Manara University
Faculty of Engineering
Department of civil engineering

جامعة المنارة
كلية الهندسة
قسم الهندسة المدنية

مقرر مواد بناء

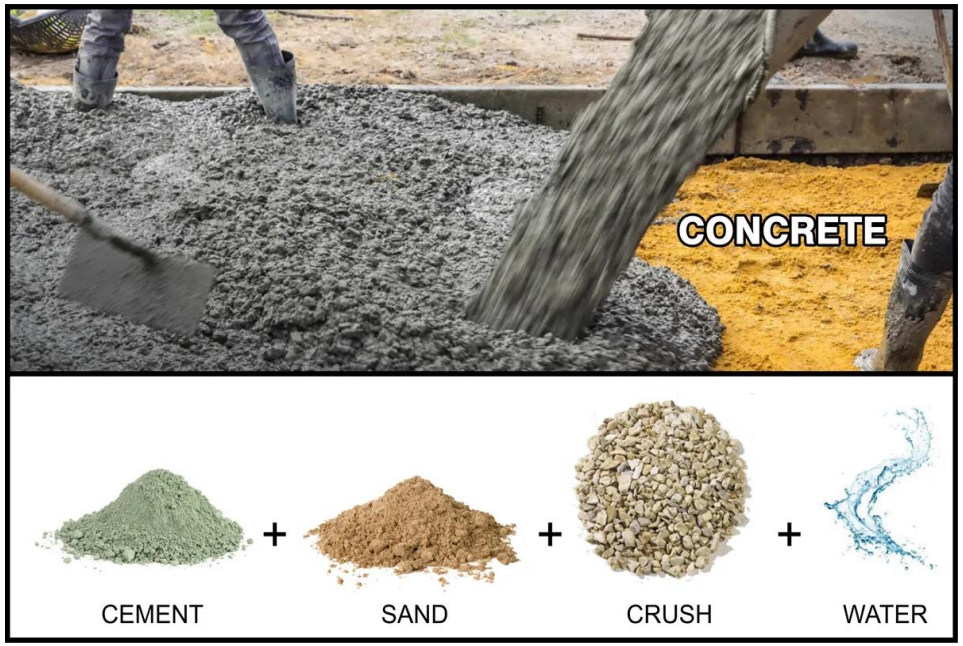
لطلاب الهندسة المدنية

مدرس المقرر

د.م. مهند سليم مهنا

الخلطة الخرسانية (Concrete Mix)

- تصميم الخلطات الخرسانية يعني تحديد القيم النسبية لمكوناتها بما يتفق مع المتطلبات المرغوبة لصب عنصر خرساني محدد.
- ويعتبر تحديد **نسب** الخلطة الخرسانية من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الخرسانة وعلى اقتصاديات المشروع.
- فمن الممكن الحصول على خرسانات متباينة في جودتها وتكلفتها رغم أن جميعها تتكون من نفس المواد (اسمنت، ركام خشن وناعم، ماء وإضافات محددة).
- ويعتمد الاقتصاد النسبي للخلطات الخرسانية على تكلفة مكوناتها وعلى أجور العمال وتكاليف النقل لتلك المكونات.

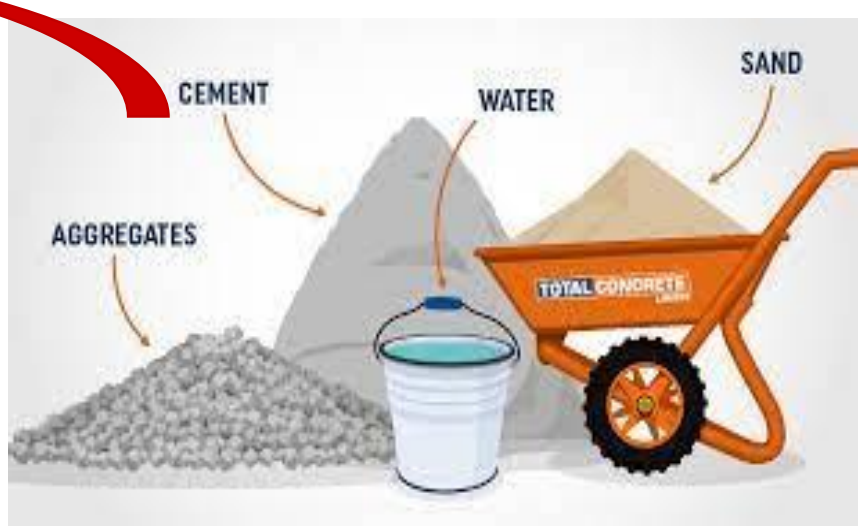


يتم تحديد نسب مكونات الخلطة إما **باستخدام نسب** ثبتت فاعليتها من الخبرة، أو بواسطة **طرق حسابية** مبنية على أساس هندسي تتضمن:

خواص المواد المستخدمة، والخواص المرجوة في الخرسانة المتصلدة (مثل مقاومة الضغط أو الكبريتات...)، إضافة لتحقيقها اشتراطات الخرسانة الطازجة وصبها مثل السهولة المناسبة للصب (القوام وقابلية التشغيل) والتسوية النهائية (التشطيب) لسطح الخرسانة. وذلك مع مراعات التكاليف الاقتصادية حسب العمل الانشائي المطلوب.

باختصار تهدف الطرق الحسابية الى استخدام المواد الموجودة لنحصل منها على خرسانة ذات خواص مطلوبة في الحالتين الطرية والمتصلدة وذلك بأقل التكاليف.

يعد **معيار مقاومة الخرسانة للضغط** من أهم المعايير التي تبين مدى **جودة الخرسانة المتصلدة** أما قيمة **هبوط مخروط أبرامز** فيعبر عن مدى **جودة الخرسانة الطرية**.



أولا: - مكونات الخلطة الأساسية:

1-الأسمنت

كما هو معروف فان مادة الأسمنت لها خواص تلاصقية ومن خلال هذه الخاصية تتمكن من ربط الأجزاء أو المكونات الأخرى للخلطة الخرسانية بكتلة صلبة. والتفاعل الكيميائي بين الماء والأسمنت (عملية الأماهة) هي التي تعطي الخواص التلاصقية لعجينة الأسمنت الناتجة عن التفاعل.

تصنف مركبات الأسمنت الأساسية إلى أربع مكونات:

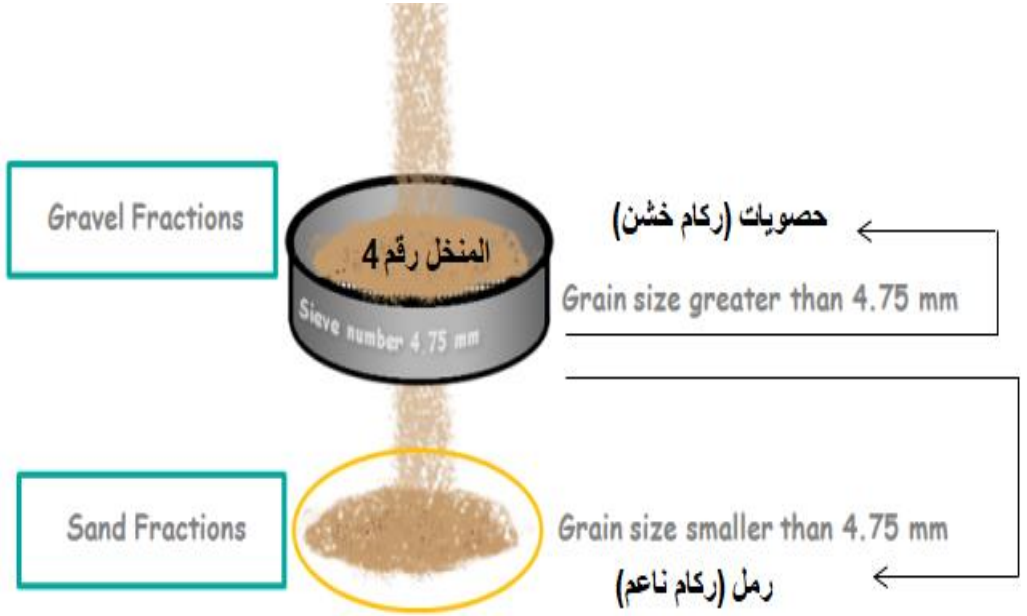
Chemical Name	Notation	Percentage
Tri-Calcium Silicate	C3S	35 -- 50
Di-Calcium Silicate	C2S	20 -- 40
Tri-Calcium Aluminate	C3A	8 -- 12
Tetra Calcium Alumino Ferrate	C4AF	6 -- 10

1. C_2S سليكات ثنائي الكالسيوم
2. C_3S سليكات ثلاثي الكالسيوم
3. C_3A الومينات ثلاثي الكالسيوم
4. C_4AF الومينات حديد رباعي الكالسيوم

ومقاومة الأسمنت مسؤول عنها بصورة رئيسية مركب سيليكات ثنائي وثلاثي الكالسيوم والمركب سليكات ثنائي الكالسيوم يشارك بدرجة كبيرة في المقاومة المبكرة خلال ال 28 يوم الأولى أما مركب سليكات ثلاثي الكالسيوم فله دور في اكتساب المقاومة بعد ال 28 يوم الأولى وبعد مرور سنة يتساوى المركبان في تطوير المقاومة، اما المركبان الومينات ثلاثي الكالسيوم والومينات حديد رباعي الكالسيوم فلهما تأثير أقل على المقاومة.

الركام

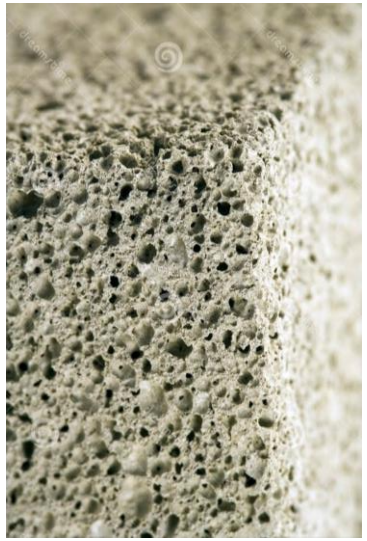
خواص الركام لها الدور الكبير في تحديد قوة ومتانة الخرسانة حيث أن الركام يمثل بحدود 75 % من الحجم الكلي للخلطة الخرسانية. والركام يصنف الى ركام خشن وركام ناعم، والركام الناعم هو الذي يمر من المنخل القياسي رقم 4 والمقصود به هو المنخل الذي فيه اربعة فتحات لكل انش طول، والركام الخشن هو الذي لا يمر من خلال منخل رقم 4 كما هو موضح بالشكل التالي. تبلغ كثافة الخرسانة التي يستعمل فيها ركام طبيعي وسطياً $2300kg/m^3$ تقريباً.



ثانياً: الإضافات الخرسانية

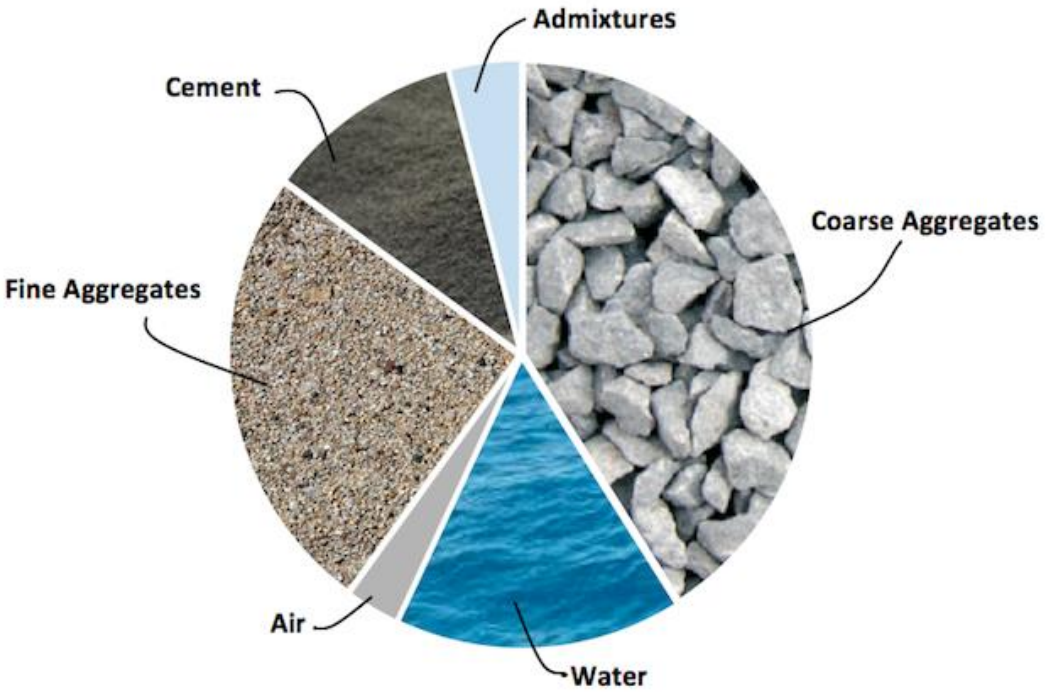
هي مواد تضاف الى الخلطة الخرسانية أثناء عملية الخلط وبكميات قليلة جدا لغرض إعطاء الخرسانة الطرية او الخرسانة المتصلبة خواص معينة ويمكن تصنيفها إلى:

1. تحسين القدرة على ضخ الخرسانة بدون اضافة ماء يتجاوز النسبة التصميمية.
2. زيادة المقاومة المبكرة للخرسانة.
3. تحسين قابلية التشغيل للخرسانة الطرية (خصوصاً عند وجود تسليح كثيف)
4. التعجيل في زمن التصلب لتوفير الوقت اللازم لتنفيذ المنشآت (أو الأجواء الباردة)
5. إبطاء زمن الشك خصوصاً عند صب الخرسانة في الأجواء الحارة حيث يكون شك الأسمنت سريعاً بسبب حرارة الجو.
6. الحد من حدوث الانفصال الحبيبي.
7. الحصول على خرسانة غير منفذة للماء أو ذات مقاومة عالية.
8. إضافات الهواء المحبوس بغرض إحداث فراغات دقيقة داخل الخرسانة و الحصول على خرسانة خفيفة الوزن.



جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY

تصميم الخلطة الخرسانية



تصميم الخلطة الخرسانية وفق الطريقة الأوروبية:

تعتمد الطريقة الفرنسية على تسلسل تصميم الخلطة الخرسانية وفق أربع مراحل رئيسية تتضمن كل مرحلة عدداً من النقاط الفرعية:

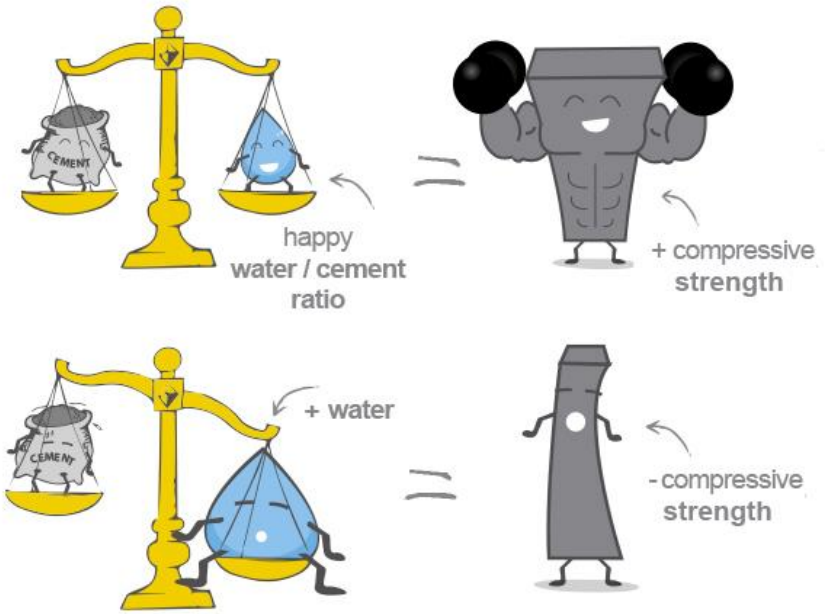
1. تحديد نسبة الاسمنت إلى الماء (C/W) انطلاقاً من مقاومة البيتون المرغوبة على الضغط.
2. تحديد وزن مكونات العجينة الاسمنتية (C+W) من هبوط مخروط أبرامز وقوام الخلطة المنشودة.
3. تحديد نسبة الركام الناعم والخشن بعد رسم منحني التركيب الحبي المعياري للمكونات الصلبة.
4. تحديد وزن الحصويات والرمل المستخدمين في الخلطة.

ONE

1

تحديد نسبة الاسمنت إلى الماء (C/W)
انطلاقاً من مقاومة البيتون المرغوبة:

الخطوة الأولى:



تحديد نسبة الاسمنت إلى الماء (C/W) انطلاقاً من مقاومة البيتون المرغوبة:

تعطى نسبة الاسمنت إلى الماء وفق علاقة بولومي التالية (Formule de Bolomey)

$$f'_{cm} = G \times N_{cem} \times (\frac{C}{W} - 0.5)$$

حيث:

G : معامل الحصويات الذي يتعلق بالقطر الأعظمي للحصويات المستخدمة،

ويعطى بالجدول التقريبي التالي:

جودة الحصويات	Dmax<16mm	20<Dmax<40mm	Dmax>60mm
ممتازة	0.55	0.6	**0.65**
جيدة	0.45	0.55	**0.6**
مقبولة	0.35	0.40	**0.45**

تؤخذ قيمة وسطية لـ G تساوي 0.5 مالم يذكر خلاف ذلك.

$$f'_{cm} = G \times N_{cem} \times (\frac{c}{w} - 0.5)$$

N_{cem}: رتبة الاسمنت الحقيقية (مقاومة العجينة الاسمنتية بعد 28 يوم) حيث يوجد في الأسواق المحلية ثلاث رتب شائعة للاسمنت:

Class 32.5، Class 42.5 N ، Class 52.5 N

حيث يعبر الرقم الموجود عن مقاومة الضغط لمكعبات الأسمنت القياسية 7سم * 7سم * 7سم بوحدة نيوتن / مم2 وذلك عند عمر 28 يوم.

وتؤخذ للبيتون العادي في مسائلنا عادة 40 MPa مالم يذكر خلاف ذلك.

f'_{cm} المقاومة الوسطية للبيتون (المصعدة) وتعطى تقريبياً بالعلاقة:

$$f'_{cm} = (1.15 - 1.2) \times f'_{c28}$$

f'_{c28} المقاومة المميزة للبيتون بعد 28 يوم.

TWO

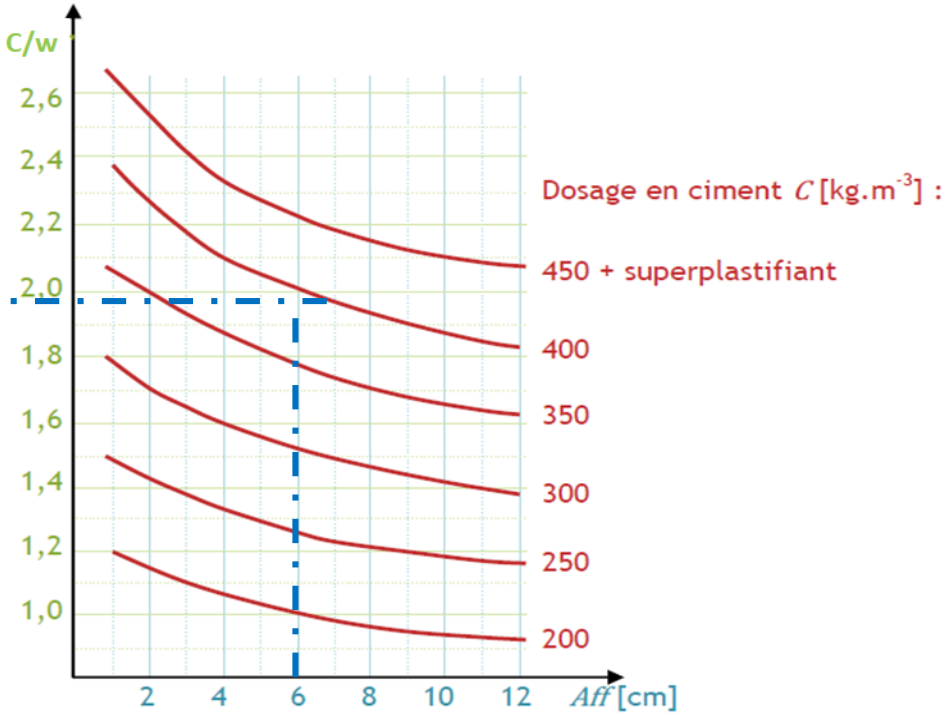
2

تحديد وزن مكونات العجينة الاسمنتية (C+W) من هبوط مخروط أبرامزوقوام الخلطة المنشودة.

الخطوة الثانية:

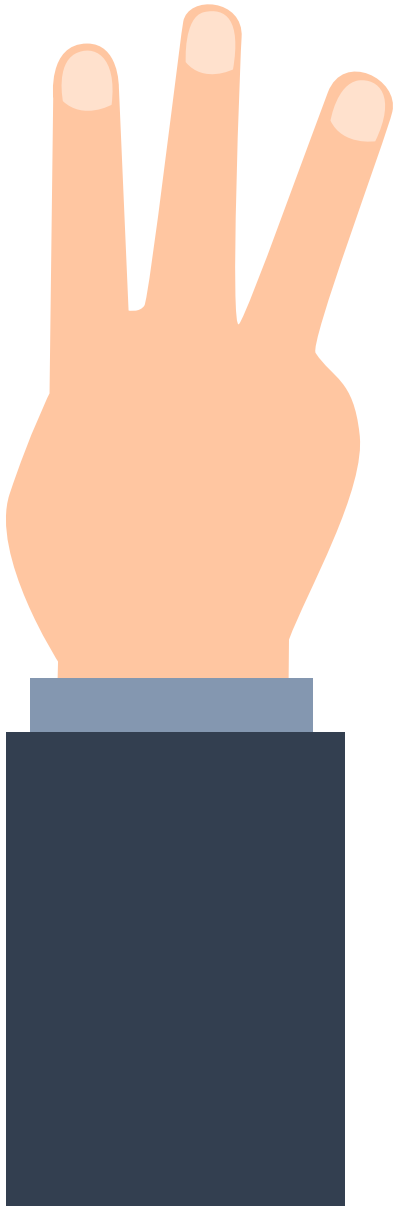
تحديد وزن مكونات العجينة الاسمنتية (C+W) من هبوط مخروط أبرامز وقوام الخلطة المنشودة.

حسب القوام المرغوب به للخلطة البيتونية وبالتالي حسب قيم هبوط مخروط أبرامز يمكن لنا تحديد كمية الاسمنت اللازمة للخلطة البيتونية وذلك بناء على قيم المعامل (C/w) الناتج من الخطوة الأولى، وذلك باستخدام مخططات درو-غوريس (Dreux Gorisse)



يمكننا بعد حساب كمية الاسمنت معرفة كمية المياه اللازمة للخلطة بسهولة من النسبة (c/w).
مع الانتباه إلى أن القيمة التي حصلنا عليها لكمية المياه تتوافق مع أقطار للحصويات تتراوح بين (20-25mm) وضرورة تعديل كمية المياه وفقاً لقطر الحصويات المستخدمة كما في الجدول:

Dimension maximale des plus gros granulats D_{max} [mm]	5	10	16	25	40
Correction sur le dosage en eau E [%]	+15	+9	+4	0	-4



3

THREE

تحديد نسبة الركام الناعم والخشن
بعد رسم منحني التركيب الحبي

الخطوة الثالثة:

تحديد نسبة الركام الناعم والخشن بعد رسم منحني التركيب الحبي المعياري بناء على القطر الأعظمي للحصويات.

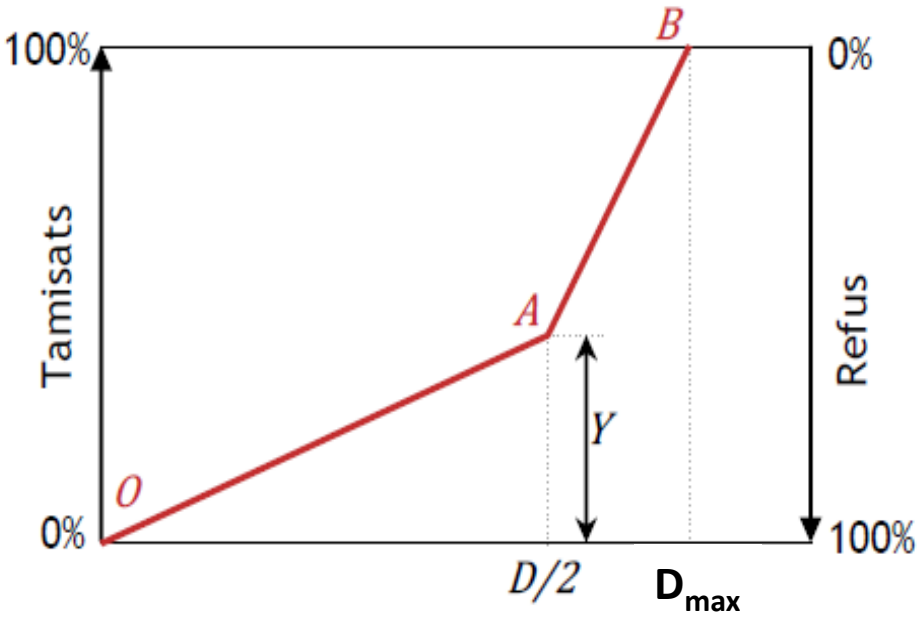
لرسم منحني التركيب الحبي المعياري لابد أولا من تحديد النقاط (O, A, B) حيث O مبدأ الاحداثيات، B تتوافق مع القطر الأعظمي للحصويات، A تتوافق مع الاحداثيات التالية:

X_A: نصف القطر الأعظمي للحصويات (Dmax)

Y_A: تعطى بالمعادلة:

$$Y = 50 - \sqrt{D_{max}} + A$$

حيث A معامل تصحيح يعطى بالجدول التالي وفقاً لكمية الاسمنت في الخلطة ولنوع الحصويات فيما إذا كانت مكسرة (Concase) أو طبيعية مدورة (Roule) إضافة لطاقة الهزاز.



تؤخذ قيمة A مساوية ل 2 مالم يذكر خلاف ذلك في المسألة.

حصويات مدورة

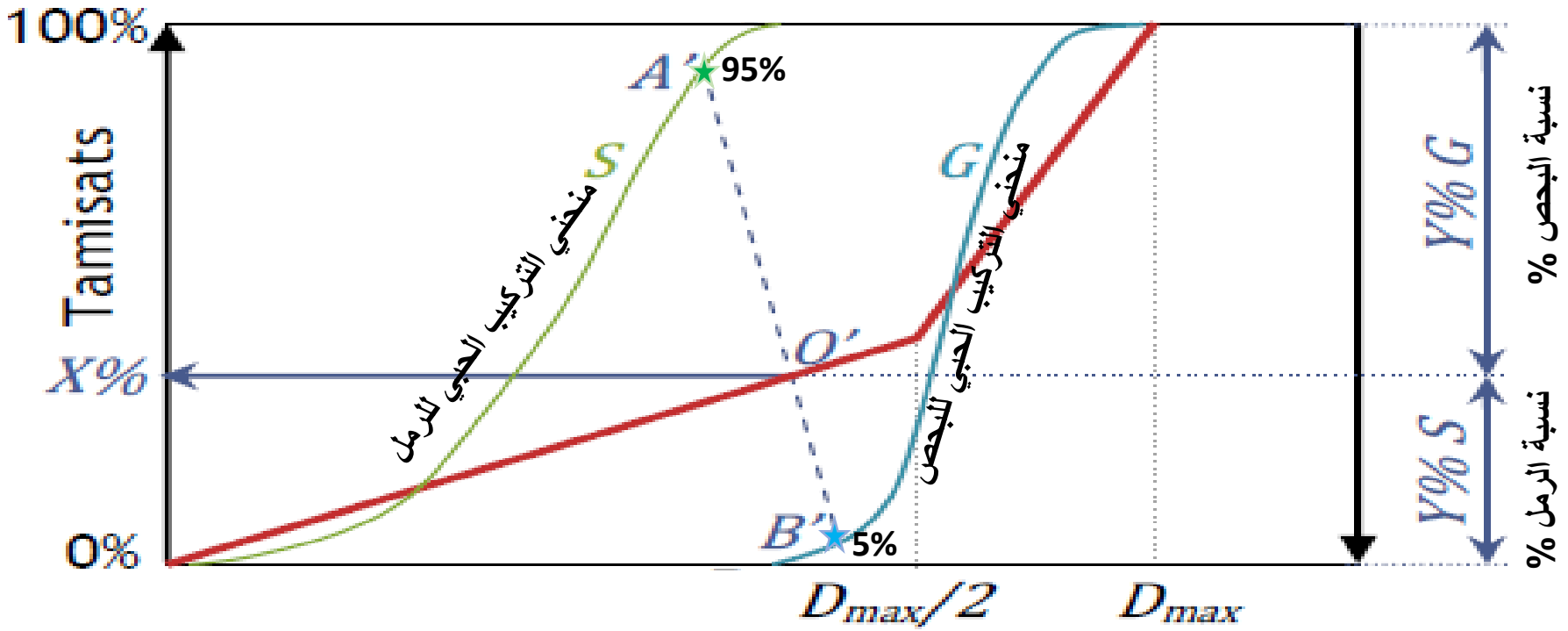
حصويات مكسرة

حصويات مدورة

كمية الاسمنت

Vibration	Faible		Normale		Puissante	
Forme des granulats	Roulé	Concassé	Roulé	Concassé	Roulé	Concassé
400+Superplastifiant	-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	+7	+4	+6	+2	+4
200	+8	+10	+6	+8	+4	+6

بعد ذلك نرسم المستقيم A′B′ الذي يصل بين نسبة مئوية مارة (95%) للرمل (المنحني الاخضر)و (5%) للحصويات (المنحني الأزرق)، فتكون نقطة تقاطع المستقيم A′B′ مع المنحني المعياري (OAB) تعبر عن نسبة الرمل (Y% S) ونسبة الحصويات (Y% G) في ركام الخلطة.



FOUR

4

تحديد وزن الحصويات والرمل
المستخدمين في الخلطة:

الخطوة الرابعة:

تحديد وزن الحصويات والرمل المستخدمين في الخلطة:

يتم في هذه الخطوة بداية حساب معامل الاكتناز α من الجدول التالي بدلالة القطر الأعظمي للحصويات وقوام الخلطة وهزاز الخلط.

قوام الخلطة	الرج	معامل الاكتناز α						
		$D_{max}=5$	$D_{max}=10$	$D_{max}=12,5$	$D_{max}=20$	$D_{max}=31,5$	$D_{max}=50$	$D_{max}=80$
طرية	Piquage	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	Vibration faible	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	Vibration normale	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
لدنة	Piquage	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	Vibration faible	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	Vibration normale	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	Vibration puissante	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
كثيف	Vibration faible	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	Vibration normale	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	Vibration puissante	0,780	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

يعبر معامل الاكتناز عن نسبة حجم المواد الصلبة من ركام واسمنت في المتر المكعب من البيتون.

تؤخذ قيمة α مساوية لـ 0.82 مالم يذكر خلاف ذلك في نص المسألة.

بعد الحصول على قيمة معامل الاكتناز α نقوم بحساب حجم الركام الكلي V_G (بحص +رمل) اللازم للخلطة وفق العلاقة التالية:

$$V_G = \alpha - V_c$$

مع الانتباه إلى أن V_G يمثل حجم الركام الكلي أي مجموع حجمي البحص والرمل.

$$\text{حجم الركام الكلي} = \text{معامل الاكتناز} - \frac{\text{وزن الاسمنت}}{\text{كثافة الاسمنت}}$$

حيث كثافة الاسمنت الوسطية $3100\ kg/m^3$.

يمكننا بعد ذلك بسهولة حساب وزن الرمل والبحص بسهولة وفق العلاقات التالية:

وزن الرمل = نسبة الرمل في الركام (Y% S)×حجم الركام الكلي× الكتلة الحجمية للرمل (Masse volumique absolue)

وزن البحص = نسبة البحص في الركام (Y% g)×حجم الركام الكلي× الكتلة الحجمية للبحص

أسئلة عامة عن المحاضرة

هناك شروط يجب الالتزام بها في حالة استخدام الإضافات الخرسانية وهي:

1 - ألا يكون لها تأثيراً ضاراً على الخرسانة أو حديد التسليح.

2 - ضرورة التأكد من مدى ملائمة وفاعلية الإضافات المستخدمة بواسطة خلطات تجريبية.

3 - في حالة استخدام نوعين أو أكثر من الإضافات في نفس الخلطة الخرسانية يجب أن تتوفر معلومات مفصلة عن مدى تداخلهما والتوافق.

4 - يجب عدم إضافة كلوريد الكالسيوم او الاضافات التي أساسها من الكلوريدات إطلاقاً الى الخرسانة المسلحة او الخرسانة مسبقة الإجهاد.

5 - من الضروري أن يكون هناك تناسب بين الفوائد الناتجة من استخدام الاضافات مع الزيادة في التكاليف.

6 - يجب أن يتم توريد الإضافات الخرسانية على شكل عبوات داخل براميل أو اوعية مغلقة بأحكام وأن يكون مكتوب عليها بالتفصيل نوع المادة واسمها التجاري وتاريخ الإنتاج ومدة الصلاحية بالإضافة الى خواص المادة ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية المعمول بها، وضرورة تخزين المادة بطريقة تحميها من أشعة الشمس والحرارة والرطوبة.

بعد الحصول على قيمة معامل الاكتناز α نقوم بحساب حجم الركام الكلي V_G (بحص +رمل) اللازم للخلطة وفق العلاقة التالية:

$$\alpha = \frac{V_{solid}}{V_{beton}} = \frac{V_{cement} + V_{aggr}}{1} \rightarrow \ V_G = \alpha - V_c$$

مع الانتباه إلى أن V_G يمثل حجم الركام الكلي أي مجموع حجمي البحص والرمل.

$$\text{حجم الركام الكلي} = \text{معامل الاكتناز} - \frac{\text{وزن الاسمنت}}{\text{كثافة الاسمنت}}$$

حيث كثافة الاسمنت الوسطية $3100kg/m^3$.

يمكننا بعد ذلك بسهولة حساب وزن الرمل والبحص بسهولة وفق العلاقات التالية:

وزن الرمل = نسبة الرمل في الركام (Y%s)×حجم الركام الكلي× الكتلة الحجمية للرمل (Masse volumique absolue)

وزن البحص = نسبة البحص في الركام (Y%g)×حجم الركام الكلي× الكتلة الحجمية للبحص