المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تقنية مدنية

خواص واختبارات المواد

١٠٤ مدن

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " خواص واختبارات المواد " لمتدربي قسم" تقنية مدنية " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

لقد شهدت المملكة والعالم العربي طفرة معمارية هائلة بدأت في منتصف القرن العشرين في غياب عدة قواعد منها :

- عدم المعرفة بالمواد وعلومها (مثل الإسمنت والخرسانة...).
- نقص في القواعد والمقاييس المعمارية.
- عدم توفر المواصفات العملية المندمجة مع متطلبات المحيط.
- سوء استغلال المباني والمنشآت وقلة الصيانة....

وعلى هذا الأساس فإننا في هذه الحقيبة المتمحورة حول خواص واختبارات المواد في تخصص الهندسة المدنية سنحاول تعميق معرفتنا بخواص المواد وسلوكياتها واستعمالاتها ، وكذلك اكساب الطالب البعد الحسي للوقاية من المشاكل التي يمكن أن تؤثر على خواص المواد واستمراريتها.

ولتحقيق الأهداف المطلوبة من هذه الحقيبة ، فقد تم تبويبها إلى عدة فصول :

ففي الفصل الأول يتم التعرض للصخور وأنواعها المختلفة ومكوناتها وكذلك خواصها واستعمالاتها في الهندسة المدنية ، وهذا الفصل يساعدنا على فهم بقية الفصول حيث تستخدم الحجارة الطبيعية في صناعة بقية المواد.

أما الفصل الثاني فيعتني بالإسمنت بإسهاب حيث يتم التطرق إلى وصف طرق التصنيع المختلفة وأنواع الإسمنت حسب المواصفات السعودية والمواصفات الأمريكية وكذلك الأوروبية ، وفي آخره نتعرض لخواص هذه المادة الباهضة التكلفة واستعمالاتها وكيفية الحفاظ عليها للإستفادة القصوى منها.

الفصل الثالث يخصص لدراسة الركام بنوعيه الخشن (حصى) والناعم (رمل) و أهم المصادر لهما ، كما يتم التطرق إلى الخواص و الشروط التي يجب أن تتوفر فيهما ليتم استعمالهما في صنع الخرسانة.

يتم في الفصل الرابع الحديث عن الماء والمواد المضافة و الشروط التي يجب أن تتوفر فيهما لكي يتم استعمالهما في الخرسانة.

أما الفصل الخامس فخصص لموضوع الخرسانة ودراسة خواصها الطرية والمتصلبة ومحاولة فهم طريقة الحصول على خرسانة ذات جودة عالية ومطابقة للمواصفات وذلك لتوفير أحسن الظروف لضمان تعميرها أطول فترة ممكنة.

فيما تم تخصيص الفصل السادس والأخير، لدراسة المواد المعدنية وخاصة الأسياخ الفولاذية المستعملة في التشييد للحصول على الخرسانة المسلحة وذلك حسب المواصفات السعودية و بعض المواصفات الأخرى.

خواص واختبارات المواد

الحجارة الطبيعية

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة :

معرفة مختلف أنواع الحجارة ومكوناتها المعدنية، والتعرف على استعمالات واختبارات وخواص الحجارة المستعملة بكثرة في ميدان الهندسة المدنية وصنع المواد.

الأهداف :

في نهاية هذا الفصل يكون الطالب قادرا على :

- معرفة مختلف أنواع الحجارة
- معرفة الاستعمالات المختلفة للحجارة
- معرفة أهم خواص الحجارة
- معرفة عملية لكيفية تحديد بعض خواص الحجارة.

مستوى الأداء المطلوب :

أن يعرف الطالب كيف يختار نوع الحجارة المتوفرة في المنطقة على حسب نوع التطبيق ومتطلبات المشروع، ويقدر إن يحدد خواصها الأساسية.

الوقت المتوقع للفصل :

٣ساعات نظري

٤ساعات عملي.

الوسائل المساعدة :

- ملابس خاصة بالمعمل
- أجهزة خاصة للقيام بالتجارب المطلوبة.

متطلبات الجدارة :

المعرفة المسبقة ببعض المبادئ الأساسية والمبسطة للكيمياء والجيولوجيا.

١/١ - مقدمة

تتكون القشرة الأرضية من الصخور الطبيعية التي تتكون أصلا من مواد معدنية. فإذا كانت الصخور متكونة من مادة معدنية واحدة فتسمى "Mono-mineral" أي أحادية المعدن، أما إذا كانت متكونة من عدة معادن فهي تسمى"Poly-mineral" أي متعددة المعادن. والمعدن "Mineral" هو مادة طبيعية متجانسة في تركيبتها الكيميائية الواحدة، وفي صفاتها الفيزيائية والميكانيكية في أي اتجاه من قطعة المعدن.

ولقد بدأ الإنسان منذ القرون الأولى، في استخدام الصخور و الحجارة الطبيعية في التشييد والبناء والتعمير، بل إنه قد تفنن في هذا الميدان عبر العصور واستعمل الحجارة بأشكال عدة مثل:

- حجارة منقوشة أو غير منقوشة في بناء الحوائط والجدران الحاملة.
- في صناعة المواد مثل الجير والجص والطوب الأحمر والحديد..
- في البناء مع خلطها بالماء مثل التربة الطينية، حيث استعملت هذه المواد كمونة بين الحجارة أو في صناعة طوب طيني للجدران.

٢/١ - أقسام الصخور Rock classification

تنقسم الصخور بحالتها المتواجدة في الطبيعة إلى ثلاثة أقسام وهي:

١/٢/١ - الصخور الاندفاعية (النارية) Igneous Rocks

تمثل هذه الصخور الحمم البركانية (Magma) المندفعة من باطن الأرض والتي تتصلب بعد برودة هذه المادة السائلة لتشكل الصخور البركانية أو النارية. وبسبب الاختلاف الزمني في التبريد، يختلف حجم البلورات المتكونة داخل الصخور ونسبة التبلور للمادة. ويمكن لهذه الحمم البركانية السائلة إن تظهر في ثلاثة أماكن مختلفة :

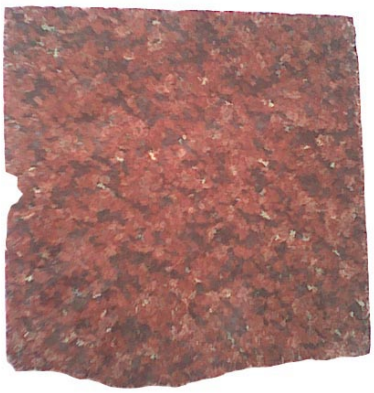
- في المناطق البحرية
- على سطح اليابسة (مثل البازلت و الديابيز)

صورة رقم ١ : عينة من حجارة البازلت.

صورة رقم ٢ : عينة لحجارة الجابرو.

- في باطن الأرض (مثل الجرانيت، والجابرو، والديوريت)

وذلك لتشكل صخورا صلبة.



صورة رقم ٣ : قطعة من حجارة الجرانيت مصقولة

كما يمكن لهذه الصخور الاندفاعية إن تتواجد على شكل متفتت، كأن تكون بحالة سائبة مثل الرماد البركاني والخفاف، أو بحالة حطامية مثل التوف البركاني.

٢/٢/١ - الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

تنتج هذه الصخور من تآكل الصخور النارية بفعل العوامل الطبيعية، ثم تحمل هذه المواد إلى قيعان البحار والأنهار بواسطة المياه والفيضانات والثلوج. وحسب التركيبة الكيميائية والشكل، ينقسم هذا النوع من الصخور إلى عدة أقسام منها :

أ - ترسبات كيميائية

وهي صخور ترسبت عبر تفاعلات كيميائية من المحاليل المائية الموجودة في العصور الجيولوجية ثم ترسبت هذه المواد وكونت طبقات منها الجبس والأنهدير والتوف الكلسي.

ب - ترسبات عضوية

وهي صخور ناتجة عن ترسبات نباتات مائية وأجسام حيوانية، ثم تراكمت هذه الترسبات وتماسكت ببعضها البعض لتكون حجارة كلسية أو جيرية.

ج - ترسبات ميكانيكية

وهي صخور قد تشكلت نتيجة ترسب المواد المفتتة بطرق فيزيائية وكيميائية وميكانيكية للصخور الطبيعية تحت تأثير العوامل الطبيعية. وفي بعض الأحيان تلتصق الترسبات والجزيئات المتفتتة ببعضها البعض لتعطي أنواعا مختلفة من الحجارة المتباينة القساوة مثل أصناف الطين والرمل.

٣/٢/١ - الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

وتشكلت هذه الصخور نتيجة تحول للصخور النارية والرسوبية تحت تأثير الحرارة والضغط وقد يكون أحيانا تحت تأثير عوامل كيميائية. وعندما ترتفع درجة الحرارة والضغط يمكن للمادة إن تتبلور حتى تأخذ تشكلا جديدا ، ومثال ذلك تحول الحجر الجيري إلى رخام، والطين إلى شيست.

صورة رقم ٤ : عينة من صخر الشيست

٣/١ - أنواع المعادن Mineral types

تتكون الصخور الطبيعية من مواد معدنية ، فإما إن تكون الحجارة متكونة من مادة معدنية واحدة وفي هذه الحالة تسمى الحجارة أحادية المعدن(mono-mineral)، أو إن تتكون من عدة معادن وتسمى بالحجارة المتعددة المعادن (poly-mineral).

١/٣/١ - معادن الصخور النارية

ومن أبرز هذه المعادن نجد ما يلي :

أ - الكوارتز

وتركيبته الكيميائية SiO_2 في الحالة المتبلورة، وهذا النوع من المعادن يعد الأكثر انتشارا على سطح الأرض، كما يمكن إن يوجد بشكل حر مثل الرمل الكوارتزي والبلور الصخري.

صورة رقم ٥ : عينة من معدن الكوارتز.

ب - الفلدسبات

وهو سليكات الألمنيوم، وهو عبارة عن اتحاد السيليسيوم مع أكسيد الألمنيوم والأكاسيد القلوية للمعادن (مثل أكسيد البوتاسيوم و أكسيد الصوديوم و أكسيد الكالسيوم) مثل $K_2O.Al_2O_3$, $6SiO_2$ و هو الأورتكلاز والألبيت $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ والأنورتيت $CaO.\ Al_2O_3.2SiO_2$.
وتحت تأثير العوامل الجوية يتفتت الفلدسبات إلى مواد سيكاتية وألومينية مثل الكاولين.

ج - الميكا

و هي من نوع السليكات المائية و تنقسم إلى قسمين:

"البيونيت" وتحتوي على أكسيد الماغنيزيوم والحديد وبالتالي تكون غير شفافة.

"الموسكوفت" وهي نوع من المعادن الشفافة وذلك لعدم احتوائها على شوائب.

٢/٣/١ - معادن الصخور الرسوبية

أ - الكالسيت ($CaCO_3$)

وهو من أهم المعادن الأكثر انتشارا في القشرة الأرضية، ويمكن لحبيباته إن تكون ناعمة، متوسطة أو كبيرة.

ب - الماغنيزيت (MgCO3)

وهو نادر الوجود وأعلى قساوة من الكالسيت.

ج - الدولوميت (MgCO3.CaCO3)

وهو يشبه الماغنيزيت إلى حد كبير.

د - الجبس (CaSO4.2H2O)

وهو معدن متوفر بكثرة في الطبيعة ويظهر على شكل صفائحي أو حبيبي. ويعد هذا المعدن غير قاس ويكون أبيض اللون عادة، وأحيانا يكون ملونا وذلك بحسب تواجد الشوائب داخله، كما أنه ينحل بسهولة في الماء (٧٥ مرة انحلال الكالسيت) وهذا ما يلحق ضررا سريعا بالخرسانة، كما سنراه لاحقا.

هـ - الأنهدريت (CaSO4)

و هو نوع من الجبس خالٍ تماما من الماء.

و - الكاولين

وهو نوع من سليكات الألمنيوم المائية ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) لونه أبيض وفي بعض الأحيان أصفر فاتح.

٤/١ - استعمالات الحجارة Stones uses

استعملت الصخور منذ القدم في مجالات التشييد والبناء بأشكالها المختلفة. فقد قام الانسان بالبناء وتشييد المباني الضخمة باستعمال الحجارة مع مونة طينية أو جيرية أو نحت الحجارة ووضع بعضها فوق بعض. وبالتالي فقد تعددت طرق وكيفية استعمالات الحجارة عبر العصور، ومن هذه الاستعمالات.

١/٤/١ - تشييد الحوائط

فقد تم استعمال الحجارة كلبنات توضع فوق بعضها البعض باستعمال مونة لملئ الفراغات بينها، ويكون هذا البناء رأسيا للجدران والحوائط وأفقيا لفرش الأرضيات بمختلف أنواع الحجارة.كما استعملت الحجارة المنشورة أو المنحوتة يدويا في بناء الجدران الحاملة والأسقف والبلاطات.

٢/٤/١ - استعمالات في الزينة

استعملت الحجارة في إظهار زينة البيوت من الداخل والخارج وخاصة تلبيس الحوائط الخرسانية في وقتنا الحالي. كما استخدمت في زينة الأرضيات كالفسيفساء.

٣/٤/١ - استعمالات في الصناعة

لقد استعملت الحجارة بأنواعها وأشكالها المختلفة في الصناعة على نطاق واسع منذ القدم، ومن أبرز استخداماتها نجد ما يلي:

- صناعة الفخار والأواني الطينية والسيراميكية.
- صناعة الطوب الأحمر المجوف والمصمت.
- صناعة بعض مواد البناء مثل الجير، النورة، الجبس وأنواع من الجير المائي المشابه للإسمنت الطبيعي حسب المواصفات الفرنسية.
- وإلى جانب ما تم ذكره، فإن الحجارة في عصرنا الحاضر تدخل في صناعة الإسمنت والخرسانة وفي صناعة العديد من الآلات والأجهزة.

٥/١ - اختبارات الحجارة Stones tests

تعد الاختبارات المعملية ذات أهمية كبرى في مجال التشييد. والحجارة وإن كانت طبيعية التكوين، إلا إن هناك اختبارات عدة يتوجب القيام بها على العينات المستخدمة، لعل من أهمها ما يلي :

١/٥/١ - اختبار امتصاص الماء

تعد نسبة امتصاص الماء هامة جدا بالنسبة للحجارة، وخاصة تلك التي تستعمل في أعمال بناء الحوائط. وتحدد هذه النسبة حسب اختبار معين طبقا للمواصفات الأمريكية (ج ٩٧) (ASTM C 97)، حيث يجب إن لا تزيد نسبة امتصاص الماء عما هو مذكور في تلك المواصفات. فقد تم تصنيف

امتصاص الحجارة للماء إلى ثلاثة أصناف : الصنف الأول يمتص الماء بنسبة ٣ ٪ ، والصنف الثاني بنسبة ٤,٢ ٪ والثالث بنسبة ٧,٥ ٪.

وتتغير نسبة الامتصاص حسب نوع الحجارة وتركيبتها الكيميائية وكثافتها ، ومساميتها وكيفية توزيعها داخل الكتلة الحجرية. ونظرا لتأثير امتصاص الماء على حجارة المباني فيفضل وضع الحجارة الأقل امتصاصا للماء والأكثر صلابة في أساسات المباني أو المداميك السفلية.

٢/٥/١ - اختبار الوزن النوعي

هناك علاقة عكسية بين نسبة امتصاص الماء والوزن النوعي للحجارة، فكلما كان الوزن النوعي أكبر كلما قلت نسبة امتصاص الحجارة للماء.

٣/٥/١ - اختبار مقاومة التآكل

يجرى هذا الاختبار حسب المواصفات الأمريكية (ج ٢٤١) (ASTM C 241)، لتحديد مدى مقاومة الحجارة للعوامل الطبيعية والجوية من نحت وبري واهتراء. والحد الأعلى للتآكل يجب ألا يزيد على ١ ٪.

٤/٥/١ - اختبار الصلادة

تعد خاصية الصلادة فائقة الأهمية في حالة استخدام الحجارة لتشييد الأساسات والأرضيات وكذلك لاستخراج الركام لاستخدامه في الطبقات السطحية للطرقات. والحجارة تتراوح بين الحجارة الهشة إلى عالية الصلادة. وتقاس هذه الصلادة وفق تصنيف "موهس" "Mohs" من١ إلى١٠، حيث إنه يصنف مجموعة المعادن حسب صلادتها. فالطبشور أو كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) يأخذ رقم ١، والكوارتز رقم ٧، والألماس رقم ١٠. وفي الدراسات الحديثة للمواد تبين أنه يمكن تمديد تصنيف "موهس" إلى قيمة تصل إلى ١٦.

٥/٥/١ - مقاومة الحجارة

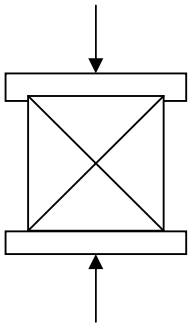
يمكن للصخر إن يتعرض إلى عدة أنواع من الإجهاد نجد منها :

- إجهاد الضغط.
- إجهاد الشد.
- إجهاد القص.
- إجهادات ناتجة عن الالتواء.

هذا ويفضل تعريض الصخر لمقاومة إجهاد الضغط، وذلك لأنه لا يقوى على مقاومة إجهادات الشد.

أ - تجربة الضغط

تعرف القوة القصوى لتحمل الصخور على أنها الإجهادات اللازمة للضغط لكسر عينة من الصخر على شكل محدد بشرط إن تكون قوة الضغط محورية وأن لا تتعرض جوانب العينة لأي نوع من الإجهاد. ويمكن للعينة إن تكون على شكل اسطواني أو على شكل مكعب، حيث تقص أو تقطع بأجهزة خاصة من الكتلة الحجرية التي تم استخراجها.



شكل رقم ١ : عينة مكعبة من الحجارة تحت تجربة الضغط

وتتغير مقاومة الضغط للصخور على حسب نوع التركيبة الفيزيائية، أي حجم وتوزيع الحبيبات داخل الكتلة الحجرية وخاصة بالنسبة للحجارة الرسوبية والمتحولة. فكلما كانت هذه الحبيبات أصغر وأنعم، كلما كانت المقاومة أعلى. كما ينطبق نفس الشيء على الحجارة النارية أو الاندفاعية حيث إن الحبيبات فيها تكون متبلورة. وكذلك فإن الترابط بين هذه الحبيبات يؤثر تأثيرا مباشرا على مقاومة الضغط. (انظر بعض نتائج مقاومة الضغط بالجدول رقم ١ التالي).

جدول رقم١ : بعض أنواع الحجارة وأهم خواصها.

أقسام الصخور	نوع الصخر	الوزن النوعي	مسامية (٪)	نسبة الامتصاص (٪)	مقاومة الضغط (ن/مم^2)	معامل المرونة (ن/مم^2)
نارية	بازلت	٢,٧٥٠	١,١٠	١,١٣		—
	الجابرو	٢,٨٦٠	٠,٢٩	٠,١٣	< ٢٩٠	—
	جرانيت	٢,٦٠٠	١,١١	٠,٤٤		٣٢٠٠٠ إلى ٦٠٠٠٠
رسوبية	الجيري	٢,٦٧٠	١,٧٠	٠,٦٥	١٨٠ إلى ٢٩٠	٧٢٠٠ إلى ٣٩٠٠٠
	الرملي	٢,٣٥٠	٩,٢٥	٤,١٢		٦٢٠٠ إلى ٢٣٠٠٠
متحولة	الرخام	٢,٦١٠	٠,٦٢	٠,٢٣	< ١٨٠	٥١٥٠٠ إلى ٧٩٠٠٠
	النيس	٢,٦٦٠	٠,٧٨	٠,٣٠	٧٠ إلى ١٨٠	—

إذا أريد استعمال الحجارة لمقاومة أحمال القص، فلا بد إن تكون هذه الأحمال التي تتعرض لها أقل من طاقتها القصوى للمقاومة، بحيث يكون هناك معامل أمان وهو النسبة بين الإجهادات القصوى لتحمل الصخر و إجهادات التصميم.هذا المعامل يكون من ٦ إلى ١٠ إذا كانت استعمالات الصخر في الحوائط الحاملة، أما إذا كان الاستخدام للتأسيس، فمعامل الأمان يفضل إن يكون من ١٥ إلى ٣٠.

مثال:

إذا كانت مقاومة إجهادات الضغط للصخر تساوي ١٠٠ (ن/مم^{٢}) ومعامل الأمان يساوي ٢٠ فكم يكون الإجهاد الأقصى للتصميم؟

الإجهاد الأقصى للتصميم = (الإجهاد الأقصى للمقاومة / معامل الأمان)

الإجهاد الأقصى للتصميم = (١٠٠ / ٢٠) = ٥ (ن/مم^{٢}).

ب - مرونة الحجارة

إذا تعرضت أي مادة ما إلى إجهادات ضغط أو شد فإنه ينتج عن ذلك تغير في شكل هذه العينة. فإذا كان هذا الإجهاد ضغط تبعه انضغاط في طول العينة الموازي لاتجاه الإجهادات وانبعاج في الاتجاه العمودي للعينة. أما إذا كان الإجهاد من نوع الشد فإن العكس يحدث في العينة، حيث يستطيل الجسم في اتجاه الإجهاد ويتقلص في الاتجاه العمودي.

ج - معامل المرونة

في المواد المرنة الخطية تتناسب إجهادات الضغط أو الشد تناسبا طرديا مع الانفعالات الطولية التي تنشأ عنها. فإذا رسمنا الإجهاد كمتغير على حسب الانفعال كانت العلاقة على شكل خط مستقيم. ويعرف معامل المرونة على أنه الثابت الذي يظهر في مستقيم العلاقة بين الإجهادات والانفعالات.

معامل المرونة = (الإجهاد / الانفعال) وهو مقدار ثابت لكل مادة مرنة.

٦/١ - أسئلة وتمارين

١ - ما أنواع الصخور الممكن استعمالها للحصول على الركام في الكسارات ؟

٢ - أي أصناف الصخور التي تتواجد بكثرة في جبال السروات ؟

٣ - أذكر الأصناف الرئيسية للصخور ؟

خواص وإختبارات المواد

الإسمنت

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة :

تعرف الطالب على مختلف أنواع الاسمنت حسب المواصفات السعودية وطريقة صناعته بداية من استخراج المواد الأولية إلى طحن الكلنكر للحصول على الاسمنت. كذلك معرفة أنواع الاسمنت المستعمل بكثرة في المملكة وخواصه المختلفة.

الأهداف :

في نهاية هذا الفصل يكون الطالب قادرا على :

- معرفة مختلف أنواع الاسمنت حسب المواصفات السعودية
- معرفة الاستعمالات لكل نوع من الاسمنت حسب الحاجة والموقع
- معرفة أهم الخواص للاسمنت
- معرفة الطريقة العملية لتحديد بعض خواص الاسمنت ومقارنتها بمتطلبات المواصفات السعودية.

مستوى الأداء المطلوب :

أن يعرف الطالب كيف يختار نوع الاسمنت حسب متطلبات الموقع والمشروع، ومقدرته على تحديد خواص هذا الاسمنت عمليا والحكم على مدى صلوحيته للاستعمال.

الوقت المتوقع للفصل :

١٠ساعات نظري

١٠ساعات عملي.

الوسائل المساعدة :

- ملابس خاصة بالمعمل
- أجهزة خاصة للقيام بالتجارب المطلوبة.
- زيارة ميدانية إلى أحد مصانع الاسمنت للاطلاع على أهمية هذا المحور في الاقتصاد الوطني.

متطلبات الجدارة :

معرفة ما سبق دراسته في الفصل الأول حول الحجارة الطبيعية.

١/٢ - تعريف الإسمنت

الإسمنت هو مادة ناعمة، إذا أضفنا لها الماء نتحصل على مونة لزجة، تتحول إلى الحالة الصلدة (أو الصلبة) بعد فترة من الزمن في الماء أو الهواء على السواء، وبالتالي فنقول إن للإسمنت خواص هيدروليكية.

٢/٢ - صناعة الإسمنت

بشكل عام تتم صناعة الإسمنت من خليط من الحجر الكلسي (أو الجيري) بنسبة ٧٥ ٪، و ٢٥ ٪ من الطين. يضاف في أغلب الأحيان إلى المواد الخام الآنفة الذكر أكسيد الحديد (مواد خام الحديد) أو أو أكسيد السيليكون (الرمل) أو أكسيد الألمنيوم (بوكسيت)، إذا كان الطين المستعمل يحتوي على نسبة ضعيفة من أحد المواد.

١/٢/٢ - استخراج المواد الخام

تستخرج المواد الخام من المقاطع والمحاجر المحيطة بالمصنع بطريقة التفجير أو مباشرة بمعدات ميكانيكية ضخمة. ثم يقع نقلها إلى كسارة في المرحلة الأولى حيث تتحول الصخور والكتل إلى حصاة بقطر من ١٠ إلى ٥٠ مم. تخزن هذه المواد في مخازن معدة لهذا الغرض. هذه المادة المخزونة يجب إن تكفي لمدة تتراوح بين ٣ إلى ٧ أيام تصنيع متواصل.

٢/٢/٢ - تحضير وخلط المواد الخام

في الحقيقة عملية خلط المواد الخام بنسبة مناسبة لمتطلبات التصنيع تبدأ بداية من تخزين مواد الخام. ثم تسحب هذه المواد من المخازن وتطحن مع بعضها البعض حسب نوعية المواد وطريقة التصنيع. طرق التصنيع الاسمنت هي أربعة :

أ - الطريقة الرطبة

بالنسبة للطريقة الرطبة (تكنولوجيا أواخر القرن ١٩ بداية القرن ٢٠) تطحن المواد على شكل عجين (Slurry) تحتوي على حوالي ٤٠ ٪ من الماء.

ب - الطرق نصف الرطبة ونصف الجافة

بالنسبة للثلاث طرق المتبقية (طريقة نصف الرطبة، ونصف الجافة، والجافة)، فتطحن المواد لتحول إلى بودرة (Powder). أما في الطريقة النصف رطبة تكور المواد الخام الناعمة بإضافة الماء وبواسطة جهاز خاص، ثم توضع هذه المواد في الفرن مع مواد الحرق.

ج - **الطرق الجافة**

وهي الطريقة الأحدث في عصرنا المميز بتطور التكنلوجيا، حيث تطحن المواد في شكل بودرة، ثم تدفع هذه المواد إلى مسخن ذو طوابق عديدة (من ٤ إلى ٦ طوابق) ثم المكلس ثم الفرن.

٣/٢/٢ - تخزين المواد الخام

تخزن المواد الخام المطحونة في خزانات خاصة وقبل إن تدفع إلى الفرن يقع تعديل تركيبتها الكيميائية بإضافة أحد العناصر الكيميائية الأساسية في عملية التصنيع وهي :

- أكسيد الكالسيوم ($CaCO_3$) والذي يتحول بعد عملية الكلسنة إلى (CaO).
- ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2).
- أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3).
- أكسيد الحديد (Fe_2O_3).

٤/٢/٢ - حرق المواد في الفرن

يتم حرق المواد الخام المجهزة في أفران دوارة خاصة حسب طريقة التصنيع :

أ - **الطريقة الرطبة :**

وهي أقدم طريقة استعملت في صناعة الاسمنت مع نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين. هذه الطريقة تستهلك كثيرا من الطاقة، ولكنها تمكننا من الحصول على مواد ذات جودة عالية. تستعمل هذه الطريقة إذا كانت المواد الخام تحتوي على نسبة رطوبة عالية (حوالي ٤٠ ٪). يصل طول الفرن إلى ٢٠٠ م وقطره من ٥ إلى ٧ أمتار، وبانحدار ٣ ٪ للمساعدة على تدحرج المادة.

ب - **الطريقة نصف الرطبة**

ج - **الطريقة نصف الجافة**

د - **الطريقة الجافة :**

وهي نتاج للتطور الهائل في التكنولوجيا الحديثة تحتاج إلى نسبة ٦٠ ٪ من الطاقة المستهلكة في الطريقة الرطبة. قبل إن تصل المادة الأولية الناعمة إلى الفرن تمر على طوابق (٤ إلى ٥)، حيث تحرق المادة لتصل في أسفل الطوابق إلى ٩٥٠ دم، ثم تدخل الفرن لتحرق على درجات أرفع. ويصل طول الفرن إلى ٧٠ م. كما إن الطاقة الإنتاجية في هذه الطريقة تصل إلى ٣٥٠٠ (طن/يوم).

في جميع طرق التصنيع تمر المادة بمراحل ثلاث :

- مرحلة تحول المادة الكلسية ($CaCO_3$) إلى أكسيد الكالسيوم (CaO) إلى درجة حرارة ٩٥٠ د. م.

- ذوبان المواد الرئيسية، أكاسيد الكالسيوم والسليكون والألمنيوم والحديد في حرارة من ١٢٥٠ إلى ١٣٥٠ د. م. ثم بداية انصهارها.
- مرحلة الانصهار بين المواد المختلفة والحصول على مواد جديدة، وهي عبارة عن :
  - سليكات ثلاثي الكالسيوم (C_3S)
  - سليكات ثنائي الكالسيوم (C_2S)
  - ألومينات ثلاثي الكالسيوم (C_3A)
  - حديدي ألومينات رباعي الكالسيوم (C_4AF)

عندما تصل هذه المواد المنصهرة إلى آخر مرحلة في الفرن، تكون الحرارة حوالي ١٤٨٠ د. م. تخرج هذه المواد الجديدة ويتم تبريدها بسرعة وذلك بضخ هواء بارد لمنع تبلور المادة، وتسمى هذه المادة الجديدة "كلنكر" "Clinker". يخزن الكلنكر في أماكن مغطاة أو في الهواء الطلق كما هو مطبق في الواقع.

٥/٢/٢ - الطحن والحصول على الإسمنت

يطحن الكلنكر في مطاحن كرات مع إضافة نسبة لا تزيد على ٥ ٪ من الجبس و ذلك لتعديل زمن الشك للمواد المختلفة المشكلة للكلنكر. المادة المطحونة تسمى إسمنت ولها خاصية هامة وهي تفاعلها مع الماء، حيث نحصل على عجين لدن يمكن تشكيلها كما نشاء. ثم تتحول هذه الماهة من الحالة اللدنة إلى الحالة الصلبة في خلال ساعات حسب نوع الإسمنت ونعومته.

٣/٢ - أنواع الإسمنت

أنواع الإسمنت المستعملة عديدة، أهمها الإسمنت البورتلاندي وهو الأكثر شيوعا في التصنيع والاستعمال. وقد صنفت الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس الإسمنت إلى ٥ أصناف وذلك اعتمادا على المواصفات الأمريكية (جـ ١٥٠) (ASTM C 150).

جدول رقم ٢ : أنواع الإسمنت المختلفة حسب المواصفات السعودية

النوع/الصنف	الاسم الكامل	الاستعمالات
نوع ١ (Type 1)	إسمنت بورتلاندي عادي (Ordinary Portland Cement)	في الاستعمالات العادية
نوع ٢ (Type2)	إسمنت متوسط المقاومة للكبريتات (Moderate Sulphate Resisting Cement)	في الاستعمالات التي تحتاج إلى مقاومة الكبريتات متوسطة التركيز.
نوع ٣ (Type 3)	إسمنت سريع التصلد (Rapid Hardening Cement)	في حالة الحاجة إلى مقاومة مبكرة وعالية
نوع ٤ (Type4)	إسمنت منخفض الحرارة (Low Heat Cement)	في الكتل الخرسانية الكبيرة (حرارة تفاعلاته منخفضة)
نوع ٥ (Type5)	إسمنت عالي المقاوم للكبريتات (Sulphate Resisting Cement)	في الاستعمالات التي تحتاج إلى مقاومة الكبريتات عالية التركيز

٤/٢ - خواص الإسمنت

١/٤/٢ - الخواص الكيميائية

التحاليل الكيميائية تجرى عادة عند كل مرحل التصنيع وذلك للتثبت من تطابق التركيبة الكيميائية للمواد الخام لمتطلبات الإنتاج والتركيبة النهائية للكلنكر والإسمنت. كما إن التحاليل تجرى على المادة النهائية المصنعة ألا وهي الإسمنت للتأكد من جودة الإنتاج و مطابقتها للمواصفات.

جدول رقم ٣ : مركبات الأنواع المختلفة من الإسمنت طبقا للمواصفات الأمريكية.

نوع الإسمنت	مركبات الإسمنت بالنسبة المئوية (٪)			
	سليكات ثلاثي الكالسيوم (C_3S)	سليكات ثنائي الكالسيوم (C_2S)	ألومينات ثلاثي الكالسيوم (C_3A)	حديدي ألومينات رباعي الكالسيوم (C_4AF)
نوع ١	٥٥	١٩	١٠	٧
نوع ٢	٥١	٢٤	٦	١١
نوع ٣	٥٦	١٩	١٠	٧
نوع ٤	٢٨	٤٩	٤	١٢
نوع ٥	٣٨	٤٣	٤	٩

٢/٤/٢ - الخواص الفيزيائية

أ - النعومة

المساحة السطحية النوعية (Specific Surface Blaine)، هي خاصية فيزيائية تحدد مدى نعومة الإسمنت. بقدر ما يكون الإسمنت مطحونا أكثر بقدر ما تكون المساحة السطحية النوعية أكبر. النعومة هي من أهم الخواص التي تؤثر على العناصر التالية :

- نسبة التفاعل الكيميائي
- تطور المقاومة
- كمية الإسمنت الضرورية لتغليف مجمل حبيبات الركام (الرمل و الحصى) لدعم الترابط بين كل الحبيبات.

تشترط الهيئة العربية للمواصفات والمقاييس بالمملكة حدا أدنى لنعومة الإسمنت وهي تساوي = ٢٢٥٠ (سم^2/غ). كما نجد ثلاثة أنواع من الإسمنت :

- إسمنت خشن رقم بلين (Blaine) أقل من ٢٨٠٠ (سم^2/غ).
- إسمنت ناعم رقم بلين (Blaine) من ٢٨٠٠ إلى ٤٠٠٠ (سم^2/غ).
- إسمنت ناعم جدا رقم بلين (Blaine) من ٥٠٠٠ إلى ٧٠٠٠ (سم^2/غ).

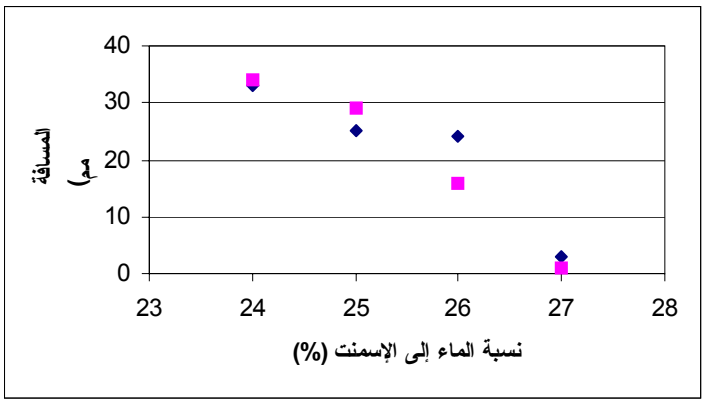
ب - كثافة الإسمنت

كثافة الإسمنت البورتلاندي تقدر من ٢,٩٠ إلى ٣,٢٠ (غ/سم^3)، و تحدد باستخدام جهاز بلوري (البكنوميتر أو جهاز لوشاتليه).

أما الكثافة الظاهرية للإسمنت البورتلاندي فتقع بين ٠,٩٠ إلى ١,٣٠ (غ/سم^3).

ج - النسبة المثالية للماء (لتحديد اللزوجة المثالية) Normal consistency

تحدد نسبة الماء المثالية للحصول على عجين قياسي بجهاز فيكات Vicat ثم تجرى تجربة تحديد زمن الشك على هذا العجين.



شكل رقم ٢: كيفية تحديد نسبة الماء المثالية للحصول على المونة الاسمنتية القياسية.

د - زمن الشك Setting time

يتفاعل الإسمنت كيميائيا مع الماء ثم بعد مرور ساعة أو أكثر يبدأ العجين في إظهار شيء من التماسك الأولي نعبر عنه باسم بداية زمن الشك (Initial Setting Time). هذا الوقت المنقضي بين بداية خلط الماء مع الإسمنت وبداية الشك هو ما نسميه اصطلاحا زمن الشك وهو مهم جدا بالنسبة لعملية تشغيل الخرسانة (خلطها، تحميلها ثم رفعها أو ضخها وكذلك وضعها أو صبها في المكان المعد لها وكذلك هزها وإنهاء الشغل أي تشطيبها...).

يختلف زمن الشك على حسب نوع الإسمنت ونعومته وكمية الماء ودرجة الحرارة ولذلك لا يقع تحديده إلا على عجين قياسي معد حسب نسبة الماء المثالية وفي درجة حرارة محددة (٢٠ د.م.) وباستعمال جهاز "فيكات" محمول بالإبرة.

بعد بداية زمن الشك يتواصل تماسك العجين (الماهة) حتى يصبح كتلة واحدة وهذا ما نسميه نهاية زمن الشك (Final Setting Time).

جدول رقم ٤ : نتائج تجارب قياس زمن الشك الحقيقية باستعمال إبرة فيكات على المونة القياسية لإسمنت معين.

الوقت	٨:٠٠	٨:٣٠	٩:٠٠	٩:٣٠	١٠:٠٠	١١:٠٠	١١:٢٧	١١:٣٧	١٣:١٧
الزمن(د)	٠	٣٠	٦٠	٩٠	١٢٠	١٥٠	١٧٧	١٨٧	٢٨٧
Δh(مم)	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١٠	١٢	٤٠

هـ - الثبات الفراغي للإسمنت

يحدث عادة للعينات المصنعة بالإسمنت انكماش أو تمدد على حسب نوع الإسمنت ونعومته ويشترط في هذه العينات "الثبات الفراغي" إن يكون أقل من حد أقصى وهو ١٠ (مم/م).

و - التمدد الناتج عن الجير والمغنيسيوم والجبس

في مادة الإسمنت توجد نسبة معينة من الجير الحر، كما إن التفاعلات الكيميائية تولد نسبة أخرى من الجير الذي يسبب التمدد الداخلي في الإسمنت المتصلد. كما يمكن لهذا الجير الحر إن يتفاعل مع عناصر كيميائية "كالكبريتات" ليعطي عناصر جديدة ذات انتفاخ كبير يمكن إن يؤدي إلى تفكك الخرسانة. حسب المواصفات القياسية السعودية فاختبار الثبات يجرى بواسطة جهاز لوشاتليه.

نسبة أكسيد المغنيسيوم في الإسمنت يجب إن تكون أقل من ٤ ٪. وإذا وقع تجاوز هذه النسبة لا بد من إجراء تجربة "لوشاتليه" باستعمال الأوتوكلاف كما هو مبين بالمواصفات الأمريكية (ج ١٥٠)، (ASTM C 150). كما إن كمية الجبس المستعملة عند طحن الإسمنت يجب إن لا تتجاوز نسبة ٥ ٪ وذلك للحد من التفاعلات بين الجبس وحبيبات ألومينات الكالسيوم الكبريتية المائية (Calcium Sulpho-Aluminate Hydrate).

٣/٤/٢ - الخواص الميكانيكية

أ - المقاومة Strength

تحدد مقاومة الضغط و الثني في اختبار قياسي موضح في المواصفات : تجهز ثلاث منشورات من ملاط (مونة) الإسمنت بنسب محددة كما هو مبين في الجدول التالي :

صورة رقم ٦ : المنشورات من المونة القياسية مقاس ٤٠ × ٤٠ × ١٦٠ (مم).

جدول رقم ٥ : كمية المواد المستعملة للحصول على المونة القياسية لصنع المنشورات

نوع المادة	كمية المواد المستعملة في خلط المونة القياسية (غ) حسب		
	م. ق. س.	مواصفات أوروبية.	مواصفات أمريكية
الإسمنت	٤٥٠	٤٥٠	٥٠٠
الرمل(١)	١٣٥٠	١٣٥٠	١٣٧٥
الماء	٢٢٥	٢٢٥	٢٤٢

ب - صنع المنشورات وإجراء التجارب

تصنع المنشورات بطريقة تم شرحها في المواصفات القياسية السعودية، حيث يوضع القالب على منصة متحركة ثم ندخل المونة الإسمنتية في القالب على ثلاثة مراحل، و يقع دمك كل طبقة بعدد ٦٠ ضربة ثم نشطب القالب و نضعه في غرفة ذات رطوبة نسبية تصل إلى ٩٥ ٪ و في حرارة ٢٠ د.م. و لمدة ٢٤ ساعة، نفتح بعدها القوالب و نستخرج العينات حيث تخزن في الماء في حرارة ٢٠ د.م.إلى يوم تاريخ الاختبار.

- تسحب العينات من الماء.
- يجرى عمل اختبار الانحناء على المنشورات.
- تضغط أنصاف المنشورات الناتجة من اختبار الانحناء في تجربة ضغط.
- يحسب متوسط مقاومة الضغط لها (المواصفات القياسية السعودية م.ق.س. ١٩٧٩/١٤٣ طرق اختبار الإسمنت البورتلاندي). و يجب إن لا يقل متوسط مقاومة الضغط لأنصاف المنشورات

عن الحد الأدنى للمتوسط المطلوب في المواصفات (ملاحظة : اختارت المواصفات السعودية للإسمنت إن تكون اختبارات الضغط بعد ٣ و٧ أيام إلزامية و بعد ٢٨ يوما يتم القيام باختبار اختياري. وذلك نظرا لأن البلاد تستورد كمية لا بأس بها من الإسمنت عبر الموانئ وهذا قد يأثر على خواصها. أما في الوقت الحالي، و بما إن المملكة تنتج الإسمنت بكميات كافية للاستهلاك المحلي بل وحتى لتصدير البعض منه، فإنني أرى بأنه يجب أخذ النتائج المتحصل عليها عند ٢٨ يوما بعين الاعتبار).

الجدول رقم ٦: مقاومة الضغط الإسمية المطلوبة لكل نوع من الإسمنت (م. ق. س.).

النوع / الصنف	متوسط مقاومة الضغط (ن/مم^2)		
	٣ أيام	٧ أيام	٢٨ يوم
١ - إسمنت بورتلاندي عادي	١٥	٢٣	٣٥
٢ - إسمنت بورتلاندي معتدل المقاومة للكبريتات	١٠	١٧	٢٢
٣ - إسمنت بورتلاندي سريع التصلد	٢١	٢٨	٣٥
٤ - إسمنت بورتلاندي منخفض الحرارة	-	-	-
٥ - إسمنت بورتلاندي مقاوم للكبريتات	٨	١٥	٢٠

٥/٢ - التوريد والتخزين

حسب المواصفات العامة لتنفيذ المباني والصادرة عن وزارة الأشغال العامة والإسكان، فإنه ينصح باتباع النصائح و التعليمات التالية في عملية التوريد و التخزين:

١/٥/٢ - التوريد

يتم الحصول على الإسمنت مباشرة من مصنع معتمد أو من مورد معتمد.

يورد الإسمنت إما معبأ داخل أكياس مختومة أو سائبا ومعبأ داخل سيارات خاصة للغرض.

٢/٥/٢ - التخزين

يخزن الإسمنت في مخازن مغلقة مانعة لتسرب الماء ومهواة بشكل جيد لمنع الإسمنت من امتصاص الرطوبة.

- تخزن الأنواع المختلفة من الإسمنت السائب داخل حجرات تخزين منفصلة لكل نوع حجرة أو صومعة. هذا ويكون السطح الداخلي للصوامع ناعما ويكون قعر الصوامع مائلا بما لا يقل عن ٥٠ درجة عن الأفقي للصوامع الدائرية وميل يتراوح بين ٥٥ و٦٠ درجة للصوامع المستطيلة.

- تخزن أكياس الإسمنت في مجموعات على منصة خشبية أو معدنية أو نحوه وذلك لضمان حسن التهوية. ولا يزيد ارتفاع رصة الأكياس عن ١٤ صفا عند تخزينها لمدة لا تزيد عن ٦٠ يوما، أما إذا زادت مدة التخزين عن ذلك فلا يزيد ارتفاع رصة أكياس الإسمنت عن ٧ صفوف.
- عند استعمال الإسمنت المعبأ داخل الأكياس يراعى قدر الإمكان استعمال الإسمنت الأقدم أولا.
- لضمان تقدم العمل، على المقاول الاحتفاظ في الموقع وفي جميع الأوقات بمخزون من الإسمنت كاف لإنجاز أعمال الأسابيع المقبلة. أما إذا كانت كمية المخزون تتعدى ١٠٠ طن أو إن التوريد مستمر بشكل مضمون فيمكن تقصير الفترة بموافقة الجهة المشرفة.

٦/٢ - ضبط الجودة

١/٦/٢ - الاختبارات الدورية

تختبر جميع الإرساليات الآتية من مصدر يختلف عن مصدر الإرساليات السابقة المختبرة وذلك قبل توريدها إلى الموقع، و تسمى اختبارات القبول.

إذا لم يتغير مصدر الإرسالية، فيتم إجراء الاختبارات الدورية لكل ١٠٠٠ طن مورد إلى الموقع. ويتم إجراء الاختبارات الدورية على الإسمنت الذي مضى على تخزينه أكثر من ٣ أشهر وذلك قبل استعماله.

٢/٦/٢ - الاختبارات المطلوبة

تجرى الاختبارات التالية على العينات الممثلة والمأخوذة حسب المواصفات القياسية.

أ - اختبارات القبول :

النعومة (Blaine)

زمن الشك (Vicat)

الثبات

مقاومة الضغط

عامل التشبع بالجير

التحليل الكيميائي.

ب - الاختبارات الدورية

النعومة

زمن الشك

مقاوم الضغط.

٧/٢ - تصنيف الإسمنت حسب المواصفات الأوربية

١/٧/٢ - الإسمنت البورتلاندي

- إسمنت بورتلاندي عادي Ordinary Portland Cement (OPC)
- إسمنت بورتلاندي سريع التصلد
Rapid Hardening Portland Cement (RHPC)
- إسمنت بورتلاندي منخفض الحرارة Low Heat Portland Cement (LHPC)
- إسمنت بورتلاندي مقاوم للكبريتات
Sulphate Resisting Portland Cement (SRPC)
- إسمنت بورتلاندي عالي سرعة التصلد
Extra Rapid Hardening Portland Cement (ERHPC)
- إسمنت بورتلاندي عالي المقاومة المبكرة
Ultra-High Early-strength Portland Cement (UHPC, BS 8110)
- إسمنت بورتلاندي أبيض وملون
White and Colored Portland Cement (WCPC)

٢/٧/٢ - الإسمنت الخبثي

- الإسمنت البورتلاندي الخبثي
Portland Blasfurnace Cement (PBFC) (٦٥٪ خبث + ٣٥٪ كلنكر)
- الإسمنت البورتلاندي الخبثي منخفض الحرارة
Low-Heat Portland Blasfurnace Cement (LHPBFC)
- إسمنت عالي الكبريت Super Sulphated Cement (SSC)
(٨٥٪ خبث + (١٠ إلى ١٥ ٪) جبس + ٥٪ كلنكر).

٣/٧/٢ - الإسمنت البوزولاني

مواد بوزولانية و كلنكر تطحن بنسب مختلفة. مثال :

- الإسمنت البورتلاندي بالرماد
- Portland Pulverized-Fuel Ash Cement (PPFAC)
من ١٥ إلى ٣٥ ٪ رماد كمواد بوزولانية (BS 6588).
من ٣٥ إلى ٥٠ ٪ رماد كمواد بوزولانية (BS 6610).

٤/٧/٢ - الإسمنت عالي نسبة الألمنيوم أو الإسمنت الألومينى

- High Alumina Cement (HAC) (BS 8110)

٨/٢ - قطاع صناعة الإسمنت في المملكة

١/٨/٢ - تطور قطاع الإسمنت في المملكة العربية السعودية

صناعة الإسمنت بالمملكة العربية السعودية بدأت في سنوات ١٩٥٩حيث بدأ الإنتاج من شركة الإسمنت العربية المحدودة، ثم بدأت تتسع صناعة الإسمنت لتشمل كامل مناطق المملكة مع إنشاء شركة إسمنت تبوك، والتي دخلت الإنتاج سنة ١٩٩٦.

الجدول رقم ٧: أسماء الشركات وسنة تشغيلها والطاقة التصميمية للمصانع.

اسم الشركة	سنة التشغيل	الطاقة التصميمية (مليون طن)
١ - شركة الاسمنت العربية المحدودة	١٩٥٩	١,٢
٢ - شركة الاسمنت السعودية	١٩٦١	١,٣
٣ - شركة اسمنت اليمامة	١٩٦٦	٢,٨
٤ - شركة اسمنت القصيم	١٩٨٠	١,٢
٥ - شركة الاسمنت السعودي البحريني	١٩٨٠	١,٨
٦ - شركة اسمنت ينبع	١٩٨١	١,٢
٧ - شركة اسمنت المنطقة الجنوبية	١٩٨١	١,٥
٨ - شركة اسمنت المنطقة الشرقية	١٩٨٥	٢,١
٩ - شركة اسمنت تبوك	١٩٩٦	١,٢
	المجموع	١٤,٣

٢/٨/٢ - مثال عن مراحل إنشاء شركة بيشة

١/٢/٨/٢ - مقدمة حول تأسيس الشركة

نظراً لوجود المواد الأولية اللازمة لصناعة الأسمنت في مناطق عديدة من المملكة ولتخطيط الدولة لتوزيع مصانع الأسمنت جغرافياً فقد قررت إعطاء امتياز لإقامة مصنع إسمنت في المنطقة الجنوبية بطاقة تؤهله لسد حاجيات هذه المنطقة.

وبناءً على ذلك فقد بادرت مجموعة من المساهمين السعوديين بتأسيس الشركة وذلك في ٥ جمادى الأولى ١٣٩٤هـ، وفي ٢٨ جمادى الآخرة ١٣٩٦هـ وقع مجلس إدارة الشركة عقداً مع إحدى الشركات العالمية المتخصصة في مجال صناعة الإسمنت لوضع المواصفات الفنية للمصنع والإشراف على تنفيذه بعد إن قامت بدراسة الجدوى الاقتصادية من إنشاء هذا المصنع، وذلك بناء على المسح الجيولوجي للمنطقة ووفرة وجودة المواد الأولية في منطقة جازان بالقرب من أحد المسارحة وفي عام ١٩٩٢م قرر مجلس الوزراء إجراء توسعة للمصنع نتيجة لزيادة الطلب على الإسمنت محلياً وقد رأى المجلس إن تكون التوسعة على شكل مصنع مستقل في المرتفعات الجبلية بمنطقة عسير للتخلص من نقل الإسمنت إلى هذه المناطق عبر الطرق الجبلية الصعبة التي كانت تغلق أحياناً بسبب الأمطار. ونتيجة للبحث والتنقيب والمسح الجيولوجي وجد حجر جيري في جبل المحاوي جنوب غربي مدينة بيشه صالح لإنتاج الإسمنت، بهذا تم التعاقد مع شركة "هلا" الكورية بالتعاون مع شركة "فولر" الأمريكية، Fuller International Inc على إقامة المصنع في هذه المنطقة بطاقة تصميميه مقدارها ١,٢ مليون طن من الكلنكر سنوياً وبدأ إنتاجه في الأول من إبريل عام ١٩٩٧م .

۞ الموقع :

يقع مصنع إسمنت بيشه في جبل النحادي على بعد ٦٨ كيلو متراً جنوب غرب مدينة بيشه وقد شقت الشركة طريقاً بطول ٣١ كيلو متراً ليربط الطريق العام (بيشه - خميس مشيط) بالمصنع .

۞ بدء التشغيل والإنتاج للمصنع :

في الثالث والعشرين من شهر ذي القعدة ١٤١٧هـ الموافق الأول من إبريل ١٩٩٧م، بدأ تشغيل المصنع، ونزل أول إنتاجه من الإسمنت إلى الأسواق يوم ٩ محرم ١٤١٨هـ والموافق ١٩٩٧/٥/١٥م وغطى هذا المصنع استهلاك المنطقة الجنوبية من الباحة شمالاً وحتى نجران جنوباً.

٢/٢/٨/٢ - طريقة الإنتاج

تبلغ الطاقة التصميمية لفرن مصنع بيشه (٤٠٠٠) طن يومياً أي ١,٢٠٠,٠٠٠ طن سنوياً من مادة الكلنكر، ويبلغ عدد العاملين حوالي ٣٥٠ عاملاً.

تمر عملية إنتاج الإسمنت بالمراحل التالية :

أ - التكسير :

يوجد في المحجر كسارة تصادمية متحركة من طراز COK طاقتها ١٠٠٠(طن/ساعة)، حيث ينقل الحجر الجيري بعد التكسير إلى مستودعات المواد الأولية بواسطة شبكة من السيور مروراً بمحطة تحليل العينات كما يوجد داخل منطقة المصنع كسارة مطرقية لتكسير مادة الشيست والرخام طاقتها الإنتاجية ٣٠٠ (طن/ساعة) وتُنقل المواد الناتجة عنها بواسطة سيور إلى المستودعات بعد مرورها بمحطة تحضير العينات كما إن هناك مشروع إقامة كسارة تصادمية من شركة SBM بطاقة إنتاجية مقدارها ٩٠٠ (طن/ساعة) وسيتم وضعها في الجبل الشمالي المكتشف حديثا.

ب - السير المتحرك لنقل الحجر الجيري:

كان الحجر الجيري ينقل من المحجر إلى الكسارات الأولية بواسطة ١٥ سيارة "وابكو" على طريق طوله ٧ كلم ونظراً لكثرة مشاكل هذه الطريقة وارتفاع تكلفتها فقد استبدلتها الشركة بنظام للنقل على سير متحرك وبالتالي تم تركيب سير من المحجر إلى المصنع بطول ٥,٢ (كم) بطاقة نقل مقدارها ١٢٠٠(طن/ساعة)، حيث إن هذا النظام هو من أحدث الطرق المتبعة في مصانع العالم لنقل الحجر الجيري وأقلها تكلفة.

ج - طحن المواد :

يتم طحن خليط المواد الأولية بواسطة طاحونة اسطوانية، أفقية طاقتها الإنتاجية ٣٥٠ (طن/ساعة). يتم تحديد نسب المواد بواسطة الحاسب الآلي بعد القيام بالتحاليل الكيميائية اللازمة باستعمال الأشعة السينية.

د- مرحلة المزج والتجانس :

تنقل المواد الخام بعد طحنها إلى صوامع المزج والتجانس التي تستخدم فيها المزالق الهوائية لهذه العملية.

هـ - نظام الحرق :

يتكون نظام الحرق من مسخن ذي ست مراحل مع مكلس أولي مستقل يتم التبادل الحراري بين المواد الداخلة إلى المكلس والغازات الساخنة في المراحل الخمس الأولى، ثم تدخل إلى المكلس لتحويل كربونات الكالسيوم إلى أكسيد الكالسيوم، ثم تنقل إلى الفرن الذي يبلغ طوله ٧١ متراً وقطره ٤,٥٥ مترا، وتحول المواد خلال هذه المراحل إلى مادة الكلنكر وتخزن في صوامع ثلاث خاصة، حيث تبلغ الطاقة التخزينية لكل منها (٤٠,٠٠٠) طن.

و – طحن الكلنكر :

يتم طحن الكلنكر بعد إضافة مادة الجبس بواسطة طاحونتين من النوع الأنبوبي، طاقة الواحدة ١١٠(طن/ساعة) ثم ينقل الإسمنت ليخزن في أربع صوامع، سعة التخزينية لكل منها ١٠,٠٠٠طن.

ز - التعبئة :

يعبأ الإسمنت في أكياس بواسطة أربع مكائن مزودة بجهاز تلقيم آلي للأكياس، تبلغ طاقة كل منها ٢٥٠٠ كيس في الساعة، ثم يحمل على السيارات بواسطة ستة سيور منها أربعة آلية واثنان يدوية، أما الإسمنت السائب فيعبأ في السيارة مباشرة.

۞ مصنع الورق :

نظراً لحاجة الشركة إلى الأكياس الورقية لتعبئة الإسمنت فقد تم إنشاء مصنع حديث لتصنيع هذه الأكياس بمقاييس معينة بحيث تكون زنة الكيس الواحد معبأة ٥٠ كغم، وقد بدأ الإنتاج التجاري لهذا المصنع في بداية شهر يوليو ١٩٩٢م وتبلغ طاقته الإنتاجية حوالي ١٣,٠٠٠ كيس في الساعة علماً بأن الكيس مؤلف من ثلاث طبقات ويؤمن هذا المصنع حاجيات مصنعي جازان و بيشة.

٣/٢/٨/٢ - مراقبة جودة الإنتاج:

يتابع قسم مراقبة الجودة بالمصنع كل مرحلة من مراحل الإنتاج المتعددة من بداية استخراج الحجر الجيري إلى مرحلة تعبئة الأكياس وشحن الإسمنت، وذلك بأخذ عينات وتحليلها وضبط بقية المواد في كل مرحلة حسب مواصفات محددة لضمان الجودة الكاملة للإسمنت المنتج ومطابقته للمواصفات القياسية السعودية والأمريكية، ويستعين قسم مراقبة الجودة بأحدث الأجهزة العلمية لمختلف طرق التحليل.

التحليل بالأشعة السينية والحاسبات الإلكترونية.

الاختبار الكيميائي.

الاختبار الفيزيائي.

التحليل بأشعة جاما.

الاختبارات الميكانيكية.

۞ الطاقة الكهربائية :

تعتمد الشركة في سياستها على مبدأ الاكتفاء الذاتي من الخدمات وتحقيقاً لهذا المبدأ أنشأت محطة لتوليد الكهرباء في كل من مصنعي جازان و بيشة وذلك لتوفير الطاقة اللازمة لإدارة الآلات والمحركات وخدمات الوحدات السكنية وجميع أوجه الخدمات العامة.

محطة مصنع بيشه تتكون من أربع توربينات غازية تغذى بالديزل، قدرة كل منها ١٠ ميجاوات ومولد احتياطي ديزل قدرته ١,٥ ميجاوات وقد زودت المحطة بغرفة مراقبة إلكترونية لمراقبة المولدات وشبكة توزيع الطاقة.

۞ الصيانة :

تنقسم الصيانة سواء الميكانيكية أو الكهربائية في كلا المصنعين إلى قسمين :

قسم الإصلاحات ويقوم بصيانة وإصلاح معدات صناعة الأسمنت بما فيها المعدات الثقيلة وتوجد ورشة ميكانيكية وأخرى كهربائية لتصنيع بعض قطع الغيار وإصلاح ما يمكن إصلاحه.

قسم الصيانة الوقائية ومهمته وضع البرامج للصيانة الدورية للمعدات حسب جداول معينة ويقوم هذا القسم بالفحص الدوري للمعدات وفتح سجل لها وقد أدى إتباع نظام الصيانة الوقائية إلى انخفاض زمن توقف المعدات الرئيسية وبالتالي ارتفاع معدل الأداء وزيادة الإنتاج.

٤/٢/٨/٢ - الخطة المستقبلية لشركة الإسمنت

بعد تشغيل مصنع الشركة في بيشة الذي سيساهم مع مصنع جازان في تغطية احتياجات السوق المحلية في جميع أرجاء المنطقة الجنوبية وسيكون هناك فائض سنوي يقدر بحوالي مليون طن كلنكر تهدف الشركة إلى تصديره إلى الخارج ولهذا فقد تم استئجار موقع في ميناء جازان وبناء مستودعات وصوامع فيه وتجهيزه بالمعدات اللازمة لتحميل الباخرة مباشرة سواء الإسمنت أو الكلنكر بصورة آلية.

التصدير :

في عام ١٤٠٧هـ تراكم لدى الشركة فائض يقدر بحوالي مليون طن من الكلنكر وهذا بعد إن تمت تغطية احتياجات السوق المحلية من الإسمنت لذلك لم يكن هناك طريقة للتخلص من الفائض إلا عن طريق التصدير إلى الخارج وكان ذلك في البداية في منتهى الصعوبة إذ كانت المملكة في وقتها تستورد الإسمنت وبكميات كبيرة وفجأة أصبحت مصدرة لهذه المادة ولكن بالعزيمة والإصرار على إنجاح التجربة تمكنت إدارة الشركة من تصدير أول شحنة إلى بنقلاديش عام ١٤٠٧هـ وبعدها توالت العروض على الشركة لشراء الكلنكر وخلال سنة من بدء التصدير سجل اسم الشركة إسمنت الجنوب عالمياً بين الأسماء المصدرة للإسمنت واستمر التصدير إلى سنة ١٩٩٢م ثم توقف مؤقتاً لزيادة الطلب عليه محلياً . ثم بدأ التهيأ للتصدير بكميات كبيرة من جديد ، و لهذا الغرض تم إنشاء موقع في ميناء جيزان للتحميل على الباخرة مباشرة، ثم يتم تهيأة موقع آخر بالمعدات اللازمة للتحميل على الباخرة مباشرة وفي وقت قصير جداً مقارنة بالطريقة التي كانت تستخدم سابقاً في التحميل، و ذلك لتخفيض تكاليف الشحن على المستورد.

٩/٢ - أسئلة وتمارين

عرف الإسمنت، ولماذا نعتبر الإسمنت مادة هيدروليكية ؟

٤ - ما هي المواد الأولية التي تستعمل في صناعة الكلنكر وحدد نسبها ؟

٥ - عدد الطرق المستعملة في صناعة الإسمنت، وأذكر الاختلافات الهامة بينها ؟

٦ - أذكر الطريقة الأكثر حداثة في صناعة الاسمنت ؟

٧ - أذكر أنواع الإسمنت حسب م. ق. س. ؟ أي أنواع الإسمنت تنتج و تستعمل بكثرة في المملكة ؟

٨ - ما هي أهم خاصية فيزيائية وميكانيكية للإسمنت حسب رأيك، اشرح ذلك ؟

٩ - أذكر أنواع الإسمنت الممكن استعمالها في الحالات التالية :

. للهياكل الخرسانية العادية فوق سطح الأرض ؟

. للأساسات العميقة باتصال دائم مع المياه الجوفية عالية التركيز من الكبريت ؟

١٠ - بماذا ينصح لتخزين الإسمنت بطريقة جيدة حتى لا نظر بخواصه ويحافظ هذا الأخير على جودته ؟

١١ - اربط بسهم بين الكلمات والمختصرات في القائمتين التاليتين :

- سيليكات ثلاثي الكالسيوم	C_3A
- ألومينات ثلاثي الكالسيوم	C_2S
- حديدي ألومينات رباعي الكالسيوم	CaO
- سيليكات ثنائي الكالسيوم	SiO_2
- أكسيد الكالسيوم	Fe_2O_3
- أكسيد السيليكون	C_3S
- أكسيد الحديد	C_4AF
- أكسيد الألمنيوم	Al_2O_3

١/٩ - في هذه العناصر الثمانية فيها ما هو خاص بالمواد الأولية لصناعة الإسمنت وفيها ما هو خاص بتركيبة الإسمنت، اجمع كل نوع على حدة في الجدول التالي.

المواد الأولية لصناعة الإسمنت	المواد الخاصة بتركيبة الإسمنت

٢/٩ - أي هذه العناصر من عناصر الخاصة بالإسمنت يعتبر المتسبب في التفاعلات مع العناصر الكبريتية الموجودة في التربة أو المياه السطحية، وينتج عن هذه التفاعلات خراب الخرسانة.

١٢ - اشرح لماذا لزمن الشك أهمية قصوى في عملية التشييد ؟ أذكر الجهاز المستعمل في التجربة ورقما محددا من الزمن مطلوبا حسب م. ق. س. ؟

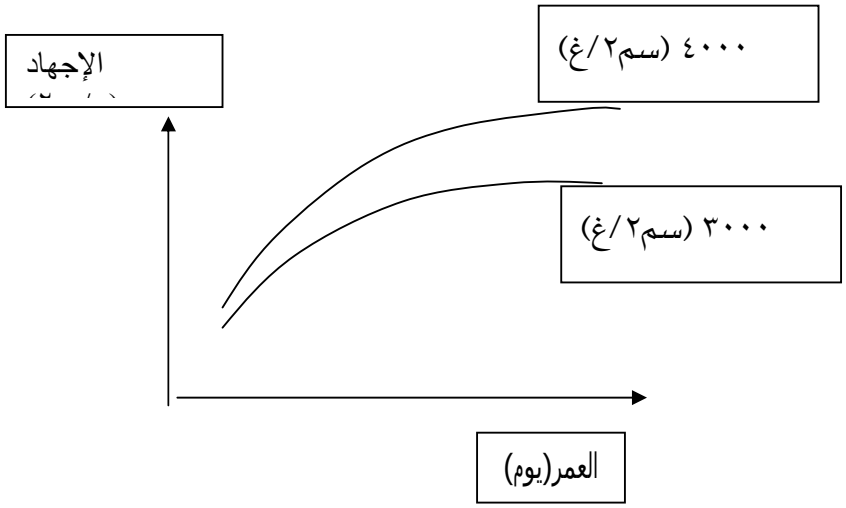
١٣ - أذكر الطريقة الأكثر حداثة في صناعة الاسمنت ؟

١٤ - افترض أننا سنشيد جدارا ساندا سميكا في طقس حار:

١/١٢ - أي أنواع الإسمنت يمكن استعماله ؟ علل جوابك.

٢/١٢ - إذا افترضنا إن أساسات هذا الحائط شيدت على أرض جبسية ذات تركيز عالي والمياه السطحية قريبة من الأساسات، فأي أنواع الإسمنت تختار ؟ علل جوابك.

اشرح الشكل التالي :



٢/١٣ - ارسم المنحنى المناسب للاسمنت مساحته السطحية النوعية = ٢٢٠٠ (سم٢/غ)، اشرح اختيارك. هل نعومة هذا الإسمنت مطابقة للمواصفات السعودية ؟ بين ذلك.

١٥ - قمنا بتجارب على نوعين من الإسمنت البورتلاندي العادي و المنتج في شركتين مختلفتين، حيث تم صنع عينات (منشورات 40x40x160 مم) حيث تجرى عليها تجربة الضغط على أنصاف المنشورات فكانت النتائج التالية :

الإسمنت	رقم العينة	الحمل الأقصى للضغط (كن)	الإجهاد (ن/مم^2)	معدل الإجهاد ن/مم^2
١	١	٦٥ / ٦١		
	٢	٦٤ / ٦٠		
	٣	٦٦ / ٥٩		
٢	١	٥٨ / ٥٩		
	٢	٥٩ / ٥٦		
	٣	٥٨ / ٦٠		

- اشرح طريقة صنع المنشورات والمواد المستعملة في الصنع ؟
- حدد معدل (أو متوسط) الإجهاد لكل نوع من الإسمنت ؟

هل هذه الأنواع من الإسمنت مطابقة للمواصفات ق. س. ؟ لماذا ؟

خواص واختبارات المواد

الركام

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة :

معرفة الطالب لأنواع الركام ومصادره ومختلف الفروقات بينها. كما يطلع على مدى تأثير هذا الركام على خواص الخرسانة وتعميرها ، إضافة إلى تعرفه على بعض أنواع الركام المنتجة في الكسارات بالمملكة.

الأهداف :

في نهاية هذا الفصل يكون الطالب قادرا على :

- معرفة مختلف أنواع الركام المنتجة ببعض مناطق المملكة.
- معرفة الاستعمالات للركام في صناعة الخرسانة.
- معرفة أهم الخواص للركام.
- معرفة عملية لكيفية تحديد بعض خواص الركام ومقارنتها مع متطلبات المواصفات العامة لوزارة الأشغال العامة والإسكان بالمملكة.

مستوى الأداء المطلوب :

أن يعرف الطالب كيف يختار نوع الركام حسب متطلبات المشروع والمواد المتوفرة بالمنطقة ، ومقدرته على تحديد خواص هذا الركام عمليا وتصنيفه حسب المواصفات.

الوقت المتوقع للفصل :

٥ساعات نظري.

٤ساعات عملي.

الوسائل المساعدة :

- ملابس خاصة بالمعمل.
- أجهزة خاصة للقيام بالتجارب المطلوبة.

متطلبات الجدارة :

معرفة ما سبق دراسته في الفصل الأول حول الحجارة الطبيعية.

١/٣ - مقدمة

يعد الركام من الركائز الرئيسية في تكوين الخرسانة، إذ يمثل من ٦٠ إلى ٨٠ ٪ من حجمها الكلي وله تأثير كبير على خواصها في الحالة الطرية والمتصلبة. ويتفاوت تكوين الركام من حبيبات صغيرة كالرمل إلى حبيبات كبيرة كالحصى، مما يؤثر على خواصه وبالتالي على متانة وسلوك الهياكل الخرسانية، هذا إضافة إلى وجود التغيرات الحجمية الناتجة عن تفاعلات وتصلب عجينة الأسمنت.

٢/٣ - مصادر الركام Aggregate sources

يمكن إن يكون مصدر الركام صناعيا (أي وقعت على المادة تحولات كيميائية بفعل الحرارة)، أو طبيعيا (ويكون مصدرها من الحجارة التي تتكسر بفعل العوامل الطبيعية وتتغير من حيث الحجم أو بواسطة الكسارات). وتنقسم الصخور التي يستخرج منها الركام كما سبق و تقدم في الفصل الأول، إلى :

- صخور نارية، كالجرانيت والبازلت والجابرو.
- صخور رسوبية كالحجر الجيري والرملي والطيني أو الطفلي.
- صخور متحولة، كالرخام.

وبناء على ذلك، فإن مصادر الركام تكون كالتالي :

أ - ركام الكسارات :

يقع كسر الكتل الحجرية المستخرجة من المقاطع أو المحاجر بواسطة كسارات حيث يتم الحصول، على مقاسات مختلفة للحصى وعلىالرمل الناتج عن عمليات التكسير.

ب - ركام الوديان والأنهار :

وهذا النوع يكون نتيجة تفتت الصخور بالعوامل الطبيعية كالأمطار والفيضانات، حيث تحمل مع حركة المياه مما ينتج عنه ما يلي:

- الحصى: وهذا النوع يمتاز بأنه دائري الشكل، قوي التحمل، ناعم الملمس ومقاوم للتآكل بدرجة عالية.

- الرمل: وقد يكون أحيانا مخلوطا بجزء من الطين والطمي والمواد العضوية، وفي هذه الحالة لا بد من اختيارجيد للموقع للحصول على رمل نظيف.

ج - الركام الاصطناعي :

وينتج عن حرق التراب أو الطين وكذلك من خبث الأفران.

د - الرمل المستخرج من المحاجر:

ويستخرج من كسر الكوارتز السائب أو الصخري.

٣/٣ - خواص الركام Aggregate properties

١/٣/٣ - الخواص الكيميائية

بقدر ما تكون الحجارة الأم المستخرج منها الركام ذات تركيبة كيميائية ثابتة بقدر ما يكون الركام ذا خاصية أفضل. ويشترط في الركام ألا يلين أويتحلل تحت تأثير الماء، وألا يتفاعل مع الاسمنت كيميائيا أو يقلل من حماية حديد التسليح ضد التآكل والصدأ.

٢/٣/٣ - الخواص الفيزيائية

أ - شكل الركام :

يأخذ الركام أشكالا مختلفة، فحبة الركام يمكن إن تكون إما كروية أو مكعبة أو مفلطحة أو مبسطة أو إبرية(عصا). وأفضل هذه الأنواع هو الشكل الكروي بالنسبة للركام المستخرج من الأنهار والوديان، و الشكل المكعب المنتظم أو القريب من ذلك بالنسبة للركام المستخرج من الكسارات.

ب – الكثافة ونسبة امتصاص الماء :

وتوجد عدة تعاريف للكثافة منها:

- الكثافة الظاهرية، الكثافة الحقيقية، الكثافة النوعية.
- كما يمكن تحديد نسبة امتصاص الماء من خلال القيام بتجارب على الركام الناعم والخشن وذلك حسب المواصفات وظروف معينة.

ج - الفراغات :

وتحسب الفراغات الكلية للركام (ف) والتي تشمل فراغات الحبيبات نفسها والفراغات التي بينها بمعرفة الكثافة الحقيقية والكثافة الظاهرية.

د- التدرج الحبيبي :

وهو توزيع الحجم الطبيعي للركام بفصل حبيباته عن بعضها البعض طبقاً لمقاساتها بواسطة مجموعة من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحتها وموضوعة بعضها فوق بعض بحيث يكون أكبرالمناخل مقاسا في الأعلى.ويتم نخل الركام بواسطة هذه المجموعة من المناخل ويحدد الوزن المحجوز على كل منخل ثم تحسب النسبة المئوية لوزن الركام المار من كل منخل. ويمكن إجراء التجربة بنخل وزن محدد من الركام على مجموعة من المناخل القياسية، ثم يتم تعيين وزن المتبقي على كل منخل، إثر ذلك تحسب النسبة المئوية للمتبقي على كل منخل، وفي الأخير يحدد الركام المار من كل منخل بالنسبة المئوية : (١٠٠ – المتبقي على المنخل) (٪).

والجدول التالي يقسم الركام على حسب مقاس حبيباته :

جدول رقم 8 : تقسيم الركام بالنسبة لمقاسات حبيباته حسب المواصفات السعودية

المجموعات الحبيبية	نوع الركام	
المقاس (مم)	طبيعي	كسارات
٠ / ٠,٢٥	ناعم جدا	ناعم جدا
١/ ٠,٢٥	ناعم	ناعم
١ / ٤	خشن	خشن
٤ / ٣٢	حصى	حصى كسري
٣٢ / ٦٤	حصى خشن	حصى كسري خشن

٣/٣/٣ - الخواص الميكانيكية

١/٣/٣/٣ - مقاومة الضغط

كلما كانت مقاومة ضغط الحبيبات أعلى، كلما تحسنت مقاومة ضغط الخرسانة وخواصها الأخرى. وتعتبر في العادة مقاومة الحجارة الأم التي يستخرج منها الركام هي المعيار لمقاومته، حيث إن الضغط حينما يكون في حدود ٨٠ إلى ١٠٠ (ن/مم^{٢})، يعتبر قيمة معقولة.

وهناك عدة اختبارات في هذا المضمار تجرى على الركام أهمها:

أ - مقاومة الركام الكبير للتهشيم

الغرض من هذه التجربة هو تحديد مدى مقاومة هذا النوع من الركام لدى خضوعه لعملية التهشيم، والجهاز المستعمل في هذا الاختبار، هو عبارة عن اسطوانة من الصلب مفتوحة الطرفين لها مكبس وقاعدة من الصلب. ويستعمل في هذا الاختبار الركام المار من المنخل 16(مم) والمحجوز على المنخل 9.51 (مم)، ثم توضع العينة في مكيال أسطواني خاص بالتجربة و يتم تجفيفها في فرن من100 إلى 110 درجة مئوية(د.م)، بعدها يتم تبريد العينة وليكن وزنها (أ). وتتمثل مراحل التجربة في وضع الأسطوانة في مكانها على القاعدة ثم تملأ بالركام على ثلاث طبقات وتدك كل طبقة 25 مرة بالقضيب الحديدي ثم يسوى السطح ويوضع عليه المكبس. بعد ذلك توضع الإسطوانة بين فكي جهاز تجربة الضغط وتحمل ببطء حتى يصل الحمل إلى ٤٠ طن ثم يرفع الحمل وينخل الركام ويعين المار منه، وليكن وزنه (ب)، من منخل ٢,٨٣ (مم) حسب المواصفات الأمريكية، أو ٢,٣٦ (مم) حسب المواصفات البريطانية.

ويتم حساب معامل التهشيم (ACV) بالطريقة التالية:

ACV = (ب / أ) x ١٠٠ ٪. على إن تتراوح النتيجة فيما بين ٧,٥ ٪ و ١٢,٥ ٪.

ب - مقاومة الصدام

يمكن اختبار صلابة الركام عن طريق تعيين قيمة مقاومة الصدام، وذلك حسب المواصفات البريطانية (BS 812 :1975). ويجرى هذا الاختبارعلى الركام المار من منخل ١٤(مم) والمحجوز على منخل ١٠(مم)، بحيث تكون الكمية المجهزة كافية لاختبارين. تملأ الإسطوانة القياسية المعدنية الخاصة بالتجربة على ثلاث طبقات متساوية الارتفاع وترص بواسطة قضيب حديدي وذلك بالدك ٢٥ مرة. يتم وزن العينة، ويعبر عنها بالوزن (أ)، ثم يتم إدخالها في جهاز مقاومة الصدمات للركام، ثم ترفع

المطرقة المعدنية الخاصة بالجهاز (١٣,٥٠٠ الى ١٤,٠٠٠ كغ)، وتترك لتهبط من ارتفاع ٣٨٠ + - ٥(مم) على سطح العينة الموجودة في الاسطوانة الفولاذية. تكرر هذه العملية ١٥ مرة بفترات لا تقل عن ثانية واحدة، وبعد ذلك تنخل العينة بمنخل ٢,٣٦ (مم) (رقم ٧ في المواصفات البريطانية)، ويوزن الجزء المار من المنخل وليكن وزنه (ب)، كما يوزن المتبقي على المنخل على ألا يقل مجموعه على ١(غ) عن العينة الأصلية، هذا وإلا فإن هذه العينة تهمل ونقوم بإعادة التجربة من جديد. هذا ويتم حساب قيمة مقاومة الصدام (AIV) كالتالي:

AIV = (ب/أ) x ١٠٠٪.

ج - مقاومة التآكل

يعكس هذا الاختبار مقاومة الركام لعمليتي التآكل والبري بالاحتكاك، حيث إن نتائجه تظهر علاقة جيدة بالتآكل الفعلي للركام عند استعماله في الخرسانة، بالإضافة إلى أنه يظهر علاقة جيدة لمقاومة الانضغاط ومقاومة الشد للخرسانة المصنوعة منه.

ويتم في هذا الفحص وضع ركام ذو تدرج معين في اسطوانة معدنية مع كرات فولاذية وتدور الاسطوانة حول محور أفقي، وعملية تدرج وتساقط الركام والكرات تسبب بري وتآكل الركام بالاحتكاك والتساقط. وبعد ٥٠٠ دورة تفتح الاسطوانة وتنخل على منخل رقم ١٢ (١,٧ مم) بالماء لغسلها، أما المواد المتبقية في المنخل فتجفف في ١١٠ د.م. ثم توزن. هذا ويتم حساب نسبة التآكل على النحو التالي:

نسبة التآكل= {(الوزن الأصلي – الوزن المتبقي على منخل ١٢)/الوزن الأصلي} X ١٠٠ ٪.

٤/٣ - المواد الضارة

وهي المواد التي تؤدي إلى إلحاق الضرر بالخرسانة الطرية أو المتصلبة، ومنها:

- مواد تضر بتصلد أو تصلب الخرسانة.
- مواد تساعد على تشقق وتصدع الخرسانة.
- مواد تخفض كثافة ومقاومة الخرسانة.
- مواد تؤثر على حماية حديد التسليح.

١/٤/٣ - المواد المترسبة

وهي مواد ناعمة جدا والتي تمر عادة من منخل (0,075 مم) حسب المواصفات الأمريكية، أو (٠,٠٧٦ مم) حسب المواصفات البريطانية، أو(0,080 مم) حسب المواصفات الفرنسية، أو(0,071 مم) حسب المواصفات الألمانية. على ألا تزيد هذه النسب عن:3٪ من وزن الرمل، و١٪ من وزن الركام الكبير.

أما إذا كانت هذه المواد الناعمة، مواد طينية فيجب ألا تتجاوزهذه النسب: ١ ٪ من وزن الركام الناعم، و١/٤ ٪ (أي ٠,٢٥ ٪) من وزن الركام الكبير.

٢/٤/٣ - المواد العضوية

إن وجود هذه المواد سواء في الركام الناعم أو الخشن يضر بالخرسانة وذلك إذا تجاوز الحدود المسموح بها. ويتم إجراء الاختبار اللازم للتأكد من عدم وجود هذه المواد بنسب ضارة عن طريق استخدام زجاجة قياسية توضع بها ١٣٠ غ من الركام (أقل من ٨ مم في الحجم)، ويضاف اليها محلول هيدروكسيد الصوديوم القلوي بنسبة تركيز ٣ ٪ حتى يصل ارتفاع الكمية الى العلامة ٢٠٠ سم^{3}. ثم تقفل وترج وتترك لمدة ٢٤ ساعة لملاحظة لون المحلول، فإن كان صافيا أو يميل إلى الصفرة قليلا فيعد الركام خاليا من المواد العضوية الضارة، أما إذا كان لونه يميل الى الأحمر أو البني الفاتح فيجب التأكد من عدم ضرره بالخرسانة وذلك بإجراء الخلطة التجريبية، أما إذا كان اللون قاتما فيحظر استعماله في صناعة الخرسانة.

٣/٤/٣ - المواد الضارة بتصلب الخرسانة

و تتمثل في وجود بعض الأملاح والمواد السكرية. وللتأكد من وجودها نقوم بعمل خلطة متكونة من خرسانة وركام معروف بجودته، وأخرى مماثلة من الركام المشكوك فيه، ويجري اختيار عينات للضغط (مكعبات واسطوانات)، ونقارن النتائج بعد 7 أيام للبعض،وللبعض الاخر بعد 28 يوماً، على ألا تقل عن 15 ٪ عن الأولى.

٤/٤/٣ - مركبات الكبريت

تتسبب المركبات الكبريتية في تفاعلات كيميائية تتولد عنها مركبات جديدة ذات حجم ضخم متسببة في تمددات داخلية كبيرة. وتظهر هذه التفاعلات في الرطوبة العالية والحرارة المرتفعة. وفي الحالات المشكوك فيها يجب التأكد من إن المركبات الكبريتية القابلة للذوبان لا تزيد كميتها عن ١ ٪ من كمية الركام المجفف، وفي حالة وجود كميات قليلة من (SO_3) فلا بد إن يلاحظ تأثير الرطوبة عليها وما يترتب عن وجودها.

٥/٤/٣ - التفاعل القلوي للركام

لقد لوحظت أثناء الخمسين سنة الماضية، أي في منتصف القرن العشرين، بعض التفاعلات الكيميائية الضارة بين الركام وعجينة الإسمنت المحيطة به. والتفاعلات الأكثر شيوعا هي التي تحصل بين السليكا الفعالة الموجودة في الركام، والقلويات الموجودة في الاسمنت. وتتواجد السليكا الفعالة على عدة أشكال منها "الأوبال" و"جالسودين" و "حجر الصوان" وبعض الحجر الجيري السيليكوني.

إن التفاعل يبدأ بهجوم الهيدروكسيدات القلوية المشتقة من القلويات (Na_2O) و (K_2O) الموجودة في الإسمنت على المعادن السيليكونية الموجودة في الركام.وتتكون نتيجة لذلك مادة هلامية من السيليكا القلوية، وهذه المادة الهلامية من النوع ذي الانتفاخ غير المحدود، وينتج عن ذلك ضغوطا داخلية تؤدي الى التمدد والتشقق والتصدع للخرسانة.

ويمكن التعرف على هذه التفاعلات من خلال فحص قضيب المونة الإسمنتية (Mortar Bar Test). ويتم ذلك بسحق الركام المشكوك بأمره للوصول به الى تدرج محدد، ومن ثم يستعمل الركام لعمل قضبان خاصة من مونة الاسمنت والرمل وذلك باستعمال اسمنت قلوي متكافئ بما لا يقل عن (٠,٦٠ ٪ من Na_2O)، ويتم وضع القضبان في ماء بدرجة ٣٨ د. م. أو ١٠٠ د. ف. (الجمعية الأمريكية للفحص

والمواد س ٢٢٨ -٧١). ويعتبر الركام المفحوص ضارا إذا كان تمدد قضبان المونة الاسمنتية أكثر من ٠,٠٥ ٪ بعد ثلاثة أشهر أو أكثر من ٠,١٠ ٪ بعد ستة أشهر.

٥/٣ - أنواع وأقسام الركام

يمكن تصنيف الركام إلى ثلاثة أصناف، وذلك حسب كثافة الخرسانة المتحصل عليها. وتتمثل هذه الأصناف فيما يلي :

١/٥/٣ - ركام خفيف Light Weight Aggregate

ويصنع هذا الركام عادةً من الطين، إذ يتم طحن المادة الأولية ثم تحبب في شكل كريات بالماء ثم تصهر في أفران وتبعث غازات داخل حبيبات الطين مما يتسبب في فراغات داخلية فيعطي ركاماً خفيفاً. كما يمكن صنع هذا الركام الخفيف من شظايا البلور المطحون أو من خبث الأفران العالية.

يستعمل هذا الركام لصنع خرسانة خفيفة لها خاصيات أفضل من الخرسانة العادية، ويتمثل تميزها في الخصائص التالية :

- كثافة الخرسانة أقل من 1800 (كغ / م^3) ويمكن إن تصل إلى حوالي 400 (كغ/م^3) وبالتالي يمكن الحصول على عناصر إنشائية خفيفة.
- هذه الخرسانة لها عزل حراري أفضل من الخرسانة العادية، وبالتالي لها مردود اقتصادي أفضل خاصة على تكلفة التدفئة والتسخين في البلدان الباردة.
- كما إن لهذه الخرسانة مردود اقتصادي على تكلفة المباني الجاهزة وخاصة في عمليات المناولة والنقل.

٢/٥/٣ - ركام عادي Normal Aggregate

وهو الركام الذي يستخرج من الحجارة العادية ويتم الحصول من خلاله على خرسانة ذات كثافة تتراوح بين 1800 إلى 2500 (كغ / م^3).

٣/٥/٣ - الركام الثقيل Heavy weight aggregate

يستخرج هذه الركام من الحجارة ذات الكثافة العالية أو من خام الحديد ويستعمل هذا النوع من الركام للحصول على خرسانة ثقيلة للحماية من الإشعاعات الذرية الخطيرة أو من إشعاعات "جاما" γ.

٦/٣ - شروط المقاس الاعتباري الأكبر للركام

يجب ألا يزيد المقاس الاعتباري الأكبر للركام عن ربع أصغر مقاس لجوانب الشدة أو ربع سمك البلاطة الخرسانية، وبالإضافة إلى ذلك يجب إن يكون ٨٠ ٪ من مقاسات الحبيبات على الأقل أصغر من أقل مسافة صافية بين قضبان التسليح أو سمك الغطاء الخرساني من الركام الكلي الذي تدرجه يقع ضمن التدرج المفضل، أو ٩٠ ٪ من الركام الكلي الذي تدرجه يقع ضمن التدرج المقبول.

و يسمح بتغيير التحديدات السابقة إذا رأت الجهة المشرفة إن الخرسانة الناتجة ذات تشغيلية مناسبة وأن الطريقة المتبعة في صبها ودمكها تمنع حدوث أي تعشيش أو فراغات هوائية فيها.المقاس الاعتباري الأكبر= ربع أصغر مقاس. انظر في ذلك التمرين رقم ١٠ و ٢١.

و ٨٠ ٪ أو ٩٠ ٪ من مقاسات الركام الكلي يجب إن تكون أصغر من أقل مسافة (س) وأصغر من الغطاء الخرساني (ك) على التوالي حسب تدرج الركام.

٧/٣ - أسئلة وتمارين حول الفصل الثالث

حسب رأيك، ما أهمية الركام في صناعة الخرسانة ؟

ما أنواع الصخور الممكن استعمالها للحصول على الركام في الكسارات؟ أي هذه الأنواع من الصخور يتواجد بكثرة في منطقة عسير ؟

ما أهم خاصية فيزيائية و ميكانيكية للحصى حسب رأيك ؟

ما أنواع الركام؟ وأذكر أحد التطبيقات الهامة لكل قسم.

تم إجراء تجربة مقاومة التآكل على عينتين من الحصى فكانت النتائج كالتالي :

رقم العينة	الوزن الأصلي (غ)	الوزن المتبقي على منخل رقم ١٢ (غ)
١	٥٠٠٠	٤٢٢٠
٢	٥٠٠٠	٣٩٥٠

- حدد نسبة التآكل لكل نوع من عينات الركام ؟
- أي عينات الركام تختار لصناعة خرسانة عادية؟ وأيها يصلح لصناعة خرسانة عالية المقاومة؟ اشرح ذلك ؟

ما الشوائب الممكن تواجدها بالركام؟ وما أضرارها على الخرسانة ؟

أذكر أصناف الركام التي يفضل استعمالها في الحالات التالية مع شرح سبب اختيارك :

- الهياكل الخرسانية العادية.

- الأساسات العميقة باتصال دائم مع المياه الجوفية عالية التركيز من الكبريت.
- الحصول على خرسانة ذات عزل حراري جيد.

بمإذا ينصح لتخزين الرمل والحصى في المواقع المختلفة ؟

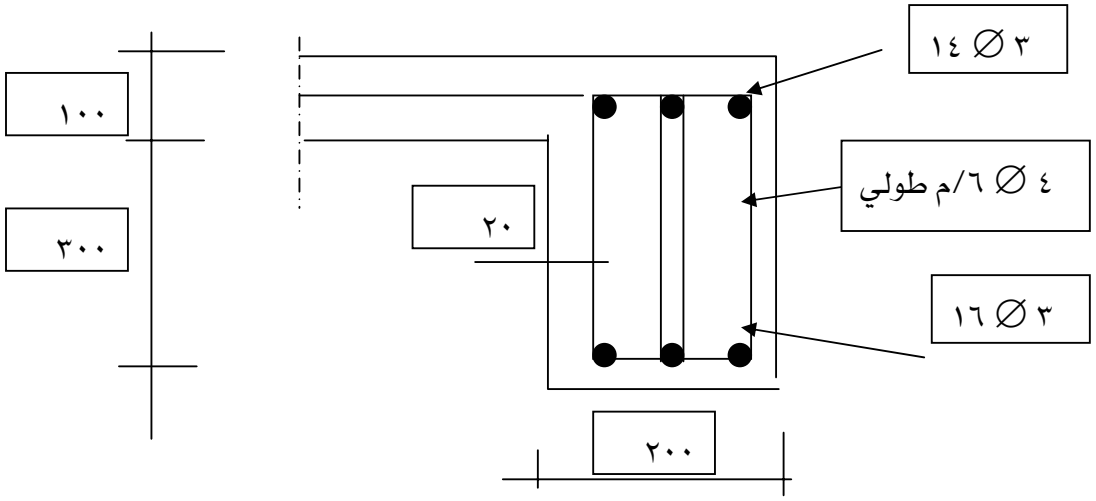
تم القيام بتجربة نخل لعينتين من التراب فكانت نتائج النسب المئوية كالتالي :

فتحة المنخل (مم)	عينة رقم ١	عينة رقم ٢
٤,٠	١٠٠	١٠٠
٢,٠	٩٨	١٠٠
١,٠	٨٢	٤١
٠,٥٠٠	٦٤	١٩
٠,٢٥٠	٤٠	١١
٠,١٢٥	١٧	٨
٠,٠٦٣	٢	٦

١/٩ - ارسم على الشكل المصاحب المنحنيات للعينتين.

٢/٩ - أي أنواع الرمل يفضل استعماله في صنع الملاط والخرسانة ؟ ولمإذا ؟

حدد المقاس الاعتباري للركام الأمثل الممكن استعماله لصنع الخرسانة للمقطع الموالي:



١١ -حدد المقاس الاعتباري للركام المستخدم لصب عناصر إنشائية ذات المقطع الموالي

قمنا بتجربة لتحديد مقاومة التآكل (لوس أنجلس) و كانت نتائجها كالتالي :

وزن العينة الأصلية : ٥٠٠٠ غرام (غ).

وزن المتبقي على المنخل عدد ١٢ (فتحة ١,٧ مم) = ٤٢٥٠ (غ).

١/١١ - حدد نسبة التآكل ؟

٢/١١ - هل هذا الركام صالح للاستعمال في تحضير الخرسانة ؟ علل إجابتك.

١٢ -ما الصخور الممكن استعمالها للحصول على الحصى بشكل عام، و ما هي الصخور الممكن استعمالها في منطقة عسير ؟

١٣ -أذكر أهم الخواص الفيزيائية والميكانيكية للركام حسب رأيك، وأذكر تأثيرها على خواص الخرسانة ؟

١٤ -لدينا نوعين من الحصى حيث أجرينا عليهما تجربة مقاومة التآكل فكانت النتائج التالية

رقم العينة	الوزن الأصلي للعينة (غ)	الوزن المتبقي على منخل رقم ١٢ (غ)
١	٥٠٠٠	٤٢١٠
٢	٥٠٠٠	٣٠٢٥

احسب نسبة التآكل لكل عينة ؟ أي هذه العينات تعتبر أفضل لاستعمالها في الخرسانة المسلحة ؟ لماذا ؟

١٥ -ما مهام الماء في الخلطة الخرسانية ؟

١٦ -ما أهم متطلبات الماء ليتم استعماله في خلط الخرسانة ؟

١٧ -فرضا إن عليك استعمال ماء بئر لخلط الخرسانة، كيف يمكنك التأكد من صلاحية ذلك الماء للخرسانة ؟

١٨ -أجرينا تجربة المناخل على خليط من حصى و رمل مستعمل لخلط الخرسانة فحصلنا على النتائج التالية :

فتحة المنخل (مم)	وزن المسوك التراكمي (غ)	نسبة المسوك التراكمي (٪)	نسبة المار التراكمي (٪)
٨	٠		
٤	٢٣٠		
٢	٦٥٠		
١	٧١٠		
٠,٥٠٠	٨٢٠		
٠,٢٥٠	٩٣٠		
	١٠٠٠		

مع العلم إن وزن العينة الأصلي يساوي ١٠٠٠ (غ)

١,١٨ - ارسم المنحنى لهذه العينة ؟

٢,١٨ - هل يمكن استعمال هذا الركام في أغراض البناء ؟

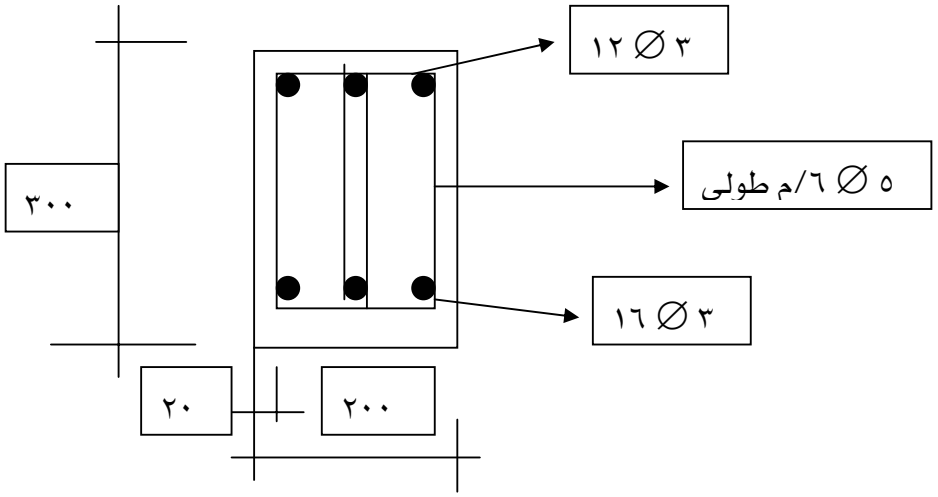
١٩ -فرضا أننا صنعنا خرسانة وكانت نتائج الضغط بعد ٢٨ يوما ٤١ (ن/مم^{٢}) و هبوطها يساوي ٥٠ مم.

السؤال : كيف يمكن تحسين مقاومة الضغط للخرسانة ؟

٢٠ -ما المواد الإضافية الممكن استعمالها في الحالات التالية :

- صب الخرسانة في طقس حار ؟
- تحميل الخرسانة إلى أماكن بعيدة حيث وقت زمن الشك للإسمنت غير كاف؟
- التسريع في أعمال صب الخرسانة بالموقع وتقدم الأشغال بسرعة ؟

٢١ -حدد المقاس الاعتباري للركام الممكن استعماله في خلط الخرسانة للكمرة ذات المقطع الموالي :



١١ -لدينا ثلاثة (٣) أنواع من الركام حيث تم تلخيص خواصهم في الجدول التالي :

رقم العينة	تجربة التآكل (لوس أنجلس) الوزن للعينة			شكل الركام	سطح الحبيبات	التدرج الحبيبي
	الأصلي (غ)	المتبقي (غ)	نسبة التآكل ٪			
١	٥٠٠٠	٣٩٧٤		مفلطح وابري	خشن	مفضل
٢	٥٠٠٠	٣٢١٠		شبه مكعب	خشن	مفضل
٣	٥٠٠٠	٣٥١٥		دائري الشكل	أملس	مقبول

- احسب نسبة التآكل لكل عينة ؟
- أي أنواع الركام من الثلاثة أنواع بالجدول تستعمل لصناعة :
  - خرسانة الطرقات ؟
  - خرسانة المباني ؟

خواص واختبارات المواد

ماء الخلط والمواد المضافة

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة :

معرفة المياه المستعملة والمحضورة في عملية خلط الخرسانة، والتعرف على مختلف أنواع المواد المضافة.

الأهداف :

في نهاية هذا الفصل يكون الطالب قادرا على :

- معرفة أنواع المياه المستعملة في خلط الخرسانة.
- معرفة أهم الخواص للماء المستعمل في الخلط.
- معرفة كيفية تحديد مدى صلوحية الماء للخلط، واستبعاد المياه المشبوهة والمحضورة.
- معرفة أنواع المواد المضافة وطريقة استعمالاتها.

مستوى الأداء المطلوب :

أن يعرف الطالب كيف يختار نوع الماء المناسب لخلط الخرسانة، ونوع المادة المضافة وذلك حسب متطلبات المشروع والمواصفات.

الوقت المتوقع للفصل :

٣ ساعات نظري.

متطلبات الجدارة :

معرفة عامة بمصادر المياه الطبيعية والصناعية الموجودة وكيفية اقتناء واستعمال المواد المضافة.

١/٤ - ماء الخلط

١/١/٤ - مقدمة

يعد الماء عنصرا مهما في عملية تحضير وخلط الملاط أو المونة، والماهة أو العجينة، والخرسانة. وتكمن أهمية الماء وضرورته فيما يلي :

- ليتم التفاعل الكيميائي بين الإسمنت والماء.
- لكي يمتصه الركام المستعمل في الخرسانة ويكون الالتصاق بينه وبين الإسمنت جيدا.
- إعطاء الخليط المؤلف من الركام (خشن، ناعم) والإسمنت، درجة مناسبة من الليونة تساعده على التشغيل والتشكيل.

٢/١/٤ - الماء المستعمل في الخلط

يجب إن يكون الماء المستعمل في إنتاج الخرسانة نظيفا، وخالياً من الزيوت والأحماض والقلويات والأملاح والمواد العضوية ونحوها من المواد التي قد تؤثر تأثيراً عكسياً على مقاومة الخرسانة ومظهرها ومدى تعميرها. ويعتبر ماء الشرب الذي لا طعم ولا رائحة له، صالحاً للاستخدام في خلط الخرسانة. أما مياه مخلفات الصناعة أو مياه المجاري أو مياه البحر فيحظر استعمالها لخلط الخرسانة، إلا إذا توفرت بها المتطلبات المنصوص عليها في ما بعد، وخاصة تركيبتها الكيميائية.
والماء قيد الاختبار يعتبر صالحا للاستخدام في خلط الخرسانة إذا لم تقل نتائج مقاومة مكعبات الخرسانة المصنوعة بذلك الماء (في عمر٧ ثم ٢٨ يوما) عن ٩٠٪ من مقاومة المكعبات (أو العينات) المصنوعة من الماء الصالح للشرب وذلك عند القيام باختبار المكعبات حسب المواصفات الأمريكية (ASTM C ١٠٩).

كما يجري اختبار زمن الشك للإسمنت بطريقة إبرة فيكات (Vicat) حسب المواصفات الأمريكية (ASTM C ١٨٩)، وذلك للتأكد من عدم تأثير الشوائب الموجودة في هذا النوع من الماء على زمن الشك المحدد للإسمنت.

٣/١/٤ - المتطلبات

أ)المظهر العام :

يحظر استخدام المياه التي تحتوي على رائحة أو رواسب أو لون غير عادي. وكذلك المياه ذات الرغوة أو الزيوت أو الشحوم.كما يحظر أيضا استعمال المياه المحتوية على الطحالب إذ أنها تعمل على تقليل مقاومة الخرسانة بتأثيرها على إماهة عجينة الإسمنت أو بحبسها كمية كبيرة من الهواء داخل جسم الخرسانة.

ب) متطلبات كيميائية :

يجب إن لا يزيد محتوى المواد الكيميائية في ماء الخلط عن الكميات المبينة في الجدول رقم ٩، وفي حالة تخطي هذه النسب فإنه يتوجب إجراء اختبارات الخلطة التجريبية قبل استعمال هذا الماء.

جدول رقم 9 : الكميات المسموح بها لمختلف المواد الكيميائية في ماء الخلط:

نوع المحتوى أو المادة الكيميائية	الحد المسموح به (بالجزء من المليون)
مواد صلبة مذابة	٢٠٠٠
كربونات وبيكربونات قلوية	١٠٠٠
كلوريدات	٥٠٠ (للخرسانة سابقة الإجهاد) ١٠٠٠ (خرسانة مسلحة)
كبريتات (SO_4)	٣٠٠٠
قلويات ($Na_2O + 0.658\ K_2O$)	٦٠٠
(PH) الرقم الهيدروجيني	حد أدنى ٤

٤/١/٤ - التوريد والتخزين وضبط الجودة

يورد الماء المستعمل في خلط الخرسانة من مصدر واحد قدر المستطاع وذلك لضمان استمرار نفس النوعية و نفس الجودة. ويفضل إن يتم نقل الماء إلى الموقع من خلال أنابيب مياه أو بواسطة حاويات متنقلة خاصة للغرض.وعلى المقاول الاحتفاظ بكمية كافية من الماء في الموقع وذلك لاستمرار العمل دون توقف. كما يتم تخزين الماء في خزانات مغلقة وحفظها باردة ما أمكن، خاصة في الاماكن ذات الطقس الحار. ولضبط الجودة تؤخذ عينات وتوضع داخل زجاجات أو حاويات

يمكن غلقها بإحكام.هذا ويتوجب عند أخذ العينة وضع بطاقة على هذه الزجاجات أو الحاويات يدون عليها اسم المورد، اسم آخذ العينة، وتاريخ أخذها.

تجرى الاختبارات على الماء لضبط الجودة حسب المواصفات البريطانية (BS ٣١٤٨)، وهي :

أ) اختبارات القبول:

التحليل الكيميائي، حيث يتم تحديد نسبة المواد الصلبة المذابة، القلويات، الكلوريدات، الكبريتات والرقم الهيدروجيني.

ب) الاختبارات التجريبية:

تجرى الاختبارات التجريبية لجميع المياه إذا كانت تحتوي على شوائب مشكوك فيها أو نواقص.

ج) المراقبة الدورية:

تجرى اختبارات ضبط الجودة شهريا لتحليل جميع الشوائب المبينة أعلاه إذا كانت الاختبارات التجريبية تقع في حدود(٩٠٪) من الحد المسموح به.

ملاحظة :

يعتبر الماء مطابقاً للمواصفات ومقبولاً إذا كانت كميات الشوائب الكيميائية ضمن الحدود المسموح بها، أو إذا أثبتت الخلطات التجريبية عدم وجود تأثير ضار للماء المستعمل على نوعية الخرسانة وتشغيلها.

٢/٤ - المواد المضافة

هي مواد تضاف إلى الخرسانة قبل أو أثناء عملية الخلط، لتحسين بعض خواص الخرسانة الطرية أو المتصلبة أو الاثنين معاً. وتباع هذه المواد على شكل سائل أو مسحوق أو مادة ذات حبيبات وتضاف إلى الخرسانة بنسب يحددها المصنع، وعادةً ما تكون بنسب ضعيفة مقارنة بكمية الإسمنت (فى حدود١ ٪).

١/٢/٤ - الأنواع المختلفة للمواد المضافة

تنقسم المواد المضافة إلى عدة أقسام أساسية منها :

١/١/٢/٤ - مواد مضافة محسنة لقابلية تشغيل الخرسانة

تتغير قابلية التشغيل أو قوام الخرسانة أو اللزوجة حسب المعطيات التالية :

- كمية الماء.
- المواد الناعمة (كالإسمنت والرمل الناعم)

- شكل الركام (مستدير وأملس أو ذا نتوءات).

فإذا أضيف الماء تتحسَّن قابلية التشغيل للخرسانة، ولكن في نفس الوقت تنخفض مقاومتها مما يؤدي إلى زيادة احتمال الفصل بين الحبيبات الخشنة والناعمة. أما إذا قلت كمية الماء فإن قابلية التشغيل تقل وتضعف ويصبح خلط وصب الخرسانة صعباً ولكن مقاومتها تزيد.

وعند التشييد يكون المطلوب هو توفر أعلى نسبة ممكنة لمقاومة الخرسانة، مع وجود قابلية تشغيل جيدة، وللوصول إلى هذا التوازن بين هاتين الخاصيتين يمكن استعمال مواد ملينة ومساعدة على انسياب الخرسانة أو مواد محسنة لقابلية تشغيلها.

٢/١/٢/٤ - مواد مضافة لخفض نسبة الماء فى الخلطة

يمكن استعمال المواد الملينة أو الملدنة باعتبار إمكانية تحسينها لقابلية التشغيل للخرسانة دون التخفيض من مقاومتها، وذلك لأن نسبة الماء ثابتة. أما إذا أريد تحسين مقاومة الخرسانة فلا بد من تخفيض نسبة الماء مما ينتج عنه نقص في قوام الخرسانة، و لتدارك هذا النقص يتم استعمال ملدنات عالية الفاعلية وتسمى أيضا مواد مضافة مخفضة لنسبة الماء، حيث تلعب هذه الملدنات العالية إلى تحسين مقاومة الخرسانة مع إعطائها لزوجة عالية. ولكن الأفضل من ذلك هو استعمال مواد تمكن من الحصول على خرسانة ذات لزوجة وقوام أفضل بكمية ماء للخلطة أقل من تلك التي تستخدم في الحالة العادية وبالتالي تزيد مقاومة الخرسانة.وتسمى هذه المواد بالمواد المضافة لخفض نسبة الماء في الخلطة (ملدن عالي أو ملين عالي) (Water Reducing Agent).

٣/١/٢/٤ - مواد مضافة مساعدة على تأخير زمن شك الخرسانة

Retarders or (Retarding Agent)

تعمل هذه المواد على تأخير زمن الشك للخرسانة وذلك عند صبها في الطقس الحار أو عندما يكون زمن الشك العادي للإسمنت غير كافٍ للقيام بجميع الأعمال المطلوبة ابتداء من الخلط إلى مرحلة صب الخرسانة، ويشترط في هذه المواد إن لا يزيد زمن الشك عن ثلاث ساعات ونصف الساعة، وأن لا يكون زمن الشك النهائي أكثر من ثلاث ساعات ونصف الساعة من نهاية زمن الشك بدون مواد إضافية.

كما تستعمل هذه المواد المضافة عند صب كميات كبيرة من الخرسانة بسماكة مرتفعة (وخاصة في الطقس الحار والجاف ...)

٤/١/٢/٤ - مواد مساعدة على الإسراع في زمن الشك

(Accelerating Agent)

هناك نوعان من المواد :

- مواد مضافة مسرعة لزمن الشك للخرسانة.
- مواد مضافة مسرعة لتصلب الخرسانة وزيادة مقاومتها المبكرة. وتستخدم هذه المواد في الأعمال الطارئة والمستعجلة، كما تستخدم لصب الخرسانة في طقس بارد (في الشتاء) أو عند الرغبة في تسريع أعمال التشييد لنزع الهياكل الخشبية ونقل القوالب بسرعة أو عند صب متواصل للخرسانة.

٥/١/٢/٤ - مواد مضافة حابسة للهواء – Air Entraining Agent

تعمل هذه المادة المقاومة على حبس الهواء الموجود داخل الخرسانة وزيادة نسبتها عبر توليد هواء داخلها ثم توزيعه على شكل فقاعات من الهواء تكون صغيرة وموزعة بصفة متجانسة داخل الخرسانة، ووجود هذه الفقاعات يحسن من قابلية تشغيل الخرسانة وصبها ودمكها. أما بالنسبة للخرسانة المتصلبة فهذا الهواء المحبوس والفراغات الموزعة بشكل متجانس يعطيها مقاومة أفضل للجليد وتأثير الكيماويات أثناء فترة الصقيع، بالإضافة إلى زيادة عمر وثبات المادة الخرسانية، وتستعمل هذه المواد لتحسين لزوجة الخرسانة وتحسين مقاومتها للتجمد وخاصة في البلدان الباردة التي تنخفض فيها درجات الحرارة إلى ما تحت الصفر، وتستعمل الخرسانة في تعبيد الطرق وتكون معرضة لتواجد الماء بصفة متواصلة " خرسانة شبه مشبعة بالماء".

٦/١/٢/٤ - مواد مضافة مقللة للماء ومؤخرة لزمن الشك

وهي مواد تعمل على تقليل كمية ماء الخلط اللازم لإنتاج خرسانة ذات قوام محدد وتعمل كذلك على تأخير زمن شك الخرسانة.

٧/١/٢/٤ - مواد مضافة مقللة للماء ومسرعة لزمن الشك

هي مواد تعمل على تقليل كمية ماء الخلط وتعمل كذلك على إسراع شكل الخرسانة والتبكير في إنماء مقاوتها.

٨/١/٢/٤ - مواد مضافة أخرى

- البوزولانا.
- مشكلات الغاز.
- عامل مساعد على منع الرطوبة.

- عامل مساعد على منع تشرب المياه.
- عوامل مساعدة على ضخ الخرسانة.
- عوامل مساعدة على التماسك.

٢/٢/٤ - متطلبات عامة يجب توفرها في المواد المضافة

- يجب الحصول على كل المعلومات والبيانات الضرورية عن المواد المضافة من قبل المصنع أو الوكيل قبل استعمالها، كما يجب معرفة البيانات حول الكمية المثالية لاستعمال المادة الإضافية وكذلك الأضرار الناتجة عن خفض أو رفع هذه الكمية، ومعرفة المادة المكونة للمواد المضافة والاستعمالات السابقة لها.
- يمكن القيام بخلطات خرسانية مقارنة بخلطات لها نفس النسب والتركيبة ولكن بدون مواد مضافة وتقع المقارنة حول الخواص الفيزيائية " زمن الشك واللزوجة ...." والخواص الميكانيكية " المقاومة ....."
- يجب تفادي استخدام المواد المضافة القائمة أساساً على الكلوريدات لما في ذلك من خطورة على تآكل حديد التسليح وخاصة في الطقس الحار.

٣/٤ - أسئلة وتمارين حول الفصل الرابع

١٦ - ما أهمية الماء في صنع الخرسانة ؟

١٧ - ما دور المواد المضافة على خواص الخرسانة ؟

١٨ - ما خواص الماء المستعمل في صناعة أو خلط الخرسانة ؟

١٩ - ما أنواع الماء الممنوع استعمالها في صنع الخرسانة ؟

٢٠ - لو افترضنا وجود ماء بئر أريد استعماله في خلط الخرسانة :

- فما هي المتطلبات المفروض توفرها ليتم استعمال هذا الماء في خلط الخرسانة ؟
- وهل هناك طريقة عملية لمعرفة مدى صلاحية هذا الماء لخلط الخرسانة؟ اشرح ذلك.

٢١ - ما المواد المضافة الممكن استعمالها في الحالات التالية :

- الإسراع في أعمال البناء ؟
- صب الخرسانة في طقس حار ؟
- تحميل الخرسانة إلى أماكن بعيدة لصبها ؟
- صب الخرسانة في طقس بارد ؟
- تسهيل عملية ضخ الخرسانة في مواسير بارتفاع عال ؟

٢٢ - لرفع أو تحسين الخواص الميكانيكية للخرسانة (مقاومة الإجهاد)، فيجب اختيار أحد الأجوبة التالية الصحيحة :

- استعمال إسمنت منخفض الحرارة.
- استعمال ركام ذو جودة عالية.
- استعمال مواد مضافة مخفضة لنسبة الماء.
- استعمال مواد ملدنة للخرسانة..

خواص واختبارات المواد

الخرسانة

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة :

معرفة مإذا تعني كلمة خرسانة ومكوناتها وخواصها ، وكذلك تعرف الطالب على مدى تأثير الخرسانة الطرية ومكوناتها على خواص الخرسانة المتصلبة وذلك بهدف الحصول على خرسانة قادرة على التعمير أطول فترة ممكنة مع مقاومة الإجهادات الميكانيكية الخارجية ومهاجمة الأملاح المختلفة لها.

الأهداف :

في نهاية هذا الفصل يكون الطالب قادرا على :

- معرفة الخرسانة الطرية والمتصلبة والعلاقة التي تربطهما.
- معرفة أهم خواص الخرسانة الطرية والمتصلبة.
- معرفة الاستعمالات الخاصة بالخرسانة.
- معرفة مختلف أنواع الخرسانة حسب المواصفات السعودية.
- معرفة كيفية خلط الخرسانة ومراقبة جودتها بالمواقع، وكيفية صنع العينات وإجراء التجارب عليها وتصنيفها حسب المواصفات القياسية السعودية.

مستوى الأداء المطلوب :

التعرف على كيفية مراقبة جودة الخرسانة بالموقع حسب متطلبات المشروع، والمتقدرة على تحديد خواص هذه الخرسانة عمليا ، والحكم على جودتها عند استلامها من عند المورد للخرسانة الجاهزة.

الوقت المتوقع للفصل :

٦ساعات نظري.

٨ساعات عملي.

الوسائل المساعدة :

- ملابس خاصة بالمعمل.
- أجهزة خاصة للقيام بالتجارب المطلوبة.
- زيارة ميدانية إلى أحد مصانع الخرسانة الجاهزة بالمنطقة.

متطلبات الجدارة :

معرفة ما سبق دراسته في الفصل الثاني والثالث والرابع حول الاسمنت والركام وماء الخلط والمواد المضافة.

١/٥ - مقدمة

الخرسانة هي خليط بنسب معينة من مواد أساسية هي الإسمنت والماء والركام بنوعيه الناعم والخشن، ويضاف إلى هذا الخليط بنسب بسيطة المواد المضافة لتحسين بعض خواص الخرسانة الطرية والمتصلبة. وتكون نسب المواد الأساسية في الخلطة الخرسانية محددة بطريقة علمية وعملية. حيث توجد عدة طرق لتصميم الخلطات الخرسانية وتهدف كل هذه الطرق إلى تحديد نسب المواد الأساسية في الخلطة الخرسانية للوصول إلى خواص جيدة ومقبولة للخرسانة في حالتيها الطرية أو الطازجة، والمتصلبة أو المتصلدة.

٢/٥ - الخرسانة الطرية

تتأثر خواص الخرسانة وخاصة في حالتها المتصلبة تأثراً كبيراً بدرجة دمكها " Degree Of Compaction" وبالتالي فإن الخاصية الأساسية للخرسانة الطرية هي قابلية التشغيل (قوام الخلطة)، حيث يجب إن تكون قابلية التشغيل في وضع يسهل معه نقلها وصبها وهزها وإتمام تشطيبها دون حدوث الانفصال الحبيبي. وكذلك الحصول على أفضل خواص للخرسانة بعد تصلبها حتى تبقى أطول فترة ممكنة، و تقاوم كل العوامل البيئية.

١/٢/٥ - خواص الخرسانة الطرية

١/١/٢/٥ - قابلية التشغيل

تعتبر قابلية تشغيل الخرسانة خاصية فيزيائية، إذا توفرت فإن أعمال الخرسانة تكون أسهل من حيث النقل، والضخ، والصب، والهزهزة والتشطيب. ولكن في حقيقة الأمر، عند الاكتفاء بالقول بأن قابلية التشغيل تحدد بسهولة الصب ومقاومة الانفصال الحبيبي للخرسانة، فإن ذلك يكون غير كاف لوصف هذه الخاصية الهامة للخرسانة.

لذا فإن قابلية التشغيل المطلوبة الخرسانة في أي موقع، يعتمد على طرق الدمك المتوفرة (يدوياً أو ميكانيكيا)، وعلى نوع الشدات المستخدمة (خشبية أو حديدية) وكذلك على حسب نوع العنصر الإنشائي المراد صبه (كتلة خرسانية أو عنصر نحيف)، وأخيراً على حسب نسبة تسليح المقطع (تسليح كثيف أو تسليح بسيط).

إن كل ما يحدث أثناء عملية دمك الخرسانة، سواء كان هذا الدمك بمدقات أو بهزازات فالنتيجة المؤملة هي طرد الهواء المحصور داخل الخرسانة الطرية للوصول إلى أعلى كثافة ممكنة وبالتالي أفضل خواص ميكانيكية.

٢/١/٢/٥ - العوامل المؤثرة على قابلية التشغيل

العوامل المؤثرة على قابلية التشغيل أو التي يمكن إن تغير في قيمتها بالنسبة للخرسانة الطرية هي :

أ) المواد المكونة للخرسانة :

- الإسمنت.
- الماء .
- المواد الإضافية.
- الركام (الرمل والحصى).
  - أكبر حجم للركام أو الركام الاعتباري.
  - الشكل (ركام مدور أو ركام زاوي).
  - التدرج الحبيبي.
  - نسبة الركام الخشن إلى الركام الناعم أو العكس.
  - نوع سطح الركام (أملس – خشن).
  - نسبة امتصاص الماء.

ب) العوامل الطبيعية المحيطة:

- الحرارة.
- الرطوبة.
- سرعة الريح.

ج) الزمن.

٣/١/٢/٥ - قياس قابلية التشغيل أو قوام الخرسانة

لا تتوفر طريقة مباشرة لقياس اللزوجة، ولكن هناك محاولات لإيجاد علاقة بين قابلية التشغيل وبين بعض الخواص الفيزيائية للخرسانة والتي يسهل قياسها و تحديدها. ومن هذه الطرق نجد: فحص الهبوط، فحص عامل الرص، الخ...

أ) فحص الهبوط (أو الهطول) Slump test:

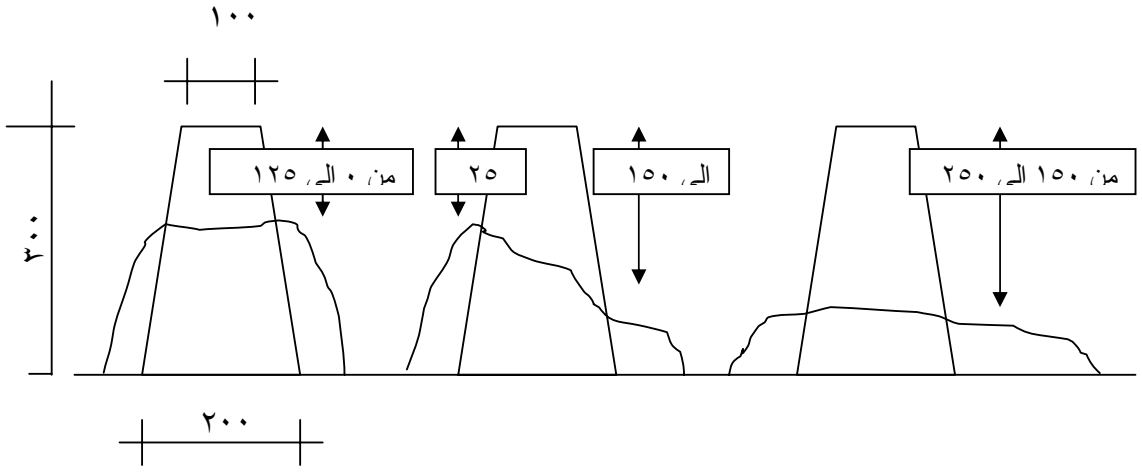
يستعمل هذا الفحص بشكل واسع في المختبرات والمواقع في كامل أرجاء المعمورة وذلك للاستفادة منه في مراقبة الاختلافات الحاصلة في تجانس الخلطة الخرسانية.

يستخدم لفحص الهبوط مخروط معدني ناقص ذو ارتفاع قياسي مقداره (٣٠٠مم) يوضع القالب المخروطي على سطح مستوي، بحيث تكون فتحته الصغرى إلى الأعلى، و من ثم يملأ المخروط

بالخرسانة على أربعة طبقات، و تضرب كل طبقة ٢٥ مرة بواسطة قضيب الدمك القياسي (حسب المواصفات).

وعند الانتهاء من ضرب الطبقة الرابعة، تقشط الخرسانة الفائضة و يعدل السطح بواسطة المالج أو ملعقة. ثم يرفع المخروط شاقوليا فتهبط الخرسانة غير المسندة (ومن هنا جاء اسم الهبوط)، والتقليص الناتج في ارتفاع الجزء الأعلى من الخرسانة يدعى بالهبوط الذي يقاس بالمليمتر (مم). والهبوط يكون على ثلاثة أشكال :

- الهبوط على شكل انهيار ويتم إذا كانت كمية الماء كبيرة.
- الهبوط على الشكل (قص)، مما يعني إن المواد الناعمة (أي الرمل) قليلة وبالتالي فإن الخلطة خشنة.
- الهبوط على شكل يسمى حقيقي وهو الهبوط المفضل، حيث إن الخرسانة متماسكة وطرية بما فيه الكفاية لتسمح بقابلية تشغيل جيدة.



(ج) (ب) (أ)

شكل رقم ٣ : أشكال الهبوط – انهيار (أ)، قص (ب) وحقيقي (ج) (حسب L. G. MURDOCK،).

جدول رقم ١٠ : درجات قابلية التشغيل على حسب الهبوط واستعمالاتها.

قيمة الهبوط (مم)	درجة قابلية التشغيل	الاستعمالات الملائمة للخرسانة	ملاحظات
من ٥ إلى ٢٥	منخفضة جداً	خرسانة الطرق المدمّك بالهزازات الآلية	صناعة الأنابيب والعناصر الإنشائية الجاهزة
من ٢٥ إلى ٥٠	منخفضة	خرسانة الطرق المدمّك بأجهزة يدوية.	العناصر الإنشائية الجاهزة.
من ٥٠ إلى ١٠٠	متوسطة	عند قيمة ١٠٠مم يمكن استعمال الهز اليدوي للأسقف والبلاطات المسطحة.	تسليح اعتيادي تدمك يدوياً تسليح ثقيل تدمك بواسطة هزازات.
من ١٠٠ إلى ١٧٥	عالية	للخرسانة ذات التسليح المتشابك وعادة غير ملائمة للاهتزاز.	دمك بقضيب يدوي كاف أو اهتزاز خفيف.

صورة رقم ٧ : جهاز الهبوط وقضيب الدمك داخل الإناء البلاستيكي.

ب) فحص عامل الدمك : Compacting Factor Test

ابتكـــرت هـــذه الطريقـــة في مختـــبر أبحـــاث الطـــرق بـــإنجلترا (م . ق بريطانيـــة BS1881 Part103:1983) ويتكـون جهـاز الفحـص مـن إنـاءين علـى شـكل مخـروط نـاقص واسـطوانة واحـدة بحيث يثبت كل وعاء فوق الآخر، وفي أسفل الإناءين المخروطين توجد أبواب ذات مزالج.

يملأ الوعاء العلوي بالخرسانة بهدوء دون استعمال أي نوع من الـرص، تفتح البوابة السفلية للإنـاء العلوي وتسقط الخرسانة إلى المخروط التحتي تحت تـأثير وزنهـا الـذاتي، بعـد ذلـك تفتح البوابـة للمخـروط الثاني وتسقط الخرسانة في الاسطوانة، يزاح الزائد من على السطح ويستخرج الوزن الصافي للخرسانة، ثم تحسب كثافتها داخل الاسطوانة.

تعبأ الاسطوانة بالخرسانة على ستة طبقات من نفس النوعية ثم تدمك كل طبقة أو تهز بهزاز، وللحصول على أعلى كثافة تقشط الخرسانة الزائدة ثم توزن الاسطوانة ويتم تحديد كثافة الخرسانة.
ولحساب عامل الدمك (Compacting Factor) نقوم بتقسيم قيمة كثافة الخرسانة عند التجربة على قيمة كثافة نفس الخرسانة بعد دمكها دمكا تاما.

قانون عامل الدمك = (كثافة الخرسانة عند التجربة / كثافة الخرسانة بعد الدمك) × ١٠٠ ٪

صورة رقم ٨ : جهاز عامل الرص.

ج) فحص الانسياب أو الانفراش Flow Test

يعطي هذا الفحص مؤشراً على مدى ميل الخلطة للانفصال الحبيبي وذلك من خلال انتشار أو انفراش كومة من الخرسانة معرضة للرج (Jolting) هذه التجربة تعطي تقديراً جيدا لقوام الخرسانة الجافة والغنية بالإسمنت والخلطات جيدة التماسك.

ويتكون جهاز الفحص من طاولة نحاسية السطح قطرها ٧٦٠ مم وتكون مثبتة بطريقة يمكن تحريكها رأسياً ويتم إسقاط تلك الطاولة من ارتفاع ١٣ مم، كما يوجد قالب مخروط ناقص، يوضع المخروط في مركز الطاولة المستديرة ويملأ بالخرسانة على طبقتين (نفس طريقة فحص الهبوط) ثم يرفع القالب ويقع إسقاط الطاولة ١٥ مرة بواسطة قرص دوار(أو حدبة متحركة) وينتج بعد عملية الرج انفراش الخرسانة ويقاس معدل قطرها.

ويعرف الانسياب على أنه النسبة المئوية للزيادة في معدل القطر للخرسانة المنتشرة.

$$\text{الانسياب} = \frac{\text{القطر النهائي (متوسط ٣ قراءات) – القطر الأولي}}{\text{القطر الأصلي}} \times ١٠٠ \%$$

- **يمكن الحصول على قيم صفر٪ إلى ١٥٠ ٪ للانسياب.**

إن القيام بعملية الرج يحفز الانفصال الحبيبي، وإذا كانت الخلطة غير متماسكة فإن الحبيبات الأكبر للركام ستنفصل نحو الأطراف، بينما في الخلطات الرخوة تميل العجينة الإسمنتية للزحف باتجاه حافة الطاولة تاركة المواد الأكبر على الجهاز.

د) فحص في بي " إعادة التشكيل بالاهتزاز الترددي " Vebe Test

إن هذا الفحص هو تطوير لطريقة فحص إعادة التشكيل بالاهتزاز الترددي (وكلمة في بي هي اختصار للعالم السويدي V. Bahrner الذي أجرى تعديلاً لتطوير هذه الطريقة). وتسمى هذه الطريقة V.B. Consistometer Test.

صورة رقم ٩ : جهاز في بي.

يعتبر هذا الفحص من الفحوصات المخبرية الجيدة وبالأخص لفحص الخلطات الجافة، وفي هذه الطريقة تكون معاملة الخرسانة أثناء عملية الفحص مشابهة جداً لطريقة وضع الخرسانة في موقع العمل.

٤/١/٢/٥ - الانفصال الحبيبي (أو الانعزال) Segregation

لا بد من العمل على عدم حصول الانفصال الحبيبي وذلك لما له من سلبيات جمة على خواص الخرسانة وتعميرها.

وينتج هذا الانفصال في بعض الخلطات الفقيرة بالإسمنت إذا كانت تلك الخلطة جافة جداً. ويمكن تحسين التماسك بإضافة بعض الماء، أما إذا أصبحت الخلطة مبتلة جداً فيحدث انفصال ولكنه من نوع ثان.

ومن ناحية أخرى فإن إسقاط الخرسانة من ارتفاعات عالية ومرورها خلال مجرى مائل يشجع على حصول الانفصال.

يمكن تقليل احتمال حصول انفصال حبيبي وذلك باتباع الطرق السليمة في مناولة وخلط ونقل وصب وهزهزة الخرسانة.

٥/١/٢/٥ - النضح (النزف) Bleeding

هو نوع من أنواع الانفصال الحبيبي حيث يكون فيه ميل لجزء من الماء في الخلطة للارتفاع إلى سطح الخرسانة الطرية، ويحدث ذلك لعدم قابلية المحتويات الصلبة للخلطة للاحتفاظ بكل ماء الخلط عند الترسب إلى الأسفل.

- ٣/٥ - الخرسانة المتصلبة

إن أهمية خواص الخرسانة الطرية في المرحلة الأولى من عمرها أي خلال بضع الساعات الأولى على أقصى تقدير، تنبع من تأثيرها المباشر على خواص الخرسانة المتصلبة، والتي تهم مباشرة حياة وتعمير الخرسانة نفسها، وبالتالي فلابد من دراسة هذه الفترة دراسة مستفيضة ومعرفة خواصها وكل ما يؤثر في تعميرها وهي في حالة جيدة.

١/٣/٥ - خواص الخرسانة المتصلبة

١/١/٣/٥ - متانة الخرسانة / المقاومة

تتعرض الخرسانة في الأعضاء والعناصر الإنشائية لعدة أنواع من الأحمال والإجهادات، حيث نجد الخرسانة في حالة ضغط أو شد أو انعطاف (انحناء) أو قص. وبالتالي يفضل إن تكون الخرسانة ذات نوعية محددة، مصبوبة دون انفصال حبيبي في مكوناتها، ومتمتعة بجميع الخواص المطلوبة لها بعد تصلدها لكي تقاوم جميع هذه الإجهادات وكذلك فعل العوامل الخارجية المؤثرة على تعميرها.

أ) مقاومة الضغط :

يمكن إجراء تجارب الضغط على مكعبات أو اسطوانات بالمقاسات المبينة أدناه بعد عمر محدد.

والأعمار الممكن استعمالها هي : ٣ أيام ٧ ، ١٤ ، ٢١ ، ٢٨ يوم كما يمكن إن تجرى التجربة بعد ٣ ، ٦ ، ٩ أشهر ثم سنة فما أكثر. أما الأعمار المطلوبة في المواصفات عامة والمواصفات السعودية خاصة فهي ٣ ، ٧ ، ٢٨ يوم.

الأشكال المطلوبة هي:

- القوالب على شكل مكعبات :

(١٠٠×١٠٠×١٠٠ مم) و(١٥٠×١٥٠×١٥٠مم) و(٢٠٠×٢٠٠×٢٠٠مم).

صورة رقم ١٠ : قالب ذو شكل مكعب مقاس ١٥٠×١٥٠×١٥٠مم.

- القوالب على شكل اسطواني :

(القطر = ٧٠ مم والارتفاع = ١٤٠ مم) و (١١٠ مم × ٢٢٠ مم) و (١٥٠×٣٠٠ مم).

صورة رقم ١١ : قالب أسطواني مقاس ١٥٠ × ٣٠٠ مم.

- القوالب على شكل منشور :

(٧٠×٧٠×٢٨٠ مم) و(١٠٠×١٠٠×٤٠٠ مم) و(١٥٠×١٥٠×٦٠٠ مم)

وكذلك (٢٠٠×٢٠٠×٨٠٠ مم).

ملاحظة :

إذا استعملنا القوالب على شكل منشور فإننا نجري قبل كل شيء تجربة الثني أو الانحناء على العينات الخرسانية ثم بعد ذلك نجري تجربة الضغط على أنصاف المنشورات، و هذا النوع من العينات يستعمل عادة لإجراء تجربة الشد غير المباشر عن طريق تجربة الثني على أربع نقاط.

ب) مقاومة الشد :

هناك ثلاثة أنواع أو طرق لإجراء تجربة الشد :

- الطريقة المباشرة : وهي الشد على العينة مباشرة، وعادة ما يتم استعمال العينات الاسطوانية.
- طريقة الانفلاق أو التجربة البرازيلية : ويتم فيها استعمال الاسطوانات.
- طريقة تجربة الانحناء على أربع نقاط : ويتم فيها استعمال المنشورات ذات مقاس يوازي ٧٠×٧٠×٢٨٠ مم.

ج) مقاومة الانحناء :

تجربة الانحناء تكون دائما على ٣ نقاط ارتكاز وباستعمال العينات على شكل منشورات. بعد إجراء تجربة الانحناء يمكن كسر أنصاف المنشورات في تجارب ضغط.

٢/١/٣/٥ - الكثافة النوعية

ترتبط الكثافة النوعية للخرسانة بكثافة مركبات الخرسانة وبنوع الإسمنت وكمية الماء وطريقة الدمك (نسبة الفراغات) للخرسانة الطرية بالإضافة إلى رطوبة الخرسانة المتصلدة.

تكون الكثافة للخرسانة المتماسكة والمصنوعة بالركام السيليسي أو المستخرج من الحجارة الجيرية ما بين ٢,٢٠٠ و ٢,٤٠٠ (غ / سم^{٣}) . أما إذا تم استعمال ركاما من حجارة نارية (مثل حجارة منطقة عسير) فإن الكثافة النوعية تكون في حدود ٢,٥٠٠(غ / سم^{٣}).

٢/٣/٥ - أقسام الخرسانة حسب م . ق . س .

تكون أصناف الخرسانة لأجزاء المنشأ المختلفة طبقاً لما يرد في مستندات المشروع ، وتعتبر المكعبات القياسية بمقاس (١٥٠×١٥٠×١٥٠مم) وبعمر(٢٨) يوما ، أساساً لمتطلبات المقاومة. هذا وتعتبر مقاومة الضغط الاسمية هي القيمة الدنيا لجميع قيم مقاومة عينات الفحص والتي لا يسمح بوجود قيم أقل منها بأكثر من (٥ ٪) من عدد عينات الاختبارات.

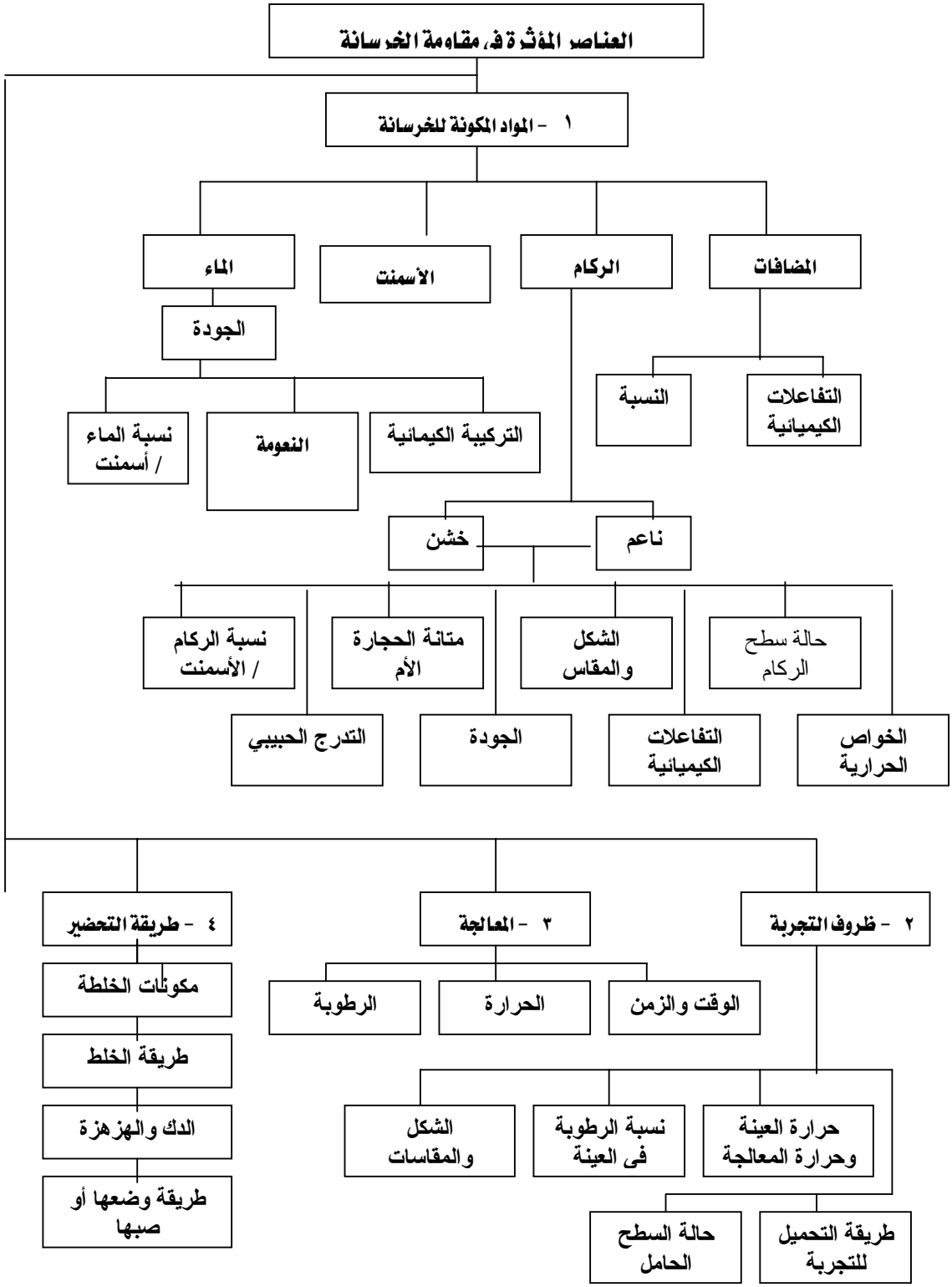
كما تعتبر مقاومة الضغط مطابقة لمتطلبات المواصفات القياسية السعودية (م.ق.س)، إذا ما حقق متوسط مقاومة الضغط لمجموعة اختبار مكونة من ثلاث نماذج فحص، القيم في العمود رقم٣، وحققت مقاومة ضغط جميع نماذج الفحص منفردة، القيم المبينة في العمود رقم ٢.

جدول رقم ١١ : أقسام الخرسانة حسب المواصفات القياسية السعودية.

صنف	مقاومة الضغط الاسمية (ن/مم^{٢})	مقاومة الضغط المتوسطة (ن / مم^{٢})	الاستعمال	
			عام	الصنف الأدنى المطلوب استعماله
١	٢	٣	٤	٥
خ ٥٠	٥٠	٥٥	الخرسانة المسلحة ومسبقة الإجهاد	
خ ٤٠	٤٠	٤٥		مع جدائل مسبقة الشد
خ ٣٠	٣٠	٣٥		مع جدائل تاتلية الشد
خ ٢٥	٢٥	٣٠	الخرسانة المسلحة	مع ركام كثيف
خ ١٥	١٥	٢٠		مع ركام خفيف
خ ١٠	١٠	١٥	للخرسانة غير المسلحة	

٣/٣/٥ - العناصر المؤثرة في مقاومة الخرسانة

إن العناصر المؤثرة في الخرسانة ومقاومتها عديدة، ولقد تم تلخيصها في الجدول التالي بما يعطي نظرة أشمل وأوسع، كما يمكن رؤيتها جملة وتفصيلا، وبالتالي يمكن المقارنة فيما بينها، وذلك حسب "جاكسون" (JACKSON Neil) :


العناصر المؤثرة فى مقاومة الخرسانة
١ - المواد المكونة للخرسانة
الماء
الأسمنت
الركام
المضافات
الجودة
النسبة
التفاعلات الكيميائية
نسبة الماء / أسمنت
النعومة
التركيبة الكيمائية
خشن
ناعم
نسبة الركام / الأسمنت
متانة الحجارة الأم
الشكل والمقاس
حالة سطح الركام
التدرج الحبيبي
الجودة
التفاعلات الكيميائية
الخواص الحرارية
٤ - طريقة التحضير
مكونات الخلطة
طريقة الخلط
الدك والهزهزة
طريقة وضعها أو صبها
٣ - المعالجة
الوقت والزمن
الحرارة
الرطوبة
٢ - ظروف التجربة
حرارة العينة وحرارة المعالجة
نسبة الرطوبة فى العينة
الشكل والمقاسات
طريقة التحميل للتجربة
حالة السطح الحامل

خواص واختبارات المواد

المواد الحديدية في التشييد

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة :

معرفة مختلف أنواع أسياخ الفولاذ المستعملة في الخرسانة المسلحة حسب المواصفات القياسية السعودية.

الأهداف :

في نهاية هذا الفصل يكون الطالب قادرا على :

- معرفة مختلف أنواع أسياخ الصلب المستعملة في البناء حسب المواصفات القياسية السعودية.
- معرفة الاستعمالات لكل نوع من الأسياخ حسب الحاجة والموقع.
- معرفة أهم خواص أسياخ الصلب.

مستوى الأداء المطلوب :

أن يعرف الطالب كيف يفرق بين مختلف أنواع أسياخ الفولاذ، وكيف يختار نوع الفولاذ حسب متطلبات ومواصفات المشروع. وكذلك قدرته العملية على إجراء تجربة الشد وتحديد نوع الفولاذ.

الوقت المتوقع للفصل :

٣ ساعات نظري.

٢ ساعات عملي.

الوسائل المساعدة :

- ملابس خاصة بالمعمل.
- أجهزة خاصة للقيام بالتجارب المطلوبة.

متطلبات الجدارة :

معرفة عامة حول صناعة الحديد بالمملكة من خلال بعض المراجع.

١/٦ - مقدمة

يعد الفولاذ وحديد الصب من أكثر المواد المعدنية المستعملة في التشييد. حيث يمكن تشييد هياكل المباني الصناعية والمدنية والجسور من الصفائح والمقاطع الفولاذية ، كما يتم أيضا إعداد حديد التسليح للخرسانة وكذلك المسامير والأنابيب من الفولاذ.

تستعمل هذه المواد المعدنية بكثرة في مجالات البناء بسبب الميزات العديدة التي تتمتع بها كالمتانة العالية واللدونة والناقلية العالية للحرارة والكهرباء وإمكانية اللحام. كما توجد للمواد المعدنية سلبيات مثل التآكل تحت تأثير الغازات والأملاح المختلفة والرطوبة، كما يمكن إن يحصل لهذه المواد تشوه كبير تحت تأثير درجات الحرارة العالية.

٢/٦ - حديد الصب

يحتوي حديد الصب على نسبة من الفحم تزيد عن ٢ ٪ وشوائب أخرى مثل السيليسيوم والمانغنيز والكبريت والفسفور. ويتم الحصول على حديد الصب من مواد خام الحديد (الفلزات الحديدية) بواسطة فحم الكوك في الأفران العالية، وذلك كما تبينه المعادلات الكيميائية التالية:

$$C + O_2 = CO_2 + q$$
$$CO_2 + C = 2CO - q$$

وتبدأ مراحل تصنيع الحديد من ٢٠٠ إلى ٤٠٠ د. م. وتنتهي في درجة الحرارة ١٠٠٠ إلى ١١٠٠ د.م.حسب المعادلات الكيميائية التالية:

$$3Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2$$
$$Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2$$
$$FeO + CO = Fe + CO_2$$

ويتفاعل جزء من الحديد مع أكسيد الفحم مشكلا كاربيد الحديد:

$$3Fe + 2CO = Fe_3C + CO_2$$

وفي درجة حرارة ١١٣٠ د. م. يبدأ ظهور الحديد المصهور.

١/٢/٦ - حديد الصب الأبيض

وهو ناتج خليط الحديد بالفحم، ولكن هذا الفحم مرتبط كيميائيا مع الحديد بشكل سيمانتيت Fe_3C . ولهذا فهو قاس جدا وسريع الانكسار، وبالتالي لا يستعمل بكثرة في البناء والصناعة. وينقسم هذا النوع من حديد الصب إلى ثلاثة أقسام حسب نسبة الفحم (أقل من ٤,٣٪) و(مساوي ٤,٣٪) و(أكثر من ٤,٣٪).

ويستعمل حديد الصب الأبيض بشكل رئيسي للحصول على الحديد المطاوع الذي يقبل الطرق والتشكيل.

٢/٢/٦ - حديد الصب الرمادي

إذا كان الفحم الموجود في حديد الصب في حالة الفحم الغرافيتي بشكل كلي أو جزئي فإن حديد الصب يسمى بحديد الصب الرمادي. ويستعمل بشكل واسع في صناعة مختلف أجزاء الآلات بطريقة الصب، ومقارنة بالفولاذ، فهو سريع الانكسار وأقل متانة.

٣/٢/٦ - حديد الصب الرمادي ذو المقاومة العالية (حديد الصب المعدل)

هذا الحديد يتصف بتوزع الغرافيت بانتظام على هيئة ذرات صغيرة، أو على شكل ذرات كروية من الغرافيت بإضافة السيليسيوم والمغنيزيوم إلى حديد الصب المنصهر. وتتراوح مقاومته للشد من ٤٥٠ إلى ٦٥٠ (ن/مم^2) وتمدده النسبي من ٦ إلى ٢٠٪. ويستعمل في صنع أجزاء الإنشاءات العامة المعرضة للضغط مثل الأقواس والسطوح المقوسة ومخدات للأساسات والأعمدة وقساطل المجاري.

٤/٢/٦ - حديد الصب المطاوع (القابل للطرق)

يمكن الحصول عليه بمعاملة حديد الصب الأبيض الذي يحتوي على نسبة قليلة من السيليسيوم (٠,٦ إلى ١,٦٪) بدرجة حرارة تتراوح بين (٧٦٠ إلى ٩٦٠ د. م.) بعد وضعه لمدة طويلة في الرمل. وهو يستعمل في صناعة الآلات والمعدات.

٣/٦ - الفولاذ

هو الحديد الذي لا تتجاوز نسبة الفحم فيه ٢٪ وينتج عبر مرحلتين: في المرحلة الأولى يتم الحصول على حديد الصب من الفلزات الحديدية ثم نحصل على الفولاذ بحرق بعض الشوائب مثل الفحم ثم تحويلها إلى خبث الماغنيز والسيليسيوم والفوسفور والكبريت. وهناك ثلاث طرق للحصول على الفولاذ هي طريقة "بسمر و توماس" وطريقة "مارتين" وطريقة "الفرن الكهربائي"، وفيما يلي عرض لهذه الطرق:

١/٣/٦ - طريقة بسمر و توماس Bessemer &Thomas method

يحرق الفحم الزائد حسب طريقة بسمر بواسطة تيار أكسجين يمر خلال حديد الصب المائع ويتأكسد حسب المعادلة:

$$2Fe + O_2 = 2FeO$$

ثم يرجع أكسيد الحديد بواسطة السيليسيوم والمنغنيز والفحم حسب المعادلات التالية:

$$2FeO + Si = 2Fe + SiO_2$$
$$FeO + Mn = Fe + MnO$$
$$FeO + C = Fe + CO$$

ونتيجة لهذه التفاعلات تنتشر كمية كبيرة من الحرارة فترتفع درجة الحرارة في المحول من ١٦٠٠ د. م. إلى ١٦٥٠ د. م. وينتج الفولاذ في حالته السائلة.

وفي محول توماس يضاف الكلس للحصول على خبث ذي وسط قلوي عال يستطيع التفاعل مع الفوسفور. في محول بسمر يعالج حديد الصب الذي يحتوي على قليل من الكبريتات و الفوسفور (٠,٠٦ إلى ٠,٠٧٪) وكمية كبيرة من السيليسيوم (٠,٩ إلى ٢ ٪). بينما في محول توماس يعامل حديد الصب الذي يحتوي على نسبة كبيرة من الفوسفور(١,٦ إلى ٢٪) ونسبة من السيليسيوم لا تزيد عن ٠,٥ ٪.

وتجدر الإشارة إلى أنه لا يمكن استعمال الفولاذ الذي يحصل عليه بطريقة "بسمر" أو "توماس" في المنشآت ذات الأهمية نظرا للجودة غير المضمونة للفولاذ المنتج بهذه الطريقة.

٢/٣/٦ - طريقة مارتين Martin method

في هذه الطريقة يتم الحصول على الفولاذ بصهر حديد الصب المائع مع بقايا الحديد والفولاذ في فرن ذي لهب، ويمكن إن يعمل هذا الفرن في وسط حمضي أو وسط قلوي، وأحسن أنواع الفولاذ هو الذي ينتج في وسط قلوي. ويتميز فولاذ "مارتين" عن فولاذ محول "بسمر" أو "توماس" بالجودة العالية، وعن فولاذ الفرن الكهربائي بقلة التكلفة.

٣/٣/٦ - طريقة الفرن الكهربائي

في طريقة الفرن الكهربائي توجد عدة أنواع من المحولات، لكن أكثرها استعمالا هي طريقة التسخين المباشر بالقوس الكهربائي الناتج بين ألكترود من الفحم القائم بشكل شاقولي وبين المواد الحديدية الداخلة إلى الفرن.

ويعد الفرن الكهربائي قليل الإنتاج وباهظ التكلفة، وهو بذلك يعطي تركيبة كيميائية ذات شوائب قليلة جدا من الكبريت والفوسفور والأوكسجين. والطريقة الجديدة المركبة هي إن يعامل حديد الصب في محول "توماس" (القلوي) ثم في الفرن الكهربائي للحصول على التركيبة الكيميائية المطلوبة.

٤/٦ - تأثير الفحم على خواص الفولاذ

بارتفاع نسبة الفحم في الفولاذ تزداد نسبة "السيمانتيت" السريع الانكسار، وبالتالي تزداد متانة وسرعة انكسار الفولاذ وتنقص لدونته ومقاومته للطرق. فمتانة الفولاذ تزداد بازدياد نسبة الفحم، حتى تصل إلى قيمة قصوى عند نسبة ١ ٪ من الفحم، ثم تبدأ بالهبوط.

ويصنف الفولاذ إلى قسمين:

- الفولاذ الحاوي على الفحم وكذلك الشوائب الطبيعية (السيليسيوم، المنغنيز، الفوسفور، الكبريت والأوكسجين).

- الفولاذ الخاص، وتدخل في تركيبته إحدى أو بعض المواد التالية:

النيكل، الكروم، الفاناديوم، التانغستين.

والجدول التالي يبين تغير الخواص الميكانيكية للفولاذ بتغير نسبة الفحم.

جدول رقم ١٢ : تأثير نسبة الفحم على مقاومة الشد والتمدد النسبي للفولاذ.

نسبة الفحم (٪)	مقاومة الشد (ن/مم^{٢})	التمدد النسبي (٪)
٠,١	٣٦٠	٣٤
٠,٢	٤٦٠	٢٨
٠,٤	٦٥٠	٢٠
٠,٦	٨٢٠	١٤
٠,٨	٩٦٠	٩
١,٠	٩٦٠	٦
١,٢	٨٥٠	٣
١,٤	٦٣٠	٢

٥/٦ - حديد التسليح

١/٥/٦ - أصناف أسياخ الصلب حسب م. ق. س.

تصنف أسياخ الصلب المستخدمة في تسليح الخرسانة حسب المواصفات القياسية السعودية (م. ق. س. ١٩٧٩/٢، SSA 2/1979) إلى ثلاثة أقسام:

١ - أسياخ صلب طري عادي مدلفنة على الساخن وتنقسم إلى:
- أسياخ صلب طري عادي ملساء.
- أسياخ صلب طري عادي ذات نتوء.

٢ - أسياخ صلب متوسطة المقاومة مدلفنة على الساخن وتنقسم إلى:
- أسياخ صلب متوسطة المقاومة ملساء.
- أسياخ صلب متوسطة المقاومة ذات نتوء.

٣ - أسياخ صلب عالي المقاومة وتنقسم إلى:
- أسياخ صلب عالي المقاومة مدلفنة على الساخن ذات نتوء.
- أسياخ صلب عالي المقاومة ذات نتوء ومعالجة ومجدولة على البارد.

٢/٥/٦ - المتطلبات الواجب توفرها في حديد التسليح

إن الصلب المستعمل في صنع قضبان الأسياخ المستخدمة في الخرسانة المسلحة، يجب إن تتوفر فيه عدة متطلبات، منها:

- متطلبات كيميائية (النسب القصوى من الكربون والكبريت والفوسفور).
- متطلبات ميكانيكية (جهد الخضوع ومقاومة الشد والاستطالة).
- متطلبات فيزيائية (القطر الاسمي والوزن للسيخ بالمتر الطولي ومساحة المقطع).

أ) المتطلبات الكيميائية:

تدخل الشوائب في تركيبة الفولاذ العادي من غير الحديد والفحم، ومن أهم هذه الشوائب نجد:

- الكبريت وهو من الشوائب الضارة، ويتواجد في الفولاذ بين ذرات الحديد على شكل مركب كيميائي FeS، ويشكل قشرة سريعة الانكسار وقليلة المتانة مما يؤدي إلى انخفاض من متانة الفولاذ ومقاومته للأحمال.
- الفوسفور وهو من الشوائب الضارة ويكون على حالة محلول صلب، ومن سلبياته أنه يشوه نظام تبلور الفولاذ، مما يرفع الصلابة ويخفض اللدونة. وإذا تجاوزت نسبة الفوسفور (٠,٢٪) فإن مقاومة الفولاذ للضغوطات تضعف بدرجة كبيرة.
- يجب إن لا تزيد النسبة المئوية لعناصر الكربون والكبريت والفوسفور في الأسياخ عن النسب الموضحة في الجدول التالي:

جدول رقم ١٣ : الحد الأقصى لنسبة بعض العناصر الكيميائية حسب نوع الأسياخ (م.ق.س. ١٩٧٩/٢).

نوع الأسياخ	الحد الأقصى المسموح به (٪)		
	كربون	كبريت	فوسفور
أسياخ الصلب الطري العادي المدلفنة على الساخن	٠,٢٥	٠,٠٦	٠,٠٧
أسياخ الصلب متوسط المقاومة المدلفنة على الساخن	٠,٣٠	٠,٠٦	٠,٠٦
أسياخ الصلب عالي المقاومة المدلفنة على الساخن	٠,٤٠	٠,٠٥	٠,٠٥
أسياخ الصلب عالي المقاومة المعالجة على البارد	٠,٢٥	٠,٠٦	٠,٠٧

ب) المتطلبات الميكانيكية:

يجب إن يحقق الصلب المستخدم في صنع الأسياخ الحدود الدنيا لجهد الخضوع ومقاومة الشد ونسبة الاستطالة، كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم ١٤ : النسب الدنيا لإجهاد الخضوع ومقامة الشد والاستطالة حسب م.ق.س ١٩٧٩/٢.

الخاصية	أسياخ صلب مدلفنة على الساخن			أسياخ صلب معالجة على البارد ❖١
	طري عادي	متوسط المقاومة	عالي المقاومة	
جهد الخضوع للاستطالة ٠,٢ ٪ كحد أدنى :				
(ن/ مم^{٢})	٢٤٠	٣٥٠	٤٢٠	٤٢٠
(كجم/مم^{٢})	٢٤	٣٥	٤٢	٤٢
مقاومة الشد (حد أدنى) :				
(ن/ مم^{٢})	٣٧٠	٥٠٠	٥٥٠	٥٠٠
(كجم/مم^{٢})	٣٧	٥٠	٥٥	٥٠
الاستطالة المئوية محسوبة على القياس ١٠ ق (حد أدنى)	١٨	١٦	١٢	١٠
قطر الثني على البارد لزاوية ثني ١٨٠ $^{\circ}$	٣ ق❖٢	٣ ق	٤ ق	٥ ق

❖١: سيخ صلب مجدول معالج على البارد: سيخ من الصلب تم تبريده في الهواء بعد دلفنته على الساخن ثم عولج بالجدولة على البارد.

❖٢ : ق: قطر السيخ

ج) المتطلبات الفيزيائية

١ - الأقطار :

الأقطار الاسمية المصنعة أو المسموح بتداولها في الأسواق السعودية يمكن تلخيصها في الجدول رقم ١٦، وحيث يوجد الوزن المحدد لكل متر طولي وكذلك المساحة بالسنتمتر مربع.

جدول رقم ١٦ : الوزن والمساحة لكل قطر اسمي (م. ق. س. ١٩٧٩/٢).

القطر الاسمي (مم)	الوزن المحدد (كغ/ م)	مساحة المقطع (سم^{٢})	القطر الاسمي (مم)	الوزن المحدد (كغ/ م)	مساحة المقطع (سم^{٢})
٦	٠,٢٢٢	٠,٢٨٣	٢٢	٢,٩٨٠	٣,٨١
٨	٠,٣٩٥	٠,٥٠٣	٢٥	٣,٨٥٠	٤,٩١
١٠	٠,٦١٧	٠,٧٨٥	٢٨	٤,٨٣٠	٦,١٦
١٢	٠,٨٨٨	١,١٣	٣٢	٦,٣١٠	٨,٠٤
١٤	١,٢١٠	١,٤٥	٣٦	٧,٩٩٠	١٠,٢٠
١٦	١,٥٨٠	٢,٠١	٤٠	٩,٨٧٠	١٢,٦٠
١٨	٢,٠٠٠	٢,٥٤	٤٥	١٢,٥٠٠	١٥,٩٠
٢٠	٢,٤٧٠	٣,١٤	٥٠	١٥,٤٠٠	١٩,٦٠

٢ - التفاوتات:

يبين الجدول رقم ١٧ التفاوت المسموح به في صناعة أقطار الأسياخ الملساء.

جدول رقم ١٧ : التفاوتات المسموح بها في صناعة الأسياخ.

القطر الاسمي (مم)	التفاوت (مم)
أقل من ١٠	± ٠,٤
أكبر من ١٠ وحتى ٢٠	± ٠,٥
أكبر من ٢٠ وحتى ٣٠	± ٠,٦
أكبر من ٣٠	± ١,٠

يجب ألا يزيد الفرق بين القطرين الأكبر والأصغر في المقطع الواحد على:

- مليمتر واحد (١ مم) للأقطار حتى ٢٥ مم.
- مليمترين (٢ مم) للأقطار التي تزيد عن ٢٥ مم.

كما يجب ألا يزيد التفاوت في وزن المتر الطولي للسيخ ذو النتوء وكذلك متوسط المتر الطولي في الرسالة لكل من الأسياخ الملساء وذات النتوء عما هو موضح في الجدول رقم ١٨ :

جدول رقم ١٨ : التفاوتات في وزن المتر الطولي.

القطر الاسمي (مم)	التفاوت في وزن المتر الطولي للسيخ الواحد ذو النتوء	التفاوت في متوسط وزن المتر الطولي في الرسالة للأسياخ الملساء وذات النتوء
أقل من ١٠	± ٨ ٪	± ٦ ٪
أكبر من ١٠وحتى ٢٠	± ٦ ٪	± ٤ ٪
أكبرمن٢٠ وحتى ٣٠	± ٥ ٪	± ٣,٥ ٪
أكبر من ٣٠	± ٤ ٪	± ٣ ٪

٣/٥/٦ - البيانات الإيضاحية والاختبار

أ) البيانات الإيضاحية :

يجب إن يوضع على كل ربطة أسياخ علامات مطبوعة على الساخن أو على البارد أو بالبوية أو بأية طريقة أخرى تحمل بيانات إيضاحية حول اسم المنتج أو علامته التجارية أو كلاهما، ونوع الأسياخ وقطرها.

ب) الاختبار:

لعل من أهم أسباب الاختبار هو كيفية أخذ العينة التي تمثل أسياخ الحديد. حيث تقسم الرسالة إلى مجموعات متجانسة من حيث النوع والقطر بحيث يزن كل منها ١٠٠٠ طن ويعد المتبقي منها مجموعة. ثم تؤخذ من كل مجموعة وبطريقة عشوائية عدد من العينات طبقا للجدول رقم ١٩على إن تمثل كل عينة بثلاث قطع.

جدول رقم ١٩ : عدد العينات حسب الإرسالية.

وزن الرسالة (طن)	عدد العينات
١٠ فأقل	١
أكبر من ١٠ وحتى ٥٠	٢
أكبر من ٥٠ وحتى ١٠٠	٣
أكبر من ١٠٠ وحتى ٥٠٠	٤
أكبر من ٥٠٠ وحتى ١٠٠٠	٦

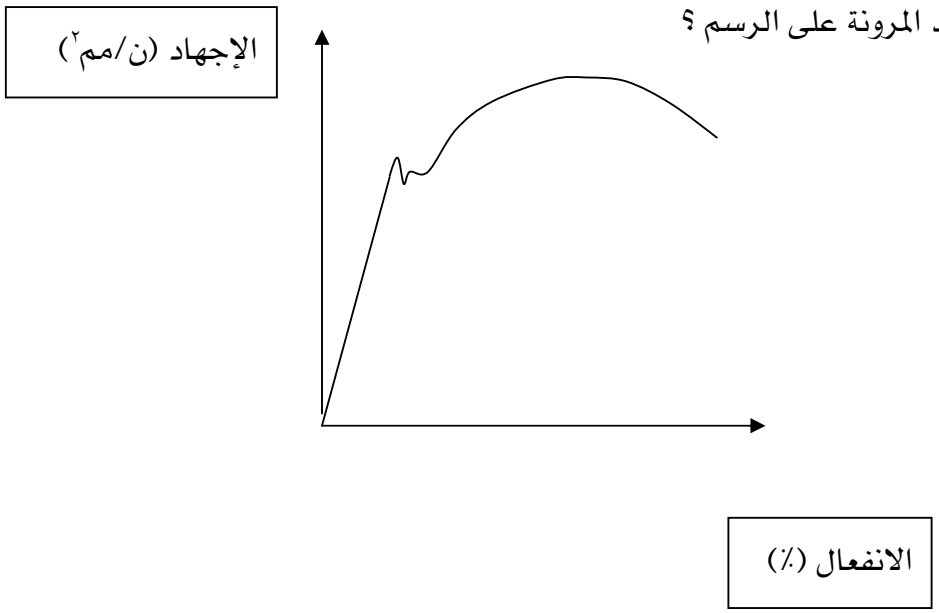
وتجري جميع الاختبارات على عينات مستقيمة تقطع من سيخ الحديد بواسطة القص أو النشر وتكون لهذه العينات نفس مساحة المقطع ونفس القطر، على ألا يؤخذ من السيخ الواحد أكثر من قطعة واحدة للاختبار.

ويجرى اختبار الشد على مجموعة من العينات، فيما يجرى اختبار الثني على مجموعة أخرى مماثلة. على ألا يقل طول الأسياخ المأخوذة لعينات الشد والثني عن ١٠٠ سم لكل منها، وألا تتعرض العينات لأية معاملات حرارية.

٦/٦ – تمارين خاصة بالفصل السادس

١ - الرسم الموالي هو منحنى للعلاقة بين الإجهاد والانفعال في تجربة الشد لقضيب من الفولاذ.

١/١ - حدد حد المرونة على الرسم ؟



٢/١ - حدد على الرسم معامل المرونة ؟

٣/١ -إذا أخذنا فولإذا ذو مقاومة عالية أكبر من الفولاذ الأول (فولاذ طري عادي) :

- كيف يكون معامل المرونة ؟
- ارسم على نفس الشكل منحنى العلاقة بين الإجهاد والانفعال للحديد عالي المقاومة.

٢ -وزع المواد والخواص المبينة أدناه في القائمة في الجدول التالي :

القائمة : خرسانة، خشب، الكثافة، حديد صب، حجارة، الرطوبة، الألومنيوم، فولاذ، مقاومة الشد، مطاط، المرونة، بترول، بيتومين، درجة الحموضة، اللدونة.

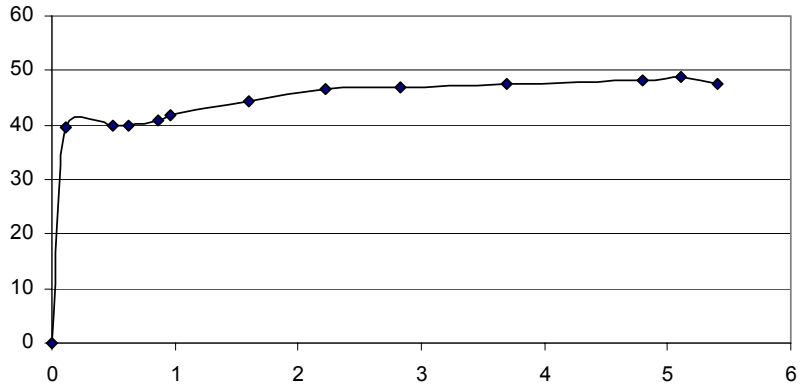
معادن غير حديدية	مواد غير معدنية	معادن حديدية	مواد مولدة للطاقة	خواص كيميائية	خواص فيزيائية	خواص ميكانيكية

٣ - ما هي الطرق المستعملة للحصول على الفولاذ ؟

٤ - ما هو أنواع الفولاذ المستعمل في صنع الأسياخ للخرسانة المسلحة حسب م. ق. س. ؟

٥ - قمنا بتجربة شد على سيخ فولاذي فكانت النتائج التالية (انظر الرسم بالصفحة رقم ٢).

- استخرج إجهاد الخضوع و إجهاد الشد وحدد نوع الفولاذ مع العلم إن محور (س : هو نسبة الانفعال ٪) ومحور (ص : هو الإجهاد × ١٠ (ن/مم^{٢})) ؟



١/٥ - ما الطرق المستعملة للحصول على الفولاذ ؟

٢/٥ - ما أحسن طريقة من الناحية الاقتصادية، وما أحسن طريقة من ناحية الجودة ؟

٣/٥ - أذكر أنواع أسياخ الفولاذ المستعمل لتسليح الخرسانة ؟

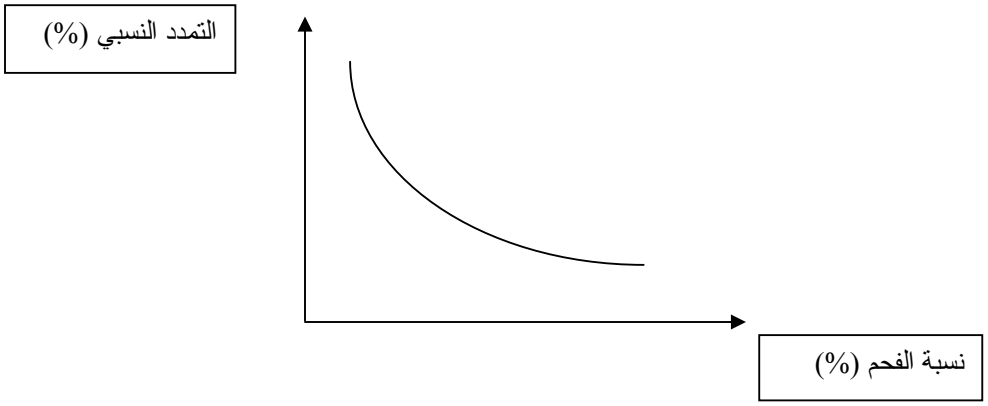
٦ -ارسم منحنى تغير الإجهاد على حسب الانفعال لتجربة شد على قطعة فولاذية.

. حدد على الشكل : نقطة إجهاد حد المرونة واستطالته، وكذلك نقطة الإجهاد الأقصى واستطالته اللدنة ؟

٧ -أذكر أنواع حديد الصب، ما هي المواد الخام المستعملة في صناعة حديد الصب ؟

٨ -كيف يمكن الحصول على الفولاذ المستعمل في التشييد كأسياخ أو مقاطع فولاذية، أي الطرق تعطي جودة عالية وأي الطرق تكون سعر تكلفته منخفضة ؟

٩ - اشرح الرسم التالي ؟



١٠ -أذكر أنواع الأسياخ حسب م. ق. س.، أي هذه الأنواع يستعمل في صنع الكانات و أيها يستعمل في التسليح الرئيسي ؟

١١ -استخرج ما هو صنف الفولاذ من خلال نتائج تجارب الشد على ٣ عينات وهي كالتالي مع الشرح؟

رقم العينة	إجهاد الخضوع (ن/مم^{٢})	الإجهاد الأقصى للشد (ن/مم^{٢})	ملاحظات
١	٣٦٠	٥٢٠	
٢	٣٩٦	٥٤٦	
٣	٤٠٠	٥٦٠	
المتوسط			

الجدارة :

معرفة مختلف التجارب وكيفية إجراءها بطريقة سليمة حسب المواصفات القياسية السعودية.

الأهداف :

في نهاية هذا الملحق الخاص بالتجارب يكون الطالب قادرا على :

- معرفة اسم واستعمال وخطوات التجارب حسب المواصفات القياسية السعودية.
- معرفة كيفية استعمال الأجهزة الخاصة لكل تجربة.
- معرفة كيفية القيام بالحسابات اللازمة واستخلاص الاستنتاجات.

مستوى الأداء المطلوب :

أن يعرف الطالب كيف يقرأ التجربة، وكيف يختار الأجهزة ويتأكد من معايرتها حسب متطلبات التجربة والمواصفات المعمول بها وهي المواصفات القياسية السعودية. وكذلك قدرته العملية على إجراء التجارب حسب الخطوات المفصلة لكل تجربة وإجراء الحسابات واستخراج الاستنتاجات اللازمة.

الوقت المتوقع للفصل :

٢٨ ساعة عملي.

١٤ أسبوع عملي.

الوسائل المساعدة :

- ملابس خاصة بالمعمل.
- أجهزة خاصة للقيام بالتجارب المطلوبة.
- آلة حاسبة وكتابة تقرير أسبوعي لكل تجربة وتسليمه للمدرس.

متطلبات الجدارة :

معرفة دقيقة لمحتوى كل فصل خاص بالتجربة وقراءة محتوى التجربة، وكذلك اطلاع عام عن بعض المواصفات القياسية السعودية للقيام بالتجربة.

١ - مقدمة

في هذا الملحق سنحاول تقديم التجارب الخاصة بكل فصل على حدة مع تفصيل الخطوات للقيام بالتجارب وكذلك الأجهزة المطلوبة لذلك حسب المواصفات القياسية السعودية. كما يشرح هذا الملحق كيفية تقديم نتائج التجارب واستخراج الاستنتاجات المطلوبة لكل تجربة وكيفية الاستفادة منها في الحياة العملية.

٢ - التجارب الخاصة بالفصل الأول

تبين هذه التجارب كيفية تحديد بعض الخواص الفيزيائية للمواد المتاحة بالمختبر، وذلك بطريقة مبسطة وسريعة. ومن هذه الخواص نجد الكثافة الحقيقية أو الكثافة المطلقة والكثافة الظاهرية.

١/٢ - التجربة رقم ١ : الكثافة الظاهرية (أسبوع أو ٢ ساعات)

أ – بالنسبة للكتل على شكل منتظم :

- التعريف : وهي الكتلة على الحجم ووحداتها (غ/سم^٣) أو (كغ/م^٣)

- الأدوات : ميزان حساس حساسية $\pm$ ١ (غ)، ورنية

- الخطوات : نأخذ العينات ذات الأشكال الهندسية المنتظمة ونقوم بوزنها وأخذ مقاسات أبعادها.

- لحساب حجم العينات نستعمل القوانين الرياضية حسب شكل العينة (مكعبة، مستطيلة، دائرية ...).

- نجد كأمثلة من المواد : مكعبات أو اسطوانات من الخرسانة، مكعبات أو منشورات من المونة الإسمنتية، اسطوانات من الفولاذ، عينات من الحجارة الطبيعية والرخام بشرط إن يتم قصها على شكل منتظم، عينات من الفلين ...

الكثافة تحدد باستعمال المعادلة التالية :

الكثافة الظاهرية γ (ظ) = $\frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}}$ (غ/سم^٣)، (كغ/م^٣).

الجدول رقم ٢٠ : لتسجيل البيانات الخاصة بقياسات الكتلة والأبعاد.

م	نـــــــــوع المقاسات	الوحدات	نوع المواد والعينات المستعملة في التجربة						ملاحظات
			الخرسانة	المونة	الحديد	الحجارة	الرخام	...	
١	الكتلة	(غ)							
٢	الطول	(مم)							
٣	العرض	(مم)							
٤	الارتفاع	(مم)							
٥	وحدة الوزن	(غ/سم^{٣})							
٦	وحدة الوزن	(كغ/م^{٣})							
٧									

ب – بالنسبة للمواد على شكل حبيبات :

وتنطبق هذه الطريقة على المواد التي هي على شكل حبيبي مثل الرمل والحصى والاسمنت ...، ولتحديد الكثافة الظاهرية لهذه المواد نستعمل مقاييس ذات حجم محدد مثل مقياس ١ لتر أو ١٠ لتر وهكذا.

يتم وزن الإناء فارغا وليكن وزنه (أ)، ثم ندخل المادة بطريقة قياسية محددة دون أية عملية دمك إلى إن يتم تعبئة المقياس ونحصل على كومة. نقوم بإزالة المادة الزائدة ونسوي سطح الإناء بدون أية عملية دمك. نزن المقياس والمادة وليكن وزنها (ب) والفارق بين الوزن (ب) و (أ) هو وزن العينة. أما حجم العينة فيكون معروفا مسبقا لأنه يساوي حجم المقياس. ونقوم بحساب الكثافة الظاهرية بالنسبة للمواد على شكل حبيبي وهي وزن العينة على الحجم الظاهري.

الكثافة الظاهرية γ (ظ) = $\frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}}$ (غ/سم^3)، (كغ/م^3).

٢/٢ - التجربة رقم ٢ : الكثافة الحقيقية (أسبوع أو ٢ ساعة)

- التعريف : وهي الكتلة على الحجم الحقيقي للمادة (أي بدون الأخذ بعين الاعتبار الفراغات الموجودة داخل المادة) ووحداتها (غ/سم^3) أو (كغ/م^3)

- الأدوات : ميزان حساس حساسية $\pm$ ١ (غ)،ومخبار "لوشاتليه" مدرج بدقة من ٠ إلى ٢٤ سم^3 وذو حساسية $\pm$ ٠,٥ مم^3.

- الخطوات : المادة في حالتها الطبيعية تحتوي على فراغات، في هذه التجربة يجب إزالة كل الفراغات وبالتالي نقوم بطحن المواد الصلبة إلى إن نحصل على دقيق ناعم. أما بالنسبة للرمل والإسمنت فإنه ليس مطلوبا طحنها أكثر.

نعبئ المخبار بحيث يكون التقعر على القراءة صفر بسائل لا يتفاعل مع المادة ولا يتبخر بسرعة، مثلا بالنسبة للإسمنت نستعمل "الكيروزين" وبالنسبة للرمل نستعمل الماء. يتم وزن المخبار وليكن وزنه (أ)، ثم ندخل المادة على شكل بودرة بكميات قليلة باستعمال قمع صغير خاص إلى إن نصل إلى قراءة من ٢٠ إلى ٢٣ سم^3. نحدد الحجم الحقيقي بالضبط ويسمى (ح/ ح) ويسجل ثم نزن من جديد المخبار وليكن وزنه (ب). لتحديد الكثافة الحقيقية نستعمل القانون التالي :

الكثافة الحقيقية = γ (ح) = $\frac{(\text{ب}) - (\text{أ})}{\text{ح ح}}$ (غ/سم^3) أو (كغ/م^3).

٣ - التجارب الخاصة بالفصل الثاني

١/٣ - التجربة رقم ٣ : اختبار النعومة (أسبوع أو ٢ ساعة)

هذا الاختبار يحدد نعومة الإسمنت معبرا عنها بمساحة السطح النوعية، وهي مجموع المساحات السطحية بالسنتمتر مربع لكل واحد غرام من حبيبات الإسمنت (سم^{٢}/غ).

أ - الأدوات

يستخدم جهاز "بلين" لنفاذية الهواء ويتكون الجهاز من التالي :

- "مانوميتر" زجاجي قطره الخارجي ٩ مم مملوء لمنتصفه بسائل غير قابل للتبخر أو امتصاص الرطوبة (زيت معدني خفيف).
- خلية النفاذية تتكون من اسطوانة من الزجاج أو من معدن، قطرها الداخلي ١٢,٧ (± ١) مم.
- قرص مثقوب يوضع داخل الخلية في الأسفل.
- ورق ترشيح متوسط المسامية على شكل دائري قطره مساو للقطر الداخلي للخلية ويوضع فوق القرص المثقوب.
- مكبس من المعدن، يوضع داخل اسطوانة الخلية، وتكون المسافة بين قاعدته والسطح العلوي للقرص المثقب ١٥ (± ١) مم.
- ساعة إيقاف.

ب - عينة الاختبار

يوضع حوالي ١٠ (غ) من الإسمنت في قنينة سعتها ١٢٠ سم^{٣}، وترج لمدة دقيقتين لتفكيك تماسكها، ثم تترك لتستقر العينة وتؤخذ كمية الإسمنت المطلوبة للتجربة ولتكن (و) تكفي لتكوين طبقة داخل الخلية ذات مسامية (م = ٠,٥٠٠ (± ٠,٠٠٥)) بالنسبة للإسمنت البورتلاندي العادي. (م = ٠,٥٣٠ (± ٠,٠٠٥)) بالنسبة لباقي أنواع الإسمنت.

تحسب كمية الإسمنت المطلوبة بالمعادلة التالية :

و = (γ X ح) X (١ -م).

حيث و : وزن العينة المطلوب (غ)

ث : كثافة الإسمنت γ = ٣,١٥ (غ/سم^{٣}) للإسمنت البورتلاندي العادي أو تقاس في التجربة رقم ٢.

م : مسامية طبقة الإسمنت.

ح : الحجم الكلي لطبقة الإسمنت ويجرى تقديرها حسب الطريقة الموضحة في النقطة ج.

ج : تحديد الحجم بطريقة إزاحة الزئبق:

يجرى تقدير الحجم الكلي (ح) لطبقة الإسمنت بطريقة إزاحة الزئبق عند درجة حرارة الغرفة.

توضع ورقتا ترشيح داخل الخلية ويضغط عليها لتستقر على القرص المعدني ثم توزن الخلية وتملأ بالزئبق وتزال فقاعات الهواء العالقة بجدارها. يسوى سطح الزئبق مع السطح العلوي للخلية ثم توزن من جديد. يحدد وزن الزئبق وليكن ($و_1$).

يرفع الزئبق من الخلية وترفع ورقة الترشيح الفوقية، ثم توزن كمية = ٢,٨ (غ) من الإسمنت وتوضع داخل الخلية وتضغط بالمكبس إلى إن يدخل إلى الآخر، ثم نضع ورقة ترشيح وتوزن الخلية. يملأ الفراغ المتبقي بالزئبق وتوزن الخلية من جديد. يحدد وزن الزئبق وليكن ($و_2$).

يحسب الحجم الكلي (ح) لطبقة الإسمنت لأقرب ٠,٠٠٥ سم^3 كالتالي :

$$\text{حجم الخلية} = \frac{و_1 - و_2}{\gamma_ز} \text{ (سم}^3\text{)}$$

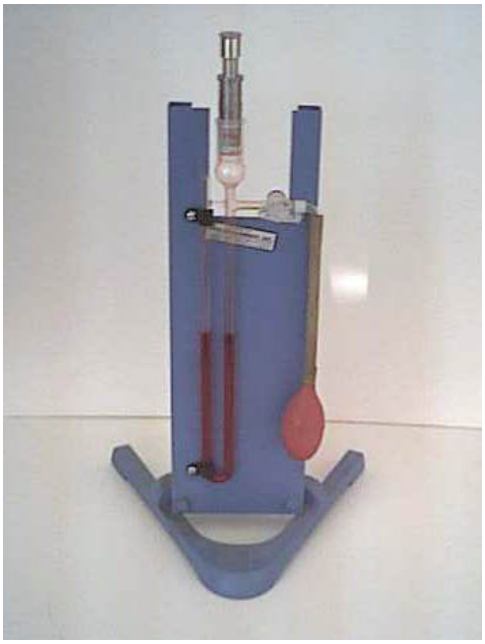
حيث $\gamma_ز$: كثافة الزئبق.

كثافة الزئبق تحدد من الجدول التالي حسب حرارة الغرفة والتي يجب تحديدها عند إجراء التجربة:

جدول رقم ٢١ : كثافة الزئبق.

درجة الحرارة (د.م)	كثافة الزئبق (غ/سم٣)	لزوجة الهواء (ل) (بويز)	$\sqrt{ل}$
١٦	١٣,٥٦	٠,٠٠٠١٧٨٨	٠,٠١٣٣٧
١٨	١٣,٥٥	٠,٠٠٠١٧٩٨	٠,٠١٣٤١
٢٠	١٣,٥٥	٠,٠٠٠١٨٠٨	٠,٠١٣٤٤
٢٢	١٣,٥٤	٠,٠٠٠١٨١٨	٠,٠١٣٤٨
٢٤	١٣,٥٤	٠,٠٠٠١٨٢٨	٠,٠١٣٥٢
٢٦	١٣,٥٣	٠,٠٠٠١٨٣٧	٠,٠١٣٥٥
٢٨	١٣,٥٣	٠,٠٠٠١٨٤٧	٠,٠١٣٥٩
٣٠	١٣,٥٢	٠,٠٠٠١٨٥٧	٠,٠١٣٦٢
٣٢	١٣,٥٢	٠,٠٠٠١٨٦٧	٠,٠١٣٦٦
٣٤	١٣,٥١	٠,٠٠٠١٨٧٦	٠,٠١٣٦٩

يجب تحديد الحجم مرتين على عينتين مختلفتين، والحجم يكون متوسط القيمتين وبفارق بينهما في حدود ٠,٠٠٥ سم^{٣}، ويعتبر هذا الحجم ثابتا.



صورة رقم ١٢ : جهاز "بلين" لقياس السطح النوعي للإسمنت.

- **ج – طريقة الاختبار**

يثبت القرص المثقب داخل الخلية وتوضع فوقه ورقة ترشيح.

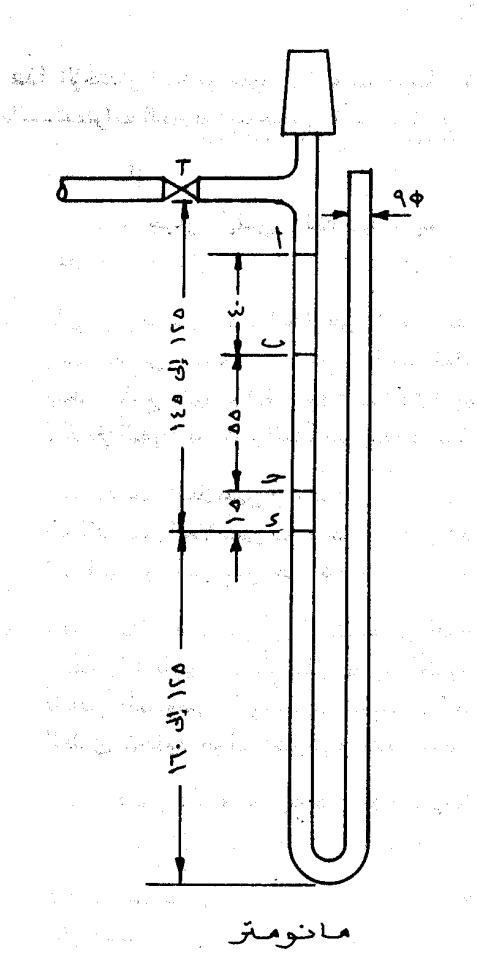
توزن كمية الإسمنت المحسوبة إلى أقرب ٠,٠٠٥ (غ)، ثم توضع داخل الخلية.

توضع ورقة ترشيح أخرى، ثم تضغط طبقة الإسمنت بالمكبس إلى إن ينطبق رأس المكبس على السطح العلوي للخلية.

تثبت خلية على "المانوميتر" بإحكام مع مراعاة إن الحنفية أو الصمام مفتوح لخروج الهواء وعدم تحريك الزيت، ثم يرفع المكبس.

تسد فتحة الخلية بالإبهام، ويفرغ الهواء من ساق "المانوميتر" بواسطة الكرة المطاطية ببطء إلى إن يصل الزيت قريبا من العلامة (أ) ويقفل الصمام.

يبدأ قياس الزمن (ن) بالثانية ابتداء من وصول تقعر سائل "المانوميتر" حد العلامة (ب) ثم نوقف الساعة عندما يصل التقعر إلى العلامة (ج)، وتسجل درجة الحرارة.



مانومتر

صورة رقم ١٣ : المانوميتر الخاص بجهاز "بلين" حيث تبدو الحدود (أ ، ب، ج، د) حسب م.ق.س.

د – الحسابات

يحسب السطح النوعي (س.ن) للإسمنت من المعادلة التالية :

س.ن = ك × $\sqrt{ن}$ (سم^{٢}/غ).

حيث ك : ثابت الجهاز ويحدد عند معايرته في الحالات التالية :

. عند بدء استعمال الجهاز لأول مرة.

. عند وجود احتمال لاستهلاك المكبس أو الخلية.

. إذا حدث أي نقص في سائل "المانوميتر"

. إذا تم تغيير نوع ورق الترشيح.

هـ - معايرة الجهاز

يستخدم لمعايرة الجهاز عينة قياسية ذات سطح نوعي وكثافة معلوم قيمتهما ، ويجب إن تكون درجة حرارتها مساوية لدرجة حرارة الغرفة.

تدخل العينة القياسية في قنينة وترج، ثم توزن العينة للتربة بعد حساب الكمية وإجراء التجربة على ثلاث عينات مختلفة كما تم شرحه سلفا في النقطة (ج). يحدد الزمن ثلاث مرات لكل عينة ، ويحدد الثابت بالمعادلة التالية :

$$ك = (س\ ن)_{١} \times \frac{ث_{1}}{ث} \times \frac{1}{\sqrt{ن_{1}}} \times \frac{(م_{1} - 1)}{(م - 1)} \times \sqrt{\frac{م^{3}}{م^{3}_{1}}} \times \sqrt{\frac{ل_{1}}{ل}}$$

حيث $(س\ ن)_{١}$ السطح النوعي للإسمنت القياسي.

٢/٣- - التجربة رقم ٤ : تحديد العجينة القياسية الإسمنتية حسب المواصفات السعودية (أسبوع أو ٢ ساعات)

من خلال هذه التجربة يتم التعرف على كيفية الحصول على العجينة القياسية حسب المواصفات القياسية السعودية ، وذلك للقيام بالقياسات اللازمة لتحديد زمن الشك للإسمنت.

وتتمثل العجينة القياسية في تحديد نسبة الماء المطلوبة لخلط عجينة نسميها قياسية.

في هذه التجربة سنحاول التعرف على كيفية تحديد نسبة الماء مقابل الإسمنت للحصول على العجينة القياسية حيث إن قياسات زمن الشك تجرى عليها.

ولتحديد هذه العجينة القياسية نستعمل جهاز "فيكات" محمول بالقضيب أو المكبس قطره ١٠ مم.

- نجهز كمية من الإسمنت ٥٠٠ جرام وتجهز كمية من الماء تختلف من تجربة إلى أخرى حيث إن نسبة الماء إلى الإسمنت تكون حسب الجدول التالي :

جدول رقم ٢٢ : تحديد وزن الماء المطلوب لخلط ٥٠٠ (غ) من الاسمنت.

نسبة الماء إلى الإسمنت	وزن الماء	المسافة (مم)
٢٤	١٢٠	
٢٥	١٢٥	
٢٦	١٣٠	
٢٧	١٣٥	
٢٨	١٤٠	

- تكون عملية الخلط حسب المواصفات السعودية كالتالي :

- نقوم بوضع الماء المحدد للتجربة في إناء الخلاط ثم نقوم بإضافة الإسمنت ثم نبدأ في الخلط بعد مرور ٣٠ ثانية (ث).
- يبدأ الخلط لمدة ٣٠ (ث) بالسرعة البطيئة، ويوقف الخلاط لمدة ٣٠ (ث)، ويتم أثناء ذلك كشط العجينة العالقة بإناء الخلاط.
- نبدأ الخلط من جديد على السرعة العالية لمدة ١,٥ دقيقة (د) بحيث تكون مدة الخلط تساوي ٣ (د) من بداية وضع الإسمنت مع الماء إلى نهاية الخلط.

ندخل العجينة في القالب المخروطي لجهاز "فيكات"، ويقرب المكبس إلى إن يلمس سطح العينة. يترك المكبس ينزل تحت وزنه الخاص حرا ليدخل داخل العجينة، بعد حوالي ٥ (د) من بداية الخلط. تعين المسافة بالمليمتر بين رأس المكبس وقاع القالب وتكتب في الخانة الخاصة بنسبة الماء في الجدول السابق رقم ١٥.

يعاد صنع عجائن بنسب أخرى وتجرى التجارب مثل ما تم شرحه، إلى إن نحصل على كامل البيانات وندونها في الجدول السابق رقم ١٥.

نرسم المنحى الخطي للمسافة على حسب نسبة الماء ويكون كما هو مرسوم بالشكل رقم ٢ بالصفحة رقم ٢٣.

صورة رقم ١٤: جهاز "فيكات" محمول بالمكبس.

حسب المواصفات نقول إن العجينة تسمى عجينة قياسية إذا كانت المسافة تساوي :

- حسب المواصفات القياسية السعودية = ٦ (± ١) (مم)
- حسب المواصفات الأوربية = ٦ (± ١) (مم).
- حسب مواصفات الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد = ١٠ (± ١) (مم).

٣/٣ - التجربة رقم ٥ : تحديد زمن الشك (أسبوع أو ٢ ساعة)

يتم قياس زمن الشك على العجينة القياسية التي تم تحديدها من قبل في التجربة رقم ٤ ، حيث نأخذ ٥٠٠ (غرام) من الإسمنت ونضيف إليه الكمية اللازمة من الماء. يتم خلط العينة حسب المواصفات السعودية ، ثم ندخل العجينة في قالب الجهاز. نضع الإبرة على سطح العينة ثم نرسلها تحت وزنها الذاتي ونقيس المسافة من قاع القالب المخروطي إلى رأس الإبرة. نعيد نتائج التجارب لعدة مرات حتى نحصل على بداية ونهاية زمن الشك.

- تعريف:

زمن الشك هو الزمن المنقضي بين بداية خلط الاسمنت مع الماء إلى بداية تحول العجينة إلى الحالة ..... حيث إن خلال فترة زمن الشك يسمح بالقيام بكل أعمال خلط ومناولة ثم صب وتشطيب الخرسانة، ويجب إن تتم كل هذه الأعمال قبل بداية زمن الشك الفعلي للإسمنت.

- الأدوات

جهاز فيكات محمول بالإبرة.

خلط العجينة القياسية بكمية الماء والتي استخرجناها من المنحنى في التجربة السابقة.

خلاط مونة، ساعة توقيف، مخبار كميات ماء.

- الخطوات:

نزن ٥٠٠ (غ) من الاسمنت، نجهز كمية الماء المطلوبة، ونبدأ الخلط حسب الخطوات التي تم شرحها في التجربة السابقة. لا ننسى إن نشغل الساعة من اللحظة التي نضع فيها الاسمنت مع الماء.

بعد عملية الخلط ندخل المونة في القالب الخاص بجهاز فيكات ويحفظ القالب في رطوبة لا تقل عن ٩٠ ٪ أو يغمس في الماء، ثم نجري التجربة الأولى بعد مرور ٣٠ دقيقة (د).

يوضع القالب في الجهاز ونحرك إبرة فيكات (قطرها ١,١٣ مم) لتلمس العجينة القياسية، ثم يفتح المسمار وتترك الإبرة حرة تحت وزنها الذاتي لمدة ٣٠ ثانية (ث). ثم نقيس المسافة بين رأس الإبرة وقاع القالب إلى أقرب مليمتر (مم). تكرر التجربة بعد تنظيف الإبرة في كل مرة كل ١٠ (د)، إلى إن تتوقف الإبرة وتترك أثرا على سطح العينة.

بداية زمن الشك الابتدائي تكون عند مسافة لا تزيد عن ٥ مم.

يعتبر نهاية زمن الشك النهائي قد حصل عندما تترك الإبرة مجرد أثر بسطح العينة، ولا تترك الحلقة المثبتة حول الإبرة أي أثر على العجينة.

٤/٣ - التجربة رقم ٦ : تحديد المقاومة الاسمية للإسمنت (٢ أسبوع أو ٤ ساعات)

أ - الهدف من التجربة:

يتمثل في تحديد المقاومة الاسمية للإسمنت بخلط المونة القياسية حسب المواصفات القياسية السعودية، حيث يتم صنع عينات أو منشورات مقاس 40 x 40 x 160 (مم).يتم حفظ هذه العينات في الماء وإجراء التجارب عليها بعد ٣ و ٧ و ٢٨ يوم.

لتحديد المقاومة الاسمية للإسمنت نقوم بصنع منشورات من المونة القياسية. هذه المونة تتكون من ٤٥٠ غرام من الإسمنت و١٣٥٠ غرام من الرمل القياسي و٢٢٥ غرام من الماء. يتم خلط المونة حسب المواصفات السعودية ونصنع منشورات بالمقاسات المحددة أعلاه، بعد ٢٤ ساعة تفتح القوالب وتخزن العينات في الماء في ٢٣ د.م.

ب - الأدوات:

خلاط، قالب أو قوالب حسب المقاسات المطلوبة، إسمنت، رمل قياسي مطابق للمواصفات العالمية.

ج - خطوات التجربة:

- خلط المونة

. ندخل الماء أولا ثم ندخل الاسمنت ويشغل الخلاط على السرعة المنخفضة لمدة ٣٠ (ث).

. يضاف الرمل خلال ٣٠ ثانية (ث) أخرى بينما يكون الخلاط على السرعة المنخفضة.

. ثم يشغل الخلاط لمدة ٣٠ (ث) على السرعة العالية.

. يوقف الخلاط لمدة دقيقة ونصف يجرى إزالة أي عجينة عالقة بحائط الخلاط خلال الخمس عشرة ثانية الأولى منها، ويغطى الخلاط حتى نهاية فترة الدقيقة والنصف بقطعة من المطاط.

. يتم تشغيل الخلاط لمدة دقيقة على السرعة العالية، مع مراعاة إن درجة الحرارة = ٢٣ ($\pm$ ٢ د.م.)، وألا تقل الرطوبة عن ٦٥ ٪.

- صنع العينات

. يثبت القالب على منضدة الاهتزاز بعد تزييت جوانبه من الداخل تزييتا خفيفا.

صورة رقم ١٥: القالب مقاس ٤٠ × ٤٠ × ١٦٠ (مم) للحصول على القوالب من المونة القياسية.

. تنقل المونة بعد خلطها إلى القالب وتدخل على طبقتين، وتستغرق عملية صب كل طبقة ١٥ (ث)، ثم تشغل ماكينة الاهتزاز مدة ٦٠ (ث) حيث تسجل الماكينة ٦٠ ضربة.

. ندخل الطبقة الثانية ونكرر من جديد ما فعلناه مع الطبقة الأولى.

. يفك القالب من الماكينة، تقشط المونة الزائدة ثم ينعم سطح العينة.

- معالجة العينات

- توضع القوالب في مكان درجة حرارته = ٢٣ ± ٢ (د. م.)، ورطوبته النسبية لا تقل عن ٩٠ (٪)، وتغطى القوالب لمنع تبخر الماء ثم تفك بعد ٢٤ ساعة.
- تحفظ العينات في حوض من الماء في درجة حرارة = ٢٣ ± ٢ (د. م). حتى يحين موعد اختبارها، ويراعى تجديد نصف الماء كل ١٥ يوم.
- ترفع العينات من الماء قبل موعد اختبارها المحدد بخمس عشرة دقيقة على الأكثر، ثم تمسح أسطحها بقطعة قماش مبللة لإزالة ما علق بها من ماء ثم توزن العينة ويسجل الوزن.

- د - اختبار مقاومة الثني والضغط

نجري الاختبارات بعد عمر ٣، ٧ و٢٨ يوم، حيث تلخص نتائج الاختبارات في الجدول التالي :

جدول رقم ٢٣ : لتلخيص نتائج تجربة الثني والضغط.

رقم العينة	وزن العينة	الكثافة	تجربة الثني			تجربة الضغط			
			القوة (ن)	الإجهاد (ن/مم٢)	معدل الإجهاد	القوة (كن)		الإجهاد (ن/مم٢)	معدل الإجهاد
	(غ)	(غ/سم٣)							
١									
٢									
٣									
٤									
٥									
٦									
٧									
٨									
٩									

يتم تحديد مقاومة الثني والضغط حسب المعادلات التالية :

إجهاد الثني : $\sigma_b = (3/2)\ (FL/a^3)$

إجهاد الضغط : $\sigma_c = F/a^2$

مع العلم إن :

- المسافة بين الركيزتين هي L = ١١٥ (مم) كما يمكن قياس هذه المسافة على الجهاز.

- a = ٤٠ (مم) وهي عرض وارتفاع العينة (أو المنشور).
- حيث F= القوة القصوى عند كسر العينة.

٤ - التجارب الخاصة بالفصل الثالث

١/٤ - التجربة رقم ٧ : تجربة المناخل (٢ أسبوع أو ٤ ساعات) :

يجب القيام بتجربتين أو ثلاث تجارب لتحليل التدرج الحبيبي للرمل ولنوعين من الحصى كالتالي :

- ـ تجربة على الرمل :
- ـ تجربة على الحصى (٨/٣ + ٢/١) بوصة،
- ـ تجربة على الحصى (٤/٣) بوصة.

هذه التجارب هامة لمعرفة التدرج الحبيبي للركام ويمكن استعمال نتائجها لتصميم الخلطات الخرسانية حيث يجب إن يكون وزن العينة كالتالي :

- الرمل = من ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ (غ)
- الحصى (٨/٣ + ٢/١) = 5000 (غ)
- الحصى (٤/٣) = 8000 إلى ١٠٠٠٠ (غ)

وتتم عملية النخل باستعمال مناخل مختلفة الفتحات. وتجرى تجربة النخل كالتالي :

- صف المناخل فوق بعضها البعض بحيث يكون المنخل الأكبر فتحة من فوق.
- توضع العينة في المناخل ثم توضع المناخل في جهاز الهز.
- تتم عملية النخل بتشغيل الجهاز حوالي ٢ دقيقة.
- أما بالنسبة للحصى فعملية النخل تتم يدويا وباستعمال كل منخلين إلى ثلاث مناخل مع بعضها البعض.

صورة رقم ١٦ : منظر عام عن منخلين لنخل الركام الخشن.

أ ـ نتائج تجارب نخل الرمل :

جدول رقم ٢٤ : لتلخيص وحساب نتائج نخل الرمل.

رقم المنخل	فتحة المنخل(مم)	مجموع المسموك (غ)	نسبة مجموع المسموك (٪)	مجموع المار (٪)
4	4 . 75			
10	2 . 00			
20	0 . 850			
40	0 . 425			
أو رقم 50	٠,٣٠٠			
80	0.180			
100	0.150			
200	0.075			
	وزن العينة الأصلي			

ولإيجاد نسبة المسوك :

نقسم المسوك على وزن العينة الأصلية ثم يضرب الناتج × ١٠٠ ٪ ،

وبعد ذلك نستخرج مجموع المار وذلك بطرح المسوك. يتم رسم منحنى التدرج الحبيبي على الرسم البياني الخاص به.

ب ـ نتائج تجارب النخل على الحصى (الحصى (٨/٣ + ٢/١)) :

نقوم بأخذ كمية من الحصى (٨/٣ + ٢/١) تساوي (٥٠٠٠) غرام ونوجد كل من مجموع المسوك ونسبة المسوك ونسبة المار على كل المناخل المختلفة حيث تتم التجربة بنفس الخطوات لنخل التراب ونتائج تجربة النخل يمكن كتابتها في الجدول التالي :

جدول رقم ٢٥ : لتلخيص وحساب نتائج نخل الحصى الناعمة.

فتحة المنخل (مم)	مجموع المسوك (غرام)	نسبة مجموع المسوك (٪)	نسبة المار (٪)
٨/٥			
٢/١			
٨/٣			
٤/٣			
رقم ٤			
رقم ١٠			
رقم ٢٠			
وزن العينة الأصلي	٥٠٠٠		

يتم رسم منحنى التدرج الحبيبي على نفس الرسم البياني مع الرمل.

ج ـ نتائج تجربة النخل على الحصى (٤/٣)

تجرى التجربة الثالثة على حصى (٤/٣) حسب الوقت المتاح، توزن العينة وليكن وزنها من ٨٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ (غرام)، وبعد إجراء التجربة بنفس الخطوات في الأولى والثانية، تسجل النتائج في الجدول التالي:

جدول رقم ٢٦ : لتلخيص وحساب نتائج نخل الحصى الخشنة.

فتحة المنخل (مم)	مجموع الممسوك (غ)	نسبة مجموع الممسوك (٪)	مجموع المار (٪)
1			
3/4			
5/8			
1/2			
3/8			
1/ 4			
4			
10			
وزن العينة الأصلي			

بعد ذلك يتم رسم منحنى التدرج الحبيبي على نفس الرسم البياني مع الرمل والحصى الناعم.

٥ - التجارب الخاصة بالفصل الخامس

١/٥ – التجربة رقم ٨ : خلط الخرسانة وقياس الهبوط على الخرسانة الطرية (٢ أسبوع أو ٤ ساعة)

بعدما يتم حساب الكميات المراد خلطها (الإسمنت، الماء، الرمل، الركام)، توضع هذه العينات في الخلاطة أو في عربة الخلط، إذا أردنا خلطا بالطريقة اليدوية، ثم يتم الخلط على الجاف قليلا حتى يتم التمازج بينها. وبعد ذلك يتم إضافة الماء بالكمية المطلوبة ويتم خلطها لمدة لا تقل عن عشر (١٠) دقائق بعد إضافة الماء. يتم أخذ عينة بعد توقيف الخلاطة تصلح للقيام بالتجارب اللازمة عليها ومنها :

أ - تجربة الهبوط :

وتجربة الهبوط هي عملية تحديد قابلية التشغيل للخرسانة وهي هامة، وجهاز قياس الهبوط هو عبارة عن مخروط ناقص (صورة رقم ٧ صفحة ٦٩)، يتم إدخال الخرسانة على (٣) أو(٤) طبقات وتدمك كل طبقة ٢٥ ضربة شاملة لجميع الأطراف. وبعد الانتهاء يتم تسوية سطح المخروط بالمسطرين، ثم نقوم

بسحب المخروط بشكل رأسي ونقوم بوضعه على القاعدة الصغرى ووضع قضيب الدمك فوقه بشكل متزن ثم أخذ القياس من أعلى نقطة في الخرسانة المنهارة.

مثال: بالنسبة للخرسانة المسلحة يجب إن تكون هذه المسافة من ١٠٠ ± ٢٥ مم فإذا قلت عن ٧٥ مم فالخلطة جافة قليلاً وإذا كانت أكبر من ١٢٥ مم فإن الخلطة طرية أكثر من اللازم.

ب - قياس درجة الحرارة

نغتنم الفرصة عند خلط الخرسانة لنقوم بقياس درجة الحرارة حيث يتم تحديدها عمليا بمقياس خاص. فحسب المواصفات القياسية السعودية إذا زادت درجة حرارة الخرسانة عن ٣٣ د.م. فيجب تبريدها لأن الحرارة تتسبب في تبخر سريع للماء داخل الخرسانة وهذا يتسبب في ضعفها.

ج - صنع العينـــات

عند تجهيز الخلطة الخرسانية نقوم بأخذ عينات من هذه الخلطات بعد قياس الحرارة وإجراء تجربة الهبوط. ثم يتم وضع الخرسانة الطرية في قوالب:

- مكعبة وهي ذات المقاسات ١٥٠×١٥٠×١٥٠ مم (انظر الصورة رقم ١٠ صفحة٦٦).
- اسطوانات ذات المقاسات التالي: القطر= ١٥٠مم والارتفاع = ٣٠٠ مم.

يتم تجهيز القوالب قبل صب الخرسانة حسب الخطوات التالية :

- يتم التأكد من نظافة القوالب من المخلفات الخرسانية العالقة بها أو الغبار بفرشاة حتى تكون نظيفة تماماً وجاهزة للاستخدام.
- يتم التأكد من إن جميع المسامير مشدودة بشكل جيد حتى نحافظ على الأبعاد الصحيحة للقوالب وبالتالي الحصول على عينات سليمة وجيدة.
- يتم وضع الزيت الخاص على القوالب حتى لا تلتصق الخرسانة بها ويجب إن تكون كمية الدهان مناسبة حتى لا تؤثر على الخرسانة في حالة الزيادة عن الحاجة.
- توضع القوالب على أرض مستوية حتى لا تتسبب في اختلاف أبعاد العينة ولا ميلاً لها في أطرافها.

وعند صب الخرسانة داخل القوالب يجب اتباع الخطوات التالية :

- نقوم بإدخال الطبقة الأولى من الخرسانة داخل القالب (حيث توضع الخرسانة على ثلاث طبقات).

- نقوم بدمك الطبقة الأولى بقضيب مكعب مستطيل للقوالب المكعبة أو قضيب أسطواني للقوالب الأسطوانية وتدمك ٣٥ مرة على سائر الطبقة بشكل متساو.
- نقوم بضرب جوانب القالب بمطرقة مطاطية ١٥ ضربة لكل جهة ٤ ضربات والأخيرة تضرب ثلاث مرات.
- نقوم بوضع الطبقة الثانية وندمكها بنفس الطريقة كما فعلنا في الطبقة السابقة بحيث لا يصل قضيب الدمك إلى قاع القالب ولكن يخترق أعلى الطبقة السفلية. ثم نقوم بنفس الخطوات للطبقة الثالثة والأخيرة.
- نقوم بأخذ المسطرين، حيث يكون طوله أكبر من عرض القالب، يتم الضغط على العينة من المنتصف ثم سحب المسطرين إلى الجوانب مع الضغط حتى يقوم بسد الفراغات وجعل السطح مستوياً ما أمكن وإزالة الزائد.
- نقوم بوضع غطاء بلاستيكي على العينات لكي تحافظ على رطوبتها ونقلل من تبخر الماء.
- يتم فك القوالب بعد صنعها بحوالي ١٦ ساعة إلى ٢٤ ساعة، ثم كتابة تاريخ الصنع ورقم العينة ومكان الصنع عليها.
- يتم وضع العينات في حوض مملوء بالماء حتى موعد تكسيرها سواء كان بعد ٣، ٧، ٢٨ يوم من صنعها.

د - الخلطات التي يمكن تنفيذها:

- خلطة أولى بنسبة قليلة من الماء بحيث يكون الهبوط= ٥ مم
- خلطة ثانية بنسبة أكبر من الماء بحيث يكون الهبوط= من ٥٠ إلى ١٠٠ مم
- خلطة ثالثة بنسبة ماء أكبر بحيث يكون الهبوط> ١٢٥ مم

٢/٥ – التجربة رقم ٩ : كسر العينات الخرسانية في تجربة الضغط (٢ أسبوع أو ٤ ساعة)

أ - فك وحفظ العينات

بعد فك العينات من القوالب يكتب عليها تاريخ الصنع ورقم العينة ورقم الخلطة ثم توضع في حوض الماء في درجة حرارة = ٢٣ ± ١,٧ (د.م.) وهذه العينات تبقى في الحوض حتى موعد التكسير في تجربة ضغط. عندما يحين موعد التجربة يتم إخراج مجموعة العينات المرقمة والمراد تكسيرها، حيث يتم تجفيفها لمدة لا تزيد عن نصف ساعة ثم يتم وزنها وتؤخذ قياساتها الحقيقية.

ملاحظة:

تختلف مقاسات العينات عن بعضها البعض بنسب بسيطة حيث إن المكعبات هي ذات مقاس ١٥٠×١٥٠× ١٥٠ (مم) مع بعض الفروقات البسيطة.

بعد أخذ القياسات، ينظف سطح فك جهاز الضغط وتوضع فيه العينة المكعبة على السطحين الأملسين في الوسط بحيث يلتقي محور العينة مع محور الجهاز. يتم إقفال باب السلامة، ثم تشغيل الجهاز. أما في القوالب الأسطوانية فهناك عملية إضافية تتمثل في أنه يتم عمل طبقة من الكبريت المسخن حتى يصبح سائلاً ثم وضعه على قاعدتي الاسطوانة حيث إن هاتين الطبقتين (الغطاءين) يتصلبان بسرعة ويكون السطح أملس عند القيام بتجربة الضغط للعينات وبالتالي يكون الحمل موزعا على كامل سطح العينة وتكون النتائج دقيقة.

تسجل كل القياسات في الجدول الخاص بالنتائج :

ب - كسر العينات

صورة رقم ١٧: جهاز الضغط للعينات الخرسانية المكعبة، حيث ترى العينة داخل الجهاز.

عند العمر المطلوب لإجراء تجارب الضغط على العينات نقوم بإخراج العينات المطلوبة من الأحواض، ونقوم بقياس أبعادها ومن ثم يتم وزنها وبعد ذلك يتم كسر العينة حسب الخطوات التالية :

ـ يتم إخراج المكعبات الخرسانية من الماء وذلك بعد ٧ أو١٤ أو٢٨ يوم ثم نجففها ونأخذ القياسات (الطول والعرض والارتفاع) ثم نسجل هذه البيانات في الجدول، ونأخذ الوزن وكذلك نسجله في نفس الجدول وبعد ذلك يتم نقل العينة إلى جهاز الضغط.

ـ ندخل العينة في وسط الجهاز ثم نوصل الجهاز بالكهرباء ونقوم بإدخال البيانات التالية للجهاز : نضغط الأمر (Enter) ثم ندخل الطول ثم (Enter) ثم العرض ثم نضغط (Enter)، ندخل التاريخ ثم (Enter) ، ندخل رقم العينة ثم (Enter)، ثم نضغط الأمر (Set) ، وبعد ذلك يقوم الجهاز بالتحميل على العينة أوتوماتيكيا حيث إن التحكم في التجربة يكون بواسطة الجهاز. تضغط العينة حتى يتوقف عند درجة معينة بعد كسر العينة ثم ندون النتيجة في الجدول مع العلم إن التجربة تكون على ثلاث عينات من كل عمر.

جـ - الحسابات

- بعد الانتهاء نقوم بتنظيف الجهاز وفصل الكهرباء عنه، وبعد ذلك نقوم بإجراء الحسابات ويتم تدوينها في نفس الجدول الخاص بالنتائج وهي كالآتي :

الحجم = الطول × العرض × الارتفاع (سم^{٣}).

المساحة = الطول × العرض (مم^{٢}).

الإجهاد = (حمل الضغط عند الكسر / المساحة) (ن / مم^{٢}).

الكثافة = (الوزن / الحجم) (غ / سم^{٣}).

٦ - التجارب الخاصة بالفصل السادس

١/٦ – التجربة رقم ١٠ : تجربة الشد على الفولاذ (أسبوع أو ٢ ساعة)

تختص هذه المواصفات القياسية باختبار الشد للمنتجات من الصلب التي تكون أقطارها متساوية أو أكبر من أربعة مم أو بسمك مساو أو أكثر من ثلاث مم. ولا تختص باختبار الأنابيب وذلك حسب المواصفات السعودية.

أ) تجهيز قطعة الاختبار:

تكون قطعة الاختبار إما مشغلة أو غير مشغلة طبقا لما تنص عليه مواصفات السلعة موضوع الاختبار.

- قطع اختبار مستديرة المقطع:

- القطر $\geq$ ٣٠ مم : ينطبق محور قطع الاختبار على محور العينة.
- القطر من ٣٠ وحتى ٧٥ مم : لا تقل أقرب مسافة بين محور قطعة الاختبار وسطح العينة الخارجي عن ١٥ مم.
- القطر $>$ ٧٥ مم : يقع محور قطعة الاختبار عند منتصف المسافة بين السطح الأقرب ومحور العينة.

- قطع اختبار مستطيلة المقطع:

- تؤخذ قطعة الاختبار من الألواح بحيث يكون محورها الطولي عموديا على اتجاه الدلفنة.

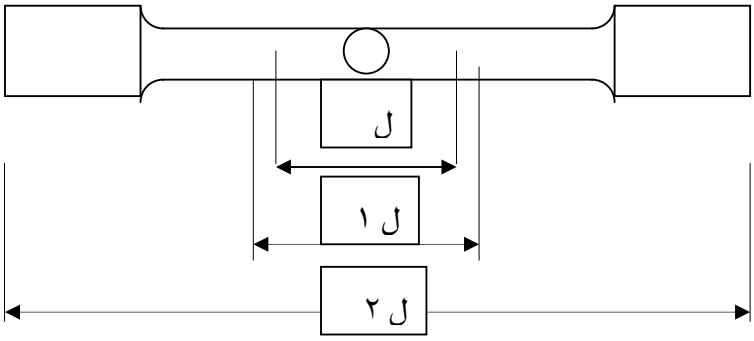
ب) شكل وأبعاد قطعة الاختبار:

تكون العلاقة بين طول القياس الأصلي ومساحة المقطع كالاتي:

$$ل = ك \times م$$

حيث : ك = ثابت يساوي ٥,٦٥ لقطع الاختبار الصغيرة و ١١,٣ لقطع الاختبار الطويلة.

تؤخذ قطع الاختبار القصيرة أو الطويلة طبقا لما تنص عليه مواصفات السلعة المختبرة. وتشغل أو تصنع قطع الاختبار ذات المقطع المستعرض الدائري أو المستطيل تبعا للرسومات الموضحة في الشكل التالي:



الشكل رقم ٥ : قطعة اختبار مشغلة حسب المواصفات القياسية السعودية.

ويبين كل من الجدول رقم ٢٧ والجدول رقم ٢٨ ، أمثلة لأبعاد قطع اختبار متناسبة للاسترشاد بها.

جدول رقم ٢٧ : أمثلة لأبعاد قطع اختبار متناسبة ذات مقطع مستعرض دائري:

مساحة المقطع المستعرض	القطر ق	التفاوت في القطر	قطعة الاختبار الصغيرة		قطعة الاختبار الطويلة		أدنى نصف قطر لقوس الانتقال
			ل	ل١(حد أدنى)	ل	ل١(حد أدنى)	
مم٢	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم
١٢,٥	٣,٩٩	0.02	20	22	40	42	٤
٢٥,٠	٥,٦٤	0.03	28	31	56	59	5
٥٠,٠	٧,٩٨	0.04	40	44	80	84	8
١٠٠,٠	١١,٩٨	0.06	56	62	١١٢	118	10
١٥٠,٠	١٣,٨٢	0.07	69	76	١٣٨	145	13
٢٠٠,٠	١٥,٩٦	0.08	80	88	١٦٠	168	15
٤٠٠,٠	٢٢,٥٦	0.13	١١٣	124	٢٢٦	237	23.7

جدول رقم ٢٨ : أمثلة لأبعاد قطع اختبار متناسبة ذات مقطع مستعرض مستطيل:

مساحة المقطع المستعرض	سمك قطعة الاختبار أ	عرض قطعة الاختبار ب	*قطعة الاختبار القصيرة*		*قطعة الاختبار الطويلة*	
			ل	ل١	ل	ل١
مم^{٢}	مم	مم	مم	مم	مم	مم
٥٠	٥	١٠	٤٠	٥٠	٨٠	٩٠
٨٠	٥	١٦	٥٠	٦٥	١٠٠	١١٥
١٢٠	٦	٢٠	٦٠	٨٠	١٢٠	١٤٠
١٤٥	٧	٢٢	٧٠	٩٠	١٤٠	١٦٠
٢٠٠	٨	٢٥	٨٠	١٠٥	١٦٠	١٨٥
٢٥٠	١٠	٢٥	٩٠	١١٥	١٨٠	٢٠٥
٣١٠	١٠	٣١	١٠٠	١٣٠	٢٠٠	٢٣٠
٣١٢	١٢	٢٦	١١٠	١٢٥	٢٠٠	٢٢٥
٤٥٠	١٥	٣٠	١٢٠	١٥٠	٢٤٠	٢٧٠
٥٤٠	١٨	٣٠	١٣٠	١٦٠	٢٦٠	٢٩٠

ويكون طول العينة مستطيلة المقطع كما جاء في الجدولين السابقين، على ألا تقل المسافة بين طرفي كلابتي ماكينة الاختبار عن (٦,٨٨ مم) في حالة قطع الاختبار القصيرة والطويلة، أما بالنسبة لقطع الاختبار مستديرة المقطع فتكون هاتان القيمتان ٦ ق و١٢ ق على التوالي.

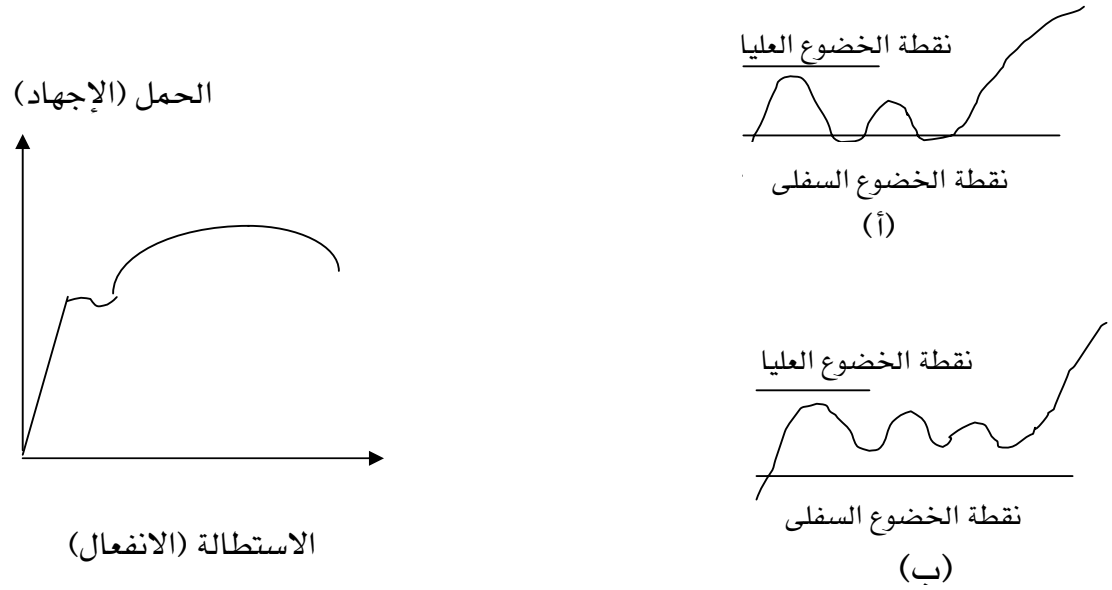
ج) ماكينة اختبار الشد و جهاز قياس الاستطالة:

يجب إن تكون ماكينة اختبار الشد عالية الدقة، كما يجب إن تكون مصحوبة بشهادة معايرة معتمدة، على إن تجرى معايرتها دوريا خلال فترات التشغيل بحيث لا تزيد هذه الفترة بأية حال على السنة. كما يجب إن يكون جهاز قياس الاستطالة ذا حساسية عالية بحيث يبين استطالة قدرها ٠,٠٥ (٪) من طول القياس الأصلى على الأقل.

د) طريقة الاختبار:

يجري اختبار الشد عند درجة حرارة محيطة تتراوح ما بين ١٥ و٣٠ د.م.

تثبت قطعة الاختبار بكلابات مناسبة بحيث يكون التحميل محوريا بقدر الإمكان. وعند تعيين إجهاد الخضوع أو الصمود (الضمان)، تحمل قطعة الاختبار تدريجيا وبمعدل منتظم بحيث لا يزيد عن ٣٠ (ن/مم^{٢}.ث) أثناء نطاق المرونة.



الشكل رقم ٦ : منحنى الإجهاد والانفعال. (أ) و(ب) بيان منطقة الخضوع حسب النتائج.

هـ) الحسابات والنتائج:

تعتبر القيمة المتوسطة للمساحات المطلوبة عند ثلاث نقاط في منطقة القياس (وهي طرفا طول القياس ومنتصفه)، مساحة للمقطع المستعرض الأصلي لقطعة الاختبار.

- ويحسب إجهاد الخضوع الأعلى والأدنى من العلاقتين التاليتين:

إجهاد الخضوع الأعلى= جع = (ح$_{١}$/م)، حيث ح$_{١}$ = حمل الخضوع الأعلى

إجهاد الخضوع الأدنى = جد = (ح$_{٢}$/م)، حيث ح$_{٢}$ = حمل الخضوع الأدنى

م= المساحة الأصلية للمقطع المستعرض في منطقة القياس.

- ويعين إجهاد الصمود عند استطالة لاتناسبية أو استطالة كلية طبقا لما تنص عليه مواصفات السلعة المختبرة.

- مقاومة الشد: تحسب مقاومة الشد من المعادلة:

جش = ($ح_{٣}$/م)، حيث جش = مقاومة الشد.

$ح_{٣}$ = الحمل الأقصى.

م = المساحة الأصلية للمقطع المستعرض في منطقة القياس.

- ويتم تحديد طول القياس النهائي بدقة ± ١٪ بعد اتصال جزئي للقطعة المكسورة عند موضع الكسر ليكونا على استقامة واحدة.

- وتحسب النسبة المئوية للاستطالة بعد الكسر حسب المعادلة التالية:

س = ($ل_{٣}$ – ل)/ ل X ١٠٠٪، حيث س = النسبة المئوية للاستطالة بعد الكسر.

ل = طول القياس الأصلي.

$ل_{٣}$ = طول القياس النهائي بعد الكسر.

كما تحسب النسبة المئوية للنقص في مساحة المقطع المستعرض، ويراعى في ذلك قياس أصغر قطر في حالة قطع الاختبار ذات المقطع المستعرض المستديرة، وأصغر عرض وأصغر سمك لأدنى مقطع مستعرض في حالة قطع الاختبار المفلطحة.

الجدارة :

معرفة كيفية الإجابة عن أمثلة من الامتحانات الذاتية بالاعتماد على المراجعة فقط.

الأهداف :

في نهاية هذا الملحق يكون الطالب قادرا على :

- معرفة الإجابة الصحيحة على مختلف الأسئلة.
- التأكد من إن مراجعته قد كانت عامة وشملت كل المقرر العملي والنظري.
- الخروج بحوصلة أخيرة لأهم العناصر المذكورة.

مستوى الأداء المطلوب :

أن يعرف الطالب كيف يجيب على أهم الأسئلة الخاصة بالمذكرة خلال الامتحان. وكيف يتمسك بالمعلومات الهامة التي سيستعملها فيما بعد في المقررات اللاحقة وفي حياته العملية بالمواقع.

الوقت المتوقع لكل امتحان ذاتي :

٢ ساعات.

الوسائل المساعدة :

- المراجعة الذاتية لكامل الفصول.
- آلة حاسبة.

متطلبات الجدارة :

معرفة كاملة للمنهج ولكل ما جاء في هذه الحقيبة.

١ - مقدمة

في هذا الملحق يوجد ثلاث امتحانات ذاتية ليتدرب عليها الطالب للامتحانات النهائية، إلى جانب الأسئلة والتمارين المطروحة في كل فصل. حيث يكون هذا الامتحان الذاتي شاملا لكامل محتويات المقرر ويغطي كامل المنهج. وعلى الطالب محاولة الإجابة على هذه الامتحانات بدون الاعتماد على المذكرة، بل يجب عليه الاعتماد على مراجعته الخاصة.

هذا ويمكن إن تكون بعض الأسئلة متكررة من التمارين السابقة داخل الفصول المختلفة.

٢ - امتحان ذاتي رقم ١

الموضوع الأول : حول الإسمنت.

١ - أذكر طرق صناعة الإسمنت وأيها يستعمل بكثرة في المصانع بالمملكة ؟

٢ - أذكر أنواع الإسمنت المصنفة حسب المواصفات (م. ق. س.) ؟

٣ - ما أنواع الإسمنت الممكن استعمالها في الحالات التالية ؟

- لصب قواعد مبنى في تربة مشبعة بماء عالي التركيز من الجبس.
- لصب الأجزاء والعناصر العلوية لأي مبنى.
- لصب خرسانة في عنصر إنشائي سميك وبكميات عالية من الخرسانة.

الموضوع الثاني : حول الركام.

٤ - لدينا عينة من الحصى، حيث قمنا بإجراء تجربة مقاومة التآكل فحصلنا على النتائج الملخصة في الجدول التالي :

العينة	الوزن الأصلي (غ)	الوزن المتبقي على منخل رقم ١٢ (غ)	نسبة التآكل (٪)
عينة من الحصى	٥٠٠٠	٤٠٠٠	

- حدد نسبة التآكل للركام ؟
- هل يصلح هذا الركام لصنع خرسانة عالية المقاومة ؟ اشرح لمإذا ؟

الموضوع الثالث : أسئلة عامة

٥ - ما المياه الممكن استعمالها لخلط الخرسانة، وبمإذا يجب إن تختص هذه المياه ؟

٦ - ما المياه المسموح استعمالها في خلط الخرسانة ؟

٧ - أي المواد الإضافية التي يمكن استعمالها في الحالات التالية :

- لزيادة في كثافة الخرسانة وبالتالي التقليل من نفاذيتها ؟
- لصب الخرسانة في طقس حار ؟
- لتحسين قابلية التشغيل للخرسانة والتمكن من ضخها في أنابيب على ارتفاع كبير ؟
- لصب الخرسانة في طقس بارد ؟

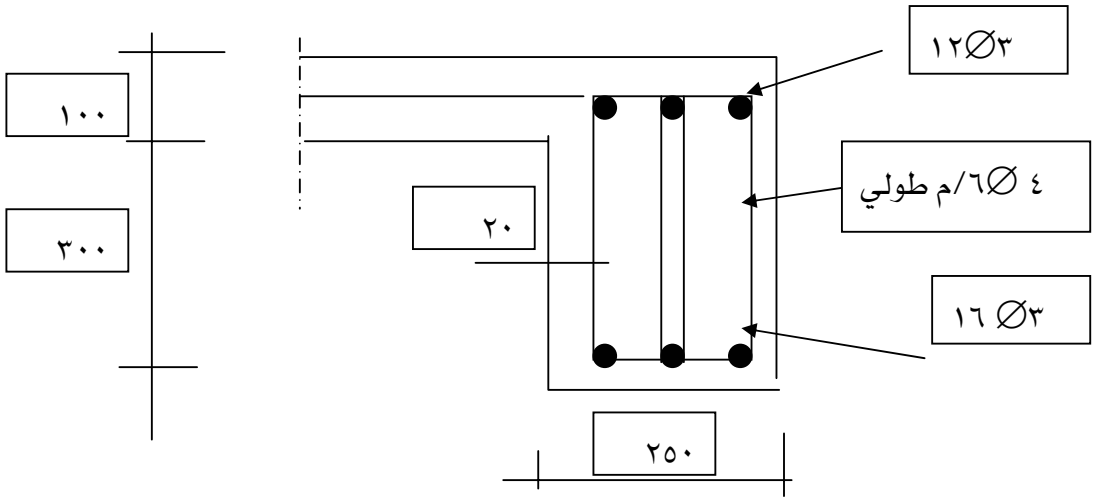
٨ - ما أهم التجارب لقياس قابلية التشغيل للخرسانة (أذكر تجربتين) ؟

٩ - ما العناصر التي تؤثر على خواص الخرسانة الطرية ؟

١٠ - ما أهم خاصية للخرسانة المتصلبة حسب رأيك ؟ اشرح اختيارك ؟

١١ - أذكر العناصر المؤثرة على خواص الخرسانة المتصلبة ؟

١٢ - حدد المقاس الاعتباري للركام الذي نستعمله لصب العنصر الإنشائي ذي المقطع التالي :



الموضوع الرابع : أسئلة عامة

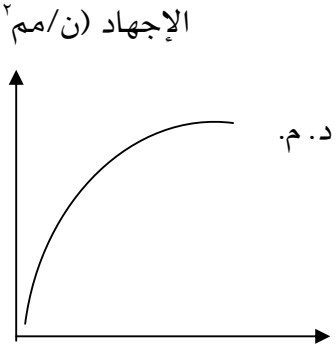
١٣ - تم صنع عينات مكعبة مقاس (150x150x150 مم) من خرسانة خ 25. و بعد ٢٨ يوما تم كسر هذه العينات في تجربة ضغط و النتائج التي حصلنا عليها تم تلخيصها في الجدول التالي :

رقم العينة	وزن العينة (غ)	الكثافة (غ/سم^3)	مقاومة الضغط (كن)	الإجهاد (ن/مم^2)
١	٨٥٦٢		٦٧٥	
٢	٨٦٠٧		٧٢٠	
٣	٨٥٠٦		٨١٠	

- هل تعتبر هذه الخرسانة مطابقة لمتطلبات خرسانة (خ ٢٥) ؟

- لو أردنا تحسين مقاومة الخرسانة مإذا تقترح للحصول على خرسانة صنف (خ ٥٠) ؟

١٤ -اشرح الرسم التالي :



- ارسم المنحنيين إذا كانت درجة حرارة الجو تساوي ١٥ و ٤٠ د. م.

٣ - امتحان ذاتي رقم ٢

الموضوع الأول : حول الإسمنت.

١ - ما المواد الخام المستعملة في صناعة الإسمنت، أذكر طرق صناعة الإسمنت المختلفة ؟

٢ - ما أنواع الإسمنت المصنفة من طرف م. ق. س. ؟

٣ - ما أنواع الإسمنت الممكن استعمالها في الحالات التالية ؟

- لصب أساسات وقواعد مبنى في مدينة ساحلية كمدينة جدة.

- لصب الأجزاء والعناصر الفوقية لنفس المبنى.

الموضوع الثاني : حول الركام.

٤ - لدينا عينة من الحصى، حيث قمنا بإجراء تجربة مقاومة التآكل على العينة فكانت النتائج التالية:

العينة	الوزن الأصلي (غ)	الوزن المتبقي على منخل رقم ١٢ (غ)	نسبة التآكل (٪)
عينة رقم ١	٥٠٠٠	٤١٢٣	

- حدد نسبة التآكل لهذا الركام ؟
- هل هذا الركام يصلح لصنع خرسانة عادية أم عالية المقاومة ؟ اشرح لمإذا ؟

الموضوع الثالث : أسئلة عامة

٥ - ما المياه المحضورة في خلط الخرسانة ؟

٦ - لو كانت لديك مياه أو حصى أو رمل مشكوك في جودتها ، كيف يمكن التأكد من مدى صلاحية هذه المواد؟

٧ -أي المواد الإضافية يمكن استعمالها في الحالات التالية :

- لزيادة مقاومة الخرسانة ؟
- لصب الخرسانة في طقس حار وبكميات كبيرة ؟

٨ - أذكر التجارب لقياس قابلية التشغيل للخرسانة ؟ أيها يفضل استعمالها للمواقع؟

٩ - ما هي العناصر التي تؤثر على خواص الخرسانة الطرية ؟

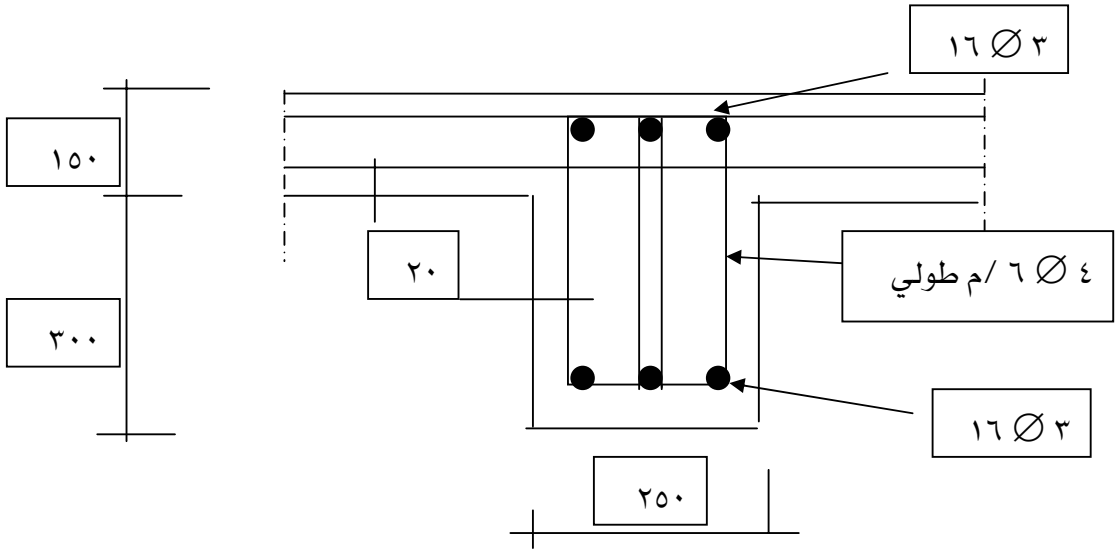
١٠ - مإذا تعني الاختصارات التالية :

OPC, SRC, RHPC, MSRC, LHPC.

١١ - اربط بسهم بين العناصر التالية وأسماءها العلمية :

- أكسيد الحديد	C_3A
- ألومينات ثلاثي الكالسيوم	C_2S
- أكسيد السيليكون	CaO
- سيليكات ثنائي الكالسيوم	SiO_2
- أكسيد الكالسيوم	Fe_2O_3
- حديدي ألومينات رباعي الكالسيوم	C_3S
- سيليكات ثلاثي الكالسيوم	C_4AF
- أكسيد الألمنيوم	Al_2O_3

١٢ - حدد المقاس الاعتباري للركام الذي نستعمله لصب العنصر الإنشائي ذو المقطع التالي :

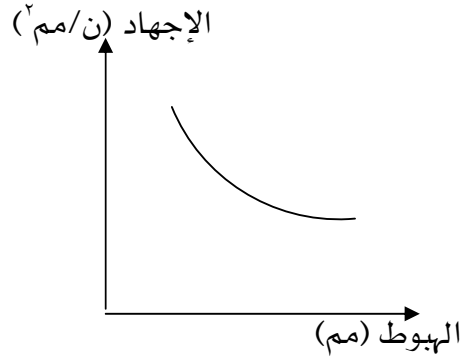


١٣ -تم صنع عينات مكعبة مقاس (150x150x150 مم) من خرسانة خ ٣٠، وبعد ٢٨ يوما تم كسر هذه العينات في تجربة ضغط، والنتائج التي حصلنا عليها تم حوصلتها في الجدول التالي :

رقم العينة	وزن العينة (غ)	الكثافة (غ/سم^3)	مقاومة الضغط (كن)	الإجهاد (ن/مم^2)	ملاحظات
١	٨٤٧٥		٧٧٣		
٢	٨٥١٢		٧٨٠		
٣	٨٥٢١		٨٨٧		

- هل تعتبر هذه الخرسانة مطابقة لمتطلبات خرسانة (خ ٣٠) ؟
- مإذا تقترح لتحسين مقاومة الخرسانة ؟

١٤ - اشرح الرسم التالي :



- *اشرح المنحنى السابق.*
- ارسم المنحنيين إذا كانت كمية الإسمنت ٤٠٠ و ٢٠٠ (كغ /م^3) إذا كان المنحنى لكمية = ٣٠٠ (كغ /م^3).

٣ - امتحان ذاتي رقم ٣ (حول العملي فقط)

الموضوع الأول : حول الإسمنت.

١ - قمنا بتجربة لتحديد العجينة القياسية فكانت النتائج المبينة في الجدول التالي :

نسبة الماء (٪)	٢٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨
المسافة Δh (مم)	٣٧	٢٨	١٩	٩	١

١/١ - ما الجهاز الذي نستعمله لتحديد العجينة القياسية ؟

٢/١ -ارسم المنحنى (المسافة بين الإبرة وقاع القالب) حسب نسبة الماء ؟

٣/١ - استخرج نسبة الماء المطلوبة من المنحنى للحصول على العجينة القياسية وذلك حسب المواصفات ق. س. ؟

٢ - أجرينا تجارب على العجينة القياسية المذكورة لقياس زمن الشك فكانت النتائج التالية:

الوقت	٨:٠٠	9:00	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	13:00
الـــــزمن (د)	0	60	120	150	180	210	240	300
مســـــافة Δh (مم)	0	0	0	2	11	24	32	39

١/٢ - حدد من هذا الجدول مدة بداية ونهاية زمن الشك ؟

٢/٢ - هل هذا النوع من الإسمنت مطابق للمواصفات السعودية ؟ اشرح لمإذا ؟

الموضوع الثاني : حول الركام.

٣ - لدينا عينة من الركام الناعم وقمنا بتجارب النخل عليها فكانت النتائج التالية :

فتحة المنخل (مم)	مجموع المسوك (غ)	نسبة مجموع المسوك (٪)	نسبة مجموع المار (٪)
٤,٧٥	٠		
٢,٠٠	١٠٠		
٠,٨٤٠	١٩٠		
٠,٤٢٠	٦٩٠		
٠,١٥٠	٨٢٠		
٠,٠٧٥	٩٧٠		
الوزن الأصلي	١٠٠٠		

١/٣ - احسب نسبة مجموع المار و ارسم منحنى عينة الرمل.

٢/٣ - اشرح كيف نجري تجربة النخل لرسم التدرج الحبيبي للركام ؟

٣/٣ - هل هذا النوع من الرمل يصلح لصناعة الخرسانة ؟ اشرح ذلك ؟

الموضوع الثالث : أسئلة عامة

٤ - أردنا إن نتأكد من مطابقة الإسمنت للمواصفات القياسية ؟

١/٤ - ما التجارب التي عليك القيام بها ؟

٢/٤ - صنعنا من هذا الإسمنت منشورات (40 x 40 x 160 مم)، حيث تم كسرها في تجربتي الثني والضغط وكانت النتائج ملخصة في الجدول التالي :

رقم	وزن	كثافة	تجربة الثني			تجربة الضغط		
	(غ)	(غ/سم^3)	قوة (ن)	إجهاد (ن/مم^2)	معدل (ن/مم^2)	قوة (كن)	إجهاد (ن/مم^2)	معدل (ن/مم^2)
١	٥٦٩		٢١٥٠			٧٥		
٢	٥٧٢		٢٣٥٠			٧٨		
٣	٥٨٦		٢٣٠٠			٧٧		

٣/٤ - بعد إجراء الحسابات اللازمة، حدد هل هذا الإسمنت مطابق للمواصفات السعودية إذا علمنا إن هذا الإسمنت من نوع البورتلاندي العادي وقوانين إجهاد الثني والضغط هي كالتالي :

إجهاد الثني : $\sigma_b = (3/2)\ (FL/a^3)$

إجهاد الضغط : $\sigma_c = F/a^2$

مع العلم إن :

المسافة بين الركيزتين هي L = ١١٥ (مم)

٥ - صنعنا عينات خرسانية مكعبة مقاس (150x150x150 مم)، ثم أجرينا عليها تجارب الضغط فكانت النتائج التالية :

رقم	وزن	كثافة	قوة	إجهاد	معدل الإجهاد
	(غ)	(غ/سم^3)	(كن)	(ن/مم^2)	(ن/مم^2)
١	٨٥٢٠		٨٥٦		
٢	٨٤٧٢		٨٩٢		
٣	٨٤٩٦		٩٠٢		

١/٥ - اشرح الطريقة التي يتم بها صنع هذه العينات الخرسانية المكعبة ؟

٢/٥ - احسب الكثافة والإجهاد لهذه العينات ؟

٣/٥ - لو أردنا إجراء تجربة لقياس قابلية التشغيل مإذا علينا إن نفعل، اشرح خطوات التجربة ؟

٤/٥ - ما الغرض من قياس قابلية التشغيل للخرسانة في الحياة العملية بالمواقع ؟

1- MENSI R. and KALLEL A, Les materiaux de construction, polycope for the Civil engineering materials course. College of Engineering, University Tunis II. First edition 1987.

2- MENSI R. and KALLEL A., Catalogue sur les materiaux locaux et les procedes de construction en Tunisie, Heliafric, Tunis, 1993 (ISBN : 9973 - 17 - 350 - 3).

3- MENSI R. and KALLEL A. from ENIT- University Tunis II
"Production of cement with Tunisian slag", published in "Les Annales Maghrebines de l'Ingenieur", Vol. 7, No 1, April 1993, pp. 107-119.

4- KALLEL A., "Temperature effects on durability of cracked and repaired concrete structure", presented in the seminar on "Building deterioration in the Arab word and methods of repair", February 29 to March 3/1992, Riyadh Saudi Arabia.

5- Ben AMARA K. and KALLEL A., "Socio-Economical aspects of Desert sand dunes use in building constructions", presented in the seminar "The International Conference On Desert Development in the Arab Gulf Countries", March 23-26/1996, organized by the University of Damascus-Engineering Faculty, at Kuwait-State of Kuwait.

6- MURDOCK L. J., BROOK K. M. and DEWAR J. D. Concrete (materials and practice), sixth edition, Edward Arnold, London 1991.

7- JACKSON N. and DHIR R. K. Civil Engineering Materials, Fourth edition, MacMillan, 1988.

8- DERUCHER K. N. and KORFIATIS G. P. Materials for Civil and Highway Engineers, Prentice Hall, New Jersey, 1988.

9- DOUGLAS Winslow, Experiments with construction materials – A laboratory manual, McGraw-Hill Publishing Company, 1990.

10- FREDERICK S. M., Standard Handbook for Civil Engineers, McGraw-Hill Book Company, Labrary of Congress Cataloging in Publication Data, 1983.

11- Annual Book of ASTM Standards, Section 4, Volume 04.01 : Cement; Lime; Gypsum, Printed in Easton MD, USA, 1998.

12- Annual Book of ASTM Standards, Section 4, Volume 04.02 : Concrete and Aggregates, Printed in Easton MD, USA, 1998.

13- NEVILLE A.M., Properties of concrete, Pitman Publishing, Great Britain, 1973.

14- BUNGEY J. H., The testing of concrete in structures, Surrey University Press, Chapman and Hall, First published 1982.

١٥ - د. روحي الشريف، مواد البناء، الطبعة الأولى، عمان ١٩٨٣.

١٦ - د. محمد راتب سطاس و د. أندراوس سعود، مواد البناء واختباراتها، الطبعة الخامسة، جامعة دمشق ١٩٩٤.

١٧ - عبد العزيز محمد المشاري، الإسمنت: الصناعة والإنتاج، مكتبة الملك فهد الوطنية، ١٩٩٤.

١٨ - المواصفات العامة لتنفيذ المباني، وزارة الأشغال العامة والإسكان، المملكة العربية السعودية، الطبعة الأولى ١٩٨٢.

١٩ - د. أحمد فوزي يوسف، البيدولوجي: نشأة ومورفولوجيا وتقسيم الأراضي، عمادة شؤون المكتبات – جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية، الطبعة الأولى ١٩٨٧.

٢٠ - د. إبراهيم عبيدو، الجيولوجيا الهندسية والخرائط الجيولوجية، منشأة المعارف، الإسكندرية، الطبعة السادسة، ١٩٦٩.

٢١ - الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس، اختبار الشد للصلب، م. ق. س. ١٩٧٩/١٠٧.

٢٢ - الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس، أسياخ الصلب لتسليح الخرسانة، م. ق. س. ١٩٧٩/٢.

٢٣ - الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس، طرق أخذ عينات الخرسانة الطازجة، م. ق. س. ١٩٨٣/٣٩١.

٢٤ - الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس، طرق اختبار ركام الخرسانة –الجزء الأول - التحليل المنخلي، م. ق. س. ١٩٨١/٢٤٩.

٢٥ - الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس، طرق الاختبار الفيزيائية والميكانيكية للإسمنت البورتلاندي، م. ق. س. ١٩٧٩/١٤٢.

٢٦ - أ.د. إبراهيم علي الدرويش ود. عبد الوهاب عوض، الخلطات الخرسانية، دار الراتب الجامعية، ١٩٨٦.

الموضوع	الصفحة
- الفصل الأول : الحجارة الطبيعية	١
١/١ - مقدمة	٢
٢/١ - أقسام الحجارة	٢
١/٢/١ - الصخور الاندفاعية	٢
٢/٢/١ - الصخور الرسوبية	٤
٣/٢/١ - الصخور المتحولة	٥
٣/١ - أنواع المعادن	٥
١/٣/١ - معادن الصخور النارية	٦
٢/٣/١ - معادن الصخور الرسوبية	٧
٤/١ - استعمالات الحجارة	٨
٥/١ - اختبارات الحجارة	٩
٦/١ - أسئلة وتمارين حول الفصل الأول	١٢
- الفصل الثاني : الإسمنت	١٣
١/٢ - تعريف الإسمنت	١٤
٢/٢ - صناعة الإسمنت	١٤
١/٢/٢ - استخراج المواد الخام	١٤
٢/٢/٢ - تحضير وخلط المواد الخام	١٤
٣/٢/٢ - تخزين المواد الخام	١٥
٤/٢/٢ - حرق المواد في الفرن	١٥
٥/٢/٢ - الطحن والحصول على الإسمنت	١٦
٣/٢ - أنواع الإسمنت	١٧
٤/٢ - خواص الإسمنت	١٨
١/٤/٢ - الخواص الكيميائية	١٨
٢/٤/٢ - الخواص الفيزيائية	١٨

٣/٤/٢ - الخواص الميكانيكية ٢١
٥/٢ - التوريد والتخزين ٢٢
١/٥/٢ - التوريد ٢٣
٢/٥/٢ - التخزين ٢٣
٦/٢ - ضبط الجودة ٢٤
١/٦/٢ - الاختبارات الدورية ٢٤
٢/٦/٢ - الاختبارات المطلوبة ٢٤
٧/٢ - تصنيف الإسمنت لمواصفات الأوربية ٢٥
١/٧/٢ - الإسمنت البورتلاندي ٢٥
٢/٧/٢ - الإسمنت الخبثي ٢٥
٣/٧/٢ - الإسمنت البوزولاني ٢٥
4/٧/٢ - الإسمنت عالي نسبة الألمنيوم أو الإسمنت الألوميني ٢٥
٨/٢ - قطاع صناعة الإسمنت في المملكة ٢٦
١/٨/٢ - تطور قطاع الإسمنت في المملكة العربية السعودية ٢٦
٢/٨/٢ - مثال عن مراحل إنشاء شركة بيشة ٢٧
٩/٢ - أسئلة وتمارين حول الفصل الثاني ٣٢

- الفصل الثالث : الركام ٣٥
١/٣ - مقدمة ٣٦
٢/٣ - مصادر الركام ٣٦
٣/٣ - خواص الركام ٣٧
١/٣/٣ - الخواص الكيميائية ٣٧
٢/٣/٣ - الخواص الفيزيائية ٣٧
٣/٣/٣ - الخواص الميكانيكية ٣٩
٤/٣ - المواد الضارة ٤٠
١/٤/٣ - المواد المترسبة ٤١
٢/٤/٣ - المواد العضوية ٤١

٣/٤/٣ - المواد الضارة بتصلب الخرسانة ٤٢
٤/٤/٣ - مركبات الكبريت ٤٢
٥/٤/٣ - التفاعل القلوي للركام ٤٢
٥/٣ - أنواع وأقسام الركام ٤٣
١/٥/٣ - الركام الخفيف ٤٣
٢/٥/٣ - الركام العادي ٤٣
٣/٥/٣ - الركام الثقيل ٤٤
٦/٣ - شروط المقاس الاعتباري الأكبر للركام ٤٤
٧/٣ - أسئلة وتمارين حول الفصل الثالث ٤٤

- الفصل الرابع : ماء الخلط والمواد المضافة ٤٩
١/٤ - ماء الخلط ٥٠
١/١/٤ - مقدمة ٥٠
٢/١/٤ - الماء المستعمل في الخلط ٥٠
٣/١/٤ - المتطلبات ٥١
٤/١/٤ - التوريد والتخزين وضبط الجودة ٥١
٢/٤ - المواد المضافة ٥٢
١/٢/٤ - الأنواع المختلفة للمواد الإضافية ٥٣
٢/٢/٤ - متطلبات عامة يجب توفرها في المواد المضافة ٥٥
٣/٤ - أسئلة وتمارين حول الفصل الرابع ٥٦

- الفصل الخامس : الخرسانة ٥٧
١/٥ - مقدمة ٥٨
٢/٥ - الخرسانة الطرية ٥٨
١/٢/٥ - خواص الخرسانة الطرية ٥٨
٣/٥ - الخرسانة المتصلبة ٦٥
١/٣/٥ - خواص الخرسانة المتصلبة ٦٦

٢/٣/٥ - أقسام الخرسانة حسب المواصفات السعودية ٦٨
٣/٣/٥ - العناصر المؤثرة في مقاومة الخرسانة ٦٩

- الفصل السادس : المواد المعدنية المستعملة في التشييد ٧١
١/٦ - مقدمة ٧٢
٢/٦ - حديد الصب ٧٢
١/٢/٦ - حديد الصب الأبيض ٧٢
٢/٢/٦ - حديد الصب الرمادي ٧٣
٣/٢/٦ - حديد الصب الرمادي ذو المقاومة العالية ٧٣
٢/٢/٦ - حديد الصب المطاوع ٧٣
٣/٦ - الفولاذ ٧٣
١/٣/٦ - طريقة بسمر وتوماس ٧٤
٢/٣/٦ - طريقة مارتين ٧٤
٣/٣/٦ - طريقة الفرن الكهربائي ٧٤
٤/٦ - تأثير الفحم على بعض خواص الفولاذ ٧٥
٥/٦ - حديد التسليح ٧٦
١/٥/٦ - أصناف أسياخ الصلب حسب م. ق. س. ٧٦
٢/٥/٦ - المتطلبات ٧٦
٣/٥/٦ - البيانات الإيضاحية والاختبار ٨٠
٦/٦ - تمارين خاصة بالفصل السادس ٨١
-
- الملحق ١ : التجارب المعملية ٨٥
١ - مقدمة ٨٦
٢ - التجارب الخاصة بالفصل الأول ٨٦
٣ - التجارب الخاصة بالفصل الثاني ٨٩
٤ - التجارب الخاصة بالفصل الثالث ١٠٠
٥ - التجارب الخاصة بالفصل الخامس ١٠٣

٦ - التجارب الخاصة بالفصل الالسادس ١٠٨
- الملحق ٢ : الامتحانات الذاتية ١١٣
١ - مقدمة ١١٤
٢ - امتحان ذاتي رقم ١ ١١٤
٢ - امتحان ذاتي رقم ٢ ١١٤
٢ - امتحان ذاتي رقم ٣ (خاص بالعملي فقط) ١١٩

المراجع ١٢٣

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS