وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جـامـعـة الشهيد حمة لخضر الـوادي
كليـة التكنولوجيا
قسم الري والهندسة المدنية

مذكرة تخرج

لنيل شهـــــادة الماستر في الهندسـة المدنيـة

تخصص: مواد الهندسة المدنية

تحت عنوان:

المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل باستعمال موارد رملية جديدة في وادي سوف

نوقشت في: 2019/06/16

اعداد الطلبة:
- ضو عمـــــــار
- بن عمارة ابراهيم

تحت اشراف:
الأستاذ المؤطر: محمد مـــــاني

رئيس اللجنة: عبد العزيز العقبي

ممتحـــــــن: العيـــــد بـــدادي

2019/2018

المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل باستعمال موارد رملية جديدة في وادي سوف

المقدمة العامـــــــة

المقـــدمة العـامـــــة

الرمل هو المادة الأولية في صناعة الخَرَسانة والطوب والقرميد والجَص، ويدخل أيضاً في بناء البيوت والطرقات والجسور والسدود، فهو المورد الطبيعي الأكثر استعمالاً على الإطلاق. ولذا، قد لا يكون من المبالغة القول إن الرمل هو المادة الأساس في بناء الحضارة الحديثة.

ساد الاعتقاد إلى وقت قريب أن هذا المورد الطبيعي وافرٌ بغير حدود، فإن ازدياد الطلب عليه باطراد، خاصةً مع بداية القرن العشرين، جعلنا نستيقظ على حقيقة أنه آخذٌ بالنضوب وغير قابلٍ للتجدُّد، فبحسب ما ذكره برنامج الأمم المتحدة للبيئة فإن الرمل والحصى، المعروف باسم الركام، يستخدم بكميات أكبر من أي مادة خام أخرى على وجه الأرض باستثناء المياه. ويقول البرنامج إن استخدامه يتجاوز كثيرا معدلات التجديد الطبيعية

وفي ضل الطلب المتزايد على مادة رمل البناء لتجسيد مشاريع التنمية المحلية بالمنطقة بات من الضروري التفكير في استغلال موارد رملية جديدة بالمنطقة، وفي هذا السياق، ارتأينا إلى استخدام إحدى الموارد المتواجدة بالمنطقة ألا وهو الرمل الطبيعي لمنطقة واد الرتم (المرارة)،.حيث لم تتم أي دراسة معلنة الى اليوم حول هذا الرمل

لقد أنجزت بعض الأعمال والأبحاث التي أكدت في مجملها إمكانية استخدام رمل الطبيعي مع رمل الحاجر في إنشاء الخرسانة، قمنا بإضافة رمال المحاجر لمنطقة حاسي مسعود الى الرمل الطبيعي لمنطقة واد الرتم (المرارة)) قصد تحسين الخصائص الفزيائية وإدخالهما في تشكيل مادة الخرسانة.

في هذا البحث حاولنا المشاركة في الإجابة على السؤال حول امكانية استغلال رمل منطقة واد الرتم في إنشاء خرسانة الرمل بإضافة رمال المحاجر.

قسمنا عملنا الى ثلاثة فصول تطرقنا في الفصل الأول الى خرسانة الرمل وتاريخها وبعض المنجزات التي تمت بها، كما تطرقنا الى الجانب النظري ودرسنا فيه مكونات خرسانة الرمل وبعض الدراسات السابقة التي أجريت عليها.

وفي الفصل الثاني فقد تطرقنا الى خصائص المواد المستعمل في هذا البحث وصياغة خرسانة الرمل

واما للفصل الثالث فقد تناولنا فيه مختلف سلوك الخرسانة المدروسة تجاه جهود الشد والضغط وامتصاص الماء وكذلك مدى مرور الموجات فوق الصوتية .

الملخص: في ضل الطلب المتزايد على مادة رمل البناء بات من الضروري استغلال موارد رملية جديدة بالمنطقة، وفي هذا السياق ارتأينا الى استخدام أحد الموارد الرملية المتواجدة بالمنطقة الا وهو الرمل الطبيعي لمنطقة واد الرتم بالمرارة حيث لم تسجل أي دراسة سابقة لهذا المورد الطبيعي.
كما قمنا باستغلال رمل المحاجر لمنطقة حاسي مسعود المتوفر بكثرة وغير مستغل بكثرة في مجال الخرسانة.
الهدف من الدراسة هو تركيب خرسانة بالرمل الطبيعي لمنطقة واد الرتم ورمل المحاجر لمنطقة حاسي مسعود والمساهمة في تحسين خصائصها الميكانيكية والفزيائية (مقاومة الضغط مقاومة الشد).

الكلمات المفتاحية: خرسانة الرمل -الرمل الطبيعي - رمل المحاجر - مقاومة الضغط - مقاومة الشد -معامل الامتصاص

RÉSUMÉ :

En raison de la demande croissante de matériaux de construction notamment le sable a béton, il est nécessaire d'exploiter de nouvelles ressources en sable dans notre région. Nous avons constaté dans ce contexte l'utilisation d'une des ressources en sable situées dans la région, le sable naturel de la région de Wadi al-Ratam, où aucune étude préalable de cette ressource naturelle n'avait été enregistrée.

Nous avons également utilisé le sable concassé de la région de Hassi Messaoud, qui est peu utilisée dans le domaine de la construction.

L'objectif de cette 'étude est de confectionner un béton avec du sable naturel de Wadi Al-Ratam et le sable concassé de la région de Hassi Messaoud et de contribuer à l'amélioration de leurs propriétés mécaniques et physiques (résistance à la traction-résistance à la compression).

MOTS-CLÉS : Béton de Sable – Sable concassé-Sable alluvionnaire- Résistance à la compression- Résistance à la traction-Coefficient d'absorption

الفهـــــــــــــــرس

I. الفصل الاول البحث المكتبي.....1

I.1 الخرسانة:.....1

I.2 تاريخ خرسانة الرمل :.....1

I.3 استعمالات خرسانة الرمل في العالم.....3

I.3.1 الإتحاد السوفيتي :.....3

I.3.2 خرسانة الرمل في فرنسا : 4

I.3.3 خرسانة الرمل في الخليج العربي:.....4

I.3.4 خرسانة الرمل في الشمال الإفريقي: 5

I.4 مكونات وصياغة خرسانة الرمل : 8

I.4.1 مدخل:.....8

I.4.2 مبدأ تركيبة الخرسانة:.....8

I.5 مكونات خرسانة الرمل:.....12

I.5.1 الاسمنت : 12

I.5.2 الرمل : 13

I.5.3 الماء :.....13

I.5.4 الاضافات: Les adjuvants 13

I.5.5 المواد المضافة (Les ajouts): 14

I.6 صياغة خرسانة الرمل :.....15

I.6.1 مبدأ صياغة خرسانة الرمل: 15

I.6.2 بعض طرق صياغة خرسانة الرمل :.....16

I.7 خصائص خرسانة الرمل:.....23

I.7.1 خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب:..... 23
I.7.2 خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب:..... 26
I.8 مزايا وميادين استعمال خرسانة الرمل :..... 36
I.8.1 التشغيلية L'ouvrabilité :..... 36
I.8.2 نوعية المظهر Qualité d'aspect:..... 36
I.8.3 التجانس والتماسك: Homogénéité-Cohésion 36
I.8.4 مصدر محلي للمواد الأولية: 37
II. الفصل الثاني خصائص المواد المستعمل وصياغة خرسانة الرمل..... 40
II.1 مدخل:..... 40
II.2 خصائص المواد المستعملة:..... 40
II.2.1 الرمل:. 40
II.2.2 الاسمنت:..... 55
II.2.3 الماء:..... 58
II.2.4 الملدن:..... 59
II.3 صياغة خرسانة الرمل..... 60
II.3.1 تجربة التشغيلية:..... 60
III. الفصل الثالث مختلف سلوك الخرسانة المدروسة 66
III.1مدخل :..... 66
III.2طرق التجارب:..... 66
III.2.1 تجربة التحطيم بالانحناء: 66
III.2.2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط: 67
III.2.3 تجربة امتصاص الماء (الخاصية الشعرية) 68

III.2.4 تجربة الموجات فوق الصوتيةَ Auscultation sonique 69
III.3نتائج تجربة الامتصاص للعينات..... 71
III.3.1 مناقشة نتائج تجربة الامتصاص..... 74
III.4نتائج مقاومة الضغط البسيط للعينات:..... 75
III.4.1 مناقشة نتائج تجربة الضغط..... 77
III.5نتائج مقاومة الشد للعينات.....…… 77
III.5.1 مناقشة نتائج تجربة الشد 79
III.6تجربة الموجات فوق الصوتية ًAUSCULTATION SONIQUE 80

فهـــــــــرس الاشكال

الشكل I.1 تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة.....9

الشكل I.2 تأثير النسبة E/C على المسامية (12) 11

الشكل I.3 تأثير النسبة E/C على مقاومة الانحناء (12) 11

الشكل I.4 تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط (12)..... 12

والمنحنى I.5 التالي يوضح تغير المسامية بدلالة معامل النعومة:..... 24

الشكل I.6 تأثر المسامية بمعامل النعومة(36) 24

الشكل I.7 تأثير بعد الحبيبات ألأصغري d على مسامية الخرسانة باستعمال حجمين مختلفين D من الرمل (14).. 24

الشكل I.8 التراصية بدلالة تركيز الاسمنت (17)..... 24

الشكل I.9 التشغيلية بدلالة النعومة، تأثير مقدار الدقائق (14)..... 25

الشكل I.10 الانكماش الكلي (14) 33

الشكل I.11 الزحف الكلي (14)..... 34

الشكل I.12 منحنى توزيع المسامية بدلالة قطر الفراغات (14) 35

الشكلII.1منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الاولى : 100% رمل طبيعي 46

الشكل II.2منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية : 100% رمل المحاجر 47

الشكل II.3منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة: 80% رمل طبيعي +20% رمل المحاجر 48

الشكل II.4منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة: 60% رمل طبيعي +40% رمل المحاجر 49

الشكل II.5منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الخامسة: 50% رمل طبيعي +50% رمل المحاجر 50

الشكل II.6منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة السادسة: 40% رمل طبيعي +60% رمل المحاجر 51

الشكل II.7منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة السابعة: 20% رمل طبيعي +80% رمل المحاجر 52

الشكل II.8 جهاز قياس التشغيلية Table a chocs 61

الشكل III.1 يوضح ألية التحطيم بالانحناء 66

الشكل III.2 يوضح الية التحطيم بالضغط..... 67
الشكل III.3 قياس الموجات فوق الصوتية..... 69
الشكل III.4 منحنى الامتصاص للعينات 100%SC 100%SA 72
الشكل III.5 منحنى الامتصاص للعينات (SC +SA) بالنسب الموضحة مقارنة بالعينة 100%SA 73
الشكل III.6 منحنى الامتصاص للعينات (SC +SA) بالنسب الموضحة مقارنة بالعينة 100%SC 73
الشكل III.7 منحى الضغط للعينة 100%SC و العينة 100%SA..... 75
الشكل III.8 منحنى الضغط للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالرمل الطبيعيSA..... 76
الشكل III.9 منحنى الضغط للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة برمل المحاجرSC 76
الشكل III.10 منحى الشد للعينة 100%SC و العينة 100%SA 78
الشكل III.11 منحنى الشد للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالرمل الطبيعيSA..... 78
الشكل III.12 منحنى الشد للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة برمل المحاجرSC 79

فهـــــرس الجداول

الجدول I.1 يوضح صيغة خرسانة الرمل في مصنع بني صاف 6

الجدول I.2 يعطي المقدار الأدنى من الإسمنت بدلالة D 10

الجدول I.3 أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل..... 22

الجدول I.4 أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل قام بها بعض المغاربة (17)..... 22

الجدول I.5 يوضح التدرج الحبيبي للرمل المستعمل في تركيبات خرسانة رمل بعض المغاربة (17)..... 22

الجدول I.6 التراصيه العظمى بدلالة Dmax (17) 25

الجدول I.7 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتCHAOUCH (4)لخرسانة الرمل 26

الجدول I.8 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتGUENOUN (20) لخرسانة الرمل..... 27

الجدول I.9 نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتKETTAB (21) لخرسانة الرمل 27

الجدول I.10 نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH (4)..... 28

الجدول I.11 نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال GUENOUN (20)..... 29

الجدول I.12 نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال (14)..... 30

الجدول I.13 نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH (4) 30

الجدول I.14 نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال BATATAو (22) NAFA..... 31

الجدول II.1النسب المئوية للمكونات الكيميائية للرمل الطبيعي ورمل المحاجر 41

الجدول II.2 الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة..... 42

الجدول II.3يبين النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b..... 43

الجدول II.4 النسب المئوية للمكافئ الرملي ES..... 44

الجدول II.5 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الاولى : 100% رمل طبيعي..... 46

الجدولII.6نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية : 100% رمل المحاجر 47

الجدولII.7نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة: 80% رمل طبيعي +20% رمل المحاجر..... 48

الجدولII.8نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة:60% رمل طبيعي +40% رمل المحاجر 49
الجدولII.9نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الخامسة: 50% رمل طبيعي +50% رمل المحاجر 50
الجدولII.10نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة السادسة: 40% رمل طبيعي +60% رمل المحاجر..... 51
الجدولII.11نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة السابعة: 20% رمل طبيعي +80% رمل المحاجر..... 52
الجدول II.12معيار النعومة لكل عينة..... 53
الجدول II.13التحليل الكميائي للاسمنت 57
الجدول II.14 التركيبة الكيمائية للماء المستعمل..... 59
الجدول II.15 صنف الخرسانة بدلالة التمدد..... 62
الجدول II.16 نتائج تجربة التشغيلية..... 62
الجدول II.17 تركيبة خرسانة الرمل..... 63
الجدول III.1 تصنيف الخرسانة حسب سرعة الصوت 70
الجدول III.2 نتائج تجربة الامتصاص للعينات 71
الجدول III.3 معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن..... 71
الجدول III.4 معامل الامتصاص المتعلق الزمن ومساحة العينة 72
الجدول III.5 نسبة تزايد نسبة الامتصاص للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالعينة 100%SA 74
الجدول III.6 نسبة تزايد نسبة الامتصاص للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالعينة 100%SC..... 74
الجدول III.7 نتائج مقاومة الضغط للعينات للضغط البسيط عند العمر 14و28و45 يوم..... 75
الجدول III.8 نتائج مقاومة الضغط للعينات..... 75
الجدول III.9 نسبة تزايد قوة الضغط للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالعينة 100%SA..... 77
الجدول III.10 نتائج مقاومة الشد للعينات..... 77
الجدول III.11 نسبة تزايد قوة الشد للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالعينة 100%SA 79
الجدول III.13 نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية..... 80

فهـــرس الصور

الصورة I-1 منارة بور سعيد.....2

الصورة I-2 ميترو الأنفاق (Saint-Petersbourg) 3

الصورة I-3 العوارض بخرسانة الرمل مصنع بني صاف 6

الصورة II-1 جهاز قياس المكافئ الرملي..... 43

الفصل الأول

البحث المكتبي

الفصل الاول البحث المكتبي

1.I الخرسانة:

الخرسانة وبالإنكليزيةConcrete من المصطلح اللاتينيConcretusأي مرصوص ومترابط, وقد كُتب كثير عن المنشآت الخرسانية للإمبراطورية الرومانية، وأن الرومان استعملوا الخرسانة مادة بناء رئيسة فيما شيَّدوه, ويرى كثير من الباحثين أن أول استعمال فعلي للمادة الإسمنتية (اللاحمة) حدث في إيطاليا في القرن الثاني قبل الميلاد؛ إذ عُثر على نوع خاص من الرمل البركاني يُدعى البوزولانا Pozzolana قريبًا من خليج نابولي في إيطاليا وقد كان هذا

الرمل يُستعمل في صناعة الإسمنت وقتها، ويُستخدم لدمج الصخور معًا لصُنع الخرسانة عن طريق تفاعُل رمل البوزولانا كيميائيًّا مع الجير والماء لتتصلب وتُنتج كتلة شبيهة بالصخر، ثم استعمل الرومان هذا الخليط من المواد لبناء الجسور، والأحواض المائية، ومصارف المياه، والمباني . (1)

وأول استعمال حديث للخرسانة كان في القرن التاسع عشر الميلادي، ففي عام 1820 حَصَلَ بنَّاء الحجر الإنكليزي جوزيف آسبن على براءة اختراع إسمنت مُحسَّن سمَّاه (الإسمنت البورتلاندي)؛ نسبة إلى الحجر الطبيعي في جزيرة بورتلاند، وما زال هذه الإسمنت البورتلندي الأكثر شيوعًا واستخدامًا في صناعة الخرسانة الحديثة إلى يومنا هذا. (1)

2.I تاريخ خرسانة الرمل :

تعتبر خرسانة الرمل أقدم من الخرسانة العادية حسب POITEVIN، حيث ذكر أن أصل خرسانة الرمل يعود إلى السنوات 1850 – 1875 تحت اسم (الخرسانة المتكتلة Béton Aggloméré) والمتكونة أساسا من الرمل والماء والاسمنت. (2)

في سنة 1853 قام المهندس الفرنسي COIGNT بإنجاز بنايات اقتصادية بخرسانة تراكم (Béton Aggloméré) التي تعتبر أصل خرسانة الرمل والتي تتكون من خليط بدون حجارة، من رمل رماد بركاني لمسحوق الفحم و تربة غضارية محروقة و جير طبيعي وماء .هذه الخرسانة استعملت في عدة إنجازات من بينها منزل كبير من خرسانة مقولبة رقم 72 شارع شارل ميشال في باريس (3).

وقد ذكر POITEVIN أيضا أنه في سنة 1869 و 1872 تم إنجاز جزء من قناة ذات طول يبلغ 40 كلم باستعمال الخرسانة المتكتلة وذلك بغرض ربط النافورة الزرقاء (Fontaine bleu) بأورليان (فرنسا) (2)

الصورة I-1 منارة بور سعيد

وفي نفس السياق أنجزت في مصر سنة 1869 منارة بور سعيد بخرسانة رمل البحر والجير بطول قدره 52 متر

وقد نقل POITEVIN تقنيته إلى الولايات المتحدة الأمريكية حيث أنجز بين سنتي 1871 و 1872 جسر بخرسانة الرمل ببروكلين. (2)

وخلال عشرية 1970 - 1980 قلصت السلطات العمومية الفرنسية من رخص استغلال مواقع استخراج الحصى في مجاري الأنهار و بسبب مشاكل بيئية عويصة ناتجة عن استخراج الحصى و كذلك لأن رمل المحاجر موجود بكميات كبيرة وزائدة عن الحاجة، لهذا ظهرت الحاجة لخرسانة تقلص من استعمال الحصى وتستهلك الكميات الزائدة من الرمل ألا وهي خرسانة الرمل التي لها بعض الخصائص المماثلة للخرسانة. التقليدية، مما أدى إلى بروز مشروع سابلوكريت (Sablocrete) في بداية التسعينات (3).

.وفي نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين بدأ ظهور الخرسانة التي تستعمل الحصى ذو الحجم الكبير مما أعطى نتائج مقاومة عالية تصل حتى 20MPa. ومنذ ذلك الحين تلاشى استعمال خرسانة الرمل تاركا مكانه للخرسانة الجديدة ذات المقاومة العالية المعروفة إلى أيامنا هذه.

وبالرغم من مرور مدة زمنية طويلة على إنجاز منشآت بخرسانة الرمل إلا أنها مازالت على قيد الاستخدام شاهدة على مدى صمود هذه الخرسانة.

3.I استعمالات خرسانة الرمل في العالم

عند البحث على تاريخ خرسانة الرمل نجدها قد استعملت في العديد من المناطق في العالم التي نذكر منها : الاتحاد السوفياتي سابقا وفرنسا والشمال الإفريقي والخليج العربي.

3.1.I الإتحاد السوفيتي :

إن دول الاتحاد السوفيتي هي أول من أعاد اكتشاف خرسانة الرمل نظرا للحاجة الماسة للحصى حيث كان شبه مفقود في هذه الدول ويستدعي أحيانا نقله من مسافات تزيد عن 1000 كلم.

ولقد قام NICOLAS DE ROCHEFIELD سنة 1918 بتجربة سحق خليط من الرمل و الكلنكر بنسبة متساوية و بعد ذلك كون بها خلطة خراسانية مكونة بنسبة 1 من المسحوق و 3 من الرمل ، وكانت مقاومة هذه الخرسانة مساوية لمقاومة خرسانة الرمل المكونة من 2/3 رمل و 3/1 إسمنت. ولقد قام ROBINDER سنة 1954 بتطوير هذه التجربة حيث اقترح سحق جزء من الرمل مع الاسمنت ثم الهز أثناء عملية الصب مما يؤدي إلى الحصول على خرسانة عالية الكتامة وذات تجانس أعظمي (2).

والصورة (**I .2**) توضح ميترو الأنفاق (Saint-Petersburg) الذي استعمل فيه طبقة رقيقة من خرسانة الرمل مسبقة الصنع.

الصورة I-2 ميترو الأنفاق (Saint-Petersbourg)

منذ 1814 قد أنجز عدة منشآت بخرسانة مكونة من الرمل والإسمنت أو الجير وهي على سبيل المثال لا الحصر:

- مدارج المطارات الحربية.
- الطرق و الطرق السيارة.
- العمارات و الأسقف المثنية و عدة عناصر ذات التصنيع المسبق (Préfabriqué)
- الأنفاق و المترو.
- أشغال ترميم المنشآت الفنية.
- ستار منجز بقالب انزلاقي (Coffrage glissant) على مساحة كبيرة .
- سد آبار النفط المستنفذة.

3.2.I خرسانة الرمل في فرنسا :

إن استعمال الحصى في الخرسانة وانتشاره بشكل كبير ولد مشاكل بيئية عديدة كانت الأصل في عودة ظهور خرسانة الرمل في سبعينات القرن الماضي في الجنوب الغربي من فرنسا.

لكن بخلاف تجارب الاتحاد السوفيتي التي استدعت سحق الرمل من أجل الحصول على خرسانة ذات كتامة ومقاومة عاليتين

فإن التجارب في فرنسا كان هدفها تصحيح التدرج الحبيبي للرمل وذلك بإضافة بعض المحسنات (Filler).

ونتيجة لهذه التجارب تم صدور مستندات وتوصيات من طرف مراكز وجمعيات علمية (CEBTP, LCPC) كانت قاعدة انطلاق أبحاث هدفها تطوير الاستعمال الأمثل للرمل في الخرسانة. ومن ثم تم إنجاز العديد من المنشآت من طرقات وعمارات تجريبية بين 1989 و 1993. (2)

3.3.I خرسانة الرمل في الخليج العربي:

إن استعمال خرسانة الرمل في الخليج العربي هو استعمال اقتصادي بحت، نظرا لوفرة الرمال من جهة ولقلة الحصى الكبير من جهة أخرى.

استخدمت خرسانة الرمل في هذه المناطق في إنجاز الأساسات والجدران الساندة والأسقف. مع العلم أنه كان مثل الملاط حيث كان المقدار الحجمي S/C يساوي 3/1، وكثافته حوالي 2.15. ولم يتم الانتباه إلى التشققات الكبيرة الناتجة إلا بمقارناتها بالخرسانة العادية الموضوعة والمنجزة في نفس الشروط (2).

3.4.I خرسانة الرمل في الشمال الإفريقي:

الجزائر: في الجزائر قدر الطلب على الحصباء خاصة من قطاع الأشغال العمومية و البناء سنة 2002 بـ 80 مليون m^3 أمام عرض قدر بـ 30 مليون متر مكعب وذلك من أجل إنجاز مشروع الطريق السيار شرق غرب ، وطريق الهضاب العليا و ترميم 10000 كلم من الطرقات سنويا، مما سينتج كميات زائدة عن الحاجة من رمل المحاجر الذي لا يستعمل كثيرا في الخرسانة العادية ، وهذا حسب اليومين الدراسيين لوزارة الأشغال العمومية 22-2002/12/21 حول استغلال أنواع الحصى انطلاقا من المحاجر الصخرية (3).

مما سبق يتضح لنا جليا أهمية خرسانة الرمل في تثمين مواد البناء المحلية لخفض تكلفة الإنجاز، إذ يمكن استعمال كل أنواع الرمل بما في ذلك رمل المحاجر الذي قدمنا أنه أصبح يسبب مشكل بيئي ان لم يستغل و رمل الكثبان (Sable de dune) الموجود في الصحراء , والذي بدوره يشكل مشكل بيئي متمثل في التصحر وغير ذلك وحيث أنه توجد ندرة في الحصى و طالما أن الدراسات أثبتت أن خرسانة الرمل المسلحة لها خصائص مماثلة للخرسانة المسلحة التقليدية.

أثبتت الدراسات التجريبية و النظرية التي تمت تحت إشراف منصوري (3)إمكانية صناعة عوارض سكك الحديد في المصنع الموجود في بني صاف بخرسانة الرمل حيث أن استعمال خرسانة الرمل عوض الخرسانة العادية يمكن من استعمال رمل المحاجر(Sable de concassage) بدلا عن الرمل الذي يستعمل حاليا و هو رمل البحر الذي يؤدي استعماله إلى مشاكل بيئية عويصة، و بينت الدراسات أن الخصائص الميكانيكية للعوارض المصنوعة بخرسانة الرمل في نفس المستوى مثل العوارض المصنوعة بالخرسانة العادية.نظرا لانطلاق مشاريع تجديد و توسيع شبكة سكك الحديد عبر نواحي عديدة من القطر الوطني مما سيؤدي إلى إنتاج مكثف لهذه العوارض ، لهذا استعمال خرسانة الرمل يمكن أن يؤدي إلى فائدة كبيرة اقتصاديا و بيئيا (3). والصورة (3.I) توضح العوارض بخرسانة الرمل لمصنع بني صاف والجدول (**1.I**) يعطي صيغة خرسانة الرمل في هذا المصنع.

الصورة I-3 العوارض بخرسانة الرمل مصنع بني صاف

الجدول I.1 يوضح صيغة خرسانة الرمل في مصنع بني صاف

المكونات	الكمية
الاسمنت	392 Kg/m^3
رمل المحاجر	1485 Kg/m^3
الإضافات	3 **%**
الدقائق	215 Kg/m^3
الماء	201 l/m^3

ونظرا للتواجد الكبير للرمل في الجنوب الجزائري ونقص الحصى بصفة عامة، فقد قام كل من المركز الوطني للدراسات والأبحاث الخاصة بالمنشآت (CNERIB) والمدرسة الوطنية المتعددة التقنيات بعدة أبحاث على خرسانة الرمل أهمها التي أجريت من طرف المهندسين CHELGOUM.F و LOUATI.M والمهندسين CHIKHI.H و OUCHERIF.N والمهندسين GUESSOUM.A و CHAID.A (4).

وقد قام المهندسين الأوليين بدراسة على رمل كثبان لمنطقة الجلفة (صنف 0/0.63مم) الذي أعطى نفاذية مقدرة بـ 45 %.

حيث تحصل على مقاومة مقاربة 100 بار والتي تعتبر ضعيفة. ليأتي بعده المهندسين الثانيين للقيام بتحسين هذه المقاومة بواسطة الإضافات لتصل المقاومة إلى 210 بار في 28 يوما. وقد قام المهندسين الأخيرين بدراسة على الزحف لأعمدة من خرسانة الرمل معرضة لأحمال متفاوتة والتي أعطت نتائج ضعيفة (4).

وفي نفس الصدد وأمام ندرة الحصى قامت عدت جامعات أخرى بدراسات مختلفة حول إيجاد حلول لهذه الظاهرة من ناحية ومحاولة استغلال رمل الكثبان من ناحية أخرى ومن أهمها هذه الدارسات تلك التي قامت بها جامعة ورقلة وتحت إشراف كريكر عبد الواحد و بن طبة محمد الطاهر وفي إطار تثمين الموارد الطبيعية في المناطق الصحراوية قامت عدة أبحاث حول إمكانية استعمال رمل الكثبان في مجال الإنشاء كأعمال السادة : BELFERRAG ALLAOUA (5) وBENTATA AISSA[18] و BARKAT ABDEREZZAK [(6) و BOUHNIK BRAHIM (7) .

أما في جامعة بسكرة والمتمثلة في أبحاث السادة : SALHI KAMEL (6) حول إمكانية استغلال رمل الكثبان كمحسن للاسمنت او التي قام بها السيد : HACHANA ABDELKRIM (8)إذ كان الهدف الرئيسي من خلال دراسته لهذا المشروع هو إظهار مدى إمكانية الاستعمال الجزئي أو الكلي لحبيبات (بقايا الخرسانة و الأجر الناتجة عن الهدم) كبديل للحبيبات الطبيعية في صناعة الخرسانة مما بوادي به الى تعويض جزاء أو كل لحبيبات الحصى النادرة .

مصر : نذكر أن خرسانة الرمل استخدمت لبناء كاسر الأمواج في مصر بسبب الافتقار إلى الحصى. كما أنجزت منارة بورسعيد سنة 1869 كما ذكرنا ذلك سابقا. (2)

4.I مكونات وصياغة خرسانة الرمل :

4.1.I مدخل:

الخرسانة خليط مكون من عدة مواد بناء متنوعة (اسمنت, حصى، رمل, ماء، محسنات) وفي بعض الحالات ألياف للتقوية. وحيث أن كل الأبحاث العلمية في هذا المجال تسع إلى إيجاد واستصدار نوع من هذا الخليط ذو أوصاف تمتاز بالديمومة والبقاء من أجل جعل هذه المواد المركبة لهذا الخليط مطابقة لمواصفات قانونية عالمية أو محلية تتضمن تلك الأوصاف المدروسة.

في هذا المحور سندرس هذه المواد و هذا الخليط طبقا للقاعدة المنصوص عليها: (AFNOR) . من أجل الوصول إلى تراكيب تتوفر فيها الأهداف المرجوة من بقاء وديمومة ومقاومة ...الخ .

4.2.I مبدأ تركيبة الخرسانة:

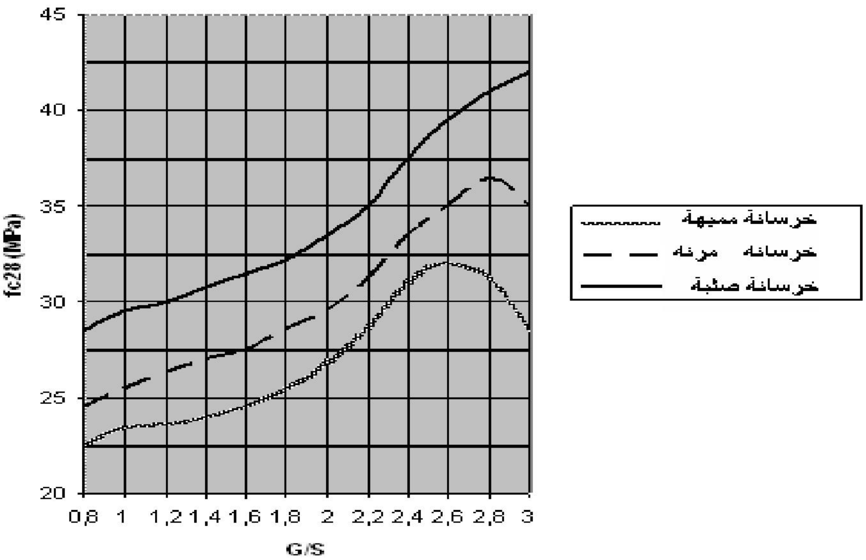
ان الاختلاف الرئيس بين خرسانة الرمل و الخرسانة الكلاسيكية يكمن في اختلاف التركيب الحبيبي إذ ان خرسانة الرمل يجب ان لا يتعد فيها قطر الحبيبات 5 ملم (d≤5 ملم) كما يجب ان لا تتعد النسبة $\frac{G}{S}$ واحد. على عكس الخرسانة العادية التي تستخدم حبيبات من نوع 15/0 و 25/0 و كمية أسمنت تقدر من 250 الى 400 كغ لكل متر مكعب من الخرسانة مع أن النسبة $\frac{G}{S}$ محصورة عموما حسب DREUX بين 2.2 الى 2.8 بالنسبة للخرسانة العادية (5).

$$2 \le \frac{G}{S} \le 2.8 \quad \text{..... (2.1)}$$

4.2.1.I تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة :

ان هذه النسبة **G/S** (G كمية الحصى , S كمية الرمل) لها تأثير في التراصية (La compacité) التي تعرف على أنها النسبة الحجمية بين حجم الحبيبات الصلبة Vs على الحجم الكلي Vt $c = \frac{v_s}{v_t}$.

والتي هي من أهم خواص خرسانة الرمل إذ تتعلق مباشرة بالمقاومة .إن مبدأ تحسين التراصية من وجهة نظر التركيب الحبي يخضع لمبدأ بسيط : و هو أن أكبر العناصر تخلق فراغات كبيرة يمكن ملؤها بالرمل ،كما أن فراغات الرمل تملأ بالمواد الدقيقة وهي الإسمنت مع العلم أن الكمية اللازمة من الإسمنت للحصول على تراصية جيدة متطابقة مع الكمية التي تضمن المتانة (في حالة الخرسانة العادية). (9)و الشكل 1.I يوضح تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة :



الشكل 1.I تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة

لكننا إذا كنا نبحث عن قيمة قطر صغيرة للحبيبات (أقل من 16 مم)، ففي هذه الحالة و من أجل الحفاظ على تراصية عظمى، فإنه يجب الزيادة في تركيز المواد الدقيقة (الاسمنت). و هذا ما يترجم بعلاقة CHAUVIN التي تنص على مقدار الدقائق معطى حسب استعمال الخرسانة (5) :

$$c = \frac{550}{\sqrt[5]{D}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1.2)$$

$$c = \frac{700}{\sqrt[5]{D}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1.3)$$

من أجل حساب المقدار الأدنى من الإسمنت بدلالة D فان الجدول (**2.I**) يوضح ذلك .

الجدول 2.I يعطي المقدار الأدنى من الإسمنت بدلالة D

النوع	القطر الأعظمي للرمل D	تركيز الاسمنت $c=\frac{550}{\sqrt[5]{D}}$	تركيز الاسمنت $c=\frac{700}{\sqrt[5]{D}}$
خرسانة	31.5/0	251	220
	22.5/0	268	375
	16/0	287	400
	8/0	330	460
ملاط	6.3/0	380	480
	3/0	401	560
	1/0	550	700

في حالة خرسانة الرمل يحدد امتداد التدرج الحبيبي من الأعلى بـ 5 مم مع غياب الحبيبات الكبيرة. لذلك يظهر جليا أن الخليط (إسمنت + رمل) يعطي مسامية كبيرة مقارنة بالخرسانة العادية، مما يستدعي إدخال إضافات (Filler) لغرض إغلاق المسامات التي تنتج عن الرمل، وبعدها نقوم بضمان صلابة الخليط وذلك بإضافة الاسمنت بتركيز يتوافق مع الخرسانة العادية و للمعامل E/C تأثير مهم على المسامية لذا تجب العناية به (3).

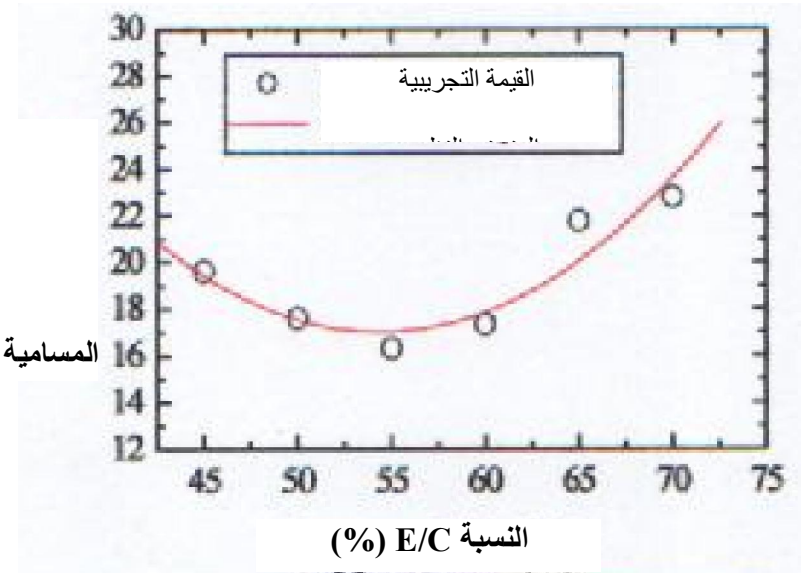
4.2.2.I تأثير النسبة E/C على خصائص الخرسانة :

4.2.2.1.I تأثير النسبة E/C على المسامية:

قبل الحديث على تأثير النسبة E/C على المسامية يجب معرفة مفهوم المسامية إذ أنها تعرف (10) بالنسبة الحجمية بين حجم الفراغات Vv على الحجم الكلي Vt ونكتب $n=\frac{v_v}{v_t}$.

إن النسبة E/C لها تأثير كبيرة على خصائص الخرسانة، ومن ذلك تأثيرها المباشر على المسامية كما أكد هذا السيد: LOGBI ABDELAZIZ (11)،ونذكر مثال على ذلك الدراسة التي قام بها LAYCHI GUELMINE (12)والتي تبين أن المسامية تبلغ قيمتها المثلى (الدنيا) عند النسبة E/C تساوي 0.55 ، والتي تكون فيها نسبة الماء وتركيز الاسمنت قد عذيت بدراسة جيدة، حيث أن الزيادة في هذه النسبة، الذي يعني زيادة كمية الماء مخلفة عند خروجها مسامات تكون كثيرة وفي بعض الحالات تكون متصلة ببعضها البعض مما يشكل أخطار مختلفة أهمها دخول عناصر غريبة إلى قلب الخرسانة من ناحية وضعف التراصية من ناحية أخرى. أما نقصان هذه النسبة فينتج

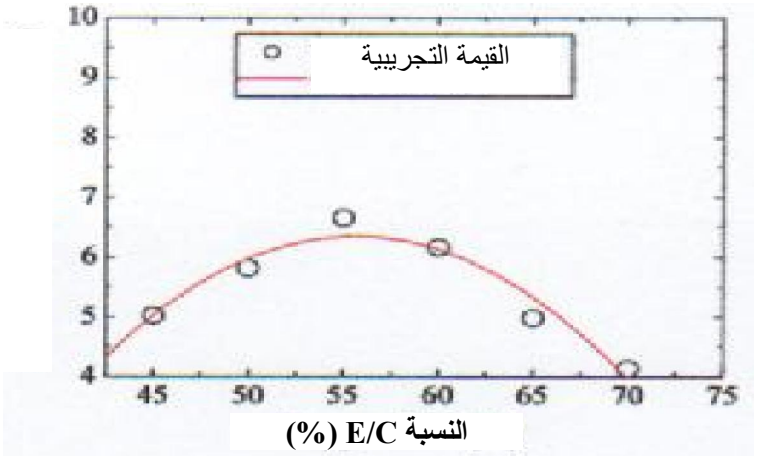
عنه عدم التفاعل الكلي لكمية الاسمنت، مما يؤدي إلى عدم تلاحم كل مركبات الخرسانة (الركام)، و هذا يخلف فراغات بين حبيبات هذا الأخير وبالتالي زيادة المسامية والتي ينتج عنها كما ذكرنا ضعف الخصائص الميكانيكية. والمنحنى أدناه يوضح تأثير النسبة E/C على المسامية :



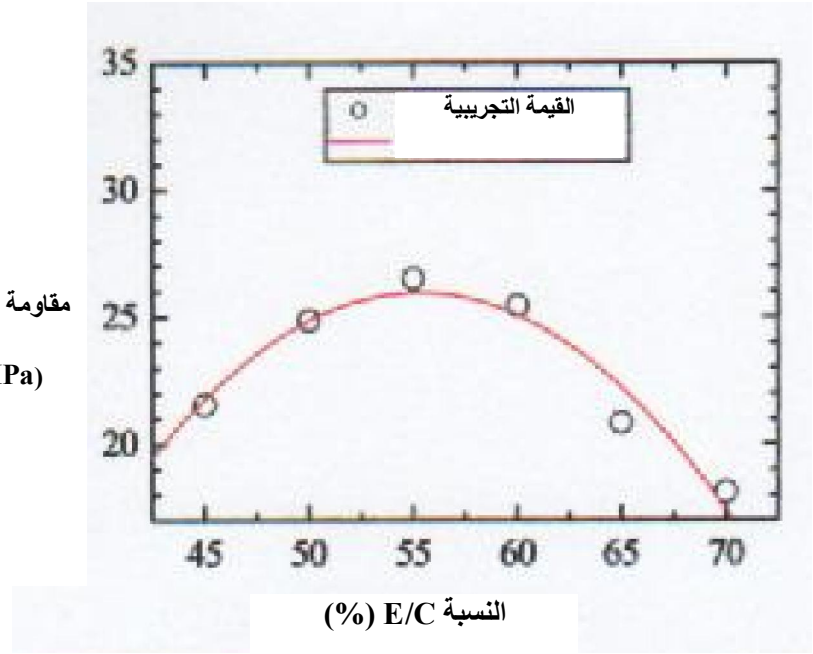
الشكل 2.I تأثير النسبة E/C على المسامية (12)

4.2.2.2.I تأثير النسبة E/C على المقاومة:

يأتي تأثير هذه النسبة على المقاومة من كون هذه النسبة عند زيادتها مما يعني زيادة الماء عن الحاجة كما ذكرنا سابقا وعند خروجه يخلف فراغات (مسامات) هذه الأخيرة تؤثر على جسم الخرسانة حيث يكون شبه مجوف وهذا مما يجعله سهل للانضغاط والانكسار (11)والمنحنيات التالية توضح مقدار تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط ومقاومة الانحناء حسب الدراسة التي قام بها (12):



الشكل 3.I تأثير النسبة E/C على مقاومة الانحناء (12)



الشكل 4.I تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط (12)

وقد لاحظ الكثير من الدار سين أن كل العلاقات والنظر يات التي تعرض طرق صياغة الخر سانة تهتم اهتماما بالغا بكمية الماء اللازمة للخلط وكمية الاسمنت المستعملة وبالتالي الاهتمام بالنسبة E/C التي لها التأثير المباشر والكبير على خصائص الخرسانة (13).

5.I **مكونات** خرسانة الرمل:

وفي ما يلي نعطي المركبات الأساسية التي تدخل في إنشاء خرسانة الرمل .

5.1.I الاسمنت :

إن الاسمنت المستعمل في صناعة خرسانة الرمل يجب أن يكون متوافقا مع القواعد NF P15-301. وتركيز الاسمنت يجب أن يكون مقاربا لتركيزه في الخرسانة العادية (300- 400 Kg/m^3).

وفي العموم فان تركيز خرسانة الرمل من الاسمنت أعلى منه في الخرسانة العادية وهذا ما استنتجه (14) لأن تركيز الاسمنت متعلق بقطر الحبيبات .

5.2.I الرمل :

ليس هناك أي شروط وضعت على أصل الرمال المستخدمة في الخرسانة، سواء كانت رمال الوديان او الكثبان او المحاجر أو المواد المسترجعة من بقايا هدم الطرقات والمباني لاستعمالها كحبيبات حصوية في صناعة الخرسانة، حيث أن نقل هده المواد إلى أماكن التفريغ يطرح عدة مشاكل (تخصيص مساحات التخزين, تكاليف معتبرة, تشويه للبيئة) لذا يجب إيجاد إمكانية لإعادة تقييم و استعمال هذه البقايا وبالتالي إيجاد مصدر أخر للركام. من أجل إيجاد أو تكوين خرسانة الرمال، نشير أنه من بين أهم العوامل التي تأخذ بعين الاعتبار عامل النقاوة، إذ أن استعمال رمال غير نقية ينجم عنه خرسانة ضعيفة المقاومة. (8)

5.3.I الماء :

كغيره من مركبات الخلطة الخرسانية، يجب أن يتوفر في الماء شرط النقاوة. مع احترام التركيز اللازم حيث، أن الزيادة من هذه المادة في الخرسانة وبعد خروج الكميات الزائدة عن الحاجة مخلفة مكانها فراغات من شأنها تسبيب ضعف في المقاومة، وأما نقصان هذه المادة فهو يقلل من إنحلالية الخلطة مما يعني بقاء بعض الحبيبات من الاسمنت دون تفاعل أي بعض حبيبات الرمل لا يتسنى لها التماسك، مما يقلل من المقاومة.

نذكر أن الماء المستخدم في خرسانة الرمل يجب أن يكون متوافقا مع القواعد NF P18-303. وبما أن قطر الحبيبات التي تدخل في تركيب خرسانة الرمل يكون أقل أو يساوي 5 مم، فإن السطوح النوعية تكون أكبر،مما يجعل الخلطة الخراسانية الطازجة جافة جدا وصعبت التشغيل وبالتالي تكون التشغيلية ضعيفة مما يستدعي إضافة كمية أكبر من الماء و هذه الإضافة ستؤثر على الخصائص الميكانيكية الأخرى ، ولهذا يصبح من الضروري الاستعانة ببعض الإضافات والمحسنات للتقليل من قيمة المعامل E/C من أجل رفع المقاومة (15).

- يشارك الماء في عمليات التفاعلات الكيمائية المنتشرة داخل كتلة الخرسانة الطازجة والتي تنجم عنها الخرسانة المتصلبة ذات المقاومة المطلوبة. كما يقوم الماء في الخلطة بدور تأمين سهولة تشغيل الخرسانة وصبها في مكانها المحدد.

5.4.I الاضافات: Les adjuvants

كغيرها من أنواع الخرسانة، فإن خرسانة الرمل تحتاج الى بعض المواد المحسنة في مختلف أشكالها : الملدنات بأنواعها وما إلى ذلك. تضفي المحسنات أو المواد المساعدة لمسة فيزيائية واقتصادية معتبرة على الخرسانة، مثل

التحسين في التشغيلية واستخدام الخرسانة في ظل ظروف صعبة ، كما أنها تسمح باستعمال أنواع أخرى من المواد في الخرسانة (3).

5.4.1.I دور المميعات او الملدنات :

تعتبر التشغيلية أحد أهم خصائص الخرسانة الطازجة، حيث تتعلق أساسا بتركيز الماء المستخدم (7). ونذكر هنا الآثار السلبية لزيادة نسبة الماء في الخرسانة :

- عزل المواد عن بعضها البعض.
- فقدان تجانس الخلطة.
- زيادة المسامية.
- انخفاض المقاومة.
- النقص من ديمومة المنشأة.

أدت هذه السلبيات التي وقفت عائقا أمام الحصول على خرسانة ذات تشغيلية جيدة بالباحثين، منذ زمن قديم، إلى استخدام العناصر الكيمياء العضوية التي تساعد في جعل الخرسانة أكثر تشغيلية وذلك دون التقليل من نسبة الدمك (15).

5.5.I المواد المضافة (Les ajouts):

هي مواد تضاف الى ماء الخلط أوالى الخرسانة مباشرة أثناء أو قبل عملية الخلط تكون في غالبها مشابه في خواصها الفيزيائية و الكيمائية الى الاسمنت وبوجود الماء أي عند اماهتها نحصل تقريبا على نفس نتائج اماهة الاسمنت (3).

5.5.1.I الحشو Filler :

يتواجد هذا النوع من المحسنات على عدة أشكال معدنية وصناعية وطبيعية، حيث يستخدم في سد الفراغات الناجمة عن الرمل في الخرسانة وذلك من أجل الحفاظ على اندماج (Compacité) عالي لهذه الأخيرة عن طريق خلق امتداد حبيبي مستمر. وهذا ما يعطي دفعا إيجابيا من الناحية التقنية، حيث يزيد في مقاومة الخرسانة للشد، ومن الناحية الاقتصادية، حيث يقود إلى التقليل من تركيز الاسمنت في الخلطة الخراسانية (3).

5.5.2.I الحصى الصغير Gravillons :

يستعمل الحصى 0/15 كأحد المحسنات في خرسانة الرمل شريطة أن لا تتجاوز النسبة G/S الواحد، وذلك لغرض التحسين في بعض الخصائص الميكانيكية والانسيابية كالمقاومة والتشغيلية والانكماش الخ (16) .

5.5.3.I الألياف Fibres :

ويستعمل هذا النوع من المحسنات كمادة مقوية داخل الخلطة الخراسانية بهدف التحسين من مقاومة الخرسانة للشد والتقليل من ظاهرة الانكماش (16).

6.I صياغة خرسانة الرمل :

تعتمد عملية تركيب الخرسانة أساس على اختيار المواد اللازمة ومحاولة تنسيقها بهدف الحصول على خصائص تتناسب والمعايير التقنية والاقتصادية المرجوة، ففي حالة الخرسانة العادية مثلا، تتلخص المكونات في الحصى والرمل والاسمنت والماء.

ونظرا للإمكانيات المحدودة التي تقدمها الطرق العادية في تركيب الخرسانة، توسعت جملة المكونات التي تدخل في التركيب الخرسانة بواسطة الإضافات والمحسنات.

ومن بين أهم أنواع الخرسانة الجديدة ذات التركيبة الخاصة، نذكر خرسانة الرمل (المتميزة بدقة الحصى والانحلالية)، التي تعرف مرحلة تشكيل جد خاصة.

هناك العديد من المناهج استعملت من أجل الحفاظ على مقاومة عالية لخرسانة الرمل، في حين بقي معيار الانحلالية يشكل عاملا معقدا نوعا ما، نظرا لأن عجينة هذه الخرسانة تحتوي دائما (بالإضافة للإسمنت والماء) على مواد حشو كلسية Fillers calcaires ومحسنات انسيابية Adjuvant rhéologique بطريقة تسمح بتحديد تركيز الاسمنت لجعله مماثلا للتركيز في الخرسانة العادية.

6.1.I مبدأ صياغة خرسانة الرمل:

بخلاف الملاط ، تحتوي خرسانة الرمل على تركيز للإسمنت يقارب التركيز الموجود في الخرسانة العادية (من 300 إلى 400 kg/cm^3). لكن وجود الحصى ذات الأقطار الصغيرة (قطر≥mm5) هو ما يميز خرسانة الرمل عن الخرسانات العادية، وليس هناك مانع من إضافة الحصى بشرط الحفاظ على النسبة الكتلية $G/S < 1$. وبفضل تقنية ملء فراغات الرمل بواسطة مواد الحشو الكلسية الأقل من (80 mμ)، أصبحت الزيادة في تركيز الاسمنت ممكنة،

حيث ساعد ذلك في الحصول على نسبة للتراصية عالية، وذلك بإنشاء امتداد حبيبي مستمر. وتستعمل عادة مواد الحشو ذات الطابع الكلسي نظرا لمفعولها الجيد تجاه المواد القاعدية. ويستوجب التواجد الكبير للجسيمات الدقيقة إلى استعمال كبير لماء الخلط، مما يستدعي وجود مخفض للماء (Réducteur d'eau) من أجل رفع أداء الخرسانة والتقليل من التشوهات المختلفة (3).

6.2.I بعض طرق صياغة خرسانة الرمل :

إن الهدف من صياغة خرسانة الرمل هو إيجاد نسب مختلف المركبات التي تدخل في الخلطات، من أجل الحصول على خرسانة ذات هيكل حصوي أمثل يتجاوب مع المعايير التقنية والاقتصادية. ونظرا لكون مختلف طرق ومناهج الصياغة لا تخضع إلى علوم دقيقة، فإن الدراسة النظرية لا تقودنا إلى الحل النهائي لمجمل المشاكل التي تواجه التركيبات الخراسانية. ولهذا نلجأ دائما إلى دراسة تجريبية تعتمد على إنجاز خلطات متتابعة تسمح لنا بتصحيح الصياغة النظرية. ومن هنا نستطيع تمييز نوعين من طرق الصياغة وهما الطريقة النظرية والطريقة التجريبية معتمدين في ذلك على معيارين مهمين وهما (3):

- ❖ الخصائص الميكانيكية.
- ❖ التشغيلية.

6.2.1.I الطريقة النظرية لصياغة خرسانة الرمل :

من المعلوم أن خرسانة الرمل مكونة عموما من الاسمنت والماء والرمل والإضافات الدقيقة وأن الخرسانة المراد الحصول عليها يجب أن تتوفر على تراصية عالية وبالتالي نفاذية منخفضة.

توصل CAQUOT من خلال معطيات تجريبية إلى علاقة رياضية تربط بين حجم الفراغات لخليط حصوي يمثل تراصية عظمى وبين امتداده الحبيبي d/D_{max}.

وتعطى علاقة Caquot كما يلي :

$$V = V_0 (d / D_{\max})^{1/5} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1.4)$$

حيث :

V : حجم الفراغات داخل الخليط الحبيبي.

V_0 : ثابت تجريبي محصور بين 0.7 و 0.8.

d : قطر أصغر حبيبة في الامتداد الحبيبي.

D_{max} : قطر أكبر حبيبة في الامتداد الحبيبي.

وكانت هذه العلاقة بمثابة تغير في مجال صياغة الخرسانة وكانت قاعدة أبحاث لكثير من الباحثين على غرار FAURY و BOLOMEY و DREUX في طرقهم للصياغة الخرسانة العادية. كما استخدمت هذه العلاقة لصياغة خرسانة الرمل من أجل تحديد نسب مختلف المركبات داخل الخلطة مع بعض التغيرات المعتبر لهذه الحالة الخاصة(14) .

وفي ما يلي سنعطي طريقة حساب كل تركيز :

*** تركيز الدقائق في خرسانة الرمل :**

من أجل التحسين في تراصيه خرسانة الرمل تم فصل المركبات الداخلة في الخليط إلى قسمين :

1. **العناصر الدقيقة :** و هو القسم الذي يحتوي على حبيبات ذات أبعاد أقل من 80 µ m والتي تمثل الاسمنت والإضافات الدقيقة وجزء من الرمل.
2. **العناصر المتبقية :** وهو القسم الذي يحتوي على حبيبات ذات أبعاد محصورة بين 80 µ m و D_{max} والمتمثل في الجزء المتبقي من الرمل زيادة على الإضافات التي يتجاوز قطرها 80 µ m.

وبعد إجراء هذا الفصل وتحديد قيمة V_0 في العلاقة السابقة بالثابت المتوسط 0.75 تعطى المسامية إذن بالعلاقة :

$$Ps = V = 0.75(0.08 / D_{\max})^{1/5} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1.5)$$

Ps(V) : مسامية الرمل المحصور بين 80 µ m و D_{max}.

D_{max} : قطر أكبر حبيبة في الامتداد الحبيبي.

وإذا قمنا بإدخال تركيز أمثل للإضافات فسيسمح لنا ذلك بإكمال الامتداد الحبيبي المحدود بـ 80 µm كقيمة صغرى وسد مسامية الرمل المحسوبة بالعلاقة.

وعند قيامه ببعض التبسيطات في العلاقة استنتج CAQUOT أن قيمة حجم مجموع العناصر الدقيقة (الأقل من 80 µm) وقيمة حجم الفراغات المترتبة عنها متساويان. وبعبارة أخرى فإن حجم الفراغات المتبقية في الخليط ككل يساوي حجم مجموع الإضافات (14).

وبالتنسيق بين الاستنتاجين المتحصل عليهما، نجد أن التركيز الحجمي الأمثل للإضافات هو نصف مسامية الرمل وأن النصف الآخر يمثل المسامية الأقلية الموجودة، ونكتب:

$$[\text{Fines}] = 0.38(0.08/D_{max})^{0.2} \quad \ldots\ldots(1.6)$$

ويتبين من خلال هذه العلاقة أن تركيز الإضافات يتعلق بحجم الحبيبات الكبيرة، ويتضح جليا أنه كلما كان قطر الحبيبات الكبيرة أصغر كلما زاد تركيز الإضافات (2).

*** تركيز الماء في خرسانة الرمل :**

وبعد القيام بتحسين الهيكل الحبيبي، والخلوص إلى أن تراصية جيدة تقود إلى مسامية ضعيفة حيث لا يتأتي ذلك بسهولة، لذلك قام CAQUOT بأبحاث أخرى تتعلق بالتراصية توصل بها إلى صياغة جديدة إنطلاقا من علاقة المسامية السابقة، حيث سلم أن مسامية الهيكل الحبيبي تنقسم إلى مجموع حجم الماء + حجم الفراغات. واصطلح على أن تكون علاقة المسامية كما يلي (14):

$$(e+v)_{min} = 0.8(d/D_{max})^{1/5} \quad \ldots\ldots(1.7)$$

e : مجموع حجم الماء.

v : مجموع حجم الفراغات.

d : البعد النسقي لأصغر الحبيبات في حالة خليط خالي من الشوائب ويعطى بالعلاقة :

$$d = (60/(f))mm \times \rho \quad \ldots\ldots(1.8)$$

f : المساحة السطحية معطاة بـ cm^2/g

ρ : الكتلة الحجمية للعناصر معطاة بـ g/cm^3

كما نص CAQUOT على أن حجم الفراغات في خرسانة الرمل أكثر منه بقليل في الخرسانة العادية وأعطى العلاقة لحجم هذه الفراغات بدلالة الماء كما نص على أنها يجب أن لا تتجاوز النسبة من 3 إلى 5 % :

$$[V_{vide}] = k[V_{eau}] \ldots\ldots (1.9)$$

حيث :

k : ثابت محصور بين 0.2 و 0.25 (14).

*** تركيز الرمل في خرسانة الرمل :**

ومن أجل إكمال الحجم الوحدوي لخرسانة الرمل (في المتر المكعب) من التركيبة، ولحساب تركيز الرمل ما علينا إلا طرح تراكيز باقي العناصر المحسوبة مسبقا (الماء والفراغات والدقائق) من 1 متر مكعب:

$$[V_{sable}] = 1000 - [V_{fines}] - [V_{eau}] - [V_{vide}](l/m^3) \ldots\ldots (1.10)$$

في النهاية بقي أن نشير إلى أن حجم الرمل المحسوب في العلاقة يمثل كل العناصر ذات الأبعـاد الأكبـر مـن 80 μm، سواء كانت من الرمل أو من أجزاء الدقائق الإضافية. (2)

6.2.2.I الطريقة التجريبية لصياغة خرسانة الرمل:

هناك العديد من الطرق التجريبية لصياغة خرسانة الرمل تسمح في مجملها بصياغة هذه الخرسانة، لكن ليس بهدف شرح الظواهر التي تدخل في صياغتها، وإن اختلفت في المبادئ النظرية ومناهج العمل لكن هدفها واحد و هو صياغة خرسانة ذات تراصية كبيرة وبالتالي ذات جودة عالية.

ونستخدم في هذه الطريقة تركيز ثابت للإسمنت. حيث أن هذه الأخيرة مستوحاة من الطريقـة المسماة BARON-LESAGE وأنها تعتمد على خلطات متعددة لحساب التشغيلية بواسطة الجهاز الخاص بها وحساب الكتلة الحجمية الظاهرية (2).

وبهذه الطريقة تم تحقيق العديد من الانجازات التي نذكر منها : خرسانة الأوتاد وخرسانة الطرقات ... الخ.

مختلف مراحل الصياغة:

6.2.2.1.I صياغة خرسانة الرمل بدون إضافات:

في هذا الجزء من الطريقة سنبحث على صيغة لمختلف تراكيز المواد المكونة (اسمنت، ماء، رمل، إضافات) في المتر المكعب والتي تعطي تشغيلية مقبولة.

*** تركيز الاسمنت:**

يفرض علينا الشرط المهم والملزم استعمال تركيز أصغري للإسمنت في المتر المكعب للخرسانة وذلك حسب نوع المنشأة المراد بنائها ودرجة خطورة الوسط، ولهذا سنعمل على مدى هذه الدراسة بتركيز ثابت للإسمنت C (Kg/m^3).

*** تركيز الماء:**

وسنكتفي في هذه المرحلة من الصياغة بأخذ قيمة تقريبية لتركيز الماء E (l/m^3) حسب الخبرة فمثلا 220 لتر من الماء من أجل 350 Kgأو 250 لتر من الماء من أجل 400 Kg (14).

*** تركيز الرمل:**

و في هذه الصياغة يتوجب إدخال ملدن مقلل للماء بالتركيز المنصوص عليه من طرف الصانع (N% من وزن العناصر الأقل من 80 µm)، ومن المعلوم أن الخرسانة تحتوي دائما على نسبة من الفراغات V_{air} حيث يكون حجم هذه الفراغات في خرسانة الرمل أكثر منه في الخرسانة العادية حيث تصل النسبة إلى ما بين 5 إلى 7 % من حجم الخرسانة.

وبعد معرفة مقدار تراكيز كل من الماء والاسمنت والفراغات والملدن يصبح من السهل استخراج تركيز الرمل في 1 متر مكعب حيث نكتب :

$$V_{air} + V_C + V_E + V_{adj} + V_{sable} = 1000 \text{ ....} (2.11) \quad \text{(باللتر)}$$

وبعد أن أصبحت الكتل الحجمية لمركبات الخرسانة معروفة يمكننا استخراج كتلة الرمل لصياغة في 1 متر مكعب من الخرسانة S (Kg/m^3).

*** ضبط التشغيلية ومردود الصياغة:**

بعد الحصول على صياغة خرسانة الرمل وتحديد:

- التشغيلية المقابلة لهذه الصياغة بواسطة جهاز التشغيلية.
- مقدار الكتلة الحجمية الظاهرية الحقيقة للخرسانة المنجزة.

يجب تصحيح الصياغة بواسطة المعادلة التكرارية التالية:

$$S_i = S_{i-1} - (MVAT_{i-1} - MVAR_{i-1}) \pm V \times MV_{sable} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1.12)$$

حيث يمثل MVAT و MVAR كل من الكتلة الحجمية الظاهرية النظرية والكتلة الحجمية الظاهرية الحقيقية على الترتيب (14).

إذا كان زمن السيلان للتشغيلية أقل من القيمة المرجوة يجب التقليل من قيمة حجم الماء بالمقدار V (V+ في المعادلة)، وإذا كان زمن السيلان للتشغيلية أكبر من القيمة المرجوة يجب الزيادة من قيمة حجم الماء بالمقدار V (V- في المعادلة).

بعد القيام بكل تصحيح يجب مقارنة الكتلة الحجمية الظاهرية النظرية والكتلة الحجمية الظاهرية الحقيقية.

6.2.2.2.I صياغة خرسانة الرمل باستعمال الإضافات:

وفي هذا الجزء سنقوم بإضافة بعض الدقائق المحسنة والوصول إلى التركيز الأمثل لها، مع الحفاظ على معامل E/C ثابت. من أجل ذلك يجب القيام بعدة خلطات (من 5 إلى 6) تحتوي تراكيز مختلفة من هذه الدقائق المحسنة ولكن دون الخروج على المجال المنصوص عليه لاستعمالها، حيث إن إدخال هذه الدقائق من شأنه الزيادة في تراصية الخرسانة، وذلك بملئها للفراغات. (14)

وتجدر الإشارة إلى أن هدفنا هو الوصول إلى صياغة خرسانة (في 1 متر مكعب) من شأنها أن تكون كتلتها الحجمية الظاهرية النظرية تقارب كتلتها الحجمية الظاهرية الحقيقية، وزمن سيلان مناسب.

من أجل كل خلطة نقوم بحساب زمن السيلان (للتشغيلية) والكتلة الحجمية الظاهرية الحقيقية MVAR ونقارنها بالكتلة الحجمية الظاهرية النظرية MVAT. وإذا استلزم الأمر نقوم بتصحيح تركيز الرمل بواسطة العلاقة التالية (14) :

$$S_i = S_{i-1} - (MVAT_{i-1} - MVAR_{i-1}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1.13)$$

ويوضح الجدول (4.I) بعض الأمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل (4).

الجدول 3.I أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل

مكونات الخلطة الخرسانية	الكمية ب (kg/cm^3)		
	التركيبة 1	التركيبة 2	التركيبة 3
اسمنت	330	460	400
رمل	1530	1350	1260
حشو Filler	/	/	200
ماء	260	300	240
C/S	1/4.6	1/3	1/3.65
E/C	0.79	0.65	0.6

و هذه بعض التركيبات لخرسانة الرمل قام بها بعض المغاربة يوضحها الجدول (5.I) (17):

الجدول 4.I أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل قام بها بعض المغاربة (17)

المواد / التركيبة	الاسمنت	الماء	الرمل الدقيق	الرمل الخشن	E/C
1	350	238	644	966	0.68
2	350	245	483	1127	0.7
3	350	245	805	805	0.7

حيث عرف الرمل الدقيق والخشن بالجدول **I.6**

الجدول 5.I يوضح التدرج الحبيبي للرمل المستعمل في تركيبات خرسانة رمل بعض المغاربة (17)

	>2mm	0.08 - 2 mm	< 0.08 mm
رمل دقيق	% 7	% 74	% 19
رمل خشن	% 98	% 1	% 1

7.I خصائص خرسانة الرمل:

نستطيع تقسيمها الى نوعين من الخصائص قبل وبعد التصلب:

7.1.I خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب:

7.1.1.I التراصية :Compacité

تعرّف التراصية أو اندماجية الخرسانة على أنها الحجم المشغول من طرف العناصر الصلبة بالنسبة للحجم الكلي كما ذكرنا سابقا، فهي بالتالي مكملة للمسامية.

توصل الباحث CAQUOT حسب ما نص عليه (14)، بعد إجراء تجارب على خرسانة، إلى علاقة رياضية بين المسامية، داخل كومة حبيبية، تتميز بقطر d للعناصر الدقيقة وقطر D للعناصر الكبيرة (أنظر العلاقة (2.14)):

$$P = P_0(d/D)^{0.2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1.14)$$

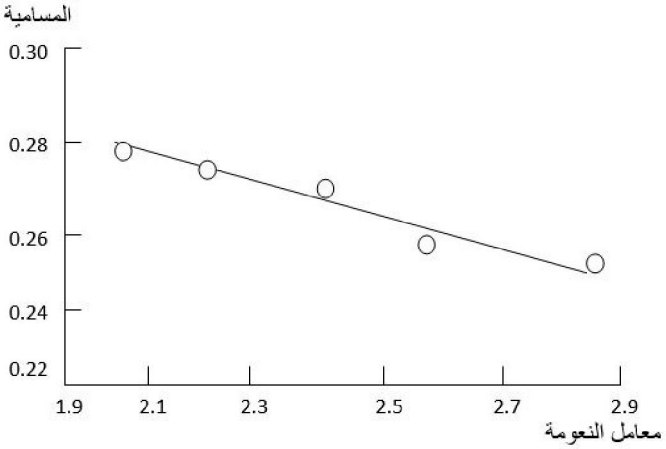
P_0 : ثابت تجريبي. d : قطر العناصر الدقيقة. D : قطر العناصر الكبيرة.

نشير هنا إلى أن مدى صحة هذه العلاقة يبقى محصور في الخلطات التي تكون فيها أحجام المكونات في الامتداد الحبيبي محسنة من ناحية التراصية. بعبارة أخرى، التراصية المثلى لا تتعلق فقط بالامتداد الحبيبي، بل وبالتوزيع الحبيبي للدقائق أيضا.

من المعلوم أن قطر الحبيبات في خرسانة الرمل يكون $D \geq 5$ مم ، لذلك فإنه من الواضح أن الخليط، رمل – اسمنت، يكون ذات مسامية عالية مقارنة بخرسانة عادية. حيث تسبب الزيادة في السطوح النوعية في خرسانة الرمل إلى الزيادة في المسامية، أي أنه كلما زاد معامل النعومة (Module de finesse) كلما نقصت المسامية (أنظر الشكل**I .5**) لذلك إذا أردنا الحفاظ على التراصية- اندماجية- عظمى، فالطريقة الأسهل هي الزيادة من تركيز الاسمنت. لكن تبقى هذه الطريقة غير مستحبة من الناحية التقنية، نظرا لخطر الانكماش الذي ينجم عنها، كما أن الزيادة في تركيز الاسمنت يسبب ارتفاعا في التكلفة الكلية.

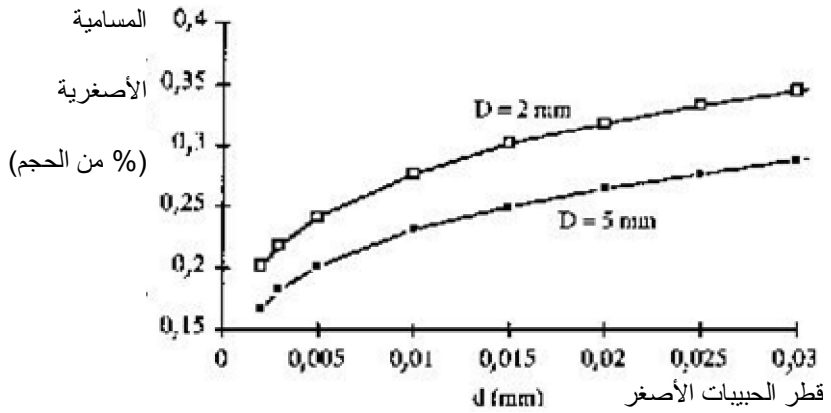
في ظل هذه الشروط، يصبح من الضروري اللجوء إلى استعمال حشو ذو حبيبات مشابهة لحبيبات الاسمنت، وذلك من أجل سد جزء من فراغات الرمل، بهدف الحد من الزيادة في تركيز الاسمنت (3).

والمنحنى 5.I التالي يوضح تغير المسامية بدلالة معامل النعومة:



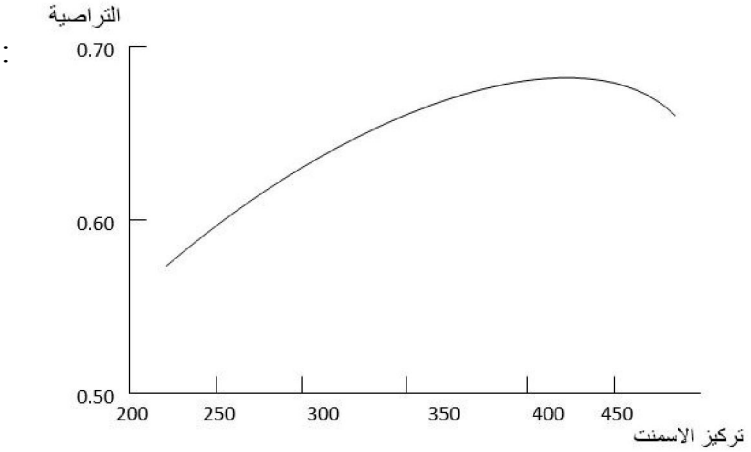
من الملاحظ في هذه المنحنى أنه كلما زاد معامل النعومة نقصت المسامية وهذا راجع كما أسلفنا الى أن زيادة معامل النعومة يعني أن حبيبات الرمل زادت من الخشونة وبالتالي نقصت المساحة النوعية مما يستدعي نقصان المسامية.

الشكل 6.I تأثر المسامية بمعامل النعومة(36)



الشكل 7.I تأثير بعد الحبيبات ألأصغري d على مسامية الخرسانة باستعمال حجمين مختلفين D من الرمل (14)

والمنحنى التالي يوضح تغير التراصية بدلالة تركيز الاسمنت (17) :



الشكل 8.I التراصية بدلالة تركيز الاسمنت (17)

من الملاحظ في هذه المنحنى أنه كلما زاد تركيز الاسمنت زادت التراصية وهذا راجع كما أسلفنا الى أن الاسمنت لعب دور الحشو وملأ الفراغات بين حبيبات الرمل مما زاد في التراصية.

ان التراصيه العظمى لخليط من الخرسانة والرمل تعطى بـ 70%.

الجدول 6.I التراصيه العظمى بدلالة Dmax **(17)**

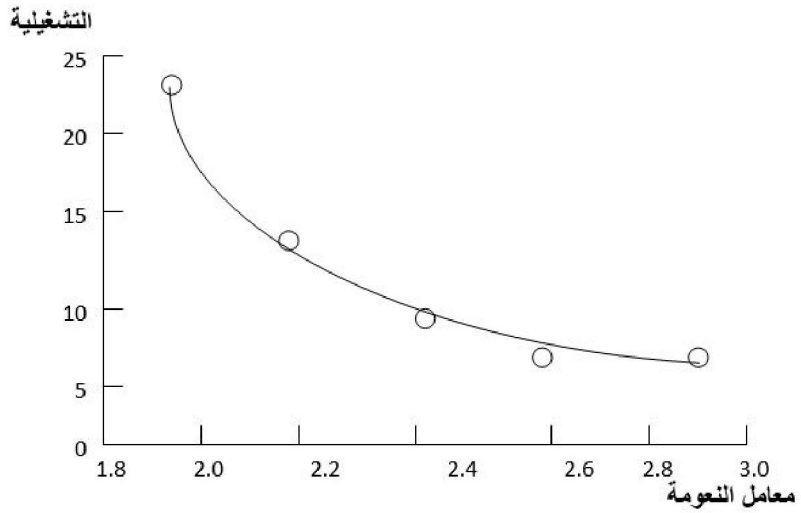
D_{max} = 20mm	D_{max} = 12.5mm	D_{max} = 5mm	القطر الأعظمي
0.805	0.79	0.75	التراصيه

7.1.2.I التشغيلية Maniabilité:

تعتبر التشغيلية أحد الخصائص الفيزيائية النوعية للخرسانة، وذلك إذا أهملنا شروط الاستعمال الخاصة (18). وتنتج من تأثير تشحيم العجينة للركام وتتأثر بمقدار سيولة العجينة (19) كما تعرّف على أنها سهولة الخلط للخرسانة الطازجة وتجانسها وسهولة قولبتها.

وتتطلب خرسانة الرمل كميات كبيرة من المياه مقارنة بالخرسانة العادية وهذا يترجم بالنسبة E/C الكبيرة ما بين 0.6 الى 0.7 حيث أن هذه النسبة في الحالة العادية تقارب 0.5 هذه الخاصية تعود الى نعومة الخليط الكبيرة (Finesse) .

إضافة إلى ذلك فإنَّ التركيب الحبيبي يلعب دور كبير في الحاجة للماء حيث أنه كلما كان الرمل غني بالعناصر الكبيرة كلما كانت الحاجة للماء أقل أي تتحسن التشغيلية وهو ما يترجم في العلاقة بين معامل النعومة والتشغيلية في الشكل (3) .



الشكل 9.I التشغيلية بدلالة النعومة، تأثير مقدار الدقائق (14)

ويتضح من الشكل أنه كلما زاد معامل النعومة كلما نقص الزمن اللازم للسيلان (Temps décollement) واستوجب بذلك التحسين في التشغيلية.

7.2.I خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب:

7.2.1.I الخصائص الميكانيكية:

تعتبر المقاومة الميكانيكية أحد أهم الخصائص في الخرسانة. لذلك فإنه من الضروري، أن تؤخذ كل من مقاومة الكسر والشد والضغط بعين الاعتبار أثناء الدراسة. وفي العادة تعتمد مقاومة الخرسانة على مقاومة العجينة حيث أن مقاومة الركام كبيرة جدا بالنسبة لمقاومة العجينة، ولذلك فان انهيار الخرسانة التقليدية يكون دائما في العجينة ويمر الشرخ حول الركام، فإذا أمكننا إنتاج عجينة ذات مقاومة عالية جدا تقترب من مقاومة الركام فإننا نحصل على خرسانة عالية المقاومة والتي يكون الانهيار فيها مفاجئ حيث يمر الشرخ بالركام وليس حوله . (19)

7.2.1.1.I مقاومة الضغط:

إن مقاومة الضغط هي أهم خواص الخرسانة المتصلبة على الإطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها. ومقاومة الضغط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث ان معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص تتحسن وتزيد بزيادة هذه مقاومة والعكس صحيح (6).

وقد أجريت دراسات جامعية عديدة على مقاومة الضغط بالنسبة لخرسانة الرمل أهمها:

* أعمال CHAOUCH (4) التي أجراها على أربعة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (7.I).

الجدول 7.I نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات CHAOUCH (4) لخرسانة الرمل

	التركيز ب Kg/m^3				مقاومة الضغط في 28 يوم ب(bar)			
	الأنواع				الأنواع			
	1	2	3	4	1	2	3	4
الاسمنت	350	400	350	300	140.61	165.67	149.41	144.56
رمل الكثبان	1505	1420	1470	1560				
الماء	245	280	280	240				
E/C	0.7	0.7	0.8	0.8				

* أعمال GUENOUN (20)التي أجراها على ستة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(**8.I**) .

الجدول 8.I نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتGUENOUN (20) لخرسانة الرمل

المركبات	التركيز ب Kg/m^3					
	الأنواع					
	1	2	3	4	5	6
الاسمنت	375	375	375	375	375	375
المحسن	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
رمل الكثبان	1332.96	1199.69	1066.39	933.1	799.79	666.49
رمل المحاجر	-	141.11	282.22	423.33	546.44	705.55
الماء	232.5	227.82	220.52	219.19	218.5	217.84
مقاومة الضغط في 28 يوم ب(MPa)	16.73	18.88	20.28	21.76	23.98	24.5

* أعمال (21) KETTAB التي أجرتها على ثلاث أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(**I. 9**)

الجدول 9.I نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتKETTAB (21) لخرسانة الرمل

المركبات	1	2	3
E/C	0.8	0.85	0.9
الاسمنت	350	350	350
رمل الكثبان	1470.73	1424.53	1378.33
الماء	280	297.5	315
المحسن	4.13	4.13	4.13
مقاومة الضغط في 28 يوم ب(MPa)	8.84	10.25	8.85

ومن هذه النتائج نستخلص أن مقاومة الضغط لخرسانة الرمل تعتبر ضئيلة نسبيا مع المقاومة في الخرسانة العادية.

7.2.1.2.I مقاومة الشد:

هناك عدة دراسات أجريت بخصوص مقاومة خرسانة الرمل للشد، والتي نذكر منها الأعمال المنجزة من طرف:

* أعمال CHAOUCH (4)، الذي أجراها على أربع أنواع من خرسانة الرمل فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (**10.I**) (4) :

الجدول 10.I نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH (4)

	التركيز ب Kg/m^3				مقاومة الشد في 28 يوم ب(bar)			
	الأنواع				الأنواع			
	1	2	3	4	1	2	3	4
الاسمنت	350	400	350	300	10.25	15.67	11.50	10.67
رمل الكثبان	1505	1420	1470	1560				
الماء	245	280	280	240				
E/C	0.7	0.7	0.8	0.8				

نستنتج من خلال النتائج الموضحة في الجدول أن مقاومة خرسانة الرمل للشد أقل نسبيا من المقاومة في الخرسانة العادية.

* أعمال GUENOUN (20)التي أجراها على ستة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(**I. 11**)

الجدول I.11 نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال GUENOUN (20)

المركبات	التركيز ب Kg/m^3					
	الأنواع					
	1	2	3	4	5	6
الاسمنت	375	375	375	375	375	375
المحسن	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
رمل الكثبان	1332.96	1199.69	1066.39	933.1	799.79	666.49
رمل المحاجر	-	141.11	282.22	423.33	546.44	705.55
الماء	232.5	227.82	220.52	219.19	218.5	217.84
مقاومة الشد في 28 يوم (MPa)	1.24	1.37	1.4	1.84	1.93	1.98

7.2.2.I معامل المرونة:

يعرف معامل المرونة على أنه الميل لمنحنى التشوه العام مع الإجهاد و يعبر عنه بالعلاقة (7):

$$E = \frac{\sigma_{cj}}{\varepsilon} \quad \text{.....(1.15)}$$

حيث :

E : معامل المرونة

σ_{cj} : اجهاد الضغط المطبق يعطى ب MPa

ε : التشوه النسبي وهو يساوي $\Delta L/L$

وهذه بعض نتائج أبحاث معامل مرونة لبعض تركيبات خرسانة الرمل :

* وجد مجموعة من الباحثين PENPC أصحاب كتاب (14) التي أجروها على ثلاث أنواع من الخرسانة فكانت نتائج معامل المرونة كما هو موضح في الجدول (I. 12)

الجدول I.12 نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال (14)

المركبات	1	2	3
الاسمنت	350	400	330
المحسن	200	100	-
رمل (2.5/0)	1400	1450	900
كلس 10/6	-	-	800
الماء	200	190	180
معامل المرونة (MPa)	21200	30280	28200

- كما وجد CHAOUCH (4) في أعماله نتائج معامل المرونة كما وهو مبين في الجدول I .13 :

الجدول I.13 نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH (4)

الأنواع	التركيز ب Kg/m^3	
المركبات	1	2
الاسمنت	400	400
المحسن	200	-
رمل الكثبان	1220	1460
رمل المحاجر	-	-
الماء	280	240
معامل المرونة (MPa)	2100	2166.67

- كما وجد BATATA و NAFA (22) في أعمالهما نتائج معامل المرونة كما وهو مبين في الجدول **I .14**

الجدول I.14 نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال BATATAو NAFA (22)

الأنواع	التركيز ب Kg/m^3				
المركبات	1	2	3	4	5
الاسمنت	350	350	350	350	350
المحسن	-	-	-	50	100
رمل الكثبان	-	-	-	-	-
رمل المحاجر	1480	1480	1300	1300	1300
الماء	280	250	245	268	292.5
معامل المرونة (MPa)	2357.14	3300	2460	4800	3060

7.2.3.I الانكماش:Le retrait

تتعرض الخرسانة والملاط إلى تغيرات مهمة في الحجم بتغير كمية الماء الداخلة في التركيبة أو رطوبة المحيط او الحرارة هذا التغير في الحجم يصطلح عليه بالانكماش وهو عدة أنواع بحسب المسبب ووقت الحدوث بالنسبة للتصلب.

نذكر أن الانكماش الحراري يحدث قبل التصلب، الانكماش اللدن (التبخر), انكماش الاماهة بعد التصلب (4).

1- **الانكماش الحراري:**

تتولد أثناء عملية التصلب المبكرة حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائي بين الماء والإسمنت. وغالباً ما تعالج العناصر المسبقة الصنع بالبخار Steam Curing وهذه المعالجة الحرارية تولد كمية كبيرة من الحرارة خلال الخرسانة. وعند ما تبرد الخرسانة وتنكمش تبدأ الاجهادات الحرارية في الظهور والنمو خاصة إذا كان التبريد غير منتظم خلال العنصر. وقد يحدث إجهاد الشد الحراري شروخاً دقيقة جداً يقدر أن يكون لها أهمية إنشائياً. ولكن ذلك بوجد أسطحاً ضعيفة داخل الخرسانة، كما أن انكماش الجفاف يؤدي إلى توسيع هذه الشروخ بعد ربط العناصر مسبقة الصنع (3).

2- **الانكماش اللدن:**

تحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة وهي لدنه أثناء تصلدها. وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وسرعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على سطح الخرسانة(25) (24) .

وتكون شروخ الانكماش اللدن عادة قصيرة وسطحية وتظهر في اتجاهين عكسيين في آن واحد. وفي حالة عناصر المنشآت سابقة الصب التي تصنع في أماكن مغلقة وتعالج جيداً فلا يخشى من خطورة شروخ الانكماش اللدن لصغرها (25) (24)..

3- **انكماش الجفاف**:

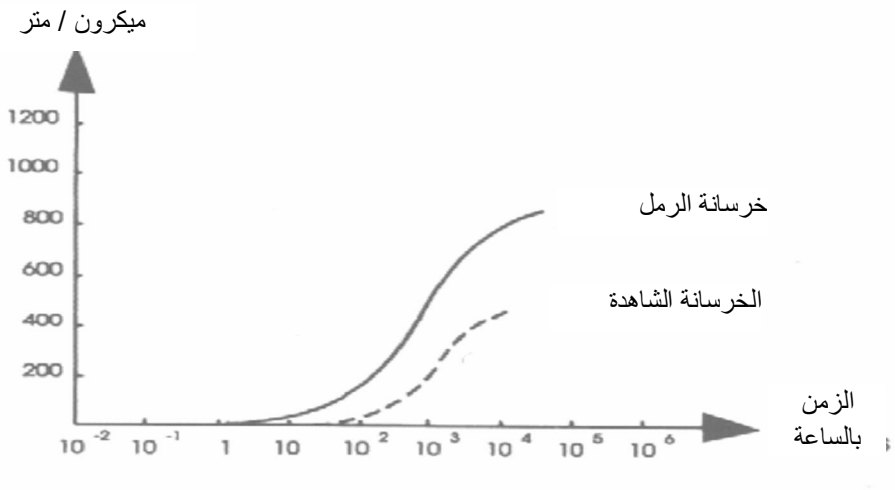
وينجم هذا النوع من الانكماش بسبب ظاهرة خروج الماء إلى المحيط الخارجي نتيجة قوى الشد الداخلية والخاصية الشعرية، وهو غير منتظم في كل العينة إذ أن الجوانب تكون أسرع تأثرا بهذا النوع من الانكماش من داخلها. ويتحكم حجم العينة في سرعة هذه الظاهرة (12).

والجدول (**15.I**) يلخص أهم أنواع الانكماش (25)**:**

الجدول15.I أهم أنواع الانكماش

النوع	الأسباب	الملاحظات	كيفية المعالجة
الانكماش اللدن (قبل التصلب)	تبخر كمية من الماء الداخل في الخرسانة	تشققات متتابعة لأن الخرسانة منجذبة داخل الكتلة	نستعمل محسن لمنع التبخر الأولي للماء
انكماش حراري (بعد التصلب)	نتيجة رجوع الخرسانة الى الحرارة العادية للمحيط وفقدها لحرارة التفاعل	نلاحظ نقص صغير في الطول	يجب تفادي التراكيز الإضافية للأسمنت
(انكماش الجفاف) (بعد التصلب)	ناجم عن نقص الحجم الذي يسببه خروج الماء بالخاصية الشعرية وتصلب العجينة التي تنتج قوى شد	يزداد الانكماش بازدياد نعومة وتركيز الاسمنت	يجب المحافظة على الدمك في الخرسانة.

فيما يخص الانكماش (Le retrait) : يمكن أن نلاحظ الشكل إذا عزلنا المادة عن المحيط الخارجي فإن الانكماش ذاتي التجفيف لخرسانة الرمل (Le retrait d'autodéssication) يكون مقارب للخرسانة العادية, لكن إذا تركنا الخرسانة تجف في محيط غير معزول فإن انكماش خرسانة الرمل يصل إلي قيم مضاعفة لتلك في الخرسانة العادية هذه الظاهرة يمكن أن تتعلق بتوزيع ومقاسات الفراغات المختلفة داخل المادتين (3).



الشكل I.10 الانكماش الكلي (14)

هذه النظرة قد دعمت من طرف بعض الباحثين على غرار: MEROUANI.Z و(22) BATATA.A ، الذين وجدوا في بعض دراساتهم التجريبية أن القيمة النهائية للانكماش لخرسانة رمل الكثبان ذات التركيبة :

$$C = 330\ Kg/m^3\ ,\ S = 1530\ Kg/m^3\ ,\ E = 260\ l/m^3$$

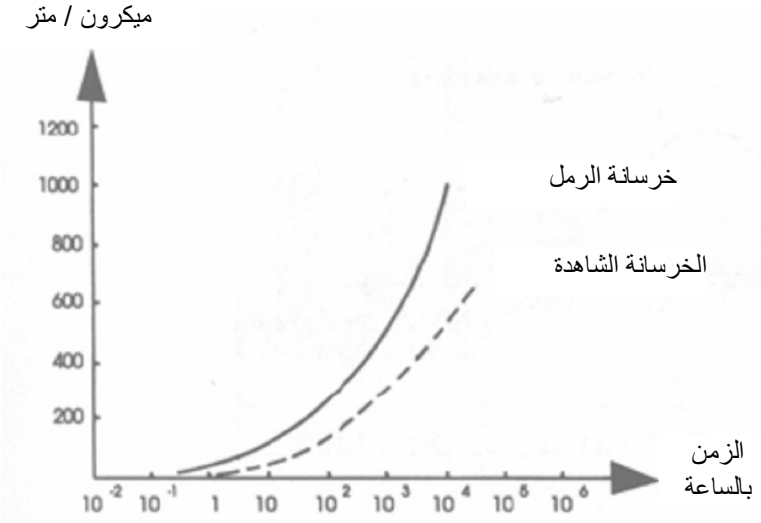
بأن قيمة الانكماش كانت كبيرة حيث بلغت قيمة 1.5 مم/م مقارنة بالقواعد التي تنص عليها قوانين الخرسانة العادية التي يجب أن لا تتعدى فيها قيمة الانكماش 0.3 إلى 0.5 مم/م.

وفي الأخير نستنتج أن الفرق بين الانكماش في التركيبتين (خرسانة الرمل والخرسانة العادية) يكمن في عدة عوامل نذكر من بين أهمها :

- تأثير تركيز الماء.
- تأثير تركيز الاسمنت.
- تأثير التوزيع وحجم الفراغات، التي تتأثر بدورها بحجم حبيبات الرمل وكمية الدقائق.

7.2.4.I الزحف Le fluage:

يتضح من المنحنى أسفله أن ظاهرة الزحف في خرسانة الرمل هي أكثر مقارنة بالخرسانة العادية، و هذا راجع إلى هيكلة المواد الداخلة في تركيبة الخرسانة، حيث تؤثر هذه الأخيرة على قيم التشوه ومن ثم على المقاومة، ويتضح ذلك من معامل المرونة (Module d'élasticité) الضعيف في خرسانة الرمل مقارنة بالخرسانة العادية الذي يعتبر العلاقة المباشرة بين هذين الأخيرين (التشوه والمقاومة) (3).



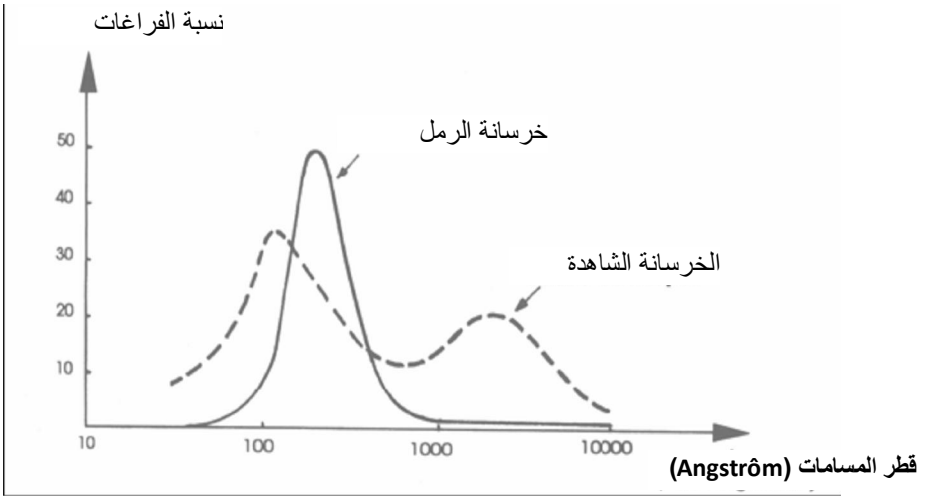
الشكل I.11 الزحف الكلي (14)

و هذا ما أثبتته أبحاث CHAOUCH (4) و BATATA و NAFA (22) أن معامل المرونة لخرسانة رمل الكثبان يساوي أقل بكثير من معامل الليونة في الخرسانة العادية الذي يتراوح بين : (25 إلى 45 GPa) كما قدمنا سابقا .

7.2.5.I الديمومة: (Durabilité)

عادة ما تكون ديمومة خرسانة الرمل متعلقة أساسا بالمكونات الفيزيائية للتركيبة مثلها مثل ديمومة الخرسانة العادية، كما تتعلق أيضا بالمسامية و النفاذية وتوزيع الفراغات. إضافة إلى هذا، هناك عوامل أخرى داخلية مؤثرة، كتفاعل القلويات و السلفات مما يغير من طبيعة الخرسانة، و قد تتضاعف هذه التفاعلات عن طريق التبادلات الهيدروليكية بالوسط الخارجي.

تختلف خرسانة الرمل عن الخرسانة العادية، بتركيزها العالي للرمل، وهذا ما يجعلها عموما تحتوي على أكثر عدد من المسامات ذات الأحجام الصغيرة، أي نسبة عالية من الفراغات مقارنة بالخرسانة العادية (3).



الشكل 12.I منحنى توزيع المسامية بدلالة قطر الفراغات (14)

عادة ما يؤثر المحيط (الوسط الخارجي) على الديمومة بعاملين أساسين:

7.2.6.I الخاصية الشعرية :

تتعلق الخاصية الشعرية أساسا بنسبة واستمرارية المسامات الصغيرة، حيث تكون الخاصية الشعرية عالية في المواد ذات العدد الكبير للمسامات الصغيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وعلى العكس إذا كانت الفراغات الصغيرة متقطعة، فأن الديمومة تكون أكثر، ونجد هذا في خرسانة الرمل المدموكة جيدا (Bien compacté).

7.2.7.I النفاذية :(La perméabilité):

تتعلق النفاذية أساسا بحجم واستمرارية المسامات الكبيرة، حيث تكون النفاذية عالية في المواد ذات العدد المرتفع للمسامات الكبيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وإذا اتبعنا هذه الفرضية فنستنتج أن خرسانة الرمل تكون لها نفاذية أقل أي ديمومة أكبر (3).

هي الخاصية التي يمكن بواسطتها تسرب أي سائل خلال الخرسانة ، و النفاذية خاصية هامة بالنسبة للخرسانة يجب تجنبها قدر الإمكان خصوصا في المنشات المائية والسدود و الخزانات وأسقف الحمامات ،و من المعروف أنه كلما زادت كثافة الخرسانة قلت نفاذيتها ، لان زيادة الكثافة تدل على قلة وجود الفراغات الداخلية والممرات الشعرية .

8.I مزايا وميادين استعمال خرسانة الرمل :

تعتبر خرسانة الرمل من مواد البناء الحديثة، حيث أنها تستعمل منابع طبيعية من الرمل، وبذلك تزيل الكثير من العوائق التي تواجه تطور ميدان الإنشاءات.

ونذكر أنه يوجد العديد من أنواع خرسانة الرمل، مما يضع هذه المادة كأحد مواد البناء المتميزة، خاصة عندما يشكل استعمال الخرسانة العادية في بعض الميادين مشكلا أو عائقا في التطبيق – مثلا إذا كان التسليح مكثف ومعقد وكانت الخرسانة العادية ذات حصى كبير فإنه يطرح مشكل التغليف – ، وذلك بفضل الخصائص التي تنفرد بها خرسانة الرمل والتي منها :

8.1.I التشغيلية L'ouvrabilité :

خرسانة الرمل تملأ القوالب بطاقة رص (Energie de serrage) أقل و بدون إضرار بخصائص المادة لهذا فأنه:

- يمكن أن ننجز بخرسانة الرمل العناصر الرفيعة أو ملأ الأجزاء المعقدة.

- خرسانة الرمل تضمن تغليفًا جيدا لحديد التسليح و لو كان التسليح كثيفا جدا أو معقدا. أو كان الرج (Vibration) مستحيلا .

- مسافة ضخ عالية (Pompabilité)

8.2.I نوعية المظهر Qualité d'aspect:

نتيجة لسهولة استعمالها و تركيبها الحبي الصغير يمكننا أن نحصل بواسطة خرسانة الرمل على فعل معماري (Effects architecturales) متنوع و مدهش و فتان :

ذي مظهر شديد الملاسة مثل الرخام، مظهر دقيق الحصى، مظهر متكامل وإنتاجية وفية لقوالب دقيقة جدا، مع انعدام العيوب المظهرية خاصة الناتجة عن تحلل الخرسانة.

8.3.I التجانس والتماسك: Homogénéité-Cohésion

الخلطة و التركيب الحبيبي يعطي خرسانة الرمل تجانسا ومتماسك السطوح و جوانب الخرسانة الظاهرة مرضية جدا سواء بلون الرمل أو بإضافة ملونات للحصول على ألوان أكثر، هذه الخصائص مهمة جدا للعناصر المعمارية و الحدائق.

8.4.I مصدر محلي للمواد الأولية:

- الرمل الفائض:

أيا كانت مصادر هذا الفائض (رمل طبيعي مثل الكثبان أو مكسر) فإن استعماله الأمثل يكون بذلك بالضرورة مريحا للاقتصاد المحلي.

- ندرة الحصباء:

هذه الندرة سواء (للرمل الطبيعي المستعمل في البناء أو الحصى) و سواء أكانت حالية أو مستقبلية فإن الأهمية الاقتصادية للحصول على مادة معوضة للخرسانة التقليدية تكمن في التحكم في التطبيقات الواسعة و المتنوعة لخرسانة الرمل ، التي تكون ملائمة للاقتصاد المحلي أو الوطني.

- البيئة :

الأثر البيئي بدأ يؤخذ أكثر فأكثر في الحسبان لأن الاقتلاع الكبير للحصى الذي يوجد بكميات ليست متجددة يمس بالتوازن البيئي . فقد نقلت جريدة أخر ساعة الجزائرية في عددها الصادر في 2010/01/27 (26)

((حيث تحولت العديد من المناطق بولاية بومرداس خلال السنوات الأخيرة ،إلى مناطق خصبة لعصابات الذهب و السرقة التي تفننت في استنزاف كميات هائلة من الرمال،مما ينذر بوقوع كارثة بليغة بالأراضي الفلاحية المحاذية لتلك الشواطئ و الأودية،و التي بدأت مساحاتها في تقلص مستمر)) كما أضافت نفس الجريدة وفي نفس الموضوع تسريحات للسيد قائد الأركان بالمجموعة الولائية ببومرداس" موسى مختار " فقالت ((و للإشارة و حسب قائد الأركان بالمجموعة الولائية ببومرداس" موسى مختار " فان ظاهرة نهب الرمال تبقى متفشية بصورة كبيرة بمختلف شواطئ الولاية رغم ما اتخذ من إجراءات أمنية ووقائية لحماية ثرواتنا من ظاهرة السرقة هذه ، فقد تم سد كل المنافذ المؤدية إلى الشواطئ بحيث سجلت ذات المصالح في هذا الشأن و منذ بداية السنة الجارية أكثر من 200 قضية تورط فيها أكثر من 146 شخصا و أودع 99 منهم الحبس بمختلف مراكز التربية.كما حجزت خلالها مصالح الدرك الوطني 92 مركبة وضعت في الحظيرة إلى غاية صدور حكم قضائي بشأنها و 570 متر مكعب من الرمال،إضافة إلى رمال الوديان التي أضحت هي الأخرى مستهدفة من قبل المافيا حيث تم حجز 40 متر مكعب منها خاصة بوادي سيباو المتواجد ببلدية بغلية أقصى شرق ولاية بومرداس.)) وعند تفسير هذا الكلام نجد أنه في مدة 27 يوم تم قبض 570 متر مكب أي بمعدل 21.1 متر مكعب يوميا من هذا شواطئ فقط .

- خفض ثمن التكلفة:

نظرا لخصائص خرسانة الرمل يمكن خفض التكلفة عن طريق:

- اقتصاد في المادة .

- ربح في إنتاجية الورشة و زيادة في الفاعلية و سرعة الإنتاج.

- خفض التكلفة الاجتماعية للإنجاز عن طريق تسهيل العمل.

وبفضل الخصائص السالفة الذكر التي تتميز بها خرسانة الرمل فقد استعملت في العديد من المنشاءات المختلفة:

- العمارات :

يمكن استعمال خرسانة الرمل في إنشاء العمارات نظرا لتشغيليتها السهلة ومنظرها الجمالي الجيد.

- الطرقات :

ظهر أول استعمال لخرسانة الرمل في الطرقات في بداية التسعينات من القرن الماضي في الجنوب الفرنسي، وذلك باستعمالهم للرمل المحلي لخفض التكلفة.

- الترميم:

الخلاصة :

من خلال هذا المحور نستطيع أن نستخلص ما يلي :

1- ان استعمال خرسانة الرمل والخرسانة في مجال الإنشاء قديم جدا .
2- أن النسبة **G/S** والنسبة E/C لهما تأثير كبير ومباشر على خصائص الخرسانة .
3- خرسانة الرمل لها مزايا تؤهلها أن تكون بديل ممتاز للخرسانة العادية .

الفصل الثاني :
خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

الفصل الثاني خصائص المواد المستعمل وصياغة خرسانة الرمل

1.II مدخل:

إن الخرسانة هي مركب مكون من عدة مواد (رمل، حصى، إسمنت، ماء، محسنات ...الخ)

ونظرا لعدم وجود صيغ عالمية موحدة، فإن خرسانة الرمل هي محل أبحاث ودراسات يهدف مجملها إلى جعل هذه الأخيرة مادة صناعية عالمية.

2.II خصائص المواد المستعملة:

ارتأينا في هذه الدراسة استعمال الرمل الطبيعي (رمل الوديان) الموجود بواد الرتم بمنطقة المرارة و رمل المحاجر لمنطقة حاسي مسعود والاسمنت CPA لافارج (حمام الضلعة المسيلة) وذلك من أجل الحصول على صيغة لاستعمال الرمل الطبيعي ورمل المحاجر

2.1.II الرمل:

نحصل عليه نتيجة تفتت الصخور الطبيعية بفعل الرياح وجريان الماء كما يمكن أن نتحصل عليه اصطناعيا بسحق خبث الأفران العالية ولتحضير الخرسانة يستعمل الرمل الطبيعي ورمل المحاجر واللذان يجب أن يكونا خاليين من المواد المتفاعلة مثل الأملاح والأحماض والمواد القلوية وكذلك الشوائب الغضارية والعضوية حيث يجب ألا تزيد هذه النسبة عن 3% للرمل الطبيعي و 5 % للرمل المنتج عن السحق (3).

وهو معرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد NFP18-301، (NFP18- 101) **[50]** كل أنواع الرمل يمكن استعمالها في خرسانة الرمل بشرط واحد من شأنه أن يقيد هذا الاستعمال ألا وهو النقاوة (la propreté)

- في هذه الدراسة سنتناول الرمل الطبيعي لواد الرتم بمنطقة المرارة ورمل المحاجر لمنطقة حاسي مسعود.

وسنعرض بعض نتائج التجارب المجرات بين كلا النوعين.

2.1.1.II التحليل الكيميائي:

أجريت التجارب المخبرية بمخبر (LEC Géosciences) بورقلة

الجدول يبين النسب المئوية للمكونات الكيميائية في كلا الرمليين

الجدول 1.IIالنسب المئوية للمكونات الكيميائية للرمل الطبيعي ورمل المحاجر

النسب المئوية للمكونات	رمل المحاجر	الرمل الطبيعي
% Insolubles (Silice+Silicates)	37.41	82.49
% Sulfates ($CaSO4\text{-}2H_2O$)	3.87	1.142
% Anhydride Carbonique SO^{-2}_3	0.72	0.213
% Carbonates ($CaCO_3$)	74	14
%Ct	0.0198	0.096
% Chlorures(NaCL)	0.325	0.158

2.1.2.II الكتلة الحجمية:

الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة، وهي معرفة بالقواعد [50] NFP 18-301.

- الكتلة الحجمية الظاهرية: ((Masse volumique apparente

هي النسبة بين وزن العينة الكلي على الحجم الكلي وتعطى بالعلاقة:

$$\rho_{app} = \frac{M_T}{V_T} \quad \text{.....(2.1)}$$

ρ_{app} : الكتلة الحجمية الظاهرية .

M_T : وزن العينة الكلي.

V_T : حجم العينة الكلي .

- الكتلة الحجمية المطلقة: (Masse volumique absolue)

وهي النسبة بين وزن الحبيبات الصلبة على حجم الحبيبات الصلبة وتعطى بالعلاقة:

$$\rho_{ab} = \frac{M_S}{V_S} \quad \text{.....(2.2)}$$

ρ_{ab} : الكتلة الحجمية المطلقة .

M_s : وزن الحبيبات الصلبة.

V_s : حجم الحبيبات الصلبة.

و الجدول الموالي يعرض النتائج المتحصل عليها :

الجدول 2.II الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة

العينة	النوع	**الكتلة الحجمية الظاهرية**(Kg/m^3)	**الكتلة الحجمية المطلقة**(Kg/m^3)
1	100% الرمل الطبيعي	1688	2500
2	100% الرمل المحاجر	1500	2460
3	80% الرمل الطبيعي+20% الرمل المحاجر	1655	2492
4	60% الرمل الطبيعي+40% الرمل المحاجر	1614	2484
5	50% الرمل الطبيعي+50% الرمل المحاجر	1588	2480
6	40% الرمل الطبيعي+60% الرمل المحاجر	1567	2476
7	20% الرمل الطبيعي+80% الرمل المحاجر	1537	2468

2.1.3.II معامل امتصاص الماء:(coefficient absorption d'eau):

يعرف بواسطة القاعدة NFP 18-555(27) , هذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في الحبيبات و هي تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب للعينة على الوزن الجاف وتعطى بالعلاقة(28) :

$$A_b = \left(\frac{M_a - M_s}{M_s} \right) \times 100 \quad \text{.....(2.3)}$$

A_b : معامل امتصاص الماء (%) .

M_a: كتلة العينة قبل التجفيف .

M_s : كتلة العينة بعد التجفيف وقبل الوصول الى 105°

وكانت النتائج كما يلي :

و الجدولII.3يبين النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b.

الجدول II.3يبين النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b

نوع الرمل	معامل امتصاص الماء A_b (%)
رمل الطبيعي	0.08
رمل المحاجر	0.751

نلاحظ ان قدرة امتصاص حبيبات الرمل للماء جد ضعيفة وهي تقريبا مهملة إذن يمكننا القول إن هذا الأنواع من الرمل مقبولة

2.1.4.II المكافئ الرملي:(Equivalent de sable):

يعرف بواسطة القاعدة NFP 18-598, الهدف منه هو تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوة وصلاحية استعماله في الخرسانة والملاط.

مبدأ التجربة:

يتضمن هذا الاختبار:

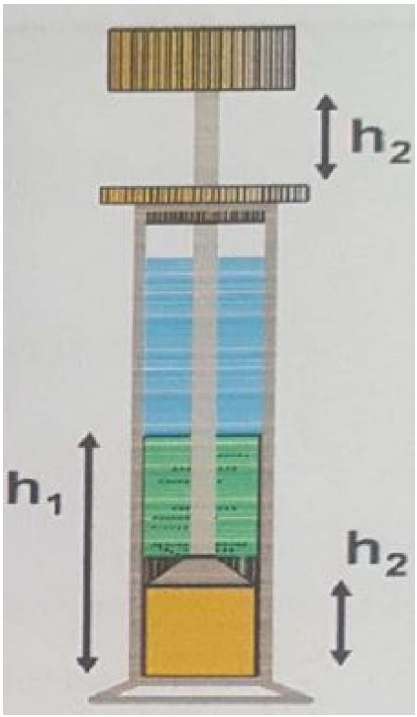
- غمس وزن محدد من الرمل في محلول flocculant.
- بعدها نقوم بالإثارة والرج بواسطة الجهاز لمدة 30 ث.
- نقوم بتسوية العينة ثم نتركها لمدة 20 دقيقة .
- ثم نقيس ارتفاعات الرواسب .

*طبقة سفلى تمثل الرمل الصافي ارتفاعها (H1) .

* طبقة علية تمثل الرمل مع الشوائب ارتفاعها (H2) .

المكافئ الرملي يعطى عن طريق :

$$Es = \left(\frac{H_1}{H_2}\right) \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.4)$$



الصورة II-1 جهاز قياس المكافئ الرملي

بعد القيام بالتجارب وجدنا النتائج المدونة في الجدول التالي :

الجدول 4.II النسب المئوية للمكافئ الرملي ES

تركيبة الرمل	المكافئ الرمليES (%)
رمل طبيعي (SA)	% 83
رمل المحاجر(SC)	% 98

كل الاختبارات أعطت معامل ES> 80 ومع ذلك ، نلاحظ الغياب شبه التام للدقائق الطينية (18)

2.1.5.II التدرج الحبيبي : (Analyze granulometries)

يقصد بتجربة التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض أي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون ذلك باستعمال التحليل بالغربلة بواسطة مجموعة من الغرابيل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا إلى الأعلى هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة تعرف هذه التجربة بواسطة المواصفات(27) NFP 18-560

سندرس سبع حالات من العينات ذات نسب مختلفة من كلا النوعين من الرمل الطبيعي المأخوذ من منطقة المرارة ورمل المحاجر المأخوذ من منطقة حاسي مسعود.

- العينة الأولى:100% الرمل الطبيعي
- العينة الثانية:100%الرمل المحاجر
- العينة الثالثة: 60 %الرمل الطبيعي+40% الرمل المحاجر
- العينة الرابعة: 50 % الرمل الطبيعي+50% الرمل المحاجر
- العينة الخامسة:40%الرمل الطبيعي+60% الرمل المحاجر
- العينة السادسة:20%الرمل الطبيعي+80% الرمل المحاجر
- العينة السابعة:80%الرمل الطبيعي+20% الرمل المحاجر

ان القاعدة تنص على أن الوزن الأصغري المستعمل في العينة يكون يحقق العلاقة التالية (29) :

$$M \geq 0.2\ D_{max} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.5)$$

حيث :

M : وزن العينة ب كغ

Dmax : القطر ألأعظمي للحبيبات مأخوذ ب ملم .

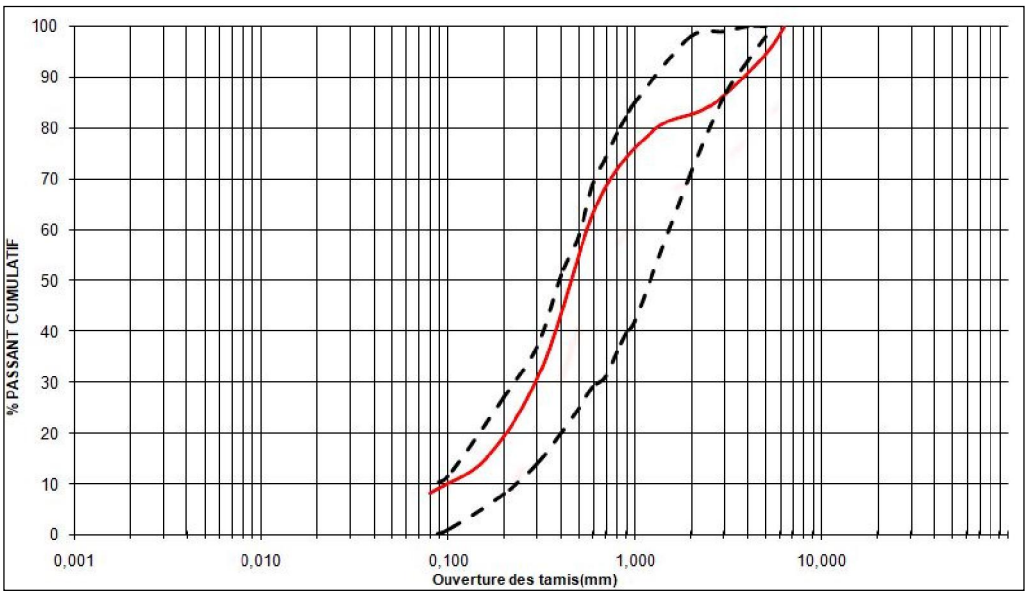
استعملنا في هذه التجربة 1كغ من الرمل إذ هي القيمة العملية (29)فكانت النتائج كما يلي:

الجدول أدناه يوضح بعض النتائج المتوسطة للعينات:

- العينة الأولى: 100% رمل طبيعي.

الجدول 5.II نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الاولى : 100% رمل طبيعي

فتحات الغربال ب (mm)	العالق(g)	العالق المجمع (g)	نسبة العالق المجمع Rc (%)	المار المجمع T(%)
6.3	0,00	0,00	0,00	100,00
5	54,55	54,55	5,46	94,55
2.5	101,73	156,28	15,63	84,37
1.25	47,67	203,95	20,40	79,61
0.63	141,84	345,79	34,58	65,42
0.315	326,72	672,51	67,25	32,75
0.16	174,13	846,64	84,66	15,34
0.08	69,36	916,00	91,60	8,40

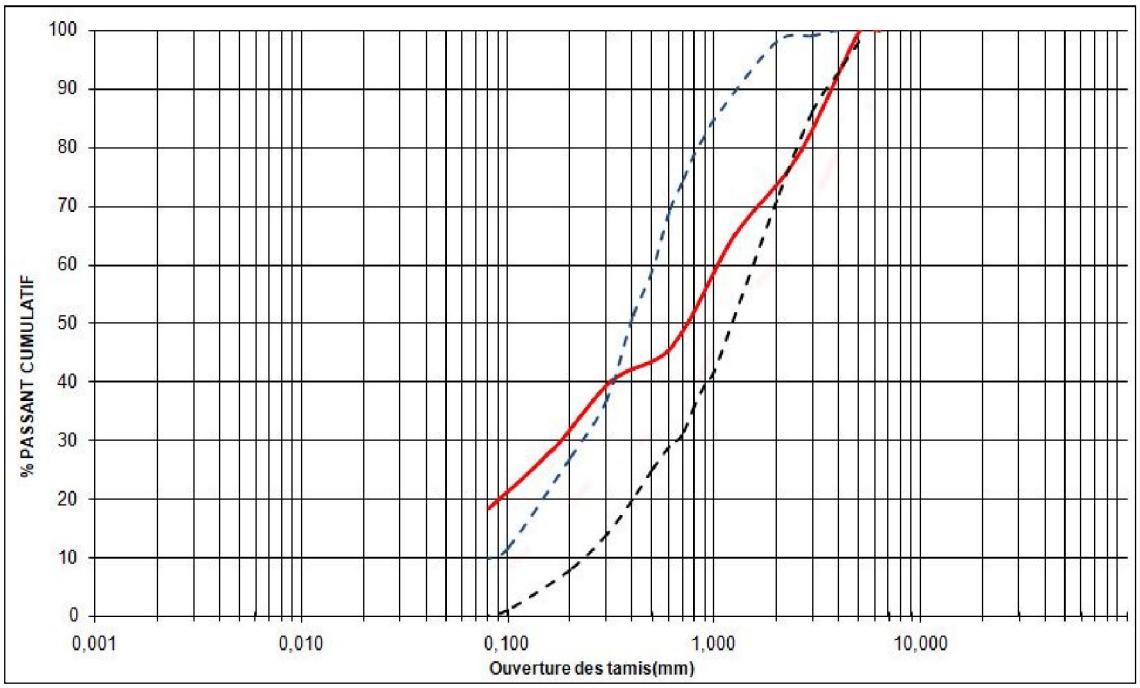


الشكل1.IIمنحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الاولى : 100% رمل طبيعي

- العينة الثانية : 100% رمل المحاجر .

الجدول6.IIنتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية : 100% رمل المحاجر

فتحات الغربال ب (mm)	العالق(g)	العالق المجمع (g)	نسبة العالق المجمع Rc (%)	المار المجمع T(%)
6.3	0,00	0,00	0,00	100,00
5	0.14	0.14	0.01	99.99
2.5	215.35	215.49	21.55	78.45
1.25	133.98	349.47	34.95	65.05
0.63	186.26	535.73	53.57	46.43
0.315	60.52	596.25	59.63	40.38
0.16	122.39	718.64	71.86	28.14
0.08	96.68	815.32	81.53	18.47

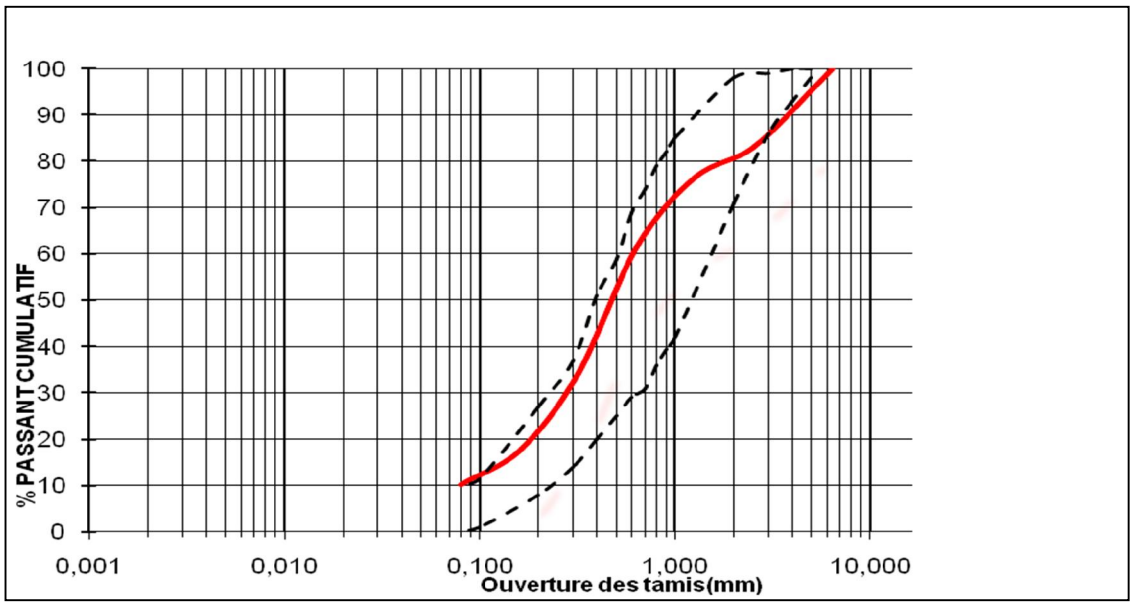


الشكل 2.IIمنحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية : 100% رمل المحاجر

العينة الثالثة :80% رمل طبيعي +20% رمل المحاجر .

الجدولII.7نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة: 80% رمل طبيعي +20% رمل المحاجر

فتحات الغربال ب (mm)	العالق(g)	العالق المجمع (g)	نسبة العالق المجمع Rc (%)	المار المجمع T(%)
6.3	0,00	0,00	0,00	100,00
5	43.67	43.67	4.37	95.63
2.5	124.45	168.12	16.81	83.19
1.25	64.93	233.05	23.31	76.69
0.63	150.72	383.78	38.38	61.62
0.315	273.48	657.26	65.73	34.27
0.16	163.78	821.04	82.10	17.90
0.08	74.82	895.86	89.59	10.41

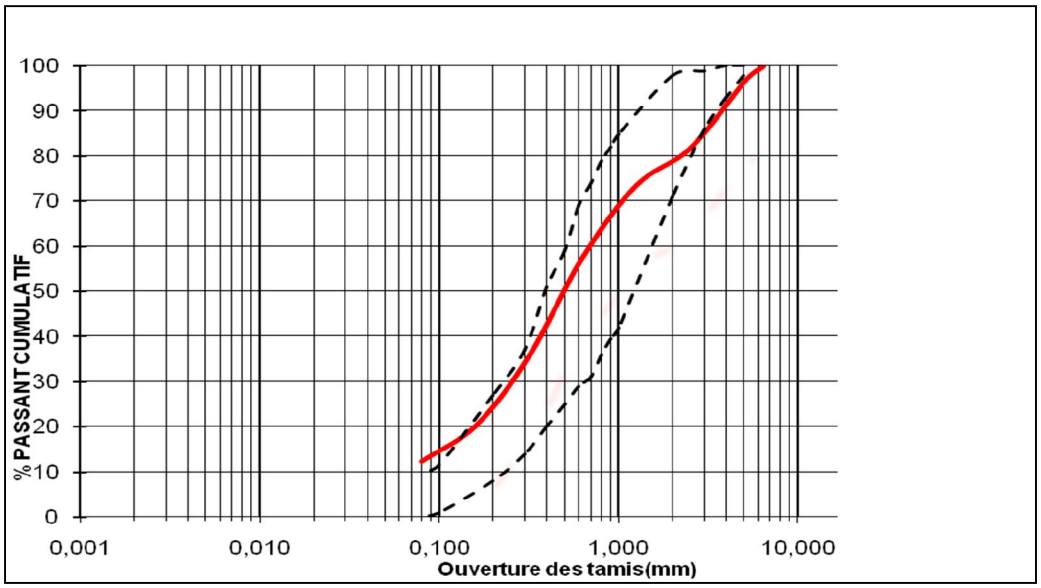


الشكل II.3منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة: 80% رمل طبيعي +20% رمل المحاجر

ـ العينة الرابعة : 60% رمل طبيعي +40% رمل المحاجر

الجدول8.IIنتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة:60% رمل طبيعي +40% رمل المحاجر

فتحات الغربال ب (mm)	العالق(g)	العالق المجمع (g)	نسبة العالق المجمع Rc (%)	المار المجمع T(%)
6.3	0,00	0,00	0,00	100,00
5	32,79	32,79	3,28	96,72
2.5	147,18	179,96	18,00	82,00
1.25	82,19	262,16	26,22	73,78
0.63	159,61	421,77	42,18	57,82
0.315	220,24	642,01	64,20	35,80
0.16	153,43	795,44	79,54	20,46
0.08	80,29	875,73	87,57	12,43

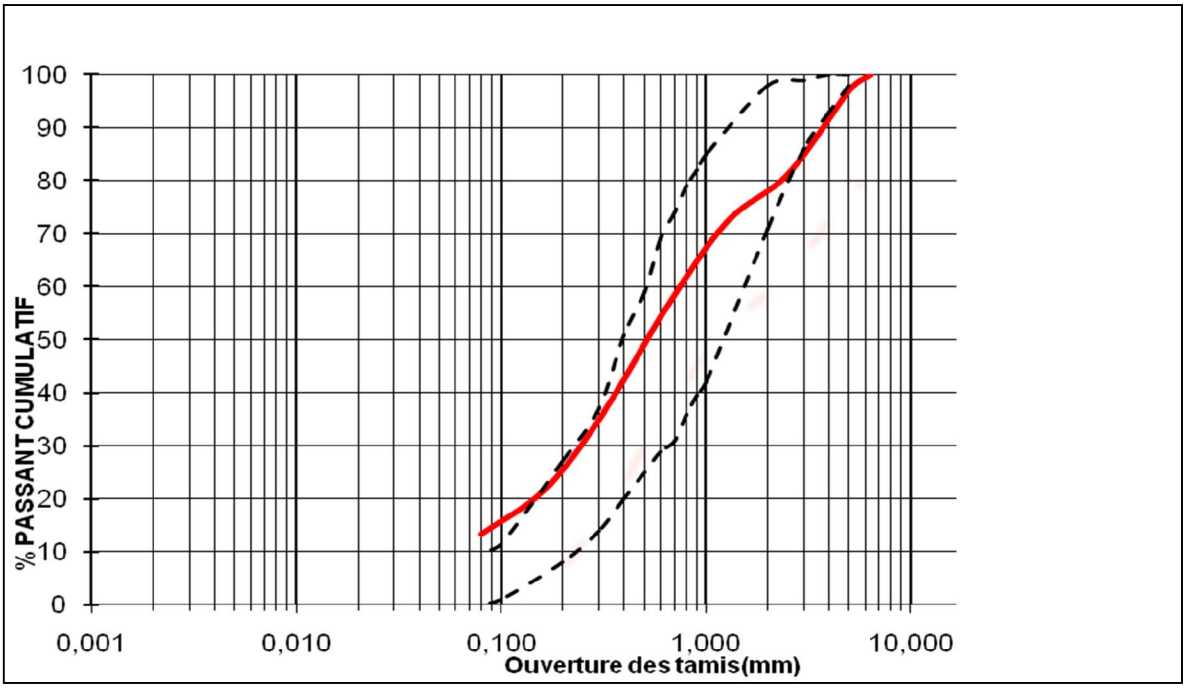


الشكل 4.IIمنحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة: 60% رمل طبيعي +40% رمل المحاجر

ـ العينة الخامسة: 50% رمل طبيعي +50% رمل المحاجر.

الجدول9.IIنتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الخامسة: 50% رمل طبيعي +50% رمل المحاجر

المار المجمع T(%)	نسبة العالق المجمع Rc (%)	العالق المجمع (g)	العالق(g)	فتحات الغربال ب (mm)
100,00	0,00	0,00	0,00	6.3
97,27	2,73	27,35	27,35	5
81,41	18,59	185,89	158,54	2.5
72,33	27,67	276,71	90,83	1.25
55,92	44,08	440,76	164,05	0.63
36,56	63,44	634,38	193,62	0.315
21,74	78,26	782,64	148,26	0.16
13,43	86,57	865,66	83,02	0.08

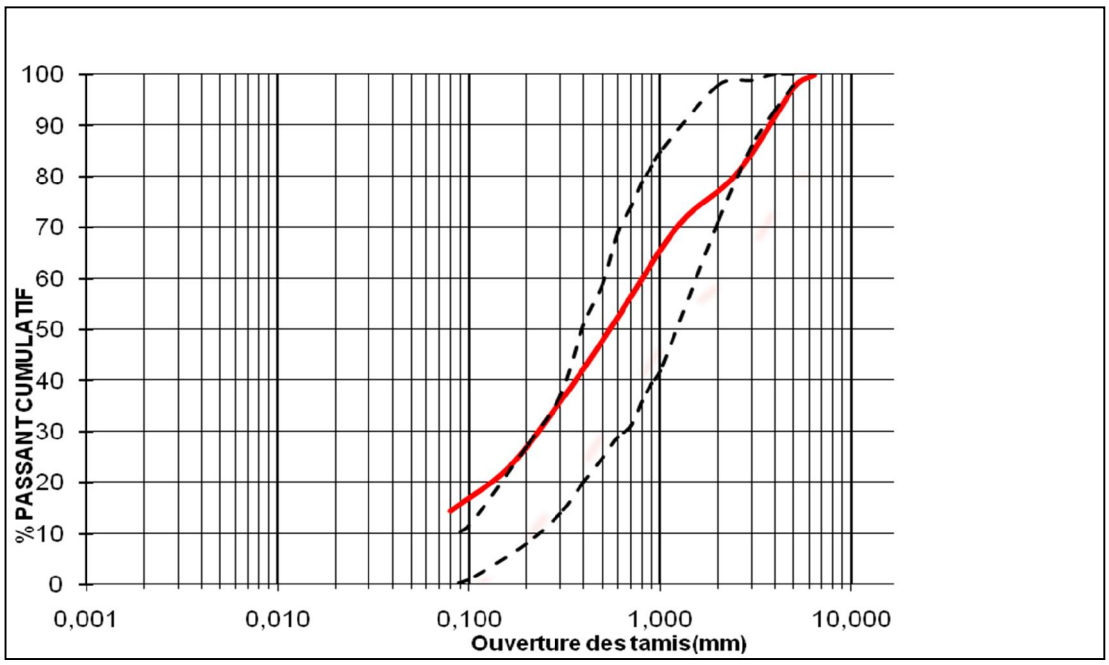


الشكل 5.IIمنحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الخامسة: 50% رمل طبيعي +50% رمل المحاجر

ـ العينة السادسة :40% رمل طبيعي +60% رمل المحاجر .

الجدول10.IIنتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة السادسة: 40% رمل طبيعي +60% رمل المحاجر

فتحات الغربال ب (mm)	العالق(g)	العالق المجمع (g)	نسبة العالق المجمع Rc (%)	المار المجمع T(%)
6.3	0,00	0,00	0,00	100,00
5	21,90	21,90	2,19	97,81
2.5	169,90	191,81	19,18	80,82
1.25	99,46	291,26	29,13	70,87
0.63	168,49	459,75	45,98	54,02
0.315	167,00	626,75	62,68	37,32
0.16	143,09	769,84	76,98	23,02
0.08	85,75	855,59	85,56	14,44

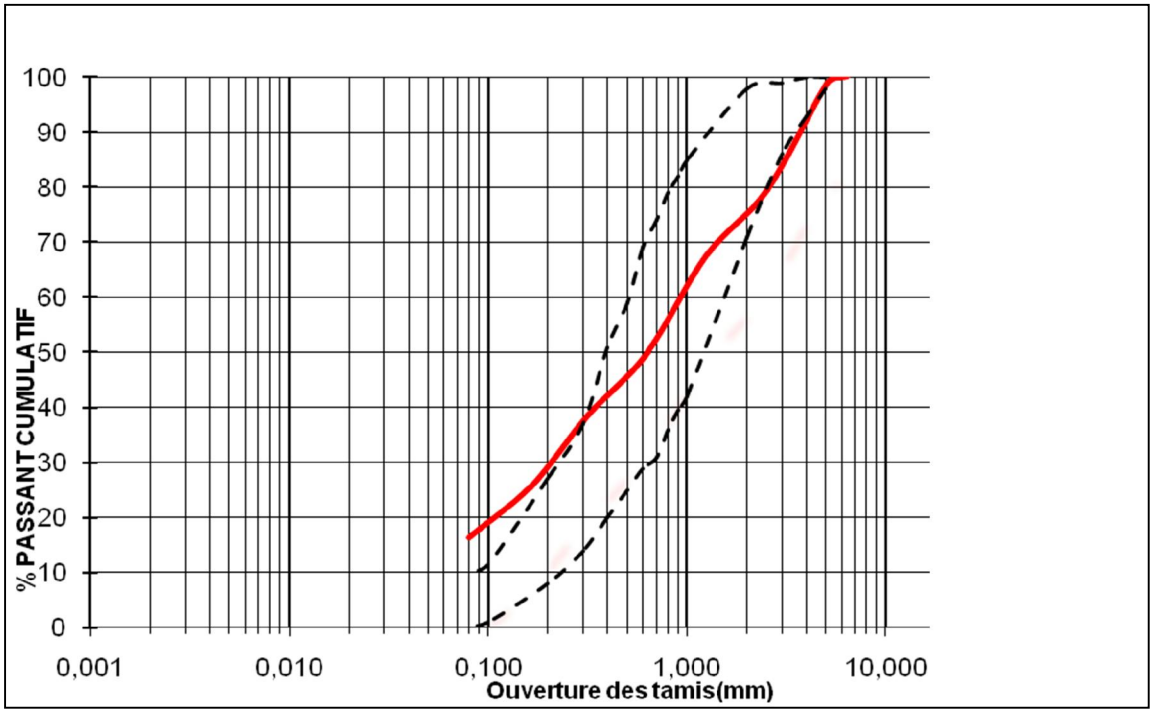


الشكل 6.IIمنحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة السادسة: 40% رمل طبيعي +60% رمل المحاجر

العينة السابعة: 40% رمل طبيعي +60% رمل المحاجر .

الجدول11.IIنتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة السابعة: 20% رمل طبيعي +80% رمل المحاجر

فتحات الغربال ب (mm)	العالق(g)	العالق المجمع (g)	نسبة العالق المجمع Rc (%)	المار المجمع T(%)
6.3	0,00	0,00	0,00	100,00
5	11,02	11,02	1,10	98,90
2.5	192,63	203,65	20,36	79,64
1.25	116,72	320,37	32,04	67,96
0.63	177,38	497,74	49,77	50,23
0.315	113,76	611,50	61,15	38,85
0.16	132,74	744,24	74,42	25,58
0.08	91,22	835,46	83,55	16,45



الشكل 7.IIمنحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة السابعة: 20% رمل طبيعي +80% رمل المحاجر

2.1.6.II معيار النعومة: (Module de finesse)

ويتم تقيمه بواسطة معيار يسمى المقياس، حيث يساوى مجموع النسب المئوية للمتبقي المجمع للمناخل القياسية الستة (0.16, 0.315, 0.63, 1.25, 2.5, 5) مقسوماً على 100.

ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام و هو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه، ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخراسانية ومن أجل الرمل نستطيع تعريف ثلاث مجالات لمعاير النعومة للرمل حيث (30):

- المجال A المفضل المستعمل في الخرسانة أو الملاط بين 2.2 – 2.8.
- المجال B رمل تميل حبيباته إلى الدقة بين 1.8 – 2.2.
- المجال C رمل تميل حبيباته إلى الخشونة بين 2.8 – 3.2.

$$Mf = \frac{\sum Rc}{100} \quad \text{.....(2.6)}$$

Rc: المتبقي المجمع ب (%) للغرابيل (0.16, 0.315, 0.63, 1.25, 2.5, 5)

إذا معيار النعومة لكل عينة وبعد الحساب هو:

الجدول 12.II معيار النعومة لكل عينة

العينة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة
معامل النعومة Mf	2.28	2.42	2.31	2.33	2.35	2.36	2.39

- بالنسبة للعينة الأولى التي تحتوي على نسبة رمل طبيعي 100% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 2.28 نستنتج أن هذا الرمل موجود في الحد الأدنى للمجال A الذي هو الرمل المفضل المستعمل في الخرسانة وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه نجده داخل المجال في معظمه ما عدا المجال 2.5-5، يمكن استعمال هذه الرمل للخرسانة ويستحسن القيام بتصحيح برمل له معامل نعومة اعلى وهو رمل المحاجر

- وأما بالنسبة للعينة الثانية التي تحتوي على نسبة رمل المحاجر 100% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 2.42 نستنتج أن هذا الرمل متوسط حيث أنه يدخل في المجال A لاكن عند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه نجده يدخل المجال في بعض النقاط ويكون خارج المجال في بعض النقاط الأخرى.

- وأما بالنسبة للعينة الثالثة التي تحتوي على نسبة رمل طبيعي 80% +رمل المحاجر 20% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 2.31 نستنتج أن هذا الرمل متوسط حيث أن هذه القيمة مقبولة لأنها تدخل في المجال A 2.2-2.8. وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي A مع المنحنى المتحصل عليه نجده داخل هذا المجال، وبالتالي يمكن استعمال هذه الرمل للخرسانة.

- بالنسبة للعينة الرابعة التي تحتوي على نسبة رمل طبيعي 60% + رمل المحاجر 40% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 2.33 نستنتج أن هذا الرمل متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول ، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي A مع المنحنى المتحصل عليه نجده داخل هذا المجال ، يمكن استعمال هذه الرمل للخرسانة

- بالنسبة للعينة الخامسة التي تحتوي على نسبة رمل طبيعي 50% + رمل المحاجر 50% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 2.35 نستنتج أن هذا الرمل متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول ، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي A مع المنحنى المتحصل عليه نجده داخل هذا المجال ، يمكن استعمال هذه الرمل للخرسانة

- بالنسبة للعينة السادسة التي تحتوي على نسبة رمل طبيعي 40% + المحاجر 60% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 2.36 نستنتج أن هذا الرمل متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول ، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي A مع المنحنى المتحصل عليه نجده داخل هذا المجال في معظمه، يمكن استعمال هذه الرمل للخرسانة

- بالنسبة للعينة السادسة التي تحتوي على نسبة رمل طبيعي 20% + المحاجر 80% ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 2.39 نستنتج أن هذا الرمل متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول ، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي A مع المنحنى المتحصل عليه نجده يدخل المجال في بعض النقاط ويكون خارج المجال في بعض النقاط الأخرى

2.2.II الاسمنت:

الإسمنت ciment رابط مائي ضروري مصنّع غير عضوي له خاصة التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة عند تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخلط بها، وبذلك يتشكل الملاط Mortier والخرسانة Béton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيراً مديداً. يعد الإسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيماوية القائمة على تمييه Hydronation سيليكات الكلسيوم و ألومينياته وكبريتاته التي يتركب منها. وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً «الإسمنت البرتلندي» (31)

الاسمنت المستعمل هو اسمنت من نوع CPJ CEM II / B 42.5N متواجد في السوق المحلي مصنوع من طرف شركة لافارج والمطابق للمعايير الجزائرية (NA442-2013) والمعايير الاوربية (EN 179-1)

نتائج التجارب المجرات على هذا النوع من الاسمنت بخصوص الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة معطاة مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت.

الكتلة الحجمية المطلقة : $\rho_{ab}=3034\ Kg/m^3$

الكتلة الحجمية الظاهرية : $\rho_{ab}=2120\ Kg/m^3$

وفيما يلي نتطرق الى بعض التحارب :

2.2.1.II المساحة السطحية للإسمنت : Surface spécifique

هي خاصية فيزيائية تحدد نعومة الاسمنت فبقدر ما يكون الاسمنت مطحون أكثر فبقدر ما تكون المساحة النوعية السطحية أكبر، وتعتبر النعومة من أهم الخواص التي توثر على العناصر التالية:

- نسبة التفاعل الكيميائي
- تطور المقاومة
- كمية الأسمنت الضرورية لتغليف مجمل حبيبات الركام (الرمل الحصى) لدعم الترابط بين كل الحبيبات.

ويقاس بالمقارنة مع اسمنت مرجعي محدد السطح الذي هو معروف. فهو يعرف حجم تمرير الهواء عبر مسحوق الاسمنت على مساحة من هذا المسحوق هو أكثر أهمية، والوقت الذي يستغرقه للهواء بالمرور عبر مسحوق طويلة. في الظروف القياسية، على مساحة محددة تتناسب مع $\sqrt{t}$. لاختبار ما يسمى ب "بلين"

السطح بلين (NFP 15-442) محددة تعطى بالمعادلة التالية:

$$SSB = \frac{k\sqrt{e^3}\sqrt{t}}{\rho(1-e)\sqrt{\eta}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.7)$$

t : زمن مرور الهواء عبر طبقة المسحوق بالثانية .

η : لزوجة الهواء عند درجة الحرارة المجرات فيها التجربة .

ρ : الكتلة الحجمية المطلقة ب g/cm^3 .

K : ثابت الجهاز .

e : النفاذية .

المساحـــة السطحيـــة للإسمنت المستعمل مقاســـه في مخبر مطحنـــــة الاسمنت أعطى $3859\ cm^2/g$

2.2.2.II زمن التصلب :

يتفاعل الاسمنت كيمائيا مع الماء ثم بعد مرور ساعة أو أكثر يبدا العجين في إظهار شيء من التماسك الأولي نعبر عنه بزمن بداية التصلب . هذا الوقت المنقضية بين بداية خلط الماء مع الاسمنت و بداية التصلب يسمى اصطلاحا زمن التصلب وهو مهم بالنسبة لعملية تشغيل الخرسانة (خلطها, تحميلها ,رفعها , ضخها ,وكذلك هزهـــا)

يختلف زمن التصلب على حسب نوعية الاسمنت ونعومته وكمية الماء ودرجة الحرارة ولذلك نقوم بتحديده على عجين قياسي معد حسب نسبة الماء المثالية و في درجة حرارة محددة بـ 20 درجة مئوية وباستعمال جهاز فيكا Vicat محمول بالإبرة بعد زمن بداية التصلب يتواصل التماسك حتى يصبح العجين عبارة عن كتلة واحدة هذا ما نسميه نهاية زمن التصلب (3).

ويكون عموما زمن التصلب أكثر من 90 دقيقة بالنسبة للإسمنت العادي في درجة حرارة 20 درجة مئوية. أما بالنسبة للاسمنت المستعمل في الدراسة فحسب البطاقة التقنية فإن :

الزمن الابتدائي للتصلب بالدقائق: 150±30

الزمن النهائي للتصلب بالدقائق: 230± 50

2.2.3.II الخصائص الكيمائية:

التحليل الكيميائي للإسمنت معطى مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت على حسب النسب المئوية المشكلة لهذه المادة النتائج معطاة في الجدول التالي:

الجدول 13.II التحليل الكميائي للاسمنت

العناصر	القيمة %
الكبريتات SO3	0.5±2.5
أوكسيد المغنيزيوم: MgO	0.5±1.7
الكلوريرNaCL	0.05-0.02
C3S	3±60
C3A	1±7.5

2.2.4.II مقاومة الضغط :

يُميَّز الإسمنت بمقاومته للضغط بعد يومين وبعد سبعة أيام وبعد ثمانية وعشرين يوماً من لحظة إعداد الخلطة، ويتم ذلك على مواد اختباريه من ملاط نظامي وعينات خراسانية ذات مواصفات خاصة تنص عليها المقاييس الدولية والحكومية وتتبع في ذلك طرائق اختبار فيزيائية وميكانيكية محددة

مقاومة الضغط بالميغا باسكال حسب البطاقة التقنية للإسمنت

- 02 يوم: ≤ 10.0
- 28 يوم: ≤ 42.5

2.2.5.II المعامل الهيدروليكي Indice d' hydraulicité :

المعامل الهيدروليكي أو معامل فيكا Vicat ،الذي يعرف بالنسبة او الكسر الحامض من مكونات الاسمنت على القاعدي منها .

$$I = \frac{SiO2 + Al2O3}{MgO + CaO} = 0.44 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.8)$$

الأسمنت المستخدم $I = 0.44 < 0.5$ إذن الاسمنت محايد. (31)

2.3.II الماء:

أهمية الماء:

1. الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيماوي بين الاسمنت والماء.
2. وهو ضروري أيضا لكي تمتصه الحبيبات المستعملة في الخرسانة.
3. يعطي الماء الخليط المؤلف من الركام الخشن والناعم والاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعده على التشغيل والتشكيل.
4. بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الحبيبات بنفس الكمية من الأسمنت.
5. إن الماء يعطي حجماً للخرسانة يتراوح ما بين 15-20 %.
6. يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر.
7. إن الماء ضروري لعمليات إيناع الخرسانة أثناء تصلبها.

النسبة المائية الإسمنتية E/C:

هي النسبة بين وزن الماء الحر المخصص للتفاعل (عدا عن الماء الذي تمتصه الحبيبات) إلى وزن الأسمنت في الخلطة. ولضبط نسبة الماء في الخلطة أهمية بالغة وعليها تتوقف قوة الخلطة ومسميتها وانفصالها ومقدرتها على مقاومة العوامل الجوية من برودة وحرارة وتآكل حيث ان كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والتمييع والمسامية وقلة الدوام والاهتراء وقلة التماسك والضعف والتقشر والانكماش والتشقق (3).

2.3.1.II خواص الماء المستعمل في الخرسانة:

1. يكون الماء المستعمل في خلط ومعالجة الخرسانة خاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة وخلافها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر والمتانة.

2. يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحا لخلط الخرسانة وإيناعها.

3. يسمح باستعمال الماء غير الصالح للشرب في حالة عدم توفر الماء الصالح لشرب على أن لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات.

4. يحظر استعمال الماء غير الصالح للشرب في خلط الخرسانة إلا بعد أن يثبت مخبريا بأن مقاومة مكعبات الملاط (Mortier) الذي جرى خلطه بالماء غير الصالح للشرب تساوي على الأقل (90) % من مقاومة نظيراتها والتي

جرى تحضيرها باستعمال ماء صالح للشرب وذلك عند عمر (14) أيام و (28) يوم وحسب المواصفات التقنية اللازمة .

5. يجرى تصميم الخلطة الخراسانية في المختبر باستعمال نفس الماء غير الصالح للشرب والذي سيجرى استخدامه في الخلطات الخراسانية بالموقع (32).

2.3.2.II التركيبة الكيمائية للماء المستعمل بـــــ (mg/l) :

الجدول 14.II التركيبة الكيمائية للماء المستعمل

الملوحة	PH	$HCO3^-$	$SO4^{--}$	$NO3^-$	Cl^-	Na^+	K^+	Mg^{++}	Ca^{++}
2799	7.30	73	350	17.36	494	200	28	86	195

2.4.II الملدن: قصد التحكم في النسبة E/C والحصول على خرسانة ذات تشغيلية عالية استعملنا في هاته الدراسة ملدن MEDAFLOW 30 (super plastifiant haut réducteur d'eau) سائل من شركة قرانيتكس

التركيز الموصي به حسب البطاقة التقنية للمنتج من 0.5-2.0 %من وزن الاسمنت أي من 0.46 الى 1.85 لتر لأجل 100 كغ من الاسمنت

خصائص المنتج:

- الشكل: سائل بلون بني فاتح
- درجة الحموضة: PH من 6الى 6.5
- الكثافة : 1.07±0.01 kg/l
- نسبة الكلور: اقل من 0.1g/l

3.II صياغة خرسانة الرمل

من أجل الحصول على تركيبة لخرسانة الرمل العادية، نأخذ تركيز من الاسمنت والرمل كما هو منصوص عليه في الملاط النظامي أي نأخذ مقدار من الاسمنت وثلاث مقادير من الرمل, أما نسبة الماء فتحدد بواسطة تجربة التشغيلية. التي تجرى بالجهاز Table a chocs الخاص بها من أجل الحصول على ملاط مرن كما و هو موصى به حسب المواصفات .

3.1.II تجربة التشغيلية:

قبل تصلب الخرسانة توضع في قوالب، عملية الوضع هذه يجب أن تكون سهلة لربح الوقت من ناحية ولتفادي التشوهات الناتجة عن الصب التي يصعب معالجتها لا حقا. ونقول أن الخرسانة أكثر تشغيلية إذا كانت عملية صبها في القوالب أكثر سهولة(33) .

لذا تهدف هذه التجربة لقياس مسافة تمدد الخرسانة أو الملاط ثم الاستدلال بهذه المسافة على نوعية الملاط ثم الحكم على التشغيلية ومن ثم تحديد نسبة الماء المناسبة للتشغيلية المقبولة إذ أن الخرسانة الطازجة تصنف حسب التشغيلية إلى أربعة أصناف: خرسانة صلبة، خرسانة مرنة، خرسانة مرنة جدا، خرسانة مائعة (18). وهي موصى به حسب NF EN 12350-5

الجهاز المستعمل:

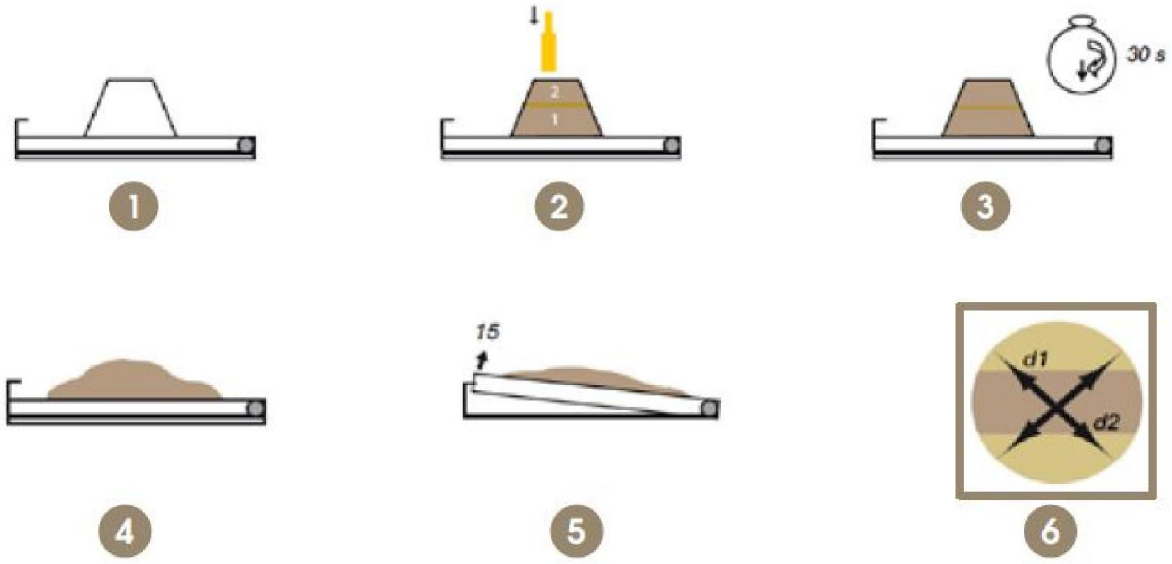
ويسمى الجهاز بالـ Table a chocs كما ذكرنا سابقا وكما هو موضح في الشكل (8.II) ، حيث يتكون من:

1-طاولة متحركة متكونة من جزئين الجزء العلوي عبارة عن صفيحة حديدية بقياس 700 ×700 مم بوزن 16 كغ توضع فوقها الخرسانة مثبته من جهة واحدة بواسطة لوالب تسمح لها بالتحرك عموديا حول محور التثبيت

والجزء السفلي عبارة عن قاعدة حديدية صلبة مثبت عليها الجزء العلوي

2-قمع حديدي سمكه أكبر من 1.5 مم بقياس:

- قطر القاعدة السفلية 200 مم
- قطر القاعدة العلوية 130 مم
- ارتفاع 200 مم



الشكل 8.II جهاز قياس التشغيلية Table a chocs

مبدأ التجربة:

تمر التجربة بعدة مواحل أهمها:

- خلط الخرسانة على حسب التركيبة المقترحة.
- توضع الطاولة على مستوي افقي يجب ان تكون نظيفة ورطبة ويوضع القمع بالمكان المحدد بدائرة على الطاولة -مرحلة1 في الصورة -
- يملا القمع على مرحلتين ويدك 10 مرات في كل مرحلة -مرحلة2 في الصورة-
- نمسح الطاولة جيدا من بقايا الخرسانة ونقوم بتسوية الخرسانة مع نهاية القمع ننتظر مدة 30 ثانية -مرحلة3 في الصورة-
- نزع القمع عموديا بحذر -مرحلة4 في الصورة-
- نقوم برفع الجزء المتحرك من الطاولة بارتفاع 40 مم ونتركها تسقط على القاعدة 15 مرة بتردد 2-5 ثانية لكل ضربة -مرحلة5 في الصورة-
- نقيس قطر التمدد الكبير d1 والقطر العمودي عليه d2 -مرحلة6 في الصورة-
- نقيس التمدد E = (d2+d2)/2

الجدول 15.II صنف الخرسانة بدلالة التمدد

صنف الخرسانة حسب التشغيلية	التمدد E مم L'étalement E mm
خرسانة صلبة	$E \leq 340$
خرسانة مرنة	350 - 410
خرسانة رخوة	420 - 480
خرسانة رخوة جدا	490 - 550
مائعة	560 - 620
مائعة جدا	630 - 700

وبعد إجراء التجربة تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول 16.II نتائج تجربة التشغيلية

التركيبة	E/C	الملدن%	E= (D1+D2)/2
100%SA	0.5	1.20	410
100%SC	0.5	1.50	355
80%SA+20%SC	0.5	1.20	400
60%SA+40%SC	0.5	1.20	390
50%SA+50%SC	0.5	1.20	380
40%SA+60%SC	0.5	1.40	360
20%SA+80%SC	0.5	1.50	380

إذن كل الخرسانة من النوع المرن

ملاحظة: لقد قمنا في هاته الدراسة بتثبيت E/C عند 0.5 وقمنا بإضافة الملدن بنسبة من وزن الاسمنت حسب تركيبة الخرسانة حتى الحصول على خرسانة مرنة

وعليه فان التركيبة للخرسانة تؤخذ كما يلي:

الجدول II.17 تركيبة خرسانة الرمل

التركيبة	الرمل	الاسمنت	E/C	الملدن%
100%SA	ثلاث اجزاء	جزء واحد	0.5	1.20
100%SC	ثلاث اجزاء	جزء واحد	0.5	1.50
80%SA+20%SC	ثلاث اجزاء	جزء واحد	0.5	1.20
60%SA+40%SC	ثلاث اجزاء	جزء واحد	0.5	1.20
50%SA+50%SC	ثلاث اجزاء	جزء واحد	0.5	1.20
40%SA+60%SC	ثلاث اجزاء	جزء واحد	0.5	1.40
20%SA+80%SC	ثلاث اجزاء	جزء واحد	0.5	1.50

5.4. تحضير وشكل العينة :

بعد الحصول على الصياغة المثل لخرسانة رمل الكثبان المدعمة بالألياف المعدنية قمنا بالتحضير لعملية الخلط والصب للعينات اللازم دراستها حيث كانت بالأبعاد التالية (40×40×160ملم) أما العجينة فتم خلطها باليد وتم تخضير هذا الخليط بالطريقة التالية :

- تم خلط الرمل (S) لوحده لمدة 30 ثانية .
- إدخال الاسمنت (C) ثم الخلط لمدة 60 ثانية .
- إضافة الماء تدرجيا أثناء الخلط للمجموعة (S+C+ E) ثم الخلط لمدة 4 دقائق
- إضافة الملدن تدرجيا مع الاستمرار في الخلط حتى الحصول على خرسانة لدنة بعد اجراء تجربة التشغيلية

الخلاصة :

نستخلص من هذا الفصل ما يلي :

-من خلال التجارب التي تم إنجازها على الرمل الطبيعي نستنتج انه رمل متوسط النعومة ويمكن استعماله في الخرسانة لوحده

-رمل المحاجر لمنطقة حاسي مسعود اعط معامل نعومة جيد ويمكن استعماله في مجال الخرسانة

-عند إضافة رمل المحاجر الى الرمل الطبيعي تحسن معامل النعومة.

- رمل المحاجر والرمل الطبيعي رمل نقي ويمكن استعماله في الخرسانة.

-الاسمنت المستعمل مجلوب من منطقة المسيلة وهو اسمنت بورتلاندي عادي من نوع CPJ 42.5

-الماء المستعمل هو الماء الصالح للشرب من حنفية معهد التكوين المهني بالوادي

-قصد التحكم في النسبة E/C والحصول على خرسانة ذات تشغيلية عالية استعملنا في هاته الدراسة ملدن MEDAFLOW 30 (super plastifiant haut réducteur d'eau) سائل من شركة قرانيتكس

- تركيبة خرسانة الرمل العادية، نأخذ تركيز من الاسمنت والرمل كما هو منصوص عليه في الملاط النظامي أي نأخذ مقدار من الاسمنت وثلاث مقادير من الرمل، أما نسبة الماء فحددت من خلال تجربة التشغيلية بمقدار E/C مساوي ل 0.5.

الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

الفصل الثالث مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

1.III مدخل :

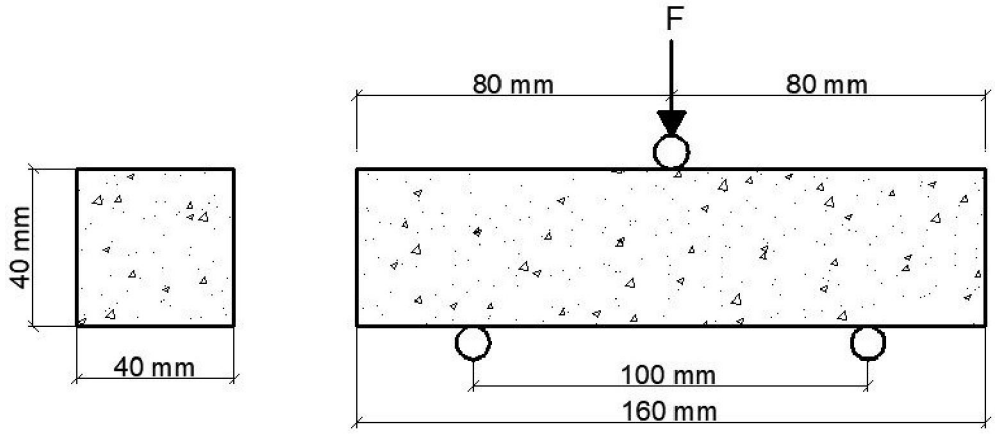
تعد الخصائص الميكانيكية للمادة ما أهم الخصائص التي تميز ها عن الكثير من المواد و عن مثيلاتها من المركبات وبعد تعريف خرسانة الرمل المدعمة وإعطاء نبذة عن تاريخها وخصائصها ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترح في الدراسة. ففي هذا الفصل سنتطرق الى الخصائص الميكانيكية لخرسانة الرمل وبالتحديد إلى مقاومة الضغط ومقاومة الشد في الأيام 14 و 28 و 90

2.III طرق التجارب:

2.1.III تجربة التحطيم بالانحناء:

تتم تجربة الانحناء على عينات لها مقطع مربع 4×4 سم و طول 16 سم , البعد بين المسندين 10 سم كما يتم تنفيذ هذه العملية بواسطة آلة الانحناء بثلاث نقاط، الآلة مزودة بمسندين أسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما العينة ومسند علوي اسطواني كذلك مطبق وسطهما متحرك بواسطة محرك الآلة ليطبق القوة على العينة و تقرأ الحمولة مباشرة من الآلة .

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1 و الشكل (**1-III**) هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء.



الشكل 1.III يوضح ألية التحطيم بالانحناء

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من خرسانة الرمل أو الملاط ذات أبعاد (40×40×160ملم) , قدرت هذه الآلة على التحطيم تصل الى 10KN إذ تطبق تقريبا 1.27 KN/min.

مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية :

$$Rt = \frac{150.F_f.l}{b^3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.1)$$

Rt : مقاومة الانحناء ب (MPa)

F_f : قوة تحطم العينة عند الانحناء (KN)

l : البعد بين المسندين ب (mm)

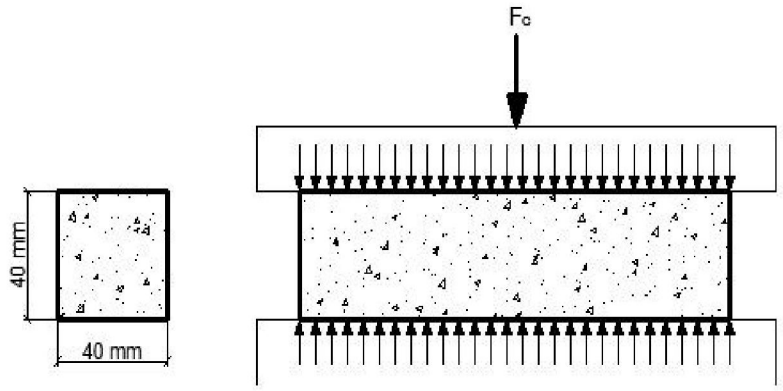
b : جزاء العينة الذي يساوي 40 mm

L : طول العينة الكلي .

2.2.IIIتجربة التحطيم بواسطة الضغط:

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1 . وتكون بواسطة جهاز ضغط المواد الصلبة وتكون على عينات 40x40x160mm توضع هذه العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين كما هو موضح في الشكل **2.III** .

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم من نوع U-test قدرة هذه الآلة على الضغط تصل الى 120 kN وبواسطة سرعة إنتقال منتظمة وتقرأ مباشرة قوة الضغط بـ KN واجهاد الضغط ب MPA



الشكل 2.III يوضح الية التحطيم بالضغط

2.3.IIIتجربة امتصاص الماء (الخاصية الشعرية)

تجربة امتصاص الماء بواسطة الخاصية الشعرية تحد مدى قدرة امتصاص الماء من طرف الخرسانة وذالك بقياس كتلة الماء التي يتم امتصاصها من الخرسانة.

يتم تنفيذ التجربة بناءا على توصيات l'AFPC-AFREM على عينات خرسانة الرمل، و هي من اهم مميزات الخرسانة بصفة عامة، التي تدلل على مدى كتامة المادة من عدمها، وتستطيع القول انها تعطي لمحة عن الفراغات والمسامات داخل الجسم الخرساني، حيث ان امتصاص الخرسانة للماء قد يؤدي لحدوث عدد من المشاكل داخل الجسم الخرساني، منها المساعدة على دخول المواد الضارة

خطوات التجربة

- وزن العينات وهي جافة
- توضع على مسندين وتغمر في الماء بقدر 2 mm ويبقى الجزء العلوي في الهواء
- يقاس الوزن بعد مرور: 6د ،12د، 30د،1سا، 4سا، 8سا، 24سا ،24سا ،48سا

يحسب معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن بالعلاقة:

$$Ac\% = \frac{(Msat - Msec)}{Msec} \times 100$$

AC: معامل الامتصاص

Msat : كتلة العينة بعد الامتصاص

Msec : كتلة العينة الجافة

ويحسب معامل الامتصاص المتعلق الزمن ومساحة العينة بالعلاقة:

$$Ca\% = \frac{(Msat - Msec)}{A}$$

Ca : معامل الامتصاص (Kg/m2)

Msat : كتلة العينة بعد الامتصاص Kg

Msec : كتلة العينة الجافة Kg

2.4.III تجربة الموجات فوق الصوتية Auscultation sonique

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة NF EN 12504-4 وتهدف الى التعرف على بعض خصائص الخرسانة المتصلبة دون اللجوء الى اجراء اخذ عينات ودون تحطيم.

تستعمل هذه الطريقة في مجال الخرسانة لاستنتاج الآتي:

-قيمة مقاومة الخرسانة للضغط .

-قياس معاير المرونة للخرسانة.

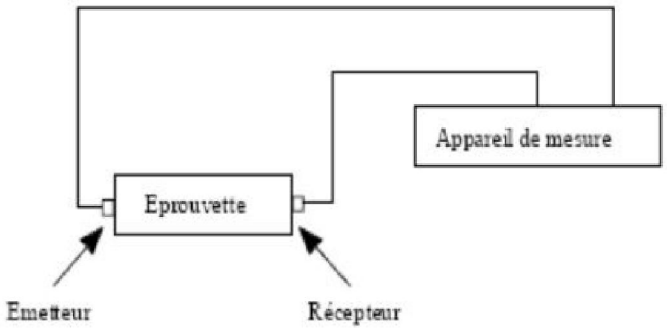
-مدى تجانس الخرسانة .

-اكتشاف الشروخ و الفجوات بالخرسانة.

-تحديد درجة تلف الخرسانة .

-قياس عمق طبقة الخرسانة.

-مراقبة تطور قيم مقاومة الخرسانة للضغط



الشكل 3.III قياس الموجات فوق الصوتية

مبدأ التجربة: في هذه الطريقة يتم إحداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية لتسرى خلال عينة الخرسانة و يتم تعيين زمن انتقالها حيث وجد أن سرعة النبضات خلال جسم صلب يعتمد على كثافة المادة المختبرة وخواص المرونة لها.

خطوات التجربة:

- يتم ضبط الجهاز مع جزء المعايرة المرفق مع الجهاز قبل بدء الاختبار على العينة.
- يتم قياس المسافة Lالتي تسيرها النبضات بدقة (أي طول السير).
- يوضع المرسل Emetteur والمستقبل Récepteur على العينة وأن يكون الاتصال تام بين سطحي المرسل والمستقبل وسطح العينة (يستخدم لهذا الغرض الشحم أوالفازلين أو الصابون السائل).
- عند وضع المرسل والمستقبل على العينة يستمر هذا الوضع حتى تثبت القراءة وإذا تأرجحت النتائج بين قراءتين يؤخذ المتوسط.
- تقرا من خلال الجهاز السرعة V بـ m/s والزمن المستغرق T بـ µs.

تصنيف الخرسانة حسب سرعة الصوت: الجدول 1.III يحدد تصنيف الخرسانة حسب سرعة الصوت

الجدول 1.III تصنيف الخرسانة حسب سرعة الصوت

نوعية الخرسانة	السرعة V بـــ m/s
خرسانة ذات مقاومة ضعيفة	$2500 \leq V < 3200$
خرسانة ذات مقاومة متوسطة	$3200 \leq V < 3700$
خرسانة ذات مقاومة عالية	$3700 \leq V < 4200$
خرسانة ذات مقاومة عالية جدا	$V \geq 4200$

3.III نتائج تجربة الامتصاص للعينات

الجدول 2.III نتائج تجربة الامتصاص للعينات

التركيبة	الوزن الاولى	الوزن بالغرام بعد الغمر في الماء عند:							
		6د	12د	30د	60د	240د	480د	1440د	2880د
100%SA	623.16	623.55	623.65	623.81	624.08	624.68	625.06	625.65	625.85
100%SC	578.85	579.5	579.61	579.57	579.87	580.61	581.23	581.86	582.17
80%SA+20%SC	538.96	539.41	539.50	539.62	539.9	540.56	540.97	541.54	541.80
60%SA+40%SC	573.90	574.4	574.50	574.58	574.9	575.55	575.9	576.60	576.91
50%SA+50%SC	569.85	570.37	570.47	570.53	570.82	571.49	571.99	572.60	572.85
40%SA+60%SC	574.71	575.24	575.37	575.41	575.81	576.21	577.01	577.53	577.81
20%SA+80%SC	602.93	603.53	603.68	603.65	603.99	604.62	605.27	605.78	606.11

حساب معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن لكل عينة

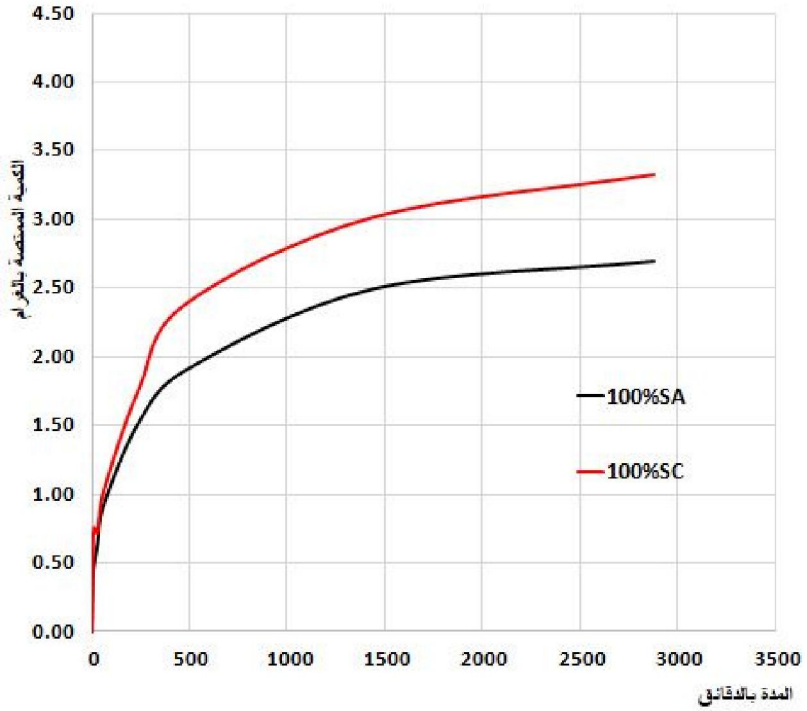
الجدول 3.III معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن

العينة	M_{sat} (g)	M_{sec}(g)	Ac%
100%SA	625.85	623.16	0.43
100%SC	582.17	578.85	0.57
80%SA+20%SC	541.8	538.96	0.53
60%SA+40%SC	576.91	573.9	0.52
50%SA+50%SC	572.85	569.85	0.53
40%SA+60%SC	577.81	574.71	0.54
20%SA+80%SC	606.11	602.93	0.53

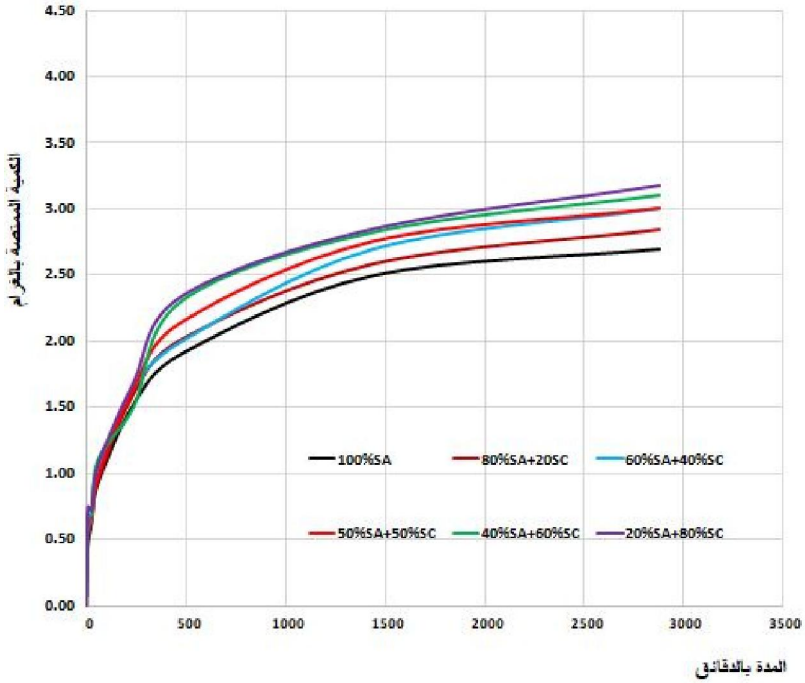
حساب معامل الامتصاص المتعلق الزمن ومساحة العينة لكل عينة

الجدول 4.III معامل الامتصاص المتعلق الزمن ومساحة العينة

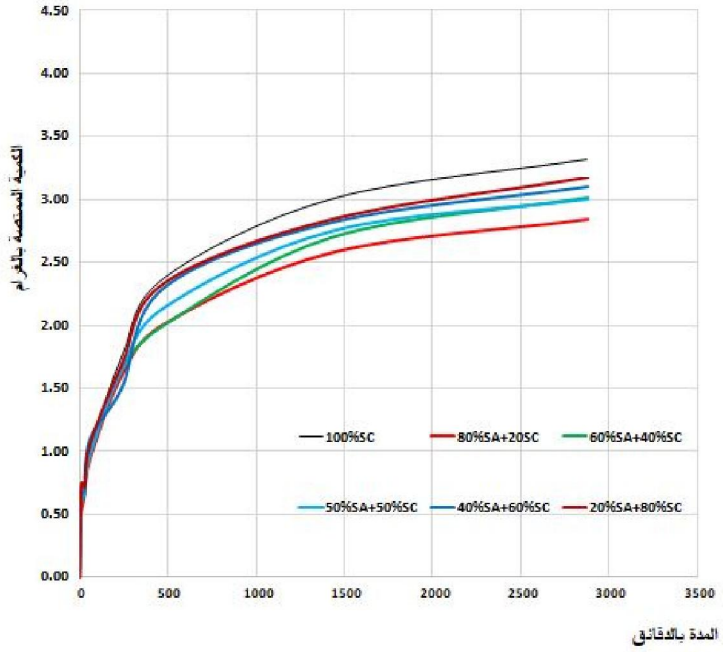
Ca(kg/m2)	مساحة المقطع A (m2)	M_{sec}(g)	M_{sat} (g)	العينة
1.68	0.0016	623.16	625.85	%100SA
2.08	0.0016	578.85	582.17	%100SC
1.78	0.0016	538.96	541.8	% 80SA+%20SC
1.88	0.0016	573.9	576.91	% 60SA+%40SC
1.88	0.0016	569.85	572.85	% 50SA+%50SC
1.94	0.0016	574.71	577.81	% 40SA+%60SC
1.99	0.0016	602.93	606.11	% 20SA+%80SC



الشكل 4.III منحنى الامتصاص للعينات %100SC %100SA



الشكل 5.III منحنى الامتصاص للعينات (SC +SA) بالنسب الموضحة مقارنة بالعينة 100%SA



الشكل 6.III منحنى الامتصاص للعينات (SC +SA) بالنسب الموضحة مقارنة بالعينة 100SC %

- من خلال منحنى الامتصاص للعينات 100SC% و 100SA% لا حضنا ان الكمية الممتصة لرمل المحاجر كانت اكبر من الكمية الممتصة للرمل الطبيعي(الشكل III.4).

- عند مقارنة كمية الامتصاص للعينة 100%SA والعينات (SC+SA) بنسب مختلفة لاحظنا ان الكمية الممتصة كانت اكبر للعينات (SC+SA) بمختلف النسب كلما زادت نسبة رمل المحاجر(الشكل III.5).

-وعلى العكس من دالك لاحظنا ان هاته النسبة تتناقص كلما زادت نسبة الرمل الطبيعي مقارنة برمل المحاجر (الشكل III.6).

3.1.IIIمناقشة نتائج تجربة الامتصاص

نسبة الامتصاص كانت أكبر بـنسبة 19% لعينات رمل المحاجر مقارنة بالرمل الطبيعي حيث ان الكمية الممتصة للعينة 100SC% كانت 3.32 غ والعينة 100SA% كانت 2.69غ لاحتواء رمل المحاجر على نسبة أكبر من الدقائق حيث يقل حجم شعيرات الامتصاص وبالتالي زيادة الضغط مما أدى الى زيادة الامتصاص.

تزاد نسبة الامتصاص بالقيم الموضحة بالجدول III.5 بزيادة نسبة رمل المحاجر في العينات وهذا راجع الى تزايد نسبة دقائق الرمل التي تؤدي الى تقليص حجم شعيرات الامتصاص وبالتالي يزداد الضغط وتزداد نسبة امتصاص الماء بنسب متفاوتة مقارنة بعينات الرمل الطبيعي

الجدول III.5 نسبة تزايد نسبة الامتصاص للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالعينة 100%SA

العينة	%80SA+%20SC	%60SA+%40SC	%50SA+%50SC	%40SA+%60SC	%20SA+%80SC
نسبة الزيادة	% 10.63	% 10.63	% 10.33	% 13.23	15.41%

وتتناقص نسبة امتصاص الماء كلما تناقصت نسبة رمل المحاجر في العينات بنسب متفاوتة مقارنة بعينات رمل المحاجر بالقيم الموضحة بالجدول III.6.

الجدول III.6 نسبة تزايد نسبة الامتصاص للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالعينة 100%SC

العينة	%80SA+%20SC	%60SA+%40SC	%50SA+%50SC	%40SA+%60SC	%20SA+%80SC
نسبة الزيادة	%15.41	%13.23	%10.33	%10.63	%10.63

4.III نتائج مقاومة الضغط البسيط للعينات:

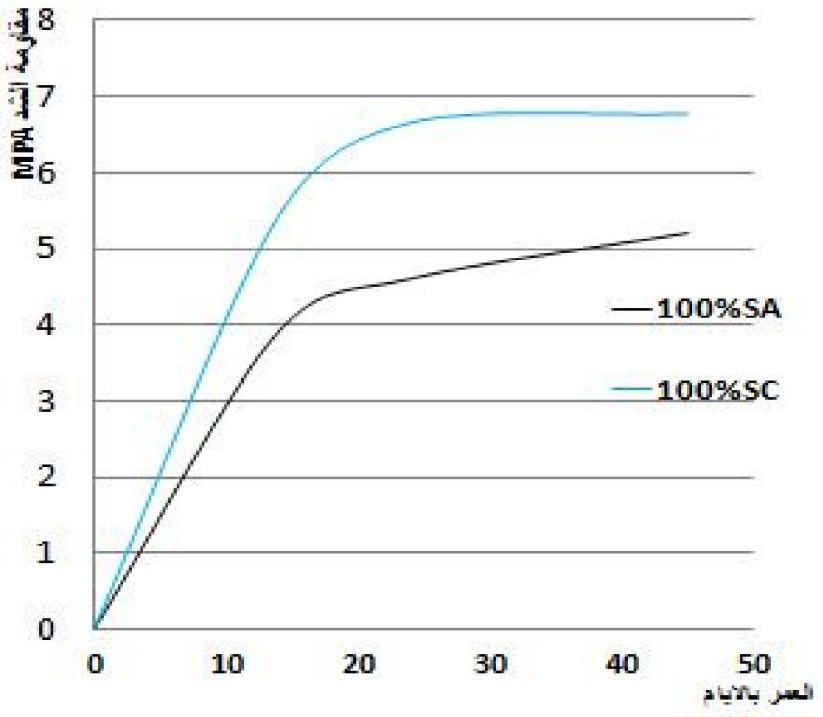
الجدول 7.III نتائج مقاومة الضغط للعينات للضغط البسيط عند العمر 14و28و45 يوم.

ملاحظة: كان من المفترض اخذ النتائج عند العمر 90 يوما عوض عن العمر 45 يوما لاكن نظرا لضيق الوقت اوقفنا التجربة عند 45 يوما

الجدول 8.III نتائج مقاومة الضغط للعينات

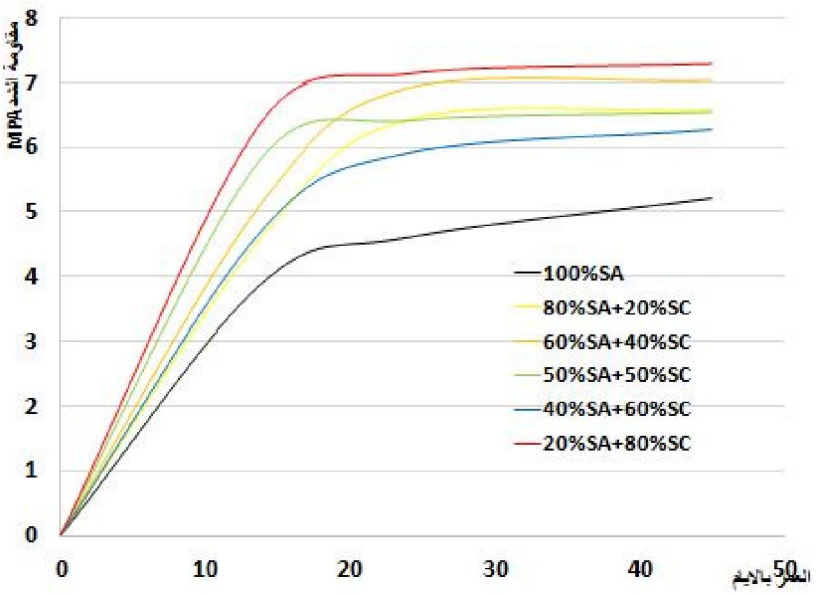
العينة	الاجهاد عند 14يوم (MPA)	الاجهاد عند 28يوم (MPA)	الاجهاد عند 45يوم (MPA)
%100SA	29.54	37.52	39.95
%100SC	32.42	39.77	42.87
%80SA+%20SC	34.13	40.2	43.77
%60SA+%40SC	32.61	40.69	44.01
%50SA+%50SC	29.28	39.34	43.67
%40SA+%60SC	29.04	38.1	39.53
%20SA+%80SC	33.25	38.94	42.65

نلاحظ ان العينة المنجزة برمل المحاجر كانت مقاومتها للضغط أكبر من العينة المنجرة بالرمل الطبيعي.(الشكل III.7)



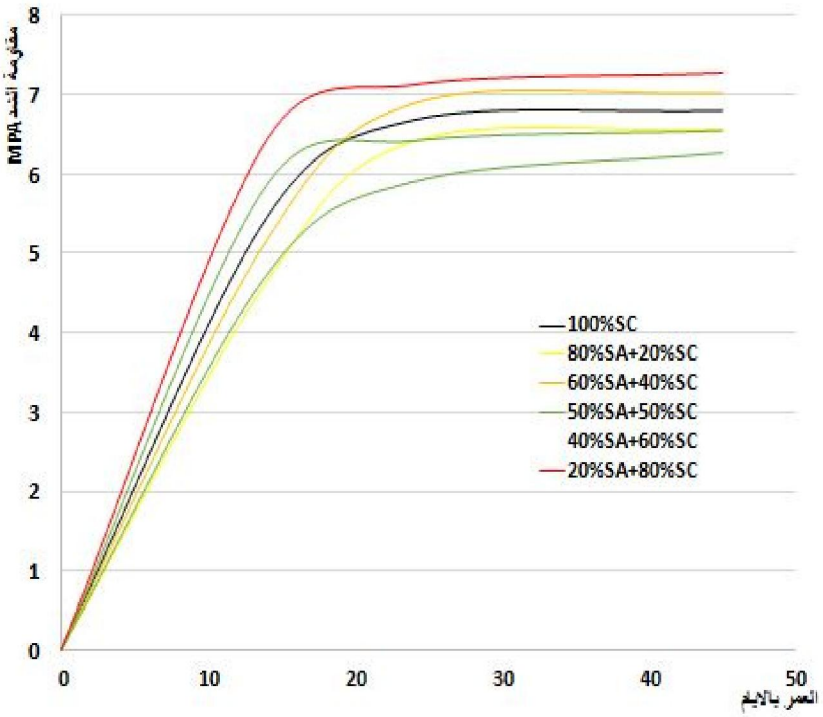
الشكل 7.III منحى الضغط للعينة 100SC% و العينة 100SA%

لاحظنا ان جميع العينات التي تحتوي على نسبة من رمل المحاجر كانت مقاومتها للضغط اكبر من العينة المنجزة بالرمل الطبيعي فقط (الشكل III.8)



الشكل III.8 منحنى الضغط للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالرمل الطبيعيSA

لاحظنا ان قيم مقاومة الضغط للعينات المنجزة بنسب مختلفة من الرمل الطبيعي زائد رمل المحاجر تزداد وتنقص مقارنة بالعينة المنجزة برمل المحاجر فقط (الشكل III.9)



الشكل III.9 منحنى الضغط للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة برمل المحاجرSC

4.1.III مناقشة نتائج تجربة الضغط

مقاومة الضغط للعينة SC%100 عند العمر 28 يوما كانت MPA 39.77 ومقاومة الضغط للعينة SA%100 عند العمر 28 يوما كانت MPA 37.52 ويفسر ذالك ان رمل المحاجر يحتوي على العناصر الدقيقة بنسبة أكبر منها في الرمل الطبيعي وان هاته الأخيرة ملأت الفراغات الموجودة مما زاد في الكتامة وبالتالي زادت مقاومة الضغط.

عند زيادة رمل المحاجر للرمل الطبيعي زادت مقاومة الضغط بالنسب الموضحة في(الجدول III.9) وكانت القيمة المثلى في العينة (SC%60+SA%40) حيث كانت أكبر قيمة لمقاومة الضغط.

الجدول III.9 نسبة تزايد قوة الضغط للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالعينة SA%100%

العينة	SC%20+SA%80	SC%40+SA%60	SC%50+SA%50	SC%60+SA%40	SC%80+SA%20
نسبة زيادة الضغط	%6.67	%7.79	%4.63	%1.52	%3.65

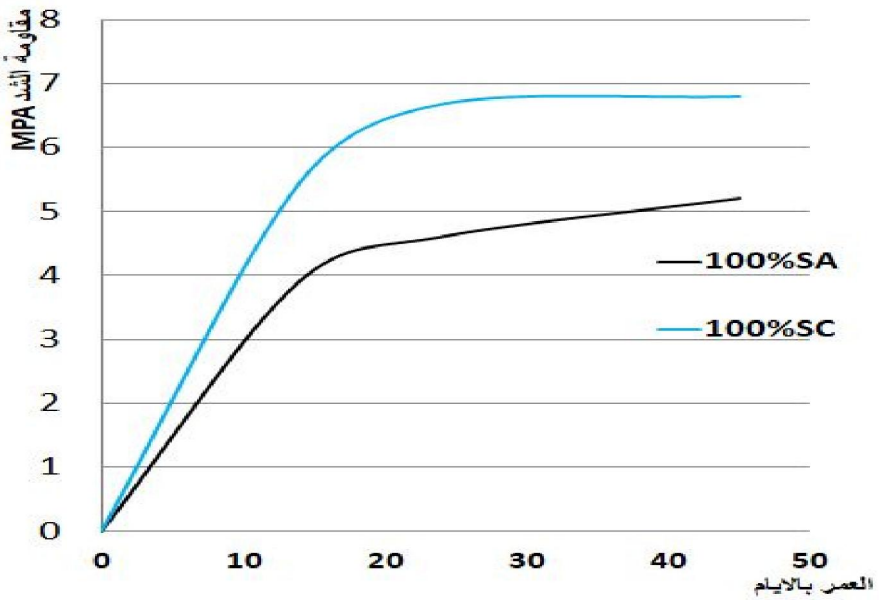
ان الزيادة في مقاومة الضغط للعينات راجع الى زيادة نسبة العناصر الدقيقة التي يحتوي عليها رمل المحاجر مما أدى الى زيادة كتامة الخرسانة وتماسكها وبالتالي زيادة مقاومة الضغط.

التناقص في مقاومة العينات للضغط التي بها نسبة رمل المحاجر أكبر من 40% يفسر ان الزيادة في العناصر الدقيقة عن الحد اللازم يسبب ظاهرة الانكماش حيث ان كمية الماء تكون غير كافية ولا تصل الى سطح كل الحبيبات مما يتسبب في حدوث تشققات وبالتالي نقصان المقاومة للضغط.

5.III نتائج مقاومة الشد للعينات

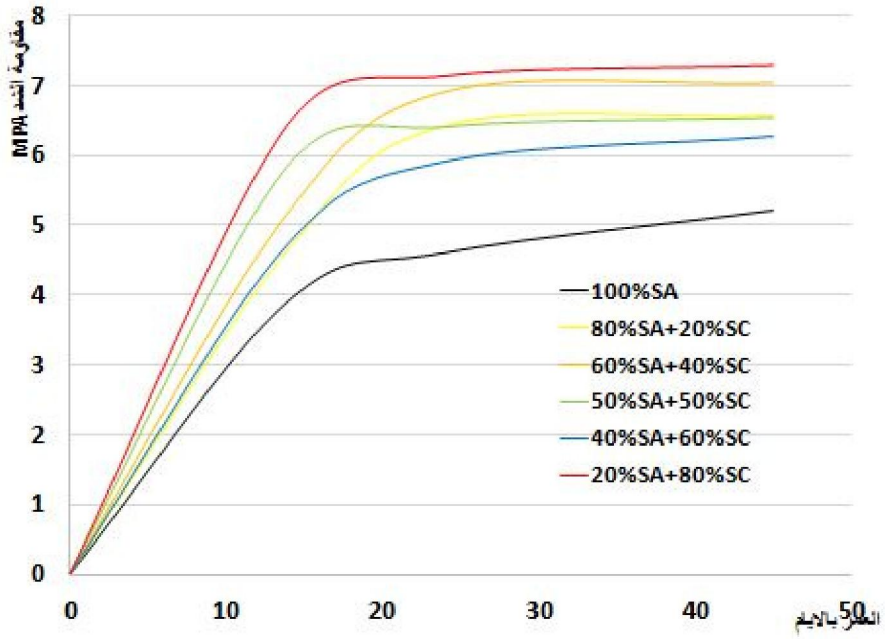
الجدول III.10 نتائج مقاومة الشد للعينات

العينة	الاجهاد عند 14يوم (MPA)	الاجهاد عند 28يوم (MPA)	الاجهاد عند 45يوم (MPA)
%100SA	3.91	4.60	5.20
%100SC	5.45	6.67	6.79
%80SA+%20SC	4.65	6.41	6.56
%60SA+%40SC	5.18	6.90	7.03
%50SA+%50SC	5.86	6.41	6.54
%40SA+%60SC	4.73	5.90	6.26
%20SA+%80SC	6.44	7.13	7.28



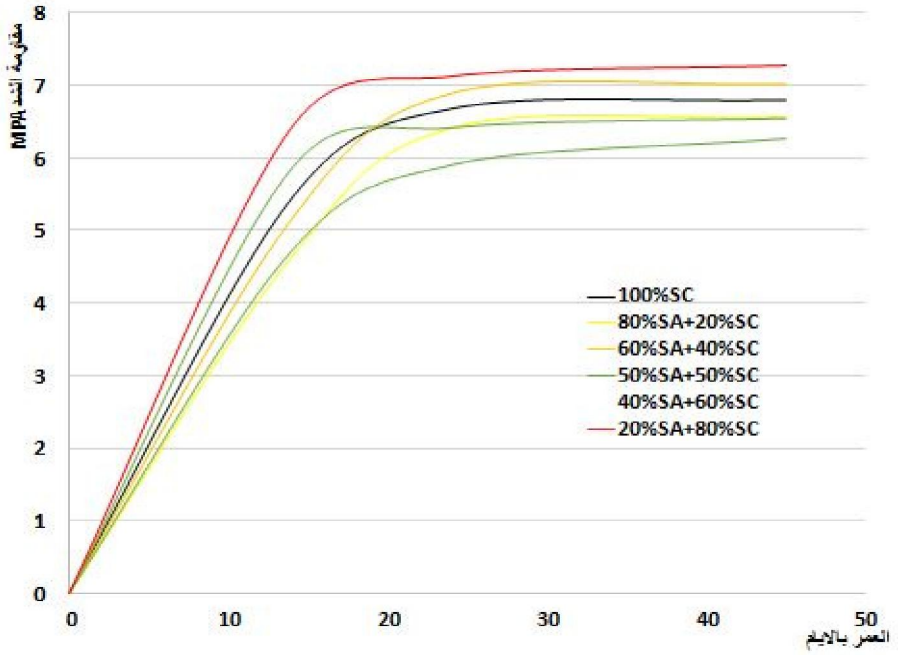
نلاحظ ان العينة المنجزة برمل المحاجر كانت مقاومتها للشد أكبر من العينة المنجرة بالرمل الطبيعي. (الشكل III.10)

الشكل III.10 منحى الشد للعينة 100SC% و العينة 100SA%



لاحظنا ان جميع العينات التي تحتوي على نسبة من رمل المحاجر كانت مقاومتها للشد اكبر من العينة المنجزة بالرمل الطبيعي فقط (الشكل III.11)

الشكل III.11 منحنى الشد للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالرمل الطبيعيSA



لاحظنا ان قيم مقاومة الشد للعينات المنجزة بنسب مختلفة من الرمل الطبيعي زائد رمل المحاجر تزداد وتنقص مقارنة بالعينة المنجزة برمل المحاجر فقط (الشكل III.12)

الشكل III.12 منحنى الشد للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة برمل المحاجرSC

III.1.5مناقشة نتائج تجربة الشد

مقاومة الشد للعينة 100%SCعند العمر 28 يوما كانت MPA 6.67 ومقاومة الشد للعينة 100%SAعند العمر 28 يوما كانت MPA 4.6 ويفسر ذالك ان رمل المحاجر يحتوي على العناصر الدقيقة بنسبة أكبر منها في الرمل الطبيعي وان هاته الأخيرة ملأت الفراغات الموجودة مما زاد في الكتامة وبالتالي زادت مقاومة الشد.

عند زيادة رمل المحاجر للرمل الطبيعي زادت مقاومة الشد بالنسب الموضحة في(الجدول III.10) وكانت القيمة المثلى في العينة (60%SC+40%SA) حيث كانت أكبر قيمة لمقاومة الشد.

الجدول III.11 نسبة تزايد قوة الشد للعينات (SC+SA) بنسب مختلفة مقارنة بالعينة100%SA

العينة	%20SA+%80SC	%40SA+%60SC	%50SA+%50SC	%60SA+%40SC	%60SA+%40%SC
نسبة زيادة الشد	%28	%33	%28	%22	%35

ان الزيادة في مقاومة الشد للعينات راجع الى زيادة نسبة العناصر الدقيقة التي يحتوي عليها رمل المحاجر مما أدى الى زيادة كتامة الخرسانة وتماسكها وبالتالي زيادة مقاومة الشد.

التناقص في مقاومة العينات للشد التي بها نسبة رمل المحاجر أكبر من 40% يفسر ان الزيادة في العناصر الدقيقة عن الحد اللازم يسبب ظاهرة الانكماش حيث ان كمية الماء تكون غير كافية ولا تصل الى سطح كل الحبيبات مما يتسبب في حدوث تشققات وبالتالي نقصان المقاومة للشد.

6.III تجربة الموجات فوق الصوتية َAuscultation sonique

الجدول يوضح نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية لعينات الخرسانة عند 14 يوم

الجدول 12.III نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية

العينة	السرعة V (m/s)	الزمن T (µs)	تصنيف الخرسانة
%100SA	3390	46.7	خرسانة ذات مقاومة متوسطة
%100SC	3463	45.6	خرسانة ذات مقاومة متوسطة
%80SA+%20SC	3478	47.2	خرسانة ذات مقاومة متوسطة
%60SA+%40SC	3596	45.0	خرسانة ذات مقاومة متوسطة
%50SA+%50SC	3636	44.2	خرسانة ذات مقاومة متوسطة
%40SA+%60SC	3501	45.8	خرسانة ذات مقاومة متوسطة
%20SA+%80%SC	3493	45.7	خرسانة ذات مقاومة متوسطة

للتحقق من القراءة على الجهاز نضرب السرعة في الزمن فنجد طول العينة =cm16

نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية لا يمكن اعتمادها كنتائج حقيقية بل هي فقط للدلالة على نوعية الخرسانة

الخلاصة:

نستنتج من هذه الدراسة ما يلي:

* إضافة رمل المحاجر الى الرمل الطبيعي الخاص بالبناء لمنطقة واد الرتم بنسبة 20% الى 80 % بإمكانه تحسين مقاومة الضغط والشد لخرسانة الرمل ما بين 1.52 % الى 7.79 % خلال 28 يوما م عمر الخرسانة وكانت القيمة الصوى لمقاومة الضغط والشد عند إضافة 40% من رمل المحاجر وبدات هذه القيمة بالتناقص تدريجيا حسب الذسب المضافة .

*إضافة الرمل الطبيعي الى رمل المحاجر المستعمل في البناء بنسبة 20% الى 60 % بإمكانه تحسين مقاومة الضغط والشد لخرسانة الرمل خلال 28 يوما من عمر الخرسانة وكانت القيمة الصوى لمقاومة الضغط والشد عند إضافة 60% من الرمل الطبيعي وبدات هذه القيمة بالتناقص تدريجيا حسب النسب المضافة .

*اظافة الرمل الطبيعي الى رمل المحاجر قلل من نسبة امتصاص الماء حسب النسب المضافة وبالتالي تحسين ديمومة الخرسانة.

*العينات التي لها مقاومة عالية للضغط والشد كانت لها ناقلية جيدة للموجات الصوتية

الخلاصة والتوصيات العامة

تهدف هذه الدراسة الى استغلال الرمل الطبيعي لواد الرتم بمنطقة المرارة ولاية الوادي المتواجد بكثرة في مجالات البناء المختلفة،وكذلك رمل المحاجر لمنطقة حاسي مسعود كبديل لرمال الوديان او رمال البحر غير المتجددة والتي استعمالها يشكل مشاكل بيئية يصعب ان لم نقل يستحيل حلها , وبعد الاطلاع على العديد من الأبحاث التطبيقية التي قام بها مجموعة من الباحثين على خرسانة الرمل و التي زودتنا بمعلومات كبيرة على مختلف خصائص هذا التركيبة الخرسانية .

* و كنقطة للانطلاق قمنا بإنجاز عدة تجارب على المواد المستعملة بغية التعرف على نوعيتها .

الرمل المستعمل في هذه الدراسة هو رمل واد الرتم بالإضافة الى رمل المحاجر وحسب الملاحظات المستوحاة من التجارب فان كلا النوعين صالحين لإنتاج خرسانة الرمل.

* فإدخال رمل المحاجر بنسب متفاوتة من الرمل الطبيعي أعط تحسن جيد لمقاومتي الانحناء والضغط مقارنة بخرسانة الرمل الطبيعي وكانت القيمة المثلى لمقاومة الضغط والشد عند إضافة رمل المحاجر بنسبة 40%.

من خلال هذه النتائج المتحصل عليها، نقترح محاور جديدة للبحث يمكن من خلالها استغلال هذه

الأخيرة قصد تطويرها وتحسينها وهذا بهدف الوصول الى تعميم استعمال هذه الثروة الطبيعية من الرمل الطبيعي لمنطقة واد الرتم ورمل المحاجر في مجال الإنشاءات في جميع ربوع الوطن.

وكنتيجة لهذا البحث نتمنى أن نكون قد سهمنا في تثمين هاذين الموردين باستعمالها في مجالات الإنشاء المختلفة.

وفي الأخير أملنا أن نكون وفقنا في عملنا هذا الى حد ما ونأمل أن يتواصل البحث في هذا المجال والاهتمام به أكثر.

المراجـــــــــــع

1. محمد رياض مسلم. الخرسانة وتاريخها. [متصل] https://www.nachi.org/history-of-concrete.htm.

2., presse de l'ecole nationale des ponts et chausses. Béton de sable Carectéristiques et pratiques d'utilisation. 1994.

3. محمد ماني. المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالالياف (مذكرة ماجستير). الجزائر : فرع الري والهندسة المدنية تخصص هندسة المواد- جامعة ورقلة-، 2010.

4. بله نبيل. المعالحة الحرارية لخرسانة الرمل. وهران : جامعة محمد بوضياف وهران، 2005.

5. A, CHAOUCH. Etude des caractéristiques du béton de sable de dunes theses de magister. Algerie : ENTP, 1993.

6. A., BELFERRAG. Valorisation des fibres metalliques issues des dechets Pneumatiques dans les bétons de sable de dune "memoire de magister de ouregla". Algerie : s.n., 2006.

7. A., BARAKAT. Ouregla, Valorisation des dechets de brique dans la realisation des ouvrages de béton " memoire de magister"univ de. Algerie : s.n., 2004.

8. A., BOUHNK. Contribution a la valorisation de sable de dune dans la formulation du béton destiné aux ouvrages en milieux sahariens "memoire de magister" . s.l. : université de biskra , 2007.

9. A., HACHANA. Etude de béton a base des agregats de démolition "Memoire de magister . s.l. : Universite de Biskara, 2007.

10. BENTATA A. Etide exprimentale d'un béton avec le sable de dune "Mimoire de magister" : Univ de Ouregla، 2006.

11. عبد الفتاح القاصي. ميكانيك التربة. مصر : دار الكتاب العلمي، 2006.

12. A., LOGBI. Effet de l'incorporationdes ajouts minéraux sur les proprietés physico mecaniques du béton "these de magister". ALGERIE : ENP, 1999.

13. G., LAYACHI. Influence du rapport E/C et du mode de cure sur les proprietés physico-mécaniques et de transfert d'humidité des mortiers de ciments durcis "memoire de magister". Algerie : Univ amar telidji laghouat, 2006.

14. Z., BENGOUCHA F. Amélioration des propriétés de mortier a base de sable de dune avec ajout(sable granulé de haut fourneaux) "memoire de fin d"etude d'ingéniorat". Algérie : ENTP, 2005.

15. chaussées, Presse de l'ecole national des pots et. Béton de sable ,caractéristiques et pratiques d'utilisation. France : s.n., 1994.

16. المؤسسة العربية للتعليم الفني والتدبير المهني. خواص واختبارات المواد. المملكة العربية السعودية : 17. نادي الهندسة المدنية. http://www.civilengclub.com/vb/t637.html. [متصل] 2009.

18. TEBERMACINE N, MELKMI S. Etude comparative entre un beton de sable a base d'un sable roulé et un béton a base de sable de dune de la region de biskara "memoire de fin d'etude d'ingeniorat". Algerie : univ de biskara, 1996.

19. F, GORISSE. Essais et controle des bétons. Paris : Edition Eyrolles, 1978.

20. امام محمود. تكنلوجيا الخرسانة. مصر : قسم الهندسة الانشائية كلية الهندسة جامعة المنصورة، 2002.

21. R, GUENOUN. Etude et formulation d'un béton de sable de dune "Projet fin d'etude dingeniorat. ALGERIE : ENP , 2003.

22. R, KETTAB. Contribution a la valorisation du sable de dune "thése de doctorat". Algérie : ENP, 2007.

23. NAFA A, BATATA A. Béton de sable de concassage "projet fin d'etude". Algérie : ENP, 1989.

24. DREUX G, FESTA J. Nouveau guide de béton et de constituants. s.l. : Edition Eyrolles, 8eme edition, 1998.

25. —. Etude comparative des caractéristiques et du comportement d'un béton de sable de dunes et d"un béton ordinaire modifies a la poudrette de caoutchoue " memoire de magister. Algérie : ENP, 2008.

26. جريدة اخر ساعة الجزائرية. مكان غير معروف : جريدة اخر ساعة الجزائرية، في عددها الصادر يوم 2010/01/27.

27. Afnor, Normes. Essais physico-mécaniques sur les bétons et mortiers. 1981-1997.

28. KEDJOUR.N.E. le laboratoire du béton. Algérie : Edition OPU, 2005.

29. Centre, CTC. Correction des sables par analyse granulometrique. Algérie : s.n., 2006.

30. CHERAIT A, NAFA Z. Eléments de materiaux de construction et essais. s.l. : Collection le livre de genie civil OPU, 2007.

31. O, EMILE. Technologie des materiaux de construction tome1. Paris : Entreprise Moderne d''edition, 1978.

32. عماد محمد حمادة. http://www.mmsec.com/ml-eng/concret2.htm. مركز المدينة للعلوم الهندسية.

33. DUPAIN R, LANCHON R,ST-ARROMAN J-C. Granulats sols ciments et bétons(caractérisation des materiaux de génie civil par les essais de laboratoire). Paris : Edition castteilla-25, 1995.

34. Béton de sable ,Caractéristiques et pratiques d'utilisation. Presse de l'école nationale des ponts et chaussés. 1994.

35. A, MOKHTARI. Influence des ajouts de fine minérales sur les performances mecaniques de beton renforcés de fibre végétales de palmier dattier. Algerie : Univ de ouregla, 2006.

36. Z, BENGOUCHA F. Amélioration des proprietés de mortier a base de sable de dunes avec ajout(sable granulé de haut fourneaux), "Memoire de fin d'etude d'ingeniorat". Algérie : ENP, 2005.

37. مجلة المهندس. الشروخ الخرسانية اسبابها و علاجها العدد 4. 1996.

38. les bétons de fibres metalliques. P, ROSSI. FRANCE : presse de l''ecole nationale des ponts et chaussées, 1998.

40. R, Abdessamaed. détection du dégre d'endommagement du béton par ultrason memoire de fin de cycle master2 GC option structures. Algerie : Univ Badji Mokhtar Annaba, 2010.

41. R, Jaubertie. Mesure de la resistance du béton par les méthodes non destructive. France : département de génie civil et génie mecaniques Rennes.

الصورة IV-1 قياس التشغيلية للخرسانة Table a chocs -المخروط – المدك -الميزان-والمسطرة

الصورة IV-2 الة التحطيم الخاصة بتجربة الضغط

الصورة IV-3 جهاز قياس مقاومة الانحناء للخرسانة

الصورة IV-4جهاز قياس CBR تم تعديله لقياس مقاومة الانحناء للخرسانة

الصورة IV-7 أدوات قياس المكافئ الرملي

الصورة IV-8 جهاز الرج لقياس المكافئ الرملي

الصورة IV-6 عينات الخرسانة 40×40×160مم
المعدة لاجراء تجارب الضغط والانبعاج والامتصاص

الصورة IV-5 رمل منطقة واد الرتم موضوع الدراسة