

# Móhâmmèd Aláà

## Chapter 1

# \* Materials \*

"د/ طارق علي السيد"

## → Chapter «1» :

((Concrete as a Construction Material))

### \* Normal concrete :

Aggregate (fine + coarse) + cement + water + "Admixture".

- مكونات الخرسانة هي أهم حاجة فيها ، عشان بيبدأ اقدر اتحكم في ضبط جودة الخرسانة ، لو المكونات مظلومة ، ده هينتجاي خرسانة : "قوية + معمرة + اداها جيد + منتظمة".

### - Compressive strength & density :

\*  $F_c = 25 ; 60 \text{ MPa} \rightarrow (F_c < 25 \text{ MPa} \Rightarrow \text{non strength concrete})$

\*  $\rho = 2000 ; 2200 \text{ Kg/m}^3$

### \* Chemical admixtures :

- ممكن ادط إضافات كيميائية للخرسانة الطازجة (قبل أو أثناء الخلط) ، بهدف تحسين خواص الخرسانة.

- في إضافات بتزود الـ workability من غير ما تقل الـ  $F_c$  ، ودي بتستخدمها في الخلطات بتاعت الخرسانة الجاهزة ، وفي إضافات بتسرع وتأخر الشك الابتدائي للخرسانة وفي أنواع كتير تانية .

### \* Supplementary cementing materials : (mineral additives) مواد بديلة للأسمنت

1 - pozzolans .

2 - Fly ash الرماد المتطاير

3 - Slag خبث الحديد

4 - Silica fume غبار السيليكا

خبث الحديد



## \* ملحوظة فلوطة :-

- غبار السيليكات انهم من الاسمنت 100 مرة ، ومساحة الطحينة أكبر ومقاومته احسن من الاسمنت ، ونظراً لغزوتها العالية ، فإن الحبيبات بدلاً الفراغات التي موجودة في الخرسانة .

- استخدام غبار السيليكات يحسن من مقاومة الهدا ، ويحسن من تحمل الخرسانة لكربونات الصوديوم ، بس يقلل من تحمل الخرسانة لهاجة كبريتات المغنسيوم .

## \* العوامل المؤثرة على اداء الخرسانة الطازجة :

- 1- Cement (composition quality)
- 2- Aggregates (size, shape, grading, moisture)
- 3- Chemical admixtures properties
- 4- Supp. cementing materials
- 5- Water quantity
- 6- Mixing

~~المؤثرة~~ ال 5 الي في الاول (قبل الخلط)

## \* العوامل المؤثرة على اداء الخرسانة المتصلدة :

- 1- Transporting . - النقل
- 2- Placing . - التخزين والوضع
- 3- Compacting . - الضغط
- 4- Curing . - المعالجة

- (النقل والتخزين والضغط لازم يكونوا مظهرين ، وعدم اعمل المعالجة والصيانة على فترات )

\* لو اهتممت بالخرسانة الطازجة كويس (دمك وتنديم وخط وصب كويسين) ، هلاقي خرسانة متصلدة كويسة .



## \* Classification of concrete :-

- 1- Nominal 1:2:4 - خلطة عادية وتستخدم في الحوائط التي مسن مهمة
- 2- prescriptive
- 3- performance oriented concrete - محددة المواصفات بدقة ومعرفة
- 4- Designed mix concrete
- 5- Controlled concrete - يصنف حسب درجات البقايا والتحكم والجودة

## \* Properties of concrete :-

- دلو قتي عاير اعمل خرسانة مواصفاتك كويسة في وهي طازة وكميان وهي ناشفة ، الكلام ده كله عاير متطلبات ... ايه هي المتطلبات دي ؟

### → performance requirements :

① short <sup>term</sup> ~~term~~ requirements: الخرسانة الطازجة

- Workability
- Stability

② Long term requirements: للخرسانة المتصلدة

- Strength
- Durability

Group	Ordinary			Standard							High strength				
Grade designation	M 10	M 15	M 20	M 25	M 30	M 35	M 40	M 45	M 50	M 55	M 60	M 65	M 70	M 75	M 80
strength (28 days) $f_{cu}$ (MPa)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80

↑ \* Grades of Concrete \* ↓



## \* Advantages of concrete :-

- 1- Economical - اقتصادي
- 2- High compressive strength. - مقاومة ضغط مرتفعة
- 3- Easily formed into any shape or size. - يمكن تشكيله
- 4- Durable - محتر
- 5- Can even be sprayed. - يمكن ترشته لمعالجة الشقوق البسيطة
- 6- Can be pumped. - يمكن ضخه في انابيب للسب

## \* Disadvantages of concrete :-

- 1- Low tensile strength
- 2- Shrinks on drying → "Fresh concrete"
- 3- Expands on wetting → "Hardened concrete"
- 4- Expands & contracts with the changes in temperature

5

- 1- مقاومة شد ضعيفة
- 2- الخرسانة الطازجة تتقلص بالحرارة
- 3- الخرسانة المتصلدة تتمدد بالرطوبة
- 4- الخرسانة تتمدد وتتقلص وتتأثر بتغيرات الحرارة
- 5- الخرسانة ليست مهيمنة تماماً، فبممكن دخول الرطوبة بداخلها والتي تحتوي على املاح مزابة تؤدي لتآكل حديد التسليح.
- 6- مقاومة مثل النوعية قليلة :  
- يعني وزنها كبير ومقاومتها قليلة ، مقارنة بالحديد والبوليمرات.

# Mohammed Alaa

## Chapter 2



## \* Chapter "2" \*

### \* properties of fresh concrete \*

#### \* performance requirements :

- 1- mixability ١- خلطة متجانسة (homogenous) ولها القدرة على الخلط
- 2- Consistency ٢- القوام
- 3- placeability & transportability ٣- الالتزام بشروط الصب والنقل
- 4- Flowability - mobilability ٤- التماسك والانسيابية
- 5- Compactability ٥- قابلية الدمك ، مش شرط تَبَع سهولة الدمك  
عنان مقاومة متباعدات قليلة .
- 6- Finishability ٦- القدرة انما تنشط بسهولة عشان ميعاش في فراغات  
في السطح ، وده بياثر على مقاومتها .

- الرغبي اللي فوهم ده كله اسمه ← (short time requirements) ← وكل دول لازم  
تعملوا ويظبطوا قبل ما الخرسانة تشك .

#### \* ملحوظة قلبوطة :

- لو فصل segregation اتشاء الصب او الخلط ، تبع الخرسانة دي مش mixability

#### \* الـ Workability :-

- سهولة خلط ونقل وصب ودمك ، وتطهير الخرسانة دون حدوث انفصال  
حيبي او تزييف

← لازم الشروط كلها تتحقق عشان نقدر نقول انها workable

← الـ Workability يعتمد في الاساس على الـ Consistency & Homogeneity

التجانس & القوام وقدرة الخرسانة  
على الانسياب



\* Consistency : → قدرة الخرسانة على الانسياب ← Flowability

العوامل المؤثرة :

- Water content
  - Cement content
  - Plasticity of cement paste
  - air content
  - Temperature
  - Mixing condition
- محتوى الماء
  - محتوى الاسمنت
  - لدونة عجينة الاسمنت
  - الهواء الخارجي أثناء الخلط
  - درجة الحرارة
  - ظروف الخلط

\* Homogeneity : →

- توزيع منتظم للركام والاسمنت والماء ويقتضي مقاومة للانفصال الجبيني

- يمكن قياسها بواسطة (Rheometer) وده يقيس ال (y) واللزوجة

- اللزوجة (Viscosity) لاتبقة قليلة ، تبقة افضل عشان ده يزود قدرة الخرسانة على الانسياب ويسهل الصب ويقاوم الانفصال الجبيني

- اضافة ال Superplasticizer يزود ال mixability ويقلل ال (y) Yield stress ، وده معناه اني محتاج طاقة ووقت اقل للخلط ، وكمان يزود ال homogeneity

\* Ease : → علم سريان الوائل → related to (rheology)

↳ includes :

\* Stability + mobility + Compactability

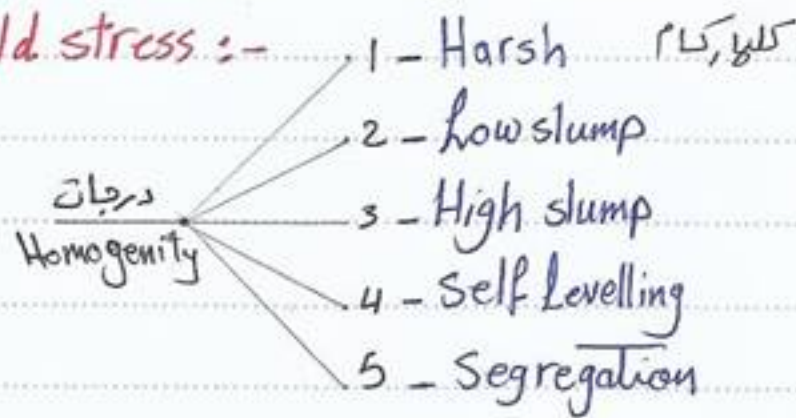


1 \* لزوجة عالية ← خرسانة سميكة ← قوام هلب (مونة كثير + ماء قليل)

2 \* لزوجة قليلة ← خرسانة رقيقة ← قوام رفو (مونة قليل + ماء كثير)

إذاً ← من ① و ② نستنتج أن المونة هي التي يتحمل لزوجة

\* Yield stress :-



Yield stress  
يقل

القوة اللازمة لحثوث  
انزلاق بين الحبيبات



\* لو الخرسانة (Homogenous + Consistence) ← تبقى Workable

وده يحصل لما اخلط ال Yield stress عند معين بحيث انه يحصل انزلاق

داخلي بين الحبيبات بتاعت الخرسانة وتبقى Flowable بعد ما اخلط اللزوجة بتاعتها برافو.

\* Rheology = Viscosity + Yield stress

\* ملحوظة قلبوظة :-

+ في خرسانة السدود ، لازم تكون ال Workability قليلة ، لأنه لو كانت عالية ، تكون نسبة الماء كثيرة ، وهتتجرب وتريب فراغات في الخرسانة ، وخرسانة السدود لازم تكون مهمة .

\* Workability , →

- ① Ease; (stability + mobility + compactability)
- ② Consistency; → ~~flow~~ flowability
- ③ Homogeneity; stable distribution,



## \* Factors affecting workability \*

\* دلوقتي انا عايز اظبط ال Fresh concrete بتاعني على بتلايلا workability محددة .  
 ، لازم الاول آشوف الحاجات اللي بتأثر على ال workability .

- (1) نسبة الخلط .
- (2) خواص المواد المكونة :- ( ركام \* اسمنت \* ماء \* إضافات )
- (3) الظروف البيئية : ( الحرارة \* الرطوبة \* سرعة الرياح )
- (4) وقت وزمن الخلط والصب والنقل .

### 1) تأثير نسبة الخلط :-

\* يمثل الركام من 70 : 75 % من حجم الخرسانة  
 \* الركام مربوط بحاجتين : (1) مربوط ببعضه ( رمل + مل )  
 (2) مربوط بالاسمنت

\* نسبة (الرمل : الرمل) مهمة عشان الزلط عايز رمل خفيف وسهل حركته  
 ويزود ال workability .

\* نسبة (الركام : الاسمنت) مهمة عشان التماسك .

\* نسبة المونة مهمة جداً ، وللازم اظبطها عشان اوصل للكمية المطلوبة

\* نسبة الماء مهمة جداً " ووجود رطوبة برضو مهم عشان الرطوبة بتفسك في الرمل  
 عشان عليه سخفات سالبة ، وده يساعد على زيادة ال workability ويزود كمان  
 ال Hydration ... لكم لو المياه زيادة اوي ، ~~المرطبات~~ هو يحصل عندي bleeding  
 والرمل مش هيقف بالماء ، وبالتالي ال workability تقل .



## ② Influence of Materials :-

## ② خواص المواد المكونة :-

### \* الماء :

- الماء أكثر حاجة بتأثر على الـ Workability ، بس زيادتها بتقلل المقاومة وتحمل  
تخشيش وتنزيف الخرسانة ، فلازم الخطب سببتها عشان تقوم بوظائفها  
الاساسية : (النفاذية + ملئ الفراغات بين الجزيئات) .

- الماء يساعد على الـ Workability عن طريق تنظيف ~~وتشجيع~~ وتشجيع الركام

### ملحوظة فليوظة :-

→ في الخلطات الفقيرة بالاسمنت ، الماء لا يؤثر بشكل كبير على الـ Workability ،  
→ في الخلطات الغنية بالاسمنت ، الماء له تأثير كبير وحساس على الـ Workability .

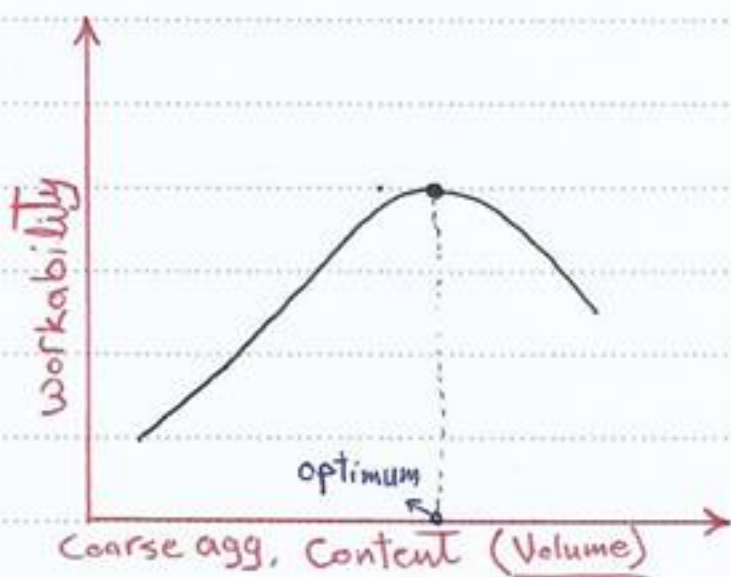
### \* الركام :

- المقاس : زيادة حجم الركام → يزيد الـ Workability ، لأن المساحة السطحية بتقل  
والقطر بيزيد ، بالتالي استتبع ان كلما يكون الركام دائري  
يقل حجم مساحته السطحية اقل .

- حالة السطح : تزداد قابلية التشغيل بزيادة نعومة السطح ، ولكن تقل المقاومة  
بزيادة نعومة السطح

\* من الشكل ، واضح ان قابلية التشغيل بيزيد  
بزيادة حجم الركام ، لحد درجة معينة  
وبعد كده تقل .

\* الدرجة دي (الحجم ده) هو الأمثل (Optimum)





- \* كرام ناعم ← مياه أكثر + تشغيل عالي + مقاومة قليلة + احتمال تزييف
- \* كرام خشن ← مياه أقل + مقاومة عالية + تشغيل قليل + فراغات أكثر + تشييش
- ← وبالتالي الحل أي عمل تدرج كويس للركام \* grading of Aggregates

## \* الأسمنت :-

الأنواع :- تؤثر طريقة الصناعة على قابلية التشغيل حسب درجة التشغيل

- النعومة :- زيادة النعومة يزيد الـ workability شوية ، بس هيجالي تزييف (bleeding)

- نسبة (الماء : الأسمنت) :- زيادة هذه النسبة يزيد الـ workability ، لكن الزيادة الكبيرة في النسبة هيجالي خرسانة سائلة و رديئة

\* في الغالب ، الأسمنت مالوش تأثير قوي على الـ Workability

## \* Admixtures :-

## \* الإضافات :-

- Water reducers : - تقلل الماء المطلوب وتحافظ على التشغيل
- Superplasticizers - تزداد التشغيل في الخرسانة الطازجة
- Air entrained - يزداد التشغيل ، بس الهدف الأساسي هو التغلب على التجمد والذوبان في المناطق الباردة

## 3) تأثير الظروف البيئية :

\* (الرطوبة القليلة + الحرارة العالية + الرياح القوية) ← كل دول مشاكل على حد سواء كده هحتاج ازود كمية الماء اللي بجهلوا في الخلطة عشان احافظ على الـ workability المطلوبة



#### (4) تأثير الوقت :-

← تفقد الخرسانة الـ Workability بمرور الوقت بسبب التبخر وامتصاص الركام لجزء من الماء وبسبب عملية الإماهة (Hydration).

← الكلام ده كله يتوقف على :

\* نوع الاسمنت

\* نسب الخلط

\* درجة الحرارة الابتدائية و النهائيّة

\* التشغيل الابتدائي (في بداية الخلط)

← نقدر نتغلب على مشكلة الشك السريع دي بإننا نخط إضافات تأخر الشك زي "plasticizers".

# Móhâmmèd Aláà

## Chapter 4



## \* Chapter (4) \*

### ← Design of normal concrete mixes →

\* أهم حاجة في تصميم الخلطة ، اني تكون مُلبية لـ  $f_c$  اللي انا عايزها ، وبقدر اتحكم في الـ  $f_c$  بناعت الخرسانة المتصلدة عن طريق التحكم في نسب الخلط بناعت الخرسانة الطازجة .  
"الخرسانة الطازجة لو توية ← هنبي خرسانة متصلة كويسة"

← في طرعم كثير حد "لتصميم الخلطات ، تختلف حسب نوع الخرسانة ونوع المواد وخواصها" ، في الـ Chapter ده هندرس الـ normal mixes بس :

Normal concrete  $\Rightarrow$  P. cement <sup>①</sup> + Coarse agg. <sup>②</sup> + Fine agg. <sup>③</sup> + Water <sup>④</sup>

← الخرسانة العادية بتكون من الـ ④ حاجات دول ... بس بتختلف نسبة كل مكون من المكونات دي ، حسب المتطلبات اللي انا عايزها في الخرسانة بتاعتي .  
\* طب ازاى احسب نسب الخلط دي بناء على المقاومة اللي عايزها ؟؟  
الحل ← : عمل تجارب وخلطات كتير لحما اوصل لـ  $f_c$  المطلوبة

→ Trial mixes : → To get the target mix .

\* الـ Mix design ليه 4 خطوات ... كل خطوة ليه مراحل مختلفة ، وبيانات ومعلومات يدخلها ← وتخرجلي بيانات ومعلومات محتاجها

### \* Step "1"

- 1- في الاول لازم اخد المقاومة اللي ههيم عليها + نوع الأسمنت اللي عايز استعمل بيه + نوع الركام اللي معايا . -- وكمان عايز اخد أقصى نسبة لـ (w/c) ...
- 2- اخد المقاومة اللي معايا وازد عليها 120 kg/cm<sup>2</sup> هامش للأمان (ده اللي ههيم عليه) ، واحوم مطلع "المقاومة اللي ههيم عليها"



3- أخذ نوع الاسمنت ونوع الركام  $\rightarrow$  وأقوم مدخلهم في جدول ، مخرجاتي بيانات من الجدول ده .

4- أخذ البيانات التي خذتها من الجدول وادخلها مع (المقاومة التي همهم عليها) في شكل بياني  $\rightarrow$  مخرجاتي نسبة (الماء : الاسمنت) ( $w/c$ ) -- وهو ده قيمة الإيجاز العلمي "

### \* Step "2":

1- في الخطوة الثانية ، هيبة معايا ال slump والمقاس الاعشاري الأكبر .  
 $\rightarrow$  هافهم معايا وادخل معايم نوع الركام  $\rightarrow$  واحطهم في جدول  $\rightarrow$  هيطلعي كمية المياه  $\rightarrow$  (water content)

### \* Step "3":

- دلوقي معايا ( $w/c$ ) ومعايا ( $w$ ) بحسبة ههجرة أقدر اجيب ( $c$ )  $\rightarrow$  كمية الاسمنت.

- جيت كمية الاسمنت يا عم ؟ - اه  
- طب تعالى شوف كده وقارنفا بالحد الأدنى اللي انت محدده ، والحد الأقصى اللي المالك محدده  
- لازم يطلع بين ال min & max .... طب لو طلع أكبر من ال max ؟؟  
 $\rightarrow$  اه دي مشكلة !! انقلب عليها بتغير شكل الركام راحليه uncrushed (زلط - مدور)  
أو أكبر المقاس الاعشاري للركام ، يعني لازم اقلل محتوى الماء وبالتالي اعمل اي حاجة عشان ازود المساحة السطحية.

- طب لو طلع أقل من ال min ؟؟  
- ازود الرمل

### \* Step "4":

- افد الكثافة النوعية للركام ، وادخلها في شكل بياني

$\rightarrow$  هيطلعي كثافة الخلطة الخرسانية

$\rightarrow$  أخذ كثافة الخرسانة مع كمية الاسمنت وكمية الماء واصل بحسبة ههجرة

$\rightarrow$  هيطلعي كمية الركام الكلية (زلط - رمل)



## \* Step "5" :-

• هاخذ ال Slump + المقاس الاعشاري الأكبر + "تدرج الركام الناعم" + كمية الماء  
 ← وادخلهم في شكل بياني ← هدفنا اطلع نسبة الركام الناعم

← طب ما انا معايا كمية الركام الكلية --- اخرب نسبة الركام الناعم  $\times$  كمية الركام  
 ← هيطلعلي "كمية الركام الناعم" و "كمية الركام الكبير".

← بعد الحوار ده كله واللقية دي ← عمل Summary :

→ Water = ----  $\text{kg/m}^3$

→ Cement = ----  $\text{kg/m}^3$

→ Fine agg. = ----  $\text{kg/m}^3$

→ Coarse agg. = ----  $\text{kg/m}^3$

## \* ملحوظات هامة :-

• وانت بتستخدم (4.4) وفيه ، حدد الشكل بناءً على ال Slump & المقاس الاعشاري

• المقاس الاعشاري الأكبر بيأثر على ال workability (يتناسب طردياً مع ال workability)

• الزلط ← uncrushed

• السن ← Crushed   
 ابيض  
 أسود (من بارلت)

• مينفعش اهتمم بحسب المطلوب <sup>(f<sub>cu</sub>)</sup> ، لازم عمل هامش 120  $\text{kg/cm}^2$  واجبه على f<sub>cu</sub>

$$* (f_{tms} = f_{cu} + 120) *$$

• هيطلعلي قيمته لل (w/c) ← اختار دايمياً القيمة الأقل

• ممكن اعدل ال (w/c) براحتي ← بس الاحسن (0.5)

• تدرج الركام الناعم : (1- رمل خشن) (2- رمل متوسط) (3- رمل ناعم) (4- رمل ناعم جداً)

3, 2, 1 ← يستخدموا في الخرسانة (افضلهم ①) (4) حرّم استخدامه دولياً

# Mohammed Alaa

## Chapter 5



## → Chapter "5" ←

### \* Rheology & Setting of Concrete \*

\* Rheology: → the science of the deformation & flow of materials.

- علم يهتم بدراسة تشكّل وسريان المواد.

- لهذا العلم يتعامل مع المواد التي لها لزوجة اعلى من (السوائل والغازات)، ويهتم

بالعلاقات بين (Time of strain - rate of strain - Strain - Stress).

### \* Rheological characteristics: الخواص الريولوجية

\* الخرسانة ذات الخواص الريولوجية، هي التي لها قوام معين، ذو لزوجة

معينة تسمح لها بالاحتفاظ بالركام وتنظيمه وتوزيعه المنتظم، ويسمح

لها سهولة الصب والدمك والنقل والخلط والتشطيب.

\* الخواص الريولوجية تحد مدى قابلية تشغيل الخلطة.

\* Rheology  $\xrightarrow{\text{يعتمد على}}$  \* Stability  $\xrightarrow{\text{يعتمد على}}$  \* Segregation & bleeding

\* Relative density (compactability)

\* Flowability → Viscosity لزوجة المونة

→ Cohesion تماسك الركام بالمونة

→ internal friction

الاحتكاك بين الركام مسؤولة عنه المونة

\* "Compactability" depends on "Relative density".

\* "Relative density" depends on "Max agg. size" & "type of agg."

← لو الكثافة النسبية بتاعت الركام كويسية، هتبقى الخرسانة مدموكة كويس



## ① Stability :

- الحالة التي يكون الركام فيها معلوم بواسطة المونة ، ومنظم التوزيع ولا يحدث له انفصال حبيبي او نزيف أثناء الصب والنقل والدمك .

### → Segregation :

- هو انفصال الركام عن المونة بسبب هبوط المونة ، وعدم قدرتها على الاحتفاظ بحبيبات الركام في توزيع منظم ، وهي تعتمد على قوة التماسك (Cohesion) بين الركام والمونة

- يزيد احتمال حدوث الانفصال الحبيبي عند زيادة محتوى الماء في الخلطة أو قلته

### • ملحوظة قلوطة :-

- في خرسانة جافة (مقلطة) ← (Crumbly mix) ، محتوى الماء قليل ، ولكن ممكن تدني مقاومة عالية للانفصال لو عملتها دمك بطريقة مخموصة ونهشع رقيوم .

## ② Flowability :-

- قدرة الخرسانة على الانسياب على شكل طبقي تحت تأثير أحمال خارجية . وهي تعتمد على لزوجة المونة وتماسك الركام بالمونة والاحتكاك بين الركام .

- عشان يحمل Flow كويس - لازم الخطب الاحتكاك بالمونة ولزوجة المونة وبالتالي هيميل تماسك كويس بين الركام والمونة .

- التماسك :- قوة تناسلية تلاحم الركام بالمونة ، وهي تكسب الخرسانة الطارية قوة ش تجعلها تقاوم الانفصال الحبيبي وتنفع حركة الحبيبات



## • اللزوجة: ←

- قابلية التحرك مدى سهولة حركة جزيئات الركام من خلال المونة ، وإعادة ترتيب نفسها لتشكل ~~الخليط~~ داخلها .

- الرمك الكفيف يقلل الاعمال على الخلطة ، ويزود اللزوجة جدا .

- الرمك الجيد ، ~~يقلل~~ يقلل اللزوجة تدريجياً "وتسهل حركة الجزيئات ، ويكسر انسياب الخلطة .

## • الاحتكاك الداخلي: ←

- تظهر قوة الاحتكاك الداخلي أثناء النقل والدمج ، وتقاس درجة الاحتكاك بتجربة (Vee-Bee test)

## ← يعتمد على:

- 1- الشكل وحالة سطح الركام
- 2- غنى الخلطة بالاسمنت
- 3- نسبة (الماء/الاسمنت)
- 4- نوع الاسمنت
- 1- Shape & texture of agg.
- 2- Richness of mixture.
- 3- (w/c) ratio.
- 4- Type of cement.

## ③ Compactability

- it measures the ease with which fresh concrete is compacted.

← الرمك يتكون من طرد الهواء وإعادة وضع جزيئات الركام في كتلة كثيفة دون حدوث انفصال جزيئي .

## ← لحساب معامل الرمك ، تستخدم طريقتين :

$$① \rightarrow f = \frac{w_{uncomp.}}{w_{comp.}}$$

$w_{uncomp.}$  ← وزن الخرسانة غير مدموكة

$w_{comp.}$  ← وزن الخرسانة المدموكة

$f$  ← معامل الرمك



← لكم الطريقة دي مش دقيقة ~~عشان توضح~~

← في طريقة ثانية ، بحسب النسبة بين ~~الكتافة~~ كثافة الخرسانة الغرمد موكلة ، والموكلة

$$\textcircled{2} \rightarrow \left( f = \frac{f_{un.comp.}}{f_{comp.}} \right)$$

## \* Workability parameters :-

① → Ease  $\xrightarrow{\text{related to}}$  (Rheology) .

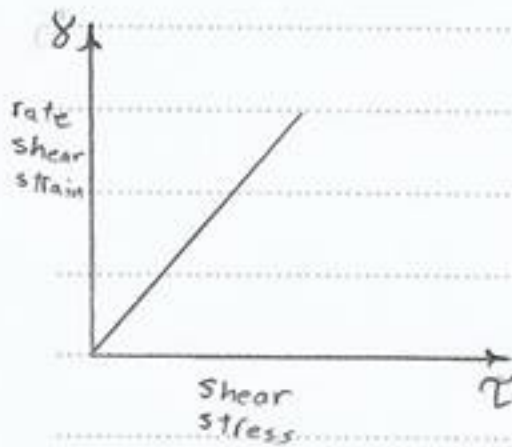
② → Consistency  $\xrightarrow{\text{related to}}$  (Flowability)

- الخلطة لازم تكون thick ، بس قوامها ماسك نفسه و هي ماسية  
- بيحمل flow لما يكون الوزن أكبر من قوة الاحتكاك بين الحبيبات ، لحد ما يفضل  
تبادل بين الوزن والاحتكاك (قوى خارجية = قوى داخلية) ، الخلطة هتثبت في مكانها .

③ → Homogeneity  $\xrightarrow{\text{related to}}$  (Stability)

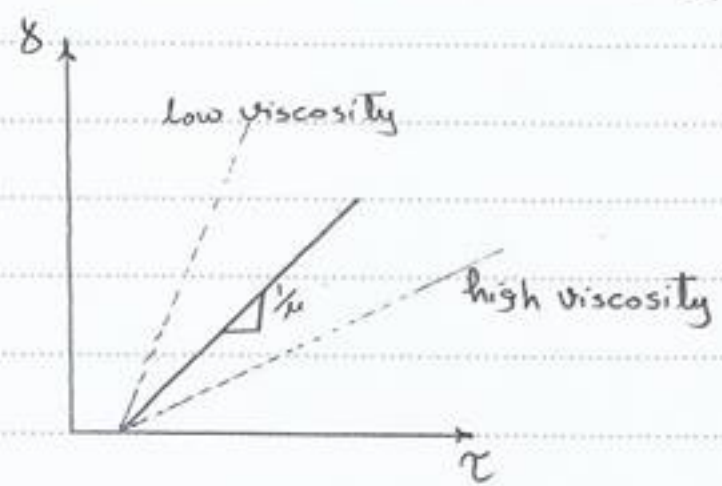
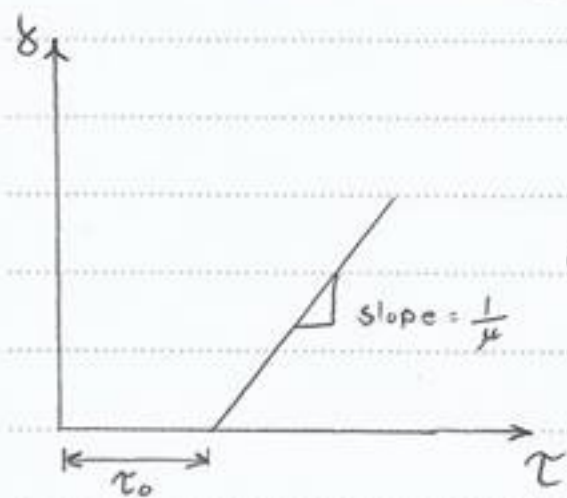
## \* Representation of Rheological Behavior .

الوائل المثالية التي تتبع قانون نيوتن للسريان اللزج ، يتناسب فيل (shear stress)  
طرباً مع (rate of shear strain) ← تسمى (Newtonian liquids)





\* في الخرسانة الطازجة ، الخط المستقيم مشتق ببساطة الصف عشاق في احتكاك داخلي



\*  $\tau_0$  ← أقل حمل يجعل الخرسانة تنساب \*

← بعد زيادة الحمل عن  $(\tau_0)$  تنتج ال yield stress وبعدها تبدأ الحركة .

\* تستخدم هذه المعادلة لحساب الحمل اللازم تأثيره بالأهزاز ، لكي يحدث (المرك) في أقل وقت ممكن .

\* الخلطات التي ليس نفس  $(\tau_0)$  ~~تختلف~~ في قابلية المرك بسبب تأثير باقي مكونات الخلطة

\* كلما قلت  $(\tau_0)$  ← تزداد قابلية ~~المرك~~ التشغيل .

\* ال Viscosity هو المسؤول عن الحركة وال shear strain بشكل مباشر

\* يمكن قياس ال Rheology عن طريق تجربة ال slump test المعدل (الإيجار ٣)

← هثبت قضيب معدني على قاعدة الجهاز ونركب فيه (قرص) .

← نملأ الجوانب بمادة المخروط ، واملأ ال slump test عادي ، وبعدهم ارفع المخروط .

← استوف لما القرص ينزل (10 سم) ← ال (time = ??) ← واجب (٣)

← بعدي استوف ال final slump بعد 60 ثانية بقى كام . (لما حصل تعادل في القوى الخارجية والداخلية) عشاق احد الزواجة .

$$\tau_0 = \rho \left( 300 - \frac{s}{270} \right)$$

slump (mm)

19

مجهود علماء

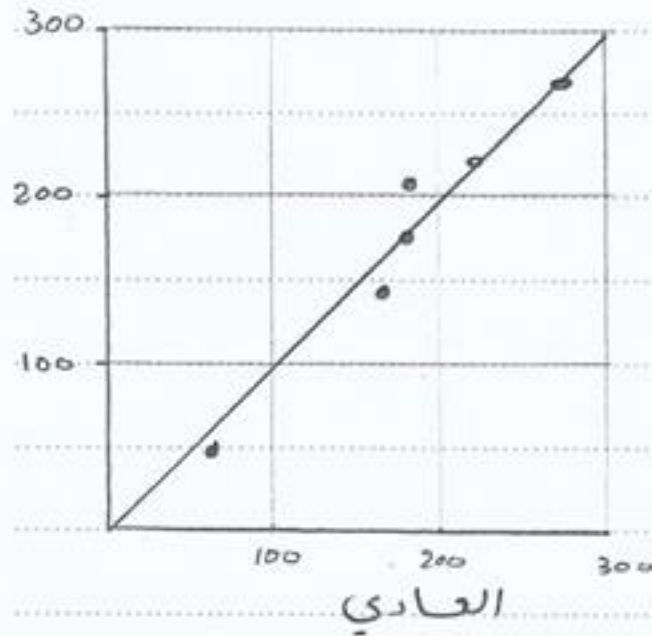
$$\tau_0 = \frac{\rho(300-s)}{347} + 212$$

في الخرسانة الرخوة ←



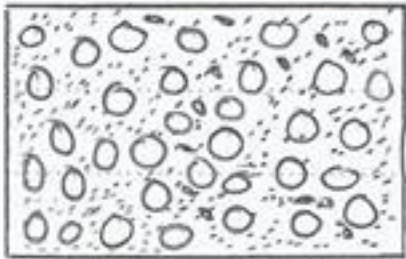
## \* العلاقة بين ال slump test العادي - والمعدل (بتابع ال Rheology)

(المعدل)



\* العلاقة إيجابية زيادة في الهبوط في وجود القرص المعدني ويجوز اختلاف الهبوط واضح إذا كان الهبوط العادي أكبر من (100 mm) ، وإذا كان أقل من 100 mm يكون القرم وازيادة في الهبوط غير واضح.

\* ممكن تكون قابلية التشقيل قليلة، بس ال Rheology كويس لو استخدمت جهاز ميكانيكي .



\* اللي بيخلي الركام متعلق في الخرسانة هي لزوجة المونة اللي رقت التانة المطلوبة لطبقة المونة بعد الدمج .



### \* Setting of concrete \*

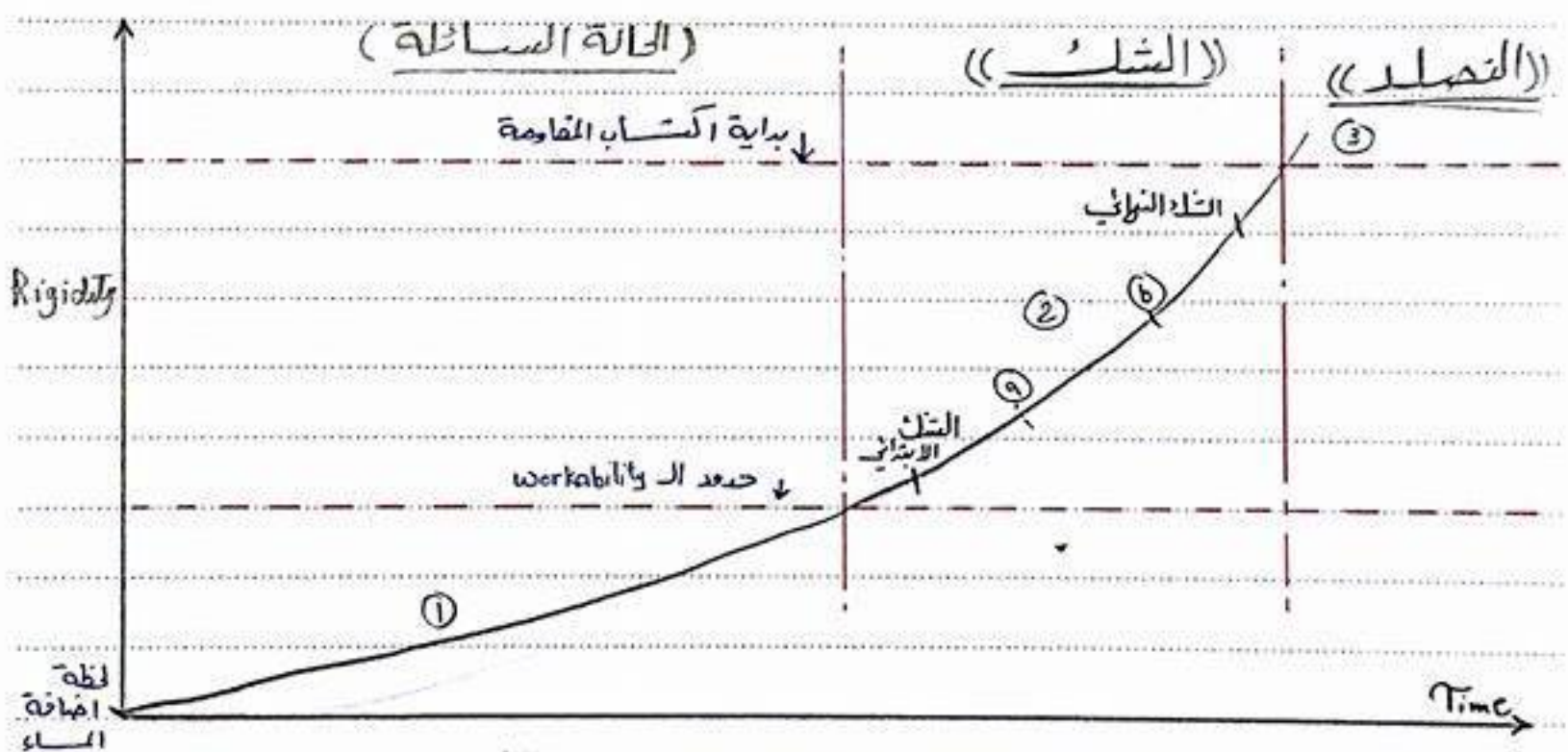
→ Setting: The onset of rigidity in fresh concrete.

السلك ← بداية فصل الحرسانة الخارجية.

← التثنية يسبق التسمية ، لكنهما مرحلتين متلازمين ، التي يسميها (التحكم فيني) بواسطة  
تفاعلات الإمهاء ..

← ملت المسك ده بيچھل ازاي؟!

- تفاعلات الإماهة (Hydration) بتحول الرسائنة وتخليها لدنة (جلياتينية) وعبر كده تتفاعل مع مركبات الاسمنت وتوصل لمرحلة فقد اللدونة، وعبر مرحلة أكساب المقاومة (التصلب).



• التَّكْوِينُ الْإِبْدَائِيُّ = 6 ساعات • التَّكْوِينُ الْفَائِي = 16 : 24 ساعة

٥. السك النهائي : 16 : 24 ساعة

في الفترة ① ← المادة يتكون سائلة ولبيل وWorkability عالية ، اقدر ادمكها واشكلها  
 " ② ← مرحلة الشك وفقدان اللدونة تدريجيا  
 " ③ ← مرحلة التصلب وإكساب الخرسانة مقاومتها

② ← مرحلة الشك وفقدان الدعوة تدريجياً

③ ← مرحلة التمهيد وإكساب الحرساة مقاومة



- \* الشك الابتدائي : الزمن المحسوب من لحظة إضافة الماء إلى لحظة فقدان الاسمنت لدونة
- \* الشك النهائي : الزمن المحسوب من لحظة إضافة الماء للحظة فقدان الاسمنت لدونة تماماً
- وتبعا في الكتاب المقاومة.

في الشكل : ← عند (a) : لوأعنت التقلب ، ستم ارجع ال Workability  
 عند (b) : يحتاج ازود مائة أو لحد superplasticizers عشان ارجع  
 ال Workability.

~~ملاحظة~~ ملاحظة : -

- نوع الاسمنت بياثر على ال Strength بشكل مباشر ، لكن مش بياثر  
 على ال Workability أدي .

← لازم اهتم بالمعالجة خلال فترة الشك عشان تفاعلات الإمهاء بتطلع حرارة  
 عالية جدا ، وممكن تشخ الخرسانة .

← في الاماكن الباردة ، بسبب الشدات فترة كبيرة .

## \* Effect of Hydration Setting \*

### 1) Role of (C3S) :

← (C3S) مالوش علاقة بالشك ، ده بياثر على المقاومة بس  
 وهو المسؤول الأول عم ال Strain .

\* C3S يمر ب 3 مراحل .

- 1- في البداية يكون هادي ، ويعطل C3A انه ياخذ الكبريتات وبالطال الخرسانة workable
- 2- يبدأ ينشط واحدة واحدة مع معدل الإمهاء السريع
- 3- الإمهاء تكمل ويحصل شك ابتدائي ، وفي منتصف هذه المرحلة يبد الشك النهائي .



## \* الجبس : ←

- 1- يتحدد مع  $(C_3S)$  ، عشان يسيطروا على  $(C_3A)$  ومسرّع الشك
- 2- يعني الجبس بيأخر زمن الشك لتقليله من تفاعل  $(C_3A)$  .

## \* طب ازاي والجبس ايهلا بيتشك بسرعة ؟

← عشان  $C_3A$  اسرع من الجبس .

- 3- زيادة نسبته عن الحد المسموح به ، ينتج (False setting) -

## \* $C_3A$ : ←

- ده البلطجي بناعهم ، يسرع الشك ، وبتنج كمية حرارة عالية جدا .
- وزيادة نسبته بتسرع الشك الابتدائي .
- زيادة عن الحد المسموح به يؤدي لحوش (Flash setting) مع عدم وجود جبس كافي أو زيادة الجبس .

\*  $C_2S$  : ← هو اللي بيتحكم في سرعة حركة  $C_3A$  &  $C_3S$  عشان يظبط الشك والمقاومة .

- ← في مرحلة الخرسانة اللازمة ← الجبس جابس  $C_3A$  و  $C_3S$  بيطلع براحة
- ← ج سوية الجبس فتح السكة لـ  $C_3A$  واستغل بقر وعمل التفاعلات وسرعها
- وخلص  $C_3S$  بقر اسرع ، وبالتالي حصل شك ابتدائي .

• طيب هو ليه  $C_3S$  مش بيطلع بسرعة في الأول ؟

- عشان لو التفاعل بسرعة مش هيدي فزمنة لتكوين Ettringite ، وهيساعد على تسريع الشك .



\* Initial set :- The time at which fresh concrete is handled & placed.

\* Final set :- Time at which hardening begins.

\* False set :-

- شك كاذب ، يحدث بعد اخفافه الماء ويسمى (التقلب عليه بإعادة التقلب) ويسمى ← (Plaster set)

- ينتج بسبب زيادة نسبة الجبس مع الحد المسموح به في التصنيع ، ويسمى ان يحدث بسبب التكوين المفرط لل- Ettringite .

\* Flash set :-

- شك لحظي ، لا يمكن التقلب عليه بالتقلب .  
- يحدث بسبب قلة او زيادة الجبس او زيادة حرارة الجبس ، لان زيادة حرارة الجبس تجعله شربه جدا "للماء" ، فيأخذ من ماء الخلط ويسبب تسرعته .  
- يسمى حدوثه أيضا بسبب زيادة "C<sub>3</sub>A" .

### ~~\* Abnormal setting behavior \*~~

+ معجلات ومؤخرات الشئ - يئات بشكل مباشر على (C<sub>3</sub>A) وبالعكس بتأخير العلاقة بين مركبات الاسمنت .

\* Prevention of Abnormal set:

- التحكم في كمية الجبس  
- وضع اضافات مناسبة ومكافئة والتحكم فيها  
- تأخير وضع الاضافات .



Móhâmməd ʾAláà  
Cracks  
The Last Lecture

# \* Cracks \*

\* انواعهم :

## 1- Before Hardening:

- plastic cracks ~ [plastic shrinkage] - [plastic settlement]
- Construction movement ~ [Formwork movement] - [Ground movement]

## 2- After Hardening:

« Non-Structural »

physical,

- Shrinkable Agg.
- Drying shrinkage

Chemical,

- Corrosion of steel
- Calcium chloride
- Alkali-Aggregate reaction
- Sulfate attack

Thermal,

- Freezing & Thawing

## Structural

\* Inadequate design

- Design consideration
- Detailing

\* Overloading

- Construction overloading
- Accidental.

\* Executional errors

- Steel placing
- Curing,
- Joints.

\* Differential Settlement

\* Creep



### → Plastic shrinkage:

- يحصل بسبب التجز السريع للماء من سطح الخرسانة أثناء بصلدها، والتجز السريع ده بسبب درجة الحرارة العالية و البعرش للشمس مباشره.

### → Drying shrinkage:

- يحصل عندما تقابل العناصر القصيرة ذات التسليح القليل حواجز تقيد.

### → Corrosion of steel:

- ينمو الصدأ ويتزايد حول التسليح متجا "شروخا" بامتداد طولي، وقد يؤدي ذلك لسقوط الخرسانة كاشفة "حديد التسليح".

### → Calcium chloride:

- تساعد كلوريدات الكالسيوم الموجودة في الخرسانة على ظهور الصدأ.

### → Sulfate attack:

- عندما يتحد الكبريت مع الومينات الاسمنتية في وجود الماء، يتكون ال ettringite وهو ذو حجم أكبر من العناصر المكونة له، فيحدث تمدد يؤدي إلى تضجير الشروخ وسقوط اجزاء الخرسانة المتوتكة.

### \* Structural cracks:

→ شروخ عزم الانحناء نتيجة اجهادات الشد

→ شروخ اجهادات القص وهي شروخ عطفية في اتجاه اسياخ التسليح، وتحدث بسبب عيون في ربط الاسياخ مع الخرسانة

→ تفتت الخرسانة في مناطق الضغط

→ التسليح غير كافي

→ زيادة الأحمال على المنشأ



## \* معالجة الشروخ :-

1- شروخ الـ Plastic shrinkage : شروخ دقيقة وشعرية ، وتعالج بتنظيف السطح بفرشاة معدنية ، وعييم ثمقم الشروخ بمقحم اسمنتية لاصقة ، ولو الشروخ دي عميقة وعمودية على اتجاه قوى الضغط ، هاتقفل بمنتجات تتصلب حرارياً.

2- الشروخ العريضة : لو عرض الشروخ كبير وعميق داخل الخرسانة بحيث انه وصل للتسليح ، ف لازم نخالجه ونعالج الحديد المتآكل بتنظيف الاسياخ بعد ازالة الغطاء الخرساني المغلف للحديد ، واستبداله بخرسانة جيدة عالية المقاومة كغطاء مع الحديد .

← في ساعات بيقت لازم نهيف طبقة خرسانة جديدة على الطبقة القديمة ، بنزطهم ببعض باستخدام مادة الايبوكسي اللاصقة . و بنزعو لو غايزيم نخط اسياخ حديد في الخرسانة الجديدة بنزرعه فينل باستخدام الايبوكسي

## \* المواد المستخدمة في المعالجة :

- البوليمرات العضوية ( الروابط الايبوكسية )
- البوليمرات البلاستيكية
- الاسمنت اللبائي - والاسمنت سريع التصلب

### \* عيوب الروابط الايبوكسية

- ضعف مقاومة الحريق
- ضعف مقاومة درجات الحرارة العالية .

### \* مميزات الروابط الايبوكسية :

- قلة الانكماش
- الالتصاق بالحديد والخرسانة
- قوة شد وضغط عاليتين



# Mohammed Alaa

## Chapter 6

## \* Chapter (6) \*

### \* Properties of Hardened Concrete \*

→ Properties of hardened concrete:

\* خواص الخرسانة المتصلدة:

- Strength. <sup>القوة</sup>
- Stress-strain characteristics. <sup>منحنى الإجهاد - الانفعال</sup>
- Shrinkage & creep deformation. <sup>التشوه والتشكل</sup>
- Permeability <sup>النفاذية</sup>
- Durability <sup>المعمرية</sup>

\* أهم خاصية للخرسانة المتصلدة هي «Strength» .... ليه ؟

← لأن جودة الخرسانة تقاس بمقاومتها

\* Water-Retaining structures need:

- خزانات المياه تحتاج:

→ [low permeability & low shrinkage]

طيب ايه الفرق بين Stress و Strength ؟

\* Stress: Load per unit Area.

\* Strength: absolute stress. (أقصى حمل ممكن تتحمله المادة (أعلى نقطة في المنحنى))

\* ملحوظة قلوبظة: كلما زادت قوة تحمل الخرسانة للأحمال، دل ذلك على جودة خواصها مثل (عدم تساميها للنفاذية - زيادة مقاومة الانكماش).

\* Compressive strength: → max. compressive load it can carry per unit Area.

\* أشكال عينات اختبار الضغط:

- مكعب ← طول ضلعه 10 cm أو 15 cm
- أسطوانة ← قطرها 15 cm ، ارتفاعها 30 cm
- منشور ← (50 x 10 x 10 cm)



\* When cylinders are used, they have to suitably capped

- اختلاف أشكال العينة ، يعطي قيم مختلفة لمقاومة الضغط

- مقاومة ضغط الاسطوانة 75 : 85 % من مقاومة الضغط للمكعب .

\* Flexural strength;

- مقاومة الشد بالانحناء

← من الصعب اختبار مقاومة الشد لعينة من الخرسانة مباشرة ، لذلك يتم حساب

مقاومة الشد من طريق مقاومة الشد بالانحناء إذا لزم الأمر لذلك ؛ مثل :

① design of pavement slabs

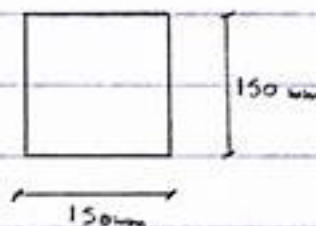
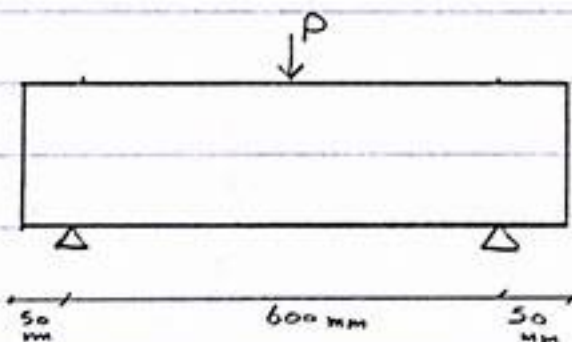
② Air field runway as flexure tension is critical in this case .

\* اختبار مقاومة الشد بالانحناء :

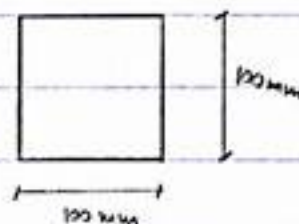
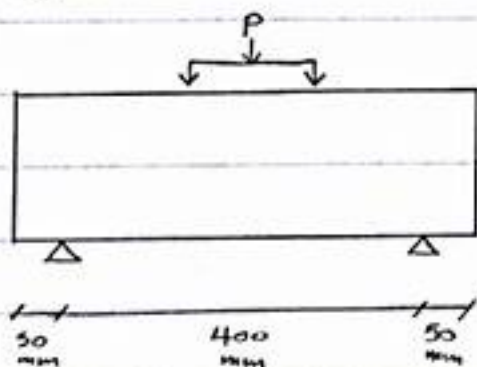
[15x15x70 cm]

← هناك عينة الاختبار عبارة عن كمرية ابعادها

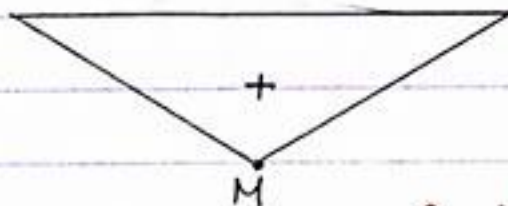
والمسافة بين الدعامتين = 60 cm



\* حل واحد في المنتصف



\* حل ثلاثي



\* Modulus of ~~determine~~ or Rupture

$$f_r = \frac{M}{Z} = \frac{M \cdot y}{I}$$

معيار الكسر

\* Result of test affected by:

1- size of specimen

4- manner of loading

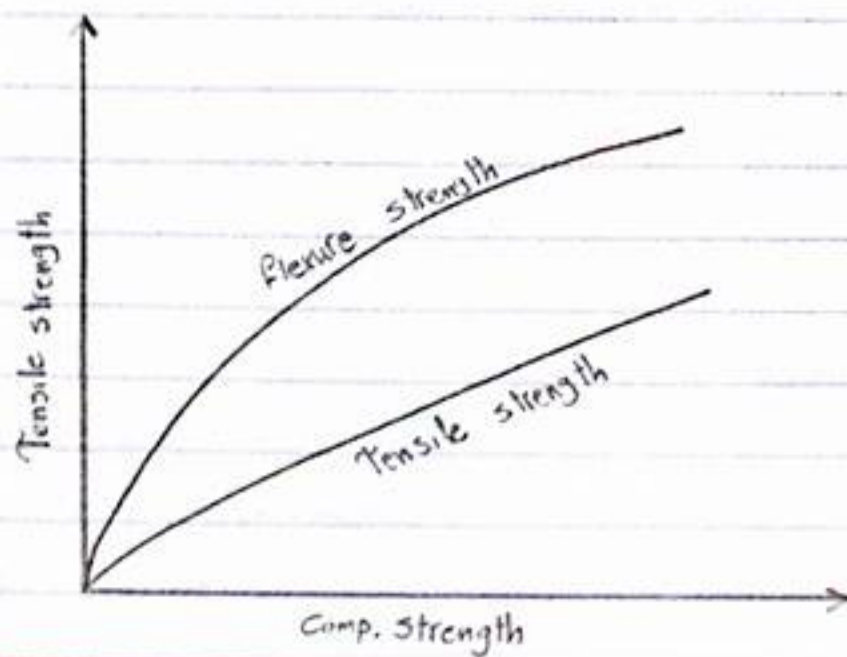
2- Casting - curing

5- Rate of loading.

3- Moisture condition

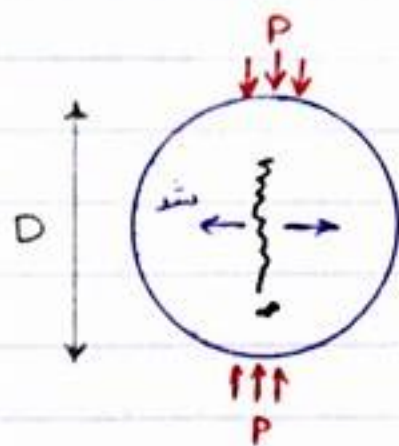


\* ملاحظة قلوطة :- اختبار مقاومة الشد بالانحناء يعطي قيمة أكبر من مقاومة الخرسانة للشد نتيجة لدخول عزم الانحناء ، ~~ولذلك لا يجب استخدامه~~



### \* Tensile strength.

← منفذ عمل اختبار شد مباشر للخرسانة عشان الجهاز لما يجي بمسك في اسطوانة الاختبار هيعصرها ، وبالتالي تبوظ الخرسانة.



← لفعل اختبارات شد غير مباشرة ; (splitting test)

← هتضغط على الاسطوانة من الجانب

فيحصل شرخ في اتجاه الضغط ، لكنه نتيجة

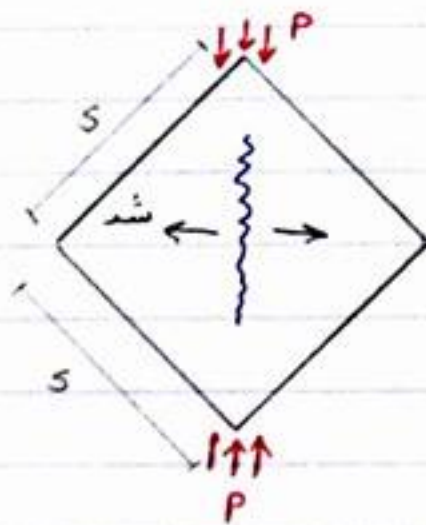
شد في الاتجاه العمودي .

$$\sigma_{sp} = \frac{2P}{\pi D L}$$

↓ diameter      ↓ length

- ممكن نعمل كده مع الكعب ، بس تخليه

على سبفه



$$\sigma_{sp} = \frac{0.519 P}{s^2}$$

\* مقاومة الشد بالانحناء = (8 ; 12 %) من مقاومة الضغط .



### \* Advantages of splitting test:

- 1- اختبار سهل لتنفيذ ويطي نتائج منتظمة أكثر من اختبارات الشد الأخرى.
- 2- المقارنة المصوبة مع الاختبار أقرب ما تكون للمقارنة الحقيقية.

### \* Factors influencing the strength of concrete :-

• أفضل مقاومة هي المقاومة الأعلى  
• أفضل Workability هي المناسبة (من الأعلى)

- 1- Constituent materials.
- 2- mix proportions.
- 3- Curing.
- 4- Method of preparation.
- 5- Test conditions.

### → Constituent materials :

- [1] Water :
- كمية الماء من شأنها في المقاومة ، لكن تأثيرها كبير في الـ Workability .
  - نوع الماء المستخدم يتم اختياره بناءً على مواصفات الكود .
  - جودة المياه تناسب طردياً مع المقاومة .
  - $w/c$  تناسب عكسياً مع المقاومة .

### [2] Cement :

\* Content : محتوى الأسمنت

← تناسب المقاومة طردياً مع محتوى الأسمنت ، لكن إذا زاد المحتوى عم الحد الأمثل تقل المقاومة

\* Fineness : النعومة

← تناسب المقاومة طردياً مع نعومة الأسمنت عشان زيادة النعومة بتزيد من

كفاءة الهيدرة ومنه معدل تفاعل الأسمنت بالماء ، وبالتالي تزيد مقاومة الخرسانة المبكرة

← نعومة الأسمنت من شأنها بشكل كبير على المقاومة المتأخرة (عند سنة) .



\* Chemical composition: (Fig 6.11)

←  $C_3A$  ,  $C_3S$  : زيادتهم تؤدي لزيادة مقاومة الضغط المبكرة .  
في المراحل المتأخرة ، بزيادة  $C_3A$  ,  $C_3S$  ، يكون التأثير غير ملحوظ .

←  $C_2S$  : مسؤول عن المقاومة في المراحل المتأخرة .

### [3] Aggregate:

\* ← مقاومة الضغط للركام ← مقاومة ضغط الخرسانة

← مقاومة الركام ليس متأثر بـ بسيط على مقاومة الخرسانة

← الرابطة بين الركام والمونة هي العامل الأساسي المحدد لمقاومة الخرسانة .

\* الشكل : ① crushed : يعني رابطة قوية مع المونة .

← ② uncrushed : يعني رابطة ضعيفة مع المونة .

\* حالة السطح : الـ crushed سطحه خشن ، وبالتالي مساحة سطحه أعلى ، هيدرو تماسك ومقاومة أعلى .

**ملحوظة تليوطة :** الشكل وحالة السطح بيأثروا على مقاومة الشد أكثر من مقاومة الضغط

\* الحجم : كل ما المقاس يزيد ، تقل المقاومة ، عشان المساحة السطحية قليلة ، وبالتالي التماسك قليل .

\* التدرج : لازم يكون تدرجه جيد وفيه كل المقاسات لتقليل الفراغات ، وبالتالي زيادة المقاومة .

← كلما زادت نسبة الركام ~~للإسمنت~~ إلى نسبة الإسمنت ، تزداد المقاومة إلى ان تصل للقيمة المثلى .

← لكم في قيمة مثلى للركام بالنسبة للإسمنت ، إذا زادت عن هذا تؤثر عكسياً على المقاومة وتقللها ← القيمة دي = (2.5)



#### [4] Admixture

• Accelerators : معجلات الشك.

← تزود معدل الإمالة والمقاومة المبكرة ، بسبب تقليل مدة المقاومة النهائية .  
لأنه أحياناً زيادة معدل الإمالة يعمل شروخ داخلية .

• Retarders : مؤخرات الشك .

← يقلل المقاومة المبكرة بشأن بتأخر زمن الشك

• الهواد المحبوس : يقلل المقاومة في جميع المراحل .

• النشاط الكيميائي يمكنه يؤثر على المقاومة ، ليس أنهم حاجة أي اتحكم في الكمية وليس .

#### → Method of preparation:

##### 1- Affect of Curing:-

- معالجة الخرسانة بغيرها في الماء لضمان ~~تمام~~ انتمام تفاعل الاسمنت بالماء ،  
وتعتمد على : (الوقت - الرطوبة - الحرارة) .

• الوقت :

- زيادة فترة معالجة الخرسانة بالماء ، تؤدي لزيادة المقاومة النهائية للضغط .

• الرطوبة :

- تترك الخرسانة في الهواء الطلق على مقاومة قليلة في جميع مراحل عمر الخرسانة

(الحرارية) - أعلى مقاومة ينتجها لما تعالج الخرسانة بالماء ، ثم تترك فترة لتختبر وهي رطبة

- أقل مقاومة : لما تعالج الخرسانة في هواء طلق ، واختبارها وهي رطبة .

- المقاومة الحقيقية : تعالج الخرسانة بالماء ، وتختبر وهي رطبة .



## \* الحرارة :

- معدل الحصول على المقاومة للخرسانة المصنوعة من الاسمنت البورتلاندي يزداد بزيادة الحرارة (في المراحل المبكرة) .

- لكن عشان تلاقي مقاومة بنيوية كويسة ، تعالج الخرسانة في درجة حرارة منخفضة .

- زيادة حرارة الخرسانة تدي مقاومة مبكرة كويسة ، ومقاومة بنيوية قليلة ، والعكس صحيح .

## → Test conditions :

### \* حجم وشكل العينة :

- كل ما حجم العينة قل ، تدبني مقاومة اعالى

\* محتوى الرطوبة : - العينة الجافة تدي مقاومة اعالى من المبتلة في الضغط

- العينة المبتلة تدي مقاومة شد بالاختفاء اكبر من الجافة .

\* النسبة بين ارتفاع العينة وقطرها :

- لو النسبة اقل من (2) ، تزيد المقاومة بسرعة .

- لو النسبة بين (2 : 2.5) ، المقاومة بتكون ثابتة تقريبا وتقل

بدرجة بسيطة .

\* حالة السطح : - لازم يحصل تطابق بين سطح المكينة ، و سطح العينة ، و ده هيعمل قوى وقص

مايلة ، هيعيد توزيع الاجهادات ، ويدبني مقاومة ظاهرية اعالى

- السطح لو متعرج ، هيعمل اجهاد رأسي .

### \* طرق التحميل : (Method of loading) :

- مقاومة الضغط بتزيد ، بزيادة الضغط العرضي .

- المقاومة بتتأثر بمعدل التحميل ، وخصوصا "الخرسانة المبتلة" .

- لو معدل التحميل سريع ، تدبني مقاومة اعالى (حراسية)



## \* Fatigue Load :-

- لهذا النوع من الاحمال ، يقلل المقاومة ، وعنده رجوعية كوسية .  
- يعتمد على :

- 1- تردد التحميل .
- 2- نوع الخرسانة .
- 3- Stress-strain Ratio .

- يصمم الكباري على ال Fatigue load . وكمان قضايا السكك الحديدية .

## \* Primary load;

- هو الحمل الدائم والاساسي والاكثر تأثيرا على المنشأ .

## \* Secondary load;

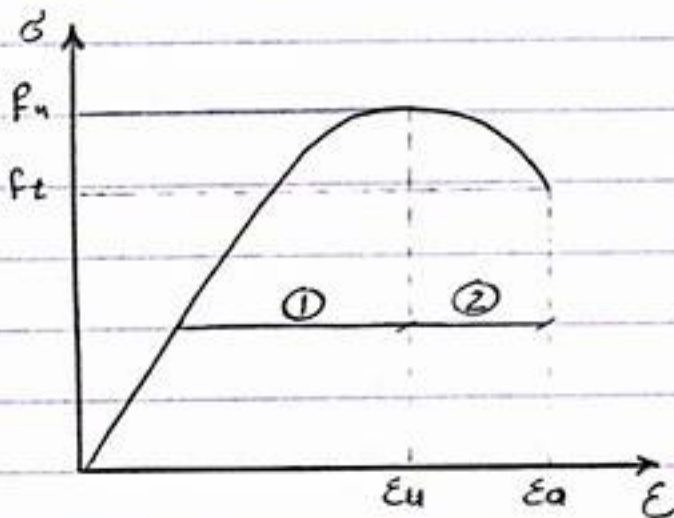
- احمال ليست دائمة (الزلازل) .

في معدل التحميل معين لكل عينة من العينات لازم الخلطة عشان اوصل لمقاومة الضغط القصوية بناعت العينة .

- معدل التحميل في الضغط = 12 ; 24 N.mm
- معدل التحميل من الشد = 1.2 ; 2.4 N.mm

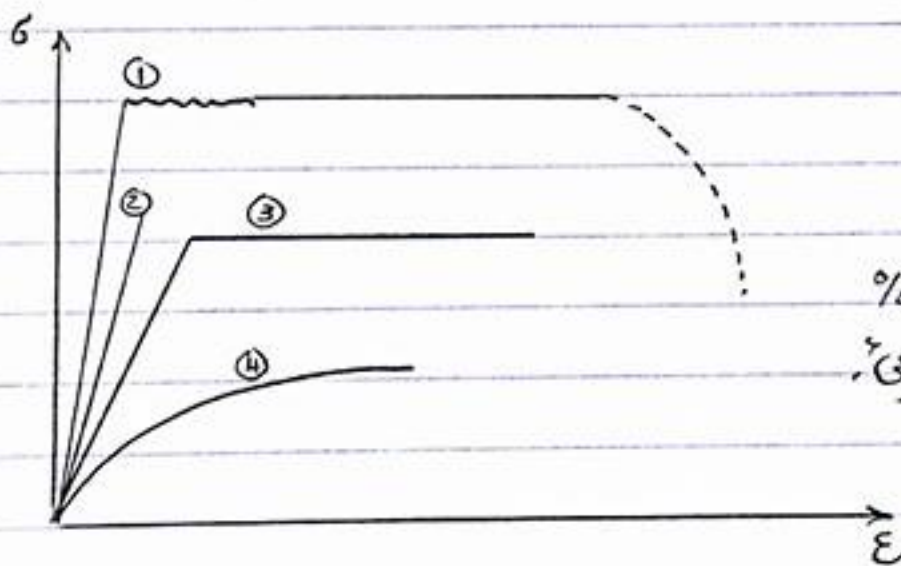
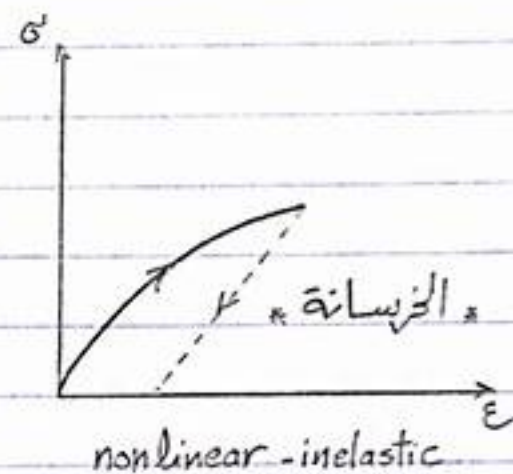
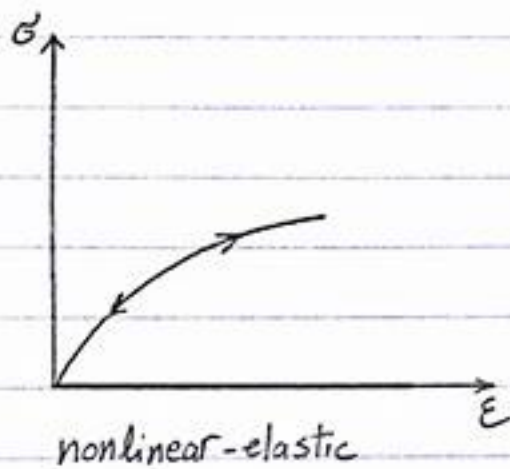
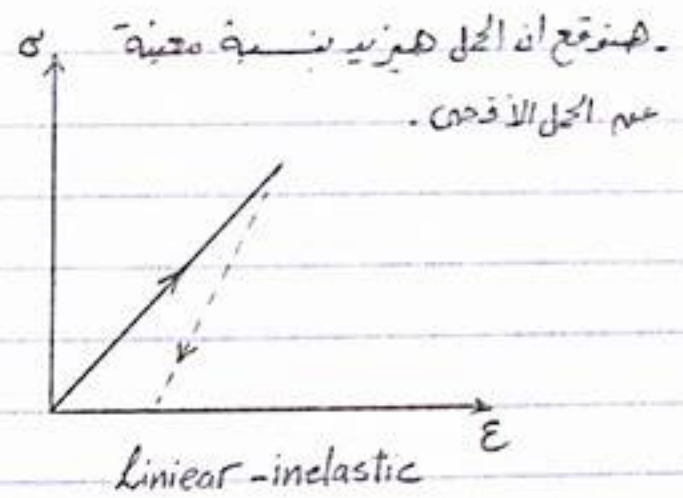
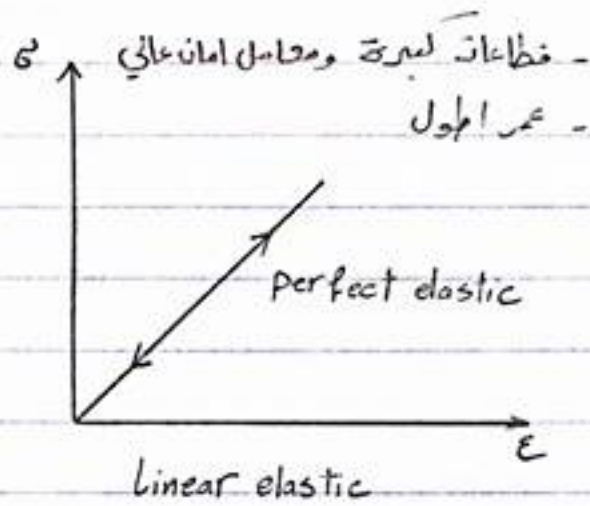
## \* Stress & Strain characteristics of concrete ;

→ Behavior of concrete under static compressive load.



\* الخرسانة تبقى elastic لحده 30% من  $(f_u)$   
\* وجود ال curve بعد ال  $(f_u)$  يقول ان الخرسانة  
فيل نسبة ductility .





①, ③ → Ductile materials.  
(plateau)

- تفضل Ductile الحد ما تنزل 30%  
من ال  $f_u$  ، بعدين يصل انهيار مفاجئ.

\* Creep:

- حمل قصي ( شايخوخة الخرسانة )

\* ممكن ان يكون ناتج من طول فترة التحميل الزائد ، والذي يؤدي لتشوخر الخرسانة ، وعند ازالة هذا الحمل ، لا يعود المنشأ لشكله الطبيعي ، بل يحدث له تشوخر دائم .



## \* Shrinkage:

### → Plastic shrinkage:

- تفاعلات الإماهة بنسبة قليلة حجم الماء والاسمنت ، والنقصان ده بيزيد أكثر لما يحصل تبخر للمياه من السطح . الكلام ده كله بيحصل شروخ سطحية .

### → Drying shrinkage:

- الانكماش اللي بيحصل بعد تصلد الخرسانة .
- جزء من الانكماش بيتعالج بفخر الخرسانة في المياه .

### العوامل المؤثرة على الانكماش :

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1- $w/c$          | 5- شكل وحجم العينة |
| 2- محتوى الاسمنت  | 6- الإضافات        |
| 3- الظروف المحيطة | 7- نوع الاسمنت .   |
| 4- نوع الركام     |                    |