University of Anbar
Engineering College
Civil Engineering Depart

جامعة الانبار
كلية الهندسة
قسم الهندسة المدنية

مواد البناء
Construction Materials

اعداد التدريسي
محمد حمود مهنا

2019 2020

المنهاج السنوي لمواد البناء

Annual Curriculum for Construction Materials

Course Title	*Credit Hours*	Weekly hours		
		Lec.	Tut.	Lab.
Construction Materials	3	3		
Construction Mterials Lab	1			3

ت	الفصل	Course Topics مواضيع الكورس
-1	الفصل الاول	Properties of Material خواص المواد
-2	الفصل الثاني	Brick الطابوق
-3	الفصل الثالث	Gypsum الجبس
-4	الفصل الرابع	Cement الاسمنت
-5	الفصل الخامس	Insulting Mterils المواد العازلة
-6	الفصل السادس	Tiles البلاط
-7	الفصل السابع	Steel الحديد
-8	الفصل الثامن	Stone الحجر
	الفصل التاسع	Concrete block البلوك الكونكريت
-9	الفصل العاشر	Water الماء

Course Description:

This course is designed for students to understand compositions, engineering behaviors, and design methods of various civil engineering materials, including steel; Wood, soil, aggregate, portland cement concrete, and asphalt cement concrete.

وصف الكورس:

تم اعداد هذا المنهاج للطلبة لفهم سلوك وتصميم المواد الهندسية ،لمختلف مواد الهندسة المدنية، بما في ذلك حديد التسليح , الخشب، التربة، الركام، خرسانة الاسمنت البورتلاندي، والخرسانة الاسمنتية الإسفلتية.

CE 2303 – Construction Materials-(3-3-0-0) .a

Designation as a 'required' or 'elective' course:

This is a required course for the Civil Engineering Program.

Course Description:
This course is designed for students to understand compositions, engineering behaviors, and design methods of various civil engineering materials, including steel; Wood, soil, aggregate, portland cement concrete, and asphalt cement concrete.

Recommended Textbook(s):
Kenneth N. Derucher, George P. Korfiatis, and A. Samer Ezeldin, Materials for Civil and Highway Engineers, Prentice Hall, 4th ed., 1998.
Prerequisites:

None
Course Topics:

Introduction, .1
Engineering materials, .2
Mechanical properties, .3
Specification, .4
Stress and strain, .5
Brick, Production of bricks, Testing of brick, Specification of bricks, .6
Binding materials, Gypsum, Line, .7
Wood, Defects of wood, Uses of wood, .8
Cement, Production of cement, Types of cement, Testing of cement, .9
Finishing materials, Paints,.10
Insulating material,.11
Tiles,.12
Metals,.13
Building stone,.14
Glass Building block,.15
Concrete block,.16
Sanitary works, Pipes,.17
Water,.18
New building materials.19

Program and Course Outcomes:
At the end of this course the students should have learnt about the various materials, both conventional and modern, that are commonly used in civil engineering construction. Further he/she should be able to appreciate the criteria for choice of the appropriate materials and the various tests for quality control in the use of these materials.

CE 2304 – Construction Materials Lab.-(1-0-0-3)

Designation as a 'required' or 'elective' course:
This is a required course for the Civil Engineering Program.

Course Description:
Evaluation of material performance under applied loads for engineering applications. Physical properties of concrete, metals, plastics and wood. Exercises include study of the variability of materials

Recommended Textbook(s):
Laboratory Manual, Compiled by Instructor

Prerequisites:
Concurrent with CE 2303 Construction Materials

Course Topics:
1- Compressive Strength of Brick .1
2- Absorption of Brick .2
3- Efflorensses of Brick .3
4- Compressive Strength of Gypsum .4
5- Modulus of Rapture of Gypsum .5
6- Extension of Gypsum .6
7- Standard Consistence of Gypsum .7
8- General Shape of Tiles .8
9- Modulus of Rapture of Tiles .9
10-Compressive Strength of Wood .10
11- Tensile Strength of Steel Reinforcement .11 .12
Program and Course Outcomes:
Become familiarized with basic material testing procedures. .1

Learn writing and communication skills. .2
Learn to critically evaluate laboratory procedures and the resulting data, including data manipulation by computer. .3
Learn to work in teams. .4
Develop the ability to conduct experiments, testing wood, plastic, steel, aluminum, aggregate and cement. .5
Develop the ability to identify, formulate and solve engineering problems involving experiments with stress and strain. .6
Develop written communication skills related to reporting of experimental test results. .7
Develop the ability to use computer spreadsheets as a tool to analyze laboratory testing methods and subsequent data. .8

اسلوب كتابة وتنظيم التقارير المختبرية

لغرض كتابة وتنظيم التقارير المختبرية يتبع الاسلوب التالي:

تتضمن الصفحة الاولى المفردات التالية:-

اسم المادة :- عنوان التجربة:-
اسم الطالب وتسلسله- رقم المجموعة:-

تاريخ اجراء التجربة / / تاريخ تقديم التقرير / /

يتضمن التقريربعد الصفحة الاولى المفردات التالية:-

1- الغاية من التجربة **Objective**

2- الادوات والاجهزة المستخدمة **Tools and Apparatuses used**

3- طريقة العمل **Procedure**

4- النتائج والحسابات **Calculations & Results**

توضح العمليات الحسابية والنتائج بشكل مفصل بالاعتماد على القوانين النظرية الخاصة بالتجربة ان وجدت ومن ثم تنظم النتائج النهائية في جداول معنونة مع بيان وحداتها كما وتوضح النتائج بالاشكال بيانية عند الحاجة.

5- المناقشة والاستناجات **Discussion & Conclusions**

تتناقش النتائج والرسوم البيانية ان وجدت وتقارن مع متطلبات المواصفات العالمية وتبين مدى صلاحية المادة المفحوصة للاستعمال للاغراض الانشائية وتستخلص الاستنتاجات النهائية من المناقشة مع الاخذ بنظرالاعتبار الهدف من التجربة.

الفصل الاول

خواص المواد
Properties of Materials

مواد البناء Construction Materials

مقدمة:-

مواد البناء هي جميع المواد التي تستخدم في عمليات البناء والأعمال التكميلية لأعمال البناء، مثل: مستلزمات الديكور والزخرفة، حديد التسليح، الأسمنت، وكيماويات البناء ... وغيرها من المواد التي تستخدم في أعمال البناء.

ان علم مقاومة وخواص المواد يعتبر احد الاسس في اي نهضة صناعية او عمرانية , فالمنشآت الضخمة والمشاريع الهندسية الكبيرة ما هي الا صورة حية تعكس مدى تقدم علم المواد وذلك لان صلاحية هذه المنشآت هو نتيجة حتمية لصلاحية المواد المستخدمة في تكوينها وبنائها.

المواد الهندسية Engineering Materials

وهي المواد التي تستخدم لتشييد الابنية او في حماية مواد الانشاء او تلك التي تستخدم في توليد او نقل الطاقة.

انواع المواد الهندسية:-

من الممكن تقسيم المواد الهندسية الى المجاميع التالية:-

1- المواد المعدنية Metallic Materials

وهذه بدورها تقسم الى :-

أ- معادن حديدية Ferrous Metals

مثل الحديد المطاوع (Wrought iron) والصلب (Steel) والزهر (Cast iron)

ب- معادن غير حديدية Nonferrous Metals

وهذه تقسم بدورها الى:-

*- معادن ثقيلة:- مثل النحاس والنيكل.

*- معادن خفيفة:- مثل الالمنيوم والمغنيسيوم.

*- معادن لينة(طرية):- مثل الرصاص والقصدير.

2- المواد غير المعدنية Non Metallic Materials

وهذه بدورها تشمل الاتي:-

أ- مواد البناء :- مثل الاحجار والطابوق وركام الخرسانة (الحصى, الرمل, كسر الحجارة) والجير والجبس والاسمنت والاخشاب بأنواعها المختلفة.

ب- مواد متنوعة:- مثل المطاط والفلين والبلاستيك.

3- مواد مولدة للطاقة Energy Product Materials

مثل المياه (بخار الماء في المراجل ومساقط المياه) والفحم والبترول والمواد الذرية المولدة للطاقة الذرية في المفاعلات والمواد المتفجرة.

يعتبر سطح الارض والماء المحيط به والهواء المصدر الرئيسي للمواد الخام التي تستخرج منها المواد الهندسية.

الجدول رقم (1) يبين العناصر التي تدخل في تركيب المواد الهندسية والذي يحتويها سطح الارض كنسبة مئوية من وزن الارض .

جدول رقم (2) يبين اهم العناصر التي تدخل في تركيب مياه المحيطات والنسبة المئوية لكل منها.

جدول رقم (3) يبين اهم العناصر التي تدخل في تكوين الهواء الجاف.

العنصر	النسبة المئوية بالوزن		العنصر	النسبة المئوية بالوزن
الاوكسجين	46,60		كبريت	0,052
سيلكون	27,70		كروم	0,035
المنيوم	8,10		نيكل	0,019
حديد	5,00		نحاس	0,010
كالسيوم	3,60		يورانيوم	0,008
صوديوم	2,80		زنك	0,004
بوتاسيوم	2,60		رصاص	0,002
مغنيسيوم	2,10		قصدير	0,0005
تيتانيوم	0,63		فضة	0,000004
فسفور	0,13		زئبق	0,0000025
كاربون	0,094		ذهب	0,0000001
منغنيز	0,090			

جدول رقم (1) اهم العناصر الموجودة في السطح العلوي للأرض

العنصر	النسبة المئوية بالوزن		العنصر	النسبة المئوية بالوزن
الاوكسجين	85,79		صوديوم	1,14
هيدروجين	10,67		مغنيسيوم	0,14
كلور	2,07		بروم	0,008

جدول رقم (2) اهم العناصر التي تدخل ضمن مكونات مياه المحيطات

العنصر	النسبة المئوية بالوزن		العنصر	النسبة المئوية بالوزن
الاوكسجين	20,99		اركون	0,94
نتروجين	78,03		نيون	0,0012

جدول رقم (3) اهم العناصر التي تدخل ضمن مكونات الهواء الجاف

خواص المواد الهندسية Material Properties Engineering

هي المقاييس الوصفية المحددة لجودة المواد . وهي الوسيلة التي يحدد بها المصمم احتياجاته للمواد التي يمكن ان تقاوم الاحمال والتأثيرات الكيميائية المختلفة واية قوى اخرى قد يتعرض لها المنشأ الذي يقوم بتصميمه.

ومن الممكن تقسيم خواص المواد الهندسية الى الاتي:-

1- الخواص الفيزيائية Physical Properties

وتشمل الصفات التالية:-

1- الابعاد Dimensions 2- الشكل Shape 3- الكثافة Density 4- المسامية Porosity
5- محتوى الرطوبة Moisture Content

أ- الوزن النوعي (الكثافة النسبية) Absolute Specific Gravity

هو النسبة بين وزن المادة الى حجمها المطلق(حجم الأجزاء الصلبة دون المسامات والفراغات).

$$\gamma = G / V$$

حيث γ = الوزن النوعي (غم/سم^3 , كغم/م^3 , طن/م^3)

G = وزن المادة (غم ,كغم^3 , طن)

V = حجم المادة (سم^3 , م^3)

ب- الوزن الحجمي (الكثافة الحجمية) BulkSpecific Gravity

هو النسبة بين وزن المادة الى حجمها الطبيعي(حجم الأجزاء الصلبة مع المسامات والفراغات).

$$\gamma_o = G / V$$

حيث γ_o = الوزن الحجمي (غم/سم3 , كغم/م^3 , طن/م^3)

ان الوزن الحجمي لمواد البناء اقل من الوزن النوعي ما عدا السوائل والمواد الناتجة من الانصهار(كالزجاج)

تتعلق الصفات التقنية للمواد بالوزن الحجمي كالمتانة ونقل الحرارة ويدخل الوزن الحجمي في حساب سمك الجدران للمباني السكنية وفي حساب درجة تراص المواد ومساميتها. والجدول رقم (4) يبين قيم الوزن الحجمي لبعض مواد البناء في الحالة الجافة الهوائية.

جدول رقم (4) قيم الوزن الحجمي لبعض مواد البناء في الحالة الجافة الهوائية.

المادة	الوزن الحجمي كغم/م^3	المادة	الوزن الحجمي كغم/م^3
الخرسانة الثقيلة	2500-1800	الرمل	1650-1450
الخرسانة الخفيفة	1800-500	الحصو	1600-1300
الطابوق	1800-1600	الفولاذ	7860
الكرانيت	2700-2500	خشب الصنوبر	600-500
حجر الكلس	2400-1800	الستايروبور	20

ج- درجة الرص (d_o) Degree of Compact

هي نسبة المادة الصلبة في حجم المادة وتحسب من قسمة الوزن الحجمي على الوزن النوعي.

$$d_o = \gamma_o / \gamma$$

$$d_o \% = \gamma_o / \gamma \times 100$$

د- المسامية (P_o) Porosity

هي نسبة حجم المسامات الى الحجم الكلي للمادة , وهي تكمل درجة الرص الى الواحد او 100%.

$$P_o = 1 - d_o = 1 - (\gamma_o / \gamma)$$

والمسامات يمكن ان تكون مغلقة او مفتوحة على بعضها البعض.

2- الخواص الكيميائية Chemical Properties

وتشمل الصفات التالية:-

1- التركيب الكيميائي. 2- الحامضية Acidity . 3- مقاومة الصدأ Resistance to Corrosion.

4-القلوية Alkalinity. 5- التغيرات الناتجة من التقلبات الجوية Weathering .

3- الخواص الحرارية Thermal properties

وتشمل الصفات التالية:-

1- الحرارة النوعية Specific heat. 2- التوصيل الحراري Conductivity. 3- التمدد Expansion.

4- الخواص الكهربائية والمغناطيسية

وتشمل الصفات التالية:-

1- التوصيل الكهربائي Conductivity. 2- النفاذ المغناطيسي.

5- الخواص البصرية Optical properties

وتشمل الصفات التالية:-

1- اللون Color. 2- نقل الضوء Light Transmission. 3- عكس الضوء Light Reflection.

6- الخواص السمعية The sonic properties

وتشمل الصفات التالية:-

1- نقل الصوت Sound Transmission. 2- عكس الصوت Sound Reflection. 3- امتصاص الصوت Sound Observer.

ونظرا" لكون الخواص الميكانيكية هي التي تحدد سلوك المواد تحت تأثير الاحمال المختلفة لها, اصبح الالمام بهذه الخواص اساسيا" عند تصميم اي عمل هندسي يتعرض لتأثير الاحمال.

7- الخواص الميكانيكية Mechanical Properties

وهي الخواص التي تتعلق بسلوك المادة عند تعرضها للأحمال المؤثرة سواء كانت هذه الاحمال استاتيكية او ديناميكية او مكررة.

انواع التحميل

يمكن تقسيم الاحمال والقوى التي تؤثر او تنقل الى المنشأ الى الاتي:-

1- الاحمال الاستاتيكية

وفيها يكون تأثير الحمل بطيئا" ويزداد تدريجيا" حتى يصل قيمته القصوى بدون احداث اي صدم او اهتزاز وتظل قيمته ثابتة تقريبا" بعد تأثيرها على الجسم .

ومثال ذلك وزن المنشأ نفسه (الاحمال الميتة Dead Load).

2- الاحمال الديناميكية

وفيها يؤثر الحمل على المادة بحيث يحدث اثناء التحميل صدم او اهتزاز, ويختلف هذا النوع من التحميل عن التحميل الاستاتيكي بان الاجهادات الناتجة فيه تكون اعلى من الاجهادات الناتجة تحت تأثير حمل بطيء له نفس القيمة.

ومثال ذلك هبوط الطائرة على ارض المطار وقوة الرياح وحركة القطارات واحمال الزلزال.

3- الاحمال المكررة

وفيها يؤثر الحمل على المنشأ بحيث يكون الحمل مكررا" لمرات عديدة . وهذه الاحمال تكون ذات اهمية كبيرة فقد تتحمل المادة الاجهاد المعين اذا كان الحمل المؤثر لمرة واحدة بينما قد تنهار هذه المادة تحت تأثير نفس الحمل او اقل منه اذا كان الحمل مكررا" لمرات عديدة.

ومثال ذلك اصطدام امواج البحر بالجدران الكونكريتية وسير المركبات على الجسر.

4- الاجهاد Stress

وفيها يؤثر الحمل على جزء من المنشأ فتتولد في داخل المنشأ قوى مقاومة لتلك الاحمال. وكثافة هذه القوى الداخلية في اي جزء من المنشأ تسمى الاجهاد. والاجهادات اما ان تكون اجهادات شد او ضغط او قص.

$$\sigma = P/A$$

حيث :- σ = الاجهاد (نت/مم^2)

P = الأحمال المركزية (نت)

A= مساحة المقطع المستعرض (مم)

5- الانفعال Strain

عندما تؤثر قوى خارجية على المنشأ يسبب ذلك تغير في شكله ويسمى التغير في اي بعد طولي للمنشأ تشكلا". والانفعال فهو وحدة التشكل او التغير لكل وحدة من الابعاد الطولية للمنشأ.

فالانفعال هو نسبة بين التغير في الطول الى الطول الاصلي .

$$\varepsilon = (L - L_o) / L_o$$

حيث:- ε = الانفعال (مم/مم)

L = الطول بعد الاستطالة

L_o = الطول الاصلي

اهم الخواص الميكانيكية

1- المقاومة Strength

هي اقصى اجهاد يمكن ان تتحمله المادة دون انهيار او تشقق او حدوث تغير كبير وتقاس بالجهد المسلط على وحدة المساحة.

والمقاومة القصوى هي اكبر اجهاد تتحمله المادة خلال تأثير حمل يتزايد ببطيء حتى الكسر.

وقد تكون المقاومة للضغط او الشد او الانحناء .

2- المرونة Elasticity

هي قدرة المادة على استعادة ابعادها الاصلية بعد زوال الحمل المؤثر. اي عدم بقاء اي تشكل دائم بعد زوال الحمل المؤثر.

ودليل ان المادة مرنة ليس بمقدار التغيرات التي تحدث للمادة تحت تأثير الحمل وانما الاستعادة التامة للأبعاد الاصلية للمادة عند زوال الحمل المؤثر.

3- اللدونة Plasticity

هي قدرة المادة على الاحتفاظ بشكل كامل او دائم بعد حصول تشوه Deformation اي لا تسترجع المادة ابعادها الاصلية بعد ازالة الحمل المؤثر.

4- قابلية السحب Ductility او (المطيلية)

هي قدرة المادة على السحب وقابليتها للاستطالة الكبيرة دون تشقق عند تعرضها لحمل الشد.

وتقاس قيمة قابلية السحب للمواد كما يلي:

1- النسبة المئوية للاستطالة $= \text{Ductility} = \dfrac{Lx - Lo}{Lo} \times 100$

2- النسبة المئوية للنقص في مساحة المقطع = $\text{Ductility} = \frac{Ao - Amin}{Ao} \times 100$

3- عامل الاستطالة = $\text{Elongation Factor} = \frac{Ao - Amin}{Amin} \times 100$

حيث:- Lx = الطول النهائي للمادة بعد الكسر

Lo = الطول الاصلي للمادة

Ao = مساحة المقطع الاصلية

Amin = مساحة المقطع بعد الكسر

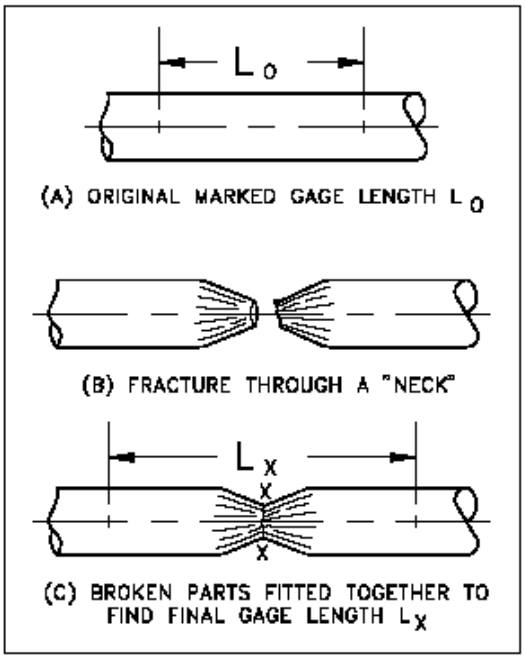


Figure 6 Measuring Elongation After Fracture

شكل رقم (1) قياس الاستطالة بعد الفشل

5- القابلية للقصف Brittleness

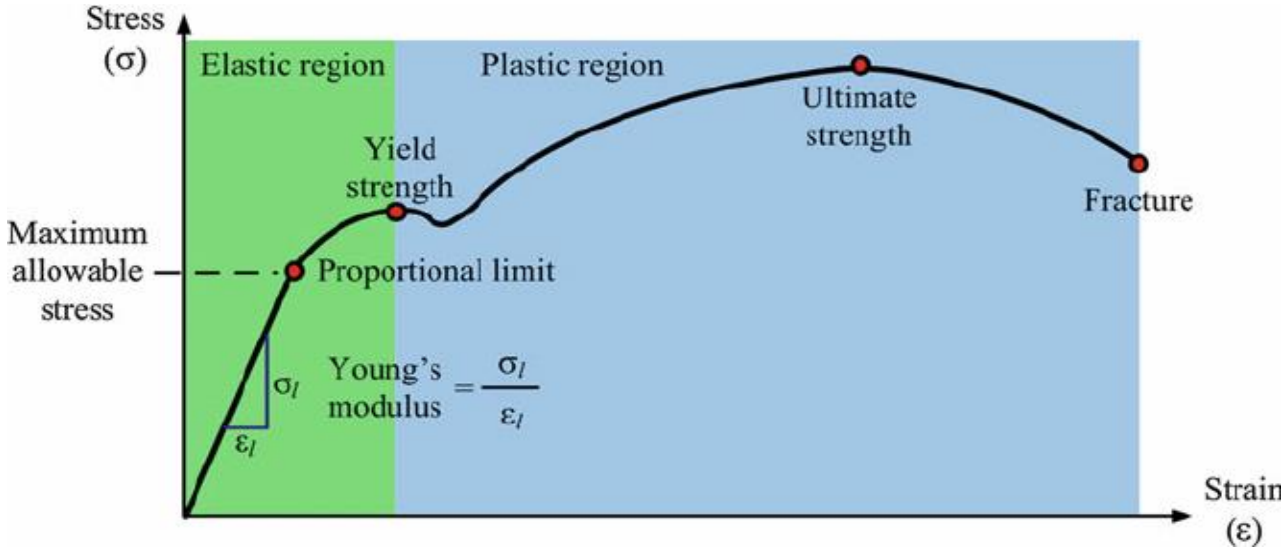
القصف هو عدم قابلية المادة على الاستطالة والسحب والطرق المواد القصيفة هي المواد التي تكون مقاومتها للشد ضعيفة ولا تقاوم احمال الصدم وقابلية القصف عكس خاصية القابلية للسحب فالمادة هنا تتعرض بسهولة للكسر عند تعرضها لقوى شد (tensile) او قوى ثني (bending) مثل الخرسانة او حديد الزهر(حديد يحتوي على شوائب) والزجاج.

6- الصلابة Stiffness

هي قدرة المادة على مقاومة اي نوع من تغير الشكل. وتعرف المادة الصلبة بانها المادة التي تتحمل اجهادات عالية مع تغير صغير نسبيا" في الشكل.

وتقاس الصلابة بمقدار معامل المرونة E (وهو ميل المماس لمنحنى الاجهاد- الانفعال) في اختبار الشد والضغط .

ومعامل المرونة هو قيمة الزيادة في الاجهاد مقسومة على الزيادة في الانفعال المقابل له في حدود المرونة (اي الجزء المستقيم من منحنى الاجهاد- الانفعال) كما في الشكل رقم (2).



شكل رقم (2) منحنى الاجهاد- الانفعال

7- الصلادة Hardness

هي الخاصية التي تجعل سطح المادة يقاوم التآكل والخدش تحت تأثير الاحمال. والمواد الصلدة تكون صعبة القطع والثقب والقص.

او انها قدرة المادة لمقاومة البري(الحك) Abrasion نتيجة الاحتكاك .

8- المتانة Toughness

هي قدرة المادة على تحمل الاحمال الديناميكية دون كسر. أي مقدرتها على مقاومة الصدمات وامتصاص الطاقة الميكانيكية. ويقصد بالمادة المتينة بانها المادة التي تتحمل اجهادا" مناسبا" مع تغيير في الشكل بدون كسر.

9- الزحف Creep

هي الخاصية التي تعبر عن تشكل المادة تحت تأثير الحرارة والزمن والاجهاد الثابت.

مواصفات المواد Specification of Materials

وهي التعابير التي تعرف نوعيات المواد المختلفة وافضل الحدود لاستعمالاتها. او الاشتراطات التي يضعها المستهلك للمنتج.

وقد طورت هذه المواصفات من قبل المؤسسات الهندسية في البلدان المختلفة بحيث اصبحت مواصفات قياسية لكل بلد.

ان المواصفات القياسية للمواد تحتوي على اشتراطات مختلفة منها:-

1- طريقة صنع المادة.

2- الشكل- الابعاد- الانهاء.

3- الصفات الفيزيائية والكيميائية المرغوبة.

4- حدود العوامل والمحتويات الغير مرغوبة.

المواصفات القياسية Standard Specification

هي الاشتراطات التي تضعها بعض الشركات او الجمعيات الصناعية او التجارية او هيئات حكومية او مستقلة يلتزم الموردون بتوفيرها في سلعهم للمستهلك.

وتستخدم المواصفات كاشتراطات لقبول ورفض المواد والمنتجات بين الهيئات المعينة.

وهناك جهات عديدة في العالم تصدر مواصفات قياسية مثل بعض الشركات او الهيئات المستقلة:-

1- هيئة المواصفات البريطانية (B.S.S).

2- الجمعية الامريكية لاختبار المواد American Society for Testing Material (A.S.T.M)

3- اتحاد الصناعات بألمانيا (D.I.N)

4- الهيئة الدولية للمواصفات (I.S.O).

وهذه الهيئة (I.S.O) تقوم بعمل مواصفات قياسية موحدة بعد مناقشة مواصفات الجهات المختلفة.

وتعتمد قوة المواصفات القياسية على مدى نفوذ الهيئة التي تصدرها ومدى الثقة التي تتمتع بها.

التجربة والاختبار Experiment and Testing

يجب التمييز بين التجربة والاختبار ,فالتجربة الغرض منها استخلاص نتائج لم تكن معروفة او متأكد منها قبل اجراء التجربة كما في الابحاث.

اما الاختبار فله خطوات ثابتة والغرض منه التحقق من مطابقة المادة او المنتج في نتائج الاختبار لحدود معروفة وذلك لضبط الجودة او لتقرير قبول المنتج بالنسبة للمستهلك .

وتنقسم الاختبارات الى:-

1- اختبارات اتلافية Destructive Testing

وهذه الاختبارات تفقد الاستفادة من المادة بعد اجرائها مثل كسر عينة من المادة لتحديد مقاومتها القصوى. لذلك يجب اجراء هذه الاختبارات على عدد محدود من العينات تنتخب بدقة لتمثل كمية كبيرة من المواد.

2- اختبارات غير اتلافية Non-Destructive Testing

وهذه الاختبارات تجري على منتجات او منشآت اكتملت ويلزم عدم اتلاف اي جزء منها. مثال ذلك اجراء اختبار جودة تنفيذ المنشآت الخرسانية بالموجات الصوتية.

الفصل الثاني

الطابوق
Bricks

الطابوق Bricks

هو عبارة عن قطع صلبة من الطين او النورة والرمل او اي مادة اخرى تعمل بشكل قطع منتظمة الابعاد يمكن صنعها ونقلها واستعمالها بسهولة في البناء ولها القابلية في تحمل الاثقال ومقاومة التأثيرات والتغيرات الجوية.

المظهر العام general shape

شكل الطابوق منتظم وزواياه قائمة وجوانبه مستقيمة ضمن حدود التفاوتات المسموح بها في حالة وجود تشقق أو تثلم فيجب أن لا تسبب إضعافا لخواص الطابوق وان لا يزيد التثلم على 10٪ من حجم الطابوقة . يكون الطابوق متجانساً جيد الحرق خالي من قطع الحصى والحجر والعقد الجيرية وان لا تقل نسبة الطابوق السليم الخالي من العيوب أعلاه عن 90٪ من الإرسالية .

صناعة الطابوق Production Of Bricks

وتعد صناعة الطابوق في العراق من الصناعات المهمة و تنتشر خارج المدن لما تسببه من تلوث بيئي جراء الدخان المتصاعد من الافران.

بعد تقطيع الطين (اللبن) بأبعاد الطابوق يحرق الطابوق لكي يفخر بأفران خاصة وبدرجة حرارة (750-1000) درجة مئوية وقد ينتج بتفاوت درجات الحرارة نوعيات مختلفة من الطابوق وهي حسب تسلسل حصولها على الحرارة من الاقل الى الاكثر:-

الاحمر – المشوهب – الاصفر – المصخرج.

وغالبا" ما يكون هذا التحول بالنوعية مصحوبا" بتحول في الخواص التي تتأثر بالحرارة وهي الكثافة ونقصان في المسامية وقابلية الامتصاص ونقصان في ظهور التزهر والاملاح ثم تغير في اللون.

أصناف الطابوق

1- يصنف الطابوق بالنسبة لمكان العمل:-

صنف أ :- يستخدم لأجزاء المنشآت والأسس المحملة بالأثقال والمعرضة للتآكل بفعل العوامل المناخية والجدران الخارجية المعرضة للتآكل .

صنف ب:- يستخدم لأجزاء المنشآت المحملة بالأثقال وغيـر المعرضة للتآكل أو في الجدران الداخلية المحمية من الرطوبة.

صنف ج : - يستخدم لأجزاء المنشآت التي لا تتعرض للعوامل المناخية وغير المحملة كالقواطع.

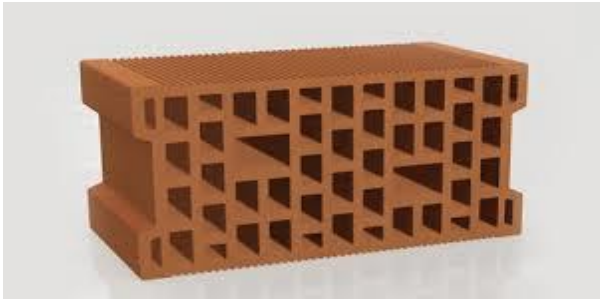
2- يصنف الطابوق بالنسبة لابعاده وشكله:-

الطابوق المصمت:- خالي من الثقوب والتجاويف بأبعاد (240×115×75) مم
الطابوق المثقب :- لا تزيد نسبة الثقوب فيه على 25٪حجماً وبأبعاد (240×115×75) مم
الطابوق المجوف :- تزيد نسبة الثقوب فيه على 25٪ حجماً وبأبعاد (240×115×75) مم

وهذه ثقوب تكون منتظمة ومتناسقة الابعاد والغرض من هذه الثقوب هو:-
*- تقليل وزن الطابوقة لتقليل الاحمال على اسس البناية .
*- زيادة العزل الحراري والصوتي.
*- زيادة التماسك بين الطابوق والمونة.

طابوق مثقب

طابوق مصمت



طابوق مجوف

3- يصنف الطابوق بالنسبة للمواد المستعملة في صناعته:-

الطابوق الطيني والرملي والخرساني.

4- يصنف الطابوق بالنسبة لطريقة صناعته:-

الطابوق الميكانيكي ونصف الميكانيكي واليدوي.

5- يصنف الطابوق بالنسبة لدرجة حرارة صناعته:-

الطابوق المصخرج والاصفر والابيض. حيث يكون الطابوق بأنواع مختلفة حسب درجة الحرارة التي يحرق بها ومن هذه الأنواع:-

*- **الطابوق المصّخرج:-** من خواصه أنه قليل المسامات صلب ذو كثافة عالية ولا تظهر على سطحه الأملاح ويستعمل عادة في عمل الأساسات للأبنية وذلك لقوته وعدم نقله للرطوبة.

*- **الطابوق الأبيض والأصفر:-** ويستعملان في واجهات المباني والأبنية الداخلية.

*- **الطابوق الأحمر:-** وهو لبن محروق قليلاً، وقوة تحمله أقل من الأنواع الأخرى ويستعمل في بناء الجدران الداخلية والقباب.

فحوصات الطابوق Tests Of Bricks

1- فحص ابعاد الطابوق Test of dimensions

الغرض من الاختبار Purpose

تحديد ابعاد الطابوق

الأدوات والأجهزة المستخدمة Apparatus and Device

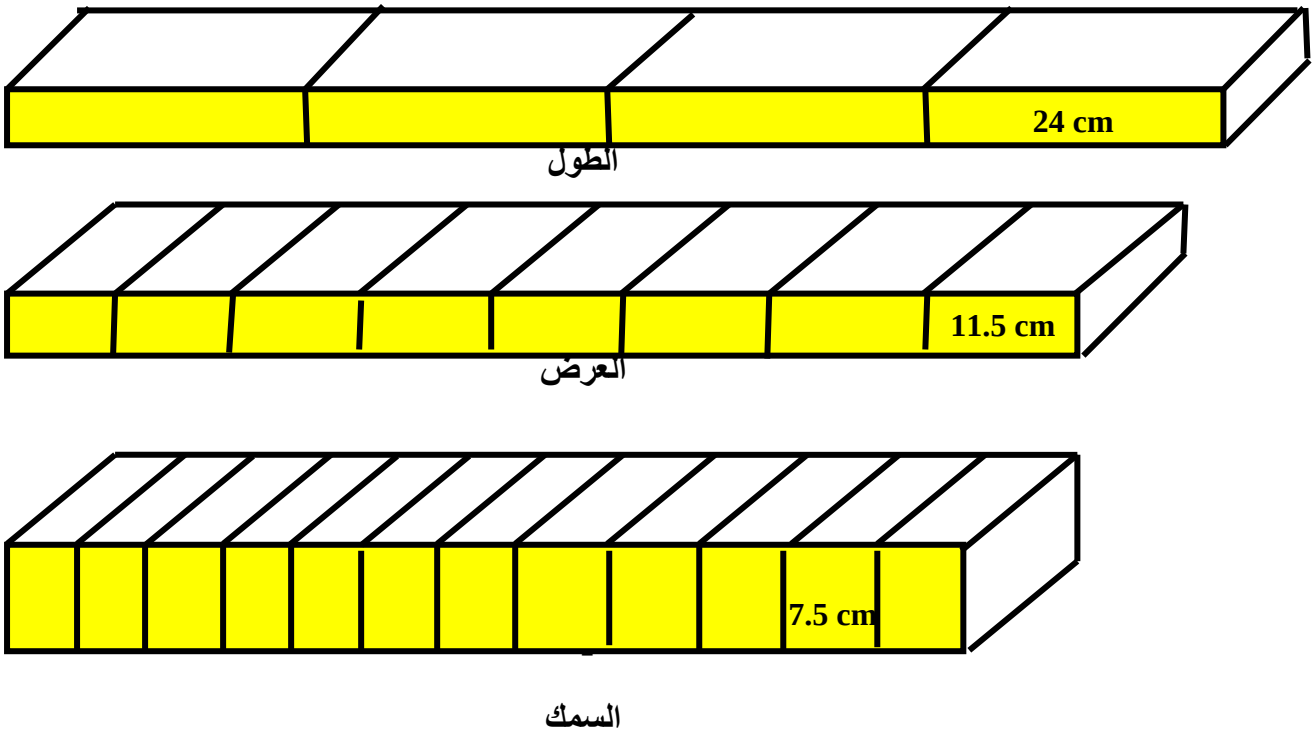
شريط قياس فولاذي

طريقة الفحص Procedure

اعتمدت في هذا الفحص المواصفات القياسية العراقية رقم 24 لعام 1988 (IQS 24-1988).

يحسب متوسط ابعاد (24) طابوقة وذلك برصف الطابوق بصورة متلاصقة بمحاذاة خط مستقيم على سطح مستو كما مبين بالشكل رقم (1) . يقاس كل من الطول والعرض والسمك باستعمال المسطرة او الشريط الفولاذي , ويجب ازالة النتوءات وحبيبات الرمل العالقة قبل رصف الطابوق.

واذا تعذر تحديد (24) طابوقة فيمكن اجراء تحديد الابعاد على مجموعتين من (12) طابوقة او ثلاث مجاميع من (8) طابوقات بحيث تقاس كل مجموعة على انفراد الى اقرب 0.3 سم ويكون المجموع ممثلا لابعاد (24) طابوقة. كما يكون المعدل الحسابي لابعاد (24) طابوقة ممثلا" لابعاد الطابوق المفحوص.



شكل رقم (1) الأوضاع المختلفة لتعيين مقاسات الطابوق

وقد حددت المواصفات العراقية رقم 25 لعام 1988 ابعاد الطابوق (7.5 * 11.5 * 24) سم لجميع اصناف الطابوق ومقدار التفاوت للابعاد هو ± 3% للطول والعرض و ± 4% للسمك.

2- فحص مقاومة الضغط Compressive Strength test

الغرض من الاختبار Purpose

ان الهدف من هذا الاختبار هوتحديد مقاومة الضغط للطابوق لمعرفة مدى تحمل الطابوقة لأعلى اجهاد يمكن ان تتحمله قبل الكسر مما يتيح لنا تحديد النوع الافضل من الطابوق لاستخدامه في بناء المنشات الهندسية. ويجري الفحص على (10) طابوقات ويؤخذ المعدل.

الأدوات والأجهزة المستخدمة apparatus and Device

1- جهاز فحص الضغط.(شكل رقم 2)

2- اوحين من الخشب الرقائقي

3- حوض ماء.

شكل (2) جهاز الانضغاط للفحص الطابوق

طريقة الفحص Procedure

اعتمدت في هذا الفحص المواصفات القياسية العراقية رقم 24 لعام 1988 (IQS 24-1988).

1- تؤخذ عشرة طابوقات كل وترقم كل طابوقة برقم معين.

2- يغمر النموذج في الماء بدرجة حرارة الغرفة مده لاتقل عن 24 ساعة.

3- يرفع النموذج من الماء ويجفف بقطعة قماش ثم يوضع بين لوحين من الخشب الرقائقي بسمك 2ملم ويوضع بين لوحي جهاز فحص الانضغاط بحيث ينطبق محور النموذج على مركز اللوح لجهاز الانضغاط. ويعتبر سطحا الطابوقة الافقيان عند بناء الحائط هما سطحي التحميل.

4- تحمل عينة الاختبار بضغط محوري منتظم مقداره (3,5 نت/ مم^2) في الدقيقة لحين الكسر. ثم يستخرج مقاومة الضغط لكل طابوقة من العلاقة التالية:

مقاومة الضغط = حمل الكسر/ مساحة السطح

وبعدها يؤخذ معدل الضغط للطابوقات العشرة ويصنف الطابوق طبقا" للاصناف الثلاثة كما حددتها المواصفات العراقية م.ق.ع 25 لسنة 1988 وكما مبين في جدول رقم (1).

ملاحظة:- مساحة السطح تمثل مساحة الجزء الصلب فقط للطابوق المثقب اي يتم طرح مساحة الفتحات عند حساب المساحة للطابوقة.

الصنف	الحد الأدنى لتحمل الضغط نيوتن \ مم^2		الحد الأعلى للامتصاص ٪		التزهر (حد أعلى)
	معدل 10 طابوقات	تحمل طابوقة واحدة	معدل 10 طابوقات	امتصاص طابوقة واحدة	
صنف أ	18	16	٪20	٪22	خفيف
صنف ب	13	11	٪24	٪26	متوسط
صنف ج	9	7	٪26	٪28	-

جدول رقم (1) المواصفات العراقية م.ق.ع 25 لسنة 1988(مقاومة الانضغاط , الامتصاص, التزهر) للطابوق.

3- فحص الامتصاص Absorption test

ان وجود المسامات في هيكل الطابوق يؤدي الى زيادة امتصاص الطابوق للماء والذي يؤدي الى:-

1- كلما زاد امتصاص الطابوقة للماء فان هذا يؤدي الى نقصان في قوة تحمل الطابوق للضغط .

2- قد يحتوي هذا الماء على املاح التي تؤدي الى حدوث ظاهرة التزهر.

3- كما ويؤثر سلبيا" على المادة الرابطة من خلال امتصاصه لماء المادة الرابطة ولهذا يرش الطابوق بالماء قبل البناء.

4- انجماد الماء داخل مسامات الطابوق يؤدي الى زيادة حجمه وبالتالي يسبب تلف الطابوق والمادة الرابطة, لذا فان امتصاص الماء له علاقة بدوام البناء بالطابوق وقوة تحمله.

5- زيادة امتصاص الماء يؤدي الى تلف طبقات الانهاء والاصباغ.

ان سبب وجود المسامات في الطابوق يعود الى:-

- مقدار الكبس اثناء التصنيع.
- نسبة الماء عند صناعة الطابوق.
- درجة حرارة الحرق.

الغرض من الاختبار:- Purpose of Test

تحديد النسبة المئوية لامتصاص الطابوق للماء .

الأدوات والأجهزة المستخدمة:- apparatus and Device

فرن تجفيف – ميزان حساس – حوض ماء .

طريقة الفحص Procedure

يجرى الفحص على (10) طابوقات ويؤخذ المعدل.

1- تجفف عينة الفحص في فرن التجفيف عند درجة حرارة 110 م تقريبا" لمدة 24 ساعة بعدها تبرد وتوزن ($و_1$).

2- تغمر العينة تماما" في ماء درجة حرارته (15-30) م لمدة 24 ساعة ثم ترفع من الماء وتنشف بقطعة قماش ثم توزن خلال فترة (3) دقائق من رفعها من الماء ($و_2$).

الحسابات:-

$$\text{نسبة الامتصاص} = (و_2 - و_1) / و_1 \times 100$$

حيث:- $و_1$ = وزن النموذج الجاف.

$و_2$ = وزن النموذج المشبع بعد (24) ساعة.

وقد حددت المواصفات العراقية م.ق.ع 25 لسنة 1988 نسبة الامتصاص للطابوق كما مبين في جدول رقم (1) اعلاه.

4- فحص التزهر Efflorescence test

التزهر:- هو عبارة عن ترسبات ملحية على السطح الخارجي للطابوق وتحدث بسبب نفاذية الطابوق وقابلية حركة الاملاح الذائبة بفعل الرطوبة المكتسبة .وبعد تبخر الرطوبة تبقي الأملاح على السطح على هيئة بلورات.

ولا تقتصر خاصية التزهر على وجود أملاح بكثرة فقط ولكن تتوقف كذلك على كمية الرطوبة.

ان مصدر هذه الاملاح هو التربة المستخدمة في صناعة الطابوق وخاصة عندما تؤخذ التربة من سطح الارض الذي يحتوي على نسبة عالية من الاملاح , والمصدر الاخر فهي الاملاح الموجودة في الماء المستخدم في صناعة الطابوق.

ان هذه الترسبات الملحية تشوه المظهر الخارجي للبنايات وتسبب في خلع مواد الأنهاء من الداخل والخارج نتيجة لتبلور الاملاح وانتفاخها وتمددها مسببة ضغطا" على مواد الانهاء.

تؤثر ظاهرة التزهر على المنشأت الهندسية سلبياً حيث تؤثر الاملاح على خواص الطابوق مما يؤدي الى حصول التشقق والتفتت للجدران نتيجة لذلك وتحولها الى قوام هش .

للتخلص من ظاهرة التزهربالإمكان اتخاذ التدابير الاتية:-

1- بزل التربة قبل استعمالها في عمل الطابوق.

2- عدم استعمال ماء مشبع بالأملاح عند البناء.

الغرض من الاختبار:-_Purpose of Test

تحديد نسبة الاملاح الموجودة بالطابوق.

الأدوات والأجهزة المستخدمة apparatus and Device

1- أواني معدنية مسطحة بعمق لا يقل عن 5 سم وتحتوي على ماء مقطر بارتفاع لا يقل عن2.5 سم .

طريقة الفحص Procedure

يجري الفحص على (10) طابوقات ويؤخذ المعدل.

1- توضع كل طابوقة على نهايتها الصغرى في اناء مسطح (عمقه لا يقل عن 5 سم) ويحتوي على ماء مقطر بعمق لا يقل عن(2.5) سم وتترك في غرفة التجفيف درجة حرارتها من (15-30 م°) لمدة سبعة ايام مع اضافة الماء المقطر كلما جف الاناء كما في الشكل رقم (3).

2-يجفف الطابوق في نفس الغرفة لمدة لا تقل عن ثلاثة ايام اخرى في نفس الاواني ولكنها خالية من الماء المقطر.

وتختبر الطابوقة للتزهر كالاتي:-

1- تزهر معدوم:-

اذا لم يشاهد اي املاح على سطح العينة.

2- تزهر خفيف:-

اذا شوهدت رواسب ملحية خفيفة لا تزيد عن 10 % من مساحة الطابوقة.

3- تزهر متوسط:-

اذا شوهدت رواسب ملحية اكثر من 10% ولا تزيد عن 50 % من سطح الطابوقة على ان لا يصحب ذلك تفتت او تقشر في السطح.

4- تزهر كثيف:-

اذا غطت الرواسب الملحية اكثر من 50 % من سطح الطابوقة دون ان يصحب ذلك تفتت او تقشر في السطح.

5- تزهركثيف جدا":-

اذا ترسب الملح بكثرة على سطح الطابوقة وصحب ذلك تفتت او تقشر للسطح او كلاهما مع ميل للزيادة كلما تكرر بلل العينة للماء.

وقد حددت المواصفات العراقية م.ق.ع 25 لسنة 1988 التزهر للطابوق كما مبين في جدول رقم (1) اعلاه.
ملاحظة:- تطرح مساحة الثقوب للطابوق المثقب عند احتساب المساحة الكلية للطابوقة.

شكل رقم (3)

مثال:- اذا كانت مساحة التزهرالكلية المحسوبة للطابوقة من النوع المثقب بابعاد (24*11,5*7,5) سم هو(80) سم^2 وعدد الفتحات الدائرية (10) لكل وجه بقطر (2) سم . حدد نوع التزهر في هذه الطابوقة حسب المواصفات العراقية.

مساحة اوجه الطابوقة = 2(24× 11.5) + 2 (24× 7.5) + 2 (11.5 × 7.5) = 1084,5 سم^2

مساحة الفتحات للوجهين = 2× 10 [3.14 × (1)^2] = 62.8 سم^2

صافي مساحة الطابوقة = 1084.5 – 62.8 = 1021.3 سم^2

النسبة المئوية للتزهر = (مساحة التزهر/ مساحة أوجه الطابوقة) x 100%

= 80 /1027.7 × 100= 7.78 % اقل من 10% اذن التزهر خفيف.

اما اذا كانت مساحة التزهر مثلا 120 سم^2 فتكون النسبة المئوية للتزهر :-

النسبة المئوية للتزهر = 120 /1027.7 × 100= 11.6% اكثر من 10% اذن التزهر متوسط.

الفصل الثالث

الجبس
Gypsum

الجبس Gypsum

يقصد بالجبس مواد التي يحصل عليها بازالة ماء التبلور جزئيا" او كليا" من خام الجبس الطبيعي بالتسخين الشديد والذي قد يضاف اليه مواد اخرى لتؤخر او تسرع في التصلب او لإعطائه لدونة كبيرة. وتكون هذه الاضافة اثناء او بعد عملية التسخين.

الصيغة الكيميائية للجبس هي ($CaSO_4.2H_2O$). ويتواجد مع الدولوميت والطين والحجر الجيري وهو ذو لون رمادي أوأبيض ويميل إلى الإحمرار في بعض الأحيان وقد يكون وجوده على سطح الأرض أو على أعماق قد تصل إلى 350م .

مكونات كبريتات الكالسيوم المائية

تحتوي كبريتات الكالسيوم المائية على :79.1% من كبريتات الكالسيوم و 20.9% ماء بالوزن.
ويحتوي خام الجبس عادة على شوائب من أهمها السيليكا أو الرمل (SiO_2) ، وكربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) .

أنواع الجبس الطبيعي

يتشكل الجبس الطبيعي على هيئة ثلاثة أنواع هي كبريتات كالسيوم مائية ($CaSO_4.2H_2O$) ، و كبريتات كالسيوم نصف مائية ($CaSO_4.½\ H_2O$) ، و كبريتات كالسيوم لا مائية ($CaSO_4$)
الجبس الحاوي على نصف جزيئة ماء يدعى البورك (مسحوق باريس) وهو مادة غير مستقرة حيث بمجرد تواجد الماء او الرطوبة يحدث التفاعل العكسي مكوناً مادة صلبة لذلك يجب خزنها في مكان لاتصله الرطوبة لأنه يتحول بسرعة الى مادة صلبة اما مادة كبريتات الكالسيوم اللامائية (الجص اللامائي) فانها تحتاج الى زمن اطول لترجع الى كبريتات الكالسيوم المائية عند تفاعلها مع الماء.

1.الجص الميكانيكي

هو المادة الناتجة من احراق خامات الجبس ويحوي نسبة عالية من الشوائب وعادة تؤثر في زيادة وقت التماسك, يحضر بكور بدائية ويطحن بمطاحن صغيرة ومتحركة يستعمل في الانهاء الابتدائي وكقيمة بنائية ولايستعمل في الطبقة الاخيرة من الانهاء.

2.الجص الفني

يحضر من نفس خامات النوع الميكانيكي الا انه يحرق بأفران خاصة ويطحن بمطاحن ثابتة وهو انعم من النوع الميكانيكي وذو تحمل اعلى وزمن تماسك اقل يستعمل كقيمة بنائية وللأنهاء في الطبقات الاولية والنهائية.

3.البورك

ويسمى البياض ويستعمل للأنهاء النهائي او للأنهاء الاولي بعد خلطه مع الرمل.

استخدام الجبس

*- يستعمل الجص كمادة رابطة للوحدات البنائية وخصوصا" في المناطق الجافة.

*- يستعمل الجبس كمادة انهاءات للجدران كطبقة اولية (الجص) وطبقة نهائية (البورك)

*- يستعمل البورك في انتاج الواح البياض الجاهزة (وهي الواح مربعة او مستطيلة) يتراوح سمكها (2-4) سم وتستخدم للسقوف الثانوية.

خصائص ومميزات الجبس

تتمتع مادة الجبس بخصائص ومميزات تجعلها دائماً في طليعة المواد الأساسية المستعملة في صناعة البناء , ومن أهم تلك المميزات ما يلي :-

1- مقاومة الحريق .
2- امتصاص وعزل الصوت .
3- عزل الحرارة .
4- خصائص ميكانيكية جيدة إذ تتراوح قوة الانحناء ما بين (4- 6) نت/مم2 , وذلك حسب نوع الجبس المستعمل , ونسبة الماء فيه , كما يمكن تحسين هذه الخصائص , وخاصة زيادة قساوة سطحه , وزيادة قوة الانحناء بخلط الجبس بمواد أخرى مثل الصوف الزجاجي .
5- إعطاء درجة نقاوة ولون أبيض جميل يمكن طلاؤه بأي لون من الدهان , طول البقاء لمدة طويلة خاصة إذا استعمل بشكل فني.
6- سهولة استعماله وتشكيله في دقائق بسبب سرعة تصلبه.
7-رخيص الثمن حيث يعد أرخص مواد البناء الرئيسة.
8- من المواد الرابطة غير المقاومة للماء لذا لا يستعمل في المحلات المعرضة للرطوبة.
9- تحمل الجص قليل نسبياً ويتأثر بدرجة الحرق ونعومة الجص ومقدار الشوائب وظروف الخزن بعد الانتاج.

ملاحظات حول استخدام استعمال الجبس

*- يجب ان يخزن في مكان جاف لان له قابلية على امتصاص الرطوبة.
*- يجب ان يكون الماء المستعمل في عمل الخلطة نظيفاً وخالياً من المواد الطينية والاملاح.
*- يجب ان تكون اوعية الخلط نظيفة وخالية من اثار الجبس المتصلب.
*- تستعمل المونة الطرية بعد الخلط مباشرة اي قبل تصلبه.
*- لا يجوز اعادة خلط مونة الجبس او اعادة اضافة مونة جديدة الى مونة قديمة.
*- للحصول على جبس ذو زمن انجماد اطول يحرق الجبس بدرجات حرارة عالية او يخلط مع الرمل او بعض المواد الاخرى.
*- لايصلح الجبس لأعمال تطبيق الكاشي لان الجبس عبارة عن املاح كبريتية يؤثر تأثير ضار على الخرسانة بوجود الرطوبة حيث انه يتفاعل مع مركبات الأسمنت مكوناً مركبات كبيرة الحجم وهذا يؤدي الى ارتفاع الكاشي عن الارض.

صنـاعة الجبـس

تمر صناعة الجبس الطبيعي بعدة مراحل هي :-

1- التكسير
وتتم بتكسير الخامات المستخرجة ـ بواسطة كسارات ـ إلي قطع صغيرة على مرحلتين إحداهما تكسير أولي لإنقاص حجمه إلى قطع صغيرة بحجم كف اليد ، والأخرى تكسير ثانوي ليصل إلى حجم العدسات . ثم يخزن في مستودعات تمهيداً لإرساله إلى الافران .

2- الاستخراج
و يتم ذلك بغسل الجبس ، لفصل الشوائب القابلة للذوبان وإزالة الشوائب العضوية بالطفو على الماء، ثم غربلته وأخيراً التجفيف .

3- التحميص
يتم إرسال الجبس المكسر بعد عملية الاستخلاص من مستودعات التخزين إلى أفران خاصة عند درجة حرارة 130- 200 درجة مئوية لتحميصه ، ويبقى بداخلها مدة كافية لطرد ثلاثة أرباع الماء الذي يحتوي عليه الجبس الخام فتصبح صيغته الكيميائية (**CaSO4.½ H2O**).

$$CaSO4.\ 2\ H2O + heat = CaSO4.½\ H2O + 1.5\ H2O$$

وينتج عن ذلك نوعين من الجبس ، هما : جبس ألفا نصف مائي و جبس بيتا نصف مائي ، و يتشابه النوعان في التبلور، لكن الأول أقل قابلية للتفاعل والذوبان ، وبالتالي يتطلب كمية كبيرة من الماء وفترة أطول للتصلب ، وهو الأكثر إنتاجاً واستخداماً .

4- الطحن
يرسل الجبس بعد تحميصه إلى المطاحن لطحنه ، ويمكن معايرة هذه المطاحن للحصول على النعومة المطلوبة.

5- التعبئة
يرسل الجبس المطحون إلى مستودعات خاصة تمهيداً لتعبئه في الأكياس . ويتم قبل تعبئته في الأكياس أخذ عينات منه لإجراء عدد من الاختبارات لمعرفة مدة التصلب ، والنقاوة ، وقوة السحق والانحناء ، و نوع الشوائب ونسبة كل منها ليتم تصنيفه على ضوء تلك النتائج .

زمن الانجماد (التماسك) للجبس

هو الزمن اللازم لتحول الجبس والماء الى مادة صلبة ويتعتمد على:-

1- الشوائب الموجودة مع المادة الجبسية حيث كلما زادت نسبة الشوائب كلما طال زمن التماسك.
2- نعومة الجبس:-
الجبس الخشن زمن انجماده ابطأ من زمن انجماد الجبس الناعم ويسهل العمل به مع نسبة ماء اقل والسبب يعود الى ان المساحة السطحية لحبيبات الجبس الخشن اقل من المساحة السطحية لحبيبات الجبس الناعم والتفاعل مع الماء يجري مع سطح الحبيبات .

3- نسبة الماء الى الجبس ويرمز له(w/g) حيث يزداد زمن الانجماد بزيادة النسبة.
4- درجة حرارة الحرق:-
كلما ازدادت درجة حرارة الحرق ازداد زمن الانجماد والسبب يعود الى ان درجة الحرارة غير العالية فان الجبس الناتج هو جبس باريس(البورك) وهو ناتج غير متحول كلياً اي حاوي على نصف جزيئة ماء ويحتاج الى جزيئة ونصف ليتحول الى مركب مستقر (كبريتات الكالسيوم المائية) في حين اذا ازدادت درجة الحرارة فان الناتج هو الجص اللامائي الذي يحتاج الى جزيئتين من الماء ليتحول الى المركب المستقر وهذا التفاعل اطول اي زمن الانجماد اطول.

تأثير الجبس على الخرسانة

يتفاعل الجبس مع ألومينات الكالسيوم (احد مركبات الاسمنت) فتتكون ألومينات الكالسيوم الكبريتية المائية أي Sulphoaluminate Calcium ويشار إليها عادة بإسم الإترنجايت Etringite وحسب المعادلة:-

$$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 19H_2O + 3(CaSO_4 \cdot 2H_2O) + 16H_2O \rightarrow 3\,CaO \cdot A1_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O + Ca(OH)_2$$

وتسبب بلورات الإترنجايت المتكونة ضغطاً داخلياً يؤدى الى تشرخ الخرسانة وتلفها.

فحوصات الجبس Gypsum Tests

1- فحص درجة النعومة

الغرض من الفحص Purpose

تعيين مقياس حبيبات الجبس أي درجة نعومته.

الأدوات والأجهزة المستخدمة apparatus and Device
1- منخل رقم 16 (مقاس 1.18 مم).
2- ميزان حساس .
3- هزاز.
4- وعاء.

طريقة الفحص Procedure

1- يتم تجفيف مقدار من الجبس في اناء في فرن درجة حرارته حوالي 45م حتى يثبت الوزن.
2- تؤخذ عينة من هذا الجص وزنها 200 غم وتنخل على المنخل القياسي رقم 16(1.18ملم) لمدة (3) دقائق مع عدم استعمال أي عامل لضغط الجبس في فتحات المنخل.
3- يوزن المتبقي من الجبس على المنخل وبنسب مئوية من الوزن الاصلي ثم تقارن هذه النسب مع المواصفات العراقية رقم 28 لعام 1988. وكما في جدول رقم (1).

الحسابات Calculation

$$\text{درجة النعومة \%} = \frac{\text{وزن الجبس المتبقي على منخل 1,18ملم}}{\text{وزن العينة}} \times 100$$

ت	الخاصية	الجص الاعتيادي	البورك	الجص الفني
1-	النعومة %:- لا يزيد المتبقي على منخل رقم (16)	8	0	5

جدول رقم (1)

2- فحص القوام القياسي Standard Consistence

الغرض من الفحص Purpose

هذا الفحص يتضمن إيجاد كمية الماء اللازمة لإنتاج عجينة الجبس ذات القوام القياسي والتي تستعمل لتعيين زمن التجمد للجبس وفحص معامل الكسر في الانحناء باستخدام جهاز فيكات (apparatus Vicat).

(إن كمية الماء اللازمة لتحضير عجينة الجبس ذات القوام القياسي هي الكمية التي تخلط مع (200) غم من الجبس الصناعي والتي تسمح للطرف الاسطواني قطره (10 ملم) لجهاز فيكات بالنفاذ داخل العجينة إلى نقطة تبعد بمقدار (30- 32) ملم من قاع قالب فيكات ذو القياس (40*80) ملم.

الأدوات والأجهزة المستخدمة apparatus and Device

1- جهاز فيكات.

2- ميزان – لوح غير مسامي – مالج - اسطوانة مدرجة لمعرفة كمية الماء المضاف.

طريقة الفحص Procedure

1- تحضر كمية من الجبس وزنها 200 غم (بواسطة ميزان) وتخلط مع كمية من الماء على لوح زجاجي بصورة جيدة لمدة (3) دقائق وهذه المدة تقاس من لحظة اضافة الماء الى الجبس حتى بدأ ملء قالب فيكات بعجينة الجبس.

2- يملأ قالب فيكات المرتكز على لوح غير مسامي بعجينة الجبس السابق تحضيرها بصورة تامة وبدفعة واحدة ثم يسوى سطح العجينة مع حافة القالب بسرعة وباستخدام المالج.

3- يوضع القالب المملوء بالعجينة داخل جهاز فيكات تحت عمود المرود (الغطاس قطره 10 ملم) ويخفض المرود بهدوء حتى يلامس سطح العجينة ويترك ليغطس بصورة حرة تحت تأثير وزنه, وتتم هذه العملية بعد ملا القالب مباشرة.

4- يحدد مقدار نفاذ المرود (الغطاس) في عجينة الجبس بتعيين المسافة بين قاعدته وقاعدة القالب بواسطة التدرج الموجود على الجهاز.

5- يعاد عمل عجائن تجريبية اخرى بكميات ماء مختلفة وتكرر نفس خطوات العمل اعلاه للوصول الى كمية الماء التي تعطي عجينة جبس ذات قوام قياسي **(الكمية التي تسمح للطرف الاسطواني لجهاز فيكات بالنفاذ داخل العجينة إلى نقطة تبعد بمقدار30-32 ملم من قاع قالب فيكات).**

3- فحص زمن التجمد Setting time

الغرض من الفحص Purpose

تعيين زمن التجمد للجبس.

(إن زمن التجمد للجبس هو الفترة المحصورة بين وقت إضافة الماء إلى الجبس ووقت نفاذ إبرة جهاز فيكات في عجينة الجبس إلى مسافة لا تزيد عن 3مم تقريبا" من قاع قالب فيكات.)

الأدوات والأجهزة المستخدمة apparatus and Device

1- جهاز فيكات.

2- ميزان – لوح غير مسامي – مالج - اسطوانة مدرجة لمعرفة كمية الماء المضاف– ساعة توقيت.

طريقة الفحص Procedure

1- يتم عمل عجينة جبسيه ذات قوام قياسي وحسب خطوات العمل في فحص القوام القياسي.

2- يملا قالب فيكات بصورة تامة بالعجينة ثم يسوى سطح العجينة مع حافة القالب.

3- يوضع قالب فيكات اسفل الابرة (ابرة مدورة او مربعة مساحة مقطعها 1 ملم2) المثبتة في جهاز فيكات.

4- تخفض الابرة ببطء حتى تلامس سطح العجينة ثم تترك لتنفذ في العجينة تحت تأثير الوزن الكلي للحامل والابرة (300غم).

5- تكرر نفاذ الابرة في العجينة في مواضع مختلفة منها الى ان تنفذ الابرة الى مسافة لا تزيد عن (3ملم) من قاعدة القالب . وعندها يحسب زمن التجمد للجبس (زمن التجمد هو الفترة المحصورة بين وقت إضافة الماء إلى الجبس وقت نفاذ إبرة جهاز فيكات في عجينة الجبس إلى مسافة لا تزيد عن 3مم تقريبا" من قاع قالب فيكات).

تحديدات المواصفات العراقية رقم 28 لسنة 1988 كما في جدول رقم (2).

ت	الخاصية	الجص الاعتيادي	البورك	الجص الفني
-1	وقت التماسك(دقيقة) لا يقل عن لا يزيد عن	8 25	8 25	12 20

جدول رقم (2)

ان تحديد المواصفة لوقت التماسك بالحد الادنى (8) دقيقة وذلك لو كان الوقت اقل من هذا فان هذا يؤدي الى سرعة تصلب الجبس وصعوبة اجراء التسوية للسطوح المغطاة بالجبس.

اما تحديد وقت التماسك بالحد الاعلى (25) دقيقة وذلك لو اصبح الوقت اكثر من هذا فانه يؤدي الى اعاقة عملية الاستمرار بالبناء وسرعتها اذ لا يمكن عمل طبقة من الجبس فوق طبقة اخرى قبل جفاف وتصلب الطبقة الاولى بصورة معقولة وهذا يلاحظ في استخدام الجص الفني الذي يستخدم في عمل الاقواس والسقوف.

4- فحص معاير كسر الانحناء

الغرض من الفحص Purpose

تحديد مقاومة الجبس في الانحناء وذلك بحساب معاير كسر الانحناء.

الأدوات والأجهزة المستخدمة apparatus and Device

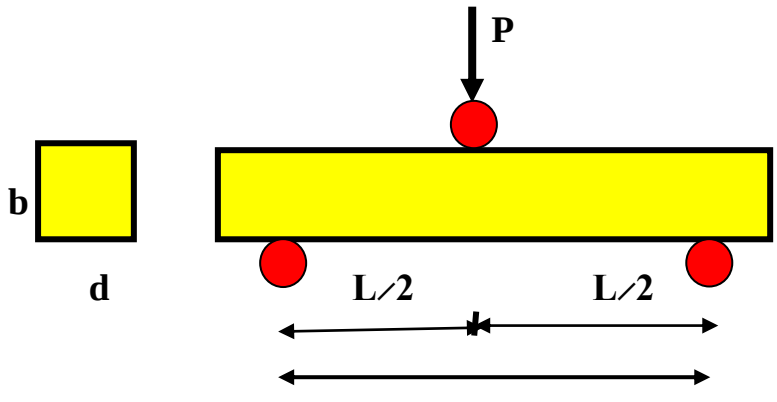
1- قوالب بأبعاد (40*40*160) سم.
2- جهاز فحص الانحناء.

طريقة افحص Procedure

1- تؤخذ عينة من الجبس المراد فحصه مقدارها (500) غم ويضاف اليها كمية الماء القياسية المستخرجة في فحص القوام القياسي (فحص رقم 2) وتخلط العجينة لمدة (3) دقائق.
2- تصب عجينة الجبس في قوالب بأبعاد (160 * 40 * 40) سم سبق تزييتها وبعد تمام التصلب ترفع القوالب وتحفظ بدرجة حرارة حوالي 25م ورطوبة نسبية لا تقل عن 50%.
3- تختبر العينات السابق تجهيزها بعد مضي (7) ايام من صبها بماكنة الاختبار.(شكل رقم 1).
3- يحدد حمل الكسر كما يلي:-

$$M.O.R = 3/2 \frac{PL}{bd^2}$$

M.O.R = معاير الكسر(N \mm2) Modules Of Rapture
P = القوة التي تؤدي الى كسر الجبس (N)
L = المسافة بين المسندين (mm)
b = عرض العتبة (mm)
d = عمق العتبة (mm)



شكل رقم (1) اختبار معاير الكسر

تحديدات المواصفات العراقية رقم 28 لسنة 1988 كما في جدول رقم (3)

ت	الخاصية	الجص الاعتيادي	البورك	الجص الفني
1-	معاير الكسر (نيوتن\مم^2) لايقل عن	-	1.5	2

جدول رقم (3)

الفصل الرابع

الاسمنت
Cement

الاسمنت البورتلاندي Portland cement

مقدمة

يطلق اسم الإسمنت في اللغات على كل رابط عضوي أوغير عضوي كالصمغ واللدائن والمعجونات وسبائك اللحام والإسفلت والإسمنت المائي.

ومن أهم أنواع الإسمنت الهيدروليكي هو الإسمنت البورتلاندي (Portland cement) والذي اكتشفه البناء الانكليزي جوزيف اسبيدن (Joseph Aspdin) في أوائل القرن التاسع عشر عام 1825 م، ويسمى بهذا الاسم لتشابه لون الإسمنت المتجمد مع أحجار البناء المسماة بأحجار بورتلاند الموجودة في جزيرة بورلاند بانكلترا.

الاسمنت:-

هي المادة التي تمتلك خواص تماسكية (Cohesive) وتلاصقية (adhesive) .بوجود الماء مما يجعله قادرا على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض و تماسكها مع حديد التسليح وتحويلها الى وحدة كاملة مترابطة.
والاسمنت له خاصية التجمد (setting) والتصلب (Harding) بفعل التفاعلات الكيماوية وبوجود الماء لذلك يعرف بالاسمنت المائي أو الهيدروليكي (hydraulic cement) .

المكونات الرئيسية الداخلة في صناعة الاسمنت البورتلاندي

1- أوكسيد الكالسيوم (CaO) وهذا يوجد في الحجر الجيري ($CaCO_3$) والحجر الجيري الطباشيري.

$$CaCO_3 \xrightarrow{\text{تسخين بالفرن}} CaO + CO$$

2- ثاني اوكسيد السليكون أو السليكا (SiO2) وهذا يوجد في الطين.
3- الالومينا والحديد وهذه موجودة في الطين.
4- المغنيسيا والقلويات (Alkalis) , الصوديوم, الكالسيوم, البوتاسيوم والفوسفات وهذه موجودة في الطين.

صناعة الإسمنت البورتلاندي:

هناك عدة طرق لصناعة الإسمنت :الطريقة الجافة والطريقة الرطبة .

1- الطريقة الرطبة (Wet Process)

يتمم طحن ومزج المواد الأولية بوجود الماء وهذه الطريقة تستعمل عندما تكون نسبة الرطوبة في المواد الأولية عالية.

2- الطريقة الجافة (Dry Process)

يتمم طحن ومزج المواد الأولية بحالتها الجافة وهذه الطريقة تستعمل:-

* عندما تكون المواد الأولية صلدة لا تتفت بالماء.
* في البلدان الباردة لمنع تجمد الماء في الخليط.
* في حالة شحة الماء اللازم لعملية الخلط.

المقارنة بين الطريقة الرطبة والجافة

ت	الطريقة الرطبة	الطريقة الجافة
1	حجم الفرن الدوار اكبر	حجم الفرن الدوار اصغر
2	كمية الوقود اللازمة لإزالة الرطوبة اكبر	كمية الوقود اللازمة لإزالة الرطوبة اقل
3	اقل اقتصادية	أكثر اقتصادية
4	يمكن الحصول على مواد متجانسة بسهولة	لايمكن الحصول على مواد متجانسة بسهولة
5	تحتاج المكائن والمعدات الى صيانة وإدامة اقل	تحتاج المكائن والمعدات الى صيانة وإدامة أكثر

يصنع الاسمنت وذلك بخلط مواد كلسية مثل الحجر الجيري $CaCO_3$ (Lime Stone) أو الحجر الجيري الطباشيري Chalk مع مواد طينية مثل الأحجار الطينية الرخوة (الطفل) Shale أو الطين Clay بعد طحنها و تجرى عملية الطحن و الخلط بالطريقة الجافة أو الرطبة و يتم تحليل المواد الخام ثم طحنها وخلطها بالنسب المحسوبة لأى نوع من انواع الأسمنت.

تحرق المواد باستخدام فرن كبير يسمى بالفرن الدوار (rotary kiln) ذو شكل اسطواني مصنع من الحديد ومبطن من الداخل بمادة مقاومة للانصهار (طابوق ناري).

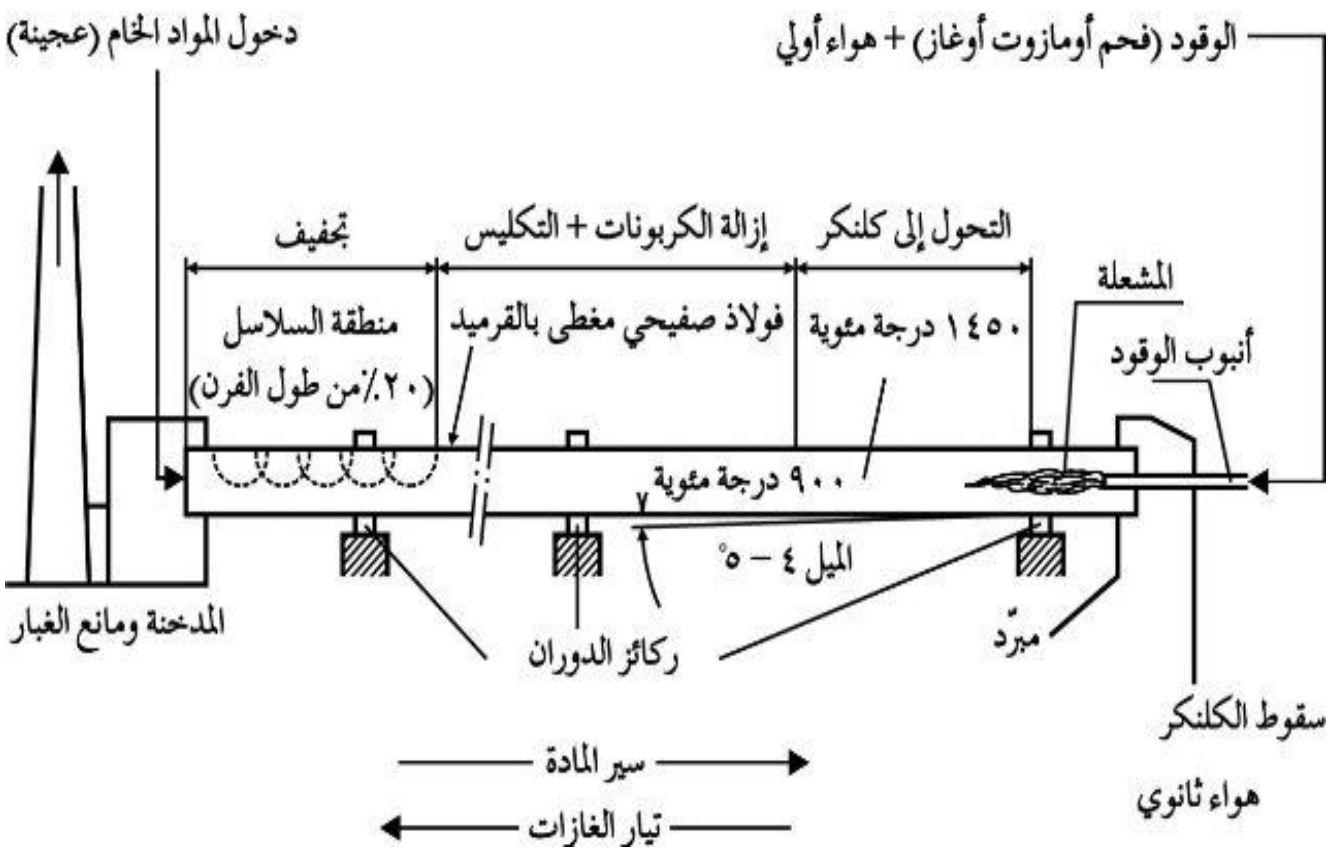
يصل قطر الفرن الى 8 أمتار وطوله الى 230 متر في الطريقة الرطبة، وفي الطريقة الجافة يصل قطره الى 6 متر، وطوله الى 105 متر. يدور ببطئ حول محوره الطولي والذي يميل قليلا عن الافق. يضخ النفط او الغاز الطبيعي من النهاية السفلى للفرن، بينما يتم تغذية المواد من النهاية العليا وأثناء حركتها نحو الاسفل ترتفع درجة الحرارة تدريجياً وتعاني المواد سلسلة من التفاعلات الكيماوية:-

1- لغاية 100 °م تفقد المواد الاولية الماء الطليق.
2- بين 150 - 500 °م يتم فقدان الماء المتحد كيميائياً.
3- عند درجة حرارة 600 °م يبدأ تحلل كاربونات المغنيسيوم الموجودة في حجر الكلس.
4- عند درجة حرارة 900 °م يبدأ تحلل كاربونات الكالسيوم.
5- مرحلة ذوبان المواد الرئيسية مثل أكاسيد الكالسيوم والألمونيوم والحديد في درجة حرارة 1250 -1350 °م والتى عندها بداية الانصهار.
6- في مناطق الفرن السفلى حيث درجات الحرارة العالية 1300 - 1500 درجة مئوية تتحول من 20 – 30 % من المادة الجافة إلى سائلة (انصهار)، وتتم إعادة اتحاد الجير(الكلس) والسليكا والالومينا وتكوين مركبات جديدة وهي:

1- سيليكات ثلاثي الكالسيوم C_3S
2- سيليكات ثنائي الكالسيوم C_2S
3- ألومينات ثلاثي الكالسيوم C_3A
4- ألومينات حديد رباعي الكالسيوم C_4AF

وفي النهاية تتكتل المادة إلى كرات صغيرة قطرها 3- 25 ملم تسمى الكلنكر ومن ثم يبرد الكلنكر ويطحن الى مسحوق ناعم بعد إضافة كبريتات الكالسيوم المائية ($CaSO_4.2H_2O$) والمعروفة بالجبس (Gypsum) وفائدته تنظيم زمن التجمد للاسمنت.

اللون الرمادي للاسمنت البورتلاندي ناتج عن وجود عنصر الحديد.والشكل رقم (1) يبين صورة ورسم توضيحي للفرن الدوار في صناعة الاسمنت.



شكل رقم (1) صورة ورسم توضيحي للفرن الدوار في صناعة الاسمنت.

الخواص الفيزيائية للإسمنت البورتلاندي Physical Properties of Portland Cement

* الاسمنت البورتلاندي عبارة عن مسحوق رمادي حبيباته لها وزن نوعي (3.15) وحجم يتراوح بين (80-20) مايكرون وحجم الحبيبة يعتمد على طريقة الطحن ويمكن أن يتغير حسب متطلبات الاسمنت.

* جزيئات الاسمنت ذات حجم صغير بحيث من الصعوبة قياسها بالتحليل المنخلي كما في حالة الركام, وبذلك يتم اللجوء الى تحديد المساحة السطحية النوعية (Specific Surface Area) لوحدة الوزن كقياس بديل.

* يتم تعيين المساحة السطحية النوعية للإسمنت في الولايات المتحدة الأمريكية بطريقة (Blaine) وهي الأكثر شيوعا" ومبنية على أساس قياس سرعة انتشار الهواء تحت ضغط ثابت خلال نموذج صغير مضغوط من الاسمنت . وتتراوح قيم المساحة السطحية النوعية المقاسة بهذه الطريقة بين (300-500 m^2/ Kg) لأغلب أنواع الاسمنت المستعمل.

الخواص الكيميائية للإسمنت البورتلاندي Chemical Properties of Portland Cement

ان المواد الأولية المستعملة في صناعة الاسمنت البورتلاندي تتكون بصورة رئيسية من :-
1- الحجر الجيري (CaO) ويرمز له بالحرف C.
2- السليكا (SiO_2) ويرمز له بالحرف S.
3- الالومينا (Al_2O_3) ويرمز له بالحرف A.
4- اوكسيد الحديد (Fe_2O_3) ويرمز له بالحرف F.
تتفاعل هذه المركبات مع بعضها البعض داخل الفرن الى ان يتم الوصول الى حالة التوازن الكيمياوي وينتج عن هذا التفاعل الكلنكر (Clinker).

يحتوي الكلنكر على أربعة مركبات رئيسية مبينة في الجدول أدناه :-

ت	اسم المركب	الرمز الكيمياوي	الرمز
1	سليكات ثلاثي الكالسيوم	3CaO SiO2	C_3S
2	سليكات ثنائي الكالسيوم	2CaO SiO2	C_2S
3	الومينات ثلاثي الكالسيوم	3CaO Al2O 3	C_3A
4	الومينات حديد رباعي الكالسيوم	4CaO Al2O3 Fe2O3	C_4AF

$C_3S = 4.07(CaO) - 7.60\ (SiO_2) - 6.72\ (Al_2O_3) - 1.43\ (Fe_2O_3) - 2.85\ (SO_3)$

$C_2S = 2.87(SiO_2) - 0.754\ (C_3S)$

$C_3A = 2.65\ (Al_2O_3) - 1.69\ (Fe_2O_3)$

$C_4AF = 3.04\ (Fe_2O_3)$

المركبات الرئيسية للاسمنت البورتلاندي

1- سليكات ثلاثي الكالسيوم C_3S

*- تتواجد هذه السليكات بكميات كبيرة في الاسمنت.
*- على شكل حبيبات صغيرة متساوية الأبعاد وعديمة اللون تتحلل ببطء أثناء تبريدها إلى درجة 1250 درجة مئوية وتبقى ثابتة لا تتغير إذا لم يكن التبريد بطيئا" وتبقى مستقرة في درجات الحرارة الاعتيادية .

*- المسؤول عن المقاومة المبكرة لعجينة الاسمنت خلال الأربعة أسابيع الأولى والسبب في ذلك ان C_3S يتميه بسرعة اكبر في البداية ويتميه بشكل كامل خلال ال (28) يوم.
*- للحصول على خرسانة عالية المقاومة في وقت مبكر يستعمل الاسمنت الحاوي على نسبة عالية منC_3S.

2- ثنائي سليكات الكالسيوم C_2S

*- يشارك في اكتساب المقاومة للاسمنت بعد (28) يوم (لانه يتميه ببطئ خلال الاربع اسابيع الاولى) ولغاية سنة .

3- ثلاثي الومينات الكالسيوم C_3A

*- يتواجد هذا المركب بكمية قليلة في معظم أنواع الاسمنت مقارنة مع باقي المركبات وذو بلورات منشورية غامقة اللون.
*– ان المركب C_3A يكون اسرع المركبات تفاعلا مع الماء وهذا التفاعل يكون مصحوبا بحرارة عالية مما يؤدي إلى نوع من التجمد بعد عدة دقائق من مزج الاسمنت مع الماء، يطلق عليه (التجمد السريع) (Flash Setting).او الفجائي.

$$C_3A + 6H \longrightarrow C_3AH_6$$

*- هذا النوع من التفاعل يؤدي الى حدوث التجمد الفجائي flash setting ولكن لوجود الجبس الذي يضاف الى الكلنكر قبل عملية طحن الاسمنت حيث يتفاعل الجبس مع C_3A مكونا" سلفو الومينات الكالسيوم الغير ذائبة حول حبيبات أل C_3A فيؤخر تفاعلها مع الماء وبذلك سيتحدد هيكل عجينة الاسمنت بنواتج المركب C_3S حيث تكون مساميته قليلة جدا" مقارنة مع الهيكل المتكون من المركب C_3A .

*- يتفاعل هذا المركب مع أملاح السلفات(الكبريتات) الموجودة بكثرة في الرمال أو في التربة والمياه الجوفية التي تتعرض لها الكتلة الخرسانية مكونا سلفو الومينات الكالسيوم(الاترنجايت) مما يؤدي الى زيادة حجم الكتلة الخرسانية فيسبب تشقق وتلف الكتلة الخرسانية .

*- إن وجود هذا المركب في الاسمنت غير مرغوب فيه حيث أن مشاركته في إعطاء قوة للاسمنت قليلة جدا" وتتحدد في الأيام الأولى فقط بين 1-3 يوم.
*- هذا المركب يعمل كمادة مساعدة للانصهار(لان حرارة الاماهة له عالية) ويسهل اتحاد الكلس مع السليكا فهو مفيد في عملية تصنيع الاسمنت.

4- الومنيات حديد رباعي الكالسيوم C_4AF

يتواجد هذا المركب بكميات صغيرة في تركيب الاسمنت مقارنة مع المركبات الثلاثة الأخرى , وهذا المركب لا يؤثر على عجينة الاسمنت ولكنه يتفاعل مع الجبس ليكون سلفوفرين الكالسيوم الذي يعجل بعملية الاماهة.

5- المركبات الثانوية

* **القلويات :-** وتعتبر من المركبات المهمة،وتشمل أوكسيدي الصوديوم والبوتاسيوم (Na_2O , K_2O) ويتراوح وزنها بين 0.4 – 1.3% في الاسمنت البورتلاندي. تتفاعل القلويات مع بعض أجزاء السيلكا الفعالة الموجودة في الركام ضمن الخرسانة المتصلبة ونواتج التفاعل تكون مصحوبة بزيادة في الحجم فتسبب تشقق وتلف الخرسانة. ويمكن تقليل تأثير هذا التفاعل باستعمال اسمنت حاوي على نسبة قليلة من القلويات لا تزيد عن 0.6 % أو بإضافة مواد من السيلكا المسحوقة سحقا" ناعما" حيث تتفاعل مع القلويات قبل تصلب الخرسانة.
* **SO_3 :-** حددت المواصفة القياسية العراقية رقم (5) نسبة هذا االاوكسيد في االإسمنت البورتلاندي االاعتيادي و االإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات بين (2.5 – 2.8) % .

***MgO :-** حددت المواصفة القياسية العراقية رقم (5) نسبة هذا االاوكسيد في االإسمنت البورتلاندي االاعتيادي و االإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات بين (1 – 4) % .

*- **الفسفور P_2O_5 ،والمنغنيز Mn_2O_3 ،والتيتانيوم TiO_2** :- تكون أهميتها قليلة اذ يقل مجموع أوزانها عن 1% من وزن االإسمنت.

6- المواد الغير قابلة للذوبان Insoluble residue (I.R)

هي الجزء من نموذج الاسمنت الغير قابل للذوبان في حامض الهيدروليك **Hcl_3** وتنشأ من السليكا الغير متفاعلة والشوائب الموجودة في الجبس, وهي مقياس لتلوث الاسمنت وكذلك تعبر عن مدى اكتمال التفاعلات الكيمياوية في داخل الفرن وهذه المواد تأتي من الشوائب الموجودة في الجبس وتحدد المواصفات البريطانية والعراقية نسبتها بـ 1.5% من وزن الاسمنت أما المواصفات الأمريكية فتحدوها بنسبة 0.75 % .

7- الفقدان با لحرق (L.O.I) Loss on ignition

هو مقدار الفقدان في وزن نموذج الاسمنت عند حرقه الى درجة حرارة الاحمرار (1000c) ويعبر عن مقدار الكربنة (Carbonation) وعن عملية الاماهة للجير الحر(CaO) والمغنيسيا الحرة (MgO)الموجودين في الاسمنت بسبب خزن الاسمنت لفترة طويلة أو لتعرضه للظروف الجوية.
إن النسبة المسموح بها للفقدان بالحرق وحسب المواصفات البريطانية والأمريكية هي 3 % , 4 % من وزن الاسمنت على التوالي.

8- معامل االاشباع الجيري (L.S.F) Factor Saturation Lime

وهو نسبة الجير أو أوكسيد الكالسيوم إلى أكاسيد السيلكون والالمنيوم والحديد، ويتم تحديده لغرض معرفة كمية الجير المستخدمة في إنتاج االإسمنت لانه كلما زادت كمية الجير عن الحدود المسموح بها تسببت في تكون الكلنكر مبكرا وقللت من درجة الحرارة أثناء الحرق مما يؤثر على إتمام عملية التفاعل والاتحاد للسيليكا وألالمنيوم والتي تحتاج إلى درجات حرارة عالية للانصهار.

حددت المواصفات العراقية ان لا يزيد معامل الاشباع الجيري عن 2.1 ولا يقل عن 0.66

والجدول رقم (1) يوضح الاكاسيد والمركبات الأساسية والثانوية كنسب مئوية للاسمنت النموذجي.

الاوكسيد	النسبة المئوية	المركب الأساسي	النسبة المئوية
اوكسيد الكالسيوم	63	C_3S	54.1
اوكسيد السليكون	20	C_2S	16.6
اوكسيد الألمنيوم	6	C_3A	10.8
اوكسيد الحديد	3	C_4AF	9.1
المركبات الثانوية			
الاوكسيد			النسبة المئوية
Mg O			1.5
SO_3			2
$K_2O.Na_2O$			1
Others			1
Loss On Ignition (L.O.I)	الفقدان بالحرق		2
Insoluble Residue (I.R)	المواد الغير قابلة للذوبان		0.5

جدول رقم (1) الاكاسيد والمركبات الأساسية والثانوية كنسب مئوية للاسمنت النموذجي

اماهة الاسمنت Hydration of cement

هي سلسلة التفاعلات التي تحصل من عند خلط الاسمنت البورتلاندي مع الماء . والتي بموجبها يكون الاسمنت مادة رابطة .حيث تتحول نواتج عملية الاماهة الى كتلة متينة وصلبة تعرف بعجينة الاسمنت المتصلبة hardened cement paste .
هنالك نوعان من تفاعل مركبات الاسمنت مع الماء .

1- النوع الاول والذي يعتبر التفاعل الحقيقي لعملية الاماهة المباشرة لجزيئات الماء الى الاسمنت.
2- النوع الثاني هو التحلل بالماء (hydration).
إن التحلل بالماء يمكن توضيحه بالمعادلة التالية والتي تتضمن اماهة المركب سيليكات ثلاثي الكالسيوم -:$3CaOSiO_2$

$$3CaO.SiO_2 + H_2O \longrightarrow r\,CaO.y.SiO_2 + Ca(OH)_2$$

جل الاسمنت (C.S.H) ↑ **هيدروكسيد الكالسيوم** ↑

(سلكيات الكالسيوم المائية)

حرارة الاماهة Heated hydration

هي الحرارة المتولدة من تفاعل مركبات الاسمنت مع الماء ففي الحالات الاعتيادية لأنواع الاسمنت البورتلاندي فان حوالي نصف الحرارة الكلية تتولد من 1-3 يوم وحوالي ثلاثة أرباع الحرارة في (7)أيام وتقريبا 90%في ستة أشهر. والحرارة المتولدة تعتمد على التركيب الكيمياوي للاسمنت(جدول رقم 2) وهي مساوية تقريبا الى مجموع حرارات اماهة المركبات الفردية النقية عندما تتميئ نسبتها الوزنية كل على حدة. ومن الممكن تقليل حرارة الاماهة ومعدل سرعتها بتقليل نسبة C_3S , C_3A.

المركب	حرارة الاماهة سعرة / غم
C_3S	120
C_2S	60
C_3A	207
C_4AF	100

جدول رقم (2) القيم النموذجية لحرارة اماهة المركبات

انواع الاسمنت Types of Cement

تعتمد خواص الاسمنت إثناء عملية الاماهة على:

أ – تركيبه الكيمياوي أي نسب المواد الأولية الداخلة في صناعته.
ب – درجة نعومة الاسمنت.

لذلك وبالنظر للاحتياجات المختلفة فقد وجدت أنواع متعددة من الاسمنت كل منها بصفة خاصة وهذه الأنواع:-

1- الاسمنت البورتلاندي. Portland cement
2- الاسمنت التمددي. Expansive cement
3- الاسمنت الالوميني. Aluminous cement

1- الإسمنت البورتلاندي Portland Cement

1-1- الإسمنت البورتلاندي الاعتيادي(O.P.C).

* يدعى هذا النوع من الاسمنت حسب النظام الأمريكي(Type1) .
* يستعمل بصورة واسعة في معظم المنشاءات الخرسانية الغير معرضة لأملاح الكبريتات في التربة أو المياه الجوفية.
* معامل الاشعاع الجيري(Lime Saturation Factor) يحدد بمقدار (1.02) كحد أعلى و(0.66) كحد أدنى.
* إن أهمية تحديد الحد الأعلى لمعامل الإشباع الجيري (L.S.F) للتأكد بان كمية الجير في المواد الأولية المستعملة في صناعة الاسمنت ليست عالية بحيث تسبب ظهور جير حر(CaO) بعد حصول التوازن الكيميائي وهذا الجير يسبب عدم ثبات حجم الاسمنت..(Unsoundness of cement)

1-2- الإسمنت البورتلاندي سريع التصلب Rapid Harding Portland cement

* يدعى هذا النوع من الاسمنت حسب النظام الأمريكي Type111.
* يشبه الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي إلا انه يطور المقاومة بصورة أسرع من الاسمنت الاعتيادي .
* زمن التجمد (Setting time) لهذا الاسمنت مماثل الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي (O.P.C).
* مقاومته بعمر (3) أيام تعادل مقاومة (O.P.C) بعمر (7) أيام عند استعمال نفس نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C).
* يستعمل هذا النوع من الاسمنت عندما يراد الحصول على مقاومة عالية مبكرة. وذلك عندما يراد رفع القوالب الخشبية مبكراً. وفي الأبنية الجاهزة لغرض رفعها بصورة سريعة وكذلك في عمل الأرصفة في الطرق التي لا يمكن غلقها لمدة طويلة.
* معدل سرعة انبعاث الحرارة لهذا النوع يكون أعلى من الاسمنت الاعتيادي (O.P.C) لذلك لا يفضل استخدامه في الكتل الخرسانية الضخمة لان الحرارة العالية تسبب تشقق وتلف الخرسانة . ويستعمل في المناطق الباردة لمنع تجمد الماء داخل المسامات الشعرية ومن انواع هذا الاسمنت:-

2-1- أ- الاسمنت البورتلاندي السريع التصلب الممتاز Extra Rapid Harding P.C

*- ويحضر هذا النوع من طحن كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) مع الاسمنت سريع التصلب ويجب ان لا تزيد نسبة الكلوريد عن (2%) من وزن الاسمنت السريع التصلب حيث يزيد كلوريد الكالسيوم سرعة عملية التجمد والتصلب.
*- بالنظر لسرعة التجمد والتصلب في هذا النوع من الاسمنت يجب صبه ورصه خلال (20) دقيقة من عملية الخلط , وان لا يخزن هذا الاسمنت في مكان رطب لمنع تلفه .
*- الحرارة المنبعثة لهذا النوع من الاسمنت أعلى من الاسمنت السريع التصلب لذلك يستعمل في الأجواء الباردة.

2-1- ب- الأسمنت ذو المقاومة المبكرة العالية والفوق اعتيادية.

*- التطور السريع في المقاومة لهذا الاسمنت ناتجة عن النعومة العالية له والتي تتراوح بين (700-900) م2/ كغم.
*- يمكن الحصول بعد (24) ساعة على مقاومة بمقدار(6) أيام بالنسبة للإسمنت السريع التصلب.
*يستعمل هذا النوع من الاسمنت في الخرسانة المسبقة الجهد.

3-1- الاسمنت البورتلاندي المنخفض الحرارة Low Heat P.C

*- يستعمل هذا النوع في الكتل الخرسانية الضخمة مثل السدود , لمنع التشققات والتلف في الخرسانة بسبب حرارة الاماهة المنخفضة له.
*- يحتوي على نسبة اقل من (C_3S) و(C_3A) وعلى نسبة أعلى من (C_2S) مقارنة مع الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي.
*- مقاومة هذا النوع من الاسمنت في الأوقات المبكرة قليلة وبمعدل (½) مقاومة الخرسانة المصنوعة من الاسمنت الاعتيادي (O.P.C) بعمر (7) أيام , و(¾) بعمر(28) يوم ومساوية لها بعد (3) أشهر.

4-1- الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات Resisting P.C Sulphate

*- يدعى هذا النوع من الاسمنت حسب النظام الأمريكي Type V.
*- يشبه الاسمنت الاعتيادي (O.P.C) لكنه يحتوي على نسبة اقل من الومينات ثلاثي الكالسيوم (C_3A) لان هذا المركب يتأثر بالكبريتات بصورة اكبر من بقية المركبات في الاسمنت .
*- يستعمل هذا النوع في الأماكن التي تتواجد فيها أملاح الكبريتات كالتربة والمياه الجوفية.

5-1- الاسمنت البورتلاندي خبث الأفران العالية Portland Blast Furnace Slag Cement

*- يصنع هذا النوع من الاسمنت من طحن الفضلات الصناعية للحديد مع الكلنكر للإسمنت البورتلاندي الاعتيادي.
*- يتكون من نفس مكونات الاسمنت البورتلاندي ولكن بنسب مختلفة.
*- تحدد المواصفات البريطانية لنسبة الخبث بمقدار 65% كحد أعلى, أما المواصفات الأمريكية فتشترط بان تتراوح نسبته بين 65-25%.
*- من الممكن طحن حبيبات الخبث بنفس نعومة الاسمنت واستخدامها للتعويض عن جزء من الاسمنت المستخدم.

*- يشابه هذا الاسمنت إلى حد ما الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي من حيث النعومة وزمن التجمد والثبات ولكن سرعة التصلب تكون اقل خلال ال 28 يوم الأولى. وكذلك فان حرارة الاماهة تكون اقل مما في الاسمنت الاعتيادي لذلك يمكن استعماله في الكتل الخرسانية الضخمة.
*-يتم استخدامه في جميع أعمال التشييد والبناء مثل أرصفة الموانئ البحرية (لمقاومته العالية) والتي تتعرض لعوامل كيمائية وبها أعمال إنشاءات خرسانية هائلة. ويتميز هذا النوع من الأسمنت بمقاومة الأملاح وانخفاض الحرارة الناتجة عن عملية التميؤ أثناء التماسك.

1- 6- الاسمنت البورتلاندي الأبيض White Portland Cement

*- يصنع هذا النوع بنفس طريقة الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي ولكن بنسب قليلة جدا" من اوكسيد الحديد والمنغنيز والتي يرجع إليها اللون الرمادي.
*- كلفة طحن هذا النوع من الاسمنت تكون غالية لذلك تعادل كلفته ضعف كلفة الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي.
*- تتقارب الخواص الكيماوية للاسمنت الأبيض مع الاسمنت الاعتيادي إلا أن نسبة C_4AF والوزن النوعي (3.10 - 3.05) تكون اقل نظرا" لقلة نسبة الحديد.

1-7- الاسمنت البورتلاندي الملون Portland Cement Coloured

*- يحضر هذا النوع من الاسمنت من إضافة أنواع معينة من الأصباغ إلى الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي وبنسبة (2 - 10) %.

1-8- الاسمنت البورتلاندي البوزولاني Cement Pozzolana – Portland

*- يدعى هذا النوع من الاسمنت حسب النظام الأمريكي Type - IP.
*- يصنع هذا النوع من خلط البوزولانا مع الاسمنت البورتلاندي, والبوزولانا عبارة عن مواد سلكية أو سليكيةوالومينية لا تملك خواص رابطة لوحدها ولكن عندما تطحن ناعما" وبوجود الماء تتفاعل كيمياويا" مع هيدروكسيد الكالسيوم (CaOH) لتكوين مواد ذات خواص أسمنتية حيث تكون سليكات الكالسيوم المستقرة(جل الاسمنت C-S-H.
*- يستعمل هذا النوع من الاسمنت في صب الكتل الخرسانية الضخمة نظرا" لقلة الحرارة المنبعثة في عملية الاماهة لهذا الاسمنت .
*- يستعمل هذا النوع من الاسمنت عوضا" عن جزء من وزن الاسمنت في الخلطة.
*- تحدد المواصفات الأمريكية محتوى البوزولانا بين 15 -40% من وزن الاسمنت.

1-9- الأنواع الخاصة من الاسمنت البورتلاندي

أ- الاسمنت البورتلاندي المقاوم للبكتريا
*- يصنع هذا النوع من الاسمنت من طحن الاسمنت البورتلاندي مع عامل مقاوم للبكتريا.
*- يستعمل في أحواض السباحة وفي أرضيات وجدران مصانع الأغذية والألبان.

ب- الاسمنت البورتلاندي الغير مألوف للماء.

*- يصنع هذا النوع من الاسمنت من طحن مواد معينة (حامض الاوليك) مع الاسمنت أثناء صناعته فتشكل طبقة رقيقة صادة للماء حول حبيبات الاسمنت.

ج- الاسمنت البورتلاندي المانع لنفاذ الماء.

*- يصنع هذا النوع من الاسمنت من طحن مواد معينة (استيارات الكالسيوم) مع الاسمنت أثناء صناعته فتعطي هذه المواد خاصية عدم نفاذ السوائل للاسمنت.

2- الأسمنت التمددي Expanding Cement

*- يدعى هذا النوع من الاسمنت حسب النظام الأمريكي Type – k

*- يصنع هذا النوع من الاسمنت من خليط من الاسمنت البورتلاندي وعامل تمددي (Expanding agent) ومادة مثبتة (Stabilizer).

* ينتج من استعمال هذا الاسمنت تمدد مفيد في الفترات المبكرة وزيادة حجم عجينة الاسمنت بدون تلف هيكلها. وبذلك سيوازن الانكماش الناتج عند الجفاف(انكماش الجفاف).

3- الأسمنت الألومينى Aluminous cement

* يحتوي هذا النوع من الاسمنت على نسبة عالية من الالومينا , وتحدد المواصفات البريطانية هذه النسبة بمقدار 32% .

* ذو مقاومة عالية لأملاح الكبريتات وهذه المقاومة ناتجة عن عدم وجود هيدروكسيد الكالسيوم (CaOH)2 في نواتج عملية الاماهة.

* يستعمل في صناعة الأنابيب لأنه لا يهاجم من قبل غاز CO2.

* يحصل على 80% من مقاومته النهائية (Ultimate strength) بعمر 24 ساعة في حين يحصل الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي على معظم مقاومته بعمر 28 يوم.

* درجة الحرارة المنبعثة في عملية الاماهة عالية لذلك لا يستخدم هذا النوع من الاسمنت في صب الكتل الكونكريتية الضخمة.

فحوصات الاسمنت

إن الفحوصات التي تجري على الخواص الفيزياوية للأسمنت هي :-

1- فحص النعومة Fineness test
2- فحص القوام القياسي Standard Consistence test
3- فحص زمن التجمد Setting time test
4- فحص الثبات Soundness test
5- فحص مقاومة الاسمنت Strength of cement test

1- فحص النعومة Fineness Test

توصف نعومة الاسمنت بدلالة المساحة السطحية النوعية (Specific surface) وذلك بحساب مجموع المساحة السطحية لحبيبات الاسمنت بالسنتمتر المربع لكل غرام من الاسمنت وكلما زادت نعومة الاسمنت زادت المساحة السطحية النوعية .
يتم تعيين المساحة السطحية للإسمنت بطريقة (Blaine) وذلك بقياس الزمن الذي يستغرقه مرور حجم معين من الهواء خلال طبقة محضرة من الاسمنت ذات مساحة معلومة . يعتمد عدد وحجم المسامات الموجودة في طبقة الاسمنت المحضرة ذات المسامية المعلومة على حجم ذرات الاسمنت والتى تعتبر العامل المحدد لسرعة مرور الهواء خلال تلك الطبقة .

او تفحص نعومة الاسمنت بواسطة منخل رقم 325 (45 مايكرون) حسب المواصفات العراقية اوعلى المنخل رقم 170(90 مايكرون) حسب المواصفات البريطانية.

الغرض من الاختبار:-

لإيجاد نعومة الاسمنت البورتندلاي.

الادوات والاجهزة المستعملة:- apparatus and Device

1- منخل رقم 325(45 مايكرون) مع غطاء وقاعدة,
2- ميزان حساس.
3- فرشاة حديدية لتنظيف المنخل.

طريقة الفحص Procedure

1- يوزن (500) غم من الاسمنت البورتلاندي المراد فحصه.
2- يتم نخل الاسمنت على منخل رقم 325 (45 مايكرون) مع ملاحظة وجود الغطاء والقاعدة بواسطة هزاز لمدة 20 دقيقة.
3- توزن الكمية المتبقية على المنخل رقم 325(45 مايكرون) وبعد تنظيفه نهائيا" بواسطة الفرشاة (W).

النتائج والحسابات:-

1- وزن الاسمنت = 500 غم
2- وزن الاسمنت المتبقي = W

3- نسبة الاسمنت المتبقي = $\frac{W}{500} \times 100$

تحدد المواصفات العراقية (م.ق.ع رقم 1984/5) أن لا تزيد نسبة الاسمنت المتبقي على 10% للإسمنت البورتلاندي الاعتيادي و(5 %) وزناً للإسمنت البورتلاندي السريع التصلب.

2- فحص القوام القياسي Standard Consistence Test

الغرض من الفحص Purpose

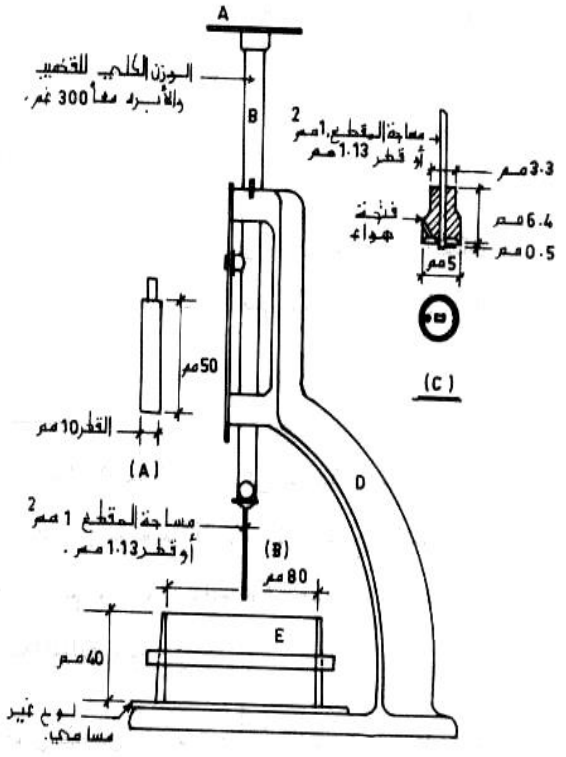
ان الغرض من اجراء هذا الفحص لإيجاد كمية الماء اللازمة لإنتاج عجينة الاسمنت ذات القوام القياسي والتي تستعمل لتعيين زمن التجمد الابتدائي والنهائي وفحص الثبات (Soundness) لعجينة الاسمنت.
إن كمية الماء اللازمة لتحضير عجينة الاسمنت ذات القوام القياسي هي الكمية التي تسمح للطرف الاسطواني قطره (10) ملم لجهاز فيكات بالنفاذ داخل العجينة إلى نقطة تبعد بمقدار (7 – 5) ملم من قاع قالب فيكات (40*80) ملم عند فحص الاسمنت.

الادوات والاجهزة المستعملة :- apparatus and Device

1- جهاز فيكات (Vicat apparatus) شكل رقم (1) .

2- قالب فيكات يكون من المطاط الصلد وعلى شكل مخروط ناقص عمق (40 ± 0.2) مم القطر الداخلى العلوى (70 ± 5) مم والسفلى (80 ± 5) ملم.
3- لوح زجاجي ابعاده (300 * 300) **ملم.**
4- مالج تسوية.

شكل رقم (1) جهاز فيكات



شكل رقم (1) جهاز فيكات

طريقة الفحص Procedure

الطريقة المتبعة في هذا الفحص مبنية على المواصفات البريطانية (B.S.12:part 2:1971).

1- تحضر كمية من الاسمنت وزنها 400 غم (بواسطة ميزان دقته 1غم) وتخلط مع كمية من الماء (تتراوح بين 26-33 % من وزن الاسمنت الجاف) على لوح زجاجي(ابعاده 300 * 300) ملم بصورة جيدة لمدة 4 ± 4/1 دقيقة وهذه المدة تقاس من لحظة اضافة الماء الى الاسمنت الجاف حتى بدأ ملء قالب فيكات بعجينة الاسمنت.
2- يملأ قالب فيكات المرتكز على لوح زجاجي غير مسامي بعجينة الاسمنت السابق تحضيرها بصورة تامة وبدفعة واحدة ثم يسوى سطح العجينة مع حافة القالب بسرعة وباستخدام المالج.
3- يوضع القالب المملوء بالعجينة داخل جهاز فيكات تحت عمود المرود (الغطاس قطره 10 ملم) ويخفض المرود بهدوء حتى يلامس سطح العجينة ويترك ليغطس بصورة حرة تحت تأثير وزنه, وتتم هذه العملية بعد ملا القالب مباشرة.
4- يحدد مقدار نفاذ المرود (الغطاس) في عجينة الاسمنت بتعيين المسافة بين قاعدته وقاعدة القالب بواسطة التدرج الموجود على الجهاز.
5- يعاد عمل عجائن تجريبية اخرى بكميات ماء مختلفة وتكرر نفس خطوات العمل اعلاه للوصول الى كمية الماء التي تعطي عجينة اسمنت ذات قوام قياسي (الكمية التي تسمح للطرف الاسطواني لجهاز فيكات بالنفاذ داخل العجينة إلى نقطة تبعد بمقدار 5-7 ملم من قاع قالب فيكات).

3- فحص زمن التجمد Setting Time Test

يتم هذا الفحص باستعمال جهاز فيكات ويشمل هذا الفحص تعيين زمن التجمد الابتدائي (Initial setting) وزمن التجمد النهائي (Final setting).
إن زمن التجمد الابتدائي هو الفترة المحصورة بين وقت إضافة الماء إلى الاسمنت الجاف ووقت نفاذ إبرة جهاز فيكات في عجينة الاسمنت إلى مسافة لا تزيد عن 5 ملم تقريبا" من قاع قالب فيكات.
أما زمن التجمد النهائي (Final setting time) فهو الفترة المحصورة بين لحظة إضافة الماء إلى الاسمنت الجاف واللحظة التي تترك إبرة جهاز فيكات أثرا" بعجينة الاسمنت بينما لا يظهر الأثر الدائري للجزء المثبت حول الإبرة.

الغرض من الفحص Purpose

تعيين زمن التجمد الابتدائي (Initial setting) وزمن التجمد النهائي (Final setting) للاسمنت.

الادوات والاجهزة المستعملة apparatus and Device

1- جهازفيكات (Vicat apparatus) .

2- قالب فيكات يكون من المطاط الصلد وعلى شكل مخروط ناقص عمق (40 ± 0.2) مم القطر الداخلي العلوى (70 ± 5) مم والسفلى (80 ± 5) مم

3- لوح زجاجي(ابعاده 300 * 300).
4- مالج تسوية.

طريقة الفحص Procedure

الطريقة المتبعة في هذا الفحص مبنية على المواصفات البريطانية (B.S.12:part 2:1971).

1- يتم عمل عجينة اسمنت ذات قوام قياسي وحسب خطوات العمل في فحص القوام القياسي.
2- يملا قالب فيكات بصورة تامة بالعجينة ثم يسوى سطح العجينة مع حافة القالب.

لإيجاد زمن التجمد الابتدائي:-

3- يوضع قالب فيكات أسفل الإبرة (ابرة مدورة او مربعة مساحة مقطعها 1 ملم2) المثبتة في جهاز فيكات.
4- تخفض الابرة ببطء حتى تلامس سطح العجينة ثم تترك لتنفذ في العجينة تحت تأثير الوزن الكلي للحامل والابرة (300غم).
5- تكرر نفاذ الابرة في العجينة في مواضع مختلفة منها الى ان تنفذ الابرة الى مسافة لا تزيد عن (5ملم) من قاعدة القالب . وعندها يحسب زمن التجمد الابتدائي **(زمن التجمد الابتدائي هو الفترة المحصورة بين وقت إضافة الماء إلى الاسمنت الجاف ووقت نفاذ إبرة جهاز فيكات في عجينة الاسمنت إلى مسافة لا تزيد عن 5 ملم تقريبا" من قاع قالب فيكات).**

لإيجاد زمن التجمد النهائي:-

تستبدل الابرة المستخدمة في فحص التجمد الابتدائي (ابرة مدورة او مربعة مساحة مقطعها 1ملم2) بأخرى (ابرة مربعة مساحة مقطعها 1ملم2 مثبتة مع حلقة معدنية دائرية). وتكرر الخطوة 3 و 4 اعلاه.

6- تكرر نفاذ الابرة في العجينة في مواضع مختلفة منها الى ان تترك الابرة اثرا" على العجينة دون ظهور الاثر الدائري للحلقة المعدنية المثبتة حولها. وعندها يحسب زمن التجمد النهائي **(زمن التجمد النهائي هو الفترة المحصورة بين لحظة إضافة الماء إلى الاسمنت الجاف واللحظة التي تترك إبرة جهاز فيكات أثرا" بعجينة الاسمنت بينما لا يظهر الأثر الدائري للجزء المثبت حول الإبرة).**

ملاحظة:-
يجب ان تتراوح درجة حرارة المواد والغرفة التي يجري بها الفحص بين 23-18 م°

<u>تحديدات المواصفات</u>

تنص المواصفات العراقية والبريطانية على ان:-
زمن التجمد الابتدائي لا يقل عن 45 دقيقة وزمن التجمد النهائي لا يزيد عن 10 ساعة .

ملاحظة:-
ان تحديد وقت التجمد الابتدائي بما لا يقل عن (45) دقيقة لأجل اتمام عملية الخلط والنقل والصب والتسوية للاسمنت في هذا الوقت قبل تماسك الاسمنت, اما تحديد وقت التجمد النهائي بما لا يزيد عن (10) ساعة لغرض التسريع في رفع القوالب الخاصة بالصب.

فحص الثبات Soundness

يتم فحص الثبات للاسمنت بطريقة (Le-Chatelier) وذلك بمعرفة مقدار التمدد لعجينة الاسمنت . وتشترط المواصفات البريطانية والعراقية بان لا يزيد تمدد الاسمنت المفحوص بهذه الطريقة عن 10 مم.

الغرض من الفحص PURPOSE

تحديد ثبات الاسمنت بطريقة لي شاتليه لمعرفة مقدار التمدد لعجينة الاسمنت.

الادوات والاجهزة المستعملة:- apparatus and Device

1- جهاز لي شاتليه شكل (2).
2- لوح زجاجي.
3- ميزان حساس
4- اسطوانة قياس ماء.
5- سكينة خلط الاسمنت.
6- حمام مائي.

شكل (2) جهاز لي شاتليه

طريقة الفحص Procedure

الطريقة المتبعة في هذا الفحص مبنية على المواصفات البريطانية (B.S.12:part 2:1971).

1- تحضر عجينة اسمنت ذات قوام قياسي باستخدام (200غم) من الاسمنت وحسب الطريقة المتبعة في فحص القوام.
2- يوضع القالب على لوح زجاجي صغير ويملا بعجينة الاسمنت مع الاحتفاظ بشقي القالب بصورة منطبقة قدر الامكان بحيث لا تزيد الفتحة بين الشقين عن (0.5ملم).
3- يغطى القالب بلوح زجاجي اخر ويوضع فوقه ثقل صغير.
4- يغمر القالب مع لوحيه الزجاجيين بعد ذلك مباشرة في ماء نظيف درجة حرارته (19±1) م° ويترك لمدة (24 ساعة).
5- يرفع القالب من الماء وتقاس المسافة بين طرفي مؤشري القالب.
6- يغمر القالب ثانية في ماء درجة حرارته (19م°) وترفع درجة حرارة الماء تدريجيا" الى ان تصل الى درجة الغليان خلال مدة (25-30) دقيقة ويستمر الغليان لمدة ساعة واحدة.
7- يرفع القالب من الماء ويترك ليبرد ثم تقاس المسافة بين طرفي مؤشري القالب للمرة الثانية.
8- يحسب الفرق بين القرآءتين للمسافة بين طرفي مؤشري القالب ويكون معبرا" عن تمدد الاسمنت.

تحديدات المواصفات:-
تنص المواصفات البريطانية على ان لا يزيد تمدد الاسمنت المفحوص بهذه الطريقة على 10 ملم.
وفي حالة عدم مطابقة الاسمنت لهذا الشرط يعاد اختبار ثبات الحجم على عينة من نفس الاسمنت بعد تهويته لمدة أسبوع وذلك بفرشه بارتفاع 75ملليمتر تقريبا على سطح جاف رطوبته النسبية 50-80%
وفي هذه الحالة لا يزيد تمدد الأسمنت على 5مم.

فحص مقاومة الاسمنت Strength Of Cement Test

ان من أهم الخواص اللازمة للأغراض الإنشائية هي المقاومة الميكانيكية للاسمنت .
تعتمد مقاومة الملاط (Mortar) أو الخرسانة على:-

1- تماسك (Cohesion) عجينة الاسمنت.
2- تلاصق (Adhesion) عجينة الاسمنت بحبيبات الركام.
3- مقاومة حبيبات الركام.

فحص مقاومة الانضغاط Compressive Strength Test

الغرض من الفحص Purpose

تعيين مقاومة الانضغاط لملاط الاسمنت (مونة الاسمنت).

الادوات والاجهزة المستعملة:- apparatus and Device

1 ماكنة اهتزاز
2- قوالب مكعبات (70,70± 0.1) ملم
3 ماكنة قياس الضغط
4- ميزان حساس.
5- اسطوانة قياس الماء
6- مالج خلط.

طريقة الفحص Procedure

الطريقة المتبعة في هذا الفحص مبنية على المواصفات البريطانية (B.S.12:part 2:1971).

لفحص مقاومة الانضغاط لملاط الاسمنت تستعمل مكعبات (عدد 6) بأبعاد (70*70*70 ±0.1) ملم وبنسبة خلط جزء واحد من الاسمنت إلى ثلاثة أجزاء(بالوزن) من الرمل القياسي. حيث يتم خلط (200) غم من الاسمنت مع (600) غم من الرمل القياسي مع (80) غم من الماء لكل مكعب حيث يخلط الاسمنت مع الرمل القياسي بحالتهما الجافة اولا بالمالج وعلى سطح غير مسامي لمدة دقيقة واحدة ثم يضاف الماء وتخلط لمدة (4) دقائق اخرى وبعد ذلك يثبت القالب على ماكنة الاهتزاز ويفرغ ملاط الاسمنت في القالب ويرص بواسطة جهاز اهتزاز قياسي لمدة دقيقتين بعدها يرفع القالب ويوضع في جو رطوبته النسبية لا تقل عن 90% ودرجة حرارة 19+1 درجة مئوية لمدة (24) ساعة وتغطى القوالب بلوح مستوي وغير مسامي مثل المطاط لتقليل التبخر . بعد مرور (24) ساعة ترفع المكعبات من القالب وتوضع عليها علامات لغرض تميزها ثم تغمر مباشرة في ماء درجة حرارته 19+1 درجة مئوية وتترك لحين الفحص.

وتفحص ثلاث مكعبات بعد (3) أيام والثلاثة الأخرى بعد (7) أيام.

$$\text{مقاومة الانضغاط} = \frac{P}{A}$$

حيث:-
P = القوة المسببة لفشل النموذج (نيوتن)
A = مساحة سطح النموذج (ملم2)

الرمل القياسي:-

1-يكون مغسولا" ومجففا".
2- ان لا يزيد ما يفقده بالغسل بحامض الهيدروليك الساخن عن (0.25%) ويجري التاكد من ذلك بوزن 2غم من الرمل المجفف بدرجة 100م لمدة ساعة ويضاف اليه 20مللتر من حامض الهيدروكلوريك(وزنه النوعي 1.16) و 20 مللتر ماء مقطر ويسخن فوق حمام مائي لمدة ساعة ثم يرشح ويغسل جيدا" بالماء الساخن ويجفف ثم يحرق في جفنة خزفية مغطاة سبق وزنها ثم يبرد ويوزن.
3- ان يمر بكامله من منخل قياسي سعة فتحته 850 مايكرون (رقم 18) ولا يتجاوز المار من منخل600 (رقم 25) عن 10% من وزنه.

تحدد المواصفات البريطانية:(B.S.12). معدل الانضغاط لثلاث مكعبات من ملاط الاسمنت (مونة الاسمنت) كما يلي:-

<u>*- الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي</u>

بعد (3) أيام لا يقل عن 15 نيوتن/ مم2.
بعد (7) أيام لا يقل عن 23 نيوتن / مم2 وهذه يجب أن تكون اكبر من مقاومة الانضغاط لثلاثة أيام.

<u>*- الاسمنت البورتلاندي سريع التصلب</u>

بعد (3) أيام لا يقل عن 21 نيوتن/ مم2.
بعد (7) أيام لا يقل عن 28 نيوتن / مم2 وهذه يجب أن تكون اكبر من مقاومة الانضغاط لثلاثة أيام.

الفصل الخامس

المواد العازلة
Insulating Materials

الموادالعازلة Insulating Materials

العوازل :
هي مواد صنعت خصيصا حتى تحافظ على المباني لأطول عمر ممكن لها , أما أنواعها فهي تبعا" للمكان الذي نستخدم فيه العوازل أو السبب الذي نستخدمها من اجله .

يمكن تقسيم المواد العازلة بصورة أساسية كما يلي :

1- المواد العازلة من أصل حيواني:
وتشمل صوف وشعر الحيوانات، ويعتبر استخدامها كمواد عازلة محدوداً.

2- المواد العازلة من أصل نباتي:
وتشتمل الألياف والمواد السيلولوزية مثل القصب والقطن وخلافه.

3- المواد العازلة من أصل جمادي:
وتشمل الصوف الزجاجي، وهو من أفضل مواد العزل الحراري(شكل رقم1).

4- المواد العازلة الصناعية:
وتشتمل المطاط والبلاستيك الرغوي، والأخير هو الأكثر شيوعاً.

أشكال المواد العازلة

***- مواد عازلة سائبة :**
وتكون عادة في صورة حبيبات أو مسحوق تصب عادة بين الجدران أو في أي فراغ مغلق كما يمكن أن تخلط مع بعض المواد الأخرى وهي تستخدم بصورة خاصة في ملء الفراغات غير المنتظمة .

***- مواد عازلة مرنة الشكل:**
وهي تختلف في درجة مرونتها وقابليتها للثني أو الضغط وتوجد عادة على شكل قطع أو لفات وتثبت عادة بمسامير ونحوه كالصوف الزجاجي والصخري ورقائق الألمنيوم ونحوها .

***- مواد صلبة :**
وتوجد على شكل ألواح بأبعاد وسمك محدودة بالبولي يورثين والبولي ستايرين .

***- مواد عازلة سائلة:**
تصب أو ترش في أو على المكان المطلوب لتكوين طبقة عازلة مثل البولي يورثين الرغوي.

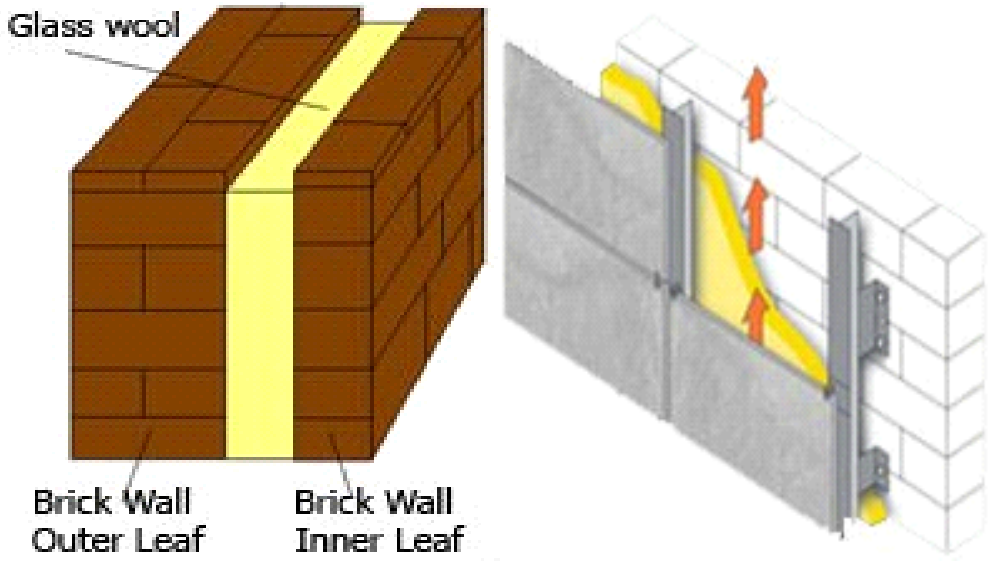
.

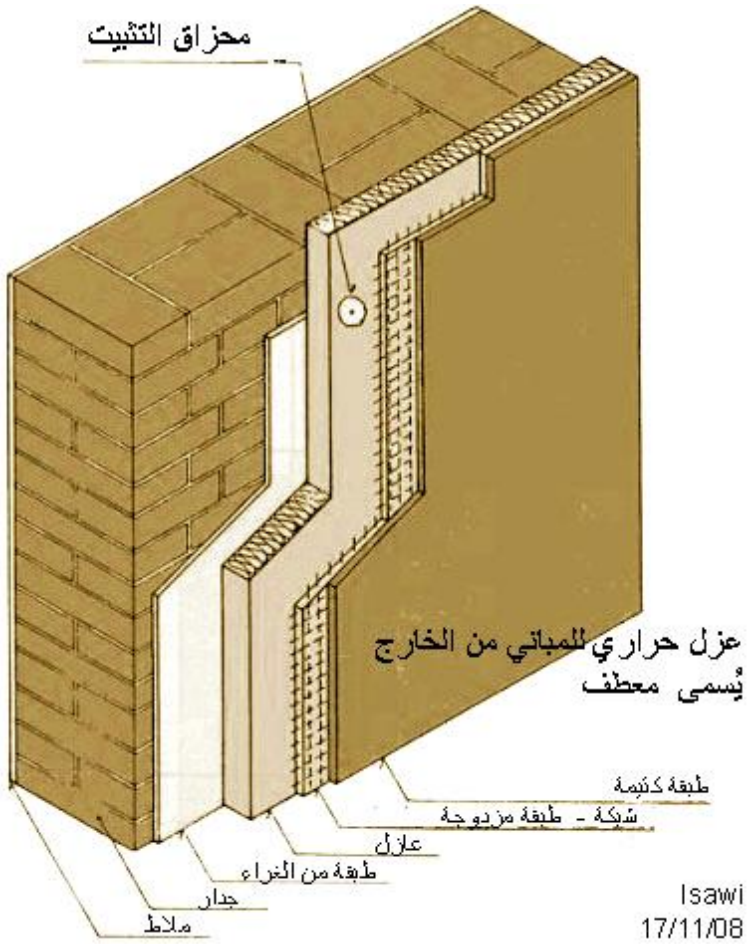
أنواع العزل :-

أولا" :- العزل الحراري Thermal insulating
ثانيا" :- العزل الصوتي Soundness insulating
ثالثا" :- العزل الرطوبي Humidity insulating

أولا": العزل الحراري

العزل الحراري هو استخدام مواد لها خواص تساعد في الحد من تسرب وانتقال الحرارة بوسائل الانتقال الحراري المختلفة (التوصيل – الحمل- الاشعاع) من خارج المبنى إلى داخله صيفاً ، ومن داخله إلى خارجه شتاءً .





شكل رقم (1) وضع العازل (الصوف الزجاجي Glass wool) في الجدران

العزل الحراري في المباني يُصمم أساسا لاحتواءالحرارة داخل المباني في البلاد الباردة، ومنع دخول الحرارة إلى المبنى في البلاد الحارة. ويتم ذلك العزل الحراري باستخدام مواد لها خواص عازلة للحرارة بحيث تساعد على الحد من تسرب وانتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله صيفاً، ومن داخله إلى خارجه شتاءً.

والمواد العازلة يمكن أن تمنع أو تقلل انتقال الحرارة بوسائل الانتقال الحراري المختلفة (التوصيل – الحمل- الاشعاع) من الخارج إلى الداخل أو العكس سواء كانت درجة الحرارة مرتفعة أو منخفضة. و فائدة العزل الحراري انه يوفر المبنى المعزول من الحرارة الطاقة المبذولة لتسخينه أو لتبريده . كذلك يجعل درجة الحرارة الداخلية للمبنى متساوية وغير متقلبة .

ولجعل عملية العزل الحراري للمبنى اقتصادية يجب اختيار العوامل الآتية بدقة :-

*- تكاليف المواد العازلة .
*- تكاليف العمالة التي ستقوم بتركيبه .
*- كمية توفير الطاقة للمبنى نتيجة تأثير العازل بعد تركيبه .
*- تكاليف صيانة المواد العازلة .

يمكن تقسيم التبادل الحراري بين المبنى والخارج إلى ثلاثة أنواع هي :-

1- الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف.
2- الحرارة التي تخترق النوافذ.
3- الحرارة التي تنتقل عبر فتحات التهوية الطبيعية.

طرق إنتقال الحرارة Heat transfers

تنتقل الحرارة خلال المواد عن طريق وسائل الانتقال فيزيائياً ، وهي التوصيل ، الحمل ، الإشعاع التي يمكن تعريفها كما يلي :-

1- التوصيل الحراري Conduction

يعرف على أنه الانتقال التلقائي للطاقة الحرارية عبر المادة من منطقة ذات درجة حرارة مرتفعة إلى منطقة أخرى ذات درجة حرارة أقل من سابقتها سعياً وراء الوصول إلى تجانس حراري.
والقدرة على التوصيل ترجع لسرعة انتقال الحرارة خلال المادة فمثلا انتقال الحرارة خلال الحديد عالية إذا ماقورنت بمادة عازلة مثل الصوف المعدني أو الفلين .

2- الحمل الحراري Convection

ويتم بانتقال الحرارة بواسطة الهواء المحيط بها حيث تنتقل جزيئات الغاز أو السائل من المناطق الساخنة إلى المناطق الباردة حاملة الطاقة الحرارية معها وبتصادم الجزيئات الباردة والساخنة تنتشر الحرارة خلال المادة.
في الحمل الطبيعي فان الجزيئات الساخنة تقل كثافتها تصعد إلى أعلى ويحل محلها الجزيئات الباردة التي كثافتها أكبر وبذلك تتكون تيارات الحمل المعروفة.

3-الاشعاع الحراريRadiation

ويتم بانتقال الحرارة بالإشعاع الذي لا يتطلب وسيط أو حركة هواء وهي الطريقة التي تنتقل بها حرارة الشمس إلى الأرض.

وجد أن حوالي 25% من الحرارة المكتسبة تتسرب خلال الشقوق وفتحات الشبابيك وأبواب المبنى وأن حوالي 25% أخرى تتسرب خلال الزجاج أما باقي الحرارة وهي حوالي 50% فتتسرب مباشرة خلال أسقف وجدران المبنى.

العوامل المؤثرة في مسار الحرارة :

يعتبر الحمل الحراري الاشعاعي من أهم الطرق في نقل الحرارة خلال مواد البناء ففي داخل المباني نجد كمية هائلة من الهواء المتحرك يتم نقل حرارته خلال مواد البناء بطريقة الحمل الحراري.

أن العوامل التالية تلعب دورا هاما في مسار الحرارة من خارج المبنى إلى داخله:-
1- قدرة توصيل مادة الأسطح المعرضة للخارج للحرارة مثل الجدران والأسقف والأرضيات .....إلخ .
2- فرق درجات الحرارة المعرض لها وجهي الحائط الخارجي والداخلي.
3- سمك ومساحة الجدران الخارجية للمبنى .
4- المساحة الكلية المغطاة بالأبواب والشبابيك وكمية الحرارة التي تهرب من خلال شقوق الأبواب والشبابيك بالمقارنة إلى الحائط العادي .
5- معدل حركة الهواء داخل المكان المغلق في المبنى .
6- الفترة الزمنية للمسار الحراري.

مزايا استخدام العزل الحراري

1- الترشيد في استهلاك الطاقة الكهربائية، حيث أثبتت التجارب العلمية أن تطبيق استخدام العزل الحراري في المباني السكنية والمنشآت الحكومية والتجارية والصناعية يقلل من الطاقة الكهربائية بمعدلات تصل إلى نسبة 40%.
2- احتفاظ المبنى بدرجة الحرارة المناسبة لمدة طويلة دون الحاجة إلى تشغيل أجهزة التكييف لفترات زمنية طويلة.
3- يسمح باستخدام أجهزة تكييف ذات قدرات صغيرة، وبالتالي تقل تكاليف استهلاك الطاقة والأجهزة المستخدمة.
4- رفع مستوى الراحة لمستخدمي المبنى.
5- يقلل من استخدام أجهزة التكييف مما يقلل من التأثير الصحي والنفسي على الإنسان بسبب الضوضاء الناتجة عن تشغيل تلك الأجهزة.
6- يعمل العزل الحراري على حماية وسلامة المبنى من تغيرات الطقس والتقلبات الجوية حيث يقلل فرق درجات الحرارة الناتج عن ارتفاع الحرارة بسبب الشمس نهاراً، وانخفاض درجة الحرارة ليلاً. وتتسبب الفروق المرتفعة في درجة الحرارة بين الليل والنهار في إحداث اجهاد لجدران المبنى وأجزائه الأخرى كالنوافذ فتفقد خواصها الطبيعية والميكانيكية ويمكن أن تؤدي إلى تشققات وتصدعات وشروخ.
7- يؤدي إلى تقليل سمك الجدران والأسقف الخرسانية اللازمة لتخفيض انتقال الحرارة لداخل .
8- لايتطلب العزل صيانة، أو تعديل.

وتقدر كمية الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف في أيام الصيف بنسبة 60 –70% وأما البقية فتأتي من النوافذ وفتحات التهوية. ويعمل تكييف الهواء على خفض درجة حرارة البيت أو المبنى لكي يشعر القاطنون بالراحة والانسجام. وتقدر نسبة الطاقة الكهربائيةالمستهلكة في الصيف لتبريد المبنى بنسبة حوالي 66% من كامل الطاقة الكهربائية. ومن هنا تنبع أهمية العزل الحراري لتخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف، وذلك للحد من تسرب الحرارة خلال الجدران والأسقف إلى الداخل وتحقيق المسكن الوظيفي الملائم وتقليل التكلفة.

خصائص مواد العزل الحراري

بالنظر الى متطلبات التصميم فإن اختيار مادة عازلة معينة يستلزم بالإضافة الى معرفة الخاصية الحرارية ، معرفة الخصائص الثانوية الأخرى للمادة كامتصاص الماء والاحتراق والصلابة ..الخ.

1- الخصائص الحرارية

والمقصود منها قدرة المادة على العزل الحراري وعادة ما تقاس بمعامل التوصيل الحراري فكلما قل معامل التوصيل دل ذلك على زيادة مقاومة المادة للانتقال الحراري . فالمقاومة الحرارية تتناسب تناسبا عكسيا مع معامل التوصيل الحراري خلال المادة العازلة والذي يتم عادة بواسطة جميع وسائل الانتقال المختلفة (التوصيل والحمل والاشعاع) .

أما المواد العاكسة فهي لقدرتها العالية على رد الاشعاعات والموجات الحرارية تعتبر مواد فعالة في العزل الحراري بشرط أن تقابل فراغا هوائيا وتزيد قدرة هذه المواد على العزل بزيادة لمعانها وصقالتها .

2- الخصائص الميكانيكية

بعض المواد العازلة تتميز بمتانة وقدرة على التحميل . ولهذا فيمكن أحيانا استخدامها للمساهمة في دعم وتحميل المبنى وذلك إضافة الى هدفها الأساسي وهو العزل الحراري . ولهذا ينظر الى قوة تحمل الضغط والشد والقص ..الخ.

3- الامتصاص

وجود الماء بصورة رطبة أو سائلة أو صلبة في المادة العازلة يقلل من قيمة العزل الحراري للمادة أو يقلل المقاومة الحرارية ، كما أنه قد يساهم في إتلاف المادة بصورة سريعة ,وتأثير الرطوبة على المادة يعتمد على خصائص المادة من حيث قدرتها على الامتصاص والنفاذ ، كما يعتمد على الأجواء المناخية المحيطة بها كدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة ..الخ. اما الخصائص التي يقاس بها مدى تأثير المادة بالرطوبة فهي الامتصاص والنفاذية .

4- الأمان والصحة

لبعض المواد العازلة خصائص معينة منها ماقد يعرض الإنسان للخطر سواء وقت التخزين أو أثناء النقل أو التركيب أو خلال فترة الاستعمال فقد تتسبب في إحداث عاهات في جسم الإنسان ، دائمة أو مؤقتة ، كالجروح والبثور والتسمم والالتهابات الرئوية أو الحساسية في الجلد والعينين مما يستوجب أهمية معرفة التركيب الكيميائي للمادة العازلة . كذلك صفاتها الفيزيائية الأخرى من حيث قابليتها للاحتراق والتسامي .

5- الصوت

بعض المواد العازلة للحرارة قد تستخدم لتحقيق بعض المتطلبات الصوتية كامتصاص الصوت وتشتيته وامتصاص الاهتزازات لذا فإن معرفة الخصائص المرتبطة بهذا الجانب قد يفي بتحقيق هدفين بوسيلة واحدة .

إضافة لكل ما سبق يلعب العامل الاقتصادي أخيرا دورا هاما في اتخاذ القرار ، فسعر المادة العازلة له اثر كبير عند الاختيار .

العوامل التي تؤثر على اختيار مواد العزل الحراري

1- أن تكون المادة العازلة ذات معامل توصيل حراري منخفض.
2- أن تكون على درجة عالية من مقاومتها لنفاذ الماء , نفاذية الإشعاع.
3- أن تكون على درجة عالية في مقاومتها لامتصاص بخار الماء.
4- أن تكون على درجة عالية في مقاومتها للإجهادات الناتجة عن الفروقات الكبيرة في درجات الحرارة.
5- أن تكون ذات خواص ميكانيكية جيدة كارتفاع معامل مقاومة الانضغاط ومعامل المقاومة للكسر.
6- أن تكون مقاومة للبكتيريا والعفن والحريق خاصة في الأماكن المعرضة للحريق بسهولة.
7- أن تكون ثابتة الأبعاد على المدى الطويل ذات معامل تمدد حراري قليل.
8- أن تكون مقاومة للتفاعلات الكيمائية.
9- ألا ينتج عنها أي أضرار صحية.

يمكن تقسيم المباني من حيث نوعية وطريقة الاكتساب الحراري الرئيسي الى نوعين :-

1- مباني معظم اكتسابها للحرارة يأتي من خلال القشرة أو الغلاف الخارجي للمبنى بمعنى أن متطلبات التبريد والتدفئة تتناسب بصورة تقريبية مع الفرق بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية . وتقع المساكن والمخازن عادة في هذا القسم نظرا لأن الحرارة المكتسبة من الخارج تفوق بكثير الحرارة الناتجة عن النشاطات المختلفة داخلها .ففي هذه المباني فإن زيادة العزل الحراري في الغلاف الخارجي للمبنى سيؤدي بالضرورة الى تقليل مقدار الحرارة المكتسبة أو المفقودة وهذا بالتالي يؤدي الى تقليل الطاقة اللازمة لإزالة ما يكتسب أو تعويض ما يفقد . ولتحديد السمك الأمثل للمادة العازلة في المباني من هذا النوع فإن الضابط الأساسي لهذا التحديد هو مقدار التكلفة الكلية وهي تساوي مجموع تكلفة المادة العازلة وتكلفة الطاقة اللازمة لتكييف المبنى .

2- مباني اكتسابها الرئيسي للحرارة يأتي من داخلها وهذه المباني يكون الاكتساب الرئيسي للحرارة فيها نتيجة للنشاطات المقامة داخلها كالمصانع أو نتيجة لضخامة عدد المستخدمين أو للحرارة الناتجة عن الاضاءة الصناعية كالمكاتب ونحوها . ففي مثل هذه المباني ولأن معظم الاكتساب لا يتأثر بشكل أساسي بالظروف الجوية الخارجية فإن زيادة سمك الطبقة العازلة لا يؤدي بالضرورة إلى تقليل تكلفة الطاقة بل قد يؤدي إلى زيادتها فضلا عن زيادة التكلفة الكلية . فزيادة سمك الطبقة العازلة يؤدي إلى احتباس الحرارة المكتسبة في الداخل من تراكمها فتزيد أحمال التبريد بصورة واضحة . لذا فالمباني من هذا النوع تحتاج إلى دراسة مستفيضة بواسطة الحاسب الآلي لتحديد سلوك المبنى الحراري على مدار العام باستخدام سمك مختلف من المادة العازلة ومن ثم الوصول الى السمك الأمثل.

ثانيا: العزل الصوتي

يتم عزل المباني لمنع إنتقال الصوت من مكان إلى آخر وذلك بسبب سهولة إنتقال الصوت عبر الأجزاء الخرسانية.

الصوت

هو أحد صور الطاقة وينتقل الصوت من مكان لآخر بواسطة أمواج ميكانيكية وأمواج تضاغط تحدث ذبذبات في الهواء أو المواد البنائية.
ونظرا لأن الأصوات المستمرة والمتقطعة المحيطة بالإنسان تمثل طاقة خاصة قد تؤدي إلى توتره العصبي وتؤثر على طريقة سلوكياته وتصرفاته لذلك توجب دراسة البيئة المحيطة بالإنسان سواء خارج المبنى أو داخله دراسة معمارية وتنفيذية للتحكم في تهيئة مستوى الأصوات المناسبة لمعيشته وعمله وهذا لا يتم إلا

بالتحكم في شكل الفراغ الداخلي للمبنى سواء في التصميم المعماري أو التنفيذي بجانب حسن اختيار أنسب المواد العازلة للصوت ووضعها في مكانها الصحيح مع ضبط تشطيبها . كل ذلك يساعد على الحد من الأصوات الخارجية الغير مرغوب وصولها للإنسان بالإضافة الى التحكم في درجة مستوى الصوت الداخلي المناسب .

المواد المستخدمة في العزل الصوتي

يستخدم في العزل الصوتي مواد انشائية خاصة مثل:

1. ألواح البوليسترين
2. ألواح الفلين
3. ألواح من الجبس

طرق العزل الصحيح

لضمان عدم انتقال الصوت ونفاذه خلال المواد العازلة يجب مراعاة عدة امور رئيسية خلال تنفيذ اعمال العازل خصوصا عند استخدام الواح البوليسترين المنبثق ومن اهمها:

1. استخدام مواد عزل معتمدة ومضمونة .
2. تغطية كافة السطح المراد عزله بالمادة العازلة .
3. عدم وجود فواصل كبيرة بين قطع المادة العازلة .
4. غلق الفواصل بين القطع باستخدام شريط لاصق خاص .
5. تغطية العازل باستخدام شرائح خاصة تعمل على حمايته .

ثالثا" : العزل الرطوبي

تحتاج جميع المنشآت إلى عزل مبانيها عزلا" تاما" من الرطوبة والمطر والمياه الجوفية والسطحية ورشحهما . فمن مساوئ تأثير الرطوبة ومياه الرشح على المباني أنها تساعد على تلف عناصر موادها الانشائية والبنائية مما يؤدي إلى قصر عمر المبنى بخلاف تعفن هذه المواد وصدور روائح كريهة منها لمستخدمي المبنى مع تكاثر الحشرات.

مسببات الرطوبة Causes of Dampness

1- اتجاه المبنى

الجدران التي يصلها قطرات المطر وقليل من أشعة الشمس تجعلها اكثر عرضة للرطوبة .

2- مياه المطر

وتختلف كمية سقوطها من مكان إلى آخر فعادة مياه المطر تمثل خطورة على المباني الغير مجهزة بموانع للرطوبة نظرا لقدرة المياه على الاختراق المباشر لسقف المبنى وعناصره المختلفة ولذلك يجب عزل السقف من الرطوبة . كذلك يمكن أن تخترق الرطوبة الجدران الخارجية المعرضة للمطر الشديد أن لم يعمل لها عازل مناسب.

3- المياه السطحية

وتتكون من الأنهار أو البحار أو البرك المتكونة نتيجة المطر أو السيول ففي بعض الأحيان تختلط هذه المياه بالتربة الأرضية وتكون مناطق من الطين المشبع بالمياه قرب أساسات لمبنى وقد تتسرب بعض هذه المياه داخل التربة وتتجمع مع المياه الجوفية وبذلك يزيد منسوبها وقد تصل هذه المياه إلى أساسات المبنى القريبة منها عن طريق الخاصية الشعرية الأفقية مما يهدد المبنى إن لم يعمل له عازل من تأثير هذه المياه.

4- المياه الجوفية

وهي المياه المتكونة تحت سطح الأرض من خلال مسام تربتها إلى أن تستقر على منسوب يكاد يكون ثابت لكل منطقة وعلى ذلك فالتربة القريبة من المياه الجوفية تكون عادة مشبعة بالمياه ولا يفضل أن تخترق ملجأ المباني هذه المنطقة بدون عمل موانع للمياه فيها وإلا حدث البلل أو الفيضانات داخل هذه الملاجئ.

5- صعود الرطوبة الأرضية

تصعد الرطوبة من التربة الرطبة تحت المنشأ إلى أرضية الدور الأرضي أو الملاجئ في المباني عن طريق الخاصية الشعرية خلال مسام التربة والمواد البنائية المستعملة في المبنى.

6- سوء صرف المياه في الموقع

يحدث تجميع لمياه الصرف تحت المبنى إذا صعب صرفها من أراضي الموقع المنخفضة وخصوصا إذا كانت تربة الموقع غير منفذة للمياه وعلى ذلك يحدث رطوبة لهذه المباني المنشأة على تلك الأراضي .

7- العمالة السيئة

عيوب تقفيلات وجلسات الشبابيك والأجهزة الصحية ....الخ حيث أن هذا يؤدي إلي السماح بنفاذ المياه داخل المبني وإحداث رطوبة , ومثال علي ذلك إهمال عمل ميول الأسطح وتصريف الأمطار أو عملها بطريقة سيئة .

تأثير الرطوبة Effect of Humidity

- - حالة غير صحية لمستخدمي المبني.
- - عدم تماسك الانهاءات في المباني.
- - ظهور الاملاح(التزهر Efflorescence) على الجدران والأرضيات والأسقف.
- - فساد الأخشاب المستخدمة وانحناءها.
- - تعريض الحديد المستخدم للصدأ.
- - تلف للتأسيسات الكهربائية.
- - تلف التكسيات للأرضيات والجدران والأسقف.
- - تكاثر الفطريات والبكتيريا في المبني.

مواد العزل للرطوبة

أولا : مواد عازلة مرنة Flexible Materials

1.الألواح المعدنية Metal Sheets

وهي ألواح تستعمل لشدة عزلها للرطوبة والمياه في الأسطح والجدران والأرضيات وصناديق الزهور ومنها ألواح الرصاص, ألواح النحاس, ألواح الألومنيوم .

2.البتيومين (القير) Bitumen

يصنع البتيومين من ما تبقى من تقطير البترول الخام حيث يتراوح قوامه بين الصلابة وشبه الصلابة كما أن لونه يتراوح بين الأسود والبني.

يعتبر البتيومين (القير) من المواد المرنة التي تقاوم انبعاج المباني نتيجة هبوط جدرانها الطفيفة بدون تلف كما يعتبر البتيومين من أكثر المواد المستعملة في الوقت الحاضر في عزل الرطوبة نظرا لرخص ثمنه عن بقية المواد العازلة الأخرى مع مرونته وسهولة استعماله ومقاومته لتكاثر الفطريات والسوس والنمل.

ثانيا: مواد عازلة نصف صلبة Semi Rigid Materials

1.الأسفلت Asphalt

وهو عازل جيد للرطوبة ومن عيوبه عدم قوة تحمله للشد العالي والانبعاج وخصوصا عند هبوط المبنى الخفيف لأن الأسفلت ينشرخ ويتلف ويكون عرضه لتخلل المياه وعلى ذلك لا يفضل وضعه في الأماكن إلا بعد دراسة خاصة وللأسفلت أنواع كثيرة منها الأسفلت الطبيعي والصناعي والماستك.

2. لفائف الأسفلت Asphalt Rolls

تعتبر هذه النوعية ذات امكانية العزل فهي مصنعة من مادة أسفلتية وملصق بها مادة رقيقة جدا من المعدن مثل الألومنيوم وتوضع هذه المادة عادة لعزل الرطوبة والحرارة أيضا داخل الجدران والأسقف أو على الأسطح النهائية.

ثالثا : مواد عازلة صلبة Rigid Materials

- بياض أسمنتي Cement Plaster
- ألواح الاسبيستس الصغيرة Asbestos Shingles
- ألواح الاسبيستس الإسمنتي Asbestos Cement Board
- طبقات البلاستيك Plastic Laminates
- القرميد Tiles

ولعزل الرطوبة الأرضية نتبع ما يلي:-

أ- عزل الرطوبة لأرضية للمباني

توضع الطبقة العازلة لجدران المبنى مكونة من طبقات من اللباد ودهانها بالبتومين (القير) ويحدد ذلك تبعا لرطوبة التربة كالآتي :-

1- في المناطق التي تكون فيها التربة جافة (أرض رملية جافة أو صخرية جافة) تصب الارضية بسمك لا يقل 5 سم (تعمية Blinding) ثم تعمل الطبقة العازلة من طبقة واحدة من اللباد ووجهين بتومين (قير) .

2- في حالة التربة ذات الرطوبة البسيطة (أرض طينية جافة) تصب الرضية بسمك لا يقل 5 سم (تعمية Blinding) ثم تعمل الطبقة العازلة من طبقتين من اللباد وثلاثة أوجه بتومين (قير) بينهم .

3- في حالة التربة ذات الرطوبة العالية (أرض طينية مشبعة بالماء) تصب الرضية بسمك لا يقل 5 سم (تعمية Blinding) ثم تعمل الطبقة العازلة من 3 طبقات من اللباد مع أربعة أوجه بتومين (قير) بينهم.

ب- عزل الرطوبة الأرضية للحمامات

1- تفرش مونة الإسمنت والرمل بسمك (2 – 3) سم وذلك لضبط أفقيتها وتنعيم سطحها ليكون أملسا".
2- بعد جفاف مونة الاسمنت يفرش فوقها طبقة من القير بسمك لا يقل عن 1 سم.
3- تفرش طبقة من اللباد القيري بطبقتين متخالفتين مع ملاحظة تراكب طبقة اللباد على الاخرى بمسافة لا تقل عن (10) سم مع ضمان رفع طبقة اللباد باتجاه الجدار بمسافة (30) سم .ثم نفرش فوقها طبقة من القير بسمك لا يقل عن 1 سم.

4- بعدها تصب طبقة من الخرسانة سمك 5 سم فوق الطبقة العازلة مباشرة لحفظها ثم توضع على صبة الخرسانة التشطيبات اللازمة (السيراميك او الكاشي).

ج- عزل الرطوبة في اسطح المباني

1- عمل مونة أسمنتية لتسوية السطح وملأ الفراغات والنتوءات التي قد تكون موجودة في صبة الخرسانة المسلحة أو في أركان مرد الماء.
2- تفرش طبقة من القير بسمك لا يقل عن 1 سم بعد تنظيف السطح من التراب والاوساخ.
3- تفرش طبقة من اللباد مع ملاحظة تراكب طبقة اللباد على الاخرى بمسافة لا تقل عن (10) سم مع مراعاة رفع اللباد رأسيا ولصقه بالقير على المردات بارتفاع 15سم.
4- تفرش طبقة أخرى من اللباد متعامدة على الطبقة السابقة مع رفع هذه الطبقة أيضا على المردات بارتفاع 15 سم .
5- تفرش طبقة من القيرالساخن بسمك لا يقل عن 1 سم على السطح بالكامل ويرش عليه الرمل لحين تصلبه.
و في حالة وضع عازل حراري (الفلين مثلا) يفرش فوق هذه الطبقة (بعد وضع طبقة من النايلون فوق الرمل كي لا يلتصق الفلين بطبقة القير) ثم يوضع عليه التراب والشتايكر ويجب عمل الميل المطلوب للشتايكر (1 سم لكل متر طول) وذلك لسهولة تصريف ماء المطر من السطح مع عمل مرازيب لتصريف ماء المطرإلى الخارج .

الفصل السادس

البلاط
Tiles

البلاط Tiles

انواع البلاط :-

1- الكاشي الموزائيك

كاشي الموزائيك يتكون من طبقتين منفصلتين: الطبقة الاولى (الرطبة) هي طبقة الموزائيك وتحتوي على مرمر مكسر على شكل حصى بأحجام مختلفة(2 – 20 ملم) وغبرة المرمر والاسمنت الابيض ممزوجة بالماء لتكون لينة. الطبقة الثانية الخلفية تتكون من الرمل الحاد النتوءات والبحص المخلوط فيه وجريش الحصى من جهة والاسمنت العادي من جهة اخرى ويضاف لها كمية قليلة من الماء (نصف جافة).
توضع الطبقة الاولى في قالب المكبس الدوار ويسلط عليها هزاز ثم تفرش فوقها الطبقة الثانية والطبقتين تعرض الى كبس هيدروليكي عندها يتسرب ماء الطبقة الاولى في جزيئات الطبقة الثانية الشبه جافة وتشد الطبقتين ببعض.

2- السيراميك

له تركيب طيني فخاري وبأشكال مربعة او مضلعة صغيرة او كبيرة وبمظهر المنقوش او السادة . يصنع السيراميك بالوان متعددة ويستعمل الاكساء بالسيراميك في الارضيات والمجاميع الصحية ويمتاز بالمظهر الجيد وعدم التأثر بالدهون وخفيف الوزن ومقاوم للتأكل بالحوامض والاملاح.

3- البلاطات الكونكريتية أو الخرسانية (الشتايكر)

تصنع هذه البلاطات من الخرسانة بنسبة (1 سمنت – 1.5 رمل – 3 حصى) وباستعمال الحصى الناعم بمقاس اقصى (10) ملم وقد يضاف اليها مانع الرطوبة (السيكا) ويجب استعمال الهزاز عند الصب لا عطائها الكثافة اللازمة وتضاف اصباغ ملونة في بعض الحالات لأعطائها لونا مميزا وترطب بالماء بصورة مستمرة لمدة (28) يوم لأعطائهاالتصلب . الحجم القياسي لبلاطات تسطيح السقوف (4*80*80) سم اما تطبيق الارضيات فهو بقياسات مختلفة. والشكل رقم (1) يبين اشكال مختلفة من البلاط.

شكل (1) صور مختلفة من البلاط

فحوصات الكاشي الموزائيك

ملاحظة:- تجري جميع الفحوصات على نماذج عمرها لا يقلعن 28 يوم.

١ - الشكل العام

أ-استوائية الوجه :-

تفحص استوائية الوجه بتنظيف وجهي كاشيتين منتجتين من نفس الوجبة وتطبقان على وجهيهما ثم تطبق الأركان وتلاحظ أي حركة لهذه الأركان بسبب عدم تطابقها ويقاس الفراغ بين كل ركنين متلامسين (أن وجد) بإدخال عدد من الصفائح القياسية السمك إلى أن يمتلئ الفراغ ويسجل بجمع سمك الصفائح.

عند عدم ملاحظة أي فراغ في البداية تدور الكاشية العليا على الوجه السفلي ربع دورة (90) درجة وتعاد العملية وهكذا إلى أن تصبح دوره كاملة على أن يلاحظ الفراغ كل ربع دورة ،تسجل النتيجة بعد ترقيم الأركان بشكل متناظر ،وعندما لا يحدث أي فراغ محسوس في دوره كاملة يسجل إن الكاشية مستوية الوجه وغير محدبة.تطابقالأركانيجب أن لا يتجاوز (± 0.5 ملم) ،

ب- الزوايا :-

يجب أن تكون قائمة ولايتجاوز التفاوت عن (± 0.1) درجة.

جـ - موازاة الوجه والظهر:-

تفحص موازاة الوجه للظهر بقياس سمك الكاشية عند الأركان الاربعة وفي منتصف الأضلاع بدقة 0.1 ملم ويدقق الرقم مع ما هو مطلوب في حدود القبول (± 1.5) ملم ويمكن الاستنتاج بتوازي الوجهين أو عدمه.

د- سمك طبقة الوجه :-

لا يقل سمك طبقة الوجه المعرضة للاحتكاك عن سمك اكبر مقاس الركام المستخدم في الوجه ولا يقل عن (8ملم) بعد الجلي والتنعيم.

هـ - الأبعاد والتفاوت بالأبعاد:-

يكون التفاوت المسموح به للطول والعرض (± 1) ملم ويكون التفاوت المسموح به للسمك (± 3) ملم.

و- متطلبات أخرى:-

١- الوجه خالي من النتوءات والفجوات والانخفاضات والتثلمات.

٢- الحافات حادة وسليمة.

٣- حافات الكاشية عمودية علىالسطح .

٤- يكون اللون وتوزيع الحجر بشكل متجانس ومنتظم.

طول الضلع (ملم)	سمك الكاشية (ملم)
1 ± 150	3 ± 20
1 ± 200	3 ± 20
1 ± 250	3 ± 25
1 ± 300	3 ± 30
1 ± 400	3 ± 35
1 ± 500	3 ± 40

جدول رقم (1) ابعاد الكاشي الموزائيك المربع

2- فحص الامتصاص للكاشي Tiles –Absorption Test

ملاحظة:-

يكون عدد النماذج المفحوصة لكل اختبار (6) نماذج عند فحص امتصاص الوجه والامتصاص الكلي ،ويجري الفحص على نماذج عمرها لايقل عن 28 يوما.

أ- امتصاص وجه الكاشية للماء. Surface Absorption

المواصفات القياسية للفحص : Iraqi Standard Specification

اعتمدت في هذا الفحص المواصفات القياسية العراقية رقم 1275 لعام 1985.

الغرض من الفحص Puepose

التأكد من ان حجر الموزائييك قليل الامتصاص.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:- apparatus and Device

1- ميزان حساس .

2- فرن تجفيف.

3- حوض ماء.

4- طبق لتغطيس الكاشي فيه ووجهه الى الاسفل .

طريقة العمل Procedure

1- تجفف عينات الفحص في الفرن لحين ثبوت الوزن (يعتبر الوزن ثابتا عندما لايزيد التغير في الوزن الكلي لأية ثلاث كاشيات على 2 غم في فترة مقدارها 8 ساعات) ثم يبرد الكاشي بعد اخراجه من الفرن في هواء غرفة ذات درجة حرارة (20 ± 2) م˚.

2- يوزن الكاشي بعد ذلك ويسجل الوزن الجاف لكل كاشية (Wd).

3- تؤشر جميع الاركان لكل كاشية بمسافة (5) ملم تحت وجه الكاشية ثم توضع الكاشيات ووجهها الى الاسفل في الاطباق ،ويسكب ماء بدرجة حرارة (20 ± 2) م˚ بعنايه في الاطباق الى ان يصل مستوى الماء الى العلامات المؤشرة على الاركان الاربعة لكل كاشية.

ويجب ان لاتبلل الوجوه الخلفية للكاشي, ويحافظ على درجة الحرارة ومنسوب الماء المحددين لمدة (24 ± ½) ساعة .

4- يرفع الكاشي بعد تلك الفترة مع تجنب تبليل الوجوه الخلفية ثم يزال الماء الزائد من على سطح الكاشي وذلك بمسحة بقطعة قماش.

5- توزن كل كاشية ويسجل الوزن (Ww).

الحسابات:- Calculations

$$\text{Surface Absorption} = \frac{Ww - Wd}{A}$$

Surface Absorption = امتصاص وجه الكاشية
Ww = الوزن الرطب للكاشية بعد 24 ساعة (غم)
Wd = الوزن الجاف للكاشية (غم)
A = مساحة وجه السطح للكاشية (سم^2)

حددت م .ق. ع رقم 1042 لعام 1984 بأن لا يتجاوزامتصاص الوجه على 0.4 غم / سم^2

ب- تحديد الامتصاص الكلي Total Absorption

الغاية من الفحص Purpose

للتعرف على وجود الفجوات ذات الاثر السيئ على ديمومة الكاشي (الكبس قليل اثناء الصنع).

المواصفات القياسية للفحص Iraqi Standard Specification

اعتمدت في هذا الفحص المواصفات القياسية العراقية رقم 1275 لعام 1985.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:- apparatus and Device

1- ميزان حساس .
2- فرن تجفيف.
3- حوض ماء.
4- طبق لتغطيس الكاشي فيه ووجهه الى الاسفل .

طريقة العمل Procedure

1- يتم تجفيف الكاشي وتبريده كما في فحص امتصاص الوجه .
2- يوزن الكاشي الجاف بعد ذلك يسجل الوزن الجاف لكل كاشية (Wd)
3- تغطس العينات في ماء بدرجة حرارة (20 ± 2) م° بعد التبريد مباشرة ويكون عمق الماء فوق السطح الاعلى لكل كاشية (25- 50) ملم . تبقى الكاشيات تحت الظروف المذكورة لمدة (24 ± ½) ساعة .
4-يرفع جميع الكاشي من الماء عند نهاية تلك الفترة ويزال الماء السطحي بواسطة قطعة قماش وتوزن كل كاشية ويسجل وزنها (Ww).

الحسابات :- Calculations

$$\text{Total Absorption} = \frac{Ww - Wd}{Wd} \times 100$$

Total Absorption= الامتصاص الكلي للكاشية
Ww = الوزن الرطب للكاشية بعد 24 ساعة (غم)
Wd = الوزن الجاف للكاشية (غم)

حددت م .ق. ع رقم 1042 لعام 1984 بأن لا يتجاوزامتصاص الكليعلى 8 %

3-فحص معاير الكسر للكاشي Modulus Of Rapture test for Tiles

ان فحص معاير الكسر للكاشي مهم جدا حيث من خلاله يمكن معرفة قوة تحمل الكاشي واماكن استخدامها حسب القوة ومناسبته للاعمال الانشائية.

ملاحظة:-
تكون عدد النماذج المفحوصة ستة نماذج , ويجري الفحص على نماذج عمرها لا يقل عن 28 يوماً .

الغرض من التجربة Purpose

تحديد مقاومة الكاشية لاجهادات الشد الناتجة من عملية الثني للكاشية.او ايجاد القوة اللازمة لكسر الكاشي.

الأدوات والأجهزة المستخدمة apparatus and Device

جهاز فحص معاير الكسر للكاشي.

طريقة العمل Procedure

1- تغمر العينات في ماء نقي بدرجة حرارة (20 ± 2) م° ولمدة (24 ± ½) ساعة .
2- توضع كل كاشية فوق مساند جهاز الفحص بصورة متناظرة بحيث يكون وجه الكاشية نحو الأعلى , يسلط الحمل على الكاشية باستمرار بسرعة متجانسة لحين حدوث الكسر يسجل الحمل المسبب للفشل (P) .

الحسابات:- Calculations

ملاحظة:- تكون الكاشية في اسوء حالة عند الفحص عندما تكون مشبعة بالماء وجافة السطح .

$$M.O.R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

M.O.R = معاير الكسر Modules Of Rapture
P = القوة التي تؤدي الى كسر الكاشية (N)
L = المسافة بين المسندين (mm)
b = عرض الكاشية (mm)
d = معدل ارتفاع الكاشية (mm)

ملاحظة:-
1-مقدار المسافة التي تبرز من كل جانب من حافة الكاشية الى المسند ولمختلف قياسات الكاشي هي (2,5) سم من كل جانب وبذلك يتم طرح (5) سم من الطول الكلي للكاشية لنستخرج الطول الفعال في المعادلة الخاصة بمعاير الكسر للكاشي.
مثال:- اذا كان طول الكاشية (400 mm) فان قيمة L تكون:-

$$L = 400 - 50 = 350\ mm$$

2- سمك الكاشية (d) يؤخذ عادة (o.1) من طولها.

***- حسب المواصفات القياسية العراقية م.ق.ع. 1043 لعام 1984 فأنه يجب ان لا يقل معاير الكسر(M.O.R)عن (3 N/ mm^2).**

مثال:- الجدول ادناه يمثل فحص معاير الكسر لنماذج من الكاشي (25*25) سم وبسمك (2.5 سم) وبعدد (6) كاشيات حيث كان معدل معاير الكسر للنماذج الستة هو:-

$$M.O.R = 8.94\ N/mm^2$$

.No	b(mm)	d (mm)	L (mm)	P (N)	(M.O.R (N/mm^2)
1	250	25	200	4550	8.73
2	250	25	200	4720	9.06
3	250	25	200	4600	8.83
4	250	25	200	4660	8.94
5	250	25	200	4750	9.12
6	250	25	200	4680	8.98
				المعدل	8.94

مثال :

نموذج من الكاشي الموزائيك ابعاده (30*30) سم وسمك (3) سم , وزنها وهي جافة (6.5) كغم , تم فحصها لامتصاص الوجه وكان وزنها وهي رطبة بعد اكمال الوقت للفحص (6.77) كغم , وعندما غمرت بالماء لمدة يوم واحد اصبح وزنها وهي مشبعة (7.00) كغم , وبعد فحصها للانثناء لإيجاد معاير الكسر حيث تم تسليط حمل مقداره (2330) نت حدث الكسر للنموذج . جد مقدار الامتصاص للوجه والامتصاص الكلي ومعاير الكسر , اذا علمت ان فضاء التحميل بالانثناء هو (25) سم.قارن النتائج مع محددات م.ق.ع رقم 1042 لعام 1984.

الحل:-

$$\text{Surface Absorption} = \frac{Ww - Wd}{A} = \frac{(6.77-6.5)*1000}{30*30} = 0.3\ gm/cm^2 < 0.4$$

$$\text{Total Absorption} = \frac{Ww - Wd}{Wd} = \frac{(7- 6.5)}{6.5} = 7.69\% < 8\%$$

$$M.O.R = \frac{3PL}{2bd^2} = \frac{3*2330*250}{2*300*30^2} = 3.23\ N/mm^2 > 3.0$$

اذن النموذج مطابق للمواصفات العراقية رقم 1042 لعام 1984.

الفصل السابع

الحديد
Steel

الحديد Steel

الحديد هو من المواد المتشابهة الخواص الى حد كبير يستعمل لأغراض انشائية وبنائية متعددة وبكميات كبيرة من أي مادة اخرى من المواد المعدنية .

تحضير الحديد

يحضر الحديد بصورة عامة بعملية اختزال خامات الحديد بواسطة اول اوكسيد الكاربون او الكاربون الذي يخلط مع الخامات في عملية تسخين مستمر في فرن نفاخ blast Furnace يكون فيه الناتج حديد الزهر(Pig Iron)وغازات منها اول وثاني اوكسيد الكاربون .

ان عملية الاختزال تبدأ بالنسبة الى اوكسيد الحديديك (Fe_2O_3) بدرجة حرارة (200) م° وتحوله الى اوكسيد الحديدوز(Fe_3O_3) ثم الى (FeO) ثم الى الحديد.

ان هذه العملية تتم بدرجة حرارة مقدارها (800) م° . وأوطأ بكثير من درجة انصهار الحديد التي تبلغ (1539) م° عندما يكون نقيا" ودرجة (1100) م° عندما يحتوي على مواد شوائب.

ان ما يحدث في عملية الاختزال ما هو الا تفاعل كيمياوي بسيط يتحول فيه اوكسيد الحديد الى حديد.

$$Fe_2O_3 + 3\ CO \rightarrow 2\ Fe + 3\ CO_2$$

حديد الزهر Pig Iron

وهو الحديد الناتج من الأفران العالية وتبلغ كثافته 7860 كغم/ م^3، و درجة انصهاره ما بين1275- 1505 م°

وهو سهل الكسر و لا يقبل التشكيل وترجع هشاشة حديد الزهر إلى النسبة العالية من الكربون فيه.

يتم تنقية حديد الزهر الناتج برفع او تنقية المواد الغريبة التي فيه وينتج عن التنقية حديد مطاوع (Wrought Iron) او حديد صلب (فولاذ) Steel وهذه التسميات متوقفة على مقدار المواد الغريبة ونوعيتها.

اسباب اختيار الحديد كمعدن تسليح الخرسانة

1- قوة مقاومة الشد للحديد.
2- قوة التماسك بين الحديد والخرسانة.
3- قرب معامل التمدد الحراري لكل من الحديد والخرسانة فلا يحدث انفصال بينهم عند تغير درجة الحرارة.

الشروط الواجب توفرها فى قضبان التسليح:-

1- ان تكون سليمة وخالية من التشققات والعيوب السطحية والقشور .
2 - ان تكون خالية من اي مواد عالقة به تقلل من التماسك بينها وبين مكونات الخرسانة مثل قشور الصدأ او الشحوم ويجب تنظيف القضبان قبل استعمالها مباشرة.
3- يجب ان تحتوي القضبان على نتوءات كافية لضمان التماسك.

4- تستعمل قضبان حديد التسليح بالأطوال المطلوبة وفي حدود (12) م واذا زاد الطول عن ذلك فيسمح بعمل وصلات على ان تكون بطول:-

أ- 50 x (قطر القضيب)..... في حالة الشد.

ب- 25 x (قطر القضيب)..... في حالة الضغط.

قضبان حديد التسليح للخرسانة

أولاً : المقاسات:- كما مبين في الجدول رقم (1)

الصنف (نيوتن\مم^2) مقاومة الشد	المقاس الاسمي (مم)
250	8 ، 10 ، 12 ، 16
460	8 ، 10 ، 12 ، 16 ، 20 ، 25 ، 32 ، 40

جدول رقم (1) : المقاسات الاسمية لقضبان حديد التسليح

ثانياً : مساحة المقطع والكتلة :-كما مبين في جدول رقم (2).

ملاحظة:- كثافة الحديد (الفولاذ) تساوي 7860 كغم / م^3.

المقطع الاسمي (مم)	مساحة المقطع (مم^2)	الكتلة لوحدة الطول (كغم)
6	28.3	0.222
8	50.3	0.395
10	78.3	0.616
12	113.1	0.888
16	201.1	1.579
20	314.2	2.466
25	490.9	3.854
32	804.2	6.313
40	1256.6	9.864
50	1963.5	15.413

جدول رقم (2) مساحة مقطع وكثافة القضبان

ثالثا" :- متطلبات الشد

1- متطلبات الشد حسب المواصفات البريطانية (B.S - 4449/1997)

تكون متطلبات مقاومة الشد للقضبان كما مبين في جدول رقم (3)

الصنف	مقاومة الشد المميزة نيوتن\مم^2	الحد الأدنى للاستطالة ٪
250	250	22
A 460	460	12
B 460	460	14

جدول رقم (3) متطلبات الشد لقضبان حديد التسليح حسب المواصفات البريطانية

لطول قياسي قدره خمسة مرات بقدر قطر القضيب.

2- متطلبات الشد حسب المواصفات الامريكية ASTM (A615)

تكون متطلبات مقاومة الشد للقضبان كما مبين في جدول رقم (4)

Tensile Requirement		الصنف		
		Grade 40	Grade 60	Grade 75
مقاومة الشد الحد الأدنى (MPa)		420	620	690
مقاومة الخضوع الحد الأدنى (MPa)		280	420	520
قطر القضبان (ملم)	الاستطالة لطول قياس 200مم الحد الأدنى(٪)			
10		11	9	-
13 ، 16		12	9	-
19		12	9	7
22 ، 25		-	8	7
29 ، 32 ، 36		-	7	6
43 ، 57		-	7	6

جدول رقم (4) متطلبات الشد لقضبان حديد التسليح حسب المواصفات الامريكية

فحوصات الحديد Steel Tests

ان اجراء فحوصات حديد التسليح قبل استخدامها في الاعمال الانشاية له أهمية كبيرة في السيطرة النوعية واستدامة عمر المنشأ.
ان تزايد الأنواع المطروحة في الأسواق المحلية وتنوعها وتعدد مصادرها تبرز الحاجة الى وجود مقياس واسس يتم وفقها اختيار امثل وافضل الأنواع للاستخدام.

فحص الشد Tension Test

الغرض من الفحص Purpose

1- لدراسة سلوك الحديد في فحص الشد عند زيادة القوة عليه حتى الفشل.
2- للحصول على منحني الجهد- الانفعال Stress-Strain .

الادوات والاجهزة المستعملة apparatus and Device

1- آلة فحص هيدروليكية سعة (1000) طن.
2- نماذج قياسية من الحديد.
3- مقياس التمدد والاستطالة Extensometer .
4- ميكروميتر ومقياس الاقطار.
5- مطرقة وقطع حديدية لتعيين المركز.

طريقة العمل Procedure

1- يسجل معدل القطر(d) للنموذج ثم يقاس طول معين من النموذج بمقدار(5 سم) يسمى Gauge length ويعمل بقطر اقل من قطر النموذج بقليل ليكون الفشل ضمن هذا الطول كما في الشكل رقم (1).
2- قبل ادخال النموذج في ماسكات الجهاز يشغل محرك الجهاز لدة دقيقتين حتى تعطي مجال للدهن بالمحاور والتفرغ على الاجزاء الداخلية للجهاز حتى يصل الدهن الى جميع الاجزاء المتحركة.
3- يوضع النموذج في ماسكات الجهاز ثم يثبت مقياس الاستطالة على النموذج.
4- يوضع المؤشر الذي يقرأ اعلى قوة بتماس مع مؤشر القوة.
5- تزداد القوة تدريجيا" حتى تصل الى نقطة الاذعان (Yield Point) وبعد عبور نقطة الاذعان يمكن زيادة القوة حتى ينكسر النموذج. ويجب ملاحظة ابعاد قياس الاستطالة عن النموذج بعد عبور نقطة الاذعان.

شكل رقم (1) نموذج الفحص للحديد

ملاحظة:-

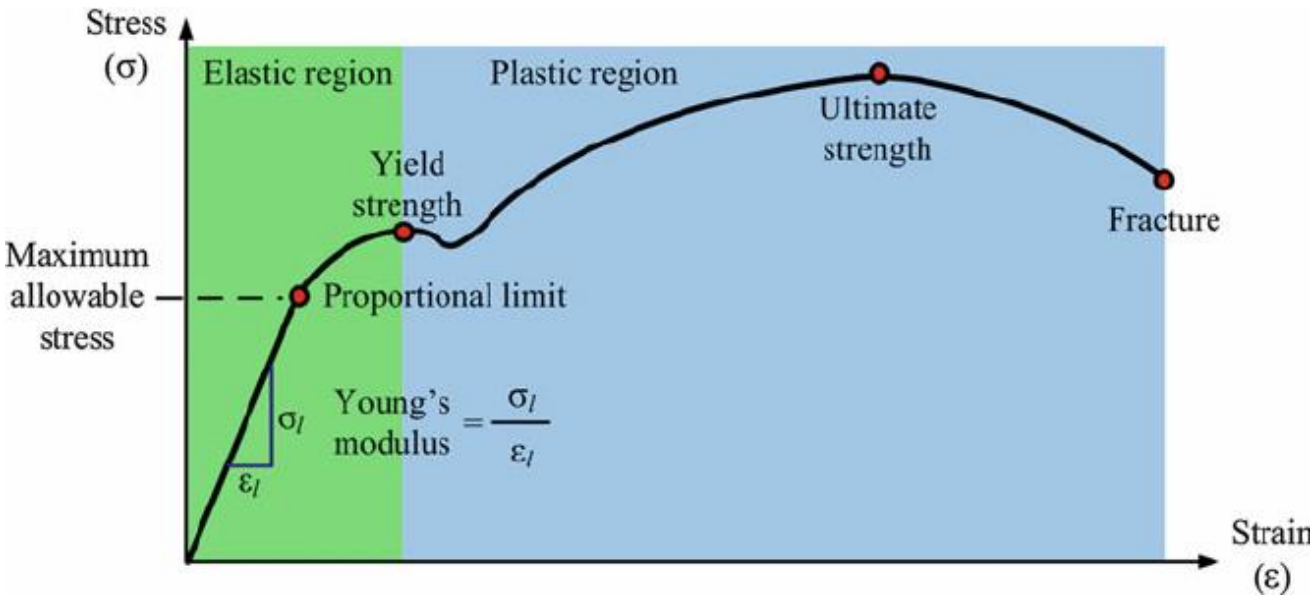
1- تؤخذ بحدود 10 قراءات في مجال المرونة **Elastic**.
2- يمكن معرفة نقاط الاذعان **(Yield Point)** وذلك عند ملاحظة زيادة في الطول وعدم وجود اي زيادة في القوة. وكذلك فان انفصال المؤشران يدل على الوصول الى نقطة الاذعان النهائية.
3- يجب ملاحظة اعلى قوة **(Ultimate Load)** في لحظة الكسر في مجال اللدانة **(Plastic Range)** اما الاستطالة فيمكن ملاحظتها من قراءة مقياس موجود على الجهاز.

ان تجربة فحص قوة الشد هي التجربة الشائعة التي تجرى على الحديد في المختبر لإيجاد علاقة الاجهاد- الانفعال **(Stress-Strain)** وحد المرونة **(Elastic Limit)** ونقطة الاذعان **(Yield Point)** واعلى جهد **(Ultimate Stress)** وجهد الكسر **(Breaking Stress)**.

مخطط الاجهاد – الانفعال

ان مقاومة المادة ليست المعيار الوحيد الذي يجب اخذه بنظر الاعتبار عند تصميم المنشات . فالصلابة تكون بنفس الاهمية , اما الخواص الاخرى كالصلادة والمتانة والاستطالة فتكون بدرجة اقل من الاهمية في انتخاب المادة.

عند فحص عينة من الفولاذ الانشائي بين فك ماكنة فحص مع مراقبة الحمل المسلط والاستطالة في ان واحد فاننا نستطيع ان نضع هذه القراءات على مخطط بياني يمثل الاحادثي الرأسي فيه الحمل (الاجهاد) ويمثل الاحداثي الافقي فيه الاستطالة (الانفعال) كما في الشكل رقم (1).



شكل رقم (1) مخطط الاجهاد – الانفعال للحديد

$$\text{الاجهاد (Stress)} = \frac{\text{القوة}}{\text{مساحة المقطع}} = \frac{P}{A} \quad (\text{نت/مم}^2)$$

$$\text{الانفعال (Strain)} = \frac{\text{مقدار الاستطالة}}{\text{الطول الاصلي}} = \frac{\Delta L}{L} \quad (\text{مم/مم})$$

$$\text{معامل المرونة (E) = (معامل يونك)} = \frac{\text{الجهد}}{\text{الانفعال}} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (\text{نت/مم}^2)$$

الفصل الثامن

حجر البناء
Building Stone

حجر البناء Building stone

تستخدم احجار البناء منذ قديم الزمان وذلك لقوتها ومتانتها وحسن منظرها وتستعمل في بناء الجدران والسدود والمنشآت وكذلك تستخدم كقطع للرصف. ويستعمل الكسر من الحجر كركام لأعمال السكة الحديدية .يعتبر الحجر المادة المفضلة للمباني الدائمية وهو المادة السائدة في البناء في الوقت الحاضر . وبدأ يتطور بسبب الميزات المتأصلة فيه من جمال ودوام واقتصادية فأصبح يستعمل للتغليف ونرى اقبال الناس على هذا النوع من التغليف فأنتشرت المكاتب المتخصصة لتصميم الواجهات والتي تمزج بين الحجر والسيراميك والاصباغ وغيرها.

تعتبرالخواص الهندسية للصخور من أهم العوامل التي تحدد استخدامها كحجار ة بنائية لعمل معين فعند اختيار الحجارة البنائية يجب تحديد توع ومقدار الأحمال التي سيتعرض لها البناء وكذلك ظروف الخدمة والعوامل الجوية كما ان عمرالمنشأ والزمن الممكن للبناء والكلفة هي عوامل أخرى للاختيار.والشكل رقم (1) يبين انواع مختلفة من الحجر.

انواع الحجر Types of Stone

هنالك نوعان من الحجر هما :- (شكل رقم 1)

1- الحجر الطبيعي:-
هو الحجر المستخرج من الارض.

2- الحجر الصناعي :-
هو بلاط خرساني مصنع من خلطة خرسانية ذات مواصفات متفوقة ونسب مدروسة من الإسمنت كمادة رابطة وركام ذا قساوة عالية ورمل زجاجي وتتم معالجة الخلطة معالجات كيمياوية وفيزيائية لتحسين اداء الربط الاسمنتي.

الفرق بين الحجر الطبيعي والصناعي

	الحجر الطبيعي	الحجر الصناعي
1	قوة الكسر تعتمد على نوع الصخر من المنشأ.	قوة الكسرتعتمدعلى نوع الخلطة الخرسانية وايناع (معالجة) الخرسانة.
2	شكل الحجر يعتمد على النقاش للحجر .	شكل الحجر يعتمد على شكل القالب الذي تصب به الخرسانة.
3	ابعاد الحجر الطبيعي حسب الطلب ويمكن قصه, وابعاده غير موحدة تماما".	ابعاده حسب القالب ويمكن عمل القوالب حسب الطلب وابعاده موحدة.
4	لون الحجر غير موحد تماما كونه طبيعي وحسب نوع الصخر الاصلي.	لونه موحد تماما كونه صناعي.
5	الجيد منه عالي التكلفة .	تكلفته 50% من الحجرالطبيعي.
6	يتغير لونه مع الزمن وحسب العوامل الطبيعية وقد يزداد جمالا".	يتغيرلونه مع الزمن وحسب العوامل الطبيعية ولكن يقل جمالا نسبيا".
7	قد لا يمكن توفير نفس الصنف اوالنوع اذا نفذ المصدر.	يمكن عمل نفس الصنف واللون اذا تم الاحتفاظ بنسب الخلط .

شكل (1) انواع مختلفة من الحجر

يمكن تقسيم الحجر الى ثلاث اقسام رئيسية:-

أ- من الناحية الجيولوجية Geologically

1- صخور نارية:-
ناتجة من البراكين وهذه تكون متبلورة غالبا" مثل الكرانيت والبازلت .

2- صخور رسوبية:-
ناتجة من تجمد المواد المنقولة والمترسبة عن طريق الرياح والماء والجليد وذلك بالتصاق الاجزاء الصغيرة مع بعضها لبعض وهذه تكون على شكل طبقات . مثل الحجر الجيري والحجر الرملي.

رمل متجمع + معادن رابطة + ضغط + مرور الزمن = حجر رملي

3- صخور متحولة:-
ناتجة من تحول الصخور النارية والرسوبية نتيجة لتعرضها لتأثير الضغط والحرارة والمياه , وهذه تكون اما متبلورة او طبقية مثل الرخام(اصله حجر جيري).

ب- من الناحية الطبيعية Naturally

1- صخور طبقية:-
تتكون منن طبقات متوازية تبعا" لطريقة ترسيبها افقية او مائلة او منحنية مثل الحجر الجيري.

2- **صخور غير طبقية:-**
تتكون من جزيئات متحدة وملتصقة مع بعضها البعض مثل الكرانيت والبازلت.

ج- من الناحية الكيميائية chemically

1- صخور طينية:-
تتكون من مواد طينية مثل سيليكات الالمنيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم مثل الحجر الطيني.

2- صخور جيرية:-
تتكون من كربونات الكالسيوم مثل الحجر الجيري والرخام.

3- صخور سيليكية:-
تتكون من ثاني اوكسيد السيلكون مثل الحجر الرملي.

اهم الاحجار الانشائية:-
1- الرخام 2- الحجر الرملي 3- الحجر الجيري 4- الكرانيت.

تجهيز احجار البناء

يجهز الحجر من المقالع عن طريق عمل ثقوب بالصخر على محيطه وملئها بالمتفجرات وهذه الطريقة تستخدم للأحجار الصلدة. او عن طريق استخدام مناشير خاصة تقوم بتقطيع الاحجار.

المراحل التي يمر بها الحجر من التجهيز الى الانهاء

1- التحجير

هي عملية إخراج الحجر من موضعه في المحجر وقبل المباشرة في إخراج الحجر لابد من معرفة صلاحية الحجرللاستعمال والتأكد من أن الحجر يحقق المتطلبات من حيث القوة والصلابة وإمكانية التصنيع والدوام واللون والمسامية بالإضافة إلى سهولة التحجير والوصول إليه والحجم والنقل وعمق التحجير وقرب الطبقات من السطح وهيكلها ,عوامل مهمة من عوامل دراسة صلاحية الحجر للبناء كما أن تركيب الطبقات والفواصل تلعب دورا هاما في إمكانية التحجير بكتل مناسبة قوية حيث يجب أن يخلو الحجر من الفواصل القريبة والتشققات والفواصل الضعيفة .
هذا ويمكن استعمال التثقيب والفلق في التحجير مع الاستعانة بالتشققات الموجودة بين طبقات الصخر فهذه تحدد سماكة الكتل التي يتم تحجيرها. (شكل رقم 2)

شكل رقم (2) عملية استخراج الحجر

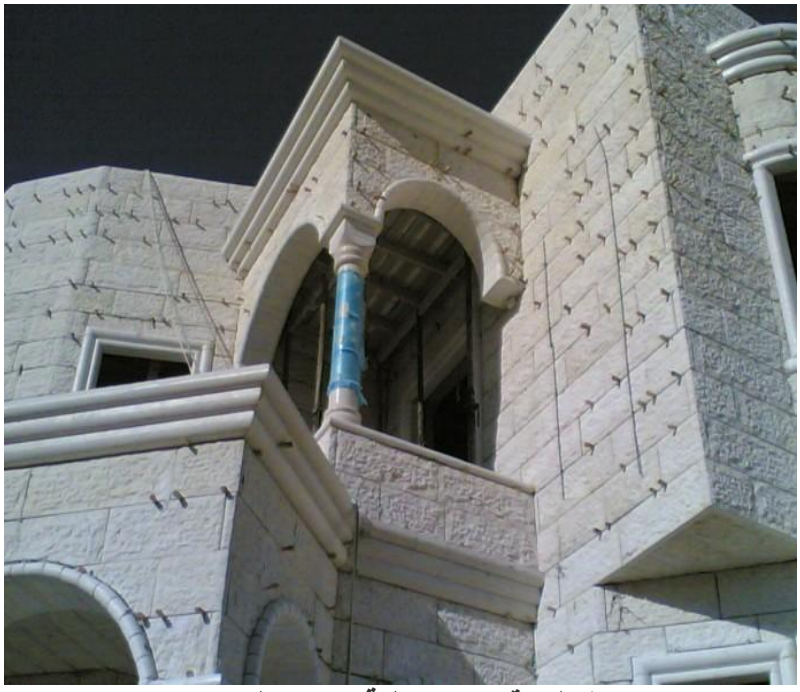
2- التصنيع

بعد استخراج الكتل الحجرية من المحاجر يتم تقطيع هذه الكتل إلى المقاسات والأحجام المطلوبة إما يدويا أو بالمنشار وبعد ذلك يتم نقش الحجار بالنقوش المطلوبة. (شكل رقم 3)

شكل رقم (3) عملية تصنيع الحجر

3- تركيب الحجر

توجد حالتان لتركيب الحجر :-
*-أن يكون البناء قيد الإنشاء ويراد تغطيته بالحجرالصخري.
*-أن يكون المبنى قد تم بناءه ومن ثم يراد تكسيته با لحجرالصخري.
في كلتا الحالتين يتم وضع شبكة من الحديد قطره 6 ملم ويتم صب خرسانة بين الجدار والتغطية.
فيما بعد تثبت الحجارة بالشبكة عن طريق ربطها بأسلاك يتم تمريرها بثقوب يتم ثقبها في الحجر بقطر 4 ملم حيث يجب أن يتم ثقب كل حجرثقبين. (شكل رقم 4)



شكل رقم (4) عملية تركيب الحجر

4- التلميع والتكحيل

بعد الانتهاء من تركيب الحجر يتم تنظيف وجه الحجارة من الاوساخ العالقة بواسطة مضخة هوائية مع الرمل **او** بواسطة الكوسرة وبعدها يتم فتح الفراغات بين الاحجار وتملأ هذه الفراغات بمونة الاسمنت الابيض. (شكل رقم 5)

شكل رقم (5) عملية تلميع وتكحيل الحجر

تصنيف الحجر ومواصفاته

ولا بد أن تتوفر عدة صفات حتى يصبح الحجر مناسبا لاستخدامه لأغراض البناء حيث تم تصنيف الحجر الى ثلاث فئات حسب الخصائص الهندسية وهي الأصناف أ,ب,ج.

وقد حددت المواصفات القياسية العراقية (م.ق.ع 1387\1989) الحدود لأنواع حجرالبناء وحسب ما موضح في الجدول رقم (1).

نوع الحجر	الصنف	الامتصاص (% بالكتلة)	الكثافة (كغم\م^3)	تحمل الضغط (نت\مم^2)	معاير الكسر (نت\مم^2)	مقاومة التآكل (مم)
الرخام	أ ب ج	لايتجاوز0.75 = = = = = =	لا يقل عن 2600 2700 = = = = 2800 = = = =	لا يقل عن52 = = = =	لا يقل عن7 = = = =	لا يقل عن 1 = = = =
الحجر الرملي	أ ب ج	لايتجاوز 20 = = = 3 = = = 1	لا يقل عن 2250 = = = = 2400 = = = = 2550	لا يقل عن 14 = = = 70 = = = 140	لا يقل عن2 = = = 7 = = = 14	لا يقل عن 1 = = = = = =
الحجر الجيري	أ ب ج	لا يتجاوز 12 = = = 7,5 = = = 3	= = = 1750 = = = 2150 = = = 2550	= = = 12 = = = 28 = = = 55	= = = 3 = = 3.5 = = 7	= = = 1 = = = = = =
الكرانيت	-	= = = .,4	= = = 2500	= = = 120	= = = 10	= = = 1

جدول رقم (1) حدود المواصفات القياسية العراقية (م.ق.ع 1387\1989)

تفتت الاحجار

هناك ثلاث عوامل تساعد على تفتت الاحجار:-

1- عوامل ميكانيكية

كارتفاع درجة حرارة الحجر ثم التبريد وكذلك مياه المطر والجليد تعتبر عوامل ميكانيكية تعمل على تفتت الحجر.

2- عوامل كيميائية

تشبع جو المصانع بالمواد الكيميائية وخاصة حامض الكبريتيك وحامض النتريك وحامض الكاربونيك يساعد على تفتت الحجر.

3- عوامل حية

نمو النباتات ووجود البكتريا والديدان وبعض الحشرات البحرية تعمل على تواجد احماض عضوية وتساعد على تفتت الحجر.

مزايا الحجر الطبيعي

1- المحافظةعلى الشكل والرونق الطبيعي.
2- ثبات الألوان وعدم تأثره بالعوامل الطبيعية.
3- العزل الحراري والصلابة والمتانة.
4- قلة الحاجة إلى الصيانة.
5- مناسبته لكافة الظروف المناخية.

عيوب الحجر الطبيعي

1- الفجوات : على هيئة جيوب داخل الحجر مما يجعله ضعيفا بمرور الزمن.

2- التسوس : على هيئة جيوب مملوءة بمواد متحجرة – كالصدف مثلا .
3- العروق : عبارة عن شقوق مملوءة بمواد أهمها كربونات الكالسيوم المتبلورة .

فحوصات احجار البناء

1- الفحص البصري

يشمل هذا الفحص اعطاء فكرة عن سطح الحجر وتتضمن:-

*- **نسيج الحجارة:-** ويجب ان تكون ذات نسيج متجانس خالية من الشروخ والفجوات.

*- **لون الحجارة:-** يجب ان يكون لون الحجر متجانس لان وجود بقع بلون غريب عن لون الحجر يعبر عن وجود مواد ضعيفة او مركبات طينية.

*- **التركيب البنائي :-** اما ان يكون بلوري مثل الكرانيت والبازلت والرخام او حبيبي مثل الحجر الجيري والرملي.

2- فحص امتصاص الماء

هو نسبة الماء التي يمكن ان يمتصها الحجر الجاف في 24 ساعة.
الحجر الأفضل هو الحجر الأقل امتصاصا للماء , وتزداد نسبة الامتصاص بسبب زيادة المسامية للحجر أو زيادة نسبة المعادن الطينية في الحجر وتختلف ألوان الحجر ونسبة امتصاصه للمياه من نوع لآخر وأكثر الأنواع امتصاصا هوالحجرالطبيعي الرملي.

الغرض من الفحص Purpose

ايجاد الامتصاص الطبيعي للحجر.

الأدوات والأجهزة المستخدمة apparatus and Device

ميزان حساس – فرن تجفيف – مجموعة من الاوعية – ساعة ايقاف.

عينة الفحص

ذات اي شكل منتظم تتراوح ابعادها من 5 – 10 سم.

طريقة الفحص Procedure

*- تجفف العينة في فرن التجفيف حتى ثبوت وزنها ثم تبرد ثم توزن.
*- توضع العينة في اناء فارغ ويضاف عليها الماء ببطئ حتى تغمر بالماء مدة 24ساعة بعدها تستخرج العينة من الماء وتوزن فيكون مقدار الامتصاص:-

الامتصاص = (وزن العينة الرطبة – وزن العينة الجافة / وزن العينة الجافة) *100

والجدول رقم (1) يبين حدود الامتصاص لأنواع الحجر.

ملاحظة:- كلما زاد الامتصاص الطبيعي للحجر كلما قلت مقاومته للضغط.

3- فحص مقاومة الضغط

الغرض من الفحص Purpose

لمعرفة سلوك الاحجار المختلفة تحت تأثير قوى الضغط وتحديد جهد الكسر للعينات المختلفة.

الأدوات والأجهزة المستخدمة apparatus and Device

ماكنة فحص الضغط – ميزان حساس – مسطرة.

عينة الفحص:-

يجري الفحص على مكعبات (10*10*10) سم او موشورات ذات قاعدة مربعة (10*10) سم وارتفاعها ضعف طول ضلعها مع ملاحظة ان تكون الاوجه للعينة مستوية وملساء ومتوازية وعمودية على محاور العينة. ويغطى سطح التحميل بوسادة لضمان استواء سطح التحميل لتفادي حدوث تركيز للحمل وضمان انتظام توزيع الحمل على هذه الاسطح.

طريقة الفحص Procedure

*- تجهز العينة بالشكل والمقاسات المطلوبة.
*- قياس ابعاد العينة ووزنها.
*- وضع العينة بين فكي جهاز الفحص مع مراعات انطباق محور العينة على محور التحميل الخاص بجهاز الفحص.
*- تحميل العينة بحمل الضغط ببطء حتى يحدث تشقق ثم تكسر العينة.
*- يسجل مقدار قوة التكسير للعينة وتستخرج المقاومة من العلاقة:-

$$\text{مقاومة الضغط} = \frac{\text{قوة الكسر (نت)}}{\text{المساحة المحملة (مم}^2\text{)}}$$

والجدول رقم (1) يبين حدود مقاومة الضغط لأنواع الحجر.

ملاحظة:- 1- مقاومة الضغط للعينة الاسطوانية = 0.8 مقاومة الضغط للعينة المكعبة
2- العينات الكبيرة تعطي مقاومة ضغط اقل من العينات الصغيرة.
3- في العينات الاسطوانية يجب ان يكون ارتفاع العينة ضعف قطرها.

4- معاير الكسر Modulus of Rupture

الغرض من الفحص Purpose

تحديد مقاومة الحجر في الانحناء وذلك بحساب معاير كسر الانحناء.

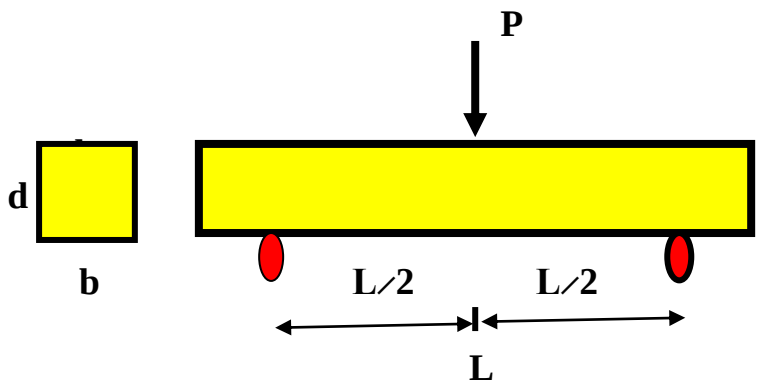
الأدوات والأجهزة المستخدمة apparatus and Device

طريقة الفحص Procedure

1- تؤخذ عينة من الحجر المراد فحصه بأبعاد (10*10*50) سم او (15*15*70) سم وتوضع على جهاز الفحص بحيث تبرز حافة نموذج الحجر بمقدار (5 سم) من كل جانب من المساند اذا كان النموذج بأبعاد (10*10*50) سم أوبأبعاد (15*15*70) سم. كما في شكل (3) , (4).

2- يحدد حمل الكسر كما يلي:-
هنالك اسلوبان لتسليط الاحمال تستعمل في الاول نقطة وسطية للتحميل وفي الثاني تستعمل نفطتين للتحميل.

أ- **في حالة التحميل بنقطة واحدة One – Point load (الشكل رقم (6).**



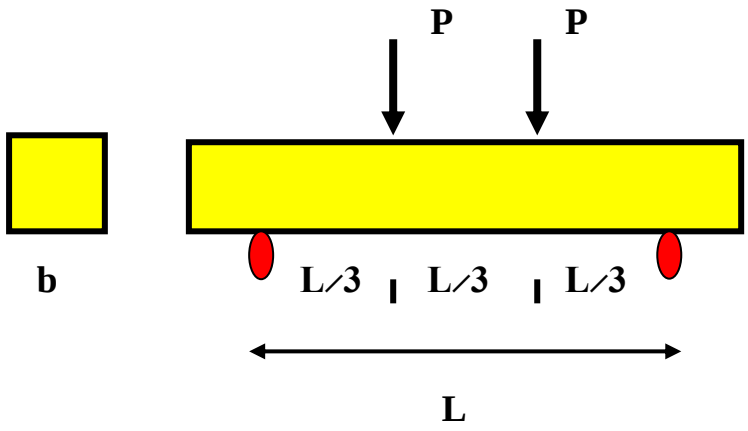
شكل رقم (6) فحص معاير الكسر(تحميل بنقطة واحدة)

$$M.O.R = \frac{3P\,L}{2bd^2}$$

M.O.R = معاير الكسر Modules Of Rapture (N \mm²)
P = القوة التي تؤدي الى كسر الحجر (N)
L = المسافة بين المسندين (mm)
b = عرض العتبة (mm)
d = عمق العتبة (mm)

وقد اهملت هذه الطريقة في حساب معامل الكسر لان الفشل في النموذج يكون في المكان تحت تأثير القوة المؤثرة مباشرة في حين قد تكون هنالك منطقة اضعف من هذه المنطقة فتكون النتائج غير صحيحة لذلك استخدمت الطريقة الثانية (التحميل بنقطتين) في حساب معاير الكسر.

ب- في حالة التحميل بنقطتين ((Two – Point load)) الشكل رقم (7).



شكل رقم (7) فحص معاير الكسر

$$M.O.R = \frac{PL}{bd^2}$$

M.O.R = معاير الكسر Modules Of Rapture (N \mm²)
P = القوة التي تؤدي الى كسر الحجر (N)
L = المسافة بين المسندين(mm)
b = عرض العتبة (mm)
d = عمق العتبة (mm)

والجدول رقم (1) يبين حدود معاير الكسر لأنواع الحجر.

الفصل التاسع

البلوك الكونكريتي
Concrete blocks

البلوك الإسمنتي Concrete blocks

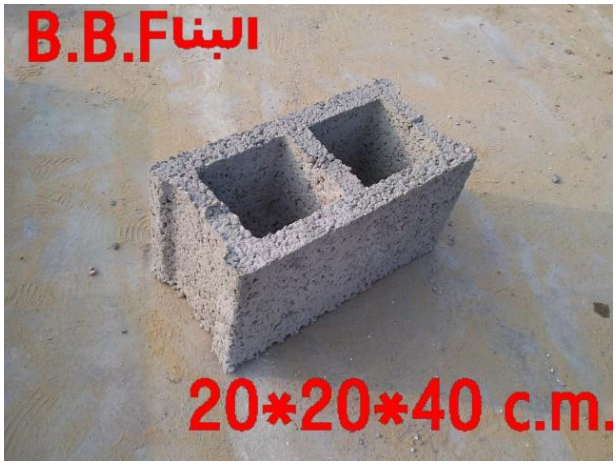
يعتبر البلوك من مواد البناء الأكثر استعمالا"نظرا" لقلة تكلفته وتوفر المواد الأولية وسهولة تصنيعه .
يستخدم البلوك الإسمنتي على نطاق واسع في أغلب الاعمال الانشائية و المعمارية للمباني مثل الجدران الخارجية و الداخلية.
معظم البلوك من النوع غير الحامل للاثقال حيث يستخدم لبناء الجدران الداخلية و الخارجية في المباني وخصوصا" في الابنية الكونكريتية الهيكلية .
وتختلف أنواع البلوك بتعدد استخداماتها ولكنها تتفق في مواصفاتها المطلوبة والتي تبينها اختبارات معينة.
واهم هذه الخصائص التي يتم التدقيق عليها هي الشكل والابعاد , امتصاص الماء , قوة الانضغاط وانتظام الابعاد كما هو مطلوب في المواصفة والتاكد من توازي الأوجه المستوية والتاكد من خلوه من الشقوق والكسور وعيوب الشكل او أي عيوب تؤثر على قوة البلوك.

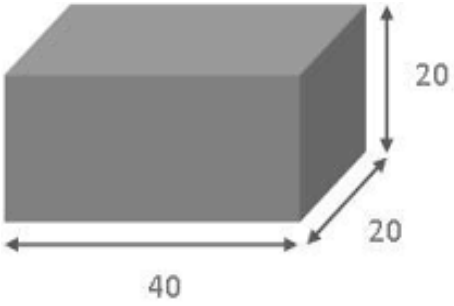
الأبعاد

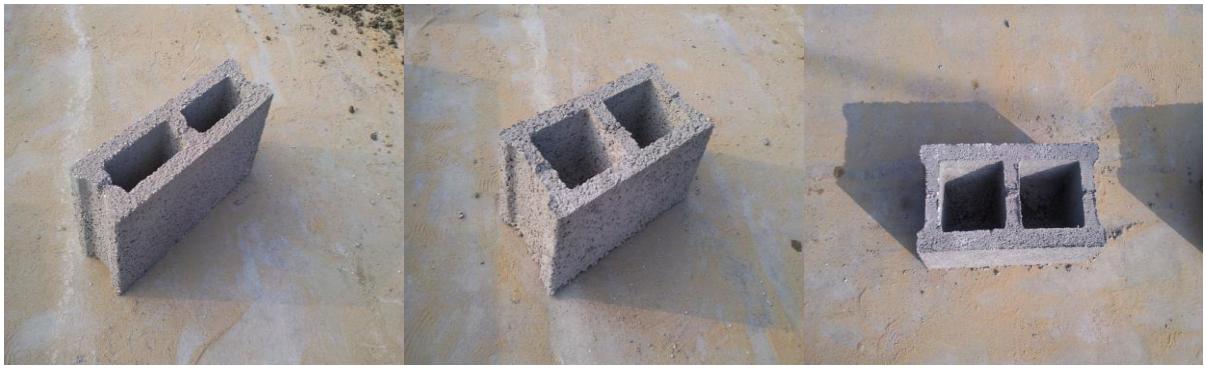
الأبعاد الخارجية لكتلة البناء الخرسانية القياسية كما مبين في الجدول أدناه

الطول (مم)	العرض (مم)	الارتفاع(مم)
400	200	200
400	200	150
300	200	150
300	150	150
300	200	100
300	150	100

ملاحظة:- لا يجوز أن يقل سمك الوترة والقشرة عن 20 مم







شكل(1) أشكال و أبعاد البلوك الأكثر شيوعا"

التصنيف

درجة (أ) : للاستخدام العام في الجدران الداخلية أو الخارجية المعرضة للرطوبة أوالتأثيرات المناخية تحت أو فوق منسوب الأرض .

درجة (ب) : للاستخدام فوق منسوب الأرضية في الجدران الداخلية أو الخارجية المحمية من وصول الرطوبة أو التأثيرات المناخية

المتطلبات الفيزيائية

تكون كتل البناء الخرسانية المحملة مطابقة للمتطلبات المبينة في الجدول اللاحق ولا يجوز استخدام الكتل قبل مضي 14 يوم على إكمال إنتاجها.

مميزات البناء بالبلوك الأسمنتي

1 ـ توفير حوالى 30% من مونة البناء ، نظرا لقلة المسافات البينية.
2 ـ توفير أكثر من 30% من مونة البياض لعاملين ؛
أولا:- خشونة سطح البلوك وتكوينها من مادة أسمنتية مطابقة لمونة البياض مما يؤدى الى تقليل كميات الطرطشة للجدران عند عملية البياض للجدران.
ثانيا:- استواء سطح البلوكات ، يقلل كثيرا من سمك طبقة البياض ، ونظرا لعدم وجود مسافات بينية كثيرة .
3 ـ مقاومة الرطوبة ، وذلك نظرا لكونها من الخرسانة الأسمنتية المتكونة من الأسمنت العادى و الحصو والرمل النظيف .

4 ـ الفراغ الداخلى فى البلوكات يؤدى الى عزل الصوت بمقدار كبير عن الأنواع الأخرى .

5 ـ التوفير الاقتصادى فى سعر التكلفة الاجمالى عند بناء قطاع معين من المبانى بالبلوك مقارنة مع البناء بالطابوق .ذلك لقلة تكلفته بسبب توفر المواد الاولية و سهولة تصنيعه حيث لا يتطلب الى مهارة عالية في التصنيع أو البناء .لذا فهو يستخدم في أغلب الاعمال الانشائية و المعمارية للمباني مثل الجدران الخارجية و الداخلية.

فحوصات البلوك

1- الفحص البصري
*- جميع أوجه الكتل خالية من الشقوق أو العيوب التي تتعارض والوضع السليم للكتلة وتقلل من تحملها وديمومتها .
*- تكون الأوجه المعدة للاكساء بطبقة واقية كاللبخ أو البياض أو غيرها ذات خشونة كافية لتأمين الالتصاق
*- يكون الوجه المكشوف من الجدران المشيدة بكتل البناء خالي من الثلم أو الشقوق أوالعيوب الأخرى .

2- فحص مقاومة الضغط Compressive Strength test

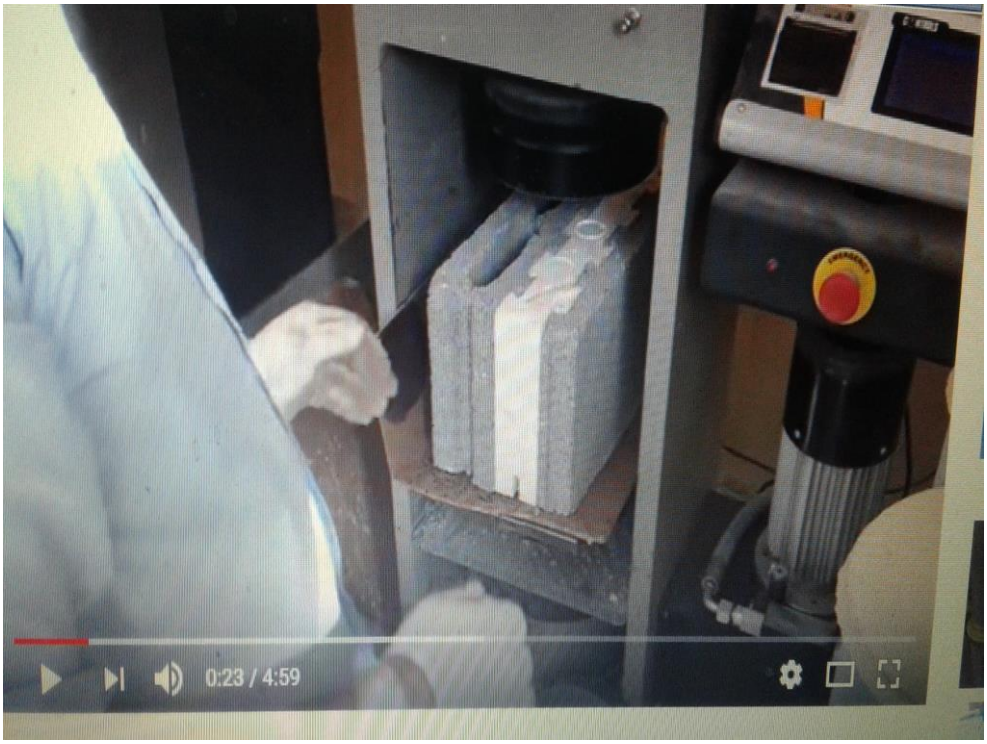
الغرض من الاختبار Purpose

ان الهدف من هذا الاختبار هوتحديد مقاومة الضغط للبلوك الخرساني لمعرفة مدى تحمل البلوك لأعلى اجهاد يمكن ان تتحمله قبل الكسر مما يتيح لنا تحديد النوع الافضل من البلوك لاستخدامه في بناء المنشات الهندسية. ويجري الفحص على (6) بلوكات ويؤخذ المعدل.

الأدوات والأجهزة المستخدمة apparatus and Device

1- جهاز فحص الضغط.(شكل رقم 1)

2- اوحين من الخشب الرقائقي



شكل (1) جهاز الانضغاط للفحص البلوك

طريقة الفحص Procedure

اعتمدت في هذا الفحص المواصفات القياسية العراقية (م.ق.ع 1077لسنة1987)

1- تؤخذ (6) بلوكات وترقم كل بلوكة برقم معين.

3- يوضع نموذج البلوك بين لوحين من الخشب الرقائقي بسمك 2ملم ويوضع بين لوحي جهاز فحص الانضغاط بحيث ينطبق محور النموذج على مركز اللوح لجهاز الانضغاط. ويعتبر سطحا البلوكة الافقيان عند بناء الحائط هما سطحي التحميل.

4- تحمل عينة الاختبار بضغط محوري منتظم مقداره (3,5 نت/ مم^2) في الدقيقة لحين الكسر. ثم يستخرج مقاومة الضغط لكل بلوكة من العلاقة التالية:

مقاومة الضغط = حمل الكسر/ مساحة السطح

وبعدها يؤخذ معدل الضغط للبلوكات الستة ويصنف البلوك طبقا" للمواصفات العراقية م.ق.ع 1077لسنة1987) وكما مبين في جدول رقم (1).

نوع الكتلة	الدرجة	الحد الأدنى لتحمل الضغط نت \ مم^2 محسوب على معدل المساحة الكلية		لايزيد امتصاص الماء (٪)
		معدل(3) كتل	كتلة واحدة	
مصمتة	أ	13	11	10
	ب	9	7	15
مجوفة	أ	7	6	15
	ب	5	4.5	20

جدول رقم (1) المواصفات القياسية العراقية للبلوك (م.ق.ع 1077لسنة1987)

3- فحص الامتصاص Absorption test

ان وجود المسامات في هيكل البلوك يؤدي الى زيادة امتصاص البلوك للماء والذي يؤدي الى:-

1- كلما زاد امتصاص البلوك للماء فان هذا يؤدي الى نقصان في قوة تحمل البلوك للضغط .

2- كما ويؤثر سلبيا" على المادة الرابطة من خلال امتصاصه لماء المادة الرابطة ولهذا يرش البلوك بالماء قبل البناء.

3- انجماد الماء داخل مسامات البلوك يؤدي الى زيادة حجمه وبالتالي يسبب تلف البلوك والمادة الرابطة, لذا فان امتصاص الماء له علاقة بدوام البناء بالبلوك وقوة تحمله.

4- زيادة امتصاص الماء يؤدي الى تلف طبقات الانهاء والاصباغ.

الغرض من الاختبار:- Purpose of Test

تحديد النسبة المئوية لامتصاص البلوك للماء .

الأدوات والأجهزة المستخدمة:- apparatus and Device

فرن تجفيف – ميزان حساس – حوض ماء .

طريقة الفحص Procedure

يجرى الفحص على (6) بلوكات ويؤخذ المعدل.

1- تجفف عينة الفحص في فرن التجفيف عند درجة حرارة 110 م تقريبا" لمدة 24 ساعة بعدها تبرد وتوزن ($و_1$).

1- تغمر العينة تماما" في ماء درجة حرارته (15-30) م لمدة 24 ساعة ثم ترفع من الماء وتنشف بقطعة قماش ثم توزن خلال فترة (3) دقائق من رفعها من الماء ($و_2$).

الحسابات:-

نسبة الامتصاص = (و$_2$ - و$_1$) / و$_1$ x 100

حيث:- و$_1$ = وزن النموذج الجاف.

و$_2$ = وزن النموذج المشبع بعد (24) ساعة.

وقد حددت المواصفات القياسية العراقية للبلوك (م.ق.ع 1077لسنة1987) نسبة الامتصاص للبلوك كما مبين في جدول رقم (1) اعلاه.

الفصل العاشر

الماء
Water

الماء Water

الماء مركب كيميائي مكون من ذرتي هيدروجين وذرة من الأكسجين. ينتشر الماء على الأرض بحالاته المختلفة، السائلة والصلبة والغازية. وفي الحالة السائلة يكون شفافا بلا لون، وبلا طعم، أو رائحة. كما أن 70.9% من سطح الأرض مغطى بالماء، ويعتبر العلماء الماء أساس الحياة على أي كوكب. ويسمى الماء علميا بأوكسيد الهيدروجين.

مصادر الماء

يتوزع الماء في الطبيعة إلى:-

1- المياه السطحية

وهذه المياه تتمثل في الأنهار والبحار والمحيطات والقطع الثلجية:-

*- **مياه الأمطار:** هي أنقى أنواع المياه الطبيعية، حيث تنحل فيها أثناء سقوطها بعض الغازات المنتشرة في الجو كالأوكسجين وثاني أكسيد الكربون وبعض المواد الصلبة العالقة في الجو.
*- **مياه الأنهار:** تتكون مياه الأنهار أساسا من الأمطار، وتحتوي هذه المياه على عديد المواد الصلبة المنحلة فيها بسبب مرورها وانسيابها عبر أنواع التربة المختلفة.
*- **مياه الينابيع:** وتنقسم مياه الينابيع إلى نوعين: ينابيع صغيرة الحجم وينابيع كبيرة الحجم.
*- **مياه المحيطات والبحار:** وهي تمثل النسبة الكبيرة.

2- المياه الجوفية

وهي المياه الموجودة في باطن الأرض.

الخواص الفيزيائية للماء

1- يتمدد الماء بارتفاع الحرارة إذا كانت فوق 4 درجات مئوية وينكمش بالبرودة شأنه في ذلك شأن كل السوائل والغازات والأجسام الصلبة، إلا أن الماء يسلك سلوكا شاذا تحت درجة 4 °م حيث يتمدد بدلا من أن ينكمش وهذا يجعل ثقله النسبي أي كثافته تقل بدل من أن تزيد وبذلك يخف فيرتفع إلى الأعلى وعندما يتجمد في درجة الصفر المئوي يكون تجمده فقط على السطح بينما في الأسفل يكون الماء سائلا في درجة 4 م وفي ذلك حماية كبيرة للأحياء التي تعيش في الماء.
2- درجة تجمد الماء صفر ْ .
3- درجة غليان الماء 100 م ْ عند الضغط الجوي العادي .
4- كثافة الماء 1 غم / سم ^{3} عند درجة حرارة 4 م ْ .
5- الماء مذيب ممتاز للعديد من المواد المختلفة .
6- الماء مادة موصلة سيئة للكهرباء، ولكن بما أن الماء مادة مذيبة، فعند إذابة الأملاح في الماء، أو إذابة مواد أخرى، يصبح الماء موصلا جيدا للكهرباء.
7- التعادل الحامضي: الماء سائل متعادل كيميائيا، إذ أن درجة الحموضة أو القاعدية فيه هي 7، وهذا يعني أنه لا يمكن اعتبار الماء مادة حامضية أو قاعدية، لأنه مادة متعادلة كيميائيا.
8- حرارته النوعية عالية.

الماء في الخرسانة

*- تحتوي الخلطة الخرسانية عادة على (10-15) % أسمنت و (60-75) % ركام ناعم وخشن و (15 - 20) % ماء بالإضافة الى نسبة (5 - 8) % هواء محبوس بداخل الخرسانة.(هذه النسب هي نسب المكونات الى الحجم الكلي للخرسانة).
*- نسبة الماء – الاسمنت (w/c)
هي النسبة بين وزن الماء الحر المخصص للتفاعل (عدا الماء الذي يمتصه الركام) إلى وزن الأسمنت في الخلطة، والخرسانة ذات الجودة العالية يجب ان تحتوي على اقل نسبة ماء الى اسمنت من الممكن الحصول عليها بدون التأثير على قابلية التشغيل الخاصة بالخرسانة الطازجة.
وبشكل عام استخدام ماء أقل يولد خرسانة ذات جودة عالية بالإضافة الى ان الخرسانة يجب ان يتم وضعها في القوالب بشكل مناسب ودمجها بشكل مناسب والاعتناء بها في فترة التصلب بشكل مناسب ايضا.
وفي المقابل فإن كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والنضح والمسامية وقلة المتانة والاهتراء وقلة التماسك والضعف والتقشر والانكماش والتشقق.

*- ماء الشرب عادة يكون مناسب للاستخدام في الخرسانة. بشكل عام فان الماء الذي لا لون ولا طعم مميز له يمكن ان يستخدم في خليط الخرسانة ، وبعض الماء غير الصالح للشرب يمكن ان يستخدم في خليط الخرسانة ، على أن لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات.
بينما استخدام ماء ملوث في الخليط لن يؤثر فقط على فترة التصلب للخرسانة أو على قوة الخرسانة لكنه من الممكن ان يؤدي الى ظهور بقع على الخرسانة بالإضافة الى صدأ حديد التسليح وتغير دائم في حجم الخرسانة وتقليل متانة الخرسانة.

*- تنص المواصفات عادة على ان الماء يجب ان يكون خالي من الكلوريد والكبريتات والاملاح في ماء الخليط ، وخاليا أيضا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة وخلافها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر والمتانة.
وبخلاف ذلك فإن الاختبارات يجب ان تجرى على الخليط لتحديد تأثير احتواء الماء على هذه الملوثات في صفات الخرسانة الناتجة.

أنواع الماء الموجود داخل هيكل عجينة الاسمنت المتميهة

1- الماء المتحد كيميائيا Chemically Combined water
يشكل هذا الماء جزءا من المركبات المتميهة وهو غير قابل للتبخر و يشكل حجمه مقدار 23% من وزن الاسمنت الجاف .

2- ماء الجل Gel water
يوجد هذا الماء بين مسامات الجل و على المساحة السطحية للمواد المتميهة. يشكل حجمه مقدار 28% من الحجم الكلي للجل (الجل الصلب + ماء الجل) وقسم من هذا الماء قابل للتبخر.

3- ماء القنوات الشعرية Capillary water

وهو الماء الموجود داخل المسامات الشعريةً (الماء الحر Free Water) أي داخل الجزء الغير مملوء بنواتج الاماهة وهذا الماء قابل للتبخر.

استعمالات الماء في الخرسانة

1- خلط الخرسانة 2- غسل الركام 3- معالجة الخرسانة.

1- خلط الخرسانة Concrete Mixing

خواص الماء المستعل عند خلط الخرسانة:-

أ – يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفا وخاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والمواد العضوية والأملاح وكذلك الطين والطمي وأي مواد تؤثر تأثيرا متلفا على مكونات الخرسانة أو حديد التسليح ويشترط في ماء الخلط وحسب المواصفات العراقية 1703 لسنة 1992 ألا يزيد محتوى الأملاح فيه على:-

نوع الاملاح	حدود المواصفة (ملغم/لتر)
الكبريتات SO_3^{-2}	1000
الكاربوناتوالبيكاربونات	1000
الكلوريدات	500
الشوائب غير العضوية(الطين والمواد العالقة)	مجموع الايونات لا يتجاوز 3000
الشوائب العضوية	يجري فحص المياه التي لها لون ورائحة ملحوظة

ب – لا يقل بصفة عامة – الأس الهيدروجيني – (PH) لماء الخلط عن (7) ويجب إجراء تحاليل لمعرفة الرقم الفعلي قبل استخدام الماء .
(pH):- هو مقياس لحموضة الوسط ويدرج بالنسبة للمحاليل المائية من 1 الى 14 فاذا كان pH = 7 فالوسط معتدل اما اذا كان تحت (7) يتدرج الوسط بالحموضة وفوق (7) يتدرج الوسط بالقلوية.

ج – يعتبر الماء الصالح للشرب – باستثناء الاشتراطات البكتريولوجية – مناسبا في جميع الأحوال لخلط الخرسانة . وفى حالة عدم توافره يمكن استعمال ماء من مصادر أخرى لخلط ومعالجة الخرسانة بشرط استيفاء الشروط الواردة سابقا وذلك بالإضافة إلى ما يلي :-

*- لا يزيد زمن التجمد الابتدائي لعينات الأسمنت المجهزة بهذا الماء بأكثر من 30 دقيقة على زمن التجمد الابتدائي لعينات بنفس الأسمنت جهزت بالماء الصالح للشرب وعلى ألا يقل زمن التجمد الابتدائي بأية حال عن 45 دقيقة .
*- لا تقل مقاومة الضغط لمكعبات المونة القياسية بعد 7 و 28 يوما والتي استعمل فيها هذا الماء عن 90% من مقاومة الضغط لعينات مماثلة جهزت بماء خلط صالح للشرب عند نفس العمر . مع استخدام القالب القياسي لاختبار المونة القياسية في كلتا الحالتين .

*-عند تصميم الخلطة الخرسانية يجب استخدام نفس نوع الماء الذي يستخدم في الخلط عند تنفيذ المنشأ وذلك في مراحل كل من الخلطات المختبرية التجريبية والتأكيدية .

د – لا يسمح على الإطلاق باستخدام ماء البحر في خلط الخرسانة المسلحة بجميع أنواعها .

هـ - يجوز استعمال ماء البحر – عند الضرورة – في خلط الخرسانة العادية بدون تسليح على أن يتم تصميم خلطة بنفس الماء مع زيادة محتوى الأسمنت في الخلطة للوصول إلى المقاومة المطلوبة للخرسانة ويشترط عدم ملامستها لسطح خرسانة مسلحة مع توافر الخبرة السابقة في استخدام ماء البحر .

و – كمية ماء الخلط

تتراوح نسبة الماء إلى الأسمنت في الخرسانة بين 35% إلى 60% وتتوقف على ما يأتي:-

(1) درجة التشغيل المطلوبة للخرسانة الطازجة التي تتطلب قواما معينا لغرض معين (جافة – لدنة – مبتلة).
(2) نوع العمل الهندسي نفسه – خرسانة رصف الطرق تحتاج إلى ماء خلط أقل من الخرسانة المسلحة .
(3) كمية الأسمنت المستخدمة بالخلطة الخرسانية أي مدى غنى الخلطة الخرسانية بالأسمنت .
(4) طريقة رص الخرسانة فالرص الميكانيكي باستخدام الهزازات الميكانيكية يحتاج إلى كمية ماء أقل من الدمك اليدوي .
(5) نوع الركام ومدى تدرجه الحبيبي ومقدار مساحته السطحية وأقصى مقاس له .الخلطات الخرسانية التي تحتوى حصى صغير تحتاج إلى زيادة ماء الخلط .
(6) درجة حرارة الجو ومقدار رطوبته النسبية .

ز – نتائج زيادة ماء الخلط

(1) حدوث انفصال حبيبي للخرسانة الطازجة .
(2) حدوث ظاهرة النضج (Bleeding) وما يصاحبها من تواجد طبقة الأسمنت على سطح الخرسانة .
(3) خرسانة متصلدة ذات فراغات .
(4) صعوبة صب الخرسانة في الأجواء شديدة البرودة .
(5) وجود طبقة ترابية بسطح البلاطات الخرسانية .

2 – غسل الركام Aggregates Washing

يستخدم الماء الصالح في عمليات غسل الركام والتي تكون عادة بغرض إزالة المخلفات من الطين والمواد الناعمة والأملاح والمواد العضوية والتي تعلق بأسطح الحبيبات ويلاحظ أن استعمال ماء غير صالح لغسل الركام قد يؤدى إلى أضرار تماثل تلك التي تنشأ عند استعمال هذا الماء في الخلط وذلك لأنها تمنع الالتصاق وتقلل التماسك .

3- معالجة الخرسانة Concrete Treatmen

هي إحدى الطرق التي تساعد الخرسانة في الحصول على المقاومة المطلوبة وكذلك تساعد الخرسانة على مقاومة العوامل الجوية وقد اتضح أن استخدام مواد جيدة وبنسب صحيحة ليس ضمانا كافيا للحصول على خرسانة ذات خواص حسنة إذا ما أهملنا مرحلة المعالجة . والمعالجة الكاملة تضيف إلى خواص الخرسانة خاصية المقاومة للبرى وكذلك تحسين مقاومة النفاذية للسوائل . والماء المستعمل في الخلطة الخرسانية يوزع كالآتي : (يمتص جزءا منه بواسطة حبيبات الركام – جزءا لتحسين درجة التشغيل – الجزء الهام هو إتمام عملية إماهة الأسمنت) .
مما سبق يتضح أهمية المحافظة على هذا الماء داخل الخرسانة بواسطة المعالجة بالماء ويتم ذلك بمنع الخرسانة من الجفاف لمدة ثلاثة أيام على الأقل ويمكن الحصول على نتائج أحسن بامتداد فترة المعالجة لمدة 7 ايام . وتتم المعالجة بالماء بالرش أو الغمر أو بالقماش المبلل ويجب ألا يحدث الماء المستخدم في المعالجة بقعا أو تزهرا أو ترسيبا أو أي ظواهر غير مقبولة على سطح الخرسانة