

## كلية هندسة العمارة – جامعة المنارة

### إعداد

أ.د. بسام حويجة

#### 4- طريقة درو – جوريس الفرنسية لتصميم الخلطة البيتونية (بيتون عادي)

Méthode de Dreux - Gorisse

تعريف أساسية – آراء عامة:

توطئة:

تعتبر طريقة "درو-جوريس" في تصميم الخلطة البيتونية، من أهم الطرق المستخدمة في المختبرات الفرنسية وأكثرها شيوعاً، وهي تعتمد على دراسات نظرية وتجريبية قام بها الباحثان "DREUX – GORISSE" مستفيدين من خبرتهما البحثية والمهنية الطويلة، وكذلك على بقية الطرق العالمية المعتمدة في العالم مثل الطريقة الأمريكية A.C.I والبريطانية والروسية وغيرها...

الهدف من دراسة التركيب البيتوني :

إن اعتماد أية طريقة لتصميم الخلطة البيتونية (تركيب البيتون) يتطلب إجراء بعض التصحيحات الخاصة، كون ما تعطيه تلك الطرق قيم نظرية للتركيب، وبالتالي لا بد من تنفيذ خلطات تجريبية مع دراسة العينات وإجراء التصحيحات اللازمة على التركيب المحدد ثم الوصول للهدف المطلوب. تهدف دراسة تركيب خلطة بيتونية ما، في البحث بشكل متزامن لكل من المقاومة وقابلية التشغيل (القوام). في الواقع إن هاتين الخاصيتين تتغيران بشكل عكسي كما هو مبين في الجدول (1-4) :

عوامل تركيب البيتون	من أجل قابلية تشغيل جيدة	من أجل مقاومة جيدة
نعومة الرمل	ناعم	خشن (كبير)
النسبة (بحص/رمل) G/S	تخفيضها	زيادتها
عيار الماء	زيادتها	تخفيضها
التدرج الحبي	مستمر	منقطع قليلاً
البعد الأعظمي للحصويات $D_{max}$	منخفض (صغير)	عالي (كبير)

الجدول (1-4)

يقصد بالحصويات (رمل + بحص).

### تصنيف الحصىات :

تصنف الحصىات وفق النسبة  $d/D$  ، حيث :

$d$  : بعد الحصىات الأصغري

$D$  : بعد الحصىات الأعظمي.

مع تحقيق الشروط التالية :

- المحجوز فوق المنخل ذي الفتحة  $D$  أقل أو يساوي 15% ، عندما  $D > 1.56 d$
- المار من المنخل ذي الفتحة  $d$  أصغر أو يساوي 20% ، عندما  $D \leq 1.56 d$  ( غالباً ما تكون  $D > 1.56 d$  )
- المار من المنخل ذي الفتحة  $d$  0.63 أصغر من 3% ، عندما  $D > 5 \text{ mm}$  و 5% إذا كان  $D \leq 5 \text{ mm}$
- إذا كان  $d < 0.5 \text{ mm}$  فإنه يعبر عن الحصىات :  $0/D$

ملاحظة 1 : أثناء عملية النخل يجب التمييز بين :

مناخل بأسلاك متشابكة مشكلة فتحات مربعة ببعد  $D$

ومناخل بصفائح مثقبة : ثقوب بقطر  $D_p$  ، حيث  $D_p \approx 1.25 D$

ملاحظة 2 : يمكن الفصل بين البحص والرمل كما يلي :

$D \leq 5 \text{ mm}$  الحصىات هي رمل

$D > 5 \text{ mm}$  الحصىات هي بحص

وهذا يفيد في حساب معامل النعومة  $M_f$

### طبيعة الحصىات ونوعها :

تكتسب الحصىات صفات الصخر الأم الذي أخذت منه: بازلت – كوارتز – سيليس – كلس - الخ ... يمكن ان تكون الحصىات مستديرة ( منتج طبيعي ) أو حادة ( منتج صناعي مكسر ). تحدد نوعية الحصىات بواسطة تجارب الكسر والتآكل. ليست قساوة الحصىات هي الصفة الوحيدة المطلوبة بل يوجد عامل مهم للمقاومة وهو التماسك الجيد لسطوح الحصىات مع المونة الاسمنتية. توجد ثلاثة أنواع من الحصىات هي: ثقيلة – عادية – خفيفة.

### نظافة الحصىات :

تحوي الحصىات عادة شوائب تؤثر سلباً على جودتها مثل: المواد الناعمة - الفحم - الجص - بقايا عضوية - فتات الخشب - أوراق ميتة ، الخ... تحدد المواصفات النسب العظمى المسموحة.

- المواد الناعمة: مثل الوحل والطمي يجب ألا تزيد نسبتها عن 2% . هذه الشوائب يمكن تخفيض نسبتها بالغسل.

- البحص : يجب تجنب وجود مواد غضارية تخفض قوة الالتصاق بين المونة والبحص.

تجربة النظافة :

توضع كمية من المواد الحصوية في وعاء ثم تجفف وتوزن، وليكن وزنها مثلاً  $P_1 = 2525$  grs، بعد ذلك تغسل وتفرك جيداً حتى تعزل الشوائب كافة الموجودة ثم تجفف ثانيةً وتوزن وليكن وزنها  $P_2 = 2480$  grs فتكون كتلة الشوائب  $P =$

$$P = P_1 - P_2 = 2525 - 2480 = 45 \text{ grs}$$

وتكون النسبة المئوية للشوائب :

$$\frac{P_1 - P_2}{P_2} = \frac{45}{2480} = 1.8\%$$

- من أجل الرمل : يمكن فحصه من خلال تجربة النظافة ولكن يفضل إجراء التجربة الخاصة والمسماة : ( معيار الرمل (المكافئ الرمي) - ES).

تجربة معيار الرمل ES :

توضع كمية معينة من الرمل في محلول غسيل مكون من :

- 40 L ماء
- 111 grs ملح كلور الكالسيوم
- 480 grs غليسرين
- 12 grs HCHO يتم الحصول عليه من ماءات النشادر (كحول مركز ذو رائحة نفاذة)

ثم يترك المركب فترة زمنية حتى يستقر.

يحسب معيار الرمل ES كما يلي :

$$ES = 100 \frac{h_1}{h_2}$$

$h_1$  : ارتفاع الرمل المترسب.

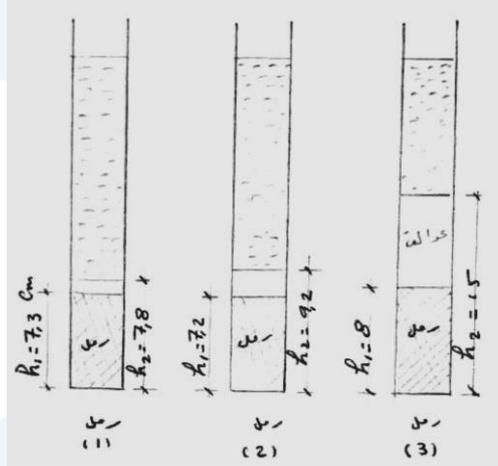
$h_2$  : الارتفاع الكلي للرمل المترسب والمواد العائمة المعكرة (عالقة).

يمكن تحديد القيمتين  $h_1$  و  $h_2$  بالعين المجردة وإذا تعذر ذلك يمكن استخدام مكبس بسيط.

نظرياً يكون:  $ES = 100$  من أجل رمل صاف ( $h_2 = h_1$ )

$ES = 0$  من أجل غضار صافي ( $h_1 = 0$ )

مثال: يطلب تحديد معيار الرمل لثلاثة أنواع من الرمل (الشكل 4-1)



الشكل (1-4)

- الرمل (1)

$$h_1 = 7.3 \text{ cm}, h_2 = 7.8 \text{ cm}$$

$$ES = (7.3/7.8)*100 = 93$$

هذا الرمل نظيف جداً ويحتوي قليلاً من الناعم، ومن المفضل عدم استخدامه إلا مع عيار اسمنت مرتفع.  $350 \text{ Kg/m}^3$   
 $C \geq$

- الرمل (2)

$$ES = (7.2/9.2)*100 = 78$$

هذا الرمل جيد من أجل البيتون.

- الرمل (3)

$$ES = (8/15)*100 = 53$$

الرمل غير نظيف ولا يناسب صناعة بيتون جيد.

يبين الجدول (2-4) قيم معايير الرمل التي ينصح بها :

بالعين المجردة معايير الرمل ES	باستخدام المكبس معايير الرمل ES	طبيعة ونوعية الرمل
$ES < 65$	$ES < 60$	رمل غضاري : خطر التقلص أو الانتفاخ يرفض من أجل البيتون ذو النوعية العادية
$65 \leq ES < 75$	$60 \leq ES < 70$	رمل مع غضار قليل : نظافة مقبولة لبيتون ذي نوعية عادية عندما لا يخشى من التقلص.
$75 \leq ES < 85$	$70 \leq ES < 80$	رمل نظيف مع نسبة ضعيفة من الناعم الغضاري : مناسب جداً لبيتون نوعي القيمة المثالية :

		ES = 75 مكبس
		ES = 80 عين مجردة
ES ≥ 85	ES ≥ 80	رمل نظيف جداً : الغياب الإجمالي للناعم الغضاري يمكن أن يسبب خطر ولادة بعض المشاكل الخاصة باللدونة والواجب تعويضها بزيادة عيار الماء.

الجدول (2-4): معايير الرمل

يمكن تحديد نوعية البتون كتابع لمعايير الرمل الأصغري المحدد بالعين كما يلي (الجدول (3-4)):

نوعية البتون	ES <sub>min</sub> بالعين المجردة
بتون عادي	70
بتون عادي ذو مقاومة عالية نسبياً "بتون نوعي"	75
بتون نوعي عالي المقاومة "بتون استثنائي"	80

الجدول (3-4): نوعية البتون كتابع لمعايير الرمل

معامل النعومة  $M_f$ :

إن معامل النعومة لنوع من الحصىات يساوي (1/100) من مجموع المحجوز، والمعبر عنه بنسب مئوية على المناخل المختلفة الموافقة للمجموعة التالية:

$$0.16 - 0.315 - 0.63 - 1.25 - 2.5 - 5 - 10 - 20 - 40 - 80 \text{ mm}$$

فيكون معامل النعومة موافقاً للمساحة التي تعلق منحني التحليل الحبي. يعطي معامل النعومة هذا فكرة واضحة عن نسبة العناصر الناعمة والخشنة في الحصىات، وتكون معظم تطبيقاته على الرمل.

يكون الرمل جيداً ومقبولاً لصناعة البتون عندما يكون معامل نعومته يقع بين 2.2 و 2.8. وعندما يكون  $M_f < 2.2$ ، يعني أن الرمل تحوي زيادة في المواد الناعمة فيتطلب هذا زيادة عيار الماء.

وعندما تكون قيمة هذا المعامل  $M_f > 2.8$  فإن الرمل تنقصه المواد الناعمة والبتون يفقد قابلية تشغيله.

تنصح القواعد الفرنسية بأن يكون الرمل المستخدم في صناعة البتون ذا معامل نعومة يقع بين 1.8 و 3.2 مع ثلاثة شروط: A – B – C

a- القسم المركزي A:  $2.8 < M_f < 2.2$ ، يوافق جيداً قابلية تشغيل مقبولة ومقاومة جيدة مع خطر تجزؤ محدود.

b- القسم العلوي B:  $1.8 < M_f < 2.2$ ، يراد السهولة في الصب على حساب المقاومة.

c- القسم السفلي C:  $2.8 < M_f < 3.2$ ، يناسب بتون ذا مقاومة عالية ولكن بشكل عام تكون قابلية التشغيل

أقل جودة وينشأ خطر حدوث الانفصال.

مثال على حساب  $M_f$ :

يُرسَم منحني التحليل الحبي للرمل ( 0 - 5 mm ) المدروس ثم يُحسب المحجوز كنسبة مئوية على المناخل 0.16 – 0.315 – 0.63 – 1.25 – 2.5 – 5 mm ، فيكون:

المحجوز على المنخل  $D = 0.16$  mm = 93 %

المحجوز على المنخل  $D = 0.315$  mm = 81 %

المحجوز على المنخل  $D = 0.63$  mm = 57 %

المحجوز على المنخل  $D = 1.25$  mm = 27 %

المحجوز على المنخل  $D = 2.5$  mm = 8 %

المحجوز على المنخل  $D = 5$  mm = 0 %

المحجوز الإجمالي : المجموع = 266

بالتالي يكون معامل الرمل (0-5) المستخدم:  $M_f = 266266/100 = 2.66$

#### المضافات :

يقصد بالمضافات تلك المنتجات التي تضاف بكمية قليلة إلى البيتون والتي تسمح بزيادة بعض خواصه المرغوبة أو تحسينها سواءً البيتون الطازج أو البيتون المتصلب. هذه المضافات تتوفر في الاسواق بشكل بودرة قابلة للانحلال أو سوائل أو غير ذلك.

تأخذ المضافات دورها المناسب عندما يكون العيار جيداً وطريقة تركيب البيتون علمية وكذلك تقنية جيدة في الصب. بالتالي ليست المضافات هي التي تعطي بيتوناً جيداً بل تساهم في تحسين الميزات. يلخص الجدول (4-4) المضافات الرئيسية وحالات استعمالها في أعمال البيتون:

المضافات	الاستعمال
مسيلات	الحاجة إلى قابلية تشغيل جيدة - المسبق الصنع - بيتون عالي المقاومة
ملدنات	نقل غازي للبيتون ( بيتون مضخوخ... ) - بيتون مصبوب تحت الماء - بيتون قليل السماكة ( بلوكات مصنوعة ) - بيتون الطرق - الرمل حيث فيه نسبة الناعم قليلة بيتون حيث التسليح كثيف جداً - أعمال الحقن للمونة الاسمنتية
مسرعات	فك القالب بسرعة - طقس بارد - مسبق الصنع - أعمال بحرية ( بين الجزر والمد ) - أعمال الكتامة - تغطية سريعة - ترميم وإصلاحات سريعة - المطارات - الطرق - تشاريك ووصلات التثبيت.
مبطنات	طقس حار - حقن لأعماق كبيرة ( ارتفاع درجة الحرارة ) - جدران كتيمة - نقل البيتون لمسافات طويلة - إعادة ( استئناف ) عملية الصب - صناعة البيتون مع حصويات ظاهرة ( جدران القوالب مغسولة ) - الجدران مصبوبة مباشرة في التربة

مولدات هواء - ضد الجليد بعد التصلب	طرق - سدود - جسور - أعمال بحرية - منشأة معرضة للجليد ومياه ضارة
ضد الجليد للبيتون الطازج	الصب حتى 10° C ( طقس بارد جداً )
من أجل الكتامة	المونة الاسمنتية ( اللياسة ) - مونة من أجل الفواصل ومقاطع الهروب - خزانات - مسابح - ممرات - أنفاق - أعمال تحت الأرض ( ) جدران - أساسات ( - أعمال بحرية - سقوف - بلاكين - ملاط الفواصل البحرية

الجدول (4-4): المضافات الرئيسية وحالات استعمالها في أعمال البيتون

عرض طريقة درو - جوريس في تصميم الخلطة

تشكل هذه الطريقة إحدى الطرق الرئيسية المستخدمة في المركز التجريبي للبحوث ودراسات البناء والأعمال العامة في فرنسا (باريس) من أجل تحديد تركيب البيتون.

معطيات أساسية :

طبيعة البناء :

إن طبيعة المنشأة المراد تنفيذها لها دور أساسي في تحديد نوعية البيتون :

- منشأة كتلية.
- ممتدة ذات سماكة قليلة.
- تسليح خفيف أو كثيف.

يتوجب معرفة السماكة الدنيا وتوضعات فولاذ التسليح في المناطق كثيفة التسليح والمسافة الدنيا بين القضبان وكذلك سماكة التغطية.

المقاومة المرغوبة :

بشكل عام يراد تأمين مقاومة اسمية للبيتون ( $\sigma'_n$ ) على الضغط بعمر 28 يوم، لكن إذا أخذ بالاعتبار التبثر والفرق التربيعي (S) فإنه يتوجب الحصول على مقاومة وسطية بعمر 28 يوم ( $\sigma'_{28}$ ) أكبر من ( $\sigma'_n$ ) :

$$\sigma'_n = \sigma'_{28} - 0.8S$$

إذا قبل بمعامل تغير وسطي 20% فإنه بالإمكان تبني القاعدة التقريبية من أجل المقاومة الوسطية المطلوب تحقيقها :

$$\sigma'_{28} \approx \sigma'_n + 15\%$$

$$\sigma'_{28} \approx 1.15 \times (\sigma'_n) \Leftrightarrow f'_{cm} \approx 1.15 \times (f'_c)$$

حيث:  $f'_{cm}$ : المقاومة الوسطية للبيتون (اختبار عينات اسطوانية على الضغط البسيط) بعمر 28 يوم.

$f'_c$ : المقاومة المميزة للبيتون بعمر 28 يوم.

قابلية التشغيل المرغوبة (القوام):

تتعلق هذه الخاصة بطبيعة المنشأة (كتلية أو ذات تسليح كثيف) وبصعوبة عملية الصب وبوسائل الرج المستخدمة (دك أو هز).

يمكن تحديد قابلية التشغيل بواسطة اللدونة المطلوبة والمقاسة بواسطة هبوط مخروط ابراهام أو تجربة C.E.B كما هو مبين في الجدول (5-4).

القوام (اللدونة)	نوع الرج	هبوط مخروط أبراهام cm	N : عدد الصدمات تبعاً لتجربة القوام وفق (C.E.B)
بيتون جاف جداً	هز عنيف	0 – 2	> 60
بيتون جاف	هز جيد	3 – 5	30 – 50
بيتون لدن	هز عادي	6 – 9	15 – 25
بيتون رخو	دك بالقضيب	10 – 13	10 – 15
بيتون سائل	دك ضعيف بالقضيب	≥ 14	< 10

الجدول (5-4): قابلية التشغيل كتابع لهبوط المخروط أو عدد الصدمات (CEB)

البعد الأعظمي للحصويات :

يعبر عن القيم العظمى لـ (D) ببعد المنخل (tamis) في حالة التدرج المستمر للحصويات بينما في حالة التدرج المنقطع فإنه يجب تخفيض هذه القيمة بنسبة تتراوح بين 10% و 20% وذلك لأن نسبة الحصويات ذات البعد القريب من D عالية جداً.

يعطي الجدول (6-4) البعد الأعظمي للحصويات، بشكل تقريبي، كتابع لخواص العنصر المصبوب.

خواص العنصر	حصويات D (منخل)	
	مستديرة	مكسرة - حادة
e البعد الأفقي بين قضبان التسليح	$D \leq 0.8 e$	$D \leq 0.7 e$
h البعد الشاقولي بين قضبان التسليح	$D \leq h$	$D \leq 0.9 h$
r نصف القطر الوسطي لشبكة التسليح	$D \leq 1.4 r$	$D \leq 1.3 r$

$h_m$	السماكة الأصغرية	$D \leq h_m/4$
-------	------------------	----------------

الجدول (6-4)

من جهة أخرى، يبين الجدول (7-4) قيم  $D$  كتابع لسماكة تغطية التسليح الأكثر قرباً من الكوفراج (c).

الوسط المحيط وخطورته	القيمة الأصغرية للتغطية (c)	$D_{max}$
خطر جداً (فعل البحر)	4 cm	$D \leq 0.8 c$
متوسط الخطورة (طقس متقلب)	2 cm	$D \leq 1.25 c$
خطورة قليلة (داخل البناء)	1 cm	$D \leq 2 c$

الجدول (7-4)

عيار الاسمنت (C) :

في البداية تقدر النسبة  $\left(\frac{C}{W}\right)$  كتابع للمقاومة الوسطية المرغوبة خلال 28 يوم :

$$\sigma'_{28} = f'_{cm} = G \times \sigma'_{cement} \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right)$$

$\sigma'_{28}$  : المقاومة الوسطية المرغوبة للبيتون على الضغط خلال 28 يوم مقدرة بالـ  $(kg.f / cm^2)$ .

$\sigma'_{cement}$  : المقاومة الوسطية للاسمنت خلال 28 يوم مقدرة بالـ  $(kg.f / cm^2)$ .

$$\sigma'_{cement} = \begin{cases} 355 kgf / cm^2 \\ 450 kgf / cm^2 \\ 550 kgf / cm^2 \end{cases}$$

C : عيار الاسمنت ويقدر بالـ  $(kg / m^3)$ .

W : عيار الماء الإجمالي على مواد جافة مقدراً بـ  $(l / m^3)$ .

G : معامل حي يعطى بالجدول (8-4).

نوعية الحصويات	مقاس الحصويات		
	$D \leq 16 mm$	$20 \leq D \leq 40 mm$	$D \geq 50 mm$
ممتازة	0.55	0.60	0.65
جيدة - عادية	0.45	0.50	0.55
لا بأس	0.35	0.40	0.45

الجدول (8-4)

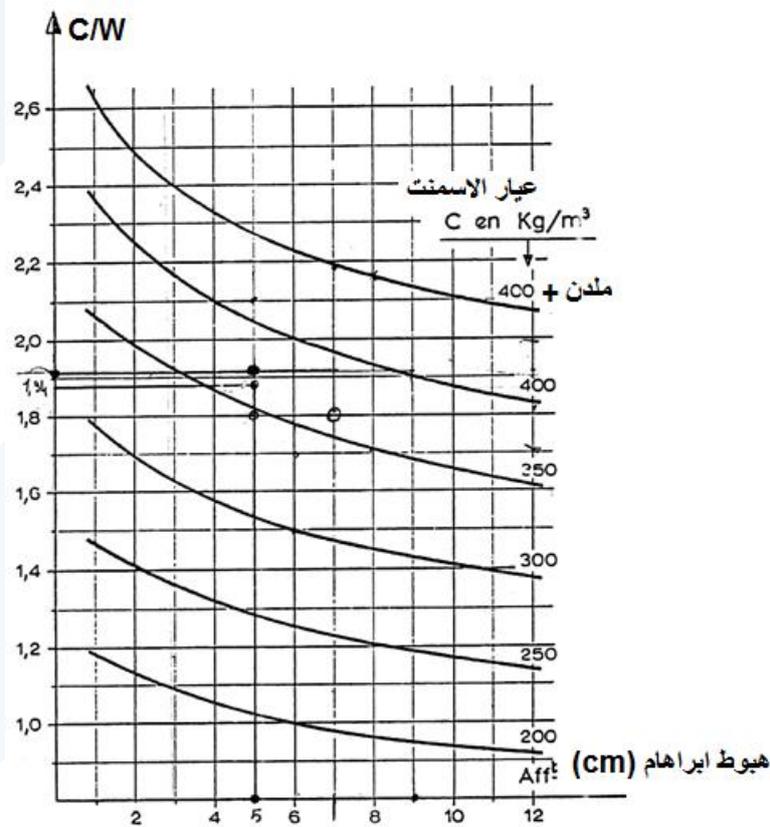
إن القيم التقريبية للمعامل الحجي  $G$  المحدد في الجدول (8-4) تفرض بأن الرج سيتم في أحسن الشروط. في الواقع يرتبط عيار الاسمنت  $C$  بالنسبة  $\frac{C}{W}$  وبقابلية التشغيل المطلوبة. ومن خلال الشكل (2-4) "آباك" يمكن تحديد عيار الاسمنت بـ  $(kg/m^3)$  وذلك بعد معرفة النسبة  $\frac{C}{W}$  ، وقابلية التشغيل (هبوط المخروط بالسم).

#### عيار الماء (E or W) :

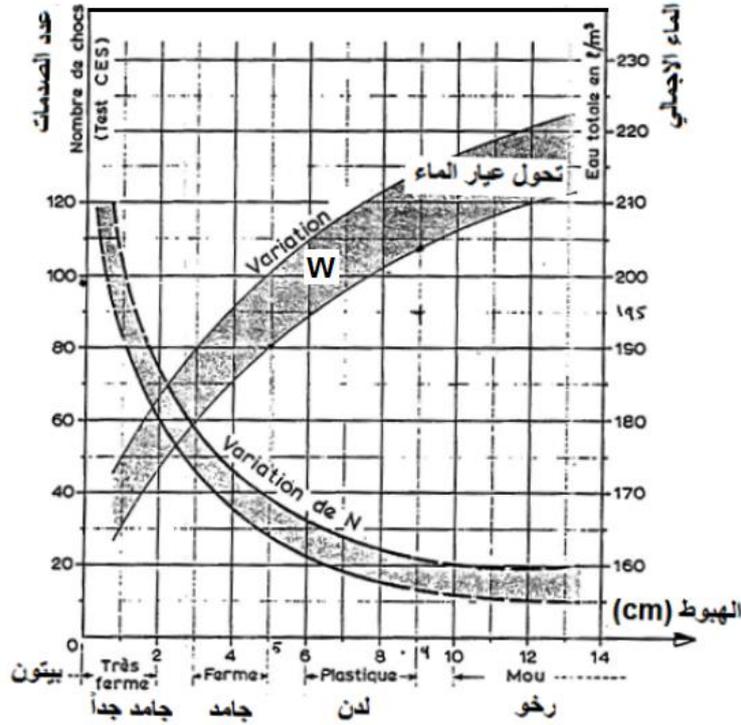
بعد معرفة عيار الاسمنت يُعمل على تحديد عيار الماء التقريبي حيث يتوجب إجراء بعض التعديلات للأخذ بالاعتبار قابلية التشغيل أو اللدونة.

يوضح الشكل (3-4) تغير عيار الماء كتابع لهبوط المخروط أو عدد الصدمات الخاصة بتجربة قابلية التشغيل المقترحة من قبل (C.E.B) "الهيئة الأوروبية للبيتون" باعتبار بيتون مقاس حصوياته الأعظمي  $D \approx 25$  mm. إذا كان  $D < 25$  mm فإن السطح النوعي للحصويات يزداد بالتالي يجب زيادة عيار الماء والعكس صحيح.

يبين الجدول (9-4) التصحيح اللازم لعيار الماء الكلي كتابع لـ  $D$  من أجل الأخذ بالاعتبار السطح النوعي للحصويات.



الشكل (2-4): تحديد عيار الاسمنت بدلالة  $\frac{C}{W}$  وقابلية التشغيل



الشكل (3-4) - عيار الماء كتابع لقابلية التشغيل، مع (D=25mm).

البعد الأعظمي للحصويات D ( mm )	5	10	16	25	40	63	100
تصحيح عيار الماء ( % )	+15	+9	+4	0	-4	-8	-12

الجدول (9-4): تصحيح عيار الماء تبعاً للمقاس الأعظمي للحصويات

إن ما سبق ذكره يخص الحصويات الجافة، وعندما تكون الحصويات رطبة يعمل على طرح كمية الماء الموجودة من كمية الماء المحسوبة سابقاً، ويبين الجدول (10-4) هذه الكمية من الماء كتابع لدرجة الرطوبة ونصف الحصويات. أخيراً يجب معرفة أماكن تخزين الحصويات في العراء - مغطاة - مغسولة - تستخدم في الصيف أم في الشتاء، وذلك من أجل تقدير رطوبتها ومن ثم اختيار عيار ماء مناسب. إن تحديد عيار الماء (W) مسألة صعبة وتحتاج لاهتمام ودراسة جيدين.

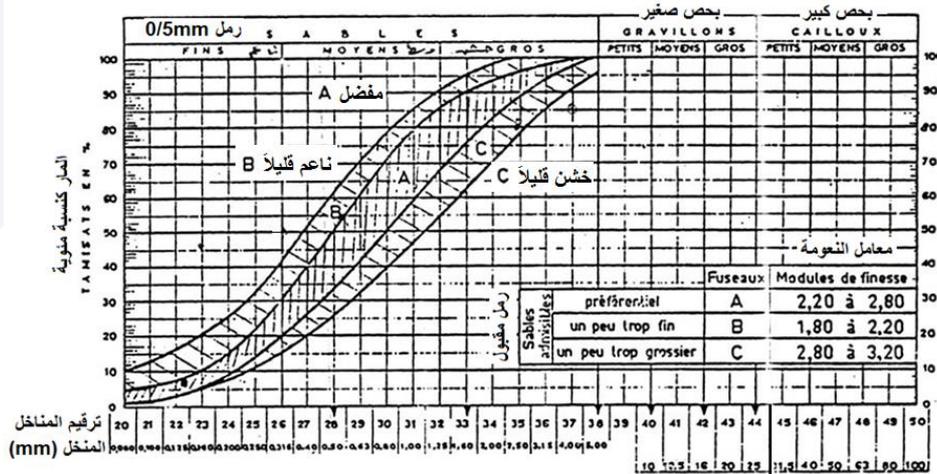
درجة الرطوبة الظاهرية	الماء الموجود في الحصويات (l/m <sup>3</sup> )			
	رمل 0/5	بحص 5/12.5	بحص 5/20	بحص كبير 20/40
جافة	0 - 20	مهملة	مهملة	مهملة
رطبة	40 - 60	20 - 40	10 - 30	10 - 20

رطوبة جداً	80 – 100	40 – 60	30 – 50	20 – 40
مشبعة - تنقيط	120 – 140	60 – 80	50 – 70	40 – 60

الجدول (4-10): كمية الماء الموجود في الحصى والرطوبة اللازم طرحها من العيار المحسوب

### نوعية الحصى:

- يجب أن يكون البحص مقاوم ونظيف، ونشير إلى إن شكل منحناه الحبي ذو أهمية أقل من تلك الخاصة بالرمل.
- في الواقع إن نوعية الرمل تلعب دوراً مهماً في تصميم الخلطة البيتونية المطلوبة:
- نظافته تتحقق بواسطة تجربة النظافة أو معايير الرمل.
- نعومته تحسب بواسطة معامل النعومة.
- تتم مقارنة المنحني الحبي للرمل مع الشريط المثالي المبين على الشكل (4-4).
- يتوجب عند الضرورة تصحيح هذا المنحني بإضافة رمل ناعم أو ملدن أو مولد هواء عندما يكون الرمل المستخدم ذو خشونة عالية ( $M_f \geq 3$ )، حيث  $M_f$ : معامل النعومة.



الشكل (4-4): الحزمة المثالية لرمل جيد في صناعة البيتون (0/5 mm)

### تصحيح معامل نعومة الرمل:

- لتصحيح معامل النعومة يمكن أن نستخدم قاعدة أبراهام، وفق النحو التالي:
- ليكن لدينا رمل خشن  $S_1$  له عامل نعومة كبير جداً مقداره  $M_{f1}$ ، وإننا نريد أن نضيف له رمل ناعم  $S_2$  بعامل نعومة مقداره  $M_{f2}$ ، وذلك بهدف الحصول على خلطة ذات عامل نعومة مناسب مقداره  $M_f$ .
- بتطبيق قاعدة أبراهام:

$$S_1 = \frac{M_f - M_{f2}}{M_{f1} - M_{f2}} \text{ : نسبة الرمل الأول } S_1 \text{ (الخشن)}$$

- نسبة الرمل الثاني  $S_2$  (الناعم):  $S_2 = \frac{M_{f1} - M_f}{M_{f1} - M_{f2}}$

تطبيق:  $M_{f1} = 3.2, M_{f2} = 2.0, M_f = 2.5$

- نسبة الرمل الأول:  $S_1 = \frac{2.5 - 2}{3.2 - 2} = 42\%$

- نسبة الرمل الثاني:  $S_2 = \frac{3.2 - 2.5}{3.2 - 2} = 58\%$

### المنحني الحبي المعياري :

على المخطط الخاص بتجربة التحليل الحبي للحصويات، نعمل على رسم ما يسمى المنحني الحبي المعياري المحدد بالنقاط O A B كما هو مبين على الأشكال 4- (5-6-7).

- النقطة O : مبدأ الإحداثيات
- النقطة B : توافق البعد D لأكبر حبة على محور السينات و 100 % على محور العينات.
- النقطة A : هي نقطة انكسار لها الإحداثيات التالية :
- ❖ محور السينات :
- إذا كان  $D/2 = X$  ، إذا كان  $D \leq 20 \text{ mm}$
- وسط القطعة المستقيمة المحددة بالقطر 5 mm (رقم 38) والقطر D ، إذا كان  $D > 20 \text{ mm}$
- ❖ محور العينات :

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_S + K_P$$

K : تعبير مصحح يعتمد على :

- عيار الاسمنت.
- فاعلية الرج.
- شكل الحبيبات المستديرة أو المكسرة وخاصة الرمل.
- معامل النعومة.

وبين الجدول (4-11) قيمة K كتابع للعوامل السابقة.

$K = 0$  : من أجل بيتون عادي ذي عيار اسمنت  $350 \text{ Kg/m}^3$  مؤلف من حصويات مستديرة وذي معامل نعومة رملي 2.5 ، يتم الرج بالهز العادي.

$K_S$  : معامل تصحيح إضافي يعمل على زيادة عينات النقطة A إذا كان معامل نعومة الرمل كبيراً جداً والعكس صحيح ، ويحسب كما يلي :

$$K_S = 6M_f - 15$$

$K_P$  : معامل تصحيح آخر يأخذ بعين الاعتبار طريقة صب البيتون، فإذا كان سيصب عن طريق الضخ فإنه يجب أن يكون البيتون ذا لدونة عالية وغني بالرمل مقارنةً بالبيتون العادي، وفي هذه الحالة يكون :

$$K_P = +5 \rightarrow +10$$

وذلك حسب درجة اللدونة المطلوبة.

	طبيعة الهز	ضعيف		عادي		قوي	
		مستدير	حاد مكسر ر	مستدي ر	حاد مكسر	مستدي ر	حاد مكسر
عيار الاسمنت عيار (C) قسماً/ملم	+ 400 ملدنات	-2	0	-4	-2	-6	-4
	400	0	+2	-2	0	-4	-2
	350	+2	+4	0	+2	-2	0
	300	+4	+6	+2	+4	0	+2
	250	+6	+8	+4	+6	+2	+4
	200	+8	+10	+6	+8	+4	+6

الجدول (11-4) : قيم المعامل  $K$

#### تطبيق:

يبين الشكل (6-4) بيتون ذا حصويات بمقاس  $D = 50 \text{ mm}$  (منخل رقم 48)، تحدد  $K$  من الجدول (11-4) وكذلك  $K_s$  و  $K_p$  كما مر سابقاً، وبفرض أن مجموع قيم التصحيح يعادل ل (+3).

- النقطة B :  $Y = 100 \%$

$X = D = X_1 = 50 \text{ mm}$

- النقطة A :

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_s + K_p = 50 - \sqrt{50} + 3 = 46\%$$

تقع سينات A في منتصف المسافة  $X_0 X_1$  حيث  $X_0 = 5 \text{ mm}$  (منخل رقم 38) و  $X_1 = 50 \text{ mm}$  (منخل رقم 48) (الجدول 4-12)، بالتالي تقع النقطة عند المنخل رقم:

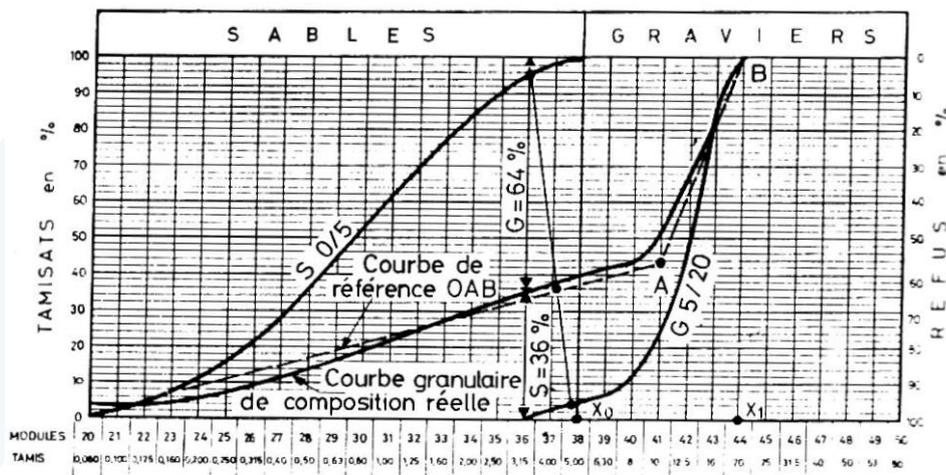
$$38 + (48 - 38) / 2 = 43$$

بالنتيجة يتعين المنحنى المعياري (OAB).

رقم المنخل (مودول) (Modules)	20	21	22	23	24	25	26	27
فتحة المنخل (mm)	0.08	0.10	0.125	0.16	0.20	0.25	0.315	0.40

رقم المنخل (مودول) (Modules)	28	29	30	31	32	33	34	35
فتحة المنخل (mm)	0.50	0.63	0.80	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50
رقم المنخل (مودول) (Modules)	36	37	38	39	40	41	42	43
فتحة المنخل (mm)	3.15	4.00	5.00	6.30	8	10	12.5	16
رقم المنخل (مودول) (Modules)	44	45	46	47	48	49	50	-
فتحة المنخل (mm)	20	25	31.5	40	50	63	80	-

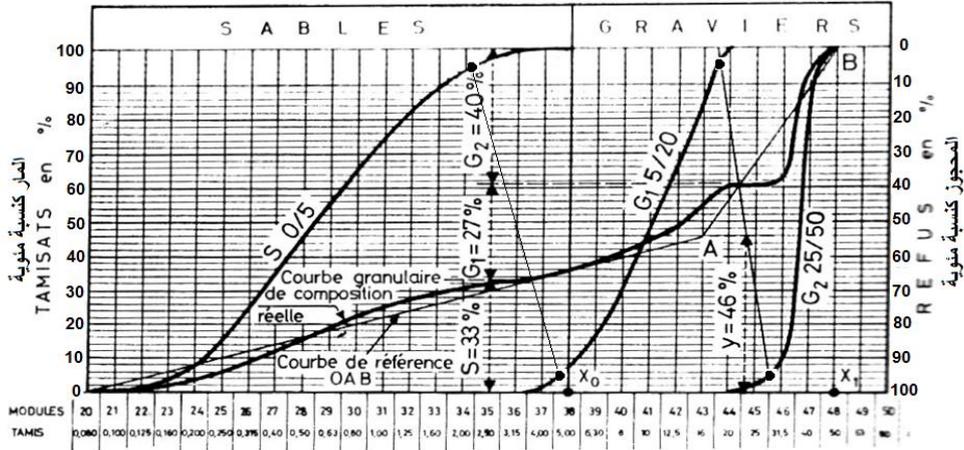
الجدول (12-4)



الشكل (5-4): التحليل الجبي - مثال لدراسة التركيب الجبي لبيتون مؤلف

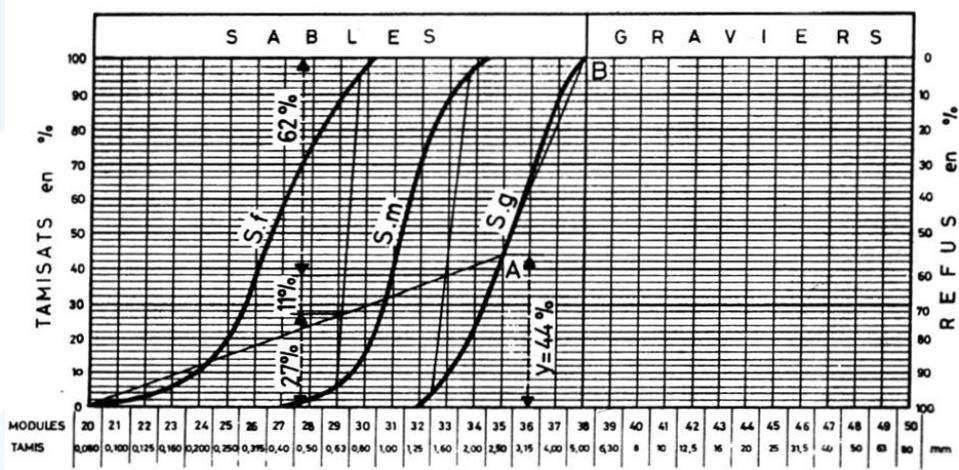
من نوعين من الحصويات

(رمل "S 0/5" + بحص "G 5/20") مستمر مع D = 20 mm



الشكل (4-6): التحليل الجي – مثال لدراسة التركيب الجي لبيتون منقطع مؤلف من ثلاثة أنواع من الحصى مع D = 50 mm

- رمل: S 0/5
- بحص: G<sub>1</sub> 5/20:1
- بحص: G<sub>2</sub> 25/50:2



الشكل (4-7): التحليل الجي – مثال لدراسة التركيب الجي لمكروبيتون مؤلف

من ثلاثة أنواع من الرمل

- رمل ناعم (S<sub>f</sub>): 0/0.5 mm
- رمل متوسط (S<sub>m</sub>): 0.5/1.6 mm
- رمل خشن (S<sub>g</sub>): 1.6/5 mm

معامل الارتصاص  $\gamma$ :

معامل الارتصاص  $\gamma$  هو نسبة الحجم المطلق للمواد الصلبة في ( اسمنت + حصويات ) المحتواة في  $1 \text{ m}^3$  من البيتون الطري.

$$\gamma = \frac{V_G + V_S + V_C}{V_G + V_S + V_C + V_A} = \frac{V_M}{1000}$$

G : بحص ، S : رمل ، C : اسمنت ، A : هواء

إن هذا المعامل تابع لـ:

D : البعد الأعظمي للحصويات.

C : عيار الاسمنت.

W : عيار الماء.

اللدونة المطلوبة ووسيلة الرخ المستخدمة.

وتتراوح قيم معامل الارتصاص  $\gamma$  :

0.750 للميكرو بيتون ذي القوام الرخو مع دك بسيط ،

إلى 0.855 للبيتون البحصي ذي القوام الجامد مع هز جيد.

وتعتبر القيمة  $\gamma = 0.82$  وسطية تقريبية يمكن أن تعتمد بشكل عام لبيتون عادي حيث :

$16 \leq D \leq 40 \text{ mm}$  شرط إجراء تحقيق بواسطة قياس كثافة البيتون الطري.

يمكن إعطاء قيم  $\gamma$  التقريبية كما هو مبين في الجدول (4-13) وذلك بالنسبة للحصويات المستديرة، فيما عدا ذلك يجب

إجراء التصحيحات التالية :

- رمل مدور وبحص مكسر ( -0.01 )

- رمل مكسر وبحص مكسر ( -0.03 )

- إذا كان عيار الاسمنت  $C \neq 350 \text{ Kg/m}^3$  فنعمل على تصحيح القيم كما يلي:

$$\frac{C - 350}{5000}$$

القوام	الرخ	معامل الارتصاص $\gamma$ ( C=350 Kg/m <sup>3</sup> ) - حصويات مستديرة						
		D = 5	D=10	D=12.5	D=20	D=31.5	D=50	D=80
رخو	دك- بواسطة قضبان	0.750	0.780	0.795	0.805	0.810	0.815	0.820
	هز- ضعيف	0.755	0.785	0.800	0.810	0.815	0.820	0.825
	هز- عادي	0.760	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830

لدن	دك- بواسطة قضبان	0.760	0.790	0.805	0.815	0.820	0.825	0.830
	هز- ضعيف	0.765	0.795	0.810	0.820	0.825	0.830	0.835
	هز- عادي	0.770	0.800	0.815	0.825	0.830	0.835	0.840
	هز- عنيف	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
	هز- ضعيف	0.775	0.805	0.820	0.830	0.835	0.840	0.845
جامد	هز- عادي	0.780	0.810	0.825	0.835	0.840	0.845	0.850
	هز- عنيف	0.785	0.815	0.830	0.840	0.845	0.850	0.855
	هز- عادي	0.785	0.815	0.830	0.840	0.845	0.850	0.855
	هز- عنيف	0.785	0.815	0.830	0.840	0.845	0.850	0.855

الجدول (4-13): قيم معامل الارتصاص  $\gamma$  ( $C=350 \text{ Kg/m}^3$ )

#### عيار الحصويات :

يجب رسم المنحني الجبي المعياري O A B على مخطط منحنيات التحليل الجبي للحصويات.  
يعمل على رسم ما يسمى بخطوط التقسيم بين كل نوع من أنواع الحصويات وذلك بوصل النقطة ذات الترتيب % 95 من المنحني الجبي التابع للنوع الأول بالنقطة ذات الترتيب % 5 من المنحني الجبي التالي وهكذا .....  
بعد رسم خطوط التقسيم تحدد النسبة المئوية للحجم المطلق لكل نوع من أنواع الحصويات:  $g_1, g_2, \dots$  .....  
إذا كان C عيار الاسمنت بالـ  $\text{Kg/m}^3$  ، والكتلة النوعية للاسمنت المستخدم هي  $m_c = 3.1$  (قيمة وسطية مقبولة) فيكون الحجم المطلق لحبات الاسمنت (c) :

$$c = \frac{C}{3.1}$$

يكون الحجم المطلق لمجمل الحصويات V :

$$V = 1000\gamma - c$$

بالتالي، يتم حساب الحجم المطلق لكل نوع من أنواع الحصويات :

$$v_1 = g_1 V$$

$$v_2 = g_2 V$$

$$v_3 = g_3 V$$

إذا كانت الكتلة النوعية لكل نوع من هذه الحصويات كما يلي:  $\varpi_1$ ;  $\varpi_2$ ;  $\varpi_3$  ... ، فتكون كتلة كل نوع كما يلي :

$$P_1 = v_1 \varpi_1$$

$$P_2 = v_2 \varpi_2$$

$$P_3 = v_3 \varpi_3$$

$$P = \sum P_1 + P_2 + P_3 = G$$

الكتلة الإجمالية للحصويات:

#### تصحیحات :

يجب التأكد من علاقة التركيب المحددة سابقاً وذلك بإجراء بعض التجارب التي تساعد على تحديد التصحيحات الضرورية.

#### المقاومة غير كافية :

- يزداد عيار الاسمنت.
- يُخفض عيار الماء مع الحفاظ على لدونة كافية وذلك بإدخال مضافات خاصة.
- تخفيض عيار الرمل الناعم على حساب العناصر الأكثر كبراً ولكن يجب الانتباه في هذه الحالة لانخفاض قابلية التشغيل وازدياد ظاهرة التجزؤ (الانفصال).
- يمكن أيضاً زيادة النسبة G/S وذلك بالتخفيض القليل لكمية الرمل على حساب البحص، ويكفي أن تخفض النقطة A قليلاً للمنحني المعياري O A B.

يمكن إجراء التجارب على عمر 7 أيام ثم استنتاج المقاومة على عمر 28 يوم:  $\frac{\sigma'_{28}}{\sigma'_7} \approx 1.45$

وذلك بالنسبة لاسمنت ذو سرعة تصلب عادية.

#### قابلية تشغيل غير كافية و خطر التجزؤ (الانفصال):

- يجب التأكد من أن الرمل لا يملك معامل نعومة كبير جداً، وفي هذه الحالة يزداد الرمل الناعم ويُصحح معامل النعومة أو نعمل على إدخال إضافات ملدنة.
- إذا كان مظهر البيتون جافاً جداً فإنه يزداد عيار الماء ولكن يجب الانتباه لانخفاض المقاومة.
- يمكن أيضاً تحسين قابلية التشغيل وتخفيض خطر التجزؤ بزيادة العناصر الأكثر نعومة على حساب الأكثر خشونة (كبراً) ، هذا يقود إلى تخفيض النسبة G/S ، وبالتالي يكفي رفع النقطة A قليلاً أي اختيار قيمة ل K أكثر كبراً.

#### ضبط العلاقة في المتر المكعب :

G : كتلة الحصويات.

C : كتلة الاسمنت.

W : عيار اللماء بـ  $(l / m^3)$  على مواد جافة .

تكون كثافة المتر المكعب النظرية من البيتون الطري كما يلي :

$$\Delta_0 = \frac{G + C + W}{1000}$$

لكن بالإمكان قياس الكثافة الحقيقية للبيتون الطري  $\Delta$  عن طريق وزن عينة أو عدة عينات. إذا كانت  $\Delta$  تختلف قليلاً عن  $\Delta_0$  فهذا يعني بأن العلاقة المدروسة توافق بشكل جيد متر مكعب واحد، وإذا كانت الكثافة الحقيقية  $\Delta$  أصغر بقليل من الكثافة النظرية  $\Delta_0$  فهذا يعني أن العلاقة المدروسة تعطي زيادة صغيرة عن متر مكعب بيتون وإن عيار الاسمنت الحقيقي يكون أقل من قيمته النظرية المتوقعة والعكس صحيح .  
ويكون التصحيح اللازم على الكتلة الإجمالية للحصويات :

$$x = \pm 1000(\Delta - \Delta_0), kg$$

$\Delta - \Delta_0 < 0$  نعمل على تخفيض الكتلة بالمقدار  $x$  لأن العلاقة المقترحة تولد حجماً أكبر من  $1m^3$

$\Delta - \Delta_0 > 0$  يزداد التصحيح حيث هناك حجماً أقل من  $1m^3$

يكون التصحيح موزعاً على الكتل كما يلي :

النسب المئوية لأنواع الحصويات هي :  $g_3, g_2, g_1$

الكتل الموافقة :  $P_1, P_2, P_3$

التصحيح يكون :

$$\frac{xP_1}{G}, \frac{xP_2}{G}, \frac{xP_3}{G}$$

حيث  $G$  : الكتلة الإجمالية للحصويات.

ملاحظة تخص البيتون البحصي ( حصويات ذات أقطار كبيرة ) :

يجب التنويه أنه كلما ازداد المقاس الأعظمي للحصويات  $D$  فإن مظهر الخلطة يتعرض لخطر التجزؤ بشكل كبير ، وإنه من المؤكد بأن خطر التجزؤ يزداد كثيراً للبيتون الحاوي على حصويات أكبر من  $50\text{ mm}$  مقارنةً بتلك الحاوية على قيم صغيرة لـ  $D$  .

ولتقليل خطر التجزؤ ( $D > 50\text{ mm}$ ) ، يعمل على تخفيض نسبة الحصويات الكبيرة لصالح الصغيرة والرمل. من الواضح أن هذا العمل يولد زيادة في عيار الماء وانخفاض معين للمقاومة ففي هذه الحالة يمكن تبني زيادة ما لقيمة  $Y$  المحسوبة وفق هذه الطريقة، ويمكن تحديد قيمة هذه الزيادة كما يلي :

$$\Delta Y \leq \frac{D - 25}{5}, \%$$

حيث  $D$  يعبر عنها بالملم.

أمثلة تطبيقية على طريقة درو – جوريس

التطبيق الأول ( بيتون مستمر مع  $D = 20\text{ mm}$  ) :

معطيات أساسية :

- بعد معرفة الميزات الهندسية للمنشأة المراد صيها ، يعمل على اعتماد المقاس الأعظمي للحصويات كما مر سابقاً

تفرض  $D = 20\text{ mm}$  :

- المقاومة الاسمية المطلوبة :

$$\sigma'_n = 300\text{kg/cm}^2, (f'_c)$$

يعمل على صنع بيتون ذي مقاومة وسطية بعمر 28 يوم تعادل :

$$\sigma'_{28} \approx 1.15 \times (\sigma'_n) \Leftrightarrow f'_{cm} \approx 1.15 \times (f'_c) = 1.15 \times 300 = 345 \text{ kg/cm}^2$$

- الحصويات المستخدمة مستديرة، وبنوعية جيدة.
- قابلية التشغيل المرغوبة تتميز بهبوط مخروطي معادل لـ  $A = 5 \text{ cm}$  (لدن نسبياً-قريب للجاف).
- الرج عن طريق هز عادي.
- $M_f = 2.71$

#### عيار الاسمنت :

- تبلغ المقاومة الوسطية للاسمنت المستخدم بعمر 28 يوم :

$$\sigma'_{cement} = 480 \text{ kg/cm}^2$$

- يمكن حساب النسبة  $\frac{C}{W}$  ، كما يلي :

$$\sigma'_{28} = f'_{cm} = G \times \sigma'_{cement} \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right)$$

حيث  $G = 0.5$

$$345 = 0.5 \times 480 \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right) \Rightarrow \frac{C}{W} = 1.94$$

من الأباك، باعتبار  $\frac{C}{W} = 1.94$  و  $A = 5 \text{ cm}$

تحدد C بالقيمة  $375 \text{ kg/m}^3$ .

#### عيار الماء :

يعين عيار الماء الكلي على مواد جافة بشكل تقريبي كما يلي :

$$\frac{C}{W} = 1.94 \Rightarrow W = \frac{C}{1.94} = \frac{375}{1.94} \approx 195 \text{ l/m}^3$$

#### عيار الحصويات :

- بعد فحص وتحليل الحصويات تبين أنها صالحة : منحنيات التحليل الحبي مبينة سابقاً في الشكل (4-5):

رمل: S 0/5

بحص: G 5/20

- باعتبار  $D = 20 \text{ mm}$  فإن نقطة الانكسار A التابعة للمنحني المعياري لها الإحداثيات التالية :

$$X = D/2 = 10 \text{ mm}$$

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_S + K_P$$

من أجل عيار اسمنت معادل لـ  $375 \text{ Kg/m}^3$  - حصويات مستديرة - الرج يتم عن طريق هز عادي ، فإنه بالإمكان تحديد  $K : -2 \approx K$  .

هنالك تصحيح يتعلق بمعامل النعومة للرمل وهو  $K_s$  حيث  $M_f = 2.71$

$$K_s = 6M_f - 15 = 6 \times 2.71 - 15 = +1$$

الصب عادي وليس عن طريق الضخ، بالتالي يكون  $K_p = 0$  بالنتيجة :

$$Y = 50 - \sqrt{20} - 2 + 1 + 0 = 44\%$$

- خط التقسيم بين النوعين ( حصويات = رمل + بحص ) يتم الحصول عليه بربط 95 % من منحي الرمل و 5 % من منحي البحص.

- نقطة تلاقي خط التقسيم مع المنحي المعياري O A B تعطي النسب المئوية للرمل والبحص :

36 % النسب المئوية للرمل

64 % النسب المئوية للبحص

- يجري اختيار قيمة معامل الارتصاص  $\gamma$  تبعاً لـ :

-  $D = 20 \text{ mm}$  ، بيتون لدن ، هز عادي .

$$\gamma = 0.825 \text{ أن يتبين أن}$$

فتكون الحجم المطلقة للمركبات الصلبة :

$$1000\gamma = 825l$$

$$\frac{375}{3.1} = 121l \quad \text{حجم الاسمنت المطلق :}$$

$$825 - 121 = 704l \quad \text{حجم الحصويات المطلق :}$$

$$704 \times 0.36 = 253l \quad \text{حجم الرمل المطلق :}$$

$$704 \times 0.64 = 451l \quad \text{حجم البحص المطلق :}$$

$$121 + 253 + 451 = 825l \quad \text{الاجمالي المطلق (تحقيق):}$$

بافتراض أن الكثافات المطلقة للحصويات :

$$\omega_s = 2.54 \quad \text{للرمل}$$

$$\omega_G = 2.62 \quad \text{للبحص}$$

يكون عيار المواد الجافة للمواد بالكيلوغرام :

$$253 \times 2.54 = 643kg \quad \text{رمل}$$

$$451 \times 2.62 = 1182kg \quad \text{بحص}$$

$$375kg \quad \text{اسمنت}$$

$$195kg \quad \text{ماء إجمالي (تقريباً)}$$

ثم تحسب الكثافة النظرية للبيتون الطري  $\Delta_0$  :

$$\Delta_0 = (643 + 1182 + 375 + 195) / 1000 = 2.395$$

أخيراً يجري تجريب أو تحقيق التركيب المحدد عن طريق بعض التجارب ومن ثم إجراء التصحيحات المطلوبة والضرورية.  
**تجارب - تصحيحات :**

أ- اللدونة :

في البداية يجري اختبار الهبوط ( مخروط ابراهام ) من أجل التحقق فيما إذا كان التركيب المحسوب يلائم أو يحقق شروط اللدونة ، وهذا يسمح بإجراء عيار الماء تجريبياً من أجل الحصول على اللدونة المرغوبة.  
يجب أخذ رطوبة الحصى بالاعتبار في هذه التجارب.

**مثال :** إذا كانت كمية الماء المتوقعة  $W = 195l/m^3$  تسبب عملياً هبوط هام مقداره  $A = 9\text{ cm}$  ، فإنه يتوجب تخفيض العيار بمقدار الفرق المقروء على الأباك من أجل المرور من 9 cm إلى 5 cm ، بالتالي يجب تخفيض عيار الماء حوالي عشرة لترات (الخبرة تلعب دورها).

ب- ضبط  $1\text{ m}^3$  :

يجري تحضير عينات نظامية ثم يتم تحديد الكثافة الحقيقية للبيتون  $\Delta$  ، إذا كانت  $\Delta$  تختلف عن  $\Delta_0$  النظرية فإنه يجب إدخال تصحيح آخر على كمية البحص والرمل.

**مثال :** الكثافة النظرية كانت:  $\Delta_0 = 2.395$  ، والكثافة الفعلية مقدارها:  $\Delta = 2.32$  ، يكون التصحيح الخاص بالحصى :

$$1000(2.32 - 2.395) = -75\text{ kg}$$

يكون التخفيض :

$$\text{للمرل : } 75 \times 0.36 = -27\text{ kg}$$

$$\text{للبحص : } 75 \times 0.64 = -48\text{ kg}$$

ج- المقاومة :

نقوم بصنع العينات على أساس العيارات المصححة :

$$\text{رمل } 643 - 27 = 616\text{ kg}$$

$$\text{بحص } 1182 - 48 = 1134\text{ kg}$$

$$\text{اسمنت } = 375\text{ kg}$$

$$\text{ماء } 195 - 10 = 185\text{ l}$$

-----

الكثافة المصححة 2.310

بعد ذلك يُعمل على كسر العينات من أجل تحديد المقاومة الوسطية، فإذا كانت على سبيل المثال :

$$\sigma'_{28} = 380\text{ kg/cm}^2 \text{ بدلاً من } 345\text{ kg/cm}^2 \text{ المطلوبة.}$$

فيمكن عند ذلك تخفيض عيار الاسمنت كما يلي :

يُعمل على تجريب الصيغة (C/W - 0.5) مع الأخذ بالاعتبار النسبة 345/380 .

$$\left( \frac{C}{W} - 0.5 \right) = 1.94 - 0.5 = 1.44$$

التعبير المصحح هو :

$$\left(\frac{C}{W} - 0.5\right) = \frac{345}{380} \times 1.44 \Rightarrow \frac{C}{W} = 1.8$$

من الأباك، ومن أجل  $C/W = 1.8$  وهبوط  $A = 5 \text{ cm}$  يتم الحصول على قيمة لعيار الاسمنت  $C$  أقل بقليل من  $350 \text{ kg/m}^3$ .  
من أجل الأمان، يمكن اختيار  $C = 350 \text{ Kg/m}^3$  والعيار النهائي التالي بعد تبديل كتلة الاسمنت المحذوفة  
(25 Kg) بكمية رمل معادله في الحجم المطلق :

$$25 \times \frac{2.54}{3.1} = 21 \text{ kg}$$

بالنتيجة يكون العيار النهائي للبيتون :

$$\text{رمل} \quad 616 + 21 = 637 \text{ kg}$$

$$\text{بحص} \quad = 1134 \text{ kg}$$

$$\text{اسمنت} \quad = 350 \text{ kg}$$

$$C/W = 350/1.8 = 195 \text{ l} \text{ ماء (تقريباً)}$$

-----

$$\Delta_0 = 2.316 \text{ الكثافة النظرية.}$$

يبقى عيار الماء غير نهائي وهنا يعطى على سبيل البيان حيث يجب الأخذ الاعتبار لرطوبة الحصى كما مر سابقاً.

د- ملاحظة تبسيطية :

إذا لم تُعرف الكتلة النوعية للحصى (رمل - بحص)، ولكن يُقبل بأنها واحدة لكل أنواع الحصى، وعندما تُعرف كثافة البيتون الطري تقريباً فإن حساب الكتل يصبح سهلاً جداً :

على سبيل المثال :

$$W = 185 \text{ l} \text{ ، } C = 350 \text{ kg} \text{ مع } \Delta \approx 2.30$$

فإن الكتلة الإجمالية للحصى تكون :

$$2300 - (350 + 185) = 1765 \text{ kg}$$

فيكون :

$$1765 * 0.36 = 635 \text{ kg} \text{ من أجل الرمل}$$

$$1765 * 0.64 = 1130 \text{ kg} \text{ من أجل البحص.}$$

التطبيق الثاني:

(بيتون غير مستمر مع ثلاثة أنواع من الحصى و  $D = 50 \text{ mm}$ )

معطيات أساسية :

المقصود تصميم خلطة بيتون سيستخدم في تنفيذ منشأة كتلية، باعتبار أن الحصى تملك مقاساً أعظماً مقبولاً  
مقداره  $D = 50 \text{ mm}$ .

- المقاومة الاسمية المطلوبة :

$$\sigma'_n = 250 \text{ kg/cm}^2, (f'_c)$$

تكون النتائج ذات تبعثر ما، يفرض تأمين مقاومة وسطية على عمر 28 يوم تزيد بمقدار 20% من المقاومة الاسمية، بمعنى :

$$\sigma'_{28} \approx 1.2 \times (\sigma'_n) \Leftrightarrow f'_{cm} \approx 1.2 \times (f'_c) = 1.2 \times 250 = 300 \text{ kg/cm}^2$$

- الحصويات المستخدمة مستديرة، ذات نوعية وسطية (لابأس)،  $G = 0.45$

- الكثافات المطلقة للحصويات :

$$\varpi_s = 2.60 \text{ للرمل}$$

$$\varpi_G = 2.65 \text{ للبحص}$$

- الاسمنت المستخدم يملك مقاومة وسطية على عمر 28 يوم تعادل لـ  $\sigma'_{cement} = 520 \text{ kg/cm}^2$

- قابلية التشغيل المرغوبة تتميز بهبوط مخروطي معادل لـ  $A = 7 \text{ cm}$  (بيتون لدن).

- الرج يتم عن طريق هز ضعيف نسبياً.

$$M_f = 2.85$$

#### عيار الاسمنت :

- نستطيع حساب النسبة  $\frac{C}{W}$ ، كما يلي :

$$\sigma'_{28} = f'_{cm} = G \times \sigma'_{cement} \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right)$$

حيث  $G = 0.45$

$$300 = 0.45 \times 520 \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right) \Rightarrow \frac{C}{W} \approx 1.8$$

من الأباك، حيث  $\frac{C}{W} = 1.8$  و  $A = 7 \text{ cm}$  نحدد  $C$  بالقيمة  $360 \text{ kg/m}^3$

#### عيار الماء :

عيار الماء الكلي على مواد جافة يعين بشكل تقريبي كما يلي :

$$\frac{C}{W} = 1.8 \Rightarrow W = \frac{C}{1.8} = \frac{360}{1.8} \approx 200 \text{ l/m}^3$$

لكن  $D > 25 \text{ mm}$ ، فإنه يجب تصحيح عيار الماء : (تخفيض 6%) :

$$W + \Delta W = 200 - 0.06 \times 200 = 188 \text{ l/m}^3$$

بالتالي يجب تغيير قيمة عيار الاسمنت من أجل الحفاظ على  $C/W = 1.8$  فيكون :

$$C = 188 \times 1.8 = 338 \text{ kg/m}^3$$

لكن من أجل الأمان يحتفظ بالقيمة  $C = 350 \text{ kg/m}^3$

### عيار الحصويات:

- يبين الشكل (4-6) منحنيات التحليل الحبي لثلاثة أنواع من الحصويات:

رمل: S 0/5

بحص 1: G<sub>1</sub> 5/20

بحص 2: G<sub>2</sub> 25/50

- يرسم المنحني الحبي المعياري OAB ، باعتبار D = 50 mm فإن نقطة الانكسار A لها الإحداثيات التالية:

تقع سينات النقطة A في منتصف القطعة المستقيمة المحددة بواسطة النقطتين:

X<sub>1</sub> = 50 mm موافقة للمنخل رقم 48 ، X<sub>0</sub> = 5 mm موافقة للمنخل رقم 38 ، بالتالي يكون: X<sub>A</sub> = 16 mm موافقة للمنخل رقم 43 .

ويحدد ترتيب هذه النقطة:

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_S + K_P$$

من أجل عيار اسمنت معادل لـ  $350 \text{ Kg/m}^3$  - حصويات مستديرة - الرج يتم عن طريق هز ضعيف ، فإنه بالإمكان تحديد K من الجدول VI:  $K \approx +2$  .

يوجد تصحيح يتعلق بمعامل النعومة للرمل وهو K<sub>S</sub> حيث  $M_f = 2.85$

$$K_S = 6M_f - 15 = 6 \times 2.85 - 15 = +2$$

الصب عادي وليس عن طريق الضخ، بالتالي يكون K<sub>P</sub> = 0

النتيجة:

$$Y = 50 - \sqrt{50} + 2 + 2 + 0 = 47\%$$

- تُسمى خطوط التقسيم التي تربط النقاط في 95 % و 5 % للمنحنيات المتتابعة.

- تكون النسب المئوية بالحجم المطلق لكل نوع من الحصويات، الشكل (1-36):

33 % النسب المئوية للرمل S 0/5

27 % النسب المئوية للبحص G<sub>1</sub> 5/20

40 % النسب المئوية للبحص G<sub>2</sub> 25/50

تؤخذ هذه النسب بالاعتبار لإنشاء المنحني العام للخلاطة الحبية الحاصل عليها. هذا المنحني يحقق بشكل جيد المنحني المعياري عدا منطقة العتبة الناجمة عن عدم الاستمرارية للحصويات بين 20 mm و 31.5 mm .

تُختار قيمة معامل الارتصاص  $\gamma$  تبعاً لـ:

- D = 50 mm ، قوام لدن ، هز ضعيف . نجد أن  $\gamma = 0.83$

بالتالي، تكون الحجم المطلقة للمركبات الصلبة:

$$1000\gamma = 830 \text{ l}$$

$$\frac{350}{3.1} = 113 \text{ l}$$

$$830 - 113 = 717 \text{ l}$$

يكون عيار المواد الجافة للمواد بالكيلوغرام :

$$S \text{ رمل } 0.33 \times 717 \times 2.60 = 615 \text{ kg}$$

$$G_1 \text{ بحص } 0.27 \times 717 \times 2.65 = 515 \text{ kg}$$

$$G_2 \text{ بحص } 0.40 \times 717 \times 2.65 = 760 \text{ kg}$$

$$\text{اسمنت} \quad 350 \text{ kg}$$

$$\text{ماء} \quad 185 \text{ kg}$$

ومن ثم تُحسب الكثافة النظرية للبيتون الطري:  $\Delta_0 = 2.425$   
بالنهاية يبقى أن نقوم بإجراء تجارب التحقيق والتصحيحات اللازمة كما مر سابقاً.

**التطبيق الثالث (تصميم خلطة مكرو بيتون):**

#### معطيات أساسية:

- توجد ثلاثة أنواع من الرمل مغرّلة ومصنفة مسبقاً:
- رمل ناعم ( $S_f$ ): 0/0.5 mm
- رمل متوسط ( $S_m$ ): 0.5/1.6 mm
- رمل خشن ( $S_g$ ): 1.6/5 mm
- المنحنيات الحبيبة مبينة على الشكل (4-7).
- الرمل مستدير نظيف جداً وذو نوعية جيدة، بالتالي  $G = 0.45$
- $M_f = 2.50$ .
- الرمل مستدير - الرج يتم عن طريق هز عادي.
- يراد الحصول على مقاومة وسطية بعمر 28 يوم مقدارها:  $400 \text{ kg/cm}^2$
- مقاومة الاسمنت على عمر 28 يوم:  $520 \text{ kg/cm}^2$
- هبوط مخروط أبراهام:  $A = 7 \text{ cm}$ ، القوام لدن، والرج عادي.
- الوزن النوعي للرمل المستخدم بأنواعه الثلاثة  $w_s = 2.54$ .

#### عيار الاسمنت:

- يمكن حساب النسبة  $\frac{C}{W}$ ، كما يلي:

$$\sigma'_{28} = f'_{cm} = G \times \sigma'_{cement} \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right)$$

$$400 = 0.45 \times 520 \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right) \Rightarrow \frac{C}{W} = 2.2$$

من الأباك، حيث  $\frac{C}{W} = 2.2$  و  $A = 7 \text{ cm}$  نحدد  $C$  بالقيمة  $400 \text{ kg/m}^3$  مع ملدن مناسب.

#### عيار الماء:

من أجل حصويات  $D=25 \text{ mm}$  ، فإن عيار الماء الكلي على مواد جافة يعين بشكل تقريبي كما يلي :

$$W = \frac{C}{2.2} = \frac{400}{2.2} \approx 182l/m^3$$

و يجب تصحيح عيار الماء (زيادة 15%) :

$$W + \Delta W = 182 \times 1.15 = 210l/m^3$$

بالتالي يجب تغيير قيمة عيار الاسمنت من أجل الحفاظ على  $C/W = 2.2$  فيكون :

$$C = 210 \times 2.2 \approx 460kg/m^3$$

### عيار الحصويات :

- باعتبار  $D = 5 \text{ mm}$  فإن نقطة الانكسار A التابعة للمنحني الحبي المعياري لها الإحداثيات التالية :

$$X = D/2 = 2.5 \text{ mm} \text{ موافقة للمنخل رقم 35}$$

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + K_s + K_p$$

من أجل عيار اسمنت معادل لـ  $400 \text{ Kg/m}^3$  مع ملدن - حصويات مستديرة - الرج يتم عن طريق هز عادي:  $K = -4$  .

$$K_s = 6M_f - 15 = 6 \times 2.5 - 15 = 0$$

الصب عادي وليس عن طريق الضخ، بالتالي يكون  $K_p = 0$

$$Y = 50 - \sqrt{5} - 4 \approx 44\%$$

إن تقاطع المنحني الحبي المعياري مع خطوط التقسيم يعطي النسب المئوية للحصويات الثلاثة كحجم مطلق :

$$S_f = 27\%$$

$$S_m = 11\%$$

$$S_g = 62\%$$

من أجل قوام لدن وهز عادي و  $D = 5 \text{ mm}$  فإن  $\gamma = 0.77$  .

وبما أن عيار الاسمنت المستخدم  $C = 460kg/m^3$  أكبر من  $350kg/m^3$  ، يجري تصحيح معامل الارتصاص وفق ما يلي:

$$\Delta\gamma = \frac{C - 350}{5000} = \frac{460 - 350}{5000} = 0.022$$

بالتالي، يُحسب حجم الحصويات المطلق :

الحجم الاجمالي المطلق :

$$1000(\gamma + \Delta\gamma) = 1000 \times (0.77 + 0.022) = 792l$$

$$\frac{460}{3.1} = 148l \text{ : حجم الاسمنت المطلق}$$

$$792 - 148 = 644l \text{ : حجم الحصويات المطلق}$$

يكون عيار المواد الجافة للمواد بالكيلوغرام :

$$S_f \text{ 0/0.5 رمل ناعم } 0.27 \times 644 \times 2.54 = 441kg$$

$$S_m \text{ 0.5/1.6 رمل متوسط } 0.11 \times 644 \times 2.54 = 180kg$$

$$S_g \text{ 1.6/5 رمل خشن } 0.62 \times 644 \times 2.54 = 1014kg$$

اسمنت = 460kg

ماء + ملدن مناسب = 210kg

ومن ثم نحسب الكثافة النظرية للبيتون الطري:  $\Delta_0 = 2.305$   
نلاحظ بأن الميكرو بيتون أخف من البيتون العادي.

#### 5- أنواع البيتون

- ✓ البيتون العادي غير المسلح: يستخدم في اعمال التسوية وتنفيذ الفرشات البيتونية (يسمى بيتون نظافة) اسفل الاساسات، وكذلك في إنتاج الكتل غيرالمعرضة لإجهادات شد وكذلك اعمال الارضيات والسدود، وتتراوح مقاومته بين (12MPa to 20MPa).
  - ✓ بيتون عادي مسلح: بيتون عادي مشترك معه فولاذ التسليح بنسب معينة لمقاومة الشد أو الضغط عند الحاجة (يستخدم في كافة العناصر الإنشائية)، وتتراوح مقاومته بين (18MPa to 35MPa).
  - ✓ بيتون مسبق الاجهاد: بيتون نوعي يتم اكسابه اجهادات ضغط قبل التحميل وهذه الاحمال كفيلة بإلغاء إجهادات الشد الناتجة عن تأثير الاحمال، وتتراوح مقاومته بين (30MPa to 45MPa).
  - ✓ بيتون مسبق الصنع: بيتون يصب ويعالج حتى تصلبه شبه النهائي في المصنع (وفق العنصر الانشائي المطلوب) ثم بعد ذلك ينقل إلى الموقع ليتم تشييد المنشأة، ويمكن ان يكون عادي، مسلح أو مسبق الاجهاد.
  - ✓ بيتون عالي المقاومة: المقاومة على الضغط أكبر من 55MPa، يتم الحصول عليها بإعداد خلطة بيتونية خاصة مع استخدام مادة إضافية مثل الملدنات Super Plasticizers وذلك حتى يتم تقليل ماء الخلط إلى اقصى درجة مع الحصول على نفس القابلية للتشغيل وبالتالي الحصول على مقاومة عالية.
  - ✓ بيتون عالي الأداء: له صفات وخصائص معينة تسمح بالعمل في وسط ظروف معينة وهذه الخصائص قد تتضمن خصائص البيتون الطري والبيتون المتصلب بحيث تعطي اداء مختلف عن أداء البيتون العادي التقليد، ولا يشترط ان تكون مقاومة هذا البيتون عالية.
  - ✓ البيتون المقذوف، البيتون البوليميري، البيتون الخفيف، البيتون الثقيل، البيتون الكتلي (المغموس).
- ملاحظة: سيتم شرح هذه الأنواع بالتفصيل في المقررات اللاحقة من بيتون 2 و 3 والمنشآت البيتونية الخاصة.