بسم الله الرحمن الرحيم


جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الهندسة

مدرسة الهندسة المدنية

قسم هندسة تشييد


بحث مقدم لنيل درجة البكالريوس مرتبة الشرف في الهندسة المدنية بعنوان:

# تقييم أثر إستخدام مخلفات مادة خلات إيثيل الفينيل على الخرسانة

# (Evaluation of EVA's Waste Effect on Concrete)


**إعداد الطلاب:**

احمدعصام الدين قسم السيد عبدالله

حسام صلاح قاسم أحمد

محمدياسين احمد بابكر

**إشـــراف:**

الاستاذة/ مشاعر عبدالرحيم


أكتوبر 2015

# الآيـــة

قال تعالى:

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ
وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَى عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ
فَيُنَبِّئُكُم بِمَا كُنتُمْ تَعْمَلُونَ ﴾

صدق الله العظيم

سورة التوبة الآية (105)

# الإهـــداء

إلى كل بصمه تركت أثرها في نفسي

إلى كل صاحب علم وفكر أستنار به عقلي

إلى كل صاحب فضل إستزاد به فكري

إلي كل أرض تشهد أن لا إله إلا الله وأن محمد رسول الله

إلي من تحت قدميها الجنان

إليك **أمي العزيزة**

إلى من رعانا بالعطف و الحنان

إلى الشامخ الصامد دوما

إليك **أبي الغالي**

إلي الشمعه التي احترقت لتضئ لنا الطريق

**أساتذتي**

إلى **إخواني وأصدقائي**

إلى كل سائر في درب العلم

إلى كل هؤلاء نهدي هذا البحث المتواضع

# الشكر والعرفان

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات فالحمد لله االذي تكرم علينا بإكمال هذا البحث .
وعملا بقوله صلي الله عليه وسلم : ( من لا يشكر الناس لا يشكر الله) .

فجزيل شكرنا و عرفاننا لكل من تعاون معنا ونخص بالشكر الجزيل وعظيم

العرفان **الأستاذة مشاعر عبد الرحيم** لعدم تفانيها في تقديم النصح والإرشاد حتى نخرج بالفائدة من وراء هذا المشروع ولكي يكون المشروع متقن التنفيذ, فشكراً لها.

**مستخلص البحث:**

تناول هذا المشروع تعريف الخرسانة بصورة عامة ومعرفة أنواعها, مكوناتهاو الصفات التي تتميز بهاوخواصها, والإختبارات التي تجرى عليها. ثم تم تناول مكونات الخرسانة بشي من التفصيل. وتم تناول مادة الإيفا وهي المادة المضافة التي إستخدمت في المشروع و تم التعريف بهذه المادة وتوضيح التركيب الكيميائي لها مع بيان مميزات الإستخدام وبعض التطبيقات التي تتدخل فيها مادة الإيفا, وتم عمل عدد من التجارب المعملية على مواد الخرسانة, وكذلك على نوعين من الخلطات الخرسانية , خلطة خرسانية عادية وأخرى أستخدمت فيها الإيفا كمادة مضافة وبنسب (5 , 6 , 7 , 8 %) وقورنت النتائج ونوقشت ورصد بعض الملاحظات

ولخصت الدراسة أن إستخدام مادة الإيفا يقلل من مقاومة الخرسانة بسنبة تتراوح مابين 8% إلى18%. وتم ذكر بعض التوصيات للإستفادة منها في مشاريع وأعمال مستقبلية.

# ABSTRACT:

This research studies concrete in general mentioning its definition, types, components , and the tests which have to be done on concrete, and then each of concrete's components has been elaborated, , then the exact admixture under use has been mentioned which is EVA (ethyle vinyle acetate) the definition of the substance has been explained along side with the chemical structure and the advantages of using this material and some of the applications in which EVA is involved, the project moved to the experimental side including experiments on concrete components, a mix design has been made and a pressure and slump tests have been done and the same tests have been applied after adding EVA to the mixture, variable EVA percentages have been used (5,6,7,8%) and the results were that EVA reduces the strength of concrete by (8% to 18%) under the use of the previous percentages and some notes have been taken. Finally, and based on the notes, some recommendations have been added to benefit future studies.

# هيكلة البحث


| البند | العنـــــوان | رقم الصفحه |
|---|---|---|
| | الآية | i |
| | الاهداء | ii |
| | الشكر والتقدير | iii |
| | المستخلص | v |
| | الفهرس | VI |
| الباب الاول: مقدمة عامة | | |
| 1-1 | المقدمة | 1 |
| 2-1 | مشكلة البحث | 2 |
| 3-1 | اهداف البحث | 2 |
| 4-1 | منهجية البحث | 3 |
| **الباب الثاني: مكونات الخلطة الخرسانية** | | |
| 1-2 | مقدمة | 4 |
| 2-2 | مكونات الخلطة الخرسانية | 5 |
| 1-2-2 | الاسمنت | 6 |
| 1-1-2-2 | الاسمنت البورتلاندى العادي | 6 |
| 1-1-1-2-2 | التركيب الكيميائي للاسمنت البورتلاندى | 7 |
| 2-1-1-2-2 | أنواع الاسمنت البورتلاندى العادى | 8 |
| 3-1-1-2-2 | الأسمنت المقاوم للكبريتات | 9 |
| 4-1-1-2-2 | الأسمنت البوتلاندي خبث الأفران | 9 |
| 5-1-1-2-2 | الأنواع الأخرى من الأسمنت البورتلاندي | 10 |
| 2-1-2-2 | صناعة الاسمنت | 10 |
| 3-1-2-2 | الخواص الطبيعية والميكانيكية للأسمنت | 11 |
| 1-3-1-2-2 | نعومة الأسمنت | 11 |

| | | |
|---|---|---|
| 2-3-1-2-2 | الكثافة النوعية | 12 |
| 3-3-1-2-2 | زمن الشك | 13 |
| 4-3-1-2-2 | حرارة الإماهه | 15 |
| 5-3-1-2-2 | مقاومة الأسمنت | 15 |
| 6-3-1-2-2 | الثبات | 15 |
| 2-2-2 | الركام | 18 |
| 1-2-2-2 | التصنيف العام للركام | 18 |
| 2-2-2-2 | خواص الركام المؤثرة في جودة الخرسانة | 21 |
| 3-2-2-2 | الاختبارات التي تجرى على الركام | 21 |
| 4-2-2-2 | كيفية أخذ عينات الركام للإختبار | 22 |
| 3-2-2 | ماء الخلط | 22 |
| 1-3-2-2 | انواع ماء الخلط | 23 |
| 2-3-2-2 | ملاحظات بشأن ماء الخلط | 24 |
| 3-3-2-2 | مشاكل ماء الخلط | 26 |
| 4-3-2-2 | أنواع الخرسانة بالنسبة لكمية ماء الخلط | 28 |
| 3-2 | مراحل تكوين الخرسانة | 28 |
| 1-3-2 | الخرسانة الطازجة | 29 |
| 1-1-3-2 | الخواص الرئيسية للخرسانة الطازجه | 29 |
| 1-1-1-3-2 | القوام | 29 |
| 2-1-1-3-2 | قابلية التشغيل للخرسانة الطازجة | 32 |
| 2-1-3-2 | طريقة أخذ عينات الخرسانية الطازجة | 34 |
| 2-3-2 | الخرسانة المتصلدة | 34 |
| 1-2-3-2 | خواص الخرسانة المتصلدة | 35 |
| 2-2-3-2 | العوامل المؤثرة علي مقاومة الخرسانة المتصلدة | 35 |
| 3-2-3-2 | انواع مقاومة الخرسانة المتصلدة | 36 |

| | | |
|---|---|---|
| 4-2-2 | الإضافات Admixtures | 40 |
| 1-4-2-2 | الهدف من الإضافات | 40 |
| 2-4-2-2 | تصنيف الإضافات | 41 |
| 1-2-4-2-2 | مضاف مادة الإيفا | 42 |
| 2-2-4-2-2 | خصائص مادة ال EVA | 42 |
| 3-2-4-2-2 | انتاج مادة الإيفا | 43 |
| 4-2-4-2-2 | التركيب الكيميائي للإيفا | 43 |
| 5-2-4-2-2 | مميزات مادة ال EVA | 43 |
| 6-2-4-2-2 | تطبيقات أخرى لل EVA | 44 |
| 7-2-4-2-2 | بعض التطبيقات الأكثر شيوعا لمادة الإيفا | 44 |
| **الباب الثالث: التجارب المعملية للمواد** | | |
| 1-3 | مقدمه | 47 |
| 2-3 | إختبارات المواد | 48 |
| 1-2-3 | اختبارات الاسمنت | 48 |
| 2-2-3 | اختبارات الركام | 49 |
| 1-2-2-3 | اختبار الركام الخشن | 49 |
| 1-1-2-2-3 | اختبار التدرج الحبيبي للركام الخشن | 49 |
| 2-1-2-2-3 | اختبار الوزن النوعي للركام الخشن | 50 |
| 2-2-2-3 | اختبارات الركام الناعم | 50 |
| 1-2-2-2-3 | اختبار التدرج الحبيبي للركام الناعم | 50 |
| 2-2-2-2-3 | إختبار الشوائب في الرمل | 51 |
| 3-2-2-2-3 | إختبار الوزن النوعي | 51 |
| 4-2-2-2-3 | اختبار الامتصاص | 51 |
| 3-2-2-3 | إختبارات مضاف اللإيفا | 51 |
| 1-3-2-2-3 | إختبار التحليل المنخلي | 51 |

| | | |
|---|---|---|
| 3-3 | خطوات تصميم الخلطة الخرسانية | 51 |
| 4-3 | اختبارات الخرسانة | 54 |
| 1-4-3 | إختبار مقاومة الضغط بدون اضافة Eva | 54 |
| 2-4-3 | اختبار الضغط لكعبات الخرسانة بعد اضافة نسب الايفا | 55 |
| **الباب الرابع : تحليل النتائج** | | |
| 1-4 | تحليل النتائج | 61 |
| 1-1-4 | الخرسانة العادية | 61 |
| 2-1-4 | الخرسانة بإستخدام مضاف الإيفا | 61 |
| 1-2-1-4 | عند إستخدام الإيفا بنسبة 5% | 61 |
| 2-2-1-4 | عند إستخدام الإيفا نسبة 6% | 62 |
| 3-2-1-4 | عند إستخدام الإيفا بنسبة 7% | 62 |
| 4-2-1-4 | عند إستخدام الايفا بنسب8% | 62 |
| 2-4 | المناقشة | **63** |
| **الباب الخامس** | | |
| 1-5 | الخلاصة والتوصيات | 64 |
| 2-5 | التوصيات | 65 |
| 3-5 | المراجع | 66 |
| 4-5 | الملاحق | 67 |

# فهرس الجداول


| البند | العنوان | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| | **الفصل الثاني** | |
| (1-2) | المقارنة النسبية لخواص أنواع الأسمنت المختلفة | 16 |
| (2-2) | النعومة وزمن الشك لبعض أنواع الأسمنت. | 17 |
| (3-2) | مقاومة الضغط لأنواع من الأسمنت. | 18 |
| (4-2) | تقسيم الركام بالنسبة لمقاس حبيباته. | 20 |
| (5-2) | درجات قوام الخرسانة الطازجة | 32 |
| | **الفصل الثالث** | |
| (1-3) | نتائج الإختبارات الأولية للاسمنت: | 48 |
| (2-3 ) | نتائج إختبار التدرج الحبيبي للركام الخشن | 49 |
| ( 3-3) | نتائج إختبار التدرج الحبيب للركام الناعم | 50 |
| (4-3) | اوزان مواد الخلطة الخرسانية في المتر المكعب | 53 |
| (5-3) | نتائج إختبار مقاومة الخرسانة والهبوط فيها بدون استخدام مضاف ال EVA والكسر في 7ايام | 54 |
| (6-3) | نتائج إختبار مقاومة الخرسانة والهبوط فيها بدون إستخدام مضاف ال EVA والكسر في 28 يوم | 54 |
| (7-3) | نتائج إختبار مقاومة الخرسانة بإستخدام مضاف ال EVA بنسبة 5% والكسر في 7ايام | 55 |
| (8-3) | نتائج إختبار مقاومة الخرسانة بإستخدام مضاف ال EVA بنسبة 5% والكسر في28يوم | 56 |
| (9-3) | نتائج إختبار مقاومة الخرسانة بإستخدام مضاف ال EVA بنسبة 6% والكسر في 7ايام | 56 |
| (10-3) | نتائج إختبار مقاومة الخرسانة بإستخدام مضاف ال EVA | 57 |

| | | |
|---|---|---|
| | بنسبة 6% والكسر في28يوم | |
| (11-3) | نتائج إختبار مقاومة الخرسانة بإستخدام مضاف ال EVA بنسبة 7% والكسر في 7ايام | 57 |
| (12-3) | نتائج إختبار مقاومة الخرسانة بإستخدام مضاف ال EVA بنسبة 7% والكسر في28يوم | 58 |
| (13-3) | نتائج إختبار مقاومة الخرسانة بإستخدام مضاف ال EVA بنسبة 8% والكسر في 7ايام | 58 |
| (14-3) | نتائج إختبار مقاومة الخرسانة بإستخدام مضاف ال EVA بنسبة 8% والكسر في28يوم | 59 |
| (15-3) | رسم بياني يوضح العلاقة بين نسب الايفا ومقاومة الخرسانة للانضغاط | 60 |
| (16-3) | رسم بياني يوضح العلاقة بين نسب الإيفا و قيم الهبوط بالملم | 60 |

# الباب الأول

## 1-1 مقدمة

بدأت حاجة الإنسان للمأوى والمسكن منذ أمد بعيد حيث كان لابد من إستخدام أساليب ومواد بناء بسيطة لتحقيق ذلك الهدف, ثم بدأ بتطوير وإنشاء ذلك المسكن بما يلائم تطور حياة الانسان وما يتطلبه ذلك من متانة وقوة وديمومة في هذا المسكن ليلبي الإحتياجات المطلوبة وكان من ذلك التطوير البحث عن مواد تعيينه على ذلك حيث تم إستخدام الخشب والحجر و مع تقدم طرق البناء والحاجة لمواد أكثر جودة تم إستخدام خلطة الخرسانة التي تمتاز بالمقاومة العالية والديمومة.

لم يكتفي الإنسان بذلك, بل لجأ لتحسين أداء الخرسانة و محاولة الزيادة من جودتها بإستخدام أساليب مختلفة , وكان إستخدام مواد مضافة أحد تلك الأساليب التي توصل إليها الإنسان حيث ثبت بالتجارب والأداء أن إستخدام المضافات بالصورة السليمة وحسب المواصفات الموضوعة يضفي على الخرسانة جودة الأداء وزيادة المقاومة وعمر هذه الخرسانة ويحسن من خواصها بصورة عامة.

وفي هذا المشروع تم اللجوء لإستخدام مادة مضافة غير مألوفة الإستخدام كمضاف في السودان حيث أنها غالبا ما تتدخل في مجال صناعة الكيماويات والمنتجات ذات الخصائص البلاستيكية, تعرف هذه المادة علميا بإسم خلات إيثيل الفينيل أو إتصاراً بإسم الإيفا.

وسبب إختيار هذه المادة يكمن في الوصول الى معرفة أثر إستخدام هذا المضاف على الخرسانة وما إذا كان يصلح أم لا وذلك من حيث زيادة جودة الخرسانة ومقاومتها من خلال إجراء التجارب المعملية اللازمة.

وكذلك لحل مشكلة أخرى في نفس الوقت وهي مشكلة التخلص من مخلفات صناعة الإيفا حيث تواجه الشركات التي تعمل في هذا المجال أزمة عدم معرفة كيفية التخلص من هذه المخلفات فيتم رميها في البيئة مما يؤدي لتلوثها, فجاء هذا المشروع لوضع حل لتلك المشكلة و هو الإستفادة من مخلفات صناعة الإيفا في صناعة التشييد مع المحافظة على البيئة

## 1-2 مشكلة البحث:

**مشكلة البحث في محورين أساسيين**

1- لما تلعبه الخرسانة المسلحة من دور أساسي في صناعة التشييد , كانت الحاجة لإيجاد سبل تزيد من جودة هذه الخرسانة مع تقليل تكلفتها في نفس الوقت, فتم اللجوء في هذا المشروع لإستخدام مادة الإيفا كبديل للركام الخشن و إجراء التجارب المعملية اللازمة لمعرفة الآثار الناجمة من إستخدام هذا المضاف سواء كانت آثار إيجابية أم سلبية.

2- مع تقدم صناعة الكيماويات في السودان وإنتشارها ومع كل ما تدره من مرود إقتصادي للبلاد , إلا انه برزت مشكلة كيفية التعامل مع مخلفات هذه الصناعة ومن تلك الصناعات كانت صناعة منتجات الإيفا والتي وإن كانت ذات جودة ممتازة فقد وجد من يعملون في صناعتها مشكلة في التخلص من مخلفات الإنتاج , فجاء هذا المشروع للإستفادة من تلك المخلفات في الخلطات الخرسانية.

## 1-3 أهداف البحث:

1. التعريف بمادة الخرسانة ومكوناتها بشيء من التفصيل

2.التعريف بماهية مادة الإيفا,تركيبها الكيميائي , خواصها وبعض التطبيقات الصناعية .

3.معرفة نوع التأثير الذي سيحدث عند إستخدام مخلفات الإيفا كمضاف للخرسانة من حيث مقاومة الإنضغاط وقابلية التشغيل.

4. التقليل من التلوث الذي ينجم من مخلفات الصناعات الكيميائية التي تشمل مادة الإيفا.

**4-1 منهجية البحث**

يستخدم في منهجية هذا البحث المنهج (الإستقرائي) الذي يعتمد علي مجموعة من المراجع والمصادر الأولية والثانوية مع إجراء التجارب المعملية اللازمة للتوصل للنتائج.

وتم جمع المعلومات اللازمة عن مادة الإيفا من مجموعة من الأوراق العلمية والدراسات السابقة،ثم عمل الاختبارات الأولية للأسمنت والحصى والرمل . وتم عمل الاختبارات لمقاومة الإنضغاط وقابلية التشغيل لنوعي الخرسانة (الخرسانة العادية والخرسانة المضاف لها مادة الإيفا).

# الباب الثاني

## 2-1 مقدمة:

الخرسانة هي خليط من الزلط والرمل والاسمنت والماء ، تخلط مع بعضها لتكون كتلة واحدة متماسكة عند التصلد وفى بعض الاحيان تضاف بعض الاضافات الأخرى قد يكون أحدها الذي يتخلل الخلطة أثناء عملية الخلط.

ويطلق على خلطة الرمل والزلط إسم "الركام" ولكن يفضل أن يقدر كل منهما على حدة حتى تكون نسبة كل منهما للآخر مناسبة فى الخلطة الخرسانية الناتجة ، كما يمكن تنظيم التدرج الحبيبى للركام الخليط وفى المعتاد يستخدم الرمل كركام صغير حتى لو كان الركام الكبير من الأحجار المكسرة.ويتركب الركام الصغير من أكثر من نوع من الرمل ، كما أن الركام الكبير قد يتركب من أكثر من نوع من الزلط وقد يكون له أكثر من مقاس خاص إذا زاد المقاس الاكبر عن 35 مليمتر.

وتتنوع الخرسانة تنوعاً كبيراً وقد يرجع ذلك الى إختلاف المواد المستخدمة من خلطة الى أخرى ، كما أن تنوع المواد تنوعاً كبيراً يمكن أن يستغل ليعطينا الخرسانة المقبولة وعلى هذا فمن المهم أن تفهم وتضبط العلاقات المتبادلة والمتداخلة بين مكونات الخرسانة للحصول على أخف الانواع بأرخص التكاليف.ويجب مراعاة أن المثالية بين مكونات الخرسانة فى أحدى الخلطات الخرسانية ليست معياراً على جودة الخرسانة فعلى سبيل المثال لاتتساوى مقاومة الاجزاء المختلفة للمنشأة الواحدة.فالخرسانة فى الاجزاء الداخلية يجب أن تتوافر فيها المقاومة بينما خرسانة الاجزاء الخارجية يجب أن تكون مقاومة لفعل العوامل الجوية.

ويكون الاسمنت والماء وعجينة الاسمنت هى العنصر الفعال فى الخرسانة والركام هو العنصر الخامل.

## 2-2 مكونات الخلطة الخرسانية :

تعتبر الخرسانة واحدة من أنواع الحجر الصناعى فى مجملها ، يمكن الحصول عليها بخلط مكوناتها من أسمنت وركام وماء وصبها فى قوالب التشكيل والسماح بدمكها وتسويتها ومعالجتها لاتمام عملية التفاعل الكيميائى بين الاسمنت والماء الذي سرعان مايحدث فيها شك (setting) ثم تتصلب وبذلك تصبح فيه المادة الناتجة هى حجر صناعى على تحمل أحمال الضغط والقص التي سوف تقع عليه.

تعتمد مقاومة الخرسانة على نوع مكوناتها ونسب هذه المكونات من أسمنت وركام وماء بالاضافة الى كيفية وطريقة خلط ومعالجة الخرسانة ، حيث يمكن الحصول على خرسانة لها مواصفات خاصة للاغراض الانشائية المتنوعة وذلك بالتحكم الملائم والمناسب فى نسب الخلطة من أسمنت وركام وماء خلطة وإضافة إن وجدت.

**وتتكون الخلطة الخرسانية من الاتى :**

1-الاسمنت.

2- الركام.

3-ماء الخلط.

4- الاضافات (عند الحاجة اليها).

## 2-2-1 الاسمنت:

يمكن وصف كلمة الاسمنت فى معناه العام على أنها مادة ناعمة ذات خواص لاصقة ولاحمة مما يجعلها قادرة على ربط المواد المعدنية الجزئية فى كتلة متراصة وتتصلب باضافة الماء اليها فى تشكل رئيسى من أكسيد الكالسيوم (Cao) وهناك أنواع مختلفة من الاسمنت كما مبينة فيما يلى :

### 2-2-1-1 الاسمنت البورتلاندى العادي Ordinary Portland Cement

الاسمنت البورتلاندى العادي هو المادة الناعمة الناتجة عن طحن وتنعيم ناتج حرق المواد الجيرية والطينية والمواد المحتوية على سيليكا والومنيا وأكسيد الحديد على أن تكون هذه المواد مخلوطة قبل عملية الحرق خلطاً تاماً جيداً بنسبة معينة مع عدم إضافة مادة اخرى بعد الحريق سوى مادة الجبس – محروقة أو غير محروقة.

فى أول العهد صناعة الاسمنت البورتلاندى كانت تسخن المواد الخام من الحجر الجيرى والمواد الطينية قبل عملية التكيس ، وكانت تجرى هذه العملية في الأفران القائمة وتمر بسلسلة من العمليات التى تشبه عملية حرق الطوب الطينى فى الوقت الحاضر ، كما أن الانتاج النهائى كان حتى هذه الايام مازال عرضة لاحتمال زيادة التكليس او نقص الاحتراف بصورة عامة .وباستخدام الأفران الدوارة بدأ عهد العمليات المستمدة والانتاج على نطاق واسع للاسمنت البورتلاندى مع زيادة فى جودة الصنف المتبع .

ومن ناحية المقاييس الحرارية فإن الافران الدوارة لم تصل بعد إلى الكمال المنشود . أما عملية الطحن والتي تعتبر فى المرتبة الثانية من الاهمية بالنسبة لعملية التكليس فى صناعة الاسمنت فمازالت تلعب دوراً هاماً وكبيراً فى كمية الانتاج ودرجة جودته .

يعتبر الاسمنت البورتلاندى من أهم مواد التماسك الهيدروليكية الصناعية وهو يتميز بصلابته الميكانيكية العالية وبمقاومته لتغير درجات الحرارة وعدم كفاءة الماء وغيرها من الصفات المهمة الاخرى والخامات الاساسية المستخدمة فى صناعة الاسمنت البورتلاندى هى كربونات الكاسيوم والحجر الجيرى والطفل ، وعند حرق هذه الخامات فى درجات الحرارة العالية تنتج مادة تتكون من قطع صغيرة متفاوتة الحجم تعرف باسم الكلنكر (CLINKER).

## 2-2-1-1-1 التركيب الكيميائي للاسمنت البورتلاندى العادى :

## Chemical Composition of ordinary Portland cement

عند خلط وحرق مكونات الاسمنت الاساسية (الجير والسليكات والالومنيا وأكسيد الحديد) فإن الكلنكر الناتج بعد عملية الحرق يحتوى على أربعة مركبات رئيسية تخلط مع بعضها البعض بنسب مختلفةكماموضحه ادناه :-

1- سليكات ثلاثى الكالسيوم (40-80%).

2- سليكات ثنائى الكالسيوم( 9-1%).

3- الومنيات حديد رباعى الكالسيوم (9-11%).

ويحتوى الاسمنت البورتلاندى بالاضافة الى ذلك على كميات صغيرة من المكونات التالية:

(Mg)($Tr_2$)($Mn_2o_3$)($N_2uo$) وتعتبر مركبات ثانوية .

## 2-2-1-1-2 أنواع الاسمنت البورتلاندى العادى :

### 1- الاسمنت البورتلاندى سريع التصلب :

هو شبيه جداً بالاسمنت العادي إلا انه أغلى تكلفة من العادي ولكن الفرق في التكلفة ضئيلة إذا ماقورن بفوائده ,ويصنع هذا الاسمنت بحرق الخامات الغنية بالجير وزيادة محتواه من ($C_3S$) ثم طحنها لدرجة عالية من النوعمة وتكتسب مقاومة بسرعة أكثر ولذلك يوصف بالاسمنت عالى المقاومة المبكرة ويستعمل فى الحالات التى يتطلب فيها نمو سريع لمقاومة الخرسانة.

**ومن عيوبه :**

1- زيادة معامل الانكماش

2-عدم إمكانية تخزينه لمدة تزيدعلى أسبوعين اوثلاثة على الاكثر وذلك لان كلويد الكالسيوم يزيد من معدل إمتصاص الرطوبة من الجو ويعمل بالتالى على سرعة تلف الاسمنت.

### 2- الاسمنت البورتلاندى العادي منخفض الحرارة :

هذا الاسمنت ذو معدل منخفض لنمو حرارة الاماهه فى بادئ الامر ، ويستعمل فى المنشآت الكتلية لان إرتفاع درجة الحرارة داخل كتلتها الخرسانية نتيجة درجة الحرارة الناتجة من اماهه الاسمنت تودي لشقوق خطيرة في الخرسانة وقد حددت المواصفة البريطانية القياسية المرقمة(1370) لسنة(1958) حرارة اماهه هذا النوع من الأسمنت بما يساوي((251) جول/غم)(60 سعر/غم) بعمر سبعة أيام و(293 جول/غم)(70 سعر/غم) بعمر 28 يوماً،

وتعطي المواصفات القياسية للجمعية الأمريكية للفحص والمواد وبموجب مواصفاتها المرقمة(ASTM)(CLSO-72) الأسمنت منخفض الحرارة.

### 2-2-1-1-3 الأسمنت المقاوم للكبريتات :

Sulphate Resisting ordinary Portland cement

هو الأسمنت و النوع المنخفض من نوع (CA) ويعرف بالأسمنت المقاوم للكبرتيات وفي أمريكا بنوع (V) وهو يتبع للمواصفات القياسية المرقمة (72-180 C) محتواه يساوي 50%. أما المواصفات البريطانية المرقمة(4027) لسنة 1966 فإن محتواه لا يزيد عن 3.5% وهو عبارة عن أسمنت مثالي لكن بسبب المتطلبات الخاصة لتركيب المواد الخام المستعملة في عملية تصنيعه لا يمكن دائما إنتاج هذا النوع نسبة للتكلفه الزهيدة بالمقارنة مع الأنواع الآخرى من الأسمنت.

### 2 -2-1-1-4الأسمنت البورتلاندي خبث الأفران:

Portland Blast – Furnace Cement

يصنع هذا النوع من الأسمنت وذلك بالطحن المتداخل(Intergrading) لكلنكرالأسمنت البورتلاندي مع الخبث المحبب للأفران العالية.أما نسبة الأخير فيجب أن لا تتجاوز (65%) من وزن الخليط.أن الخبث عبارة عن فضلات صناعية تاتي من تصنيع الحديد الخام(Pilgrim) حيث نحصل على كميات متساوية من الحديد والخبث، وتتلخص عملية التصنيع بتغذية الخبث المحبب الجاف مع كلنلر الأسمنت البورتلاندي العادي إلى الطاحونة ومن ثم يضاف الجبص لغرض السيطرة على زمن التجمد.

### 2-2-1-1-5 الأنواع الأخرى من الأسمنت البورتلاندي :

Other type of Portland Cement

**هنالك أنواع عديدة منتجة من الأسمنت والمطورة للإستعمالات الخاصة فهي:**

1- الأسمنت المقاوم للبكتريا.

2- الأسمنت البورتلاندى ذو النوع المحبوس.

3- الأسمنت البورتلاندى غير منفذ للماء.

4- الأسمنت البورتلاندى الملون.

5- الأسمنت البورتلاندي الأبيض

*** توجد أنواع آخرى من الأسمنت مثل :**

1-الأسمنت الطبيعي

2- الأسمنت عالى الكبرتيات

3- الأسمنت المتمدد

4- الأسمنت الالومتبي

### 2-2-1-2 صناعة الأسمنت :

هنالك طريقتان هما الطريقة الجافة والطريقة الرطبة ففي الطريقة الجافة تكون المواد المكتسبة والطينية جافة في جميع مراحل الصناعة أو على الأقل يعد عملية التكسير وقبل

الخلط. أما الطريقة الرطبة فتستعمل في حالة وجود خامات رخوة أو تحتوي على بعض الرطوبة وفيما تخلط الخامات خلطاً صحيحاً جيداً مع كمية من الماء تتراوح بين 32% إلى 45% من الخليط العام.

## 2-2-1-3 الطبيعية والميكانيكية للأسمنت البورتلاندي:

هناك بيانات ومعلومات كثيرة عن الخواص القياسية للأسمنت البورتلاندي العادي من الناحتين الطبيعية والميكانيكية وكذلك طرق اختبار هذه الخواص، وتعتبر الخواص القياسية وطرق إختبارها أساساً ومقياساً يعتمد عليها كليا في قبول الأسمنت للإستعمال في أشكاله وصوره المتعددة. كما يعتمد على هذه الخواص قي تطور الأسمنت لكي يفي بإحتياجات وظروف الأعمال الإنشائية المختلفة التى يدخل فيما الأسمنت كعنصر مهم في موادها وفيما يلى النقاط الرئيسية لخواص الأسمنت البورتلاندي العادي وهي :

1 – نعومة الاسمنت.

2- الكثافة النوعية للاسمنت.

3- الشك والتصلد للاسمنت البورتلاندي.

4- مقاومة الاسمنت.

5- ثبات حجم الاسمنت.

### 2-2-1-3-1 نعومة الاسمنت:

يعد مقياس حبيبات الأسمنت عاملاً يؤثر على مدى تفاعل الأسمنت مع الماء كلما كان الأسمنت ناعماً تكون مساحة سطح وزن معين من الأسمنت أكبر من درجة النعومة الأقل وبالتالي معدل تفاعل الماء مع عينة الأسمنت الناعم يكون أكبر,هذا بالإضافة إلى ان عملية

التصلد للأسمنت الناعم تكون أسرع منها في الأسمنت الخشن، وأن الحبيبات الخشنة من الأسمنت قد تأخذ سنوات للتفاعل مع الماء,و تحت الظروف العملية قد يصل الأثر إلى هذه الحبيبات الخشنة بان لا تتفاعل إطلاقاً مع الماء وبالتالى لا نحصل على مقاومة، ولنحصل على أكثر قوة في اقل وقت يتم طحن الحبيبات لتمر من منخل (170) (0.9 جم) وكذلك تؤثر نعومة الطحن إلى حد كبير على قابلية التشغيل للخرسانة فدرجة النعومة الكبيرة تحسن من تماسك خلطة الخرسانة وتعمل على إنقاص كمية الماء التى تنفصل عن سطح الخلطة والتي تعرف بالنضح(Bleeding) فتقلل نعومة الأسمنت من هذه الظاهرة.

وفي الجانب الأخر فإن كلفة الطحن لنعومة عالية غير رخيصة، كما أن الأسمنت الأنعم يؤدي إلى تفاعل أشد مع الركام القابل للتفاعل مع القلويات كما يؤدي إلى تمدد العجينة(وليس بالضرورة ان تحدث للخرسانة إنكماشاً بالتشققات) كما يزداد محتوى الماء المطلوب لعمل عجينة ذات قوام قياسي بزيادة النعومة.

ومن ذلك نرى أن النعومة عبارة عن خاصية على جانب من الأهمية للأسمنت ويجب السيطرة عليها بدقة وعناية، وقد نصت المواصفات الخاصة بالأسمنت البورتلاندى العادي لسنوات مضت لقياس درجة نمو الأسمنت بتحديد نسبة المتبقي من حبيبات الأسمنت فوق منخل(170) بالإ يزيد عن 15% أو أقل كما في المواصفات القياسية البريطانية، بانسبة للمتبقي على منخل رقم 200 لا تتعدي نسبة 22% في المواصفات الأمريكية.

### 2-2-1-3-2 الكثافة النوعية: Specific Density

تقترب الكثافة النوعية للأسمنت البورتلاندي العادي من الرقم 3.15 ويؤثر التخزين الطويل تأثيراً على الكثافة النوعية فيها عن الأسمنتيات ذات الحبيبات الكبيرة مع إشتراكها في نفس

التركيب والمكونات ونجري إختبار الكثافة النوعية للأسمنت للمقارنة بين نوعين من الأسمنت إذا عرفت الكثافة النوعية ككل.

### 2-2-1-3-3 زمن الشك : Setting time

عند خلط الأسمنت البورتلاندى العادي بالماء القياسي ليكون عجينه رخيصة فإن هذه العجينة تقل لدونتها تدريجياً بمرور الوقت حتي تصل إلى درجة التصلد، وعندها تفقد العجينة لدونتها وتصبح متماسكة تماماً، ومقدمة زمن الشك الإبتدائي والتصلد مهم جدا بالنسبة لعمالة تشغيل الخرسانة وبتقسيم زمن الشك إلى قسمين :

#### 1- زمن الشك الإبتدائي :

هو الزمن الذي يمضي من لحظة إضافة الماء للأسمنت وبنسبة ماء العجينة القياسية التي نستطيع إبرة جهاز فيكات من أن تنفذ من عجينة الأسمنت وعلى مسافة 4-6 ملم من قاع القالب.

#### 2- زمن الشك النهائي :

هو الزمن الذي يمضي من0.5 لحظة إضافة الماء للأسمنت لتستطيع أبره جهاز فيكات ان تخرق عجينة الأسمنت بمسافة أقل من ملم أي نستطيع عبره إبره جهازفيكات أن تترك أثر على أن لا يظهر أي أثر لحافة الجزء الأسطواني المثبت حولها. وبعد وصول عجينة الأسمنت إلى زمن الشك النهائي فإنها تزداد في التماسك والمقاومة، وهذه العملية الأخيرة أي الحصول على المقاومة يعرف بأن العجينة قد وصلت إلى دور التصلد، ويجب أن لا يكون شك الأسمنت سريعاً أو بطئياً أو أنه في حالة الشك السريع لن يكون هنالك وقت كاف لنقل

الخرصانة إلى موقع الصب قبل فقد لدونتها، وفي الحالة الثانية يحتاج الشك إلى وقت طويل مما يعمل على تعطيل العمل وبالإضافة إلى ذلك فقد يؤخذ ذلك من الإنتفاع بالمنشأة وذلك لتأخذ الحصول على المقاومة المناسبة في الوقت المطلوب.

لزمن الشك علاقة وثيقة بكمية الماء المضاف ودرجة الحرارة فيأخذ زمن الشك كلما زاد الماء المضاف – لآنه يتم فصل حبيبات الأسمنت عن التفاعل الكيميائي بوجود طبقات سميكة من الماء تؤجل التفاعل لفترة من الزمن لأن التفاعلان الكيميائين عادة ما تكون بطئية في درجات الحرارة المنخفضة. ويتشبع الجو ببخار الماء فتشك الأسمنتيات المعرضه لجو مشبع بالبخار أبطا منها لو كان الجو جاف، فبزيادة زمن الخلط وتطويل عملية التسوية لسطح المونة كل ذلك يبطئ من عملية الشك، وأيضا يتأثر زمن الشك بالمكونات الكميائية إلى حد ما.

أما نعومة الأسمنت مثل كمية الماء ودرجة الحرارة تؤثر بوضوح على عملية الشك كلما زادت النعومة كلما أسرع زمن الشك، وبإستعمال الأسمنت الناتج مباشرة من طحن الكلنلر فإن زمن الشك يحدث سريعاً، ويستعمل جهاز فيكات لقياس زمن الشك. وقد حددت المواصفات البريطانية المرقمة(12) لعام (1985) للأسمنت البوتلاندي العادي وسريع التصلد والأفران العالية بأن لا يحدن الشك قبل مضي 45 دقيقة ولا يتأخر زمن الشك النهائي عن عشرة ساعات.

### 2-2-1-3-4 حرارة الاماهة:

التفاعلات الكيميائية الفعالة التي تكون عندما يشك الأسمنت ويصلد يصحبها دائما إرتفاع في درجات الحرارة ويحدث دائما إرتفاع درجات الحرارة عند الشك في الساعات الأولى ويجب الإحتياط عند العمل في المنشات الكتلية ولا يستعمل الأسمنت بكميات كبيره كما في السدود والخزانات لأن إرتفاع درجة الحرارة داخل هذه الكتل الضخمة وما يصاحبها من برودة على السطوح الخارجية لديها يسبب تشققات ولهذا يفضل استعمال الأسمنت البورتلاندى منخفض الحرارة.

### 2-2-1-3-5 مقاومة الأسمنت :

قد تمثل المقاومة الميكانيكية للأسمنت المتصلب الخاصية الأكثر حاجة وأهمية في مجال الإستعمال الإنشائي لهذه المادة وتعتمد مقاومة المونة علي تماسك العجينة الأسمنتية وإلتحامها بحبيبات الركام وكذلك تعمل ولحد ما على مقاومة الركام نفسه وتعتبر مقاومة الشد في الأسمنت ليست بذات أهمية وذلك لأن مونة الأسمنت أو الخرسانة لا يستعملان في تحمل إجهادات الشد ويدخل الأسمنت أساساً في المنشأت ليتحمل إجهادات الضغط.

### 2-2-1-3-6 الثبات :

هو غياب العناصر التي تعمل على الضرر بمقاومة وتحمل الإسمنت مع مرور الزمن وهذه الخاصية تعتبر واحدة من الخواص المهمة للأسمنت

**جدول (1-2) يوضح المقارنة النسبية لخواص أنواع الأسمنت المختلفة.**

| نوع الأسمنت | معدل تحسن المقاومة | معدل انبعاث الحرارة | الإنكماش بالجفاف | مقاومة التشقق | المقاومة للمذيبات الكميائية |
|---|---|---|---|---|---|
| بورتلاندي عادي | متوسط | متوسط | متوسط | متوسط | متوسط |
| سريع التصلد | عالى | عالى | متوسط | منخفض | منخفض |
| منخفض الحرارة | منخفض | متوسط | عالى | عالى | متوسط |
| مقاومة الكبرتيات | منخفض متوسط | منخفض متوسط | متوسط | متوسط | عالى |
| خبث الأفران العالية | متوسط | متوسط | متوسط | متوسط | متوسط |
| عالى الأمونيا | عالى جدا | عالى | متوسط | منخفض | عالى جدا |
| بوزلاني | منخفض | متوسط | عالى | عالى | عالي |

جدول (2-2) يوضح النعومة وزمن الشك لبعض أنواع الأسمنت.

| نوع الأسمنت | B.S.S | النعومة | | زمن الشك | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | القصوي بالوزن المتبقي (170) | الصغري للمساحه النوعيه سم2اجم | الإبتدائي لا يقل عن | النهائي لا يزيد عن |
| بورتلاندي عادي | 12/1985 | B.S/1947 10% | 2250 | 45 دقيقة | لا يزيد عن ساعة |
| سريع التصلد | 12/1985 | B.S/1949 5% | 3250 | 45 دقيقة | 10 ساعات |
| منخفض الحرارة | 12/1985 | B.S/1947 0% | 2250 | 45 دقيقة | 10 ساعات |
| خبث الأفران العالية | 12/1985 | ـــــ | 3200 | 45 دقيقة | 10 ساعات |
| عالى الأمونيا | 12/1985 | B.S/1947 8% | 2250 | ساعتين ولا يزيد عن ستة | ساعتان بعد الأبتدائي |

**جدول (3-2) : يوضح مقاومة الضغط لأنواع من الأسمنت.**

| نوع الأسمنت | يوم | 3 يوم | 7 يوم | 27 يوم |
|---|---|---|---|---|
| بورتلاندي | ـــــ | 154 | 235 | ـــــ |
| سريع التصلد | ـــــ | 210 | 280 | ـــــ |
| خبث الأفران العالية | ـــــ | 112 | 210 | 350 |
| منخفض الحرارة | ـــــ | 77 | 140 | 380 |
| عالى الأمونيا | 420 | 490 | ـــــ | ـــــ |

## 2-2-2 الركام : Aggregate

يتكون الركام من أحجار صناعة أو طبيعيه أو من المعادن وفي بعض الخرسانة الخفيفة يمكن أن يكون من المواد العضوية والحبيبات ذات مقاسات ملائمة لصناعة الخرسانة ويستعمل كخليط من حبيبات ذات مقاس واحد أو مقاسات مختلفة، ويمثل الجزء المالئ الخامل نسبياً ويشغل ما يقل عن ثلاثة أرباع حجم الخرسانة(حوالى 75% من الكتلة الخرسانية).

### 2-2-2-1 التصنيف العام للركام :

يقسم ركام الخرسانة إلى الأقسام التالية :

**بالنسبة لوزنه :**

- ركام ثقيل.

- ركام عادي.
- ركام خفيف.

**بالنسبة لمساميته :**

- ركام كثيف التركيب مثل الركام العادي والثقيل
- ركام مسامي التركيب مثل الركام الخفيف

**طبقاً لمنشأ أصله :**

- ركام طبيعي.
- ركام صناعي.

**بالنسبة لشكل حبيباته :**

- ركام مدور.
- غير منتظم.
- زاوي.
- مفلطح.
- مبطبط.
- عصوي.

**بالنسبة لطريقة تجهيزه :**

- ركام بمقاسه الطبيعي(ركام طبيعي).
- ركام يجري تكسيره ميكانيكياً (ركام صناعي).

**بالنسبة لمقاس حبيباته :**

- رمل ناعم جداً.
- رمل ناعم.
- رمل خشن.
- حصى.
- حصى خشن

## جدول (4-2) : يوضح تقسيم الركام بالنسبة لمقاس حبيباته.

| المجموعات الحبيبية | الركام | |
|---|---|---|
| 1 مم | طبيعي | كساره |
| 25/0 | رمل ناعم جدا | ناعم جدا |
| 1/0 | رمل ناعم | ناعم |
| ¼ | رمل خشن | خشن |
| 32/4 | حصى | حصى كسرى |
| 64/32 | حصى خشن | حصى كسرى خشن |

### 2-2-2-2 خواص الركام المؤثرة في جودة الخرسانة :

بالنسبة لحبيبات الفردية الخواص الفردية للحبيبات والتى تؤثر على جودة الخرسانة هي:

الفراغات الداخلية التماسك – شكل الحبيبات – التمدد الحراري – الحرارة النوعية – الوزن النوعي – الرطوبة والامتصاص – المتانة – العلل دي الخواص الكميائية – التفاعل العلوى للركام بالنسبة لحبيبات الركام كمجموعة : خواص حبيبات الركام كمجموعة والتي تؤثر على جودة الخرسانة هي التدرج الحبيبي – الطين والمواد الناعمة – المواد العضوية الأملاح والعناصر الآخرى غير المرغوبة – وزن وحدة الحجم – الفراغات – زيادة الحجم – المقاومة للتهشم – التحمل مع مرور الزمن – المتانة.

### 2-2-2-3 الاختبارات التي تجرى على الركام :

- التدرج الحبيبي.
- الكثافة النوعية.
- الثبات ألحجمي.
- التحليل الكيميائي.
- شكل الحبيبات وحالة السطح.
- ماهية وامتصاص الركام الكبير للماء.
- مقاومة الركام للبرى والاحتكاك.
- مقاومة الركام للتهشيم.

### 2-2-2-4 أخذ عينات الركام للإختبار :

أن العينة المستعملة لاختبارات خواص الركام المختلفة يجب أن تمثل بصورة صحيحة المجموعة المأخوذة منها، ولا يجوز أخذ عينة إختبار خاصية معينة للركام من قمة أو قاعدة جملة الركام وذلك لآن القسم الأعلى من مخروط الركام يحوى على نسبة كبيرة من الحبيبات الصغيرة بينما بكون نسبة الحبيبات الكبيرة في قاعدة المخروط فالعينة المستعملة يجب أن تمثل معدلاً لخواص الركام ولذا تدعي بالعينة النموذجية.

يتم تجميع هذه العينة من عدة كميات صغيرة تؤخذ من مناطق مختلفة من جملة الركام ولا تقل عن عشر مناطق، بحيث تكون نسبة الحبيبات الصغيرة والكبيرة في العينة مطابقة قدر المستطاع لذلك الموجودة في جملة الركام. وذلك بموجب المواصفات القياسية البريطانية(8/2 B.S 1997).

### 2-2-3 ماء الخلط : Mixing Water

هو الماء الذي يضاف إلى الأسمنت والركام لإتمام عملية التفاعل وعمليات الخلط والتشغيل والصبء والدمك حيث يقوم بالوظائف الرئيسية الأتية :

1- يعمل على إماهة (Hydration) الأسمنت وتفاعله مكونا عجينة الأسمنت التي تعتبر المادة الفعالة في الخرسانة والتي تعمل على تماسك حبيبات الركام وذلك بعد شكه إبتدائياً ثم نهائياً وبعد ان تتصلد يحتاج كل جزء الأسمنت إلى 0.3 من وزنه تقريباً من الماء وذلك لإتمام إماهته.

2- يعمل على بلل الركام وهو بذلك يحيطه بطبقة من الماء تحول دون إمتصاص حبيبات الركام للماء اللازم لعملية الإماهة.

3 - يقوم الماء بما يشبه فعل التشحيم (Lubrication) في المكونات فهو بذلك يساعد على جعل الخرسانة قابلة للتشغيل(Workable) وعندما يتبخر هذا الجزء من الماء يترك فراغات في الخرسانة لذلك يوصي دائما بتقليل الماء المستخدم بغرض التشحيم إلى نهايته الصغري إذ إن الإسراف في ماء الخلط بغرض زيادة قابلية التشغيل يؤدي إلى نقص ملحوظ في المقاومة النهائية وذلك نتيجة الفراغات الناشئة عن تبخر ماء الخلط بعد أن يشغل مكانا في الخرسانة.

وبؤخذ في ماء الخلط على هيئة نسب بين الماء والأسمنت وتتراوح بين(0.25 – 0.3) من وزن الأسمنت.

### 2-2-3-1 انواع ماء الخلط : Type Mixing Water

يكون ماء الخلط المستخدم في خلط الخرسانة نظيفاً و خالياً من المواد الضارة مثل الزيوت والإحماض والقلويات والأملاح التي تؤثر على الخرسانة أو حديد التسليح.

وتعتبر مصادرة مياه الشرب صالحة لاستعمالها كماء للخلطة أما إذا كانت هنالك دلائل تشير إلى عدم صلاحية الماء للخلطة كتغير الطعم والرائحة والشكل واللون فيجوز إستخدامه بعد الإختبارات اللازمة.

ويمكن استخدام الماء المحتوي على الأملاح (الماء الملحي) بعد تحليله والتأكد بالاختبارات من تأثيره علي مظهر سطح الخرسانة (App Clarence) حيث تسبب الأملاح الذائبة تزهيراً(Efflovesonce) بسطح الخرسانة.

1- خاصية الصدأ لحديد التسليح حيث توجد الأملاح الذائبة عند تعرض الخرسانة لحالة التحلل الكهربائي (Electrolyte) التي تسبب صدأ حديد التسليح، لا يوصى بإستعمال ماء البحر لخلط الخرسانة المسلحة. ولكن يمكن استخدامه عند الضرورة في الخرسانة العادية بشرط العناية بالدمك (Compaction) للحصول على خرسانة كثيفة(dense) ويحظر استعمال مياه البحر في الخرسانة سابقة الإجهاد خاصة إذا كان هناك إتصال بين هذه الخرسانة والحديد السابق لإجهاد.

2- خاصية المقاومة للخرسانة حيث يؤدي استخدام الماء الملحي للخرسانة إلى نقص مقاومتها. وقد يضاف زيادة الأسمنت لمعادلة تأثير الأملاح.

### 2-2-3-2 ملاحظات بشأن ماء الخلط :

يجب الإبتعاد عن مصادر المياه التي تحمل الشوائب والمواد الضارة ومن هذه المصادر المجارى التي تحمل كميات مركزة من المواد العالقة والمجارى التي تحمل الفضلات الصناعية والمنزلية والآبار ويمكن الكشف بسهولة عن وجود بعض هذه الشوائب والمواد الضارة مثل الزيوت والمواد العضوية التي تطفو على سطح الأرض وفي بعض الأحيان يظهر. لإجراء إختبارات أو تحاليل كيميائية للتأكد من خلو الماء من الشوائب أو لمعرفة نوع المواد العضوية

ويمكن استخدام أوراق زهرة الشمس لمعرفة الماء ما إذا كان حامضياً أو قاعدياً. وفيما يلى بعض النتائج المهمة التي يحتاج المهنين لمعرفتها عند تحديد صلاحية ماء الخلط للخرسانة :

- لا يعتبر لون الماء أو رائحته دليل قاطعاً على مدى صلاحية لماء لخلط الخرسانة.
- يمكن إستعمال أنواع كثيرة من الماء الملوث في خلط الخرسانة وقد لا ينتج عنه ضرر ظاهر للخرسانة المسلحة وذلك عكس ما يتصورة المهندسين ويشترط للسماح بإستخدام هذا الماء أن يكون التلوث الموجود به غير مركز لدرجة واضحة كما يشترط إجراء الإختبارات اللازمة.
- أي ماء إستخدام من قبل كماء مغلى يمكن إستخدامه كماء خلط دون أن يتلف الأسمنت أو الخرسانة أو الخرسانة المسلحة.
- تقلل الشوائب الأتية مقاومة الخرسانة بأقل من 15 % :
  - الماء المحتوي على 15% صوديوم.
  - ماء المناجم باستثناء مناجم الفحم.
  - ماء الطلمبات في محاجر الجير.
  - الماء المحتوى على كبرتيات بنسبة لا تتجاوز 1%.
  - الماء العادم(Water Waste) من مصانع الصابون.
  - ماء البر الذي يحتوى على أقل 3% كلوريد الصوديوم.
  - **لا تصلح الانواع الأتية من الماء لإستخدامها كماء خلط الخرسانة :**
  - ماء البحر الذي يحتوى على 3.5 % أو أكثر من الأملاح.

- الماء الذي يحتوى على 3.5% أو لأكثر من محلول الكبربيتات.

- الماء الذي يحتوى على أكثر من 3 % كلوريد الصوديوم.

- الماء العادم من المصانع الكيميائية.

- الماء العادم من مصانع فحم الكوك.

- الماء المحتوى على مواد سكرية حيث تمنع الأسمنت من الشك.

وبصورة عامة يمكن إعتبار الحد المقبول للنقص في مقاومة الضغط في المونة هو 10% و 15 % كحد أقصي مع أخذ الاحتياطات اللازمة. وتعتبر الطريقة العملية لاستخدام أى ماء خلط متشوب هي إجراء مجموعة إختبارات لتعيين الشك والتحمل والمقاومة ثم مقارنة النتائج بخرسانة من ماء عادى وقبولها أو رفضها تبعاً للحدود السابقة.

## 2-2-3-3 مشاكل ماء الخلط :

**توجد مشاكل بالنسبة لماء الخلط تواجه إي مهندس وهي :**

1- مدى توافر ماء الخلط الصالح للخرسانة ولا تظهر هذه المشاكل في المدن نتيجة لتوفير المياه الصالحة للشرب ولكنها تظهر في الصحارى والمناطق التي تندر فيها المياه العذبه حيث يلزم البحث عن مياه صالحة في المناطق المتاخمة.

2- تحديد كمية(Quantity) المياه اللازمة للخرسانة يعتبر مشكلة تقابل المهندس حيث تتراوح نسبة الماء للأسمنت المستخدمة في الخلطة الخرسانية بين (35.- 8.) ونتوقف على الأتي :

3- درجة التشغيل المطلوبة للخرسانة الطازجة التي تتطلب قواماً معيناً(Consistenad) لغرض معين.

4- نوع العمل الهندسي نفسه فخرسانة رصف الطرق مثلاً تحتاج إلى ماء خلط أقل من الخرسانة المسلحة.

5- كمية الأسمنت الموجودة بالخلطة الخرسانية أي مدى غني الخلطة الخرسانية بالأسمنت(Richness of Mix) وبالتالي نسبة الركام إل الأسمنت( Cement ratio Aggregate).

6- طريقة دمك (Compaction) الخرسانة فالدمك الميكانيكي بإستخدام الهزازات يحتاج إلى كمية أقل من الماء لخرسانة عن تلك لوكان الدمك يدوياً

7- نوع الركام ومدى تدرجة الحبيبي ومقدار مساحته السطحية

8- درجة الحرارة الجوية ومقدار رطوبته الجوية

*** ومن الملاحظ أن زيادة ماء الخلط تؤدي إلى :**

- حدوث ظاهرة النضج (Bleeding) وما يصاحبها من تواجد طبقة من الأسمنت اللباني على سطح الخرسانة وتعرف بالزبد (Laiance).
- حدوث إنفصال حبيبي(Segregation) الخرسانة الطازجة.
- خرسانة متصلدة ذات فراغات.
- صعوبة وحل الخرسانة الجديدة بالقديمة.
- صعوبة صب الخرسانة في الأجواء شديدة البرودة.

- وجود طبقة ترابية بسطح البلاطات الخرسانية.

## 2-2-3-4 انواع الخرسانة بالنسبة لكمية ماء الخلط :

يتحكم ماء الخلط في نوع الخرسانة كما يلى :

- خرسانة جافة القوام(dry Consistency) وتحدث إذا كانت كمية الماء قليلة بدرجة ملحوظة وتعطي بذلك خرسانة جافة القوام.
- خرسانة لدنة القوام( Soft Consistency) وفيما تكون نسبة الماء مناسبة وتعطي خرسانة لدنة القوام.
- خرسانة مبتلة القوام (Wet Consistency) إذا زادت كمية المياه عن الحد المناسب فإن الخرسانة الناتجة تكون منهارة القوام ضعيفة المقاومة يظهر بها الانفصال الحبيبي والنضح (Segregation & Bleeding).

## 2- 3 مراحل تكوين الخرسانة :

**عند إضافة الماء لمكونات الخرسانة (أسمنت ركام وإضافات) تمر الخرسانة بالمراحل الاتية :**

1- الخرسانة الطرية الطازجة Fresh Concrete هي الحديثة الخلط التي لم تشك بعد.

2- الخرسانة الخضراء ( Green Concrete) هي الخرسانة التامة الشك التي لم تصلد بعد.

3- الخرسانة المتصلد Hardened Concrete هي خرسانة تامة الشك التي أكتسبت صلادة كافية لمقاومة الأحمال.

مهم جداً أن يتعرف المهندس على خواص الخرسانة في حالتها الطازجة أو المتصلدة حيث يجب أن تتوافر للخرسانة السهولة المناسبة للصب والدمك دون حدوث إنفصال حبيبي للركام أو فقد للأسمنت والماء أما المتصلدة فيجب أن تتوافر فيها الخواص التي يتطلبها تصميم المنشأ الخرساني.

## 2-3-1 الخرسانة الطازجة :

**خواص تشغيل الخرسانة الطازجة تتوقف على العاملين الأتيين :**

1- السهولة التي يمكن بها تحريك حبيبات الركام والأجزاء الصغيرة من الخرسانة بالنسبة لبعضها البعض.

2- التماسك خلال الكتلة الخرسانة أثناء عمليات النقل والصب والدمك فمثلاً إذا زادت لدونة عجينة الأسمنت بالخرسانة الطازجة فإن ذلك يزيد من تماسكها أما إذا زدات سهولة التحريك ولكن هذا يصحبه نقص في تماسك الجزئيات وحدوث إنفصال حبيبي في مكونات الخلطة أي ينتج خرسانة طازجة غير متجانسة متصلدة ذات فراغات وتحمل ضعيف.

### 2-3-1-1 الخواص الرئيسية للخرسانة الطازجه:

#### 2-3-1-1-1 القوام Consistent :

يعبر قوام الخرسانة الطازجة عن درجة شك الخرسانة(degree wetness) فمثلاً خرسانة جافة(dry) أو صلبة(stiff) أو لدنة(plastic)أو مبللة(wet) او رخوه (sloop) كما أنه يبين النسبة بين كمية ماء الخلط والمواد الجافة بالخرسانة والغرض العملى من تحديد القوام

للخلطة الخرسانية هو ضمان الحصول على خرسانة ذات قابلية تسغيل تتناسب مع مختلف الأعمال الخرسانية.

## العوامل المؤثرة على قوام الخرسانة :

**يتغير قوام الخرسانة بتغير العوامل الأتية :**

1- نسبة مكونات الخرسانة من ماء وأسمنت ورمل.

2- نعومة الأسمنت.

3- الزمن بين إنتهاء خلط الخرسانة وبين إجراء إختبار الهبوط

4- حرارة الجو

5- المقاس الاعتباري الأكبر للركام

**تحديد قوام الخرسانة الطازجه:**

هناك طرق متعددة لتعين قوام الخرسانة وهي ترتكز على أحدى الأسس الأتية :

1-هبوط الخرسانة الطازجة بعد إزالة قالب التشكيل عقب ملئة مباشرة حيث تعبر قيمة الهبوط عن قوام الخرسانة، ويجرى إخبار الهبوط بإستخدام مخروط ناقص معدني.

وبأبعاد قياسية إرتفاع 2 بوصة وقطر 8 بوصات وقطر القمة 4 بوصات ويملأ بالخرسانة بأشكال مختلفة (هبوط إنهيار – هبوط قص – هبوط حقيقي) ويقاس مقدار الهبوط بالمليمتر.

وتعبر القيمة المقاسة للهبوط عن درجة قوام الخرسانة الطازجة (2، 8، 9) .

كما بالجدول رقم (7-2).

2- إختراق جسم معدني محدد للخرسانة الطازجة من مساحة معينة تحت تأثير وزنه الذاتي ويعبر عن مدى تغلغل الجسم المعدني داخل الخرسانة الطازجة عن حالة قوام الخرسانة.

3- إنساب الخرسانة الطازجة بعد تعرضها لإهتزازات ترددية حيث تعبر النسبة المئوية للإنسياب عن القوام حيث أن الزيادة متناسبه مع زيادة درجة البلل للخرسانة الطازجة.

ويتم إختبار الإنسياب بوضع الخرسانة الطازجة عقب الخلط مباشرة داخل مخروط ناقص بأبعاد قياسية.

**جدول رقم (5-2): درجات قوام الخرسانة الطازجة .**

| قوام الخرسانة | الهبوط مم |
|---|---|
| جاف Dry | %20 – zero |
| صلب Stiff | %40 – 10 |
| لدن Plastic | %120 – 30 |
| مبتل Wet | % 200 – 100 |
| رخو Sloppy | % 220 – 180 |

## 2-3-1-1-2 قابلية التشغيل للخرسانة الطازجة:

تعبر قابلية الخرسانة للتشغيل عن خاصية الخرسانة الطازجة التي تعطي خلطة متجانسة سهلة المناولة بدون حدوث إنفصال حبيبي لمكوناتها أثناء عملية الخلط والنقل والتعبيه والدمك وتشطيب الخرسانة.

**تحديد القابلية للتشغيل :**

تعتمد القابلية للتشغيل على :

1- أسس حسابية (تقييم حسابي).

2 - تحارب معلمية (تقييم تجريبي).

**التقييم الحسابي :**

إن الطرق الحسابية لتقيم قابلية التشغيل غالباً تعتمد على إفتراضات معينة يصحبها إهمال العوامل مثل الحجم والشكل والمساحة السطحية لمكونات الخرسانة، وهذا الإهمال قد يجعل القتييم بعيداً عن الحقيقة(2،8، 9) .

**القياس التجريبي :**

له طرق متعددة وقد ثبت نجاح تطبيقها في مقارنة الخلطات الخرسانية بعضها بالبعض الأخر في حدود سيولة معينة للخرسانة الطازجة هي :

**1- طريقة عامل الدمك :**

تتلخص في التأثير بكمية ثابتة من الجهد على كمية قياسية من الخرسانة ثم قياس الدمك الناتج ومقارنته بالدمك التام للخرسانة وتقاس درجة الدمك التي تسمي عامل الدمك بالنسبة بين كثافة الخرسانة المدموكة جزئياً بإستخدام الجهد الثابت المؤثر به أثناء الإختبار وبين كثافة الخرسانة المدموكة كليا وقيمة عامل الدمك يكون أقل من الواحد صحيح.

**عامل الدمك =** _____

وزن الخرسانة المدموكة جرئياً لتملأ حجماً معيناً

وزن الخرسانة المدموكة كلياً لتملأ نفس الحجم

**2- طريقة إعادة التشكيل ( طريقة باورز) :**

تقاس قابلية التشغيل في هذه الطريقة بالجهدالنسبي اللازم لكتلة خرسانية من تشكيل معين إلى شكل أخر بواسطة الاهتزاز الترددي(2، 8، 9).

قيمة الجهد = عدد الدرجات الترددية اللازمة لإتمام تشكيل الخرسانة

وتستخدم هذه الطريقة لقياس قابلية التشغيل معلمياً

**3- طريقة إعادة التشكيل بلا اهتزاز الترددي (V- B Test):**

**حيث أن :**

T: الزمن اللازم لاختبار تشكيل الخرسانة من مخروطات الأسطوانية.

V1,V2: حجم الخرسانة قبل وبعد إجراء الاهتزاز

تعتبر هذه الطريقة من أحسن الطرق العملية وخصوصاً للخلطات الجافة.

## 2-3-1-2 طريقة أخذ عينات الخرسانية الطازجة (Sampling):

في إختبارات الجودة وإختبار تصلد الخرسانة في الموقع يتم أخذ العينات الطرية من آلة الخلط مباشرة وبالسنبة للخرسانة المنقولة توخذ العينات عند تفريغ الخرسانة من السيارة من عدة خلطات لتكون العينات ممثلة لكل كميات الخرسانة حتي يمكن معرفة الإختلافات المتواجدة في النتائج.

## 2-3-2 الخرسانة المتصلدة Hardened Concrete:

يعتمد مدي تصلد الخرسانة على مدي إستكمال درجة التفاعلات فزيادة درجة التفاعل تزيد كثافة الحجر الأسمنتي ويزداد الترابط بين حبيبات الركام ويقل حيز الفراغات وتتحول المادة مع الزمن إلى مادة صلبة قوية وتتأثر درجة التفاعلات بتوفر كمية الأسمنت اللازمة للتفاعل وبعد توفر الرطوبة الكافية حول الخرسانة لمنع تبخر الماء مع أهم الضروريات لأستكمال التفاعل. وتعتبر المعالجة السليمة للخرسانة منذ يومها الأول من بداية تماسكها وتصلبها من أهم العوامل المساعدة لأستكمال التفاعل على الوجه الأكمل وضمان سير تصلد الخرسانة الذي يؤدي إلى أجود مقاومة وأفضل خواص.

### 2-3-2-1 خواص الخرسانة المتصلدة :

من المعروف أن خواص الخرسانة المتصلدة تتغير بمرور الزمن وتغير الظروف المحيطة بها والقياسات المطلقة للخواص المتصلدة تكون ذات أهمية للدرجة التي توضح فيها الخواص ذات معني في الحالات التي تشمل فيها نجاحاً في التحقق من وجود الخواص المطلوبة.

وعند التصميم الإنشائي يجب أن يراعي أن قيم الخواص المتصلدة المستخدمة كأساس في التصميم ذات حد أدني للأمان لتعطي منشأ معيناً مامونا بأستخدام المواد المتوفرة وتحت الظروف المحيطة.

### 2-3-2-2 العوامل المؤثرة علي مقاومة الخرسانة المتصلدة :

يمكن اعتبار المقاومة بشكل عام على إنها واحدة من أهم الخواص الخرسانية رغم أنها في العديد من الحالات التطبيقية تواجه خصائص أخرى قد تكون في الواقع أكثر أهمية من المقاومة مثل الديمومة(Durability) والنفاذية(permeability).

وللخرسانة عموماً أنواع كثيرة ولكل نوع منها خواص أو خاصية معينة عن غيره وتعطي الغرض من إستخدامه فمثلا الخرسانة المستخدمة في عمليات إنشاء الطرق تمتاز بأنها تتحمل وتقاوم عوامل البري التي تتعرض له وسائل النقل المختلفة كما تمتاز خرسانة الخزانات بعدم نفاذيتها أي مقاومتها لمنفذية السوائل المختلفة أما خرسانة الأساسات فإنها تقاوم الأحمال الثقيلة كما تقاوم التأكل نتيجة للتفاعلات الكيميائية من الاملاح الموجودة ، ومن هذه الأمثلة نرى كيف أن لكل نوع من أنواع الخرسانة خاصية مميزة تجعله دون غيره ملائما لعمل إنشائي معين ولكن هنالك خاصية هامة مشتركة هي مقاومة الخرسانة للضغط.

يمكن إجمال الغرض الذي من أجله يقام أي منشأ خرسانة في وظيفة أساسية وهي مقاومة القوى المؤثرة عليه أيا كانت طبيعتها(2، 3).

تعتبر مقاومة الخرسانة دليلاً مباشر أو غير مباشر لكثير من الخواص الأخرى الهامة وعموماً تتميز الخرسانة عالية المقاومة بأنها أكثر صلابة أو غير منفذة للسوائل ومقاومتها للعوامل الجوية والمتلفة كبيرة هذا بالرغم من أن الخرسانة التي يكون مقاومتها كبيرة قد تكون معرضة أكثر للتشقق بالجفاف كما قد تكون أقل قابلية للتمد ومن ثم تكون أكثر عرضة لحدوث شروخ لها. وبملاحظة هذه العلاقات المختلفة ومع معرفة سهولة إجراء إختبارات مقاومة الخرسانة كل ذلك يجعل مقاومة الخرسانة أساسا في تحديد الجودة وتقدير تأثير العوامل المتغيرة الأخرى مثل المواد المكونة نسب الخلط والمعدات والأجهزة والطريقة المستخدمة في الإنشاء.

## 2-3-2-3 انواع مقاومة الخرسانة المتصلدة :

### 1 – مقاومة الضغط Compressive Strength:

تصمم معظم المنشأت الخرسانية بإعتبار أنها تقاوم إجهادات نتيجة الضغط وبإعتبارها أيضا لا تتحمل إجهادات. ويعتبر إجهاد الضغط مقياساً لجودة الخرسانة وذلك عند تصميم هذه المنشاءات وتحسب إجهادات التشغيل من إجهاد الضغط في الإختبارات القياسية ويتراوح إجهاد الضغط لخرسانة المنشاءات المختلفة بين 140 – 240 كجم/سم$^2$ وعند تصميم أي منشأة خرسانية يؤخذ في الإعتبار التكاليف والمكان والوزن والحرارة المؤثرة من الكتل الخرسانية الكبيرة.

**يحكم على جودة الخرسانة بواسطة مقاومة الضغط وذلك للأسباب الأتية :**

1- أن الخرسانة تتعرض بشكل رئيسي لأجهاد الضغط

2- لسهولة تعين مقاومة الضغط

3- تجانس مقاومة الضغط عن غيرها

4-لامكانية تعين وإستنتاج التمددات والتشكيلات وغيرها من الإجهادات بمعرفة مقاومة الخرسانة للضغط.

**2- مقاومه الشد Tensile Strength:**

من المعروف أن الخرسانة العادية(بدون تسليح) لا تقاوم في الشد المباشر حيث أن مقاومتها للشد صغيرة بالنسبة لمقاومتها للضغط وذلك لطبيعة قصافتها. ومع ذلك فإن للشد أهمية يجب أثرها في الإعتبار لأن حدوث التشققات ما هو إلا نتيجة لعدم مقاومة الخرسانة للشد وتحدث معظم التشققات نتيجة لتغير التخلص الناشئ من الإنكماش بالجفاف أو الهبوط في درجة الحرارة. ومقاومة الشد للخرسانة تتراوح بين 7% من مقاومة الشد للخرسانة الي 10% ويلاحظ كذلك أنه كلما زادت مقاومة الضغط للخرسانة تقل مقاومتها النسبيه ومنها للشد وأكبر مقاومة للشد حوالى 40 كجم/سم$^2$ وقد ذكرت بعض الدرسات أن لنوع الركام الكبير تأثير كبيراً على مقاومة الشد عنها في مقاومة الضغط ونادراً ما تجرى إختبارات الشد للخرسانة لصعوبة تثبيت عينات الإختبار في المكنة ولوجود إجهادات ثانوية ناتجة من تأثير الكلابات على عينة الإختبار والتي تؤثر تأثيراً مباشراً على نتيجة الإختبار.

ويمكن الإعتماد على المعادلتين الأتيتين لمعرفة مقاومة الشد للخرسانة

للأعمال المبكرة = مقاومة الشد = $\frac{1}{8}$ – $\frac{1}{12}$

مقاومة الضغط

للأعمال المتاخرة = مقاومة الشد = $\frac{1}{2}$

مقاومة الضغط

وجميع العوامل التي تؤثر على مقاومة الضغط تؤثر أيضا على المقاومة للشد خصوصاً تأثير ظروف المعالجة حيث أن المقاومة للشد حساسة جداً للمعالجة غير الصحيحة ونظراً لتأثير الإنكماش غير المنتظم , ويراعي أن مقاومة الخرسانة للشد لا تؤخذ في الإعتبار التصميم.

**3- مقاومة القص sheer strength:**

مقاومة الخرسانة للقص أكبر من مقاومتها للشد وأقل من مقاومتها للضغط وقد توصل بعض الباحثين إلى أن مقاومة الخرسانة للقص أكبر بحوالى30 % من مقاومتها للشد أي أن تكون قيمة حوالى 12% من الضغط بينما أظهرت نتائج إختبارات أخرى بأن مقاومة الخرسانة للقص تتراوح بين (50 ـــــ 60)% من مقاومتها للضغط ويرجع الإختلاف إلى صعوبة إجراء إختبار القص المباشر للخرسانة على ذلك فإن مقاومة الخرسانة للقص تحدد لأغراض التصميم بما لا يتعدي 10/1 من مقاومة الضغط في الإنحناء بحد أقل حوالى 15 كجم /سم$^2$.

**4- مقاومة التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح :**

وهي مقاومة الخرسانة لأنزلاق (Slip) حديد التسليح المتلصق والمدفون بداخلها تحت تأثير الأحمال المؤثرة على المنشأت الخرسانية و تعتبر مقاومة التماسك من المقاومات الضرورية كأساس للخرسانة المسلحة وتنشأ مقاومة التماسك من الإلتصاق بين الخرسانة وحديد التسليح

ثم من الإحتكاك بين سطحيهما بعد إنعدام الإلتصاق. وتتوقف مقاومة التماسك على خواص الخرسانة فتتغير تبعاً للركام ونوع الأسمنت وكمية محتوي ماء الخلط وجودة الخرسانة ، وتكون مقاومة التماسك أكبر للخرسانة الجافة عنها في الخرسانة المبتلة ويمكن إعتبار أن مقاومة التماسك تتناسب مع مقاومة الضغط للخرسانة طردياً، وأيضا تتوقف على نوع حديد التسليح حيث تزداد المقاومة في حالة الأسياخ ذات التنوع . عنها في الأسياخ الراسية وطول الجزء المدفون من حديد التسليح وفي الخرسانة وان الخرسانة تتأثر بمقاومة التماسك بمدي إنكماش (Shrinkage) الخرسانة بعد جفافها فتزداد قيمتها كلما تسحنت خاصية الإنكماش بالخرسانة، وتتراوح مقاومة التماسك في الخرسانة العادية (24-45) كجم / سم$^2$ . وتحدد عادة مقاومة التماسك في حسابات التصميم كنسبة مئوية من مقاومة التماسك التصميمية بقيمة 10 كجم/ سم$^2$ للخرسانة ذات التسليح العادي بالأسياخ الملساع وذات مقاومة ضغط 28 بوصة تساوي 250 كجم/ سم$^2$.

**5- مقاومة الانحناء Bedding Strength :**

عندما تتعرض الخرسانة لقوى إنحناء ينتج عنها إجهادات شد وإجهادات قص وغالباً توجد هذه القوى في منشاءات رصف الطرق المستخدمة فيها خرسانة عادية. الخرسانة التي تكون مقاومتها للضغط حيث 250 ـــ 300 كجم/ سم$^2$ تكون مقاومتها للإنحناء 400 كجم / سم$^2$ أي تقابل 15% من مقاومة الضغط تقريباً.

ويفضل عمل إختبار الإنحناء للخرسانة عن إختبار الشد لآنه يعطي نتائج محددة الإضافة إلى سهولة إجراءه كما يحتاج إلى حمل أصغر من الحمل اللازم لإختبار الضغط، وتتغير نتائج مقاومة الخرسانة للإنحناء(معايير الكسر) تبعا لنوع الركام المستعمل.

## 2-2-4 الإضافات Admixtures:

المواد المضافة للخرسانة هي التي تكون خلاف مكونات الخلطة الخرسانية المكونة من ماء واسمنت وماء ورمل أي أن المادة المضافة إلى ماء الخلطة قبل أو بعد الخلط أو أثناء طحن الأسمنت لاعطاء الخرسانة الطازجة او المتصلدة خواص معينة مطلوبة في ظروف عمل معينة علماً بأن هنالك مواد تضاف بعد مده من الزمن أي أن الحاجة إليها سواء للتشققات الخرسانية أو غيرها من المشاكل الخرسانية بحيث تكون جميع المواد المضافة للخرسانة مصنعة طبقاً للمواصفات الأمريكية أو مواد طبيعية كالصمغ العربي.وفي بعض الحالات قد ينتج عن إستخدام الإضافات تأثيرات ضارة علي خواص الخرسانة لذلك يشترط مراعاة التأثيرات المضادة التي يمكن حدوثها بالنسبة للمادة الاخرى خلاف تلك التي بقصد تحسينها بإستعمال الإضافات، وعدم إستعمالها إلا في الحالات الضرورية وحسب تعليمات الشركة المصنعة وبأقل الكميات.

بحيث لا تغير كثيراً من النسب الاساسية لمكونات الخلطة، وأن لا تزيد تكلفة الخرسانة كثيراً او تتناسب مع الفائدة المطلوبة مع إستخدام الإضافات.

### 2-2-4-1 الهدف من الإضافات :

- تعجيل زمن الشك للحصول على مقاومة أكبر.
- الحصول على قابلية تشغيل أفضل.
- في حالة الأجواء الحارة تكون فائدة الإضافات لإبطاء الشك.
- مقاومة التآكل والتحمل.
- تحسين التماسك بين الخرسانة القديمة والجديدة.

- إنتاج نوع من الخرسانة خفيفة الوزن.
- تعمل على ثبات الخرسانة.
- تعمل على تقليل النفاذية.
- الحصول على خرسانة مقاومة وعازلة للماء أو مقاومة للكيماويات أو الإحتكاك.

## 2-2-4-2 تصنيف الإضافات :

**يمكن تصنيف الإضافات إلى مجموعات بحسب الغرض منها كما يلى :**

- إضافات تحسين قابلية التشغيل.
- إضافات الهواء المحبوس.
- إضافات الغاز المحبوس.
- المنشطات والعوامل المساعدة.
- إضافات غير منفذة الماء.
- إضافات تقليل التغير الحجمي.
- إضافات معالجة الخرسانة.
- إضافات مضادة للبكتريا.
- إضافات ملونات الخرسانة.

## 2-2-4-2-1 مضاف مادة الإيفا EVA Ethyle Vinyle Acetate:

**تعريف :**

خلات إيثيل الفينيل المعروف إختصارا ب (Ethyle Vynle Acetate) EVA أو PEVA poly(ethylene–vinyl acetate) هو عبارة عن بوليمر متعدد مكون من خلات الإيثيل والفينيل وهو شبيه بالمواد المطاطية من حيث النعومة والمرونة ويمكن التشغيل عليه عن طريق التلدين الحراري.

**شكل (2-1) يوضح حبيبات مادة ال EVA.**

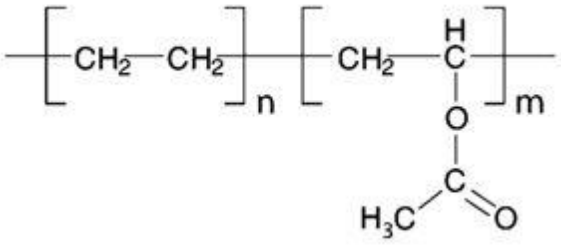
## 2-2-4-2-2 خصائص مادة ال EVA :

تمتاز مادة الإيفا بالنقاء واللمعان وخصائص واقية,درجة حرارة قساوة متدنية , مقاومة التشقق الناتج عن الإجهاد, مقاومة الأشعة الفوق البنفسجية, وتعتبر مادة شبه معدومة الرائحة وتنافس المطاط في العديد من التطبيقات الإلكترونية.

## 2-2-4-2-3 انتاج مادة الإيفا :

إعتمادا على منتجات البلمرة المتعددة من خلات الإيثيل والفينيل يمكن إنتاجها عن طريق البلمرة المستمرة والتي تعطي بوليمر متعدد منخفض الوزن يستخدم في االطلاء والمواد اللاصقة, أو عن طريق محلول البلمرة والذي ينتج متعدد بوليمر عالي الوزن يستخدم في التطبيقات الأكثر قساوة.

## 2-2-4-2-4 التركيب الكيميائي للإيفا:



$(C_2H_4)_n(C_4H_6O_2)_m$

كلما زادت نسبة خلات الفينيل في البوليمر المتعدد زاد ذلك من زيادة في البلورة والذي يعطي منتجات لها نفس مرونة المطاط. النسب المستخدمة من خلات الفينيل تتراوح بين 2% و 50% وكلما زادت هذه النسبة زاد ذلك من خواص المرونة والنقاء والقساوة و قابلية الذوبان و مقاومة المياه والأملاح.

## 2-2-4-2-5 مميزات مادة ال EVA :

1- تعتبر الإيفا مادة شديدة المرونة حتى في درجات الحرارة المنخفضة.

2- تمتاز بقدر من القساوة في درجات الحرارة المنخفضة والعالية على حد سواء.

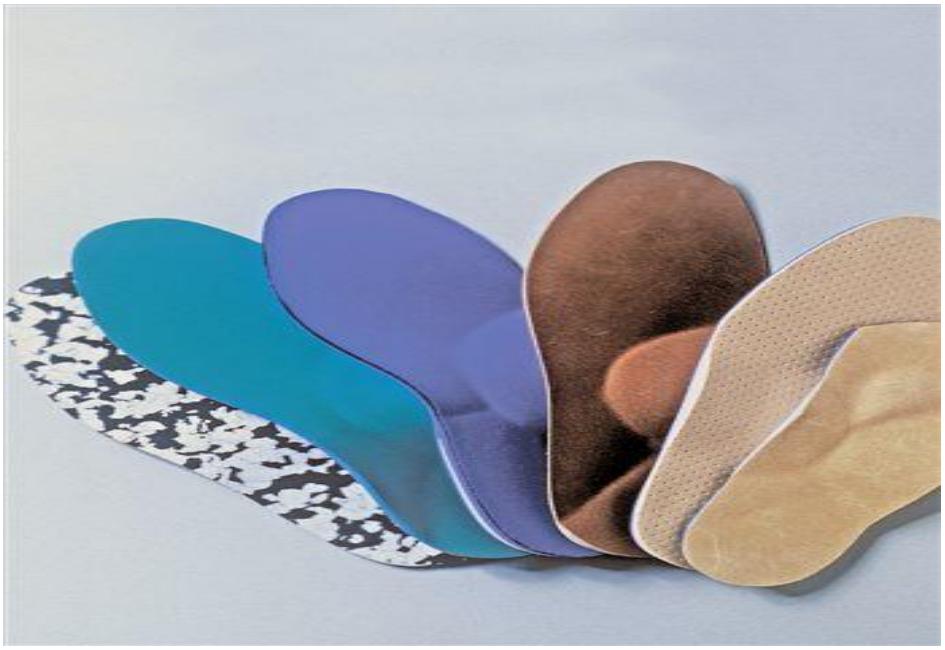
3- الإيفا مادة مقاومة للتشقق بصورة عالية.

## 2-2-4-2-6 تطبيقات أخرى لل EVA :

تستخدم الايفا في العديد من المجالات ولها الكثير من التطبيقات حيث تستخدم كحشوة لمعدات الرياضيه , و تستخدم في مجال الطب الحيوي, رباطات التقلص المرن , أغطية العلب , القفازات الطبية. و يتم التغير في نسب مكونات ال EVA لتتوافق مع التطبيق المعني.

### 2-2-4-2-7 بعض التطبيقات الأكثر شيوعا لمادة الإيفا :

**1-مكونات الأحذية:**



**شكل (2-2) استخدام ال الإيفا في صناعةالاحذية.**

## 2- الخرطوم المرن :

**شكل(2-3) يوضح استخدام الايفا في الخرطوم المرن**

## 3- صدامات السيارات :

**شكل(2-4) يوضح استخدام مادة الايفا في صدام السيارات.**

## 4- بعض مكونات السيارات الداخلية التي تصنع بواسطة القوالب :

شكل(2-5) يوضح استخدام مادة الايفا في صناعة اجزاء السيارة الداخلي

## 5- صناعة التعبئة المرنة:

شكل(2-6 )يوضح استخدام مادة الايفا في صناعة اكياس التعبية المرنة

# الباب الثالث

## 3-1 مقدمه:

تتأثر مقاومة الخرسانة بعدة عوامل منها مايتعلق بمكونات الخرسانه وكذالك بعمر الإنضاج ونمو المقاومه وكيفيه ودرجه المعالجه وأيضا هنالك عوامل تتعلق بتصنيع الخرسانة من الدمك أو الخطأ فى وزن المواد والخلط أو زمن الخلط ، لذلك تم تثبيت جميع العوامل السابق ذكرها وتم تغيير نسب مادة ( *EVA*)المستخدم كنسبه وزنيه خصماً من الركام الخشن .

فى هذا الفصل تم تصميم عدد من الخلطات الخرسانية بمضاف (EVA) وبدون مضاف وإجريت عليها كل من إختبار الهبوط وإختبار مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة فى عمر (7 و 28 يوم) وذلك لخلطات تم فيها إضافة نشارة ال (EVA) بنسب (5 ، 6 ، 7, 8%) خصماً من الركام الخشن و تم صب ثلاثة مكعبات لكل خلطة.

## 3-2 إختبارات المواد:

### 3-2-1 اختبارات الاسمنت:

**جدول (3-1) يوضح نتائج الاختبارات الأولية للاسمنت:**

| رقم التجربة | اسم التجربة | النتيجة | المواصفات القياسية البريطانية رقم (12 لسنة 1996م) |
|---|---|---|---|
| 1 | نسبة الماء القياسية (%) | 32% | 33% -26% |
| 2 | العجبنة القياسية (قراءة جهاز فيكات ) (mm) | 5 | 6% - 4% |
| 3 | زمن الشك الإبتدائي ( دقيقة) | 170 | لا يقل عن 45 دقيقة |
| 4 | زمن الشك النهائي ( دقيقة) | 242 | لا يزيد عن 10ساعات |
| 5 | النعومة (%) | 1% | لاتزيد عن 10 % |

## 3-2-2 إختبارات الركام:

### 3-2-2-1 إختبار الركام الخشن:

#### 3-2-2-1-1 إختبار التدرج الحبيبي للركام الخشن:

**جدول(3-2) يوضح نتائج اختبار التدرج الحبيبي للركام الخشن:**

| نسبة المار | الوزن المار | الوزن المحجوز | الغربال | |
|---|---|---|---|---|
| % | (gm) | (gm) | Inch | Mm |
| 100.0 | 5784.5 | 0 | 1.5 | 40 |
| 97.8 | 5658.5 | 126 | ¾ | 20 |
| 22.7 | 1315.5 | 4343 | 8/3 | 10 |
| 4.4 | 257 | 1058.5 | 16/3 | 5 |
| 0.0 | 0 | 257 | Pan | Pan |
| | | 5784.5 | الوزن الكلي | |

### 3-2-2-1-2 إختبار الوزن النوعي للركام الخشن:

بعد إجراء الاختبار وجد ان الوزن النوعي للركام 2.69

### 3-2-2-1-3 إختبار الامتصاص للركام الخشن:

تم التحقق من التجربة وايجاد نسبة الإمتصاص ووجدت انها تساوي 48. %

## 3-2-2-2 إختبارات الركام الناعم :

### 3-2-2-2-1 إختبار التدرج الحبيبي للركام الناعم :

**جدول ( 3-3) يوضح نتائج إختبار التدرج الحبيب للركام الناعم:**

| فتحات الغرابيل | المحجوز | النسبة المئوية المتبقية | النسبة المئوية للمار |
|---|---|---|---|
| (mm) | (gm) | (%) | |
| 10 | 0 | 0 | 100 |
| 5 | 11.2 | 1.62 | 98.38 |
| 2.36 | 64.58 | 9.32 | 90.68 |
| 1.18 | 189.4 | 27.36 | 72.64 |
| 0.6 | 392.9 | 56.76 | 44 |
| 0.3 | 567.5 | 81.98 | 18.02 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0.15 | 659.9 | 95.33 | 4.67 |
| Total weight | 692.2 | 100 | 0 |

**3-2-2-2-2 إختبار الشوائب في الرمل :-**

وجد أن نسبة الشوائب 5.88% وهي أقل من نسبة الشوائب القياسية 80 %

**3-2-2-2-3 إختبار الوزن النوعي :-**

بعد اجراء الاختبار وجد ان الوزن النوعي للرمل 2.70

**3-2-2-2-4 إختبار الامتصاص :**

تم التحقق من التجربة وايجاد نسبة الإمتصاص ووجدت انها تساوي 7.64 %

## 3-2-2-3 إختبارات مضاف الإيفا :

**3-2-2-3-1 إختبار التحليل المنخلي:**

بعد إجراء الإختبار فإن الإيفا المستخدمة كانت قد مرت من الغربال رقم 4 (4.75 ملم) و محجوزة في الغربال رقم 8 (2.36 ملم).

## 3-3 خطوات تصميم الخلطة الخرسانية :

1- المقاومة المميزة .....= $25N/MM^2$ في 28 يوم

2- الإنحراف المعياري .....= 8

3- الهامش.....= 9

4- المقاومة المستهدفة .....= $25N/mm^2$

5- نوع الإسمنت.....=OPC

6- نوع الركام الخشن .....=uncrushed

7- نوع الركام الناعم .....=uncrushed

8- النسبة الصافية من الماء إلى الخرسانة .....=0.53

9- أكبر نسبة صافية من الماء إلى الخرسانة ....=0.58

10- قيمة الهبوط .....= 127mm

11- المقاس الأكبر للركام .....=20 mm

12- محتوى الماء الصافي .....=195kg/m3

13- محتوى الإسمنت .....=370 kg/m3

14- أكبر محتوى للإسمنت.....=380 kg/m3

15- أقل محتوى للإسمنت .....=220kg/m3

16- ىنسبة الماء الى الإسمنت المعدلة .....= 195/370 = 0.53

17- كثافة الركام النسبية.....= 2.6

18- كثافة الخرسانة.....=2350

19- المحتوى الكلي للركام.....=1785kg/$m^3$

20- تدرج الركام الناعم.....=60%

21- نسبة الركام الناعم .....=0.37

22- محتوى الركام الناعم.....=.37* 1785= 660kg/$m^3$

23- محتوى الركام الخشن.....=1125kg/$m^3$

**الجدول (3-4) أدناه يوضح اوزان مواد الخلطة الخرسانية في المتر المكعب :**

| المواد | الوزن (كجم) |
|---|---|
| الاسمنت | 370 |
| الركام الناعم | 660 |
| الركام الخشن | 1125 |
| كمية المياه | 195 |

## 3-4 اختبارات الخرسانة :

### 3-4-1 إختبار مقاومة الضغط بدون اضافة EVA :

**الجدول(3-5) أدناه يوضح نتائج اختبار مقاومة الخرسانة والهبوط في 7 يوم**

| رقم المكعب | عمر الكسر | الهبوط (*mm*) | مقاومة الضغط $N/mm^2$ | متوسط مقاومة الضغط $N/mm^2$ | الوزن *(kg)* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7 ايام | 138 | 24.5 | 25.6 | 8.5 |
| 2 | | | 25.6 | | 8.55 |
| 3 | | | 26.7 | | 8.43 |

**الجدول(3-6) أدناه يوضح نتائج الكسر في 28 يوما**

| رقم المكعب | عمر الكسر | الهبوط (*mm*) | مقاومة الضغط $N/mm^2$ | متوسط مقاومة الضغط $N/mm^2$ | الوزن *(kg)* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28 يوم | 127 | 35.2 | 35.5 | 8.25 |
| 2 | | | 35.5 | | 8.37 |
| 3 | | | 35.8 | | 8.40 |

## 3-4-2 اختبار الضغط لمكعبات الخرسانة بعد إضافة نسب الإيفا :

تم إستخدام 4 نسب من الإيفا (5 ,6 , 7 , 8 %) بناءا على الدراسة التي أجريت لمعرفة سلوك مخلفات الإيفا على الخرسانة تحت درجة حرارة معتدلة

**الجدول(3-7) أدناه يوضح نتائج مقاومة الخرسانة و الهبوط فيها بإستخدام نسبة الايفا 5% (E1)والكسر في 7ايام .**

| رقم المكعب | عمر الكسر | الهبوط (*mm*) | مقاومة الضغط $N/mm^2$ | متوسط مقاومة الضغط $N/mm^2$ | الوزن *(kg)* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7ايام | 0 | 24 | 22.6 | 8.29 |
| 2 | | | 23.1 | | 8.25 |
| 3 | | | 21.6 | | 8.32 |

**الجدول(3-8) أدناه يوضح نتائج مقاومة الخرسانة و الهبوط فيها بإستخدام نسبة الايفا 5%**

**(E1)والكسر في 28يوم:**

| رقم المكعب | عمر الكسر | الهبوط (*mm*) | مقاومة الضغط $N/mm^2$ | متوسط مقاومة الضغط $N/mm^2$ | الوزن *(kg)* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28 يوم | 0 | 33.4 | 33.06 | 8.56 |
| 2 | | | 32.7 | | 8.60 |
| 3 | | | 33.1 | | 8.47 |

**الجدول(3-9) أدناه يوضح نتائج مقاومة الخرسانة و الهبوط فيها بإستخدام نسبة الايفا 6%(E2)والكسر في 7ايام:**

| رقم المكعب | عمر الكسر | الهبوط (*mm*) | مقاومة الضغط $N/mm^2$ | متوسط مقاومة الضغط $N/mm^2$ | الوزن *(kg)* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7ايام | 0 | 22.1 | 22.06 | 8.3 |
| 2 | | | 22.7 | | 8.03 |
| 3 | | | 21.4 | | 8.32 |

**الجدول(3-10) أدناه يوضح نتائج مقاومة الخرسانة و الهبوط فيها بإستخدام نسبة الايفا 6%**

**(E2)والكسر في 28يوم:**

| رقم المكعب | عمر الكسر | الهبوط (mm) | مقاومة الضغط $N/mm^2$ | متوسط مقاومة الضغط $N/mm^2$ | الوزن (kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28 يوم | 0 | 30.9 | 31.5 | 8.47 |
| 2 | | | 32.1 | | 8.38 |
| 3 | | | 31.6 | | 8.31 |

**الجدول(3-11) أدناه يوضح نتائج مقاومة الخرسانة و الهبوط فيها بإستخدام نسبة الايفا 7%**

**(E3)والكسر في 7ايام:**

| رقم المكعب | عمر الكسر | الهبوط (mm) | مقاومة الضغط $N/mm^2$ | متوسط مقاومة الضغط $N/mm^2$ | الوزن (kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7 يومٍ | 0 | 22.4 | 22.23 | 8.32 |
| 2 | | | 21.6 | | 8.21 |
| 3 | | | 22.7 | | 8.35 |

**الجدول(3-12) أدناه يوضح نتائج مقاومة الخرسانة و الهبوط فيها بإستخدام نسبة الايفا 7%**

**(E3) والكسر في 28يوم:**

| رقم المكعب | عمر الكسر | الهبوط (*mm*) | مقاومة الضغط $N/mm^2$ | متوسط مقاومة الضغط $N/mm^2$ | الوزن *(kg)* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28 يوم | 0 | 31.1 | 31.1 | 8.42 |
| 2 | | | 32 | | 8.420 |
| 3 | | | 30.2 | | 8.31 |

**الجدول(3-13) أدناه يوضح نتائج مقاومة الخرسانة و الهبوط فيها بإستخدام نسبة الايفا 8%**

**(E4) والكسر 7ايام**

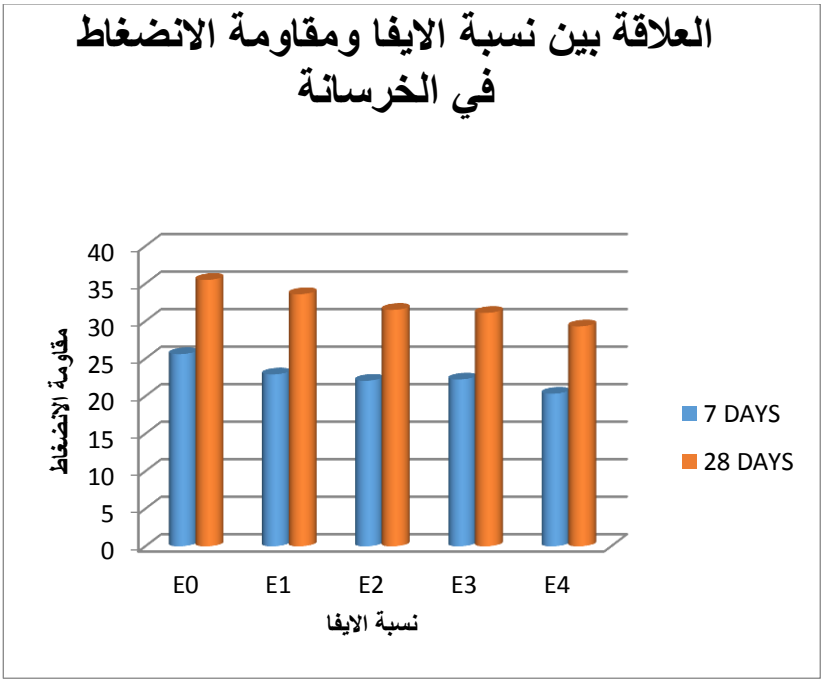
| رقم المكعب | عمر الكسر | الهبوط (*mm*) | مقاومة الضغط $N/mm^2$ | متوسط مقاومة الضغط $N/mm^2$ | الوزن *(kg)* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7 ايام | 0 | 20.1 | 20.33 | 8.31 |
| 2 | | | 20.8 | | 8.42 |
| 3 | | | 20.1 | | 8.51 |

**الجدول(3-14) أدناه يوضح نتائج مقاومة الخرسانة و الهبوط فيها بإستخدام نسبة الايفا 8%**

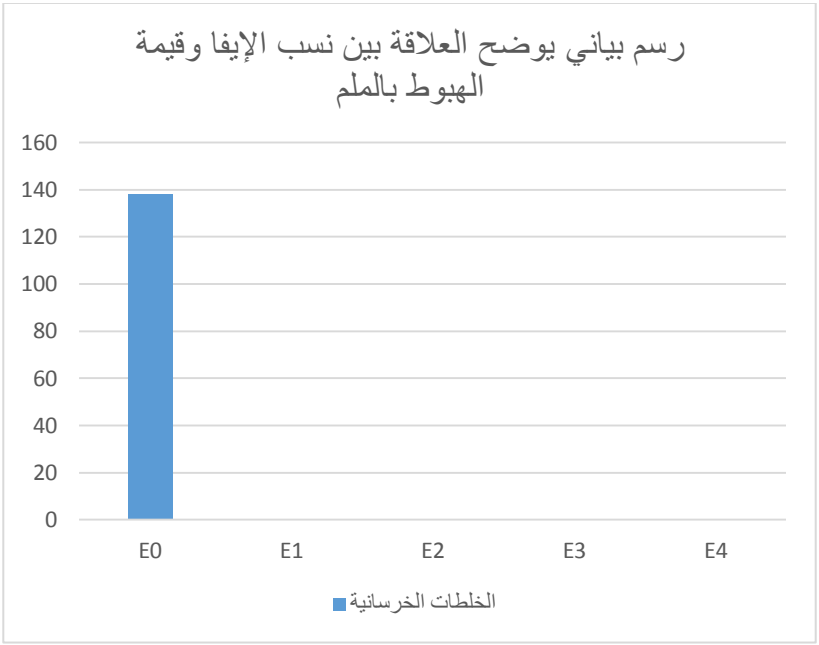
**(E4)والكسر في 28يوم:**

| رقم المكعب | عمر الكسر | الهبوط (*mm*) | مقاومة الضغط $N/mm^2$ | متوسط مقاومة الضغط $N/mm^2$ | الوزن *(kg)* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28 يوم | 0 | 29.1 | 29.3 | 8.45 |
| 2 | | | 30.4 | | 8.32 |
| 3 | | | 28.6 | | 8.37 |

**الرسم البياني(3-15) يوضح العلاقة بين نسب الايفا ومقاومة الخرسانة للانضغاط.**




الرسم البياني (3-16) يوضح العلاقة بين نسب الإيفا و قيمة الهبوط بالملم.



# الباب الرابع

## 4-1 تحليل النتائج:

### 4-1-1 الخرسانة العادية:

تم تصميم الخلطة على مقاومة 25 KN\mm$^2$

مقاومة الخرسانة العادية في 7 يوم $25.6KN/mm^2$

نسبة الزيادة = 1.024= 25.6\25

مقاومة الخرسانة العادية في 28 يوم$35.5KN/mm^2$

نسبة الزيادة=1.42 = 35.5\25.

### 4-1-2 الخرسانة بإستخدام مضاف الإيفا:

#### 4-1-2-1 عند إستخدام الإيفا بنسبة 5%:

مقاومة الضغط للخرسانة بنسبة مضاف 5% في 7 يوم تساوي $22.9\ KN\backslash mm^2$

نسبة المقاومة = 0.916 =22.9\25

مقاومة الضغط للخرسانة بنسبة مضاف 5% في 28 يوم تساوي $33.06\ KN\backslash mm^2$

نسبة المقاومة = 1.322 =33.06\25

**4-1-2-2 عند إستخدام الإيفا نسبة 6%:**

مقاومة الضغط للخرسانة بنسبة مضاف 6% في 7 يوم تساوي 22.06 $KN\backslash mm^2$

نسبة المقاومة=0.882 =22.06\25

مقاومة الضغط للخرسانة بنسبة مضاف 6% في 28 يوم تساوي 31.5 $KN\backslash mm^2$

نسبة المقاومة = 1.26 =31.5\25

**4-1-2-3 عند إستخدام الإيفا بنسبة 7%:**

مقاومة الضغط للخرسانة بنسبة مضاف 7% في 7 يوم تساوي 22.23 $KN\backslash mm^2$

نسبة المقاومة=0.889 =22.23\25

مقاومة الضغط للخرسانة بنسبة مضاف 7% في 28 يوم تساوي 31.1 $KN\backslash mm^2$

نسبة المقاومة =1.244 =31.1\25

**4-1-2-4 عند إستخدام الايفا بنسب8%:**

مقاومة الضغط للخرسانة بنسبة مضاف 8% في 7 يوم تساوي 20.33 $KN\backslash mm^2$

نسبة المقاومة=0.813 =20.33\25

مقاومة الضغط للخرسانة بنسبة مضاف 8% في 28 يوم تساوي 29.3 $KN\backslash mm^2$

نسبة المقاومة=1.172 =29.3\25

## 4 -2 المناقشة:

لوحظ من خلال المخطط (3-1) ان مقاومة الضغط للخرسانة العادية اي الخالية من المادة المضافة الإيفا في 28 يوم تعادل نسبة 107% من تلك التي صممت عليها الخلطة والخرسانة التي اضيف اليها اللإيفا بنسبة 5% وتعادل نسبة 112% من المقاومة المضاف لها بنسبة 6% وتعادل نسبة 114% من المقاومة للخلطة الخرسانية المضاف لها بنسبة 7% من اللإيفا و كانت تعادل نسبة 121% من من المقاومة المضاف لها بنسبة 8% وهذا يعني ان المادة المضافة (*الايفا*) بالنسب المستخدمة تضعف من مقاومة الخرسانة للضغط .

ولوحظ أيضا أن هبوط الخرسانة لجميع الخلطات التي أضيفت لها الإيفا يساوي صفر مما يعطي مؤشر قوي لقلة قابلية التشغيل لهذه الخلطات.

# الباب الخامس

## 5-1الخلاصة :

في هذه الدراسة تم إستعمال مادة *الإيفا* كمضاف لتحري تأثيرها علي الخلطه الخرسانيه الطازجه والمتصلبه من خلال إجراء إختباري قابليه التشغيل (الهبوط) ومقاومه الضغط للخرسانه المتصلده من النتائج التي حصلنا عليها يمكننا إستنتاج الأتي :

1- كلما زادت نسبه مادة *الايفا* في الخلطه الخرسانيه كان التأثير في هبوط الخرسانة ثابت وهو عدم وجود أي هبوط.

2 – كلما زادت نسبه مادة *الإيفا في* الخلطه الخرسانية قلت نسبه مقاومه الضغط للخرسانة المتصلدة

3 – كان تأثير مضاف الإيفا واضحا عند إستخدام نسبة 8% حيث نقصت مقاومة الضغط عند 28يوم بشكل كبير.

بشكل عام وجد أن إستخدام مضاف الإيفا كان له آثار سلبية متعددة من حيث إضعاف مقاومة الخرسانة كلما إستخدم المضافة بنسبة أكبر حيث تكون نسبة الإضعاف 7% عند إستخدام نسبة 5% من مضاف الإيفا و ترتفع النسبة لتصل 21% وذلك فقد عند زيادة نسبة المضاف بمقدار 3% وهي نسبة 8% من مضاف الإيفا. والأثر السلبي الآخر هو التقليل من قابلية التشغيل للخلطة مما يتطلب جهد أكبر في الخلط.

ونخلص من هذا أنه بالرغم من أن إستخدام مضاف الإيفا في الخلطة الخرسانية يساعد في مجال التخلص من مخلفات صناعة الإيفا بشكل جيد , إلا أن إستخدامه في مجال الخلطات الخرسانية غير مستحب لما له من آثار سالبة.

## 5-2 التوصيات:

1-عمل دراسه إقتصاديه مفصله عن تكلفه لمنشأه بإستخدام مخلفات مادة *الإيفا* لمعرفه الجدوي الإقتصاديه لها وتأثيرها في تقليل تكلفه المشروع.

2 – إجراء المزيد من الدراسات للتعرف علي إمكانيه استخدام *مضاف مخلفات الإيفا* بنسب أخري غير التي وردت في هذا المشروع ويكون بديلا لمكون آخر من مكونات الخلطة الخرسانية كالركام الناعم أو نسبة معينة من الإسمنت.

3- إجراء الدرسات للتعرف على تاثير مضاف مخلفات الإيفا على اي من مكونات الخرسانة.

4- إجراء تجارب معملية لمعرفة تأثير مخلفات الإيفا على معالجة مشاكل التشققات والإستفادة منها في العزل الصوتي والحراري.

5- إستخدام خام الإيفا كمضاف للخلطة الخرسانية و تقييم الأثر على مقاومة الإنضغاط وقيمة الهبوط.

6- إستخدام مخلفات الإيفا كنسبة بدلاً من الركام الناعم ومقارنة النتائج مع تلك الناتجة عن إستبدال الركام الخشن.

## 3-5 المراجع :


1- محمود امام ، الخرسانة ،الرياض المملكة العربية السعودية، 2005

2- ابراهيم العريان،عبدالكريم عطا، تكنولوجيا الخرسانة ، الجزء الاول والثاني، القاهرة، 1967

3- ابراهيم علي درويش، علي ابراهيم درويش، الخرسانة- موادها وصناعتها وضبط جودتها وترميمها، القاهرة،2000

4- أي – أم – نيفيل، حقي اسماعيل محمد الجنابي، خواص الخرسانة، 1985

5- فيصل فؤاد وفا ، Properties and Application of Fiber ، كلية الهندسة – قسم الهندسة المدنية- جامعة الملك عبد العزيز – جدة ، 2001

IBRACON STRUCTURES AND MATERIALS JOURNAL-6

تاريخ النشر :September 2009

رقم الصفحة :221 – 211

## 4-5 الملحقات: