

تصميم الخلطات الخرسانية

⌘ اعداد

⌘ المهندس رضا طاهر محمود

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمة تصميم الخلطات الخرسانية يعني تحديد القيم النسبية لمكوناتها بما يتفق مع المتطلبات المرغوبة لعم

ل معين .
ويكون ذلك باستخدام نسب ثابتة فاعليتها من الخبرة وتسمى بالنسبة الوضعية وقد يكون بطرق حسابية مبني
ية على اساس فني تتضمن خواص المواد المستخدمة والخواص المطلوبة في الخرسانة المتصلدة (مثل مد
ى المقاومة للأحمال ومقاومة للبري) والاشتراطات التي تتطلبها خطوات صناعة الخرسانة مثل السهولة
لمناسبة للصبو والتسوية النهائية (التشطيب) لسطح الخرسانة .

وذلك مع مراعاة التكاليف الاقتصادية حسب نوع العمل الانشائي المطلوب ,
وهذه الطرق الحسابية تهدف الى استخدام المواد الموجودة لنحصل منها على خرسانة ذات خواص مطلوبة في
ي الحالتين الطرية والمتصلدة وذلك بأقل التكاليف ويمكن اعتبار ان مقاومة الخرسانة للضغطين مدى ج
ودة الخرسانة المتصلدة كماتعبر قيمة الهبوط عن مدى جودة الخرسانة الطرية .

ويعتبر تحديد نسب الخلطة الخرسانية من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة وعلى اقتصاديات الم

شروع .
فمن الممكن الحصول على خرسانات متبانية في جودتها و ثمنها بالرغم أن جميعها تتكون من نفس المواد .
ويعتمد الاقتصاد النسبي للخلطات الخرسانية على أثمان مكوناتها وعلى أجور العمال وتكاليف النقل لتلك الم
كونات . ويعتبر الاسمنت أحد المكونات الأساسية للخرسانة والذي تؤثر نسبة وجودته في الخلطة تأثيرا كبي
ر على تكاليفها نظر الارتفاع ثمنه بالنسبة لباقي مكونات الخلطة ,
وهنا مضافات اخرى للخلطة الخرسانية عد المكونات الأساسية للخرسانة (الركام الخشن والركام الناعم
عجينة الاسمنت) ,

والمضافات عادة يتم استخدامها للحصول على صفات معينة للخرسانة في حالتها الطرية والمتصلبة وس
وفي يتم التطرق بشيء من التفصيل عن مكونات الخلطة الخرسانية الأساسية والمضافات الخرسانية الأخر
ى من خلال الفصل الاول للبحث والفصل الثاني سيكون فيه تفاصيل عن تصميم الخلطات الخرسانية والطرق
المستخدمة في تصميم الخلطات الخرسانية ذات المقاومة العادية والخرسانة عالية المقاومة .

المحتويات

الفصل الاول

١ - مكونات الخلطة الخرسانية الأساسية. ٢ - المضافات الخرسانية.

الفصل الثاني ١ - كيفية تحديد وبيان نسب ومكونات الخلطة الخرسانية. ٢ -
العلاقة بين الركام والعجينة الأسمنتية. ٣ - طرق تصميم الخلطات الخرسانية. ٤ -
تصميم الخلطات الخرسانية عالية المقاومة.

الفصل الاول

مكونات الخلطة الخرسانية

مكونات الخلطة الخرسانية الأساسية هي الأسمنت والركام (ركامنا عمور كما مشن) والماء وفي حالات أخرى ممكن ان يكون لدينا هناك مكونات أخرى للخلطة الخرسانية وهي الإضافات الكيميائية استخدمها حيث يتم لغرض تحسين بعض الصفات للخرسانة وسوف نتناول بشيء من التفصيل المكونات المذكورة في أعلاه لتكون لدينا صورة واضحة عن تلك المكونات التي نتعامل معها طوال حياتنا العملية وكما يلي:-

أولاً:- مكونات الخلطة الأساسية:-

١ - الأسمنت كما

هو معروف فأن مادة الأسمنت لها خواص تلاحق وتصلب من خلال هذه الخاصية تتمكن من ربط الأجزاء أو المكونات الأخرى للخلطة الخرسانية بكتلة صلبة. و التفاعل الكيميائي بين الماء والأسمنت هو ما يسمى بعملية الأماهة هي التي تعطي الخواص التلاحقية لعجينة الأسمنت الناتجة عن التفاعل ومركبات الأسمنت الأساسية هي أربعة:-

١ - سليكات ثنائي الكالسيوم - C_2S ٢ - سليكات ثلاثي الكالسيوم - C_3S - الومينات ثلاثي الكالسيوم - C_3A ٤ - الومينات حديد رباعي الكالسيوم - C_4AF ومقاومة الأسمنت مسؤول عنها بصورة رئيسية مركب سليكات ثنائي الكالسيوم وسليكات ثلاثي الكالسيوم المركب سليكات ثلاثي الكالسيوم ميثا ركب سليكات ثلاثي الكالسيوم في المقاومة المبكرة خلال الـ ٢٨ يوماً الأولى أما مركب سليكات ثلاثي الكالسيوم فله دور في اكتساب المقاومة بعد الـ ٢٨ يوماً الأولى وبعد مرور سنة يتساوى إلى مركبان في تطوير المقاومة , أما المركبان الومينات ثلاثي الكالسيوم والومينات حديد رباعي الكالسيوم فلهما تأثير أقل على المقاومة مع أن الـ ومينات ثلاثي الكالسيوم له دور في زيادة المقاومة المبكرة.

وبالاعتماد على نسب المركبات الأساسية الواردة الذكر يمكن إنتاج أنواع عديدة من الأسمنت البورتلاندي من هذا الأنواع:-

- ١ - الأسمنت البورتلاندي العادي . ٢ - الأسمنت البورتلاندي المنخفض الحرارة . ٣ - الأسمنت البورتلاندي سريع التصلب . ٤ - الأسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات . وهذه الأنواع لكل منها خواصها واستعمالاته . ٢ =

الركام هو أصل الركام لها الدور الكبير في تحديد قوة ومتانة الخرسانة حيث أن الركام يمثل بحدود ٧٥% من الحد

جم الكلي للخلطة الخرسانية. والركام يصنف الى ركام خشن ور كامناعم,
والركام الناعم هو الذي يمر من منخل رقم ٤
والمقصود به هو المنخل الذي فيه اربعة فتحات لكل انج طولو الركام الخشن هو الذي لا يمر من منخل منخل
رقم ٤. وكثافة الخرسانة التي يستعمل فيها ركام طبيعي هي بحدود ٢٣٠٠ كغم/م^٣.

ثانياً:- المضافات الخرسانية او لا:- هي مواد تضاف الى الخلطة الخرسانية أثناء

عملية الخلط بكميات قليلة جدا لغرض اعطاء الخرسانة الطرية او الخرسانة المتصلبة خواص معينة وكما يلي:
١- تحسين القدرة على ضخ الخرسانة. ٢- زيادة المقاومة المبكرة للخرسانة
٣- تحسين قابلية التشغيل للخرسانة الطرية بدو ناضافة ماء يتجاوز النسبة التصميمية. ٤-
التعجيل أو التأخير في زمن التصلب. ٥- الحد من حدوث الانفصال الحبيبي. ٦-
تحسين خواص الخرسانة المتصلدة مثل مقاومة البري. ٧-
الحصول على خرسانة غير منفذة للماء أو خرسانة خلوية أو خرسانة ذات صفات خاصة. ٨-
الحصول على خرسانة ذات مقاومة عالية.

ثانياً:- هناك شروط وطبجبال التزام بها في حالة استخدام المضافات الخرسانية وهي :-
١- من الضروري جدا ان لا يكون لها تأثير اضرار على الخرسانة او حديد التسليح. ٢-
ضرورة التأكد من مدى ملائمة وفاعلية الإضافات المستخدمة بواسطة خلطات تجريبية. ٣-
في حالة استخدام نو عين او اكثر من المضافات في نفس الخلطة الخرسانية يجب ان تتوفر معلومات مفصلة وواضحة
عن مدى تداخلهما والتوافق فيما بينهم. ٤-
يجب عدم اضافة كلوريد الكالسيوم او الاضافات التي اساسها من الكلوريدات بتاتا الى الخرسانة المسلحة او الخرسانة
مسبقة الجهد او الخرسانة بها معادن من ضمنها. ٥-
من الضروري ان تناسب يكون هناك بين الفوائد الناتجة من استخدام الاضافات مع الزيادة في التكاليف. ٦-
يجب ان يتم توريد المضافات الخرسانية على شكل عبوات داخل براميل او او عية مغلقة باحكام وان يكون مكتوب
عليها بالتفصيل نوع المادة واسمها التجاري وتاريخ الإنتاج ومدة الصلاحية بالإضافة الى خواص المادة ومدى
مطابقتها للمواصفات القياسية المعمول بها,
و ضرورة تخزين المادة بطريقة تحميها من اشعة الشمس والحرارة والرطوبة. ثالثاً:-
هناك العديد من المضافات الكيميائية التي يتم استخدامها مع الخرسانة وتقسّم الى المجموعات التالية:- ١-
اضافات الهوا المحبوس. ٢- اضافات لمنع نفاذ الماء بالخرسانة. ٣- اضافات لتلوين الخرسانة. ٤-
اضافات لمقاومة اجتراف الاسمنت بفعل الماء. ٥-

اضافات تخفيض نسبة الماء والتحكم في التصالب (يوجد منها سبعة أنواع)

٦- توجد اضافات اخرى مختلفة.

وهناك تفاصيل كثيرة اخرى عن موضوع المضافات السابقة الذكر وهناك التطرق اليها باختصار واعطاء نبذة مختصرة عن انواعها و الأغراض الأساسية لاستخدامها.

الفصل الثاني

تصميم الخلطات الخرسانية

١- كيفية تحديد وبيان نسب ومكونات الخلطة الخرسانية

- أ- الخلطة الخرسانية مكوّنات من المواد الحبيبية وهي الاسمنت والركام الصغير والركام الكبير عادة على هيئة نسب بالوزن او بالحجم فمثلا يقال خلطة بنسبة ٤:٢:١ هذه معناها الاسمنت: الرمل: الحصى: ٤
- أي تحتوي على جزء من الاسمنت وجزئين من الرمل وأربعة أجزاء من الحصى, وتفضل ان تكون تلك النسب بالوزن لعدم إمكانية التحديد الدقيق لكمية الأسمنت بالحجم أيضا الركام نتيجة تغير الكمية التي يستوعبها حجم معين بتغيير مدى الحد للمستخدم . كما أن الركام الصغير قد يتغير حجمه بتأثير ظاهرة زيادة الحجم بالرطوبة.
- ب- وقد تبين نسبة المواد الحبيبية كنسبة بين الاسمنت وستة أجزاء ركام بالوزن هذه النسبة مدى غنى او افتقار الخرسانة فالخلطة بنسبة ٤:١ تعتبر خلطة غنية أما الخلطة بنسبة ٨:١ تعتبر خلطة فقيرة . ج-
- وقد تبين نسب المواد الحبيبية بما يحويه المتر المكعب من الخرسانة الطرية من الاسمنت والركام الصغير والركام الكبير على أن يبين الاسمنت بالوزن الركام بالحجم تسهيلات تحضير الكميات عند الخلط فمثلا نسب الخلطة

ط. أسمنت = ٣٠٠ كيلو غرام رمل = ٠.٥ متر مكعب وحصى =

٠.٨ متر مكعب ومجموع هذه الكميات يعطي تقريبا متر مكعب من الخرسانة الطرية بعد خلطها بالماء - كما يمكن ان يتم التعبير عن الأسمنت بعدد الاكياس للمتر المكعب من الخرسانة الطرية وهذا العدد يسمى معام ل الاسمنت فمثلا خلطة يحتوي المتر المكعب منها على ٦ اكياس اسمنت (وزن الكيس الواحد ٥٠ كيلو غرام) وخطا اخرى يحتوي المتر المكعب منها على ٨ اكياس أو خلطة فقيرة يحتوي المتر المكعب منها على ٤ اكياس. أسمنت = ٦ اكياس رمل = ٣٠.٤ م^٣ حصى = ٣٠.٨ م^٣

هـ -

تبيين كمية الماء اللازمة للماء للخلطة على هيئة نسبة من الأسمنت بالوزن فمثلا خلطة بها نسبة الماء الى الأسمنت ت = ٠,٥ بالوزن , فاذا علموزن الأسمنت في المتر المكعب للخرسانة

الطرية أمكن تعيين وزن الماء اللازم له لأجراء الخلط بالتالي يمكن تعيين حجم ذلك الماء بالتر. وأحيانا قد تبين ن كمية ماء الخلط اللازم لمتر المكعب من الخرسانة الطرية مباشرة فمثلا: - الاسمنت = ٣٠٠ كغم ورمل = ٤,٤ م^٣ والحصى = ٠,٨ م^٣ والماء = ١٥٠ لتر أي أن المتر المكعب من الخرسانة الطرية لهذه الخلطة يلزم له ٣٠٠ كغم اسمنت (٦ اكياس) و ١٥٠ لتر ماء , وتحسب الكميات المطلوبة من المواد لأي خلطة تبعد الاعداد الأمتار المكعبة الكلية من الخرسانة الطرية. و- يتم بيان كمية الاضافات اوجدت على أساس انها نسبة مئوية من وزن الأسمنت بالخلطة فمثلا خلطة الاسمنت = ٣٠٠ كغمورمل = ٤,٤ م^٣ وحصى = ٠,٨ م^٣ وماء = ١٥٠ لتر بها ٢% مضافات يعني انوزن الاضافات المستخدمة = ٠,٠٢ * ٣٠٠ = ٦ كيلو غرام للمتر المكعب من الخرسانة الطازجة.

٢- العلاقة بين الركام والعجينة الأسمنتية تتكون الخرسانة من عجينة اسمنتية (نشطة) وركام (خامل) وتعتمد مقاومة الخرسانة على مقاومة العجينة حيث ان مقاومة الركام كبير جدا بالنسبة لمقاومة العجينة. ولذلك فان اختيار الخرسانة التقليدية يكون دائما في العجينة ويمر الشرخ حوال الركام. فاذا أمكننا انتاج عجينة ذات مقاومة عالية جدا فننتج ركام مقاومة عالية نحصل على خرسانة عالية المقاومة متو التي يكون الانهيار فيها مفاجيء حيث يمر الشرخ بالركام (وليس حوله). وهنا لا بد من الاشارة الى ان تشغيل خرسانة تنتج من تأثير تشحيم العجينة للركام وتؤثر بمقدار سيولة العجينة. كما تعتمد نفاذية الخرسانة للسوائل على وجود واستمرار العجينة الأسمنتية . وبالإضافة الى ذلك فاننا كما اشارنا الى ان خرسانة الدائم يكون ناتج من العجينة الأسمنتية وليس الركام. والعجينة الاسمنتية تكون عبارة عن معلق للأسمنت في الماء (شكل-٢) و كلما خفت درجته يوضح ان مقاومة الضغط للخرسانة دالة عكسية مع نسبة الماء الى الاسمنت (م/س). و ع ندما تبدأ عملية الاماهة للأسمنت فيتكون نالجل من الماء ومن مادة سطح حبيبات الاسمنت الذي قد يصل حجمه الى

يضعف حجم الاسمنت الناتج منه.
وهكذا مع استمرار الاماهة يستمر تكون الجل حول كل حبيبة حتى يتصل الجل ببعضه مكونا بنية العجينة.

٣- طرق تصميم الخلطات الخرسانية أولاً:-

الطريقة الوضعية تحدد هذا الطريقة نسبة المكونات الخرسانية نتيجة الخبرة السابقة للاستعمال بنجاح .
وقد اثبتت هذا الطريقة ملائمتها وصلاحيتها للعمليات الصغيرة فنظر السهول لتها حيث تعطي المواد الصلبة (الاسمنت, الرمل, الحصى)
على هيئة نسب بالوزن او الحجم وقد تحدد كمية الماء اللازم او تترك لمرعاتها اثناء الخلط بحيث نحصل على خلطة لينة سهلة التشغيل .

ونسب مكونات الخرسانة بالوزن المستخدمة عادة في المنشآت طبقاً لنوع الخرسانة او طبقاً لمقاومة الخرسانة لاضغطه كما يلي:-
الاسمنت الرمال الحصى

خلطة غنية ذات مقاومة عالية ١٢ ١ أينا للأسمنت ١ والركام ٣ خلطة متوسطة ١٢ ٤
أينا للأسمنت ١ والركام ٦ خلطة فقيرة ذات مقاومة منخفضة ١٣ ٥ أينا للأسمنت ١ والركام ٨
وذلك على اساس ان الركام مناسب والماء أقل ما يمكن لجعل الخلطة ذات تقوام مناسب لتكون لدنة.
والنسب الوضعية المستخدمة للأسمنت = س كغم رمل = ٣٠٠.٤ م٣ حصى =
٣٠.٨ م٣ مع كمية الماء المناسبة والمعقولة التي تتر او قيمة الماء كنسبة من الاسمنت (م/س) من
٤,٠ الى ٧,٠ بالوزن ويحدد كميتها بطبيعة العمل . اما كمية الاسمنت (س)
فيحدد هانو العمل والخلطة اللازم له هل هي غنية او فقيرة حيث تتر او كمية (س) من ٢٠٠ الى ٤٠٠
كيلوجراما من ٤ الى ٨ اكياس للمتر المكعب من الخرسانة .

ويحدد كمية الاسمنت وكمية الماء المهندس المسئول عن مواصفات العملية تبعاً لطبيعتها و عيوب هذه الطريقة تتلخص في النقاط الآتية:- ١ - نسبة الماء / الاسمنت (م/س) غير محددة و متر وكثرة لظروف العمل.

٢- النسبة المذكورة لا تعطي متر امكعب في جميع الحالات وقد يصل الحجم احياناً الى ٢, ١ متر مكعب ٣-
نسبة الرمل / الحصى شبه ثابتة وهي ١:٢ مع ملاحظة اهمال نوع الركام و تدرجه و المقاس لا اعتباراً بالاكبر له وكذلك اهمال معايير النعومة للرمل . ٤-

لا يمكن الحصول على بيانات صحيحة لخواص الخرسانة الناتجة وكذلك لا يمكن توقع قيمة دقيقة لمقاومة الضغظ لهذه الخرسانة .

ثانياً: طريقة المحاولة تعتمد هذا الطريقة على معرفة نسبة م/س في الخلطة الخرسانية ويلزم عمل اختبارات مقارنة بين المواد المختلفة والخلطات المتباينة.

وتتطلب هذه الطريقة وجود عينات من الاسمنت والحصى والرمل أما يجب تحديد نسبة م/س وكذلك المقاومة المطلوبة . وفيما يلي ملخص لخطوات تصميم خلطة خرسانية بطريقة المحاولة:

- تؤخذ كمية من الاسمنت في حدود ٢,٥ كغم (٥% من وزن الكيس) -

- تحدد نسبة (م/س) من الخبرة او من المنحنيات البيانية او من الجداول .

- يخلط الاسمنت والماء لتكوين عجينة الاسمنت المكونة من ا,ب . - تحضر كمية

من الرمل الحصى ويفضل استخدام الركام المشبع والسطح جاف كما يراعى الا يزيد المقاس الا اعتباريا لا يزيد عن ٥/١ البعد الاصغر للمقطع وان لا يزيد عن ٤/٣ المسافة بين اسياخ حديد التسليح (ايهما اصغر) . -

يضاف تدريجياً كميات من الرمل والحصى وتخلط الخلطة جيداً ثم يحدد قوام الخرسانة الى ان تصل الى الخلطة التي تعطي القوام المطلوب . - توزن بعد ذلك الكميات المتبقية ومنها تحسب الاوزان المستعملة . -

تحسب الكميات بالوزن والحجم المطلوب لعمل خلطة الخرسانة لموقع العمل. ثالثاً: طريقة الحجم المطلق تفترض هذه الطريقة ان الحجم المطلق للخرسانة هو مجموع الحجوم المطلقة للمواد المكونة للخرسانة اي الحجم المطلق للاسمنت والرمل والحصى والماء كما يلي: حيث : $Absolute\ volume = C/Gs + S/Gs +$

$$= G/Gg + W/1.0 = 1000\ LitersC$$

وزن الاسمنت بالكيلو غراماً اللازم للمتر المكعب من الخرسانة . S

= وزن الرمل بالكيلو غراماً اللازم للمتر المكعب من الخرسانة . G

وزن الحصى بالكيلو غراماً اللازم للمتر المكعب من الخرسانة . W

= وزن الماء بالكيلو غراماً اللازم للمتر المكعب من الخرسانة . Gc ,Gs, Gg

الوزن النسبي للأسمنت والرمل والحصى على التوالي علمياً أو احدهم متر مكعب من الخرسانة = ١٠٠٠ لتر .

وفي هذا الطريقة يميزم تحديد كلا مماياتي طبقا للاشتراطات المطلوبة في مقاومة الخرسانة المتصلدة والاشتراطات المطلوبة في مدى تشغيل الخرسانة الطازجة : ١ - كمية الاسمنت اللازم للمتر المكعب من الخرسانة. ٢ - نسبة الماء الى الاسمنت بالوزن (م/س) او كمية الماء للمتر المكعب من الخرسانة. ٣ - نسبة الركام الصغير الى الركام الكبير في الركام المستخدم. ٤ - الوزن النوعي للاسمنت والركام الكبير والركام الصغير. وتحدد البيانات سالفة الذكر من واقع الخبرة ومن النتائج العملية ومن الاختبار اتمعملية ايانا نحدد قيمة $G/S, W/C, C$ وكذلك نحدد الأوزان النوعية Gg, Cg ثم نطبق المعادلة سالفة الذكر لتعيين وزن كل من الرمل والحصى. واذ اريد بيان النسب بين المكونات الحبيبية للخرسانة بالوزن للاسمنت وبالحجم للركام يميزم معرفة الوزن الحجمي لكل من الرمل والخلط (ايوزن المتر المكعب) وذلك من واقع الخبرة والتجارب. وتوضح تلك الطريقة في المثال التالي:

المطلوب تصميم خلطة خرسانية بحيث تكون الخرسانة الطازجة لدنة القوام بحيث تكون الخرسانة المتصلدة ذات مقاومة للضغط بعد ٢٨ يوم تساوي ٢٤٠ كغم/سم^٢. مع مراعاة ان ركام الخليط المستخدم يميز منه نسبة ٤٠% من المنخل القياسي ١٦/٣ مع العلم بان: الوزن النوعي للاسمنت = ٣,١٥ الوزن النوعي للركام (الرمل او الحصى) = ٢,٦٥ الوزن الحجمي للركام (الرمل او الحصى) = ١٧٠٠ كغم/سم^٣ الحل أ -

تعيين نسبة الركام الصغير (الرمل) الى الركام الكبير (الحصى): يعتبر المار من المنخل القياسي ١٦/٣ هو ال رمل والمحتجز عليه هو الحصى .

اذن يتبين ان النسبة المئوية للرمل في الركام الخليط تساوي ٤٠% وبالتالي الحصى يساوي ٦٠% ملاحظة : هذا النسبة قد تفرض طبقا للخبرة والسوابق العملية - والنسبة الشائعة الاستخدام قد تفرض مباشرة على اساس ٣٣% للرمل اي نسبة الرمل الى الحصى تساوي ١:٢ ب -

تفرض كمية الاسمنت اللازم للمتر المكعب من الخرسانة على اساس مقاومة الخرسانة المتصلدة بعد ٢٨ يوم او على اساسي متطلبات اخرى خاصة بمتانة الخرسانة او الظروف التي تعمل فيها..

العلاقة ومن الخبرة العملية يمكن استخدام هذه : كمية الاسمنت اللازم للمتر المكعب =

مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوم (كغم/سم مربع) + ٥٠ الى ١٠٠ اذن كمية

الاسمنت اللازم للمتر المكعب = ٢٤٠ + ٦٠ = ٣٠٠ كغم / م مكعب ج. - تعيين كمية

الماء اللازم للمتر المكعب من الخرسانة طبقا لمحتوى الاسمنت في الخلطة والمقاس الاعتيادي للركام المست

خدمو كذلك درجة القابلية للتشغيل المطلوبة .
وهذه الكمية قد تفرض مباشرة طبقاً للخبرة أو بالاستعانة بالجدول أدناه في هذا المثال نفرضان (م/س) =
= ٠.٥ اذ كمية الماء للمتر المكعب من الخرسانة = ١٥٠ لتر .

جدول يبين العلاقة بين كمية ماء الخلط ومحتوى الأسمنت

قيمة (م/س)					القياس الاعتراري الأكبر للركام (ملم)
لمحتوى الاسمنت (كغم) لكل متر مكعب خرسانة					
٤٠٠	٣٥٠	٣٠٠	٢٥٠	٢٠٠	
٠.٤٠	٠.٤٧٥	٠.٥٠	٠.٦٠	٠.٧٠	١٠
٠.٣٨٥	٠.٤٢٥	٠.٤٥	٠.٥٥	٠.٦٥	٢٠
٠.٣٧	٠.٣٨٥	٠.٤٢٥	٠.٤٨	٠.٦١	٤٠

د- يحسب تصميم الخلطة الخرسانية كما يلي: وزن الحصى = (٤٠/٦٠) وزن الرمل = ١.٥ وزن الرمل

$$\text{Absolute Volume} = ٣٠٠/٣.١٥ + ١.٥/٢.٦٥ + ١٥٠/١.٠ = ١٠٠٠ \text{ Liters}$$

وزن الرمل = ٨٠٠ كغم

وزن الحصى = ١٢٠٠ كغم

نسب الخلطة الخرسانية بالوزن:

اسمنت	رمل	حصى	ماء
٣٠٠ كغم	٨٠٠ كغم	١٢٠٠ كغم	١٥٠ كغم
١	٢.٦٧	٤	٠.٥

نسبة الخلطة الخرسانية بالحجم: -

اسمنت	رمل	حصى	ماء
٥٠/٣٠٠	١٧٠٠/٨٠٠ م ^٣	١٧٠٠/١٢٠٠ م ^٣	١٥٠ لتر
٦ اكياس	٠.٤٧ م ^٣	٠.٧١ م ^٣	١٥٠ لتر

وهنا لا بد من الإشارة إلى ان تعيين نسبة الرمل إلى الحصى يمكن ان يتم تحديدها على اساس اخرى هامة منها:-
١ - طريقة الكثافة القصوى :-

وفيها يتم عمل خلطات من الركام الجاف فقط تحتوي على نسب مختلفة من الرمل إلى الحصى فمثلا:
٢٠%، ١٠%، ٠%

١٠٠%..... ٤٠%، ٣٠% مع تعيين وحدة الوزن لكل منها ثم نرسم القراءات على منحني ويمكن من هذا المنحنى ايجاد نسبة الرمل التي ستكون عندها وحدة الوزن نهاية قصوى ايا الحصول على أقل نسبة فراغات ممكنة.

٢ - طريقة المساحة السطحية للركام :-

الأساس العلمي في هذه الطريقة هو الربط بين كمية عجينة الأسمنت في الخلطة الخرسانية والمساحة السطحية للركام الذي تغلف أسطحه لأتمام عملية الالتصاق بين حبيباته ومعنى ذلك بانه في الخلطات الخرسانية ذات الركام الصغير المقاس فانه يحتاج لزيادة كمية الأسمنت بسبب زيادة المساحة السطحية لهذا الركام. واحدى طرق التعبير المذكورة

هي استخدام المساحة السطحية للركام الخليط ومقاومة الضغط للخرسانة وذلك بمعرفه مقاومة الضغط المطلقة وبتحديد نسبة الخرسانة أو قدرضا المساحة السطحية للركام الخليط بقيمة تتراوح من ٢٤ الى ٢٦ سم^٢ غم التي تعطي غالبا الاكبر قيمة للمقاومة. وبالتالي نحدد التدرج المطلوب بأونسبة الرمل في الركام الشامل .

٤-

تصميم الخلطات الخرسانية عالية المقاومة الخلطات الخرسانية عالية المقاومة تتميز بوجود عدد كبير من المواصفات التي ينبغي اختيار الكميات والنسب المثلى منها للوصول إلى خرسانة ذات خواص مرغوبة خاصة من ناحية القوة والليونة للتشغيل والمقاومة (المتانة). وتصميم الخلطات الخرسانية عالية المقاومة يعتمد على نوعيتها وجودة

المواد بدرجة أكبر من اعتماده على نسب الخلطة.

وفيما يلي شرح موجز لخطوات تصميم الخلطات الخرسانية عالية المقاومة ١-
١- يتم تقرير استخدام غبار السليكا في الحالات الأتية:- اذا كانت المقاومة المطلوبة أكبر من ٨٠٠ كغم/سم^٢-

عندما تكون الخرسانة قليلة النفاذية ضرورية ومرغوبة . -

في حالة خرسانة الضخ حتى لا يحدث انفصال حبيبي . -

عندما تكون الخرسانة معرضة لملوحة الكوريات ٢-
٢- يمكن فرض محتوى غبار السليكا طبقا لمقاومة الضغط المطلوبة كما هو موضح بالجدول الآتي

مقاومة الضغط للخرسانة كغم/سم ^٢	نسبة غبار السليكا المضاف كنسبة من وزن الاسمنت
٧٠٠ الى ٨٠٠	٥% الى ١٠%
٨٠٠ الى ٩٠٠	١٠% الى ١٥%
٩٠٠ الى ١٠٠٠	١٥% الى ٢٠%
أكبر من ١٠٠٠	٢٠% الى ٢٥%

ويفضل أخذ الحد الأعلى لنسبة غبار السليكا عندما يكون الحصى هو المستخدم في الخلطة أما في حالة استخداما لدولوميت أو الكرانيت فيفضل أخذ الحد الأدنى لنسبة غبار السليكا. ٣- كيف يتم تحديد نوع الاسمنت المستخدم:-

يتم تحديد نوع الاسمنت المستخدم طبقاً لتقرير التربة الخاص بالعملية أو اللوائح التنفيذية للمنشأ وعادة ما يكونا ما اسمنت بورتلاندي عادي أو اسمنت بورتلاندي فائق النوعية أو اسمنت مقاوم للكبريتات. وبصفة عامة فالكفاءة مادة غبار السليكا تكون أكبر في حالة استخدام الاسمنت البورتلاندي العادي بالمقارنة بما في أنواع الاسمنت.

ولا ينصح باستخدام الاسمنت المقاوم للكبريتات إلا في حالة وجود نسبة عالية من أملاح الكبريتات في التربة أو في المياه الجوفية.

أما في الأحوال العادية أو الأحوال التي تكون فيها مقاومة الكلور يداً أهم من مقاومة الكبريتات فينصح باستخدام الاسمنت البورتلاندي العادي. ٤-

يحدد محتوى الاسمنت البورتلاندي في المتر المكعب خرسانة طبقاً لمحتوى غبار السليكا المستخدم كما يلي:

--

محتوى الاسمنت كغم/م ^٣	نسبة غبار السليكا المضاف كنسبة من وزن الاسمنت
٤٥٠	١٥% الى ٢٠%
٤٧٥	٥% الى ١٥%
٥٠٠	عدم وجود غبار السليكا

٥- يتم اختيار نوع المضافات بحيث يكون من النوع المطابق للمواصفات الأمريكية ASTM C ٤٩٤ Type F وفي حالة الحرارة الشديدة أو في حالة طول مدة صب وصناعة الخرسانة فيفضل نوع المضافات المطابق للمواصفات الأمريكية ASTM C ٤٩٤ Type G

-٦

يمكن فرض نسبة المضافات طبقاً لمقاومة الضغط المطلوبة وذلك بعد عمل اختبار تأكيد على خلطة تجريبية تصغيراً للتأكد من توافق المادة مع الاسمنت المستخدم والحصول على المقاومة والقابلية للتشغيل المطلوبتين.

مقاومة الضغط للخرسانة كغم/سم ^٢	نسبة المضافات كنسبة من وزن الاسمنت + غبار السليكا
٤٠٠ الى ٥٠٠	١,٠ الى ١,٥ %
٥٠٠ الى ٦٠٠	١,٥ الى ٢,٥ %
٦٠٠ الى ٧٠٠	٢,٥ الى ٢,٥ %
أكبر من ٧٠٠	٢,٥ الى ٣,٥ %

٧- يتم استخدام الحصى كركام كبير في الخلطة الخرسانية إذا كانت

مقاومة الضغط المطلوبة لا تتجاوز ٧٥٠ او ٨٠٠

كغم/سم^٢ وفي حالة خرسانة ذات مقاومة أكبر من ذلك فمن الضروري باستخدام كسر حجر قوي (دولوميت أو جرانيت)

-٨

يفضل ان لا يزيد المقاس لاعتباريا لأكبر الركام الكبير عن ٢٠ ملمو الركام مقاس ٤ ملمو حتى ١٠ ملم يعطى مقاومة أفضل بشرط ان يكون الركام متدرجاً سليم وقوي. وتقرض النسبة بين الركام الكبير والرمل وفقاً لطريقة كما في حالة الخرسانة التقليدية (عادية المقاومة).

٩- تفرض نسبة الماء الى المواد الاسمنتية (اسمنت +

غبار سليكا) من المعادلة التجريبية الآتية مع مراعاة ان لا يقل وزن الماء عن ٢٢,٠ من وزن المواد الاسمنتية.

علماً بان هذه المعادلة مستنتجة على اساس خرسانة تحتوي على ملدنات وتعطي خلطة لدنة القوام (هبوط = ٨

الى ١٢ سم) وقد تم استنتاج هذه المعادلة بتحليل نتائج أكثر

من ١٥٠ خلطة خرسانية ذات مقاومة تتراوح من ٥٠٠ الى ١١٠٠ كغم/سم^٢

$$W/cm = \log \{ \alpha (1000 - C - SF) / f_c \} / 3 * \log (\beta)$$

حيث:

W/cm	النسبة بين الماء وبين المواد الاسمنتية (الاسمنت+ غبار السليكا)
Fc	هي مقاومة الخرسانة كغم/م ^٢
C	هي وزن الاسمنت في المتر المكعب من الخرسانة-كغم
SF	هي وزن غبار السليكا في المتر المكعب من الخرسانة-كغم
α	عامل يتوقف على نوع الركام الكبير المستخدم ويوساوي ١٣,١٤,١٥ للحصى والجرانيت والدولوميت على الترتيب.
β	عامل يتوقف على نوع الاسمنت ويوساوي ١٠,٥,١٢,١٣,٠ للاسمنت البورتلاندي العادي والاسمنت المقاوم للكبريتات والاسمنت فائق النعومة على الترتيب.

والجدول الاتي يعطي بعض القيم لنسبة الماء الى المواد الاسمنتية وذلك لتحقيق مقاومة مضغ بعد ٢٨ يوم
 = ١٠٠٠ كغم/سم^٣ باستخدام محتوى اسمنت = ٤٧٥ كغم/م^٣.

غبار السليكا كنسبة مئوية من وزن الأسمنت					المقاومة المطلوبة = ١٠٠٠ كغم/سم ^٣ محتوى الأسمنت = ٤٧٥ كغم/م ^٣	
٢٥%	٢٠%	١٥%	١٠%	٥%		
٠.٢١٦	٠.٢٢٤	٠.٢٣١	٠.٢٣٧	٠.٢٤٤	حصى	اسمنت بورتلاندي عادي
٠.٢٢٣	٠.٢٣١	٠.٢٣٨	٠.٢٤٥	٠.٢٥١	حصى	اسمنت مقاوم للكبريتات
٠.٢٦٣	٠.٢٤٤	٠.٢٥١	٠.٢٥٩	٠.٢٦٦	حصى	اسمنت فائق النعومة
٠.٢٣٥	٠.٢٤٢	٠.٢٤٩	٠.٢٥٦	٠.٢٦٢	دولوميت	اسمنت بورتلاندي عادي
٠.٢٤٢	٠.٢٥٠	٠.٢٥٧	٠.٢٦٤	٠.٢٧١	دولوميت	اسمنت مقاوم للكبريتات
٠.٢٥٦	٠.٢٦٤	٠.٢٧٢	٠.٢٧٩	٠.٢٨٦	دولوميت	اسمنت فائق النعومة

- ١٠

يتم تطبيق معادلة الحجم المطلق بنفس الطريقة المتبعة سابقا في حالة الخرسانة عادية المقاومة وذلك لحساب اوزان المكونات المختلفة في المتر المكعب من الخرسانة مع مراعاة فرض قيم الاوزان النوعية للمواد المختلفة اذ
 متنوافر بيانات عنها كما يلي :- الاسمنت = ٣,١٥ غبار السليكا = ٢,١٥ الملدنات =
 ١,١٥ الحصى والرمل ٢,٦٥ الدولوميت = ٢,٧ الجرانيت = ٢,٧

مثال: المطلوب تصميم خلطة خرسانة عالية المقاومة وتحديد الكميات اللازمة لعمل واحد متر مكعب من الخرسانة اذا علم ان:
 - مقاومة الضغط المطلوبة = ٨٠٠ كغم / سم مربع

- الهبوط باستخدام المخروط القياسي = ١٠ سم
- نواع الاسمنت المستخدم هو اسمنت مقاوم للكبريتات
- الركام المستخدم عبارة عن رمل طبيعي حرشود لوميت مقاس ١٤ مم، والتدرج الحبيبي لكل من الرمل والدولوميت كما يلي:

٠,١٥	٠,٣	٠,٦	١,١٨	٢,٣٦	٤,٧٥	١٠	٢٠	فتحة المنخل-مم
-	-	-	-	-	٦	٨٥	١٠٠	دولوميت
٠	١٠	٥٠	٦٥	٨٠	٩٤	١٠٠	-	رمل

تصميم الخلطة

- ١- نسبة غبار السليكا المناظر لمقاومة ٨٠٠ كغم/سم^٢ مع استخدام الدولوميت = ١٠% من وزن الاسمنت.
- ٢- محتوى الاسمنت المناظر لنسبة ١٠% من غبار السليكا = ٤٧٥ كغم/م^٣. اذن وزن غبار السليكا = ٤٧٥ × ١٠% = ٤٧,٥ كغم/م^٣. - نسبة الملدنات المطلوبة = ٣% من وزن المواد الاسمنتية وتكون من النوع ASTM – Type G

$$\text{اذن وزن الملدنات في المتر المكعب} = ٠,٣ \times (٤٧,٥ + ٤٧٥) = ١٥,٦٧٥ \text{ كغم} - \text{بتطبيق معادلة } W / \text{cm} \text{ مع مراعاة ان قيمة } \alpha = ١٥ \text{ وقيمة } \beta = ١٢ \text{ نحصل على نسبة الماء الى المواد الاسمنتية} = ٠,٢٩٤ \text{ ووزن الماء في المتر المكعب} = ٠,٢٩٤ \times (٤٧,٥ + ٤٧٥) = ١٥٣,٦ \text{ كغم}$$

-٥

يتم خلط الركام الكبير مع الركام الصغير بحيث يحقق ان ٣٠% من وزن الركام الخليط يمر خلال المنخل رقم ٤,٧٥. اذن باستخدام النتائج في جدول التدرج نجد ان: ٠,٩٤ وزن الرمل + ٠,٠٦ وزن الدولوميت = ٠,٣٠ (وزن الرمل + وزن الدولوميت) اذن وزن الرمل = ٠,٣٧٥ وزن الدولوميت. ٦- بتطبيق المعادلة الحجم مطلق:

$$٤,٧٥/٣,١٥ + ٤٧,٥/٢,١٥ + ٠,٣٧٥W/٢,٦٥ + W/٢,٧ + ١٥,٦٧٥/١,١٥ + ١٥٣,٦/١ = ١٠٠$$

حيث W هي وزن الدولوميت.

بحل المعادلة نحصل على وزن الدولوميت = ١٢٨٩ كغماذنوزنالرمل = $٠.٣٧٥ \times ١٢٨٩ = ٤٨٣$ كغم٧- ويكونوزنالالمكوناتالمختلفةاللازملةعملواحدمتر مكعبخرسانةهي:-

- وزنالاسمنتالمقاومللكبريتات٤٧٥ كغم
- وزنغبارالسليكا٤٧,٥ كغم
- وزنالدولوميت = ١٢٨٩ كغم
- وزنالرمل = ٤٨٣ كغم
- وزن الملدنات = ١٥,٦٧٥ كغم المطابق للمواصفات ASTM C٤٩٤ Type G - وزن الماء ١٥٣,٦ كغم

خلاصة البحث

خلالالبحثتمتناوالالمكوناتالأساسيةللخاطاتالخرسانية كذلكتم التطرقوبأيجاز عن المضافاتالخرسانيةو الغرض من استخدامهاوبعدذلكوفي الفصل الثانيتمالتعريفعلى طرق تصميم الخلطاتالخرسانيةسواءمن خلالالنسب الوزنيةاو الحجميةاو التجريبية.

ولكن هناو داالأشارةالى انهومن خلالالخبر اتالعمليةوفي مشاريع مختلفةحيثيوجد هناكاساليب عديدةللعمل لوفقتصاميم الخلطاتالخرسانيةالمعتمدةو المتفق عليهاما بين الشركاتالمنفذةو الجهة الأستشاريةالتي تمثلال المالكحيث يتمو حسبنو عالمشرو عومواصفاتو المقاومةالمطلوبةللخرسانة , وعلى هذا الأساس يتم العمل على تصميم خلطة خرسانيةتحقق المقاومةالمطلوبةبعدا اعتمادمصادر الركاموالأسمنت.

وهذه الصيغة تكون في حالةقيامالشر كة بعمل الخلطاتو تجهيز هادونالاعتمادعلى معاملالخرسانةالجاهزة التي من المفروضان تقومهي بأعدادتصاميم الخلطاتالمطلوبةعلى حسب المقاومة,وتكون مسؤولةبصورة مباشرة على التجهيز للمشاريعوتتحمل كافةالتكاليففي حالة عدممطابقةالخرسانةالمجهزة للمواصفاتالمطلوبةمن حيث فحص الهطوالالمطلوبواو فحص مقاومة الأنضغاطللخرسانة.

وواقع الحال العمل لدينا ومن خلال الكثير من الملاحظات نجد حاليا قصور لا يستهان به في هذه الجوانب حيث مو
ضو عا السيطرة على جودة الخرسانة المستخدمة ضعيف ونحن حاليا من خلالنا لاشرفنا على بعض الأعمال نحد
اول جهدنا تطبيق المواصفات والأساليب الهندسية الصحيحة للوصول الى جودة مقبولة في العمل.

ونسأل الله التوفيق والعون للجميع للأداء المخلص المخلص الصادق.

المصادر :-

- ١- الخرسانة..... أ.د محمود امام. ٣ -
- تصاميم المنشآت الخرسانية المسلحة..... د. جمال عبدالواحد فرحان. ٣-
- ادارة وضبط الجودة لمشروعات الخرسانة المسلحة..... د. محمد عبدالله الريدي.