

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université ECHAHID HAMMA Lakhdar d'El Oued



Faculté de Technologie
Département de Hydraulique & Génie Civil

كلية التكنولوجيا
قسم الري والهندسة المدنية

مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية

تخصص : مواد الهندسة المدنية

تحت عنوان :

تأثير مختلف تراكيز الأوساط
العدوانية على الخرسانة العادية لرمل
واد الرتم

تحت إشراف :

د / بدادي العيد

إعداد الطالبتين :

➤ دغيش نوال

➤ مريبط منار

دفعة سبتمبر 2020

REFERENCES المراجع

- 1- **BARON J et OLLIVIER J** « les betons ; bases et donnees pour leur formulations éditions eyrolles ; 2^{ème} tirage paris 1997 p 128 – 293 »
- 2- **BARON J et OLLIVIER J** « le beton hydraulique ; connaissance et pratique ; presses ENP ; paris 1995 ; p 39-57 » .
- 3- **BARON J et OLLIVIER J** « la durabilité des bétons press de l'école national des pnts et chaussées 1992 » .
- 4- **BARKET A R** « valorisation des déchets de brique dans le réaliastion des ouvrages en béton" thèse de magister en génie civil- université ouargla ; 2006 "» .
- 5- **BRAHMA A** « le béton éditions OPU alger ; 1996 p 80-95 » .
- 6- **COLLECTION TECHNIQUE CIMBETON** ; les constituants des bétons et des mortiers ; tome 1 centre d'information sur le ciment et ses applications (France) CIM béton 2005 p 32-49 » .
- 7- **DE LARRARD F** « structures granulaire et formulation des bétons la boratoire central des ponts et chaussées 2003 p 30-208 » .
- 8- **DUPAIN R ; LANCHON R ET SAINT ARROMAN J-C** « granulats ; sols , ciments et bétons , caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de la boratoire ; éditions casteilla ; 2^{ème} édition ; paris 2000 p 26-394 » .
- 9- **DREUX G ET FESTA J** « nouveau guide du béton et de ses constituants ; éditions eyrollés 8^{ème} édition 1998 p 26-394 » .

10– FERRERES D–B « étude à long terme et à la fatigue des système d' ancrage de pièces métallique dans le béton 2010 thèse de doctorat camins canal iport de barcelona ; departement d' enginyera de la construction 2010 » .

11–FIGOLY L'ART DE BQTIR « modulo éditeur ; volum 4 ; québec; 1985 p 108–113 » .

12–GORISSE F « essais et contrôle des bétons ; eyrolles ; paris 1978 p32–139 » .

13–GUETTALA S MEZGHICHE B «influence deu sable de dune en poudre au ciment sur les propriétés des bétons ; France congrés français de mécanique bordeaux ; 2013 » .

14– GUETTALA S « contribution à l'étude de l'influence de l'ajout du sable de dune finement broyé au ciment ; sur les performances physico–mécaniques ; la déformabilité & la durabilité du béton " thèse de doctorat en génie civil– université biskra ; 2012 "» .

15–HUBERTY J M « cours spécialisé de technologie du béton ; chapitrre XII ; les bétons spéciaux "éditions centre de formation professionnelle de la technologie du béton a.s.b.1 kraainem , 1950 p 12» .

16–KHOUADJIA M L K « étude des propriétés physico–mécanique et rhéologiques des bétons à base des sables de carrières expérimentation et modélisation thèse de doctorat en génie civil– université biskra ; 2016 "» .

17-MAILLONT R « memento technique des granulats presses école des mines de ; paris 2001 p 31-39 » .

18- MEZGHICHE B « les essais de laboratoire des matériaux de construction ; publication universitaire biskra ; 2005 » .

19-NEVILLE ADAM M «propriétés des bétons édition eyrolles paris 2000 ; p 103-726» .

20- NF EN12350-2« essai pour béton frais ;partie 2; essais d'affaissement ; paris éditions AFNOR ; 1999 » .

21-NF EN12350-5« essai pour béton frais ; essais d'étalement à la table à chocs » .

22- NF P 18-305

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

24- NF P 18-554 Dec 1990 « granulats ; mesures des masse volumiques ; de la porosité du coefficient d' absorption et de la teneur en eau des gravillons et cailloux éditions AFNOR ; paris 1990» .

25- NF P 18-557 Sept 1990 « granulats ; éléments pour l'identification des granulats éditions AFNOR ; paris 1990 » .

26- NF P 18-404 ET NF P 18-405 «confection et conservation des éprouvettes» .

27- NF P 18-406 « résistance à la compression » .

28- NF P 18-407 «résistance à la traction par flexion » .

29- NF P 18-553 « granulats préparation d'un échantillon pour essais » .

30- NF P 18-560 « analyse granulométrique par tamisage » .

31- NF P 18-573 « essai d'abrasion "essai los-angelos" » .

32- NF P 18-597 et 598 et EN 933-8 « équivalent de sable » .

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

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

35- NF EN 196-6 « détermination de la finesse » .

36- NF EN 12390-3 « résistance à la compression des éprouvettes » .

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

38-RABHI M « apport à la caractérisation de la porosité ouverte du béton d'enrobage par l'utilisation des tests d'absorption capillaire "thèse de doctorat en génie civil- université biskra ; 2014 "» .

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

40- مباديء هندسة المواد اللامعدنية الدكتور للأستاذ الدكتور قحطان خلف الخزرجي

- الطبعة الأولى (2009 م-1430 هـ).

41- كتاب الخرسانة للدكتور محمود إمام 2002 .

شكر و عرفان

الحمد و الشكر لله ذي الفضل و المنه على توفيقى لإنجاز هذا العمل المتواضع .

أتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ المشرف بدادي العيد على التوجيهات و الإرشادات التي أولاها لنا طيلة هذا المشوار من أجل إنجاز هذا العمل ، و كذلك نشكره على سعة صبره و تحمله لنا .

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى كل موظفي مخبري LTPS و نيوزي لاب بالوادي على كل المعلومات و التوجيهات القيمة التي قدموها لنا بخصوص هذا الموضوع .

كما لا أنسى أيضا أن أشكر كل زملائي لمساندتهم لي طيلة هاته المسيرة لإتمام و إنجاز هذا العمل المتواضع .

دغيش نوال

ملخص :

تكرس متطلبات البناء الحديث التحديات الجديدة بتقليل التكاليف ، و تحسين استدامة الهياكل حيث أصبح الشغل الشاغل في مراكز البحوث من أجل المحافظة على الأداء الجيد للخرسانة و سلامة المنشآت الخرسانية و المنشآت الخرسانية المسلحة ضد الأوساط العدوانية من خلال ما يعرف بتحسين ديمومة الخرسانة و التي يستعمل بها الرمل العادي للبناء و الذي يستخرج من المقالع و الوديان و يعتبر الرمل مادة ضرورية في تكوين الخرسانة لذلك قمنا باختبار رمل واد الرتم بالمرارة كمادة محلية.

ففي وقت ليس ببعيد كان يتم تقييم جودة الخرسانة من خلال المقاومة للانضغاط دون الأخذ بعين الاعتبار ديمومتها و سلامتها خلال عمر الخدمة المتوقع للهيكل خاصة عند تعرضها لأوساط عدوانية مخربة حامضية ، كبريتية ، إلخ .

و من أجل ذلك تم تسليط الضوء على هذا الموضوع من أجل تتبع تطور ديمومة الخرسانة العادية و ذلك بإخضاعها لأوساط عدوانية مخربة و بتركيز مختلفة و متباينة (حمض السلفات H_2SO_4 و حمض كلور الماء HCl) 7% ، 3% ، 1% و إلى جانب ذلك تم غمر عينات أخرى في الماء العذب .

تشير نتائج غمر عينات الخرسانة العادية بالحمض إلى نقص وزن العينات و حدوث مسامية داخل الخرسانة و كذا نقص مقاومتها للانضغاط و ذلك كلما كانت درجة الحموضة عالية .

في حين لم تتأثر العينات الخرسانية المغمورة في الماء العذب .

الكلمات المفتاحية : الخرسانة ، الأوساط العدوانية ، الرمل ، الديمومة ، الضغط .

Abstract :

The requirements of modern construction emphasize new challenges by reducing costs, and improving the sustainability of structures, as it has become a major concern in research centers in order to maintain the good performance of concrete and the safety of concrete and reinforced concrete installations against aggressive media through what is known as improving the durability of concrete and sand is used. The sand is a necessary material in the formation of concrete, so we chose the sand of Wadi Al-Ratm with bitterness as a local material.

Not so long ago, the quality of concrete was evaluated through its compressive strength without taking into account its durability and safety during the expected service life of the structure, especially when exposed to aggressive, acid, sulfur, etc. And for this purpose, this topic has been shed light in order to track the evolution of the durability of normal concrete by subjecting it to aggressive destructive media and with different and different concentrations (H_2SO_4 and HCl) 7%, 3%, 1% and besides that, it was done Submerging other samples in fresh water.

The results of immersing regular concrete samples with acid indicate a decrease in the weight of the samples and the occurrence of porosity within the concrete, as well as a decrease in its compressive strength, whenever the pH is high. While the concrete samples submerged in fresh water were not affected.

Key words: concrete, aggressive milieu, sand, durability, compressive.

الفهرس

	الإهداء.....
	شكر و عرفان.....
I	ملخص
III	الفهرس
IIIIV	قائمة الجداول.....
X	قائمة الأشكال.....
XII	قائمة الصور.....
أ	مقدمة عامة.....
	الجزء الأول : البحث البيليوغرافي
	الفصل الأول : دراسة نظرية حول الخرسانة العادية
1	مقدمة
2	I-1-1- تعاريف للخرسانة
2	I-1-1- التعريف الأول
2	I-1-2- التعريف الثاني
2	I-1-3- الخرسانة العادية
3	I-2- استعمالات الخرسانة
3	I-2-1- خرسانة الأساسات
3	I-2-2- خرسانة عادية للأرضيات
3	I-2-3- خرسانة عادية تحت العوارض
3	I-3- الخصائص الأساسية للخرسانة
3	I-3-1- التشغيلية
5	I-3-2- الانكماش
5	I-3-2-1- تعريف
6	I-3-2-2- أنواع الانكماش
6	I-3-2-2-1- الانكماش في سن مبكر جدا
6	I-3-2-2-2- الانكماش الداخلي
7	I-3-2-2-3- الانكماش الحراري

7	..... I-3-2-2-4 - الانكماش الجفاف
7	..... I-3-2-3 - الحد من ظاهرة الانكماش
8	..... I-3-3-3 - الديمومة
8	..... I-3-3-1 - تعريف
9	..... I-3-3-2 - آليات التدهور
9	..... I-3-3-1-2 - تآكل الحديد
9	..... I-3-3-2-2 - التجمد و الذوبان
9	..... I-3-3-2-3 - التفاعل القلوي
9	..... I-3-3-2-4 - الهجمات الكيميائية الأخرى
9	..... I-3-3-2-1-4 - فعل الكلوريد
10	..... I-3-3-2-4-2 - هجوم الأحماض
10	..... I-3-3-2-3-4-3 - الهجوم الكبريتي
10	..... I-3-4-3-4 - المقاومة
10	..... I-3-4-1-4 - مقاومة الضغط
11	..... I-3-4-2-4 - مقاومة الشد
11	..... I-3-4-1-2-4 - اختبار الشد المباشر
12	..... I-3-4-2-2-4 - اختبار الشد عن طريق الانقسام
12	..... I-3-4-2-3-4 - اختبار الشد بالانحناء
14	..... خلاصة
	الفصل الثاني : خصائص الركام و تأثيره على الخرسانة
15	..... مقدمة
17	..... II-1-1 - مختلف أنواع الركام
17	..... II-1-1-1 - طبيعية
17	..... II-1-1-2 - إصطناعية
17	..... II-1-1-3 - المعاد تدويرها
17	..... II-2-2 - خصائص الركام
18	..... II-2-1-1 - خصائص التصنيع
18	..... II-2-1-1-1 - الحبيبية
18	..... II-2-1-2-1 - التسطیح

20	..... 3 -1 -2-II الزوايا
20	..... 4 -1 -2-II معامل النعومة
20	..... 5 -1 -2-II نظافة المجاميع
20	..... 1 -5 -1 -2-II نظافة الرمال
21	..... 1 -1 -5 -1 -2-II المكافئ الرملي
22	..... 2 -1 -5 -1 -2-II اختبار الميثيلين الأزرق
23	..... 2 -5 -1 -2-II نظافة سطح الحصى
23	..... 3-II الخصائص الجوهرية
23	..... 1 -3 -II الكتلة الحجمية
23	..... 1 -1 -3 -II الكتلة الحجمية الظاهرية
24	..... 2 -1 -3 -II الكتلة الحجمية الحقيقية
24	..... 2 -3 -II المسامية
24	..... 3 -3 -II امتصاص الماء
25	..... 4 -3 -II مقاومة التفتت
26	..... 5 -3 -II هشاشة الرمل
27	..... 6 -3 -II مقاومة الصقيع
27	..... 4-II تأثير الخصائص الحبيبية على الخرسانة
27	..... 1 -4 -II حالة سطح الحبيبات
27	..... 1 -1 -4 -II شكل و ملمس الركام
28	..... 2 -1 -4 -II نظافة السطح
28	..... 2 -4 -II البعد الأقصى
29	..... 3 -4 -II الحبيبية
30	..... 4 -4 -II معامل الركام إلى الاسمنت
31	..... 5 -4 -II مقاومة الحبيبات
32	..... خلاصة
	الجزء الثاني : الدراسة التجريبية
	الفصل الثالث : المواد المستعملة في التركيبة الخرسانية
33	..... مقدمة
33	..... مخاليط الخرسانة

33	III-1-1 - الحصى
33	III-1-1 - الكتلة الحجمية الظاهرية
34	III-1-2 - الكتلة الحجمية المطلقة
35	III-1-3 - معامل امتصاص الماء
37	III-1-4 - التركيبة الكيميائية للحصى
37	III-1-5 - التحليل الحبيبي للحصى
40	III-1-6 - تجربة لوس أنجلس
42	III-1-7 - معامل التسطيح
42	III-2 - الرمل
42	III-2-1 - الكتلة الحجمية الظاهرية
43	III-2-2 - الكتلة الحجمية المطلقة
44	III-2-3 - معامل امتصاص الماء
44	III-2-4 - الاختبار الكيميائي للرمل
44	III-2-5 - التحليل الحبيبي للرمل
46	III-2-6 - معامل النعومة
47	III-2-7 - المكافئ الرملي
48	III-3 - الاسمنت
49	III-3-1 - التركيبة الكيميائية للاسمنت المستعمل
49	III-3-2 - الخصائص الفيزيائية للاسمنت المستعمل
50	III-3-3 - الخصائص الميكانيكية للاسمنت المستعمل
50	III-4 - ماء الخلط
50	III-5 - التركيبة الخرسانية
51	III-5-1 - عرض الطريقة DREUX GORISSE
	الفصل الرابع : التجارب المجرات
57	مقدمة
58	IV-1 - اختبارات و إجراءات التجارب
58	IV-1-1 - تجارب على الخرسانة الطازجة
58	IV-1-1-1 - تجربة مخروط أبرامس
60	IV-1-1-2 - تجربة طاولة الاهتزاز

61	IV - 1 - 1 - 3 - تجربة الكتلة الحجمية
62	IV - 1 - 2 - تجارب على الخرسانة الصلبة
62	IV - 1 - 1 - 1 - كتلة الخرسانة الصلبة
62	IV - 1 - 1 - 2 - تجربة امتصاص الماء
65	IV - 1 - 1 - 3 - تجربة ديمومة الخرسانة
	الفصل الخامس : النتائج و مناقشتها
68	مقدمة
69	V - نتائج التجارب
69	V - 1 - في الحالة الطازجة
69	V - 1 - 1 - نتائج تجربة مخروط أبرامس و مناقشتها
69	V - 1 - 2 - نتائج تجربة طاولة الاهتزاز و مناقشتها
69	V - 1 - 3 - نتائج تجربة تجربة الكتلة الحجمية و مناقشتها
70	V - 2 - الحالة الصلبة
70	V - 1 - 2 - نتائج تجربة كتلة الخرسانة الصلبة و مناقشتها
70	V - 2 - 2 - نتائج تجربة امتصاص الماء و مناقشتها
72	V - 2 - 3 - نتائج تجربة سرعة الصوت و مناقشتها
75	V - 2 - 4 - نتائج تجربة الانضغاط و مناقشتها
82	V - 2 - 5 - نتائج تجربة ضياع الكتلة و مناقشتها
84	V - 2 - 6 - الملاحظات المرئية للخرسانة المهاجمة من قبل الحمض
88	V - 2 - 7 - الحلول المقترحة
88	V - 2 - 7 - 1 - نتائج تجربة امتصاص الماء
89	V - 2 - 7 - 2 - نتائج تجربة سرعة الصوت
89	V - 2 - 7 - 3 - نتائج تجربة الانضغاط
90	V - 2 - 7 - 4 - نتائج تجربة ضياع الكتلة
91	V - 2 - 8 - مناقشة نتائج حلول الدراسة
93	الخاتمة
94	الخاتمة العامة
I	قائمة المراجع
V	الملاحق

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	الجدول
04	تقدير الهبوط بواسطة مخروط أبرامس	جدول (I – 1)
20	القيم المحددة العليا لمعامل التسطیح	جدول (II – 1)
22	المواصفات المتعلقة بنظافة المال	جدول (II – 2)
23	غرامة المحتوى f من الكسر 4/0 مم	جدول (II – 3)
23	القيم المحددة لـ VB و PS	جدول (II – 4)
26	القيم العليا المحددة لمعامل امتصاص الماء	جدول (II – 5)
27	القيم العليا المحددة لمعامل لوس أنجلس	جدول (II – 6)
27	القيم العليا لمعامل هشاشة الرمل f_s	جدول (II – 7)
29	التأثير النوعي لمعلومات حالة السطح	جدول (II – 8)
31	الصفات الرئيسية للخرسانة وفقا لحبيبتها	جدول (II – 9)
35	قيم الكتلة الحجمية الظاهرية و الكتلة الحجمية المطلقة للحصى	جدول (III – 1)
38	التركيبية الكيميائية للحصى	جدول (III – 2)
38	نتائج تجربة التحليل الحبيبي للحصى G 8/15	جدول (III – 3)
39	نتائج تجربة التحليل الحبيبي للحصى G 3/8	جدول (III – 4)
45	قيم الكتلة الحجمية الظاهرية و المطلقة للرمل	جدول (III – 5)
45	النسب المئوية للمكونات الكيميائية للرمل المدروس	جدول (III – 6)
45	نتائج تجربة التحليل الحبيبي للرمل	جدول (III – 7)
50	التركيبية الكيميائية للاسمنت المستعمل	جدول (III – 8)

قائمة الجداول

50	الخصائص الفيزيائية للاسمنت المستعمل	جدول (III - 9)
51	قيم قوة الانحناء للاسمنت المستعمل	جدول (III - 10)
51	قيم قوة الانضغاط للاسمنت المستعمل	جدول (III - 11)
56	النتائج المحصل عليها	جدول (III - 12)
74	امتصاص الماء للعينات المغمورة في الماء العذب بعد 28 يوما	جدول (V - 1)
75	امتصاص الماء للعينات المغمورة في حمض السلفات بعد 28 يوما	جدول (V - 2)
76	سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض السلفات H_2SO_4 بتركيز 7%	جدول (V - 3)
76	سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض السلفات H_2SO_4 بتركيز 3%	جدول (V - 4)
76	سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض السلفات H_2SO_4 بتركيز 1%	جدول (V - 5)
77	سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض الهيدروكلوريك HCL بتركيز 7%	جدول (V - 6)
77	سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض الهيدروكلوريك HCL بتركيز 3%	جدول (V - 7)
78	سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض الهيدروكلوريك HCL بتركيز 1%	جدول (V - 8)
78	سرعة الصوت للعينات المغمورة في الماء العذب	جدول (V - 9)
79	قوة الانضغاط للخرسانة الشاهد في مختلف الأعمار	جدول (V - 10)

قائمة الجداول

80	قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 7 % في مختلف الأعمار	جدول (11 - V)
81	قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 3 % في مختلف الأعمار	جدول (12 - V)
82	قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 1 % في مختلف الأعمار	جدول (13 - V)
83	قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 7 % في مختلف الأعمار	جدول (14 - V)
83	قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 3 % في مختلف الأعمار	جدول (15 - V)
84	قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 1 % في مختلف الأعمار	جدول (16 - V)
88	نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 7 % في مختلف الأعمار	جدول (17 - V)
88	نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 3 % في مختلف الأعمار	جدول (18 - V)
89	نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 1 % في مختلف الأعمار	جدول (19 - V)
90	نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 7 % في مختلف الأعمار	جدول (20 - V)
90	نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 3 % في مختلف الأعمار	جدول (21 - V)
90	نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 1 % في مختلف الأعمار	جدول (22 - V)
92	امتصاص الماء للخرسانة المغمورة في الوسط الجديد	جدول (23 - V)
93	سرعة الصوت للخرسانة المغمورة في الوسط الجديد وفي مختلف الأعمار	جدول (24 - V)
93	قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في الوسط الجديد وفي مختلف الأعمار	جدول (25 - V)

قائمة الصور

الصفحة	العنوان	الصورة
04	أقسام الهبوط لمخروط أبرامس	صورة (I-1)
20	شكل و أبعاد الركاب	صورة (II-1)
35	تجربة الكتلة الحجمية المطلقة للحصى	صورة (III-1)
37	تجربة امتصاص الماء للحصى	صورة (III-2)
40	تجربة التحليل الحبيبي للحصى	صورة (III-3)
42	تجربة لوس أنجلس	صورة (III-4)
44	تجربة الكتلة الحجمية المطلقة للرمل	صورة (III-5)
46	تجربة التحليل الحبيبي للرمل	صورة (III-6)
49	تجربة المكافيء الرملي	صورة (III-7)
61	تجربة مخروط أبرامس	صورة (IV-1)
63	تجربة طاولة الاهتزاز	صورة (IV-2)
65	تجربة امتصاص الماء	صورة (IV-3)
66	تجربة سرعة الصوت	صورة (IV-4)
68	عينات مغمورة في وسط حمضي و بتراكيز مختلفة لحمض H_2SO_4	صورة (IV-5)
69	عينات مغمورة في وسط حمضي و بتراكيز مختلفة لحمض HCL	صورة (IV-6)

- 86 صورة (V-1) العينات المهاجمة من قبل حمض H_2SO_4 قبل الغسل
- 86 صورة (V-2) العينات المهاجمة من قبل حمض H_2SO_4 بعد الغسل
- 86 صورة (V-3) ضياع الكتلة للخرسانة المهاجمة من قبل حمض H_2SO_4
- 86 صورة (V-4) العينات المهاجمة من قبل حمض H_2SO_4 بتركيز مختلفة
- 87 صورة (V-5) العينات المهاجمة من قبل حمض Hcl قبل الغسل
- 87 صورة (V-6) العينات المهاجمة من قبل حمض Hcl بعد الغسل
- 87 صور (V-7) ضياع الكتلة للخرسانة المهاجمة من قبل الحمض Hcl
- 87 صورة (V-8) العينات المهاجمة من قبل حمض Hcl بتركيز مختلفة

قائمة الأشكال

الصفحة	العنوان	الشكل
41	منحنى نتائج تجربة التحليل الحبيبي للحصى G 8/15 G 3/8	الشكل (III - 1)
47	منحنى النسب المارة للرمال المدروس	الشكل (III - 2)
48	منحنى النسب المارة للركام	الشكل (III - 3)
57	منحنى تحديد نسب المواد المستعملة في الخرسانة	الشكل (III - 4)
76	تقييم الامتصاص الأولي للخرسانة قبل و بعد الهجوم الحمضي	الشكل (V - 1)
77	تباين انتشار سرعة الصوت للخرسانة في مختلف التركيز لحمض H_2SO_4	الشكل (V - 2)
78	تباين انتشار سرعة الصوت للخرسانة في مختلف التركيز لحمض HCL	الشكل (V - 3)
79	تباين انتشار سرعة الصوت للخرسانة في الماء العذب	الشكل (V - 4)
80	تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد الهجوم بحمض H_2SO_4 بتركيز 7%	الشكل (V - 5)
81	تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد الهجوم بحمض H_2SO_4 بتركيز 3%	الشكل (V - 6)
82	تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد الهجوم بحمض H_2SO_4 بتركيز 1%	الشكل (V - 7)

- 83 الشكل (V-8) تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد الهجوم
بحمض HCL بتركيز 7%
- 84 الشكل (V-9) تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد الهجوم
بحمض HCL بتركيز 3%
- 85 الشكل (V-10) تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد الهجوم
بحمض HCL بتركيز 1%
- 89 الشكل (V-11) تباين ضياع الكتلة للخرسانة في مختلف الأعمار
و في مختلف التراكيز لحمض H_2SO_4
- 91 الشكل (V-12) تباين ضياع الكتلة للخرسانة في مختلف الأعمار
و في مختلف التراكيز لحمض HCL
- 92 الشكل (V-13) امتصاص الماء في الوسط الجديد و الماء العذب
- 93 الشكل (V-14) سرعة انتشار الصوت للعينات المغمورة في الوسط
الجديد و الماء العذب لمختلف الأعمار
- 94 الشكل (V-15) قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في الوسط الجديد
لمختلف الأعمار

مقدمة عامة

شهد التوسع الحضري للمدن تطوراً سريعاً في السنوات الأخيرة و هذا نتيجة تطور البنايات السكانية و المنشآت المدنية الضخمة (مثل الجسور ، السدود ، ... إلخ) ، مما أدى إلى ارتفاع استهلاك مواد البناء ، حيث تحتل الخرسانة نسبة 90 % .

و يعود الفضل في ذلك إلى الصفات التي تتميز بها من : قابلية للتشغيل ، سهولة التنفيذ ، قوتها الضاغطة ، الشكل الجمالي ، مقاومتها العالية للحرارة .

و الخرسانة بشكل عام هي مزيج من عدة مواد بنسب محددة و مدروسة ، و الجزء الأكبر من هذا المزيج هو الركام الذي يتماسك مع بعضه في صورة شبيهة بالكتلة الحجرية ، و ذلك بفعل العجينة الإسمنتية المغلفة للركام و التي تتصلد نتيجة التفاعل الكيميائي بين الاسمنت و الماء (haydratation) .

و يحتل الركام حوالي 3/2 إلى 4/3 من حجم الخرسانة مما يدل على أنه المكون الأساسي لها .

و قد آثار الاستخدام المكثف للخرسانة مشكلة الجودة و المتانة ، و من بين هذه المشاكل كيفية تعاشيها في البيئات العدوانية ، حيث كان في السابق يهتم فقط بالمقاومة العالية للخرسانة دون الاهتمام بديمومتها ، و لهذا تتمحور دراستنا حول تأثير مختلف الأوساط العدوانية على الخرسانة العادية .

و نظراً لتوفر رمال الوديان في حالتها الطبيعية و العملاقة في عدة أنحاء و مناطق ، نذكر منها منطقة واد ريغ .

فقد اخترنا رمال الوديان كرمال بديلة في التركيبة الخرسانية و لهذا قمنا باختيار رمل واد الرتم بالمرارة دائرة جامعة ولاية الوادي .

و الهدف من هذه الدراسة هو التقييم التجريبي لتأثير البيئات العدوانية على الخصائص الفيزيائية ، الميكانيكية و الديمومة للخرسانة المعتمدة على رمل واد الرتم .

و قد قسمنا عملنا هذا إلى جزئين :

الجزء الأول : البحث البيبليوغرافي و يتكون من :

الفصل الأول : يتمثل في عموميات و دراسة نظرية حول الخرسانة العادية .

الفصل الثاني : خصائص الركام و تأثيره على الخرسانة .

الفصل الثالث : المواد المستعملة و التركيبة الخرسانية .

أما الجزء الثاني : عبارة عن دراسة تجريبية تنقسم إلى فصلين :

الفصل الرابع : الاختبارات التجريبية و المتمثلة في غمس عينات خرسانية في أوساط عدوانية مختلفة .

أما الفصل الخامس : فيتمثل في مناقشة و تحليل النتائج .

الجزء الأول
البحث البيئي وخرافي

الفصل الأول :

دراسة نظرية حول الخرسانة العادية

مقدمة

تعتبر الخرسانة واحدة من أكثر المواد الإنشائية استعمالاً و هي عبارة عن مجموعة من المواد المركبة و من أهم الأسباب التي تجعل الخرسانة مادة إنشائية هامة و مفيدة و شائعة هي : توافر المواد الأولية التي تنتج منها الخرسانة ، انخفاض كلفة المواد الأولية و عملية الإنتاج ، مقاومة الانضغاط.

الخرسانة عبارة عن مادة مركبة مكونة من : الاسمنت ، الحصى ، الرمل ، الماء و أحيانا إضافات (إضافات ، محسنات) تهدف إلى تحسين بعض خصائصها . و تعتمد جودة الخرسانة على مكوناتها التي تؤثر على سلوكها في الحالة الطازجة (قابلية التشغيل) و أدائها في الحالة الصلبة (نقاط القوة و المرونة) و قوة تحملها مع مرور الوقت (النفاذية ، الانكماش ، و ما إلى ذلك).

لذلك تم تخصيص هذا الفصل للتطرق إلى عموميات و دراسة نظرية حول الخرسانة.

I - 1 - تعريف للخرسانة :

I - 1 - 1 - التعريف الأول :

الخرسانة هي عبارة عن خليط غير منتظم من الرمل و الحصى و الاسمنت و الماء ، مع بعض الإضافات لتحسين جودتها و بعض الفراغات ، يتم حساب نسبة هذه المواد في الخلطة الخرسانية حسب الغرض من العمل المطلوب و المواد المتوفرة . و مع خلط هذه المواد مع بعضها يتم الحصول على الخرسانة التي تبدأ في التصلب التدريجي مع الوقت حتى تصبح صلبة و قوية و تتفاوت قوتها حسب المكونات الأساسية و كذلك حسب طريقة الرج أثناء الصب و نوعية المعالجة.

وعادة تحتوي الخلطة الخرسانية على : (15% - 20%) ماء ، (10% - 15%) إسمنت ، (60% - 70%) ركام (رمل و حصى) ، و تعبر هذه النسب عن نسبة المكونات إلى الحجم الكلي للخرسانة. [41]

I - 1 - 2 - التعريف الثاني :

بصورة عامة تصنع الخرسانة من مزيج من الاسمنت و الركام و الماء يتكون الركام عادة من مادة ناعمة مثل الرمل و مادة خشنة مثل الحصى المغسولة أو الصخور.

إضافة إلى ذلك فإن معظم استعمالات الخرسانة تعتمد على استخدام القضبان الفولاذية كطور تقوية تعزز من مقاومتها في الشد ، حيث أن مقاومة شد الخرسانة تكون منخفضة . [40]

I - 1 - 3 - تعريف الخرسانة العادية :

و هي الخرسانة التي يدخل في تركيبها الركام ،الاسمنت و الماء فقط بدون اضافة لحديد التسليح . و قد تحتوي على نوع خاص من الاسمنت يكون مقاوم للكبريتات و غيرها ، كما يمكن تحسين بعض خواصها بالاستعانة ببعض أنواع المحسنات المختلفة .

كما تتراوح مقاومتها بين 15 MPa إلى 25 MPa. [41]

I-2- استعمالات الخرسانة العادية :

I-2-1- خرسانة الأساسات :

- خرسانة عادية تحت الأساسات المسلحة .
- أساسات مستمرة من الخرسانة العادية .

I-2-2- خرسانة عادية للأرضيات :

تستعمل في أعمال الفرشات الأرضية أسفل الأساسات و في السدود ، و أحياناً يتم تسليحها بتسليح خفيف و ذلك لمقاومة الهبوط .

I-2-3- خرسانة عادية تحت العوارض (الكمرات الأرضية LONGRINE) :

و تكون بسمك من 5 سم إلى 10 سم و بعرض يزيد عن السمك بـ : 10 سم . [41]

I-3- الخصائص الأساسية للخرسانة :

I-3-1- التشغيلية :

قابلية التشغيل أو القدرة على المناولة هي نوعية أساسية للخرسانة ، يمكن تعريفها على أنها السهولة الممنوحة لتنفيذ الخرسانة من أجل :

- ملأ القوالب بشكل مثالي

- طلاء الفولاذ

- الحصول على وجه تقريبي من مظهر جيد. [3]

(قدرة الخرسانة الطازجة على التشكيل بشكل جيد في قوالب صب الخرسانة و حول التعزيزات مع الحفاظ

على التجانس ، في وضع جيد ، و تسمى قابلية التشغيل). [22]

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

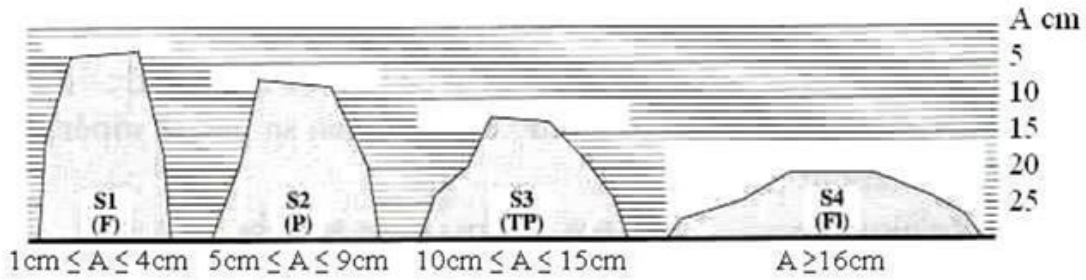
- ضع في اعتبارك أن الخرسانة قابلة للفتح إذا كان لديها الإتساق (صلبة ، لدنة ، مائعة ، مائعة

جدا) لشروط التنفيذ التي تم النظر فيها.

- بشكل عام يمكن تحديد قابلية التشغيل من خلال قياسات الاتساق (الهبوط) من خلال الارتخاء في مخروط يجب قياسه و تعديله قبل أي عملية صب للخرسانة (مخروط أبرامس CONE D'ABRAMS . و الجدول التالي يشير إلى أربعة فيئات من الهبوط المحدد وفقا لفئات المعيار ENV 206 [5] و ترميزات المعيار NF P 18-305 [22].

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

القسم	قوام الخرسانة	الرمز	مقدار الهبوط (سم)
C1	صلبة	F	4 - 1
C2	لدنة	P	9 - 5
C3	جد لدنة	TP	15 - 10
C4	مائعة	FL	أكثر من 16



صورة (2 - I) توضح أقسام الهبوط مخروط أبرامس

تعتمد قابلية التشغيل على العديد من العوامل و على الأخص ما يلي :

- زاوية المكونات (الركام)

- تركيز الاسمنت

- استخدام الملدنات

- تركيز الماء

* و مع ذلك لا يمكن زيادة كمية الماء إلى ما وراء قيمة معينة لغرض وحيد ألا و هو تحسين قابلية التشغيل.

- التماسك القوي للخرسانة يقلل من مخاطر الانفصال ، و لكنه يجعل من الصعب اختراق القوالب .
- تشتمل قابلية التشغيل الجيدة على هامش أمان يسمح دون عواقب غير مرغوب فيها ، مع وجود عرض معين بالقواعد الجيدة و الأكثر أو الأقل صرامة التي يجب تطبيقها من أجل التنفيذ الأمثل . [8] .

I-3-2- الانكماش : RETRAIT

I-3-2-1- تعريف :

تخضع الخرسانة أثناء تطورها إلى تعديلات فيزيائية - كيميائية حيث تسبب اختلافات في الأبعاد . و في حالة عدم وجود أي حمل مطبق عليها تنتشوه الخرسانة تلقائياً ، ترتبط هذه التشوهات برطوبة وسيط التخزين . [8] .

يحدث الامتصاص في الماء مما يؤدي إلى زيادة في الحجم ، و تسمى هذه الظاهرة بالتورم . يوجد فقدان للمياه في الهواء الغير مشبع يتبعه انخفاض في الأبعاد الأولية ، و تسمى هذه الظاهرة بالانكماش [5] .

و يعرف الانكماش بأنه الاختلاف في الأبعاد لعنصر خراساني بسبب تدفق المياه إلى الخارج ، و من ناحية أخرى يوجد ، هناك أيضاً اختلاف في الأبعاد بسبب دخول الماء و التي تسمى تورم (انتفاخ) كما يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار العديد من المعلمات (الأساسيات) في رصد الانكماش . [5] [7] [10] و من بين هذه المعلمات ما يلي :

- يزداد الانكماش بزيادة تركيز الاسمنت .
- يختلف الانكماش حسب تركيز الماء .
- يزيد الانكماش عند زيادة نسبة E/C .
- الركام يعارض (يبطيء) ظاهرة الانكماش .
- يزداد الانكماش عند انخفاض الرطوبة .

- يجب مراعاة نظافة الرمل .

- أخذ الانكماش بعين الاعتبار يسمح للتباعد بين فواصل التمدد.

بالإضافة إلى ذلك يوجد عدة أنواع من الانكماش التي تتبع بعضها البعض بداية من تصنيع الخرسانة حتى تصلبها .

I-3-2-2-2- أنواع الانكماش :

I-3-2-2-1- الانكماش في سن مبكرة جداً (قبل الأخذ) : Retrait Très Jeune

(Age(Avant Prise)

ينتج هذا النوع من الانكماش عن فقدان مبكر لأوانه عن طريق التبخر لجزء من ماء الخلط الموجود في الخرسانة ، و الذي ينتج عنه انخفاض في حجم العجينة المشكلة بنسبة تتراوح بين (8 % إلى 12 %) مقارنة مع مجموع الكميات المطلقة من اللامائية و الماء . [10].

- مطلوب الحد من هذا الانكماش ، لأنه يولد ضغوط الشد التي لا يمكن دعمها من الخرسانة ، حيث يتم تمديد الخرسانة في كتلتها مما يؤدي إلى ظهور تشققات على السطح . [39].

I-3-2-2-3- الانكماش الداخلي (الهيدروليكي) : Retrait Endogène

(Hydraulique) :

يطلق عليه أيضاً الانكماش الذاتي التجفيف و يعود هذا الانكماش إلى انخفاض الرطوبة الداخلية بعد إستهلاك الماء بواسطة الهيدرات [7] .

يرتبط تطور هذا الانكماش بالجرعة الاسمنتية و كذلك حركة الترطيب لحبيبات الاسمنت و دقة جودتها بالاضافة إلى ذلك يعد الانكماش الداخلي أحد العمليات الجوهرية للخرسانة لأنه يعتمد على خواص المادة . [10].

I-3-2-2-3- الانكماش الحراري : Retrait Thermique

و هو نتيجة لانكماش الخرسانة (تقليل الطول) أثناء التبريد (تبديد حرارة وضع الاسمنت) . في الواقع يمكن أن يصبح تفاعل الماء طارد للحرارة بشدة و بسبب تدرجات الحرارة القوية على سبيل المثال ، في قلب العنصر الهيكلي الهائل ، يمكن أن تصل درجة الحرارة إلى 50 حتى 70 درجة مئوية . [10] .

I-3-2-2-4- إنكماش الجفاف (التجفيف) : (séchage) retrait de dessication

و ينتج عنه تشوه في الحجم بسبب تجفيف الكتلة الخرسانية ، يتبخر الماء الذي لم يستخدم في تفاعلات الترطيب على المدى الطويل إلى الجوانب المكشوفة من المادة .

بالإضافة إلى ذلك ، يعتمد انكماش الجفاف بشدة على البيئة و التي تعمل على تسارع أو تباطؤ انكماش التجفيف . [10] .

و أخيراً يؤدي الانكماش أيضاً إلى تلف تدريجي للمادة نظراً لقوة الشد المنخفضة الفعالة للخرسانة .

I-3-2-3- الحد من ظاهرة الانكماش :

السبب الرئيسي للانكماش هو خروج الماء من الخرسانة ، و بالتالي هناك حلول مختلفة من أجل علاج هذا على الأقل [10 ، 39] :

- استخدام قوالب غير ماصة للماء (انكماش في سن مبكرة جداً) .
- الحماية من التبخر المبكر للماء .
- استخدام المواد المساعدة (الاضافات) أو منتجات المعالجة .
- تجنب جرعة زائدة من الاسمنت
- اختر توزيعاً حبيبياً جيداً لأن وجود فائض من العناصر الدقيقة و الشوائب (الطين ، الغرين) يعزز الانكماش .
- إنشاء خرسانة مصمتة أو متراسة جداً (يتقلص أو ينقص الانكماش) و ذلك عندما تكون الخرسانة أكثر إحكاماً .

I-3-3- DURABILITE : الديمومة أو المتانة :

I-3-3-1- تعريف :

تحدد المتانة مدة استمرار بعض الخصائص و مسار تطورها بمرور الوقت تحت تأثير العوامل البيئية العدوانية . يمكن أن تتأثر متانة الخرسانة ليس فقط ببيئتها ، و لكن أيضاً بخصائص المواد مثل النفاذية و نوع الاسمنت و واجهة اللصق ، التجميع و طبيعة الهيدرات المتكونة أثناء ترطيب الاسمنت . [3]

النفاذية : تعد نفاذية الخرسانة معلمة أساسية تتحكم في متانة الهياكل .

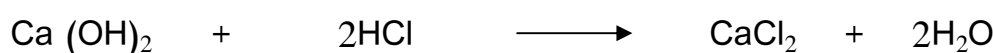
تعرف النفاذية على أنها قدرة الوسيلة المسامية على اجتيازها بواسطة السوائل تحت درجة إنحدار الضغط . على الرغم من أن نفاذية الوسيلة المسامية تعتمد بشدة على مساميتها ، فإن المعلمات الأخرى للشبكة المسامية تؤثر عليها أيضاً .

تشير الدراسات و المسوحات في هذا المجال إلى أن الأسباب الرئيسية لضعف أداء الخرسانة ترتبط بشكل أو بآخر بالسهولة التي يخترق بها السائل أو الأيون مسامية الخرسانة.

تتميز متانة الهيكل بقدرته على الاستمرار بمرور الوقت أو الزمن دون التعرض للتدهور مع الحفاظ على سلامته و الحفاظ على مستوى موثوقيته . يتم التعبير عن فكرة متانة الهيكل في مجموعة من المواصفات الفنية بناءً على طرق الاختبار المباشرة أو غير المباشرة ، و على الخبرة و على توصيات التصنيع و الصناعة بتكاليف منخفضة قدر الإمكان . [6]

تعتمد متانة الخرسانة على العديد من المعايير بما في ذلك جودة تصميمها ، و جودة المواد و البيئة .

• تفاعل الأحماض :



كلورور الكالسيوم ← حمض كلور هيدريك + هيدروكسيد الكالسيوم



سولفات الكالسيوم ← حمض سولفيريك + هيدروكسيد الكالسيوم

I-3-3-2- آليات التدهور الرئيسية :

I-3-3-3-1- تآكل الحديد 54% : LA CRROSION DES ARMATUES

يؤدي تآكل الحديد إلى حدوث ظاهرة التورم (الانتفاخ) ، مما يولد ضغوطاً داخلية في الخرسانة و بالتالي تسبب تغييرات في الجانب الخارجي للعمل (رشقات نارية ، شقوق ، ظهور آثار الصدأ) . [39].

I-3-3-3-2- التجمد و الذوبان 10% : GEL / DEGEL

إن التدهور عن طريق التجمد و الذوبان ينتج عنه تلف تدريجي تعتمد على درجة الحرارة و عدد الدورات (درجة الحرارة الإيجابية إلى درجة الحرارة السلبية) و مدة الصقيع . يؤدي التجمد و الذوبان إلى زيادة الضغوط الهيدروليكية في الشعيرات مما يسبب تشققات في عجينة الاسمنت إذا كان الضغط أكبر من قوة الشد للعجينة . [6] .

I-3-3-3-3- تفاعل القلويات 9% : ALCALI - REACTION

و هو عبارة عن مجموعة من التفاعلات الكيميائية المعقدة و التي يمكن أن تحدث بين بعض القلويات القابلة للذوبان (أكسيد الصوديوم Na2O و أكسيد البوتاسيوم K2O) من الخرسانة على شكل معين من السيليكا كرد فعل و هذا في وجود الماء .رد الفعل هذا يسبب عموماً بعد بضع سنوات حدوث تشوهات و تشققات صغيرة في الخرسانة ، بسبب الضغوط الشديدة التي يمكن أن تتجاوز قوة الشد المنخفضة للخرسانة . [6] .

I-3-3-3-4- الهجمات الكيميائية الأخرى 4% : AUTRES ATTAQUES CHIMIQUES

I-3-3-3-4-1- فعل الكلوريد : ACTION DES CHLORURES

أيونات الكلور خاصة ببيئات معينة (مياه البحر و أملاح الصهر) . تغلغل أيونات الكلور عن طريق الانتشار أو عن طريق الشعيرات داخل الخرسانة يزيد من معدل التآكل . [39]

I-3-3-2-4-2- هجوم الأحماض : ATTAQUES ACIDES

للخرسانة أساسيات عالية و بالتالي يكون لها تفاعل معين تجاه المحاليل الحمضية مثل (الأمطار الحمضية ، المستنقعات ، البيئات الصناعية ، شبكات الصرف الصحي) . [39]

I-3-3-2-3-4-3- الهجوم الكبريتي : ATTAQUES SULFATIQUES

بعد تصلب الخرسانة سيكون هناك صيغة من الأليمنات . يمكن أن يتفاعل هذا إلى إتصال من مقاوم عن كبريتات و التي سوف تشكل إترانجيت هي تحتوي على هيدرات كبريتات .

I-4-3-3-1- المقاومة : RESISTANCE

قابلية التشغيل و المقاومة هي الصفات التي يجب البحث عنها معاً للحصول على الخرسانة ، لأنها ترتبط إرتباطاً وثيقاً مع بعضها البعض علاوة على أنها تختلف في إتجاهين متعاكسين ببعض العوامل الأساسية في تكوين الخرسانة .

منذ البداية تتميز المواد الخرسانية أساساً بمقاومتها الميكانيكية و التي تقاس عند العمر 28 يوماً و يتم فحصها عن طريق اختبارات مدمرة أ و غير مدمرة .

تأتي قوة الخرسانة في جانبين أساسيين هما : القوة الضاغطة و قوة الشد . حيث تلعب قوة الشد دوراً مهماً للغاية في مقاومة الخرسانة المسلحة . [3]

I-4-3-1- مقاومة الضغط :

تعتبر قوة الضغط بصفة عامة أهم خاصية للخرسانة ، حيث أنها تعرض بشكل عام صورة شاملة لجودتها ، و ذلك نظراً لارتباطها مباشرة بهيكل عجينة الاسمنت المميه [19] .

يتم تحديد قوة الضغط ، المعينة بواسطة اختبارات بسيطة عند العمر 28 يوماً على اسطوانات مستقيمة يبلغ ارتفاعها ضعف قطرها .

هذه الاسطوانة ارتفاعها : $H = 32$ سم و قطرها : $O = 16$ سم و هي الأكثر استخداماً ،

و يجب ألا يقل قطر القالب الاسطواني أو قطعة الاختبار عن (D4) وفقاً للمعايير الأوروبية [37]
NF EN 12390 - 1 .

سواءً كانت العينة مكعبة أو إسطوانية أو منشورية ، فإن إختبار حجم القالب مشروط بالبعد D للركام (القطر) .

يجب أن يكون البعد الأساسي للقالب A أكبر ثلاث مرات و نصف على الأقل من البعد الأقصى

لمجاميع (الركام) الخرسانة (D) . [3]

I-3-4-2- مقاومة الشد :

يعبر عن مقاومة الشد للخرسانة 28 يوماً بـ : ft_{28} و يتم التحكم فيها بواسطة ثلاث حالات اختبار مختلفة و هي كالآتي :

I-3-4-2-1- اختبار الشد المباشر : ESSAI DE TRACTION DIRECT

يتم إجراء هذا الاختبار عن طريق وضع توتر لأنبوب الاختبار الاسطواني و لكن اختبار دقيق للغاية و لتحقيق ذلك ، لأنه يتطلب بعد نشر الأطراف تربط رؤوس المتمركز بشكل مثالي .

العملية يجب أن تتم دون تطبيق أي قوة انحناء طفيلي . [37]

نحصل مباشرة على :

$$F t = \frac{F}{S} \text{ (MPa)}$$

مع : - F : الحمل أو القوة المطبقة

- S : مقطع عينة الاختبار

I-3-4-2-2- اختبار الشد عن طريق الانقسام : ESSAI DE TRACTION PAR FONDAGE

يتكون الاختبار و المعروف باسم الاختبار البرازيلي مكبس الضغط في أعقاب . [11] . تتكسر قطعة الاختبار على طول مستوى مزدوج تماماً تحت تأثير ضغوط الشد التي تتطور عادة في اتجاه الضغط و بالتالي يتم الحصول على إثنين من نصف الاسطوانات في الحد الأقصى للحمل P .
إذا كان الضغط الذي ينتج عنه انفجار الاسطوانة بالكلف فإن قوة الشد ستكون كالاتي : [5]

$$f_t = 2 \frac{P}{\pi \phi L}$$

مع : P- : تحميل القراءة أثناء الانهيار.

- Ø : قطر عينة الاختبار .

ESSAI DE TRACTION PAR FLEXION : 3-2-4-3-1 اختبار الشد بالانحناء :

و هذا الاختبار الأكثر استخداماً ، يتكون من كسر قطعة اختبار المنشورية الجانب A و الطول 4 A مع تطبيق عزم إنحناء ثابت (انحناء 4 نقاط) . بين نقطتين تطبق عليها حمولة الكسر الكلية (N) . [11] .

$$M = \frac{Pa}{2}$$

إجهاد الانهيار في الشد بالانحناء هو :

$$f_t = 1.8 \frac{p}{a^2} \text{ (MPa)}$$

مع : p - : الحمل المطبق

- A : جانب قطعة الاختبار المنشورية (4axaxa)

يفترض أن هذا الاجهاد الشد المقابل على الألياف السفلية محسوب بواسطة $ft = MV/I$ صيغة تتأثر المرونة و التي تكون سالحة في 0.6 منها سالحة في المتوسط للمنشور ، لم تعد كذلك بالنسبة للمنشورات الأخرى (28x7x7) سم . [11] .

خلاصة

في نهاية هذا الفصل يمكننا المطالبة بمعرفة أفضل للمواد الخرسانية . في الواقع إن معرفة مكونات الخرسانة وآليات عملها و خصائصها يجعل من الممكن تحديد مشكلة مهمة تتعلق بالتوافق بين المكونات المختلفة للخرسانة في المخالط الهيدروليكية .

و من هنا يتبين لنا أن الخرسانة تتأثر بمجموعة من التأثيرات المادية للبيئة المحيطة مثل :الرياح ، الرمل ، المطر ، الرطوبة ، درجة الحرارة ، و تأثيرات كيميائية متعلقة بتركيب الخرسانة أو بيئتها (كربنة الخرسانة ، هجوم الكبريتات و تأثير المعالجة الحرارية على متانة هذه الخرسانة ...إلخ) .كما يتبين أيضاً أن البيئة التنظيمية و طرق تقييم الموثوقية و المعارف الجيدة للظواهر الفيزيائية و الكيميائية بإبطال التعزيزات يجب أن تكون قادرة على الجمع بين هذا الغرض .

إن قابلية و تعقيد المكونات مثل الركام و بشكل خاص الرمل ، لا تسمح بإتباع نهج قوي بشأن حركة جمع الرمال في المواد الإسمنتية.

لذلك سيكون من الضروري أكمل هذه الدراسة ببحث دقيق حول دور رمال الوديان و على الأخص تأثيرها على الخواص الفيزيائية و الميكانيكية و كذلك على متانة الخرسانة .

الفصل الثاني :

خصائص الركام و تأثيره على الخرسانة

مقدمة

تعريف الركام : و هو مادة خام أساسية في صناعة البناء و الأشغال العمومية ، يتم إنتاجه و استخدامه بكميات كبيرة جداً في جميع بلدان العالم و مع ذلك فإن الموارد الطبيعية ليست مستنفذة و لا تزال أماكن الاستخراج مبتعدة عن أماكن الاستهلاك .

و يعتبر الركام المادة المألوفة بالخرسانة تتوقف على التماسك بين العجينة الإسمنتية و الركام المستخدم ، حيث ينبغي أن تغلف العجينة الإسمنتية بكفاءة أسطح الركام المستخدم ، و من ثم نجد أن نوع الركام و شكله و نعومته و مساحته السطحية و طبيعة سطحه من العوامل الرئيسية التي تؤثر على مقاومة الخرسانة .

وفقاً للتعريف الموحد [XP-P 18-540] [22]، فإن المجاميع عبارة عن مجموعة من الحبوب ذات الأبعاد التي تتراوح بين 0 و 125 مم .

يتم تصنيف المجاميع وفقاً لمكوناتها (توزيع الأبعاد للحبوب) و التي يتم تحديدها من خلال تحليل حجم الجسيمات باستخدام المناخل بالإضافة إلى ذلك وفقاً للمعايير المعمول بها .

[XP-P 18-540] [19] [22].

يتم تحديدها بأبعادها الصغرى « d » و بأبعادها الكبرى « D » ، و يسمى الفاصل الزمني « d/ D » الطبقة الحبيبية . و يعرف هذا التعيين بأنه يمكن الاحتفاظ بالعناصر في غربال مع فتح شبكة مربعة « D » (غربال D) و أن العناصر الأخرى يمكنهم المرور عبر الغربال « d » ضمن الحدود الطبيعية المسموح بها .

نميز وفق المعيار [XP-P 18-540] [22]. المجاميع التالية :

- حشو 0/D أو $D < 2 \text{ mm}$ مع نسبة أقل من 70 % تمر على المنخل 0.063 مم .
- سابلون 0/D أو $D \leq 1 \text{ mm}$ مع نسبة أقل من 70 % تمر على المنخل 0.063 مم .
- الرمل 0/D أو $1 \text{ mm} < D < 6.3 \text{ mm}$.

- الحصى 0/D أو $d \geq 1 \text{ mm}$ و $D \leq 125 \text{ mm}$.

- كتل d/D أو $d \geq 25 \text{ mm}$ و $D \leq 50 \text{ mm}$.

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

تؤثر توزيعات حجم الجسيمات و كثافتها و صلابتها و شكلها و سطحها على خصائص الملاط و الخرسانة في الحالة الطازجة و المتصلبة ، بالإضافة إلى ذلك يجب أن تفي المجاميع المستخدمة في أعمال الهندسة المدنية بمتطلبات الجودة و الخصائص المحددة لكل استخدام يجب أن تفي بشكل خاص بحالة النظافة ، و هي مهمة بشكل خاص للرمال حيث يكون الطين الرقيقة محدودة للغاية .من ناحية أخرى تتميز المجاميع بخصائص مختلفة جداً اعتماداً على أصلها . لأن كل صخرة لها خصائص محددة ، من حيث التركيب المعدني ، و الخصائص الفيزيائية و الكيميائية و الميكانيكية ، تؤثر هذه الخصائص على خصائص الخرسانة لذا من المهم أن نعرفها جيداً لضمان الامتثال للمواصفات التنظيمية . [22] .

II -1- مختلف أنواع الركام :

تمثل المجاميع ثلاثة أرباع حجم الخرسانة و بناءً على جودتها ، لا يمكن أن تحد فقط من مقاومة الخرسانة و لكن تؤثر على متانتها و أدائها الهيكلي . [6] .

حيث تصنف هذه المجاميع إلى ثلاثة أنواع هي :

II-1-1-1 - طبيعية : عندما تأتي من صخور فضفاضة أو ضخمة و لا تخضع لأي علاج بخلاف الميكانيكية .

II -1-1-2 - اصطناعية (مصنعة) : عندما ينتج عن كل من المعالجة الحرارية و الميكانيكية للصخور أو الخامات .

II -1-1-3 - المعاد تدويرها : عندما تأتي من هدم الهيكل أو عندما يتم إعادة استخدامها .

إن التجميعات المخصصة للخرسانة الهيدروليكية تصنف إلى عدة فئات بمواصفات محددة لكل منها :

- الفئة A : يتوافق مع المجاميع المخصصة لإنتاج الهيكل أو المباني للخرسانة عالية الجودة و مقاومتها أكبر أو تساوي $RC \geq MPa 35$.
- الفئة B : تتوافق الفئة B مع المجاميع المخصصة للخرسانة الجيدة ، بشرط أن يكون معامل الامتصاص الخاص بهم مطابقاً للمواصفات المفروضة على مجاميع الفئة A
- بالنسبة للخرسانة القياسية تكون مجاميع الفئة C مناسبة و كذلك المجاميع التي يوجد بها على الأكثر صفات من الفئة D . [37] .

II -2- خصائص الركام :

تتميز المجاميع بعدد معين من الخصائص بغض النظر عن استخدامها في الخرسانة الهيدروليكية أو في الطرق أو في التجهيز المسبق . تعتمد هذه الخصائص على :

- أصل الركام و هي خصائص مرتبطة بالصخر أو بالمنتج الذي يتكون من الحبوب و التي تسمى بالخصائص الجوهرية .
- المعالجة التي خضعوا لها بين استخراجها و انتقالها إلى حالة المنتجات النهائية في محطة المعالجة هذه الخصائص المرتبطة بتطوير المجاميع و التي تسمى خصائص التصنيع .

- تقاس هذه الخصائص باختبارات موحدة في معظم الأحيان [17].

II -2-1- خصائص التصنيع :

إنها تنتج بشكل عام عن ظروف التصنيع . و هي الحبيبات ، التسطیح ، الزاوية ، نظافة الرمال ، النظافة السطحية . [29] .

II-2-1-1- الحبيبية : Granularité

و هي توزيع الأبعاد لحبيبات الركام ، القياس الحبيبي أو التحليل الحبيبي و هي طريقة الاختبار التي تهدف إلى تحديد التفاصيل ، تجعل من الممكن تحديد الحجم و النسب المئوية ذات الصلة للفئات الحبيبية المختلفة التي تشكل العينة . ينطبق ذلك على جميع الركامات التي حجمها أقل أو يساوي 63 مم باستثناء الحشو . [23] .

يتم تحديده بواسطة اختبار تحليل حجم الجسيمات ، يتكون هذا الاختبار من غربلة الحبيبات على سلسلة من المناخيل المربعة ذات الشباك المربعة و وزن الروافع على كل غربال و من ثم رسم منحنى حجم الحبوب . المكونة لمجموع معين « d/D » ، يتم رسم النتائج على مخطط شبه لوغاريتمي إجراء التحاليل الحبيبي على مرحلتين ، يتم تنفيذ الخطوط الأولى بواسطة النخل الميكانيكي باستخدام عمود مثبت على مصدر الاهتزاز لفترة زمنية محددة . تتم المرحلة الثانية (التشطيب) يدوياً في كل غربال في السلسلة من أجل تحسين تحليل حجم الحبوب . يتم رسم المنحنيات الحبيبية في الإحداثيات شبه اللوغاريتمية . في الإحداثيات يحمل النسبة المئوية للوزن ، المناخل تحت المناخل التي تتم الإشارة إلى نسجها على الإحداثي وفقاً لتخرج لوغاريتمي .

II -2-1-2- التسطیح : Aplatissement

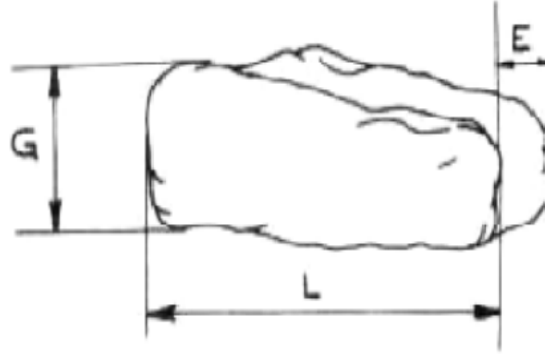
التسطیح يتطلب استخدام الركام في الخرسانة ، و كذلك في إنتاج أجسام الأرصفة و دورات إرتداء ، أن يستخدم فقط أولئك الذين لديهم شكل مضغوط إلى حد ما ، باستثناء الركام المسطح .

في الواقع هذه لا تجعل من الممكن وجود خرسانة مدمجة (متراصة) للغاية ، علاوة على ذلك في هندسة الطرق تؤدي إلى طبقات تحمل زلقة بشكل مفرط . [23]

يتم تعريف شكل الركام بثلاثة أبعاد رئيسية :

الفصل الثاني : خصائص الركام و تأثيره على الخرسانة

- طول « L » : أقصى مسافة بين مستويين متوازيين .
- سمك « E » : المسافة الدنيا بين مستويين متوازيين .
- حجم « G » : جانبي من أصغر غريال يسمح للركام بالمرور .



صورة (II - 1) توضح شكل و أبعاد الركام

معامل التسطیح (التسوية) لمجموعة من الركام هو النسبة المئوية لوزن العناصر التي تتحقق بالعلاقة التالية : $G/E \geq 1.58$ [23] .

المعيار [XP-P 18-540] [42] يشير للمجاميع المخصصة للخرسانة الهيدروليكية القيم القصوى لمعامل التسطیح (التسوية) « Ap » وفقاً لفئة المجاميع .

جدول (II - 1) يوضح القيم المحددة العليا لمعامل التسطیح (التسوية)

الفئة	% VSS
A	20
B et C	30
D	40

II-2-1-3- Angularité - الزوايا

و هي إحدى خصائص التصنيع التي تميز حالة سطح الركام ، من وجهة نظر نسبة الحواف الحادة ، بمعنى أنه تقييم نوعي يتم تجميع الركام أو كسره أو نصف تكسير . [19] .

II-2-1-4- معامـل النـعومـة : « Mf » Module de Finesse

يتم تحديد درجة نفاوة الرمل من خلال حساب وحدة صفاتها من تحليل حجم الجسيمات ، حيث كلما انخفض المعامل كلما زادت الرمال الغنية بالعناصر الدقيقة [21] .

كما يمكن القول أيضاً أن معامل النعومة يعطي مؤشرات على السلوك المحتمل لمزيج من الخرسانة المصنوعة من رمل بحجم جسيم معين ، يجب أن يكون للرمل الخراساني الجيد معامل نعومة يتراوح بين 2.20 إلى 2.8 .

- معامـل النـعومـة للرمل « Mf » يساوي نسبة الرمال المتبقية معبراً عنها كنسبة مئوية مع غرابيل 0.16 ، 0.315 ، 0.63 ، 1.25 ، 2.5 ، 5 مم [7] .

II-2-1-5- نظافة المجاميع : Propreté des Granulats

استخدام المجاميع الملوثة ، وجود الطين على سطح الركام أو الشوائب الأخرى يسبب انخفاض في القوة الميكانيكية و زيادة في الانكماش دون أن ننسى حدوث فائض الماء على الخرسانة [3] .
لذلك لا بد من فحص نظافة الركام دائماً ، سواء كانت الرمال أو الحصى .

II-2-1-5-1- نظافة الرمال : Propreté des Sables

يتم التحكم في نظافة الرمال عن طريق قياس أهمية تلوث الطين في الرمال بواسطة الاختبار المعروف باسم المكافئ الرملي و الاختبار المعروف باسم الميثيلين الأزرق .

II-2-1-5-1-1- المكافئ الرملي : Equivalent De Sable

الفصل الثاني : خصائص الركام و تأثيره على الخرسانة

الاختبار يتكون من الفصل عن طريق التحريض في أنبوب اختبار عن طريق محلول الغسيل ، و الرمال التي تستقر و العناصر الدقيقة التي لا تزال معلقة ، و بالتالي يتم تحديد المكافئ الرملي و تكون هذه القيمة مرتفعة عندما يكون الرمل خالي من الشوائب الطينية .

جدول (II-2) يوضح المواصفات المتعلقة بنظافة الرمال

المجال لـ ESP بالمكبس	المجال لـ ESV بالنظر	معلومات عن جودة الرمل حسب قيمة المكافئ الرملي ES
ESP < 60	ESV < 65	لا ينبغي أن يستخدم في إنتاج خرسانة عالية الجودة لأن لديه مخاطر تصاعد الرمال الطينية التي تسبب الانكماش و التورم (الانتفاخ) .
60 < ESP < 70	65 < ESV < 75	رمال طينية خفيفة يمكن قبول صناعة الخرسانة ذات الجودة العالية التي من المحتمل أن تؤدي إلى إنكماش أكبر ما لم يعطي الاختبار الأزرق قيمة $VB < 1$.
70 < ESP < 80	75 < ESV < 85	الرمال النظيفة $ESV > 75$ في الواقع يجعل من الممكن الحصول على خرسانة ذات قوة عالية نسبياً و لكن النشرة 65A حددت $ESV \geq 80$ لخرسانة مقاومتها أكبر من 30 Mpa .
ESP ≥ 80	ESV ≥ 85	الرمال النظيفة جداً يتسبب المحتوى المنخفض للغاية للطين في حدوث خلل في اللدونة يجب أن يعوضه استخدام مادة اللدائن المساعدة .

يتم تعريف المحتوى الدقيق المجموع من خلال التمرير إلى 0.08 مم و وفقاً للمعيار XP-P 18- [540] [21] . يشير المعيار المذكور إلى الحد الأقصى لمحتوى الغرامات (الحد العلوي) في الرمال المقاسة على الكسر 0/4 مم حسب فئة الركام :

جدول (II - 3) يوضح غرامة المحتوى (f) من الكسر 0/4 مم

الفصل الثاني : خصائص الركام و تأثيره على الخرسانة

الفئة	النسبة المئوية (%) المارة عبر الغربال 0.08 مم
A	L _S 12
B	L _S 15
C	L _S 18
D	بدون مواصفات

في الحالات التي يكون فيها محتوى الغرامات (f) أعلى من 10 % فإن نظافة الرمال يتم تحديده على الكسر 0/2 مم المحدود من الغرامات 10 % و وفقاً لاختبار المكافئ الرملي 10 % من الغرامات .

II-2-1-5-1-2-2- اختبار الميثيلين الأزرق: (VB) Essai au Bleu de Methylene

في الرمال المكسرة أو المحيطة يمكن أن تكون النسبة المئوية للغرامات كبيرة حيث يمكن أن يكون لديهم ضرر كبير عند احتوائهم على مواد طينية ، و بالتالي الحاجة إلى التحقق عن طريق اختبار الميثيلين الأزرق سواء كانت ضارة أم لا . [3] .

المعيار [XP-P 18-540] يشير إلى القيم الحدية للمكافئ الرملي الناعم نسبة 10 % «PS»

و كذلك القيمة المحددة العليا لاختبار «VB» الميثيلين الأزرق لفئة المجاميع ، و يتم الحصول على الامتثال في حالة احترام واحد على الأقل VB أو PS المحددة .

جدول (II-4) القيم المحددة لـ : «VB» و «PS»

الفئة	Ps %		أو	VB _{0/D} (g)
	رمال أخرى	رمال التعدين الغريني		
A	VSI 60	VSI 65		VSS 1
B et C et D	VSI 50	VSI 60		

II-2-1-5-1-2-2- Proprete Superficielle des Gravillons : نظافة سطح الحصى

الفصل الثاني : خصائص الركام و تأثيره على الخرسانة

وجود الشوائب على وجه الخصوص مصفوفة الطين أو الغبار المحيط بالحبوب المخروطة يهدد بخطر التصاق الكلي لمعجون و بالتالي انخفاض المقاومة . [3] .

تعرف نظافة السطح على أنها النسبة المئوية بالوزن للجزيئات التي يقل وزنها 0.5 مم ، ما إذا كانت هذه الجسيمات تختلط ببساطة أو تلتصق بسطح المجاميع التي تزيد عن 2 مم . [23] .

نسبة نظافة السطح (P) يجب أن تكون أي نسبة المواد المحظورة الطين التي تم التخلص منها أثناء الاختبار 1.5 % في حالة الحصى الذي لم يتم سحقه . أما القيمة 3 بالنسبة للحصى من الصخور الضخمة أو من استخراج الغرينية أو البحري لمؤشر التكسير $IC \geq 50$ إذا كان : $VB_F \leq 10$.

VB_F يعبر عن قيمة الأزرق على 0/0.125 (g/kg) .

(مؤشر التكسير «IC» هو النسبة المئوية للعناصر الأكبر إلى D للمجموع المطور الموجود في المادة الأصلية المعرضة للتكسير . [3])

II - 3- الخصائص الجوهرية : Caracteristiques D´Intrineaves

و ترتبط عموماً بنوعية الصخور المستغلة و هي الكثافة الحقيقية ، إمتصاص الماء ، لوس أنجلس ، هشاشة الرمال ، ... إلخ .

II - 3-1- الكتلة الحجمية : Masses Volumiques

II-3-1-1- الكتلة الحجمية الظاهرية : La Masse Volumiques Apparente

و هي الكتلة الكلية التي تشغل وحدة الحجم ، حيث تضمنت جميع الفراغات « الحجم الظاهري » . من المفيد معرفة الجرعة الحجمية للركام إنه يختلف حسب المحتوى المائي ، خاصة للرمال الوفيرة بالنسبة للركام الطيني حيث تتراوح الكثافة الظاهرية من 1.30 إلى 1.60 كغ/م³ . [17] .

من ناحية أخرى بالنسبة للركام المعدني الخفيف و غيرها من المواد المكسرة الخفيفة يتراوح من 900 إلى 1100 كغ/م³ بالنسبة لصنف الحصى 10/5 إلى 20/15 و 1100 إلى 1300 ، بالنسبة للرمال 0/5 . [34] .

II - 3-1-2- الكتلة الحجمية الحقيقية (المطلقة) : La Masse Volumiques Absolue

و هي للحبيبات من كتلته الجافة بحجم المادة الصلبة دون أي فراغ موجود في الحبوب . [20] .
يختلف نسبياً « الحجم المطلق » بالنسبة لمعظم المجاميع الطبيعية الشائعة المتوسط 2450 كغ/ 3²
إلى 2650 كغ/ م³ و يعد تصميمها ضروري لوزن كمية الركام . [17] .

II-3-2- المسامية : porosité

يسهم مسام الركام في المسامية الكلية للخرسانة ، لأنها تمثل حوالي ثلاثة أرباع حجم الفراغات
الخرسانة . [15] .

المسامية هي نسبة حجم الفراغات الموجودة في الحبوب و يمكن الوصول إليها من الماء إلى الحجم
الفعلي للعينة [25 ، 31] المسامية المفتوحة.

وفق المعيار الفرنسي [26 ، 32] [p18-557] يتم تحديد المسامية فقط لفئات الحبوب التي يزيد
حجمها عن 4 مم تحت هذا البعد تؤول المسامية نحو الصفر و تلعب دوراً أقل أهمية في مجمل
الحبيبات.

تبعاً لـ [22] [26] Remé Leage : فإن طريقة تحديد المسامية لا تكاد تنطبق على الرمال بسبب
الصعوبات التجريبية ، بالإضافة إلى ذلك فإن المسامية التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار في دراسات
صياغة الخرسانة ، منخفضة بشكل عام في حالة الرمال ، الخالة الخاصة الوحيدة هي حالة الرمال
الإجمالية الخفيفة و التي يجب أخذ مساميتها الكلية في الاعتبار.

II-3-3- امتصاص الماء : Absorbtion D' eau

يمكن أن تحتوي بعض المواد الحبيبية على المسامية الداخلية تضر بشكل خاص بمقاومة
الصقيع للخرسانة و بالفعل فإن وجود الماء في مسام الركام يجعل الأخير ينفجر و بالتالي يكون ملموساً
عندما يتعرض لدرجات حرارة منخفضة . [33] .

يعرف معامل امتصاص الماء بأنه نسبة الزيادة في (A) في كتلة العينة الناتجة عن
التشرب الجزئي ، باستخدام الكتلة الجافة للعينة لمدة 24 ساعة في الماء . [27] [33] بركات .
و الواقع أنه يسمح بقياس حجم المسام التي يمكن الوصول إليها بالمياه ، حيث كلما زادت قيمته
قلت متانة (ديمومة) الخرسانة في البيئة العدوانية . [3]

المعيار [21] [28] [XP-P18-540] يشير إلى القيم العليا المحددة لمعامل امتصاص الماء وفقاً لفئة الركام .

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

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

II-3-4- مقاومة التفتت : Résistance à La Fragmentation

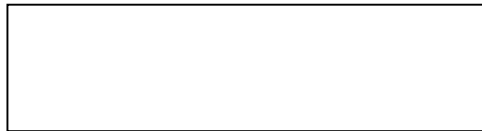
في الخرسانة و الطرق أيضاً يتعرض الركام لضغوط يمكن أن تتسبب في كسرها.

يتم قياس صلابتها ، نتيجة لمقاومتها للتجزؤ عن طريق اختبار لوس أنجلس [20] .

يقدر اختبار لوس أنجلس المقاومة للتجزؤ و التآكل بالاحتكاك المتبادل. يتم ممارستها على مواد من فئات تتراوح بين 4 و 50 مم ، من خلال إدخال حمل من الكرة المطابق للفئة الحبيبية المختارة للمادة قيد الاختبار بإخضاع 5 كغ من عينة الاختبار في آلة لوس أنجلس لصدمات الكرات عن طريق دوران الاسطوانة .

تمثل النسبة المئوية p للمارة على المنخل 1.6 مم ، الذي تم استرداده بعد ذلك : معامل لوس أنجلس

[22] .



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

* المعيار [21] [28] [XP-P18-540] يشير إلى القيم القصوى لمعامل لوس أنجلس « LA » وفقاً لفئة المجاميع.

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

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

II-3-5- هشاشة الرمل : FRIABILITÉ DESSABLES

يتم تقييم صفات الرمل عن طريق اختبار تفتيت الرمال و الذي يتكون من قياس مقاومة الرمال للتجزئة تحت تأثير الكرات الفولاذية في وجود الماء في اسطوانة دوارة .

تمثل النسبة المئوية لكمية العناصر التي تقل عن 0.1 مم المنتجة أثناء الاختبار « معامل تفتيت الرمل » هذا المعامل «FS» يكون أعلى كلما كان الرمل أكثر هشاشة .

المعيار [21] [28] [XP-P18-540] يشير إلى القيم القصوى لمعامل هشاشة الرمال «FS» للخرسانة الاسمنتية المخصصة للأرصفة .

جدول (II - 7) يوضح القيم العليا لمعامل الهشاشة للرمل «FS»

الفئة Catégorie	القيم العليا لمعامل الهشاشة % VSS
A	40
B	60

II-3-6- مقاومة الصقيع : RÉSISTANCE AU GEL

الحبيبية هي مسامية مما يجعلها عرضة للصقيع ، يعتبر الحصى غير متجمد إذا تم استيفاء قيمة واحدة على الأقل من القيم الثلاث المحددة أدناه .



و أن مجاميع الفئات A و B و C غير متجمدة [28] .

مواصفات الصقيع إلزامية فقط إذا كانت الخرسانة معرضة بالفعل للصقيع.

II-4 - تأثير الخصائص الحبيبية على الخرسانة : *influence des*

caractéristiques granulaires sur les bétons

II-4 -1 - حالة سطح الحبيبات : *État de surface des granulats*

الحالة السطحية للركام (الشكل و الخشونة و الزاوية و النظافة) لا تؤثر فقط على إلتصاق العجينة و المجاميع ، بل تؤثر أيضاً على قدرة و كفاءة استخدام الخرسانة ، أي يتم خلطها و نقلها و وضعها في مكانها . [21] .

II-4 -1 -1 - شكل و ملمس الركام : *forme et texture des granulats*

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

في الواقع يتطلب وضع الخرسانة زيادة في الماء لتزيت حبيبات الخليط لتحقيق قابلية التشغيل العادية وسيكون هذا الفائض من الماء أصغر حجماً حيث تكون الحبوب أكثر تقريباً .

يتطلب الشكل السيء (الإبر و الأطباق) كمية من الماء و يمكن أن يسبب عيوباً في المظهر .

[3] [28] .

تؤثر خشونة السطح الكلي على مقاومة الخرسانة ، يتميز الركام المسحوق بسطح خشن على شكل الزاوية . مما يضمن إلتصاق أفضل لمعجون الاسمنت - الركام و بالتالي مقاومة أفضل للخرسانة المنتجة . [31] .

II-4 -1 -2 - نظافة السطح : *propreté des granulats*

الفصل الثاني : خصائص الركام و تأثيره على الخرسانة

الركام المغلف بالشوائب مثل مصفوفة الطين أو مخاطر الغبار الناعم من ناحية ، مما يجعل وضع الخرسانة أكثر صعوبة من ناحية أخرى مما يؤثر على التصاقها معجون الاسمنت .

يقدم الجدول التالي التأثير النوعي لمعاملات حالة السطح على سهولة استخدام الخرسانة و معجون الالتصاق . [34] .

جدول (II - 8) يوضح التأثير النوعي لمعاملات حالة السطح

خاصية المجاميع	التطبيق (الانجاز)	الالتصاق
نظافة ضعيفة	غير مواتٍ	غير مواتٍ للغاية (جداً)
حبيبات ملفوفة (زاوية منخفضة أو معدومة)	مواتية	غير مواتٍ
حبيبات مكسرة (زاوية مرتفعة)	غير مواتية	مواتية
شكل سيء (المجاميع الملفوفة)	—	غير مواتية
شكل سيء (المجاميع المسحوقة)	غير مواتية	غير مواتٍ للغاية (جداً)
خشونة وجوه السطح	—	مواتية جداً

II-4-2- البعد الأقصى لـ « D » : DIMENSION MAXIMALE :

حماية الخرسانة تحصل على قدر كبير من مقاومتها من و بشكل خاص من الركام الخشن ، في الواقع يتأثر التصاق معجون الركام بالخصائص السطحية و إلى حد كبير بشكل الكتل الكبيرة و من هنا الحاجة إلى استخدام مجاميع عالية الجودة و الحد الأقصى للحجم يجب أن تظل متوافقة مع سهولة التنفيذ . [3] [15] .

بالإضافة إلى ذلك فإن البعد للركام محدود بعدة اعتبارات تتعلق بالهيكل الخراساني ، و هي سماكة الجزء و المسافة بين التعزيزات و كثافة التعزيز و تعقيد القوالب و إمكانية و فعالية اللقط أثناء التنفيذ و خطر الفصل .

تأثير الإزالة محدود باستخدام الركام الخشن ، الانكماش المقاس على الخرسانة أقل من المقاس على الملاط . [29] .

II- 4 - 3- الحبيبة : GRANULARITÉ

وفقاً لـ Dreux et Festa [6] ، فإن تأثير تكوين حجم الجسيمات على تكوين الخرسانة ضعيف نسبياً ، سواءً فيما يتعلق بنسب نسبي من G/S من الرمل و الحصى استمرارية أو انقطاع منحني حجم الحبوب .

في الواقع فإن تأثير نسبة G/S ضعيف (القيم الأكثر شيوعاً) $G/S \leq 2$ نسبياً .

بينما تزداد المقاومة بشكل ملحوظ للقيم الأعلى خاصة للخرسانة الثابتة ، و لكن G/S لأسباب قابلية التشغيل لا ينصح بتجاوز للخرسانة الشائعة G/S من 2 إلى 2.2 ما لم يتم اتخاذ احتياطات خاصة أثناء التثبيت .

الفصل الثاني : خصائص الركام و تأثيره على الخرسانة

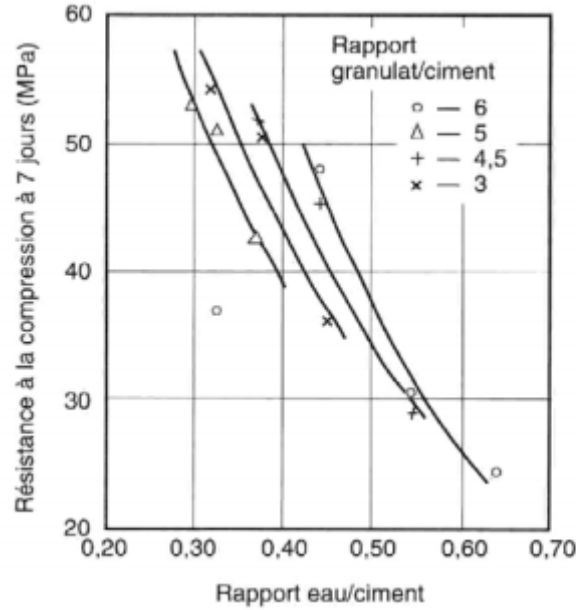
يلخص الجدول أدناه الصفات الرئيسية للخرسانة وفقاً لحبيبيتها المستمرة و المنقطعة

جدول (II-9) يوضح الصفات الرئيسية للخرسانة وفقاً لحبيبيتها

تقييمات ملموسة		الخصائص (المميزات)
مع دقة منقطعة مقارنة بتلك ذات الدقة المستمرة	عند ارتفاع G/S مقارنة بتلك المنخفضة في G/S	
أسوأ خاصة إذا كان $G/S > 2.2$	أسوأ خصوصاً لـ $G/S > 2.2$	التشغيلية
متفوقة قليلاً	الأفضل خاصة إذا كان $G/S \geq 2.2$	مقاومة الانضغاط
أقل بقليل	بدون ارتباط واضح	مقاومة الشد
أعلى بقليل	بدون ارتباط واضح باستثناء الوحدة الثابتة الأعلى قليلاً اعتماداً على G/S	وحدة المرونة
أعلى بقليل (مرتفعة قليلاً)	بدون ارتباط واضح للغاية	سرعة الصوت
أعلى بقليل	أعلى بقليل	مؤشر التصلب
أقل بشكل خاص إذا كان $G/S > 2.2$	بدون ارتباط واضح للغاية	الانكماش
أعلى بقليل	أعلى قليلاً إذا كان $G/S > 2.2$	الكثافة (الكثافة)

II-4-4 - معامل الركام إلى الاسمنت : RAPPORT GRANULAT – CIMENT

الزيادة في محتوى الاسمنت (نسبة G/C منخفضة تؤثر على مقاومة جميع أنواع الخرسانة المتوسطة أو العالية القوة قد تتجاوز 35 MPa تعتبر نسبة G/C عاملاً أقل أهمية من حيث المقاومة . و لكن بالنسبة لنسبة E/C الثابتة ، فقد ثبت أن الخرسانة ذات المحتوى الإسمنتي المنخفض أكثر مقاومة و الشكل أدناه يوضح ذلك .فإن التغيير الأكثر احتمالاً يأتي من حقيقة أن المحتوى المائي الكلي للخرسانة أقل في الخرسانة ذات نسبة منخفضة من الاسمنت عنه في الخرسانة ذات النسبة العالية .



II- 4 - 5 - مقاومة الحبيبات : RÉSISTANCE DES GRANULATS

لا تتأثر مقاومة الخرسانة بشكل كبير بمقاومة الركام كما أن الأخير أعلى من فئة المقاومة المخطط لها من قبل المشروع . إن استخدام ركام المقاومة المنخفضة ، أقل من فئة المقاومة اللازمة يمكن أن يقلل بشكل كبير من مقاومة الخرسانة و من هنا جاءت الحاجة إلى جرعة إسمنتية أعلى . [30] [34]

بالإضافة إلى ذلك ، فإن مقاومة الخرسانة (خاصة في الجر) هي وظيفة إلتصاق جيد إلى حد ما للعجينة - التجميع يمكن اعتبار هذه الجودة أكثر أهمية من قوة و صلابة الحصى نفسها على سبيل المثال حصى الحجر الجيري الذي يعطي قوة شد أعلى بكثير على الرغم من جودة صلابة الصوان أعلى بكثير من الجيري . [3 ، 6]

خلاصة

تعتمد متانة الخرسانة على مقاومتها ، و التي ترتبط بدورها بالجودة العامة للخرسانة و جودة كل مكوناتها.

و أخيراً من أجل أن يكون الركام مكوناً جيداً للخرسانة فمن الضروري أن يكون مناسباً من وجهة نظر علم الصخور .

أنه يلعب دور في تعبئة المنتج جيداً لهذا يجب أن تكون الخصائص الميكانيكية مناسبة لوجهة الخرسانة مما يعني مواصفات ملائمة بشكل جيد .

و قد تم تجميع مجموعة من خصائص المجاميع و تأثيرها على تكوين الخرسانة لذلك كان من الضروري التطرق إلى دور المجاميع في الهيكل العظمي الحبيبي و مما يجعل الجسم جزءاً لا يتجزأ من هذه الدراسة .

و يتم إجراء المرحلة الأولى من البحث للحصول على الصيغة التركيبية و التي تقوم على التعاقد أو التكامل الأفضل مع القدرة على التشغيلية الكافية . في هذه المرحلة فإن معظم الدراسات تحتوي التركيبات التي تم الحصول عليها على المكونات التالية :

إسمنت + ماء + رمل + حصى .

الجزء الثاني
الدراسة التجريبية

الفصل الثالث :

المواد المستعملة في التركيبة الخرسانية

مقدمة

يؤدي توصيف المواد المستخدمة في تكوين الخرسانة دوراً مهماً جداً في خصائصها و أدائها اللاحق. في الواقع تتأثر الخصائص الأساسية للخرسانة إلى حد كبير بخصائص مكوناتها . لذلك فإن الاستخدام الدقيق للمواد المستعملة في البناء يتطلب معرفة خصائصها المختلفة ، الفيزيائية و الكيميائية والمعدنية و الميكانيكية للسماح بالاختيار الذي يلبي وجهتهم .

كما يعتمد التحسين الأمثل للصيغة الملموسة على عدة معايير يجب أن تكون محل تسوية : الاتساق ، المقاومة ، المتانة ، و الاقتصاد . و ترتبط جودة الخرسانة أيضاً ارتباطاً وثيقاً بالجودة و الاختيار الحكيم للنسب الحميمة للمكونات (BARON 1997) .

مكونات مخاليط الخرسانة :

يتكون من الاسمنت ، الركام (الرمل و الحصى) ، و الماء و ربما الإضافات و نظراً للتنوع الكبير في المواد المتاحة لنا في السوق لذلك من الضروري تحديد المواد التي إعتدناها . كما يتم عرض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لمواد الدراسة هذه لتحليل نتائج الاختبار و تبريرها فيما بعد .
المواد المستعملة في عملنا هذا هي كما يلي :

III - 1 - الحصى : GRAVIER

لدينا نوعين من الحصى المستخدم هما : 8/3 و 15/8 المستخرجة من محجر عين التوتة باتنة

III - 1 - 1- الكتلة الحجمية الظاهرية : masse volumique apparent

و هي كتلة 1 م³ من الحصى المأخوذة في كومة ، تشمل على فراغات نفاذة و غير منفذة للجسيم و كذلك الفراغات بين الجسيمات . يتم تقديمه بواسطة الصيغة التالية : NF EN 933-2 1996,

2001 GOUASM

$$\rho_a = M_t / V_t$$

M_t : الكتلة الكلية للحصى

V_t : الحجم الكلي للحصى

III - 1 - 2 - الكتلة الحجمية المطلقة : masse volumique absolue

و هي كتلة 1 م³ من المادة بعد خصم جميع الفراغات بين الحبوب و الفراغات داخل الحبوب .

$$\rho_s = M_s / V_s$$

M_s : كتلة الحبوب الصلبة

V_s : حجم الحبوب الصلبة



صور (III - 1) تجربة الكتلة الحجمية المطلقة للحصى

الجدول (III - 1) يوضح الكتلة الحجمية الظاهرية و الكتلة الحجمية المطلقة للحصى

قسم الحصى	حصى 3/8 G1 كغ/م ³	حصى 8/15 G2 كغ/م ³
ρ_a	1470.25	1492.48
ρ_s	2638.42	2642.04

III - 1 - 3 - معامل امتصاص الماء : Coefficient D'absorption D'eau

معظم الركام المخزن في جو جاف لفترة معينة ، يمكن أن يمتص الماء لاحقا .

عموما معامل امتصاص الماء يعطى بالعلاقة التالية :

$$CA = (M_1 - M_2) / M_2 \times 100$$

M_1 : كتلة العينة و هي مشبعة

M_2 : كتلة العينة و هي جافة

النتائج المحصل عليها كالتالي :

CA : 0.540 : G1(3/8)

CA : 0.620 : G2(8/15)



صور (III - 2) تجربة امتصاص الماء للحصى

III - 1 - 4 - التركيبية الكيميائية للحصى : Analyse Chimique

جدول (III - 2) يوضح التركيبية الكيميائية للحصى بمخبر جامعة محمد خيضر بسكرة

Mgo	Na ₂ o	Cl	So ₃	K ₂ o	Ca o	Fe ₂ o ₃	Al ₂ o ₃	Sio ₂	المركبات
0	0	0.017	0.02	0.12	57.71	0.21	0.37	1.45	الحصى 8/3
0	0	0.017	0.02	0.12	57.68	0.23	0.35	1.44	الحصى 15/8

III - 1 - 5 - التحليل الحبيبي للحصى : Granulométrie De Gravier

جدول (III - 3) يوضح نتائج التحليل الحبيبي للحصى نوع: G 8/15

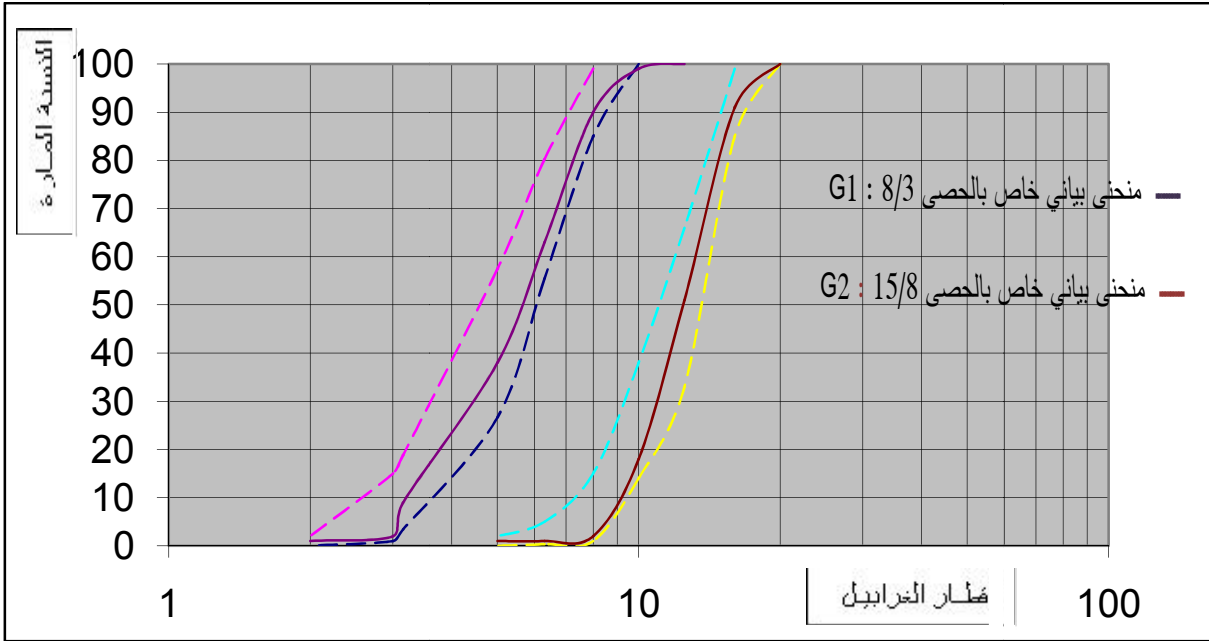
النسبة المارة	النسبة الباقية	الكمية المحجوزة الكلية $\sum mi$	الكمية المحجوزة mi	الغرابيل
00	00	00	00	20
97.869	2.131	63.95	63.95	16
78.962	21.38	631.15	567.20	12.5
49.28	50.72	1521.6	890.45	10
17.274	82.726	2481.80	960.20	8
7.494	92.506	2775.20	293.40	6.3
3.604	96.396	2891.90	116.70	5
2.662	97.338	2920.15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

جدول (III - 4) يوضح نتائج التحليل الحبيبي للحصى نوع : G 3/8

النسبة المارة	النسبة الباقية	الكمية المحجوزة الكلية $\sum m_i$	الكمية المحجوزة m_i	الغرابيل
00	00	00	00	12.5
99.732	0.268	5.36	6.10	10
90.575	9.425	188.50	226.10	08
53.334	46.666	933.33	809.64	6.3
29.134	70.866	1417.32	418.92	5
3.313	96.687	1933.74	465.75	2.5
2.021	97.979	1959.58	25.83	1.25
2.01	97.99	1959.80	0.22	0.63



صور (III - 3) تجربة التحليل الحبيبي للحصى



شكل (III - 1) يوضح نتائج تجربة التحليل الحبيبي للحصى 8/3 و 15/8

نلاحظ من خلال الرسم البياني أن المنحنى يوجد داخل المجال المحدد للنوعين من الحصى الشيء الذي يثبت إمكانية استخدام الحصى في الخرسانة .

III - 1 - 6 - تجربة لوس أنجلوس: Los Angeles

اختبار التآكل عن طريق التصادم الاختبار الأكثر استخداما في مواد اختبار الصلادة ، كما تحدد القيمة العظمى للركام المصمم لصنع الخرسانة.

$$LA = (M - M1/M) \times 100 \quad (10-14)$$

M1 : الكتلة المحصل عليها بعد وضعها في جهاز لوس أنجلوس

M : الكتلة المحددة لإجراء التجربة و المقدره بـ 5000 غ

$$LA G3/8 = (5000 - 3610.72/5000) \times 100$$

من خلال هذه النتائج نلاحظ أن الحصى مقاوم للصدم مما يضمن مقاومة جيدة عند استعماله في الخرسانة .



صور (III - 4) تجربة لوس أنجلس

III - 1 - 7 - معامل التسطیح : A_p Coeffitio D'aplatissement

$$AP = 348/1744.1 \times 100 = 19.95 \% \quad G1 : 8/3$$

$$AP = 368.9/2901.2 \times 100 = 12.71 \% \quad G2 : 15/8$$

من خلال نسبة معامل التسطیح المحصل عليها نلاحظ أن النسبة تنتمي للفئة A مما يدل على تماسك جيد للحبيبات فيما بينها .

III - 2 - الرمل : SABLE

الرمل هو مكون الهيكل العظمي الحبيبي الذي له الأثر الأكبر على الخرسانة و الملاط . يلعب دورا رئيسيا في الحد من اختلاف الحجم و الحرارة المتولدة و سعر تكلفة الخرسانة ، حيث يجب أن تكون نظيفة و لا تحتوي على عناصر ضارة ، لذا من المستحسن أن نكون حذرين من وجود الرمال الجرانيتية و الميكا في الرقائق و الطين و الكبريتات . و في حالة الرمل المسحوق الغبار و اللوحات و الإبر .

لاستخدام الرمل في الخرسانة و الملاط يجب إخضاع الرمل إلى الاختبارات المعملية ، أي تحليل حجم الجسيمات ، ما يعادل الرمل اختبار المثيلين الأزرق [3] المسيلة

الرمل المستخدم في هذه الدراسة هو رمل واد الرتم من منطقة واد ريغ بالمرارة دائرة جامعة ولاية الوادي.

III - 2 - 1 - الكتلة الحجمية الظاهرية : Masse Volumique Apparente

و هي الكتلة الكلية التي تشغل وحدة الحجم . و قد أعطت نتائج التجارب المجرات في المختبر

القيمة التالية : 1.49 كغ/م³ . و هي ضمن المجال المحدد مما يدل على أن الرمل قابل للاستخدام في الخرسانة.

III - 2 - 2 - الكتلة الحجمية المطلقة : Masse Volumique Absolue

و هي الكتلة للحبيبات من كتلته الجافة بحجم المادة الصلبة دون أي فراغ في الحبوب و قد أعطت نتائج التجارب المجرات القيمة التالية : 2.64 كغ/م³ . و هي ضمن المجال المحدد مما يدل على أن الرمل صالح للدراسة و قابل للاستخدام في الخرسانة.



صور (III - 5) تجربة الكتلة الحجمية المطلقة للرمل

جدول (III - 5) يوضح قيم الكتلة الحجمية الظاهرية و المطلقة

الكتلة الحجمية المطلقة كغ/م ³	الكتلة الحجمية الظاهرية كغ/م ³	
2.64	1.49	رمل واد الرتم

III - 2 - 3 - معامل امتصاص الماء : Coefficient D'absorption D'eau

و هو يمثل نسبة كتلة الماء التي تمتصها المادة المشبعة إلى كتلة العينة الجافة لهذا الاختبار ،
النتيجة التي تم الحصول عليها هي : $Ab = 0.171$

إذن $Ab < 2.5$ (NFP 18-555) الرمل الذي تم دراسته له معامل امتصاص مقبول .

III - 2 - 4 - الاختبار الكيميائي : Analyse Chimique

الجدول (III - 6) يوضح النسب المئوية للمكونات الكيميائية للرمل المدروس رمل واد الرتم

النسبة المئوية للمركبات %	So ₃	CaSO ₄ H ₂ O	CaCO ₃	Nacl	Insoluble
رمل واد الرتم	0.17	00	00	0.011	99.619

من خلال هذا الاختبار نلاحظ أن رمل واد الرتم لا يحتوي على العناصر الكبريتية و بالتالي لا
يمكن أن تتسبب في إلحاق الضرر على الخرسانة .

III - 2 - 5 - التحليل الحبيبي للرمل : Analyse Granulometrique

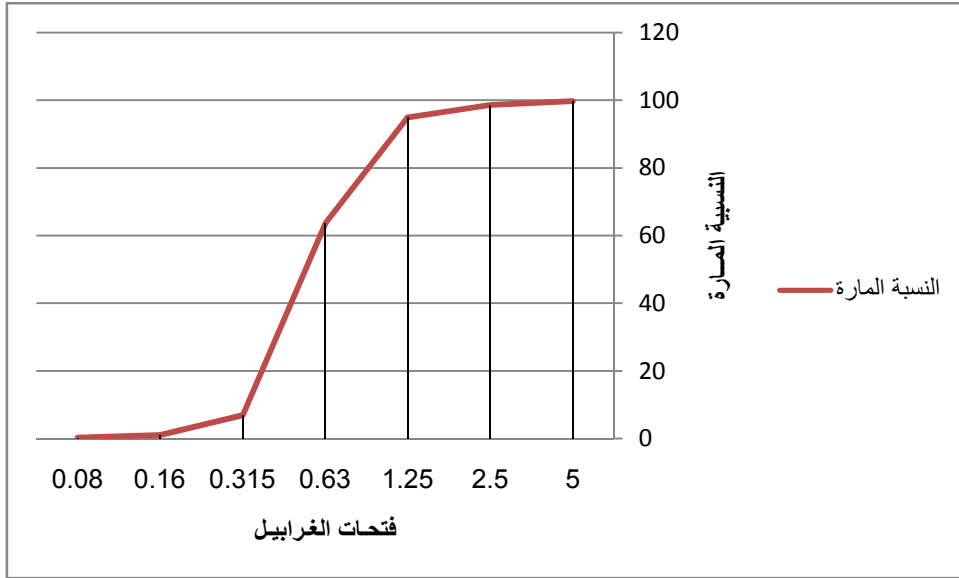
جدول (III - 7) يوضح نتائج تجربة التحليل الحبيبي للرمل

الغرابيل mm	الكمية المحجوزة g Mi	الكمية المحجوزة الكلية g $\sum m_i$	النسبة الباقية %	النسبة المارة %
6.3	00	00	00	00
5	5.15	5.15	0.3	99.70
2.5	21.64	26.79	1.45	98.55
1.25	62.55	89.34	5.10	94.90
0.63	331.65	420.99	36.45	63.15
0.315	1265.5	1685.49	93.1	6.90
0.16	192.86	1879.35	98.95	1.05

0.30	99.7	1942.15	62.80	0.08
------	------	---------	-------	------



صور (III - 6) التحليل للحبيبي للرمل



شكل (III - 2) منحنى يوضح النسبة المارة للرمل

يأتي الرمل المستخدم من منطقة واد ريغ مستخرج من واد الرتم (المرارة) .

يوضح التحليل الحبيبي للرمل أنه رمل متوسط مع قياس حبيبات منتشر و الذي يتناسب مع المجال المحدد ، و هو مقبول للخرسانة العادية . و هو فقير من العناصر الدقيقة و الخشنة .

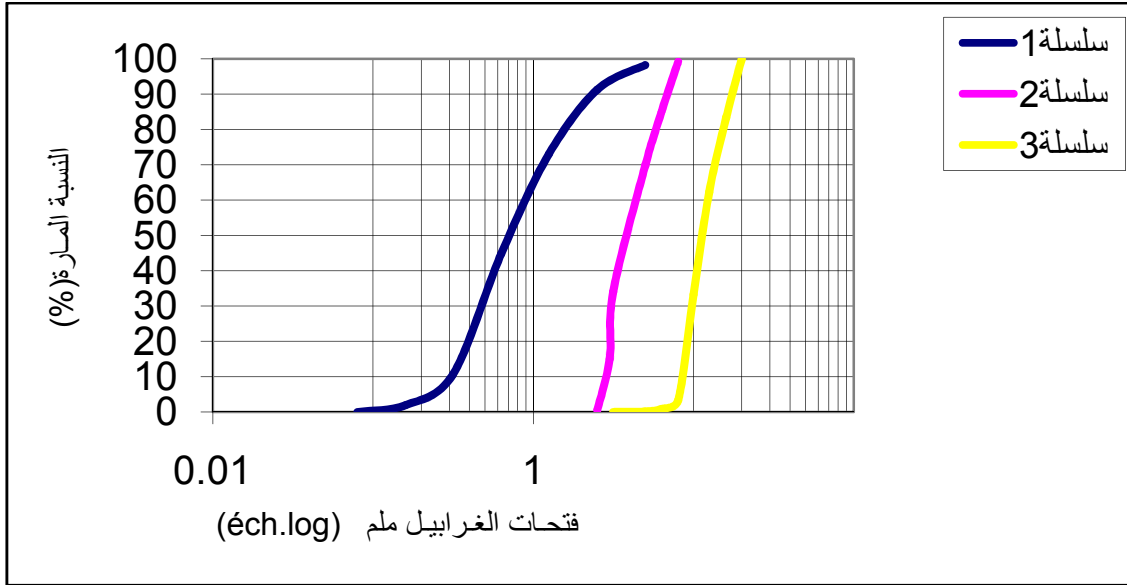
III - 2 - 6 - معامل النعومة : module de finesse (NF P 18-304 1990)

يمكن قياس معامل النعومة إلى حد ما للرمل عن طريق حساب معامل النعومة الذي يتوافق مع مجموع نسبة الرفض التراكمي .

النعومة تساوي $e \times 100 / 1$ من مجموع الرفض المعبر عنه في النسب على المناخل المختلفة للسلسلة التالية : (0.16-0.315-0.63-1.25-2.5-5 سم) .

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

نتيجة معامل النعومة كانت كالتالي : $Mf = 2.35$. مما يدل على أن الرمل صالح للاستخدام في الخرسانة العادية لأنه ضمن المجال (2.2-2.8) .



شكل (III - 3) منحني يوضح النسب المارة للركام

III - 2 - 7 - المكافئ الرملي : (NF P 18-598 1991) equivalent de sable

هذا الاختبار هو اختبار النظافة ، و تعبر قيمة ES عن نسبة المواد الناعمة أو الدقيقة في الرمل.

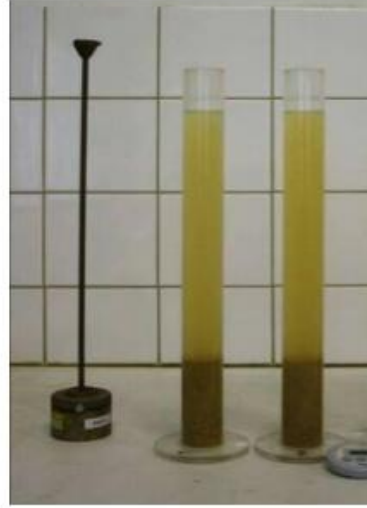
إن عدم وجود غرامات لا يجعل من الممكن الحصول على خرسانة مضغوطة ، فهي تزيد من الطلب على الماء ، و بالتالي فإن معامل $\frac{E}{C}$ قيمة مقاومة منخفضة .

يتكون هذا الاختبار من غمر وزن مقدار معين من الرمل (120 غ) في محلول تليد (تخثر). و بعد الرج يسمح للخليط بالاستقرار لمدة 20 دقيقة ، ثم يقاس الارتفاع في أنبوب اختبار قياسي للرواسب (H1) الرواسب مع الندف (H2) ، يعطى المكافئ الرملي بالعلاقة التالية : $ES = \frac{H1}{H2} \times 100$.

في اختبارنا هذا و جدنا قيمة : $ESV = 83.45$

$ESP = 78.82$

من خلال نتائج الاختبار نلاحظ أن الرمل نظيف ، يمكن استعماله في الخرسانة مما يمكن إعطائنا خرسانة ذات مقاومة عالية نسبيا .



صور (III - 7) تجربة المكافئ الرملي

III - 3 - الاسمنت : Ciment

الاسمنت عبارة عن رابط هيدروليكي ، أي مادة نقية غير عضوية ، ممزوجة مع الماء ، تشكل عجينة تضبط و تتصلب نتيجة تفاعلات عملية الترطيب و التي بعد التصلب تحتفظ بمقاومتها و استقرارها حتى تحت الماء .

الاسمنت المستعمل في الدراسة هو : CEM II / B-L 42.5 N لافاراج (عالية الأداء) من مصنع بسكرة حيث تقدر كتلته الحجمية المطلقة ب : 3.10 كغ/م^3 و الكتلة الحجمية الظاهرية ب : 1.25 كغ/م^3 .

III - 3 - 1- التركيبة الكيميائية للاسمنت المستعمل :

شكل (III - 8) جدول يوضح التركيبة الكيميائية للاسمنت المستعمل (NA 442)

النسبة المئوية %	التركيبة الكيميائية
22.33	SiO ₃
4.35	Al ₂ O ₃
3.30	Fe ₂ O ₃
58.00	CaO
1.9	MgO
-	K ₂ O
-	Na ₂ O
2.31	SO ₃
6.82	paF

III - 3 - 2- الخصائص الفيزيائية للاسمنت المستعمل :

جدول (III - 9) جدول يوضح الخصائص الفيزيائية للاسمنت المستعمل

الخصائص الفيزيائية	
زمن بداية الأخذ	2 سا و 30 د
زمن نهاية الأخذ	5 سا و 5 د
المساحة السطحية	3.1 غ/سم ³
SSB	4127 غ/سم ²
درجة حرارة التمييه	370 ج/غ
التوسيع	1 ملم

III - 3 - 3 - الخصائص الميكانيكية للاسمنت المستعمل :

* المقاومة للانحناء (MPa) :

شكل (III - 10) جدول يوضح قيم قوة الانحناء للاسمنت المستعمل

اليوم	2 يوم	7 أيام	28 يوم
المقاومة (MPa)	4.56	6.71	7.13

* المقاومة للانضغاط (MPa) :

شكل (III - 11) جدول يوضح قيم قوة الانضغاط للاسمنت المستعمل

اليوم	2 يوم	7 أيام	28 يوم
المقاومة (MPa)	21.40	37.40	45.90

III - 4 - ماء الخلط : Eau de Gachage

المياه المستخدمة هي مياه الصنوبر الصالحة للشرب و هي مناسبة لصنع الخرسانة

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

يمكن أن يكون للماء الرديء آثار ضارة على الخرسانة مثل الكرينة ، و تآكل التعزيزات ، و انخفاض المقاومة الميكانيكية ، و تسريع أو تباطؤ وقت الإعداد و ظهور بقع ضارة على سطح الخرسانة .

III - 5 - صياغة التركيبة الخرسانية : Composition Du Beton

تصميم الخلطات الخرسانية يعني تحديد القيم النسبية لمكوناتها بما يتفق مع المتطلبات المرغوبة لعمل معين و يكون ذلك باستخدام نسب ثبتت فاعليتها من الخبرة و قد تكون بطرق حسابية مبنية على أساس فني ، تتضمن خواص المواد المستخدمة و الخواص المطلوبة في الخرسانة المتصلدة (مثل

مقاومة الأحمال و مقاومة البري) و الاشرطاطات التي تتطلبها خطوات صياغة الخرسانة مثل السهولة المناسبة للصب و التسوية النهائية لسطح الخرسانة و ذلك مع مراعاة التكاليف الاقتصادية حسب نوع العمل الإنشائي المطلوب ، و هذه الطرق الحسابية تهدف إلى استخدام المواد الموجودة لنحصل منها على خرسانة ذات خواص مطلوبة في الحالتين الطازجة و الصلبة و ذلك بأقل التكاليف ، و يمكن اعتبار أن مقاومة الخرسانة للضغط تبين مدى جودة الخرسانة المتصلدة كما تعبر قيمة الهبوط عن مدى جودة الخرسانة الطازجة .

و يعتبر تحديد نسب الخلطة الخرسانية من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة و على اقتصاديات المشروع ، فمن الممكن الحصول على خرسانة متباينة في جودتها و ثمنها على الرغم أن جميعها تتكون من نفس المواد.

هناك عدة طرق تستعمل لتحديد تركيبة 1 م³ من الخرسانة نذكر منها : طريقة بلومي ، فوري ، فلات ، و طريقة ذرو، في مذكرتنا هذه إختارنا طريقة ذرو قوريس (DREUX GORISSE).

III - 5 - 1- عرض طريقة Dreux Gorisse :

• الهدف من الطريقة :

هو تحديد نسب العناصر المكونة للخرسانة من أجل تحضير خرسانة ذات مقاومة جيدة و تشغيل مقبول . و هاته المكونات هي : الاسمنت ، الماء ، الرمل ، الحصى.

• مبدأ الطريقة :

- يجب معرفة القطر الأعظمي D_{max} للركام
- تحديد المقاومة المعتدلة للخرسانة
- تحديد نسبة الاسمنت / الماء
- تحديد تركيز الاسمنت
- تحديد تركيز الركام
- تحديد تركيز الماء
- تحديد حجوم المواد

• طريقة العمل :

- حساب إجهاد الخرسانة :

$$f_{c28} = 35 \text{ MPa}$$

لدينا : $\sigma_{28} = 1.15 \times f_{c28}$

$$\sigma_{28} = 40.25 \text{ MPa}$$

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

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

لنأخذ قيمة σ الكبرى من أحد القيمتين التاليتين : (625 bar – 425 bar)

$$\frac{c}{E} = \frac{40.25 + 0.5 \times 0.4 \times 625}{0.4 \times 625}$$

$$\frac{c}{E} = 1.918$$

$$\frac{c}{E} = 1.92$$

$$E = \frac{1}{1.92}$$

$$E = 0.52$$

- تحديد تركيز الماء :

$$E = \frac{C}{C/E} = \frac{400}{1.92}$$

$$E = 208.33$$

- تحديد إحداثيات المنحنى المرجعي :

لدينا : D_{\max} القطر الأكبر للركام $D_{\max} = 16 \text{ mm}$

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

$$X = 8$$

$$Y = 50 \times \sqrt{D} + K_s$$

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

$$Y = 45.1$$

من خلال الإحداثيات تم تحديد نسب المواد المستعملة كالتالي :

الرمل : 28.5 % ، الحصى $8/3$: 14 % ، الحصى $15/8$: 57.5 % .

- تحديد الإحجام للمواد المستعملة :

• حجم الاسمنت :

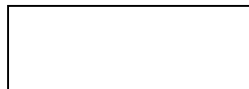
لدينا : $1 \text{ م}^3 = 1000 \text{ لتر}$

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

$$V_c = \frac{4.00}{3.1}$$

$$V_c = 129.03 \text{ litre}$$

الحصى مكسر (Gravier Concasse) و الرمل مدور (Sable Roule)



الحجم الكلي للمواد المستعملة :

$$V_{total} = 1000 \times 0.81$$

$$V_{total} = 810 \text{ litre}$$

• الحجم الكلي للركام :

$$V_{gt} = V_{total} - V_c = 810 - 129.03$$

$$V_{gt} = 680.97 \text{ litre}$$

• حجم الرمل :

$$V_s = V_{gt} \times 28.5\% = 680.97 \times 28.5 \%$$

$$V_s = 194.07 \text{ litre}$$

• حجم الحصى بنوعيه :

$$V_{g \ 3/8} = 95.335 \text{ litre}$$

$$V_{g \ 8/15} = V_{gt} \times 57.5 \% = 680.97 \times 57.5 \%$$

$$V_{g \ 8/15} = 391.557 \text{ litre}$$

لدينا :

$$\rho_s = 2.64 \text{ , } \rho_{g \ 3/8} = 2.62 \text{ , } \rho_{g \ 8/15} = 2.642$$

الكميات تكون كالتالي :

$$V_s \times \rho_s = 194.07 \times 2.64$$

$$S = 512.3448 \text{ kg}$$

$$V_{g_{3/8}} \times \rho_{g_{3/8}} = 95.335 \times 2.62$$

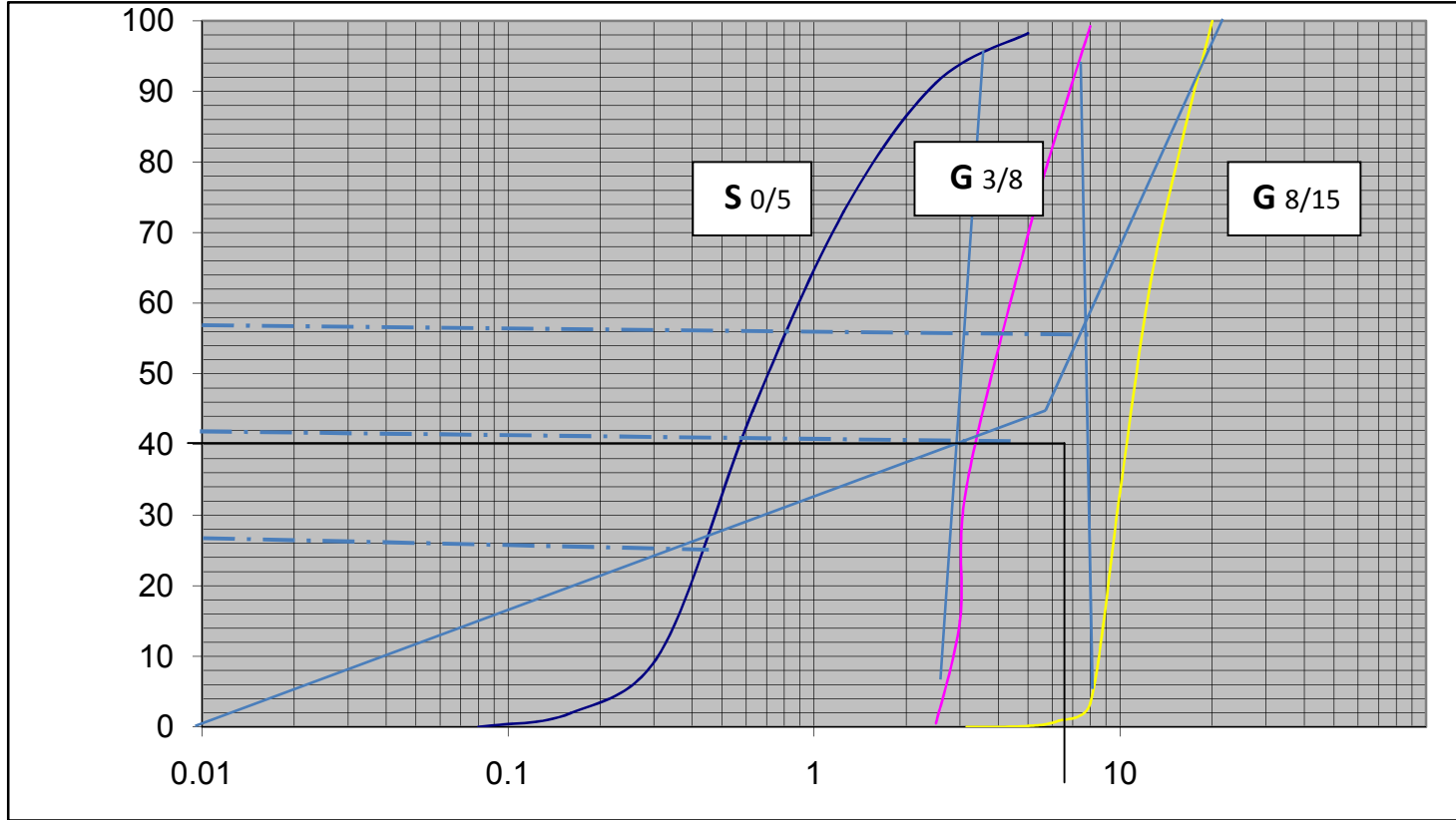
$$G_{3/8} = 249.77 \text{ kg}$$

$$V_{g_{8/15}} \times \rho_{g_{8/15}} = 391.557 \times 2.642$$

$$G_{8/15} = 1034.499 \text{ kg}$$

شكل (III - 12) جدول يلخص النتائج المحصل عليها

النسبة المئوية للمكونات	تركيبة الخرسانة
الرمل $S_{0/5}$ % 28.5	512.2448 كغ
الحصى $G_{3/8}$ % 14	249.77 كغ
الحصى $G_{8/15}$ % 57.5	1034.499 كغ
الاسمنت C	129.03 لتر
الماء E	208.33 لتر



شكل (III - 4) المحنى الذي يوضح تحديد نسب المواد المستعملة في الخرسانة

الفصل الرابع :

التجارب المجرات

مقدمة

لإنشاء المشاريع في الحالات الشائعة يتم تعريف الخرسانة بقيمة قوتها الانضغاطية خلال 28 يوما القيمة المميزة أو العمر المطلوب و كذا ديمومتها. تم اختيار هذا بشكل مسبق مع المشار إليه مع مراعاة الامكانيات المحلية .

في الجزائر تعتمد الوصول إليه غالبية الخرسانة الملموسة و المصممة للأعمال القياسية ، و خاصة في قطاع البناء على خليط ثلاثي (حصى 8/3 ، حصى 15/8 ، رمل 5/0) بما في ذلك المقاومة المميزة و المحددة (35 MPa) و جرعة الاسمنت 400 كغ/م³ ، و الهدف من هذا الفصل هو دراسة الخرسانة بشكل تجريبي .

سيتم مقارنة النتائج بالخرسانة العادية بدءاً من الخرسانة الأولية المعروفة تماما من وجهة نظر تكوينها و خصائصها الميكانيكية المسماة الخرسانة الشاهد .

شرعنا في تحديد ثلاثة أوساط من أجل عمر الخرسانة بداخلها .

IV-1-1- إجراءات التجارب :

IV-1-1-1- تجارب على الخرسانة الطازجة :

IV-1-1-1-1- تجربة مخروط أبرامس :

من المهم جدا معرفة خصائص الخرسانة في الحالة الطازجة قبل التثبيت و التصلب ، من بين هذه الخصائص الاتساق (القوام أو الهبوط) و الذي يمكن تعريفه على أنه سهولة تنفيذ الخرسانة . يعتمد اختبار توصيف الاتساق المستهدفة على سهولة التنفيذ في الموقع و في المختبر بالإضافة إلى موثوقيته .

إختبار مخروط أبرامس القياسي [NF P 18- 451] قيد الاستخدام حاليا في جميع أنحاء العالم يوفر قياسات موثوقة مع تغيير محدود اعتمادا على الهبوط الذي تم الحصول عليه فإن فئة القوام للخرسانة هي بلاستيك بناء على التجربة المجرأة .

• الهدف من التجربة :

يستخدم هذا الاختبار للتحقق من اتساق و استقامة الخرسانة ، و كذا تحديد نسبة الماء اللازم اضافته إلى الاسمنت .

• شرح التجربة :

- يتم أخذ العينة من الخرسانة الحديثة الخلط قبل الصب .

- تمزج العينة المراد اختبارها بشكل جيد لتصبح متجانسة قبل وضعها في المخروط .

- يجب التأكد من أن السطح الداخلي للمخروط نظيفا و خاليا من أي مواد عالقة ، و يفضل طلاؤه بطبقة من الزيت و يوضع على الصفيحة المعدنية و يثبت جيدا على السطح .

- يملأ المخروط بالخرسانة الطازجة على ثلاث طبقات و ترص كل طبقة جيدا باستخدام القضيب 25 دمكة لكل طبقة .

- بعد الانتهاء من الطبقة العلوية (النهائية) يسوى السطح العلوي للمخروط مع الطبقة النهائية ثم نقوم بتنظيف بقايا الخلطة التي تكون قد تسربت بين المخروط و القاعدة المعدنية التي يرتكز عليها .

- يتم رفع المخروط ببطء في الاتجاه الرأسي إلى الأعلى مما يؤدي إلى نزول أو هبوط الخرسانة .

- نقوم بقياس الهبوط بالمسطرة .

من خلال القياس المأخوذ للهبوط في تجربتنا هذه و الذي قدر بـ : 9 سم فإن الخرسانة تصنف خرسانة بلاستيكية (لدنة) .



صورة (1- IV) تجربة مخروط أبرامس

IV-1-1-2- تجربة طاولة الاهتزاز :

قبل تصلب الخرسانة توضع في قوالب ، لذا يجب أن تكون عملية الوضع هذه سهلة لربح الوقت و لتفادي التشوهات الناتجة عن عملية الصب التي يصعب علاجها لاحقا .

لذا فإن هذه التجربة تهدف إلى قياس مسافة التمدد للخرسانة أو الملائم ثم الاستدلال بهذه المسافة على نوعية الخرسانة أو الملائم و من ثم يتم الحكم على التشغيلية التي من خلالها يتم تحديد كمية الماء المناسبة للتشغيلية المقبولة الموصى بها حسب المعيار NF EN 12350 - 5 .

• الجهاز المستعمل :

و يسمى الجهاز بطاولة الاهتزاز Table A Chocs يتكون هذا الجهاز من :
- طاولة متحركة متكونة من جزئين : الجزء العلوي عبارة عن صفيحة حديدية بوزن 16 كغ توضع فوقها الخرسانة مثبتة من جهة واحدة بواسطة لولب تسمح لها بالحركة عموديا حول محور التثبيت .
أما الجزء السفلي عبارة عن قاعدة حديدية صلبة مثبت عليها الجزء العلوي .
- قمع حديدي سمكه أكبر من 1.5 مم بقياس :

- قطر القاعدة السفلية 200 مم .

- قطر القاعدة العلوية 130 مم .

- إرتفاع 200 مم .

• شرح التجربة :

- خلط الخرسانة طبقا للتركيبية المقترحة في الدراسة
- توضع الخرسانة داخل القمع على مرحلتين بحيث تدك الخرسانة 10 مرات في كل مرحلة .
- نقوم بمسح الطاولة جيدا من بقايا الخرسانة و نقوم بتسوية الخرسانة مع نهاية القمع .
- ننتظر مدة 30 ثانية ثم نقوم بنزع القمع عموديا و بحذر .
- نقوم بعملية هز الجزء المتحرك من الطاولة بإرتفاع 40 مم و نتركها تنزل على القاعدة 15 مرة بتردد 2 إلى 5 ثانية لكل ضربة .

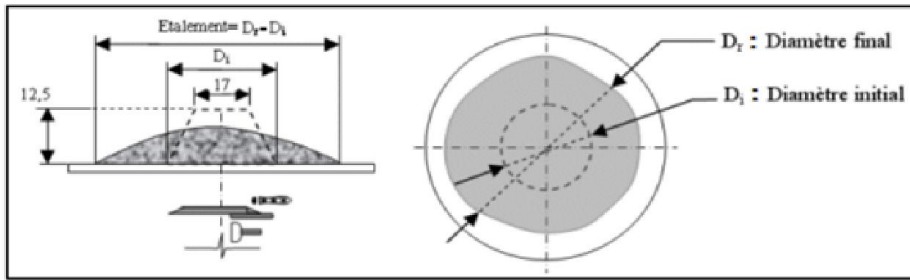
- نقيس قطر التمدد الكبير D_1 و القطر القطر العمودي عليه (التقاطع) D_2 .

- نقوم بقياس التمدد E حيث : $E = \frac{D_2 - D_1}{2}$

و قد أعطتنا نتائج التجربة النتيجة التالية :

$$E = \frac{987.28 - 200}{2}$$

$$E = 393.64$$



صورة (2- IV) تجربة طاولة الاهتزاز

3-1-1-IV- تجربة الكتلة الحجمية للخرسانة الطازجة :

تم تحديد كتلة الخرسانة الطازجة المصنعة وفقا للمعايير الأوروبية

(NF EN 12350-2.1999) . تم تحديد الحجم الإناء و المقدر بـ : 2000 لتر و وزنه

بـ : 2330 غ أثناء اختبارات الدراسة حيث تم وضع الخرسانة الطازجة في الإناء و مقاومة للماء ثم يوزن

الكل أي الكتلة حيث يتم إعطاء كثافة الخرسانة الطازجة بالصيغة التالية :

$$\rho = \frac{M2-M1}{V}$$

أعطت نتائج التجربة القيمة التالية :

$$\rho = \frac{7351.25 - 2330}{2}$$

$$\rho = 2510 \text{ kg/m}^3$$

IV-1-2 - تجارب على الخرسانة الصلبة :

IV-1-2-1 - كتلة الخرسانة الصلبة :

تحدد كتلة الخرسانة الصلبة وفقا للمعايير الأوروبية (NF EN 206 - 1 .2002) هي الخرسانة التي تكون كثافتها بعد التجفيف محصورة بين :

$$2000 \text{ كغ/م}^3 - 2600 \text{ كغ/م}^3 .$$

تم تحديد كتلة الخرسانة المتصلدة للخرسانة المصنعة في العمر 28 يوما على العينات المكعبة (10 × 10×10) بعد التجفيف فكان المتوسط لثلاث عينات كالتالي :

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

$$\rho = \frac{2676 + 2550 + 2575}{3}$$

$$\rho = 2600 \text{ Kg / m}^3$$

IV-2-2-1 - تجربة امتصاص الماء بالخاصية الشعرية:

• الهدف من التجربة :

هو تحديد مدى قدرة امتصاص الماء من طرف الخرسانة و ذلك بقياس كتلة الماء التي يتم

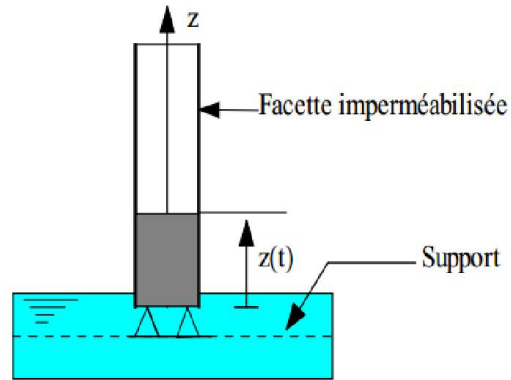
امتصاصها من الخرسانة .

• شرح التجربة :

التجربة التالية التي تم تنفيذها وفقا للتوصية (PSAC 1997) سوف نسلط الضوء على تطور امتصاص الماء بظاهرة الامتصاص الشعري من خلال المسامية و التي تحدد معامل امتصاص الماء للخرسانة بمعالجات مختلفة . تحتوي كل سلسلة على عينات مكعبة ($10 \times 10 \times 10$) سم .

يتم وضع وجه نهائي للعينة على اتصال مع ورقة من الماء بعمق 1 سم و تكون مرفوعة على مسندين يتم تقييم كمية الماء الممتص عن طريق قياس التباين في كتلة العينة . و الاحتياط الوحيد الذي يجب إتخاذة هو إزالة غشاء الماء المحتفظ به على الجانب السفلي من العينة قبل كل وزن .

يتم عزل الأسطح الجانبية للماء باستخدام شريط بلاستيكي لاصق يجبر الماء على اتباع مسار أحادي المحور و تجنب التبخر ، هذه الوجوه نفسها يتم تحديد كتلة الماء الممتصة من خلال الموازين المتتالية لقطع الاختبار .



صورة (IV - 3) تجربة امتصاص الماء

Essai Ultrasonique : تجربة سرعة الصوت : 3-2-1-IV

- هدف التجربة :

هذا الاختبار غير مدمر (غير متلف للخرسانة) و مهم للغاية يسمح لنا باكتشاف في نفس الوقت العديد من خصائص الخرسانة الصلبة مثل درجة الانضغاط ، و معدل التشقق ، و الضرر الناجم عن التجمد أو اختلاف درجة الحرارة ... إلخ .

• شرح التجربة :

يتكون هذا الاختبار من قياس السرعة الطولية للصوت في الخرسانة باستخدام جهاز يتكون من صندوق قياس و رأسين (باعث و مستقبل) .

اختبار الموجات فوق الصوتية يمكن قياسه بطريقتين هما : قياس السطح و قياس شفاف .

يعتبر هذا الأخير أفضل طريقة و تتكون من الضغط على جانبي قطعة الاختبار يتم تنظيفه جيدا.

بمجرد تشغيل الجهاز ، يمكن قراءة وقت الانتشار بالميكروثانية . ثم يتم إعطاء سرعة الانتشار

$$V = S/T$$

V : سرعة الانتشار بالمتري / ثانية .

S : المسافة بين الرؤوس بالمتري المقاسة بدقة 1 % .

الخرسانة العادية هي التي ما يقرب سرعتها من 4000 إلى 4800 م / ثانية . و تقدير معامل مرونة الهيكل القديم في الخدمة ، يتم طلب قياسات الموجات فوق الصوتية . تعتمد سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية في الخرسانة على معامل مرونة الخرسانة و على كثافتها . (MUNZER H , 1994)
لتحديد معامل المرونة بحسب سرعة الصوت و كثافته .



صورة (IV-4) تجربة سرعة الصوت

IV -1-2-4- تجربة ديمومة الخرسانة : Essai de Durabilite sur Le Beton

العملية التجريبية غالبا ما تستخدم اختبارات الشيوخة على الخرسانة بتركيزات عالية من حيث التي واجهتها في البيئات الطبيعية و كثيرا ما يؤدي هذا إلى التدهور .

تم تحضير عينات الاختبار المكعبة (10×10×10) سم ، طبقا للمواصفة و معايير المطابقة

(ENV 197-1) . حيث تم تعريض عينات الاختبار إلى أوساط عدوانية مختلفة و بتركيز متباينة . يتم تعريف وسط الغمر العدوانى على أنه غمر قطع الاختبار في الماء بتركيز مختلفة حسب نوع كل حمض ، حيث تم غمر العينات المختبرة في دراستنا هذه في أوساط عدوانية مختلفة و بتركيز متباينة كالتالي :

- عينات في وسط السلفات (H₂SO₄) بتركيز كالتالي : تركيز 1 % ، 3 % ، 7 % .

- عينات في حمض الهيدروكلوريك (HCl) بتركيز كالتالي : 1 % ، 3 % ، 7 % .

- عينات تغمر في الماء العذب كعنصر تحكم و مقارنة أي عينات شاهدة . بعد غمر عينات الاختبار نقوم بتجديد المنتجات الأوساط العدوانية كل 15 يوما .

يتم تقييم المقاومة للعينات بعد مرور الأيام التالية : 7 أيام ، 14 يوما ، 28 يوما ، 60 يوما ، 90 يوما الناتجة عن الهجوم الكيميائي لقطع الاختبار المغمورة في الحمض وفقا للمعيار ASTM C 267 - 96 .

يتم تقييم درجة الهجوم من خلال صيغة خسارة الكتلة كالتالي :

$$\text{خسارة الكتلة} = \frac{M1-M2}{M1} \times 100 .$$

M1 : الكتلة قبل الغمر .

M2 : الكتلة بعد الغمر .

يتم تنظيف قطع الاختبار بالماء العذب لإزالة الملاط المنعرج ثم تترك لتجف لمدة 30 دقيقة ، ثم نقوم بوزنها بميزان دقيق .



تحضير العينات



عينات في محلول H_2SO_4 بتركيز 3%



عينات في محلول H_2SO_4 بتركيز 7%



عينات في محلول H_2SO_4 بتركيز 1%

صورة (IV - 5) العينات في وسط عدواني بتركيز مختلف من حمض H_2SO_4



عينات في محلول HCL بتركيز 3%

عينات في محلول HCL بتركيز 7%



عينات في محلول حمض HCL بتركيز 1%

صورة (IV-6) العينات في وسط عدواني بتركيز مختلفة من حمض HCL

الفصل الخامس :

النتائج و مناقشتها

مقدمة :

يعرض هذا الفصل جميع النتائج التجريبية لسوك الخرسانة في الحالتين : الطازجة و الصلبة للمخاليط المنتجة في المختبر و المتعلقة بالخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للخرسانة المنتجة . و من بين هذه الخصائص الهامة اخترنا تحديد قوة الانضغاط عند الأيام (7 ، 14 ، 28 ، 60 ، 90) و امتصاص الماء بالخاصية الشعرية و كذا المتانة أو الديمومة و ضياع الكتلة .

يتم تصنيف الخرسانة وفقا لقوتها و غالبا ما يتأثر هذا الأخير بعدة عوامل من بينها :

-نسبة E/C .

- طبيعة الاسمنت .

- نسبة الركام .

- شروط التخزين .

يتم قياس المقاومة عن طريق اختبار الضغط .

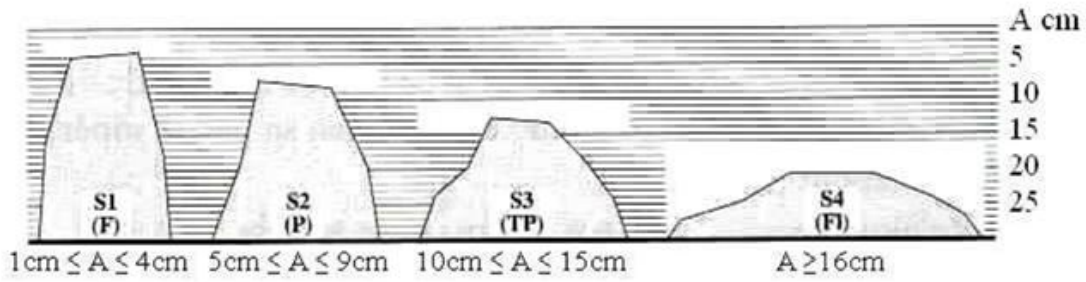
كجزء من عملنا هذا قمنا بدراسة تأثير مختلف تراكيز الأوساط العدوانية على سلوك الخرسانة (مقاومة الضغط ، الموجات الفوق صوتية ، المتانة أو الديمومة ، الامتصاص) .

V - نتائج الاختبارات :

V - 1 - في الحالة الطازجة :

V - 1 - 1 - نتائج تجربة مخروط أبرامس :

من خلال القياس المأخوذ للهبوط في تجربتنا هذه و الذي قدر بـ : 9 سم فإن الخرسانة تصنف خرسانة بلاستيكية (لدنة) و ذلك حسب المجال المحدد في المعايير و هو من 4 سم إلى 9 سم.



V - 1 - 2 - نتائج تجربة طاولة الاهتزاز :

و قد أعطتنا نتائج التجربة النتيجة التالية

$$E = \frac{987.28 - 200}{2}$$

$$E = 393.64$$

من خلال هذه النتيجة نستطيع القول بأن الخرسانة من النوع اللدن (بلاستيكية) حسب الجال المذكور في المعايير 350 إلى 410.

V - 1 - 3 - نتائج تجربة الكتلة الحجمية للخرسانة:

أعطت نتائج التجربة القيمة التالية :

$$f = \frac{7351.25 - 2330}{2000}$$

$$f = 2510 \text{ kg/m}^3$$

محتوى الماء يساوي كمية الماء المتبخر على كتلة الخرسانة .

$$f = \frac{2689-2600}{2689}$$

$$= 0.033$$

بعد الحصول على النتيجة نلاحظ أن الخرسانة ذات تراص و تماسك جيد مما يعبر على قوة الخرسانة .

من خلال النتيجة المتحصل عليها نلاحظ أن الكتلة الحجمية المحصل عليها هي نتيجة ضمن المجال المحدد وفق المعايير الأوروبية حيث خدد المجال من 2000 كغ/م³ إلى 2600 كغ/م³ .

V - 2 - في الحالة الصلبة :

V - 2 - 1 - نتائج تجربة كتلة الخرسانة الصلبة :

تم تحديد كتلة الخرسانة المتصلدة للخرسانة المصنعة في العمر 28 يوما على العينات المكعبة (10 × 10×10) بعد التجفيف فكان المتوسط لثلاث عينات كالتالي :

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

$$f = \frac{2676+2550+2575}{3}$$

$$f = 2600 \text{ Kg / m}^3$$

V - 2 - 2 - نتائج تجربة امتصاص الماء بالخاصية الشعرية :

V - 2 - 2 - 1 - العينات التي غمرت في الماء العذب بعد 28 يوما :

بعد القيام بتجربة الامتصاص للعينات المغمورة في الماء العذب تحصلنا على النتائج الموضحة في

الجدول أدناه :

جدول (1 -V) يوضح امتصاص الماء للعينات المغمورة في الماء العذب بعد 28 يوما

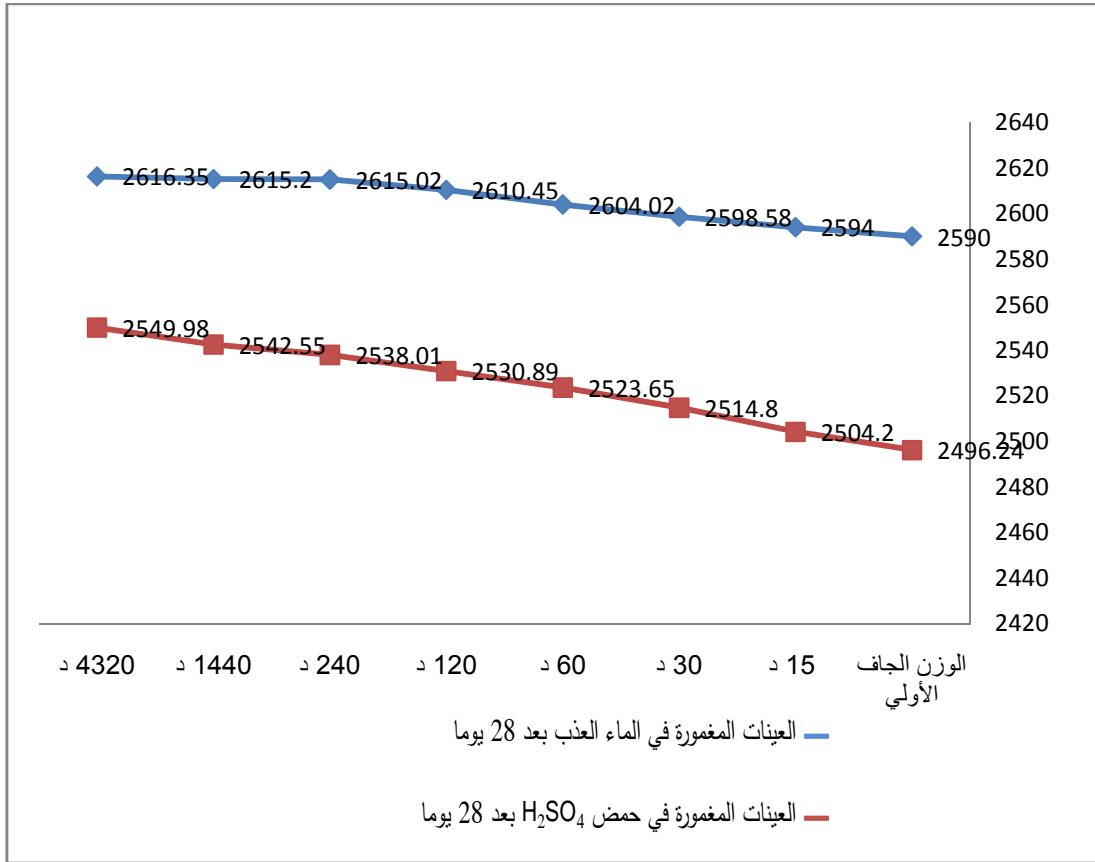
الزمن بالدقائق	الوزن الجاف	15 د	30 د	60 د	120 د	240 د	1440 د	4320 د
الوزن بالغرام	2590	2594	2598.58	2604.02	2610.45	2615.08	2616.2	2616.35

V - 2 - 1 - العينات التي غمرت في حمض السلفات بتركيز 7 % بعد 28 يوما :

بعد القيام بتجربة الامتصاص للعينات المغمورة في حمض السلفات بتركيز 7% تحصلنا على النتائج
الموضحة في الجدول أدناه :

جدول (2 -V) يوضح امتصاص الماء للعينات المغمورة في حمض السلفات بعد 28 يوما

الزمن بالدقائق	الوزن الجاف	15 د	30 د	60 د	120 د	240 د	1440 د	4320 د
الوزن بالغرام	2496.24	2504.20	2514.80	2523.65	2530.89	2538.01	2542.55	2549.98



الشكل (V - 1) يوضح تقييم الامتصاص الأولي للخرسانة قبل و بعد هجوم الحمض

مناقشة النتائج :

الشكل يوضح الاختلاف النسبي للإمتصاص الأولي للخرسانة المغمورة في وسط حمضي محلول حمض السلفات (H₂SO₄) و خرسانة مغمورة في الماء العذب ، حيث نلاحظ أن عملية الامتصاص تكون أسرع في الساعة الأولى بالنسبة للماء العذب ثم تميل إلى الثبات مما يدل على أن هذا المعامل مؤشر جيد على متانة الخرسانة .

كما تجعل هذه النتائج إمكانية إثبات تأثير الحمض على الخرسانة و ذلك بزيادة المسامية بعد الهجوم بسبب التحلل الناتج عن التفاعل الكيميائي للهيدرات مع حمض السلفات الذي ينتج عنه شقوق .

هذا يعني أن خصائص نقل العوامل العدوانية تعتمد إلى حد كبير على المسامية كما يمكن أن تكون عنصرا يجب مراعاته في التنبؤ بالمتانة .

Resultas D essai Ultrasonique : نتائج تجربة سرعة الصوت : 3 - 2 - V

1 - 3 - 2 - V - العينات المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 7 % :

بعد قيامنا بقياس سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض H_2SO_4 في الماء العذب تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (3 -V) يوضح سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض السلفات بتركيز 7%

الأيام	7	14	28	60	90
السرعة م / ثا	3825.00	4215.00	4652.00	4437.00	4128.00

2 - V - 2 - 3 - العينات المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 3 % :

بعد قيامنا بقياس سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض H_2SO_4 في الماء العذب تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (4 -V) يوضح سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض السلفات بتركيز 3%

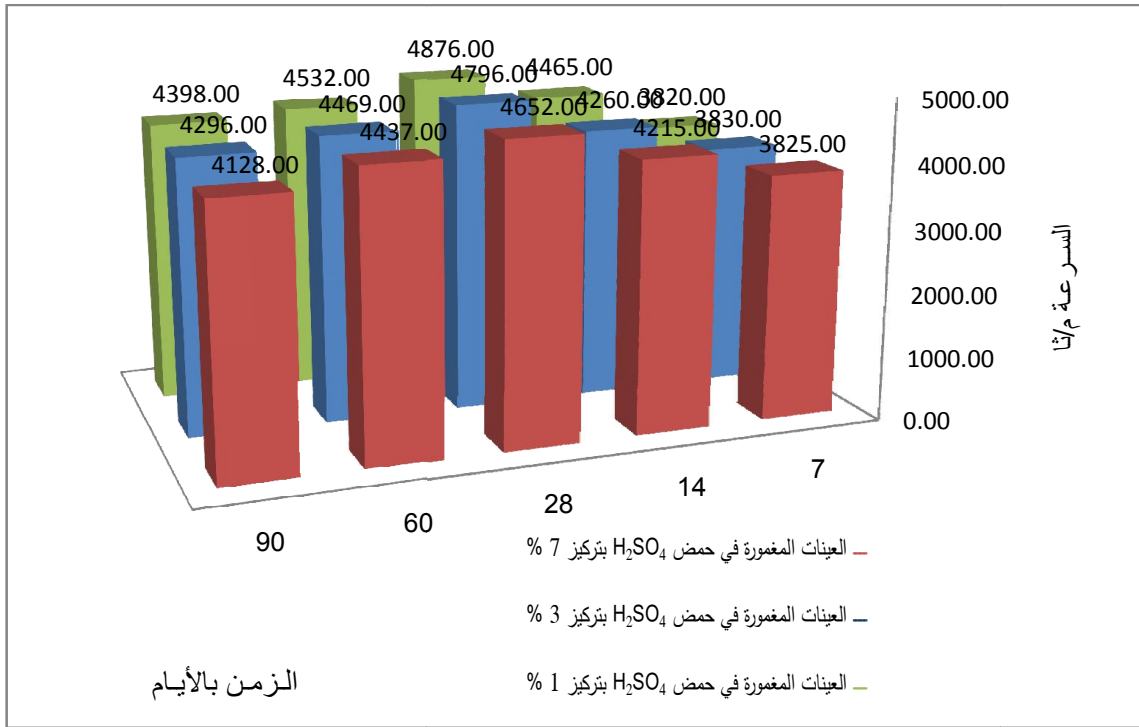
الأيام	7	14	28	60	90
السرعة م / ثا	3830.00	4260.00	4796.00	4469.00	4296.00

2 - V - 3 - 3 - العينات المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 1 % :

بعد قيامنا بقياس سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض H_2SO_4 في الماء العذب تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (5 -V) يوضح سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض السلفات بتركيز 1%

الأيام	7	14	28	60	90
السرعة م / ثا	3820.00	4465.00	4876.00	4532.00	4398.00



الشكل (2-V) يوضح تباين انتشار سرعة الصوت للخرسانة في مختلف تراكيز حمض H₂SO₄

2 - 3 - 4 - العينات المغمورة في حمض HCL بتركيز 7 % :

بعد قيامنا بقياس سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض HCL في الماء العذب تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (6 - V) يوضح سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض الهيدروكلوريك بتركيز 7%

الأيام	7	14	28	60	90
السرعة م / ثا	3395.00	3857.00	4215.00	4012.00	3897.00

2 - 3 - 5 - العينات المغمورة في حمض HCL بتركيز 3 % :

بعد قيامنا بقياس سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض HCL في الماء العذب تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (7 - V) يوضح سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض الهيدروكلوريك بتركيز 3%

الأيام	7	14	28	60	90
السرعة م / ثا	3830.00	4123.00	4324.00	4185.00	4021.00

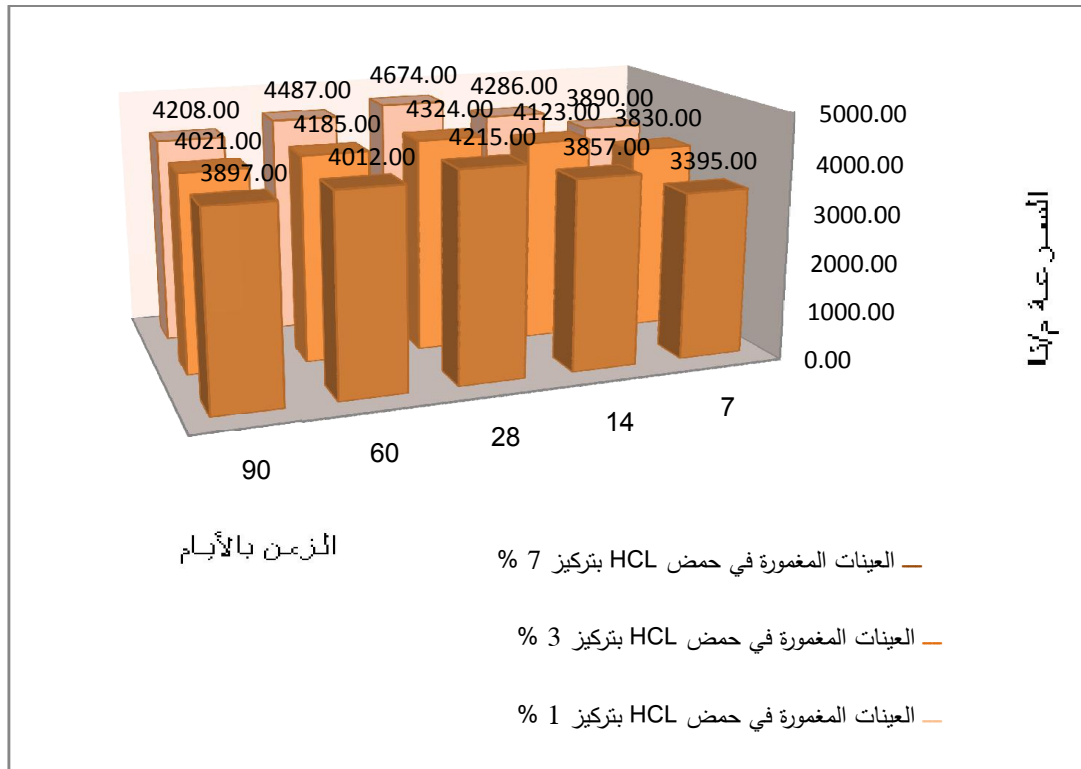
2 - 3 - 6 - العينات المغمورة في حمض HCL بتركيز 1 % :

بعد قيامنا بقياس سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض HCL في الماء العذب تحصلنا على النتائج

المدونة في الجدول أدناه :

جدول (V-8) يوضح سرعة الصوت للعينات المغمورة في حمض الهيدروكلوريك بتركيز 1%

الأيام	7	14	28	60	90
السرعة م / ثا	3890.00	4286.00	4674.00	4487.00	4208.00

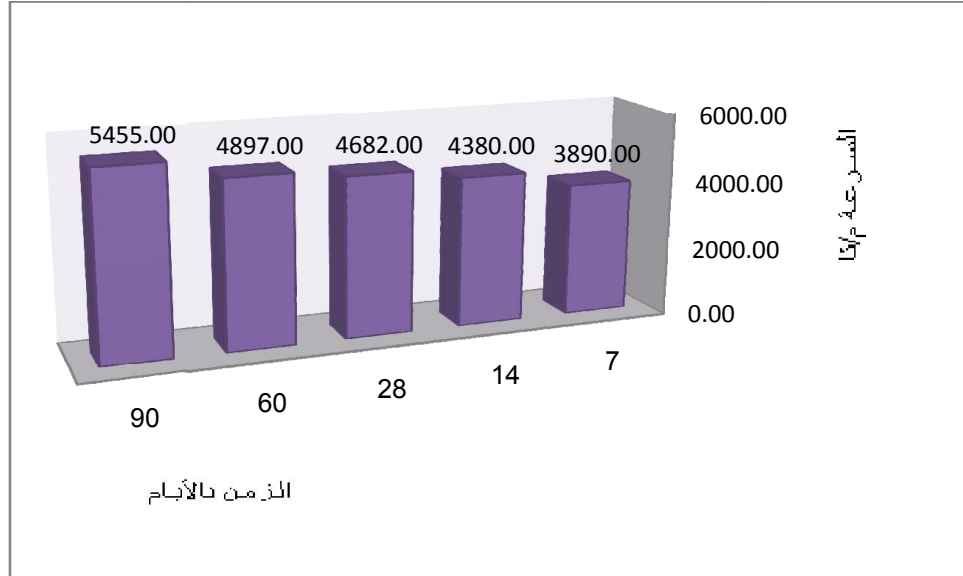


الشكل (V-3) يوضح تباين انتشار سرعة الصوت للخرسانة في مختلف تراكيز حمض HCL

V-2 - 3 - 7 - العينات المغمورة في الماء العذب :

جدول (V-9) يوضح سرعة الصوت للعينات المغمورة في الماء العذب

الأيام	7	14	28	60	90
السرعة م / ثا	3890.00	4380.00	4682.00	4897.00	5455.00



الشكل (V-4) يوضح تباين انتشار سرعة الصوت للخرسانة في الماء العذب

مناقشة النتائج :

من خلال المنحنيات نلاحظ تطور سرعة إنتشار الموجات فوق الصوتية في الخرسانة المعالجة بالتركيز المختلفة للأحماض H_2SO_4 و HCl مقارنة مع الخرسانة المغمورة في الماء العذب حيث يتم في هذه الأخيرة تباطؤ هذه السرعة بزيادة مدة تصلب الخرسانة في حين نلاحظ أيضا التباين بين حمضي H_2SO_4 و HCl من حيث قوة الحموضة أي أنه عندما يكون الحمض ثنائي التركيز يكون تأثيره أكبر و أوضح .

حيث يعطي توصيف الخرسانة بالموجات فوق الصوتية فكرة عن تجانس و تماسك الهيكل الداخلي للخرسانة و يوضح تأثير وجود الطبقات الحبيبية للركام ($8/3$ و $15/8$) على المقاومة الميكانيكية . مما يعطي مقاومة عالية للخرسانة .

Resultas Des Essays De Compression : نتائج تجربة الانضغاط : 4 - 2 - V

1 - 4 - 2 - V - العينات الشاهدة المغمورة في الماء العذب :

بعد قيامنا بتحطيم العينات المغمورة في الماء العذب تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (10 - V) يوضح قوة الانضغاط للخرسانة الشاهد في مختلف الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
القوة MPa	20.90	30.355	38.82	39.67	42.45

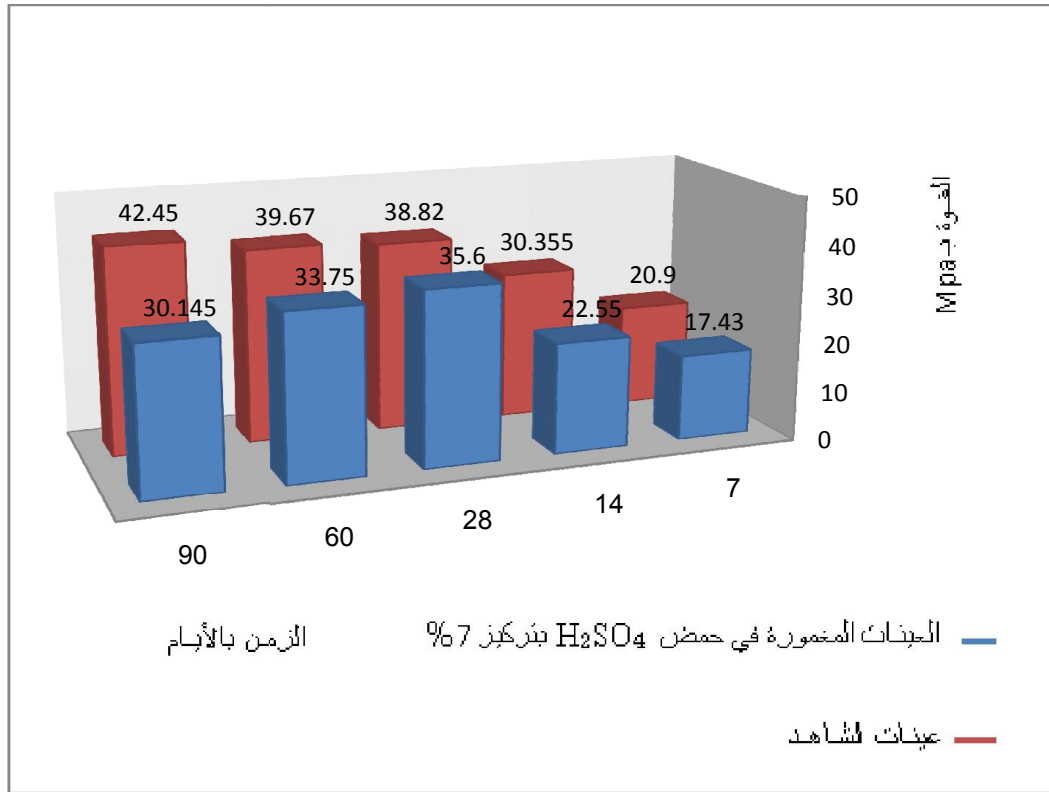
2 - 4 - 2 - V - العينات المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 7 % :

بعد قيامنا بتحطيم العينات المغمورة في حمض H_2SO_4 تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (11 - V) يوضح قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 7 % في مختلف

الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
القوة MPa	17.43	22.55	35.60	33.75	30.145



الشكل (5-V) يوضح تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد

هجوم الحمض H₂SO₄ بتركيز 7 %

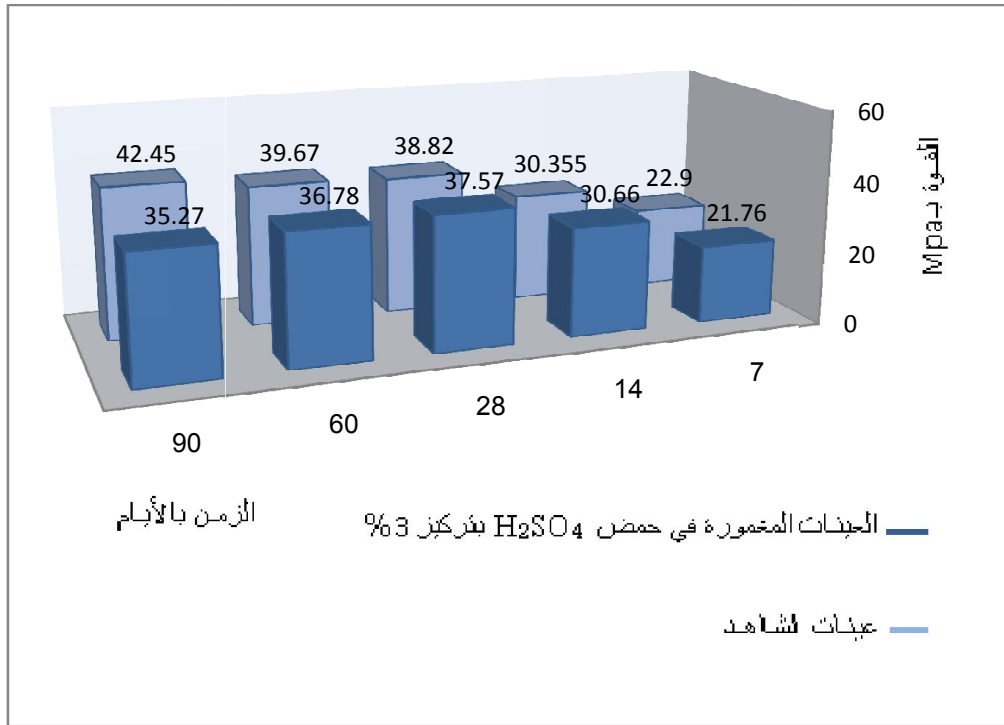
V - 2 - 3 - 4 - العينات المغمورة في حمض H₂SO₄ بتركيز 3 % :

بعد قيامنا بتحطيم العينات المغمورة في حمض H₂SO₄ تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (V - 12) يوضح قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض H₂SO₄ بتركيز 3 % في مختلف

الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
القوة MPa	21.76	30.66	37.57	36.78	35.27



الشكل (6-V) يوضح تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد

هجوم الحمض H₂SO₄ بتركيز 3 %

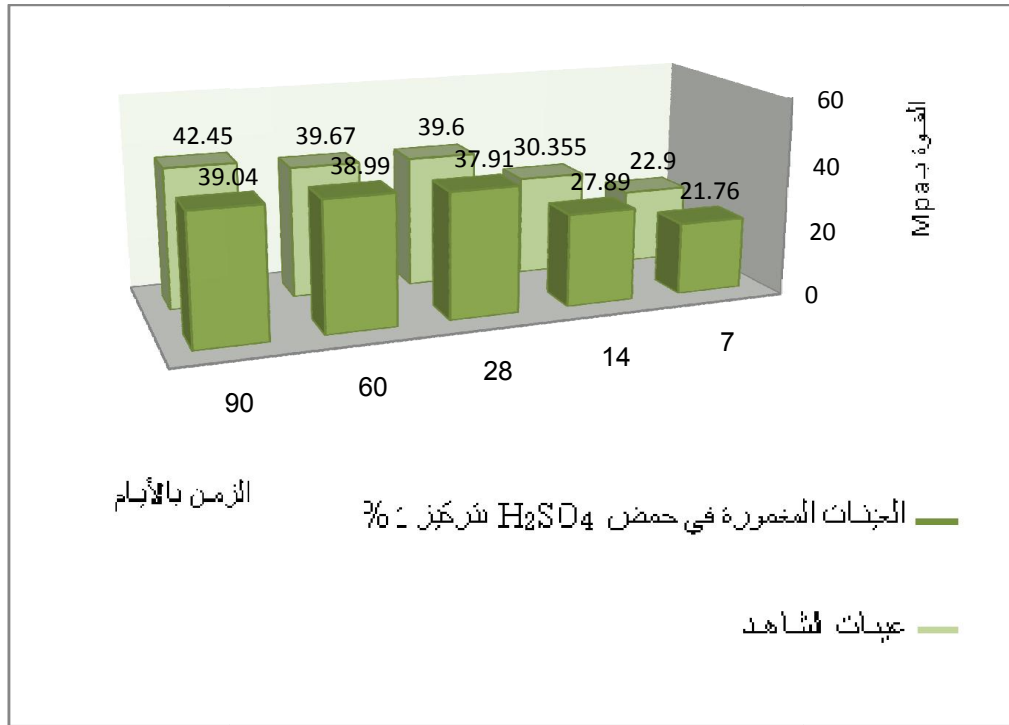
4 - 4 - 2 - V - العينات المغمورة في حمض H₂SO₄ بتركيز 1 % :

بعد قيامنا بتحطيم العينات المغمورة في حمض H₂SO₄ تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (13 -V) يوضح قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض H₂SO₄ بتركيز 1 % في مختلف

الأعمار

90	60	28	14	7	الأيام
39.04	38.99	37.91	27.89	21.76	القوة MPa



الشكل (7-V) يوضح تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد

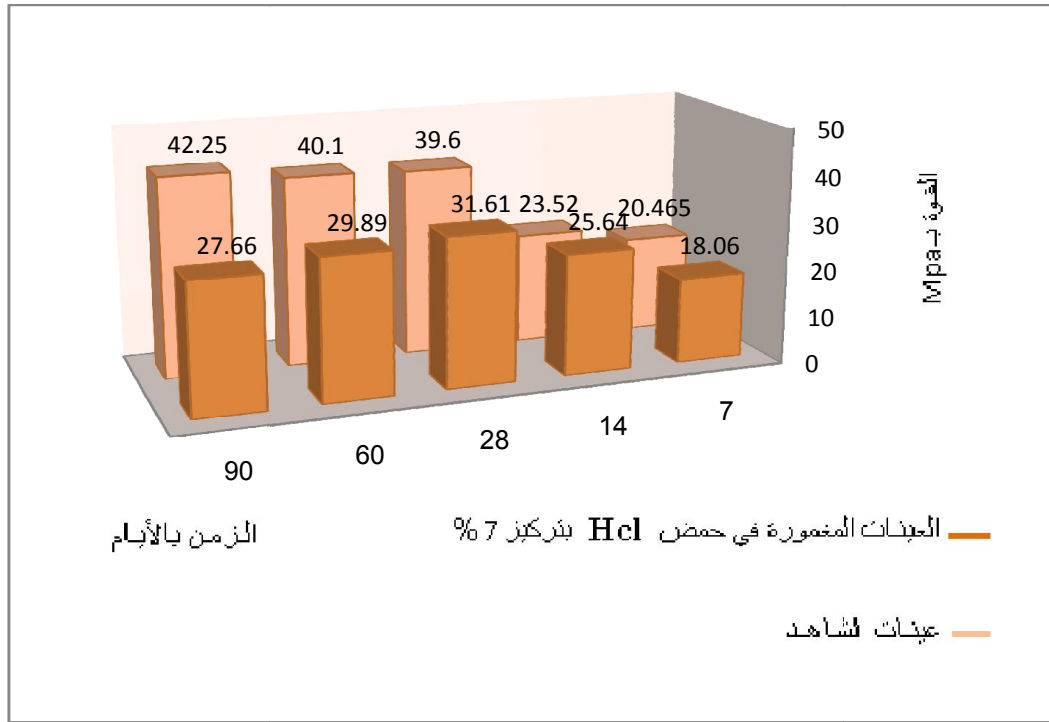
هجوم الحمض H₂SO₄ بتركيز 1 %

5 - 4 - 2 - V - العينات المغمورة في حمض Hcl بتركيز 7 % :

بعد قيامنا بتحطيم العينات المغمورة في حمض Hcl تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (14 - V) يوضح قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 7 % في مختلف الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
القوة MPa	18.06	25.64	31.61	29.89	27.66



الشكل (8-V) يوضح تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد

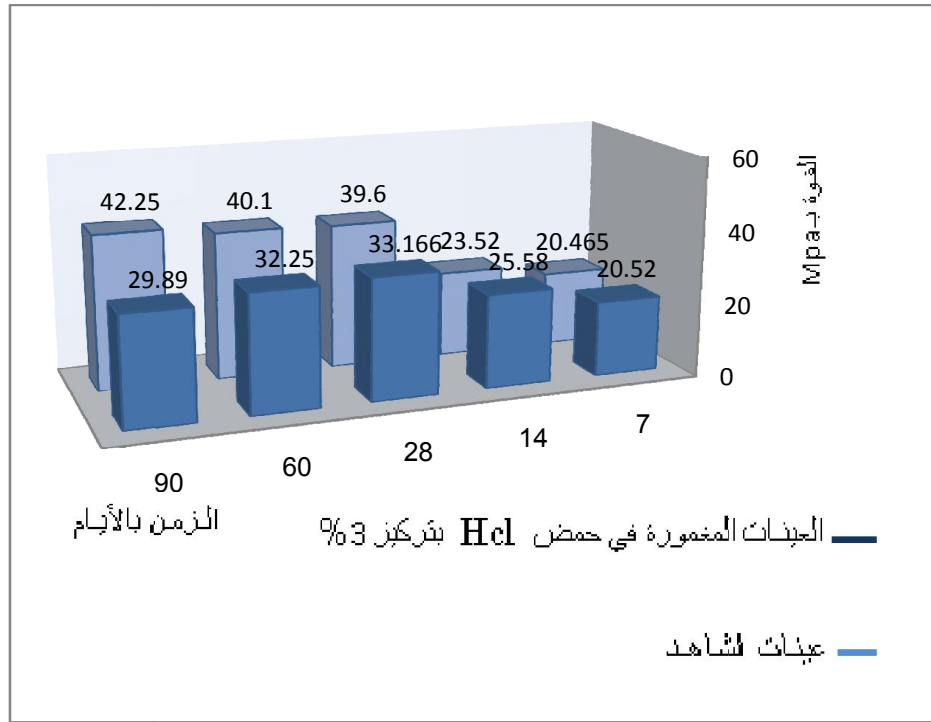
هجوم الحمض Hcl بتركيز 7 %

6 - 4 - 2 - V - العينات المغمورة في حمض Hcl بتركيز 3 % :

بعد قيامنا بتحطيم العينات المغمورة في حمض Hcl تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (15 -V) يوضح قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 3 % في مختلف الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
القوة MPa	20.52	25.58	33.166	32.25	29.89



الشكل (9-V) يوضح تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد

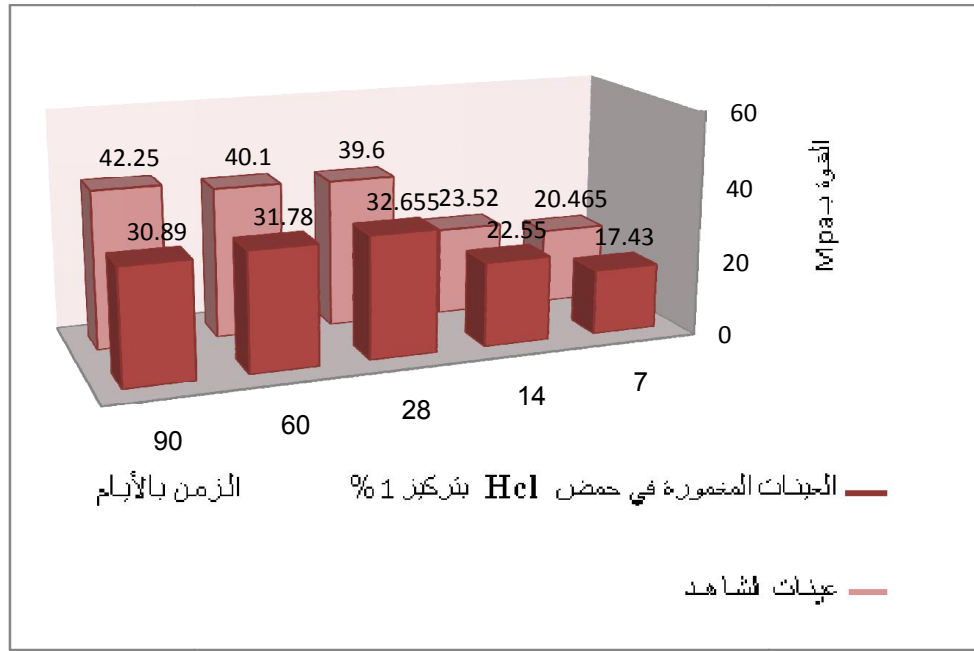
هجوم الحمض Hcl بتركيز 3 %

6 - 4 - 2 - V - العينات المغمورة في حمض Hcl بتركيز 1 % :

بعد قيامنا بتحطيم العينات المغمورة في حمض Hcl تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (16 - V) يوضح قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 1 % في مختلف الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
القوة MPa	17.43	22.55	32.655	31.78	30.89



الشكل (10-V) يوضح تباين قوة الانضغاط للخرسانة قبل و بعد

هجوم الحمض Hcl بتركيز 1 %

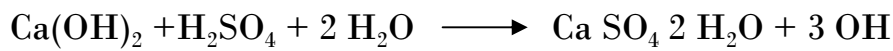
مناقشة النتائج :

في هذه الدراسة تعرضت قطع الاختبار المكعبة (10 × 10 × 10) سم لمواد كيميائية عدوانية حمض السلفات (H₂SO₄) و حمض الهيدروكلوريك (HCL) و ذلك بتركيز مختلفة.

في الواقع يمثل تحلل الخرسانة بواسطة حمض السلفات خطرا كبيرا للهجوم الكيميائي و يرجع ذلك بشكل رئيسي إلى ظاهرة التوسع المتعلقة ببلورة الجبس أو الا ترانجيت الثانوي الموسع مما يؤدي إلى التحلل الماكروسكوبي : إنخفاض في القوة و تشقق و تشوه المادة و ذلك كلما زاد التركيز للحمض.

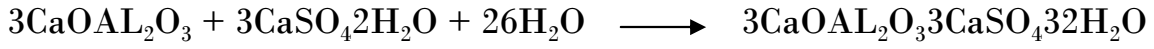
كما يمكن تلخيص عمل حمض السلفات على النحو التالي :

-تكوين الجبس الثانوي و ينتج تكوين الجبس الثانوي من تفاعل الاستبدال بين البورتلانديت و السلفات و هذا وفق العلاقة التالية :



(مادة قابلة للذوبان) (جبس ثانوي)

-تكوين الاترانجيت الثانوي و ينتج من تفاعل كيميائي بين الجبس الثانوي و اللامائي (C_3A) أو ألومينات الكالسيوم المائي (C_4AH_{13}) وفقا للعلاقة التالية :



V-2-5 - نتائج تجربة ضياع الكتلة : Perte De Masse



صور (V-1) توضح العينات المهاجمة من قبل حمض H_2SO_4 قبل الغسل



صور (V-2) توضح العينات المهاجمة من قبل حمض H_2SO_4 بعد الغسل

صور (V-3) توضح ضياع الكتلة للخرسانة المهاجمة من قبل الحمض H_2SO_4



صورة (V-4) توضح العينات المهاجمة من قبل حمض H_2SO_4 بتركيز مختلفة



صور (V-5) توضح العينات المهاجمة من قبل حمض Hcl قبل الغسل



صور (V-6) توضح العينات المهاجمة من قبل حمض Hcl بعد الغسل

صور (V-7) توضح ضياع الكتلة للخرسانة المهاجمة من قبل الحمض Hcl



صورة (V-8) توضح العينات المهاجمة من قبل حمض Hcl بتراكيز مختلفة

V- 2 - 6- الملاحظات المرئية للخرسانة المهاجمة من قبل الحمض :

الملاحظات المرئية للخرسانة الملامسة للحمض هي وسيلة لتقييم تدهور الخصائص و تدهور المظهر الخارجي للعينات في مختلف الأعمار و مختلف التراكيز بعد الغمر في محلول حمضي H_2SO_4 و HCL يكون للعينات مظهر متدهور تقريبا مقارنة بالعينات المغمورة في الماء العذب .

يتضح أن السطح الخرساني مجرد قليلا و مغطى بطبقة بيضاء (تكوين الجبس) و حبيبات الرمل تكون فضفاضة قليلا أي ظاهرة للعيان .

كما يمكن أيضا أن نفترض أن البورتلانديت و الألومينات يتفاعلان مع الكبريتات و يشكلان مركبات جديدة في مصفوفة الاسمنت ، و على الرغم من ذلك لا توفر هذه المؤشرات معلومات مباشرة عن سمك المواد المتدهورة و مقاومتها للعدوان .

كما يمكن أن توفر الملاحظة المرئية معلومات مثيرة للاهتمام حيث سيكون من الضروري تقييم سمك و خصائص المنطقة المتدهورة باستخدام وسائل كالمجهر الإلكتروني و الماسح و حيود الأشعة السينية .

V- 2 - 5- 1 - العينات المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 7 % :

بعد قيامنا بوزن العينات المغمورة في حمض H_2SO_4 تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (V- 17) يوضح نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 7 % في مختلف

الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
نسبة ضياع الكتلة %	1.436	1.623	1.879	2.012	2.317

V- 2 - 5- 2 - العينات المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 3 % :

بعد قيامنا بوزن العينات المغمورة في حمض H_2SO_4 تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (V- 18) يوضح نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 3 %

في مختلف الأعمار

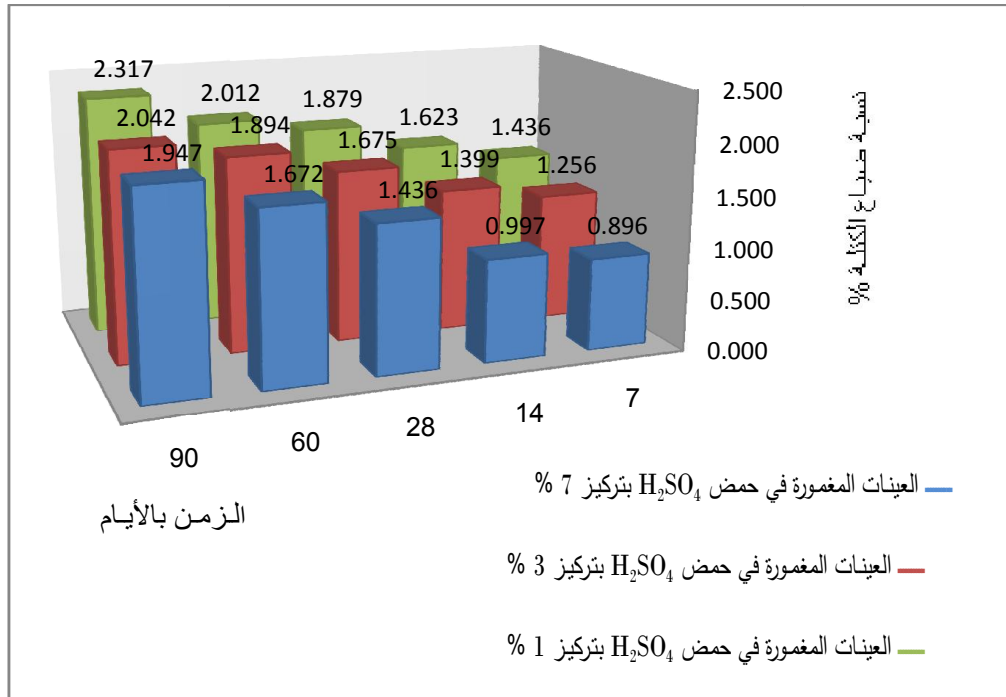
الأيام	7	14	28	60	90
نسبة ضياع الكتلة %	1.256	1.399	1.675	1.894	2.042

V - 2 - 5 - 3 - العينات المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 1 % :

بعد قيامنا بوزن العينات المغمورة في حمض H_2SO_4 تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (V - 19) يوضح نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض H_2SO_4 بتركيز 1 % في مختلف الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
نسبة ضياع الكتلة %	0.896	0.997	1.436	1.672	1.947



الشكل (V-11) يوضح تباين ضياع الكتلة للخرسانة في مختلف الأعمار و في

مختلف التراكيز للحمض H_2SO_4

V - 2 - 5 - 4 - العينات المغمورة في حمض Hcl بتركيز 7 % :

بعد قيامنا بوزن العينات المغمورة في حمض Hcl تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (V - 20) يوضح نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 7 %

في مختلف الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
نسبة ضياع الكتلة %	0.485	0.681	0.871	1.087	1.325

V - 2 - 5 - 5 - العينات المغمورة في حمض Hcl بتركيز 3 % :

بعد قيامنا بوزن العينات المغمورة في حمض Hcl تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (V - 21) يوضح نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 3 %

في مختلف الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
نسبة ضياع الكتلة %	0.313	0.510	0.803	0.965	1.127

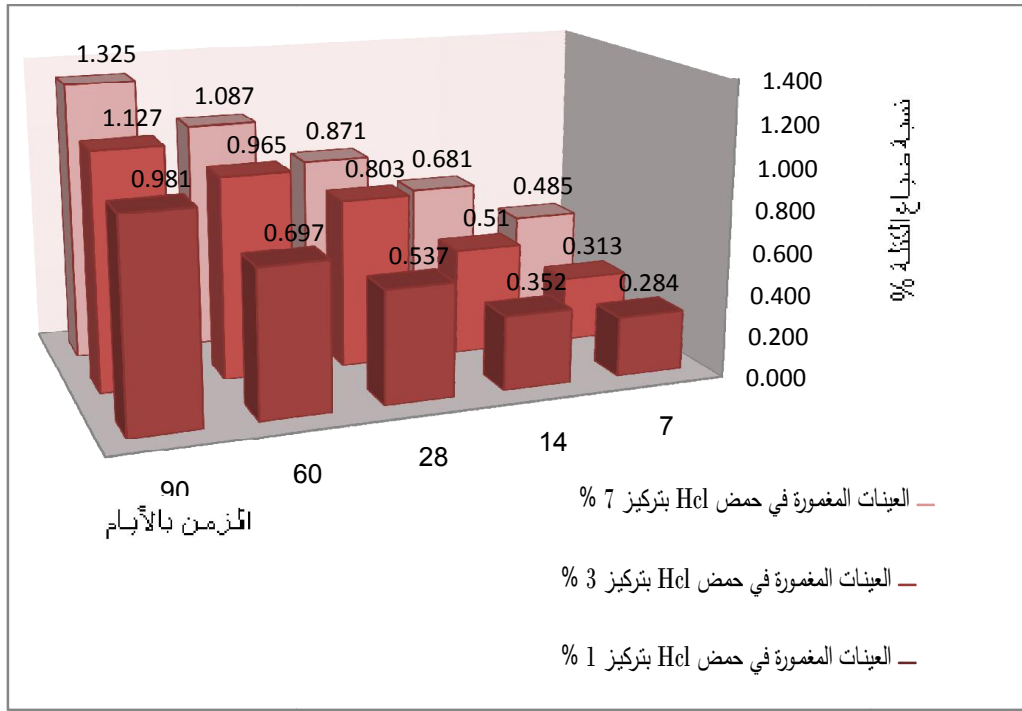
V - 2 - 5 - 6 - العينات المغمورة في حمض Hcl بتركيز 1 % :

بعد قيامنا بوزن العينات المغمورة في حمض Hcl تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (V - 22) يوضح نسبة ضياع الكتلة للخرسانة المغمورة في حمض Hcl بتركيز 1 % في مختلف

الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
نسبة ضياع الكتلة %	0.284	0.352	0.537	0.697	0.981



الشكل (V-12) يوضح تباين ضياع الكتلة للخرسانة في مختلف الأعمار و في

مختلف التراكيز للحمض Hcl

مناقشة النتائج :

يتم عرض النتائج من حيث تباين الكتلة في الشكل لكل من مؤشرات التحلل هذه من الممكن تمثيل متوسط التغيير في خصائص العينات المغمورة في الحمض أو الفرق بين هذه الاختلافات في نفس الرسم البياني و ذلك لمحاولة إظهار تأثير التدهور الناتج عن مختلف التراكيز الحمضية . المرجع هو القياس الأخير قبل الغمر .

من الممكن إثبات فقدان الكتلة الذي يكون تطوره كدالة خطية للوقت ، هذه سمة ظاهرة الانتشار في نفس وقت إنحلال البورتلانديت يمكن أن نفترض تغلغل أيونات الكبريتات في الخرسانة . planel 2002 et (2006).

و بالتالي من المفترض أن كل كمية المواد المفقودة تأتي من ترشيح البورتلانديت و بالتالي لا يتم أخذ تمزق المادة الصلبة من العينة أثناء الوزن .

V - 2 - 7 - الحلول المقترحة :

و كحلول مقترحة لهذه الدراسة قمنا بتجارب لتغيير الوسط الحمضي إلى وسط مائي تستطيع الخرسانة التعايش فيه و ذلك بالتجارب التي أجريناها على الخرسانة المدروسة و هي كالتالي :

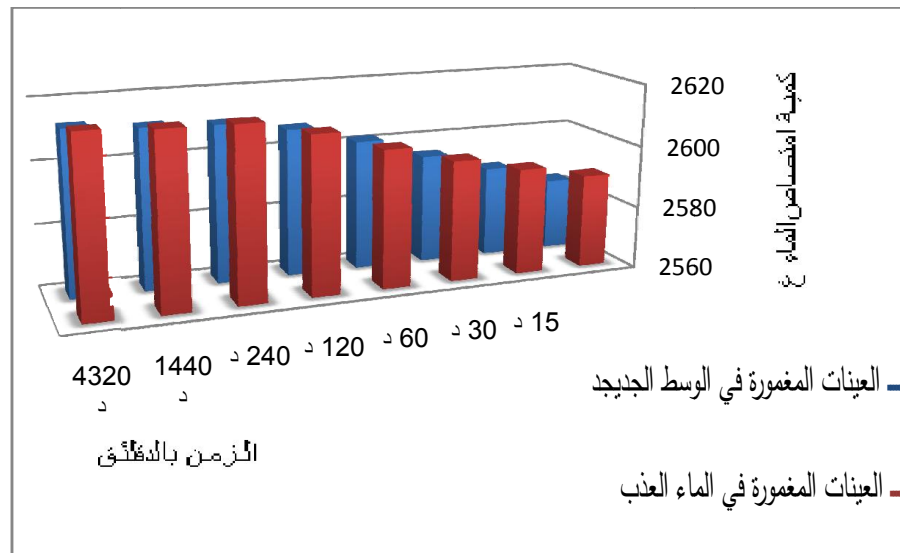
- قمنا باختيار حمض السلفات H_2SO_4 و بتركيز 7% كوسط من أجل إجراء التجربة فيه حيث قمنا بإضافة حمض قاعدي له و المتمثل في حمض NaOH من أجل تغيير طبيعة الوسط فكانت النتائج كالتالي:

V - 2 - 7 - 1- نتائج تجربة امتصاص الماء :

بعد إجراء التجربة حصلنا على النتائج المبينة في الجدول أدناه :

جدول (V - 23) يوضح امتصاص الماء للخرسانة المغمورة في الوسط الجديد

الزمن بالدقائق	الوزن الجاف	15 د	30 د	60 د	120 د	240 د	1440 د	4320 د
الوزن بالغرام	2583	2589	2595	2601.65	2607.25	2610.38	2611.09	2612.84



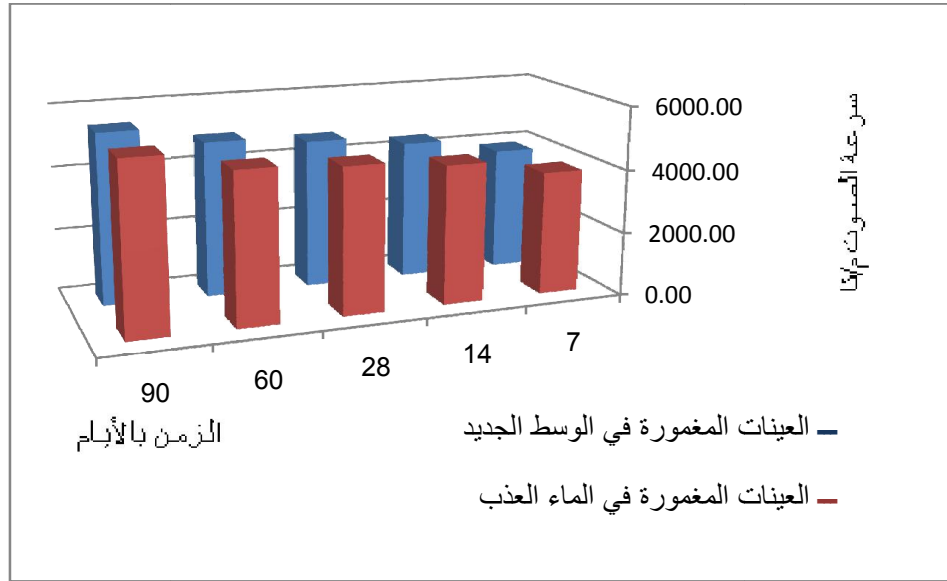
الشكل (V - 13) يوضح امتصاص الماء للخرسانة في الوسط الجديد و الماء العذب

Resultas D essai Ultrasonique : نتائج تجربة سرعة الصوت - 2 - 7 - 2 - V

بعد قيامنا بتجربة سرعة الصوت للعينات تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (V-24) يوضح سرعة الصوت للخرسانة المغمورة في الوسط الجديد وفي مختلف الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
السرعة م / ثا	3890.00	4380.00	4682.00	4897.00	5455.00



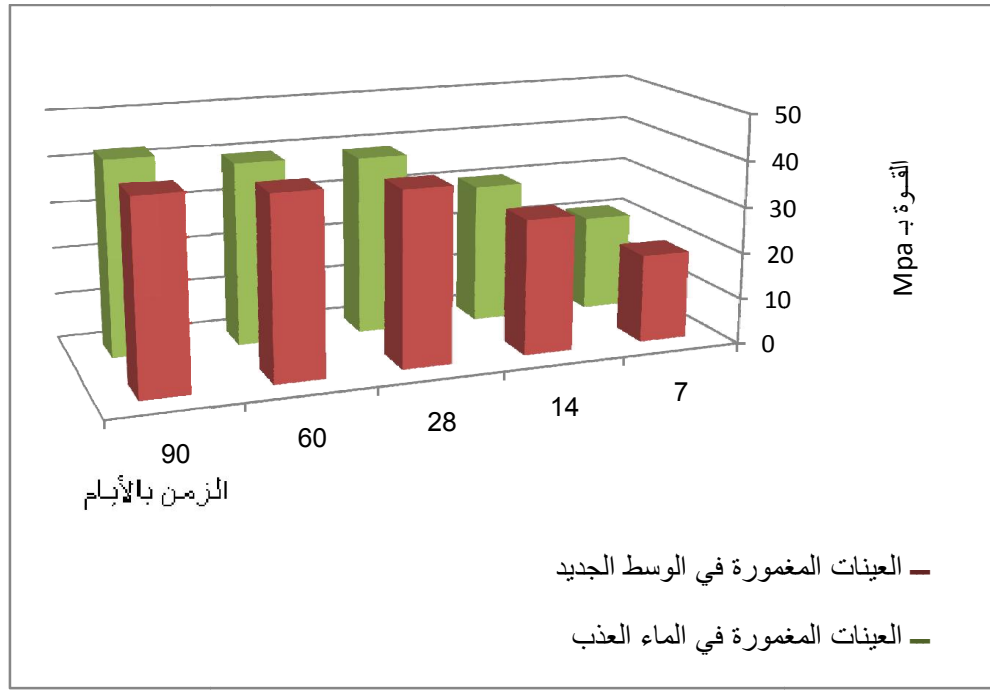
الشكل (V-14) يوضح سرعة الصوت للخرسانة في الوسط الجديد و الماء العذب لمختلف الأعمار

Resultas des Essais de Compression : نتائج تجربة الانضغاط - 3 - 7 - 2 - V

بعد قيامنا بتجربة قوة الانغاط للعينات تحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أدناه :

جدول (V-25) يوضح قوة الانضغاط للخرسانة المغمورة في الوسط الجديد وفي مختلف الأعمار

الأيام	7	14	28	60	90
القوة MPa	19.05	29.25	37.81	39.23	40.95



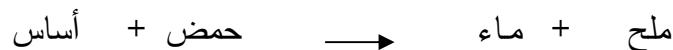
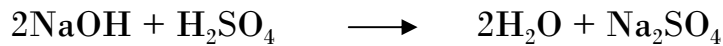
الشكل (V-15) يوضح قوة الانضغاط للخرسانة في الوسط الجديد و الماء العذب لمختلف الأعمار

V - 2 - 7 - 4 - نتائج تجربة ضياع الكتلة : Perte de Masse

بالنسبة لتجربة ضياع الكتلة لم نسجل أي ضياع للكتلة في العينات .

V - 2 - 8 - مناقشة النتائج لحلول الدراسة :

بعد ملاحظة النتائج للتجارب المجرات لكل من :- تجربة امتصاص الماء ، تجربة سرعة الصوت ، تجربة قوة الانضغاط و تجربة ضياع الكتلة لم نلاحظ أي تغيير على الخصائص الميكانيكية و الخصائص الفيزيائية مما يدل على نجاح التجربة و أن الخرسانة قادرة على التعايش في هذا الوسط الجديد ، و المعادلة الكيميائية الموضحة أدناه تؤكد قدرة الخرسانة على التعايش في هذا الوسط من خلال نتائج التفاعل الكيميائي.



الخاتمة :

في إطار هذه الدراسة جعلنا من الممكن استنباط عدد معين من النقاط المهمة :

-تأثير الأحماض على الخرسانة بعد الهجوم في مختلف الأعمار فإن إطالة المدة و تضاعف تركيز الحمض يقلل من قوة الانضغاط و متانة الخرسانة.

- يستخدم اختبار الامتصاص لتمييز متانة الخرسانة من خلال الامتصاص الأولي و حجم الماء الممتص من قبل الخرسانة .

- كما يستخدم اختبار سرعة الصوت أيضا لتحديد قوة متانة الخرسانة من خلال هذا الانتشار للخرسانة قبل و بعد الهجوم بالأحماض .

و أخيرا يمكن أن يكون الارتباط بين هذه العلاقات يجعل إمكانية مراعاة كل من عوامل التكوين و ظروف التخزين كعامل يجب مراعاته في التنبؤ بالاستدامة .

خاتمة عامة

تعتبر ديمومة الخرسانة من أهم النقاط التي تتمتع بها الخرسانة ، فقد لاحظنا أن هذه الأخيرة تواجه مشاكل عديدة عند انغماسها في أوساط عدوانية ، و يعود ذلك لعدة عوامل أهمها معامل إمتصاص الماء . حيث يجب على الخرسانة أن تتكيف مع هذه الظروف و لكن يجب التقيد بمؤشر المتانة .

ففي البداية ركزنا على الدراسة البيبليوغرافية حيث تم فيها دراسة مفصلة عن الخصائص الأساسية للخرسانة العادية من أجل الحصول على حجج للمقارنة تحقيقا لهذا الهدف ، فوجدنا أن هذه الخصائص يجب أن تكون موجودة في أي خرسانة لها نفس دور الخرسانة العادية و هي قابلية التشغيل ، المقاومة ، الانكماش ، المتانة ، إلخ.

كما قمنا أيضا بدراسة خصائص الركام و الذي يعد الجزء الأكبر في تركيبة الخرسانة و تأثيره على الخصائص الأساسية للخرسانة حيث توصلنا أن رمل واد الرتم قابل للاستغلال في تركيبة الخرسانة لأنه يمتاز بمعامل نعومة جيد و هو ضمن المجال المحدد لذلك . و كذلك وجدنا استهلاك ماء الخلط على حسب حالة سطح و هندسة حبيبات الركام ، كما يؤثر أيضا الحجم الكلي على الانكماش و قابلية التشغيل .

أما الجزء التجريبي فقد تم فيه دراسة المواد المستعملة في الخرسانة و تحديد أحجامها و ذلك بطريقة Dreux Gorisse و هي عبارة عن طريقة مبسطة تعتمد على الحصول على ترابط جيد مع تركيبة فعالة .

في دراستنا هذه قمنا بانجاز مجموعة عينات مكعبة (10×10×10) سم تقدر بـ 135 عينة حيث وزعت العينات كالتالي :

-45 عينة في محلول حمض H_2SO_4 و بتراكيز مختلفة .

- 45 عينة في محلول حمض HCl و بتراكيز مختلفة .

- 30 عينة في محاليل مقترحة كطول .

- 15 عينة شاهد.

و قد كانت خلال أزمنة مختلفة مقدرة بالأيام و هي : 7، 14، 28، 60، 90، حيث لاحظنا منتجات التوسع في العينات المغمورة في الأوساط العدوانية ويكون ذلك أكثر وضوحا في التراكيز العالية و كذا حسب طبيعة الحمض إذا ما كان أحادي أو ثنائي التركيز، و غالبا ما يؤدي ذلك إلى حدوث مشاكل في الخرسانة مثل فقدان الوزن ، إنخفاض في مقاومة الانضغاط ، بينما لاحظنا محافظة العينات المغمورة في الماء العذب على خصائصها من مقاومة و متانة .

من خلال الحلول المقترحة لاحظنا أيضا قدرة تعايش الخرسانة في الوسط المستحدث من خلال امتصاص حموضة الوسط بوسط قاعدي حيث أظهرت نتائج الاختبار .

توصيات :

- يجب التقليل من المسامية التي تؤثر على الامتصاص الأولي لأن نقل العوامل العدوانية يعتمد إلى حد كبير على البنية المسامية .
- إيلاء اهتمام كبير للعلاج قبل التعرض للبيئة العدوانية .
- إطالة مدة الغمر حتى يتسنى لنا معرفة التأثيرات الرئيسية بين عجينة الاسمنت و الأحماض .
- القيام بإجراء التحليلات باستخدام المجهر الالكتروني و الماسح الضوئي لتحديد شكل الهيدرات المتكونة .
- استخدام حد أدنى من ماء الخلط E/C.

الأفاق :

- دراسة تأثير مختلف معامل E/C على الخرسانة العادية المصنوعة برمل واد رتم و المغمورة في مختلف الأوساط العدوانية .
 - دراسة الخصائص الحرارية للخرسانة العادية المغمورة في الأوساط العدوانية المصنوعة برمل واد رتم .
 - دراسة تأثير عملية الكرينة على ديمومة الخرسانة المصنوعة برمل واد رتم .
- و كنتيجة لهذا البحث نتمنى أن نكون قد أسهمنا في إيجاد حل لهذا المشكل المطروح .

و في الأخير أملنا أن نكون قد وفقنا في عملنا هذا إلى حد ما و نأمل أن يتواصل البحث في هذا المجال و الاهتمام به أكثر .

قائمة المراجع

REFERENCES المراجع

- 1-**BARON J et OLLIVIER J** «les betons ; bases et donnees pour leur formulations éditions eyrolles ; 2^{ème} tirage paris 1997 p 128 – 293 »
- 2-**BARON J et OLLIVIER J** « le beton hydraulique ; connaissance et pratique ; presses ENP ; paris 1995 ; p 39-57 » .
- 3- **BARON J et OLLIVIER J** « la durabilité des bétons press de l'école national des pnts et chaussées 1992 » .
- 4-**BARKET A R** « valorisation des déchets de brique dans le réaliastion des ouvrages en béton" thèse de magister en génie civil- université ouargla ; 2006 "» .
- 5- **BRAHMA A** « le béton éditions OPU alger ; 1996 p 80-95 » .
- 6-**COLLECTION TECHNIQUE CIMBETON** ; les constituants des bétons et des mortiers ; tome 1 centre d'information sur le ciment et ses applications (France) CIM béton 2005 p 32-49 » .
- 7-**DE LARRARD F** « structures granulaire et formulation des bétons la boratoire central des ponts et chaussées 2003 p 30-208 » .
- 8-**DUPAIN R ; LANCHON R ET SAINT ARROMAN J-C** « granulats ; sols , ciments et bétons , caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de la boratoire ; éditions casteilla ; 2^{ème} édition ; paris 2000 p 26-394 » .
- 9- **DREUX G ET FESTA J** « nouveau guide du béton et de ses constituants ; éditions eyrollés 8^{ème} édition 1998 p 26-394 » .

- 10– FERRERES D–B** « étude à long terme et à la fatigue des système d' ancrage de pièces métallique dans le béton 2010 thèse de doctorat camins canal iport de barcelona ; departement d' enginyera de la construction 2010 » .
- 11–FIGOLY L'ART DE BQTIR** « modulo éditeur ; volum 4 ; québec; 1985 p 108–113 » .
- 12–GORISSE F** « essais et contrôle des bétons ; eyrolles ; paris 1978 p32–139 » .
- 13–GUETTALA S MEZGHICHE B** «influence deu sable de dune en poudre au ciment sur les propriétés des bétons ; France congrés français de mécanique bordeaux ; 2013 » .
- 14– GUETTALA S** « contribution à l'étude de l'influence de l'ajout du sable de dune finement broyé au ciment ; sur les performances physico–mécaniques ; la déformabilité & la durabilité du béton " thèse de doctorat en génie civil– université biskra ; 2012 "» .
- 15–HUBERTY J M** « cours spécialisé de technologie du béton ; chapitrre XII ; les bétons spéciaux "éditions centre de formation professionnelle de la technologie du béton a.s.b.1 kraainem , 1950 p 12» .
- 16–KHOUADJIA M L K** « étude des propriétés physico–mécanique et rhéologiques des bétons à base des sables de carrières expérimentation et modélisation thèse de doctorat en génie civil– université biskra ; 2016 "» .

17-MAILLONT R « memento technique des granulats presses école des mines de ; paris 2001 p 31-39 » .

18- MEZGHICHE B « les essais de laboratoire des matériaux de construction ; publication universitaire biskra ; 2005 » .

19-NEVILLE ADAM M «propriétés des bétons édition eyrolles paris 2000 ; p 103-726» .

20- NF EN12350-2« essai pour béton frais ;partie 2; essais d'affaissement ; paris éditions AFNOR ; 1999 » .

21-NF EN12350-5« essai pour béton frais ; essais d'étalement à la table à chocs » .

22- NF P 18-305

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

24- NF P 18-554 Dec 1990 « granulats ; mesures des masse volumiques ; de la porosité du coefficient d' absorption et de la teneur en eau des gravillons et cailloux éditions AFNOR ; paris 1990» .

25- NF P 18-557 Sept 1990 « granulats ; éléments pour l'identification des granulats éditions AFNOR ; paris 1990 » .

26- NF P 18-404 ET NF P 18-405 «confection et conservation des éprouvettes» .

27- NF P 18-406 « résistance à la compression » .

28- NF P 18-407 «résistance à la traction par flexion » .

29– NF P 18–553 « granulats préparation d'un échantillon pour essais » .

30– NF P 18–560 « analyse granulométrique par tamisage » .

31– NF P 18–573 « essai d'abrasion "essai los-angelos" » .

32– NF P 18–597 et 598 et EN 933–8 « équivalent de sable » .

33– EN 932–1 « propriétés générales des granulats ; partie 1».

34– EN 932–2 « propriétés générales des granulats ; partie 2».

35– NF EN 196–6 « détermination de la finesse » .

36– NF EN 12390–3 « résistance à la compression des éprouvettes » .

37– NF EN 12390–1«essai pour béton durci–partie 7 masse volumique du béton –paris édition AFNOR 2001.

38–RABHI M « apport à la caractérisation de la porosité ouverte du béton d'enrobage par l'utilisation des tests d'absorption capillaire "thèse de doctorat en génie civil– université biskra ; 2014 "» .

39–VIMANE PHOUMMAVONG M « cours en béton armé ; essais de laboratoire p 1–146 » .

40– مباديء هندسة المواد اللامعدنية الدكتور للأستاذ الدكتور قحطان خلف الخزرجي

– الطبعة الأولى (2009 م–1430 هـ).

41– كتاب الخرسانة للدكتور محمود إمام 2002 .

الملاحق

COMPOSITION DES BETONS
Méthode dite "Dreux-Garosec"

I INTRODUCTION :

L'étude de la composition d'un béton consiste presque toujours à rechercher conjointement deux qualités essentielles : la résistance et l'ouvrabilité.

Le principe de la méthode Dreux, se résume à chercher un dosage en sable, graviers, ciment et eau, permettant d'atteindre une résistance et une ouvrabilité fixée d'avance en fonction des caractéristiques de l'ouvrage à couler.

Pour atteindre cet objectif, la méthode Dreux se base essentiellement sur les résultats d'une longue pratique du béton, qui a abouti à une courbe représentant la composition granulométrique de référence des bétons.

La représentation simplifiée de cette courbe sera les segments [OA], [AB].

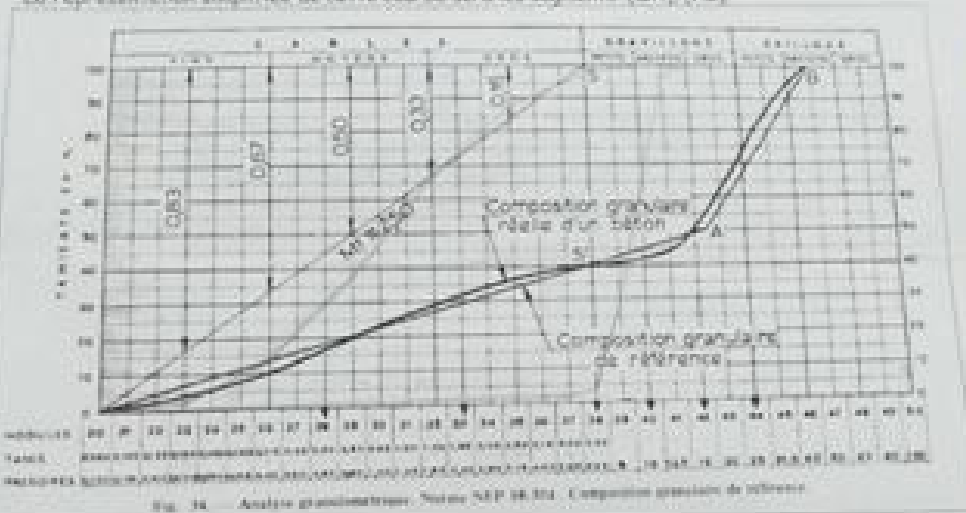


Fig. 34 - Analyse granulométrique. Norme NFP 94-314. Composition granulométrique de référence.

On fixera donc les variables suivants :

- la résistance
- l'ouvrabilité

On calcule à l'aide d'abaques et formules :

- le dosage en ciment
- le dosage en eau

On détermine à l'aide de la courbe granulométrique de référence :

- le dosage en sable
- le dosage en graviers

Remarque : les résultats obtenus théoriquement par cette méthode doivent être vérifiés et confirmés par des gâchés d'essais d'affaissement et d'écrasement, si besoin est, rectifier les dosages afin d'arriver à la consistance (ouvrabilité) et résistance souhaitées.

2. PRÉCISEZ DE LA MÉTHODE.

A. Choix de la résistance caractéristique des granulats "C"

La classe de D (Tableau ci-dessous) sera en fonction des caractéristiques de la pierre d'origine à tester et de l'importance plus ou moins importante.

Caractéristiques de la pierre à tester		Classe	
Aggrégats à base de calcaire ou de grès		1, 2, 3	
Aggrégats à base de basalte		1, 2, 3	
1. Absence de fissures ou soufflage	- présence de fines aggrégats ≥ 2 mm - présence de fines aggrégats ≥ 3 mm - présence de fines aggrégats ≥ 5 mm - présence de fines aggrégats ≥ 10 mm	1	
	1. Classe moyenne de désintégration		
	- Granulats ronds		
	- Granulats anguleux		
2. Classe haute de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
3. Classe basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
4. Classe très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
5. Classe très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
6. Classe très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
7. Classe très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
8. Classe très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
9. Classe très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
10. Classe très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
11. Classe très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
12. Classe très très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
13. Classe très très très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
14. Classe très très très très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
15. Classe très très très très très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
16. Classe très très très très très très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
17. Classe très très très très très très très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
18. Classe très très très très très très très très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
19. Classe très très très très très très très très très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
20. Classe très très très très très très très très très très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
21. Classe très très très très très très très très très très très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
22. Classe très très très très très très très très très très très très très très très très très très très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
23. Classe très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
24. Classe très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
25. Classe très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
26. Classe très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
27. Classe très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
28. Classe très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
29. Classe très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	
30. Classe très basse de désintégration - Granulats ronds - Granulats anguleux		1, 2, 3	

B. Détermination de la résistance moyenne du béton "σ'28"

On fixe en premier lieu une résistance caractéristique "f_{c,28"} choisie en fonction de l'importance de l'ouvrage à réaliser.

$$\sigma'_{28} = 1,15 \times f_{c,28} \text{ (en bars)}$$

C. Détermination du rapport C/E :

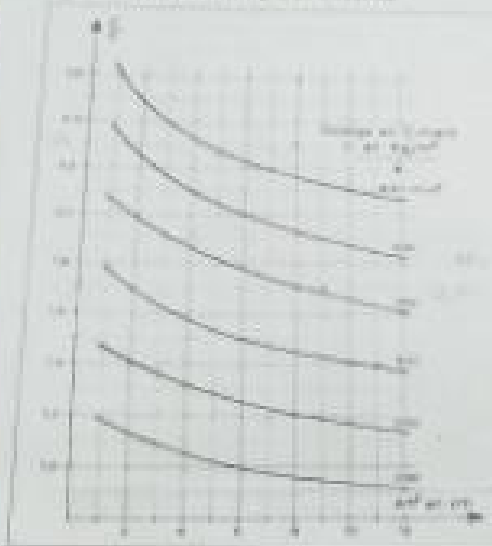
$$C = \frac{\sigma'_{28} + 0,5 \cdot G \cdot \sigma'_c}{E}$$

- σ'c : c'est la résistance vraie moyenne du ciment à 28 jours exprimée en bars, à défaut prendre la classe de désignation du ciment inscrite sur le sac de ciment (32,5 - 42,5 Mpa) soit (325 - 425 bars)
- C : dosage en ciment (kg/m3)
- E : dosage en eau (litre/m3)
- G : coefficient granulométrique voir tableau ci-dessous

Qualité des granulats	Coefficient G des granulats		
	Fines (D < 25 mm)	Moyens (25 < D < 50 mm)	Gros (D > 50 mm)
Excellente	0,55	0,60	0,65
Bonne, courante	0,57	0,60	0,65
Passable	0,55	0,60	0,65

D. Détermination du dosage en ciment 'C'

- la valeur de C/E calculée précédemment
 - la valeur de l'affaissement au cônes (standard) choisie
- Et en utilisant l'abaque ci-dessous :



Consistance d'un béton en fonction de l'affaissement au cône

consistance	Serrage	Affaissement 10" en cm
Forme 'F'	Bonne vibration	1 - A - 4cm
Plastique 'P'	vibration courante	3 - A - 8cm
Très Plastique 'TP'	piépage	10 - A - 15cm
Fluide 'FI'	Usage d'un plastifiant	A - 16cm

L'intersection de la droite verticale passant par la valeur de l'affaissement et la droite horizontale passant par la valeur de C/E, permet de lire sur l'abaque la valeur du dosage en ciment C, faire une interpolation si l'intersection est entre deux courbes.

E. Détermination du dosage en eau 'E'

- Connaissant :
- le dosage en ciment C
 - le rapport C/E

$$E = \frac{C}{C/E} \text{ (litre)}$$

Le dosage en eau ainsi déterminé est valable dans le cas où D = 25mm, granulats secs.
Dans le cas où D = 25mm, corriger le dosage en eau selon le tableau ci-dessous

Correction en % sur le dosage en eau en fonction de D

Dimension maximale des granulats D en mm	5	10	16	25	40	63	100
Correction sur le dosage en eau (en %)	+15	+9	+4	0	-4	-8	-12

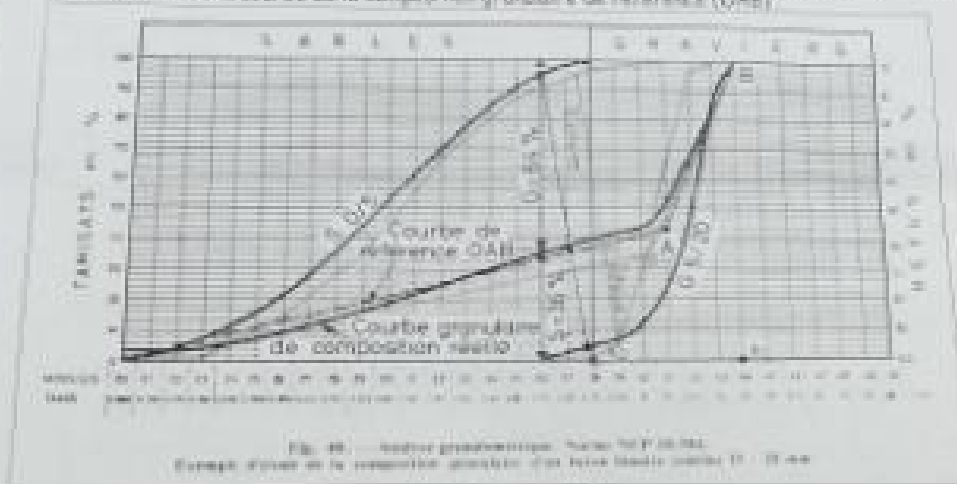
Une deuxième correction du dosage en eau sera nécessaire sur chantier, qui tiendra compte du degré d'humidité des granulats, la quantité d'eau contenue dans les granulats sera déduite de la quantité d'eau théorique.

Le quotient d'eau contenu dans les granulats peut être calculé avec précision, par détermination de la teneur en eau des granulats, ou à l'aide des indicateurs approximatifs de teneur en eau :

Niveau apparent d'humidité	Pour l'appréciation de l'air			
	Sable 0/5	Gravillon 5/20	Gravier 20/63	Granulats 63/250
Apparence				
Sec	0 à 10	négligeable	négligeable	négligeable
Humide	40 à 60	20 à 40	10 à 30	10 à 20
Totalement humide	80 à 100	40 à 60	30 à 50	20 à 40
Saturé, saturé	120 à 150	60 à 80	50 à 70	40 à 60

F. Tracé de la courbe granulométrique de référence (OAR)

Sur le graphique de l'analyse granulométrique du sable et graviers à utiliser pour la fabrication du béton, on trace la courbe de la composition granulométrique de référence (OAR)



- Le point O de la courbe sera placé à l'origine (0,0)
- Le point B de la courbe aura pour ordonnée 100% tamisât, et à l'abscisse la dimension D du plus gros granulat
- Le point de rupture A aura pour coordonnées :

$$X = D/2 \quad \text{si } D \leq 20\text{mm}$$

$$X = \text{milieu du segment } [5\text{mm}, D] \quad \text{si } D > 20\text{mm.}$$

$$Y = 50 - \sqrt{D} = K + K_s + K_p$$

K est un terme correcteur qui dépend du dosage en ciment, de l'efficacité du serrage, de la forme des granulats et du module de finesse du sable.

Tableau donnant les valeurs de K_p

Vitesse	Tapis		Formes		Blocs	
	Bas	Supérieur	Bas	Supérieur	Bas	Supérieur
Séjour en œuvre	400 + Plus	2	0	4	2	4
	400	1	-1	-2	0	4
	350	+2	+3	0	+2	2
	300	+4	+5	-2	-4	0
	250	+6	+8	-4	-6	+2
	200	+8	+10	-6	-8	+4

REMARQUE : on prendra compte de la finesse du sable : $K_s = 400 - 15$
 correction K_p sur le béton sans ponts : $K_p = +5$ à $+10$ selon la plomure choisie.

Rappel : le module de finesse "Mf" d'un sable est calculé comme suit :
 $Mf = \sum$ des refus cumulés en % de masse des tamis (0,15 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5) / 100
 $2,2 \times Mf + 2,8$

G. Détermination en pourcentage des différents granulats :

- Tracer la ligne de partage entre les granulats en joignant le point 95% de la courbe de sable au point 5% de tamis de la courbe de gravier.
- le point de rencontre de la ligne de partage avec la courbe de référence, dans par projection sur l'axe des abscisses le partage des % de sable et gravier, voir exemple Fig48 soit 36% sable et 64% gravier.

H. Détermination en volume des matériaux secs

1. détermination de volume absolu "V" de l'ensemble des granulats, y compris le ciment.
 $V = 1000 \gamma$ (en litres)

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

Composition	Séjour	Coefficient de compacité						
		0 - 1	0 - 15	0 - 25	0 - 30	0 - 35	0 - 40	0 - 45
Molle	Piquage	0,724	0,769	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	Vibrations faibles	0,733	0,780	0,808	0,819	0,825	0,830	0,835
	Vibrations normales	0,749	0,796	0,825	0,837	0,843	0,848	0,853
Plastique	Piquage	0,740	0,789	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	Vibrations faibles	0,750	0,795	0,825	0,837	0,843	0,848	0,853
	Vibrations normales	0,770	0,808	0,835	0,847	0,853	0,858	0,863
	Vibrations puissantes	0,775	0,815	0,845	0,857	0,863	0,868	0,873
Ferme	Vibrations faibles	0,775	0,805	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855
	Vibrations normales	0,780	0,810	0,835	0,845	0,850	0,855	0,860
	Vibrations puissantes	0,785	0,815	0,840	0,850	0,855	0,860	0,865

Note : Ces valeurs sont recommandées pour des granulats mêlés sans écartements d'espaces les uns des autres.
 - sable, meul et gravier concassé : 0,95
 - sable et gravier concassé : 0,90

C.S.F.B.Soliman
5
M.Lot5

2. détermination du volume absolu "Vc" du ciment
 $V_c = C / \rho_c$ (en litres)
 Avec C: dosage en ciment (kg) et
 ρ_c (g/cm³) masse spécifique des grains de ciment

3. détermination du volume absolu "Vg" du gravier
 $V_g = G - V_c$ (en litres)

4. détermination du volume absolu "Vs" du sable
 $V_s = V_g \times \rho_{\text{sable}}$ (en litres)

5. détermination du volume absolu "Vg" du gravier
 $V_g = V_g \times \rho_{\text{gravier}}$ (en litres)

I. Détermination du dosage en matériaux:

1. dosage en sable sec: $V_s \times \rho_s$ (en kg)

2. dosage en gravier sec: $V_g \times \rho_g$ (en kg)

Les densités absolues des matériaux sont : pour le sable $\rho_s = 2,54 \text{ g/cm}^3$
 Pour le gravier $\rho_g = 2,62 \text{ g/cm}^3$

Récapitulatif des dosages en kg/m³:

- sable: $V_s \times \rho_s$
- gravier: $V_g \times \rho_g$
- ciment: C
- eau: E

Total = Δ (Δ : densité théorique du béton frais mis en œuvre)

J. Essais d'étude et de corrections

La composition du béton ainsi définie, doit être testée par des essais d'étude, et d'apporter suivant les résultats de ces essais, les corrections en dosage nécessaires.

1. vérification de la plasticité (ouvrabilité)

On réalise quelques essais d'affaissement au cône, et on ajuste expérimentalement le dosage en eau, afin d'aboutir à la plasticité désirée.

L'abaque ci dessous permet d'évaluer la correction à apporter si nécessaire, exp: pour passer d'un affaissement de 9cm à 5cm, on doit réduire le dosage en eau de 10litres approximativement, l'expérience le précisera.

C.S.F.B.Soliman

M.Lotfi



ملاحق

صور توضح خطوات تجربة مخروط أبرامس



صورة توضح تحضير العينات



صورة توضح ضياع الكتلة العينات المغمورة في مختلف تراكيز حمض HCL



صور توضح العينات المغمورة في حمض H_2SO_4



صور توضح العينات المغمورة في حمض HCL



صورة توضح ضياع الكتلة العينات المغمورة في مختلف تراكيز حمض H_2SO_4



الملاحظات المرئية للعينات المغمورة في حمض HCL

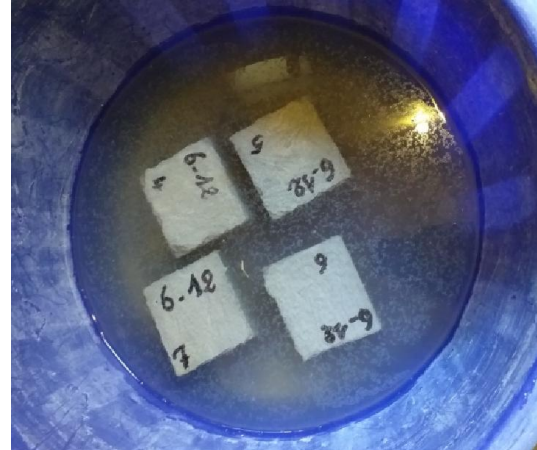
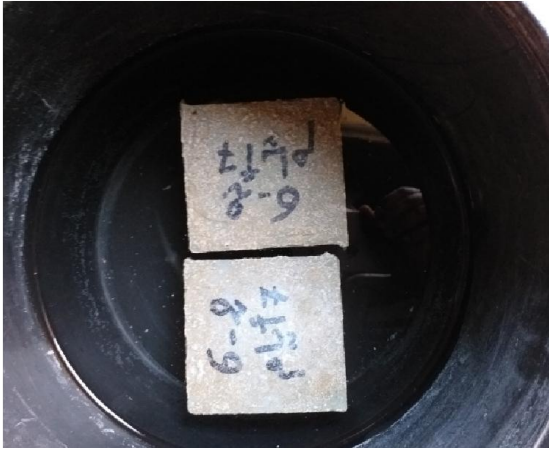


الملاحظات المرئية للعينات المغمورة في حمض H_2SO_4





صور توضح تحطيم العينات لتحديد قوة الانضاط



العينات المغمورة في الوسط الجديد للحلول المقترحة $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4$