لا تتفاعل معها) تحتوي العجينة الاسمنتية وهذه الجيب مثبتة في قعر وعاء مؤمن له درجة حرارة ثابتة .

عندما يبدأ عمل الجهاز فان النصف الأول للجيب يكون مضغوطاً باحدى قدمي المكبسين وكامل العجينة مقذوفة الى النصف الثاني . بعد أقل من نصف ثانية تضغط قدم المكبس الثاني بدورها على نصف الجيب حيث تتواجد العجينة وتقذفها الى النصف المقابل ... وهكذا دواليك .

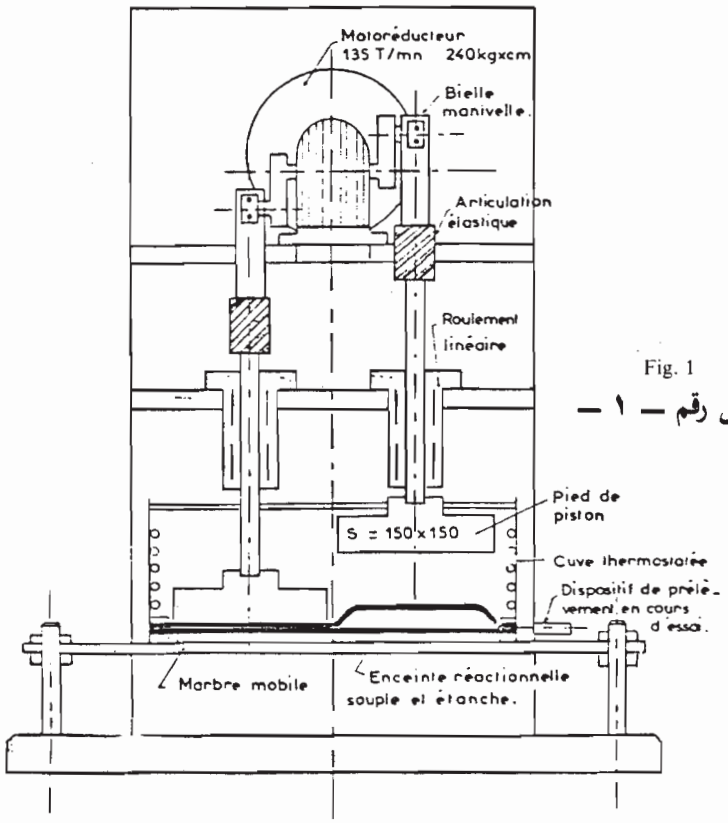

Fig. 1

الشكل رقم ــ ١ ــ

- DISPOSITIF DE MALAXAGE CONTINU - (Automalaxeur)

تجدر الاشارة الى أنّ اختيار المحرك الكهربائي وسرعته وابعاد الجيب قد تمّ بعد تجارب أولية عديدة حيث إنه كان من الواجب تأمين قوة ضاغطة تقارب قيمتها مقاومة العجينة الاسمنتية على الضغط في ساعاتها الأولى وسرعة تطبيقها يجب ألّا تسمح بتشكل أية روابط بين الحبيبات ..

كل هذا دون أن يؤدي الى مشاكل ميكانيكية ولا سيّما فيما يتعلّق بنقطة نقل الحركة الى المكبسين وتطبيقها على العجينة والتي من المحتمل ان تتصلب فجأة مما سيؤدي الى كسر أو تحطيم أجزاء الجهاز اذا لم تأخذ التشوهات التي سوف تنتج عن تصلب العجينة في عين الاعتبار .

لقد نشرت فكرة تصميم هذا الجهاز في ورقة للأكاديمية العلمية الفرنسية [٤] بعد أن رشحها عضو الأكاديمية اندريه جيني Andre GUINIER

لقد سمح هذا الجهاز ــ على سبيل المثال ــ بمتابعة خلط عجينة من الاسمنت البورتلاندي نسبة الماء الى الاسمنت فيها تساوي ٥ر٠ مدّة عشرة أيام متوالية . وخلط عجينة من سيليكات الكالسيوم الثلاثية نسبة الماء الى الاسمنت فيها تساوي ٣ر٠ مدّة خمسة أيام .

٤ ــ منهج الدراسة :

من الصعب الدخول في كافة التفصيلات التكنولوجية التي يمكن استعمالها لاستثمار نتائج التشتيت المستمر للعجينة الاسمنتية وما يمكن أن تحمل من جديد لنظرية تميه الاسمنت . لذلك سنكتفي حالياً باستعراض سريع لطريقة الدراسة وبعض الوسائل التي استعملت فيها . لمزيد من التفاصيل يمكن الرجوع الى اطروحتنا[٣] التي تتعرض بالتفصيل لهذه المواضيع .

يمكن دراسة العجينة الاسمنتية بطريقتين مختلفتين .
الأولى تختص بالقسم الصلب منها والذي يمكن فحصه مثلاً :

١ ــ بالميكروسكوب الكانس (Microscope à balyage) الذي يسمح برؤية تفصيلية لحبيبات الاسمنت مكبرة الى ما يزيد عن عشرة آلاف مرة . وهذا ما يسمح بملاحظة ما يجري على سطوحها وفي الفراغات التي بينها .

٢ ــ أشعة ماتحت الحمراء (infra rouge) . والتي تسمح بتحديد التغيرات التي تطرأ على أطياف المركبات الداخلة في تركيب الاسمنت وفيما إذا تولدت مركبات جديدة .

٣ ــ أشعة X (R_X) لأسباب مشابهة لما في الفقرة ٢ .

٤ ــ تطور درجة التميه مع الزمن بدراسة الماء الداخل في تركيب العجينة الاسمنتية وذلك بنوعيه الكيميائي والفزيائي .

الثانية : تخص القسم السائل من العجينة والذي يستخرج بطريقة الفلترة أو بتعريض العجينة المتصلبة الى ضغوطات عالية جداً (تتجاوز ٣٥٠ ميكا باسكال) . ويمكن دراسته :

١ ــ بمتابعة تركيز الشوارد الآتية من مركبات الاسمنت ولا سيما الكالسيوم والسيليسيوم والالمنيوم والبوتاسيوم والصوديوم .

٢ ــ الناقلية الكهربائية

٣ ــ الـ PH

بالاضافة لما هو معروف من تجارب كلاسيكية تجري على العجينة (المقاومة على الضغط ، التدرج الحبي ، السطح النوعي ، التقلص ، الانكماش الخ ...)

من جهة أخرى حتى تكون هذه النتائج ذات فائدة أكبر يجب أن تجري بالوقت نفسه وبالشروط نفسها على عجينتين متماثلتين : الأولى خاضعة للتشتت المستمر والثانية محفوظة دون عمل ميكانيكي مطبق عليها (تجارب شاهدة) .

٥ ــ النتائج والاستنتاجات :

ان دراسة عجينة من الاسمنت الأبيض البورتلاندي بطريقة التشتيت المستمر ومقارنتها مع النتائج المعروفة عن العجينة الكلاسيكية أدّت الى استنتاجات تتعارض كلية مع ما كان معروفاً سابقاً . إلا أن شرحاً كاملاً لهذه الاستنتاجات لم يكن ممكناً نظراً للتعقيد الكبير الناتج من كثرة المركبات الداخلة في تركيب الاسمنت .

كان من الضروري اذن اجراء الدراسة على نظام أبسط متمثل بسيليكات الكالسيوم الثلاثية $Ca\ O_3Si\ O_2$ المركب الأساسي للاسمنت البورتلاندي على اعتبار أنها تقتصر في تركيبها على عنصرين فقط هما الكالسيوم والسيليسيوم .

ان الدراسة المقارنة لتطور منحني الكالسيوم مع الزمن في الحالتين أي التشتيت المستمر والحفظ العادي للعينة وكذلك دراسة تطور مقدار التميه مع الزمن ومقارنته مع منحني الكالسيوم (انظر الشكل رقم ــ ٢ ــ) أدّى الى اثبات نقاط على غاية من الأهمية .

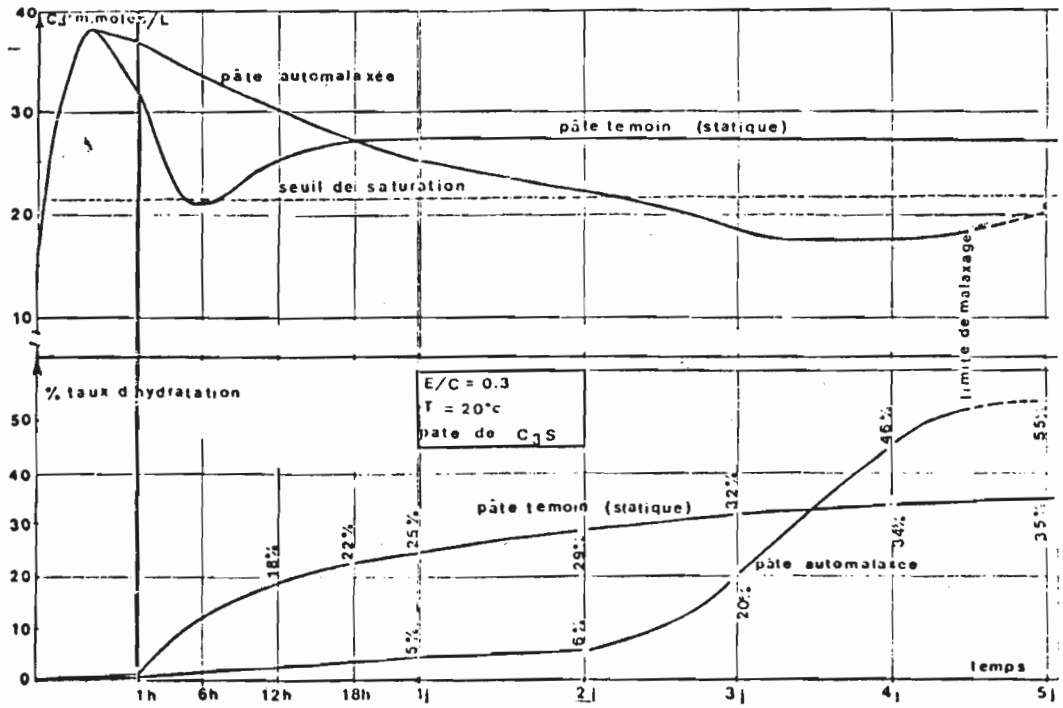

Fig. 2

الشكل رقم ــ ٢ ــ

١ ــ ان الدور الذي تعطيه الكثير من النظريات للقشرة التي تتشكل عقب اضافة الماء الى الاسمنت على سطوح الحبيبات لا وجود له في الحقيقة . فهذه القشرة لا تلعب أي دور على طول أو قصر الفترة النائمة . فعلى الرغم من انتزاع هذه القشرة بشكل مستمر بواسطة التشتيت المستمر فإن هذه الفترة بدلاً من أن تقصر فقد زادت أكثر من خمسين ساعة بالنسبة لعجينة من سيليكات الكالسيوم الثلاثية النقية جداً وعدة أيام بالنسبة للاسمنت البورتلاندي الأبيض . ان هذه النتيجة وحدها كانت كافية كي يعاد النظر في عدد كبير من النظريات التي طرحت في مؤتمر باريس (١٩٨٠) حول نظرية تميه الاسمنت [٢] .

٢ ــ ان العامل الرئيسي في سرعة التميه تتعلق بسرعة تشكل هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ وتركيز سائل العجينة بالكالسيوم .

٣ ــ ان تميه الاسمنت هو عبارة عن انحلال مركباته في الماء ومن ثم ترسبها على شكل بلورات عندما يصبح السائل مشبعاً أو فوق مشبع بالنسبة للمركبات المترسبة وهذا ما يؤيد ما كان قد اقترحه الباحث الفرنسي لوشاتولييه Le Chatelier منذ ما يقرب من مائة عام ويدحض كافة الاعتراضات التي قامت ضده بعد ذلك على مرّ السنين .

المراجع

1 - H. LE CHATELIER (1887)
«Recherche experimentales sur le constitution des mostiers hydrauliques». these Paris 1887.

2 - 7e Congr .Int.de la chimie des ciments Paris 1980

3 - M.HASSAN (1983). Effet d'une action dispersive continue au cours de l'hydratation des pates de ciment. These - umversité Paris 6 Juin 1983

4 - M.HASSAN et P. LONGUET (1982)
«Action d'un malaxage continu sur l'evolution de l'hydratation du silicate tricalcique.C.R.Sc Paris, Serie II- 1047