

雲林縣政府

鋼筋混凝土工程知識 (3小時)

陳純森

結構技師

2010.11.1

講員資歷



陳 純 森

結構技師

土木技師

東亞工程顧問公司	結構設計師
中國鋼鐵公司	土木工程師
中鋼結構公司	副總經理
聯鋼營造公司	總經理
東和鋼鐵公司	顧問
經濟部中央標準局	標準、專利委員
中華民國仲裁協會	(主任)仲裁人
高雄市結構技師公會	理事長
台灣省結構技師公會	理事長
中華民國結構技師全聯會	理事長
成功大學建築研究所	兼任副教授
工程會國防部國科會	工程查核委員
教育部經濟部財政部	工程查核委員
中國生產力中心	品管、勞安講師
天恩結構技師事務所	主持人

地基處理

1. 開挖遇到軟弱的黏土時必須確實挖除乾淨並換土。
2. 回填應以「碎石級配」、「山級配」及「河級配」等良好之級配材料。
3. 必須分層回填，建築物之基礎每層回填厚度約20公分，並以輥壓機輥壓夯實，於工地密度試驗合格後再回填上層。
4. 道路基礎，其分層回填的厚度則約每層30公分。
5. 一般而言，砂土的固結與壓密沉陷比較快速。黏土的壓密固結沉陷則是十分冗長，並非良好的基底材料。



粘土之回漲性

1. 黏土的回脹性很大。壓密過度的黏土於灌滿水之後，體積會明顯膨漲，稱為「回漲特性」。高敏感性的黏土回漲應力高達 $50\text{t}/\text{m}^2$ 。
2. 路基長期受車輛輾軋壓密後，土壤會因吸水而膨漲，其反彈之回漲壓力破壞路面形成坑洞。

粘土之不透水性

對於深開挖之基礎工程，開挖區常需要抽水至開挖面以下至少一公尺。當開挖區內土壤屬於透水性良好之砂土或礫石層時，鄰地之地下水將滲流至開挖區內，導致鄰地之地下水位亦隨之降低，致造成鄰房之裂損、破壞或門窗等設備無法使用。

抽取地下水時，如果地層中有不透水性之黏土層，則抽水不致於讓鄰地之地下水滲流至開挖區內，鄰房也比較不容易下陷或造成損壞。

鋼板樁擋土與支撐

依照建築法規，基礎開挖深度超過1.5公尺，申請建築許可之設計圖說必須包括擋土及支撐措施。

擋土工作包括簡易的鋼軌樁、鋼版樁、排樁與複雜的連續壁。開挖深度比較深者，多半採用連續壁作為擋土壁，而少數地質較堅硬的地區則採用人工擋土柱。

擋土措施必須設計



連續壁之施工步驟

1. 施作臨時性之導溝，用抓斗順著導溝向下抓取泥土。
2. 壁體內必須灌注穩定液以平衡壁內之側向土壓與水壓力，以避免土壁崩塌。
3. 吊放鋼筋籠與公母單元之鋼板介面。
4. 用特密管擠灌水中混凝土。
5. 施工中借重超音波檢查壁體之壁厚。
6. 連續壁的變形檢測，可於壁體內裝設傾斜儀 (Slope Indicator) 檢測。

連續壁為臨時措施

1. 連續壁為臨時性之擋土措施，其室內部分應施作正式之永久性結構牆壁或複壁。連續壁與內側複壁之間並應設置截水溝渠，以便排水。
2. 如將連續壁當作永久性結構牆壁，除了應特別重視壁體的施工品質外，更要嚴防壁體滲水。



連續壁與地錨

為了維持工地開挖的足夠空間，部分擋土連續壁以地錨系統代替支鋼撐。



支撐系統

鋼支撐系統之重點包括：

1. 側向土壓力的估計
2. 地下水位的高低
3. 中間樁的打設處理
4. 支撐與橫樑的架設
5. 角撐或不規則區域的補強等
6. 支撐雖然屬於臨時性鋼材，但不宜採用過度使用之器材。



混凝土建材

混凝土為良好之結構工程材料。其抗壓性很強，常用之混凝土抗壓強度為3,000psi或4,000psi。

高雄東帝士85層大樓之混凝土8,000psi，台北101金融大樓之混凝土高達10,000psi。混凝土的抗壓強度可以隨著配比與添加摻料，大幅提高。

混凝土之抗拉性

1. 混凝土的抗拉強度卻很差，約為抗壓強度之十分之一，即3,000psi的混凝土，其抗拉強度大約300psi就拉斷。
2. 早期學者專家利用光面鋼筋補充混凝土抗拉性之不足。後來改為竹節鋼筋作為補強。
3. 西方稱為「補強混凝土」或「增強混凝土」（reinforced concrete，簡稱R.C.）。

鋼筋之功用與角色

1. 「加強混凝土」以混凝土為主角，鋼筋為配角。如果鋼筋太少，幫助不大。反之，若鋼筋量補得太多，理論上也不允許。
2. 鋼筋量必須恰到好處，鋼筋斷面積與混凝土之斷面積比值稱為平衡比。意指當結構體受力的時候，混凝土與鋼筋必須同時壞掉，即混凝土壓碎時鋼筋亦降伏。
3. 規範規定設計鋼筋量必須少於平衡比的75%，以確保鋼筋必須先降伏。鋼筋量並非愈多愈好。

長期的誤導與誤用

1. 產業界誤用，常把鋼筋當作主角，而把混凝土當作配角。設計與施工皆然。
2. 建築主管機關十分重視現場的鋼筋勘驗，卻很少勘驗混凝土的施工品質。其實建築法規規定應辦施工勘驗並非勘驗鋼筋。
3. 部分學者也致力於鋼筋的工程技術，例如鋼筋之彎鉤角度、箍筋之間距等等。耐震能力也過度重視鋼筋使用量。
4. 惟最近國內已將「鋼筋混凝土」更名為「結構用混凝土」。

水泥與混凝土

1. 水泥由80%之石灰石 (CaCO_3) 與20%之粘土 (矽酸鋁=氧化鋁 Al_2O_3 +氧化矽 SiO_2) 混合煅燒而成。早期的中國學者稱之為「洋灰」。
2. 混凝土是砂石與水泥之混合材料，利用水作為催化劑，將水泥與水混合後攪拌產生水化作用，水泥漿成為膠結材料，將砂石粘結。
3. 水與水泥之配合比率稱為「水灰比」 w/c 。
4. 現代混凝土添加了許多的摻劑，包括飛灰與爐渣，水泥不是唯一的膠結材料，故水灰比亦稱為「水膠比」。

砂石之重要性

1. 砂石的比重與硬度均會影響混凝土的強度。
應作磨耗性試驗。
2. 粗骨材的量愈多，混凝土的強度愈強。
3. 砂石的乾淨度也會影響混凝土的強度。
不清潔的砂石除了會影響混凝土的強度以外，也會造成混凝土內部材質的不均勻，甚且比重不同的雜質或乳雜物都會浮現在混凝土頂部，內部的雜質則會影響混凝土的使用年限。
4. 含有酸性的骨材或水質更容易造成混凝土內部鋼筋之生鏽。

水灰比之重要性

1. 「水灰比」是影響混凝土強度的重要因素。依照混凝土的配比設計與試驗，水灰比愈大的混凝土其強度愈低，故施工中嚴禁隨意加水。
2. 水灰比太大時，混凝土之水密性也愈差，許多細小水珠殘留在混凝土中，無法完全水化。所以完工後常有長期滲水之現象，因為無法確定滲水之水源來自何處，抓漏廠商也愛莫能助，施工者不可不慎。

骨材

1. 砂石的來源包括山上、河川與海洋。
海島國家，陸地資源非常有限。
2. 海洋內的資源豐富，取之不盡用之不竭。
3. 儘量設法採用天然資源。
4. 鼓勵研究海砂作為建材?永康國中範例

粒料之規格

混凝土之粒料應符合下列之規定：

- 一、粒料與級配依CNS1240 A2029之規定。
- 二、輕質粒料依CNS3691 A2046之規定。
- 三、依CNS490 A3009測定之粒料磨損率不得大於50%。
- 四、依CNS1167 A3031試驗法，將粗粒料浸入硫酸鈉溶液後取出烘乾，經至少5次循環，其平均重量損失率，不得超出12%。

不良物質限量

不良物質	重量百分比
A. 土塊及易碎顆粒 (CNS1171 A3035試驗法)	
a. 鋼筋混凝土	3.0
b. 預力混凝土	2.0
B. 通過0.075mm篩之細粒料 (CNS491 A3010試驗法)	1.0

混凝土用水

1. 用水應為清水，pH值不得小於5.0或大於8.0，不含過量油脂、有機質(糖份)或其他有害物質。過酸之水質將導致混凝土提早中性化。水質之試驗應依據 CNS1237 A3050辦理。
2. 鋼筋混凝土用水之氯 (CL) 含量不得大於1,000ppm。預力混凝土及橋面版混凝土用水之氯含量不得大於500ppm。
3. 硫酸鹽 (SO_4) 含量不得大於3,000ppm。
4. 總固體量不得大於50,000ppm。

卜特蘭水泥

種類	用途
第 I 型：普通水泥	一般構造物
第 II 型： 中度抗硫酸鹽水泥	抗鹽蝕、海灣、臨海、海中構造物、需要中度水合熱者如水壩等巨積混凝土工程
第 III 型：早強水泥	緊急工程，需縮短工期之工程
第 IV 型：低熱水泥	水壩等巨積混凝土工程
第 V 型： 高度抗硫酸鹽水泥	抗酸蝕、下水道、地下室、溫泉區等特殊環境之工程

水泥之使用

1. 除另有規定外，一般構造物所使用之水泥為第I型卜特蘭水泥，並應符合 CNS61 R2001規範之規定。
2. 同一單元之混凝土澆置作業中，不同廠牌之水泥不得混合使用。
3. 受潮結塊、硬化現象之水泥，一律視同廢品，不得使用。

混凝土規格

28天抗壓強度 fc' (kgf/cm ²)	澆置 方法	參考水泥用量 (kg/m ³)	一般澆置坍度 範圍 (cm)	最大淨用水量 (公 升/50kg水泥)	粗粒料 尺寸(mm)
140	振動式	215~235	10.0~20.0	31	4.75~50
175	振動式	250~275	5.0~15.0	31	4.75~50
210	振動式	300~325	5.0~12.5	24	4.75~37.5
245	振動式	325~350	5.0~12.5	24	4.75~37.5
	水 中	375~400	10.0~20.0	27	4.75~25
280	振動式	360~400	5.0~12.5	22	4.75~25
	水 中	400~425	10.0~20.0	27	4.75~25
315	振動式	430~440	5.0~12.5	21	4.75~25
350	振動式	450~475	5.0~12.5	20	4.75~25
400	振動式	475~500	5.0~12.5	20	4.75~25
R(抗彎)45	振動式	350~375	0~7.5	22	4.75~50

高性能混凝土

一般混凝土澆築常造成蜂窩，除了有安全問題外，耐久性也有問題。部分的工程為了澆築順暢，採用高性能混凝土，可以克蜂窩或孔洞之問題。惟高性能混凝土如因過份液態，澆築過程造成粒料析離，或乾縮較一般混凝土為大，容易導致銜接處產生收縮裂縫。摻劑之化性(酸性)亦應謹慎管控。

摻劑

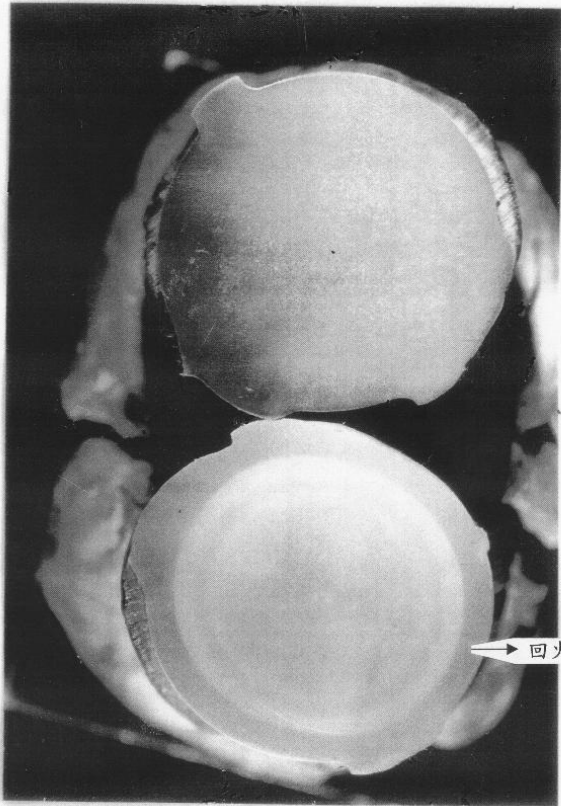
1. 爐渣水泥的後期強度較強，其水化時間較強，比較適合長期濕潤的混凝土，如巨積混凝土等。不適合一般規模較小斷面較細之建築工程。裂縫是早期強度差的後果。
2. 飛灰填加太多，混凝土不容易凝結。如果煤礦燃燒不完全，飛灰內部會殘留許多煤焦油，對水泥之水化作用有不利的影響，且燒煤前的潑油點火，如果油料燃燒不完全，也會妨礙水泥的膠結作用。混凝土如果混合許多的糖份，也不利水泥的膠結作用。

水淬鋼筋

1. 普通鋼筋之降伏強度在 280N/mm^2 以上，高拉鋼筋之降伏強度則在 420N/mm^2 以上。
 280N/mm^2 的降伏強度係美系的 $40,000\text{psi}$ ，而 420N/mm^2 的降伏強度則美系 $60,000\text{psi}$ 。
2. 提煉普通鋼筋係以一般的廢鐵煉鋼，軋成再生鋼筋，而高拉力鋼筋則必須加入「釩」與一些特殊合金。價格與交期均難以掌握，鋼筋廠就加水急速冷卻處理方法軋製高拉力鋼筋，稱為「水淬鋼筋」。

水淬鋼筋檢驗

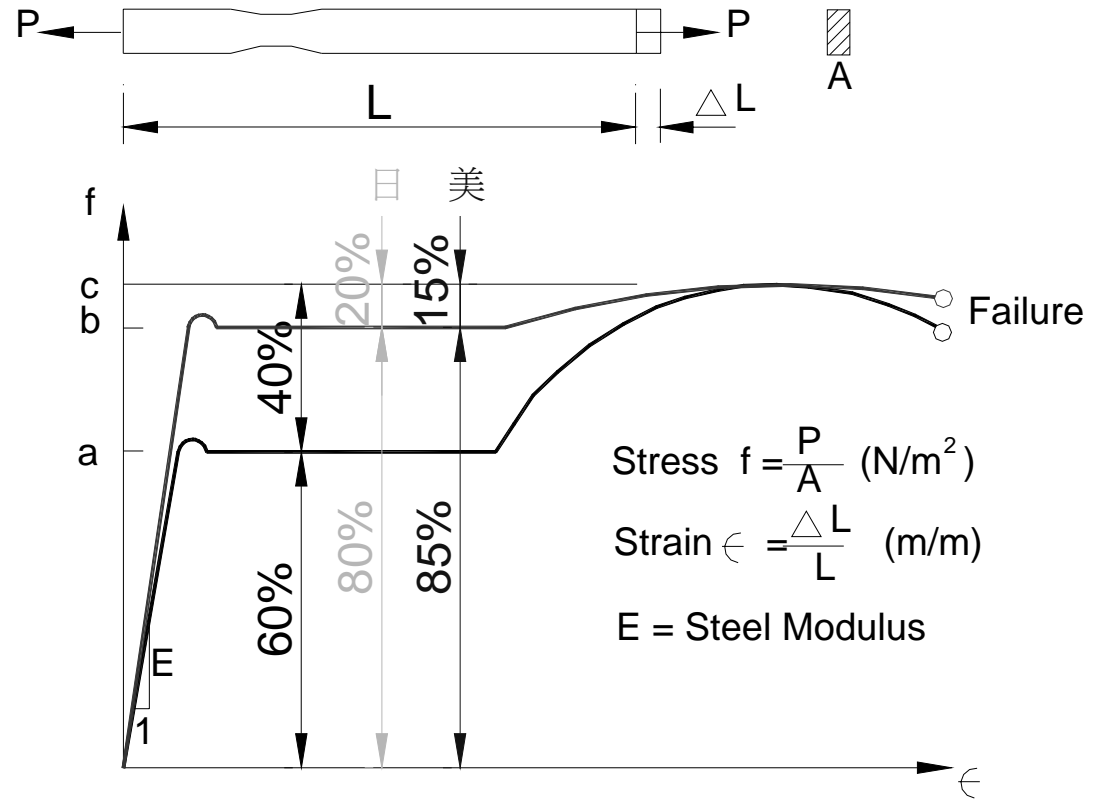
鋼筋端面金相圖
(腐蝕液 3% Nital)



熱軋鋼筋
(加釩鋼筋)

熱處理鋼筋
(水淬鋼筋)

回火麻田散鐵



水淬鋼筋之特性

1. 水淬鋼筋藉由外圍的高強度彌補內部的低強度，而達到高拉的強度。國內約有六成左右之水淬鋼筋，因為成本低且交期快。
水淬鋼筋之抗拉強度與降伏強度比值至少1.25以上，才能得到理想之韌性。
2. 對於地上層之結構有韌性須求者，不宜用水淬鋼筋，但地下工程或韌性需求不殷切者，則無大礙。大號之水淬鋼筋用於彎鉤曲率較大者，宜留意其外緣之伸長率，必要時應加大彎曲半徑。

CNS之規定

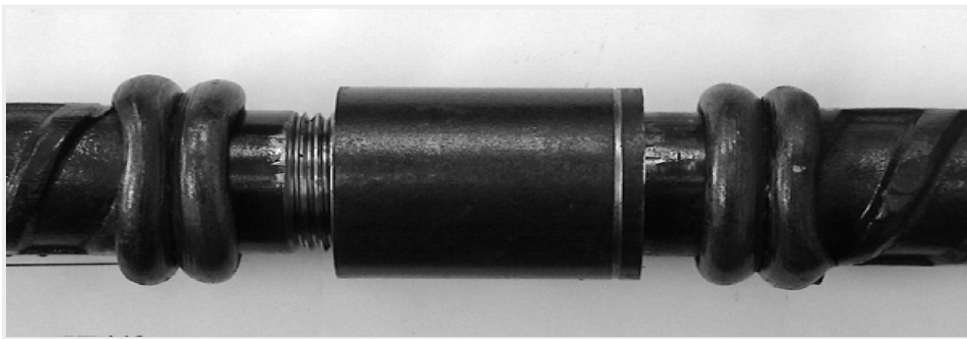
符 號	製造方法	降伏強度 N/mm ²	抗拉強度 N/mm ²	實際抗拉強度 實際降伏強度	碳當量 C.E.
SD280	熱軋 熱處理	280以上	480以上	---	---
SD280W	熱軋 熱處理	280~380	420以上	1.25以上	0.55以下 0.50以下
SD420	熱軋 熱處理	420~540	620以上	---	0.59以下
SD420W	熱軋 熱處理	420~540	550以上	1.25以上	0.55以下 0.50以下
SD490	熱軋 熱處理	490~625	620以上	---	0.59以下

水淬鋼筋性能

1. 製程特殊品控困難
2. 回火改善表面韌性
3. 材質內外不均
4. 降伏強度偏高
5. 強度比值偏低
6. 耐震性能不佳
7. 碳當量差異性偏高、銲接性差

續接器

1. 搭接既浪費材料又綁紮困難，過密的鋼筋造成混凝土澆築的困難，可用續接器對接。
2. 續接器分為車牙式、油壓式、擴頭式、氣鐸式與摩擦阻鐸。目前以摩擦阻鐸最為普遍，除應辦理物理強度試驗外，必須符合耐震韌性SA級之規定。



竹節鋼筋之規格

鋼筋的直徑並非真正的直徑，僅是一種標稱直徑。鋼筋的檢查應檢測單位重，只要單位重與長度符合，其斷面積自然就合格，直徑些微差距是無所謂。甚且方型斷面亦可。一般工程師很在意鋼筋直徑，常有量測鋼筋直徑的作為。但是鋼筋的直徑受到真圓度與竹節的影響，量測的結果很難與設計圖的稱呼相符，造成紛爭與困擾。量測鋼筋之單位重才是重點。用號數標示反而是OK!



鋼筋資料表

竹節鋼筋 標 號	標示 代號	單位質量W (kg/m)	標稱直徑d (mm)	標稱剖面積 S (cm ²)	標稱周長 (cm)
D10	3	0.560	9.53	0.7133	3.0
D13	4	0.994	12.7	1.267	4.0
D16	5	1.56	15.9	1.986	5.0
D19	6	2.25	19.1	2.865	6.0
D22	7	3.04	22.2	3.871	7.0
D25	8	3.98	25.4	5.067	8.0
D29	9	5.08	28.7	6.469	9.0
D32	10	6.39	32.2	8.143	10.1
D36	11	7.90	35.8	10.07	11.3
D39	12	9.57	39.4	12.19	12.4
D43	14	11.4	43.0	14.52	13.5
D50	16	15.5	50.2	19.79	15.8
D57	18	20.2	57.3	25.79	18.0

模板之加工組合

1. 襯板與混凝土接觸面應予刨平
2. 板邊以凹凸形企口或塔口為原則
3. 隅角處須裝釘三角形壓條
4. 如有影響表面美觀之孔洞、缺角、節疤孔等，須以石膏灰漿修補完整。
5. 經加工完成後之模板應妥善保存堆放，底部須墊高平放，避免受潮或變形。

模板之強度計算

1. 模板為假設工程，屬臨時性設施。
2. 模板可以重覆使用。
3. 須要計算力學性質，採用適當之尺寸，以免變形或爆模。
4. 豎向模板功用酷似擋土牆，其側向壓力與混凝土單位重及模板高度有關，與壁體厚度及柱子斷面大小無關。
5. 以相同變形量考量，四層模所能承受之混凝土側向壓力約為三層模側向壓力的4倍。

混凝土工程施工重點

1. 足夠之水泥量(水灰比)
2. 充分之坍度(Slump)
3. 攪拌均勻
4. 攪拌容積管制
5. 澆築時間管控
6. 勿任意加水
7. 鋼筋號數、根數與超量.
8. 搭接位置與搭接長度
9. 水淬鋼筋性能管制
10. 保護層之設置
11. 彎鉤之施作與間距控制
12. 續接器之使用
13. 振動器妥善運用
14. 拆模時間之限制
15. 養生工作應確實
16. 蜂窩現象之防範
17. 粒料分離之管控
18. 冷縫之規劃
19. 骨材之清潔度與氣含量
20. 輻射鋼筋之管控

劃時代產物----自充填混凝土

剪力(翼)牆與擴柱補強工作要點

1. 位置必須上下樓層連貫，避免形成軟腳蝦。
2. 鄰接之邊構材必須事先打毛並清理乾淨。
3. 植筋之直徑應符合設計長度也應足夠深度。
4. 植筋拉拔強度應試驗驗證。
5. 鋼筋綁紮須依設計間距與層次。
6. 鋼筋不宜生銹。
7. 混凝土配比盡量減少水之含量，以防乾縮。
8. 澆灌混凝土前，舊有銜接面應潤濕。
9. 外模振動應確實施作。
10. 牆頂應採不收縮性灌漿。

介紹完畢 敬請指教

