الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي

كلية التكنولوجيا

قسم الري والهندسة المدنية

رقم الترتيب:
رقم التسلسل:

مذكرة تخرج

لنيل شهادة ماستر أكاديمي

ميدان: الهندسة المدنية

شعبة: هندسة مدنية

تخصص: مواد في الهندسة المدنية

الموضوع

الدراسة الريولوجية للخرسانة المكونة من نوعين من رمل جامعة تحت تأثير أوساط مختلفة

من اعداد الطالبات

عبيد سليمة

مولى مروه

سعيد لمياء

حريز عبد القادر سارة

اشراف الدكتور

بدادي العيد

لجنة المناقشة:

الأستاذ مصمودي فوزي	**أستاذ مساعد قسم أ**	**رئيس اللجنة**
الأستاذ الممتحن خلايفه حمد	**أستاذ متعاقد**	**عضو اللجنة**
الأستاذ بدادي العيد	**أستاذ مساعد قسم ب**	**مشرف**

دفعة سبتمبر 2022

تشكرات

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين

أما بعد:

فإننا نشكر الله وافر الشكر أن وفقنا وأعاننا على إتمام هذه المذكرة والذي ألهمنا الصحة والعافية والعزيمة فله جزيل الحمد والثناء العظيم.

ونتقدم بخالص الشكر والعرفان بالجميل الى الدكتور المشرف "بدادي العيد" على التوجيهات والارشادات التي أولاها لنا طيلة هذا المشوار من أجل انجاز هدا العمل وساعدنا خطوة بخطوة لبلوغ نهايته.

ونشكر كل من ساهم وبذل جهدا ولو بالقليل ومد لنا يد العون من قريب او بعيد في انجاز هذه المذكرة ونخص بالذكر "مخبر نيوزيلاب" بالوادي وجميع موظفيه والسيد "ولابي السعيدي" على جميع المعلومات والتوجيهات القيمة التي قدموها لنا بخصوص هذا الموضوع وعلى سعة ورحابة صدرهم.

كما نشكر الأساتذة الكرام أعضاء لجنة المناقشة " مصمودي فوزي" و"خلايفة حمد" على تفضلهم بقبول المناقشة، وكل أساتذة وعمال قسم الهندسة المدنية وكلية التكنولوجيا بجامعة حمة لخضر الوادي.

وفي الأخير لا يسعنا الا أن ندعو الله عز وجل أن يرزقنا السداد والغنى وأن يجعلنا هداة مهتدين.

الاهداء

لك يا خالقي ويا رازقي نهدي ثمرة كنت السبب الأول في جنيها فاللهم اقبل العمل.

الى روحنا المبدعة المثابرة التي كانت ولا زالت قوية طيلة مشوارنا الدراسي.

الى من قال فيهما تعالى " وبالوالدين احسانا" الوالدين الكريمين حفظهما الله وأدامهم لنا.

الى أخوتي وأخواتي الذين أحببناهم وأحبونا وكانوا لنا سندا ولا يزالوا.

الى من سرنا سويا ونحن نشق الطريق نحو النجاح ورفيقات المشوار اللاتي تقاسمنا معا لحظاته رعاهم الله ووفقهم.

الى كل قسم الهندسة المدنية وجميع الزملاء في دفعة 2022 جامعة حمه لخضر الوادي.

الى من علمونا حروفا من ذهب وكلمات وعبارات والى من صاغو لنا علمهم وأفكارهم منارة تنير لنا مسيرة العلم والنجاح الى أساتذتنا الكرام والأستاذ الدكتور "بدادي العيد".

والى كل من ساهم في انجاز هذا العمل المتواضع.

فهرس المحتويات

تشكرات.....
الاهداء.....
فهرس المحتويات.....
قائمة الاشكال..... i
قائمة الجداول..... ii
قائمة الصور..... iii
قائمة المنحنيات.....، iv
الملخص.....
Summary.....
Résumé.....
مقدمة عامة..... 1

الجزء النظري

الفصل الأول: عموميات والخصائص (الريولوجية) للخرسانة

مقدمة..... 4
1/ عموميات حول الخرسانة..... 4
1-1/ نبذة عن تاريخها..... 4
1-2/ تعريفها..... 4
1-3/ مكونات الخرسانة..... 5
1-3-1/ الاسمنت..... 5
1-3-1-1/ أنواع الاسمنت..... 5
1-3-1-1-1/ الاسمنت البورتلاندي العادي. 5
1-3-1-1-2/ الاسمنت البورتلاندي الأبيض. 5
1-3-1-1-3/ الاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات. 5
1-3-1-1-4/ الاسمنت البورتلاندي مبكر المقاومة العالية. 5
1-3-1-1-5/ الاسمنت البورتلاندي منخفض الحرارة. 6
1-3-2/ الركام. 6
1-3-2-1/ الركام الكبير (الحصى)..... 6
1-3-2-2/ الركام الصغير (الرمل) 6
1-3-3/ الماء 6
1-3-5/ حديد التسليح..... 6
1-3-5/ الإضافات..... 7
1-3-5-1/ الشروط الواجب مراعاتها عند استخدام الإضافات..... 7
1-3-5-2/ أنواع الإضافات مراحل صناعة الخرسانة..... 7
1-4/ مراحل صناعة الخرسانة..... 8
مدخل..... 8
1-4-1/ مرحلة تصميم لخلطة الخرسانية. 8
1-4-1-1/ تعريفها..... 8
1-4-1-2/ العوامل التي تؤثر على المقاومة الخرسانية في مرحلة التصميم..... 9
1-4-1-2-1/ نسبة الماء إلى الاسمنت(م/س)..... 9
1-4-1-2-2/نسبة الاسمنت إلى الركام..... 9
1-4-1-2-3/ نسبة الاسمنت إلى الرمل(في الخلطة الخرسانية)..... 9
1-4-1-2-4/ نسبة الركام الكبير إلى 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..... 10
1-4-4/ مرحلة المعالجة..... 11
1-4-4-1/ تعريفها..... 11
1-5/ أنواع الخرسانة..... 11
1-5-1/ الخرسانة العادية..... 12
1-5-2/ الخرسانة المسلحة..... 12
1-5-3/ الخرسانة مسبقة الإجهاد..... 12
1-5-4/ الخرسانة بيضاء..... 12
1-5-5/ خرسانة كسر طوب..... 12
1-5-6/ الخرسانة المصبوبة في الموقع..... 13
1-6/ مزايا وعيوب الخرسانة..... 13
1-6-1/ الايجابيات..... 13
1-6-2/ السلبيات..... 13
2/ الخصائص الريولوجية للخرسانة..... 14
مدخل..... 14
2-1/ المراحل التي تمر بها الخرسانة من الخلط حتى الصب..... 14
2-1-1/ مرحلة الخرسانة الطازجة..... 14
2-1-2/ مرحلة الخرسانة الخضراء..... 15
2-1-3/ مرحلة الخرسانة المتصلدة..... 15
2-2/ الخواص الرئيسية للخرسانة الطازجة..... 15
2-2-1/ قوام الخلطة الخرسانية..... 15
2-2-2/ الانفصال الحبيبي..... 15
2-2-3/ النزيف (النضح) 15
2-2-4/ التشغيلية..... 15
2-2-4-1/ اختبار مخروط ابرامس..... 17
2-2-4-2/ اختبار طاولة الاهتزاز..... 19
2-2-4-3/ اختبار عامل الدمك..... 22
2-2-4-4/ اختبار vèbè (في بي) 23
2-3/ الخواص الأساسية للخرسانة الصلبة..... 24
2-3-1/ الانكماش..... 24
2-3-1-1/ أنواع الانكماش..... 25
2-3-1-1-1/ الانكماش في سن مبكرة قبل الأخذ..... 25
2-3-1-1-2/ الانكماش طويل الأخذ..... 25
2-3-1-1-3/ الانكماش الحراري..... 26
2-3-1-1-4/ انكماش الجفاف (التجفيف) 26
2-3-1-1-5/ الانكماش الهيدروليكي الداخلي..... 26
2-3-1-1-6/ الانكماش اللدن..... 26
2-3-1-2/ العوامل المؤثرة على الانكماش..... 26
2-3-1-3/ الحد من ظاهرة الانكماش..... 26
2-3-1-4/ قياس الانكماش..... 27
2-4/ تأثير عاملي الحرارة ونسبة الماء الى الاسمنت E/C على الخصائص الريولوجية للخرسانة..... 27
الخلاصة..... 28

الفصل الثاني: خصائص الركام وتأثيره على الخرسانة

1/ مقدمة..... 30
2/ تعريف الركام..... 30
3/ أنواع الركام..... 31
3-1-1/ ركام من مصادر طبيعية..... 31

3-1-2/ الركام المصنع..... 32
3-1-3/ الركام المعماري..... 32
4/ خصائص الركام..... 34
4-1/ خصائص التصنيع..... 34
4-1-1/ التسطيح (شكل الركام) 34
4-1-2/ الزاوية..... 35
4-1-3/ الحبيبات..... 35
4-1-4/ معامل النعومة*f*m*..... 35
3-1-5/ نظافة الركام..... 36
3-1-5-1/ نقاوة الحصى..... 36
3-1-5-2/ اختبار نظافة الرمال..... 36
3-1-6/ النظافة السطحية للركام..... 38
3-2/ الخصائص الجوهرية..... 39
3-2-1/ الكتلة الحجمية..... 39
3-2-1-1/ الكتلة الحجمية الظاهرية..... 39
3-2-1-2/ الكتلة الحجمية المطلقة..... 39
3-2-1-3/ الكتلة الحجمية الحقيقية للرمل..... 40
3-2-2 المسامية..... 40
3-2-3/ امتصاص الماء..... 40
3-2-4/ مقاومة التفتت..... 41
3-2-5/ هشاشة الرمل..... 41
3-3/ تأثير الحبيبة على الخرسانة..... 41
3-3-1/ حالة سطح الحبيبات..... 41
3-3-1-1/ شكل وملمس الركام..... 42
3-3-1-2/ نظافة السطح..... 42
3-3-2/ البعد الأقصى (d) 42
3-3-3/ الحبيبة..... 42
3-3-4/ معامل الركام إلى الاسمنت..... 43
3-3-5/ مقاومة الحبيبات..... 43
الخلاصة..... 43

الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وتركيبة الخرسانة.

مقدمة..... 46
1/ خصائص المواد المستعملة..... 46
1-1/ الحصى..... 46
1-1-1/ الكتلة الحجمية الظاهرية..... 46
1-1-2/ الكتلة الحجمية المطلقة..... 47
1-1-3/ معامل امتصاص الماء..... 47
1-1-4/ نظافة الركام..... 48
1-1-5 التحليل الحبيبي للحصى..... 48
1-2/ الرمل..... 50
1-2-1/ الكتلة الحجمية الظاهرية..... 50
1-2-2/ الكتلة الحجمية المطلقة..... 51
1-2-3/ معامل امتصاص الماء..... 51
1-2-4/ تجربة التحليل الحبيبي Analysé Granulométrique..... 51
1-2-5/ معامل النعومة..... 55
1-2-6/ اختبار مكافئ الرملي..... 55
1-3/ الاسمنت..... 56

1-3-1/ التركيبة الكيميائية للرمل المستعمل في الدراسة..... 56
1-3-2/ الخصائص الفيزيائية للإسمنت المستعمل..... 57
1-3-3/ المساحة السطحية للإسمنت..... 57
1-3-4/ زمن التصلب..... 58
1-3-5/ المقاومة الميكانيكية للإسمنت المستعمل..... 58
1-4/ الماء في الخرسانة..... 58
1-4-1/ أهمية الماء في الخرسانة..... 59
1-4-2/ خصائص الماء المستخدم في الخرسانة..... 59
2/ تركيب الخرسانة..... 59
2-1/ عرض الطريقة Dreux Gorise..... 60

الجزء التطبيقي

الفصل الرابع: الاختبارات التجريبية ومناقشة وتحليل النتائج.

مقدمة..... 68
1/ التجارب المجرات والاستنتاجات..... 68
1-1/ التجارب المجرات على الخرسانة الطازجة..... 68
1-1-1/ تجربة مخروط أبرامس..... 68
1-1-1-1/ تفسير النتائج والاستنتاج..... 69
1-1-2/ تجربة طاولة الاهتزاز..... 70
1-1-2-1/ تفسير النتائج والاستنتاج..... 71
1-2/ التجارب المجرات على الخرسانة الصلبة..... 71
1-2-1/ تجربة الانكماش..... 71
1-2-2/ نتائج اختبار الانكماش..... 73
1-2-2-1/ المقارنة 1: نفس الرمل ونفس E/C مع تغيير الأوساط..... 73
1-2-2-2/ تفسير النتائج والاستنتاج..... 74
1-2-2-3/ المقارنة 2: نفس الرمل ونفس الوسط مع تغيير E/ C..... 75
1-2-2-4/ تفسير النتائج والاستنتاج..... 78
1-2-2-5/ المقارنة 3: نفس E/C ونفس الوسط مع تغيير الرمل..... 79
1-2-2-6/ الاستنتاج وتحليل النتائج..... 82
الخاتمة..... 83
الخلاصة العامة..... 85
قائمة المراجع..... 90
الملاحق..... v

قائمة الأشكال

الشكل (I-1): العلاقة بين نسبة (م/س) ومقاومة الخرسانة..... 9
الشكل (II-1): أبعاد حبيبة الركام..... 32
الشكل (II-2): اختبار مكافئ الرملي..... 35
الشكل (II -3): المراحل المختلفة للرطوبة في الركام..... 38
الشكل (II -4): يوضح شكل الحبيبات..... 40
الشكل (II-5): تأثير نسبة G/C على مقاومة الخرسانة..... 41
الشكل (III-1):يوضح مجال مسموح به في الشكل الحبيبي للحصى..... 47
الشكل (IV-1) : شكل تخطيطي لجهاز قياس الانكماش..... 69

قائمة الجداول

الجدول (I-1): يوضح أنواع الإضافات واستخداماتها..... 7
الجدول (I-2): تقييم حالة لخرسانة بواسطة هبوط مخروط أبرامس..... 17
الجدول (I-3): انسياب الخرسانة بواسطة طاولة الاهتزاز بالسنتيمتر..... 19
الجدول (I-4): صنف الخرسانة بدلالة زمن التشغيلية..... 20
الجدول (I-5): تقييم درجة تشغيلية الخرسانة بعامل الدمك..... 21
الجدول (II -1): القيم المحددة العليا لمعامل التسوية..... 33
الجدول (II -2): يوضح المواصفات المتعلقة بنظافة الرمال..... 35
الجدول (II -3): محتوى دقائق (F) من الكسر 0/4مم 36
الجدول (II -4): القيم المحددة (Vb) و(Ps)..... 36
الجدول (II -5): يوضح القيم العليا المحددة لمعامل امتصاص الماء..... 38
الجدول (II -6): يوضح القيم العليا المحددة لمعامل لوس انجلوس..... 39
الجدول (III-1): يبن قيم الكتلة الحجمية الظاهرية والكتلة الحجمية المطلقة للحصى..... 44
الجدول (III-2): التدرج الحبيبي للحصى G:3l8..... 46
الجدول (III-3): التدرج الحبيبي للحصى G:8l15..... 46
الجدول (III-4): التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأصفر..... 50
الجدول (III-5): التحليل الحبيبي لرمل جامعة الأحمر..... 51
الجدول (III-6): التركيبة الكيميائية للإسمنت المستعمل..... 53
الجدول (III-7): يوضح الخصائص الفيزيائية للإسمنت المستعمل..... 54
الجدول (III-8): يلخص نتائج الاختبارات الفيزيائية على الاسمنت..... 55
الجدول (III-9): يظهر مقاومة الشد والضغط..... 55
الجدول (III-10): تحديد نسب كل من الرملين والحصى بنوعيه..... 58
الجدول (III-11): يوضح نسب الماء وكمية المواد الجافة في كل خلطة خرسانية..... 63
جدول (IV -1): يوضح تقدير الهبوط بواسطة مخروط أبرامس..... 66
جدول (IV -2): يوضح انسياب الخرسانة بطاولة الاهتزاز..... 68

قائمة الصور

الصورة (I -1) فئات الخرسانة بواسطة مخروط أبرامس..... 17
الصورة (I -2) توضح اختبار طاولة الاهتزاز..... 19
الصورة (I -3) توضح مراحل تجربة زمن التشغيلية..... 20
الصورة (I -4) جهاز اختبار عامل الدمك..... 21
الصور (II -1-2-3) توضح أشكال الركام الطبيعي..... 29
الصورة (II -4) توضح الركام الصناعي..... 30
الصورة (II -5) توضح الركام المعماري..... 30
الصورة (III -1) توضح الكتلة الحجمية الظاهرية للحصى..... 43
الصورة (III -2) توضح الكتلة الحجمية المطلقة للحصى..... 44
الصورة (III -3) التحليل الحبيبي للرمل..... 49
الصورة (III -4) توضح تجربة المكافئ الرملي بعد الرج وبعد عشرين دقيقة للرملين..... 53
الصورة (IV -1) توضح هبوط الخرسانة في اختبار مخروط أبرامس..... 66

قائمة المنحنيات

المنحنى (III-2): يوضح النسب المارة لرمل جامعة الاصفرMf=2.16..... 50
المنحنى (III-3): يوضح النسب المارة لرمل جامعة الاحمرMf=2.3..... 51
المنحنى (III-4): يوضح تحديد نسب المواد المستعملة في خرسانة رمل جامعة الأصفر..... 58
المنحنى (III-5): يوضح تحديد نسب المواد المستعملة في خرسانة رمل جامعة الأحمر..... 60
منحنى (IV -1): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر عندE/C=0.55 مع مرور الأيام..... 70
منحنى (IV -2): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر عندE/C=0.60 مع مرور الأيام..... 70
منحنى (IV -3): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر عندE/C=0.55 مع مرور الأيام..... 71
منحنى (IV -4): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر عندE/C=0.60 مع مرور الأيام..... 71
منحنى (IV -5): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر في المخبر عند قيمتين من E/C..... 72
منحنى (IV -6): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر خارج المخبر عند قيمتين من E/C.... 72
منحنى (IV -7): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر في درجة حرارة 50° عند قيمتين من E/C..... 73
منحنى (IV -8): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر في درجة حرارة 70° عند قيمتين من E/C..... 73
منحنى (IV -9): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر في المخبر عند قيمتين من E/C..... 74
منحنى (IV -10): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر خارج المخبر عند قيمتين من E/C.. 74
منحنى (IV -11): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 50° عند قيمتين من E/C..... 75
منحنى (IV -12): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 70° عند قيمتين من E/C..... 75
منحنى (IV -13): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر داخل المخبر عند E/C=0.55..... 76
منحنى (IV -14): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر خارج المخبر عند E/C=0.55..... 76
منحنى (IV -15): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 50° عند E/C=0.55..... 77
منحنى(IV -16): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 70°عند E/C=0.55..... 77
منحنى (IV -17): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر داخل المخبر عند E/C=0.60..... 78
منحنى (IV -18): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر خارج المخبر عند E/C=0.60..... 78
منحنى (IV -19): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 50° عند E/C=0.60..... 79
منحنى (IV -20): يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 70° عند E/C=0.60..... 79

الملخص

الخرسانة تبقى المادة الأكثر استعمالا منذ القدم وهذا في الظروف الطبيعية والعادية، لما تمتاز به من تكاليف غير باهظة وسهولة صبها في القوالب ومقاومتها للعوامل الخارجية، ونظرا لأهمية الخرسانة في مجال البناء والتشييد؛ حرص الباحثون على تطويرها ودراسة خصائها خاصة الخصائص الريولوجية. حيث أصبح من الممكن التنبؤ بالخصائص الحديثة وتصميم واختبار المواد وعمليات النموذج لتحقيق الأداء المطلوب. ويمكن تطبيق مفهوم الريولوجية في دراسة الخرسانة لتحليل التشوه حيث توفر معلومات عن الخرسانة الطازجة مثل سلوك المزيج (الحركة، الانسياب، الهبوط) ووضع الخرسانة المخلوطة ووضعها في حالتها الجديدة (المتصلدة). ونظرا للارتفاع الكبير في درجات الحرارة في المناطق الجنوبية الجافة قمنا بالدراسة الريولوجية للخرسانة لمعرفة خصائصها حيث اخترنا نوعين من رمل البناء هما رمل جامعة الأصفر ذو معامل نعومة (Mf=2.16) ورمل جامعة الأحمر معامل نعومته (Mf=2.3) –ولاية الوادي-ونسبتين من الماء للإسمنت (E/C=0.55) (E/C=0.60) في4 أوساط مختلفة وسط خارجي معرض للشمس، وسط داخلي في المخبر ووسطين داخل الفرن تحت درجة حرارة 50°وتحت درجة حرارة 70°، وتم اختيار هذه الأوساط حسب حالات المناخ في المناطق الحارة طيلة السنة. وطبقنا هذه الدراسة على الخرسانة في الحالتين الطازجة والصلبة بإجراء مجموعة من التجارب وهي: في الخرسانة الطازجة أجرينا اختبار التشغيلية في تجربتين مخروط أبرامس وطاولة الاهتزاز اما في الخرسانة الصلبة قمنا بدراسة الانكماش وتأثيره المباشر عليها في هذه المناطق مطبقة على 48 عينة موشورية ذات ابعاد (7×7× 28سم). والهدف من هذه الدراسة هو دراسة الخصائص الريولوجية للخرسانة، وتأثير الحرارة والأوساط المناخية والتغير في نسبة الماء المضافة على نوعين من الخرسانة؛ خرسانة متكونة من رمل جامعة الأحمر وخرسانة متكونة من رمل جامعة الأصفر، استنادا على طبيعة المناخ في المناطق الصحراوية الجافة. وفي الأخير تحصلنا أحسن النتائج في التشغيلية والانكماش بالنسبة للخرسانة المكونة من رمل جامعة الأحمر عند نسبة (E/C=0.55).

الكلمات المفتاحية:

الخرسانة، رمل جامعة الأصفر، رمل جامعة الأحمر، الانكماش، التشغيلية، الخصائص الريولوجية.

Summary

Concrete has remained the most widely used material for a long time in normal and natural conditions, due to its low cost, ease of pouring into molds and resistance to external factors. Given the importance of concrete in the field of building and construction; the researchers were keen to develop it and study its characteristics، especially the rheological Properties. It is now possible to predict modern properties, design and test materials, and Model processes to achieve desired performance. The concept of rheology can be applied in the study of concrete to analyze deformation, as it provides information about fresh Concrete, such as the behavior of the mixture (movement, flow, slump) and the placement of the mixed concrete and placing it in its new condition (hardened). In view, the high Temperature in the dry southern regions, we conducted a rheological study of concrete to find out its properties. We chose two types of construction sand, namely, Djama'a yellow sand with its fineness coefficient (FC = 2.16) and the red sand of Djama'a with its fineness coefficient (FC = 2.3) - El-Oued - and two percentages of Water for cement (W/C =0.55) (W/C=0.60) in 4 different environments, an outdoor environment exposed to the sun, an indoor environment in the laboratory and two environments inside the oven at a Temperature of 50° and below a temperature of 70°, and these environments were selected according to the climatic conditions of the hot zones throughout the year. We applied this study to fresh and solid concrete by conducting experiments: In fresh concrete، we performed workability test in two experiments، namely Abrams cone and vibrating table. As for solid concrete، we have studied shrinkage and its direct effect on it in these areas. Applying it to 48 prismatic samples with dimensions (7×7×28cm).the aim of this study is to study the rheological properties of concrete، the effect of climatic conditions and the difference in the percentage of water added to two types of concrete :concrete consisting of Djama'a red sand and sand Djama'a yellow ،based on the nature of the climate in the dry desert areas. Finally ،we obtained the best results in terms of workability and shrinkage of red Djama'a sand with a (W/C=0.55).

Key words:

Concrete، Djama'a yellow sand، Djama'a red sand، shrinkage, workability, rheological properties.

Résumé

Le béton est le matériau le plus utilisé depuis l'Antiquité et ce dans les conditions naturelles est normales ‹en raison de son faible coût‹ de sa facilité de coulage dans les moules et de sa résistance aux facteurs extérieures.vu l'importance du béton dans le domaine du bàtiment et de la construction‹les chercheurs ont eu à cœur de développer et d'étudier ses caractéristiques, notamment ses propriétés rhéologiques. Il est désormais possible de prédire les propriétés modernes, de concevoir et de tester des matériaux et de modéliser des processus pour obtenir les performances souhaitées. Le concept de rhéologie peut être appliqué dans l'étude du béton pour analyser la déformation, car il fournit des informations sur le béton frais, telles que le comportement du mélange (mouvement, écoulement, affaissement) et la mise en place du béton mélange et sa mise en place état neuf (durcissement). Compte tenu de la température élevée dans les régions sèches du sud. Nous avons fait l'étude rhéologique de béton pour connaitre ses propriétés nous avons choisi deux types de sable de construction à savoir le sable jaune de Djama'a avec son module de finesse (Mf=2.16) et le sable rouge de Djama'a avec son module de finesse (Mf=2.3) -EL-Oued- et deux pourcentages de eau sur ciment (E/C=0.55), (E/C=0.60) dans 4 environnements différents, un environnement extérieur exposé au soleil, un environnements à intérieur en laboratoire et deux environnements à l'intérieur dufour à une température de 50° et une température de 70°, et ces milieux ont été choisis en fonction des conditions climatiques des régions chaudes tout au long de l'année. Nous avons appliqué cette étude au béton frais et solide en menant des expériences: Dans le béton frais, nous avons réalisé un test d'ouvrabilité dans deux expériences, le cône d'Abrams et la table vibrante. Quant au béton durcis, nous avons étudié le retrait et son effet direct sur celui-ci dans ces zones, en appliqués à 48 échantillons prismatique des dimensions (7 x 7 x 28 cm).le but de cette étude est d'étudier les propriétés rhéologiques du béton, l'éffet de la température des conditions climatiques et la différence du pourcentage d'eau ajoutée à deux types de béton: béton constitué de sable rouge Djama'a et de sable jaune Djama'a ‹basé sur la nature du climat dans les zones désertiques sèches. Enfin, nous avons obtenu les meilleurs résultats en termes d'ouvrabilité et de retrait du sable rouge Djama'a avec un E/C=0.55.

Mots clés :

Béton, sable jaune de Djama'a, sable rouge de Djama'a, retrait, l'ouvrabilité, propriétés rhéologiques.

مقدمـــــة عامـــة

مقدمة عامة

إذا ما نضرنا من حولنا الى المباني والمنشئات الهندسية المتنوعة كالأبنية السكنية والمدارس والسدود وغيرها ; نجد ان الخرسانة عنصر أساسي تقوم عليه صناعة التشييد وهي مادة انشائية تنتج من خلط عدة مواد طبيعية مثل الركام (الرمل والحصى) والماء، وصناعية مثل الاسمنت والاضافات. وبإحصائيات بسيطة نجد انها أكثر المواد استهلاكا في العالم وذلك راجعا لتوفر المواد اللازمة لتصنيعها ورخص تكلفتها وصيانتها وقدرتها على تحمل الاحمال وعوامل المناخ، مما جعل الباحثين ومهندسي البناء يسعون الى تطويرها وتحسين خصائصها وخصائص مكوناتها. تعتمد جودة الخرسانة على مكوناتها التي لها تأثير على سلوكها في الحالة الطازجة (قابلية التشغيل) وأدائها في الحالة المتصلبة ومتانتها بمرور الوقت(الانكماش، النفاذية، وما الى ذلك). ونضرا لكثرة استعمالها في المناطق الجنوبية الجافة أجريت دراسات واختبارات عليها لمعرفة مدى تأثير عوامل المناخ على أهم خصائصها الريولوجية (قابلية التشغيل، الانكماش، سهولة التنفيذ ومقاومتها لدرجات الحرارة العالية) .

الهدف:

لذلك خصصنا دراستنا هذه للبحث البيبليوغرافي والدراسات التجريبية حول هذا الموضوع ودراسة خصائص الخرسانة في حالتيها الطازجة والصلبة وتأثير عاملي الحرارة ونسبة الماء للإسمنت E/C على خصائصها الريولوجية بناء على رملي جامعة الأصفر والاحمر في أوساط مختلفة من درجات الحرارة وقيمتين مختلفتين من نسبة الماء للإسمنت (E/C=0.55)، (E/C=0.60) بهدف دراسة تأثير الأوساط المناخية على أكثر من نوع من الخرسانة بحكم طبيعة المناخ في المناطق الجافة.

مخطط العمل:

قمنا بتقسيم المذكرة الى أربعة فصول وهي:

- الفصل الأول: تطرقنا فيه الى عموميات والخصائص(الريولوجية) للخرسانة.
- الفصل الثاني: خصائص الركام وتأثيره على الخرسانة.
- الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وتركيبة الخرسانة.
- الفصل الرابع: الاختبارات التجريبية ومناقشة وتحليل النتائج.
- وفي الأخير قدمنا تحليل النتائج وخلاصة عامة على ذلك اعتمادا على ما تحصلنا عليه من نتائج.

الجـــزء النظـــري

الفصل الأول

عموميات والخصائص (الريولوجية)

للخرسانة

مقدمة

الخرسانة عبارة عن مادة مركبة مكونة من: الاسمنت، الحصى، الرمل، وأحيانا اضافات (إضافات، محسنات) تهدف إلى تحسين العديد من خصائصها أهمها الخصائص الريولوجية والتي تتأثر بطبيعة مكوناتها ونوعها وتدرجها وشكلها وجودتها ومحتوى الماء وخصائص الاسمنت والتي تؤثر على سلوكها في الحالة الطازجة (قابلية التشغيل الانكماش) .

توفر دراسة ريولوجيا الخرسانة معلومات عن خصائص الخرسانة الطازجة مثل التشوه وسلوك المزيج ووضع الخرسانة المخلوطة حديثا ووضعها في حالتها الجديدة أي في جميع حالاتها (الطازجة والمتصلبة).

لذلك تطرقنا في هذا الفصل الى عموميات ودراسة نظرية حول الخصائص الريولوجية للخرسانة.

1/ عموميات حول الخرسانة:

1-1/ نبذة عن تاريخها:

عرف عن طريق الأبحاث أن أول من استعمل الخرسانة كمادة أساسية في البناء هم الرومان باسم betunium، ووجد الكثير من الباحثين أن أول استعمال فعلي للإسمنت كمادة رابطة كان في إيطاليا في القرن الثاني قبل الميلاد ، حين عثر على نوع خاص من الرمل البركاني (البوزولان) بالقرب من خليج نابولي في إيطاليا.**[1]**

حيث أستعمل هذا الرمل كمادة أولية في صناعة الإسمنت وكذلك كمادة لدمج الصخور معا لتتشكل بعدها خرسانة عن طريق التفاعل الكيميائي لرمل البوزولان مع الجير والماء لتتصلب وتنتج كتلة شبيهة بالصخر، وقد استعمل الرومان هذا الخليط لبناء الجسور والأحواض المائية وقنوات الصرف الصحي والمباني وغيرها وتشبه الخرسانة الرومانية خرسانة الاسمنت البورتلاندي الحديثة، إذ أنها لم تكن مادة لدنة سهلة القولبة.**[1]**

كما يجسد معبد البانثيون وقبته الصامدان لحد الآن العمارة الرومانية بأبهى صورها، ويعد نموذج للخرسانة الرومانية وكان قد انتهى انشاؤه سنة 217 بعد الميلاد. **[2،1]**

و في القرن التاسع عشر ميلادي و بالتحديد عام 1820 م حصل أول استعمال حديث للخرسانة على يد الإنجليزي جوزيف آسبن أين تحصل على براءة اختراع إسمنت محسن سماه (الإسمنت البورتلاندي) نسبة للحجر الطبيعي المصدر في جزيرة بورتلاندا ، ومازال الاسمنت البورتلاندي الأكثر شيوعا واستخداما في صناعة الخرسانة الحديثة الى يومنا هذا. **[3،1].**

1-2/ تعريفها:

تعتبر الخرسانة المادة الرئيسية الداخلة في صناعة البناء وتشكيل العناصر الإنشائية ضمن المنشآت وهي عبارة عن خليط غير متجانس من الركام بأحجامه المختلفة والاسمنت والماء ويمكن إضافة بعض المواد الأخرى (الإضافات)للحصول على خواص معينة.**[4]**

كما أنها مادة اقتصادية سهلة الصب في القوالب، مقاومة للحرائق و قوى الضغط ، وهاته الخصائص ضمنت لها حصة كبيرة في مجال الإنشاءات لحد الآن ، لكن مقاومتها الضعيفة لقوى الشد والتي تسمح بسهولة انكسارها و قابلية

حدوث التشققات هو ما دفع الاختراع الخرسانة المسلحة سنة 1784 م، و ذلك من خلال تسليحها بقضبان فولاذية لرفع مقاومة الشد لديها و الحد من التشققات و انتشارها. **[5]**

1 -3/ مكونات الخرسانة:

1-3-1/ الاسمنت: :[1،29]

الإسمنت هو مادة ناعمة ولاصقة إذا أضيف لها الماء تتحول إلى عجينة إسمنتية طرية، ثم تتحول بعد فترة من الزمن إلى مادة لاحمة، وتكتسب مع الوقت مقاومة خصوصا إذا وضعت في الماء (ولذلك يسمى بالإسمنت الهيدروليكي) 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.

1-3-1-1/ أنواع الإسمنت: [1،7،29]

هناك أنواع عديدة من الإسمنت، من أهمها وأكثرها انتشاراً في العالم الإسمنت البورتلاندي:

1-3-1-1-1/ الاسمنت البورتلاندي العادي:

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

1-3-1-1-2/ الاسمنت البورتلاندي الأبيض:

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

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

وتمتاز هذه النوعية بقدرة عالية على مقاومة تأثير الاملاح والكبريتات.

ويستعمل في الإعمال الخرسانات المعرضة للمياه التي تحتوي على نسب عالية من الأملاح والكبريتات خاصة في الأساسات والأعمال البحرية.

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

1-3-1-1-4/ الإسمنت البورتلاندي مبكر المقاومة العالية:

بحيث يفرق عن الاسمنت البورتلاندي العادي في أنه يستغرق فقط 3 أيام للحصول على أعلى مقاومة بينما يعرف أن الإسمنت العادي يحتاج إلى 28 يوم لبلوغها.

1-3-1-1-5/ الاسمنت 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 ونستخدم هذا النوع في أغراض خاصة متجنبين بذلك الانبعاث الكبير للحرارة، والذي حتما سيتسبب في إحداث شروخ في الخرسانة، وذلك بالطبع يكون عند الحاجة إلى صب كتلة خراسانية كبيرة كما في السدود وخالفها. **[8]**

1-3-2/ الركام : [1،13]

وهو عبارة عن حبيبات صلبة من الرمل والحصى والزلط وكسر الصخور الكبيرة وحسب تدرجه الحبيبي نجد صنفين:

1-3-2-1/ الركام الكبير (الحصى) :

تنطبق 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.

1-3-2-2/ الركام الصغير (الرمل):

يجب أن يتوفر على تدرج حبيبي مناسب، خال من المواد الناعمة الطينية أو العضوية أو الاملاح (لأنها تؤثر سلبا على قوة الخرسانة) ويقصد 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.

1-3-3/ الماء: [9]

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

1-3-4/ حديد التسليح: [1]

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 32مم) لاستخدامه في الأجزاء المختلفة من المنشآت.

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

1-3-5/ الاضافات: [7،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

1-3-5-1/ 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 والفائدة التي تعود منها.

ألا تقل مقاومة الخرسانة وتماسكها مع حديد التسليح نسبة 85٪ من القيم الأساسية لها في حالة عدم استخدام الإضافات.**[15]**

1-3-5-2/ أنواع الإضافات:

أنواع الإضافات كثيرة جدا، نذكر منها**:**

الجدول (I -1) يوضح أنواع الإضافات واستخداماتها

نوعها	تعريفها	استخداماتها
إضافات تعجيل الشك:	هي مواد تستخدم للحصول على مقاومة مبكرة عالية للخرسانة	- توفير الوقت اللازم لتنفيذ المنشآت. - إزالة القالب مبكرا.
إضافات إبطاء الشك:	هي مواد تستخدم بفرض تأخير الشك الابتدائي أو النهائي الاسمنت	- صب الخرسانة في الأجواء الحارة حيث يكون شك الاسمنت سريعا بسبب حرارة الجو التي تسرع من تفاعله مع الماء. - الحاجة إلى عمل تشكيلات إضافية لسطح الخرسانة مما يتطلب بقاء الخرسانة لدنة مدة أطول.
إضافات تحسين القابلية للتشغيل: **[16]**	هي مواد تستخدم بغرض تحسين قابلية التشغيل الخرسانة دون إضافة الماء الن إضافته بزيادة تقلل من المقاومة.	- عند وجود تسليح كثيف - عند استخدام المضخات في رفع الخرسانة

إضافات الهواء المحبوس:	هي مواد تستخدم بغرض إحداث فراغات دقيقة داخل الخرسانة وذلك للحصول على خرسانة خفيفة	- تستخدم عند الحاجة لخرسانة خفيفة الوزن في عمل تشكيلات زخرفيه أو في جدران المنشآت. - لا تستخدم في الأجزاء الأساسية من الهياكل الإنشائية للمباني (لان الفراغات داخل الخرسانة تقلل من مقاومتها.)
إضافات تقليل النفاذية:	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.	- في الجسور إلي تنفذ فوق مياه البحار والأنهار. - في المنشآت الخراسانية المعرضة لنسبة عالية من الرطوبة(القريبة من شواطئ البحار.) - في خرسانات الخزانات.

1-4/ مراحل صناعة الخرسانة

مدخل:

تمر صناعة الخرسانة بعدة مراحل حتى تصل الى شكلها النهائي.

1-4-1/ مرحلة تصميم الخلطة الخرسانية: [1،7،17]

1-4-1-1/ تعريفها:

مرحلة تصميم الخلطة الخرسانية تعني المرحلة التي يتم فيها تحديد نسب خلط المواد المكونة للخرسانة بحيث تعطي المقاومة المطلوبة.

- نسب الخلط الشائعة الاستخدام للخرسانة العادية هي (0.8م^3 من الحصى +0.4م^3 رمل+250 كغ اسمنت+(160-180) لتر من الماء).

وهذه الخلطة تعطي مقاومة للخرسانة لا تقل عن 250 كجم / سم^2 بعد 28 يوم.

بينما في الخرسانة المسلحة تزداد نسبة الاسمنت الى 350كجم بدلا من 250 في الخرسانة العادية وهذه الخلطة تعطي مقاومة للخرسانة لا تقل عن 250كجم/سم^2 بعد 28 يوما.

1-4-1-2/ العوامل التي تؤثر على مقاومة الخرسانة في مرحلة التصميم: [7،1]

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

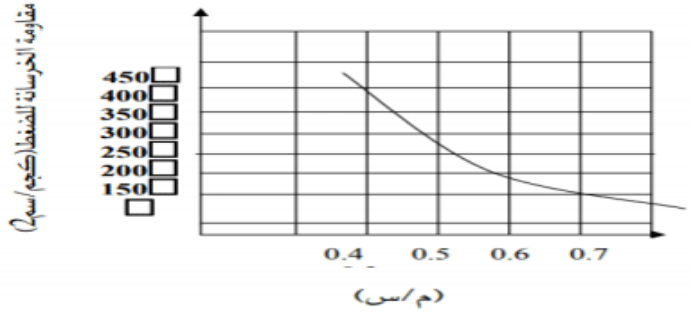
الماء الذي نستخدمه في الخلطة الخراسانية ينقسم على حسب دوره أو فعاليته إلى قسمين:

1 -الماء الفاعل في عملية التفاعل الكيميائي مع الإسمنت وهي النسبة المثالية للحصول على أعلى قيمة للمقاومة في الخرسانة ، بحيث إذا استعملنا نسبة أقل لن نتحصل على اللدونة المطلوبة للربط .

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

- وعليه فالمقصود بالنسبة (م/س) 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)



الشكل (I -1) العلاقة بين نسبة (م/س) ومقاومة الخرسانة

1-4-1-2-2/ نسبة الاسمنت الى الركام:

كلما زادت نسبة الاسمنت إلى الركام زادت قوة الخرسانة .

ويستخدم عادة :

- 7اكياس إسمنت لكل ($m^3$1) من الركام الخليط للخرسانة المسلحة.

- 5أكياس إسمنت لكل ($m^3$1) من الركام الخليط للخرسانة العادية.

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

كلما زادت هذه النسبة تزيد قابلية الخرسانة للتشغيل.

1-4-1-4-2/ نسبة الركام الكبير الى الركام الصغير:

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

ومن المهم جدا مراعاة التدرج الحبيبي من الركام الصغير والكبير وذلك لتقليل الفراغات داخل الخرسانة وبالتالي الحصول على خرسانة قوية.

1-4-2/ مرحلة الخلط:

1-4-2-1/ 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.

1-4-2-2/ 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 جيدا .

1-4-3/ مرحلة الصب:

1-4-3-1/ تعريفها:

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

- ويتم ذلك إما يدويا بواسطة العمال أو ميكانيكيا بواسطة مضخات الخرسانة.

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

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

2- يجب أن يتم الصب في أقصر وقت ممكن بعد خلط الخرسانة ألن 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 الخراسانية وتهبط إلى أسفل بينما تصعد العجينة الإسمنتية إلى أعلى).

4ذ- يجب دمك الخرسانة أثناء الصب ميكانيكيا بالهزازات وذلك لطرد الهواء من داخل الخرسانة وبالتالي الحصول على خرسانة قليلة الفراغات وقليلة النفاذية وأكثر تحملا للعوامل الجوية وعالية المقاومة، كذلك فإن عملية الدمك تساعد على تماسك الخرسانة مع حديد التسليح. والدمك الجيد أيضا يمكننا من استخدام نسبة (م/س) 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 ألن زيادة الماء يضر بقوة الخرسانة. يمكن الحصول على خرسانة طرية بتزويدها بإضافات أثناء خلطها تعطيها 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 البد من أن يكون سطح الخرسانة القديمة نظيفا وخشنا ويرطب بالماء قبل صب الخرسانة الجديدة عليه. ويمكن الاستعانة بمواد كيميائية مثل المواد الايبوكسية للمساعدة في ربط الخرسانة الجديدة بالقديمة.

7- يجب اختيار أماكن وقف الصب بعناية حتى ال تتأثر الأجزاء الخراسانية للمنشآت ولكي نضمن سالمتها يجب ألا نقف مثال في منتصف البلاطات الخراسانية للأسقف أو منتصف الكمرات .

1-4-4/ مرحلة المعالجة: [10،1]

1-4-4-1/ تعريفها:

يقصد بمرحلة المعالجة هي المرحلة التي يتم فيها رش الخرسانة المتصلبة بالماء على فترات لمدة محددة حسب المواصفات الفنية للأجزاء الخراسانية 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 صباحا قبل الشروق ومساء بعد الغروب لمدة 7 أيام.

- في الأجواء الحارة تغطى 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.

1-5/ أنواع الخرسانة:

اخذت الخرسانة الكثير من الدراسات والبحوث نتيجة لتعدد مكوناتها وأصبح لها أنواع عديدة منها: **[10،1]**

1-5-1/ الخرسانة العادية:

وهي الخرسانة التي يدخل في تركيبتها الركام، الاسمنت والماء فقط بدون إضافة لحديد التسليح. وقد تحتوي على نوع خاص من الاسمنت يكون مقاوم للكبريتات وغيرها، كما يمكن تحسين بعض خواصها بالاستعانة ببعض أنواع المحسنات المختلفة.

والتي تستعمل في صب منشآت عليها أحمال وتصب عادة لملء الفراغات ولتثبيت التربة تحت أو حول منشآت مسلحة بالحديد.

2-5-1/ الخرسانة المسلحة:

هي خرسانة عادية مشترك معها حديد التسليح لمقاومة اجهادات الشد وتسمى مسلحة لأنها تصب مع قضبان حديدية لها إشكال 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).

3-5-1/ الخرسانة مسبقة الاجهاد:

وهي نوع من أنواع الخرسانة العادية يتم اكسابها اجهادات ضغط قبل تحميلها وهذه الاحمال كفيلة بملاقاة اجهادات الشد الناتجة من تأثير الاحمال وبالتالي لا تحتاج الى حديد تسليح.

4-5-1/ خرسانة بيضاء:

مكونة من خليط الاسمنت الابيض مع كمية من الرمل والحصى.

5-5-1/ خرسانة كسر طوب:

مكونة من خليط كسر الطوب مع كمية من الرمل والإسمنت.

- كما يوجد أنواع أخرى من الخرسانات المسلحة التي لها صفات واستخدامات خاصة مثل **:[1]**

- 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.

- والطرق المختلفة لتجهيز منتجات الخرسانة المسلحة يكسبها أسماء أخرى مثل:

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

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

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

1-6/ مزايا وعيوب الخرسانة:

كما للخرسانة مجموعة من الإيجابيات لديها أيضا العديد من السلبيات:

1-6-1/ اجابياتها: [5]

للخرسانة ايجابيات كثيرة نذكر منها:

- مقاومة للضغط.

- مقاومة للحرائق.

- مقاومة للصدمات.

- اقتصادية مقارنة ببعض المواد.

1-6-2/ سلبياتها: [5]

للخرسانة سلبيات كثيرة نذكر منها:

-ضعف مقاومة الشد.

-ضعف مقاومة الانحناء.

-ضعف مقاومة القص.

- لديها ثقل كبير.

- تشوه البيئة خال البناء والهدم.

- تطلب كميات هائلة من المواد.

- صعوبة التعديل بعد الصب.

-انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة أثناء انتاج الاسمنت.

2/ الخصـائـص (الريولوجية) للخـرسـانـة:

مدخل:

الخرسانة هي عبارة عن مواد مركبة مكونة من الاسمنت والماء والركام (الرمل والحصى) وربما يمكن إدخال إضافات أو محسنات التي تهدف إلى تحسين بعض خصائص الخرسانة من بينها الخصائص الريولوجية حيث تعتمد جودتها على مكوناتها التي لها تأثير على سلوكها (قابلية التشغيل والانكماش) وأدائها في حالتيها الطازجة والصلبة.

توفر الدراسة الريولوجية للخرسانة معلومات عن خصائص الخرسانة وخصائص موادها والتعرف على مدى ملاءمتها مع الخلطة الخرسانية للحصول على خرسانة تحقق الأداء المطلوب بعيد المدى تتلاءم مع عوامل الوسط الخارجي.

تتمثل خصائص الخرسانة العادية في قابلية التشغيل والانكماش ولتسليط الضوء على تأثير المكونات بشكل خاص على خصائص الخرسانة عند استخدام نوعين مختلفين من رمل البناء.

تخلط مكونات الخرسانة مع بعضها لبعض بنسب مدروسة تحت ظروف مناسبة لتنتج خليطا متجانسا جاهزا للاستعمال حيث يمر هذا الاخير من لحظة خلط هذه المواد الى لحظة انتهاء العمر الافتراضي بثلاثة مراحل.

2-1/ المراحل التي تمر بها الخرسانة من الخلط حتى التصلب: [1،19،20]

2-1-1/ مرحلة الخرسانة الطازجة:

مصطلح الخرسانة الطازجة يعني المزيج الرطب لمكونات الخرسانة قبل ان تبدأ في التماسك بمعنى اخر هي الحالة البلاستيكية للخرسانة وهي الفترة من إضافة الماء الى المكونات الجافة (الاسمنت والركام) حتى حدوث زمن الشك الابتدائي وتتميز الخرسانة في هذه المرحلة بسهولة خلطها ونقلها وصبها وتتم فيها عملية القولبة بسهولة .

يجب مراعاة حماية العينة من التأثيرات الجوية مثل الشمس والرياح والامطار والاتربة وذلك في الفترة بين تحضير العينة واجراء الاختبار والتي يجب ان لا تزيد عن 15 دقيقة.

2-1-2/ مرحلة الخرسانة الخضراء:

هي حالة الخرسانة خلال الفترة الزمنية بين حدوث الشك وبداية التصلد (خلال 24ساعة) وتمتاز الخرسانة في هذه المرحلة بعدم قابليتها للخلط والصب والنقل لأنها اجزائها قد بدأت بالفعل بالتماسك وتكون غير قادرة على تحمل اي الاجهادات.

2-1-3/ مرحلة الخرسانة المتصلدة (الصلبة):

وتبدأ هذه المرحلة منذ بداية تصلب الخرسانة أي عند عمر 24 ساعة تقريبا الى نهاية العمر الافتراضي لها والتي تكتسب فيها الخرسانة قوة تتيح فك القوالب وتمتاز هذه المرحلة بمزايا عديدة أهمها مقاومتها للضغط وتزايد قدرتها على مقاومة الاحمال مع مرور الزمن.

2-2/ الخواص الرئيسية للخرسانة الطازجة:[20]

للخرسانة الطازجة 4 خواص رئيسية وهي:

2-2-1/ قوام الخلطة الخرسانية:

قوام الخرسانة الطازجة يعبر عن درجة بلل الخرسانة والسيولة النسبية أي انه يبين النسبة بين كمية ماء الخلط والمواد الجافة للخرسانة، كما انه من اهم وابسط الخواص التي تساعد على التأكد من انتظامية خلطات الخرسانة الطازجة وتجانسها وضبط جودتها وذلك قبل الصب مباشرة لضمان الحصول على خرسانة ذات درجة سيولة ولدونة جيدة.

2-2-2/ الانفصال الحبيبي:

وهو انفصال مكونات الخرسانة بحيث يصبح توزيع هذه المكونات غير منتظم. ويحدث عند خلط الخرسانة عند زيادة زمن الخلط عن اللازم او عند النقل بسبب الرج والتأرجح لعربات النقل وخاصة في الخلطات المبتلة او عند الصب من ارتفاعات عالية او الدمك الزائد.

2-2-3/ النزيف (النضح):

وهو تكون طبقة من الماء على سطح الخرسانة المصبوبة حديثا بعد دمكها وتسويتها. وكثرة الدمك الذي يؤدي الى هبوط المكونات الثقيلة (الركام)الى الأسفل وصعود العجينة الاسمنتية الى الأعلى وكذلك زيادة ماء الخلط، حيث يجب استعمال كميات ماء مناسبة وعدم استعمال خلطات مبتلة جدا او بها نسبة قليلة من المواد الناعمة مثل الاسمنت.

2-2-4/ التشغيلية:

قابلية التشغيل أو القدرة على المناولة هي خاصية أساسية في الخرسانة، يمكن تعريفها على انها الخاصية التي تعتمد على سهولة خلط ونقل وصب الخرسانة وتبين درجة تجانسها بدون حدوث أي انفصال حبيبي، تساهم في سهولة تنفيذها من أجل:

- ملأ القوالب بشكل مثالي.

- التماسك مع الفولاذ.

- الحصول على وجه تقريبي من مظهر جيد. **[21]**

(قدرة الخرسانة الطازجة على التشكيل بشكل جيد في قوالب صب الخرسانة وحول التعزيزات مع الحفاظ على التجانس، في وضع جيد، وتسمى قابلية التشغيل. **[23]**

- يمكن تقييم قابلية التشغيل بطرق مختلفة وبشكل خاص عن طريق تدابير اللدونة.

- تعتمد قابلية التشغيل على العديد من العوامل وعلى الأخص مايلي:

- حجم الحبيبات وكمية العناصر الدقيقة.

- استعمال الحصى من النوع المحدب.

- تركيز الاسمنت.

- استخدام الملدنات.

تتطلب خرسانة الرمل كميات كبيرة من المياه مقارنة بالخرسانة العادية وهذا يترجم بالنسبةE/C بحيث تتباين من 0.6إلى 0.7 بينما هذه النسبة في الحالة العادية تقارب0.5، وهذه الخاصية تعود إلى نعومة الخليط الكبيرة.**[29]**

تتأثر قابلية التشغيل للخرسانة بحجم الحبيبات و شكلها و بكمية الاسمنت و الماء.**[24]**

ومع ذلك لا يمكن زيادة كمية الماء إلى ما وراء قيمة معينة لغرض وحيد ألا وهو تحسين قابلية التشغيل. التماسك القوي للخرسانة يقلل من مخاطر الانفصال، ولكنه يجعل من الصعب اختراق القوالب.**[23]**

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

- العوامل المؤثرة على قابلية التشغيل للخرسانة:[20]

1-الركام:

وتشمل المواصفات التالية:

مقاس الركام: زيادة نسبة الرمل تزيد من الاحتكاك وبالتالي تزيد صلابة الخلطة.

شكل حبيبات الركام: الحبيبات المدورة أكثر قابلية للتشغيل بينما الحبيبات الزاوية والمفلطحة والغير منتظمة صعبة التشغيل.

حالة السطح: تقل درجة التشغيل بسبب خشونة السطح مثل حالة الأحجار المكسرة.

المقاس الأقصى للركام: ازدياد حجم الحبيبات يقلل من القابلية للتشغيل وممكن ذلك يكون معتمدا على كيفية صب الخرسانة وطبيعة المنشأ.

2-الاسمنت:

وتشمل الصفات التالية:

نوعه: حيث تؤثر طرق صناعة الاسمنت على التشغيلية نتيجة تغير درجة التشحيم في كل نوع.

نعومته: زيادة نعومة الاسمنت يزيد من درجة تشغيل الخرسانة ولكن تكاليف طحن وتنعيم الاسمنت مكلفة جدا بحيث لا توازي المكسب في زيادة درجة التشغيل.

خواص العجينة: نسبة الركام الى الاسمنت حيث تؤثر هذه النسبة على القابلية للتشغيل بدرجات متفاوتة تعتمد على عدة عوامل مختلفة مثل المساحة السطحية ونصف قطر الركام والحجم.

3-الماء:

في الخلطات الفقيرة من الاسمنت فان زيادة الماء لا يؤثر تأثيرا كبيرا على القابلية للتشغيل كما في الخلطات الغنية فإن زيادة الماء لها تأثير كبير وحساس على قابلية التشغيل.

4-نسبة الماء الى الاسمنت E/C:

صغر نسبة E/Cتعطي خرسانة جافة وزيادة هذه النسبة لدرجة معينة ينتج عنها خرسانة لها درجة تشغيل أفضل ولكن الزيادة الكبيرة في نسبة الماء ينتج عنها خرسانة ذات تشغيلية رديئة نظرا لسيولتها.

5-الإضافات.

6-الهواء المحبوس.

يمكن تقدير قابلية التشغيل بعديد من الاختبارات الأكثر شيوعا وهي مخروط أبرامس طاولة الاهتزاز واختبار الدمك واختبار vèbè وغيرها التي تسمح بقياس بعض خصائص الخرسانة قبل الاستعمال:

2-2-4-1/ اختبار مخروط أبرامس: [20،21،26]

بشكل عام يمكن تحديد قابلية التشغيل من خلال قياسات الاتساق (الهبوط) من خلال الارتخاء في مخروط معدني ناقص يجب قياسه و تعديله قبل أي عملية صب للخرسانة (مخروط أبرامس CONE D'ABRAMS).

وهو اختبار تجريبي يستخدم للتحقق من اتساق واستقامة الخرسانة ومعرفة قابليتها للتشغيل ومقدار كمية الماء في الخلطة وتحديد قوامها وعلى أساس الاختبار يمكن قبول الخلطة او رفضها. عن طريق تعيين قيمة الهبوط في ارتفاع الخرسانة بعد تشكلها على هيئة مخروط حيث يكون لهذا الرقم دلالة مباشرة على نسب الخلط لمكونات الخرسانة وبناء عليه يتم تحديد صلاحية الخلطة الخرسانية. ويعتبر هذا الاختبار من أفضل وسائل ضبط الجودة للخلطة الخرسانية.**[22]**

الهبوط يكون منصوص عليه في الخلطة الخرسانية (حسب الخلطة الملائمة) .

الهبوط يكون مقبولا في عناصر الهياكل الخرسانية من 6الى 12 سم حسب سمك وحجم عنصر الهيكل الخرساني وحسب موقع الخرسانة وحسب طريقة الصب.

وفي حال استعمال الإضافات الخاصة بالسيولة قد تزيد حتى 18 م او أكثر في بعض الحالات إذا اقتضت الحاجة.

- **طريقة اجراء اختبار الهبوط: [26]**

نحتاج في هذا الاختبار الى مخروط ناقص مصنوع من المعدن يبلغ ارتفاعه 30 سم ويحتوي على فتحتين واحدة سفلية بقطر 20 سم والأخرى علوية بقطر 10 سم، وقضيب دمك يكون على شكل سيخ من الصلب يبلغ قطره 1.5 سم وطوله حوالي 60 سم ونبدأ بخطوات بالاختبار كالتالي:

- نقوم بتنظيف السطح الداخلي للمخروط والتأكد من عدم وجود أي اثار خرسانة عالقة على سطح مخروط الاختبار.

- يتم وضع مخروط الاختبار على سطح افقي نظيف ومثبت جيدا ويتم وضعه بحيث تكون قاعدته الكبرى في الاسفل والصغرى للأعلى.

- نقوم بمليء المخروط بالخلطة الخرسانية على ثلاث طبقات حيث ارتفاع كل طبقة خرسانة يساوي ثلث ارتفاع المخروط تقريبا كما يتم دمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك 25 مرة ويكون الدمك موزع على السطح كما يشترط ان ينفذ قضيب الدمك الى الطبقة التي تحتها.

- بانتهاء دمك الطبقة الثالثة نكون قد أنهينا مرحلة الدمك وتسوية سطح الخرسانة مع حافة المخروط من اعلى.

- بعد ذلك نقوم بسحب المخروط الى الأعلى ببطيء وعناية شاقوليا في الاتجاه الراسي

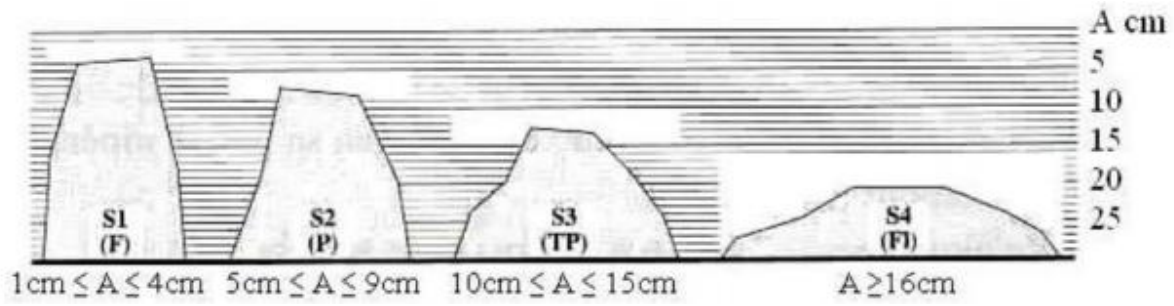
- بعد سحب المخروط بالكامل سنلاحظ هبوط الخرسانة ويتم قياس قيمة ذلك الهبوط عن طريق وضع المخروط الفارغ بجوار عينة الاختبار وتقاس قيمة الهبوط ويتم تسجيل النتائج ومطابقتها بمواصفات الخلطة الخرسانية.

- **نتائج اختبار الهبوط:**

يتم تسجيل قيمة الهبوط الفعلية للخلطة الخرسانية وتكون الخرسانة مقبولة إذا سجلت هبوط حتى 8 سم ويقبلها البعض حتى 12 سم، وتدل قيمة الهبوط التي سجلتها الخلطة على نوع قوام الخلطة الخرسانية كما موضحة في الجدول ادناه والذي يشير الى أربعة فئات من الهبوط المحدد وفقا لفئات المعيارENV 206 **[25]** وترميزات NF P 18-305. **[40]**

الجدول (I -2) تقييم حاله الخرسانة بواسطة هبوط مخروط أبرامس

القسم	قوام الخرسانة	الرمز	مقدار الهبوط (سم)
S1	صلبة	F	4-1
S2	لدنة	P	9-5
S3	جد لدنة	TP	15-10
S4	مائعة	LF	أكثر من 16



الشكل (I -2) فئات الخرسانة بواسطة مخروط أبرامس

حيث:

قيمة الهبوط (1-4) سم: خلطة صلبة.

قيمة الهبوط (5-9) سم: خلطة لدنة.

قيمة الهبوط (10-15) سم: خلطة جد لدنة.

قيمة الهبوط (اكثر من 16) سم : خلطة جد مائعة.

- وفي الواقع هنالك ثلاثة اشكال مختلفة لحالة الهبوط وهي:

- هبوط حقيقي.

- هبوط قص.

- انهيار.

2-2-4-2/ اختبار طاولة الاهتزاز:

قبل تصلب الخرسانة سهولة وضعها في القوالب أمر ضروري لربح الوقت وتفادي التشوهات الناتجة عن عملية الصب التي يصعب معالجتها لاحقا. ونقول ان الخرسانة أكثر تشغيلية إذا كانت عملية صبها في القوالب أكثر سهولة.**[28]** فتحدد قابلية التشغيل للخرسانة الطازجة على طاولة الهز بهدف قياس انسيابها وقياس قيمة ذلك الانتشار ثم الاستدلال بمسافته على نوعية البلاط ثم الحكم على التشغيلية ومن ثم تحديد نسبة الماء المناسبة بحيث تكون في مجال مقبول وجيد يمكننا من القولبة السهلة للخرسانة.**[20]**

الجهاز المستعمل : و

يسمى الجهاز بطاولة الاهتزاز Table A Chocs يتكون هذا الجهاز من: **[20]**

طاولة متحركة متكونة من جزئين: الجزء العلوي عبارة عن صفيحة حديدية بوزن 16 كغ توضع فوقها الخرسانة مثبتة من جهة واحدة بواسطة لوالب تسمح لها بالحركة عموديا حول محور التثبيت.

أما الجزء السفلي عبارة عن قاعدة حديدية صلبة مثبت عليها الجزء العلوي.

قمع حديدي سمكه أكبر من 5.1 مم بقياس:

- قطر القاعدة السفلية 200 مم

- قطر القاعدة العلوية 130 مم

- ارتفاع 200 مم

- **شـرح التجـربــة:**

- خلط الخرسانة طبقا للتركيبة المقترحة في الدراسة.

- توضع الخرسانة داخل القمع على مرحلتين بحيث تدك الخرسانة 10 مرات في كل مرحلة.

- نقوم بمسح الطاولة جيدا من بقايا الخرسانة ونقوم بتسوية الخرسانة مع نهاية القمع.

- ننتظر مدة 30 ثانية ثم نقوم بنزع القمع عموديا وبحذر.

- نقوم بعملية هز الجزء المتحرك من الطاولة بارتفاع 40 مم ونتركها تنزل على القاعدة 15 مرة بتردد 2 إلى 5 ثانية لكل ضربة.

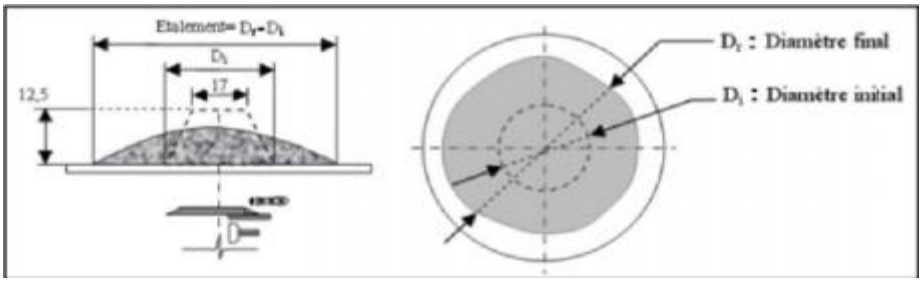
- نقيس قطر التمدد الكبير D1 والقطر العمودي عليه (التقاطع)D2 لإيجاد قيمة التمدد Eحيث:

$$E = \frac{D2 - D1}{2}$$

بشكل يتم قبول متوسط قيمة الانسياب للخرسانة على انها:

الجدول (I -4) تقييم انسياب الخرسانة بواسطة طاولة الاهتزاز بالمليمتر

صنف الخرسانة حسب التشغيلية	D/25
S1 : خرسانة صلبة جدا	من 1.1 الى 1.3
S1 :خرسانة صلبة	من 1.3الى 1.5
S1 : خرسانة مرنة	من 1.5 الى 1.7
S1 : خرسانة مائعة	من 1.7 الى 2



الشكل (I -3) يوضح اختبار طاولة الاهتزاز

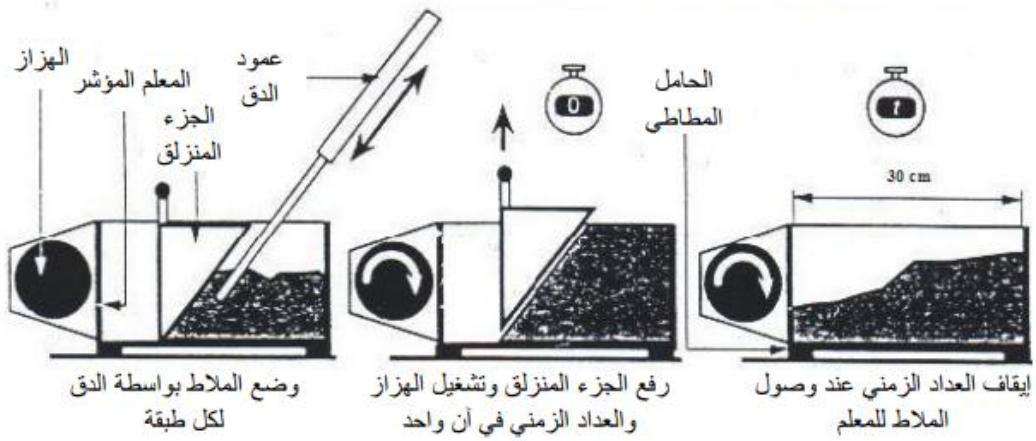
2-2-4-3/تجربة زمن التشغيلية:

تهدف هذه التجربة لقياس الوقت اللازم لسيلان كمية من الخرسانة او الملاط ثم الاستدلال بهذا الزمن على نوعية الملاط ثم الحكم على التشغيلية ومن ثم تحديد نسبة الماء المناسبة للتشغيلية المقبولة اذ ان الخرسانة الطازجة تصنف حسب زمن التشغيلية الى أربعة أصناف: خرسانة صلبة، خرسانة مرنة، خرسانة مرنة جدا، خرسانة مائعة.**[30،29]** NFP 18-45 و

[29،31] NF P 15-437

الجهاز المستعمل:

ويسمى الجهاز بالManiabilimétre كما ذكرنا سابقا وكما هو موضح في الشكل، حيث يتكون من علبة متوازية الاضلاع ذات الابعاد 30×15×15 سم موضوعة على حوامل من المطاط، وهو مجهز بهزاز وجزء منزلق يعطي إشارة انطلاق الهز عند سحبه. كما نحتاج في هذه التجربة الى خلاط منتظم من اجل تكوين الخرسانة او الملاط المراد اجراء التجربة عليه.



الشكل (I -4) يوضح مراحل تجربة زمن التشغيلية[32]

مبدأ التجربة:

- خلط الخرسانة على حسب التركيبة المقترحة.

- نملئ الحوض بالخرسانة الطازجة في الجزء الأكبر من العلبة طبقة تلو الأخرى وذلك لأربع طبقات نقوم بعملية الدق بين كل طبقة وطبقة.

بعد 4 دقائق من عملية الخلط نسحب الجزء المنزلق للجهاز لتبدأ عملية الاهتزاز.

نشغل عداد الزمن الموازي للجهاز.

نقيس الزمن tاللازم لسيلان الخرسانة حتى بلوغها الخط المرجعي.**[33]**

الجدول (I -5) صنف الخرسانة بدلالة زمن التشغيلية

صنف الخرسانة حسب التشغيلية	المدة بالثانية
خرسانة صلبة	$t \geq 40$
خرسانة مرنة	$20 < t \leq 30$
خرسانة مرنة جدا	$10 < t \leq 20$
خرسانة مائعة	$t \leq 10$

2-2-4-4/ اختبار عامل الدمك:[20]

يجرى هذا الاختبار لتحديد درجة قابلية تشغيل الخرسانة الطازجة وهذا الاختبار مبنى على أساس ان الجهد اللازم لدمك الخرسانة يعبر عن مدى القابلية للتشغيل.

- **طريقة اجراء الاختبار:**

- توضع الخلطة الخرسانية في المخروط العلوي بواسطة الجاروف ويسوى سطحها مع حافة المخروط.

- يفتح الباب الموجود في أسفل المخروط العلوي بحيث يسمح بهبوط الخرسانة تحت تأثير وزنها فقط الى المخروط السفلي.

- تكرر نفس الخطوات بالنسبة للمخروط السفلي فتمر الخرسانة الى الأسطوانة.

- بعد الانتهاء من ملئ الأسطوانة يسوى سطحها وتنظف جوانبها وحوافها الخارجية ثم توزن ويعين وزن الخرسانة المالئة للأسطوانة وهو وزن الخرسانة المدموكة جزئيا.

- يعاد ملئ الأسطوانة من نفس الخلطة الخرسانية على ستة طبقات على ان تدمك كل طبقة يدويا او ميكانيكيا حتى تملا تماما بالخرسانة ثم توزن ويعين وزن الخرسانة المالئة للأسطوانة وهو وزن الخرسانة المدموكة كليا.

$$\text{عامل الدمك} = \frac{\text{وزن الخرسانة المدموكة جزئيا(نتيجة هبوطها)}}{\text{وزن الخرسانة المدموكة كليا(نتيجة دمكها)}}$$

وبمعرفة عامل الدمك يمكن تحديد درجة القابلية للتشغيل ويعتبر اختبار عامل الدمك اختبارا معلميا غير مناسب لموقع العمل الا في المنشآت الكبيرة. وتستخدم هذه الطريقة لقياس قابلية التشغيل لجميع الخلطات الخرسانية باستثناء خلطات منخفضة القابلية للتشغيل والخلطات الخشنة لتعذر الحصول على نتائج دقيقة لهذه الخلطات.**[22، 23]**

الجدول (I -5) تقييم درجة تشغيلية الخرسانة بعامل الدمك

درجة التشغيلية	عامل الدمك	الهبوط	الاستعمال المناسب للخرسانة
منخفضة جدا	0.78	2.5-0	الطرق المستخدمة فيها الهز بالماكينات العادية او اليدوية.
منخفضة	0.85	5-2.5	الطرق المستخدمة فيها الهز بالماكينات اليدوية او الهز اليدوي اذا

			كان الركام مستديرا او زاويا.
متوسطة	0.92	10-5	الاسقف المدموكة باليد او الخرسانة المسلحة ذات التسليح الثقيل والمدموكة باليد او بالاهتزازات.
عالية	0.95	17.5-10	للقاطعات ذا التسليح الشديد جدا غير المناسب للهز

الشكل (I -5) جهاز اختبار عامل الدمك

2-2-4-4/ اختبار vèbè (في بي) :

ان الهدف الرئيسي من اختبار في بي على الخرسانة هو تحديد قابلية تشغيل الخرسانة المخلوطة حديثا، يعطي اختبار في بي مؤشرا على الحركة وقابلية الانضغاط للخرسانة المخلوطة حديثا ليقوم اختبار في بي بإجراء قياس الجهد النسبي لتغيير كتلة الخرسانة من شكل محدد الى اخر. وهذا حسب الاختبار من الشكل المخروطي الى الشكل الاسطواني من خلال عملية الاهتزاز.

اجراء اختبار في بي ينفذ الاجراء نفسه الذي تخضع له الخرسانة المخلوطة حديثا حيث تتميز عن باقي اختبارات التشغيلية بالتحقق من اكتمال إعادة التشكيل بصريا.

يعتبر اختبار في بي هو الأنسب لمزيج الخرسانة التي لها قيمة منخفضة جدا من قابلية التشغيل.

يتكون جهاز اختبار في بي من جهاز قياس وفقا لمعيار طرق اخذ العينات وتحليل الخرسانة، يتكون الجهاز من طاولة تهتز مدعومة ومثبتة على دعامات مرنة، كما انها تتكون من مخروط هبوط الصفائح المعدنية وتوازن الوزن وحاوية اسطوانية وقضيب حدادة حديدية. طاولة الاهتزاز لها ابعاد طولها 380 مم وعرضها 260 مم وعلى ارتفاع 305 مم، يتم دعمه على ممتص صدمات مطاطي فوق مستوى الأرضية.

يتم توفير هزاز تحت الطاولة وتشغيل هذا الهزاز كهربائيا أيضا يتم تثبيت التجميع المذكور بالكامل على قاعدة تتكون من حامل ذراع دوار.

يتم فتح قالب المخروط المتدرج من الصفائح المعدنية في كلا الطرفين ويتم وضعه في حاوية اسطوانية. ثم يتم تثبيت حاوية الأسطوانة فوق طاولة الاهتزاز بمساعدة صواميل الجناح وان المخروط المستخدم له ارتفاع يساوي 300مم وقطر علوي 200مم وقطر سفلي 100 مم.

يتم استخدام قضيب دك حديد قياسي بقطر 20 مم وطول 500 مم.**[25]**

- **خطوات اجراء تجربة في بي:**

يتم وضع مخروط تراجع الصفائح المعدنية داخل حاوية الأسطوانة الموضوعة في جهاز القياس، يمتلئ المخروط بأربع طبقات من الخرسانة كل طبقة خرسانية هي ربع ارتفاع المخروط وتدك كل طبقة بعد السكب 25 مرة بقضيب الدك القياسي، بمجرد وضع الطبقة النهائية وضغطها، يتم شطب الخرسانة لجعلها في المستوى بمساعدة مجرفة هذا يجعل المخروط ممتلئا تماما.

بعد تحضير المخروط الخرساني، يتم تحريك القرص الزجاجي المتصل بذراع التدوير ويتم وضعه في الجزء العلوي من المخروط المتدلي. يجب وضع القرص الزجاجي بحيث يلمس الجزء العلوي من المستوي الخرساني ويتم قياس القراءة من القضيب المتدرج.

يتم إزالة المخروط الاسطواني على الفور عن طريق رفع المخروط ببطيء في الاتجاه الرأسي ويتم وضع القرص الشفاف الموجود اعلى الخرسانة الى الموضع الجديد ويتم تحديد القراءة.

يتم تشغيل الهزاز الكهربائي وفي نفس الوقت يجب ان نبدأ ساعة توقف، يسمح للخرسانة بالانتشار في الحاوية الاسطوانية حتى يتم إعادة تشكيل الخرسانة باستمرار الاهتزاز.

يتم تسجيل الوقت المطلوب لإعادة التشكيل الكامل بالثواني، تعطينا قياس قابلية تشغيل الخرسانة الطازجة ويتم التعبير عن هذا الوقت بثواني في بي.

- تحضير عينات اختبارات الخرسانة الطازجة:

1- يجب ان تكون العينة المأخوذة من الخرسانة الطازجة ممثلة تماما للخلطة.

2- تكون العينة مأخوذة من أماكن متفرقة من الخلطة.

3- يجب حماية عينة الاختبار من التأثيرات الجوية مثل الشمس والرياح والامطار في الفترة بين تحضير العينة واجراء الاختبار التي يجب الا تزيد عن 15 دقيقة.

2-3/ الخواص الاساسية للخرسانة الصلبة:

2-3-1/ الانكماش:

تتطلب الحاجة الى قابلية تشغيل كافية إضافة كمية أكبر من الماء كما هو مطلوب لترطيب الاسمنت حيث يؤدي فقدان بعض هذه المياه الزائدة الى انخفاض الحجم المعروف باسم الانكماش والانكماش هو خاصية ملازمة للخرسانة حيث يعرف بانه هو تغيرات الحجم الملحوظة في الخرسانة بسبب فقدان الرطوبة في مراحل مختلفة لأسباب مختلفة.**[31]**

في حالة عدم وجود أي حمولة، تتشوه الخرسانة تلقائيا. هذه التشوهات ناتجة بشكل أساسي عن فقدان الماء الحر، عن طريق التبخر، مما يؤدي الى انخفاض في الحجم. يتم تسهيل عملية التبخر من خلال النفاذية العالية للخرسانة بسبب الفراغات الهوائية. تكون فراغات الهواء هذه أكبر بكثير في وجود الركام المسامي الذي يمتص كمية كبيرة من الماء، مما يتسبب في انكماش كبير أثناء التصلب؛ ومن هنا كان الاهتمام بدراسة الانكماش.

ويعرف الانكماش ايضا بأنه الاختلاف في الأبعاد لعنصر خراساني بسبب تدفق المياه إلى الخارج، ومن ناحية أخرى يوجد أيضا اختلاف في الابعاد بسبب دخول الماء والتي تسمى تورم (انتفاخ) كما يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار العديد من المعلمات (الأساسات) في رصيد الانكماش**[25،34،35]**

ومن بين هذه المعلمات ما يلي:

- يزداد الانكماش بزيادة تركيز الاسمنت.

- يختلف الانكماش حسب تركيز الماء.

- يزيد الانكماش عند زيادة نسبة E/C.

- الركام يعارض (يبطيء) ظاهرة الانكماش.

- يزداد الانكماش عند انخفاض الرطوبة.

- يجب مراعاة نظافة الرمل.

- أخذ الانكماش بعين الاعتبار يسمح للتباعد بين فواصل التمدد.

ويصنف الانكماش الى عدة أنواع التي تتبع بعضها البعض بداية من تصنيع الخرسانة حتى تصلبها.

2-3-1-1/ أنواع الانكماش:

2-3-1-1-1/ الانكماش في سن مبكرة قبل الاخذ:

ينتج هذا النوع من الانكماش عن فقدان مبكر لأوانه عن طريق التبخر لجزء من ماء الخلط الموجود في الخرسانة، والذي ينتج عنه انخفاض في حجم العجينة المشكلة بنسبة تتراوح بين (8% الى 12%) مقارنة مع مجموع الكميات المطلقة من اللامائية والماء.**[23]**

- مطلوب الحد من هذا الانكماش، لأنه يولد ضغوط الشد التي لا يمكن دعمها من الخرسانة، حيث يتم تمديد الخرسانة في كتلتها مما يؤدي إلى ظهور تشققات على السطح.**[35]**

2-3-1-1-2/ الانكماش طويل الأجل:

ينتج هذا الانكماش عن خروج المياه بسبب توازن الرطوبة للهيكل الخرساني مع بيئته الخارجية

2-3-1-1-3/ الانكماش الحراري:

عند التصلب تنتج الخرسانة حرارة ناجمة عن التفاعل الكيميائي بين الماء والاسمنت، و عند تبريد الخرسانة ستخضع للانكماش ومن ثم يبدأ ظهور الاجهادات وخاصة إذا كان التبريد غير منظم ،وهذا الإجهاد تتسبب في شروخ دقيقة.**[25 ،35]**

2-3-1-1-4/ انكماش الجفاف (التجفيف) :

هذا النوع من الانكماش ينتج عن خروج الماء إلى المحيط الخارجي بالخاصية الشعرية وهو غير منتظم في كل العينة وتكون الجوانب سريعة التأثر بهذا النوع من الانكماش.**[36]**

2-3-1-1-5/ الانكماش الهيدروليكي الداخلي:

يطلق عليه أيضا الانكماش الذاتي التجفيف ويعود هذا الانكماش إلى انخفاض الرطوبة الداخلية بعد استهلاك الماء بواسطة الهيدرات.**[33]**

يرتبط تطور هذا الانكماش بالجرعة الإسمنتية وكذلك حركة الترطيب لحبيبات الاسمنت ودقة جودتها بالإضافة إلى ذلك يعد الانكماش الداخلي أحد العمليات الجوهرية للخرسانة لأنه يعتمد على خواص المادة.**[10]**

2-3-1-1-6/ الانكماش اللدن: [1،36]

هو نتيجة التبخر السريع لماء الخلط للخرسانة في حالتها اللدنة عن طريق التبخر تكون الرطوبة منخفضة في المحيط وارتفاع في درجة الحرارة وقوة الرياح عن طريق الامتصاص (صب الخرسانة أو الركام) وتكون فيه الشروخ قصيرة وتظهر في اتجاهين متعاكسين في آن واحد.

2-3-1-2/ العوامل المؤثرة على الانكماش:

- كمية ماء الخلط.
- تأثير تركيز الاسمنت.
- حجم الفراغات وتوزيعها وتبخر الماء تسبب النفاذية في الخرسانة.
- العناصر الدقيقة والتي عادة ما تأتي من الركام.
- رطوبة المناخ.
- طبيعة الركام في الخرسانة.

2-3-1-3/ الحد من ظاهرة الانكماش: [35،38]

الانكماش ظاهرة مرتبطة في جزء كبير منها بحركة المياه لذلك فإن أي عامل يؤثر على توازن الماء في الخرسانة سيؤثر على انكماشها.

يعتبر خروج الماء هو السبب الرئيسي لانكماش الخرسانة وللحد من هذه الظاهرة يجب:

- استخدام قوالب غير ماصة للماء (انكماش في سن مبكرة جدا)

- الحماية من التبخر المبكر للماء.

- استخدام المواد المساعدة (الاضافات)أو منتجات المعالجة.

- تجنب جرعة زائدة من الاسمنت.

اختر توزيعا حبيبيا جيدا لأن وجود فائض من العناصر الدقيقة والشوائب (الطين، الغرين) يعزز الانكماش.

- إنشاء خرسانة مصمتة أو متراصة جدا (يتقلص أو ينقص الانكماش) وذلك عندما تكون الخرسانة أكثر إحكاما.

2-3-1-4/ قياس الانكماش: [37]

الانكماش هو ظاهرة فيزيائية كيميائية توجد بشكل منهجي في داخل الخرسانة والتي تتطور بأشكال مختلفة من وضع الخرسانة إلى الشيخوخة. إنه يتوافق مع حركة خروج الماء الزائد من الخرسانة إلى الخارج للعنصر الهيكلي.

يتم قياس الانكماش على الخرسانة بطرق مختلفة. ويمكن الحصول على معلومات حول الانكماش عبر عينات اسطوانية للخرسانة باستخدام قياس التمدد.

من اجل الدراسات المقارنة للخرسانة في المخبر غالبا ما نستخدم عينات موشورية prismatique (7×7×28) وتحسب بجهاز قياس الانكماش rétractomètres.

يمكن تشبيه ظاهرة الانكماش بتأثير خفض درجة الحرارة مما يؤدي الى تقصيرها.

2-4/ تأثير عاملي الحرارة ونسبة الماء الى الاسمنت E/C على الخصائص الريولوجية للخرسانة:[37 ،39]

تكون الخرسانة المصبوبة في درجات حرارة عالية عرضة للانكماش المفرط بسبب التبخر السريع للمياه حيث ترتفع حرارة الجو في المناطق الحارة وتتجاوز 40°-50° تحت الظل خلال فصل الصيف، وتكون مقترنة برياح سريعة جافة تزيد معدل تبخر الماء. وتزيد من معدل تفاعل إماهة الاسمنت. تقلل هذه العوامل من وقت شك الخرسانة بشكل كبير وهذا ما يؤثر سلبا على خصائص الخرسانة المتصلبة.

على الرغم من أن الماء يشكل حوالي 6/1 الى 8/1 من الوزن الكلي للخرسانة، فإن الدور الذي تلعبه هذه المياه خاصة خلال أشهر الضيف له أهمية كبيرة من حيث كمية المياه المستخدمة ودرجة حرارتها. يتم تحديد كمية الماء في خلطة الواحد متر مكعب من الخرسانة في المقام الأول من خلال مدى التشغيلية وسهولة الصب.

للحصول على قابلية تشغيل أعلى يلزم المزيد من الماء وبسبب الاماهة المتسارعة للإسمنت وفقدان الماء عن طريق التخبر، فان الخرسانة عرضة لفقدان قابلية التشغيل. لذلك يجب زيادة محتوى الماء لتعويض الفارق وتسهيل عملية الصب. لكن مجرد زيادة محتوى الماء دون زيادة محتوى الاسمنت سيؤدي الى انخفاض القوة والمتانة للخرسانة.

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

الخلاصة:

من خلال هذا الفصل الذي خصصناه لدراسة عموميات الخرسانة وفقا لمعايير محددة وتطرقنا فيه لذكر بعض الخصائص الريولوجية للخرسانة في حالتيها الطازجة والصلبة ومدى أهميتها في البناء ونستخلص ما يلي:

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.

تمكن الدراسة الريولوجية للخرسانة تقديم معلومات حول خصائص الخرسانة في حالتيها الطازجة والصلبة من خلال دراسة سلوكها وحركيتها بالتشغيلية والانسياب وقيم الانكماش، ومدى تأثير عامل الحرارة وعامل الماء للإسمنت E/C خاصة في المناطق الصحراوية المرتفعة الحرارة. قصد الحصول على خرسانة مطابقة لمعايير الانشاءات في هذه المناطق.

الفصل الثاني

خصائص الركام وتأثيره على الخرسانة

1/ مقدمة:

تتكون الخرسانة من ركام متدرج من حبيبات كبيرة وحبيبات صغيرة متماسكة مع بعضها البعض بمادة لاحمة هي عجينة الأسمنت. أي أن الخرسانة عبارة عن ركام وأسمنت وماء، ومع أن الأسمنت متفاعلا مع الماء مكونا عجينة الأسمنت المتصلدة والمسؤولة بشكل كاف عن المقاومة إلا أنه يصعب عمل وتصنيع الخرسانة من الأسمنت والماء فقط لسببين أساسيين هما:

1-التكلفة العالية.

2-والتغير الحجمي العالي لعجينة الأسمنت (الانكماش والزحف).

_ ولذلك يمكن التغلب على هذه المشاكل باستخدام الركام كعنصر أساسي متحدا مع عجينة الأسمنت ومكوِّنا للخرسانة. ويستخدم ركام الخرسانة كمادة مالئة نسبيًا لا يدخل في تفاعلات كيميائية معقدة مع الماء، نظرًا لدوره الفعال في تحديد كثير من الخواص الهامة للخرسانة.

ورغم نقص تكلفته نسبيا إلا أنه له تأثير كبير على مقاومة الخرسانة للأحمال التي تتعرض

لها وفعل العوامل الجوية المختلفة (حرارة – برودة – جفاف – بلل) وتحمل الخرسانة مع الزمن، وكذلك تأثيره المفيد جدًا في إنقاص التغيرات الحجمية الناتجة من عجينة الأسمنت ورطوبة الخرسانة.

الهدف من استخدام الركام في الخرسانة هو تحسين مقاومة المصفوفة وتقليل كمية الموثق. في الواقع فإن هذا التآزر يعطي المجاميع القدرة على التأثير على المعلمات الريولوجية والأداء الميكانيكي سواء للملاط أو الخرسانة.

2/ تعريف الركام:[13]

هو الحبيبات الصخرية في صورة رمل وزلط (ركام كبير، حصى) وهو عبارة عن مجموعة من حبيبات تتراوح قطرها ما بين 0 إلى 125 ملم وتكون على شكلين ناعمة و خشنة (الركام الناعم و الركام خشن) مصدره يكون طبيعي أو صناعي أو المعاد تدويره.**[37]**

تؤثر توزيعات حجم الجسيمات وكثافته وصلابتها وشكلها وسطحها على خصائص الملاط والخرسانة في الحالة الطازجة والمتصلبة، بالإضافة الى ذلك يجب أن تفي المجاميع المستخدمة في أعمال الهندسة المدنية بمتطلبات الجودة والخصائص المحددة لكل استخدام يجب أن تفي بشكل خاص بحالة النظافة، وهي مهمة بشكل خاص للرمال حيث يكون الطين الرقيقة محدودة للغاية.من ناحية أخرى تتميز المجاميع بخصائص مختلفة جدا اعتمادا على أصلها. لأن كل صخرة لها خصائص محددة، من حيث التركيب المعدني، والخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية، تؤثر هذه الخصائص على خصائص الخرسانة لذا من المهم أن نعرفها جيدا لضمان الامتثال للمواصفات التنظيمية.**[37]**

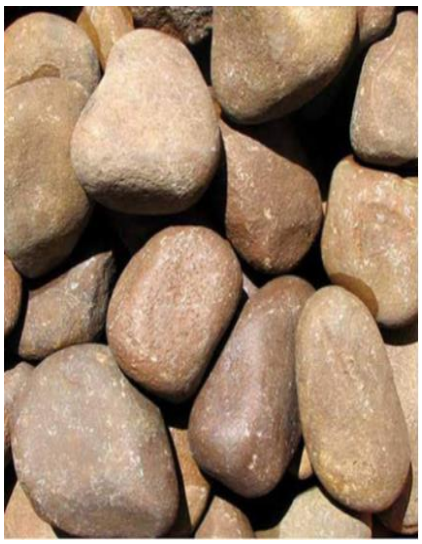
ويعتبر الركام المادة المالئة بالخرسانة تتوقف على التماسك بين العجينة الاسمنتية والركام، حيث ينبغي أن تغلف العجينة الاسمنتية بكفاءة سطح الركام المستخدم، زمن ثم نجد أن نوع الركام وشكله ونعومته ومساحته السطحية وطبيعة سطحه من العوامل الرئيسة التي تؤثر على مقاومة الخرسانة.**[23]**

3/ أنواع الركام: [1،37،45]

لدينا عدة أنواع مستعملة في الخرسانة هي ذات أصل طبيعي أو صناعي أو معاد تدويره تأتي من صخور ضخمة ولا تخضع لأي علاج غير علاج ميكانيكي «طبيعي» .

3-1-1/ ركام من مصادر طبيعية:

وهو ركام الأنهار والوديان ويستخرج هذا النوع إماعن طريق حفر المحاجر في الأودية أو الحصول عليه من الأنهار بالشفط وعادة ما يجري غسله وفصله في مجموعات حبيبية ومن ثم إعادة خلطه وتكوين الركام المطلوب منه في الأماكن الخاصة بتجهيزه وركام الكسارات يقع تكسير الصخور الطبيعية المستخرجة من المحاجر بواسطة كسارات حيث يتم الحصول على مقاسات مختلفة من الحصى والرمل. **[44]**



الصور (II -1-2-3) توضح أشكال الركام الطبيعي

3-1-2/ الركام المصنع:

- الركام الناتج كمنتج ثانوي وهو ركام ناتج بجوار إنتاج لشيء آخر مثل خبث الفرن العالي.
- الركام المنتج بواسطة التسخين الحراري مثل الطين المحروق .

الصورة(II -4) **توضح الركام الصناعي**

3-1-3/ الركام المعماري:

هو الذي يستخدم لأغراض الزينة مثل الركام الملون أو حبيبات الزجاج أو السيراميك والرخام.

الصورة (II -5) توضح الركام المعماري

لا يمكن أن يكون حجم المجاميع تعسفيا. يجب معايرته وتلبية معايير قياس الحبيبات الدقيقة التي تعتمد على استخدامها في الواقع، المعايرة هي نطاق واسع نوعا ما يتم الحصول عليه باستخدام عمليات التكسير والغربلة التي نسميها "فئة حبيبية" المعينة بالفاصل D-d .

يشير المعيار الفرنسي XP P 540-18 الى المصطلحات المعتادة للفئات الحبيبية التالية وفقا لأبعادها

الحشو0 - D حيث أن مم2> D حيث بتمرير ٪70على الأقل عند 0.063 مم.

رمل 0 - Dحيث 6.3 ≤ D>مم1.

الحصى D- dحيث $D \leq 125$ و $d \geq 1$.

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

لفئة" A" تقابل المجاميع المخصصة لإنتاج الخرسانة عالية الجودة (الهياكل أو المباني الهندسية التي لها مقاومة مميزة Rc =35 MPa)

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

الفئة "C" بالنسبة للخرسانة المعيارية.

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

❖ **اهم خصائص الركام:[1]**

1- التدرج الحبيبي: يقصد به توزيع الأحجام المختلفة لحبيبات الركام، فحدود التدرج أو أقصى حجم للركام الخشن مهم للغاية ألنهما 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 الانتاج 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 الاسمنت) المرغوب فيها. بشكل عام الحبيبات المسطحة والطويلة يجب تجنبها او يتم تحديدها ب 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 مثال اقل من المعتاد في الأجواء الرطبة ويتم قياس معدل الامتصاص عند اختيار الركام المناسب للخرسانة ،لان الركام يتكون في أجزائه الداخلية من أجزاء صلبة بالإضافة إلى فراغات لربما تحتوي على ماء وربما ال ,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 نسبه عالية من القلويات فيحدث تفاعل بين هذا الركام والقلويات ينتج عنه زيادة في الحجم تحث أحيانا بعد سنتين أو أكثر من صب الخرسانة ، وينتج عن هذه الزيادة شروخ وتفتت الخرسانة.

4/ خصائص الركام:

4-1/ خصائص التصنيع:

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

الحبيبات، شكل الركام (معامل التسطيح)، الزاوية، نظافة الرمل، نظافة الحصى. **[37،44]**

4-1-1/ التسطيح (شكل الركام):

التسطيح يتطلب استخدام الركام في الخرسانة، و كذلك في إنتاج أجسام الأرصفة و دورات ارتداء، أن يستخدم فقط أولئك الذين لديهم شكل مضغوط إلى حد ما، باستثناء الركام المسطح.**[37]**

يتم تحديد شكل الركام بواسطة اختبار التسطيح وفق المعيار NA256 ، ويتعلق هذا المعامل بشكل الركام و بعده الأكبر وسمكه، بحيث كلما كان المعامل أعلى كلما كان الركام مسطحا (بعلاقة طردية)**[44]**

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

يتميز شكل الركام بتحديد معامل التسوية AP وبالبعد الأكبر وسمكه، وهذا العامل يكون نسبة مئوية حسب وزن الحبيبة التي يزيد حجمها إلى ضعف السمك 1.58 حيث (E/G> 1.58).

يشير المعيار P X540-18 إلى نسبة الركام المخصص للخرسانة وأقصى قيم معامل التسوية AP وفقا لفئات الركام كما

هو موضح أدناه في الجدول:

الجدول (II -1) القيم المحددة العليا لمعامل التسوية

الفئة	%PA
A	20
C et B	30
D	40

2-1-4/ الزاوية:[46]

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

3-1-4/ الحبيبات:

ونعني به توزيع الأحجام المختلفة لحبيبات الركام، وبوجه أخر تحديد الحجم النسبي ومنه تحديد فئات الركام المختلفة التي تشكل العينة .ينطبق ذلك على الركام الذي يزيد حجمه عن 63 ملم أي باستثناء الحشو (الحبيبات الناعمة).**[44]**

4-1-3/ معامل النعومة«Mf» :[48،47،44]

معامل النعومة للرمل هو مؤشر له قيمة عددية تدل على تدرج الرمل الداخل بتصميم خلطة الخرسانة ولمعامل نعومة الرمل تأثير كبير على الخرسانة المصبوبة فكلما كانت قيمة المعامل صغيرة دلّ ذلك على زيادة كمية المواد الناعمة بالخلطة وزيادة المواد الناعمة بالخلطة تؤدي لظهور تشققات غير مرضية وأحيانا غير مقبولة وإذا كانت قيمته كبيرة خارج المجال فإن ذلك يؤدي لظهور التعشيش بالخرسانة لعدم وجود المرونة الإسمنتية (المورتر).

يجب أن يكون للرمل الخراساني الجيد معامل نعومة تتراوح بين 2.20 إلى 2.28.

يحسب معامل النعومة بأخذ مجموع الأوزان المتبقية على كل المناخل ويقسم الناتج على مئة كما هو موضح أدناه:

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

Mf :معامل النعومة

Rc : المتبقي المجمع (%) للغرابيل ذوي الفتحات (0.16 ، 0.315, 0.63, 1.25, 2.5, 5)

5-1-3/ نظافة الركام: [48]

وهو خلوه من المواد الضارة (الشوائب العضوية -الطين والمواد الناعمة)

ويؤدي وجودها في الخرسانة إلى:

-ضعف الخرسانة.

- تأخير تفاعل الأسمنت مع الماء.

- زيادة الانكماش (مما يؤدي إلى حدوث شروخ بالخرسانة)

ويجب إلا تتعدى كمية الطين والمواد الناعمة بالركام عن:

-3% بالوزن للرمل.

-5% بالوزن للرمل الناتج من الأحجار المكسرة.

-1% بالوزن للركام الكبير من الزلط أو كسر الزلط.

-3% بالوزن للركام الكبير من كسر الحجارة.

3-1-5-1/ نقاوة الحصى:

يتميز الحصى عموما بنظافة مرضية حيث انه وفقا للموصفات القياسية 541-18 Pيجب أن تكون النسبة المئوية للعناصر أقل من 5.0 ملم أقل من 3% **[46]**

3-1-5-2/ اختبار نظافة الرمل:

يتم التحكم في نظافة الرمال عن طريق قياس أهمية تلوث الطين في الرمال بواسطة الاختبار المعروف باسم المكافئ الرملي والاختبار المعروف باسم الميثيلين الأزرق**[46]**

- تجربة مكافئ الرمل:

هو اختبار خاص بالتربة المحببة الهدف منها هو تحديد نسبة الغبار والمواد العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة مدى نقاوته وصلاحية استعماله في الخرسانة. تتم التجربة بوزن كمية معينة من الرمل ووضعها في أنبوب اختبار مدرج به محلول غسول لا يتفاعل مع الرمل ثم نقوم برجه في حدود 30 ثانية وفي الأخير نترك الأنبوب في حالة راحة لمدة 20 دقيقة وبعدها نقوم بتعيين مكافئ الرمل**[51]**

نقوم بتحديد درجة نقاوة الرمل بالعالقة التالية:

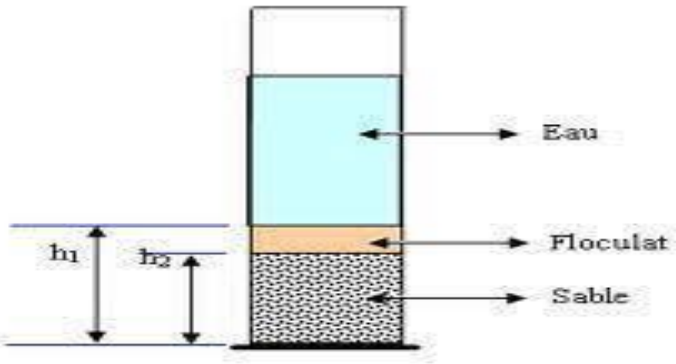
$$ES = (\frac{H_2}{H_1}) \times 100$$

ES :مكافئ الرمل

H2 : تمثل الرمل الصافي

H1: الرمل الصافي + الغبار العالق

لارتفاع H1 يتم تحديده بصريا أما H2 يتم تحديده بالمكبس.



الشكل (II -2) اختبار المكافئ الرملي

يبين الجدول الموالي طبيعة ونوعية الرمل وفقا لقيم اختبار المكافئ الرملي:

الجدول (II -2) يوضح المواصفات المتعلقة بنظافة الرمال

ل المجال ESV بالنظر	ل المجال ESP بالمكبس	معلومات عن جودة الرمل حسب قيمة المكافئ الرملي ES
ESV < 65	ESP <60	لا ينبغي أن يستخدم في إنتاج خرسانة عالية الجودة لأن لديه مخاطر تصاعد الرمال الطينية التي تسبب الانكماش والتورم (الانتفاخ)
65 < ESV <75	70 < ESP < 60	رمال طينية خفيفة يمكن قبول صناعة الخرسانة ذات الجودة العالية التي من المحتمل أن تؤدي إلى انكماش أكبر ما لم يعطي الاختبار الأزرق قيمة VB <1
75 < ESV < 85	70< ESP < 80	الرمال النظيفة ESV>75 في الواقع يجعل من الممكن الحصول على خرسانة ذات قوة عالية نسبيا ولكن النشرة 65A حددت ESV≥80لخرسانة مقاومتها أكبر من MPa30.
ESV ≥85	ESP ≥80	الرمال النظيفة جدا يتسبب المحتوى المنخفض للغاية للطين في حدوث خلل في اللدونة يجب أن يعوضه استخدام مادة اللدائن المساعدة.

الجدول (II -3) محتوى دقائق (f) من الكسر 4 / 0 مم

الفئة	النسبة المئوية (%) المارة عبر الغربال 0.08 مم
A	Ls 12
B	Ls 15
C	Ls 18
D	لا توجد مواصفات

- اختبار الميثيلين الأزرق: [50]

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 المعيار9 – NEFN 933 على الجزء من الحبيبات (0/2مم)للرمل الشائع(V_B) أو على الحشو (0/0.125) الموجود في الرمل أو الحص، بحيث أن القيمة الحدية وفق المواصفات الخرسانة الهيدروليكية تساوي 1وحسب المعيار18- PPX 540 أي القيمة الحدية التي تعادل 10%من الدقائق الناعمة(SP) بالإضافة إلى القيمة المحددة العليا لاختبار المثيلين الأزرق V_B.[20] وفقا للفئات التالية :

الجدول (II -4) القيم المحددة (V_B)و(P_s)

الفئة	% Ps		$V_{B0/D}$
	الرمل المعدل البناء	الرمل أخرى	
A	65 V_{si}	60Vsi	1 (g) V_{ss}
B,Cو D	60V_{si}	50Vsi	

3-1-6/ النظافة السطحية للركام:

يجب أن يتمتع الركام بنظافة مرضية، إذا تم طلاء الركام بكمية زائدة من جيد لعجينة الأسمنت ، مما يتسبب في انخفاض القوة .

يتم تعريف نظافة على أنها النسبة المئوية بالكتلة للجسيمات ذات الأبعاد الأقل من 0.5 مم ، ما إذا كانت هذه الجسيمات تختلط ببساطة أو تلتصق بسطح المجاميع التي تزيد عن 2 مم.**[37،50]**

يجب أن تكون نظافة السطح P أي نسبة المواد المرفوضة من الطمي و الطين التي تم تخلص منها إثناء الاختبار ≥ 1.5%في حالة الحصى الذي لم يتم سحقه و يتم رفع القيمة إلى 3الحصى و الصخور الضخمة مع درجة السحق CI≤50 وFBV≥10، FBV هو قيمة اللون الأزرق (0/ 0.125) (درجة السحق CI وهو النسبة المئوية للعناصر>Dمن الركام الموجود في المادة الأصلية المعرضة للسحق) .

3-2/ الخصائص الجوهرية:

ترتبط بصفة عامة بنوعية الصخور المستعملة وهي امتصاص الماء، الهشاشة الرمل، الكثافة الحقيقية، لوس أنجلس...

3-2-1/ الكتلة الحجمية:

الهدف منها هو معرفة الإحجام والكتلة التي تدخل في تركيبة الخرسانة. ،يجرى الاختبار لمعرفة نوع الركام و كثافته و أحجام الكتل وفقا للقواعد NFP 7 18 - 301

3-2-1-1/ الكتلة الحجمية الظاهرية:

هي الكتلة في الحالة الطبيعية للمادة مقسومة على وحدة الحجم وفي هذه الكتلة الحجمية ندخل فيها الحبيبات والفراغات وتعطى بالعلاقة التالية:

$$P_a = \frac{M_t}{V_t}$$

P_a : الكتلة الحجمية الظاهرية (غ/ سم^3)

Mt : الكتلة الكلية للعينة (غ)

Vt : الحجم الكلي للعينة (سم^3)

3-2-1-2/ الكتلة الحجمية المطلقة:

هي الكتلة في وحدة الحجم للمادة بدون الفراغات الموجودة بين الحبيبات وتعطى بالعلاقة التالية:

$$P_s = \frac{M}{V}$$

P_S : الكتلة الحجمية الظاهرية(غ/ سم^3)

M : الكتلة الحبيبات الصلبة (غ)

V: الحجم للحبيبات الصلبة (سم^3)

3-2-1-3/ الكتلة الحجمية الحقيقية للرمل:

الكتلة الحجمية الحقيقة للركام: هي كتلة الركام الجاف الذي يشغل وحدة حجم الفراغات بين الحبيبات المتباعدة عن بعضها (الحجم الحقيقي).**[37]**

3-2-2/ المسامية:

بشكل عام المسامية هي نسبة حجم الفراغ إلى الحجم الكلي يمكن تعريف المسامية أيضا على إنها حجم الفراغات لكل وحدة من الحجم الظاهري. **[49]**

وفق المعيار الفرنسي [p18-557] يتم تحديد المسامية فقط لفئات الحبوب التي يزيد حجمها عن 4 مم تحت هذا البعد تؤول المسامية نحو الصفر وتلعب دورا أقل أهمية في مجمل الحبيبات.**[37]**

3-2-3/ امتصاص الماء:

يعرف معامل امتصاص الماء بأنه نسبة الزيادة في A_b في كتلة العينة الناتجة عن التشرب الجزئي، باستخدام الكتلة الجافة للعينة لمدة 24 ساعة في الماء.

هذه التجربة معرفة بالمعيار NF P18 -555 ، نقوم بوزن عينة من الركام في الحالة الجافة ثم نغمرها في الماء حتى درجة التشبع ثم نقوم بوزنها ونتحصل على نسبة الزيادة في الوزن. **[53]**

المعيار [XP-P18-540] يشير إلى القيم العليا المحددة لمعامل امتصاص الماء وفقاً لفئة الركام.

الجدول (II -5) يوضح القيم العليا المحددة لمعامل امتصاص الماء

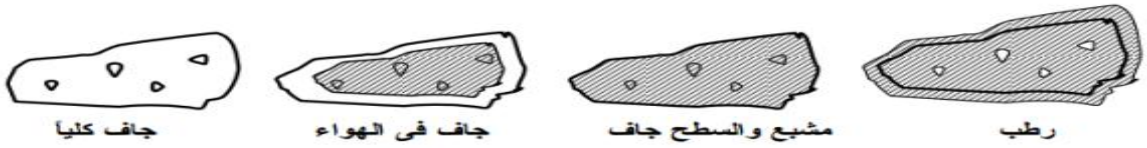
الفئة	القيم العليا المحددة % VSS
A	2.5
B	5
C	6
D	لا توجد مواصفات

- 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.**[51]**



الشكل (II -3) مراحل المختلفة للرطوبة في الركام

3-2-4/ مقاومة التفتت:

يتكون الاختبار من قياس الكتلة بالمتر للعناصر الأصغر من 1.6 مم، الناتجة عن تجزئة المادة المختبرة (بأقطار تتراوح بين 4 و50 مم) والتي تتعرض لصدمات من الكرات المعيارية، في أسطوانة آلة لوس أنجلوس في 500 دورة.[13]

إذا كانت M هي كتلة المادة قيد الاختبار وm كتلة العناصر الأصغر من 1.6 مم التي تم إنتاجها أثناء الاختبار، يتم التعبير عن مقاومة تجزئة الصدمات بواسطة المعامل L A :

$$L_A = \frac{m}{M} \times 100$$

* مقاومة تجزئة الركام تكون أفضل كلما كانت قيمة معامل لوس أنجلس صغيرة.

* المعيار [XP-P18-540] يشير إلى القيم القصوى لمعامل لوس أنجلس «LA» وفقاً لفئة المجاميع.**[54]**

الجدول(II -6) يوضح القيم العليا المحددة لمعامل لوس أنجلس

الفئة Catégorie	القيم العليا المحددة % VSS
A	30
B et C	40
D	50

3-2-5/ هشاشة الرمل:

يتم تقييم صفات الرمل عن طريق اختبار تفتيت الرمل، ويكون وفق المعيار الفرنسي P 576 - 18 ويتألف 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 (0.2-0.4)، ثم إضافة 2.5 لتر من الماء إلى اسطوانة الجهاز ميكرو دوفال يخضع الكل ل 1500 دورة، تمثل النسبة المئوية لكمية العناصر التي تقل عن 0.1 مم المنتجة أثناء الاختبار« عامل تفتيت الرمل »هذا المعامل «FS» يكون أعلى كلما كان الرمل أكثر هشاشة. **[13، 37]**

أذا كانت نسبة كبيرة يكون الرمل هش وهذا يحدده المعيار [XP-P18-540] تسمى القيم القصوى للمعامل تفتيت F_S للخرسانة الإسمنتية.[14]

3-4/ تأثير الخصائص الحبيبة على الخرسانة:

3-4-1/ حالة سطح الحبيبات:

يؤثر شكل الركام بشكل رئيسي على خصائص الخرسانة الطازجة، للحصول على تشغيلية مطلوبة، الشكل الأكثر جاذبية يقترب من المجال المحدد.

في الواقع يتطلب وضع الخرسانة زيادة في الماء لتزييت حبيبات الخليط لتحقيق قابلية التشغيل العادية وسيكون هذا الفائض من الماء أصغر حجما حيث تكون الحبوب أكثر تقريبا.

تؤثر حالة السطح للركام إلى حد ما على مقاومة الخرسانة.

الحالة السطحية للركام (الشكل والخشونة والزاوية والنظافة) لا تؤثر فقط على التصاق العجينة و المجاميع

- يرجع تأثير هذه السطوح على التماسك مع عجينة الاسمنت.
- الحبيبات ذات السطوح اللامعة تحسن قابلية التشغيل حيث تقلل الاحتكاك أثناء عملية الخلط.
- كلما زادت نسبة المسامية في حبيبات الركام قلت قوة الخرسانة. **[21]**

3-4-1-1/ شكل وملمس الركام:

يؤثر شكل الركام بشكل رئيسي على خصائص الخرسانة الطازجة، للحصول على التشغيلية مطلوبة.

الحبيبات المستديرة أكثر قابلية للانضغاط والكبس عن مثيلاتها من الحبيبات الزاوية، ويؤثر شكل حبيبات الركام على النسبة المئوية للفراغات ومن ثم الكمية المطلوبة من عجينة الاسمنت.

تؤثر خشونة السطح الكلي على مقاومة الخرسانة، يتميز الركام المسحوق بسطح خشن على شكل الزاوية . ممايضمن التصاق أفضل لمعجون الاسمنت – الركام وبالتالي مقاومة أفضل للخرسانة المنتجة. **[31]**

3-4-1-2/ نظافة السطح:

الركام المغلف بالشوائب مثل الطين الناعم أو الجزيئات السائبة الأخرى على سطح الحبوب.

الشوائب التي يمكن أن تؤثر على جودة الخرسانة والتصاق المعجون الاسمنت ومنها الخبث والفحم وجزيئات الخشب ولأوراق وشظايا الجذور.**[49]**

3-4-2/ البعد الأقصى« D» :

يجب أن يسمح الركام المستخدم في تصنيع الخرسانة بإنتاج هيكل حبيبي بحد أدنى من الفراغات.

لذلك من الضروري استخدام مجاميع من جميع الأحجام بحيث تملأ أصغر العناصر الفراغات التي خلفتها الأحجام الأكبر.

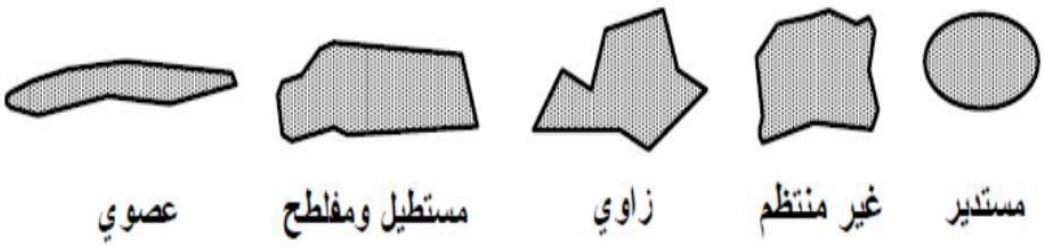
بالإضافة إلى ذلك فإن البعد للركام محدود بعدة اعتبارات تتعلق بالهيكل الخراساني، وهي سماكة الجزء والمسافة بين التعزيزات وكثافة التعزيز وتعقيد القوالب وإمكانية وفعالية اللقط أثناء التنفيذ وخطر الفصل.**[54]**

تأثير الإزالة محدود باستخدام الركام الخشن، الانكماش المقاس على الخرسانة أقل من المقاس على الملاط.

3-4-3/ الحبيبة:

إن الحبيبات التي تكون نسبة مساحتها السطحية إلى حجمها عالية مثل (الحبيبات الرقائقية والمستطيلة) تقلل من قابلية تشغيل الخلطة الخراسانية ومتانتها لان هذه الحبيبات تميل للتوجه في مستوي واحد مع تشكيل ماء وفجوات هوائية تحتها ويجب أن لا تزيد نسبتها عن 15-10 % من وزن الركام الخشن.**[43]**

يمكن تصنيف الركام نسبة إلى شكل حبيباته إلى:

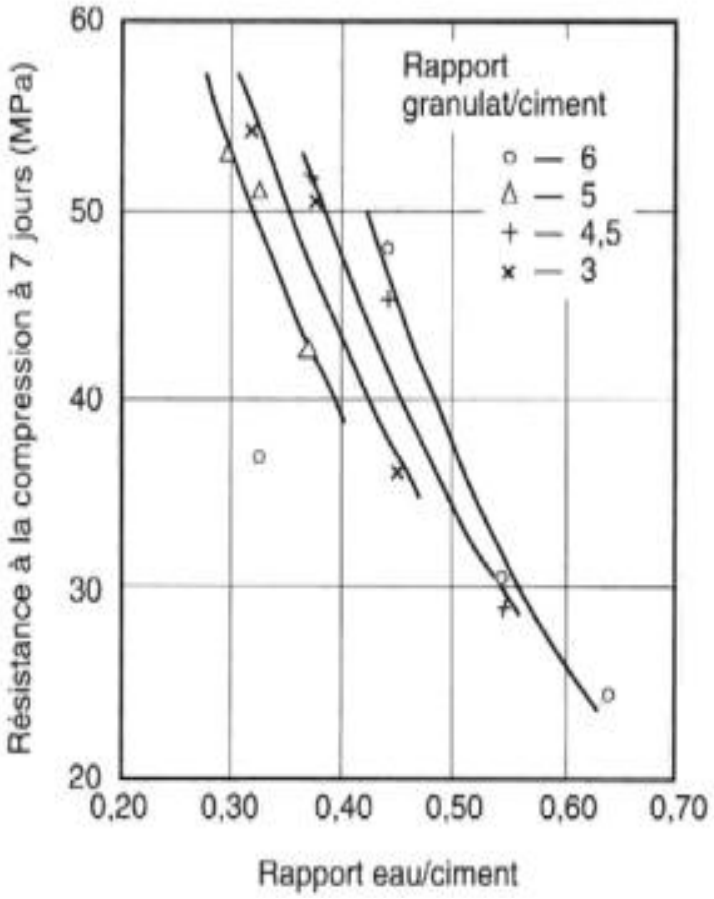


الشكل (II -4) يوضح شكل الحبيبات

3-4-4/ معامل الركام إلى الاسمنت:

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

فإن التغيير الأكثر احتمالا يأتي من حقيقة أن المحتوى المائي الكلي للخرسانة أقل في الخرسانة ذات نسبة منخفضة من الاسمنت عنه في الخرسانة ذات النسبة العالية .**[40]**



الشكل (II -5) تأثير نسبة C /G على مقاومة الخرسانة

3-4-5/ مقاومة الحبيبات:

لا تتأثر مقاومة الخرسانة بشكل كبير بمقاومة الركام، إن استخدام ركام المقاومة المنخفضة، أقل من فئة المقاومة اللازمة يمكن أن يقلل بشكل كبير من مقاومة الخرسانة ومن هنا جاءت الحاجة إلى جرعة إسمنتية أعلى.

ولذلك مقاومة الركام تكون مهمة أكثر في الأماكن التي تحتاج لمقاومة عالية مثل الأرصفة في المطارات أو الخرسانات عالية المقاومة**[51]**

الخلاصة:

للركام تأثير قوي على أداء الخرسانة، بما في ذلك قابلية تشغيل الخرسانة ويلعب اختيار الركام دورًا رئيسيًا في الحصول على هذه الخصائص المختلفة والتي هي الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للركام تأثيره القوي على أداء الخرسانة، ومن أجل أن يكون الركام مكوناً جيدا للخرسانة فمن الضروري أن يكون مناسباً من وجهة نظر علم الصخور.

وأخيرا يجب أن يكون الركام نظيفا قويا مقاوما للسحق والصدم ومناسبا من حيث الامتصاص ذا شكل وملمس مناسبين وغير قابل للانحلال، ومقاوما للتآكل.

الفصل الثالث:

تركيبة الخرسانة وخصائص المواد المستعملة

مقدمة:

تتأثر الخصائص الأساسية للخرسانة الى حد كبير بخصائص مكوناتها حيث تلعب مواصفات المواد المستخدمة في تكوينها والمتمثلة في الأبعاد، الشكل، المسامية، ونسبة الشوائب في العينة المدروسة، دورا مهما جدا في الحصول على اهم خصائصها وادائها اللاحق لذلك فإن الاستخدام الدقيق للمواد المستعملة في البناء يتطلب معرفة خصائصها المختلفة، الفيزيائية والكيميائية والمعدنية الميكانيكية للسماح بالاختيار الذي يلبي وجهتهم ونقوم بإجراء اختبارات على هذه المواد لتحديد خصائصها هي تلك المواد المتوفرة على المستوى المحلي وهي لنوعين من رمال البناء في منطقة الوادي رمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الاحمر وحصى عين توته باتنه والاسمنت.

1- خصائص المواد المستعملة:

الخرسانة هي مادة مصنوعة من ثلاث مكونات رئيسية وهي الركام (الرمل والحصى) والاسمنت هو رابط هيدروليكي والماء وقد كان من الضروري تحديد المواد التي اعتمدناها في الدراسة نضرا لتنوعها الكبير وتحديد خصائصها ومميزاتها الفيزيائية والكيميائية لتحليل نتائج الاختبار وتفسيرها في الأخير.

المواد التي استعملناها في دراستنا هذه هي:

1-1/ الحصى:

استخدمنا فئتين من الحصى 3/8 و8/15 المستخرج من محجر عين توتة باتنة.

1-1-1/ الكتلة الحجمية الضاهرية:

هي الكثافة الظاهرية للحصى في 1متر مكعب من الحصى مأخوذة من كومة تشتمل على فراغات نافذة وغير نافذة للجسم وكذلك الفراغات بين الجسيمات.

$$a=\frac{Mt}{Vt}\rho$$

Mt : الكتلة الكلية للحصى.

Vt: الحجم الكلي للحصى

الصورة (1-III) توضح الكتلة الحجمية الظاهرية للحصى

1-1-2/ الكتلة الحجمية المطلقة:

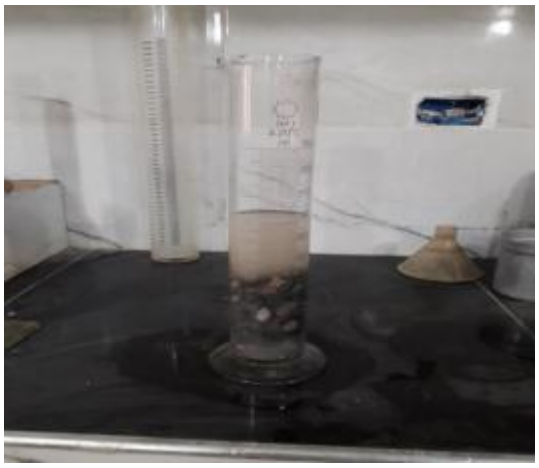
وهي كتلة المادة في المتر المكعب الواحد بعد طرد جميع الفراغات بين الحبيبات وداخلها.

$$\rho a=\frac{MS}{VS}$$

حيث ان:

MS: كتلة الحبيبات

VS: حجم الحبيبات



الصورة (III-2) توضح الكتلة الحجمية المطلقة للحصى

الجدول (III-1) يبين قيم الكتلة الحجمية الظاهرية والكتلة الحجمية المطلقة للحصى

أنواع الحصى	حصى(kg/m3) G1 (3/8)	حصى(kg/m3) G2 (8/15)
الكتلة الحجمية الضاهرية ρ_a	1470.25	1492.48
الكتلة الحجمية المطلقة ρs	2638.42	2642.04

1-1-3/ معامل امتصاص الماء:

هو النسبة المئوية للزيادة في وزن الركام الجاف بعد غمره في الماء لمدة 24 ساعة واغلب الركام المخزن في جو جاف لفترة معينة ، يمكن أن يمتص الماء لاحقا.

ويعطى بالعلاقة التالية:

$$CA = (M1- M2) / M2 \times 100$$

حيث ان:

M1: كتلة العينة في حالة التشبع

M2 : كتلة العينة في الحالة الجافة

وتحصلنا على النتائج التالية:

G1 (3/8) =2.2%

G2 (8/15) =2.5%

4-1-1/ نظافة الركام:

نقوم بغسل عينة من الحصى على المنخل 5.0 ملم و هي نسبة مئوية للمار ويتم حسابها على الشكل التالي:

$$IA = \frac{M1 - M2}{M2} \times 100$$

M1: كتلة العينة قبل الغسل .

M2 : كتلة العينة بعد الغسل.

نظافة الحصى (3/8) : 1.9%

نظافة الحصى (8/15): 0.65%

وفق المعيار ال قياسيP18-541توصي على النسبة نظافة تكون اقل من 3 %ومن هذا المعيار ان نظافة الركام الذي استعملناها مقبولة.

4-1-1/ التحليل الحبيبي للحصى: [55]

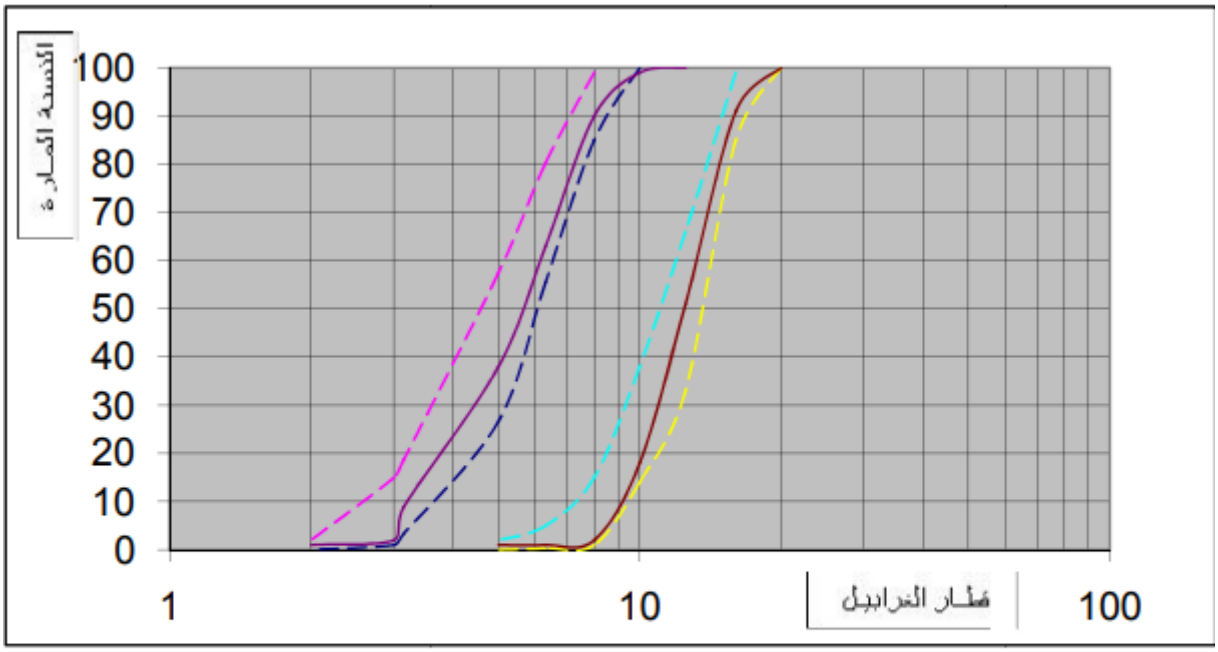
قمنا بإجراء تجربة التحليل الحبيبي على كلا الفئتين من الحصى (3/8) و(8/15) مأخوذة من محطة منطقة الصناعية الوادي الحصى عين توتة والية باتنة.

الجدول (III -2) تدرج الحبيبي للحصى G:3/8

اقطار الغرابيل	الكمية المحجوزة Mi	الكمية المحجوزة الكلية ∑mi	النسبة الباقية	النسبة المارة
12.5	00	00	00	00
10	6.10	5.36	0.268	99.732
8	226.10	188.50	9.425	90.575
6.3	809.64	933.33	4.666	53.334
5	418.92	1417.32	70.866	29.134
2.5	465.75	1933.74	96.687	3.313
1.25	25.83	1959.58	97.979	2.021
0.63	0.22	1959.80	97.99	2.01

الجدول (III-3) تدرج الحبيبي للحصى G8/15

اقطار الغرابيل	الكمية المحجوزة Mi	الكمية المحجوزة الكلية ∑mi	النسبة الباقية	النسبة المارة
20	00	00	00	00
16	63.95	63.95	2.131	97.869
12.5	567.20	631.15	21.38	78.962
10	890.45	1521.6	50.72	49.28
8	960.20	2481.80	82.726	17.274
6.3	293.40	2775.20	92.506	7.494
5	116.70	2891.90	96.396	3.604
2.5	28.25	2920.15	97.338	2.662



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

- **ملاحظة:**

لاحظنا من خلال المنحنى البياني ان التدرج الحبيبي لكلا النوعين من الحصى داخل المجال المسموح به للبناء مما يثبت إمكانية استعماله.

2-1/ الرمل:

لاستخدام الرمل في الخرسانة والملاط يجب إخضاعه إلى العديد من الاختبارات **[56]**

الرمل الذي استخدمناه في هذه الدراسة رملي جامعة الأصفر الأحمر منطقة الوادي واجرينا عليهما التجارب التالية:

1-2-1/ الكتلة الحجمية الضاهرية:

هو وزن كتلة الحجم من المادة وتشمل فراغات الحبيبات وبينها وهو قسمة وزن الركام على الحجم الذي يشغله هذا الركام والهدف من هذه التجربة تعين الكتلة الحجمية الظاهرية للرمل.

1-2-2/ الكتلة الحجمية المطلقة:

وهي الكتلة للحبيبات من كتلته الجافة بحجم المادة الصلبة دون أي فراغ في الحبوب.

وقمنا بتلخيص نتائج كلا التجربتين في الجدول الموالي:

الجدول(III-4) الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة

الكتلة الحجمية	رمل جامعة الاصفر	رمل جامعة الاحمر
الكتلة الحجمية الضاهرية (kg/m^3)	2.76	2.87
الكتلة الحجمية المطلقة(kg/m^3)	1.35	1.47

1-2-3/ معامل امتصاص الماء:

وهو يمثل نسبة كتلة الماء التي تمتصها المادة المشبعة إلى كتلة العينة الجافة لهذا الاختبار.

وتحصلنا على النتائج التالية:

- رمل جامعة الأصفر Ab =2.1
- رمل جامعة الأحمر Ab =1.98

Ab<2.5 (NFP 18-555) ومنه الرملين لهما معامل امتصاص للماء مقبول.

1-2-4/ تجربة التحليل الحبيبي :

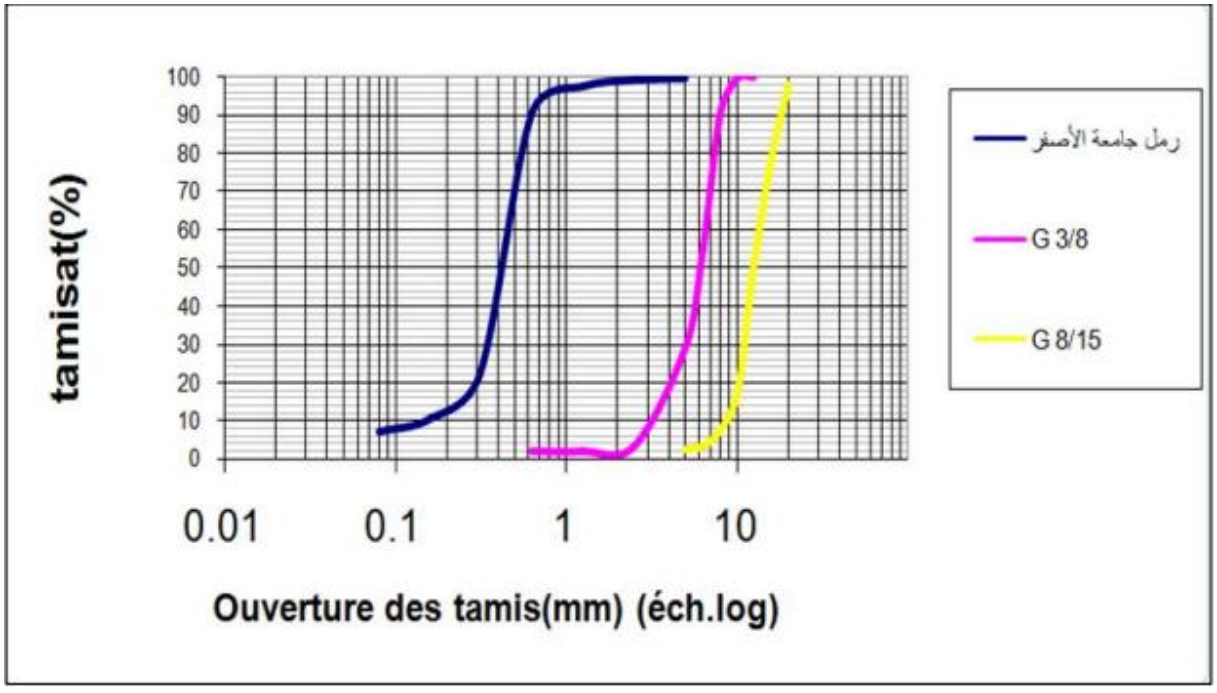
يقصد باختبار التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض، أي التوزيع الحجمي لحبيبات الركام .ويكون ذلك باستخدام التحليل بالمناخل .Sieve Analysis بواسطة مجموعة من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا من الأعلى. **[55]**

صور (III -3) التحليل للحبيبي للرمل

بعد اجراء هذا الاختبار على رمل جامعة الأصفر تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول الموالي:

الجدول (III-5) التحليل الحبيبي لرمل جامعة الاصفر

اقطار الغرابيل	الكمية المحجوزة mi	الكمية المحجوزة الكلية ∑mi	النسبة الباقية	النسبة المارة
6.3	0	0	0	0
5	2.5	2.5	3.125	96.875
2.5	27.5	30	3.03	96.97
1.25	44	74	6.3	93.7
0.63	329	403	79.675	20.325
0.315	1469	1872	96.075	3.925
0.160	46.5	1918.5	99.225	1.775
0.08	18	1936.5	99.875	0.125

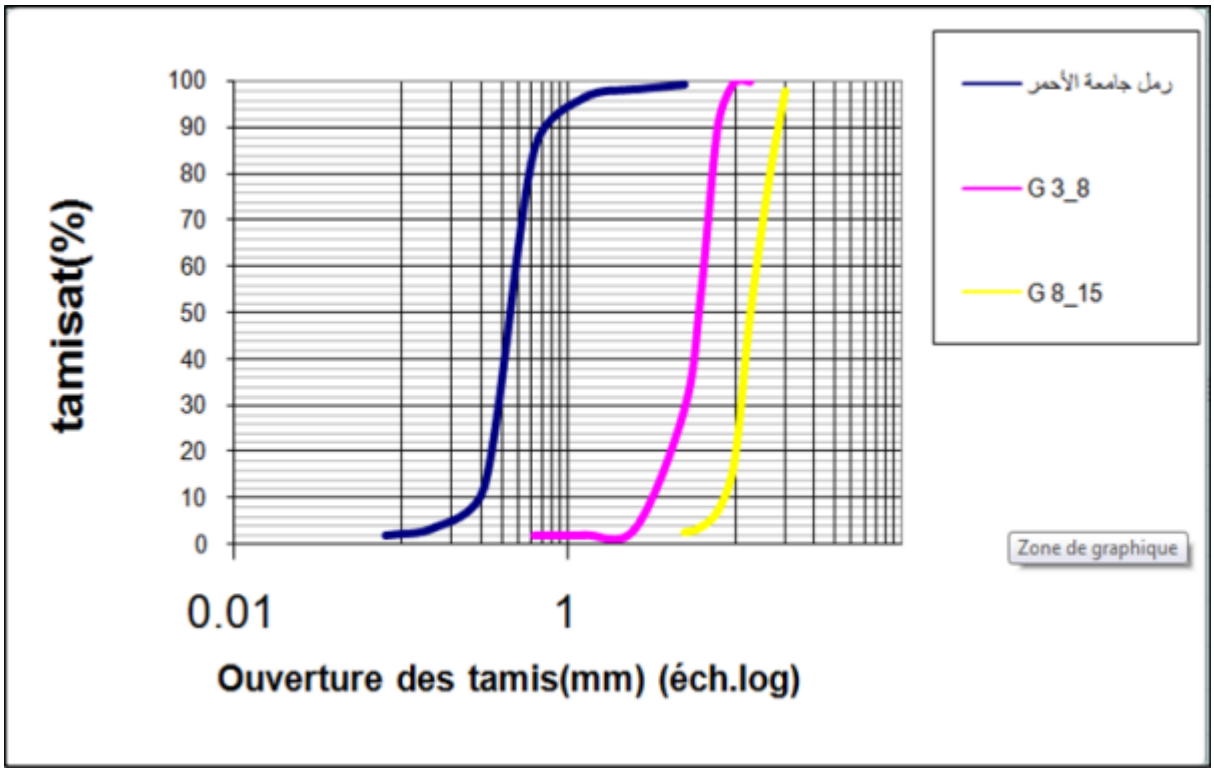


شكل (III-2)منحنى يوضح النسب المارة لرمل جامعة الاصفرMf=2.16

اما رمل جامعة الأحمر فنتائج اختباره كانت كالاتي:

الجدول (III-6)التحليل الحبيبي لرمل جامعة الاحمر

اقطار الغرابيل	الكمية المحجوزة Mi	الكمية المحجوزة الكلية ∑mi	النسبة الباقية	النسبة المارة
6.3	00	00	00	00
5	14.5	14.5	1.125	98.875
2.5	48	62.5	2.525	97.475
1.25	92.3	154.8	9.125	90.875
0.63	526.5	681.3	65.935	34.065
0.315	1136.2	1817.5	92.26	7.74
0.160	132	1949.5	96.875	3.125
0.08	28	1977.5	99.275	0.725



شكل (III-3) منحنى يوضح النسب المارة لرمل جامعة الاحمرMf=2.3

1-2-5/ معامل النعومة: [57]

يمكن قياس معامل النعومة إلى حد ما للرمل عن طريق حساب معامل النعومة الذي يتوافق مع مجموع نسبة الرفض التراكمي النعومة تساوي 100/1×eمن مجموع الرفض المعبر عنه في النسب على المناخل المختلفة للسلسلة التالية:

(سم 5- 2.5 -1.25-0.63- 0.315- 0.16)

$$fM=\frac{\sum \%refus}{100}$$

فكانت النتيجة كالاتي:

- معامل نعومة رمل جامعة الأصفر Mf =2.16
- ومعامل نعومة رمل جامعة الأحمر Mf =2.3

وهي ضمن المجال المسموح ومنه الرمل المستخدم صالح للاستعمال في الخرسانة.

1-2-6/ اختبار المكافئ الرملي:

قمنا بغمر وزن محدد من الرمل 120غ في محلول مكافئ الرملي نضعها ترتاح لمدة 10دقائق ونقوم بتقليب 90رجة نضع الخليط يستقر لمدة 20دقيقة ثم نقيس الارتفاع بالمسطرة H1 (رمل + الشوائب) ونقيس بالمكبس H2رمل نظيف.

ويحسب بالقانون التالي:

$$ES = (H1 / H2) \times 100$$

ومن خلال هذا الاختبار وجدنا النتائج التالية:

- رمل جامعة الأصفر ES=65.20 %
- رمل جامعة الأحمر ES=89%

الصورة (III-4)توضح تجربة مكافئ الرملي بعد الرج و بعد عشرين دقيقة للرملين

3-1/ الاسمنت:

الاسمنت هو المادة الرابطة التي تتصلب فتملك بذلك خواصا تماسكيه وتلاصقيه بوجود الماء مما يجعله قادرا على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض.

الاسمنت الذي استعملناه هو CEM II / B-L 42.5 لافارج (عالية الآداء) من مصنع بسكرة حيث تقدر كتلته الحجمية المطلقة ب 3.10كغ/م^3 و كتلته الحجمية الضاهرية ب 1.25كغ/م^3.

1-3-1/ التركيبة الكيميائية للإسمنت المستعمل في الدراسة :

الجدول (III-7) التركيبة الكيميائية للإسمنت المستعمل

التركيبة الكيميائية	النسبة المئوية%
Sio3	22.3
Al2o3	4.35
Fe2o3	3.30
Cao	58
Mgo	1.9
K2o	-
Na2o	-
So3	2.31
PaF	6.82

1-3-2/ الخصائص الفيزيائية للإسمنت المستعمل:

الجدول (III -8)يوضح الخصائص الفيزيائية للإسمنت المستعمل

الخصائص الفيزيائية	
زمن بداية الأخذ	2سا و30د
زمن نهاية الأخذ	5سا و5د
المساحة السطحية	3.1غ/سم^3
درجة حرارة التميه	370ج/غ
التوسيع	1مم

1-3-3/ المساحة السطحية للإسمنت:

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

- نسبة التفاعل الكيميائي.

- تطور المقاومة.

كمية الاسمنت الضرورية لتغليف مجمل حبيبات الركام (الرمل، الحصى) لدعم الترابط بين كل الحبيبات يتم قياسه بالمقارنة مع الاسمنت المرجعي الذي يعرف بسطحه المحدد. يتضمن هذا تمرير كمية معروفة من الهواء عبر مسحوق أسمنتي، وكلما زاد حجم السطح المحدد لهذا المسحوق وزاد الوقت الذي يستغرقه الهواء لتمريره عبر المسحوق في ظل الظروف القياسية، يكون السطح المحدد متناسبا مع√t . لاختبار ما يسمى ب "بلين" السطح بلين (15-442) NFP محددة تعطى بالمعادلة التالية:

$$SSB = K\sqrt{e3}\ \sqrt{t}\ /\rho(1-e)\ \sqrt{\mu}.$$

حيث ان:

t: زمن مرور الهواء عبر طبقة المسحوق بالثانية.

μ : لزوجة الهواء عند درجة الحرارة المجرات فيها التجربة.

ρ: الكتلة الحجمية المطلقة ب (غ/سم^3)

e : النفاذية.

K : ثابت الجهاز.

1-3-4/ زمن التصلب:

يعتمد بداية أو نهاية زمن التصلب على العديد من المعلومات. وهي تختلف بشكل خاص وفقا للتركيب الكيميائي ودقة طحن الاسمنت المدروس، كما تعتمد ايضا على درجة الحرارة المحيطة، ولزم الامر استخدام كميات مساعدة في نفس درجة الحرارة وبدون مساعد، يمكن تمييز اثنين من الاسمنتات المختلفة، عن طريق إعداد سريع إلى حد ما والهدف من الاختبار هو تحديد الوقت الذي تكون فيه سرعة الضبط لهذا الاسمنت (3 –EN196). **[57،1]**

الجدول (III-9) يلخص نتائج الاختبارات الفيزيائية على الاسمنت

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

1-3-5/ المقاومة الميكانيكية للإسمنت المستعمل:

يصنف الاسمنت وفقا لمقاومتها الميكانيكية بالضغط عند عمر 28 يوما، مقاسة على قطع الاختبار (4×4×16) سم بالخرسانة العادية (EN 196 - 1) .

الجدول (III-10) يظهر مقاومة الشد والضغط

المقاومة		
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:

لقد استخدمنا في الخرسانة ماء حنفية البيت الصالحة للشرب وهي مناسبة لصنع الخرسانة

(NFP 18-303 1999 ET EN 1008) يجب أن تستوفي جميع متطلبات المعايير فيما يتعلق بتركيزات المواد المعلقة و الأملاح الذائبة .

يستخرج ويعبر عنه بالنسبة E/C وهو العلاقة بين نسبة الماء والاسمنت 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. حيث اخذنا في دراستنا هذه قيمتين من نسبة الماء للإسمنت E/C لتحضير الخلطة الخرسانية عند كل نوع من الرمل E/C=0.55 ، E/C=0.60.

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 ايضا. وفي المقابل فإن كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والمسامية وضعف الديمومة وقلة التماسك والضعف والانكماش والتشقق. **[9]**

1-4-1/ أهمية الماء في الخرسانة :[9،45،59]

- عنصر أساسي في التفاعل الكيماوي مع المادة الإسمنتية، وهو ضروري أيضا لكي تمتصها الحصى المستعملة في الخرسانة.

- ان الماء ضروري لعمليات تميه الخرسانة أثناء تصلبها.

- يعطي الماء للخليط المؤلف من الركام الخشن والناعم والاسمنت درجة مناسبة من الليونة

تساعده على التشغيل والتشكيل.

- بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الحصى بنفس الكمية من الاسمنت.

- إن الماء يعطي حجما للخرسانة يتراوح ما بين (15-20) %.

- يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر.

1-4-2/ خصائص الماء المستخدم في الخرسانة:

عادة ماء الشرب يكون مناسب للاستخدام في الخرسانة بشكل عام فان الماء الذي لا لون ولا طعم مميز له يمكن أن يستخدم في خليط الخرسانة، أيضا بعض الماء غير الصالح للشرب يمكن ان يستخدم في خليط الخرسانة، على ألا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات.

كما 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 وخالفها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الضغط والمتانة. **[62]**

2/ تركيبة الخرسانة:

صياغة الخلطات الخرسانية يعني تحديد القيم النسبية لمكوناتها بما يتفق مع المتطلبات المرغوبة لعمل معين ويعتبر تحديد نسب الخلطة الخرسانية من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة وعلى اقتصاديات المشروع، فمن الممكن الحصول على خرسانة متباينة في جودتها وثمنها على الرغم أن جميعها تتكون من نفس المواد. من اجل حصول على الخرسانة ذات خصائص تولائم الهيكل أو جزء منه.

هناك عدة طرق تستعمل لتحديد تركيبة $1m^3$ من الخرسانة منها طريقة بلومي وفوري وغيرهما.

وقد اخترنا في مذكرتنا هذه طريقة Dreux Gorisse. **[58]**

1-2/ عرض طريقة Dreux Gorisse:

- **الهدف من الطريقة:**

- الهدف من هذه الطريقة هو تحديد نسب العناصر المكونة للخرسانة (اسمنت، ركام، رمل، ماء) من اجل تحضير خرسانة ذات مقاومة عالية وتشغيلية مقبولة.

- **مبـدأ الطـريقــة :**

- يجب معرفة القطر الأعظمي Dmax للركام.

- تحديد المقاومة المعتدلة للخرسانة.

- تحديد نسبة الاسمنت / الماء.

- تحديد تركيز الاسمنت.

- تحديد تركيز الركام.

- تحديد تركيز الماء.

- تحديد حجوم المواد.

- **طـريقــة العمــل :**

- حساب إجهاد الخرسانة:

fc28 = 30 MPA

لدينا: $\sigma_{28=1.15 \times fc28}$

$$\sigma_{28=34.5\ MPA}$$

- **تحديد نسبة الاسمنت / الماء ($\frac{C}{E}$) :**

يحتوي على الاسمنت من الفئة 42.5 وكمية الاسمنت 400 كغ/م^3.

نأخذ قيمة G من الجدول الموجود في الملحق رقم (1) G=0.45 وD <16

$$\frac{C}{E} = \frac{\sigma_{28} + 0.5 \times G \times \sigma c}{G \times \sigma c}$$

$$\frac{C}{E} = \frac{34.5 + 0.5 + 0.45 + 62}{0.45 \times 62}$$

$$\frac{C}{E} = 1.73$$

- تحديد تركيز الماء:

- لما: $\frac{E}{C} = 0.55$

$$E = C \times 0.55 = 400 \times 0.55$$

$$E = 220\ L$$

- لما: $\frac{E}{C} = 0.60$

$$E = C \times 0.60 = 400 \times 0.60$$

$$E = 240\ L$$

- تحديد احداثيات المنحنى المرجعي:

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

لدينا *Dmax* :القطر الأكبر للركام 16مم: $Dmax$

$$X = \frac{D}{2} = \frac{16}{2}$$

$$X = 8$$

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K_S$$

$$KS = 6MF - 15$$

$$Y = 50 - \sqrt{16} + (\ 6\ X\ 2.35 - 15\ )$$

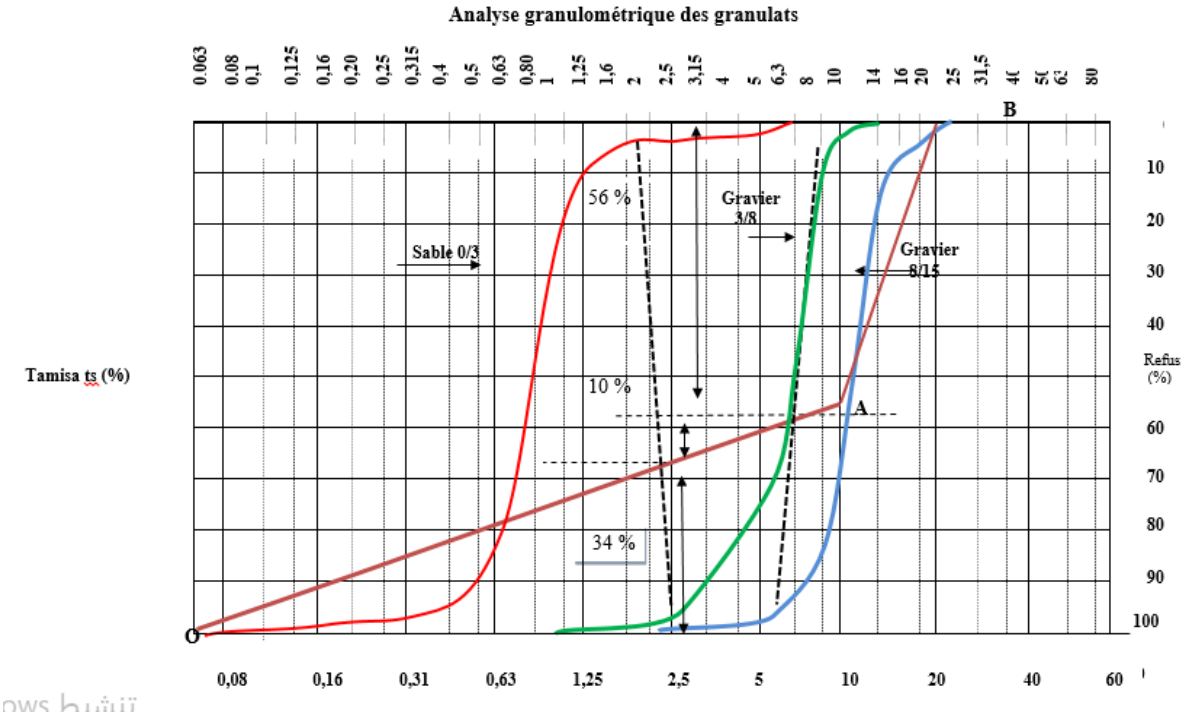
$$Y = 45.1$$

بعدها نرسم المنحنى المرجعي ونقوم بتحديد النسب المئوية لكل من الحصى والرمل وذلك بتحديد 95% من المنحنى الأول و5% من المنحنى الثاني وعندما يحصل تقاطع بين الخط والمنحنى المرجعي نحدد بتحديد النسبة.

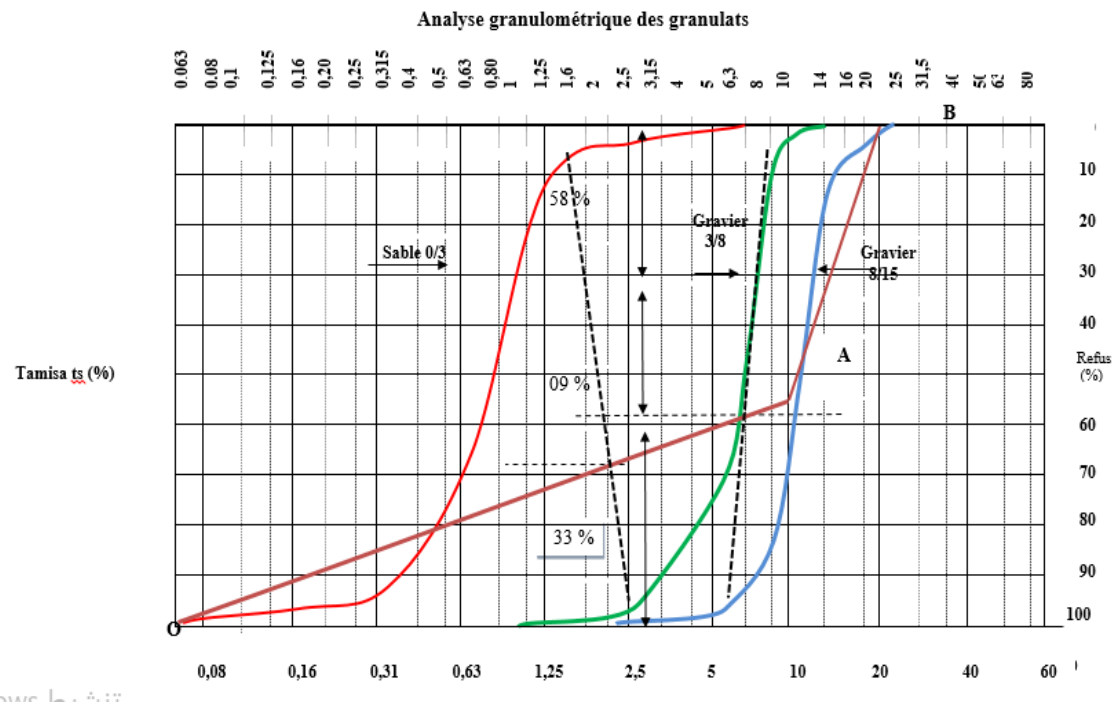
من خلال الإحداثيات تم تحديد نسب المواد المستعملة كالتالي:

الجدول (III-11) تحديد نسب كل من الرملين والحصى بنوعيه

نوع الرمل	نسبة الرمل %	نسبة الحصى 3/8%	نسبة الحصى 15/8%
رمل جامعة الاصفر	%34	%10	%56
رمل جامعة الاحمر	%33	%9	%58



شكل (III-4) المنحنى الذي يوضح تحديد نسب المواد المستعملة في خرسانة رمل جامعة الأصفر



شكل (5-III) المنحنى الذي يوضح تحديد نسب المواد المستعملة في خرسانة رمل جامعة الأحمر

- تحديد الاحجام للمواد المستعملة:

- حجم الاسمنت:

لدينا: 1م^3 =1000لتر

$$Vc = \frac{C}{3.1}$$

$$Vc \frac{400}{3.1}$$

$$\boxed{LVc = 129.03}$$

- الحجم الكلي للمواد المستعملة:

$$V_{total=1000\times0.815}$$

$$V_{total} = 815\ L$$

- الحجم الكلي للركام:

$$V_{gt} = V_{total} - V_c = 815 - 129.03$$

$$V_{gt} = 685.97L$$

- حجم الرمل والحصى:

- رمل جامعة الأصفر:

$$V_{MSDJ} = V_{gt} \times 34\% = 685.97 \times 34\%$$

$$V_{MSDJ} = 233.22\ L$$

- حجم الحصى 3/8:

$$V_{g\,3/8} = V_{gt} \times 10\% = 685.97 \times 10\%$$

$$V_{g\,3/8} = 68.59\ L$$

- حجم الحصى 8/15:

$$V_{g\,8/15} = V_{gt} \times 56\% = 685.97 \times 56\%$$

$$V_{g\,8/15} = 384.14\ L$$

- رمل جامعة الأحمر:

$$V_{MSDR} = V_{gt} \times 33\% = 685.97 \times 33\%$$

$$V_{MSDR} = 127.37\ L$$

- حجم الحصى 3/8:

$$V_{g\,3/8} = V_{gt} \times 9\% = 685.97 \times 9\%$$

$$V_{g\,3/8} = 61.73\ L$$

- حجم الحصى 8/15:

$$V_{g\,8/15} = V_{gt} \times 58\% = 685.97 \times 58\%$$

$$V_{g\,8/15} = 397.86L$$

- تحديد كمية المواد الجافة في المتر المكعب من الخرسانة:

لدينا:

$$\rho_{MSDJ} = 2.5$$

$$\rho_{MSDR} = 2.5$$

$$\rho_{g3/8} = 2.62$$

$$\rho_{g8/15} = 2.642$$

$$P_{MSDJ} = V_{MSDJ} \times \rho_{MSDJ}$$

$$P_{MSDJ} = 233.22 \times 2.5$$

$$P_{MSDJ} = 583.05\ kg$$

$$P_{g3/8} = V_{g3/8} \times \rho_{g3/8}$$

$$P_{g3/8} = 68.59 \times 2.62$$

$$P_{g3/8} = 179.70\ \text{kg}$$

$$P_{g8/15} = V_{g8/15} \times \rho_{g8/15}$$

$$P_{g8/15} = 384.14 \times 2.642$$

$$P_{g8/15} = 1014.89\ kg$$

$$P_{MSDR} = V_{MSDR} \times \rho_{MSDR}$$

$$P_{MSDR} = 127.37 \times 2.5$$

$$P_{MSDR} = 318.42kg$$

$$P_{g3/8} = V_{g3/8} \times \rho_{g3/8}$$

$$P_{g3/8} = 61.73 \times\ 2.62$$

$$P_{g3/8} = 161.73\ kg$$

$$P_{g8/15} = V_{g8/15} \times \rho_{g8/15}$$

$$P_{g8/15} = 397.86 \times 2.642$$

$$P_{\frac{g8}{15}} = 1051.14\ kg$$

الجدول(III-11)يوضح نسبة الماء وكمية المواد الجافة في كل خلطة خرسانية

كتلة المواد بالكلغ في المتر المكعب الواحد					حجم الماء في المتر المكعب الواحد	
أنواع الخرسانة	الاسمنت	الرمل	الحصى 3/8	الحصى 8/15	E/C=0.55	E/C=0.60
الخرسانة برمل جامعة الأصفر	400	233.22	197.70	1014.89	220 L	240 L
الخرسانة برمل جامعة الاحمر	400	318.48	161.73	1051.41	220 L	240 L

الخاتمة:

نستنتج من هذا الفصل في خصائص المواد المستعملة أو المستخدمة وتركيبة الخرسانة، الاسمنت المستعمل هو CEMII–CPJ45 من 400 kg/m^3 *وتم* عمل خلطات من نفس نوع الحصى 3/8 و8/15 مستخرج من محجر عين توتة ولاية باتنة، اما بالنسبة للرمل الذي استخدمناه هما رمل جامعة الأصفر ولاية الوادي الذي يتميز بحجم حبيبات منتشر ومعامل نعومة مستحب ورمل جامعة الأحمر ولاية الوادي والذي تميز بمجال حبيبي ضيق ومعامل نعومة ونظافة ممتازين والماء المستخدم كان ماء الحنفية حيث أخذنا نسبتين مختلفتين من نسبة للإسمنت *E/C=0.55* و E/C=0.60.

حيث استخدمنا في هذه الدراسة طريقة *Gorisse Dreux* وهي سهلة وبسيطة للغاية تمكننا من الحصول على خرسانة ذات مقاومة عالية وتشغيلية بسيطة.

في الفصل الرابع سوف نتطرق الى تحليل ومناقشة النتائج التي تحصلنا عليها.

الجـــزء التطبيقي

الفصل الرابع:

الاختبارات التجريبية ومناقشة وتحليل النتائج

مقدمة:

تعد دراسة الخصائص الريولوجية للخرسانة من أهم الاختبارات التي تطرأ عليها. بسبب ارتفاع درجات الحرارة في المناطق الصحراوية وتأثيرات المناخ؛ تتعرض الخرسانة للكثير من المشاكل مما يؤدي الى تقلصها وحدوث ظاهرة الانكماش بكثرة. فخصصنا هذا الفصل لعرض النتائج التجريبية المختلفة لسلوك الخرسانة في الحالتين الطازجة والصلبة للمخاليط المنتجة في المختبر المتعلقة بالاختبارات المختلفة التي أجريناها على الخرسانة في هذه الدراسة وفقا للإجراءات المذكورة في الفصل الأول مع تحليل ومناقشة النتائج. ومن بين هذه الخصائص الهامة اخترنا تحديد نسبة الانكماش عند الايام (1 ،2 ،3، 7، 14، 28، 45)

1/ التجارب المجرات والاستنتاجات:

1-1/ التجارب المجرات على الخرسانة الطازجة:

1-1-1/ تجربة مخروط أبرامس: [26]

من المهم جدا معرفة خصائص الخرسانة قبل التثبيت والتصلب، من بين هذه الخصائص الاتساق في (القوام او الهبوط) والذي يمكن تعريفه على انه سهولة التنفيذ في الموقع والمختبر بالإضافة الى موثوقيته.

اختبار مخروط أبرامس القياسي [NF P18-451] قيد الاستخدام حاليا في جميع انحاء العالم يوفر قياسات موثوقة مع تغيير محدود.

الهدف من هذه التجربة هو التحقق من اتساق الخرسانة واستقامة الخرسانة، وكذا تحديد نسبة الماء اللازم اضافته الى الاسمنت.

شرح التجربة:

قمنا بأخذ عينة من الخرسانة الحديثة الخلط قبل الصب عند كل حالة من اختلاف الرمل ونسبة الماء للإسمنت

(رمل جامعة الأصفرE/C=0.55، رمل جامعة الأصفرE/C=0.60، رمل جامعة الأحمرE/C=0.55، رمل جامعة الأحمرE/C=0.60).

مزجنا العينة المحضرة للاختبار جيدا لتصبح متجانسة قبل وضعها في المخروط.

تأكدنا من نظافة السطح الداخلي للمخروط وخلوه من أي مواد عالقة، وقمنا بطليه بطبقة من الزيت ووضعه على الصفيحة المعدنية وتثبيته على السطح.

ملأنا المخروط بثلاث طبقات من الخرسانة الطازجة وترص كل طبقة جيدا بواسطة القضيب 25 دمكة لكل طبقة.

بعد الانتهاء من الطبقة العلوية (النهائية) قمنا بتسوية السطح العلوي للمخروط مع الطبقة النهائية وتنظيفه من بقايا الخلطة التي تسربت بين المخروط والقاعدة المركزية التي يرتكز عليها.

قمنا برفع المخروط ببطيء الى الأعلى في الاتجاه الراسي مما أدى الى هبوط الخرسانة واخذنا قياس قيمة الهبوط بالمسطرة.

صورة (1-IV) توضح هبوط الخرسانة في اختبار مخروط أبرامس

من خلال قياسات الهبوط المأخوذة في تجربتنا هذه وجدنا في كل حالة:

جدول (IV -1) يوضح تقدير الهبوط بواسطة مخروط أبرامس

نوع الخرسانة	نسبة الهبوط	قوام الخرسانة
الخرسانة مكونة من رمل جامعة الأصفر E/C=0.55	4 سم	صلبة
الخرسانة مكونة من رمل جامعة الأصفر E/C=0.60	9 سم	لدنة
الخرسانة مكونة من رمل جامعة الأحمر E/C=0.55	7 سم	لدنة
الخرسانة مكونة من رمل جامعة الأحمر E/C=0.60	14 سم	جد لدنة

1-1-1-1/ تفسير النتائج والاستنتاج:

من خلال الجدول (1-IV) نلاحظ أن الخرسانة المركبة من رمل جامعة الأحمر سجلت أكبر مقدار للهبوط عند نسبة E/C=0.60 تليها نفس الخرسانة عند نسبة E/C=0.55 تليها الخرسانة المركبة من رمل جامعة الأصفر عند نسبة E/C=0.60 ثم عند نسبة E/C=0.55 وهذا راجع الى أن رمل جامعة الأصفر معامل نعومته (2.16)أقل من معامل نعومة رمل جامعة الأحمر(2.3) أي أنه رمل طيني ويحتوي على حبيبات الركام الصغيرة مما يزيد في مساحته السطحية التي تتطلب كمية أكبر من الاسمنت لتغليف تلك المساحة ومنه كمية أكبر من الماء، فتكون الخلطة أصلب مما هي عليه عند الخرسانة المركبة من رمل جامعة الأحمر وهذا ما يفسر زيادة مقدار الهبوط في هذه التركيبة. أما بالنسبة لاختلاف نسبة الهبوط عند نفس نوع الخرسانة فهذا راجع الى اختلاف نسبة الماء المضافة في كل خلطة؛ فكلما زادت كمية الماء زاد

سيلان الخرسانة ولزوجتها ومنه زيادة مقدار الهبوط. ومنه نستخلص أنه كلما زاد معامل نعومة الرمل وكمية الماء المضافة للخليط زاد مقدار الهبوط في الخرسانة.

1-1-2/ تجربة طاولة الاهتزاز:

تهدف هذه التجربة الى تعيين النسبة المئوية للخرسانة ثم الاستدلال بهذه المسافة على نوعية الخرسانة ومن ثم يتم الحكم على التشغيلية التي من خلالها يتم تحديد كمية الماء المناسبة للتشغيلية المقبولة والموصي بها حسب المعيار NF EN 12350 - 5 **[39]**.

شرح التجربة:

- باستعمال جهاز طاولة الاهتزاز Table A Chocs والذي قمنا بشرحه في الفصل الأول، قمنا بوضع الخرسانة المخلوطة طبقا للتركيبة المقترحة في الدراسة داخل القمع على مرحلتين ودكها 10 مرات في كل مرحلة بواسطة القضيب الفولاذي.

- قمنا بتسوية الخرسانة مع سطح القمع ومسح الطاولة جيدا من بقايا الخرسانة.

- رفعنا القالب (المخروط).

- قمنا بهز القرص 15 هزا رأسيا حوالي 15 ثانية وأخذنا القطر المتوسطي D بعد الانتشار في كل حالة.

وقد أعطتنا التجربة التالية النتائج التالية في كل حالة:

- الخرسانة المركبة من رمل جامعة الأصفر:
- عند E/C=0.55:
- D= 34.4cm

$$E = \frac{34.4 - 25}{25} \times 100 = 37.6\%$$

- عند E/C=0.60:
- D= 38.3cm

$$E = \frac{38.3 - 25}{25} \times 100 = 53.2\%$$

- الخرسانة المركبة من رمل جامعة الأحمر:
- عند E/C=0.55:
- D=40cm

$$E = \frac{40.2 - 25}{25} \times 100 = 60.8\%$$

- الخرسانة المركبة من رمل جامعة الأحمر:
- عند E/C=0.60:
- D= 44.5cm

$$E = \frac{44.5 - 25}{25} \times 100 = 78\%$$

جدول (IV -2) يوضح انسياب الخرسانة بطاولة الاهتزاز

نوع الخرسانة	النسبة المئوية للانسياب %		قوام الخلطة الخرسانية
الخرسانة برمل جامعة الأصفر E/C=0.55	% 37.6	من30%الى 50%	صلبة
الخرسانة برمل جامعة الأصفر E/C=0.60	% 53.8	من50%الى 70%	لدنة
الخرسانة برمل جامعة الأحمر E/C=0.55	% 60	من 50 % الى 70%	لدنة
الخرسانة برمل جامعة الأحمر E/C=0.60	% 78	من70%الى 90%	جد لدنة

1-1-2-1/ تفسير النتائج والاستنتاج:

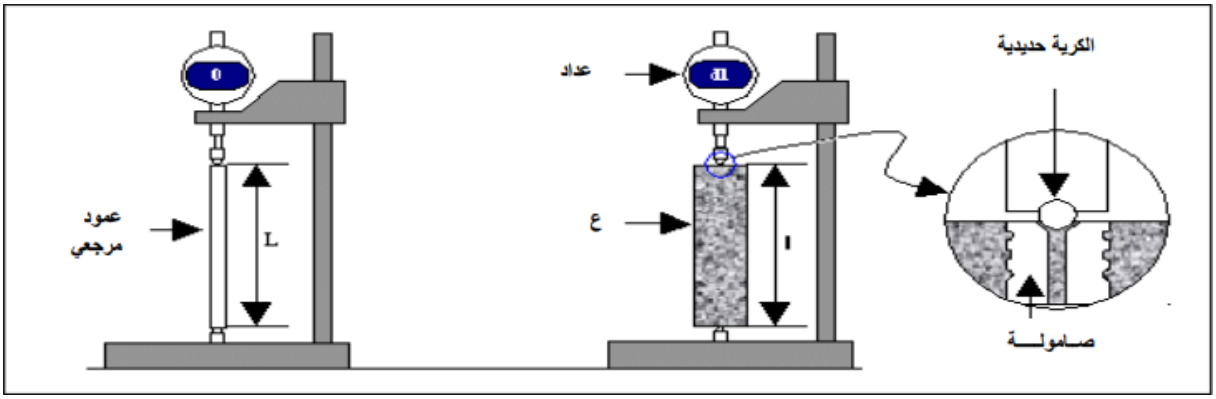
نلاحظ من خلال الجدول (IV-2) أن الانسياب سجل أعلى نسبة مئوية له في خرسانة رمل جامعة الأحمر عند النسبة E/C=0.60 (78%) تليها نفس الخرسانة عند النسبة E/C=0.55 (60 %) أقل منها عند خرسانة رمل جامعة الأصفر عند النسبة E/C=0.60 (53.8 %) ثم عند النسبة E/C=0.55 (37.6 %) ،وهذا راجع الى تأثير المساحة السطحية للركام في كلا الرملين حيث كانت أقل عند رمل جامعة الأحمر بسبب نقص نعومته واحتوائه على الحبيبات الخشنة التي لم تحتاج الى كمية كبيرة من الاسمنت لتغليفه ومنه كمية الماء المضافة؛ فكانت اكثر انسيابا والثانية أكثر صلابة ،وكذلك كمية الماء المضاف. ومن هنا نستنتج أن نعومة الركام ومساحته السطحية ونسبة الماء تأثر على انسياب الخرسانة ومنه تشغيليتها.

2-1/ التجارب المجرات على الخرسانة الصلبة:

1-2-1/ تجربة الانكماش:

تمت تجربة الانكماش للخرسانة المدروسة على عينات اختبار موشورية لها مقطع مربع cm7×7 وطول cm28 مزودة في سطوحها العلوية والسفلية بصامولتين توضع عليهما كورتين حديديتين وتدخل العينة وهي على هذا الحال الى جهاز رقمي يقيس الطول مباشرة اعتبارا من طول ابتدائي يضبط عليه، هذا الجهاز من النوع Rétrocontrôle كما هو موضح في الشكل رقم **(1-IV)** والملحق رقم13. **[29]**

- تم اجراء اختبار الانكماش وفقا للمعيار الفرنسي NFP 18-427 **[61]** والمتمثل في قياس التباين في طول العينة الموشورية (7×7×27) بدلالة الزمن مقارنة بطولها الاولي.
- الطول الاولي: هو طول العينة بعد يوم واحد من تصنيعها.



الشكل (1-IV) : شكل تخطيطي لجهاز قياس الانكماش

ملاحظة:

عدد العينات المختارة للقيام بتجربة الانكماش هي 48 عينة.

- 12 عينة لرمل جامعة الأحمر بنسبة E/C=0.55

- 12 عينة لرمل جامعة الأحمر بنسبة E/C=0.60

- 12 عينة لرمل جامعة الأصفر بنسبة E/C=0.55

- 12 عينة لرمل جامعة الأصفر بنسبة E/C=0.60

- **تحضير عينات الاختبار:**

تم تحضير المخاليط وفقا لجرعة وزن الركام وطبقا للمعيار الفرنسي NF P18-404/1981 **[60]** والذي يتكون من المكونات بالترتيب التالي: الحصى، الاسمنت، الرمل، تخلط العناصر لتجف لمدة دقيقة واحدة، يضاف ماء الخلط بالكمية المطلوبة ويتبع الخلط لمدة دقيقتين وقمنا بخلطها حتى تجانست وأخذنا الكمية المطلوبة لتعبئة القوالب.

- **تخزين العينات:**

بعد صب الخرسانة، تم الاحتفاظ بالعينات لمدة 24 ساعة في قوالبهم داخل المخبر (20 ± 5 درجة مئوية، HR=50±5%). بعد إزالة القوالب قمنا بتقسيمها على أربعة أوساط مختلفة درجة الحرارة مماثلة لاختلاف درجات الحرارة في المناطق الحارة، حتى لحظة الاختبار.

حيث وضعنا 12عينة مختلفة نوعية الرمل ونسبة الماء للإسمنت E/C في كل وسط؛ داخل المخبر، معرضة للشمس، داخل فرن درجة حرارته 50°، وداخل فرن درجة حرارته 70° لمدة 45 يوما متتالية مع أخذ نتائج الانكماش لكل

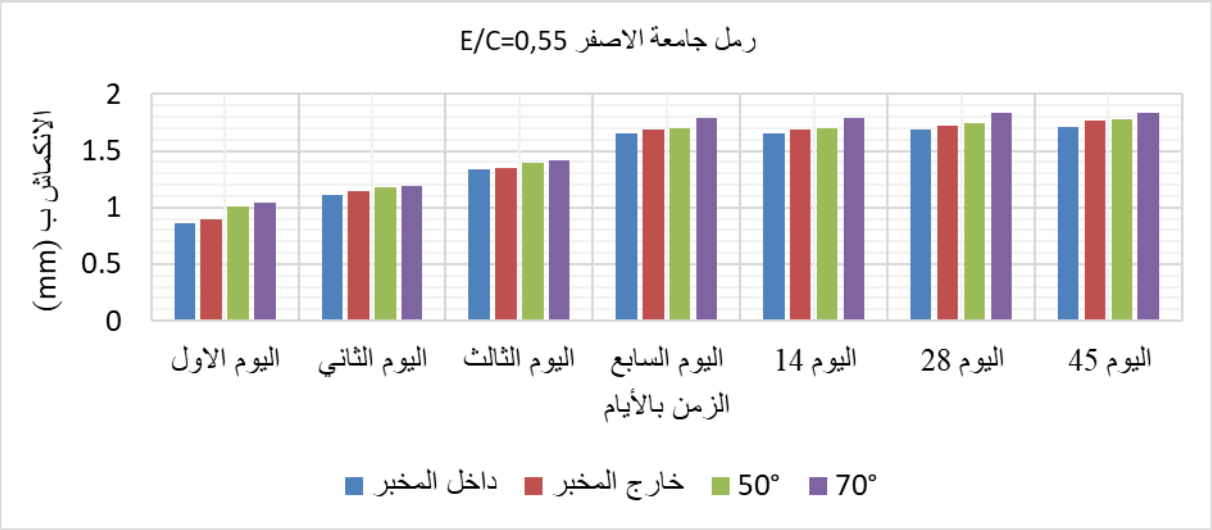
عينة في اليوم الأول، اليوم الثاني، اليوم الثالث، اليوم السابع، اليوم الرابع عشر، اليوم الثامن والعشرون واليوم الخامس والأربعون.

1-2-2/ نتائج اختبار الانكماش:

قنا بتقسيم النتائج التي تحصلنا عليها الى ثلاثة مقارنات الموضحة في الاعمدة البيانية التالية:

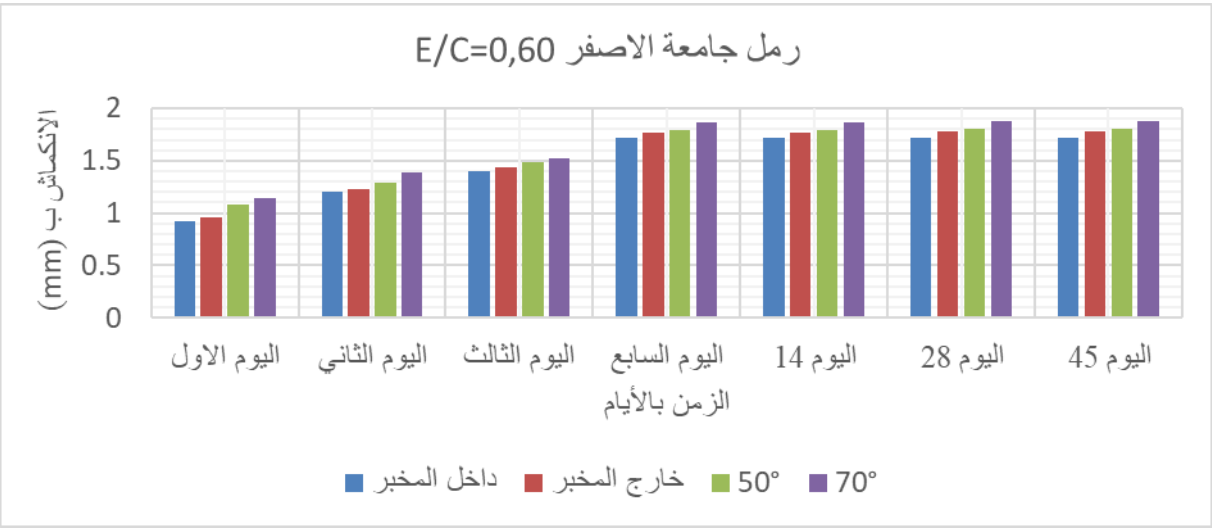
1-2-2-1/ المقارنة 1: نفس الرمل ونفس E/C مع تغيير الأوساط

- رمل جامعة الأصفر E/C=0.55:



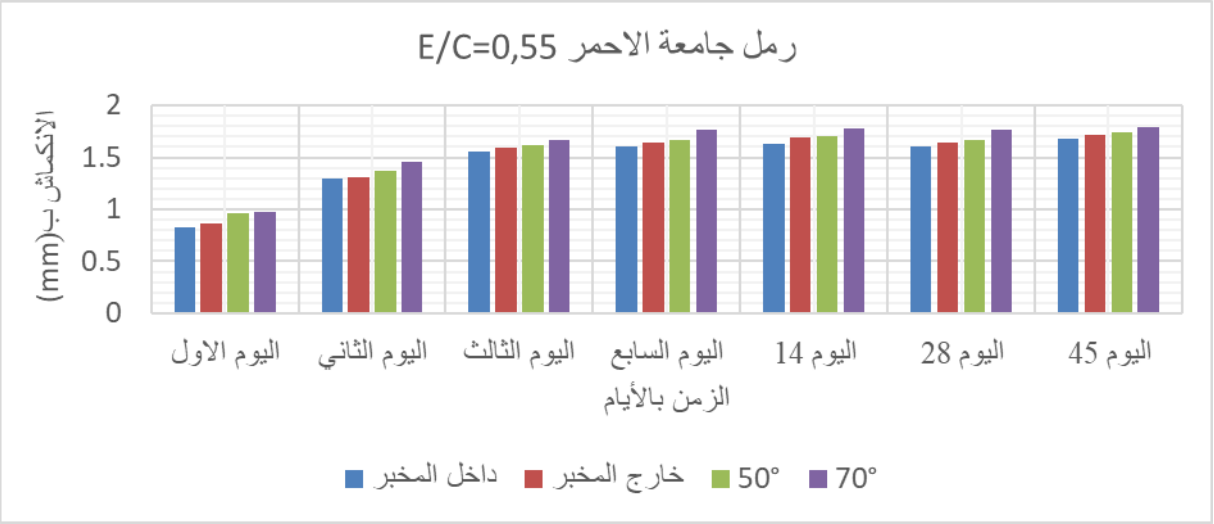
منحنى (IV -1) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر عندE/C=0.55 مع مرور الأيام

- رمل جامعة الأصفر E/C=0.60:



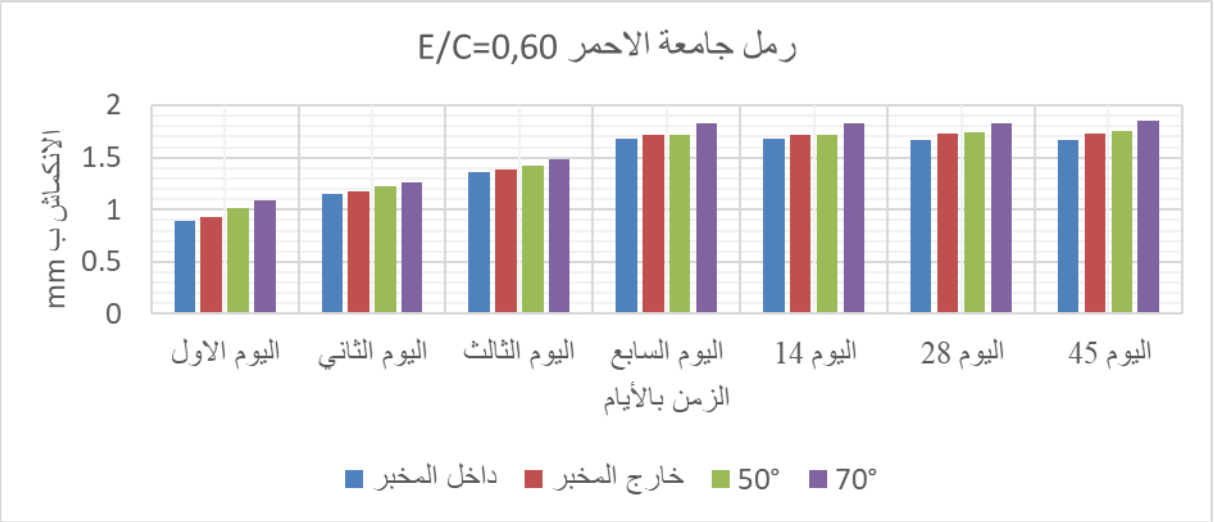
منحنى (IV -2) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر عندE/C=0.60 مع مرور الأيام

- رمل جامعة الأحمر E/C=0.55:



منحنى (IV -3) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر عندE/C=0.55 مع مرور الايام

- رمل جامعة الأحمرE/C=0.60 :



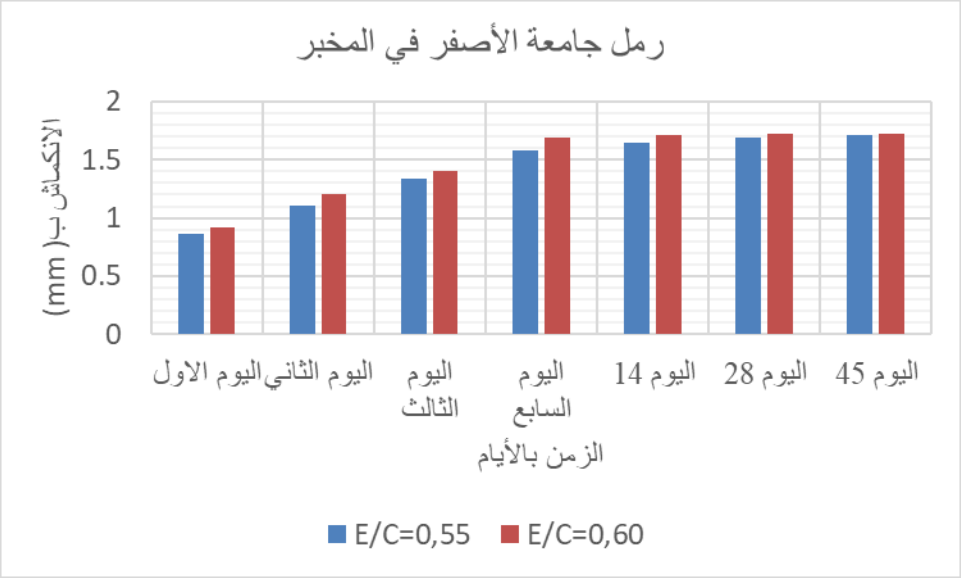
منحنى (IV -4) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر عندE/C=0.60 مع مرور الأيام

1-2-2-2/ تفسير النتائج والاستنتاج:

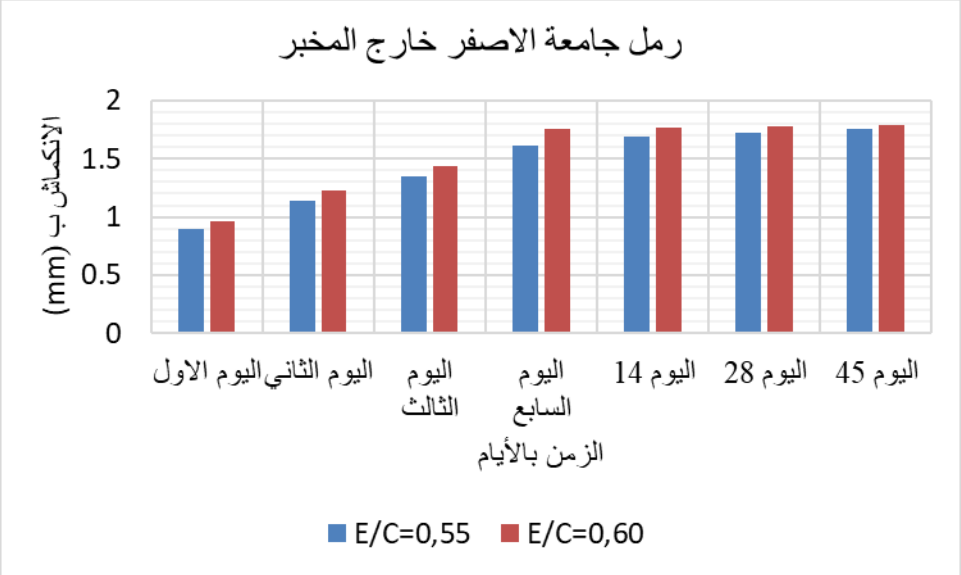
من خلال الاعمدة البيانية نلاحظ زيادة ملحوظة في قيمة الانكماش في الأيام السبعة الأولى يليها ثبوت تدريجي مع مرور الأيام وهذا يفسر بأن الخرسانة تكون نشطة وفعالة أكثر في الفترة الأولى من عمرها أي أن الانكماش يكون فعال أكثر في الأيام الأولى. كما نلاحظ انه كلما زادت درجة الحرارة زاد الانكماش حيث سجلنا أكبر قيمة عند درجة الحرارة 70°،أقل منها عن درجة الحرارة 50°، أقل منها في الوسط المعرض للشمس تاليها داخل المخبر وهذا راجع لتأثير درجة حرارة الوسط على الخرسانة حيث نستنتج انه كلما زادت درجة الحرارة زادت نسبة الانكماش في الخرسانة.

1-2-2-3/ المقارنة 2: نفس الرمل ونفس الوسط مع تغيير E/C

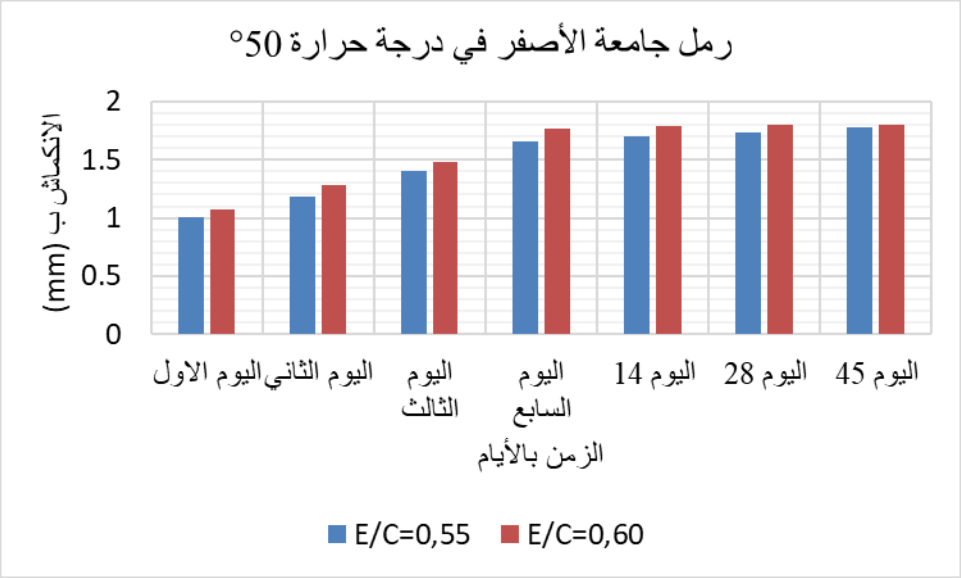
- **رمل جامعة الأصفر:**



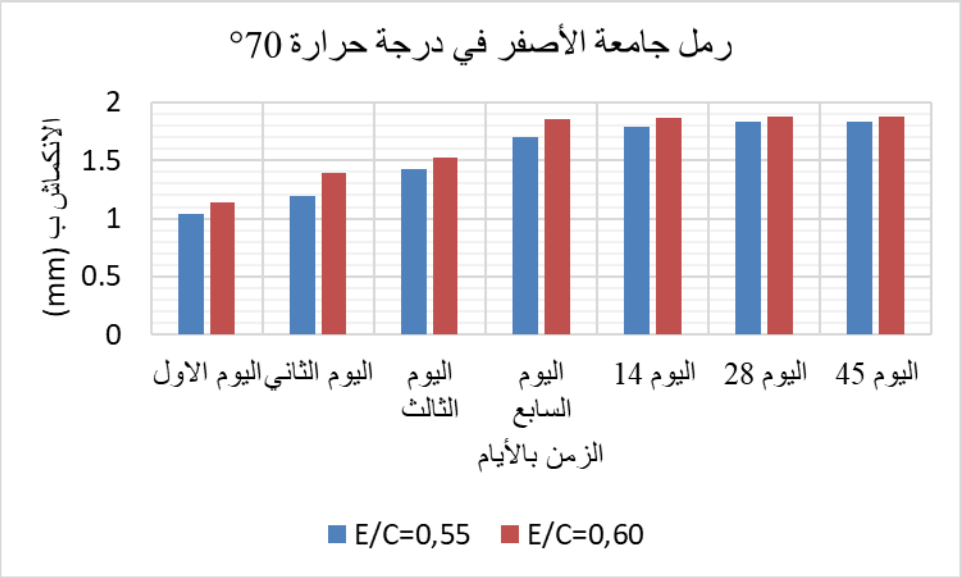
منحنى (IV -5) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر في المخبر عند قيمتين من E/C



منحنى (IV -6) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر خارج المخبر عند قيمتين من E/C

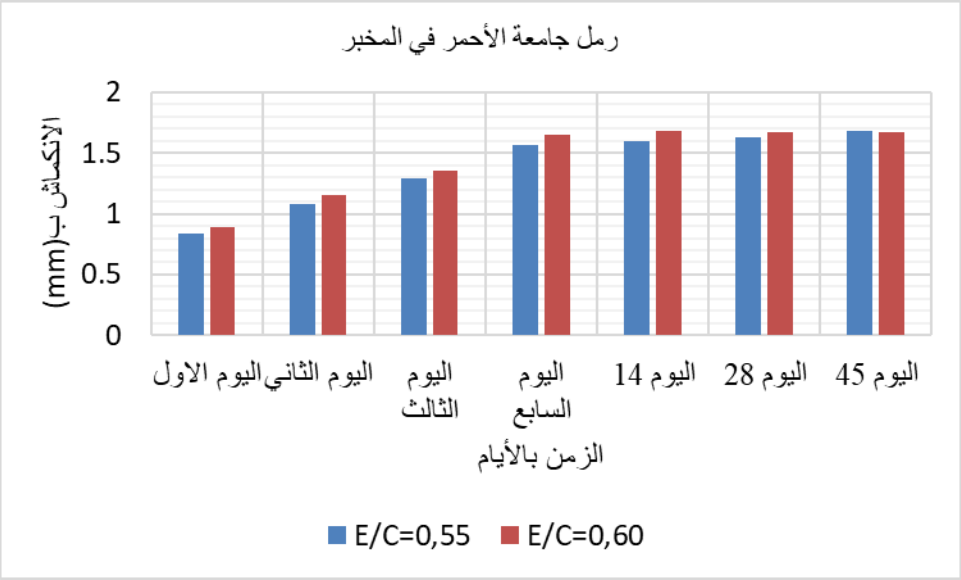


منحنى (IV -7) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر في درجة حرارة 50° عند قيمتين من E/C

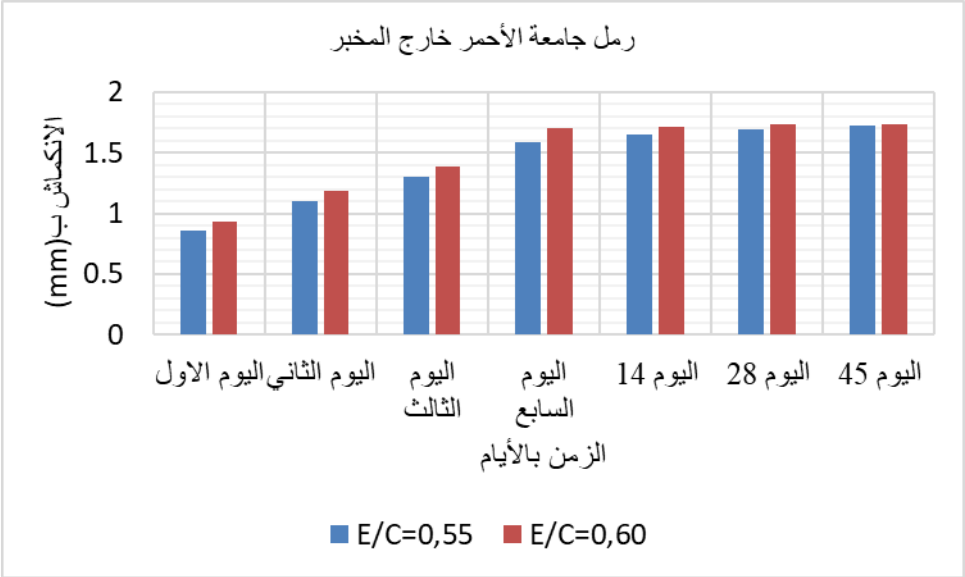


منحنى (IV -8) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر في درجة حرارة 70° عند قيمتين من E/C

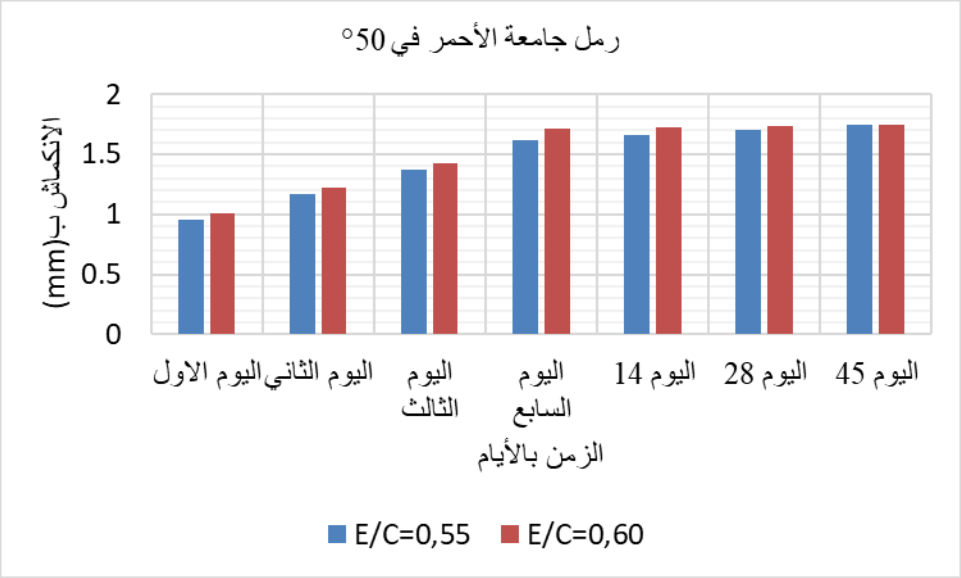
- **رمل جامعة الأحمر:**



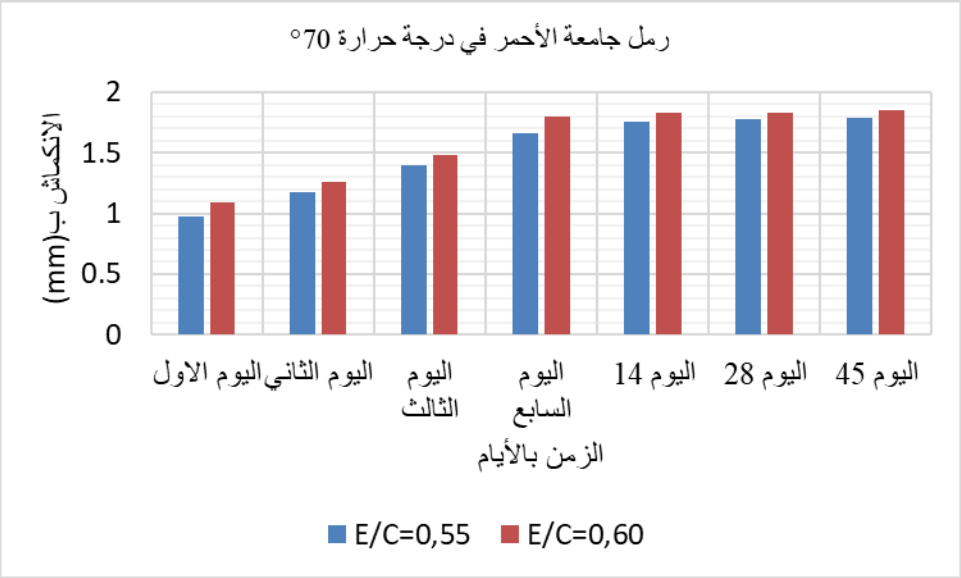
منحنى (IV -9) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر في المخبر عند قيمتين من E/C



منحنى (IV -10) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر خارج المخبر عند قيمتين من E/C



منحنى (IV -11) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 50° عند قيمتين من E/C



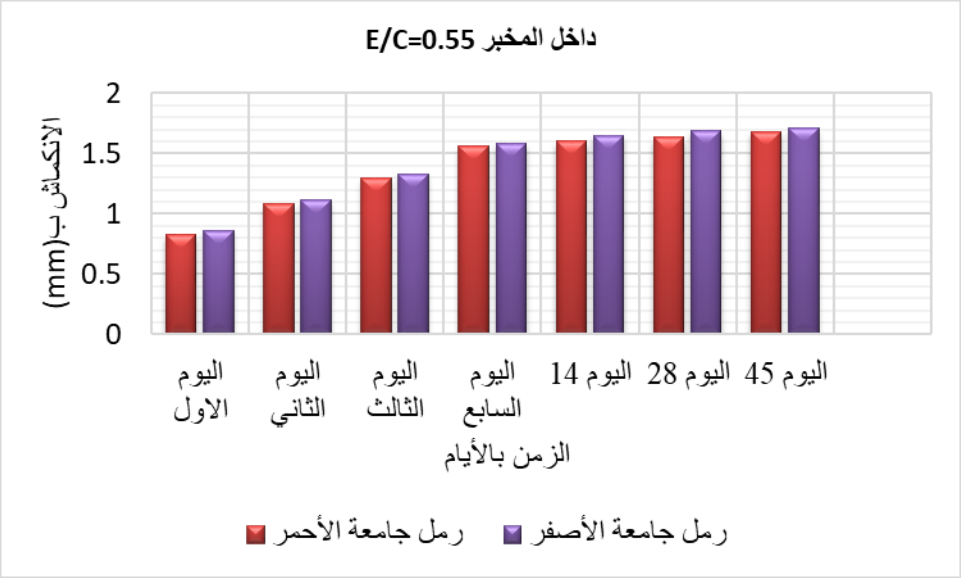
منحنى (IV -12) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 70° عند قيمتين من E/C

4-2-2-1/ تفسير النتائج والاستنتاج:

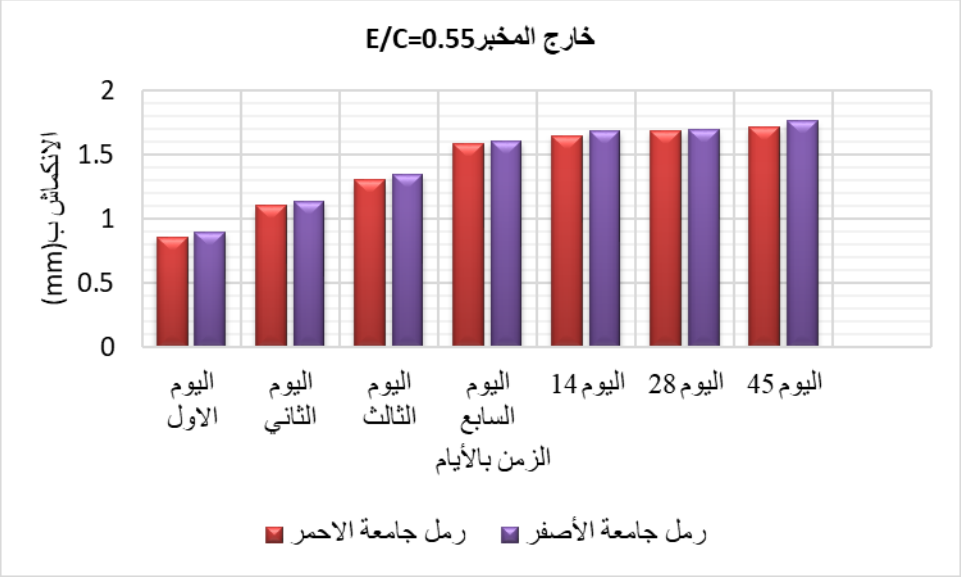
نلاحظ في هذه المقارنة ومن خلال النتائج الموضحة في الأعمدة البيانية أن الانكماش أعطى أكبر قيمة له عند نسبة E/C=0.60 في كلا الرملين وفي جميع الأوساط المدروسة وهذا ما يفسر أن زيادة الماء في الخلطة يؤدي الى زيادة الانكماش في الخرسانة نتيجة فقدان الماء أثناء عملية التبخر ومنه نستنتج أنه كلما زادت كمية الماء زاد الانكماش.

1-2-2-5/ المقارنة 3: نفس E/C ونفس الوسط مع تغيير الرمل

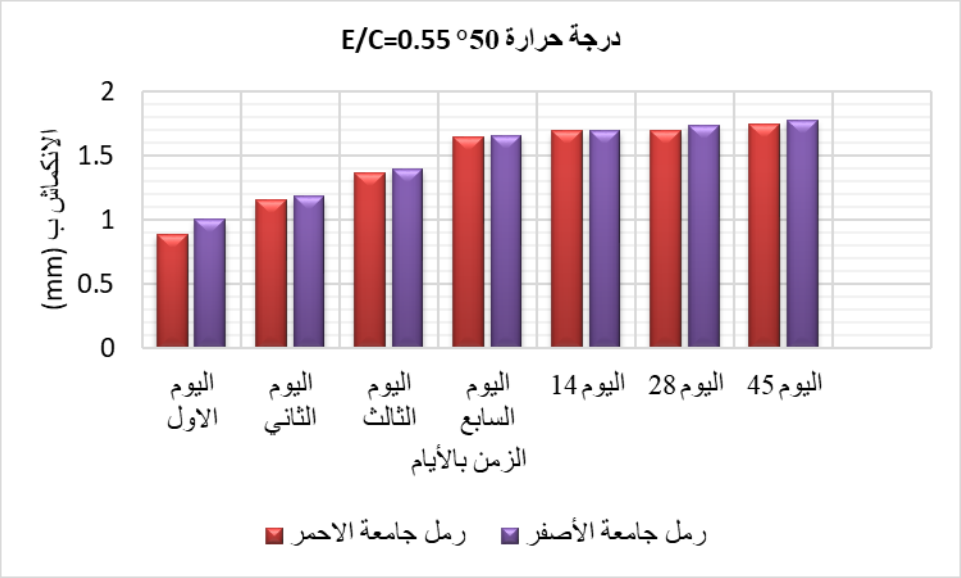
- **E/C=0.55 :**



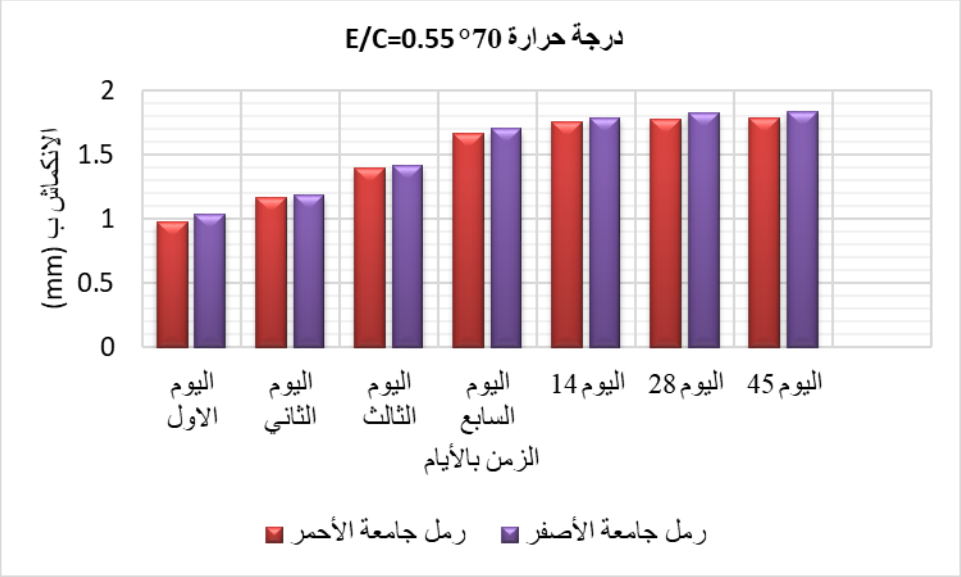
منحنى (IV -13) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر داخل المخبر عند E/C=0.55



منحنى (IV -14) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر خارج المخبر عند E/C=0.55

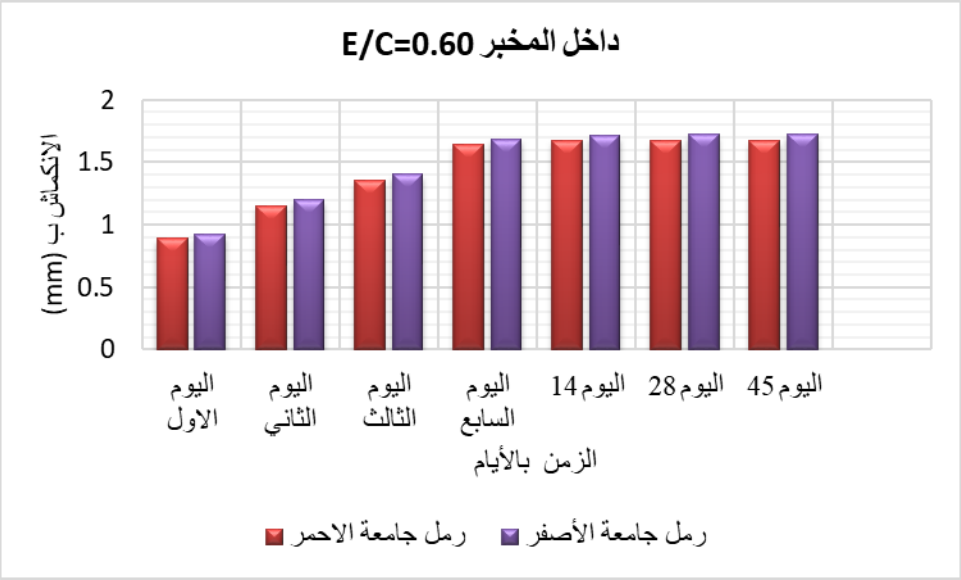


منحنى (IV -15) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 50° عند E/C=0.55

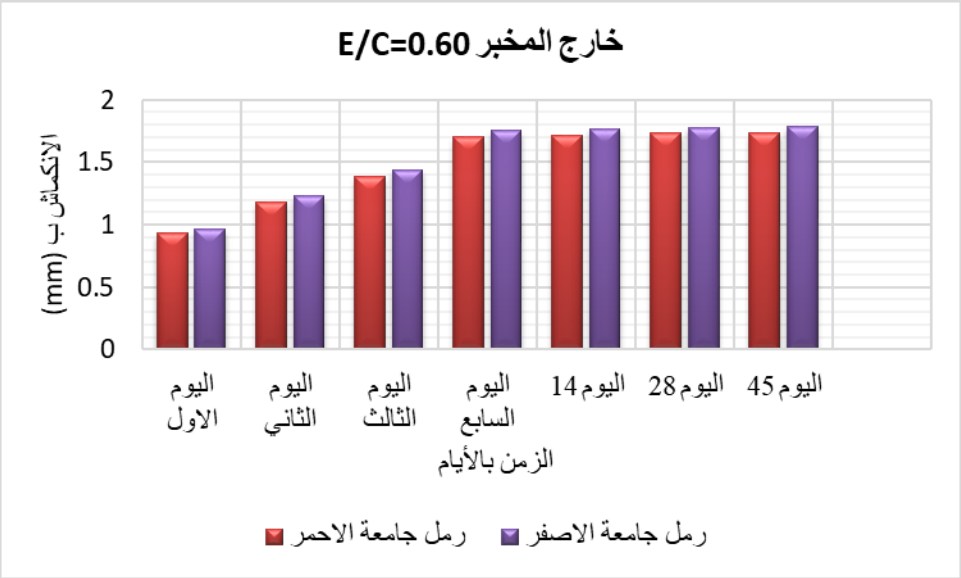


منحنى(IV -16) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 70°عند E/C=0.55

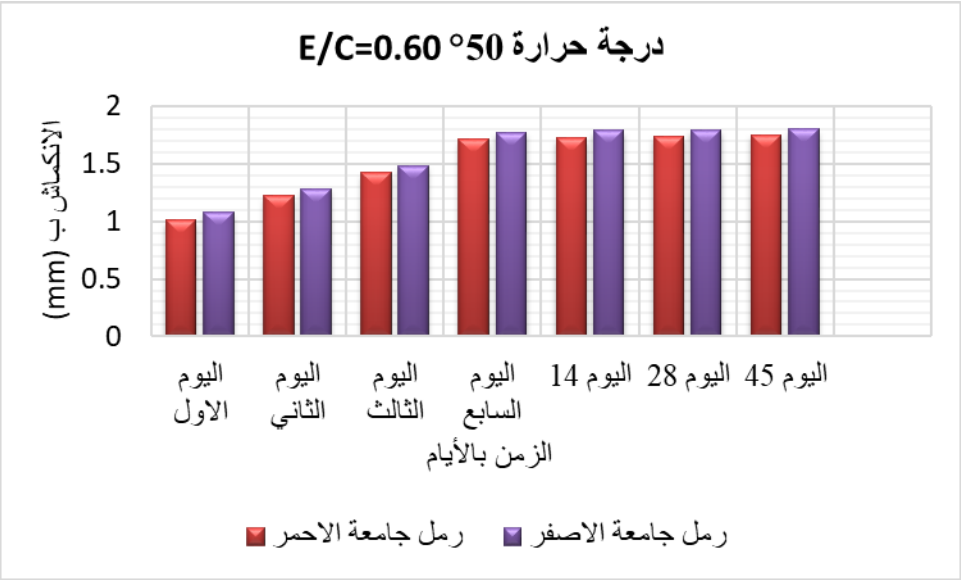
- **E/C=0.60 :**



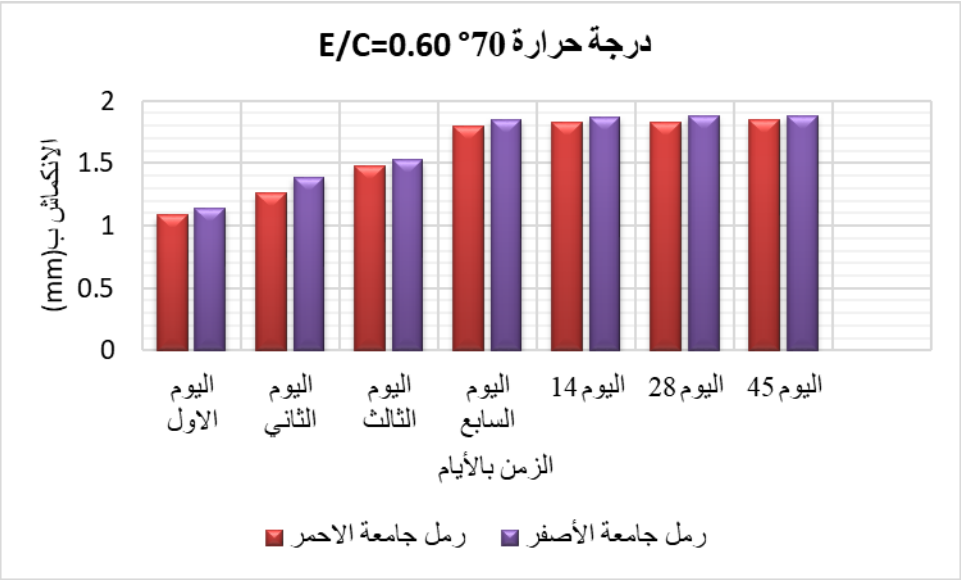
منحنى (IV -17) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر داخل المخبر عند E/C=0.60



منحنى (IV -18) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر خارج المخبر عند E/C=0.60



منحنى (IV -19) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 50° عند E/C=0.60



منحنى (IV -20) يوضح نتائج الانكماش لرمل جامعة الأصفر ورمل جامعة الأحمر في درجة حرارة 70° عند E/C=0.60

6-2-2-1/ الاستنتاج وتحليل النتائج :

نلاحظ من خلال الجداول السابقة أن كلا التركيبتين من الخرسانة قد أعطتا زيادة ملحوظة في قيم الانكماش وقد تطورت النتائج بمرور الأيام؛ وهذا الانكماش المعبر عنه بالنقصان في طول العينات عبر الزمن يرجع الى تطور التفاعلات الكيميائية الحاصلة بين الاسمنت والماء، والتي ينتج عنها مجموعة من أنواع الانكماش المتحتم الوقوع حيث كلما التقى الماء بمسحوق الاسمنت ومباشرة عندما تبدأ عملية الاماهة بين الاسمنت والماء يحدث نقص في حجم العجينة لان

العجينة المتصلبة حجمها أقل من مجموع حجمي الماء والاسمنت في الخلطة مما يؤدي الى انكماش الخرسانة الداخلية وهو ما يعرف بالانكماش الذاتي لأنه يحدث ذاتيا نتيجة الاتحاد الكيميائي بين الاسمنت والماء.

أما ما لاحظنا من اختلاف في الانكماش بين العينات المختلفة للخرسانة المدروسة فقد لاحظنا ان الخرسانة المركبة من رمل جامعة الأصفر أعطت قيمة للانكماش اكثر من الخرسانة المركبة من رمل جامعة الأحمر، وكان أكبر عند نسبة E/C=0.60 في كلا التركيبتين و في جميع الأوساط ؛ ومرد ذلك الى كون معامل نعومة رمل جامعة الأصفر والذي يساوي 2.16 كان أقل مما هو عليه في رمل جامعة الأحمر والذي كان 2.3 بمعنى أن حبيباته متقاربة وتميل للنعومة مما يجعل المساحة السطحية اكبر مما هو عليه في الرمل الثاني أي أن الخلطة تحتاج الى اسمنت أكثر ليغطي تلك المساحة أي الى كمية ماء أكبر، وبما أن الانكماش يكون في عجينة الاسمنت الرابطة بين الحبيبات فهذا يفسر نسبة الارتفاع العالية في التركيبة الأولى، ونتيجة فقدان الماء الى الجو المحيط تتقلص الخرسانة ويحدث الانكماش، فكلما كان هناك ماء أكثر متاح للتبخر كلما زادت إمكانية الانكماش أثناء الجفاف.

الخاتمة:

من خلال هذه الدراسة التي أجريت على مجموعة من العينات الموشورية بحجم (7×7×28)، انطلاقا من نوعين من الرمل (رمل جامعة الأصفر، رمل جامعة الأحمر) بنسبتين مختلفتين من الماء للإسمنت (E/C=0.55،E/C=0.60) والتي قمنا فيها أساسا بدراسة الانكماش للخرسانة المركبة من هاذين النوع من الرمل واختبار تشغيليتها التي تعود بدرجة اولى الى نوعية الرمل ؛ وذلك بهدف المقارنة بينهما ومعرفة مدى مقاومتها للانكماش ومدى تأثير كمية الماء على هذه الظاهرة، لنتحصل في الأخير على نتيجة مرضية عند الخرسانة المركبة من رمل جامعة الأحمر عند النسبة E/C=0.55 والتي سجلت قيمة انكماش أقل مما هي عليه في التركيبة الثانية في جميع الأوساط وعلى جميع المقارنات التي أجريناها.

الخلاصة العامة والتوصيات

الخلاصة العامة:

الهدف الأساسي من هذا العمل هو دراسة الخصائص الريولوجية للخرسانة المصنعة في المناطق المرتفعة درجة الحرارة استنادا على قابليتها للتشغيل والانكماش بناء على نوعين من الرمل (رمل جامعة الأصفر، رمل جامعة الأحمر) لولاية الوادي، ومعرفة تأثير أهم خصائصه (الركام) وتأثير درجة الحرارة والاختلاف في نسبة الماء للإسمنت E/C على هاتين الخاصيتين. ومن هذا المنطلق قمنا بإنجاز العديد من التجارب على الرمال المقترحة في الدراسة على مجموعة من العينات النظامية.

كنقطة انطلاق قمنا بأخذ قيمتين من نسبة الماء للإسمنت (E/C=0.55)،(E/C=0.60) وأضفناهما لكلا الرملين في تركيبة الخرسانة عند الخلط.

في البداية قمنا بدراسة خصائص الركام والذي يعد الجزء الأكبر في تركيبة الخرسانة حيث يؤثر على الخصائص الأساسية للخرسانة، وتوصلنا الى أن رمل جامعة الأصفر له معامل نعومة أقل من معامل نعومة رمل جامعة الأحمر، ووجدنا أيضا أن استهلاك ماء الخلط يكون على حسب حالة السطح وهندسة حبيبات الركام، ويؤثر شكله ونعومته ومساحته السطحية وحجمه الكلي ومدى تماسكه مع العجينة الاسمنتية بشكل كبير على الانكماش وقابلية التشغيل.

وفي الجزء التجريبي فقد قمنا بدراسة خصائص المواد المستعملة في الخرسانة ثم تحديد أحجامها في الخلطة الخرسانية وذلك بطريقة Dreux Gorisse وهي عبارة عن طريقة مبسطة تعتمد على الحصول على ترابط جيد تركيبة فعالة.

حيث أجرينا التجارب على الخرسانة في حالتيها الطازجة والصلبة، ففي الخرسانة الطازجة أو الطرية اختبرنا مدى قابليتها للتشغيل من خلال اختباري الهبوط والانسياب حسب المعايير الأساسية لهما بواسطة مخروط أبرامس CONE D'ABRAMSوطاولة الاهتزاز؛ وتوصلنا من خلالهما على نفس النتائج على مستوى الرملين وفي النسبتين من الماء للإسمنت E/C كذلك، فتحصلنا على نسبتا هبوط وانسياب أكبر عند خرسانة رمل جامعة الأحمر بالنسبة E/C=0.60أقل منهما في نفس الرمل وعند النسبة E/C=0.55 تاليها خرسانة رمل جامعة الأصفر عند E/C=0.60 ثم نفسها عند النسبة E/C=0.55،و فسرنا هذا الاختلاف بنوعية الركام ونعومته فكلما زاد معامل النعومة قلت المساحة السطحية للركام مما يجعل كمية الاسمنت اللازمة لتغليف سطحه أقل مما هي عليه في الركام ذو معامل النعومة الأقل ومنه كمية الماء الممتصة أقل فيكون الهبوط والانسياب بنسبة أكبر، وأما بخصوص اختلاف النسبتين عند نفس الرمل ففسرناه بزيادة نسبة الماء فكلما زادت كمية الماء المضاف زادت لزوجة الخرسانة وسيلانها ومنه زيادة في قيمتي الهبوط والانسياب.

أما في الخرسانة الصلبة فقمنا باختبار الانكماش على مجموعة من العينات الموشورية ذات الحجم (7×7×28 سم) تقدر ب 48 عينة والتي تم إنجازها في المخبر تحت ظروف ملائمة من درجة الحرارة والرطوبة. وبعد مرور 24 ساعة من وضعها في القوالب قمنا بنزعها وتوزيعها على 4 أوساط مختلفة درجة الحرارة (داخل المخبر، خارج المخبر معرض للشمس، في فرن درجة حرارة 50°، في فرن درجة حرارة 70°) حيث إخترنا هذه الأوساط حسب اختلاف درجات حرارة

الجو في المناطق الجنوبية الحارة مع تغير الفصول، وتم توزيعها على 3 عينات في كل وسط من كل تركيبة حسب التركيبات التالية:

- 12 عينة لرمل جامعة الأحمر بنسبة E/C=0.55
- 12 عينة لرمل جامعة الأحمر بنسبة E/C=0.60
- 12 عينة لرمل جامعة الأصفر بنسبة E/C=0.55
- 12 عينة لرمل جامعة الأصفر بنسبة E/C=0.60

وأخذنا نتائج الانكماش في فترات زمنية مختلفة وهي (1، 2، 3، 7، 14، 28، 45) يوما، حيث جعلنا نتائج اليوم الأول كمرجع حسب طولها الاولي.

وحسب الملاحظات المستوحاة من هذه التجربة رأينا أن أكبر قيمة للانكماش سجلت عند الخرسانة المركبة من رمل جامعة الأصفر ذات النسبة E/C=0.60 ثم نفس الخرسانة عند النسبة E/C=0.55 تاليها الخرسانة المركبة من رمل جامعة الأحمر ذات النسبة E/C=0.60 بعدها نفسها عند E/C=0.55 عند العينات الموضوعة في فرن درجة حرارته 70°، تاليها بنفس الترتيب عند العينات الموضوعة في فرن درجة حرارته 50°، ثم العينات المعرضة للشمس خارج المخبر ثم عينات داخل المخبر وتفسر هذه النتائج كالتالي:

- التغير في قيم الانكماش مع تغير درجات الحرارة يفسر بأنه كلما زادت درجة حرارة الجو زاد الانكماش وهذا يعود الى فقدان الماء الحر من الخلطة الخرسانية وهبوط الأجزاء الصلبة (الركام) الى الأسفل مما يؤدي الى صعود الماء الى الأعلى وتبخره وهذا بسبب تعرض الخرسانة الى حرارة الجو والجفاف والرياح، فكلما زادت درجة حرارة الجو كلما زاد معدل وكمية الفاقد من الماء الى سطح الخرسانة مما يؤدي الى زيادة الانكماش وهذا ما يسمى بالانكماش اللدن.

- اختلاف قيمة الانكماش عند النسبتين من الماء للإسمنت E/C=0.60 E/C=0.55 في كلا الرملين يعود الى تأثير كمية الماء المضافة للخلطة الخرسانية؛ حيث يحدث الانكماش نتيجة فقدان الماء الى الجو فكلما كانت هناك كمية ماء أكثر متاحة للتبخر كلما زادت إمكانية الانكماش في الخرسانة.

- الاختلاف في معدل الانكماش بين خرسانة رمل جامعة الأصفر وخرسانة رمل جامعة الأحمر والذي لاحظنا أنه كان بنسبة أكبر في الأولى وذلك يعود الى نعومة كل رمل فالانكماش يتأثر بدرجة أولى بشكل الركام وكميته ومساحته السطحية لأنه يحدث على مستوي تركيبة العجينة الاسمنتية، فكلما زادت نعومة الركام المستعمل زادت مساحته السطحية ومنه زيادة كمية الاسمنت الواجب اضافتها لتغليف جميع حبيبات الركام وهذا ما يؤثر على كمية الماء المضافة في الخلطة. ومنه فإن استعمال ركام ذي مساحة نوعية أقل يمكن أن يساعد على تقليل الماء في الخلطة؛ وبالتالي تقليل الانكماش.

- يتناسب الانكماش طردياً مع كمية الماء بالخلطة ويتناسب عكسيا مع نعومته ومساحته السطحية.

وفي نهاية هذه الدراسة ومن خلال التجارب المجرات استنتجنا أن رمل جامعة الأحمر عند النسبة E/C=0.55 كان الأفضل من ناحية قابلية التشغيل ومقاومته للانكماش في درجات الحرارة المرتفعة وهذا بسبب نعومته الجيدة وانسجامها مع كمية الماء.

الحلول المقترحة لهذه الدراسة:

- لمنع الانكماش اللدن نقوم بتقليل الفاقد من الماء السطحي عن طريق المعالجة المبكرة والفعالة.

- معالجة الخرسانة باكرا والتي تعمل على تقليل الفاقد الحراري وبالتالي تقليل فروق الحرارة في الأعضاء الضخمة عند درجات الحرارة المرتفعة كما أنها تقلل في نفس الوقت الماء المفقود من سطح الخرسانة وبالتالي تبطئ من معدل الانكماش.

- تسليح الخرسانة بحديد التسليح لأنه يسبب قيدا على الحركة فيعمل على مقاومة إجهادات الشد الناتجة من الانكماش وتقليل الانكماش نفسه.

- تقليل المدة الزمنية بين خلط الخرسانة وصبها لتفادي التبخر السريع للماء في درجة الحرارة المرتفعة.

- استخدام قدر المستطاع الماء البارد وإضافة الثلج عند خلط وصب الخرسانة في الطقس الحار وتجنب استعمال الاسمنت سريع التصلد.

- وضع الركام تحت الظل ورشه بالماء البارد مباشرة قبل الاستخدام.

- الخلط قدر الإمكان تحت الظل مع مراعاة الحد الأدنى له الذي يضمن جودة الخرسانة.

التوصيات:

وعليه ومن خلال هذا البحث نوصي بما يلي:

- حبذا لو استعلمنا أنواع أكثر من الرمل.
- إدخال أكثر من نوع من نسبة الماء الى الاسمنت E/C.
- زيادة أكثر في عدد الأوساط بمختلف درجات الحرارة.
- دراسة موسعة حول تأثير حجم الركام ونوعه وماء الخلط على تشغيلية وانكماش الخرسانة.
- ومن ثم مواصلة البحث على تأثير درجات الحرارة في المناطق الجنوبية وإيجاد حلول أكثر لمشكل الانكماش في هذه المناطق.

كنتيجة لهذا البحث نتمنى أن نكون قد وفقنا في تحديد أهم مشاكل الخرسانة في المناطق الحارة وبيناَ أسبابها واعطينا الحلول اللازمة لها للمساهمة في استمرار استخدامها.

وأخيرا نحمد الله على توفيقه على استكمال هذه الدراسة راجين من المولى عزَ وجلَ أن تكون بداية انطلاق للمزيد من الدراسات حول هذا الموضوع.

قائمة المراجع

1: عزوز سمية /فايزي هناء، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر تحت عنوان المساهمة في تحسين الخصائص الفيزيوميكانكية للخرسانة العادية لرمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي، سنة 2020.

2: موقع https://www.youtube.com/watch?v=r9YCvcNWTE8 .

3: موقع https://workingdrawing.yoo7.com/t41-topic

4: عمادة محمد حمادة، الخرسانة ، مقالة من موقع "مركز المدينة للعلوم الهندسية"، جوان 2009.

5: لقوقي طارق/ بن موسى بوبكر، مذكرة لنيل شهادة الماستر تحت عنوان" المساهمة في دراسة الخرسانة الخضراء اعتمادا على المواد المحلية"، جوان 2019.

6: موقع https://sites.google.com/site/scdgndeti/concrete-components-tests

7: موقع https://www.et3lemdelivery.com/2018/09/A-book-on-concrete-industry-types-and-uses html.pdf .

8: Belouadah MESSAOUDA، مذكرة دكتوراه بعنوان المساهمة في دراسة تأثير طبيعة مواد الحشو على خواص الخرسانة على أساس المواد المحلية في الحالة الطازجة والصلبة ودرجات الحرارة المرتفعة، جامعة محمد بوضياف مسلية، 2018/12/18..

9: Egypt system، كتاب ماء الخلط ومعالجة الخرسانة، 11 أفريل 2014.

10: الدكتور محمود إمام، كتاب الخرسانة، سنة 2002.

11: محمد محمود مهنا، كتاب تكنولوجيا الخرسانة، سنة 2019-2020.

12: عبد الله محمد عنصيل الساعدي، تأثير تدرج وشكل الركام على مقاومة الخرسانة، 20أفريل 2016.

13 : الركام PDF.

14: محمود مدكور، كتاب الإضافات في الخرسانة،12 أكتوبر 2003.

15: موقع https://www.startimes.com/f.aspx?t=38741036

16: مكونات وانواع ومواصفات ومراحل صناعة وزمن تصلب الخرسانةhttps://e3arabi.com/tag .

17: https://download-engineering-pdf-ebooks.com/12383-free-book

18: بالفراق عالوه، مذكرة ماجستير بعنوان استعادة الألياف المعدنية من النفايات الهوائية في خرسانة الكثبان الرملية، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2006/06/20.

19: https://www.facebook.com/RwytLlmqawlatQtaAlkhrsantAljahzt/posts/14785770189379

20: خواص واختبارات الخرسانة الطازجة PDF.

21: BARON J et OLLIVIER J «la durabilité des bétons press de l'école national des pnts et chausses 1992».

22: NFP 18-598.

23: دغيش نوال/ مرابط منار، مذكرة لنيل شهادة الماستر تحت عنوان تأثير مختلف تراكيز الأوساط العدوانية على الخرسانية العادية لرمل واد الرتم، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي، 2020.

24: بن عمار بنخدا، المعالجة الطبيعية الملاط أو الخرسانة لهياكل الخرسانة الجاهزة، جامعة محمد خيضر بسكرة،2006/06/19.

25: BRAHMA A «le béton éditions OPU Alger ; 1996 p 80-95».

26: المهندس محمود زهوان، هندسة المباني التعليمية، مقال هبوط الخرسانة " تجربة مخروط أبرامس"، 23 فيفري 2016 الساعة 12:33.

27: Caractéristiques et ، "Béton de sable،Presse de l'école nationale des ponts et chaussées pratiques d'utilisation" France, 1994.

28: DUPAIN R, LANCHON R, ST-ARROMAN J-C. "Granulats sols cements et bétons (caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire)", Edition casteilla-25, Paris, 1995.

29: ماني محمد، مذكرة تخرج لينيل شهادة ماجستير عنوانها المساهمة في تحسين خصائص الخرسانة الرمل الكثبان بواسطة الصحيح الحبيبي والتعزيز بالألياف المعدنية، نوقشت28 /2010/11.

30: GORISSE F. "Essais et contrôle des bétons" Edition Eyrolles،"،Paris, 1978

31: MOKHTARI F. "Contribution à l'étude des composites à base de liants Pouzzolaniques et de bambou", Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France, 1991.

32: BENGOUCHA F Z. "Amélioration des propriétés de mortier à base de sable de dunes Avec ajout (sable granulé de haut fourneaux) ". ، ENTP، Mémoire de fin d'étude d'ingéniorat، Algérie, 2005.

33: Makhaly BA. "Identification géotechnique de matériaux concassés-types en corps de chaussées et évaluation de leur qualité", Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Géosciences, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 2008.

34: DE LARRARD F «structures granulaire et formulation des bétons la boratoire central des ponts et chaussées 2003 p 30-208».

FERRERES D-B « étude à long terme et à la fatigue des système d' ancrage de pièces :35
métallique dans le béton 2010 thése de doctorat camins canal iport de Barcelona; department
d' engineer de la construction 2010 ».

Ministère des ،GRAND–DUCHE de Luxembourg ،"ClausesTechniques: C.T.7/75" :36
، Commission Permanente de Normalisation des Matériaux de Construction،Travaux Publics
Disponible sur: http://www.etat.lu/pch/public/structureeorg/labomater , ،[en ligne] , 2004
(consulté en 2004).

Diplôme de MAJISTER Thème Valorisation des déchets ،BARAKAT ABDERAZZAK :37
Université KASDI MERBAH ،des brique dans la réalisation ouvrages béton
.2006/11/05،OUAREGLA

VIMANE PHOUMMAVONG M «cours en béton armé ; essais de laboratoire p 1-146». :38

39: بن طبة محمد الطاهر / بومعراطة عبد الحميد، مذكرة لنيل شهادة الماستر تحت عنوان المساهمة في دراسة خصائص وتشوهات خرسانة ألياف النخيل في المناطق الجافة والحارة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، سنة 2004/2003.

NF P 18-305. :40

COLLECTION TECHNIQUE CIMBETON ; les constituants des bétons et des mortiers ; :41
tome 1 centre d'information sur le ciment et ses applications (France) CIM béton 2005 p 32-
49».

NF EN 12390-1«essai pour béton durci-partie 7 masse volumique du béton –Paris édition :42
AFNOR 2001.

MAILLONT R « mémento técnique des granulats présses école des mines de ; Paris 2001 :43
p 31-39 ».

Le recyclage des bétons de démolition Solution pour le développement ، Beredjem layachi:44
durable. Formulation et comportements physiques et mécaniques des bétons à base de ces
Université Badji Mokhtar Annaba 2012. ،recyclés

45: د/ محمود إمام / د/ محمد أمين، خواص المواد واختباراتها، رقم الإذاعة بدر الكتب 2007/3644.

46: سيدي محمد الأمين / بوكلي حسن، أطروحة دكتوراه عنوانها CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA
،RESISTANCE CARACTERISTIQUE DES BETONS DE LA REGION DE TLEMCEN
جامعة بكير بلقايد تلمسان، 2009.

47: بولوزا وليد وغرين عبد الباسط، مذكرة ماستر عنونها تأثير إضافة نفايات طوب النفايات على الخصائص الفيزيائية الميكانيكية للخرسانة، جامعةAKLI MOHANED OULHADJ BOUIRA،2019.

48: زيدي يحي وساكر عبد الرزاق، مذكرة ماستر تخصص تصميم وتشخيص أنظمة والتموين بمياه والتطهير عنوانها تحليل كيفية تاثير المياه الصاعدة على منشآت الري الخراسانية، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي، نوقشت في 2016/5/26.

49: PDF متانة الخرسانة الفصل 11.

50: محمد أبو هاشم / محمد عبيد / عثمان دودين، مشروع التخرج تخصص هندسة مدنية فرع مباني بعنوان دراسة مقارنة بين مقاومة الانضغاط لأشكال مختلفة من العينة الخراسانية بأعمار مختلفة، جامعة بوليتكنك فلسطين،2014.

51: تاتي تركي/ شاوش صلاح الدين، مذكرة ماستر تخصص منشآت عنوانها تشكيل وتوصيف الخرسانة الرملية المحملة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة،2018/2017.

53: NF P 18-553 «granulats preparation d'un échantillon pour essais».

54: NF P 18-591 Sept 1990 «granulats ; détermination de la propreté superficielle éditions AFNOR paris ; 1990».

55: NF P 18-560 «analyses granulométrique par tamisage».

56: EN 932-1 «propriétés générales des granulats ; partie 1».

57: EN 932-2 «propriétés générales des granulats ; partie 2».

58: NC ص 15-475 1900.

59: www.wikipedia.com.

60: NF P18-404/1981.

61: NFP 18-427.

62: NE P 18-303199 ET EN1008.

الملاحق

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

الملحق رقم 1 : قيم تقريبية لمعامل الحبيبيG

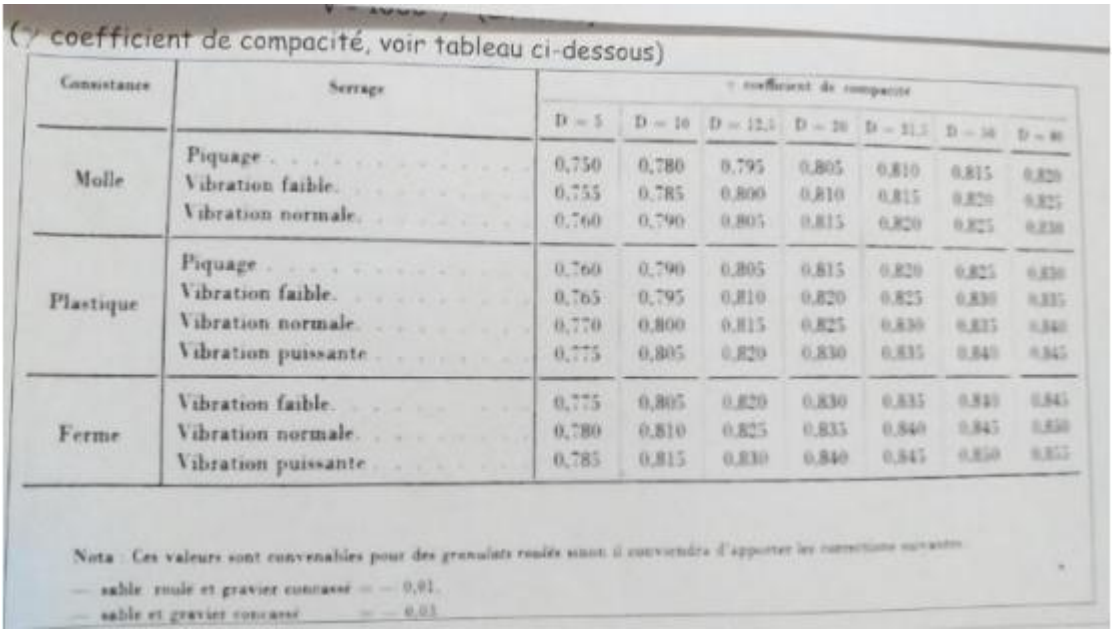
Tableau donnant les valeurs de K

Vibration		Faible		Normale		puissante	
Forme des granulats (du sable en particulier)		Roulé	concassé	Roulé	concassé	Roulé	concassé
Dosage en ciment	400 + Fluid	- 2	0	- 4	- 2	- 6	- 4
	400	0	+ 2	- 2	0	- 4	- 2
	350	+ 2	+ 4	0	+ 2	- 2	0
	300	+ 4	+ 6	+ 2	+ 4	0	+ 2
	250	+ 6	+ 8	+ 4	+ 6	+ 2	+ 4
	200	+ 8	+ 10	+ 6	+ 8	+ 4	+ 6

correction 1: qui tiendra compte de la finesse du sable : Ks = 6Mf - 15

correction 2: cas ou le béton sera pompé : Kp = + 5 à + 10 selon la plasticité désirée

الملحق رقم 2: معامل k مصطلح تصحيحي يعتمد على كمية الاسمنت



(γ coefficient de compacité, voir tableau ci-dessous)

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

الملحق رقم 3: معامل الضغط

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

الملحق رقم 4: صنف الهبوط

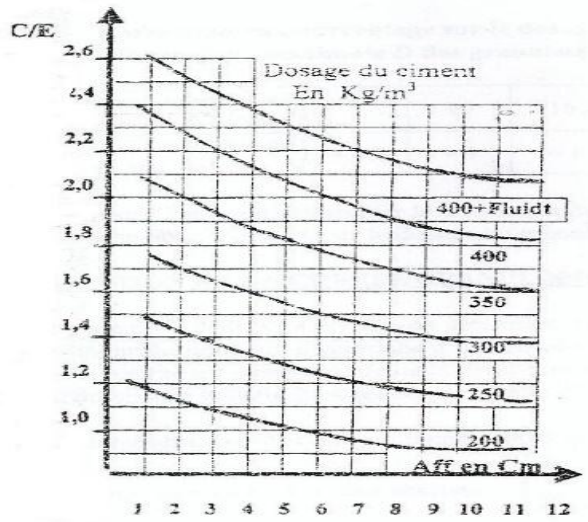


Fig -1 – Abaque permettant d'évaluer approximativement le dosage en ciment à prévoir en fonction du rapport C/E et de l'ouvrabilité désirée. (Affaissement au cône)

الملحق رقم 5: تحديد كمية الاسمنت

quantité d'eau contenue dans les granulats peut être calculée avec précision, par termination de la teneur en eau des granulats, au a laide des indications approximatives du bleau ci-dessous.

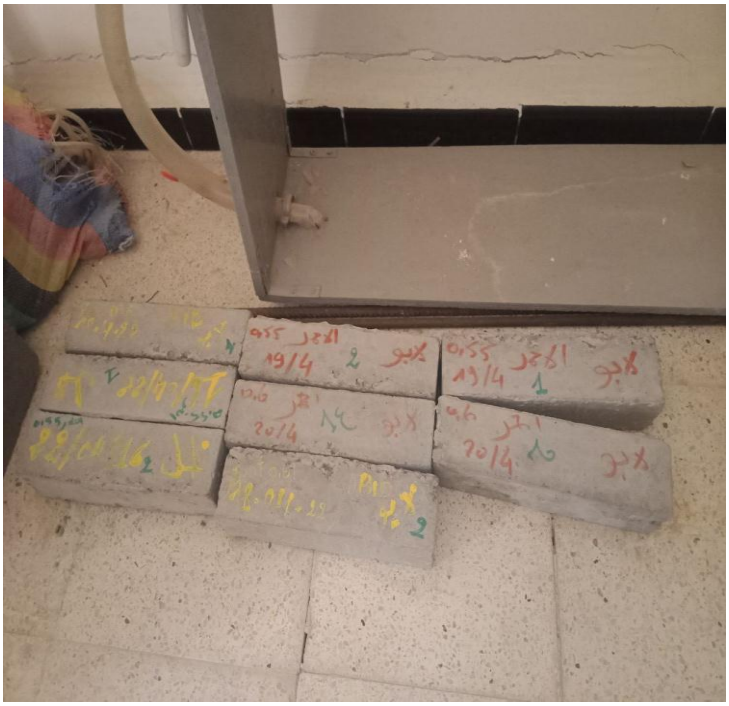
Degré apparent d'humidité	Eau d'apport en l/m³			
	Sable 0/5	Gravillon 5/12,5	Gravier 5/20	Gravier 20/40
Apparence :				
Sèche	0 à 20	négligeable	négligeable	négligeable
Humide	40 à 60	20 à 40	10 à 30	10 à 20
Très humide	80 à 100	40 à 60	30 à 50	20 à 40
Saturée, égouttée . . .	120 à 140	60 à 80	50 à 70	40 à 60

الملحق رقم 6 : كمية الماء بالنسبة للمكونات الجافة

الملحق رقم 7: القوالب المستعملة

الملحق رقم 8: خطوات تجربة مخروط أبرامس

الملحق رقم9 : عينات من الخرسانة الطازجة



الملحق رقم 10: عينات في المخبر

الملحق رقم 11: عينات خارج المخبر معرضة للشمس

الملحق رقم 12: عينات في الفرن

الملحق رقم13 : قياس قيمة الانكماش لعينة بجهاز قياس الانكماش