مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (22) العدد (9) 2000
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (22) No (9) 2000

نحو اكتشاف مادة بناء جديدة : الحجر الجصي

الـــــدكتور حســـــن عمقيـــــة*
الـــــدكتور نزيـــــه منصـــــور**

(قبل للنشر في 29 /2000/4)

□ الملخّص □

إن فكرة صنع الحجر الجصي مستوحاة من مبدأ تجربة تشديد التربة "بروكتور"، حيث يـتم تصـلب الجبصين تحت ضغط عال، وبذلك نحصل على مادة مسبقة الضغط قادرة على تحمل مقاومة علـى الضـغط هامة، على عمر صغير جداً، ويسمح ذلك في الحياة العملية بصنع أحجار البناء المستخدمة في الإنشاء، مـن دون الحاجة إلى الأسمنت ولا إلى التخزين.

من أجل اقتراح برنامج تجارب فعال كان علينا إجراء تجارب توضيحية، ونتيجة لها عرفنا " التجربة الأساسية " بعوامل محددة والتي انطلاقاً منها غيرنا عاملاً واحداً في كل مرة مع المحافظة على باقي العوامل، كالتجربة الأساسية.

بينت التجارب التحضيرية والتفصيلية جودة هذه المادة الجديدة، إلا أن سرعة تجمد الجبصين سيفرض في الحياة العملية صعوبة كبيرة أثناء الصنع.

* أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** مدرس في قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (22) العدد (9) 2000
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (22) No (9) 2000

VERS UN MATERIAU NOUVEAU : LA PIERRE DE PLATRE

Dr. Hassan AMKIE[•]

Dr. Nazih MANSOUR[••]

(Accepté le 29/4/2000)

❐ RÉSUMÉ ❐

L'idée de la fabrication de la (Pierre de plâtre) est inspirée par le principe de l'essai de consolidation des sols : essai (PROCTOR).

La prise de plâtre se fait sous une forte pression , on obtient ainsi un matériau (pré–compressé), capable de supporter, à jeune âge, une résistance à la compression importante; ce qui permet en pratique de fabriquer les briques utilisées en construction sans le besoin du ciment et sans stockage.

Pour proposer un programme d'essais efficace il nous fallait éffectuer des essais préliminaires suivants lesquels nous avons défini un essai de base avec paramètres présis et à partir duquel nous avons changé un seul paramètre à la fois, en respectant les autres paramètres de l'essai de base.

Les essais préliminaires et d'informations ont pérmis de constater la bonne qualité de ce matériau, mais la vitesse de prise de plâtre impose–en pratique-une grande difficulté pendant la fabrication.

[•] Professeur au Département de Structure Faculté de Génie Civil Université de Tichrine Lattaquié - Syrie

[••] Maître de conférences au Département de Structure Faculté de Génie Civil Université de Tichrine Lattaquié - Syrie

1 مقدمة

إن فكرة صنع الحجر الجصي (Pierre de plâtre) مستوحاة من مبدأ تشديد التربة (بروكتورPROCTOR)[1]. ينتج الحجر الجصي إذن، من تركيب حبات الرمل وبلورات الجبصين المتشكلة تحت ضغط ابتدائي خارجي وضغط ذاتي كبير ناجم عن تميه الجبصين (hydratation du plâtre).

والعيار المستعمل هو من مرتبة : % 40 جبصين و 60% رمل (2 mm – 0) وزناً، وهذا يوافق حجوماً متساوية عملياً : جبصين – رمل، وذلك بفرض أن كثافة الجبصين قريبة من الواحد، وكثافة الرمل 1,6[1].

ولعيار الماء أهميته أيضاً، حيث تبلغ كمية الماء المضافة حوالي% 15 من الخليط : رمل- جبصين، وهذا يوافق الكمية المثالية (بروكتور)، وهذه الكمية كافية لتميه الجبصين،

حيث يتبين أثناء الصب أن % 20 من وزن الماء تساهم في تميه الجبصين، والكمية الباقية تساعد على تبلل حبات الرمل [1].

ويعتبر الالتزام بعيار الماء هاماً جداً للحصول على ارتصاص أعظمي كما يلي :

– إذا كانت كمية الماء غير كافية، تتكسر المخبرة أثناء الصنع، أي بعد الرص [1].

– إذا كانت كمية الماء كبيرة يصبح تطبيق قوة الضغط صعباً (الضغط اللازم كحد أدنى 10 M Pa)، وخلال فك القالب وإخراج العينة تبقى أجزاء من المخبرة ملتصقة بسطح القالب [1].

وعندما يتم انضغاط حبات الجبصين والرمل على بعضها البعض، لا تحصل زيادة الحجم إلا بدفع الحبات نفسها، وإذا كان هذا التمدد مقيداً (Expanssion contrariée) تتداخل البلورات (Les cristaux) فيما بينها، وتملأ جميع تجاويف سطوح الحبات. وبذلك يكون لدينا نوع من الوسط غير القابل للانضغاط، وأي تمدد يزيد الضغط في الوسط بدرجة كبيرة [2] [3].

ولتحديد درجة تميه الجبصين (Degré d'hydratation du plâtre) في الحجر الجصي تم في قسم الكيمياء التحليلية في المختبر المركزي للجسور والطرق (L.C.P.C.) في باريس [4] إجراء التجارب المخبرية، لتعيين المواد المكونة للحجر الجصي، كانت نتيجتها احتواء المختبرات من الحجر الجصي على الجبصين غير المميه بنسبة تتراوح ما بين 1% و2% من وزنه [4]، وهي نسبة صغيرة جداً.

2 أهمية البحث وأهدافه

للحجر الجصي المقترح أهمية بالغة في الحياة العملية، حيث يسمح بإنتاج أحجار البناء القابلة للاستعمال بعد الصنع مباشرة، في أعمال الإنشاء، مما يلغي دور الأسمنت في هذا المجال من دون الحاجة إلى أي زمن تخزين، على حين يتوفر الجبصين بكثرة في محافظة اللاذقية.

ويهدف البحث إلى إجراء الدراسات والتجارب المخبرية اللازمة لتبيان خواص مادة البناء الجديدة: الحجر الجصي، وكذلك تحديد العيارات وطريقة الصنع المثلى للحصول على مادة جديدة، تتمتع بالمواصفات الفنية اللازمة لصنع أحجار البناء.

3 طريقة البحث

من أجل اقتراح برنامج تجارب فعال، لا بد من إجراء تجارب توضيحية، ومن ثم استعمال نتائجها لتعريف (تجربة أساسية) ذات عوامل محددة ثابتة، وبذلك يمكن اعتماد برنامج تجارب يتم فيه تغيير عامل واحد في كل مرة، مع المحافظة على باقي العوامل، كالتجربة الأساسية، ومن ثم استخلاص النتائج وتحليلها.

3 – 1 الصنع

من أجل صنع مختبرة من الحجر الجصي، يستخدم مكبس هيدروليكي، وقوالب فولاذية أسطوانية القطر الداخلي لكل منها 5. cm وارتفاع 10. cm.، ونواة فولاذية داخلية لإخراج المختبرة؛ مما يسمح بصنع مختبرات على شكل أسطوانات قطر كل منها.5 cm وارتفاع 8 cm. والمادة المصنوعة بهذه الطريقة قابلة للاختبار، أو التجريب، بعد صنعها مباشرة.

3 – 2 التجارب التوضيحية

من أجل اقتراح برنامج تجارب فعال، كان لابد من إجراء بعض التجارب التحضيرية، أو التوضيحية [5]، حيث تم في مختبر تجريب المواد، في كلية الهندسة المدنية، بجامعة تشرين صنع عدد من المختبرات الأسطوانية قطر كل منها 50 mm، وارتفاع 80 mm، بعيارات وضغوط مختلفة، تم التوصل نتيجة لها لتعريف تجربة أساسية (Essai de base)، واعتباراً منها يمكن دراسة تأثير تغير كل عامل (Paramètre) بصورة مستقلة.

وطريقة الصنع والعيارات التي تم اعتمادها في التجربة الأساسية اللازمة لصنع مختبرة أسطوانية واحدة، هي التالية:

- رمل سيليسي 1 mm - 0. : 200 gr.
- جبصين : 130 gr.
- ماء : 40 gr.
- مختبرة أسطونية : ∅ 50 x h 80 mm.
- مدة الضغط الابتدائي : 4 دقائق لجبصين طري، و 10دقائق لجبصين قديم.
- الكثافة المتوقعة : 2 , 25 gr. / cm3
- المقاومة المتوقعة على الضغط : 20 M Pa

وهكذا يتم تجمد الجبصين تحت ضغط كبير : 10 M Pa كحد أدنى، ومن ثم، وبعد إخراج المخبرة من القالب – بعد 4 دقائق ضغط – نحصل على مادة جديدة مسبقة الضغط، قادرة على تحمل مقاومة بالضغط كبيرة جداً على عمر صغير جداً.

3 – 3 اقتراح برنامج التجارب

تم اقتراح برنامج للتجارب، اعتباراً من التجربة الأساسية المعرفة أعلاه، يعمل على تغيير عامل واحد كل مرة، مع الحفاظ على باقي العوامل، كالتجربة الأساسية، كما يلي:

- الضغط : 10 , 20 , 30 M Pa
- المجال الحبي للرمل السيليسي : 0 / 2 mm. , 0 / 1 , 0 / 0,05

- كمية الماء : 30 , 40 , 50 gr.
- عمر المختبرة.

وبناءً على ذلك تم إجراء تجارب الانكسار بالضغط والشد، وتجارب التشرب، والكثافة.

4 النتائج ومناقشتها

تنفيذاً لبرنامج التجارب المقترح عمدنا إلى اتباع الخطوات الواردة أدناه:

4 – 1 تأثير تغير ضغط الصنع الابتدائي في مقاومة الانكسار بالضغط

تم صنع تسع مختبرات وفق عيارات التجربة الأساسية، وطبق في صنع كل ثلاثة منها ضغط ابتدائي مقداره على التوالي: 10 , 20 , 30 M Pa، لمدة عشر دقائق، على حين بقيت القيم الأخرى كالتجربة الأساسية، فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول رقم (1).

الجدول (1): إجهاد الانكسار بالضغط تبعاً لتغير الضغط الابتدائي

رقم المختبرة	نسبة الماء إلى الجبصين	الضغط الابتدائي (M Pa)	إجهاد الانكسار بالضغط (M Pa)
1	0,31	10	12
2	0,31	10	11
3	0,31	10	9
4	0,31	20	26
5	0,31	20	17
6	0,31	20	18
7	0,31	30	19
8	0,31	30	19
9	0,31	30	17

بالنظر للنتائج السابقة، نجد أنه يمكن الاكتفاء بتطبيق ضغط صنع ابتدائي مقداره 20 M Pa؛ أي كالتجربة الأساسية، حيث يلاحظ أن ليس لزيادة ضغط الصنع الابتدائي لأكثر من ذلك أي تأثير ملموس في المقاومة.

4 – 2 تأثير تغير المجال الحبي للرمل السيليسي في مقاومة الانكسار بالضغط

تم صنع تسع مختبرات بتغيير المجال الحبي للرمل السيليسي المستعمل لكل ثلاثة منها على التوالي: 0 / 2 mm , 0 / 1 , 0 / 0,05، على حين بقيت القيم الأخرى كالتجربة الأساسية، فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول رقم (2).

الجدول (2): إجهاد الانكسار بالضغط تبعاً لتغير المجال الحبي للرمل

رقم المختبرة	المجال الحبي للرمل السيليسي (mm.)	الضغط الابتدائي (M Pa)	إجهاد الانكسار بالضغط (M Pa)
10	0 / 0,05	20	16
11	0 / 0,05	20	15
12	0 / 0,05	20	18
13	0 / 1	20	21
14	0 / 1	20	17
15	0 / 1	20	24
16	0 / 2	20	12
17	0 / 2	20	12
18	0 / 2	20	14

استناداً إلى النتائج المبينه أعلاه نرى أن المجال الحبي للرمل السيليسي المفضل للمقاومة على الضغط، هو : 0 / 1 mm، كالتجربة الأساسية.

4 – 3 تأثير تغير عيار الماء في مقاومة الانكسار بالضغط

تم صنع تسع مختبرات بتغيير عيار الماء لكل ثلاثة منها كما يلي : 50 gr. , 40 , 30 وهذا يعادل نسبة الماء إلى الجبصين على التوالي : 0,38 , 0,31 , 0,23، على حين بقيت القيم الأخرى كالتجربة الأساسية، فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول رقم (3).

الجدول (3): إجهاد الانكسار بالضغط تبعاً لتغير عيار الماء

رقم المختبرة	نسبة الماء إلى الجبصين	الضغط الابتدائي (M Pa)	إجهاد الانكسار بالضغط (M Pa)
19	0,23	20	9
20	0,23	20	8
21	0,23	20	11
22	0,31	20	20
23	0,31	20	24
24	0,31	20	21
25	0,38	20	11
26	0,38	20	10
27	0,38	20	12

مما تقدم نستنتج أن عيار الماء المثالي هو 40 gr. كالتجربة الأساسية.

4 – 4 تأثير تغير عمر المخبرات في مقاومة الانكسار بالضغط

تم صنع تسع مختبرات وفق التجربة الأساسية، ثم كسرت مختبرة واحدة كل يوم، فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول رقم (4).

الجدول (4): إجهاد الانكسار بالضغط تبعاً لعمر المخبرة

رقم المختبرة	العمر بالأيام	الضغط الابتدائي (M Pa)	إجهاد الانكسار بالضغط (M Pa)
28	0	20	22
29	1	20	22
30	2	20	25
31	3	20	27
32	4	20	26
33	5	20	28
34	6	20	30
35	7	20	28
36	8	20	26

بالنظر للنتائج السابقة، نرى أن المقاومة على الضغط جيدة منذ اللحظة الأولى لصنع المختبرات، بل تزداد مع الزمن بصورة طفيفة.

4 – 5 المقاومة على الشد

أجريت التجربة البرازيلية لقياس المقاومة على الشد بالضغط على ثلاث مختبرات مصنوعة وفق التجربة الأساسية، حيث تم كسر كل منها بتطبيق قوة ضغط وفق مولد الأسطوانة : ∅5 x 8 cm. فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول رقم (5).

الجدول (5) : إجهاد الانكسار على الشد

رقم المختبرة	العمر بالدقائق	إجهاد الانكسار على الشد (M Pa)
37	10	1,8
38	10	1,4
39	10	1,5

– نسبة مقاومة الشد إلى الضغط وسطياً : 7,5 %.

4 – 6 تعيين الكثافة ونسبة التشرب

بعد صنع ثلاث مختبرات أسطوانية وفق التجربة الأساسية، أجريت عملية تجفيفها بالفرن، ثم وزنت جافة، وتركت لتبرد مدة 24ساعة، ثم غمرت بالماء لمدة 48 ساعة، ووزنت بعد امتصاصها للماء، فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول رقم (6).

الجدول (6): الكثافة ونسبة التشرب

رقم المختبرة	الوزن الجاف (gr.)	الكثافة الظاهرة (gr. / cm3)	الوزن المبلل (gr.)	وزن الماء الممتص (gr.)	نسبة التشرب %
40	351	2,23	386	35	10 %
41	355	2,26	388	33	9,3 %
42	349	2,22	385	36	10 %

- الوسط الحسابي لنسبة التشرب للمختبرات الثلاثة : % 9,8 .

ونتيجة لكسر المختبرات المذكورة أعلاه بالضغط، حصلنا على المقاومات السابقة نفسها، أي إن هذه المادة الجديدة غير قابلة للانحلال الآني بالماء، ولا تتأثر مقاومتها به.

كما لوحظ زيادة خشونة السطوح الخارجية الملماء للمختبرات الثلاثة، بعد إخراجها من الماء مباشرة.

4 – 7 التطاول والتقلص التلقائيان

تم قياس التطاول والتقاصر التلقائيين لثلاث من المختبرات السابقة المصنوعة وفق التجربة الأساسية، حيث أبدت المختبرات الثلاثة – في الساعات الأولى من صنعها – تطاولاً نسبياً وسطياً مقداره 0,000050، ثم عادت لأطوالها الأصلية بعد مضي يوم واحد على صنعها. وبمتابعة القياس استقر تقاصر المختبرات الثلاثة على عمر أسبوع، حيث بلغ التقاصر النسبي الوسطي : 0,001.

وهي قيم صغيرة نسبياً.

5 الخلاصة

أثبتت الدراسة والقياسات والتجارب المختبرية جودة خواص مادة البناء الجديدة : الحجر الجصي وفق طريقة الصنع، والعيارات المقترحة في التجربة الأساسية. فمن أجل صنع مختبرة أسطوانية من الحجر الجصي قطر 50 mm. وارتفاع 80 mm. يلزم ما يلي :

- رمل سيليسي 0 - 1 mm. : 200 gr.
- جبصين : 130 gr.
- ماء : 40 gr.
- ضغط صنع ابتدائي : 20 M Pa
- مدة تطبيق ضغط الصنع الابتدائي : 4 دقائق لجبصين طري و 10 دقائق لجبصين قديم
- الكثافة المتوقعة : 2,25 gr. / cm3
- المقاومة المتوقعة بالضغط على عمر 10 دقائق : 20 M Pa
- المقاومة المتوقعة بالشد على عمر 10 دقائق : 1, 5 M Pa

وبذلك نحصل على مادة بناء جديدة ذات نسيج بلوري جديد لا يتأثر بالرطوبة ولا بالمـــاء، تعطـــي مقاومة ممتازة بالضغط وبالشد على عمر عشر دقائق فقط.

وباعتبار خواص هذه المادة الجديدة محققة للمواصفات الفنية المطلوبة لأحجار البناء فإنه يمكن استعمالها فـــي صناعة أحجار البناء الحاملة (بلوك مليء)، وغير الحاملة (بلوك مفرغ)، ولأعمال الاكســـاء، وبـــذلك يمكـــن الاستغناء عن استعمال الأسمنت في هذا المجال، نظراً لتوفر الجبصين في محافظة اللاذقية.

من الجدير بالذكر أن تنفيذ ذلك في الحياة العملية سيحتاج إلى صنع مكابس هيدروليكيـــة ذات طاقـــة ضـــغط عالية، وقوالب فولاذية سميكة ومتينة، يؤخذ فيها بالاعتبار – أثناء عملية الخلط والصـــنع – ســـرعة تصـــلب الجبصين الكبيرة بالمقارنة مع الأسمنت.

BIBLIOGRAPHIE المراجع

[1] BROUARD , J. M. Nov. 1987 - Un matériau nouveau à base de plâtre. Annales de l'ITBTP France , Vol. N° 459 , pp 98 – 119

[2] BROUARD , J. M. ; GARNIER , D. ; AUTUORI , PH. Déc. 1989 – La pierre de plâtre. Séminaire CERIB : Pour une construction en plâtre. France.

[3] GARNIER , D. ; BOUINEAU , A. Juin. 1990 – Durabilité du plâtre moulé. Procès verbal d'essai CEBTP.

[4] PLATRET , G. ; HOMMEY ,R. Avr. 1992 - Identifier les matériaux présents dans une Pierre de plâtre.Rapport de recherche. L.C.P.C , PARIS - France.

[5] AMKIE , H. ; ROUSSEL , P. , Juin 1992 - Vers un matériau nouveau: La pierre de plâtre. Rapport de recherche. L.C.P.C , PARIS - France.