



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

قسم الري و هندسة مدنية

كلية العلوم و التكنولوجيا



مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماستر في هندسة مدنية

تخصص: مواد الهندسة المدنية

من إعداد طالبتين:

عزوز سمية , فايزي هناء

تحت عنوان :

المساهمة في تحسين الخصائص الميكانيكية للخرسانة
العادية لرمال الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي

نوقشت بتاريخ 2020/06/25 من طرف أعضاء اللجنة

جامعة الوادي

مناقشة

د . كعب محمد زهير

جامعة الوادي

رئيس اللجنة

د . فـريك علي

جامعة الوادي

مؤطر

د. بدادي العيد

السنة الجامعية: 2020/2019

الإهداء

بدأنا أكثر من يد و قاسينا أكثر من هم و عانينا الكثير من الصعوبات وها نحن اليوم الحمد لله نطوي سهر الليالي وتعب الأيام و خلاصة مشوارنا في هذا العمل المتواضع , إلى منارة العلم و سيد الخلق , و إلى رسولنا الكريم سيدنا محمد صلى الله عليه و سلم

وإلى من سعى و تعب لأنعم بالراحة والهناء , الذي لم ييخل بشيء من اجل دفعي في طريق النجاح , الذي علمني أن أرتقي , إلى والدي العزيز

الينبوع الذي لا يمل من العطاء إلى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبها إلى والدتي العزيزة الغالية

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلج بذكراهم فؤادي إلى أخواتي و إخواني إلى من أحببناهم و أحبونا

إلى من سرنا سويا ونحن نشق الطريق معانحو النجاح والى من تكاتفنا يدا بيد ونحن نقطف زهرة تعلمنا إلى زملائي الأعزاء

إلى من علمونا حروفا من ذهب وكلمات و عبارات والى من صاغوا لنا علمهم , و أفكارهم منارة تنير لنا مسيرة العلم والنجاح , إلى أساتذتنا الكرام و الأستاذ القدير

د. بدادي العيد

والى كل من ساهم في انجاز هذا العمل المتواضع

هناء و سمية

الشكر و التقدير

الحمد والشكر لواهب العقول ومنير الدروب الله عزوجل

كما نتقدم بالشكر الجزيل و العميق لكل من:

إلى جامعتنا جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

إلى كلية العلوم والتكنولوجيا

والى قسم الري و الهندسة المدنية

الأساتذة الذين ساهموا معنا في هذا البحث ونخص بالذكر المشرف الفاضل على

هذا البحث د. بدادي العيد

الذي بذل كل الجهد المستطاع للخروج بهذا البحث بالشكل اللائق.

وأیضا أعضاء اللجنة على قبولهم دعوة المناقشة مذكرتنا

د. كعب محمد زهير و أ. فريك علي

إلى من دعمنا في جميع مراحل حياتنا أهلنا وأحبائنا

ونخص بالذكر مختبر نيوزلاب بكامل طاقمه والقائمين عليه و المعهد الوطني
المتخصص للتكوين المهني والى كل من ساهم في انجاز هذا البحث المتواضع و

قدم يد المساعدة

ملخص

الخرسانة هي المادة الأكثر استعمال في مجال البناء , يمثل الركام 75 % من حجم الخرسانة لذا من المناسب دراسة إمكانية تثمين رمل الكثبان المتوفر بكثرة في المناطق الجنوبية كبديل جزئي , و من ناحية أخرى يقلل من استعمال رمل البناء الذي يأخذ من الوديان ومن البحار وهو مادة غير متجددة حيث قمنا بخلط النوعين مع بعضهما البعض بهدف الحصول على خصائص فيزيائية وميكانيكية مقبولة , حيث قمنا بإجراء تجارب حول المواد التي استعملناها بغية التعرف على خصائصها , الرمل المستعمل في هذه الدراسة هو رمل البناء لمنطقة حاسي بن عبدالله ولاية ورقلة و الذي يتميز بمعامل نعومة مقبول في مجال البناء مع كمية من رمل الكثبان لمنطقة الديمثة بلدية قمار ولاية الوادي

هدفنا هو المساهمة في تثمين رمل الكثبان واستعماله في الخرسانة

وفي الأخير لقد تحصلنا على نتائج معتبرة لمقاومة الضغط و مقاومة الانحناء , و كانت نسبة التحسن مقبولة بالمقارنة مع الخرسانة الشاهدة ولقد لاحظنا أننا كلما اعتدنا بها عند صبها نتحصل على ديمومة معتبرة

كلمات المفتاحية : خرسانة برمل الكثبان , مقاومة الضغط , مقاومة الانحناء

Le béton est le matériau de construction le plus utilisé. L'agrégat représente 75% du volume de béton, il convient donc d'étudier la possibilité d'évaluer le sable des dunes disponible en abondance dans les régions du sud comme alternative partielle, d'autre part, sur les propriétés physiques et mécaniques acceptables car il fournit des expériences sur les matériaux que nous utilisons pour identifier leurs propriétés, le sable utilisé dans cette étude est du sable de construction Région Hassi bin Abdullahde Ouargla, qui a un module de finesse acceptable dans le domaine de la construction, ainsi que le mécanisme du sable des dunesDemitha, municipalité de Gmar d'El Oued .

Notre objectif est de contribuer à la valorisation du sable des dunes et de son utilisation dans le béton

Enfin, nous avons obtenu des résultats significatifs qui n'ont pas résisté à la pression et à la résistance à la flexion. Le taux d'amélioration était acceptable pour le béton témoin, et nous avons remarqué que chaque fois que nous en prenions soin lors du coulage, nous obtenions une durabilité importante.

Mots clés: béton de sable de dunes, résistance à la compression, résistance à la flexion

الفهرس

2.....مقدمة العامة

الفصل الأول: عموميات و الخصائص الأساسية للخرسانة العادية

4.....1/عموميات حول الخرسانة:

4.....1-1/ نبذة عن تاريخها:

4.....1-2تعريف الخرسانة :

5.....1-3مكونات الخرسانة

5.....1-3-1الركام الصغير (الرمل) :

5.....1-3-2الركام الكبير (الحصى) :

5.....1-3-3الإسمنت :

5.....1-3-3-1/ أنواع الإسمنت :

5.....1-3-3-1/1- الإسمنت البورتلاندي العادي :

6.....1-3-3-2/2- الإسمنت البورتلاندي مبكر المقاومة العالية :

6.....1-3-3-3/3- الإسمنت البورتلاندي منخفض الحرارة :

6.....1-3-3-4/4- الإسمنت البورتلاندي الأبيض :

6.....1-3-3-5/5- الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات :

6.....1-3-4/4- الماء:

6.....1-3-5/5- حديد التسليح :

7.....1-3-6/6- الإضافات:

7.....1-6-3-1/1- الشروط الواجب مراعاتها عند استخدام الإضافات :

7.....1-6-3-2/2- أنواع الإضافات :

8.....1-4/4- مراحل صناعة الخرسانة :

8.....1-4-1/1-مرحلة تصميم الخلطة الخراسانية :

8.....1-4-1-1/1-تعريفها :

- 9.....1-4-1/2 العوامل التي تؤثر على مقاومة الخرسانة في مرحلة التصميم :
- 9.....1-4-1-2-1/- نسبة الماء إلى الإسمنت (C/E) :
- 9.....1-4-1-2-2/نسبة (الأسمنت إلى الركام):
- 9.....1-4-1-2-3/نسبة (الاسمنت إلى الرمل) في الخلطة الخرسانية:
- 10.....1-4-1-2-4/نسبة (الركام الكبير إلى الركام الصغير):
- 10.....1-4-2/مرحلة الخلط:
- 10.....1-4-2-1/ تعريفها:
- 10.....1-4-2-2/ الشروط الواجب مراعاتها أثناء عملية الخلط:
- 10.....1-4-3/مرحلة الصب:
- 10.....1-4-3-1/ تعريفها:
- 10.....1-4-3-2/ الشروط الواجب مراعاتها أثناء عملية الصب:
- 11.....1-4-4/مرحلة المعالجة:
- 11.....1-4-4-1/ تعريفها:
- 11.....1-5/المراحل الي تمر بها الخرسانة من لحظة الخلط حتى التصلد
- 11.....1-5-1/مرحلة الخرسانة الطازجة:
- 12.....1-5-2/مرحلة الخرسانة الخضراء:
- 12.....1-5-3/مرحلة الخرسانة المتصلدة:
- 12.....1-6/أنواع الخرسانة:
- 12.....1-6-1/خرسانة عادية :
- 12.....1-6-2/خرسانة مسلحة:
- 12.....1-6-3/خرسانة بيضاء :
- 12.....1-6-4/خرسانة كسر طوب :
- 13.....1-7/إيجابيات الخرسانة:
- 13.....1-8/سلبيات الخرسانة:
- 13.....2**الخصائص الأساسية للخرسانة العادية:
- 13.....1-2 مدخل :
- 14.....2-2 قابلية التشغيل:

- 15.....3-2/المقاومة:
- 15.....1-3-2/ تعريف:
- 16.....2-3-2/مقاومة الضغط:
- 16.....3-3-2/مقاومة الشد:
- 17.....1-2-3-2/ اختبار الشد المباشر:
- 18.....2-2-3-2/ اختبار الشد الغير المباشر (الطريقة البرازيلية):
- 18.....4-3-2/ مقاومة الانحناء:
- 19.....1-3-3-2/ اختبار الشد عن طريق الانحناء:
- 20.....5-3-2/مقاومة القص:
- 20.....7-3-2/ القوالب و إناء اسطواني المستخدمين الاختبار:
- 21.....4-2/ المرونة :
- 21.....1-4-2/تعريف المرونة :
- 22.....5-2/ النفاذية:
- 22.....1-5-2/ العوامل التي تؤثر على نفاذية الخرسانة:
- 22.....1-1-5-2/ طبيعة ونسب مواد المكونات:
- 22.....1-1-1-5-2/ الركام الخشن(الحصى) :
- 22.....2-1-1-5-2/ الركام الناعم (الرمل):
- 22.....3-1-1-5-2/ الماء:
- 22.....4-1-1-5-2/ الاسمنت:
- 23.....5-1-1-5-2/ الإضافات:
- 23.....2-1-5-2/ طرق تحضير :
- 23.....3-1-5-2/العوامل المرتبطة بالمعالجة اللاحقة:
- 24.....6-2/ الانكماش
- 24.....1-6-2/ تعريف الانكماش :
- 25.....2-6-2/ أنواع الانكماش :
- 25.....1-6-2/ الانكماش الحراري :
- 25.....2-6-2/ الانكماش اللدن :

- 25.....: 3-6-2 انكماش التحفيف
- 26.....: 7-2-7 الديمومة
- 26.....: 1-7-2/تعريف الديمومة
- 27.....: 2-7-2/آليات التدهور
- 27.....: 1-2-7-2/تآكل التعزيزات
- 27.....: 2-2-7-2/دورات التجمد و ذوبان
- 28.....: 3-2-7-2/مقاومة العوامل العدوانية
- 28.....: 3/الخاتمة

الفصل الثاني : الخصائص الركام وتأثيره على خرسانة

- 30.....: 1/مقدمة
- 30.....: 2/تعريف الركام
- 33.....: 3/خصائص الركام
- 33.....: 1-3/خصائص التصنيع
- 33.....: 1-1-3/الحبيبات
- Error! Bookmark not defined.**.....: 2-1-3/معامل التسطیح (شكل الركام)
- 35.....: 3-1-3/الزاوية
- 35.....: 4-1-3/معامل النعومة
- 35.....: 5-1-3/نظافة الركام
- 35.....: 1-5-1-3/اختبار نظافة الحصى
- Error! Bookmark not defined.**.....: 6-1-3/نظافة السطحية للركام
- Error! Bookmark not defined.**.....: 2-3/خصائص الجوهرية
- Error! Bookmark not defined.**.....: 1-2-3/الكتلة الحجمية
- Error! Bookmark not defined.**.....: 1-1-2-3/الكتلة الحجمية الظاهرية
- Error! Bookmark not defined.**.....: 2-1-2-3/الكتلة الحجمية المطلقة
- Error! Bookmark not defined.**.....: 3-1-2-3/الكتلة الحجمية الحقيقية
- Error! Bookmark not defined.**.....: 2-2-3/المسامية
- Error! Bookmark not defined.**.....: 3-2-3/امتصاص الماء

Error! Bookmark not defined.....	4-2-3 / مقاومة التجزئة (الصلادة)
Error! Bookmark not defined.....	5-2-3 / الخواص الحرارية للركام:
Error! Bookmark not defined.....	6-2-3 هشاشة الرمل :
Error! Bookmark not defined.....	7-2-3 Crushing value: مقاومة الركام الكبير للتهشيم
Error! Bookmark not defined.....	8-2-3 مقاومة الصقيع :
Error! Bookmark not defined.....	4تأثير خصائص الحبيبات :
Error! Bookmark not defined.....	1-4 تأثير المقاس :
Error! Bookmark not defined.....	2-4 تأثير الشكل :
Error! Bookmark not defined.....	4-4 تأثير حسب نوع الركام:
Error! Bookmark not defined.....	5-4 تماسك حبيبات الركام مع العجينة الإسمنتية:
Error! Bookmark not defined.....	6-4 تقرير الاسمنت :
46.....	4-7 مقاومة الركام :
46.....	5-الخلاصة:

الفصل الثالث : تركيبية الخرسانة وخصائص المواد المستعملة

49.....	مقدمة :
49.....	1- خصائص المواد المستعملة
48.....	1-1 / الحصى :
48.....	1-1-1 / الكتلة الحجمية الظاهرية :
49.....	1-1-2 / الكتلة الحجمية المطلقة :
49.....	1-1-3 / نظافة الركام :
50.....	1-1-4 / معامل الامتصاص :
50.....	1-1-5 / التحليل الحبيبي :
52.....	1-2 / الرمل:
52.....	1-1 / الكتلة الحجمية :
53.....	1-2 / اختبار مكافئ الرمل :
53.....	1-3 / تدرج الحبيبي :

59	4-1/ معامل النعومة:
59	3-1/الاسمنت:
59	1-3-1/المساحة السطحية للاسمنت:(Surface spécifique)
60	2-3-1/ زمن التصلب:
61	4-1/الماء في الخرسانة:
61	1-4-1/أهمية الماء في الخرسانة:
61	2-4-1/خواص الماء المستخدم:
61	3-4-1/التركيبية الكيميائية للماء المستخدم:
62	2/ تركيبة الخرسانة :
68	الخاتمة:

الفصل الرابع: تحليل و مناقشة النتائج

71	المدخل:
71	1- اختبارات على الخرسانة الطازجة.
72	2- اختبارات على الخرسانة المتصلبة.
72	1-2/ طرق التجارب:
72	1-1-2/ تجربة التحطيم بواسطة الضغط:
75	2-1-2/ نتائج مقاومة الضغط:
81	3-1-2/ مناقشة النتائج:
82	2-2/ تجربة التحطيم بالانحناء:
83	1-2-2/ نتائج مقاومة الانحناء:
90	3-2-2/ مناقشة النتائج:
92	الخلاصة العامة والتوصيات

قائمة الجداول

الفصل الأول: عموميات و الخصائص الأساسية للخرسانة العادية

7	الجدول I-1 يوضح أنواع الإضافات.
---	--------------------------------------

- الجدول I-2 : تقييم حالة الخرسانة بواسطة هبوط مخروط أبرامز.....14
- الجدول I-3 أبعاد التصنيع للقوالب الأسطوانية وقطع الاختبار.....20
- الجدول I-4 أبعاد التصنيع للقوالب المنشورية وقطع الاختبار.....20
- الجدول I-5 أبعاد التصنيع للقوالب المكعبة وقطع الاختبار.....21
- الجدول I-6 : أهم أنواع الانكماش.....26

الفصل الثاني : الخصائص الركام وتأثيره على خرسانة

- الجدول II-1 : القيم المحددة العليا لمعامل التسوية.....34
- الجدول II-2 : المناخيل حسب الأنظمة.....35
- الجدول II-3 طبيعة و نوعية الرمل و وفقا القيم المكافئ الرمل.....37
- الجدول II-4 محتوى دقائق (f) للجزء 4/0 مم.....37
- الجدول II-5 القيم المحددة (BV) و (sP).....38
- الجدول II-6 القيم المحددة العليا لمعامل الامتصاص الماء.....40
- الجدول II-7 يوضح تقسيم حبيبات الركام من حيث الشكل.....43
- الجدول II-8 يوضح تقسيم الركام من حيث حالة السطح.....45

الفصل الثالث : تركيبة الخرسانة وخصائص المواد المستعملة

- الجدول III-1 : هو قيم الكتلة الحجمية الظاهرية و الكتلة الحجمية المطلقة.....49
- الجدول III-2 / تدرج الحبيبي للحصى.....51
- الجدول III-3 الكتلة الحجمية الظاهرية و المطلقة.....52
- الجدول III-4 / تدرج الحبيبي لرمل الكثبان.....54
- الجدول III-5 - تدرج حبيبات الرمل البناء.....55
- الجدول III-6 تحليل الحبيبي للمزيج.....56
- الجدول III-7 / يوضح تحليل حبيبي لكل انواع الرمل.....57

- الجدول III-8 يلخص نتائج الاختبارات الفيزيائية على الاسمنت.....60
- الجدول III-9 يظهر مقاومة الشد والضغط.....60
- الجدول III-10: التركيبة الكيميائية للماء المستخدم.....62
- الجدول III-11 تحديد نسب كل من الرمل والحصى بنوعيه.....64
- الجدول III-12 : حجم المطلق لمكونات الخرسانة الجافة.....67
- الجدول III-13 : تحديد كمية المواد الجافة في الخرسانة في المتر المكعب.....67

الفصل الرابع: تحليل و مناقشة النتائج

- الجدول VI-1 : اختلاف الهبوط و المحتوى الماء حسب نوع الخرسانة72
- الجدول VI-2 يوضح ترميز أنواع الخرسانة المستخدمة التجارب.....74
- الجدول VI-3 يوضح نتائج الضغط الخرسانة بالرمل الكثبان 100% (BE) مع مرور الزمن.....75
- الجدول VI-4 يوضح نتائج الضغط الخرسانة بالرمل البناء 100% (BA) مع مرور الزمن.....77
- الجدول VI-5 يوضح نتائج الضغط الخرسانة المزيج من الرمل الكثبان 30% و الرمل البناء 70% (BAE) مع مرور الزمن78
- الجدول VI-6 يوضح نتائج الانحناء الخرسانة بالرمل الكثبان (BE) 100% مع مرور الزمن.....84
- الجدول VI-7 يوضح نتائج الانحناء الخرسانة بالرمل البناء (BA) 100% مع مرور الزمن.....85
- الجدول VI-8 يوضح نتائج الانحناء الخرسانة المزيج (BAE) من الرمل الكثبان 30% و الرمل البناء 70% مع مرور الزمن86

قائمة الأشكال

الفصل الأول: عموميات و الخصائص الأساسية للخرسانة العادية

- الشكل I-1 العلاقة بين نسبة (م /س) ومقاومة الخرسانة.....9
- الشكل I-3 يوضح أنواع الأحمال المطبقة على العنصر.....16
- الشكل I-4 يوضح كيفية تطبيق قوة الضغط على العنصر.....16
- الشكل I-5 يوضح علاقة الإجهاد والانفعال.....16
- الشكل I-6 : توزيع المسامية بدلالة نصف قطر المسام.....27

الفصل الثاني : الخصائص الركام وتأثيره على خرسانة

- الشكل II-1 أبعاد حبيبة الركام 34.....
- الشكل II-2 اختبار مكافئ رملي 36.....
- الشكل II-3 مراحل المختلفة للرطوبة في الركام..... 40.....
- الشكل II-4 أبحره التي موجودة على سطح الخرسانة بسبب انفجار الركام المتجمد 42.....
- الشكل II-5 : يوضح شكل الحبيبات..... 44.....
- الشكل II-6 تأثير نسبة C /G على مقاومة الخرسانة..... 46.....

الفصل الثالث : تركيب الخرسانة وخصائص المواد المستعملة

- الشكل III-1 / يوضح مجال مسموح بيه في تدرج الحبيبي للحصى..... 52.....
- الشكل III-2 تدرج الحبيبات رمل الكثبان رملية..... 54.....
- الشكل III-3 / حجم الحبيبات رمل البناء..... 55.....
- الشكل III-4 / تحليل حبيبي لمزيج من رمل 70% من الرمل البناء و30% من الرمل الكثبان..... 57.....
- الشكل III-5 يوضح مجال مسموح بيه في تحليل حبيبي لرمل 58.....

الفصل الرابع: تحليل و مناقشة النتائج

الشكل VI-1 يوضح آلية التحطيم بالضغط.....

Error! Bookmark not defined.

- الشكل VI-2 يوضح العلاقة بين مقاومة الضغط لكل من (BEH و BES) بدلالة العمر 76.....
- الشكل VI-3 يوضح العلاقة بين مقاومة الضغط لكل من (BAH و BAS) بدلالة العمر 78.....
- الشكل VI-4 يوضح تجربة الضغط عينات رمل الكثبان 30% و الرمل البناء 70% (BAEH و BAES) بدلالة العمر 79.....
- الشكل VI-5 يوضح تجربة الضغط عينات في الماء (BAEH و BAH و BEH) بدلالة العمر..... 80.....
- الشكل VI-6 يوضح تجربة الضغط عينات في الهواء (BAEH و BAH و BEH) بدلالة العمر 81.....
- الشكل VI-7 يوضح آلية التحطيم بالانحناء.....

Error! Bookmark not defined.

- الشكل VI-8 : يوضح العلاقة بين مقاومة الانحناء لكل من (BEH و BES) بدلالة العمر 85.....
- الشكل (VI-9): يوضح العلاقة بين مقاومة الانحناء لكل من (BEH و BES) بدلالة العمر..... 86.....
- الشكل V I-10 يوضح العلاقة بين مقاومة الانحناء لكل من (BAEH و BAES) بدلالة العمر..... 88.....

الشكل (VI-11): يوضح العلاقة بين مقاومة الانحناء كل (BES وBAS وBAES) بدلالة العمر.....89

الشكل (VI-12): يوضح العلاقة بين مقاومة الانحناء كل من (BES وBAS وBAES) بدلالة العمر.....90

قائمة الصور

الفصل الأول: عموميات و الخصائص الأساسية للخرسانة العادية

الصورة I-1 توضح طريقة وضع العينة داخل جهاز الشد المباشر.....17

الصورة I-2 توضح طريقة وضع العينة داخل جهاز الشد الغير مباشر.....18

الصورة I-3 توضح وضع العينة داخل جهاز الشد بالانحناء بتعريض العينة لقوى واحدة مركزية.....19

الصورة I-4 توضح وضع العينة داخل جهاز الشد بالانحناء وبتعريض العينة لقوتين مركزيين.....19

الصورة I-5 جهاز عملية الانكماش.....25

الفصل الثاني : الخصائص الركام وتأثيره على خرسانة

الصورة 1-II- و3: توضيح لأشكال الركام الطبيعي.....31

الصورة 4-II: توضيح للركام الصناعي.....32

الصورة 5-II: توضيح للركام المعماري.....32

الفصل الثالث : تركيبية الخرسانة وخصائص المواد المستعملة

الصورة III-1 توضح الكتلة الحجمية الظاهرية للحصى.....48

الصورة III-2 توضح كتلة الحجمية المطلقة للحصى.....49

الصورة III-3: توضح تجربة مكافئ الرملي بعد الرج و بعد عشرين دقيقة.....53

الصورة III-4 توضح تجربة غربلة.....58

الفصل الرابع: تحليل و مناقشة النتائج

صورة VI-1 جهاز الضغط.....74

صورة VI-2 عينة في جهاز الضغط.....74

83.....صورة VI- 3 صورة جهاز الانحناء

83.....صورة VI- 4 صورة عينة في جهاز الانحناء

مقدمة العامة

مقدمة العامة

إن أهمية المباني لا تقل عن أهمية الماء , لذا كان من اللازم أن تطور تلك المواد التي نحتاجها في البناء بالاعتماد الأكبر على المواد الأكثر انتشارا ,ومن العناصر الشائع استعمالها منذ زمن نجد "الخرسانة" و هي خليط مركب من نسب محددة ومدرسة من ركام وماء و رابط يربط حبيبات الركام مع بعضها البعض وكما لديها قابلية القولية ومقاومتها للحرارة وأيضا تعطيه شكل الجمالي الذي للعنصر الإنشائي, يعتبر الركام العنصر الأكبر للجسم الخرساني وهو مكون أساسا من حصى و رمل , هما عناصر غير متجددة في الطبيعة فإن جل العالم يعاني من مشكل قلت جلب هاتين المادتين .

إن الرمل المستعمل في البناء أغلبه من الوديان أو شواطئ البحار , و هو الرمل الذي تتوفر فيه الشروط المنصوص عليها في علم البناء و هو في تناقص مستمر.

الهدف :

يهدف هذا البحث إلى تثمين رمل الكثبان الذي استعمل في الخرسانة العادية و خرسانة الرمل نظرا لتوفره بكثرة في المناطق الجنوبية.

حيث قمنا في هذا البحث باستعمال رمل البناء ذو معامل نعومة مرتفع لنستعمل بداية العلاقة التي تحسب معامل نعومة المزيج, حيث اقترحنا أن يكون معامل النعومة في مجال المقبول للخرسانة العادية و يكون محصور بين 2.2 و 2.8 نستخرج بعد ذلك نسبة رمل البناء المستعمل و رمل الكثبان المراد تثمينه , و هدف تثمين هذا الأخير هو التقليل من تكلفة المتر المكعب من الخرسانة.

خطة البحث

ينقسم هذا البحث إلى جزئين كبيرين وهما الجزء الأول البحث البيبليوغرافي والجزء الثاني هو الدراسة التجريبية الجزء الأول "البحث البيبليوغرافي" ينقسم إلى محورين ,الأول هو عموميات وخصائص الأساسية الخرسانة العادية التي نذكر منها قابلية التشغيل و المقاومة و المرونة و النفاذية و الانكماش و الديمومة .

المحور الثاني هو خصائص الركام و تأثيره على الخرسانة الذي تطرقنا فيه إلى جزئين الأول هو خصائص الركام من حيث التصنيع وخصائصه الجوهرية و الجزء الثاني هو تأثير الركام على الخرسانة .

الجزء الثاني هو "الدراسة التجريبية" نتقسم إلى محورين هما :

المحور الثالث تركيبة الخرسانة و خصائص المواد المستعملة , قسمناه إلى قسمين هما الجزء الأول و فيه درسنا خصائص المواد المستعملة في الخرسانة و أما الجزء الثاني دراسة تركيبة الخرسانة .

المحور الرابع هو تحليل و مناقشة النتائج التي تحصلنا عليها من التجارب التحضيرية التي أجريت على عينات منها تجربة الضغط و تجربة الانحناء و في الأخير نقدم خلاصة عامة على خصائص خرسانة و ذكرنا بعض التوصيات التي تبدو مهمة .

الفصل الأول: عموميات و

الخصائص الأساسية للخرسانة العادية

1/عموميات حول الخرسانة:

1-1/ نبذة عن تاريخها:

عرف عن طريق الأبحاث أن أول من استعمل الخرسانة كمادة أساسية في البناء هم الرومان , كما وجد الكثير من الباحثين أن أول استعمال فعلي للمادة الرابطة (الإسمنت) كان في إيطاليا في القرن الثاني قبل الميلاد , حين عثر على نوع خاص من الرمل البركاني (البوزولان) بالقرب من خليج نابولي في إيطاليا . [1][2]

أستعمل هذا الرمل كمادة أولية في صناعة الإسمنت و كذلك كمادة لدمج الصخور معا لتتشكل بعدها خرسانة عن طريق التفاعل الكيميائي لرمل البوزولان مع الجير و الماء لتتصلب و تنتج كتلة شبيهة بالصخر , وقد استعمل الرومان هذا الخليط لبناء الجسور و الأحواض المائية و قنوات الصرف الصحي و المباني. [1][2]

في الواقع لا يمكن الفصل بين مسمى الخرسانة الرومانية آنذاك وبين ما يمكن تسميته (أول خلطة خراسانية في العالم) و الركام المتلاصق , وتشبه الخرسانة الرومانية خرسانة الاسمنت البورتلاندي الحديثة , إذ أنها لم تكن مادة لدنة سهلة القولية [1][2].

كما يجسد معبد البانثيون و قبته الصامدان لحد الآن العمارة الرومانية بأبهى صورها , ويعد نموذج للخرسانة الرومانية و كان قد انتهى انشاؤه سنة 217 بعد الميلاد . [1][2][3]

و في القرن التاسع عشر من ميلاد و بالتحديد عام 1820م حصل أول استعمال حديث للخرسانة على يد جوزيف أسبن أين تحصل على براءة اختراع إسمنت محسن سماه (الإسمنت البورتلاندي) نسبة إلى الحجر الطبيعي المصدر في جزيرة بورتلاندي , والى يومنا هذا لا يزال الإسمنت البورتلاندي هو الأكثر شيوعا و استخداما في صناعة الخرسانة الحديثة . [2][4][1]

1-2تعريف الخرسانة :

الخرسانة هي مصطلح عربي يطلق على الحجر الصناعي الناتج عن عملية التفاعل الكيميائي بين مجموعة من بعض المواد الطبيعية , أو مزيج بين مواد طبيعية و أخرى اصطناعية , أو كلاهما معا , تسمى [5]:

باللغة الإنجليزيةconcrete

و باللغة الألمانية beton .

الخرسانة هي عبارة عن مركب غير متجانس يتكون من الإسمنت و الركام و الماء , و الإضافات في بعض الأحيان , [7][5][6]

كما أنها مادة اقتصادية سهلة الصب في القوالب , مقاومة للحريق و قوى الضغط , وهاته الخصائص ضمننت لها حصة كبيرة في مجال الإنشاءات لحد الآن , لكن مقاومتها الضعيفة لقوى الشد والتي تسمح بسهولة انكسارها و قابلية حدوث التشققات هو ما دفع لاختراع الخرسانة المسلحة سنة 1784 م, و ذلك من خلال تسليحها بقضبان فولاذية لرفع مقاومة الشد لديها و الحد من التشققات و انتشارها . [6]

3-1 مكونات الخرسانة : [8][9][10]

1-3-1 الركام الصغير (الرمل) :

يجب أن يتوفر على تدرج حبيبي مناسب , خال من المواد الناعمة الطينية أو العضوية أو الأملاح (لأنها تؤثر سلبا على قوة الخرسانة)

2-3-1 الركام الكبير (الحصى) :

تتطبق عليه نفس مواصفات الرمل في شروط التدرج الحبيبي و كذلك المواد المؤثرة سلبا .

هو مادة يمكن الحصول عليها مباشرة من الطبيعة أو من الأفضل عن طريق تكسير الصخور بواسطة الكسارات للحصول على التدرج المطلوب .

و يقصد بالتدرج الحبيبي: أن يكون حجم الحبيبات غير متساوي بتدرج متقارب مسموح يضمن تداخل جيد بينهما و بين باقي مكونات الخرسانة مما يعطي قوة أكبر للخرسانة .

3-3-1 الإسمنت: [9][10]

هو مادة صناعية أساسها الجير و الطين , بداية تطحن المادتين الأوليتين معا و تخلط ثم تعرض لدرجة حرارة عالية جدا في الأفران الخاصة الموجودة في مصانع الإسمنت و ذلك لفترة زمنية محددة لتنتج بعدها مادة (الكلنكر) , و يطحن بعدها الكلنكر لدرجة نعومة عالية جدا ثم يضاف إليه الجبس و إضافات أخرى لإكسابه مواصفات خاصة ثم يعبأ في أكياس بالشكل الذي نراه عليه في الأسواق .

- وفي صناعة الخرسانة نضيف الماء للإسمنت لتتصلب من خلال التفاعل الحاصل (الماء مع الإسمنت) على مادة لاحمة أو رابط يأخذ قوته تدريجيا بمرور الوقت و يتصلب , بحيث تقوم هذه المادة اللاحمة بتغليف حبيبات الركام الصغير و الكبير و تربطهم ببعض لتتشكل في النهاية الخرسانة .

و يأخذ الإسمنت قوته المبدئية أو ما يعرف ب (زمن التصلب الابتدائي) بعد حوالي 45 دقيقة من وضعه في القوالب و يصل إلى زمن التصلب النهائي (زمن التصلب النهائي لفترة القولية) بعد حوالي عشر ساعات , و يصل الإسمنت إلى الذروة من قوته بعد 28 يوم , و إضافة لذلك إن توفرت ظروف المحيطة ملائمة مثل درجة الحرارة و نسبة الرطوبة فإن قوة الخرسانة تتزايد بمعدل بطيء

1-3-3-1 / أنواع الإسمنت [9][10][11] :

هناك أنواع عديدة شائعة من الإسمنت نذكر منها :

1-1-3-3-1 / الإسمنت البورتلاندي العادي :

هو النوع الأكثر استعمالا من بين أنواع الخرسانات وفي كافة الأعمال المعمارية , ويكتسب الإسمنت البورتلاندي معظم قوته بعد 28 يوما من وقت الصب .

1-3-3-1/ الإسمنت البورتلاندي مبكر المقاومة العالية :

بحيث يفرق عن الإسمنت البورتلاندي العادي في أنه يستغرق فقط 3 أيام للحصول على أعلى مقاومة بينما يعرف أن الإسمنت العادي يحتاج إلى 28 يوم لبلوغها , بالرغم أن النوعين المذكورين سابقا في نفس زمن الشك الابتدائي و النهائي تقريبا .

1-3-3-1/ الإسمنت البورتلاندي منخفض الحرارة :

وهذا النوع يمتاز عن غيره بانخفاض درجة الحرارة الناتجة عن تفاعل الإسمنت مع ماء الخلط (عملية الإماهة) , نتحصل على هذا النوع بإضافة مادة مخفضة للحرارة ضمن عملية صناعة الإسمنت .

- و نستخدم هذا النوع في أغراض خاصة متجنبيين بذلك الانبعاث الكبير للحرارة , والذي حتما سيتسبب في إحداث شروخ في الخرسانة , و ذلك بالطبع يكون عند الحاجة إلى صب كتلة خرسانية كبيرة كما في السدود وخلافها . [12]

1-3-3-1/ الإسمنت البورتلاندي الأبيض :

سمي بالبورتلاندي الأبيض نسبة للونه الأبيض , و هو النوع الشائع و المناسب في أعمال التشطيب , و كذلك يستعمل في أعمال البلاط و السيراميك والدرج و الخرسانات الظاهرة و يتميز هذا النوع بإمكانية إضافة مواد ملونة لتعطيه اللون المطلوب .

1-3-3-1/ الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات :

و تمتاز هذه النوعية بقدرة عالية على مقاومة تأثير الأملاح و الكبريتات .

و يستعمل في الأعمال الخرسانات المعرضة للمياه التي تحتوي على نسب عالية من الأملاح و الكبريتات خاصة في الأساسات و الأعمال البحرية .

- وفي هذا توجد أنواع عديدة من الإسمنت تصنع لأغراض خاصة أخرى .

1-3-4/ الماء [9][10][13] :

الهدف الأساسي من استعماله هو الحصول على الرابط الناتج عن تفاعله مع مادة الإسمنت دون إحداث أي ضرر كونه يحتوي على الكبريتات أو الأملاح , وتجنبنا لأي طارئ سلبي لهذا الغرض و كذلك في عملية الرش بعد التصلب يتوجب استعمال المياه الصالحة للشرب .

1-3-5/ حديد التسليح :

يستخدم حديد التسليح في الخرسانة المسلحة فقط و لا يستخدم في الخرسانة العادية .

وينقسم حديد التسليح إلى :

- حديد لين عادي .

- حديد عالي المقاومة .

ويتوفر الحديد بأقطار (من 6 إلى 32mm) لاستخدامه في الأجزاء المختلفة من المنشآت .

- كذلك قد يكون الحديد ذو سطح أملس أو ذو نتوءات لولبية والأخير أفضل من حيث تماسكه مع الخرسانة .

1-3-6 / الإضافات [9][10][14]:

هي مواد كيميائية تضاف للخرسانة سواء أثناء الخلط أو تعالج بها بعد تصلبها بغرض اكتساب الخرسانة خصائص أخرى جديدة بما يتوافق مع المردود المرجو منها .

1-3-6-1 / الشروط الواجب مراعاتها عند استخدام الإضافات:

- أن لا تتجاوز نسبة استخدام الإضافات في الخلطة بنسب محدودة من قبل المصنع حتى لا تؤثر على مقاومة الخرسانة .

- أن يكون هناك تناسب بين تكلفة استخدام الإضافات و الفائدة التي تعود منها .

- أن لا تقل مقاومة الخرسانة و تماسكها مع حديد التسليح نسبة 85% من القيم الأساسية لها في حالة عدم استخدام الإضافات.

[15]

1-3-6-2 / أنواع الإضافات :

أنواع الإضافات كثيرة جدا , نذكر منها :

الجدول I-1 يوضح أنواع الإضافات

نوعها	تعريفها	استخداماتها
1 / إضافات تعجيل زمن التصلب :	هي مواد تستخدم للحصول على مقاومة مبكرة عالية للخرسانة.	1. توفير الوقت اللازم لتنفيذ المنشآت. 2. إزالة القالب مبكراً.
2 / إضافات إبطاء زمن التصلب :	هي مواد تستخدم بفرص تأخير الشك الابتدائي أو النهائي للأسمنت.	1- صب الخرسانة في الأجواء الحارة حيث يكون شك الأسمنت سريعاً بسبب حرارة الجو التي تسرع من تفاعله مع الماء. 2- الحاجة إلى عمل تشكيلات إضافية لسطح الخرسانة مما

<p>يتطلب بقاء الخرسانة لدنة مدة أطول.</p>		
<p>- عند وجود تسليح كثيف - عند استخدام المضخات في رفع الخرسانة</p>	<p>هي مواد تستخدم بغرض تحسين قابلية التشغيل الخرسانة دون إضافة الماء لان إضافته بزيادة تقلل من المقاومة .</p>	<p>3/إضافات تحسين القابلية للتشغيل: [16]</p>
<p>1-تستخدم عند الحاجة لخرسانة خفيفة الوزن في عمل تشكيلات زخرفيه أو في جدران المنشآت 2-لا تستخدم في الأجزاء الأساسية من الهياكل الإنشائية للمباني (لأن الفراغات داخل الخرسانة تقلل من مقاومتها).</p>	<p>هي مواد تستخدم بغرض إحداث فراغات دقيقة داخل الخرسانة وذلك للحصول على خرسانة خفيفة</p>	<p>4/ إضافات الهواء المحبوس:</p>
<p>أ- في الجسور إلي تنفذ فوق مياه البحار والأنهار. ب- في المنشآت الخرسانية المعرضة لنسبة عالية من الرطوبة (القريبة من شواطئ البحار). ج- في خرسانات الخزانات.</p>	<p>هي مواد تستخدم بغرض تقليل نفاذية الخرسانة للماء وبالتالي تمنع حدوث مشكلة صدأ حديد التسليح في الأجزاء الي تتعرض للرطوبة. وهي إما مواد تضاف للخرسانة أثناء الخلط أو مواد تعالج بها الأسطح النهائية للخرسانة فتسد فراغاتها وتكسبها صفة عدم النفاذية للرطوبة.</p>	<p>5/ إضافات تقليل النفاذية:</p>

4-1/ مراحل صناعة الخرسانة :

لنتحصل على ما نسميها الخرسانة يجب علينا المرور بمراحل عديدة [9][10][17] .

1-4-1/مرحلة تصميم الخلطة الخرسانية :

1-1-4-1/تعريفها :

ونعني بها المرحلة التي نحدد فيها نسب مواد الخلط المشكلة للخرسانة المطلوبة ومنه تحديد كميات المواد .

- نسب الخلط الشائعة الاستخدام للخرسانة العادية هي (0.8 m³ من الحصى + 0.4 m³ رمل + 250gK إسمنت + كمية ماء تتراوح بين 160 و 180 لتر) .

وهذه الخلطة تعطي مقاومة للخرسانة لا تقل عن 250 mc/ gK² بعد 28 يوم

1-4-1-2/ العوامل التي تؤثر على مقاومة الخرسانة في مرحلة التصميم [9][10] :

1-4-1-2-1/- نسبة الماء إلى الإسمنت (E/C) :

الماء الذي نستخدمه في الخلطة الخرسانية ينقسم على حسب دوره أو فعاليته إلى قسمين :

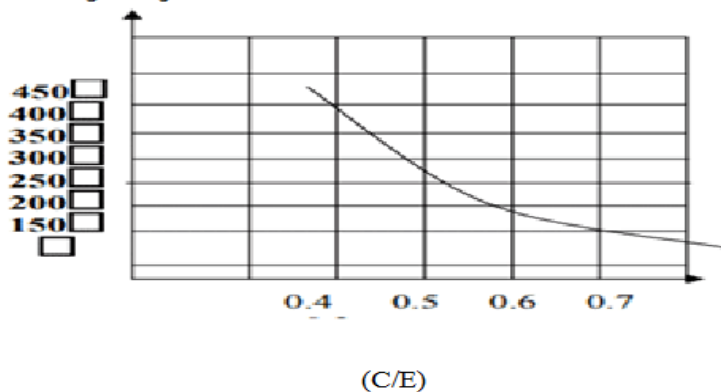
1- الماء الفاعل في عملية التفاعل الكيميائي مع الإسمنت و هي النسبة المثالية للحصول على أعلى قيمة للمقاومة في الخرسانة , بحيث إذا استعملنا نسبة أقل لن نتحصل على اللدنة المطلوبة لربط .

2- الماء الفاعل في سهولة تشغيل الخرسانة و هذه النسبة كلما قلت كلما كان أفضل لأنها في النهاية تتبخر مخلفة بذلك فراغات تقلل من قوة الخرسانة .

- و عليه فالمقصود بالنسبة (E/C) هي كمية الماء اللازمة و الكافية لكمية من الاسمنت لحدوث التفاعل الكيميائي بشكل مثالي .

- وعموما كلما قلت هذه النسبة حصلنا على خرسانة قليلة الفراغات عالية المقاومة (بشرط ان لا يؤثر تقليل هذه النسبة على قابلية الخرسانة للتشغيل) . (انظر الشكل التالي) .

مقاومة الخرسانة للضغط (kg/cm²)



الشكل I-1 العلاقة بين نسبة (E/C) ومقاومة الخرسانة

1-4-1-2-2/ نسبة (الاسمنت إلى الركام):

كلما زادت نسبة الاسمنت إلى الركام زادت قوة الخرسانة.

ويستخدم عادة:

- 7 أكياس إسمنت لكل (1 m³) من الركام الخليط للخرسانة المسلحة.

- 5 أكياس إسمنت لكل (1 m³) من الركام الخليط للخرسانة العادية.

1-4-1-2-3/ نسبة (الاسمنت إلى الرمل) في الخلطة الخرسانية:

كلما زادت هذه النسبة تزيد قابلية الخرسانة للتشغيل.

1-4-1-4-2/نسبة (الركام الكبير إلى الركام الصغير):

عادة نستخدم نسبة: - (الركام الكبير / الركام الصغير) = (1 / 2) بالحجم.

ومن المهم جداً مراعاة التدرج الحبيبي من الركام الصغير و الكبير وذلك لتقليل الفراغات داخل الخرسانة وبالتالي الحصول على خرسانة قوية.

1-4-1/2-مرحلة الخلط:

1-4-1-2/ تعريفها :

هي المرحلة التي يتم فيها مزج مكونات الخرسانة بالنسب المحددة وتكوين خليط متجانس.

حيث تقوم عجينة الاسمنت بتغليف حبيبات الركام الصغير والكبير ثم يقوم الركام الصغير والعجينة الإسمنتية بملء الفراغات بين حبيبات الركام الكبير .

أثبتت الدراسات والتجارب أن إطالة زمن الخلط (إلى حد ما) له تأثير ممتاز في تحسين مقاومتها حيث أنه يساعد في الحصول على خرسانة متجانسة ويزيد من قابليتها للتشغيل ويقلل من الدمك اللازم في مرحلة الصب وينتج خرسانة كثيفة تمنع تسرب الماء.

1-4-1-2/ الشروط الواجب مراعاتها أثناء عملية الخلط:

1- استخدام نسب الخلط المحددة في المخططات.

2- استخدام الخلط الميكانيكي.

3- يجب ألا يقل زمن الخلط عن دقيقة واحدة لضمان خلط مكونات الخرسانة جيداً.

1-4-1/3-مرحلة الصب:

1-4-1-3/ تعريفها :

يقصد بمرحلة الصب هي المرحلة التي يتم فيها وضع الخلطة الخراسانية في القوالب المعدة لذلك.

-ويتم ذلك إما يدوياً بواسطة العمال أو ميكانيكياً بوسطه مضخات الخرسانة

1-4-1-3/2- الشروط الواجب مراعاتها أثناء عملية الصب:

1- يجب رش القوالب بالماء قبل الصب حتى لا تنتشر جزءا من ماء الخلطة الخراسانية فيتأثر تفاعل الإسمنت وتضعف الخرسانة.

2- يجب أن يتم الصب في أقصر وقت ممكن بعد خلط الخرسانة لأن إطالة زمن نقل الخرسانة يؤدي إلى تبخر جزء من ماء الخلط وذلك يؤثر على إتمام تفاعل الاسمنت وبالتالي يقلل من مقاومة الخرسانة.

3- يجب عدم صب الخرسانة من ارتفاع أكبر من 1 متر حتى لا يحدث انفصال حبيبي لها (أي تنفصل الحبيبات الكبيرة من الركام عن الخلطة الخرسانية وتهبط إلى أسفل بينما تصعد العجينة الإسمنتية إلى أعلى) .

4- يجب دمك الخرسانة أثناء الصب ميكانيكياً بالهزازات وذلك لطرد الهواء من داخل الخرسانة وبالتالي الحصول على خرسانة قليلة الفراغات وقليلة النفاذية وأكثر تحملاً للعوامل الجوية وعالية المقاومة، كذلك فإن عملية الدمك تساعد على تماسك الخرسانة مع حديد التسليح. والدمك الجيد أيضا يمكننا من استخدام نسبة (E/C) قليلة وذلك كما هو معلوم يعطى خرسانة أقوى [18] .

5- في حالة الصب باستخدام المضخات يجب عدم زيادة ماء الخلط بغرض الحصول على خرسانة طرية تسهل حركتها داخل مواسير المضخة لأن زيادة الماء يضر بقوة الخرسانة.

يمكن الحصول على خرسانة طرية بتزويدها بإضافات أثناء خلطها تعطيتها اللدونة المطلوبة دون التأثير على قوتها. كذلك يجب العناية بنظافة المضخات بعد كل عملية صب وذلك لسهولة العمل في المرات المقبلة.

6- عند الصب على خرسانات قديمة لا بد من أن يكون سطح الخرسانة القديمة نظيفاً وخشناً ويرطب بالماء قبل صب الخرسانة الجديدة عليه. ويمكن الاستعانة بمواد كيميائية مثل المواد الإيبوكسية للمساعدة في ربط الخرسانة الجديدة بالقديمة.

7- يجب اختيار أماكن وقف الصب بعناية حتى لا تتأثر الأجزاء الخرسانية للمنشآت ولكي نضمن سلامتها يجب ألا نقف مثلا في منتصف البلاطات الخرسانية للأسقف أو منتصف الكمرات.

4-4-1/مرحلة المعالجة [9] [10] :

1-4-4-1/ تعريفها:

يقصد بمرحلة المعالجة هي المرحلة إلي يتم فيها رش الخرسانة المتصلبة بالماء على فترات لمدة محددة حسب المواصفات الفنية للأجزاء الخرسانية المختلفة من المنشأ.

- وهذه المرحلة لها أهمية كبيرة ويجب الاهتمام بها لأن الماء ضروري لتمام تفاعل الاسمنت حتى بعد تصلب الخرسانة

- عادة تتم معالجة الخرسانة برشها بالماء صباحاً قبل الشروق ومساء بعد الغروب لمدة 7 أيام

- في الأجواء الحارة تغطي الخرسانة بالخيش المبلل بالماء للمحافظة عليها رطبة.

- في مصانع المباني الجاهزة تتم معالجة الخرسانة ببخار الماء حيث يساعد على سرعة تفاعل الاسمنت مع الماء وبالتالي الحصول على مقاومة عالية مبكرة للخرسانة.

5-1/المراحل إلي تمر بها الخرسانة من لحظة الخلط حتى التصلب [9][10][19]:

1-5-1/ مرحلة الخرسانة الطازجة:

هي مرحلة الخرسانة أثناء خلطها وصبها (أي قبل زمن التصلب).

2-5-1/ مرحلة الخرسانة الخضراء:

هي مرحلة الخرسانة التي شكت ولم تتصلب بعد (أي لا يصلح إعادة خلطها مرة أخرى ولا تتحمل فك القالب).

3-5-1/ مرحلة الخرسانة المتصلبة:

هي المرحلة التي تكون الخرسانة فيها قد اكتسبت قوة تتيح فك القوالب وتبقى الخرسانة متماسكة وتحمل الأحمال إلي تؤثر عليها.

6-1/ أنواع الخرسانة:

تعددت أنواع الخرسانة كثيرا في وقتنا الحاضر نتيجة مكوناتها نذكر منها على سبيل المثال [20] :

1-6-1/ خرسانة عادية :

و قد تسمى خرسانة نظافة ولا تستعمل في صب منشآت عليها أحمال وتصب عادة لملء الفراغات ولتنشيط التربة تحت أو حول منشآت مسلحة بالحديد.

2-6-1/ خرسانة مسلحة:

هي خرسانة تسمى مسلحة لأنها تصب مع قضبان حديدية لها أشكال خاصة يحددها مهندسون متخصصون بالتصميم لجعل الجسم المصبوب من هذه الخرسانة مع الحديد أكثر قوة وقدرة على تحمل أوزان كثيرة مثل (الجسور ، الأسقف ، المباني العالية...).

3-6-1/ خرسانة بيضاء :

مكونة من خليط الاسمنت الأبيض مع كمية من الرمل و الحصى.

4-6-1/ خرسانة كسر طوب :

مكونة من خليط كسر الطوب مع كمية من الرمل و الإسمنت.

▪ كما يوجد أنواع أخرى من الخرسانات المسلحة التي لها صفات و استخدامات خاصة مثل [20]:

-الخرسانة المسلحة المصبوبة تحت الماء.

-الخرسانة المسلحة المقاومة للحريق.

-الخرسانة المسلحة المقاومة للإشعاعات الذرية.

-الخرسانة المسلحة للسدود.

-الخرسانة المسلحة ضد القنابل.

-الخرسانة المسلحة المقاومة للزلازل.

-الخرسانة المسلحة الملونة.

▪ و الطرق المختلفة لتجهيز منتجات الخرسانة المسلحة يكسبها أسماء أخرى مثل [20] :

-الخرسانة المصبوبة في الموقع: (لا يتم تحريك الجسم المصبوب بعد الصب)

-الخرسانة مسبقة الصب: (تصب الأجسام في موقع ويتم تركيبها في موقع آخر)

-الخرسانة سابقة الإجهاد: (تصب ويتم شدها بأسلاك قوية جدا لتكون قادرة على حمل أحمال كبيرة مثل الجسور الطويلة جدا)

1-7/ ايجابيات الخرسانة:

للخرسانة ايجابيات كثيرة نذكر منها [6]:

- مقاومة للضغط.

- مقاومة للحرائق.

- مقاومة للصدمات.

- اقتصادية مقارنة ببعض المواد.

1-8/ سلبيات الخرسانة:

للخرسانة سلبيات كثيرة نذكر منها [6]:

-ضعف مقاومة الشد.

-ضعف مقاومة الانحناء.

-ضعف مقاومة القص.

- لديها ثقل كبير .

- تشوه البيئة خلال البناء والهدم.

- تطلب كميات هائلة من المواد.

- صعوبة التعديل بعد الصب.

-انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة أثناء إنتاج الاسمنت.

2 الخصائص الأساسية للخرسانة العادية:

1-2 مدخل :

الخرسانة هي عبارة عن مواد مركبة مكونة من الاسمنت و الماء و الركام (الرمل و الحصى) و ربما يمكن إدخال إضافات أو محسنات التي تهدف إلى تحسين بعض خصائص الخرسانة.

تعتمد جودتها على مكوناتها التي لها تأثير على سلوكها (قابلية التشغيل) و أدائها في حالتها الصلبة و متانتها و النفاذية والانكماش ...الخ

خصائص الخرسانة العادية منها قابلية التشغيل و قوى الشد و الضغط و الانحناء و المرونة و الديمومة و النفاذية , و لتسليط الضوء على تأثير المكونات بشكل خاص على خصائص الخرسانة عند استخدام مزيج الرمل مع رمل الكثبان .

2-2 قابلية التشغيل:

هي الخاصية التي تعتمد على سهولة خلط و نقل و صب الخرسانة بدون حدوث أي انفصال حبيبي

و هي خاصية أساسية في الخرسانة , تساهم في سهولة تنفيذ الخرسانة من أجل :

- ملأ مثالي للقالب

- التماسك مع الفولاذ

- الحصول على وجه تقريبي ذو مظهر جيد

قدرة الخرسانة الطازجة على التوزيع بشكل جيد في القوالب و حول التعزيز و على بقائها متجانسة [22]

تتطلب خرسانة الرمل كميات كبيرة من المياه مقارنة بالخرسانة العادية وهذا يترجم بالنسبة C / E بحيث تتباين من 0.6

إلى 0.7 بينما هذه النسبة في الحالة العادية تقارب 0.5 , و هذه الخاصية تعود إلى نعومة الخليط الكبيرة [23]

تتأثر قابلية التشغيل للخرسانة بحجم الحبيبات و شكلها و بكمية الاسمنت و الماء [25]

يمكن تقدير قابلية التشغيل بعدد من الاختبارات الأكثر شيوعا و هي طاولة الهز و

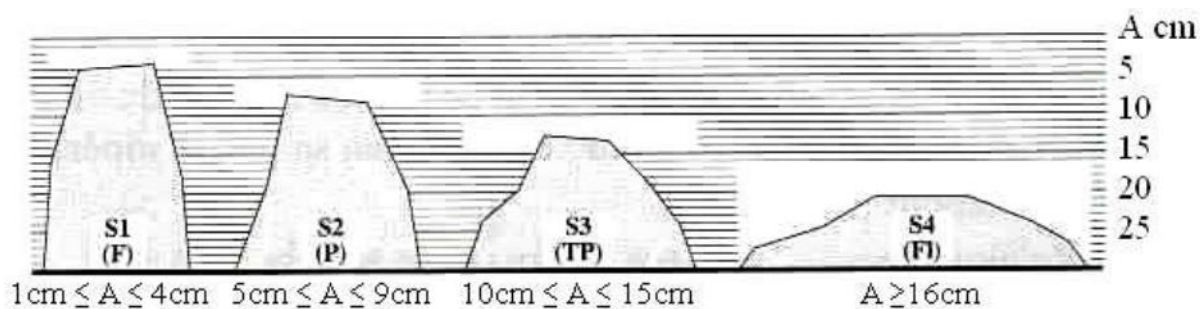
مخروط أبرامز و اختبار $v_{\beta\beta}$ التي تسمح بقياس بعض خصائص الخرسانة قبل الاستعمال

و يمكن تقييم التشغيلية بشكل عام من خلال تجربة مخروط أبرامز

كدلالة للهبوط المعروف وفقا للفئات التي يشير إليها الجدول حسب المعيارين 206NvE و EFP 18305 [24]

الجدول I-2 : تقييم حاله الخرسانة بواسطة هبوط مخروط أبرامز [24]

الفئة	حالة الخرسانة	ملاحظة	قيمة هبوط الخرسانة في المخروط Cm
S ₁	جافة	F	1 إلى 4
S ₂	لدنة	P	5 إلى 9
S ₃	لدنة جدا	TP	10 إلى 15
S ₄	سائلة	FL	16



الشكل I-2 : فئات الخرسانة بواسطة مخروط أبرامز

تعتمد قابلية التشغيلية العديد من العوامل أبرزها [22 و 24]:

- حجم الحبيبات

- كمية العناصر الدقيقة

- استعمال الحصى من النوع المحدب

- كمية الاسمنت

- استخدام الملدنات

- كمية المياه

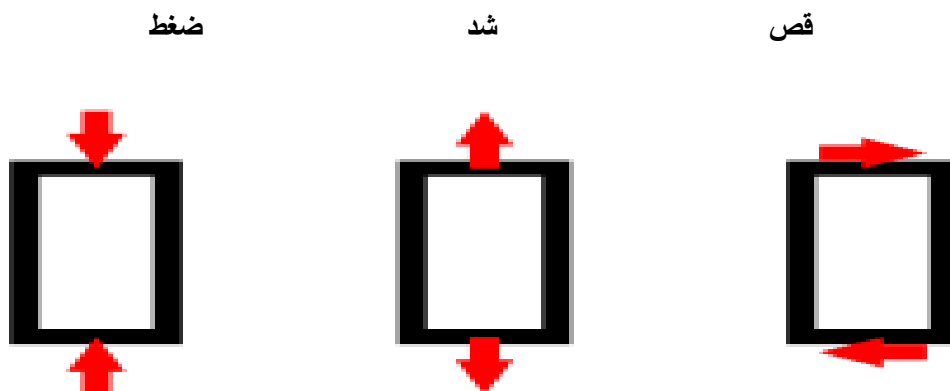
قابلية التشغيل هي خاصية ذات أهمية لا تقل عن المقاومة, كما يمكن تعديلها في الموقع قبل استعمال الخرسانة في حالة وجود نقص في التشغيلية .

2-3/المقاومة:

2-3-1/ تعريف:

هي قدرة المادة على تحمل الأحمال المطبقة عليها دون حدوث انهيار ميكانيكي أو تشوه لدن, حيث تعمل القوى و الأحمال المطبقة على المادة التي تولد قوى داخلية تسمى بالاجهادات عندما يعبر عنها بالنسبة لوحدة مساحة المادة كما تؤدي الى تشوهات عديدة تتسبب في كسر المادة. [22]

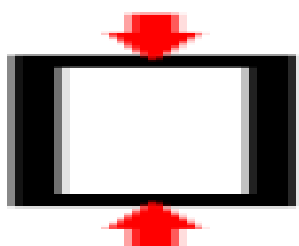
كما يمكن ان تكون الأحمال المطبقة محورية (شد أو ضغط أو دورانة (قص)) لذلك يجب تحديدها لمعرفة مدى مقاومة العنصر للأحمال. [26]



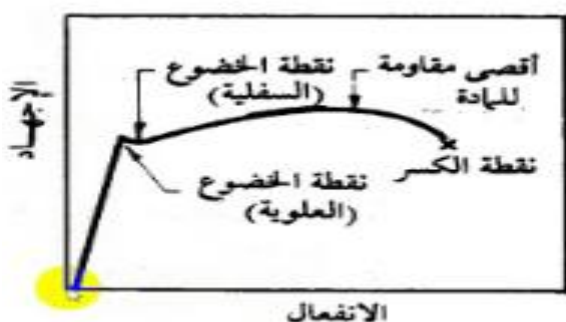
الشكل I-3 يوضح أنواع الأحمال المطبقة على العنصر.

2-3-2/ مقاومة الضغط:

هي قيمة إجهاد الضغط المحوري الذي تصل إليه المادة عند الانهيار التام. حيث يمكن تصنيع خرسانة لها مقاومة عالية للانضغاط، فالعديد منها تزيد (50 Mpa) بينما لا تزيد في بعض المواد مثل الحجر الرملي عن [27] (5-10Mpa).



الشكل I-4 يوضح كيفية تطبيق قوة الضغط على العنصر.



• شرح المنحنى:

ينقسم هذا المنحنى إلى مرحلتين:

- المرحلة المرنة: تتميز بمنطقة خطية تخضع فيها العينة إلى

$$\sigma = E * \epsilon$$

E: معامل يونغ للانضغاط.

الشكل I-5 يوضح علاقة الإجهاد والانفعال

حيث تنتهي هذه المرحلة في نقطة الخضوع.

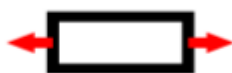
- المرحلة اللدنة: تتميز هذه المرحلة بأن المادة لن تعود إلى طولها الأصلي بعد زوال الحمل أو القوى [27].

2-3-3/ مقاومة الشد:

تتحمل الخرسانة العادية المتصلبة مقاومة الضغط بدرجة كبيرة ولذلك يجرى تصميم الخرسانة باعتبارها تقاوم إجهادات الضغط أساساً أما بالنسبة لمقاومتها لقوى الشد (سواء المباشر أو غير المباشر) فإنها تعتبر ضعيفة المقاومة للشد إذا ما

قورنت بمقاومتها للضغط حيث تتراوح قيمتها ما بين 7% إلى 14% من مقاومة الضغط اي بنسبة متوسطة قدرها 10% وتختلف هذه النسبة تبعاً لعمر الخرسانة وكذلك تعتمد هذه الأخيرة على رتبة الخرسانة ومع ذلك إهتم الباحثون بمقاومتها الشد في الخرسانة. [26]

هنالك عدة دراسات أجريت بخصوص مقاومة الخرسانة لشد. مثلاً:



- لو أخذنا عينة من الخرسانة وحولنا كسرهما عن طريق الشد فيها لا نستطيع التأثير بحمل كافي.

[28]



- لكن لو علقنا فيها الأحمال بشكل عمودي ستتهار بحمل أقل بكثير من الحمل المطلوب لكي تنهار به حالة الضغط (ستتهار بحوالي 10% من الحمل المطلوب لحالة الضغط). [28]

السبب:

عند تحميل الخرسانة إجهادات شد, تحدث شروخ دقيقة جدا بداخلها هذه الأخيرة تؤدي إلى تفتح وتمدد الشروخ هذا ما يقلل من مساحة الخرسانة التي تتحمل الإجهاد وهذا ما يسبب في زيادة الإجهاد وتنهار العينة بسرعة. على العكس ما يحدث في حالة الضغط حيث أن هذه الشروخ تنضغط وتمتد ببطء ما يكون تأثيرها أقل.

لذلك يجب علينا دعم الخرسانة بحديد التسليح لزيادة مقاومتها في الشد [28].

1-2-3-2 / اختبار الشد المباشر:

يتم تحضير العينة على حسب الأشكال المحددة لهذا الاختبار, وبعد إجراء عملية الخلط والصب والدمك للعينات يتم مسك العينة عند نهايتها والتأثير بحمل شد تدريجي وببطء وبعد ذلك نقوم بحساب مقاومتها له.



الصورة I-1 توضح طريقة وضع العينة داخل جهاز الشد المباشر.

$$F_t = P_{max} / A$$

يتم حساب مقاومة الشد ب:

F_t : مقاومة الشد (N/mm^2).

Pmax: قوة الشد القصوى (N).

A: المساحة المقطع (mm²).

لكن هنالك احتمال عدم مركزية حمل الشد في هذا الاختبار لدى يتم اللجوء لاختبار الشد الغير مباشر.

2-2-3-2 / اختبار الشد الغير المباشر (الطريقة البرازيلية):

يتم هذا الاختبار بتعرض عينة اسطوانية الشكل إلى قوة حمل أفقية جانبية (على السطح الجانبي لها). كما تشترط العينة أبعاد

معينة (32mc :L,ø:16mc). [26]



الصورة 2-2-3-2 توضح طريقة وضع العينة داخل جهاز الشد الغير مباشر.

تحسب مقاومة الشد الغير المباشر ب: $Ft=2P/\pi*D*L$

Ft: مقاومة الشد الغير مباشر (N/mm²).

P: الحمل الأقصى (N).

L: طول الأسطوانة (mm).

D: القطر الاسطوانة (mm). [26]

ملاحظة: اختبار الشد الغير المباشر ب

- سهولة الإجراء.

- وجود اجهادات شد بقيمة ثابت و منتظمة على حوالي 60% من طول مستوى الانهيار

و عموما مقاومة الشد للخرسانة مساوية ل 58% من قيمة مقاومة الشد البرازيلي. [26]

2-3-4 / مقاومة الانحناء:

وهي مقاومة الشد بسبب الانحناء كما تتراوح مقاومة الانحناء بين (12 إلى 20%) من مقاومة الضغط وتزيد عن مقاومة الشد بنسبة (60 إلى 100%) ويتم حساب مقاومة الانحناء عمليا في المخبر بتكسير روافد بسيطة في شكل منشورات $(d*d*4d)$ على مساند محملة بقوة مركزة واحدة أو قوتين مركزتين ببتعدان مسافة d . [26]

1-3-3-2 / اختبار الشد عن طريق الانحناء:

هو الاختبار الأكثر شيوعا. [22]

يختص هذا الاختبار بتعيين مقاومة الخرسانة المتصلبة للانحناء ودراسة سلوك الكمرات (العينات), الخرسانة عند تعريضها إلى أحمال انحناء وبيان شكل الكسر الناتج عن انهيار هذه الكمرات نتيجة التحميل كما هو موضح في الصورة [26]

يتم حساب مقاومة الانحناء ب:

$$F_b = M_{max} * Y / I$$

F_b : مقاومة الانحناء (Pa).

M_{max} : هو أكثر عزم تتعرض له العينة المختبرة والمقابل لحمل الكسر (P_{max}) .

Y : بعد النقطة الطرفية للمقطع المستعرض عن محور التعادل.

I : عزم الذاتي للمقطع المستعرض حول محور التعادل. [26]



الصورة 3-I توضح وضع العينة داخل جهاز الشد بالانحناء بتعريض العينة لقوى واحدة مركزية.



الصورة 4-I توضح وضع العينة داخل جهاز الشد بالانحناء وبتعريض العينة لقوتين مركزيتين.

ملاحظة:

- يفضل إجراء هذا الاختبار في حالة وضع قوتين ذلك لتأكد من ضمان وجود عزم وعدم وجود قوى قص.

2-3-5/ مقاومة القص:

تكون مقاومة الخرسانة للقص في حدود (10 إلى 12 %) من مقاومة الضغط وهي أكبر من مقاومة الشد بحوالي (20 إلى 30%) ونظرا لضعف الخرسانة لإجهادات القص يوضع حديد تسليح عرضي لتحمل تلك الاجهادات والتي تزيد قرب المساند [6]

نستخلص مما سبق أن للمقاومة دور مهم في تحديد وتميز الخصائص الميكانيكية للخرسانة حيث تعتمد المقاومة على:

- جرعة الاسمنت - مسامية الخرسانة - نسبة (E/C).

2-3-7/ القوالب و الأواني الاسطوانية لمستخدمي الاختبار:

الجدول I-3 أبعاد التصنيع للقوالب الأسطوانية وقطع الاختبار

الشكل اسطواني	ابعاد التصنيع (mm)		المساحة (cm ²) شكل حسب المقطع		(mm)D
	الارتفاع	القطر	متعامد	القطر	
اسطوانة 22*11	220	112.8	100	248	16 ≥
اسطوانة 32*16	320	159.6	200	511	40 ≥
اسطوانة 50*25	500	252.5	500	1262	80 ≥

الجدول I-4 أبعاد التصنيع للقوالب المنشورية وقطع الاختبار

المنشور	ابعاد التصنيع (mm)		المساحة a ² (cm ²)	المسافة بين دعامات أسفلى a=3 cm	محور $\frac{L-1}{2}$ (mm)	D (mm)
	طول a4=L	ابعاد القاعدة a				
7	282,8	70,7	50	212,1	35,3	16 ≥
10	400	100	100	300	50	25 ≥
14	565,6	141,1	200	424,2	70,7	31,5 ≥
20	800	200	400	600	100	50 ≥

الجدول I-5 أبعاد التصنيع للقوالب المكعبة وقطع الاختبار

D (mm)	المساحة (cm ²)	أبعاد التصنيع الحافة a	الشكل المكعب
25 ≥	100	100	10
31.5 ≥	200	141.4	14
50 ≥	400	200	20
80 ≥	900	300	30

4-2/ المرونة :

1-4-2/ تعريف المرونة :

هي خاصية مميزة للخرسانة لتقييم ضغوطاتها و تشوهاتها , الخرسانة مثلها مثل جميع المواد الأخرى أي أن تشوهاتها تتناسب مع الأحمال المطبقة [22]

يزيد معامل المرونة مع الزيادة في الكثافة , ولا يزيد معامل المرونة بنفس معدل القوة [35]

معامل مرونة هو ميل منحنى التشوه مع الإجهاد و يعبر عنه بالعلاقة التالية [21]

$$E = \frac{\sigma_{cj}}{\varepsilon}$$

حيث أن

E : معامل المرونة

σ_{cj} : إجهاد الضغط المطبق MPa

ε : التشوه النسبي $\frac{\Delta l}{l}$

درجة الحرارة تؤثر على معامل المرونة بحيث كلما ارتفعت و ينخفض معامل المرونة "وجود علاقة عكسية" و ينتج عن ارتفاع درجة الحرارة عملية الزحف على مدى قصير مما يؤدي إلى تقليل معامل مرونة [32]

التشوه النسبي يرتبط بمعامل مرونة الخرسانة و بمقاومتها في الحالة التالية: [25]

$$E_{IJ} = 11000 \sqrt[3]{f_{cj}}$$

$$E_{vj} = 3700 \sqrt[3]{f_{cj}}$$

$$f_{cj} = 1.1f_{c28}$$

$$E_{vj} \approx \frac{1}{3} E_{ij}$$

هذا القانون في الكثير من الأحيان هو معامل المرونة الحقيقي للخرسانة [25]

2-5/ النفاذية:

النفاذية هي الخاصية التي بواسطتها يمكن تسرب اي سائل(ماء أو أحماض) أو هواء داخل الخرسانة. حيث يؤدي هذا التسرب إلى تقليل من عمر الخرسانة وتدهورها و عدم أدائها الجيد لوظيفتها خصوصا في المنشآت المائية، كما تتناسب عكسيا مع كثافة الخرسانة، يتم قياسها عن طريق تجربة النفاذية(حساب معامل النفاذية). [6]

تلعب النفاذية دوراً أساسياً في التأثير على ديمومة الخرسانة وذلك لأن دخول العناصر العدوانية مثل الكلورايدات, الكبريتات, ثاني أكسيد الكربون, الأوكسجين وبخار الماء في الخرسانة يعتمد على نفاذية الخرسانة. وتتأثر نفاذية الخرسانة بعدد كبير من العوامل مثل مقاس الركام ونسبته و نوع وكمية الأسمنت و نسبة الماء للأسمنت و المواد الإضافية المستخدمة و طرق التحضير والصب . ولذلك فإن معرفة تأثير هذه العوامل كل على حده و على نفاذية الخرسانة المتصلبة يؤدي إلى إنتاج خلطات خرسانية ذات ديمومة عالية و عمر افتراضي طويل للمنشآت الخرسانية. [29]

2-5-1/ العوامل التي تؤثر على نفاذية الخرسانة:

وتنقسم إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي:

2-5-1-1/ طبيعة ونسب مواد المكونات:

2-5-1-1-1/ الركام الخشن(الحصي) :

تتأثر نفاذية الخرسانة أيضا بشكل حبيبات الركام نوعية الركام .

2-5-1-1-2/ الركام الناعم (الرمل):

إن النقص في الركام الناعم يمكن أن يؤثر سلباً على الفراغات في الخرسانة, أما العامل الآخر الذي يؤثر على نفاذية الخرسانة هو نسبة الركام الناعم إلى محتوى الركام الكلي حيث يمكن أن يؤدي استخدام الرمل الناعم إلى صعوبة في قابلية تشغيل الخرسانة، وخاصة إذا زادت نسبة الرمل في محتوى الركام الكلي

2-5-1-3/ الماء:

إن نقاء الماء يؤثر بصورة كبيرة على نفاذية الخرسانة وديمومتها

2-5-1-4/ الاسمنت:

بما أن عجينة الاسمنت تغلف حبيبات الركام في الخرسانة المدموكة جيداً، فإن نفاذية العجينة هي صاحبة التأثير الأكبر على نفاذية الخرسانة ولذلك، فإن كمية الاسمنت ونسبة الماء للاسمنت هما العاملان الأكثر أهمية اللذان يؤثران على نفاذية الخرسانة

5-1-1-5-2 الإضافات:

أن استخدام هذه الإضافات يساعد في إنتاج خلطة قابلة للتشغيل حتى عند استخدام نسبة ماء للاسمنت قليلة، مما يقلل كثيراً من نفاذية الخرسانة

2-1-5-2/- طرق التحضير :

هناك العديد من المراحل المهمة والمؤثرة على النفاذية (مثل الخلط، النقل، الصب، الدمك وإنضاج الخرسانة) ان الخلط الجيد والدمك الكافي يؤمنان مزج منتظم وجيد وملء للفراغات بين الركام والعجينة الإسمنتية الواجب توفرهما للحصول على نفاذية قليلة، إن معدل تغلغل الأكسجين في الميلاط ذي النوعية الواحدة (نفس نسبة الماء للإسمنت) أقل من معدل التغلغل خلال الخرسانة، لدرجة ان الميلاط المستخدم ذا الجودة الأقل له نفاذية أقل من الخرسانة ذات الجودة الأعلى. [29]

2-3-1-5-2-العوامل المرتبطة بالمعالجة اللاحقة:

وتشمل عوامل هذه المجموعة كلاً من عُمر الخرسانة وطرق التصلب وظروف الاختبار لتحديد النفاذية المطلوبة. ان التصلب والعمر لديه تأثير على نفاذية الخرسانة. ان الحاجة للإنضاج تنبع من حقيقة أن تميه الاسمنت يمكن ان يحدث فقط في المسامات المليئة بالماء ولهذا السبب يجب تفادي فقدان الماء بالتبخر من المسامات. ومن المعروف أن طريقة الإنضاج أكثر تأثيراً على الخرسانة عندما تكون نسبة الماء للإسمنت متدنية، حيث يمكن حدوث التجفيف الذاتي بسرعة، مما يتسبب في ظهور التشققات المجهرية. [29]

إن التشققات الحرارية والانكماش الناتج عن التجفيف هي ظاهرة عامة تتلف الخرسانة في هذه المنطقة. وكما هو معلوم، فإن صدأ حديد التسليح وذوبان الأملاح يتسارعان مع ارتفاع درجة الحرارة والتي يمكن أن تصل عند سطح الخرسانة إلى 70-80 درجة مئوية نتيجة لامتناس أشعة الشمس في أحد أيام الصيف الحارة. كما أن التغير في درجات الحرارة يولد دورات من الانكماش والتمدد والتميه، أن فقدان الماء مسببة في تشققات مجهرية وتدهور المنطقة البينية بين الحصى والعجينة الإسمنتية نتيجة لعدم ملائمة الحرارة لمكونات الخرسانة. وتؤدي كل هذه التأثيرات إلى نتائج تراكمية سلبية، مما يؤدي لزيادة نفاذية الخرسانة وتقليل ديمومتها [29]

نستنتج أن منتجي ومستخدمي الخرسانة والمهندسين الممارسين معرفة العوامل المؤثرة على نفاذية الخرسانة. ونظراً لأن نفاذية الخرسانة تعتمد على العوامل مثل: (مواد الخرسانة، طرق الخلط، طرق الصب والإنضاج)، لذا يجب الاهتمام بكل هذه العوامل عند تصميم الخلطات الخرسانية لإنتاج خرسانة كثيفة وغير نفاذة. كما يجب أن يعتمد تصميم الخلطة الخرسانية على تناسب الركام الثنائي (الركام الخشن والرمل)، كما يجب خلط الخرسانة وصبها ودمكها وإنضاجها جيداً. كذلك يجب تشجيع استخدام الإضافات الكيميائية كما نعلم أن تأثير النفاذية على الخرسانة له تأثير سلبي غالباً يظهر كما يالي:

- في حالة تسرب الماء والهواء إلى عمق العنصر الخراساني فإنه ينتج عنه تضخم وصدأ و تآكل لحديد التسليح.
- في الأجواء الباردة يتجمد الماء داخل الفراغات مسبباً تمدداً يؤدي إلى توليد اجهادات تؤثر على متانة الهيكل الخراساني.
- في حالة تسرب الماء يحمل معه بعض الأملاح إلى داخل الجسم الخراساني فانه يتفاعل كيميائياً متحولاً بذلك إلى بلورات تسبب في توليد اجهادات داخلية تضعف عمل الخرسانة.
- في حالة الأجواء الحارة خروج الماء من الخرسانة قد يحمل معه بعض من الأملاح أو المركبات المكونة للخرسانة يصحبه عن هذا الأخير زيادة في الفراغات على مستوى الداخلي لها.

6-2/ الانكماش: [21 و22 و24 و30 و 31]

1-6-2/ تعريف الانكماش :

هو تغيرات الحجم أو الأبعاد الأولية للخرسانة أو الميلاط بسبب كمية الماء الداخلة في التركيبة و ترتبط التشوهات برطوبة المحيط وسط التخزين هذا مايسمى بالانكماش و كما أظهرت الدراسات التجريبية, أن انكماش خرسانة الرمل يضعف الخرسانة التقليدية

- في المناطق الرطبة جدا 2×10^{-4} إلى 1.5×10^{-4} $\frac{\Delta l}{l}$

- في المناطق الجافة جدا (الصحراوية) 5×10^{-4} $\frac{\Delta l}{l}$

وفق القواعد BPEL91 من الممكن حسب الحالة , و تقييم الانكماش الإجمالي النهائي في الهواء ϵ_r

$$\epsilon_r = (100 - \rho_h) \left(\frac{6 + 80}{10 + r_m} \right) \left(\frac{1}{1 + 20\rho_s} \right) 10^{-6}$$

حيث أن

m : متوسط نصف القطر المقطع

ρ_h : الرطوبة النسبية

$$\rho_s = \frac{A_s \text{ المقطع التعزيز الطولي}}{B \text{ المقطع الخرساني}} = \text{معامل التخفيض للانكماش}$$



الصورة 5- I جهاز عملية الانكماش

هناك عدة أنواع الانكماش أهمها

2-6-2 أنواع الانكماش:

لديه ثلاث أنواع من انكماش وهي الانكماش قبل التصلب وهو الحراري و الانكماش اللدن و الهيدروليكي (التجفيف) يأتي بعد التصلب

2-6-1/ الانكماش الحراري :

عند التصلب تنتج الخرسانة حرارة ناجمة عن التفاعل الكيميائي بين الماء و الاسمنت , و عند تبريد الخرسانة ستخضع للانكماش ومن ثم يبدأ ظهور للاجهادات وخاصة إذا كان التبريد غير منظم, وهذا الإجهاد تتسبب في شروخ دقيقة .

2-6-2/ الانكماش اللدن :

هي نتيجة التبخر السريع لماء الخلط للخرسانة في حالتها اللدنة

عن طريق التبخر (تكون الرطوبة منخفضة في المحيط و ارتفاع في درجة الحرارة و قوة الرياح)

عن طريق الامتصاص (صب الخرسانة أو الركام)

وتكون فيه الشروخ قصيرة و تظهر في اتجاهين متعاكسين في آن واحد .

2-6-3/ انكماش التجفيف :

هذا النوع من الانكماش ينتج عن خروج الماء إلى المحيط الخارجي بالخاصية الشعرية وهو غير منتظم في كل العينة و تكون الجوانب سريعة التأثر بهذا النوع من الانكماش

العوامل المؤثر على الانكماش :

- كمية ماء الخلط

- تأثير تركيز الاسمنت

- حجم الفراغات و توزيعها و تبخر الماء تسبب النفاذية في الخرسانة

- العناصر الدقيقة والتي عادة ما تأتي من الركام

- رطوبة المناخ

- طبيعة الركام في الخرسانة

الجدول I-6: أهم أنواع الانكماش [23]

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 وفقدتها لحرارة التفاعل	نلاحظ نقص صغير في الطول	يجب تفادي التراكيز الإضافية للاسمنت
(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.

7-2- الديمومة :

7-2-1/تعريف الديمومة :

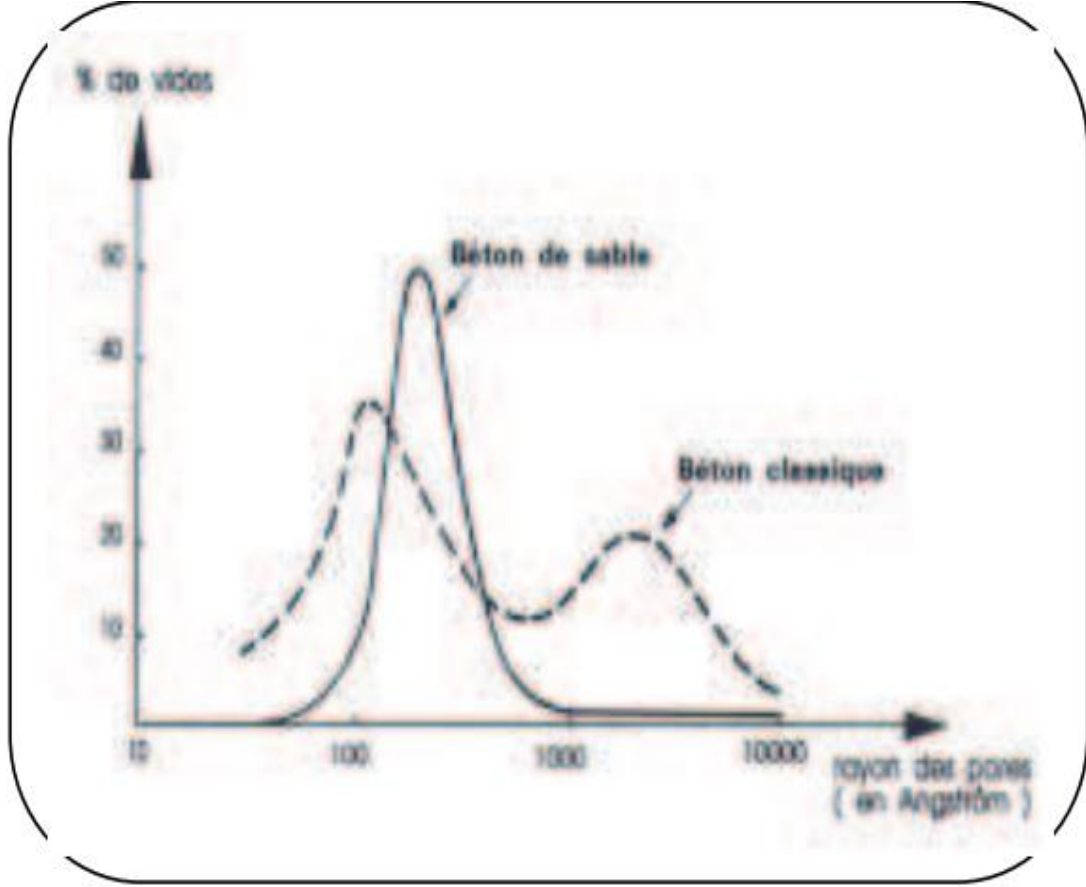
هي تميز الخرسانة بالقدرة أو المقاومة وذلك بمرور الوقت دون التحلل [25]

وكونها قادرة على الحفاظ على المقاومة ومواصلة في أداء و ضيقتها فترة أ طول و يجب إن تقاوم آليات التدهور مثل دورات التجمد و ذوبان الجليد و الهجوم الكيميائي مثل هجوم الأحماض و الكبريتات [33]

ضعف الديمومة يمكن أن يكون من العوامل الخارجية أو الظواهر الداخلية في الخرسانة [33]

تعتمد ديمومة الخرسانة على عدة عوامل (الكيميائية - الفيزيائية - الميكانيكية) التي تؤثر على عمرها أبرزها العوامل الكيميائية و التآكل تأثر هذه العوامل على جودتها و جودة كل مكون من مكوناتها [22]

تتميز الخرسانة الرملية عن الخرسانة التقليدية بنسبة عالية من الرمل , لذلك تحتوي عموما على مسامات متجانسة و يكون حجمها صغير و بالتالي يكون معدل الفراغ مرتفعا مقارنة بالخرسانة التقليدية [30]



الشكل 6-1 : توزيع المسامية بدلالة نصف قطر المسام [30]

2-7-2 / آليات التدهور :

2-7-2-1 / تآكل التعزيزات : [25]

يتسبب تآكل التعزيزات بشكل عام في حدوث الانتفاخ مما يؤدي إلى حدوث توترات داخلية في الخرسانة و بالتالي تغيرات في المظهر الخارجي للهيكل .

2-7-2-2 / دورات التجمد و ذوبان:

ينتج عن دورات التجمد و الذوبان تلف الخرسانة التدريجي و تعتمد على تغيرات في الدرجة الحرارة و عدد دوراتها و مدته يؤدي التجمد / الذوبان إلى زيادة الضغوط الهيدروليكية في المسامات الشعرية مما يسبب في تشققات في العجينة الأسمنتية [25]

تعتمد مقاومة التجمد / الذوبان للخرسانة على نوعية الهواء المحصور و محتوى الماء و الرطوبة

تحسين متانة الخرسانة من خلال وجود الهواء المحبوس , ومنها خرسانة الهواء المحبوس توفر مقاومة أفضل للجماد و العوامل الكيميائية [24]

2-7-3/ مقاومة العوامل العدوانية :

غالبا ما يأتي من خلال هجومات الكيماوية و الأحماض و الأملاح الموجودة في الماء التي تتلامس مع الخرسانة مما يؤدي إلى إذابة بعض مكونات الاسمنت وتكوين مركبات جديدة التي تسبب في تآكل الخرسانة و الانتفاخ ... الخ. [24]

3/ الخاتمة

نستنتج مما سبق :

أنها مادة عصرية تمتلك العديد من الخصائص التي تضمن لها حصة كبيرة في مجال الإنشاءات لحد الآن، ذلك لأنها اقتصادية الثمن، سهلة الصب في القوالب، ذات مقاومة جيدة للحريق وقوى الضغط .

لكن مقاومتها لقوى الشد نسبيا ضعيفة مقارنة بمقاومتها لقوى الضغط مما جعلها سهلة الانكسار و قابلة للتشقق, لهذا تم اختراع الخرسانة المسلحة سنة 1748م, من خلال تسليحها بقضبان فولاذية لرفع مقاومتها لقوى الشد و الحد من التشققات و انتشارها.

الفصل الثاني :

خصائص الركام وتأثيره على خرسانة

1/ مقدمة :

الركام هو مادة حبيبية جامدة مثل الرمل و الحصى و الصخور المسحوقة وهو أحد مكونات الخرسانة من أجل حصول على خرسانة ذات جودة ,من شروط استعماله في الخرسانة أن يكون نظيف و صلب و مقاوم و يكون خالي من أي عناصر كيميائي ممتصة أو مغطى بها و أي نوع من مواد دقيقة التي تسبب في تدهور و نقص في جودة الخرسانة , ينقسم إلى قسمين (الركام الناعم و الركام خشن) مصدره يكون طبيعي أو صناعي أو المعاد تدويره .

2/ تعريف الركام:

معظم التعريفات مأخوذة من نص المعياري xpp18-540

هو عبارة عن مجموعة من حبيبات تتراوح قطرها ما بين 0 إلى mm125 وتكون على شكلين ناعمة و خشنة [22]

في الخرسانة و الميلاط هو المكون الغالب وتتميز بخصائص جوهريه منها الميكانيكية و الفيزيائية و الكيميائية . سوف يؤثر الركام بشكل مباشر على خصائص الميكانيكية و ديمومة الخرسانة [36]

يتشكل الركام من (الحصى و رمل) . ويجب أن يكون مستقر كيميائيا عند اتصال مع المكونات الأخرى للحصول على الخرسانة ذات خصائص جيدة فإن اختياره أمر مهم ,حيث تؤثر طبيعة وشكل و سطح حبيباته على خصائص الخرسانة . [35]

أنواع الركام عام : [22 و 37 و 48]

لدينا عدة أنواع مستعملة في الخرسانة هي ذات أصل طبيعي أو صناعي أو معاد تدويره

«طبيعي» تأتي من صخور ضخمة ولا تخضع لأي علاج غير علاج ميكانيكي .

« صناعي » تأتي من التحويل الحراري .

« معاد تدويرها » تأتي بعد هدم المباني .

- الركام الطبيعي:

هو الركام المستخدم من المصادر الطبيعية دون تغيير من حالته أثناء الاستعمال إلا في بعض الحالات التي يتم فيها تغيير في المقاس الركام أما يكون في غسله أو تكسيره و ولكن بدون أي تدخل في طبيعة تكوينه





الصور 1-II و 2 و 3 : توضح أشكال الركام الطبيعي

- الركام صناعي :

* الركام المنتج بواسطة التسخين الحراري مثل الطين المحروق .

* الركام الناتج لمنتج ثانوي بجانب الإنتاج الرئيسي مثل ركام خبث الأفران العالية و الرماد المتطاير.



الصور 4-II : توضح الركام الصناعي

*الركام الملون للخرسانة المعمارية و إغراض الزينة مثل حبيبات الزجاج و السيراميك



الصورة 5-II : توضيح الركام المعماري

لا يمكن أن يكون حجم المجاميع تعسفيًا. يجب معاييرته وتلبية معايير قياس الحبيبات الدقيقة التي تعتمد على استخدامها. في الواقع ، المعايير هي نطاق واسع نوعًا ما يتم الحصول عليه باستخدام عمليات التكسير والغرلة التي نسميها "فئة حبيبية" ، المعينة بالفاصل D-d

يشير المعيار الفرنسي XP P 540-18 إلى المصطلحات المعتادة للفئات الحبيبية التالية وفقًا لأبعادها

الحشو 0 - D حيث أن $D < 2 \text{ mm}$ حيث يتم ترير 70٪ على الأقل عند 0.063

رمل 0 - D حيث $1 \text{ mm} < D \leq 6.3 \text{ mm}$

الحصى D-d حيث $D \leq 125 \text{ mm}$ و $d \geq 1 \text{ mm}$

يتم تصنيف الركام المعد للخرسانة الهيدروليكية إلى عدة فئات بمواصفات محددة لكل منها:

الفئة "A" تقابل المجاميع المخصصة لإنتاج الخرسانة عالية الجودة (الهياكل أو المباني الهندسية التي لها مقاومة مميزة

($R_c = 35 \text{ MPa}$)

الفئة "B" تتوافق مع الركام المعد للخرسانة الجيدة ، بشرط أن يكون معامل الامتصاص الخاص بها مستوفياً للمواصفات المفروضة على ركام الفئة A .

الفئة "C" بالنسبة للخرسانة المعيارية

الفئة "D" الفئات الأخرى تتوافق مع الفئات العليا إذا فشل فلا يجب استخدامها في تصنيع الخرسانة

❖ أهم خصائص الركام:

1-التردج الحبيبي: يقصد به توزيع الأحجام المختلفة لحبيبات الركام, فحدود التدرج أو أقصى حجم للركام الخشن مهم للغاية لأنهما يؤثران على كمية الركام الذي سيستخدم بالإضافة إلى الحاجة للإسمنت والماء وقابلية التشغيل وقابلية الضخ ومتانة الخرسانة.

2- شكل حبيبات الركام الكبير: تؤثر هذه الخاصية بشكل كبير على الخرسانة الطازجة أكثر من تأثيرها على صفات الخرسانة المتصلبة , القوام الخشن وكثرة الزوايا والاستطالة في الحبيبات يحتاج إلى ماء لإنتاج قابلية للتشغيل في الخرسانة أكثر من الحبيبات الناعمة و المستديرة للركام. وبالتالي عندما تزيد نسبة الماء يجب ان تزيد نسبة الاسمنت للوصول الى النسبة (نسبة الماء الى لإسمنت) المرغوب فيها. بشكل عام الحبيبات المسطحة والطويلة يجب تجنبها او يتم تحديدها بالا تزيد عن 15% من الوزن الكلي للركام .

3- الامتصاص و رطوبة السطح: احد أهم خصائص الركام هو تغير حجمه تحت تأثير الماء أو الرطوبة ففي الأجواء الجافة نجد أن حجم الرمل مثلا اقل من المعتاد في الأجواء الرطبة ويتم قياس معدل الامتصاص عند اختيار الركام المناسب للخرسانة , لأن الركام يتكون في أجزائه الداخلية من أجزاء صلبة بالإضافة إلى فراغات لربما تحتوي على ماء وربما لا, وبالتالي للمحافظة على نسبة الماء للإسمنت المعدة للخرسانة يمكن أن يتم أحداث توازن في هذه النسبة إن تم قياس نسبة الرطوبة في الركام وإضافتها إلى الحسابات المبرمجة للخلطة .

4-مقاومة البري(لوس انجلوس): الركام الجيد يجب أن يكون صلب و كثيف و خالي من المسام ,و يتم إجراء اختبار مقاومه البري للركام و المعروف باختبار لوس انجلوس لضمان جودة الركام .

5- التفاعل القلوي للركام: إذا أستعمل ركام من شكل معين متبلور من السليكا, ويتواجد في بعض الصخور البركانية الحامضية مع أسمنت به نسبة عالية من القلويات فيحدث تفاعل بين هذا الركام والقلويات ينتج عنه زيادة في الحجم تحت أحيانا بعد سنتين أو أكثر من صب الخرسانة , وينتج عن هذه الزيادة شروخ وتفتت الخرسانة .

3/خصائص الركام :

1-3/ خصائص التصنيع :

540-18ppx يحدده المعيار التجريبي

خصائص الركام التي يمكن استخدامها في الخرسانة ويميز هذا العيار بظروف الناتجة عن التصنيع وهي :

الحبيبات , شكل الركام (معامل التسطیح) , الزاوية , نظافة الرمل , النظافة الحصى . [22و37]

1-1-3/ الحبيبات :

ونعني به توزيع الأحجام المختلفة لحبيبات الركام , و بوجه آخر تحديد الحجم النسبي ومنه تحديد فئات الركام المختلفة التي تشكل العينة .

ينطبق ذلك على الركام الذي يزيد حجمه عن 63 mm أي باستثناء الحشوة (الحبيبات الناعمة) . [22]

3-1-2/ شكل الركام (معامل التسطیح) [22][38]:

إننا نستخدم ركام مضغوط (ذو كثافة عالية) باستثناء الركام المسطح لأنه يستدعي زيادة في كمية الماء, إلا أن ذلك لا يعني حتما وجود خرسانة مضغوطة للغاية.

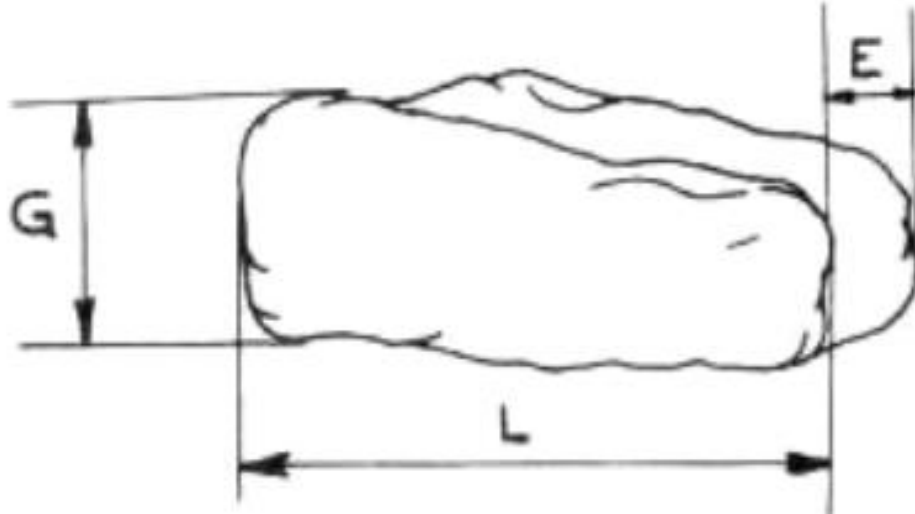
يتم تحديد شكل الركام بواسطة اختبار التسطیح وفق المعيار 256NA , ويتعلق هذا المعامل بشكل الركام و بعده الأكبر وسمكه, بحيث كلما كان المعامل أعلى كلما كان الركام مسطحا (بعلاقة طردية) .

يتم تعريف شكل الركام بثلاثة أبعاد رئيسية :

الطول L : هو المسافة القصوى بين الطرفين المتوازيين .

السمك E: هو المسافة الدنيا بين الطرفين المتوازيين .

G: هو القياس الجانبي (الأكبر) و يسمح للركام بالمرور من اصغر غربال .



الشكل II-1 أبعاد حبيبة الركام [22]

يتميز شكل الركام بتحديد معامل التسوية pA وبالبعد الأكبر و سمكه , وهذا العامل يكون نسبة مئوية حسب وزن الحبيبة التي يزيد حجمها إلى ضعف السمك 1.58 حيث $(E/G > 1.58)$.

يشير المعيار P X 540 -18 إلى نسبة الركام المخصص للخرسانة و أقصى قيم معامل التسوية pA وفقا لفئات الركام كما هو موضح أدناه في الجدول :

الجدول II-1: القيم المحددة العليا لمعامل التسوية

الفئة	pA %
A	20
B و C	30
D	40

3-1-3/ الزاوية: [22]

هي من احد خصائص التصنيع يتميز بها سطح الركام وهي نسبة الحواف الحادة .

3-1-3/4/ معامل النعومة: [40 و 39 و 37]

و هي خاصية مهمة تحدد جودة الرمل المستعمل, كما يجب أن يكون رمل الخرسانة ذو معامل نعومة M_F ما بين 2.2 و 2.8 و من جهة أخرى, احتواء الرمل على زيادة في العناصر الدقيقة أو الناعمة للغاية يتطلب زيادة في كمية الماء أما اذا كان الرمل يفتقر للعناصر الدقيقة نلاحظ نقص في قابلية التشغيل للخرسانة و في كلتا الحالتين نتسبب بضعف في المقاومة و بشكل عام ضعف في ديمومتها, لحساب معامل النعومة يتم جمع النسب التراكمية المتبقية في المناخل المحددة و تقسم على 100, كما هو موضح أدناه :

$$M_F = \frac{\sum R_C \%}{100}$$

الجدول 2-II: المناخل حسب الأنظمة

18FPN-540	5,2.5,1.25,0.63,0.315,0.16	المناخل mm	1
EN12620	4,2,1,0.5,0.25,0.125	المناخل mm	2

3-1-3/5/ نظافة الركام : [22 و 38]

توجد بعض الملوثات على سطح الركام مثل الطين أو غيرها من الشوائب يتسبب في انخفاض المقاومة الميكانيكية و زيادة في الانكماش بسبب الزيادة في الماء لذلك من الضروري التحقق من نظافة الركام سواء كان الرمل أو الحصى.

الشوائب التي قد تتواجد في الركام من الممكن أن تؤدي إلى عدم التصاق العجينة, وتجنبنا لذلك يجب أن تكون قيمة العناصر الدقيقة محدودة و هذا بالاعتماد على اختبار نظافة الركام و هو يقوم بتحديد النسبة المئوية لها, ويجب أن تكون اقل من 0.5 mm وفقا للمواصفات القياسية 463NA .

3-1-3/5-1/ اختبار نظافة الحصى :

يتميز الحصى عموما بنظافة مرضية حيث انه وفقا للمواصفات القياسية 18P-541 يجب أن تكون النسبة المئوية للعناصر اقل من 0.5 mm أقل من 3% [38].

3-1-3/2-5/ اختبار نظافة الرمل :

يتم فحص نظافة الرمل عن طريق قياس كمية التلوث الطيني في الرمال من خلال مايسمى اختبار المكافئ الرملي و اختبار أزرق المثيلين .

-اختبار مكافئ الرمل E_s : [38 و 37 و 41]

إنه اختبار خاص بالتربة المحببة, حيث أنه من الممكن تسليط الضوء على نسبة الغبار أو العناصر الدقيقة الضارة في التربة أو الركام الناعم الذي يمر على الغربال 5ملم, لإنأخذ فكرة شاملة عن كمية وجود العناصر الدقيقة الموجودة في الرمل حسب المعيار 18F N-598, قياس نظافة الرمل يتم على جزء من الركام ومنه تعطي كمية و نوعية العناصر الدقيقة و الهدف منها هو قياس نظافة الرمل المستخدم في الخرسانة .
مبدأ التجربة :

يتم إجراء الاختبار على جزء من الرمل (0-2mm) المراد دراستها, ثم نضع العينة في أنبوب به الماء وبعد ان ترتاح العينة لمدة 10 دقائق تأتي عملية الرج (90 رجة لمدة 30 ثانية) بعدها نقوم بعملية الغسل ثم نضعها ترتاح لمدة 20 دقيقة بعده نقوم بقياس العناصر التالية :

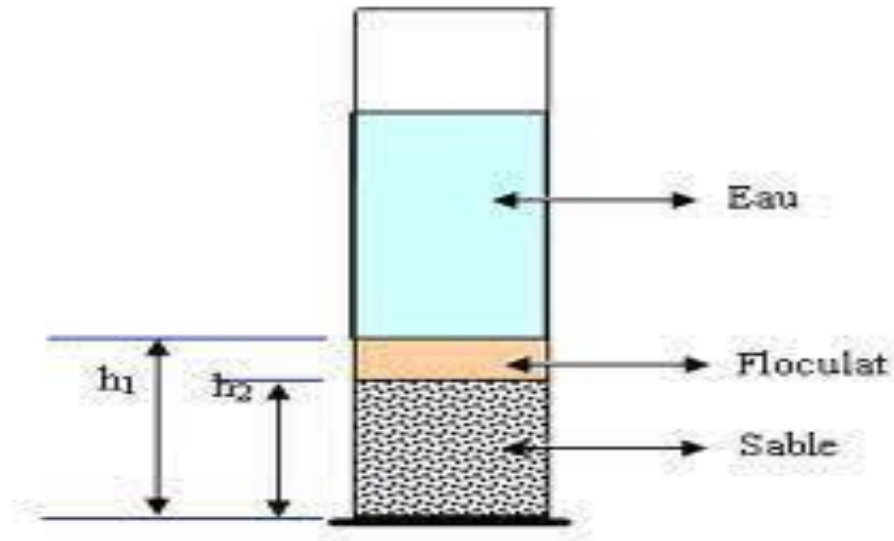
H_2 : الرمل النظيف فقط

H_1 : الرمل النظيف + العناصر الدقيقة

الارتفاع H_1 يتم تحديده بصريا أما H_2 يتم تحديده بالمكبس

نقوم بتحديد درجة نقاوة الرمل بالعلاقة التالية :

$$E_s = \frac{H_2}{H_1} \times 100$$



الشكل 2- II اختبار مكافئ رملي

يبين الجدول طبيعة و نوعية الرمل وفقا لقيم اختبار المكافئ الرملي

الجدول II-3 طبيعة و نوعية الرمل و وفقا القيم المكافئ الرمل

طبيعة و نوعية الرمل	ES
رمل طيني حيث خطر انكماش و الانتفاخ و مشكلة الالتصاق (لا ينبغي أن يستخدم في الخرسانة)	$ES < 60$
رمل طيني قليلا نظافة مقبول للخرسانة ذات جودة قياسية و مع خطر كبير من الانكماش	$60 \leq ES < 70$
رمل نظيف مع نسبة منخفضة من الطين و هو مناسب تماما للخرسانة عالية الجودة	$70 \leq ES < 80$
رمل نظيف جدا قد يؤدي غياب شبه تام للدقائق الناعمة	$ES > 80$

يعادل الرمل النسبة الحجمية التقليدية مضروبة في 100 بين ما يسمى بالعناصر الدقيقة والعناصر الرملية وهناك نوعان من المقاسات هما المقاس البصري و مقاس بالمكس حاليا يتصف بثلاث نصوص تنظمه لهذا الاختبار مكافئ رملي (598-18PFN)

المكافئ الرملي 10% من الدقائق الناعمة (597-18PFN)

المكافئ الرملي - الدقائق الناعمة (8-933NE)

تتيح اختبارات المكافئ الرملي تحديد النسبة المئوية للعناصر الدقيقة جدا للرمل (الجانب الكمي) دون تمييز طبيعتها (الطين الطمي و المواد القابلة للذوبان) (الجانب النوعي) و تقييم أكثر لنظافة الرمل , و لإكمال اختبار المكافئ الرمل بواسطة اختبار المثيلين الأزرق , يوضح الجدول أدناه مواصفات متعلقة بنظافة الرمل BV

الجدول II-4 محتوى دقائق (f) للجزء 4/0 مم

نسبة المار على غربال 0.08 مم	الفتة
%	
Ls 12	A
Ls15	B
Ls18	C
لا توجد مواصفات	D

- اختبار المثيلين الأزرق : [37 و22]

في الرمل المسحوق يمكن أن يكون بنسبة مئوية كبيرة يمكن أن تكون ضارة جدا عندما تحتوي على مواد طينية بالتالي الحاجة إلى التحقق من خلال أزرق المثيلين أما إن تكون ضارة أم لا يجب علينا إجراء اختبار وفقا للمعيار 9 - 933 NEFN على الجزء من الحبيبات (2mm/0) للرمل الشائع (BV) أو على الحشو (0.125/0)mm الموجود في الرمل أو الحصى , بحيث ان القيمة الحدية وفق المواصفات الخرسانة الهيدروليكية تساوي 1 وحسب المعيار 18- 540 PPX أي القيمة الحدية التي تعادل 10% من الدقائق الناعمة (sP) بالإضافة إلى القيمة المحددة العليا لاختبار المثيلين الأزرق BV وفقا للفئات التالية :

الجدول II-5 القيم المحددة (BV) و (sP)

الفئة	% P _s		V _{B0/D}
	الرمل المعدل البناء	الرمل اخرى	
A	65 V _{si}	60V _{si}	1 (g)V _{ss}
B,C وD	60V _{si}	50V _{si}	

6-1-3 النظافة السطحية للركام : [22]

إن وجود الشوائب على وجه الخصوص في وسط طيني أو الغبار حول الحبيبات في الخرسانة يهدد الاتساق في العجينة و بالتالي تنخفض المقاومة , يتم تعريف نظافة السطح كنسبة المئوية من وزن الجسيمات أقل من 0.5 mm سواء كانت هذه الجزيئات مختلطة أو الملتصقة بسطح الركام الكبير (الأكبر من 2 mm), يجب أن تكون نظافة السطح P أي نسبة المواد المرفوضة من الطمي و الطين التي تم تخلص منها اثناء الاختبار $\geq 1.5\%$ في حالة الحصى الذي لم يتم سحقه و يتم رفع القيمة الى 3 في الحصى و الصخور الضخمة مع درجة السحق $CI \geq 50$ و $F_{BV} \leq 10$, F_{BV} هو قيمة اللون الأزرق (0 (0.125/ (درجة السحق CI و هو النسبة المئوية للعناصر $D <$ من الركام الموجود في المادة الأصلية المعرضة للسحق).

2-3/ الخصائص الجوهرية :

هي ترتبط عموما بنوعية الصخور

1-2-3/ الكتلة الحجمية :

هو وزن او حجم حبيبات الركام بالفراغات بين الحبيبات , يجرى الاختبار لمعرفة نوع الركام و كثافته و أحجام الكتل وفقا للقواعد 301- 18-NFP.

1-1-2-3/ الكتلة الحجمية الظاهرية :

هي النسبة بين وزن العينة وهي صلبة على الحجم الكلي و تعطى بالعلاقة التالية:

$$\rho_{app} = \frac{M}{V}$$

حيث إن :

ρ_{app} : الكتلة الحجمية الظاهرية

M: وزن العينة

V: حجم العينة

3-2-1-2/ الكتلة الحجمية المطلقة :

هي نسبة وزن الحبيبات وهي صلبة على حجم الحبيبات الصلبة ويعطي بالعلاقة التالية :

$$\rho_{ab} = \frac{M}{V}$$

3-1-2-3/ الكتلة الحجمية الحقيقية: [22]

الكتلة الحجمية الحقيقية للركام : هي كتلة الركام الجاف الذي يشغل وحدة حجم الفراغات بين الحبيبات المتباعدة عن بعضها (الحجم الحقيقي) .

3-2-2/ المسامية: [22 و 42]

هي نسبة حجم الفراغات الموجودة في حبيبات الركام ويمكن الوصول إليها بتقدير الماء , وقد تكون هذه المسام متصلة عن طريق أنابيب دقيقة أو مسارات شعرية أو قد تكون هذه المسامات منفصلة عن بعضها ولديها أنواع , وهي كما يلي :

- مسامات هوائية - مسامات جيلاينية - مسامات شعرية

تكون المسامية من 3/4 من الحجم الخرسانة

3-2-3/ امتصاص الماء: [43 و 44 و 47]

معامل الامتصاص الماء ρ_{bA} هو نسبة الزيادة في كتلة العينة الناتجة عن غمره في الماء لمدة 24 ساعة ويأخذ من عينة الجافة , و الموقع انه يسمح بقياس حجم المسام التي تمكن الماء من الوصول إليها , بحيث قلت قيمته كلما تضمن متانة الخرسانة وتكون أقل عرضة إلى العناصر العدوانية .

ونعبر عنها بالنسبة المئوية , و يعرف أن الامتصاص لا يتجاوز 5% وفقا للمعيار الفرنسي PFN 18-555

و يشير المعيار 18-540-PPX إلى القيم العليا المحددة لمعامل امتصاص الماء ρ_{bA} وفقا للفئات التالية :

الجدول II-6 القيم المحددة العليا لمعامل الامتصاص الماء

الفئة	% V _{ss}
A	2.5
B	5
C	6
D	لا توجد مواصفات

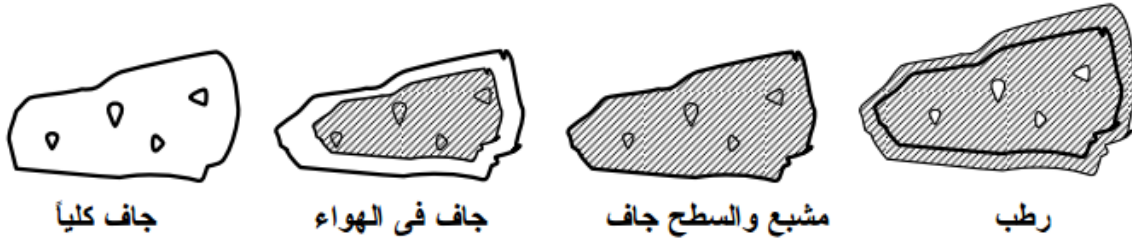
عدم وجود علاقة مباشرة واضحة بين درجة امتصاص الركام للماء و مقاومة الخرسانة إلى أن الفراغات على سطح الركام لها تأثير في الترابط بين الركام و العجينة الإسمنتية , و الأخيرة لها التأثير على مقاومة الخرسانة .
يفضل دائما استعمال ركام في الحالة المشبعة ذات السطح الجاف و خلال فترة شك الخرسانة , و في حالة استخدام الركام الجاف فإنه يلزم علينا إضافة ماء كافي للسماح بالامتصاص من قبل الركام في الخلطة حتى يصل الركام إلى حالة التشبع ذي السطح الجاف .

- سعة الامتصاص :

هي تعبير عن محتوى الرطوبة الكلية لتغير حالة الركام من الجاف بالفرن الى مشبع بالماء .

الامتصاص الفعال :

هي التعبير عن محتوى الرطوبة الكلية بالنسبة لتغيير حالة الركام من الحالة الجافة بالهواء الى المشبع بالماء .



الشكل 3 II- مراحل المختلفة للرطوبة في الركام [47]

3-2-4 / مقاومة التجزئة (الصلادة) :

هي خاصية مقاومة للتآكل، هامة جدا في الخرسانة المستخدمة في رصف الطرق. وتعين صلادة الركام بأجراء اختبار البرى على عينه أسطوانية الشكل ويمكن بيان صلادة الركام كمجموعة (بكمية كبيرة) وذلك باختبار لوس أنجلوس حيث تعرض مجموعه من حبيبات الركام ذات وزن معلوم وموضوعه في أسطوانة حديدية إلى الدوران بمعدل 10 إلى 31 دورة في الدقيقة وتعتبر عن صلادة الركام في هذه الحالة بالنسبة المئوية للفق في وزن الركام نتيجة البرى . [45]

3-2-5 / الخواص الحرارية للركام:

1- التمدد الحراري للركام Thermal expansion

يختلف باختلاف نوع الحبيبات , كما يؤثر في الخرسانة إذا اختلف معامل التمدد لحبيبات الركام اختلافاً كبيراً عن معامل تمدد مرونة الإسمنت .

ويختلف معامل تمدد الأنواع الشائعة من الركام من (0.5×10^{-6}) إلى (9×10^{-6}) بينما معامل تمدد مرونة الإسمنت حوالي من (5×10^{-6})

2- الحرارة النوعية للركام:

الحرارة النوعية والتوصيل الحراري للركام يؤثر في تغير درجة حرارة الخرسانة وتكون تلك الخاصية هامة في الخرسانة بكميات وأحجام كبيرة أو في الخرسانة المستخدمة في عزل الحرارة, وهي ليست بذات القيمة في المنشآت العادية .

3-2-6 هشاشة الرمل : [22]

يتم تقييم صفات الرمل عن طريق اختبار تفتيت الرمل , و يكون وفق المعيار الفرنسي P 576-18 و يتألف من إدخال حمولة قدرها 2500 غرام من الكرات الفولاذية ثم 500 غرام من الرمل الذي يتم اختياره من الفئة التي تكون حبيباتها من (0.2-2) أو (0.4-0.2) , ثم إضافة 2.5 لتر من الماء إلى اسطوانة الجهاز ميكرو دوفال يخضع الكل ل 1500 دورة , وتمثل النسبة المئوية للكتلة m للعناصر الأقل من 0.1 mm المنتجة أثناء الاختبار معامل تفتيت الرمل :

$$F_s = 100 \frac{500 - m}{500} = \frac{m}{5}$$

m : كتلة المرفوضة من المنخل 0.1 mm .

إذا كانت نسبة كبيرة يكون الرمل هش وهذا يحدده المعيار 18-540 PPX , تسمى القيم القصوى للمعامل تفتيت sF للخرسانة الإسمنتية.

3-2-7 مقاومة الركام الكبير للتهشيم Crushing value:

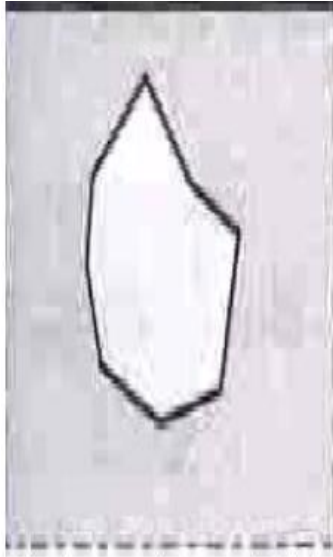
هذه الخاصية ليست بذات أهمية للركام الكبير المستعمل في المنشآت الخرسانية إذا ما لوحظ أن قوة تحمل الخرسانة العادية للتهشيم حوالي 300 kg/cm^2 بينما قوة تحمل الركام الكبير من المصادر الطبيعية تتراوح من 700 kg/cm^2 إلى 2000 kg/cm^2 وأكثر , ولذلك يفيد معرفة مقاومة الركام الكبير للتهشيم في حالات الخرسانة الخاصة بالرصف والمعرضة للتآكل بالاحتكاك وتحدد تلك المقاومة بمعامل التهشيم طبقاً للاختبار الخاص بذلك ويعتبر أيضاً معامل التهشيم دلالة على مدى مقاومة الركام للصدمات (متانة الركام)

3-2-8 مقاومة الصقيع : [22]

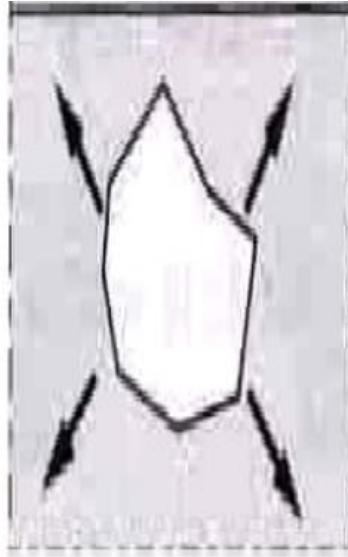
المسامية هي ما يجعل الركام عرضة للصقيع و يعتبر الحصى غير المتجمد استثناء من قيمة واحدة على اقل من القيم الثلاث المحددة التالية :

$$A_b \leq 1\% \quad ; LA < 25\% \quad ; G \leq 30\%$$

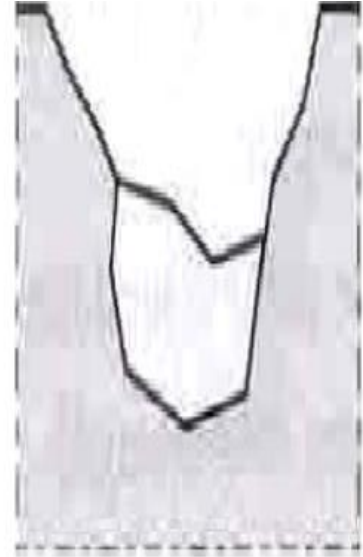
وان الفئات A و B و C غير متجمدة , يوضح الشكل أدناه التدهور الناجم عن الصقيع .



الركام المتجمد داخل حبيبات الميلاط



تجمد المياه الموجودة في الركام بسبب في توسعها وضغوط على الميلاط



تورم الحبيبات بسبب في انفجار في الميلاط الموجود على الجدران

الشكل 4- II ألقفهره التي موجودة على سطح الخرسانة بسبب انفجار الركام المتجمد [22]

و تعتبر هذه مواصفات الصقيع إلزامية فقط , في حالة تعرض الخرسانة للصقيع بشكل فعال .

4تأثير خصائص الحبيبات :

1-4 تأثير المقاس :

تزيد المساحة السطحية لحبيبات الركام كلما كان مقاسها صغيرا . وعند استخدامها في الخرسانة تحتاج إلى كمية من ماء الخلط أكثر حتى تستطيع أن تغلف كل المساحة السطحية الكبيرة للوصول إلى درجة التشغيل المناسبة للخرسانة . ويترتب على استعمال هذه الكمية الكبيرة من ماء الخلط نقص في مقاومة الخرسانة المتصلدة .

كذلك يحتاج الركام ذو المقاس الصغير إلى كمية أكبر من عجينة الاسمنت اللازمة لتغليف هذا السطح .

كلما كان المقاس الاعتباري للركام (D) أكبر كلما كانت مقاومة الخرسانة أكبر ولكن ضمن حدود , بحيث لا تزيد فيها نسبة المواد الناعمة الى ان تقلل من مقاومة الخرسانة.

4- 2 تأثير الشكل :

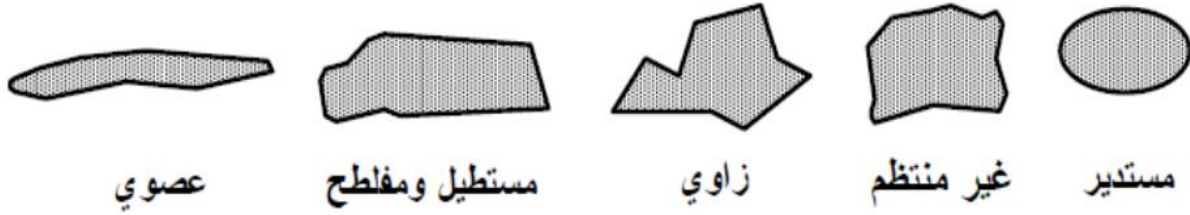
الحبيبات المستديرة أكثر قابلية للانضغاط و الكبس عن مثيلاتها من الحبيبات الزاوية , ويؤثر شكل حبيبات الركام على النسبة المثوية للفراغات و من ثم الكمية المطلوبة من عجينة الاسمنت.

الحبيبات المستديرة تعطي درجة عالية من التشغيل عن مثيلاتها من الحبيبات الزاوية.

أما بالنسبة للركام غير المنتظم فإنه يعطي خرسانة صعبة التشغيل.

الجدول II-7 يوضح تقسيم حبيبات الركام من حيث الشكل [45].

التقسيم	الوصف	الأمثلة
مدور Spherical	استدارة الحبيبات نتيجة لتأكلها بفعل المياه أو بعوامل التعرية الأخرى	الرمل والحصى
غير منتظم Irregular	غير منتظم طبيعياً أو مشكلاً تشكياً جزئياً بعوامل التعرية وله حواف مستديرة.	الحصى الحفر وحجر الصوان
زاوى Angular	ذو حواف حادة واضحة عند تقاطع أسطحه.	جميع أنواع كسر الحجارة
مفطح Flat	حبيبات معظمها زاوي ذات سمك صغير بالنسبة لطوله أو عرضها.	صخور طبقية
عصوى Elongated	حبيبات معظمها ذات بعدين صغيرين بالنسبة للبعد الثالث.	صخور طبقية أو صخور أخرى تعرضت لعوامل تعرية أو بفعل الكسارة.
مفطح و عصوى	حبيبات ذات بعدين صغيرين بالنسبة للبعد الثالث.	صخور طبقية أو صخور أخرى تعرضت لعوامل تعرية أو بفعل الكسارة.



الشكل II-5 : يوضح شكل الحبيبات [47]

ملاحظة:

- الحبيبات التي نسبة مساحتها السطحية الى حجمها عالية فان درجة التشغيل لديها منخفضة (رمل ناعم).
- الحبيبات المفطحة توجه نفسها في مستوى بحيث تترك الفجوات والمياه أسفلها. [46]

4-3 تأثير حالة السطح :

تؤثر حالة السطح للركام إلى حد ما على مقاومة الخرسانة.

فالحبيبات ذات السطح اللامع لا تعطي خرسانة بقوة خرسانة الحبيبات ذات السطح المطفأة اللمعة أو الخشنة قليلا.

- يرجع تأثير هذه السطوح على التماسك مع عجينة الاسمنت.
- الحبيبات ذات السطوح اللامعة تحسن قابلية التشغيل حيث تقل الاحتكاك أثناء عملية الخلط.
- كلما زادت نسبة المسامية في حبيبات الركام قلت قوة الخرسانة.

الجدول II-8 يوضح تقسيم الركام من حيث حالة السطح [45]

رقم المجموعة	الوصف	الصفات المميزة	الأمثلة
1	زجاجي Glassy	ركام صدفى مكسر	صوان أسود
2	ناعم Smooth	ركام مصقول بفعل المياه	- رخام - الحصى بعض الصخور النارية
3	حبيبي Granular	ركام يظهر فى مقطعه حبيبات مستديرة منتظمة تقريبا	الحجر رملي
4	خشن Rough	ركام سطح مقطعه خشن ذو حبيبات رفيعة أو متوسطة ويحتوى على بلورات لا ترى بسهولة	بازلت - حجر جيرى
5	بلورى Crystallized	ركام يحتوى على بلورات واضحة	جرانيت
6	معشش ومسامى Porus	ركام به مسام وتجاويف واضحة	الحجر الخفاف

4-4 تأثير حسب نوع الركام:

يؤثر نوع الركام على مقاومة الخرسانة من حيث :

هنالك أنواع للركام مقاومتها أكبر من مقاومة العجينة الإسمنتية وفي هذه الحالة تكون مقاومة الخرسانة هي أقصى مقاومة تنكسر عندها العجينة الإسمنتية.

كما إن هنالك أنواع أخرى تكون أضعف من العجينة الإسمنتية فتكون مقاومة الخرسانة هي مقاومة الركام أو الإجهاد الذي ينكسر عنده الركام.

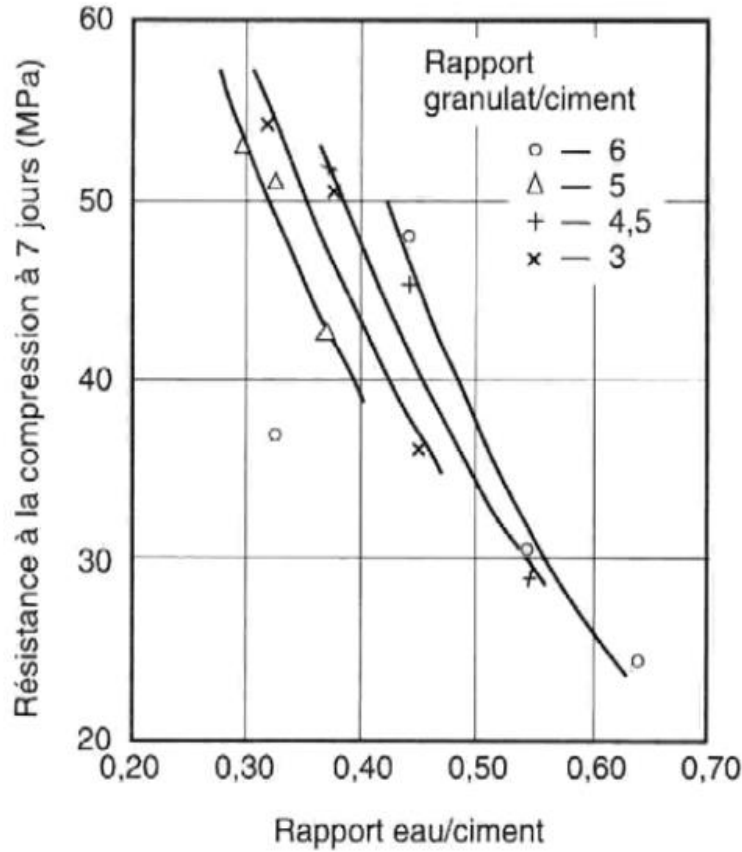
وعند اختيار نوع ركام قوي وإضافة مواد تزيد من قوة العجينة الإسمنتية يمكن أن نصل لمقاومة أعلى للخرسانة .

4-5 تماسك حبيبات الركام مع العجينة الإسمنتية:

تساعد خشونة سطح الحبيبات على زيادة التصاق الركام وعجينة الاسمنت وبصفة خاصة اذا كان اتجاه الخشونة متعامدا مع السطح العام لحبيبات الركام, إما الخشونة المتموجة فليس لها تأثير ملحوظ.

4-6 تقرير الاسمنت : [22]

تؤثر الزيادة في محتوى الاسمنت (نسبة C /G منخفضة) على مقاومة جميع أنواع الخرسانة المتوسطة أو عالية مقاومة الى ما يتجاوز 35 MPa تعتبر نسبة C /G أقل أهمية من حيث المقاومة ولتكن نسبة الماء/الاسمنت ثابتة ,ومن فإن الخرسانة ذات الكمية المنخفضة من الاسمنت أكثر مقاومة .



الشكل 6 - II تأثير نسبة C / G على مقاومة الخرسانة

4- 7 مقاومة الركام: [22 و 49]

ولذلك مقاومة الركام تكون مهمة اكثر في الأماكن التي تحتاج لمقاومة عالية مثل الأرصفة في المطارات أو الخرسانات عالية المقاومة .

إن استخدام الركام منخفض المقاومة تحت فئة محددة , يمكن إن يقلل بشكل كبير من مقاومة الخرسانة و من هنا جاءت الحاجة الى الاسمنت , يمكن اعتبار هذه الجودة أكثر أهمية من قوة صلابة الحصى .

5- الخلاصة:

وباعتبار الركام يشكل الجزء الأكبر من هيكل الخرسانة الذي يؤمن استقرارها وثباتها ومقاومتها لتأثير القوى الخارجية والعوامل الجوية المختلفة من الحرارة والرطوبة والتجمد ، فإن وجوده بهذه النسبة في الخلطة يقلل التغيرات الحجمية الناتجة عن عمليات التجمد والتصلب للعجينة الإسمنتية، وبالتالي يكسب الركام متانة إضافية للخرسانة الإسمنتية. من أجل الحصول على خرسانة متينة يجب أن يتميز ركامها بعدم تأثره بفعل العوامل الجوية المختلفة كالحرارة والبرودة والتي تؤدي إلى تفككه كما ويجب أن لا يحصل تفاعل ضار بين معادن الركام ومركبات الأسمنت ، إضافة إلى ضرورة خلوه من الطين ومن المواد غير النقية والتي تؤثر على المقاومة والثبات لعجينة الأسمنت . ويجب أن يكون الركام نظيفاً قوياً مقاوماً للسحق والصدم ومناسباً من حيث الامتصاص ذا شكل وملمس مناسبين وغير قابل للانحلال ، ومقاوماً للتآكل.

الفصل الثالث :

تركيبية الخرسانة وخصائص المواد المستعملة

مقدمة :

الخرسانة هي مادة مصنوعة من ثلاث مكونات رئيسية وهي الركام (الرمل و الحصى) و الاسمنت هو رابط هيدروليكي و الماء

إن التفاعل الكيميائي الذي يسمح بوضع الخرسانة الإسمنتية بطى و تكون 50% من المقاومة النهائية بعد 7 أيام

القيمة مأخوذة في الحسابات هي التي تحصلنا عليها في 28 يوم في هذا الفصل سوف ندرس خصائص المكونات الخرسانة وتركيباتها ونقوم بإجراء اختبارات على المواد لتحديد خصائص المواد المستخدمة هي تلك المواد المتوفرة على المستوى المحلي وهي رمال الكتبان الرملية من الدميثة بلدية قمار و رمل البناء من حاسي بن عبد الله ورقلة و الحصى عين توتة باتنه و لاسمنت

1- خصائص المواد المستعملة

1-1/ الحصى :

الحصى المستخدم هو من عين التوتة باتنه وقد استخدمنا في دراستنا فنتين من الحصى

$G_1(3/8)$ حصى

$G_1(8/15)$ حصى

1-1-1 / الكتلة الحجمية الظاهرية :

هي الكثافة الظاهرية للحصى في متر مكعب من الحصى مأخوذة من كومة وتشمل الفراغات نافذة و الغير نافذة للجسم و فراغات بين الحبيبات .

$$\rho_{ab} = \frac{M_t}{V_t} \dots \dots \dots (III - 1)$$

حيث ان

M_t : كتلة الحصى .

V_t : الحجم الكلي للحصى



الصورة 1- III توضح الكتلة الحجمية الظاهرية للحصى

1-1-2/ الكتلة الحجمية المطلقة :

هي كتلة في متر مكعب بعد طرد جميع الفراغات سواء كانت بين الحبيبات والفراغات داخل الحبيبة

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s} \dots \dots \dots (III - 2)$$

حيث ان

M_s : كتلة الحبيبات .

V_s : حجم الحبيبات .



الصورة 2 – III توضح كتلة

الحجمية المطلقة للحصى

الجدول III-1: هو قيم الكتلة الحجمية الظاهرية و الكتلة الحجمية المطلقة

الحصى(8/15)	الحصى(3/8)	الكتلة الحجمية m/Kg
1.35	1.39	الكتلة الحجمية الظاهرية ρ_t
2.63	2.63	الكتلة الحجمية المطلقة ρ_s

1-1-3/ نظافة الركام :

نقوم بغسل عينة من الحصى على المنخل 0.5 ملم و هي نسبة مئوية للمار ويتم حسابها على الشكل التالي :

$$I_A = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} \times 100 \dots \dots \dots (III - 3)$$

M_1 : كتلة العينة قبل الغسل .

M_2 : كتلة العينة بعد الغسل .

نظافة الحصى (8/15) : 0.42%

نظافة الحصى (3/8) : 1.8%

وفق المعيار القياسي 18P-541 توصي على النسبة نظافة تكون اقل من 3% ومن هذا المعيار ان نظافة الركام الذي استعملناها مقبولة

4-1-1 / معامل الامتصاص :

هو نسبة المئوية للزيادة في الوزن الركام الجاف بعد غمره في الماء لمدة 24 ساعة يعطي بعلاقة التالية :

$$C_A = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} \times 100 \dots \dots \dots (III - 4)$$

M_1 : كتلة العينة في حالة التشبع .

M_2 : كتلة عينة في حالة جافة .

النتائج التي تحصلنا عليه في كلتا فئتين الركام هي :

$$G_1(3/8) = 3.95\%$$

$$G_2(8/15) = 2.5\%$$

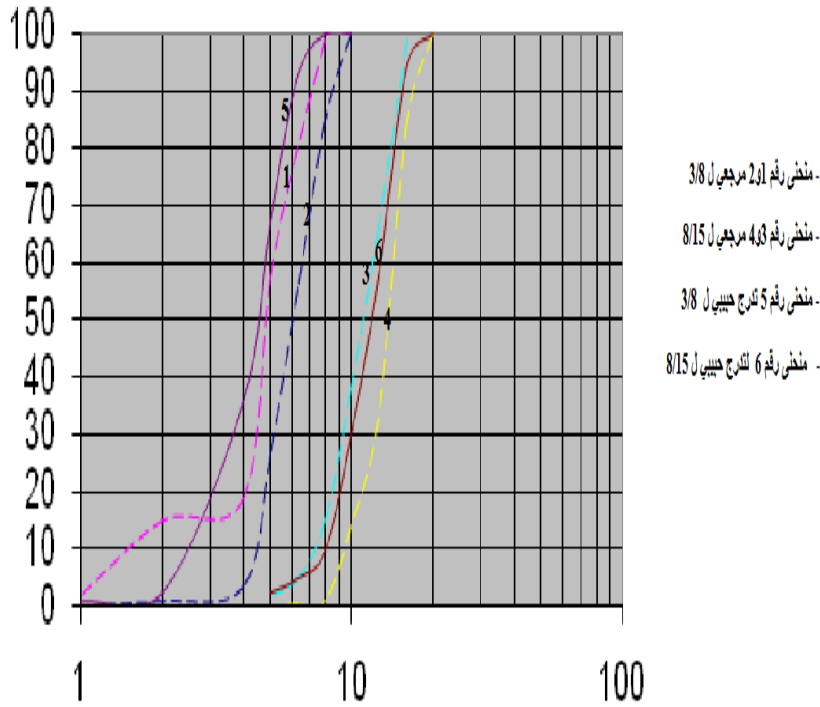
4-1-1 / التحليل الحبيبي :

الحصى الذي استعملناه في الخرسانة من صنفين هما (3/8) و (8/15) مأخوذة من محطة منطقة الصناعية الوادي الحصى عين توتة ولاية باتنة .

بالنسبة الفئتين الحصى يتم إجراء عليه تحليل الحبيبي

الجدول III-2 / تدرج الحبيبي للحصى

اقطار الغرريل (mm)	النسب المار %					
	3/8 المنحى المرجع		G ₁ 3/8	المنحى المرجع 8/15		G ₂ 8/15
20					90	100
16				100	80	94.75
12.5	100			75	57	57.25
10	90		100	50	27	29.75
8	80	100	99.82	20	0.1	9.75
6.3	50	90	92.73	15		4.75
5	20	80	67.02	5		2.3
4	8	40	35.50			2.1
2	7	37	2.64			
1	2	20	1.04			
0.5		10	1.04			



الشكل III-1 يوضح مجال مسموح بيه في تدرج الحبيبي للحصى

لقد لاحظنا ان المحنيات تدرج حبيبي للحصى 3/8 و 8/15 داخل المجال المسموح به في البناء ومن ثم استنتجنا أن الحصى الذي استعملناه صالح في البناء

2-1/الرمل:

استخدمنا نوعين من الرمل هما رمل الكثبان الرملية من الدميثة بلدية قمار ولاية الوادي و الرمل البناء حاسي بن عبد الله ولاية ورقلة وقمنا بمزجهما مع بعض وتحصلنا خليط من الرملين
أجرينا عليهم عديدا من التجارب منها :

1-2-1/ الكتلة الحجمية :

تم الحصول على النتائج كتلة الحجمية الظاهرية و المطلقة للرمل الكثبان و رمل البناء و المزيج في الجدول التالي :

الجدول III-3 الكتلة الحجمية الظاهرية و المطلقة .

الرمال البناء	رمال الكثبان	المزيج	الكتلة الحجمية
1.61	1.57	1.67	$\rho_t (kg/m^3)$
2.63	2.6	2.6	$\rho_s (kg/m^3)$

2-2-1 اختبار مكافئ الرملي :

نقوم بغمر وزن محدد من الرمل في محلول مكافئ الرملي نضعها ترتاح لمدة 10 دقائق و نقوم بتقليب 90 درجة نضع الخليط يستقر لمدة 20 دقيقة ثم نقيس الارتفاع بالمسطرة H_1 (رمل + الشوائب) و نقيس بالمكبس H_2 رمل النظيف .

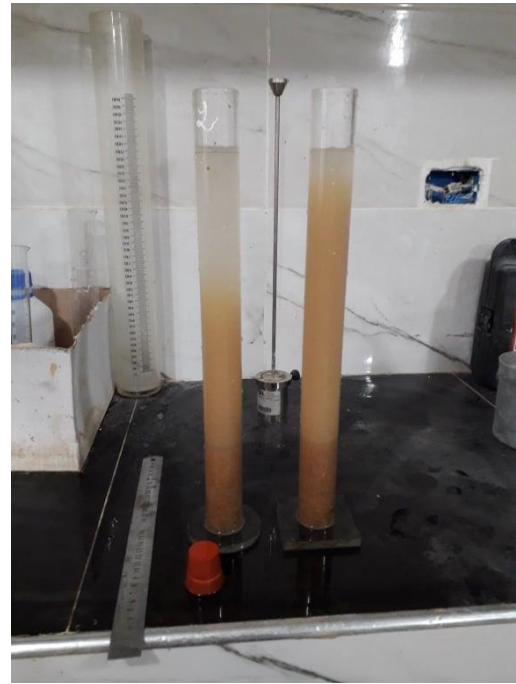
$$E_s = \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \times 100 \dots \dots \dots (3 - 5)$$

ولقد وجدنا النتائج التالية :

- الرمل البناء : 72%

- الرمل الكتبان 99.5%

- المزيج مابين رمل الكتبان و رمل البناء : 76.53%



الصورة 3- III : توضح تجربة مكافئ الرملي بعد الرج و بعد عشرين دقيقة

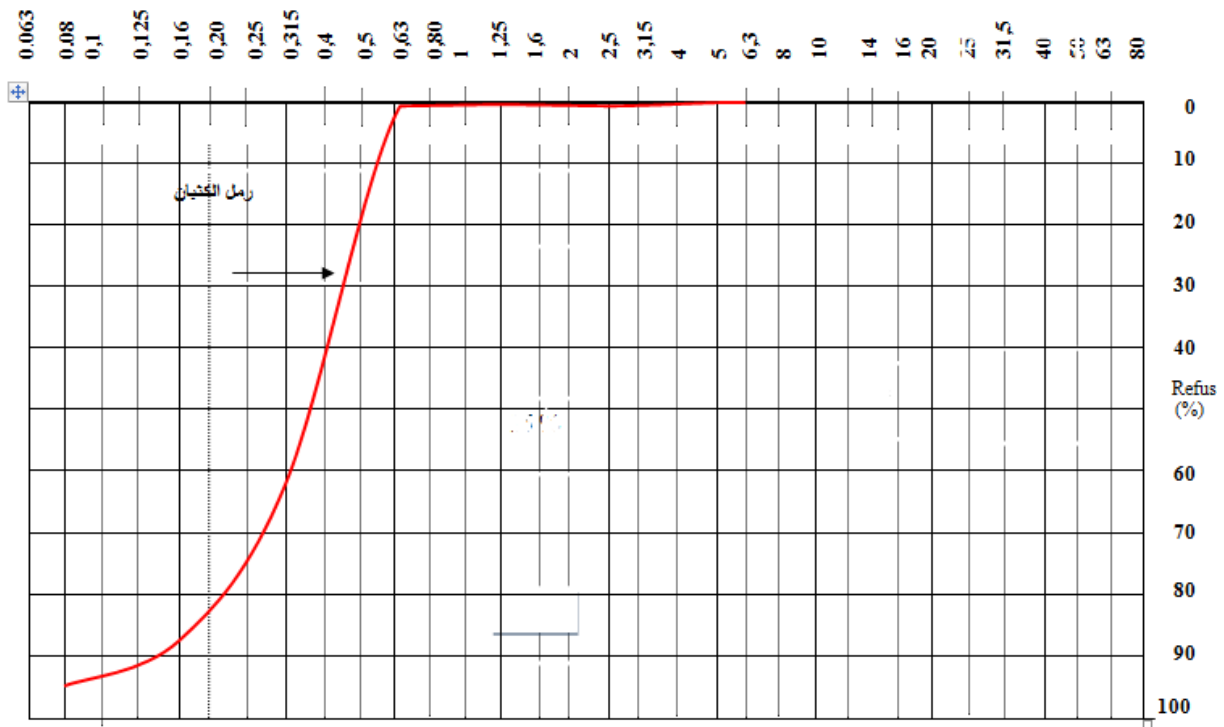
2-1-3 / تدرج الحبيبي :

يوضح الجدول و المنحنى ادناه نتيجة التحليل الحبيبي لرمل الكتبان

الجدول 4- III / تدرج الحبيبي لرمل الكثبان

المار نسبة %	الباقى % نسبة	الباقى المجمع (g)	الباقى الجزئي (g)	فتح المناخيل (mm)
100	0	0	0	6.3
100	0	0	0	5
100	0	0	0	2.5
100	0	0	0	1.25
100	0	0	0	0.63
38.45	61.55	430.9	430.9	0.315
13.05	86.95	608.7	177.8	0.16
5.89	94.11	658.8	50.1	0.08

تحليل الحبيبي لرمل



الشكل 2-III تدرج الحبيبات رمل الكثبان رملية

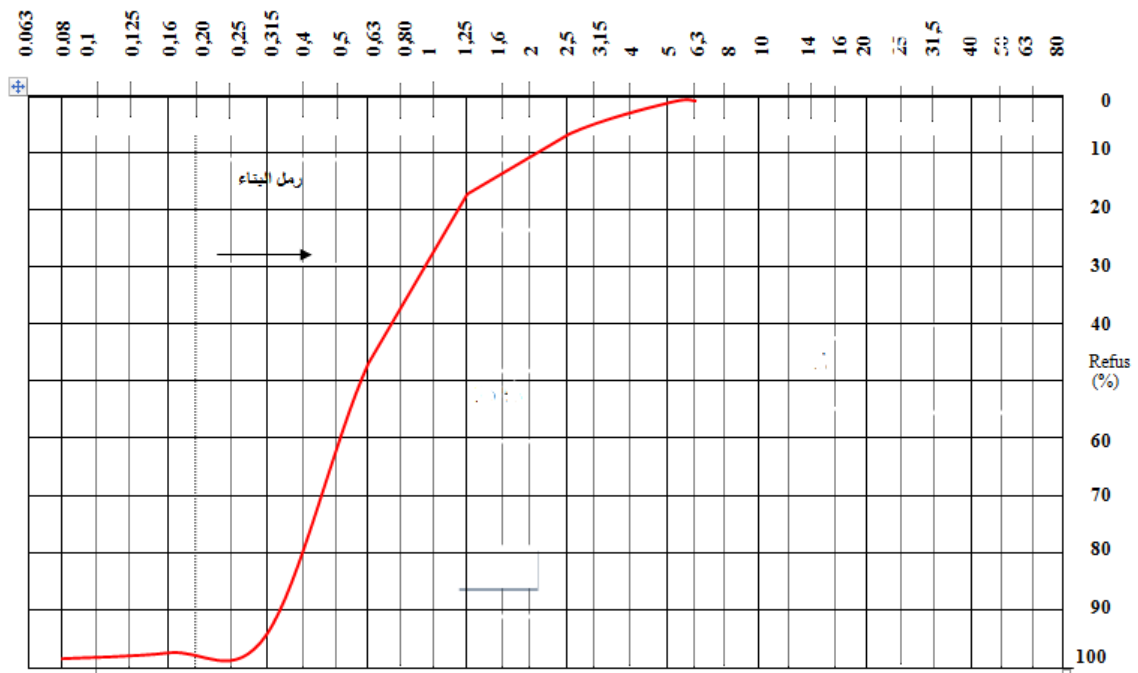
يوضح تحليل الحجم الحبيبات المأخوذة من الكثبان الرملية , ان معامل نعومة هو 1.48 لا يمكن استعمال هذا الرمل في الخرسانة إلا بعد عملية تصحيح للحبيبات من الرمل الكثبان و رمل البناء .

يوضح الجدول و المنحنى تحليل حبيبات الرمل البناء المستخدم

الجدول 5- III / تدرج حبيبات الرمل البناء

فتح المناخيل (mm)	الباقى الجزئي (g)	الباقى المجمع (g)	الباقى %	المر %
6.3	2.1	2.1	0.21	99.79
5	3.1	5.2	0.52	99.48
2.5	45.8	51	0.51	94.9
1.25	81.6	132.6	13.26	86.74
0.63	337	469.6	46.96	53.04
0.315	471.5	941.1	94.11	5.89
0.16	34	975.1	97.57	2.43
0.08	6.8	981.9	98.19	1.81

تحليل الحبيبي لرمل



الشكل 3- III / حجم الحبيبات رمل البناء

يظهر لنا التحليل الحبيبي لرمل البناء أن مقياس الحبيبات منتشر في دراستنا سوف نستخدم خليط من رمل الكثبان و رمل البناء بنسب متزايدة و لقد توصي المعايير أن يستخدم في الخرسانة الجيدة يجب ان تكون نعومته من 2.2 الى 2.8 و نحن لقد اقترحنا مزيج معامل نعومته يكون 2.26

عند استخدام معامل نعومة 2.26 لقد تحصلنا على تركيبة المزيج 30% من رمل الكثبان و 70% من رمل البناء ولقد تحصلنا على هذه نتائج بالعلاقات التالية :

$$S_1 = \frac{M_F - M_{F_2}}{M_{F_1} - M_{F_2}} \dots \dots \dots (III - 6)$$

$$S_2 = \frac{M_F - M_{F_1}}{M_{F_1} - M_{F_2}} \dots \dots \dots (III - 7)$$

1.48 معامل نعومة رمل الكثبان M_{f1}

2.6 معامل نعومة رمل البناء $2fM$

2.26 معامل نعومة المزيج fM

1S : نسبة مئوية مستعملة في المزيج من رمل الكثبان 30% .

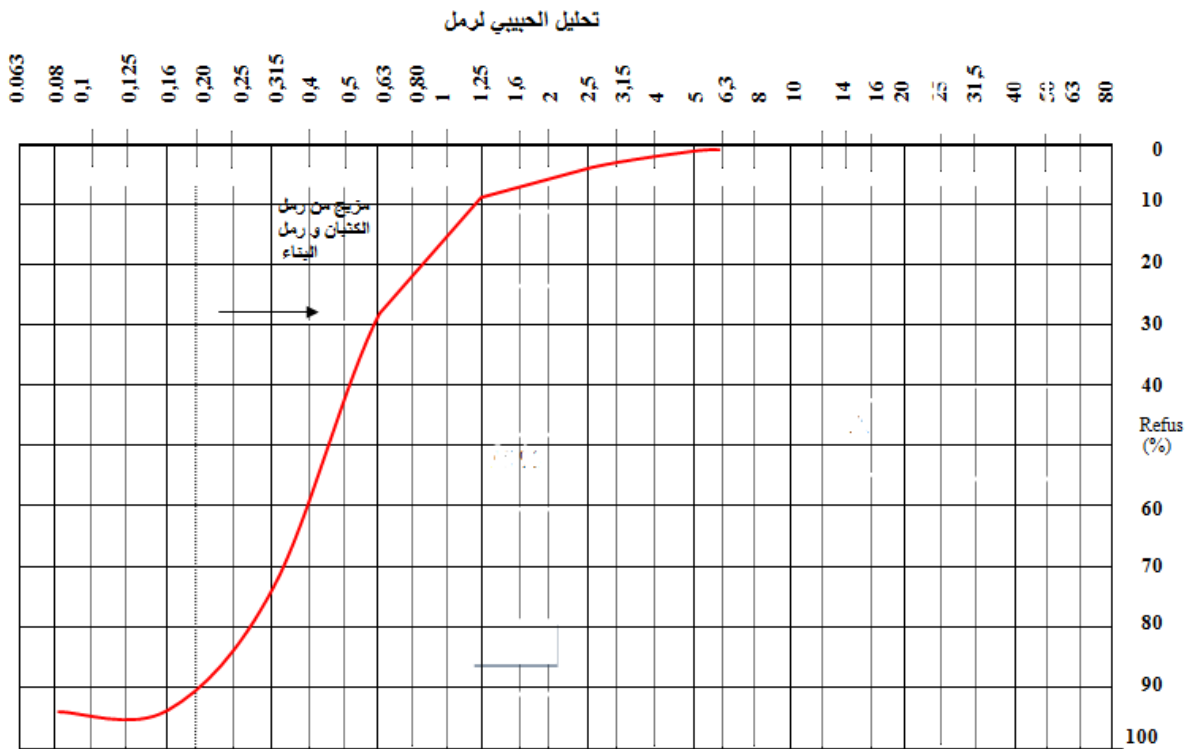
2S : نسبة مئوية مستعملة في المزيج من رمل البناء 70% .

ويكون مكافئ رملي لهذا المزيج 76.53%

يوضح الجدول و المنحنى حجم الخليط 70% ومن الرمل البناء و 30% من الرمل الكثبان

الجدول III-6 تحليل الحبيبي للمزيج

أقطار الغريبيل mm	الباقى (g)	المجمع الباقى (g)	نسبة مجمع الباقى %	نسب المار %
6.3	6,2	6,2	0,62	99,38
5	2,4	8,6	0,86	99,14
2.5	30,3	38,9	3,89	96,11
1.25	47,4	86,3	8,63	91,37
0.63	179,8	266,1	26,61	73,39
0.315	465,9	732	73,2	26,8
0.16	208,5	940,5	94,05	5,95



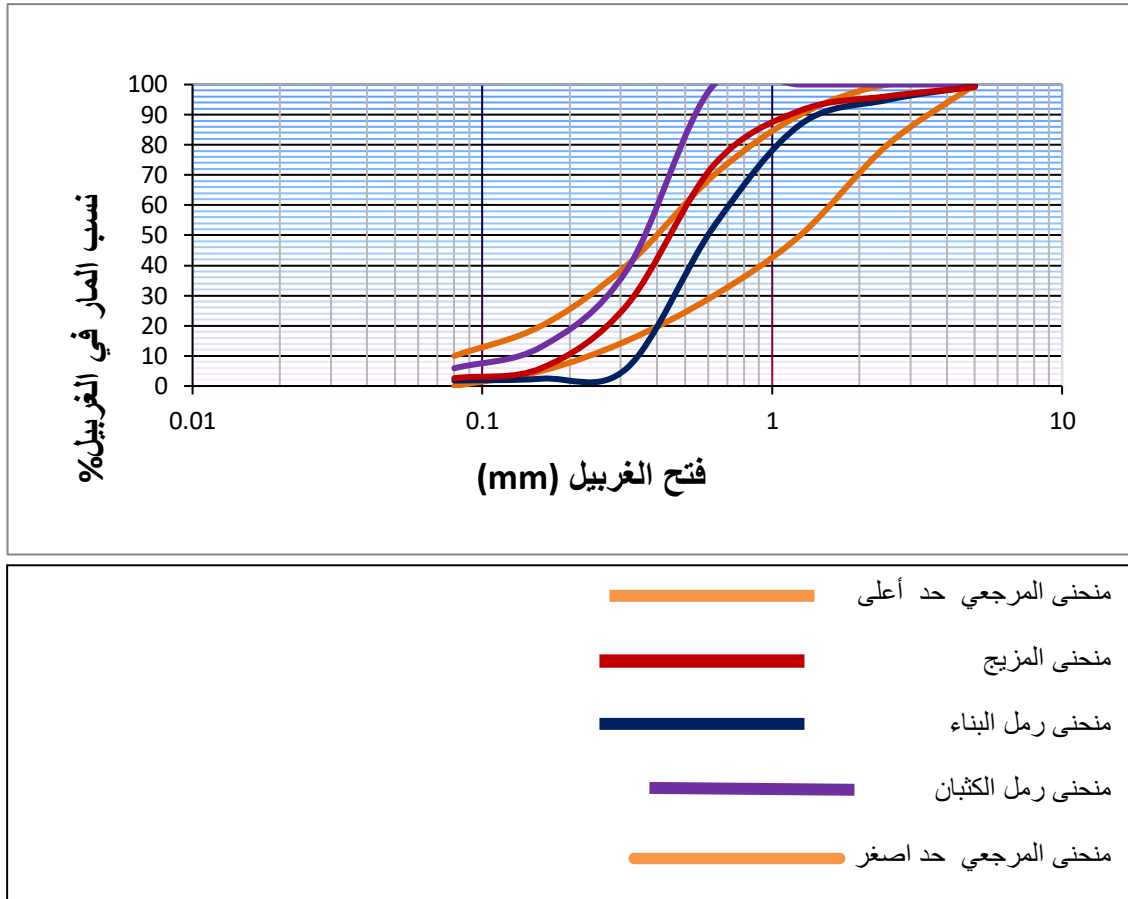
الشكل III-4 / تحليل حبيبي لمزيج من رمل 70% من الرمل البناء و 30% من الرمل الكثبان
 يمزج الرملين لتحليل حبيبي بالنسب التي تحصلنا عليها و تكون 70% من رمل البناء و 30% من رمل الكثبان وينتج

لنارمل المعتاد استعماله و مطابق لمواصفات المعمول بها .

و كان هدفنا من مزج الرملين هو استغلال الثروة المحلية (رمل الكثبان) و تثمينه في مجال البناء و كذلك التقليل من استعمال رمل البناء وذلك باعتبار أن رمل الكثبان ثروة محلية بكثرة بينما نجد أن رمل البناء مكلف بإضافة انه في طريق الزوال .

الجدول III-7 / يوضح تحليل حبيبي لكل أنواع الرمل

أقطار الغربيل mm	منحنى المرجعي	(SD) % النسب	(SA) % النسب	(SM) % النسب
6,3	100	100	99.79	99,38
5	100	100	99.48	99,14
2,5	90	100	94.9	96,11
1,25	70	100	86.74	91,37
0,63	40	100	53.04	73,39
0,315	20	38.45	5.89	26,8
0,16	10	13.05	2.43	5,95
0,08		5.89	1.81	2,61



الشكل 5- III يوضح مجال مسموح بيه في تحليل حبيبي لرمال



الصورة 4- III توضح تجربة غربلة

1-2-4 / معامل النعومة:

معامل النعومة الرمل يساوي مجموع النسب الباقي في المناخل على 100 وتكون المناخل هي

$$0.16, 0.315, 0.63, 1.25, 2.5, 5, 6.3$$

بالنسبة الرمل المستخدم في دراستنا وجدنا التالي :

$$- \text{ الرمل البناء } F_M = 2.6$$

$$- \text{ الرمل الكثبان } F_M = 1.48$$

$$- \text{ المزيج } F_M = 2.26$$

1-3-3 / الاسمنت:

يتم إنتاج الأسمنت البروتلاندي المركب عن طريق طحن الكلنكر، والذي يتكون بشكل أساسي من سيليكات الكالسيوم مع الجبس كإضافة تتكون من أشكال مختلفة من كبريتات الكالسيوم.

تم تصنيع جميع أنواع الخرسانة بإسمنت متين (لافارج) من بلدية جمور ولاية بسكرة من نوع

و CPJ CEM II / A 42.5.

نتائج اختبارات الكتلة الحجمية الظاهرية والكتلة الحجمية المطلقة:

$$\rho_a = 1120 \text{ kg/m}^3 \quad \text{الكتلة الحجمية الظاهرية:}$$

$$\rho_s = 3034 \text{ kg/m}^3 \quad \text{الكتلة الحجمية المطلقة:}$$

1-3-1 / المساحة السطحية للاسمنت: (Surface spécifique)

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

- نسبة التفاعل الكيميائي.

- تطور المقاومة.

كمية الأسمنت الضرورية لتغليف مجمل حبيبات الركام (الرمل، الحصى) لدعم الترابط بين كل الحبيبات [23]

يتم قياسه بالمقارنة مع الأسمنت المرجعي الذي يعرف سطحه المحدد. يتضمن هذا تمرير كمية معروفة من الهواء عبر مسحوق أسمنت، وكلما زاد حجم السطح المحدد لهذا المسحوق وزاد الوقت الذي يستغرقه الهواء لتمريره عبر المسحوق

في ظل الظروف القياسية، يكون السطح المحدد متناسبا مع \sqrt{t} . لاختبار ما يسمى ب "بلين"

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

$$(III-8).....SSB=K\sqrt[3]{e} \sqrt{t} / \rho(1-e) \sqrt{\mu}$$

t: زمن مرور الهواء عبر طبقة المسحوق بالثانية.

μ : لزوجة الهواء عند درجة الحرارة المجرات فيها التجربة.

ρ : الكتلة الحجمية المطلقة ب (g/cm³).

e: النفاذية.

K: ثابت الجهاز.

1-3-2/ زمن التصلب:

يعتمد بداية أو نهاية زمن التصلب على العديد من المعلومات. وهي تختلف بشكل خاص وفقاً للتركيب الكيميائي ودقة طحن الأسمنت المدروس, كما تعتمد أيضاً على درجة الحرارة المحيطة, ولزم الأمر استخدام كميات مساعدة في نفس درجة الحرارة وبدون مساعد, يمكن تمييز اثنين من الإسمنت المختلفة, عن طريق إعداد سريع إلى حد ما والهدف من الاختبار هو تحديد الوقت الذي تكون فيه سرعة الضبط لهذا الاسمنت (3 – EN196)

الجدول III-8 يلخص نتائج الاختبارات الفيزيائية على الاسمنت

التجربة	النعومة (cm ² /g)	الاتساق العادي %	بداية التصلب (ساعة : دقيقة)	نهاية التصلب (ساعة : دقيقة)
المقاومة	4050	27	2:40	3:45

1-3-3/ الخصائص الميكانيكية :

- يصنف الاسمنت وفقاً لمقاومتها الميكانيكية بالضغط عند عمر 28 يوماً, مقاسة على قطع الاختبار (16*4*4) cm بالخرسانة العادي (1 - EN 196).

الجدول III-9 يظهر مقاومة الشد والضغط

المقاومة MPA		
اليوم	في الشد (Rt)	في الضغط (Rc)
2	3.1	19.3
7	5.2	33.5
28	6.5	45.7

1-4/الماء في الخرسانة: [40]

لقد استخدمنا في الخرسانة ماء حنفية البيت في قرية الدميثة بلدية قمار يستخرج ويعبر عنه بالنسبة E/C وهو العلاقة بين نسبة الماء والأسمنت في الخلطة، الخرسانة ذات الجودة العالية يجب أن تحتوي على اقل نسبة ماء إلى اسمنت من الممكن الحصول عليها بدون التأثير على قابلية التشغيل الخاصة بالخرسانة الطازجة. وبشكل عام استخدام ماء أقل يولد خرسانة ذات جودة عالية بالإضافة إلى أن الخرسانة يجب أن يتم وضعها في القوالب بشكل مناسب والاعتناء بها في فترة التصلب بشكل مناسب أيضا. وفي المقابل فإن كثرة ماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والمسامية وضعف الديمومة وقلة التماسك والضعف الانكماش والتشقق.

1-4-1/أهمية الماء في الخرسانة: [40]

عنصر أساسي في التفاعل الكيماوي مع المادة الإسمنتية ، وهو ضروري أيضا لكي تمتصها الحصى المستعملة في الخرسانة.
- إن الماء ضروري لعمليات تميخ الخرسانة أثناء تصلبها.
- يعطي الماء للخليط المؤلف من الركام الخشن والناعم والاسمنت درجة مناسبة من اللبونة تساعده على التشغيل والتشكيل.
- بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الحصى بنفس الكمية من الأسمنت.
- إن الماء يعطي حجماً للخرسانة يتراوح ما بين (15-20%)
- يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر.

1-4-2/خواص الماء المستخدم: [21و40]

عادة ماء الشرب يكون مناسب للاستخدام في الخرسانة بشكل عام فان الماء الذي لا لون ولا طعم مميز له يمكن ان يستخدم في خليط الخرسانة ، أيضا بعض الماء غير الصالح للشرب يمكن ان يستخدم في خليط الخرسانة ، على أن لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحدها المواصفات.
يجب أن يكون الماء خالي من الكلوريد والكبريتات والأملاح في ماء الخليط ، وخاليا أيضا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم 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 الضغط والمتانة.

1-4-3/التركيبية الكيميائية للماء المستخدم: [3]

الجدول III-10: التركيبة الكيميائية للماء المستخدم

Ca	Mg	K	Na	Cl	NO ₃	SO ₄	HCO	HP	الملوحة
242	125	31	536	755	14.5	755	124	7.75	2799

2/ تركيبة الخرسانة :

- طريقة تركيب الخرسانة :

طريقة تحديد تركيبة الخرسانة الأمثل منها الركام بأنواعه وكذلك كمية الاسمنت و الماء من اجل حصول على الخرسانة ذات خصائص تولائم الهيكل أو جزء منه ولقد استعملنا طريقة لتحديد تركيبة الخرسانة هي

Dreux Gorisse

هذه الطريقة تجعل من الممكن تحديد تركيبة التي تتكيف مع الخرسانة بسرعة وسهولة من اجل الحصول على تركيبة أفضل.

1-2 طريقة : Dreux Gorisse

تعتمد هذه طريقة على أساس مقاومة المطلوبة التي يمكن تحديد منها كمية الاسمنت و كمية الماء تكون المقاومة F_{28} في ضغط عند 28 يوم سنعتمد على قاعدة تقريبيه لمتوسط المقاومة هي

$$F_C = F_{28} + 6 \dots \dots \dots (III - 9).$$

يتم تقدير نسبة C/E تقريبا لمتوسط المقاومة المطلوبة cF

$$F_C = GF_{ce} \times \left(\frac{C}{E} - 0.5 \right) \dots \dots \dots (III - 10)$$

F_C : متوسط قوة الضغط عند (28 يوم) MPA

F_{ce} : صنف الاسمنت 28 يوم MPA

C: كمية الاسمنت m/Kg^3

G: معامل حبيبي

متوسط مقاومة الضغط للخرسانة في 28 يوم هي $cF = 25$ AMP

يحتوي على الاسمنت من الفئة 42.5 و كمية الاسمنت $400^3 m/Kg$

نأخذ قيمة G من الجدول الموجود في الملحق رقم (1) $G=0.45$

و $D < 16$

نقوم بحساب E/C بعلاقة التالية :

$$C/E = \frac{F_{C28} \times 0.5 \times G \times F_{Ce}}{G \times F_{Ce}} \dots \dots \dots (III - 11)$$

تحديد كمية الاسمنت

(قابلية التشغيل) ولقد استخدمنا القواعد أدناه محسوبة مسبقا و قيمة الهبوط المفترضة المختارة في المخروط أبرامز C/E

تكون قيمة كمية الاسمنت C من المنحنى موجود في ملحق (2) جعل التقاطع بين منحنين بين المحور الترتيب يكون قيم E/C و محور الفواصل قيمة الهبوط

ولقد حصلنا على $400 \text{ m}^3 / \text{gK}$ هي كمية الاسمنت

2-6 تحديد كمية الماء

$$E = \frac{C}{C/E} \dots \dots \dots (III - 12)$$

3-6 / رسم المنحنى المرجعي لتحليل الحبيبي OAB

رسم المنحنى لتحليل الحبيبي لرمل والحصى الذي يتم استخدامه في الخرسانة و رسم المنحنى المرجعي OAB نضع النقطة O في المنحنى الأصلي (0.0) F النقطة B من المنحنى عند الإحداثية 100% لي اكبر قطر D لحبيبات و النقطة A ذات إحداثيات

$$X = \frac{D}{2} \rightarrow D \leq 20\text{mm}$$

منتصف القطعة (5, mm) D اذا كان $D > 20\text{mm}$

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_S + K_P \dots \dots \dots (III - 13)$$

$K=0$ هو مصطلح تصحيحي يعتمد على كمية الاسمنت و الشكل الحبيبات و نعومة الرمل وتأخذ من الجدول يتواجد في ملحق

$$K_S = 6M_F - 15 \dots \dots \dots (III - 14)$$

K_P نأخذ حسب ضخ الخرسانة والدونة المطلوبة

$$X = \frac{D}{2}, Y = 50 - \sqrt{D} + K_S \dots \dots \dots (III - 15)$$

بعدها نرسم المنحنى المرجعي OAB بعد الرسم المنحنى نقوم بتحديد النسب المثوية كل من الحصى والرمل نقوم بتحديد 95 % من المنحنى أول و 5 % من المنحنى الثاني عندما يحصل تقاطع بين خط رابط و المنحنى المرجع من ثم نقوم بتحديد النسبة

الجدول 11- III تحديد نسب كل من الرمل والحصى بنوعيه

نوع	نسبة حصى 3/8 %	نسبة حصى 8/15 %	نسبة الرمل %
رمل البناء	10	55	35
رمل الكثبان	13	62	25
مزيج من (رمل البناء 70%+رمل الكثبان 30%)	9	58	33

تحديد حجم المواد الجافة

1- تحديد الحجم المطلق V لجميع أنواع الركام المستعملة و الاسمنت

$$V = 100\gamma \text{ (لتر)} \dots \dots \dots \text{ (III - 16)} \quad \gamma \text{ معامل الضغط}$$

انظر الجدول في الملحق

2- تحديد الحجم المطلق V_C للاسمنت

الحجم المطلق للاسمنت

$$V_C = \frac{c}{w_c} \dots \dots \dots \text{ (III - 17)}$$

C كمية الاسمنت

الكتلة الحجمية للاسمنت w_c

3- تحديد الحجم المطلق للركام V_{gt}

$$V_{gt} = V - V_C \dots \dots \dots \text{ (III - 18)}$$

4- تحديد الحجم المطلق V_s لرمل

$$V_s = V_{gt} \times V_s \% \text{ (نسبة الرمل)} \dots \dots \dots \text{ (III - 19)}$$

5- تحديد الحجم المطلق V_g لحصى 3/8

$$V_g = V_{gt} \times V_g \% \text{ (نسبة الحصى 3/8)} \dots \dots \dots \text{ (III - 20)}$$

6- تحديد الحجم المطلق V_g للحصى 8/15

$$V_g = V_{gt} \times V_g \% \text{ (النسبة الحصى 8/15)} \dots \dots \dots \text{ (III - 21)}$$

الجدول 12- III : حجم المطلق لمكونات الخرسانة الجافة

حجم المطلق للمواد الجافة L ³ m				
الاسمنت	رمل	حصى 8/15	حصى 3/8	انواع الخرسانة
680.97	238.33	374.53	68.097	خرسانة بالرمل البناء
680.97	170.24	422.2	88.53	خرسانة بالرمل الكثبان
680.97	224.72	377.53	78.72	خرسانة المزيج (70%رمل بناء و 30%رمل الكثبان)

تحديد كمية المواد الجافة في متر المكعب من الخرسانة

1- تحديد كمية الرمل

$$P = V_s \times \gamma_s \dots \dots \dots (III - 22)$$

2- تحديد كمية الحصى 3/8

$$P = V_g \times \gamma_g \dots \dots \dots (III - 23)$$

3- كمية الحصى 8/15

$$P = V_g \times \gamma_g \dots \dots \dots (III - 24)$$

الجدول 13- III : تحديد كمية المواد الجافة في الخرسانة في المتر المكعب

كتلة المواد الجافة (Kg ³ m)				
الاسمنت	الرمل	الحصى 8/15	الحصى 3/8	أنواع
400	619.66	985.01	179.09	الخرسانة بالرمل البناء
400	447.75	1110.38	232.83	الخرسانة بالرمل الكثبان
400	447.75	992.9	207.03	الخرسانة المزيج (70%رمل البناء و 30%رمل الكثبان)

ثم تحسب مجموع الكميات Δ لكي تحسب γ_b

$$\gamma_b = \frac{\Delta}{1000} \dots \dots \dots \text{(III - 25)}$$

الخاتمة:

نستنتج من هذا الفصل في خصائص المواد المستعملة أو المستخدمة وتركيبية الخرسانة , الاسمنت المستعمل هو

CPJ₄₅-CEMII A/42,5

وتبلغ كميته في دراسة $400/3\text{m}^3$ Kg وتم عمل خلطات من نفس نوع الحصى (3/8) و (8/15) من

محجر عين توتة ولاية باتنة و بالنسبة الرمل المستخدم هو الرمل البناء حاسي بن عبد الله ولاية ورقلة الذي يتميز بحجم حبيباته منتشر ولديه معامل نعومة مستحب أو مقبول ولديه نظافة مقبولة و استخدمنا رمل الكثبان الرملية من منطقة الدميثة قمار ولاية الوادي الذي يتميز بمجال حبيبي ضيق و نظافة ممتازة

هذه الطريقة بسيطة و سهلة للغاية *Dreux Gorisse* والطريقة المستخدمة في هذا العمل هي طريقة

تعتمد على الحصول مقاومة جيدة وقابلية التشغيلية مناسبة . في الفصل الرابع سوف نتطرق إلى تحليل ومناقشة نتائج التي تحصلنا عليه

الفصل الرابع:

تحليل و مناقشة النتائج

المدخل:

تعد الخصائص الميكانيكية للمادة من أهم الخصائص التي تميزها عن الكثير من المواد وعن مثيلاتها من المركبات وبعد تعريف الخرسانة الذي أعطيناه في النبذة عن تاريخها وخصائصها ومعرفة التركيبة المثالية لهذه المادة المقترحة في الدراسة ففي هذا الفصل سنتطرق الى الخصائص الميكانيكية للخرسانة العادية وبالتحديد مقاومة الضغط والانحناء في الأيام (7 و 14 و 28 و 60 يوم).

1- اختبارات على الخرسانة الطازجة:

اختبار الهبوط:

الغرض من الاختبار:

هو يعبر عنه بدرجة بلل الخرسانة الطازجة

الأدوات المستخدمة:

- 1- مخروط الهبوط.
- 2- قضيب الدمك القياسي.
- 3- أدوات خلط (جاروف، وعاء خلط).
- 4- مسطرة قياس.

تحضير عينات الخرسانة الطازجة:

- 1- تحضير العينة من الخلطة المجهزة في موقع العمل بالخلط اليدوي أو الخلط الميكانيكي.
- 2- يجب أن تكون العينة الكلية المأخوذة من الخرسانة الطازجة كما ألا يقل حجمها عن (30L أو $0.03m^3$) وتكون هذه العينة من كميات مأخوذة من أماكن متفرقة من الخلطة.
- 3- يجب مراعاة حماية عينة الاختبار من التأثيرات الجوية وألا تزيد الفترة بين تحضير العينة و إجراء الاختبار عن 15 دقيقة.
- 4- يجب تسجيل البيانات التالية على كل عينة وهي: (تاريخ ووقت أخذ عينة الاختبار، طريقة الخلط، نسب مكونات الخلطة، درجة الحرارة والظروف الجوية).

خطوات الاختبار:

- 1- تثبيت المخروط على قاعدته بواسطة مسامير الربط ثم توضع على سطح مستوى وأفقي.
- 2- رش حواف المخروط الداخلية بالزيت لكي لا تلتصق الخرسانة بالمخروط أثناء إجراء الاختبار .
- 3- تعبئة المخروط بالعينة على ثلاث طبقات متساوية السمك (ثلث حجم المخروط تقريبًا) ثم تدمك كل طبقة (25 ضربة بقضيب الدمك القياسي).
- 4- تسوية سطح المخروط بقضيب الدمك أو بالمسطرين.
- 5- فك مسامير الربط ثم يرفع المخروط رأسياً للسماح للخرسانة بالهبوط الحر.
- 6- قياس المسافة بين سطح المخروط وبين سطح الخرسانة الهابطة وهذه المسافة تعبر عن قوام الخرسانة.

من أجل تسهيل مقارنة الخرسانات عن بعضها البعض من ناحية تصنيع و قابلية التشغيلية مختلفة عن طريق هبوط في المخروط أبرامز

- هبوط خرسانة رمل الكثبان 100% تساوي 7 mc أي حالة الخرسانة هي لدنة .
- هبوط خرسانة رمل البناء 100% تساوي 5 mc أي حالة الخرسانة هي لدنة .
- هبوط خرسانة المزيج (رمل الكثبان 30% و رمل البناء 70%) تساوي 5 mc أي حالة الخرسانة هي لدنة .

يلخص الجدول VI-1 الاختلاف في الهبوط و المحتوى المائي اعتماد على نوع الخرسانة

الجدول VI-1 : اختلاف الهبوط و المحتوى الماء حسب نوع الخرسانة

نسبة الماء %	M ₂ -M ₁	الكتلة الحجمية الخرسانة وهي المتصلبة M ₂ Kg / m ³	الكتلة الحجمية الخرسانة وهي الطازجة M ₁ Kg/m ³	الهبوط Cm	نوع الخرسانة
0.14	3.47	2423.48	2420	5	الخرسانة رمل البناء
2.51	60.87	2481.77	2420.9	7	الخرسانة رمل الكثبان
6.29	151.02	2551.02	2400	5	الخرسانة المزيج (70 % رمل البناء و 30% رمل الكثبان)

M₁ : كتلة الحجمية الخرسانة هي الطازجة .

M₂ : كتلة الحجمية للخرسانة متصلبة عند 28 يوم .

M₂-M₁ : هي كمية الماء المبخرة

محتوى الماء يساوي كمية الماء المتبخرة على كتلة الحجمية الطازجة بعد إخراج أنتائج المتحصل عليه في الجدول تشير إلى تقدم ملحوظ في محتوى الماء اعتماد على نوع الخرسانة حيث أن محتوى المائي أكبر في الخرسانة رمل الكثبان مقارنة بالخرسانة رمل البناء وهذا راجع لزيادة في كيمه رمل الكثبان أي زيادة نسبة محتوى الماء لان مساحة السطحية رمل الكثبان أكبر و مجال تدرج حبيبي له ضيق منا ضروري زيادة في محتوى الماء .

2- اختبارات على الخرسانة المتصلبة :

1-1-2/ طرق التجارب:

1-1-2/ تجربة التحطيم بواسطة الضغط:

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة (EN 196-1) [7]

اختبار مقاومة الضغط هو احد الاختبارات التي تجرى على الخرسانة بحيث يهدف الى تحديد المقاومة المميزة للخرسانة وعادة ما يجرى بعد مرور 7 أيام أو 28 يوم أو 13 أسبوع وتعتبر مقاومة الضغط عن جودة الخرسانة [8]

يعتبر اختبار مقاومة الضغط كقياس للتحكم في جودة إنتاج الخرسانة في المصنع كما استخدم في أغراض التصميم الإنشائي لتحديد إجهاد التشغيل للخرسانة كما يفيد اختبار الضغط في تحديد صلاحية الركام للخرسانة بالتعرف على تأثير الشوائب التي يحتويها على مقاومة الخرسانة للضغط. [8]

الأدوات والأجهزة المستعملة في التجربة:

- جهاز الضغط
- العينات المستخدمة اسطوانية الشكل ذات الأبعاد (cm 16 * cm 32)



الشكل-1 VI يوضح آلية التحطيم بالضغط

أسلوب العمل:

- يتم تحضير العينات للاختبار بإجراء عمليات الخلط والصب والدمك والمعالجة للأسطوانات (16* 32) cm
- يتم وضع العينة بين صفيحتين من الحديد في جهاز الاختبار ويراعى إن تكون محورها منطبقا مع محور رأس الجهاز.
- يتم تشغيل الجهاز و قراءة قيمة الإجهاد المتحصل عليها عن طريق المؤشر لكل عينة معا التأكد من الوحدات.
- في حالة العينة المغمورة في الماء يجب وضعها بالجهاز بعد مرور وقت من إخراجها من الماء .
- يتم حساب إجهاد الضغط بالعلاقة التالية:

$$Rc = Fc/A^2 \dots\dots\dots[7]$$

Rc : مقاومة الضغط (MPa)

Fc :قوة تحطيم العينة عند الضغط(N).

A : مساحة مقطع العينة الذي يساوي (201mm²). [7]



صورة 1- VI جهاز الضغط



صورة 2- VI عينة في جهاز الضغط

ترميز:

الجدول VI-2 يوضح ترميز أنواع الخرسانة المستخدمة التجارب

نوع الخرسانة	الترميز
خرسانة تحتوي على (100%) رمل الكثبان وموضوعة في الهواء الطلق	(BES)
خرسانة تحتوي على (100%) رمل الكثبان ومغمورة في الماء	(BEH)

خرسانة تحتوي على (100%) رمل البناء وموضوعة في الهواء الطلق	(BAS)
خرسانة تحتوي على (100%) رمل البناء ومغمورة في الماء	(BAH)
خرسانة تحتوي على (70% رمل البناء و 30% رمل الكثبان) وموضوعة في الهواء الطلق	(BAES)
خرسانة تحتوي على (70% رمل البناء و 30% رمل الكثبان) ومغمورة في الماء	(BAEH)

2-1-2/ نتائج مقاومة الضغط:

ملاحظة: لكي تكون النتيجة ناجحة إذا تحقق الشرطين التاليين:

- إذ لا تقل متوسط مقاومة كسر العينة عن المقاومة التصميمية بعد 28 يوم.
- أن لا تقل مقاومة الكسر أي من نماذج العينة عن 75% من المقاومة التصميمية.

العينات الخرسانة بنسبة 100% رمل الكثبان (BE):

الجدول VI-3 يوضح نتائج الضغط الخرسانة بالرمل الكثبان 100% (BE) مع مرور الزمن

متوسط المقاومة (MPa)		الأيام
العينة المبللة (BEH)	العينة الجافة (BES)	
14.2	13.03	7
16	14.03	14
17.36	16.4	28
21.6	19	60

- نلاحظ أن مقاومة الضغط للعينات المبللة (BEH) تزداد مع مرور الزمن مثلا عند:

(7 و 14 و 28 و 60 يوم)

حيث تحصلنا بالترتيب على القيم التالية:

(14. 2MPa و 16 MPa و 17.36MPa و 21.6MPa)

- كما نلاحظ ان مقاومة الضغط للعينات الجافة (BES) تزداد مع مرور العمر مثلا عند:

(7 و 14 و 28 و 60 يوم)

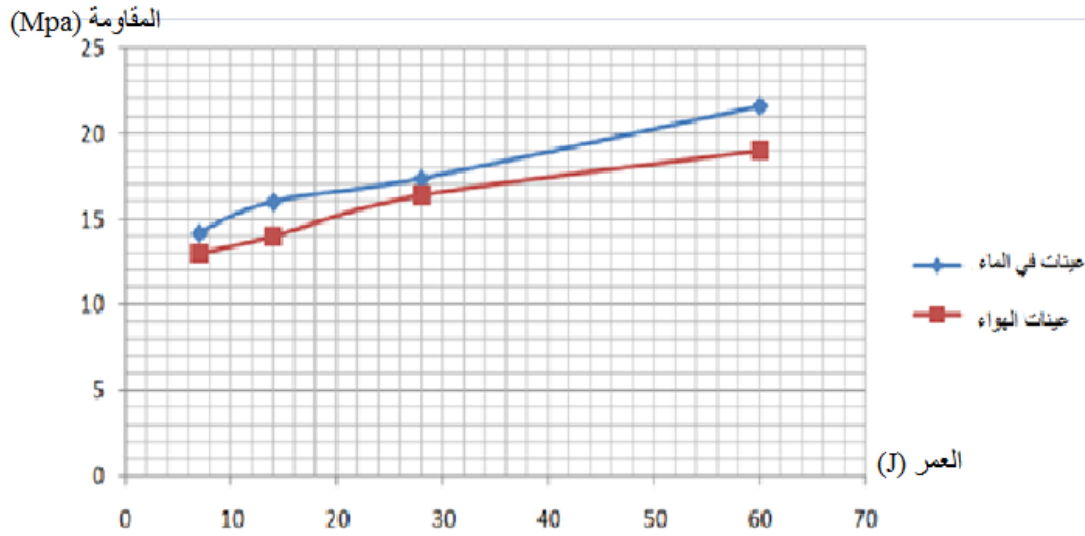
حيث تحصلنا بالترتيب على القيم التالية:

(13.03MPa و 14.03MPa و 16.4MPa و 19 MPa)

كما نلاحظ أن مقاومة الضغط للعيينة المبللة (BEH) بعد 28 يوم قد بلغت نسبة 69.36% من المقاومة التصميمية للخرسانة العادية.

كما نلاحظ أن مقاومة الضغط للعيينة الجافة (BES) بعد 28 يوم قد بلغت نسبة 65.6% قيمة المقاومة التصميمية للخرسانة العادية.

كما نلاحظ أن مقاومة الضغط 60 يوم للعينات المبللة (BEH) أكبر بحوالي نسبة 10.4% من مقاومة الضغط للعينات الجافة (BES).



الشكل 2-6 يوضح العلاقة بين مقاومة الضغط لكل من (BES و BEH) بدلالة العمر

- نلاحظ من خلال المنحنى أن مقاومة الضغط لكل من (BES و BEH) متزايدة مع مرور العمر بها
- في عمر 7 أيام لاحظنا أن مقاومة الضغط متقاربة لكل من (BES و BEH) على العكس ما لاحظناه في العمر بين (14 يوم إلى 60 يوم) أن مقاومة الضغط متباعدة لكل من (BES و BEH).

العينات الخرسانة بنسبة 100% رمل البناء (BA):

الجدول 4- VI يوضح نتائج الضغط الخرسانة بالرمل البناء 100%(BA) مع مرور الزمن

متوسط المقاومة (MPa)		الأيام
العينة المبللة (BAH)	العينة الجافة (BAS)	
17.25	16.23	7
17.55	17.3	14
21.815	20	28
23.1	21.09	60

- نلاحظ ان مقاومة الضغط للعينات الجافة (BAS) تزداد مع مرور العمر مثلا عند:

(7 و 14 و 28 و 60 يوم)

حيث تحصلنا بالترتيب على القيم التالية :

(16.23MPa و 17.3MPa و 20MPa و 21.09MPa)

- كما نلاحظ ان مقاومة الضغط للعينات المبللة (BAH) تزداد مع مرور العمر مثلا عند:

(7 و 14 و 28 و 60 يوم)

حيث تحصلنا بالترتيب على القيم التالية :

(17.25MPa و 17.55MPa و 21.815MPa و 23.1MPa)

- لاحظنا أن مقاومة الضغط للعينات المبللة (BAE) بعد 28 يوم قد بلغت بنسبة %87.26 من قيمة

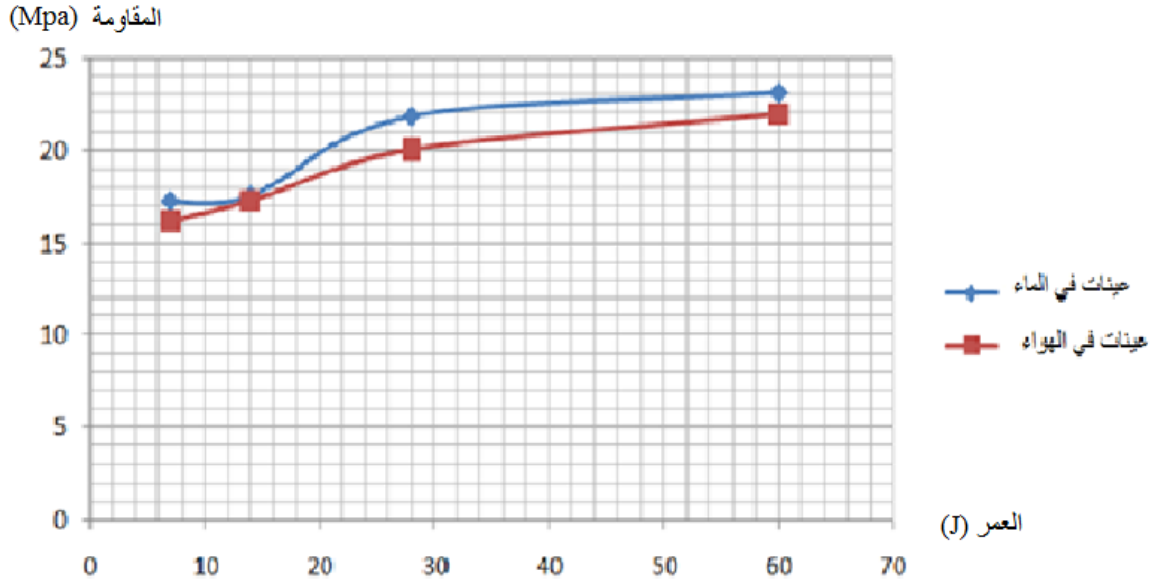
مقاومة الضغط التصميمية للخرسانة العادية.

- ولاحظنا أيضاً أن مقاومة الضغط للعينات الجافة (BAS) بعد 28 يوم قد بلغت بنسبة %80 من قيمة

مقاومة الضغط للخرسانة العادية.

- كما نلاحظ أن مقاومة الضغط لعمر ال 60 يوم للعينات الجافة %8.04 (BAS) أقل بحوالي نسبة من

مقاومة الضغط للعينات المبللة (BAH).



الشكل VI-3 يوضح العلاقة بين مقاومة الضغط لكل من (BAS و BAH) بدلالة العمر

- نلاحظ من خلال المنحنى أن العمر بين (7 أيام إلى 14 يوم) للخرسانة (BAS و BAH) أنه هنالك تزايد طفيف في مقاومة الضغط بهما.

- في العمر بين (14 يوم إلى 28 يوم) لاحظنا أن:

- هنالك تزايد كبير في مقاومة الضغط لخرسانة (BAH)

- أما بالنسبة لخرسانة (BAS) هنالك تزايد طفيف في مقاومة الضغط بها.

- في العمر بين (28 يوم إلى 60 يوم) لاحظنا أن

- هنالك تزايد لابئس بيه في مقاومة الضغط لكل من (BAS و BAH).

- في العمر 14 يوم لاحظنا أن مقاومة الضغط متقاربة جداً لكل من (BAS و BAH).

العينات الخرسانة بالمزيج (بنسبة 70% رمل بناء و 30% رمل كثبان) (BAE):

الجدول VI-5 يوضح نتائج الضغط الخرسانة المزيج من الرمل الكثبان 30% و الرمل البناء 70% (BAE) مع مرور الزمن

متوسط المقاومة (MPa)		الأيام
العينة المبللة (BAEH)	العينة الجافة (BAES)	
15	14.9	7
18.46	15	14
19.91	17.755	28
21.55	20.83	60

- نلاحظ ان مقاومة الضغط للعينات الجافة (BAES) تزداد مع مرور العمر مثلا عند:

(7 و 14 و 28 و 60 يوم)

حيث تحصلنا بالترتيب على القيم التالية:

(14.9MPa و 15MPa و 17.755 MPa و 20.83MPa)

- كما نلاحظ ان مقاومة الضغط للعينات المبللة (BAEH) تزداد مع مرور العمر بهامثلا:

(7 و 14 و 28 و 60 يوم)

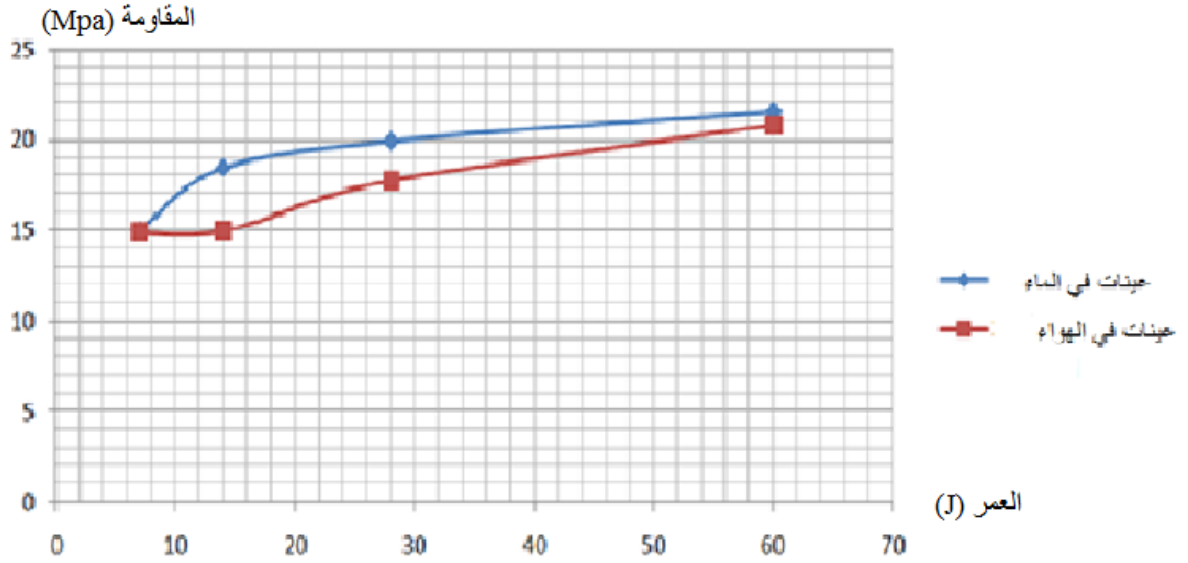
حيث تحصلنا بالترتيب على القيم التالية:

(15MPa و 16.46MPa و 19.91MPa و 21.55MPa)

- لاحظنا أن مقاومة الضغط للعينات المبللة (BAEH) بعد 28 يوم قد بلغت بنسبة %79.64 من قيمة مقاومة الضغط التصميمية للخرسانة العادية.

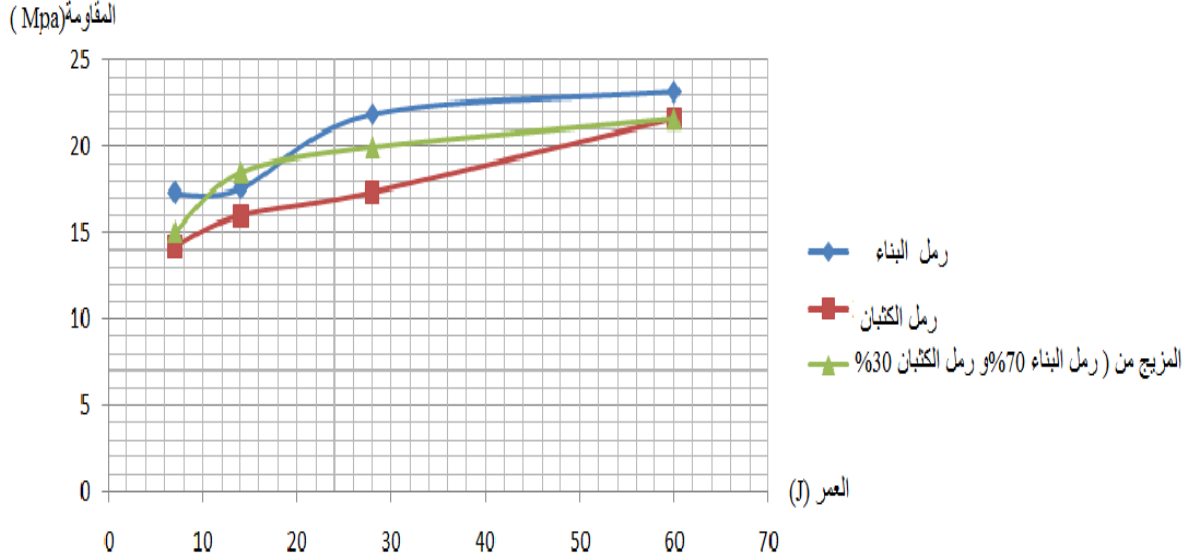
- ولاحظنا أيضاً أن مقاومة الضغط للعينات الجافة (BAES) بعد 28 يوم قد بلغت نسبة %71.02 من قيمة مقاومة الضغط للخرسانة العادية.

- كما نلاحظ أن مقاومة الضغط 60 يوم للعينات المبللة (BAEH) أكبر بحوالي نسبة %2.88 من مقاومة الضغط للعينات الجافة (BAES).



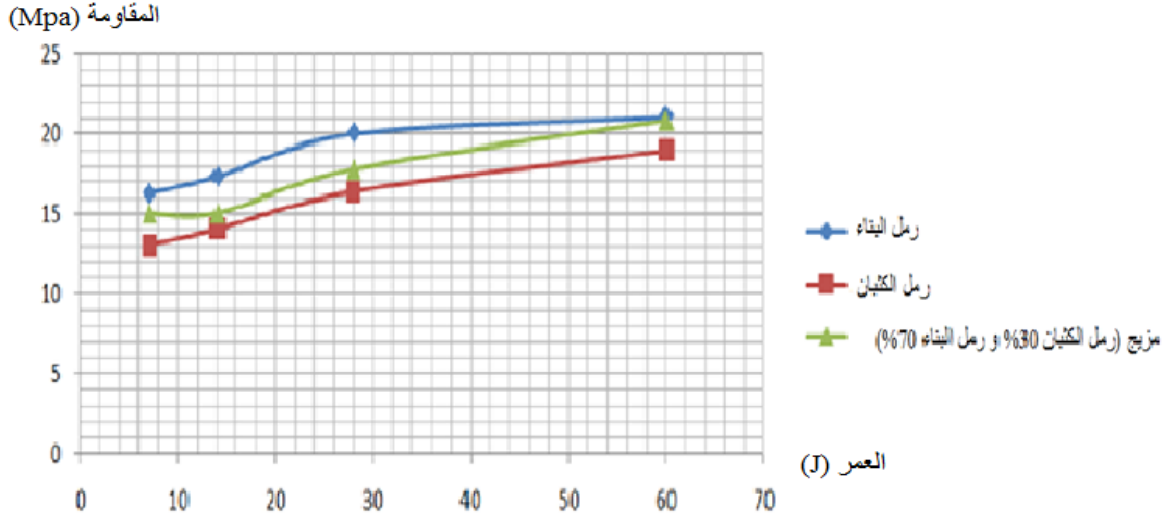
الشكل 4- VI يوضح تجربة الضغط عينات رمل الكثبان 30% و الرمل البناء 70% (BAES و BAEH) بدلالة العمر

- نلاحظ أن في عمر 7 أيام مقاومة الضغط متساوية ل كل من (BAES و BAEH).
- أما في العمر بين (7 أيام إلى 60 يوم) لاحظنا أن مقاومة الضغط بدأت متساوية ثم تزداد بشكل كبير في حالة (BAEH) أما في حالة (BAES) كان هنالك تزايد معتبر في مقاومة الضغط بها.
- أما في العمر 60 يوم لاحظنا أن مقاومة الضغط متقاربة جداً للخرسانة لكل من (BAES و BAEH).



الشكل VI-5 يوضح تجربة الضغط عينات في الماء (BAEH و BAH و BEH) بدلالة العمر

- في العمر بين (7 أيام إلى 14 يوم) لاحظنا أن:
 - في حالة خرسانة (BAH) هنالك تزايد طفيف لمقاومة الضغط بها.
 - أما في حالة كل من (BAES و BEH) نلاحظ تزايد معتبر لمقاومة الضغط بهما.
- في العمر 14 يوم نلاحظ أن مقاومة الضغط ل (BAEH) فاقت مقاومة الضغط لكل من (BAH و BEH) .
- في العمر بين (14 يوم إلى 28 يوم) لاحظنا أن:
 - في حالة كل من (BAES و BEH) هنالك تزايد معتبر لمقاومة الضغط بهما .
 - أما ما حدث في حالة (BAH) حيث كان هنالك تزايد كبير لمقاومة الضغط.
- في العمر بين (28 يوم إلى 60 يوم) لاحظنا ان:
 - هنالك تزايد معتبر لكل من (BAES و BAH) لمقاومة الضغط بهما.
 - أما في حالة (BAH) هنالك تزايد كبير لمقاومة الضغط بها.
- في العمر 60 يوم نلاحظ أن مقاومة الضغط لخرسانة (BAH) أكبر من مقاومة الضغط لكل من (BAH و BEH) و (BAES).
- في العمر 60 يوم لاحظنا أن مقاومة الضغط متساوية لكل من (BAES و BEH).



الشكل VI-6 يوضح تجربة الضغط عينات في الهواء (BAEH و BAH و BEH) بدلالة العمر

- نلاحظ أن كل قيم مقاومة الضغط لكل نوع خرسانة متزايد بدلالة العمر بها.
- كما أن منحنى مقاومة الضغط ل (BAES) منحصرة بين منحنى كل من (BAS و BES).
- في العمر 14 يوم نلاحظ ان مقاومة الضغط ل (BAES) قريبة من مقاومة الضغط ل (BES).
- أما في العمر 60 يوم نلاحظ أن مقاومة الضغط ل (BAES) قريبة جداً من مقاومة الضغط ل (BAS).

2-1-1-3/ مناقشة النتائج:

- تبين من خلال النتائج والمنحنيات المتحصل عليها أن مقاومة الضغط لجميع العينات ومع اختلاف نسب الرمل الذي تحتويه تتزايد مع مرور العمر بها ذلك يعود الى أن التفاعلات تبقى مستمرة، أي أكثر من 90% من المقاومة النهائي تكون في 28 يوم وأيضاً قد تصل الى غاية 10 سنوات ولكن سرعة التفاعل تتناقص بمرور الزمن

- بالنسبة للعينات التي تحتوي على نسبة (70% من رمل البناء و 30% من رمل الكثبان)

ان هنالك تحسن طفيف في مقاومة الضغط مقارنة مع مقاومة العينات التي تحتوي على نسبة (100%) من رمل الكثبان

- بالنسبة للعينات التي تحتوي على المزيج بين (70% من رمل البناء و 30% من رمل الكثبان) مع العينات التي تحتوي على نسبة (100%) من (رمل البناء) نلاحظ أن هنالك تحسن جيد في مقاومة الضغط ذلك يعود إلى تدرج الجيد المزيج بين (رمل البناء مع رمل الكثبان)

- مقاومة الضغط للخرسانة في الوسط المائي أعلى من مقاومة الضغط للخرسانة الموضوعة في الهواء الطلق وذلك في جميع الأعمار حيث سمحت في الحفاظ على خصائص الخرسانة.

- إن المزيج بين رمل البناء و رمل الكثبان أمكننا من الحصول على مقاومة ضغط تنحصر بين مقاومة الضغط لكل من (BA و BE).

- الزيادة في نسبة أو جرعة رمل الكثبان في الخرسانة تؤدي إلى انخفاض في قوة الضغط للخرسانة هذا راجع الى أن المجال التدرج الحبيبي له ضيق محصور مابين 0.08 و 0.315 مما جعل مساحة السطحية كبيرة مما يتطلب زيادة في كمية الاسمنت لترابط مع بعضها البعض وهذا يؤدي في زيادة C/E التي تعمل على تقليل في المقاومة .
- ان نوع الخرسانة التي تحتوي على نسبة (100 %) من رمل البناء لديها أعلى مقاومة ضغط مقارنة بالعينات الأخرى.
- كما أن كل من الخرسانة التي تحتوي على نسبة (100 %) من رمل البناء و الخرسانة التي تحتوي على (نسبة % 70 من رمل البناء و % 30 من رمل الكثبان) حققت قيم مقبولة من مقاومة الضغط .
- تحسين في المقاومة بالنسبة للعينات التي تحتوي على المزيج (نسبة % 70 من رمل البناء و % 30 من رمل الكثبان) وهذا التحسين راجع الى التدرج الحبيبي الجيد مما يجعل المساحة السطحية أقل اي ذات المسامات بين الحبيبات الركام المزيج و الاسمنت أقل هذا يضمن ترابط الجيد بينهم .

2-2/ تجربة التحطيم بالانحناء:

الغرض من التجربة :

- تعين مقاومة الانحناء والتي تعتبر مقياساً لمقاومة الشد غير المباشر و تسمى معايير الكسر في الانحناء وتتراوح قيمتها من (13 - 20 %) من مقاومة الضغط. [7].

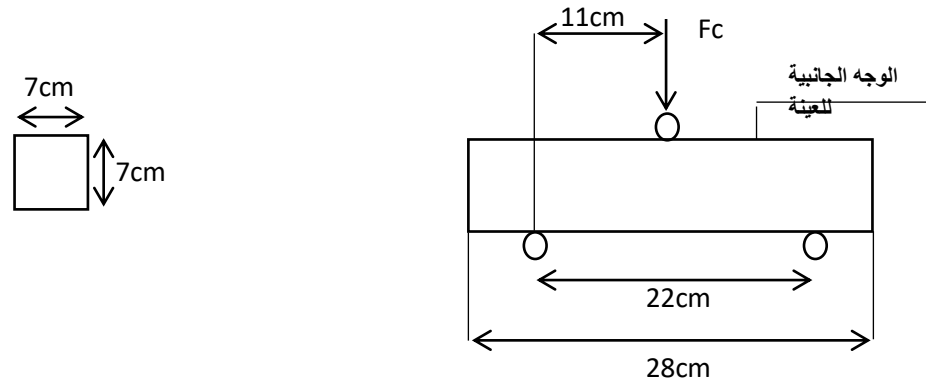
الأدوات والأجهزة المستعملة في التجربة:

- الجهاز الانحناء .
- العينات المستخدمة متوازية مستطيلات ذات الأبعاد (28سم*7سم*7سم) .

أسلوب العمل:

تتم تجربة الانحناء على عينات لها مقطع مربع $7 \times 7 \text{ cm}^2$ و طول 28 cm , البعد بين المسندين 22 cm كما يتم تنفيذ هذه العملية بواسطة آلة الانحناء بثلاث نقاط، الآلة مزودة بمسندين أسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما العينة ومسد 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 (VI-7) هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء. [7]



الشكل VI-7 يوضح آلية التحطيم بالانحناء.

يتم حساب إجهاد الانحناء من العلاقة التالية:

$$R_f = 3L * F_f / 2d^3$$

R_f : مقاومة الانحناء (MPa)

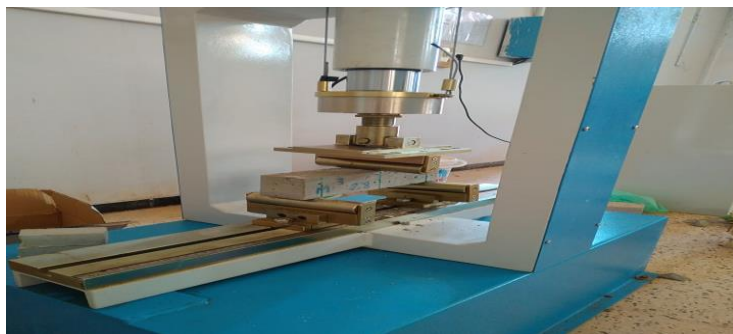
F_f : قوة تحطم العنينة عند الانحناء

L : البعد بين المسندين الذي يساوي (220mm).

d : أبعاد العينة الذي يساوي (70mm).



صورة 3 VI- صورة جهاز الانحناء



صورة 4 VI- صورة عينة في جهاز الانحناء

1-2-2 / نتائج مقاومة الانحناء:

العينات الخرسانة بنسبة 100% رمل الكثبان (BE):

الجدول VI-6 يوضح نتائج الانحناء الخرسانة بالرمل الكثبان (BE) 100% مع مرور الزمن

متوسط المقاومة (MPa)		الأيام
العينة المبللة (BEH)	العينة الجافة (BES)	
3.75	3.1	7
4.39	3.83	14
5	4.75	28
5.1	5	60

- نلاحظ إن مقاومة الانحناء للعينات المبللة (BEH) تزداد مع مرور العمر بها مثلاً:

(7 و 14 و 28 و 60 يوم)

حيث حصلنا بالترتيب على القيم التالية:

(3.75MPa و 4.49 MPa و 5MPa و 5.1MPa).

- كما نلاحظ أن مقاومة الانحناء للعينات الجافة (BES) تزداد مع مرور العمر بها مثلاً:

(7 و 14 و 28 و 60 يوم)

حيث حصلنا بالترتيب على القيم التالية:

(3.1MPa و 3.83MPa و 4.75MPa و 5MPa)

- لاحظنا أن مقاومة الانحناء للعينات المبللة (BEH) بعد 28 يوم قد بلغت بنسبة 20% من قيمة

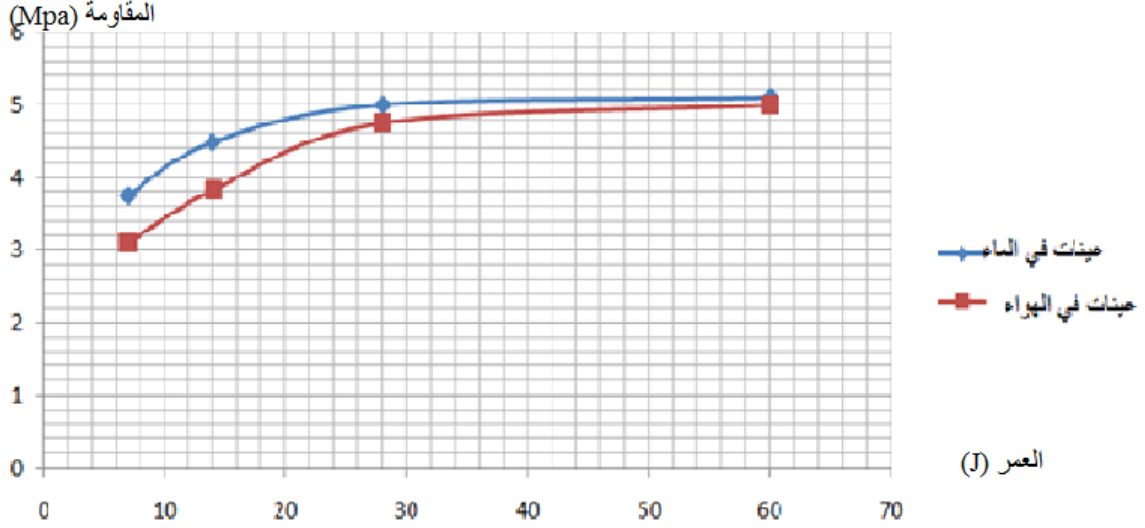
مقاومة الانحناء التصميمية للخرسانة العادية.

- ولاحظنا أيضاً أن مقاومة الانحناء للعينات الجافة (BEH) بعد 28 يوم قد بلغت نسبة 19% من قيمة

مقاومة الانحناء للخرسانة العادية.

- كما نلاحظ أن مقاومة الانحناء بعمر 60 يوم للعينات المبللة متساوية مع مقاومة الانحناء للعينات

الجافة.



- الشكل (VI-8): يوضح العلاقة بين مقاومة الانحناء لكل من (BEH و BES) بدلالة العمر
- نلاحظ من خلال المنحنى أن مقاومة الانحناء لكل من (BEH و BES) متزايدة مع مرور العمر بها.
 - في العمر بين (7 أيام إلى 28 يوم) لاحظنا أن: هنالك تزايد معتبر لكل من (BEH و BES) لمقاومة الانحناء بهما.
 - في العمر بين (28 يوم إلى 60 يوم) لاحظنا أن :
 - في (BEH) هنالك تزايد طفيف جداً لمقاومة الانحناء بها.
 - أما في (BES) هنالك تزايد كبير لمقاومة الانحناء بها.
- كما لاحظنا أن في العمر 60 يوم هنالك تطابق أو تساوي لمقاومة الانحناء لكل من (BEH و BES).
- العينات الخرسانة بنسبة 100% رمل البناء (BA):**

الجدول VI-7 يوضح نتائج الانحناء الخرسانة بالرمل البناء (BA) 100% مع مرور الزمن

متوسط المقاومة (MPa)		الأيام
العينة المبللة (BAH)	العينة الجافة (BAS)	
4.82	4.165	7
6.5	5	14
7.5	6	28
7.8	6.5	60

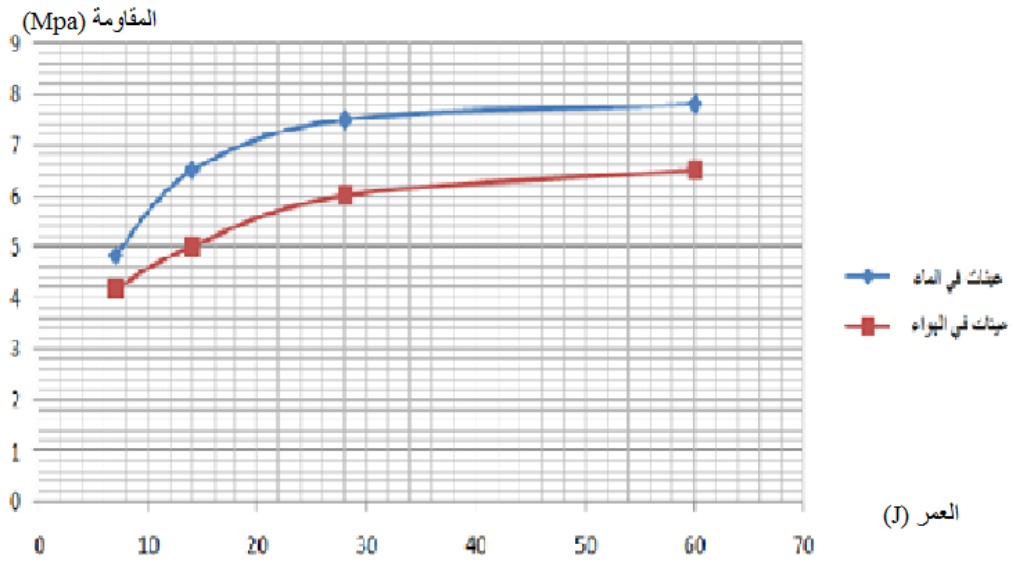
- نلاحظ ان مقاومة الانحناء للعينات الجافة (BAS) تزداد مع مرور العمر بها مثلاً: (7 و 14 و 28 و 60 يوم) حيث حصلنا بالترتيب على القيم التالية : (4.165MPa و 5MPa و 6MPa و 6.5MPa).
- كما نلاحظ ان مقاومة الانحناء للعينات المبللة (BAH) تزداد مع مرور العمر بها مثلاً:

(7 و 14 و 28 و 60 يوم)

حيث حصلنا بالترتيب على القيم التالية :

(4.82MPa و 6.5Mpa و 7.5Mpa و 7.8MPa).

- لاحظنا أن مقاومة الانحناء للعينات المبللة (BAH) بعد 28 يوم قد بلغت بنسبة 30% من قيمة مقاومة الانحناء التصميمية للخرسانة العادية.
- ولاحظنا أيضاً أن مقاومة الانحناء للعينات الجافة (BAS) بعد 28 يوم قد بلغت بنسبة 24% من قيمة مقاومة الانحناء للخرسانة العادية.
- كما نلاحظ أن مقاومة الانحناء 60 يوم للعينات المبللة (BAH) أكبر بحوالي نسبة 5.2% من مقاومة الانحناء للعينات الجافة (BAS).



الشكل (VI-9): يوضح العلاقة بين مقاومة الانحناء لكل من (BEH و BES) بدلالة العمر

- نلاحظ من خلال المنحنى أن مقاومة الانحناء لكل من (BAS و BAH) متزايدة مع مرور العمر بهما.
- في العمر 7 أيام لاحظنا أن:
 - في (BAH) هنالك تزايد كبير في لمقاومة الانحناء بها.
 - أما في (BAS) هنالك تزايد لأبسط به لمقاومة الانحناء.
- في العمر بين (28 إلى 60 يوم) لاحظنا أن في كل من (BAS و BAH) هنالك تزايد معتبر في مقاومة الانحناء بهما.

العينات الخرسانة بالمزيج (بنسبة 70% رمل بناء و 30% رمل كثبان) (BAE):

الجدول VI-8 يوضح نتائج الانحناء الخرسانة المزيج (BAE) من الرمل الكثبان 30% و الرمل البناء 70% مع مرور

متوسط المقاومة (MPa)		الأيام
العينة المبللة (BAEH)	العينة الجافة (BAES)	
3.68	3.16	7
4.87	4.5	14
5.22	5	28
6.1	5.5	60

- نلاحظ أن مقاومة الانحناء للعينات الجافة (BAES) تزداد مع مرور العمر بها مثلاً:

(7 و 14 و 28 و 60 يوم)

حيث تحصلنا بالترتيب على القيم التالية:

(3.16MPa و 4.5MPa و 5MPa و 5.5MPa)

- كما نلاحظ أن مقاومة الانحناء للعينات المبللة (BAEH) تزداد مع مرور العمر بها مثلاً:

(7 و 14 و 28 و 60 يوم)

حيث تحصلنا بالترتيب على القيم التالية:

(3.65MPa و 4.87MPa و 5.22MPa و 6.1MPa)

- لاحظنا أن مقاومة الضغط للعينات المبللة (BAEH) بعد 28 يوم قد بلغت بنسبة 20.88% من قيمة

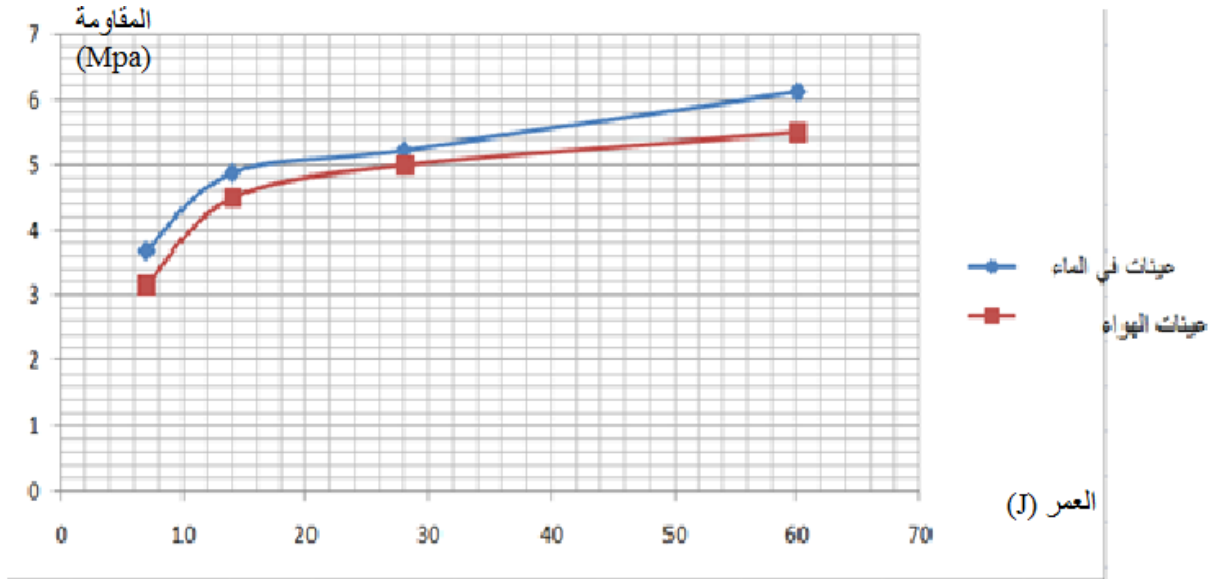
مقاومة الانحناء التصميمية للخرسانة العادية.

- ولاحظنا أيضاً أن مقاومة الانحناء للعينات الجافة (BAES) بعد 28 يوم قد بلغت بنسبة 20% من

قيمة مقاومة الانحناء للخرسانة العادية.

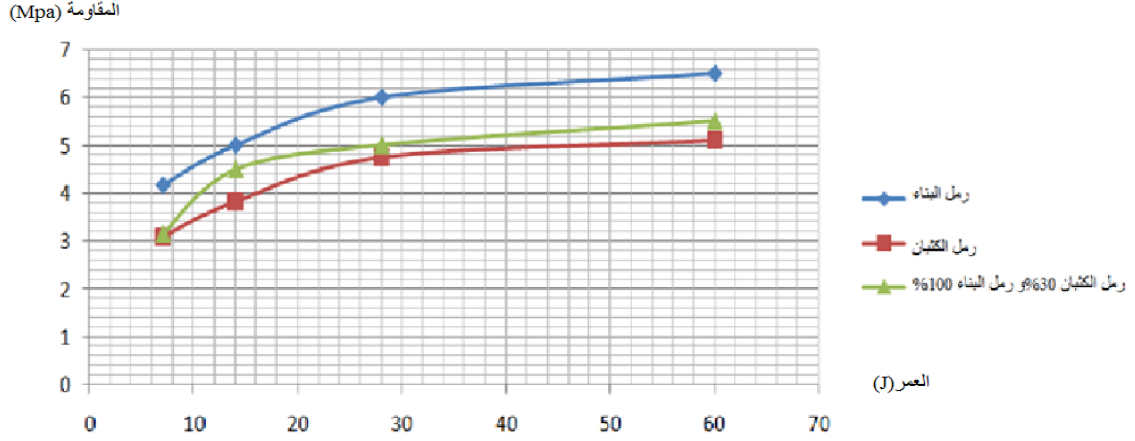
- كما نلاحظ أن مقاومة الانحناء 60 يوم للعينات المبللة (BAEH) أكبر بحوالي نسبة 2.4% من

مقاومة الانحناء للعينات الجافة (BAES).



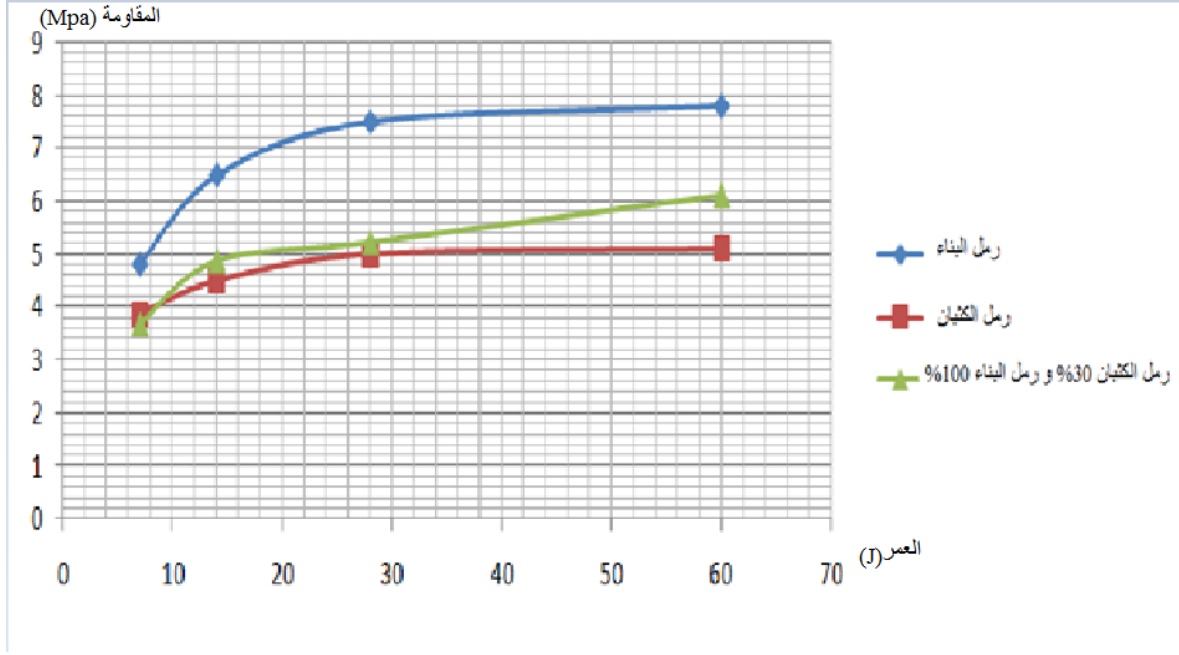
الشكل 10- VI يوضح العلاقة بين مقاومة الانحناء لكل من (BAES و BAEH) بدلالة العمر

- نلاحظ من خلال المنحنى أن مقاومة الانحناء لكل من (BAES و BAEH) متزايدة مع مرور العمر بهما.
- في حالة (BAES) لاحظنا أن :
 - في العمر بين (7 أيام إلى 14 يوم) هنالك تزايد كبير في مقاومة الانحناء بها.
 - أما في العمر بين (14 يوم إلى 60 يوم) هنالك تزايد منتظم في مقاومة الانحناء بها.
- في حالة (BAEH) لاحظنا أن:
 - في العمر بين (7 أيام إلى 14 يوم) هنالك تزايد كبير في مقاومة الانحناء بها.
 - و في العمر بين (14 يوم إلى 28 يوم) هنالك تزايد طفيف جداً لمقاومة الانحناء بها.
 - أما في العمر بين (28 يوم إلى 60 يوم) هنالك تزايد كبير جداً لمقاومة الانحناء بها.
- كما لاحظنا في اليوم 28 بأن مقاومة الانحناء متقاربة جداً لكل من (BAES و BAEH).



الشكل (11- VI): يوضح العلاقة بين مقاومة الانحناء كل (BAES وBAS وBES) بدلالة العمر

- نلاحظ من خلال المنحنى أن مقاومة الانحناء لكل من (BAES و BAS و BES) متزايدة مع مرور العمر لهما.
- في العمر 7 ايام لاحظنا أن مقاومة الانحناء متساوية لكل من (BAES و BES).
- في العمر بين 7 أيام و 14 يوم لاحظنا أن:
 - هنالك تزايد معتبر لكل من (BAS و BES) لمقاومة الانحناء بهما.
 - أما في (BAES) هنالك تزايد كبير لمقاومة الانحناء بها.
- في العمر بين 14 يوم و 28 يوم لاحظنا أن:
 - هنالك تزايد معتبر لكل من (BAS و BES) لمقاومة الانحناء بهما.
 - أما في (BAES) هنالك تزايد طفيف لمقاومة الانحناء بها.
- في العمر بين 28 يوم و 60 يوم لاحظنا ان:
 - هنالك تزايد طفيف جدًا (BAS) لمقاومة الانحناء بها.
 - أما في (BAES و BES) هنالك تزايد معتبر لمقاومة الانحناء بهما.
- في العمر 28 يوم لاحظنا أن مقاومة الانحناء متقاربة لكل من (BAES و BES).



الشكل (VI-12): يوضح العلاقة بين مقاومة الانحناء كل من (BAES وBAS وBES) بدلالة العمر

- نلاحظ أن كل من قيم مقاومة الضغط لكل (BEH و BAH و BAEH) متزايد بدلالة العمر بها.
- في العمر 7 أيام لاحظنا أن مقاومة الانحناء ل (BAEH) أقل من مقاومة الانحناء لكل من (BAH و BEH).
- في العمر بين (7 أيام الى 14 يوم) لاحظنا أن:
 - هنالك تزايد كبير لكل من (BAEH و BAH) لمقاومة الانحناء بهما
 - أما في (BEH) هنالك تزايد معتبر لمقاومة الانحناء بها.
- في العمر بين (14 يوم الى 28 يوم) لاحظنا أن:
 - هنالك تزايد معتبر في مقاومة الانحناء ل (BAH).
 - اما في (BAEH) هنالك تزايد طفيف لمقاومة الانحناء بها.
 - كما أن في (BEH) لاحظنا أن هنالك تزايد معتبر لمقاومة الانحناء بها.
- في العمر بين (28 يوم الى 60 يوم) لاحظنا أن:
 - هنالك ثبات في مقاومة الانحناء ب (BEH).
 - أما في (BAEH) هنالك تزايد كبير لمقاومة الانحناء بها.
 - كما أن في (BAH) هنالك تزايد طفيف جداً لمقاومة الانحناء بها.

2-2-2 مناقشة النتائج:

- تبين من خلال النتائج والمنحنيات المتحصل عليها أن مقاومة الانحناء لجميع العينات ومع اختلاف نسب الرمل الذي تحتويه تتزايد مع مرور العمر بها ذلك يعود الى أن التفاعلات تبقى مستمرة اي أكثر من 90% من المقاومة النهائي تكون في 28 يوم وايضاً قد تصل الى غاية 10 سنوات ولكن سرعة التفاعل تتناقص بمرور الزمن.

- بالنسبة للعينات التي تحتوي على نسبة (100%) من (رمل الكثبان) مقارنة مع العينات التي تحتوي على نسبة (100%) من (رمل البناء) ان هنالك تحسن طفيف في مقاومة الانحناء مقارنة مع مقاومة العينات التي تحتوي على (70% من رمل و 30% من رمل الكثبان).
- بالنسبة للعينات التي تحتوي على المزيج بين (70% من رمل و 30% من رمل الكثبان) مقارنة مع العينات التي تحتوي على نسبة (100%) من (رمل الكثبان) نلاحظ أن هنالك تحسن جيد في مقاومة الانحناء ذلك يعود الى تدرج المزيج بين (رمل البناء مع رمل الكثبان) هذا التدرج ساهم في سد الفراغات بين حبيبات الركام.
- تبين من خلال النتائج والمنحنيات المتحصل عليها أن مقاومة الانحناء لجميع العينات ومع اختلاف نسب الرمل الذي تحتويه تتزايد مع مرور العمر بها .
- تبين لنا من خلال النتائج والمنحنيات المتحصل عليها أن المزج بين رمل البناء و رمل الكثبان في مجمل القيم المتحصل عليها لمقاومة الانحناء للعينات التي تحتوي على المزيج تنحصر بين قيم لمقاومة الانحناء للعينات ذات نسبة (100%) من (رمل الكثبان) و عينات ذات نسبة (100%) من (رمل البناء).
- إن مقاومة الانحناء للمزيج بين (رمل الكثبان و رمل البناء) في 28 يوم مقبولة في المجال المحدد لمقاومة الانحناء للخرسانة العادية حيث تتراوح قيمتها بين (12% - 20%) من مقاومة الضغط.
- إن خرسانة رمل الكثبان أعطت نتائج مقبولة في مقاومة الانحناء بها وتدخل ضمن المجال المحدد لمقاومة الانحناء للخرسانة العادية حيث تتراوح قيمتها بين (12% - 20%) من مقاومة الضغط.
- مقاومة الانحناء للخرسانة في الوسط المائي أعلى من مقاومة الانحناء للخرسانة في الهواء الطلق وذلك في جميع الأعمار حيث سمحت بالحفاظ على خصائص الخرسانة من ناحية اتمام تفاعل الاسمنت وربط حبيبات الركام فيما بينها.
- إن هذا التحسين راجع إلى كون أن التدرج الحبيبي الرمل الكثبان كان ضيق حيث أن أقطار الحبيبات محصور ما بين 0.315 و 0.08 , معظم الحبيبات كانت ذات قطر 0.315 مما يجعل المساحة السطحية كبيرة أي ذات مسامات كبيرة مما يؤدي إلى ضعف التراصية بالتالي ضعف في المقاومة الانحناء و إذا تسع المجال (0.08 إلى 5) التدرج الحبيبي الرمل قد تكون الفراغات بين الحبيبات قد امتلأت و مما يقلل من المساحة السطحية و بالتالي الزيادة في التراصية و منه الزيادة المقاومة الانحناء .

الخلاصة العامة والتوصيات

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو محاولة استغلال رمل الكثبان المتوفرة بكثرة في أغلب مساحة الصحراء مما يجعلنا نفكر في كيفية تثمينه باستغلاله في مجالات الإنشاء حيث قمنا بخلطه مع رمل البناء بشرط الحصول على خصائص فيزيائية وميكانيكية مقبولة وذلك كبديل لرمال الوديان ورمال البحر غير المتجددة والتي استعمالها يشكل مشاكل بيئية.

❖ وكالمنطقة انطلق قمنا بخلطة بها رمل الكثبان بنسبة (100%) وبخلطة بها رمل البناء بنسبة (100%) وبخلطة بها رمل البناء مع رمل الكثبان بنسبة (30% رمل الكثبان و 70% رمل البناء) بغية التعرف على خصائصهما.

❖ الرمل المستعملة في هذه الدراسة هو:

- رمل البناء لمنطقة حاسي بن عبد الله بولاية ورقلة .

- رمل الكثبان لمنطقة الدميثة قمار بولاية الوادي.

وحسب الملاحظة المستوحاة من التجارب المجرات فإن كلا النوعين صالحين لإنتاج خرسانة العادية على مستوى مقاومة ماعد تجربة الغربلة لرمل الكثبان التي أعطت نتائج بعيدة من ناحية معامل النعومة التي تأثر سلبا على تجربة الانكماش .

❖ في دراستنا هذه وجدنا نتائج الغربلة بالنسبة لرمل البناء مقبولة نسبيا إلا أننا ارتأينا إلى إدراج رمل الكثبان قصد التصحيح الحبيبي الأمثل لرمل البناء وكمحسن له فوجدنا أن النسبة المثلة هي 70% رمل البناء و 30% رمل الكثبان وهي النسبة الأمثل في مجال التصحيح الحبيبي التي أعطت معامل نعومة مقدر 2.26 الذي هو ينتمي إلى المجال الخرسانة العادية .

❖ ولمقارنة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لتركيبات المختلفة لخرسانة الرمل هي:

- إدخال رمل الكثبان بنسبة 30% أعطت نتائج مقبولة لمقاومة الضغط للخرسانة على العكس ما تحصلنا عليه عند

إدخال نسبة 100% منه كما لاحظنا بأن مقاومة الضغط تنقص كلما زادت نسبة رمل الكثبان بسبب زيادة النعومة أي زيادة عدد حبيبات دقيقة و بالتالي زيادة مساحة سطحية للحبيبات مما يؤدي إلى زيادة استهلاك نسبة الاسمنت .

- إدخال رمل الكثبان بنسبة 30% أعطت نتائج مقبولة لمقاومة الانحناء للخرسانة على العكس ما تحصلنا عليه عند

إدخال نسبة 100% منه كما لاحظنا بأن مقاومة تنقص الانحناء كلما زادت نسبة رمل الكثبان زيادة عدد حبيبات دقيقة مما يؤدي إلى زيادة امتصاص كمية كبيرة من الماء هذا يؤثر سلبا على مقاومة الانحناء .

- كما كونا نأمل في إيجاد رمل البناء خشن ذو معامل معامل نعومة اكبر من 3 ليتم خلطه لتصحيح الحبيبي لرمل الكثبان

حتى نستعمل نسبة كبيرة من الرمل الكثبان ويبقى معامل نعومة الخلطة في مجال الذي يعطي الخرسانة العادية محفوظ (مابين 2.2 الى 2.8) بهذا نستطيع القول بأننا تثمين الرمل الكثبان بنسبة كبيرة بالتالي المساهمة التقليل في تكلفة المتر

مكعب من الخرسانة العادية

❖ من خلال هذه النتائج المجرات على الخرسانة العادية المتكونة من الرمل البناء والرمل الكثبان ونستطيع القول أن

نتائج مقبولة لكل خلاطات من ناحية المقاومة .

❖ ونوصي بتطوير دراسة بإجراء تجارب النفاذية و الامتصاص و الانكماش و ديمومة على مستوى الخرسانة العادية

كما نوفي تجارب المقاومة على مدى الطويل (6 أشهر إلى 12 شهر)

وكننتيجة لهذا البحث نتمى أن نكون قد حاولنا ووضحنا كيفية تثمين رمل الكثبان و مشاركة نتائجنا في كيفية و المساهمة في تحسين خصائص الفيزيائية و الميكانيكية لخرسانة العادية بواسطة التصحيح الحبيبي برمل الكثبان. و في الأخير نأمل ان نكون قد وفقنا في عملنا هذا الى حد ما و نأمل ان يتواصل البحث في هذا المجال و الاهتمام به أكثر.

المراجع

[1]

https://www.memphis.edu/ce/index.php?fbclid=IwAR1nOk5owRNnajPzA03odV65Iqxdhmx_eTvi7dAUq7W9E8XUf0IVkt7QDXQs

[2]https://m.facebook.com/The.Muslim.researchers/photos/a.390064377822089/8051980729_75382/?type=3

[3]www.youtube.com/watch?v=r9YCvcNWTE8

<https://workingdrawing.yoo7.com/t41-topic>[4]

[5]: نبذة عامة عن الخرسانة

[6] الفصل الأول عموميات حول الخرسانة والخرسانة الخضراء

<https://www.prof-eng.net/2019/08/Concrete-Types.html>[7]

<https://sites.google.com/site/scdgn deti/concrete-components-tests>[8]

<https://www.et3lemdelivery.com/2018/09/A-book-on-concrete-industry-types-and-uses-:pdf.html>[9]
(كتاب عن الخرسانة وصناعتها وانواعها واستخداماتها)

www.business4lions.com/2019/09/Concrete.html[10]

<https://books-library.online/free-155659909-download>[11]

[12] شروخ وتشققات الجدران-انواعها اسبابها وطرق علاجها بالصور

[13] كتاب ماء الخلط ومعالجة الخرسانة

[14] noor-book.com كتاب-اضافات-الخرسانه-pdf

[15] [الفواصل في أعمال الخرسانة - وظيفتها وانواعها](#)

[16] [مكونات وانواع ومواصفات ومراحل صناعة و زمن تصلب الخرسانة- موقع اسود البيزنس](#)

<https://download-engineering-pdf-ebooks.com/12383-free-book>[17]

[18] [تعريف ومميزات و عيوب واختبارات استلام الخرسانة الجاهزة](#)

[19]

<https://www.facebook.com/RwytLmqawlatQtaAlkhrsantAljahzt/posts/>

[20] <https://www.marefa.org>

[21] مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية تخصص مواد الهندسة المدنية تحت عنوان (المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل المحاجر بواسطة التصحيح الحبيبي) من إعداد مريقة إبراهيم و رحمانى كمال بجامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي .

[22] مذكرة ماجستير عنوانها استغلال رمل الكثبان في صياغة الخرسانة من اعداد بركات عبد العزيز جامعة قاصدي مرباح ورقلة تاريخ نوقشت 2006/11/05

[23] مذكرة تخرج لينيل شهادة ماجستير عنوانها المساهمة في تحسين خصائص الخرسانة الرمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي و التعزيز بالألياف المعدنية من إعداد ماني محمد نوقشت 2010/11/28

[24] مذكرة تخرج مهندس دوله في هندسة مدنية عنوانها استغلال رمل الكثبان في صياغة الخرسانة من عداد حمادي دليلة و بخوش زهير جامعة قاصدي مرباح ورقلة تاريخ نوقشت 2007/06/21

[25] مذكرة دكتوراه LMD هندسة مدنية التخصص النمذجة العددية للمواد الجيولوجية تحت عنوان (Intitulé Étude des propriétés physico-mécaniques et rhéologiques des bétons à base des sables de carrières: expérimentation et modélisation) بجامعة محمد خيضر بسكرة من إعداد محمد الياس كمال خواجية نوقشت في 29 ماي 2016

[26] كتاب خواص وإختبارات الخرسانة المتصلدة

[27] <https://m.marefa.org>

[28] <https://www.youtube.com/watch?v=Rfu7CUeQse8>

[29] <https://www.facebook.com/www.mamoun.con/posts/>

[30] مذكرة ماجستير بعنوان استعادة ألياف المعدنية من النفايات الهوائية في الخرسانة الكثبان الرملية بجامعة قاصدي مرباح ورقلة بكلية العلوم التطبيقية قسم الهندسة المدنية و الري من عداد بالفراق عالوه نوقشت 2006/06/20

[31] مذكرة ماجستير بعنوان دراسة تجريبية للخرسانة بالرمل الكثبان الرملية بجامعة ورقلة قسم الهندسة المدنية و الري من عداد بنتات عيسى.

[32] مذكرة دكتوراه تحت عنوان المعالجة الطبيعية الميلاط والخرسانة لهياكل الخرسانة الجاهزة بجامعة محمد خيضر – بسكرة
بكلية العلوم والعلوم الهندسية بقسم الهندسة المدنية من إعداد بن عمار بنخدا نوقشت 2006/06/19

[33] مذكرة تخرج الماستر تحت عنوان متانة الخرسانة المعرضة لبيئة عدوانية حامض الكبريتيك و تأثير شكل الركام
المسحوق المدفون بجامعة محمد بوضياف المسيلة بكلية التكنولوجيا قسم هندسة مدنية تخصص مواد بناء من اعداد
Naceri.A.GH و Zitouni.S

[34] مذكرة الدكتوراه بعنوان المساهمة في دراسة تأثير إضافة الرمل من الكثبان الرملية الدقيقة إلى الأسمنت ، على الأداء
الفيزيائي والميكانيكي وتشوه والديمومة الخرسانة بجامعة محمد خيضر ببسكرة بكلية العلوم والتكنولوجيا بقسم الهندسة المدنية
تخصص مواد بناء من إعداد سليم غزاله نوقشت 2012/03/15

[35] أطروحة دكتوراه عنوانها دراسة تأثير طبيعة مواد الحشو على خواص الخرسانة على أساس المواد المحلية في الحالة
الطازجة والمتصلدة ودرجات الحرارة المرتفعة من إعداد Belouadah MESSAOUDA جامعة محمد بوضياف – مسيلة
نوقشة يوم 2018/12/18.

[36] أطروحة دكتوراه عنوانها دراسة السلوك الميكانيكي والمتانة للخرسانة المسلحة بالألياف: تأثير البيئات المختلفة وطبيعة
الألياف من إعداد FEDAOUI-AKMOUSSI Ourdia جامعة مولود معمري - تيزي وزو نوقشت يوم 2016/03/06 .

[37] مذكرة ماجستير عنوانها Le recyclage des bétons de démolition Solution pour le développement durable. Formulation et comportements physiques et mécaniques des bétons à base de ces
recyclés من إعداد BEREDJEM Layachi جامعة باجي مختار – عنابة

[38] أطروحة دكتوراه عنوانها CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RESISTANCE
CARACTERISTIQUE DES BETONS DE LA REGION DE TLEMEN

من إعداد سيدي محمد الأمين BOUKLI HACENE من جامعة بكيير بلقايد – تلمسان تو تقديمها سنة 2009

[39] مذكرة ماستر عنوانها تأثير إضافة نفايات طوب النفايات على الخصائص الفيزيائية الميكانيكية من اعداد بولوزا وليد و
غرين عبد الباسط من جامعة AKLI MOHAND OULHADJ de Bouira
سنة 2018/2019.

[40] مذكرة ماستر تخصص تصميم وتشخيص أنظمة والتموين بمياه والتطهير عنوانها تحليل كيفية تأثير المياه الصاعدة على
منشآت الري الخرسانية من إعداد زيدي يحي و ساكر عبد الرزاق من جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي نوقشت في
2016/5/26

[41] مذكرة ماستر تخصص منشآت عنونها تشكيل وتوصيف الخرسانة الرملية المحملة من إعداد ناتي تركي و شاوش صلاح الدين من جامعة قصدي مريج ورقلة سنة 2018/2017.

[42] بدياف متانة الخرسانة الفصل 11

[43] مشروع التخرج تخصص هندسة مدنية فرع مباني موضوع المشروع دراسة مقارنة بين مقاومة الانضغاط لأشكال مختلفة من العينة الخراسانية بأعمار مختلفة من إعداد محمد أبو هاشم و محمد عبيدو و عثمان دودين من جامعة بولتيكنك فلسطين سنة 2014 .

[44] الوحدة الثانية عنوانها تعيين الوزن النوعي والحجمي للركام و اختبارات الركام من مختبر الإنشاءات المعمارية و الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج .

[45] موقع <https://www.startimes.com/f.aspx?t>

[46] موقع <https://sites.google.com/site/healthyhome26226200/saf/concrete>

[47] خواص المواد واختباراتها وإعداد من طرف د/ محمود إمام و د/ محمد أمين رقم الاداعه بدر الكتب 3644 / 2007

[48] مكتبة النور حامل عنوان تأثير تدرج و شكل الركام على مقاومة الخرسانة من إعداد عبدا لله محمد عنصيل الساعدي

[49] fdP الركام

[50] https://drive.google.com/file/d/1ovQjqjM37LWNTVncf1SaWCKkiBMKT_pz/view

الملاحق

ملحق III-1 قيم تقريبية لمعامل الحبيبي G

Qualité des granulats	Dimension D des granulats		
	Fins (D < 16 mm)	Moyens (25 < D < 40 mm)	Gros (D > 63 mm)
Excellente	0,55	0,60	0,65
Bonne, courante	0,45	0,50	0,55
Passable	0,35	0,40	0,45

ملحق III-2: معامل K مصطلح تصحيحي يعتمد على كمية الاسمنت

concassé	Roulé	concassé	Roulé	concassé	Roulé	Forme des granulats (du sable en particulier)	
-4	-6	-2	-4	0	-2	400 +	Dosage en ciment
-2	-4	0	-2	+ 2	0	Fluid	
	- 2	+ 2	0	+ 4	+ 2	400	
	0	+ 4	+ 2	+ 6	+ 4	350	
						200	



ملحق III-3 يوضح تحديد كمية الاسمنت

Classe	Affaissement (mm)	Aspect
S1	10 à 40	Ferme
S2	50 à 90	Plastique
S3	100 à 150	Très plastique
S4	160 à 210	Fluide
S5	≥ 220	Très fluide

ملحق 4- III يوضح صنف هبوط

Consistance	Serrage	γ coefficient de compacité						
		D = 5	D = 10	D = 12,5	D = 20	D = 31,5	D = 50	D = 80
Molle	Piquage	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	Vibration faible.	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	Vibration normale.	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
Plastique	Piquage	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	Vibration faible.	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	Vibration normale.	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	Vibration puissante	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
Ferme	Vibration faible.	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	Vibration normale.	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	Vibration puissante	0,785	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

Nota : Ces valeurs sont convenables pour des *granulats roulés* sinon il conviendra d'apporter les corrections suivantes :

- sable roulé et gravier concassé = - 0,01,
- sable et gravier concassé = - 0,03.

ملحق 5-VI يوضح معامل الضغط



الصورة 1- قوالب المستعملة



الصورة 2- توضح عينات في الماء



الصورة 3 عينات في الهواء



الصورة 4- عينات في حالة انهيار