دراسة أثر تركيز نسبة الأملاح لمياه الخلط والمعالجة على مقاومة الخرسانة

إعداد:

1- أمل إسماعيل محمد أحمد (2031045484)

2- عماد الدين نور الدائم محمد (2031051074)

3- هناء عبد الرحيم محمد حاج أحمد (2011028508)

إشراف :

أ\ أبوبكر محي الدين

بحث تكميلي لنيل درجة البكلاريوس مرتبة الشرف في الهندسة (المدنية)

كـــلية الهـــندسة

جامعة الشيخ عبد الله البدري

أبريل -2026

أية قرآنية

قال تعالى :

﴿وَأَنْ لَيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى۝ وَأَنَّ سَعْيَهُ سَوْفَ يُرَى ﴾

صدق الله العظيم

يونس الآية 10

إهداء

﴿وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ للهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ ﴾

لم تكن الرحلة قصيره ولا ينبغي لها أن تكون لم يكن الحلم قريباً ولا الطريق كان محفوفاً بالتسهيلات لكننا فعلناها .

أهدي تخرجي إلى من أحمل اسمه بكل فخر وإعتزاز إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم إلى "أبي الغالي"

إلى من وضع الله الجنة تحت قدميها إلى نبع الحنان الذي لا ينضب والشمس التي أضاءت لي عتمة الدروب "أمي الحبيبة"

إلى من بهم أشتد وأقوى سندي وعضدي في هذه الحياة ومن شاركوني كل لحظات التعب والنجاح "إخوتي وأخواتي" أهديكم ثمرة جهدي ,فأنتم السند الذي لا يميل

إلى رفقاء الدرب الذين جعلو الطريق الموحش أُنساً إلى من شاركوني تعب اليالي "شركاء الرحلة"

وأخيراً إلى نفسي التي صبرت واجتهدت ولم تستسلم رغم كل الظروف أهدي هذا الإنجاز فخوراً بكل خطوة أوصلتني إلى هنا

الشكر والتقدير

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات , وبتوفيقه تنال البركات والصلاة والسلام على المعلم الاول محمد صلى الله عليه وسلم .

أما بعد:

أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى **"جامعة الشيخ عبد الله البدري"** هذا الصرح العلمي الشامخ وإلى **"كلية الهندسة وقسم الهندسة المدنيه"** لما قدموه لنا من بيئه علمية محفزة.

كما يطيب لي أن اتقدم بوافر الشكر وعظيم الامتنان إلى الأستاذ والمشرف الأول

أستاذ **"أبوبكر محي الدين"**

الذي لم يبخل عليّ بعلمه وتوجيهاته القيمة التي كانت السراج المنير لإتمام هذا البحث.

كما أتوجه بجزيل الشكر والتقدير إلى إداره ومنسوبي **"شركة أسمنت بربر المحدودة"** وأخص بالشكر السادة العاملين بمختبرات الجودة لتعاونهم الكبير وتسهيليهم إجراءات فحص عينات المياه .

إن هذا الجهد المتواضع ما هو إلا خطوة في طريق طويل من المعرفة نضعه بين أيديكم ونسأل الله أن يبارك في هذا العلم وأن ينفعنا به ويجعلنا ممن يبنون بعلمهم وعملهم مستقبلاً أفضل.

فهرس المحتويات

الرقم	الموضوع	رقم الصفحه
	الاية	III
	الإهداء	IV
	الشكر والتقدير	V
	المستخلص	XI
	Abstract	XII
الفصل الاول : المقدمة		
1-1	المقدمة	1
2-1	الهدف من الدراسة	1
3-1	منهجية البحث	2
4-1	هيكلة البحث	2
الفصل الثاني : الإطار النظري		
1-2	مقدمة	3
2-2	الخرسانة كمادة انشائية	3

3-2	مراحل الخرسانة خلال عمرها	4
4-2	انواع الخرسانة	6
5-2	الخلطات الخرسانية	7
1-5-2	مكونات الخلطة الخرسانية	7
2-5-2	تصميم الخلطة الخرسانية	11
3-5-2	طرق تصميم الخلطة الخرسانية	11
6-2	الأملاح المؤثرة على ماء الخلط والمعالجة للخرسانة :	12
7-2	أسباب هجوم الأملاح على الهياكل الخرسانية :	13
8-2	الدراسات السابقة	14
	الفصل الثالث : **الاطار العملي**	
1-3	مقدمة	15
2-3	المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية	15
3-3	إختبارات المواد المستخدمة	15
1-3-3	اختبارات الركام الخشن	16
2-3-3	إختبارات الأسمنت	18
4-3	تصميم الخلطه الخرسانية	20

5-3	إختبارات الخلطة الطازجة	22
6-3	طريقة صب المكعبات	24
7-3	طريقة المعالجة	25
8-3	إختبارات الخلطة المتصلدة	26
الفصل الرابع : التحليل ومناقشة النتائج		
1-4	المقدمة	27
2-4	نتائج إختبارات المواد	27
3-4	نتائج إختبارات الخرسانة	32
4-4	مناقشة النتائج	37
الفصل الخامس : الخلاصة والتوصيات		
1-5	الخلاصة	40
2-5	التوصيات	40
3-5	المراجع	41

فهرس الاشكال

رقم الشكل	الإسم	رقم الصفحة
1-3	يوضح المناخل القياسية	17
2-3	يوضح جهاز فيكات	19
3-3	يوضح جهاز قياس الأملاح الكلية الذائبة	22
4-3	يوضح الادوات المستخدمة في إختبار الهبوط	23
5-3	يوضح طريقة إختبار الهبوط	24
6-3	يوضح طريقة معالجة المكعبات	25
7-3	يوضح جهاز إختبار الضغط	26
1-4	يوضح نتائج التحليل المنخلي للركام الخشن	28
2-4	يوضح التدرج الحبيبي للركام الناعم	30
3-4	يوضح نتائج إختبار مقاومة الضغط لعمر 7 يوم	33
4-4	يوضح نتائج إختبار مقاومة الضغط لعمر14يوم	35
5-4	يوضح نتائج إختبار مقاومة الضغط لعمر 28 يوم	37

فهرس الجداول

رقم الجدول	الإسم	رقم الصفحة
1-3	يوضح النسب الوزنية	20
2-3	يوضح تراكيز الأملاح	21
1-4	يوضح التحليل المنخلي للركام الخشن	27
2-4	يوضح نتائج التدرج الحبيبي للركام الناعم	29
3-4	يوضح نتائج الوزن النوعي والإمتصاص	30
4-4	يوضح تعيين الوزن النوعي للركام الناعم	31
5-4	يوضح نتائج إختبارات الأسمنت	31
6-4	يوضح نتائج إختبار الهبوط للخلطات الخرسانية	32
7-4	يوضح نتائج إختبار مقاومة الضغط لعمر 7 يوم	33
8-4	يوضح نتائج إختبار مقاومة الضغط لعمر 14 يوم	34
9-4	يوضح نتائج إختبار مقاومة الضغط لعمر 28 يوم	36

المستخلص

هدفت هذه الدراسه إلى تقييم أثر اختلاف تركيز الأملاح في مياه الخلط والمعالجة على الخواص الميكانيكيه للخرسانه وتحديدا " مقاومة الضغط " .

شمل الجانب العلمي إجراء اختبارات معملية على عينات الخرسانة بإستخدام نسب متفاوتة من الأملاح في مياه الخلط و المعالجة , وتم قياس الضغط عند اعمار (7-14—28) يوما .

أظهرت النتائج أن زيادة تركيز الاملاح تؤدي إلى (تأثير سلبي/ تغير) في قوة تماسك الخرسانة ومقاومتها بمرور الوقت مقارنة بالمياه العذبة .تلخص الدراسة إلى ضرورة الإلتزام بالمعايير الهندسية لجودة المياه المستخدمة في المشاريع الانشائية لضمان ديمومة المنشآت .

Abstract

This study aimed to evaluate the impact of different salt concentrations in mixing and curing water on the mechanical properties of concrete, specifically “Compressive Strength “The experimental work involved laboratory tests on concrete specimens using varying salt concentrations. Compressive strength was measured at (7, 14, and 28) days

The results indicated that increased salt concentration leads to a negative effect on concrete strength over time compared to fresh water. The study concludes with the necessity of adhering to engineering standards for water quality in construction projects to ensure the durability of structures.

الفصل الاول

المقدمة

1-1 مقدمه:

الخرسانه هي مادة إنشائيه أساسيه تستخدم على نطاق واسع في أعمال البناء والتشييد وتعد من أكثر المواد استخداما في العالم بعد الماء . وتتكون الخرسانه بشكل رئيسي من الاسمنت والركام (الرمل,الحصي,الزلط) والماء وقد تضاف اليها مواد مضافه لتحسين خواصها مثل مقاومة التاكّل او سرعة التصلب .وتتكون نتيجه خلط مواد الربط (الاسمنت البورتلاندي العادي) مع الركام مع الماء وعند تفاعل الماء مع الاسمنت تبدا عمليه الاماهة والتي تؤدي الي تصلب الخرسانه . وتتميز ايضا بعمر خدمة طويل مقارنة بمواد البناء الأخرى غير أنها تتأثر سلبا بالعوامل البيئية مثل الأملاح ,درجات الحرارة المرتفعة او تكرار دورات الترطيب والجفاف لذلك فإن دراسة الخرسانه وخواصها الميكانيكيه والفيزيائية والكيميائية تعد من المحاور الأساسية في مجال الهندسة المدنية لضمان جودة واستدامة المنشآت .

أما الماء فهو أساس الحياة و أحد أهم الموارد الطبيعيه التي لا غنى عنها للإنسان وجميع الكائنات الحية إلى جانب أهميته للحياه يستخدم الماء في المجال الهندسي والإنشائي كعنصر رئيسي في إنتاج الخرسانة حيث يسهم في تفاعل الأسمنت من خلال عملية الإماهة ويستخدم في المعالجه لضمان اكتمال التفاعلات الكيميائية وتحسين المقاومة .إلا أن نوعية المياه قد تؤثر بشكل مباشر على الخواص الميكانيكية والمتانة خاصة إذا كانت الأملاح تحتوي على شوائب أو نسب عالية من الأملاح الذائبة . وفي العديد من المناطق ,خاصة الساحلية أو الجافه ,قد لا تتوفر مياه عذبة صالحة للخلط والمعالجة مما يضطر المهندسين إلي إستخدام مياه تحتوي على نسب متفاوتة من الأملاح مثل(الكلوريدات ,الكبريتات) وتثير هذه الحالة تساؤلات مهمة حول مدي تأثير هذه الأملاح على مقاومة الخرسانة للضغط والتي تعد من أهم الخصائص الإنشائية للخرسانه .

2-1 الهدف من الدراسة:

- دراسه تأثير تراكيز مختلفة من الأملاح الذائبة في مياه الخلط والمعالجة على مقاومة الخرسانة .
- مقارنة نتائج الخلط والمعالجة بنسب مختلفه من تراكيز الأملاح .

- تحديد الحدود المقبولة لنسبة الأملاح في المياه المستخدمه في خلط ومعالجة الخرسانه بما يتوافق مع المواصفات والمعايير الفنية .

3-1 منهجية البحث:

-الإطار النظري (يشمل المعلومات والبيانات من المراجع ومحركات البح ث وتصميم الخلطات الخرسانية) .

-الإطار العملي (إجراء الإختبارات المعملية)

4-1 هيكلة البحث:

يتكون هذا البحث من خمس فصول وهي :

الفصل الأول: يحتوي على مقدمة عامه ، الأهداف ، المنهجية، وهيكل البحث .

الفصل الثاني : الإطار النظري .

الفصل الثالث : الإطار العملي .

الفصل الرابع : نتائج الإختبارا ت المعملية ومناقشة النتائج .

الفصل الخامس : الخلاصة والتوصيات .

الفصل الثاني

الإطار النظري

1.2مقدمة:

الخرسانة تعد من أهم مواد البناء وأكثرها استخداما في مختلف المنشآت الهندسية مثل المباني ,الطرق ,الجسو ر,والسدود.وتمتاز بقدرتها العالية على تحمل الضغوط وقابليتها للتشكيل في قوالب بأشكال وأحجام متنوعه مما يجعلها مادة مرنة وملائمة لمختلف الأغراض الإنشائية .

تتكون الخرسانة بصورة أساسية من الأسمنت ,الركام (الناعم والخشن),والماء وقد تضاف إليها مواد مضافة لتحسين بعد الخواص مثل مقاومة الأملاح أوتقليل النفاذية أوزيادة زمن التشغيل .ويعتمد أداء الخرسانة ومتانتها على جودة المواد الداخلة في تكوينها ونسب الخلط وطرق الص ب والمعالجة .

2.2 الخرسانة كماده إنشائيه:

الخرسانة(Concrete) من أهم مواد البناء، وتمتاز بخواص ميكانيكية وفيزيائية تجعلها تستخدم في أغلب المنشآت. أهم خواص الخرسانة :

1. الخواص الطازجة (قبل التصلب)

القابلية للتشغيل (Workability): سهولة صب الخرسانة وصبّها وتوزيعها دون انفصال مكوناتها .

زمن الشك(ng meSe): الوقت الذي تحتاجه الخرسانة لتبدأ وتتصلب .

قابلية الضخ(Pumpability): إمكانية ضخ الخرسانة في الأنابيب لمسافات طويلة .

النزف(Bleeding): خروج الماء الزائد إلى سطح الخرسانة .

2. الخواص المتصلبة (بعد التصلب)

مقاومة الضغط(Compressive strength): أهم خاصية، تعبر عن قدرة الخرسانة على تحمل الأحمال .

مقاومة الشد (Tensile strength): ضعيفة نسبيًا مقارنة بالضغط .

مقاومة الانحناء (Flexural strength): قدرة الخرسانة على مقاومة القوى المؤثرة بشكل غير مباشر .

مقاومة القص(Shear strength): قدرة الخرسانة على تحمل قوى القص .

معامل المرونة(Elas c modulus): يعبر عن صلابة الخرسانة .

3. الخواص الفيزيائية :

الكثافة: الخرسانة العادية كثافتها تقريبًا 2400 كجم/م^3 .

الانكماش(Shrinkage): نقص الحجم عند الجفاف .

التمدد الحراري: تغير الحجم مع تغير درجات الحرارة .

النفاذية(Permeability): مدى مرور الماء أو السوائل داخلها .

4. الخواص الكيميائية والمتانة

مقاومة التآكل الكيميائي: الخرسانة الجيدة تقاوم الأملاح والأحماض بدرجات متفاوتة .

مقاومة الحريق: تتحمل درجات حرارة عالية قبل أن تفقد قوتها .

الدوام: قدرتها على الاستمرار في الخدمة لفترة طويلة بدون تلفها .

3.2 مراحل الخرسانة خلال عمرها:

1. المرحلة الطازجة(Fresh Stage)

تبدأ مباشرة بعد الخلط والصب.

الخرسانة لسه طرية وسهلة التشغيل (Workability) .

تشمل الصب، الدمك ،والتشطيب .

2. مرحلة الشك (Seng Stage) :

الخرسانة تبدأ تفقد لدونتها وتتحول من حالة البلاستيك للحالة الصلبة .

تنقسم لمرحلتين :

_الشك الابتدائي(ngIni al Se): تبدأ الخرسانة تتماسك .

_الشك النهائي (ngFinal Se): الخرسانة تفقد خاصية التشغيل تماماً .

2. مرحلة التصلب المبكر (Early Hardening)

الخرسانة تبدأ تكسب جزء من مقاومتها .

بعد 24 ساعة تقدر تتحمل إزالة القوالب (حسب النوع) .

بعد 7 أيام تكتسب حوالي 70% من المقاومة .

3.مرحلة النضوج (Matura on Stage)

تمتد حتى 28 يوم حيث تصل الخرسانة لمقاومتها التصميمية .

في الفترة دي المعالجة مهمة جداً لضمان الجودة والمتانة .

4.2 أنواع الخرسانة:

1. الخرسانه العادية: (Plain Concrete)

- تتكون من الأسمنت + ركام + ماء فقط .

- تستخدم في الأعمال البسيطه مثل الأساسات العادية والأرضيات .

2. الخرسانه المسلحه (Reinforced Concrete)

- يضاف إليها حديد تسليح لمقاومة قوى الشد .

- هي الأكثر إستخداما في المباني والكباري .

3- الخرسانة عالية المقاومة (High Strength Concrete)

- مقاومة الضغط فيها عالية (أكثر من 40 ميجا باسكال) .

- تستخدم في الأبراج العالية والجسور .

4- الخرسانة خفيفة الوزن (Lightweight Concrete)

- يتم فيها إستبدال الركام العادي بركام خفيف مثل البيرلايت أوالفيرموكلايت .

- تمتاز بخفة الوزن وعزل حراري جيد .

5- الخرسانة ذاتية الدمك (Self-Compacing Concrete)

- تنساب وتملأ القوالب بدون هز أو دمك ميكانيكي .

- مفيدة في الأماكن الضيقة والمعقدة التسليح .

6- الخرسانة سابقة الإجهاد (Prestressed Concrete)

- يتم شد اسلاك أو قضبان فولاذية داخلها قبل أو بعد الصب .

- تتحمل قوى شد وضغط كبيرة .

7- الخرسانة سابقة الصب (Precast Concrete)

- تصنع في قوالب خاصة بمصانع ثم تنقل لموقع المشروع مثل الأعمدة الجاهزه والحوائط الخرسانية .

8- الخرسانة الثقيلة: (Heavyweight Concrete)

- تحتوي على ركام ثقيل مثل الباريت.

- تستخدم في المفاعلات النووية أو كحماية من الإشعاع .

9- الخرسانة البوليمرية (Polymer Concrete)

- يتم استبدال الأسمنت بمواد راتنجية بوليمرية .

- مقاومة عالية للتآكل والمواد الكيميائية .

10- الخرسانة النافذة (Permeable Concrete)

- تسمح بمرور المياه من خلالها .

- تستخدم في مواقف السيارات والأرضيات لتقليل تجمع مياه الأمطار .

5.2 الخلطات الخرسانية:

1.5.2 مكونات الخلطة الخرسانية :

هي أربعة عناصر رئيسية، ولكل منها دور مهم في تحديد خواص الخرسانة النهائية :

1-1-5-2 الأسمنت (Cement):

هو مادة رابطة تربط مكونات الخرسانة الأخرى معا وأكثر أنواع الأسمنت استخداما هو الأسمنت البورتلاندي (OPC) وكمية الأسمنت تؤثر على قوة الخرسانة، الانكماش، والمقاومة للماء وهو ايضا قلب الخرسانة ويتم اختيار نوع الأسمنت على حسب طبيعة المشروع وظروف البيئة .

أنواع الأسمنت :

-الأسمنت البورتلاندي العادي :

وهو أكثر نوع شائع ويستخدم في المباني والكمرات والأعمده والبلاطات .

-الأسمنت البورتلاندي البوزولاني :

بيتخلط مع مواد بوزولانيه مثل الرماد المتطاير أو الرماد البركاني ويتميز بمقاومه أعلى للكبريتات والمواد الكيميائية وممتاز في السدود والأعمال البحرية .

-الأسمنت البورتلاندي سريع التصلب :

يشبه العادي لكنه يكتسب مقاومه أسرع في الأيام الأولى ومناسب في المشاريع المستعجلة وأعمال الطرق .

-الأسمنت المقاوم للكبريتات :

يقاوم التفاعلات الضاره مع الكبريتات الموجودة في التربه أوالمياه ويستخدم في محطات معالجه المياة والمناطق الساحلية .

2-1-5-2 الماء (Water) :

ضروري لتفاعل الأسمنت (التفاعل الهيدروليكي) وتكوين عجينة لاصقة ويجب أن يكون نظيفًا وخاليًا من الملوثات والملوثات الكيميائية ويعد من أهم مكونات الخلطة الخرسانية

- في عملية الخلط يذيب مركبات الأسمنت ويساعد علي بدء تفاعل الإماهه, ويعطي قابلية تشغيل للخرسانة لتسهيل الصب والدمك .

- في عملية المعالجة يحافظ على الرطوبة اللازمة لإستمرار التفاعل الكيميائي بعد الصب ,يمنع الإنكماش والتشققات السطحية ويساعد على الوصول للمقاومة المطلوبة .

نسبة الماء إلى الأسمنت (a W/C ro) تحدد قوة الخرسانة ومساميتها .

-واذا كان الماء يحتوي على أملاح زائدة (خصوصا الكلوريدات) يؤدي ذلك :

1-تآكل حديد التسليح.

2-ضعف مقاومة الخرسانة للضغط.

3- ظهور شروخ وتشوهات مبكرة.

-خواص الماء المستخدم في الخرسانة :

1.نقي وخالي من الشوائب.

2. قليل الأملاح (خاصة الكبريتات والكلوريدات).

3-غير حمضي >PH.

4- خالي من الزيوت, مواد عضوية, أو السامة.

5-أن يكون الماء صالح للشرب.

2.5.1.3 الركام(Aggregates):

الركام هو مادة حبيبية يتكون من الرمل والحصى أو كسر الحجر ويمثل حوالي 60-70 %من حجم الخرسانة .

يُقسم إلى :

الركام الناعم (رمل): يساعد على ملء الفراغات بين الحصى .

الركام الخشن (حصى أو حجر مجروش): يعطي القوة والمتانة للخرسانة .

نسبة توزيع الأحجام مهمة لتقليل الفراغات والحصول على خلطة متماسكة .

-الإشتراطات الخاصة بالركام:

1- أن يكون الركام نظيف خالي من المواد العضوية والطين والأملاح والمواد الكيميائية الضارة .

2- أن يكون الركام متدرج .

3- أن يكون الركام مكعب أوشبه مكعب .

4.1.5.2. المواد المضافة (Admixtures) :

هى مواد غير الركام والأسمنت والماء تضاف إلى الخلطة الخرسانية أثناء عملية الخلط بكميات صغيرة جداً بغرض إعطاء الخرسانة الطازجة أو الخرسانة المتصلدة خواص معينة مطلوبة مثل :

- تحسين القابلية للتشغيل للخرسانة الطازجة دون زيادة ماء الخلط .

- التعجيل أو التأخير فى الشك.

- تقليل معدل فقد الهبوط للخرسانة .

- تحسين القدرة على ضخ الخرسانة .

- الحد من حدوث الإنفصال الحبيبى .

- زيادة المقاومة المبكرة للخرسانة .

- الحصول على خرسانة عالية المقاومة .

- تحسين خواص الخرسانة المتصلدة مثل مقاومة البرى .

- الحصول على خرسانة غير منفذة للماء أو خرسانة خلوية أو خرسانة ذات صفات خاصة .

الإشتراطات العامه المطلوبة عند إستخدام الركام:

1. يجب أن لا تؤثر تأثير ضارعلى الخرسانه أو حديد التسليح.

2. أن تتناسب الفوائد الناتجه من استخدام الإضافات مع الزيادة في التكاليف .

3. يجب عدم إضافة كلوريد الكالسيوم أو الإضافات التي أساسها من الكلوريدات بتاتاً إلي الخرسانه المسلحه أو الخرسانه سابقة الإجهاد أو الخرسانة التي بها معادن مدفونة .

أمثلة :

مواد مسرعة للتصلب، مواد مضافة لتقليل النفاذية، مواد لتسهيل الدمك، مواد لتأخير التصلب

2.5.2 تصميم الخلطات الخرسانية:

يعنى تحديد القيم النسبية لمكوناتها بما يتفق مع المتطلبات المرغوبة لعمل معين. ويكون ذلك بإستخدام نسب ثبُتت فاعليتها من الخبرة وتسمى بالنسبة الوضعية وقد يكون بطرق حسابية مبنية على أساس فنى تتضمن خواص المواد المستخدمة والخواص المطلوبة فى الخرسانة المتصلدة (مثل مدى المقاومة للأحمال أو المقاومة للبرى) والإشتراطات التى تتطلبها خطوات صناعة الخرسانة مثل السهولة المناسبة للصب Placing والتسوية النهائية (التشطيب Finishing) لسطح الخرسانة. وذلك مع مراعاة التكاليف الإقتصادية حسب نوع العمل الإنشائى المطلوب. وهذه الطرق الحسابية ته دف الى إستخدام المواد الموجودة Available Materials لنحصل منها علىخرسانة ذات خواص مطلوبة فى الحالتين الطازجة والمتصلدة وبأقل الكاليف s ويمكن إعتبار أن مقاومة الخرسانة للضغط تبين مدى جودة الخرسانة المتصلدة آما تعبر قيمة الهبوط Slump عن مدى جودة الخرسانة الطازجة. ويعتبر تحديد نسب الخلطة الخرسانية من أهم العوامل التى تؤثر على جودة الخرسانة وعلى إقتصاديات المشروع. فمن الممكن الحصول على خرسانات متباينة فى جودتها وثمنها بالرغم أنجميعها تتكون من نفس المواد. ويعتمد الإقتصاد النسبى للخلطات الخرسانية على أثمان مكوناته ا وعلى أجور العمال وتكاليف النقل لتلك المكونات. ويعتبر الأسمنت أحد المكونات الأساسية للخرسانة والذى تؤثر نسبة وجوده فى الخلطة تأثيراً آبيراً على تكاليفها نظراً لغلو ثمنه بالنسبة لباقى المكونات .

3.5.2 طرق تصميم الخلطه الخرسانيه:

1/الطريقه الوضعيه:

تحدد هذه الطريقة نسباً لمكونات الخرسانة نتيجة الخبرة السابقه للإستعمال بنجاح. وقد أثبتت هذه الطريقة ملائمتها وصلاحيتها للعمليات الصغيرة Small Jobs نظر اً لسهولتها حيث تعطى المواد الصلبة (الأسمنت ، الرمل ، الزلط) على هيئة نسب بالوزن أو الحجم وقد تحدد آمية الماء اللازم أو تترك لمراعاتها أثناء الخلط بحيث نحصل على خلطة لدنة وسهلة التشغيل Workable.

عيوب هذه الطريقة تتخلص في النقاط الآتية :

1.نسبة الما ء\ الأسمنت غير محدده ومتروكة لظروف العمل.

2. النسبة المذكوره لا تعطي مترمكعب في جميع الحالات وقد يصل الحجم احيانا إلي 2.1 م .

3. نسبة الرمل\الزلط شبه ثابتة وهي 2:1 مع ملاحظه إهمال نوع الركام وتدرجه والمقاس الإعتباري الأكبر له وكذلك إهمال معايير النعومة للرمل .

2/طريقة المحاولة:

تعتمد هذه الطريقة على معرفة نسبة م/س فى الخلطة الخرسانية ويلزم عمل إختبارات مقارنة بين المواد المختلفة والخلطات المتباينة. وتتطلب هذه الطريقة وجود عينات من الأسمنت والزلط والرمل كما يجب تحديد نسبة م/س وكذلك المقاومة المطلوبة .

3/ طريقة الحجم المطلق:

تفترض هذه الطريقة أن الحجم المطلق للخرسانة هو مجموع الحجوم المطلقة للمواد المكونة للخرسانة أى الحجم المطلق للأسمنت والرمل والزلط والماء .

6.2 الأملاح المؤثرة على ماء الخلط والمعالجة للخرسانة:

1. أملاح الكلوريدات

أخطر الأملاح على الخرسانة المسلحة وتأثيرها تسرّع تآكل (صدأ) حديد التسليح بسبب تكوين خلايا كهروكيميائية وتسرّع زمن الشك (خصوصاً $CaCl_2$).

وجودها بكمية قليلة >(500 ppm) مسموح في الخرسانة غير المسلحة، لكن أقل في المسلحة .

2. أملاح الكبريتات :

من أكتر الأملاح ضرراً وتأثيرها تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ الناتج من إماهة الأسمنت تكوين كبريتات الكالسيوم (جبس)و تتفاعل ايضا مع C_3A في الأسمنت تكوين الإترنجايت (E ringite) يسبب تمدد داخلي وتشقق الخرسانة .

MgSo4 يضعف عجينة الأسمنت بتكوين مركبات غير متماسكة.

3. أملاح الكربونات :

تأثيرها أقل من الكلوريدات والكبريتات وتسب ب زيادة زمن الشك وضعف نسبي في قوة الخرسانة بسبب التفاعل مع عجينة الأسمنت .

4. أملاح البيكربونا ت :

ترفع ال pH وتؤدي إلى تأخير زمن الشك وضعف في مقاومة الخرسانة .

7.2 أسباب هجوم الأملاح على الهياكل الخرسانية:

1. استخدام ماء خلط أو معالجة مالح

الماء المستعمل في الخلط أو في المعالجة تحتوي كلوريدات أو كبريتات عالية يتدخل الملح في مسام الخرسانة من البداية وتضعفها مع الزمن.

2. وجود التربة المالحة(Saline Soils)

3. التعرض لمياه جوفية مالحة

4. الرش أو الغمر بمياه البحر

في المنشآت البحرية أو القريبة من البحر (كالموانئ والجسور) الأمواج ورذاذ البحر(Sea Spray) بينقل كميات كبيرة من الكلوريدات إلى الخرسانة .

5. التفاعل الكيميائي مع مكونات الخرسانة

الكبريتات تتفاعل مع مركبات الأسمنت (خصوصاً C_3A) تكوين إترنجايت (E ringite) يتمدد ويفجر الخرسانة.

الكلوريدات تهاجم حديد التسليح وتسبب تآكل وصدأ و فقدان الترابط بين الخرسانة والحديد.

6. ضعف كثافة الخرسانة أو سوء التنفيذ

الخرسانة ذات نسبة ماء/إسمنت عالية تكون مساميتها عاليه سهلة النفاذية وتسمح بدخول الأملاح بسرعة.

8-2 الدراسات السابقة :

ذكر عبد المجيد علي عبد المجيد في دراسته حول خواص الخرسانة (أثر شوائب المياه الجوفية على خواص الخرسانة)أن زيادة تركيز الأملاح في مياه الخلط تؤدي إلى تدهور طويل الأمد في مقاومة الضغط واتفقت معه دراسة د/محمد أحمد عثمان التي أجريت في مدينة بورتسودان حيث أظهرت النتائج إنخفاض بنسبة 15% في المقاومة عند استخدام مياه آبار بتركيز أملاح يتجاوز ppm2500.

الفصل الثالث

الإطار العملي

- 1.3مقدمة:

يعتبر الجانب العملي هو الركيزة الأساسية في هذا البحث حيث يهدف إلى دراسة وتقييم أثر استخدام المياه الجوفية ذات الملوحة الطبيعية في أعمال الخلط والمعالجة وتأثير ذلك على الخصائص الميكانيكية للخرسانة .تم تصميم برنامج معملي مكثف يعتمد على محاكاة الواقع الإنشائي في الم ناطق التي تعتمد على الآبار ,حيث تم اختبار بئر منطقة القدواب بمحلية بربر كمصدر أساسي لمياه الدراسة ,نظرا لما تمثلة هذه المنطقة من نشاط عمراني وتفاوت في جودة مياهها الجوفية .

وتناولنا في هذا الفصل ايضا تفاصيل المواد المستخدمة في الخلطات الخرسانية وخصائص المياه الكيميائية بناء على الفحوصات المختبرية وبالإضافة إلى شرح مفصل لمنهجية تحضير العينات ,وظروف المعالجة ,والإختبارات القياسية .وتم استخدام نوعين من المياة مياه مرجعية وهي مياة صالحة للشرب ومياة بئر منطقة القدواب وهي المياه المستهدفه بالدراسة وأجري لها تحليل كيميائي لتحديد تراكيز الأملاح الكلية ، وكذلك استخدمنا في جميع الخلطات الأسمنت البورتلاندي العادي .

- 2.3 المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية:

الحصى(الركام الخشن): تم إستخدام الحجر الطبيعي (غير المكسور)

الرمل(الركام الناعم): تم إستخدام الرمل الطبيعي

الأسمنت : تم إستخدام أسمنت بورتلاندي عادي

الماء: تم إستخدام مياه آبار من مصادر مختلفه

- 3.3إختبارات المواد المستخدمه:

- **1.3.3 إختبارات الركام (الخشن):**

تم إستخدام الحصى الطبيعي المستخدم للخلطات الخرسانية في السودان ,ونظرا لأهمية الركام وتأثيره على مقاومة الخرسانة وحتى يتم التأكد من مطابقتة للمواصفات والمقاييس أجريت علية اختبارات التالية :

- **1.1.3.3 التحليل المنخلي:**

الغرض من الإختبار :

1-تحديد التدرج الحبيبي للركام الكبير والصغير

2-تحديد مدى صلاحية الركام ومطابقته للمواصفات القياسية

الأجهزة والأدوات :

1-المناخل القياسية

2-فراشاة سلك لتنظيف المناخل

3-فرن تجفيف لتجفيف العينة إذا كانت رطبة

4-ميزان حساس

5-هزاز ميكانيكي لإجراء عملية الهز

طريقة الإختبار :

تم تنظيف المناخل من المواد العالقة جيدا بالفرشاه وترص المناخل على الهزازبحيث يكون المنخل ذات الفتحة الأوسع أعلى ثم يليه الأقل والأقل ويتم تشغليه لمدة 5 دقائق ثم يتم تسجيل الوزن المحجوز في كل منخل

شكل رقم (1-3) يوضح المناخل القياسية

- **2.1.3.3 إختبار الإمتصاص:**

الغرض من التجربة :

معرفة إمتصاص الركام الخشن للماء وذلك بغمره في الماء لمدة 24 ساعه وحسب المواصفات البريطانية يجب الا تزيد نسبة الإمتصاص عن 6.0%

الأدوات والأجهزة :

1- وعاء

2- ميزان حساس

3- فرن

طريقة التجربة :

يتم غسل الركام جيدا بالماء ثم أخذ وزن محدد من الركام ويتم وضعه في وعاء غمر لمدة 24 ساعة بعد ذلك حساب نسبة الإمتصاص وهي نسبة الفرق بين العينة الرطبة والجافة على وزن العينة الجافة

- 3.2.3. إختبارات الأسمنت:

3.2.3.1. إختبار زمن الشك:-

- زمن الشك الإبتدائي هو الزمن الذي تبدأ عنده العجينة في فقدان لدونتها .

-زمن الشك النهائي هو الزمن الذي تصبح فيه العجينة صلبة تماما .

الأثر المتوقع : الأملاح (خاصة الكلوريدات)تعمل كمعجلات أي أنها ستقصر زمن الشك الإبتدائي والنهائي بشكل ملحوظ .

الغرض من التجربة :

1-فهم السلوك الكيميائي: يهدف الإختبار إلى رصد مدى تأثير تراكيز الأملاح في مياه الخلط على سرعة الإماهه للأسمنت. فالتواجد الكثيف للأيونات الملحية يعمل كمحفز كيميائي قد يسرع من وتيرة تكوين البلورات الرابطة .

2- تحديد النطاق الزمني للتنفيذ :الغرض العملي هو تحديد المدة الزمنية الحرجة المتاحة لعمليات الصب والدمك والتسوية.فاستخدام مياه ذات ملوحة عالية قد يؤدي إلى "الشك الكاذب" أو التسريع المفاجئ للصلابة وتهدف التجربة إلى وضع حدود آمنه للمهندس المنفذ لضمان جودة الصب قبل فقدان الخرسانة للدونتها .

3- المقارنة المعيارية:تسعى التجربة لإيجاد علاقة طردية أو عكسية بين "تركيز نسبة الأملاح" وبين "زمن الشك" من خلال مقارنة النتائج المستخلصة من مياه الخلط المملحة مع نتائج الخلطة المرجعية

الأدوات المستخدمة :

1- جهاز فيكات

2- إبرة قياس

3- ساعة إيقاف

طريقة التجربة :

تم ملء القالب بعجينة الأسمنت وتم تسوية سطحها وتم نقل القالب للجهاز ويوضع تحت الإبره ,ثم تدلى الإبرة ببطء حتى تمس سطح العجينة ,توقف في مكانها لمدة ثانية أو ثانيتين لتحاشي تأثير السرعة الإبتدائية , وتترك الأجزاء المتحركة لتنفز الإبرة راسيا في العجينة.يقرا التدرج عندما يتوفق نفاذ الإبرة ,وتسجيل قراءة التدرج التي تدل على المسافة بين قاعدة القالب ونهاية الإبرة تم تكرار نفاذ الإبرة علي نفس العجينة في مواضع متباعدة وبعد فترات زمنية متتالية (حوالي 10 دقائق) .

تم تغير الإبرة المستخدمة في إختبار الشك الإبتدائي بالإبرة الخاصة بإختبار زمن الشك النهائي تم تسجيل زمن الشك النهائي لأقرب 15 دقيقة وهو الزمن المقاس من صفر القياس حتى نفاذ إبره الشك النهائي .

شكل رقم (2-3) يوضح جهاز فيكات

3-4 تصميم الخلطة الخرسانية:

تم تصميم الخلطه الخرسانية في هذه الدراسه للوصول الى مقاومه مستهدفه قدرها 25MPa عند عمر28 يوم .وتم اتباع المنهجيه العلمية لتحديد نسب المكونات (الأسمنت , الركام الصغير, الركام الكبير, الماء) لضمان تحقيق التوازن بين قابلية التشغيل والمتانة .

أولا:تحديد النسب الوزنية:

البند	أسمنت Kg/m^3	الماء Kg/m^3	ركام خشن Kg/m^3	ركام ناعم Kg/m^3
الأوزان للمتر المكعب	350kg	175kg	1287kg	539kg
الوزن للخلطة $^3(0.041m)$	14.35kg	7.17kg	52.76kg	23.126kg

جدول (1-3) يوضح النسب الوزنية

ثانيا:المتغير المستقل (تراكيز الأملاح) :

تم تقسيم العمل إلى عدة مجموعات حيث بقيت نسب الركام والأسمنت ثابته بينما تم تغير جودة مياه الخلط والمعالجة كما يلي :

العينات	نسبة الملح(TDS)	PH	القلوية	العسر
عينة رقم 1	150mg/L	7.32	84	30.4
عينة رقم 2	1100mg/L	7.94	104	638
عينة رقم 3	1180mg/L	7.95	162	524
عينة رقم 4	1230mg/L	8.02	280	568

جدول رقم (2-3) يوضح تراكيز الأملاح

شكل رقم (3-3) يوضح جهاز قياس الأملاح الكلية الذائبة (TDS)

ثالثا:عملية الخلط والصب :

تم عملية الخلط آليا لضمان التجانس التام للمكونات وتم صب الخرسانة في قوالب مكعبة قياسية (150*150*150)ملم وتم الدمك يدويا

3-5 إختبارات الخلطة الطازجة

3-5-1 إختبار الهبوط:

الغرض من التجربة :

يهدف هذا الإختبار إلى قياس قوام الخرسانة وتحديد مدى قابليتها للتشغيل وتم إجراء الإختبار لتقييم مدى تأثير اختلاف تراكيز الأملاح في مياه الخلط على الخصائص الريولوجية للخلطة الخرسانية ومعرفة ما إذا كانت الأملاح تؤدي إلى تسريع الشك أو تغيير في لزوجة العجينة الأسمنتية مما ينعكس على قيمة الهبوط .

أدوات القياس :

1- قالب مخروطي ناقص بقطر قاعدة 200 ملم ,قطر علوي 100 ملم وارتفاع 300 ملم

2- قضيب الدمك بقطر 16 ملم .

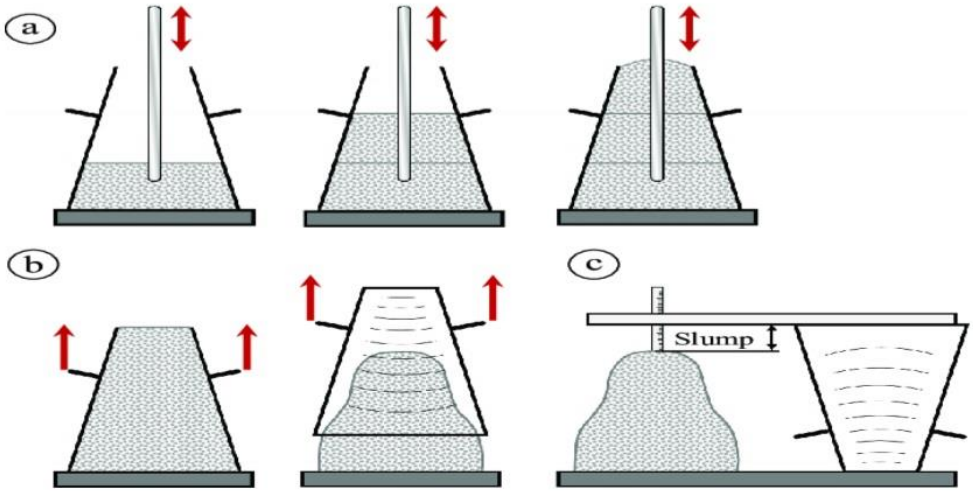
3- قاعدة غير منفذة للماء ومستوية .

4- شريط قياس

شكل رقم (4-3) يوضح الادوات المستخدمة

طريقة الإختبار :

تم تنظيف القالب وترطيبه بالماء ثم وضعة على قاعدة أفقية مستوية وثابتة وتم ملء القالب بالخرسانة على ثلاث طبقات متساوية الحجم تقريبا وتم دمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك ب25 ضربة موزعة بإنتظام على كامل المقطع تمت تسوية السطح العلوي ,ثم رفع القالب رأسيا بعناية وبحركة منتظمة خلال زمن(3 - 7) ثواني, وتم قياس الهبوط فورا بحساب الفرق بين ارتفاع القالب وأعلى نقطة في وسط سطح الخرسانة المنهارة.



شكل رقم (5-3) يوضح طريقة إختبار الهبوط

3-6 طريقة صب المكعبات:

تم إستخدا م قوالب معدنية قياسية بأبعاد(150*150*150)ملم وتم تنظيفها جيدا وتزييت أسطحها الداخلية بطبقة رقيقة من الزيت لمنع إلتصاق الخرسانة وتسهيل عملية الفك ,تم صب الخرسانة داخل القوالب على ثلاث طبقات ودمك كل طبقة يدويا بإستخدام قضيب الدمك القياسي وتوزيع الضربات بإنتظام(25ضربة لكل طبقة) لضمان خروج الفقاعات الهوائية المحبوسة وتجنب حدوث التعشيش ,وبعد الإنتهاء من عملية الدمك للطبقة الأخيرة تم تسوية السطح العلوي للمكعبات بإستخدام مسطرة لإزالة الزيادات والحصول على سطح ناعم تركت العينات في القوالب لمدة 24 ساعة في مكان محمي من التيارات الهوائية وأشعه الشمس المباشرة

3-7 طريقة المعالجة:

تم تقسيم أحواض المعالجة بحيث تخضع كل مجموعة بحثية للغمر الكامل في مياه مطابقة تماما للمياه التي استخدمت في عملية خلطها من حيث نوع وتركيز الأملاح حيث تهدف هذة الطريقة إلى ضمان استقرار التوازن الكيميائي بين الوسط الداخلي للمكعبات والوسط الخارجي المحيط بها

شكل رقم (3-6) يوضح طريقة معالجة المكعبات

3-8 إختبارات الخلطة المتصلدة

3-8-1إختبار مقاومة الضغط:

يعد هذا الإختبار المؤشر الأساسي لتقدير جودة الخرسانة ومدى تأثرها بنسبة الأملاح في مياه الخلط والمعالجة .

الجهاز المستخدم: ماكينة اختبار الضغط الرقمية (Universal Tes ng Machine).

طريقة العمل :يتم إخراج المكعبات من أحواض المعالجة وتجفيف سطحها وتوضع العينة في مركز الماكينة بحيث يكون التحميل عموديا علي اتجاه صب العينه ويتم تسليط الحمل بمعدل ثابت حتى حدوث الإنهيا ر .

شكل رقم (3-7) يوضح جهاز إختبار الضغط

الفصل الرابع

التحليل و مناقشه النتائج

4.1 المقدمه :

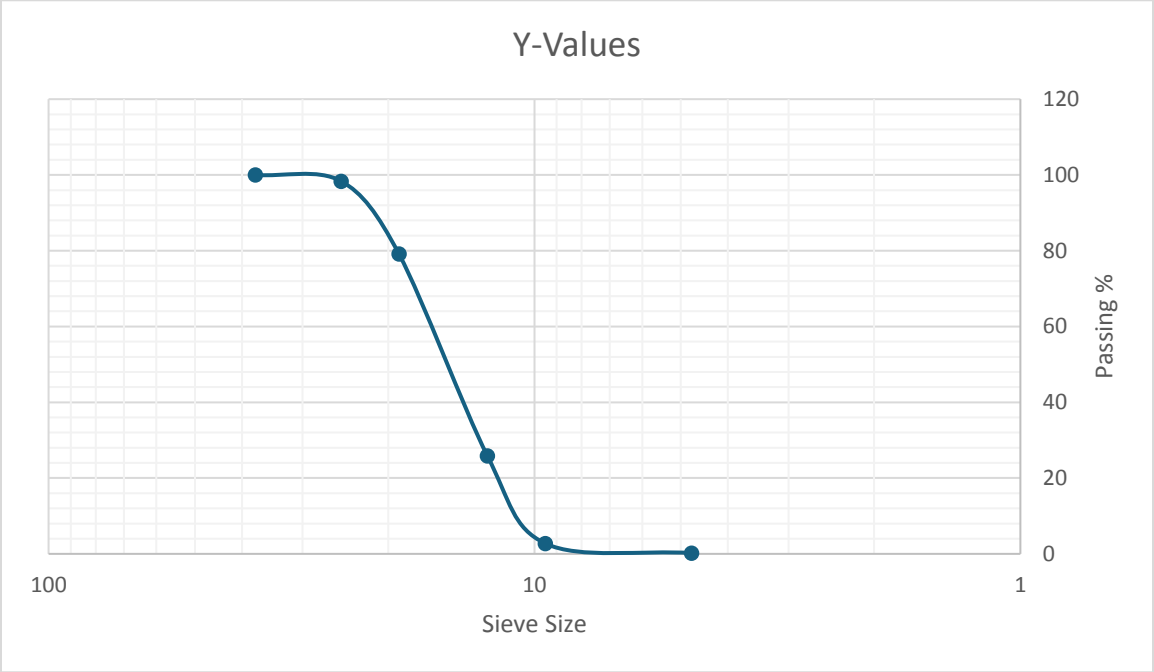
يستعرض هذا الباب النتائج المختبرية التي تم الحصول عليها من خلال سلسله الاختبارات التي اجريت لتقييم اداء الخرسانه تحت تأثير مستويات متفاوته من التراكيز الملحيه في مياه الخلط والمعالجه . ويهدف هذا الفصل الى تحليل البيانات الكميه المتعلقه بمقاومه الضغط وتطورها عبر الزمن ومقارنتها بعينات مرجعيه .

4.2 نتائج اختبارات المواد:

4.2.1 نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن

الجدول (1-4) : يوضح التحليل المنخلي للركام الخشن

مقياس المنخل	وزن المنبقي (Kg)	نسبة المتبقي %	نسبة المار %	المواصفة BS 882-1992
19 mm	0.384	19.2	79.12	70-100
12.5 mm	1.064	53.3	25.87	-
9.5 mm	0.461	23.1	2.75	25-55
4.75 mm	0.051	2.5	0.20	0-10
Pan	0.004	0.2	0.0	-

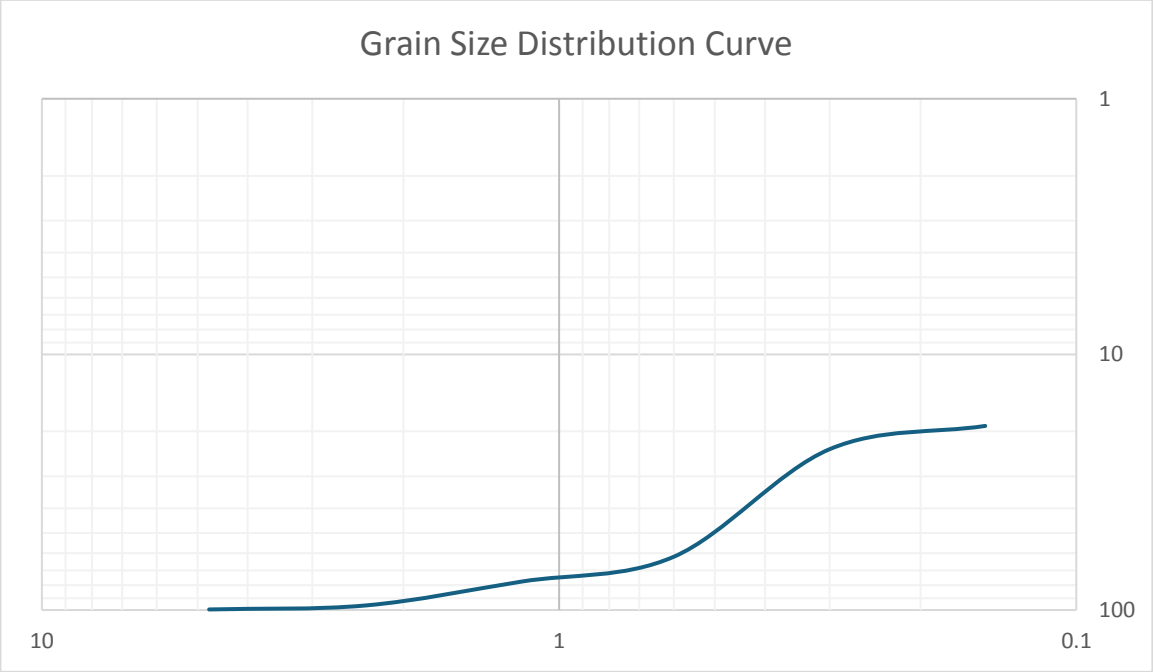


الشكل (4-1) يوضح نتائج التحليل المنخلي للركام الخشن

4.2.2 نتائج اختبار التحليل النخلي للركام الناعم :

الجدول (2-4) يوضح نتائج التدرج الحبيبي للركام الناعم

فتحة المنخل	وزن المتبقي Kg	نسبه المتبقي %	نسبه المار%
4.75 .1	0.009	0.49	99.5
2.36	0.070	3.55	95.9
1.18	0.370	18.00	77.3
0.600	0.308	15.5	61.89
0.300	0.762	38.3	23.5
0.150	0.089	4.5	19.05
PAN	0.134	6.7	0.0



الشكل (2-4) يوضح التدرج الحبيبي للركام الناعم

4.2.3 اختبار تعيين الوزن النوعي للركام الخشن والامتصاص :

جدول (3-4):يوضح نتائج الوزن النوعي والإمتصاص

وزن العينه مشبعه	2006 جرام	المواصفات البرطانيه
وزن العينه داخل السله(في الماء)	1264 جرام	
وزن العينه جافه	1990 جرام	
الوزن النوعي	2.68	2.9-2.6
نسبه الامتصاص	%0.8	Max 2%

4.2.3 الوزن النوعي للركام الناعم :

تم إجراء الاختبار على عينتين :

$$G_s = \frac{(M_2 - M_1)}{(M_4 - M_1) - (M_3 - M_2)}$$

جدول (4 -4) يوضح تعيين الوزن النوعي للركام الناعم

NO	Try (1)	Try (2)
M1	305	305
M2	360	365
M3	552.4	543
M4	500	505
Average= 2.65		

4-2-5 نتائج إختبارات الأسمنت:

جدول(4-5) يوضح نتائج إختبارات الأسمنت

الاختبار	النتيجه	المواصفات
الشك الابتدائي	145 دقيقة	لا يقل عن 45 دقيقة
الشك النهائي	255 دقيقة	لايزيد عن 600 دقيقة
النعومه	%96	لاتقل عن %90

4-3 نتائج إختبارات الخرسانة:

4-3-1 نتائج إختبارات الخرسانة الطازجة (إختبار الهبوط):

تم إجراء إختبار الهبوط على أربع خلطات خرسانية صممت بنفس النسب الوزنية والمكونات .وبالرغم من ثبات المعايير التصميمية إلا أن النتائج أظهرت تباينات طفيفة ومقبولة هندسيا تقع جميعها ضمن المدى اللدن.

جدول(6-4) يوضح نتائج إختبار الهبوط للخلطات الخرسانية

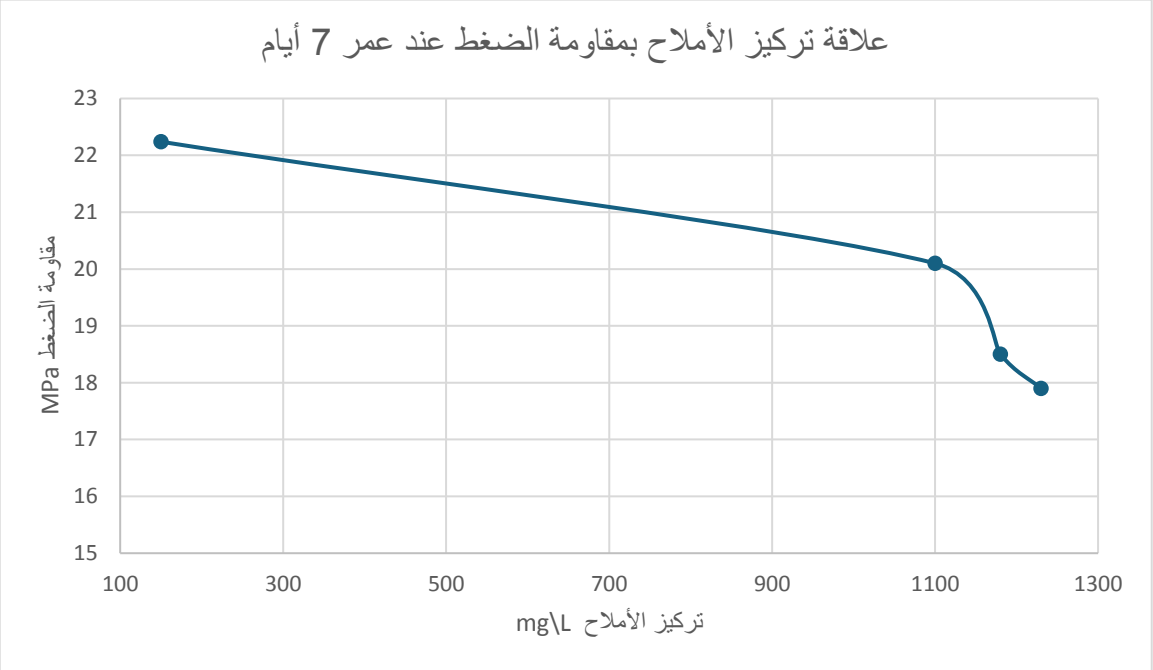
رقم الخلطة	قيمة الهبوط (mm)	حالة القوام
الخلطه الاولى	30mm	Plastic
الخلطه الثانيه	32mm	Plastic
الخلطه الثالثه	36mm	Plastic
الخلطه الرابعه	30mm	Plastic

4-3-2 نتائج اختبارات الخرسانة المتصلدة (اختبار مقاومة الضغط):

يوضح الجدول (7-4) و المنحنى (3-4) نتائج اختبار مقاومة الضغط للخرسانه في عمر 7 ايام وجدول رقم (8-4) ومنحنى (4-4) يوضح نتائج اختبار مقاومه الضغط لعمر 14 يوم , وجدول رقم (9-4) ومنحنى(5-4) نتائج اختبار مقاومة الضغط للخرسانة لعمر 28 يوم .

جدول (4-7) يوضح نتائج اختبار مقاومة الضغط لعمر 7 يوم

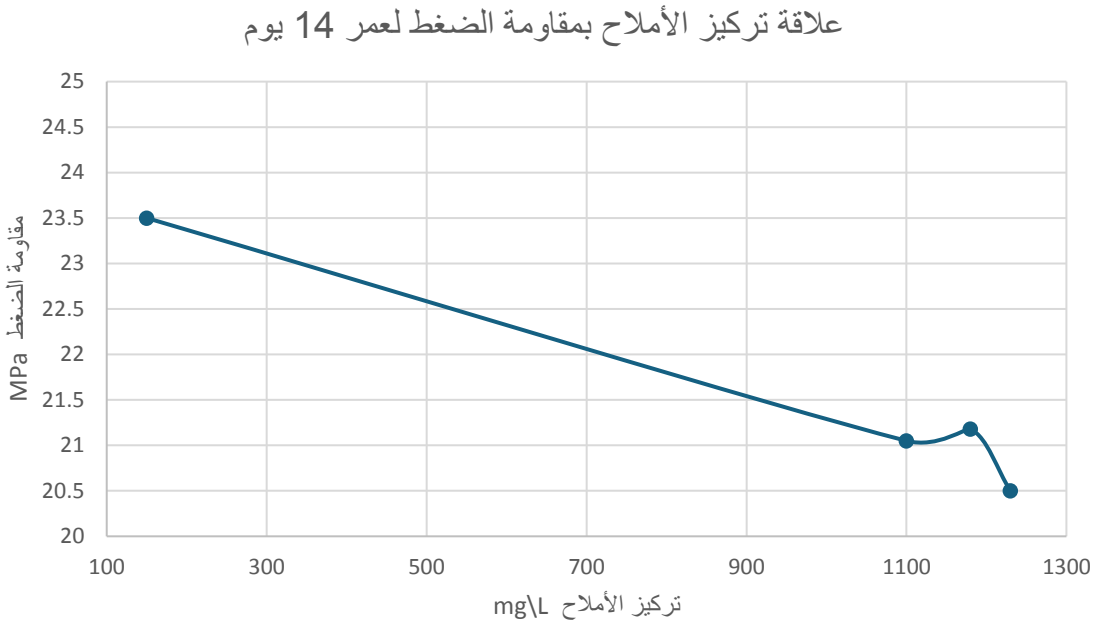
الخلطة	رقم المكعب	الحمل (KN)	المقاومة (MPa)	متوسط المقاومة
1- نسبة الملح 150mg\L	1	483.75 KN	21.5 M pa	22.24 M pa
	2	506.92 KN	22.53 M pa	
	3	510.75 KN	22.7 M pa	
2- نسبة الملح 1100mg\L	1	448.24 KN	19.92 M pa	20.1 M pa
	2	456.75 KN	20.30 M pa	
	3	456.97 KN	20.31 M pa	
3- نسبة الملح 1180mg\L	1	403.87 KN	17.95 M pa	18.5 M pa
	2	446.85 KN	19.86 M pa	
	3	398.92 KN	17.73 M pa	
4- نسبة الملح 1230mg\L	1	379.12 KN	16.84 M pa	17.9 M pa
	2	402.3 KN	17.88 M pa	
	3	381.82 KN	16.97 M pa	



شكل رقم (4-3) يوضح العلاقة بين تركيز الأملاح ومقاومة الضغط عند عمر 7 أيام

جدول رقم (8-4) يوضح نتائج إختبار مقاومة الضغط لعمر 14 يوم

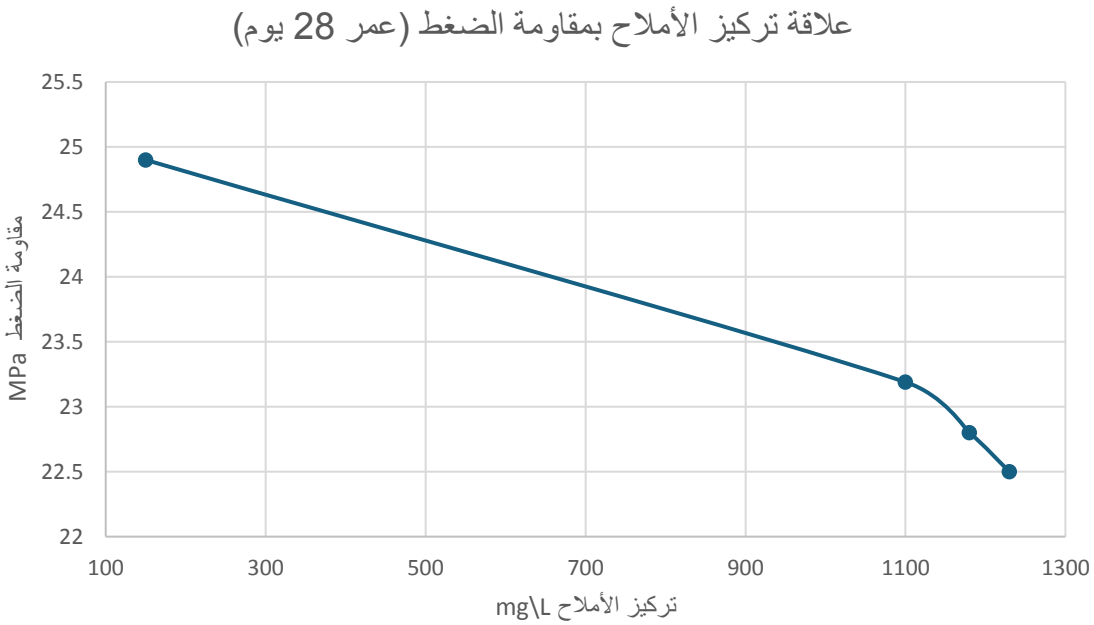
الخلطة	رقم المكعب	الحمل KN	المقاومة M pa	متوسط المقاومة M pa
1-نسبة الملح 150mg\L	1	524.56 KN	23.31 MPa	23.5 MPa
	2	488.47 KN	21.7 MPa	
	3	575.1KN	25.56 MPa	
2-نسبة الملح 1100 mg\L	1	475.20KN	21.12 MPa	21.18 MPa
	2	480.15KN	21.34MPa	
	3	474.30KN	21.08MPa	
3- نسبة الملح 1180 mg\L	1	459KN	20.4MPa	21.05 MPa
	2	482.17KN	21.43 MPa	
	3	481.5KN	21.4 MPa	
4- نسبة الملح 1230 mg\L	1	459.13 KN	20.40 MPa	20.5 MPa
	2	461.85 KN	20.52 MPa	
	3	463.05 KN	20.58 MPa	



شكل رقم(4-4) يوضح تأثير زيادة تراكيز الأملاح على مقاومة الضغط للخرسانة عند عمر 14 يوم

جدول (9-4) يوضح نتائج إختبارمقاومة الضغط لعمر28

الخلطة	رقم المكعب	الحمل KN	المقاومة M pa	متوسط المقاومة M pa
1-نسبة الملح 150mg\L	1	562.05 KN	24.98 M pa	24.9 M pa
	2	558 KN	24.8 M pa	
	3	562.9KN	25.02 M pa	
2- نسبة الملح 1100mg\L	1	567.45 KN	25.22 M pa	23.19 M pa
	2	494.55 KN	21.98 M pa	
	3	501.75 KN	22.3 M pa	
3- نسبة الملح 1180mg\L	1	528.3KN	23.48 M pa	22.8 M pa
	2	494.32 KN	21.97 M pa	
	3	516.37KN	22.95 M pa	
4- نسبة الملح 1230mg\L	1	510.97 KN	22.71 M pa	22.5 M pa
	2	516.37 KN	22.95 M pa	
	3	491.76 KN	21.85 M pa	



شكل (4-5) يوضح العلاقة العكسية بين زيادة تركيز الأملاح ومقاومة الضغط عند عمر 28 يوم

4-4 مناقشة النتائج :

4-4-1 نتائج اختبارات المواد :

أثبتت الإختبارات أن الركام بنوعيه (الخشن والناعم) المستخدم مطابق تماماً للمواصفات الهندسية المطلوبة مما يعني أن جودتة كانت ثابته ولم تكن سبب في أي ضعف للخرسانة وايضاً أن الركام والاسمنت ثابتان في كل الخلطات فإن أي هبوط في المقاومة كما هو موضح في الجداول يعود مباشرة إلى زيادة نسبة الأملاح في مياة الخلط والمعالجة فقط

وحققت الخلطة التي استخدمت أقل نسبة أملاح 150 mg\L أفضل تماسك وأعلى مقاومة مما يؤكد أن الماء العذب هو الوسط المثالي لتفاعل الأسمنت .

4-4-2 مناقشة نتائج الخرسانة المتصلدة :

مناقشه نتائج مقاومة الضغط لعمر 7 يوم :

يستعرض الجدول (4-7) نتائج اختبار مقاومة الضغط لمكعبات الخرسانة عند عمر 7 ايام وذلك ل 4 خلطات مختلفه تتباين فيها نسب تركيز الاملاح في مياه الخلط والمعالجه ومن خلال القراءة التحليليه نلاحظ الاتي :

1- العلاقه العكسيه بين الملوحة و المقاومة :

نلاحظ وجود علاقة عكسية واضحة بين زيادة تركيز الأملاح في مياه الخلط والمعالجة وبين مقاومة الضغط المبكرة للخرسانة .

2- تدرج الإنحفاض :

عند زيادة التركيز من 150 mg\L إلى 1100 mg\Lانخفضت المقاومة المتوسطة بمعدل تقريبي قدرة 9.6% لتصل إلى 20.1mg\L استمر هذا التراجع في الخلطتين التالته والرابعة حيث سجلت الرابعة أعلى تركيز 1230mg\Lادنى متوسط مقاومه 17.9 mg\Lبنسبة نقص اجماليه بلغت حوالي 19.5%مقارنه بالخلطة الاولى.

3- أثر التركيزات العالية:

عند الإنتقال من التركيز الأول إلى التركيز الرابع حدث هبوط ملحوظ في المقاومة بنسبة تقارب 22% وهذا يشير إلى أن زيادة تراكيز الأملاح تؤدي إلى عرقلة جزئية لعملية الإماهة وتكوين روابط كيميائية داخل العجينة الأسمنتية في المراحل المبكرة .

مناقشة نتائج مقاومة الضغط لعمر 14 يوم :

يتضح من الجدول رقم (4-8) والشكل أن المقاومة تتطور مع الزمن ويلاحظ وجود زيادة في قيم المقاومة مقارنة بعمر 7 أيام وهو أمر طبيعي ناتج عن استمرار تفاعل الأسمنت واستمرت الخلطة الأولى ذات التركيز الأقل 150 mg\Lفي تسجيل أعلى متوسط مقاومة قدرة 23.5 M paبينما سجلت الخلطة الرابعة ذات التركيز الأعلى 1230 mg\L أقل متوسط مقاومة قدره 20.5 M paهذا يؤكد أن التأثير السلبي للأملاح لا يتلاشى مع مرور الوقت ,بل يظل عائقاً أمام الوصول للمقاومة التصميمية المثالية .

عند مقارنة الخلطة الأولى بالخلطة الرابعة عند عمر 14يوم نجد أن نسبة الفقد في المقاومة بلغت حوالي 12.7% ورغم أن هذه النسبة قد تبدو أقل من عمر 7أيام إلا أنها لا تزال تشير إلى ضعف في البنية الداخلية للخرسانة ناتج عن تداخل الأملاح مع نواتج التفاعل الكيميائي .

مناقشة نتائج مقاومة الضغط لعمر 28 يوم :

يُمثل الجدول (9-4) المحطة النهائية لإختبارات المقاومة حيث تؤكد نتائج عمر 28 يوم أن زيادة نسبة الملوحة في مياه الخلط والمعالجة تؤدي إلى تدني واضح في المقاومة النهائية حيث حققت الخلطة ذات تركيز الأملاح 150mg\L متوسط مقاومة قدرة 24.9 M pa بينما استقرت الخلطة الرابعة ذات تركيز الأملاح 1230 mg\Lعند 22.5 M pa .

ويلاحظ في هذا العمر أن القيم أصبحت أكثر استقراراً وتقارباً بين المكعبات في أغلب الخلطات مما يشير إلى أن التفاعلات الكيميائية (الإماهة) وصلت لمراحلها النهائية وأن تأثير الأملاح أصبح جزءاً أصيلاً من هيكل الخرسانة الصلد مما يؤثر مستقبلاً على ديمومة الخرسانة .ويمكن تفسير هذا التناقص بأن تزايد نسبة الأملاح يؤدي إلى تكوين بلورات ملحية داخل الفراغات الشعرية للخرسانة مما يسبب ضغوط داخلية أو يضعف من تماسك العجينة الأسمنتية مع الركام .

.

الباب الخامس

الخلاصة والتوصيات

5-1 الخلاصة :

أكدت النتائج أن ملوحة المياه تُعد عاملاً مؤثراً بشكل سلبي ومباشر على قوة الخرسانة حيث تؤدي زيادة تراكيز الأملاح إلى إضعاف الروابط الداخلية للعجينة الاسمنتية وأثبت البحث أن استخدام المياه العذبة الخالية من الأملاح الزائدة هو الخيار الأمثل للحصول على خرسانة ذات كفاءة عالية وتفاعل كيميائي سليم للاسمنت وأن الإعتماد على مياه ذات ملوحة عالية لا يقلل من المقاومة فحسب بل يؤثر على جودة الخرسانة منذ مراحلها المبكرة وحتى وصولها للعمر التصميمي النهائي .

5-2 التوصيات :

1- جودة مياه الخلط :

ضرورة الإلتزام باستخدام مياة عذبة ومطابقة للمواصفات الهندسية (أقل من 1000 mg\L) في خلط ومعالجة الخرسانة لضمان الحصول على المقاومة التصميمية المطلوبة .

2- استخدام الاضافات :

في حالة الإضطرار لاستخدام مياه ذات ملوحة عالية نوصي بإستخدام إضافات كيميائية تحسن من ديمومة الخرسانة وتحد من أثر الأملاح .

3- حماية حيد التسليح :

ضرورة دراسة الأملاح على تآكل وصدأ حديد التسليح مع التوصية باستخدام دهانات واقية أو زيادة الغطاء الخرساني في البيئات ذات الملوحة العالية .

4- دراسة المدى الطويل :

إجراء بحوث مستقبلية لتقييم ديمومة الخرسانة على المدى البعيد لمعرفة مدى تأثير العمر الإفتراضي للمنشأ بالإستمرار في استخدام هذه المياه .

المراجع

1-تكنولوجيا الخرسانة د\ محمود إمام (2002) دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ,القاهرة.

2- اي ام نيفيل ,خواص الخرسانة (مواد الخرسانة وصناعتها), ترجمة مؤسسة المعاهد الفنية ,البصرة .

3- أحمد العربان , عبد الكريم عطا (تكنولوجيا الخرسانة ,الخرسانة المسلحة وصناعتها) عالم الكتب القاهرة , الطبعة الثانية ,1995م

-4