

第四章 構造細則

4.1 適用範圍

本章適用於一般鋼骨鋼筋混凝土構造之相關設計細則，內容主要包括鋼骨、主筋、箍筋之配置細則及混凝土保護層等規定。

解說：影響 SRC 構造品質的因素很多，其中居於關鍵地位者為鋼骨、主筋、箍筋之配置等構造細則。有關 SRC 梁柱接合之細則規定，詳見第八章「接合設計」。進行耐震設計時，除應滿足本章之要求外，亦應符合第九章「耐震設計」之相關規定。

4.2 鋼骨

鋼骨鋼筋混凝土構造中之鋼骨配置，除本規範另有規定外，應依內政部所定之「鋼結構極限設計法規範及解說」之相關規定辦理。

4.2.1 鋼骨之配置

鋼骨鋼筋混凝土構造中之鋼骨配置，應考慮鋼骨與鋼筋之相互關係，以確保鋼筋配置之合理性及混凝土之填充性。

解說：SRC 構造因同時存在鋼骨與鋼筋，設計者在配置鋼骨時，應於構造複雜之位置考慮鋼筋配置之可行性，並應注意混凝土施工之填充性。

4.2.2 鋼骨之續接

鋼骨鋼筋混凝土構造中鋼骨之續接位置宜避開應力較大之處，並應減緩應力集中現象。

4.2.3 鋼骨之鋼筋貫穿孔

1. 在鋼骨斷面上設置鋼筋貫穿孔將造成鋼骨斷面積之減少，可能會對構材之強度及抵抗變形之能力產生不良影響。設計者應於配置鋼筋貫穿孔之前審慎評估其可行性。
2. 鋼骨鋼筋混凝土梁或柱之鋼骨斷面之翼板，原則上不得設置鋼筋貫穿孔。
3. 鋼骨鋼筋混凝土柱之鋼骨斷面之腹板，於必要時得設置鋼筋貫穿孔。在 H 型鋼骨斷面之腹板，或由 H 型鋼所組成之十字型鋼骨斷面之腹板上設置之貫穿孔，其限制如下式：

$$Z_n/Z \geq vY \quad (4.2-1)$$

Z：鋼骨全斷面之塑性斷面模數

Z_n ：斷面減損後鋼骨斷面之塑性斷面模數

Y：鋼材之降伏比，按表 4.2.1 規定

v：應變硬化造成應力提高之安全係數，依表 4.2.1 規定

表 4.2.1 Y 與 v 之值

鋼 骨	Y	v
A36	0.62	1.2
SS400、 SM400 與 SN400 級	0.59	
A572 Gr.50	0.77	1.1
SS490、 SM490 與 SN400 級	0.66	
SM490Y 與 SMA490 級	0.74	
其 他	0.70	

若不得已須違反本節第(2)款之規定設置貫穿孔時，須滿足公式(4.2-1)之規定，且 v 與 Y 之乘積須為表 4.2.1 之 1.1 倍。

4. 鋼筋貫穿孔應事先在工廠內加工完成，且一處貫穿孔以通過一支鋼筋為原則。
5. 開孔之位置不得妨礙銲道或螺栓接合。貫穿孔之邊緣以距銲道邊緣 15 mm，距銲接用之切角邊緣 25 mm 以上為宜。
6. 臨時增設貫穿孔時，須符合本節之規定且其貫穿孔位置、尺寸及補強方法，須經設計者核可後方可施作。

解說： 本節之規定主要參考日本 AIJ-SRC 規範之要求 [10]。SRC 梁或柱之鋼骨斷面之翼板 (Flange)，原則上不得設置鋼筋貫穿孔。

在鋼骨斷面上設置鋼筋貫穿孔會造成鋼骨斷面積之減少，使得鋼材之強度降低，故設計者應於配置鋼筋貫穿孔之前審慎評估其可行性。

SRC 柱之鋼骨使用鋼管或銲接箱型斷面時，因其全斷面承受軸力與彎矩，故應避免 SRC 梁之主筋貫穿鋼柱翼板。

SRC 柱構材之 H 形或十字形鋼骨斷面腹板 (Web) 上常需設置鋼筋貫穿孔，腹板主要承受剪力，雖然其抗剪之能力常超過所需，但開孔過大或太多時也會影響構材強度，故應審慎為之。

在梁柱接頭附近，因其應力較大，貫穿孔所造成之影響也較嚴重。由於塑性鉸將使構材產生某種程度之旋轉，塑性區之長度一般為構材深之 1 至 1.5 倍，為安全起見，於距接頭表面 2 倍構材深以外方得設置貫穿孔。

在梁柱接頭處之鋼板常設有銲接切角，在其附近開孔將可能助長對斷面或銲道之損傷。因此在梁柱接頭處附近之鋼骨翼板原則上不宜設置鋼筋貫穿孔。較詳細之規定可參考日本建築學會出版之「鐵骨鐵筋混凝土構造配筋指針(案)·同解說」[13]。

4.2.4 梁之開孔

1. 鋼骨鋼筋混凝土梁之開孔不得對安全性造成不利之影響，鋼骨之開孔應事先在工廠內加工完成。
2. 若設計所需要之強度大於開孔處之強度，則應於開孔處進行適當之補強。
3. 鋼骨鋼筋混凝土梁之開孔口徑不宜超過該梁斷面深度之 0.4 倍，亦不宜超過內包鋼骨斷面深度之 0.7 倍，且孔邊應距鋼筋混凝土梁上下緣各 180mm 以上及鋼梁上下緣各 80mm 以上。
4. 梁之開孔並列時，開孔之中心間距應為孔徑平均值之 3 倍以上。

解說：設備管線於梁上設置貫穿孔將減低梁之強度及剛性，故建築結構、設備各負責人應充分協調溝通尋求最合理之管線通路。

貫穿孔應分別對彎矩及剪力檢討補強，彎矩之檢討可從鋼骨翼板及梁主筋上著手，而剪力部分應對鋼骨及 RC 各別強度加以考量。

H 型鋼及組合型鋼之補強方法可以將鋼板銲於腹板上，或直接以鋼管補強。鋼套管須於工廠製作加工與鋼骨一體成形，由於此一方式不易變更開孔位置，故應儘早繪製設備施工圖，俾使能夠與建築施工圖一併檢討，並反映在鋼骨製作圖上。此外，即使計算上不須補強之小孔，但各小孔合併值超過規定值時，仍應視同一大孔予以補強。

4.3 鋼筋

鋼骨鋼筋混凝土構造中之主筋與箍筋配置，除本規範另有規定外，應依內政部所定之「混凝土結構設計規範」之相關規定辦理。

4.3.1 主筋之一般要求

1. 矩形斷面之鋼骨鋼筋混凝土構材至少應於斷面四個角落各配置一根主筋。
2. 主筋應採用竹節鋼筋且直徑須為 D16 以上。
3. 主筋與主筋之淨間距應大於以下之最小者：(1) 25 mm，(2) 主筋標稱直徑之 1.5 倍，(3) 粗骨材最大粒徑之 1.25 倍。
4. 鋼骨鋼筋混凝土連續構架中，柱之主筋或梁之端部主筋若未連續通過梁柱接頭或未依規定適當錨定時，應視其為構材之補助筋，且不計其對構材強度之貢獻。

解說：對於未連續通過梁柱接頭之主筋應視其為「補助筋」之規定，主要是為了避免主筋因受鋼骨阻擋而導致施工者任意將主筋在梁柱接頭處切斷或彎折。設計者應避免在 SRC 梁或柱中配置太密的主筋，以免造成此種不合理的現象。

4.3.2 梁之主筋

1. 矩形斷面之鋼骨鋼筋混凝土梁之主筋排列，一般以在斷面四個角落各配置一根主筋為原則。主筋不宜配置於鋼梁翼板之正上方或下方，以免主筋在梁柱接頭處受到柱內鋼骨阻擋而無法連續通過梁柱接頭。
2. 鋼骨鋼筋混凝土 T 型梁之部分主筋若配置於梁寬以外之樓板內，則其末端須錨定於柱混凝土之核心內。

解說：SRC 梁之主筋以在斷面四個角落各配置一根主筋為宜，必要時得於梁之每個角落配置兩根主筋作上下層配置，如圖 C4.3.1 所示。若不能於梁之角落配置兩層主筋，可能的解決方法之一為將梁主筋之一部分配置於樓版內，如圖 C4.3.2 所示[13]。惟此時應注意主筋的保護層是否足夠及主筋不可與鋼柱翼板衝突等問題。

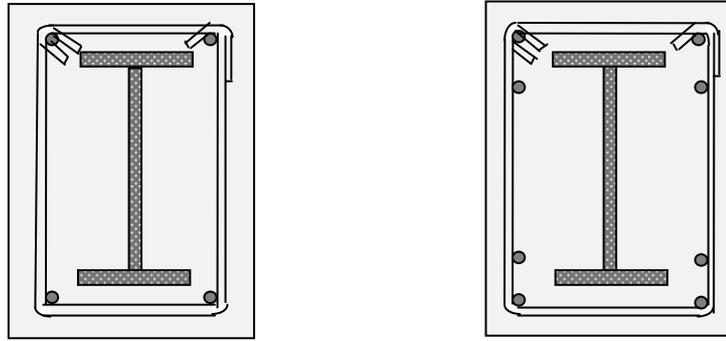


圖 C4.3.1 包覆型 SRC 梁之主筋配置示意圖

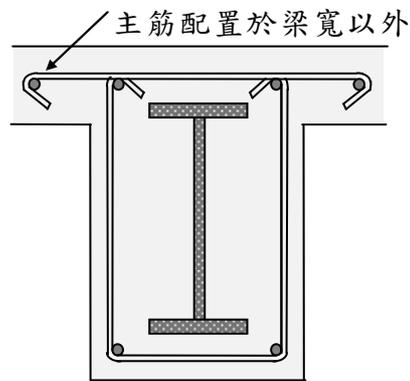


圖 C4.3.2 包覆型 SRC 梁（頂部主筋配置於樓板內）[13]

4.3.3 柱之主筋

1. 矩形斷面之鋼骨鋼筋混凝土柱至少應於斷面四個角落各配置一根主筋。一般柱內之主筋排列，以在每個角落各配置三根主筋為原則。主筋不宜配置於鋼柱翼板之上下方或左右兩側，以免主筋在梁柱接頭處受到梁內鋼骨阻擋而無法連續通過梁柱接頭。
2. 鋼骨鋼筋混凝土柱中之主筋間距不得大於 300 mm。若主筋間距大於 300 mm 時，則須加配 D13 以上之軸向補助筋，補助筋可以不用錨定，且補助筋應不計其對柱強度之貢獻。

解說：一般而言，矩形斷面之 SRC 柱以在斷面的每個角落配置三根主筋為原則，如圖 C4.3.3 所示。SRC 柱之主筋集中分佈在斷面的四個角落上，主要是為了避免主筋在梁柱接頭處受到 SRC 梁內之鋼骨阻擋而無法連續通過梁柱接頭。

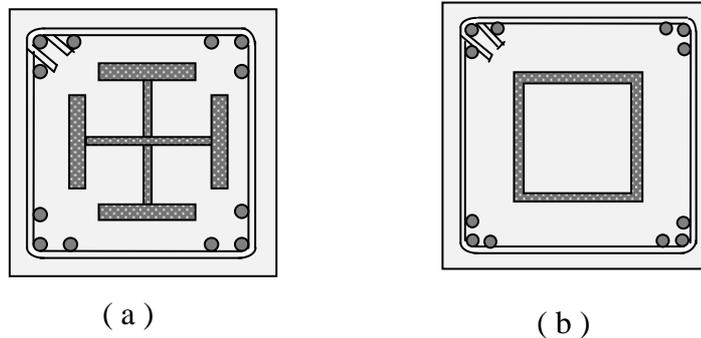


圖 C4.3.3 SRC 柱之主筋配置示意圖

設計者在配置 SRC 柱之主筋時，尚應注意柱中相鄰主筋之間距。若 SRC 柱中相鄰主筋的間距大於 300 mm 時，由於鋼筋對混凝土的圍束效果將會明顯減弱，故應如圖 C4.3.4 所示，在 SRC 柱之長向增加配置 D13 以上之補助筋[13]。一般而言，補助筋在梁柱接頭處常受到 SRC 梁內之鋼骨阻擋而無法連續通過梁柱接頭，故不計其對 SRC 柱強度之貢獻。

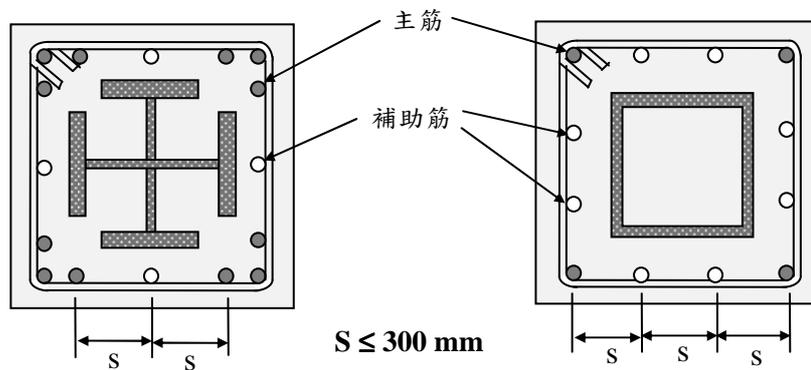


圖 C4.3.4 SRC 柱之補助筋與間距要求[13]

4.3.4 梁之箍筋

1. 鋼骨鋼筋混凝土梁中之箍筋直徑須為 D10 以上。
2. 梁之箍筋之最小間距不得小於 75 mm。
3. 梁之箍筋使用 D10 時，其間距不得大於梁深之一半，且在 250 mm 以下。使用較大直徑之箍筋時，可適量增大間距，惟仍不得大於梁深之一半，且在 450 mm 以下。
4. 包覆型鋼骨鋼筋混凝土梁，其最小箍筋比 $(\rho_w)_{\min}$ 應不小於 0.1%，其中 $\rho_w = A_v / (bS)$ ， A_v 為箍筋在間距 S 範圍內之斷面積， b 為構材斷面寬度。

解說：一般 SRC 構造中，剪力大多為鋼骨所承擔。相對於 RC 構造而言，箍筋在剪力補強之比重較為緩和。箍筋在 SRC 構造中，除了提供部分剪力強度之外，主要功能尚有圍束混凝土，防止鋼骨局部挫屈及鋼筋挫屈等。

有關 SRC 構材中箍筋之配置，目前國外各規範中仍以日本 AIJ-SRC 規範較為完備，本節之規定係依據 AIJ-SRC 規範第三章之建議 [10]。本節第(2)項所規定最小間距，主要考慮箍筋之彎勾與主筋之勾搭及內

有鋼骨的狀況下混凝土之施工性。有關 SRC 構材中箍筋之彎鉤，設計者可參考 AIJ 「SRC 配筋指針(案)、同解說」之規定[13]。圖 C4.3.5 顯示 SRC 梁中幾種可能的箍筋形狀示意圖。

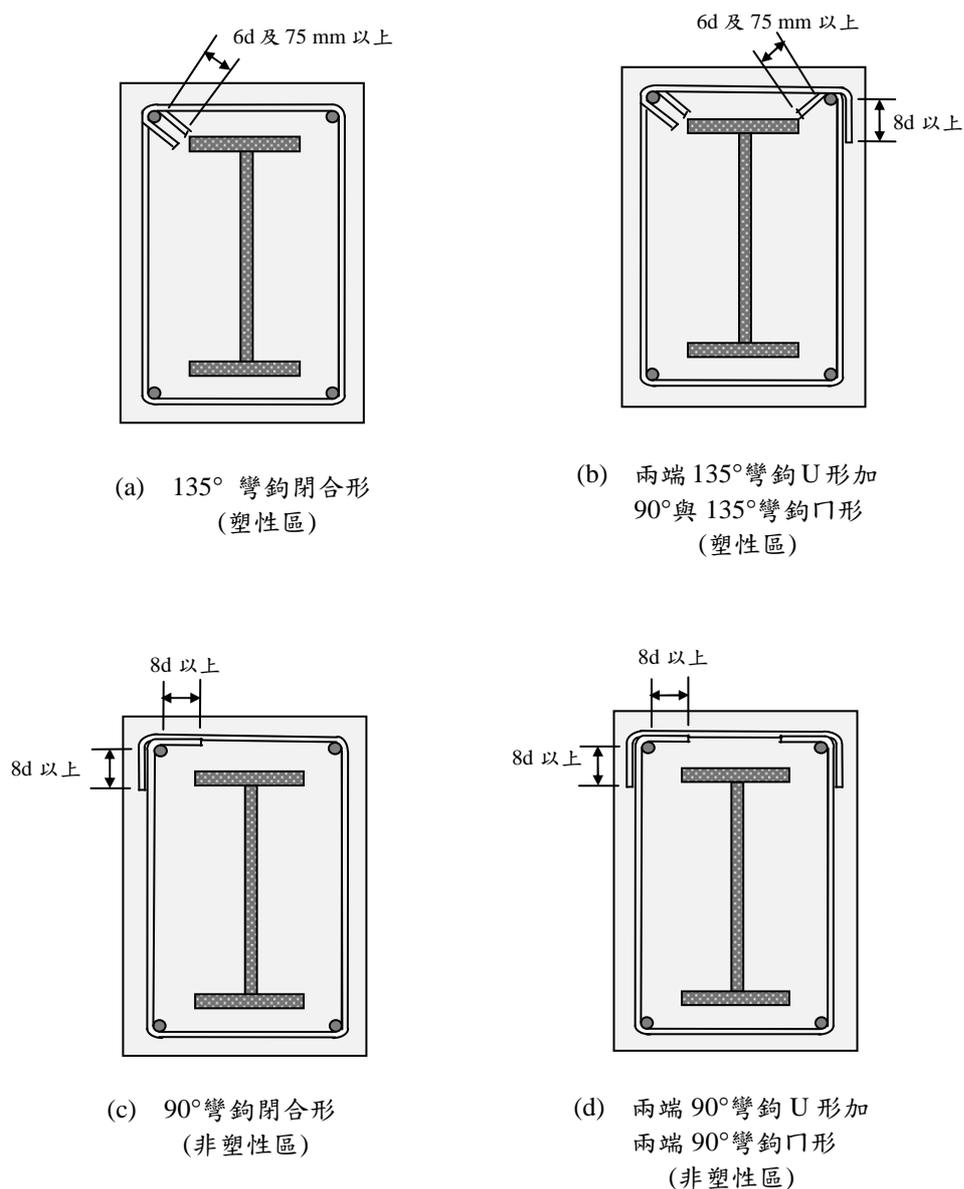


圖 C4.3.5 SRC 梁箍筋配置示意圖[13]

4.3.5 柱之箍筋

1. 鋼骨鋼筋混凝土柱中之箍筋直徑須為 D10 以上。
2. 柱箍筋間距不得小於 75 mm。
3. 柱之箍筋使用 D10 時，其間距不得大於 150 mm；當使用較大直徑之箍筋時，可適量增大間距，惟不得超過 200 mm。
4. 含 I 型或十字型鋼骨之包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱，其最小箍筋比 $(\rho_w)_{\min}$ 應不小於 0.1%，其中 $\rho_w = A_v / (bs)$ ， A_v 為箍筋在間距 s 範圍內之斷面積， b 為構材斷面寬度。
5. 包覆型鋼管混凝土柱，其最小箍筋比 $(\rho_w)_{\min}$ 應不小於 0.2%，其中 $\rho_w = A_v / (b's)$ ， A_v 為箍筋在間距 s 範圍內之斷面積， b' 為混凝土斷面有效寬度，其值為全斷面寬度減去鋼管斷面之寬度。

解說：本節有關 SRC 柱箍筋間距之限制係源自 AIJ-SRC 規範第三章之規定 [10]。有關 SRC 柱中之箍筋彎鉤，設計者可參考 AIJ「SRC 配筋指針(案)、同解說」之規定 [13]。圖 C4.3.6 顯示 SRC 柱中幾種可能的箍筋形狀示意圖。

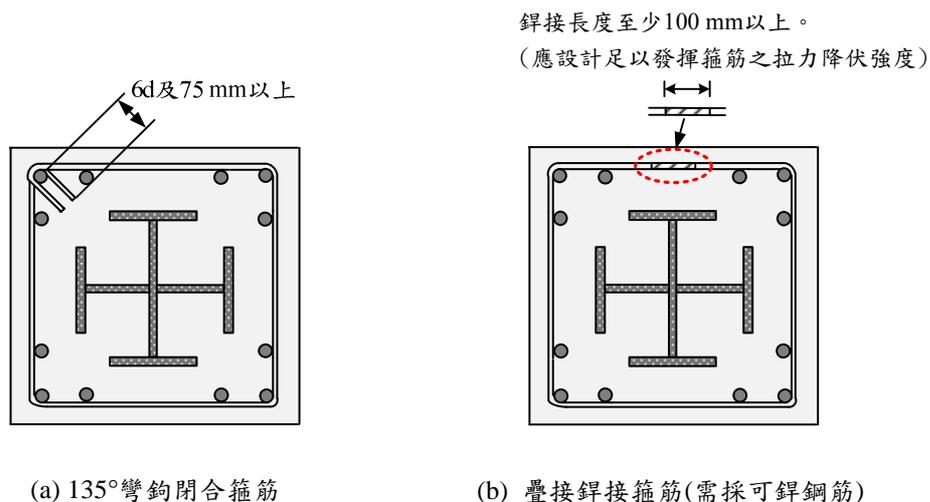


圖 C4.3.6 SRC 柱箍筋配置示意圖 [13]

此外，圖 C4.3.7 顯示一種在 SRC 柱四個角落增加配置繫筋之示意圖 [14]。此方式之特點在於提供主筋固定效果，並可能有助於柱內混凝土之圍束。

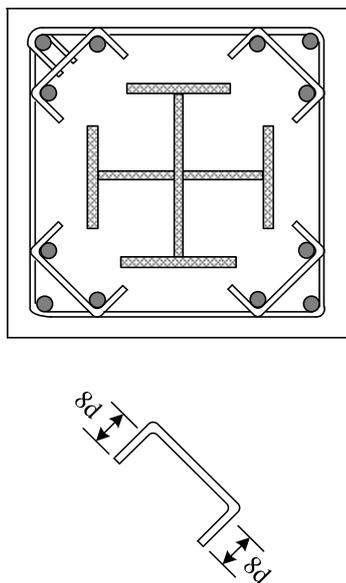


圖 C4.3.7 SRC 柱角落繫筋配置示意圖[14]

近來有許多採用五螺箍(5-Spirals)之 SRC 柱與接頭之試驗成果出現，研究顯示這種 SRC 構造具有良好的強度、韌性與經濟效益[58~60]。如圖 C4.3.8 所示，五螺箍以一個大圓螺箍搭配四個小圓螺箍組成。小圓螺箍具有以下功能：(1)圍束矩形柱四個角落混凝土；(2)固定與支撐主筋；(3)對大螺箍提供側向束制。

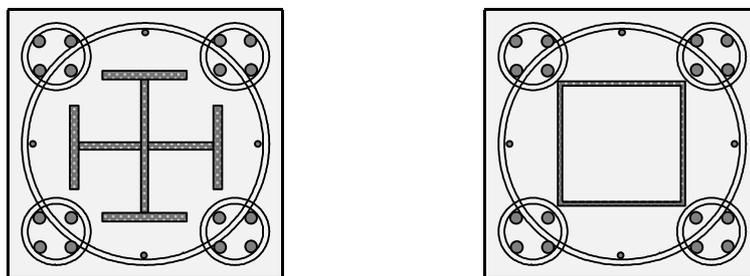


圖 C4.3.8 配置「五螺箍」之矩形 SRC 柱斷面示意圖[58,59]

五螺箍突破傳統單一螺箍無法應用於矩形柱的限制；且由於螺箍具有連續性，不像橫箍筋需要在角隅以彎鉤固定，因此有助於節省箍筋用量。在施工方面，五螺箍 SRC 柱若以預鑄(Precast)工法施作，有助於節省成本及縮短工期；若以現場澆置混凝土施工，則宜採用預組鋼筋籠之方式施作。研究顯示，進行五螺箍設計時，小螺箍之圍束直徑可取約 0.3 倍左右的大螺箍圍束直徑。大螺箍之鋼筋線徑通常比小螺箍稍大，例如大螺箍之線徑若採用 D16 鋼筋，小螺箍則可採用 D13 鋼筋。此外，大螺箍與小螺箍宜具有相同之間距以利互相嵌合[58,61]。

4.4 鋼筋與鋼骨之淨間距

1. 主筋與鋼骨之淨間距：

主筋與鋼骨板面平行時，其淨間距應保持 25 mm 以上，且不得小於粗骨材最大粒徑之 1.25 倍。但主筋與鋼骨板面垂直時，其間距不受此限。

2. 箍筋與鋼骨之淨間距：

箍筋不得與鋼骨面密貼，其淨間距應保持 25 mm 以上。

解說：檢討鋼骨和鋼筋之配置時，須考量混凝土之填充性與鋼筋之握裹性等。通常主筋和軸方向鋼骨板面之淨間距應為 25 mm 以上且為粗骨材最大粒徑之 1.25 倍。若間距太小則無法發揮鋼筋之握裹力。但主筋和鋼骨面直接觸時則可不受此限。圖 C4.4.1 顯示一鋼骨與鋼筋間距之示意圖[13]。

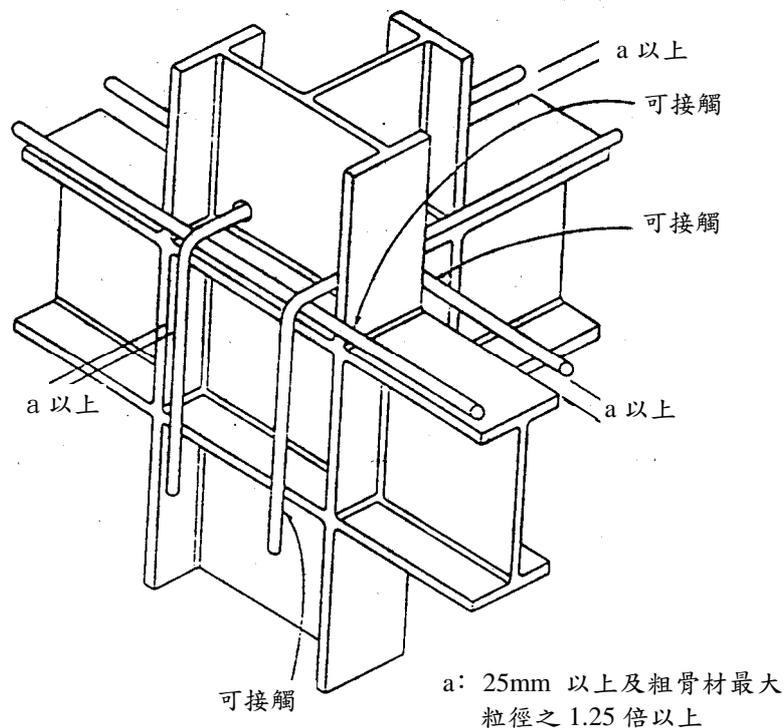


圖 C4.4.1 鋼骨與鋼筋之間距示意圖[13]

4.5 鋼骨與鋼筋之混凝土保護層

1. 鋼骨之混凝土保護層厚度

鋼骨之最小保護層厚度應考慮鋼筋配置及施工之需要，當鋼板與主筋平行時，鋼骨之混凝土保護層厚度一般須為 100 mm 以上。當鋼骨鋼筋混凝土構材之主筋為 D22 以上時，鋼骨之混凝土保護層須為 125 mm 以上。

2. 鋼筋之混凝土保護層厚度

鋼筋之最小保護層厚度，除本規範另有規定外，應按內政部所定之「混凝土結構設計規範」之相關規定辦理。

解說：鋼筋及鋼骨所需混凝土保護層最小厚度，主要在於確保構材之耐久性及耐火性。雖然純鋼骨保護層厚度僅需 50 mm，但鋼骨鋼筋混凝土之鋼骨表面至混凝土表面之厚度，一般須為 125 mm 以上，以使混凝土中之鋼筋有足夠之握裹效力與保護層[10]。

以 SRC 結構桿件常用之鋼筋尺寸為例，若主筋為 D25、箍筋為 D13，考慮鋼筋之最外徑尺寸，鋼骨之混凝土保護層厚度一般須為 125 mm 以上。

圖 C4.5.1 與 C4.5.2 分別顯示 SRC 梁與 SRC 柱之斷面配置細部圖。圖中之 a 與 b 為主筋與箍筋之最大直徑(含竹節凸起之高度)，c 與 d 則為鋼骨至混凝土面之距離。當鋼筋尺寸不同時，圖中的 c 與 d 亦隨著改變，如表 C4.5.1 所示。表中之 c 與 d 係依照鋼筋之最大直徑計算，一般竹節鋼筋之最大直徑如圖 C4.5.3 所示。

設計上除了鋼骨保護層厚度須加以考慮外，鋼骨與鋼筋之間距，混凝土之填充性也須加以檢討。檢討事項包括鋼骨與鋼筋之間距，鋼筋與鋼筋之間距，肋筋及箍筋彎勾角度，梁柱接頭之配置，鋼筋續接之型式等。一般而言，各構材之假設斷面可在梁柱接頭部位以 1/5 至 1/10 之比例下充分檢討其保護層厚度。

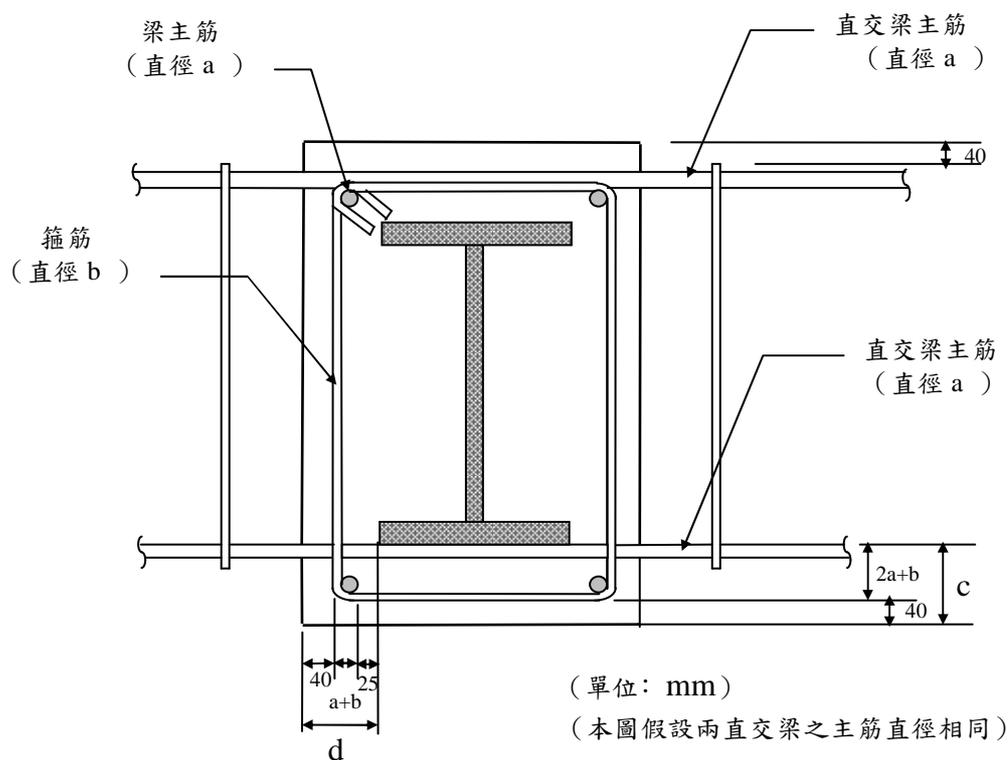


圖 C4.5.1 SRC 梁斷面配置細部示意圖

表 C4.5.1 鋼骨鋼筋混凝土梁斷面鋼骨最小保護層厚度

梁主筋號數	箍筋號數	c (mm)	d (mm)
#8 (D25)	#3	107	104
	#4	115	107
	#5	114	111
#10 (D32)	#3	123	112
	#4	126	115
	#5	130	119

註：(1) 本表假設兩直交梁之主筋直徑相同。

(2) 本表中之 c 與 d 值係依圖 C4.5.3 中之竹節鋼筋最大直徑計得。

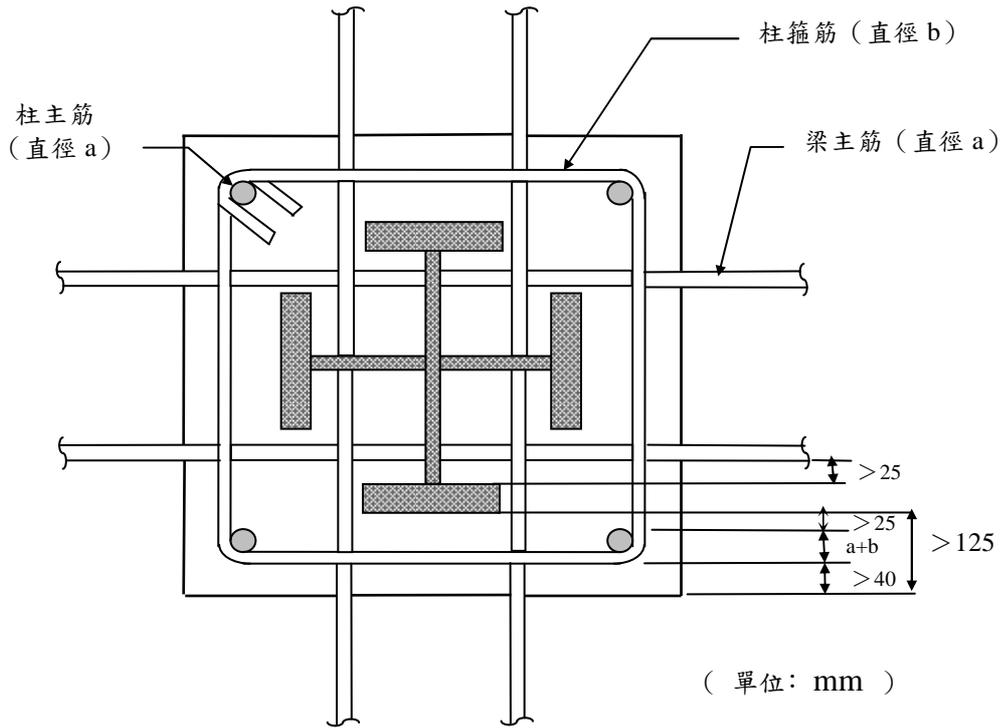
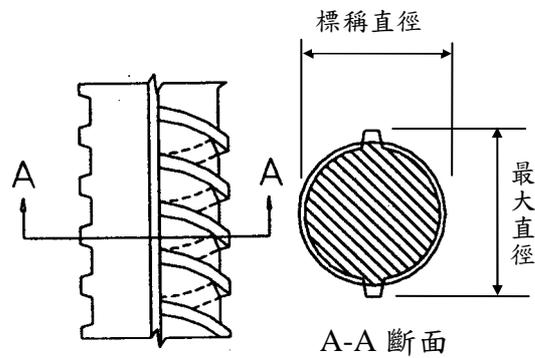


圖 C4.5.2 SRC 柱斷面配置細部示意圖



鋼筋號數	標稱直徑 (mm)	最大直徑 (mm)
#3	10	11
#4	13	14
#5	16	18
#8	25	28
#9	29	33
#10	32	36
#11	35	40

圖 C4.5.3 竹節鋼筋之最大直徑

4.6 混凝土

鋼骨鋼筋混凝土工程所用之混凝土，應經適當配比設計以確保產製之混凝土具有適當之強度、工作度及其他所需品質。除本規範另有規定外，混凝土之配比與施工應按內政部所定之「結構混凝土施工規範」之規定辦理。

4.6.1 混凝土之配比

1. 鋼骨鋼筋混凝土工程所用混凝土之配比應具有適當之工作度，其粗骨材之用量得酌減 10% 以內。
2. 鋼骨鋼筋混凝土工程所用之混凝土，其粗粒料之標稱最大粒徑不得超過鋼筋與鋼筋或鋼筋與鋼骨之淨間距的五分之四。

解說：SRC 構造所用混凝土之粗骨材標稱最大粒徑一般採用 20 mm，但較難灌注之梁柱接頭，得採用較小粒徑之粗骨材。SRC 構材由於斷面內存在鋼骨之緣故，有時需適度減少混凝土粗骨材之用量，但以 10% 為限，如此將可增加混凝土之流動性及充填性[5]。

4.6.2 混凝土之施工

1. 預拌混凝土之產製應符合 CNS 3090 [預拌混凝土] 之規定。
2. 鋼骨鋼筋混凝土工程之混凝土應特別考慮混凝土之工作度，以符合充填性之要求，使混凝土與鋼骨充分結合避免蜂窩現象。
3. 混凝土澆注時應注意不易填充之處，尤其在鋼梁翼板下方及梁柱接頭之柱內連續板下方，施工時應避免骨材析離之現象。

解說：對於混凝土澆置較為困難之 SRC 梁柱接頭區、鋼梁之底部、鋼骨續接板附近、腹板之角隅等處，施工時應特別注意使混凝土之填充情況良好，以免發生蜂窩現象。