

كلية الهندسة- جامعة طنطا
قسم هندسة الانشاءات

الفرقة الثانية مدنى
خواص و اختبار المواد ٢٠١٦-٢٠١٧

د. مريم فاروق غازى

تصميم الخلطات الخرسانية

CONCRETE MIX DESIGN

البيانات الأولية المستخدمة فى تصميم الخلطة الخرسانية:

- ١- متطلبات الخرسانة المتصلة (مقاومة الضغط).
- ٢- متطلبات الخرسانة الطازجة (درجة تشغيل والقوام للخرسانة).
- ٣- صناعة الخرسانة (طريقة الخلط والنقل والصب والدمك للخرسانة).
- ٤- المقاس الاعتبارى الاكبر للركام.
- ٥- المساحة السطحية للركام.
- ٦- التدرج الحبيبي للركام.
- ٧- المساحة السطحية للركام.

مقدمة

- ✓ تصميم الخلطات الخرسانية يعنى تحديد القيم النسبية لمكوناتها Proportioning بما يتفق مع المتطلبات المرغوبة لعمل معين.
- ✓ ويكون ذلك باستخدام نسب ثابتة لهايتها من الخبرة وتسمى بالنسبة الوضعية Empirical Proportioning.
- ✓ وقد يكون بطرق حسابية مبنية على أساس لى تتضمن خواص المواد المستخدمة والخواص المطلوبة فى الخرسانة المتصلة (مثل مدى المقاومة للأحمال أو المقاومة للبرش) والإشراطات التى تتطلبها خطوات صناعة الخرسانة مثل السهولة المناسبة للصب Placing والتسوية النهائية Finishing لسطح الخرسانة.
- ✓ وهذه الطرق الحسابية تهدف الى استخدام المواد الموجودة Available Materials للحصول منها على خرسانة ذات خواص مطلوبة فى الحالتين الطازجة والمتصلة وذلك بأقل التكاليف Required Qualities at Minimum Cost.

بعض طرق تصميم الخلطات:

- ١- الطريقة الوضعية Empirical method
- ٢- طريقة المحاولة Trial method
- ٣- طريقة الحجم المطلق Absolute volume method
- طريقة الكثافة القصوى optimum unit weight method
- طريقة المساحة السطحية للركام Surface area method
- ٤- تصميم الخلطات الخرسانية عالية المقاومة Design of HSC mixes
- ٥- طريقة معهد الخرسانة الأمريكى ACI committee 211 method
- ٦- طريقة المواصفات البريطانية British standard method
- ٧- طريقة المواصفات الهندية Indian standard method

العوامل الأساسية المؤثرة على تصميم الخلطات الخرسانية:

- ١- نسبة الماء إلى الأسمنت
- ٢- محتوى الأسمنت بالخلطة أو نسبة الأسمنت إلى الركام
- ٣- تدرج الركام و المساحة السطحية له
- ٤- قوام الخرسانة الطازجة

* يعتبر تحديد نسب الخلطة الخرسانية من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة وعلى اقتصاديات المشروع

الطرق التقريبية الناتجة من الخبرة

* عيوبها:-

- ١- نسبة (م/س) غير محددة متروكة لظروف العمل.
- ٢- نسبة مكونات الخلطة تعطى أكثر من ١ م ٣ للخرسانة الطازجة.

أولاً : الطريقة الوضعية Empirical Method

تعتمد هذه الطريقة نسباً لمكونات الخرسانة نتيجة الخبرة Experience السابقة للاستعمال بنجاح. وقد أثبتت هذه الطريقة صلاحيتها وصحتها للمعاملات الصغيرة Small Jobs نظراً لسهولة تطبيقها حيث تعطى المواد الصلبة (الأسمنت ، الرمل ، الزلط) على هيئة نسب بالوزن أو الحجم وقد تعتمد كمية الماء الفلام أو تترك لمراعيتها لتتواءم الخلطة بحيث تحصل على خلطة لدنة Plastic سهلة للتشغيل Workable. ونسب مكونات الخرسانة بالوزن المستخدمة عادة في المنشآت طبقاً لنوع الخرسانة أو طبقاً لمقاومة الخرسانة للضغط هي كما يلي :

الخرسانة ذات مقاومة عالية	الأسمنت	الرمل	الزلط	أو	الأسمنت	الركام
خلطة غنية ذات مقاومة عالية	١	١	٢		١	٣
خلطة متوسطة	١	٢	٤		١	٦
خلطة فقيرة ذات مقاومة منخفضة	١	٣	٥		١	٨

وتلك على أساس أن الركام مناسب والماء أقل ما يمكن لجعل الخلطة ذات قوام Consistency مناسب لتكون لدنة. والنسب الوضعية المستخدمة في جمهورية مصر العربية هي:

أسمنت	رمل	زلط
٢٠٠ كج	٢٠٠ كج	٣٠٠ كج

مع كمية ماء التنسبة والمطلوبة وتتراوح قيمة الماء كنسبة من الأسمنت (م/س) من ٠.٤ إلى ٠.٧ بالوزن ويحدد كميتها طبيعة العمل. أما كمية الأسمنت "س" فيحدد نوع العمل والخلطة اللازمة له هل هي غنية أو فقيرة حيث تتراوح "س" من ٢٠٠ إلى ٤٠٠ كج/م^٣ أي من ٤ إلى ٨ شكايل للمتر المكعب من الخرسانة. ويحدد كمية الأسمنت وكمية الماء المهندس المسئول عن مواصلات العملية تبعاً لطبيعتها.

□ وعيوب هذه الطريقة تتلخص في النقاط الآتية:

- ١- نسبة الماء / الأسمنت (م/س) غير محددة ومتروكة لظروف العمل.
- ٢- النسبة المذكورة لا تعطى متراً مكعباً في جميع الحالات وقد يصل الحجم أحياناً إلى ١,٢ م^٣.
- ٣- نسبة الرمل / الزلط شبه ثابتة وهي ١ : ٢ مع ملاحظة إهمال نوع الركام وتدرجه والمقاس الإعتباري الأكبر له وكذلك إهمال معيار النعومة للرمل.
- ٤- لا يمكن الحصول على بيانات صحيحة لخواص الخرسانة الناتجة وكذلك لا يمكن توقع قيمة دقيقة لمقاومة الضغط لهذه الخرسانة.

نسب توزيع المواد المكونة للخرسانة غالباً تكون:

ركام (كبير+صغير) : العجينة الاسمنتية (أسمنت+ماء) : فراغات
٦٠ : ٧٠ % (٢/٣) : ٣٠ : ٤٠ (١/٣) : ٢ : ١ %

ملحوظة:

- * ركام كبير (زلط...) + ركام صغير (رمل) + أسمنت + ماء = خرسانة تقليدية
* ركام كبير (زلط....) + ركام صغير (رمل) + أسمنت + ماء + إضافات = خرسانة خاصة

طريقة الحجم المطلق Absolute Volume Method

تفترض هذه الطريقة أن الحجم المطلق للخرسنة هو مجموع الحجم المطلق للمواد المكونة للخرسنة Concrete Ingredients أي الحجم المطلق للأسمنت والرمل والزلط والماء كما يلي:

$$\text{Absolute Volume} = \frac{C}{G_c} + \frac{S}{G_s} + \frac{G}{G_g} + \frac{W}{1.0} = 1000 \text{ Liters}$$

حيث:

C = وزن الأسمنت بالكيلوجرام اللازم للمتر المكعب من الخرسة .

S = وزن الرمل " " " " " " " " " " " "

G = وزن الزلط " " " " " " " " " " " "

W = وزن الماء " " " " " " " " " " " "

G_c, G_s, G_g = الوزن النوعي للأسمنت والرمل والزلط على التوالي

علما بأن واحد متر مكعب من الخرسة = ١٠٠٠ لتر.

مثال:

صمم خلطة خرسانية باستخدام طريقة الحجم المطلق وذلك لتتفيذ اسلكت ميني مكنتي لتحقيق مقاومة مميزة قدرها $F_{cu}=240 \text{ kg/cm}^2$ ونسبة خلط الرمل:الزلط هي ٢:١ ويفرض أن نسبة الهواء المحبوس هي ١% علما بأن الوزن النوعي لكلا من الرمل و الزلط = ٢.٥ و الوزن الحجمي ١٦٠٠ كجم/م^٣

المطلوب:

أ- احسب مكونات المتر المكعب بالوزن والحجم
ب- احسب كميات مواد الخرسة اللازمة لخلط شكرة اسمنت واحدة

جدول لتحديد نسبة م/س

٤٠	٢٠	١٠	المعتمد الإحصائي الأكبر (مم)
م/س			محتوي الأسمنت (كجم/م ^٣)
٠,٦١	٠,٦٥	٠,٧٠	٢٠٠
٠,٤٨	٠,٥٥	٠,٦٠	٢٥٠
٠,٤٣	٠,٤٥	٠,٥٠	٣٠٠
٠,٣٨	٠,٤٣	٠,٤٧	٣٥٠
٠,٣٧	٠,٣٨	٠,٤٠	٤٠٠

القيم بالجدول تعتبر قيم استرشادية

Solution:

$$F_m = F_{cu} + M (60-120)$$

$$C = F_m + (50-100) \text{ kg/m}^3$$

$$F_m = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$C = 350 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Assume } w/c = 0.5$$

$$1000 = 350/3.15 + 175 + x/2.5 + 10$$

$$X (\text{aggregate}) = 1760 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Gravel} = 1173, \text{ sand} = 587 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cement : Sand : Gravel : Water}$$

$$350 : 587 : 1173 : 175 \text{ kg/m}^3$$

$$1 : 1.67 : 3.35 : 0.5 \text{ (weight ratio)}$$

$$7 \text{ sacks : } 0.37 : 0.73 : 175 \text{ (volume ratio)}$$

$$50 : 83.5 : 167 : 25 \text{ kg (per sack)}$$

ACI method

Data to be collected:

- 1- fineness modulus of selected
- 2- unit weight of dry rodded coarse aggregate
- 3- sp. Gravity of coarse and fine aggregates in SSD condition
- 4- absorption characteristics of both coarse and fine aggregates
- 5- specific gravity of cement

THE ACI DESIGN METHOD

Table 1. Slump Ranges for Specific Applications (after ACI, 2000)

Type of Construction	Slump (mm)
Reinforced foundation walls and footings	25 – 75
Plain footings, caissons and substructure walls	25 – 75
Beams and reinforced walls	25 – 100
Building columns	25 – 100
Pavements and slabs	25 – 75
Mass concrete	25 – 50

Maximum slump may be increased 25 mm for consolidation by hand, i.e. rodding, etc.

Table 2. Approximate Mixing Water and Air Content Requirements for Different Slumps and Maximum Aggregate Size (adapted from ACI, 2000)

Slump, mm	Mixing Water Quantity ¹ in kg/m ³ for the listed Nominal Maximum Aggregate Size (mm)							
	10	16	20	28	40	56 ²	80 ²	150 ²
Non-Air-Entrained								
25 – 50 (stiff plastic)	207	199	190	179	166	154	130	113
75 – 100 (plastic)	228	216	205	193	181	169	145	124
150 – 175 (flowing)	243	228	216	202	190	178	160	-
Typical entrapped air (percent)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-Entrained								
25 – 50 (stiff plastic)	191	175	168	160	148	142	122	107
75 – 100 (plastic)	207	193	184	175	165	157	133	119
150 – 175 (flowing)	216	205	197	184	174	166	154	-
Recommended Air Content (percent)								
Mild Exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderate Exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.0
Severe Exposure	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

¹ Table gives the maximum water content for reasonably well-shaped crushed aggregate.

² The slump values are based on the slump tests made after removal of particles larger than 40 mm by wet screening.

Table 3. Water-Cementing Materials Ratio and Compressive Strength Relationship (after ACI 211.1 and ACI 211.3)

28-Day Compressive Strength ¹ in MPa	Water-cement ratio by weight ²	
	Non-Air-Entrained	Air-Entrained
45	0.38	0.30
40	0.42	0.34
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

¹ Maximum nominal size of aggregate is assumed to be about 20 – 28 mm.

² Strength is based on moist-cured cylinder.

THE ACI DESIGN METHOD

Table 4. Maximum Permissible Water-Cement or Water-Cementing Materials Ratio in severe exposure conditions

Type of Structure	Continuously wet structure exposed to frequent freezing and thawing	Structure exposed to sea water or sulphates
Thin section (railings, curbs, sills, ledges, ornamental work) and section with less than 25 mm cover over steel	0.45	0.40
All other structures	0.50	0.45



Table 6. Wet Density of Fully Compacted Fresh Concrete

Nominal Maximum Aggregate Size (mm)	Wet density of concrete (kg/m ³)	
	Non-Air-Entrained concrete	Air-Entrained concrete
9.5	2280	2200
12.5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37.5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435



Table 5. Bulk Volume of Coarse Aggregate per Unit Volume of Concrete for Different Fine aggregate Fineness Moduli of Fine Aggregate (adapted from ACI 211.1)

Nominal Maximum Aggregate Size (mm)	Bulk Volume of oven-dry-rodded Coarse Aggregate (m ³) Fineness Modulus of fine aggregate			
	2.40	2.60	2.80	3.00
10	0.50	0.48	0.46	0.44
14	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.60
28	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.75	0.73	0.71	0.69
56	0.78	0.76	0.74	0.72
80	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Notes:

- These values are for aggregate of specific gravity = 2.68. For an aggregate having specific gravity γ of the value should be multiplied by the ratio $2.68/\gamma$.
- Since concrete pavement are, in general, stiff and less workable, the above values can be increased by up to about 10 percent.
- Coarse aggregate volumes are based on oven-dry-rodded weights obtained in accordance with ASTM C 29.



THE ACI DESIGN METHOD

صمم خلطة خرسانية باستخدام طريقة ACI وذلك لتنفيذ خزان للمياه
لتحقق مقاومة ضغط متوسطة للإسطوانة القياسية قدرها
غير معرضة لظروف غير تقليدية أو مهاجمة
slump = 50 mm ، $F_m(cy) = 35.5$ Mpa علما بأن الخرسانة
وخواص المواد المستخدمة موضحة في الجدول التالي :

THE ACI DESIGN METHOD

خواص المواد المستخدمة:

	Fine aggregate	Coarse aggregate	cement
Specific gravity	2.65	2.7	3.15
Unit weight kg/m ³	-	1600	-
Moisture content, %	2	-	-
Absorption, %	-	1	-
N.M.S., mm	-	20	-
Fineness modulus	2.8	-	-

Solution:

From table 3, the estimated w/c ratio is 0.47

Check from table 4, the maximum w/c ratio is 0.5

Therefore, adopt w/c ratio of 0.47

From table 2, for slump 50 mm and MNS 20 mm and non-air-entrained concrete

The mixing water is 190 kg/m³, air = 2%

The required cement content = $190 / 0.47 = 404 \text{ kg/m}^3$

From table 5, for MNS 20 mm and for fineness modulus 2.8,

The dry rodded bulk volume of CA is 0.62 per unit volume of concrete

Weight of CA = $0.62 \times 1600 = 992 \text{ kg/m}^3$

From table 6, the first estimate of density of fresh concrete for 20 mm size of aggregate for non-air-entrained = 2355 kg/m³

Weight of FA = $2355 - (190 + 404 + 992) = 769 \text{ kg/m}^3$

FA can also found out by absolute volume method which is more accurate.

Continue :

From absolute method

from table Air = 2%

FA = 764 kg/m³

the proportion are required to be adjusted for the field conditions.

FA = $764 + (764 \times 2 / 100) = 779.3 \text{ kg/m}^3$

CA = $992 - (992 \times 1 / 100) = 982 \text{ kg/m}^3$

W = $190 - 15.28 + 9.92 = 179 \text{ kg/m}^3$

Density of fresh concrete 2362 kg/m³

cement : sand : coarse : water

422 : 779 : 982 : 179 kg/m³

BRITISH DOE METHOD OF CONCRETE MIX DESIGN

Table 1. Approximate compressive strength of concrete with water-cement ratio as 0.5

Type of cement	Type of coarse aggregate	Compressive strength (MPa)			
		Age (days)			
		3	7	28	91
Ordinary (CEM 1) or sulphate resisting cement (SRPC)	Uncrushed	22	30	43	49
	Crushed	27	36	49	56
Rapid hardening Portland cement	Uncrushed	29	37	48	54
	Crushed	34	43	55	61

BRITISH DOE METHOD OF CONCRETE MIX DESIGN

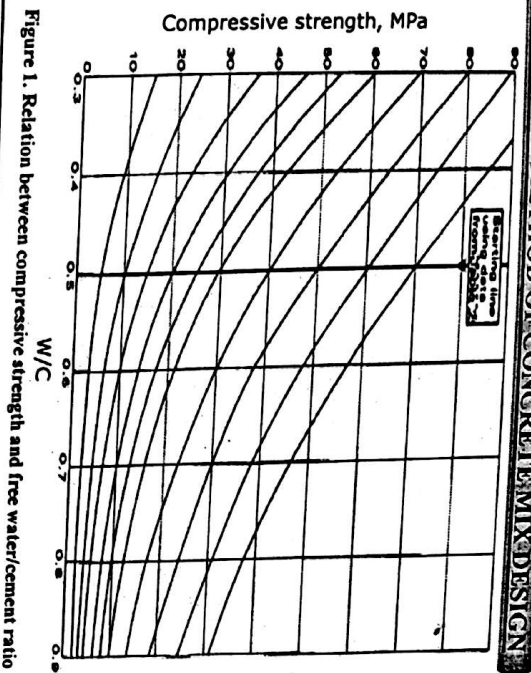


Figure 1. Relation between compressive strength and free water/cement ratio

BRITISH DOE METHOD OF CONCRETE MIX DESIGN

Table 2. Approximate water content required for target consistence

Size of aggregate (mm)	Type of coarse aggregate	Water content (kg/m ³)			
		Slump (mm)			
		10-40	50-90	100-150	160-210
4-10	Uncrushed	150	180	205	225
	Crushed	180	205	230	250
10-20	Uncrushed	135	160	180	195
	Crushed	170	190	210	225
20-40	Uncrushed	115	140	160	175
	Crushed	155	175	190	205

BRITISH DOE METHOD OF CONCRETE MIX DESIGN

Table 3. Maximum Permissible Water-Cement or Water-Cementing Materials Ratio and Minimum Cement content in severe exposure conditions

Type of Exposure	Maximum water-cement ratio	Minimum cement (kg/m ³)
Carbonation	0.60	280
Chloride	0.45	320
Freeze-thaw	0.50	320
Chemical attack	0.45	320
Abrasion	0.45	320

BRITISH DOE METHOD OF CONCRETE MIX DESIGN

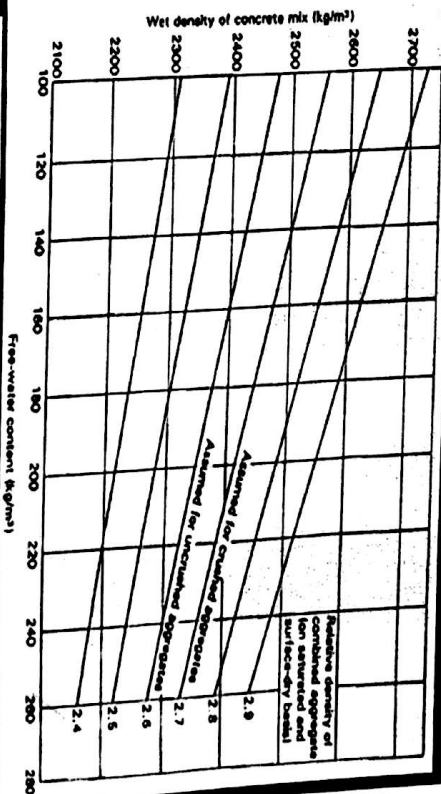


Figure 2. Estimated wet density of fully compacted concrete

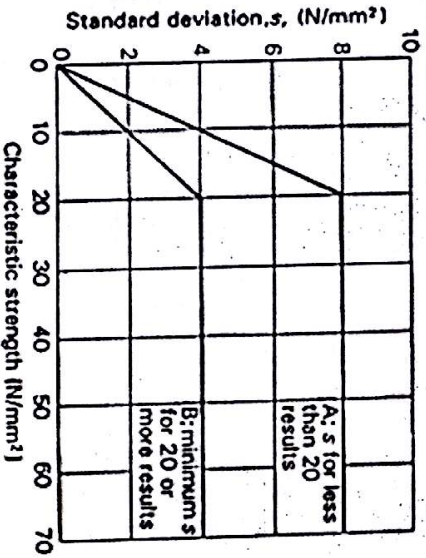
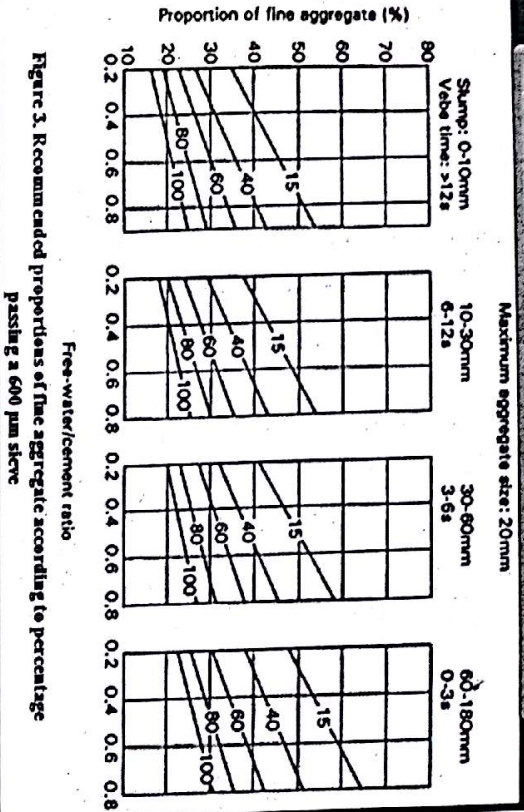


Figure 4. Relation between standard deviation and characteristic strength

مثال: صم خلطة خرسانية باستخدام الطريقة البريطانية لتحقق مقاومة ضغط مميزة $F_{cu}=37 \text{ MPa}$ وذلك لتنفيذ أرضيات مصنع للمواد الكيميائية والمواد المستخدمة وخواص الخلطة كالتالي:

- الركام الكبير غير مكسر $\gamma = 2.65$ $MNS = 10 \text{ mm}$
- 70% من الرمل يمر من المنخل $600 \mu\text{m}$
- الأسمنت بورتلاندي مقاوم للكبريتات رتبة (47.5 N)
- الهبوط المطلوب 50 mm
- الانحراف المعياري المستنتج من المواد المستخدمة $S=5 \text{ MPa}$
- درجة النقا = 95%

Solution:

$$F_m = F_{cu} + K_s$$

$$F_m = 37 + 1.65 \cdot 5 = 42.25 \text{ MPa}$$

From table ($w/c=0.5$, reference compressive strength=43 MPa)

From figure draw dotted curve

$$w/c = 0.48 \text{ for } F_m = 42.25 \text{ MPa}$$

From table maximum permissible water-cement = 0.45

$$\text{Take } w/c = 0.45$$

from table and with slump = 50 mm and aggregate 4/10 mm

Water content = 180 kg/m³, and (minimum cement content = 320 kg/m³)

$$\text{Cement content} = 180/0.45 = 400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{From figure, for } w=180 \text{ kg/m}^3 \text{ and specific gravity of CA} = 2.65$$

$$\text{From figure, for } w=180 \text{ kg/m}^3 \text{ and specific gravity of CA} = 2.65$$

The wet density of concrete = 2400 kg/m^3

Weight of total aggregates = $2400 - 180 - 400 = 1820 \text{ kg/m}^3$

For figure, proportion of fine aggregate = 30 %

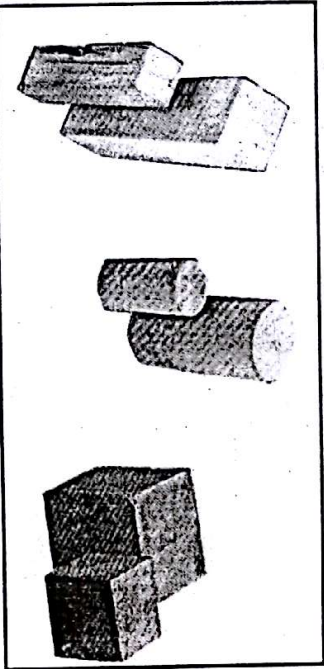
Fine aggregate = $0.3 \times 1820 = 546 \text{ kg/m}^3$, coarse aggregate = 1274 kg/m^3

Cement : sand : coarse : water

400 : 546 : 1274 : 180 kg/m^3

1 : 1.365 : 3.185 : 0.45

شكل عينات مقاومة الضغط



تأثير شكل العينات على مقاومة الضغط
معاملات التصحيح

معامل التصحيح	الأبعاد (سم)	شكل القالب
0.97	$100 \times 100 \times 100$	مكعب
1.00	$150 \times 150 \times 150$	مكعب
1.00	$200 \times 200 \times 200$	مكعب
1.12	$200 \times 300 \times 300$	مكعب
1.20	200×100	أسطوانة
1.25	200×100	أسطوانة
1.30	50×50	أسطوانة
1.25	$300 \times 100 \times 100$	مكعب
1.20	$400 \times 100 \times 100$	مكعب
1.22	$600 \times 100 \times 100$	مكعب

نوع القالب

