

# 108 年專門職業及技術人員高等考試結構設計參考解答

※依據與作答規範：內政部營建署「混凝土結構設計規範」(內政部 100.6.9 台內營字第 1000801914 號令)；中國土木水利學會「混凝土工程設計規範」(土木 401-100)。未依上述規範作答，不予計分。

D13,  $d_b = 1.27 \text{ cm}$ ,  $A_b = 1.27 \text{ cm}^2$ ; D22,  $d_b = 2.22 \text{ cm}$ ,  $A_b = 3.87 \text{ cm}^2$ ;

D25,  $d_b = 2.54 \text{ cm}$ ,  $A_b = 5.07 \text{ cm}^2$ ; D29,  $d_b = 2.87 \text{ cm}$ ,  $A_b = 6.47 \text{ cm}^2$ ;

混凝土強度  $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ , D10 與 D13  $f_y = 2,800 \text{ kgf/cm}^2$ ;

D25 以上  $f_y = 4,200 \text{ kgf/cm}^2$ ;

$$\text{參考公式： } l_{dc} = \max \left[ \frac{0.075 d_b f_y}{\sqrt{f'_c}} \times \frac{A_{s, req'd}}{A_{s, prov'd}}, 0.0043 d_b f_y, 20 \text{ cm} \right]$$

$$S \leq \min \left[ 38 \left( \frac{2800}{f_s} \right) - 2.5 C_c, 30 \left( \frac{2800}{f_s} \right) \right]$$

一、附圖所示為一鋼筋混凝土柱基礎，柱主筋未插入基腳內，且須承受活載重  $P_L = 80 \text{ tf}$  及靜載重  $P_D = 50 \text{ tf}$  之軸力，請設計此柱基礎之接合鋼筋及其伸展長度。(25 分)

側視圖

上視圖

• 108 年土木技師試題 •

## 問題剖析

非常偏門的基腳插接鋼筋設計，插接鋼筋的伸展長度要使用壓力鋼筋的公式計算。因題目給的資料不足，本解僅考慮基腳內的插接鋼筋伸展長度計算，柱內不考慮。

## 參考解答

### 1. 先計算承壓面強度

本題柱與基腳的混凝土強度相同，故必定由柱底的承壓強度控制。

$$B_n = B_{n1} = 0.85 f'_c A_1 = (0.85 \times 280)(50)^2 / 1000 = 595 \text{ tf}; \phi B_n = (0.65)(595) = 386.75 \text{ tf}。$$

## 2. 插接鋼筋的需要量

(1) 判斷是否要插接鋼筋

$$\text{柱因數化軸壓力 } P_u = (1.2)(50) + (1.6)(80) = 188 \text{ tf}。$$

$$(P_u = 188) < (\phi B_n = 386.75)，\text{只要配置最少插接鋼筋量 } A_{sd, \min}。$$

(2) 實際插接鋼筋配置

$A_{sd, \min} = 0.005 A_1 = (0.005)(50)^2 = 12.5 \text{ cm}^2$ 。插接筋尺寸採 **D25**，且依規範規定橫箍筋柱的插接筋最少要 **4 根**置於角隅，實際配置  $A_{sd} = (4)(5.07) = 20.28 \text{ cm}^2 > (A_{sd, \min} = 12.5 \text{ cm}^2)$ 。

## 3. 插接鋼筋的受壓伸展長度計算

插接鋼筋的伸展長度要使用壓力鋼筋的公式計算，因題目給的資料不足，本解僅考慮基腳內的插接鋼筋伸展長度計算，柱內不考慮。

$$l_{dc, req} = \max \left\{ 0.075 \frac{d_b f_y}{\sqrt{f'_c}}, 0.0043 d_b f_y \right\} (\psi_c)(\psi_a) \geq 20 \text{ cm}。$$

基腳內無橫箍筋，故忽視橫向箍筋修正因數  $\psi_c$ 。

$$\psi_a = \text{超量配筋修正因數} = \frac{A_{s, req}}{A_{s, prov}} = \frac{12.5}{20.28} = 0.616。$$

$$l_{dc, req} = \max \left\{ (0.075) \frac{(2.54)(4200)}{\sqrt{280}}, (0.0043)(2.54)(4200) \right\} (0.616) = 29.454 > 20 \text{ cm}。$$

假設題目提供的是平均有效深度  $d = 43 \text{ cm}$ ，實際基腳內可提供的壓力筋伸展長度為  $l_{dc} = 43 - 2.54 = 40.46 \text{ cm} > l_{dc, req} = 29.454 \text{ cm}$ ，基腳內的插接鋼筋伸展長度足夠。

※本題請參考“實力《鋼筋混凝土必做 50 題型》【P11-22~11-23】”

“108 年土木技師”考題完全剖析

108/11/30(六) 13:30

實力學員免費參加，

欲參加者請至實力全國分班粉絲專頁，

線上報名填單，名額有限，額滿為止。

台北班表單連結網址：<http://bit.ly/2BHV8ZS>

### 【YouTube 線上試聽】

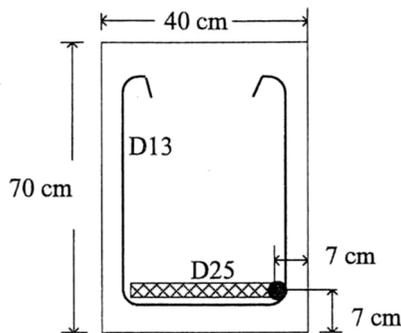
點選〔實力土木〕觀看各科〔準備要領〕，這是入門起手式；

另有各科〔觀念探討〕都是考試必讀重點。

免費提供給要準備考試的同學，讓您更能有效率的掌握考試方向。

網址連結：<https://reurl.cc/O033D>

二、有一單筋單排矩形梁（如下圖所示），其主筋採 D25，箍筋採 D13，混凝土骨材最大粒徑為 2.54 cm，試依照規範計算此梁最大與最小彎矩設計強度  $\phi M_n$ 。（25 分）



• 108 年土木技師試題 •

### 問題剖析

1. 題目的用語容易令人誤會，因單筋梁的彎矩強度與鋼筋量成正比，應試者會很容易認為最大彎矩強度就是對應最大鋼筋量  $A_{s,max}$ ；而最小彎矩強度就是對應最小鋼筋量  $A_{s,min}$ 。
2. 不過  $A_{s,max}$ 、 $A_{s,min}$  一樣要滿足最小主筋淨間距、裂縫控制最大主筋中心距等鋼筋排列規定。因題目強制規定鋼筋須採「單排」配置，合理認為出題者是要以滿足鋼筋排列規定為主要考量，故由考慮施工性的最「小」主筋淨間距算出最大主筋數與最大設計彎矩強度；由裂縫控制規定所得的最「大」主筋間距去算出最小主筋數與最小設計彎矩強度。並檢討是否滿足  $A_{s,max}$ 、 $A_{s,min}$  之規定。

### 參考解答

#### 1. 計算單排配置下的最大主筋數

(1) 先考慮最小主筋淨間距的最大鋼筋數

最大鋼筋數代表鋼筋排的很密，亦即對應考慮施工性的最「小」主筋「淨」間距。

$$s_{bn,min} = \max\{2.54, 2.5, 1.33 \times 2.54\} = 3.378 \text{ cm}。$$

計算單排下的最大鋼筋數，依梁寬檢核式

$$b_{req} = (7)(2) + (2.54)(N_{b,max} - 1) + (3.378)(N_{b,max} - 1) = (b = 40)。$$

⇒  $N_{b,max} = 5.393$  根，無條件「捨去」取整數  $N_{b,max} = 5$  根，讓實際的鋼筋淨間距比 3.378cm「大」。

(2) 確認是否小於最大鋼筋量  $A_{s,max}$

$A_{s,max}$  就是梁界限鋼筋量  $A_{s,0.004}$ ， $d = d_t = 70 - 7 = 63 \text{ cm}$ ， $c_{0.004} = (3/7)(63) = 27 \text{ cm}$ 。

$$a_{0.004} = (0.85)(27) = 22.95 \text{ cm}。A_{s,max} = A_{s,0.004} = (0.85 \times 280)(22.95)(40)/4200 = 52.02 \text{ cm}^2。$$

$A_{s1} = (5)(5.07) = 25.35 < A_{s,max} = 52.02 \text{ cm}^2$ ，滿足規範規定。或者反過來說單排是無法容下最大鋼筋量的。

## 2. 計算最大主筋數對應的最大設計彎矩強度

假設主筋已降伏， $a = (25.35 \times 4200) / (0.85 \times 280 \times 40) = 11.184 \text{ cm}$ ，

$c = 11.184 / 0.85 = 13.158 \text{ cm}$ 。

$\epsilon_s = \epsilon_t = (0.003 / 13.158)(63 - 13.158) = 0.0114 > 0.005$ ，已降伏且為拉控斷面。

$\phi M_{n,\max} = (0.9)(25.35 \times 4.2)(63 - 0.5 \times 11.184) / 100 = 55.01 \text{ tf-m}$ 。 ◀

## 3. 計算最小主筋數

### (1) 考慮算裂縫控制的最小主筋數

① 計算裂縫控制最大主筋中心距  $s_{\max,b}$

採  $f_s = 2f_y / 3$  簡算式，拉筋的工作拉應力  $f_s = 2 \times 4200 / 3 = 2800 \text{ kgf/cm}^2$ 。

$c_c$  要代入主筋表面至底面之淨厚度， $c_c = 7 - 2.54 / 2 = 5.73 \text{ cm}$ 。

$s_{b,\max} = \min \{ (38)(2800/2800) - (2.5)(5.73), (30)(2800/2800) \} = 23.675 \text{ cm}$ 。

② 配置最小主筋數

依梁寬檢核式並注意是主筋中心距不是淨間距，計算所需寬度的式子略有不同。

$b_{req} = (7)(2) + (23.675)(N_{b,\min} - 1) \leq (b = 40) \Leftrightarrow N_{b,\min} = 2.098$  根，無條件「進位」取整數

$N_{b,\min} = 3$  根，讓實際的鋼筋中心間距會比  $23.6752 \text{ cm}$  「小」。

### (2) 確認是否超過最小鋼筋量 $A_{s,\min}$

$A_{s,\min} = \max \{ (14/4200)(40 \times 63), (0.8\sqrt{280}/4200)(40 \times 63) \} = 8.4 \text{ cm}^2$ 。

$A_{s2} = (3)(5.07) = 15.21 > A_{s,\min} = 8.4 \text{ cm}^2$ ，滿足規範規定。

## 4. 計算最小主筋數對應的最小設計彎矩強度

主筋必定降伏且為拉控斷面， $a = (15.21 \times 4200) / (0.85 \times 280 \times 40) = 6.71 \text{ cm}$ 。

$\phi M_{n,\min} = (0.9)(15.21 \times 4.2)(63 - 0.5 \times 6.71) / 100 = 34.292 \text{ tf-m}$ 。 ◀

※本題請參考“實力《鋼筋混凝土必做 50 題型》【P5-35】”

### 【109 土木專業入門先修班】

學習土木專業科目之前必備的  
基礎力學、基礎數學、微積分、工程數學，  
讓你能先打好基礎以銜接明年初的專業課程，

11/21(四)18:30 即將開課，

欲參加者請上實力粉絲專頁填寫表單，

並至櫃檯報名繳費。

表單連結網址：<https://bit.ly/2NuPvDR>

### 【歡慶實力 29 週年慶】

2018-2019 扭轉人生•自己作主

報名滿額轉扭蛋，萬元現金等您拿

11 月底前報名，還可再享「早鳥禮」！

欲準備考試的您~絕對不能錯過啦

身為扭蛋控的您~讓您扭到失心瘋

真的省 hen 大唷~

活動網址：<https://reurl.cc/xDNyKe>

三、請說明形狀因子之定義及其物理意義，並請計算  $H600 \times 300 \times 12 \times 22$  斷面之形狀因子。(20 分)

• 108 年土木技師試題 •

### 問題剖析

形狀因子  $f = M_p/M_y$ ，因題目未明示是要強軸或弱軸的值，故本解一併列出，但在考場至少要把強軸答案正確算出。

### 參考解答

#### 1. 形狀因子之定義與物理意義

我們定義塑性彎矩與降伏彎矩的比值為形狀因子、形狀因數 (shape factor)，其公式為

$$f = M_p/M_y$$

若斷面由  $F_y$  均相同的均質材料組成時，形狀因數可表示為

$$f = Z/S$$

$Z$  = 塑性斷面模數； $S$  = 斷面模數。形狀因數表示梁降伏之後，至全斷面降伏塑性狀態的餘裕空間。 $f$  越大表示梁降伏之後還要承受較大的彎矩才會到  $M_p$ ；反之， $f$  越小表示梁降伏之後馬上就達到  $M_p$ 。各種不同形狀及斷面尺寸之梁形狀因數大小皆不同，當梁的大部份斷面都位於中性軸附近時，會有較大的形狀因數，而當大部份斷面遠離中性軸時，其求得的形狀因數相對較小。例如矩形的形狀因數為 1.5；圓形的形狀因數為 1.7。

#### 2. 計算降伏彎矩 $M_y$

##### (1) 強軸降伏彎矩

因題目未明示是要強軸或弱軸的值，故本解一併列出，但在考場至少要把強軸答案正確算出。參考圖(a)幾何、性質上下對稱斷面，彈性中性軸位於中間，利用簡單面積加減算出  $I$  值。

$$\text{強軸慣性矩 } I_x = (30)(60)^3/12 - [(30-1.2)(60-2.2 \times 2)^3]/12 = 127488.922 \text{ cm}^4。$$

$$M_{yx} = F_y I_x / y_{\max} = (F_y)(127488.922)/30 = 4249.631 F_y。$$

##### (2) 弱軸降伏彎矩

$$\text{弱軸慣性矩 } I_y = \frac{(4.4)(30)^3}{12} + \frac{(55.6)(1.2)^3}{12} = 9908.006 \text{ cm}^4。$$

$$M_{yy} = F_y I_y / x_{\max} = (F_y)(9908.006)/15 = 660.534 F_y。$$

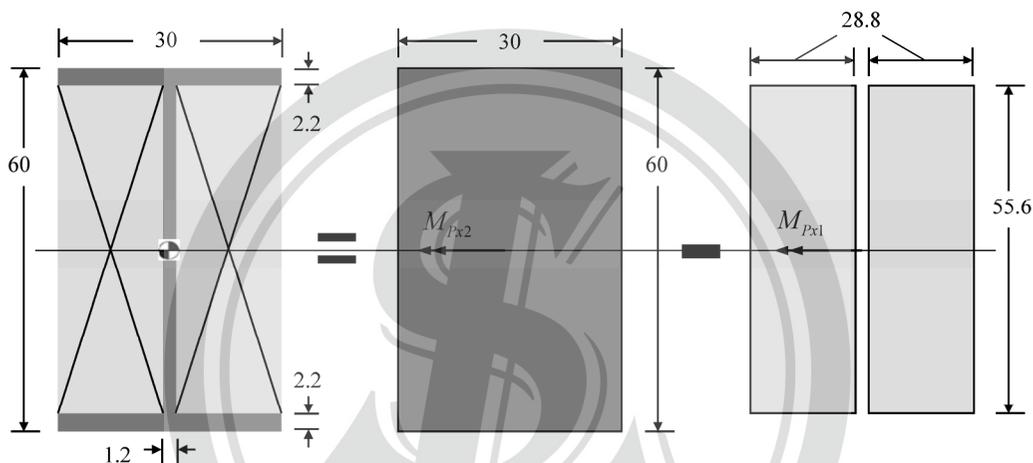
### 3. 計算塑性彎矩 $M_p$

#### (1) 強軸塑性彎矩

使用許弘老師獨門絕技塑性彎矩快速計算式求解（矩形  $M_p = (bh^2/4)(F_y)$ ）。參考圖 (a)，幾何、性質上下對稱，強軸塑性中性軸 PNA 位於中間，請想成這個 H 型鋼是「兩個矩形的組合」，用大矩形  $60 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  的  $M_{Px2}$  減去小矩形  $28.8 \text{ cm} \times 55.6 \text{ cm}$  的  $M_{Px1}$  即可輕易算出 H 型鋼的  $M_{Px}$ 。

$$M_{Px2} = \left(\frac{1}{4}\right)(30)(60)^2(F_y) = 27000F_y ; M_{Px1} = \left(\frac{1}{4}\right)(28.8)(55.6)^2(F_y) = 22257.792F_y。$$

$$M_{Px} = M_{Px2} - M_{Px1} = 27000F_y - 22257.792F_y = 4742.208F_y。$$



圖(a) H 型鋼斷面尺寸(cm)與強軸塑性彎矩的面積組合

#### (2) 弱軸塑性彎矩

一樣用矩形  $4.4 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  的  $M_{Py1}$  「加」矩形  $1.2 \text{ cm} \times 55.6 \text{ cm}$  的  $M_{Py2}$  即可輕易算出 H 型鋼的  $M_{Py}$ ，但要注意現在是與弱軸  $y$  軸正交的尺寸要乘平方。

$$M_{Py1} = \left(\frac{1}{4}\right)(4.4)(30)^2(F_y) = 990F_y ; M_{Py2} = \left(\frac{1}{4}\right)(55.6)(1.2)^2(F_y) = 20.016F_y。$$

$$M_{Py} = M_{Py1} + M_{Py2} = 990F_y + 20.016F_y = 1010.016F_y。$$

### 4. 計算形狀因子

#### (1) 強軸形狀因子

$$f_x = \frac{M_{Px}}{M_{y_x}} = \frac{4742.208F_y}{4249.631F_y} = 1.116。 \quad \blacktriangleleft$$

#### (2) 弱軸形狀因子

$$f_y = \frac{M_{Py}}{M_{y_y}} = \frac{1010.016F_y}{660.534F_y} = 1.529。 \quad \blacktriangleleft$$

※本題請參考“實力《觀念鋼結構》【P5-10】

《鋼結構必做 50 題型》【P4-7、P4-11】”

### 【早鳥的你現在該做什麼】

**Q1：**準備明年底的考試，現在會不會太早？

**A1：**一點都不早，你可以問問今年要考試的同學，  
他會告訴你：【早知道就提前準備，越早越好！】

**Q2：**現在要先準備什麼？

**A2：**必須先瞭解考試，做好心理建設，建立正確的唸書態度，擬定讀書計劃…。

**Q3：**該從何下手呢？

**A3：**先從【進入實力】開始，我們會引導你在不同階段，做好該做的事情。

### 早鳥開講

主題：如何讓您贏在起跑點？

主講：劉鳴 老師

時間：11/28（四）18:30

對象：實力學員可免費參加  
非學員開放限額

（台北班 20 名/台中班 10 名/台南班 5 名/高雄班 10 名）

欲參加者～請至【各分班】粉絲專頁線上報名填單

報名：〔台北學員表單〕：<http://bit.ly/32NAO45>

〔台北非學員表單〕：<http://bit.ly/2OhQKXb>

【早鳥早報到·先聽先知道】早鳥開課囉！



**實力 LINE@官方帳號上線囉！**

加入好友讓您掌握最新消息，  
有考試相關問題也可直接線上詢問唷。

台北實力 LINE ID：@895bwiky

中壢實力 LINE ID：@874uikbe

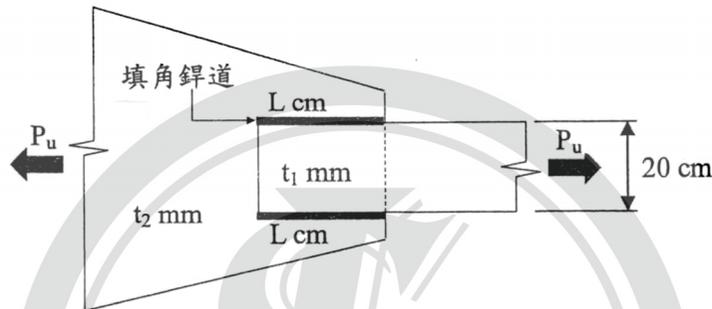
台中實力 LINE ID：@773qtzgt

台南實力 LINE ID：@896wiefg

高雄實力 LINE ID：@306bigta

四、如下圖所示一寬 20 cm、厚 16 mm ( $t_1$ ) 之鋼板採用填角銲縱向銲道疊接於另一厚度為 20 mm ( $t_2$ ) 之鋼板，兩鋼板之降伏及抗拉強度分別為  $F_y = 2.5 \text{ t/cm}^2$ ， $F_u = 4.1 \text{ t/cm}^2$ ，E70 銲材 ( $F_u = 4.9 \text{ t/cm}^2$ )：

- (一)依現行極限設計法規範，請問填角銲之最小銲道尺寸及最小銲道長度  $L$  分別為何？（未說明原因者不予計分。）(10 分)
- (二)在不考慮剪力遲滯效應 ( $U = 1.0$ ) 下，填角銲銲道尺寸  $L$  至少應為何？請說明原因。填角銲銲道之最大銲道尺寸又為何？（未說明原因者不予計分。）(20 分)



附表 極限設計法填角銲最小尺寸

接合部之較厚板厚，( $t$ mm)	最小銲腳尺寸 $[a]$ (mm)
$t \leq 6$	3
$6 < t \leq 12$	5
$12 < t \leq 19$	6
$19 < t \leq 38$	8

• 108 年土木技師試題 •

### 問題剖析

單純的銲接最大、最小尺寸規定問答，請緊抓關鍵字回答。第二小題要注意填角銲的必要長度不是透過「強度」去反算，而是問規範中關於鋼板銲接鋼板這種態樣的特殊規定。

### 參考解答

#### 1. 填角銲最小銲道尺寸、最小銲道長度

##### (1) 最小銲道尺寸

填角銲之最小尺寸  $a_{\min}$  規定如題目附表所示，注意  $a_{\min}$  由較厚鋼板決定，且所得之  $a_{\min}$  不得超過較薄鋼板之厚度。本題較厚鋼板的厚度  $t_2 = 20 \text{ mm}$ ，屬於  $19 < t \leq 38$  區間，最小銲接尺寸  $a_{\min} = 8 \text{ mm}$ 。

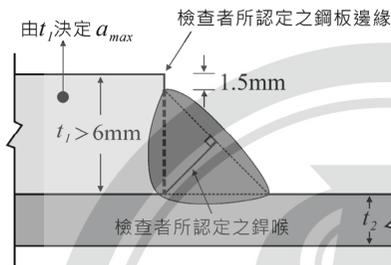
(2) 最小銲道長度

當銲接有效長度太短時，將很難控制銲接品質，故規範規定填角銲最小有效長度  $\geq 4a$ 。已知本題最小銲接尺寸  $a_{\min} = 0.8 \text{ cm}$ ，依規定填角銲最小有效長度  $L_{\min} = (4)(0.8) = 3.2 \text{ cm}$ 。

2. 填角銲最大銲道尺寸

為避免銲材之強度超過鋼板強度母材太多，而形成銲接之浪費，規範有填角銲最大銲接尺寸之規定。如圖(a)所示，兩個鋼板疊接時由較小鋼板（寬度較小者）決定填角銲最大銲接尺寸。

本題寬度較小鋼板厚度  $t_1 = 16 \text{ mm} > 6 \text{ mm}$ ，依規定  $a_{\max} = t - 1.5 = 16 - 1.5 = 14.5 \text{ mm}$ 。之所以要退縮 1.5 mm 是為了讓檢驗者能方便量取銲腳尺寸。



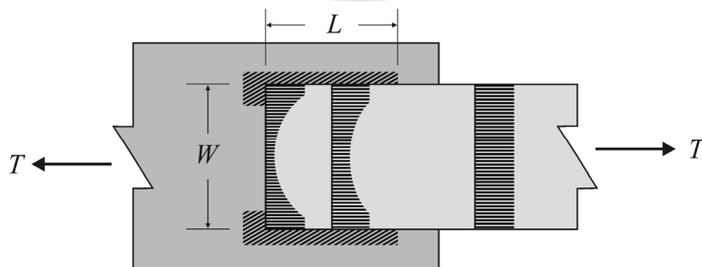
圖(a)

**109年技師高考【精修班】**  
 台北班 109/1/1(三)18:30 靜力  
 台中班 108/12/6(五)18:30 結構  
 高雄班 108/12/7(六)18:00 土力  
 其他課程陸續開課  
 ~歡迎免費試聽~

3. 不考慮剪力遲滯下所需的銲道長度

要注意此處填角銲所需必要長度不是透過「強度」去反算，而是問規範中關於鋼板銲接鋼板這種態樣的特殊規定。

如圖(b)所示，寬度為  $W$  的鋼板在受力方向上，以長度為  $L$  的縱向雙邊填角銲與另一構材接合時，斷面上接近銲接處的應力較大，產生斷面應力不均的剪力遲滯現象，且當鋼板寬度  $W$  越大，斷面上應力不均的情形就越明顯。規範規定這種鋼板銲接鋼板若不考慮剪力遲滯 ( $U = 1.0$ )，則縱向銲接長度必須大於等於 2 倍的較小鋼板寬度， $L \geq 2W$ 。本題較小鋼板寬度  $W = 20 \text{ cm}$ ， $L \geq (2)(20) = 40 \text{ cm}$  才無剪力遲滯。



圖(b)

※本題請參考“實力《觀念鋼結構》【P8-23~8-25、P3-18】”