

● 附高考試題暨解答 ●

鋼筋混凝土學

彙編

九 樺 出 版 社



翻印必究

47 鋼筋混泥土學彙編

編 著 者：陳木生

住 址：臺北市南昌路一段 161 號 2 樓

發行所名稱：九樺出版社

發行人：陳木生

地 址：臺北市南昌路一段161號2樓

印 刷 廠：欣文印刷打字有限公司

總 經 銷：九樺出版社

住 址：台北市南昌路一段 161 號 2 樓

郵 撥：0112514-2 號 台北市私立九華

土木建築短期職業補習班

定價：新臺幣 250 元整

出版日期：76.年11.月1.日



CHAP 1 鋼筋混凝土特性與構材行爲

一、重點提示

1.0 考情分析	
1.1 鋼筋混凝土結構	
1.2 混凝土之單軸抗壓強度	2
1.3 混凝土之彈性模數 (Young's Modulus) E_c 及包生比 (Poisson's Ratio) μ	3
1.4 混凝土之抗拉強度	4
1.5 混凝土之潛變 (Creep)	6
1.6 混凝土之體積變化：收縮，溫度	8
1.7 混凝土之品質控制	9
1.8 鋼筋	11
1.9 單位換算	12

二、問題研究

三、實戰園地

CHAP 2 梁之分析與設計(WSD)

一、重點提示	18
2.0 考情分析	18
2.1 定 義	19
2.2 基本假設	19
2.3 轉換斷面	20
2.4 中立軸	20
2.5 梁斷面之平衡條件	23
2.6 理想斷面	24
2.7 單鋼筋矩形梁之斷面應力分析	26
2.8 單鋼筋矩形梁之斷面設計	29
2.9 複鋼筋矩形梁之斷面應力分析	33
二、問題研究	36
三、實戰園地	41

CHAP 3 強度設計法(USD)緒論

一、重點提示	42
3.0 考情分析	42
3.1 前 言	43
3.2 強度設計法安全規定	43
3.3 U.S.D 之基本假設	47
3.4 R.C 梁在漸增載重下之力系行為	48
3.5 極限強度原始分析法	51
3.6 等值矩形應力塊分析法	52
3.7 基本設計原則	53

3.8 $\rho_{min} = 14 / f$, 之推導	54
二、問題研究	56
三、實戰園地	57

CHAP 4 單筋矩形梁之分析與設計(USD)

一、重點提示	58
4.0 考情分析	58
4.1 單筋矩形梁之平衡鋼筋比 ρ_b	59
4.2 單筋矩形梁之斷面應力分析	63
4.3 單筋矩形梁之斷面設計	66
二、問題研究	70
三、實戰園地	75

CHAP 5 雙筋矩形梁之分析與設計(USD)

一、重點提示	77
5.0 考情分析	77
5.1 雙筋矩形斷面梁於極限強度下抗壓及抗拉鋼筋降伏條件式之推導	78
5.2 雙筋梁之平衡鋼筋比 ρ_b 之推導	79
5.3 ρ_{lim} 之推導及意義	80
5.4 雙筋梁矩形斷面之分析	81
5.5 雙筋梁之斷面設計	86

二、問題研究	91
--------	----

三、實戰園地	96
--------	----

CHAP 6 T型梁斷面之分析與設計(USD)

一、重點提示	99
--------	----

6.0 考情分析	99
----------	----

6.1 T型梁之原理	100
------------	-----

6.2 符號	100
--------	-----

6.3 梁翼有效寬度	101
------------	-----

6.4 T型梁之中立軸	102
-------------	-----

6.5 T型平衡鋼筋比 ρ_{wb} 之推導(僅具拉力筋)	103
------------------------------------	-----

6.6 單筋T型之分析問題	105
---------------	-----

6.7 雙筋T型之平衡鋼筋比 ρ_{wb} 推導	108
-------------------------------	-----

6.8 雙筋T型梁分析問題	109
---------------	-----

6.9 單筋T型梁之設計問題	113
----------------	-----

6.10 雙筋T型梁之設計問題	115
-----------------	-----

二、問題研究	117
--------	-----

三、實戰園地	121
--------	-----

CHAP 7 腹筋分析及設計

一、重點提示	124
--------	-----

7.0 考情分析	124
----------	-----

7.1 斜拉應力與斜拉裂縫	125
7.2 斜拉裂縫型式	126
7.3 斜拉裂縫對不同深度梁之影響	128
7.4 斜裂縫所造成剪力抵抗之再分配	129
7.5 腹筋 (Shear Steel) 之行爲及其功用	130
7.6 剪力鋼筋的型式及其構架相似性之原理	131
7.7 有腹筋梁之剪力強度	132
7.8 腹筋設計	134
7.9 其他腹筋設計	141
二、問題研究	143
三、實戰園地	149

CHAP 8 R.C細節規定

一、重點提示	152
8.0 考情分析	152
8.1 裹握應力 (Bond Stress)	153
8.2 握持長度 (發展長度) l_d 之規定	154
8.3 束筋	156
8.4 標準彎鉤	156
8.5 保護層	157
8.6 鋼筋之間距、選擇與排列	161
8.7 鋼筋之續接	162
8.8 鋼筋之彎矩與切斷	163
二、問題研究	166

三、實戰園地.....	171
-------------	-----

CHAP 9 版之分析與設計

一、重點提示.....	173
-------------	-----

9.0 考情分析.....	173
9.1 版之類型.....	174
9.2 版之一般規定.....	174
9.3 設計步驟.....	180
9.4 雙向版.....	185
9.5 承重牆之設計.....	188

二、問題研究.....	194
-------------	-----

三、實戰園地.....	198
-------------	-----

CHAP 10 柱之分析與設計

一、重點提示.....	200
-------------	-----

10.0 考情分析.....	200
10.1 緒 論.....	201
10.2 柱承受載重之情況.....	201
10.3 柱之種類.....	203
10.4 柱之尺寸及鋼筋規定.....	204
10.5 箍筋之功用及排置規定.....	205
10.6 柱 ϕ 值之決定.....	207
10.7 柱之無偏心軸向載重強度 P_{no}	208

10.8	柱分析之原則	210
10.9	柱最小偏心距 e_{min}	211
10.10	柱之平衡破壞 (平衡狀態偏心距之推導)	213
10.11	拉力控制 ($e > e_b$ 或 $p_n < p_{nb}$)	215
10.12	壓力控制 ($e < e_b$ 或 $p_n > p_{nb}$)	218
10.13	偏心距很小之壓力控制	222
10.14	具有中間鋼筋之矩形柱之分析	224
10.15	大偏心距斷面分析	227
10.16	柱之交互影響圖	229
10.17	對稱矩形柱之設計	232
10.18	僅具拉力筋之柱設計	234
10.19	圓形柱之分析與設計	237
10.20	矩形的雙軸向彎矩	237
10.21	細長柱	238
二、問題研究		240
三、實戰園地		252

CHAP 11 基脚之分析與設計

一、重點提示	257
11.0 考情分析	257
11.1 下部結構之形式與功能	258
11.2 影響混凝土基脚設計諸因素	259
11.3 荷重及承載壓力	260
11.4 基脚破壞之型式	262
11.5 純鋼筋混凝土牆基脚之設計	263

11.6	單柱基脚設計	266
11.7	雙柱聯合基脚	274
11.8	聯梁基脚設計	280
11.9	樁承基脚（樁帽）設計	281
二、問題研究		284
三、實戰園地		289

CHAP 12 扭力腹筋設計

一、重點提示		292
12.0	考情分析	292
12.1	混凝土之抗扭強度	293
12.2	扭力腹筋之抗扭強度	294
12.3	縱向鋼筋之抗扭強度	295
12.4	扭力與剪力聯合作用時腹筋設計	295

CHAP 13 韌性與耐震設計

一、重點提示		305
13.0	考情分析	305
13.1	韌性 (Ductility)	306
13.2	韌性表示法	306
13.3	混凝土之韌性	306
13.4	鋼筋之韌性	307
13.5	R.C梁之韌性	307
13.6	柱之韌性	308

13.7	梁柱接頭之韌性	308
13.8	剪力牆之韌性	309
13.9	耐震設計特別規定	309

二、考題集錦	312
--------	-----

CHAP 14 梁之撓度計算

一、重點提示	315
--------	-----

14.0	考情分析	315
14.1	目 的	316
14.2	規 定	316
14.3	瞬時撓度 (Instantaneous deflection) δ_{ins}	317
14.4	有效慣性矩 I_e 之計算	318
14.5	總撓度計算	318

CHAP 15 裂縫控制

15.1	目 的	322
15.2	原 因	322
15.3	控制方法	322
15.4	裂縫寬度計算	322

74、75年高考題解	325
------------	-----

- (一) 本章是鋼筋混凝土梁上所需具備之基本知識與概念。
- (二) 歷年本章均有重要之題型出現，佔分雖不高，但不可大意失荆州啊！
- (三) 混凝土之品質、壓力試驗、壓力試驗、劈裂強度及抗壓強度、混凝土之荷載、收縮、徐變係數、疲勞性能及韌性指數，均曾明瞭考過。
- (四) 歷年考試佔分比重在 1~20 分。

CHAP 1

鋼筋混凝土特性與構材行爲

一、重點提示

§ 1-0 考情分析

- (一) 本章是研讀鋼筋混凝土所需具備之基本知識與概念。
- (二) 歷年本章均有問答之題型出現，佔分雖不重，但不可大意失荊州啊！
- (三) 混凝土之品控、拉力試驗、壓力試驗、劈裂強度及開裂強度、混凝土之潛變、收縮、彈性行爲、非彈性行爲及韌性觀念，均需明瞭清楚並詳記。
- (四) 歷年考試佔分比重 5 ~ 20 %。

§ 1-1 鋼筋混凝土結構

鋼筋與混凝土聯合使用之特性：

1. 壓力設由混凝土承受，拉力由鋼筋承受。
2. $W = 2400 \text{ kg/m}^3$
3. 溫度變化引起之相對變形少，減少開裂。
4. 混凝土防蝕，可節省鋼筋之維護費用。
5. 混凝土防火，避免因火災使鋼筋強度減少。
6. 二者裹握良好，應變一致，無滑動現象。

§ 1-2 混凝土之單軸抗壓強度

1. 以 15 cm 直徑，30 cm 高度之圓柱試體，經 28 天後，試驗所得之強度謂之單軸抗壓強度。
2. 由圖(1)知，當結構物承受載重時，其變形的情形，依其材料之應力與應變關係而定。混凝土剛開始受壓時，而應變在 0.00045 以內，其應力與應變成正比，故此部份為一彈性直線，若應變超過 0.0005 則為非彈性行為。

由不同 fc' 值之混凝土試體，在正常載重之下試驗所得之應力應變曲線如圖(1)所示，由圖中可知強度較低之混凝土之延性 (ductility) 較强度高者為大，而且混凝土之最大應力發生於應變 0.0015 至 0.002 之間，混凝土破壞時之極限應變則在 0.003 至 0.008 間。可是實際情況所取的最大應變為 0.003 ~ 0.004。在 ACI 建築規範中規定「混凝土最外受壓纖維其最大可用應變假定為 0.003」。

$$\begin{cases} \varepsilon_c = 0.0005 & \rightarrow \text{成彈性直線關係} \\ \varepsilon_c = 0.002 & \rightarrow \text{應力最大} \\ \varepsilon_c = 0.003 & \rightarrow \text{視同壓碎破壞 (ACI 假設值)} \end{cases}$$

□ 一般而言

3. 依規範 fc' 分成五類，分別為：

第一類： $fc' = 140 \text{ kg/cm}^2$ → 適宜純混凝土基脚或填充用

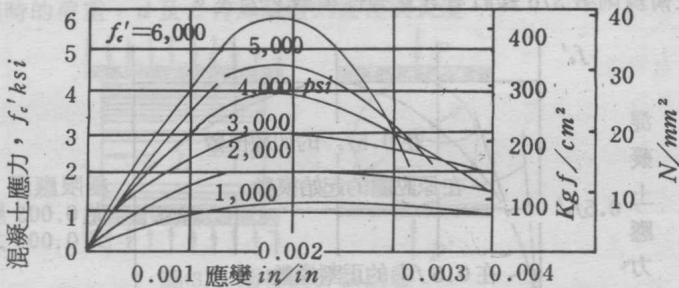
第二類： $fc' = 175 \text{ kg/cm}^2$ → 一般結構用

第三類： $fc' = 210 \text{ kg/cm}^2$ → 同上

第四類： $fc' = 280 \text{ kg/cm}^2$ → 耐磨，防水或特殊結構用

第五類： $fc' = 350 \text{ kg/cm}^2$ → 預力混凝土用

$fc't \rightarrow$ 脆性高 $\rightarrow$ 易破壞



圖(1) 短期載重下混凝土典型的應力—應變曲線

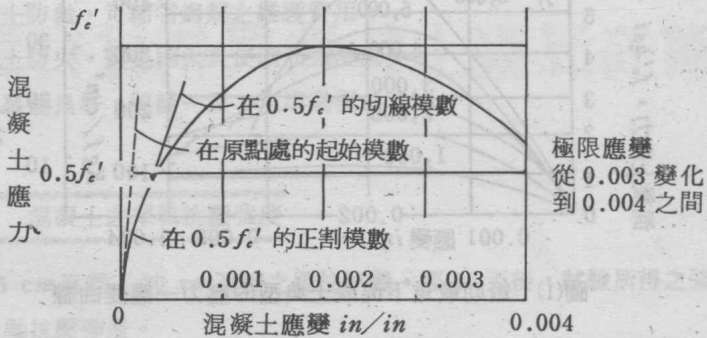
§ 1-3 混凝土之彈性模數 (Young's Modulus) E_c 及包生比 (Poisson's Ratio) μ

1. 混凝土並非完全彈性體，其應力與應變亦不成一定之比例。當壓力增加時，應力與應變之比將略為減低，即應變之增加比應力為快。在最小荷重下，混凝土仍有一永久變形，但在許用應力 (allowable stress) 以內，為應用上之便利計，視其應力與應變間有一定之比值，此比值稱為彈性模數 (modulus of elasticity)。
2. 圖(2)代表混凝土之曲型應力與應變曲線。彈性模數有正切模數 (tangent modulus) 和正割模數 (secant modulus) 兩種，應力與應變曲線原點的切線之斜率稱為正切模數，曲線上 $0.5 f_c'$ 點與原點連接之斜率稱為正割模數，在應用上一般以正割模數為混凝土之彈性模數。

$$\bullet E_c = \frac{f_c}{\epsilon_c} \dots \rightarrow ①$$

$\left\{ \begin{array}{l} E_c \rightarrow \text{混凝土之彈性模數} \\ f_c \rightarrow \text{混凝土之應力} \\ \epsilon_c \rightarrow \text{混凝土之應變} \end{array} \right.$

●影響彈性模數之因素甚多，如混凝土強度、材齡、骨料品質、水泥品質、測定模數時荷重之速率、試體形狀等。為在應用上之方便，最新建築技術規則第 376 條訂有計算彈性模數之公式。



圖(2) 混凝土之應力與應變曲線

$$E_c = 0.137 W^{3/2} \sqrt{f_c'} \text{ kg/cm}^2 \dots \rightarrow ②$$

●式中之 W 為混凝土之單位重，以 kg/m^3 表示， f_c' 為混凝土 28 天之抗壓強度，以 kg/cm^2 表示一般混凝土之 $W = 2300 \text{ kg/m}^3$ ，則

$$E_c = 15,000 \sqrt{f_c'} \text{ kg/cm}^2 \dots \rightarrow ③$$

●若按美國 ACI 規範： $E_c = 57,000 \sqrt{f_c'} \text{ \#/in}^2$

●包生比 (Poisson's Ratio) $\mu = 0.15 \sim 0.20$

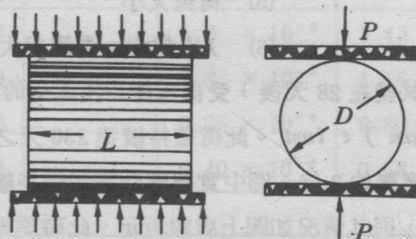
§ 1-4 混凝土之抗拉強度

1. 混凝土最宜用代承受壓力，但其抗拉強度在各種結構桿件之連接中，影響也很大。例如鋼筋混凝土梁中的抗剪及抗扭強度，主要是由抗拉強度所形

成的，此外，承受撓曲鋼筋混凝土構件的受側拉力的裂縫延伸情形，與混凝土的抗拉強度，都有密切關係。

2. 圓柱拉裂試驗 (Split-Cylinder test) 法 (詳圖(3))

它是將一 $6\text{ in} \times 12\text{ in}$ 的混凝土圓柱體橫放在試驗機中，然後在試體與加壓板間墊一夾板，使壓力分佈均勻，當彈性試驗受到此種壓力時，與加壓平面垂直方向，有一均勻拉應力存在，其值等於 $2P/\pi dL$ ，其中 P 為試體破壞時的荷重， d 及 L 各為試體的直徑與長度。



圖(3) 圓柱體碎裂試驗

▣直接拉力強度 f_t' (Tensile Strength)：真抗拉強度 f_t' 約為 f_c' 的 0.5 至 0.7 倍。

▣圓柱劈裂試驗強度 f_{sp}' (Split-Cylinder Test Strength)

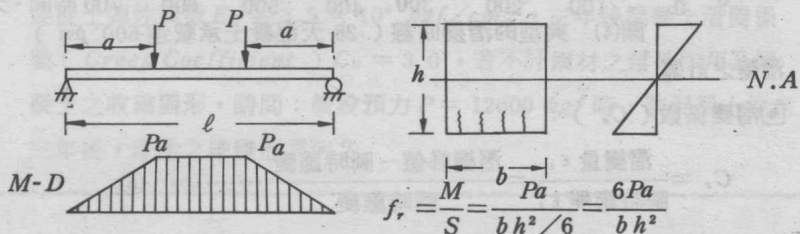
$$f_{sp}' = 1.60 \sqrt{f_c'} \sim 1.89 \sqrt{f_c'} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad \dots\dots\dots \rightarrow ④$$

▣破裂模數 f_r (Modulus of Rupture)：撓曲抗拉強度

$$f_r \doteq 2 \sqrt{f_c'} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$\doteq 0.10 f_c'$$

$$\dots\dots\dots \rightarrow ⑤$$



P ：為使承受最大彎矩處之斷面底緣產生裂縫之荷重

§ 1-5 混凝土之潛變 (Creep)

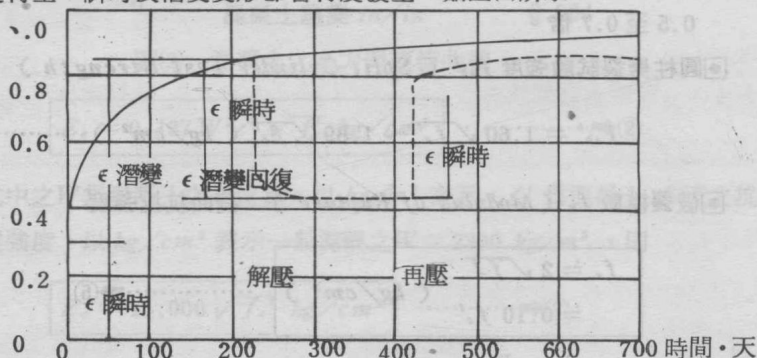
1. 混凝土受壓力載重後，如果載重持續不變，混凝土會隨時間的增長，而繼續變形的現象，潛變不會影響構物強度，但會導致應力重新分佈及長期撓度增加。

2. 影響混凝土潛變之因素

- | | |
|---------------|--------------------|
| (1) 養護及試驗時之濕度 | (4) 施壓時之成熟度 |
| (2) 水灰比 | (5) 荷重大小 |
| (3) 骨材特性 | (6) f_c' 越大，潛變越大 |

3. 如圖(4)所示為混凝土試體在 28 天後，受荷重作用所產生的瞬時應變 (

instantaneous strain) ϵ_{inst} 。此荷重持續達 230 天之久，混凝土的潛變逐漸增加到瞬時應變的 3 倍。圖中實線部分表示受持續荷重繼續存在的情形。若荷重移去，則其情況如圖上虛線所示。此時彈性瞬時應變 ϵ_{inst} 得以恢復，而潛變亦會恢復一小部分。如果在以後時間，再使混凝土承受荷重，瞬時及潛變變形即會再度發生，如圖(4)所示。



圖(4) 典型的潛變曲線 (28 天混凝土承載達 600 psi)

4. 潛變之計算

● 潛變係數 (C_e) :

$$C_e = \frac{\text{潛變量 } \epsilon_c}{\text{瞬時應變 } \epsilon_i} = \frac{\text{潛變終值} - \text{瞬時應變}}{\text{瞬時應變}} \dots\dots\dots (6)$$

一般 $C_e = 2.0 \sim 3.0$