الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي
كلية التكنلوجيا
قسم الهندسة المدنية

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

تخصص: مواد هندسة مدنية

من إعداد:
لخويمس يعقوب
لخويمس شمس الدين
كريبع مراد
زكري أحمد

الموضوع

دراسة خصائص الخرسانة معادة التدوير

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

د- جديد طارق	أستاذ محاضر ب	رئيسا
د- العقبي عبد العزيز	أستاذ محاضر أ	مناقشا
د –ماني محمد	أستاذ مساعد أ	مؤطرا

الموسم الجامعي: 2022/2021

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وتقدير

اللهم إني أسألك رحمة من عندك

تهدي بها قلبي وتجمع بها أمري وتزكي بها عملي وتلهم بها رشدي وتعصمني بها من كل سوء.

"يارب ....إذا أسأت إلى الناس أعطني شجاعة الإعتذار وإذا أساء الناس لي أعطني شجاعة العفو"

الحمد والشكر لله الذي وفقنا وقدرنا على إنجاز هذا العمل حمدا لايوافي نعمه

كما نتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ الفاضل الذي كان سندا وعونا في إكمال هذا العمل :

أ .د " ماني محمد "

إلى كل أعضاء اللجنة المناقشة.

إلى جميع زملائنا الذين جمعنا بهم طلب العلم .

إلى كل من ساهم وتعليمنا أوصلنا بعد الله لهذا المستوى .

إلى كل من ساهم من قريب أو بعيد في سبيل نجاح هذا العمل ولو بمعلومة أو حتى بكلمة طيبة .

كل الشكر والتقدير و الإحترام .

يعقوب- شمس الدين – مراد – احمد

الملخص:

في ظل الطلب المتزايد على مادة الرمل بات من الضروري استغلال موارد رملية جديدة بالمنطقة مع العلم ان الكثير من المناطق تعاني من مشكل تكدس بقايا الخرسانة و كذلك بقايا الاجر اضافة الى كثبان الرمل الذي يوجد بوفرة كبيرة في مناطق الصحراء الجزائرية وفي سياق هذه الفكرة تطرقنا الى تثمين هذه الموارد من خلال استعمالها في الخرسانة والهدف من هذه الدراسة هو دراسة ايجابيات و السلبيات البيئية للخرسانة و دراسة خصائصها الكيميائية والميكانيكة ومقاومتها للشد والضغط و دراسة معامل امتصاص الماء مقارنة بالخرسانة العادية

الكلمات المفتاحية :

خرسانة الرمل، الخرسانة المعاد تدويرها، بقايا الاجر، رمل الكثبان، مقاومة الشد ووقاومة الضغط، معامل الامتصاص.

فهرس المحتويات

المقدمة العامة:.....

المحور I: البحث المكتبي

1 -الخرسانة : 11

2 .استعمالات الخرسانة المعاد تدويرها في العالم:..... 11

2.1 فرنسا:..... 11

2. مكونات وصياغة الخرسانة المعاد تدويرها :..... 11

1.2 مدخل :..... 11

2.2 مبدأ تركيبة الخرسانة:..... 12

2.2.1 تأثير نسبة G/Sعلى خصائص الخرسانة : 12

2.2.2 تأثير النسبة E/Cعلى خصائص الخرسانة:..... 14

2.2.3تأثير النسبة E/Cعلى المقاومة:..... 15

3 مكونات الخرسانة المعاد تدويرها : 16

3.2 الاسمنت: 16

3.2الرمل:..... 16

3.3 الماء:..... 17

3.4 الاضافات Les adjuvants..... 17

3.4.1 دور الميمعات والملدنات:..... 17

3.5 المواد المضافة Les ajoutes():..... 18

3.5.1 الحشو Filler:..... 18

3.5.2 الحصى الصغير Gravillons: 18

3.5.3 الألياف Fibres: 18

4 صياغة الخرسانة المعاد تدويرها :..... 19

4.1 مبدأ صياغة الخرسانة المعادة تدويرها :..... 19
4.2 بعض طرق صياغة الخرسانة المعاد تدويرها :..... 19
4.2.1 الطريقة النظرية لصياغة الخرسانة المعاد تدويرها : 20
6- صياغة الخرسانة المعاد تدويرها بدون إضافات : 22
6-1.2.2.2 صياغة الخرسانة المعاد تدويرها باستعمال الاضافات:..... 24
خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب 25
الخصائص الميكانيكة..... 25
8-1 مزايا وميادين استعمال الخرسانة المعاد تدويرها : 28
8-1.1 التشغيلية L'ouvrabilité : 28
8-1.2 نوعيةالمظهرQualite d'aspect : 29
8-1.3 التجانس والتماسكHomogeneité-Cohésion : 29
8-1.4 مصدر محلي للمواد الاولية: 29

المحور II: خصائص المواد المستعملة و صياغة الخرسانة المعاد تدويرها

1 مدخل: 33
2 خصائص المواد المستعملة:..... 33
1.2 رمل: 33
2.1.1 الكتلة الحجمية 33
2.1.3 المكافئ الرملي :(Equivalent de sable)..... 35
2.1.4 معيار النعومة (Module de finesse)..... 43
2.2 الاسمنت 44
2.2.1 المساحة السطحية للاسمنتsurface specifique..... 45
2.2.2 زمن التصلب : 45
2.2.3 الخصائص الكيميائية :..... 46
2.2.4 مقاومة الضغط :..... 46

2.2.5 المعامل الهيدروليكي Indice d' hydraulicité :..... 47
2.3 الماء..... 47
1. 3. 2 خواص الماء المستعمل في الخرسانة 48
3 صياغة الخرسانة المعاد تدويرها..... 49
3.1 تجربة التشغيلية 50
5.4 تحضير و شكل العينة..... 53

المحور III: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

1.المدخل:..... 55
2.طرق التجارب؛ 55
1.2 تجربة التحطيم و بالانحناء 55
2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط..... 56
3—2 تجربة امتصاص الماء الخاصية (العشرية) 57
4–2 تجربة الانكماش :..... 58
4 نتائج مقاومة الضغط البسيط للعينات:..... 61
4 مناقشة نتائج تجربة الضغط:..... 63
5 نتائج مقاومة الشد العينات 64
5_1 مناقشة نتائج تجربة الشد: 65
الخلاصة:..... 67
المراجع:..... 69

المقدمة العامة

المقدمة العامة:

الخرسانة في كل مكان حولنا، في البيوت، المدارس، المشافي، الجسور، الطرق، الأسواق، المكاتب، المصانع، وكل مكونات الحياة العصرية. وهي مادة ممتازة للبناء حيث تتميز بقوة تحملها وبقائها و كفاءتها واقتصاديتها، كما أنها تتحمل العوامل الجوية وتحمي منها.

مع زيادة النمو الاقتصادي وزيادة عدد السكان واتساع المناطق الحضرية، أعيد ترسيم المدن وشق الطرق وزادت الحاجة للبناء والتوسع العمراني وتشييد المباني الجديدة، وأدى ذلك إلى زيادة كبيرة في استعمال الخرسانة، حيث يقدر استعمال الخرسانة بحوالي 30 بليون طن متري في السنة في العالم، وعلى هذا فهي تلعب دوراً هاماً في تطور اقتصاد الدول. ولكن يقابل تلك الزيادة في الطلب لاستعمال وانتاج الخرسانة، نقص في المواد الأولية الجيدة المحدودة على أرضنا. فصناعة الخرسانة تستهلك كمية كبيرة من المواد الخام الطبيعية وهذا له تأثير مباشر على البيئة واستهلاك الطاقة والاقتصاد. أضف إلى ذلك، تزامن التطور العمراني مع الهدم للمباني والمنشآت القديمة وبالتالي تكديس وانتاج كميات هائلة من المخلفات التي تمثل الخرسانة القديمة منها الجزء الأكبر بالإضافة إلى المعادن والخشب والزجاج والسيراميك وغيرها.

أما في معظم الدول النامية ومنها الدول العربية، فلم تعط هذه القضية الاهتمام الكافي حتى الآن، وغالباً ما يكون مصير هذه المخلفات في أعمال الدفن للأراضي المنخفضة أو في التكديس بشكل غير قانوني في الأراضي الخالية ومكبات النفايات، وتمثل مخلفات الخرسانة حوالي 60 –75% من مجموع النفايات الصلبة بشكل عام. في الوطن العربي حيث التوسع العمراني وإعادة التخطيط وتأسيس البنى التحتية في كثير من المدن العربية، بالإضافة إلى الحاجة الملحّة إلى إعادة الإعمار في كثير من المدن المدمرة بفعل الأوضاع الاستثنائية التي يمر بها وطننا العربي. ورغم هذه الأهمية إلا أن الموضوع لم يعط الاهتمام الكافي لا من قِبل الشركات المصنعة ولا متخذي القرارات وواضعي السياسات البيئية والمدنية ولا حتى من الباحثين

المحور I

البحث المكتبي

1 -الخرسانة :

الخرسانة او بالانجليزية concreteمن المصطلح اللاتيني concrentus اي مرصوص ومترابط و قد كُتب كثر عن المنشآت الخرسانية للامباطورية الرومانية، و ان الرومان استعملوا الخرسانة مادة بناء رئيسية فسما شيدوه، ويرى كثير من الباحثين أن أول استعمال فعلي للمادة الاسمنتية حدث في ايطاليا في القرن الثاني قبل الميلاد؛ اذ عُثر على نوع خاص من الرمل البركاني يدعى البوزولانا pozzolana قريبا من خليج نابولي في ايطاليا وقد كان هذا الرمل يستعمل في صناعة الاسمنت وقتها، ويستخدم لدمج الصخور معا لصنع الخرسانة عن طريق تفاعل رمل البوزولانا كيميائيا مع الجير والماء لتتصلب وتنتج كتلة شبيهة بالصخر، ثم استعمل الرومان هذا الخليط من المواد لبناء الجسور، والاحواض المائية ومصارف المياه والمباني. [1]

وأول استعمال حديث للخرسانة كان في القرن التاسع عشر ميلادي ففي عام 1820 حصل بنَّاء الحجر الانجليزي جوزيف آسين على براءة اختراع اسمنت محسن سمَّاه (الاسمنت البروتلندي)؛نسبة الى الحجر الطبيعي في جزيرة بروتلاند،وما زال هذا اللسمنت البروتلندي الاكثر شيوعا واستخداما في صناعة الخرسانة الحديثة الى يومنا هذا.[1]

2 .استعمالات الخرسانة المعاد تدويرها في العالم:

عند البحث عن استعمالات الخرسانة المهاد تدوويرها نجد قد استعملت في عديد المناطق نذكر منها :

2.1 فرنسا:

ويتعلق الامر ببناء جسر اطاري البناء لسكة حديد نيمس مونبيليه باستخدام الركام الخرساني المعاد تدويره وسبق الموقع التجريبي دراسة للخرسانة في المختبر التجريبي، وتم تدشين هذه السكنة في نهاية سنة 2017.(كتاب الخرسانة المعاد تدويرها)

2. مكونات وصياغة الخرسانة المعاد تدويرها :

1.2 مدخل :

الخرسانة خليط مكون من عدة مواد بناء متنوعة (اسمنت،حصى،رمل،ماء،حسنات)وفي بعض الحالات ألياف للتقوية. وحيث ان كل الابحاث العلمية في هذا المجال تسع الى ايجاد واستصدار نوع

من هذا الخليط ذو اوصاف تمتاز بالديمومة والبقاء من اجل جعل هذه المواد المركبة لهذا الخليط مطابقة لمواصفات قانونية عالمية أو محلية تتضمن تلك الاوصاف المدروسة.[2]

في هذا المحور سندرس هذه المواد وهذا الخليط طبقا للقاعدة المنصوص عليها (AFNOR).من اجل الوصول الى تراكيب تتوفر فيها الاهداف المرجوة من بقاء وديمومة ومقاومة ...الخ.

2.2 مبدأ تركيبة الخرسانة:

انالاختلافالرئيسبينالخرسانةالمعادتدويرهاوالخرسانةالعاديةيكمنفيالاختلافالحبيبياذاناالخرسانةالمعادتدويرهالايتعدى فيها قطر الحبيبات 5 ملم، كما يجب أن لا تتعدى نسبة G/S 1على عكس الخرسانة العادية التي تستخدم حبيبات من نوع 0/15 و 0/25 وكمية اسمنت تقدر من 250 الى 400 كغ لكل متر مكعب من الخرسانة مع أن نسبة G/Sمحصورة عموما حسب DREUX

بين 2.2 الى 2.8 وبنسبة للخرسانة العادية(5)

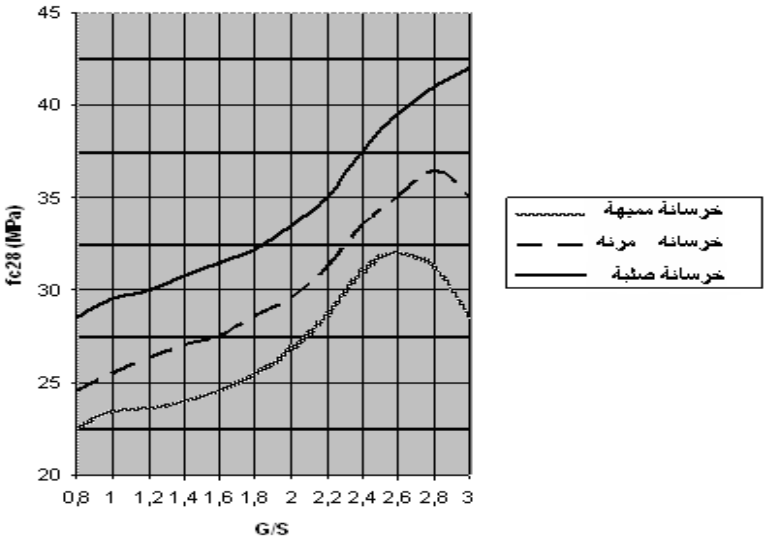
$2<g/s<2.8$

2.2.1 تأثير نسبة G/Sعلى خصائص الخرسانة :

إن هذه النسبةG/S(G.كمية الحصى ،Sكمية الرمل)لها تأثير في التراصية (la compacité)التي تعرف على انها نسبة الحجمية بين حجم الحبيبات الصلبة Vsعلى الحجم الكلي Vt

$C=Vs/Vt$

والتي هي من اهم الخواص الخرسانة المعاد تدويرها والتي تتعلق مباشرة بالمقاومة.إن مبدأ تحسين التراصية من وجهة نظر التركيب الحبيبييخضع لمبدأ بسيط: وهو أن أكبر العناصر تخلق فراغات كبيرة ويمكن ملؤها بالرمل المعاد تدويرها،كما أن الفراغات الرمل تملؤ بالمواد الدقيقة وهي الاسمنت مع العلم أن الكمية اللازمة من الاسمنت للحصول على تراصية جيدة من طبقة مع الكمية التي تتضمن المتانة (في حالة الخرسانة العادية) .(9) و الشكل 1 يوضح تأثير النسبة G/Sعلى خصائص الخرسانة:



الصورة 1: تأثير النسبة G/Sعلى خصائص الخرسانة

لكننا اذا كنا نبحث عن قيمة قطر صغيرة للحبيبات (اقل من 16 مم)، ففي هذه الحالة ومن أجل الحفاظ على تراصية عظمى، فإنه يجب الزيادة في تركيز المواد الدقيقة (الاسمنت). وهذا ما يترجم بعلاقة CHAUVINالتي تنص على مقدار الدقائق معكى حسب استعمال الخرسانة(5):

$$C=\frac{550}{\sqrt[5]{D}}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

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

من أجل حساب المقدار الأدنى من الاسمنت بدلالة Dفأن الجدول ..... يوضح ذلك

الجدول 1: يعطي المقدار الادنى من الاسمنت بدلالة D

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

0/3	401	560
0/1	550	700

في حالة الخرسانة المعاد تدويرها يحدد امتداد التدرج الحبيبي من الاعلى ب5مم مع غياب الحبيبات الكبيرة لذلك يظهر جليا أن خليط (إسمنت+رمل) يعطي مسامية كبيرة مقارنة بالخرسانة العادية، مما يستدعي ادخال اضافات لغرض إغلاق المسامات التي تتنتج عن الرمل، وبعدها بضمان صلابة الخليط وذلك بإضافة الاسمنت بتركيز يتوافق مع الخرسانة العادية و للمعامل E/Sتأثير مهم على المسامية لذا تجب العناية به (3).

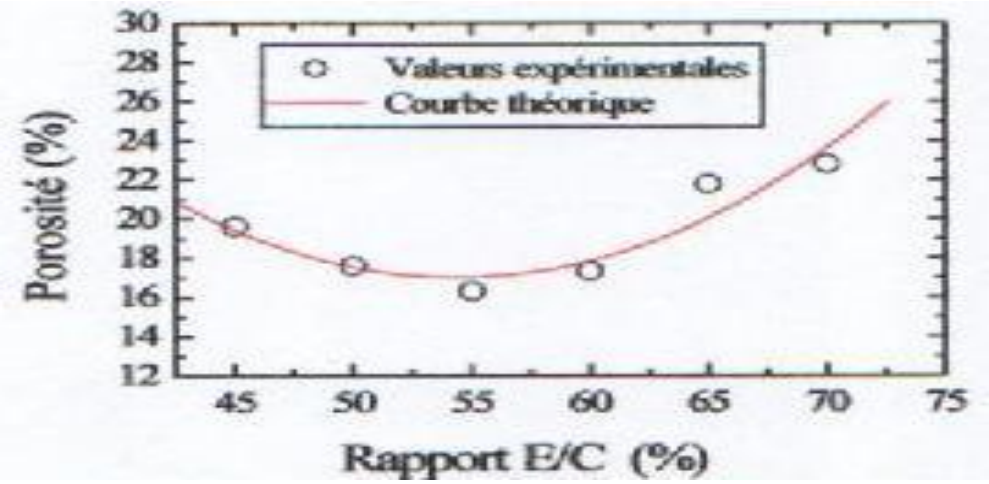
2.2.2 تأثير النسبة E/Cعلى خصائص الخرسانة:

تأثير النسبة E/C على المسامية :

قبل الحديث على تأثير النسبة E/Cعلى المسامية يجب معرفة مفهوم المسامية اذ أنها تعرف (10) بالنسبة الحجمية بين حجم الفراغات Vvعلى الحجم الكلي

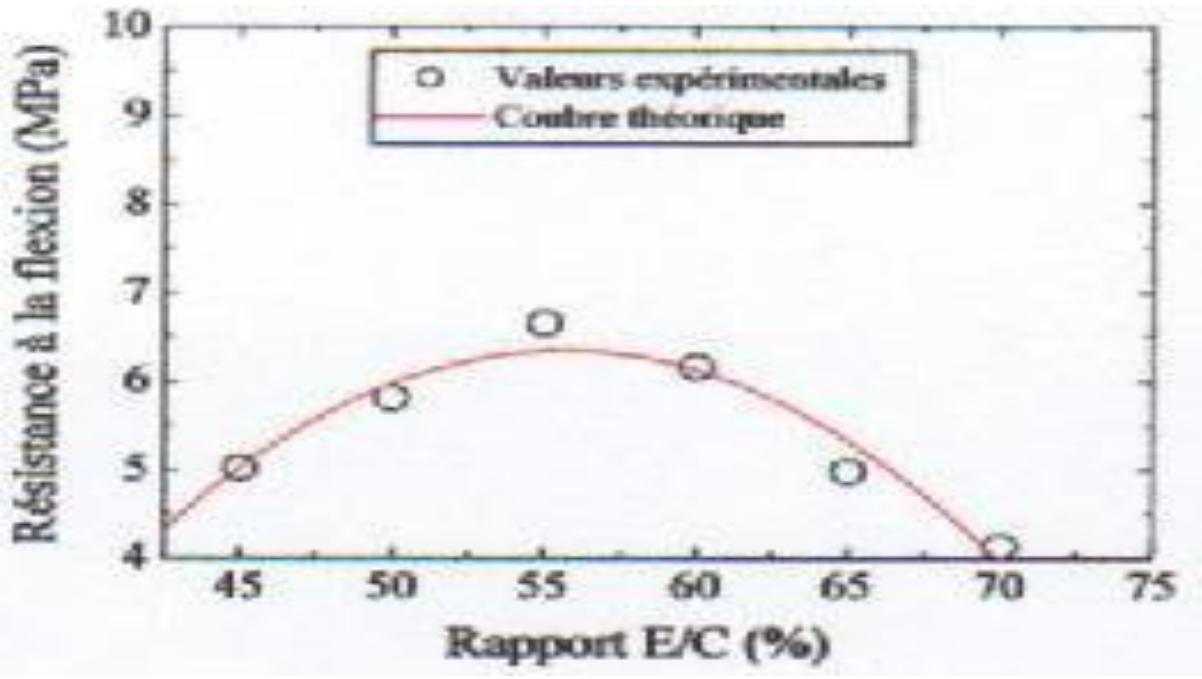
ونكتب $n=\frac{Vv}{Vt}$

إن النسبة E/C لها تأثير مبير على خصائص الخرسانة،ومن ذلك تأثيرها المباشر على المسامية كما أكد هذا السيد:LOGBI ABDELAZIZ(11)ونذكر مثال على ذلك دراسة قام بها LAYCHI GUELMINE(12) والتي تبين أن المسامية تبلغ قيمتها المثلى (الدنيا)عند النسبة E/Cتساوي 0.55،والتي تكون فيها نسبة الماء وتركيز الاسمنت قد عينت 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 اخطار مختلفة أهمها دخول عناصر غريبة الى قلب الخرسانة من ناحية وضعف التراصية من ناحية اخرى. أما نقصان هذه النسبة فينتج عنه عدم التفاعل الكلي لكمية الاسمنت،مما يؤدي الى عدم تلاحم كل مركبات الخرسانة (الركام)،وهذا يخلف فراغات بين حبيبات هذا الآخير وبالتالي زيادة المسامية والتي ينتج عنها كما ذكرنا ضعف الخصائص الميكانيكة والمنحنى ادناه يوضح تأثير النسبة E/Cعلى المسامية:

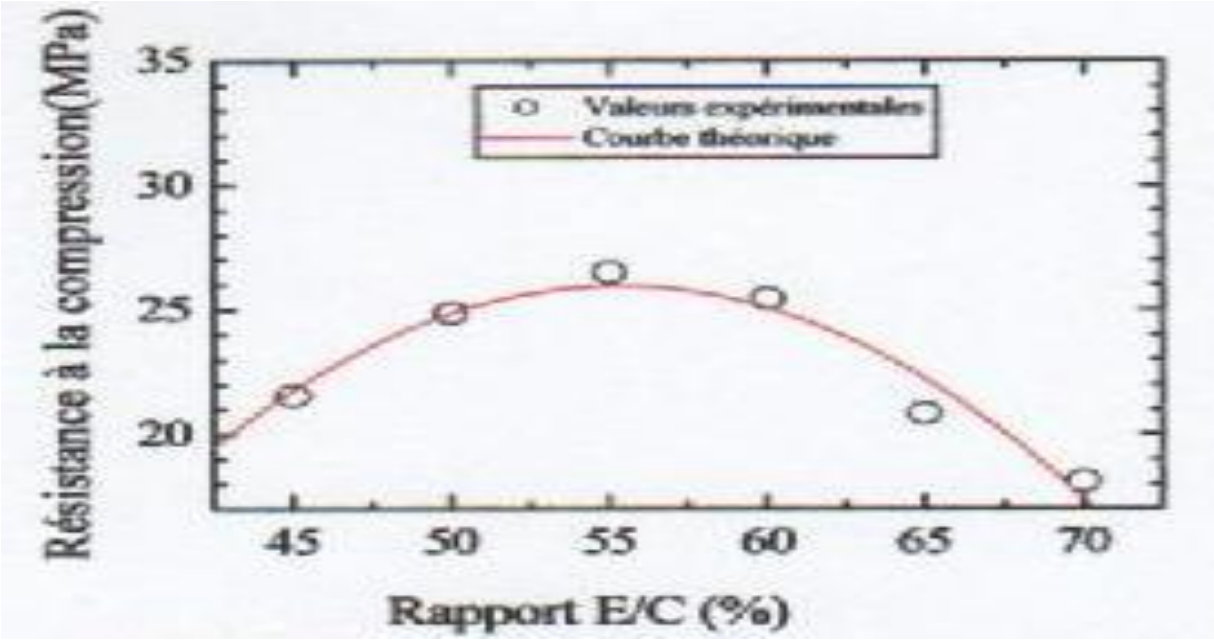


2.2.3تأثير النسبة E/Cعلى المقاومة:

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



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



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

وقد لاحظ الكثير من الدارسين ان كل العلاقات والنظريات التي تعرض طرق صياغة الخرسانة تهتم اهتماما بالغا بكمية الماء اللازمة للخلط وكمية الاسمنت المستعملة،وبالتالي الاهتمام بالنسبةE/Cالتي لها التأثير المباشر والكبير على خصائص الخرسانة

3 مكونات الخرسانة المعاد تدويرها :

وفي ما يلي نعطي المركبات الاساسية التي تدخل في انشاء خرسانة الرمل.

3.2 الاسمنت:

إن الاسمنت المستعمل في صناعة الخرسانة المعاد تدويرها يجب ان يكون متوافقا مع القواعد NF P15-301وتركيز الاسمنت يجب أن يكون مقاربا لتركيزه في الخرسانة العادية (300-400kg/m³).

3.2الرمل:

ليس هناك أي شروط وضعت على أصل الرمال المستخدمة في الخرسانة،سواء كانت رمل كثبان أو المواد المسترجعة من بقايا هدم المباني لاستعمالها كحبيبات حصوية في صناعة الخرسانة،حيث أن نقل هذه المواد الى أماكن التفريغ يطرح عدة مشاكل (تخصيص مساحات تخزين،تكاليف معتبرة،تشويه للبيئة) لذا يجب ايجاد إمكانية لإعادة تقييم واستعمال هذه البقايا وبالتالي ايجاد مصدر أخر للركام.من أجل ايجاد أو تكوين خرسانة المعاد تدويرها، نشير أنه من بين العوامل التي تأخذ بعين الاعتبار عامل النقاوة،اذ أن استعمال رمال غير نقية ينجم عنه خرسانة ضعيفة المقاومة.(8)

3.3 الماء:

كغيره من مركبات الخلطة الخرسانية،يجب أن يتوفر في الماء شرط النقاوة.مع إحترام 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 الخرسانة يجب أن يكون متوافق مع القواعدNF P18-303.وبما أن قطر الحبيبات التي تدخل في تركيب الخرسانة يكون اقل او يساوي 5مم،فإن السطوح النوعية تكون أكبر،مما يجعل الخلطة الخرسانية الطازجة جافة جدا وصعبة التشغيل وبالتالي تكون التشغيلية ضعيفة مما يستدعي إضافة كمية اكبر من الماء وهذه الإضافة ستؤثر على الخصائص الميكانيكة الأخرى،ولهذا يصبح من الضروري الاستعانة ببعض الاضافات والمحسنات للتقليل من قيمة المعامل E/Cمن أجل رفع المقاومة(15).

يشارك الماء في عمليات النفاعلات الكيميائية 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.

3.4 الاضافات Les adjuvants

كغيرها من أنواع الخرسانة،فإن الخرسانة المعاد تدويرها تحتاج الى بعض المواد في مختلف أشكالها: الملدنات بأنواعها وما الى ذلك.تضفي المحسنات او المواد المساعدة لمسة فيزيائية وأقتصادية كما أنها تسمح بإستعمال أنواع أخرى من المواد في الخرسانة(3).

3.4.1 دور الميمعات والملدنات:

تعتبر التشغيلية أحد أهم خصائص الخرسانة الطازجة،حيث تتعلق اساسا 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، الى إستخدام عناصر الكيمياء العضوية التي تساعد في جعل الخرسانة أكثر تشغيلية وذلك دون التقليل من نسبة الدمك(15).

3.5 المواد المضافة Les ajoutes():

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

3.5.1 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 إندماج Compacité عالي لهذه الاخيرة عن طريق خلق إمتداد حبيبي مستمر.وهذا ما يعطي دفعا إيجابيا من الناحية التقنية،حيث يزيد في مقاومة الخرسانة للشد،ومن الناحية الإقتصادية،حيث يقود الى التقليل من تركيز الاسمنت في الخلطة الخرسانية(3).

3.5.2 الحصى الصغير Gravillons:

ستعمل الحصى 0\15 كأحد المحسنات في الخرسانة شريطة أن لا تتجاوز النسبة G/Sالواحد،وذلك لغرض التحسين في بعض الخصائص الميكانيكة والانسيابية كالمقاومة والتشغيلية والانكماش..الخ (16).

3.5.3 الألياف Fibres:

ويستعمل هذا النوع من المسحنات كمادة قوية داخل الخلطة الخراسنية بهدف التحسين من مقاومة الخرسانة للشد والتقليل من ظاهرة الإنكماش(16).

4 صياغة الخرسانة المعاد تدويرها :

تعتمد عملية تركيب الخرسانة أساس على إختيار 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 تركيب الخرسانة، بواسطة الاضفات والمحسنات.

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

هناك العديد من المناهج استعملت من أجل الحفاظ على مقاومة عالية للخرسانة المعاد تدويرها،في حين بقي معيار الانحلالية يشكل عاملا معقدا نوعا ما،نظرت لأن عجينة هذه الخرسانة تحتوي دائما (بالاضافة للإسمنت والماء) على مواد حشو كلسية Fillers calcairesومحسنات انسيابية Adiuvant rhéologique بطريقة تسمح بتحديد تركيز الاسمنت لجعله مماثلا للتركيز في الخرسانة العادية.

4.1 مبدأ صياغة الخرسانة المعادة تدويرها :

بخلاف الملاط، تحتوي الخرسانة المعاد تدويرها على تركيز للإسمنت يقارب التركيز الموجود في الخرسانة العادية (من 300الى400 Kg/cm^3).لكن وجود الحصى ذات الاقطار الصغيرة (قطر≤5 mm) هو ما يميز الخرسانة المعاد تدويرها عن الخرسانات العادية،وليس هناك مانع ممن اضافة الحصى بشرط الحفاظ على النسبة الكتلية1>G/S. وبفضل تقنية ملئ فراغات الرمل بواسطة مواد الحشو الكلسية الأقل من (80 mų)،أصحبت 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.وستوجب التواجد الكبير للجيسمات الدقيقة الى استعمال كبير لماء الخلط،مما يستدعي وجود مخفض للماء (Réducteur d'eau)من أجل رفع أداء الخرسانة والتقليل من التشوهات المختلفة (3).

4.2 بعض طرق صياغة الخرسانة المعاد تدويرها :

إن الهدف من صياغة الخرسانة المعاد تدويرها هو ايجاد 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 الى علوم دقيقة،فإن الدراسة النظرية لا تقودنا الى الحل النهائي لمجمل المشاكل التي تواجه التركيبات الخرسانية. ولهذا نلجأ دائما الى 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 على معيارين مهمين وهما (3):

* الخصائص الميكانيكة.

* التشغيلية.

4.2.1 الطريقة النظرية لصياغة الخرسانة المعاد تدويرها :

من المعلوم ان الخرسانة المعاد تدويرها مكونة عموما من اسمنت وماء ورمل معاد والإضافات الدقيقة وأن الخرسانة المراد الحصول عليها يجب أن تتوفر على تراصية عالية وبالتالي نفاذية منخفضة.

تواصل CAQUOTمن خلال معطيات تجريبية الى علاقة رياضية تربط حجم الفراغات لخليط حصوي يمثل تراصية عظمى وبين إمتداده الحبيبي d/Dmax

وتعطى علاقة Caquotكما يلي:

$$V=V0(d/Dmax)^{⅕} \quad .....$$

حيث:

V : حجم الفراغات داخل الخليط الحبيبي.

V0: ثابت تجريبي محصور بين 0.7و 0.8.

d : قطر أصغر حبيبة في الإمتداد الحبيبي.

Dmax:قطر أكبر حبيبة في الامتداد الحبيبي.

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

وفي ما يلي سنعطي طريقة حساب كل تركيز:

- تركيز الدقائق في الخرسانة المعاد تدويرها:

من اجل التحسين في تراصية الخرسانة المعاد تدويرها تنفصل المركبات الداخلة في الخليط إلى قسمين:

1.العناصر الدقيقة: وهو القسم الذي يحتوي على حبيبات ابعاد اقل من 80 umوالتي تمثل الاسمنت والاضافات الدقيقة وجزء من الرمل.

2.العناصرالمتبقية: وهو القسم الذي يحتوي على حبيبات ذات ابعاد محصورة بين 80 u m وDmax والتمثل في الجزء المتبقي من الرمل زيادة على الاضافات التى يتجاوز قطرها 80 u m.

وبعد إجراء هذا الفصل وتحديد قيمةV0 .... في العلاقة السابقة بالثابت المتوسط 0.75 تعطي المسامية إذن بالعلاقة:

$$Ps= V = 0.75 (0.08/ Dmax)^{1/5} \quad \text{.....} \quad (1.5)$$

Ps (V) : مسامية الرمل المحصور بين 80 u m وDmax

Dmax: قطر أكبر حبيبة في الامتداد الحبيبي

و اذا قمنا بادخال تركيز أمثل للإضافات فسيسمح لنا ذلك بإكمال الامتداد الحبيبي المحدود ب 80 u m كقيمة صغرى و سد مسامية الرمل المحسوبة بالعلاقة.

وعند قيامه ببعض التبسيطات في العلاقة استنتج CAQUOT القيمة حجم مجموع العناصر الدقيقة (الأقل من 80 u m) و قيمة الحجم الفراغات المترتبة عنها متساويان. وبعبارة أخرى فان حجم الفراغات المتبقية في الخليط ككل يساوي حجم مجموع الاضافات (14).

بالتنسيق بين الاستنتاجين المتحصل عليهما ،نجد ان التركيز الحجمي الأمثل اللاضافات هو نصف مسامية الرمل و ان النصف الأخر يمثل المسامية الأقلية الموجودة و نكتب:

$$\{Fines\} = 0.38(0.08/Dmax)^{0,2} \quad \text{.....} \quad (1.6)$$

و يتبين من خلال هذه العلاقة ان تركيز الاضافات يتعلق بحجم الحبيبات الكبيرة، و يتضح جليا أنه كلما كان قطر الحبيبات الكبيرة أصغر كلما زاد تركيز الاضافات (2).

. الطريقة التجريبية لصياغة الخرسانة المعاد تدويرها:

تسمح في مجملها بصياغة هذه الخرسانة ، لكن ليس بهدف شرح الظواهر التى تدخل في صياغتها، وان اختلف تفيا لمبادئ النظرية ومناهج العمل لكن هذفها واحد وهو صياغة خرسانة ذات تراصية كبيرة وبالتالي ذات جودة عالية.

ونستخدم في هذه الطريقة تركيز ثابت للإسمنت . حيث ان هذه الاخيرة مستوحاة من الطريقة المسماةBARON-LESAGE وانها تعتمد على خلطات متعددة لحساب التشغيلية بواسطة الجهاز الخاص بها الحساب الكتلة الحجمية الظاهرية (2) .

وبهذه الطريقة تم تحقيق العديد من الانجازات التى نذك رمنها : خرسانة الاوتاد وخرسانة الطرقات..... الخ

6- صياغة الخرسانة المعاد تدويرها بدون إضافات :

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

***تركيز الاسمنت :**

يفرض علينا الشرط المهم والملزم استعمال تركيز اصغر بالإسمنت في المتر مكعب للخرسانة و ذلك حسب نوع المنشاة المراد بنانها ودرجة خطورة الوسط ولهذا سنعمل على مدى هذه الدراسة بتركيز ثابت للإسمنت C

(kg/m³) {15}

*** تركيزالماء:**

وسنكتفي في هذه المرحلة من الصياغة بأخذ قيمة تقريبية لتركيز الماء (1/m³) E حسب الخبرة فمثلا 220 لتر من الماء من اجل 350 kg او 250لترمنالماءمناجل 400(14) kg.

تركيز الرمل:

وفي هذه الصياغة يتوجب إدخال ملدن مقلل للماء بالتركيز المنصوص عليه من طرف الصانع (N% من وزن العناصر الاقل من 80m u) ومن المعلوم ان الخرسانة تحتوي دائما على نسبة من

الفراغات Vairحيث يكون حجم هذه الفراغات في خرسانة الرمل أكثر منه في الخرسانة العادية حيث تصل النسبة الى ما بين 5الى 7 ٪ من حجم الخرسانة .

وبعد معرفة مقدار التراكيز كالماء والأسمنت والفراغات والملدن يصبح من السهل استخراج تركيز الرمل في 1 متر مكعب حيث نكتب

Vair+Vc+Ve+Vadj+Vsable=1000.....

وبعد ان أصبحت الكتل الحجمية لمركبات الخرسانة معروفة يمكننا استخرج كتلة الرمل صياغة في 1 متر مكعب من الخرسانة (S (kg/m³.

***ضبط التشغيلية ومردود الصياغة :**

بعد الحصول على صياغة خرسانة الرمل وتحديد:

- التشغيلية المقابلة لهذه الصياغة بواسطة جهاز تشغيلية .

- مقدر الكتلة الحجمية الظاهرية الحقيقة الخرسانة المنجزة.

يجب تصحيح الصياغة بواسطة المعادلة لتكرارية التالية:

$$S1=Si-1 -(MVAT\ i-1 - MVAR\ i-1) \pm V \times MVsable$$

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

اذا كان زمن السيلان للتشغيلية اقل من القيمة المرجوة يجب التقليل من قيمة حجم الماء بالمقدار (V v+ في المعادلة

اذا كان زمن السيلان للتشغيلية اكبر من القيمة المرجوة يجب الزيادة من قيمة حجم الماء بالمقدار V V(- في المعادلة)

بعد القيام بكل تصحيح يجب مقارنة الكتلة الحجمية الظاهرية النظرية و الكتلة الحجمية الظاهرية

الحقيقية .

6-1.2.2.2 صياغة الخرسانة المعاد تدويرها باستعمال الاضافات:

وفي هذا الجزء سنقوم بإضافة بعض الدقائق المحسنة والوصول إلى التركيز الأمثل لها ،مع الحفاظ على معامل E/C ثابت من اجل ذلك يجب القيام بعدة خلطات (من 5الى 6) تحتوي تراكيز مختلفه من هذه الدقائق المحسنة ولكن دون الخروج على المجال المنصوص عليه لاستعمالها,حيث ان ادخال هذه الدقائق من شأنه الزيادة في تراصية الخرسانة,وذلك بملئ فراغاتها.(14).

وتجدر الإشارة الى أن هدفنا الوصول الى صياغة الخرسانة (في 1 متر مكعب) من شأنها أن تكون كتلتها الحجمية الظاهرية النظرية تقارب كتلتها الحجمية الظاهرية الحقيقة، وزمن سيلان مناسب.

من أجل كل خلطة نقوم بحساب زمن السيلان (للتشغيلية) والكتلة الحجمية الظاهرية الحقيقة MVAR و نقارنها بالكتلة الحجمية الظاهرية MVATوإذا استلزم الأمر نقوم بتصحيح تركيز الرمل بواسطة العلاقة (4).

Si=Si-1-(MVATi-1–MVAR).....

ويوضح الجدول ... بعض الأمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة المعاد تدويرها (4).

الجدول ... أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة المعاد تدويرها

مكونات الخلطة الخرسانية		الكمية ب kg				
		رمل معاد	بقايا الاجر	رمل الكثبان	رمل معاد+كثبان	معاد+اجر
اسمنت		450	450	450	450	450
رمل		1350	1350	1350	1350	1350
	الاضافات الملدن	3	3	1	0	3
ماء		283.5	351	270	270	315
	c/s	3/1	3/1	3/1	3/1	3/1
	E/c	0.63	0.78	0.6	0.6	0.7

خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب

الخصائص الميكانيكة

تعتبر المقاونة الميكانيكة احد اهم الخصائص في الخرسانة قانه من الضروري ,ان تأخذ كل من مقاونة الكسر و الشد و الضفط بعد الاعتبار اثناء الدراسة و في العادة تعتمد مقاونة الخرسانة على مقاونة العجينو حيث ان مقاونة الركام كبيرة جدا بالنسبة لمقاونة العجيتة , و لذلك فان انهيار الحرسانة التقليدية يكون دائما في العجينة و يمر الشرخ حول الركام ,فاذا امكننا انتاج عجينة ذات مقاومة عالية جدا تقترب من مقاومة الركام فاننا نحصل على خرسانة عالية المقاومة والتي يكون الانهيار فيها مفاجئ حيث يمر الشرخ بالركام وليس حوله (19).

مقاومة الضغط

ان مقاومة الضغط هي اهم خواص الخرسانة المتصلبة على الاطلاق و هي تعبر على درجة جودتها و صلاحيتها و مقاومة الضغط هي المقاونة الام للخرسانة حيث ان معظم الخواص و المقاومات الاخرى مثل الشد و الانحناء و القص تتحسن و تزيد بتزايد هذه المقاومة و العكس صحيح .(6)

لقد اجريت دراسات جامعية عديدة على مقاومة الضغط بالنسبة لحرسانة الرمل اهمها :

- ✓ اعمال CHAOUCH (4)التي اجراها على اربع انواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول :

الجدول ... نتائج مقاومة الضغط لبعض التركيبات CHAOUCH(4)لخراسنة الرمل

التركيز ب kg/m3				مقاومة الضغط في 28 يوم ب (bar)			
الانواع				الانواع			
	1	2	3	4	1	2	3	4
الاسمنت	350	400	350	300	140.61	165.67	149.41	144.56
رمل	1505	1420	1470	1560				

الكثبان				
الماء	245	280	280	240
E/C	0.7	0.7	0.8	0.8

- ✓ اعمال GUENOUN(20)التي اجراها على 6 انواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول

الجدول .. نتائج مقاومة الضغط لبعض التركيبات GUENOUN(20)لخرسانة الرمل

المركبات	التركيز بkg/m3 الانواع					
	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 MPA	16.73	18.88	20.28	21.76	23.98	24.5

مقاومة الشد :

هناك عدة دراسات اجريت بخصوص مقاومة خرسانة الرمل للشد, و التي نذكر منها الاعمال المنجزة من طرف :

- ✓ اعمال CHAOUCH (4),الذي اجراها على اربع انواع من خرسانة الرمل فكانت النتائج كالتالي :

الجدول نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخرسانية لاعمال CHAOUCH(4).

	التركيز ب kg/m3				مقاومة الشد في 28 يوم بbar			
	الانواع				الانواع			
	1	2	3	4	1	2	3	4
الاسمنت	350	400	350	300	10.25	15.67	11.50	10.67
رمل كثبان	1505	1420	1470	1560				
ماء	245	280	280	240				
E/C	0.7	0.7	0.8	0.8				

نستنتج من خلال النتائج الموضحة في الجدول ان مقاومة خرسانة الرمل للشد اقل نسبيا من المقاومة قي الخرسانة العادية .

- ✓ اعمال GUENOUN(20)التي اجراها على 6 انواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول

الجدول نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخرسانية لاعمال GUENOUN (20).

المركبات	التركيز ب kg/m3					
	الانواع					
	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	166.39	933.1	799.79	666.49
رمل المحاجر	/	141.11	282.22	423.33	546.44	705.55
ماء	232.5	277.82	220.52	219.19	218.5	217.84
مقاومة الشد في 28 يوم ب MPA	1.24	1.37	1.4	1.84	1.93	1.98

1-8 مزايا وميادين استعمال الخرسانة المعاد تدويرها :

تعتبرخرسانة الرمل من مواد البناء الحديثة , حيث انها تستعمل منابع طبيعية من الرمل، وبذلك تزيل الكثير من العوائق التي تواجه تطور ميدان الانشاءات.

ونذكر انه يوجد العديد من انواع الخرسانة المعاد تدويرها،مما يضع هذه المادة كاحد مواد البناء المتميزة خاصة عندما بشكل استعمال الخرسانة العادية فيبعض الميادين مشكلا أوعائقا في التطبيق_ مثلا اذا كان التسليح مكثف و معقد و كانت الخرسانة العادية ذات حصى كبير فانه يطرح مشكل التغليف_ ،وذلك بفضل الخصائص التى تنفرد بها الخرسانة المعاد تدويرها والتى منها:

1.1-8 التشغيلية L'ouvrabilité :

خرسانة الرمل تملآ القوالب بطاقة رص (Energie de serrage) أقل وبدون إضرار بخصائص المادة لهذا فانه:

- يمكن ان ننجز بالخرسانة المعاد تدزيرها العناصر الرفيعة أو ملئ الاجزاء المعقدة.

- الخرسانة المعاد تدويرها تضمن تغليقا جيدا لحديد التسليح ولو كان التسليح كثيفا جدا أو معقدا وكان الرج (Vibration) مستحيلا .

- مسافة ضخ عالية (Pompabitité) .

8-1.2 نوعيةالمظهرQualite d'aspect :

نتيجة لسهولة استعمالها وتركيبها الحبي الصغير يمكننا ان نحصل بواسطة خرسانة الرمل على فعل معماري (Effects architecturales) متنوع ومدهش وفتان:

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

8-1.3 التجانس والتماسكHomogeneité-Cohésion :

الخلطة والتركيب الحبيبي يعطي الخرسانة المعاد تدويرها تجانسا ومتماسك السطوح وجوانب الخرسانة الظاهرة مرضية جدا سواء بلون الرمل أو باضافة ملونات للحصول على ألوان اكثر, هذه الخصائص مهمة جدا للعناصر المعمارية والحدائق.

8-1.4 مصدر محلي للمواد الاولية:

- الرمل الفائض:

أيا كانت مصادر هذا الفائض (رمل طبيعي مثل الكثبان اومكسر) فان استعماله الامثل يكون بذلك بالضرورة مريحا للاقتصاد المحلي .

- ندرة الحصياء:

هذه الندرة سواء (الرمل الطبيعي المستعمل في البناء او الحصى) وسواءا كانت حالية اومستقبلية فان الاهمية الاقتصادية للحصول على مادة معرضة للخرسانة التقليدية تكمن في التحكم في التطبيقات الواسعة والمتنوعة للخرسانة المعاد تدويرها،التي تكون ملائمة للاقتصاد المحلي او الوطني.

-البيئة:

الاثر البيئي بدأ يؤخذ اكثرفي الحسبان لان الاقتلاعا لكبيرللحصى الذي يوجد بكميات ليست متجددة يمس بالتوازن البيئي .فقد نقلت جريدة اخر ساعة الجزائرية في عددها الصادر في 2010/01/27 (26)

((حيث تحولت العديد من المناطق بولاية بومرداس خلال السنوات الاخيرة، الى مناطق خصبة لعصابات النهب والسرقة التى تفننت في استنزاف كميات هائلة من الرمال مما ينذر بوقوع كارثة بليغة بالأرضي الفلاحية المحاذية لتلك الشواطئ و الاودية،التي بدات مساحاتها في تقلص مستمر)) كما أضافت نفس الجريدة وفي نفس الموضوع تسريحات للسيد قائد الاركان بالمجموعة الولائية ببومرداس"موسى مختار" فقالت ((وللاشارة وحسب قائد الأركان بالمجموعة الولائية ببومرداس"موسى مختار" فان ظاهرة نهب الرمال تبقي متفشية بصورة كبيرة بمختلف شواطئ الولاية رغم ما اتخذ من اجراءات امنية ووقائية لحماية ثروتنا من ظاهرة السرقة هذه، فقد تم سد كل المنافذ المؤدية إلى الشواطئ بحيث سجلت ذات المصالح في هذاالشأن ومنذ بداية السنة الجارية أكثرمن 200 قضية تورط فيها أكثر من 146 شخصا واودع 99 منهم الحبس بمختلف المراكزالتربية كما حجزت خلالها مصالح الدرك الوطني 92 مركبة وضعت في الحظيرة الى غاية صدور حكم قضائي بشأنها و 570 مترمكعب من الرمال، اضافة الى رمال الوديان التى اضحت هي الاخرى مستهدفة من قبل المافيا حيث تم حجز 40 مترمكعب منها خاصة بوادي سيباو ببلدية بغلية اقصى شرق ولاية بومرداس)) وعند تفسير هذا الكلام نجد انه في مدة 27 يوم تم قبض 570 مترمكعب أي بمعدل 21.1 مترمكعب يوميا من هذه الشواطئ فقط.

-خفض ثمن التكلفة :

نظرا لخصائص الخرسانة المعاد تدويرها يمكن خفض التكلفة عن طريق:

-الاقتصاد في المادة

- ربح في إنتاجية الورشة وزيادة في الفاعلية وسرعة الإنتاج

- خفض التكلفة الإجتماعية اللإنجازعن طريق تسهيل العمل.

وبفضل الخصائص السالفة الذكر التي تتميزبها الخرسانة المعاد تدويرها فقد استعملت في العديد من المنشئات المختلفة:

- العمارات:

يمكن استعمال الخرسانة المعاد تدويرها في إنشاء العمارات نظرا لتشغليتها السهلة ومنظرها الجمالي الجيد.

- الطرقات:

ظهر أول استعمال للخرسانة المعاد تدويرها في الطرقات في بداية الالفية الجديدة في فرنسا .

الخلاصة:

من خلال هذا المحورنستطيع أن نستخلص ما يلي:

1–ان استعمال الخرسانة المعاد تدويرها في مجال الانشاء حديث.

2– ان النسبة G/S لهما تاثير. كبير ومباشر على خصائص الخرسانة .

3– الخرسانة المعاد تدويرها لها مزايا تؤهلها ان تكون بديل ممتاز للخرسانة العادية.

المحور II

خصائص المواد المستعملة و صياغة الخرسانة المعاد تدويرها

1 مدخل:

ان الخرسانة هي مركب مكون من عدة مواد (اسمنت,ماء,رمل,حصى,إضافات.....الخ) ونظرا لعدم وجود صيغ عالمية موحدة فان الخرسانة المعاد تدويرها هي محل أبحاث ودراسات يهدف مجملها الى جعل هذه الأخيرة مادة صناعية عالمية

2 خصائص المواد المستعملة:

ارتأينا في هذه الدراسة الى استعمال رمل الكثبان الموجود بكثرة في الجنوب الجزائري و خاصة منطقة واد سوف بمنطقة الدبيلة و بقايا الآجر و خرسانة معاد تدويرها و الاسمنت ..... .وذلك من اجل الحصول على صيغة لاستعمال رمل الكثبان و بقايا الآجر والخرسانة المعادة تدويرها

1.2 رمل:

هي حبيبات صغيرة من الرمال ناتجة عن تفتت الصخور تحركها الرمال تكثر الرمال في المناطق الصحراوية بحيث تغطي الرمال مساحات كبيرة من الأرض (glossary of term in soil science "researchbranch canada department of agricul ture publication 1459 /revised 1976) كل انواع الرمل يمكن استعمالها فالخرسانة بشرط مراعاة النقاوة

في هذه الدراسة استعملنا رمل الكثبان بمنطقة الدبيلة بواد سوف و سنعرض المنتائج التجارب المجرات

2.1.1 الكتلة الحجمية

الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الاحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة و هي معرفة بالقواعد NFB 18-301[50]

- **الكتلة الحجمية الظاهرية (Masse volumiqueapparente)**

هي النسبة بين الوزن الكلي للعينة على الحجم الكلي وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\rho app = MT / VT \quad \text{.....}$$

ρapp: الكتلة الحجمية الظاهرية

MT:كتلة العينة الكلي

: VTحجم العينةالكلي

- الكتلة الحجمية المطلقة (Masse volumiqueabsolue)

هي النسبة بين الوزن الحبيبات الصلبة على حجم الحبيبات الصلبة وتعطى بالعلاقة التالية:

ρ*ab*=Ms/ Vs .....

ρ*ab*: الكتلة الحجمية المطلقة

Ms: وزن الحبيبات الصلبة

Vs:حجم الحبيبات الصلبة

الجدول التالي يبين النتائج المتحصل عليها :

العينة	النوع	الكتلة الحجمية المطلقة(kg/m3)	الكتلة الحجمية الظاهرية (kg/m3)
1	**100 % رمل معاد تدويره**	2631	1577
2	**100% رمل كثبان**	2500	1835
3	**100% بقايا الآجر**	2173	1262
4	**%رمل معاد 50% بقايا الآجر**	2222	1454
5	**%رمل معاد 50% رمل كثبان**	2381	1619

الجدول ..... يبين الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة

2-1-2 معامل امتصاص الماء

يعرف بالقاعدة NFB 18-555 (Afnor, Normes. Essais physico-mécaniques sur les bétons et mortiers. 1981-1997.)هذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في الحبيبات وهي

تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب على الوزن الجاف للعينة و تعطى بالعلاقة (KEDJOUR.N.E. le laboratoire du béton. Algérie : Edition OPU, 2005.)

$$Ab = \left(\frac{Ma - \mathrm{M\,S}}{\mathrm{M\,S}}\right) \times 100$$

Ab :معامل امتصاص الماء %

M a :كتلة العينة قبل التجفيف

M S :كتلة العينة بعد التجفيف وقبل الوصول الى 105 درجة مئوية

وكانت النتائج كما يلي

الجدول .... يبين النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء Ab

نوع الرمل	معامل امتصاص الماء
رمل معاد تدويره	
رمل الكثبان	
بقايا الآجر	

2.1.3 المكافئ الرملي :(Equivalent de sable)

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

مبدأ التجربة

تنظمن هذه التجربة

- غمس وزن محدد من الرمل في محلول flocculant

– بعدها نقوم بالإثارة والرج بواسطة الجهاز لمدة 30 ثانية

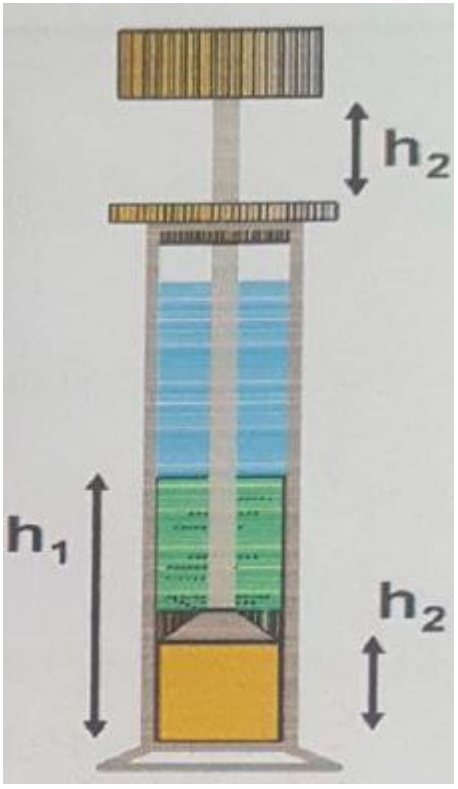
– نقوم بتسوية العينة ثم نتركها لمدة 20 دقيقة

– ثم نقيس ارتفاعات الرواسب

* الطبقة السفلى تمثل الرمل الصافي ارتفاعها H1

* الطبقة العليا تمثل الرمل مع الشوائب ارتفاعها H2

الصورة التالية تبين جهاز قياس المكافئ الرملي



المكافئ الرملي يعطى بالعلاقة

$$Es = (H1/H2) \times 100.....$$

بعد ما قمنا بالتجارب دونا النتائج في الجدول التالي

الجدول .... يبين نسب المئوية المكافئ الرملي

تركيبة الرمل	**المكافئ الرمل Es (%)**
رمل الكثبان	88

رمل معاد	70.42
بقايا الأجر	85.31

التدرج الحبيبي **(Analyze granulometries)**

وهي تجربة فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها على بعض اي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون بالغربلة بواسطة مجموعة من الغرابيل مرتبة حسب مقاسات فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون الغربال الأكبر مقاسا في الأعلى و الأصغر في الأسفل تقودنا هذه التجربة الى حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة تعرف هذه التجربة بواسطة المواصفات (27) NFP18-560

سندرس ثلاثة عينات

-العينة الأولى رمل الكثبان 100 %
-العينة الثانية رمل معاد 100 %
-العينة الثالثة بقايا الآجر 100%

إن القاعدة تنص على أن الحجم الأصغر المستعمل في العينة يحقق العلاقة الآتية (29) :

$$M \geq 0.2\ D\ max \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

حيث :

M : وزن العينة ب كغ

D max: القطر الاعظمي للحبيبات مأخوذ ب ملم

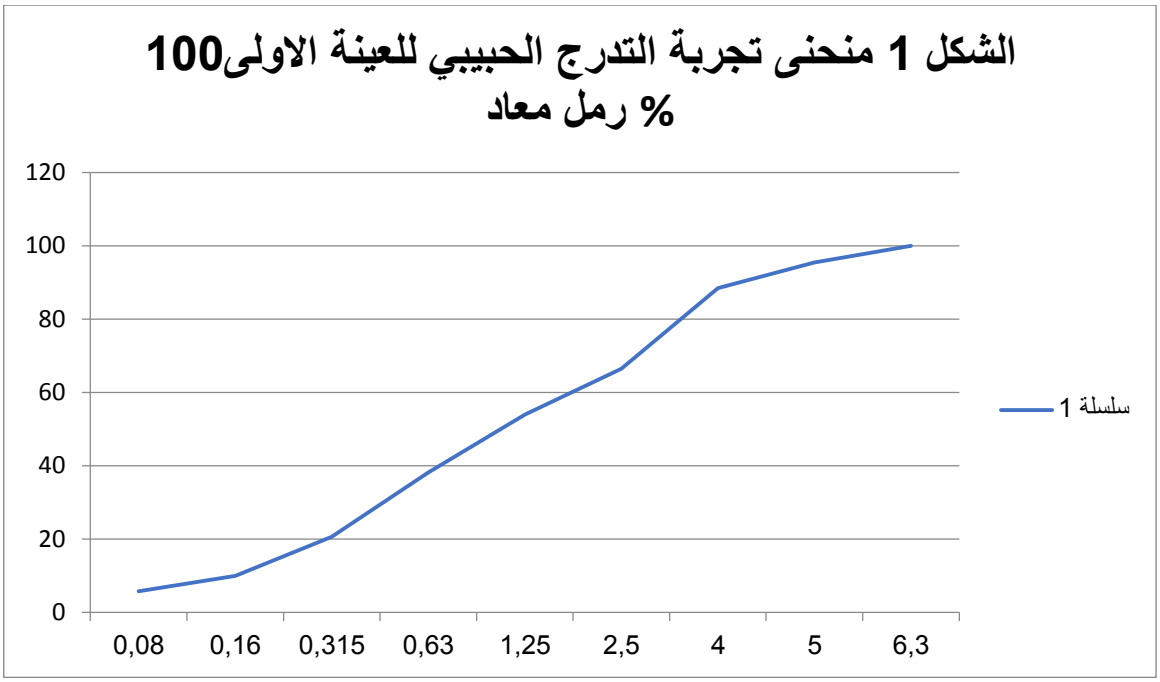
استعملنا في هذه التجربة 1كغ من الرمل (29) فكانت النتائج كما يلي :

الجدول أدناه يوضح بعض النتائج المتوسطة للعينات :

العينة الاولى100 % رمل معاد :

الجدول ..... يبين نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأولى 100% رمل معاد

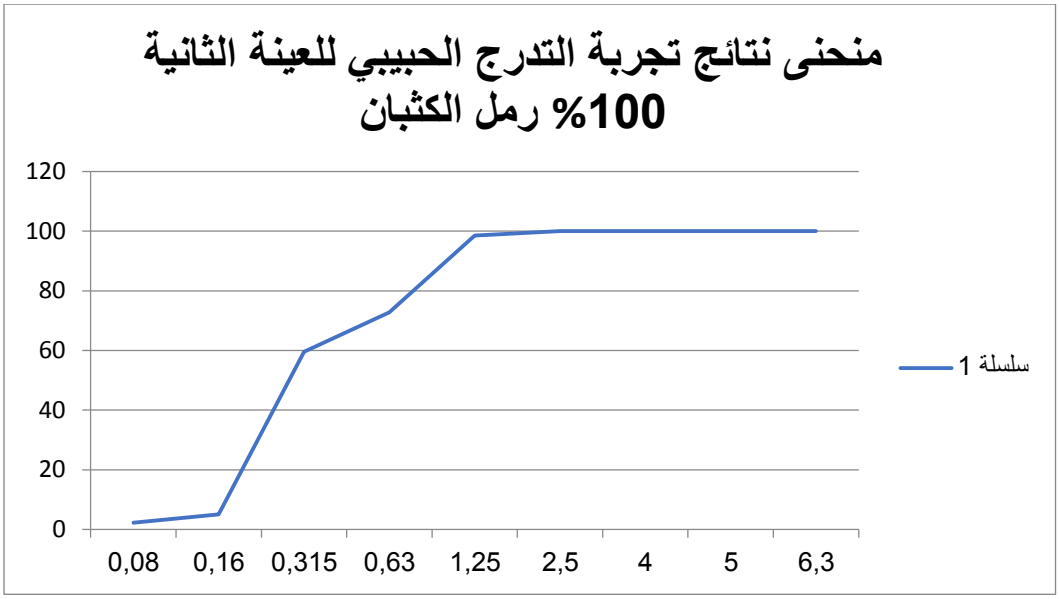
فتحات الغرابيل ب(mm)	العالق ب (g)	العالق المجمع ب (g)	نسبة العالق المجمع RC(%)	المار المجمع T(%)
6.3	0	0	0	100
5	45.46	45.46	4.55	95.45
4	69.76	115.22	11.52	88.48
2.5	219.70	334.92	33.49	66.51
1.25	125.1	460.02	46	54
0.36	158	618.02	61.8	38.2
0.315	175.5	793.52	79.35	20.65
0.16	107.1	900.62	90.06	9.94
0.08	41.7	942.32	94.23	5.77



العينة الثانية 100% رمل الكثبان:

الجدول ..... يبين نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة 100% رمل الكثبان

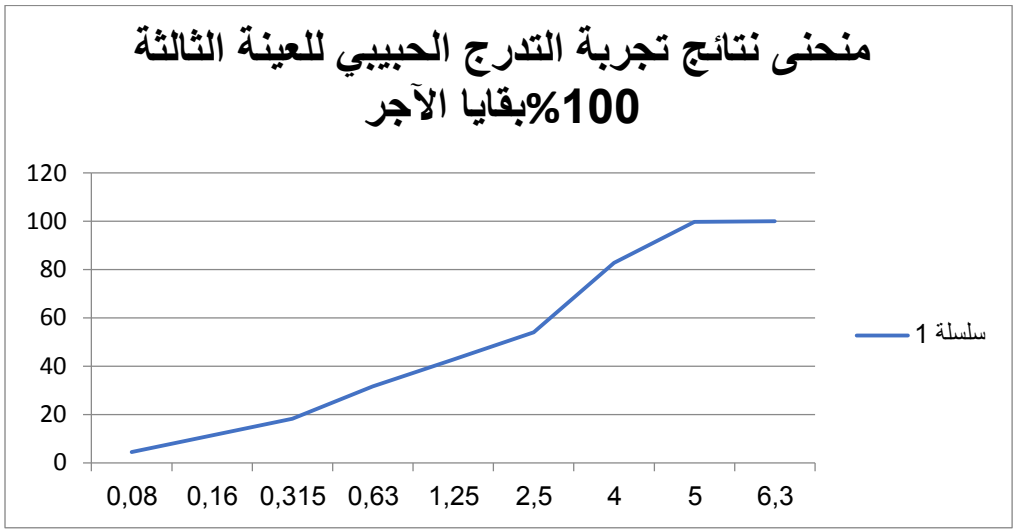
فتحات الغرابيل ب(mm)	العالق ب (g)	العالق المجمع ب (g)	نسبة العالق المجمع RC(%)	المار المجمع T(%)
6.3	0	0	0	100
5	0	0	0	100
4	0	0	0	100
2.5	0	0	0	100
1.25	12	12	1.2	98.8
0.63	260	272	27.2	72.8
0.315	132.8	404.8	40.48	59.52
0.16	545	949.8	94.98	5.02
0.08	28	977.8	97.78	2.22



العينة الثالثة 100%بقايا الآجر :

الجدول ..... يبين نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة 100%بقايا الآجر :

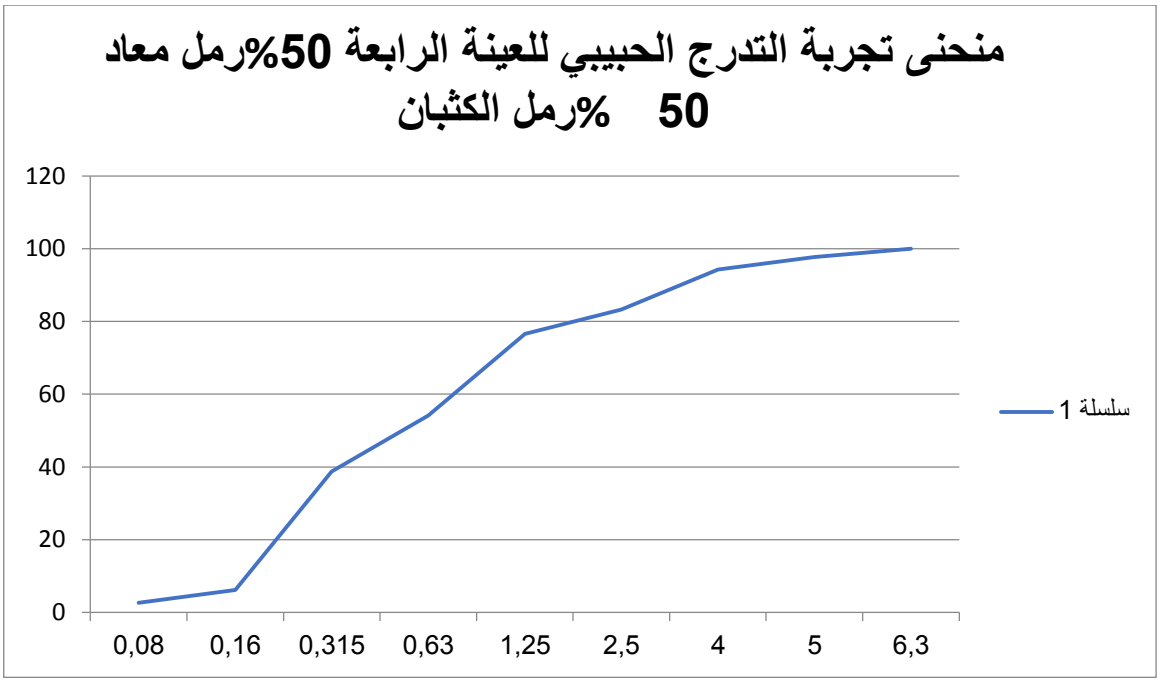
فتحات الغرابيل ب(mm)	العالق ب (g)	العالق المجمع ب (g)	نسبة العالق المجمع RC(%)	المار المجمع T(%)
6.3	0	0	0	100
5	2	2	0.2	99.8
4	170	172	17.2	82.8
2.5	288	460	46	54
1.25	112.6	572.6	57.26	42.74
0.63	111.3	683.9	68.39	31.61
0.315	133.20	817.1	81.71	18.29
0.16	69	886.1	88.61	11.39
0.08	68.8	954.9	95.49	4.51



العينة الرابعة 50%رمل معاد 50 % رمل الكثبان

الجدول ..... يبين نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة 50%رمل معاد 50 % رمل الكثبان

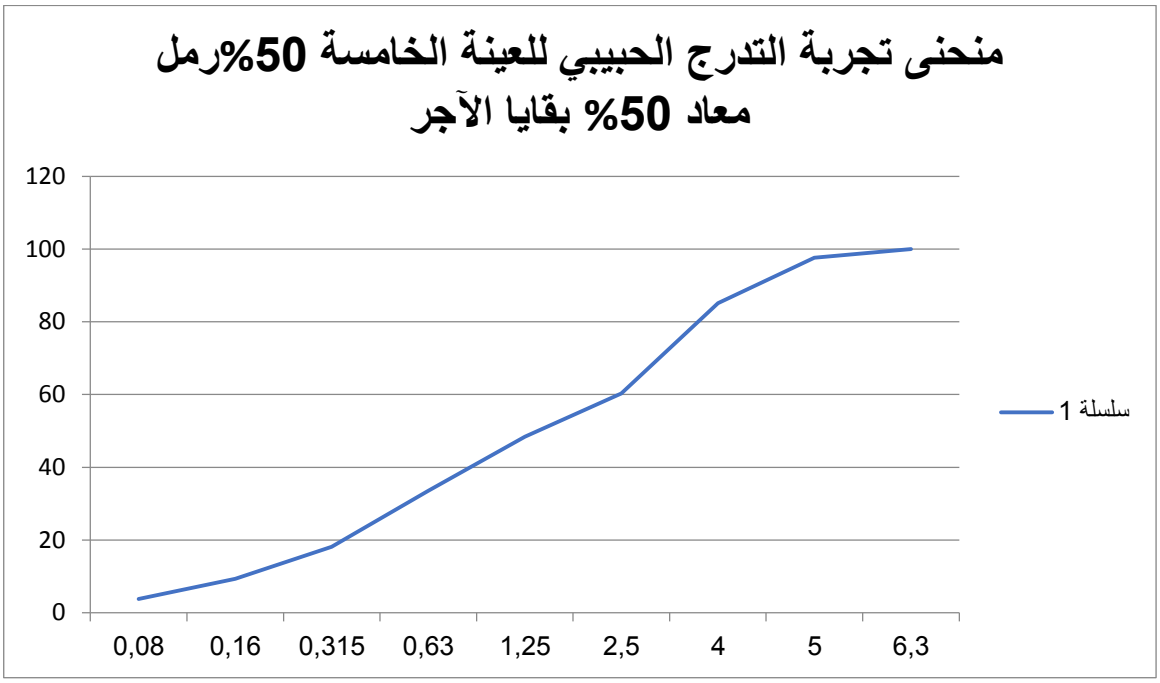
فتحات الغرابيل ب(mm)	العالق ب (g)	العالق المجمع ب (g)	نسبة العالق المجمع RC(%)	المار المجمع T(%)
6.3	0	0	0	100
5	22.66	22.66	2.27	97.73
4	34.88	57.54	5.75	94.25
2.5	109.85	167.39	16.74	83.26
1.25	68.55	235.94	23.59	76.41
0.63	222.5	458.44	45.85	54.15
0.315	154.15	612.59	61.26	38.74
0.16	326.05	938.64	93.86	6.14
0.08	34.85	973.49	97.35	2.65



العينة الخامسة 50%رمل معاد 50% بقايا الآجر

الجدول ..... يبين نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الخامسة 50%رمل معاد 50% بقايا الآجر

فتحات الغرابيل ب(mm)	العالق ب (g)	العالق المجمع ب (g)	نسبة العالق المجمع RC(%)	المار المجمع T(%)
6.3	0	0	0	100
5	23.66	23.66	2.37	97.63
4	119.88	143.54	14.35	85.15
2.5	253.85	397.39	39.74	60.26
1.25	118.85	516.24	51.62	48.38
0.63	148.15	664.39	66.44	33.56
0.315	154.35	818.74	81.87	18.13
0.16	88.05	906.79	90.68	9.32
0.08	55.25	962.04	96.2	3.8



2.1.4 معيار النعومة (Module de finesse)

ويتم تقييمه بواسطة معيار يسمى المقياس حيث يساوي مجموع النسب المئوية للمتبقي المجمع للمناخل القياسية الستة (5,2.5,1.25,0.63,0.315,0.16) مقسومة على 100

ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام وهو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخراسانية و من اجل الرمل نستطيع تعريف ثلاثة مجالات لمعيار النعومة حيث :(30)

- المجال A المفضل المستعملة في الخرسانة او الملاط بين 2.2_2.8
- المجال B رمل تميل حبيباته الى الدقة بين 1.8_2.2
- المجال C رمل تميل حبيباته الى الخشونة بين 2.8_4

$$Mf = \sum \frac{RC}{100} \quad \ldots\ldots\ldots$$

RC: المتبقي المجمع ب (%) للغرابيل (5,2.5,1.25,0.63,0.315,0.16) و منهو معيار النعومة لكل عينة وبعد الحساب هو :

الجدول ..... يعبر عن معيار النعومة لكل عينة

العينة	معامل النعومة
العينة1: 100% رمل معاد تدويره	3.27
العينة2: 100% رمل الكثبان	1.64
العينة3: 100% بقايا الاجر	3.59
العينة4: 50%رمل معاد تدويره و 50% رمل الكثبان	2.49
العينة5: 50%رمل معاد تدويره و 50% بقايا الاجر	3.47

بالنسبة للعينة الأولى التي تحتوي غلى نسبة 100% من الرمل المعاد تدويره و من خلال قيمة معامل النعومة التي تساوي 3.27 نستنتج إن هذا الرمل موجود في المجالC الذي هو الرمل الذي تميل حبيباته الى الخشونة .

بالنسبة للعينة الثانية التي تحتوي غلى نسبة 100% من رمل الكثبان و من خلال قيمة معامل النعومة التي تساوي 1.64 نستنتج أن هذا الرمل موجود في المجال B و الذي هو الرمل هو الرمل الذي تميل حبيباته الى الدقة .

بالنسبة للعينة الثالثة التي تحتوي غلى نسبة 100% من بقايا الآجر و من خلال قيمة معامل النعومة التي تساوي3.59 نستنتج أن هذا الرمل موجود في المجال C الذي هو هو الرمل الذي تميل حبيباته الى الخشونة .

بالنسبة للعينة الرابعة التي تحتوي غلى نسبة 50% من رمل الكثبان و50% من الرمل المعاد من خلال قيمة معامل النعومة التي تساوي 2.49 نستنتج أن هذا الرمل موجود في الحد المجال A الذي هو الرمل المفضل المستعمل في الخرسانة.

بالنسبة للعينة الخامسة التي تحتوي على نسبة 50% من الرمل المعاد و50% بقايا الآجر من خلال قيمة معامل النعومة التي تساوي 3.47 نستنتج أن هذا الرمل موجود في المجال C الذي هو رمل تميل حبيباته الى الخشونة .

2.2 الاسمنت

هو رابط مائي مصنع غير عضوي له خاصية التفاعل مع الماء و تكوين عجينة لدنة قادرة عن تصلبها على ربط الرمل و الحصى والحجارة التي تخلط بها و بذلك يتشكل الملاط Mortier و الخرسانة béton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية و الماء يعد الاسمنت من أهم مواد البناء و يرجع تصلبه الى التفاعلات الكيميائية القادرة على تمييهHydratationسيليكات الكالسيوم و الومنياتـــه و كبريتاتـــه التي يتركب منها و انواغـــه كثيرة اشهرهـــا و اكثرها انتشارا "الاسمنت البروتـــلانـــدي "(100)

الاسمنت المستعمل في الدراسة :في الدراسة استعملنا اسمنت من نوع CPJ CEM II / B 42.5N متواجد في السوق المحلي مصنوع من طرف شركة لافاراج والمطابق للمعايير الجزائرية (NA442-2013)

نتائج التجارب على هذا النوع من الاسمنت بخصوص الكتلة الحجمية الظاهرية و المطلقة معطاة مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت (131)

الكتلة الحجمية المطلقة : **ρab**= 3034kg/m3

الكتلة الحجمية الظاهرية: **ρab**=2120kg/m 3

و في ما يلي بعض التجارب المجرات

2.2.1 المساحة السطحية للاسمنتsurface specifique

هي خاصية فيزيائية تحدد خاصية نعومة الاسمنت فيقدر ما يكون الاسمنت مطجونا اكثر فبقدر ما تكون المساحة النوعية السطحية اكبر و تعتبر النعومة من اهم الخواص التي تؤثر على العناصر التالية :

- نسبة التفاغل الكيميائي
- تكور المقاومة
- كمية الاسمنت الضرورية لتغليف مجمل حبيبات الركام (الرمل ,الحصى) لدعم الترابط بين كل الحبيبات

المساحة السطحية للاسمنت المستعمل مقاسه في مخير مطحنة الاسمنت أعطى 3859cm²/g

2.2.2 زمن التصلب :

يتفاعل الاسمنت كيميائيا مع الماء ثم بعد مرور ساعة أو أكثر يبدأ العجين في إظهار شيء من التماسك الأولي نعبر عنه بزمن بداية التصلب هذا الوقت المنقضي بين خلط الماء مع الاسمنت و بداية

التصلب يسمى اصطلاحا زمن التصلب وهو مهم بالنسبة لعملية لتشغيل الخرسانة (خلطها ,تحميلها ,رفعها ,ضخها و هزها) يختلف زمن التصلب حسب نوعية الاسمنت و نعومته وكمية الماء ودرجة الحرارة و لذلك نقوم بتحديده على عجين قياسي معد حسب نسبة الماء المثالية و في درجة حرارة محددة ب 20درجة مئوية وباستعمال جهاز فيكاvicat محمول بالإبرة بعد زمن بداية التصلب يتواصل التماسك حتى يصبح العجين عبارة عن كتلة واحدة وهذا ما نسميه نهاية زمن التصلب (3)

ويكون زمن التصلب أكثر من 90 دقيقة بالنسبة للاسمنت العادي في درجة حرارة 20 درجة مئويةأما بالنسبة للاسمنت المستعمل في الدراسة فحسب البطاقة التقنية فان :

الزمن الابتدائي للتصلب بالدقائق : 150 ± 30

الزمن النهائي للتصلب بالدقائق : 230 ± 50

2.2.3 الخصائص الكيميائية :

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

الجدول ..... يبين التحليل الكيميائي للاسمنت

العناصر	القيمة %
الكبريتاتSO3	0.5±2.5
اوكسيد المغنزيومMgO	0.5±1.7
الكلوريرNaCL	0.05−0.02
C3S	3±60
C3A	1±7.5

2.2.4 مقاومة الضغط :

يتميز الاسمنت بمقاومته للضغط بعد يومين و بعد 7 أيام و 28 يوما من لحظة إعداد الخلطة ويتم ذلك على مواد اختبارية من ملاط نظامي و عينات خرسانية ذات مواصفات خاصة تنص عليها المقاييس الدولية والحكومية وتتبع في ذلك طرائق اختيار فيزيائية و ميكانيكية محددة

مقاومة الضغط بالميغا باسكال حسب البطاقة التقنية للاسمنت

- 2 يوم $\leq$ 10.0
- 28 يوم $\leq$ 42.5

2.2.5 المعامل الهيدروليكي Indice d' hydraulicité :

المعامل الهيدروليكي او معامل فيكاvicat الذي يعرف بالنسبة او الكسر الحامظ من مكونات الاسمنت على القاعدي منها

I=SiO2+Al2O3/MgO+CaO=0.4 .....

الاسمنت المستخدم I=0.44<0.5 اذن الاسمنت محايد (134)

والجدول ..... يلخص بعض الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية للإسمنت المستخدم مجراة في المخبر التابع للمصنع :

الخصائص الفيزيائية	الخصائص الميكانيكة (Mpa)
الكتلة الحجمية المطلقة $\rho ab = 2120\ kg/m3$:	Rc28=48.24±2.89
الكتلة الحجمية الظاهرية $\rho ab = 3043\ kg/m3$:	Rc7=37.61±2024
	Rc2=22.27±0.52
المساحة السطحية للنوعية :	Rt28=08.48±0.52
بدء التصلب :128 دقيقة	Rt07=07.11±0.43
نعاية التصلب : 184 دقيقة	Rt2=04.97±0.41

الجدول .... الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية للاسمنت المستعمل

2.3 الماء

أهمية الماء :

- الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيميائي بين الاسمنت و الماء
- هو ضروري أيضا لكي تمتصه الحبيبات المستعملة في الخرسانة
- يعطي الماء الخليط المؤلف من الركام الخشن و الناعم و الاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعده غلى التشغيل و التشكيل
- بوجود الماء يمكن خلط مقدار اكبر من الحبيبات بنفس الكمية من الاسمنت
- إن الماء يعطي حجما اكبر للخرسانة يتراوح بين 15–20 %
- يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر
- إن الماء ضروري لعمليات إيناع الخرسانة أثناء تصلبها

النسبة المائية للاسمنت:E/C

هي النسبة وزن الماء الحر المخصص للتفاعل (عدا عن الماء الذي تتمتصه الحبيبات) الى وزن الاسمنت في الخلطة و لضبط نسبة الناء في الخلطة اهمية بالغة و عليها تتوقف قوة الخلطة و مساميتها و انفصالها و مقدرتها على مقاومة العوامل الجوية من برودة و حرارة و تآكل حيث ان كثرة الماء تضعف الخرسانة و تسبب الانفصال والتميع و المسامية و قلة الدوام و الاهتراء و قلة التماسك و الضعف و التقشر و الانكماش و التشقق (ماني محمد)

1. 3. 2 خواص الماء المستعمل في الخرسانة

1– يكون الماء المستعمل في خلط و معالجة االخرسانةخاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والاملاح و الاحماض و القلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواءا كانت هذه المواد ذائبة او 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 و إيناعها

3– يسمح باستعمال الماء الغير صالح للشرب اذا لم يتوفر الماء الصالح للشرب على ان لا تزيد نسبة الشوائب عن نسب معينة تحددها المواصفات

4– يحظر استعمال الماء الغير صالح للشرب في خلط و ايناع الخرسانة الا بعد ان يثبت مخبريا بأن مقاومة مكعبات الملاط (morteir) الذي خلطه بالماء الغير صالح للشرب تساوي على الاقل

(90%) من مقاومة نظيراتها والتي جرى تحضيرها بأستعمال ماء صالح للشرب وذلك عند عمر (14) يوم و (28) يوم و حسب المواصفات التقنية اللازمة

5- يجرى تصميم الخلطة الخرسانية في المخبر باستعمال نفس الماء الغير صالح للشرب و الذي سيجرى استخدامه في الخلطات الخرسانية في الموقع (32)

الماء المستعمل في الخلطة الخرسانية من حنافية مخبر الجامعة .

2.3.2 التركيبة الكيميائية للماء المستعمل ب(Mg/L) :

الملوحة	PH	HCO3-	SO4--	NO3-	Cl-	Na+	K+	Mg++	Ca++
2799	7.50	85	400	15.3	504	300	29	90	200

2.4 الملدن :قصد التحكم في النسبة E/C و الحصول على خرسانة ذات تشغيلية عالية استعملنا في هذه الدراسة ملدن **MEDAFLOW 30(super plastifiant haut réducteurd'eau)** سائل من شركة قرانتيكس

التركيز الموصى به حسب البطاقة التقنية للمنتج من 0.5-0.2 % من وزن الاسمنت اي ما يعادل 0.64 الى 1.86 لتر لأجل 100 كغ من الاسمنت

خصائص المنتج :

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

3 صياغة الخرسانة المعاد تدويرها

من اجل الحصول على تركيبة للخرسانة المعاد تدويره نأخذ تركيز من الاسمنت و الرمل كما هو منصوص عليه في الملاط النظامي اي نأخذ مقدار من الاسمنت و ثلاثة مقادير من الرمل اما نسبة

الماء فتحدد بتجربة الشغيلية التي تجرى بجهاز Table a chocs الخاص به من اجل الحصول على ملاط مرن كما هو موصى به حسب المواصفات

3.1 تجربة التشغيلية

قبل تصلب الخرسانة توضع في قوالب عملية الوضع يجب ان تكون سهلة لربح الوقت من ناحية و لتفادي التشوهات الناجة عن الصب التي يصعب مغالجتها لاحقا و نقول ان الخرسانة اكثر تشغيلية اذا كانت العملية صبها في الخرسانة اكثر سهولة (33)

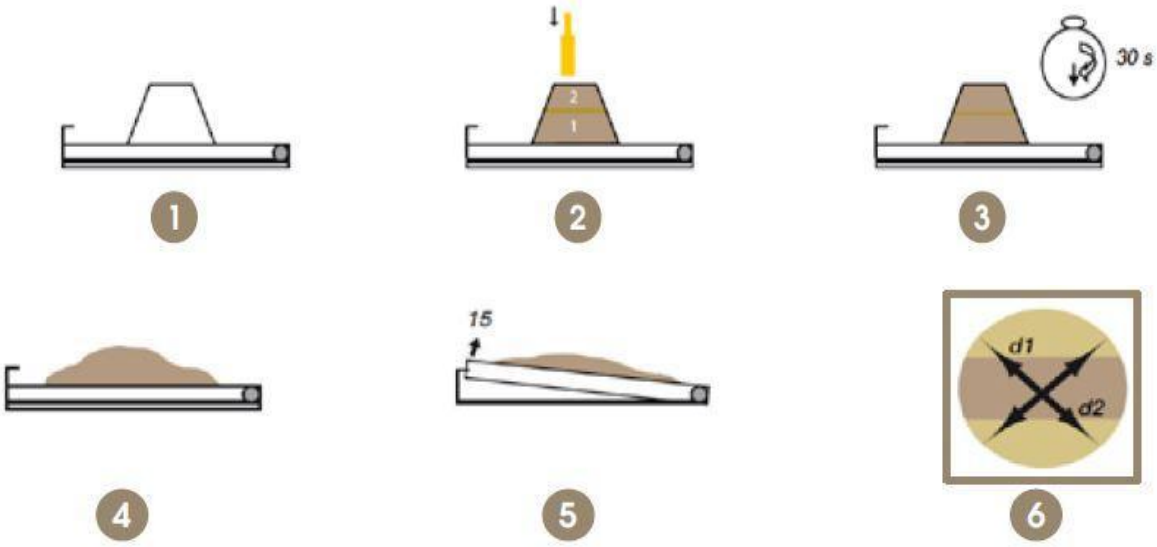
لذا تهدف هذه التجربة الى قياس مسافة تمدد الخرسانة او الملاط ثم الاستدلال بهذه المسافة على نوعية الملاط ثم الحكم على التشغيلية ومن ثم تحديد نسبة الماء المناسبة للتشغيلية المقبولة اذان الخرسانة طازجة تصنف حسب التشغيلية الى اربعة اصناف : خرسانة صلبة ,خرسانة مرنة ,خرسانة مرنة جدا, خرسانة مائعة (18)وهي موصى به حسب NF EN 12350-5

الجهاز المستعمل ويسمى الجهاز ب Table desecousse كما ذكرنا سابقا كما هو موضح في الشكل .... حيث يتكون من :

1- طاولة متحركة متكونة من جزئين الجزء العلوي عبارة عن صفيحة حديدية بقياس 300×300مم بوزن 20kg توضع فوقها الخرسانة مثبتة من جهة واحدة بواسطة لوالب تسمح لها بالتحرك عموديا حول محور التثبيت و الجزء السفلي عبارة عن قاعدة حديدية صلبة مثبت عليها الجزء العلوي.

2- قمع حديدي سمكه اكبر من 1.5 مم بقياس :

- قطر القاعدة السفلية 250 مم
- قطر القاعدة العلوية 170 مم
- ارتفاع 130 مم



الشكل .... جهاز قياس التشغيليةTable a chocs

مبدأ التجربة :

تمر التجربة بعدة مراحل منها :

- خلط الخرسانة على حسب التركيبة المقترحة
- توضع الطاولة على مستوى افقي يجب ان تكون الطاولة نظيفة ورطبة ويوضع القمع في المكان المحدد بدائرة على الطاولة – مرحلة 1 في الصورة –
- يملأ القمع على مرتين و يدك 25 مرة في كل مرحلة – مرحلة 2 في الصورة –
- نمسح الطاولة جيدا من بقايا الخرسانة ونقوم بتسوية الخرسانة مع نهاية القمع ننتظر مدة 30 ثانية – مرحلة 3 في الصورة –
- نزع القمع عموديا بحذر – مرحلة 4 في الصورة –
- نقوم برفع الجزء المتحرك قي الطاولة بارتفاع 40 مم ونتركها تسقط على القاعدة 15 مرة بتردد 2–5 ثانية لكل ضربة – مرحلة 5 في الصورة –
- نقيس التمدد الكبير d1 ز القطر العمودي غليه d2 – مرحلة 6 في الصورة –
- نقيس التمدد E=(d1+d2)/2

صنف الخرسانة حسب التشغيلية التمدد Eمم L'étalement E mm

خرسانة صلبة	$E \leq 340$
خرسانة مرنة	350 – 410
خرسانة رخوة	480 – 420
خرسانة رخوة جدا	550 – 490
خرسانة مائعة	620 – 560
خرسانة مائعة جدا	700 – 630

الجدول ... صنف الخرسانة بدلالة التمدد

وبعد إجراء التجربة تحصلنا على النتائج التالية :

التركيبة	E/C	الملدن %	E=(D1+D2)/2
100% رمل معاد	0.63	3	350
100% رمل كثبان	0.6	1	400
100 %بقايا الأجر	0.7	3	355
50% رمل معاد50 % رمل كثبان	0.6	0	410
50% رمل معاد50 % بقايا الأجر	0.7	3	370

الجدول ... نتائج تجربة التشغيلية

إذن كل الخرسانة من النوع المرن

وعليه فان تركيبة الخرسانة تؤخذ كما يلي :

التركيبة	الاسمنت	الرمل	E/C	الملدن %

100% رمل معاد	جزء واحد	3 جزاء	0.63	3
100% رمل كثبان	جزء واحد	3 جزاء	0.7	3
100 %بقايا الأجر	جزء واحد	3 جزاء	0.6	1
50% رمل معاد50 % رمل كثبان	جزء واحد	3 جزاء	0.6	0
50% رمل معاد50 % بقايا الأجر	جزء واحد	3 جزاء	0.7	3

الجدول ... تركيبة الخرسانة

5.4 تحضير و شكل العينة

بعد الحصول على الصياغة المثل للخرسانة قمنا بالتحضيرلعملية الخلط و الصب للعينات اللازم دراستها حيث كانت بالأبعاد التالية (160 ×40× 40) ملم اما العجينة فقد تم خلطها باليد و تم تحضير هذا الخليط بالطريقة التالية :

- سكب الرمل في اناء الخلط
- نظيف اليه الاسمنت ونقوم بعملية الخلط جيدا
- اضافة الماء تدريجيا ثم نقوم بالخلط جيدا
- اضافة الملدن مع الاستمرار بالخلط حتى نحصل على خرسانة لدنة بعد اجراء تحربة التشغيلية

المحور III

مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

1.المدخل:

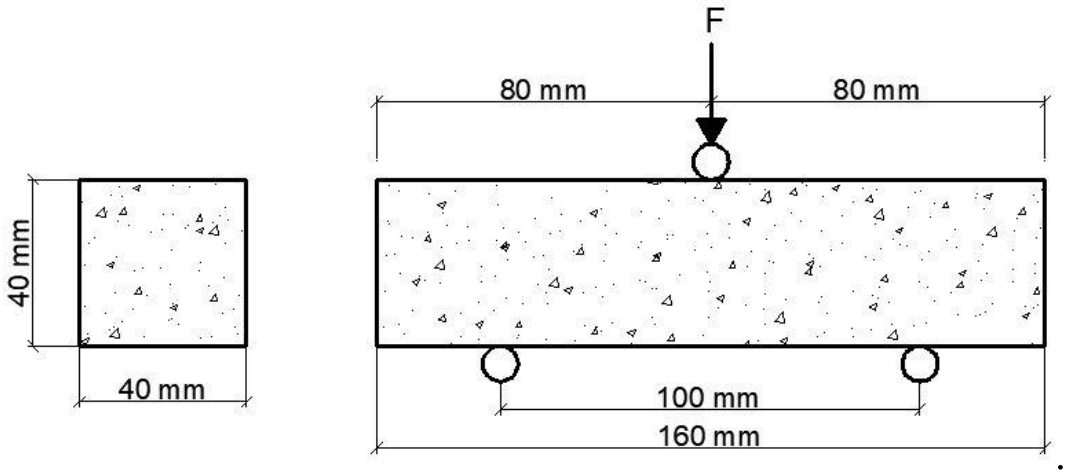
تعد الخصائص الميكانيكية للمادةمن اهم الخصائص التي تميزها عن الكثير من المواد وعن مثيلاتها من المركبات و بعد تعريف الخرسانة المعاد تدويرها و اعطاءنبذةعن تاريخها خصائصها ومعرفة التركيبة المثلي لهذه المادة المقترحة في الدارسة. ففي هذا الفصل سنتطرق الي الخصائص الميكانيكية للخرسانة المعاد تدويرهاوبالتحديد الى مقاومةالضغط مقاومة الضغط ومقاومة الشد في الايام 07و14و21و28 .

2.طرق التجارب؛

1.2 تجربة التحطيم و بالانحناء

تتم تجربة الانحناء على عينات لها مقطع مربع 4×4 سم و طول 16. البعد بين المسندين 10سم كما يتم تنفيد هذه العملية بواسطة آلة الانحناء بثلاث نقاط، الآلة مزودة بمسندين أسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما العينة ومسند علوياسطوانيكذلكمطبقوسطهمامتحركبواسطةمحركالآلةليطبقالقوةعلىالعينةوتقرأالحمولةمباشرةمنالآلة.

هذهالتجربةمنصوصعليهاحسبالقاعدة EN 196_1الشكل (1....) وهوعبارةعنشكلتخطيطي لآلة التحطيم بواسطةالانحناء.



الشكل .... ألية التحطيم بالانحناء

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من الخرسانة المعاد تدويرها او الملاط ذات أبعاد (40×40×60 ملم) قدرة هذه الآلة على التحطيم تصل إلىKN 10 إذ تطبق تقريبا 1.27 KN/min .

مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية :

..... Rt =150Ff.l/b3

Rt:مقاومة الانحناء ب (Mpa)

Ff: قوة تحطم العينة عند الانحناء (KN)

L: البعد بين المسنديين ب (mm)

b: جزء العينة الذي يساوي 40mm

L: طول العينة الكلي(50)

2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة 1-196 . ENوتكون بواسطة جهاز الضغط المواد الصلبة و تكون على عينات 40×40×60 mmتوضع هذه العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين كما هو موضح في الشكل 2.

التجربة تجري بواسطة آلة

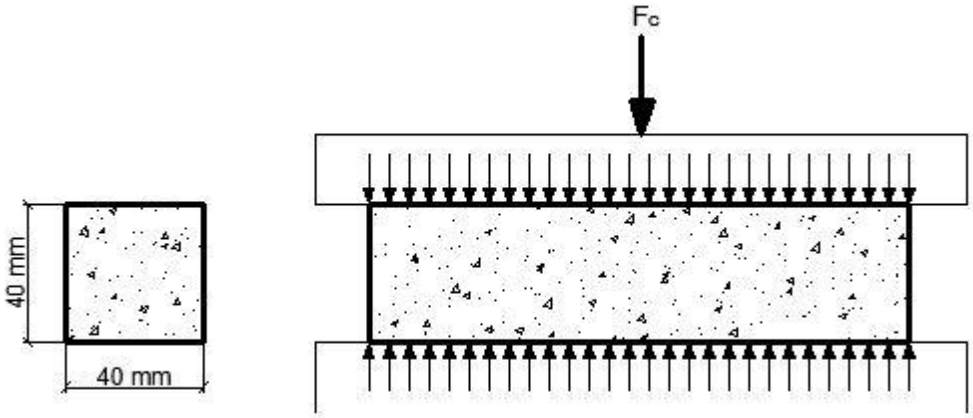
التحطيم من نوع U-testقدرة

هذه الآلة على الضغط تصل .....

الى 120KN وبواسطة السرعة

انتقال منتظمة و تقرأ مباشرة قوة

الضغط ب KN و اجهاد الضغط بMPA



.

الصورة ..... تجربة التحطيم بالضغط

3—2 تجربة امتصاص الماء الخاصية (العشرية)

تجربة امتصاص الماء بواسطة الخاصية الشعرية تحد مدي قدرة امتصاص الماء من طرف الخرسانة و ذلك بقياس كتلة الماء التي يتم امتصاصها من الخرسانة.

يتم تنفيذ التجربة بناءا على توصيات l'AFPC-AFREM على عينات خرسانة الرمل، وهي من اهم مميزات الخرسانة بصفة عامة، التي تدلل على مدي كتامة المادة من عدمها، ونستطيع القول انها تعطي لمحة عن الفراغات والمساحات 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
- توضح على مسندين وتغمر في الماء بقدر 2mm ويبقي الجزء العلوي في الهواء
- يقاس الوزن بعد مرور : 6د، 12د، 30د 1سا، 4سا، 8سا، 24سا، 48سا.

يحسب معامل الامتصاص المتعلق بالوزن والزمن العلاقة:

$$AC\%=[(Msat-Msec)/Msec] \times 100$$

AC: معامل الامتصاص

Msat: كتلة العينة بعد الامتصاص (kg/m2)

Msec: كتلة العينة الجافة Kg

ويحسب معامل الامتصاص المتعلق بالزمن ومساحة العينة بالعلاقة:

Ca%=[(Msat-Msec)/A]

Ca: معامل الامتصاص (kg/m2)

Msat: كتلة العينة بعد الامتصاص Kg

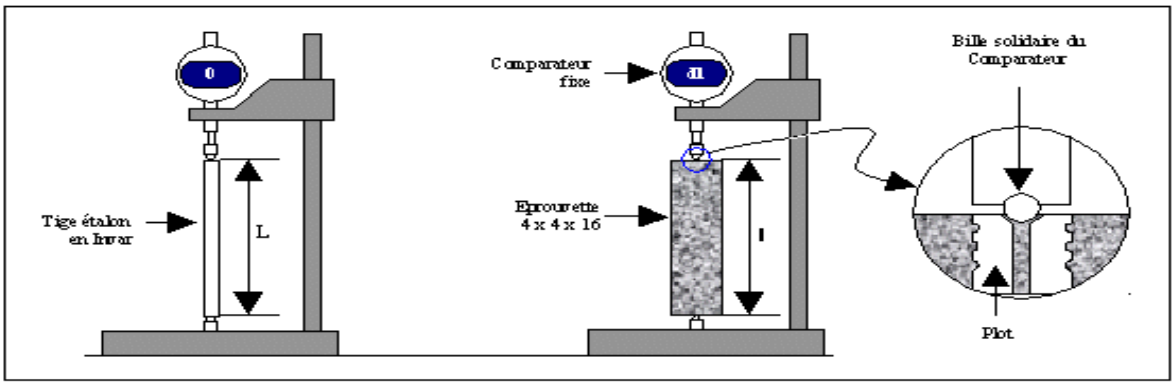
Msec: كتلة العينة الجافة Kg

A:مساحة سطح العينة (m^2)

2-4 تجربة الانكماش :

تتم تجربة الانكماش على عينات لها مقطع مربع 4*4 cm الطول 16cmمزودة في سطوحها العلوية و السفلى بصمولتين توضع عليهما كريتان حديديتان وتدخل العينة هي على هذا الحال الى جهاز رقمي يقيس الطول مباشرة اعتبارا من طول ابتداء يضبط عليه,هذا الجهاز من النوع Retrocontrole:كما هو موضح في الشكل .... يمثل شكل تخطيطيا لجهاز قياس الانكماش

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة NF P 15-433 (149)



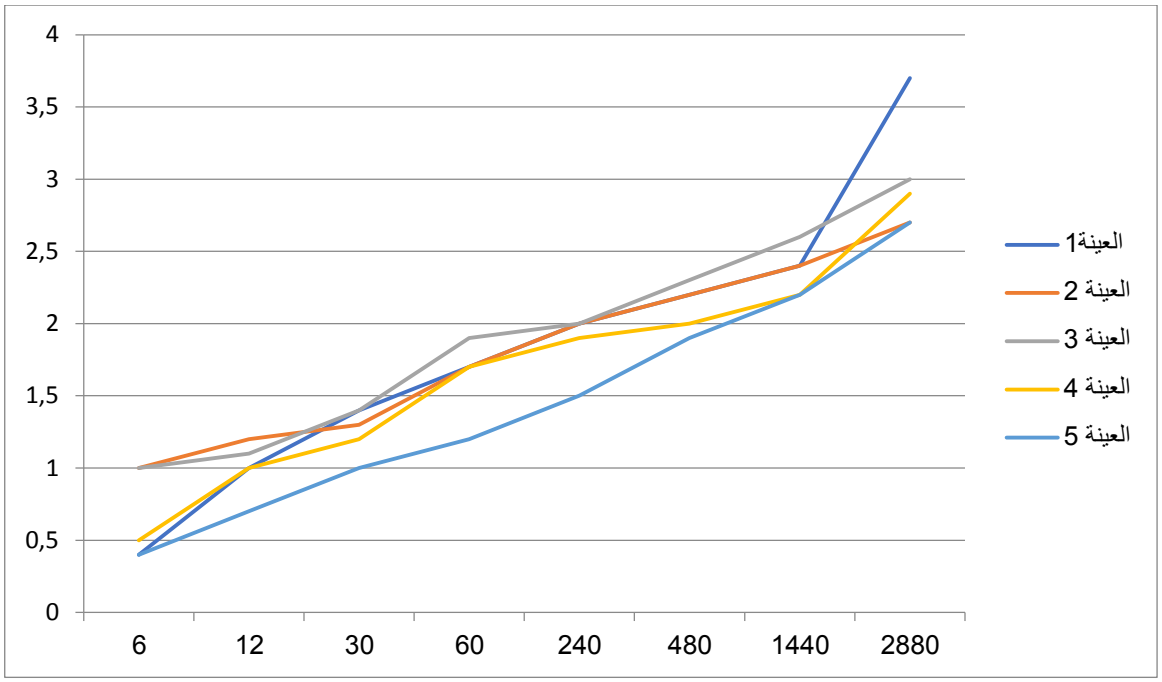
الشكل ..... يوضح آلة الانكماش

ملاحظة:

عدد العينات المختارة للقيام بكل تجربة كان 3 عينات

الجدول .... نتائج تجربة الامتصاص للعينات

العينة	الوزن الاولي	الوزن بالغرام بعد الغمر في الماء عند :							
		6د	12د	30د	60د	240د	480د	1440د	2880د
100% رمل معاد	537	537.4	538	538.4	538.7	539	539.2	539.4	540.7
100% رمل كثبان	543	544	544.2	544.3	544.7	545	545.2	545.4	545.7
100% بقايا الاجر	480	481	481.1	481.4	4851.9	482	482.3	482.6	483
50% رمل معاد 50% بقايا الاجر	512	512.5	513	513.2	513.7	513.9	514	514.2	514.9
50% رمل معاد50 % رمل كثبان	529	529.4	529.7	530	530.2	530.5	530.9	531.2	531.7



المنحنى .. نتائج تجربة الامتصاص للعينات

حساب معامل الامتصاص المتعلق بالزمن و الزمن لكل عينة

الجدول.... معامل امتصاص المتعلق بالوزن و الزمن

العينة	Msat	Msec	AC%
100% رمل معاد	540.7	537	0.67
100% رمل كثبان	545.7	543	0.49
100% بقايا الاجر	483	480	0.62
50% رمل معاد 50% بقايا الاجر	514.9	512	0.56
50% رمل معاد50% رمل كثبان	531.7	529	0.50

معامل الامتصاص المتعلق الزمن و مساحة العينة

العينة	Msat(g)	Msec(g)	مساحة المقطع(m2)	Ca(g/m2)
100% رمل معاد	540.7	537	0.0016	2.31
100% رمل كثبان	545.7	543	0.0016	1.68
100% بقايا الاجر	483	480	0.0016	1.88
50% رمل معاد 50% بقايا الاجر	514.9	512	0.0016	1.81
50% رمل معاد50% رمل كثبان	531.7	529	0.0016	1.68

مناقشة نتائج تجربة الامتصاص :

نسبة الامتصاص كانت اكبر بنسبة 18% لعينات الرمل المعاد تدويره مقارنة برمل الكثبان و بقايا الاجر حيث ان الكمية الممتصة للعينة 100% رمل معاد كانت3.7وللعينة 100% رمل الكثبان كانت 2.7 لاحتواء رمل المعاد تدويره على نسبة اكبر من الدقائق حيث يقل حجم شعيرات الامتصاص وبالتالي زيادة الضغط مما أدى الى زيادة الامتصاص .

تزيد نسبة الامتصاص بالقيم الموضحة في الجدول .. بزيادة نسبة الرمل المعاد تدويره في العينات وهذا راجع الى تزايد نسبة دقائق الرمل التي تؤدي الى تقليص حجم شعيرات الامتصاص وبالتالي يزداد نسبة امتصاص الماء بنسب متفاوتة مقارنة بعينات رمل الكثبان وبقايا الاجر.

4 نتائج مقاومة الضغط البسيط للعينات:

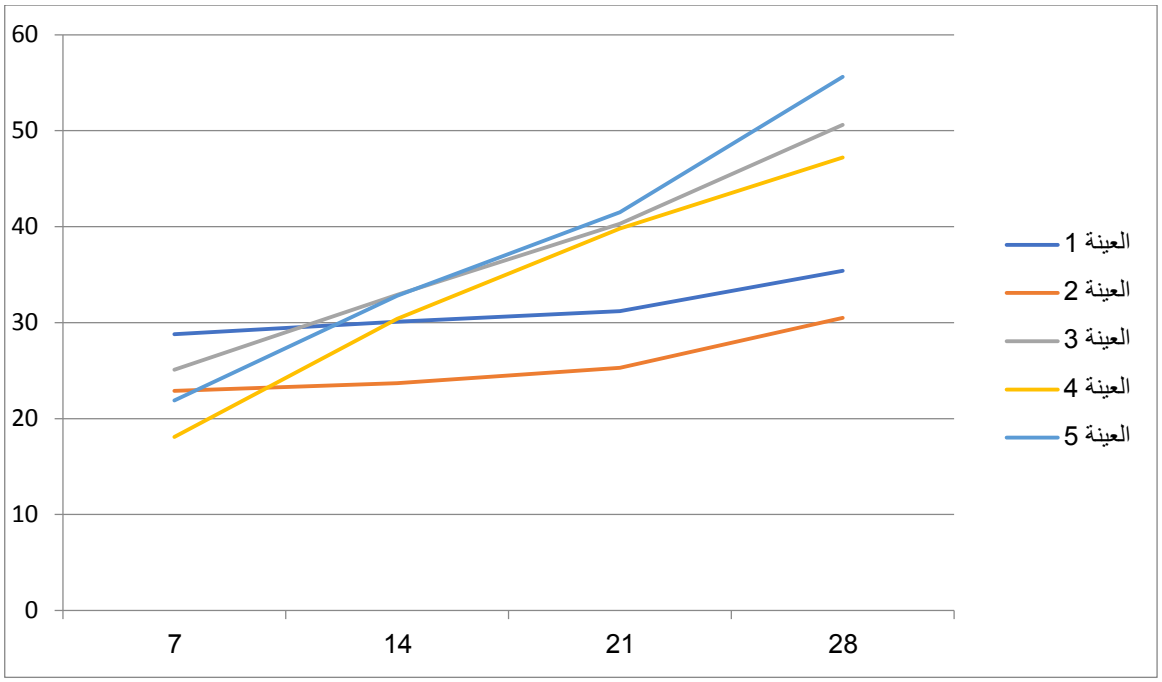
ملاحظة: كان من المفترض اخذ النتائج عند العمر 60يوما عوض عن العمر28يوما لاكن نظرا ضيق الوقت اوقفنا لتجربة عند 28 يوما

الجدول 8 ..... الجدول نتائج مقاومة الضغط البسيط للعينات عند العمر 7 و14و21و28 يوم

العينة	الإجهاد عند 7 أيام	الإجهاد عند 14 يوم	الإجهاد عند 21 يوم	الإجهاد عند 28 يوم
100% رمل معاد	28.8	30.1	31.2	35.4
100% رمل كثبان	22.9	23.7	25.3	30.5
100% بقايا الاجر	25.1	32.9	40.3	50.6
50% رمل معاد 50% بقايا الاجر	18.1	30.4	39.8	47.2
50% رمل معاد50% رمل كثبان	21.9	32.8	41.5	55.6

نلاحظ ان العينة المنجزة برمل المعادكانت مقاومتها للضغط أكبر من العينة المنجز ة بالرمل .....

لاحظنا ان قيم مقاومة الضغط للعينات المنجزة بنسب مختلفة من الرمل ....زائد الرمل ..... تزداد وتنقص مقارنة بالعينة المنجزة برمل...



4 مناقشة نتائج تجربة الضغط:

مقاومة الضغط للعينة ...عند العمر... كانت ..... ومقاومة الضغط للعينة ...عند العمر ...كانت ..... ويفسر ذلك ان الرمل..... يحتوي على العناصر الدقيقة بنسبة اكبر منها في الرمل ..... وان هاته الاخيرة ملأت الفراغات الموجودة مما زاد في الكتامة وبالتالي زادت مقاومة الضغط.

عند زيادة رمل ....للرمل..... زادت مقاومة الضغط بالنسب الموضحة في الجدول (9) وكانت القيمة المثلي في العينة .... حيث كانت اكبر قيمة لمقاومة الضغط.

الجدول9نسبة تزايد قوة الضغط للعينات

العينة	نسبة زيادة الضغط
100% رمل معاد	
100% رمل كثبان	
100% بقايا الاجر	

50% رمل معاد 50% بقايا الاجر

50% رمل معاد50% رمل كثبان

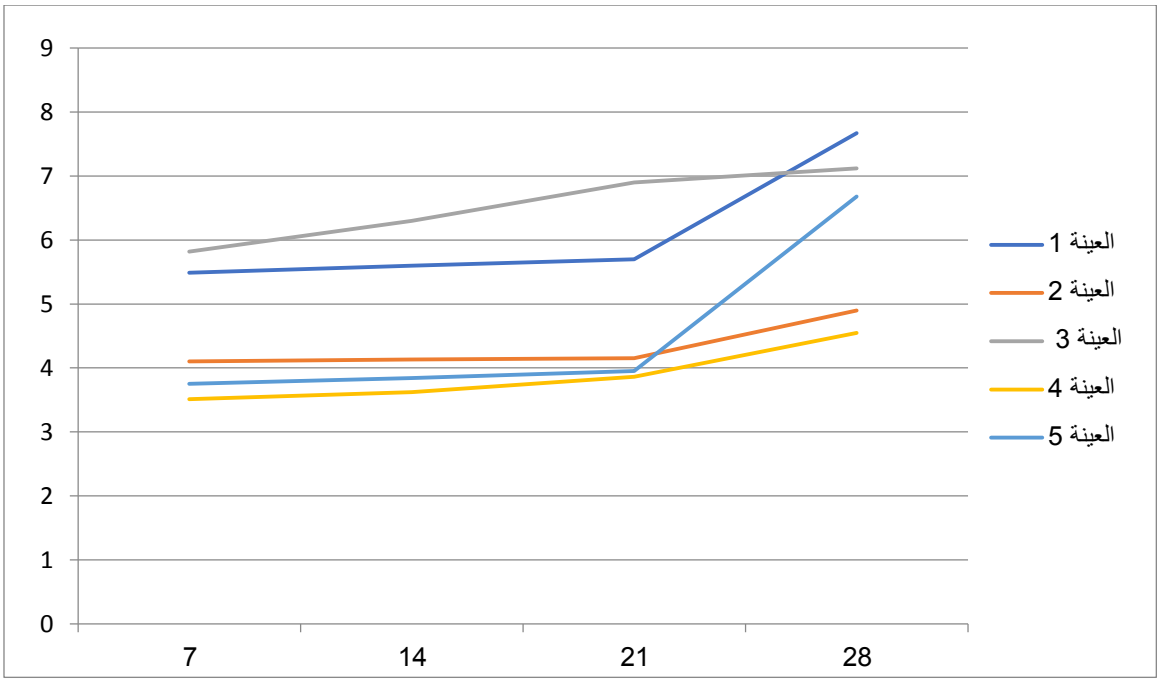
ان الزيادة في مقاومة الضغط للعينات راجع الى زيادة نسبة العناصر الدقيقة التي تحتوي عليها رمل المعاد تدويره مما ادى الى زيادة كتامة الخرسانة وتماسكها وبالتالي زيادة مقاومة الضغط.

التناقص في مقاومة العينات للضغط التي بها نسبة رمل .... أكبر من ..... 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 الضغط.

5 نتائج مقاومة الشد العينات

الجدول 10 نتائج مقاومة الشد للعينات

العينة	الإجهاد عند 7 يوم	الإجهاد عند 14 يوم	الإجهاد عند 21 يوم	الإجهاد عند 28 يوم
100% رمل معاد	5.49	5.6	5.7	7.67
100% رمل كثبان	4.10	4.13	4.15	4.90
100% بقايا الاجر	5.82	6.3	6.9	7.12
50% رمل معاد 50% بقايا الاجر	3.51	3.62	3.89	4.55
50% رمل معاد50% رمل كثب كثبان	3.75	3.84	3.95	6.68



5_1 مناقشة نتائج تجربة الشد:

مقاومة الشد للعينة SRعند العمر28كانت .... ومقاومة الشد العينة .....عند العمر ....يوما كانت ....ويفسر ذلك ان رمل .... يحتوي على العناصر الدقيقة بنسبة اكبر منها في الرمل..... وان هاته الاخيرة ملأت الفراغات الموجودة مما زاد في الكتامة وبالتالي زادت مقاومة الشد.

عند زيادة رمل .... رمل ..... زادت مقاومة الشد بالنسب الموضحة في الجدول 10 وكانت القيمة المثلي في العينة .... حيت كانت أكبر قيمة لمقاومة الشد

ان زيادة في مقاومة الشد العينات راجع الى نسبة العناصر الدقيقة التي تحتوي على عليها الرمل ...مما أدي الى زيادة كتامة الخرسانة وتماسكها وبالتالي زيادة مقاومة الشد.

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

الخلاصة:

نستنتج من هذا الدراسة ما يلي :

إضافة رمل ... الى رمل ....الخاص بالبناء لمنطقة .... بإمكانه تحسين مقاومة الضغط والشد الخرسانة الرمل مابين..... عمر الخرسانة وكانت قيمة الصوي لمقاومة الضغط والشد عند اضافة ... من رمل ...وبدات هذه القيمة بالتناقص تدريجيا حسب السب المضافة

*إضافة رمل .... الى رمل المستعمل في البناء بنسبة ..... بإمكانه تحسين مقاومة الضغط الشد لخرسانة الرمل خلال... عمر الخرسانة وكانت القيمة الصوى لمقاومة الضغط والشد عند اضافة ...من الرمل ... وبدات هذي القيمة بالتناقص تدريجيا حسب النسب المضافة.

*اضافة الرمل ...الى الرمل ..... قل من نسبة امتصاص الماء حسب النسب المضافة وبالتالي تحسين ديمومة الخرسانة.

قائمة المراجع

المراجع :

1. محمد رياض سليم https://www.nachi.org/history-of-concrete.htm الخرسانة وتاريخها.
2. presse de l'ecole nationale des ponts et chausses. Béton de sable Carectéristiques et pratiques d'utilisation. 1994.
3. A, CHAOUCH. Etude des caractéristiques du béton de sable de dunes theses de magister. Algerie : ENTP, 1993.
4. A., HACHANA. Etude de béton a base des agregats de démolition "Memoire de magister . s.l. : Universite de Biskara, 2007.
5. ENTATA A . Etide exprimentale d'un béton avec le sable de dune "Mimoire de magister : " Univ de Ouregla ، 2006
6. A., LOGBI. Effet de l'incorporationdes ajouts minéraux sur les proprietés physico mecaniques du béton "these de magister". ALGERIE : ENP, 1999.
7. 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.
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. chaussées, Presse de l'ecole national des pots et. Béton de sable ,caractéristiques et pratiques d'utilisation. France : s.n., 1994.
10. محمد ماني المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل بواسطة التحليل الحبيبي و التعزيز بالالياف (مذكرة ماجستير).الجزائر : فرع الري و الهندسة المدنية تخصص هندسة المواد-جامعة ورقلة-2010.
11. A., BARAKAT. Ouregla, Valorisation des dechets de brique dans la realisation des ouvrages de béton " memoire de magister"univ de. Algerie : s.n., 2004.
12. المؤسسة العربية للتعليم الفني و التدبير المهني .خواص واختبارات المواد .المملكة العربية السعودية : 17. نادي الهندسة المدنية .http://www.civilengclub.com/vb/t637.htm .2009.
13. 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..
14. chaussées, Presse de l'ecole national des pots et. Béton de sable ,caractéristiques et pratiques d'utilisation. France : s.n., 1994.
15. بله نبيل.المعالجة الحرارية لخرسانة الرمل.وهران.جتمعة محمد بوضياف وهران.2005.
16. جريدة اخر ساعة الجزائرية.مكان غبر معروف : جريدة اخر ساعة الجزائرية.في عددها الصادر يوم 2010/1/27.
17. Afnor, Normes. Essais physico-mécaniques sur les bétons et mortiers. 1981-1997.
18. Centre, CTC. Correction des sables par analyse granulometrique. Algérie : s.n., 2006.
19. CHERAIT A, NAFA Z. Eléments de materiaux de construction et essais. s.l. : Collection le livre de genie civil OPU, 2007.

20. المهندس محمد.زكريا مشاعيل"اجازة في الهندسة الميكانيكة "المهندس اياد عبود,تحت اشراف,الدكتور مازن عزيزيجامعة حلب كلية الهندسة الميكانيكة علم المواد الهندسبة 2012.

21. البطاقة التقنية للاسمنت,المسيلة.

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

23. 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..

24. 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.