

高強度鋼筋混凝土柱之設計

歐昱辰^{1*} 蔡東均²

摘要

本文介紹高強度鋼筋混凝土柱的設計規定，所涵蓋的混凝土抗壓強度不超過 100 MPa (1000 kgf/cm²)，縱向鋼筋降伏強度不超過 690 MPa (7000 kgf/cm²)，橫向鋼筋降伏強度不超過 790 MPa (8000 kgf/cm²)。規定內容包括適用範圍、軸力與撓曲強度、剪力強度與圍束作用四個部分。與現行混凝土結構設計規範相較，本文高強度鋼筋混凝土柱的設計規定有以下主要之不同：(1)彎矩強度計算所需等值應力塊應力大小之變更；(2)軸力強度計算所用混凝土強度之變更以及受壓鋼筋應力上限之規定；(3)計算鋼筋剪力強度所用鋼筋降伏強度上限之提升；(4)混凝土剪力強度詳細式上限之修正；(5)最少剪力鋼筋量之修正；(6)剪力設計所需之最大可能彎矩強度之變更；(7)圍束鋼筋設計關於軸力、彎鉤有效性以及混凝土強度之修正，以及圍束設計鋼筋降伏強度上限之提升。

關鍵字：柱、高強度鋼筋混凝土、軸力、撓曲、剪力、圍束。

^{1*}通訊作者，國立台灣大學土木工程系教授，10617 台北市羅斯福路四段 1 號

² 國立台灣大學土木工程系研究助理

一、前言

本文介紹高強度鋼筋混凝土柱的設計，在此”高強度”係指混凝土抗壓強度不超過 100 MPa (1000 kgf/cm²)，縱向鋼筋降伏強度不超過 690 MPa (7000 kgf/cm²)，橫向鋼筋降伏強度不超過 790 MPa (8000 kgf/cm²)，適用的鋼筋規格包括 SD490W、SD550W、SD690 與 SD790[1]。本文涵蓋的柱設計內容包括適用範圍、軸力與撓曲強度、剪力強度與圍束作用四個部分，以下依序予以介紹。

二、適用範圍

本文之設計條款適用於柱，其主要用於承受彎矩、軸力與剪力，一般設計軸力 P_u 超過 $0.10A_gf'_c$ 。其中 A_g 與 f'_c 分別為構材總斷面積與混凝土規定抗壓強度。

構材之斷面應符合下列條件：

- (1) 通過幾何形心量測，斷面之最小尺度不得小於 300 mm (30 cm)。
- (2) 斷面最小尺度與其垂直尺度之比不得小於 0.4。

本文設計條款未規定之事項，應符合內政部營建署頒布之「混凝土結構設計規範」[2]及「結構混凝土施工規範」[3]之相關規定。

三、軸力與撓曲強度

3.1 斷面極限狀態與混凝土壓力區矩形應力塊

軸力與撓曲強度計算時，混凝土最外受壓纖維之極限應變規定為 0.003；混凝土受拉強度規定為零；鋼筋應力應按 E_s 乘鋼筋之應變計算，但不得大於 f_y 。當應變大於降伏應變時，鋼筋應力為 f_y 且與應變無關；斷面壓力區混凝土應力之分布規定為矩形，以 $\alpha_1f'_c$ 均佈於壓力區內；此壓力區以一與中性軸平行並距最大壓應變纖維 $a = \beta_1c$ 之直線為界，如圖 1 所示； α_1 與 β_1 應分別按式(1)與(2)之規定計算。整體而言，除等值應力塊應力大小

1 按美國混凝土學會 ACI ITG-4.3R-07[4]之建議，由 $0.85f'_c$ 調整為 $\alpha_1 f'_c$ 外，其餘規定皆與
2 混凝土結構設計規範[2]相同。調整為 $\alpha_1 f'_c$ 主要是考量高強度混凝土之影響。

3

$$\alpha_1 = 0.85 - 0.00022(f'_c - 560) \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad \text{for : } 0.70 \leq \alpha_1 \leq 0.85 \quad (1)$$

$$\alpha_1 = 0.85 - 0.0022(f'_c - 55) \text{ (MPa)}$$

4

$$\beta_1 = 0.85 - 0.00071(f'_c - 280) \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad \text{for : } 0.65 \leq \beta_1 \leq 0.85 \quad (2)$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.0073(f'_c - 27.5) \text{ (MPa)}$$

5

6 3.2 軸力強度

7 無偏心載重下之軸力強度 P_0 ，應按式(3)之規定計算，式(3)中 A_{st} 與 f_y 分別為縱向鋼
8 筋之總斷面積與規定降伏強度，式(3)亦為美國混凝土學會 ACI ITG-4.3R-07[4]之建議，
9 其中 α_1 依式(1)之規定計算，以考量高強度混凝土之影響。計算 P_0 另須注意受限於混
10 凝土受壓極限應變為 0.003，縱向鋼筋受壓應變最大亦為 0.003，因此鋼筋受壓應力不超過
11 600 MPa 或 6,120 kgf/cm²。標稱最大軸力強度 $P_{n,max}$ 在採用螺箍筋斷面時，依式(4)之規
12 定計算，採用直線型箍筋斷面則應按式(5)之規定計算，式(4)與式(5)之規定與現行規範
13 [2]相同。

$$P_0 = \alpha_1 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \quad (3)$$
$$f_y \leq 600 \text{ MPa (6,120 kgf/cm}^2\text{)}$$

$$P_{n,max} = 0.85 P_0 \quad (4)$$

$$P_{n,max} = 0.8 P_0 \quad (5)$$

14

15

1 3.3 軸力與彎矩聯合作用之強度

2 軸力與彎矩聯合作用強度之計算，應符合第 3.1 - 3.2 節之規定，按力平衡、平面保
3 持平面以及鋼筋與混凝土變形諧和加以計算。以下顯示一高強度鋼筋混凝土斷面受軸力
4 與單軸彎矩以及軸力與雙軸彎矩之分析例，分析使用之軟體為按第 3.1 - 3.2 節之規定發
5 展之 PM 互制曲線分析軟體 NewRC-PM[5]，分析採用之斷面與設計載重如圖 2 所示，
6 分析結果如圖 3、圖 4 與圖 5 所示。

7

8 四、剪力強度

9 4.1 混凝土與橫向鋼筋強度上限

10 計算混凝土之剪力計算強度所用之 $\sqrt{f'_c}$ 不得大於 $\sqrt{100 \text{ MPa}}$ 或 $\sqrt{1,000 \text{ kgf/cm}^2}$ 。剪力
11 鋼筋設計之降伏強度不得大於 600 MPa (6,120 kgf/cm²)[6]。

12 4.2 構材剪力強度

13 構材之標稱剪力強度 V_n 計算應依據式(6)[2]，式中 V_c 為混凝土之剪力計算強度，應按
14 第 4.3 節之規定計算； V_s 為橫向鋼筋提供之剪力計算強度，應按第 4.4 節之規定計算。

$$V_n = V_c + V_s \quad (6)$$

15 4.3 混凝土剪力強度

16 混凝土之剪力計算強度 V_c ，除依式(9)至(12)之規定做較詳細之計算外，應按式(7)至
17 (8)之規定計算。式(7)至式(10)與現行規範[2]之規定相同。式(7)用於僅受剪力及撓曲之構
18 材，式中， b_w 為斷面腹寬， d 為構材最外受壓纖維至縱向受拉鋼筋斷面形心之距離。式
19 (8)用於受剪力、撓曲與軸壓力之構材，式中， N_u 為與 V_u 同時作用之設計軸力，軸壓力為
20 正值，軸拉力為負值。

21 式(9)為混凝土之剪力計算強度之詳細式，式中， ρ_w 為縱向拉力鋼筋比，其定義為拉
22 力鋼筋面積除以有效斷面積， V_u 為斷面之設計剪力， M_m 為因軸壓力影響而修正之設計

1 彎矩，應依式(10)之規定計算，若 M_m 為負值，則應採用式(11)計算 V_c ，式(10)中， M_u 為斷
2 面之設計彎矩， h 為構材全深。

3 式(9)之 V_c 不得大於式(11)，式中 α 為軸力折減係數，應依式(12)之規定計算。式(11)與
4 現行規範不同，相較於現行規範其額外考量兩個現象，其一為混凝土斜向開裂強度隨構
5 材軸壓力增加而降低之現象，此現象以 α 係數反應，其二為斜向開裂應力隨軸壓力上升
6 而下降之現象，此二現象之考量使得式(11)更能適當反應軸壓力增加對於混凝土抗剪強
7 度之影響[7]。

8

9 ● 受剪力及撓曲之構材 V_c 計算式：

$$V_c = 0.17\sqrt{f'_c}b_wd \quad (\text{MPa}) \quad (7)$$

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}b_wd \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

10 ● 受剪力、撓曲與軸壓力之構材 V_c 計算式：

$$V_c = 0.17\left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right)\sqrt{f'_c}b_wd \quad (\text{MPa}) \quad (8)$$

$$V_c = 0.53\left(1 + \frac{N_u}{140A_g}\right)\sqrt{f'_c}b_wd \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

11 ● V_c 之詳細式：

$$V_c = \left(0.16\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_m}\right)b_wd \quad (\text{MPa}) \quad (9)$$

$$V_c = \left(0.50\sqrt{f'_c} + 175\rho_w \frac{V_u d}{M_m}\right)b_wd \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

$$M_m = M_u - N_u \left(\frac{4h-d}{8} \right) \quad (10)$$

- 1 ● V_c 詳細式之上限(與現行規範不同)：

$$V_c = 0.29\alpha\sqrt{f'_c}b_wd\sqrt{1+\frac{2N_u}{\alpha\sqrt{f'_c}b_wd}} \quad (\text{MPa}) \quad (11)$$

$$V_c = 0.93\alpha\sqrt{f'_c}b_wd\sqrt{1+\frac{N_u}{1.6\alpha\sqrt{f'_c}b_wd}} \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

$$\alpha = \left(1 - 0.85\sqrt{\frac{N_u}{A_g f'_c}} \right), \quad 0 \leq \frac{N_u}{A_g f'_c} \leq 0.6 \quad (12)$$

2

3 4.4 橫向鋼筋之剪力強度

4 橫向鋼筋提供之剪力計算強度 V_s ，應依式(13)之規定計算[2]。式中， A_v 為橫向鋼筋
5 於 s 距離內之面積， f_{yt} 為橫向鋼筋之規定降伏強度， s 為橫向鋼筋中心距，式(13)之 V_s 不
6 得大於式(14)之規定所計得之值。

7 構材受剪力但未產生斜向裂縫前，橫向鋼筋之應力很小，當構材剪力增加而導致斜
8 向開裂時，橫向鋼筋之應力將產生顯著上升，此時需配置足夠的橫向鋼筋量 $A_{v,min}$ ，以
9 避免開裂即破壞。現行規範之 $A_{v,min}$ 規定與軸壓力無關，惟研究顯示[6]軸壓力會提升構
10 材斜向開裂力，因此構材最少橫向鋼筋量 $A_{v,min}$ 改依式(15)之規定計算，式(15)透過引入
11 V_c 來考慮前述軸壓力之影響。

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (13)$$

$$V_{s,max} = 0.66\sqrt{f'_c}b_wd \quad (\text{MPa})$$

$$V_{s,max} = 2.12\sqrt{f'_c}b_w d \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (14)$$

$$A_{v,min} = \frac{0.37V_e s}{f_{yt} d} \quad (15)$$

1

2 4.5 剪力設計所需之最大可能彎矩強度

3 剪力設計時，吾人須求取柱產生塑鉸對應之最大可能彎矩強度 M_{prc} 以計算設計剪力
 4 V_e 。其中 M_{prc} 應依式(16)之規定計算，式中 M_n 為各種設計軸力範圍內之最大柱標稱彎矩
 5 強度； Ω_M 為超額彎矩強度係數，依式(17)規定計算，式(17)中 P_u 為設計軸力，壓力為正，
 6 拉力為負； P_b 為平衡應變狀態之軸力計算強度。除式(16)外， M_{prc} 亦可採彎矩-曲率分析
 7 求得，惟分析時應考慮混凝土圍束效應、鋼筋應變硬化等因素之影響。混凝土結構設計
 8 規範[2]之 M_{prc} 算法與式(16)不同，其 M_{prc} 算法為提高縱向拉力鋼筋降伏應力至 $1.25f_y$ ，
 9 惟研究顯示此法保守程度隨軸壓增加而下降[8]，相較之下，式(17)涵蓋鋼筋與混凝土之
 10 超強效應以及軸壓力之影響，研究顯示可滿足規範對保守程度之要求[8]。

11

$$M_{prc} = \Omega_M M_n \quad (16)$$

$$\Omega_M = \begin{cases} 1.42 \left(\frac{P_u}{P_0} - 0.22 \right) + 1.5 \geq 1.5, & \frac{P_u}{P_b} > 1 \\ 1.5, & \frac{P_u}{P_b} \leq 1 \end{cases} \quad (17)$$

12

五、圍束作用

13 5.1 圍束鋼筋用量

14 矩形橫箍柱耐震圍束作用橫向鋼筋量不得小於式(18)及式(19)之規定[2]，然而當柱
 15 軸力在 $0.3A_g f'_c$ 以上或混凝土強度在 70 MPa (700 kgf/cm²) 以上時，除前述兩式外，橫向
 16 鋼筋量亦不得小於式(20)[9]，須注意式(18)至(20)中，橫向鋼筋降伏強度 f_{yt} 之上限值規定
 17 為 800 MPa ($f_{yt} \leq 8,160 \text{ kgf/cm}^2$)，此規定源自對橫箍柱實驗數據之分析[10]。式(18)中，

1 A_{sh} 為在s間距內垂直於 b_c 方向之橫向箍筋(包括繫筋)總斷面積， b_c 為計算 A_{sh} 時之柱心
 2 尺寸，即橫向鋼筋邊緣至邊緣之間距， A_{ch} 為橫向鋼筋外緣以內之構材斷面積。式(20)中，
 3 k_f 為混凝土強度因數， k_n 為圍束效率因數， P_u 為設計軸力，壓力為正，拉力為負。式(20)
 4 中，混凝土強度因數 k_f 及圍束效率因數 k_n 分別依式(21)與(22)之規定計算，其中， n_l 為沿
 5 直線型閉合箍筋柱核心周邊，縱向鋼筋或成束鋼筋受閉合箍筋轉角或耐震彎鉤側向支撐
 6 之數目。

7 式(22)中，圍束效率因數 k_n 受閉合箍筋轉角或耐震彎鉤側向支撐之數目而定，於計
 8 算 n_l 時不納入 90° 彎鉤之圍束效果，以圖 6 (a)為例， n_l 為 10。此外，當柱軸力在 $0.3A_gf'_c$
 9 以上或混凝土強度在 70 MPa (700 kgf/cm²)以上時，沿柱核心周邊之每一個縱向鋼筋或成
 10 束鋼筋，應有閉合箍筋轉角或繫筋彎轉段提供側向支撐，繫筋彎轉段可使用一端為耐震
 11 彎鉤，另一端為 90° 彎鉤之繫筋且交錯配置，如圖 6 (a)所示，高軸力柱試驗結果顯示[11]，
 12 柱繫筋採前述彎鉤配置，柱之變位角能力仍可符合 3%之要求，相較而言，ACI 318-14 規
 13 定此時兩端皆須為耐震彎鉤，此規定過於保守，且將造成現場組裝鋼筋籠之困難。現行
 14 規範則不論柱軸力大小或混凝土強度，皆允許每隔一個縱向鋼筋提供側向支撐之設計。
 15

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.3 \frac{f'_c}{f_{yt}} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (18)$$

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (19)$$

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \quad (20)$$

$$k_f = \frac{f'_c}{175} + 0.6 \geq 1.0 \quad (\text{MPa}) \quad (21)$$

$$k_f = \frac{f'_c}{1750} + 0.6 \geq 1.0 \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

$$k_n = \frac{n_l}{n_l - 2} \quad (22)$$

1
2
3

4 5.3 橫向鋼筋間距

5 橫向鋼筋之間距應不超出柱斷面最小尺寸之 1/4 以及 5 倍主筋直徑以及 s_0 。其中 s_0
6 依式(23)計算， s_0 應不超過 150 mm，亦不必小於 100 mm。5 倍主筋直徑較現行規範之
7 6 倍主筋直徑為小，係為考量較高的縱向鋼筋降伏強度 (≤ 690 MPa 或 7000 kgf/cm^2) [12]。
8 式(23)中， h_x 為受閉合箍筋轉角或耐震彎鉤側向支撐之縱向鋼筋中心至中心最大水平間
9 距，其計算方式如圖 7 所示。當柱軸力 $P_u > 0.3A_g f'_c$ 或混凝土強度 $f'_c > 70$ MPa (700 kgf/cm^2)
10 時， h_x 應不大於 200 mm。若柱軸力 $P_u \leq 0.3A_g f'_c$ 且混凝土強度 $f'_c \leq 70$ MPa (700 kgf/cm^2)
11 時，則 h_x 應不大於 350 mm，如圖 6 所示。

12 整體而言， h_x 之定義以及其上限與現行規範[2]規定不同，現行規範 h_x 定義為沿柱各
13 邊相鄰箍筋或繫筋間最大水平距離，且 h_x 上限與軸壓力、混凝土強度無關。 h_x 上限規定
14 之調整係因在較高軸壓作用下或使用較高強度混凝土，縱向鋼筋較易挫屈與混凝土更易
15 脆性壓碎之緣故。另外，橫向鋼筋間距之上限規定與主筋直徑之關係亦有更動，由現行
16 規範的 6 倍主筋直徑更改為 5 倍主筋直徑，此更動係為考量高強度主筋應力較高，須降
17 低橫向鋼筋間距，以避免主筋受壓過早產生挫屈。

$$s_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \quad (23)$$

18
19

六、結論與建議

20 與現行混凝土結構設計規範相較，本文高強度鋼筋混凝土柱的設計規定有以下主要
21 之不同：(1)彎矩強度計算所需等值應力塊應力大小之變更；(2)軸力強度計算所用混凝土
22 強度之變更以及受壓鋼筋應力上限之規定；(3)計算鋼筋剪力強度所用鋼筋降伏強度上限

1 之提升；(4)混凝土剪力強度詳細式上限之修正；(5)最少剪力鋼筋量之修正；(6)剪力設計
2 所需之最大可能彎矩強度之變更；(7)圍束鋼筋設計關於軸力、彎鉤有效性以及混凝土強
3 度之修正，以及圍束設計鋼筋降伏強度上限之提升。現行混凝土結構設計規範與本文設
4 計公式之比較表列於附錄中。

5

6

參考文獻

- 7 1. 中華民國結構工程學會、中華民國地震工程學會、國家地震工程研究中心，「高強
8 度鋼筋混凝土結構設計手冊」，臺北(2017)。
- 9 2. 內政部營建署，「混凝土結構設計規範」，臺北 (2011)。
- 10 3. 內政部營建署，「結構混凝土施工規範」，臺北 (2002)。
- 11 4. ACI Innovation Task Group 4, “Report on Structural Design and Detailing for High-
12 Strength Concrete in Moderate to High Seismic Applications (ITG-4.3R-07),” American
13 Concrete Institute, Farmington Hill, USA (2007).
- 14 5. 歐昱辰、蔡東均，「高強度鋼筋混凝土柱軸力與彎矩強度互制關係電腦程式-New
15 RC-PM」，結構工程，第三十一卷，第四期，第 5-18 頁 (2016)。
- 16 6. 梁展瑜，「高強度鋼筋混凝土柱最小剪力鋼筋量與剪力行為研究」，碩士論文，國
17 立台灣科技大學營建工程系研究所，歐昱辰指導 (2015)。
- 18 7. Ou, Y.C., and Kurniawan, D.P. , “Effect of axial compression on shear behavior of high-
19 strength reinforced concrete columns.” ACI Structural Journal, Vol 112, No.2, pp 209-
20 219 (2015).
- 21 8. 歐昱辰、蔡東均，「鋼筋混凝土柱最大可能彎矩強度」，結構工程，第三十三卷，
22 第一期，第 29-67 頁 (2018)。
- 23 9. American Concrete Institute (ACI) Committee 318. Building Code Requirements for
24 Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary, American Concrete Institute,
25 Farmington Hills, MI, USA (2014).
- 26 10. 廖苑儀，「普通強度鋼筋混凝土柱耐震圍束之研究」，碩士論文，國立台灣大學土
27 木工程研究所，黃世建指導 (2013)。
- 28 11. 蔡宛婷、黃世建、沈文成，「鋼筋混凝土橫箍柱耐震圍束之研究」，中華民國第十
29 三屆結構工程研討會暨第三屆地震工程研討會，桃園 (2016)。
- 30 12. National Institute of Standards and Technology (NIST), “ Use of High-Strength
31 Reinforcement for Earthquake Resistance of Concrete Structures (NIST GCR Report 14-

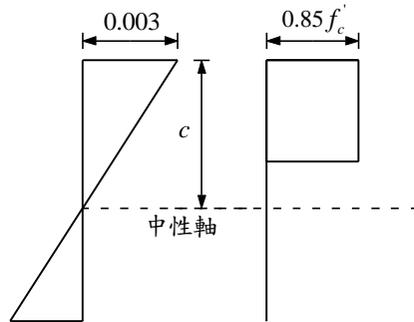
1 917-30),”. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA
2 (2014).
3

附錄、「現行混凝土結構設計規範」與本文設計公式之差異

(1) 彎矩強度計算所需等值應力塊應力大小

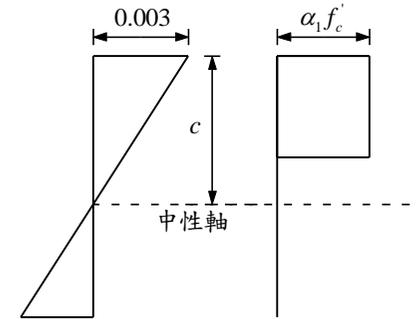
現行規範:

應變分布與等值應力塊示意如下



本文規定:

應變分布與等值應力塊示意如下



$$\alpha_1 = 0.85 - 0.00022(f'_c - 560) \quad (f'_c: \text{kgf/cm}^2)$$

$$0.70 \leq \alpha_1 \leq 0.85$$

(2) 無偏心載重下軸力計算強度 P_0

現行規範:

$$P_0 = 0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

本文規定:

$$P_0 = \alpha_1 f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

$$f_y \leq 6,120 \text{ kgf/cm}^2$$

(3)計算鋼筋及混凝土剪力強度所用之強度上限

現行規範:

- (1) 混凝土剪力計算強度所用之 $\sqrt{f'_c}$ 不得大於 $\sqrt{700 \text{ kgf/cm}^2}$
- (2) 剪力鋼筋設計之降伏強度不得大於 $4,200 \text{ kgf/cm}^2$

本文規定:

- (1) 混凝土剪力計算強度所用之 $\sqrt{f'_c}$ 不得大於 $\sqrt{1,000 \text{ kgf/cm}^2}$
- (2) 剪力鋼筋設計之降伏強度不得大於 $6,120 \text{ kgf/cm}^2$

(4)混凝土剪力強度詳細式上限

現行規範:

V_c 不得大於下式

$$V_c = 0.93\sqrt{f'_c}b_wd\sqrt{1+\frac{N_u}{35A_g}}$$

本文規定:

V_c 不得大於下式

$$V_c = 0.93\alpha\sqrt{f'_c}b_wd\sqrt{1+\frac{N_u}{1.6\alpha\sqrt{f'_c}b_wd}}, \text{ 式中}\alpha\text{依下式計算}$$

$$\alpha = \left(1 - 0.85\sqrt{\frac{N_u}{A_g f'_c}}\right), \quad 0 \leq \frac{N_u}{A_g f'_c} \leq 0.6$$

(5)最少剪力鋼筋量

現行規範:

$$A_{v,min} = 0.2\sqrt{f'_c}\frac{b_w s}{f_{yt}}$$

但 $A_{v,min}$ 不得小於 $3.5\frac{b_w s}{f_{yt}}$

本文規定:

$$A_{v,min} = \frac{0.37V_c s}{f_{yt} d}$$

(6)剪力設計所需之最大可能彎矩強度計算方法

現行規範:

最大可能彎矩強度 M_{prc} 計算時，縱向拉力鋼筋之降伏應力應改用至少1.25 倍 f_y

本文規定:

最大可能彎矩強度 M_{prc} 應依下式計算

$$M_{prc} = \Omega_M M_n$$

上式中 Ω_M 以下式計算

$$\Omega_M = \begin{cases} 1.42 \left(\frac{P_u}{P_0} - 0.22 \right) + 1.5 \geq 1.5, & \frac{P_u}{P_b} > 1 \\ 1.5, & \frac{P_u}{P_b} \leq 1 \end{cases}$$

(7)圍束鋼筋用量以及圍束設計之鋼筋降伏強度上限

現行規範:

- (1) 圍束設計之橫向鋼筋降伏強度上限為4,200 kgf/cm²
- (2) 柱之圍束鋼筋用量不得小於下二式

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.3 \frac{f'_c}{f_{yt}} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

本文規定:

- (1) 圍束設計之橫向鋼筋降伏強度上限為8,160 kgf/cm²
- (2) 柱軸力在 $0.3A_g f'_c$ 以下且混凝土強度在700 kgf/cm²以下時，柱之圍束鋼筋用量不得小於下二式

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.3 \frac{f'_c}{f_{yt}} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

	<p>(3) 柱軸力在$0.3A_g f'_c$以上或混凝土強度在700 kgf/cm^2以上時，柱之箍筋量不得小於上述兩式外，同時亦不得小於下式之規定。</p> $\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.2k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ <p>式中k_f與k_n依下兩式計算</p> $k_f = \frac{f'_c}{1750} + 0.6 \geq 1.0$ $k_n = \frac{n_l}{n_l - 2}$
<p>(8)柱橫向鋼筋間距</p>	
<p>現行規範:</p> <p>橫向鋼筋之間距應不超出下列三者。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 柱斷面最小尺寸之1/4 (2) 6倍主筋直徑 (3) $s_0 = 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3}\right)$ <p>其中，s_0應不超過15cm，亦不必小於10cm。</p>	<p>本文規定:</p> <p>橫向鋼筋之間距應不超出下列三者。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 柱斷面最小尺寸之1/4 (2) 5倍主筋直徑 (3) $s_0 = 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3}\right)$ <p>其中，s_0應不超過15cm，亦不必小於10cm。</p>

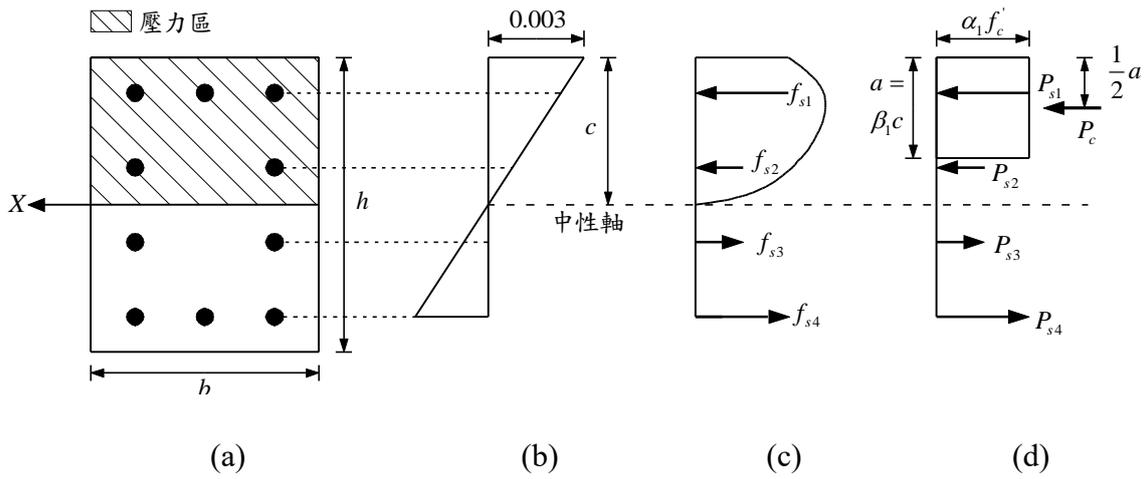


圖 1 斷面極限狀態

(a)斷面示意；(b)應變分布；(c)混凝土應力分布；(d)混凝土等值矩形應力塊與力分布

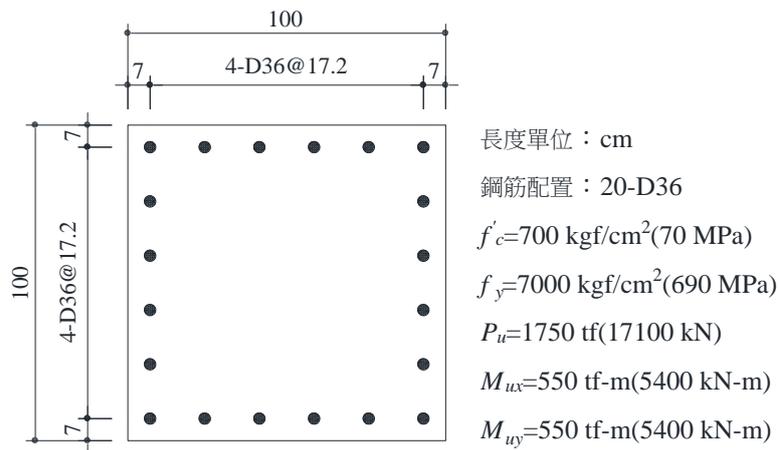


圖 2 斷面配置圖

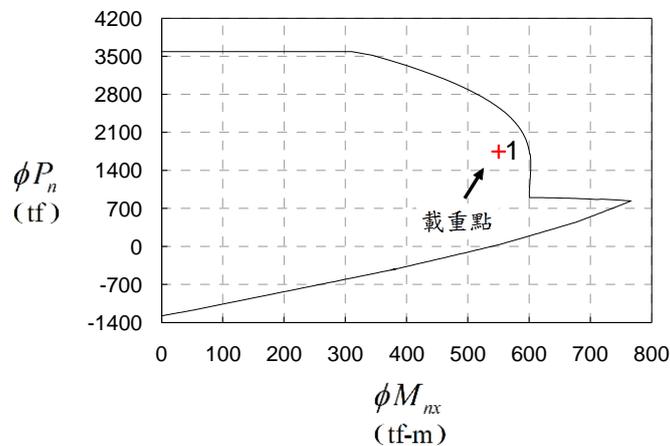


圖 3 單軸 P-M 互制曲線與設計載重之關係

※載重點 +1 : (M_{ux}, P_u)

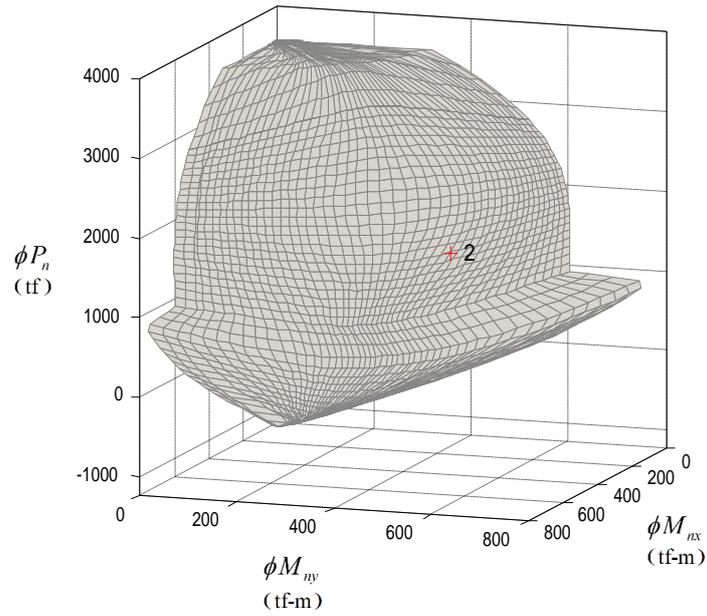


圖 4 雙軸 P-M 互制曲線與設計載重之關係

※載重點 +2 : (M_{ux}, M_{uy}, P_u)

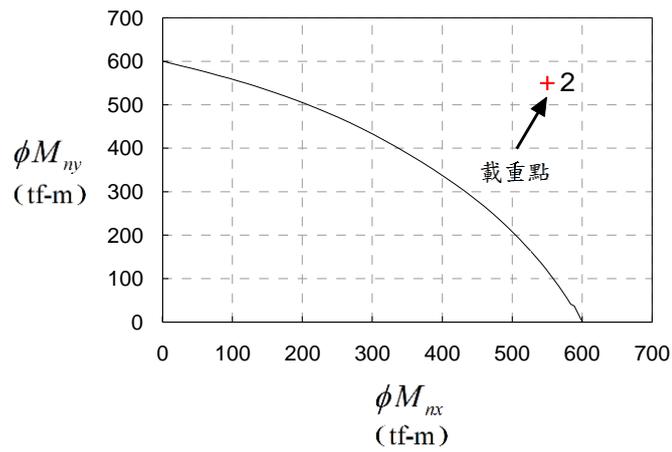


圖 5 雙軸 P-M 互制曲線與設計載重之關係($P_u = 1750$ tf 之切面)

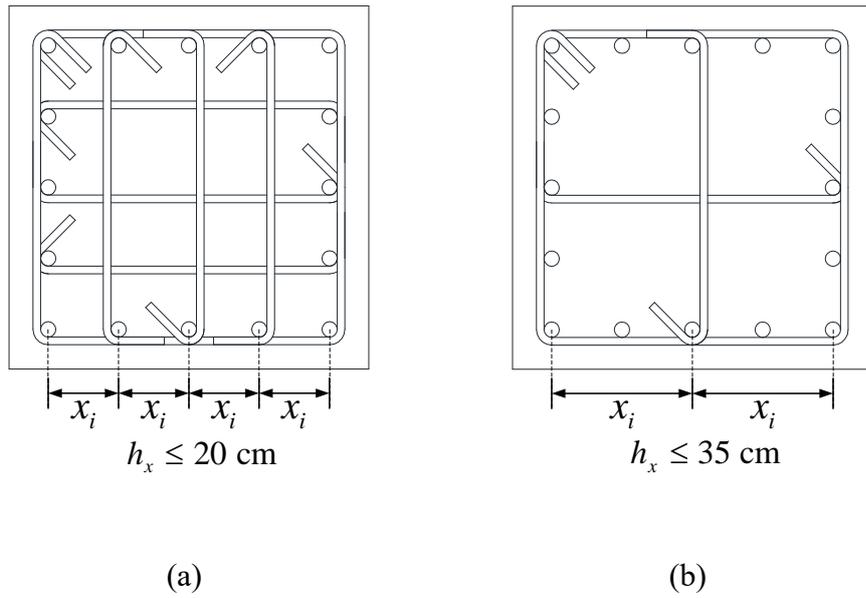


圖 6 受側向支撐之縱向鋼筋最大中心距 h_x ，於不同狀況下之規定

[(a)柱軸力大於 $0.3A_g f'_c$ 或混凝土強度超過 70 MPa (700 kgf/cm²) 以上；(b)柱軸力小於 $0.3A_g f'_c$ 且混凝土強度低於 70 MPa (700 kgf/cm²)]

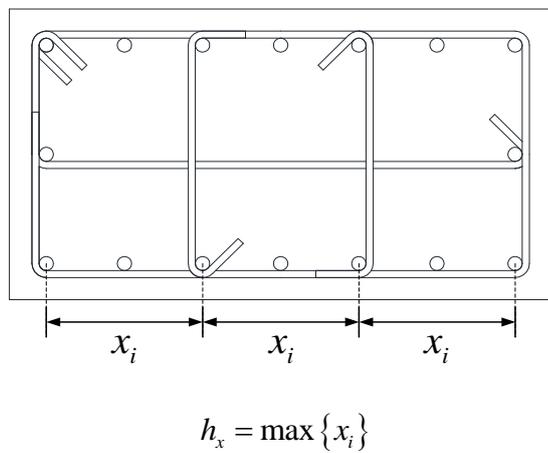


圖 7 受側向支撐之縱向鋼筋最大中心距 h_x 之示意圖