Concrete Technology II

50601212

تكنلوجيا الخرسانة ٢

Lecture 9 : Concrete Mix Design

Dr. Ahmed A. Ahmed

Al-Mustansiriyah University

College of Engineering - Civil Engineering Department

Learning Outcomes

في هذه المحاضرة سنتعرف على:

- تصميم الخلطات الخرسانية Concrete Mix Design
- تحديد وحساب نسب ومكونات الخلطة الخرسانية
- تأثير تحديد نسب الخلط على الكلفة الكلية
- طرق تصميم الخلطات الخرسانية
  - ✓ الطريقة الوضعية Empirical Method
  - ✓ الطريقة القياسية الامريكية ACI 211.1-91

في المحاضرة السابقة – Recap

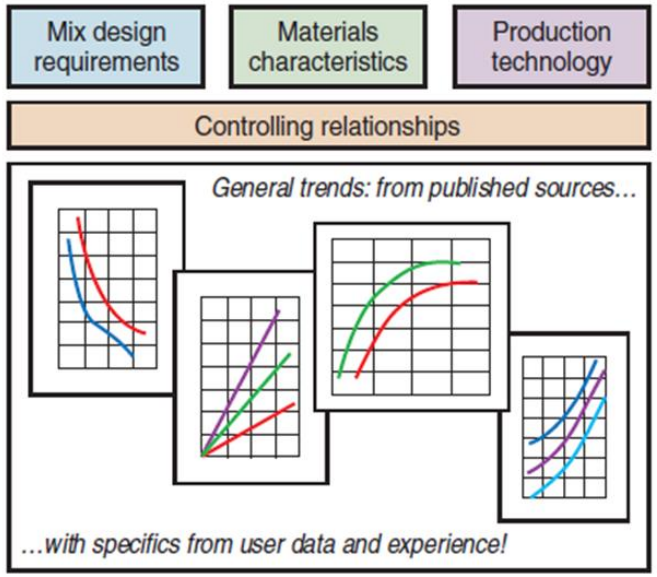
- إن مقاومة الشد في الخرسانة واطئة حيث لا تتحمل اجهادات عالية في الشد ولهذا الغرض يستعمل حديد التسليح فيها لمساعدتها في تحمل الاجهادات وخاصة عند تشققها. وتعتمد مقاومة التماسك بين الكونكريت والحديد على:-

١ - خواص الخرسانة (نوعية الخرسانة ومقاومتها, العمر , درجة الرص , نسبة W/C و درجة الحرارة).

٢ - خواص الحديد(شكل سطحه من حيث وجود نتوءات أم كون الحديد أملس) .

٣ - مساحة التلامس بين الخرسانة والحديد

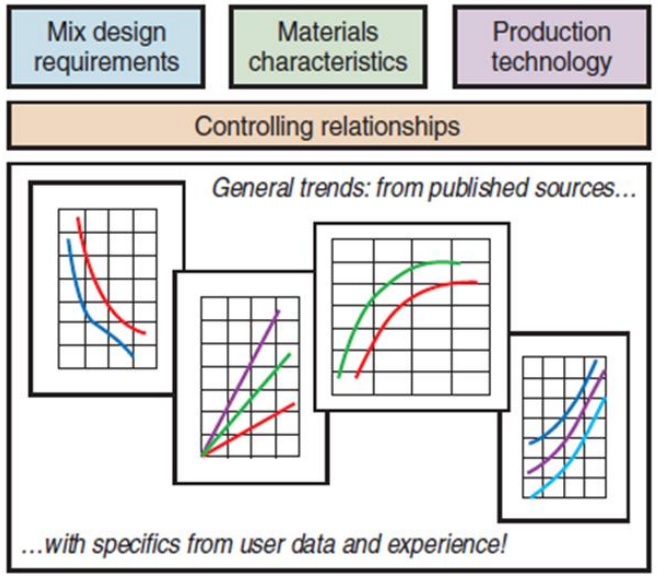
تصميم الخلطات الخرسانية Concrete Mix Design



Mixture proportions	
Water	kg/m³ (lb/yd³)
Cement	kg/m³ (lb/yd³)
Fly ash	kg/m³ (lb/yd³)
Coarse aggregate	kg/m³ (lb/yd³)
Intermediate aggregate	kg/m³ (lb/yd³)
Fine aggregate	kg/m³ (lb/yd³)
Air content	%
Air-entraining admixture	ml (fl oz)
Water-reducing admixture	ml (fl oz)

- تصميم الخلطات الخرسانية يعني تحديد القيم النسبية Proportioning لمكوناتها بما يتفق مع المتطلبات المرغوبة لعمل معين 👈.
- ويكون تصميم الخلطات الخرسانية باستخدام "نسب" ثبتت فاعليتها من الخبرة وتسمى بالنسب الوضعية
- وقد يكون تصميم الخلطات الخرسانية بطرق حسابية مبنية على اساس فني تتضمن خواص المواد المستخدمة والخواص المطلوبة في الخرسانة المتصلبة (مثل مقاومة انضغاط الخرسانة) والاشتراطات التي تتطلبها خطوات صناعة الخرسانة مثل السهولة المناسبة للصب والتسوية النهائية لسطح الخرسانة . وذلك مع مراعاة التكاليف الاقتصادية حسب نوع العمل الانشائي المطلوب

تصميم الخلطات الخرسانية Concrete Mix Design



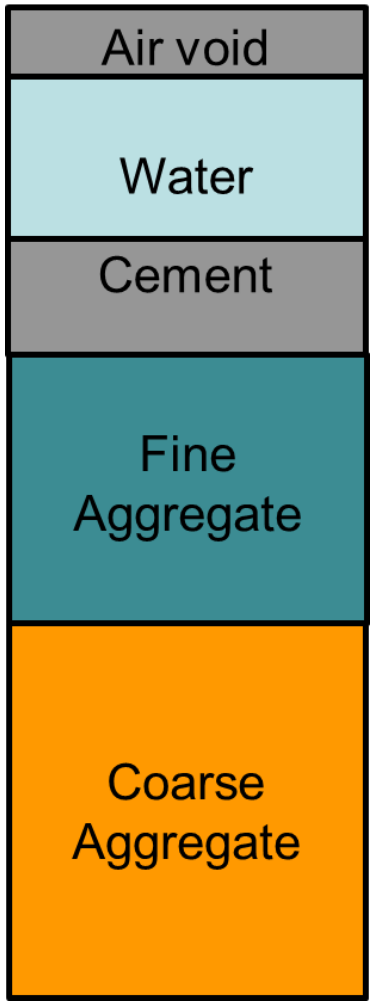
Mixture proportions	
Water	kg/m3 (lb/yd3)
Cement	kg/m3 (lb/yd3)
Fly ash	kg/m3 (lb/yd3)
Coarse aggregate	kg/m3 (lb/yd3)
Intermediate aggregate	kg/m3 (lb/yd3)
Fine aggregate	kg/m3 (lb/yd3)
Air content	%
Air-entraining admixture	ml (fl oz)
Water-reducing admixture	ml (fl oz)

- هذه الطرق الحسابية تهدف الى استخدام المواد الموجودة لنحصل منها على خرسانة ذات خواص مطلوبة في الحالتين الطرية والمتصلبة وذلك بأقل التكاليف ويمكن اعتبار ان مقاومة انضغاط الخرسانة تبين مدى جودة الخرسانة المتصلدة كما تعبر قيمة الهطول Slump عن مدى جودة الخرسانة الطرية.

تأثير تحديد نسب الخلط على الكلفة الكلية

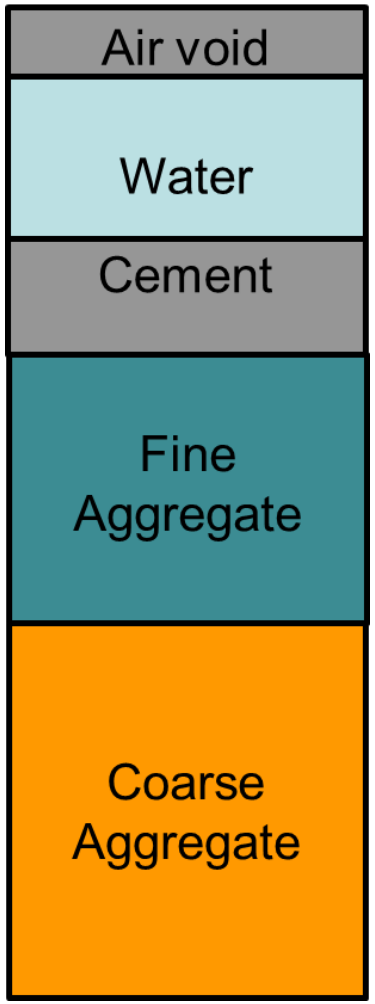
- يعتبر تحديد نسب الخلطة الخرسانية Proportioning من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة وعلى اقتصاديات المشروع .
- فمن الممكن الحصول على خرسانة متباينة في جودتها وثمنها بالرغم أن جميعها تتكون من نفس المواد
- وتعتمد تكلفة الخلطات الخرسانية على سعر مكوناتها وعلى أجور العمال و المعدات المستخدمة للخلط و النقل لتلك المكونات .
- ويعتبر الاسمنت أحد المكونات الأساسية للخرسانة والذي تؤثر نسبته وجودته في الخلطة تأثيرا كبيرا على تكاليفها نظرا لارتفاع ثمنه بالنسبة لباقي مكونات الخلطة ,
- وهناك مضافات اخرى للخلطة الخرسانية يتم استخدامها للحصول على صفات معينة للخرسانة في حالتيها الطرية والمتصلبة ويؤدي استخدامها الى زيادة تكاليف الخلطة الخرسانية.

تحديد وحساب نسب ومكونات الخلطة الخرسانية



- يتم تحديد الخلطة الخرسانية حسب نسب مكوناتها من المواد الحبيبية وهي الاسمنت والركام الناعم (الرمل) والركام الخشن (الحصى)
- فمثلا يقال خلطة بنسبة ١:٢:٤ هذه معناه ان الاسمنت (١) و الرمل (٢) و الحصى (٤) ، أي تحتوي الخلطة على جزء من الاسمنت وجزئين من الرمل وأربعة أجزاء من الحصى ,
- يفضل ان تكون تلك النسب بالوزن لعدم امكانية التحديد الدقيق لكمية الأسمنت بالحجم وأيضا الركام نتيجة تغير الكمية التي يستوعبها حجم معين بتغيير مدى الرص المستخدم . كما أن الركام الصغير قد يتغير حجمه بتأثير ظاهرة زيادة الحجم بالرطوبة .

تحديد وحساب نسب ومكونات الخلطة الخرسانية

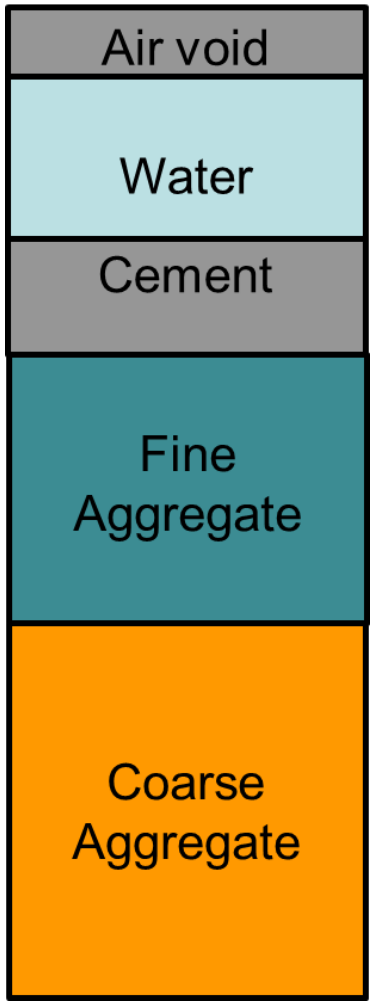


- وقد تحدد الخلطة الخرسانية حسب نسبة وزن الاسمنت الى وزن الركام فمثلاً خلطة اسمنت الى الركام ٦:١ أى جزء واحد أسمنت وستة أجزاء ركام وتعبر هذه النسبة مدى غنى او إفتقار الخرسانة بالاسمنت فالخلطة ٤:١ تعتبر خلطة غنية أما الخلطة ٨:١ تعتبر خلطة فقيرة.
- وقد تحدد الخلطة الخرسانية بما يحتويه المتر المكعب للخرسانة الطازجة من الأسمنت +الركام الناعم + الركام الخشن شرط أن يكون الأسمنت بالوزن والركام بالحجم تسهيلاً لتحضير الكميات عند الخلط فمثلا

الأسمنت (Kg)	الركام الناعم (m^3)	الركام الخشن (m^3)
٣٠٠	٠,٤	٠,٨

حيث ان مجموع هذة الكميات يعطى تقريبا بعد خلطها بالماء حوالى متر مكعب من الخرسانة الطازجة

تحديد وحساب نسب ومكونات الخلطة الخرسانية



- كما يمكن تحديد كمية الأسمنت بعدد الاكياس للمتر المكعب من الخرسانة الطرية وهذا العدد يسمى معامل الاسمنت فمثلا خلطة خرسانية يحتوي المتر المكعب منها على ٦ اكياس اسمنت (وزن الكيس الواحد ٥٠ كيلو غرام) وخلطة اخرى غنية يحتوي المتر المكعب منها على ٨ اكياس أو خلطة فقيرة يحتوي المتر المكعب منها على ٤ اكياس .

الأسمنت	الركام الناعم (m^3)	الركام الخشن (m^3)
٦ اكياس	٠,٤	٠,٨

تحديد وحساب نسب ومكونات الخلطة الخرسانية

- تحدد كمية الماء اللازمة الماء للخلطة على هيئة نسبة من الأسمنت بالوزن فمثلا خلطة بها نسبة الماء الى الأسمنت = ٠,٥ بالوزن ، فاذا علم وزن الأسمنت في المتر المكعب للخرسانة الطرية أمكن تعيين وزن الماء اللازم له لأجراء الخلط وبالتالي يمكن تعيين حجم ذلك الماء باللتر. وأحيانا قد تبين كمية ماء الخلط اللازمة للمتر المكعب من الخرسانة الطرية مباشرة فمثلا:-

الأسمنت (Kg)	الركام الناعم (m^3)	الركام الخشن (m^3)	ماء (Liter)
٣٠٠	٠,٤	٠,٨	١٥٠

- أي أن المتر المكعب من الخرسانة الطرية لهذه الخلطة يلزم له ٦ أكياس اسمنت و ١٥٠ لتر ماء
- وتحسب الكميات المطلوبة من المواد لأي خلطة تبعا لعدد الأمتار المكعبة الكلية من الخرسانة الطرية .
- و يتم بيان كمية المضافات ان وجدت على أساس أنها نسبة مئوية من وزن الأسمنت المستخدم بالخلطة فمثلا الخلطة اعلاه بها ٢% ملدنات يعني ان وزن الملدنات المستخدمة = ٣٠٠ * ٠,٠٢ = ٦ كغم كمية الملدن للمتر المكعب من الخرسانة الطازجة

طرق تصميم الخلطات الخرسانية

أولا :- الطريقة الوضعية Empirical Method

- تحدد هذه الطريقة نسبا لمكونات الخرسانة نتيجة الخبرة السابقة للاستعمال بنجاح
- اثبتت هذه الطريقة ملائمتها وصلاحيتها للعمليات الصغيرة نظرا لسهولتها حيث تعطي المواد الصلبة (الاسمنت ,الرمل,الحصى)على هيئة نسب بالوزن او الحجم وقد تحدد كمية الماء اللازم او تترك لمراعاتها اثناء الخلط بحيث نحصل على خلطة لدنة سهلة التشغيل .

طرق تصميم الخلطات الخرسانية

أولا :- الطريقة الوضعية Empirical Method

- تكون نسب مكونات الخرسانة بالوزن حسب نوع الخرسانة المستخدمة في المنشآت او طبقاً لمقاومة انضغاط الخرسانة هي كما يلي:

نوع الخلطة الخرسانية	الأسمنت	الرمل	الحصى	نسبة الاسمنت الى الركام
خلطة غنية ذات مقاومة عالية	١	١	٢	٣:١
خلطة متوسطة	١	٢	٤	٦:١
خلطة فقيرة ذات مقاومة منخفضة	١	٣	٥	٨:١

طرق تصميم الخلطات الخرسانية

أولا :- الطريقة الوضعية Empirical Method

- باعتبار ان كمية الركام مناسبة و كمية الماء أقل ما يمكن لجعل الخلطة لدنة ذات قوام مناسب لتكون ، تكون النسب الوضعية المستخدمة مع كمية الماء المناسبة والمعقولة والتي تحسب قيمتها كنسبة من الاسمنت (م/س) من ٠,٤ الى ٠,٧ بالوزن ويحدد كميتها طبيعة العمل.
- اما كمية الاسمنت (س) فيحددها نوع العمل والخلطة اللازمة له هل هي غنية او فقيرة حيث تتراوح كمية (س) من ٢٠٠ الى ٤٠٠ كيلو جرام اي من ٤ الى ٨ اكياس للمتر المكعب من الخرسانة .ويحدد كمية الاسمنت وكمية الماء المهندس المسئول عن مواصفات العملية تبعا لطبيعتها.

الأسمنت (Kg)	الركام الناعم (m^3)	الركام الخشن (m^3)
س	٠,٤	٠,٨

طرق تصميم الخلطات الخرسانية

- **عيوب الطريقة الوضعية Empirical Method**

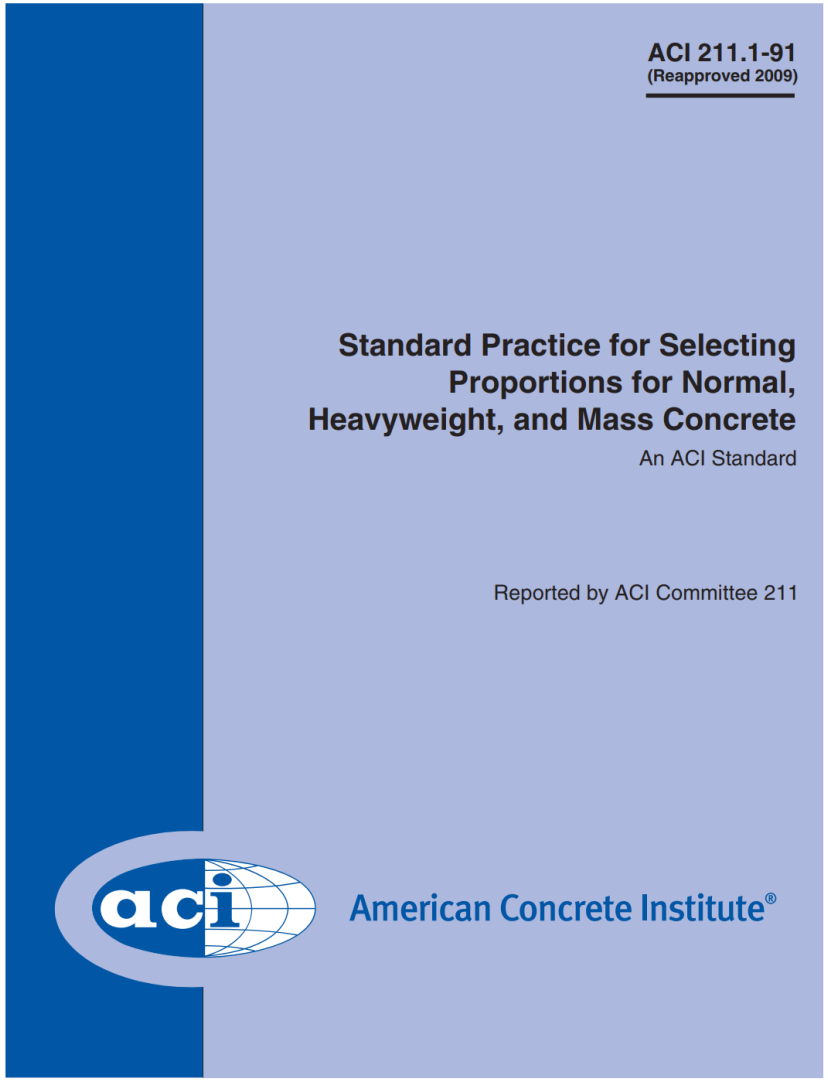
١- نسبة الماء /الاسمنت (م/س)غير محددة ومتروكة لظروف العمل .

٢- النسبة المذكورة لا تعطي متراً مكعباً دقيقاً وقد يصل الحجم احياناً الى 1.2 متر مكعب .

٣- نسبة الرمل /الحصى شبه ثابتة وهي ٢:١ مع ملاحظة اهمال نوع الركام وتدرجه والمقاس الاعتباري الاكبر له (Maximum Size Aggregate) وكذلك اهمال معايير النعومة للرمل .

٤- لايمكن الحصول على بيانات صحيحة لخواص الخرسانة الناتجة وكذلك لا يمكن توقع قيمة دقيقة لمقاومة الضغط لهذه الخرسانة.

طرق تصميم الخلطات الخرسانية

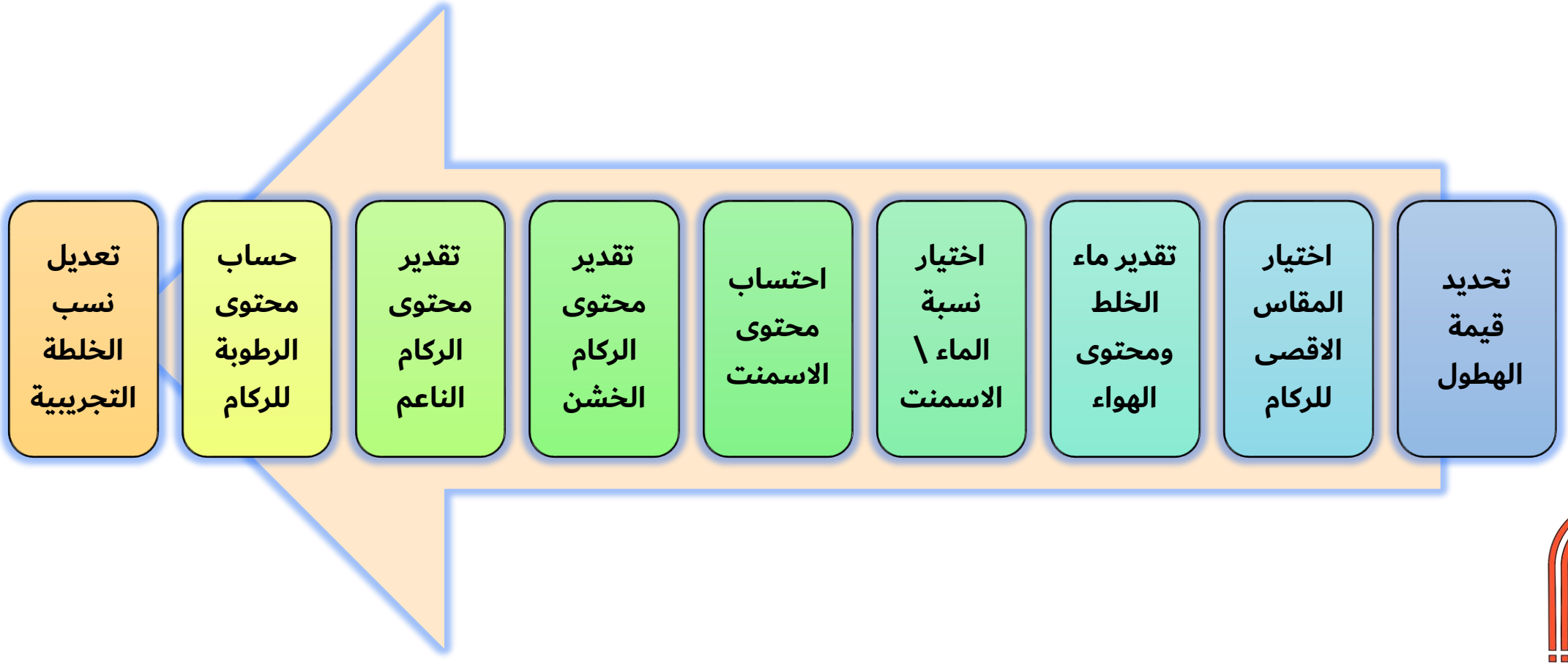


ثانياً :- الطريقة القياسية الامريكية ACI 211.1-91

- تصف الطريقة الاميركية القياسية ACI 211.1-91 اختيار نسب خلط الخرسانة التي تحتوي على الأسمنت البورتلاندي بمفرده أو مع مواد أسمنتية أخرى ، كذالك تصف الطريقة الاميركية نسب خلط الخرسانة التي تحتوي على المضافات.
- أن هذه الطريقة توفر تقديرًا تقريبيًا لنسب المواد لاستخدامها في الخلطات التجريبية. تتكون طريقة ACI 211.1-91 من تسعة خطوات منطقية و مباشرة تأخذ في نظر الاعتبار خصائص المواد التي سيتم استخدامها لانتاج خرسانة ذات قابلية تشغيل مثالية وديمومة عالية.

الطريقة القياسية الامريكية ACI 211.1-91

- خطوات تصميم الخلطة الخرسانية حسب الطريقة القياسية الامريكيةACI 211.1-91



الطريقة الامريكية القياسية ACI 211.1-91

١- تحديد قيمة الهطول

- يتم تحديد قيمة الحد الأدنى و الحد الأقصى للهطول و حسب متطلبات البناء. ويعد ذلك ضروريًا لتجنب الانعزال الحبيبي segregation
- في حالة عدم تحديد مقدار الهطول في التصميم الانشائي يتم اختيار الهطول المناسب للعمل من الجدول ادناه والقيم المثبتة بالجدول على اساس استعمال الهزاز في عملية الرص وفي حالة استخدام اساليب اخرى لرص الخرسانة فمن الممكن زيادة القيم المبينة بمقدار ٢ سم .

نوع المنشاء	الهبوط (سـم)
الاسس المسلحة للجدران والاعمدة	2-8
الاسس غير المسلحة وجدران الهياكل الثانوية	2-8
العتبات والجدران المسلحة	2-10
الاعمدة	2-10
بلاطات وارصفة الطرق	2-8
خرسانة كتلية	2-8

الطريقة الامريكية القياسية ACI 211.1-91

٢- اختيار المقاس الاقصى للركام

- ان استخدام المقاس الاقصى للركام ينتج خرسانة ذات فراغات اقل من استخدام الركام ذو مقاس اقل وبالتالي ، تتطلب الخرسانة ذات الركام الأكبر حجمًا كمية أقل من الملاط لكل وحدة حجم من الخرسانة ، حيث ان الملاط يحتوي على أغلى مكون و هو الاسمنت.
- ان أبعاد القوالب أو المسافات بين حديد التسليح في القالب تحدد اختيار الحد الأقصى للركام المستخدم
- تنص ACI 211.1 على أن ألا يتجاوز الحد الأقصى للركام :
  - ✓ خُمس البعد الأضيق بين جوانب القالب ،
  - ✓ ثلث عمق البلاطات المسلحة (Slabs)
  - ✓ ¾ من الحد الأدنى للمسافات الواضحة بين حديد التسليح الفردي أو حزم حديد التسليح

الطريقة الامريكية القياسية ACI 211.1-91

٣- تقدير ماء الخلط ومحتوى الهواء في الخلطة

- يتم تقدير كمية ماء الخلط المطلوبة لأنواع الخرسانة (الخرسانة الاعتيادية والخرسانة الحاوية على هواء مقصود) ومن خلال قيم المقاس الاقصى للركام ومقدار الهطول حسب الجدول التالي:

Water kg /m^3 of concrete ($م^3$ / كغم كمية الماء)								
	max size aggregate							
Slump(mm)	9.5	12.5	19	25	37.5	50	75	150
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
air cont %	3	2.5	2	1.5	1	.5	.3	.2

الطريقة الامريكية القياسية ACI 211.1-91

٤- اختيار نسبة الماء \ الاسمنت

- يتم تقدير نسبة الماء \ الاسمنت من معرفة قيمة مقاومة الانضغاط بعمر ٢٨ يوم لأنواع الخرسانة (الخرسانة الاعتيادية والخرسانة الحاوية على هواء مقصود) حسب الجدول التالي:

العلاقة بين نسبة الماء الى الاسمنت ومقاومة الخرسانة	
مقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم	نسبة الماء الى الاسمنت بالوزن
45	*0.38*
40	*0.43*
35	*0.48*
30	*0.55*
25	*0.62*
20	*0.7*
15	*0.8*

الحد الاعلى لنسب الماء\ السمنت المسموح بها للخرسانة المتعرضة لظروف قاسية		
نوع المنشأ	المنشأ مشبع بالرطوبة غالبة او بصورة مستمرة ومعرض لدورات من الانجماد والذوبان	المنشأ المعرض لمياه البحر ولاملاح الكبريتات
مقاطع رقيقة مثل ارصفة الطرق وعتبات الابواب والنوافذ والمقاطع التي قل غطاء الخرسانة فيها عن 3 سم	*0.45*	*0.50*
الانواع الاخرى من المنشآت	*0.50*	*0.45*

الطريقة الامريكية القياسية ACI 211.1-91

٥- احتساب محتوى الاسمنت

- يمكن احتساب كمية الاسمنت المطلوبة لوحدة الحجم من الخرسانة من الخطوات رقم ١ , ٢ وحسب العلاقة التالية :-

$$\text{محتوى الاسمنت} = \frac{\text{كمية ماء الخلط}}{\text{نسبة الماء\الاسمنت}}$$

الطريقة الامريكية القياسية ACI 211.1-91

٦- تقدير محتوى الركام الخشن

- يتم تقدير حجم الركام الخشن بالنسبة لوحدة الحجم من الخرسانة. وللحصول على الوزن الجاف للركام الخشن نضرب القيمة المستخرجة من الجدول في وحدة الوزن للركام الجاف والمرصوص بالدك اليدوي (كغم/م^3). :-

Volume of coarse aggregate per unit of volume				
Nominal max size of aggregate (mm)	Fineness modulus of fine aggregate معامل النعومة للركام الناعم			
	2.4	2.6	2.8	3
9	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.75	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

الطريقة الامريكية القياسية ACI 211.1-91

٧- تقدير محتوى الركام الناعم

يوجد طريقتين لتقدير محتوى الركام الناعم

✓ **طريقة الوزن Weight method :-**

اذا كان وزن الخرسانة "معلوم كثافتها" فأن الوزن المطلوب من الركام الناعم يمثل الفرق بين وزن الخرسانة والوزن الكلي لبقية مكونات الخرسانة (الحصى والاسمنت والماء). اما اذا كان وزن الخرسانة غير معلوم فيمكن تقديرها من جدول التالي:

ت	المقاس الاقصى للركام (مم)	التقدير الاولي لوزن الخرسانة كغم/م^3	
		الخرسانة الاعتيادية	الخرسانة الحاوية على الهواء المقصود
1	10	2285	2190
2	12.5	2315	2235
3	20	2355	2280
4	25	2375	2315
5	40	2420	2355
6	50	2445	2375
7	70	2465	2400
8	150	2506	2435

الطريقة الامريكية القياسية ACI 211.1-91

٧- تقدير محتوى الركام الناعم

يوجد طريقتين لتقدير محتوى الركام الناعم

✓ طريقة الحجم المطلق Absolute volume method :-

هذه الطريقة اكثر دقة من طريقة الوزن وتستند على الحجوم المزاحة من قبل مكونات الخرسانة (الماء والهواء والاسمنت والركام الخشن) حيث تطرح هذه الحجوم للخرسانة من وحدة الحجم للخرسانة للحصول على الحجم المطلوب للركام الناعم حيث ان الحجم المشغول في الخرسانة لأي من مكوناتها يساوي وزن المادة مقسوماً على كثافتها

$$Absolute\ Volume = \frac{Cement\ weight}{Cement\ SG} + \frac{Sand\ weight}{Sand\ SG} + \frac{Gravel\ weight}{Gravel\ SG} + \frac{Water\ weight}{Water\ SG} = 1000\ \text{Liters}$$

$$Sand\ volume = 1 - \left[\frac{Cement\ weight}{Cement\ SG} + \frac{Gravel\ weight}{Gravel\ SG} + \frac{Water\ weight}{Water\ SG} + Air\ volume\right]$$

✓ علماً بأن واحد متر مكعب من الخرسانة = ١٠٠٠ لتر

الطريقة الامريكية القياسية ACI 211.1-91

٨- حساب محتوى الرطوبة للركام

- اذا كان الركام المستعمل للخلطة رطبا" فيجب زيادة وزنه بنفس نسبة محتوى الماء فيه اي مجموع نسب الماء الممتص والملتصق وتقليل ماء الخلط المضاف للخلطة بنفس تلك النسبة في حالة الركام (اي محتوى الرطوبة الكلي ناقصا" الماء الممتص). وقد بينت الفحوصات المختبرية بان محتوى الرطوبة الكلي للركام الخشن والناعم تساوي ٢ % و ٦ % على التوالي ، لذلك سيصبح:-

وزن الركام الخشن المعدل = 1.02 x وزن الركام الخشن التجريبي المستخرج
وزن الركام الناعم المعدل = 1.06 x وزن الركام الناعم التجريبي المستخرج

- اما بالنسبة للماء فان الماء الممتص لا يؤثر على كمية ماء الخلط ولهذا يستثنى في التعديلات وتعدل كمية الماء الملتصق بسطح الركام (الخشن والناعم) والذي يشارك مع ماء الخلطة ولهذا يجب ان تطرح هذه الاوزان من وزن ماء الخلطة وكالاتي:-

للركام الخشن = (0.02 – نسبة الامتصاص) x وزن الركام الخشن التجريبي المستخرج
للركام الناعم = (0.06 – نسبة الامتصاص) x وزن الركام الناعم التجريبي المستخرج

الطريقة الامريكية القياسية ACI 211.1-91

٩- تعديل نسب الخلطة الخرسانية في الدفعة التجريبية

- تعتمد الطريقة الامريكية على اعداد دفعة Batch تجريبية في المختبر قبل اعداد الخلطة الرئيسية وذلك لتعديلها لتكون خالية من الانفصال الحبيبي و لإعطاء الخلطة الخرسانية الهطول المرغوب وقابلية التشغيل والمقاومة المطلوبة.
- يجب الحفاظ على النسب المثالية لجميع المكونات لتحسين الخلطة الخرسانية والحفاظ على قوة الخرسانة وقابليتها للتشغيل.
- بهذه الطريقة ، يمكن الحفاظ على أقل تكلفة لإنتاج الخرسانة وكذلك الحصول على أعلى قوة للخليط.
- يسمح إجراء خلط الخرسانة التجريبي لمحترفي البناء بفحص القوة وقابلية التشغيل وخصائص أخرى مرغوبة للخلطات الخرسانية.
- تلعب الخلطات التجريبية دورًا مهمًا أثناء استخدام مواد أو مضافات جديدة

تصميم خلطة خرسانية حسب الكود الامريكي

صمم خلطة خرسانية للاستعمال في منشأ خرساني تحت الارض ولا يتعرض لظروف قاسية و لهجوم املاح الكبريتات على ان تفي بالمتطلبات التالية:

- معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة بعمر 28 يوم = 25 MPa
- الكثافة النسبية S.G للأسمنت البورتلاندي الاعتيادي = 3.15
- مقدار الهطول = 2.5 – 5 سم
- خواص الركام الخشن : المقاس الاقصى للركام = 19 مم ، الوزن الجاف بالرص اليدوي = 1680 كغم / م^3 , الكثافة النسبية الكلية =2.7 ، نسبة الامتصاص = 0.5% ، المحتوى الرطوبي = 3%
- خواص الركام الناعم : الكثافة النسبية الكلية = 2.65 ، نسبة الامتصاص = 1 % ، معامل النعومة = 2.8 ، المحتوى الرطوبي = 7%

تصميم خلطة خرسانية حسب الكود الامريكي

الخطوة الأولى : اختيار المقاومة التصميمية من الجدول التالي

minimum required average strength without suffcient historical	
$f`cr = f`c + 6.9\ MPa$	when f `c < 20.7
$f`cr = f`c + 8.3\ MPa$	when 34.5 ≤f `c ≥ 20.7
$f`cr = 1.1f`c + 4.8\ MPa$	when f `c > 34.5

- بما ان معدل المقاومة المطلوبة هو 25 فان المقاومة التصميمية من الجدول هي:

$$f`cr = 25 + 8.3 = 33.3\ MPa$$

الخطوة الثانية : اختيار المقاس الاقصى للركام (معطى في السؤال = 19 mm)

تصميم خلطة خرسانية حسب الكود الامريكي

الخطوة الثالثة : من المقاس الاقصى للركام 19 mm ومقادر الهطول 2.5-5 cm ومن الجدول ادناه نجد محتوى الماء والهواء

Water kg /m^3 of concrete (م^3 / كغم كمية الماء)								
	max size aggregate							
Slump(mm)	9.5	12.5	19	25	37.5	50	75	150
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
air cont %	3	2.5	2	1.5	1	.5	.3	.2

- **محتوى الماء = 190 كغم / م^3 ، محتوى الهواء = 2 %**

تصميم خلطة خرسانية حسب الكود الامريكي

الخطوة الرابعة : اختيار نسبة الماء الى السمنت : من مقاومة الانضغاط التصميمية 33.3 Mpa من الخطوة الاولى ومن الجدول التالي نجد نسبة الماء الى السمنت

العلاقة بين نسبة الماء الى الاسمنت ومقاومة الخرسانة	
مقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم	نسبة الماء الى الاسمنت بالوزن
45	*0.38*
40	*0.43*
35	*0.48*
30	*0.55*
25	*0.62*
20	*0.7*
15	*0.8*

$$\frac{X}{35-33.3} = \frac{0.55-0.48}{35-30}$$

$$X = 0.0238$$

$$w/c = 0.48 + 0.0238 = 0.5$$

تصميم خلطة خرسانية حسب الكود الامريكي

الخطوة الخامسة : ايجاد محتوى الاسمنت في الخلطة

- وزن السمنت = كمية الماء \ نسبة الماء الى السمنت = $\frac{190}{0.5} = 380$ كغم

الخطوة السادسة : تقدير كمية الركام الخشن من المقاس الاقصى للركام ومن معامل النعومة والجدول

نجد حجم الركام لكل متر مكعب من الخليط

- حجم الركام الخشن = 0.62 م٣
- وزن الركام الخشن = الحجم x الوزن الجاف للركام

0.62 x 1680 = 1042 Kg

Volume of coarse aggregate per unit of volume				
Nominal max size of aggregate	Fineness modulit of fine aggregat(معامل النعومة للرمل)			
	2.4	2.6	2.8	3
9	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.75	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

تصميم خلطة خرسانية حسب الكود الامريكي

الخطوة السابعة: : تقدير محتوى الركام الناعم بطريقة الحجم المطلق

- حجم الرمل = ١ - حجم مكونات الخليط عدا الرمل

حجم الاسمنت | حجم الماء | حجم الحصو | حجم الهواء

$$= 1 - \left[\left(\frac{380}{1000*3.15}\right) + \left(\frac{190}{1000}\right) + \left(\frac{1024}{1000*2.7}\right) + 0.02 \right]$$

$$= 0.283 \text{ م}^3$$

- وزن الرمل = 0.283 x 2.65 x 1000= 750 كغم

- بالتالي تصبح المكونات

نسب مكونات الخلطة الخرسانية قبل التعديل (كغم)	
الاسمنت	380
الرمل	750
الحصو	1042
الماء	190

تصميم خلطة خرسانية حسب الكود الامريكي

الخطوة الثامنة :

- ان محتوى الماء يجب تعديله لوجود محتوى رطوبي في الركام
- و يجب تعديل اوزان الركام لانها اوزان جافة وتحويلها الى اوزان رطبة
  - المحتوى الرطوبي في الركام الخشن = 3% ، ونسبة الامتصاص = 0.5%
  - الماء الممتص لا يؤثر على ماء الخليط وانما الماء الملتصق على الركام يؤثر على الخليط

    ويحسب عن طريق طرح المحتوى الرطوبي من نسبة الامتصاص = 0.03 – 0.005 = 0.025 = 2.5%
  - المحتوى الرطوبي في الرمل = 7% ، ونسبة الامتصاص = 1%
  - الماء الملتصق على الرمل = 0.07 – 0.01 = 0.6 = 6%

تصميم خلطة خرسانية حسب الكود الامريكي

- وزن الماء المصحح = وزن ماء الخلطة – وزن الماء الملتصق على الركام الخشن والناعم

  = 190 – {(1042 X 0.025) + (750 X 0.06)} = 119 كغم

- وزن الركام الخشن المصحح (الرطب) = 1.025 x 1024 = 1050 كغم
- وزن الركام الناعم المصحح (الرطب) = 1.06 x 750 = 795 كغم
- وبالتالي تصبح مكونات الخلطة النهائية لمقاومة تصميمية 25 MPa

نسب مكونات الخلطة الخرسانية المعدلة (كغم)	
الاسمنت	380
الرمل	795
الحصو	1050
الماء	119

تصميم خلطة خرسانية حسب الكود الامريكي

الخطوة التاسعة :

❖ **في هذه المرحلة ، يجب فحص فاعلية نسب مكونات الخلطة الخرسانية المعدلة (كغم) عن طريق دفعات تجريبية في المختبر "Trial batches" يتم من خلالها تقليص أوزان مكونات الخلطة لإنتاج 0.1 م^3 من الخرسانة تكون كافية لعمل نماذج فحص الانضغاط بعمر 28 يوماً ، بالإضافة لقياس الهطول ومحتوى الهواء والكثافة لإجراء التعديلات المطلوبة :**

الدفعة التجريبية في المختبر لإنتاج 0.1 م^3 من الخرسانة		
الاسمنت	380 x 0.1	38
الرمل	795 x 0.1	79.5
الحصو	1050 x 0.1	105
الماء	119 x 0.1	11.9
المجموع (كغم)		234.4

SO ... DO YOU HAVE ANY
QUESTIONS FOR ME?

THANK YOU ALL
WE ARE DONE WITH CONCRETE
TECHNOLOGY
HYSTER
F350