

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لحضر بالوادي



قسم الري و الهندسة المدنية

كلية العلوم و التكنولوجيا

مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية

تخصص : مواد الهندسة المدنية

تحت عنوان :

المساهمة في دراسة ديمومة خرسانة رمل المحاجر
في منطقة وادي سوف تحت تأثير المياه الصاعدة

- إعداد الطلبة :

- تحت إشراف :

- نقية إبراهيم

الأستاذ : ماني محمد

- العايش كمال

- زايد جمال

لجنة المناقشة :

رئيس اللجنة : الأستاذ جديد طارق

ممتحن : الأستاذ العقبي عبد العزيز

2020 / 2019

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم

والصلاة والسلام على أشرف المرسلين

وفاء وتقديرا وإعترافا منا بالجميل نتقدم بجزيل الشكر

لأولئك المخلصين الذين لم يألوا جهدا في مساعدتنا في هذا البحث

العلمي، وأخص بالذكر الأستاذ الفاضل: الدكتور محمد ماني

صاحب الفضل في توجيهنا ومساعدتنا في تجميع المادة البحثية

كما أتقدم بجزيل الشكر الى كل من مدوا لنا يد العون والمساعدة

من قريب أو بعيد في إخراج هذه الدراسة على أكمل وجه

مع تمنياتنا أن تكون هذه الدراسة مفتاحا لمواصلة مزيد من

الأبحاث العلمية بهدف تثمين رمل المحاجر والمساهمة

في تركيبات خرسانية ذات ديمومة عالية خصوصا

البنىات المنشأة في أوساط شديدة العدوانية.

ملخص

تُعاني الواحات الجزائرية من قلة الرمال الصالحة للبناء, في حين نسجل تكديس الرمال الناتجة عن كسر الحصى تسمى هذه الرمال عموما برمال المحاجر .
في هذا الصدد قامت عدة أبحاث تُعنى بدراسة الخرسانة المعدة برمل المحاجر وقد تم إنشاء العديد من المشاريع بهذا النوع من الخرسانة.
من جهة أخرى تعاني بعض مناطق الواحات الجزائرية من ظاهرة صعود المياه التي تؤثر على المنشآت والمباني في هذه الدراسة حاولنا الإجابة عن إمكانية استعمال خرسانة رمل المحاجر في منطقة وادي سوف المعرضة لصعود المياه وما مدى ديمومة هذا النوع من الخرسانة .

الكلمات المفتاحية:

رمل المحاجر ، الديمومة، مقاومة الضغط ، مقاومة الشد عن طريق الانحناء ، فقد الكتلة

Abstract

The Algerian oases suffer from a lack of sand suitable for building, while we record the accumulation of sand resulting from breaking gravel. These sand are generally called sand quarries.

In this regard, many researches have been carried out to study the concrete prepared with quarry sand, and many projects have been conducted with this type of concrete.

On the other hand, some areas of the Algerian oases suffer from the phenomenon of the rise of water level, which affects infrastructure and buildings.

In this study, we tried to see the possibility of using the concrete of quarry sand in Oued Souf region, which is subject to water rising level, and how long is this type of concrete sustainable.

Keywords :

Quarry sand - Consistency - Pressure resistance - Tensile strength by bending - Mass loss

الفهارس

فهرس المحتويات

	فهرس المحتويات
	فهرس المنحنيات والأشكال
	فهرس الجداول
	فهرس الصور
1	المقدمة العامة
	الفصل الأول
	عموميات حول رمال البناء و استعمالاته في الخرسانة
3	1.1. مدخل
3	2.1. أنواع الرمال في الطبيعة
3	3.1. أنواع الرمال المستعملة في الخرسانة
3	3.1.1. الرمال الطبيعية
3	3.1.1.1. رمل الوديان و مجاري الأنهار الطبيعي
3	2.1.3.1. رمل البحار
4	3.1.3.1. رمل المحاجر
4	3.1.3.1. رمل الكتبان
4	2.3.1. الرمل الاصطناعي
4	4.1. تاريخ استعمال رمل المحاجر في الجزائر
5	5.1. الهدف من استعمال رمل المحاجر
5	6.1. أهم المشاريع المنجزة بخرسانة رمل المحاجر
5	7.1. الخصائص الميكانيكية لخرسانة رمل المحاجر
6	الخلاصة :
	الفصل الثاني
	تركيبية خرسانة رمل المحاجر
8	1.1.1. مدخل
8	2.1.1. مبدأ تركيبية الخرسانة
8	3.1.1. تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة
9	4.1.1. تأثير النسبة E/C على خصائص الخرسانة
9	4.1.1.1. تأثير النسبة E/C على المسامية
10	4.1.1.2. تأثير النسبة E/C على المقاومة
11	2.1.2. مكونات خرسانة رمل المحاجر
11	1.2.1. الاسمنت
11	2.2.1. الركام
12	3.2.1. الماء
13	4.2.1. الإضافات
13	1.4.2.1. وظيفة الملدنات
14	2.2.4.1. دور المميغات أو الملدنات
14	3.1.2. صياغة خرسانة رمل المحاجر
15	1.3.1. مبدأ صياغة خرسانة رمل المحاجر
15	2.3.1. طرق صياغة خرسانة رمل المحاجر
15	4.1.2. خصائص خرسانة رمل المحاجر
15	1.4.1.2. خصائص خرسانة رمل المحاجر قبل التصلب
15	1.1.4.1. التراصية Compacité

فهرس المحتويات

16	2.1.4. II التشغيلية Maniabilité
17	2.4.II خصائص خرسانة رمل المحاجر بعد التصلب
17	1.2.4. II الخصائص الميكانيكية
17	1.1.2.4. II مقاومة الضغط
20	5. II الديمومة (Durabilité)
22	1. 5. II الخاصية الشعرية
22	5.2. II النفاذية: (La perméabilité)
22	6. II أهم الأوساط العدوانية
22	1. 6. II الأملاح
22	1.1.6. II أملاح الكبريتات Sulphates:
23	2. II 6الأحماض Acids
24	1. 2- - 6حمض السيلفات
24	2. 2- - 6حمض الكلوريد
25	3. 6. II أملاح الكلوريدات Chlorides
25	4. 6. II تأثير ماء البحر
25	5. 6. II تأثير مياه المجاري على الخرسانة
26	7. II أهم منطقة معرضة للأوساط العدوانية في منطقة وادي سوف
26	1. 7. II ظاهرة صعود المياه وادي سوف
28	2. 7. II أهم تركيز للعناصر الكيميائية بمنطقة سيدي مستور
29	8. II المعايير التقنية المتبعة لدراسة الديمومة
30	الخلاصة:

الفصل الثالث

خصائص المواد المستعمل وصياغة خرسانة الرمل

32	1.III منخل
32	2.III خصائص المواد المستعملة
32	1.2.III الركام
33	1.1.2. III الخواص الفيزيائية
34	2.1.2.III معامل امتصاص الماء
35	3.1.2.III المكافئ الرملي
37	4.1.2.III المكافئ الرملي لـ 10% من الدقائق
39	5.1.2. III اختبار ازرق الميثلين
41	6.1.2.III التدرج الحبيبي
44	7.1.2.III معيار النعومة
44	8.1.2. III معامل التفلطح للركام
48	9.1.2.III نقاوة الحصى
49	10.1.2. III اختبار مقاومة التآكل والصدمات
49	1.10.1.2. III - تجربة تآكل الحصى Micro-Deval
51	2.10.1.2. III تجربة الصدام للحصى (لوس انجلوس)
52	2.2. III الاسمنت
52	1.2.2.III الكتلة الحجمية
53	2.2.2.III المساحة السطحية للاسمنت
54	3.2.2.III زمن التصلب
54	4.2.2.III الخصائص التقنية والكيميائية

فهرس المحتويات

56	III.3.2: الماء
56	III.3.2.1 خواص الماء المستعمل في الخرسانة
57	III.3.2.2 التركيبة الكيميائية للماء المستعمل
57	III.3 الإضافات
58	III.4.1 تركيبة الخرسانة الشاهدة
64	III.4.1.1 تركيبة عينات الخرسانة الشاهدة بدلالة النسبة S/G
64	III.4.2 تشغيل الخرسانة الشاهدة
65	III.4.2.1 دراسة التشغيلية باستعمال طريقة مخروط ابرامس
67	III.4.3 صياغة خرسانة رمل المحاجر (الشاهد)
67	III.4.3.1 تحضير و شكل العينات
67	III.4.3.2 تحضير الوسط المحتوى على الأحماض المهاجمة للخرسانة
71	الخلاصة
	الفصل الرابع
	دراسة خصائص و ديمومة الخرسانة
73	IV1- مدخل
73	IV-2 طرق التجارب
73	IV-2-1 التجارب الميكانيكية
73	IV-2-1-1 تجربة التحطيم بالانحناء بثلاث نقاط
74	IV-2.1.2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط
75	IV-2.2 التجارب الفيزيائية
75	IV-2.1.2.1 تجربة قياس فقد الكتلة
75	IV-3. نتائج التجارب
75	IV-1.3. نتائج التجارب الفيزيائية
75	IV-1.1.3 نتائج تجارب فقد الكتلة
78	IV-2.1.3 مناقشة نتائج فقد الكتلة للعينات المغمورة في الماء والوسط الحمضي
79	IV-4 نتائج مقاومة الضغط
81	IV-4-1 تحليل نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل المحاجر
82	IV-4-2 مناقشة نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل المحاجر
82	IV-5 نتائج مقاومة الشد عن طريق الانحناء
83	IV-5-1 تحليل نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة رمل المحاجر
84	IV-5-2 مناقشة نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل
85	IV-6 النتائج البصرية
87	IV-6-1 مناقشة المشاهدات البصرية لخرسانة رمل المحاجر
88	الخلاصة
89	الخلاصة العامة والتوصيات
92	المراجع
96	الملاحق

9	الشكل II.1 يوضح تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة
10	الشكل II.2 تأثير النسبة E/C على المسامية
10	الشكل II.3 تأثير النسبة E/C على الخاصية الشعرية
14	الشكل II.4 بإضافة الملدنات الفائقة نتحصل على مقاومة ميكانيكية بأقل كمية من الماء و الاسمنت
16	الشكل II.5 تأثير المسامية بمعامل النعومة
17	الشكل II.6 التشغيلية بدلالة النعومة، تأثير مقدار الدقائق
18	الشكل II.7 فقد الكتلة للخرسانة المغمورة في المحلول H2 SO4 خلال 90 يوما
19	الشكل II.8 فقد الكتلة للخرسانة المغمورة في 5% من الكلور Hcl
19	الشكل II.9 فقد مقاومة الضغط بعد تعرض الخرسانة للغمر في محاليل حامضية بتركيزات مختلفة لمدة 120 يوم
21	الشكل II.10 آلية التخریب الكيميائي في الخرسانة
23	الشكل II.11 تأثير الكبريتات على الخرسانة
24	الشكل II.21 تأثير الأحماض على الخرسانة
26	الشكل II.31 يوضح آلية هجوم الكبريتات على الخرسانة
29	الشكل II.41 يوضح تطور القوانين المتبعة مع مرور الوقت
29	الشكل II.51 يوضح المقادير المتبعة للخلطة الخرسانية للوسط المعرض للهجمات للعناصر الكيميائية حسب المعيار التقني: EN NF 206-1
36	الشكل III.1 تجربة المكافء الرملي
40	الشكل III.2 تجربة أزرق الميثيلين
42	الشكل III.3 المحنى الكلي للتدرج الحبيبي
60	الشكل III.4 يوضح موقع الفاصلة
62	الشكل III.5 يوضح النسب المئوية للحجم المطلق لكل نوع من الركام
74	الشكل IV.1 يوضح يوضح كيفية عمل جهاز تجربة التحطيم بالانحناء
74	الشكل IV.2 يوضح آلية التحطيم بالضغط
77	الشكل IV.3- منحني نتائج فقد الكتلة للعينات المغمورة في الماء
77	الشكل IV.4 منحني نتائج فقد الكتلة للعينات المغمورة في الوسط الحمضي
80	الشكل IV.5 منحني نتائج مقاومة الضغط للعينات المغمورة في الماء
81	الشكل IV.6 منحني نتائج مقاومة الضغط للعينات المغمورة في الوسط الحمضي
83	الشكل IV.7 منحني نتائج مقاومة الشد عن طريق الانحناء لخرسانة رمل المحاجر

12	الجدول II. 1. النسب المئوية للمكونات الكيميائية رمل المحاجر لمنطقة حاسي مسعود
28	الجدول II. 2. يوضح أعلى تركيز للأحماض والمسجل بمنطقة سيدي مستور بالوادي
33	الجدول III. 1. الكتلة الحجمية الظاهرية للحصى و لرمل المحاجر
34	الجدول III. 2. الكتلة الحجمية المطلقة للحصى و لرمل المحاجر
35	الجدول III. 3. النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء
36	الجدول III. 4. النسب المئوية للمكافئ الرملي
36	الجدول III. 5. النسب المئوية النظامية للمكافئ الرملي ES
39	الجدول III. 6. كتل الدقائق للمكافئ الرملي
39	الجدول III. 7. قيم المكافئ الرملي ES لـ 10%
40	الجدول III. 8. نتائج تجربة أزرق الميثيلين
42	الجدول III. 9. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأول رمل المحاجر
43	الجدول III. 10. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية الحصى 3/8
43	الجدول III. 11. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة الحصى 15/8
43	الجدول III. 12. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة الحصى 25/15
44	الجدول III. 13. معيار النعومة
45	الجدول III. 14. مقارنة بين أقسام الركام d/D و ما يقابله من فتحات الشبائك E-.
46	الجدول III. 15. معامل التفلطح للحصى 15/25
47	الجدول III. 16. معامل التفلطح للحصى 8/15
48	الجدول III. 17. معامل التفلطح للحصى 3/8
49	الجدول III. 18. نسبة الشوائب المتحصل عليها في الحصى
49	الجدول III. 19. كتلة الحمولة للكرات الحديدية وفقاً للمؤشرات فئة الحصى
50	الجدول III. 20. نتائج مقاومة التآكل بواسطة معامل MicroDeval
51	الجدول III. 21. يحدد أحمال الكرات المقابلة لكل فئة حبيبية
51	الجدول III. 22. نتائج التجربة لوس انجلوس
55	الجدول III. 23. التحليل الكيميائي للإسمنت البورتلندي بالحجر الجيري
55	الجدول III. 24. التحليل الكيميائي التحليل الكيميائي للإسمنت المقاوم للسلفات
57	الجدول III. 25. التركيبة الكيميائية للماء المستعمل
57	الجدول III. 26. خصائص الملدن المستعمل
59	الجدول III. 27. قيمة المعامل الحبيبي G
59	الجدول III. 28. يوضح تعديل نسبة كمية الماء في الخلطة
61	الجدول III. 29. يوضح قيمة المصحح K
63	الجدول III. 30. الحجم المطلق وكتلة مكونات الخرسانة الشاهدة لـ 1m ³
64	الجدول III. 31. يوضح تغيرات تركيبة الخرسانة الشاهدة بدلات النسبة S/G
65	الجدول III. 32. يوضح تغيرات التشغيلية (Cm) بدلالة المتغيرين نسبة S/G و نسبة الملدن
66	الجدول III. 33. يوضح قيم الهبوط لمخروط أبرامس حسب [NF-206-1]
66	الجدول III. 34. تركيبة 1m ³ من خرسانة رمل المحاجر بالنسبة لنوعي الإسمنت
69	الجدول III. 35. الخصائص الكيميائية لحمض السيلفات: H ₂ SO ₄
69	الجدول III. 36. الخصائص الكيميائية حمض الكلوريد: HCL
70	الجدول III. 37. يوضح تركيز الوسط الحمضي
70	الجدول III. 38. عدد العينات المستعملة في الوسائط المدروسة لمختلف التركيبات
75	الجدول IV. 1. نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة رمل المحاجر للعينات CPJ:1/64 المغمورة في الماء

76	الجدول IV. 2 نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة رمل المحاجر للعينات CRS:1/64 المغمورة في الماء
76	الجدول IV. 3 نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الوسط الحمضي
76	الجدول IV. 4 نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الوسط الحمضي
79	الجدول IV. 5 نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الماء
80	الجدول IV. 6 نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الوسط الحمضي
82	الجدول IV. 7 يوضح نتائج مقاومة الشد عن طريق الانحناء لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الماء
83	الجدول IV. 8 نتائج مقاومة الشد عن طريق الانحناء لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الوسط الحمضي

27	الصورة II. 1 توضح اثار صعود المياه على الاحياء المنخفضة
28	الصورة II. 2 توضح اثار صعود المياه على حي سيدي مستور بالوادي
68	الصورة III. 1 توضح حمض السيلفيريك + حمض الكلوريدريك
68	الصورة III. 2 توضح حمض الكلوريدريك
68	الصورة III. 3 توضح حمض السيلفيريك
85	الصورة IV. 1 توضح العينات من نوع CPJ بعد إخراجها من المحلول بعد مدة 90 يوما
85	الصورة IV. 2 توضح العينات من نوع CRS بعد إخراجها مباشرة من المحلول الحمضي بعد مدة 90 يوما
86	الصورة IV. 3 توضح العينات من نوع CPJ بعد إخراجها من الوسط الحمضي بعد مدة 90 يوما وغسلها
86	الصورة IV. 4 توضح العينات من نوع CRS بعد إخراجها من الوسط الحمضي بعد مدة 90 يوما وغسلها

المقدمة العامة

تعتبر مواد البناء ذات أهمية كبيرة في الإنشاءات ولقد حرص الإنسان منذ القدم إلى تطويرها و تحسينها لكي تتلائم مع متطلباته و احتياجاته .

من أهم المواد التي شاع استعمالها منذ القرن 19 الخرسانة وهي عبارة عن خليط مركب من ركام وماء و رابط يربط حبيبات الركام مع بعضها البعض .

الركام هو مادة حبيبية خامدة مثل الرمل والحصى والصخور المسحوقة ، من اجل خلطة خرسانية ذات جودة عالية يجب أن يكون الركام نظيف وصلب وقوي وأن تكون جزئيات الركام خالية من أي مواد كيميائية ضارة التي من الممكن أن تساهم في تدهور جودة الخرسانة أي ديمومتها .

غالبا ما تكون الرمال المستعملة في الإنشاء مجلوبة إما من الوديان أو مجاري الأنهار أو شواطئ البحار ولقد أدى الاستعمال الكبير لهذه المادة إلى استنزافها وتناقصها من الطبيعة مما يؤدي إلى مخاطر بيئية .

وأمام هذا الإشكال وجب إيجاد مادة بديلة لتلك الرمال ومن هنا اقترحنا استعمال رمل المحاجر كبديل لها لوجوده في معظم المحاجر ويتربع على مساحة كبيرة داخلها دون استغلاله من هذا المنطلق قمنا في هذا البحث بإستغلال رمل المحاجر للمساهمة في توفير مادة الرمل.

بما أن منطقة وادي سوف تعاني من ظاهرة صعود المياه والتي تحتوي على عناصر ضارة بالمنشآت خاصة الأحماض لهذا وجب علينا معرفة مدى تأثير هذه العناصر على ديمومة هذا النوع من الخرسانة (خرسانة رمل المحاجر) , أخذنا المنطقة التي تحتوي على أكبر تركيز لهذه العناصر الخطرة وهي منطقة سيدي مستور بالوادي .

وقد قسمنا عملنا هذا إلى أربعة فصول تطرقنا في الفصل الأول إلى عموميات حول رمال البناء واستعمالاته في الخرسانة ، وفي الفصل الثاني تطرقنا إلى جمع المعلومات حول خرسانة رمل المحاجر قصد تحديد الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لهذا المادة والمواد المركبة لها والى معرفة بعض تركيبات هذه الخرسانة .

وأما الفصل الثالث فقد عالجنا فيه خصائص المواد المستعملة في هذا البحث وصياغة خرسانة رمل المحاجر . وبالنسبة للفصل الرابع فقد تناولنا فيه مختلف سلوك خرسانة رمل المحاجر، من فقد الكتلة ومقاومة الشد عن طريق الانحناء والضغط والديمومة تحت تأثير الوسط الحمضي العدوانى .

وفي الأخير نقدم خلاصة عامة على خصائص خرسانة رمل المحاجر تحت تأثير المياه الصاعدة وما تحصلنا عليه من نتائج.

الفصل الأول

عموميات حول رمال البناء واستعمالاته في الخرسانة

1.I مدخل :

نظرا للنقص الكبير للرمال الطبيعية المخصصة للبناء في الجزائر، والذي يؤدي استعمالها إلى مخاطر بيئية وطبيعية مما جعلنا نبحث على بدائل مناسبة كمصدر جديد للرمال المستخدم في إنجاز الخلطة الخرسانية، لذا أجرى الكثير من الباحثين بعض التجارب على أنواع من الرمال لاستعمالها كمادة أساسية في تركيبة الخرسانة وقد كللت هذه التجارب بنتائج جيدة .

2.I أنواع الرمال في الطبيعة :

هناك نوعان أساسيان من الرمال في الطبيعة، أولهما رمل السيليكيا، وهو عبارة علي صخور رملية بيضاء نقية تحتوي علي نسبة عالية من السيليكيا (SiO_2) أكثر من 99 % وتتكون بشكل رئيسي من حبيبات معدن الكوارتز، وتحتوي علي كمية قليلة من الشوائب والمعادن الثقيلة (أقل من 0.1 %) .

والنوع الثاني هو الرمل الزجاجي وهو نوع من رمل السيليكيا أيضا الذي يتميز بمواصفات فيزيائية وكيميائية تتناسب مع صناعة الزجاج فحجم الحبيبات يتراوح غالبا من 100 – 500 ميكرون ونسبة أكسيد الحديد (Fe_2O_3) تقل عن (0.05%) . [2]

3.I أنواع الرمال المستعملة في الخرسانة :

3.1.I الرمال الطبيعية :

1.1.3.I رمل الوديان ومجري الأنهار الطبيعي :-

يعتبر هذا النوع الأكثر نقاوة والميزة الرئيسية لهذا النوع تتمثل في هيكلها المتجانس وصغر حجم حبيباتها وخلوه من الغضار وله مكافئ رملي عالي، وتستخرج هذا النوع من الرمال الطبيعية من الأنهار والوديان ويتميز بشكله المستدير وصلابته العالية، وهو يأتي من حركة الماء على الصخور. بسبب كتلتها الصغيرة، تتحرك حبيبات المادة هذه مع هطول الأمطار وجريان السيول والأنهار. وعندما تضعف شدة قوة المجاري المائية ذات التدفق العالي وعند وصولها إلى السهول، فإن حبيبات الرمل المنقولة والتي لم تعد تحملها طاقة الماء تترسب ببطء في مجاري الأنهار والوديان . لكن لأسباب بيئية لا ينصح استعمال هذا النوع من الرمال .

2.1.3.I رمل البحار :

وهي تلك الرمال التي نجدها على شواطئ البحار وتعتبر الرمال البحرية أقل أهمية من رمل الوديان لأنه يحتوي دائما على نسبة كبيرة من الأملاح الذي يسبب ضررا على ديمومة الخرسانة وفولاذ التسليح، واستعماله يؤدي إلى خلل بنيوي ناتج عن جرف رمال البحر.

I3.1.3. رمل المحاجر :

وتنتج هذه الرمال أثناء عملية إنتاج الحصى وذلك بعد استخراج الصخور الضخمة في المحاجر عن طريق التفجير ثم عن طريق طحن الكتل الصخرية والشطايا الأصغر فالأصغر، وهنا ينتج الحصى والذي يزيد قطره عن 5 مم ويستعمل لتصنيع الخرسانة، وينتج من عملية تكسير الحصى المسحوق رمل يسمى برمل المحاجر عادة ما يقل قطرها عن 5 مم، والذي يمكن استعماله في تكوين الخرسانة .

I4.1.3. رمل الكثبان :

تعتبر رمال الكثبان من أكثر الأنواع تواجدا خاصة في منطقتنا الصحراوية، وهي عبارة علي صخور رملية بيضاء نقية تحتوي علي نسبة عالية من السيليكا (SiO_2) أكثر من 99 % والذي يميزها أنها متماثلة ومتجانسة من حيث الشكل ويتراوح حجم حبيباتها 80 ميكرون إلي غاية 160 ميكرون حيث تعتبر هذه الميزة غير مرغوب فيها لهذا النوع في الخلطة الخرسانية وهذا بسبب مجاله الحبيبي المحدود جدا والأبحاث مازلت جارية لتصحيحه وإمكانية استعماله كرمل في الخلطة الخراسانية .

I.2.3. الرمل الاصطناعي :

تشمل الرمال الصناعية الرمال الناتجة عن سحق كتل الخبث المنصهر في أفران صناعة الفولاذ، كذلك الخبث المحبب الخاضع للتبريد السريع في صناعة الفولاذ، ومن هذا فلفد أجريت العديد من الدراسات الحديثة على خرسانة الرمل المركبة من هذا النوع من الرمال وبيئت هذه الأخيرة بأن لها خصائص ميكانيكية مماثلة لخرسانة الرمل المركبة بالرمل الطبيعي .

I.4. تاريخ استعمال رمل المحاجر في الجزائر:

لقد ساهم استعمال رمل الوديان ومجاري الأنهار وشواطئ البحار في الإزالة المفرطة لهذه الرمال لحد كبير مما تسبب بضرر كبير بالبيئة وهذا الذي جعل الحكومات تتخذ إجراءات ردعية مثل في الجزائر المرسوم الوزاريان سنة 1991 و 1999 اللذان يمنعان استغلال رمال شواطئ البحار والوديان ولهذا وجب التفكير في استعمال مواد بديلة لتلبية الطلب المتزايد على هذه المادة . وغالبا ما يكون رمل المحاجر هو البديل الوحيد الذي يلبي هذا الطلب نظرا لوجوده بكثرة في المحاجر وأسعاره المعقولة .

ولقد دعت العديد من البلدان لاستعمال رمل المحاجر في الإنشاءات فمثلا في الجزائر وضعت سنة 2005 [3] والذي ينص على تعليمات وزارية تنظم التعميم التدريجي لاستخدام رمال المحاجر في المنشآت وتحدد المواصفات الفنية التي يجب التقيد بها، وفي سنة 2007 تم وضع خرائط وطنية لتحديد المحاجر المحتملة لتوفير رمال المحاجر حيث توجد في الجزائر 1010 محجرة بقدرة إنتاجية من 10 طن الى 400 طن في الساعة واجمالي الانتاج السنوي لهذه المحاجر من 15 مليون طن الى 68 مليون طن سنويا وتستخدم غالبا في الطرق ونادرا ما تستخدم في الخرسانة كبديل لرمال الوديان .

5.I الهدف من استعمال رمل المحاجر :

إن الهدف من استعمال رمل المحاجر هو استعمال هذه المادة الموجودة بكثرة في أغلب المحاجر والتي تتسبب لنا في مشاكل في التخزين لشغلها مساحات كبيرة داخل المحاجر . لذا وجب علينا تأمين هذه المادة واستغلالها في مجال الإنشاءات المختلفة واستعمالها في تركيب الخرسانة كبديل لرمال الوديان والأنهار التي يعتبر استعمالها مضر بالطبيعة .

6.I أهم المشاريع المنجزة بخرسانة رمل المحاجر :

هناك العديد من المشاريع التي أنجزت بخرسانة رمل المحاجر على المستوى الوطني نذكر منها على مستوى ولاية الوادي مستشفى مكافحة السرطان التي تكفلت بانجازه الشركة الوطنية كوسيدار . وتقريبا فكل المنشآت المسبقة الصنع نستعمل بها خرسانة رمل المحاجر .

7.I الخصائص الميكانيكية لخرسانة رمل المحاجر :

من أهم الخصائص الميكانيكية لخرسانة رمل المحاجر تتمثل أساسا على إجهادات الشد ومعامل اللينة والتشوه عند التمزق والديمومة .

إجهاد الشد : ونعني به قوة الشد المطبقة عموديا على مقطع العينات الخرسانية .

معامل اللينة : ونعني به ما مدى استطالة العنصر عند عملية الشد ونحصل عليه من تجربة الشد (تشوه -إجهاد)

التشوه عند التمزق : ونعني به التغير في الاستطالة النهائية للعينات بعد تطبيق قوة الشد النهائية عليه .

الديمومة : ونعني بها ما مدى مقاومة المادة في أوساط مختلفة وقد تكون عدوانية .

الخلاصة :

بشكل عام فإن الرمال المستعملة في الخلطة الخرسانية تنقسم إلى قسمين أساسيين هما رمال طبيعية والتي تتمثل في رمال الوديان ومجاري الأنهار ورمال شواطئ البحار ورمال المحاجر, وهناك نوع ثاني هي الرمال الصناعية الناتجة عن سحق كتل الخبث المنصهر في أفران الفولاذ .

إن الإستنزاف الكبير لرمال الوديان ومجاري الأنهار وشواطئ البحار أدى إلى ضرر كبير بالبيئة مما جعل الحكومات تصدر قوانين ردعية تمنع استغلال هذا النوع من الرمال.

من هذا المنطلق ظهرت الحاجة الملحة لإيجاد بديل لهذه الرمال للحفاظ على البيئة والتشجيع لاستعمال رمال بديلة عنها.

حيث أجريت أبحاث وتجارب لاستعمل رمل المحاجر في تركيبات خرسانية نظرا لوجوده بكثرة في اغلب المحاجر

لقد أستخدم في بناء العديد من المنشآت في مختلف أنحاء العالم وبذلك تم تثمين استعماله ولا زالت الأبحاث جارية لتعميم استعماله في شتى ميادين البناء والأشغال العمومية.

الفصل الثاني

تركيبية خرسانة رمل المحاجر

1.1.II مدخل:

الخرسانة خليط مكون من عدة مواد بناء متنوعة (اسمنت, حصى, رمل, ماء, محسنات) . تجرى دوريا دراسات وأبحاث عالمية علمية في هذا المجال بهدف رفع الكفاءة للخليط الخرساني وجعله يمتاز بالديمومة في ظل الظروف المختلفة المحيطة به، ان هذه المواد المركبة يجب أن تكون مطابقة للمواصفات والمعايير التقنية العالمية أو المحلية التي تتضمن تلك الأوصاف المدروسة. من هذا المنطلق سنقوم في هذا المحور بدراسة هذه المواد طبقا للقواعد المنصوص عليها: [1]. من أجل الوصول إلى تركيبة تضمن جميع الاحتياطات التقنية الواردة في القوانين التقنية [1] بهدف ضمان الديمومة وتجنب الخرسانة تأثير الهجوم للعناصر العدوانية الكيميائية.

2.1.II مبدأ تركيبية الخرسانة:

إن خرسانة رمل المحاجر هي خرسانة عادية حيث يكمن الفرق في اختلاف التركيب الحبيبي إذ ان خرسانة رمل المحاجر يكون الرمل المكون لها ناجم عن تكسير الحصى بالمحاجر وهي عبارة عن خرسانة عادية تستخدم حبيبات من نوع 3/8 و 8/15 و 15/25 وكمية أسمنت تقدر من 250 الى 400 كغ لكل متر

مكعب من الخرسانة مع أن النسبة $\frac{G}{S}$ محصورة عموما حسب (DREUX) [1] بين 2.2 الى 2.8 بالنسبة للخرسانة العادية . [1] (1. II)

$$2.2 \leq \frac{G}{S} \leq 2.8$$

3.1.II تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة :

ان هذه النسبة G/S (G كمية الحصى, S كمية الرمل) لها تأثير في التراصية (La compacité) التي

تعرف على أنها النسبة الحجمية بين حجم الحبيبات الصلبة Vs على الحجم الكلي Vt $c = \frac{v_s}{v_t}$ والشكل (1-II) يوضح تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة [1] :

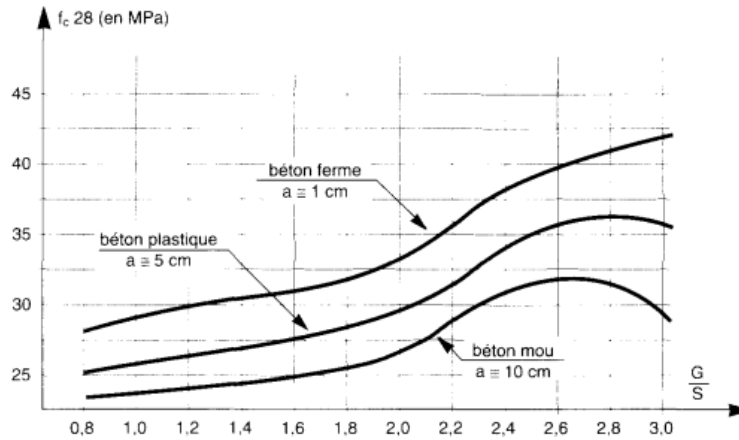


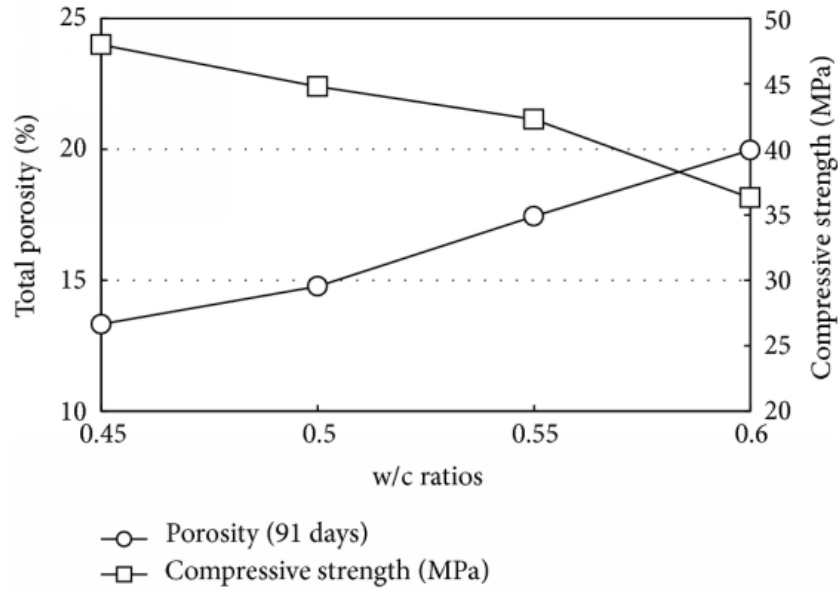
Fig. IX-11 – Exemple de variation de la résistance en compression à 28 jours en fonction de G/S et pour trois plasticités différentes.
Béton à 350 kg de ciment par mètre cube – granulité continue D = 25 mm.

الشكل (1-II) يوضح تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة [1]

4.1.II تأثير النسبة E/C على خصائص الخرسانة :

1. 4.1.II تأثير النسبة E/C على المسامية :

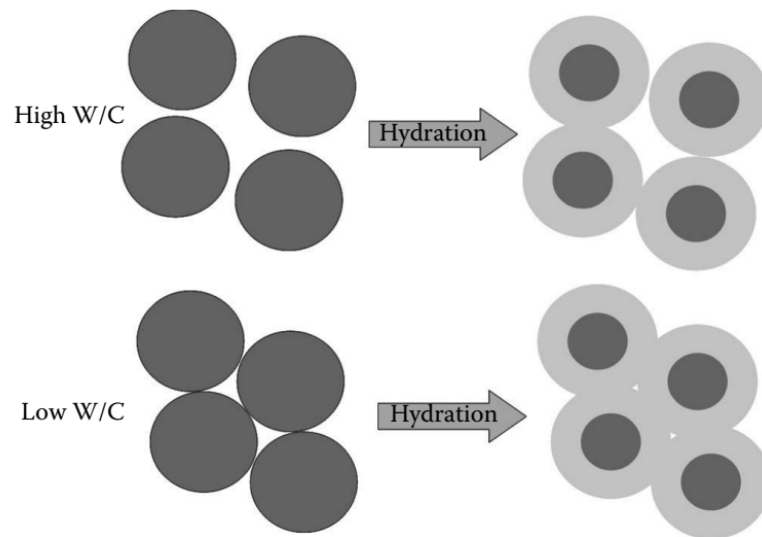
إن النسبة E/C لها تأثير كبير على خصائص الخرسانة، حيث تأثر مباشرة على المسامية كما أكد هذا السيد: LOGBI ABDELAZIZ [5]، ونذكر مثال على ذلك الدراسة التي قام بها LAYCHI GUELMINE [6] والتي تبين أن المسامية تبلغ قيمتها المثلى (الدنيا) عند النسبة E/C تساوي 0.55 ، والتي تكون فيها نسبة الماء وتركيز الاسمنت قد عنيت بدراسة جيدة، حيث أن الزيادة في هذه النسبة، الذي يعني زيادة كمية الماء مخلفة عند خروجها مسامات تكون كثيرة وفي بعض الحالات تكون متصلة ببعضها البعض مما يشكل أخطار مختلفة أهمها دخول العناصر العدوانية للخرسانة مما يؤدي الى تآكلها حيث يؤثر سلبا على ديمومتها. أما نقصان هذه النسبة فيؤدي الى التفاعل الكلي لكمية الاسمنت الذي بدوره يؤدي إلى عدم ارتباط مركبات الخرسانة (الركام)، مما يشكل فراغات بين الحبيبات تزيد من المسامية والتي ينتج عنه تدهور الخصائص الميكانيكية. والمنحنى أدناه يوضح تأثير النسبة E/C على المسامية :



الشكل II. 2. تأثير النسبة E/C على المسامية [4]

II. 4.1. 2. تأثير النسبة E/C على المقاومة :

تمثل نسبة E/C من أهم المعايير التقنية التي تؤثر على مقاومة الخرسانة وبالتالي زيادة متانتها لكون هذه النسبة عند زيادتها تعني زيادة في ماء الخلط للخرسانة وهذه الزيادة تؤدي عند خروجها الى ترك فراغات (مسامات) هذه الأخيرة تؤثر على تركيبية الخرسانة حيث تشكل سطحها تجويفات تجعلها ضعيفة لقوى الضغط والشد والانحناء [5] ، والمنحنى أعلاه يوضح مقدار تأثير النسبة E/C على مقاومة الخرسانة [6]:



الشكل II. 3. تأثير النسبة E/C على الخاصية الشعرية [4]

إن صياغة خرسانة ذات ديمومة جيدة لها علاقة مباشرة بنسبة E/C التي تمثل كمية الماء اللازمة للخلط وكمية الاسمنت المستعملة خصوصاً تحت تأثير هجوم العناصر العدوانية الكيميائية الخارجية [4].

2.II- مكونات خرسانة رمل المحاجر:

نتناول فيما يلي تحديد مكونات خرسانة رمل المحاجر .

1.2.II - الاسمنت :

إن الاسمنت المستعمل في صناعة خرسانة رمل المحاجر يجب أن يكون متوافقاً مع القواعد NF P15-301. وتركيز الاسمنت مثل تركيز الخرسانة العادية : ($300-400 \text{ Kg/m}^3$). تركيز الخرسانة تحت تأثير هجوم العناصر الكيميائية محدد بحيث لا يقل عن 360 كغ/م³ وفي العموم فإن تركيز الخرسانة ذات ديمومة جيدة من الاسمنت يكون أعلى منه في الخرسانة العادية، لأن تركيز الاسمنت متعلق بالوسط المؤثر على الخرسانة . [5]

2.2.II - الركام :

عموماً تتكون الخرسانة من ركام متدرج من حبيبات صغيرة وحبيبات كبيرة متماسكة مع بعضها البعض بمادة لاحمة هي عجينة الأسمنت. أي أن الخرسانة عبارة عن ركام وأسمنت وماء، ومع أن الأسمنت متفاعلاً مع الماء مكوناً عجينة الأسمنت المتصلدة والمسؤولة بشكل كاف عن المقاومة إلا أنه يصعب عمل وتصنيع الخرسانة من الأسمنت والماء فقط لسببين أساسيين هما التكلفة العالية والتغير الحجمي العالي لعجينة الأسمنت (الانكماش والزحف)، ولذلك يمكن التغلب على هذه المشاكل باستخدام الركام كعنصر أساسي متحداً مع عجينة الأسمنت ومكوناً الخرسانة. ويستخدم ركام الخرسانة كمادة مألئة نسبياً لا يدخل في تفاعلات كيميائية معقدة مع الماء، إلا أن هذه النظرة المبسطة لدور الركام في الخرسانة نظراً للدور الفعال الذي يقوم به الركام في تحديد كثير من الخواص الهامة للخرسانة ويمثل الركام من 60% إلى 80% من حجم الخلطة الخرسانية والذي ينظر إلى محتواه كعالي رخيص التكلفة نسبياً، إلا أنه له تأثير كبير على مقاومة الخرسانة للأحمال التي تتعرض لها وعوامل البرى والعوامل الجوية المختلفة (حرارة - برودة - جفاف - رطوبة) وتحمل الخرسانة مع الزمن، وكذلك تأثيره المفيد جداً في إنقاص التغيرات الحجمية الناتجة من عجينة الأسمنت ورطوبة الخرسانة. كما أن نوع الركام يدخل في تحديد التكلفة الإجمالية والتشغيلية للخطات الخرسانية. أما صفات الركام الأساسية المرتبطة بتكنولوجيا الخرسانة هي:

- التدرج الحبيبي أو توزيع مقاساته - المسامية - الرطوبة الممتصة بالركام - شكل الركام ونسيج سطحه.
- مقاومة التهشيم والتآكل - معايير المرونة - نوع المواد الضارة التي يحتويها.

وقد يكون الركام المستخدم إما طبيعياً، وهو يمثل أكثر من 90 % من كل الركام المستخدم في صناعة الخرسانة أو مصنعا مثل المنتجات الثانوية بجانب الإنتاج الصناعي كخبث الأفران العالية، الرماد المتطاير ومخلفات الصرف وركام الخرسانة المعاد تدويرها . [2]

اما بالنسبة لرمل المحاجر فإنه يعتبر رمل طبيعي وقد أعتبر من أجود أنواع الرمل نظرا لتأثيره الإيجابي ويرفع من مقاومة الخرسانة أكثر من الرمل ذو الشكل المدور. [1]

وهذه بعض نتائج المعالجة الكيميائية لرمل المحاجر بحاسي مسعود [21]

الجدول 2.II النسب المئوية للمكونات الكيميائية رمل المحاجر لمنطقة حاسي مسعود [21]

رمل المحاجر	النسب المئوية للمكونات
1.26	$\text{SO}_3^{-2} \%$
1.52	$\text{SO}_4^{-2} \%$
6.81	$\text{Ca SO}_3, 2 \text{H}_2\text{O}$
55	Ca SO_3
0.026	$\text{NaCl} \%$
0.015	$\text{CL}^- \%$
29.8	Insoluble

3.2.II - الماء:

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

نذكر أن الماء المستخدم في الخرسانة يجب أن يكون متوافقاً مع القواعد NF P18-303 [8].

- إن دور الماء مهم في التفاعلات الكيميائية المنتشرة داخل كتلة الخرسانة الطازجة والتي تنجم عنها الخرسانة المتصلبة ذات المقاومة المطلوبة. كما يقوم الماء في الخلطة بدور تأمين سهولة تشغيل الخرسانة وصدها في مكانها المحدد. كما أنه بلا شك من أهم العوامل التي تؤثر ليس فقط على مقاومة الخرسانة بل أيضاً على متانتها، وعموماً فإن تقليل الماء في الخلطة إلى درجة معينة هو أساس الحصول على الخرسانة عالية المقاومة .

4.2.II الإضافات : Les adjuvants

الإضافات هي المواد غير الركام والإسمنت والماء تضاف للخرسانة أثناء الخلط لتحسين خواص الخلطة الخرسانية وإكسابها ميزات جديدة تتناسب مع الأغراض والمتطلبات لها سواء كان تجهيزها في محطات الخلط المركزي أو مصانع الخرسانة المسبقة الإجهاد أو الخلط الموقعي وتضاف بكميات قليلة جداً بغرض إعطاء الخرسانة الطازجة أو الخرسانة المتصلدة خواص معينة مطلوبة مثل:

- 1- تحسين القابلية للتشغيل للخرسانة الطازجة دون زيادة ماء الخلط.
- 2- التعجيل أو التأخير في الشك.
- 3- تقليل معدل فقد الهبوط في الخرسانة.
- 4- تحسين القدرة على ضخ الخرسانة.
- 5- الحد من حدوث الانفصال الحبيبي.
- 6- زيادة المقاومة المبكرة للخرسانة.
- 7- الحصول على خرسانة عالية المقاومة.
- 8- الحصول على خرسانة ذات صفات خاصة.

نستعرض فيما يلي أهم الإضافات وهي إضافات تخفيض الماء أو الملدنات.

-إضافات تخفيض الماء (الملدنات والملدنات الفائقة Plasticizers and Supper plasticizers)

وهذه الإضافات هي أهم وأكثر أنواع الإضافات استخداماً وشيوعاً في مجال الخرسانة وهي تختص بتقليل ماء الخلط بدرجات متفاوتة، توجد الملدنات والملدنات الفائقة عموماً في صورة سائلة وتضاف إلى الخلطة الخرسانية بنسبة تتراوح من: 01 % إلى: 03 % من وزن الأسمنت وهي أكثر وأهم أنواع الإضافات استخداماً وشيوعاً. وقد وجد أن نسبة: 03 % من الملدنات الفائقة تعطي أفضل النتائج [9]

1.4.2.II وظيفة الملدنات:

- 1- تحسين خواص الخرسانة الطازجة وذلك بزيادة القابلية للتشغيل وزيادة السيولة مع ثبات نسبة الماء الى الاسمنت (E/C).
- 2- الحصول على خرسانة ذاتية الرص
- 3- تحسين خواص الخرسانة المتصلدة وذلك بتخفيض نسبة (E/C) في الخلطة مع ثبات درجة القابلية للتشغيل وبالتالي الحصول على خرسانة عالية المقاومة
- 4- الحصول على خرسانة ذات مقاومة مبكرة عالية
- 5- الحصول على خرسانة عالية الأداء قليلة النفاذية
- 6- الحصول على خرسانة بدون انفصال حبيبي أو نضح.

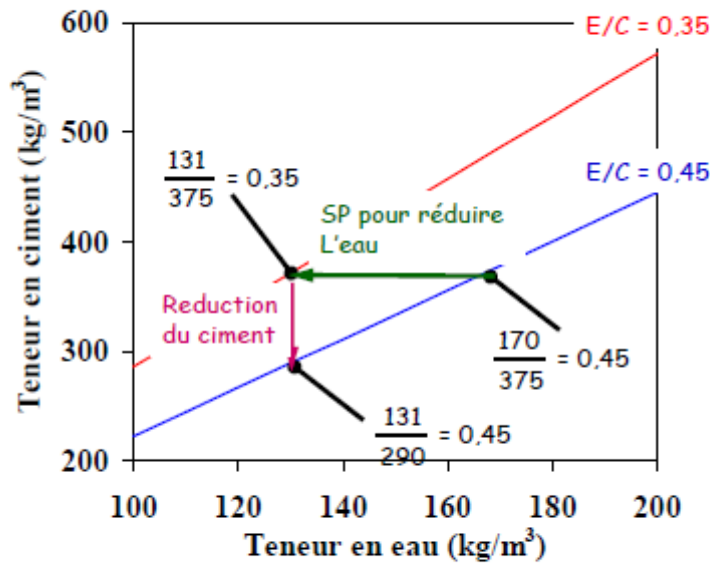
II.2.4.2 دور المميّعات او الملدّنات :

تعتبر التشغيلية أحد أهم خصائص الخرسانة الطازجة، حيث تتعلق أساسا بتركيز الماء المستخدم [10].

ونذكر هنا الآثار السلبية لزيادة نسبة الماء في الخرسانة :

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

أدت هذه السلبيات التي وقفت عائقا أمام الحصول على خرسانة ذات تشغيلية جيدة بالباحثين، منذ زمن قديم، إلى استخدام العناصر الكيميائية العضوية التي تساعد في جعل الخرسانة أكثر تشغيلية وذلك دون التقليل من نسبة الدمك والشكل رقم: يوضح دور الملدّنات الفائقة [10] .



الشكل II. 4. بإضافة الملدّنات الفائقة نتحصل على مقاومة ميكانيكية بأقل كمية من الماء والاسمنت [10]

II.3- صياغة خرسانة رمل المحاجر :

تعتمد عملية تركيب الخرسانة أساسا على اختيار المواد اللازمة ومحاولة تنسيقها بهدف الحصول على خصائص تتناسب والمعايير التقنية والاقتصادية المرجوة، ففي حالة الخرسانة العادية مثلا، تتلخص المكونات في الحصى والرمل والاسمنت والماء، ونظرا للإمكانيات المحدودة التي تقدمها الطرق العادية في تركيب الخرسانة، توسعت جملة المكونات التي تدخل في تركيب الخرسانة بواسطة الإضافات والمحسنات.

II.3.1 - مبدأ صياغة خرسانة رمل المحاجر :

ان خرسانة رمل المحاجر تحتوي على التركيز الموجود في الخرسانة العادية (من 300 إلى 400 kg/cm³). ويستوجب التواجد الكبير نسبيا للجسيمات الدقيقة للرمل إلى استعمال كبير لماء الخلط، مما يستدعي اضافة ملدنات من أجل تخفيض كمية ماء الخلط من أجل رفع أداء الخرسانة والتقليل من التشوهات المختلفة.

II.3.2 - طرق صياغة خرسانة رمل المحاجر :

إن الهدف من صياغة خرسانة رمل المحاجر هو إيجاد نسب مختلف المركبات التي تدخل في الخلطات، من أجل الحصول على خرسانة ذات هيكل حصوي أمثل يتجاوب مع المعايير التقنية والاقتصادية خصوصا الديمومة تحت تأثير الأوساط العدوانية.

هناك عدة طرق مستخدمة في صياغة الخرسانة من أهمها:

1: طريقة بلومي: **Méthode de Bolomey** .

2- طريقة فيري **Méthode de Faury** .

3- طريقة فالات **Méthode de Valette** .

4- طريقة دريقوريس **Méthodes de Dreux_Gorisse** .

غير أننا سوف نستعمل طريقة دريقوريس لصياغة خرسانة رمل المحاجر للأسباب التالية:

- طريقة بسيطة وسهلة الإستخدام .

- طريقة مطبقة على مستوى المخابر الوطنية ومخابر القطاع الخاص.

- تمكنا من مقارنة النتائج المتحصل عليها بالنتائج لتجارب سابقة قامت بمراقبتها هيئة المراقبة التقنية للبناء.

II.4 - خصائص خرسانة رمل المحاجر :

نستطيع تقسيمها الى نوعين من الخصائص قبل وبعد التصلب :

II.4.1 خصائص خرسانة رمل المحاجر قبل التصلب :**II.1.4.1 التراصية Compacité :**

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

توصل الباحث (CAQUOT) حسب ما نص عليه [11]، بعد إجراء تجارب على الخرسانة، إلى علاقة رياضية بين المسامية، داخل كومة حبيبية، تتميز بقطر d للعناصر الدقيقة و قطر D للعناصر الكبيرة (أنظر العلاقة II.4):

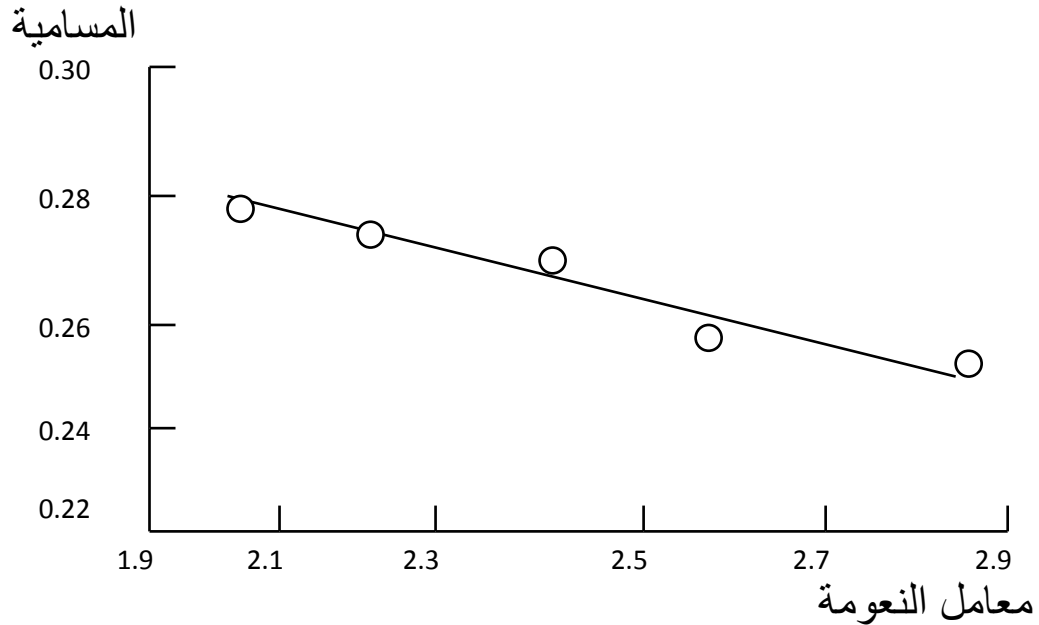
$$P = P_0(d/D)^{0.2} \dots\dots\dots(II.4)$$

P_0 : ثابت تجريبي.

d : قطر العناصر الدقيقة.

D : قطر العناصر الكبيرة.

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

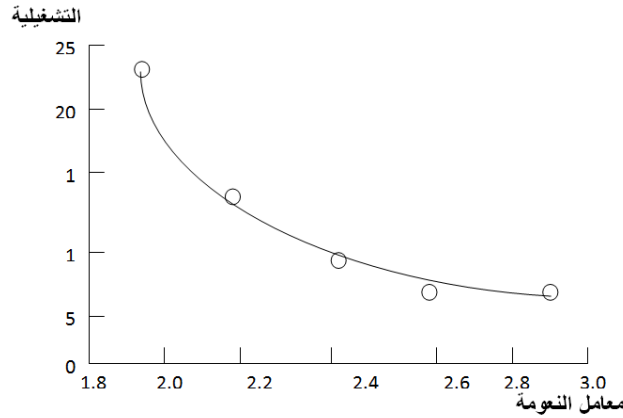


الشكل II. 5. تأثير المسامية بمعامل النعومة [12]

II. 2.1.4. التشغيلية Maniabilité :

التشغيلية أو قابلية التشغيل هي الخاصية التي تبين السهولة التي يمكن بها الخلط وصب الخرسانة الطازجة كما تبين درجة تجانسها وسهولة قولبتها ومقاومتها للإنفصال الحبيبي. [13]

إضافة إلى ذلك فإن التركيب الحبيبي يلعب دور كبير في الحاجة للماء حيث أنه كلما كان الركام غني بالعناصر الكبيرة كلما كانت الحاجة للماء أقل أي تتحسن التشغيلية وهو ما يترجم في العلاقة بين معامل النعومة والتشغيلية في الشكل II . 6 .



الشكل II. 6 التشغيلية بدلالة النعومة

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

II. 2.4 خصائص خرسانة رمل المحاجر بعد التصلب :

II. 1.2.4 الخصائص الميكانيكية:

تعتبر المقاومة الميكانيكية أحد أهم الخصائص في الخرسانة لذلك فإنه من الضروري، أن تؤخذ كل من مقاومة الكسر والشد والضغط بعين الاعتبار أثناء الدراسة. وفي العادة تعتمد مقاومة الخرسانة على مقاومة العجينة حيث أن مقاومة الركام كبيرة جدا بالنسبة لمقاومة العجينة، ولذلك فإن انهيار الخرسانة التقليدية يكون دائما في العجينة ويمر الشرخ حول الركام، فإذا أمكننا إنتاج عجينة ذات مقاومة عالية جدا تقترب من مقاومة الركام فإننا نحصل على خرسانة عالية المقاومة والتي يكون الانهيار فيها مفاجئ حيث يمر الشرخ بالركام وليس حوله [21]

II. 1.1.2.4 مقاومة الضغط :

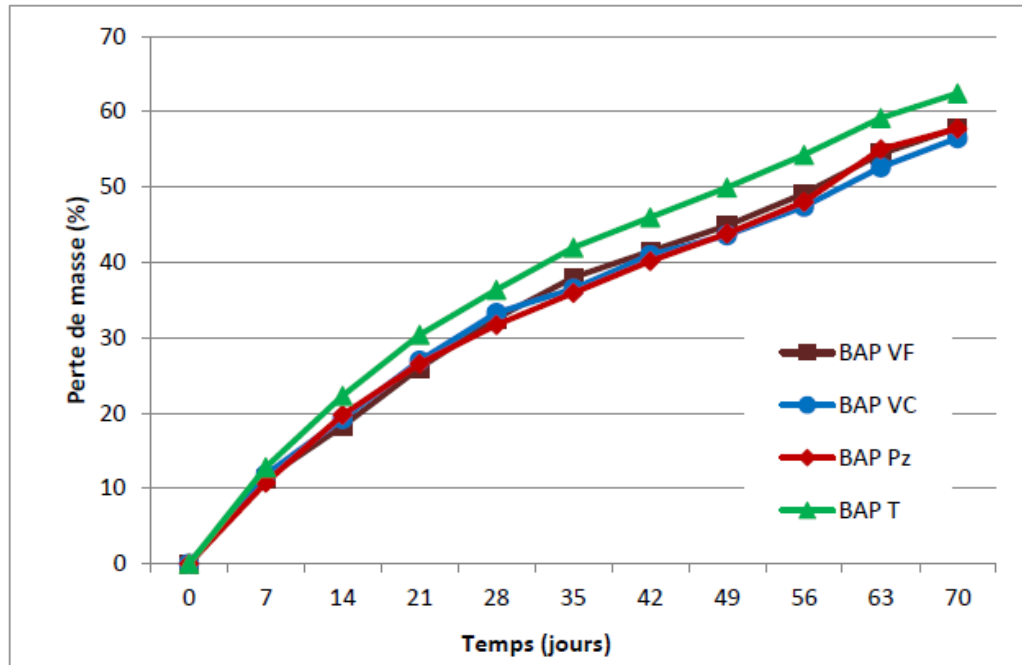
إن مقاومة الضغط هي أهم خواص الخرسانة المتصلبة على الإطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحياتها. ومقاومة الضغط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث أن معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص تتحسن وتزيد بزيادة هذه المقاومة والعكس صحيح [1]. وقد أجريت دراسات جامعية عديدة على مقاومة الضغط والشد بالنسبة للخرسانة في الأوساط العدوانية المحتوية على العناصر الكيميائية خاصة الأحماض لهذا نلقي الضوء على إحدى أهم الدراسات التجريبية التي قام بها الباحثون والنتائج المتحصل عليها والموضحة فيما يلي:

* أعمال (بلعربي عمر) [15] من خلال هذه الدراسة أجرى الباحث عدة تجارب لأنواع من الخرسانة المغمورة في الأوساط الحمضية فكانت النتائج كما هو موضح في المنحنيات: (II.7) و (II.8) .

1- أجريت التجارب وفق المعايير التقنية: ASTM C267 [20]

أ / العينات المغمورة في محلول السلفات SO_4^{2-} :

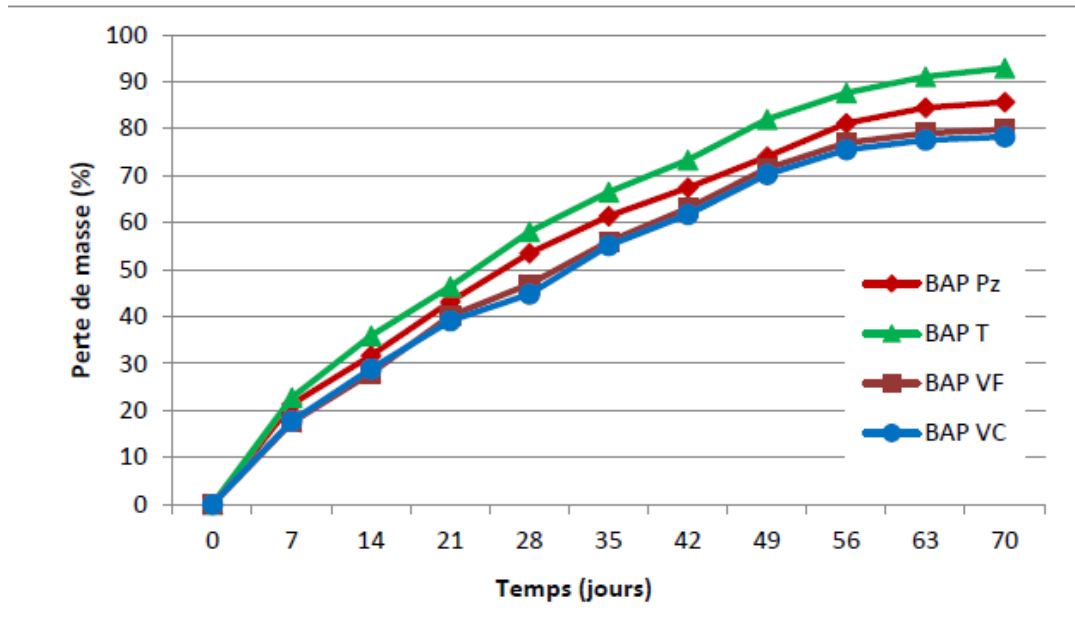
عينات من الخرسانة وضعت في محلول حمض السيلفات لمدة 70 يوما فكانت النتائج كالتالي:
سجل فقد الكتلة حوالي: 62% وهذا ناتج عن التفاعلات الكيميائية بين الحمض والخرسانة



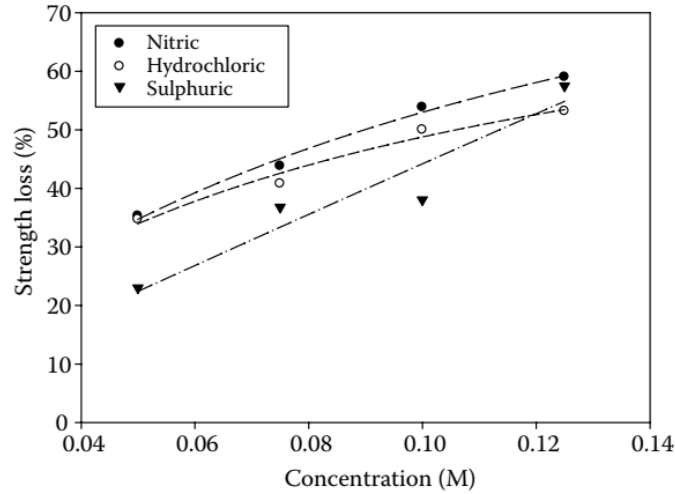
الشكل II. 7. فقد الكتلة للخرسانة المغمورة في المحلول H_2SO_4 خلال 90 يوما [15]

ب/ العينات المغمورة في محلول الكلور HCl :

عينات من الخرسانة وضعت في محلول حمض الكلوريد لمدة 70 يوما فكانت النتائج كالتالي:
سجل فقد الكتلة حوالي: 90% وهذا ناتج عن التفاعلات الكيميائية بين الحمض والخرسانة



نستعرض منحنى بياني يلخص لنا أثر الأحماض على الخرسانة والذي يتضمن فقد مقاومة الضغط تحت تأثير الغمر في المحاليل الحامضية بتركيزات مختلفة لاحظ المنحنى أدناه.



الشكل II. 9. فقد مقاومة الضغط بعد تعرض الخرسانة للغمر في محاليل حامضية بتركيزات مختلفة لمدة 120 يوم [15]

بعد تحليل هذه النتائج يتضح أن حمض الكلور أدى إلى فقد كبير لكتلة الخرسانة وأدى إلى التآكل السريع بينما تأثير حمض السيلفات فهو أقل ضرراً بسبب تشكل طبقة جبسية حازمة للتآكل وبصفة عامة فإن الأحماض لها أثر عكسي على ديمومة الخرسانة .

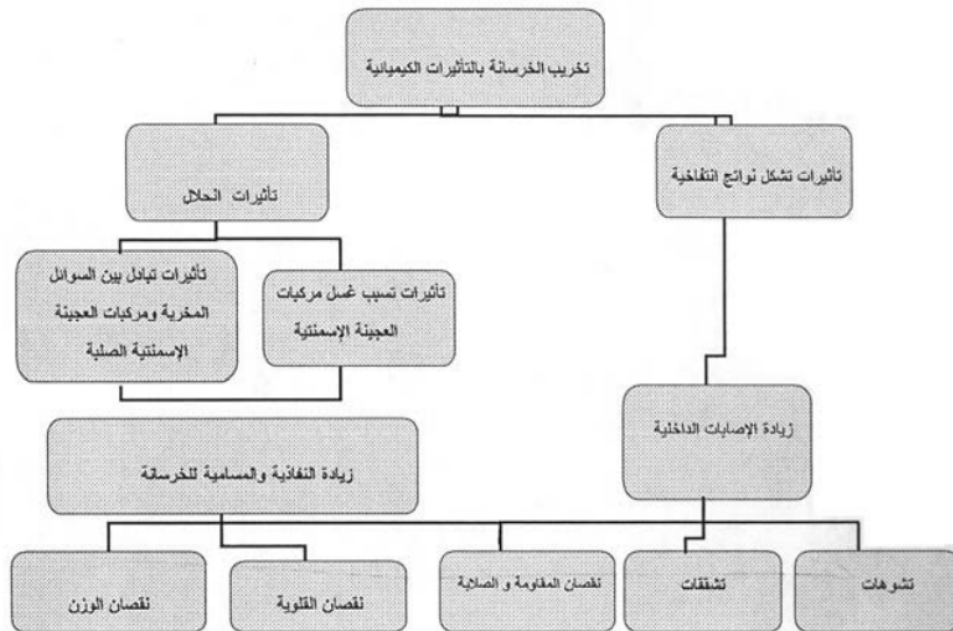
II- 5. الديمومة (Durabilité)

مع التقدم العمراني ونشوء المنشآت الخرسانية الضخمة لم تعد مقاومة الخرسانة العادية (20MPa) تلبي حاجة هذه المنشآت المتطورة والنوعية. فتم التوصل إلى استخدام الخرسانة عالية المقاومة في نهاية القرن الماضي ودخلت الصناعة بمقاومة (60Mpa) ولكن عندما أخضعت إلى أوساطٍ مخربةٍ كيميائياً انهارت ولم تستطع أن تصمد. وهنا كان لديمومة الخرسانة أن تتبلور وتأخذ مكانتها الأولى في تقييم جودة الخرسانة [13] إن الخسائر الاقتصادية الكبيرة التي يسببها تآكل الخرسانة، قد جعلت منها المشكلة الكبرى للبنية التحتية في الدول الصناعية، وخلال العقود الثلاثة الماضية بلغت هذه المشكلة نسباً مقلقة، أدت إلى تكاليف إصلاحٍ عاليةٍ إن كان في الخرسانة أو في فولاذ التسليح الذي يهاجم ويتآكل بالأوساط السابقة نفسها نتيجة نفوذية الخرسانة، وهذه التكاليف تجاوزت تكاليف الإنشاء الأولية، تفادياً لانحيار المنشآت في حالات خاصة [1] وقد درس كثير من الباحثين، الدور الذي يمارسه تآكل الخرسانة في ديمومتها، ولا بد من التأكيد أن مسألة حماية الخرسانة ليست مسألة هندسة إنشائية فحسب، بل هي بوضوح حقل متعدد الفروع من العلم والهندسة: فمعرفة كهروكيميائية التآكل، وكيميائية البيئة، والبنية المجهرية للجسم الصلب، والتأثيرات المتعددة في عملية التآكل يعدُّ ضرورياً جداً من أجل المساهمة في تطوير المقاومة الميكانيكية والكيميائية للخرسانة وتحسينها [13]

عندما تصمم وتنفذ المنشأة الخرسانية بشكلٍ صحيح، تكون جودة الخرسانة، وطبقة الحماية الخرسانية كافية لتحقيق الديمومة المطلوبة، لكن بعيداً عن أخطاء التصميم الإنشائية فإنه يمكن أن تحدث خلال التنفيذ بعض النواقص أو مواضع الخلل التي يمكن أن يكون لها عواقب على الديمومة، مثل نفوذية عالية للخرسانة نتيجة الانضاج غير الصحيح علاوة على ذلك فإن الخرسانة يمكن أن تتعرض لظروف عدوانية جداً، منها على سبيل المثال: الاستعمال المتكرر لأملاح إذابة الجليد، والتعرض لماء البحر أو للأوساط الحامضية أو الكبريتية... الخ، وفي مثل هذه البيئات العدوانية فإن نفوذية الخرسانة لا يمكن أن تضمن عدم تأكلها لأن الكلوريدات يمكن أن تدخل إلى الخرسانة حتى لو لم تكن متشققة، لذلك يعد التطبيق الفعال لإجراءات الوقاية من التآكل في المنشآت الخرسانية ضرورياً لحماية السلامة العامة وتجنب الإصلاحات المكلفة وضياع الوقت، ويمكن تقدير ديمومة مادة بناء باللجوء إلى تجارب مخبرية نظامية مسرعة، وفي أثناء هذه التجارب تكون العينات بصفة عامة معرضة لمحاليل مركزة جداً بالعناصر مقاومة الخرسانة على الضغط وتأثيرها في مقاومة الأوساط الحامضية إن أحد أهم الأسباب لانحيار المنشآت الخرسانية يأتي من التركيز في أثناء التصميم على إعطاء مقاطع خرسانية مقاومة لتأثير الحمولات، مع عدم الانتباه إلى تأثير الوسط الخارجي المحيط بالمنشأة في الوقت الذي تقوم فيه هذه العناصر الإنشائية بدورها الإنشائي زيادة على تعرضها لتأثيرات الوسط الخارجي، فمن غير المنطقي استخدام مادة بسماكة كبيرة دون أن تتميز بخاصية الديمومة وأن نغلفها بمادة الإيبوكسي غالية الثمن. أي بالنتيجة لا جدوى هنا من استخدام سماكة كبيرة لهذا النوع من المواد، لأن الحديد سيتعرض للتآكل، وكذلك لا جدوى من التغليف بالإيبوكسي، لأنه سيكون ذا كلفة عالية [13] [ومن غير المنطقي أيضاً استخدام مادة عازلة غالية الثمن، أو اعتماد حماية مهبطية عالية جداً في الوقت الذي أصبح بالإمكان استخدام خرسانة عالية الكفاءة تتميز بنفوذية ضعيفة جداً. إن أنواع الخرسانة التي تتميز بديمومة عالية هي دوماً ذات مقاومة عالية بين (60 إلى

100 MPa) وعندما تكون منشأة معينة معرضة لهجوم كيميائي، فالطريقة البسيطة لتقليل تأثير هذا الهجوم هو تقليل نفاذية الخرسانة المستخدمة من أجل إعطاء أفضل مقاومة للعوامل الفيزيائية والكيميائية الخارجية الضارة، من الضروري أن تكون الخرسانة أكثر اكتنازاً وقليلة النفوذية، ومن أجل الوصول لذلك يجب أن تكون نسبة الماء إلى الإسمنت (E/C) أصغرية وبصيغة عامة نسبة الماء إلى الإسمنت التي تتحكم بديمومة الخرسانة أصغرية. وكما نعلم أن هذه النسبة تتحكم أيضاً بمقاومة الخرسانة على الضغط ومن ثم فإن أي خرسانة تتميز بديمومة عالية هي أيضاً تتميز بمقاومة عالية، ويجب علينا نتيجة لذلك الاستفادة من المقاومة الزائدة في موضوع الديمومة والتي لم تكن تؤخذ بالحسبان، وفي المستقبل سوف نستخدم الخرسانة العالية الكفاءة ليس من أجل مقاومتها العالية للضغط بل بالأحرى مقاومة الخرسانة على الضغط وتأثيرها في مقاومة الأوساط الحامضية من أجل ديمومتها. واليوم الذي يدرك فيه صناع الخرسانة هذه الحقيقة سوف تفتح صفحة جديدة في تكنولوجيا صناعة الخرسانة، كما أن درجة تركيز المواد الضارة في الوسط المحيط تتحكم أيضاً في ديمومة الخرسانة، وهذا ما لم يكن يؤخذ بالحسبان، والآن تم إدخال هذا المفهوم في أثناء صياغة الكودات في دول عديدة، مثل: فرنسا، كندا، اليابان، استراليا، الولايات المتحدة الأمريكية، بريطانيا. حيث يتم التركيز جيداً على الوسط الذي سوف يتم استثمار الخرسانة فيه [13].، من هذا المنطلق تركزت دراستنا على مدى ديمومة الخرسانة المكونة من رمل المحاجر الذي يقوم بالدور الأساسي في الحماية من آثار هجوم العناصر الكيميائية الضارة خاصة السيلفات [23]. (Bedday, 2000)

نبين على الشكل II. 10 آلية التخریب الكيميائي في الخرسانة :



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

II. 1.5. الخصائصية الشعرية :

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

II. 5.2. النفاذية (La perméabilité):

تتعلق النفاذية أساساً بحجم واستمرارية المسامات الكبيرة، حيث تكون النفاذية عالية في المواد ذات العدد المرتفع للمسامات الكبيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وإذا اتبعنا هذه الفرضية فنستنتج أن خرسانة الرمل تكون لها نفاذية أقل أي ديمومة أكبر. وهي الخاصية التي يمكن بواسطتها تسرب أي سائل خلال الخرسانة، والنفاذية خاصية هامة بالنسبة للخرسانة يجب تجنبها قدر الإمكان خصوصاً في المنشآت المائية والسدود والخزانات وأسقف الحمامات، ومن المعروف أنه كلما زادت كثافة الخرسانة قلت نفاذيتها، لأن زيادة الكثافة تدل على قلة وجود الفراغات الداخلية والممرات الشعرية.

II. 6 - أهم الأوساط العدوانية :

تتعرض المنشآت الخرسانية في بعض الأحيان إلى تأثير الكيماويات ويجب الإبتعاد ما أمكن عن هذه التأثيرات لأن مقاومة الخرسانة للكيماويات غالباً أقل من مقاومتها للمؤثرات الأخرى. ومن التأثيرات الشائعة للكيماويات تأثير أملاح الكبريتات وماء البحر والمياه الحامضية الطبيعية وتتوقف مقاومة الخرسانة للكيماويات على نوع الأسمنت المستخدم في صنعها. كما أن كثافة الخرسانة وعدم منفذيتها للماء تؤثر على تحمل الخرسانة بدرجة قد تفوق تأثير إختلاف نوع الأسمنت. وفيما يلي توضيح موجز عن تأثير أهم الأوساط العدوانية المؤثرة على الخرسانة:

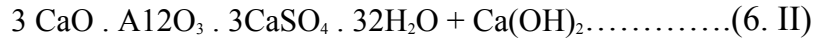
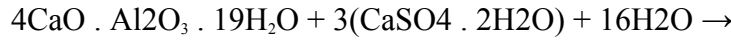
II. 1.6 - الأملاح :

II. 1.1.6 - أملاح الكبريتات Sulphates

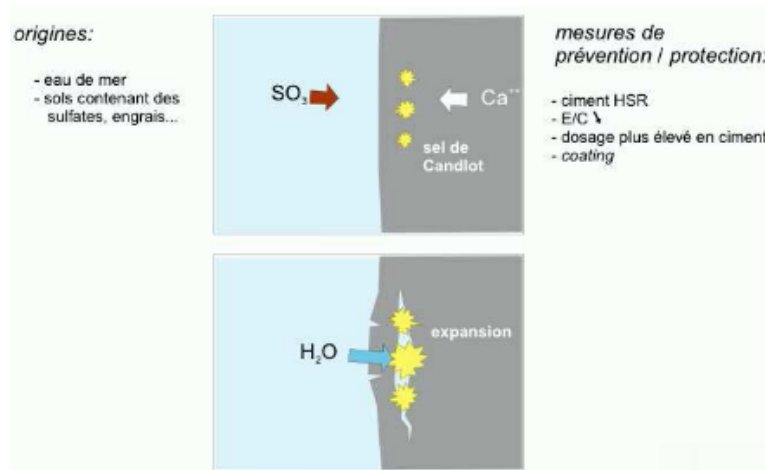
ان مصدر املاح الكبريتات وتأثيره على الخرسانة يأتي من مصدرين اولهما التأثير الخارجي والذي يأتي من املاح الكبريتات المتواجدة في التربة او المياه الجوفية او في ماء البحر (وفي هذه الحالة تتفاعل الكبريتات مع اسمنت متصلب ومتماسك) وثانيهما التأثير الداخلي والذي يأتي من املاح الكبريتات المتواجدة في مواد الخلط المستعملة في انتاج الخرسانة كالرمل والماء بصورة رئيسية او بكميات قليلة جداً" في الحصى. تشمل أملاح الكبريتات الموجودة في التربة والمياه الجوفية والمواد الداخلة في الخرسانة والتي قد تسبب أضراراً للخرسانة على كبريتات الكالسيوم وكبريتات الصوديوم وكبريتات المغنسيوم وكبريتات البوتاسيوم وهذه (الكبريتات باستثناء كبريتات الكالسيوم تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ (الجير الحر) الموجود داخل الخرسانة المتصلبة وينتج من هذا التفاعل كبريتات الكالسيوم (الجبس) وفقاً للمعادلة التالية :



فكبريتات الكالسيوم المتكونة تتفاعل بدورها مع ألومينات الكالسيوم لتشكل ألومينات الكالسيوم الكبريتية المائية ويشار إليها عادة بإسم الإترنجاييت (Etringite) Calcium Sulphoaluminate وفق المعادلة التالية:



حيث تسبب بلورات الإترنجاييت ضغطاً داخلياً يؤدي الى تشقق الخرسانة وتلفها. ويتم وقاية الخرسانة في التربة الغنية بالكبريتات وذلك بعمل طبقة من الأسفلت أو دهانها بالبيتومين أو غيرها من الطبقات العازلة على أن تكون ملتصقة تماماً بسطح الخرسانة حتى لا تنفصل عنها ويمكن إستعمال الخرسانة الجيدة المخلوطة بالأسمنت البورتلاندي في التربة المحتوية على نسبة قليلة من الكبريتات. وفي حالة التربة المحتوية على نسبة كبيرة من الكبريتات فإنه من الضروري الإهتمام بتصميم الخلطة الخرسانية وإستعمال الأسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات. نوضح في الشكل (11.II)



الشكل (11. II) تأثير الكبريتات على الخرسانة [15]

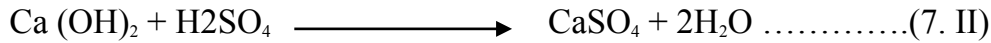
II. 2. الأحماض Acids :

إذا تواجد ثاني أكسيد الكربون أو ثاني أكسيد الكبريت في ظروف جوية رطبة أو أية أبخرة (حامضية) أخرى فإنها تهاجم الخرسانة فتذيب وتزيل جزءاً من الأسمنت وتكون طبقة لينة تسهل إزالتها من سطح الخرسانة. ويحدث مثل هذا التأثير في المداخل وفي الخرسانة الموجودة في الأجواء الصناعية مثل مسابك الحديد ووحدات إنتاج الغاز. وعموماً فإن الأحماض غير العضوية تؤثر تأثيراً شديداً - أكثر من غيرها - على الخرسانة حيث تتفاعل مع الجير

الحر مكونة كلوريدات وكبريتات ونترات. وتتوقف شدة التأثير على مدى ذوبان تلك المركبات في الماء وعلى تركيز تلك الأحماض وعلى سرعة التفاعل التي تزداد إذا كانت الأحماض ساخنة .

II. -2- 1- 6 حمض السيلفات:

ان حمض السيلفات مصنع كحمض قوي يتفاعل مع الخرسانة وبالضبط مع الجير الحر (la portlandite) داخل معجون الخرسانة وينتج الجبس هذا التفاعل الكيميائي يؤدي الى زيادة في حجم الخرسانة او انتفاخها ويتم التفاعل حسب المعادلة التالية:



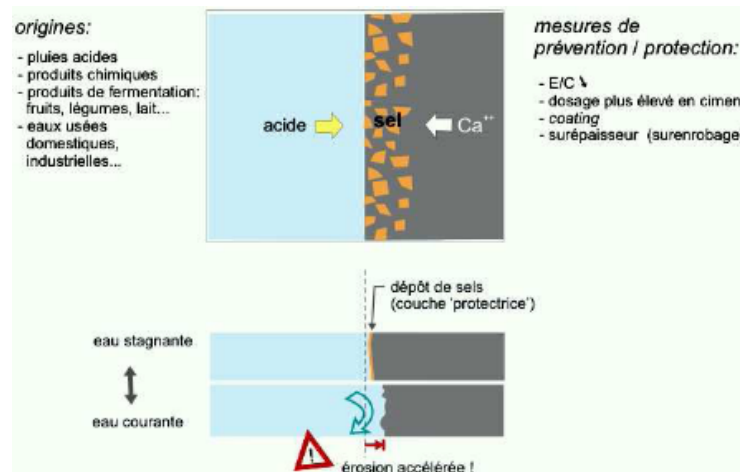
Hydroxyde de calcium + acide sulfurique → sulfate de calcium + eau

II. -2- 2- 6 حمض الكلوريد:

حمض الكلوريد مصنع كحمض قوي وهو أشد ضررا على الخرسانة من حمض السيلفات لأن الناتج من التفاعل بين الجير الحر (la portlandite) حمض الكلور ينتج لنا كلور الكالسيوم (chlorure de calcium) الذي ينحل بسهولة في الماء



Hydroxyde de calcium + acide chlorhydrique → chlorure de calcium + eau



الشكل (21. II) تأثير الأحماض على الخرسانة [15]

II. 3. 6 - أملاح الكلوريدات Chlorides

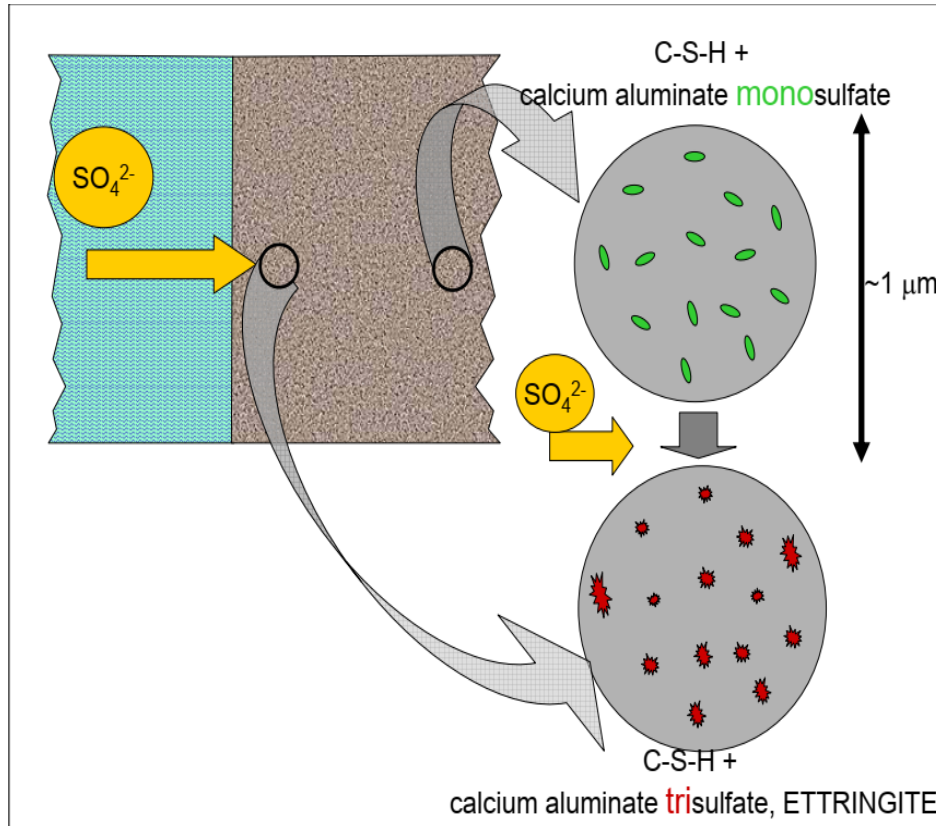
تتحد معظم أملاح الكلوريدات مع الجير الحر الموجود في الأسمنت البورتلاندي لتكوين كلوريد الكالسيوم القابل للذوبان وبالتالي يتسرب إلى خارج الخرسانة مكوناً ترسبات بيضاء على السطح مع حدوث فراغات بالخرسانة. وتكون كلوريد الكالسيوم بدرجة تركيز عالية يؤدي إلى التلف الشديد لسطح الخرسانة.

II. 4. 6 - تأثير ماء البحر:

تهاجم أملاح الكبريتات الموجودة في ماء البحر الخرسانة المغمورة في الماء وكذلك الخرسانة الموجودة فوق سطح الماء عن طريق تسرب المياه إليها بالخاصية الشعرية. وهذه الأملاح بصورة رئيسية هي كبريتات المغنيسيوم حيث تتفاعل مع الجير الحر الطليق في الخرسانة وتؤدي إلى تشققها وتلفها - بالإضافة إلى أن جفاف الماء المتسرب بالخاصية الشعرية وبقاء الأملاح في داخل المسامات الشعرية يؤدي إلى تشقق الخرسانة أيضاً بسبب الضغط المسلط نتيجة لتكوين البلورات ونموها. وتتعرض الخرسانة فوق سطح الماء لتتابع البلل والجفاف نتيجة المد والجزر وهذه الخرسانة تتأثر أكثر من الخرسانة المغمورة في الماء - كما تتأثر الخرسانة المعرضة لماء البحر بصدمات أمواج البحرية المتتالية وبحركة الأحجار والمواد الغريبة الأخرى حيث تسبب تآكلها، كما وتسبب الكائنات الحية التي تعيش في ماء البحر في زيادة تلف الخرسانة أيضاً. إن تأثير الكبريتات في ماء البحر لا يؤدي إلى تمدد الخرسانة كما يحصل في الفحوصات المختبرية وذلك لوجود كميات كبيرة من الكلوريدات في ماء البحر فالجبس وسلفو الومينات الكالسيوم تذوب في محلول الكلوريدات أسرع مما تذوب في الماء وبذا ستغسل في ماء البحر بينما في الفحوصات المخبرية ستبقى في موضعها وتسبب التمدد. إن امتصاص الخرسانة المسلحة للأملاح الموجودة في ماء البحر يؤدي إلى تكوين مناطق مصعدية (anode) وأخرى مهبطية (cathode) والفعل الكهروني الناتج يسبب تجمع الصدأ حول حديد التسليح ويتبع ذلك تصدع وتمزق الخرسانة المحيطة به.

II. 5. 6 - تأثير مياه المجاري على الخرسانة:

إن مياه المجاري تكون قلوية ولا تؤثر على الخرسانة ولكن عند ارتفاع درجات الحرارة تتحول مركبات الكبريت إلى كبريتيد الهيدروجين (H_2S) بفعل البكتريا الهوائية وهذا الأخير يذوب في طبقات الرطوبة على سطح الخرسانة ويعاني تأكسد بفعل البكتريا الهوائية متحولاً إلى حامض الكبريتيك الذي يذيب الأسمنت بصورة تدريجية مسبباً "تلفاً شديداً" للخرسانة. وهذا التأثير يحصل فوق مستوى الانسياب في مجاري المياه القذرة [13].



الشكل (II. 31) يوضح آلية هجوم الكبريتات على الخرسانة [15]

II. 7 - أهم منطقة معرضة للأوساط العدوانية في منطقة وادي سوف :

II. 7. 1 - ظاهرة صعود المياه وادي سوف:

تطور صعود المياه اتضح أن المشكلة هي عدم التوازن بين حجم المياه المنتجة، المياه المستعملة والمياه المصروفة، فالأحجام الضخمة المضخة لا تصرف خارج الحوض الهيدرولوجي، بل ترجع لتغذية السمات السطحي وترفع من مستوى مياهه وهذا راجع إلى النمو الديموغرافي وتضاعف الاحتياجات في مختلف القطاعات [16]

تجلت آثار مشكلة صعود المياه على الجانب العمراني خاصة البناء التقليدي أو القديم الذي تم بناؤها بمواد تقليدية محلية حيث يبدأ المشكل بتهديد المباني ويظهر على شكل بقع رطوبة على أسفل الجدران تصل في بعض الأحيان إلى غاية السقف. يؤدي تفاعل المياه المتصاعدة مع مواد البناء المستعملة التي تنتهي إلى تآكل الجدران وتهديد المباني بالانهيار حسب الصورة (II. 1)



الصورة (II. 1) توضح اثار صعود المياه على الاحياء المنخفضة [16]

المدينة المتضررة الوحيدة هي الوادي التي بها عدد سكان مقدر بـ 105957 نسمة [16] تجلى هذا التهديد والتآكل في الأحياء المنخفضة القديمة مثل المصاعبة، الأصنام، النزلة الأعشاش، سيدي مستور وحي الشط، حيث يصل عدد المساكن القديمة التي يستعمل في بناءها الجبس الذي يتآكل بفعل الرطوبة التي يسببها مشكل صعود المياه هي 6533 مسكن.

إن أكثر الأحياء تضررا هو حي سيدي مستور وهذا موضح حسب الصورة (II. 2) حيث قامت مديرية السكن والتعمير بإحصاء البنايات التي مستها مشكلة صعود المياه والمقدرة بـ 485 بناية، فقامت نفس المديرية بترحيل وإعادة إسكان العائلات المتضررة والمقدرة بـ 42 عائلة. [16]



الصورة (II. 2) توضح أثار صعود المياه على حي سيدي مستور بالوادي [16]

II. 2.7 - أهم تركيز للعناصر الكيميائية بمنطقة سيدي مستور:

من خلال الدراسات الجيوتقنية التي قامت بها مديرية الري لولاية الوادي تبين أن أهم تركيز للعناصر الكيميائية المهاجمة للخرسانة وجد بمنطقة سيدي مستور حيث تتركز أغلبية المياه الصاعدة والجدول التالي يبين قيمة التراكيز لهذه العناصر.

في دراستنا هذه نأخذ أعلى تركيز لنجري مدى تأثيره على الخرسانة والموضح كالتالي:

- عنصر السيلفات وهو موجود كشوارد حرة في المياه : SO_4^{2-} بقيمة: mg/l3373.00
- عنصر الكلور وهو موجود كشوارد حرة في المياه : Cl^- بقيمة: mg/l1640.23

الجدول رقم II . 3: يوضح أعلى تركيز للأحماض والمسجل بمنطقة سيدي مستور بالوادي

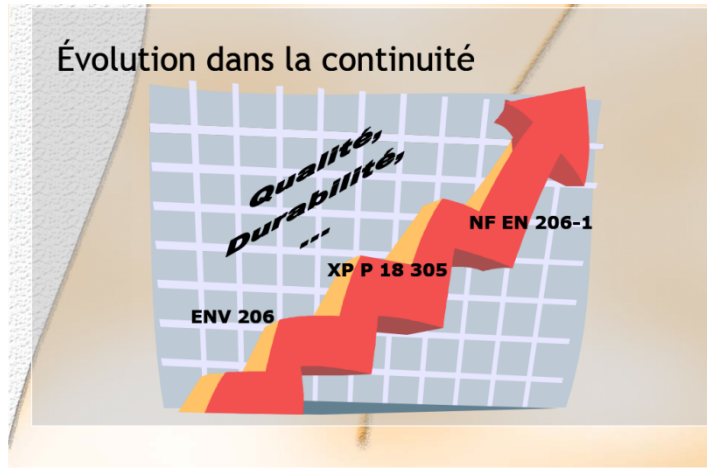
N: du	Cl^-	SO_4^{2-}	pH
Point d'eau	[mg/l]	[mg/l]	
D18	1640,23	3363,00	7,43

D20	588,22	3373,00	7,31
-----	--------	---------	------

II . 8 المعايير التقنية المتبعة لدراسة الديمومة:

بهدف المحافظة على ديمومة الخرسانة صدرت قوانين تنظيمية تحدد المعايير التقنية المتبعة لأيجاد تركيبات خرسانية جديدة ولأزال الباحثون يجرون دراسات معمقة لكيفية الوصول بالخرسانة الى ديمومة عالية بهدف الحفاظ على المنشآت من الأوساط الخارجية التي تؤثر بصفة مباشرة على قدرة الخرسانة على المقاومة لهذه الظروف العدوانية .

لعل ابرز القوانين الأوروبية الجديدة الصادرة هو المعيار: EN NF 206-1 [07] الذي يحدد صفات الخرسانة ذات الديمومة العالية خاصة أننا في بحثنا سندرس تعرض الخرسانة لوسط ذو هجمات كيميائية خطيرة والشكل الشكل (41.II) يوضح تطور القوانين التقنية المتبعة مع مرور الوقت :



الشكل (41. II) يوضح تطور القوانين المتبعة مع مرور الوقت [07]

نستعرض فيما يلي جدول يوضح المقادير المتبعة للخلطة الخرسانية للوسط المعرض للهجمات للعناصر الكيميائية حسب المعيار التقني: EN NF 206-1

LES CLASSES D'EXPOSITION							
Expositions particulières : attaques							
	MARINS		CHLORES		CHIMIQUES		
	XS2/XS1	XS3	XD2	XD3	XA1	XA2	XA3
$E_{eq}/liant$ équivalent maxi	0,55	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,45
Résistance mini	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C40/50
Liant éq. mini	330	350	330	350	330	350	385
Air mini	-	-	-	-	-	-	-
Additions maxi Ex: Cendres volantes	0,15	0,15	0,15	0,15	0,30	0,15	0,00
Nature ciment	PM	PM	-	-	-	-	-

نسبة الماء على الإسمنت

قيمة المقاومة الدنيا للخرسانة

تركيز الخرسانة

الشكل (II. 51) يوضح المقادير المتبعة للخلط
الكيميائية حسب المعيار التقني

الخلاصة :

من خلال هذا المحور نستطيع أن نستخلص ما يلي :

- 1- إن استعمال خرسانة الرمل للمحاجر في مجال الإنشاء قديم حيث اقيمت عدة ابحاث وانجازات حول هذا النوع من الخرسانة .
- 2- أن نسبة E/C لها تأثير كبير ومباشر على خصائص خرسانة رمل المحاجر .
- 3- خرسانة رمل المحاجر لها مزايا تؤهلها أن تكون بديل ممتاز للخرسانة العادية .
- 4- منطقة وادي سوف تعاني من مشكل ظاهرة صعود المياه التي تحوي عناصر ضارة بالمنشأة الخرسانية أهم هذه العناصر التي تحتوي على شاردتي $(SO_4^{2-}$ و Cl^-) .

الفصل الثالث

خصائص المواد المستعملة وصياغة

خرسانة رمل المحاجر

1.III مدخل:

إن الخرسانة عبارة عن مادة مركبة من عدة مواد (رمل، حصى، إسمنت، ماء، محسنات.....الخ) .

نوعية الخرسانة تحدد وفق المقادير المختلفة المشكلة للخليط من حيث الخصائص وطبيعة المكونات ، سوف نتطرق في هذا الفصل إلى دراسة خصائص المواد المستعملة والى كيفية تركيب الخلطة الخرسانية والمعايير المرجعية في انجاز جميع التجارب المخبرية.

2.III خصائص المواد المستعملة:

قمنا باستعمال رمل المحاجر والحصى 15/25 الموجود في منطقة بوسعادة والحصى 3/8 و 8/15 من منطقة عين توتة ولاية باتنة والإسمنت من نوعين :

- (الإسمنت المقاوم للسلفات) CEM I 42.5R – SR3 NA 442 (CRS) لمنطقة بسكرة من أجل الحصول على صيغة لتحسين رمل المحاجر وجعل الخرسانة مقاومة لتأثير السلفات والكلور .
- الإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري NA442- CEM II/B-L 42,5 N لمنطقة المسيلة.

1.2.III الركام :

الركام هو المكون الأساسي لجسم الخرسانة حيث يحتل حوالى 3/2 الى 4/3 من حجم الخرسانة. والركام يعتبر مادة رخيصة نسبيا بالإضافة إلى أنه يعمل على تقليل التغير الحجمي للخرسانة الناتج من عمليتي الشك و التصلد ومن تغير الرطوبة في عجينة الأسمنت

تطلق تسمية "الركام " على الرمل و الحصى (صغير او كبيرا) وهي مجموعة من الحبيبات المعدنية (الخاملة) ، تستخدم في تكوين الخرسانة. بأبعاد تتراوح بين 0 و 125 مم يمكن أن يكون أصلها طبيعياً أو اصطناعياً أو قادمًا من إعادة التدوير.

المواصفات التي يجب استيفائها بواسطة الركام محددة في المعيار الجديد XP P 18-540 في أكتوبر 1997 الذي يحل محل المعايير P 18-101 من ديسمبر 1990 و P 18-541 من مايو 1994. يجمع هذا المعيار بين الخصائص التي يجب أن تكون بشكل عام ، في المجاميع المخصصة لصنع الخرسانة [1]

الرمل :

وهو معرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد NFP18-301 [8] كل أنواع الرمل يمكن استعمالها في الخرسانة بشرط واحد من شأنه أن يقيد هذا الاستعمال ألا وهو النقاوة (la propreté) [24]

- في هذه الدراسة سنتناول رمل المحاجر لمنطقة بوسعادة (ولاية مسيلة) .

الحصى:

الحصى المستعمل هو عبارة ثلاثة أصناف من حصى مكسر :

الحصى 15/25 : حصى ابيض مستخرج من محجرة بوسعادة

الحصى 08/15 و الحصى 3/8 : حصى رمادي مستخرج من محجرة عين التوتة " باتنة"

III. 1.1.2 الخواص الفيزيائية:

الكتلة الحجمية الظاهرية: (Masse volumique apparente)

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

$$\rho_{app} = \frac{M_T}{V_T} \dots\dots\dots (1-III)$$

ρ_{app} : الكتلة الحجمية الظاهرية .

M_T : وزن العينة الكلي. (وزن الحاوية بعد تسويتها وهي مشبعة بالرمل – وزن الحاوية وهي فارغة)

V_T : حجم العينة الكلي . (حجم الحاوية النظامية ثابت 947 Cm³)

الجدول 1.III الكتلة الحجمية الظاهرية للحصى و لرمل المحاجر

النوع	رمل المحاجر	حصى 3/8	حصى 8/15	حصى 15/25
الكتلة الحجمية الظاهرية (Kg/m ³)	1770.85	1492	1488.91	1485

2- الكتلة الحجمية المطلقة: (Masse volumique absolue)

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

$$\rho_{ab} = \frac{M_s}{V_s} \dots\dots\dots (2.III)$$

ρ_{ab} : الكتلة الحجمية المطلقة .

M_s : وزن الحبيبات الصلبة.

V_s : حجم الحبيبات الصلبة.

✓ الرمل :

- نضع كمية من الماء في مخبر المدرج بحجم V1.
- نزن كتلة من الرمل (300 جرام) Ms: ثم نضعها في المخبر المدرج.
- قراءة الحجم الجديد في المخبر V2.
- الحجم المطلق: $V_s = V_2 - V_1$

✓ الحصى :

- وزن كتلة العينة من الحصى في الهواء Ms
- وزن كتلة العينة من الحصى في الماء Mh
- الحجم المطلق Vs هو نفسه حجم الماء المزاح
- حجم الماء المزاح يساوي كتلة الماء المزاح لان الكتلة الحجمية للماء $\rho = 1 \text{g/cm}^3$
- الحجم المطلق $V_s = M_s - M_h$
- نستعرض النتائج في الجدول التالي:

الجدول 2.III الكتلة الحجمية المطلقة للحصى و لرمل المحاجر

النوع	رمل المحاجر	حصى 3/8	حصى 8/15	حصى 15/25
الكتلة الحجمية المطلقة (Kg/m^3)	2777.77	2657	2659	2663

يعتبر هذا الركام ركام عادي حيث ان الكتلة الحجمية محصورة بين 2 و 3 ليس رقيق و ليس بثقيل .

2.1.2.III معامل امتصاص الماء: (coefficient d'absorption d'eau):

هذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في الحبيبات وهي تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب للعينة على الوزن الجاف و هي تعطى بالعلاقة التالية [25] :

$$A_b = \left(\frac{M_a - M_s}{M_s} \right) \times 100 \dots \dots \dots (3 - \text{III})$$

A_b : معامل امتصاص الماء (%) .

M_a : كتلة العينة قبل التجفيف .

M_s : كتلة العينة بعد التجفيف وقبل الوصول الى 105°

معامل امتصاص الرمل: A_{bs}

يعرف بواسطة القاعدة [26] وتعطى بنفس العلاقة السابقة $A_b = A_{bs}$ حيث :

أخذ عينة من الرمل (600 g) و تجفيفها في فرن حتى الوصول إلى كتلة ثابتة تدعى M_s يتم غمر عينة الرمل في الماء لفترة 24 ساعة ثم يتم استخراجها و تجفيفها تدريجياً حتى يقال أنها في حالة التدفق الحر (القياس باستخدام مخروط) و يتم وزنها وتدعى: M_a

معامل امتصاص الحصى: A_{bG}

يعرف بواسطة القاعدة NFP 18-554 [27] وتعطى بنفس العلاقة السابقة حيث :

$$A_b = A_{bs}$$

أخذ عينة من الحصى (1000 g) و غسلها في منخل 4 مم ، ثم جففها في الفرن لنصل إلى كتلة ثابتة هي : M_s غمر العينة في الماء لمدة 24 ساعة يتم استخراجها و مسحها جيداً بواسطة قطعة قماش ماصة في الهواء البارد بعيد عن مصدر حرارة المباشر ليتم وزنها وتدعى: M_a وكانت النتائج كما يلي :

و الجدول 4.III يبين النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b .

الجدول 3.III النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b [2]

نوع الرمل	رمل المحاجر	حصى 3/8	حصى 8/15	حصى 15/25
معامل امتصاص الماء A_b (%)	0.86	0.53	0.46	0.21

نلاحظ ان: قدرة امتصاص الماء لرمل المحاجر أكبر من الحصى، وهي مقبولة حسب [28]

يجب ان تكون اقل من 1 % $A_b < 1$.

3.1.2.III المكافئ الرمل (Equivalent de sable):

الهدف منه هو تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوة وصلاحيته استعماله في الخرسانة. وهو معرف حسب القواعد التقنية [29] (NFP 18-598)، يتم إجراء الاختبار كالآتي :

- تجهيز أنبوب اختبار مدرج به محلول "flocculant" (لا يتفاعل مع الرمل)

وزن كمية معينة من الرمل ووضعها انبوب الاختبار ثم نقوم بالإثارة والرج أفقياً بواسطة جهاز الرج لمدة 30 ث.

نقوم بتسوية العينة بعد ارجاع الانبوب الى الوضع الطبيعي (العمودي)

ونترك الأنبوب في حالة راحة لمدة 20 دقيقة و تعطى علاقة المكافئ الرمل على النحو التالي :

$$Es = \dots\dots\dots (III-4)$$

حيث:

- H1 : ارتفاع الطبقة السفلى و تمثل الرمل الصافي .
 - H2 : ارتفاع الطبقة العلوية تمثل الرمل مع الشوائب .
- بعد القيام بالتجارب وجدنا النتائج المدونة في الجدول التالي :

الجدول 4.III. النسب المئوية للمكافئ الرملي ES



الشكل:1.III. تجربة المكافئ الرملي

المكافئ الرملي (%)		تركيبة الرمل
بواسطة مكبس ESP	بدون مكبس ESV	
632 %	9133 %	رمل المحاجر (SC)

ملاحظة:

من خلال تحليل النتائج لقيمة المكافئ الرملي تم ملاحظة أن قيمته متدنية جدا ، وهي تشير الى كون الرمل يحتوي على نسبة كبيرة من الحبيبات الدقيقة و هذه القيمة أقل من المطلوب حسب المعيار التقني: P 18-541 الذي يحدد القيم المقبولة بالنسبة للخرسانة العادية والموضحة فيما يلي:

الجدول 5.III. النسب المئوية النظامية للمكافئ الرملي ES

المكافئ الرملي (%)	
بواسطة مكبس ESP	بدون مكبس ESV
$ESP > 60$	$ESV > 65$
$ESP > 70$	$ESV > 75$

بما أن المكافئ الرملي لا يحقق الشرط المذكور نقوم بالتحقق من قيمة أزرق الميثيلين التي يجب أن تحقق الشرط: $VB \leq 1$ حسب المعيار التقني [دريقرس].
للتحقق من ذلك يجب حساب المكافئ الرملي لـ 10% حسب (دريقرس) ثم نقوم بإجراء اختبار أزرق الميثيلين .
كما نوضحه فيما يلي

4.1.2.III المكافئ الرملي لـ 10% من الدقائق: Equivalent De Sable A 10 % De Fines

تهدف هذه التجربة التي تصف ضمن المواصفة القياسية الأوروبية و التي تعد الطريقة المرجعية المستخدمة في اختبار النوعي وذلك في حالة وجود إشكال لتحديد القيمة المكافئة للرمل....(في الركام الناعم أو الكلي. ، وخاصة مراقبة إنتاج المصنع)

وهو معرف بالقاعدة : EN 933-8:2012

يتيح اختبار المكافئ الرملي 10% (10% FINE) قياس نظافة الرمل على الجزء الذي يمر عبر منخل 2 مم وتكمن أهميته في التحديد الدقيق بقيمة عددية تعبر عن النسبة الحجمية بين العناصر الرملية التي ترسب والعناصر الدقيقة المتبقية (القاعدة EN 933-8:2012) [30]

دقائق الرمل : جزء حجم الجسيمات من الركام الذي يمر من منخل 0.063 مم

• غربلة كمية من الرمل المحاجر (2كغ) على المنخل 2 مم اخذ المجمع المار عبره باعتباره العينة الأولية

• تقسم العينة الأولية وفقاً للمعيار EN 932-2 - 2 على ثلاثة أجزاء من الاختبار.

• الجزء الاول(العينة 1): يستعمل لتحديد محتوى الماء (نسبة الرطوبة %) وفق العلاقة التالية:

.....(III -5)

حيث :

M_h : وزن الجزء الأول في حالة العادية (رطوبة) g

M_s : وزن الجزء الأول بعد التجفيف في الفرن عند $(5^\circ \pm 110^\circ)$ طبقاً للمواصفة EN 1097-5

• الجزء الثاني (العينة 2) : من وظائفه الأساسية هي تحديد محتوى الدقائق وفقاً للعلاقة التالية:

.....(III -6)

حيث :

M_1 : وزن كتلة الجزء الثاني من الاختبار (العينة 2)

M_2 : وزن كتلة الجزء الثاني من الاختبار بعد غسلها على منخل 0.063 مم وفقاً لـ EN 933-1.

ثم نقوم بتجفيف الجسيمات المحتجزة على غربال 0.063 مم . (إذا تجاوز محتوى الدقائق 10% ، يتم استخدام الجسيمات المغسولة المحتجزة على غربال 0.063 مم كمجمع دقيق لتصحيح الجاف والتي تعد من وظائف الجزء الثاني)

تحديد الكتلة الكلية لعينة الاختبار مكافئ 10% من دقائق الرمل M_T :

نحدد قيمة M_T اعتماداً على محتوى الدقائق ، وفقاً لما يلي:

(1) إذا كان محتوى الدقائق (f) أقل من أو يساوي 10% تحدد الكتلة M_T بالعلاقة التالية :

$$M_T \dots\dots\dots (7- III)$$

حيث: تأخذ كتلة M_T (g) كليا من الجزء الثالث (العينة 3) من العينة الأولية للاختبار .

2) أما إذا كان محتوى الدقائق (f) أعلى من 10٪ فيتم حساب M_t باستخدام العلاقات التالية:

$$M_T = M_3 + M_4 \dots\dots\dots (8- III)$$

حيث تمثل :

M_3 : كتلة (g) المأخوذ من العينة الجزء الثالث (العينة 3) محسوبة باستخدام العلاقة:

$$M_3 \dots\dots\dots (9- III)$$

M_4 : هي كتلة (g) الركام التصحيحي الجاف (مأخوذة من M_2) محسوب باستخدام العلاقة:

$$M_4 \dots\dots\dots (10- III)$$

يجب ان يتم دمج و خلط كلتا مادتي بشكل جيد الكتلة M_3 و M_4 للحصول على M_T .

تخضع العينة M_T في النهاية و في كلتا الحالتين لنفس خطوات تجربة المكافى الرملي السابق ذكرها

بحيث تعطى علاقة المكافى الرملي لـ 10% من الدقائق على النحو التالي :

$$\dots\dots\dots (11- III)$$

• H1: ارتفاع رواسب الطبقة السفلى و تمثل الرمل الصافي . (باستعمال المكبس)

• H2: ارتفاع منسوب الطبقة العلوية تمثل الرمل مع الشوائب . (بالعين المجردة)

بعد القيام بالتجارب وجدنا النتائج المدونة في الجدولين التاليين :

الجدول III. 6. كتل الدقائق للمكافىء الرملي

الخطوة	التجربة			النتائج الحسابية
1	العينة 1	Mh= 200 غ	Ms=195.5	نسبة الرطوبة : W=2.30%

2	العينة 2	M1=350 g	275.5M2=	محتوى الدقائق : $f = 19.48\% \geq 10\%$
3	من العينة 3	M ₃ =63 g		
4	من (M ₂) مجمع دقيق لتصحيح الجاف	M ₄ =58.4 g		
5	الكتلة الكلية الخاضعة للاختبار	M _T =121.4 g		

الجدول III. 7. قيم المكافىء الرملية ES لـ 10%

الاختبار الأول	الاختبار الثاني	
91	93	ارتفاع H1 (mm)
180	180	ارتفاع H2 (mm)
% 50.55	% 51.66	مكافىء 10% دقائق الرمل Es(10%)
% 51.11		متوسط المكافىء 10% دقائق الرمل Es(10%)

بما أن قيمة المكافىء الرملية $Es(10\%) \leq 50\%$

نستنتج أن الرمل صالح للخرسانة اذا تحقق الشرط $VB \leq 1.5$ (NF P 18-321)

حيث: (VB هو مقياس اختبار ازرق المثليين) [31]

III. 5.1.2 اختبار ازرق الميثيلين (Essai au bleu de méthylène dit essai à la tache)

يهدف اختبار الأزرق الميثيلين إلى التحديد الدقيق لنسبة جزيئات الطين الموجودة في عينة الرمل من

خلال تحديد قدرتها على امتصاص جزيئات أزرق الميثيلين التجربة محددة بالمعيار التقني : NF P 18-592 .

يتكون الاختبار من قياس حجم أزرق الميثيلين اللازمة لكل كتلة محددة من الرمل التي تم تحليلها، ويعبر عليه بالعلاقة التالية :

$$V = \frac{M}{b} \quad (12- III)$$

حيث:

V : هو الحجم الكلي لمحلول ازرق المثليين المحقون عند الوصول إلى الاختبار الايجابي بـ Cm^3

M: هي كتلة عينة الاختبار (الرمل 0/2 مم) بـ g .

خطوات التجربة :

✓ وضع 500 مل من الماء المقطر في بيشر بحجم 1 لتر (ارتفاع: 140 mm وقطر: 100 mm)

✓ وضع عينة من الرمل (100 g) من المجمع المار عبر المنخل 2 mm في البيشر.

✓ قلب الخليط باستمرار باستخدام محرك بسرعة (700 دورة\الدقيقة) لمدة 5 دقائق.

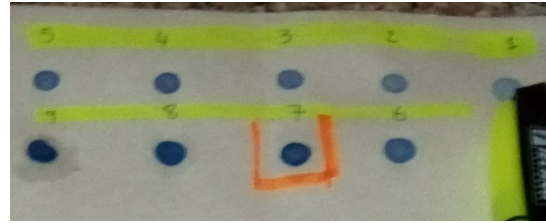
✓ تقطير 5 cm^3 من محلول أزرق الميثيلين (بتركيز 1% أي 10 g/L) في البيشر مع استمرار التحريك لمدة دقيقة بسرعة دائمة بـ 400 دورة الدقيقة.

✓ إجراء اختبار موضعي بأخذ قطرة من الخليط بواسطة أنبوب زجاجي ، و وضعها على ورق الترشيح لتظهر بعد دقيقة احدي النتيجتين التاليتين :

1. الاختبار إيجابيًا إذا كانت البقعة المركزية محاطة بهالة زرقاء فيروزي (تشبع جزيئات الطين مع الأزرق الميثيلين) ،في هذه الحالة يتم الانتهاء من الاختبار

2. الاختبار سلبياً إذا كانت البقعة محاطة بهالة رطبة عديمة اللون في هذه الحالة ، يضاف الأزرق الميثيلين مرة أخرى كل مرة بإضافة 5 cm^3 حتى يصبح الاختبار إيجابياً

بعد القيام بالتجارب وجدنا النتائج المدونة في الجدول التالي :



الشكل:III.2. تجربة أزرق الميثيلين

الجدول III. 8. نتائج تجربة أزرق الميثيلين

الملاحظات	الكمية	المواد
المجمع المار عبر المنخل (mm) 2	100(g)	كتلة العينة رمل المحاجر "بوسعادة"
تم حساب العدد عند الوصول إلى الاختبار الايجابي: $7*5\text{ cm}^3$	7	عدد الإضافات أزرق الميثيلين
	35 cm^3	حجم ازرق الميثيلين
$VB=V/M$	0.35	VB

نلاحظ: تحقق الشرط $VB \leq 1.5$ أي أن الرمل مقبول لإستخدامه في الخرسانة حسب المعيار التقني

III.6.1.2 التدرج الحبيبي : (Analyse granulométrique)

يقصد بتجربة التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض أي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون ذلك باستعمال التحليل بالغربلة بواسطة مجموعة من الغربايل مرتبة حسب مقاس

فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا إلى الأعلى هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينه المدروسة.و تعرف هذه التجربة بواسطة المواصفات NFP 18-560 .

أبعاد المناخل المستخدمة (mm)

سندرس أربعة عينات من الركام وهي كالتالي:

- العينة الأولى : رمل المحاجر

- العينة الثانية : الحصى 3/8

- العينة الثالثة : الحصى 8/15 .

- العينة الرابعة : الحصى 15/25 .

إن القاعدة تنص على أن الوزن المستعمل في العينة يحقق العلاقة التالية :

$$600 D \max \geq M \geq 200 D \max \dots\dots\dots(13- III)$$

حيث :

M : وزن العينة بالغرام (غ)

D max : القطر الأعظمي للحبيبات مأخوذ بالمليمتر (مم).

لذا فإن كتل العينات قيد الاختبار ، والتي يجب أن تؤخذ في الاعتبار ، هي ما يلي:

• رمل المحاجر (0/5) $1000 \text{ غ} \geq M \geq 3000 \text{ غ}$

• الحصى 3/8 $1600 \text{ غ} \geq M \geq 4800 \text{ غ}$

• الحصى 8/15 $3000 \text{ غ} \geq M \geq 9000 \text{ غ}$

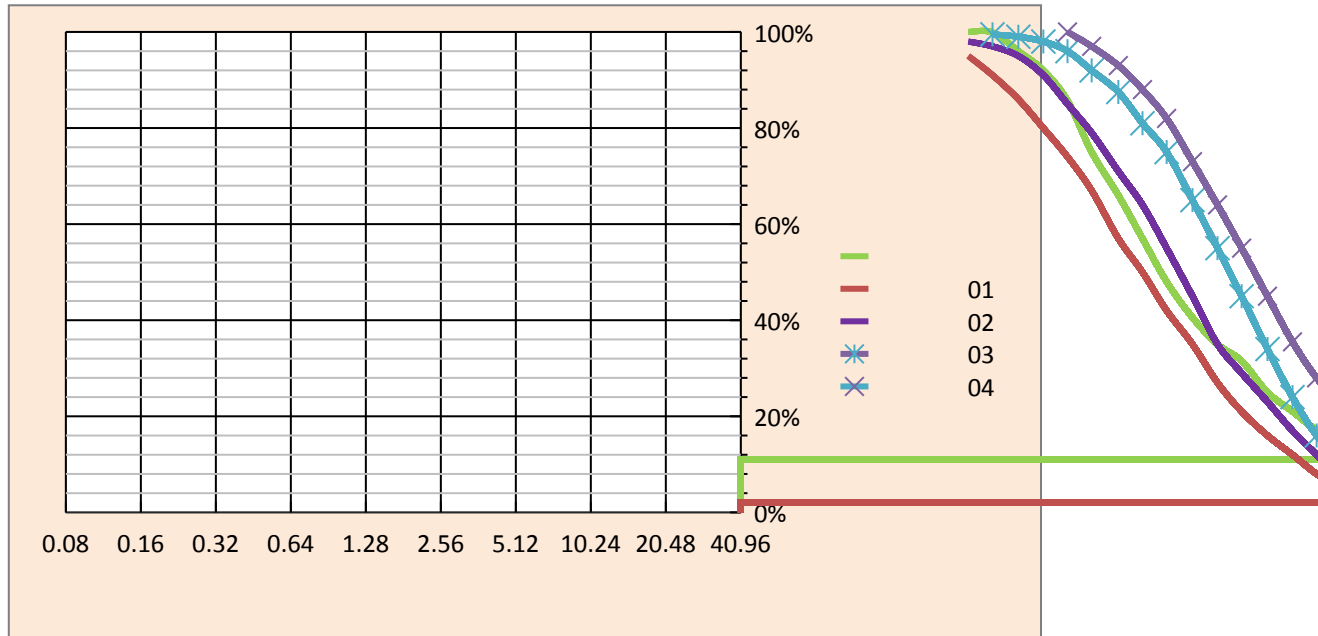
• الحصى 15/25 $5000 \text{ غ} \geq M \geq 15000 \text{ غ}$

استعملنا في هذه التجربة 2كغ من الرمل وهي القيمة العملية فكانت النتائج حسب الجداول أدناه التي توضح نتائج العينات :

- العينة الأولى رمل المحاجر

الجدول 9.III. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينه الأول رمل المحاجر:

العينة الأولى: رمل المحاجر (0/5)			كتلة العينة : 2000 g		
فتحات الغربال	نوع	المجموع الجزئي	المتبقي المجموع	نسبة المتبقي	المار المجموع ب
ب (mm)	الغربال	ب (g)	ب Rc (g)	Rc (%) المجموع	T (%)
4	37	2	2	0.10%	99.90%
2	34	126	286	14.30%	85.70%
1	31	180	860	43.00%	57.00%
0.5	28	111	1300	65.00%	35.00%
0.25	25	80	1580	79.00%	21.00%
0.125	22	60	1760	88.00%	12.00%



الشكل:III.3. المحنى الكلي للتدرج الحبيبي

الجدول 10.III. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية الحصى 3/8:

العينة الثانية: الحصى 03 / 08	كتلة العينة: 2000 g
-------------------------------	---------------------

فتحات الغربال ب (mm)	نوع الغربال	المجمع الجزئي ب (g)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc (%)	المار المجمع ب T (%)
8	40	19	19	0.95%	99.05%
4	37	792	1480	74.00%	26.00%
2	34	41	1986	99.30%	0.70%
			0.70%		

الجدول 11.III. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينات الثالثة الحصى 15/8:

العينات الثالثة : الحصى 15 / 08 كتلة العينة: 3500 g					
فتحات الغربال ب (mm)	نوع الغربال	المجمع الجزئي ب (g)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc (%)	المار المجمع ب T (%)
16	43	35	35	1.00%	99.00%
8	40	1157	2557	73.06%	26.94%
4	37	35	3489	99.69%	0.31%
			0.31%		

الجدول 12.III. نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينات الرابعة الحصى 25/15:

الحصى 15 / 25 : الكتلة (M (g) 6000					
فتحات الغربال ب (mm)	نوع الغربال	المجمع الجزئي ب (g)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc (%)	المار المجمع ب T (%)
31.5	46	0	0	0.00%	100.00%
16	43	4320	5815	96.92%	3.08%
			0.13%		

7.1.2.III معيار النعومة: (Module de finesse)

ويتم تقييمه بواسطة معيار يسمى المقياس، حيث يساوى مجموع النسب المئوية للمتبقّي المجمع للمناخل القياسية الستة (0.16, 0.315, 0.63, 1.25, 2.5, 5) مقسوماً على 100. ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام ، ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية [1]:

$$Mf = \frac{\sum Rc}{100} \dots\dots\dots(14- III)$$

Rc: المتبقّي المجمع ب (%) للغرايل (38 إلى 23)

الجدول III- 13 معيار النعومة :

المنخل (مم)	0.16	0.315	0.63	1.25	2.5	5	Mf
نسبة المتبقّي المجمع Rc%	%85	%75	59.45 %	34% %	8 %	% 0	261.45 %

نقوم بتمثيل التدرج الحبيبي في المنحنى المعياري حسب دريقوريس فنتحصل على المنحنى التالي:
- بالنسبة لرمل المحاجر ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 2.62 نستنتج أن هذا الرمل متوسط حيث أن هذه القيمة مقبولة لأنها ضمن المجال: 2.2- (2.8) A دريقوريس والمنحنى البياني للتدرج الحبيبي لرمل المحاجر يقع ضمن المجال القياسي المقبول لذلك مسموح بإستعماله في الخلطة الخرسانية.

III 8.1.2. معامل التفلطح للركام المعيار (NF P 18-561)

قابلية عمل الخرسانة تتأثر بشكل الحصى ، اذ يعد الشكل الكروي ذو نوعية جيدة ، اما الشكل المفلطح (الإبري ، المسطح) يعد شكلا سيئا ،لانه يتطلب كمية أكبر من الماء في الخلطة الخرسانية وقد يسبب عيوب بالمظهر. [1]
يتم تحديد شكل الركام من خلال:

• L طوله

E سماكته وهي أصغر مسافة بين خطيين مماسيين بالتوازي.

• G حجمها وهي تمثل أبعاد الحد الأدنى للشبكة المربعة التي يمر بها العنصر

وبالتالي فإن معامل التفلطح يميز "A" شكل الركام من أكبر أبعاده وسمكه و هو تعريف النسبة المئوية للعناصر

$$G / E > 1.58$$

الإجراء:

يتم تحديد المعامل "A" من خلال غربلة مزدوجة :

أولاً النخل التقليدي (تحليل حجم الجسيمات) على عمود من المناخل الشبكية المعيارية المربعة ، لتصنيف عينة الركام المدروس في فئات حبيبية مختلفة d / D بحيث $D = 1.25 d$ من خلال سلسلة ثانياً غربال الفئات الحبيبية اي للرواسب المحتفظ بها في المناخل المختلفة على سلسلة من "المناخل الخاصة " (اطار مربع مقسم بتساوي بواسطة القضبان) يدعى بالشباك ذات فتحات E او شقوق متوازية ، بحيث تكون النسبة بين البعد d (فئة الحبيبية) من المنخل التقليدي و E عرض فتحات شبك هي : 1.58 . $(E = d / 1.58)$ مما يجعل من الممكن تحديد معاملات التسطيح الجزئي. ومن خلال الجدول التالي : يتم الربط بين طبقات الفئة الحبيبية d/D النخل التقليدي و ما يقابله من الشبائيك المشقوقة ذات الفتحات- E

الجدول III -14 مقارنة بين أقسام الركام d/D و ما يقابله من فتحات الشبائيك - E .

Classes granulaires d/D (mm)	Ecartement E des grilles à fentes (mm)
> à 50	31,5
40-50	25
31,5 - 40	20
25 -31,5	16
20-25	12,5
16-20	10
12,5-16	8
10-12,5	6,3
8-10	5
6,3-8	4
5-6,3	3,15
4-5	2,5
(1) ou 14 pour la 10-14mm	

اختيار كتلة العينة التمثيلية M_0 يكون وفق للمعيار **NF P 18-560** كما هو الحال في تحليل الحبيبي ، على ان يتم نخل العينة من خلال منخل 4 مم واستخدام وزن الرفض الجماعي باعتباره كتلة العينة التمثيلية .

العلاقة التي تعبر عن معامل التفلطح الجزئي A_i :

$$(15- III) \dots\dots\dots$$

M_{gi} : كتلة (g) الفئة الحبيبية d / D (المجمع الحاصل بين المخلين d و D اي المجمع الجزئي لـ d)

M_{ei} : الكتلة (g) التي تمر عبر الشباك ذو فتحات المناسب E

يتم التعبير عن معامل التفلطح العام كنسبة مئوية من خلال دمج القيم الجزئية المحددة في كل فئة حبيبية:

$$(16- III) \dots\dots\dots$$

يجب أن يكون فقدان المواد أثناء النخل يحقق العلاقة التالية:

(17- III).....

M_0 هي كتلة العينة التمثيلية (g) .

النتائج:

- الحصى 15/25 $M=6000$ g

الجدول III - 15 معامل التفطح للحصى 15/25 :

الفرز الشبكية			الفرز المنخل المجمع المحجوز بين d/D	
	المجمع المار Mei(g)	تباعد خطوط الشبكية	Mgi (g)	ترتيب الركام d/D (mm)
13%	8	16	60	25-31.5
16%	234	12.5	1440	20-25
15%	650	10	4320	16-20
10%	18	8	177	12.5-16
	910		5997	
	15.17%			$\leq 20.00\%$

- الحصى 8/15

الجدول III - 16 معامل التفطح للحصى 8/15

الفرز الشبكية			الفرز المنخل	
	المجمع المار Mei(g)	تباعد خطوط الشبكية	Mgi (g)	ترتيب الركام d/D (mm)
	0	10	35	16-20

20%	113	8	560	12.5-16
23%	186	6.3	805	10-12.5
18%	211	5	1157	08-10
17%	134	4	767	6.3-08
22%	29	3.15	130	5-6.3
23%	8	2.5	35	4-5
	673		3489	
	19.29%			$\leq 20.00\%$

- الحصى 3/8

الجدول III - 17 معامل التفلطح للحصى 3/8

الفرز الشبكة			الفرز المنخل	
	المجموع المار Mei(g)	تباعد خطوط الشبكة	Mgi (g)	ترتيب الركام d/D (mm)
0%	0	5	19	08-10

18%	51	4	289	6.3-08
23%	86	3.15	380	5-6.3
22%	173	2.5	792	4-5
	310		1480	
	20.95%			≤ 25.00%

حدد المعيار التقني 18-561 القيم المقبولة لمعامل التفلطح للحصى كما يلي :

- معامل التفلطح أقل أو يساوي من 20% "للكام $10\text{ mm} < D$ "
 - معامل التفلطح أقل أو يساوي من 25% "للكام $10\text{ mm} < D$ " (دريفيويس) [1]
- نلاحظ ان نسبة التفلطح لكل من الحصى $3/8$ ، $8/15$ ، $15/25$ مقبولة في الخرسانة العادية.

9.1.2.III نقاوة الحصى: (NF P 18-591):

الهدف من هذه التجربة هو تعيين الشوائب العالقة بالحصى ثم استنتاج مدى صلاحيته في الخرسانة ويتم ذلك بأخذ كمية معينة منه في الحالة الجافة وغسلها جيدا بالماء ثم نضعه داخل جهاز التجفيف حتى يجف وفي الأخير نزن العينة ويتم حساب النقاوة بالعلاقة التالية:

$$IA = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100 \quad (18-III)$$

IA:نسبة الشوائب بـ (%)

M1: كتلة الحصى قبل الغسل بـ (غ)

M2: كتلة الحصى بعد الغسل والتجفيف بـ (غ).

الجدول 18-III نسبة الشوائب المتحصل عليها في الحصى

نسبة الشوائب (%) IA	نوع الحصى
0.92	حصى $8/3$
0.72	حصى $15/8$
0.60	حصى $25/15$

من خلال النتائج نلاحظ أن نسبة الشوائب ضئيلة (أقل من 1 %) ومنه نجد أن الحصى المستعمل نظيف يصلح استعماله في الخرسانة العادية.

III. 10.1.2 اختبار مقاومة التآكل والصدمات:

III. 1.10.1.2 - تجربة تآكل الحصى Micro-Deval:

هذه التجربة تتم تحت ظروف معيارية لتعيين مقاومة تجزيء الحصى بواسطة الصدمة والتآكل بوجود الماء وشحنة كاشطة باستعمال جهاز Micro-Deval الذي يحتوي على 1 إلى 4 أسطوانات فولاذية ؛ يتم تدويرها بعمودين أفقيين.

كل أسطوانة تجعل من الممكن إجراء اختبار واحد و يتم اختيار دقة المواد التي تخضع للاختبار من ثلاث فئات حبيبية :

4 إلى 6.3 مم ؛ 6.3 إلى 10 مم ؛ من 10 إلى 14 مم من حبيبات الحصى حيث يتم نخل العينة على غربيل وفق الفئة الحبيبية المختارة واخذ منها كتلة عينة الاختبار ($M = 500 \pm 2$ جم.) التي يتم وضعها في الاسطوانة مع إضافة 2.5 لتر من الماء مع الشحنة الكاشطة التي هي عبارة عن كريات من الصلب بقطر 10 مم ± 5 مم بكتلة محددة تبعا للمؤشرات فئة الحصى وفقا في الجدول التالي:

الجدول رقم III - 14 كتلة الحمولة للكرات الحديدية وفقا للمؤشرات فئة الحصى:

الجدول III-19 كتلة الحمولة للكرات الحديدية وفقا للمؤشرات فئة الحصى

فئة الحصى (mm)	كتلة الكرات الحديدية (g)
4 إلى 6.3	2000
6.3 إلى 10	4000
10 إلى 14	5000

وبعد الإغلاق المحكم لغطاء الاسطوانة تخضع المجموعة كلها لعملية الدوران بسرعة منتظمة تبلغ ± 100 دورة في الدقيقة لمدة ساعتين وبعدها نقوم بعناية بتجميع وغرلة المواد الموجودة في الاسطوانة على المنخل 1.6 مم تحت تدفق المياه وإزالة الحمل الكاشطة، وتجفيف المتبقي (الرفض) في الغربال في الفرن عند 105 درجة مئوية إلى غاية الحصول على كتلة m' (g) ثابتة بعد التبريد

يتم التعبير عن مقاومة التآكل بواسطة معامل MicroDeval في وجود المياه كنسبة مئوية يرمز لها بـ (M_{DE}) حيث :

$$.....(III - 19)$$

أين:

M : هي الكتلة الجافة لعينة الاختبار والتي تساوي 500 جم.

m ' : الكتلة الجافة للمادة بعد اختبار الرفض عند 1.6 مم

m : هي الكتلة الجافة لجزء المادة التي تمر بعد اختبار المنخل 1.6 مم.

حيث:

(20- III)

النتائج التي تم الحصول عليها مذكورة في الجداول أدناه:

الجدول 20-III نتائج مقاومة التآكل بواسطة معامل MicroDeval

M _{DE} %	الوزن (g)		كتلة الكرات الحديدية	فئة الحصى	أصل المادة
	m ' الكتلة الرفض الجافة منخل 1.6 مم	M كتلة عينة الاختبار			
22.60%	387	500	5000	10-14	8/15
20.40%	398	500	4000	6.3-10	8/15
19.60%	402	500	2000	4-6.3	3/8

ملاحظة :

قيمة M_{DE} بالنسبة للحصى 3/8 اصغر من 20 فشرائها مقاومة للتلف ومقبولة تصنف ضمن الفئة C

قيمة M_{DE} بالنسبة للحصى 28/15 اصغر من 25 فشرائها مقبولة وتصنف ضمن الفئة D وذلك حسب المعيار

[31] NF P 18-321

III. 2.10.1.2 تجربة الصدام للحصى (لوس انجلوس):

هدف التجربة هي دراسة مدى صلابة الحبيبات و تحملها ومقاومتها للإجهادات .

معرفة حسب المعيار [31]

الإجراء عمليا تنجز هذه التجربة على نفس أقسام التجربة السابقة

يتم اختيار حبيبات المواد الخاضعة للاختبار من بين 6 فئات , حيث وزن 5 كغ من الحصى ونضعها في اسطوانة

معدينية تحتوي على رفوف داخلية مع عدد محدد من الكريات حديدية وفق الجدول التالي :

الجدول 21-III يحدد أحمال الكرات المقابلة لكل فئة حبيبية

فئة حبيبية (mm)	6.3 - 4	10 - 6.3	14 - 10	25 - 10
كتلة العينة (g)	5000	5000	5000	نخل من (10-16): 3000 نخل من (16-25): 2000
عدد الكرات	7	9	11	11

تترك للأسطوانة لتدور 500 دورة حول المحور الأفقي خلال 15 دقيقة
تفتح الأسطوانة وتفرغ من محتوياتها وتغربل على الغربال 1.6 مم وتغسل المواد المتبقية على الغربال
وتجفف العينة في درجة حرارة 110° (م) حتى يثبت وزنها (m')
تعطى نسبة لوس انجلوس بالعلاقة التالية:
(21-III).....

m': هي الكتلة الجافة للمواد المتبقية على المنخل 1.6 مم بعد اختبار.
نتائج التجربة لوس انجلوس كانت كالتالي:

الجدول 22-III نتائج التجربة لوس انجلوس

LA %	الوزن (g)		عدد الكرات الحديدية	فئة الحصى	أصل المادة
	m' الكتلة الرفض الجافة منخل 1.6 مم	M كتلة عينة الاختبار			
29.00%	3550	5000	11	10-25	15/25
30.00%	3500	5000	11	10-14	8/15
28.60%	3570	5000	09	6.3-10	8/15
29.10%	3545	5000	07	4-6.3	3/8

ملاحظة :

بصفة عامة ان جميع قيمة $LA\% \geq 30$ اي ان جميع أنواع الحصى مقاوم للصدمات مقبول في الخرسانة و
الحصى يعد من الفئة الممتازة A [1]
جاء في المعيار NF P 18-541 بالنسبة لتصنيف الركام (الحصى) :تتطلب العضوية في فئة استيفاء جميع
شروط (LA , M_{DE}) هذه الفئة في وقت واحد، فجميع اختبارات أنواع الحصى المستعمل تحقق الشروط
 $LA + M_{DE} \geq 55$ مع $LA \geq 30$ و $M_{DE} \geq 30$ إذن فالحصى المستعمل له صلابة مقبولة ويصنف ضمن الفئة
. D

III. 2.2 الاسمنت (ciment) :

الإسمنت رابط مائي ضروري مصنع غير عضوي له خاصية التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة عند تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخطط بها، وبذلك يتشكل الملاط Mortier والخرسانة Béton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيراً مديداً. يعد الإسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيماوية القائمة على تمييه Hydratation سيليكات الكالسيوم و ألوميناته وكبريتاته التي يتركب منها. وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً «الإسمنت البرتلندي» [24]

استعملنا نوعين من الاسمنت هما

- (الإسمنت المقاوم للسلفات) CEM I 42.5R – SR3 NA 442 (CRS) لمنطقة بسكرة من أجل الحصول على صيغة لتحسين رمل المحاجر وجعل الخرسانة مقاومة لتأثير السلفات والكلور .
- الإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري CEM II/B-L 42,5 N NA442 لمنطقة المسيلة
أن الخواص الرئيسية للأسمنت و التي يجب أن نقف عندها للحكم على جودة الأسمنت هي:

1. نعومة الأسمنت.
2. الكثافة النوعية للأسمنت.
3. الشك و التصلد.
4. ثبات الحجم للأسمنت
5. مقاومة الأسمنت . [13]

ولهذه الخواص الأساسية طرق اختبارات قياسية لتعيينها بكل دقة، وفيما يلي نتطرق أهم هذه الاختبارات:

III.2.2.1 الكتلنة الحجمية :

✓ الكتلنة الحجمية المطلقة : محددة بالمعيار EN196-60

تحديد وزن معلوم من مادة الأسمنت وقياس حجمه باستخدام قنينة لوشاتليه للكثافة للأسمنت (Un « Densimètre » Le Chatelier)، و يتم تعيينها للاستفادة منها في تصميم الخلطات الخرسانية أو لأي مقارنات بين أنواع الأسمنت المختلفة ولكن لا تنص الموصفات على إجراء هذا الاختبار كاختبار قبول أو رفض. [13]

✓ الكتلنة الحجمية الظاهرية : محددة بالمعيار EN 459-2

يتم تعيين " الكتلنة الحجمية الظاهرية " للأسمنت وهو في حالته الطبيعية بما فيه من فراغات بدون أي دمك حتى لا تؤثر على وحدة الحجم للعينة المختبرة.

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

الكتلنة الحجمية المطلقة : $\rho_{ab} = 3100 \text{ Kg/m}^3$

III.2.2.2 المساحة السطحية للأسمنت : Surface spécifique

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

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

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

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

$$SSB = \frac{k\sqrt{e^3}\sqrt{t}}{\rho(1-e)\sqrt{\eta}} \dots\dots\dots(22-III)$$

حيث:

- t : زمن مرور الهواء عبر طبقة المسحوق بالثانية .
- η : لزوجة الهواء عند درجة الحرارة المجرات فيها التجربة .
- ρ : الكتلة الحجمية المطلقة ب g/cm^3 .
- K : ثابت الجهاز .
- e : النفاذية .

المساحة السطحية للأسمنت المستعمل (اسمنت بسكرة) معطاة مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت .

$$5200 \text{ g / cm}^2 - 3700$$

III.2.2.3 زمن التصلب :

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

يختلف زمن التصلب على حسب نوعية الاسمنت ونعومته وكمية الماء ودرجة الحرارة ولذلك نقوم بتحديدده على عجين قياسي معد حسب نسبة الماء المثالية و في درجة حرارة محددة ب 20 درجة مئوية (NA 230) وباستعمال جهاز فيكا Vicat محمول بالإبرة بعد زمن بداية التصلب يتواصل التماسك حتى يصبح العجين عبارة عن كتلة واحدة هذا ما نسميه نهاية زمن التصلب . [24]

ويكون عموماً زمن التصلب أكثر من 90 دقيقة بالنسبة للأسمنت العادي في درجة حرارة 20 درجة مئوية. يجب أن ألا يزيد زمن الشك النهائي عن 10 ساعات لجميع أنواع الأسمنت و ان يكون زمن التصلب الابتدائي ≤ 60 دقيقة بنسبة للأسمنت ذو رتبة مقاومة الضغط 42.5MPa. [13]

أما بالنسبة للأسمنت المستعمل في الدراسة (اسمنت بسكرة) فحسب البطاقة التقنية فإن:

الزمن الابتدائي للتصلب : من 150 ± 30 دقيقة

الزمن النهائي للتصلب : من 230 ± 50 دقيقة

III.4.2.2 الخصائص التقنية والكيميائية :

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

الجدول 23.III التحليل الكيميائي للأسمنت البورتلندي بالحجر الجيري

القيمة	الخصائص التقنية و الكيميائية	
2 ± 8.0	الفقد بالحرق % (NA5042)	التحليل الكيميائي %
0.5 ± 2.5	محتوى الكبريتات (SO3) %	
0.5 ± 1.7	محتوى أكسيد المغنيزيوم (MgO) %	
$0.05 - 0.02$	محتوى الكلوريد % (NA5042)	
3 ± 60.0	C ₃ S	البنية المعدنية للكلنكر %
1 ± 7.5	C ₃ A	
$10.0 \leq$	02 يوم	

42.5 ≤	28 يوم	مقاومة الضغط (MPa)
2.0 ± 26.5	الانساق الطبيعي %	الخصائص الفيزيائية
1000>	الانكماش بعد 28 يوما (m/mμ)	
3.0 ≥	التمدد (mm)	

الجدول 24.III التحليل الكيميائي التحليل الكيميائي للإسمنت المقاوم للسلفات

القيمة	الخصائص التقنية و الكيميائية	
1.0-1.9	Perte au feu	التحليل الكيميائي %
2.2-2.6	Teneur en sulfates (SO3)	
1.7-2.8	Teneur en Oxyde de Magnésium (MgO)	
0.05 – 0.02	Teneur en Chlorures (Cl ⁻)	
0.75 ≥	Résidu insoluble	
66 - 56	C ₃ S	مكونات الكلانكير %
3.0- 1.4	C ₃ A	
20 ≥	C ₄ AF+2C ₃ A	
20-25	02 يوم	مقاومة الضغط (MPa)
42.5-51.0	28 يوم	

3.2.III : الماء :

للماء أهمية كبرى في عمليات تصنيع وإنتاج الخلطات المختلفة من المونة و الخرسانات، وبالأخص في الأعمال الخرسانية من خلال تفاعل كيميائي يسمى الإماهة، ويبدأ تفاعل الأسمنت البورتلاندى بداخل الخرسانة مع أول وجود للماء في الخلطة و الذي يمثل 10-15 من حجم الخرسانة. وبالتالي فان الأسمنت والماء يشكلان العجينة الأسمنتية التي تغطي كل جزء من الرمل والركام الخشن بداخل الخرسانة. وتعتمد خصائص الخرسانة على جودة ونوعية العجينة الأسمنتية المستخدمة، وقوة العجينة الأسمنتية في المقابل تعتمد على نسبة الماء إلى الأسمنت.

ونسبة الماء / الأسمنت هي وزن الماء مقسوما على وزن الأسمنت. حيث أن الخرسانة ذات الجودة العالية يجب أن تحتوى على اقل نسبة ماء إلى سمّنت من الممكن الحصول عليها بدون التأثير على قابلية التشغيل الخاصة بالخرسانة الطازجة

يقوم الماء بالوظائف الرئيسية الآتية:

- إماهة الأسمنت: يعتبر ماء الخلط العنصر الأساسي لإتمام تفاعلات الكيمائية مكونة عجينة الأسمنت وهي لمادة الفعالة في الخرسانة والمسئولة عن خاصية التماسك والترابط بين حبيبات الركام وذلك بعد مرحلتى الشك الابتدائي والنهائي حتى التصلد ، وقد يحتاج كل جزء من الأسمنت إلى نسبة تتراوح ما بين 25 – 30 % من وزنه ماء وذلك لإتمام إماهتها . ويعتبر الماء هو المسئول الرئيسي عن مقاومة الخرسانة الناتجة.
- يساعد الماء بشكل مباشر فى عملية البلل للركام، حتى تحيطه بطبقه من الماء تمنعه من امتصاص الماء اللازم لعملية الإماهة.
- يقوم ماء الخلط بالدور الأساسي لعملية قابلية التشغيل للخرسانة فى حالتها الطازجة (عملية التشحيم بين الركام والأسمنت). ولكن عندما يتبخر الماء المسئول عن تشغيل الخرسانة يترك فراغات بالخرسانة مؤثراً على خواصها ومتانتها مع الزمن، لذلك يوصى دائماً بتقليل ماء الخلط المستخدم لهذا الغرض إلى نسبة الماء الصغرى واللازمة لتشغيل الخرسانة.

III.2.3.1 خواص الماء المستعمل في الخرسانة:

1. يكون الماء المستعمل في خلط ومعالجة الخرسانة خالياً من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة وخلافها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر والمتانة.
2. يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحاً لخلط الخرسانة وإيناعها.
3. يسمح باستعمال الماء غير الصالح للشرب في حالة عدم توفر الماء الصالح للشرب على أن لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات. [24]

III.2.3.2 التركيبة الكيميائية للماء المستعمل:

الماء المستعمل هو ماء صالح للشرب مجلوب من منطقة سدي خالد -بسكرة و الماء الشرب هو الخيار الاول و المقبول في الخرسانة في "الملحق B المعيار 2002: EN 1008 "

الجدول III.25 التركيبة الكيميائية للماء المستعمل(بطاقة التقنية)

الكمية المسموح بها	الوحدة	الكمية	المواد
$4 <$	/	7.15	الأس الهيدروجيني pH
2000 mg/L	mg/L	313	الأملاح الكلية الذائبة (الملوحة)
خرسانة مسبقة الاجهاد $500 \text{ mg/l} <$ خرسانة المسلحة $1000 \text{ mg/l} <$	mg/L	34.66	أملاح الكلوريدات على هيئة CL.

خرسانة < 4500 mg/l			
2000 mg/l	mg/L	54.078	أملاح الكبريتات Sulfates
	mg/L	133.96	أملاح الكربونات و البيكربونات

III. 3. الإضافات:

بهدف الحصول على تشغيلية جيدة نستخدم ملدن فائق الجودة ومخفض للماء وهو:

MEDAFLOW 145 (البطاقة التقنية)

ليس له تأثيرات سلبية على الخرسانة خصوصا أنه يجب أن لا تتجاوز نسبة الماء على الاسمنت 0.45

$E/C=0.45$ نظرا للوسط الكيميائي العدوانى الذي سنضع به عينات الخرسانة حسب [7]

مصنع من طرف شركة قرانيتكس – المنطقة الصناعية واد السمار- الجزائر العاصمة
وهو مطابق للمعيار: NA774 ومتوافق مع المعيار NF EN 934-2 .

الجدول 26.III خصائص الملدن المستعمل حسب (البطاقة التقنية):

الشكل	معامل الحموضة PH	الكثافة	اثر الكلور	الكمية الموصى بها
سائل	من 5 الى 6	$0,01 \pm 1.065$	$g/L \ 1 >$	0.3 – 2.0% من كتلة الاسمنت

III. 4. تركيبة الخرسانة الشاهدة:

بالنسبة لتركيبية الخلطة الخرسانية الشاهدة نتبع طريقة (Dreux-Gorisse) وهذا للحصول على خرسانة ذات تشغيل جيد، قبل الانطلاق حساب مكونات الخلطة الخرسانية لابد من مجموعة أساسية من الافتراضات و هي على النحو التالي:

مقاومة الخرسانة للانضغاط في اليوم 28 هي : $fc28= 30 \text{ MPa}$
هبوط الموصى به الخرسانة لدنة بواسطة مخروط أبرامس (6 – 9 سم)

المرحلة الأولى : إيجاد نسبة الاسمنت إلى الماء

يمكن الحصول على النسبة من خلال صيغة المعطاة لمتوسط قوة الضغط المستهدف في 28 يوماً وهي:

.....(23-III)

.....(24-III)

حيث:

متوسط قوة الضغط المستهدفة في (28 يوماً) بـ MPa.

- F_{CE} : فئة أسمنت حقيقية (28 يوماً) في MPa ،

- C: جرعة الاسمنت (كغ \ م³).

- E: جرعة الماء الكلية على المواد الجافة (بالتر لـ 1 م³).

- G: معامل حبيبي (جدول 8-10).

متوسط قوة الضغط المستهدفة :

من أجل السلامة ، تزداد مقاومة الضغط المستهدفة بنسبة 15٪ مقارنة بالمقاومة التي نرغب في الحصول عليها. وبالتالي ، يتم الحصول على المقاومة المستهدفة على النحو التالي:

فئة أسمنت حقيقية F_{CE} : 42.5 MPa من خلال البطاقة التقنية للأسمنت

المعامل الحبيبي G : نوعية الركام عادي ، D=25mm ، فإن G= 0.5

الجدول قيمة المعامل الحبيبي G

الجدول 27.III قيمة المعامل الحبيبي G:

البعد D للركام			نوعية الركام
كبير	متوسط	رقيق	
(40 ≤ D ≤ 20 mm)	(40 ≤ D ≤ 20 mm)	(D ≤ 16 mm)	
0.65	0.60	0.55	ممتازة
0.55	0.50	0.45	جيدة – عادية
0.45	0.40	0.35	مقبولة

كمية الإسمنت : تتعلق بنسبة E/C وقيمة التشغيلية (الهبوط مخروط برامس بـ سم)

C=400 kg/m³ وهي ثابتة أي أن E يساوي:

تقدم الطريقة اقتراح تعديل نسبة كمية الماء في الخلطة وفقا حجم الركام الأكبر للجدول التالي:

الجدول 28.III يوضح تعديل نسبة كمية الماء في الخلطة :

حجم الركام الأكبر D (mm)	5	10 - 8	12.5-16	20-25	30-40	50-63.5	80-100
تصحيح في نسبة كمية الماء (%)	15+	9 +	4 +	0	4 -	8 -	12 -

حجم الركام الأكبر D=25 ، فنسبة التصحيح المقترحة هي 0%
جرعة الماء المستخدمة

المرحلة الثانية :إنشاء المنحنى المرجعي (OAB) :

يأخذ المنحنى المرجعي OAB بعين الاعتبار خصائص التدرج الحبيبي لكل من الرمل و الحصى المتعلق بالخرسانة المدروسة ويستند هذا المنحنى على ثلاثة نقاط هي B-A-O ليتم التوصيل بينها على الترتيب مشكلا بذلك المنحنى المرجعي وهو عبارة على خط منكسر على المخطط الحبيبي النظامي بحيث:

- النقطة (البداية) O يتم تحديد بـ: (0 ، 0)

- النقطة B (النهاية) تحددها إحداثياتها: (D ؛ 100) ، (D: قطر الركام الأكبر). و D=25 mm

النقطة A (نقطة الانكسار) تحدده إحداثيات (X ، Y) بحيث :

الفاصلة X مرتبطة ببعد الركام الأكبر D:

إذا كانت $D > 20$ مم ، فإن الفاصلة هو $D / 2$.

أما إذا كان $D < 20$ مم ، فإن الفاصلة موجود في منتصف "مركز الثقل " القطعة التي تبدأ عند

النقطة الممثلة للمنخل 5 مم (بالوحدة 38) وتنتهي عند النقطة لـ D.

الفاصلة X هي بين محور بين مجموعة من المناخل:

بملاحظة الفواصل نجد أن الفاصلة تقع بين 10 - 12.5 في محور بينهما أي 11.25 (لاحظ الشكل: 6.III)

11.25							
38	39	40	41	42	43	44	45
5	6.3	8	10	12.5	16	20	25

الشكل: 4.III. يوضح موقع الفاصلة

الترتيبية y وفق الصيغة التالية:

بحيث:

D : القطر الركام الاكبر

K : هو مصطلح تصحيحي يعتمد على جرعة الأسمنت ، وكفاءة التثبيت ، وشكل الركام الملفوف المدرفل أو المسحوق (وخاصة الرمل ، الذي يسود تأثيره هنا) وكذلك نعومة الرمل.

الجدول 42.III قيمة المصحح K كدالة لجرعة الإسمنت وقوة الاهتزاز وزاوية الركام ، مما يجعل من الممكن حساب Y المطلوب لنقطة كسر المنحنى المرجعي:

الجدول 29.III يوضح قيمة المصحح K:

الدمك		منخفض		عادي		قوي	
شكل اهتزاز الركام (الرمل على وجه الخصوص)		ملفوف	مسحوق	ملفوف	مسحوق	ملفوف	مسحوق
SUPER PLASTIFIANT +400		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+

ملاحظة 1: التصحيح الإضافي K_s : إذا كان معامل النفاوة للرمل كبيراً (رمل خشن) ، فسيتم إجراء تصحيح إضافي لرفع النقطة A ، والتي تتوافق مع زيادة كمية الرمل والعكس صحيح.

يمكن إجراء التصحيح الإضافي بالعلاقة التالية: $K_s = 6 Mf - 15$

ملاحظة 2: تصحيح إضافي K_p ، يؤخذ بالإعتبار إذا كانت الخرسانة "قابلة للضخ" ، فيجب إعطاء الخرسانة أقصى قدر من اللدونة وإثراءها بالرمل مقارنة بالخرسانة العادية لهذا ، يمكننا زيادة التصحيح بالقيمة $K_p = 5 +$ إلى $10 +$ تقريباً ، اعتماداً على درجة اللدونة المطلوبة.

تركيز الاسمنت 400 ، الدمك عادي ، الركام مسحوق اذن حسب الجدول $K = 0$ وهي معرض للتصحيح اضافي $K_s = 0.69$ و $K_p = 0$

أي ان الترتيبية y :

وبالتالي ، فإن إحداثيات نقطة الانهيار A هي:

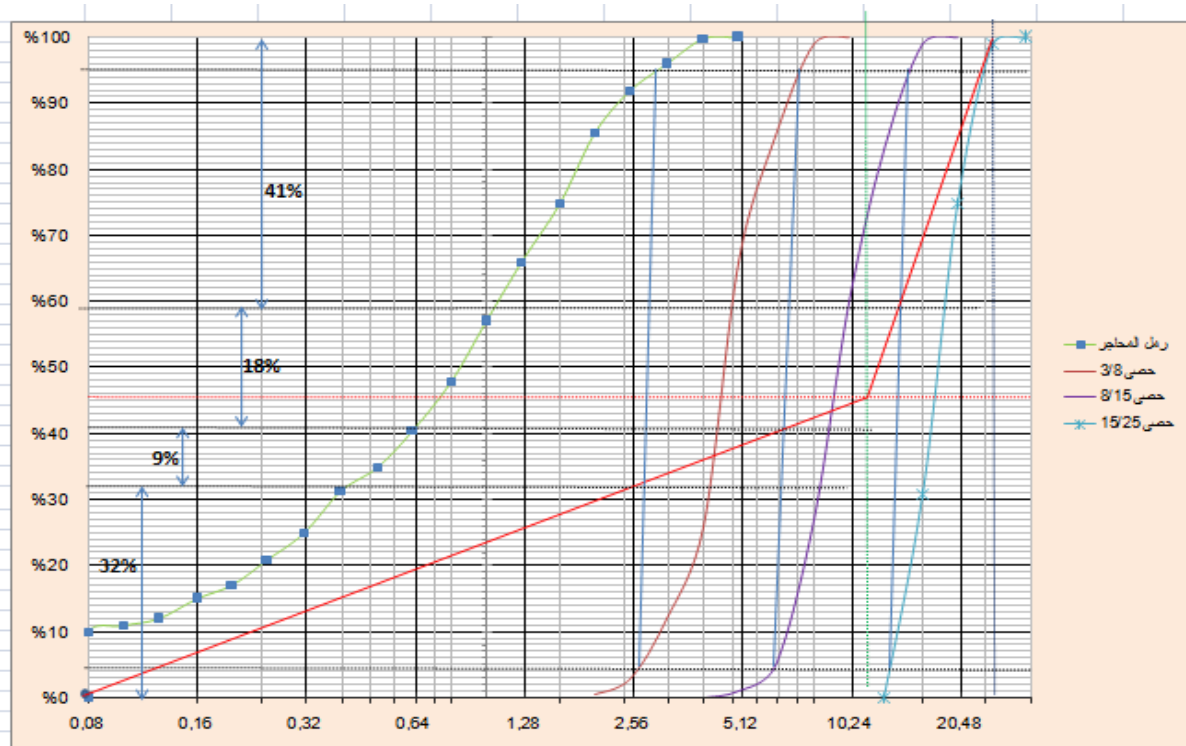
[45.69 ؛ 11.25]

على نفس المخطط البياني للمخطط المرجعي يتم رسم المنحنيات الحبيبية لكل يتم رسم خطوط تقسيم

الإحداثيات 95% و 5% في الشكل

رسم الخطوط الفاصلة التي تربط النقاط 5% و 95% من المنحنيات المتعاقبة الشكل III-7 النسب المئوية للحجم

المطلق لكل نوع من الركام هي كالآتي:



الشكل: 5.III. يوضح النسب المئوية للحجم المطلق لكل نوع من الركام

تحديد حجم المطلق لكل الركام :

الحجم المطلق لمجمل الركام يعطى بالعلاقة التالية :

حيث:

V: الحجم المطلق للركام في 1م³ من الخرسانة

C: الحجم المطلق للأسمنت في 1م³ من الخرسانة

γ : معامل التراص

تصحيح معامل التراص كون الرمل و الحصى من المحاجر

منه حجم الكلي المطلق للركام خلال 1 م³ من الخرسانة هو :

الجدول التالي يوضح لنا الحجم المطلق وكتلة مكونات الخرسانة الشاهدة لـ 1 م³:

الجدول 30.III الحجم المطلق وكتلة مكونات الخرسانة الشاهدة لـ 1 م³:

المكونات	الركام (حصى + رمل)		الحجم المطلق L	الكتلة الحجمية المطلقة kg/L	الكتلة kg
	النسبة %	الحجم الكلي L			
الاسمنت			129.03	3.10	400.00
الماء			189.00	1.00	189.00
الرمل	660.97	34	224.73	2.77	622.50
الحصى 3/8		7	46.27	2.66	123.08
الحصى 8/15		18	118.97	2.66	316.46
الحصى 15/25		41	271.00	2.66	720.86
كتلة 1 م ³ من الخرسانة الطازجة		2372.90			

ومن هذه الطريقة نستخلص النتائج التالية :

• نسبة E/C ثابتة وهي تساوي: 0.47

• نسبة S/G هي 0.53

ولكن من اجل الحصول على الخلطة الخرسانية الشاهدة المثلى يجب الوصول إلى تشغيلية جيدة للخرسانة الشاهدة والأخذ بعين الاعتبار لإشتراطات المعيار التقني. [NF-206-1] [7] من أجل ديمومة الخرسانة المعرضة لوسط عدواني نتبع الخطوات التالية:

- تصحيح النسبة E/C لتكون مساوية لـ 0.45 وذلك بتخفيض نسبة الماء
- تصحيح النسبة S/G من اجل خرسانة مثلى لتقع في المجال ($0.58 < S/G < 0.83$) حسب ما أوصى به " قوريس " [1].
- دراسة عينات من الخلطة الخرسانية الشاهدة مع تغيير نسبة S/G

- دراسة حاجة الخلطة الخرسانية الى إضافة نسبة من الملدن للوصول للتشغيلية المناسبة، هذه النسبة تتراوح بين 0- 2 % من وزن الاسمنت اللازم 1م3 من الخرسانة .

III. 4. 1. تركيبة عينات الخرسانة الشاهدة بدلات النسبة S/G:

الوزن الكلي (M) للخرسانة الطازجة يعطى بالعلاقة التالية :

$$M=G+S+C+E$$

و منه نستخرج العلاقة التالية :

حيث :

- G : كتلة الحصى
- M : الكتلة الكلية للخرسانة الطازجة
- C : كتلة الاسمنت
- S : كتلة الرمل
- E : كتلة الماء – بالأخذ بعين الاعتبار $E/C=0.45$ نجد كتلة الماء 180

الجدول 31.III يوضح تغيرات تركيبة الخرسانة الشاهدة بدلات النسبة S/G:

الاسمنت (Kg)	الماء	الحصى (Kg) 15/25	الحصى (Kg) 8/15	الحصى (Kg) 3/8	الرمل (Kg)	S/G
400	180	692.23	303.89	118.19	668.59	0.60
400	180	671.25	294.68	114.61	702.35	0.65
400	180	651.51	286.02	111.24	734.14	0.70
400	180	632.90	277.84	108.06	764.10	0.75
400	180	615.32	270.13	105.06	792.40	0.80

III. 4. 2. تشغيلية الخرسانة الشاهدة:

قبل تصلب الخرسانة توضع في قوالب , عملية الوضع هذه يجب ان تكون سهلة لربح الوقت من ناحية و لتفادي التشوهات الناتجة عن الصب التي يصعب معالجتها لاحقا . و نقول ان الخرسانة اكثر تشغيلية اذا كانت عملية صبها في القوالب اكثر سهولة

III. 4. 2. 1 دراسة التشغيلية باستعمال طريقة مخروط ابرامس:

هذه التجربة معرفة بمعيار NF EN 12350-2 حيث قمنا بإجراء الاختبار لغرض معرفة قوام الخلطة والهبوط الامثل الذي من خلاله نختار تركيبة الخرسانة الشاهدة.

1 - أدوات العمل : خلال اجراء الاختبار استعملنا الادوات التالية:

- قالب الاختبار هو عن مخروط ناقص مفرغ ارتفاعه 30سم وقطره السفلى 20سم والعلوي 10سم وسمكه 1,5مم، الشكل 2-VI().

- قضيب الدمك بقطر 1,6سم وطول 60سم.

- مسطرة مدرجة من 0,00مم حتى 300مم.

- قاعدة ملساء غير نفوذه للماء.

- وسائل خلط الخرسانة

2- طريقة العمل : الخطوات التالية توضح طريقة عمل تجربة الهبوط التي اجريت على مستوى المخبر:

- وضع القالب بعد تنظيفه جيدا على السطح الأملس ويثبت جيدا.

- وزن كل مركب من مركبات الخرسانة.

- خلط المركبات في اناء كبير مع عدم اضافة الماء.

- اضافة الماء واعادة الخلط مرة اخرى.

- ملأ القالب على ثلاث طبقات ودمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك 25مرة.

- رفع القالب (بعد ضمان استواء سطحه) في اتجاه رأسي ببطء وعناية، الشكل 3-VI().

- قياس مقدار الهبوط بواسطة المسطرة وبعد نزاع القالب مباشرة، الشكل

الجدول III.32 يوضح تغيرات التشغيلية (Cm) بدلالة المتغيرين نسبة S/G و نسبة الملدن:

نسبة الملدن	نسبة				
	2%	1.5%	1.0%	0.5%	0%
S/G	9.5	5.8	4.8	2.3	1.5
%	0.60				

10	6.3	5.2	3.4	2.1	0.65
14	9	7.2	4.4	3.5	0.70
12	8	6.5	4	3.2	0.75
11.5	7.5	6	3.8	2.8	0.80

من خلال الجدول نلاحظ بان:

- قيمة التشغيلية تتغير مع تغير النسبة S/G لتصل الى الذروة عند النسبة $S/G=0.7$ مهما كانت نسبة المملدن (تعطي التشغيل الأقصى) فهي تعد التركيبية الركامية المفضلة للخرسانة الشاهدة
- نسبة المملدن 1.00 - 1.50 % تحافظ على التشغيلية المثلى (الهبوط 6-9 Cm) للخرسانة الشاهدة من خلال التركيبية الركامية S/G تقع في المجال 0.65 الى غاية 0.80 .

باعتبار الوسط العدواني حسب المعايير التقنية نلاحظ أن قيمة الهبوط تقع في الرتبة (S2) في الجدول التالي:

الجدول 33.III يوضح قيم الهبوط لمخروط أبرامس حسب [NF-206-1] [7]

	S1	S2	S3	S4	S5
Affaissement en mm	10-40	50-90	100-150	160-210	>220

من خلال النتائج المتحصل عليها نلاحظ بان:

- التركيبية الركامية المفضلة المعيارية لنوعية الخرسانة المدروسة توافق النسبة $S/G = 0.7$.
- نسبة المملدن الموافقة للتشغيلية المثلى هي النسبة 1.5 % .

الجدول 34.III تركيبة $1m^3$ من خرسانة رمل المحاجر بالنسبة لنوعي الإسمنت

الخرسانة بإسمنت مقاوم للأملاح	الخرسانة بإسمنت بورتلاندي عادي	خلطة الخرسانة المواد المستعملة في الخرسانة
734.1	734.1	الرمل
111.2	111.2	الحصى 08 / 03 (Kg)
286	286	الحصى 15 / 08 (Kg)

الحصى 15 / 25 (Kg)	651.5	651.5
الماء (Kg)	180	180
الاسمنت (Kg)	400	400
الملدن (Kg)	6	6
كتلة 1م ³ من الخرسانة الطازجة (Kg)	2368.80	2368.80

3.4.III صياغة خرسانة رمل المحاجر (الشاهد):

3.4.III.1 تحضير وشكل العينة :

بعد الحصول على التركيبة المقبولة لخرسانة رمل المحاجر قمنا بالتحضير لعملية الخلط والصب للعينات اللازم

دراستها حيث كانت بالأبعاد التالية : النوع الأول: (280×70×70 ملم)

النوع الثاني: (150×150×150 ملم)

حيث يتم الخلط للتركيبة بخلاطة كهربائية ويتم بالطريقة التالية :

- يتم خلط الركام (G + S) لوحده لمدة 60 ثانية .
- إدخال الاسمنت (C) ثم الخلط لمدة 60 ثانية .
- إدخال الملدن (P) وهذا عن طريق عملية الوزن حسب كمية الإسمنت .
- إضافة الماء تدريجيا المخلوط بالملدن أثناء الخلط للمجموعة (S+G+C+P+E) ثم الخلط لمدة 4 دقائق .
- * ملئ القالب يكون عبر طبقتين مع هز كل طبق عند ملئها لمدة دقيقة و تدك بقضيب حديدي لعدة دقائق.
- * تترك العينة في الهواء الحر وفي شروط (T= 25° و HR = 65) ثم ينزع القالب بعد 24 ساعة حيث يتم غمر عينات في الوسط المائي وعينات أخرى في الوسط الحمضي وتوزع كالتالي:
- التركيبة 01 : الإسمنت البورتلاندي العادي 24 عينة بأبعاد 150*150*150
- 24 عينة بأبعاد 280*70*70
- التركيبة 02 : الإسمنت المقاوم للأملاح 24 عينة بأبعاد 150*150*150
- 24 عينة بأبعاد 280*70*70

ويكون مجموع العينات: - في الوسط المائي : 48 عينة

- في الوسط الحمضي: 48 عينة

3.4.III.1 تحضير الوسط المحتوي على الأحماض المهاجمة للخرسانة:

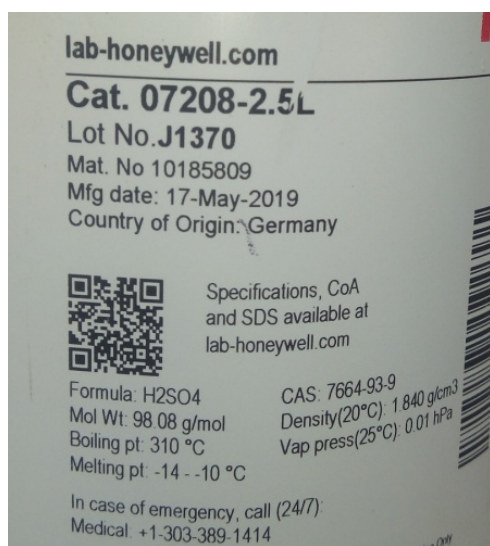
يتم غمر العينات بعد نزع القوالب مباشرة لـ 64 عينة في الوسط الحمضي لمدة 14/28/60/90 يوما

الوسط يتكون من حمضين: 1- حمض السيلفيريك (H₂SO₄)

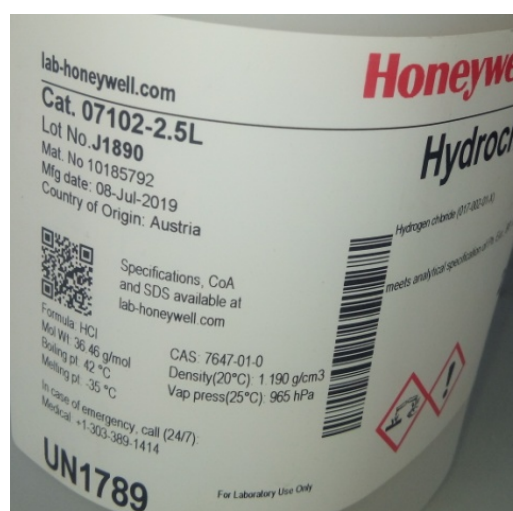
2- حمض الكلوريدريك (HCl)



الصورة III . 1 توضح حمض السيلفيريك + حمض الكلوريدريك



الصورة III . 3 توضح حمض السيلفيريك



الصورة III . 2 توضح حمض الكلوريدريك

من الصورتين الموضحتين أعلاه نستخرج الخصائص الكيميائية للحمضين ونقوم بحساب التركيز الكتلي كالتالي:

1- حمض السيلفات: H_2SO_4

الجدول الموالي يوضح الخصائص الكيميائية للمحلول الحمضي مسجلة على القارورة بسعة : 2.5 لتر

الجدول 35.III الخصائص الكيميائية لحمض السيلفات: H_2SO_4

التركيز بالنسبة المئوية: P(%)	الكثافة: d	الكتلة المولية: M(g/mol)
96%	1.84	98 g/mol

نستخرج التركيز المولي للمحلول: (C) بالعلاقة التالية:

$$C=18 \text{ mol/l}$$

بتطبيق العلاقة نتحصل على التركيز المولي للمحلول:

ثم نقوم بإستخراج التركيز الكتلي بالعلاقة التالية:

$$C_m= 1764 \text{ g/l}$$

2- حمض الكلوريد: HCL

الخصائص الكيميائية للمحلول الحمضي مسجلة على القارورة بسعة : 2.5 لتر

الجدول 36.III الخصائص الكيميائية لحمض الكلوريد: HCL

التركيز بالنسبة المئوية: P(%)	الكثافة: d	الكتلة المولية: M g/mol)
37%	1.19	36.50 g/mol

نستخرج التركيز المولي للمحلول: (C) بالعلاقة التالية:

$$C=12 \text{ mol/l}$$

بتطبيق العلاقة نتحصل على التركيز المولي للمحلول:

ثم نقوم بإستخراج التركيز الكتلي بالعلاقة التالية:

$$C_m = 438 \text{ g/l}$$

3- حساب التركيز الكتلي للحمضين لإضافتهما للوسط:

بهدف التسريع في دراسة أثر الوسط الحمضي على تآكل الخرسانة أي الى ديمومتها قمنا بمضاعفة تركيز الحمضين بمعدل 5 مرات كلاتي:

- أعلى تركيز بالنسبة لحمض السيلفات مسجل بمنطقة سيدي مستور : 3373 mg/l

- أعلى تركيز بالنسبة لحمض الكلوريد مسجل بمنطقة سيدي مستور : 1640.23 mg/l

بعد مضاعفة التركيز بـ 5 مرات نتحصل على التركيز الخاص بالوسط المهيأ للعينات كالتالي:

تركيز حمض السيلفات: $3373 \text{ mg/l} \times 5 = 16865 \text{ mg/l}$

تركيز حمض الكلوريد: $1640.23 \text{ mg/l} \times 5 = 8201.15 \text{ mg/l}$

الجدول 37.III يوضح تركيز الوسط الحمضي

نوعية الحمض	الكمية المضافة بالتر لتر من الماء 120-	الملاحظات
حمض السيلفات: H_2SO_4	1.14	حمض قوي
حمض الكلوريد: HCl	2.22	حمض قوي

ملاحظة :

كل تركيبة تغمس عيناتها في الماء لمدة 14 , 28 , 60 يوم تكون في درجة حرارة $(T = 25 \pm 2)^\circ \text{C}$ و الملخصة في الجدول التالي .

الجدول 38.III عدد العينات المستعملة في الوسائط المدروسة لمختلف التركيبات

العينات	المغمورة في الماء H_2O	المغمورة في محلول $(\text{HCl}) + (\text{H}_2\text{SO}_4)$
CPJ:01/64	24 عينات	24 عينات

24 عينات	24 عينات	CRS:01/64

الخلاصة :

نستخلص من هذا المحور ما يلي :

- 1- من خلال التجارب التي قمنا بها على رمل المحاجر نستنتج أنه رمل جيد معامل نعومته جيد غير أنه لا يمكن إستعماله لوحده بالنسبة للخرسانة المعرضة للهجمات للعناصر الكيميائية لأن نسبة الماء على الإسمنت يجب أن تكون : $5E/C=0.4$ لهذا السبب نضيف اليه الملدنات فائقة الجودة لضمان التشغيلية الجيدة وذلك لضمان الديمومة للخرسانة.
- 2- النوع الأول من الاسمنت المستعمل مصنع بمنطقة بسكرة وهو اسمنت بورتلندي عادي من نوع CPJ 42.5.
- 3- النوع الثاني من الاسمنت المستعمل مصنع بمنطقة بسكرة وهو اسمنت بورتلندي مقاوم للأملاح من نوع CRS 42.5.
- 4- الماء المستعمل هو ماء صالح للشرب من منطقة سيدي خالد بولاية بسكرة .
- 5- تركيبة خرسانة رمل المحاجر التي سنستعملها كشاهد تكون من نوعين الأولى إسمنت عادي والثانية إسمنت مقاوم للأملاح وتكون مغمورة في الماء

الفصل الرابع

دراسة خصائص وديمومة الخرسانة

IV1- مدخل :

نتطرق في هذا الفصل الى النتائج للتجارب المتعلقة بالخصائص الميكانيكية لخرسانة لرميل المحاجر وديمومتها تحت تأثير الوسط المائي والوسط الحمضي وبالتحديد إلى فقد الكتلة ، مقاومة الضغط ومقاومة الشد عن طريق الانحناء في الأيام 14 ، 28 و 60 يوم و90 يوم .

2-IV طرق التجارب :

2-IV.1. :التجارب الميكانيكية:

التجارب للخصائص الميكانيكية أجريت على العينات (طبق المعايير التقنية المعتمدة) كالآتي:

- الشد بطريقة الانحناء : $(7 \times 7 \times 28) \text{ cm}^3$
- الضغط : $(15 \times 15 \times 15) \text{ cm}^3$

IV-1.2.1. تجربة التحطيم بالانحناء بثلاث نقاط:

تجربة الانحناء تجرى على عينات ذات مقطع محدد بالأبعاد التالية: الطول 28 سم / العرض: 7 سم / الإرتفاع: 7 سم يحدد البعد بين المسندين 20 سم ونقوم بتنفيذ هذه العملية بواسطة آلة الانحناء بثلاث نقاط، الآلة مزودة بمسندين أسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما العينة ومسند علوي اسطواني كذلك مطبق وسطهما مثبت بواسطة الجهاز ليطبق القوة على العينة وتقرأ الحمولة مباشرة من الجهاز هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة NF P. 18-407 [18].

التجربة تجرى بواسطة جهاز التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من الخرسانة بأبعاد (280×70×70 ملم) قدرت هذه الآلة على التحطيم تصل الى 10 KN إذ تطبق تقريبا 2.67 KN/min. صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الشكل (IV-1) .

مقاومة الشد عن طريق الانحناء تحسب بالعلاقة التالية :

$$\sigma_t = \frac{3PL}{2B^3}$$

حيث:

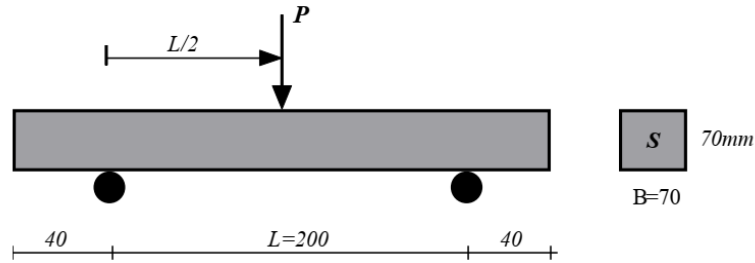
σ_t مقاومة الانحناء.....(MPa)

P : قوة تحطم العينة عند الانحناء (KN)

L : البعد بين المسندين:..... (L=200mm)

B : جزء العينة المربع الذي يساوي:..... (B=70mm)

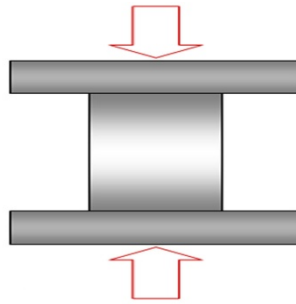
الرسم التخطيطي التالي يوضح كيفية عمل الجهاز :



الشكل: IV. 1. يوضح كيفية عمل جهاز تجربة التحطيم بالانحناء

IV- 2.1.2 تجربة التحطيم بواسطة الضغط :

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1 [19]. وتكون بواسطة جهاز ضغط المواد الصلبة وتكون على نصف العينة هذا النصف المتأني من تجربة تحطيم العينة بالانحناء بمقطع ذو أبعاد mm 150x150 توضع هذه العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين حيث تتموضع هذه الأخيرة على بعد 1 cm من الحواف الجانبية كما هو موضح في الشكل 2.IV .



الشكل IV. 2. يوضح آلية التحطيم بالضغط

التجربة تجرى بواسطة جهاز التحطيم الخاصة بتجربة الضغط من نوع UTEST قدرة هذه الآلة على الضغط تصل الى 140 kN وبواسطة سرعة إنتقال منتظمة ومستمرة. صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الشكل (2-IV) .

$$Rc = Fc / b^2. \dots\dots\dots(02- IV)$$

Rc : مقاومة الضغط ب (MPa)

F_c : قوة تحطم العينة عند الضغط ب (KN)

b : جزء العينة الذي يساوي (mm150)

2-IV. التجارب الفيزيائية:

2-IV. 1. تجربة قياس فقد الكتلة :

القياسات الخاصة بحساب فقد الكتلة أجريت على العينات من نوع: $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ والهدف منها مراقبة التغيرات الهيدروليكية والكيميائية المختلفة للعينات في الوسط المائي والوسط الحمضي والإختبار يكون طبق المعايير التقنية: **ASTM C267-97 [20]** في الأيام: 28 يوما ، 60 يوما ، 90 يوما. النسبة المئوية لفقد الكتلة تحسب كما يلي:

$$\text{فقد الكتلة (\%)} = [(M1-M2) / M1] \times 100 \dots\dots\dots$$

M1: الوزن للعينات قبل الغمر في الوسط.

M2: الوزن للعينات بعد الإخراج من الوسط .

IV- 3. نتائج التجارب :

IV- 1.3. نتائج التجارب الفيزيائية:

IV- 1.1.3 نتائج تجارب فقد الكتلة :

أ / العينات المغمورة في الماء :

كتلة العينات قبل الغمر : M1(g)

كتلة العينات بعد الغمر : M2(g)

أ / 01- العينات من نوع CPJ:1/64

الجدول IV. 1 نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة رمل المحاجر للعينات CPJ:1/64 المغمورة في الماء

اليوم/العينات	M1 (g)	M2 (g)	فقد الكتلة(%)
28يوما	7871	8072.5	2.56
60يوما	7889	8051	2.05
90يوما	7760.5	7845.5	1.13

أ / 02- العينات من نوع CRS:1/64

الجدول IV. 2 نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة رمل المحاجر للعينات CRS:1/64 المغمورة في الماء

اليوم/العينات	M1 (g)	M2 (g)	فقد الكتلة(%)
28يوما	7870	8105	2.99
60يوما	7927.5	8142.50	2.71
90يوما	8007.5	8180	2.15

ب / العينات المغمورة في الوسط الحمضي :

ب/ 01- العينات من نوع CPJ:1/64 المغمورة في الوسط الحمضي :

الجدول IV. 3 نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الوسط الحمضي

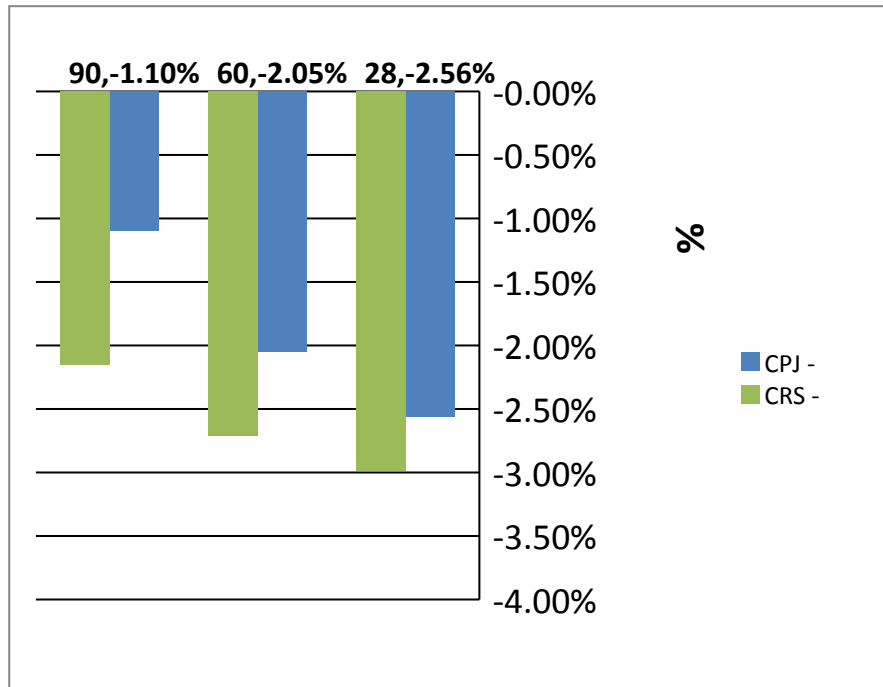
اليوم/العينات	M1 (g)	M2 (g)	فقد الكتلة(%)
28يوما	7880	8046	2.11
60يوما	7972.5	7200	9.69
90يوما	8035	6950	13.50

ب / 02- العينات من نوع CRS:1/64 المغمورة في الوسط الحمضي :

الجدول IV. 4 نتائج تجارب فقد الكتلة لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الوسط الحمضي

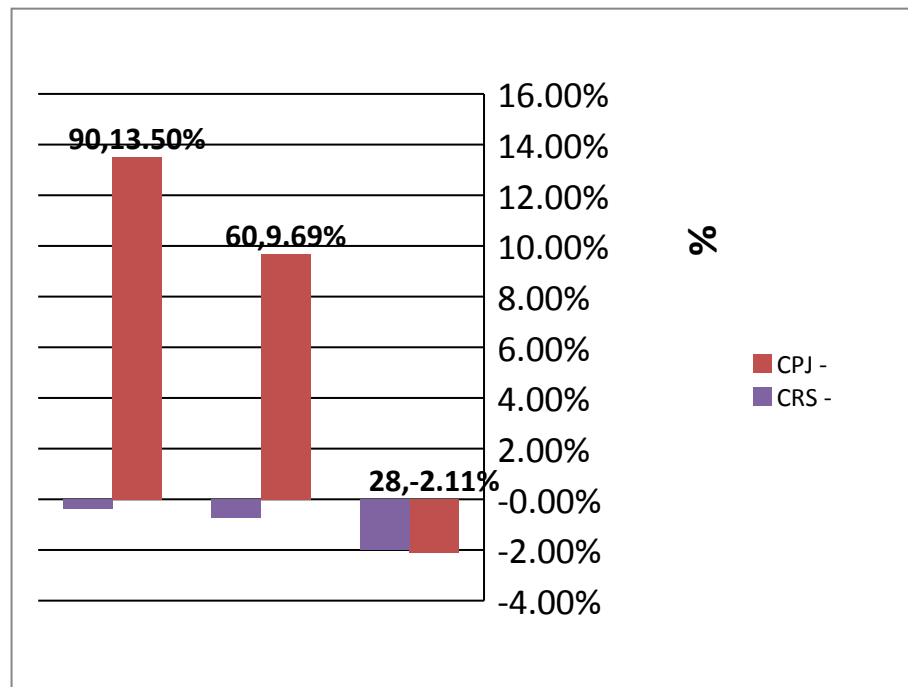
اليوم/العينات	M1 (g)	M2 (g)	فقد الكتلة(%)
28يوما	7926	8085	2.01
60يوما	7932.5	7990	0.72
90يوما	7985	8015	0.38

ج - المنحنى البياني لفقد الكتلة للعينات المغمورة في الماء :



الشكل IV. 3. منحنى نتائج فقد الكتلة للعينات المغمورة في الماء .

د - المنحنى البياني لفقد الكتلة للعينات المغمورة في الوسط الحمضي:



الشكل IV. 4. منحنى نتائج فقد الكتلة للعينات المغمورة في الوسط الحمضي.

هـ- تحليل نتائج فقد الكتلة لخرسانة رمل المحاجر المغمورة في الماء وفي الوسط الحمضي :

- نلاحظ من خلال نتائج التجارب المجرات على العينات مايلي :

* بالنسبة للعينات المغمورة في الماء (الشاهد) نلاحظ مايلي:

1- العينات المكونة من تركيبة اسمنت CPJ نلاحظ أن نسبة زيادة الكتلة بلغت أعلى قيمة 2.56% في

مدة 28 يوما وبلغت 1.13% في مدة 90 يوما .

2- العينات المكونة من تركيبة اسمنت CRS نلاحظ أن نسبة زيادة الكتلة بلغت أعلى قيمة 2.99% في

مدة 28 يوما وبلغت 2.15% في مدة 90 يوما .

* بالنسبة للعينات المغمورة في الوسط الحمضي (HCl+ H₂SO₄) نلاحظ مايلي:

1- العينات المكونة من تركيبة اسمنت CPJ نلاحظ أن نسبة زيادة الكتلة بلغت قيمة 2.01% في مدة 28

يوما وبلغت فقد الكتلة أعلى قيمة 13.50% في مدة 90 يوما .

العينات المكونة من تركيبة اسمنت CRS نلاحظ أن نسبة زيادة الكتلة بلغت أعلى قيمة 2.01% في مدة

28 يوما وبلغت زيادة الكتلة أدنى قيمة 0.38% في مدة 90 يوما .

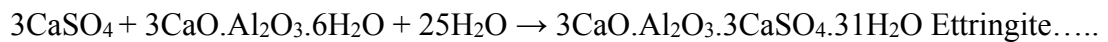
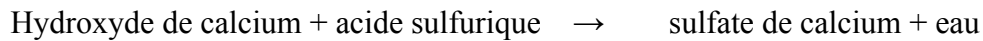
IV- 2.1.3 مناقشة نتائج فقد الكتلة للعينات المغمورة في الماء والوسط الحمضي :

*بالنسبة للعينات من نوع CPJ المغمورة في الوسط الحمضي مقارنة بالعينات المغمورة في الماء (الشاهد) :

- إن نسبة فقد الكتلة والمحسوبة بعد إجراء التجارب والمحددة بـ : 14% خلال 90 يوما تظهر نسبة

التآكل للخرسانة تحت تأثير محلول حمضي السيلفات والكلوريد نتيجة لإستمرار التفاعلات الكيميائية التالية:

1- تفاعلات السيلفات مع هيدروكسيد الكالسيوم في الخرسانة



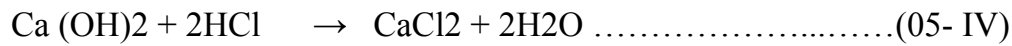
(04- IV)

ان المواد الناتجة عن التفاعل العدوانى بين السيلفات والخرسانة تأخذ مساحة كبيرة من البلورات تسمى الأترنجيت

(ettringite) ويوجد عدة أبحاث تفسر التفاعلات الحاصلة من بينها [4] الذي يوضح أن تدهور هيدروكسيد

الكالسيوم ينتج بلورات أخرى وينتج الجبس ثم في مرحلة أخرى ينتج الأترنجيت وتبقى التفاعلات متواصلة .

2- تفاعلات الكلوريد مع هيدروكسيد الكالسيوم في الخرسانة



Hydroxyde de calcium + acide chlorhydrique → chlorure de calcium + eau

ان حمض الكربونيك (l'acide carbonique H_2CO_3) الناتج عن التفاعل الكيميائي غير مستقر كيميائيا عند تعرضه لدرجة الحرارة والضغط العادي يتحول الى ماء وغاز ثاني اكسيد الكربون
 $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \dots\dots\dots(06- \text{IV})$

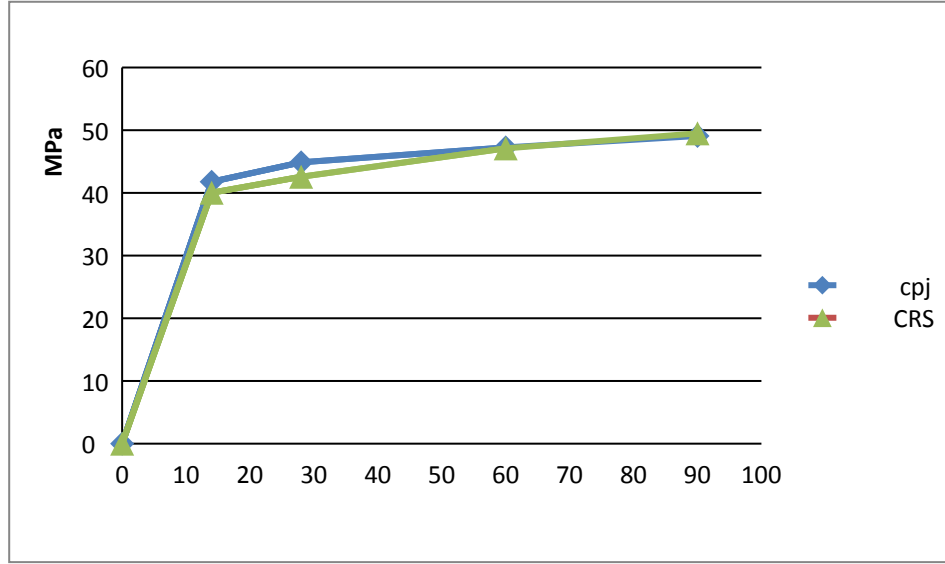
تعتبر نسبة التآكل الناتجة عن هذه التفاعلات ضعيفة نظرا لأن خرسانة رمل المحاجر لا تحتوي على مسامات كبيرة التي من شأنها إدخال نسب عالية من العناصر العدوانية.

* بالنسبة للعينات من نوع CRS المغمورة في الوسط الحمضي مقارنة بالعينات المغمورة في الماء (الشاهد):
 - نظرا لمقاومة هذا النوع من الإسمنت لعنصر السيلفات فقد تكونت طبقة رقيقة ملساء بيضاء تميل للصفرة مما يفسر نسبة التراجع الضعيفة نظرا لأن هذه الطبقة منعت دخول العناصر الضارة الى قلب الخرسانة .

IV- 4- نتائج مقاومة الضغط :

أ / العينات المغمورة في الماء :

الجدول IV. 5 نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الماء



الشكل

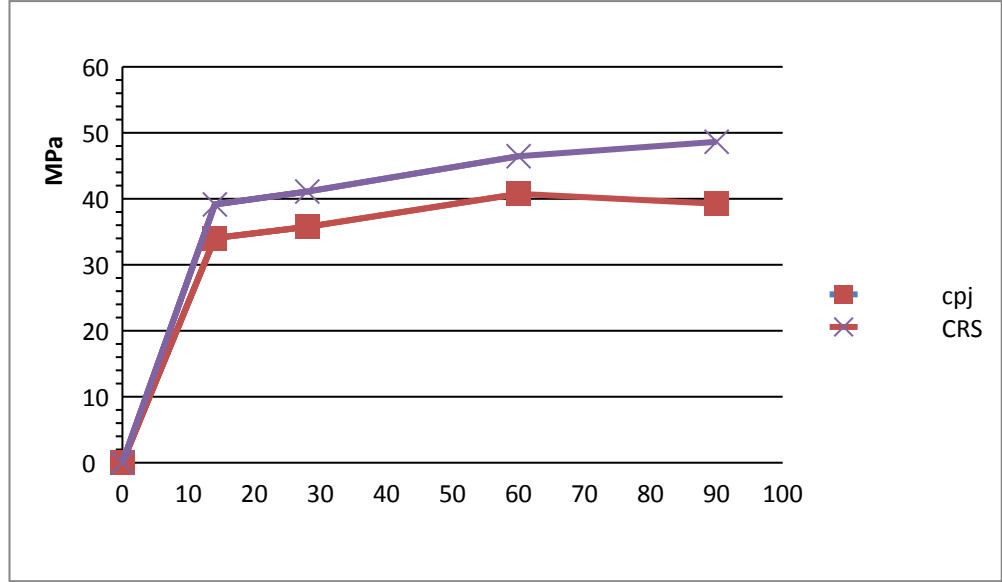
5.IV منحني نتائج مقاومة الضغط للعينات المغمورة في الماء

ب / العينات المغمورة في الوسط الحمضي :

تم الحفظ مباشرة بعد يوم من صب الخرسانة للعينات محاكات لحالة الصب في ورشة للإنجاز

الجدول IV. 6 نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الوسط الحمضي

الإجهاد في يوم (MPa) 90	الإجهاد في يوم (MPa) 60	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم (MPa) 14	العينة
39.25	40.75	35.75	34.05	01-العيينة-CPJ-
48.64	46.45	41.10	39.14	02-العيينة-CRS-



الشكل IV. 6. منحنى نتائج مقاومة الضغط للعينات المغمورة في الوسط الحمضي

IV - 4-1 تحليل نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل المحاجر :

- نلاحظ من خلال نتائج التجارب المجرات على العينات مايلي :

* بالنسبة للعينات المغمورة في الماء (الشاهد) نلاحظ مايلي:

1- العينات المكونة من تركيبة اسمنت CPJ نلاحظ أن مقاومة الضغط تتحسن باستمرار بنسبة: 17%

لمدة 90 يوما.

2- العينات المكونة من تركيبة اسمنت CRS نلاحظ أن مقاومة الضغط تتحسن باستمرار بنسبة 24 %

لمدة 90 يوما.

* بالنسبة للعينات المغمورة في الوسط الحمضي ($HCl + H_2SO_4$) نلاحظ مايلي:

1- العينات المكونة من تركيبة اسمنت CPJ نلاحظ أن مقاومة الضغط تنخفض بنسبة 20 % لمدة

90 يوما .

2- العينات المكونة من تركيبة اسمنت CRS نلاحظ أن مقاومة الضغط تنخفض بنسبة 2 % لمدة 90 يوما.

IV - 4-2 مناقشة نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل المحاجر :

* بالنسبة للعينات من نوع CPJ المغمورة في الوسط الحمضي مقارنة بالعينات المغمورة في الماء (الشاهد) :

- بعد إجراء التجارب لاحظنا بأنه يوجد انخفاض في المقاومة والمحددة بنسبة : 20% خلال 90 يوما

تظهر هذه النسبة التآكل للخرسانة تحت تأثير المحلول الحمضي السيلفات والكلوريد مما أدى الى تكوين طبقة

صفراء رقيقة ، وهذه نسبة مقبولة نسبيا حيث لم تنخفض المقاومة للضغط عن 39.25 Mpa نظرا لإحتواء رمل المحاجر على العناصر الدقيقة والتي تخفف من المسامات مما تؤدي الى الحد من تسرب هذه العناصر الكيميائية بالرغم من أن نوعية الإسمنت غير مقاومة للأملاح.

*** بالنسبة للعينات من نوع CRS المغمورة في الوسط الحمضي مقارنة بالعينات المغمورة في الماء الشاهد:**

- إن نسبة إنخفاض المقاومة : 1.75% لمدة 90 يوما يعتبر مهما ويظهر أن التآكل للخرسانة تحت تأثير محلول حمضي السيلفات والكلوريد شبه منعدم .

- ان تكون طبقة بيضاء مائلة للصفرة ناتج عن التفاعلات الكيميائية بين هذا النوع من الإسمنت والمحلول الحمضي العدواني ونظرا لإحتواء رمل المحاجر على العناصر الدقيقة والتي تخفف من المسامات مما تؤدي الى الحد من تسرب هذه العناصر الكيميائية .

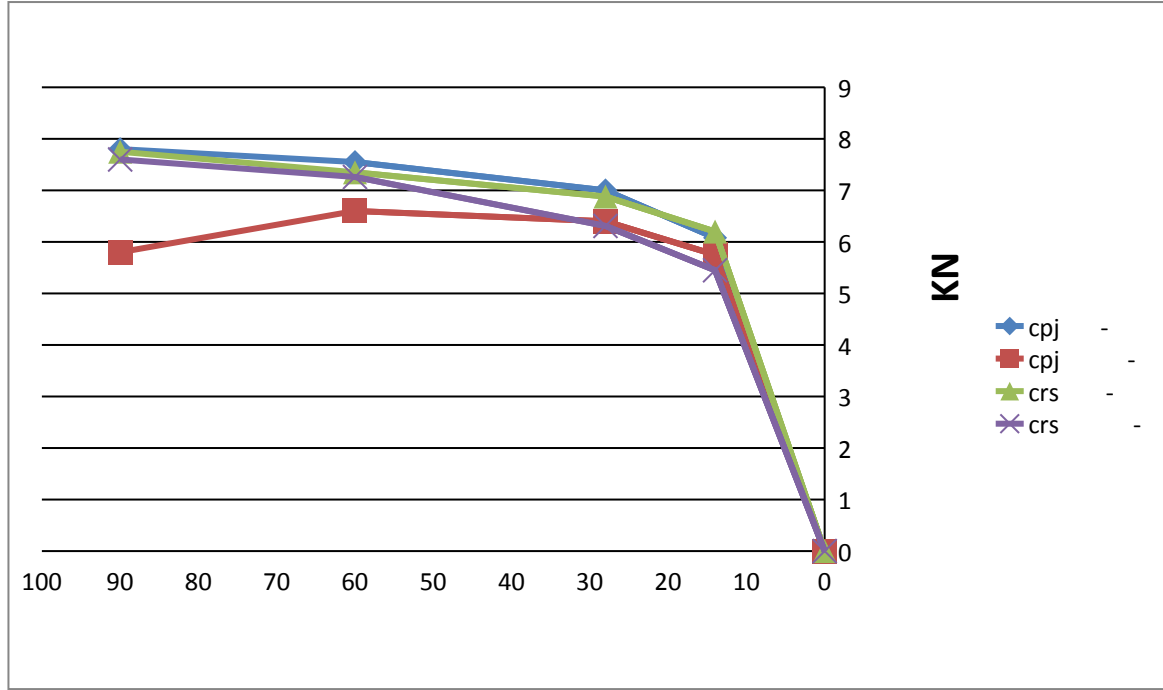
IV- 5 نتائج مقاومة الشد عن طريق الانحناء :

أ / العينات المغمورة في الماء :

الجدول (7.IV) يوضح نتائج مقاومة الشد عن طريق الانحناء لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الماء.

ب / العينات المغمورة في الوسط الحمضي :

الجدول 8.IV نتائج مقاومة الشد عن طريق الانحناء لخرسانة رمل المحاجر للعينات المغمورة في الوسط الحمضي.



الشكل IV.7 منحنى نتائج مقاومة الشد عن طريق الانحناء لخرسانة رمل المحاجر.

IV-1-5 تحليل نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة رمل المحاجر :

* نلاحظ من خلال نتائج التجارب المجرات على العينات مايلي :

- بالنسبة للعينات المغمورة في الماء (الشاهد) نلاحظ أن مقاومة الانحناء تتحسن بمرور الزمن .
- بالنسبة للعينات المغمورة في المحلول الحمضي، نلاحظ أن العينات بتركيبية إسمنت CPJ قد إنخفضت مقارنة بالشاهد في حدود 25 % خلال 90 يوما.
- بالنسبة للعينات المغمورة في المحلول الحمضي، نلاحظ أن العينات بتركيبية إسمنت CRS لم تنخفض و بقيت محافظة على نفس المقاومة مقارنة بالشاهد.

IV-2-5 مناقشة نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة رمل المحاجر :

* بالنسبة للعينات من نوع CPJ المغمورة في الوسط الحمضي مقارنة بالعينات المغمورة في الماء (الشاهد)

- بعد إجراء التجارب لاحظنا بأنه يوجد انخفاض في المقاومة والمحددة بحوالي : 20% خلال 90 يوما تظهر هذه النسبة التآكل للخرسانة تحت تأثير المحلول الحمضي السيلفات والكلوريد مما أدى الى تكوين طبقة صفراء رقيقة جبسية ، وهذه نسبة مقبولة نسبيا حيث لم تنخفض المقاومة للضغط عن 39.25 Mpa من هنا يتبين مدى مقاومة رمل المحاجر للتأثيرات في الأوساط الكيميائية الخطيرة نظرا لإحتواء رمل المحاجر على العناصر

الدقيقة والتي تخفف من المسامات مما يؤدي الى الحد من تسرب هذه العناصر الكيميائية بالرغم من أن نوعية الإسمنت غير مقاومة للأملاح.

* بالنسبة للعينات من نوع CRS المغمورة في الوسط الحمضي مقارنة بالعينات المغمورة في الماء (الشاهد):

- إن نسبة إنخفاض المقاومة : 1.75% خلال 90 يوما يعتبر مهماً ويظهر أن التآكل للخرسانة تحت تأثير محلول حمضي السيلفات والكلوريد شبه منعدم وهذا يدل على مدى مقاومة رمل المحاجر للتأثيرات في الأوساط الكيميائية الخطيرة نظرا لإحتواء رمل المحاجر على العناصر الدقيقة والتي تخفف من المسامات مما يؤدي الى الحد من تسرب هذه العناصر الكيميائية .

IV-6- المشاهدات البصرية:

* بالنسبة للعينات من نوع CPJ المغمورة في الوسط الحمضي مقارنة بالعينات المغمورة في الماء (الشاهد):



الصورة IV.1 توضح العينات من نوع CPJ بعد إخراجها من المحلول بعد مدة 90 يوما



الصورة IV.2 توضح العينات من نوع CRS بعد إخراجها مباشرة من المحلول الحمضي بعد مدة 90 يوما



الصورة IV. 3 يوضح العينات من نوع CPJ بعد إخراجها من الوسط الحمضي بعد مدة 90 يوما وغسلها



الصورة IV. 4 يوضح العينات من نوع CRS بعد إخراجها من الوسط الحمضي بعد مدة 90 يوما وغسلها

IV- 5-2 مناقشة المشاهدات البصرية لخرسانة رمل المحاجر :

* بالنسبة للعينات من نوع CPJ المغمورة في الوسط الحمضي مقارنة بالعينات المغمورة في الماء (الشاهد)

- من خلال الصور الموضحة أعلاه تكوين طبقتين من آثار التفاعل بين الخرسانة والوسط العدواني الطبقة الأولى : خارجية سمكية صفراء قشرية والطبقة الثانية صفراء مائلة للبياض ملتصقة بالسطح الخارجي للخرسانة -

تظهر الصور أن السطح للعينات الخرسانية خشن نتيجة للتآكل بين الوسط العدواني والخرسانة .

* بالنسبة للعينات من نوع CRS المغمورة في الوسط الحمضي مقارنة بالعينات المغمورة في الماء (الشاهد):

- من خلال الصور الموضحة أعلاه تكوين طبقتين من آثار التفاعل بين الخرسانة والوسط العدواني الطبقة الأولى : خارجية ليست سمكية صفراء قشرية والطبقة الثانية صفراء مائلة للبياض ملتصقة بالسطح الخارجي للخرسانة

،

- تظهر الصور أن السطح للعينات الخرسانية رطب نتيجة لضعف التفاعلات بين الوسط العدواني والخرسانة

* من خلال المعاينات الدورية للوسط الحمضي والعينات لتم مشاهدة غازات وفقااعات توضح التفاعلات

الكيميائية الحاصلة والغاز الناتج هو ثاني أكسيد الكربون.

خلاصة:

نستنتج من الدراسة مايلي:

- رمل المحاجر بإمكانه حماية الخرسانة المتكونة من إسمنت CPJ من التآكل (فقد الكتلة).
- رمل المحاجر له أثره الإيجابي في المحافظة على مقاومة ميكانيكية جيدة للخرسانة المتكونة من إسمنت CPJ.
- إن الخرسانة المتكونة من رمل المحاجر وإسمنت CRS تمتاز بمقاومة جيدة للتآكل في الوسط الحمضي العدواني بمرور الأيام: 28 يوم، 60 يوم ، 90 يوم.
- إن الخرسانة المتكونة من رمل المحاجر وإسمنت CRS تمتاز بمقاومة ميكانيكية جيدة للضغط والشد بواسطة الإنحناء بمرور الأيام: 28 يوم، 60 يوم ، 90 يوم.
- بالمقارنة بين العينات الخرسانية المنجزة برمل المحاجر والمغمورة في الماء (الشاهد) والمغمورة في الوسط الحمضي العدواني يتبين أن رمل المحاجر له قدرة على الحفاظ على ديمومة الخرسانة.

الخلاصة العامة والتوصيات

تهدف هذه الدراسة إلى : أولاً: تثمين رمل المحاجر , تلك الرمال الموجودة بكثرة في اغلب المحاجر و التي تتربع على مساحة مهمة داخلها مما يجعلها تشكل لنا مشاكل في التخزين , فتثمين هذه المادة و استعمالها كبديل لرمال الوديان و مجاري الأنهار و شواطئ البحار له أثر إيجابي مباشر على الحفاظ على سلامة البيئة ، ثانياً: المساهمة في ديمومة الخرسانة المكونة من رمل المحاجر تحت تأثير الأوساط العدوانية خصوصاً منطقة سيدي مستور بوادي سوف والتي تعاني من ظاهرة صعود المياه التي تحتوي على عناصر عدوانية لها تأثير سلبي على ديمومة الخرسانة .

بعد قيامنا بالعديد من التجارب الفيزيائية والميكانيكية على تأثيرات الوسط العدواني المحتوي على السيلفات والكلوريد بالنسبة لخرسانة رمل المحاجر بإستعمال إسمنت بورتلاندي جيرى وإسمنت مقاوم للأملاح تبين أن رمل المحاجر له تأثير إيجابي في تحسين ديمومة الخرسانة خاصة المحتوية على إسمنت مضاد للأملاح . تبين من خلال هذه الدراسة بوضوح كيف تتم التفاعلات الكيميائية بين الوسط الحمضي العدواني المحتوي على السيلفات والكلوريد وخرسانة رمل المحاجر محاكات للوسط العدواني بمنطقة سيدي مستور بالوادي نظراً للتأثير الخطير على المنشآت الذي لوحظ في السنوات الأخيرة نتيجة لظاهرة صعود المياه .

بعد إجراء التجارب ومناقشة النتائج وتحليلها نستخلص النتائج التالية:

1. ان الوسط الحمضي يعطي نتيجة سلبية على مقدار فقد الكتلة و مقاومة الإنضغاط والشد عن طريق الإنحناء
 2. نوعية الإسمنت تؤثر على شدة التفاعلات الكيميائية فالتأثير يكون ضعيفاً بالنسبة للإسمنت المقاوم للأملاح بينما يكون شديداً بالنسبة للإسمنت البورتلاندي العادي.
 3. تركيز الوسط له دور في زيادة التفاعلات الكيميائية ويتجلى ذلك في أن الوسط المائي لم تحدث تفاعلات كيميائية بينما في الوسط الحمضي حدثت تفاعلات كيميائية .
 4. إن الزيادة في فترة المعالجة أي مدة غمر العينات في الوسط الحمضي له تأثير سلبي على فقد الكتلة ونقص المقاومة يزداد بمرور الزمن نظراً لأن العينات تتعرض أكثر للتفاعلات الكيميائية.
 5. هناك علاقة طردية قريبة بين فقدان الوزن ونقص المقاومة للخرسانة.
 6. أظهر إستعمال رمل المحاجر في الخرسانة التقليل من التلوث البيئي الحاصل من تكديس من جهة، وقد ساهم في حل مشكل ندرة الرمال الطبيعية المستعملة في الخرسانة.
- من خلال هذا البحث نوصي بما يلي:

- ✓ الهياكل المعرضة لوسط حمضي شديد التركيز ينبغي أن تحضى بتصميم وفق المعايير التقنية التي تحدد الإحتياجات الواجب إتخاذها حسب كل وسط أثناء إختيار تركيبة الخرسانة.
- ✓ يجب تغطية مناطق الخرسانة المعرضة للوسط العدواني الحمضي بمواد للطلاء مقاومة للأحماض.
- ✓ مواصلة البحث في هذا الموضوع ومحاولة إيجاد قوانين خاصة ترتبط بهذا النوع من الخرسانة.
- ✓ محاولة استعمال خرسانة رمل المحاجر في بنايات نموذجية على أرض الواقع في هذه الأوساط العدوانية لمعرفة وتشخيص سلوكها العام.

كنتيجة لهذا البحث نتمنى أن نكون قد وفقنا في المساهمة في ديمومة خرسانة رمل المحاجر في الوسط الحمضي العدواني خصوصا منطقة سيدي مستور بوادي سوف وفي المناطق المتأثرة بظاهرة صعود المياه عموما .

وأخيرا نحمد الله على توفيقه على إستكمال هذه الدراسة راجين من الله عز وجل أن تكون هذه الدراسة بداية إنطلاق لمزيد من الدراسات على ديمومة خرسانة رمل المحاجر من نواحي أخرى لتعميم إستعمالها في جميع المنشآت خصوصا المعرضة لأوساط عدوانية خطيرة.

المراجع

[01] : G. DREUX & J. FESTA : « Nouveau guide du béton et ses constituants », Edition Eyrolles, 8eme édition, 1998.

[02] أنواع الرمال في الطبيعة والفرق بينهما، وأهميتها الاقتصادية – الباحثون المصريون :www.egyres.com

[03] القانون رقم: 05-12 المؤرخ في: 2005 الجريدة الرسمية الجزائرية.

[04] **Concrete Durability By Thomas Dyer**

]5[**LOGBI A.** "Effet de l'incorporation des ajouts minéraux sur les propriétés physico-mécaniques du béton", Thèse de magister, ENP, Algérie, 1999.

]6[**LAYACHI G.** "Influence du rapport E/C et du mode de cure sur les propriétés physico-mécaniques et de transfert d'humidité des mortiers de ciment durcis ", Mémoire de magister, université AMAR Telidji à Laghouat, Algérie, 2006.

] 07[Normes du béton (NF EN 206-1)

]08[Normes (NF P18-301)

] 09["خواص المواد واختباراتها - الدكتور أ السيد "

] 10 [Technologie avancée de béton K.H. Khayat

]11[Presse de l'école nationale des ponts et chaussées, "Béton de sable, Caractéristiques et pratiques d'utilisation", France, 1994.

]12[**BELFERRAG A.** "Valorisation des fibres métalliques issues des déchets pneumatiques dans les béton de sable de dunes", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2006.

] 13 [محمود إمام " 2002تكنولوجيا الخرسانة" قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة, جامعة المنصورة, مصر

]14[Thèse de Docteur de l'Université de Lorraine, France & de l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis Spécialité : Génie Civil par "Imène Joudi-Bahri" Influence des sables fillérisés calcaires sur les propriétés des bétons courants et superplastifiés. Tunis le 10 novembre 2012.

]15[THESE EN COTUTELLE Présentée pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE MOSTAGANEM Discipline : Génie Civil Présenté par :BELARIBI OMAR « Durabilité des bétons autoplaçants à base de VASE ET DE pouzzolane»

[16] بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في تهيئة الأوساط الإقليمية " مشكلة صعود المياه وأثارها على البيئة بإقليم وادي سوف " إعداد:عبدلوي جيهان .

- [17] دراسة مخبرية للمياه بولاية الوادي – مديرية الري لولاية الوادي-
- [18] Norme (NF P 18-407) RESISTANCE A LA TRACTION PAR FLEXION
-] 19[NF EN 12390-3 Avril 2012 "Résistance à la compression des éprouvettes"
-] 20[ASTM C 267-97. Standard Test Methods for Chemical Resistance of Mortars, Grouts and Monolithic Surfacing and Polymer Concretes
- [21] بحث مقدم لنيل درجة الماستر في مواد الهندسة المدنية " المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل المحاجر " إعداد: مريكة ابراهيم + رحمانى كمال .
-]22[**BARKAT A.** "Valorisation des déchets de brique dans la réalisation des ouvrages en béton", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2006.
-]23[**BEDDAY A;**2000 Etude sable calcaire de concassage et son utilisation dans le béton hydraulique thèse FST faculté des Tunis
- [24] [**ماني محمد .** " المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي و التعزيز 2010 بالألياف المعدنية " , لنيل شهادة الماجستير بجامعة قاصدي مرباح – ورقلة –
-]25[**KEDJOUR N.E.** "Le laboratoire du béton", Edition OPU, Algérie, 2005.
-]26[**Normes Afnor** "Essais physico-mécaniques sur les bétons et mortiers", 1981-1997.
-] 27[**Normes NFP 18-554** décembre 1979
-]28[**Normes** [NF EN 1097- 6 janvier 2014]
-]29[**Normes NFP 18-598**"Essai d Equivalent de sable "
-]30[**Normes EN 933-8** mars 2012
-]31[**Normes NF P 18-321**

الملاحق



صور توضح تحضير القوالب قبل الصب للخرسانة



صور توضح صب الخرسانة في القوالب



الصورة توضح العينات بعد غمرها في الوسط



الصورة توضح تجربة قياس مقاومة الضغط



الصورة شكل العينات المغمورة في الوسط الحمضي المعدة لقياس الضغط و الانحناء



الصورة شكل العينات المغمورة

في الوسط

الحمضي المعدة لقياس الضغط و الانحناء



الصورة

شكل العينات المغمورة في الوسط الحمضي المعدة لقياس الضغط و الانحناء



الصورة توضح تجربة قياس مقاومة الشد عن طريق الإنحناء

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTRE DES RESSOURCES EN EAU

EP ALGERIENNE DES EAUX

ZONE DE BATNA

UNITE DE BISKRA



وزارة الموارد المائية

الجزائرية للمياه

منطقة باتنة

وحدة بسكرة

Biskra le : 27/03/2018

N° 94/ADE/UBIS/LAB/2018

Lieu de prélèvement: Forage Layadhi Essauoudi- Elbassasse -Sidi Khaled.

Date d'analyse: 25/03/2018

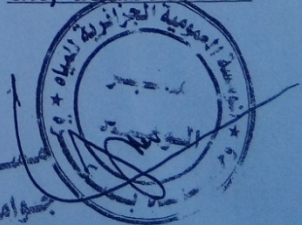
RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

N°	PARAMETRES	NORMES	UNITE	RESULTATS
01	pH	6.5-8.5	/	7.15
02	Conductivité	2800	µS/Cm	627
03	Salinité	/	‰	0.3
04	Température	25	TC°	25.5
05	Taux des sels dissous	/	mg/l	313
06	Titre TAC	/	mg/l	109.8
07	Bicarbonates	250	mg/l	133.96
08	TH	500	mg/l	400
09	Calcium	200	mg/l	112.22
10	Magnésium	150	mg/l	29.174
11	Chlorure	500	mg/l	34.66
12	Fer total	0.3	mg/l	00
13	Phosphates	0.5	mg/l	00
14	Nitrite	0.1	mg/l	00
15	Ammonium	0.5	mg/l	00
16	Sulfates	250	mg/l	54.078
17	Nitrates	50	mg/l	2.87
18	Résidu-sec	2000	mg/l	400

Les résultats d'analyses sont donnés sous toutes réserves dans le cas où le prélèvement n'a pas été effectué par nos services

Chef service d'analyses physico-chimique :

Chef de laboratoire :

Siège Social : Zone des Parcs Route de chetma Biskra Tél : 033746124/033735900 – Fax : 033746496
 Email : Biskra@algerienne-des-eaux 2004.com.dz – RC n° : 0017164B01 – Immatriculation
 Fiscale : 000116180807261

بطاقة تقنية للتحاليل الفيزيائية والكيميائية لماء منطقة سيدي خالد



تجربة أزرق الميتلين لرمل المحاجر



نوعية الإسمنت المقاوم للكبريتات

NOTICE TECHNIQUE

MEDAFLOW 145

Conforme à la norme NF EN 934-2 : TAB 1, TAB 3.1
ET TAB 3.2 NA 774

Super plastifiant-Haut réducteur d'eau

DESCRIPTION

Le **MEDAFLOW 145** est un super plastifiant haut réducteur d'eau de la nouvelle génération d'adjuvants. Il est conçu à base de poly carboxylates d'éther modifiés et son utilisation dans le béton permet l'obtention d'un long maintien d'ouvrabilité. Le **MEDAFLOW 145** permet d'obtenir des bétons et mortiers de très haute qualité.

En plus de sa fonction principale de superplastifiant, il permet de diminuer la quantité d'eau de gâchage du béton d'une façon remarquable.

Le **MEDAFLOW 145** ne présente pas d'effet retardateur.

CARACTERISTIQUES

- FormeLiquide
- Couleurbrun clair
- pH 5 - 6
- Densité..... 1.065 ± 0,015
- Teneur en chlore..... < 1g/L
- Extrait sec..... 30±1.5%

PROPRIETES ET EFFETS

Grâce à ses propriétés le **MEDAFLOW 145** permet :

Sur béton frais :

- l'obtention d'un E/C très bas
- Béton plastiques à fluides
- une très bonne maniabilité
- un long maintien de l'ouvrabilité
- de faciliter la mise en œuvre du béton

Sur béton durci :

- bonne résistances initiale et finales .
- de diminuer la porosité
- bel aspect de parement au décoffrage
- de diminuer le retrait

DOMAINES D'APPLICATION

- Bétons à hautes performances
- Bétons auto - nivelant
- Bétons pompés
- Bétons précontraints
- Bétons avec ferraillage dense

DOSAGE**Plage de dosage recommandée :**

0,3 à 2,0 % du poids de ciment soit 0.33 à 1.8 litre pour 100 Kg de ciment.

Le dosage optimal doit être déterminé sur chantier en fonction du type de béton et des effets recherchés.

MODE D'EMPLOI

Le **MEDAFLOW 145** est introduit dans l'eau de gâchage.

Il est recommandé d'ajouter l'adjuvant dans le béton après que 60% de l'eau de gâchage ait déjà été introduite.

Il est recommandé de réaliser des essais dans les conditions de chantier afin de déterminer le dosage fournissant les résultats recherchés.

Par temps chaud, le **MEDAFLOW 145** peut être combiné à un retardateur de prise **MEDARETARD GR**.

CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Le **MEDAFLOW 145** est conditionné en bidons de 10 l et fûts de 210 et 240 kg. et cubitainer 1100 kg

Délai de conservation :

12 mois dans son emballage d'origine, à l'abri du gel et de la chaleur (5°C < t < 35°C).

Les renseignements donnés dans cette notice sont basés sur notre connaissance et notre expérience à ce jour. Il est recommandé de procéder à des essais de convenance pour déterminer la fourchette d'utilisation tenant compte des conditions réelles de chantier.



Zone industrielle Oued Smar – BP85 Oued Smar – 16270 Alger

Tél : (213) 021 51 66 81 & 82

Fax : (213) 021 51 64 22 & 021 51 65 23

www.granitex.dz - E-mail: granitex@granitex.dz



86

بطاقة تقنية للملدن المستخدم في تركيبة خرسانة رمل المحاجر