



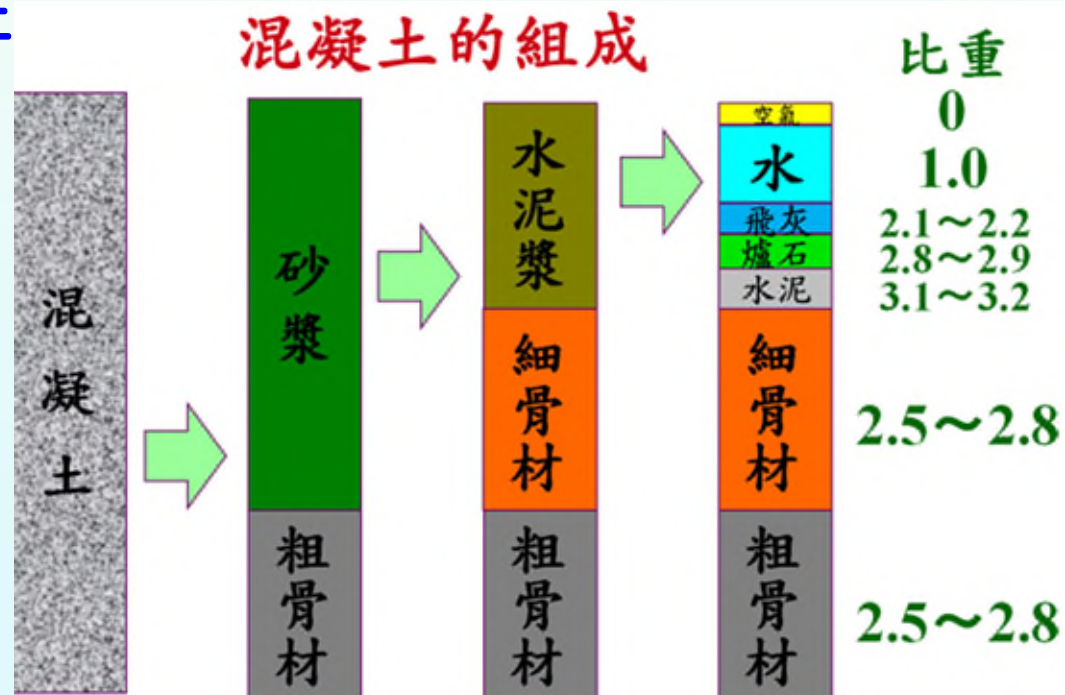
溫故知新 - 高性能混凝土



技術研究發展小組 莊志展
105年12月20日

混凝土

- 定義：凡膠結材料(水泥)結合砂(細骨材)、石(粗骨材)、摻品等拌合而成者稱之(Concrete)，可概分為黏結材(水泥糊體)與填充材(骨材)
- 優/缺點：
 - 抗壓強度大/抗拉、抗剪強度低/脆性
 - 耐久性、耐火性
耐磨性、隔熱性
隔音性佳
/硬化後修改及
拆除困難





混凝土材料-水

- 水：需符合ASTM C94或CNS 1237之標準。
(PH 5~8；氯CL \leq 1,000ppm；硫酸鹽SO₄ \leq 3,000ppm)
- ◆ 拌合前之洗滌用水
- ◆ 拌合用水：水與水泥混合成水泥漿，起水化作用，產生膠質結晶體，提供膠結強度。
- ◆ 養護用水：
 - 目的：增加強度或防止水化時所需水份之蒸發。
 - 時間：澆置後7天內保持濕潤。早強混凝土可縮短為3天。
 - 溫度：15~35°C間最為適宜，現行法規規定至少需維持在10°C左右的溫度。



混凝土材料-骨材

- 骨材：須符合CNS 1240之規定(石英質最佳)
 - ◆ 細骨材：係指能全部通過10mm (3/8 in) 篩孔之重量百分比須達85%以上之骨材。
 - ◆ 粗骨材：指停留於(3/4 in) 篩孔之重量百分比達85%以上者。
 - ◆ 粗骨材的最大尺寸不得大於下列規定
 - 最小模板間之五分之一
 - 樓板厚度之三分之一
 - 最小鋼筋淨距之四分之三。
 - 骨材之細度模數(F.M.)：殘留於標準篩上骨材百分率累積值總和除以100所得之值稱之
CNS：細骨材2.3~3.1，粗骨材5.5~7.5

混凝土材料-水泥

- 水泥：以石灰石、粘土、矽砂、鐵渣為原料，經適當配料研磨、混合均勻成生料，於旋轉窯內以高溫燒結後成為熟料，再加適量的石膏研磨而成

美國ASTM規範定義為**卜特蘭水泥**

（西元元年初期，古羅馬與希臘人在石灰中摻加一些火山灰（義大利Pozzoli）

可提高強度及耐水侵蝕能力，後來就將屬於這類性質的礦物材料都稱為卜作嵐材料（Pozzolan cement）



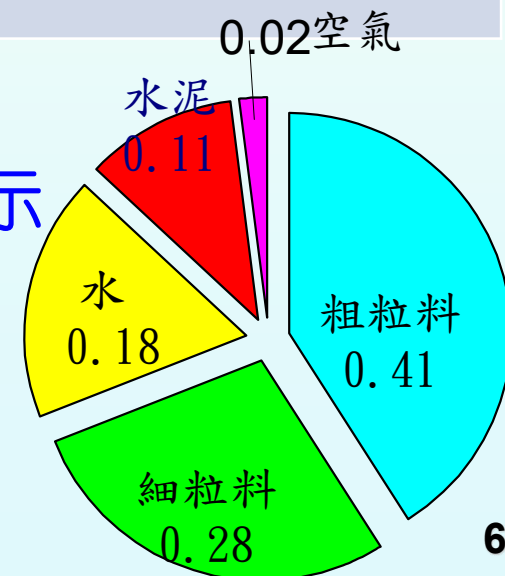
卜特蘭水泥

種類名稱	功 能 說 明	備 註
第Ⅰ型-普通水泥	一般，無特殊需求	CNS 61 卜特蘭水泥 另有具輸氣型號：ⅠA、ⅡA、Ⅲa，輸氣型係為具抗凍融性需求 CNS 3654 卜特蘭高爐水泥ⅠS ($\leq 5\%$) CNS 11270 卜特蘭飛灰水泥ⅠF ($\leq 5\%$)
第Ⅱ型-改良水泥	較低水化熱及抗硫能力 橋墩、臨水結構	
第Ⅲ型-早強水泥	趕工(提早拆模) 搶修、軍事工程	
第Ⅳ型-化熱水泥	巨積結構物(水壩)	
第Ⅴ型-抗硫水泥	臨海結構、下水道等	

➤ 水灰比

拌合水與水泥重量之比值， $W/(C+P)$ 表示

- ◆ 水灰比與混凝土強度成**反比**
- ◆ 水灰比與工作性成**正比**
- ◆ 水灰比與混凝土水密性成**反比**
- ◆ 水灰比與混凝土耐久性成**反比**



混凝土材料-摻料

➤ 目的

- ◆ 減少水化熱\減少體積變化及進裂
- ◆ 增加水密性、減少滲透性
- ◆ 減少或阻止鹼骨材反應
- ◆ 降低成本（部份代替水泥\資源再利用）

種 類	說 明
砂灰	降低混凝土之水化熱、減少水泥用量、增加水密性及提高晚期強度
飛灰	可減少用水量，提強度，早期強度較低(約-10%)，晚期強度則較高
輸氣劑(A.E)	增加冰凍融解之抵抗性，進而增加耐久性。
速凝劑	縮短硬化時間，但因釋放較多之水化熱，一般兼有抗凍之效果
緩凝劑	延緩凝結時間（初凝及終凝）保持適當工作度，兼具減水劑之效果
減水劑	改善耐久性及水密性，減少混凝土之吸水性及透水性
強塑劑(SP)	增加可塑性及流動性，具高減水性可增加強度及防水性，避免骨材析離
擴散劑	在改善混凝土之工作性及減少拌合水量等。
膨脹劑	因凝結而產生之收縮，可藉由膨脹劑所產生之膨脹而相互抵銷。使用大量之膨脹劑，可製造輕質混凝土。

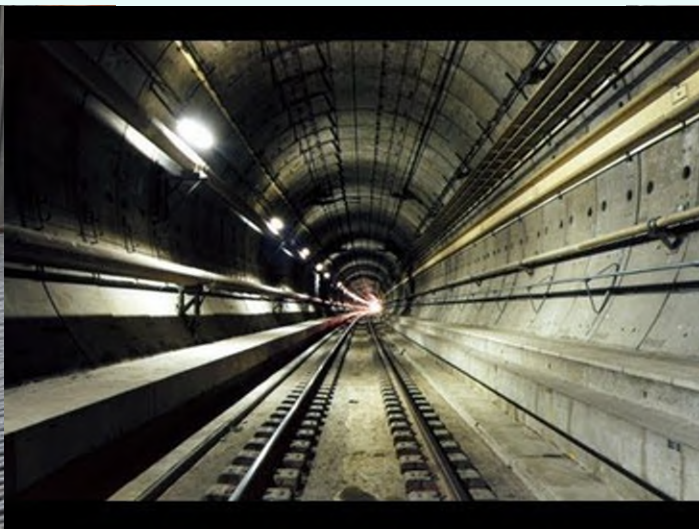
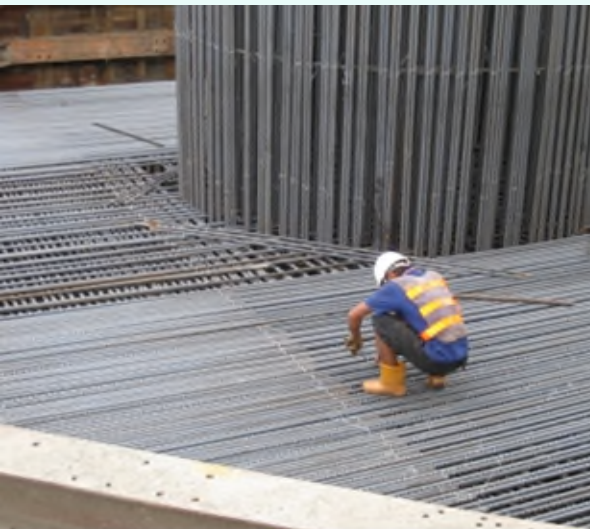


高性能混凝土

- 定義（HPC- High Performance Concrete）：
 - ◆ 對傳統混凝土來說，其強度、工作度、流動性、**耐久性**、**耐磨性**、水密性、完整性及其他特殊性能（如低水化熱）經濟性等較佳-by美國混凝土學會（ACI -American Concrete Institute）
 - ◆ 符合「**耐久性**、**安全性**、**工作性**、**經濟性**、**生態性**」-台灣 1996
 - 水泥 $\leq 450 \text{ kg/m}^3$
 - $W/(C+P)$ 在0.2至0.45之間
 - 單軸抗壓強度達55 Mpa
 - 坍度 $25 \pm 2 \text{ cm}$ ，45分鐘後坍度至少大於23.5 cm
- 特性：具有高流動性、高強度、高水密性、高耐久性、低水灰比，同時可減少泌水 (bleeding)與骨材析離 (aggregatesegregation)等現象

自充填性混凝土

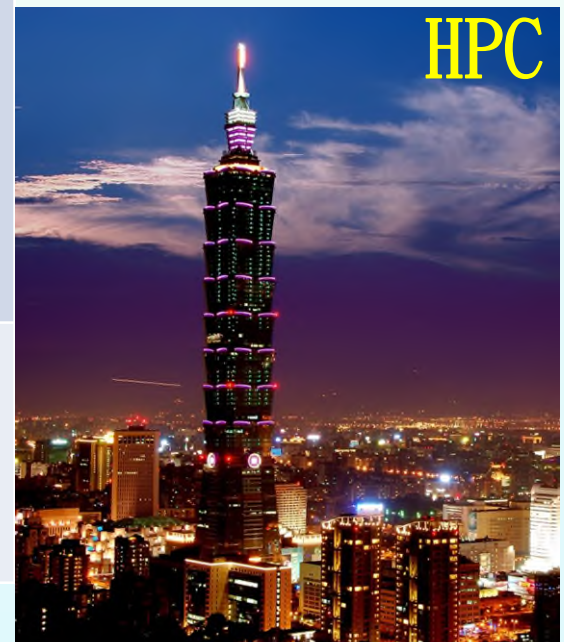
- 定義 (Self-Compacting Concrete)
係指具有『澆置過程不需施加任何振動搗實，完全藉由自身流動性與充填性能填充至鋼筋間隙及模板之各角落』能力之混凝土-by 工程會施工網要規範
- 適用性
 - 混凝土搗實困難之結構物(省工)
 - 混凝土充填密實有效提昇結構之可靠性(水密性)
 - 當作修補材料





自充填性混凝土

類別性質	自充填混凝土 (SCC)
材料均質性	<ol style="list-style-type: none">1. 不需振動，不會發生骨材折離或浮水現象，使混凝土均勻性大幅提升2. 較無結構體之瑕疵、孔洞或弱面3. 構件中混凝土之材料性質更接近同批次預拌混凝土之試體強度
抗壓強度	混凝土強度經濟規模，最大可達420 kgf/cm ²
施工性	<ol style="list-style-type: none">1. 泵送性良好 (具高流動及高坍度)，提高工作性2. 凝結與硬固時間較遲緩，無法配合提前拆模3. 施工後混凝土體表面光滑平整，無須二次粉光作業
耐久性	<ol style="list-style-type: none">1. 充分發揮自充填性能，大幅改善混凝土與鋼筋間之介面性質而提高握裹力、增加耐久性2. 混凝土體積較為穩定、緻密性高，減少劣害之離子入侵混凝土影響耐久性



水工混凝土的磨損機制

侵蝕分類-by ACI 210R-93

- 穴蝕：水中氣泡破裂對混凝土表面產生衝擊破壞
- 化學侵蝕：受水中鹽或酸性溶液的侵蝕
- 磨蝕：水中挾砂、石等對混凝土表面磨、刮、撞等

作用	破壞機制	改善
磨耗	挾砂等固體顆粒沿表面移動造成坡破	增加剪力強度及表面硬度
撞擊	受固體顆粒反覆碰撞破損，骨材被帶出	骨材粒徑及水泥固結能力
切割	破孔處邊緣因流速較大形成切割現象	調整配比及增加抗拉能力
淘洗	砂漿與骨材間的微裂縫受水流滲入造成淘洗	骨材與水泥的固結能力
剝離	耐磨層與底層黏結失敗，耐磨層剝離脫落	耐磨層與底層的黏結能力

低压区→产生气泡→高压区→气泡破裂→产生局部真空→水力冲击→发生振动、噪音，部件产生麻点、蜂窝状的破坏现象。



混凝土材質與耐磨性關係

與抗壓強度關係	與水膠比關係	與粗粒料用量關係	與礦物用量關係
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 水中磨耗：抗壓強度 350→420→560kgf/cm²相對磨損體積 200→160→100cm³ ➤ 含沙水流衝擊：抗壓強度 350→420→560kgf/cm²相對磨損體積 30→26→20cm³ ➤ 抗壓強度500 kgf/cm²以下者，混凝土磨損體積量隨強度增加而明顯降低；以上則提升有限。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 成反比(最佳水膠比為 0.45 及 0.4 以下) ➤ 水膠比由 0.72 減少為 0.40 時混凝土之耐磨性可提高43%(緻密性高) ➤ 降低水膠比可提升可提高抗磨力。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 成正比(最佳用量 0.35 m³/m³ 以上) ➤ 級配越均勻者抗磨力越佳；骨材強度越高抗磨力越好 ➤ 增加粗骨材(降低砂石比)，有效增加抗磨力。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 限定用量，可提抗磨損能力(爐石總取代量 50% 以下；飛灰 15% 以下、矽灰 10% 以下) ➤ 使用 10~15% 矽灰可減少混凝土表面泌水量，提高抗磨損能力提升 2~3 倍抗磨耗力 ➤ 飛灰、爐石可降低混凝土表面裂縫，進而減少弱面產生增加抗磨力

混凝土的耐磨性質

- 抗壓強度21Mpa~62Mpa，磨損量與抗壓強度成反比
- 粗骨材強度與磨損量成反比
- W/C降低，強度增加，但用水量過低將降低工作性及減少膠結材料體積，應配合添加摻劑(減水劑、強塑劑)，唯預注意早期強度較低
- 添加卜特蘭材料(飛灰、矽灰、爐石)與水泥水化產物產生卜特蘭反應生成C-S-H膠體，可強化骨材界面鍵結強度、提昇水密性、強度，唯其卜特蘭反應所需時間較久，其早強強度較差
- 砂石比低、級配均勻者，抗磨性提高
- 適當礦物取代量(飛灰、矽灰、爐石)，可提高抗磨性



小 結

- 坡地上水保設施(混凝土)，全生命週期的管理應提早規劃
- 混凝土結構物耐久性設計，建議於水保設計中推行
- 混凝土配比設計、施工相關規範，宜加強落實於第一線工作



WE ARE JUST ON THE WAY
THANK YOU.

簡報結束
敬請斧正

卜特蘭水泥

典型的五種卜特蘭水泥化學組成成分和性質

水泥型式	I	II	III	IV	V
C_3S	50	45	60	25	40
C_2S	25	30	15	50	40
C_3A	12	7	10	5	4
C_4AF	8	12	8	12	10
細度 (m^2/kg)	350	350	450	300	350
抗壓強度 (1天 , psi)	1000	900	2000	450	900
水化熱 (7天 , J/g)	330	250	500	210	250