



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 :

**دراسة الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لخرسانة
رمل المحاجر المعززة بالألياف المعدنية**

- إعداد الطلبة :
- درقيش عبد الرحمن
- بن ناصر فتحي

- تحت إشراف :
الأستاذ : د. ماني محمد

لجنة المناقشة :
رئيس اللجنة الأستاذ : د. طارق جديد
مناقشا الأستاذ : د. عبد العزيز العقبي

2020 / 2019

دراسة الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لخرسانة رمل الحاجر المعززة بالألياف المعدنية

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله ربي العالمين و الصلاة و السلام علي سيدنا خاتم
المرسلين و علي آله و صحبه و من اتبعهم بإحسان إلي يوم
الدين

نتوجه بالشكر الجزيل إلي كل من ساهم في إتمام هذا العمل
المتواضع من أساتذة و زملاء و باحثين و هذا بغيت الاستفادة من
هذه الدراسة علي ضوء النتائج المتحصل عليها أو زيادة تحسينها و
تطويرها من أجل الوصول إلي حلول تفيد البشرية

وما نتمناه و هو أن نكون قد وفقنا في هذا العمل المتواضع

المقدمة العامة

شهد مجال البناء تطورا كبيرا في بداية القرن الواحد والعشرين وخاصة في الخرسانة التي تعتبر الأساس في بناء الهياكل العامة للمنشآت إلا أن مكونات تركيبها لم تتغير في مضمونها، كاستعمال الإسمنت والماء والركام مع الإضافات والمحسنات إن تطلب ذلك، ونظرا للإنجازات الكبيرة للهياكل يتطلب كثرة مواد البناء المشكلة للخرسانة بكل أنواعها الخفيفة والثقيلة ومسبقة الصنع والحرارية والمقدوفة... إلخ .

فكثرة الطلب على مواد البناء كالركام (حصى ، رمل) أصبح يشكل عبئا على الطبيعة لأنهما غير متجددان فيها، ومن هنا بدأ التفكير في كيفية إيجاد حلول وبدائل جديدة لا تؤثر على البيئة، بحيث تكون هذه الموارد صديقة لها وسهلة الاستخراج وغير مكلفة ولها خصائص ميكانيكية وفيزيائية جيدة، وبما أن الرمل مكون أساسي في تركيبة الخرسانة كثر عليه الطلب مما أدى إلى قلة مصادره الطبيعية مع صعوبة استخراجها ونقله من هذه المحاجر أصبح مكلفا للغاية وخاصة في المناطق الساحلية، زيادة عن منع استعمال رمل شواطئ البحار ومجاري الوديان ، أصبح من الضروري التفكير الجاد في إيجاد بديل مناسب للرمل الطبيعي لاستعماله في الخرسانة .

كما أن تكسير الحصى في المحاجر إلى أقطار متعددة لاستعماله في الخرسانة، ترك فائضا معتبرا من رمل المتبقي عن التكسير، والذي يسمى برمل المحاجر، والغير مستغل حيث أصبح يشكل خطرا على البيئة ويشغل مساحات كبيرة في هذه المحاجر ، ومن هنا يتساءل الباحثين في مجال ومواد البناء، هل يمكن تثمين هذا الرمل المتبقي في المحاجر، أن يكون بديل جيد للرمل الطبيعي المستعمل في الخرسانة، ويحسن من مقاومتها وخصائصها الميكانيكية والفيزيائية المطلوبة ، وإيجاد حلول اقتصادية ومالية مناسبة لمشكلة ندرة الرمال الطبيعية في منطقتنا الصحراوية .

وعليه قمنا في بحثنا هذا بدراسة الخرسانة باستعمال رمل المحاجر كبديل للرمل الطبيعي محاولين وإيماننا منا في إيجاد حلول للتساؤل المطروح أعلاه، والوصول إلى نتائج مرضية ومقبولة تحقق الهدف المنشود.

كما هو معلوم فإن الخرسانة تأثر سلبا بزيادة التشققات في المناطق الحرارة والجفاف خاصة ، ومن أجل تقليل نسبة التشققات المحتملة في الخرسانة أضفنا إلى رمل المحاجر المستعمل في الخرسانة المدروسة نسب متفاوتة (1 % و 1,5 %) من الألياف المعدنية من حجم الرمل لتعزيز هذه الخرسانة من أجل الحصول على خرسانة ذات خصائص جيدة كمقاومة الشد ومشاكل التشققات والانكماش وغيرها ، خاصة وأن منطقتنا الصحراوية معروفة بتأثير الحار والجاف .

وعليه ففي هذا البحث قمنا بتقسيمه إلى أربعة فصول، فصل أول يتطرق إلى عموميات حول رمل المحاجر من تاريخه ودراساته السابقة ومنجزاته، كذلك إلى مكونات تركيبة الخرسانة، والعوامل المؤثرة في التركيبة مع طرق صياغة خلطتها.

أما الفصل الثاني قمنا بدراسة الألياف بمختلف أنواعها منها المعدنية ومكونات تركيبة الخرسانة اللبيفية و صياغة خلطتها، مع دراسة خصائصها الميكانيكية والفيزيائية، كذلك تأثيرات العوامل المتعددة على هذه الخرسانة.

كما تطرقنا في الفصل الثالث إلى معرفة خصائص تركيبة المواد المستعملة في الخرسانة بإجراء التجارب الميكانيكية والفيزيائية عليها في المختبر، ومعرفة مختلف خواصها، من أجل تحديد كميات المركب الخرساني، كما تطرقنا إلى صياغة خرسانة الشاهد والخرسانة المعززة بالألياف المعدنية .

أما في الفصل الرابع والأخير، قمنا بإجراء التجارب في المختبر، نذكر منها (التحطيم بواسطة الانحناء، الضغط، الشد البرازيلي، معيار المرونة، الانكماش)، وهذا من أجل معرفة السلوك الميكانيكي لخرسانة الشاهد والخرسانة المعززة بالألياف المعدنية بنسب متفاوتة، مع تحليل النتائج ومناقشتها مدعمين باستنتاجات تبين ذلك.

وفي الأخير نقدم خلاصة عامة حول الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف المعدنية بناء على نتائج التجارب المتحصل عليها في المختبر

الفهرس

iv.....	المقدمة العامة
xii.....	فهرس الأشكال
xvi.....	فهرس الصور
xvii.....	ملخص
1.....	الفصل الأول : عموميات حول رمل المحاجر وتركيبية وصياغة خرسا نته
1.....	1.1. عموميات حول رمل المحاجر
1.....	1.1. I مدخل:
1.....	2.1. I تاريخ استعمال رمل المحاجر في الجزائر:
2.....	3.1. I الدراسات السابقة لخرسانة رمل المحاجر:
3.....	4.1. I أهم التوصيات الخاصة بتثمين رمل المحاجر في بلدان المغرب العربي:
4.....	2. I أنواع الرمال المستعملة في الخرسانة :
4.....	1.2. I الرمل الطبيعي :
4.....	1.2. I رمل الأنهار و الوديان:
4.....	2.1.2. I رمل البحار:
5.....	3.1.2. I رمل المحاجر الناتج عن مخلفات تحطيم الأحجار:
5.....	4.1.2. I رمل الكتبان:
5.....	2.2. I الرمل الاصطناعي :
5.....	1.2.2. I الرماد المتطاير:
6.....	2.2.2. I ركام الرماد المتطاير:
6.....	3. I الدوافع من استعمال رمل المحاجر:
7.....	4. I المشاريع الرائدة بخرسانة رمل المحاجر:
8.....	2. I مكونات وصياغة خرسانة رمل المحاجر:
8.....	1.2. I مدخل:
8.....	2.2. I الخرسانة :
9.....	3.2. I الاسمنت:
9.....	1.3.2 I تصنيف الإسمنت:
9.....	1.1.3.2 I التصنيف حسب التكوين:
10.....	2.1.3.2. I تصنيف الإسمنت وفقاً لتحمل لقوة الضغط:
11.....	4.2. I الماء :
11.....	5.2. I الركام :

12.....	Gravies:الحصى 1.5.2.I
12.....	2.5.2.I الرمل :
13.....	Les adjuvantsالإضافات 6.2.I
14.....	Les Fibres:الألياف 7.2.I
14.....	3.I صياغة الخلطة الخرسانية
14.....	1.3.I مقدمة
15.....	2.3.I أهداف صياغة:
15.....	3.3.I طرق صياغة الخلطة الخرسانية
15.....	1.3.3.I طريقة Bolomey
16.....	2.3.3.I طريقة أبرامز:
16.....	3.3.3.I منهج Faury
16.....	4.3.3.I طريقة Valette
16.....	5.3.3.I طريقة Joisel:
17.....	6.3.3.I طريقة Dreux – Gorisse:
17.....	7.3.3.I طريقة البارون وLESAGE
17.....	8.3.3.I طريقة الحجم المطلق
18.....	9.3.3.I ختام واختيار طريقة صياغة:
18.....	4. I العوامل المؤثر على جودة الخرسانة :
18.....	1.4.I تأثير النسبة $G S$ على خصائص الخرسانة :
19.....	2.4.I جرعة الأسمنت الدنيا
20.....	3.4.I تأثير النسبة $E C$ على المسامية :
20.....	4.4.I تأثير النسبة $E C$ على المقاومة:
22.....	5.I خواص الخرسانة:
22.....	1.5.I الخرسانة الطازجة:
22.....	2.1.5.I اختبار الهبوط أبرامز 'Coned' Abrams:
23.....	3.1.5.I الكتلة الحجمية الخرسانة الطازجة: [43]
23.....	2.5.I خواص الخرسانة المتصلدة:
23.....	1.2.5.I مقاومة الضغط:
24.....	2.2.5.I مقاومة الشد:
24.....	3.2.5.I المرونة:
25.....	4.2.5.I الانكماش

26.....	6.2.5.I القياسات الغير متلفة للخرسانة المتصلدة (الموجات فوق صوتية)
27.....	6.I الديمومة: (Durabilité)
28.....	7.I الخلاصة :
29.....	الفصل الثاني : عموميات حول الألياف وتركيبية وصياغة خرسانة الألياف
29.....	2.II تصنيف الألياف :
29.....	1.2.II الألياف النباتية (طبيعة عضوية) :
30.....	2.2.II الألياف الزجاجية (طبيعة معدنية)
31.....	3.2.II الألياف الصناعية :
31.....	1.3.2.II الألياف المعدنية:
33.....	4.2.II ألياف أخرى:
33.....	3.II مكونات وصياغة خرسانة الألياف المعدنية :
33.....	1.3.II لمحة تاريخية عن خرسانة الألياف المعدنية :
34.....	2.3.II مكونات خرسانة الألياف المعدنية:
34.....	3.3.II صياغة خرسانة الألياف المعدنية :
36.....	4.II خواص الخرسانة المسلحة بالألياف الفولاذية في الحالة الطازجة
37.....	1.4.II تأثير الشكل الهندسي للألياف :
37.....	2.4.II تأثير تركيز الألياف :
38.....	3.4.II تأثير التدرج الحبيبي للخليط :
39.....	4.4.II طريقة المزج:
40.....	5.II الخصائص الميكانيكية لخرسانة الألياف المعدنية المتصلبة :
40.....	1.5.II سلوك و مقاومة خرسانة الألياف المعدنية تجاه الضغط :
43.....	5.2.II سلوك خرسانة الألياف المعدنية تجاه الشد :
46.....	6.II عملية وآلية تحطم خرسانة الألياف :
46.....	1.6.II العملية الميكانيكية للألياف المعدنية داخل الخرسانة:
47.....	2.6.II آلية تحطم خرسانة الألياف :
47.....	3.6.II تأثير توجيه الألياف :
48.....	7.II معامل المرونة لخرسانة الألياف:
50.....	8.II الانكماش والزحف :
50.....	1.8.II الانكماش :
51.....	1.1.8.II تأثير كمية الألياف :
53.....	9.II الزحف :

54	10.II الديمومة :
55	الخلاصة :
56	الفصل الثالث : خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف
56	1.III مدخل :
56	2.III خصائص المواد المستعملة :
56	1.2.III الركام :
57	1.1.2.III الخواص الفيزيائية :
57	1.1.1.2.III الكتلة الحجمية :
57	2- الكتلة الحجمية المطلقة :
58	2.1.1.2.III معامل امتصاص الماء :
59	3.1.1.2.III المكافئ الرملي
60	4.1.1.2.III المكافئ الرملي لـ 10% من الدقائق
62	5.1.1.2.III اختبار ازرق الميثيلين
63	6.1.1.2.III التدرج الحبيبي
67	7.1.1.2.III معيار النعومة
68	8.1.1.2.III معامل التفلطح الركام المعيار (NF P 18-561)
72	2.1.2.III الاختبارات الميكانيكية
72	1.2.2.III اختبار مقاومة التآكل والصدمات
72	1.2.1.2.III تجربة تآكل الحصى : Micro-Deval
75	2.2.III الاسمنت : Ciment
77	3.2.III الماء :
79	4.2.III الألياف المعدنية :
80	5.2.III الإضافات :
80	3.III صياغة خرسانة رمل المحاجر (الشاهد) و خرسانة الليفية :
80	1.3.III صياغة الخرسانة الشاهدة :
86	2.3.III تشغيل الخرسانة الشاهدة :
88	3.3.III صياغة خرسانة الألياف المعدنية :
90	4.3.III تحضير وشكل العينة :
91	الخلاصة :
92	الفصل الرابع : مختلف سلوك الخرسانة المدروسة
92	1.IV مدخل :

92	2-IV طرق التجارب :
92	IV - 2- 1 تجربة التحطيم بالانحناء :
93	IV - 2- 2 اختبار الشد غير مباشر (مقاومة الشد البرازيلي) :
94	IV - 2- 3 تجربة التحطيم بواسطة الضغط :
94	IV - 2- 4 تجربة معايير المرونة في الضغط (طريقة تحليل الاستاتيكي)
95	IV 5.2 تجربة الإنكماش:
97	IV 6.2 تجربة الأمواج فوق صوتية:
98	IV - 3 نتائج مقاومة الانحناء :
98	IV - 3- 1 تحليل نتائج مقاومة الانحناء:
98	أ- تأثير رمل المحاجر
99	ب- تأثير الألياف :
99	IV - 3- 2 مناقشة نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل :
102	IV 4. نتائج مقاومة الشد البرازيلي
102	IV 1.4 تحليل نتائج مقاومة الشد
104	IV - 3- 2 مناقشة نتائج مقاومة الشد البرازيلي:
106	IV 5. نتائج مقاومة الضغط :
107	IV - 5- 2 مناقشة نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل المحاجر المعززة بالألياف :
110	IV 6. نتائج تجربة معامل المرونة الستاتيكي
111	شكل IV 7. منحني التشوه بدلالة الضغط
111	IV - 6- 1 تحليل نتائج تجربة معامل المرونة الستاتيكي
112	IV - 6- 2 مناقشة نتائج تجربة معامل المرونة الستاتيكي:
113	IV 6. نتائج تجربة الانكماش
113	IV 1.6 العلاقة بين الانكماش و الزمن
114	IV 2.6 العلاقة بين ضياع الوزن وزمن الانكماش بالأيام
114	IV 3.6 العلاقة بين الانكماش وضياع الوزن
116	IV 4.6 تحليل نتائج الانكماش
117	IV - 6- 5 مناقشة نتائج الانكماش :
118	IV 7. نتائج الموجات فوق الصوتية
119	IV 4.6 تحليل نتائج الأمواج فوق الصوتية
119	IV - 6- 5 مناقشة نتائج الأمواج فوق الصوتية :

119	الخلاصة
	المرفق الاول
	المرفق الثاني
	المرفق الثالث
	المرفق الرابع
	المرفق الخامس
	المرفق السادس

فهرس الأشكال

09	الشكل 1.I مكونات الخرسانة.....
19	الشكل 2.I تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة.....
20	الشكل 3.I أدناه يوضح تأثير النسبة $\frac{E}{C}$ على المسامية.....
21	الشكل 4.I العلاقة بين النسبة C/E و قوة مقاومة الضغط f_c
22	الشكل 5.I تأثير نسبة E/C على مقاومة الضغط.....
22	الشكل 6.I تصنيف الاسمنت وفقا لقوة التحمل.....
25	الشكل 7.I مخطط علاقة الإجهاد بالتشوه.....
32	الشكل 1.II الأشكال المعتادة للألياف الفولاذية.....
35	الشكل 2.II تعيين النسبة (S/G) المثلى (بواسطة Rossi).....
36	الشكل 3.II يوضح تحديد النسبة (S/G) المثلى (بواسطة Serna – Rossi).....
37	الشكل 4.II تأثير نسبة المعيارية على قابلية التشغيل معبرا عنها بمعامل الرص.....
38	الشكل 5.II تأثير كمية الألياف الفولاذية على التشغيل من أجل معاملات نحافة مختلف.....
39	الشكل 6.II تأثير مقاسات أعظمية مختلفة للحصويات و نسبة الألياف في الخلطة على زمن V-B.....
39	الشكل 7.II تأثير حجم الحصويات على توزع الألياف (Johnson, 1996).....
40	الشكل 8.II منحنى الضغط- الانفعال آلية انهيار الخرسانة المسلحة بالألياف (Colombo,2006).....
41	الشكل 9.II مخططات الضغط والإزاحة في الضغط حسب نوع ونسبة الألياف.....
42	الشكل 10.II سلوك خرسانة الألياف المعدنية تجاه الضغط بدلالة الحجم ونوع الألياف.....
43	الشكل 11.II سلوك الخرسانة العادية والخرسانة المسلحة بالألياف على الشد Löfgren; 2005.....
44	الشكل 12.II تأثير الألياف على مقاومة الشد بالانحناء لأنواع مختلفة من الألياف (Kooiman 2000).....
45	الشكل 13.II التباين في قوة الشد عن طريق الانحناء بدالة للوقت (7-28 يوم).....
48	الشكل 14.II منحنى إجهاد التشوه في ضغط بسيط (SERNAROS (1984).....
49	الشكل 15.II تأثير جرعة الألياف أثناء اختبار الضغط.....
50	الشكل 16.II تأثير تغير نسبة الألياف في الخرسانة على مخططات الإجهاد والانفعال.....
52	الشكل 17.II الانكماش بعد التصلب لخرسانة بدون وبألياف من الزهر بنسبة 1%.....
52	الشكل 18.II الانكماش بعد التصلب لخرسانة بدون وبألياف من الزهر بنسبة 5.0%.....
52	الشكل 19.II العلاقة بين الانكماش وضياع وزن العينة.....
52	الشكل 20.II العلاقة بين الانكماش كمية الألياف.....
53	الشكل 21.II تأثير طبيعة الألياف على الانكماش.....
61	الشكل 1.III تجربة المكافئ الرملي.....

66	الشكل 2.III منحى التدرج الحبيبي
67	الشكل 3.III المنحنى المرجعي للمعيار النعومة
68	الشكل 4.III التدرج الحبيبي الحصى
81	الشكل 5.III تحديد جرعة الاسمنت الصغرى الاشكال من خلال بنسبة E/C وقيمة التشغيلي
82	الشكل 6.III رسم تخطيطي لحساب الفاصلة $\times$
84	الشكل 7.III منحى التدرج الحبيبي لتركيبية الخرسانة رمل المحاجر
87	الشكل 8.III قيمة الهبوط مخروط أبرامز (Cm) بدلالة المتغيرين نسبة S/G و نسبة الملدن
89	الشكل 9.III تغيرات التشغيلية (Cm) بدلالة المتغيرات نسبة S/G ، نسبة الملدن و نسبة الألياف
92	الشكل 1.IV يوضح آلية التحطيم بالانحناء
93	الشكل 2.IV يوضح آلية التحطيم بالشد البرازيلي
96	الشكل 3.IV للمخطط جهاز قياس الانكماش
98	الشكل 4.IV منحني نتائج مقاومة الانحناء للخرسانة رمل المحاجر (الشاهدة) و المعززة بالألياف
102	الشكل 5.IV منحني نتائج الشد البرازيلي للخرسانة (الشاهدة) و المعززة بالألياف
106	الشكل 6.IV منحني نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل بدلالة التشوه ϵ
111	الشكل 7.IV منحني التشوه بدلالة الضغط
114	الشكل 8.IV منحني نتائج الانكماش للخرسانة الرمل المحاجر المعززة بالألياف % F1-F1.5
115	الشكل 9.IV نسبة ضياع الوزن للخرسانة -رمل المحاجر - % F1.5-F1 بدلالة الزمن
116	الشكل 10.IV نسبة ضياع الوزن للخرسانة رمل المحاجر مع الانكماش العينة الشاهد
117	الشكل 11.IV نسبة ضياع الوزن لتركيبية خرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف % F1 مع الانكماش ...
118	الشكل 12.IV نسبة ضياع الوزن لتركيبية خرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف % F1 مع الانكماش ..
120	الشكل 13.IV المنحنى البياني لمقاومة الضغط بدلالة سرعة الموجات فوق الصوتية
121	الشكل 14.IV المنحنى البياني لمعيار المرونة بدلالة سرعة الموجات فوق الصوتية

فهرس الجداول

الجدول I.1	صيغة خرسانة الرمل في مصنع بني صاف	07
الجدول I.2	صيغة خرسانة الرمل المحاجر في مركز مكافحة السرطان بالوادي	08
الجدول I.3	النسب الكتلية و الحجمية للخرسانة	09
الجدول I.4	تصنيف الاسمنت وفقا لقوة التحمل	10
الجدول I.5	حدود التحليل الحبيبي	12
الجدول I.6	يحدد الجرعات وفقا لفئة الاسمنت وحجم الركام الأقصى D	19
الجدول I.7	تصنيف الخرسانة حسب الهبوط في مخروط أبرامز معيار الهبوط EN 12350-2	23
الجدول I.8	نتائج معامل المرونة التركيبات الخرسانية لأعمال [HAMRI Amel]	23
الجدول I.9	نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخرسانية لأعمال BATATA و NAFA	24
الجدول I.10	نتائج معامل المرونة التركيبات الخرسانية عادية	25
الجدول I.11	نتائج معامل المرونة لأعمال BATATA و NAFA	25
الجدول I.12	يحدد نوعية الخرسانة حسب سرعة الأمواج الصوتية	27
الجدول II.1	الخصائص الفيزيائية لألياف النباتات الأكثر شيوع	30
الجدول II.2	الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية لبعض لألياف النباتات	30
الجدول II.3	الخصائص الميكانيكية لألياف الزجاجية	30
الجدول II.4	أهم الخواص الفيزيائية لبعض الألياف الصناعية	31
الجدول II.5	خصائص بعض أنواع الألياف المعدنية	32
الجدول II.6	مكونات خلطات خرسانة الألياف الفولاذية موصى بها من (ACI)	36
الجدول II.7	المقارنة بين معامل المرونة التجريبي و الحسابي لمختلف العينات و $S/G=0.8$	49
الجدول III.1	الكتلة الحجمية الظاهرية للحصى و لرمل المحاجر	57
الجدول III.2	الكتلة الحجمية المطلقة للحصى و لرمل المحاجر	58
الجدول III.3	النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b	58
الجدول III.4	النسب المئوية للمكافئ الرملي ES	59
الجدول III.5	حساب تركيبيبة الكتلة الكلية M_T الخاضعة للاختبار	61
الجدول III.6	حساب المكافئ الرملي لـ 10% من الدقائق	61
الجدول III.7	نتائج تجربة ازرق الميثيلين	63
الجدول III.8	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينات الأولى رمل المحاجر	64
الجدول III.9	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينات الثانية الحصى 8/3	64
الجدول III.10	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينات الثانية الحصى 8/15	65
الجدول III.11	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينات الثانية الحصى 15/25	65
الجدول III.12	نتائج معيار النعومة	67

68	الجدول III-13 ربط بين طبقات فئة الحبيبية d/D والنخل التقليدي
69	الجدول III.14 معامل التقلطح للحصى 25/15
70	الجدول III.15 معامل التقلطح للحصى 15/8
70	الجدول III.16 معامل التقلطح للحصى 8/3
71	الجدول III.17 نتائج نقاوة الحصى 3/8 ، 8/15 ، 15/25
72	الجدول III.18 كتلة الحمولة الكاشطة وفقاً للمؤشرات فئة الحصى
73	الجدول III.19 نتائج مقاومة التآكل للحصى
74	الجدول III.20 يحدد أحمال الكرات المقابلة لكل فئة حبيبية
74	الجدول III.21 نتائج التجربة لوس انجلوس
77	الجدول III.22 التحليل الكيميائي للإسمنت
79	الجدول III.23 التركيبة الكيميائية للماء المستعمل
81	الجدول III.24 قيمة معامل الحبيبية G
82	الجدول III.25 تعديل كمية الماء في الخلطة وفقاً لحجم الركام الأكبر
83	الجدول III.26 قيمة المصحح K بدلالة جرعة الإسمنت وقوة الاهتزاز وزاوية الركام
85	الجدول III.27 يوضح اختيار معامل التراص
85	الجدول III.28 يوضح الحجم المطلق وكتلة مكونات الخرسانة الشاهدة
86	الجدول III.29 تغيرات تركيبة الخرسانة الشاهدة بدلات النسبة S/G
87	الجدول III.30 تغيرات التشغيلية (Cm) بدلالة المتغيرين نسبة S/G و نسبة الملدن
88	الجدول III.31 يوضح تغيرات التشغيلية (Cm) بدلالة S/G ، نسبة الملدن و نسبة الألياف
89	الجدول III.32 تركيبة 1م3 من خرسانة رمل المحاجر الشاهدة و المدعمة بالألياف المعدنية
90	الجدول III.33 يوضح عدد العينات المستخدمة ونوعيتها
98	الجدول IV.1 يوضح نتائج مقاومة الانحناء
102	الجدول IV.2 يوضح نتائج مقاومة الشد البرازيلي
106	الجدول IV.3 نتائج مقاومة الضغط للخرسانة
110	الجدول IV.4 نتائج تجربة معامل المرونة الستاتيكي لخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف
111	الجدول IV.5 نتائج تحليل تجربة معامل المرونة الستاتيكي
113	الجدول IV.6 ملخص نتائج تجربة الانكماش
118	الجدول IV.7 نتائج الموجات فوق الصوتية للعينات الاسطوانية
119	الجدول IV.8 نتائج المباشرة الموجات فوق الصوتية للعينات المستطيلة
120	الجدول IV.9 استخدام الأمواج فوق الصوتية لمقارنة الضغط
120	الجدول IV.10 استخدام الأمواج فوق الصوتية لمقارنة معامل المرونة الستاتيكي

فهرس الصور

07	الصورة 1.I توضح العوارض بخرسانة الرمل لمصنع بني صاف.
08	الصورة 2.I توضح مركز مكافحة السرطان بالوادي المنجز بخرسانة رمل المحاجر
22	الصورة 3.I هبوط مخروط أبرامز
34	الصورة 1.II الاختبارات المنجزة من سنة 1927 - 1933 - 1943
57	الصورة 1.III تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية (الحاوية)
57	الصورة 2.III تجربة الكتلة الحجمية المطلقة للحصى
59	الصورة 3.III تجربة المكافئ الرملي
62	الصورة 4.III نتائج اختبار تجربة ازرق الميثيلين
69	الصورة 5.III منخل الشبائيك المفتوحة
71	الصورة 6.III مرحلة تجفيف الحصى في تجربة النقاوة
72	الصورة 7.III مراحل تجربة Micro-Deval
79	الصورة 8.III تبين الشكل الحقيقي لليف المعدني المستعمل
80	الصورة 9.III الملدن المتوفق MEDAFLOW 145
92	الصورة 1.IV تجربة تحطيم بالانحناء
93	الصورة 2.IV تجربة التحطيم بالشد البرازيلي
94	الصورة 3.IV تجربة التحطيم بالضغط
94	الصورة 4.IV تجربة معيار المرونة
96	الصورة 5.IV تمثل قوالب الانكماش $28 \times 7 \times 7$ mm
97	الصورة 6.IV توضح جهاز قياس الانكماش
97	الصورة 7.IV تجربة الأمواج فوق صوتية بالطريقة المباشرة
99	الصورة 8.IV التشققات في العينات بعد تحطيم بالضغط
103	الصورة 9.IV تشققات نتيجة تجربة الشد البرازيلي
107	الصورة 10.IV شكل الانهيار للعينات بواسطة الضغط

ملخص

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو محاولة استغلال رمل المحاجر، المتواجد بكثرة والمسبب لإشكالية في التخزين و التأثير البيئي، وهذا لعدم استغلاله بكمية كبيرة مما يجعلنا نفكر في كيفية تثمينه باستغلاله في المجالات الإنشائية المختلفة، وذلك كبديل لرمل الوديان أو رمل البحار غير المتجددة و التي يشكل استعمالها مشاكل بيئية، ومن جهة أخرى فإن الخرسانة بصفة عامة تعاني من الضعف الملحوظ للمقاومة في الأجواء الحارة و الجافة تحسبا لظهور مشاكل التشقق و الانكماش، ولهذا فكرنا في تعزيزها بالألياف المعدنية بغية تقادي هذا الضعف و الحصول على خصائص فيزيائية و ميكانيكية مقبولة حيث قمنا باستغلال رمل المحاجر غير مضمن لمنطقة بوسعادة ولاية مسيلة وتعزيزه بالألياف المعدنية المعكوفة والاهتمام بالتعرف على خصائص المواد المكونة للخليط الخرسانة من خلال سلسلة من التجارب المعيارية، ودراسة كيفية الحصول على التركيبة الأمثل من حيث التشغيل من جهة ومن حيث الخصائص الميكانيكية من جهة أخرى. آخذين بعين الاعتبار معظم العوامل التي يمكن أن تؤثر على هذه الخصائص مثل: نسبة الألياف.

الكلمات المفتاحية :

رمل المحاجر ، الألياف ،الخرسانة، الضغط، الشد، الانكماش ، معامل المرونة

Abstract

The main objective of this study is to try to exploit quarry sand, which is abundant and problematic in storage and environmental impact, this is not to be used in a large amount, which makes us think about how to value it by exploiting it in various construction fields, as an alternative to valleys sand or non-renewable sea sand that constitutes their use is environmental problems, on the other hand, concrete in general suffers from a noticeable weakness of resistance in hot and dry climates in anticipation of cracking and shrinkage problems, for this reason, we considered strengthening them with mineral fibers in order to avoid weakness to obtain acceptable physical and mechanical properties where we exploited sand quarries are not an octagon for the area of BouSaada, the state of M'sila and its reinforcement with refractory mineral fibers and interest in identifying the properties of the materials that make up the concrete mixture through a series of standardized experiments, and studying how to obtain the optimum composition in terms of operation on one hand, and in terms of mechanical properties, on the other. Taking into account most of the factors that can affect these properties, such as: fiber ratio.

Key Word:

sand quarries ,fiber ,concrete , pressure resistance, tensile strength, shrinkage , elasticity

الفصل الأول

الفصل الأول : عموميات حول رمل المحاجر وتركيبية وصياغة خرسانته

1.1 عموميات حول رمل المحاجر

1.1.1 مدخل:

في مجال الهندسة المدنية والبناء ، شهدت الثمانينيات مرحلة مهمة في تطور الخرسانة ، فهي أكثر المواد المستخدمة عالمياً [1]. هذه الخرسانة مقاومة ، تتكيف بمرونة مع الظروف الأكثر تنوعاً ، واقتصادية، وسهلة التصنيع، وسهلة الاستخدام، ومتعددة الاستخدامات، فهي المنتج الأكثر استهلاكاً بعد الماء على هذا الكوكب ومع ذلك، غالباً ما ترتبط بالمواد غير المكلفة ورمزاً للعمارة الأكثر نفوراً في المدن.

نظراً للتطور الكبير في ميدان البناء في العالم ، مع كثرة الهياكل الخرسانية للبنى التحتية يتطلب امتدادات كبيرة من المواد الأساسية للبناء كالأسمنت و الماء والركام بكل أنواعه ، و من المعروف أن في الخرسانة يتم استخدام الرمل (رمل البحر، رمل الوديان ، رمل المحاجر الطبيعية الخ). بكميات كبيرة جداً وتزايد مستمر عليه ، تسبب بنتائج عكسية على البيئة ، أدت بالعديد من دول العالم بالتفكير بإيجاد البديل واستغلال رمل المحاجر الناتج عن تكسير الحصى في الخرسانة وتأمين بقاياه في المحاجر من مادة عبء على البيئة إلى مورد اقتصادي مهم يستغل في الخرسانة لبناء الهياكل الحيوية.

2.1.1 تاريخ استعمال رمل المحاجر في الجزائر:

يتم استعمال رمل الشواطئ البحرية ورمل الوديان والأنهار في الجزائر بشكل متزايد في السنين السابقة ، حيث تسبب إفراط استعمال هذه الرمال في الخرسانة أضرار جسيمة وكبيرة على الشواطئ والمجاري المائية ، علماً بأنه يتم استعمال هذه المواد ومكوناتها في الخرسانة ، وأهمها الأسمنت والماء والركام. وتشكل هذه حوالي 90 ٪ من جميع أعمال الهندسة المدنية و 75 ٪ من كتلة الخرسانة [2]. يعطينا هذا القلق فكرة عن احتياجات موقع البناء الجزائري الكلي ، وهو بلا شك هائل. على سبيل المثال ، لبناء المساكن ، يستغرق الأمر 150 طناً من الركام في المتوسط ، ويتطلب إكمال كيلومتر واحد من الطريق حوالي 12000 طن. فيما يتعلق بالركام ، فإن استهلاكها كبير حيث تقدر متطلبات الرمال بنحو 25.1 مليون طن ، بما في ذلك 16 مليون طن للبناء و 9.1 مليون طن لبناء الطرق [3]. و أصبح هذا يعد مشكلاً بيئياً لا يمكن السكوت عليه، مما عجلت الحكومات في اتخاذ إجراءات ردعية، فمثل في الجزائر صدر مرسوم وزيريان سنة 1991 و 1999 اللذان يمنعان استغلال رمال شواطئ البحار و الوديان [4]، [5]. ومع ذلك فإن الجزائر غنية بالحجر الجيري ، خاصة في المناطق التي تكون فيها مشكلات العرض هي الأكثر أهمية (قسنطينة ، ميله ، أم البواقي ، ...) [6] والتي يمكن أن تستجيب للطلب بشكل إيجابي وعليه تم التفكير في إيجاد مواد بديلة لتعويض استعمال هذه الرمال وحل المشكلة البيئية الناتجة عن ذلك ، ونظراً لتواجد بقايا تكسير الحصى في المحاجر بكميات معتبرة وأصبح يشكل فائضاً غير مستغل وأصبح يمثل عبئاً على البيئة وتكاليفه المقبولة ، أعتمد كبديل و يلبي الطلب المتزايد لمادة الرمل وإمكانية استعمال في الخرسانة كركام.

ومن هذا المنطلق دعت العديد من البلدان لاستعمال رمل المحاجر كبديل للرمل في الإنشاءات الخرسانية ، فالجزائر على سبيل المثال أصدرت قانوناً سنة 2005 [القانون رقم 05-12 ، 2005] و الذي ينص على

تعليمات وزارية تنظم التعميم التدريجي لاستخدام رمال المحاجر في المنشآت و تحدد المواصفات الفنية التي يجب التقيد بها، كما وضعت سنة 2007 خرائط وطنية من أجل تحديد المقالع المحتملة لإنتاج رمال المحاجر، حيث توجد في التسعينات حوالي 1010 محجرة بقدرة إنتاجية من 10 طن إلى 400 طن في الساعة، أي من 15 مليون طن إلى 68 مليون طن سنويا [3].

و قد قدر الطلب على الحصباء خاصة من قطاع الأشغال العمومية والبناء سنة 2002 بـ 80 مليون m^3 [7] استخدم أغلبها كطبقات قاعدية في الطرق الوطنية أو كركام في الخرسانة الزفتية، مما أنتج كميات غير قيمة بعد استخراج الحصى من المقالع ، هذا الناتج هو رواسب بقطر اقل 0.5مم وبمحتوى كبير نسبيا من الدقائق تدعى برمل المحاجر الذي يشكل عائقا بيئيا، هذه المشكلة ليست خاصة بالجزائر فقط ، لأن العديد من البلدان تواجهها في العالم. لهذا ، ولطالما كان الباحثون مهتمين بنشاط بإمكانيات استخدام ركام الحجر الجيري على الرغم من عدم الثقة في بعض الشركات المحيطة باستخدام هذه الركام في الخرسانة.

3.1.I الدراسات السابقة لخرسانة رمل المحاجر:

من هذا المنطلق بدأت العديد من الدول التفكير في اتخاذ حلول وتدابير صارمة للحفاظ على هذه الموارد والتمثلة في رمل المحاجر لاستغلاله في الخرسانة بعد إجراء العديد من الدراسات المطلوبة لذلك لمعرفة خصائصه الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية لهذا النوع من الرمل. [8]

الجزائر:

من أجل استغلال وتثمين رمل المحاجر واستغلاله في تركيبية الخرسانة قامت العديد من المراكز البحثية والمخابر والجامعات في الجزائر بإجراء بحوث علمية ورسائل ومذكرات تخرج للباحثين في هذا المجال لدراسة استعمال رمل المحاجر كليا او جزئيا في الخرسانة نذكر منها :

✚ تقرير المجموعة المتخصصة CRERIB ، وزارة الإسكان ، الجزائر. جانفي 1999. "تطوير الرمال المكسورة". أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها في أن استخدام هذا النوع من الرمل ، مع كمية من الغرامات تصل إلى 25 ٪ ممكن دون عواقب ضارة على الخصائص الفيزيائية الميكانيكية النهائية للمونة والخرسانة [8][9]

✚ المؤتمر الدولي الأول للبنى التحتية المستدامة للبيئة في البلدان النامية. وهران (الجزائر) - 12-14 أكتوبر 2009 (SBEIDCO – 1st سبيدكو) - A. Guezzouli ، N. Goufi ، F. Sadhouari. بعنوان: تقييم استخدام الرمال المحاجر من خلال تحليل خصائص المونة والخرسانة.

✚ ورشة العمل الدولية الثالثة حول إدارة النفايات والتنمية المستدامة ، أكتوبر 2015 ، طنجة المغرب ورقة مؤتمر دراسة السلوك الميكانيكي للخرسانة القائمة على رمال المحاجر المعدلة بالرمال الرملية والأعشاب: التجربة والرقمية / د.محمد ليث كامل خواجية (جامعة قسنطينة)

✚ ورقة مؤتمر د.محمد ليث كامل خواجية (جامعة قسنطينة) دراسة السحب وتضخيم الخرسانة القائمة على الرمال الجزائرية المختلفة / مؤتمر: الندوة الدولية حول إدارة البناء والهندسة المدنية 15-16 (ISCMCE-2017) نوفمبر 2017 ، سكيكدة الجزائر

✚ مذاكرة ماجستير. جامعة بجاية. S. Kherbache 2006. دراسة تأثير إضافة الجسيمات الدقيقة في الرمال المحاجر

على الانكماش وقوة الخرسانة

✚ مذاكرة ماجستير جامعة عنابة 2007 / Chérifa GHERDAOUI دراسة تأثير نسبة الدقائق على

الخصائص الميكانيكية واستدامة الخرسانة القائمة على رمل المحاجر من منطقة قالمة، [10]

✚ مذاكرة تخرج الدكتوراه بجامعة ورقلة 2018/2019 ماني محمد بعنوان : المساهمة في تحسين

خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالألياف المعدنية [11]

✚ **تونس:**

أجريت العديد من الدراسات التونسية من أجل الاستغلال الأمثل لمادة الرمل الجيري كحشو الخرسانة العادية التي تحتوي على جزء من الرمل أو الإسمنت بحيث استبدلت برمل المحاجر [على سبيل المثال 2007، 2008 Benachour et al Felekoglu] .

كما تم إنتاج الخرسانة العادية والخرسانة الفائقة اللدونة بركام المحاجر وكذلك خرسانة ذاتية الرص وتعويضه بالرمل العادي وظهرت مؤخرا دراسات عديدة عليها في تونس بهدف تقييم خصائص هذه الخلطات فيما يتعلق بصياغتها [تارون وآخرون ، 2005 ؛ Bosiljkov ، 2003 ؛ الهلالي ، 2009 ؛ بوب ، دي شوتر ، 2005] .

تتطلب هذه الخرسانة كمية كبيرة من الحشوات (أبخرة السيليكا ، حشوات الحجر الجيري ، الرماد المتطاير ...) لضمان الاستقرار في حالة جديدة ، تتجاوز بشكل عام الحدود المعيارية للخرسانة العادية [8]

مذكرة نهاية الدراسة دكتورا بالجامعة التونسية سنة 2012 بعنوان : تأثير رمال الحشو الكلسية على خواص الخرسانة العامة المدونة – مثال تونسي - [8]

- دراسة الخصائص الجيوتقنية لرمال تكسير الحجر الجيري في تونس [8]

✚ **تركيا:**

تم إعداد دراسات في تركيا [جيليك ومرار 1996] في مشاكل الغبار الناتج عن سحق الحجر الجيري وإمكانية استعماله في الخرسانة كإضافات ، كما تم دراسة تأثير تكسير الغبار على الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للخرسانة بنوعها الطازجة والصلبة ، مع تغيير الرمل في الخرسانة جزئيا بـ (05،10،15،20،25،30%) من رمل الغبار ، فزيادة معدل الغبار ينخفض حجم الهواء بصفة متدهورة وعند إضافة نسبة 15% منه يساهم في انخفاض امتصاص الخرسانة [Buil Paillere,1984]، وعند زيادة هذه النسبة يزيد الامتصاص في الخرسانة . [8]

4.1.I أهم التوصيات الخاصة بتثمين رمل المحاجر في بلدان المغرب العربي:

✚ **الجزائر:**

وضعت الجزائر اجراءات صارمة للاستغلال رمل المحاجر، ففي سنة 2007 أصدرت [تعليمية وزارية مشتركة - 2007/02/25]، تنظم التعميم التدريجي لاستخدام رمال التكسير في المبنى ، وتحديد المواصفات الفنية التي يجب أن تفي بها هذه المواد.[12]

كذلك تم وضع خرائط وطنية تحدد أماكن المحاجر لهذا النوع الجديد ، مع منح رخص لإنتاج رمل المحاجر.

• المغرب:

تم إصدار قانون في المغرب يتعلق باستغلال رمل المحاجر في المقالع عام 2002 [الظهير رقم 1-02-130]، وهذا القانون يهدف إلى تعزيز وغسل رمال الناتجة عن تكسير الحصى كبديل للرمال الغرينية في صناعة الخرسانة الهيدروليكية [المواصفة المغربية 10.1.165 ، 1995]يقدم هذا القانون الجديد المتطلبات المعيارية الخاصة بهذه المواد [8]

• تونس:

تونس كباقي الدول يتم استغلال الرمال الغرينية بصفة مفرطة في الخرسانة وهذا لعدم وجود قوانين تنظم استغلال رمل المحاجر في الخرسانة غير تلك المراكز التكوينية الكربونية القريبة من أماكن الاستهلاك التي تستغلها بشكل ضيق (الطرق ، الجسور)، والمشرفة على توفير الحصى بشكل أساسي، مع توفير الخصائص لمواد الخرسانة (الجودة ، النوعية) . وعليه وزارة الإسكان والتخطيط المكاني في تونس قامت بدراسات تهدف لتعزيز رمال المحاجر واستخدامها في مختلف مجالات البناء [MEHAT, 2011].بالإشارة إلى دليل التقنية قيد التطوير [الدليل الفني ، 2011].[8]

2.I أنواع الرمال المستعملة في الخرسانة :

يوجد أنواع عديدة من الرمال التي تستعمل في تركيب الخرسانة سوى كانت رمال طبيعية محلية أو غير محلية أو صناعية

1.2.I الرمل الطبيعي : يوجد عدة أنواع من الرمال تستعمل في الخرسانة نذكر من بينها:

1.2.I رمل الأنهار و الوديان:

رمل الأنهار والوديان الناتج عن حركة الحبيبات على الصخور، وهذا بسبب جريان المياه والسيول، حيث تترسب هذه الرمال في السهول ومجاري الأنهار والوديان. وتتميز بالعديد من المميزات: نقاوة جيدة ، شكل مستدير،صلابة العالية ،خلوه من الغضار ، التجانس في الهيكل، صغر حجم الحبيبات، مكافئ الرمل العالي [13]

2.1.2.I رمل البحار:

هي رمال تتواجد على شواطئ البحار نتيجة حركة المياه المستمرة وتتميز عن سابقتها بأقل أهمية من رمل الوديان لأنها تحتوي على نسبة عالية من الأملاح الضارة لديمومة الخرسانة المسلحة، وهو الأقل استعمالا لمنعه من طرف السلطات لكي لا تحدث خلل بيئي نتيجة جرف رمال البحار. [13]

3.1.2.I رمل المحاجر الناتج عن مخلفات تحطيم الأحجار:

يمكن تعريف رمل المحجر (مقالع أو كسارات الحجارة) على أنه رواسب أو مخلفات أو غيرها من النفايات غير القيمة الموجودة بعد استخراج ومعالجة الصخور لتشكل حبيبات ناعمة ذات قطر أقل من 4.75 مم. حيث يظهر غبار المحجر عند تكسير الركام الخشن، ويحتوي على حبيبات خشنة وزاوية حادة مما يؤدي لاكتساب مقاومة جيدة نظرا لقوة التماسك والإحكام [14].

إن استخدام مواد بديلة للرمل في أعمال البناء يحتاج للعناية بما يتعلق بتوفرها وتطبيقاتها. وقد يؤدي استخدام غبار المحجر في بعض الأحيان إلى زيادة كمية الإسمنت المطلوبة للحفاظ على قابلية التشغيل. بالمقارنة مع الخرسانة العادية، فقد أثبتت التجارب أن خرسانة غبار المحجر أفضل في مقاومة الأحماض والكبريتات، كما أن لدينا نفاذية أقل. ومع ذلك فإن درجة امتصاص الماء في خرسانة غبار المحجر أعلى قليلا من الخرسانة العادية .

يعتبر استخدام رمال المحجر محدود عموما نظرا للحجم الكبير للإسمنت المطلوب لتحقيق قابلية تشغيل كافية للخرسانة، وتعتمد كمية المحتوى الإضافي للعجينة الإسمنتية على الشكل وخشونة السطح والتدريج ومحتوى الغبار في الرمل، ويتسبب زيادة مياه الخلط في الخلطات الخرسانية بحدوث آثار سلبية على شكل وملمس رمال المحجر، ولحل هذه المشكلة يمكننا تقليل نسبة مياه الخلط باستخدام الإضافات المقللة للمياه على مدى واسع أيضا، ولكن هذه العلاجات تزيد من تكلفة البناء [14]

4.1.2.I رمل الكتبان:

بما أن منطقتنا صحراوية فهي تتميز بتوفر رمال الكتبان بكميات كبيرة و معتبرة، و هي عبارة علي صخور رملية بيضاء نقية تحتوي علي نسبة عالية من السيليكا (SiO_2) أكثر من 99 % و الذي يميزها أنها متماثلة و متجانسة من حيث الشكل و يتراوح حجم حبيباتها 80 ميكرون إلي غاية 160 ميكرون حيث تعتبر هذه الميزة غير مرغوب فيها لهذا النوع في الخلطة الخرسانية و هذا بسبب مجاله الحبيبي المحدود جدا و الأبحاث مازلت جارية لتصحيحه و إمكانية استعماله كرمل في الخلطة الخرسانية . [13]

2.2.I الرمل الاصطناعي :

ينتج الرمل الصناعي عن طريق طحن كتل الخبث المنصهر في أفران صناعة الفولاذ، كذلك الخبث المحبب الخاضع للتبريد السريع في صناعة الفولاذ، حيث أجريت دراسات حديثة و عديدة على خرسانة الرمل الصناعي وتميزت بالخصائص الميكانيكية المماثلة لخرسانة المنجزة بالرمل الطبيعي . [13]

1.2.2.I الرماد المتطاير:

الرماد المتطاير هو عبارة عن مسحوق ناعم جدا يميل إلى السفر بعيدا في الهواء . ومن المعروف أنه يلوث الهواء والماء ويسبب مشاكل في الجهاز التنفسي عند استنشاقه عندما لا يتم التخلص منه بشكل صحيح، وعند استقراره على أوراق الشجر والمحاصيل في الحقول المحيطة بمحطات توليد الكهرباء، فإنه يقلل من الإنتاج الزراعي.

عند احتراق مسحوق الفحم لتوليد الحرارة، فإن رواسب الاحتراق تحتوي على 80 % من الرماد المتطاير و 20 % من الرماد المتبقي بالقاع، كما يتدرج لون الرماد المتطاير المتولد من محطات توليد الكهرباء من الرمادي الخفيف إلى المتوسط ويأخذ مظهر المسحوق الإسمنتي [14].

إن استخدام الرماد المتطاير للخرسانة بدلا من خرسانة الإسمنت البورتلاندي لن يتيح فقط توفير الكبير في استهلاك الإسمنت والطاقة، ولكنه أيضا يوفر اقتصاديا. ولاستخدام الرماد المتطاير عدة مزايا نظريا، يمكن استخدام الرماد المتطاير بنسبة 100% عوضا عن الإسمنت البورتلاندي، ولكن إذا زادت نسبة الاستبدال عن 80 % فإنه نحتاج عموما إلى منشط كيميائي. لذلك فقد وجدت الدراسات أن نسبة الاستبدال المثلى حوالي 30 % علاوة على ذلك فإن الرماد المتطاير قادر على تحسين خصائص معينة في الخرسانة مثل المتانة، ذلك لأنها تولد حرارة أقل أثناء التفاعل، فهي مناسبة تماما لتطبيقات الخرسانة الكتلية التي تحتاج لاستخدام كميات كبيرة من الخرسانة.

استخدام الرماد المتطاير في الخرسانة بالنسبة المثالية المذكورة سابقا يحسن من أداء الخرسانة في كلا حالتها، الحالة الطازجة والحالة الصلبة. فهو يرفع من قابلية التشغيل للخرسانة اللدنة، ويزيد المقاومة والمتانة للخرسانة المتصلبة.

2.2.2.1 ركام الرماد المتطاير:

يمكن إنتاج العديد من ركام الخرسانة الخفيف الوزن باستخدام الرماد المتطاير. بالإضافة إلى استخدام الرماد المتواجد في قاع الفرن في عملية تصنيع الخرسانة، فإن حبيبات الرماد المتطاير يمكن أن ترتبط كيميائيا أو بالانصهار الحراري عن طريق استخدام الإسمنت أو الكلس، فهذه المواد لديها العديد من الخصائص المرغوبة [15]

في منتصف التسعينيات من القرن الماضي أجريت دراسة عن إنتاج ركام الرماد المتطاير، ودرس استخدام هذا الركام في إنتاج الخرسانة. حيث يتم نقل وحررق الرماد المتطاير على درجة معينة من الحرارة لإنتاج ركام صناعي ناعم وخشن، ويتراوح الثقل النوعي لهذا الركام من 1.2 – 1.47 ، وكثافته الظاهرية من 650 إلى 790 كغ/م³، كما أن نسبة امتصاصه عالية جدا من 16 – 24.8% هذه الخصائص تظهر لنا نتائج ايجابية للغاية عند استخدام الرماد المتطاير كركام [15]

3.1 الدوافع من استعمال رمل المحاجر:

إن الدافع من استعمال رمل المحاجر هو استعمال هذه المادة الموجودة بكثرة في اغلب المحاجر و التي تتسبب لنا في مشاكل في التخزين لشغلها مساحات كبيرة داخل المحاجر . لذا وجب علينا تثمين هذه المادة و استغلالها في مجال الإنشاءات المختلفة و استعمالها في تركيب الخرسانة كبديل للرمل الغريني لرمال البحر والوديان و الأنهار التي يعتبر استعمالها مضر بالطبيعة والبيئة ، وتوفير منابع اقتصادية جديدة وبتكلفة أقل للمناطق الساحلية والمناطق ذات طابع الجبلي وقلة مصادرها الرملية .

ومن هذا المنطلق أصبح استغلال هذه الرمال ضرورية ملحة لتنويع مصادر التموين والإنقاص من التكلفة لإنجاز الخرسانة ، مع الحفاظ على الخصائص المطلوبة.

4.I المشاريع الرائدة بخرسانة رمل المحاجر:

كل هذا الزخم من الدراسات و المراسيم دفعت إلى انجاز الهياكل الخرسانية و التحتية المنجزة بخرسانة رمل المحاجر على المستوى الوطني كإنجاز الهياكل الخرسانية، المنشآت المسبقة الصنع ، وكذلك بالنسبة لقطاع السكك الحديدية ، أو مشاريع الطرق الوطنية والمحلية يستعمل رمل المحاجر في مكونات الخرسانة الزفتية بنسب متفاوتة حسب التركيبة والخصائص المطلوبة لكل مشروع، ونذكر من بين المشاريع و التجارب الناجحة التي أنجزت باستعمال رمل المحاجر على المستوى الوطني أو المحلي ما يلي :

أثبتت الدراسات التجريبية والنظرية التي تمت تحت إشراف منصوري إمكانية صناعة عوارض سكك الحديد في المصنع الموجود في بني صاف بخرسانة الرمل حيث أن استعمال خرسانة الرمل عوض الخرسانة العادية يمكن من استعمال رمل المحاجر وبينت الدراسات أن الخصائص الميكانيكية للعوارض المصنوعة بخرسانة الرمل في نفس المستوى مثل العوارض المصنوعة بالخرسانة العادية. [7] .



الصورة 1.I توضح العوارض بخرسانة الرمل لمصنع بني صاف [7]

والجدول (1.I) يعطي صيغة خرسانة الرمل في هذا المصنع

الجدول 1.I يوضح صيغة خرسانة الرمل في مصنع بني صاف [7]:

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

ومن بين الانجازات محليا في ولاية الوادي تم انجاز مركز مكافحة السرطان الصورة 2.I التي تكفلت بانجازه

الشركة الوطنية كوسيدار بالمواصفات التالية :

✓ بمساحة إجمالية للأرضية تقدر ب : 9048,00 م² ومساحة مبنية تقدر ب : 28090,00 م²

✓ متكون من أربعة طوابق وبمدة انجاز استغرقت 41 شهرا

✓ وبتكلفة تقدر ب: 5 080 979 621,87 دينار جزائري

✓ تم افتتاحه سنة 2018 ليدخل حيز الخدمة. حسب البطاقة التقنية

الجدول 2.I يوضح صيغة خرسانة الرمل المحاجر في مركز مكافحة السرطان بالوادي: [المرفق الأول]

الماء l/m ³	الإضافات %	الحصى Kg/m ³			رمل محاجر Kg/m ³ 3/0	الاسمنت Kg/m ³	المكونات
		25/15	15/8	8/3			
201	4	380	360	230	830	CPJ/350	التركيبية 1
180	4.8	0	578	372	850	CPJ/400	التركيبية 2



الصورة 2-I توضح مركز مكافحة السرطان بالوادي المنجز بخرسانة رمل المحاجر

مشروع انجاز الطريق المزدوج للطريق الوطني رقم 48 على مسافة 35 كلم بالخرسانة الزفتية من طرف مقولة EGTPH بحيث يستعمل فيه رمل المحاجر بقطر 5/0 مم في تركيبية الخرسانة الزفتية بنسبة (35- 45 %) حسب التدرج الحبيبي للتركيبية ،مدة انجاز تقدر بـ: 30 شهرا، وبتكلفة تقدر بـ: 2 351 284 824,00 دينار جزائري وعملية الإنجاز انطلقت سنة 2018.حسب البطاقة التقنية

I. 2. مكونات وصياغة خرسانة رمل المحاجر:

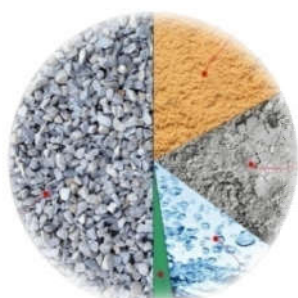
I. 2.1 مدخل:

الخرسانة خليط مكون من عدة مواد بناء متنوعة (اسمنت، حصى، رمل المحاجر، ماء، ملدن ، ألياف معدنية). حيث أن كل الأبحاث العلمية في هذا المجال تسعى إلى إيجاد واستصدار هذا النوع من الخليط ذو أوصاف تمتاز بالديمومة والبقاء من أجل جعل هذه المواد المركبة لهذا الخليط مطابقة لمواصفات قانونية عالمية أو محلية تتضمن تلك الأوصاف المدروسة.

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

I. 2.2 الخرسانة :

الخرسانة عوما هي عبارة عن خليط من عدة مكونات: الأسمنت والماء والرمل والحصى ، وفي أغلب الأحيان ، الإضافات الشكل I. 1 التي تشكل كتلة متجانسة إلى حد ما.



الشكل 1.I مكونات الخرسانة

الجدول 3.I النسب الكتلية و الحجمية للخرسانة

المكونات	النسبة الحجمية %	النسبة الكتلية %
الركام (حصى + رمل)	78-60	85-65
الاسمنت	14-7	18-9
الماء	22-14	9-5
الهواء	6-1	-

المكونات مختلفة تمامًا: من ناحية الكتلة الحجمية كالماء 1 طن / م³ أو الاسمنت 3 طن / م³ ؛ وأيضا من ناحية الحجم المكونات الخرسانة كالاسمنت 0.5 ميكرومتر أو حبيبات الرمل التي تصل إلى 0.5 مم إلى الحجم الأقصى للحصى 125 مم ، تنتج خرسانة بأصناف مختلفة فقد تصنف وفقا للكتلة الحجمية أو حسب الوظيفة التي تقوم بها أو حسب الوسط ويمكن أن تكون خاصة بطلب من صاحب المشروع لا كلها جميعا تخضع لجملة من الشروط فمثلا في الخرسانة العادية نسبة الحصى على الرمل الشائعة ($2 = G/S$) وكذلك الحد الأدنى من كمية الاسمنت (300 kg/m^3) والتركيبية الحبيبية و غيرها ، فمكوناتها والتحقق من خواصها الطازجة والمتصلدة والحدود المفروضة تأتي كلها وفقا معيار محدد NF EN 206 / CN الذي يتناغم في المواصفات و التركيبية الخرسانة مع المعيار NF P 18-201 [16].

تركيبتنا هي لدراسة خرسانة عادية بمتغير وحيد هو رمل المحاجر بدل الرمل العادي بنسبة 100 % في وسط غير معادي (X_0) ودراسة تعزيز خصائصها بالألياف المعدنية بنسبة 1 % - 1.5 %

3.2.I الاسمنت:

الأسمنت عبارة عن رابط هيدروليكي ، أي مادة معدنية مطحونة بدقة ، تمزج بالماء لتشكل عجينة تتصلب وتتصلب نتيجة لعملية الترطيب والتي تحتفظ بمقاومتها بعد التصلب .

يرجع تجميد معجون الأسمنت بشكل رئيسي إلى ترطيب سيليكات الكالسيوم. في الأسمنت ، يمكن أيضا مشاركة الألومينات في عملية التصلب. يجب أن يكون مجموع نسب أكسيد الكالسيوم التفاعلي (CaO) وثاني أكسيد السيليكون (SiO_2) على الأقل 50٪ من الكتلة.

1.3.2 I تصنيف الإسمنت:

1.1.3.2 I التصنيف حسب التكوين:

وفقا لمحتوى المكونات فإن المعيار الأوروبي NF EN 197-1 يعطي 27 اسمنتا مشتركا ، يتم تجميعها في خمسة أنواع رئيسية وهي:

- CEM I : أسمنت بورتلاند الاصطناعي.
- CEM II : أسمنت بورتلاند مركب
- CEM III : اسمنت خبث الفرن العالي .
- CEM IV : أسمنت البوزولانيك .
- CEM V : أسمنت المركب . [17]

وقد تم دمجها لغرض تعديل بعض خصائصها بسبب الظروف البيئية أو الأداء الميكانيكي الذي تهدف إليه هذه الأنواع من الإسمنت حسب نوع الإضافة ومحتواها . [16] [18]

2.1.3.2.I تصنيف الإسمنت وفقاً لتحمل لقوة الضغط:

يقوم المعيار الأوروبي NF EN 197-1 بتصنيف الإسمنت الشائعة وفقاً لقوة الانضغاط (القوة العادية) المحددة وفقاً للمعيار EN 196-1 ، والتي تم قياسها في 28 يوماً في ست فئات لقوة تحمل الضغط [16] [19]

الجدول 4.I: تصنيف الاسمنت وفقاً لقوة التحمل [19]

مقاومة الضغط MPa				صنف المقاومة
المقاومة المرجعية		المقاومة على المدى القصير		
28 يوم		7أيام	2 يوم	
52.5 ≥	32.5 ≤	16.0 ≤	-	32.5N
		-	10.0 ≤	32.5R
62.5 ≥	42.5 ≤	-	10.0 ≤	42.5N
		-	20.0 ≤	42.5R
		-	20.0 ≤	52.5N
		-	30.0 ≤	52.5R

3.1.3.2.I تصنيف الإسمنت حسب نوع البيئة:

بعض أنواع الأسمنت لها خصائص إضافية تسمح لها بالتكيف مع البيئات الخاصة مثل:

- 1 / الإسمنت PM "NF P 15-317": المقاوم لمياه البحر هو أسمنت شائع ذو خصائص فيزيائية وكيميائية إضافية (محتوى محدود من ألومينات الفلزات القلوية aluminat tricalcique) مما يعطيها مقاومة متزايدة لعدوان الأيونات الكبريتات في وجود أيونات الكلوريد ، أثناء الإعداد وبعده.
- 2 / الاسمنت ES : XP P 15-319 المقاوم للماء كبريتات هو اسمنت شائع مع محتويات محدودة من ألومينات ثلاثي الكالسيوم C3A من أجل الحصول على مقاومة متزايدة لعدوان أيونات الكبريتات أثناء الإعداد وبعد ذلك.
- 3 / الأسمنت CP: NF P 15-318 للخرسانة سابقة الإجهاد ، هناك نوعان من الأسمنت يختلفان في محتواهما من أيونات الكبريتيد SO_4^{2-} :

✓ الإسمنت من فئة CP2 التي تحتوي على أقل من 0.2% من أيونات الكبريتيد الموصى بها للإجهاد المسبق.

✓ الإسمنت من فئة CP1 التي تحتوي على أقل من 0.7% من أيونات الكبريتيد الموصى بها للإجهاد المسبق

عن طريق الشد اللاحق

. هناك أيضاً أسمنت خاص يستوفي شروطاً محددة (تصلب سريع جداً ، ومقاومة للحرارة العالية أو الهجوم الكيميائي). ذو مقاوم للوسط الحمضي لوسائل الحمضية.

4.2.I الماء :

الماء بالنسبة للخرسانة يستعمل في ثلاثة أوجه لخلط الخرسانة وكذلك لغسل الركام ثم لمعالجة الخرسانة يعتبر الماء أحد العناصر الأساسية والهامة في أعمال خلطة الخرسانة حيث يقوم بالوظائف الرئيسية التالية:

- إماهة الأسمنت: ماء الخلط العنصر الأساسي لكي تستطيع حبيبات الأسمنت الجافة إتمام التفاعل الكيميائي مكونة عجينة الأسمنت التي تعتبر المادة 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 حوالي 25 - 30 % من وزنه الماء وذلك لإتمام إماهته. ويعتبر الماء هو المسئول الرئيسي عن مقاومة الخرسانة الناتجة.
- يساعد الماء بشكل مباشر في عملية البلل للركام، حتى تحيطه بطبقة من الماء تمنعه من امتصاص الماء اللازم لعملية إماهة الأسمنت
- يقوم ماء الخلط بالدور الأساسي لعملية قابلية التشغيل للخرسانة في 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.

يجب أن يكون الماء مطابقاً للمعايير NF EN 1008 (وهو المعمول به NF EN 206 / CN) [16] يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفاً وخالياً من المواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والمواد العضوية والأملاح كذلك الطين والطيني وأي مواد تؤثر تأثيراً متلفاً على مكونات الخرسانة أو حديد التسليح [17] من الضروري إجراء تحاليل للماء في الحالات العامة لتحديد أهم الخواص الكلور Cl^- - SO_4^{2-} - PH- نسبة الملوحة- نسبة المواد العالقة كل هذه النسب وأكثر يحددها المعيار المذكور السابق على الأخص في الأوساط العدوانية، أو في الخرسانة الخاصة ، وعلى العموم فإن الماء الصالح للشرب هو الخيار الأول المطروح و المقبول في الملحق B للمعيار NF EN 1008

5.2.I الركام :

مجموع مواد XP P 18-540: وهي عبارة عن حبيبات كاملة تتراوح أبعادها بين 0 و 125 مم ، ويمكن أن تكون ذات أصل طبيعي (رمال وحصى البحر والأنهار) ، أو اصطناعية (طينية موسعة) أو ناتجة عن إعادة تدوير النفايات الصناعية (خبث الفرن العالي). إنها تشكل إطار الخرسانة وتحتل 70 إلى 80% تقريباً من حجم الخرسانة ، وهي خاملة من حيث المبدأ. [20]

الدافع وراء استخدامها لصنع الخرسانة هو التكلفة المنخفضة للحجم ، من خلال متانة أفضل واستقرار حجمي مقارنة بخليط الأسمنت والمياه. في الواقع ، إن الطبيعة ، والكمية ، والشكل ، وقياس الحبيبات ، والنظافة ، والحالة السطحية ، ونوع الركام هي عوامل لها تأثير على خصائص الخرسانة ، وكذلك الحالة الصلبة مثل حالة جديدة. أقسام حجم الجسيمات الرئيسية للركام المعطاة بواسطة معيار XP P18-540

1.5.2.I Gravies: الحصى

ندعو الحصى تراكم الحبوب التي تكون من 5 مم إلى 125 مم ، وتطلق تسمية الحصى D/d باعتبار اصغر قطر d و اكبر قطر للحصى D ، فمثلا التي تستعمل في الخرسانة العادية حصى 8/3 او حصى 15/8 ، حصى 25/15 كل وهي من :

- التدمير الطبيعي للصخور.
- سحق الصخور الضخمة.
- حبيبات طبيعية الحصى:

الحبيبية تحدد مسامية الخليط ، إذا كان جميع الركام(الحصى) له نفس الحجم ، سيكون لدينا أقصى مسامية ، فمن الضروري تكوين تدرج حبيبي جيد بمختلف الأبعاد ضمن الحد المطلوب وبالتالي لنحصل على خليط يقلل حجم فراغاته ، يجب التحقق من جودة خواصه الفيزيائية كنفاقوته و تركيبه الحبيبي و خواصه الميكانيكية

الجدول 5.I حدود التحليل الحبيبي [10]

	الركام 0 / D	الركام d/D	
المجمع المار في 2D	%100	%100	
المجمع المار في 1.58D	% 99 ≤	% 99 ≤	في الحالة العامة D < 50 mm
المجمع المار في D	% 85 ≤ و % 99 ≥	الى 80 % اذا كان D ≤ 1.6d	
المجمع المار في d		الى 20 % اذا كان D ≤ 1.6d	
المجمع المار في 0.63 d		% 5 ≥	

2.5.2.I الرمل :

عبارة عن كتلة سائبة من المواد المعدنية غير المنظمة والحبيبية بدقة اقل من 5.00 مم ، وتتكون عادة من الكوارتز (السليكا) ، ونسبة صغيرة من الميكا والفلسبار والمغنيتيت والمعادن الصلبة الأخرى. إنه نتيجة تآكل الصخور وتدهورها وتآكلها عن طريق العمليات الكيميائية والميكانيكية. يعتبر الرمل عنصراً مهماً جداً في بناء الخرسانة ، وعادةً ما يتلف الخرسانة بسبب رداءة الرمل. [16]

ليس هناك أي شروط وضعت على أصل الرمال المستخدمة في الخرسانة ، سواء كانت رمال الوديان أو الكثبان أو المحاجر أو المواد المسترجعة من بقايا هدم الطرقات والمباني لاستعمالها كحبيبات حصوية في صناعة الخرسانة، ونقل هذه المواد إلى أماكن التفريغ يطرح عدة مشاكل (تخصيص مساحات التخزين، تكاليف معتبرة، تشويه للبيئة) لذا يجب إيجاد إمكانية لإعادة تقييمها و استعمالها اي إيجاد مصدر آخر للركام. [13]

من أجل إيجاد أو تكوين خرسانة الرمال، نشير أنه من بين أهم العوامل التي تأخذ بعين الاعتبار عامل النقاوة ، إذ أن استعمال رمال غير نقية ينجم عنه خرسانة ضعيفة المقاومة. [21][22]

- تصنيف الرمل:

حسب حجمه : ناعم (0.08-0.315 مم) ، متوسطة (0.315 - 2.00 مم) و رمل خشن (2.00 - 5.00 مم)

حسب أصلهم: رمال النهر: عدم وجود حبيبات دقيقة./ رمل البحر./ رمل السهول : عدم وجود حبوب خشنة.

بقايا تكسير الحصى (رمل المحاجر): تغلب عليها الحبوب الخشنة ووجود كمية رمل من دقيق ، أو ناعم [16] من أجل إيجاد أو تكوين خرسانة رمل المحاجر، نشير أنه من بين أهم العوامل التي تأخذ بعين الاعتبار

عامل النقاوة ، إذ أن استعمال رمل المحاجر غير نقي ينجم عنه خرسانة ضعيفة المقاومة.[21][22] في هذا البحث نستعمل غير مثنى رمل المحاجر أي انه رمل ناتج من بقايا تكسير الحصى من منطقة بوسعادة بالمسلية يعتبر عائق ومشكل بيئي غير مستغل بصورة دائمة وخاصة في الهياكل الخرسانية ، كما يشغل حيزا ومساحات كبيرة في المحاجر دون استغلاله، أن نقل هذه المواد إلى أماكن التفرغ يطرح عدة مشاكل (تخصيص مساحات التخزين، تكاليف معتبرة، تشويه للبيئة) لذا نقوم بدراسة إمكانية إعادة تقييم وتثمينه و استعمال هذه البقايا وبالتالي إيجاد مصدر آخر للركام بدل المصادر الطبيعية ، وهو رمل ابيض ظاهره بالعين المجردة حبيبات خشنة ذات شكل زوي و به كمية من الرمل الدقائق ، سنقوم لاحقا بمعرفة خصائصه و نقاوته و مدى إمكانية استعماله في الخرسانة

• دور الرمل في الخرسانة:

في الخرسانة ، يحتل الرمل حوالي 4/1 من حجمه ، وبالتالي فإن جودة الرمل تؤثر بشكل كبير على جودة الخرسانة. يملأ جميع الفراغات بين الحصى والتي يربطها جميعا الأسمنت والماء ، وبالتالي يكون له تأثير على الهيكل المضغوط للخرسانة ، من ناحية أخرى ، سعر التكلفة ، لأنه دائما أرخص من الأسمنت[16]

6.2.I الإضافات Les adjuvants

كما هو محدد في المواصفة القياسية NF EN 934-2 ، الإضافات هي منتج يتم دمج بجرعة منخفضة (أقل من 5٪ من كتلة الأسمنت) في الخرسانة أو الملاط أو الجص أثناء الخلط أو قبل التنفيذ ، يتسبب في تحسينات المرغوبة في خاصية واحدة أو عدة خصائص ، في حالة الطازجة أو المتصلب [23] و تستعمل في: تحسين القابلية للتشغيل للخرسانة الطازجة دون زيادة ماء الخلط ، التعجيل أو التأخير في الشك ، تقليل معدل فقد الهبوط للخرسانة، تحسين القدرة على ضخ الخرسانة، الحد من حدوث الانفصال الحبيبي، زيادة المقاومة المبكرة للخرسانة، الحصول على خرسانة عالية المقاومة ، تحسين خواص الخرسانة المتصلدة مثل مقاومة البرى ، الحصول على خرسانة غير منفذة للماء أو خرسانة خلوية أو خرسانة ذات صفات خاصة.

يوجد العديد من الإضافات الكيميائية التي تستخدم مع الخرسانة ويمكن تقسيمها إلى المجموعات الآتية:

- إضافات تخفيض الماء والتحكم في الشك (سبعة أنواع).
- إضافات الهواء المحبوس.
- إضافات لمنع نفاذ الماء بالخرسانة.
- إضافات لمقاومة إجتفاف الأسمنت بفعل الماء
- إضافات لتلوين الخرسانة.
- إضافات أخرى متنوعة [24]

يجب أن يتوافق استخدام الإضافات لإنتاج الخرسانة الإنشائية مع متطلبات المعيار NF EN 206-1.[23]

• دور المميّعات أو الملدّنات :

توجد الملدّنات و الملدّنات الفائقة عموماً في صورة سائلة وتضاف إلى الخلطة الخرسانية بنسبة تتراوح من 1% إلى 3% من وزن الأسمنت وهي أكثر وأهم أنواع الإضافات استخداماً وشيوعاً. وقد وجد أن نسبة 3% من الملدّنات الفائقة تعطى أفضل النتائج. وتوجد الملدّنات في السوق تحت أسماء تجارية عديدة لكن الفرق الأساسي هو في تخفيض درجة ماء الخلط بالنسبة الملدّنات يتراوح من 6% إلى 12% عند ثبات قوام الخلطة الخرسانية

أما بالنسبة الملدّنات الفائقة فدرجة تخفيضها للماء تزيد عن 12 وقد تصل إلى 30 % عند نفس قوام الخلطة الخرسانية. ومن أهم وظائفها تحسين خواص الخرسانة الطازجة وذلك بزيادة القابلية للتشغيل وزيادة السيولة مع ثبات نسبة E/C [24]

وبما أن قطر الحبيبات التي تدخل في تركيب خرسانة رمل المحاجر يكون أقل أو يساوي 5 مم، فإن السطوح النوعية تكون أكبر، مما يجعل الخلطة الخرسانية الطازجة جافة جداً وصعبت التشغيل وبالتالي تكون التشغيلية ضعيفة، مما يستدعي إضافة كمية أكبر من الماء وهذه الإضافة ستؤثر على الخصائص الميكانيكية الأخرى ، ولهذا يصبح من الضروري الاستعانة ببعض الإضافات والمحسنات للتقليل من قيمة المعامل $\frac{E}{C}$ من أجل رفع المقاومة [25].

7.2.I الألياف: Les Fibres

ويستعمل هذا النوع من المحسنات كمادة مقوية داخل الخلطة الخرسانية بهدف التحسين من مقاومة الخرسانة للشد والتقليل من ظاهرة الانكماش [26] .

3.I صياغة الخلطة الخرسانية

1.3.I مقدمة

إن صياغة الخرسانة تعني تزويد مواقع البناء بتركيب خرساني قادر على تلبية ليس فقط متطلبات المقاول الرئيسي ومكتب التصميم ومكتب الأساليب ، ولكن أيضاً الاستدامة. إن التحدي تقني واقتصادي على حد سواء لأنه تم تنويع الاحتمالات بفضل تنوع الأسمنت والإضافات والمواد المساعدة المتاحة في السوق [27]. تلعب الصياغة الدور الذي تؤديه من خلال معلوماتها الخاصة التي تجعل من الممكن إضفاء مظهر جديد على الخرسانة ، وتتكون من اختيار نسب كل من مكونات الخرسانة من أجل الحصول على الخصائص الميكانيكية والتنفيذية ، يجب قبل كل شيء ، قم بدمج متطلبات معيار NF EN 206-1 ، والذي ، اعتماداً على البيئة التي سيتم فيها وضع الخرسانة ، سيكون أكثر أو أقل صعوبة فيما يتعلق بالحد الأدنى من الأسمنت الذي سيتم إدخاله فيه الصيغة والحد الأقصى من كمية المياه المسموح بها. وبالمثل ، لكل بيئة معينة ، ستكون هناك حاجة إلى مقاومة مضمونة لمدة 28 يوماً على قطع الاختبار للمنتجين ، الذين يمكنهم تبرير جرعات الإسمنت أعلى أو أقل من توصية المعيار ، واستناداً إلى الخبرة الخاصة بكل شركة ، والتي الاعتماد على المواد الخام التي قد تختلف كثافتها لا سيما كثافة الركام [28].

طور العديد من المؤلفين (Bolomey 1925)، (Caquot 1937)، (Valette 1940)، (Faury 1942) (Joisel 1952) ، طرق صياغة ملموسة. وفقاً للبلد والمدرسة الفكرية ، الأكثر استخداماً هي الطريقة الأمريكية (1994) ، الطريقة البريطانية (1988) ، الطريقة الفرنسية [(Dreux 1970) (Barron Lesage 1976)] الطريقة القائمة على نموذج التراص القابل للانضغاط ، طريقة خطة التجربة (Louvet F) [29]

2.3.I أهداف صياغة:

الأداء المطلوب للخرسانة يعني:

- * تناسق متكيف مع وجهته ، يتم تعريفه بشكل عام من خلال الهبوط في مخروط أبرامز Aft.
 - * صفات المقاومة في أوقات مختلفة ، في الغالب في 28 يوماً ؛ سلاحظ f_{c28} هذه المقاومة.
 - * صفات المتانة التي تؤدي إلى فرض جرة الحد الأدنى من الأسمنت والحد الأقصى لنسبة E / C [20].
- يجب أن تجعل صياغة الخرسانة من الممكن الامتثال للمتطلبات الأولين بأقل تكلفة ، وبالتالي في معظم الأحيان من جرة من الأسمنت C عند أدنى مستوى ممكن أثناء فحص.

3.3.I طرق صياغة الخلطة الخرسانية

1.3.3.I طريقة Bolomey

باستخدام الصيغة المناسبة ، يقدم [30] Bolomey أصغر وأكبر أقطار d و D للركام ومعامل يمثل نسبة العناصر الدقيقة الموجودة في الخليط الجاف والتي تعتمد على الاتساق المطلوب للخرسانة وكذلك طبيعة الركام. لذلك تتم الإشارة إلى منحنيات حجم الجسيمات للمكونات الجافة ويتم بذل جهد لإنتاج التركيبة الحبيبية الكلية (بما في ذلك الأسمنت) والتي يكون منحنى أقرب ما يمكن إلى المنحنى المرجعي النظري. الصيغة الأساسية هي كما يلي:

$$P = A + (100 - A) \sqrt{\frac{d}{D}} \dots \dots \dots (1.1)$$

مع :

P: النسبة المئوية للحبوب التي تمر عبر مصفاة قطر d

D: قطر أكبر حبة.

A: معامل يختلف من 8 إلى 16 ، وتكون قيمته أعلى كلما زادت جرة الأسمنت.

الطريقة الحالية لها ميزة أنها فتحت الطريق لدراسات الخرسانة. إنها طريقة جيدة. ومع ذلك ، لا يمكن تطبيقه إلا على الركام الذي تتراوح كثافته بين 2.2 و 2.7 g/cm^3 ؛ هذه هي المجاميع الأكثر شيوعاً. تعطي خرسانة غنية بالعناصر الدقيقة ، بلاستيكية إلى حد ما ، وبالتالي يمكن التحكم فيها ، من المرجح أن تظل خشنة أثناء صب الخرسانة ، تستخدم عندما تكون القوة الميكانيكية مرتفعة هي الصفات الخرسانية المطلوبة ببساطة، ويكثر استخدامها في أعمال الطرق والخرسانة التي يتم وضعها عن طريق الضخ [31].

2.3.3.I طريقة أبرامز:

اقترح أبرامز قاعدة خلط تستند إلى الحصول على معامل نعومة عام لخلطة الركام ككل من خلال معرفة وحدات النعومة الركام المستخدمة [32].

وبعبارة أخرى ، فإنه يجعل من الممكن حساب نسبة متوسطة لمجموع وحدات النعومة $Mf1$ و $Mf2$ من أجل الحصول على وحدة Mf المختارة للخليط. يتم اختيار هذا الأخير بحيث يتم تقليل الفراغات في هذا الخليط من حيث المبدأ إلى الحد الأدنى. من الواضح أن هذه الوحدة تعتمد على العديد من المعاملات مثل: شكل وطبيعة وحجم الركام ، وجرعة الأسمنت ، والقوة المرغوبة والمرونة ، إلخ. [32].

3.3.3.I منهج Faury

في عام 1942 اقترح Faury قانون تدرج جديد من النوع "المستمر". وقد استلهمت من نظرية Caquot المتعلقة بدمج حجم حبيبات ذات حجم موحد يتوافق مع متوسط الاستخدام. قانون التدرج الذي ينشأ دالة من $\sqrt[5]{d}$ هذا هو السبب في اعتماد فوري على مقياس ينطلق من $\sqrt{d}$ ومن ثم فإن منحني حجم الركام المثالي الذي يؤدي إلى أقصى قدر من الضغط هو خط مستقيم نظرياً ؛ غير أن فوري ميز بين حبوب الركام المتوسطة ($D / 2$) عن الركام الكبيرة ($D / 2 <$) وتبنى نقطة كسر لتمييز بينهما وانحدار الخط المرجعي ليس هو نفسه لكل من هاتين الفئتين [32].

4.3.3.I طريقة Valette

يختلف مبدأ هذه الطريقة [33] تمامًا عن مبدأ Bolomey و Faury ، لأنه لم يعد يستخدم منحنيات حجم الجسيمات. إنها طريقة تجريبية بشكل أساسي ولكنها تتطلب مع ذلك عددًا معينًا من الحسابات التحضيرية. غالبًا ما يشار إلى هذه الطريقة باسم "جرعات الخرسانة بأقصى ضغط" أو "جرعات الخرسانة ذات الحد الأدنى من الرمل" أو "جرعات الخرسانة ذات الدقة المتقطعة".

يعتمد مبدأه على حساب جرعة الرمل والأسمنت لإعطاء خرسانة ممتلئة بحد أدنى من الأسمنت ؛ يتم الحصول على هذه الجرعة عن طريق قياس الفراغات في الرمل الرطب وحساب جرعة الأسمنت مما يسمح بملء حجم الفراغات في الرمل بحجم متساو من معجون الأسمنت النقي [32].

ثم أضف أكبر قدر ممكن من الحصى الرطبة المتوافقة مع قابلية التشغيل مما يسمح بالقولبة الصحيحة والتنفيذ السهل في ظروف الموقع.

ثم نحصل على خرسانة صلبة بحد أدنى من الرمل وأقل نسبة (في الأسمنت) [32].

تتمتع هذه الطريقة بميزة إعطاء الخرسانة المقاومة للغاية ولكن على حساب قابلية التشغيل لأنه من الصعب جدًا التعامل معها. [31].

5.3.3.I طريقة Joisel :

مثل Faury's هذه الطريقة مستوحاة من نظرية Caquot ولكن بتعميمها، يرى Joisel أن القانون الحبيبي الذي يؤدي إلى أقصى ضغط هو دالة $\sqrt[3]{d}$ وهو يعتمد m معامل الاكتناز أو التراص التي يتم بها معرفة الحجم المطلق للركام وفقًا معامل m ؛ يمكن أن تختلف m من 3 إلى 10 [32].

من أجل الحصول على منحني مرجعي لحجم الجسيمات يتم اختزاله إلى خط مستقيم بسيط ، لم يعد مقياس الخراج متناسبًا بشكل منهجي مع $\sqrt[3]{d}$ (فوري) ولكن إلى $\sqrt[3]{d}$ ، m يختلف مع شد المواد.

كما هو الحال في طريقة Faury ، فإننا نصل إلى دقة مستمرة باستثناء بالطبع ، إذا كانت المجاميع المتاحة لديها انقطاع.

ومع ذلك ، لتجنب كسر الخط المرجعي عند نقطة الخرج $D / 2$ ، حدد Joisel مقياس الفاصل الزمني $D / 2$ بحيث يكون له خط مستقيم واحد فقط هو ميزة هذه الطريقة.

وهكذا تتم هذه الطريقة الرسومية التي نستلهم من خلالها تحديد النسب المئوية للمجموعات المختلفة [31] ، كما في طريقة Faury و Valette ، فإن جرعة الأسمنت التي تحددها هذه الطريقة هي الحد الأدنى للجرعة المطابقة نظريًا على مستوى التدرج الحبيبي ، إلى الحد الأقصى من الدمج ؛ هذه الجرعة بشكل عام أقل بكثير (150 إلى 200 kg/m^3) من الجرعة اللازمة أو المطلوبة (250 إلى 400 kg/m^3 في معظم الحالات). ولذلك يجب إجراء تصحيح في هذا الاتجاه [32].

6.3.3.1 طريقة Dreux – Gorisse

هذه الطريقة الفرنسية هي في الأساس تجريبية في طبيعتها تعود إلى عام 1970. أجرى دريو مسحًا كبيرًا لجمع البيانات حول الخرسانة المرصية ، بناءً على تحليل إحصائي لهذا العدد الكبير من الخرسانة والجمع بين المنحنيات الحبيبية التي تم الحصول عليها ، تمكنوا من العثور على نهج تجريبي لتحديد منحني حبيبي مرجعي في شكل خطين مستقيمين في مخطط نصف لو غاريتمي.

بعد تكوين الخرسانة ، من الممكن دائمًا إجراء بعض الاختبارات من خلال تغيير نسب الركام المختلفة للتحقق مما إذا كان التحسين في قابلية العمل يمكن تحقيقه [34].

من ناحية أخرى ، من السهل جدًا استخدامه لأنه لا يتطلب سوى معرفة منحنيات حجم الجسيمات من

الركام المستخدم [35]

7.3.3.1 طريقة البارون و LESAGE

طريقة تجريبية بحتة تعتمد على استخدام مقياس المناورة . مبدأها هو تحديد مجموعة نسب المكونات الصلبة الخاملة التي تقابل التدفق الأسرع باستخدام مقياس المناورة . ثم قم بتغيير جرعة الماء حتى يتم الحصول على التدفق المطلوب [36] .

8.3.3.1 طريقة الحجم المطلق

طريقة الحجم المطلق هي طريقة صياغة مسبقة مناسبة للخرسانة يسمح بتكوين المخاليط التي تم تحديد حجمها الإجمالي في اتجاه التيار . صفاته تعطيه طابعًا دقيقًا وعشوائيًا ، وهو الأنسب للعمل البحثي.

مع العلم أن خليط الخرسانة يتكون عادة من الماء والأسمنت والرمل والحصى . تتضمن هذه الطريقة حجم الهواء المحبوس في الخليط . يسمح بتغيير حجم كل " V_x " من هذه المكونات دون تغيير الحجم الكلي. V_{total}

$$V_{ciment} + V_{eau} + V_{sable} + V_{gravier} + V_{vide} = V_{total} \quad (1.2) \dots\dots [37]$$

9.3.3.I ختام واختيار طريقة صياغة:

بعد هذا العرض الموجز للطرق الرئيسية التي تمت مواجهتها لتطوير صياغة متر مكعب من الخرسانة بين مؤيدي الحبيبية المستمرة والحبيبية المتقطعة ، نجح الباحثون في صياغة كل منهم بنظريته وكل منهجه يحاول تبرير هذه الأسباب للجميع ، ولكن إذا كانت التفاصيل الدقيقة تفضل المزيد من الخرسانة ذات قابلية التشغيل جيدة والمقاومة كبيرة مع تحقيق شروط الاستدامة ، كل ذلك بطريق بسيطة مرنة بحيث نتحكم في s/g للوصول الى سهولة التنفيذ وتثبت النسبة E/C بحيث تحقق شروط الاستدامة و الوصول الى المقاومة المنشودة يجب ان دقق في الطرق السابقة حيث يعتمد معظمها على نظرية Caquot ، ومع ذلك فان طريق "Dreux-Gorisse" يأتي من الصف الاول (مرتبة 3) [29] من ناحية الاستعمال ، وكذلك لسهولة استخدامها [29] لتحقيق الاهداف المرجوة فقد وقع اختيارنا على عليها .

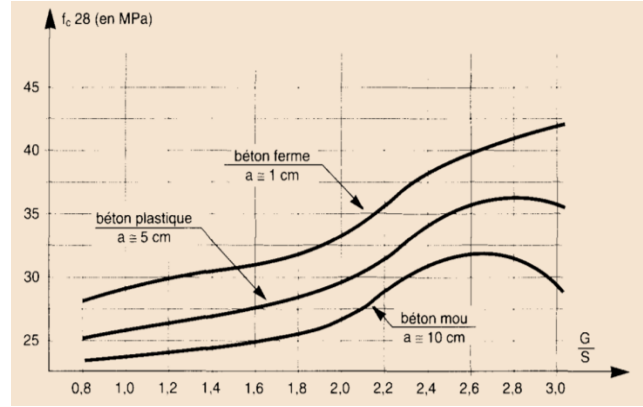
I. 4. العوامل المؤثر على جودة الخرسانة :

I.4.1 تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة :

القيمة G / S تمثل نسبة الحجم المطلق للحصى على S الحجم المطلق للرمل خلال الدراسات العديدة التي أجريت على تكوين الخرسانة ، ما يثير الدهشة هو التأثير الضعيف نسبياً لتكوين حجم الجسيمات من الخرسانة ، سواء فيما يتعلق بالنسب النسبية للرمل والحصى (نسبة G / S) باعتبارها استمرارية أو انقطاع منحنى حجم الحبيبي. يتم تلخيص التقييمات المتعلقة بهذا التأثير على الصفات المختلفة للخرسانة في المنحنيات التجريبية في الشكل 2.I

تظهر هناك في الواقع ، بالنسبة لـ $G / S = 2$ (القيم الأكثر شيوعاً) ، يكون تأثير نسبة G / S منخفضاً نسبياً ، بينما تزداد المقاومة بشكل ملموس للقيم الأعلى خاصة للخرسانة الصلبة او الجاف ؛ ولكن لأسباب قابلية التشغيل ، لا يُنصح بتجاوز $G / S = 2.0$ إلى 2.2 في للخرسانة الشائعة ، ما لم يتم اتخاذ احتياطات خاصة عند استخدامها.

إن عامل G / S ليس مرجعاً وحيد بشكل خاص، بل من ناحية أخرى ، تعتبر حبيبية الرمل ، التي تم تعريفها على سبيل المثال من خلال معامل نعومتها ، عاملاً مهماً جداً. يفضل استخدام وحدة رمل ذات 5 مم ، ومعياري النعومة من 2.20 إلى 2.80 يتم تسجيل منحنى في المنطقة A ، وبشكل عام في الوقت الحالي لا يتجاوز قيم G / S من 1.5 إلى 1.6 ؛ وهذه تضحية طفيفة بخفض المقاومة لصالح قابلية التشغيل ، حيث يتم الاحتفاظ بنسب أقل من 1.5 للحالات التي تكون فيها شروط وضع الخرسانة صعبة نظراً لوجود تعزيزات كثيفة أو تأثير جدار كبير [20]



الشكل 2.I : تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة [20]

2.4.I جرة الأسمنت الدنيا

على الرغم من أنه لحسن الحظ ، هناك توافق بين مواصفات النصوص التنظيمية المختلفة ، إلا أنها لا تأخذ دائماً نفس الأشكال اعتماداً على ما إذا كان المرء ينظر فقط إلى جانب المقاومة المرغوب فيه أو المشكلة بأكملها تؤخذ بعين الاعتبار ، وبالتالي مراعاة البيئة ، كما في النصوص الأخيرة المنشورة.

يتم تحديد جرات الأسمنت الدنيا الموضحة في المعيار NF P 18 201 المتعلق بتنفيذ الأعمال الخرسانة الجرات الدنيا المنصوص عليها في النشرة A 65 ، والتي تعتمد أيضاً على البيئة التي توجد فيها الأجزاء المختلفة من الأعمال ، هي: • في بيئة غير مكشوفة: لا توجد مواصفات معينة ،

• الخرسانة المسلحة المعرضة لبيئة لا تتسم بالعوانية: (1.3) $C = \frac{550}{\sqrt[3]{D}}$

• الخرسانة المسلحة المعرضة لبيئة ليست عدوانية خاصة ولكنها تشتمل على واجهات دقيقة (1.4) $C = \frac{600}{\sqrt[3]{D}}$...

• الخرسانة المسلحة المعرضة لظروف عدوانية شديدة أو تصب تحت الماء كذلك (1.5) $C = \frac{700}{\sqrt[3]{D}}$ [20]

يشير BAEL 91 إلى الجرات الدنيا kg/m^3 من الأسمنت لكل متر من الخرسانة مما يسمح بالحصول على مقاومات مميزة في الحالات الشائعة. في الجدول 5.I يتم تحديد هذه الجرات وفقاً لفئة الأسمنت والحجم الأقصى للركام "D"

الجدول 6.I يتم تحديد هذه الجرات وفقاً لفئة الأسمنت والحجم الأقصى للركام "D" [28]

42.5 R و 42.5		32.5 R و 32.5		صنف الاسمنت
AS	CC	AS	CC	D_{max}
			300 Kg/m^3	16
300 Kg/m^3	325 Kg/m^3	325 Kg/m^3	350 Kg/m^3	D20
350 Kg/m^3	375 Kg/m^3	300 Kg/m^3	à justifier	25
à justifier	à justifier	à justifier	Non admis	30

وأخيراً يشير المعيار NF EN 206/CN إلى الحد الأدنى من الجرات مع مراعاة البيئة التي يقع فيها الهيكل و بالشروط التي يجب أن تستوفيها جرات الاسمنت بتحديد القيم الدنيا وفقاً للحالات المختلفة .

3.4.I تأثير النسبة $\frac{E}{C}$ على المسامية :

قبل الحديث على تأثير النسبة $\frac{E}{C}$ على المسامية يجب معرفة مفهوم المسامية n إذ أنها تعرف [39]

بالنسبة الحجمية بين حجم الفراغات V_v على الحجم الكلي V_t

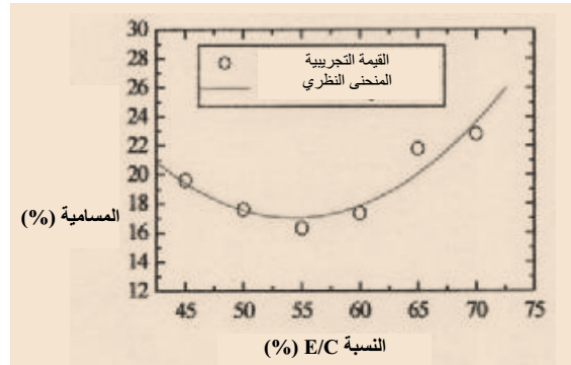
إن النسبة $\frac{E}{C}$ لها تأثير كبيرة على خصائص الخرسانة، ومن ذلك تأثيرها المباشر على المسامية :

كما أكد [13] نقل الدراسة التي قام بها LOGBI ABDELAZIZ [40]، وكذلك الدراسة التي قام بها

LAYCHI GUELMINE [41] والتي تبين أن المسامية تبلغ قيمتها المثلى (الدنيا) عند النسبة $\frac{E}{C} = 0.55$

والتي تكون فيها نسبة الماء وتركيز الاسمنت قد عنيت بدراسة جيدة، حيث أن الزيادة في هذه النسبة، يعني زيادة كمية الماء مخلفة عند خروجها مسامات تكون كثيرة وفي بعض الحالات تكون متصلة ببعضها البعض مما يشكل أخطار مختلفة أهمها دخول عناصر غريبة إلى قلب الخرسانة من ناحية وضعف التراصية من ناحية أخرى. أما نقصان هذه النسبة فينتج عنه عدم التفاعل الكلي لكمية الاسمنت، مما يؤدي إلى عدم تلاحم كل مركبات الخرسانة (الركام)، وهذا يخلف فراغات بين حبيبات هذا الأخير وبالتالي زيادة المسامية والتي ينتج عنها كما ذكرنا ضعف

الخصائص الميكانيكية. و الشكل 3.I أدناه يوضح تأثير النسبة $\frac{E}{C}$ على المسامية :



الشكل 3.I أدناه يوضح تأثير النسبة $\frac{E}{C}$ على المسامية

4.4.I تأثير النسبة $\frac{E}{C}$ على المقاومة:

تزداد المقاومة في نفس الوقت مع زيادة الجرعة في الأسمنت C وتنقص في زيادة جرعة الماء E ولهذا السبب نميل إلى أخذ نسبة C / E في الاعتبار كعامل عالمي يشارك في مقاومة الخرسانة. ومن المعتاد أيضًا أن يتبنى البعض عامل E / C المعكوس. من " C / E ", يجعل من الممكن التعبير عن قيمة المقاومة عن طريق دالة خطية وزائدة بسيطة مثل التي تتوافق مع صيغة Bolomey:

$$R = K (C / E - 0.5) \dots \dots \dots (1.6)$$

بالإضافة إلى ذلك تبدو مقاومة الخرسانة كانت دالة خطية إلى حد كبير في نطاق استخدام C / E التي تتراوح من 1.5 إلى 2.5 ، (E / C فقط من 0.66 إلى 0.4) كما هو الحال في جميع هذه الصيغ ولكنها أكثر اختلافًا لأنه بالنسبة للمجالات الأخرى ، صعوبة شرح المعامل K عدديا لانه يحتوي على العديد من المتغيرات: طبيعة جودة الأسمنت والركام (الطبيعة المعدنية ، الالتصاق ، الشكل ، النظافة) ، الحبيبية فرز الخليط ومعامل الرمل

الناعم وكثافة. ، ومع ذلك إذا أردنا أن يكون للصيغة بعض الفائدة العملية ، فإنه من الممكن تقريباً إصلاحها وأعطاه صيغة عددياً ، لذلك نختار صيغة Bolomey لأنها أبسطها والتي بدت لنا التحقق منها خلال العديد من الاختبارات يمكن كتابتها على هذا النحو:

$$f_{c28} = G \cdot C_E ((C/E) - 0.5) \dots \dots \dots (1.7)$$

بحيث:

f_{c28} مقاومة ضغط الخرسانة عند 28 يوماً (متوسط القيمة) .

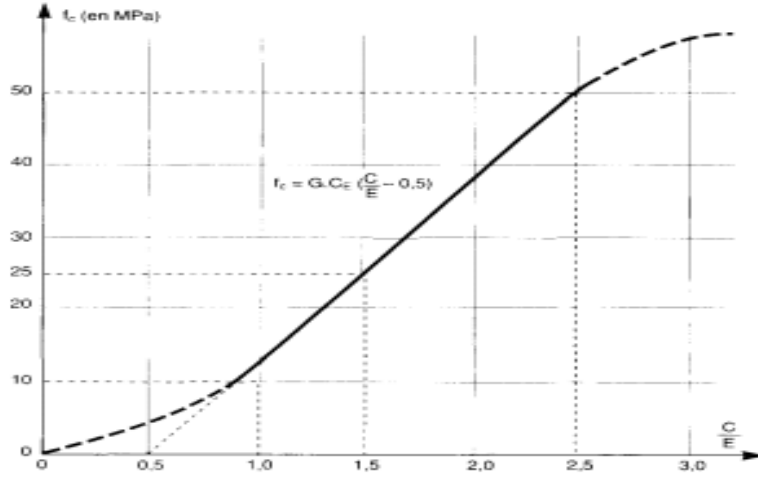
C_E : فئة الاسمنت الحقيقية في 28 يوماً (أو متوسط القيمة).

C = جرعة الأسمنت (بالكيلو غرام / م³).

E = جرعة الماء الكلية على المواد الجافة (في 1 / م³).

G = معامل حبيبي (متوسط القيمة $G > 0.50$)

وبالتالي يمكن افتراض أن مقاومة الخرسانة كدالة لنسبة C / E تتغير كما هو موضح في الشكل 4.I.

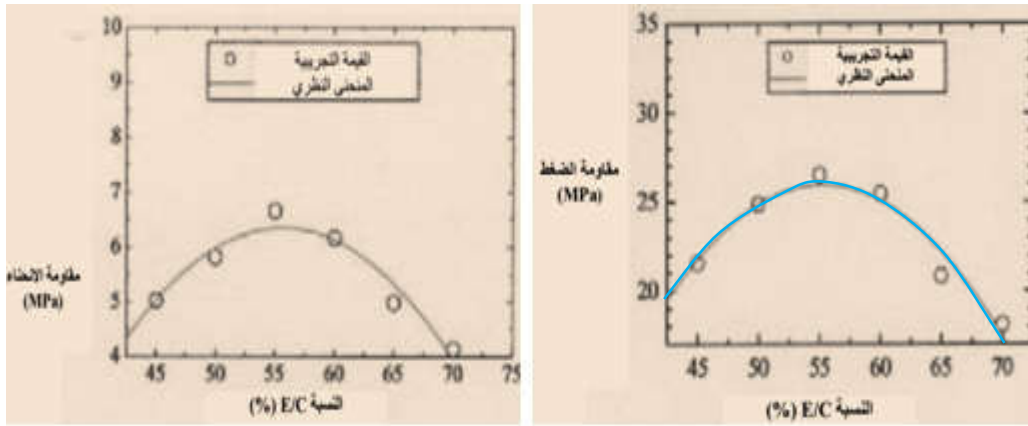


الشكل 4.I العلاقة بين النسبة C/E و قوة مقاومة الضغط f_c

يمكن أن تؤدي الصيغة المذكورة أعلاه إلى الاعتقاد بأن الخرسانة ذات القوة المماثلة سيتم الحصول عليها بغض النظر عن جرعة الأسمنت شريطة الحفاظ على نفس النسبة C / E من خلال خصم جرعة الماء E من القيمة المختارة للجرعة في الاسمنت C وهذا غير صحيح لأن هذه العلاقة الخطية بين المقاومة ونسبة C / E صالحة فقط لقيم C / E التي تتراوح من 1.5 إلى 2.5 (القيم الأكثر شيوعاً) أما بالنسبة للقيم الأقل تنخفض المقاومة أبطأ عندما ينخفض C / E [درقيس]

يأتي تأثير هذه النسبة على المقاومة من كون هذه النسبة عند زيادتها مما يعني زيادة الماء عن الحاجة كما ذكرنا سابقاً وعند خروجه يخلف فراغات (مسامات) هذه الأخيرة تؤثر على جسم الخرسانة حيث يكون شبه مجوف وهذا مما يجعله سهل للانضغاط والانكسار [40]

ونقل [13] أن الدراسة التي قام بها [41] توضح مقدار تأثير النسبة $\frac{E}{C}$ على مقاومة الضغط ومقاومة الانحناء من خلال الأشكال 5.I ، 6.I (المحنيات) التالية :



الشكل 5.I تأثير نسبة E/C على مقاومة الضغط
الشكل 6.I تأثير نسبة E/C على مقاومة الانحناء
وقد لاحظ الكثير من الدارسين أن كل العلاقات و النظريات التي تعرض طرق صياغة الخرسانة تهتم اهتماما بالغا بكمية الماء اللازمة للخلط وكمية الاسمنت المستعملة وبالتالي الإهتمام بالنسبة $\frac{E}{C}$ التي لها التأثير المباشر والكبير على خصائص الخرسانة [42].

5.I خواص الخرسانة:

تدرس خواص الخرسانة في حالتين توجد الخرسانة إما تكون في الحالة طازجة أو متصلة

1.5.I الخرسانة الطازجة:

وهي الخرسانة التي تبدأ من لحظة إضافة الماء إلى مكونات الخرسانة الجافة وحتى لحظة حدوث زمن الشك الابتدائي ، وتمتاز هذه المرحلة بالقدرة على الخلط والنقل والصب ، ومن خواصها الرئيسية هي قياس قوام الخلطة وهي تعبر عن السيولة النسبية ، ويمكن قياسها بثلاثة اختبارات هي : الهبوط، الانسياب ، الكرة الهبوط

2.1.5.I اختبار الهبوط أبرامز 'Coned' Abrams:

الهدف منه تحديد قوام الخلطة الخرسانية بتعيين مدى هبوطها بعد تشكيلها على هيئة مخروط ناقص.

وذلك للتأكد من نسب مكونات ويعتبر هذا الاختبار من أبسط وأفضل

الوسائل لضبط الجودة.[17]

نتذكر المبادئ الأساسية في استخدام مخروط أبرامز:

مخروط برامس هو قمع او مخروط ناقص مفرغ ومدمب ارتفاعه 30 سم والسفلي 20سم و العلوي 10 سم سمكه 1.5 مم مملوء بالخرسانة على قاعدة ملساء غير نفوذه، يتم الحشو في ثلاث طبقات معبأة بقضيب فولاذي بقطر 16 مم و ارتفاع 60سم، ليتم دمكه بمعدل 25 ضربة لكل طبقة ؛ ثم يتم رفع القالب(بعد استواء السطح) بعناية لقياس الركود مباشرة [20] بواسطة مسطرة ، هذا القياس يسمح بالتصنيف التقريبي لهبوط الخرسانة

الصورة: 1.I هبوط مخروط برامس

الموضح في الجدول 6.I .

و يصنف الهبوط بمخروط أبرامز يحدد المعيار NF EN 206-1 تبعا للمعيار EN 12350-2 في خمس فئات .

الجدول 7.I : تصنيف الخرسانة حسب الهبوط في مخروط أبرامز معيار الهبوط .

الصف	جاف	صلب	لدن	مبتل	رخو
قيمة الهبوط (مم)	10 إلى 40	50 إلى 90	100 إلى 150	160 إلى 210	220 <

3.1.5.I الكتلة الحجمية للخرسانة الطازجة: [43]

نقيس الكتلة الحجمية للخرسانة الطازجة وفقاً للمعيار (EN 12350-6) باستخدام حاوية صلبة مقاومة للماء. وبعد وضع الخرسانة في الحاوية نقوم بهزها وتسوية جيدة. لحسابها باستخدام الصيغة التالية:

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V} \dots \dots \dots (1.8)$$

D: هي الكتلة الحجمية للخرسانة Kg/m^3 m_2 : كتلة الحاوية بعد التسوية وهي ملئ بالخرسانة (Kg).
V: حجم الحاوية بالمتر المكعب (m^3) m_1 : هي كتلة الحاوية فارغة (kg).

2.5.I خواص الخرسانة المتصلدة:

بعد عملية صب الخرسانة وبعد زمن قصير تبدأ في التصلب فلا يمكن تغيير شكلها وتستمر الخصائص في التطور لأشهر عديدة ويمكن لسنوات.

- انضغاط الخرسانة هو ميزة أساسية لقوة تحملها. فالخرسانة المتصلدة لها قوة الضغط الجيدة .
- ظواهر الانكماش خاصية يمكن التنبؤ بها في تطور الخرسانة.
- يمكن قياس خصائص التشوه تحت حمولة مطبقة على الخرسانة .

1.2.5.I مقاومة الضغط:

إن مقاومة الضغط هي أهم خواص (الميكانيكية) للخرسانة المتصلدة على الإطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحياتها ، وهي المقاومة الأم للخرسانة حيث أن معظم الخواص والمقاومات الأخرى كالشد والانحناء والقص والتماسك مع حديد التسليح تتحسن وتزيد بزيادة مقاومة الضغط والعكس صحيح. لذلك يجري اختبار الضغط بغرض التحكم في جودة إنتاج الخرسانة ولتحديد المقاومة المميزة للضغط. و يفيدنا في تحديد صلاحية الركام وماء الخلط للتعرف على تأثير شوائبهما على مقاومة ، والواقع حالياً أن مقاومة الضغط لخرسانة المنشآت التقليدية تتراوح 25- 35 MPa أما بالنسبة للمنشآت الخاصة والوحدات سابقة التجهيز 40-50 MPa والوحدات الخرسانية سابقة الإجهاد MPa40 - MPa60 ، أما الخرسانة عالية المقاومة (أكثر 80 MPa) [17].

وهذه بعض نتائج الدراسات على تأثير نوع الرمل على مقاومة الضغط في الجدول 7.I

الجدول 8.I نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيبات الخرسانة

الاسمنت Kg/m^3	الرمل Kg/m^3	الماء Kg/m^3	حصى Kg/m^3			مقاومة الضغط MPa:		
			8/3	15/8	25/15	7 ايام	14 يوم	28 يوم
400	669	250	146.5	998		18	22	25
400	714	250	128	998		18	25	30
350	658.9	175		586.6	533.59	16.8		23.9
350	622.44	175		513.27	680.78	17.2		23.9
350	618.6	175		476.61	735.98	21.2		27.9

التركيبية 2-1 Laid Bedadi من أعمال تجربة على نوعين من الخرسانة بحيث

تركيبية 1 (رمل كثبان 40% + رمل طبيعي 60%) و تركيبية 2 (رمل طبيعي 100%) [44]

التركيبية 3-4-5: bellache ferhat et ouarti adel: جميع تركيبات برمل من منطقة بجاية حيث

تركيبية 3: رمل خشن 4/1.25 و تركيبية 4: رمل ناعم 1.25/0 اما 5: رمل محاجر ENOF 3/0 [37]

2.2.5.I مقاومة الشد:

تعتبر مقاومة الشد ضعيفة إذا ما قورنت بمقاومتها للضغط ويرجع هذا لكونها مادة قصفة ومع ذلك اهتم الباحثون بمقاومة الشد في الخرسانة لأن حدوث معظم التشققات والشروخ فيها ناتج عن صغر مقاومتها للشد ومقاومة الشد في الخرسانة تتراوح ما بين 7% إلى 14% من مقاومتها للضغط، ونظراً لصعوبة إجراء اختبار الشد المباشر فإنه يتم اللجوء إلى طرق غير مباشرة [17] منها مقاومة الشد عن طريق الانحناء وتسمى معايير الكسر في الانحناء، وعموماً تؤخذ مقاومة الشد للخرسانة مساوية لـ 60% من قيمة مقاومة الانحناء [17] كما يمكن إجراء اختبار الشد غير مباشر بالطريقة البرازيلية (الانشطارية)، ويتميز بسهولة الإجراء وذلك لوجود إجهادات الشد بقيمة ثابتة ومنتظمة على حوالي 60% من طول مستوى الانهيار وعموماً تؤخذ مقاومة الشد للخرسانة مساوية لـ 85% من قيمة مقاومة الشد البرازيلي.

وهذه بعض نتائج الدراسات على تأثير نوع الرمل على مقاومة الشد في الجدول 8.I

الجدول 9.I نتائج مقاومة الشد لبعض تركيبات الخرسانة

الاسمنت Kg/m ³	الرمل Kg/m ³	الماء Kg/m ³	حصى Kg/m ³		الملدن	مقاومة الضغط: MPa		
			15/8	8/3		7 ايام	14 يوم	28 يوم
400	669	250	998	146.5		1.2	1.6	2
400	714	250	998	128		1.5	2	2.3
450	672	167	961	122	4.5	4.73		5.10
450	697	167	961	104		4.73		6.43
450	687	167	961	122		5.48		5.65

التركيبية 2-1 Laid Bedadi من أعمال تجربة على نوعين من الخرسانة بحيث

تركيبية 1 (رمل كثبان 40% + رمل طبيعي 60%) و تركيبية 2 (رمل طبيعي 100%) [44]

التركيبية 3-4-5: GUESSOUM Younes TAIBI Said: حيث تركيبية 3: رمل طبيعي 100% و

تركيبية 4: رمل طبيعي 60% + رمل المحاجر 40% أما 5: رمل محاجر 100% [43]

3.2.5.I المرونة:

يعرف معامل المرونة على أنه الميل لمنحنى التشوه العام مع الإجهاد ويعبر عنه بالعلاقة :

$$E = \frac{\sigma_{CJ}}{\varepsilon} \dots \dots \dots (1.9)$$

حيث :

E: معامل المرونة MPa

σ_{CJ} : أجهاد الضغط المطبق يعطى ب: MPa ε : التشوه النسبي وهو يساوي L / L

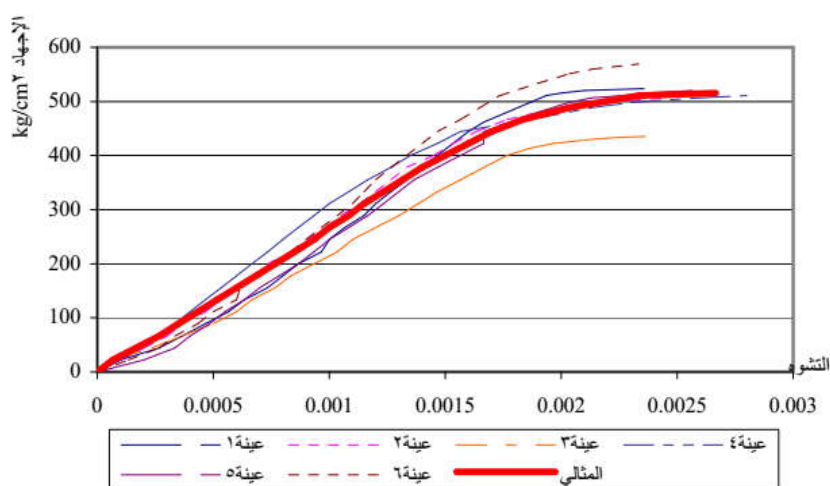
وهذه بعض نتائج أبحاث معامل مرونة لبعض تركيبات خرسانة :

الباحثة HAMRI Amel في دراستها تأثير الألياف على مقاومة الإجهاد والانكسار للعناصر الهيكلية .

الجدول 10.I نتائج معامل المرونة التركيبات الخرسانية عادية [45].

معامل المرونة (MPa)	مقاومة الضغط MPa 28 يوم	الملدن	حصى Kg/m ³		الماء Kg/m ³	الرمل 0/3 Kg/m ³	الاسمنت Kg/m ³	المركبات
			15/8	8/3				
35772.35	33.48	2.4	980	216	194	675	400	

نتائج الباحثين ريم الكزبري و مأمون سمكري من خلال الدراسة التجريبية لعلاقة الإجهاد – التشوه الخرسانة تبعا لتغير المواد الأولية المحلية الداخلة في تركيبة الخلطة ، يوضح الشكل التالي مخطط التشوه لست عينات من اجل $E/C=0.45$ ، $Agg/c=3.8$ (نسبة الحصويات على الاسمنت) ، $C=460\text{Kg/m}^3$ و المقاومة المميزة الاسطوانية 412kg/cm^2



الشكل 7.I مخطط علاقة الاجهاد بالتشوه

الجدول 11. I نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخرسانية لأعمال BATATA و NAFA [35]

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

4.2.5.1 الانكماش:

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

نذكر أن الانكماش الحراري يحدث قبل التصلب، الانكماش اللدن (التبخر)، انكماش الاماهة بعد التصلب [46].

✓ الانكماش الحراري :

تتولد أثناء عملية التصلب المبكرة حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائي بين الماء والإسمنت . وغالباً ما تعالج العناصر المسبقة الصنع بالبخر Steam Curing وهذه المعالجة الحرارية تولد كمية كبيرة من الحرارة خلال الخرسانة . وعند ما تبرد الخرسانة وتنكمش تبدأ الاجهادات الحرارية في الظهور والنمو خاصة إذا كان التبريد غير منتظم خلال العنصر . وقد يحدث إجهاد الشد الحراري شروخاً دقيقة جداً يقدر أن يكون لها أهمية إنشائياً. ولكن ذلك يوجد أسطحاً ضعيفة داخل الخرسانة ، كما أن انكماش الجفاف العادي يؤدي إلى توسيع هذه الشروخ بعد ربط العناصر مسبقاً الصنع [42].

✓ الانكماش اللدن:

تحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة وهي لدنه أثناء تصلدها. وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وسرعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على سطح الخرسانة [20] [47]. وتكون شروخ الانكماش اللدن عادة قصيرة وسطحية وتظهر في اتجاهين عكسيين في آن واحد . وفي حالة عناصر المنشآت سابقة الصب التي تصنع في أماكن مغلقة وتعالج جيداً فلا يخشى من خطورة شروخ الانكماش اللدن لصغرها [20] [47]

✓ انكماش الجفاف :

وينجم هذا النوع من الانكماش بسبب ظاهرة خروج الماء إلى المحيط الخارجي نتيجة قوى الشد الداخلية والخاصية الشعرية، وهو غير منتظم في كل العينة إذ أن الجوانب تكون أسرع تأثراً بهذا النوع من الانكماش من داخلها. ويتحكم حجم العينة في سرعة هذه الظاهرة [41].

6.2.5.I القياسات الغير متلفة للخرسانة المتصلدة (الموجات فوق صوتية)

في هذه الطريقة يتم إحداث نبضات فوق صوتية تسرى خلال عينة الخرسانة عن طريق استخدام بلورات من الكوارتز في المرسل والمستقبل و يتم قياس الزمن اللازم لسريان هذه النبضات بواسطة دوائر إلكترونية ، لنتمكن من تحديد سرعة السريان النبضات [48]

حيث وجد أن سرعة النبضات خلال جسم صلب يعتمد على كثافة المادة المختبرة وخواص المرونة لها

$$[24] \text{ زمن المرور بين المرسل والمستقبل يكون بدقة الخطأ بحوالي } 1\% [49]$$

هناك ثلاثة طرق من الممكن استعمالها في قياس سرعة الأمواج الصوتية وهي تتبع طرق لوضع المرسل والمستقبل وهما في : إتجاهين متضادين (قياس مباشر) ، الجوانب المجاورة (قياس نصف مباشر) ، نفس السطح : (قياس غير مباشر) [24]

الطريقة القياس المباشرة:

هي من أحسن الطرق المستعملة ويكون فيها المرسل والمستقبل متقابلين [60] تسجل على الجهاز المسافة بين المستقبل والمرسل "D بـ m" وعند توصيل المرسل والمستقبل بالعينة نقرأ على الجهاز زمن

مرور "T بـ μs " وسرعة الأمواج الصوتية "V بـ m/s"

$$V = D/T$$

حساب سرعة الأمواج الصوتية يتم أليا بالعلاقة التالية:

تستعمل هذه الطريقة في مجال الخرسانة لاستنتاج الآتي :

1. قيمة مقاومة الخرسانة للضغط
2. قياس معايير المرونة للخرسانة
3. مدى تجانس الخرسانة
4. اكتشاف الشروخ و الفجوات بالخرسانة
5. تحديد درجة تلف الخرسانة
6. قياس عمق طبقة الخرسانة
7. مراقبة تطور قيم مقاومة الخرسانة للضغط [24]

الجدول 12.I يحدد نوعية الخرسانة حسب سرعة الأمواج الصوتية

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

6.I الديمومة: (Durabilité)

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

عادة ما يؤثر المحيط (الوسط الخارجي) على الديمومة بعاملين أساسيين هما الخاصية الشعرية و النفاذية وهذه بعض نتائج أبحاث الامتصاص لبعض تركيبات خرسانة رمل المحاجر :

• البحثان **ضو عمارة وبن عمارة إبراهيم** إلى أن كمية الماء الممتصة في عينات خرسانة رمل المحاجر اكبر من الكمية الممتصة من خرسانة الرمل الطبيعي و ان نسبة الامتصاص كانت 19 % لعينات رمل المحاجر اكبر مقارنة بالرمل الطبيعي

• البحثان **GUESSOUM Younes TAIBI Said** الامتصاص الشعري يزداد خطياً مع زيادة نسبة الرمل المسحوق (رمل المحاجر). [43]

تتعلق الخاصية الشعرية أساسا بنسبة واستمرارية المسامات الصغيرة، حيث تكون الخاصية الشعرية عالية في المواد ذات العدد الكبير للمسامات الصغيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل [11]

تتعلق النفاذية أساسا بحجم واستمرارية المسامات الكبيرة ، حيث تكون النفاذية عالية في المواد ذات العدد المرتفع للمسامات الكبيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل [11] ولهذا تعد من نقاط الضعف في خرسانة رمل المحاجر إذا أن ارتفاع نسبة الامتصاص و كذلك الخاصية الشعرية يؤدي إلى ديمومة أقل و هي من ضمن النقاط التي تعنى بدراسات كثيرة .

7.I الخلاصة :

- من خلال دراستنا للفصل الأول حيث نستخلص ما يلي:
- الدراسات والبحوث القديمة على رمل المحاجر.
- نظرا لتضرر البيئة واستنزاف الرمال الطبيعية تم اصدار قوانين ردعية تحدد استغلالها
- تثمين واستعمال رمل المحاجر كبديل للرمل الطبيعي في الخرسانة .
- استعمال خرسانة رمل المحاجر في مجال الإنشاءات الحديثة
- إن نسبة G/S لها تأثيرات هامة على خصائص الخرسانة .
- إن نسبة E/C لها تأثيرات هامة على خصائص الخرسانة .
- تأثير تركيز الإسمنت على خصائص الخرسانة .
- صياغة الخرسانة تتأثر بالتدرج الحبيبي للركام.
- إن تغير نوعية الرمل في الخرسانة له تأثير هام على مقاومة الضغط ، الشد
-

الفصل الثاني

الفصل الثاني : عموميات حول الألياف وتركيبية وصياغة خرسانة الألياف

1.II مقدمة:

عرف الإنسان استخدام الألياف في مواد البناء لتحسين سلوكها مفهومًا قديمًا ومعروفًا، في جميع الحضارات القديمة، أما تطور الحضارة و ظهور الخرسانة الأسمنتية فاستطاعت أن تلبي مجموعة كبيرة من التصاميم المعمارية والإنشائية المبتكرة لما تملكه من خصائص تميزها عن مواد بناء أخرى. فالخرسانة الإسمنتية تملك مقاومة جيدة لضغط، وتملك درجة عالية من الصلابة وناقلية منخفضة للحرارية والكهرباء، إلا أنها تتسم بسلبيات ثلاث: السلوك الهش والمطاوعة المحدودة والمقاومة الضعيفة على للشد والتشقق مما يحد من استخدامها في عدد من التطبيقات الهندسية.

و إذا كان استخدام القضبان الفولاذية كحل لمعالجة عيوب الخرسانة في مقاومة القوى الشدة والقص، فإن هذا الإجراء لم يستطع تجاوز عيوب الخرسانة في تأمين المتانة والصلابة ومقاومة التشققات، ضمن هذا المنظور جاء تعزيز جسم الخرسانة بأنواع مختلفة من الألياف كإجراء للوصول إلى وسط مركب يحقق سمات الاستمرارية بهدف معالجة عيوب الخرسانة الإسمنتية وتحسين سلوكها، تسمى هذه المادة الجديدة الخرسانة المعززة بالألياف FRC وقد عرّفها معهد الخرسانة الأمريكي ACI في لجنته 544 على أنها الخرسانة المصنوعة من الاسمنت المائي والتي تحتوي على ركام خشنة وناعمة وألياف منفصلة غير مستمرة. [50]

وهكذا اكتسبت الخرسانة الليفية انتشارًا واسعًا في إنشاء السقوف، رصف الطرق، أسس الآلات، الأبنية ضد الزلازل، الخرسانة مسبقة الصب وخرسانة الرش بسبب نجاحها في زيادة المتانة ومقاومة الشد وتحسين خاصية التشقق وتحقيق المتطلبات الاقتصادية في نفس الوقت.

2.II تصنيف الألياف :

الألياف المستخدمة في الخرسانة يمكن أن تصنف بطرق مختلفة حسب:

أولاً:- المنشأ (الطبيعية) إلى:

- طبيعية عضوية مثل (السليولوز، القنب، الخيزران.....).
- طبيعية معدنية (الأسبستوس، الزجاجية، الصوف الصخري) .
- صناعية (ألياف الفولاذ، التيتانيوم، الكربون، البوليمرية، مركبة). [50]

ثانياً:- الخواص الفيزيائية والكيميائية: الكثافة، خشونة السطح، الثبات والتفاعل الكيميائي ومقاومة الحريق.

ثالثاً:- الخواص الميكانيكية : قوة الشد، معامل المرونة، القساوة، المطاوعة، الانهيار و التماسك السطحي.

رابعاً:- الخواص الجيومترية: حسب شكل المقطع العرضي (دائري، مستطيل،.....) والطول والقطر المكافئ.

هناك الكثير من الأصناف الرئيسية للألياف المستعملة في البناء سنذكر بعضها وهي الألياف:

الطبيعية (نباتية)، المعدنية (الزجاجية)، الصناعية ومنها الفولاذية مع ذكر بعض أنواع الأخرى.

1.2.II الألياف النباتية (طبيعية عضوية) :

لقد دفع توافرها في عديد من الأشكال والأصناف وفي أغلب المناطق والتكلفة المنخفضة للألياف

الطبيعية واستعمالها في المباني التاريخية القديمة الكثير من الباحثين إلى إجراء دراسات حول استخدام الألياف

النباتية في المركبات الإسمنتية. وحسب مصدر الألياف النباتية نستطيع تقسيمها إلى أربعة أقسام (الورقية، الجذوع، الخشبية، والسطحية).

تتميز الألياف الطبيعية بنتائج حسنة على المدى القريب لكن حساسيتها للرطوبة وللوسط القلوي ولعملية الإماتة للإسمنت وبالتالي فإن المشكلة الرئيسية فيها هي ديمومتها [50]
الخصائص الفيزيائية لألياف النباتية الأكثر شيوع في الجدول 1.II :
الجدول 1.II الخصائص الفيزيائية لألياف النباتية الأكثر شيوع [51،52]:

نوع الألياف	القطر (mm)	الكثافة (g/cm ³)	نسبة الماء في الحالة الطبيعية %	نسبة امتصاص الماء (%)
				بعد 5 دقائق
سيزال	0.3 - 0.08	1.07-0.75	14.44-10.97	67.92
جوز الهند	0.53- 0.11	1.00-0.67	15.85-11.44	28-22

الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية لبعض لألياف النباتية الأخرى في الجدول 2.II:

الجدول 2.II الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية لبعض لألياف النباتية [51]:

نوع الألياف	الكثافة g/cm ³	مقدار التحطم %	مقاومة الشد MPa	معامل اللينة E (GPa)
القطن	1.6-1.5	8.0-7.0	597-587	12.6-5.5
الجوت	1.3	1.5-1.8	773-393	26.5
اللين	1.5	3.2-2.7	1035-345	27.6
القنب	-	1.6	690	-
الرامي	-	3.8-3.6	938-400	128-61.4
نخيل التمر	1.08-0.51	17.4 -7.5	290 -170	5.25 -2.1

2.2.II الألياف الزجاجية (طبيعة معدنية)

لقد طورت مركبات الاسمنت المسلح بألياف زجاجية وهي على شكل ملفوف أو أسلاك مقصوصة لإنتاج مركبات لوحيه رقيقة لاستخدامها في واجهات الأبنية وفي إعادة تأهيل الأبنية واستبدال الجدران القائمة بجدران أخف وزنا وكذلك في فتحات التمديدات الكهربائية والصحية والتدفئة والجدران المقاومة للحريق هي التحسين في مقاومة الانعطاف وزيادة المقاومة على الحريق، إلا أن الألياف الزجاجية التقليدية تفقد مقاومتها بسرعة في الخلطات الإسمنتية ذات التأثير القلوي $PH < 12.5$ [50].

من أجل هذا فالأبحاث الجديدة استطاعت استحداث نوع جديد من هذه الألياف مقاوما للقلويات (نوع S) بدل النوع R المقاومة للتآكل وعوض الألياف الزجاجية العادية النوع E ، وهذه بعض خصائص الألياف الزجاجية الأكثر استعمالا في الجدول 3.II :

الجدول 3.II الخصائص الميكانيكية لألياف الزجاجية [51] :

نوع الألياف	E (عادي)	R (للتآكل)	S (للقلويات)
الكثافة الحجمية (3 g/cm)	2.54	2.55	2.54
مقاومة الشد (σ) MPa	3400	4400	4900
معامل اللينة (E) GPa	73	86	87

3.2.II الألياف الصناعية :

جاءت الألياف الصناعية كمنتج من منتجات أبحاث التطوير في الصناعة البتروكيميائية والنسجية وأصبحت مستخدمة بشكل مميز في المنتجات الإسمنتية المسلحة بالألياف، وهي متوفرة بأشكال مناسبة لتعزيز الملاط والخلطات الخرسانة وتتضمن: "الأكليك"، والاراميد والكربون والنايلون والبولىستر والبولىتيلين والبولىبروبيلين...، ولهذا تتباين خواص الألياف الصناعية بشكل كبير من حيث مقاومة الشد والمرونة كما يبين الجدول (II. 4)، تستخدم الخرسانة المعززة بالألياف الصناعية في كثير من الميادين من بينها الخرسانة المصبوبة بالمكان مثل البلاطات في الميول أو الرصف الطرق أو تبطين جدران الأنفاق وفي تصنيع بعض العناصر لتغطية السقوف والقباب. [50]

الجدول II. 4: أهم الخواص الفيزيائية لبعض الألياف الصناعية (ACI 5441.R-96 reapproved 2002)

نوع الألياف	القطر المكافى µm	الوزن النوعي (الكثافة)	مقاومة الشد (MPa)	معامل المرونة (GPa)
الاراميد	11.9	1.44	2930	62.10
عالي المقاومة HR	8	1.75	5000-3000	400
بمقياس العالي HM	8	1.81	2800	220
بولي بروبيلين pp			90	3
كلوريد الفينيل PVC			50	2.5
بوليمار PA6.6			40	5

1.3.2.II الألياف المعدنية:

حسب (ACI-544 1-R-2002) الألياف الفولاذية المستخدمة في الخرسانة قصيرة وغير مستمرة وذات معامل نحافة يتراوح من 20-100 ويطول من 6.4 إلى 76 mm ولها مقاطع عرضية مختلفة بحيث تتوزع عشوائيا ضمن الخلطة الخرسانية عند تحضيرها بطرق الخلط المعتادة. [50]

الألياف المعدنية هي الألياف الأكثر تداولاً وبيعاً في الأسواق نظراً لتواجدها في أشكال وأبعاد متعددة ومناسبة حسب الحاجة إليها، هذه الألياف لها معامل مرونة مقدّر بـ: 210 (GPa) وكثافة حجمية مقدرة بـ:

$$7.85 \text{ (t/m}^3\text{) ومقاومة للشد تقدر من (1-2) (GPa) وأطوال تمتد بين (6.4 - 76 mm) [13]$$

تصنف الألياف الفولاذية حسب طريقة تحضيرها وفق ASTM-A820 إلى أربع أنواع:

1/ أسلاك مسحوبة على البارد 2/ شرائح مقطعة 3/ مستخلصة بالصهر 4/ ألياف أخرى [53]

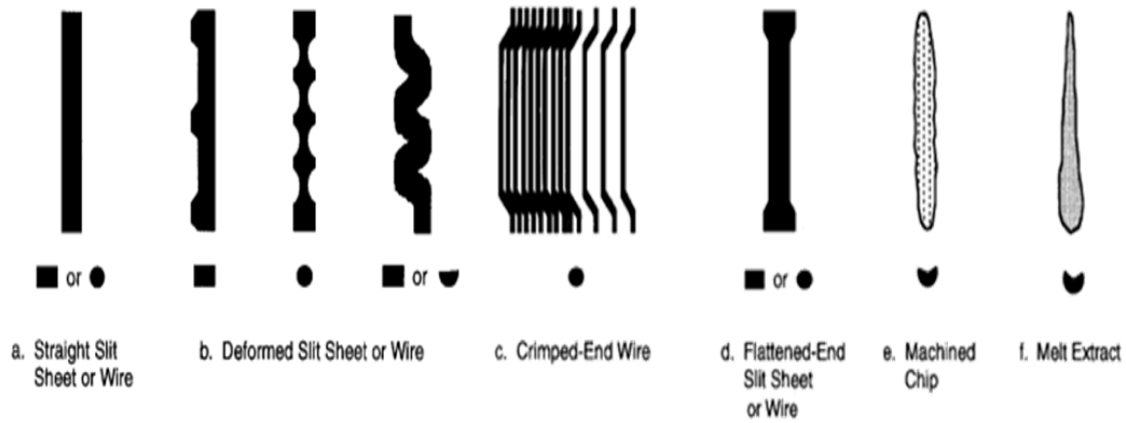
و تصنفها الجمعية اليابانية للمهندسين المدنيين JSCE حسب شكل مقطع العرضي الى ثلاثة أنواع:

1/ ألياف مربعة المقطع 2/ ألياف دائرية المقطع 3/ ألياف هلالية المقطع .

تنتج الألياف الفولاذية الدائرية المستقيمة بتقطيع الأسلاك الفولاذية وتكون بقطر يتراوح من 0.25 إلى 1.00 mm أما الألياف على شكل شرائح فتكون بسماكة 0.15 - 0.64 mm ويعرض 0.25 - 2.03 mm وتنتج بتقطيع الشرائح الفولاذية .

من أجل الوصول إلى تلاحم وتوافق جيد بين الألياف والخرسانة، ظهرت لنا العديد من أنواع هذه الألياف

المعدنية مختلفة في الشكل والحالة السطحية. نستعرض بعض منها في الشكل 1.II :



الشكل 1.II الأشكال المعتادة للألياف الفولاذية حسب ACI 544.1R-9 [53]

وهذه خصائص بعض أنواع الألياف المعدنية الأكثر استعمالاً ملخصة في الجدول 5.II: [13]

الجدول 5.II خصائص بعض أنواع الألياف المعدنية [13]

الملاحظات	مقاومة الشد MPa	الإبعاد الألياف mm				أنواع الألياف
		السمك	الطول	القطر	العرض	
صفائح حديد غير متبلور سهل الاندماج و سهولة صبها أو رشها	1400	(μm)		1 1.6	5 30	Fibrqflex
ذات شكل ملفوف مصدرها عملية الخراطة المعدنية تسليح طبقات حماية الأسقف	700	0.25		2	32	Harex
فولاذ مشكلة بالبارد ذو عكفات يأتي صفائح متلاصقة سهلة الاندماج في الخرسانة قصيرة يستعمل في خرسانة الرش	1100		0.4 — 0.8		25 - 60	Bekaert de chez Dramix
فولاذ بركبون أقل 0.15% يأتي بصورة متشابكة	1400		0.8 1		50 60	Euro-Steel
الحديد ذو المقاومة العالية سهولة الانتشار في الخرسانة . يعطي تلاحم مميز مع الخرسانة. لا تغير من انسيابية الخرسانة. لا تظهر على السطح في التلبس	1150		0.7		30	Novatex
التبريد المفاجئ (غير بلوري) يعطيه مقاومة للتآكل أقل 0.75 % للخرسانة أقل 1% لخرسانة الرمل	1400	0.03			15 30 45 60	Pont-à-Mousson Ruban en fonte
حديد صلب معالج	1200		1		54	Twincon

4.2.II ألياف أخرى:

إن الحاجة الدائمة لبلوغ الفعالية التقنية القصوى للخرسانة جعل من الأبحاث لا تتوقف من أجل إيجاد الشكل والطبيعة المثلى للألياف، ولهذا استعملت العديد من الألياف والتقنيات الجديدة من أجل تقوية مواد البناء سواء كانت هذه الألياف ذات طبيعة نباتية أو معدنية

من بين هذه الألياف، ألياف السيراميك التي عرفت نجاحا كبيرا خاصة في مجال صناعة الأفران والتجهيزات الثانوية [51]، أو حتى استخدام الخرسانة الليفية الهجينة أي مزيج يُسمى بالـ (هجين) ، إذا تم خلط نوعين أو أكثر من الألياف لتوضع في الخرسانة لإنتاج خليط يأخذ منافع كل نوع منفصل من الألياف .

دون أن ننسى استبعاد بعض الألياف كالألياف الأميونت :محظورا من طرف العديد من الأنظمة نظرا لتهديدها لصحة الإنسان. [13]

3.II مكونات وصياغة خرسانة الألياف المعدنية :

1.3.II لمحة تاريخية عن خرسانة الألياف المعدنية :

جاء في [ACI committee 544.1993] انه منذ أواخر خمسينيات القرن الماضي تحرت جمعية الاسمنت البورتلاندي PCA عن تسليح الخرسانة بالألياف الفولاذية و استخدمت في تطبيقات هندسية مثل رصف الطرق وبلاطات الأرضيات، أما الاستخدام التجاري لها فقد تم في عام 1971 في محطة وزن الشاحنات في ولاية أوهايو في الولايات المتحدة [50]

ونقل [13] في الولايات المتحدة الأمريكية في 1954 استحدثت هذه الإجراءات نظرة خاصة، إذ أن عوامل التقوية التي نصت عليها في تلك الفترة هي نفسها المستعمل اليوم في خرسانة الألياف المعدنية حيث أن استعمال هذه الألياف زاد من مقاومة التشققات الحاصلة في الخرسانة وقد نصح باستعمال الخرسانة المسلحة والمدعمة بالألياف المعدنية في أرضية المطارات وأساسات الآلات الكبيرة وغيرها [54].

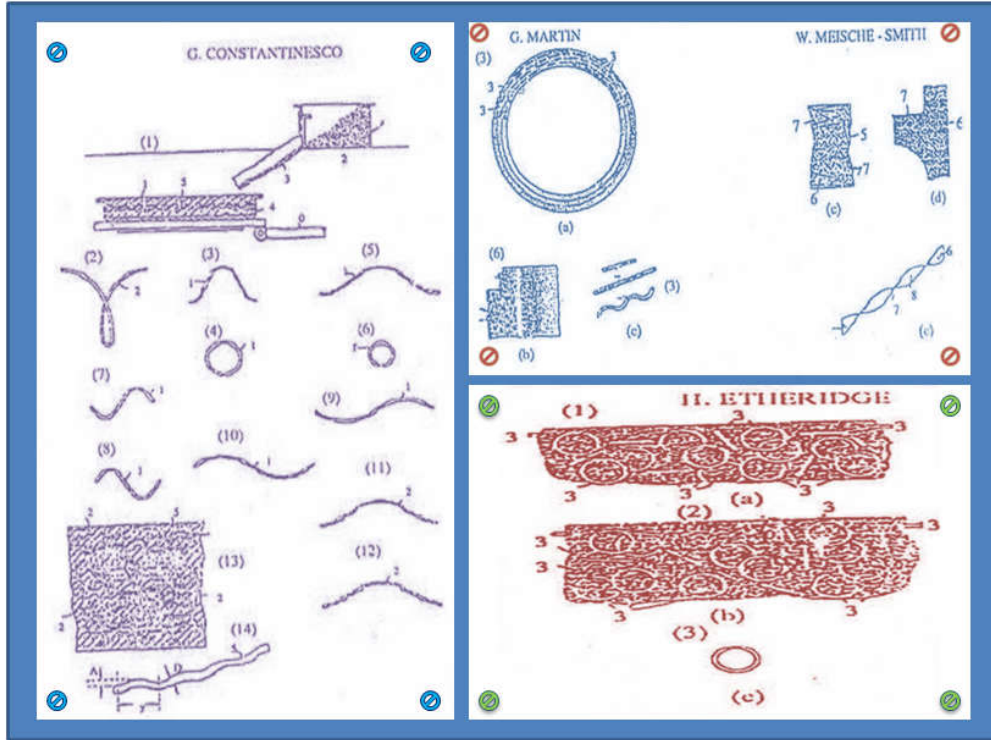
ولكن فكرة الخرسانة المدعمة بالألياف المعدنية كما يرى بعض الباحثين أسست لأول مرة في 1874م من طرف (BERAD) بكاليفورنيا (الو.م.ا) ، حيث اقترح إضافة حبيبات من حديد لخلطة الخرسانة بهدف الحصول على قطع فنية. وفي نفس السياق WEAKLY سنة 1912 لغرض توسيط حلقة و تلاحمها مع الخرسانة استعمل فيها أجزاء بسلكيين من الحديد [55][54] ، وكذلك اقترح الألماني (KLEINLOGEL) في 1920 إضافة حجم نسبي من جزيئات كبيرة من الحديد داخل الخرسانة لنحتها. [13]

سنة 1927 بكاليفورنيا قدم السيدين (MARTIN et MEISCHE-SMITH) مقترح خلط صفائح أو أسلاك من الحديد مع الخرسانة من أجل صنع نوعية جيدة من الأنابيب . الصورة 1.II

اقترح سنة 1933 السيد (ETHERIDGE) تدعيم الخرسانة بألياف على شكل حلقات مختلفة الأقطار والأبعاد من أجل التحسين المقاومة ضد التشققات وإعفاء الخرسانة المستعملة في بناء خطوط السكة الحديدية وكذلك الاختبارات التي أجريت في إنجلترا سنة 1943 من طرف CONSTANTINESCO [54].

وفي ما يلي الصورة II . 1 توضيح الاختبارات المنجزة في سنة 1927 – 1933 - 1943 من طرف السادة :

MARTINI و CONSTANTINESCO / ETHERIDGE / MEISCHE – SMITH



الصورة II. 1 الاختبارات المنجزة من سنة 1927 - 1933 - 1943 من طرف السادة

[54] CONSTANTINESCO / ETHERIDGE / MEISCHE – SMITH و MARTINI

II. 2.3 مكونات خرسانة الألياف المعدنية:

الخرسانة اللبيفية هي الخرسانة المصنوعة من الأسمنت و الركام و المحتوية على ألياف غير مستمرة وموزعة توزيعاً عشوائياً في جميع الاتجاهات خلال الكتلة الخرسانية [24]

الخرسانة المسلحة بالألياف FRC هي خرسانة عادية تحتوي على ألياف منقطعة ومبعثرة وتتميز عن الخرسانة المسلحة التقليدية بأن الألياف موزعة ضمن المقطع العرضي عشوائياً بينما في الخرسانة المسلحة التقليدية بنيتها توضع حسب الحاجة. كما أن الألياف تكون قصيرة والفراغات متقاربة، بينما في النوع التقليدي تكون قضبان تسليح مستمرة على كامل العنصر الإنشائي ومتباعدة بمسافات محددة، وفقاً لتقرير معهد الاسمنت الأمريكي (ACI 544.3 R 96) فإن نسبة المزج الألياف الحجمية تتراوح من 0.25 % إلى 2.00 % أي ما يعادل 20 حتى 157 (Kg /m³) [50]

غالباً ما تكون خرسانة الألياف المعدنية غنية بالرمل، وذات تركيز من الاسمنت يتراوح بين 300- 500Kg/m³ وتركيز من الألياف المعدنية مرتبط ومعتد على المقاومة المطلوبة. [13]

II. 3.3 صياغة خرسانة الألياف المعدنية :

إن طرق تكوين الخرسانة المسلحة بالألياف المعدنية وفقاً [56] ROSSI (1989) و BERNIER.G (1991) [57] و ZHAN, Z (1991) [58] في الغالب تجريبية ، تستند أساساً إلى عدد كبير من الدراسات التجريبية، تؤدي إلى توصيات غير مناسبة لجميع الاستخدامات المصنوعة من خرسانة الألياف ولا تسمح بالاستخدام الأفضل لهذا المركب، اعتماداً على التطبيق الصناعي المتوخى ، يجب أن يكون تكوين الخرسانة المدعمة بالألياف المعدنية ، محدداً في كل مرة ويؤدي إلى مركب مُحسَّن فيما يتعلق بالهدف المنشود. [45]

إن صياغة خرسانة الألياف المعدنية يجرنا إلى التحسين في مكوناتها، أي التحسين في الهيكلة الحبيبية لهذه الأخيرة وذلك حسب التشغيلية المرجوة [59].

تركيبة خرسانة الألياف تعتمد أساسا على النتائج التجريبية التي تؤدي إلى تركيبات مثلى بدلالة تشغيل جيد ومقاومة جيدة. [60]

ومن ضمن هذه الطرق التجريبية المستعملة نذكر منها ما يلي :

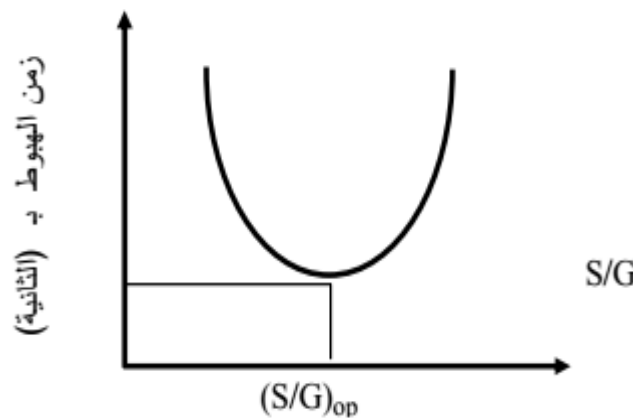
طريقة لتركيبة خرسانة الألياف قد تم تطويرها انطلاقا من طريقة الباحث Baron- Lesage [61] حيث عرفت هذه الأخيرة استعمالا واسعا في تحسين الهيكل الحبيبي للخرسانة العادية (التقليدية) والتي عدلت لتتوافق مع خرسانة الألياف المعدنية [13] من طرف Serna-Ross [62] و Rossi [63] هذه الطريقة تعتمد على الفرضيات التالية :

- نسبة الماء / الاسمنت (E/C) ثابتة في البداية، الخرسانة الأسهل في التشغيل والأكثر تماسك هي الهيكل الخرساني الأمثل
- المقدار الأمثل الركام لا يتعلق بطبيعة وحجم العجينة الإسمنتية
- إدخال الألياف الفولاذية لا يغير الفرضيتين السابقتين

II. 1.3.3. تكيف تركيبة (Baron – Lesage) بواسطة (Rossi)

وهي الطريقة تجريبية لتحسين تكوين خرسانة الألياف المعدنية بشكل أفضل يقدمها (LCPC) المخبر المركزي للجسور والطرق [45] ، حيث قام روسي بثلاثة مراحل (عملية) من أجل تركيبة خرسانة الألياف الفولاذية وهي:

- في البداية ثبت النسبة (E/C) وكذلك نسبة الألياف
- ثم قام بتغيير نسبة (S/G) وتحديد التشغيل من أجل كل نسبة، ثم رسم المنحنى الذي يوضح العلاقة بين (S/G) بواسطة جهاز الليونة ثم تعيين النسبة (S/G) التي تعطي التشغيل الأمثل لاحظ الشكل 2.II.

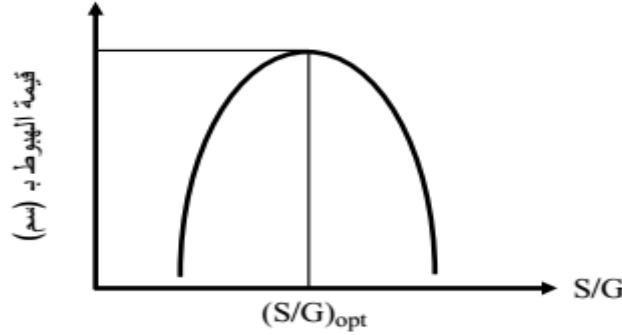


الشكل 2.II. تعيين النسبة (S/G) المثلى (بواسطة Rossi) [63]

- انطلاقا من الفرضية الثانية نستطيع زيادة كمية الماء والإسمنت مع الاحتفاظ (E/C) ثابتة حتى نحصل على التشغيلية [60] وإلا فإننا سنحتاج إلى بعض الإضافات من أجل ضبط هذه التشغيلية المطلوبة [13]

II. 2.3.3. تكيف تركيبة (Baron – Lesage) بواسطة (Serna – Rossi)

التركيبة قائمة على ثلاثة مراحل من أجل تكوين خرسانة الألياف وذلك بنفس طريقة روسي في الخطوتين الأوليتين ماعدا الخطوة الأخيرة التي اعتمد فيها على الفرضية الثانية بحيث يستطيع أن نزيد كمية الماء والركام فقط أما الإسمنت فتبقى ثابتة، إذن (E/C) يتغير حتى نحصل على التشغيلية المرغوب فيها، وفي الأخير يحدد النسبة (S/G) المثلى بواسطة المنحنى في الشكل 3.II [60]



الشكل 3.II : يوضح تحديد النسبة (S/G) المثلى (بواسطة Serna – Rossi) [62]

وبالمقابل يمكن استخدام الخلطات المبينة في الجدول 6.II كخلطات تجريبية موصى بها من ACI
الجدول 6.II مكونات خلطات خرسانة الألياف الفولاذية موصى بها من (ACI committee 544 , 1993)

نسبة الألياف		نسبة الهواء %	S/G %	E/C %	الاسمنت kg/m3	معايير الخلطة D _{max}
ملساء	متموجة أو معكوفة					
2-0.8	1-0.4	4.8	60 - 45	45 - 35	600 - 360	mm 10
1.6-0.6	0.8-0.3	4.6	55 - 45	50 - 35	540 - 300	mm 19
1.4-0.4	0.7-0.2	4.5	55 - 40	55 - 35	420 - 280	mm 38

II. 4. خواص الخرسانة المسلحة بالألياف الفولاذية في الحالة الطازجة

تعتبر قابلية التشغيل للخلطة الخرسانية هي المعيار الرئيسي لتحديد خواص الخلطة في الحالة الطازجة وتؤدي إضافة الألياف إلى تأثير سلبي على قابلية التشغيل حيث يؤثر على تدفق الخلطة وعلى توافقها (Kooiman, 2000) . [50]

إن وجود الألياف داخل التركيبة الخرسانية يلعب دور الحبيبات ذات الشكل الممدد، حيث يمكن لهذا الشكل الخاص أن يحدث احتكاكات غير مرغوب فيها تؤدي إلى رفع مقدار المسامية مما يحدث تغيير في الترتيب الذي كانت عليها الحبيبات، ويسبب هذا الاضطراب في الهيكل الحبيبي إلى نقصان في التشغيلية و الدمك الذي تتجم عنها انحلالية ضعيفة، ومن بين العوامل المؤثر على انحلالية خرسانة الألياف نذكر ما يلي :

✓ أبعاد الليف والشكل (L/d) .

✓ تركيز الألياف .

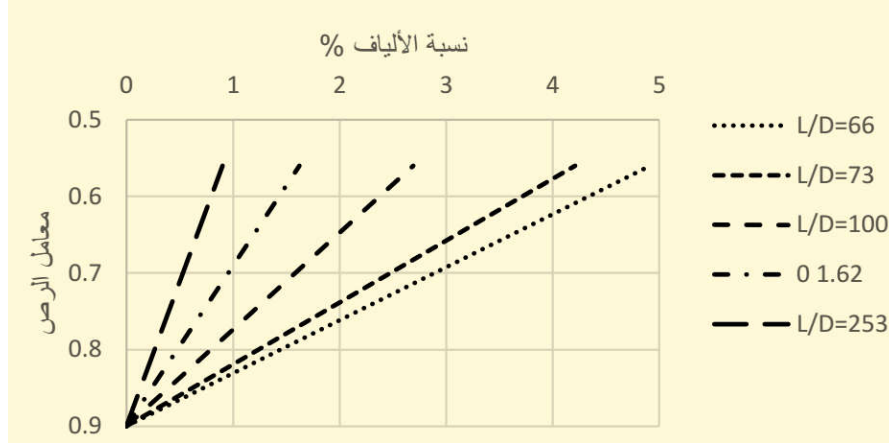
✓ التدرج الحبيبي للخليط . [13]

✓ وطريقة المزج [50]

1.4.II تأثير الشكل الهندسي للألياف :

وقد بين الباحثان : MANGAT و SWAMY [64] وضعا بوضوح علاقة خطية بين زمن السيالان في جهاز الاهتزاز الترددي ونحافة الألياف الفولاذية وبينوا كذلك بأن نحافة الألياف (L/d) إذا كانت اكبر من 100 تؤدي إلى خطر تشابك الألياف وبالتالي تصعب عملية استعمال الخرسانة [60]

تأثير النسبة المعيارية على معامل الرص لألياف ملساء مقارنة مع الخرسانة العادية في الشكل 4.II



الشكل 4.II تأثير نسبة المعيارية على قابلية التشغيل معبرا عنها بمعامل الرص (Edgington, 1974) [50]

تتفق كل الدراسات على أنها كلما كان المقدار L/d للألياف كبيرا كلما كان تشابكها كبيرا، ويؤدي هذا إلى صعوبة خلطها وينعكس ذلك سلبا على التشغيلية والانتشار، ومن جهة أخرى يلعب الشكل الهندسي للألياف دورا هاما حيال انحلالية الخرسانة، (سلبا أو إيجابا) [13].

2.4.II تأثير تركيز الألياف :

كل التجارب و الدراسات الحالية تؤكد انه كل ما زاد تركيز الألياف المدرجة داخل خليط الخرسانة سجل نقص في التشغيلية ، وفي هذا السياق نذكر بعض دراسات التي قام بها عدة باحثين تهدف إلى التقليل من نسبة الألياف داخل الخرسانة منها علاقة:

■ الباحث MOENS حيث حدد القيمة ($V_f \cdot 1/d$) بمعامل يأخذ بعين الاعتبار أبعاد الحبيبات [55] [54]

$$V_f \cdot \frac{1}{d} < C_m \quad (2.1)$$

$$C_m = \sum v_{ij} \cdot c d_{ij} \quad (2.2)$$

حيث:

V_f : نسبة حجم الألياف .

$1/d$: مقدار طول الليف على قطره .

v_{ij} : حجم مقطع من الحبيبات ذات أقطار تتراوح بين d_i و d_j

cd_{ij} : معامل تفاعل المقطع d_{ij} للحبيبات مثل : $cd_{ij} = 1.72 \ln(d_j \cdot d_i)$

■ العلاقة التجريبية التي أسسها الباحثان LIM و LEE [65] والتي تأخذ بعين الاعتبار أكبر قطر للحبيبات:

$$V_f < \frac{B}{\frac{L}{d} - 16} \times 1.08X \times \left(1 - \frac{D_{\max}}{32.5}\right) \dots\dots\dots (2.3)$$

حيث:

V_f : التركيز الحجمي للألياف .

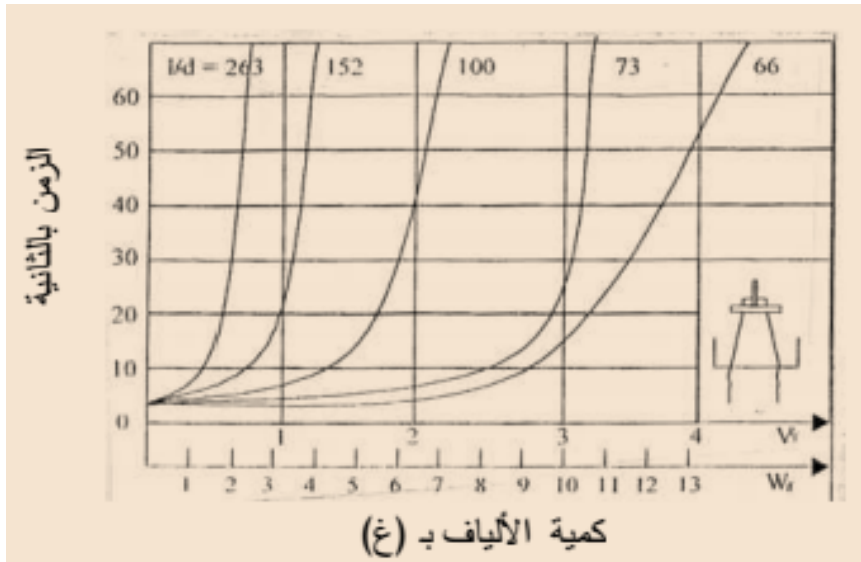
L et d : طول وقطر الليف

B : معامل متعلق بخلط الخرسانة ثابت يعطى 1.8

$D_{\max}$: أكبر قطر للحبيبات يعطى بـ mm:

■ الدراسة التي قام بها EDINGTON [66] تشير الى أنه إذا فاق تركيز الألياف المعدنية النسبة 2% فسيؤدي هذا إلى الإخلال بتشغيلية الخليط.

■ وقد قام الباحث EDINGTON [67] بدراسة التشغيلية بالنسبة لألياف فولاذية فكانت النتائج كالتالي [60] :



الشكل 5.II تأثير كمية الألياف الفولاذية على التشغيل من أجل معاملات نحافة مختلفة (الاهتزاز الترددي) ونلاحظ من خلال الشكل 5.II ان التشغيل يتأثر كثيرا بكمية الألياف وشكلها الهندسي حيث كلما زادت كمية الألياف أو النسبة (L/d) نقص التشغيل . [60]

3.4.II تأثير التدرج الحبيبي للخليط :

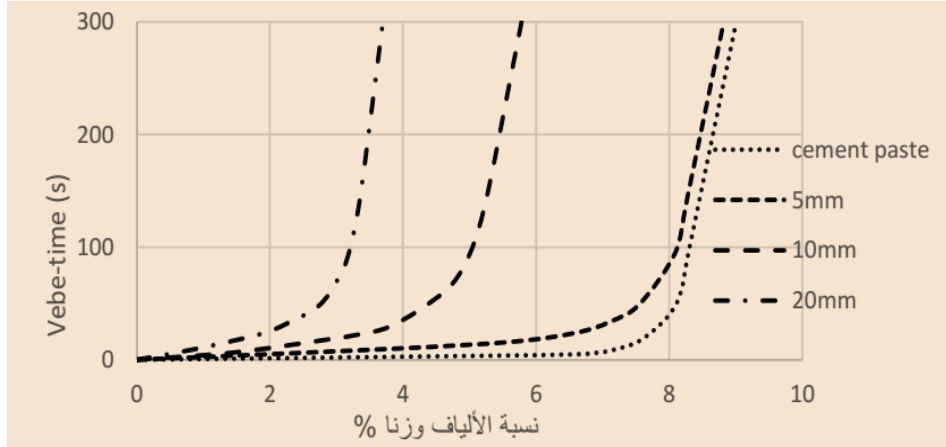
تلعب التركيبة الحبيبية لخليط ما دورا أساسيا في تشغيلية الخرسانة المدعمة بالألياف، ويتفق جل الباحثين بأن التشغيلية تتناقص مع زيادة نسبة الألياف في التركيبة الخرسانة، وذلك دون أن ننسى تأثير أبعاد الحبيبات على الخليط. [13]

تتراوح نسبة المزج بالألياف من 2 % الى 0.25 % من حجم الخلطة حيث تؤدي إضافة الألياف لنقصان هبوط المخروط بالمقارنة مع الخرسانة العادية بدون ألياف وذلك بحدود من 25-100mm [50]

وقد نقل [60] عن Edgington et Hannant [67] بينا أنه عند زيادة نسبة الحبيبات التي لها أبعاد أكبر من 5 مم في الخلطة يحدث نقصان كبير في التشغيل .

تكون الخرسانة بالألياف الفولاذية في الحالة الطرية جامدة جدا ولكنها تستجيب بشكل جيد جدا للرج (Chanh.2007)، لذلك فإن إضافة الملدنات يحسن من قابلية التشغيل.

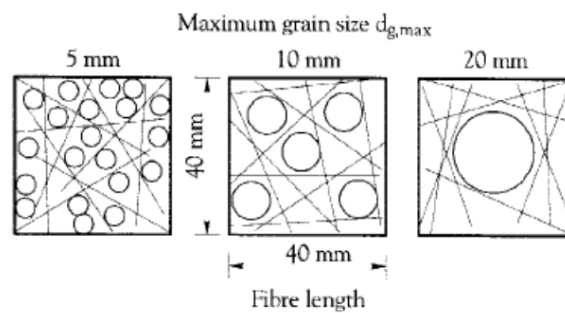
كما يلاحظ من الشكل 6.II (Edgington 1974) تأثر قابلية التشغيل من أجل مقاسات أعظمية مختلفة للحصى



الشكل 6.II . تأثير مقاسات أعظمية مختلفة للحصويات و نسبة الألياف في الخلطة على زمن V-B من أجل نسبة

معيارية $L/D=100$ (Edgington, 1974) [50] [60]

أن التشغيلية يتأثر بنوعية الخلطات المستعملة أي كلما كانت أقطار الركام كبيرة كلما قل التشغيل [60]. أظهرت الخبرة العملية أنه بتحقيق تدرج حبيبي للحصويات ضمن مغلف التدرج للحصويات الخشنة والناعمة الموصى به في ACI544 يقلل من الميل لتكتل الألياف ويزيد قابلية التشغيل ،من وجهة نظر قابلية التشغيل يوصي (Johnson, 1996) الشكل 7.II أن لا يزيد مقاس الحصويات عن نصف طول الليف لأنه يساعد على منع تكتل الألياف. كذلك فإن تخفيض المقاس الأعظمي للحصويات يسبب توزع عشوائي [50]



الشكل 7.II : تأثير حجم الحصويات على توزع الألياف (Johnson, 1996)

4.4.II طريقة المزج:

تساهم طريقة المزج في تكتل الألياف حسب (Kooiman, 2000) and (Chanh, 2007) من خلال:

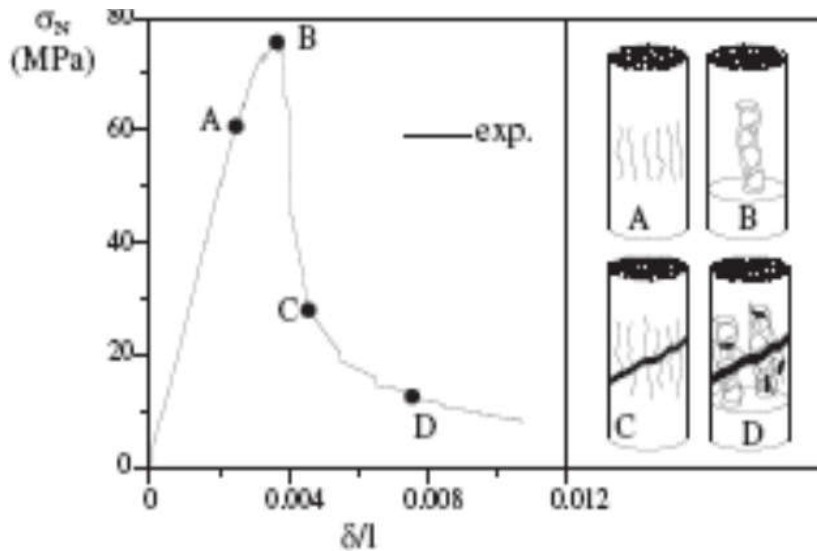
- 1/ إضافة الألياف بشكل سريع
- 2/ تشابك الألياف قبل إضافتها
- 3/ في حال استخدام خلاطه ذات استطاعة منخفضة
- 4/ إضافة الألياف قبل بقية مكونات الخلطة

5.II الخصائص الميكانيكية لخرسانة الألياف المعدنية المتصلبة :

إذا رجعنا إلى الأبحاث المتعلقة بالسلوك الميكانيكي لخرسانة الألياف المعدنية، نلاحظ أن هنالك العديد من النتائج والمعلومات المحققة من طرف الباحثين، وهي على العموم مشتتة أي أن النتائج المحققة أو المقدمة مختلفة عن بعضها نظرا للتغيير في المعاملات (E/C ، G/S) ، وطريقة الخلط) ومختلف أنواع وأبعاد وأشكال الألياف. وسنعرض فيما يلي بعض الدراسات التي أجريت على غرار العديد من الدراسات الأخرى، وسنحاول إعطاء نتائج حول إجهادات التحطيم الناجم عن الضغط والانحناء لخرسانة لألياف المعدنية .

1.5.II سلوك و مقاومة خرسانة الألياف المعدنية تجاه الضغط :

مقاومة الضغط في العموم هي خاصية مميزة نستطيع من خلالها تأمين و ضمان كل المقاومات الأخرى. فيما يتعلق بسلوك خرسانة الألياف المعدنية في مقاومة الضغط هناك عدة دراسات أجريت، منها ما أثبت أن زيادة الألياف في الخرسانة يحسن من مقاومتها للضغط وفي المقابل أثبتت عدة دراسات أخرى عكس ذلك [13] تُظهر الخرسانة في الحالة النموذجية عند تعرضها للضغط سلوكا مرنا حتى 30% من مقاومة الضغط الكلية(بعدها تحدث الشقوق طولية عند إجهادات مقدارها 75% من الإجهادات الأعظمية (الذروة) في منطقة معزولة تسمى منطقة الضرر على الضغط (CDZ) (Löfgren 2005.Compressive Damage Zone) . تكون الشقوق على طول السطح الفاصل بين العجينة الإسمنتية و الحصىات وتكون بشكل موازي لاتجاه قوة الضغط وتبدأ عند سطوح التماس وتنتشر في الخلطة مع زيادة الإجهادات بشكل مشابه لشقوق الشد ومع زيادة الإجهادات بشكل مشابه لشقوق الشد ومع زيادة قوة الضغط تصبح الخرسانة أكثر هشاشة ويحدث الانهيار [50] فسر (Colombo,2006) آلية انهيار الخرسانة المسلحة بالألياف، حيث يمكن تمييز أربعة نقاط على منحنى الضغط- الانفعال الشكل 8.II :



الشكل 8.II منحنى الضغط- الانفعال آلية انهيار الخرسانة المسلحة بالألياف (Colombo,2006)

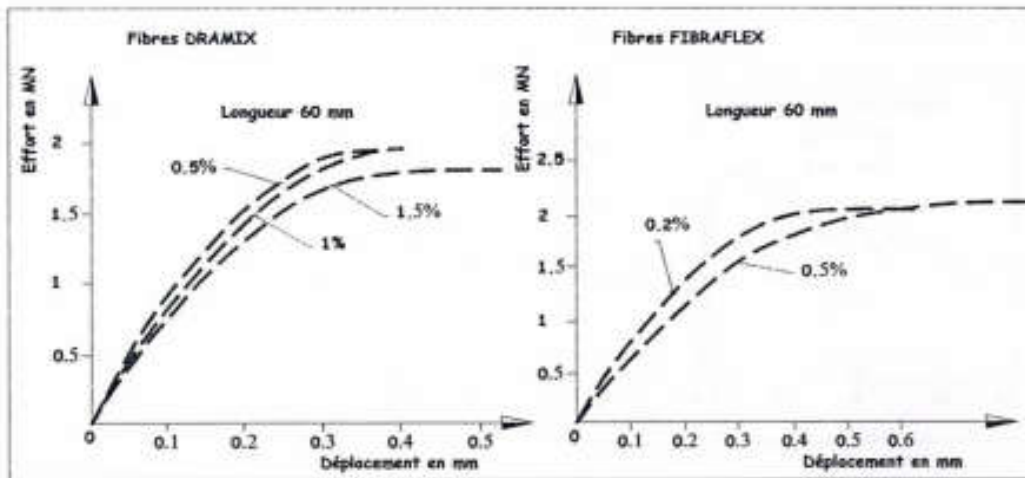
النقطة A تبين نهاية العلاقة الخطية لمنحنى الضغط الانفعال حيث تنتشر الشقوق الميكروية شاقوليا في العينة. مع استمرار التحميل والوصول إلى الذروة ، عند النقطة B تشكل الحصىات المتموضعة فوق بعضها عدة أعمدة في المنطقة الحرجة. بعدها يحدث في المنحنى هبوطا حادا وصولا إلى النقطة C ويفسر ذلك بحدوث

التحبيب لأعمدة الحصويات. بعدها تبدأ حزم من الشقوق الماكروية بالظهور وتعمل الألياف على منع الشقوق من التوسع (النقطة D) كما في الشكل 8.II

يمكن تلخيص سلوك الانضغاط للخرسانة المسلحة بالألياف في ثلاث مراحل وهي الأجزاء الثلاثة التي لا يمكن فصلها من مخطط الإجهاد والانفعال: [68]

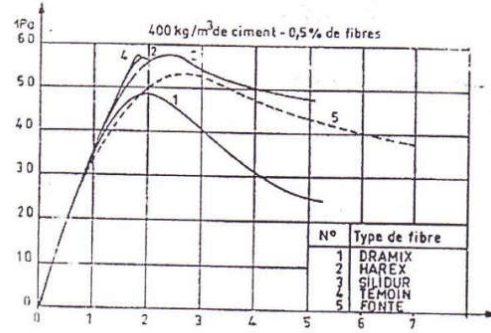
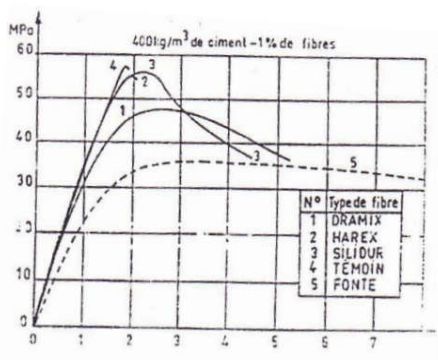
- تتم المرحلة الأولى ، قبل التكسير الدقيق ، بواسطة جزء خطي من المنحنى ، - الإجهاد - التشوه: وهذا مطابق لتلك الموجودة في الخرسانة الضابطة لأي قيمة من الإجهاد أقل من 50 % من حمل الكسر. هذا يسمح لنا بالقول أن معامل Young غير حساس لوجود الألياف خلال هذه المرحلة.
- يتم تمثيل المرحلة الثانية من خلال رسم بياني للمنحنى المتعلق بـ BFM في التميز عن خرسانة الشاهدة ويرجع ذلك إلى بدء تشققات صغيرة وبالتالي تشغيل الألياف التي تتعرض للتوتر.
- في المرحلة الأخيرة ، التي تسير في اتجاه هابط ، تأخذ الألياف كل الجهد تقريباً مع الحفاظ على الخرسانة المتشققة ، في كتلة واحدة.

- استنتج الباحثون ROSSI, HARROUCHE, LE MAOU كما نقل [54] ان مقاومة الضغط لخرسانة الألياف المعدنية هي أقل منها في الخرسانة العادية (بدون ألياف).
- من أجل الوصول الى النتائج ، تم إجراء اختبارات الضغط في LCPC ، عن طريق أخذ عينات بأبعاد 20x20x50 سم 3 من كتلة خرسانية كبيرة من ألياف DRAMIX ، وآخر يعتمد على ألياف FIBRAFLEX مع وجود الحالة المعتادة شاهد خرساني يخدم كمرجع. وجد انه أن إضافة الألياف لا يحسن من قوة الانضغاط للخرسانة ، وهناك انخفاض في معامل يونغ وكذلك الإجهاد. ومع ذلك ، يتم زيادة الليونة ، التي تعتمد على نوع وهندسة الألياف ولكن أيضاً على النسبة المئوية للألياف وتجدر الإشارة إلى أنه في هذه الدراسة ، أولى باحثو LCPC أهمية كبيرة لاستخدام طريقة Baron-Lesage من خلال استهداف إحلال التعزيز العرضي بواسطة الألياف. ، انظر الشكل 9.II [69]



الشكل 9.II: مخططات الضغط والإزاحة في الضغط حسب نوع ونسبة الألياف [69].

- من الواضح أن ZHAN (1991) أظهر أن الألياف المعدنية في الخرسانة (مقارنة بالخرسانة الضابطة) تزيد من مقاومتها بنسبة 20٪. وفي سلسلة الاختبارات التي قام بها على عينات الرقيق بعمر 227 يومًا. وجد أن هذه المقاومة أقل بكثير (حوالي 7٪) [70]
- من جانبه ، اختار Pierre ROSSI اتخاذ مسار أبسط لشرح هذا الانخفاض في المقاومة ، باستخدام صيغ FERET. يحتوي هذا على كمية أكبر من عينة الرمل والأسمنت من الخرسانة العادية ، ولكن أيضًا بسبب ارتفاع المسامية [69].
- على أي حال ، فإن حقيقة عدم مراعاة كمية الحصى الأقل في BFM ، المحددة مقارنة بالخرسانة الخالية من الألياف قد تشوه نتائجنا بطريقة أو بأخرى [69].
- وقد نقل [54] "أن ELIE ABSI أثبت بعد اطلاعه على عدة دراسات تمت على مستوى CEBTP بفرنسا من طرف مجموعة من الباحثين، بأن سلوك خرسانة الألياف تجاه الضغط يتراجع عن الخرسانة الشاهدة بدلالة نوع وحجم الألياف المستعملة كما هو موضح في الشكل التالي، حيث يبين هذا الشكل أن مقاومة الضغط في الخرسانة المدعمة بالألياف أقل منها في الخرسانة العادية إذا كان توزيع الألياف توزيع عشوائيا .

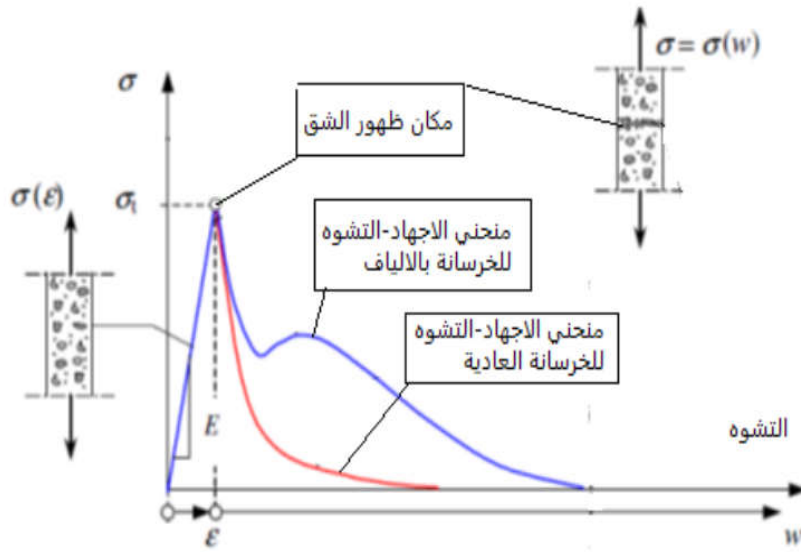


الشكل 10.II سلوك خرسانة الألياف المعدنية تجاه الضغط بدلالة الحجم ونوع الألياف [54]

- وتابع ELIE ABSI أبحاثه حيث وجد باحثين آخرين أثبتوا أن تأثير إدخال الألياف المعدنية في الخرسانة على مقاومة الضغط أكبر من الخرسانة العادية (عينة اسطوانية H=32cm و $\phi = 16cm$) ومن جهة أخرى، أثبتت دراسات موازية متعلقة بالخرسانة العادية وخرسانة الألياف المعدنية أن هناك زيادة طفيفة في الاجهادات العظمى للضغط بدلالة زيادة الألياف.
- أجرى (Bencardino et al., 2006 & 2007) اختبار الضغط على عينات مكعبة 150 مم وعينات اسطوانية 150×300 مم و ألياف فولاذية معكوفة بطول 22 مم ومقاومة شد 350-400 ميغاباسكال ونسبة نحافة 40 وبنسب مزج حجمية 1-1.6-3 % بالإضافة إلى عينات مرجعية. بينت النتائج أن إضافة الألياف بنسبة 1 % تزيد المقاومة بشكل واضح للعينات المكعبة ويشكل طفيف للعينات الاسطوانية. ومن أجل نسب مزج للألياف 1.6 و3% كانت الزيادة في المقاومة قليلة للعينات المكعبة. بينما كان هناك هبوط للمقاومة للعينات الاسطوانية بمقدار 12 % .

5.2.II سلوك خرسانة الألياف المعدنية تجاه الشد :

حسب (Löfgren, 2005) تلعب الألياف دورا في المرحلة بعد التشقق وتكون مشاركتها الأساسية بزيادة المتانة على الانكسار ويتعلق (بطول الألياف والنسبة المعيارية وتوضع الألياف)، و يكون سلوك الخرسانة المضاف إليها ألياف فولاذية (الشد) ما يعرف بالتشوه الطري ويظهر شق وحيد وهو الذي يحدد نقطة الذروة وبعدها تبدأ الاجهادات بالتناقص ويكون ميل المنحني الهابط كبيرا ثم يقل مما يؤشر على أن الألياف تقوم بالتجسير بين طرفي الشق بينما يكون ميل الجزء الهابط كبيرا في الخرسانة العادية. وهناك التشوه الصلب حيث تظهر شقوق متعددة في الخرسانة في حالة استخدام ألياف عالية الأداء وتكون نقطة الذروة أكبر من مقاومة التشقق. الشكل 11.II [50]



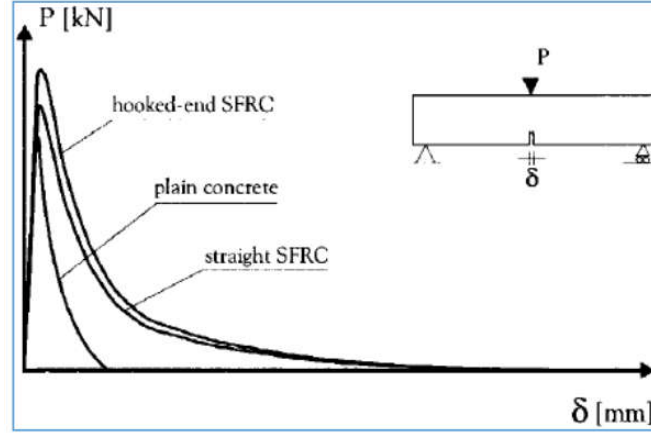
الشكل 11.II. سلوك الخرسانة العادية والخرسانة المسلحة بالألياف على الشد Löfgren ;2005 [50]

من بين مشاكل الخرسانة ضعفها تجاه مقاومة الشد، وهنا تلعب الألياف المعدنية دورها في التقوية والزيادة من هذه المقاومة حيث تقوم بلحم ولأم التشققات الكبيرة الناتجة عن الشد ولكن هذه التجربة صعبة التنفيذ نظرا لصعوبة تمرکز الحموله لهذا يلاحظ عموما سلوك الخرسانة في الشد من خلال الانحناء [60] وتجدر الإشارة أن جل الباحثين يستعملون تجربة الشد غير المباشر (الشد بواسطة الانحناء)، حيث أجمع العديد من الباحثين على أن سلوك خرسانة الألياف المعدنية والخرسانة العادية أثناء مرحلة ظهور التشققات الأولية الناجمة عن الشد أحادي المحور هو نفسه تقريبا. [13]

1.5.2.II سلوك خرسانة الألياف المعدنية تجاه الانحناء :

ان دراسة سلوك و مقاومة الشد بواسطة الانحناء لخرسانة الألياف عموما هو محط أنظار كثير من الباحثين يكون بإدخال الألياف منها المعدنية (بأشكال وإبعاد ونسب مختلفة) على الخرسانة، بغية تحسين مقاومتها تجاه الشد (الشد بواسطة الانحناء) وللتقليل من ظهور الشقوق، ولزيادة المرونة. وهو ما أثبتته الدراسات في مجملها بإيجابية إدخال الألياف المعدنية في تحسين خصائص الخرسانة الليفية ، ونذكر من بين هذه الدراسات ما يلي:

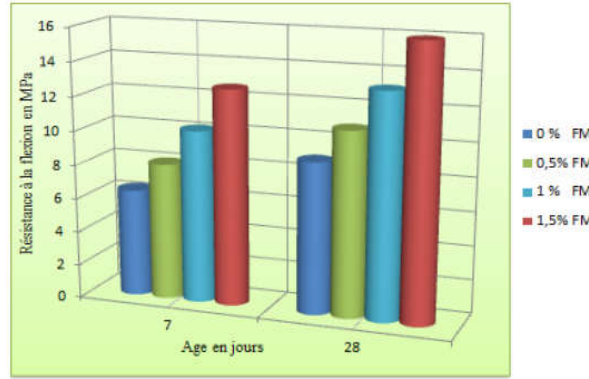
و نقل [50] أن إضافة الألياف يحسن مقاومة الشد بالانعطاف للخرسانة وقد وجد أن هذا التحسن هو أكبر من ذلك بحالة تحميل العينة على الشد أحادي المحور. كما أن متانة الخرسانة المسلحة بالألياف تعتمد على نسبة الألياف والتماسك مع الخرسانة والنسبة المعيارية للألياف. في الشكل الموالي تم توضيح التحسن على مقاومة الشد على الانعطاف عند إضافة الألياف وذلك لأنواع مختلفة من الألياف (Kooiman 2000)



الشكل 12.II: تأثير الألياف على مقاومة الشد بالانعطاف لأنواع مختلفة من الألياف (Kooiman 2000)
 نلاحظ ان الألياف المستقيمة تزيد من المقاومة الاعظمية وتعطي حد تشوه أكبر وبالنسبة للألياف المعكوفة فهي تزيد من المقاومة الاعظمية لكنها لا تحسن كثيرا من المتانة بالمقارنة مع الألياف الملساء وهذا يفسر بأن العكفات تؤمن تماسكا ميكانيكيا أكبر قبل الانهيار الناتج عن المفاصل اللدنة التي تشكلها العكفات ولكن بعد الانهيار تتصرف مثل الألياف الملساء [50]

- استنتج الباحث AIT-TAHAR كما ذكر [54] بعد القيام بالعديد من الدراسات التجريبية، بأن مقاومة الشد بواسطة الانحناء تزداد بزيادة نسبة الألياف المدخلة في التركيبة الخرسانية.
 وبعد عدة تجارب أجريت قام بها AIT-TAHAR استنتج ما يلي [54] :
 إضافة الألياف المعدنية للحديدية للتركيبة يسمح بزيادة القوى التي تولد التشقق الأول من 12.5 الى 50% والتشقق داخل الكتلة 12.5%. و لحظة التشقق تزداد بنسبة 20%.
 قيم مقاومة الشد بواسطة الانحناء ومعامل التشوه الطولي لخرسانة الألياف يزداد بمقدار كافي.
 مقاومة كبيرة في التشقق الأول، وتأخر في انتشار التشققات الأخرى. وتحسن مقاومة التحطيم الكلي مقارنة بالخرسانة العادية.

قد توصل كل الباحثين F. Setti, K. Ezziane, B. Setti, F. Merzoug في دراسة بالندوة الدولية "الحد من المخاطر الزلزالية" بجامعة الشلف 2012 بعنوان سلوك عوارض من الخرسانية المعززة بألياف المعدنية تحت الأحمال المتزايدة، تم دراسة تأثير معدل الألياف المعدنية على مقاومة الشد بالانحناء ($28 \times 7 \times 7$ سم) مع بنسب مختلفة من الألياف (0 ، 0.5 ، 1 و 1.5 %) ، واختبارها عند سن 7 و 28 يوم ، أن إضافة الألياف يؤدي إلى زيادة ملحوظة في قوة الشد بواسطة الانحناء حيث تتضاعف قيمتها في وجود 1.5 % من الألياف ، وتحسين بنسبة 62% على في وجود 1% ألياف معدنية [71] لاحظ الشكل 13.II



الشكل II.13 التباين في قوة الشد عن طريق الانحناء بدالة للوقت (7-28 يوم).

II.2.5.2 سلوك خرسانة الألياف المعدنية تجاه الشد البرازيلي :

مقاومة الشد الانشطاري بشكل عام تعد من الخواص المهمة في الخرسانة لمقاومة التشققات الناتجة من الانكماش وتغير درجات الحرارة ، تبلغ مقاومة الشد الانشطاري حوالي 5 % من مقاومة انضغاط عالية المقاومة وتبلغ مقاومة الشد الانشطاري تقريبا نسبة 70 % من مقاومة الانثناء بعمر ثمانية وعشرين يوما (Dewar) [72]

استنتج الباحث سالم الطيب يوسف و حسين شمس الدين أن مقاومة الشد الانشطاري تزداد بزيادة الألياف الفولاذية في الخلطة الخرسانية و أن أعلا نسبة زيادة كانت بالنسبة للخرسانة الحاوية على الألياف الفولاذية بنسبة 0.5 % وكانت 42 % مقارنة بالعينات الشاهدة والسبب في الزيادة يعود إلى فعالية الألياف الفولاذية و التي تتوزع بشكل عشوائي في الخلطة الخرسانية و التي تكبح تكوين الشقوق و إلى المقاومة العالية للألياف نفسها و إلى ترابط بين الألياف الفولاذية و مكونات الخرسانة الأخرى فهي تزيد مقاومة الشد الانشطاري للخرسانة [71]

إن الخرسانة تظهر سلوك عند الفشل يختلف بشكل جذري عند إضافة الألياف الفولاذية ، فالخرسانة غير المسلحة بالألياف الفولاذية تنصرف بعد وصولها إلى إجهاد الشد الأعظم ، تفشل بصورة فجائية بعد حصول الفشل الأولي ومن دون أي تحذير بينما عند إضافة الألياف الفولاذية تتغير سلوك الخرسانة فبعد حدوث الشقوق الأولية لا يحدث فشل فجائي بسبب الألياف الفولاذية بل تستمر في المقاومة إلى أن يزداد تولد الشقوق نتيجة الإجهاد المتزايد الناتج من زيادة الحمل وتصل إلى مرحلة الفشل [71]

أجرى الباحث (Samman) و آخرون [73] في عام 1999 دراسة عن الخصائص الميكانيكية للخرسانة الاعتيادية و عالية المقاومة المسلحة بالألياف فولاذية ذات نهايات منحنية بنسب حجمية تتراوح بين 0%-1.5% وغبار سليكا (0%-10%) استخدم الباحثون اسطوانة قياس (150×300 mm) واسطوانة (100×200 mm) ومكعب قياس (150 mm) ، واستنتج الباحثون انه بزيادة محتوى الألياف من (0) % الى 1.5 % ازدادت مقاومة الشد الانشطاري بحدود 53% إلى 94% [71]

ومن نفس المصدر قام الباحثان (Sarsam & zaid) [74] عام (2010) بدراسة عملية حول تأثير أنواع مختلفة من الألياف الفولاذية بنسب حجمية مختلفة (0-2%) على الخرسانة ، حيث عند إضافة الألياف الفولاذية المستقيمة بنسبة 1.5% من حجم الخرسانة زادت مقاومة الشد الانشطاري 32 % وزادت بمقدار 99 % بإضافة ألياف فولاذية بنهايات منحنية وذلك على نماذج اسطوانية $2 \times (mm\ 300 \times 150) + 4 \times (mm\ 200 \times 100)$ وحسب HAMRI Amel [45] Nanni [75] ، من خلال اختبارات التقسيم (الألياف المستخدمة هي ألياف ذات خطافات في نهايتها) ، لاحظ أنه مع نسبة عالية نسبياً من الألياف ($< 0.8\%$) تستمر القوة في الزيادة بعد التشقق الأول للمادة

Zhan [58] في اختبارات الانقسام غير الخاضعة للرقابة ، لوحظ زيادة بنسبة 34% في قوة الشد. تلعب الزيادة في كمية الأسمنت دوراً صغيراً في قوة الشد للخرسانة (زيادة بنسبة 8 % بدلاً من 30 % في الانحناء). مع الاختبارات المحكومة ، يظهر المؤلف نفسه أن وجود الألياف يسمح للمركب ليونة جيدة ويزيد من الحمل الأقصى في مجال ما بعد التكسير

6.II عملية وآلية تحطم خرسانة الألياف :

1.6.II العملية الميكانيكية للألياف المعدنية داخل الخرسانة:

تقود الشقوق الميكروية الموجودة أصلاً في بنية الخرسانة بالإضافة إلى مقاومة الشد المنخفضة والنتيجة عن انتشار هذه الشقوق الميكروية بالنهاية إلى الانكسار الهش للخرسانة. تساهم إضافة الألياف للخرسانة في تحسين الكثير من الخصائص الهندسية لها مثل المتانة والمطاوعة على الرغم من الزيادة القليلة في مقاومة الضغط.

إن التشوه الناتج عن تشقق الشد للخلطة الإسمنتية أصغر بكثير من التشوه الحرج والحدي للألياف الفولاذية وكنتيجة عند تحميل الخلطة المسلحة بالألياف فإنها سوف تتشقق لفترة طويلة قبل أن تنكسر. من الضروري أن نؤكد أن التسليح بالألياف ليس بديلاً للتسليح التقليدي حيث أن كلا منهما يلعب دوراً مختلفاً في الخرسانة فقضبان التسليح تساهم في زيادة طاقة تحمل العنصر الخرساني للحمولات بينما تكون الألياف أكثر فعالية للتحكم بالشقوق. [50]

ونقلاً عن [13] ان الهدف من رابط بين الألياف المعدنية والخرسانة منع حصول تلك التشققات الصغيرة (Micro-Fissures) التي عادة ما تظهر في الخرسانة العادية، وفي خرسانة الألياف المعدنية نستطيع استعمال ألياف دقيقة (Microfibres) (ذات طول لا يزيد عن 5 مم) بهدف التحسين في القدرة الحاملة والليونة في المنشآت. لكن في المقابل لا يحسن هذا الإجراء من المقاومة [59].

توجد هناك مجموعتين كبيرتين من الألياف المعدنية تتميز عن بعضها البعض بعملها الميكانيكي.

○ ألياف تعمل بتلاحمها، لها شكل صفائحي تعطي من خلالها مساحة سطحية نوعية مهمة، لكنها لا تتميز بالليونة، مهمتها التقليل من التشققات بواسطة الاحتكاك.

○ ألياف تعمل من أجل الربط ، ذات شكل اسطواني من الحديد اللدن. تتميز بسلوكها اللين، تزداد

جودتها بوجود عكفات على رؤوسها أو تموجات على طولها الكلي.[13]

2.6.II آلية تحطم خرسانة الألياف :

ونقلا عن [13] نستطيع تمييز ثلاث مراحل من عملية التحطيم (بالانحناء) لعينة من الخرسانة :

- المرحلة الأول : تشققات صغيرة (microfissurations) تظهر في كل العينة.
 - المرحلة الثانية : تبدأ تلك التشققات الصغير بالاتحاد لتشكل تشققا أو عددا من التشققات، ويتم في هذه المرحلة تحديد مكان التشقق.
 - المرحلة الثالثة : وفيها ينحل أحد الشقوق أو عدد منها مما يؤدي إلى التحطم الكلي للعينة.
- ويمكن في هذه المرحلة أن تساهم الألياف المعدنية في عدم انتشار الشقوق، وذلك على النحو التالي :
- مرحلة التشققات الصغيرة : تساهم الألياف المعدنية خاصة الصغيرة منها في هذه المرحلة في تجميع (خيطة) التشققات الصغيرة حيث تعيق عملية تحديدها، نلاحظ إذن زيادة في المقاومة والمرونة على مستوى العينة (كأحد أهم الخصائص).
 - مرحلة انتشار التشققات الكبيرة : وهنا أيضا تساهم الألياف المعدنية في تجميع التشققات والحد من ظاهرة انتشارها، وبعد عملية ظهور التشققات، تقوم الألياف المعدنية بدور استعادة الاجهادات (Reprise des efforts)، موفرة بذلك قدرة حاملة وليونة أكبر للعينة.

يتضح من خلال أغلب الحالات السابقة، أن الشكل الهندسي الأمثل للألياف المعدنية التي يجب استعمالها، مختلف باختلاف نوع الشقوق الصغيرة أو الكبيرة. لذا نستطيع أن نميز ونقول أنها :

إذا كانت الشقوق صغيرة يجب استعمال ألياف صغيرة الحجم كثيرة العدد وفي حالة التشققات الكبيرة يجب أن يكون طول الليف كبيرا بالقدر اللازم لأجل ضمان توزيع صحيح لها داخل هيكل العينة، وكذا مساهمتها في تجميع التشققات الكبيرة حيث تلعب الألياف هنا دور التسليح في الخرسانة المسلحة، ولو أن آلية الربط تختلف، وتستعمل الألياف المعدنية ذات الطول الكبير بنسب أقل من الألياف القصيرة ، حتى لا تؤثر سلبا على التشغيلية.

3.6.II تأثير توجيه الألياف :

يخضع سلوك الليف عندما يتعرض للسحب لعوامل مختلفة مثل خواص الليف ذاته كشكله وطوله والنسبة المعيارية والى مقاومة التماسك بين الليف والخلطة وتوضع الليف بالنسبة إلى اتجاه (Kooiman, 2000) [50]

ان دور الألياف في تحسين خصائص الخرسانة يتعلق أساسا بتوجيه هذه الأخيرة داخل التركيبة. حيث تتحكم تقنيات إعداد الخلطة في كيفية توجيه الألياف. كذلك تظهر الشقوق في العينة عمودية على اتجاه قوة الشد بواسطة الانحناء، ومنه نميز حالتين لتموضع الألياف بالنسبة للشقوق :

- التشكيلة التي بها الألياف مصطفة عموديا بالنسبة للتشقق هي التشكيلة المثلى والألياف تكون في هذه الحالة جد فعالة .
- التشكيلة التي بها الألياف مصطفة موازية بالنسبة للتشقق هي التشكيلة الرديئة والألياف تكون في هذه الحالة غير فعالة . [13]

نقل [13] كل من الباحثين BONZEL و SHMIDT و كما نقل [54] عن DEBICKI أن تأثير توجيه الألياف في الخصائص الميكانيكية لخرسانة الألياف وقد استخلاصا ما يلي :

أن درجة توجيه الألياف تتعلق أساسا بكمية الاسمنت وبحجم الحصى الكبير وبنسبة الألياف الحديدية وبانحلالية الخرسانة وطول نقل هذه الأخيرة (الترسبات) أثناء عملية الدمك.

ان خصائص الخرسانة المتصلبة يمكن تحسينها بإضافة الألياف فقط بطريقة عمودية بالنسبة لإجهاد الضغط أو متوازية بالنسبة لإجهاد الشد.

في الحالات المثلى لتوجيه الألياف، تصل نسبة زيادة مقاومة الضغط 15% ومقاومة الانحناء 90% ، أما في الحالات التي يكون فيها توجيه الألياف بصفة عشوائية فان المقاومات لا تكون أحسن من المقاومات في الخرسانة العادية.

7.II معامل المرونة لخرسانة الألياف:

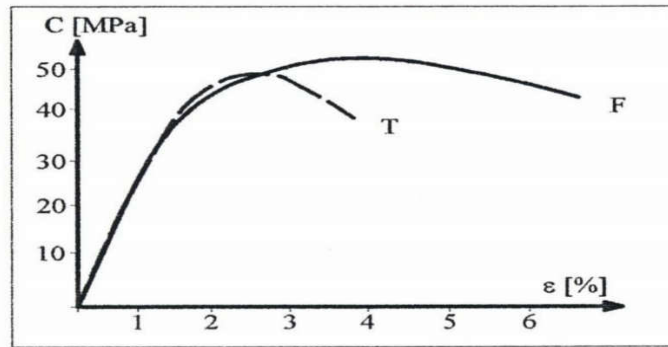
معامل المرونة يعبر عن العلاقة بين الإجهاد المسلط و الانفعال الناتج ويتميز معيار المرونة بأنه يعتمد على عدة عوامل نذكر منها نسب المزج ،النسبة E/C ، مقاومة الخرسانة ، كثافة الخرسانة ، عمر الخرسانة ، نوع الركام ، وبما أن الركام يشغل حيزا كبيرا من حجم الخرسانة فان معامل المرونة يتأثر بشكل كبير بالركام وفي نفس الوقت بمقدار التماسك بين عجينة الاسمنت و الركام [71]

كثير من الدراسات في الخرسانة الليفية اثبت ان هناك علاقة (سلبية – ايجابية) تربط بين قدرة على تحمل الإجهاد (الضغط شد – الانحناء) و الألياف (نسبة – شكل- النوع) ولكون هذه الأخيرة لها علاقة وطيدة بسلوك الانفعال (التشوه) في الخرسانة الليفية ، وهذه بعض الدراسات التي تناولت الموضوع :

○ وفقاً لـ (1984) SERNA ROS ، فإن القوة النهائية ومعامل المرونة لـ BFM قريبان جداً من

تلك الخاصة بالخرسانة الضابطة. ومع ذلك ، فإن الألياف تغذي الخرسانة ، بعد الذروة ، بالطاقة ،

مما ينتج سلوكاً مرناً وبالتالي زيادة في الضغط عند الكسر انظر الشكل 14.II

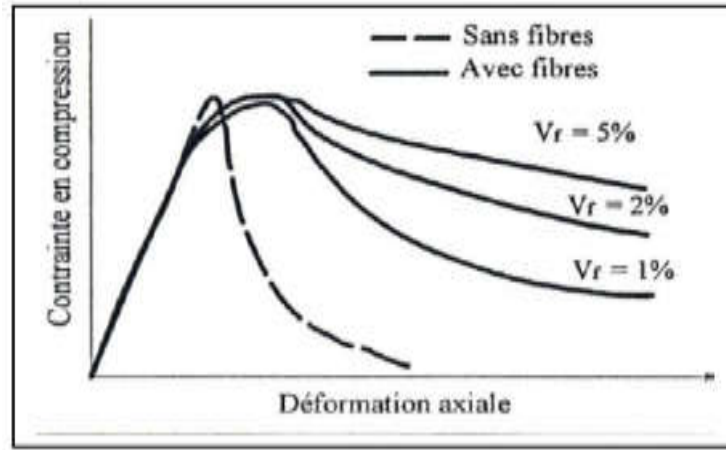


الشكل 14.II: منحنى إجهاد التشوه في ضغط بسيط (1984) SERNAROS ، [70].

مع: T تمثل الخرسانة الليفية و F: خرسانة من ألياف معدنية مع خطافات.

أظهر FENELLA. A. D. وآخرون (1985) من خلال التجربة أنه كلما زادت جرعة الألياف ، كلما كان تشتت الجزء الهابط من منحنى الإجهاد والتوتر أكثر أهمية.

من خلال الشكل 15.II يتضح أن زيادة نسبة الألياف في الخرسانة تعطي مقاومة بشكل أكبر وأكثر مرونة [70].

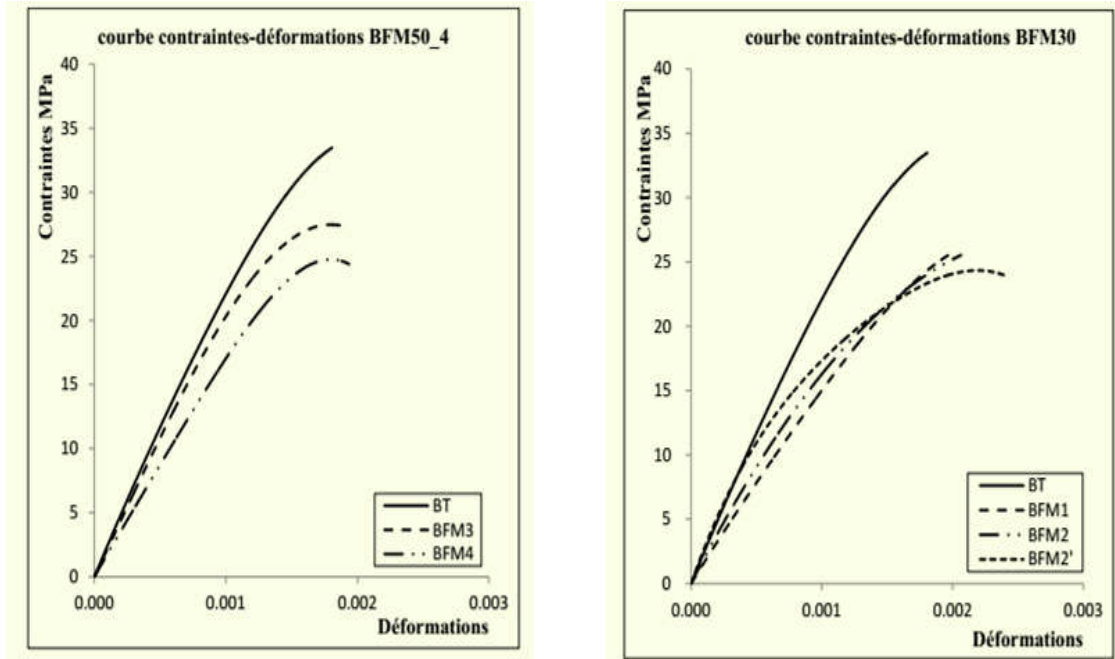


الشكل 15.II : تأثير جرعة الألياف أثناء اختبار الضغط [76].

تم إجراء اختبارات الضغط في LCPC، لعينات خرسانية بأبعاد 20x20x50 سم 3، جزءا به ألياف DRAMIX وآخر يعتمد على ألياف FIBRAFLEX وآخر بدون الألياف (شاهد). وجد انه أن بإضافة الألياف لا يحسن من قوة الانضغاط للخرسانة ، وهناك انخفاض في معامل يونغ وكذلك الإجهاد. ومع ذلك ، يتم زيادة الليونة ، التي تعتمد على نوع وهندسة الألياف ولكن أيضاً على النسبة المئوية للألياف [69] وقد اجر الباحث HAMRI Amel [45] دراسة حول تأثير الألياف على مقاومة الإجهاد والانكسار للعناصر الهيكلية من خلال عينات اسطوانية 160mm×320mm تم إجراء اختبارات الضغط البسيطة على عينات مصنوعة من الخرسانة المسلحة بالألياف المعدنية. مع تغير نسبة S/G التجربة سمحت له منحنيات الإجهاد والانفعال لمختلف التركيبات وحساب معامل المرونة الاستاتيكي من خلال اختبارات الضغط وهذه بعض النتائج التي تحصل عليها في الجدول 7.II

الجدول 7.II المقارنة بين معامل المرونة التجريبي و الحسابي لمختلف العينات و S/G=0.8 [45]

S/G=0.8	مميزات الألياف في العينة			fc28 MPa	معامل المرونة (MPa)	
	الطول mm	عدد الموجات	النسبة %		التجريبي E _{bo}	الحسابي E
Bt	الشاهدة			33.48	35722.35	354531.23
BFM1	3	4	0.6	25.74	32272.73	324784.68
BFM2			0.8	25.71	31868.13	324658.45
BFM2'			1	23.86	31397.84	316676.74
BFM3	5	4	0.6	27.54	33442.62	332185.49
BFM4			0.8	24.44	31794.87	319222.20
BFM5	5	8	0.6	28.55	33587.78	336197.69
BFM6			0.8	26.64	32785.00	328526.77



الشكل 16.II تأثير تغير نسبة الألياف في الخرسانة على مخططات الإجهاد و الانفعال

من الملاحظ ان جميع المنحنيات الخاصة بالخرسانة الليفية اقل ميلا من منحنى الخرسانة الشاهدة و أكثر تمدد أي ان معامل المرونة الخاص بجميع التركيبات الخرسانة الليفية اقل من معامل المرونة للخرسانة الشاهدة ولكن كل التركيبات خرسانة الليفية أكثر ليونة.

8.II الانكماش والزحف :

يعود أصل حدوث ظاهرتي الانكماش والزحف إلى عجينة الاسمنت، وتظهر هاتيتن الخاصيتين أكثر في الخرسانات التي تحتوي على تركيز للأسمنت يتراوح من 350 إلى 400 كلف في المتر المكعب. حيث يمكن في هذا النوع من الخرسانة تقليل قيمة الانكماش أو الزحف بالتقليل من كمية عجينة الاسمنت، أي الزيادة في نسبة الحصى. [13]

لكن في أيامنا هذه هناك تقنيات جديدة يمكن تطبيقها، ويتعلق الأمر بإدخال الألياف المعدنية في التركيبة، حيث يكمن لهذه الأخيرة أن تساهم إيجابيا في التقليل من ظاهرتي الزحف و الانكماش.

1.8.II الانكماش :

تتعلق دراسة ظاهرة الانكماش في الخرسانة بدراسة وتحليل التشوهات التي تطرأ على هذه الأخيرة بدلالة الزمن فقط، أي دون تعرضها لقوى خارجية أخرى (الانكماش الحر). حيث يمكننا هنا التمييز بين نوعين من التشوهات: ذات أصل حراري و ذات أصل هدروليكي [77].

معظم الأبحاث التي تطرقت إلى موضوع الانكماش لخرسانة الألياف بينت أن إضافة الألياف تؤدي إلى التقليل من الانكماش وذلك حسب نوع وكمية الألياف [60]

حسب اغلب الدراسات فإن إضافة الألياف إلى الخرسانة بشكل عام تؤثر إيجابيا على التشوهات الناتجة في الخرسانة قبل التصلب أو بعده وهذا ما ينعكس إيجابيا على انكماش الخرسانة المدعمة بالألياف مقارنة بالخرسانة العادية. وهذا ما يدفعنا ذكر بعض العوام التي تؤثر على الانكماش في الخرسانة الليفية .

1.1.8.II تأثير كمية الألياف :

ظاهرة الانكماش في الخرسانة المعززة بالألياف كانت محل اهتمام كثير من الدراسات التي قام بها الباحثون و التي تثبت في معظمها التأثير الايجابي للألياف ، نذكر منها :

ما نقله [60] انه حسب [78]Rehsi إن عملية إضافة الألياف الفولاذية تؤدي إلى التقليل من الانكماش بنسبة 50 % تقريبا من انكماش الخرسانة لوحدها. [79]

وما نقله [13] ذكر جاهت حسين مرزا و فيصل فواد [80] :أنه تم صب ثمانية عينات مستطيلة الشكل بأبعاد mm 30X600X900 وبمقاومة انضغاط تراوحت ما بين 23 الى 84 MPa ، وقويت بعض العينات بألياف حديدية وبروبيلينية بنسب مختلفة ومن ثم مراقبة الانكماش للندن لهذه العينات عن طريق تسجيل كمية الفاقد من الماء ومعدل التبخر ورصد التشقق الناتج، تبين أن إضافة الألياف سواء الحديدية أو البروبيلينية يؤدي الى تقليل مساحات التشقق - الناتج عن الانكماش - في بعض العينات واختفائها نهائياً من عينات أخرى حسب نسبة الألياف المضافة ونوعها. وقد وجد أن تقوية بعض العينات بالألياف الحديدية بنسبة 1% من الحجم يؤدي الى اختفاء التشققات في حالة الخرسانة عادية المقاومة (23-40MPa) وبنسبة 1.5 % من الحجم في حالة الخرسانة عالية المقاومة (41 - 84MPa) [80].

وجد الباحثان MANAGAT و AZARI [81] دراسة الانكماش من خلال عينات خراسانية بتركيبية (C=1 , E = 0.58 , G = 1.2 , S = 2.5) حيث لاحظوا تراجع في نسبة الانكماش تقدر بـ 35% وذلك باستعمال كمية من الألياف الفولاذية التي تقدر بـ 3 % بأطوال mm 5.22 وقد اقترح هذان الباحثان علاقة نظرية خاصة بالتشوه الناجم عن الانكماش، وهي كالتي :

$$\epsilon_{bf} = \epsilon_{bc}(1 - 2.45\mu \cdot V_f \cdot l/d) \dots \dots \dots (2.4)$$

ϵ_{bf} : التشوه الناجم عن الانكماش في خرسانة الألياف.

ϵ_{bc} : التشوه الناجم عن الانكماش في الخرسانة العادية.

μ : معامل يمثل ويتعلق بنوع الألياف والمواد التي تدخل في التركيبة.

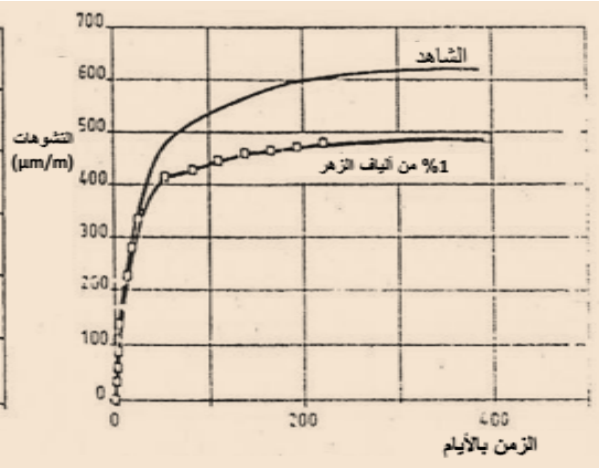
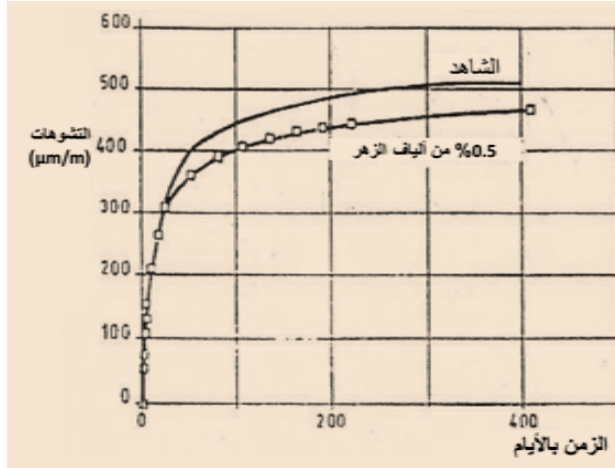
V_f : حجم الألياف.

L : طول الليف .

d : قطر الليف.

ومن جهة أخرى كشف الباحث SWAMY [64] أن تواجد الألياف الفولاذية له تأثير خفيف على الانكماش الحر (انخفاض بنسبة 20%)، في حين لاحظ أن هناك تحسن ملحوظ في الانكماش المفعل يصل إلى نسبة 50%(Retrait empêché).

ونقلا عن [13] انه بين التجارب الأخرى التي أنجزت ،تجربة أجريت على خرسانة الألياف المعدنية بحديد الصلب أو الزهر والتي بينت تأثير الألياف على الانكماش الجاف (الانكماش بعد التصلب)، والذي بدا أقل من الانكماش في الخرسانة العادية ذات نفس التركيبة[54] والأشكال(17.II ، 18.II) توضح ذلك .



الشكل 18.II الانكماش بعد التصلب لخرسانة

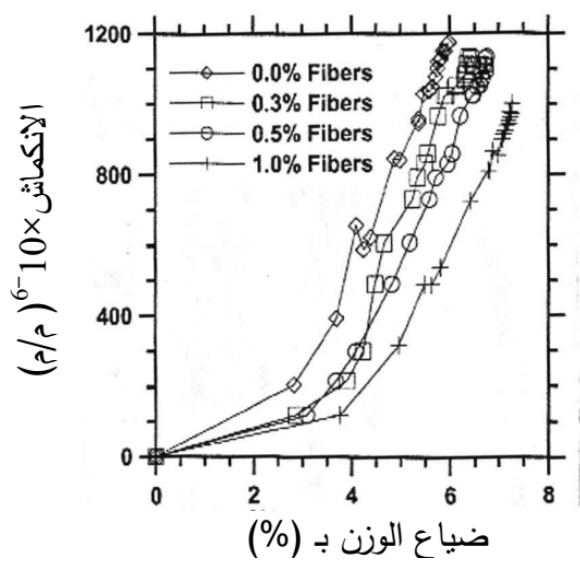
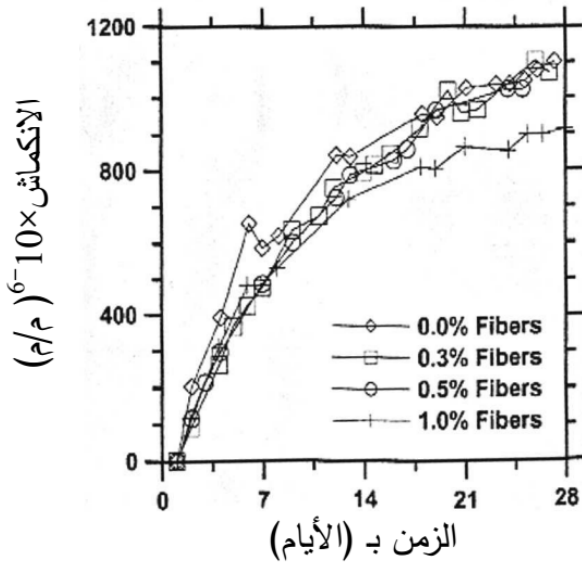
الشكل 17.II الانكماش بعد التصلب لخرسانة

بدون وبألياف من الزهر بنسبة 5.0%

بدون وبألياف من الزهر بنسبة 1%

من خلال ملاحظة كلما زادت نسبة الألياف من 0.5 إلى 1% نقص الانكماش في الخرسانة الليفية بالنسبة للخرسانة العادية

ونقلا عن [60] أن الباحثان W-JASON WEISS و BYOUNGGEON KIN قاما بدراسة الانكماش على مونه من الاسمنت المعزز بألياف فولاذية طولها 13 ملم وبكميات حجميه مختلفه (0.3%، 0.5%، 1%) فاستنتج بأنه كلما زادت كمية الألياف قل الانكماش وكذلك بأن الانكماش له علاقة طردية مع نقص وزن العينات [41].

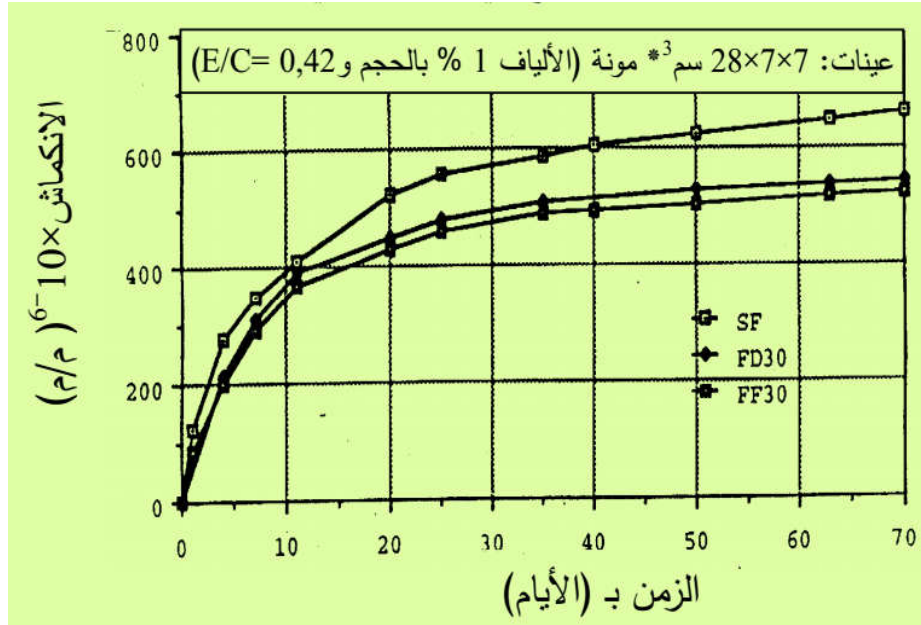


الشكل 20.II العلاقة بين الانكماش كمية الألياف [41]

الشكل 19.II العلاقة بين الانكماش ووزن العينة

2.1.8.II تأثير طبيعة وطول الألياف :

نقل [60] التجربة التي قام بها حسن هوارى على عينات من المونة المعززة بألياف مختلفة الطبيعية وهي ألياف فولاذية (FD) وألياف حديد الزهر (FF) لهما طول 30 مم والخرسانة لوحدها (SF) فاستنتج أن انكماش الجفاف يتأثر بطبيعة الألياف كما هو موضح في الشكل 22.II:



الشكل 22.II تأثير طبيعة الألياف على الانكماش [60]

نقل [13] ما أثبتت التجارب التي قام بها BELFERRAG ALLAOUA [54] أن طول الليف له تأثير على الانكماش إذ وجد في نفس التركيبة الخرسانية وب نفس النسبة المئوية من الألياف أن الخرسانة التي تحتوي على الليف الطويل ذي الطول 6 سم الانكماش فيها كان أقل من التي تحتوي على نفس النسبة ولكن بطول 3 سم .

9.II الزحف :

هو الانفعال غير المرن الذي يحدث مع مرور الزمن تحت تأثير إجهاد ثابت ، أي ان الزحف يعتمد على الزمن وقد تصل قيمته الى عدة أضعاف قيمة الانفعالات اللحظية التي تحدث نتيجة أحمال التشغيل. وقيمة الانفعال الناتج من الزحف للخرسانة تتراوح من 5×10^{-6} إلى 20×10^{-6} وذلك لكل 1 كغ/سم² إجهاد. ويمكن أخذ قيمة متوسطة للزحف الكلي للخرسانة على أساس 0.01 مم لكل متر لكل واحد كغ/سم² إجهاد [24]

تتعلق دراسة ظاهرة الزحف في الخرسانة بدراسة وتحليل التشوهات التي تطرأ على هذه الأخيرة عبر الزمن عندما تكون معرضة لقوى خارجية دائمة. [13]

هناك عدة تجارب أجريت في هذا الصدد تثبت في مجملها أن الألياف المعدنية ليس لها تأثير كبير على الزحف مقارنة بالخرسانة العادية، ومن بين هذه التجارب نستطيع ذكر ما يلي :

- نقل [60] عن دراسة للباحث الهاشمي بين فيها أن زحف خرسانة الألياف يشابه زحف الخرسانة الشاهدة أما Edington وغيره من الباحثين استنتجوا بأن إضافة الألياف الفولاذية إلى خرسانة لا تنقص من تشوه الزحف وذلك خلال مدة 12 شهر من تحميل العينة
- الباحثان Mangat et Azori تحسلا على نتائج تفيد بأن إضافة الألياف تؤدي إلى إنقاص تشوه زحف الخرسانة بحوالي 25% وذلك خلال مدة تحميل قدرها 90 يوما. وبالعكس كل من Balaguru et Ramakrishnan بينا بأن تشوه زحف خرسانة الألياف الفولاذية أكبر بحوالي 15% من الخرسانة العادية [60]

أ وضحت بعض التجارب التي أجريت على خرسانة مدعمة بالألياف المعدنية من الحديد الصلب بتركيز 5.0% و 1% أن التشوهات المختلفة الناتجة من قوى الضغط بقيت متقاربة مقارنة بالخرسانة العادية، أي أن تواجد الألياف لم يكن له التأثير الكبير على الزحف [13].

10.II الديمومة :

في الحقيقة إن عملية تعزيز المواد الإسمنتية بالألياف النباتية تعطي نتائج حسنة على المدى القصير لكن خاصية تآكل هذه الألياف في الوسط الإسمنتي تشكل عائقاً أمام انتشار وتعميم استعمال هذه الألياف [60] إن إضافة الألياف المعدنية تزيد من خصائصها الميكانيكية بصفة عامة و يبرز دور الألياف في آلية "التجسير" المتلازمة مع تطور الشقوق في الخرسانة، إن امتلاك الخرسانة الليفية لخصائص ميكانيكية جيدة لا يعني إنها حتما تملك ديمومة كبيرة، فانه توجد عدة أسباب عديدة قد تؤدي إلى تلف الخرسانة (داخلي – خارجي) ، ولكن العامل الجديد والذي يمكن أن يؤثر في الديمومة على خلاف الخرسانة العادية يعتبر عامل تآكل الألياف المعدنية في خرسانة الليفية .

وفي هذا السياق نذكر بعض التجارب التي أجريت على خرسانة الألياف المعدنية :

نقل [13] أن الباحثان DUBOIS و NOUGUIER توصلا سنة 1989 إلى إنجاز طريقة تجريبية استنتجوا من خلالها أنه بغض النظر عن الأوساخ التي تؤثر على الجانب الجمالي للمنشآت، فإن تآكل الألياف المعدنية ليس له أي تأثير كبير على ديمومة خرسانة الألياف المعدنية.

وكذلك اتضح أثناء القيام بأعمال طرقات (كبيك، كندا)، أنه لا وجود لظاهرة تآكل الألياف الحديدية في الشقوق المفتوحة التي تصغر عن 30mm وذلك بعد مدة 8 سنوات من الانجاز رغم استعمال الأملاح المضادة للتلوج.

و نقل [59] أن الباحث BAKKER بين سنة 1988 بعد ملاحظات قام بها على عدة مبان، أنه لا وجود لعلاقة مباشرة بين انحلال الشقوق ودرجة التآكل، عندما لا يزيد عرض هذه الشقوق عن 3.0 إلى 4.0 ملم. وبصفة عامة يمكن القول أن استعمال الألياف في الخرسانة يعمل على التقليل من ظاهرة الشقوق، ومنه الزيادة في المقاومة ضد التآكل، ومن ثم الزيادة في الديمومة. [13]

Campione و Mangiavillano (2008) درسوا سلوك الانثناء للعتبات الخرسانية المسلحة الخالية والحاوية على الألياف تحت أحمال ، النتائج بينت أن إضافة الألياف تزيد من قابلية تحمل العتبات وتضمن سلوك أكثر مطيلية ، وفي الوقت نفسه تقلل من التآكل بفعل أحمال وجود الألياف يقلل من تشطي غطاء التسليح حتى وإن استخدم غطاء حديد التسليح بسمك عالي

Karahan و Duran (2009) في دراستهم عن خصائص الخرسانة المسلحة بألياف الحديد وبعد فحص تعاقب التجمد والذوبان فإن الخسارة في المقاومة بوجود ألياف الحديد تقل بمقدار 5% إذ تزداد مقاومة الخرسانة للتجمد والذوبان بوجود الألياف مقارنة بالخرسانة الخالية من الألياف

الخلاصة :

من خلال هذا المحور نستطيع أن نستخلص ما يلي :

إن الخرسانة المدعمة بالألياف المعدنية في مجال الإنشاء قديم جدا .

صياغة خرسانة الألياف المعدنية تتأثر بالشكل الهندسي للألياف و تركيزها وكذلك التدرج الحبيبي للخليط .

الخصائص الميكانيكية لخرسانة الألياف المعدنية تتأثر بالشكل الهندسي للألياف و تركيزها .

انكماش و زحف خرسانة الألياف المعدنية يتأثر بتركيز الألياف حيث كلما زادت كمية الألياف نقص انكماش و زحف .

من خلال هذا الفصل قمنا بدراسة الألياف المعززة للخرسانة الطبيعية بحيث تطرقنا إلى ما يلي:

- تصنيف الألياف إلى صنفين أساسيين: ليف طبيعي (طبيعي، حيواني) أو ليف صناعي (معدني، كربوني).

- لمحة تاريخية عن خرسانة الألياف المعدنية المستعملة والمدرسة في بحثنا ومكوناتها وخواصها في الحالة الطازجة .

- تأثير شكل، نوعية، طول، سمك، نسبة الليف المعدني والتدرج الحبيبي والمزج على الخرسانة.

- دراسة الخصائص الميكانيكية لخرسانة الألياف المتصلبة كسلوكها تجاه الضغط والشد والانحناء والشد البرازيلي.

- آليات تحطيم خرسانة الألياف ومدى تأثيرها بشكل ونوعية الألياف المستعملة وطريقة وضعها في الخرسانة المدروسة بالإيجاب في الشد والانحناء أو بالسلب في عملية الضغط.

- سلوك الانكماش، الزحف، معامل المرونة والديمومة تجاه الخرسانة الليفية الذي يعتبر تأثيره ايجابي لهذه الخرسانة المدروسة.

الفصل الثالث

الفصل الثالث : خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف

1.III مدخل:

تعتبر الخرسانة من أكثر المواد الإنشائية شيوعاً و استعمالاً ، و هي خليط مكون من عدة مواد إسمنت، ماء،ركام (رمل، حصى) ، وبعض محسنات ، و قد تدعم بمجموعة من الإضافات كالألياف مثلاً و لصنع الخرسانة وفقاً للمعايير المناسبة فمن الضروري معرفة خصائص المكونات المختلفة (لتحديد مستوى القبول أو الرفض قبل صناعة الخرسانة) كذلك نسبة المكونات المحددة لصياغة الخلطة الخرسانية لأن كل من هذه الخصائص والكميات لها تأثير مهم على نتائج الدراسة. سيخصص هذا الفصل لدراسة واختبار خصائص مختلف المواد المستعملة وفقاً والمعايير المرجعية المناسبة ، وكيفية صياغة الخلطة الخرسانية

2.III خصائص المواد المستعملة:

ارتأينا في هذه الدراسة استعمال:

- ✓ رمل المحاجر منطقة بوسعادة (ولاية المسيلة) و المتواجد بكثرة وغير مٹمن
 - ✓ تعزيز خصائصه بالألياف المعدنية
 - ✓ اسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري (مٹين) CEM II/B-L 42.5 N لمنطقة بسكرة
- من أجل الحصول على صيغة لتحسين خصائص خرسانة رمل المحاجر .

1.2.III الركام :

الركام هو المكون الأساسي لجسم الخرسانة حيث يحتل حوالى 2/3 الى 3/4 من حجم الخرسانة. والركام يعتبر مادة رخيصة نسبياً بالإضافة إلى أنه يعمل على تقليل التغير الحجمي للخرسانة الناتج من عمليتي الشك و التصلد ومن تغير الرطوبة في عجينة الأسمنت [17]

تطلق تسمية "الركام " على الرمل و الحصى (صغير او كبيراً) 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.

الرمل :

هو معرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد NFP18-301، NFP18-101 (كل أنواع الرمل يمكن استعمالها في خرسانة الرمل بشرط واحد من شأنه أن يقيد هذا الاستعمال ألا وهو النقاوة (la propreté) [13]

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

الحصى:

الحصى المستعمل هو عبارة ثلاثة أصناف من حصى مكسر :

الحصى 25/15 : حصى ابيض مستخرج من محجرة بوسعادة

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

1.1.2.III الخواص الفيزيائية:

1.1.1.2.III الكتلة الحجمية :



الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة، وهي معرفة بالقواعد NFP 18-301 [82].

1- الكتلة الحجمية الظاهرية: (Masse volumique apparente)

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

$$\rho_{app} = \frac{M_T}{V_T} \quad (3.1)$$

الصورة 1.III تجربة الكتلة
الحجمية الظاهرية (الحاوية)

ρ_{app} : الكتلة الحجمية الظاهرية . Kg/m³

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

M_T : وزن العينة الكلي Kg. (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 ولرمل المحاجر

النوع	رمل المحاجر	حصى 8/3	حصى 15/8	حصى 25/15
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 :

$$\rho_{ab} = \frac{M_s}{V_s} \quad (3.2)$$

ρ_{ab} : الكتلة الحجمية المطلقة . Kg/m³

M_s : وزن الحبيبات الصلبة Kg.

V_s : حجم الحبيبات الصلبة m³.

✓ الرمل :

- نضع كمية من الماء في مخبر المدرج بحجم V1.

- نزن كتلة من الرمل Ms (300 جرام)

ويدخله في المخبر (القضاء على فقاعات الهواء)

-قراءة الحجم ماء الجديد في المخبر V2. بحيث الحجم المطلق: Vs = V2-V1

✓ الحصى :

وزن العينة من الحصى في الهواء Ms

وزن العينة من الحصى في الماء Mh

الحجم المطلق Vs هو نفسه حجم الماء المزاح (Vs=Ms-Mh)

الصورة 2.III تجربة الكتلة
الحجمية مطلقة للحصى



حجم الماء المزاح تساوي كتلة الماء المزاح $M_s - M_h$ لأن $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$

و الجدول الموالي يعرض النتائج المتحصل عليها :

الجدول 2.III الكتلة الحجمية المطلقة للحصى و لرمل المحاجر

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

نلاحظ ان : كل من الرمل و الحصى (8/3 - 15/8 - 25/15) يعد ركاما عاديا ($3 \text{ g/cm}^3 > \rho > 2 \text{ g/cm}^3$)

III.2.1.1.2 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 [83] :

$$A_b = \left(\frac{M_a - M_s}{M_s} \right) \times 100 \dots \dots \dots (3.3)$$

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 NFP 18-555 [82] وتعطى بنفس العلاقة السابقة $A_b = A_{bs}$ حيث :

اخذ 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 ، 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 [] وتعطى بنفس العلاقة السابقة حيث: $A_b = A_{bs}$

اخذ 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 جيدا بواسطة قطعة قماش ماصة في الهواء البارد

بعيد عن مصدر حرارة المباشر ليتم وزنها وتدعى: M_a

وكانت النتائج كما يلي :

و الجدول 3.III يبين النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء للرمل و الحصى .

الجدول 3.III النسب المئوية لمعامل امتصاص الماء A_b

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

نلاحظ ان:

قدرة امتصاص حبيبات الحصى المقبولة يجب ان تكون اقل من 1 % $A_b < 1$ حسب NFP 18-554 وهي

محققة [20]

قدرة امتصاص حبيبات قدرة رمل المحاجر علي الامتصاص مرتفعة .
كل من الرمل والحصى لهما سعة لامتصاص الماء ضعيفة وهي اقل من % 2.5. إذن هذه القيمة مقبولة من اجل استعمال هذا النوع من الركام في الخرسانة العادية [60]

III.1.1.2.3. المكافئ الرملي: (Equivalent de sable):

الهدف منه هو تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوة وصلاحيه استعماله في الخرسانة. وهي معرفة بواسطة القاعدة NFP 18-598، يتم الاختبار من خلال :

- تجهيز أنبوب اختبار مدرج به محلول "floculant" (لا يتفاعل مع الرمل)
- وزن كمية معينة من الرمل ووضعها انبوب الاختبار
- نقوم بالإثارة والرج أفقيا بواسطة الجهاز الرج لمدة 30 ث.
- نقوم بتسوية العينة بعد إرجاع الأنبوب الى الوضع الطبيعي (العمودي)
- ترك الأنبوب في حالة راحة لمدة 20 دقيقة
- وتعطى علاقة المكافئ الرملي على النحو التالي :



$$Es = \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \times 100 \dots\dots\dots (3.4)$$

حيث:

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

الجدول 4.III النسب المئوية للمكافئ الرملي ES



المكافئ الرملي (%)		تركيبة الرمل
بدون مكبس ES	بواسطة مكبس ESP	
33.91 %	32.6 %	رمل المحاجر (SC)

الصورة 4.III تجربة المكافئ الرملي

ملاحظة:

قيمة المكافئ الرملي متدنية جدا ، وهي تشير إلى كون الرمل تحتوي على نسبة كبيرة من الدقائق و هي غير قابلة للاستعمال في الخرسانة العادية . حسب ما حدده المعيار P 18-541 للقيم المثلى للمكافئ الرملي:

- بدون المكبس : الرمل مقبول للخرسانة العادية " 65 > ES > 75 "

• بواسطة المكبس : تم تخفيض القيمة " ESP < 70 إلى 60 " للرمال المقبول للخرسانة العادية.

لكن إذا لم يتم الوصول إلى هذه القيم ، يمكن اعتبار الرمال مرضية إذا كانت قيمة الميثيلين الأزرق هي: VB ≤ 1 . وهو ما سنحول التحقق منه لاحقا . [20]

- 65 > ES ، 65 > ES : رمل: خطر الانكماش أو التورم. يتم رفض الرمل للحصول على جودة

الخرسانة أو يجب تحقق أكثر دقة لطبيعة المواد الدقيقة عن طريق اختبار أزرق الميثيلين

- جاء في المعيار NP 18-321: إن نقاوة الرمل ترجع إلى المكافئ الرملي لـ 10% من الدقائق Es (10%) الى يحدد بدوره قيمة الحدية لاختبار الميثيلين الأزرق VB[84].

III.4.1.1.2. Equivalent De Sable A 10 % De Fines: المكافئ الرملي لـ 10% من الدقائق

تهدف هذه التجربة التي تصف ضمن المواصفة القياسية الأوروبية و التي تعد الطريقة المرجعية المستخدمة في اختبار النوعي وذلك في حالة وجود نزاع (إشكال) لتحديد القيمة المكافئة للرمل.... (في الركام الناعم أو الكل الكلي. ، وخاصة مراقبة إنتاج المصنع) وهو معرف بالقاعدة : EN 933-8:2012

يتيح اختبار مكافئ 10% من دقائق الرمل (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 التي تتأرجح ، وفقا للمعيار EN 933-8:2012 .
دقائق الرمل : جزء حجم الجسيمات من الركام الذي يمر من منخل 0.063 مم
الإجراء:

- غربة كمية من الرمل المحاجر (2كغ) على المنخل 2 مم اخذ المجمع المار عبره باعتباره : العينة الأولية
- تقسم العينة الأولية وفقاً للمعيار EN 932-2 للحصول على ثلاثة أجزاء من الاختبار.
- الجزء الغول (العينة 1): يستعمل لتحديد محتوى الماء (نسبة الرطوبة %) وفق العلاقة التالية:

$$W = \frac{M_h - M_s}{M_s} \dots (\%) \dots (3.5)$$

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

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

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

$$f = 100 - \frac{M_2 (100 + W)}{M_1} \dots (\%) \dots (3.6)$$

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 تجفيف

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 :

$$M_T = \frac{120 \cdot (100 + W)}{100} \dots (\%) \dots (3.7)$$

حيث: تأخذ كتلة M_T (g) كلياً 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:

$$M_T = M_3 + M_4 \dots \dots \dots (3.8)$$

حيث تمثل :

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

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

$$M_3 = \frac{1200}{f} \left(1 + \frac{W}{100} \right) \dots \dots \dots (3.9)$$

$$M_4 = 120 - \frac{1200}{f} \dots \dots \dots (3.10)$$

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 المكافئ الرملي السابق ذكرها

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

$$Es(10\%) = \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \times 100 \dots \dots \dots (3.11)$$

• H_1 : ارتفاع رواسب الطبقة السفلى و تمثل الرمل الصافي (باستعمال المكبس)

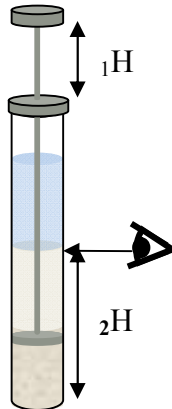
• H_2 : ارتفاع منسوب الطبقة العليا تمثل الرمل مع الشوائب. (بالعين المجردة)

النتائج مسجلة في الجدول 5.III و 6.III بعد القيام بالتجربة :

الجدول 5.III حساب تركيبيبة الكتلة الكلية M_T الخاضعة للاختبار

الخطوة	التجربة	النتائج الحسابية	العلاقة
1	العينة 1 200 غ Mh=	نسبة الرطوبة : W=2.30%	3.5
2	العينة 2 M1=350 g	محتوى الدقائق : $f = 19.48\% \geq 10\%$	3.6
3	من العينة 3	$M_3 = 63 \text{ g}$	3.9
4	من (M_2) مجمع دقيق لتصحيح الجاف	$M_4 = 58.4 \text{ g}$	3.10
5	الكتلة الكلية الخاضعة للاختبار	$M_T = 121.4 \text{ g}$	3.8

الجدول 6.III حساب المكافئ الرملي لـ 10% من الدقائق



الاختبار الأول	الاختبار الثاني	
91	93	ارتفاع H1 (mm)
180	180	ارتفاع H2 (mm)
% 50.55	% 51.66	مكافئ 10% دقائق الرمل Es(10%)

متوسط المكافئ 10% دقائق الرمل Es(10%) هو : 51.11 %

نلاحظ ان $Es(10\%) \leq 50\%$ فان الرمل يصنف وفق القاعدة : NF P 18-321

(chapitre 5)المخصصة تصنيف صناعة الركام (رمل- حصى) كرمل صالح

للخرسانة من الفئة : b شريطة ان تكون $VB \leq 1.5$

(VB هو مقياس اختبار ازرق المثلين) [84]

الشكل 1.III تجربة المكافئ الرملي

III.1.1.2.5.1.2. Essai au bleu de méthylène dit essai à la tache الميثيلين الأزرق اختبار

يهدف اختبار الأزرق الميثيلين إلى التحديد الدقيق لمحتوى و لكميات جزيئات الطين الموجودة في عينة الرمل (التربة بصفة عامة) من خلال تحديد قدرتها على امتصاص جزيئات أزرق الميثيلين كون أزرق الميثيلين يفضل أن يمتزجه مع الطين وهي تخضع المعيار : NF P 18-592 .
يتكون الاختبار من قياس حجم أزرق الميثيلين اللازمة لكل كتلة محددة من التربة التي تم تحليلها، ويعبر عليه بالعلاقة التالية :

$$V_b = \frac{V}{M} \dots \dots \dots (3.11)$$

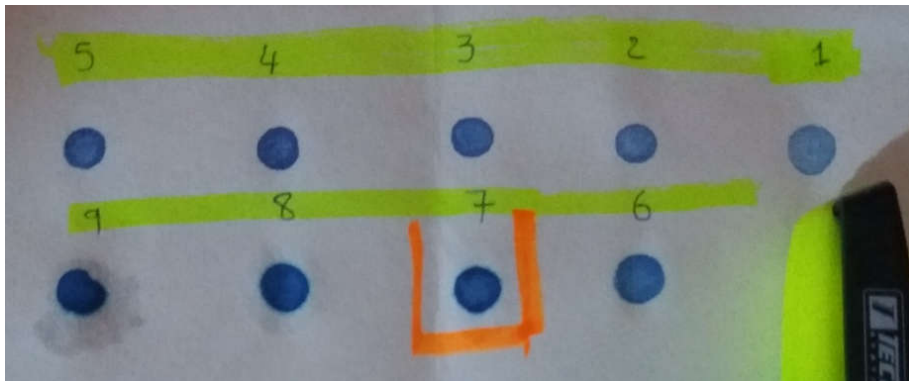
حيث:

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

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

الإجراء :

- ✓ وضع 500 ml من الماء المقطر في بيشر بحجم: 1 L (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 5Cm^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 إيجابياً 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 بزيادات 5Cm^3 حتى يصبح الاختبار إيجابياً



الصورة 4.III نتائج اختبار تجربة أزرق الميثيلين

بعد القيام بالتجارب وجدنا النتائج المدونة في الجدول 7.III :

الجدول 7.III نتائج تجربة أزرق الميثيلين

الوصف	الكمية	الملاحظ
كتلة العينة رمل المحاجر "بوسعادة"	g 100	المجمع المار عبر المنخل 2 mm
عدد الإضافات أزرق الميثيلين	7	حتى الوصول إلى الاختبار الايجابي كل
حجم أزرق الميثيلين	Cm ³ 35	جرعة (إضافة) هي 5 Cm ³
VB	0.35	VB=V/M

نلاحظ أن:

قيمة VB اصغر بكثير حتى من الواحد إذن يمكن اعتبار الرمال غير طينية ومقبولة لاستخدامها في الخرسانة باعتبار المعايير التالية NF P 18-321

6.1.1.2.III 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 بالغزيلة بواسطة مجموعة من الغراييل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا إلى الأعلى هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة. وتعرف هذه التجربة بواسطة المواصفات [82] وهي تخضع للمعيار : NFP 18-560.

المناخل التي يتم تحديد أبعادها وتمييزها بخط عريض تتوافق مع السلسلة الأساسية التي أوصت بها (CEN (NF EN 933-2: لذلك ، أثناء دراسة التدرج الحبيبي ، يجب استخدامها بالإضافة إلى أي غربال آخر ضروري لتأسيس المنحنى. [20]

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

$$600 D_{max} \geq M \geq 200 D_{max} \dots\dots\dots(3.12)$$

حيث :

M : وزن العينة بالغرام (غ)

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

على العينات الأربعة من الركام أن تحقق شرط في العلاقة (3.12)

- العينة الأول : رمل المحاجر $1000 \text{ غ} \geq M \geq 3000 \text{ غ}$
- العينة الثانية الحصى 25/15 $5000 \text{ غ} \geq M \geq 15000 \text{ غ}$
- العينة الثالثة : الحصى 15/8 $3000 \text{ غ} \geq M \geq 9000 \text{ غ}$
- العينة الرابعة : الحصى 8/3 $1600 \text{ غ} \geq M \geq 4800 \text{ غ}$

نتائج العينات :

- العينة الأولى رمل المحاجر

استعملنا في هذه التجربة 2 كغ من الرمل هي القيمة العملية [85] فكانت النتائج حسب الجداول أدناه التي توضح

الجدول 8.III نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأولى رمل المحاجر:

العينة الأولى: رمل المحاجر				كتلة العينة : 2000 g	
فتحات الغربال ب(mm)	نوع الغربال	المجموع الجزئي ب (g)	المتبقي المجموع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجموع Rc(%)	المار المجموع ب T (%)
5	38	0	0	0.00%	100.00%
4	37	2	2	0.10%	99.90%
3.15	36	118	120	6.00%	94.00%
2.5	35	40	160	8.00%	92.00%
2	34	126	286	14.30%	85.70%
1.6	33	214	500	25.00%	75.00%
1.25	32	180	680	34.00%	66.00%
1	31	180	860	43.00%	57.00%
0.8	30	180	1040	52.00%	48.00%
0.63	29	149	1189	59.45%	40.55%
0.5	28	111	1300	65.00%	35.00%
0.4	27	70	1370	68.50%	31.50%
0.315	26	130	1500	75.00%	25.00%
0.25	25	80	1580	79.00%	21.00%
0.2	24	77	1657	82.85%	17.15%
0.16	23	43	1700	85.00%	15.00%
0.125	22	60	1760	88.00%	12.00%
0.1	21	20	1780	89.00%	11.00%
0.08	20	20	1802	90.10%	09.90%

العينة الثانية الحصى 25/15

الجدول 09.III نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية الحصى 15/25:

الحصى 15 / 25				الكتلة M (g) : 6000	
فتحات الغربال ب(mm)	نوع الغربال	المجموع الجزئي ب (g)	المتبقي المجموع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجموع Rc(%)	المار المجموع ب T (%)
31.5	46	0	0	0.00%	100.00%
25	45	60	60	1.00%	99.00%
20	44	1435	1495	24.92%	75.08%
16	43	4320	5815	96.92%	3.08%
12.5	42	177	5992	99.87%	0.13%
مقدار الضياع في التجربة <==			0.13%	$\geq 2\%$ وهي محققة	

العينة الثالثة : الحصى 15/8

الجدول 10.III نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية الحصى 8/15:

العينة الثالثة :الحصى 15 / 08 كتلة العينة : g 3500					
فتحات الغربال ب(mm)	نوع الغربال	المجموع الجزئي ب(g)	المتبقي المجموع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجموع Rc(%)	المار المجموع ب T (%)
20	44	0	0	0.00%	100.00%
16	43	35	35	1.00%	99.00%
12.5	42	560	595	17.00%	83.00%
10	41	805	1400	40.00%	60.00%
8	40	1157	2557	73.06%	26.94%
6.3	39	767	3324	94.97%	5.03%
5	38	130	3454	98.69%	1.31%
4	37	35	3489	99.69%	0.31%
مقدار الضياع في التجربة==>		0.31%	≥ 2 % وهي محققة		

العينة الرابعة: الحصى 8/3

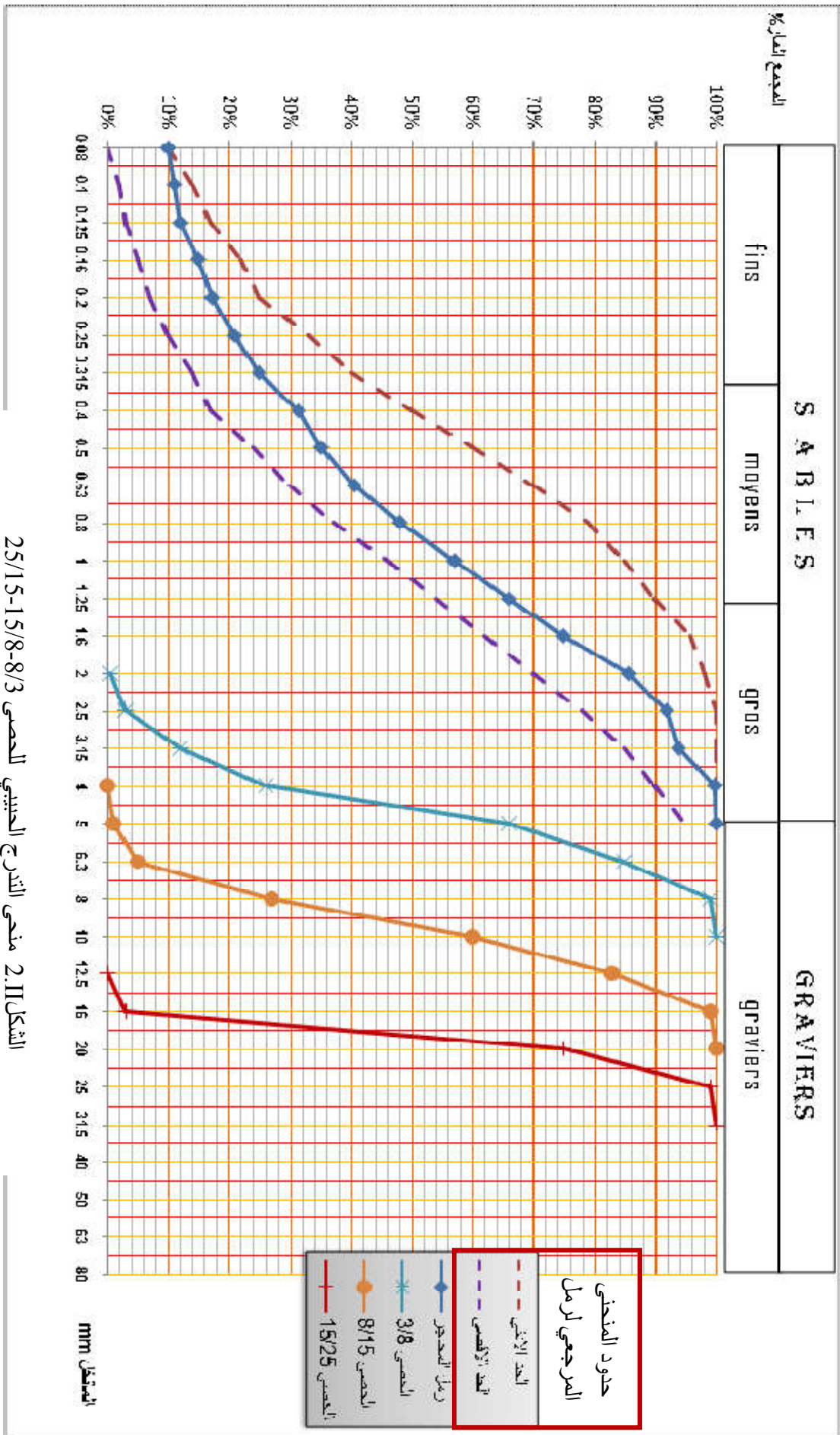
الجدول 11.III نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية الحصى 8/3:

العينة الثانية :الحصى 03 / 08 كتلة العينة: g 2000					
فتحات الغربال ب(mm)	نوع الغربال	المجموع الجزئي ب(g)	المتبقي المجموع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجموع Rc(%)	المار المجموع ب T (%)
10	41	0	0	0.00%	100.00%
8	40	19	19	0.95%	99.05%
6.3	39	289	308	15.40%	84.60%
5	38	380	688	34.40%	65.60%
4	37	792	1480	74.00%	26.00%
2.5	35	465	1945	97.25%	2.75%
2	34	41	1986	99.30%	0.70%
مقدار الضياع في التجربة==>		0.70%	≥ 2 % وهي محققة		

منحى التدرج الحبيبي في الشكل 2.III

من خلال رسم المنحى التدرج الحبيبي لرمل المحاجر نلاحظ انه يقع داخل النسق العام لرمل المرجعي ، إذا الرمل من ناحية التدرج الحبيبي مقبولة

اما الحصى بجميع أصنافه فقد نتائج تدرج عادية عموما وذلك بتحقيق الشروط في الجدول 5.I (ص12)



الشكل 2.11 منحى التدرج الحبيبي للحصى 25/15-15/8-8/3 ومقارنة منحى التدرج الحبيبي لرمل المحاجر مع المنحني المرجعي لرمل

7.1.1.2.III معيار النعومة: (Module de finesse)

ويتم تقييمه بواسطة معيار يسمى المقياس، حيث يساوي مجموع النسب المئوية للمتبقي 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 وهو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه، ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية ومن أجل الرمل نستطيع تعريف ثلاث مجالات لمعايير النعومة للرمل حيث [25]:

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

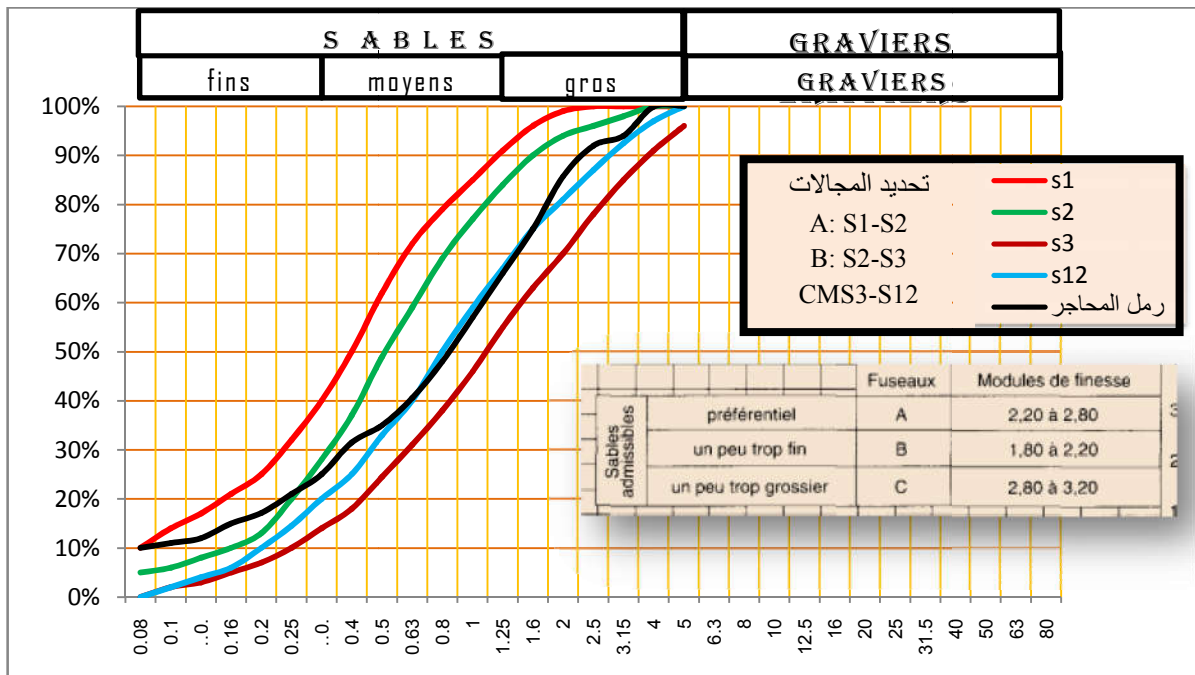
$$Mf = \frac{\sum Rc}{100} \dots\dots\dots (3.6)$$

Rc: المتبقي المجموع ب (%) للغرابيل (38 إلى 23)

النتائج في الجدول III- 12 معيار النعومة:

الجدول 12.III نتائج معيار النعومة

المنخل (مم)	0.16	0.315	0.63	1.25	2.5	5	Mf
نسبة المتبقي المجموع Rc%	85	75	59.45	34	8	0	261.45 2.615 %

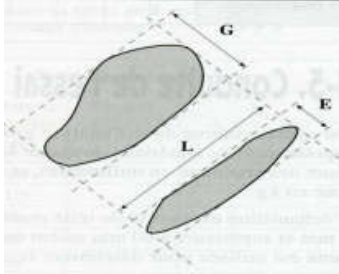


الشكل III. 3 المحنى المرجعي للمعيار النعومة

- بالنسبة رمل المحاجر ومن خلال قيمة معامل النعومة M_f التي تساوي 2.62 نستنتج أن هذا الرمل متوسط حيث أن هذه القيمة مقبولة لأنها تدخل في المجال 2.2 A - 2.8.

III.8.1.1.2 معامل التفلطح الركام المعيار (NF P 18-561)

قابلية عمل الخرسانة تتأثر بشكل الحصى ، إذ يعد الشكل قريبا من الشكل الكروي هو المفضل في الخرسانة ، أما الشكل المفلطح (الإبر ، الأطباق مسطحة) بعد شكلا سيئ ، لأنه يتطلب كمية أكبر من الماء في الخلطة الخرسانية وقد يسبب عيوب بالمظهر. [20]
يتم تحديد شكل الركام من خلال:



$$\frac{G}{E} > 1.58 \dots \dots \dots (6.7)$$

L طوله و E سماكته وهي أصغر مسافة بين خطيين مماسيين بالتوازي.
G حجمها وهي تمثل أبعاد الحد الأدنى للشبكة المربعة التي يمر بها العنصر

وبالتالي فإن تعريف A معامل التفلطح الركام هو النسبة المئوية التي تميز شكل العنصر بين أكبر أبعاده وسمكه
مثل $G / E > 1.58$

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 أي للرواسب المحتفظ بها في المناخل المختلفة على سلسلة من "المناخل الخاصة " (إطار 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 عرض فتحات شباك 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.13 تصنيف الحبيبي d/D بدلالة المناخل المشقوقة الفتحات

طبقات الفئة الحبيبية	الشبائيك المشقوقة ذات	طبقات الفئة الحبيبية	الشبائيك المشقوقة ذات
d/D النخل التقليدي mm	الفتحات E mm	d/D النخل التقليدي mm	الفتحات E mm
>50	31.5	12.5-16	8
50-40	25	10-12.5	6.3
31.5-40	20	8-10	5
25-31.5	16	6.3-8	4
20-25	12.5	5-6.3	3.15
16-20	10	4-5	2.5

اختيار كتلة العينة التمثيلية M_0 يكون وفق للمعيار NF P 18-560 كما هو الحال في تحليل الحبيبي على أن يتم نخل العينة من خلال منخل 4 مم واستخدام وزن الرافض الجماعي باعتباره كتلة العينة التمثيلية العلاقة التي تعبر عن معامل التفلطح الجزئي A_i :

$$A_i = \frac{M_{ei}}{M_{gi}} \times 100 \dots (3.8)$$

M_{gi} : كتلة (g) الفئة الحبيبية d / D

(المجمع الحاصل بين المخلين d و D أي 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:

$$A = \frac{\sum_i M_{ei}}{\sum_i M_{gi}} \dots (3.9)$$

يجب أن يكون فقدان المواد أثناء النخل يحقق العلاقة التالية:

$$M_{gi} \geq 0.98 \cdot M_0 \dots (3.10)$$

M_0 هي كتلة العينة التمثيلية (g) .

النتائج:

الحصى: 25/15 $M=6000$ g

الجدول 14.III معامل التفلطح للحصى 25/15

الفرز الشبكة			الفرز المنخل	
$A_i = \frac{M_{ei}}{M_{gi}} \times 100$	المجمع المار $M_{ei}(g)$	تباعد خطوط الشبكة	$M_{gi} (g)$	ترتيب الركام d/D (mm)
%13	8	16	60	31.5-25
%16	234	12.5	1440	25-20
%15	650	10	4320	20-16
%10	18	8	177	16-12.5
	910	$\sum M_{ei}$	5997	$\sum M_{gi}$
$A_i = \frac{\sum M_{ei}}{\sum M_{gi}} \times 100$	%15.17			$\leq \%20.00$

الجدول 15.III معامل التفلطح للحصى 15/8 (M=3500 g)

الفرز الشبكة			الفرز المنخل	
$A_i = \frac{M_{ei}}{M_{gi}} \times 100$	المجموع المار Mei(g)	تباعد خطوط الشبكة	Mgi (g)	ترتيب الركام d/D (mm)
	0	10	35	20-16
%20	113	8	560	16-12.5
%23	186	6.3	805	12.5-10
%18	211	5	1157	10-08
%17	134	4	767	08-6.3
%22	29	3.15	130	6.3-5
%23	8	2.5	35	5-4
	673	$\sum M_{gi}$	3489	$\sum M_{ei}$
$A_i = \frac{\sum M_{ei}}{\sum M_{gi}} \times 100$	19.29%			≤ %20.00

الجدول 16.III معامل التفلطح للحصى 8/3 (M=1480 g)

الفرز الشبكة			الفرز المنخل	
$A_i = \frac{M_{ei}}{M_{gi}} \times 100$	المجموع المار Mei(g)	تباعد خطوط الشبكة	Mgi (g)	ترتيب الركام d/D (mm)
%0	0	5	19	10-08
%18	51	4	289	08-6.3
%23	86	3.15	380	6.3-5
%22	173	2.5	792	5-4
	310	$\sum M_{ei}$	1480	$\sum M_{gi}$
$A_i = \frac{\sum M_{ei}}{\sum M_{gi}} \times 100$	%20.95			≤ %25.00

من خلال الملاحظة:

حدد المعيار القديم P 18541 أن قيمة معامل التفلطح يجب أن تكون: 30%.

استبدل المعيار الجديد 18-561 مصطلح القيمة القصوى القيم المحددة الأعلى ، إلى النسب المئوية أدناه

وفقاً لفئة الركام بحيث يجب أن يكون معامل التسطیح أقل من 20% " للركام $10 \text{ mm} < D$ " و : 25% " للركام

$10 \text{ mm} > D$ [20]

نلاحظ أن نسبة التفلطح لكل من الحصى 8/3 ، 15/8 ، 25/15 مقبولة في الخرسانة العادية.

9.1.1.2.III نقاوة الحصى:

الهدف من هذه التجربة هو تعيين الشوائب العالقة بالحصى ثم استنتاج مدى صلاحيته في الخرسانة.

المعيار : (NF P 18-591)

الإجراء:

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 التالي:

$$I_A = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100 \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

I_A :نسبة الشوائب ب (%)

M_1 :كتلة الحصى قبل الغسل ب (غ)

M_2 :كتلة الحصى بعد الغسل والتجفيف ب (غ).

النتائج:

قيمة نسبة الشوائب المتحصل عليها في الجدول التالي :

الجدول 17.III نتائج نقاوة الحصى 15/25 ، 8/15 ، 3/8

الحصى 15/25	الحصى 8/15	الحصى 3/8	
0.60	0.72	0.92	% I_A

من خلال النتائج نلاحظ أن نسبة الشوائب ضئيلة (أقل من 1.5 %) [15]ومنه نجد أن الحصى المستعمل

نظيف يصلح استعماله في الخرسانة العادية.



الصورة 6.III مرحلة تجفيف الحصى في تجربة النقاوة

2.1.2.III الاختبارات الميكانيكية

1.2.2.III اختبار مقاومة التآكل والصدمات

الهدف من الاختبارات:

أثناء تصنيع الخرسانة ، يعد الخلط مصدرًا للاحتكاك الشديد بين الحبوب ، إذا لم يكن الأخير (الحصى) قويًا بما يكفي ، فيمكنه كسر وإنتاج عناصر دقيقة (الرمال) ، لذلك من الضروري إجراء اختبارات مقاومة الصدمات والتآكل ، بحيث يمكن للركام تلبية مواصفات تصنيع الخرسانة وكذلك متطلبات متانة الرصيف.

1.2.1.2.III تجربة تآكل الحصى: Micro-Deval

وفقا للمعيار: NF P 18-572



الصورة 7.III مراحل تجربة
Micro-Deval

هذه التجربة تتم تحت ظروف معيارية لتعيين مقاومة تجزيء الحصى بواسطة الصدمة والتآكل بوجود الماء وشحنة من الكريات الصلب 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 غرابيل 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 عن كريات من الصلب (شحنة كاشطة) بقطر 10 مم بكتلة محددة تبعا للمؤشرات فئة الحصى وفقاً في الجدول التالي:

الجدول رقم 18.III كتلة الحمولة الكاشطة وفقاً للمؤشرات فئة الحصى:

فئة الحصى (mm)	كتلة الكريات الساقطة (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 ± 5 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 Micro Deval في وجود المياه كنسبة مئوية يرمز لها بـ (M_{DE}) حيث :

$$M_{DE} = \frac{M - m'}{M} 100 = \frac{m}{M} 100 \dots \dots \dots (3.12)$$

أين:

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

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

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

حيث:

$$M_{DE} = \frac{500 - m'}{500} 100 \dots \dots \dots (3.13)$$

النتائج التي تم الحصول عليها مذكورة في الجداول 19.III:

الجدول 19.III نتائج مقاومة التآكل للحصى

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

ملاحظة :

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

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

حسب المعيار NF P 18-321 [84]

2.2.1.2.III تجربة الصدام للحصى (لوس انجلوس):

هدف التجربة هي دراسة مدى صلابة الحبيبات و تحملها ومقاومتها للإجهادات . [15]

معرفة حسب المعيار NFP 18-301

الإجراء:

عمليا تنجز هذه التجربة على نفس أقسام التجربة السابقة

يتم اختيار حبيبة المواد الخاضعة للاختبار من بين 6 فئات حبيبية:

6.3-4 مم ، 10-6.3 مم ، 14-10 مم ، 25-10 مم ، 31.5-16 مم ، 50-25 مم.

حيث نزن 5 كغ من الحصى ونضعها في اسطوانة معدنية تحتوي على رفوف داخلية مع عدد محدد من الكريات حديدية وفق الجدول التالي :

جدول 20.III يحدد أحمال الكرات المقابلة لكل فئة حبيبية [VALORISATIONS 2011-2010]

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:

$$L_A = \frac{5000 - m'}{5000} 100 \dots \dots \dots (3.14)$$

حيث :

m': هي الكتلة الجافة للمواد المتبقية على المنخل 1.6 مم بعد اختبار.

نتائج التجربة لوس انجلوس كانت كالتالي:

الجدول 21.III نتائج التجربة لوس انجلوس

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

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 [دريقرس]

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 :

$$55 \geq LA + M_{DE} \text{ مع } 30 \geq LA \text{ و } 30 \geq M_{DE}$$

إذن فالحصى المستعمل له صلابة مقبولة ويصنف ضمن الفئة D .

III.2.2. الاسمنت : Ciment

الاسمنت رابط مائي ضروري مصنّع غير عضوي له خاصية التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة عند تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخلط بها، وبذلك يتشكل الملاط Mortier والخرسانة Béton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيراً مديداً. يعد الاسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيماوية القائمة على تمييه Hydratation سيليكات الكلسيوم و ألوميناته وكبريتاته التي يتركب منها. وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً «الاسمنت البرتландي» [13]

الاسمنت المستعمل هو واسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري (متين) CEM II/B-L 42.5 N رمادي اللون موجه لبناء الهياكل ، معتمد و مطابق للمعايير الجزائرية (NA442-2013) و الأوروبية (1 - 197 EN) مصنوع من طرف مصنع الاسمنت بسكرة حسب البطاقة التقنية (ملحق B) أن الخواص الرئيسية للأسمنت البورتلاندي 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 [17]
- ولهذه الخواص الأساسية طرق اختبارات قياسية لتعيينها بكل دقة، وفيما يلي نتطرق أهم هذه الاختبارات:

III.2.2.1 الكتلة الحجمية :

وهذه الخاصية لها علاقة وثيقة بنعومة الإسمنت.

✓ الكتلة 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 [17]

وفقا للبحوث السابقة فإن النتائج الكتلة الحجمية المطلقة معطاة مسبقا في البطاقة التقنية [15] ، وهي نفس النتيجة التي تحصل عليها تجربيا ELLACHE Ferhat et OUARTI Adel [37]

$$\rho_{ab}=3100 \text{ Kg/m}^3 \quad [15]$$

الكتلة الحجمية المطلقة :

✓ الكتلة الحجمية الظاهرية : محددة بالمعيار EN 459-2

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

III.2.2.2 المساحة السطحية للاسمنت : Surface spécifique

هي خاصية فيزيائية تحدد نعومة الاسمنت [13]

تؤثر نعومة حبيبات الأسمنت على معدل ومدى تفاعل حبيبات الأسمنت مع الماء، فزيادة نعومة حبيبات

● قابلية التشغيل

● مقاومة الضغط

● التحمل مع الزمن.

● تقلل من ظاهر النضح.

وتعطي علاقة حساب سطح بلين (NFP 15-442) كالتالية : [13]

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 للاسمنت المستعمل معطاة مسبقا في البطاقة التقنية (ملحق B) لنوع الاسمنت

g /cm²5200 -3700:

[37] EN 196-3: 2.2.2.III زمن التصلب

يتفاعل الاسمنت كيميائيا مع الماء ثم بعد مرور ساعة أو أكثر يبدأ العجين في إظهار شيء من التماسك الأولي نعبر عنه بـ زمن 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، نقلها ، رفعها ، ضخها ، وكذلك دمكها)

يختلف زمن التصلب على حسب نوعية الاسمنت ونعومته وكمية الماء ودرجة الحرارة ولذلك نقوم

بتحديده على عجین قیاسی معد حسب نسبة الماء المثالية و في درجة حرارة محددة بـ 20 °C (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. [13]

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 $60 \leq$ دقيقة بنسبة للأسمنت ذو رتبة مقاومة الضغط 42.5MPa. [17]

أما بالنسبة للأسمنت المستعمل في الدراسة (مئين) فحسب البطاقة التقنية فإن (المرفق الثاني)

الزمن الابتدائي للتصلب : من 150 ± 30 دقيقة

الزمن النهائي للتصلب : من 230 ± 50 دقيقة

3.2.2.III الخصائص التقنية والكيميائية :

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

الجدول 22.III التحليل الكيميائي للإسمنت

القيمة	الخصائص التقنية و الكيميائية	
2 ± 10.0	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	مقاومة الضغط (MPa)
$42.5 \leq$	28 يوم	
2.0 ± 26.5	الانساق الطبيعي %	الخصائص الفيزيائية
$1000 >$	الانكماش بعد 28 يوما (μm/m)	
$3.0 \geq$	التمدد (mm)	

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 الإمهاء، ويبدأ تفاعل الأسمنت البورتلاندى بداخل الخرسانة مع أول وجود للماء في الخلطة و الذي يمثل 15-10 من حجم الخرسانة. وبالتالي فإن الأسمنت والماء يشكلان العجينة الأسمنتية التي تغطي كل جزء من الرمل والركام الخشن بداخل الخرسانة. وتعتمد خصائص الخرسانة

على جودة ونوعية عجينة الأسمنتية المستخدمة، وقوة العجينة الأسمنتية في المقابل تعتمد على نسبة الماء إلى الأسمنت. [24]

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

وظيفة ماء الخلط :

يقوم الماء بالوظائف الرئيسية الآتية:

- إماهة الأسمنت: يعتبر ماء الخلط العنصر الأساسي لإتمام تفاعلات الكيميائية مكونة عجينة الأسمنت وهي لمادة الفعالة في الخرسانة و المسؤولة 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 بطبقة 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. [13]

III.2.3.2 التركيبة الكيميائية للماء المستعمل:

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

من خلال الصفات الحسية الأولية فان الماء لا لون له و طعم و لرائحة و سطح خالي من الزيوت الشحوم فهو ماء نظيف ، ومع ذلك فق اخضع للتجارب المخبرية من طرف الشركة الوطنية الجزائرية للمياه.(الملحق الثالث) ،والجدول 23.III يوضح الخصائص الأساسية لماء المستعمل

جدول 23.III ملخص أهم خصائص الماء المستعمل

عناصر التحليل	النتائج	الوحدة	الحد القياسي NF EN 1008
الأس الهيدروجيني pH	7.15	/	$4 <$
الأملاح الكلية الذائبة (الملوحة)	313	mg/L	2000 mg/L
أملاح الكلوريدات على هيئة CL.	34.66	mg/L	خرسانة مسبقة الاجهاد $500 \text{ mg/l} <$ خرسانة المسلحة $1000 \text{ mg/l} <$ خرسانة $4500 \text{ mg/l} <$
أملاح الكبريتات SO_4^- Sulfates	54.078	mg/L	$2000 \text{ mg/l} >$
أملاح الكربونات و البيكربونات	133.96	mg/L	$1000 \text{ mg/l} >$ [17]
المواد العالقة غير العضوية	400	mg/L	$2000 \text{ mg/l} >$

ومن خلال كل ماسبق من خواص الماء فان الماء صالح للاستعمال .

4.2.III الألياف المعدنية :

الألياف المستعملة في هذه الدراسة هي ألياف معدنية "FIBERTEK A" متواجد في الأسواق بأبعاد وأشكال مدروسة خصيصا لاستعمالها في تحسين خصيصا الخرسانة، وقد استعمالنا نوع مصنوع من الحديد اللين ذو عكفات ، حيث يسمح الشكل الهندسي له بإعطاء الخرسانة مقاومة أكثر.

تم جلبه من المؤسسة: SARL TEKNACHEM فرع سطيف انظر المرفق الرابع

III.3 الخصائص الميكانيكية للألياف المستعملة :

- الكتلة الحجمية المطلقة : $7850 \text{ Kg} / \text{m}^3$ (على العموم هي نفس الكتلة الحجمية المطلقة للحديد اللين)

- الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للألياف المعدنية المستعملة :

ملخص اهم الخصائص الألياف المستعملة حسب البطاقة التقني(الملحق الرابع)



Longueur (mm) :(L) $50 \pm 10 \%$

Diamètre fil (mm) :(d) $1 \pm 10 \%$

Rapport d'aspect :(L/d) 50

Format :à crochet

Section transversale :circulaire

Tension à la rupture à la traction (N/mm^2): 1100-2700

Allongement à la rupture : $< 4 \%$

dosées dans un rapport de 20/40 Kg/m



الصورة 8.III تبين الشكل الحقيقي لليف المعدني المستعمل

III.5.2. الإضافات :

المادة المستعملة هي من الجيل الجديد من الإضافات من النوع: MEDAFLOW 145 وهو ملدن متفوق مخفض للماء. تم تصميمه على أساس لأنه يقوم على تعديل البولي أثير الكربوكسيلات (Poly_carboxylates_d'ether_modifiés) واستخدامه في الخرسانة يسمح بالحصول على قابلية تشغيل طويلة الأجل. وكذلك يمكن من الحصول على الخرسانة و الملاط عالية الجودة. بالإضافة إلى وظيفته الرئيسية كالمملدن متفوق ، فإنه يجعل من الممكن تقليل كمية مياه خلط الخرسانة بطريقة رائعة. MEDAFLOW 145 ليس له تأثير تأخير على عملية التصلب .

مصنع من طرف شركة قرانيتكس – المنطقة الصناعية واد السمار- الجزائر العاصمة

وهو مطابق للمعيار: NA774 ومتوافق مع المعيار NF EN 934-2 .

خصائص المملدن المستعمل (المرفق الخامس):

✓ شكل مادة (Forme): سائل Liquide.

✓ اللون (Couleur): بني شفاف brai clair

✓ pH: من 5 إلى 6

✓ الكثافة (Densité) : $0,01 \pm 1.065$

✓ محتوى الكلور (Teneur en chlore): $1 \text{ g/L} >$

الصورة 9.III المملدن المتفوق
MEDAFLOW 145

III.3. صياغة خرسانة رمل المحاجر (الشاهد) و خرسانة الليفية :

III.3.1. صياغة الخرسانة الشاهدة:

بالنسبة لصياغة الخلطة الخرسانية الشاهدة تبعنا طريقة (Dreux-Gorisse) من اجل الحصول على خصائص ميكانيكية جيدة و تشغيلية مقبولة.

مع وضع بعين الاعتبار أن زيادة نسبة من الألياف إلى الخرسانة تضعف من تشغيلها. [50]
قبل الانطلاق لحساب مكونات الخلطة الخرسانية لابد من مجموعة أساسية من الافتراضات و هي على النحو التالي:

مقاومة الخرسانة للانضغاط في اليوم 28 هي : $f_{c28} = 30 \text{ MPa}$

هبوط الموصى به الخرسانة لدنة بواسطة مخروط أبرامس (6 – 9 سم)

المرحلة الأولى : إيجاد نسبة الاسمنت إلى الماء

يمكن الحصول على النسبة $\frac{C}{E}$ من خلال صيغة المعطاة لمتوسط قوة الضغط المستهدف في 28 يوماً وهي:

$$f_{C'} = G F_{CE} \left(\frac{C}{E} - 0.5 \right) \dots \dots \dots (3.16)$$

$$\frac{C}{E} = \frac{f'_{C'}}{G F_{CE}} + 0.5 \dots \dots \dots (3.17)$$

حيث:

$f_{C'}$: متوسط قوة الضغط المستهدفة في (28 يوماً) بـ MPa.

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

- C : جرعة الاسمنت (Kg/m^3).

- E : جرعة الماء الكلية على المواد الجافة (بالتر لـ 1m^3).

- G : معامل حبيبي

متوسط قوة الضغط المستهدفة :

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

$$f_c = 1.15 \times f_{c28} \dots \dots \dots (3.18)$$

المقاومة المستهدفة المطلوبة للخرسانة في 28 يوماً تساوي :

$$f_c = 1.15 \times 30 = 34.5 \text{ MPa}$$

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

المعامل الحبيبي G من خلال الجدول 24.III: حيث نوعية الركام عادي ، $D=25\text{mm}$ ، فان $G=0.5$

الجدول 24.III قيمة معامل الحبيبية G

البعد D للركام			نوعية الركام
كبيرة ($40 \leq D \leq 20 \text{ mm}$)	متوسطة ($40 \leq D \leq 20 \text{ mm}$)	رقيقة ($D \leq 16 \text{ mm}$)	
0.65	0.60	0.55	ممتازة
0.55	0.50	0.45	جيدة – عادية
0.45	0.40	0.35	مقبولة

$$\frac{C}{E} = \frac{34.5}{0.5 \cdot 42.5} + 0.5 = 2.12$$

جرعة الإسمنت :

من خلال الشكل 8.III يمكن تحديد جرعة الاسمنت

الصغرى من خلال بنسبة E/C (2.12)

وقيمة التشغيلية (6-9 الهبوط مخروط برامس C_m)

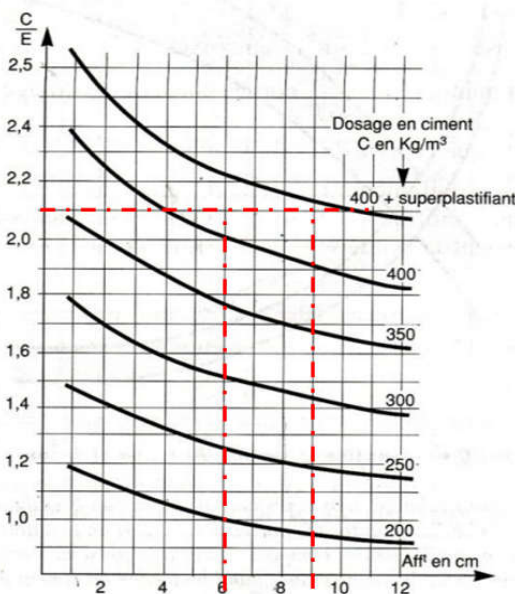
أي أن $C=400 \text{ kg/m}^3$ وهي ثابتة

ومنه E يساوي:

$$E = \frac{C}{2.12} = 188.67 \approx 189 \text{ L/m}^3.$$

لابد من العمل مع اقتراح نسبة (كمية) الماء في الخلطة

وفقا حجم الركام الأكبر كما هو مبين في الجدول 25.III



الشكل 5.III تحديد جرعة الاسمنت الصغرى

من خلال بنسبة E/C وقيمة التشغيلية

جدول 25.III اقتراح تصحيح نسبة الماء

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

حجم الركام الأكبر D=25 mm ، فنسبة التصحيح المقترحة هي 0.0%

$$E = 189 \frac{L}{m^3}$$

المرحلة الثانية :إنشاء المنحني المرجعي (OAB) :

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

- النقطة (البداية) O يتم تحديد بـ: (0 ، 0)
- النقطة B (النهاية) تحدها إحداثياتها: (D ؛ 100) ، (D: قطر الركام الأكبر). و D=25 mm
- النقطة A (نقطة الانكسار) تحدها إحداثيات (X ، Y) بحيث :

الفاصلة X مرتبطة ببعد الركام الأكبر D:

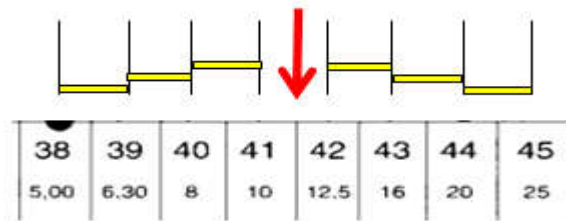
إذا كانت $D < 20 \text{ mm}$ ، فإن الفاصلة هو $D / 2$.

أما إذا كان $D > 20 \text{ mm}$ ، فإن الفاصلة موجود في منتصف "مركز الثقل " القطعة التي تبدأ عند

النقطة الممثلة للمخل 5 mm (بالوحدة 38) وتنتهي عند النقطة لـ D.

الفاصلة × هي مركز مجموعة من المناخل:

5- 6.30 - 8 - 10 - 12.5 - 16 - 20 - 25 وهكذا نجد ان الفاصلة تقع بين 10 - 12.5 في محور بينهما اي 11.25 (لاحظ الشكل الموالي)



شكل 6.III. رسم تخطيطي لحساب الفاصلة ×

الترتيبية y وفق الصيغة التالية: (3.19) $y = 50 \sqrt{D} + K$

بحيث:

D : القطر الركام الأكبر

K : هو مصطلح تصحيحي يعتمد على جرة الأسمنت ، وكفاءة التثبيت ، وشكل الركام الملفوف

المدرقل أو المسحوق (وخاصة الرمل ، الذي يسود تأثيره هنا) وكذلك نعومة الرمل.

الجدول 26.III قيمة المصحح K بدالة جرعة الإسمنت وقوة الاهتزاز وزاوية الركام ، مما يجعل من الممكن حساب Y المطلوب لنقطة كسر المنحنى المرجعي:

الدمك		منخفض		عادي		قوي	
شكل اهتزاز الركام (الرمل على وجه الخصوص)		ملفوف	مسحوق	ملفوف	مسحوق	ملفوف	مسحوق
تركيز الاسمنت	400 + SUPER PLASTIFIANT	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 صفاء الرمل قويًا (رمل خشن) ، فسيتم إجراء تصحيح إضافي لرفع النقطة A ، والتي تتوافق مع زيادة الجرعة في الرمل والعكس صحيح. يمكن إجراء التصحيح الإضافي (على K) بإضافة القيمة Mf $K_S = 6 Mf - 15$ هي معامل دقة الرمال التي يمكن أن تختلف من 2 إلى 3 مع القيمة المثلى للترتيب 2.5 التي التصحيح الموصى به هو صفر).

ملاحظة 2: تصحيح إضافي K_P ، إذا تم تحديد جودة الخرسانة بأنها "قابلة للضخ" ، فيجب إعطاء الخرسانة أقصى قدر من اللدونة وإثراءها بالرمل مقارنة بالخرسانة ذات الجودة "الحالية". لهذا ، يمكننا زيادة مصطلح التصحيح بالقيمة $K_P = 5+ \text{ إلى } 10+$ تقريبًا ، اعتمادًا على درجة اللدونة المطلوبة.

✓ تركيز الاسمنت 400 ، الدمك عادي ، الركام مسحوق اذن حسب الجدول

$K=0$ وهي معرض للتصحيح إضافي $K_S = 0.69$ و $K_P=0$

أي أن الترتيبية y :

$$y = 50 - \sqrt{D} + K + ks + kp = 45.69$$

وبالتالي ، فإن إحداثيات نقطة الانهيار A هي:

[45.69 ؛ 11.25]

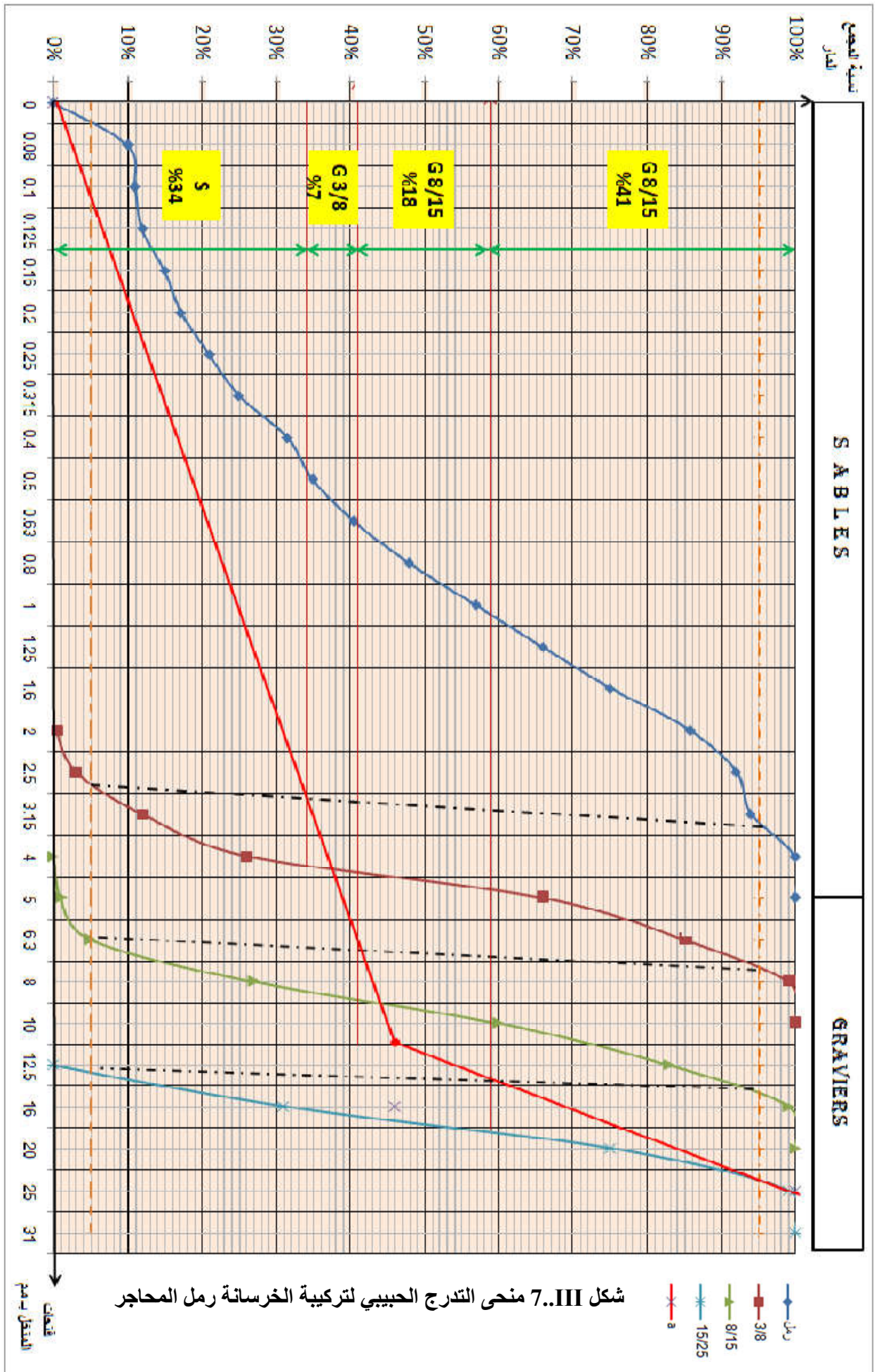
على نفس المخطط البياني للمخطط المرجعي يتم:

رسم المنحنيات الحبيبية لكل رمل و الحصى

رسم خط أفقي بحيث $y = 95\%$ وخط آخر $y = 5\%$

رسم الخطوط الفاصلة التي تربط النقاط التي تتقاطع 5% و 95% من المنحنيات المتعاقبة الشكل 11.III

النسب المئوية للحجم المطلق لكل نوع من الركام هي كالآتي:



تحديد حجم المطلق لكل الركام :

الحجم المطلق لمجمل الركام يعطى بالعلاقة التالية :

$$V=1000 \times \gamma - C \dots \dots \dots (3.20)$$

حيث:

V:الحجم المطلق للركام في 1m³ من الخرسانة

$$C = \frac{M_c}{\rho} = \frac{400}{3.1} = 129.03 \text{ L من الخرسانة في } 1\text{m}^3$$

جدول III.27 : معامل التراص γ

γ : معامل التراص							الشددات	النسق
D=80	D=50	D=31.5	D=20	D=12.5	D=10	D=5	دمك	رخوي
0.820	0.815	0.810	0.805	0.795	0.780	0.750	اهتزاز ضعيف	
0.825	0.820	0.815	0.810	0.800	0.785	0.755	اهتزاز عادي	
0.830	0.825	0.820	0.815	0.805	0.790	0.760	دمك	لدن
0.830	0.825	0.820	0.815	0.805	0.790	0.730	اهتزاز ضعيف	
0.835	0.830	0.825	0.820	0.810	0.795	0.765	اهتزاز عادي	
0.840	0.835	0.830	0.825	0.815	0.800	0.770	اهتزاز قوي	
0.845	0.840	0.835	0.830	0.820	0.805	0.775	اهتزاز ضعيف	صلب
0.845	0.840	0.835	0.830	0.820	0.805	0.775	اهتزاز عادي	
0.850	0.845	0.840	0.835	0.825	0.810	0.780	اهتزاز قوي	
0.855	0.850	0.845	0.840	0.830	0.815	0.785		

ملاحظة : هذه القيم ضرورية لإجراء التصحيحات في الحالات التالية:

- رمل طبيعي + حصى المحاجر = 0.01
- رمل و حصى المحاجر = 0.03

تصحيح معامل التراص كون الرمل و الحصى من المحاجر 0.79 = 0.03 γ = 0.82

منه حجم الكلي المطلق للركام خلال 1m³ من الخرسانة هو : V=1000x 0.79-129.3= 660.971 m³

الجدول التالي يوضح لنا الحجم المطلق وكتلة مكونات الخرسانة الشاهدة لـ 1m³

جدول III.28 التركيبية الحجمية و الكتلية للخرسانة رمل المحاجر في متر مكعب

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

ومن النتائج هذه الطريقة :

• نسبة E/C ثابتة وهي تساوي : 0.47

• نسبة G/S هي 1.94 (S/G=0.52)

III.2.3 تشغيل الخرسانة الشاهدة:

ولكن من أجل الحصول على الخلطة الخرسانية الشاهدة المثلى يجب الوصول إلى تشغيلية جيدة للخرسانة الشاهدة وذلك بالتقيد بالخطوات التالية:

• تصحيح النسبة S/G كنسبة كتلية من أجل خرسانة مثلى لتقع في المجال (0.58 < S/G < 0.83) حسب ما أوصى به " قوريس " [60] [15]

• دراسة الهبوط لعينات من الخلطة الخرسانية الشاهدة مع تغير نسبة S/G

• دراسة حاجة الخلطة الخرسانية إلى إضافة نسبة من الملدن للوصول التشغيلية المناسبة، هذه النسبة

تتراوح بين 0- 2 % (0 - 0.5 - 1 - 1.5 - 2) من وزن الاسمنت للزم $1m^3$ من الخرسانة

ملاحظة : عند استعمال الملدن في الخلطة من المفروض تصحيح القيمة K (ص 81) من 0 إلى 2-

ويترتب عليه تغير طفيف نسبة (S/G=0.51)، لكن مع ضرورة تصحيح النسبة (اقترح قوريس)

للحصول على تشغيلية جيدة فانه يصبح من غير الضروري إعادة تفصيل الحساب .

تركيبية عينات الخرسانة الشاهدة بدلالة النسبة S/G

الوزن الكلي (M) للخرسانة الطازجة يعطى بالعلاقة التالية :

$$M=G+S+C+E.....(3.21)$$

$$G = \frac{M-C(1+\frac{E}{C})}{1+\frac{S}{G}}(3.22)$$

و منه نستخرج العلاقة التالية :

حيث :

M: الكتلة الكلية للخرسانة الطازجة Kg

• G: كتلة الحصى Kg

S: كتلة الرمل Kg

• C: كتلة الاسمنت Kg

• E: كتلة الماء Kg

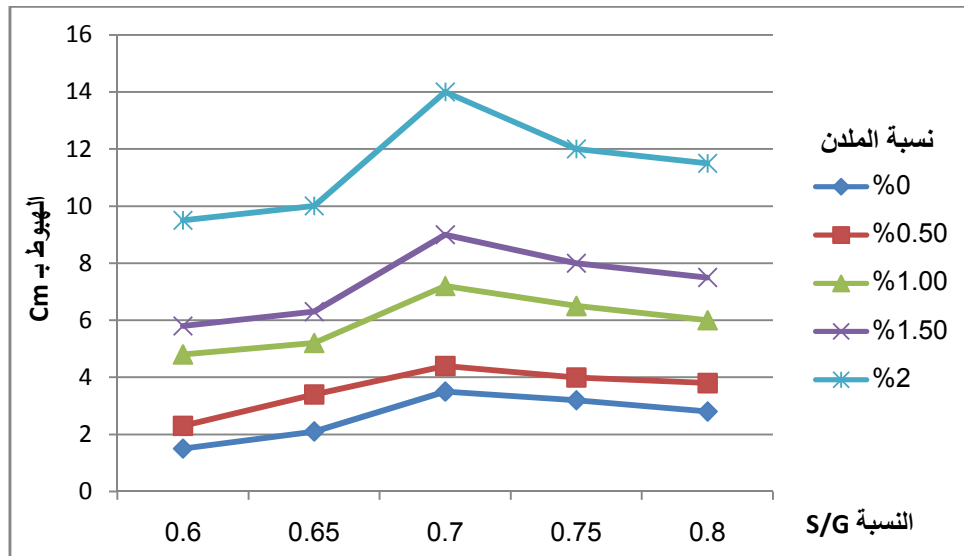
جدول III.29 تغيرات تركيبية الخرسانة الشاهدة ($1m^3$) بدلالة النسبة S/G

الاسمنت (Kg)	الماء (Kg)	الحصى (Kg) 25/15	الحصى (Kg) 15/8	الحصى (Kg) 8/3	الرمل (Kg)	S/G
400	189	692.23	303.89	118.19	668.59	0.60
400	189	671.25	294.68	114.61	702.35	0.65
400	189	651.51	286.02	111.24	734.14	0.70
400	189	632.90	277.84	108.06	764.10	0.75
400	189	615.32	270.13	105.06	792.40	0.80

لدراسة تشغيلية خرسانة رمل المحاجر الشاهدة استعملنا مخروط أبرامز هذه التجربة معرفة بمعيار NF EN 12350-2 حيث قمنا بإجراء الاختبار لغرض معرفة قوام الخلطة والهبوط الأمثل الذي من خلاله نختار تركيبة الخرسانة الشاهدة.

تغيرات التشغيلية بدلالة S/G من اجل نسبة الملدن 0 - 0.5 - 1.0 - 1.5 - 2.0 % ، النتائج في الجدول 29.III
جدول 30.III تغيرات التشغيلية (Cm) بدلالة المتغيرين نسبة S/G و نسبة الملدن

نسبة الملدن نسبة S/G	نسبة الملدن %	0%	0.5%	1.0%	1.5%	2%
0.60	1.5	2.3	4.8	5.8	9.5	
0.65	2.1	3.4	5.2	6.3	10	
0.70	3.5	4.4	7.2	9	14	
0.75	3.2	4	6.5	8	12	
0.80	2.8	3.8	6	7.5	11.5	



الشكل 8..III قيمة الهبوط مخروط أبرامز (Cm) بدلالة المتغيرين نسبة S/G و نسبة الملدن

من خلال المنحني الموضح في الشكل 12.III

نلاحظ بان:

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

III.3.3 صياغة خرسانة الألياف المعدنية :

تعتمد تركيبة خرسانة الألياف أساسا عن النتائج التجريبية التي تعطينا تركيبات مثلى بدلالة تشغيل ومقاومة جيدة وذلك يعود إلى وجود طريقة أساسية لتركيب خرسانة الألياف ثم تطويرها من طرف الباحث Rossi انطلاقا من طريقة الباحث Baron Lesage وتم تحديد التشغيل في دراستنا بواسطة مخروط أبرامز الموافق لهبوط المحصور بين 6 و 9 سم (الحالة اللدنة) الذي يمثل التشغيل المطلوب في ورشات البناء.

لتحديد التركيبة الركامية المفضلة لخرسانة ألياف نأخذ نفس طريقة التركيبة الركامية للخرسانة الشاهدة المفضلة ونقوم بإضافة مقادير الألياف [60]

يتحقق عمليا تركيب خرسانة الألياف المعدنية بإتباع ثلاث مراحل :

1- المعامل E/C ونسبة الألياف مثبتان من البداية .

2- نقوم بتغيير النسبة S/G ونحدد التشغيلية من أجل كل قيمة لهذه النسبة، والذي يسمح برسم المنحنى

(التشغيلية والنسبة S/G)، من أجل تحديد النسبة S/G للتشغيلية المثلى

3- انطلاقا من الفرضية الثانية فإن كمية الماء والاسمنت مضبوطتان (بالنقصان أو بالزيادة) أما المعامل

E/C يبقى ثابت من أجل الحصول على التشغيلية المثالية المرجوة، وإلا فإننا سنحتاج إلى بعض

الإضافات من أجل ضبط هذه التشغيلية المطلوبة [13].

• نبقى على النسبة E/C ثابتة وهي تساوي 0.47: كما في الخرسانة الشاهدة

• إضافة الألياف المعدنية بنسبة 1.00 % - 1.50 % و هذه النسبة تكون من حجم الرمل المتواجد بخلطة

الخرسانة الشاهدة

• ينقص حجم هذه الكتلة من الألياف من حجم الرمل المستعمل لأن الألياف تعتبر من هذا الجانب حبيبات

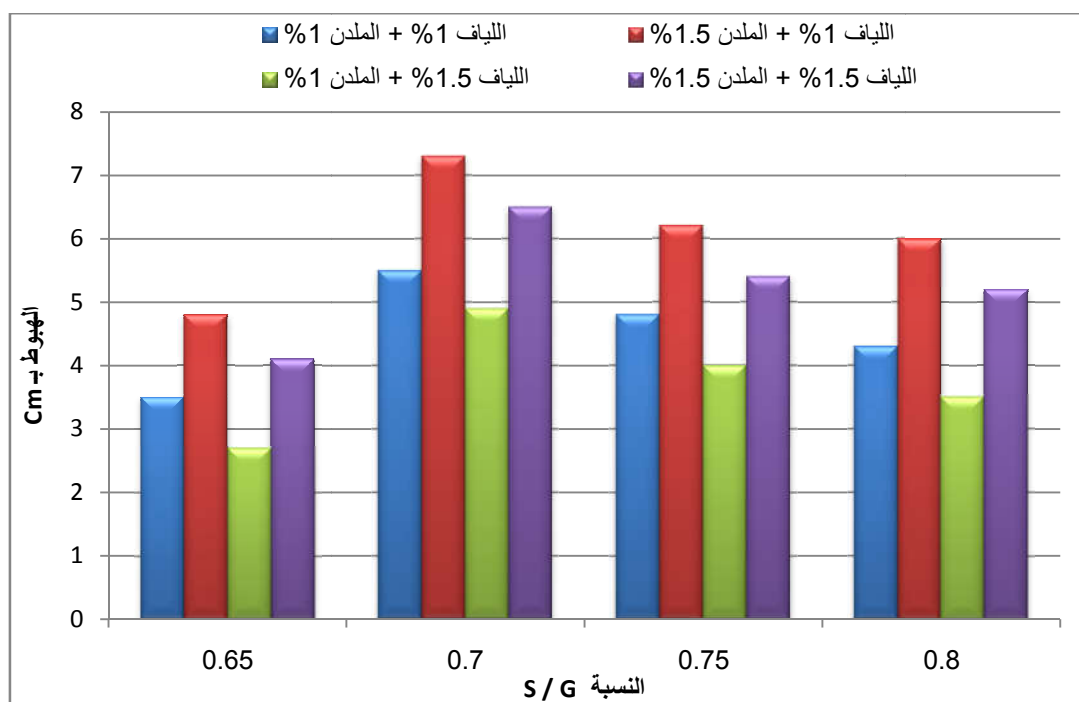
تعوض حبيبات الرمل أو الحصى. [13]

• نسبة S/G هي 0.65-0.70-0.75-0.80 هي النسبة الركامية التي أعطت تشغيلية مقبولة في وجود الملدن

نسبة 1.00 % و 1.50 % في الخلطة الشاهدة

جدول III.31 : تغيرات التشغيلية (هبوط C_m) بدلالة المتغيرات نسبة S/G ، نسبة الملدن و نسبة الألياف

0.8	0.75	0.7	0.65	نسبة S/G	نسبة الألياف
مقدار الهبوط مخروط إبرامز C_m				نسبة الملدن	
4.3	4.8	5.5	3.5	1.00%	1.00%
6	6.2	7.3	4.8	1.50%	
3.5	4	4.9	2.7	1.00%	1.50%
5.2	5.4	6.5	4.1	1.50%	



شكل 9.III. تغيرات التشغيلية (Cm) بدلالة المتغيرات نسبة S/G ، نسبة الملدن و نسبة الألياف من خلال النتائج المتحصل عليها نلاحظ بان:

- التركيبية الركابية المثلى الموحدة المشتركة بين مختلف الخرسانات المدروسة توافق النسبة المفضلة $S/G = 0.7$.
- نسبة الملدن الموافقة للتشغيلية المثلى هي النسبة 1.5 % بالنسبة لخلطتي الخرسانة المدعمة بالألياف بنسبة 1.00 و 1.5 %.

جدول 32.III تركيبة $1m^3$ من خرسانة رمل المحاجر الشاهدة و المدعمة بالألياف المعدنية

الخرسانة المدعمة بالألياف المعدنية		الخرسانة الشاهدة	خلطة الخرسانة	
% 1.50	% 1.00	بدون الألياف	المواد المستعملة	
723.1	726.8	734.1	الرمل	(Kg)
111.2	111.2	111.2	الحصى 08 / 03	(Kg)
286	286	286	الحصى 15 / 08	(Kg)
651.5	651.5	651.5	الحصى 25 / 15	(Kg)
189	189	189	الماء	(L)
400	400	400	الاسمنت	(Kg)
6	6	6	الملدن	(Kg)
31.21	20.8	0	الألياف المعدنية	(Kg)
2398.10	2391.36	2377.91	كتلة $1m^3$ من الخرسانة الطازجة	(Kg)

4.3.III تحضير وشكل العينة :

بعد الحصول على التركيبة المقبولة لخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف المعدنية ، قمنا بالتحضير لعملية الخلط و صب العينات اللازم دراستها كانت على النحو التالي (الصور في المرفق السادس) :

الجدول 33.III يوضح عدد العينات المستخدمة ونوعيتها

المجموع	نوعية العينة			أبعاد العينات Cm	الخاصة بتجربة	شكل العينة
	الألياف 1.5 % (F 1.5%)	الألياف 1% (F 1%)	الشاهد T			
48	16	16	16	32 × 16	ضغط	الاسطوانية
06	02	02	02	30 × 15	المرونة	
48	16	16	16	30 × 15	الشد البرازيلي	
48	16	16	16	28×7×7	الشد بالانحناء	متوازي
09	03	03	03	28×7×7	الانكماش	المستطيلات

تحضير الخلطة:

بعد الحصول على الصياغة المثلى لخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف المعدنية قمنا بالتحضير لعملية الخلط والصب للعينات المطلوبة والمذكورة في الجدول أعلاه :

أما الخلطة الخرسانية تم تحضيرها بواسطة خلاط نصف آلي في درجة حرارة (23° - 28°) وفق الطريقة التالية :

- ✓ تحضير الأوزان للمواد المطلوبة لكل خلطة
- ✓ تم خلط الركام (حصى "G": 15/25 ، 8/15 ، 3/8 مع رمل المحاجر "S") لمدة دقيقة واحدة .
- ✓ إدخال الاسمنت "C" ثم الخلط لمدة دقيقة واحدة .
- ✓ إدخال الألياف المعدنية (F) مرحليا مع الخلط لضمان تجانس الخليط (G+S+C+F) .
- ✓ إضافة 60% من الماء تدريجيا أثناء الخلط للمجموعة (G+S+C+F+E) ثم الخلط لمدة 2 دقائق .
- ✓ مزج كمية الملدن في كمية 40% من الماء المتبقي (E+P).
- ✓ إضافة مزيج الماء و الملدن تدريجيا أثناء الخلط للمجموعة (G+S+C+F+E+P) مع الخلط لمدة 2 دقائق

صب القوالب :

- ✓ مع مراعاة أن التحضير الأولي للقوالب يكون قبل بدء عملية الخلط وذلك بالتحضير و تنظيف القوالب خاصة المعدنية وضبط شداداتها
- ✓ تتم عملية صب القوالب وفقا للمراحل الزمنية
- ✓ ملئ القالب يكون عبر ثلاثة طبقات (25% + 50% + 25%) مع الدمك اليدوي لكل طبقة بواسطة قضيب معدني (Ø16 / Cm 60) 25 دمكة .
- ✓ بعد تسوية القوالب تم تغطية بالبلاستيك ، تترك العينات في الظل والهواء الحر.

✓ ينزع القالب بعد 24 ساعة من الصب

- لتغمس العينات (ضغط- المرونة- الشد البرازيلي ، الانحناء) في الماء لمدة (14، 28، 60، 90 يوما).
- عدد العينات 4 لكل صنف (F1.5% ,F1% ,T) لكل تجربة (ضغط – الشد البرازيلي و الانحناء) في كل مرحلة زمنية (14، 28 ، 60 ، 90 يوما)
- عينات الانكماش تبقى الظل و الهواء الحر

الخلاصة:

نستخلص من هذا المحور ما يلي :

- 1 من خلال التجارب المجرات على رمل المحاجر لمنطقة بوسعادة نستنتج أنه رمل يمكن استخدامه في الخرسانة العادية ، مع كونه يحتوي على نسبة من الدقائق تصل 10 % ، ونتيجة المكافئ الرملي أشرت الى احتمالية وجود مواد ناعمة لا تسمح باستخدامه في الخرسانة الشائعة ، إلا أن تجربة ازرق المثلين فندت ذلك بشكل قاطع ، وأكدت على رمل يمكن استخدامه في الخرسانة .
- 2 من خلال التجارب على الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للحصى المستعمل ذو الأقطار 8/3 و 15/8 من منطقة عين التوتة ، 25/15 بوسعادة نستنتج أنه مقبول في الخرسانة العادية.
- 3 الاسمنت المستعمل اسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري (متين) CEM II/B-L 42.5 N لمنطقة بسكرة
- 4- الماء المستعمل هو ماء صالح للشرب من منطقة سيدي خالد بسكرة .
- 5 الملدن المتفوق المستعمل من نوع medaflow 145 بنسبة 1.5 % من كتلة الاسمنت في الخلطة.
- 6- الألياف المعدنية المستعملة نوع **FIBERTEK A** ذات العكفات المصنوعة من الحديد اللين.
- 7 الطريقة المستخدمة في صياغة الخلطة الخرسانة رمل المحاجر الشاهدة هي طريقة Dreux-Gorisse مع اعتماد هبوط أبرامز في مجال اللدن
- 8- الطريقة المستخدمة في صياغة الخلطة الخرسانة رمل المحاجر الليفية هي طريقة الباحث Rossi انطلاقا من طريقة الباحث Baron Lesage ، E/C ثابت ، مع تغير S/G لتحقيق التشغيلية المطلوبة
- 9 تركيبة خرسانة الرمل المحاجر التي سنستعملها كشاهد أو الليفية، تركيز من الاسمنت هو 400kg/m^3 ، $S/G=0.7$ ، $E/C=0.47$ ونسبة الملدن 1.5 % اما نسبة الألياف المستعملة 1 % ، 1.5 % من حجم الرمل المتواجد بخلطة الخرسانية ويتم نقص حجم هذه الكتلة من الألياف من حجم الرمل المستعمل لأن الألياف تعتبر من هذا الجانب حبيبات تعوض حبيبات الرمل أو الحصى.

الفصل الرابع

الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

1.IV مدخل :

تعد الخصائص الميكانيكية لمادة ما أهم الخصائص التي تميزها عن الكثير من المواد وعن مثيلاتها من المركبات وبعد تعريف خرسانة رمل محاجر المعززة بالألياف المعدنية و إعطاء نبذة عن تاريخها وخصائصها ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترح في الدراسة ، ففي هذا الفصل سنتطرق الى الخصائص الميكانيكية لخرسانة رمل محاجر المعززة بالألياف المعدنية وبالتحديد إلى مقاومة الضغط وكذلك مقاومة الشد بطريقة غير مباشرة (الانحناء- البرازيلية) في الأيام 14 ، 28 و 60 و 90 يوم ، اما قياس الأمواج فوق صوتية ومعامل المرونة الستاتيكي فكان اليوم 60 ، كذلك دراسة ظاهرة الانكماش كل يومين إلى غاية 60 يوما بالإضافة الى اليوم 7 و 21.

2-IV طرق التجارب :

IV- 2- 1 تجربة التحطيم بالانحناء :

تتم تجربة الانحناء على عينات لها مقطع مربع 7×7 سم و طول 28 سم ، البعد بين المسندين 21 سم كما يتم تنفيذ هذه العملية بواسطة آلة ضغط تم تزويدها بصفيحة معدنية في الجزء السفلي من المكبس بها بمسندين أسطوانيين متجهين إلى الأعلى ثابتي التباعد بين محوريهما (21 سم) لتستند عليهما العينة و بصفيحة معدنية أخرى تثبت في الجزء العلوي من المكبس مزودة بمسند اسطواني متجه الى الأسفل يكون موقعه في مركز العينة ومركز صفيحة علوية (للمكبس) لجهاز الضغط ، محاكين بذلك جهاز الانحناء بثلاث نقاط، بحيث عند تشغيل الآلة تطبق قوة هيدروليكية على العينة حتى الانهيار و نقرأ الحمولة مباشرة من الآلة . الحمولة المطبقة على العينة بطريقة مستمرة مع سرعة تساوي 0.05 نيوتن/مم2 لكل دقيقة إلى غاية

الانهيار [34] [60] [86]

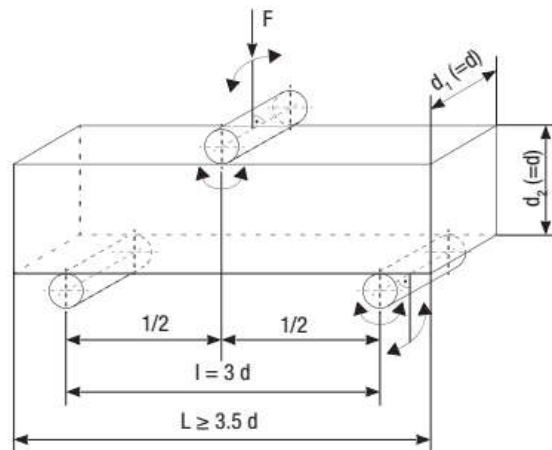
هذه التجربة منصوص عليها حسب المعيار NF P 18-407

و شكل 1.IV هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم

بواسطة الانحناء .



الصورة 1.IV تجربة تحطيم بالانحناء



الشكل 1. IV يوضح آلية التحطيم بالانحناء

تجربة الانحناء وفقا للمعيار NF P 18-407 ومقاومة الانحناء تعطى بالعلاقة التالية [20]

$$\sigma_F = \frac{6.M.}{b.h^2} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$R_f = \frac{4500.F_f.}{b^2} \dots\dots\dots (4.2)$$

R : مقاومة الانحناء ب (MPa)

F_f : قوة تحطم العينة عند الانحناء (KN)

b : جزاء العينة الذي يساوي (70 mm)

IV-2-2 اختبار الشد غير مباشر (مقاومة الشد البرازيلي) :

تتم التجربة على عينة الاختبار القياسية عبارة عن اسطوانة خرسانية قطرها 15 سم وطولها 30 سم حيث توضع هذه الاسطوانة بين رأسي ماكينة الاختبار في وضع أفقي وعلى جانبيها بين شريحتين من الخشب أو المطاط ، ويعين حمل الضغط المسبب لكسر العينة وعند انهيارها يسجل الحمل الأقصى.

الحمولة المطبقة على العينة بطريقة مستمرة مع سرعة تساوي 0.05 نيوتن/مم² لكل دقيقة إلى غاية

الانهيار [20]

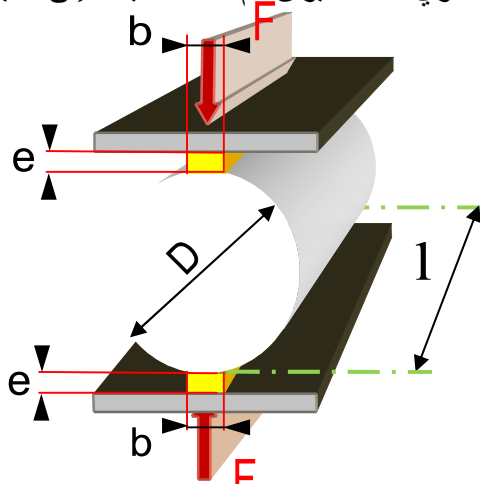
هذه التجربة منصوص عليها حسب المعيار NF P 18-408 وشكل 2.IV هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الشد غير مباشر الطريقة البرازيلية . أبعاد الوسادة (خشبية) :

$$b = (0.09 \pm 0.01) D$$

$$e = 4 \pm 1 \text{ mm}$$

$$l : \text{طول التحميل}$$

$$D : \text{ارتفاع (قطر) العينة الاسطوانية}$$



شكل 2.IV يوضح آلية التحطيم بالشد البرازيلي

وتعطى بالعلاقة التالية [24] :

$$f_t = \frac{2.F.}{\pi DL} \dots\dots\dots (4.3)$$

حيث :

f_t : قوة الشد البرازيلي ب MPa

F : حمولة الكسر ب N

D : قطر العينة الاسطوانية ب mm

L : طول العينة الاسطوانية ب mm



الصورة 2.IV تجربة التحطيم بالشد البرازيلي

IV- 2- 3 تجربة التحطيم بواسطة الضغط :

تم إنجاز تجربة الضغط على عينات ذات شكل اسطواني 16×32 سم وباستعمال آلة للضغط الهيدروليكي لها هيكل حديدي صلب يحتوي على صفيحتين لسحق العينات توضع العينة بين الصفيحتين حيث تكون في مركزيهما والحمولة المطبقة عليها مستمرة مع سرعة تساوي 0.5 نيوتن/مم² لكل دقيقة إلى غاية انهيار العينة .



تجربة الضغط أنجزت وفقا للمعيار NF P18-406
التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الضغط من نوع (.....)
قدرة هذه الآلة على الضغط تصل إلى 1500 kN
صورة الجهاز موضحة ف الصورة (3-IV) .
مقاومة الضغط تعطى بالعلاقات التالية :

$$C = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (4.4)$$

C : مقاومة الضغط (MPa)

الصورة IV. 3. تجربة التحطيم بالضغط

P: قوة تحطم العينة عند الضغط ب (N)

S : جزء العينة الذي يساوي mm²

IV- 2- 4 تجربة معايير المرونة في الضغط (طريقة تحليل الاستاتيكي)

يهدف هذا الاختبار لتعيين معايير المرونة للخرسانة لفائدة ذلك في معرفة صلابة الخرسانة وكذلك لمعرفة قيمة معايير المرونة في حساب تشكّل المنشآت الخرسانية التشوهات أما يفيد في تعيين نسبة معايير مرونة الحديد إلى الخرسانة لأهميتها في التصميم $n = E_s / E_c$. وفيما يلي شرح لكيفية تعيين معايير المرونة للخرسانة وذلك طبقاً لما جاء بالمواصفات الإنجليزية BS 1881:Part 121: 1983 [24]

الإجراء

✓ تحديد قوة الضغط.

تحديد متوسط قوة ضغط الخرسانة على أربعة عينات
مصابة من نفس الدفعة التي يتم استخدامها لتحديد المعامل
الثابت للمرونة ، وتصنيعها ومعالجتها في ظروف مماثلة
(تم في التجارب الضغط)

✓ تجهيز العينة :

نقوم بتثبيت عينة الاختبار (15 × 30 Cm) ، في مركز
الهيكل الحامل لأدوات القياس لتحميلها محوريا في آلة
الضغط .

الصورة IV. 4. تجربة معيار المرونة

الهيكل الحامل هو هيكل حديدي صلب مثبت لأدوات القياس مصنعة محلياً من طرفنا وهو (مطابق
للمواصفات)

عبارة عن إطارين معدنيين لتثبت بالعينة بواسطة ستة براغي وثلاثة فواصل لحمل الإطارين إلى موضعهما، وترتكز على الإطار السفلي صامولة و براغي محوري موازي لمحور العينة لتعتبر النقطة 0 بالنسبة للمقرن المثبت على حامل صلب متصل مع الإطار العلوي لأخذ قياس الانفعال بالقراءة المباشرة على المقرن ذو دقة .

$$mm \frac{1}{100} \text{ انظر الصورة 4.IV}$$

✓ تحديد المعامل الثابت للمرونة

تطبيق الضغط الأساسي من 0.5 N / mm^2 ، وتسجيل قراءات قياس الضغط المأخوذة في كل خط قياس. زيادة الضغط بمعدل ثابت ضمن النطاق $0.6 \text{ N / mm}^2.s$ (نفس الجهاز السابق لقياس الضغط) حتى يتم الوصول إلى الضغط يساوي ثلث قوة ضغط الخرسانة ($f_c/3$)، الحافظ على الضغط لمدة 60 ثانية وسجل قراءات الضغط والتشوه المأخوذة خلال فترة القياس معدل تحميل وتفريغ ثابت. ونكرر الاختبار دورتين إضافيتين ، باستخدام نفس معدل التحميل والتفريغ ، والحفاظ على الضغط ثابتاً لمدة 60 ثانية في نهاية وبداية كل دورة. ، و تسجل قراءة الضغط و قياس الانفعال ، وفي كل اختبار يتم تسجيل 10 قراءات لمقياس الانفعال (المقرن) عند 10 زيادات للإجهاد تكون متساوية تقريبا التثناء فترة التحميل ، يجب ان لا تتجاوز اختلاف النتائج المسجلة 10 ٪ من متوسط قيمتها

عند الانتهاء من جميع قياسات المرونة ، نقوم بزيادة الحمل على عينة الاختبار ، بالسرعة المحددة ، حتى يحدث فشل العينة. (مع مواصلة تسجيل الضغط و الانفعال) وتعطى العلاقة معامل المرونة الاستاتيكي :

$$EC = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} = \frac{\sigma_a - \sigma_b}{\epsilon_a - \epsilon_b} \dots \dots \dots (4.5)$$

حيث :

σ_a : مقاومة الضغط ب (MPa) هو ضغط في نهاية تحميل كل اختبار ، $f_c / 3$

σ_b : الضغط الأساسي (أي 0.5 نيوتن / مم 2)

ϵ_a : هو متوسط سلاله الانفعال تحت ضغط التحميل العلوي . ($f_c/3$)

ϵ_b : هو متوسط سلاله الانفعال تحت ضغط التحميل الأساسي.

التعبير عن النتيجة لأقرب 500 نيوتن / مم 2 للقيم التي تزيد عن 10000 نيوتن / مم 2 . [BS 1881]

IV 5.2 تجربة الإنكماش:

يجرى هذا الاختبار لتعيين قيمة التغير في طول العينة الخرسانية نتيجة تعرضها للنقص في الحجم بتأثير الإنكماش بالجفاف تجارب الإنكماش أنجزت حسب المعايير 427-18 NFP على عينات $28 \times 7 \times 7$ سم [60] وهذه العينات مزودة بقطعة معدنية في طرفيها. (صامولة M5) .
القولب تمت صناعتها محليا من طرفنا انظر الصورة 5.IV



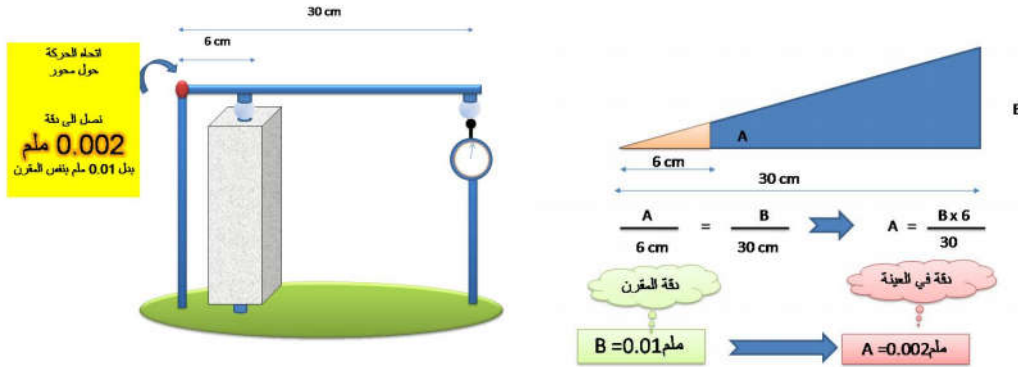
الصورة 5.IV تمثل قوالب الانكماش 28×7×7 mm

قياسات القيم الابتدائية (المرجعية) تمت بعد 24 ساعة من عملية صنع القوالب .

جهاز القياس الانكماش مصنوع محليا من طرفينا (حامل أداة القياس و العمود المرجعي او المعياري) في محاكاة للجهاز الانكماش من النوع Rétrocontrôle ونظرا لظروف الجائحة و كذلك عدم توفر المقرن ذو دقة 0.001 mm في السوق (داخل و خارج الولاية) تم استخدام المقرن بدقة 0.01 mm وهذا ما دفعنا تغيير شكل العام للهيكل الحامل من النوع السابق الى النوع (PERRIER TYPE 50.75) و مع إجراء تغيير في طول الباع بين مركز الذراع و منطقة القراءة (المقرن) الى 30 Cm ، اما طول الباع بين مركز الذراع ومركز الصامولة بعينة القياس يساوي 6cm مما سمح لنا بالحصول على دقة عالية بدل 0.01 mm الى قياس بدقة 0.002 mm أي ان كل قراءة على مقرن تتم قسمتها على 5 للحصول على بعد الحقيقي انظر الشكل

$$\text{المخطط (الدقة من : } mm \frac{1}{100} \text{)} \Longleftarrow mm \frac{1}{500}$$

الدقة مثبت رياضيا بواسطة نظرية طاليس (خاصة بحساب المثلثات) انظر الشكل 3.IV



شكل 3.IV الدقة مثبتة رياضيا بواسطة نظرية طاليس مع الشكل العام للمخطط لجهاز قياس الانكماش

الدقة مثبت تطبيقيا باستعمال شرائح قياس السماكة المعيارية Jeux de cales (jauges) de mécanicien

بين شرائح 0.063 و 0.051 كان الفارق في قياس المقرن 0.06 $\Leftarrow 0.06 \div 5 = 0.012$ مم

بين شرائح 0.102 و 0.076 كان الفارق في قياس المقرن 0.13 $\Leftarrow 0.13 \div 5 = 0.026$ مم

خطوات الإجرائية (التجربة):

- يتم ضبط الجهاز القياس مع جزء المعايرة العمود المرجعي قبل بدء الاختبار على العينات.

- تدخل العينة الى الجهاز بعد وضع كوريتان حديدتان بقطر 10 ملم توضع أحدهما أسفل الصامولة في الجزء السفلي من العينة و الأخرى أعلاء الصامولة في الجزء العلوي من العينة (عملية قياس الطول تتم بدقة بين سطحي الكرتين)
- قراء القياس على المقرن الفارق بين الطول العينة و طول الابتداء يضبط عليه (العمود المرجعي) تحويل القياس إلى الدقة الحقيقية ÷ 5 لتصل دقة القياس إلى 1/500 mm ، مع كل قياس للتشوه يتم وزن العينات



الصورة 6.IV توضح جهاز قياس الانكماش

6.2.IV تجربة الأمواج فوق صوتية:

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة NF EN 12504-4 وتهدف الى التعرف على بعض خصائص الخرسانة المتصلبة. دون اللجوء إلى إجراء اخذ عينات ودون تحطيم [87]

نستعمل الطريقة المباشرة حيث يكون المرسل و المستقبل متقابلين ، لأنها تعد الطريق الأحسن [60][24]

من أهم مخرجات طريقة الأمواج الصوتية مجال العينات الخرسانية هي استنتاج :

1/ قيمة مقاومة الخرسانة للضغط 2/ قياس معايير المرونة للخرسانة 3/ مدى تجانس الخرسانة [24]

حساب سرعة الأمواج الصوتية يتم أليا بالعلاقة التالية (4.6) : $V = D/T$

حيث : تسجل على الجهاز المسافة بين المستقبل والمرسل "D بـ m" وعند توصيل المرسل و المستقبل بالعينة نقرأ على الجهاز زمن مرور "T بـ μs " وسرعة الأمواج الصوتية "V بـ m/s"

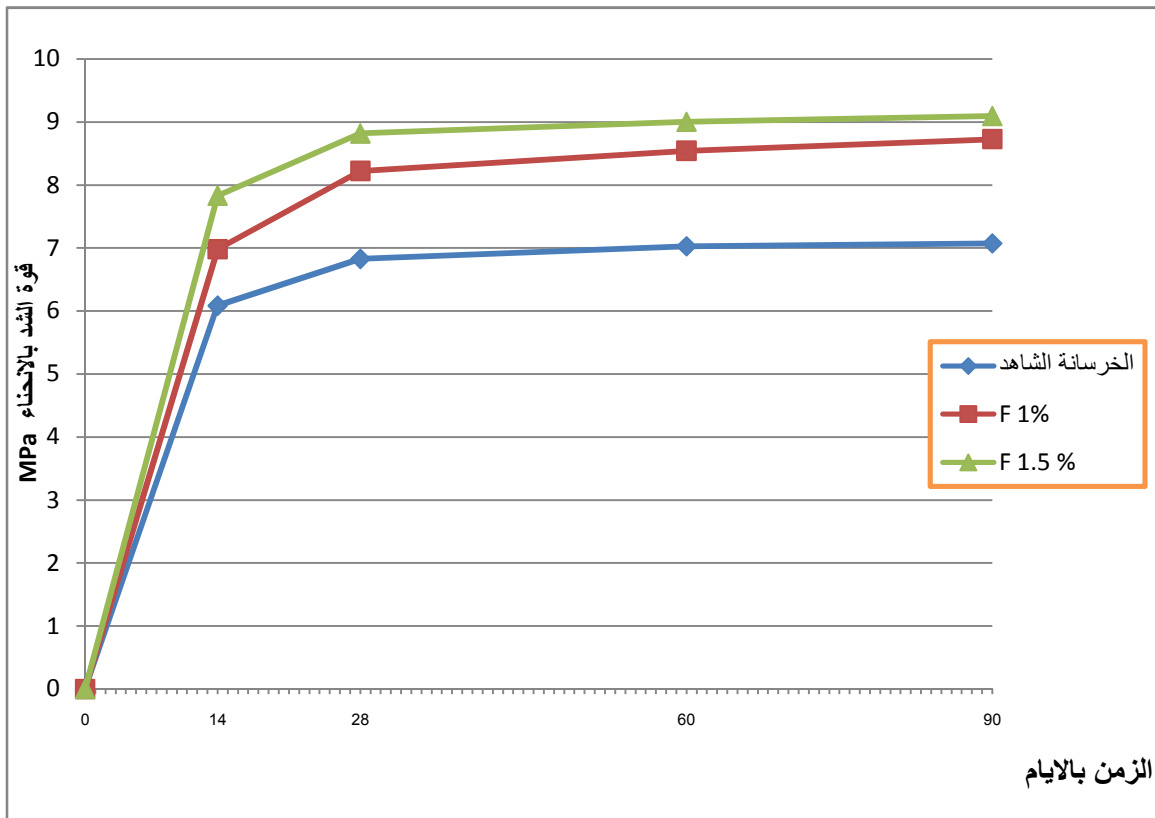


الصورة 7.IV تجربة الأمواج فوق صوتية بالطريقة المباشرة

IV- 3 نتائج مقاومة الانحناء :

الجدول 1.IV يوضح نتائج مقاومة الانحناء للخرسانة رمل المحاجر (الشاهدة) وخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف:

الإجهاد في يوم (MPa) 90	الإجهاد في يوم (MPa) 60	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم (MPa) 14	العينة
0.263±7.071	0.322±7.026	0.505±6.827	0.344±6.084	الخرسانة الشاهد
0.09 ±8.724	0.465±8.541	0.138±8.219	0.276±6.980	F 1%
0.140 ±9.092	0.120±9.000	0.551±8.816	0.620±7.829	F 1.5 %



الشكل IV. 4. منحني نتائج مقاومة الانحناء للخرسانة رمل المحاجر (الشاهدة) و المعززة بالألياف:

IV- 3-1 تحليل نتائج مقاومة الانحناء:

* نلاحظ من خلال نتائج التجارب المجرات على العينات مايلي :

أ- تأثير رمل المحاجر

زيادة مقاومة خرسانة رمل المحاجر بـ 12 % خلال الفترة الممتدة من 14 إلى 28 يوما
 زيادة مقاومة خرسانة رمل المحاجر بـ 2.86 % خلال الفترة الممتدة من 28 إلى 60 يوما
 ومن خلال الملاحظة عند تحطيم العينات الشاهدة أن تحطمها كان قصفيا (مباشرا) 100%

ب- تأثير الألياف :

عند استعمال للألياف المعدنية كمعزز للتركيبية خرسانة رمل المحاجر بنسبتين مختلفتين:

النسبة 1 % و 1.5% أظهرت تحسن مقبولا في نتائج مقاومة الشد بواسطة الانحناء مقارنة نتائج خرسانة رمل المحاجر بدون ألياف (الخرسانة الشاهدة) حيث ظهر جليبا نتائج التحسين للنسبتين في 14 يوما، 28، 60 و 90 يوما حيث وصلت نسبة التحسين

في اليوم 14 بالنسبة الى التركيبية F 1% كان التحسين بنسبة 14.72 اما بالنسبة الى التركيبية F 1.5% فكانت 28.68 %.

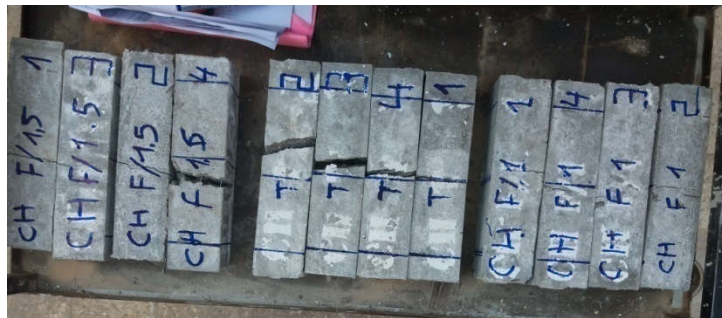
أما في اليوم 28 فكانت نسبة تحسين 20.13 بالنسبة للتركيبية F 1% وكانت نسبة التحسين بنسبة 28.86 بالنسبة الى التركيبية F 1.5% مقارنة بالتركيبية الشاهدة لنفس اليوم.

في اليوم 60 فكانت نسبة تحسين 21.57 بالنسبة للتركيبية F 1% وكانت نسبة التحسين بنسبة 28.10 بالنسبة الى التركيبية F 1.5% مقارنة بالتركيبية الشاهدة لنفس اليوم.

بالنسبة للتركيبية F 1% وكانت نسبة التحسين في اليوم 28 وصلت 17.76 % و في اليوم 60 الى زيادة ملحوظة 22.37 % مقارنة للنتائج نفس التركيبية في اليوم 14.

بالنسبة للتركيبية F 1.5% وكانت نسبة التحسين في اليوم 28 وصلت 12.61 % و في اليوم 60 الى زيادة 14.96 % أي زيادة طفيفة مقارنة للنتائج نفس التركيبية في اليوم 14.

اما عند تحطيم العينات المحتوية على الألياف (1% ، 1.5%) لاحظنا ظهور تشققات تزداد بزيادة قوة التحميل حتى الوصول إلى الانهيار مع كون التحطيم أو انهيار العينات غير كلي بالنسبة لجميع عينات ، ومع ملاحظة ان عرض التشققات 1 % اصغر من عرض تشققات 1.5 % (الصورة 8.IV)



الصورة 8.IV التشققات في العينات بعد تحطيم بالانحناء

IV- 2-3 مناقشة نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل :

أ- رمل المحاجر :

المقاومة في 28 يوما كانت عموما جيدة حيث وصلت إلى 6.827 MPa مع العلم مقاومة الشد الحقيقية تساوي 60 % من مقاومة الشد بواسطة الانحناء [24]

أي أن f_{t28} التجريبية الخاصة بخرسانة رمل المحاجر في حدود 4MPa

أن تصميم الخلطة الخرسانية كان يتوقع من خلال فرضياته $f_{c28}=30\text{MPa}$ أي أن قوة الشد تكون في اليوم 28 في حدود $f_{tj}=(0.6+0.06f_{cj})$ $f_{t28}=2.4\text{ MPa}$ [88] وبالتالي لخرسانة رمل المحاجر قوة شد كبيرة نسبياً وقد يرجع ذلك لكون نسبة كبيرة من حبيبات الرمل الخشنة ذات زاوية مما يسمح بتماسك جيد بين عناصر الخرسانة وكذلك وجود نسبة رمل المحاجر رمل دقيق 10% تسمح بسد الفراغات في الخرسانة .

وقد وجد الباحثان: GUESSOUM Younes TAIBI Said أن مقاومة الانحناء بالنسبة عينات خرسانة رمل المحاجر 6.33 Mpa في 60 يوماً وأن هناك زيادة في (14%-10%-15%) خلال الأعمار التالية على الترتيب (7، 28، 60، 90 يوماً) مقارنة بالعينات خرسانة الرمل الطبيعي.

ب- تأثير الألياف:

زيادة نسبة الألياف 0.5 % أظهرت مقاومة مبكرة وذلك راجع زيادة مساحة الترابط بين الألياف و الخرسانة أولاً وإلى كثافة عدد الألياف (من خلال نفس الحجم تركيبة 1% F) التي تبدى بدورها مقاومة أكثر للشد وللقطع ، أما بالنسبة للتركيبة 1% F فكانت الزيادة النسبية المعتبرة عبر الفترة 14-28 راجعة إلى زيادة نسبة الترابط أولاً بسبب زيادة مقاومة للخرسانة، ملاحظة زيادة مقاومة الانحناء للخرسانة الشاهدة في نفس الفترة بنفس الوتيرة مما أدى إلى زيادة مقاومة الألياف للقطع .

وعموماً فإن زيادة نسبة الألياف من 1 إلى 1.5 % أدت إلى زيادة المقاومة بنسبة 13.96% في 14 يوماً و بنسبة 8.72 في 28 يوماً و 6.54 في خلال 60 يوماً وهذا ما يؤكد أن زيادة نسبة الألياف في خرسانة رمل المحاجر يؤدي مساعدة في التماسك والترابط بين الخرسانة و الألياف و ضم الشقوق مهما كانت النسبة المستعملة كون الليف يلعب دور الماسك هذا مما أدى إلى تحسين مقاومة الشد بواسطة الانحناء .

أما بالنسبة لعدم التحطم الكلي للتركيبة العينات الحاوية على الألياف مقارنة بطريقة تحطم العينات الشاهدة ، فهذا يؤكد أن الألياف قامه بمسك العينة محاولة ضم تشققاتها من فترة ظهور التشققات إلى حالة الانهيار ، وهذا راجع الى الارتباط الحاصل بين الألياف و الخرسانة من جهة و الى مقاومة الألياف للشد و القطع من جهة أخرى وهذا يعني أن للألياف دور مهم جداً في مقاومة الشد بواسطة الانحناء أي أنها تضيف مجالاً لدن للعينة قبل تحطمها .

- وهذا ما لاحظته الباحث ماني محمد عند استعماله نوعان مختلفان من الألياف المعدنية بنسب مختلفة في تعزيز أنواع مختلفة الخرسانة الرملية أن " زيادة كمية الألياف بنسبة 0.5 فإنه تزداد مقاومة الانحناء للخرسانة المشتملة على كلا النوعين من الألياف بنسبة معتبرة مما يؤكد ما ذكرنا من أن نسبة من الألياف داخل الخرسانة بإمكانها تحسين مقاومة الانحناء " [13]
- وقد استنتج الباحث AIT-TAHAR بعد القيام بالعديد من الدراسات التجريبية بأن مقاومة الشد بواسطة الانحناء تزداد بزيادة نسبة الألياف المدخلة في التركيبة الخرسانية [54]

• وقد اظهر الباحث A. BOUHERAOUA أن هناك تأثير ظاهر لزيادة النسبة المئوية للألياف (0.3-1-1.5-2-2.5 %) على سلوك العينات المعرضة لشد بواسطة الانحناء وطول الألياف (30 mm - 50 mm) ، يتم تمييز هذه الظاهرة بوضوح أثناء مقارنة المنحنيات المختلفة للخرسانة الضابطة (بدون ألياف). المقاومة الشد بالانحناء القصوى كانت العينات بنسبة 2 % من الألياف ذات الطول 30 mm اما بالنسبة للعينات التي تحوي على الألياف بطول 50 mm فالمقاومة القصوى للشد بالانحناء فكانت نصيب العينات التي تحوي 1.5% من الألياف (حالة الأخيرة مقاربة جدا لنتائجنا) [68]

• واستنتج الباحث A. BOUHERAOUA أن الألياف تجلب الليونة إلى الخرسانة ، ويصبح التمزق يمتاز بالليونة بدلاً من ضعيف والهشاشة. وتزيد من الشد القصوى عند الانهيار وكذلك طاقة التمزق وفقاً للنسبة المئوية في الألياف

• وقد استنتج الباحث سالم طيب يوسف و حسن شمس الدين بعد دراسة الخصائص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة المسلحة بالألياف الفولاذية أن اعلى نسبة لزيادة مقاومة الانثناء (الانحناء) كانت لعينة بعمر 90 يوما وتحوي 5% غبار سليكا و 0.5% من الألياف الفولاذية بلغت 33 % بالنسبة للعينة المرجعية . [71]

• وقد توصل الباحث : Samir Shihada من خلال دراسة حول الخواص الميكانيكية للكمرات الخرسانية فائقة الأداء ذات الألياف المعدنية أن الألياف الفولاذية لها تأثير إيجابي على زيادة قوة الشد بواسطة الانحناء وعلى معامل نتائج التمزق ، حيث تم الإبلاغ عن زيادة حوالي 50 % و 35 % القوة بالترتيب في للعينات التي تحتوي على 0.5 % من ألياف الفولاذ ونسبة العرض الألياف إلى الارتفاع 85. [90]

• وقد اجمع الباحثون F. Setti ، K. Ezziane ، B. Setti ، F. Merzoug من خلال دراسة مقارنة لسلوك عوارض خرسانية مسلحة بالألياف المعدنية تحت تأثير تحميل أحادي متزايد أجريت الاختبارات على عينات 7 × 7 × 28 سم مع خرسانة بنسب مختلفة من الألياف (0 ، 0.5 ، 1 و 1.5 %) ، وتم اختبارها في سن 7 و 28 يوماً بأن إضافة الألياف تؤدي إلى زيادة ملحوظة في قوة الشد من خلال الانحناء بحيث يتم الحصول على قوة تتضاعف قيمتها في وجود 1.5 % من الألياف، أما النسبة 1 % ألياف معدنية ، تم تحسين قوتها المرنة بنسبة 62%. من الواضح جداً أن التحسين الناتج عن إضافة الألياف على السلوك الميكانيكي في الشد عن طريق الانحناء هو أكثر أهمية بكثير من ذلك في الضغط ، ويرجع هذا التحسن إلى مشاركة الألياف في خياطة الشقوق. [91]

• كما استنتج الباحثون عمر رمضان الفاروق ، أشرف حامد محمد عبد القادر ، فرحات امغيب بوبكر: بعد القيام بدراسة حول - تأثير ألياف الحديد على خواص الخرسانة عالية المقاومة (الدراسة كانت على نسب مختلفة من الألياف الحديد 0.25-0.5-0.75-1 %) أظهرت النتائج المعملية بزيادة نسبة الألياف من 0.25 الى 1 % تزداد مقاومة الانحناء لجميع العينات مقارنة بالعينة المرجعية من 7 إلى 26 % وذلك ناتج عن زيادة الترابط بين مكونات الخلطة الخرسانية مع زيادة نسبة الألياف بالخلطة ، كما وجد

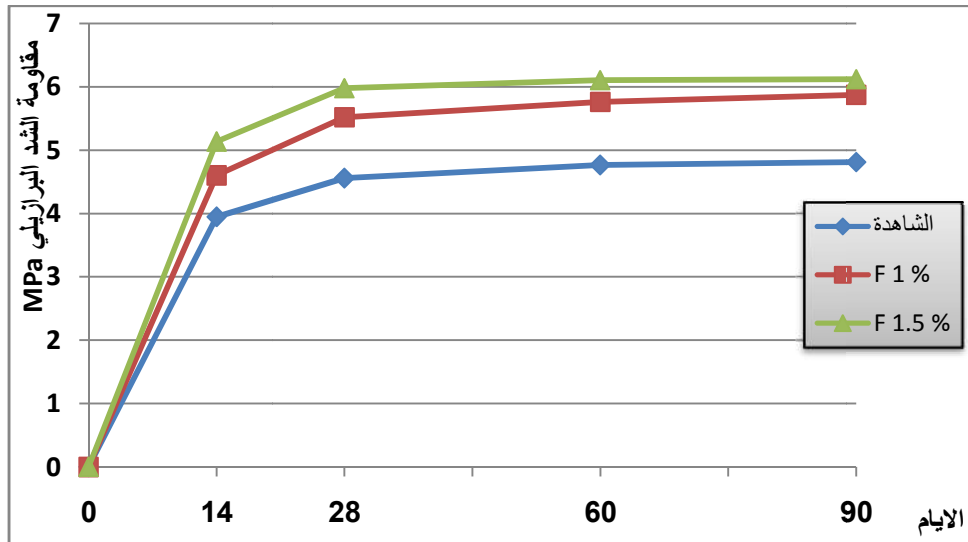
أيضا أن عرض التشقق يقل بشكل كبير بزيادة نسبة الألياف و تصل إلى 90% عند 1 % عند الألياف الحديد. [92]

وهو مقارب جدا لما لاحظناه

4.IV نتائج مقاومة الشد البرازيلي

الجدول 2.IV يوضح نتائج مقاومة الشد البرازيلي رمل المحاجر (الشاهدة) وخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف:

الإجهاد في يوم (MPa) 90	الإجهاد في يوم (MPa) 60	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم (MPa) 14	العينة
0.112±4.813	0.211±4.766	0.161±4.557	0.628±3.947	الخرسانة الشاهد
0.080±5.874	0.152±5.764	0.148±5.520	0.445±4.603	F 1%
0.102±6.121	0.280±6.108	0.203±5.982	0.365±5.134	F 1.5 %



الشكل 5.IV منحنى نتائج مقاومة الشد البرازيلي للخرسانة رمل المحاجر (الشاهدة) وخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف:

1.4.IV تحليل نتائج مقاومة الشد البرازيلي :

أ- تأثير رمل المحاجر:

بالنسبة للخرسانة الشاهدة فلاحظ التزايد في قيمة المقاومة الشد البرازيلية مع مرور الزمن (الأيام) للخرسانة رمل المحاجر خلال اليوم 28 مقاومة وصلت إلى غاية 4.557 MPa، اي بنسبة تحسن 13.39 % مقارنة بنتائج 14 يوم ، لتواصل التحسن لكن بشكل طفيف الى غاية 90 يوم بنسبة 5.31 %

ومن خلال الملاحظة عند تحطيم جميع العينات الشاهدة أن تحطمها تاما و فجائيا

ب - خرسانة الالياف:

عند استعمال للألياف المعدنية كمعزز للتركيبية خرسانة رمل المحاجر للمركبتين :

F 1% و F 1.5% أظهرت تزايدا ملحوظا من خلال المخطط مقاومة الشد البرازيلي مقارنة بنتائج بمقاومة الشد البرازيلي لخرسانة رمل المحاجر بدون ألياف (الخرسانة الشاهدة) حيث ظهر تحسن في النتائج للتركيبتين في 14 يوما، 28، 60 و 90 يوما على النحو التالي:

في اليوم 14 بالنسبة الى التركيبة F 1% كان التحسين بنسبة 16.61 اما بالنسبة الى التركيبة F 1.5% فكانت 30.06 %.

أما في اليوم 28 فكانت نسبة تحسين 21.13 بالنسبة للتركيبة F 1% وكانت نسبة التحسين بنسبة 31.25 بالنسبة الى التركيبة F 1.5% مقارنة بالتركيبة الشاهدة لنفس اليوم.

في اليوم 60 فكانت نسبة تحسين 20.94 بالنسبة للتركيبة F 1% وكانت نسبة التحسين بنسبة 28.16 بالنسبة الى التركيبة F 1.5% مقارنة بالتركيبة الشاهدة لنفس اليوم.

بالنسبة للتركيبة F 1% نسبة الزيادة وصلت الى 19.93 % في اليوم 28 وصلت و في اليوم 60 الى زيادة ملحوظة 25.22 % و 27.62 في 90 يوما مقارنة للنتائج نفس التركيبة في اليوم 14 النسبة في تزايد .

بالنسبة للتركيبة F 1.5% وكانت نسبة التحسين في اليوم 28 وصلت 16.52 % و في اليوم 60 الى زيادة 18.97 % و 19.22 % في 90 يوما مقارنة للنتائج نفس التركيبة في اليوم 14. أي المنحنى في تزايد بسيط مقارنة بالتركيبة F 1%

اما التركيبين F 1% و F 1.5% لاحظنا ظهور تشققات و تساعها بزيادة قوة التحميل حتى الوصول إلى الانهيار و مع جود التشققات الا ان جميع العينات المحتوية على ألياف بقية متماسكة كون التحطيم أو انهيار العينات غير كلي



الصورة 9.IV تشققات نتيجة تجربة الشد البرازيلي

IV- 2-3 مناقشة نتائج مقاومة الشد البرازيلي:

أ- رمل المحاجر :

المقاومة الشد بالطريقة البرازيلية خلال اليوم 28 وصلة الى 4.557 MPa مع العلم مقاومة الشد الحقيقية تساوي 85 % من قيمة مقاومة الشد البرازيلي [24]

اي ان f_{t28} التجريبية الخاصة بخرسانة رمل المحاجر في حدود 3.87MPa

سبق وان وضعنا قوة الشد الحقيقي المتوقعة في اليوم 28 في حدود $f_{t28}=2.4$ MPa فخرسانة رمل المحاجر تتميز قوة شد كبيرة مقارنة مع المتوقع حسابيا بالنسبة لخرسانة عادية وقد يرجع ذلك لتكريبية وشكل رمل المحاجر

وهذا يسمح بتماسك جيد بين هذه العناصر و الرابط الأسمنتي لكن هذا الشكل قد يؤدي الى وجود نسبة من الفراغات قد تضعف الخرسانة ولكن مع وجود نسبة رمل دقيق 10% في رمل المحاجر تعمل على سد المسامات بالخرسانة

وقد وضع محمود امام و محمد امين ان الصخور المكسرة من كل الانواع (كرمل المحاجر) تكون حبيباته ذات شكل زاوية أي لها أحرف واضحة التحديد ناتجة عند تقاطعات أسطح مستويات الخشنة [17]

ب -تأثير الألياف:

ظهر مقاومة مرتفعة مبكرة خلال 14 يوما للتركيبية F 1.5% مع نسبة الزيادة من 16.52 الى 19.22 خلال 28 و 90 يوما ، أما بنسبة للتركيبية F 1% فكانت النسبة 19.93- 27.62 % خلال الفترة 28-90 يوما بالنسبة لمقاومة اليوم 14 لنفس التركيبية ومع ذلك تبقى قيمة المقاومة التركيبية F 1.5% اكبر من قيمة مقاومة الشد البرازيلي للتركيبية F 1% ب 11.54 – 8.36 - 5.97 - 4.20 خلال 14-28-60-90 يوما بالترتيب ، زيادة نسبة الألياف 0.5 % أظهرت مقاومة مبكرة وذلك راجع زيادة مساحة الترابط بين الألياف و الخرسانة أولا و إلى كثافة عدد الألياف (من خلال نفس الحجم تركيبية F 1%) التي تبدى بدورها مقاومة أكثر للشد و للقطع ، أما بالنسبة للتركيبية F 1% فكانت الزيادة النسبية المعتبرة عبر الفترة 14-28 راجعة إلى زيادة نسبة الترابط أولا بسبب زيادة مقاومة للخرسانة، ملاحظة زيادة مقاومة الشد للخرسانة الشاهدة في نفس الفترة بنفس الوتيرة مما أدى إلى زيادة الترابط و مقاومة الألياف للقطع .

وعموما فان زيادة نسبة الألياف من 1 إلى 1.5 % أدت إلى زيادة المقاومة وهذا ما يؤكد أن زيادة نسبة الألياف في خرسانة رمل المحاجر يؤدي مساعدة في التماسك والترابط بين الخرسانة و الألياف و ضم الشقوق مهما كانت النسبة المستعملة كون الليف يلعب دور الماسك هذا مما أدى إلى تحسين مقاومة الشد البرازيلي .

اما بالنسبة لعدم التحطم الكلي للتركيبية العينات الحاوية على الألياف مقارنة بطريقة تحطم العينات الشاهدة ، فهذا يؤكد أن الألياف قامة بمسك العينة محاولة ضم تشققاتها من فترة ظهور التشققات إلى

حالة الانهيار ، وهذا راجع الى الارتباط الحاصل بين الألياف و الخرسانة من جهة و الى مقاومة الألياف للشد و القطع من جهة أخرى اي ان الألياف المعدنية تؤدي دور مهم جدا في مقاومة الشد البرازيلي أي أنها تضيف مجالا مرنا للعينة قبل تحطمها

- كما استنتج الباحثون عمر رمضان الفاروق ، أشرف حامد محمد عبد القادر ، فرحات امغيب بوبكر: بعد القيام بدراسة حول - تأثير ألياف الحديد على خواص الخرسانة عالية المقاومة (الدراسة كانت على نسب مختلفة من الألياف الحديد 0.25-0.5-0.75-1 %) بينة ان زيادة في مقاومة الشد الانشطاري للعينات (15×30 cm) الحاوية على الالياف الحديدية ، انه بزيادة نسبة الالياف تزداد مقاومة الشد الانشطاري بين 7 – 67 % مقارنة بالعينة المرجعية ، ويرجع السبب في زيادة الترابط بين مكونات الخلطة الخرسانية بزيادة الالياف و التي بدورها تؤخر من ظهور التشققات اما سلوك العينات المرجعية عند حمل الانهيار فيكون بانسطار للعينة ، اما باقي العينات الحاوية على الالياف الحديدية لم يحدث لها انشطار بل استمرت في التماسك برغم من تشققها نتيجة تأثير الالياف التي عملة على ربط مكونات الخلطة الخرسانية [92]

• وقد استنتج الباحث سالم طيب يوسف و حسن شمس الدين بعد دراسة الخصائص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة المسلحة بالألياف الفولاذية أن لزيادة مقاومة الشد الانشطاري تزداد بزيادة الألياف الفولاذية في المزجة الخرسانية و أن أعلى زيادة كانت عند النسبة 0.5 و 1 % و السبب في الزيادة يعود الى فعالية الألياف الفولاذية و التي تتوزع بشكل عشوائي في الخلطة الخرسانية و التي تكبح الشقوق وتؤدي مقاومة الشد العالية للألياف نفسها وكذلك الترابط بين الألياف الفولاذية و مكونات الخرسانة الأخرى الى زيادة مقاومة الشد الانشطاري للخرسانة ، ان الخرسانة تظهر سلوكا عند الفشل يختلف بشكل جذري عند إضافة الألياف الفولاذية ، الخرسانة الغير مسلحة بالألياف الفولاذية تفشل بصورة فجائية دون أي تحذير عند الوصول إلى إجهاد الشد الأعظم بينما عند إضافة الألياف الفولاذية تتغير سلوك الخرسانة فبعد حدوث الشقوق الأولية لا يحدث فشل فجائي بسبب الألياف الفولاذية . [71]

- بالنسبة لمقاومة الشد بطريقة البرازيلية أعلى نسبة كانت 31.25 % في اليوم 28 للتركيبية % 1.5 F في حين أن أعلى نسبة للزيادة لمقاومة الشد بواسطة الانحناء كانت 28.86 في اليوم 28 ايضا لنفس التركيبية ، أي ان التركيبا المثلئ بالنسبة للشد الغير مباشر هي تركيبية التي تحتوي على 1.5 % من الألياف .

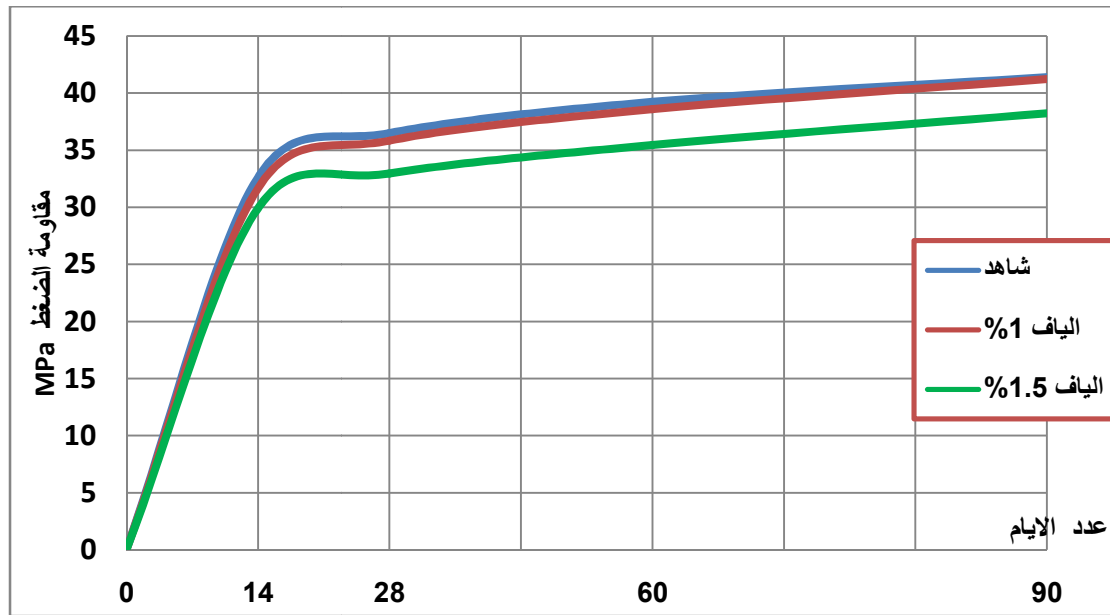
• قيمة الشد تساوي 60 % من قيمة الشد بواسطة الانحناء و كذلك تساوي 85 % من قيمة الشد بالطريقة البرازيلية ، من خلال هته المعادلات يمكن إنشاء مخطط يظهر فيه مجال تقع فيه قيمة الشد الحقيقية لكل من الخرسانة الشاهدة و لتركيبية % 1 F ، % 1.5 F

5.IV نتائج مقاومة الضغط :

الجدول 3.IV نتائج مقاومة الضغط

الإجهاد في يوم 90 (MPa)	الإجهاد في يوم 60 (MPa)	الإجهاد في يوم 28 (MPa)	الإجهاد في يوم 14 (MPa)	العينة
0.47 ± 41.38	0.52 ± 39.21	1.16 ± 36.48	4.11 ± 32.59	الخرسانة الشاهد
1.03 ± 41.23	5.79 ± 38.59	4.90 ± 35.84	2.15 ± 31.65	F 1%
0.81 ± 38.23	0.26 ± 35.45	5.75 ± 32.96	1.64 ± 29.90	F 1.5 %

منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل المحاجر المعززة بالألياف



الشكل 6.IV نتائج مقاومة الضغط للخرسانة الشاهدة و الليفية

IV- 5-1 تحليل نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل :

أ. تأثير رمل المحاجر

بالنسبة للخرسانة الشاهدة فملاحظ التزايد في قيمة المقاومة الضغط بنسبة 11.94 من 14-28 يوم و بسبة 7.49 % من 28-60 يوم و بنسبة 5.53 من 60-90 يوم وقد سجلت خلال اليوم 28 وصول مقاومة الضغط الى 36.48 MPa و اعلى قيمة للضغط كانت في 90 يوم ب: 41.38 MPa

ب. تأثير الألياف:

عند استعمال للألياف المعدنية كمعزز للتركيبية خرسانة رمل المحاجر للمركبتين :

F 1% و F 1.5% أظهرت تناقصا ملحوظا من خلال المخطط مقاومة الضغط مقارنة بنتائج بمقاومة

الضغط لخرسانة رمل المحاجر بدون ألياف (الخرسانة الشاهدة) حيث ظهر انخفاض في النتائج

للمركبتين في 14 يوما، 28، 60 و 90 يوما على النحو التالي:

في اليوم 14 بالنسبة الى التركيبية F 1% كان تناقص بنسبة 2.89 إما بالنسبة الانخفاض في التركيبية

F 1.5% فكانت 8.24 %.

أما في اليوم 28 فكانت نسبة تشير الى انخفاض اقل 1.78 بالنسبة للتركيبية F 1% وكانت نسبة الانخفاض بنسبة 9.65 بالنسبة الى التركيبية F 1.5% مقارنة بالتركيبية الشاهدة لنفس اليوم.

في اليوم 60 فكانت نسبة الانخفاض 1.60 بالنسبة للتركيبية F 1% وكانت نسبة تناقص بنسبة 9.61 الى التركيبية F 1.5% مقارنة بالتركيبية الشاهدة لنفس اليوم.

في اليوم 90 سجل اقل نسبة تناقص فكانت نسبة الانخفاض 0.37 بالنسبة للتركيبية F 1% وكانت نسبة تركيبية F 1.5% قد انخفضت بنسبة 7.62 مقارنة بالتركيبية الشاهدة لنفس اليوم

بالنسبة للتركيبية F 1% نلاحظ تزايد في المنحنى (28-90 يوم) مقارنة بنتائج نفس التركيبية لليوم 14 حيث بلغت نسبة تزايد 13.23 % في اليوم 28 وصلت و في اليوم 60 الى زيادة ملحوظة 21.92 % والى 30.27 خلال 90 يوما

بالنسبة للتركيبية F 1.5% وكانت نسبة التحسين في اليوم 28 وصلت 10.22 % وفي اليوم 60 الى زيادة 18.54 % و 27.84 % في 90 يوما مقارنة للنتائج نفس التركيبية في اليوم 14. ومن خلال الملاحظة ايضا فان المنحنى في تزايد بسيط مقارنة بالتركيبية F 1%

اما بالنسبة لسلوك الملاحظة عند تحطيم جميع العينات الشاهدة أن تحطمها تماما و فجائيا اما التركيبتين F 1% و F 1.5% لاحظنا ظهور تشققات واتساعها مباشرة حتى الوصول إلى الانهيار و مع جود التشققات واتساعها (مقارنتا بتشققات الناتجة عن تجارب الشد الغير مباشر) الا ان العينات المحتوية على ألياف لم تنهار بشكل كامل



الصورة 10.IV شكل الانهيار للعينات بواسطة الضغط

IV- 2-5 مناقشة نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل المحاجر المعززة بالالياف :

أ- تأثير رمل المحاجر

المقاومة في 28 يوما كانت عموما جيدة حيث وصلت إلى 36.48 MPa مع العلم مقاومة الضغط المنشودة من خلال هذه الصياغة هي 30 MPa .

إي أن f_{c28} التجريبية الخاصة بخرسانة رمل المحاجر زادة بنسبة 21.6 % بالنسبة للقيمة المتوقعة وهي زيادة معتبرة في المقاومة وبالتالي لخرسانة رمل المحاجر قوة ضغط كبيرة نسبيا وقد يرجع ذلك لكون نسبة كبيرة من حبيبات الرمل الخشنة ذات زاوية مما يسمح بتماسك جيد بين عناصر الخرسانة وكذلك وجود نسبة رمل المحاجر رمل دقيق 10% تسمح بسد الفراغات في الخرسانة .

وقد وجد الباحثان: GUESSOUM Younes TAIBI Said ان مقاومة الضغط العينات المكعبة خرسانة رمل المحاجر $42.43 \text{ MPa} / 46.58 \text{ Mpa}$ خلال 28 و 60 يوما على الترتيب وان هناك زيادة في (12%- 13%) مقارنة بالعينات خرسانة الرمل الطبيعي. خلال نفس الفترة.

ب- تأثير الألياف :

نتائج الضغط التي تم الحصول عليها لها مجال خطي مرن ومجال غير خطي. لم يتم تسجيل جزء من المنحنى الذي يقع خارج الحد الأقصى للضغط المقابل للمقاومة القصوى f_{cj} لأن أجهزة الضغط المستخدم تتوقف عن ظهور الكسر الكبير الناتج عن توطين التشوهات.

من خلال النتائج يظهر انه خلال الأيام الأولى كل من تركيبة الألياف (1 - 1.5 %) و الخرسانة الشاهدة تظهر سلوكا متشابها لحد كبير من ناحية تطور قوة الضغط (اقل 7 أيام) وما تلبث الا ان تظهر التركيبة $F 1.5 \%$ الخرسانة الليفية ضعفا ظاهرا يبلغ أقصاه خلال 28 يوم بنسبة 9.65 % وخلال الفترة المتوسطة 90 يوما يظهر تحسنا طفيفا مع كونها لازال مقاومتها للضغط اضعف من الخرسانة الشاهدة بـ 7.62 %

اما بنسبة للتركيبة $F 1 \%$ أظهرت ضعفا بلغ أقصاه عند 14 يوما بنسبة 2.89 % وما تلبث هذه النسبة الى ان تنخفض بشكل تدريجي لتصل 0.37 % في 90 يوما مقارنة بالخرسانة الشاهدة اي أنها متقاربة في المقاومة بشكل كبير .

ومن الواضح ان بزيادة نسبة الألياف 0.5 % ضعفت نتيجة مقاومة الضغط وذلك قد يكون ناتجا عن ضعف نسبة الترابط بين جسم الخرسانة و الليف المضافة حيث انه يمكن ان يكون الترابط بين جسم الخرسانة و الليف فقط في القمة أي على مستوى العكفات اما باقي المساحة السطحية للليف فتكون نسبة الترابط بينها وبين الخرسانة ضعيفة ، خاصة لو صادفته حبيبات من الحصى ، هذا ما يؤدي مقاومة الضغط عموما ، ويظهر هذا جليا في حالة التموضع العمودي للألياف داخل عينات الخرسانة المختبرة

واستنتج الباحث HAMRI Amel تأثير الألياف على المقاومة الانهيار والقص المائل للعناصر الهيكلية من خلال دراسة عدة عينات من الخرسانة المعززة بالألياف المتموجة (8) تموجات بطول 50 مم ، 4 تموجات بطول 50 مم و بطول 30 مم) وبنسب مختلفة (0.6-0.8-1%) أنه بالنسبة لجميع التركيبات التي تم اختبارها (أطوال ونسب مختلفة) ، هناك انخفاض في قوة الضغط مقارنة بالخرسانة الضابطة (بدون ألياف). ربما يرجع ذلك إلى إنشاء المسامية داخل المادة التي تضعفها. أثناء التكسير تحت الضغط ، يتم تقليل هذا الدور جدًا أو حتى عدم وجوده في مرحلة ما قبل التكسير ، وأيضا قد تؤدي إضافة الألياف حتى إلى إحداث عيوب إضافية في الجسم المركب (خرسانة الليفية) والتي يمكن أن تؤدي إلى انخفاض الضغط. وبالتالي ، فإن سلوك ما قبل الذروة متطابق تقريبًا مع أو بدون ألياف. [45]

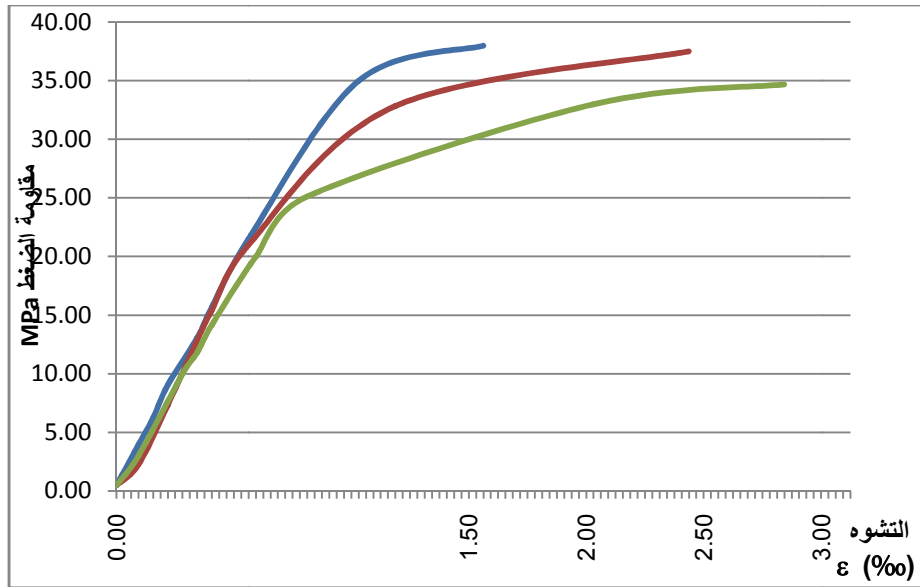
- ونقلنا عن الباحث HAMRI Amel فان إضافة الألياف المعدنية (الرقائق) تؤدي إلى انخفاض في قوة الانضغاط بالمقارنة مع الخرسانة الضابطة وتتوافق هذه النتيجة مع نتائج كل من الباحثين : JOHNSTON C.D(1980)+ Otter (1986) - MAMILLAN, M.; MINARD, J. (1987) - [45] - PAILLIERE, A.M(1993) – ROSS(1994)-, DJEBALI S(2012)
- وقد نقل ريم حافظ [50] أن (Bencardino et al., 2006 & 2007) أجرى اختبار الضغط على عينات مكعبة 150 مم وعينات اسطوانية 150×300 مم وألياف فولاذية معكوفة بطول 22 مم ومقاومة شد 350-400 ميغاباسكال ونسبة نحافة 40 وينسب مزج حجميه 1-1.6-3% بالإضافة إلى عينات مرجعية. بينت النتائج أن إضافة الألياف بنسبة 1% تزيد المقاومة بشكل واضح للعينات المكعبة ويشكل طفيف للعينات الاسطوانية ، ومن أجل نسب مزج للألياف 1.6 و 3% كانت الزيادة في المقاومة قليلة للعينات المكعبة. بينما كان هناك هبوط للمقاومة للعينات الاسطوانية بمقدار 12%.
- وقد نقل [ماني] عن [54] ان الباحثون ROSSI , HARROUCHE , LE MAOU استنتجوا أن مقاومة الضغط للخرسانة الألياف المعدنية هي أقل منها في الخرسانة العادية (بدون ألياف).
- وقد نقل ايضا أن ELIE ABSI أثبت بعد اطلاعه على عدة دراسات تمت على مستوى CEBTP بفرنسا من طرف مجموعة من الباحثين، بأن سلوك خرسانة الألياف تجاه الضغط يتراجع عن الخرسانة الشاهدة بدلالة نوع وحجم الألياف المستعملة كما هو موضح ، حيث يبين أن مقاومة الضغط في الخرسانة المدعمة بالألياف أقل منها في الخرسانة العادية إذا كان توزيع الألياف توزيع عشوائيا
- وقد أوضح و أظهر (ZHAN 1991) أن الألياف المعدنية في الخرسانة (مقارنة بالخرسانة الضابطة) تزيد من مقاومتها بنسبة 20%، وفي سلسلة الاختبارات التي قام بها على عينات الرقيق بعمر 227 يوماً. وجد أن هذه المقاومة أقل بكثير حوالي 7% [37] [54]
- وانه من أجل وجود نتائج مختلفة، تم إجراء اختبارات الضغط في LCPC ، عن طريق أخذ عينات بأبعاد 20x20x50 cm³ وهي كتلة خرسانية كبيرة الاولى بها ألياف DRAMIX ، وآخر يعتمد على ألياف FIBRAFLEX وإضافتا إلى الحالة المعتادة الخرسانة الشاهد تستخدم كمرجع ، وجد أن إضافة الألياف لا يحسن من قوة الانضغاط للخرسانة ، وهناك انخفاض في معامل يونغ وكذلك الإجهاد. ومع ذلك ، يتم زيادة اللبونة ، التي تعتمد على نوع وهندسة الألياف ولكن أيضاً على النسبة المثوية للألياف [37] [69]
- وقد اختار "Pierre ROSSI." ، لشرح هذا الانخفاض في المقاومة ، اتخاذ مسار أبسط ، باستخدام صيغ FERET. ووفقاً له ، فإن الانخفاض في المقاومة ومعامل يونغ لـ BFM يفسر حقيقة أنه يحتوي على كمية أكبر من معجون الرمل والأسمت من الخرسانة العادية ، ولكن أيضاً بسبب المسامية أعلى [37][69].

IV. 6 نتائج تجربة معامل المرونة الستاتيكي

الجدول IV. 4 نتائج تجربة معامل المرونة الستاتيكي لخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف:

نسبة التشوه $\epsilon \%$	قراءة على المقرن mm1/100	مقاومة الضغط MPa بالنسبة للعينة الخرسانة		
		F 1.5 %	F 1 %	الشاهد T
-	0	0.00	0.00	0.00
0.0156	0.5	0.50	0.50	0.50
0.0625	2	2		
0.0938	3	3.00	2.26	3.95
0.1250	4			5.1
0.1563	5	5	4.00	6.25
0.1875	6	6.3	5	7.70
0.2188	7	7.50	6.30	9.06
0.2500	8		7.36	10.20
0.2813	9	9.80		11.60
0.3125	10		9.50	
0.3438	11	11.82	12.86	13.07
0.3750	12	13.25		
0.4063	13	14.18	15.43	15.69
0.4688	15			
0.5313	17		21.00	21.50
0.59375	19	20.00		
0.6250	20			
0.8125	26	25.14		
1.03125	33			35
1.1875	38		32.84	
1.56250	50			38*
2.4375	78		37.6*	
2.8438	91	35*		
القيم المسجلة باللون الأحمر هي $f_c/3$ القيم المسجلة باللون الأزرق هي $40f_c\%$ القيم المسجلة باللون الأخضر هي مرجع إعادة التحميل في التجارب * قوة الضغط عند تحطيم العينة		متوسط عدد دورات الاختبار للعينة الواحدة		
		3.5	4	3
		نسبة التراجع لمتوسط المقاومة $(j 60) > 20\%$		
		2.12%	2.82%	3.09%

منحنى نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل حسب تركيبة الرمل



شكل 7.IV منحنى التشوه بدلالة الضغط

IV-6-1 تحليل نتائج تجربة معامل المرونة الستاتيكي :

حساب معامل المرونة الطولي Module de Young

الجدول IV. 5 نتائج تحليل تجربة معامل المرونة الستاتيكي لخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف

تركيبية الخرسانة	معامل المرونة التجريبي وفق المعيار B.S1881				fcj (j=60) MPa	Module de Young BAEL 1991 E _{ij} MPa	نسبة الاختلاف
	النقاط	σ MPa	ΔL 10 ⁻² mm	Module de Young E MPa			
T	b	0.5	0.5	38308.5714	39.2146	37371.62	2.51%
	a	13.07	11				
F1%	b	0.5	0.5	37668.5714	38.5874	37171.31	1.34%
	a	12.86	11				
F 1.5%	b	0.5	0.5	34499.0476	35.4476	36134.47	-4.53%
	a	11.82	11				
معامل المرونة التجريبي وفق المعيار EN 13412-2006							
T	b	0	0	38621.5385	39.2146	37371.62	-3.34%
	a	15.69	13				
F1%	b	0	0	37981.5385	38.5874	37171.31	-2.18%
	a	15.43	13				
F 1.5%	b	0	0	34904.6154	35.4476	36134.47	3.40%
	a	14.18	13				

✓ B.S1881: يعرف معايير المرونة فيها بأنه ميل الخط الواصل من إجهاد قيمته 0.5 إلى إجهاد قيمته 0.3 f_{cj} [24]

✓ EN 13412: يعرف معايير المرونة فيها بأنه ميل الخط الواصل من إجهاد قيمته صفر إلى إجهاد في (a) و قيمته " 0.4

[93] E=0.4 f_{cj} / ε_a حيث : f_{cj} 0.4

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

BAEL

✓ BAEL1991 (1999) - بالعلاقة التالية:

- ملاحظة انه خلال الجزء الاول من المنحى والذي يتمثل 30 او 40 % قوة الضغط ($\geq 15 \text{ MPa}$) تكون فيه المنحنيات الخطية للتركيبية % 1.5- f_1 و للخرسانة الشاهدة متقاربة جدا حتي يكاد يصعب التميز بينها كان لها نفس السلوك تقريبا
- اما خلال الجزء الثاني من المنحني (15- 25 MPa) يظهر منحني التركيبية الألياف % 1.5- F_1 ومخطط تركيبية الخرسانة الشاهدة بداية انفصال طفيف او زيادة ميل منحني الخرسانة الشاهدة
- اما في الجزء الثالث فيواصل ميل منحني الخرسانة الشاهدة في الارتفاع بشكل ملحوظ اما التركيبية F_1 و % 1.5- F_1 فتتجه الى ميلها الى النزول ويكون بشكل اكثر حدة عند تركيبية F_1
- تحطم النهائي للعينات الخرسانة الشاهدة 38 MPa وتقلص 0.5 ملم اي بتشوه نسبي قدره 1.56 %
- وتوقف الضغط انهيار جزئي في العينة ظهور تشققات في التركيبية F_1 عند الجهد 37.6 MPa وتقلص 0.78 مم و تشوه 2.43 %
- ظهور تشققات وتوقف الضغط للعينة في التركيبية F_1 عند الجهد 35 MPa وتقلص 0.91 مم و تشوه 2.84 %

IV- 2-6 مناقشة نتائج تجربة معامل المرونة الستاتيكي:

أ- تأثير رمل محاجر

نتائج معامل يونغ التجريبية للخرسانة الشاهدة تعد مرتفعة لكنها مقبولة مقارنة بنسبة ضغطها العالية وفقا لحسابات BAEL.

بالنسبة الى خرسانة رمل المحاجر أظهرت قوة ضغط جيدة من خلال تجارب الضغط هذا ما أدى الى وجود معامل مرونة كبير و هو يمثل ميل المخطط في المرحلة الاولى مع تشوه ضعيف نسبيا و هو ما يفسر التحطم التام و السريع للعينة اذ ان سلوكها غير لين يساعد على اتساع التشققات بسرعة حين ظهورها وقد يرجع ذلك الى تركيبية الحبيبية والى شكل حبيبات رمل المحاجر

ب- تأثير الألياف

- نتائج معامل المرونة بطريقة التجريبية وفق للمعيار BS 1881 (البريطاني) او حتى بالطريقة التجريبية وفقا للمعيار الأوروبي EN 13412-2006 كانت متقاربة جدا بالنسبة لنفس التركيبية ، ومقارنتا بالطريق الحسابية الخاصة بـ BAEL فان نسبة الاختلاف لم تتجاوز 5% وهذا دون اعتبار لحساب نسب الخطاء المسموح في الطريقة التجريبية (500 MPa بالنسبة لـ BS1881) وهو ما يقلل نسبة الاختلاف الى اقل من 3.5%
- يمكن الملاحظة انه في الجزء الأول من المنحني لم يكون هناك أي دور او مقاومة تذكر بالنسبة للألياف وهذا ما يفسر تشابه المنحنيات خرسانة الشاهدة و الليفيه
 - في هذا الجزء تسارع مخطط الخرسانة الشاهدة في الصعود و ذلك كونها تملك مقاومة ضغط كبيرة ولا كنها سرعان ما تتوقف عن المقاومة بسبب الانهيار الناتج عن ظهور المفاجئ واتساع التشققات بسبب عدم ليونتها

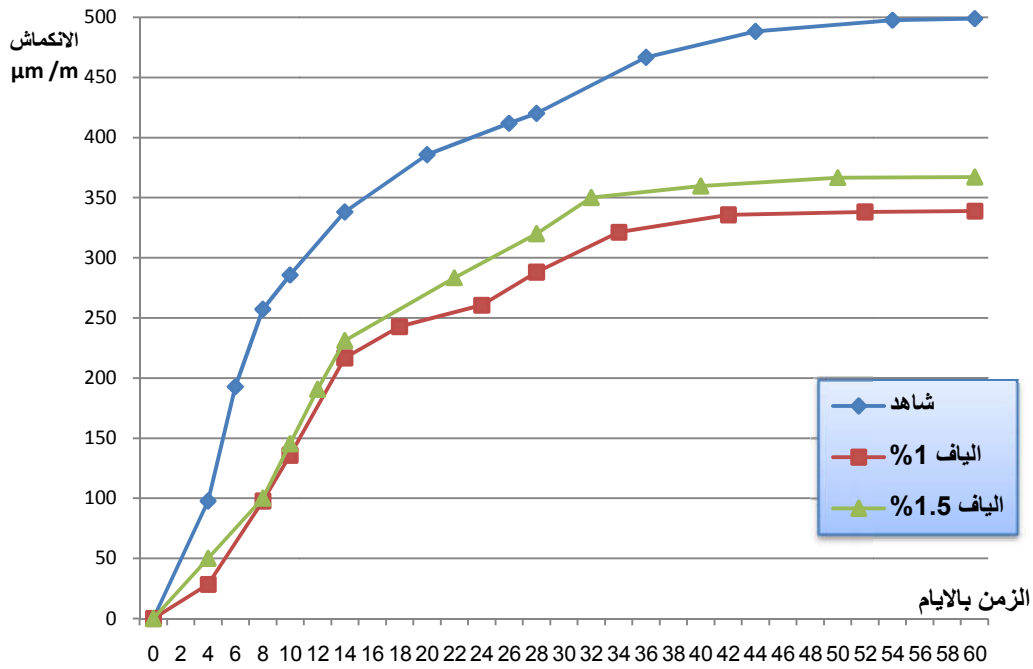
- اما الخرسانة الليفية بتركيباتها تظهر الفرق في المنحنى ويرجع السبب الى بداية عمل الألياف كنوع من مقاومة الشد من اجل منع التشققات الصغيرة من الاتساع.
- اما في الجزء الثالث فتبدي الخرسانة الليفية نوع الليونة وذلك راجع للعمل بالألياف تحاول التقليل او الحد من التشققات و مع كون تركيتين لهما قوة تحمل اقل للضغط من الخرسانة الشاهدة وقوة ليونة اكبر فهذا ما يفسر الاتجاه منحني النازل لخرسانة الألياف مقارنة بمحنى الخرسانة الشاهدة وهو نفس تفسير الفارق بين نزول منحني تركيبة F1.5 مقارنة بالتركيبة F1 وهو تقريبا نفس ما وجدته العديد من الباحثين منهم:
- الباحث HAMRI Amel خلص الى ان سلوك الانضغاط للخرسانة المسلحة بالألياف في ثلاث مراحل وهي الأجزاء الثلاثة التي لا يمكن فصلها من مخطط الإجهاد والانفعال:
- تتم ترجمة المرحلة الأولى ، قبل التكسير الدقيق هذا يسمح لنا بالقول أن معامل Young غير حساس لوجود الألياف خلال هذه المرحلة.
- يتم تمثيل المرحلة الثانية من خلال رسم بياني منحني ، يبدأ من خلاله المنحنى المتعلق بـ BFM في التميز عن خرسانة التحكم. ويرجع ذلك إلى بدء تشققات صغيرة وبالتالي تشغيل الألياف التي تتعرض للتوتر.
- في المرحلة الأخيرة ، التي تسير في اتجاه هابط ، تأخذ الألياف كل الجهد تقريباً مع الحفاظ على الخرسانة المتشقة ، في كتلة واحدة.
- وفقاً لـ SERNA ROS 1984 ، فإن القوة النهائية ومعامل المرونة لـ BFM قريبان جداً من تلك الخاصة بالخرسانة الضابطة. ومع ذلك ، فإن الألياف تغذي الخرسانة ، بعد الذروة ، بالطاقة ، مما ينتج سلوكاً مرناً. [94]
- وقد أظهر الباحثون AL و FENELLA.D.A / 1985 التجربة أنه كلما زادت جرعة الألياف ، كلما كان تشتت الجزء الهابط من منحني الإجهاد والتوتر أكثر أهمية. [70]
- من أجل شحذ النتائج ، تم إجراء اختبارات الضغط في LCPC ، عن طريق أخذ عينات بأبعاد 20x20x502 سم 3 من كتلة خرسانية كبيرة من ألياف DRAMIX ، وآخر يعتمد على ألياف FIBRAFLEX في الحالة المعتادة شاهد خرسانة يخدم كمرجع. [69]
- في LCPC أولى باحثو أهمية كبيرة لاستخدام طريقة Baron-Lesage من خلال استهداف إحلال التعزيز العرضي بواسطة الألياف و استخلصوا بان إضافة الألياف لا يحسن من قوة الانضغاط للخرسانة ، وهناك انخفاض في معامل يونغ وكذلك الإجهاد. ومع ذلك ، يتم زيادة الليونة ، التي تعتمد على نوع وهندسة الألياف ولكن أيضاً على النسبة المئوية للألياف ، [63]

IV. 6 نتائج تجربة الانكماش

IV. 1.6 العلاقة بين الانكماش و الزمن

الجدول IV. 6 ملخص نتائج تجربة الانكماش $\mu\text{m} / \text{m}$

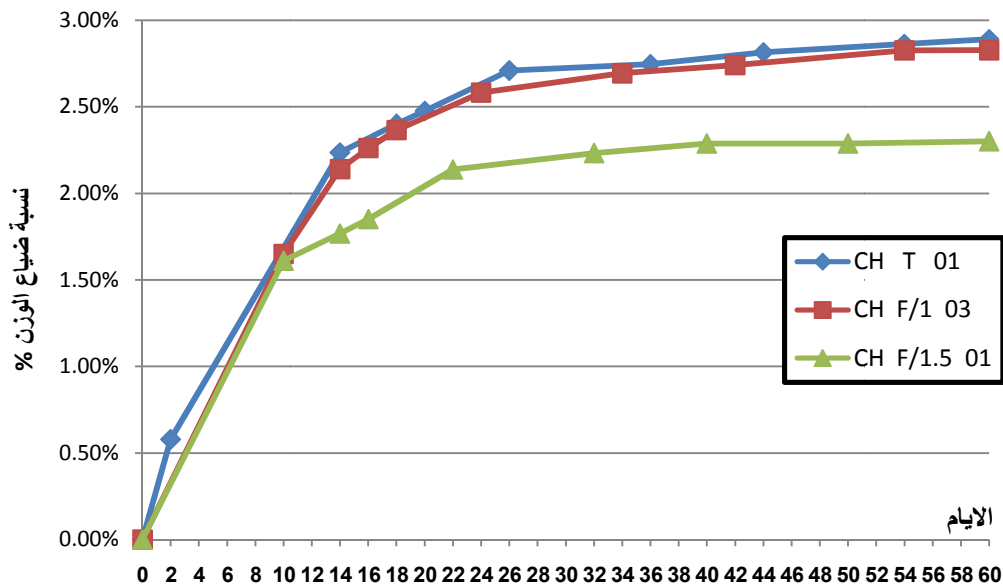
60	28	21	14	7	2	الأيام العينة
499	420	390	338	232	50	شاهد
339	288	252	217	81	15	f %1
367	320	276	231	89	25	f %1.5



شكل IV. 8. منحنى نتائج الانكماش للخرسانة الرمل المحاجر المعززة بالألياف % F1-F1.5

2.6.IV العلاقة بين ضياع الوزن وزمن الانكماش بالأيام

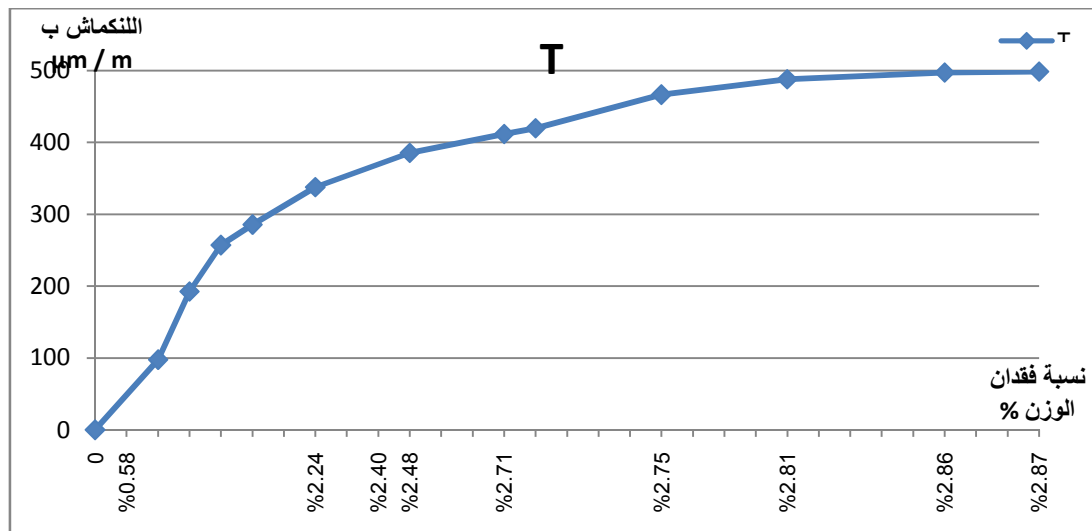
نقوم بمقارنة ضياع الوزن لخرسانة الألياف خلال فترة دراسة الانكماش ويتم ذلك بمعرفة العلاقة بينهما بواسطة المنحني الموضح في الأسفل



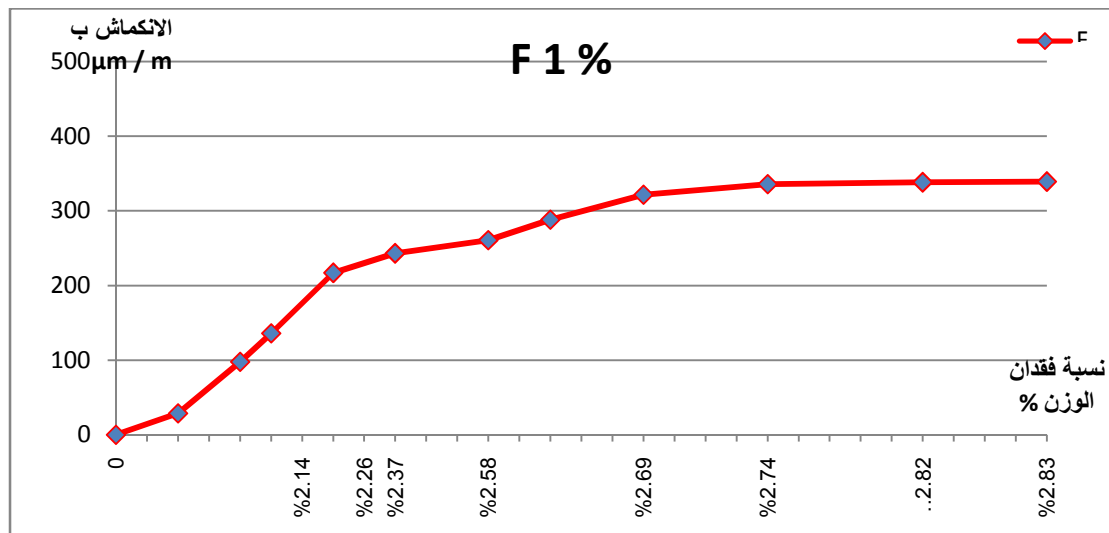
الشكل IV. 9. نسبة ضياع الوزن للخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف % F1.5-F1 بدلالة الزمن (الأيام)

3.6.IV العلاقة بين الانكماش وضياع الوزن

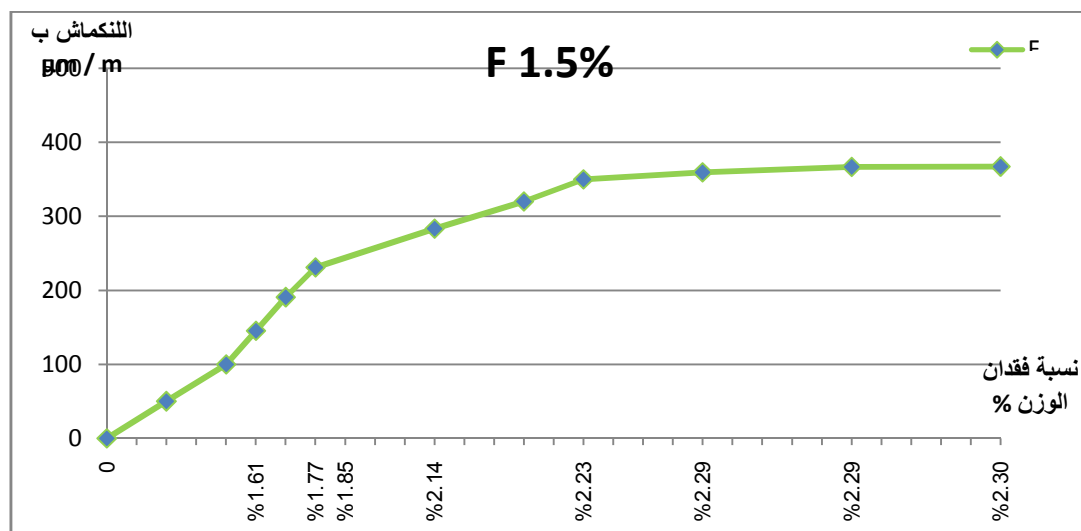
نقوم بمقارنة الانكماش و ضياع الوزن لخرسانة رمل المحاجر المعززة بالالياف % F1.5-F1 ويتم ذلك بمعرفة العلاقة بينهما بواسطة المنحنيات الموضح في الأسفل



الشكل 10.IV نسبة ضياع الوزن للخرسانة رمل المحاجر مع الانكماش العينة الشاهد



الشكل 11.IV نسبة ضياع الوزن لتركيبية خرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف F1% مع الانكماش



الشكل 12.IV نسبة ضياع الوزن لتركيبية خرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف F1% مع الانكماش

4.6.IV تحليل نتائج الانكماش خرسانة الرمل المحاجر المعززة بالألياف F1.5-F1%:

خرسانة رمل المحاجر

انكماش خرسانة رمل المحاجر الشاهدة سجل منذ البداية قيمة عالية و واصل الانكماش في التسارع تسجيل قيم كبيرة مقارنة بتركيبتي خرسانة الألياف الى غاية اليم 54 اين سجل ثباتا نسبيا الى غاية 60 يوما بقيمة $499 \mu m/m$

بالنسبة لضياع الوزن مع الزمن يمكن ملاحظة تسارع كبير بوتيرة ثابتة تقريبا وهو ممتد الى غاية 14 يوم حيث بلغة فيه نسبة ضياع الوزن 2.24% ، و ليواصل ضياع الوزن لكن بوتيرة اقل الى غاية اليوم 26 لتسجل 2.71% ، وفي الفترة الأخيرة الممتدة لغاية 60 يوم يتواصل الضياع لكن بوتيره بطيئة وليسجل في اليوم 60 ضياع بنسبة 2.89% من الوزن.

اما بنسبة للمخطط نسبة فقدان الوزن الى الانكماش فانه من الملاحظ ان المنحنى يتسارع بصورة منحنية بحيث تتناسب نسبة فقدان الوزن مع الانكماش طرديا ، اي كلما زادة نسبة فقدان الوزن زادة قيمة الانكماش وذلك من بداية المخطط الى 2.86% من فقدان الوزن و الذي يقابل 497.62 $\mu m/m$ وليصل المنحنى بتزايد طفيف جدا يكاد يكون ثابتا الى نهايته 2.87% من نسبة فقدان الوزن و التي تقابل القيمة الحدية للانكماش 498.93 $\mu m/m$

خرسانة الألياف:

- نلاحظ تحسنا ملحوظ في الانكماش لتركيبتي خرسانة الألياف منذ الأعمار المبكرة حيث بلغة نسبة تحسن في الانكماش ذروتها في تركيبة F1% بـ 70% خلال اليومين الأولين و سجلت في نفس اليوم 50 % في التركيبة F1.5% الا ان ذروة تحسن الانكماش بالنسبة للتركيبة F1% بلغة 61.64 % في اليوم 7.
- بعد فترة 7- 14 يوم نلاحظ تقارب كبير بين التركيبتين في نسبة التحسن في الانكماش ومع وجود التحسن إلا أن النسبة انخفضت إلى 31.69- 35.92 % لتركيبه F1.5-F1% بالترتيب في اليوم 14
- في الفترة 14- 28 مع تسجيل مواصلة تراجع في التحسن بالنسبة للتركيبتين إلا انه لا زال قائما حيث بلغ في اليوم 28 النسبة 31.43 – 23.81 % لكل من لتركيبه F1.5-F1% على الترتيب
- في الفترة الممتدة من 28 الى 60 يوما نلاحظ تقريبا ثبات نسبة التحسن حيث بلغت بالنسبة لكل من التركيبة F1.5-F1% على الترتيب 32.05 – 26.44 %
- وان الانكماش سجل ثباتا نسبيا حيث سجلت التركيبة F1% في حدود $339 \mu m/m$ لفترة 18 يوما ، أما التركيبة F1.5% فسجلت 367 $\mu m/m$ في 60 يوم مع ثبات منذ 10 أيام.
- بالنسبة لضياع الوزن لتركيبتي الألياف F1-F1.5% يمكن تميز مرحلتين كبيرتين أولهما تصل الى 10 أيام نلاحظ فيها منحنى خطي متسارع و متطابق تقريبا للتركيبتين حيث تصل فيه نسبة الضياع ± 1.63 % 0.01

• اما الجزاء الثاني فيتميز بانفصال و الانفراج حاد للمنحنى التركيبة F1% على منحنى F1.5% حتى يوم 22 حيث سجل ضياع 2.5% عند F1% و ضياع اقل بـ 2.14% لـ F1.5% ثم ويتواصل الانفراج بين

المنحنيين بشكل طفيف جدا الى 60 يوما حيث سجل $F1\%$ ضياع من الوزن بنسبة 2.83% و في التركيبية $F1.5\%$ ضياعا يساوي 2.30% .

• من خلال المخططات علاقة الانكماش بنسبة فقدان الوزن للخرسانة الليفية للتركيبتين $F1.5-F1\%$ فأنا نلاحظ أن المنحنيين لهما تشابه كبير من ناحية شكل العام للتسارع ، اذا يمكن تقسيمهما الى جزائين من ناحية التسارع ، أولهما تسارعا شبه خطي كبير يصل الى 2.69% من نسبة فقدان الوزن و التي تقابل $321.43 \mu m/m$ في الانكماش للتركيبية $F1\%$ و 2.23% كنسبة فقدان الوزن للتركيبية $F1.5\%$ و التي تقابل في الانكماش $350 \mu m/m$ ، اما الثاني فيتسارع بشكل طفيف يكاد يكون ثابتا ليصل الى قيمته الحدية 2.30% كفقدان وزن للانكماش الأقصى $367 \mu m/m$ للتركيبية $F1.5\%$ اما القيمة القصوى لفقدان الوزن بالنسبة للتركيبية $F1\%$ فهي 2.83% بانكماش قدره $339 \mu m/m$.

IV- 5-6 مناقشة نتائج الانكماش :

أ- تأثير رمل المحاجر

تركيبية الحبيبية لرمل المجاجر تعد عموما خشنة حتى مع وجود 10% من الدقائق فشكله البلوري زاوي لانه من ناتج من تكسير الحصى وهذا يجعل به نسبة لا باس بها من المسامات التي تؤدي الى تبخر الماء الكثيف و هذا واضح في مخطط فقدان الوزن بالنسبة الى الخرسانة الشاهدة كل هذا يساعد في كثرة الانكماش .

إلا أن انكماش خرسانة رمل المحاجر (الشاهدة) ($498.93 \mu m/m$) يبقى ضمن حدود المقبول اي $5 \times 10^{-4} mm/m$ ($500 \mu m/m$) في المنطقة الحارة و الجافة المناطق الصحراوية [20].

ب- تأثير الألياف :

ان التحسن الظاهر للانكماش في الخرسانة الليفية بتركيبتيها $F1.5-F1\%$ سببه راجع الى احتوى الخرسانة على نسبة من الألياف وهو دور ترابط الذي تلعبه الألياف بينها وبين مكونات الخرسانة و خصوصا في منطقة الزاوية ومنطقة العكفات ، لتمنع التشققات التي قد تحصل في العجينة الإسمنتية على مستوى حبيبات الرمل على طول الليف من جهة أخرى فان الألياف تلعب دور الحصى فتقوم بتقليل انكماش الخرسانة وهذا ما يجعل الخرسانة الليفية أكثر استقرارا .

اما بالنسبة لتحسن النسبي لظاهرة الانكماش في التركيبية $F1\%$ مقارنة بتركيبية $F1.5\%$ فانه قد يرجع السبب الى كثافة الألياف التي قد تشكل نسبة اتصال اكبر بين الألياف ($F1.5\%$) مبررات ممرات ومسامات أكثر لخروج الماء عن طريق التبخر من التركيبية $F1\%$ و هو ملاحظ بالنسبة لزيادة فقدان الوزن عند التركيبية $F1.5\%$ مقارنة بالتركيبية $F1\%$ وهو ما ذكره

• الباحث **مرخوفي عبد المالك** في دراسة عن المساهمة في دراسة خصائص و تشوهات خرسانة النخيل في المناطق الجافة و الحارة بان الألياف تنشأ في النسيج الخرساني قنوات أو ممرات جديدة لخروج الماء بواسطة التبخر و نستطيع أن نقسم المنحنيات المتحصل عليها إلى منطقتين [60]

- ونقل مرخوفي [60] عن الباحث HOUARI, H في دراسته عن المساهمة في دراسة سلوك الخرسانة المسلحة بالألياف المعدنية الخاضعة لعمل الأحمال الدائمة المحتفظ بها ،نقل عن (فريك verbeck) انه تحصل على نفس العلاقة وذلك لمركب إسمنتية وفسرا هذا المنحني بان المنطقة الأولى عبارة عن انكماش سببه تبخر ماء الأوعية الشعرية والمنطقة الثانية انكماش سببه تبخر ماء المسامات.[60]
- وقد استنتج الباحث ماني محمد في دراسته حول المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي و التعزيز بالألياف المعدنية ، ارجع التحسن في الانكماش إلى أن الألياف تلعب دور مشابه لدور الحصى من جهة و إلى ربط التشققات الحاصلة بين حبيبات الرمل على مستوى عجينة الاسمنت من جهة أخرى و ذلك على طول الليف ، وان زيادة نسبة الألياف تقلل الانكماش[13]
- ونقل ماني محمد "" ما ذكره الدكتوران وجاهت حسين مرزا و فيصل فؤاد وفا [80] انه : تبين لهما أن إضافة الألياف سواء الحديدية أو البروبيلينية يؤدي الى تقليل مساحات التشقق في بعض العينات واختفائها نهائيا من عينات أخرى حسب نسبة الألياف المضافة ونوعها. وقد وجد أن تقوية بعض العينات بالألياف الحديدية بنسبة 1% من الحجم يؤدي إلى اختفاء التشققات في حالة الخرسانة عادية المقاومة (23- 40 MPa) [80]

- وهذا ما توصل إليه أيضا كل من الباحثين STAVRIDES و SWAMY، حيث تأكدوا من أن ألياف الحديد تسببت في تراجع الانكماش بنسبة 20% . [54] وجد الباحثان MANAGAT و AZARI تراجع في نسبة الانكماش تقدر ب 35% وذلك باستعمال كمية من الألياف الفولاذية التي تقدر ب 3 % بأطوال 22.5 ملم في خرسانة ذات التركيبة (C=1, S = 2.5, G = 1.2, E = 0.58) [54]
- وقد سبق و أن وجد BELFERRAG [54] و BENTATA [70] نتائج مقارب لهذا أما BELFERRAG فقد لاحظ تحسن الانكماش عند إدخال ألياف ذات طول 40 مم وقطر 0.28 ملم على خرسانة رمل الكثبان بنسبة من 26 إلى 33 % .
- وفي الخلاصة ان التركيبة المثلى بالنسبة لخرسانة لرمل المحاجر هي التركيبة التي بها نسبة 1 % من الألياف الحديدية فهي تعطي اقل قيمة للانكماش (339 μm/m)

7.IV نتائج الموجات فوق الصوتية

قمنا بهذه التجربة من اجل الاستئناس و مقارنتها بنتائج تجارب التحطيم مع نتائج إحدى الاختبارات غير متلفة و هي الأمواج فوق الصوتية

الجدول 7.IV نتائج الموجات فوق الصوتية للعينات الاسطوانية

العينة الاسطوانية 15×32			القياس المباشر
F 1.5%	F 1%	T	النوع CH
32	32	32	L (cm)
68	67.5	67.6	T(us)
4706	4741	4734	V(m/s)

الجدول IV. 8 نتائج المباشرة الموجات صوتية للعينات المستطيلة

العينات 7×7×28			القياس المباشر
F 1.5%	F 1%	T	النوع CH
28	28	28	L (cm)
59.4	59.1	59.2	T(us)
4714	4738	4730	V(m/s)

تجربة الموجات فوق الصوتية لا يمكن اعتمادها كنتائج حقيقية بل هي فقط للدلالة على نوعية الخرسانة [87]

4.6.IV تحليل نتائج الأمواج فوق الصوتية:

أ- تأثير رمل المحاجر:

العينات الاسطوانية و العينات متوازي المستطيلات أعطت نتائج تأكد تكون مطابقة نسبة الخطاء 0.085% جميع القياسات المباشرة للعينات الاسطوانية او متوازية المستطيلات أعطت نتائج عالية اكبر من 4200 m/s.

ب- تأثير الألياف

العينات الاسطوانية و العينات متوازي المستطيلات بنسبة لتركيبية F1% أعطت نتائج تأكد تكون مطابقة نسبة الخطاء 0.063%

العينات الاسطوانية و العينات متوازي المستطيلات بنسبة لتركيبية F1.5% أعطت نتائج تأكد تكون مطابقة نسبة الخطاء 0.169%

جميع القياسات المباشرة للعينات الاسطوانية او متوازية المستطيلات بنسبة لتركيبية F1%-F1.5% أعطت نتائج سرعة عالية اكبر من 4200 m/s.

IV- 5-6 مناقشة نتائج الأمواج فوق الصوتية :

جميع العينات الخرسانة رمل المحاجر الشاهدة و المعززة بالألياف المعدنية (F1-F1.5%) تصنف على أنها خرسانة ذات مقاومة عالية جدا ($m/s4200 <$)

تبرز النتائج ان عينة الخرسانة F1% أكبر سرعة في العينات الاسطوانية و متوازي المستطيلات مما يبرز ان لها مقاومة على من مقاومة F1.5%

حساب مقاومة الضغط

نستعمل منحى قياسي في الشكل IV. 13 ليجاد مقاومة الضغط التقريبية بطريقة الأمواج فوق الصوتية

الجدول IV. 9 استخدام الأمواج فوق الصوتية لمقارنة الضغط

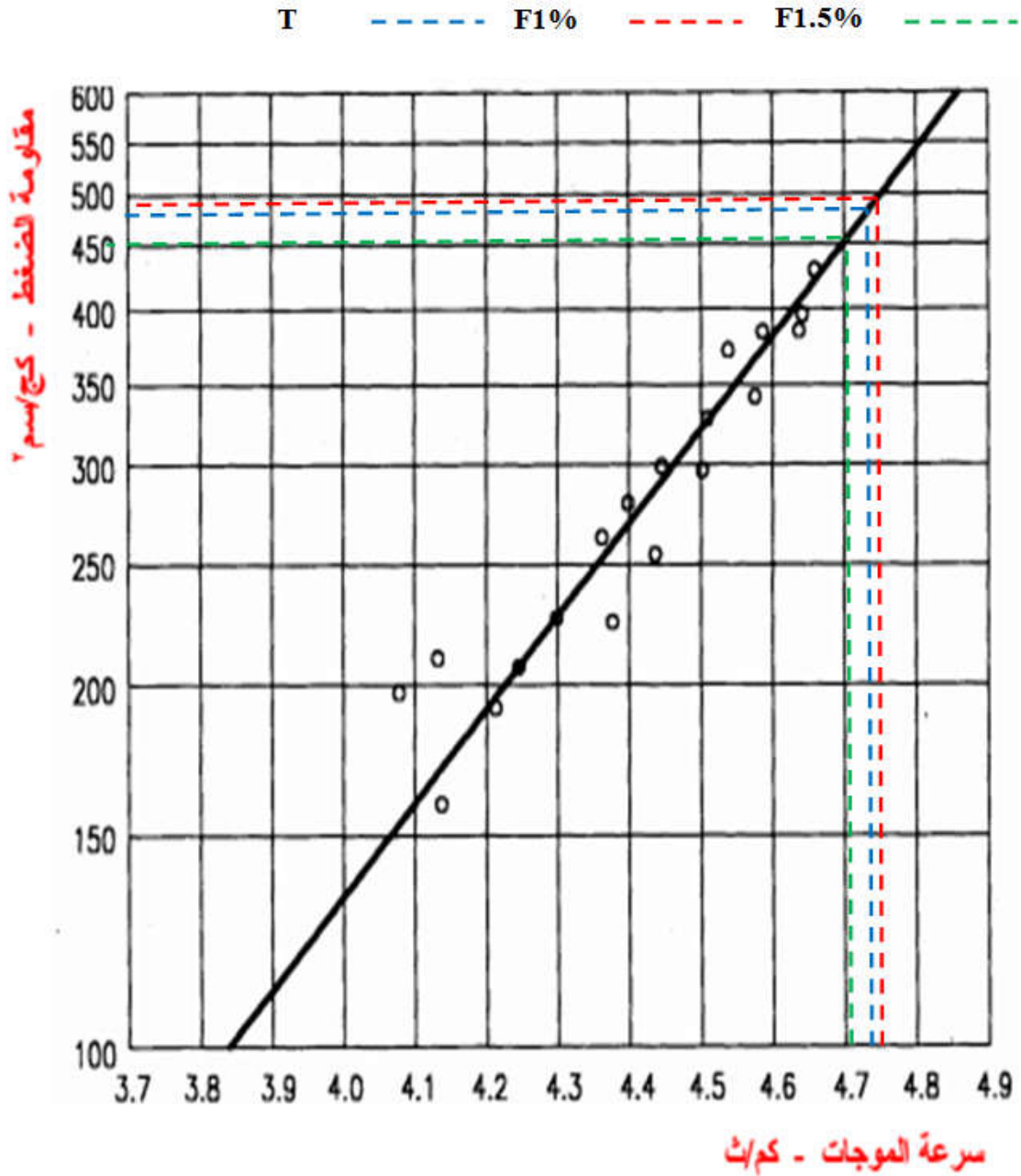
نسبة الاختلاف	نتيجة الضغط تحطم العينات	نتائج من الشكل IV. 13 MPa		السرعة m/s	
		تحويل لمقاومة الاسطوانة	مقاومة الضغط (مكعب)		
0.025 %	39.21	39.2	49	4734	العينة الشاهدة
2.55 %	38.59	39.6	49.5	4741	F 1 %
1.52 %	35.45	36	45	4706	F 1.5 %

حساب معامل المرونة الستاتيكي

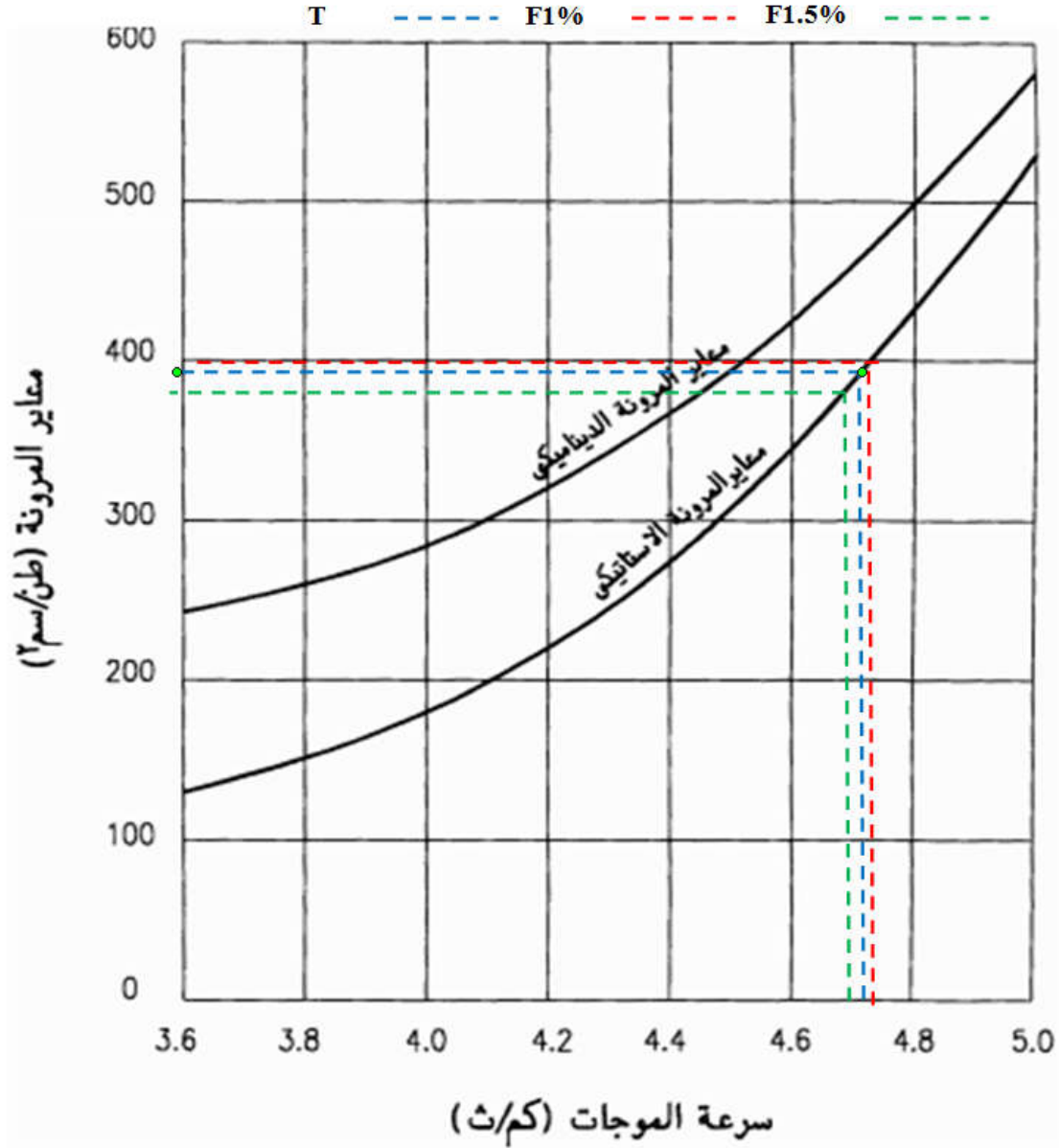
حساب معامل المرونة الستاتيكي من خلال منحنى بالشكل 14.IV

الجدول 10.IV استخدام الأمواج فوق الصوتية لمقارنة معامل المرونة الستاتيكي

نسبة الاختلاف	معامل المرونة MPa BS-1881	معامل المرونة بالأمواج فوق الصوتية (الشكل 14.IV) MPa	السرعة m/s	العينة الشاهدة
%1.77	38309	1000 × 39	4734	F 1 %
%5.82	37669	1000 × 40	4741	F 1.5 %
%9.21	34499	1000 × 38	4706	F 1.5 %



الشكل 13.IV المنحنى البياني لمقاومة الضغط بدلالة سرعة الموجات فوق الصوتية



الشكل 14.IV المنحنى البياني لمعيار المرونة بدلالة سرعة الموجات فوق الصوتية

مقاومة الضغط متقاربة بل تعد متطابقه بالنسبة للعينات الشاهدة ، وكذلك معامل المرونة فنسبه الاختلاف 1.77 %
تعد مقبولة حتى في تجربة واحدة لعدة عينات
أما بنسبة للخرسانة الليفية فالمقاومة أعطت نتائج متقاربة مع نسبة اختلاف 2.55 % الى 1.52 % إي في حدود
MPa500 وهي تعد هامش خطأ في التجارب الضغط مقبول
إما بنسبة للمعامل المرونة الستاتيكي فنسبة الخطأ معتبرة ولكن تبقى ضمن مستوى السماح للخطأ في تجربة
BS1881 اقل من 500 MPa.
ومع ذلك فان هذا نسبة الخط ترجع أساسا إلى وجود الألياف المعدنية فسرعة الأمواج فوق الصوتية أسرع في
المعدن من الخرسانة

نستخلص ان نتائج الأمواج فوق صوتية (غير متلفة) أظهرت نتائج تثبت من خلالها مرة أخرى بان خرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف جديدة بالثقة و تصلح للاستعمال كخرسانة عادية .
الخلاصة :

نستنتج من هذه الدراسة ما يلي :

- ✓ رمل المحاجر أبدى مقاومة عالية للضغط منذ الأعمار المبكرة .
- ✓ إضافة الألياف المعدنية ذات العكفات و ذات الطول 5 سم القطر 1.0 ملم بإمكانها تحسين مقاومة الشد بواسطة الانحناء لخرسانة الرمل المحاجر بنسبة 28.86 % عند إضافة الألياف بنسبة 1.5 % في فترة 28 يوما
- ✓ إضافة الألياف المعدنية ذات العكفات و ذات الطول 5 سم القطر 1.0 ملم بإمكانها تحسين مقاومة الشد البرازيلي لخرسانة الرمل المحاجر بنسبة 31.25 % عند إضافة الألياف بنسبة 1.5 % في فترة 28 يوما
- ✓ مقاومة الضغط أظهرت انخفاض مقاومة العينات الليفية على الخرسانة رمل المحاجر بنسبة 7.62% خلال 90 يوما بالنسبة للتركيبية التي تحوي 1.5 % من الألياف المعدنية و على العكس أظهرت تركيبية 1% نقصا طفيفا بلغ 0.37 % على المدى المتوسط 90 يوم.
- ✓ نتائج الانكماش خرسانة رمل المحاجر كانت مقبولة حيث بلغت $390 \mu\text{m/m}$ وذلك في 28 يوما
- ✓ نتائج الانكماش الخرسانة الليفية أظهرت تحسنا كبيرا بنسبة 70 خلال اليومين الأولين في تركيبية F1%
- ✓ وكذلك في 28 يوما كان تحسن بنسبة 35.92 % .
- ✓ فقدان وزن العينات الانكماش يتناسب طرذا مع زيادة الانكماش
- ✓ معامل المرونة نتائج خرسانة كان قريب جدا من معامل المرونة الخاص بخرسانة رمل المحاجر ومع ذلك فان الألياف تغذي الخرسانة بسلوك مرنا

المخلاصة العامة و التوصيات

الخلاصة العامة والتوصيات

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو محاولة استغلال رمال المحاجر المتواجدة بكثرة في أغلب المحاجر والمسبب إشكالية من ناحية التخزين و التأثير البيئي و هذا لعدم استغلاله بكمية كبيرة مما يجعلنا نفكر في كيفية تثمينه بإستغلاله في مجالات الإنشاء المختلفة ، وذلك كبديل لرمال الوديان او رمال البحر غير المتجددة والتي استعمالها يشكل مشاكل بيئية ، بالإضافة إلى المشكل الذي تعاني منه الخرسانة عموما في المناطق الحارة و الجافة مشكل التشققات و الانكماش مما دفعنا إلى إضافة الألياف المعدنية قصد تعزيز الخرسانة رمل المحاجر بشرط الحصول على خصائص فيزيائية و ميكانيكية أفضل .

وبعد الاطلاع على العديد من الدراسات الأبحاث التطبيقية التي قام بها مجموعة من الباحثين على تثمين رمل المحاجر من خلال التصحيح و استعماله جزائيا او كليا في الخرسانة الشائعة او الخرسانة الرملية وكذلك أبحاث استعمال الألياف كتعزيز للخرسانة من اجل تحسين خصائصها ، كل هذه الدراسات زودتنا بقاعدة معطيات كبيرة على مختلف خصائص هذا التركيبة الخرسانية.

* و كنقطة للانطلاق قمنا بانجاز عدة تجارب على المواد المستعملة بغية التعرف على خصائصهما .
الرمال المستعملة في هذه الدراسة هي الرمال المحاجر لمنطقة بوسعادة ولاية مسيلة بالإضافة وحسب الملاحظات المستوحاة من التجارب رمل المحاجر فانه صالح لاستعمال في الخرسانة ما عدى تجربة المكافئ الرملي التي أعطت نتائج تحذر من استعماله ، الا بشرط نجاحه في اختبار ازرق الميثيلين وهو ما تم بالفعل فمؤشرات هذه الأخيرة تؤكد و بقوة على إمكانية استعماله في الخرسانة العادية، وهذا ما أثبتته التجارب المعملية خاصة تجارب تحطيم بالضغط فقد أبدت خرسانة رمل المحاجر قوة ضغط عالية 41.38 MPa في عينات الاسطوانية خلال 90يوما وكذلك نسبة انكماش مقبولة و ان كانت مرتفعة .

* في دراستنا هذه وجدنا نتائج التدرج الحبيبي بالنسبة لرمال المحاجر مقبولة نسبيا مع وجود نسبة من الدقائق الرملية 10 % و معى وجود الخرسانة وسط حار وجاف ولتقليل نسبة التشققات المحتملة في الخرسانة إرتنينا إدراج ألياف معدنية معكوفة بنسبتين 1 % و 1.5% قصد تعزيز خصائص خرسانة لرمال المحاجر في ما يخص الانكماش و الشد زيادة اللدنة بصفة عامة كمحسن له فوجدنا أن هناك :

تحسن في نسبة الانكماش بين 23-31 % و النسبة الأمثل كانت للتركيبة التي تشمل 1 % من الألياف بالنسبة لتحسين الشد بطريقة غير مباشرة (الطريقة البرازيلية / الانحناء) فكان (20-21%) و (29-31%) و النسبة الأمثل كانت عند التركيبة 1.5% في كلتا الطريقتين .

كما شهد الضغط تراجعاً نسبياً في قيمة المقاومة بنسبة 9.65 - 1.78 % وكان التركيبة 1% هي اقل تراجعاً وقد اثبت أن التراجع طفيف جداً 0.37 % على مدى 90يوما

اما معامل المرونة فسجل تراجع نسبي بين 1.67%- 9.94 % وكانت التركيبة الأقل تراجعاً 1 % ولكن هناك تحسن كبير في مقدار التشوه من 35 % الى 80 % و النسبة الأمثل كانت للتركيبة 1.5 % أي زيادة كبيرة في مجال اللدنة

من خلال النتائج السابقة فننا نقترح استعمال الخرسانة رمل المحاجر المعززة بالألياف بنسبة 1.5% في المنشآت التي يكون شد كبير و قدرة خرسانة على اللدانه كبيرة وحيث التشققات غير مقبولة. بالنسبة المنشآت حيث يكون مقاومة الضغط مطلوبة خاصة في الأوساط الحارة و الجافة و حيث التشققات غير مقبولة ، فينصح باستعمال التركيبة 1% فلها مقاومة تزيد عن 31- 35 % في الانكماش و في قدرة التشوه (مجال اللدنة) على الترتيب وكذلك زيادة في قدرة الشد بأكثر من 20 % و إعطاء مقاومة الضغط قريبة جداً من المقاومة خرسانة رمل المحاجر العالية .

من خلال هذه النتائج المتحصل عليها ، نقترح تطوير وتحسين خرسانة الرمل المحاجر المعززة بالألياف و إعطائها اهتماماً أكبر من ناحية الدراسات تنوع الألياف و نسبها وكذلك دراسات الخاصة بالديمومة في الأوساط العدوانية ، وكذلك إمكانية استعمال رمل المحاجر المعززة بالألياف في الخرسانة عالية الأداء أي عالية المقاومة وهذا بهدف الوصول إلى تعميم استعمال هذه الثروة الطبيعية الهائلة من رمل المحاجر المتواجدة بكثرة في مجال الإنشاءات و ذلك علي المدى المتوسط و البعيد .

وكنتيجة لهذا البحث نتمنى أن نكون قد حاولنا كشف عن بعض خصائص رمل المحاجر من اجل تثمينه بصفة عامة وزيادة التشجيع لاستخدامه في مجال الإنشاء المختلفة بصفة خاصة . وفي الأخير أملنا أن نكون وفقنا في عملنا هذا إلى حد ما و نأمل أن يتواصل البحث في هذا المجال والاهتمام به أكثر.

المراجع

المراجع

- [01] **Veronique Baroghel-Bouny, Patrick Rougeau, Sabine Care Et Josette Ausewitch.** «Etude comparative de la durabilité des bétons B30 et B80 des ouvrages jumeaux de bourges. I- Microfissuration, propriétés de durabilité et retrait». LCPC N°217, Septembre - Octobre 1998, pp. 61-73.
- [02]: **BETOCIB.** «Les granulats pour bétons». Annale de l'institut technique du bâtiment et de travaux publics (ITBTP), série Matériaux, Décembre 1997, pp. 31-60.
- [03]: «Sable la nouvelle donne». Document E.N.G.Alger. Mars 1999, pp. 01-05.
- [04]: «Ministère de l'Equipement et du Logement, Instruction Ministérielle N° 017/SPM/ D.RTC/ 92 relative à la gestion et à la protection du domaine public maritime et hydraulique (concession d'extraction des matériaux)». Alger, Décembre 1991.
- [05]: «Chef de gouvernement, Instruction N°003/ S.P/ CG». «Exploitation de sable de plage et de sable d'alluvions». Alger. Mars 1999.
- [6]: **GLANGEAUD.L** «Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger». Bulletin de la carte géologique de l'Algérie, 1934.
- [8] **Joudi-Bahri** "Influence des sables fillérisés calcaires sur les propriétés des bétons courants et superplastifiés. Un exemple tunisien" l'Université de Lorraine, France& de l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis Thèse Docteur 2012
- [9]**KENALS, BENNA.Y et MENADI.B.** «The effect of fines in crushed calcareous sand on properties of mortar and concrete» International conference, University of Sheffield, Centre for cement and concrete structural Integrity Research Institute, Sheffield, 28, June, 1999
- [10] **Chérifa GHERDAOUI** "INFLUENCE DES FINES MINERALES SUR LES PROPRIETES MECANQUES ET LA DURABILITE DU BETON A BASE DE SABLE DE CARRIERES DE LA REGION DE GUELMA" UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA Magister2007
- [16] **Saida DAHMANI Ayoub** : "Influence du dosage du ciment dans le béton d'usage courants sur ces propriétés à l'état durcit " Theme MASTER 2015/2016.
- [18] **Z.SALIM** .Influence des caractéristiques du gravier sur la qualité de béton Université de M' sila1995
- [19] **Baron.J, Olivier.J.P et. Weiss.JC, 1996** : Chapitre 1A : Les ciments courants, Les bétons Bases et données pour leur formulation, sous la direction de Jacques .BARON, Jean-Pierre OLIVIER, Ed Eyrolles.

- [20] Dreux.G et Festa.J.1998. Nouveaux guide du béton et de ces constituants
- [22] **HACHANA A.** "Etude des Bétons à base des agrégats de démolition", Mémoire de magister, université de Biskra, Algérie, 2007
- [23] COLLECTION TECHNIQUE CI M BÉTON FICHES TECHNIQUES, Le ciment et ses applications Nouvelle édition 2001. « Comparative study of the cementitious of différent fly ashe », pp 91-114 - 1994.
<http://www.civilengclub.com/vb/t637.html>
- [27]: **MESSIOUD SALAH.** « Identification et caractérisation du béton à base des granulats de la région de Guelma et Annaba ». Thèse de Magister, Université de Guelma 2002
- [28]De Larrard 2000. Structures granulaires et formulation des bétons, traduit de l'anglais par LECOMTE A, études et recherches des laboratoires des ponts et chaussées, Paris,
- [29]BENAMRANE Dounia Zed : " L'effet de la méthode de formulation sur la résistance à la compression du béton" Thème Master Université KASDI Merbah Ouargla 2017
- [30]**BOLOMEY.** « Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées (LCPC), N°20, Juillet -Août 1966.
- [31]**MAKHOLOUFI ZOUBIR.** «Etude du béton calcaire Turonien de Laghouat ». Thèse de Magister, Université de Laghouat 2001
- [32]: **GEORGES DREUX et JEAN FESTA.** « Nouveau guide du béton et de ses constituants ». Huitième édition, Eyrolles, France, 1998.
- [33]: **VALETTE.R** « Manuel de composition des bétons ». Edition Eyrolles.
- [34]**R.DUPAIN, R.LANCHON, J.C.SAINT ARROMAN.** «Granulats, sols, ciments et bétons ». Caractérisation des matériaux de Génie Civil par les essais de laboratoire, Paris, 1995.
- [35] Dupain, 2000, Lanchon,Saint-Arroman.
- [36]. **KADJOUR NASR- EDDINE.** Propriétés et pathologie du béton. Office des publications universitaires. (Alger-Algérie) 1993
- [37]BELLACHE Ferhat et OUARTI Adel:" VALORISATIONS DES REJETS QUARTZEUX (SABLES) ISSUS DU TRAITEMENT DE KAOLIN DE TAMAZERT (JIJEL) DANS LES BETONS " Thème Master **Bejaia** 2011
- [38] BAEI 91
- [40] **LOGBI A.** "Effet de l'incorporation des ajouts minéraux sur les propriétés physico-mécaniques du béton", Thèse de magister, ENP, Algérie, 1999.

- [41] **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
- [42]. **BENGOUCHA F Z.** "Amélioration des propriétés de mortier à base de sable de dunes Avec ajout (sable granulé de haut fourneaux)", Mémoire de fin d'étude d'ingéniorat, ENTP, Algérie, 2005.
- [43]**GUESSOUM Younes TAIBI Said :**" Etude comparative de la resistance et de la durabilite des differents betons a base de sable modifie" THEME Master 2 El-Oued 2019
- [44]**LAID BEDADI.**"ETUDE EXPÉRIMENTALE D'UN BÉTON AVEC LE SABLE DE DUNE ", Thèse de magister ,OUARGLA 2004
- [45]**HAMRI Amel ,(2015)"**l Mémoire de Magistère Spécialité : Génie Civil TIZI-OUZOU
- [46]**CHAOUCH A.**"Etude des caractéristiques du béton de sable de dunes", Thèse de magister, ENP, Algérie, 1993.
- [51] **MOKHTARI A.** "Influence des ajouts de fines minérales sur les performances mécanique de béton renforcés de fibres végétales de palmier dattier", Thèse de magister, université de Ouargla, Algérie, 2006.
- [52] **BLEDZKI A.K, GASSAN J.** "*Composites reinforced with cellulose based fibers*", Prog. Polym. Sci, Elsevier, Allemagne, 1999.
- [53] Guide de bonnes pratiques pour l'utilisation des fibres dans le béton" Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-923379-00-4 / 2005 Association béton Québec
- [54]**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.
- [55] **KRIKER A.** "Caractérisation des fibres de palmier dattier et propriétés de béton et mortier renforcés par ces fibres en climats chaud et sec", Thèse de doctorat d'état, ENP, Algérie, 2005.
- [56] **ROSSI, P. ; HARROUCHE, N. ; BELLOC, A.** (1989), "Méthode de composition des bétons de fibres métalliques", Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, n°475 juin-juillet 1989, série Béton 266.
- [57] **BERNIER, G.** (1991) " Caractérisation et contrôle des bétons renforcés de fibres", Annales de l'ITBTP N°494, 1991
- [58]**ZHAN, Z.** (1991), " Contribution au dimensionnement des pieux en béton de fibre", Thèse de doctorat, université d'Orléans, 1991.

[59]**ROSSI P.** "Les bétons de fibre métalliques", Presse de l'école nationale des ponts et chaussées, France, 1998.

[61]**BARON. J, LESAGE. R.** "Pour une étude pratique de la maniabilité, le maniabilimètre Lesage du L.C.P.C ". Bulletin de liaison L.C.P.C N° 13 , 1985

[62]**SERNA-ROS.** "Etude de la contribution des fibres métalliques à l'amélioration du comportement du béton au cisaillement ". Thèse de docteur - ingénieur à L.N.P.C, Septembre 1984.

[63]**ROSSI. P, HARROUCHE. N, ALBERT. B.** "Méthode de composition des bétons de fibres métalliques " Annales de L'I.B.T.P N° 475, Juin 1989.

[64]**R.N. Swamy and P.S. Mangata** " Influence of fiber geometry on the properties of steel fiber reinforced concrete"

[65] **T. Y. Lim, P. Paramisivam, and S. L. Lee** " Bending Behavior of Steel-Fiber Concrete Beams "

[66] **EDGINTON J ; D.J. HANNANT** "Steel Fibre reinforced Concrete The effect on fibre orientation of compaction by vibration "

[67] **EDGINGTON. J, HANNANT. D. J,** "Steel fibers reinforced concrete, the effect on fibers orientation of compaction by vibration ". Material and construction, Rilem, Vol. 5,N° 25, PP 41-44, Jan-Féb 1972

[68] **Azizi Moussa Aissou Lyes** " LES BETONS DE FIBRES METALLIQUES" Thèse Master Tébessa 2016

[69] **BOUHNİK B.** "Contribution a la valorisation du sable de dune dans la formulation du béton destiné aux ouvrages hydrauliques en milieux sahariens", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2007.

[70] **BARKAT A.** "Valorisation des déchets de brique dans la réalisation des ouvrages en béton", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2006

[72] **Dewar, J. D.** "The Indirect Tensile Strength of Concretes of High Compressive Strength" Technical Report No. 42.377, Cement and Concrete Association, Wexham Springs, 1964.

[73] **Samman, T. A. , Wafa, F. F. , Radain, T. A.** "Mechanical Properties of Normal and HighStrength Concrete with Steel Fibers" JKAU:Eng.Sci.,vol.12,no.1,pp. 87-104 (1420 A.H./ 1999 A.D.)

[74] **Sarsam, K. & Azzawi, Z. M.** "Mechanical Properties of High-Strength Fiber Reinforced Concrete" Eng. & Tech. Journal, Vol.28, N0, 12, 2010.

- [75] **NANNI. A.** "Spliting tension test for fiber reinforced concrete". ACI Journal, N° 85-M27, pp 229-233, July-August 1988.
- [77] **CHERAIT Y, NAFA Z.** "Eléments de matériaux de construction et essais", Collection : le livre de génie civil, Direction de la publication universitaire de Guelma, 2007
- [78] **REHSI , S.S.** " Use of natural fiber reinforced cement and concrete ". Edited by R.N. Swamy and Glasgow : Blackie and Son Ltd ,vol. 5, pp. 243-255,1988
- [79] **SWAMY, R.N, AHUJAT. B. M, KRISHNAMOORTHY. S.** "Behavior of concrete reinforced with jute, coir, bamboo fibers ". The international journal of cement composite and light weight concrete, volume 5, N°1, Février 1983
- [81]**Mangat, M . MOTAMEDI AZARI** "Shrinkage of Steel Fibre reinforced cement composites
- [82]**Normes Afnor** "Essais physico-mécaniques sur les bétons et mortiers", 1981-1997.
- [83] **KEDJOUR N.E.** "Le laboratoire du béton", Edition OPU, Algérie, 2005.
- [84] **L.Galtier**" mémento roches et minéraux industriels" GRANULATS- BRGM Service Géologique National 1993 R 37826
- [85] **CTC Centre.** "Correction des sables par analyse granulométrique", Algérie, 2006
- [86] **GORISSE. F.** "Essais et contrôle des bétons ". Édition EYROLLES , vol.200, Paris, 1978.
- [88] CPA 93
- [90]**Samir Shihada**" Mechanical Properties of Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete (UHPFRC)" **The Islamic University Journal (Series of Natural Studies and Engineering)**
Vol.19, No.2, pp 57-69 , 2011, ISSN 1726-6807, <http://www.iugaza.edu.ps/ar/periodical>
- [91]**F. Setti 1, K. Ezziane 1, B. Setti 2, F. Merzoug 1**" etude du comportement des poutres en beton renforce de fibres metalliques sous chargement monotone croissant" colloque international «reduction du risque sismique» chlef les 10 et 11 octobre 2012
- [94] **A. BOUHERAOUA**, Effets des fibres bi-ondulées sur le comportement du béton, étude expérimentale, Thèse de magister 2006, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2006.

- [7] بلة نبيل . "المعالجة الحرارية لخرسانة الرمل"، جامعة محمد بوضياف وهران، الجزائر، 2005
- [11] ماني محمد "المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي و التعزيز بالألياف " أطروحة دكتوراه بجامعة ورقلة 2019.
- [12] جريدة جزيرس محرك بحث اخباري عدد بتاريخ 2007/02/25
- [13] ماني محمد " المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي و التعزيز بالألياف " مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة 2011
- [14] الباحثون السوريون <https://www.syr-res.com/article/13369.html>
- [15] لقوقي طارق / بن موسى بوبكر "المساهمة في دراسة الخرسانة الخضراء اعتماد على المواد المحلية" دراسة ماستر جامعة حمه لخضر الوادي 2019
- [17] محمود امام و محمد أمين كتاب "خواص المواد و اختباراتها " 2007 مصر
- [21] جديع محسن البصري "أنقاض البناء ... المشكلة والحل" مجلة العمران العربي إصدار عام 1997 م
- [24] محمود إمام : "الخرسانة- الخواص ، الجودة ، الاختبارات" الناشر المغربي للطباعة و النشر المنصور- الطبعة الرابعة 2007
- [25] المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني "خواص واختبار المواد 104 مدن "المملكة العربية السعودية
- [26] "البيتون عالي المقاومة" من الانترنت من موقع "نادي الهندسة المدنية" جوان 2009
- [39] عبد الفتاح القاصي. "ميكانيك التربة"، دار الكتاب العلمي ، مصر، 2006
- [47] مجلة المهندس " الشروخ الخرسانية أسبابها وعلاجها" العدد 4 ، 1996
- [48] اختبارات الخرسانة المتصلدة- الوحدة السادسة -الإدارة العامة لتصميم و تطوير المناهج -مختبر الإنشاءات المعمارية
- [49] تقنيات واعمال الخرسانة التجارب المعملية السعودية (156 مدن/ الوحدة السادسة) التخصص تقنية مدنية
- [50] ريم حافظ : " دراسة السلوك الميكانيكي للبيتون المقوى بالإضافة الألياف الفولاذية المستخرجة من الإطارات المستهلكة بالسيارات " أطروحة دكتوراه بجامعة دمشق 2015.
- [60] مرخوفي عبد المالك . "المساهمة في دراسة خصائص وتشوهات خرسانة ألياف النخيل في المناطق الجافة و الحارة"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة ، 2004.
- [71] سالم طيب يوسف و حسن شمس الدين " الخصائص الميكانيكية للخرسانة عالية المقاومة المسلحة بالألياف الفولاذية" جامعة الموصل / Vol.21 No. 2 April 2013 "Al-Rafidain Engineering"
- [76] بالطيب ع ، مخلوفي ع . "تعزيز خرسانة الإنشاءات بألياف النخيل " مذكرة تخرج لنيل شهادة مهندس دولة، جامعة ورقلة ، الجزائر 2002

[80] علي عبد الكريم التركي " الانكماش اللدن للخرسانة المسلحة بالألياف " رسالة جامعية ، جامعة الملك عبد العزيز ، 1416 هـ.

[92] عمر رمضان الفاروق ، أشرف حامد محمد عبد القادر ، فرحات امغيب بوبكر: " تأثير ألياف الحديد على

خواص الخرسانة عالية المقاومة" **The seventh Jordan International Civil Engineering**

Conference

[93] تماضر هاني مقبل " دراسة في الخصائص الميكانيكية لخرسانة منتجة من ركام معاد تدويره" رسالة دكتوراه

جامعة دمشق 2014

المرفق الأول

CENTRAL A BETON

FORMULATION DE BETON (agregat et ciment)

CIMENT H T S

fondation

N	Designation	Dosage	Quantité
1	Béton	1m3	0
	150kg/m3	en Kilogramme	en Tonne
2	Ciment H T S	150	0,00
3	SABLE 0 / 4	850	0,00
4	Gravier 3 / 8	372	0,00
5	Gravier 8 / 15	578	0,00
6	Gravier 15 / 25	0	0,00
7	adjuvent (145 H R	4	0,00
8	eau de gachage	180	0,00

2130

CIMENT C P J

elevation

N	Designation	Dosage	Quantité
1	Béton	1m3	0
	350	en Kilogramme	en Tonne
2	Ciment C P J	350	0,00
3	SABLE 0 / 3	830	0,00
4	Gravier 3 / 8	230	0,00
5	Gravier 8 / 15	360	0,00
6	Gravier 15 / 25	380	0,00
7	adjuvent	4	0,00
8	eau de gachage	180	0,00

2150

CIMENT H T S

beton arme fondation

N	Designation	Dosage	Quantité
1	Béton	1m3	0
	350kg/m3	en Kilogramme	en Tonne
2	Ciment H T S	350	0
3	SABLE 0 / 3	830	0
4	Gravier 3 / 8	230	0
5	Gravier 8 / 15	380	0
6	Gravier 15 / 25	390	0
7	adjuvent (145 H R	4	0
8	eau de gachage	180	0

2180

CIMENT C P J

elevation(poteaux)

N	Designation	Dosage	Quantité
1	Béton	1m3	0
	400kg/m3	en Kilogramme	en Tonne
2	Ciment CPJ	400	0
3	SABLE 0 / 3	850	0
4	Gravier 3 / 8	372	0
5	Gravier 8 / 15	578	0
6	Gravier 15 / 25	0	0
7	adjuvent (145 H R]	4,8	0
8	eau de gachage	180	0

2200

المرفق الثاني

الجزائر



50kg

متين
Matine



الإسمنت البورتلاندي بالحجر الجيري NA442 CEM II/B-L 42,5 N

متين اسمنت رمادي لصنع الخرسانة ذات الأداء العالي. موجه لبناء الهياكل التحتية و الهياكل الفوقية للبتايات

متين

NA442 CEM II/B-L 42,5 N

متين اسمنت معتمد. مطابق للمعايير الجزائرية (NA442 – 2013) والأوروبية (EN 197-1)



مزايا المنتج

- مقاومة مبدئية عالية لإجّاز الهياكل الثقيلة مسبقة الصنع
- زيادة مطواعية الخرسانة والحفاظ على انسيابيته
- جودة حقيقية تقدم أداءً عالياً للخرسانة
- ديمومة أكبر للخرسانة



التطبيقات الموصى بها

- تشييد الهياكل الفنية الجمالية (الجسور، قناطر، أنفاق...)
- البناءات الجاهزة الثقيلة المصنعة مسبقاً
- خرسانة تتميز بأدائها العالي
- التطبيقات التقنية
- إنجاز الخرسانة الهيكلية للبناء



التركيبة المستحسنة

 ماء (لتر)	حصصي (الجاف) 15/25mm & 8/15mm	 رمل (الجاف)	 إسمنت 50kg		
25 ج	+  X4	+  X5	+  X7	+  X1	تركيبة للخرسانة C25/30

ملاحظة : دلو واحد = 10 ل



الخصائص التقنية

المعيار	• زمن التماسك في 20 درجة مئوية (NA 230)
150±30	• بداية التماسك (دقيقة)
230±50	• نهاية التماسك (دقيقة)

المعيار	• المقاومة للضغط
10.0 ≤	• يومان (ميغاباسكال)
42.5 ≤	• 28 يوماً (ميغاباسكال)

المعيار	• التحاليل الكيميائية المعيار
10.0±2	الفقد بالحرق (%) (NA5042)
2.5±0.5	محتوى الكبريتات (%) (SO3)
1.7±0.5	محتوى أكسيد المغنيزيوم (%) (MgO)
0.02-0.05	محتوى الكلوريد (%) (NA5042)

المعيار	• البنية المعدنية للكلنكر (وفقاً لبوغ)
60±3	C3S (%)
7.5±1	C3A (%)

المعيار	• الخصائص الفيزيائية
26.5±2.0	الامتصاص الطبيعي (%)
3700-5200	الصقل وفقاً لطريقة بلين (NA231)
1000 >	الانكماش بعد 28 يوماً (ميكرومتر/متر)
3.0 ≥	التمدد (ملم/متر)



نصائح السلامة

1- احموا بشرتكم : ارتدوا اللعادات المناسبة في المواقع الخاصة بكم : الخوذ، النظارات، والقفازات، وواقبات الركبة، وأحذية وألبسة السلامة.

2- نقل وتوزيع السلع : ارفعوا الأكياس في وضعية انحناء الركبتين مع الحفاظ على الظهر مستقيماً.

عنقو في
LafargeHolcim



التعبئة : كيس و عشوائي

لافارج الجزائر
المركز التجاري باب الزوار البرج رقم 2
الطابقين 05 و 06، باب الزوار الجزائر العاصمة، الجزائر
هاتف : +213 (0) 21 98 54 54
فاكس : +213 (0) 23 92 42 94
www.lafargealgerie.com
dz.satisfaction-clients@lafargeholcim.com
هاتف : 021 98 55 55



المرفق الثالث

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère DES RESSOURCES EN EAU
République Algérienne Démocratique et Populaire

EP ALGERIENNE DES EAUX

ZONE DE BATNA

UNITE DE BISKRA



وزارة الموارد المائية

الجزائرية للمياه

منطقة باتنة

وحدة بiskra

N° 94/ADE/UBIS/LAB/2018

Biskra le : 27/03/2018

Lieu de prélèvement : Forage Layadhi Essauoudi- Elbassbasse -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

المرفق الرابع

FIBERTEK A

FIBRES STRUCTURELLES EN ACIER AVEC UNE ADHÉRENCE AMÉLIORÉE POUR BÉTON FIBRO-ARMÉ



DESCRIPTION

Les fibres **FIBERTEK A** sont obtenues par étirage à froid de fil d'acier de haute résistance avec mise en forme spéciale pour obtenir le meilleur ancrage sur toute leur longueur.

Les fibres **FIBERTEK A** sont destinées pour le renforcement structurel.

Les caractéristiques du fil d'acier, à partir duquel les fibres **FIBERTEK A** sont formées, répondent aux normes de référence relatives au type d'utilisation et peuvent également être fournies dans le type galvanisé.

CARACTERISTIQUES

FIBERTEK A, réalisé en acier haute résistance, permet d'obtenir un béton et de mortier à haute résistance aux :

- Chocs et vibrations,
- Charges concentrées.

La distribution uniforme des fibres dans le mélange rend l'utilisation du **FIBERTEK A** possible pour remplacer l'armature secondaire et le confinement de la propagation des fissures.

Les fibres **FIBERTEK A** sont disponibles (sur demande) en différents diamètres et longueurs selon les exigences d'utilisation.

DOMAINES D'APPLICATION

Les fibres **FIBERTEK A** sont utilisées pour réaliser une armure de renfort diffuse dans les structures en béton soumises aux sollicitations particulièrement élevées, les chocs, le trafic lourd, vibrations.

En particulier, ils trouvent une utilisation dans :

- Sols industriels, comme alternative au renforcement traditionnel avec maille électro-soudée.
- Tabliers et aires de stationnement.
- Joints bordures de la route.

- Béton projeté (spritz béton) de tunnels, murs, pentes.

- Réparations structurelles.
- Revêtement des tuyaux de métal.
- Éléments préfabriqués.
- Déversoirs, évacuateurs de crues, barrages hydrauliques.
- Bunkers, voûtes, coffres-forts.
- Plaques de fondation.
- Renforcement d'effort au cisaillement dans des éléments précontraints.

AVANTAGES

- Les fibres **FIBERTEK A** améliorent les propriétés mécaniques du béton et des matériaux, tels que la ductilité, la résistance, l'absorption d'énergie, la durabilité et la dureté.
- Cette fibre permet en particulier de contrôler le retrait plastique et fissuration du béton et aide à la réduction ou à l'élimination du besoin d'armature traditionnelle.
- Répartition plus homogène de l'armure dans toute la pâte de ciment.
- Renfort structurel.
- Propriétés mécaniques améliorées pendant la phase après-fissure.
- Augmentation de ductilité du béton.
- Augmentation de la résistance aux chocs.
- Meilleure facilité et rapidité de mise en œuvre.



Siège & Usine :
B.P. 203 Zone Industrielle de Sid-El-Abbe
Tél : + 213 (0) 48 70 34 63
Fax : + 213 (0) 48 70 34 62
E-mail : info@teknachem.com
WWW.TEKNA-CHEM.COM

Antenne d'Alger :
Rue de la Soummam lot N° 06 Z.I. Oued Smar Alger
Tél/Fax : + 213 (0) 23 92 05 62

Antenne de Sétif :
Zone d'Activité Artisanale 6^{ème} Tranche - Sétif
Tél : + 213 (0) 36 93 90 10 - Fax : + 213 (0) 36 93 90 00

Les informations contenues dans la présente fiche technique, bien que représentant le stade le plus avancé de la connaissance, ne dispensent pas l'utilisateur de procéder à des tests préliminaires dans ses propres conditions d'emploi ou à faire appel à l'assistance technique de la société. Par conséquent la **TEKNA CHEM ALGER** décline toute responsabilité pour l'emploi inapproprié du produit.





FIBERTEK A

FIBRES STRUCTURELLES EN ACIER AVEC UNE ADHÉRENCE AMÉLIORÉE POUR BÉTON FIBRO-ARMÉ



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES



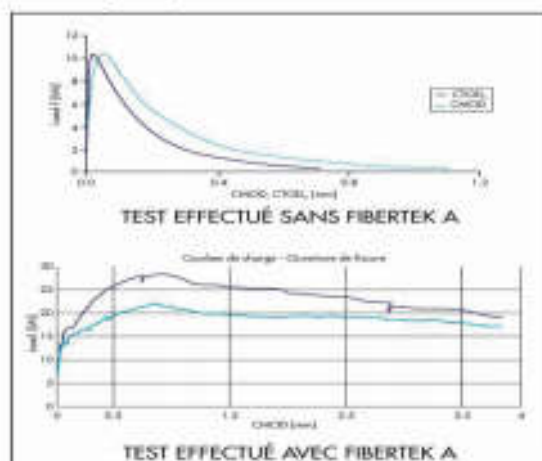
Longueur (mm) :(L) $50 \pm 10\%$
 Diamètre fil (mm) :(de) $1 \pm 10\%$
 Rapport d'aspect :(L/de) 50
 Format :à crochet
 Section transversale :circulaire
 Tension à la rupture à la traction (N/mm²): 1100-2700
 Allongement à la rupture :< 4%

DOSAGE

Les fibres doivent être introduites dans le mélangeur en même temps que l'introduction des agrégats et sont dosées dans un rapport de 20/40 Kg/m³ de béton, selon le projet et les demandes.

Effet de FIBERTEK A sur la résistance du béton :

- 25 Kg/m³ pour 1,5 N/mm² à CMOD = 0,5 mm
- 25 Kg/m³ pour 1 N/mm² à CMOD = 3,5 mm



STOCKAGE

Protéger de la pluie et autres intempéries.

Ne pas empiler les palettes.

EMBALLAGE

Sac de 20 Kilogrammes.

NORMES DE RÉFÉRENCE

- EN 14889-1 - Fibres for concrete Part 1 : Steel fibres Definition, specifications and conformity.
- EN 14845-2 - Méthodes d'essai de fibres pour le béton - Partie 2 : Effet sur le béton.
- EN 14651 - Méthode d'essai pour béton avec fibres métallique - Mesure de la résistance à la traction pour la flexion (limite de proportionnalité (LOP), résistance résiduelle)
- UNI 11037- Les fibres d'acier à être utilisés dans le béton renforcé.
- UNI 11039 - Béton renforcé avec fibres d'acier - Partie I. Définitions, classification et la désignation; Partie II. Méthode d'essai pour la détermination des résistances à la première fissuration et indices de ductilité.
- ASTM A820 - « Standard Specification for Steel Fibers for Fiber » - Reinforced Concrete.
- CNR - DT 204- Instructions pour la planification, l'exécution et le contrôle des structures FRC (Béton Fibre-renforcé).
- RILEM - « Test and design methods for steel fibre reinforced : uniaxial tension test for steel fibre reinforced concrete », RILEM TC 162-TDF recommendations, materials and Structures.



Siège & Usine :
 S.P.203 Zone Industrielle de Sed-Bel-Abbas
 Tél : + 213 (0) 48 70 34 63
 Fax : + 213 (0) 48 70 34 62
 E-mail : info@teknachem.com
 WWW.TEKNACHEM.COM

Antenne d'Algier :
 Rue de la Soummam lot N° 06 Z.I. Qued Smar Alger
 Tél/Fax : + 213 (0) 23 92 05 62
Antenne de Sétif :
 Zone d'Activité Artisanale 6^{ème} Tranche - Sétif
 Tél : + 213 (0) 36 93 90 10 - Fax : + 213 (0) 36 93 90 00

Les informations contenues dans la présente fiche technique, bien que représentant le stade le plus avancé de la connaissance, ne dispensent pas l'utilisateur de procéder à des tests préliminaires dans ses propres conditions d'emploi ou à faire appel à l'assistance technique de la société. Par conséquent **TEKNA CHEM ALGERIE** décline toute responsabilité pour l'emploi inapproprié du produit.



المرفق الخامس

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 ferrailage 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

