الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الري والهندسة المدنية

مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية

تخصص: مواد الهندسة المدنية

تحت عنوان

دراسة تأثير نسبة E/C على متانة الملاط المعرض لبيئة عدوانية

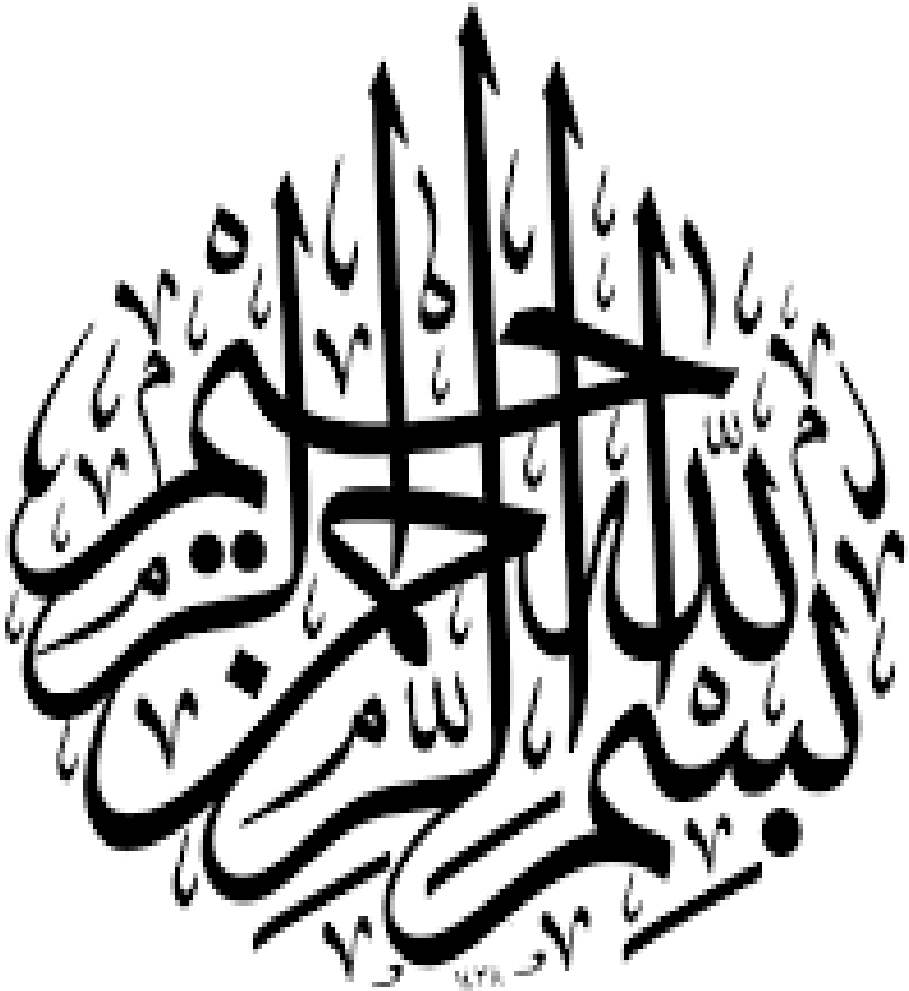
إعدادالطالبات:
- نعيطي زهور
- زياد مسعودة
- قوبي سامية

تحت إشراف الدكتور:
د. بدادي العيد

لجنة المناقشة:

د.فريك علي	أستاذمساعد "أ" جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	رئيسا
د .بدادي العيد	أستاذمحاضر " ب" جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	مشرفا ومقررا
د .مصمودي فوزي	أستاذ مساعد "أ" جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	مناقشا

الموسم الجامعي: 2024/2023


بسم الله الرحمن الرحيم

الإهداء

الحمد للّه الذي يسر لنا البدايات و أكمل النهايات و بلغنا الغايات

الحمد للّه الذي ما تم جهد إلا بعونه

وختم سعي إلا بفضله

نهدي ثمرة جهدنا المتواضع إلى الولدين الكريمين إلى الإخوه و

الأخوات

و إلى من جمعتنا بهم مقاعد الدراسة و العمل وكل الأصدقاء و

الاحباب

الإهداء

إلى اللّه تعالى أولا, الذي بفضله وتوفيقه تم هذا الانجاز العظيم .

إلى روح والدي الطاهرة , الذي كان قدوة لي في المثابرة والاجتهاد .

إلى والدتي الحبيبة, التي كانت دعواتها وتحفيزها السند الذي لا ينقطع .

إلى زوجي الكريم , الذي كان دعما وسندا في كل خطوة .

إلى أخوتي وأخواتي الأعزاء الذين كانوا دوما مصدر قوة والهام .

إلى أولادي, الأحباء الذين كانوا الدافع الأكبر لتحقيق هذا الهدف .

إلى أهلي وأحبتي الذين كانوا دوما بجانبي بصلواتهم ودعواتهم .

إلى أستاذي الفاضل الذي أغدق علينا من علمه ونصائحه القيمة .

إلى زملائي الذين جمعتني بهم مقاعد الدراسة .

فلكم جميعا أهدي هذا الانجاز وأدعو اللّه أن يجزيكم عني خير الجزاء .

سامية

إهـداء

قال رسـول اللّه صـلـى اللّه عـليـه وسـلـم :« مـن لايشـكـر الـنـاس لايشـكـر اللّه » (رواه الـترمـذي)

إلى من كـان لـهـم الـفـضـل في دعـمـي وتشـجـيـعـي لـتـحـقـيـق هـذا الإنجـاز أهـدي هـذه المـذكـرة إلى أسـرتي الـعـزيـزة الـتـي كـانـت دائـمـا مـصـدر قـوتي وإلـهـامـي ،وإلى أصـدقـائـي الأعـزاء الـذيـن كـانـوا بجـانـبـي في كـل لحـظـة ،وأيـضـا إلى أسـاتـذتي الـذيـن قـدمـوا لي الـعـلـم والمـعـرفـة

شـكـرا لـكـم جـمـيـعـا عـلـى كـل مـاقـدمـتـمـوه لي إن هـذه المـذكـرة هـي ثـمـرة جـهـودكـم ودعـمـكـم وأسـأل اللّه أن يجـزيـكـم عـنـي كـل خـيـر،

مع خـالـص الـشـكـر والـتـقـديـر

مسـعـودة

الإهـــــــــــــداء

الحمد للّه الذي وفقاني إلى مبتغاي و يسر لـــي الطريـــق المنيـــر

الحمـــد للّه الذي ما تم جهد إلا بعونه

وختم سعـي إلا بفضـله

أهدي هذا العمل إلى روح أمي الطاهرة إلى العائلة الكريمة كبير و صغير

و إلى زملائي في العمل و خاصة عمال المصلحة التقنية كل واحد بإسمه

وإلى الأستاذ المحترم متمنية له التوفيق و السداد

و إلى من جمعتنا بهم مقاعد الدراسة وكل الأصدقاء و الأحباب

إلـــــى من دعمنـــي و لـــو بكلمـــــة

زهـــــــــــور

شكر وعرفان

الحمد للّه الذي أعاننا ووفقنا على إنجاز هذا العمل المتواضع الذي نرجو أن يكون قيما وهادفا

نتوجه بالشكر والتقدير إلى الأستاذ المحترم: بدادي العيد الذي نتمنى له السداد في طريقه

إلى كل الأساتذة الكرام كما نتوجه بخالص الشكر إلى جامعتنا الشهيد حمه لخضر الوادي وخاصة قسم الري والهندسة المدنية ولا ننسى موظفي مخبر الكيمياء ومخبر الهندسة المدنية والشكر موصول لكل من قدم لنا يد المساعد من قريب أو بعيد

وخاصة موظفي المصلحة التقنية ببلدية النزلة

ولا يسعنا إلا أن نتقدم بالشكر والتقدير إلى لجنة المناقشة الذين بلا شك سوف تكون لملاحظاتهم وتصويباتهم الأثر الكبير على نوعية هذا البحث..

الملخص:

الملاط أو المونة مادة بناء تستخدم لربط الطوب أو الطابوق أو الحجر ولملء الفراغات بينها .الملاط بصورة عامة يصنع على شكل عجينة تصبح صلبة حين تجف وتتكون من مواد مختلفة مثل الطين أو الصلصال أو الاسمنت أو خليط من هذه المواد ويضاف إليها الرمل والماء .حيث سنقوم في دراستنا هذه باستعمال 3 أنواع من الملاط بثلاث نسب مختلفة من نسبة E/C وهي على التوالي 0.55 و0.50 و0.45 حيث حافظنا على نفس التشغيلية لجميع الخلطات باستعمال ملدن فائق في النسبتين E/C = 0,45 وE/C = 0,50 و بنسبة 0.40 % و 0.25 % على التوالي .واستخدام اسمنت مقاوم للكبريتات (CRS) في الخلطة لتحضير 216 عينة ويتم تعريض العينات على أوساط مختلفة وهي كالتالي في الهواء الطلق وماء الحنفية وماء البحر وماء السبخة وماء به محلول حمضي HCL بتركيز(0.3 %) وأخرى في ماء به محلول CH3COOH بتركيز (3%) . بمعدل 72 عينة في كل وسط ، شملت التجارب قياس التشغيلية في الحالة الطازجة للملاط ,الانحناء ,الضغط , التغير في الكتلة لفترات 7 و14 و 28 و45 يوم . وقياس الانكماش لفترات 1و2 و3و4 و7و14و28 يوم ،في الحالة الصلبة، تأثير نسبة E/C على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للملاط . تظهر النتائج التجريبية ,بالنسبة للتشغيلية تم الحفاظ على نفس مستوى التشغيلية باستخدام الملدن الفائق في الخلطات ذات نسب E/C (0.50 و0.45) ,مما يضمن سهولة التعامل مع الملاط أثناء الصب ،بالنسبة للانحناء والضغط أظهرت النتائج أن قوة الانحناء والضغط للملاط تقل مع زيادة E/C .الملدن الفائق ساعد في الحفاظ على القوة عند نسب ماء اقل ، بالنسبة للتغير في الكتلة أظهرت العينات ذات E/C = 0,45 أقل تغيير في الكتلة , مما يدل على مقاومة أفضل للتآكل والتدهور ،بالنسبة للانكماش قل مع تقليل نسبة E/C استخدام الملدن ساعد في تقليل الانكماش بشكل ملحوظ في العينات ذات نسب ماء اقل .مما يقلل من خطر التشقق .

الكلمات المفتاحية: الملاط -التشغيلية - تجربة الانحناء - تجربة الضغط - تجربة الانكماش .

Résumé :

Le mortier, ou la boue de construction, est un matériau utilisé pour lier les briques, les blocs de béton ou les pierres et pour remplir les espaces entre eux. En général, le mortier est fabriqué sous forme de pâte qui durcit en séchant et est composé de différents matériaux tels que l'argile, l'argile, le ciment ou un mélange de ces matériaux, auxquels du sable et de l'eau sont ajoutés. Dans cette étude, nous utilisons trois types de mortier avec trois ratios différents de E/C, respectivement 0,55, 0,50 et 0,45, en maintenant la même opérabilité pour tous les mélanges en utilisant un superplastifiant à des taux de 0,40 % et 0,25 % pour les ratios E/C = 0,45 et E/C = 0,50, respectivement. Nous utilisons également du ciment résistant aux sulfates (CRS) dans le mélange pour préparer 216 échantillons, exposés à différents milieux, tels que l'air libre, l'eau du robinet, l'eau de mer, l'eau saumâtre et de l'eau contenant une solution acide HCL à une concentration de 0,3 %, ainsi que de l'eau contenant une solution CH3COOH à une concentration de 3 %. Soixante-douze échantillons sont exposés dans chaque milieu. Les expériences comprennent la mesure de l'opérabilité à l'état frais du mortier, la flexion, la compression, la variation de masse pour des périodes de 7, 14, 28 et 45 jours, ainsi que la mesure du retrait pour des périodes de 1, 2, 3, 4, 7, 14 et 28 jours à l'état durci. Notre étude vise à étudier l'effet du ratio E/C sur les propriétés physiques et mécaniques du mortier exposé à des environnements agressifs. Nos résultats montrent que, pour l'opérabilité, le même niveau d'opérabilité est maintenu en utilisant un super plastifiant dans les mélanges avec des ratios E/C de 0,50 et 0,45, assurant ainsi une facilité de manipulation du mortier lors du coulage. En ce qui concerne la flexion et la compression, les résultats montrent que la résistance à la flexion et à la compression du mortier diminue avec l'augmentation de E/C, le super plastifiant aidant à maintenir la résistance avec des ratios d'eau plus faibles. En ce qui concerne la variation de masse, les échantillons avec E/C = 0,45 présentent moins de variation de masse, indiquant une meilleure résistance à la corrosion et à la détérioration. En ce qui concerne le retrait, il diminue avec la diminution du ratio E/C, et l'utilisation du super plastifiant aide à réduire considérablement le retrait dans les échantillons avec des ratios d'eau plus faibles, réduisant ainsi le risque de fissuration.

Mots clés : mortier, opérabilité, test de flexion, test de compression, test de retrait.

Abstract:

Mortar, a building material used to bond bricks, blocks, or stones and to fill the gaps between them. Generally, mortar is made in the form of a paste that hardens when dried and consists of various materials such as clay, clay, cement, or a mixture of these materials, with sand and water added. In this study, we use three types of mortar with three different ratios of E/C, respectively 0.55, 0.50, and 0.45, while maintaining the same workability for all mixes using a high-range water reducer at rates of 0.40% and 0.25% for E/C = 0.45 and E/C = 0.50 ratios, respectively. We also use sulfate-resistant cement (CRS) in the mix to prepare 216 samples, exposed to different environments such as open air, tap water, seawater, brackish water, and water containing an HCL acid solution at a concentration of 0.3%, as well as water containing a CH3COOH solution at a concentration of 3%. Seventy-two samples are exposed in each medium. The experiments include measuring the workability in the fresh state of the mortar, bending, compression, mass change for periods of 7, 14, 28, and 45 days, as well as measuring shrinkage for periods of 1, 2, 3, 4, 7, 14, and 28 days in the hardened state. Our study aims to investigate the effect of the E/C ratio on the physical and mechanical properties of mortar exposed to aggressive environments. Our results show that, for workability, the same level of workability is maintained using a high-range water reducer in mixes with E/C ratios of 0.50 and 0.45, ensuring ease of handling of the mortar during casting. Regarding bending and compression, the results show that the bending and compression strength of the mortar decreases with increasing E/C, with the high-range water reducer helping to maintain strength with lower water ratios. As for mass change, samples with E/C = 0.45 show less mass change, indicating better resistance to corrosion and deterioration. As for shrinkage, it decreases with decreasing E/C ratio, and the use of the high-range water reducer helps significantly reduce shrinkage in samples with lower water ratios, thus reducing the risk of cracking.

Keywords: mortar, workability, bending test, compression test, shrinkage test.

الفهرس

الإهداء.....i

شكر و عرفان.....v

الملخص :.....**Erreur ! Signet non défini.**

المقدمة العامة : 1

الفصل الأول: معلومات عامة عن الملاط

I-1- مدخل: 3

I- 2- الملاط : 3

I-2-2-مكونات الملاط الأساسية:.....3

I-2-2-1-مواد خاملة : 4

I-2-2-2 -الماء.....6

I-2-2-3-المواد الرابطة: 6

I-3- تشكيل الملاط :.....8

I-4- المضافات:.....8

I-5-أنواع الملاط:.....9

I-6-استعمالات الملاط: 10

I-7- خصائص الملاط: 12

I-7-1-التشغيلية: NFP18-452.....12

I-7-2- تجربة التحطيم بالإنحناء: 13

I-7-3- تجربة التحطيم بواسطة الضغط : 13

I-7-4-الانكماش:.....14

I-8- تأثير النسبةE/Cعلى المقاومة.....14

I- 9- الديمومة(Durabilité): 15

I-10 - إماهة الإسمنت: 16

I-10-1إماهة ألومينات ثلاثي الكالسيوم C3A: 17

I-10-2 إماهة سيلكات الكالسيوم: 17

I-10-3إماهة مركبC4AF : 18

I-11-العناصر الكيميائية الضارة :.....18
I-11-1-عمل العناصر الكيميائية الضارة :.....18
I-12-العناصر المؤثرة في ديمومة الخرسانة: 18
I-13-العوامل المؤثرة في عملية التآكل: 19
I-13-1-آلية تأثير الكبريتات SO_2:.....20
الخلاصة: 21

الفصل الثاني: خصائص المواد المستعملة

II -1 - مدخـــــل:.....23
II –2 خصـــائص المـواد المستعملـــــة: 23
II -2-1- الرمل: 23
II -2-1-1 الكتلة الحجمية :.....23
II -2-1-1-أ- الكتلة الحجمية الظاهرية:(Masse volumique apparente).....23
II -2-1-1-ب - الكتلة الحجمية المطلقة:(Masse volumique absolue) 24
II -2-1-2 المكافئ الرملي :(Equivalent de sable).....25
II -2-1-2- أ- مبدأ التجربة:.....25
II -2-1-2- ب- خطوات التجربة:.....25
II -2-1-3 التدرج الحبيبي: (Analyse granulométrique).....27
II -2-1-4-معيار النعومة: (Module de finesse).....29
II -2- 2 المـــــــاء: 30
II -2-2-1 خواص الماء المستعمل في الملاط: 30
II -2-2-2 أهمية الماء في الملاط: 30
II -2-2-3 النسبة المائية الاسمنتية E/C : 31
II -2-3 الاسمنت: 31
II -2-3-1 تعريف الاسمنت من نوع (CEM I 42.5 (CRS : 31
II -2-4 تعريف ملدن الفائق 40 MEDAPLAST SP(SIKa):.....31
خـــلاصـــة: 33

الفصل الثالث: طريقة الصياغة و الاختبارات التجريبية

III-1 - مدخل : 35
III-2- تحضير الملاط: 35
III-2-1 خلطة الملاط: 35
III-3- التشغيلية:NFP 18-452 36
III-3-1- تجربة التشغيلية:NBN EN 1015-3 36
III-3-2 مبدا التجربة: 36
III-3-3 وصف الجهاز: 37
III- 4 القولبة (تحضير العينات): 37
III-4-1- مراحل إعداد القولبة: 38
III-5 حفظ العينات في الأوساط العدوانية: 39
III-6- لمحة على الأوساط العدوانية: 40
III-7- طرق التجارب على العينات: 41
III-7-1 تجربة الانكماش: 41
III-7-2 تجربة التحطيم بالانحناء: 42
III-7-3 تجربة التحطيم بواسطة الضغط : 43
III-8 تأثير الأحماض على الملاط: 44
III-8-1 الأحماض العضوية: 44
III-8-2 الأحماض الغير عضوية: 44
III-8-3 مصدر الأحماض: 45
خــلاصـــة: 46

الفصل الرابع : تحليل ومناقشة النتائج

IV -1 المقدمة : 48
IV-2 سلوك الملاط في الحالة الطازجة: 48
IV-2-1 التشغيلية : 48

IV-3 سلوك الملاط في الحالة الصلبة: 49

IV-3-1 مقاومة الانحناء :..... 49

IV-3-1-1 نتائج نسبة الماء الى الاسمنت (E/C = 0.45) : 50

IV-3-1-2 نتائج نسبة الماء إلى الاسمنت (E/C = 0.5) : 51

IV-3-1-3- نتائج نسبة الماء إلى الاسمنت (E/C = 0.55):..... 52

IV-3-1-4 نتائج المقاومة ليوم 28 من الغمر لجميع نسب E/C = (0.45 , 0.50 , 0.55) : 53

IV-3-2 مقاومة الضغط : 54

IV-3-2-1 نتائج نسبة الماء إلى الاسمنت (E/C = 0.45) : 55

IV-3-2-2 نتائج نسبة الماء الى الاسمنت (E /C = 0.50) : 56

IV-3-2-3 نتائج نسبة الماء الى الاسمنت (E /C = 0.55) : 57

IV-3-2-4 نتائج مقاومة الضغط ليوم 28 من الغمر لمختلف الأوساط وجميع نسب E/C..... 58

IV-3-3 التغير في الكتلة : 59

IV-3-3-1 تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط بنسبة (E/C =0.45) : 59

IV-3-3-2 تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط بنسبة (E/C = 0.50) :..... 61

IV-3-3-3 تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط بنسبة (E/C = 0.55) :..... 62

IV-3-3-4- تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط و النسب لليوم 28 من الغمر : 63

IV-3-4 قياس الانكماش :..... 64

IV-3-4 -1 انكماش العينات لمختلف نسب E/C: 64

IV-3-5 الفحص البصري للعينات :..... 65

الخلاصة العامة :..... 68

قائمة المراجع 70

قائمة الجداول:

الجدول I-1 يوضح مكونات الملاط

الجدول I-2 يوضح المركبات الرئسية للاسمنت البورتلاندي

الجدول I-4 يوضح المركبات الكيميائية للاسمنت البورتلاندي

الجدول II -1 يوضح نتائج الكتلة الحجمية

الجدول II -2 يوضح مجالات استعمال الرمل

الجدول II -3 جدول نتائج التحليل الحبيبي

الجدول II -4 يوضح نتائج معيار النعومة

الجدول III-1 يوضح مكونات الملاط

الجدول III-2 يوضح نوعية الملاط

الجدول III-3 يوضح عدد العينات المستعملة في الأوساط المدروسة

الجدول III-4 يوضح الأملاح الموجودة في ماء البحر.

قائمة الأشكال:

الشكل I-1 يوضح مكونات خلطة الملاط

الشكل I-2 يوضح المعنى المختصر للإسمنت

الشكل I-3 يوضح أنواع الاسمنت

الشكل I-4 يوضح تناسق الملاط على طاولة الاهتزاز

الشكل I-5 يوضح ألة التحطيم بواسطة الانحناء

الشكل I-6 يوضح ألية التحطيم بواسطة الضغط

الشكل I-7 يوضح جهاز الانكماش

الشكل I-8 يوضح تأثير نسبة E/C على مقاومة الانحناء

الشكل I-9 يوضح تأثير نسبة E/Cعلى مقاومة الضغط

الشكل I-10 يوضح تأثير نسبة E/C على عمق طبقة الكربنة خلال الزمن

الشكل II -1 يوضح أنبوب مدرج خاص بتجربة المكافئ الرملي

الشكل II -2 يوضح منحنى التحليل الحبيبي.

الشكل.IV-1- يوضح منحنى مقاومة الانحناء لمختلف الأوساط لنسبة

الشكل-IV-2- يوضح منحنى مقاومة الانحناء لمختلف الأوساط لنسبة

الشكل-□-3- يوضح منحنى مقاومة الانحناء لمختلف الأوساط لنسبة

الشكل-□-4- يوضح منحنى مقاومة الانحناء لمختلف الأوساط ومختلف نسب E/C في اليوم 28

الشكل -□- 5- يوضح منحنى نتائج مقاومة الضغط لمختلف الأوساط بنسبة E/C =0.45

الشكل -Ⅳ- 6- يوضح منحنى نتائج مقاومة الضغط لمختلف الأوساط بنسبة E/C =0.50

الشكل-Ⅳ-7- يوضح منحنى نتائج مقاومة الضغط لمختلف الأوساط بنسبة E/C =0.55

الشكل-Ⅳ- 8 - يوضح منحنى مقاومة الضغط لمختلف الأوساط ومختلف نسب في اليوم 28

الشكل -Ⅳ-9- يوضح منحنى تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط بنسبة E/C =0.45

الشكل -Ⅳ-10- يوضح منحنى تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط بنسبة E/C =0.50

الشكل-Ⅳ-11- يوضح منحنى تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط بنسبة E/C =0.55

الشكلⅣ-12- يوضح منحنى تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط و النسب لليوم 28 من الغمر

الشكلⅣ-13- يوضح منحنى نتائج انكماش العينات لمختلف نسب

قائمة الصور:

الصورة I-1 توضح استعمالات الملاط

الصورة II -1 توضح قياس الكتلة الحجمية الظاهرية

الصورة II -2 توضح قياس الكتلة الحجمية المطلقة

الصورة II -3 توضح تجربة المكافئ الرملي

الصورة II -4 توضح ألة الرج

الصورة II -5 توضح التدرج الحبيبي

الصورة II -6 توضح العالق بعد الرج

الصورة II -7 توضح الملدن عالي الاداء

الصورة II -8 توضح الاسمنت المستعمل CRS مقاوم للكبريتات

الصورة II -1 توضح كميات الملاط المستعمل

الصورة III-2 توضح طاولة الانتشار

الصورة III-3 توضح الكميات الجافة قبل الخلط

الصورة III-4 توضح عملية الخلط

الصورة III-5 توضح الملاط ب E/C 0.45ونسبة من الملدن

الصورة III-6 توضح الملاط ب E/C 0.50ونسبة من الملدن

الصورة III-7 توضح عملية القولبة

الصورة III-8 توضح العينات في الهواء

الصورة III-9 توضح العينات في ماء السبخة

الصورة III-10 توضح العينات في ماء عادي

الصورة III-11 توضح العينات في ماء البحر

الصورة III-12 توضح العينات في ماء بمحلول Hcl

الصورة III-13 توضح العينات في ماء بمحلول حمض الخل HC_3COOH

الصورة III-14 توضح عملية قياس الانكماش

الصورة III-15 توضح عملية التحطيم بواسطة الانحناء

الصورة III-16 توضح عملية التحطيم بواسطة الضغط

الصورة III-17 توضح العينات بعد التحطيم

الصورة III-18 توضح تأثير Hcl على العينات بعد 45 يوم

الصورة III-19 توضح تأثير حمض الخل40 MEDAPLAST SP على العينات

المقدمة

المقدمة العامة:

يعد الملاط من المكونات الأساسية في البناء، حيث يلعب دورا محوريا في تماسك الهياكل واستقرارها. تؤثر نسبة الماء إلى الاسمنت E/C بشكل كبير على ديمومة الملاط، خاصة عند تعرضه لبيئات عدوانية.

تعتبر خصائص الملاط من العوامل الحاسمة التي تؤثر بشكل مباشر على أداء وسلامة الهياكل الخرسانية، خاصة عند تعرضها لبيئات عدوانية. تتأثر هذه الخصائص بعدة عوامل، أبرزها نسبة الماء الى الاسمنت E/C ونوعية الاسمنت المستخدم. في هذا السياق يعد استخدام الاسمنت المقاوم للكبريتات (CRS) وإضافة الملدنات الفائقة أمرا ضروريا لتحسين أداء الملاط في الظروف القاسية.

يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير نسب الماء الى الاسمنت E/C المختلفة (0.55 و 0.50 و 0.45) مع استخدام ملدن فائق بنسبة 0.25 % في النسبة ,وبنسبة 0.40 % في النسبة على خصائص الملاط المعرض لبيئات عدوانية مختلفة (ماء البحر ,ماء الأسباخ ,ماء الحنفية ,محلول الخل CH3COOH,محلول الهيدروكلوريك HCL,والهواء الطلق) .حيث تتم دراسة تأثير هذه العوامل على خصائص الملاط من حيث القوى الميكانيكية ,التغير في الكتلة ,الانكماش والتشغيلية للملاط.تهدف هذه الدراسة الى تقديم توصيات لتحسين تصميم الخلطات الخرسانية لضمان ديمومة أعلى في البيئات القاسية.
وقد تم تنظيم هذا العمل في أربعة فصول:

- **الفصل الأول :**يتناول عموميات حول الملاط (خصائصه وتركيباته) وأحدث ما توصلت إليه مادة الاسمنت مع مناقشة تركيباتها وأصنافها وأنواعها .
- **الفصل الثاني:**يتناول خصائص المواد المستعملة في هذه الدراسة .
- **الفصل الثالث :**يتناول طريقة الصياغة والاختبارات التجريبية .
- **الفصل الرابع :**تناول مناقشة وتحليل النتائج المتحصل عليها في الدراسة .

وأخيرا خاتمة عامة تلخص أهم النتائج التي تم الحصول عليها خلال هذه الدراسة مع تقديم توصيات لتحسين تصميم الخلطات الخرسانية في البيئات القاسية .

الفصل الأول:

معلومات عامة عن الملاط

I-1- مدخل:

كان الملاط قديما يُصنع من الصلصال والطين. وبسبب عدم وجود الحجارة ووفرة الطين، كانت منشآت بلاد بابل من الطوب المشوي، باستخدام الجير أو الزفت في الملاط. وحسب غريسمان الروماني، فإن الدليل للاستخدام البشري هو نموذج من الملاط في الزقورة في سيالك في إيران، بُنيت من طوب مجفف بالشمس، في 2900 قبل الميلاد. معبد تشوغازانبيل في إيران بُني منذ حوالي 1250 قبل الميلاد باستخدام طوب مشوي بالفرن وملاط قوي من البيتومين.

في وقت مبكر شُيّدت الأهرامات المصرية حوالي 2500-2600 قبل الميلاد، حيث أن كتل الحجر الجيري كانت تُقيّد مع بعضها بواسطة ملاط الطين والصلصال، أو الصلصال والرمل. في وقت لاحق في الأهرامات المصرية، كان الملاط يُصنع إما من الجص أو الجير. الملاط المصنوع من الجص كان مصنوعا أساسا من خليط من القصارة والرمل وكانت لينة جدا.

في شبه قارة الهند، لوحظت أنواع إسمنت متعددة في مواقع حضارة وادي السند، مثل مدينة-مستوطنة موهينجو-دارو التي تعود إلى ما قبل 2600 قبل الميلاد. الإسمنت الجبسيّ كان «رمادي فاتح ويحتوي على الرمل، والصلصال، وآثار من كربونات الكالسيوم، ونسبة عالية من الجير» كان يُستخدم في بناء الآبار، والصرف الصحي وعلى الخارج من «الأبنية المهمة المظهر». ملاط البيتومين كان يُستخدم أيضا لكن في تردد أقل، بما في ذلك في الحمام الكبير في موهينجو-دارو.

تاريخياً، البناء باستخدام الخرسانة والملاط ظهر لاحقا في اليونان. كشفت أعمال التنقيب تحت الأرض لقناة مغيارا أن الخزان كان مُغطى بالملاط البو زولاني سمكه 12 ميلليمتر. هذه القناة تعود إلى 500 قبل الميلاد. الملاط البوزولاني هو ملاط ركيزته الأساسة هي الجير، لكنه مصنوع مع مادة مُضافة من الرماد البركاني التي تتيح له أن يتصلّب تحت الماء، ولهذا يُعرف بـ الإسمنت الهيدروليكي. اليونانيون حصلوا على الرماد البركاني من الجزر اليونانية ثيرا ونيزيروس، أو من ثم المستعمرة اليونانية لـDicaearchia (بوتسوولي) قرب نابولي، إيطاليا. فيما بعد حسّن الرومانيون استخدام ووسائل صُنْع فيما أصبح يُعرف باسم الملاط والإسمنت البوزولاني . حتى في وقت لاحق، استخدم الرومانيون الملاط من دون البوزولانا مُستخدمين بدلا من ذلك مزيج من مسحوق الطين نضيج، وأكسيد الألومنيوم وثنائي أكسيد السيليكون . هذا الملاط كان أقوى من الملاط البوزولاني، لكن، لأنه كان أكثر كثافة فإنه يقاوم اختراق الماء بشكل أفضل .

الملاط الهيدروليكي كان غير مُتاح في الصين القديمة، وربما يعود ذلك لعدم توفر الرماد البركاني. حوالي 500 ميلادية، خُلط حساء الأرز اللزج مع هيدروكسيد الكالسيوم لصنع مركب ملاط عضوي - غير عضوي والذي كان أكثر قوة ومقاومة للماء من النورة.[1]

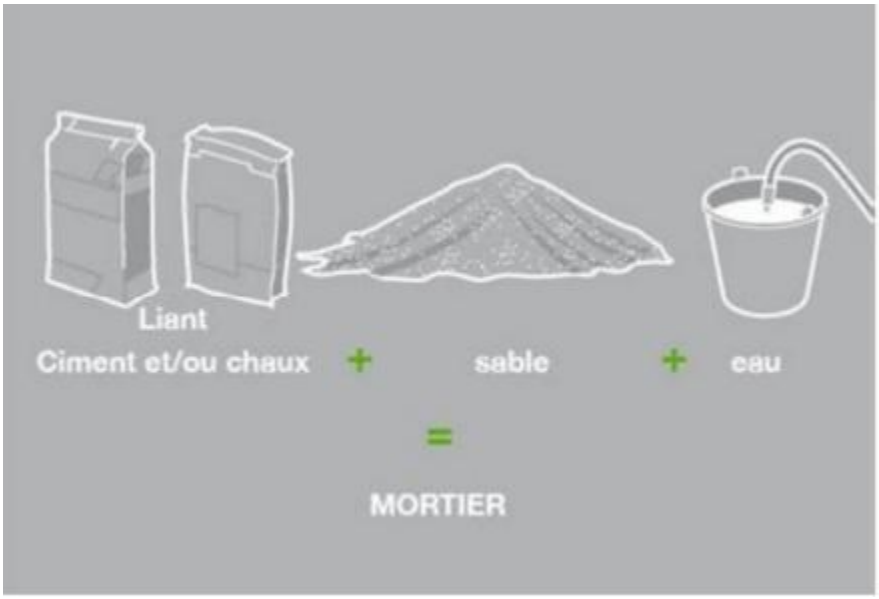
I- 2- الملاط :

I-2-1- تعريف الملاط: الملاط أو المونة من أقدم مواد البناء المصنوعة من مواد رابطة وركام ناعم. أكثرأنواع هو مزيج من الرمل والإسمنت أو الجير والماء مادة بناء تستخدم لربط الطوب أو الطابوق أو الحجر ولملء الفراغات بينها. الملاط بصورة عامة يصنع على شكل عجينة تصبح صلبة حين تجف وتتكون من مواد مختلفة مثل الطين أو الصلصال أو النورة أوالاسمنت أو خليط من هذه المواد وقد يضاف إليها الرمل.[2]

I-2-2-مكونات الملاط الأساسية:

يتكون الملاط عموما من المكونات التالية:

- مواد خاملة
- الماء
- مواد لاصقة



شكل-I-1مكونات خلطة الملاط[10]

I-2-2-1-مواد خاملة :

والمتمثلة في الرمل, المستعمل في إعداد الملاط. تتشكل من تفكك الصخور طبيعيا أو اصطناعيا فتكون على شكل حبيبات مختلفة الأحجام، والمواد الخاملة تشكل الهيكل العظمي للملاط وتساهم في المقاومة من خلال صلابتها والتقليل من عملية الانكماش أثناء الجفاف.[3]

وفي عملنا استخدمنا رمل البناء (رمل المحجر) بمنطقة سيدي سليمان ولاية تقرت كمادة خاملة من أجل تحضير الملاط والذي يعرف بما يلي :

- **تعريف الرمل:**

يعتبر الر مل من أهم المواد المستعملة في مجال البناء لا سيما في تركيبة الخرسانة وفي صناعة العديد من الطوب والقرميد وأيضا في إنجاز الطرقات والجسور والسدود، فهو يعتبر المورد الطبيعي الاكثر ِ استعمالا في شتى مجالات التنمية، على شكل حبيبات ٍ صغيرة مفككة ناتجةٌ عن تفتت الصخور والمعادن وبعض المواد العضوية الجافة، نتيجة العوامل الطبيعية المختلفة، يتشكل الرمل بمعظمه من مادتي الكوارتز والسيليكا المتشابهتين، اللتين تجعلان تركيبته غير متفاعلةٍ كيميائيا وقاسية للغاية، وأشد مقاومة للظروف المناخية وتختلف ألوانه تبعا لطبيعة الصخور أو المعادن أو المواد العضوية التي يأتي منها. [2]

- **أنواع الرمال المستعملة في البناء:**

نذكر من بين الرمال الأكثر استعمالا لتقوية مواد البناء والأشغال العمومية ما يلي:

- **رمل البحار:** مثلما يستقر الرمل في قاع الأنهار، فإنه يستقر أيضا بكميات كبيرة في مصب النهر وحتى بعده عندما تتولى التيارات البحرية السيطرة على الأنهار لحمل حبيبات الرمل. إن الرمال البحرية أقل أهمية من رمل النهر لأنه يحتوي دائما على نسبة من الأملاح الذي يسبب ضررا على ديمومة فولاذ المنشآت، كما يتعرض جرف الرمال في البحر بشدة لسبب تدهور البيئة البحرية وخطر هبوط الساحل والشاطئ.[4]

- **رمل الوديان الطبيعي:**

ويعتبر هذا النوع الأكثر نقاوة، ويستخدم في صناعة العديد من أنواع الخرسانة والميزة الرئيسية لخذا النوع تتمثل في هيكلها المتجانس وصغر حجم حبيباتها، الرمال الطبيعية يمكن أن تأتي من الأنهار المعروف أيضا باسم " رمل النهر" ويتميز بشكله المستدير وصلابته، وهو يأتي من حركة الماء على الصخور بسبب كتلتها الصغيرة، تتحرك حبيبات المادة هذه مع هطول الأمطار وجريان السيول والأنهار. وعندما تضعف شدة قوة المجاري المائية ذات التدفق العالي وعند وصولها إلى السهول، فإن حبيبات الرمل المنقولة والتي لم تعد تحملها طاقة الماء تترسب ببطء في مجاري الأنهار والجداول بمرور الوقت، ومع تقدم الزمن، يتم تغطية هذه الرواسب بالطمي والتربة العلوية التي يتم استغلالها حاليا على طول الأنهار مثل نهر السين، لوار، غارون، الرون، نهر الراين،...،ولأسباب بيئية يتم استغلال عدد قليل للغاية من هذه الرمال مباشرة في قاع الأنهار النشطة .

على الرغم من استهلاكه بكميات كبيرة، إلا أن هذا النوع من الرمال يميل إلى أن يصبح سلعة نادرة.[4]

- **رمل المحاجر:**

وتنتج عن طريق التكسير، في الواقع هي كل عملية لاستخراج الصخور الضخمة عن طريق التفجير ثم عن طريق طحن الكتل الصخرية والشظايا الأصغر فالأصغر، فإنه يخلق على كمية معينة من الرمال، تستخدم الحصى (عادة ما يزيد قطرها عن 5مم) لتصنيع الخرسانة، أما الرمل فهو ينتج من تكسير الحصى المسحوق (عادة ما يقل قطرها عن5مم).[4]

- **رمل الكثبان:**

تعتبر رمل الكثبان من أكثر الأنواع تواجدا خاصة في منطقتنا الصحراوية، وهي عبارة على صخور رملية بيضاء نقية تحتوي على نسبة عالية من السيليكا (Sio2) أكثر من 99 %والذي يميزها بكونها أنها متماثلة ومتجانسة من حيث الشكل ويتراوح حجم حبيباتها 80 ميكرون إلى غاية 168ميكرون حيث تعتبر هذه الميزة غير مرغوب فيها لهذا النوع في الخلطة الخرسانية وهذا بسبب مجاله الحبيبي المحدود جدا. [4].

- **الرمل الاصطناعي:**

هي رمال ناتجة عن طحن وسحق كتل الخبث المنصهر في أفران صناعة الفولاذ، كذلك الخبث المحبب الخاضع للتبريد السريع في صناعة الفولاذ ولقد أجريت العديد من الدراسات الحديثة والتجارب على خرسانة الرمل المركبة من هذا النوع من الرمال وبينت هذه الأخيرة بأن لها. خصائص ميكانيكية مماثلة لخرسانة الرمل المركبة بالرمل الطبيعي. [4]

- **مقاييس ومواصفات دولية للرمل:**

تصنف منظمة المقاييس الدولية للرمل ISO 14688 الرمل على الشكل التالي:

01- الناعم، وقطر حبيباته بين 0.063-0.2 ملم.

02- المتوسط وقطر حبيباته بين 0.2- 0.63 ملم.

03- الخشن وقطر حبيباته بين 0.63-2.00 ملم.[2]

I-2-2-2 - الماء

الماء يؤثر على خصائص الملاط وأداءه، فاستعمال نسبة كبيرة من الماء في الخليط يجعل الملاط سهل الاستعمال لكن يتسبب في تقلص كبير، بعد تبخره مما يؤدي إلى التشقق، وفي حالة استعمال نسبة قليلة يجعل من الملاط عسير الاستعمال، ضعيف الالتحام وسيء التماسك.[3]

- **أنواع المياه :**

تتمثل أنواع المياه في ما يلي:

- مياه المحيطات والبحار
- المياه الجوفية
- البحيرات العذبة
- ماء التربة
- مياه الحنفيات
- المياه المعدنية
- الماء المقطر
- مياه الآبار
- مياه الأنهار.[5]

وفي هذا العمل تم استخدام ماء حنفية مخبر الهندسة المدنية من اجل خلط مكونات الملاط.

I-2-2-3-المواد الرابطة:

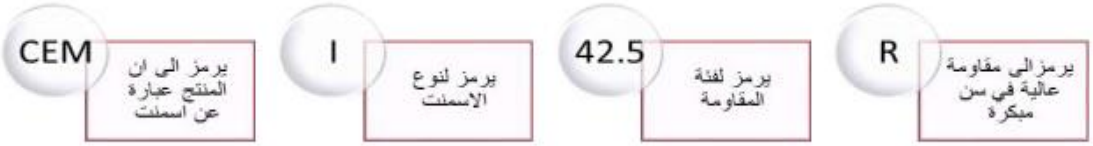
هي مواد تحتوي على خاصية التجميع عن طريق اللصق بين المواد الخامة، ويتم مزجها بالماء فتنتج عن ذلك عجينة لاصقة تتصلب بشكل تدريجي.[3]

وفي هذا العمل تم استخدام الإسمنت CEMI.42.5CRS (الإسمنت المقاوم للكبريتات)مادة رابطة حيث انه يعرف بما يلي:

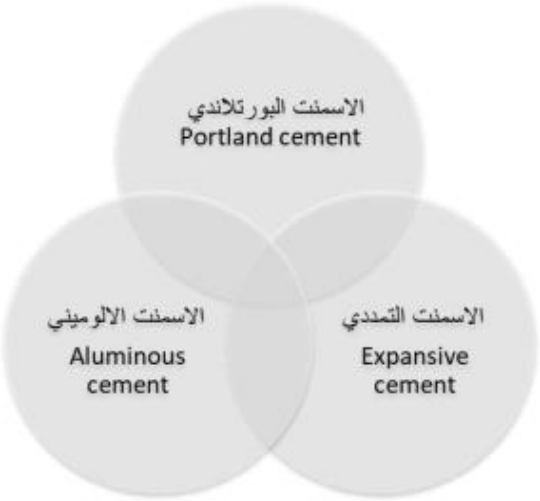
- **الإسمنت:**

الإسمنت يمكن أن يوصف على انه مادة لها خاصية اللصق والتماسك التي تساعدها على ترابط المواد المكسرة إلى كتلة واحدة، وفي الأعمال الإنشائية يقوم الإسمنت بعمل الترابط بين الأحجار والرمل والطوب كمادة لاحمة. لكن هناك بعض العيوب للإسمنت تحد من استخداماته أهمها التشقق الذي يحدث للخلطات الغنية بكمية من الإسمنت وذلك نتيجة التغير في حجم الإسمنت كما أن مونة الإسمنت لا تتحمل اجهادات الشد عند تعرضهاله.[6]

- **تسمية الإسمنت:**



شكلI—2 معنى الاسم المختصر للإسمنت[13]



شكل I- 3- أنواع الإسمنت[13]

❖ الإسمنت البورتلانديPortland Cement:

- الإسمنت البورتلاندي الاعتيادي(O.P.C):

يستعمل بصورة واسعة في معظم المنشآت الغير معرضة لأملاح الكبريتات في التربة أو المياه الجوفية.[7]

- الإسمنت البورتلاندي سريع التصلب:

يشبه الإسمنت البورتلاندي الاعتياديإلا انه يطور المقاومة بصورة أسرع من الإسمنت الاعتيادي يستعمل هذا النوع من الإسمنت عندما يراد الحصول على مقاومة عالية وهو نوعان :[7]

أ- الإسمنت البورتلاندي السريع التصلب الممتاز

ب- الإسمنت ذو المقاومة المبكرة العالية وفوق اعتيادية

- الإسمنت البورتلاندي المنخفض الحرارة:

يستعمل هذا النوع في الكتل الخرسانية الضخمة مثل السدود لمنع التشققات والتلف بسبب حرارة الإماهة العالية

- الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريت:

يستعمل هذا النوع في الأماكن التي تتواجد فيها أملاح الكبريتات كالتربة والمياه الجوفية

- الإسمنت البورتلاندي خبث الأفران العالية:

يصنع هذا النوع من الإسمنت من طحن الفضلات الصناعية للحديد مع الكلنكر للإسمنت البورتلاندي الاعتيادي ذو مقاومة عالية لذلك يمكن استخدامه في المنشآت المعرضة لماء البحر.

- الإسمنت البورتلاندي الأبيض:

كلفة طحن هذا النوع من الإسمنت تكون غالية لذلك تعادل كلفته ضعف كلفة الإسمنت البورتلاندي الاعتيادي.

- الإسمنت البورتلاندي البوزلاني :

يستعمل هذا النوع من الإسمنت في صب الكتل الخرسانية الضخمة نظرا لقلة الحرارة المنبعثة في عملية الإماهة لهذا الإسمنت.

تحدد المواصفات الأمريكية محتوى البو زولان بين 15-40 %من وزن الإسمنت.

❖ **الإسمنت التمددي Expansive cement:**

يصنع هذا النوع من الإسمنت من خليط من الإسمنت البورتلاندي وعامل تمددي ومادة مثبتة.[7]

❖ **الإسمنت الالومينيي Aluminous cement :**

ذو مقاومة عالية لأملاح الكبريتات وهذه المقاومة ناتجة عن عدم وجود هيدروكسيد الكالسيوم Ca (OH)2 في نواتج عملية الإماهة.

يحصل على 80% من مقاومته النهائية بعمر 24 ساعة في حين يحصل الإسمنت البورتلاندي الاعتيادي على معظم مقاومته بعمر28 يوم.[7]

I-3- تشكيل الملاط :

يتشكل نتيجة لتصلب مركباته التي تعد من خليط الرمل ومواد رابطة كالجير, الجبس(مواد تساعد على التماسك)والماء , مع إضافة المحسنات والملونات وعادة مواد نباتية تربط بينها .ويستعمل للربط به بين عناصر البناء ,لذلك تدرس علاقة التصاقه ومقاومته, سرعة تماسكه مع مواد البناء الأخرى, والنظر في ارتباطه بهذه المواد وتأثره مع تغيرات المناخ والزمن ,وإعداد الملاط يعتمد على قدر كافي من المواد الخاملة كالرمل ,ثم تمزج مع مادة رابطة كالجير ,وإضافة الماء يكون تدريجيا بقدر كافي لجعل الخليط مثالي ,متجانس ومتماسك والحرص على عدم ترك عجين المواد الرابطة على شكل كتل متماسكة وغير مختلطة [2].

I-4- المضافات:

- تعريفها: المضافات أو الإضافات هي مكون اختياري للخرسانة يضاف لتعديل خصائص معينة للخرسانة لتحسين أدائها. يعتمد حجم المواد المضافة إلى خليط الخرسانة على الحاجة ويختلف من موقع إلى آخر.
- أنواعها:

- المضافات المعدنية: عبارة عن مواد مضافة صلبة يمكن أن تحل محل الإسمنت في خليط الخرسانة. أكثر الإضافات المعدنية شيوعا هي الرماد المتطاير، وخبث الأفران الحبيبية وغبار السيليكا.
- المضافات الكيميائية: عبارة عن مضافات سائلة تضاف إلى الخلطة الخرسانية لتعديل خاصية الخرسانة مثل:
- المسرعات: لتسريع عملية التصلب

- الملدنات والملدنات الفائقة: لتحسين قابلية التشغيل دون إضافة الماء إلى الخلطة وبالتالي تقليل نسبة الماء إلى الإسمنت.
- عامل حبس الهواء: لإنشاء جيوب صناعية هوائية داخل الخرسانة.
- مضافات تقليل المياه: لزيادة حركة جزيئات الإسمنت في المزيج اللدن، وتحقيق نفس قابلية التشغيل في محتويات الماء المنخفضة.[2]
- عوامل تعديل اللزوجة: لتحسين قابلية التدفق للخرسانة.[2]

I-5-أنواع الملاط:

تتمثل أنواع الملاط في:

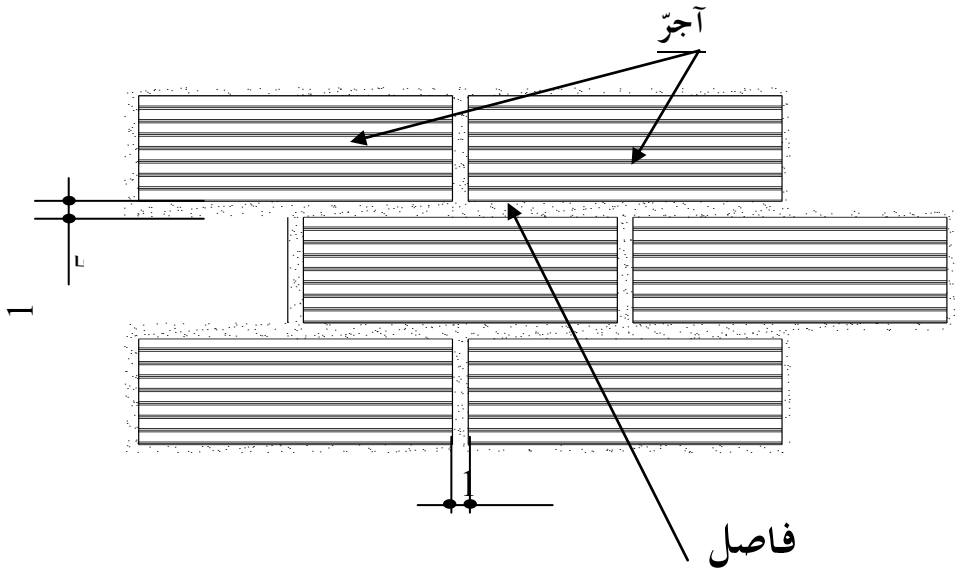
- ملاط الإسمنت: هذا الملاط الأكثر شيوعا وهو ملاط إسمنتي يتميز بمقاومة جيدة كما يتماسك ويتصلب بسرعة. بالإضافة إلى ذلك، فإن جرعة الإسمنت الكافية تجعلها غير نفوذه تختلف الجرعات من 300إلى 400 كغ من الإسمنت لكل متر مكعب من الرمل.[8]
- ملاط الجير: ملاط الجير أقل مقاومة مقارنة بملاط الإسمنتي وقت التصلب. [8]
- ملاط الجبس: محضر من مواد رابطة جبسية.[8]
- ملاط مختلط: يستخدم فيه مواد رابطة والمتمثلة في الإسمنت الجيري والإسمنت الطيني. ويتم اختيار نوع الرابط وفق لواجهة الملاط. [8]
- الملاط المعد في الورشة:**Mortier fabriqué sur chantier**يتم تحضيرها بالإسمنت والرمل من موقع البناء. الإسمنت هو إسمنت CPA أو CPJالحالية وأحيانا الإسمنت الخاص مثل إسمنت الألومينا المنصهر. يتم أيضا استخدام الجير الهيدروليكي وأحيانا مواد رابطة البناء ويتم الخلط باستخدام مجرفة أو خلاط إسمنت صغير. [9]
- ملاط بطانة البناء: نستخدم الرمال التي لا يتجاوز حجم حباتها 5 مم الجرعة الأكثر شيوعا هو حجم واحد من الموثق لثلاثة مجلدات من الرمل. كمية الماء يمكن تحديد دورها بشكل مسبق.[9]
- ملاط صناعي: هذه النوع من الملاط مصنوع من مكونات جافة، على الرغم من ذلك مختارة ومعبئة في أكياس ويتم فحصها في المصنع. ليستخدم هذا النوع من الملاط، قد يحتوي الملاط على مواد رابطة ورمال مختلفة بالإضافة إلى المواد المساعدة والملونات اختياريا. تقدم الشركات المصنعة للملاط الصناعي مجموعة كاملة من المنتجات لتلبية جميع الاحتياجات. [9]
- ملاط ليفي: يتيح دمج الزجاج أو ألياف البولي بروبلين او أي نوع اخر من الألياف للحصول على ملاط باستخدام تماسك فائق وأقل تشقق. هذا إما ملاط مسبقة الخلط، يتم تسليمها في أكياس، أو ملاط جاهزة للاستخدام التي تسلمها بعض المصانع.[9]

I-6- استعمالات الملاط:

الملاط خليط من رمل و ماء ورابط (إسمنت أو جير) وأحيانا مواد إضافية، و يستعمل في البناء فيما يلي :

- الربطliaison

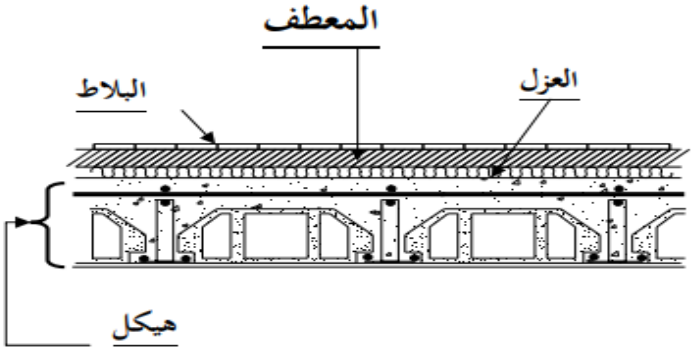
يستعمل خاصة في الجدران في الربط بين اللَّبِن وهذا بإنجاز فاصل joint على شكل طبقة ملاط ربط بين كل لبنة وأخرى الشيء الذي يعطي الجدار صلابته.



- إنجاز المعاطف **réalisation des chapes**

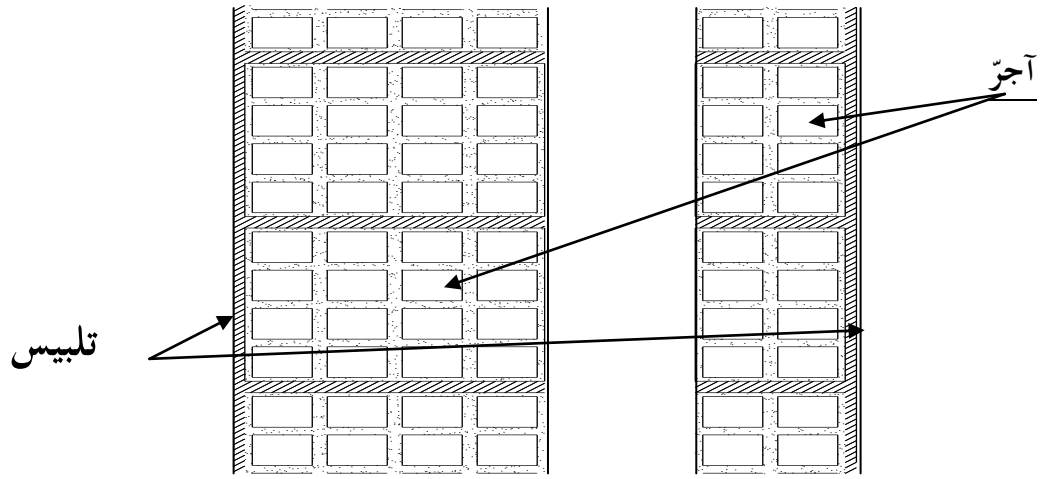
تعالج سطوح الأرضيات بعدة طرق ويستعمل الملاط في ذلك من أجل الأغراض الآتية:

- التشكيل: أي إعطاء الأرضيات ميلا لصرف المياه.
- الكتامة: بإنجاز طبقة مستمرة من الملاط.
- التبليط: حيث تحمل عناصر البلاط carrelage بطبقة من ملاط



- التلبيس revêtement

أمر يخص أيضا الجدران حيث تغطى بعد إقامتها بطبقات من الملاط لا يفوق عددها ثلاث طبقات دورها حماية الجدران والعناصر المكونة لها من كل ما قد يُخل بمقاومتها .



إستعمال مكونات الملاط بالمقادير المبينة في الجدول أدناه

الجدول -I-1مكونات الملاط

الملاط		المعايرة kg/m^3	
		الإسمنت	الجير المائي
ملاط الربط	ملاط الإسمنت	300 350 400 450	
	ملاط مختلط	100 150 150	200 150 250
	ملاط الجير		300 350 400 450
ملاط التلبيس	الطبقة الأولى	800/600 في الخارج 600/400 في الداخل	200
	الطبقة الثانية	80/50	300/250
	الطبقة الثالثة	80/ 150 خاصة في الخارج	350/300
إنجاز المعاطف		600	

الصورةI-1-استعمالات الملاط [8]

I-7- خصائص الملاط:

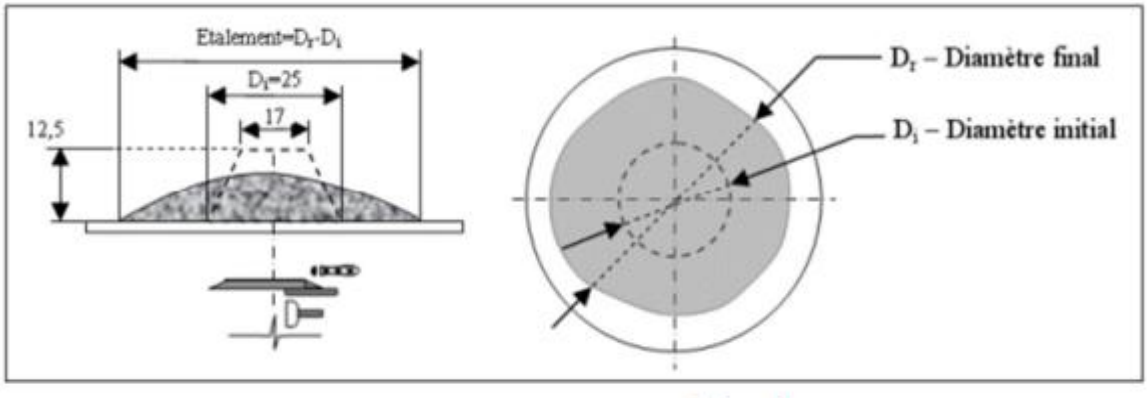
I-7-1-التشغيلية: NFP18-452

تعتبر التشغيلية احد الخصائص الفيزيائية النوعية للملاط، وهي عبارة عن وسيلة لمعرفة قابلية التشغيل ويتطلب الملاط العادي كمية عادية من الماء وهذا يترجم بالنسبة E/C حيث أن هذه النسبة في الحالة العادية تقارب 0.5 هذه الخاصية تعود إلى نعومة الخليط الكبير.[10]

- **تجربة التشغيلية:**

نقوم بوضع الملاط في طاولة الاهتزاز(الجهاز) ثم نلاحظ قيمة الهبوط، ومن هذه القيمة نستخرج نوعية الملاط، حيث يصنف الملاط حسب التشغيلية إلى ثلاثة أصناف:

- ملاط صلب
- ملاط مرن.
- ملاط مرن جدا.[10]
- وصف الجهاز: يسمى الجهاز الذي يستعمل لفحص التشغيلية (طاولة الاهتزاز) وهو إختبار تجريبي يستخدم للتحقق من تناسق الملاط من خلال تحديد قيمة انتشار وتناسق الملاط المختلط.[10]

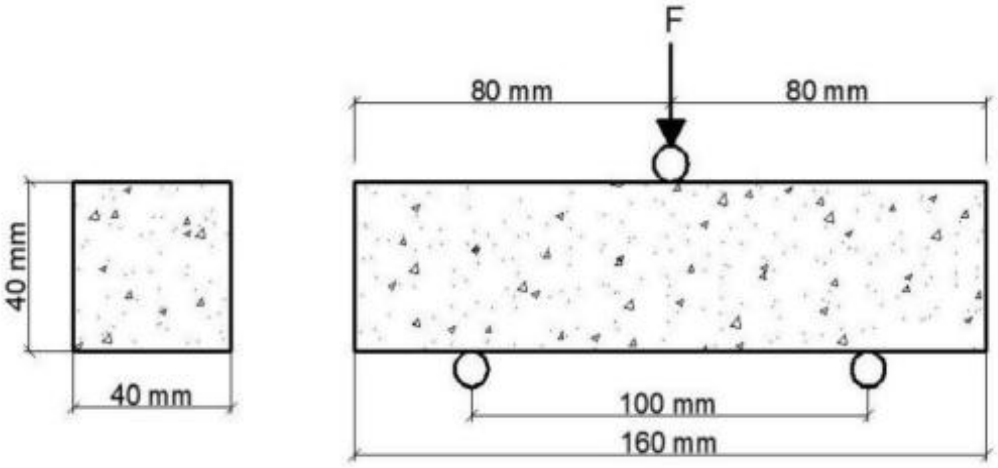


شكل-I-4 تناسق الملاط على طاولة الاهتزاز

I-2-7- تجربة التحطيم بالإنحناء:

تتم تجربة الإنحناء على عينات لها مقطع 4X4 سم وطول 16 سم، البعد بين المسندين 10 سم كما يتم تنفيذ هذه العملية بواسطة آلة الإنحناء بثلاثة نقاط ،الآلة مزودة بمسندين أسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما لعينة ومسند علوي أسطواني كذلك مطبق وسطهما متحرك بواسطة محرك الآلة ليطبق القوة على العينة و تقرأ الحمولة مباشرة من الآلة.

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN196-1 .[10]



شكل-I- 5 شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الإنحناء

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من الملاط ذات أبعاد (40X40X160ملم)، قدرة هذه الآلة على التحطيم تصل إلى 10 KN إذ تطبق تقريبا 2.67KN/min

-مقاومة الانحناء تحسب العلاقة التالية:

$$Rt=1,5.Ff.l / b^3$$

حيث:

-Rt:مقاومة الإنحناء ب MPa

-Ff: قوة تحطيم العينة عند الإنحناء N

- l: البعد بين المسندين mm

- b :ضلع العينة الذي يساوي 40 مم

1-7-3- تجربة التحطيم بواسطة الضغط :

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN196-1.وتكون بواسطة جهاز ضغط المواد الصلبة وتكون على نصف العينة هذا النصف الثاني من تجربة تحطيم العينة بالإنحناء بمقطع ذوأبعاد(mm40X40) توضع هذه العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين حيث تتموضع هذه الآخيرة على بعد cm1 من الحواف الجانبية كما هو موضح في الشكل:[10]

شكل-I-6 يوضح آلية التحطيم بالضغط

حيث:: $Rc = \sigma c / b^2$

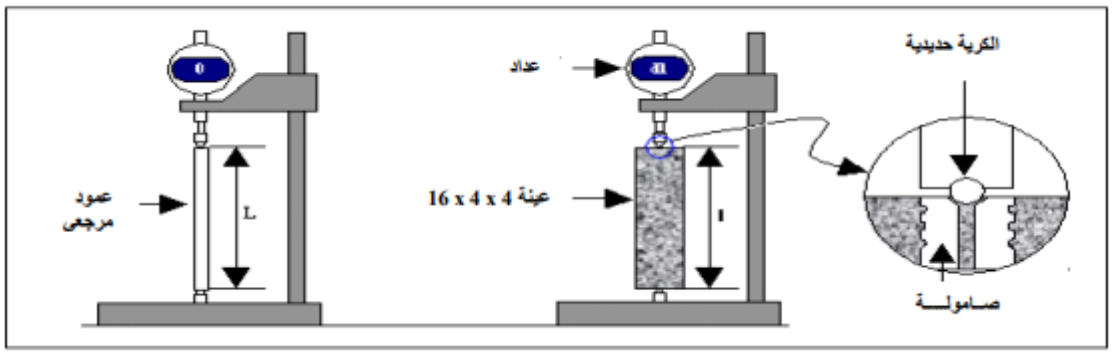
-*Rc*: مقاومة الضغط ب MPa

- σc : قوة تحطم العينة عند الضغط ب N

-b:جزء العينة يساوي 40 mm

I-7-4-الانكماش:

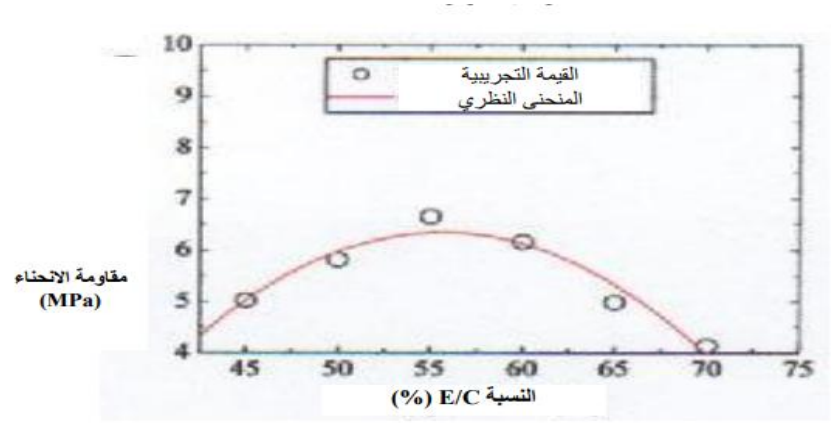
يقاس الانكماش على عينات لها مقطع (40X40X160ملم) مزودة في سطوحها العلوية والسفلي بصمولتين توضع عليهما كريتان حديديتان وتدخل العينة وهي على هذا الحال إلى جهاز رقمي يقيس الطول مباشرة إعتبارا من طول ابتداء يضبط عليه، هذا الجهاز من النوع Rétrocontrôleكما هو موضح الشكل هذه التجربة منصوص علها حسب القاعدة [11].NFP15-433



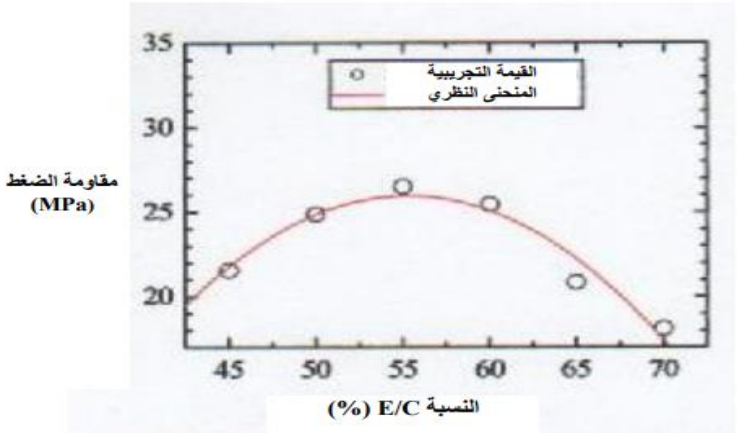
شكل-I-7جهاز قياس الإنكماش[11]

I-8- تأثير النسبةE/Cعلى المقاومة

يأتي تأثير هذه النسبة على المقاومة من كون هذه النسبة عند زيادتها مما يعني زيادة الماء عن الحاجة وعند خروجه يخلف فراغات (مسامات) هذه الأخيرة تؤثر على جسم الخرسان حيث يكون شبه مجوف و هذا مما يجعله سهل للانضغاط و الانكسار و المنحنيات التالية توضح مقدار تأثير النسبة E/Cعلى مقاومةالضغط و مقاومة الإنحناء.[4]



شكل-I- 8 تأثير نسبة E/C على مقاومة الإنحناء[11]



شكل-I-9 تأثير نسبة E/C على مقاومة الضغط[11]

لاحظ العديد من الباحثين أن جميع العلاقات و النظريات المتعلقة بتصميم الخلطات الخرسانية تركز بشكل كبير على كمية الماء اللازمة للخلط و كمية الإسمنت المستخدمة .ذلك لان نسبة الماء للإسمنت لها تأثير مباشر و كبير على خصائص الخرسانة ، مثل قوتها الانضغاطية و قوتها على الإنحناء .تقليل نسبة الماء للإسمنت يؤدي إلى زيادة قوة الخرسانة و كثافتها بينما زيادة النسبة تسهل العمل مع الخرسانة و لكنها تضعف قوتها و تزيد من نفاذيتها لذا يعد تحقيق التوازن المثالي في نسبة E/C أمرا حاسما للحصول على خرسانة ذات أداء ممتاز.[11]

I-9- الديمومة(Durabilité):

عادة ما تكون ديمومة خرسانة الرمل متعلقة أساسا بالمكونات الفيزيائية للتركيبة مثلها مثل ديمومة الخرسانة العادية، كما تتعلق أيضا بالمسامية والنفاذية وتوزيع الفراغات. إضافة إلى هذا، هناك عوامل أخرى داخلية مؤثرة، كتفاعل القلويات والسلفات مما يغير من طبيعة الخرسانة، وقد تتضاعف هذه التفاعلات عن طريق التبادلات الهيدروليكية بالوسط الخارجي .[4]

تختلف خرسانة الرمل عن الخرسانة العادية، بتركيزها العالي للرمل، وهذا ما يجعلها عموما تحتوي على أكثر عدد من المسامات ذات الأحجام الصغيرة، أي نسبة عالية من الفراغات مقارنة بالخرسانة العادية.

I-10 - إماهة الإسمنت:

هي التفاعل الكيميائي بين الإسمنت والماء حيث تتكون مركبات جديدة تنتج كتلة متينة وصلبة تعرف بعجينة الاسمنت المتصلبة لفهم آلية إماهة الإسمنت وتصلب الخرسانة يجب معرفة التركيبة الكيميائية للإسمنت البورتلاندي الذي يحتوي على مركبات رئيسية وثانوية. المصطلح "المركبات الثانوية" يشير إلى كمية هذه المركبات وليس إلى أهميتها[11].

أ- المركبات الرئيسية: المواد الأولية المستعملة في صناعة الاسمنت البورتلاندي تتكون بصورة رئيسية من الجير(الكلس) والسيليكات والألومينا وأكاسيد الحديد وعندما تخلط هذه المكونات وتتم عليها عملية الحرق بالأفران يتكون الكلنكر والذي يحتوي على أربع مركبات رئيسية كما هو مبين في الجدول مع رموزها المختصرة و التي تستعمل من قبل كيماوي الاسمنت حيث يرمز لكل أوكسيد بحرف واحد:

$H=H_2O$, $F=Fe_2O3$،$A=Al_2O_3$ ، $C=Cao$ ،$S=SiO_2$

الجدول I-2المركبات الرئيسية للإسمنت البورتلاندي

المركب	الرمز المختصر	التركيبة الكميائية
سيليكات ثلاثي الكالسيوم	C_3S	3CaO.SiO2
سيليكات ثنائي الكالسيوم	C_2S	2CaO.SiO2
ألومينات ثلاثي الكالسيوم	C_3A	3CaO.Al2O3
ألومينات حديد رباعي الكالسيوم	C_4AF	4CaO.Al2O3.Fe2O3

ب- المركبات الكيميائية:

الجدول I- 4 المركبات الكيميائية للإسمنت البورتلاندي [11]

أسماء العناصر	الصيغة الكيميائية	النسبة المئوية التقريبية%
السيليكات	SiO_2	25-18
أكسيد الألمنيوم	Al_2O_3	7-4
أكسيد الحديد	Fe_2O_3	4.5-1.5
أكسيد الكالسيوم	CaO	70-55
أكسيد المغنيزيوم	MgO	1- 2,5
ثلاثي أكسيد الكبريت	SO_3	1-3

يوجد نوعان من تفاعل مركبات الإسمنت مع الماء. الاول هو التفاعل الحقيقي الذي يعتبر العامل الأساسي في عملية الإماهة وهو التفاعل بين مركبات الكلنكر والماء والثاني هو التفاعل الثانوي وهو التحمل بالماء

تتأثر سرعة تفاعلات الإماهة للتركيبات الكيميائية المختلفة في الإسمنت بمعدل إذابتها في الماء وبدرجة الحرارة. تظهر الدراسات أن المركبات الموجودة بشكل فعال وخاصة السيليكات ثلاثية الكالسيوم (C3A) تظهر درجة أعلى من التفاعل بالمقارنة مع المركبات الأخرى.

المركب الجديد رباعي الكالسيوم (C4AF) يبدأ بالتفاعل مع الماء أولا، حيث يؤثر على مسلك التفاعلات الكيميائية لباقي المركبات. يظهر الإسمنت النهائي مقاومة مميزة وأداء جيد بفضل التفاعلات الكيميائية الأساسية التي تحدث عند إضافة الماء إلى الخليط.

تتكون السيليكات الكلسية (C3Sو C2S) في المركبات الرئيسية، ويعتبر السلوك الفيزيائي للإسمنت أثناء عملية الإماهة مشابها لسلوك هذين المركبين حيث تزداد المقاومة النهائية لبنية عجينة الإسمنت الصلبة بصورة رئيسية إلى سيليكات الكالسيوم تشكل حوالي 75% من وزن الإسمنت البورتلاندي الاعتيادي، لذلك فإنها تعتبر من المكونات الأساسية المسؤولة عن إي مرحلة من مراحل عملية الإماهة.

I-10-1إماهة ألومينات ثلاثي الكالسيوم C3A:

$$(\text{Ettringite})C3A.3CSO_4.32H_2O \longrightarrow C3A+30H_2O+3CaSO_4.2H_2O$$

إترنجيت (Ettringite) ← جبس + ماء + ثالث ألومينات الكالسيوم

يترسب الترنجيت ويكون مركب غير مستقر ويتحول إلى كبريتات أحادية بالتدريج وهي المنتج النهائي لإماهة الإسمنت البورتلاندي.

$$C_3A + 10\ H_2O + CaSO_4.2H_2O \longrightarrow \text{Ettringite } C_3A.3CSO_4.12H_2O \text{ (monosulfate)}$$

أحادي الكبريتات ← جبس + ماء + ثالث ألومينات الكالسيوم

I-10-2 إماهة سيليكات الكالسيوم:

يعتبر المركبان C3Sو C2S من المركبات الإسمنتية المسؤولة عن إعطاء المقاومة النهائية لهيكل عجينة الإسمنت. تفاعل السيليكات ينحصر في تفاعل ثالث سيليكات الكالسيوم (C3S) وثاني سيليكات الكالسيوم (C2S) حيث تنتج هذه التفاعلات مجموعة من هيدرات سيليكات الكالسيوم /السيليكون والماء المتحد كيميائيا. تفاعلC2S أبطأ من تفاعل C3S، مما يجعل C2S مسؤولا عن المقاومة المتأخرة وC3Sمسؤولا عن المقاومة المبكرة. يمكن توضيح عملية إماهة السيليكات بالمعادلات التالية:

$$2C_3S \text{ (Alite)} + 6H \longrightarrow C_3S2H3 + 3\ Ca\ (OH)2$$

هيدروكسيد الكالسيوم + سيليكات الكالسيوم المماهة ← ماء+ ثالث سيليكات الكالسيوم (الآليت)

$$2C_2S \text{ (Belite)} + 4H \longrightarrow C_3S_2H_3 + Ca\ (OH)_2$$

هيدروكسيد الكالسيوم + سيليكات الكالسيوم المماهة ← ماء+ ثاني سيليكات الكالسيوم (البليت)

I-10-3إماهة مركبC4AF :

المركب C_4AF في تركيب الاسمنت يبين أن C_4AF مركب حديدي أكثر استقرارا عند درجة الحرارة العالية مقارنة بمركبات C3S و C2S و C3A، وكلما زادت نسبته في الاسمنت قلت نسبة C3A.يساهم هذا المركب في تحسين مقاومة الاسمنت للكبريتات لكنه لم يثبت حتى الآن أي تأثير على تحسين مقاومة الاسمنت بشكل عام. ومن المهم ذكر أن زيادة محتوى الكالسيوم تأثر على خصائص الاسمنت المتصلب في البيئات الحمضية والقاعدية.

I-11-العناصر الكيميائية الضارة: تشمل

- الكبريتات: تتفاعل مع مكونات الاسمنت مما يؤدي إلى تطور بنيته.
- الكلوريدات: تساهم في تآكل الحديد والتسليح داخل الخرسانة.
- الاحماض:تؤدي إلى تحلل الاسمنت و تقليل متانته .
- الاملاح القلوية: تسبب تفاعل قلوية السيليكا الذي يؤدي إلى تشقق الخرسانة.
- المواد العضوية: يمكن أن تعيق عملية التصلب وتضعف من قوة الاسمنت.

هذه العناصر تتفاعل مع مكونات الاسمنت بطرق مختلفة مما يسبب تآكل وتدهور المادة على المدى الطويل

I-11-1-عمل العناصر الكيميائية الضارة:

- الكبريتات: تتفاعل مع مكونات الاسمنت خصوصا مع هيدروكسيد الكالسيوم (Ca(OH)2) وألومينات الكالسيوم (C3A) لتكوين مركبات جديدة مثل إترينجيت.

النتيجة: تسبب هذه التفاعلات تمددا داخليا وتشقق الخرسانة مما يؤدي إلى فقدان المتانة وزيادة النفاذية

- الكلوريدات: تهاجم حديد التسليح داخل الخرسانة مما يؤدي إلى تكوين صدأ الحديد (Fe2O3) الذي يتمدد داخل الخرسانة.

النتيجة: تؤدي الصدأ إلى تشقق الخرسانة وضعفها، وزيادة احتمالية حدوث تآكل إضافي

- الأحماض: تتفاعل مع مركبات الكالسيوم في الاسمنت مما يؤدي إلى تكوين املاح قابلة للذوبان في الماء.

النتيجة: تسبب هذه التفاعلات تحلل الاسمنتوتقليلمتانته، وزيادة النفاذية وبالتالي ضعف الهيكل الخرساني

- الأملاحالقلوية:تتفاعل مع السيليكا غير متبلورة في الركام، مما يؤدي إلى تكوين جل سيليكات الكالسيوم القلوي.

النتيجة:يسبب هذا الجل تمددا وتشققا في الخرسانة مما يؤدي إلى تدهور بنيتها.

- المواد العضوية: قد تعيق عملية التصلب بإبطاء تفاعل الإماهة الضروري لتكوين الهيدرات.

النتيجة: يؤدي ذلك إلى ضعف في تكوين الاسمنت وتقليل قوته الميكانيكية النهائية.

هذه العناصر تؤدي إلى تدهور الخواص الميكانيكية الكيميائية للخرسانة مما يقلل من عمرها الافتراضي ويزيد من تكاليف الصيانة والإصلاح.

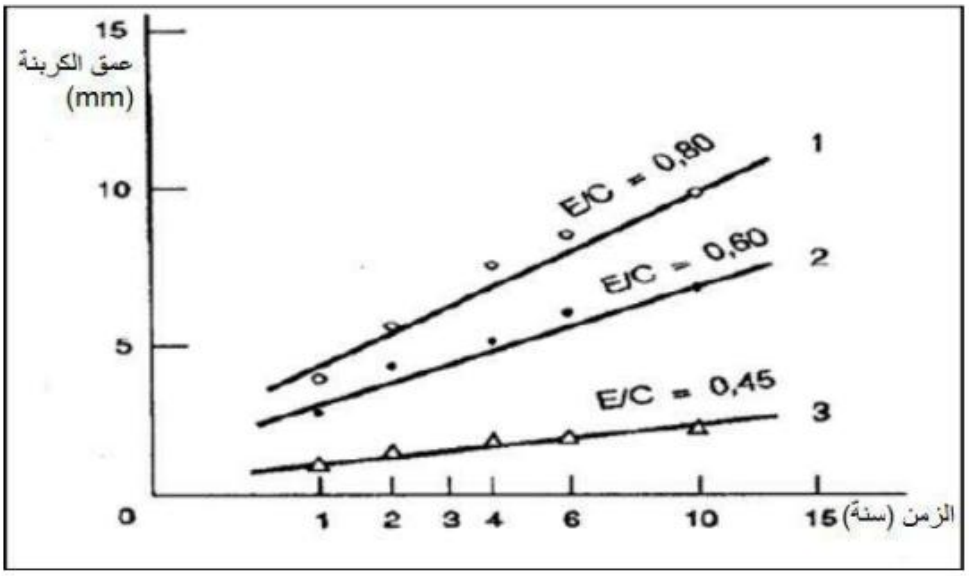
I-12-العناصر المؤثرة في ديمومة الخرسانة:

1- تركيز CO2و المواد الضارة في وسط المحيط: يؤثر بشكل كبير على ديمومة الخرسانة يتفاعل CO2 الموجود في الهواء مع هيدروكسيد الكالسيوم(Ca(OH)2) في الخرسانة لتكوين كربونات الكالسيوم(CaO3)

يقلل هذا التفاعل من قلوية الخرسانة مما يؤدي إلى تآكل حديد التسليح بمجرد أن يصل التفاعل إلى عمق التسليح .تآكل التسليح بسبب تمدده و تشقق الخرسانة مما يقلل من قوتها و متانتها .

2- الرطوبة والنمو البيولوجي: الرطوبة تسهل دخول المواد الضارة إلى الخرسانة وتوفر بيئة ملائمة لنمو الفطريات والبكتيريا.

3- نسبة الماء إلى الاسمنتE/C : كما هو معلوم من وجهة نظر الديمومة، إن نسبة الماء إلى الاسمنت تلعب دورا رئيسيا في عملية الكربنة. حيث أن مع زيادة هذا النسبة تزداد الفراغات داخل كتلة الخرسانة و تزداد مساميتها مما يسمح بمرور المواد الضارة مثل الكلوريدات و الكبريتات إلى الداخل بسهولة أكبر مما يزيد من احتمال تآكل حديد التسليح و تدهور الخرسانة .



شكل-1-10 تأثير نسبة الماء إلى الاسمنتE/C على عمق طبقة الكربنة خلال الزمن.[11]

I-13-العوامل المؤثرة في عملية التآكل:

1- النسبة E/C: حيث تزداد المسامية بزيادة نسبة E/C، فزيادة كمية الماء تؤدي إلى وجود فراغات بالخرسانة عند جفافها. كذلك في حالة زيادة الماء فإن جسم الخرسانة سيكون سائلا مما يسمح بهبوط حبيبات الركام الثقيلة إلى أسفل ثم يخرج الماء إلى السطح خلال ممرات شعيرية تظل موجودة بعد جفاف الخرسانة.[11]

2- تأثير محتوى الماء: كل العناصر الضارة تقريبا لا تكاد تتفاعل مع نواتج إماهة الاسمنت إلا بوجود الماء الذي يسهل الدخول والتحلل والانتشار.

3- تأثير نوع الاسمنت: إن نوع الاسمنت بإمكانه أن يؤثر على كتامة ووجود المسامات داخل الخرسانة وذلك حسب نوعية الإضافات التي تم مزجها معه وحسب كمية هذه الإضافات.

4- زمن التعرض: كلما طال زمن تعرض الجسم الخرساني للوسط العدواني الذي يحتوي على شوارد الكلور كلما نفذت هذه الشوارد بكميات أكبر وبالتالي التفاعل ستكون أكثر وأسرع مما يعجل بتدهور وانهيار هذا الجسم.

5- الحرارة: ونميز نوعين منها:

*** حرارة الإماهة:** قد تؤدي الحرارة المصاحبة لعملية الإماهة إلى حدوث تشققات ميكروسكوبية بعجينة الاسمنت مما يؤدي إلى اتصال الفجوات الداخلية وزيادة النفاذية.[11]

*** حرارة الجو:** قد تؤدي لتبخر كميات من الماء مقدرة لإماهة الاسمنت فيحصل نقص وبالتالي عدم تفاعل بعض من كميات هذه المادة التي تبقى غير مرتبطة وبالتالي تترك فيما بينها مسامات وفراغات.

I-1-13-آلية تأثير الكبريتات SO_2:

إن آلية تأثير SO_2 على الخرسانة تتم وفق المراحل التالية:

- دخولSO_2في مسامات فراغات الخرسانة
- تتحول إلى H_2SO_3 نتيجة الاماهة ووجود الماء.
- تتفاعل مع مركبات الاسمنت المتصلب وتشكل$CaSO_3$.
- تتأكسد $CaSO_3$ نتيجة تأثير أوكسيد الهواء تتحول إلى $CaSO_4$
- نتيجة وجود الماء يتشكل ثنائي $CaSO4و2H_2O$

إن تأكسد ذرات الكبريتات تتم ليس فقط على سطح الخرسانة بل أيضا بداخلها وذلك نتيجة وجود الماء في الفراغات.

في هذه الحالة تشكل أحماض الكبريتات داخل الخرسانة والتي يمكن أن تبرز على السطح بشكل نقاط حامضية.

الخلاصة:

من خلال هذا المحور نستطيع أن نستخلص ما يلي:

1- أن استخدام الملاط في مجال الإنشاء قديم جدا ومع تقدم الزمن تم تطوير ملاط الإسمنت الحديث الذي يتميز بخصائص ميكانيكية أفضل ومتانة أعلى.

2- أن النسبة E/C لها تأثير كبير ومباشر على خصائص الملاط.

3- خرسانة الرمل لها مزايا تؤهلها أن تكون بديل ممتاز للخرسانة العادية.

الفصل الثاني

خصائص المواد المستعملة

II -1 -مدخـــــل:

إن الملاط من أكثر المواد البناء استعمالا. حيث أنه عبارة عن خليط غير متجانس يتكون من الرمل و الماء و الاسمنت و الذي يعتبر هو المادة الرابطة التي تربط بين المكونات لتميزها بخاصية اللصق و في بعض الأحيان تتكون كذلك من مواد إضافية كالمحسنات أو الملدنات.

فمن الضروري معرفة خصائص المكونات و نسبها قصد تحضير الخلطة المناسبة لان جودة الملاط مرتبطة بخصائص و كميات المواد المستعملة في الخلطة.[12]

*في هذا الفصل تمت درستنا خصائص المواد المستعملة في تركيبة الملاط.
و نظرا لعدم وجود صيغ عالمية موحدة, فإن خرسانة الرمل هي محل أبحاث و دراسات بهدف مجملها إلى جمل هذه الأخيرة مادة صناعية عالمية.

II –2خصـــائص المـواد المستعملـــــة:

ارتأينا في هذه الدراسة استعمال رمل المحاجر الموجود بكثرة وخاصة في الجنوب الجزائري و بالضبط في ولاية توقرت بلدية **سيدي سليمان** و إسمنت CRS **(الاسمنت المقاوم للسلفات)**من أجلالحصول على نتائج جيدة و نسبة من ملدن فائق الأداء MEDAPLAST SP 40.

II -1-2- الرمل:

نتحصل على الرمل نتيجة تفتت الصخور الطبيعية بفعل الرياح وجريان الماء كما يمكن أن نتحصل عليه اصطناعيا بسحق خبث الافران العالية ولتحضير الخرسانة يستعمل الرمل الطبيعي الكوارتز ورمل الكثبان و اللذان يجب أن يكونا خاليين من المواد المتفاعلة مثل الأملاح و الأحماض و المواد القلوية و كذلك الشوائب الغضارية و العضوية حيث يجب أن لا تزيد هذه النسبة عن 3% للرمل الطبيعي و 5% للرمل المنتج عن طريق السحق.

وهو معرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد NFP18-101,NFP18-301[4]

في دراستنا هذه تناولنا رمل المحاجر لمنطقة **سيدي سليمان ولاية توقرتواد ريغ**.

II -1-2-1 الكتلة الحجمية :

الهدف منها معرفة نوع الرمل المستعمل وكثافة وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الملاط وهي معرفة بالقواعد NFP94-64(Novembre 93).[26]

II -1-2-1-أ- الكتلة الحجمية الظاهرية:(Masse volumique apparente)

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

$$\rho_{app} = \frac{M_T}{V_T}$$

:الكتلة الحجمية الظاهرية
:وزن العينة الكليkg .
:حجم العينة الكليm^3.
. kg:
$230.m^3*10^{-6}$:

الصورة- II -1-توضح الكتلة الحجمية الظاهرية

II -2-1-1-ب - الكتلة الحجمية المطلقة:(Masse volumique absolue)

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

$$\rho_{ab} = \frac{M_S}{V_S}$$

الكتلة الحجمية المطلقة:kg/m^3.

وزن الحبيبات الصلبة:kg.

حجم الحبيبات الصلبة:m^3.

kg:

m^3 $79 * 10 - 6$:.

الصورة II -2- توضح الكتلة الحجمية المطلقة

جدول II -1- يوضح نتائج الكتلة الحجمية

الكتلة الحجمية الظاهرية (kg/m^3)	1.604
الكتلة الحجمية المطلقة (kg/m^3)	2.531

II-2-1-2 المكافئ الرملي :(Equivalent de sable)

يعرف بواسطة القاعدة NFP 18-598, الهدف منه هو تحديد نسبة الغضار و المواد العالقة الموجود في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوة و صلاحية استعماله في الخرسانة والملاط.[4]

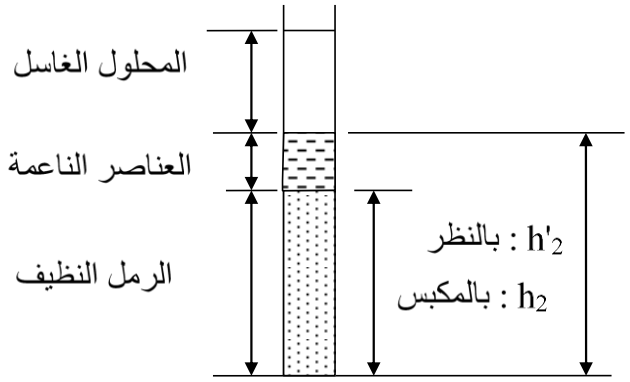
II-2-1-2- أ- مبدأ التجربة:

تعتمد هذه التجربة على غسل عينة من الرمل و تحديد نسب الشوائب فيه و مدى صلاحية استعماله في البناء و هي معرفة بواسطة :NF P18-98 Octobre 1991-2015[4]

II-2-1-2- ب- خطوات التجربة:

- غربلة عينة من الرمل 120 غ بغربال بقطر 5 مم لنزع الحصى.
- غمس وزن 120 غ من الرمل في محلول flocculant.
- نقوم بالرج بواسطة الجهاز لمدة 40 ثانية.
- نقوم بتسوية العينة ثم تركها تستقر لمدة 20 ثانية.
- نقيس ارتفاعات الرواسب.

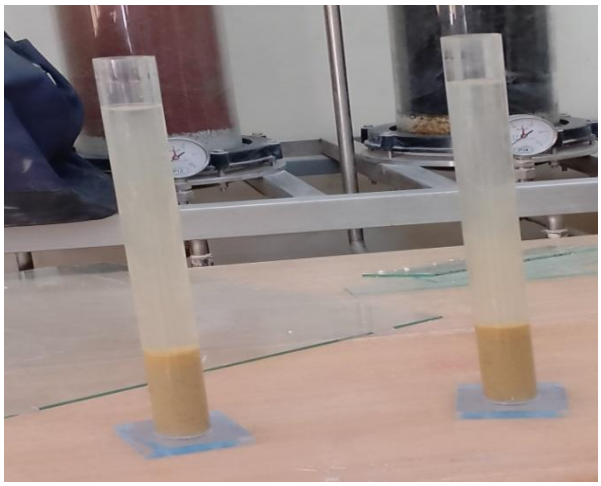
- الطبقة السفلية تمثل الرمل الصافي بارتفاعh1.
- الطبقة العليا تمثل الرمل مع الشوائب بارتفاع h2



$$ESV = \frac{h'_2}{h1} \times 100$$

$$ES = \frac{h_2}{h1} \times 100$$

الشكل - II -1 أنبوب مدرج خاص بتجربة المكافئ الرملي



الصورة II - 3 - توضح تجربة المكافئ الرملي

الصورة- II -4-توضح آلة الرج

وبعد إجراء التجربة تحصلنا على النتائج التالية:

- بالعين المجردة القيمة **ESV=86.78%**
- بالمكبس القيمة **ES=87.75%**

الجدول II -2-جدول مجالات الاستعمال

مجال الاستعمال	نوعية الرمل	ESV	ES
يرخص استعماله في الخرسانة العادية ويستعمل في الطبقة الأساسية لقارعة الطريق (couches de base)	رمل طيني	$ESV \prec 65$	$ES \prec 60$
يستعمل في الخرسانة العادية	رمل طيني نسبيا	$65 \leq ESV \prec 75$	$60 \leq ES \prec 70$
يستعمل في الخرسانة ذات القيمة العالية	رمل نظيف	$75 \leq ESV \prec 85$	$70 \leq ES \prec 80$
يستعمل في الخرسانة الخاصة	رمل نظيف جدا	$ESV \geq 85$	$ES \geq 80$

بمقارنة النتائج بالجدول أعلاه نجد أن الرمل المستعمل موجود في المجال $ES \geq 80$ و $ESV \geq 85$

ملاحظة:

بمقارنة النتائج بالجدول في الأعلى وجدنا الرمل المستعمل **رمل نظيف جدا يستعمل في الخرسانة الخاصة بدراستنا.**

II-2-3-1 التدرج الحبيبي: (Analyse granulométrique)

يقصد بتجربة التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام ببعضها عن بعض أي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام و يكون ذلك باستعمال التحليل بالغربلة بواسطة مجموعة من الغرابيل مرتبة حسب مقاساتها و موضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا إلى الأعلى هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة و تعرف هذه التجربة بواسطة المواصفات NFP 18-560.[4].

- **خطوات التجربة :**

✓ تحضير 2000gمن رمل سيدي سليمان.

✓ القيام بعملية الغربلة يدويا لعينة الرمل المقاسة باستعمال الغرابيل ذات الأقطار التالية حسب الترتيب التالي:(5.2.5.1.25.0.63.0.315.0.16.0.08) مم.

✓ قياس كمية الرمل المتبقي في كل غربال.

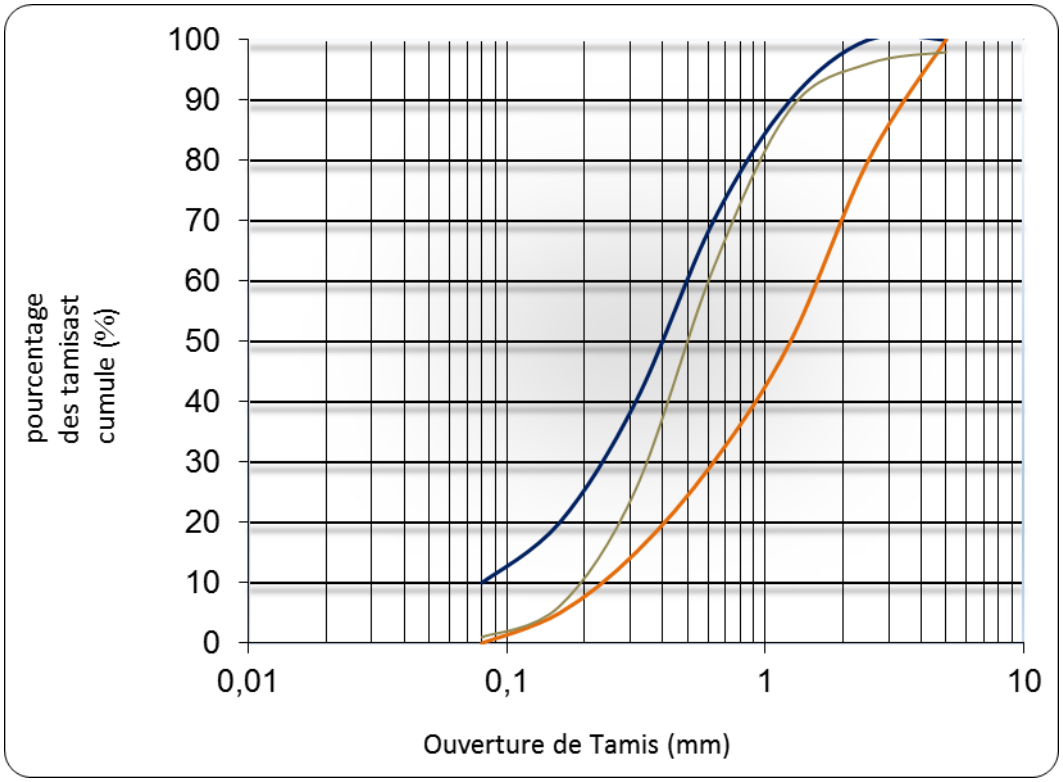
الصورة- II -5- توضح التدرج الحبيبي

الصورة - II - 6- توضح العالق بعد الرج

بعـــد القيـــام بتجربـــة التحليـــل الحبيبـــي تحصلنـــا علـــى النتائـــج التاليـــة:

الجـــدول- II -3-جدول نتائج التحليل الحبيبي لرمل سيدي سليمان

فتحات الغربال ب (mm)	العالق(g)	العالق المجمع (g)	نسبة العالق المجمع Rc (%)	المار المجمع T(%)
5	41	41	2.05	97.95
2,5	38	79	3.95	96.05
1,25	150	229	11.45	88.55
0,63	527	756	37.8	62.2
0,315	734	1490	74.5	25.5
0,16	387	1877	93.85	6.15
0,08	103	1980	99	1



الشكل II -2 يوضح منحنى التحليل الحبيبي

II -2-1-4-معيار النعومة: (Module de finesse)

يتم تقييم معيار النعومة بحساب مجموع النسب المئوية للمتبقي المجمع للمنخل القياسية (0.16-0.315-0.63-1.25-2.5-5) مقسوما على 100.

و يعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام و هو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه , و يستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخراسانية و من أجل الرمل تستطيع تعريف ثلاث مجالات لمعايرة النعومة للرمل حيث: [4]

- المجال A المفضل المستعمل في الخرسانة أو الملاط بين **2.2-2.8** .
- المجال Bرمل تميل حبيباته إلى الدقة بين **1.8-2.2**.
- المجال Cرمل تميل حبيباته إلى الخشونة بين **2.8-3.2**.

$$Mf = \Sigma Rc/100$$

Rc: المتبقي المجمع ب (%) للغرابيل إذا معيار النعومة للعينة.

جـــدول II -4- يوضح نتائج معيار النعومة

المنخل	0.16	0.315	0.63	1.25	2.5	5	المجموع	Mf
نسبة المتبقي المجمع RC%	93.85	74.5	37.8	11.45	3.95	2.05	223.6	2.23

*و بعد الحساب وجدنا**Mf = 2.23** في المجال A نستنتج أن الرمل ذو تدرج حبيبي مقبول المفضل و **المستعمل في الخرسانة أو الملاط.**

II -2-2 المـــــــاء:

للماء أهمية كبيرة في الخلطة إلا انه يوجد العديد من يتجاهله و يقلل من دوره . حيث انه عند وقوع الأخطاء في البناء فعاليا ما تفسر بالجودة الرديئة للإسمنت أو الكمية الغير مناسبة من الرمل و تستبعد تماما كمية الماء المستعمل و صلاحيتها في الخلطة ومع ذلك فان القليل من عناصر الملاط لها أيضا بعض التأثير على البناء.

إلا انه دائما ما يكون الماء في الملاط هو الأقل أهمية وفي كثير من الأحيان ما يتم تجاهله أثناء البناء. حيث أن الماء جزء أساسي في البناء مثله مثل باقي العناصر حيث انه ضروري لكل نشاط بناء سواء أثناء الخلط او بعده.[13]

ملاحظة :

الماء المستعمل ماء عادي (ماء حنفية) بنسب E/Cمختلفة 0.45-0.5-0.55 و محسن MEDAPLAST SP 40.

II -2-2-1 خواص الماء المستعمل في الملاط:

- ✓ يكون الماء المستعمل في خلط ومعالجة الملاط خاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة وخلافها من المواد التي تكون لها تأثير العكسي على الملاط من حيث قوة الكسر والمثانة.
- ✓ يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحا للخلط الملاط واينا عه.
- ✓ يسمح باستعمال الماء الغير صالح للشرب في حالة عدم توفر الماء الصالح للشرب على ان لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسبة معينة تحددها المواصفات.
- ✓ يجرى تصميم الخلطة في المختبر باستعمال نفس الماء غير الصالح للشرب والذي سيجرى استخدمه في الخلطات بالموقع [13]

II -2-2-2 أهمية الماء في الملاط:

- ✓ الماء ضروري لكي يتم تفاعل الكيمياوي بين الاسمنت والماء.
- ✓ هو ضروري أيضا لكي تمتصه الحبيبات المستعملة في الملاط.
- ✓ يعطي الماء الخليط المؤلف من الرمل والاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعده على التشغيل و التشكيل.
- ✓ بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الحبيبات بنفس الكمية من الاسمنت.
- ✓ يضيع جزء من الماء الموجود في الخلطة اثناء التبخر.
- ✓ ان الماء ضروري لعمليات ايناع الملاط اثناء تصلبه.[13]

II -2-2-3 النسبة المائية الاسمنتية E/C :

هي النسبة بين وزن الماء الحر المخصص للتفاعل (**عدا الماء الذي تمتصه الحبيبات**) إلى وزن الاسمنت في الخلطة .
ولضبط نسبة الماء في الخلطة أهمية بالغة وعليها تتوقف قوة الخلطة ومساميتها و انفصالها و مقدرتها على مقاومة العوامل الجوية من برودة و حرارة و تآكل حيث ان كثرة الماء تضعف الملاط و تسبب الانفصال و التميع و المسامية و قلة الدوام و الاهتراء و قلة التماسك و الضعف و التقشير و الانكماش و التشقق.[13]

II -2-3 الاسمنت:

الاسمنت ciment هو رابط مائي ضروري مصنع غير عضوي له خاصية التفاعل مع الماء و تكوين عجينة لدنة وبذلك يتشكل الملاط Mortier المقاوم لتأثير العوامل الطبيعية . يعد الاسمنت من أهم مواد البناء . يرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيماوية القائمة على تمييه Hydratation سيليكات الكالسيوم و ألومينات و كبريتات الكالسيوم التي يتركب منها وأنواعها كثيرة وأشهرها و أكثرها انتشارا **الاسمنت البورتلاندي**. [11]

الاسمنت المستخدم في الدراسة: في درستنا هذه استعملنا اسمنت **CEM I 42.5 (CRS)**متواجد في السوق المحلية مطابق للمعايير الجزائرية.

II -2-3-1 تعريف الاسمنت من نوع (CEM I 42.5 (CRS :

هو اسمنت مقاوم للكبريتات يحتوي هذا النوع من الاسمنت عن نسبة منخفضة من ألومينات ثلاثي الكالسيوم و يتصف بقدرة أكبر على مقاومة الكبريتات بسبب مكوناته [11].

أو بسبب العمليات المستخدمة في صناعته , لذلك فهو يستخدم في الحالات التي تتطلب مقاومة عالية للكبريتات وهومتواجد في السوق المحلي مصنوع من طرف مصنع المسيلة .

II -2-4 تعريف ملدن الفائق40 MEDAPLAST SP (SIKa):

عادة ما تكون مادة مضافة تضاف إلى الخلطة الخراسانية لتحسين خصائصها .
تسخدم منتجات MEDAPLAST SP 40 للتشغيلية لعدة أغراض بما في ذلك :

- تحسين الاداء: تعزز من قوة الخرسانة و مقاومتها للتأثيرات البيئية مثل الحرارة و الرطوبة.
- تحسين العملية: يمكن أن تجعل عملية الصب و التشكيل أسهل و أكثر فعالية.
- تقليل الانكماش: تساعد في تقليل الانكماش الناتج عن التجفيف مما يقلل من فرص تشقق الخرسانة .
- مقاومة للمواد الكيميائية: بعض المنتجات الخاصة بملدن عالي الأداء40 MEDAPLAST SP (SIKa) تساعد في جعل الخرسانة مقاومة للتآكل الناتج عن المواد الكيميائية مثل الأحماض والزيوت .
- إصلاح الخرسانة : يمكن استخدام منتجات MEDAPLAST SP 40 (SIKa)لتصحيح العيوب في الخرسانة الموجودة بالفعل مثل التشققات أو التآكل .

الصورة Ⅱ -7-توضحملدن عالي الأداء MEDAPLAST SP 40

الصورة Ⅱ –8-توضح اسمنت مقاوم للكبريتاتCRS

خـــلاصـــة:

في هذا الفصل و مـــن خـــلال التجـــارب المقامـــة علـــى رمـــل سيـــدي سليمـــان نستنتـــج أن الرمـــل ذو تـــدرج حبيبـــي مقبـــول المفضـــل و المستعمـــل فـــي الخرسانـــة أو المـــلاط.

وتجـــارب النقـــاوة دلت علـــى أن هذا الرمـــــل المستعمـــل **رمـــل نظيـــف جـــدا يستعمـــل فـــي الخرسانـــة الخاصـــة بدراستنا.**

و تركيبـــة المـــلاط التـــي سنستعملهـــا كشاهـــد في درستنا نأخـــذ تركيـــزا واحد مـــن الاسمنت و ثلاثـــة من الرمـــل كمـــا هـــو منصوص عليـــه في المـــلاط النظامـــي أي نأخـــذ مقـــدارا من الاسمنت و ثـــلاث مقاديـــر مـــن الرمـــل . أمـــا نسبـــة المـــاء فحـــددت مـــن خـــلال تجربـــة التشغيليـــة بمقـــدار E/C مســـاوي ل 0.45-0.5-0.55

الفصل الثالث

طريقة الصياغة والاختبارات التجريبية

III-1 - مدخل :

إن اختبار المواد المكونة في تركيب الملاط و معرفة كل خصائصها مرحلة مهمة و هو ما تطرقنا له في الفصل الثاني وذلك من أجل تحديد التركيبة المثلى للملاط ذات التشغيلية المقبولة و المقاومة العالية.

III-2- تحضير الملاط:

يتم تحديد كمية الملاط وفقا للمعيار EN 196-1 حيث استخدمنا خلطة الملاط التي تعتبر قياسية. والتي تتكون من كميات :

واحدة اسمنت C وثلاثة رملS ونسبة معينة E/Cعلى حسب اختيار التشغيلية[2]

وفي دراستنا استعملنا نسب مختلفة من E/C=0.45 و 0.5 و0.55 وبنسبة MEDAPLAST SP 40(SIKa)

(0.25 و 0.40)% و بعينات (40*40*160)مم بعدد 216 عينة في ستة أوساط عدوانية أي 72 عينة في كل E/C و36 عينة في كل وسط.

III-2-1خلطة الملاط:

- ✓ تحضير المواد المعمول بيها.
- ✓ خلط المواد الجافة أولا ثم إضافة الماء والخلط لمدة 4 دقائق حتى يتجانس الملاط.
- ✓ إعادة العملية في كل نسبة ماء.
- ✓ إضافة MEDAPLAST SP 40(SIKa)في نسبتي E/C0.45 و0.50 لتحسين التشغيلية.
- ✓ إجراء تجربة التشغيلية في كل نسبة ماء حيث تحصلنا على نسب 14.2سم .
- ✓ صب في القوالب.

الجـــدول III-1جـــدول مكـــونـــات المـــــلاط

المكونات	الملاط الشاهد	الاضافات
رمل(g)	1050	/
اسمنت(g)	350	/
E/C=0.45(g)	157.5	%0.40
E/C=0.5(g)	192.5	%0.25
E/C=0.55(g)	175	/

الصورةIII-1- كميات المواد المستعملة في الخلطة

III-3-التشغيلية:NFP 18-452

تعتبر التشغيلية أحد الخصائص الفيزيائية النوعية للملاط . وهي عبارة عن وسيلة لمعرفة قابلية التشغيل ويتطلب الملاط العادي كمية عادية من الماء وهذا يترجم بالنسبة E/C حيث أن هذه النسبة في الحالة العادية تقارب 0.5 هذه الخاصية تعود إلى نعومة الخليط الكبير.

III-3-1-تجربة التشغيلية:NBN EN 1015-3

نقوم بوضع الملاط على طاولة الاهتزاز ثم نلاحظ قيمة الانتشار. ومن هذه القيمة نستخرج نوع الملاط حيث يصنف الملاط حسب التشغيلية إلى ثلاث أصناف:

- ملاط صلب.
- ملاط مرن.
- ملاط مرن جدا.

III-3-2مبدا التجربة:

يتم ملئ المخروط الفولاذي ذو ابعاد التالية : القطر السفلي يساوي 25 سم و قطر العلوي يساوي 17 سم و ارتفاع المخروط يساوي 12.5 سم بالملاط بطبقتين متساويين . وكل واحد منها تدك 10 مرات بقضيب فولاذي . يتم رفع القالب رأسيا ثم نطبق سلسلة من 15 هزة رئيسة (ارتفاع سقوط الهزة 12.5مم) في 15 ثانية. يتم قياس القطر الكلي D بعد الانتشار.[10]

ملاحظة: لقد قمنا بالتجربة لنسب الماء الثلاث E/C 0.45-.05-0.55.

□-3-3 وصف الجهاز:

يسمى الجهاز الذي يستعمل لفحص التشغيلية (طاولة الاهتزاز) وهو اختبار تجريبي يستخدم للتحقق من تناسق الملاط من خلال تحديد قيمة انتشار وتناسق الملاط المختلط.[10]

الصورةIII-2- توضح طاولة الانتشار و قياس التشغيلية

الجدول III-2-جدول نوعية الملاط

نوعيـــــــــة الملاط	القيمة بـــــــ mm
ملاط صلب	<140
ملاط مرن	140≤V<200
ملاط مرن جدا	200<

في درستنا وجدنا قيمة التشغيلية **14.2سم** أي **142مم** إذا نوعية الملاط ***ملاط مرن***في المجال **140≤V<200**

III- 4القولبة (تحضير العينات):

في درستنا هذه قمنا بإعداد **216** عينة (**160*40*40**) مم بنسب E/C و40 SP EDAPLAST(SIKa) مختلفة و أوساط مختلفة :

- الهواء.
- ماء عادي (ماء الحنفية).
- ماء السبخة.
- ماء البحر.
- ماء بمحلول Hcl نسبة 0.3 %.
- ماء بمحلول حمض الخلCH_3COOH 3 %.

III-4-1- مراحل إعداد القولبة:

- تجهيز وتزييت القوالب.
- تحضير الخليط حسب الكمية المحسوبة.
- صب الملاط في القوالب. ثم وضعه ونقوم بالهز حتى يتجانس الخليط.
- إزالة الملاط الزائد وتسوية سطح العينة.

الصورة III-3-توضح الكميات الجافة

الصورةIII-4-توضح عملية الخلط

الصورةIII- 5- توضح الملاط ب0.50=E /C و نسبة MEDAPLAST SP 40%0.25

الصورة III- 6- توضح الملاطب0.45=E /C **و بنسبة 0.40%من** MEDAPLAST SP 40

الصورة- III -7- توضح عملية الصب

* تترك العينات في الهواء الحر ثم تنزع القوالب بعد 24 ساعة حيث يتم تحضير الوسائط المقرر للدراسة بعد 7 أيام و المتمثلة في الوسائط التالية:

- ❖ العينات الموضوعة في الهواء (الشاهد) وعددها 72 عينة بمعدل 18عينة لتجارب 07 -14-28-45 يوم وهذا بنفس العملية لكل التركيبات الأخرى.
- ❖ العينات المغمورة في ماء الحنفية الخل 72 عينة بمعدل 18 عينة لتجارب 07 -14-28-45 يوم.
- ❖ العينات المغمورة في محلول حمض الخل 72CH3COOHعينة بمعدل 18 عينة لتجارب 07 -14-28-45 يوم.
- ❖ العينات المغمورة في محلول **Hcl**72 عينة بمعدل 18 عينة لتجارب 07 -14-28-45 يوم.
- ❖ العينات المغمورة في ماء السبخة 72 عينة بمعدل 18 عينة لتجارب 07 -14-28-45 يوم.
- ❖ العينات المغمورة في ماء البحر 72 عينة بمعدل 18 عينة لتجارب 07 -14-28-45 يوم.

و 12 عينة في كل E/C للأوساط الستة

جدول Ⅲ-3 يوضح عدد العينات المستعملة في الأوساط المدروس لمختلف التركيبات

العينة	في الهواء	المغمورةفي CH3COOH	المغمورة في Hcl	المغمورة في الماء العادي	المغمورة في ماء السبخة	المغمورة في ماء البحر
0.45	12	12	12	12	12	12
0.5	12	12	12	12	12	12
0.55	12	12	12	12	12	12

Ⅲ-5حفظ العينات في الأوساط العدوانية:

***نزع العينات من القوالب بعد 24 ساعة.**

***نقوم بتعليم العينات بكتابة نسبة الماء .**

***وزن العينات و هي جافة.**

* وضع العينات في الأوساط.

الصورة Ⅲ-8- توضح العينات في الهواء

الصورة Ⅲ -9- توضح العينات في ماء السبخة

الصورةIII-10- توضح العينات في ماء عادي(ماء الحنفية)

الصورة III-11- توضح العينات في ماء البحر

الصورةIII-12- توضح العينات في ماء بمحلول Hcl بنسبة0.3 %

الصورةIII- 13- توضح العينات في ماء بمحلول حمض الخلCH3COOH بنسبة 3%

III-6- لمحة على الأوساط العدوانية:

***الهواء:**هو خليط من الغازات عديم اللون و الرائحة و الطعم و هو خليط من عدة غازات إلا أنه يتكون في الأساس من الأكسجين (20%)و النيتروجين بنسبة (78%) و حوالي 1% من الأرغوان تعد هذه التركيبة ثابتة نسبيا بداء من مسوى سطح البحر و حتى إرتفاع25 كيلومترا و لا يعد الهواء مادة كيميائية نقية بل مادة مختلفة ميكانيكيا

***حمض الهيدروكلوريك Hcl :**هو سائل عديم اللون أو يميل لونه إلى الأخضر المشوب بالصفرة و مسبب للتآكل ذو رائحة نفاذة و مهيجة للأنف .

يذوب كليا في الماء. و ينتج عن خلط غاز حمض الهيدروكلوريك بالماء حدوث تفاعل عنيف طارد للحرارة كما ينتج عن ملامسته لمعظم المعادن تكوين غاز الهيدروجين القابل للاشتعال.

***حمض الخلCH3COOH:**حمض الخل أو حمض الخليك أو حمض الأستيك المعروف الإيثانويك و هو مركب كيميائي عضوي. وحمض كربوكسيلي عضوي يعطي الخل طعمه الحامض ورائحته النفاذة.

* **ماء الحنفية**: يأتي ماء الحنفية إما من مصادر سطحية أو تحت الأرض تنقل من مصدرها إلى محطات المعالجة حيث تخضع للتطهير الكيميائي ثم توصيل المياه النظيفة من خلال شبكة أنابيب تحت الأرض.

***ماء السبخة**: هي عبارة عن حوض مائي تسريبي غير ممتلئ بالماء عادة .أو بمعنى أخر هي عبارة عن بقايا حوض مائي جوفي تكون أرضيته رطبة و طرية في الشتاء بفعل تساقط الامطار, و تكون جافة صيفا بفعل ارتفاع الحرارة و تمتاز بالملوحة .

***ماء البحر**: هو الماء الموجود في بحار و محيطات العالم و تبلغ نسبة ملوحته العالية مقارنة بمياه الانهار و البحيرات هذه الملوحة تنشأ أساسا من الأملاح الذائبة فيه . التي تأتي من التآكل الطبيعي للصخور و المعادن بالإضافة إلىالعمليات الجيولوجية و الكيميائية الأخرى التي تحدث في البيئة البحرية. حيث النسبة الإجمالية للأملاح الذائبة في ماء البحر تشكل حوالي 3.5 % من وزنه . بينما يشكل الماء النقي حوالي 96.5 % .

-*جدول III-4 يوضح نسب تقريبية الأملاح الموجودة في ماء البحر*

كلوريد المغنيسيوم	كبريتات المغنيسيوم	كلوريد الكالسيوم	بيكربونات الصوديوم	كبريتات البوتاسيوم	كلوريد الصوديوم
$Mgcl_2$	+MgSO4	$Cacl_2$	$NaHCO_3$	K_2SO_4	Nacl
% 4.7	% 10.8	% 1.1	% 0.4	% 0.7	% 77.8

- بعد مرور 7 و 14 و 28 و 45 يوم من عمر العينات قمنا بإجراء تجارب الضغط و الانحناء بعد وزن العينات وقراءة النتائج عدا الانكماش فيكون قياسه في يومه 1و2 و3 و4 و 7 و 14 و 28 و 45.و قمنا كذلك بوزن العينات بعد الغمر لقياس التغير في الكتلة

III-7- طرق التجارب على العينات:

هناك نوعان من التجارب التي تجرى على الخرسانة منها ما هو متلف و محطم لهيكلها . فلا يمكننا هذا النوع من التجارب على النتائج إلا بعد تحطيم الجسم كاملا و عادة ما يكون على عينات نظامية أعدت مسبقا. و تسمى **التجارب التحطيمية** . و منها ما هو غير متلف للجسم بأكمله و إنما يتعرض لجزء منه . أو أنه لا يترك أثرا على الإطلاق . و تسمى **التجارب الغير التحطيمية أو الغير متلفة**.[11]

III-7-1 تجربة الانكماش:

تتم تجربة الانكماش على عينات لها مقطع (40*40*160) مم مزودة في سطوحها العلوية و السفلي بصمولتين توضع عليهما كريتان حديديتان و تدخل العينة و هي على هذا الحال إلى جهاز رقمي يقيس الطول مباشرة اعتبارا من طول ابتداء يضبط عليه. هذا الجهاز من نوع Retrocontrole[11]

الصورة III- 14 - توضح عملية قياس الانكماش

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدNF P15-433 .

III-7-2تجربة التحطيم بالانحناء:

تتم تجربة الانحناء على عينات ذات أبعاد (40*40*160)مم. البعد بين المسندين 100مم كما يتم تنفيد هذه العملية بواسطة آلة الانحناء بثلاث نقاط . الآلة مزودة بمسندين اسطوانيين من الأسفل ثابتين عليهما العينة ومسند علوي اسطواني كذلك مطبق وسطهما بواسطة محرك الآلة ليطبق القوة على العينة و تقرأ الحمولة مباشرة من الآلة.[11]

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1[147]

الصورة 3-15- توضح عملية التحطيم بالانحناء

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من الملاط ذات (40*40*160) مم.قدرت هذه الألة على التحطيم تصل إلى 10KN إذ تطبق تقريبا 2.67KN/min.

مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية:

$$R_f = \frac{3l.F_f}{2b^3} \quad \text{.....(1)}$$

R : مقاومة الانحناء ب(Mpa).

F_r: قوة تحطم العينة عند الانحناء.

I :البعد بين المسندين ب(mm).

b:بعد مقطع العينة الذي يساوي 40(mm) .

L: طول العينة الكلي.

III-3-7 تجربة التحطيم بواسطة الضغط :

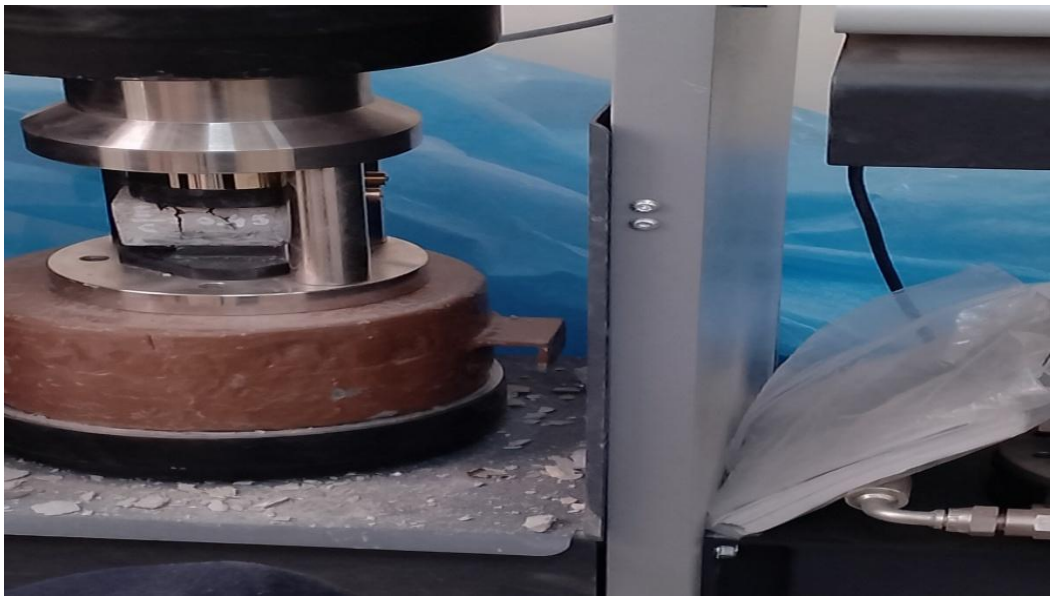
هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1 وتكون بواسطة جهاز ضغط المواد الصلبة و تكون على نصف العينة هذا النصف المآخودة من تجربة تحطيم العينة بالانحناء بمقطع ذي أبعاد (40*40*160) مم توضع هذه العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين حيث تتموضع هذه الأخيرة على بعد 1 سم من الحواف الجانبية.[11]

$$R_c = \sigma c/b3 \quad \text{.....(2)}$$

Rc:مقاومة الضغط ب (Mpa).

σc:قوة تحطم العينة عند الضغط ب (N).

b:جزء العينة الذي يساوي 40 (mm).



الصورة III- 16- توضح عملية التحطيم بالضغط

الصورةIII-17- العينات بعد التحطيم

III-8 تأثير الأحماض على الملاط:

الحمض هو أي مركب كيميائي يكون عند انحلاله في الماء قادرا على تحرير أيونات الهيدروجين (البروتونات), و التي يرمز لها بذرات هيدروجين ذات شحنة موجبة واحدة أو +1 .

و تحدث الهجمات الحمضية بشكل رئيسي بعد آلية الذوبان اعتمادا على الحالة .قد تكون ظاهرة الذوبان مصحوبة بترسيب الملح المتكون أثناء تفاعل الحمض القاعدي إذا كان الملح ضعيف الذوبان. يمكن أن يكون لهذا الملح تأثير تباطؤ تفاعلات الذوبان. قد يكون منتج التحلل الحمضي النهائي عبارة عن هلام سيليكا ناتج من إجمالي إزالة الكلس C-S-H .

* يمكن تقسيم الأحماض إلى عضوية و لأحماض غير عضوية:

III-8-1 الأحماض العضوية:

البروبينويك. حمض الخل. حمض اللاكتيك حيث تحتوي الأحماض العضوية على مجموعة COOH حمضية

- ترتبط بيها سلسلة ذات عدد متغير من ذرات الكربون .
- في أغلب الأحيان تكون صلبة في حالتها النقية غير المذابة.
- تكون ضعيفة بشكل عام عند درجة حموضة 2-6 .
- الخطر الرئسي التآكل.

III-8-2 الأحماض الغير عضوية:

الفوسفوريك. الكبريتيك.

- عموما لا تحتوي على الكربون
- في كثير من الأحيان السوائل في حالة نقية غير منحلة.

- تحتوي على من 10إلى 20 % من الأحماض المعدنية.
- أكثر خطورة من الأحماض العضوية.
- الخطر الرئيسي التآكل.

III-3-8 مصدر الأحماض:

البيئات الحمضية الأكثر شيوعا هي:

- المياه الطبيعية و المستنقعات.
- شبكات الصرف الصحي: يؤدي النشاط البيكتيري إلى إطلاق كبريت الهيدروجين من خلال تحول منتجات الكبريت التي تتكثف مجتمعة في الغلاف الجوي على شكل أحماض كبريتية تهاجم الخرسانة.[14]

من خلال درستنا نلاحظ درجة عدوانية البيئة الحمضية على متانة الملاط نلاحظ أن هناك تغيرا كليا للعينات و فقدان كبيرا للكتلة مصحوبا بتغير في اللون بسبب التفاعلات الكيميائية بين الرابط الهيدروليكي و البيئات الحمضية .يكون الهجوم الكيميائي . الذي يتم ملاحظته بصريا أكتر أهمية بالنسبة لعينات الاختبار المغمورة في حمض الهيدروكلوريكHcl بنسبة 0.3%و حمض الخل CH_3COOH بنسبة 3%.

الملاحظة البصرية لعينات الاختبار التغير الواضح في لون العينات و تأثير الحمض على خواص الاسمنت . و هذا يعني أن العوامل العدوانية تتفاعل مع الاسمنت مما يسبب زعزعة الاستقرار.[14]

الصورة- III-18- توضح تأثير Hclبنسبة 0.3%على العينات بعد 45 يوم

الصورة -III-19 - توضح تأثير حمض الخل CH_3COOH بعد 7 أيام

خـــلاصـــة:

فـــي هـذا الفصـل درسنـــا المـــلاط فـي حالتـــه الطازجـــة بإجـراء تجربـــة التشغيليـة علـى المـلاط بثلاث نسبE/C0.45 و 0.50 و0.55 حيث تم إضافتنـــا نسبـــة مـــن MEDAPLAST SP 40 فـــي نسبتـــي E/C0.45 و 0.50 وكـــانت النتيجـــة أن***مـــــلاط مـــــرن***.

أمـــا بالنسبـــة للحالـــة الصلبـــة قمنـــا بالتجـــارب التاليـــة:

* تجربة الانكماش تقاس في يومها 1و 2 و 3 و4 و7 و14 و 28 و 45 لثلاث عينات في كل E/C.

* تجربة التحطيم بواسطة الضغط ل 54 عينة في الأيام 7 و 14 و 28 و 45 لستة أوساط (الهواء – ماء العادي(ماء الحنفية)- ماء السبخة- ماء البحر- ماء بمحلول حمض الخلCH_3COOH بنسبة 3 %- ماء بمحلول Hcl) بنسبة 0.3%.

* تجربة التحطيم بواسطة الانحناء ل54عينة في الأيام 7 و 14 و 28 و 45 لستة أوساط (الهواء – ماء العادي(ماء الحنفية)- ماء السبخة- ماء البحر- ماء بمحلول حمض الخل CH_3COOH بنسبة 3 %- ماء بمحلول Hcl بنسبة 0.3%.).

* فكانت النتائج التي سنتطرق لها في المحور الرابع حيث كان هناك تباين في النتائج في الأوساط الستة مع التغير في الكتلة و التغير في لون العينات وتآكل الطبقة الخارجية الموضوعة في حمضي Hcl بنسبة 0.3 %.وCH_3COOH بنسبة 3 %و هذا يعني أن الاسمنت تتفاعل مع المحاليل مما يؤثر على متانة الملاط و بالتالي لابد من حلول .

الفصل الرابع

تحليل و مناقشة النتائج

IV -1 المقدمة :

وخصص هذا الفصل لعرض النتائج على شكل رسوم بيانية حيث سيتم تحليل وتفسير جميع خصائص الملاط المدروس في الحالة الطازجة والصلبة .

الخصائص المدروسة :

الخصائص الفيزيائية (التشغيلية , ضياع الكتلة ,الانكماش) .

الخصائص الميكانيكية (, مقاومة الشد بالانحناء, مقاومة الضغط) .

IV-2 سلوك الملاط في الحالة الطازجة:

أولاً نقدم النتائج في الحالة الطازجة، التي تم الحصول عليها مباشرة بعد الخلط لتوصيف هذا النوع من الملاط .

وتسمح هذه النتائج بدراسة خصائص الأسمنت في الحالة الطازجة لرؤية تأثير الإضافات والمساعدات على نسبة الماء إلى الاسمنت E/C .

IV-2-1 التشغيلية :

كمية الماء المستخدمة في الخلط تحد بشكل كبير من قابلية التشغيل للملاط، وإذا كان هناك وسيلة لتحديد ذلك وقياسها، فإنها ستكون بناءا على القابلية للتشكيل, بالنسبة لدراستنا تهدف إلى فهم تأثير نسبة الماء إلى الاسمنت على السلوك الفيزيائي والميكانيكي للملاط حيث أننا في دراستنا هذه قمنا بتحضير 3 أنواع من الملاط بثلاثة نسب مختلفة من نسبة E/C وهي على التوالي 0.45 و0.50 و0.55 حيث حافظنا على نفس التشغيلية أي نفس قطر التمدد على طاولة الاهتزاز, مع استخدام ملدن فائق (sika) في النسبتين E/C =0.50 (**0.25 %**) و E/C =0.45 (**0.40 %**) .

النتائج المتحصل عليها في دراستنا هي:

- ✓ نسبة الماء إلى الاسمنت E/C =0.55،التشغيلية المقاسة قدرت ب 14.2 سم، وقد تم استخدام هذه النسبة كمقياس لتحقيق نفس التشغيلية في الخلطتين الأخريين باستخدام الملدن الفائق (sika). ومن خلال جدول تصنيف أنواع الملاط صنف الملاط المدروس على أنه **ملاط مرن** ينتمي إلى المجال: **200 مم ≥ V ≥ 140مم**
- ✓ نسبة الماء إلى الاسمنت E/C =0.50 مع ملدن فائق،التشغيلية المحققة 14.2 سم،باستخدام الملدن الفائق تم الحفاظ على نفس مستوى التشغيلية بالرغم من تقليل نسبة الماء الى الاسمنت.
- ✓ نسبة الماء الى الاسمنت E/C =0.45 مع ملدن فائق التشغيلية المحققة 14.2 سم، باستخدام الملدن الفائق تم الحفاظ على نفس مستوى التشغيلية بالرغم من تقليل نسبة الماء الى الاسمنت بشكل أكبر.

❖ **تأثير نسبة الماء الى الاسمنت على التشغيلية:**

عادة تزداد تشغيلية الملاط بزيادة نسبة الماء الى الاسمنت نظرا لزيادة الماء الحر الذي يسهل حركة الخليط .

عند نسبة E/C =0.55 كانت التشغيلية 14.2 سم مما يعكس سيولة مناسبة للخليط.

❖ **فعالية الملدن الفائق:**

- ✓ عند نسبة E/C =0.50 مع ملدن فائق تم تحقيق نفس التشغيلية (14.2 سم) بالرغم من تقليل نسبة الماء إلى الاسمنت، هذا يعكس فعالية الملدن الفائق في تحسين سيولة الخليط بدون الحاجة إلى زيادة كمية الماء.
- ✓ عند نسبة E/C =0.45 مع ملدن فائق تم تحقيق نفس التشغيلية (14.2 سم) بالرغم من تقليل نسبة الماء إلى الاسمنت بشكل أكبر، هذا يظهر كفاءة عالية للملدن الفائق في تحسين التشغيلية عند نسب E/C منخفضة.

- **ضمان التشغيلية المتساوية:** استخدام الملدن الفائق سمح بالحفاظ على نفس مستوى التشغيلية (14.2 سم) في جميع الخلطات مما يؤكد فعاليته في تحسين مرونة وسيولة الخليط عند نسب ماء أقل. هذا يضمن أن الخلطات ستكون سهلة الصب والتشكيل دون التسبب في فصل المكونات أو التأثير على تجانس الخليط.

و عليه يمكننا أن نقدم التوصيات التالية:

- ✓ تقليل نسبة E/C: يمكن تحقيق تشغيلية مناسبة مع تقليل نسبة الماء إلى الاسمنت باستخدام ملدن فائق، هذا يساعد تقليل الانكماش وزيادة القوة النهائية للخرسانة.
- ✓ استخدام الملدن الفائق: يعد استخدام الملدن الفائق فعالا جدا في تحسين التشغيلية عند نسب E/C منخفضة، مما يحافظ على جودة الخليط ويضمن سهولة الصب والتشكيل.
- ✓ متابعة التشغيلية: يجب مراقبة التشغيلية باستمرار لضمان عدم وجود تفاوت كبير قد يؤثر على جودة الخرسانة أثناء الصب والتصلب .

IV-3 سلوك الملاط في الحالة الصلبة:

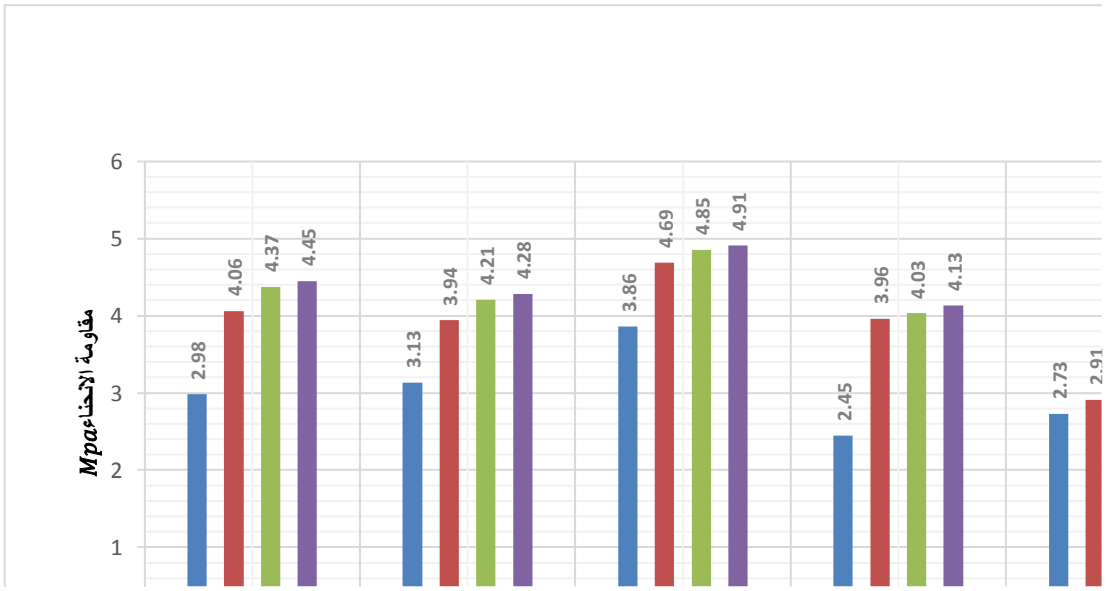
بعد مرور 24 سا على صب العينات المختلفة قمنا بفك القولبة ومن ثم تم حفظها في الهواء الطلق لمدة 7 أيام لتجف ثم تم تعريضها على أوساط مختلفة وهي كالتالي في الهواء الطلق وماء الحنفية العادي ومياه البحر ومياه الأسباخ وماء به محلول حمض الهيدروكلوريك Hcl بتركيز **0.3 %** وأخرى في ماء به محلول الخل CH_3COOH بتركيز **3%**, ونقوم بعد ذلك بقيام تجارب الشد بالانحناء والضغط و كذلك ضياع الكتلة لفترات مختلفة 14,7, 28 و45 يوم.أما بالنسبة لقياس انكماش العينات فقد تم على فترات : 1 , 2, 3, 4, 7, 14, 28 يوم .

IV-3-1 مقاومة الانحناء:

تهدف هاته التجربة لقياس مقاومة الانحناء لعينات الملاط (4 ×4 × 16) سم المحضرة بنسب مختلفة من الماء إلى الاسمنت (E/C) وهي كما أسلفنا الذكر 0.45 و 0.5 و 0.55 ، حيث يعتبر هذا الاختبار مهما لتحديد تأثير نسبة الماء إلى الاسمنت وتغير الأوساط على الخواص الميكانيكية للملاط .

ومن خلال دراستنا تحصلنا على النتائج التالية :

Ⅳ-1-3-1 نتائج نسبة الماء إلى الاسمنت E⁄C =0.45 :



الشكل .Ⅳ-1- يوضح منحنى مقاومة الانحناء لمختلف الأوساط لنسبة E⁄C = 0.45

من خلال النتائج نلاحظ ما يلي :

❖ **تأثير الزمن على المقاومة:**

✓ هناك زيادة في قيم الشدة مع مرور الوقت في جميع البيئات (الوقت المخصص للدراسة) .

✓ يُلاحظ أن زيادة القيمة تكون أكبر في المراحل المتأخرة من الاختبار (يوم 28 ويوم 45) ، مما يشير إلى استمرار عملية التصلب وتحسن الخواص الميكانيكية للمواد مع مرور الوقت .

❖ **تأثير البيئة على المقاومة:**

معظم البيئات تساهم في زيادة قوة المواد مع مرور الوقت (الوقت المخصص للدراسة) . ومع ذلك تحصلنا على نتائج أقل في بيئة Hcl (مثل يوم 7) ، ولكن تقترب من القيم الأخرى في المراحل اللاحقة , قد يكون هذا نتيجة لتأثير الحموضة العالية لمحلول Hcl على بداية تفاعل التصلب , ولكن مع مرور الوقت يتم تعويض هذا التأثير بزيادة قوة العينة .

❖ **مقارنة بين المواد :**

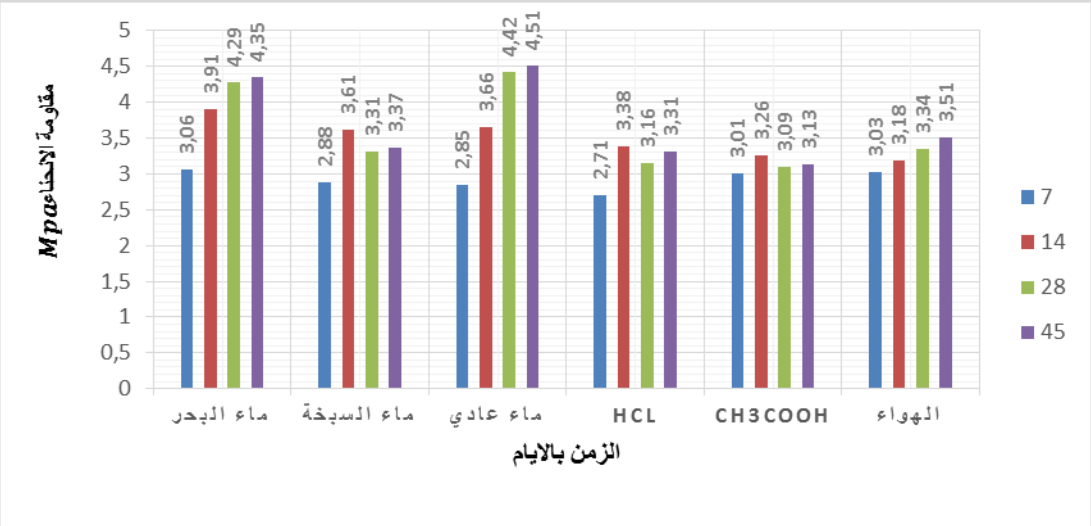
✓ يلاحظ أن بيئة الماء العادي قدمت أعلى قيما للشدة مقارنة بماء البحر وماء السبخة والمحاليل الحمضية في معظم المراحل .

✓ كما يلاحظ أن المحاليل الحمضية (Hcl و CH_3COOH) قدمت قيما أقل بشكل عام مقارنة بالمواد الأخرى , مما يشير إلى تأثير سلبي على قوة المواد في الفترات المبكرة من التجربة .

✓ بالنسبة للعينات المحفوظة في الهواء الطلق أظهرت تحسنا تدريجيا، لكنها لم تصل إلى مستويات الماء العادي . وهذا بسبب تبخر كمية من الماء مما يؤدي إلى خلق فراغات داخلية ,والتي بدورها تؤثر على المقاومة .

بناءا على هذا التحليل يمكن القول أن هناك تفاعلات معقدة بين المواد والبيئات التي تؤثر على قوة المواد المختلفة، ويمكن أن يكون للزمن دور كبير في تطور هذه التأثيرات على مر الزمن. باختصار، يمكن القول أن هناك تأثير متباين للزمن والبيئة العدوانية على قوة المواد، وهذا يتطلب دراسة دقيقة لفهم آليات التفاعل والتصلب في كل حالة.

IV-1-3-2 نتائج نسبة الماء إلى الاسمنت E/C =0.50 :



الشكل-IV-2- يوضح منحنى مقاومة الانحناء لمختلف الأوساط لنسبة E/C =0.50

من خلال النتائج نلاحظ ما يلي:

❖ **تأثير الزمن على المقاومة:**

✓ بالنسبة للعينات المغمورة في الماء العادي هناك زيادة مستمرة في المقاومة بمرور الوقت ، عدم وجود عوامل تآكل يسمح بتحسن تدريجي للخواص الميكانيكية .

✓ العينات المغمورة في ماء البحر سجلت زيادة تدريجية هي الأخرى ولكن بمعدل أقل من سابقتها، التآكل بسبب الأملاح يؤدي إلى تحسين بطيء في المقاومة .

✓ العينات المغمورة في ماء الأسباخ سجلت زيادة قيمة المقاومة في الأسبوع الأول للغمر لتتراجع تراجع طفيف إلى مستقر في يوم 28 إلى يوم 45 من الغمر بسبب التأثيرات الكيميائية من الشوائب.

✓ العينات المغمورة في المحاليل الحمضية (CH_3COOH , HCL) سجلت تحسن بسيط في المقاومة ثم ثبات أو انخفاض طفيف, الحموضة تؤدي إلى تدهور سريع في البداية ثم تكيف بطيء للعينة مع بيئتها .

✓ وكذا العينات المعرضة للهواء الطلق سجلت تحسنا في البداية ثم استقرار و انخفاض طفيف في المقاومة, وهذا بفعل التأثيرات البيئية (الحرارة, الرطوبة, التلوث)التي تؤدي إلى تدهور بطيء في الخواص الميكانيكية .

❖ **تأثير البيئة على المقاومة:**

✓ سجلت العينات المغمورة في الماء العادي أعلى قيمة مقاومة للإنحناء عبر جميع الفترات الزمنية ، والسبب يعود لعدم وجود مواد كيميائية ضارة أو شوائب تؤثر على بنية العينة .

- ✓ العينات المغمورة في ماء البحر سجلت نتائج جيدة ولكن أقل من الماء العادي، كما نعلم أن ماء البحر يحتوي على أملاح ومعادن يمكن أن تؤدي إلى تآكل المادة , مما يقلل من مقاومتها للإنحناء .
- ✓ العينات المغمورة في ماء الأسباخ أعطت نتائج مشابهة لسابقتها ولكن أقل قليلا، فماء الأسباخ يحتوي على شوائب ومواد كيميائية تؤثر هي الأخرى على بنية العينة .
- ✓ العينات المغمورة في محلول CH_3COOH ومحلول HCL أظهرت أسوء النتائج بين جميع الأوساط , الحموضة العالية تؤدي إلى تآكل شديد للمادة مما يقلل من مقاومتها للانحناء بشكل كبير.

وعليه نستنتج أن الماء العادي هو الوسط المثالي للحفاظ على مقاومة الانحناء وتحسينها بمرور الوقت ، أما بالنسبة للأوساط الحمضية تقلل من مقاومة الانحناء بشكل ملحوظ بسبب التآكل والتدهور الكيميائي وكذا التأثيرات البيئية مثل الرطوبة والأكسدة في الهواء الطلق تؤدي إلى تدهور تدريجي , مما يجعل الهواء الطلق وسطا غير مثالي للحفاظ على الخواص الكيميائية .

Ⅳ-3-1-3 نتائج نسبة الماء إلى الاسمنت E/C = 0.55 :

الشكل-Ⅳ-3- يوضح منحنى مقاومة الانحناء لمختلف الأوساط لنسبة E/C = 0.55

من خلال النتائج نلاحظ مايلي :

❖ **تأثير الزمن على مقاومة الانحناء :**

في جميع الأوساط هناك تباين في النتائج , مع مرور الوقت تظهر بعض الأوساط زيادة في المقاومة ثم انخفاض, بينما تظهر أخرى انخفاضا طفيفا ثم تحسنا .

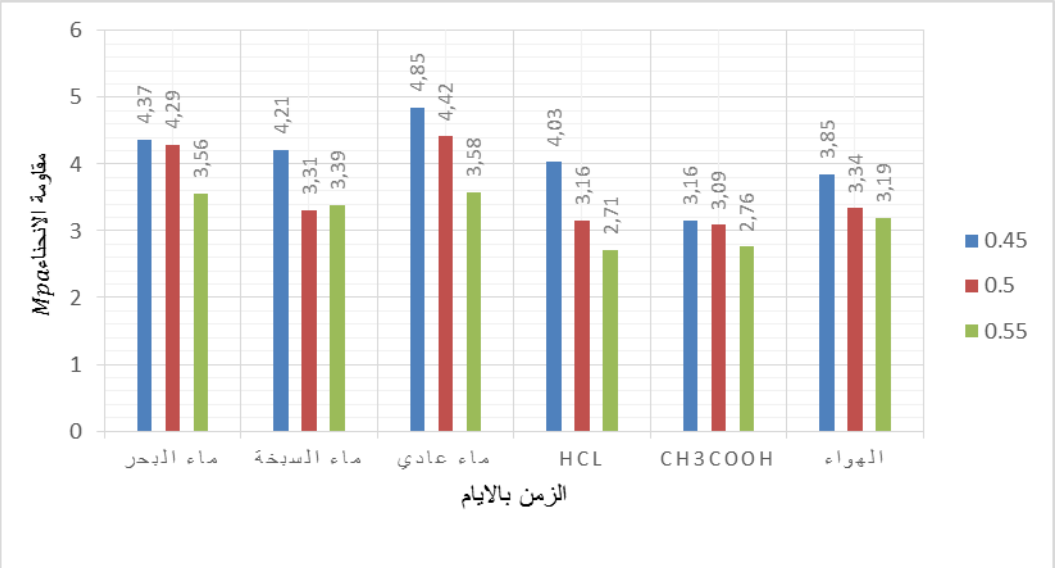
- ✓ العينات المغمورة في الماء العادي تظهر مقاومة مستقرة مع ثبات طفيف بعد زيادة أولية.
- ✓ العينات المغمورة في ماء البحر وماء السبخة تظهر زيادات في البداية ثم انخفاضات تدريجية مما يشير إلى تأثير الأملاح والشوائب بمرور الوقت.

- ✓ المحاليل الحمضية CH_3COOH و Hcl كالعادة تظهر أدنى مقاومة، مع تأثير واضح للحموضة على تقليل المقاومة .
- ✓ العينات المحفوظة في الهواء الطلق تظهر تدهورا طفيفا بعد اليوم 14 , ثم ثباتا في المقاومة.

ومنه نستنتج أن:

- ✓ الماء العادي يضل الأفضل للحفاظ على مقاومة الانحناء بمرور الوقت.
- ✓ ماء البحر والسبخة تظهر أن هناك تأثيرات سلبية طفيفة بسبب الأملاح والشوائب.
- ✓ المحاليل الحمضية CH_3COOH و Hcl تقلل بشكل كبير من مقاومة الانحناء مما يجعلها غير مناسبة للحفاظ على الخواص الميكانيكية.
- ✓ الهواء الطلق يظهر تأثيرات بيئية (تبخر كمية من الماء نتيجة الحرارة ما يؤدي إلى خلق فراغات داخلية والتي بدورها تؤثر على المقاومة) ولكنه يضل وسطا متوسطا للحفاظ على الخواص الميكانيكية .

Ⅳ-3-1- 4 نتائج المقاومة ليوم 28 من الغمر لجميع نسب E□C :



الشكل-Ⅳ-4- يوضح منحنى مقاومة الانحناء لمختلف الأوساط ومختلف نسب E□C في اليوم 28

من خلال النتائج نلاحظ مايلي :

❖ **نسبة الماء الى الاسمنت E□C= 0.45 :**

- ✓ أعلى مقاومة انحناء عبر جميع الاوساط , حيث بلغت قيمة المقاومة للعينة المغمورة في وسط الماء العادي Mpa 4.85 وبلغت قيمة المقاومة للعينة المغمورة في وسط ماء البحر 4.37 Mpa يظهران أعلى القيم .
- ✓ يقل تأثير الاوساط العدوانية قليلا مع هذه النسبة , مما يعني أن العينات تكون أكثر مقاومة للتاكل .

❖ **نسبة الماء الى الاسمنت E□C= 0.50 :**

- ✓ نلاحظ انخفاظا في المقاومة مقارنة بنسبة E□C= 0.45 .
- ✓ يظهرتاثيرالاوساط العدوانية بشكل اكثروضوحا, خاصة مع العينة المغمورة في وسط ماء السبخة بقيمة مقاومة 3.31Mpa والعينة المغمورة في وسط محلول Hcl بقيمة مقاومة تبلغ 3.16 Mpa .

❖ **نسبة الماء الى الاسمنت E/C= 0.55 :**

- ✓ نلاحظ أقل قيمة انحناء بين جميع النسب ,حيث تظهرقيمة المقاومة لوسط الماء العادي 3.58Mpa وقيمة المقاومة لوسط ماء البحر3.56 Mpa وهي قيم اقل من النسب الاخرى .
- ✓ الاوساط الحمضية (حمض الخل وحمض الهيدروكلوريك) تظهر تأثيرا كبيرا في خفض مقاومة الانحناء.

❖ **مقارنة بين الاوساط المختلفة عبر النسب الثلاث :**

- ✓ الماء العادي يظهر أفضل النتائج عبر جميع النسب ,حيث عند E/C = 0,45 تكون المقاومة الاعلى بقيمة Mpa 4.85 بينما تنخفض عند E/C = 0,55 بقيمة 3,58 Mpa .
- ✓ مقاومة الانحناء بالنسبة للعينة المغمورة وسط ماء البحر تنخفض بزيادة نسبة E/C تبدأ من4.37Mpa عند E/C = 0,45 وتنخفض الى 3.56Mpa عند E/C = 0,55 .
- ✓ بالنسبة للعينة المغمورة في وسط ماء السبخة تظهر نتائج متذبذبة ,حيث تبدأ من 4.21 Mpa عند E/C=0.45 وتنخفض الى 3.39 Mpa عند E/C = 0,55 تأثير الشوائب والمواد الكيميائية يظهرجليا مع نسبة E/C = 0,50 .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في الاوساط الحمضية تأثرت بالحموضة مما أدى الى تقليل مقاومة الانحناء بشكل ملحوظ عبر جميع النسب .
- ✓ بالنسبة للعينات المحفوظة في الهواء الطلق كذلك يظهر تدهورا تدريجيا مع زيادة نسبة E/C كما هو موضح في المخطط .

ومن خلال هذه الدراسة نستنتج ان :

- ✓ **الماء العادي :**هو الوسط الأفضل للحفاظ على مقاومة الانحناء لجميع نسب E/C .
- ✓ **ماء البحر والسبخة :** يظهران تدهورا في المقاومة مع زيادة نسبة E/C , مع تأثير ملحوظ للشوائب والمواد الكيميائية .
- ✓ **المحاليل الحمضية CH_3COOH و Hcl :** تظهر تأثيرا سلبيا كبيراعلى مقاومة الانحناء , حيث يقلل التآكل الحاد من القدرة على تحمل الانحناء .
- ✓ **الهواء الطلق :** يظهر أداءا متوسطا ,ولكنه يتأثر بالتدرج مع زيادة نسبة E/C .

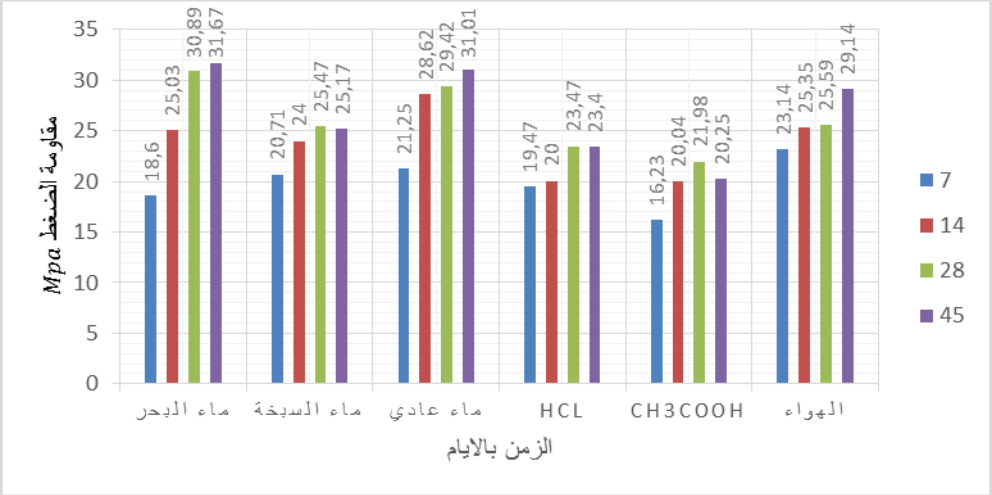
بناءا على هذه النتائج يجب إختيار النسب المثلى لمزيج الماء الى الاسمنت E/C مع مراعات البيئة التي ستتعرض لها العينات كما من الضروري إختيار نوع الاسمنت المقاوم للكبريتات CRS للحد من التآكل السريع وتعزيز التأقلم مع الاوساط العدوانية .

IV-3-2 مقاومة الضغط :

وهي تجربة تهدف الى قياس قدرة تحمل الضغط للعينات المجهزة مسبقا ويتم إستخدام نتائج هذه التجارب في الصناعات الانشائية لتقيم جودة وقوة الملاط وتحديد مدى ملائمته للاستخدام في المشاريع الانشائية المختلفة ,تلعب هذه النتائج دورا حاسما في تحديد المواد المناسبة للبناء طبقا للضروف المحيطة بالمنشأ وتحسين السلامة والاستدامة في الهياكل المبنية .

ومن خلال دراستنا تحصلنا على النتائج التالية :

IV-3-2-1 نتائج نسبة الماء إلى الاسمنت E/C = 0,45 :



الشكل -IV- 5- يوضح منحنى نتائج مقاومة الضغط لمختلف الأوساط بنسبة E/C = 0,45

من خلال النتائج نلاحظ مايلي:

❖ **تأثير الزمن على المقاومة :**

نلاحظ أن هناك زيادة في مقاومة الضغط للملاط مع مرور الزمن في جميع الظروف , لكن بنسب متفاوتة .العينات المغمورة في ماء البحر سجلت أعلى زيادة في المقاومة , مما يجعلها الأكثر فعالية في تحسين المقاومة الانضغاطية .في المقابل وسط محلول الخل CH_3COOH أظهرت أقل بداية وأقل نسبة زيادة في قيمة المقاومة , هذا يعكس تفاعلات التصلب والتصلب التدريجي للملاط مع مرور الوقت مع مختلف الأوساط .

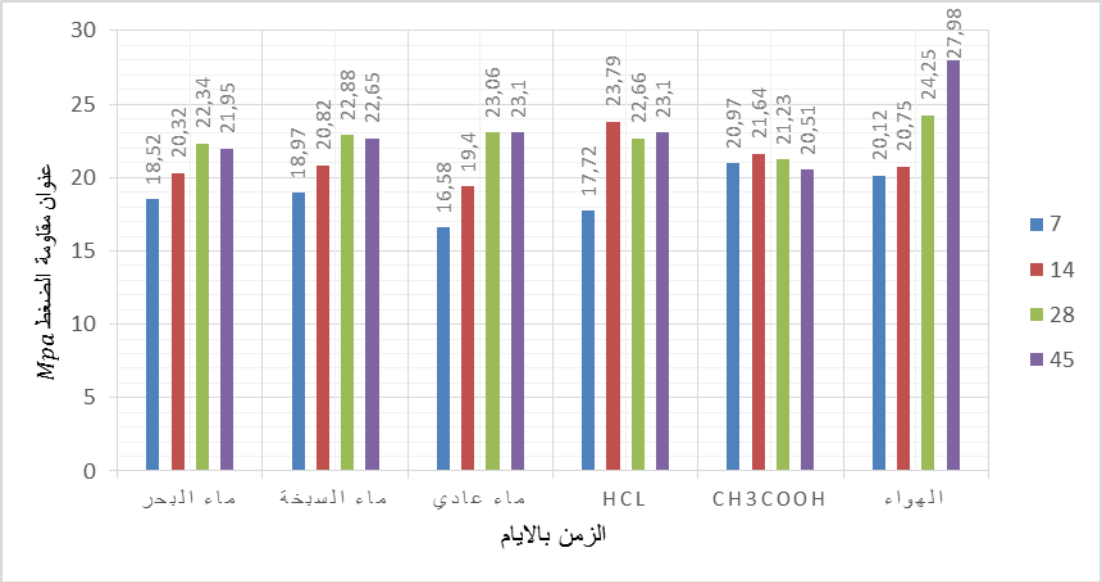
❖ **تأثير الوسط على المقاومة :**

المواد المختلفة تأثرت بالوسط المحيط بها بشكل مختلف , وهذا يظهر في تباين المقاومات الانضغاطية بمرور الزمن , التأثير البيئي يشمل عدة عوامل مثل الرطوبة ,التفاعلات الكيميائية مع المكونات الأخرى ,ودرجة الحرارة.

- ✓ الوسائط الحمضية CH_3COOH و Hcl سجلت أقل نسب مقاومة للانضغاط ثم ثبات إلى تراجع وهذا بسبب تآكل الخرسانة بمرور الزمن لكن البيانات تشير إلى أن التفاعل الكيميائي مع الخرسانة يزيد من المقاومة في البداية , وهذا بسبب تكوين منتجات ثانوية تساهم في تحسين الخصائص .
- ✓ العينات المغمورة في وسط ماء البحر سجلت بداية منخفضة ولكن الزيادات في قيمة المقاومة كانت كبيرة ومستقرة مع الزمن .

ومنه نستنتج أن اختيار المواد المثلى يعتمد على المتطلبات المحددة للمشروع البيئي والميكانيكي.

Ⅳ-3-2-2 نتائج نسبة الماء الى الاسمنت E/C = 0,50 :



الشكل -Ⅳ- 6- يوضح منحنى نتائج مقاومة الضغط لمختلف الأوساط بنسبة E/C = 0,50

من خلال النتائج نلاحظ مايلي:

❖ **تأثير الزمن والبيئة على المقاومة:**

- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في ماء البحر وماء السبخة نلاحظ زيادة في المقاومة خلال 28 يوم الأولى ثم انخفاض طفيف عند 45 يوم. البيئة المالحة تؤثر على المقاومة بتأثير ايجابي في البداية ولكن قد يكون هناك تراجع على المدى البعيد.
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في الماء العادي كانت النتائج بداية أقل مقارنة بالأوساط الأخرى،لكن زيادة ملحوظة وثابتة حتى 45 يوم.
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في محلول Hcl أعطت زيادة سريعة وكبيرة في البداية (14 يوم)، يليها استقرار. وهذا يشير إلى أن الحمض القوي يعزز المقاومة بسرعة ولكن الاستقرار يشير إلى تكوين منتجات تفاعلية مستقرة .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في محلول CH_3COOH سجلت بداية جيدة ولكن تراجع مستمر بمرور الوقت , التأثير الحمضي السلبي أدى إلى تراجع المقاومة على المدى الطويل .
- ✓ بالنسبة للعينات المحفوظة في الهواء الطلق سجلت زيادة ملحوظة وثابتة حتى 45 يوم ، حيث وصلت إلى 27.98Mpa الهواء يظهر التأثير الايجابي الأفضل على المدى الطويل .

❖ **المقارنة بين المواد:**

- ✓ عند 7 أيام: أعلى مقاومة سجلت للعينات المغمورة في محلول CH_3COOH بقيمة20.97Mpa ، وأقل قيمة سجلت للعينات المغمورة في الماء العادي بقيمة 16.58 Mpa.
- ✓ عند 14 يوم: أعلى مقاومة سجلت للعينات المغمورة في محلول Hcl بقيمة 23.79 Mpa,وأقل قيمة سجلت للعينات المغمورة في الماء العادي بقيمة 19,4 Mpa.

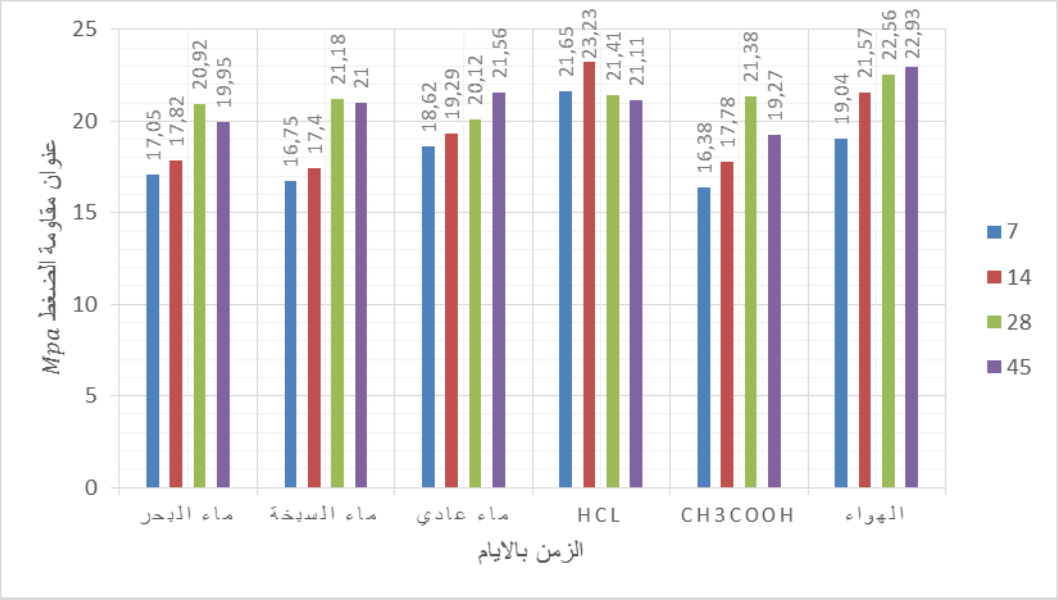
- ✓ عند 28 يوم: أعلى مقاومة سجلت للعينات المحفوظة في الهواء الطلق بقيمة 24.25 Mpa ,وأقل قيمة سجلت للعينات المغمورة في محلول CH_3COOH بقيمة 21.23Mpa .
- ✓ عند 45 يوم : أعلى مقاومة سجلت للعينات المحفوظة في الهواء الطلق بقيمة 27.98Mpa,وأقل قيمة سجلت للعينات المغمورة في محلول CH_3COOH بقيمة 20.51Mpa .

ومن خلال النتائج نستنتج أن:

- ✓ أفضل أداء طويل المدى سجل في وسط الهواء الطلق حيث أظهر أعلى مقاومة عند 45 يوم.
- ✓ أفضل أداء على المدى القصير عند 14 يوم سجل في الوسط Hcl الذي أظهر زيادة سريعة وكبيرة في قيمة المقاومة للضغط.
- ✓ أداء ثابت وجيد سجل في الأوساط (ماء البحر ،ماء السبخة , الماء العادي) مع تحسينات مستمرة ولكن معتدلة
- ✓ أداء منخفض بمرور الوقت في وسط محلول CH_3COOH الذي يظهر تراجعا في المقاومة على المدى الطويل.

كل هاته التحليلات يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار المادة أو البيئة للخرسانة لتحقيق التوازن بين الأداء القصير والطويل الأمد بناءا على متطلبات المشروع.

IV-3-2-3 نتائج نسبة الماء الى الاسمنت E/C = 0,55 :



الشكل-IV-7- يوضح منحنى نتائج مقاومة الضغط لمختلف الأوساط بنسبة E/C = 0,55

من خلال النتائج نلاحظ مايلي:

❖ **تأثير الزمن والبيئة على المقاومة:**

- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في ماء الحنفية نلاحظ زيادة في المقاومة بمرور الزمن . الزيادة المستمرة في المقاومة تشير إلى تطور جيد ومناسب في الظروف العادية.

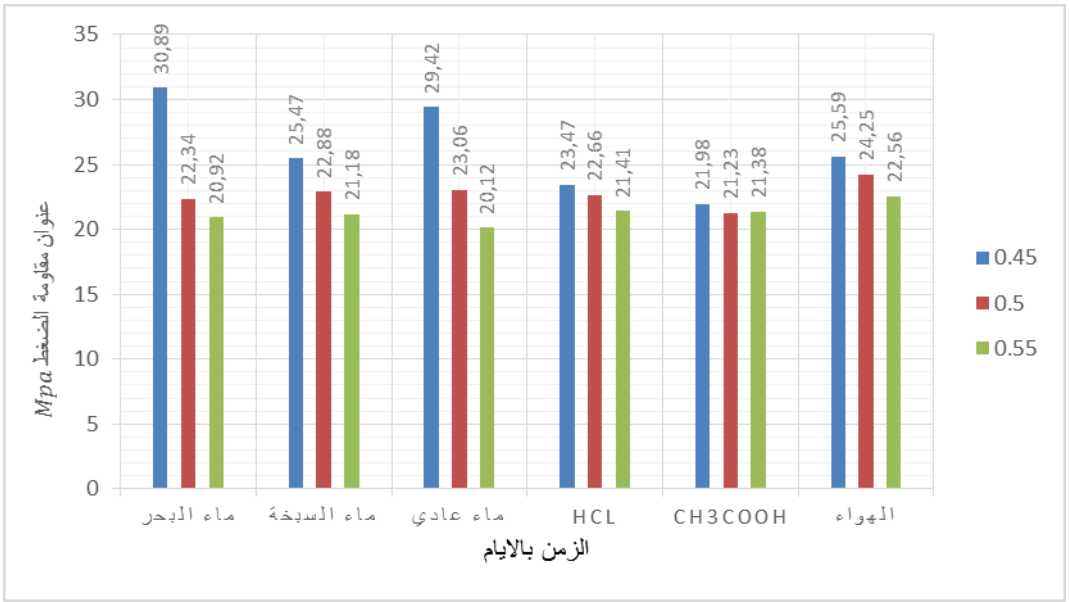
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في ماء البحر وماء السبخة نلاحظ زيادة في المقاومة في 28 يوم الأولى من الغمر ثم تبدأ بالانخفاض مع مرور الوقت.
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في محلول حمض الهيدروكلوريك Hcl نلاحظ تقلبات طفيفة في المقاومة , ولكن بشكل عام تبقى المقاومة جيدة نسبيا على مر الزمن في البيئة الحمضية وهذا ربما راجع إلى نسبة تركيز الحمض التي تعتبر ضعيفة نوعا ما .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في محلول حمض الخل CH_3COOH نلاحظ زيادة في المقاومة في 28 يوم الأولى من الغمر ثم تنخفض بمرور الوقت ولكن القيم تكون أقل مقارنة بالبيئات الأخرى مما يشير إلى تأثير سلبي أقوى من قبل حمض الخل وهذا يعود إلى نسبة تركيز الحمض في المحلول.
- ✓ بالنسبة للعينات المحفوظة في الهواء الطلق تظهر العينات زيادة جيدة في المقاومة مع مرور الوقت مما يدل على استقرار المواد في الظروف الجافة.

ومنه نستنتج أن:

- ✓ أفضل أداء في بيئة الماء العادي والهواء.
- ✓ أداء جيد في بيئة ماء البحر وماء السبخة ، مما يعزز استخدام الاسمنت المقاوم للكبريتات في البيئات المالحة.
- ✓ تحديات أكبر في البيئات الحمضية خاصة مع بيئة حمض الخل , حيث تظهر العينات تأثيرات سلبية أكبر على مقاومتها .

هذه النتائج تؤكد فعالية الاسمنت المقاوم للكبريتات في مجموعة متنوعة من الظروف البيئية , مع بعض التحفظات عند التعرض للأحماض القوية .

IV-3-2-4 نتائج مقاومة الضغط ليوم 28 من الغمر لمختلف الأوساط وجميع نسب E/C:



الشكل-IV- 8 - يوضح منحنى مقاومة الضغط لمختلف الأوساط ومختلف نسب في اليوم 28

❖ **تأثير نسبة الماء الى الاسمنت مع ملدن فائق :**

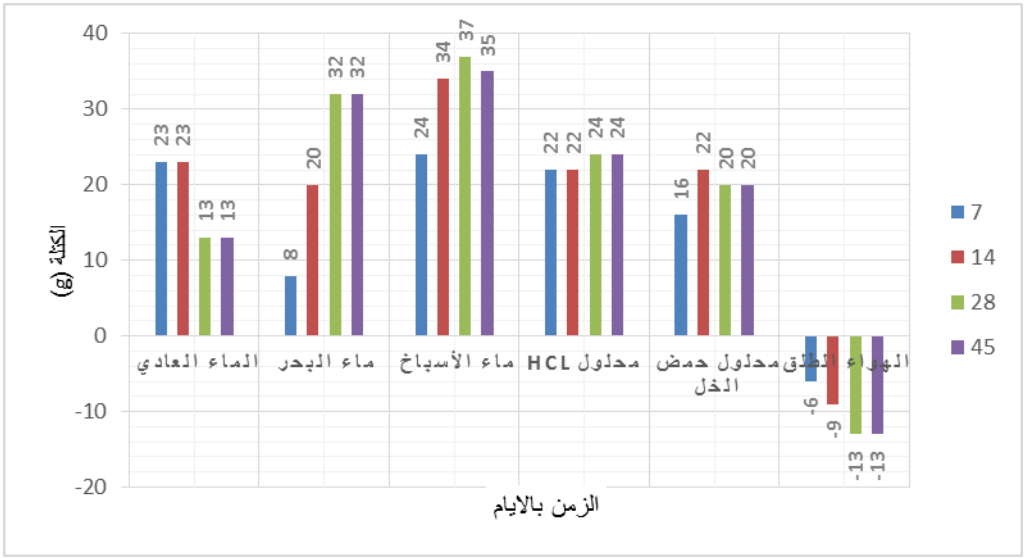
- ✓ نسبة الماء الى الاسمنت E/C = 0,45 :الأداء الافضل عبر جميع البيئات , مع أعلى مقاومة للضغط بفضل الملدن الفائق الذي حافظ على التشغيلية العالية مع نسبة الماء المنخفضة
- ✓ ماء البحر والماء العادي أظهرا أفضل أداء , مما يعكس قدرة الاسمنت المقاوم للكبريتات المعزز بالملدن الفائق على تقديم مقاومة عالية حتى في البيئات المالحة .
- ✓ نسبة الماء الى الاسمنت E/C = 0,50 : هناك انخفاض ملحوظ في المقاومة بالمقارنة مع نسبة E/C = 0,45 ولكنه لا يزال أعلى من نسبة E/C = 0,55 , استخدام الملدن الفائق ساعد في الحفاظ على تشغيلية جيدة مما أدى الى تحسين الأداء مقارنة بالنسبة E/C = 0,55 بدون ملدن .
- ✓ نسبة الماء إلى الاسمنت E/C = 0,55 : الأداء الأضعف بين جميع النسب , مع انخفاض في مقاومة الضغط . هذا يشير الى أن زيادة نسبة الماء إلى الاسمنت تؤثر سلبا على المقاومة ,ويؤكد أهمية إستخدام الملدن الفائق لتحسين التشغيلية والمقاومة عند نسب ماء أقل .

IV-3-3 التغير في الكتلة:

تجربة قياس التغير في الكتلة هي إحدى التجارب المهمة لدراسة تأثير البيئات العدوانية على المواد البنائية مثل الملاط, الهدف من التجربة هو تقييم مدى تأثر التعرض للبيئات العدوانية على الكتلة والحجم والاستقرار الفيزيائي لعينات الملاط.

ومن خلال دراستنا تحصلنا على النتائج التالية :

IV-3-3-1 تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط للنسبة E/C = 0,45 :



الشكل-IV-9- يوضح منحنى تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط للنسبة E/C = 0,45

❖ **تأثير الزمن والبيئة على التغير في الكتلة :**

- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في الماء العادي التغير في الكتلة ثابت تقريبا خلال أول 14 يوما عند 23 غرام , عند 28 الى 45 يوم التغير سجل انخفاض مفاجئ إلى 13 غرام. وهذا يشير إلى تدهور كبير في الكتلة بعد 14 يوم مما قد يعكس بدء عملية تدهور مادي في العينة .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في ماء البحر التغير في الكتلة كان مستمر بمرور الوقت , وهذا يشير إلى أن التأثير التآكلي للماء المالح يصبح أكثر وضوحا بمرورالزمن مما يعكس تأثيرالماء المالح على زيادة التدهور.
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في ماء الأسباخ التغير في الكتلة كان مستمر بمرور الوقت مع إستقرار نسبي بعد 28 يوم , وهذا يظهرأن ماء الأسباخ كان له تاثيركبير على التآكل في البداية لكنه إستقر بمرور الوقت .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في محلول Hcl التأثير التآكلي كان مستقرا نسبيا بعد 14 يوما , مع تآكل طفيف بمرور الوقت .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في محلول CH_3COOH التأثير التآكلي يظهر زيادة تآكل حتى 14 يوما , ثم انخفاض طفيف واستقرار لاحق .
- ✓ بالنسبة للعينات المحفوظة في الهواء الطلق سجلنا ضياع في الكتلة بمرور الوقت ,وهذا يعكس التأثر بسبب الجفاف او التآكل الهوائي المستمر ,مع إستقرار نسبي بعد 28 يوما .

ومنه نستنتج أن :

- ✓ البيئات المالحة (ماء البحر وماء الاسباخ) أظهرت أعلى معدلات تآكل , مما يشير إلى الحاجة لإستخدام مواد بناء أكثر مقاومة للتآكل .
- ✓ الماء العادي أظهرتدهورا غير متوقع بعد فترة زمنية مما يتطلب الفحص الدوري حتى في البيئات غير العدوانية .
- ✓ المحاليل الحمضية (Hcl و CH_3COOH) أظهرت تأثيرات تآكلية ثابتة , مما يشير الى أهمية إستخدام مواد بناء مقاومة للأحماض .
- ✓ الهواء الطلق تسبب في فقدان الكتلة بسبب التجفيف مما يؤكد على أهمية حماية المواد البنائية من الضروف الجوية القاسية للحفاظ على سلامتها .

IV-3-3-2 تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط بنسبة E/C = 0,50 :

الشكل-IV-10- يوضح منحنى تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط بنسبة E/C = 0,50

❖ **تأثير الزمن والبيئة على التغير في الكتلة :**

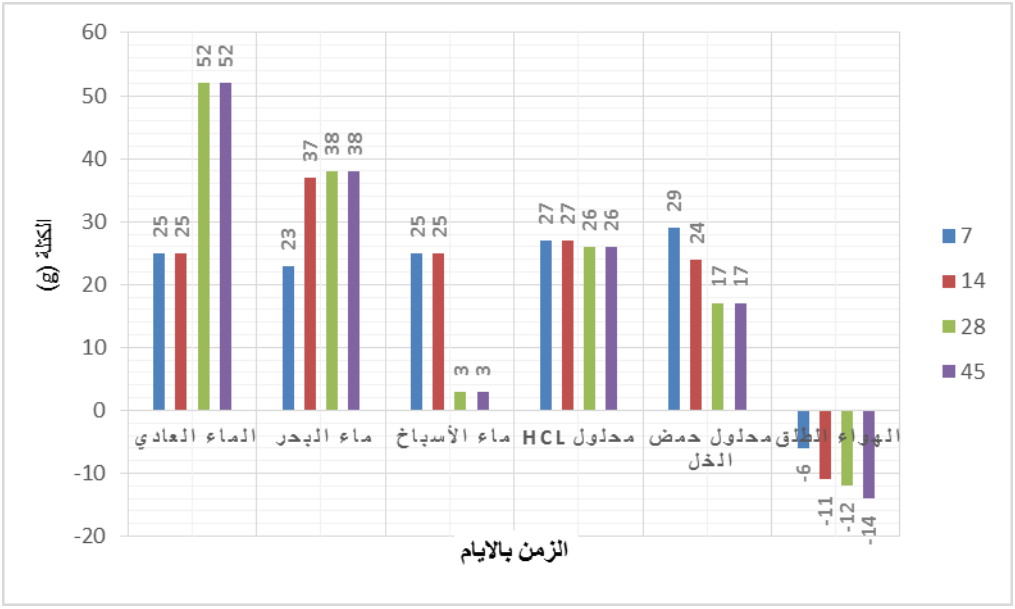
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في الماء العادي تظهر أن هناك زيادة في الكتلة بعد 14 يوما , مما قد يكون نتيجة لتأثيرات إمتصاص الماء أو عمليات التصلب الإضافية.
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في ماء البحر التغير في الكتلة كان مستمر إلى 14 يوما الأولى ثم تدهور خلال 28 و45 يوم من الغمر , وقد سجلنا أعلى معدلات التآكل , هذا يشير إلى تآكل شديد في البداية ثم إستقرار نسبي بعد 14 يوما.
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في ماء الأسباخ التغير في الكتلة كان ثابت و مستمر خلال 14 يوم الأولى مع إستقرار نسبي بعد 28 يوم ,وهذا يظهر أن ماء الاسباخ كان له تأثيركبير على التآكل في البداية لكنه استقر بمرور الوقت .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في محلول Hcl التأثير التآكلي كان ضئيلا ومستقرا .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في محلول CH_3COOH التأثير التآكلي يظهر تأثيرا تآكليا ثابتا ومستمرا بمرور الوقت .
- ✓ بالنسبة للعينات المحفوظة في الهواء الطلق سجلنا ضياع في الكتلة بمرور الوقت ,وهذا يعكس التأثر بسبب الجفاف أو التآكل الهوائي المستمر.

ومنه نستنتج أن :

- ✓ البيئات المالحة (ماء البحر وماء الاسباخ) أظهرت أعلى معدلات تآكل ,مما يشير إلى الحاجة لإستخدام مواد بناء أكثر مقاومة للتآكل .
- ✓ الماء العادي أظهر تدهورا غير متوقع بعد فترة زمنية مما يتطلب الفحص الدوري حتى في البيئات غير العدوانية .

- ✓ المحاليل الحمضية (Hcl و CH_3COOH) أظهرت تاثيرات تآكلية ثابتة ,مما يشير إلى أهمية إستخدام مواد بناء مقاومة للأحماض .
- ✓ الهواء الطلق تسبب في فقدان الكتلة بسبب التجفيف مما يؤكد على أهمية حماية المواد البنائية من الضروف الجوية القاسية للحفاظ على سلامتها .

Ⅳ-3-3-3 تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط للنسبة E/C = 0,55 :



الشكل-Ⅳ-11- يوضح منحنى تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط للنسبة E/C = 0,55

❖ **تأثير الزمن والبيئة على التغير في الكتلة :**

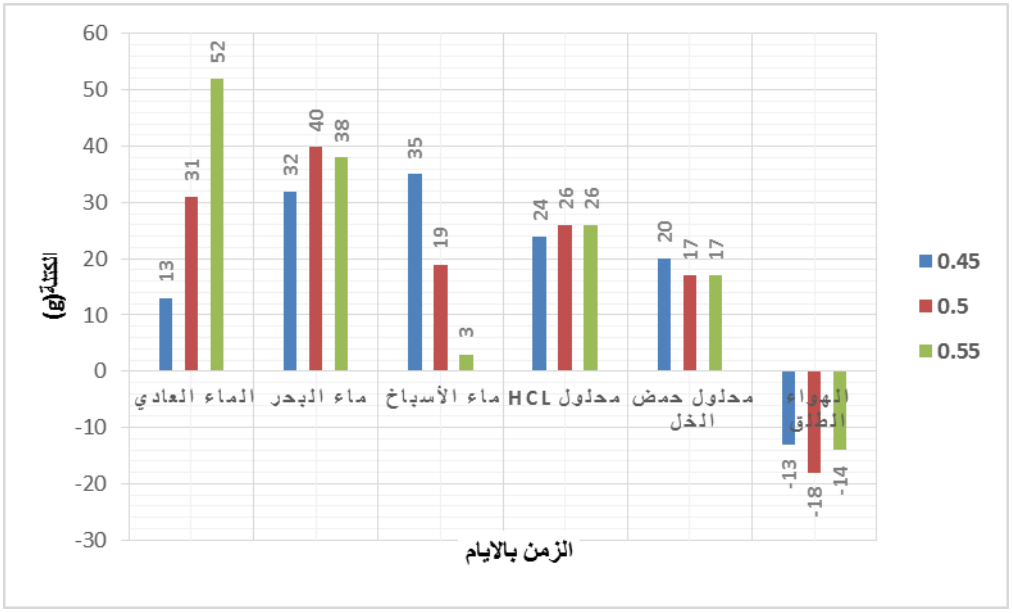
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في الماء العادي تظهر أن هناك زيادة كبيرة في الكتلة بعد 14 يوما , مما قد يكون نتيجة لتأثيرات إمتصاص الماء وتفاعلات الترطيب .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في ماء البحر النتائج تشير إلى تأثير تآكلي كبيرمع إستقرار نسبي لاحق .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في ماء الأسباخ النتائج تشير إلى تدهورا كبيرا ومستمرا في الكتلة بعد 14 يوما .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في محلول Hcl التأثير التآكلي كان ضئيلا ومستقرا نسبيا .
- ✓ بالنسبة للعينات المغمورة في محلول CH_3COOH التأثير التآكلي كان مستمر بمرور الوقت .
- ✓ بالنسبة للعينات المحفوظة في الهواء الطلق سجلنا ضياع في الكتلة بمرور الوقت , وهذا يعكس التأثر بسبب الجفاف او التآكل الهوائي المستمر.

ومنه نستنتج أن :

- ✓ البيئات المالحة (ماء البحر وماء الاسباخ) أظهرت أعلى معدلات تآكل , مما يشير إلى الحاجة لإستخدام مواد بناء أكثر مقاومة للتآكل .
- ✓ الماء العادي أظهر تدهورا كبيرا في الكتلة بعد فترة مما يبرزأهمية الفحص الدوري حتى في البيئات غير العدوانية .

- ✓ المحاليل الحمضية (Hcl و CH_3COOH) أظهرت تأثيرات تآكلية ثابتة , مما يشير الى أهمية إستخدام مواد بناء مقاومة للأحماض .
- ✓ الهواء الطلق تسبب في فقدان الكتلة بسبب التجفيف مما يؤكد على أهمية حماية المواد البنائية من الظروف الجوية القاسية للحفاظ على سلامتها .

IV-3-3-4- تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط و النسب لليوم 28 من الغمر :



الشكل IV-12- يوضح منحنى تغير كتلة العينات لمختلف الأوساط و النسب لليوم 28 من الغمر

من خلال النتائج نلاحظ مايلي:

❖ **تأثير نسبة الماء الى الأسمنت على التغير في الكتلة :**

- ✓ تشيرالنتائج في بيئة الماء العادي إلى زيادة ملحوظة في الكتلة مع زيادة نسبة الماء إلى الإسمنت ,مما يعكس زيادة إمتصاص الماء وتفاعل الملاط مع الماء .
- ✓ تشير النتائج في بيئة ماء البحر إلى زيادة في الكتلة مع زيادة نسبة الماء إلى الإسمنت, لكن الكتلة تقل عند نسبة E/C = 0,55 مقارنة E/C = 0,50 مما قد يعكس توازن بين إمتصاص الماء وتأثيرالتأكل .
- ✓ تشير النتائج في بيئة ماء الأسباخ إلى تدهور كبير في الكتلة مع زيادة نسبة الماء إلى الإسمنت ,مما يشيرإلى ضعف المقاومة في هذه البيئة العدوانية .
- ✓ تشير النتائج في بيئة محلول Hcl إلى أن التأثير التآكلي للمحلول ثابت نسبيا بغض النظر عن نسبة الماء إلى الإسمنت .
- ✓ تشير النتائج في بيئة محلول CH_3COOHإلى أن التأثير التآكلي للمحلول يزداد مع زيادة نسبة الماء إلى الإسمنت ,لكنه ثابت نسبيا عند النسب الأعلى .
- ✓ تشير النتائج في بيئة الهواء الطلق إلى أن فقدان الكتلة يزداد مع زيادة نسبة الماء إلى الإسمنت , مع تحسن طفيف عند النسبة E/C = 0,55.

ومنه نستنتج أن :

- ✓ في بيئة الماء العادي سجلنا زيادة ملحوظة في الكتلة , مما يبرز أهمية التحكم في نسبة E/C لتجنب إمتصاص زائد للماء .
- ✓ في بيئة ماء البحر يجب إستخدام مواد بناء مقاومة للتآكل خاصة عند نسب E/C أعلى .
- ✓ في بيئة ماء الأسباخ يجب إستخدام مواد إضافية لتحسين مقاومة التآكل في هذه البيئة العدوانية .
- ✓ في بيئة المحاليل الحمضية يجب إستخدام مواد مقاومة للأحماض و إستخدام طلاءات واقية للتقليل من التأثير التآكلي وتحسين المقاومة .

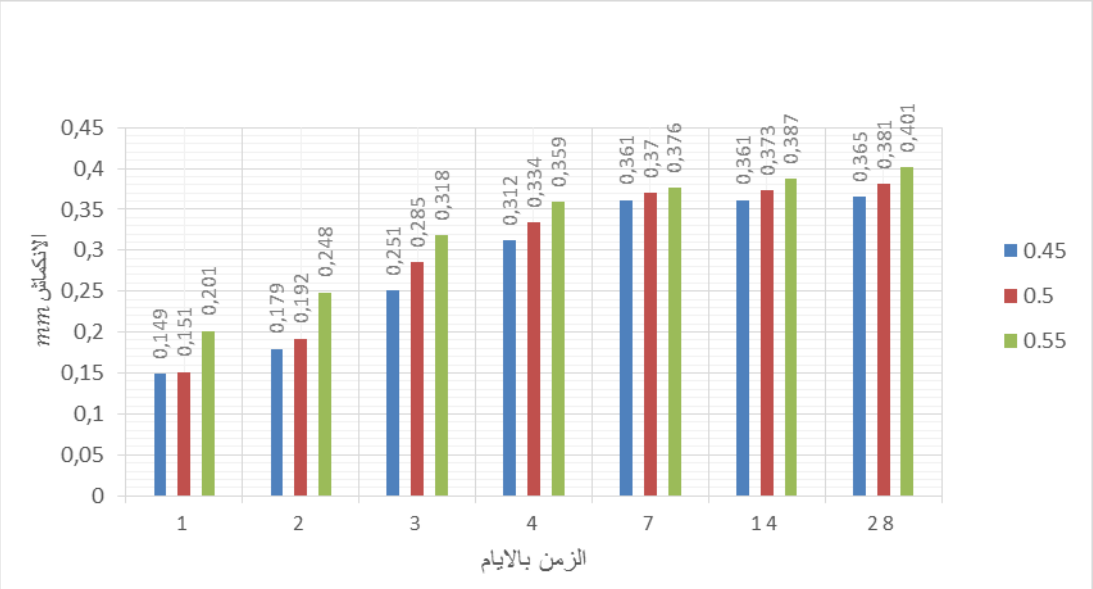
IV-3-4 قياس الانكماش:

الإنكماش هو عملية تقليص الحجم التي تحدث في المواد الاسمنتية أثناء جفافها وتصلبها , هذه العملية يمكن أن تؤدي إلى تشققات وتقلص في الأداء الهيكلي للمبنى اذا لم تدار بشكل صحيح , تتأثر نسبة الإنكماش بعدة عوامل من بينها نسبة الماء إلى الإسمنت , نوع الإسمنت المستخدم , والإضافات الكيميائية مثل الملدنات الفائقة و تعد هذه التجربة خطوة أساسية لفهم تأثير هذه العوامل على جودة وقوة الخرسانة .

النتائج المتحصل عليها ستساعد في تحسين ممارسات البناء وإستخدام مواد البناء بشكل أكثر فعالية وكفاءة, مما يساهم في تطوير منشآت أكثر أمانا وإستدامة .

ومن خلا ل دراستنا تحصلنا على الناتئج التالية :

IV-3-4 -1 انكماش العينات لمختلف نسب E/C :



مخطط IV-13- يوضح منحنى نتائج انكماش العينات لمختلف نسب E/C

❖ **تأثير نسبة الماء إلى الإسمنت E/C على التغير في الحجم:**

- ✓ اليوم 1:الانكماش يبدأ بشكل أقل في العينات ذات نسبة الماء إلى الإسمنت E/C = 0,45 بقيمة 0.149 مم ويزداد مع زيادة نسبة الماء إلى الإسمنت ليصل إلى (0.201 مم) عند النسبة .

- ✓ اليوم 2: الإنكماش يزداد بشكل ملحوظ في جميع العينات ,لكنه أعلى في العينات ذات نسبة الماء إلى الاسمنت بقيمة (0.248 مم).
- ✓ اليوم 3: الإنكماش يستمر في الزيادة, مع فارق أكبر بين النسب الثلاث حيث تصل العينات ذات نسبة إلى قيمة إنكماش تقدر ب 0.318 مم مقارنة ب0.251 مم و0.285 مم للعينات ذات النسب 0.45 و 0.50 على التوالي .
- ✓ اليوم 4:الإنكماش يستمر في الزيادة في جميع العينات ,مع إستمرار الفارق الواضح بين النسب المختلفة , حيث تصل العينات ذات نسبة 0.55 إلى 0.359 مم .
- ✓ اليوم 7: الإنكماش يصل إلى 0.376 مم في العينات ذات نسبة الماء إلى الإسمنت 0.55 بينما يقل تدريجيا في العينات ذات النسب بقيمة 0.370 و بقيمة 0.361 مم.
- ✓ اليوم 14 : الانكماش يستقر نسبيا مع اختلافات طفيفة , حيث يصل الانكماش في العينات ذات نسبة E/C = 0,55 إلى 0.387 مم وفي العينات ذات نسبة E/C = 0,50 إلى 0.373 مم و في العينات ذات نسبة E/C = 0,45 إلى 0.361 مم.
- ✓ الانكماش يصل أقصى قيمة مسجلة بقيمة 0.401 مم للعينات ذات نسبة الماء إلى الإسمنت E/C = 0,55 , بينما تكون أقل في العينات ذات النسب E/C = 0,50 بقيمة 0.381 مم و بقيمة 0.365 مم في النسبة E/C = 0,45 .

ومنه نستنتج :

- ✓ زيادة الإنكماش مع زيادة نسبة الماء إلى الإسمنت : وهذا يعود إلى زيادة كمية الماء الحر التي تتبخر خلال عملية الجفاف مما يؤدي إلى إنكماش أكبر.
- ✓ تأثير الملدن الفائق: الملدن الفائق المستخدم في العينات ذات النسب 0.45 و 0.50 يبدو أنه يقلل من نسبة الإنكماش مقارنة بالعينات ذات النسبة 0.55 التي لم يستخدم فيها الملدن الفائق . هذا يظهر أهمية إستخدام الملدنات الفائقة للحفاظ على تشغيلية الملاط مع تقليل نسبة الماء مما يقلل من الإنكماش .
- ✓ إستقرار نسبي بعد 14 يوما: بعد 14 يوم يبدأ الانكماش في الإستقرار نسبيا, مما يشير إلى أن الجزء الأكبر من الإنكماش يحدث في الأسابيع الأولى بعد الصب .

IV-3-5 الفحص البصري للعينات :

تم إلتقاط الصور لتقييم علامات التدهور الخارجي لعينات الملاط بعد الغمر في محلول حمض الخل CH_3COOH وقد تم إختيار هذا الوسط نظرا لمدى تأثر العينات داخله دونا عن باقي الأوساط وهذا راجع لطبيعة الوسط الحمضي وتركيز المحلول (3 %) .

كما هو موضح في الصور مدى التأثير التآكلي للعينات .

الصورة 1: توضح عينات الملاط المختلفة مغمورة في محلول CH3COOH

الصورة 2: توضح عينات الملاط المختلفة بعد الغمر

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة :

دراسة تأثير نسب الماء إلى الإسمنت المختلفة بإستخدام إسمنت مقاوم للكبريتات وملدن فائق أظهرت أن تقليل نسبة الماء مع إستخدام الملدن الفائق يعزز من قوة ومتانة الملاط, ويقلل من الإنكماش والتآكل ,ويحافظ على التشغيلية المطلوبة ,الملاط المحضر بنسبة مع ملدن فائق اظهر أفضل مقاومة في البيئات العدوانية من حيث التغير في الكتلة والانكماش ,هذه النتائج تدعم استخدام ممارسات بناء محسنة تضمن أداء أفضل للهياكل وجودة عالية في البيئات المختلفة مما يساهم في تطوير حلول بناء أكثر فعالية وكفاءة .

المتطلبات والتوصيات :من خلال النتائج المتحصل عليها في داستنا ارتأينا أن نقدم التوصيات التالية :

- ✓ التقليل في نسبة الماء إلى الاسمنت للحفاظ على تماسك وقوة الملاط.
- ✓ إستخدام الإسمنت المقاوم للكبريتات مع مواد مضافة لزيادة المقاومة في البيئات العدوانية.
- ✓ الفحص الدوري لتحديد تأثير البيئات المختلفة على الكتلة والمقاومة.
- ✓ الحماية من الظروف الجوية باستخدام تغطيات وطلاءات واقية.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

1- Wiki<https : // ar. Wikipedia.org.

2- بشنب زكرياء و صخر محمد بهاء الدين دراسة مثانة الملاط المحتوي على الكثبان الرملية كبديل جزئي لرمل المحاجر (مذكرة تخرج ماستر) جامعة قاصدي مرباح ورقلة دفعة 2022-2023 .

3- رزيق عبد الرحمانوحمزة محمد الشريف:الملاط في صيانة و ترميم الفسيفساء.مجلة الدراسات الاثرية. 2021/12/19 .

4- مريقة ابراهيم و رحماني كمال:المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل المحاجر بواسطة التصحيح الحبيبي(مذكرة ماستر) الوادي جامعة الشهيد حمه لخضر كلية العلوم و التكنولوجيا2019 .

5- أحمد طرطارو براجي صباح:المياه وإشكالية الاستدامة.(مداخلة مقدمة إلى الملتقى الوطني حول إقتصاديات المياه).بسكرة:جامعة محمد خيضر كلية العلوم الاقتصادية و التجارية و التسيير.

6- حمدي شهاب الدين .تكنولوجيا الخرسانة جامعة الزقزيق.كلية الهندسة قسم الهندسة الانشائية صفحة 50.

7- محمد محمود مهنا تكنولوجيا الخرسانة جامعة الانبار قسم هندسة مدنية 2019-2020 صفحة 29

8- BOUBEKEUR ,Cours de Matériaux de Construction 01 licence Génie CIVIL ,Centre universitaire de Tissemsilt.2017.

9- CIM BETON ,<Collection technique Ciment et betons> Conception et realisation: Am principe paris .Edition 2005.

10- نصري أيوب و بورقعة طارق و عطاالله السعيد : تأثير دمج رمل الكثبان المسحوقة على خصائص الملاط (أطروحة ماستر) جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي كلية العلوم و التكنولوجيا دفعة 2020-2021.

11- ماني محمد: المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي و التعزيز بالألياف المعدنية.(أطروحة دكتورا) جامعة قاصدي مرباح ورقلة كلية العلوم التطبيقية 2019.

12- بن موسى مصطفى و شفاح السعيد و رزيق السعيد : الدراسة التجريبية لمختلف أنواع البناء لمنطقة الوادي باستعمال الملاط (أطروحة ماستر) جامعة الشهيد حمه لخضرالوادي .كلية التكنولوجيا دفعة 2019-2020

13- عرعار نسرين و كاتب منى ريحان : المساهمة في الدراسة الفيزيائية الميكانيكية للملاط المقوى بشرائط القماش (من مخلفات الصناعية) (أطروحة ماستر) جامعة قاصدي مرباح ورقلة كلية العلوم التطبيقية 2022-2023.

14-OUAHIANI Samira et BENBOUZIANE Sarra : Influence des ajouts sur le comportement mécanique des mortier soumis aux attaque acides.(Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master (specialite : Genie Civil . Option : Structures)
Université AbouBekr Belkaid- Tlemcen 2019-2020.

15-[NF P 18- 598 Octobre 1991] Norme Française .Equivalent de sable.

16- [NFP 18-560] Norme française ; Analyse granulométrique.

17-[NFP94-64(Novembre 93)] Norme Française . Détermination de laMasse Volumique absolue apparente.

18-[NF EN 196-1] Norme française Détermination des résistances mécanique. 1995-indice de classement p15-471.

19-[NBN EN 1015-3]Norme belge««Consistance du mortier frais a la table a secousses »2007.

20-[NF P 18-452] Norme française de performance.

21-[NF P 18-433]Norme française .Résistance a la flexion sur eprouvettes.Octobre2001.

22-[NFP18-560] Norme française. Analyse ; Analyse granulométrique par tamisage. septembre 1990.

الملاحق

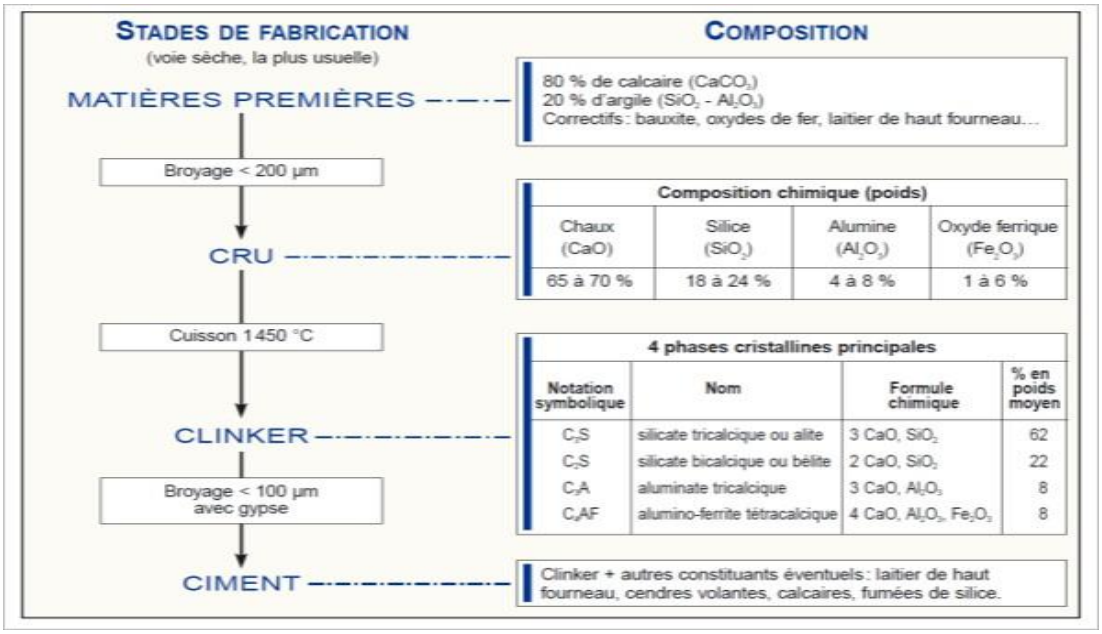
جدول تصنيف الإسمنت وفق القاعدة: NF.EN.197-1

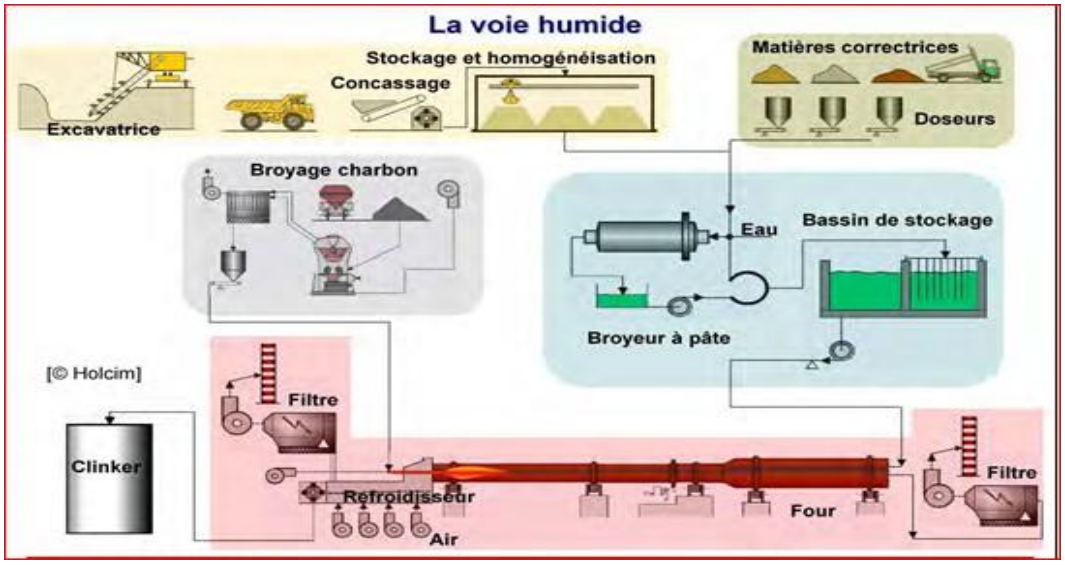
Types principaux de ciment	Désignation	Notation	Sorte de ciment Holcim	Constituants principaux [1]										Constituants secondaires [1] [4]
				Clinker de ciment Portland	Laitier de haut fourneau	Fumée de silice	Pouzzolane naturelle	Pouzzolane naturelle calcinée	Cendre volante siliceuse	Cendre volante calcique	Schiste calciné	Calcaire		
				K	S	D [2]	P	Q	V	W	T	L	LL	
CEM I	Ciment Portland	CEM I	Normo Protego Albaro	95–100										0–5
	Ciment Portland au laitier	CEM II/A-S		80–94	6–20									0–5
		CEM II/B-S			21–35									0–5
	Ciment Portland à la fumée de silice	CEM II/A-D	Fortico	90–94		6–10								0–5
	Ciment Portland à la pouzzolane	CEM II/A-P		80–94			6–20							0–5
		CEM II/B-P		65–79			21–35							0–5
		CEM II/A-Q		80–94				6–20						0–5
		CEM II/B-Q		65–79				21–35						0–5
CEM II	Ciment Portland aux cendres volantes	CEM II/A-V		80–94					6–20					0–5
		CEM II/B-V		65–79					21–35					0–5
		CEM II/A-W		80–94						6–20				0–5
		CEM II/B-W		65–79						21–35				0–5
	Ciment Portland au schiste calciné	CEM II/A-T		80–94							6–20			0–5
		CEM II/B-T		65–79							21–35			0–5
	Ciment Portland au calcaire	CEM II/A-L		80–94								6–20		0–5
		CEM II/B-L		65–79								21–35		0–5
		CEM II/A-LL	Fluvio	80–94									6–20	0–5
		CEM II/B-LL		65–79									21–35	0–5
	Ciment Portland composé [3]	CEM II/A-M		80–88					12–20					0–5
		CEM II/B-M	Optimo Robusto Bisolvo	65–79					21–35					0–5
CEM III	Ciment de haut fourneau	CEM III/A		35–64	36–65									0–5
		CEM III/B	Modero	20–34	66–80									0–5
		CEM III/C		5–19	81–95									0–5
CEM IV	Ciment pouzzolanique [3]	CEM IV/A		65–89				11–35						0–5
		CEM IV/B		45–64				36–55						0–5
CEM V	Ciment composé [3]	CEM V/A		40–64	18–30			18–30						0–5
		CEM V/B		20–38	31–49			31–49						0–5

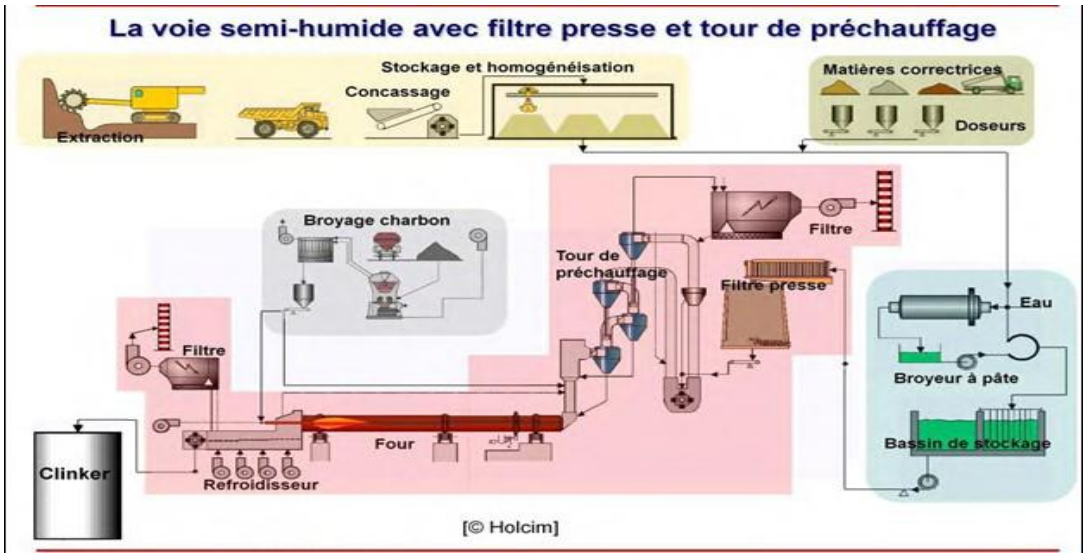
1) Les valeurs indiquées (en % massiques) du tableau se réfèrent à la somme des constituants principaux et secondaires, c.-à.-d. sans le sulfate de calcium ni les adjuvants au ciment.
2) La proportion de fumée de silice est limitée à 10 % en masse.
3) Dans le cas des ciments Portland composés CEM II/A-M et CEM II/B-M, des ciments pouzzolaniques CEM IV/A et CEM IV/B et des ciments composés CEM V/A et CEM V/B, les constituants principaux, autres que le clinker, doivent être déclarés dans la désignation du ciment.
4) Les matériaux incorporés en tant que constituants secondaires du ciment, ne peuvent être déjà inclus dans les constituants principaux.

Tab. 1.1.2: Composition des ciments selon la norme SN EN 197-1.

Principaux types	Notation des produits (types de ciment courant)		Composition (pourcentage en masse)[a] Constituants principaux										Constituants secondaires
			Clinker	Laitier de haut fourneau	Fumée de silice	Pouzzolanes		Cendres volantes		Schiste calciné	Calcaire		
						Naturelle	Naturelle calcinée	Siliceuse	Calcique				
			K	S	D[b]	P	Q	V	W	T	L	LL	
CEM I	Ciment Portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Ciment Portland au laitier	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Ciment Portland à la fumée de silice	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Ciment Portland aux cendres volantes	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Ciment Portland composé[c]	CEM II/A-M	80-94	← 6-20 →									0-5
		CEM II/B-M	65-79	← 21-35 →									0-5
CEM III	Ciment de haut fourneau	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Ciment pouzzolanique[c]	CEM IV/A	65-89	-	← 11-35 →					-	-	-	0-5
		CEM IV/B	45-64	-	← 36-55 →					-	-	-	0-5
CEM V	Ciment composé[c]	CEM V/A	40-64	18-30	-	← 18-30 →			-	-	-	-	0-5
		CEM V/B	20-38	31-50	-	← 31-50 →			-	-	-	-	0-5

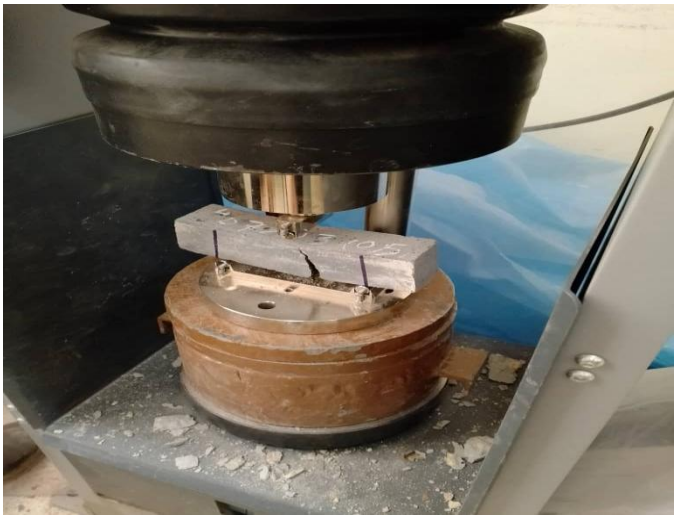

STADES DE FABRICATION
(voie sèche, la plus usuelle)
COMPOSITION
MATIÈRES PREMIÈRES
80 % de calcaire ($CaCO_3$)
20 % d'argile (SiO_2 - Al_2O_3)
Correctifs : bauxite, oxydes de fer, laitier de haut fourneau…
Broyage < 200 µm
CRU
Composition chimique (poids)
Chaux (CaO) | Silice (SiO_2) | Alumine (Al_2O_3) | Oxyde ferrique (Fe_2O_3)
65 à 70 % | 18 à 24 % | 4 à 8 % | 1 à 6 %
Cuisson 1450 °C
CLINKER
4 phases cristallines principales
Notation symbolique | Nom | Formule chimique | % en poids moyen
C_3S | silicate tricalcique ou alite | 3 CaO, SiO_2 | 62
C_2S | silicate bicalcique ou bélite | 2 CaO, SiO_2 | 22
C_3A | aluminate tricalcique | 3 CaO, Al_2O_3 | 8
C_4AF | alumino-ferrite tétracalcique | 4 CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3 | 8
Broyage < 100 µm avec gypse
CIMENT
Clinker + autres constituants éventuels : laitier de haut fourneau, cendres volantes, calcaires, fumées de silice.


La voie humide
Stockage et homogénéisation
Concassage
Matières correctrices
Excavatrice
Doseurs
Broyage charbon
Eau
Bassin de stockage
Broyeur à pâte
[© Holcim]
Filtre
Clinker
Refroidisseur
Four
Filtre
Air


La voie semi-humide avec filtre presse et tour de préchauffage
Stockage et homogénéisation
Concassage
Matières correctrices
Extraction
Doseurs
Broyage charbon
Filtre
Tour de préchauffage
Filtre presse
Eau
Filtre
Broyeur à pâte
Four
Clinker
Refroidisseur
Bassin de stockage
[© Holcim]

صورة توضيحية لعينة مغمورة في ماء بمحلول HCL

صورة توضيحية لعينات قبل التحطيم



صورة توضيحية لعينة معرضة للهواء الطلق

صورة توضيحية لقياس مقاومة الضغط

صورة توضيحية لقياس مقاومة الانحناء