

前 言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。



钢筋混凝土设计详解

C.K.王 C.G.萨蒙 原著
林正芳 张胜雄 译著

*

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京公司重印

北京朝阳门内大街137号

北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1994年10月第一版 开本: 850×1168 1/32

1994年10月第一次印刷 印张: 10.75

印数: 0001—400 字数: 25万字

ISBN: 7-5062-1932-8/TU·6

定价: 17.50元 (WB9403/13)

世界图书出版公司已向台湾晓园出版社购得重印权
限国内发行

WANG SALMON 鋼筋混凝土設計詳解

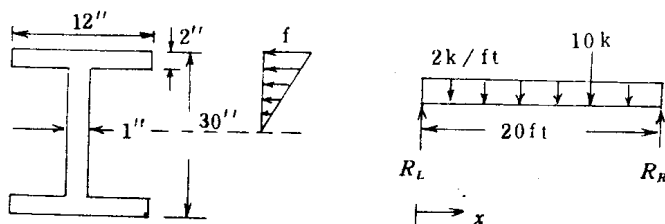
(目 錄)

第 一 章	導 論	0
第 二 章	設計的方法與所需條件	0
第 三 章	受彎之矩形斷面強度	1
第 四 章	使用載重下受彎之矩形斷面	39
第 五 章	剪力強度、傾斜裂縫與剪力鋼筋	63
第 六 章	裹握應力與鋼筋之伸展	125
第 七 章	鋼筋混凝土建築構架之連續	163
第 八 章	單向版之設計	173
第 九 章	受彎之T型斷面	183
第 十 章	連續版—梁—桁梁及混凝土欄柵樓板系統	189
第 十 三 章	承受壓力及彎矩之桿件	211
第 十 四 章	撓 曲	257
第 十 五 章	柱子的長度效應	279
第 十 七 章	雙向系設計—平板和平板式樓版	299
第 十 八 章	版的屈伏線理論	303
第 十 九 章	扭 轉	323
第 二 十 一 章	預力混凝土之介紹	331

3-1 一簡支梁跨徑 20 ft (6 m)，為均質彈性且能承受張力與壓力，它承受均勻分佈荷重 2 klf (kips 每 ft) 與距右端 5 ft (1.5 m) 的集中載重 10 kips (44 kN)。

(a) 應用基本靜力學與內力偶法 (internal-couple method)， $M = (C \text{ 或 } T)$ (內力偶臂)，計算如圖斷面的最大撓曲應力。

(b) 以撓曲公式 $f = \frac{MC}{I}$ 檢驗之。



問題 3.1

解：(a) 中性軸位於斷面之對稱軸上

$$R_R = \frac{1}{2} (2) (20) + \frac{3}{4} (10) = 27.5 \text{ kips}$$

$$R_L = \frac{1}{2} (2) (20) + \frac{1}{4} (10) = 22.5 \text{ kips}$$

$$V = 22.5 - 2x$$

最大彎矩發生於 $V = 0$ 處

$$\text{即 } V = 22.5 - 2x = 0 \Rightarrow x = 11.25 \text{ ft}$$

$$\text{最大彎矩 } M = R_L x - \frac{1}{2} wx^2$$

$$= 22.5 \times 11.25 - \frac{1}{2} \times 2 (11.25)^2$$

$$= 126.56 \text{ ft-kips}$$

總作用力

力臂 (總作用力) $\times$ (力臂)

$$\frac{1}{2} f (12) 15 = 90f$$

$$15/3$$

$$450f$$

$$-2\left(\frac{1}{2}\right)f\left(\frac{13}{15}\right)5.5(13) = \frac{-62f}{28f} \quad 2 + 13/3 \quad \frac{-393f}{57f}$$

$$Z = \frac{57}{28} = 2.03 \text{ in}$$

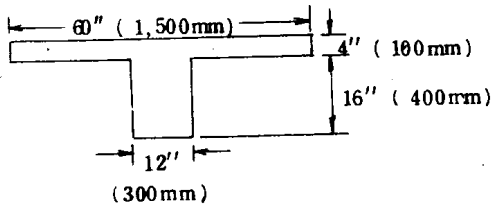
$$M = 28f [30 - 2(2.03)] = 726f$$

$$f = \frac{M}{726} = \frac{126.56(12)}{726} = 2.092 \text{ ksi}$$

$$\begin{aligned} \text{(b)} \quad I &= \frac{1}{12}(12)(30)^3 - 2\left(\frac{1}{12}\right)(5.5)(26)^3 \\ &= 27000 - 16111 = 10889 \text{ in}^4 \end{aligned}$$

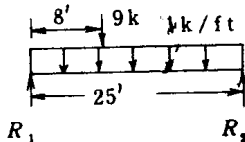
$$f = \frac{MC}{I} = \frac{126.56 \times 12 \times 15}{10889} = 2.092 \text{ ksi}$$

- 3-2 如圖一彈性均質簡支梁，跨徑 25 ft (7.5 m)，承受均勻載重 1 kip/ft (15 kN/m) 與距左端 8 ft (2.4 m) 的集中載重 9 kips (40 kN)，試用(a)基本靜力學與內力偶法， $M = (C \text{ 或 } T)$ (內力矩臂)，(b)撓曲公式， $f = \frac{MC}{I}$ ，計算最大張與壓應力。



問題 3-2

解：(a)



$$R_1 = 12.50 + 9 \times \frac{17}{25} = 18.62 \text{ kips}$$

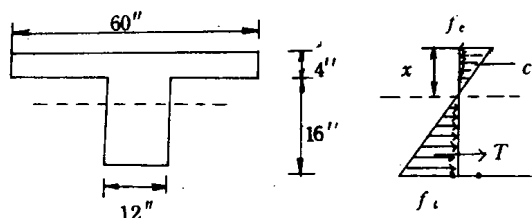
$$R_2 = 12.50 + 9 \times \frac{8}{25} = 15.38 \text{ kips}$$

$$V = 15.38 - x$$

當 $V = 0$, M 最大

即 $x = 15.38$ 時有最大之 M

$$\begin{aligned}
 M &= R_z x - \frac{1}{2} w x^2 \\
 &= 15.38 \times 15.38 - \frac{1}{2} \times 1 \times (15.38)^2 \\
 &= 118.3 \text{ ft-k}
 \end{aligned}$$



令張力面積和壓力面積對中性軸之力矩相等

$$\frac{1}{2} \times 12 \times x^2 + 48 \times 4 \times (x - 2) = \frac{1}{2} (12) (20 - x)^2$$

$$x^2 + 32(x - 2) = (20 - x)^2$$

解上式得 $x = 6.44$ in

將 C 分為作用於梁翼上之 C_1 及作用於梁腹上之 C_2

$$C_1 = \frac{1}{2} (f_c + \frac{2.44}{6.44} f_c) \times 60 \times 4 = 165.5 f_c$$

$$C_2 = \frac{1}{2} \times \frac{2.44}{6.44} f_c \times 12 \times 2.44 = 5.5 f_c$$

$$\text{壓力中心距頂面之距離 } x_1 = \frac{C_1 \times 2 + C_2 \times (4 + \frac{2.44}{3})}{C_1 + C_2}$$

$$= \frac{165.5 f_c \times 2 + 5.5 f_c \times 4.81}{165.5 f_c + 5.5 f_c}$$

$$= 2.09 \text{ in}$$

$$\text{張力中心距底面之距離 } x_2 = \frac{1}{3} (20 - 6.44) = 4.52 \text{ in}$$

$$\text{力臂 } a = 20 - 2.09 - 4.52 = 13.4 \text{ in}$$

$$M = (C_1 + C_2) a$$

$$118.3 \times 12 = (165.5 f_c + 5.5 f_c) \times 13.4$$

$$f_c = 0.619 \text{ ksi} = 619 \text{ psi}$$

$$\frac{6.44}{f_c} = \frac{13.56}{f_t}$$

$$f_t = \frac{13.56}{6.44} f_c = \frac{13.56}{6.44} \times 619 = 1303 \text{ psi}$$

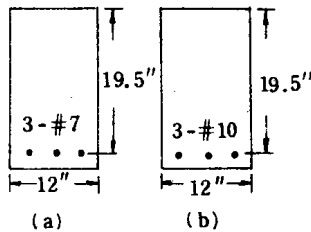
$$(b) I = \frac{1}{12} \times 60 \times 4^3 + 60 \times 4 \times 4.44^2 + \frac{1}{3} \times 12 \times 2.44^3 + \frac{1}{3} \times 12 \times 13.56^3$$

$$= 15082 \text{ in}^4$$

$$f_c = \frac{MC}{I} = \frac{118.3 \times 12000 \times 6.44}{15082} = 606 \text{ psi}$$

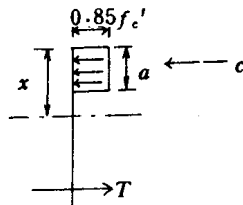
$$f_t = \frac{MC}{I} = \frac{118.3 \times 12000 \times 13.56}{15082} = 1276 \text{ psi}$$

3-3 所示各梁之 $f'_c = 3500 \text{ psi}$ 及 $f_y = 60,000 \text{ psi}$ ，試以內力偶方法與衛特尼矩形應力塊解之，決定標稱抗彎強度 M_n ，假如活載重佔 60%，求各梁之實用彎矩容量（考慮超載因數）。（ $f'_c = 24 \text{ N/mm}^2$ ， $f_y = 420 \text{ N/mm}^2$ ）。



問題 3.3

解：



$$(a) C = 0.85 f'_c b a = 0.85 \times 3.5 \times 12 \times a = 35.7 a$$

$$T = A_s f_y = 3 \times (0.60) (60) = 108 \text{ kips}$$

$$C = T$$

$$35.7 a = 108 \Rightarrow a = \frac{108}{35.7} = 3.02 \text{ in}$$

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 108 \left(19.5 - \frac{3.02}{2} \right) \times \frac{1}{12} = 162 \text{ ft-kips}$$

$$(b) C = 35.7 a$$

$$T = 3 \times (1.27) \times 60 = 228.6 \text{ kips}$$

$$a = \frac{228.6}{35.7} = 6.41 \text{ in}$$

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

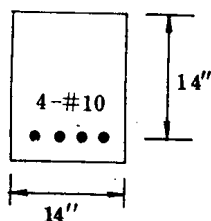
$$= 228.6 \left(19.5 - \frac{6.41}{2} \right) \times \frac{1}{12} = 311 \text{ ft-kips}$$

$$M_n = \frac{1.4 (0.4 M_w) + 1.7 (0.6 M_w)}{0.90} = 1.76 M_w$$

$$M_w = \frac{M_n}{1.76} = \frac{162}{1.76} = 92 \text{ ft-kips} \dots\dots\dots 3 - \# 7$$

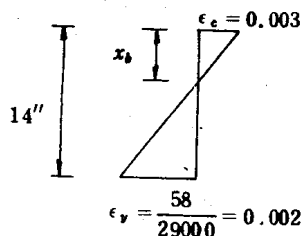
$$M_w = \frac{M_n}{1.76} = \frac{311}{1.76} = 177 \text{ ft-kips} \dots\dots\dots 3 - \# 10$$

- 3-4 使用基本原理，試證明下圖所示斷面在極限強度時之鋼筋量為不足、平衡或過量，並指出是否有某些方面與ACI規範相違背。 $f'_c = 4000 \text{ psi}$ ， $f_y = 58,000 \text{ psi}$ ($f'_c = 28 \text{ N/mm}^2$ 及 $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$)



問題 3.4

解：首先決定平衡軸之位置



$$x_b = \frac{0.003}{0.003 + 0.002} \times 14 = 8.4''$$

$$a_s = 0.85 x_b = 0.85 \times 8.4 = 7.14''$$

$$C = 0.85 f'_c \times b \times a_s$$

$$= 0.85 \times 4 \times 14 \times 7.14 = 340 \text{ kips}$$

$$A_{s, \text{req}} = \frac{340}{58} = 5.86 \text{ in}^2$$

$$4 \text{ 根 } \# 10 \text{ 鋼筋之 } A_s = 1.27 \times 4 = 5.08 \text{ in}^2 < A_{s, \text{req}} = 5.86 \text{ in}^2$$

∴ 所示斷面之鋼筋量不足平衡鋼筋量

$$\text{Max } A_s \leq 0.75 A_{s, \text{req}} = 0.75 \times 5.86 = 4.39 < 5.08 \text{ in}^2$$

不合 ACI 規範

- 3-5 設有一跨徑 24 ft 之簡支矩形梁受承 1.0 kips / ft 之活載重及 1.3 kips / ft 之呆載重 (包括梁重)，試決定適當之斷面尺寸 b ， d (取 b/d 大約 1.75) 及鋼筋面積 A_s 並求 (a) 容許之最大尺寸，(b) 容許之最小尺寸。 $f'_c = 3000 \text{ psi}$ ， $f_y = 60,000 \text{ psi}$ (參看 ACI-10.3.2 及 10.5.1) (活載重 = 15 kN / m，靜載重 = 19 kN / m， $f_y = 420 \text{ N / mm}^2$ ， $f'_c = 21 \text{ N / mm}^2$ ，跨徑 = 7.3 m)。

解：(a) 最大容許尺寸

(b) 最小容許尺寸

$$\rho_{\min} = \frac{200}{f_y} = 0.00333$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.016 \text{ (表 3-5-1)}$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - \frac{\rho m}{2}\right) \text{ 在此 } m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = 23.53$$

$$R_u = 192 \text{ psi}$$

$$R_u = 779 \text{ psi}$$

$$M_D = 1.3 (24)^2 / 8 = 93.5 \text{ ft-kips}$$

$$M_L = 1.0 (24)^2 / 8 = 72 \text{ ft-kips}$$

$$M_u = 1.4 M_D + 1.7 M_L$$

$$= 1.4 \times 93.5 + 1.7 \times 72 = 253.3 \text{ ft-kips}$$

$$bd^2 = \frac{M_u}{\phi R_u} = \frac{253.3 \times 12000}{0.9 \times 192} = 17590 \text{ in}^3$$

$$\text{同理 } bd^2 = 4335 \text{ in}^3$$

b	d	$\frac{d}{b}$
18	31.3	1.74
20	29.6	1.48
16	33.1	2.07

b	d	$\frac{d}{b}$
12	19.0	1.58
14	17.6	1.26
10	20.8	2.08

選擇斷面尺寸為

$$18 \times 34 \quad d = 31.5$$

選擇斷面尺寸為

$$12 \times 22 \quad d = 19.5$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{17590}{(1.75)^2}} = 17.91 \text{ in}$$

$$A_s = 0.00333 \times 18 \times 31.5$$

$$= 1.89 \text{ in}^2$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{4335}{(1.75)^2}} = 11.22 \text{ in}$$

$$R_u = \frac{253.3 \times 12000}{0.9 \times 12 \times (19.5)^2} = 738$$

$$\rho = 0.016 \times \frac{738}{779}$$

$$= 0.0152$$

$$A_s = 0.0152 \times 12 \times 19.5$$

$$= 3.55 \text{ in}^2$$

3-6 同問題 3-5 但 $f'_c = 4000 \text{ psi}$, d/b 大約 2.0 。 ($f'_c = 28 \text{ N/mm}^2$)
解：(a) 最大容許尺寸

$$\rho_{min} = \frac{200}{f_y} = 0.00333$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - \frac{\rho m}{2} \right) \quad m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{6000}{0.85 \times 4000} = 17.65$$

$$R_u = 0.00333 \times 60000 \left(1 - \frac{0.00333 \times 17.65}{2} \right) = 194 \text{ psi}$$

$$M_u = \frac{(1.4 \times 1.3 + 1.7 \times 1.0)(24)^2}{8} = 254 \text{ ft-kips}$$

$$b d^2 = \frac{M_u}{\phi R_u} = \frac{254 \times (12000)}{0.9 \times 194} = 17400 \text{ in}^3$$

$$d = 2b$$

$$4b^3 = 17400 \quad b = 16.3 \text{ in} \quad d = 32.6 \text{ in}$$

試 16 × 35 斷面

$$R_u = \frac{254(12000)}{0.9 \times 16 \times (32.5)^2} = 200 \text{ psi}$$

故所試求之 16 × 35 斷面適合

$$A_s = 0.00333 \times 16 \times 32.5 = 1.73 \text{ in}^2$$

使用斷面 16 × 35 和 4-#6

$$\text{驗算：} C = 0.85 f'_c b a = 0.85 \times 4 \times 16 \times a$$

$$T = 4 \times 0.44 \times 60 = 105.7 \text{ kips}$$

$$C = T \Rightarrow a = 1.94 \text{ in}$$

$$M_u = 105.7 \left(32.5 - \frac{1.94}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 250 \text{ ft-kips} \approx M_u = 254 \text{ ft-kips} \quad \therefore \text{OK}$$

(b) 最小容許尺寸

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.0214 \text{ (表 3-5-1)}$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - \frac{\rho m}{2} \right)$$

$$= 0.0214 \times 60000 \left(1 - \frac{0.0214 \times 17.65}{2} \right)$$

$$= 1040 \text{ psi}$$

$$b d^2 = \frac{M_u}{\phi R_u} = \frac{254 \times 12000}{0.9 \times 1040} = 3250 \text{ in}^3$$

$$d = 2b$$

$$4b^3 = 3250 \quad b = 9.3 \text{ in} \quad d = 18.6 \text{ in}$$

試 10×21 斷面

$$R_u = \frac{254 \times 12000}{0.9 \times 10 \times 18.5^2} = 990 \text{ psi}$$

$$\rho = 0.0214 \times \frac{990}{1040} = 0.020$$

$$A_s = 0.020 \times 10 \times 18.5 = 3.76 \text{ in}^2$$

試 3-# 10

$$\text{驗算: } C = 0.85 \times 4 \times 10 \times a = 34a$$

$$T = 3 \times 1.27 \times 60 = 228.5 \text{ kips}$$

$$C = T \Rightarrow a = 6.72 \text{ in}$$

$$M_n = 228.5 \left(18.5 - \frac{6.72}{2} \right) \times \frac{1}{12} = 288 \text{ ft-kips}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 288 = 259 \text{ ft-kips} > M_u = 254 \text{ ft-kips} \text{ 合於要求}$$

使用 10×21 之斷面，鋼筋使用 3-# 10

3-7 重覆問題 3-5，但 $f'_c = 4000 \text{ psi}$ ， d/b 大約 1.25。（ $f'_c = 28 \text{ N/mm}^2$ ）

解：(a) 最大容許尺寸

$$\text{最低鋼筋比 } \rho_{min} = \frac{200}{f_y} = 0.00333$$

同上題之計算 $R_u = 194 \text{ psi}$

$$b d^2 = 17400 \text{ in}^3$$

$$d = 1.25 b$$

$$1.56 b^3 = 17400 \quad b = 22.3 \text{ in} \quad d = 27.9 \text{ in}$$

$$\text{試 } 23 \times 32 \quad d = 29$$

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{254 \times 12000}{0.9 \times 23 \times (29)^2} = 175 < 194 \text{ 不合}$$

$$\text{試 } 22 \times 30 \quad d = 27.5$$

$$R_u = \frac{254 \times 12000}{0.9 \times 22 \times (27.5)^2} = 203 \text{ psi}$$

$$A_s = 0.00353 \times 22 \times 27.5 = 2.02 \text{ in}^2 \quad \text{試 } 3 - \# 8$$

$$\text{驗算: } C = 0.85 \times 4 \times 22 \times a = 51.04 a$$

$$T = 3 \times 0.79 \times 60 = 142.2$$

$$a = 2.78 \text{ in}$$

$$M_n = 142 \left(27.5 - \frac{2.78}{2} \right) \times \frac{1}{12} = 308.9 \text{ ft-kips}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 308.9 = 278 \text{ ft-kips} > 254 \text{ ft-kips}$$

$\therefore$ 合於要求

使用 22×30 之斷面，鋼筋量 $3 - \# 8$

(b) 最小容許尺寸

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.0214$$

$$R_u = 1040 \text{ psi}$$

$$M_u = 254 \text{ ft-kips}$$

$$b d^2 = 3250 \text{ in}^3$$

$$b = 12.8 \text{ in} \quad d = 16$$

$$\text{試 } 14 \times 18 \text{ 斷面 } d = 15.5$$

$$R_u = \frac{254 \times 12000}{0.9 \times 14 \times (15.5)^2} = 1000$$

$$\rho = 0.0214 \times \frac{1000}{1040} = 0.0206$$

$$A_s = 0.0206 \times 14 \times 15.5 = 4.47 \text{ in}^2$$

使用 $3 - \# 11$

$$\text{驗算: } C = 0.85 f_c' b a$$

$$= 0.85 \times 4 \times 14 \times a = 47.6 a$$

$$T = f_y A_s = 3 \times 1.56 \times 60 = 280.8$$

$$C = T \Rightarrow a = 5.9 \text{ in}$$

$$M_n = 280.8 \left(15.5 - \frac{5.9}{2} \right) \times \frac{1}{12} = 293.7 \text{ ft-kips}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 293.7 = 264.3 \text{ ft-kips} > 254 \text{ ft-kips}$$

∴ 使用 14×18 之斷面鋼筋量 3 - # 11

- 3-8 一矩形梁寬 12 in，總深重 22 in，承受活載重力矩 60 ft-kips 與呆載重力矩 15 ft-kips，試設計使用之鋼筋。 $f'_c = 3000 \text{ psi}$ ， $f_y = 40,000 \text{ psi}$ 。
 (寬 = 300 mm，深 = 560 mm，呆載重力矩 = 20 kN-m，活載重力矩 = 80 kN-m， $f'_c = 21 \text{ N/mm}^2$ ， $f_y = 280 \text{ N/mm}^2$)。

$$\text{解： } M_u = 1.4(15) + 1.7(60) = 123 \text{ ft-kips}$$

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{123 \times 12000}{0.9 \times 12 \times (19.5)^2} = 360 \text{ psi}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_u}{f_y}} \right] \quad m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{40}{0.853} = 15.7$$

$$= \frac{1}{15.7} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.7 \times 360}{40000}} \right] = 0.0097$$

$$A_s = \rho b d = 0.0097 \times 12 \times 19.5 = 2.27 \text{ in}^2$$

$$\text{試 3 - \# 8 } A_s = 2.37 \text{ in}^2$$

$$d = 22 - 1.5 (\text{保護層}) - 0.375 (\text{箍筋}) - 0.5 \# 8 (\text{鋼筋半徑}) \\ = 19.625 \text{ in}$$

$$\text{驗算： } C = 0.85 \times 3 \times 12 \times a = 30.6 a$$

$$T = 2.37 \times 40 = 94.8 \text{ kips}$$

$$C = T \Rightarrow a = 3.10 \text{ in}$$

$$M_n = 94.8 \left(19.625 - \frac{3.10}{2} \right) \times \frac{1}{12} = 142.5 \text{ ft-kips}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 142.5 = 128 \text{ ft-kips} > M_u = 123 \text{ ft-kips}$$

∴ 使用 3 根 # 8 鋼筋

- 9 一矩形梁寬 20 in，總深度 40 in，承受載重包括活載重 500 ft-kips 及呆載重 300 ft-kips，試設計使用之鋼筋（僅使用拉力鋼筋）。 $f'_c = 4000 \text{ psi}$ ， $f_y = 60,000 \text{ psi}$ 。（梁尺寸 = 500 mm × 1000 mm，活載重力矩 = 70 t-m，呆載重力矩 = 40 t-m， $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ， $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ ）。

$$\text{解： } M_u = 1.4 \times 300 + 1.7 \times 500 = 1270 \text{ ft-kip}$$

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1270 \times 12000}{0.9 \times 20 \times (36.5)^2} = 635 \text{ psi}$$

假設鋼筋排成二列

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{60000}{0.85 \times 4000} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_u}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{17.65} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17.65 \times 635}{60000}} \right] = 0.0118$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{87000}{87000 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0.85 \times 0.85 \times 4000}{60000} \times \frac{87000}{87000 + 60000}$$

$$= 0.0285$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.0285 = 0.0213 > \rho = 0.0118$$

$$A_s = \rho b d = 0.0118 \times 20 \times 36.5 = 8.63 \text{ in}^2$$

$$\text{試 5 - \# 9 和 5 - \# 8} \quad A_s = 8.95 \text{ in}^2$$

驗算：5 - \# 9 和 5 - \# 8

$$C = 0.85 \times 4 \times 20 \times a = 68.0 a$$

$$T = 8.95 \times 60 = 537 \text{ kips}$$

$$C = T \Rightarrow a = 7.90 \text{ in}$$

$$M_n = 537 \left(36.4 - \frac{7.90}{2} \right) \frac{1}{12} = 1450 \text{ ft-kips}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 1450 = 1305 \text{ ft-kips} > M_u = 1270 \text{ ft-kips}$$

合於要求

∴ 使用 5 - \# 9 和 5 - \# 8

$$\text{改寫：} d = 40 - 1.5 (\text{保護層}) - 0.5 (\text{\# 4 箍筋}) - 1.13 (\text{\# 9 鋼筋})$$

$$- 0.44 (\text{間隔之半})$$

$$= 36.4 \text{ in}$$

3-10 設以強度設計法設計一簡支矩形梁，該梁跨徑 30 ft，承受 2 kips / ft 之活載重，1 kips / ft 之呆載重及梁之自重，採用 $f'_c = 3500 \text{ psi}$ ， $f_y = 40,000 \text{ psi}$ 。（跨徑 = 9 m，活載重 = 30 kN / m，呆載重 = 15 kN / m， $f'_c = 24 \text{ N / mm}^2$ ， $f_y = 280 \text{ N / mm}^2$ ）。

(a) 假設無撓度限度，當僅使用拉力鋼筋時，設計一最小尺寸之梁。

(b) 設計該梁使之於一般載重情況下其撓度不超過許可之值，但僅使用拉力鋼筋。（提示：採用 ρ 大約等於 ACI 規範最大容許值之半）。

解：(a)最小尺寸之梁

$$\text{設 } \rho = 0.75 \rho_b = 0.0324$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{40000}{0.85 \times 3500} = 13.44$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - \frac{\rho m}{2} \right)$$

$$= 0.0324 \times 40000 \left(1 - \frac{0.0324 \times 13.44}{2} \right) = 1014 \text{ psi}$$

假設梁之自重為 0.4 k/ft

$$M_D = 1.4 (30)^2 / 8 = 157.5 \text{ ft-k}$$

$$M_L = 2 (30)^2 / 8 = 225 \text{ ft-k}$$

$$M_u = 1.4 M_D + 1.7 M_L = 1.4 \times 157.5 + 1.7 \times 225 \\ = 221 + 383 = 604 \text{ ft-kips}$$

$$bd^3 = \frac{M_u}{\phi R_u} = \frac{604 \times 12000}{0.9 \times 1014} = 7940 \text{ in}^3$$

b	d	斷面尺寸	採用二列鋼筋
14	23.8	14×28	
15	23.0	15×27	
16	22.3	16×26	

選擇斷面及鋼筋

斷面尺寸	鋼筋量	d	M_n
14×27	8 - #11*	23.2	715
14×28	8 - #10	24.2	660
14×30	4 - #11, 3 - #10	26.0	710
15×26	5 - #9, 5 - #10*	22.4	657
15×28	6 - #10, 2 - #11	24.5	681
16×26	8 - #11*	22.2	691

註 * ρ 超過 $\rho_{max} = 0.75 \rho_b$ 故 14×28 為最小尺寸之梁

(b)撓度不超過許可值

$$\text{用 } \rho = 0.375 \rho_b = 0.0162$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - \frac{\rho m}{2} \right)$$

$$= 0.0162 \times 40000 \left(1 - \frac{0.0162 \times 13.44}{2} \right)$$

$$= 577 \text{ psi}$$

假設梁之自重為 0.65 k/ft

$$M_D = 1.65 (30)^2 / 8 = 185.5 \text{ ft-kips}$$

$$M_u = 1.4 M_D + 1.7 M_L$$

$$= 1.4 \times 185.5 + 1.7 \times 225 = 643 \text{ ft-k}$$

$$b d^2 = \frac{M_u}{\phi R_u} = \frac{643 \times 12000}{0.9 \times 577} = 14860 \text{ in}^3$$

b	d	size
16	30.5	16 × 34
18	28.7	18 × 33

試 16×34 $d = 31.5 \text{ in}$

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{643 \times 12000}{0.9 \times 16 \times (31.5)^2} = 539 \text{ psi}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_u}{f_y}} \right)$$

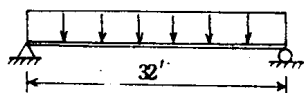
$$= \frac{1}{13.44} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.44 \times 539}{40000}} \right] = 0.015$$

$$A_s = \rho b d = 0.015 \times 16 \times 31.5 = 7.56 \text{ in}^2$$

用 8 - #9 $A_s = 8 \text{ in}^2$ 合於要求

- 3-11 一簡支矩形梁跨徑 32 ft ，承受活載重 1.5 kips/ft 與呆載重 1.5 kips/ft 及梁之自重，採用鋼筋比 ρ 大約為平衡鋼筋比之 0.375 並使之滿足 ACI - 表 9-5 a 之要求，試設計梁之斷面及鋼筋。設 $f'_c = 4000 \text{ psi}$ ， $f_y = 60,000 \text{ psi}$ 。（活載重 = 2000 kg/m ，呆載重 = 2000 kg/m ，跨徑 = 9.8 m ， $f'_c = 300 \text{ kgf/cm}^2$ ， $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ ）

解：



假設梁自重 0.6 k/ft

$$W_D = (1.5 + 0.6) \times 1.4 = 2.94 \text{ k/ft}$$

$$W_L = 1.5(1.7) = 2.55 \text{ k/ft}$$

$$M_u = \frac{5.49(32)^2}{8} = 702 \text{ ft-k}$$

$$\rho_b = 0.0285$$

$$\rho = 0.375 \rho_b = 0.0107$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{60000}{0.85 \times 4000} = 17.64$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - \frac{\rho m}{2} \right) = 0.0107 \times 60000 \left(1 - \frac{0.0107 \times 17.64}{2} \right) \\ = 581 \text{ psi}$$

$$b d^2 = \frac{M_u}{\phi R_u} = \frac{702 \times 12000}{0.9 \times 581} = 16100 \text{ in}^3$$

<i>b</i>	<i>d</i>	<i>h</i>
16	31.7	35
18	29.9	33

ACI 表 9.5 a

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{32(12)}{16} = 24''$$

試 16×36 $d = 33.5$

$$R_u = \frac{702 \times 12000}{0.9 \times 16 \times (33.5)^2} = 521 \text{ psi}$$

$$A_s = 0.0107 \times 16 \times 33.5 \times \frac{521}{581} = 5.15 \text{ in}^2$$

試 2 - # 11, 2 - # 9, $A_s = 5.12 \text{ in}^2$

$$\text{驗算: } C = 0.85 f'_c b a = 0.85 \times 4 \times 16 \times a = 54.4 a$$

$$T = 5.12 \times 60 = 307.2 \text{ kips}$$

$$C = T \Rightarrow a = 5.64 \text{ in}$$

$$M_n = 307.2 \left(33.5 - \frac{5.64}{2} \right) \times \frac{1}{12} = 782 \text{ ft-kip}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 782 = 703 \text{ ft-kips} > M_u = 702 \text{ ft-kips}$$

試 2 - # 11, 2 - # 10 $A_s = 5.66 \text{ in}^2$ 斷面尺寸改為 16×34 $d = 31.5 \text{ in}$

$$C = 0.85 f'_c b a = 54.4 a$$

$$T = 5.66 \times 60 = 340 \text{ k}$$

$$C = T \Rightarrow a = 6.25 \text{ in}$$

$$M_n = 340 \left(31.5 - \frac{6.25}{2} \right) \times \frac{1}{12} = 801 \text{ ft-kips}$$

$$M_u = \phi M_n = 0.9 \times 801 = 721 \text{ ft-kips} > M_u = 702 \text{ ft-kips}$$