

單元壹—設計者之職責

第一章 結構設計圖

1.1 通則

結構設計圖為結構設計者應業主或營建管理人之要求而繪製，並依法定程序核定者。結構設計圖和施工說明書均為合約文件之一部份。結構設計圖應包含適當之注意事項及其他必要之資料，以期能夠迅速且正確地被瞭解。結構設計圖須傳達明確的指示和顯示鋼筋及銲接鋼線網之配置。結構設計圖和施工圖可以一併繪製。

設計者之職責為針對設計需求提供明確的敘述；而施工者之職責是執行上述要求。設計者不可在其施工說明書或設計圖中僅陳述適用之規範，而由施工者自行援用製作施工圖。相反地，應由設計者負責將規範需求製作成明確的設計細部詳圖或配合注意事項表示出來，以便施工者有所依據。若對上述資料發現有任何疏漏、疑義或矛盾之處，施工者應該要求設計者提供補充、澄清或修正等措施。

設計者應於施工說明書中要求施工圖中標準單元及接頭大樣須提送設計者核可，而施工圖之其餘部份須提送設計者核備。設計者亦須選定於施工中較具複雜性之梁柱接頭配筋，各繪出至少6個剖面之縮尺比例配筋詳圖。其中6個接頭是指基礎梁、中間層與屋頂層之中間柱及角柱接頭各一，而其鋼筋之粗細亦須按比例繪製。

1.2 繪圖標準

1.2.1 材料

製作工程設計圖之最低標準工具為鉛筆和描圖紙。其他具有複製性和耐久性之材料均可使用。

1.2.2 尺寸

結構設計圖宜以標準尺寸繪製。同一套的所有圖面宜為相同之尺寸。常用之標準尺寸如下：

84.1×118.9 cm (A0)

59.4×84.1 cm (A1)

42.0×59.4 cm (A2)

29.7×42.0 cm (A3)

所有尺寸係指圖紙裁切邊線的距離，至於圖框邊線則略小於裁切邊線。

1.2.3 方向

結構平面圖應有北向標誌，並應置於平面圖附近之明顯位置。

1.2.4 比例

結構設計圖須於圖形下方標示繪圖比例。

1.2.5 字體

所有的字體均須清楚且易於辨認。若以縮影圖供工地使用時，字體應維持相當的尺寸以便易於辨認。

1.3 結構設計圖—房屋及其他結構

1.3.1 通則

結構設計圖或施工說明書中至少應載明下列內容：

- (1) 設計之參考規範。
- (2) 設計圖所使用之尺寸單位。
- (3) 樓版之設計活載重、可能發生之風力及地震力、及土壤或基樁之設計載重(如有地質改良亦須註明)。
- (4) 結構材料以外之特殊靜載重或振動機械載重。
- (5) 鋼筋、混凝土及其材料之規格、強度、及檢驗規定。
- (6) 特殊材料之規格及檢驗規定。
- (7) 特殊被覆材料(如有)。
- (8) 各部位之詳細尺寸。
- (9) 結構牆之位置及大小尺寸。
- (10) 鋼筋之錨定、續接、彎(斷)點位置及續接位置。
- (11) 鋼筋彎紮注意事項。
- (12) 特殊接合之規格、強度檢驗及施工方式。
- (13) 鋼筋保護層及間距之規定。
- (14) 預拱量(視需要)。
- (15) 施工接縫之位置及施工需求。
- (16) 梁、版、牆等之開孔補強。
- (17) 混凝土養生及拆模時間。
- (18) 配合結構設計原意所必須之施工順序及配合施工方法所必須之安全措施。
- (19) 地下管線或預埋管線、預留孔及埋設鐵件等之設置條件及注意事項。

- (20) 製作鋼筋施工圖所必需之資料。
- (21) 其他影響結構安全或施工安全之注意事項。

1.3.2 大梁和小梁

大梁和小梁之設計圖或明細表至少應包含下列資料：

- (1) 梁編號。
- (2) 梁之尺寸。
- (3) 各部位鋼筋之直徑、數量、位置及長度。
- (4) 箍筋之直徑、位置及間距。
- (5) 梁上柱柱頭之預留筋(如有)。
- (6) 梁柱接頭之斷面尺寸(視需要)。
- (7) 梁與梁交接處之主梁箍筋細部。
- (8) 其他特殊資料。

請參閱圖1，2，3和14。

1.3.3 柱

柱之設計圖至少應包含下列資料：

- (1) 柱編號。
- (2) 柱之尺寸。
- (3) 柱筋之直徑、數量及位置。
- (4) 箍筋之直徑、位置及間距。
- (5) 柱斷面或配筋如有改變亦須繪出。
- (6) 續接位置、續接方式、續接長度及錯開規定。
- (7) 上層柱之柱筋量如大於下層柱，須示出上層柱柱筋是否須倒插

入下層樓版面下方之結構體及埋置長度與方式。

(8) 柱筋圖之方位須配合平面圖之方位。

(9) 其他特殊資料。

1.4 結構設計圖—公路及交通工程

1.4.1 尺寸

由於公路工程的結構設計圖通常為結構設計圖和施工圖之併用圖直接供施工使用，因此所有的尺寸均須清楚地標示。對所有鋼筋之混凝土保護層尺寸均須標示於圖面上。至於單獨繪製施工圖者，可參照房屋結構施工圖實務(詳第3.5節)對結構尺寸作適度地省略。

1.4.2 鋼筋

結構設計圖和施工圖之併用圖須標示鋼筋和銲接鋼線網的尺寸、間距和位置。鋼筋表中須標示根數、尺寸、長度、鋼筋編號和彎筋之細部尺寸。

對於較大之結構物，其鋼筋之配置、組裝和運送有時會做單元化之處理(例如：基腳、橋墩、橋台和大梁等單元)，鋼筋表亦可作類似之分割。如果構件之規模夠大時，通常可單獨以一構件為單元繪製施工圖及鋼筋表。

基礎、橋台、橋墩、翼牆和版之鋼筋可以平面、斷面或立面圖來表達。必要時可提供剖面圖補充。鋼筋表須包含所有需要的材料。

第二章 鋼筋配置設計之基本規定

2.1 通則

本章提供設計者在設計考量時之最低標準。本章為參考下列標準彙整而得：

- (1) 中國土木水利工程學會，”鋼筋混凝土建築設計規範(土木401-80)”。
- (2) 交通部技術標準規範，”公路橋梁設計規範(民國76年)”。
- (3) 中國土木水利工程學會，”混凝土工程施工規範(土木402-80)”。
- (4) 蔡克銓，蔡益超，邱昌平，”結構構材韌性設計規範研究(民國81年)”，中華民國結構工程學會。
- (5) 內政部營建署，”建築技術規則(民國71年)”。
- (6) ACI Committee 315，”Details and Detailing of Concrete Reinforcement(Revised 1986)”。
- (7) Concrete Reinforcing Steel Institute，”CRSI Handbook 1992”。
- (8) American Welding Society，”Structural Welding Code - Reinforcing Steel (AWS D1.4)”。
- (9) 日本建築學會，”鋼筋混凝土構造配筋指針同解說(1986)”。
- (10) 設計實務及現有研究成果。

2.2 允許公差

因受設備和生產效率等之限制，彎作誤差勢難避免。配合標準工廠設備彎作鋼筋之標準允許公差見圖4及圖5。若有需要設定更嚴格之允許公差的限制時，可在合約文件中註明。設計者亦須考慮允許公差對結構物之保護層、強度、施工性和使用性等之影響。

2.3 結構設計與施工之併用圖

結構設計與施工之併用圖須標示所有鋼筋外緣至外緣之尺寸，而鋼筋長度係指所有細部尺寸之和，其中包含彎鉤 A 和 G 之尺度(表 1)。

2.4 彎鉤和彎曲

將彎鉤和彎曲之尺寸規格化之目的為使鋼筋加工程序標準化及限制彎鉤區內之混凝土應力。請詳表 1 和圖 6。

2.5 大梁和小梁

2.5.1 梁寬

設計者應標示鋼筋所需之混凝土保護層及鋼筋之間距以供握裹伸展、防止銹蝕和混凝土澆置之用。對房屋結構而言，同層平行鋼筋間之淨距不得小於鋼筋之直徑，或粗粒料標稱最大粒徑之 1.33 倍，亦不得小於 2.5cm。對現場澆置之橋梁構造而言，同層平行鋼筋間之淨距不得小於鋼筋直徑之 1.5 倍，或粗粒料標稱最大粒徑之 1.5 倍，亦不得小於 4cm。若鋼筋分置兩層以上者，兩層間之淨距不得小於 2.5cm；各鋼筋須上下對齊不得錯列。

表 2 係依照土木 401-80 之規定對使用 2.5cm 及 2.0cm 最大骨材粒徑的混凝土，分別提供不同梁寬內單層排置鋼筋之最多根數。表 3 也依照交通部“公路橋梁設計規範(民國 76 年)”之規定，對橋梁構造提供了類似的資料。上述表格僅供設計者使用，至於梁是否須分層排置係由設計者決定而非由施工者判斷。

2.5.2 箍筋錨定

設計者須標示所有箍筋的尺寸、間距、位置和型式。箍筋形式包含 U 型肋筋和閉合箍筋(圖 11 和圖 12)。

箍筋之錨定有多種方式，最常見的箍-繫筋型式如圖 6 所示，其中 S_1 至 S_6 及 T_1 和 T_2 各型所使用之標準彎鉤如表 1 所示。設計者必須註明何處須使用箍筋之錨定筋。箍筋之錨定端須預留足夠的空間以確保箍筋彎鉤之外端能完全圍封在混凝土內，當彎鉤向外錨定入版內時尤須注意。

在須用閉合箍筋以抵抗剪力之處，其閉合方式可由單一或二件組合之箍筋並以 90° 標準彎鉤疊接，或由成對之 U 型肋筋搭接所組成。在須用閉合箍筋以抵抗扭矩之處，其閉合方式可由單一或二件組合並以 135° 標準彎鉤疊接所組成。箍筋的每一彎角之內緣至少須有一根縱向鋼筋，此縱向鋼筋之尺寸至少須等於箍筋之直徑且為 #4(含)以上。繫筋若用來抵抗鋼筋或鋼鍵之曲率所衍生之徑向力時，則此繫筋必須有適當的錨定。

2.5.3 束筋之間距

束筋是指由四根以內之鋼筋捆紮成束作為單根使用者。若鋼筋之最小淨距及保護層厚度係以鋼筋直徑倍數為準者，則束筋所用之直徑應用其等面積所相當單根鋼筋之直徑。

2.6 柱

2.6.1 柱筋

柱主筋之配置須符合土木 401-80 規範第 13.5 節中對鋼筋及束筋之最小間距規定。表 4 為圓柱主筋可排置之最多根數，表 5 為方形柱單邊中主筋可排置之最多根數。柱主筋之續接位置須清楚標示。若柱筋之續接

採用對接方式時，則在配置鋼筋時須考慮續接器之直徑加大以及銲接施作所須增設之空間。對於鋼筋端部須作特殊處理者，須標示或註明。若上下層柱之配筋有所改變時，結構設計圖中須清楚標示所有柱筋在樓版面之上下延伸長度(詳第2.7節)。

2.6.2 柱面間鋼筋之偏折

若柱之尺寸有所變化時，結構設計圖中須標示柱縱向主筋之偏折處理或使用分離接筋作搭接處理(詳第3.7.7.2節)。偏折鋼筋對柱軸之斜度不得大於1:6。圖7為建議的柱筋續接之斷面細部。柱面偏距7.5cm以上時主筋不得偏折，該主筋須用接筋搭接之，搭接須符合土木401-80第5.18節及5.15.2.3節之規定。

柱筋偏折處須用橫箍筋或部份樓版構造做水平支撐，且此水平支撐須能承受鋼筋偏折部份水平分力1.5倍之推力，若用橫箍筋時須配置於離偏折點15cm以內。實務上，通常使用三根緊密排列之橫箍作水平支撐，其中一根可為柱設計所需之箍筋而其它二根為額外添加者。結構設計圖須標示柱縱向主筋和所有橫箍筋之配置。

設計者除了須標示柱橫箍筋之尺寸和間距外，尚須標示續接或柱筋偏折等特殊情況所需另加之柱橫箍筋。

2.6.3 樓層間配筋之改變

當樓層間柱之配筋有所改變時，柱主筋可作延伸通過、截斷或分離接筋等處理。至少相當於上層柱筋之用量及長度須由下層延伸入上層搭接或對接。設計者應於合約圖說中標示不連續之柱筋是否需要額外的延伸或彎鉤以供錨定，如為直線延伸則其截斷點不得低於樓版面下7.5公分。

2.6.4 螺箍筋

螺箍筋之間距應為0.5cm的整數倍。依據土木401-80規範之規定，螺箍筋之淨間距不得大於7.5cm，亦不得小於2.5cm或粗粒料最大粒徑之1.33倍。螺箍筋應於兩端各再加1.5圈以為錨定。螺箍筋之續接可用銲接或搭接，搭接長度至少為 $48d_b$ 且不得小於30cm。

對不同直徑的螺筋，其可供加工和可供疊置之最小螺箍直徑如下表所示。

螺筋之尺寸	可供加工之 最小螺箍外徑 (cm)	可供疊置之 最小螺箍外徑 (cm)
#3	23	35
#4	30	45
#5	38	60
#6(特殊)	76	†

螺箍筋通常使用在柱、橋墩、鑽掘式沉箱和基樁等構件內。至於盤繞成螺旋狀之圓形箍筋雖不符合土木401-80規範所定義之螺箍筋，但仍可應用於上述構件內，惟須視為橫箍筋處理。這些圓形橫箍筋通常具有較大的間距。

2.6.5 柱箍筋

柱之主鋼筋須用橫箍筋圍箍之。圖8和9針對若干不同主筋根數之柱標示其橫箍筋之標準配置。圖8中之單件橫箍筋配置可對於吊裝前在工地預先紮組之柱鋼筋籠提供最大的剛度。當柱之主筋允許使用符合錯開規定之全面續接時，方利於單層樓高之預紮式鋼筋籠的使用。依照土木401-80規範之規定，#14和#18之鋼筋除了用於傳遞壓力至較小號接筋外不得搭接。依照交通部公路橋梁設計規範之規定，大於#11(不含)

之鋼筋不得搭接。

二層樓高且為錯開式對接之大號主筋，因受吊裝不便之限制，通常於現場先立好柱筋再綁紮箍筋。圖9為建議之二件式箍筋標準配置方式，以便應用於工地之組裝作業。這些建議之配置方式可適用於設計者所指定之任何續接方式。如為組裝施作需於柱或橋墩內部增設空間時（如綁紮鋼筋時須伸入柱或橋墩內部）或設計者指定其他箍筋配置型式，只要符合土木401-80規範要求均可使用。

橫箍筋的間距和主筋之尺寸、柱之尺寸和橫箍筋之尺寸有關。表6為橫箍筋之最大允許間距。

設計者除了須標示柱橫箍筋之尺寸和間距外，尚須標示搭接或柱筋偏折等對柱橫箍筋之特殊需求（見第2.10節耐震細節）。

螺箍筋之配置應自基腳面或各層樓版面起至其所支撐構材之最底層水平鋼筋止。若設計要求自螺箍筋終止處至上層樓版面間配置橫向鋼筋時，則此橫向鋼筋可使用短節之螺箍筋，也可使用圓形橫箍筋以利樓版中鋼筋之排置，且於設計圖中須標示其配置形式。

2.6.6 成束鋼筋

柱主筋亦可使用束筋。束筋為4根以內之平行鋼筋捆紮成束作為單根使用。成束鋼筋之續接可以錯開方式對接或按其單一鋼筋作個別之搭接，惟不可作整束之搭接。

成束鋼筋必須以箍筋箍住，或用鋼線綁紮或以其他固定方式確保澆灌混凝土時不致鬆動。若以增加短筋做為抗拉續接時，在續接處範圍內，須比照對束筋之規定以箍筋箍住。束筋必須配置於箍筋或繫筋之轉角處，且束筋之橫筋須為#4以上。表7提供柱主筋採用束筋時之設計和細部詳圖所需之數據。

2.7 續接

2.7.1 通則

梁中鋼筋之長度若超過現有庫存品，則鋼筋之續接須予規定。鋼筋之續接應由設計者指定或以圖說規定，續接可採用搭接、鐸接(包含瓦斯壓接)或續接器。依照土木401-80規範之規定，#14和#18之鋼筋除了用於傳遞壓力至較小號鋼筋外不得搭接。

設計者須於設計圖中使用細部詳圖標示續接之位置。在大梁及小梁中理想之續接位置應置於鋼筋之最低應力處，亦即反曲點位置。設計者應儘量避免將續接位置設於臨界之抗拉應力處。搭接可作接觸或不接觸之搭接。設計者須於圖中標明續接為錯開佈置或同一位置全部續接之方式。受撓構材中鋼筋作不接觸搭接時，其側向間距不得大於搭接長度之 $1/5$ 或15cm。

2.7.2 搭接

因為搭接強度隨鋼筋直徑、鋼筋強度、混凝土強度、鋼筋間距、鋼筋保護層、肋筋用量、鋼筋位置、鋼筋表面處理、超量鋼筋、和應力之種類(壓力或拉力)而改變，因此設計者須標示所有搭接之位置，且以符號“C”或“T”分別註明其為受壓或受拉之搭接。對於受拉鋼筋之搭接，設計者須標示搭接等級並註明是否為頂層鋼筋。設計者須對所有之搭接註明其尺寸。對於兩種尺寸鋼筋之搭接，除另有註明者外，施工者可使用小號鋼筋之抗拉搭接長度。

表8至12之提供，主要是方便設計者之使用。但施工者亦可使用這些表來決定搭接長度，惟仍須由設計者核可。

至少相當於上層柱筋之用量及足夠之長度須由下層柱延伸入上層以供搭接，且不得少於4根。除設計圖另有註明外，施工者應將下層柱之

其餘鋼筋作適當之錨定，如已有足夠之埋置長度仍應延伸至距樓版面下或其他傳遞載重至柱之構材頂面下7.5cm處。若柱主筋頂端距基礎或基座頂面不足180cm者，則此主筋須直接延伸入基礎或基座內。預留筋通常僅在設計圖上指定之位置使用。

在柱偏折處供搭接用預留筋之截面積應至少與上層筋者相同，且此預留筋應按設計圖所示向續接點之上下方延伸(一個設計者指定的長度)。

不論柱鋼筋之尺寸是否不同，依工程實務標準配置柱主筋之搭接長度時以上層柱之鋼筋尺寸為計算基準。

圖7為柱筋搭接時之鋼筋佈置。由圖中可見，鋼筋在長方形柱中之偏折量要比鋼筋在圓形柱中者為大。當正方形或長方形柱之斷面尺寸沒有變化且設計者未作註記時，柱主筋之搭接通常是將鋼筋作廠彎偏折再置入柱內。當圓形柱之斷面尺寸沒有變化時，只有在上層柱需作最多根數之搭接時才對鋼筋作偏折，但設計者須標示其配置方式。

當基礎或基座之深度小於預留筋所需求之埋置長度時，則於設計圖中須標示如何使用尺寸較小且總截面積相當之預留筋作取代。請詳表13及14。對配有彎鉤之預留筋而言，在抗拉伸展長度之估算時其彎鉤部份可以計入，但在抗壓伸展長度之估算時其彎鉤視為無效，應以直線筋計算。

當柱斷面尺寸之變化超過7.5cm或部份結構須延期澆置或在不同結構單元之間，則須使用單獨之預留筋作柱主筋之續接。除非情況特殊，否則分離之預留筋應與接合鋼筋之數目、尺寸和強度相同，且須具有足夠的長度以便和主筋續接，而上述情況須由設計者標示清楚。

設計者必須標示受拉銲接竹節鋼線網之搭接情況。土木401-80規範要求鋼線網之搭接長度不得少於 $1.3l_d$ 或20cm，而設計者則應標示明確之搭接長度。

設計者也須註明受拉銲接光面鋼線網之搭接情況。土木 901-80 規範規定若 (使用之 A_s / 需要之 A_s) < 2 時，其介於兩搭接鋼線網最外橫向鋼線間之搭接長度不得小於一網格長度再加 5cm，或 $1.5l_d$ ，或 15cm，取最大值。若 (使用之 A_s / 需要之 A_s) ≥ 2 時，則上述長度僅須大於 5cm 或 $1.5l_d$ 。因此，設計者應標示搭接長度，或以細部圖註明網格長度再加 5cm，取其控制情況。

2.7.3 對接

柱主筋對接之型式可為全銲續接或為續接器。#14 和 #18 號鋼筋之接續必須為對接之型式。對接鋼筋之端部通常需要特別之處理。在使用電弧熔接時，最常見的方式是對下層筋之頂端作平切處理，而對上層筋之底端作雙斜切處理。在工地加工時可用火鋸切割。電弧熔接須符合美國銲接協會 AWS D1.4 之規定。在使用續接器時，鋼筋的端部將視續接器的型式而作平切、銜切或標準剪切之處理。因對接常須對相鄰鋼筋作錯開之排置，所以設計者須標示允許之對接型式，對接位置，和鋼筋端部處理之要求。

續接器須經內政部按新材料新工法之審查辦法核可。

2.8 接頭細部

2.8.1 剛構架之角隅

在設計剛構架之角隅接頭時，須特別注意對鋼筋提供儘可能較大之連續且均勻的彎曲半徑，並須保持其圓心位於混凝土內。對大梁上層鋼筋和柱外層主筋作續接時，此點非常重要。設計者須提供完整的資料以顯示彎曲半徑，位置和搭接長度。若使用銲接或續接器時，也須提供完整的敘述。混凝土內之徑向拉力和鋼筋彎曲凹角所造成之拉力均須作適當的考慮。

2.8.2 牆之交接及角隅

當設計須配置單面或雙面水平牆鋼筋時，則此水平牆筋須延伸通過牆之角隅或交接處，以期能完全發展其強度(見圖10)。設計者必須標示水平鋼筋之延伸長度及鋼筋在牆及基礎之交接及角隅處的錨定情況。耐震設計的實務標準是要求所有的水平鋼筋均須作錨定。

牆之角隅和交接處承受使角隅撐開之載重時，其配筋方式與承受使角隅閉合之載重者不同。圖10為標準細部圖，牆在抵抗來自外側或內側之載重時，其鋼筋須由最大應力之臨界面開始計算埋置長度。

2.8.3 閉合箍筋

當設計圖標示使用閉合箍筋時，其閉合方式可由單一或二件組合之箍筋並以 90° 標準彎鉤疊接，或由成對之U型肋筋搭接所組成。箍筋的每一彎角之內緣至少須有一根縱向鋼筋，此縱向鋼筋之尺寸至少須等於箍筋之直徑且須為#4(含)以上，且其細部須標示於設計圖上，詳見圖12。

若箍筋之閉合方式係由 90° 彎鉤疊接或由U型肋筋搭接而成，則其抗扭能力較差，不適用於高抗扭桿件中。由抗扭實驗[†]顯示混凝土保護層受力剝落後會使 90° 彎鉤和搭接鋼筋之錨定失效，因而造成抗扭桿件之過早破壞，請詳圖13。

若箍筋之閉合方式係由 90° 彎鉤疊接而成，則其耐震能力亦差，不適用於抗震桿件中。這是因為反覆載重會造成混凝土保護層受力剝落，而使 90° 彎鉤之錨定失效，進而造成箍筋不足之抗震破壞。耐震閉合箍筋之型式請詳圖14及圖16。

註[†]: Collins, M. P., and Mitchell, D., "Detailing for Torsion," ACI Journal, Proceedings V, 73, No. 9, Sept. 1976, pp. 506-511.

2.9 鋼筋支墊

設計者須標示鋼筋支墊或側模間隔器之材質及防蝕需求，亦須標示特殊結構桿件或區域所需使用之支墊。關於鋼筋支墊和側模間隔器之進一步細節可詳第五章及土木402-80規範第5.7.4節。

2.10 耐震設計中構架、接頭、牆、橫隔版及雙向版之特別規定

2.10.1 簡介

在強震地區，鋼筋混凝土構架抵抗地震運動引發力之設計須符合土木401-80規範之第15.3至15.9節和第1至14章之要求。其目的在於提供足夠之細部配置以便結構系統在非線性反應中不致急劇地降低其強度。

在非強震地區，鋼筋混凝土構架抵抗地震運動引發力之設計僅須符合土木401-80規範之第15.10節和第1至14章之要求。至於強震區與非強震區之範圍區分暨本文條款之適用性，端視建築技術規則之界定。

對耐震設計而言，構件尺寸之選擇和鋼筋配置之設計應避免鋼筋過密。使用低於最大允許鋼筋量之設計將有助於鋼筋之綁紮和混凝土之澆置。

本節將闡述土木401-80規範第15章之要求以使設計者了解如何對施工者表達耐震規定，並使施工者熟悉耐震鋼筋細部。圖14至18顯示多項耐震設計特別規定之示意圖。這些規定適用於強震區內構架中梁柱之設計。

設計者須以三度空間的角度來仔細檢查鋼筋之配置並對施工者提供適當的資料。此項檢查對梁柱接頭、柱和箍筋配置尤其重要。為了避免梁柱接頭在施工時鋼筋之結紮和混凝土之澆置發生困難，設計者宜使用大比例之繪圖、模擬、或仿製圖17所示之接頭細部先作檢查。

設計者應於施工說明書中要求施工圖中接頭大樣須提送設計者核可。同時，設計者亦須選定於施工中較具複雜性之梁柱接頭配筋，各繪出至少6個剖面之縮尺比例配筋詳圖。其中6個接頭是指基礎梁、中間層與屋頂層之中間柱及角柱接頭各一，而其鋼筋之粗細亦須按比例繪製。

構架中接頭和耐震牆之邊界構材在承受橫向之反覆式載重時，須能在降伏後持續抵抗載重而不致產生混凝土之脆性破壞。爲了發展此項韌度，接頭及邊界構材內之混凝土須以箍筋確實束制如圖 14 至 18 所示。

2.10.2 混凝土

混凝土之規定抗壓強度 f'_c 不得小於 210 kg/cm^2 。輕質混凝土之規定抗壓強度 f'_c 不得大於 280 kg/cm^2 。

2.10.3 鋼筋

在剛構構材及牆邊界構材中抵抗地震衍生撓曲及軸力之鋼筋應符合 ASTM A706(低合金鋼混凝土用竹節鋼筋)之規定。一般鋼筋混凝土用 f_y 爲 2800 至 4200 kg/cm^2 之鋼筋(CNS 560 A2006)亦可使用，但應符合下述規定：(a)根據製造廠試驗之實際降伏強度不得超過 $f_y + 1260 \text{ kg/cm}^2$ ；複驗時不得超過 $f_y + 1470 \text{ kg/cm}^2$ 。(b)實際極限抗拉強度不得小於實際降伏強度之 1.25 倍。

2.10.4 梁-強震區

梁之上下兩面至少各須有兩根鋼筋通過構材全長。通過內跨柱之梁主筋須在距離柱面 2 個梁深度外始得搭接(圖 14)，而且這些鋼筋須延伸通過其理論切斷點。

受撓構材在柱面處，其正彎矩強度不得小於其所具負彎矩強度之 $1/2$ 。在沿構材長度上任何斷面，不論正彎矩強度或負彎矩強度均不得

低於兩端柱面處所具最大彎矩強度之 $1/4$ 。設計者應標示鋼筋之數量，切斷點，搭接之長度及位置以滿足規範之要求。

連續之頂面鋼筋應在構架之跨度中央處作續接，因為在此處橫向力所造成之彎矩較小而垂直力之彎矩不會對頂面鋼筋產生拉力。底面鋼筋不可以在柱端處續接，以避開反覆式載重的負荷。

在梁柱交接處，設計者須標示鋼筋在何處以直線或彎鉤方式錨定。

柱僅一面有梁接入時，其上下面鋼筋均須以 90° 彎鉤方式延伸至柱圍封核心之遠端。彎鉤之抗拉伸展長度不得小於 $8d_b$ ， 15cm ，或 $f_y d_b / (17.2 \sqrt{f'_c})$ ，請詳表13至16。

耐震閉合箍筋應設置在梁之兩端由支承構材面向跨度中央延伸2倍構材深度之範圍內。若構材可能會因非彈性側向變位而引起撓曲降伏時，則設計者須標示其位置，並在降伏斷面向兩側各延伸2倍構材深度之範圍內設置耐震閉合箍筋。耐震箍筋之最大間距要求可詳圖14。

在不需耐震閉合箍筋之範圍內仍應設置橫箍，其間距不得超過 $d/2$ ，且設計者仍應標示其細部。

2.10.5 梁-非強震區

土木401-80規範規定接頭面之正彎矩強度不得小於該接頭面所具負彎矩強度之 $1/3$ 。構材沿其長度上任何斷面之正負彎矩強度均不得小於該梁兩端接頭面所具最大彎矩強度之 $1/5$ 。設計者須標示符合規範要求的鋼筋數量，切斷點，和搭接之長度及位置。

在構材之兩端均應以耐震閉合箍筋配置於由支承構材面向跨度中央量起兩倍構材深度之長度內。第一個箍筋距支承構材面不得超過 5cm 。耐震箍筋最大間距不得超過(1) $d/4$ ，(2)所包圍最小主鋼筋直徑之8倍，(3)箍筋直徑之24倍，及(4) 30cm 。在構材之其餘部份仍需配置間距不大於 $d/2$ 的箍筋。

2.10.6 柱-強震區

柱心混凝土需要橫向鋼筋提供束制作用。對方形柱而言，此橫向鋼筋可由單支或數件重疊之耐震閉合箍筋所組成。對圓形柱則可使用圓形箍筋或螺箍。方形耐震箍筋可用 135° 彎鉤之疊接作閉合，此彎鉤須具有不小於 $6d_b$ 或 7.5cm 長之直線延伸段且埋置於柱心混凝土內。

與閉合箍筋相同大小與間距之繫筋亦得使用。繫筋之兩端均須圍繞於縱向鋼筋，並間隔換端，請詳圖15和16。

最大間距不超過 10cm 或柱最小尺度之 $1/4$ 的耐震閉合箍筋須配置在接頭內和接頭上下各延伸一個長度不小於柱深度，柱淨高之 $1/6$ ，或 45cm 之範圍內。規範條文已規定了箍筋的大小和間距，尤其重要的就是須保持箍筋和主筋的確實接觸。

柱主筋之續接方式可為搭接，銲接或續接器連接。鋼筋之搭接僅容許於構材長度之中央 $1/2$ 內，並必須做拉力續接。銲接或續接器可用於每隔一根做續接之任何斷面，且相鄰鋼筋之續接沿構材縱軸方向之中心距不得小於 60cm 。

2.10.7 柱-非強震區

由接頭面量起 ℓ_0 長度內橫箍之間距 s_0 不得大於：(1)所包圍最小主鋼筋直徑之8倍，(2)橫箍鋼筋直徑之24倍，(3)柱斷面最小尺寸之 $1/2$ ，及(4) 30cm 。第一個橫箍應置於距接頭面不大於 $s_0/2$ 之處。長度 ℓ_0 不得小於(1)構材淨跨度之 $1/6$ ，(2)柱斷面之最大尺寸，及(3) 45cm 。而柱內中間段其他箍筋之間距不得超過 $2s_0$ 。

2.10.8 結構牆和橫隔版-強震暨非強震區

具有抵抗側向力功能的結構牆和橫隔版相較於韌性梁柱構架而言，為勁度極高之桿件。因為牆可設計為抵抗或非抵抗地震側力之構材，所

以設計者必須對牆鋼筋之設計要求做完整的敘述。通常可於設計圖標示為結構牆和橫隔版或以詳圖註明。請詳圖 18。

若牆之水平設計剪力超過 $(0.53\sqrt{f'_c})A_{cv}$ 時，則牆至少須採用兩層鋼筋幕。而沿縱軸與橫軸方向之鋼筋比均不得小於 0.0025，每一方向之鋼筋間距亦不得大於 45cm。

當邊界構材之壓應力超過 $0.2f'_c$ 時，則此邊界構材須符合強震區之柱耐震設計需求。結構牆及橫隔版之橫向鋼筋應錨定於其邊界構材之圍束核心中，使該橫向鋼筋能發展其拉力達降伏應力。

2.10.9 構架之接頭－強震區

假設接頭柱面處之撓曲拉力鋼筋之應力為 $1.25f_y$ 來配合設計梁之受壓側之抗壓強度及剪力設計。強震區中柱之耐震閉合箍筋亦須配置於接頭中。若接頭四面皆有構材接入且其圍封條件符合規範要求時，則接頭內可使用較少量之橫向箍筋。設計者應評估梁主筋之端部錨定和束制的要求。這些設計需求通常可以標準詳圖表示。請詳圖 14 至 17。

2.10.10 無梁雙向版－非強震區

依照土木 401-80 規範之規定，抵抗 $\gamma_f Ms$ 彎矩且不少於柱列帶鋼筋之半的版鋼筋需集中排置於有效之版寬內。其中 γ_f 由土木 401-80 之式 (6-1) 計算，而有效版寬為在柱或柱冠兩側各加 1.5 倍版厚或 1.5 倍柱頭版厚之寬度。（故對內柱有效版寬為 $3h + c_2$ ，而對邊柱及角柱係指 $1.5h + c_2$ 。）設計者必須標示集中於此臨界寬度內之鋼筋，至於其他鋼筋之標示可參考圖 22(D) 中非震區之一般細部。

在支承處柱列帶內之頂面鋼筋應有不少於其 1/4 連續配置於全部跨度。

柱列帶內連續之底面鋼筋不得少於支承處柱列帶內頂面鋼筋之 1/3。

在跨度中央所有底面鋼筋至少應有 $1/2$ 連續配置於全部跨度，且上述鋼筋在支承面之伸展應達降伏強度。

在版不連續處之支承面上，所有頂面及底面鋼筋，其伸展均應達降伏強度。

2.11 鋼筋之防蝕塗布

2.11.1 通則

2.11.1.1 施工說明書—塗布鋼筋可對鋼筋混凝土結構物提供防蝕之保護。無論使用塗布鋼筋與否，其結構設計圖所需交待之資料相似。塗布鋼筋之處理程序遠比未塗布鋼筋者為繁瑣，因此塗布鋼筋之交貨週期較長，而且更換鋼筋或是追加鋼筋時均不容易有現貨供應。所以設計者在施工說明書或在設計圖中須對塗布鋼筋之使用作明確且完整的規範。

2.11.1.2 施工說明書中應載明之條文—應包含下列條文：

- (a) 電銲續接—規定任何在鋼筋之加工或銲接方面有需要或比AWS D1.4規範還嚴格之要求，例如塗布層之去除等；規定在銲接後對受損塗布層之修補要求。
- (b) 續接器—規定在續接器安裝後對受損塗布層之修補要求。
- (c) 部份埋置塗布鋼筋之工地彎曲—若設計者許可對已埋置在硬化混凝土內塗布鋼筋之外露部份做工地彎曲，則須敘明在彎曲後對受損塗布層之修補要求。
- (d) 塗布鋼筋之工地切斷—不建議採用此項操作，但若實際需要且設計者許可，則須規定對鋼筋切斷端之塗布要求。
- (e) 塗布層受損之限制—規定塗布鋼筋因搬動、運送或排置過程而受損之允許限制，及塗布層需要修補之規定。

2.11.1.3 使用—基於整體之經濟性，同一計劃中應儘量使用直線鋼筋和相同大小之鋼筋。若同時使用塗布及非塗布鋼筋時，則須對塗布

鋼筋作明確的註記以避免混淆。僅在一般注意事項中註記某桿件需使用塗布鋼筋是不夠清楚的。埋置於桿件中之塗布鋼筋需特別註明。

2.11.2 環氧樹脂塗布鋼筋

2.11.2.1 材料說明書—環氧樹脂塗布鋼筋應符合ASTM A775(樹脂塗布鋼筋)之規定。至於可供塗布之鋼筋須符合土木401-80規範第13.2節之規定。

2.11.2.2 識別—塗布鋼筋之識別可對其加註接尾辭(E)或加註星號(★)，並在註記中說明上述加註符號者為塗布鋼筋。

2.11.2.3 相容之綁紮鐵線和鋼筋支墊—環氧樹脂塗布鋼筋必須以尼龍、樹脂或塑膠塗布之鐵線或其他經核可之材料紮緊。排置在模板上之環氧樹脂塗布鋼筋，其支墊應為不導電材料，若為鋼筋支架則應以環氧樹脂或塑膠等可與混凝土相容之不導電材料塗布於離支點5cm之範圍內。若以鋼筋做支架則須以環氧樹脂塗布。

2.11.3 鍍鋅鋼筋

2.11.3.1 材料說明書—鍍鋅鋼筋應符合ASTM A767(混凝土用鍍鋅鋼筋)之規定。至於可供鍍鋅之鋼筋須符合土木401-80規範第13.2節之規定。

2.11.3.2 補充要求—ASTM A767規定中有3項補充要求；補充要求 S_1 規定當鋼筋在鍍鋅後才再加工時鋼筋之剪斷端須以高濃度鋅粉塗料做塗布； S_2 規定其使用ASTM A615鋼筋時，受損之鍍鋅層須以高濃度鋅粉塗料做修補。 S_3 規定每一爐之鋼筋均須作矽元素分析。因而建議若鋼筋在鍍鋅後之加工包括切斷和彎曲時，應該加註補充要求 S_1 和 S_2 。若鋼筋在鍍鋅後之加工僅有彎曲時，則應加註補充要求 S_2 。

2.11.3.3 塗布重量 — ASTM A767 之表 1 將塗布重量分為兩級。一般之管建通常標示 Class 1 ($0.11 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$)。

2.11.3.4 其他埋設鐵件 — 未塗布之鋼筋和其他非銑金屬埋設物均不得靠近鍍鋅鋼筋，除非其為陰極防蝕保護系統之一部份。

2.11.3.5 識別 — 鋼筋通常都在加工後才鍍鋅。若鋼筋在加工時需有特別的彎曲直徑時(例如箍筋和繫筋等小號鋼筋)，須予標示。從鍍鋅程序到運送之前維持鋼筋的標籤是鍍鋅者之責任。每捆鋼筋均須附上正規標籤和金屬標籤。(正規標籤通常在鍍鋅過程中即損壞，故僅存金屬標籤供永久識別。)鍍鋅鋼筋之識別可對其加註接尾辭(G)，並在註記中說明上述加註符號即為鍍鋅鋼筋。

2.11.3.6 相容之綁紮鐵線和鋼筋支墊 — 未塗布鋼筋和其他非銑金屬埋設物與鍍鋅鋼筋直接接觸或相距在 5cm 以內者，除經許可外，均應鍍鋅。鍍鋅鋼筋和未塗布鋼筋不得連結。鍍鋅鋼筋必須以鍍鋅鐵線、非金屬塗布鐵線、或其他經核可之材料紮緊。排置在模板上之鍍鋅鋼筋，其支墊若為鋼筋支架和鋼筋時，則必須鍍鋅或以不導電材料塗布之。但亦可以經許可之其他不導電材料做支墊。

單元貳—施工者之職責

第三章 施工圖

3.1 定義

施工圖為針對鋼筋之加工和排置而製作者。施工圖至少應包含下列內容：

- (1) 結構平面圖(含各構件之編號、尺寸及相關位置)，
- (2) 安裝組立圖(含彎作細部、排筋細部及排筋平面或立面以及開孔補強細部)，
- (3) 鋼筋明細表(含安裝組立圖之彎作細部表及數量統計表供備料及鋼筋加工用)。

施工圖可由人工製作或電腦繪圖。

3.2 範圍

施工圖之目的在於傳達設計者載明於合約文件中之意圖。施工圖製作之最高指導原則係源自合約文件以及附件：例如設計者發出之”附冊”(但若於簽約後才發出時，則在合約書中須有同意之條款)。施工圖應該包含所有必需之資料以供完成鋼筋和鋼筋支墊之加工和排置。

3.3 步驟

施工者應按照設計者載明於合約文件中之內容製作施工圖。承包者須提供關於工地條件，工地量測，施工縫，和混凝土澆置次序之任何必需資料。待設計者核可或核備後(含修改圖)，施工圖方可供加工和排筋使用。

3.4 繪圖標準

3.4.1 尺寸

施工圖宜以標準尺寸繪製。同一套的所有圖面宜為相同之尺寸。常用之標準尺寸如下：

84.1×118.9 cm (A0)

59.4×84.1 cm (A1)

42.0×59.4 cm (A2)

29.7×42.0 cm (A3)

所有尺寸係指圖紙裁切邊線的距離，至於圖框邊線則略小於裁切邊線。

3.4.2 字體

所有的字體均須清楚且易於辨認。若以縮影圖供工地使用時，字體應維持相當的尺寸以便易於辨認。

3.4.3 佈置

施工圖通常顯示結構物之平面、立面、斷面和細部，並包含基腳、柱、梁和版之明細表。平面通常繪於圖面之左上角，而斷面及細部則置於其下朝右伸展，至於明細表及彎作細部則以繪於圖面右上角為宜。關於建議之佈置方式請詳圖 19。

製作施工圖之最低標準工具為鉛筆和紙。其他具有複製性和耐久性之材料均可使用。

北向標誌應置於平面圖附近之明顯位置。

3.4.4 符號

排置圖中標準符號和縮寫顯示如下：

#	標示竹節鋼筋之尺寸		
ϕ	光面鋼筋，螺箍筋用		
@	心到心之間距		
\Rightarrow	鋼筋延伸之方向		
\leftrightarrow	鋼筋涵蓋之範圍		
Pl	光面鋼筋(Plain Bar)	OF	外面(Outside Face)
Bt	彎曲(Bent)	NF	近面(Near Face)
Str	直線(Staight)	FF	遠面(Far Face)
Stir	肋筋(Stirrup)	EF	每一面(Each Face)
Sp	螺箍筋(Spiral)	Bott	底端(Bottom)
IF	內面(Inside Face)	EW	每一向(Each Way)
Cl	淨(Clear)	Top	上端(Top)
SB	鋼筋支墊(Support Bars)		

若在特殊情況下需要使用其他符號或縮寫時，則應於圖中對此符號各加註解。

3.4.5 明細表

若以表格方式顯示結構元件(例如版)之鋼筋時，即所謂明細表。明細表是桿件中所有鋼筋之簡潔概要，其中包括鋼筋之件數、形狀和尺寸、長度、標記、級別、塗布資料以及彎作細部，因此工廠製作訂單即可依據明細表輕易地作出。通常明細表都包含鋼筋之彎作細部，但彎作細部也可單獨處理。請詳圖 20 及 21。

3.4.6 塗布鋼筋

施工者有責任執行合約文件中之指示。當塗布鋼筋和未塗布鋼筋同時使用時，須對塗布鋼筋加以識別。其識別方式可使用接尾辭(F)或(G)，或使用星號(*)，並於解說中註明上述符號係指環氧樹脂塗布鋼筋或鍍鋅鋼筋。當明細表或材料表同時列有環氧樹脂塗布鋼筋和未塗布鋼筋時，則需使用符號(E)或(*)對環氧樹脂塗布鋼筋加以標誌。至於鍍鋅鋼筋則適用命名(G)。

3.5 施工圖－房屋結構

施工圖通常是由施工者繪製，須包含鋼筋彎作及排筋之細部。施工圖並不提供房屋模板使用，故施工圖上之尺寸僅供排置鋼筋位置之用。只有針對適當之排筋有需要時，方於施工圖中標示房屋結構之尺寸，因為一經繪製則施工者對該尺寸之正確性也有責任。施工圖須和合約中之結構設計圖一併使用。

彎作細部得單獨表列，不必和相關施工圖並列。

3.5.1 一般要求

當施工者接到結構設計圖後，可採取下列步驟：

- (1) 確定是否為最新版之結構設計圖。
- (2) 要求舉辦施工說明及協調會，須有設計者、施工者、監造者及業主參加。
- (3) 提出施工計劃書及設計圖說之質疑事項送請業主審核。
- (4) 製作施工圖(包含彎作細部)。
- (5) 標準單元及接頭大樣須取得結構設計者及監造者之核可(如有)。
- (6) 製作鋼筋表及鋼筋加工。
- (7) 提供塗布鋼筋(如有)。

(8)對已加工之鋼筋上標籤，捆綁並運送至工地。

施工圖應標示塗布和未塗布鋼筋之尺寸、形狀、級別和在結構中之位置，若施工圖由施工者提供時亦需包含鋼筋支墊。施工圖也是製作鋼筋表的依據。為求精確地反應結構設計圖和承造者之要求，施工者或承造者所繪製之施工圖須經監造者之核定後，才交由工廠加工。

為了承造者和組裝者之方便，鋼筋之配置、加工和運送可依照基腳、牆、柱、各層樓版和屋頂之分類作單元化之處理，每一單元之施工圖和鋼筋表單獨繪製。對小規模之結構可以一個單元處理。對於大規模之計劃，承造者可將獨立之單元(如一床樓版)配合施工進度運送至工地。惟此種安排，須在繪製施工圖之前取得設計者之許可。

3.5.2 編號

在結構設計圖中相同之版、欄柵、小梁、大梁乃至於基腳均會使用相同之編號。在施工圖中桿件之編號應儘可能和結構設計圖者相似。若結構設計圖中編號相同之桿件，但在施工圖中略有差異者，可於其編號後加接尾辭予以區分。例如在結構設計圖中同樣編為2B3之小梁而實際上略有不同時，可於施工圖使用2B3和2B3A作區分。如設計圖與施工圖之編號差異過大時則必須更改其編號。

在結構設計圖中，柱和基腳之編號通常以座標系統為之。在施工圖中宜沿用同樣之編號。

依照上述編號系統可對混凝土桿件逐一編號。每一根鋼筋在施工圖中須有明確的編號。彎曲鋼筋會加註形狀符號，以供鋼筋排置者選擇正確的鋼筋。至於直線鋼筋之尺寸和長度則直接編號。

3.5.3 明細表

施工圖中可使用平面、立面、剖面或是明細表來表達結構桿件之鋼筋。在實務上，基腳、柱、梁和版中鋼筋之排置亦可使用明細表來表示。明細表沒有標準格式惟明細表係取代圖面(例如梁之立面圖)之功能，因此應該讓鋼筋排置者清楚地知道表中所列材料之排放位置和方式。

3.5.4 施工者之責任

施工者在製作施工圖所應負之責任僅限於執行合約文件之內容。

設計者須對其設計需求提供明確的敘述，而施工者則須執行上述要求。設計者不可在其施工說明書或設計圖中僅陳述適用之規範，而由施工者自行援用製作施工圖。相反地，應由設計者負責將規範需求製作成明確的設計細部詳圖或配合注意事項表示出來，以便施工者有所依據。

3.5.5 梁和攔柵

小梁、攔柵和大梁之鋼筋通常均以明細表顯示。彎作細部可以單獨表列或是放入明細表中。明細表中應載明下列內容：

- (1) 桿件之根數、編號和尺寸。
- (2) 直線鋼筋之根數、尺寸和長度。
- (3) 彎曲鋼筋和箍筋之根數、尺寸、編號和長度。
- (4) 箍筋之間距。
- (5) 鋼筋之偏折。
- (6) 鋼筋之搭接。
- (7) 鋼筋支墊。
- (8) 其他有助於鋼筋正確加工及排置之特殊資料。

在特殊項目中須特別注意者為：

- (1) 鋼筋之總長度。
- (2) 彎鉤高度(如為控制尺寸)。
- (3) 搭接長度及錨定長度。
- (4) 偏折尺寸。
- (5) 當鋼筋在支墊兩側之長度不對稱時，須標示此鋼筋對鋼筋支墊之相關位置。

3.5.6 版

版中鋼筋可用平面圖或明細表甚至使用剖面圖表示。版之明細表和彎作細部和梁者相似。

相同之格間版應使用相同之編號，而對每一種格間版僅需以一塊作表達。對歪斜格間版，鋼筋作扇狀排置時，其間距控制以跨度中央為準。開子四周如需鋼筋補強，則須標出。

3.5.7 柱

柱筋之施工圖通常使用明細表表示。施工者不但須闡述結構設計圖之要求，也須將資料清楚地傳達給鋼筋配置者。施工者除須標示所有鋼筋(包含預留筋、主筋和箍筋)之根數、尺寸和長度及編號外，亦須標示配筋之平面佈置圖。施工者須清楚地標示搭接與錨定之長度及位置；續接器或銲接之位置；以及偏折鋼筋之位置。

3.5.8 預留筋

預留筋應和先前澆置混凝土構件之鋼筋同時繪製，並同時訂購，以便能及時排置。

3.5.9 鋼筋支墊

施工圖須清楚地表列合約文件所指定鋼筋支墊的數量和種類。

對雙向排筋之標準格間及須區分排筋順序或支墊數量之處，亦須繪製鋼筋支墊之排放佈置圖。

3.6 施工圖－公路工程

有別於鋼筋混凝土之實務慣例，公路工程通常使用結構設計圖和施工圖之併用圖。併用圖應包括鋼筋材料之表格以供鋼筋加工者據此製作其鋼筋表。鋼筋排置者應可使用併用圖直接排置鋼筋。至於公路工程不使用併用圖者，則可參照第3.5節之處理程序。

3.6.1 編號

公路結構均以橋梁編號或里程以供區別其位置。這些里程識別或橋梁之序號須標示在所有的捆紮標籤和運送文件之上，以使鋼筋能夠正確地運送。

對於小且簡單之結構例如涵洞、版橋、人孔和沉砂井，僅需要里程編號再加上結構之名稱即足夠鑑別，不需要再分割成更小的單元以作進一步地標記。

較大之結構物例如混凝土版梁、工字梁橋、連續式橋和拱，均可分割為較小之單元再組成完整結構。這些小單元例如端末橫向構架、中間橫向構架、橋台、橋墩、擋土牆、端跨度、中間跨度等等，均需使用編號予以區分。對於較長之涵洞，若針對不同之載重情況或是施工縫之需求得使用區段號碼予以區分。組裝者可以使用鋼筋明細表將結構切割成若干單元，讓鋼筋得以正確地運送至工地，以方便鋼筋排置者使用。

公路結構之直線鋼筋和彎曲鋼筋均使用單獨之編號。在涵洞和橋梁等公路結構，不論其大小及長度，其鋼筋佈置均相同。因此在涵洞等結

構通常會對其鋼筋使用標準化之編號，以標示結構中相同位置之鋼筋。

任何文字或數字系統均可作為編號。有些設計者會使用單獨之鋼筋編號連帶符號來標示鋼筋在結構中之排放位置。

3.6.2 明細表

公路結構之設計圖通常會使用平面圖或立面圖來表示不同構件之細部。明細表通常應用在橋墩小結構和擋土牆。公路工程之結構設計圖通常以整個結構為單元或分割成小單元製作鋼筋明細表。而鋼筋加工者則根據上述設計圖來準備工廠彎筋表。

3.6.3 尺寸

當公路工程之結構設計圖為設計圖和施工圖之併用圖以直接供施工使用時，則所有的尺寸均須清楚地標示，讓橋梁施工者對其所需之尺寸不必自行計算。對所有鋼筋之混凝土保護層尺寸均須標示於圖面上。例如設計圖上顯示梁保護層之尺寸時，就應該清楚地標示該尺寸是指梁外緣到主筋之淨保護層或指梁外緣到箍筋之淨保護層。至於單獨繪製施工圖者，可參照房屋結構施工圖實務(詳第3.5節)對結構尺寸作適度地省略。

3.6.4 鋼筋

施工圖中須標示結構中塗布及未塗布鋼筋之級別、尺寸、間距、續接及位置。併用圖中之鋼筋明細表須標示鋼筋之根數、尺寸、長度、編號和所有彎筋之彎作細部。

為了承造者和施工者的便利，對於較大之結構物，其鋼筋之配置、加工和運送通常會做單元化之處理(例如：基腳、橋台、橋墩和大梁等單元)。因此，鋼筋表亦可作類似之分割。如果結構之規模夠大時，可

對任一單元單獨繪製施工圖及鋼筋明細表。

基礎、橋台、橋墩、翼牆和版之鋼筋可以平面、斷面或立面圖來表達。鋼筋之表達可採取最簡單且最清楚之方式，但無論如何鋼筋之明細表須提供一個完整的整理。

爲了確保單元中之鋼筋能夠正確地排放或整個單元配置，單元內之鋼筋除了用平面圖和立面圖來表達外，通常還需繪製橫斷面圖補充。

3.6.5 鋼筋支墊

爲了確保鋼筋於混凝土澆置時能維持在正確的位置上，通常均使用光面之金屬支墊。爲了避免支墊外露處之銹蝕，鋼筋支墊的腳可使用塑膠塗布處理或使用不銹鋼之材料。預鑄混凝土塊之使用方式亦同，市面上還有其他具有專利之支墊亦可使用。當需使用鋼筋做支架時，則須清楚地標示。

當混凝土外露表面需作特殊飾面裝修例如噴砂、整假石或去除表面泥漿時，則對鋼筋支墊或側模間隔須選擇不銹材料，以免影響修飾面外觀。

鋼筋支墊、墊塊或其他專利支墊之等級及應用位置均需於合約文件中標示或註明，施工圖中須標示出指定之型式及使用之位置。

3.7 鋼筋加工標準

實務標準中所有鋼筋之尺寸均指外緣至外緣之尺寸，而所謂鋼筋長度係指所有細部尺寸之和，其中包含彎鉤A和G之尺度(表1)。

本報告之表格所示的淨距、間距、彎鉤等等規定所適用之鋼筋須符合土木401-80規範第13.2節之規定。

3.7.1 彎曲

爲了避免鋼筋在彎曲處產生過量之應力集中現象，因此鋼筋之彎轉角度不得太過尖銳。其控制方法即對不同尺寸的鋼筋分別規定其所允許之最小內側彎曲半徑或直徑。彎曲內徑通常以鋼筋標稱直徑 d_b 之倍數表示。而最小彎曲直徑對鋼筋直徑之比值並非一固定之常數，由經驗得知當鋼筋尺寸增大時，此一比值也需增加。土木401-80規範所規定鋼筋內側之最小彎曲直徑如下所示：

#3至#8	$6d_b$
#9,#10,#11	$8d_b$
#14,#18	$10d_b$
#3,#4,#5之箍筋或繫筋	$4d_b$

用於箍筋之銲接光面或竹節鋼線網而言，直徑大於0.7cm之竹節鋼線，其彎曲內直徑不得小於 $4d_b$ ；其他鋼線則不得小於 $2d_b$ 。彎曲內直徑小於 $8d_b$ 者，其彎曲點距最近之銲接交點不得小於 $4d_b$ 。

3.7.2 彎鉤

土木401-80規範除了規定鋼筋之最小彎曲直徑(第13.4節)之外，同時也定義了標準彎鉤(第13.3節)如下所示：

- (1) 180° 之彎轉，其自由端應作至少 $4d_b$ 且不小於6.5cm之直線延伸，或
- (2) 90° 之彎轉，其自由端應作至少 $12d_b$ 之直線延伸，或
- (3) 箍筋或繫筋之標準彎鉤爲：
 - (a) #3, #4, #5 鋼筋作 90° 之彎轉，其自由端應作至少 $6d_b$ 之直線延伸，或

- (b)#6，#7，#8鋼筋作 90° 之彎轉，其自由端應作至少 $12d_b$ 之直線延伸，或
- (c)#8及較小鋼筋作 135° 之彎轉，其自由端應作至少 $6d_b$ 之直線延伸。
- (d)若為耐震箍筋時其於 135° 彎轉後須至少直線延伸 $6d_b$ 且不得小於 7.5cm (土木401-80第15.2節)。

彎鉤之最小彎曲直徑須符合前述規定。表1所列之標準彎鉤除了符合最小彎曲直徑之規定外，並同時作二點其他之考慮；首先是考慮到彎鉤在加工時須允許若干回彈，其次是要求在彎鉤生產中對鋼筋加工之銷栓尺寸不得小於CNS 560彎曲檢驗之銷栓尺寸。表1中用來製作成彎鉤部份之鋼筋長度是以A或G命名，對端部彎鉤A或G之最小單位為 1cm ，而對箍筋則為 0.5cm 。

若實際排筋狀況係以彎鉤之J、A、G或H為控制尺寸時，則須於平面圖、明細表和鋼筋表中標示出來。

3.7.3 箍筋錨定

3.7.3.1—箍筋之錨定有多種方法。最常見的方法即使用表1所示之彎鉤型式。圖6中型式 S_1 至 S_6 顯示了兩種彎鉤類別，和彎鉤之彎轉方向。在錨定施工時，須特別注意向外錨定入版之彎鉤外端是否具有足夠之混凝土保護層。若否，則須將彎鉤改為向內錨定，並將此項改變通知設計者核備即可。

3.7.3.2—箍筋自由端彎角內緣沒有縱向鋼筋或錨定筋，或是箍筋彎鉤無法鉤住縱向鋼筋者，設計者必須加以指定使用錨定筋。

3.7.4 標準鋼筋彎作

3.7.4.1—明細表中所列各式彎作鋼筋須附有圖樣，且將鋼筋各部份之長度以字母命名之。圖6即為標準鋼筋彎作之表示法。

3.7.4.2—表1中所列彎鉤A和G之尺寸是指鋼筋中用來製成彎鉤部份之長度。鋼筋直線部份長度之量測，是由尺寸線之起點開始沿鋼筋外緣邊線延伸，直到與鄰近直線鋼筋外緣邊線之相交點或與鄰近曲線鋼筋之切線點為止（請詳圖6之型式10及11）。桁架鋼筋之尺寸標示較為特殊，故於圖6中以較大之比例顯示。

3.7.5 彎曲半徑

環繞曲面（例如圓頂、桶槽）之鋼筋，若於合約中無特別要求時，施工者會按下表所建議之曲率半徑或較小值將鋼筋預先加工彎作。小號鋼筋遇到搭接、主筋、支架、開孔等障礙時，均可藉彎曲來適應不同之工作條件。但大號鋼筋就很難作彎曲調整，所幸大號鋼筋常用在大型結構中故允許較大之排置誤差。預先加工弧形鋼筋之曲率會隨時間及因正常之搬運而鬆弛。礙於標準彎作設備之限制，弧形鋼筋之端部擬供搭接部份通常呈切線狀而非曲線。工地排筋時將視工地之條件和允許公差之要求再作最後調整。請參閱圖4和5之弧形允許公差和第4.2(c)2節。若鋼筋所需之曲率半徑或長度大於下表所列值時，則該筋可在工地彎曲不必預先加工。

弧形鋼筋需作預先加工之條件

鋼筋尺寸	鋼筋曲率半徑或長度之任一者若小於下述表列值，則該彎曲鋼筋需作預先加工處理	
	曲率半徑， m	鋼筋長度， m
#3	1.5	3
#4	3	3
#5	4.5	3
#6	12	3
#7	12	3
#8	18	9
#9	27	9
#10	33.5	9
#11	33.5	18
#14	55	18
#18	91	18

弧形鋼筋端部出現切線段之情況對#3至#11鋼筋並未造成困擾，因為這些鋼筋常作搭接處理，故可接受切線段之存在。但對#14及#18鋼筋之續接僅可使用續接器或銲接，不能作搭接之處理。因此在使用續接器作續接時，曲率半徑較小之弧形鋼筋端部切線段就會造成排置之問題。為了避免上述困擾，所以會在曲率半徑小於(含)6m的#14及#18弧形鋼筋之兩端各加45cm之長度。這45cm長之切線端可以在工地作銼切去除之。若鋼筋之曲率半徑大於6m時，則弧形鋼筋會按細部尺寸製作，不對切線段另作考慮，這些鋼筋端部通常會作鋸切處理。

亦可事前要求鋼筋供應商將弧形鋼筋之端部切線段在工廠內切除。

3.7.6 傾斜面

若欲決定桁架鋼筋之直線總長，就需先求得其傾斜部份之鋼筋長度。桁架鋼筋之傾斜角通常為 45° 。傾斜部份之長度計算以1cm為最小單位，因此對於擁有兩個傾斜面之桁架鋼筋而言，其計算增量不超過2cm。此種簡易計量法之誤差在允許範圍內。須注意的是當桁架之高度太小時，就不能使用 45° 之彎轉角。此時需使用較小之彎轉角並增加傾斜部份之長度。

3.7.7 柱主筋

3.7.7.1 通則—設計者須於結構設計圖或施工說明書中標示鋼筋之級別。施工者亦須在對每一樓層表列之柱主筋，註明鋼筋之級別要求，以及關於鋼筋對銲續接之特別規定。

表4標示了螺箍柱在土木401-80規範之要求下所能排置鋼筋之最多根數。其中包含三種續接狀況：(a)對接，(b)徑向搭接且鋼筋須偏折插入與其搭接鋼筋之內側，(c)環狀搭接且下層鋼筋須和上層鋼筋緊密接觸。第三種環狀搭接情況亦適用於兩根束筋且對接之排置。上述提及之兩種搭接情況之主筋最多根數是基於所有鋼筋在同一斷面同時搭接之假設而得。至於在對接情況中主筋最多根數之計算，不包含續接器外徑擴大暨對銲空間預留等考慮。

3.7.7.2 柱面間鋼筋之偏折—當上層柱之尺寸變小時，則下層柱之縱向主筋須作偏折處理以伸入上層柱之柱心內。若使用分離接筋作搭接之處理亦可。偏折鋼筋對柱軸之斜度不得大於1:6。在配置偏折鋼筋時，應在規範偏移量上再加一個主筋直徑和間距。柱四角的主筋是朝對角線偏折，故其偏折量亦須比照增加。

當柱面間之偏折少於7.5cm時，其主筋之偏折應於工廠彎曲。當柱面間之偏折等於或超過7.5cm時，其下層柱之主筋應於樓版處終止並提

供單獨之直線預留筋以供搭接。

3.7.7.3 搭接—圖7顯示了柱筋搭接之一般佈置。一般實務均採用柱角隅鋼筋朝對角線之偏折量，作所有柱主筋之偏折值。

圓形螺箍柱之斷面沒有改變時，以環向搭接較為理想，惟有受制於柱主筋最小間距不足時，才採用徑向搭接而對鋼筋作偏折處理。請參見表4。

3.7.8 柱螺箍筋

3.7.8.1 通則—螺箍筋應於上下兩端各再加1.5圈以為錨定。螺箍筋之高度(或長度)是指螺旋箍筋(包含最後一圈)上下端外緣至外緣之距離，其所允許之誤差為 $\pm 4\text{cm}$ 。當螺箍筋之高度不足時，可採用續接處理。螺箍筋之續接可用銲接或搭接，搭接長度至少為 $48d_b$ 且不得小於30cm。各區段之螺箍筋須用編號排序以供辨認和正確的組裝。

除另有特別處理之安排外，螺箍筋可供組裝及運送之單件最大高度限制為7.5m，更高的螺箍筋必須於工地搭接或銲接而得，並使用螺箍筋間隔器。螺箍筋也使用在基樁中，但通常這些螺箍筋是由輕鋼線製成且有較大之間距，故其不符合土木401-80規範所定義之螺箍筋。

3.7.8.2 房屋—除另有註明者外，螺箍筋之配置應自各層樓版面或基腳面起至其上所支撐構材之最底層水平鋼筋止。如柱頂有柱頭版時，螺箍筋至少應向上延伸至柱頭版之直徑或寬度等於柱直徑之二倍處，詳見圖7之標準詳圖④。若設計要求自螺箍筋終止處至上層樓版面間配置橫向鋼筋時，則此橫向鋼筋可使用短節之螺箍筋，也可使用圓形橫筋以利其間鋼筋之排置。若使用短節螺箍筋時，則須將此短節螺箍和主要螺箍連結一併運送或作完整之標記以供識別。

3.7.9 預留筋

若於合約文件中有敘明下列情形時，則施工者會據以提供預留鋼筋。

- (1) 柱基腳連柱處。
- (2) 牆基腳連牆處。
- (3) 牆交接處。
- (4) 樓梯連牆處。
- (5) 基腳、牆和版中之施工縫。
- (6) 樓版面處，當柱主筋不能作偏折延伸時。
- (7) 其他施工縫處當鋼筋不能或不宜連續延伸穿過時。

如欲使用預留筋時，預留筋應和先前澆置混凝土構件之鋼筋同時繪製，並同時訂購，以便能及時排置。

3.7.10 鋼筋表

鋼筋表是根據施工圖而製作，其可應用於鋼筋切割、彎作、標籤、運送和開列帳單(發票)等工作項目。鋼筋表會將鋼筋分類表列如下：
(1) 直線鋼筋，(2) 彎曲鋼筋，包含箍筋和繫筋，以及(3) 螺箍筋。其中所有項目之鋼筋級別均須標示。

直線鋼筋通常依照其尺寸分類，以大號鋼筋首先排列。在同號鋼筋中依照長度排序，而以較長者優先。

彎曲鋼筋、箍筋和繫筋之表列方法和上述者相似。

螺箍筋應依其鋼筋尺寸、螺箍直徑、螺箍間距和長度作分類和表列。請詳圖 20(a)。

第四章 鋼筋製作之基本規定

4.1 製作

彎作用之鋼筋可為任何加強混凝土之光面或竹節鋼筋，其規格須符合CNS 560 (鋼筋混凝土用鋼筋)或CNS 3300(鋼筋混凝土用軋鋼筋)之規定(相當於ASTM A615, A616, A617, 或A706)。彎作鋼筋為將鋼筋切成需要之特定長度或依需要長度截斷並彎作成特定之形狀。光面及竹節之銲接鋼筋網，其規格分別符合ASTM A815及A497，以及符合ASTM A82之冷抽成形螺箍筋等，亦視為符合本章所定義之混凝土加強用之鋼筋。其他非以截斷並彎作之混凝土加強用材料，不包含於本章所定義之範圍。

4.2 額外費用

鋼筋之交易係以施工圖上之材料表或購料單之數量並依CNS所規定之單位質量為計價之依據。

已彎作完成之鋼筋重量之決定方法，在實務上係以鋼筋之外側尺寸決定。彎作鋼筋所需之總長度為所有細部之外側尺寸加上端部彎鉤所需之尺寸；A或G之總和。

額外的費用可附加於每單位重量之單價上來計價。主要之額外費用如下：

- (a) 尺寸額外費用—隨鋼筋尺寸而異。
- (b) 等級額外費用—某些等級之鋼筋，費用較高。
- (c) 彎作額外費用—增加彎作工料費。

彎作所需之附加費用可區分為以下二級。

1. 一般彎作

- (1) #3 鋼筋、箍筋、肋筋、輔助繫筋、繫筋。

- (2)#4至#18之鋼筋，其彎作在同一平面內少於6點或其彎作形狀超過一個平面(特殊彎作除外)。
- (3)同一平面內，三種以內之不同半徑彎作。
- (4)同一平面內包含彎曲及不同形式所組合之彎作。(彎曲彎作為內側半徑超過30公分以上之彎作)

2. 特殊彎作

- (1)彎作精度特別嚴格者(其允許公差較圖4及圖5所示更嚴格)。
 - (2)不同平面之連續彎曲彎作。
 - (3)不同平面之彎作包含一種以上之不同半徑之彎曲彎作。
 - (4)預鑄單元之鋼筋彎作。
- (d)提供服務及特殊製作。

提供服務及特殊製作之附加費用可個別計算以適用各種不同情況。

有關之項目如下：

1. 細部圖及表格。
2. 業主對品質保證及品質控制之需求。
3. 運輸。
4. 鍍鋅及環氧樹脂被覆。
5. 油漆、浸塗或被覆。
6. 螺箍及連續環箍筋。
7. 磨修至限制之精度。
8. 鋸切成方端。
9. 端部開槽或其他處理方式之規定。
10. 桿件車牙。
11. 特殊網紮及附加標籤。
12. 超長或超寬之鋼筋。
13. 銲接。

4.3 允許公差

除合約圖說另有規定外，製作之標準允許公差可採用既有之標準製作允許公差。圖6所示之鋼筋標準彎作樣式之允許公差可詳圖4及圖5。如需更嚴格之允許公差限制可加收額外的費用。

第五章 鋼筋支墊

5.1 通則

鋼筋支墊之要求應於合約文件內說明。鋼筋支墊之要求，亦適用於鋼絲、點鉚鋼絲網或預力鋼鍵之支墊。

5.1.1 一般要求

當合約文件僅註明“澆置混凝土前，應正確放置鋼筋，且應將鋼筋加以適當之支墊並固定，並確保鋼筋在混凝土施工中之移位量在允許公差(表17)之內。”時，則承包商可選用不同形式之鋼筋支墊、混凝土墊塊或供不同位置使用之其他支墊材料。

5.1.2 特別要求

當合約文件對各不同位置之鋼筋支墊有特別規定時，承包商應將鋼筋支墊之材料及強度、使用位置、編號、尺寸、型式、配置及數量等細節提出計劃供監造者審核。

5.2 鋼筋支墊之型式

鋼筋支墊之型式及使用例可參考CRSI標準實務手冊(或詳附錄A中表A2-A4)。

5.2.1 鋼筋支架

多層配置之鋼筋，應增加鋼筋支架之數量，以預防鋼筋支架穿入模板。請詳附錄A中表A2及A4。

5.2.2 混凝土墊塊

混凝土墊塊之強度、防水及透氣性須配合結構構件之強度及使用性之需求。請詳附錄 A 中表 A3 及 A4。

混凝土墊塊之構造及顏色可配合工地之需求。如混凝土表面須做噴砂或整假石或以化學方式除去外表砂漿時，可能曝露之預鑄墊塊須配合使用。

5.2.3 其他型式

部份塑膠製鋼筋支墊之熱膨脹係數達混凝土熱膨脹係數之十倍，用於高溫、低溫或溫度變化大之混凝土，這種特性應予以考量。

金屬支墊材料如有腐蝕之可能，須注意使用位置對結構物之影響。

5.3 側模間隔器

澆置混凝土前，所有鋼筋必須以混凝土、金屬或塑膠製品之支墊及間隔器予以固定，以防止鋼筋移動並使鋼筋與模板之間保持適當間距。

5.4 鋼筋支墊之設置

5.4.1 通則

澆置混凝土前，鋼筋必須正確放置固定於模板內。施工過程中，鋼筋應有適當支承以防止鋼筋移動，並使鋼筋與模板之間保持適當間距。鋼筋支承應有足夠數量及強度以支撐鋼筋。施工者應將鋼筋支承標示於施工詳圖內。鋼筋支承不得用於承載施工載重。

5.4.2 混凝土澆置於地面上之鋼筋支架

地坪版、地梁、基腳及厚度120公分以下之基礎版，其上層鋼筋支架之平均間隔除另有規定外於各方向均不大於120公分。

厚度大於120公分以上之基腳及基礎版，其上層鋼筋之固定方式，得經由合約要求由承包商供應。

第六章 電腦輔助繪製施工圖

6.1 應用於施工圖

利用電腦可提高準備施工圖之效率，且可減輕繪製者繁複費時的計算工作，並可得到準確的結果。

6.2 施工圖

施工者可用傳統的方法繪製施工圖之圖形部份，並準備材料表之數據及其說明輸入電腦以印表機列印。完成之施工圖附上電腦輸出之鋼筋明細表，施工圖即告完成。電腦報表包含鋼筋表及彎作細部並附加必要之說明資料。鋼筋表及彎作細部之電腦報表可列印於透明紙上，以便複製附隨施工圖使用。

鋼筋編號系統之主要功用為施工圖上之鋼筋與電腦輸出報表間之對照用。施工者將每一鋼筋或鋼筋組之排筋動作指定一個編號加以區分。鋼筋編號可顯示出某特定鋼筋已繪於施工圖上，且其鋼筋之尺寸、間距等附隨之資料已建立於輸入資料中。電腦輸出報表即可列印出鋼筋編號，其後並印出每一根鋼筋之資料。如此斷面圖上每一鋼筋之相關資料可很容易地從鋼筋彎作表上找到。

6.3 應用於購料程序

施工圖經核准後，便可利用已完成之鋼筋材料表上之數據準備購料單。購料單上須能顯示出該批材料為那幾張施工圖上之材料表之總和。如利用電腦可迅速地將鋼筋材料表中之鋼筋等級、標籤顏色、彎作型式等分類列出並計算出重量，以及製作運輸標籤及貨單文件。

第七章 版及牆鋼筋之配置實務

版或牆之配筋通常係以鋼筋尺寸及間距表示，如果設計圖明確地標出版、牆格間之第一根鋼筋位置，並標示出鋼筋之總根數，則施工者可正確地依此規則繪製施工圖。配置鋼筋時，如以“20-#4”配置於某一長度內，或以“#4 @30”並標示出起始鋼筋之位置，則不需進一步的解釋或計算鋼筋的根數即可表達清楚。如果設計圖中僅標示“#4 @30”而圖說中又無進一步的指示，則建議使用圖22之程序來表達版及牆之鋼筋配置。

參考文獻

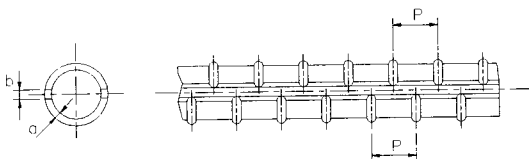
1. 中國土木水利工程學會，”鋼筋混凝土建築設計規範(土木401-80)，”混凝土工程委員會研究報告(十一)，1991。
2. 交通部技術標準規範公路類公路工程處，”公路橋梁設計規範”，1987。
3. 中國土木水利工程學會，”混凝土工程施工規範(土木402-80)，”混凝土工程委員會研究報告(十)，1991。
4. ACI Committee 315，”Details and Detailing of Concrete Reinforcement (ACI 315-80；Revised 1986)，”American Concrete Institute，Detroit，Michigan，1986。
5. Concrete Reinforcing Steel Institute，”CRSI Handbook 1992”，Schaumburg，Illinois，1992。
6. ACI Committee 318，”Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-89) and Commentary-ACI 318R-89”，American Concrete Institute，Detroit，Michigan，1989。
7. 日本建築學會，”鋼筋混凝土構造配筋指南同解說(1986)”。
8. Whittle，R.，”Reinforcement Detailing Manual”，Cement and Concrete Association，1981。
9. 內政部營建署，”建築技術規則”。
10. 蔡震邦，江新煌編譯；谷資信，筋野三郎原著，”土木建築RC配筋詳圖及解說”，文笙書局，台北，1982。

附 錄 A

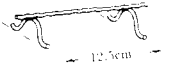
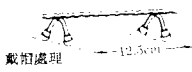
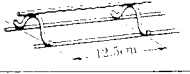
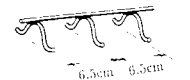
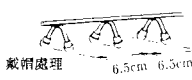
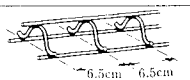

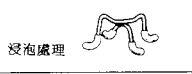
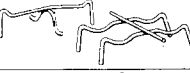

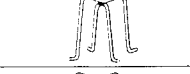



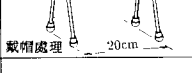


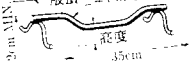

表 A1 鋼筋編號和相關性質	100
表 A2 鋼筋支架	101
表 A3 混凝土墊塊	102
表 A4 鋼筋支墊間隔器之配置標準	103
表 A5 出席研討之學者專家名單	104

表A1-鋼筋編號和相關性質

編號		符合 CNS 560 A2006 之相關性質							
本文 編號	CNS 編號	標稱	標稱	單位 重量	標稱	節 之 尺 度			
		直徑	剖面積		周長	節距 (P)		節之高度 (a)	
		(d_b) (cm)	(A_b) (cm^2)	(cm)	(最大值) (cm)	最小值 (cm)	最大值 (cm)	(最大值) (cm)	
#3	D10	0.953	0.7133	0.560	3.0	0.67	0.04		0.37
#4	D13	1.27	1.267	0.994	4.0	0.89	0.05		0.50
#5	D16	1.59	1.986	1.56	5.0	1.11	0.07		0.62
#6	D19	1.91	2.865	2.25	6.0	1.33	0.10	最 小 之 2 倍	0.75
#7	D22	2.22	3.871	3.04	7.0	1.56	0.11		0.87
#8	D25	2.54	5.067	3.98	8.0	1.78	0.13		1.00
#9	D29	2.87	6.469	5.08	9.0	2.01	0.14		1.13
#10	D32	3.22	8.143	6.39	10.1	2.26	0.16		1.27
#11	D36	3.58	10.07	7.90	11.3	2.51	0.18		1.41
#14	D43	4.30	14.52	11.4	13.5	3.01	0.21	1.69	
#18	D57	5.73	25.79	20.2	18.0	4.01	0.29	2.25	

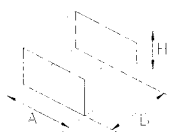
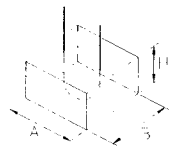
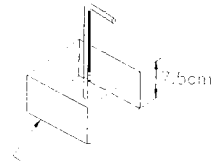
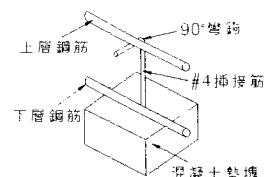


表A2- 鋼筋支架[†]

編號	鋼筋支架之圖樣		支架型式	尺寸
	支承足無塑膠覆蓋者	支承足有塑膠覆蓋者		
SB			版筋支架	高度為2、2.5、4和5cm； 長度為150和300cm
SBU			上層版筋支架	和SB相同
BB			梁筋支架	高度為2.5、4、5cm、5至 12.5cm之間以0.5cm為 增量；長度為150cm
BBU			上層梁筋支架	和BB相同
BC			個別鋼筋支座	高度為2、2.5、4和4.5cm
JC			欄柵支座	寬度為10、12.5和15cm； 高度為2、2.5和4cm
HC			個別高支座	高度從5cm至40cm 其間以0.5cm為增量
HCM			金屬板面之 高支座	和HC相同
CHC			連續高支座	高度和HC相同； 長度為150和300cm
CHCU			上層筋之連 續高支座	和CHC相同
CHCM			金屬板面之 連續高支座	高度至12.5cm其間 以0.5cm為增量
JCU			上層筋之 欄柵支座	寬度為35cm；高度 由2.5cm至9cm其間 以0.5cm為增量

† 參考 ACI Committee 315. "Details and Detailing of Concrete Reinforcement (ACI 315-80; Revised 1986)." American Concrete Institute.

表A3-混凝土墊塊[†]

型式	純混凝土墊塊	有繫線之混凝土墊塊	有插筋之混凝土墊塊
圖樣	 <p>A和B之尺寸為5-15cm H則視需要</p>	 <p>A和B之尺寸為5-15cm H則視需要</p>	 <p>55cm² min.</p>
說明	<p>僅供將鋼筋撐離水平面之用。</p>	<p>通常使用二根16號鐵線澆置於中央處；其可用於垂直模板處或其他任何需固定墊塊和鋼筋之處。</p>	<p>在澆置時，於墊塊中央處預留一深約5.5cm之孔以供帶90°彎鉤之#4筋插入；其僅供鋼筋撐離水平面之用如圖示。</p>  <p>上層鋼筋 90°彎鉤 #4插撐筋 下層鋼筋 混凝土墊塊</p>
一般要求	<p>[‡] 混凝土墊塊須符合施工說明書中對其顏色及抗壓強度之規定，但也須符合下述要求：若支承#8(含)以下之鋼筋者，其抗壓強度須達300kg/cm²；若支承#9(含)以上之鋼筋者，其抗壓強度須達400kg/cm²。</p>		

[†] 參考ACI Committee 315, "Details and Detailing of Concrete Reinforcement (ACI 315-80; Revised 1986)," American Concrete Institute.

[‡] 參考日本建築學會"鋼筋混凝土構造配筋指針同解說(1986)"。

表 A.4 鋼筋支墊間隔器之配置標準¹

構件	樓版	梁	柱
型式	鋼筋支架、混凝土墊塊	鋼筋支架、混凝土墊塊	鋼筋支架、混凝土墊塊
數量或配置	上、下層筋各別約為 1.3 個 / m^2 。	間隔約為 1.5m，端部為 1.5m 以內。	上段為最上層箍筋之位置，中段置於柱之中間部位。柱寬 1.0m 之內 2 個，柱寬 1.0m 以上 3 個。
備註		側梁以外之梁設置於上或下面，側梁亦有設置於側面者。	
構件	基礎	地梁	牆、地下外牆
型式	鋼筋支架、混凝土墊塊	鋼筋支架、混凝土墊塊	鋼筋支架、混凝土墊塊
數量或配置	面積 $4m^2$ 左右 8 個，面積 $16m^2$ 左右 20 個。	間隔約為 1.5m，端部為 1.5m 以內。	上段為最上層牆筋之位置，中段置於上段下方 1.5m 之內。橫間隔約為 1.5m，端部為 1.5m 以內。
備註		設置於上或下及側面	

註： 1. [†] 參照日本建築學會“鋼筋混凝土構造配筋指針同解說(1986)”。

2. 表中數量或配置是針對 5-6 層之鋼筋混凝土結構。

表A5-出席研討之學者專家名單

姓名†	服務單位	職稱	通訊處
王烱烈	中華顧問工程司	組長	台北市忠孝東路四段212號4樓
王亭復	中興工程顧問社	經理	台北市南京東路五段171號
王瑞枝	台灣省住都局建築處	副處長	台北市八德路二段342號4樓
江新煌	國泰建設設計部	科長	台北市敦化南路二段218號16樓
邱昌平	台大土木工程系	教授(退休)	台北市溫州街16巷9號5樓
邵聖春	家基工程股份有限公司	總經理	台北市水源路187號4樓
洪思閔	台聯工程顧問公司	總經理	台北市南京東路五段356號3樓
高健章	台大土木工程系	教授	台北市羅斯福路四段1號
曹定國	久勝有限公司	負責人	台北市南京東路五段251巷32弄8號5樓
項維邦	聯邦工程顧問公司	負責人	台北市辛亥路二段41號12樓之2
鄒本駒	內政部建研所籌備處	副研究員	台北市敦化南路二段333號13樓
楊讀忠	德運建設工程部	經理	台北市基隆路二段51號16樓之1
趙濟濟	聯勤總部工程署	副署長	台北市南港90499信箱
蔡萬來	大連結構技師事務所	負責人	嘉義市國聖一街49號2樓
鄭照成	大友為營造公司建築部	副理	台北市德惠街16之8號7樓
賴慶霖	劉祥宏建築師事務所	專案工程師	桃園市南門街17號

註：†以姓名筆劃排序

附 錄 B

竹節鋼筋在混凝土中之伸展搭接與配置

竹節鋼筋在混凝土中之伸展、搭接與配置

黃世建¹ 陳正平² 王森源³ 龍思靖⁴

83年7月

摘要

- 一、前言
- 二、鋼筋伸展與搭接之研究現況
- 三、現行土木401-80規範
- 四、簡易之設計表格
- 五、梁柱鋼筋之配置
- 六、結論
- 七、誌謝
- 參考文獻
- 本文圖表
- 附錄

摘要

由於近年來規範對鋼筋之伸展及搭接長度作了巨幅的調整，因而徹底地改變了鋼筋錨定設計的既有邏輯，也對鋼筋之配置實務造成極大的衝擊。值此異動之際，工程師宜作深入的了解以應變局。

有鑑於此，本文擬對鋼筋伸展與搭接之研究現況作一簡介，再據以申述現行土木401-80規範中重要之改變並配合應用實例說明。其次，本文將配合規範之要求提出簡易之設計表格，以利工程界使用。最後再根據鋼筋伸展及搭接之理念，對梁柱鋼筋之配置實務作一探討。

註¹: 黃世建 國立台灣工業技術學院營建系副教授
註²: 陳正平 台聯工程顧問股份有限公司副總經理
註³: 王森源 王森源結構技師事務所負責人
註⁴: 龍思靖 萬利營造有限公司工務二部經理

一、前言

在鋼筋混凝土結構物中，鋼筋配置之良窳涉及結構的成敗，故甚為緊要。而配筋和鋼筋之伸展及搭接長度的需求息息相關，但近來ACI 318-89 規範[1]和土木401-80 規範[2]在鋼筋之伸展和搭接條文均有巨幅的變動，因此其對配筋實務造成很大的衝擊。

有鑑於此，本文擬對鋼筋伸展與搭接之研究現況作一簡介，再據以申述現行土木401-80 規範[2]中重要之改變並配合應用實例說明。其次，本文將配合規範之要求提出簡易之設計表格，以利工程界使用。最後，本文再根據鋼筋伸展及搭接之理念，對梁柱鋼筋之配置實務作一探討。

二、鋼筋伸展與搭接之研究現況

1970 年代之實驗數據顯示鋼筋之握裹強度和鋼筋周遭之束制情況相關。若鋼筋受到較高程度之束制，則其握裹強度會提高，反之則降低。所謂的束制效應是來自鋼筋周圍混凝土保護層暨鋼筋間距之厚度，以及箍筋之使用量。而且此一束制程度之大小，也造成不同之握裹破壞模式。對一般之梁柱鋼筋而言，多屬有限束制下之握裹劈裂式破壞；而對巨積混凝土中之預埋筋，則為束制良好之拉拔式破壞。劈裂式握裹強度會隨著束制程度之差異而迅速改變，而拉拔式握裹強度則可視為鋼筋握裹強度之上限值。

對上述性質所作定量處理有功者，首推Orangun, Jirsa, and Breen 之研究[3]。Orangun 等人[3]對251 個伸展長度測試數據作統計分析，而建議下列公式，又名OJB 模型。

$$u_{OJB} = \left(0.32 + 0.80 \frac{c}{d_b} + 13.25 \frac{d_b}{\ell} + \frac{A'_r f_{yt}}{132 s d_b} \right) \sqrt{f'_c} \quad (1)$$

$$\frac{c}{d_b} \leq 2.5$$

$$\frac{A'_{tr} f_{yt}}{132 s d_b} \leq 0.8$$

其中 u_{OJB} 為計算握裹強度 (kg/cm^2) ; c 為 c_c 或 c_s 之較小值 (cm); c_c 為待伸展鋼筋表面至混凝土拉力外緣之淨保護層 (cm) ; c_s 為下列兩項較小者 (a) 在待伸展鋼筋層面上所量之淨保護層 (cm) , 或 (b) 在待伸展鋼筋層面上鋼筋淨間距之半 (cm) ; d_b 為待伸展鋼筋之直徑 (cm) ; ℓ_d 為伸展長度 (cm) ; A'_{tr} 為穿越握裹裂縫箍筋總截面積對待伸展鋼筋數目之平均值 (cm^2) ; f_{yt} 為伸展區內箍筋之降伏強度 (kg/cm^2) ; s 為伸展區內箍筋之間距 (cm) ; 而 $\sqrt{f'_c}$ 為混凝土受壓強度之平方根值 (kg/cm^2) 。

於式 (1) 中對混凝土保護層厚度 (c/d_b) 及箍筋用量 ($\frac{A'_{tr} f_{yt}}{132 s d_b}$) 之束制效應均有上限值, 此上限是指握裹破壞可能將由劈裂式轉為拉拔式之故。至於參數 c 取 c_c 或 c_s 較小值之意義是指, 混凝土厚度較小之處即為劈裂裂縫衍生之位置 (圖 1) , 故為強度預測之主控參數。圖 2 標示橫向鋼筋 A'_{tr} 之計算方法。

式 (1) 是 Orangun 等人 [3] 針對伸展長度數據統計而得, 但 Orangun 等人 [3] 亦發現式 (1) 對搭接長度之測試數據也適用。圖 3 顯示式 (1) 對 254 組伸展測試數據和 286 組搭接測試資料之適用狀況 [4] 。由圖 3 中統計狀況可知, 伸展暨搭接測試數據對 OJB 模型預測值之比值 (u_{test}/u_{OJB}) 平均數均為 1 , 且均呈常態分佈曲線。這表示鋼筋之伸展及搭接強度可由相同之公式預測, 亦即伸展強度和搭接強度是等效之行爲。

美國 ACI 408 委員會 [5] 在 1979 接受了 OJB 模型 [3] , 並建議搭接長度等於伸展長度。ACI 408 委員會並對搭接錯置與否時之 c_s 值予以規定, 其對 c_s 之定義如圖 4 所示。

在混凝土澆置時，若粗骨材因重力而往下沈，且氣泡與水份從新拌混凝土中升起，導致頂層鋼筋下有氣泡及水份之累積，而造成鋼筋於混凝土中握裹強度降低之現象稱為頂層鋼筋效應。

Orangun 等人[3]亦對68組有頂層鋼筋效應之測試數據作鑑定，數據中有34組符合現行頂層鋼筋之定義，亦即鋼筋下混凝土一次澆置厚度大於30 cm者。Orangun 等人[3]建議使用放大係數1.2即可涵蓋頂層鋼筋效應所造成之握裹損失。這和ACI 318-83規範[6]之頂層鋼筋係數1.4有所不同。

近年來，Jirsa et al. [7]和Jeanty et al.[8]等人亦確認ACI 318-83規範值1.4 [6]實有下降的空間，但他們以為頂層鋼筋效應還受到其他參數的影響，例如澆置位置、混凝土種類、澆置程序等。而這些對錨定長度有影響之參數實在難以量化，因此他們建議使用頂層鋼筋係數1.3以包容上述之不確定性。

由於混凝土耐久性及鋼筋防蝕日受重視，因此環氧樹脂塗布鋼筋之使用也日漸普遍。但環氧樹脂之塗布會降低鋼筋和混凝土界面間之黏著力，因此造成鋼筋握裹強度之降低，而降低之幅度端視握裹破壞之模式而定。

若鋼筋周遭之束制良好而為拉拔式破壞時，則放大係數1.2足以涵蓋環氧樹脂塗布所造成之握裹強度損失[9]。這是因為劈裂破壞已被排除，使得混凝土和鋼筋間不致於產生滑移，因此在拉拔式破壞中，混凝土齒狀破裂之機構較不易受到鋼筋和混凝土間黏著力喪失之影響，所以握裹強度降低之幅度較小。

若鋼筋周遭之束制有限而為劈裂式破壞時，則放大係數須提昇到1.5方足以彌補環氧樹脂塗布所造成之握裹強度損失[10]。這是因為劈裂會造成鋼筋和混凝土間的滑移，而滑移之結果會使鋼筋竹節面上之摩擦力成為握裹抵抗之重要機構之一。而環氧樹脂之塗布會使鋼筋和混凝土間

之黏著力喪失，正可以降低竹節面上之摩擦力，故造成握裹強度之大量減小。這其中之因果關係可詳圖5。

由圖5中可見，在鋼筋竹節斜面上之支承壓力是傳遞鋼筋拉力至混凝土中之主要機構。而竹節斜面對鋼筋主軸常有一傾斜角度 α ，造成支承壓力可分解為兩個分量。其一在鋼筋之直徑方向，稱為徑向分力，而為劈裂鋼筋周遭混凝土之主要力量。其二在鋼筋之主軸方向，稱為軸向分力，而其大小則為握裹應力（圖5）。當徑向力造成混凝土完全劈裂時，則其時之軸向力就是握裹強度。

誠如圖5下方所示，在竹節斜面上之摩擦力會對徑向劈裂力有抑止之效果，但對軸向握裹應力則有加成之效果。這一正一反之間正足以說明竹節斜面上摩擦力之重要。但環氧樹脂塗布會降低鋼筋和混凝土間之摩擦力，所以其劈裂握裹強度會大量損失。

由上述討論可知，近來的研究有下列之發現：在預估錨定長度時需考慮鋼筋所承受之束制效應；伸展長度和搭接長度為相似之行爲；頂層鋼筋效應可取1.3之放大係數；而環氧樹脂塗布鋼筋之握裹強度降低也被確認。這些研究的成果均被ACI 318-89規範[1]承認，且造成規範條文之改變。因為土木401-80規範[2]是以ACI 318-89規範[1]為藍本，所以上述研究發現均被土木401-80規範所採用，將於下節詳述之。

三、現行土木401-80規範

本節所將探討的是土木401-80規範[2]第5章中關於鋼筋直線暨 90° 彎鉤之抗拉錨定。因為這部份之條文在土木401-80規範[2]之修訂中涉及劇烈地改變，故有澄清之必要。本節部份內容將參考文獻11，並分小節敘述之。

3.1 基本伸展長度 (第 5.3.2 及 5.3.5 節)

一根待伸展或待搭接之抗拉鋼筋所發生的握裹破壞可區分為劈裂式或拉拔式兩種。這二種不同之破壞模式需用二種伸展長度公式來描述。

土木 401-80 針對抗拉鋼筋握裹劈裂式破壞所定義之伸展長度公式 (第 5.3.2 節) 為

對 #11 鋼筋或較小者

$$\ell_{db} = \frac{0.06 A_b f_y}{\sqrt{f'_c}} \quad (2a)$$

對 #14 鋼筋

$$\ell_{db} = \frac{0.81 f_y}{\sqrt{f'_c}} \quad (2b)$$

對 #18 鋼筋

$$\ell_{db} = \frac{1.2 f_y}{\sqrt{f'_c}} \quad (2c)$$

其中 ℓ_{db} 為基本伸展長度 (cm)； A_b 為待伸展鋼筋之截面積 (cm^2)；而 f_y 為待伸展鋼筋之降伏強度 (kg/cm^2)。

隨著鋼筋周遭之束制狀況可對 ℓ_{db} 作調整 (如土木 401-80 中第 5.3.3 及 5.3.4 節所述)，但調整後之伸展長度應有其下限值。這是因為在束制良好之狀況下，鋼筋不再是劈裂式破壞而應為拉拔式破壞，因此式 (2) 不再適用了。而土木 401-80 對抗拉鋼筋握裹拉拔式破壞所定義之伸展長度公式 (第 5.3.5 節) 為

$$\ell_{db} = \frac{0.11 d_b f_y}{\sqrt{f'_c}} \quad (3)$$

在式(2)及式(3)中已經使用握裹強度折減係數 $\phi = 0.8$ 的概念，所以式(2)及式(3)所求得之伸展長度要比式(1)所求得者為長，且其平均可多達25%。這是在設計上所額外要求之安全餘地，其目的在透過較長之伸展長度以確保鋼筋降伏發生在前，而握裹破壞排除在後。

3.2 混凝土保護層、間距和橫向鋼筋之效應 (第5.3.3及5.3.4節)

第5.3.3節為土木401-80規範[2]新增之內容，其目的在於因應伸展長度會隨其束制效應之強弱而改變之現象[3]。但土木401-80並未使用數學公式對束制效應作連續地預測。相反地，土木401-80將束制效應區分為三個等級，亦即對式(2a)至(2c)直接使用1.0，1.4,和2.0等三個“束制效應係數”。

束制效應係數等於1.0之四種使用狀況如圖6所示。圖6(a)是指一個梁或柱斷面僅使用最少之箍筋用量及最小之保護層，但其主筋間之間距較寬鬆且達 $3d_b$ 以上者。在鋼筋之配置上，有時可靠雙層排筋來創造主筋之水平及垂直間距達 $3d_b$ 以上的伸展條件。圖6(b)則指梁或柱斷面之混凝土束制為最小(僅符合最小保護層及最小間距之規定)，但若其箍筋用量夠大且滿足 $A_{tr} \geq d_b s N / 40$ 者，亦可使用1.0之係數。上述 A_{tr} 是指垂直於待伸展鋼筋平面之箍筋總截面積(cm^2)，且 N 則指同層內待伸展鋼筋之根數，而土木401-80所指之 A_{tr} / N 即為式(1)中如圖2(a)所示之 A'_{tr} 。

於此必須指出的是 $A_{tr} \geq d_b s N / 40$ 之規定是源自式(1)中箍筋之上限值，且僅適用於箍筋 $f_{yt} = 4200 kg/cm^2$ 之情況。因為若令 $A'_{tr} = A_{tr} / N$ 且 $f_{yt} = 4200 kg/cm^2$ ，並將其代入式(1)中。可得

$$A_{tr} = \frac{(0.8)(132)d_b s N}{4200} \doteq \frac{d_b s N}{40} \quad (4)$$

由於在美國作為箍筋之小號鋼筋均為高拉力 $f_{yt} = 4200 \text{ kg/cm}^2$ 之鋼筋，所以 ACI 318-89 規範[1]使用式(4)之規定誠屬合理。但國內之小號鋼筋 (#3, #4, #5) 常為低拉力 $f_{yt} = 2800 \text{ kg/cm}^2$ 之鋼筋，因此圖 6(b) 所謂之大量箍筋應為

$$A_{tr} = \frac{(0.8)(132) d_b s N}{2800} \doteq \frac{d_b s N}{25} \quad (5)$$

於此我們誠摯地呼籲國內之業界能儘量使用高拉力的小號鋼筋。因為日本 401-80 規範[2]是以 ACI 318-89 規範[1]為藍本，所以某些規範條文是以箍筋 $f_{yt} = 4200 \text{ kg/cm}^2$ 作為建構的基礎，像剛探討過式(4)中大量箍筋之定義，以及箍筋用量之計算等。往往在美國高拉力 #3 或 #4 之箍筋排置，在國內則變成低拉力 2-#4 或 #5 之箍筋排置。若在耐震箍筋間距 10cm 之要求下，2-#4 及 #5 之箍筋排置會給工地帶來極大之困擾，且常造成施工不良之後果。所以在現行規範體制下，小號鋼筋仍以高拉力較為合適。若使用低拉力箍筋，則圖 6(b) 之適用狀況應為 $A_{tr} \geq d_b s N/25$ 。

圖 6(c) 是指版或牆之內層鋼筋，若其間距 $\geq 3d_b$ 則適合束制係數為 1 之使用。圖 6(d) 也是一個強調混凝土束制之情況，其與圖 6(a) 之不同在於圖 6(d) 以保護層 $\geq 2d_b$ 之要求來取代圖 6(a) 中最少箍筋量及最小保護層之要求。

束制效應係數等於 2.0 之二種使用狀況如圖 7 所示。圖 7(a) 是指版或牆的外層鋼筋太接近混凝土表面，以至於保護層 $\leq d_b$ 之情況。圖 7(b) 是指具有較密主筋排置之梁 (主筋間距 $\leq 2d_b$)，但此梁之箍筋配置未達圖 6(b) 所示之箍筋標準時，則須使用束制係數 2.0 以作伸展長度之修正。至於其他伸展情況，若不能符合圖 6 之要求標準，但可以避免圖 7 之束制不利情形時，則一律使用 1.1 之修正係數。

在上述三種束制狀況中，若使用係數為 1，則表示 ACI 318-89 規範[1]和 ACI 318-83 規範[6] 要求相同之伸展長度。但 1.1 和 2.0 之修正係數

則為ACI 318-89規範[1]針對束制條件不足，所額外要求之伸展長度。

式(2)在經過土木401-80第5.3.3節之修正後，仍可繼續使用第5.3.4節之修正因素。而5.3.4節之修正條款是屬於ACI 318-83規範[6]原有之內容，其中修正係數0.8是適用於“寬間距”之配筋情況。對於圖6(a),6(c),6(d)及7(a)所交代之伸展情況，若其鋼筋淨間距 $\geq 5d_b$ 且邊緣鋼筋在鋼筋平面上之保護厚度 $\geq 2.5d_b$ 者，則可使用0.8之係數繼續修正之。

土木401-80第5.3.4節另有修正係數0.75是適合於“緊密箍筋”之使用情形。對圖6(b)之伸展情況，若其箍筋甚密，例如主筋被#4或較大之箍筋所圍封，其中心間距小於10cm，且其配置使每隔一根之鋼筋皆有箍筋之轉角作橫向支撐且其彎轉之角度不大於 135° 者，則可使用0.75之係數繼續修正之。一般而言，耐震柱筋之搭接往往可適用此項修正，但需注意其以先符合圖6(b)中大量箍筋之要求為先決條件，方屬合理。

式(2)在經過第5.3.3及第5.3.4節之修正後而得之伸展長度不應小於式(3)所標示之長度。因為式(2)經過混凝土保護層、間距和橫向鋼筋之效應修正後而得到一個小於式(3)之長度時，就表示鋼筋因為束制狀況良好，故劈裂破壞已被排除，所以鋼筋之握裹破壞已為拉拔式所主控(土木401-80第5.3.5節)。

在破壞模式已確定後之伸展長度，仍需作第5.3.6節之各項修正。其中包括頂層鋼筋、輕質混凝土及環氧樹脂塗布等多項修正，將依序敘述如下。

3.3 頂層鋼筋效應 (第5.3.6節)

ACI 318-89規範[1]和土木401-80規範[2]均認定頂層鋼筋(其下混凝土一次澆置厚度大於30cm者)之放大係數為1.3[7,8]，此數值略低於ACI 318-83規範[6]所使用之1.4。

3.4 輕質混凝土效應 (第 5.3.6 節)

ACI 318-83 規範 [6] 中之輕質混凝土效應還區分為砂輕質骨材和全輕質骨材兩種係數。但 ACI 318-89 和 土木 401-80 於此已作簡化，故對任何輕質混凝土均使用 1.3 之修正係數。當然若輕質混凝土之平均受拉開裂強度 (f_{cr}) 為已知時，是允許使用較低之修正係數 ($1.8\sqrt{f'_c} / f_{cr} \geq 1.0$)。

3.5 環氧樹脂塗布鋼筋 (第 5.3.6 節)

在考慮環氧樹脂塗布鋼筋之放大係數時，須先分辨其握裹破壞模式為劈裂式或為拉拔式。因為環氧樹脂塗布鋼筋之劈裂力比起未塗布鋼筋者為大 (圖 5)，所以排除塗布鋼筋劈裂破壞所需之混凝土厚度也應比未塗布鋼筋者為大。由式 (1) 中可知未塗布鋼筋之混凝土劈裂上限為 $c/d_b=2.5$ ，故 ACI 318-89 規範 [1] 取 $c/d_b=3.0$ 作為塗布鋼筋之混凝土劈裂上限。

土木 401-80 規範 [2] 對環氧樹脂塗布鋼筋規定，若其保護層小於 $3d_b$ 或其淨間距小於 $6d_b$ 者，則歸屬為劈裂式破壞適用 1.5 之修正係數；若為其他，則歸屬為拉拔式破壞適用 1.2 之修正係數。又環氧樹脂塗布鋼筋亦為頂層鋼筋時，則該兩項修正係數之乘積不須超過 1.7。

3.6 搭接長度條款之改變 (第 5.16 節)

在 ACI 318-83 規範 [6] 中所認定之搭接長度 (l_s) 分成甲乙丙三級，他們分別為伸展長度 (l_d) 之 1.0 倍，1.4 倍，及 1.7 倍。但基於搭接與伸展長度相似之本質，且伸展長度已在束制效應之修正後趨向安全和準確，故 ACI 318-89 規範 [1] 已取消係數為 1.7 之丙級搭接。

ACI 318-89 規範 [1] 暨 土木 401-80 規範 [2] 仍保留係數為 1.3 之乙級搭接，其理由如下：

1. 鼓勵搭接能作交錯布置。
2. 鼓勵搭接能在低應力區內布置。

3. 雖然搭接和伸展具有相同之握裹強度，但搭接之鋼筋滑移量是比伸展者為大。故使用乙級搭接 1.3 之係數可減少搭接鋼筋之滑移量，這可以幫助搭接區之裂縫控制，並可限制應力從搭接鋼筋傳遞到相鄰未搭接鋼筋之機會。

3.7 抗拉標準彎鉤 (第 5.6 節)

ACI 318-89 [1] 及土木 401-80 [2] 規範並未對抗拉標準彎鉤之伸展長度作任何變動，仍沿用 ACI 318-83 規範 [6] 之條文。本文於此擬對標準彎鉤之若干概念略作說明。

抗拉彎鉤之破壞模式通常為其彎轉段 (圖 8(a) 中 Λ 點) 兩側混凝土之劈裂，或是其彎轉段內緣混凝土的擠碎。所以為了避免此類破壞，就需降低彎鉤在彎轉段 (圖 8(a) 中 Λ 點) 內之拉應力。因此土木 401-80 [2] 就規定了標準彎鉤的伸展長度 ℓ_{dh} ，其由臨界面算起直至彎鉤之外側端如圖 8(b) 所示。而制定 ℓ_{dh} 之目的就是期望，透過握裹應力在 ℓ_{dh} 範圍內之作用，能將臨界面中鋼筋之最大應力 f_y 逐漸降低，以致於彎轉段內已降低之拉應力就不足以為害了。換而言之， ℓ_{dh} 就是臨界拉應力所需之剎車長度。土木 401-80 [2] 所規定之 ℓ_{dh} 如下所示。

$$\ell_{dh} = m_f \times \frac{318 d_b}{\sqrt{f'_c}} \geq \max (8d_b, 15\text{cm}) \quad (6)$$

其中修正因數 m_f 如土木 401-80 [2] 第 5.6.3 節所示。

坊間有些設計圖面對彎鉤的標示仍採用圖 8(c) 之不良表達法，甚為不妥。因為圖 8(c) 中之長度 DA 包含了 ℓ_{dh} 和彎鉤尾部 $12d_b$ 之直線延伸段。但施工者可能會因容納彎鉤之空間不足，故將 DA 中大部份長度移

作彎鉤尾部之直線延伸段，使得 l_{dh} 嚴重不足，因而造成彎鉤之破壞。彎鉤之正確表達法是先說明其規格為土木401-80 [2]所要求之標準彎鉤，再詳細標示其 l_{dh} 之長度。

土木401-80規範[2]對常重混凝土中作耐震使用之抗拉標準彎鉤另有其他規定，如第15.7.4.1節所述。值得一提的是，土木401-80 [2]要求將標準彎鉤置於柱之圍封核心內。這是指耐震彎鉤之臨界面[圖8(b)]是從柱箍筋之外緣算起，並不是從梁柱交界面算起。亦即，耐震彎鉤之 l_{dh} 並不包含柱之混凝土保護層。這是因為柱之混凝土保護層，會在梁主筋之反覆應力作用下，呈剪力錐的形式破壞之故。

土木401-80規範[2]對常重混凝土中耐震抗拉彎鉤之伸展長度要求如下

$$l_{dh} = \frac{f_y d_b}{17.2 \sqrt{f'_c}} \quad (7)$$

由於耐震柱圍封核心之束制度較佳，因此式(7)是比式(6)要保守甚多。

本文之附錄中提供了梁柱之計算例各一，以助工程師了解如何使用土木401-80規範[2]來完成鋼筋伸展及搭接之設計。

四、簡易之設計表格

土木401-80規範[2]在伸展和搭接設計中最大之改變，是引進鋼筋束制度的估算，這對原有的設計程序造成極大的衝擊。因為在規範未變更前之伸展和搭接設計較為簡單，只要材料強度(f'_c 和 f_y)決定後，變化有限的伸展和搭接長度往往在設計之標準圖中作原則性地交代即可。但在規範改變後，伸展和搭接長度之設計，涉及了混凝土保護層、間距和箍筋用量之計算。那麼，每個桿件和每個斷面都可能有不同的要求，因此

伸展和搭接進入了全面設計的時代了。

因為對伸展和搭接作全面設計之工作太過繁重，因此工程界要求簡化之聲就不停出現。為了因應這些要求，美國ACI 318-B委員會[12]就提出了一套複合式的設計方法以供參考，這套方法包含了一個簡易設計法和一個精算法。簡易設計法對鋼筋之束制效應僅區分為二類(束制及未束制)，而精算法則使用數學公式對束制效應作連續地預測。簡易法的束制分類對伸展及搭接長度的表格化提供了基礎，而精算法則可供工程師作較精微之特殊設計之用。

ACI 318-B委員會之簡易法[12]是對現行鋼筋配製作調查後，將鋼筋束制情況粗分為二類。其一名為束制情況，是指鋼筋之最小淨保護層不小於 d_b 且符合下列情況之一者，

(a) 最小淨間距不小於 $2d_b$ 者；

(b) 最小淨間距不小於 d_b 且配置於伸展長度內之箍筋符合土木401-80規範第13.9.5節有關橫箍筋之規定，或第4.6.4節及第4.6.5.3節有關箍筋間距及最少用量之規定者。

若將此束制情況和土木401-80第5.3.3節之束制效應條文相比較，則其應隸屬束制效應係數為1.4之層級。其二名為未束制情況，是泛指鋼筋束制條件未達上列等級者，則其隸屬土木401-80中束制係數為2.0之層級。

ACI 318-B委員會[12]之方法所建議之伸展及搭接長度，直接源自ACI 408委員會[5]之建議，故和ACI 318-89規範[1]之數值略有不同。其中不同之處在下次ACI 318規範修正時或可列入，但不在本文討論之範疇。

本文作者們曾參考ACI 318-B委員會[12]之分類架構，但使用土木401-80規範[2]之計算方法，製作了若干簡易之設計表格[13]以供工程界使用。表1及表2就是關於伸展長度之簡易表格。應該注意的是表1和

表2僅提供一個迅速估計伸展長度的方法，但其並未涵蓋所有之設計情況。表1和表2著重在簡便且安全之考慮，所以僅使用土木101-80中之束制係數為1.1和2.0之情況，但仍有束制係數=1.0，寬間距係數=0.8，和緊密箍筋係數=0.75等修正尚未使用。如果工程師認為表1或表2中之數值太大難以使用，那工程師仍可使用土木101-80規範[2]作詳細的設計或分析，以求得較短之伸展長度。

表3和表4提供了搭接長度之簡易設計表格，其製作及使用方法和表1及表2相似。

為了方便90°標準彎鉤之使用，表5和表6提供了彎鉤之伸展長度，並對非耐震[式(6)]和耐震[式(7)]之使用加以區分。

為了讓90°標準彎鉤能夠確實錨定，對外柱就有所謂最小深度的要求。表7則源自表5，對排置90°標準端彎鉤所需之外柱最小深度略作交待。

五、梁柱鋼筋之配置

在混凝土中鋼筋之配置和其伸展及搭接的需求密切相關，故在鋼筋錨定介紹之後，本節擬對梁柱鋼筋之配置略作探討。以下將依序討論梁主筋，柱主筋，梁柱箍筋和梁柱接頭之若干配置實務。

5.1 梁主筋

梁主筋之伸展、搭接和切斷實為梁配筋細部的首要課題，但在逕行討論前需先對梁作分類，亦即作韌性和非韌性之區分。所謂韌性梁，是指梁除了傳遞垂直力外且為耐震構架之一部份，因此韌性梁(大梁)需配置抵抗水平橫力所需之韌性。而非韌性梁僅為垂直力承載系統之一部份，所以非韌性梁(小梁)不必作耐震設計之處理。因為小梁之配筋較為

簡單，故將先討論之。

因為小梁僅需抵抗垂直載重且多為均佈式，所以其鋼筋切斷點較為規則，故通常可在設計標準圖上表示。首先來檢視小梁正彎矩主筋（底層鋼筋）之錨定與切斷，而關於此項配筋實務，各國均有不同的作法，茲陳述如圖9所示。

圖9(a)為美國ACI Committee 315之建議[14]。因為在美國，小梁之正鋼筋均可切斷且僅需伸入支承15cm，所以ACI Committee 315 [14]要求小梁之正鋼筋在不連續端全部延伸進入支承，而在連續端之斷筋點為距支承面 $0.125L_n$ 處[圖9(a)]。簡而言之，美國對小梁正鋼筋之端部錨定較寬鬆，但其對斷筋點之要求則較嚴格。

圖9(b)為日本建築學會之建議[15]，其要求小梁之部份正鋼筋在不連續端需作抗拉錨定，而在連續端則為貫穿通過。因為日本的作法是對小梁正鋼筋之端部錨定較嚴格，所以其對斷筋點之要求就較寬鬆。經過簡單之換算可知，日本建築學會[15]要求小梁正鋼筋在不連續端之斷筋點為距支承面 $0.1L_n$ 處，而在連續端則為 $0.2L_n$ 處[圖9(b)]。

圖9(c)為英國Cement and Concrete Association之建議[16]，其特殊的地方是在梁支承處允許接續筋之處理。但整體而言，英國的作法[圖9(c)]和日本的作法[圖9(b)]實屬相似。基於臺灣本土的實務現況和對改善結構整體性之考慮，故在小梁正鋼筋之配置上，宜用日本的作法。作者們對小梁鋼筋之一般細節作了如圖10的建議[13]。由圖10中可見，作者們希望有至少 $1/2$ 底層鋼筋能在梁之不連續端作土木401-80標準彎鉤之錨定，並有至少 $1/4$ 底層鋼筋貫穿通過連續端。這種錨定形式可使結構成為一整體以抵抗異常移動或載重，並可滿足土木401-80規範第13.12節[2]之要求。而在強固了底層正鋼筋之錨定後，對其斷筋點就可採用日本的作法[圖10]。

由於小梁負彎矩鋼筋之臨界處為支承面，故其於梁不連續端須作

土木 401-80 之標準彎鉤，而在連續端則作貫穿通過 (圖 10)。至於小梁負鋼筋之斷筋點則參考美國 Concrete Reinforcing Steel Institute 之建議 [17]，在梁之不連續端取距支承面 $0.25L_n$ 處，而在連續端則取 $0.33L_n$ 處 (圖 15)。其中 $0.33L_n$ 之數值較慣例 $0.30L_n$ 之數值為高，這是具體反應鋼筋之伸展長度已被規範適量抬高之現象 [1, 2]。而 $0.25L_n$ 之數值可維持不變，這是因為此處之鋼筋較疏故有較佳之伸展條件，而且若 $0.25L_n$ 確有不足時，則 $1/2$ 底層鋼筋伸入支承作彎鉤錨定的措施正可以彌補之。

韌性梁之配筋較為繁複，而其一般耐震細部如圖 11 [13] 所示。需要注意的是大梁鋼筋截斷點之位置，沒有固定的格式可供使用，工程師須對不同之結構作個別的分析以決定之。這是因為大梁在垂直力和水平力之交互作用下，其鋼筋截斷點會對不同之載重組合、不同之側力抵抗系統和不同之桿件尺寸等諸多參數，呈極為多樣的變化。所以不同的結構就會擁有不同的鋼筋截斷型式，這是工程師的責任去找出這個應有之型式，並在設計圖上表達出來。如果對大梁的斷筋處理，盲目地沿用小梁的格式 (圖 10) 時，是極為危險的，切莫犯之。

5.2 柱主筋

在台灣房屋結構中的柱均需擁有一定的韌性 (詳土木 401-80 規範第 15 章)，而其一般耐震細部如圖 12 所示。由圖中可見，柱主筋之續接可分為搭接、銲接和續接器等三種。若為搭接處理時，僅容許於柱淨高之中央 $1/2$ 內作乙級搭接，並需配置緊密箍筋圍封之 (圖 12)。而耐震柱之鋼筋比 ρ 有不小於 6% 之要求，此一規定亦適用於柱主筋搭接之情況。這表示若 $1\% \leq \rho \leq 3\%$ 時，可於單一樓層內作全面之柱筋搭接，若 $3\% \leq \rho \leq 4\%$ 時，可作二樓層之柱筋搭接，亦即每一樓層僅搭接一半之柱主筋，分為二層搭接完畢以符合 $\rho \geq 6\%$ 之規定。若 $4\% \leq \rho \leq 6\%$ 時，則受限於鋼筋組裝之困難度，宜作銲接或續接器之處理。關於這些

柱筋續接之方式，應由工程師在設計圖上交代清楚，以完成細部設計之責任。

若柱主筋使用銲接或續接器之處理時，需注意錯置之規定(圖12)。而且爲了確保續接之品質，故應要求全銲對接須符合美國銲接協會AWS D1.4之規定，而續接器須經內政部按新材料新工法之審查辦法核可。工程師對續接器的品質應該明確規定並追蹤其施工，不要因爲劣質的續接器而危及結構的安全。

對於柱主筋搭接之設計還需注意其間距之規定。土木401-80規範[2]要求受壓構材主筋之淨間距不得小於 $1.5d_b$ ，或粗粒料標稱最大粒徑之1.33倍，亦不得小於4cm。此一規定對柱筋之搭接亦適用，因此在柱筋之搭接段亦需檢查其間距規定。若柱主筋之根數較多且作搭接時，可能需作鋼筋之偏折處理，方能滿足間距的要求。圖13即標示柱筋搭接之細部，其中具體的安排，須由工程師在設計圖面顯示。

5.3 梁柱箍筋

梁柱中之箍筋得視需要，提供下列功能：

1. 抵抗剪力。
2. 抵抗扭力。
3. 束制核心混凝土以抵抗地震之反覆應力。
4. 制止主筋在地震作用下之挫屈。
5. 改善待伸展鋼筋之束制條件。

而上述功能之達成與否，端視箍筋之錨定與配置方式。

就抗剪而言，通過剪力裂縫箍筋肢腳之兩端須有充份之錨定，方有抗剪之能力。土木401-80規範[2]對箍筋錨定之規定，是要求箍筋的每一彎角之內緣至少須有一根縱向鋼筋，此縱向鋼筋之尺寸至少須等於箍筋之直徑且爲#4(含)以上。此一縱向鋼筋(又名錨定筋)對箍筋端部錨定

之意義，可由圖S(a)中所示抗拉彎鉤之破壞模式來了解。已知抗拉彎鉤之破壞模式通常為其彎轉段兩側混凝土之劈裂，或是其彎轉段內緣混凝土之擠碎。而錨定筋之使用，對上述兩種破壞[圖S(a)]均有抑制效果。再加上彎鉤在箍筋中之錨定，實難擁有一個直線剝離長度 l_{dh} ，因此更見錨定筋使用之必要。土木101-80規範[2]對U型肋筋之錨定要求如圖14所示。由圖14中可見，箍筋之彎鉤須緊繞於縱向鋼筋(亦即錨定筋)上，方能衍生其抗剪之能力。故工程師得視需要，對箍筋配置其錨定筋。

在梁與梁之交接處，主梁之箍筋應連續通過並視需要加強之，而工程師亦須於結構平面圖上標示梁之承載方向。

若要求箍筋具有抗扭能力時，則必須使用閉合式箍筋。因為箍筋在抗扭機構中扮演著空間四面桁架之拉力桿件，所以箍筋週邊之四肢均須有抗拉之能力。而且箍筋之閉合方式若由 90° 彎鉤疊接或由U型肋筋搭接而成，則其抗扭能力較差，不適用於高抗扭桿件中。由Collins and Mitchell[18]之抗扭實驗顯示，混凝土保護層受力剝落後會使 90° 彎鉤和搭接鋼筋之錨定失效，因而造成抗扭桿件之過早破壞，請詳圖15。

圖16對箍筋抗剪和抗扭之有效與否，作了進一步地闡述。由圖16中可見，抗扭箍筋 90° 彎鉤之尾端最好置於有版提供側向束制之處。因為此處較不易受到混凝土保護層開裂剝落，而使 90° 彎鉤錨定失效之影響。

透過箍筋之束制作用以提高箍筋內核心混凝土之韌性和強度，這是鋼筋混凝土結構韌性設計之主要手段之一。但是箍筋外部之外殼混凝土無法受惠於箍筋之束制作用。因此在地震作用下，外殼混凝土之擠碎剝落是可以預期的。一旦外殼混凝土剝落時，則箍筋中 90° 彎鉤之錨定均屬無效。所以規範在耐震設計時，原則是制止在箍筋中使用 90° 彎鉤之錨定。但在施工實務中，又無法全面禁止 90° 彎鉤錨定在箍筋中之使用。因此規範[1,2]在耐震設計中，對箍筋之 90° 彎鉤作有限度且嚴格之

開放。

土木401-80規範[2]對梁中耐震閉合箍筋之使用規定如圖11下方所示。梁中耐震箍筋之閉合度可由連續繞箍(圖11之細部-A)所達成，或由“U”型肋筋(圖11之細部-B)及頂蓋繫筋(圖11之細部-C)所組成。其中連續繞箍僅適合預組型鋼筋籠之使用，而現地組裝之鋼筋籠則多採用“U”型肋筋加頂蓋繫筋之型式。由圖11中可見，連續繞箍和“U”型肋筋之兩端均有 135° 之彎鉤及 $6d_b$ 且不小於7.5cm之直線延伸，這是要求箍筋端部之錨定不受外殼混凝土剝落之影響。而頂蓋繫筋之一端為彎後至少直線延伸 $6d_b$ 且不小於7.5cm之 135° 彎鉤，但另一端則為彎後至少直線延伸 $6d_b$ 之 90° 彎鉤。允許在繫筋中使用 90° 彎鉤是為了施工的可行性，但其於外殼混凝土剝落後就失效，則為不爭之事實。故為了降低繫筋中 90° 彎鉤之不利影響，土木401-80規範[2]要求鉤住同一主筋相鄰各繫筋之 90° 與 135° 彎鉤應交替排置。若為側梁時，則繫筋 90° 彎鉤應置於單側版之圍封處，如圖11所示。

土木401-80規範[2]對柱中耐震閉合箍筋之規定如圖17所示。柱之閉合箍筋(圖17)和梁之閉合箍筋(圖11)不同。這是因為梁之頂部通常具有結構版之束制，所以梁允許頂蓋繫筋之使用。但柱之外緣通常沒有結構桿件的束制，因此柱中耐震箍筋之閉合度僅可使用連續繞箍作外部圍封，再輔以相同大小及間距之增補繫筋作內部穿插(圖17)。至於增補繫筋兩端之 90° 及 135° 彎鉤均須圍繞於縱向鋼筋上，並間隔換端。於圖17中尚需注意，繫筋或閉合箍筋各肢在構材主軸垂直方向上之中心距(Y)不得超過35cm。這是因為箍筋對柱心混凝土之有效束制均集中於箍筋各肢之四周，若各肢之距離太遠，則難免會因鞭長莫及而使柱心混凝土有局部早潰之憾。

關於束制混凝土之箍筋用量是否足夠，可由土木401-80規範[2]中第15.5.4節之規定來作核算。

耐震構架中梁柱主筋常有受壓挫屈之顧慮，這是因為鋼筋受力進入塑性狀態時，其彈性模數迅速折減，所以其抗挫屈強度大幅降低之故。而在外殼混凝土剝落後，梁柱受壓主筋之有效側撐僅靠箍筋來提供。因此土木 401-80 規範 [2] 要求柱中橫向箍筋之水平佈置須使在各柱角處之主鋼筋及每隔一根之主鋼筋均以有轉角之箍筋作橫向支撐，且柱中主鋼筋無橫向支撐者至有橫向支撐者之淨間距不得大於 15cm。至於在柱中耐震箍筋之垂直佈置方面，土木 401-80 規範 [2] 要求箍筋之間距不得超過柱最小尺寸之 1/4 或 10cm。土木 401-80 規範 [2] 也規定梁中耐震閉合箍筋之最大間距不得超過 (1)d/4，(2) 最小主鋼筋直徑之 8 倍，(3) 閉合箍筋直徑之 24 倍，及 (4) 30cm。這些規定都具有制止梁柱主筋在地震作用下挫屈破壞之功能。

近年來由於柱主筋之間距太小，因而有柱之增補繫筋僅鉤住其閉合箍筋之施工方式，如圖 18 所示者。圖 18 是一個不良之施工方式，因為繫筋沒有直接纏繞主筋，將使主筋因側撐不足而急劇降低其抗挫屈強度。所以圖 18 之施工方式會損害箍筋制止主筋挫屈之功能，故不足為訓。而且圖 18 中，繫筋之混凝土淨保護層通常不能滿足規範要求。

箍筋是否可以改善待伸展鋼筋之束制情況的關鍵，在於通過混凝土劈裂裂縫之箍筋各肢是否擁有完整之抗拉能力，如圖 2 所示。而其它關於箍筋之握裹束制功能已於前文中研討，故不再贅述。

國內柱筋綁紮之施工實務是以現場組立為主。其施工步驟為先豎立主筋，並將外圍之連續繞箍排置定位而與主筋綁紮成型；然後再將增補繫筋由鋼筋籠外插入及綁紮，並視需要綁紮對角筋以增加剛度。但若主筋和連續繞箍之間距太小時，則增補繫筋就無法置入，徒增工地之困擾。

有鑑於此，作者們就於實驗室中綁紮實尺寸之柱鋼筋籠，並依上述施工步驟來尋找個別置入繫筋所需之施工空間。實作方式為先組立柱主筋和外圍之連續繞箍，其中連續繞箍之間距採規範數值 10cm。然後製

作符合規範要求之繫筋，再將繫筋 90° 彎鉤之端部先插入鋼筋籠中，來測試繫筋置入所需之柱主筋最小淨間距。測試結果如下：

個別置入繫筋所需之最小主筋淨間距

箍筋尺寸	箍筋心到心間距	最小主筋淨間距
#3	10 cm	5 cm
#4	10 cm	6 cm

上述數據為實驗室中尺寸精確控制之結果，故在工地實作時應適度放大以增加可行性。總而言之，以柱淨間距 6cm 為例，其數值已達 #10 主筋之 $2d_b$ ，遠較規範數值 $1.5d_b$ 或 4cm 為大。當工程師以柱筋淨距 $1.5d_b$ 或 4cm 為設計依據時，其已排除繫筋個別置入之施工方法。但若工地又不願意提高單價作特殊施工時，則繫筋兩端遭不當截短之現象就隨處可見了。作者們以為工程師在設計時，應一併考慮施工的可行性和經濟性，以期結構之完成品達設計圖面之安全標準。

若增補繫筋個別置入確有困難時，也有其它之代替方案。依據參考文獻 19 和 20 中所述，圖 19 也為一可行之方法。首先要注意的是，圖 19 僅允許增補繫筋用 "J" 型搭接鋼筋組取代，但外圍之連續繞箍仍須維持原有之閉合方式。其次要注意的是，於實驗進行中量測 "J" 型搭接鋼筋之最高應力僅達 $0.6f_{yt}$ [19,20]。因此在應力超過 $0.6f_{yt}$ 時，"J" 型搭接鋼筋組是否仍然有效就不知道了。再加上搭接鋼筋組之滑移量較大，故降低搭接之應力值也具強化勁度之正面意義。所以 "J" 型搭接鋼筋組之設計強度以 $0.6f_{yt}$ 為宜 (圖 19)。

5.4 梁柱接頭

梁柱接頭需容納柱之主筋和箍筋以及梁之主筋，因此其鋼筋之壅塞程度可以想見。再加上梁柱接頭為各種應力蓄萃之地，故其尺寸和強度

是否足夠也需詳細核算(土木401-80規範第15.7節)。一般而言，鋼筋混凝土結構物之施工瓶頸，常會困於梁柱接頭之耐震配筋上。而接頭配筋之多寡，常取決於結構之耐震系統型式和樓層數，因此接頭設計應為初步設計的一個重點。惟有在已知接頭之尺寸和鋼筋量確屬合理後，其它細部設計之執行才有意義。

有鑑於梁柱接頭配筋之壅塞常為施工之瓶頸，故此項困難在設計層次中就該被充份地了解並排除之。因此作者們建議[13]，設計者須選定於施工中較具複雜性之梁柱接頭配筋，各繪出至少6個剖面之縮尺比例配筋詳圖。其中6個接頭是指基礎梁、中間層與屋頂層之中間柱及角柱接頭各一，而其鋼筋之粗細亦須按比例繪製。

六、結論

規範在鋼筋的伸展和搭接設計中引進了鋼筋束制度的計算，這措施改變了原有的簡易設計程序，進而要求鋼筋的伸展和搭接進入全面詳細設計的時代。

因應上述變局，本文詳細闡述了規範變動的意義、內容和應用實例，並進而提供簡易之設計表格和梁柱配筋之若干實務。為文之目的，不外乎期望國內業界之設計水準能隨著規範一起進步，同臻更安全之境界。

七、誌謝

本文鋼筋伸展和搭接之部份內容及心得，實得自中國土木水利工程學會混凝土工程委員會中鋼筋混凝土建築設計規範小組之例行討論。故對小組委員會們之研討和建議，特表感謝。

又本文鋼筋配置之研究成果承內政部建築研究所籌備處補助研究經

費，並蒙中華民國結構工程學會提供行政支援工作，得以順利完成，特此誌謝。

最後要感謝國立台灣工業技術學院營建系的柳景仲、朱敬寰、郭慶利、鄭光壯和林茂盛同學對本文所作的文字輸入和圖表繪製。

參考文獻

1. ACI Committee 318 ,” Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-89) and Commentary(ACI 318R-89).” American Concrete Institute, Detroit, Michigan, 353 pp. (1989) ◦
2. 中國土木工程學會,「鋼筋混凝土建築設計規範(土木401-80)」. 中國土木工程學會混凝土工程委員會研究報告(11), 201頁(1991) ◦
3. Orangun, C.O.; Jirsa, J.O.; and Breen, J.E.,” Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices,” ACI Journal, Proceeding V. 74, No 3, March , pp. 114-122 (1977) ◦
4. Jirsa, J.O.; Lutz, L.A.; and Gergely, P.,” Rationale for Suggested Development, Splice, and Standard Hook Provisions for Deformed Bars in Tension,” Concrete International, ACI, Vol. 1, No. 7, July, pp. 47-61 (1979) ◦
5. ACI Committee 408,” Suggested Development, Splice, and Standard Hook Provisions for Deformed Bars in Tension (ACI 408.1 R-79),” American Concrete Institute, Detroit, 3 pp. (1979). Also ACI Manual of Concrete Practice, Part 3 [ACI 408.1 R-90; 1990] ◦
6. ACI Committee 318,” Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83).” American Concrete Institute. Detroit. 111 pp. (1983) ◦
7. Jirsa, J.O.; and Breen, J.E.” Influence of Casting Position and Shear on Development and Splice Length-Design Recommendations.” Research Report 242-3F. Center for Transportation Research. Bureau of Engineering Research. The University of Texas at Austin. Nov. (1981) ◦

8. Jeanty, P.R.; Mitchell, D.; and Mirza, M.S., " Investigation of 'Top Bar' Effects in Beams," ACI Structural Journal, Vol. 85, No. 3, May-June, pp. 251-257 (1988) ◦
9. Johnson, D.W.; and Zia, P., " Bond Characteristics of Epoxy-Coated Reinforcing Bars," Report No. FHWA/NC/82-002, Department of Civil Engineering, North Carolina State University, Aug. (1982) ◦
10. Treece, R.A.; and Jirsa, J.O.;" Bond Strength of Epoxy-Coated Reinforcing Bars," ACI Materials Journal, Vol. 86, No. 2, March-April, pp.167-174 (1989) ◦
11. Lutz, L.A.; Mirza, S.A.; and Gosain, N.K.," Changes to and Applications of Development and Lap Splice Length Provision for Bars in Tension. (ACI 318-89)," ACI Structural Journal, Vol. 90, No. 4, July-August, pp. 393-406 (1993) ◦
12. ACI Committee 318-Subcommittee B," Code Change CB-23, Development of Bars in Tension," draft document issued for review purposes, American Concrete Institute, Detroit, 3 pp. (1992) ◦
13. 黃世建,陳正平,王森源,龍思靖," 鋼筋混凝土結構鋼筋配置及施工準則之研擬," 中華民國結構工程學會研究報告, CSSE 83-04 (1994) ◦
14. ACI Committee 315 ," Details and Detailing of Concrete Reinforcement (ACI 315-80 ; Revised 1986)," American Concrete Institute, Detroit, Michigan (1986) ◦
15. 日本建築學會," 鋼筋混凝土構造配筋指南同解説," (1986) ◦

16. Whittle, R., " Reinforcement Detailing Manual." Cement and Concrete Association (1981) ◦
17. Concrete Reinforcing Steel Institute, " CRSI Handbook 1992." Schaumburg, Illinois (1992) ◦
18. Collins, M.P.; and Mitchell, D., " Detailing for Torsion," ACI Journal, Proceedings V. 73, No. 9, Sept., pp. 506-511 (1976) ◦
19. Dowrick, D.J., " Earthquake Resistant Design," 2nd Edition, John Wiley & Sons, 519 pp. (1987) ◦
20. Tanaka, H.; Park, R.; and McNamee, B., " Anchorage of Transverse Reinforcement in Rectangular Reinforced Concrete Columns in Seismic Design," Bull. NZ Nat. Soc. for Earthq. Eng., 18, No. 2, pp. 165-190 (1985) ◦

表1 受拉直線頂層鋼筋⁺之最短伸展長度 ℓ_d ，cm
 ($f_y = 4200\text{kg/cm}^2$ ；未塗布鋼筋；常重混凝土)

未束制情況：						
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	40	35	31	30	30	30
#4	58	50	45	41	38	36
#5	90	78	70	64	59	55
#6	130	113	101	92	85	80
#7	175	152	136	124	115	108
#8	230	199	178	162	150	141
#9	293	254	227	207	192	180
#10	369	319	286	261	242	226
#11	456	395	353	322	298	279
#14	611	529	473	432	400	374
#18	905	784	701	640	592	554

束制情況： 鋼筋其最小淨保護層不小於 d_b 且符合下列情況之一者， (a) 最小淨間距不小於 $2d_b$ 者； (b) 最小淨間距不小於 d_b 且配置於伸展長度內之箍筋符合土木 401-80規範第13.9.5節有關橫箍筋之規定，或第4.6.4節及 第4.6.5.3節有關箍筋間距及最少用量之規定者。						
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	40	35	31	30	30	30
#4	53	46	41	38	35	33
#5	66	58	52	47	44	41
#6	91	79	71	65	60	56
#7	123	107	95	87	81	76
#8	161	139	125	114	105	99
#9	205	178	159	145	135	126
#10	258	224	200	183	169	158
#11	319	276	247	226	209	196
#14	428	371	331	303	280	262
#18	633	549	491	448	415	388

⁺ 依照土木401-80規範，頂層鋼筋係指水平鋼筋其下混凝土一次澆置厚度大於30cm者。

- 註：1. 依照土木401-80規範第5.3.6節之規定，若使用輕質骨材混凝土或環氧樹脂塗布鋼筋時，則需要較長之伸展長度。
2. 對 $f_y = 2800\text{kg/cm}^2$ 之鋼筋，其抗拉伸展長度可為表列值之2/3，惟不得小於30cm。
3. 部份之抗拉伸展長度可使用90°或180°標準彎鉤取代。
4. 設計者可使用實際之鋼筋情況並依據土木401-80規範作詳細設計，以求得較表列數值為小之伸展長度。

表2 受拉直線非頂層鋼筋⁺之最短伸展長度 l_d , cm
($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$; 未塗布鋼筋; 常重混凝土)

未束制情況：						
鋼筋 尺寸	常重混凝土, f'_c , kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	31	30	30	30	30	30
#4	45	39	35	32	30	30
#5	70	60	54	49	46	43
#6	100	87	78	71	66	62
#7	135	117	105	96	89	83
#8	177	153	137	125	116	108
#9	225	195	175	160	148	138
#10	284	246	220	201	186	174
#11	351	304	272	248	230	215
#14	470	407	364	332	308	288
#18	696	603	539	492	456	426

束制情況：鋼筋其最小淨保護層不小於 d_b 且符合下列情況之一者， (a) 最小淨間距不小於 $2d_b$ 者； (b) 最小淨間距不小於 d_b 且配置於伸展長度內之箍筋符合土木 401-80 規範第 13.9.5 節有關橫箍筋之規定，或第 4.6.4 節及 第 4.6.5.3 節有關箍筋間距及最少用量之規定者。						
鋼筋 尺寸	常重混凝土, f'_c , kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	31	30	30	30	30	30
#4	41	36	32	30	30	30
#5	51	44	40	36	34	32
#6	70	61	55	50	46	43
#7	95	82	73	67	62	58
#8	124	107	96	88	81	76
#9	158	137	122	112	104	97
#10	199	172	154	141	130	122
#11	246	213	190	174	161	151
#14	329	285	255	233	216	202
#18	487	422	378	345	319	299

⁺ 依照土木 401-80 規範，非頂層鋼筋係指水平鋼筋其下混凝土一次澆置厚度小於 30cm 者，亦包含牆或柱之垂直鋼筋。

- 註：1. 依照土木 401-80 規範第 5.3.6 節之規定，若使用輕質骨材混凝土或環氧樹脂塗布鋼筋時，則需要較長之伸展長度。
2. 對 $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$ 之鋼筋，其抗拉伸展長度可為表列值之 2/3，惟不得小於 30cm。
3. 部份之抗拉伸展長度可使用 90° 或 180° 標準彎鉤取代。
4. 設計者可使用實際之鋼筋情況並依據土木 401-80 規範作詳細設計，以求得較表列數值為小之伸展長度。

表3-頂層鋼筋⁺受拉搭接之最短長度，cm
 ($f_y = 4200\text{kg/cm}^2$ ；未塗布鋼筋；常重混凝土)

未束制情況：												
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2											
	210		280		350		420		490		560	
	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級
#3	40	52	35	45	31	40	30	37	30	34	30	32
#4	58	75	50	65	45	58	41	53	38	49	36	46
#5	90	117	78	102	70	91	64	83	59	77	55	72
#6	130	169	113	146	101	131	92	120	85	111	80	104
#7	175	228	152	198	136	177	124	161	115	149	108	140
#8	230	298	199	258	178	231	162	211	150	195	141	183
#9	293	381	254	330	227	295	207	269	192	249	180	233
#10	369	479	319	415	286	371	261	339	242	314	226	294
#11	456	592	395	513	353	459	322	419	298	388	279	363

束制情況： 鋼筋其最小淨保護層不小於 d_b 且符合下列情況之一者，
 (a) 最小淨間距不小於 $2d_b$ 者；
 (b) 最小淨間距不小於 d_b 且配置於伸展長度內之箍筋符合土木
 401-80規範第13.9.5節有關橫箍筋之規定，或第4.6.4節及
 第4.6.5.3節有關箍筋間距及最少用量之規定者。

鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2											
	210		280		350		420		490		560	
	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級
#3	40	52	35	45	31	40	30	37	30	34	30	32
#4	53	69	46	60	41	53	38	49	35	45	33	42
#5	66	86	58	75	52	67	47	61	44	57	41	53
#6	91	118	79	103	71	92	65	84	60	78	56	73
#7	123	160	107	138	95	124	87	113	81	105	76	98
#8	161	209	139	181	125	162	114	148	105	137	99	128
#9	205	267	178	231	159	207	145	189	135	175	126	163
#10	258	336	224	291	200	260	183	237	169	220	158	206
#11	319	415	276	359	247	321	226	293	209	272	196	254

⁺ 依照土木401-80規範，頂層鋼筋係指水平鋼筋其下混凝土一次澆置厚度大於30cm者。

- 註：1. 依照土木401-80規範第5.3.6節之規定，若使用輕質骨材混凝土或環氧樹脂塗布鋼筋時，則需要較長之伸展長度。
 2. 設計者可使用實際之鋼筋情況並依據土木401-80規範做詳細設計，以求得較表列數值為小之搭接長度。

表4-非頂層鋼筋⁺受拉搭接之最短長度，cm
 ($f_y = 4200\text{kg/cm}^2$ ；未塗布鋼筋；常重混凝土)

未束制情況：												
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2											
	210		280		350		420		490		560	
	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級
#3	31	40	30	35	30	31	30	30	30	30	30	30
#4	15	58	39	50	35	45	32	41	30	38	30	36
#5	70	90	60	78	54	70	49	61	46	59	43	55
#6	100	130	87	113	78	101	71	92	66	85	62	80
#7	135	175	117	152	105	136	96	124	89	115	83	108
#8	177	230	153	199	137	178	125	162	116	150	108	141
#9	225	293	195	254	175	227	160	207	148	192	138	180
#10	284	369	246	319	220	286	201	261	186	242	174	226
#11	351	456	304	395	272	353	248	322	230	298	215	279

束制情況：鋼筋其最小淨保護層不小於 d_b 且符合下列情況之一者， (a) 最小淨間距不小於 $2d_b$ 者； (b) 最小淨間距不小於 d_b 且配置於伸展長度內之箍筋符合土木 401-80規範第13.9.5節有關橫箍筋之規定，或第4.6.4節及 第4.6.5.3節有關箍筋間距及最少用量之規定者。												
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2											
	210		280		350		420		490		560	
	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級
#3	31	40	30	35	30	31	30	30	30	30	30	30
#4	41	53	36	46	32	41	30	38	30	35	30	33
#5	51	66	44	58	40	52	36	47	34	44	32	41
#6	70	91	61	79	55	71	50	65	46	60	43	56
#7	95	123	82	107	73	95	67	87	62	81	58	76
#8	124	161	107	139	96	125	88	114	81	105	76	99
#9	158	205	137	178	122	159	112	145	104	135	97	126
#10	199	258	172	224	154	200	141	183	130	169	122	158
#11	246	319	213	276	190	247	174	226	161	209	151	196

⁺ 依照土木401-80規範，非頂層鋼筋係指水平鋼筋其下混凝土一次澆置厚度小於30cm者，亦包含牆或柱之垂直鋼筋。

- 註：1. 依照土木401-80規範第5.3.6節之規定，若使用輕質骨材混凝土或環氧樹脂塗布鋼筋時，則需要較長之伸展長度。
 2. 設計者可使用實際之鋼筋情況並依據土木401-80規範做詳細設計，以求得較表列數值為小之搭接長度。

表5-受拉鋼筋標準彎鉤之最短伸展長度 ℓ_{dh} ，cm
($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ；常重混凝土)

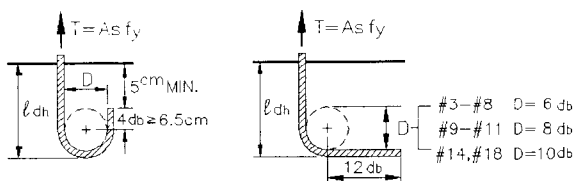
一般使用(非耐震) 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$ ； 2.端部保護層(90°彎鉤) $\geq 5\text{cm}$						
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	15*	15*	15*	15*	15*	15*
#4	20	17	16*	15*	15*	15*
#5	25	22	19	18	16*	15*
#6	30	26	23	21	20*	18*
#7	35	30	27	25	23	21*
#8	40	34	31	28	26	24*
#9	45	39	35	32	29*	27*
#10	50	43	39	35	33*	31*
#11	55	48	43	39	36	34*
#14	95	82	74	67	62	58
#18	126	109	98	89	83	77

特殊束制(非耐震) 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$ ； 2.端部保護層(90°彎鉤) $\geq 5\text{cm}$ ； 3.束制箍筋 $s \leq 3d_b$						
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	15*	15*	15*	15*	15*	15*
#4	16*	15*	15*	15*	15*	15*
#5	20	17*	16*	15*	15*	15*
#6	24	21	19*	17*	16*	16*
#7	28	24	22*	20*	18*	18*
#8	32	28	25*	23*	21*	21*
#9	36	31	28*	25*	24*	23*
#10	40	35	31*	28*	26*	26*
#11	44	39	35*	32*	29*	29*

耐震構架-90°彎鉤 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$ ； 2.端部保護層(90°彎鉤) $\geq 5\text{cm}$ ； 3.置於束制核心內						
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	17	15*	15*	15*	15*	15*
#4	22	19	17	16*	15*	15*
#5	27	24	21	19	18	17*
#6	33	28	25	23	22	20*
#7	38	33	29	27	25	23
#8	43	38	34	31	29	27
#9	49	42	38	35	32	30*
#10	55	47	43	39	36	34
#11	61	53	47	43	40	37*

註：若為垂直於暴露面之180°彎鉤者，須參閱表6對其尾端提供5cm之保護層。

表 6-標準端彎鉤之細部



對垂直於暴露面之 180° 彎鉤尾端提供 5cm 保護層
所需之最小埋置長度

鋼筋尺寸	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#14	#18
埋置長度 cm	16	17	18	21	23	26	31	34	38	48	63

其中： A_s = 鋼筋之截面積； cm^2

d_b = 鋼筋之標稱直徑；cm

D = 最小彎曲直徑；cm

f_y = 鋼筋之規定降伏強度； kg/cm^2

l_{dh} = 拉力鋼筋標準彎鉤之伸展長度，由臨界面至彎鉤之外側端即由臨界面至彎鉤起點（切點）之直線長度加上彎鉤彎曲半徑及一個鋼筋直徑，cm

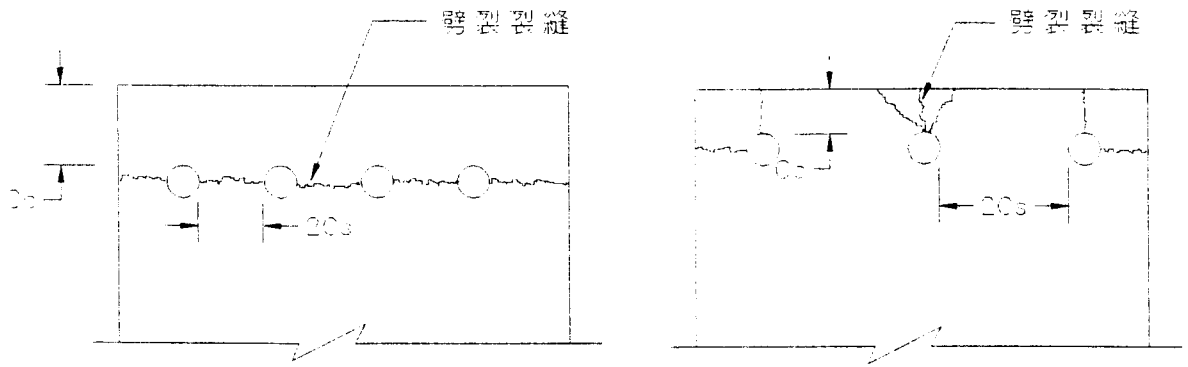
T = 拉力

表7- 排置90° 標準端彎鉤所需之外柱最小深度
 ($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$; 常重混凝土 ; #4柱箍筋 ; #10柱主筋)

一般使用(非耐震) 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$; 2.端部保護層(90° 彎鉤) $\geq 5\text{cm}$						
鋼筋 尺寸	常重混凝土, f'_c , kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#6	38	34	32	30	28	27
#7	43	39	35	33	31	30
#8	48	43	39	37	35	33
#9	53	47	43	40	38	36
#10	58	52	47	44	41	39
#11	64	57	52	48	45	43

特殊束制(非耐震) 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$; 2.端部保護層(90° 彎鉤) $\geq 5\text{cm}$; 3.束制箍筋 $s \leq 3d_b$						
鋼筋 尺寸	常重混凝土, f'_c , kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#6	32	29	27	26	24	24
#7	36	33	30	28	27	27
#8	40	36	33	31	29	29
#9	44	40	36	34	32	32
#10	49	43	40	37	35	35
#11	53	47	43	40	38	38

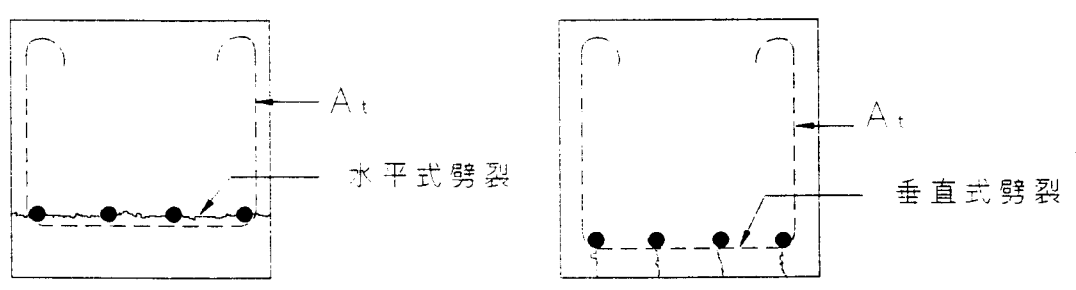
耐震構架-90° 彎鉤 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$; 2.端部保護層(90° 彎鉤) $\geq 5\text{cm}$; 3.置於束制核心內						
鋼筋 尺寸	常重混凝土, f'_c , kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#6	45	41	38	36	34	33
#7	50	45	42	39	37	36
#8	56	50	46	43	41	39
#9	61	55	50	47	45	43
#10	67	60	55	51	49	46
#11	73	65	60	56	52	50



(a) 水平式劈裂($C_c > C_s$)

(b) 垂直式劈裂($C_c < C_s$)

圖1 握裹劈裂破壞之模式



(a) $A'_{tr} = \frac{2A_t}{4}$

(b) $A'_{tr} = \frac{4A_t}{4}$

圖2 橫向箍筋 A'_{tr}

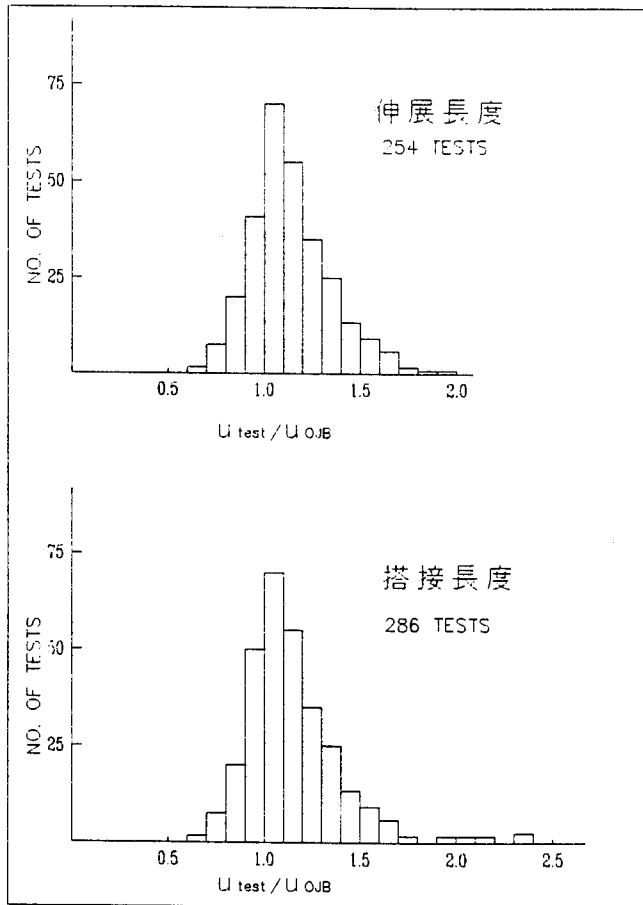
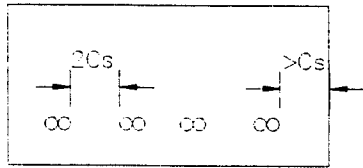
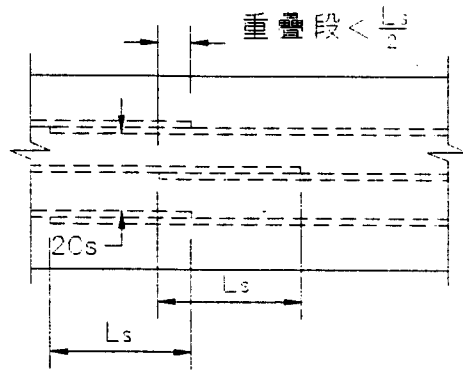


圖3 伸展及搭接長度測試數據和OJB模型之比較

(源自參考文獻4)



搭接未錯置時之 C_s
 (所有鋼筋全面搭接)



搭接錯置時之 C_s

圖 4 搭接鋼筋之 C_s 定義

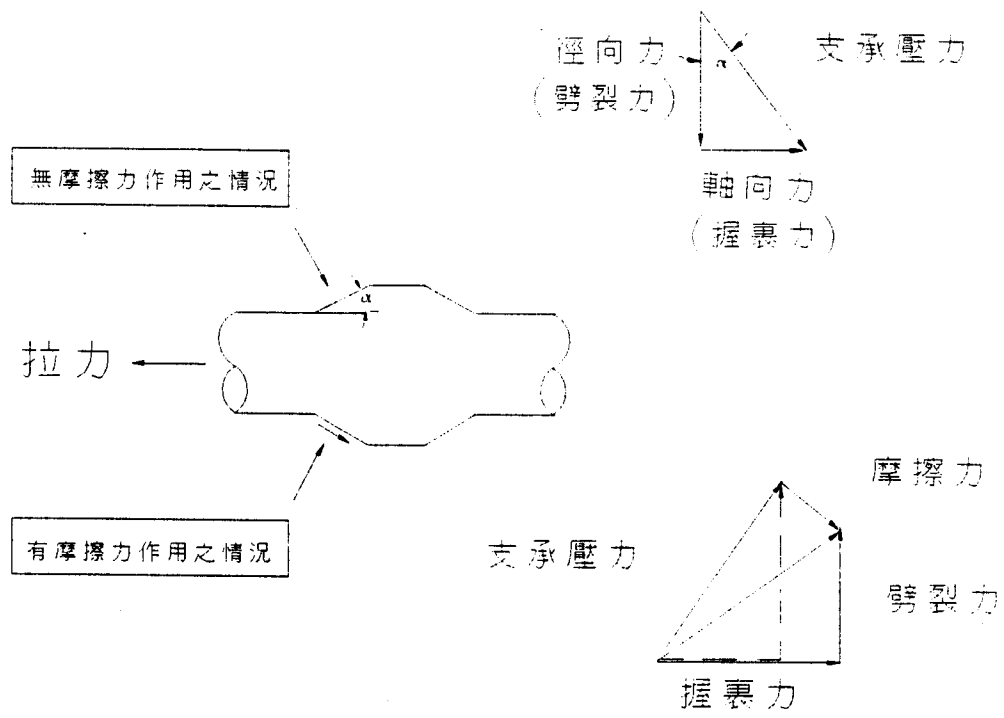
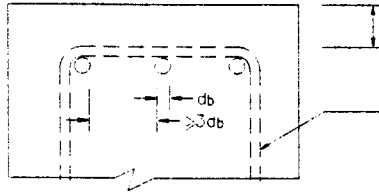


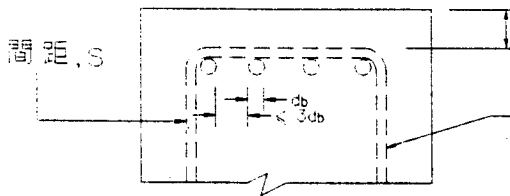
圖5 鋼筋竹節凸緣之握裹機制



最小保護層厚度不小於第 13.5.1 節之規定

配置於伸展長度內之橫向鋼筋符合第 13.9.3 節有關橫筋之規定,或肋筋符合第 4.5.4 節有關間距及第 4.5.5.3 節有關最小用量之規定。

(a) 梁或柱中使用最低箍筋量但其淨間距 $\geq 3d_b$ 之伸展情況



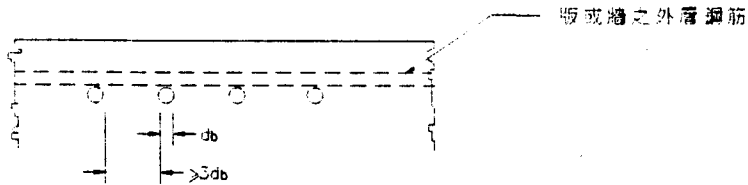
最小保護層厚度不小於第 13.5.1 節之規定

伸展長度內其圍封橫向鋼筋之總截面積

$$A_{tr} > \frac{d_b \cdot s \cdot N}{40}$$

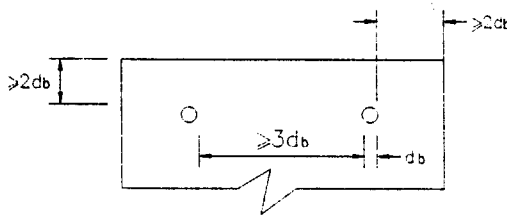
($f_{yt} = 4200 \text{ kg/cm}^2$ 者)

(b) 梁或柱中使用大量箍筋之伸展情況



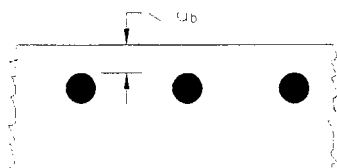
版或牆之外層鋼筋

(c) 版或牆之內層鋼筋

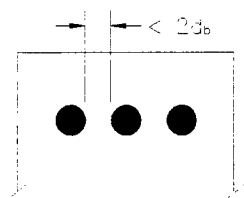


(d) 保護層 $\geq 2d_b$ 且淨間距 $\geq 3d_b$

圖 6 修正係數為 1 之有效束制情況
- 表 5.3(2)

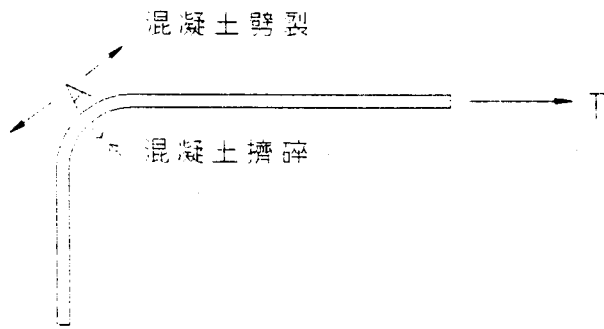


(a) 保護層太小時之伸展情況

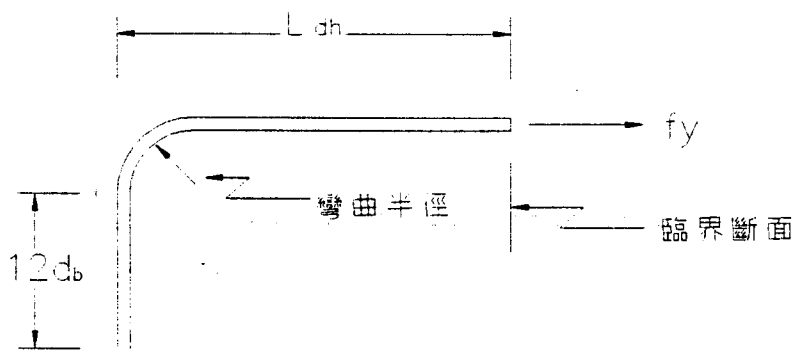


(b) 間距太小之伸展情況

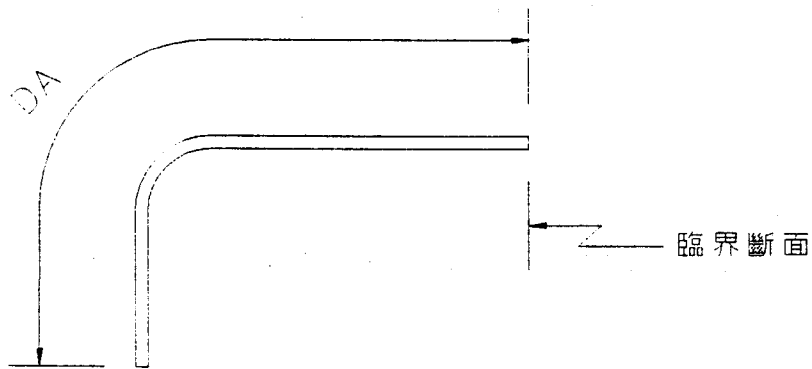
圖 7 修正係數為 2 之束制不利情況



(a) 抗拉彎鉤之破壞模式

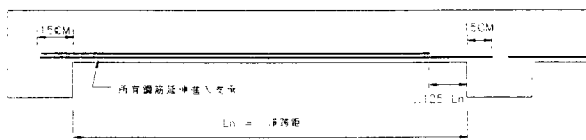


(b) 土木 401-80 標準彎鉤

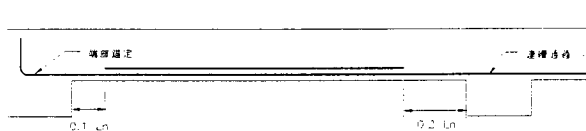


(c) 不良彎鉤之表達法

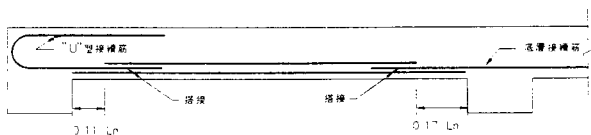
圖 8 90° 標準彎鉤



(a) 美國 ACI Committee 318 [14]

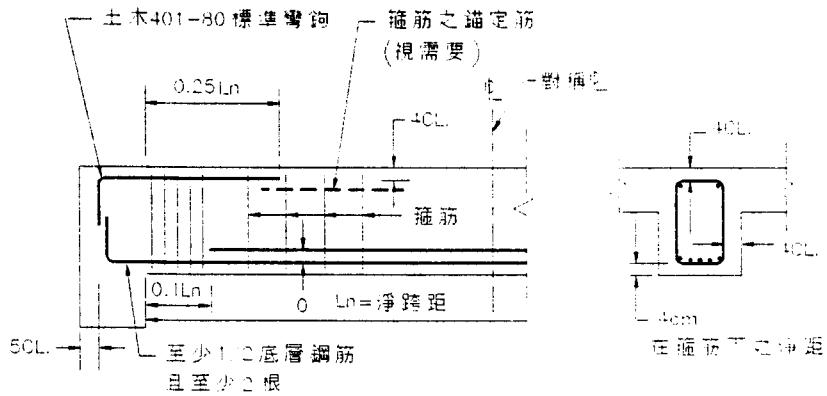


(b) 日本建築學會 [15]

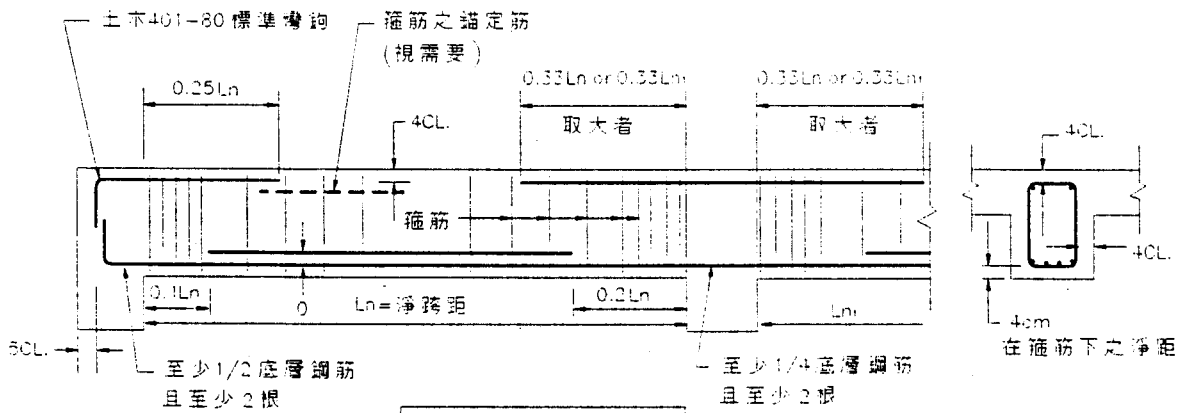


(c) 英國 Cement and Concrete Association [16]

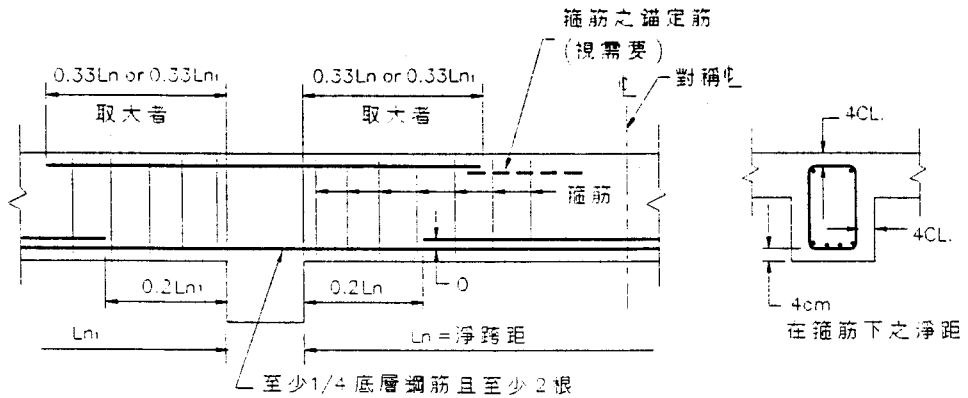
圖 9 非韌性梁正彎矩鋼筋之錨定與切斷



單跨, 簡支承梁



端跨, 簡支承梁

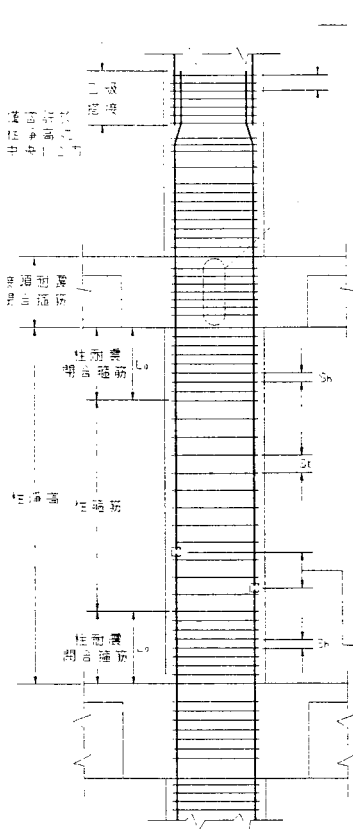


內跨, 連續梁

註: (1)單位 - 公分

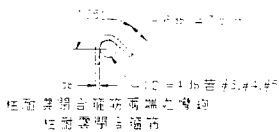
(2)須檢核土木401-80標準彎鉤之保護層,並可詳土木401-80第五章。

圖 10 梁之一般細節——非韌性梁適用

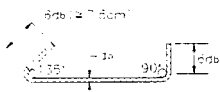


井口段高度
井筒段高度
井底段高度

井口段高度
井筒段高度
井底段高度



井口段高度
井筒段高度
井底段高度



井口段高度
井筒段高度
井底段高度

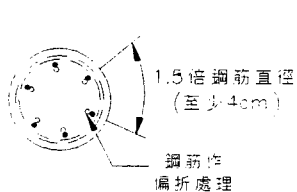
井口段高度
井筒段高度
井底段高度

井口段高度
井筒段高度
井底段高度

井口段高度
井筒段高度
井底段高度

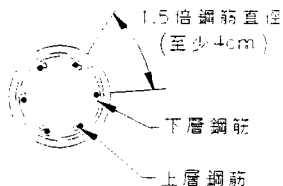


(a) 橫面柱之搭接細部



徑向搭接

(受制於柱主筋最小
間距之規定時使用)

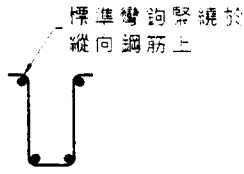


環向搭接

(較理想)

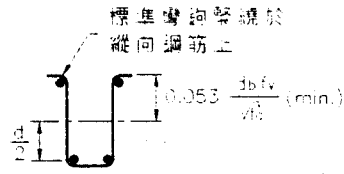
(b) 環面柱之搭接細部

圖 13 柱筋搭接之細部



(第 5.14.2.1 節)

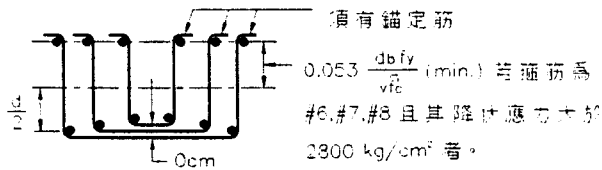
適用於鋼筋為 #3, #4, #5 號鋼筋。
鋼筋為 #6, #7, #8 且其降伏應力不大於 2800 kg/cm² 者。



(第 5.14.2.2 節)

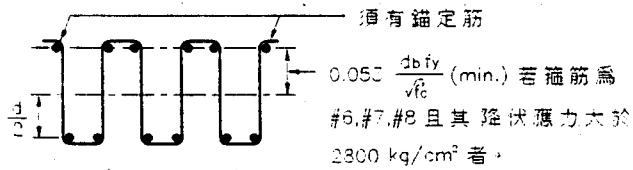
適用於鋼筋為 #6, #7, #8 且其降伏應力大於 2800 kg/cm² 者。

單 U 型肋筋之端部錨定



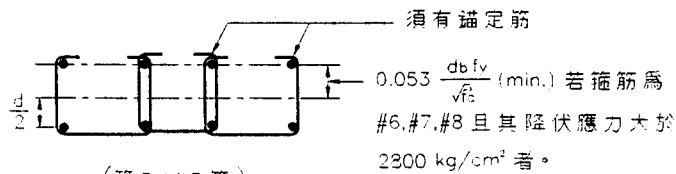
(第 5.14.3 節)

排置較易



(第 5.14.3 節)

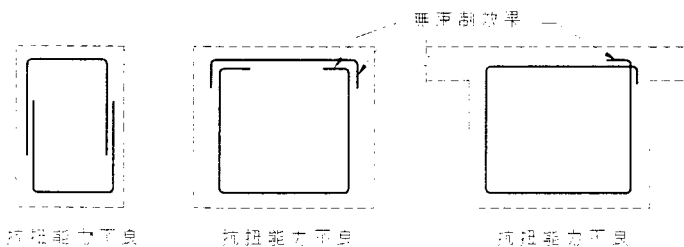
排置較難



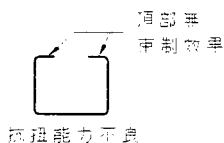
(第 5.14.3 節)

排置最難

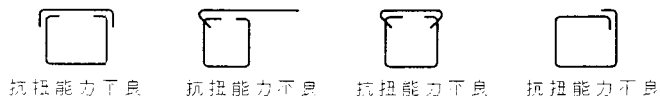
圖 14 土木 401-80 規範對 U 型肋筋之錨定要求



於抗扭實驗中顯示過早破壞之無束制之箍筋型式



箍筋垂直肢端部為 90° 彎鉤者

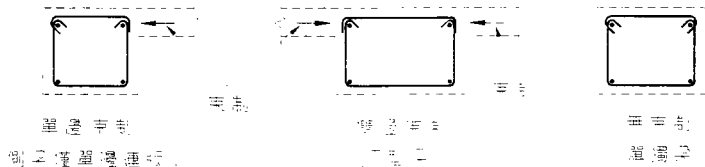


各種雙件式箍筋其垂直肢端部為 90° 彎鉤者

註：1. 於抗扭構件中，不可使用上述箍筋型式。

2. 上述箍筋和圖 16 中相似者比較，其差別在於束制效果之缺乏。

圖 15 抗扭能力不良之閉合箍筋型式——不推薦



可將油鑽洞通時可裝上一種容易卸下的磁環，
 其曲面積和頂部螺絲對角線對角，確有此目上
 方寸上，將此寸口裝在磁環，加無的曲線總時
 亦可適裝。

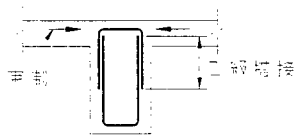
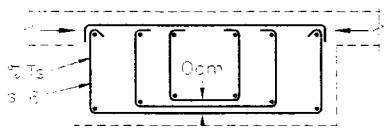
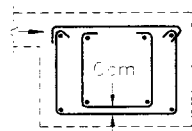


圖 2 圖 2 圖 2



可裝上磁環磁環為外圍已裝磁環
 可將磁環對角螺絲，可裝在磁環
 磁環可裝在磁環。



可裝上磁環磁環為外圍已裝磁環
 可將磁環對角螺絲，可裝在磁環
 磁環可裝在磁環。

圖 3 油鑽洞通時可裝上一種容易卸下的磁環
 其曲面積和頂部螺絲對角線對角，確有此目上
 方寸上，將此寸口裝在磁環，加無的曲線總時
 亦可適裝。

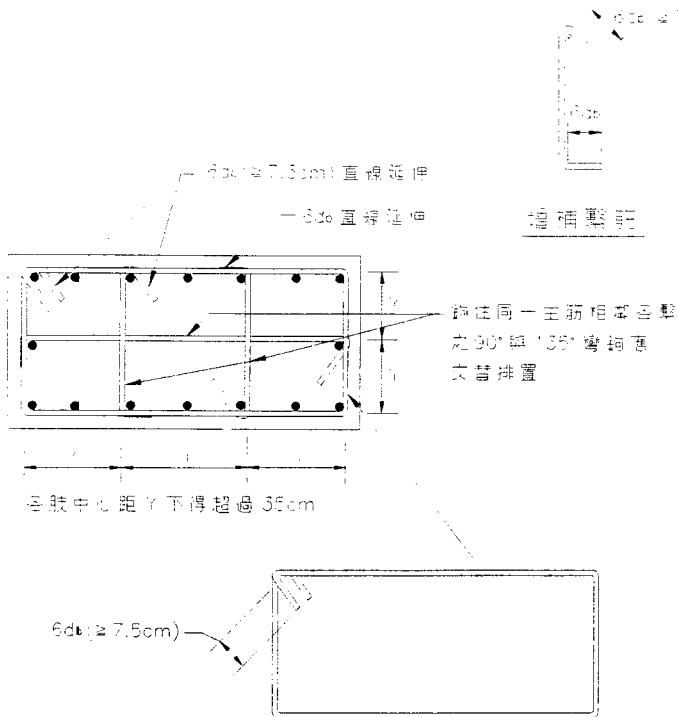


圖 17 柱之耐震箍筋實例

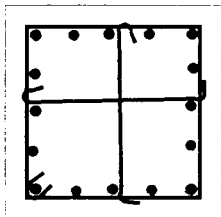


圖 18 不良之繫筋配置方式——不推荐

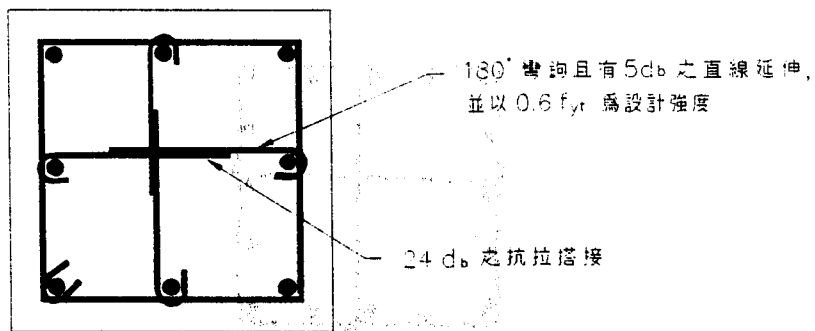


圖 19 搭接式之“J”型繫筋(依據 Tanaka et al.²⁰)

附錄

例題 1: 梁筋之伸展

請對圖 A1 所示之懸臂梁選擇其撓曲鋼筋。已知: $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, $M_u = 40 \text{ t-m}$, 梁為 $35 \times 60 \text{ cm}$ 之矩形斷面, 且其箍筋配置為 #4 @ 20 cm 。

#8 主筋

基於強度之要求, 需使用 5-#8, 但限於梁寬 35 cm 之尺寸, 則需雙層排筋 [13]。於此可刻意拉開兩層鋼筋之間距, 以營造較佳之伸展條件, 如圖 A2 所示。圖 A2 中梁之 $M_n = 45 \text{ t-m}$, 大於 M_u/ϕ 之值。

由圖 A2 中可見, 其保護層 $> 2d_b$ 且水平暨垂直之鋼筋淨間距 $> 3d_b$, 因為其符合圖 6(a) 或 6(d) 所示混凝土束制良好之條件, 所以可使用 1.0 之束制係數。

$$\frac{0.06 \times 5.07 \times 4200}{\sqrt{280}} \times 1.0 = 76.4 > \frac{0.11 \times 2.54 \times 4200}{\sqrt{280}} = 70.1$$

由上式可知, 梁受劈裂破壞控制。而且 #8 主筋也受到頂層鋼筋效應之影響。因此, #8 主筋之伸展長度為

$$\ell_{d-\#8} = 1.3 \times 76.4 = 99.3 \text{ cm}$$

而圖 A1 中懸臂梁內可供伸展之長度為 $150 - 4 = 146 \text{ cm}$, 故可容納之。

#9 主筋

若使用4-#9之單層排筋，其 $M_n = 50 \text{ t}\cdot\text{m}$ 。由於主筋之排置太密，使得主筋間距 $< 2d_b$ ，因而屬於圖7(b)所示的間距太小之不利情況，故其束制係數為2.0。

$$\frac{0.06 \times 6.47 \times 4200}{\sqrt{280}} \times 2.0 = 194.9 > \frac{0.11 \times 2.87 \times 4200}{\sqrt{280}} = 79.2$$

由控制值194.9cm可知懸臂梁內沒有足夠之空間以容納，此時可朝 90° 彎鉤或改善直線伸展之束制條件來設計。若以圖6(b)中所示之大量箍筋作改良之方，則

$$s \leq \frac{40 A_{tr}}{d_b N} = \frac{40 \times 2 \times 1.27}{2.87 \times 4} = 8.85$$

因此若將箍筋量由#4 @ 20cm 提高到#4 @ 8cm，則可使用1.0之束制係數。

$$\frac{0.06 \times 6.47 \times 4200}{\sqrt{280}} \times 1.0 = 97.4 > \frac{0.11 \times 2.87 \times 4200}{\sqrt{280}} = 79.2$$

至此，#9主筋之伸展長度為

$$l_{d-\#9} = 1.3 \times 97.4 = 126.6 < 146 \quad (OK)$$

#10 主筋

需使用3-#10之單層排筋，其 $M_n = 48 \text{ t}\cdot\text{m}$ 。須注意的是，若此梁暴露於室外，則其裂縫控制未達規範要求，故不可使用此配筋方式(參考文獻13中之表2)。但若為室內構材，則可。

由於此時主筋在 $2d_b$ 和 $3d_b$ 之間，其未能達到圖6之要求標準，但已經避免圖7中束制不利之情況，故可使用束制係數1.4。

$$\frac{0.06 \times 8.14 \times 4200}{\sqrt{280}} \times 1.4 = 171.6 > \frac{0.11 \times 3.22 \times 4200}{\sqrt{280}} = 88.9$$

因為 $171.6 > 146$ cm，故擬用箍筋來改善之。

$$s \leq \frac{40 A_{tr}}{d_b N} = \frac{40 \times 2 \times 1.27}{3.22 \times 3} = 10.5$$

因此若將箍筋量由#4 @ 20cm 提高到#4 @ 10cm，則可使用1.0之束制係數。

$$\frac{0.06 \times 8.14 \times 4200}{\sqrt{280}} \times 1.0 = 122.6 > \frac{0.11 \times 3.22 \times 4200}{\sqrt{280}} = 88.9$$

於此考慮頂層鋼筋和超量鋼筋之效應時，則#10主筋之伸展長度為

$$\ell_{d-\#10} = 1.3 \times 122.6 \times \frac{40}{0.9 \times 48} = 147.6 \approx 146 \quad (OK)$$

須提醒的是，在耐震設計中不能引用超量鋼筋之修正條文(土木401-80規範第5.3.7節)。

例題 2: 柱筋之搭接

試對圖 A3 所示之柱設計其搭接長度，已知： $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ， $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ，且柱鋼筋比約 3% 擬作全面搭接。

圖 A3 中外圍柱筋之淨間距為 $9.33 \text{ cm} = 3.25d_b$ ，但若在內圍轉角處偏折筋之淨間距則為 $3.25d_b - 0.71d_b = 2.54d_b$ 。

若箍筋為高拉力鋼筋 ($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$) 時，則

$$3 \times 1.27 = 3.81 > \frac{2.87 \times 10 \times 4}{40} = 2.87$$

因為箍筋之束制良好，符合圖 6(b) 之要求，故可使用 1.0 之束制係數。再加上圖 A3 之柱也符合“緊密箍筋”之情況，故也適用 0.75 之修正係數。

$$\frac{0.06 \times 6.47 \times 4200}{\sqrt{280}} \times 1.0 \times 0.75 = 73.1 < \frac{0.11 \times 2.87 \times 4200}{\sqrt{280}} = 79.2$$

由上式可知握裹破壞為拉拔式，故以 79.2 為控制值。再考慮乙級搭接，所以 #9 主筋之搭接長度為

$$\ell_{s-\#9} = 1.3 \times 79.2 = 103.0 \text{ cm}$$

但若小號箍筋之 $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$ 時，則

$$3 \times 1.27 = 3.81 < \frac{2.87 \times 10 \times 4}{25} = 4.59$$

因此箍筋之束制不足，但保護層 $1.84d_b > d_b$ 且鋼筋淨間距 $2.0d_b < 2.54d_b < 3.0d_b$ ，所以適用 1.4 之束制係數。由於此時柱連“大量箍筋”[式(5)]都談不上，當然不可使用緊密箍筋中 0.75 之優惠。

$$\frac{0.06 \times 6.47 \times 4200}{\sqrt{280}} \times 1.4 = 136.4 > \frac{0.11 \times 2.87 \times 4200}{\sqrt{280}} = 79.2$$

已知劈裂控制後，再引用乙級搭接係數，所以 #9 主筋之搭接長度為

$$l_{s-\#9} = 1.3 \times 136.4 = 177.3 \text{ cm}$$

此一例題有二處可再作強調。首先要注意的是，柱筋淨間距要以搭接段之最小值為準，例如本例中轉角之偏折鋼筋處 ($2.54d_b$)。再者，箍筋之強度由 4200 kg/cm^2 改為 2800 kg/cm^2 時，主筋之搭接長度通常需大量增加，例如本例中增加 72%。

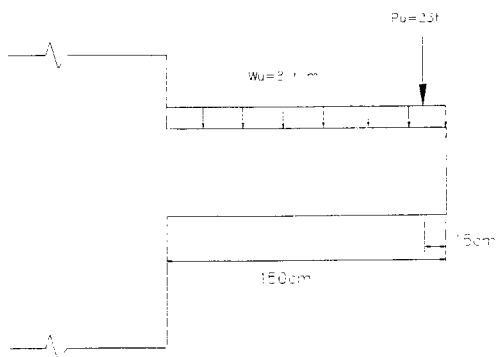


圖 A1 懸臂梁(例題1)

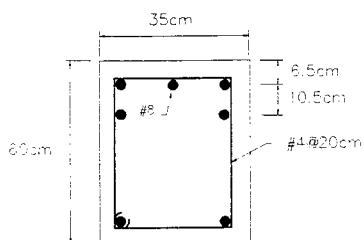


圖 A2 主筋分兩層配置之梁斷面(例題1)

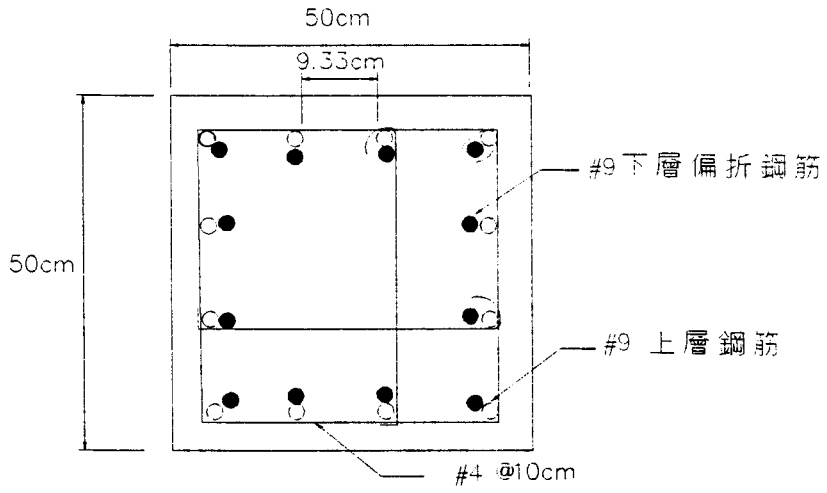
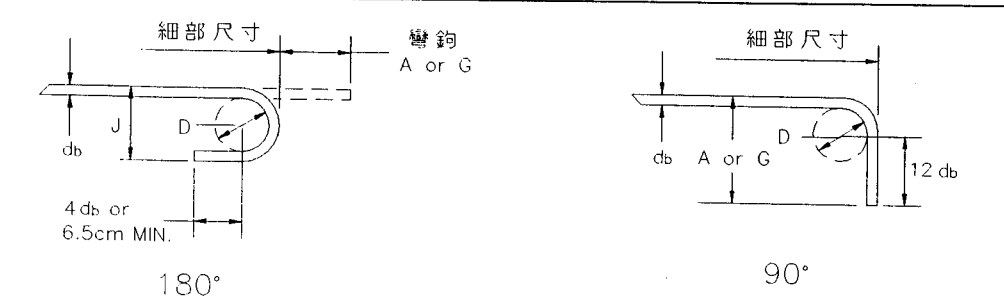


圖 A3 柱筋搭接(例題2)

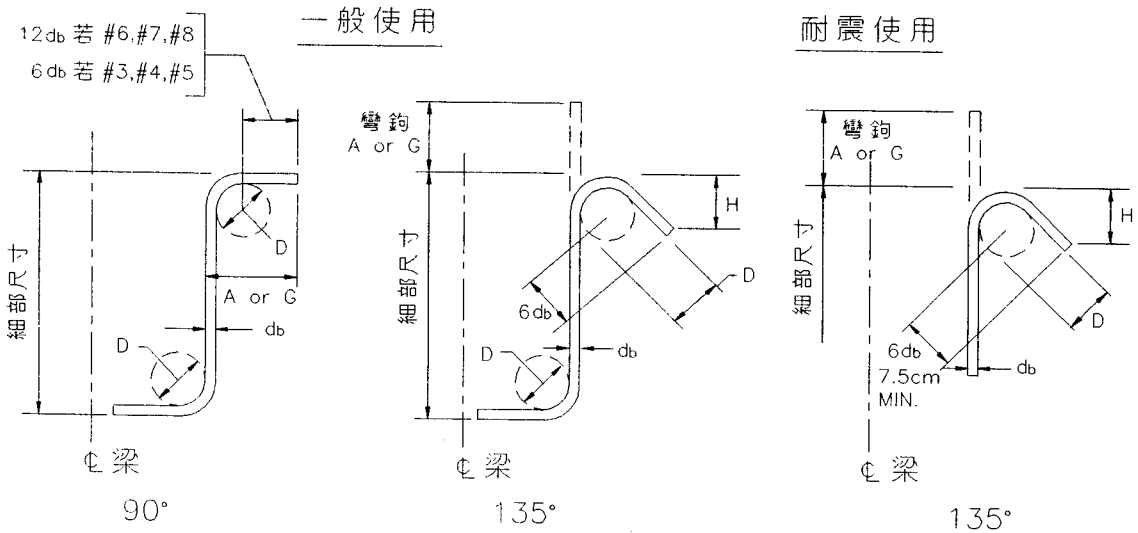
本文表圖

表1-標準彎鉤



建議之端部彎鉤

鋼筋尺寸	彎曲直徑 D cm	180° 彎鉤		90° 彎鉤
		A or G cm	J cm	A or G cm
#3	6	13	8	15
#4	8	16	10.5	21
#5	10	18	13	26
#6	11.5	21	15.5	31
#7	13.5	25	18	36
#8	15.5	28	20.5	41
#9	24.5	39	30	50
#10	27	44	33.5	55
#11	30	48	37	62
#14	46.5	69	55	79
#18	60.5	91	72	105



肋筋和箍筋

鋼筋尺寸	彎曲直徑 D cm	一般使用			耐震使用	
		90° 彎鉤	135° 彎鉤		135° 彎鉤	
		A or G cm	A or G cm	H, approx. cm	A or G cm	H, approx. cm
#3	4	10	10	6.5	10.5	7
#4	5.5	12	12	7.5	12	7.5
#5	6.5	14	14	9.5	14	9.5
#6	11.5	31	20	11.5	20	11.5
#7	13.5	36	23	13.5	23	13.5
#8	15.5	41	26	15.5	26	15.5

d_b = 鋼筋，鋼線或預力鋼索之標稱直徑；cm。

表2(a)- 梁腹內單層排置鋼筋之最多根數, 依照土木401-80

混凝土保護層 4cm , 箍筋 #4 , 最大骨材粒徑 2.5cm , 主筋 $f_y = 4200\text{kg/cm}^2$, 外露構材 $Z = 26000\text{kg/cm}$												
鋼筋 尺寸	梁寬 b_w (cm)											
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
#5	†	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13
#6	†	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
#7	†	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11
#8	†	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11
#9	†	†	3	4	4	5	6	7	8	8	9	10
#10	†	†	3	†	4	5	6	7	7	8	9	10
#11	†	†	3	†	4	5	5	6	7	7	8	9
#14	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†
#18	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†

混凝土保護層 4cm , 箍筋 #4 , 最大骨材粒徑 2.5cm , 主筋 $f_y = 4200\text{kg/cm}^2$, 內露構材 $Z = 31000\text{kg/cm}$												
鋼筋 尺寸	梁寬 b_w (cm)											
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
#5	†	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13
#6	†	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
#7	†	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11
#8	†	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11
#9	†	2	3	4	4	5	6	7	8	8	9	10
#10	†	2	3	3	4	5	6	7	7	8	9	10
#11	†	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9
#14	†	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7
#18	†	†	†	†	3	†	†	4	†	5	5	6

- 註：
1. 梁寬度或梁腹內所能容納鋼筋之數目並非僅由最小間距、混凝土保護層和裂縫控制所能決定，通常尚須考慮其他因素。
 2. 裂縫控制時鋼筋之撓曲應力以 $0.6f_y$ 計算。

表2(b)-梁腹內單層排置鋼筋之最多根數,依照土木401-80

混凝土保護層 4cm , 箍筋 #4 , 最大骨材粒徑 2cm , 主筋 $f_y = 4200\text{kg/cm}^2$, 外露構材 $Z = 26000\text{kg/cm}$												
鋼筋	梁寬 $b_w(\text{cm})$											
尺寸	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
#5	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14
#6	†	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
#7	†	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13
#8	†	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
#9	†	†	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11
#10	†	†	3	4	4	5	6	7	7	8	9	10
#11	†	†	3	†	4	5	5	6	7	7	8	9
#14	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†
#18	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†

混凝土保護層 4cm , 箍筋 #4 , 最大骨材粒徑 2cm , 主筋 $f_y = 4200\text{kg/cm}^2$, 內露構材 $Z = 31000\text{kg/cm}$												
鋼筋	梁寬 $b_w(\text{cm})$											
尺寸	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
#5	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14
#6	†	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
#7	†	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13
#8	†	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
#9	†	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11
#10	†	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9	10
#11	†	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9
#14	†	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7
#18	†	†	†	†	3	†	†	4	†	5	5	6

表3(a)- 梁腹內單層排置鋼筋之最多根數, 依照交通部
"公路橋梁設計規範"

		混凝土保護層 4cm , 最大骨材粒徑 2.5cm , 嚴重曝露構材 $Z = 23200kg/cm$											
		箍筋 #4 , 主筋 $f_y = 4200kg/cm^2$,											
鋼筋	梁寬 b_w (cm)												
尺寸	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
#5	†	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	17	19
#6	†	3	4	5	5	6	8	10	11	13	15	16	18
#7	†	†	4	†	5	6	8	9	11	12	14	16	17
#8	†	†	†	†	5	6	7	9	10	12	13	15	16
#9	†	†	†	†	†	†	7	†	†	11	12	14	15
#10	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†
#11	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†
#14	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†
#18	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†

		混凝土保護層 4cm , 最大骨材粒徑 2.5cm , 適度曝露構材 $Z = 30300kg/cm$											
		箍筋 #4 , 主筋 $f_y = 4200kg/cm^2$,											
鋼筋	梁寬 b_w (cm)												
尺寸	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
#5	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	17	19
#6	2	3	4	5	5	6	8	10	11	13	15	16	18
#7	2	3	4	4	5	6	8	9	11	12	14	16	17
#8	2	3	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	16
#9	2	3	3	4	5	5	7	8	9	11	12	14	15
#10	2	2	3	4	4	5	6	7	8	10	11	12	13
#11	2	2	3	3	4	4	5	7	8	9	10	11	12
#14	†	2	†	3	3	4	5	6	6	7	8	9	10
#18	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†

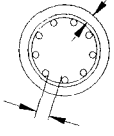
- 註：
1. 梁寬度或梁腹內所能容納鋼筋之數目並非僅由最小間距、混凝土保護層和裂縫控制所能決定，通常尚須考慮其他因素。
 2. 裂縫控制時鋼筋之撓曲應力以 $0.6f_y$ 計算。

表3(b)-梁腹內單層排置鋼筋之最多根數、依照交通部
"公路橋梁設計規範"

混凝土保護層4cm， 最大骨材粒徑2.5cm， 嚴重曝露構材 $Z = 23200kg/cm$													箍筋#4， 主筋 $f_y = 2800kg/cm^2$ ，	
鋼筋 尺寸	梁寬 b_w (cm)													
	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	
#5	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	17	19	
#6	2	3	4	5	5	6	8	10	11	13	15	16	18	
#7	2	3	4	4	5	6	8	9	11	12	14	16	17	
#8	2	3	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	16	
#9	2	3	3	4	5	5	7	8	9	11	12	14	15	
#10	2	2	3	4	4	5	6	7	8	10	11	12	13	
#11	2	2	3	3	4	4	5	7	8	9	10	11	12	
#14	†	2	2	3	3	4	5	6	6	7	8	9	10	
#18	†	†	2	†	3	3	4	4	5	6	6	7	8	

混凝土保護層4cm， 最大骨材粒徑2.5cm， 適度曝露構材 $Z = 30300kg/cm$													箍筋#4， 主筋 $f_y = 2800kg/cm^2$ ，	
鋼筋 尺寸	梁寬 b_w (cm)													
	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	
#5	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	17	19	
#6	2	3	4	5	5	6	8	10	11	13	15	16	18	
#7	2	3	4	4	5	6	8	9	11	12	14	16	17	
#8	2	3	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	16	
#9	2	3	3	4	5	5	7	8	9	11	12	14	15	
#10	2	2	3	4	4	5	6	7	8	10	11	12	13	
#11	2	2	3	3	4	4	5	7	8	9	10	11	12	
#14	†	2	2	3	3	4	5	6	6	7	8	9	10	
#18	†	†	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	

表4-場鑄圓形柱中排置鋼筋之最多根數，依照土木401-80

		情況1—對接 至螺箍筋之最小保護層4cm						
		 1.5倍鋼筋直徑(至少4cm)						
		鋼筋號數						
柱直徑 cm	f'_c 210	f'_c 280	8	9	10	11	14	18
	kg/cm ²	kg/cm ²						
30	6.5	4.5	8†	6†	-	-	-	-
32.5	6.5	5	9†	7†	6†	-	-	-
35	6.5	5	10	8†	7†	-	-	-
37.5	6.5	5	12	10†	8†	6†	-	-
40	6.5	5	13	11†	9†	7†	-	-
42.5	7	5	14	13†	10†	8†	-	-
45	7	5	15	14†	11†	9†	6†	-
47.5	7	5	16	15	13†	10†	7†	-
50	7	5	18	16	14†	11†	8†	-
52.5	7	5	19	17	15†	12†	8†	-
55	7	5.5	20	18	16	14†	9†	-
57.5	7	5.5	21	19	17	15†	10†	6†
60	7	5.5	22	20	18	16†	11†	6†
62.5	7	5.5	24	21	19	17	12†	7†
65	7	5.5	25	22	20	18	13†	7†
67.5	7	5.5	26	24	21	18	14†	8†
70	7	5.5	27	25	22	19	15†	8†
72.5	7	5.5	28	26	23	20	17†	9†
75	7	5	30	27	24	21	17	10†
77.5	6.5	5	31	28	25	22	18	11†
80	6.5	5	32	29	26	23	19	11†
82.5	6	4.5	33	30	27	24	19	12†
85	6	4.5	34	31	28	25	20	13†
87.5	6	4.5	36	32	29	26	21	14†
90	5.5	4	37	33	30	26	22	14†
95	5.5	4	-	36	31	28	23	16†
100	5	3.5	-	38	33	30	25	18†
105	5	3.5	-	-	35	32	26	19
110	4.5	3.5	-	-	37	33	28	20

- 註：1. 本表僅適用於單圈排筋者。
 2. "†"受制於柱主筋6%之耐震規定。
 3. "†"螺箍筋符合土木401-80之耐震規定(#3, $f_y = 4200\text{kg/cm}^2$)，若混凝土 f'_c 增加時，則螺箍筋也須增加用量。

表4(續)

柱直徑	情況2—徑向搭接							情況3—環向搭接或兩根束筋之對接						
														
	鋼筋號數							鋼筋號數						
cm	5	6	7	8	9	10	11	5	6	7	8	9	10	11
30	8	7	6	-	-	-	-	8	7	6	6	-	-	-
32.5	10	8	8	7	6	-	-	9	8	7	6	6	-	-
35	11	10	9	8	7	6	-	10	9	8	7	6	6	-
37.5	12	11	10	9	8	6	-	11	10	9	8	7	6	6 [†]
40	14	12	11	10	9	7	6	12	11	10	9	8	7	6
42.5	15	14	13	11	10	8	7	13	12	11	10	9	8	7
45	17	15	14	13	11	9	8	14	13	12	11	10	8	7
47.5	18	16	15	14	12	10	9	15	14	13	12	10	9	8
50	19	18	16	15	13	11	10	16	15	14	13	11	10	9
52.5	21	19	18	16	14	12	11	17	16	15	13	12	11	9
55	22	20	19	18	15	13	12	19	17	15	14	13	11	10
57.5	24	22	20	19	17	14	12	20	18	16	15	14	12	11
60	25	23	21	20	18	15	13	21	19	17	16	14	13	11
62.5	26	24	23	21	19	16	14	22	20	18	17	15	13	12
65	28	26	24	22	20	17	15	23	21	19	18	16	14	12
67.5	29	27	25	24	21	18	16	24	22	20	19	17	15	13
70	31	28	26	25	22	19	17	25	23	21	19	17	15	14
72.5	32	30	28	26	23	20	18	26	24	22	20	18	16	14
75	33	31	29	27	24	21	19	27	25	23	21	19	17	15
77.5	35	32	30	28	25	22	19	28	26	24	22	20	17	16
80	36	34	32	30	26	23	20	30	27	25	23	21	18	16
82.5	38	35	33	31	28	24	21	31	28	26	24	21	19	17
85	39	36	34	32	29	25	22	32	29	27	25	22	20	17
87.5	40	38	35	33	30	26	23	33	30	28	26	23	20	18
90	42	39	37	34	31	27	24	34	31	29	26	24	21	19
95	-	-	-	37	33	29	26	36	33	30	28	25	22	20
100	-	-	-	39	35	31	27	38	35	32	30	27	24	21
105	-	-	-	-	37	33	29	-	37	34	32	28	25	22
110	-	-	-	-	40	35	31	-	-	36	33	30	27	24

表5- 方形柱單邊中主筋排置之最多根數，依照土木401-80

柱單邊尺寸 cm	混凝土保護層 4cm 最大骨材粒徑 3cm							
	箍筋 #3					箍筋 #4		
	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#14	#18
25	3	3	2	2	2	2	-	-
30	4	3	3	3	3	2	2	-
35	4	4	4	4	3	3	2	-
40	5	5	5	4	4	3	3	2
45	6	6	5	5	4	4	3	3
50	-	7	6	6	5	5	4	3
55	-	-	7	6	6	5	4	3
60	-	-	8	7	6	6	5	4
65	-	-	-	8	7	6	5	4
70	-	-	-	8	8	7	6	4
75	-	-	-	-	8	7	6	5
80	-	-	-	-	9	8	7	5
85	-	-	-	-	9	8	7	5
90	-	-	-	-	10	9	8	6
95	-	-	-	-	11	10	8	6
100	-	-	-	-	11	10	8	6
105	-	-	-	-	12	11	9	7
110	-	-	-	-	13	11	9	7
115	-	-	-	-	13	12	10	7
120	-	-	-	-	14	12	10	8
125	-	-	-	-	14	13	11	8
130	-	-	-	-	15	13	11	8
135	-	-	-	-	16	14	12	9
140	-	-	-	-	16	15	12	9

- 註：1. 若使用續接器時，因為續接器較大之直徑，將使本表所列之根數降低。
2. 土木401-80規範規定受壓構材主筋之淨間距不得小於 $1.5d_s$ ，或粗粒料標稱最大粒徑之1.33倍，亦不得小於4cm。

表6-柱橫箍筋之最大允許間距

柱主筋 尺寸	橫箍筋之尺寸及最大間距，cm					
	#3		#4		#5	
	一般 [†]	耐震 [‡]	一般	耐震	一般	耐震
#5	25	10	-	-	-	-
#6	30	10	-	-	-	-
#7	35	10	-	-	-	-
#8	40	10	40	10	-	-
#9	45	10	45	10	-	-
#10	45	10	51	10	-	-
#11	*	*	57	10	57	10
#14	*	*	60	10	68	10
#18	*	*	60	10	76	10

†：依照土木401-80第13.9.5.2之規定，最大間距不得大於柱之最小邊寬。

‡：依照土木401-80第15.5.4.2之規定，最大間距不得大於柱最小邊寬之1/4，並須注意第15.5.4.1節有關箍筋用量之規定。

*：#3箍筋不准使用。

表 7-柱中垂直束筋之設計及配置數據*

束筋	有效鋼筋 根數	鋼筋 尺寸	總截面積 cm ²	等效直徑 cm	束筋之等效周長, cm		最小淨距, cm	
					搭接處鋼筋 鋼筋	其餘 鋼筋	束筋 淨間距	束筋 保護層+
 搭接鋼筋(如有)**	2	#8	10.13	3.59	6.65	13.30	5.5	3.5
		#9	12.94	4.06	7.51	15.03	6	4
		#10	16.29	4.55	8.43	16.86	7	4.5
		#11	20.13	5.06	9.37	18.74	7.5	5
 搭接鋼筋(如有)**	3	#8	15.20	4.40	5.98	17.95	6.5	4.5
		#9	19.41	4.97	6.76	20.29	7.5	5
		#10	24.43	5.58	7.59	22.76	8.5	5
		#11	30.20	6.20	8.44	25.31	9.5	5
 **	4	#8	20.27	5.08	-	-	7.5	5
		#9	25.88	5.74	-	-	8.5	5
		#10	32.57	6.44	-	-	10	5
		#11	40.26	7.16	-	-	11	5

註: 1.) *²⁾ 除在束筋之終止處外, 束內單獨鋼筋應在不同點終斷, 終斷點之距離至少應錯開 $40d_b$ 。

2.) **³⁾ 受拉束筋之續接可採用搭接、鉸接或續接器, 其抗拉強度應超過束筋未作搭接之強度。

受壓束筋則可靠端承續接處鋼筋之平均端以傳遞壓力。

3.) +³⁾ 束筋之最小保護層厚度應等於其相等面積所相當單根鋼筋之直徑, 但不需大於 5cm。若混

凝土直接澆置於土壤者至少須 7.5cm。若有使用箍筋時, 而箍筋所需之 4cm 保護層則可

能為控制情況。

表8-受壓鋼筋之伸展與搭接長度

$$(f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2)$$

受壓伸展*	受壓搭接
$22d_b \geq 20\text{cm}$	$30d_b \geq 30\text{cm}$

d_b = 鋼筋之標稱直徑。

* = 若被符合土木401-80第5.4.3節規定之螺箍筋或橫箍筋所圍封時，可使用 $16.5d_b$ ，但不得小於20cm。

表9-受拉直線頂層鋼筋⁺之最短伸展長度 ℓ_d ，cm
($f_y = 4200\text{kg/cm}^2$ ；未塗布鋼筋；常重混凝土)

未束制情況：						
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	40	35	31	30	30	30
#4	58	50	45	41	38	36
#5	90	78	70	64	59	55
#6	130	113	101	92	85	80
#7	175	152	136	124	115	108
#8	230	199	178	162	150	141
#9	293	254	227	207	192	180
#10	369	319	286	261	242	226
#11	456	395	353	322	298	279
#14	611	529	473	432	400	374
#18	905	784	701	640	592	554

束制情況： 鋼筋其最小淨保護層不小於 d_b 且符合下列情況之一者， (a) 最小淨間距不小於 $2d_b$ 者； (b) 最小淨間距不小於 d_b 且配置於伸展長度內之箍筋符合土木 401-80規範第13.9.5節有關橫箍筋之規定，或第4.6.4節及 第4.6.5.3節有關箍筋間距及最少用量之規定者。						
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	40	35	31	30	30	30
#4	53	46	41	38	35	33
#5	66	58	52	47	44	41
#6	91	79	71	65	60	56
#7	123	107	95	87	81	76
#8	161	139	125	114	105	99
#9	205	178	159	145	135	126
#10	258	224	200	183	169	158
#11	319	276	247	226	209	196
#14	428	371	331	303	280	262
#18	633	549	491	448	415	388

⁺ 依照土木401-80規範，頂層鋼筋係指水平鋼筋其下混凝土一次澆置厚度大於30cm者。

- 註：1. 依照土木401-80規範第5.3.6節之規定，若使用輕質骨材混凝土或環氧樹脂塗布鋼筋時，則需要較長之伸展長度。
2. 對 $f_y = 2800\text{kg/cm}^2$ 之鋼筋，其抗拉伸展長度可為表列值之2/3，惟不得小於30cm。
3. 部份之抗拉伸展長度可使用90°或180°標準彎鉤取代。
4. 設計者可使用實際之鋼筋情況並依據土木401-80規範作詳細設計，以求得較表列數值為小之伸展長度。

表10-受拉直線非頂層鋼筋⁺之最短伸展長度 l_d , cm
($f_y = 4200\text{kg/cm}^2$; 未塗布鋼筋; 常重混凝土)

未束制情況：						
鋼筋 尺寸	常重混凝土, $f'_c, \text{kg/cm}^2$					
	210	280	350	420	490	560
#3	31	30	30	30	30	30
#4	45	39	35	32	30	30
#5	70	60	54	49	46	43
#6	100	87	78	71	66	62
#7	135	117	105	96	89	83
#8	177	153	137	125	116	108
#9	225	195	175	160	148	138
#1C	284	246	220	201	186	174
#11	351	304	272	248	230	215
#14	470	407	364	332	308	288
#18	696	603	539	492	456	426

束制情況： 鋼筋其最小淨保護層不小於 d_b 且符合下列情況之一者，
(a) 最小淨間距不小於 $2d_b$ 者；
(b) 最小淨間距不小於 d_b 且配置於伸展長度內之箍筋符合土木
401-80規範第13.9.5節有關橫箍筋之規定，或第4.6.4節及
第4.6.5.3節有關箍筋間距及最少用量之規定者。

鋼筋 尺寸	常重混凝土, $f'_c, \text{kg/cm}^2$					
	210	280	350	420	490	560
#3	31	30	30	30	30	30
#4	41	36	32	30	30	30
#5	51	44	40	36	34	32
#6	70	61	55	50	46	43
#7	95	82	73	67	62	58
#8	124	107	96	88	81	76
#9	158	137	122	112	104	97
#10	199	172	154	141	130	122
#11	246	213	190	174	161	151
#14	329	285	255	233	216	202
#18	487	422	378	345	319	299

⁺ 依照土木401-80規範，非頂層鋼筋係指水平鋼筋其下混凝土一次澆置厚度小於30cm者，亦包含牆或柱之垂直鋼筋。

- 註：1. 依照土木401-80規範第5.3.6節之規定，若使用輕質骨材混凝土或環氧樹脂塗布鋼筋時，則需要較長之伸展長度。
2. 對 $f_y = 2800\text{kg/cm}^2$ 之鋼筋，其抗拉伸展長度可為表列值之2/3，惟不得小於30cm。
3. 部份之抗拉伸展長度可使用90°或180°標準彎鉤取代。
1. 設計者可使用實際之鋼筋情況並依據土木401-80規範作詳細設計，以求得較表列數值為小之伸展長度。

表 11-頂層鋼筋+受拉搭接之最短長度，cm
 ($f_y = 4200\text{kg/cm}^2$ ；未塗布鋼筋；常重混凝土)

未束制情況：												
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2											
	210		280		350		420		490		560	
	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級
#3	40	52	35	45	31	40	30	37	30	34	30	32
#4	58	75	50	65	45	58	41	53	38	49	36	46
#5	90	117	78	102	70	91	64	83	59	77	55	72
#6	130	169	113	146	101	131	92	120	85	111	80	104
#7	175	228	152	198	136	177	124	161	115	149	108	140
#8	230	298	199	258	178	231	162	211	150	195	141	183
#9	293	381	254	330	227	295	207	269	192	249	180	233
#10	369	479	319	415	286	371	261	339	242	314	226	294
#11	456	592	395	513	353	459	322	419	298	388	279	363

束制情況：鋼筋其最小淨保護層不小於 d_b 且符合下列情況之一者，
 (a) 最小淨間距不小於 $2d_b$ 者；
 (b) 最小淨間距不小於 d_b 且配置於伸展長度內之箍筋符合土木
 401-80 規範第 13.9.5 節有關橫箍筋之規定，或第 4.6.4 節及
 第 4.6.5.3 節有關箍筋間距及最少用量之規定者。

鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2											
	210		280		350		420		490		560	
	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級
#3	40	52	35	45	31	40	30	37	30	34	30	32
#4	53	69	46	60	41	53	38	49	35	45	33	42
#5	66	86	58	75	52	67	47	61	44	57	41	53
#6	91	118	79	103	71	92	65	84	60	78	56	73
#7	123	160	107	138	95	124	87	113	81	105	76	98
#8	161	209	139	181	125	162	114	148	105	137	99	128
#9	205	267	178	231	159	207	145	189	135	175	126	163
#10	258	336	224	291	200	260	183	237	169	220	158	206
#11	319	415	276	359	247	321	226	293	209	272	196	254

+ 依照土木 401-80 規範，頂層鋼筋係指水平鋼筋其下混凝土一次澆置厚度大於 30cm 者。

- 註：1. 依照土木 401-80 規範第 5.3.6 節之規定，若使用輕質骨材混凝土或環氧樹脂塗布鋼筋時，則需要較長之伸展長度。
 2. 設計者可使用實際之鋼筋情況並依據土木 401-80 規範做詳細設計，以求得較表列數值為小之搭接長度。

表 12- 非頂層鋼筋 + 受拉搭接之最短長度，cm

($f_y = 4200\text{kg/cm}^2$ ；未塗布鋼筋；常重混凝土)

未束制情況：												
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2											
	210		280		350		420		490		560	
	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級
#3	31	40	30	35	30	31	30	30	30	30	30	30
#4	45	58	39	50	35	45	32	41	30	38	30	36
#5	70	90	60	78	54	70	49	64	46	59	43	55
#6	100	130	87	113	78	101	71	92	66	85	62	80
#7	135	175	117	152	105	136	96	124	89	115	83	108
#8	177	230	153	199	137	178	125	162	116	150	108	141
#9	225	293	195	254	175	227	160	207	148	192	138	180
#10	284	369	246	319	220	286	201	261	186	242	174	226
#11	351	456	304	395	272	353	248	322	230	298	215	279

束制情況： 鋼筋其最小淨保護層不小於 d_b 且符合下列情況之一者，

- (a) 最小淨間距不小於 $2d_b$ 者；
- (b) 最小淨間距不小於 d_b 且配置於伸展長度內之箍筋符合土木 401-80 規範第 13.9.5 節有關橫箍筋之規定，或第 4.6.4 節及第 4.6.5.3 節有關箍筋間距及最少用量之規定者。

鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2											
	210		280		350		420		490		560	
	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級	甲級	乙級
#3	31	40	30	35	30	31	30	30	30	30	30	30
#4	41	53	36	46	32	41	30	38	30	35	30	33
#5	51	66	44	58	40	52	36	47	34	44	32	41
#6	70	91	61	79	55	71	50	65	46	60	43	56
#7	95	123	82	107	73	95	67	87	62	81	58	76
#8	124	161	107	139	96	125	88	114	81	105	76	99
#9	158	205	137	178	122	159	112	145	104	135	97	126
#10	199	258	172	224	154	200	141	183	130	169	122	158
#11	216	319	213	276	190	247	174	226	161	209	151	196

+ 依照土木 401-80 規範，非頂層鋼筋係指水平鋼筋其下混凝土一次澆置厚度小於 30cm 者，亦包含牆或柱之垂直鋼筋。

- 註：1. 依照土木 401-80 規範第 5.3.6 節之規定，若使用輕質骨材混凝土或環氧樹脂塗布鋼筋時，則需要較長之伸展長度。
2. 設計者可使用實際之鋼筋情況並依據土木 401-80 規範做詳細設計，以求得較表列數值為小之搭接長度。

表13-受拉鋼筋標準彎鉤之最短伸展長度 ℓ_{dh} ，cm
($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ；常重混凝土)

一般使用(非耐震) 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$ ； 2.端部保護層(90°彎鉤) $\geq 5\text{cm}$						
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	15*	15*	15*	15*	15*	15*
#4	20	17	16*	15*	15*	15*
#5	25	22	19	18	16*	15*
#6	30	26	23	21	20*	18*
#7	35	30	27	25	23	21*
#8	40	34	31	28	26	24*
#9	45	39	35	32	29*	27*
#10	50	43	39	35	33*	31*
#11	55	48	43	39	36	34*
#14	95	82	74	67	62	58
#18	126	109	98	89	83	77

特殊束制(非耐震) 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$ ； 2.端部保護層(90°彎鉤) $\geq 5\text{cm}$ ； 3.束制箍筋 $s \leq 3d_b$						
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	15*	15*	15*	15*	15*	15*
#4	16*	15*	15*	15*	15*	15*
#5	20	17*	16*	15*	15*	15*
#6	24	21	19*	17*	16*	16*
#7	28	24	22*	20*	18*	18*
#8	32	28	25*	23*	21*	21*
#9	36	31	28*	25*	24*	23*
#10	40	35	31*	28*	26*	26*
#11	44	39	35*	32*	29*	29*

耐震構架-90°彎鉤 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$ ； 2.端部保護層(90°彎鉤) $\geq 5\text{cm}$ ； 3.置於束制核心內						
鋼筋 尺寸	常重混凝土， f'_c ， kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#3	17	15*	15*	15*	15*	15*
#4	22	19	17	16*	15*	15*
#5	27	24	21	19	18	17*
#6	33	28	25	23	22	20*
#7	38	33	29	27	25	23
#8	43	38	34	31	29	27
#9	49	42	38	35	32	30*
#10	55	47	43	39	36	34
#11	61	53	47	43	40	37*

註：* 若為垂直於暴露面之180°彎鉤者，須參閱表15對其尾端提供5cm之保護層。

表14-受拉鋼筋標準彎鉤之最短伸展長度 ℓ_{dh} ，cm
($f_y = 4200\text{kg/cm}^2$ ；輕質骨材混凝土)

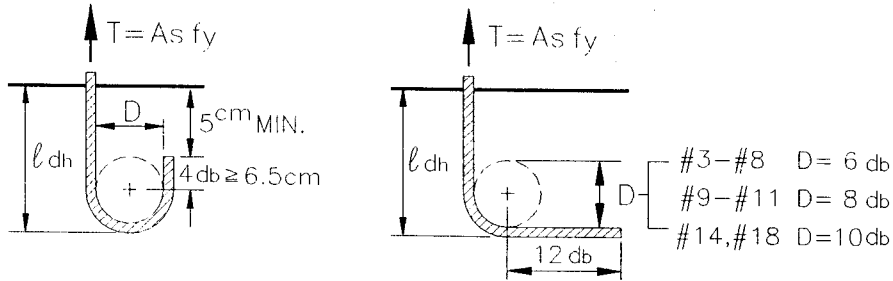
一般使用(非耐震) 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$ ； 2.端部保護層(90°彎鉤) $\geq 5\text{cm}$				
鋼筋尺寸	輕質骨材混凝土， f'_c ， kg/cm^2			
	210	280	350	420
#3	20	17	15*	15*
#4	26	22	20	18
#5	32	28	25	23
#6	39	34	30	27
#7	45	39	35	32
#8	51	44	40	36
#9	58	50	45	41
#10	65	56	50	46
#11	72	62	56	51
#14	123	107	96	87
#18	164	142	127	116

特殊束制(非耐震) 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$ ； 2.端部保護層(90°彎鉤) $\geq 5\text{cm}$ ； 3.束制箍筋 $s \leq 3d_b$				
鋼筋尺寸	輕質骨材混凝土， f'_c ， kg/cm^2			
	210	280	350	420
#3	16	15*	15*	15*
#4	21	18	16*	15*
#5	26	22	20	18
#6	31	27	24	22
#7	36	31	28	26
#8	41	36	32	29
#9	46	40	36	33
#10	52	45	40	37
#11	58	50	45	41

耐震構架-90°彎鉤 1.側面保護層 $\geq 6.5\text{cm}$ ； 2.端部保護層(90°彎鉤) $\geq 5\text{cm}$ ； 3.置於束制核心內				
鋼筋尺寸	輕質骨材混凝土， f'_c ， kg/cm^2			
	210			280
#3	21			19
#4	27			24
#5	34			29
#6	41			35
#7	47			41
#8	54			47
#9	61			53
#10	68			59
#11	76			66

註：* 若為垂直於暴露面之180°彎鉤者，須參閱表15對其尾端提供5cm之保護層。

表15-標準端彎鉤之細部



對垂直於暴露面之180°彎鉤尾端提供5cm保護層
所需之最小埋置長度

鋼筋尺寸	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#14	#18
埋置長度 cm	16	17	18	21	23	26	31	34	38	48	63

其中： A_s = 鋼筋之截面積； cm^2

d_b = 鋼筋之標稱直徑；cm

D = 最小彎曲直徑；cm

f_y = 鋼筋之規定降伏強度； kg/cm^2

l_{dh} = 拉力鋼筋標準彎鉤之伸展長度，由臨界斷面至彎鉤之外側端即由臨界斷面至彎鉤起點(切點)之直線長度加上彎鉤彎曲半徑及一個鋼筋直徑，cm

T = 拉力

表 16-排置 90° 標準端彎鉤所需之外柱最小深度
 ($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$; 常重混凝土; #4 柱箍筋; #10 柱主筋)

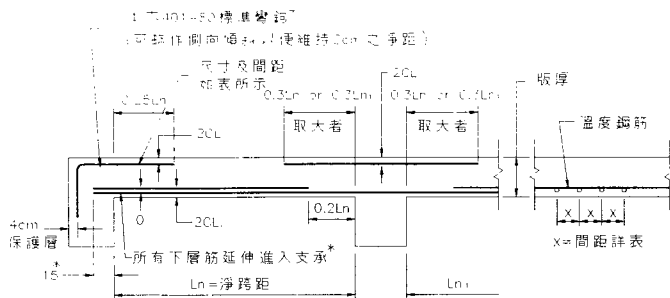
一般使用 (非耐震) 1. 側面保護層 $\geq 6.5 \text{ cm}$; 2. 端部保護層 (90° 彎鉤) $\geq 5 \text{ cm}$						
鋼筋 尺寸	常重混凝土, f'_c , kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#6	38	34	32	30	28	27
#7	43	39	35	33	31	30
#8	48	43	39	37	35	33
#9	53	47	43	40	38	36
#10	58	52	47	44	41	39
#11	64	57	52	48	45	43

特殊束制 (非耐震) 1. 側面保護層 $\geq 6.5 \text{ cm}$; 2. 端部保護層 (90° 彎鉤) $\geq 5 \text{ cm}$; 3. 束制箍筋 $s \leq 3d_b$						
鋼筋 尺寸	常重混凝土, f'_c , kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#6	32	29	27	26	24	24
#7	36	33	30	28	27	27
#8	40	36	33	31	29	29
#9	44	40	36	34	32	32
#10	49	43	40	37	35	35
#11	53	47	43	40	38	38

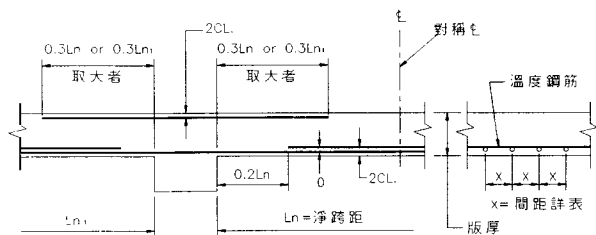
耐震構架-90° 彎鉤 1. 側面保護層 $\geq 6.5 \text{ cm}$; 2. 端部保護層 (90° 彎鉤) $\geq 5 \text{ cm}$; 3. 置於束制核心內						
鋼筋 尺寸	常重混凝土, f'_c , kg/cm^2					
	210	280	350	420	490	560
#6	15	41	38	36	34	33
#7	50	45	42	39	37	36
#8	56	50	46	43	41	39
#9	61	55	50	47	45	43
#10	67	60	55	51	49	46
#11	73	65	60	56	52	50

表 17-鋼筋排放之允許公差

情 況	允許公差
鋼筋至底面模板淨距	-5mm
鋼筋至其他面模板淨距	±5mm
鋼筋間淨距	-5mm
頂層鋼筋頂面與未設模板之表面：	
深 20cm(含)以下之構件	±5mm
深 20cm 以上至 60cm 以下之構件	-5mm, +10mm
深 60cm(含)以上之構件	-5mm, +25mm
均佈鋼筋(根數不得減少)之間距	±50mm
均佈箍筋(根數不得減少)之間距	±25mm
縱向鋼筋之彎折及端點：一般情形	±50mm
不連續端	±10mm
搭接長度	-40mm
埋置長度：#3至#11鋼筋	-25mm
#14與#18鋼筋	-50mm



端跨, 簡支承



內跨, 連續

* 中國土木工程學會, 鋼筋混凝土建築設計規範 (GB 50010-2010)

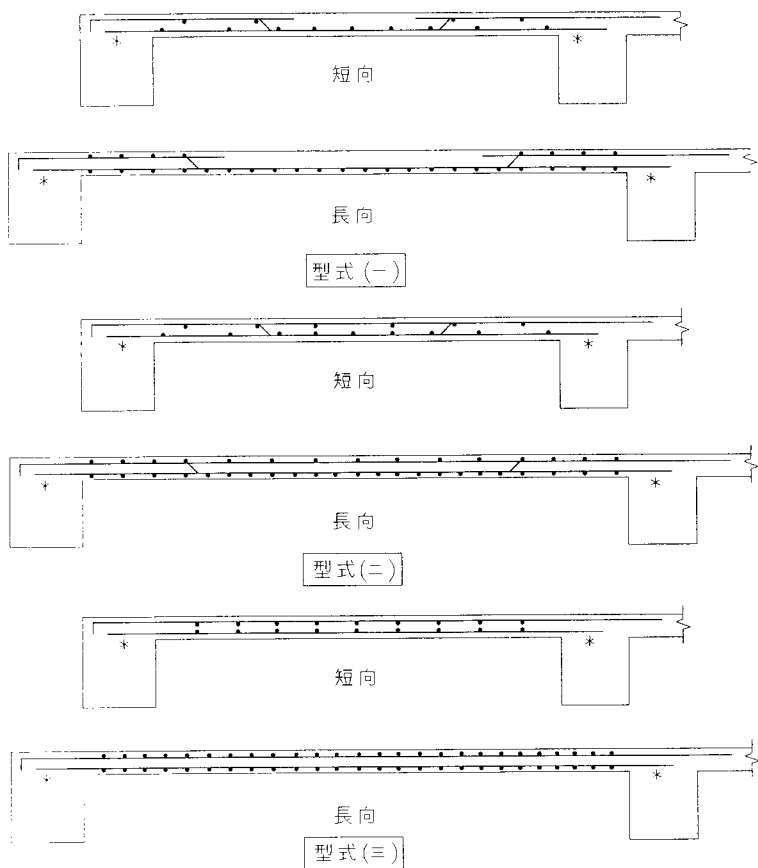
* 注意有註明時, 至少為 $1.5L_n$; 但作為橫梁板時, 其下層鋼筋應在柱之抗拉銜接或鉚定。

註: 1. 僅供參考。

2. 淨跨距且下致承受施工載重之單跨板外, 建議上層筋至少為 $\#4 @ 20$ 。

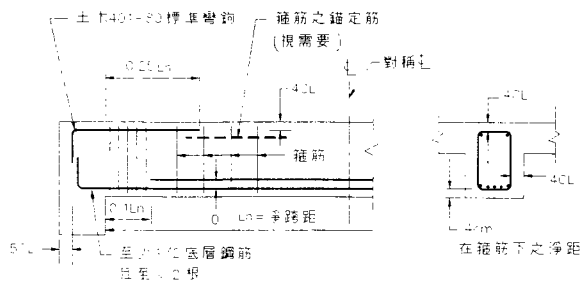
3. 對於鋼筋支點之建議可詳本標準第 4 節及 GB 50010-2010 之第五章。

圖 單向板之一般細節

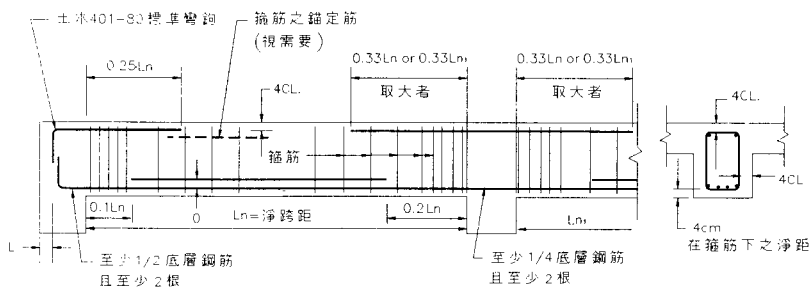


註：「*」除另有註明外，至少為 15cm；但作為橫隔版時，其下層鋼筋應作充份之抗拉續接或錨定。

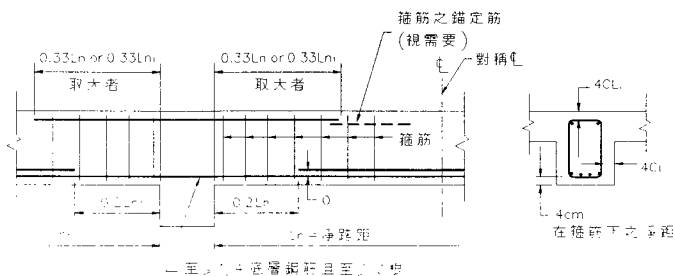
圖 2 雙向版之一般細節示意圖



單跨, 簡支承梁



端跨, 簡支承梁



內跨, 連續梁

註: 1. 底層鋼筋

2. 補筋: 土木401-80標準彎鉤或標準錨筋, 且平直段長40d, 鋼筋直徑

圖: 梁之一般細部——和對准點適用

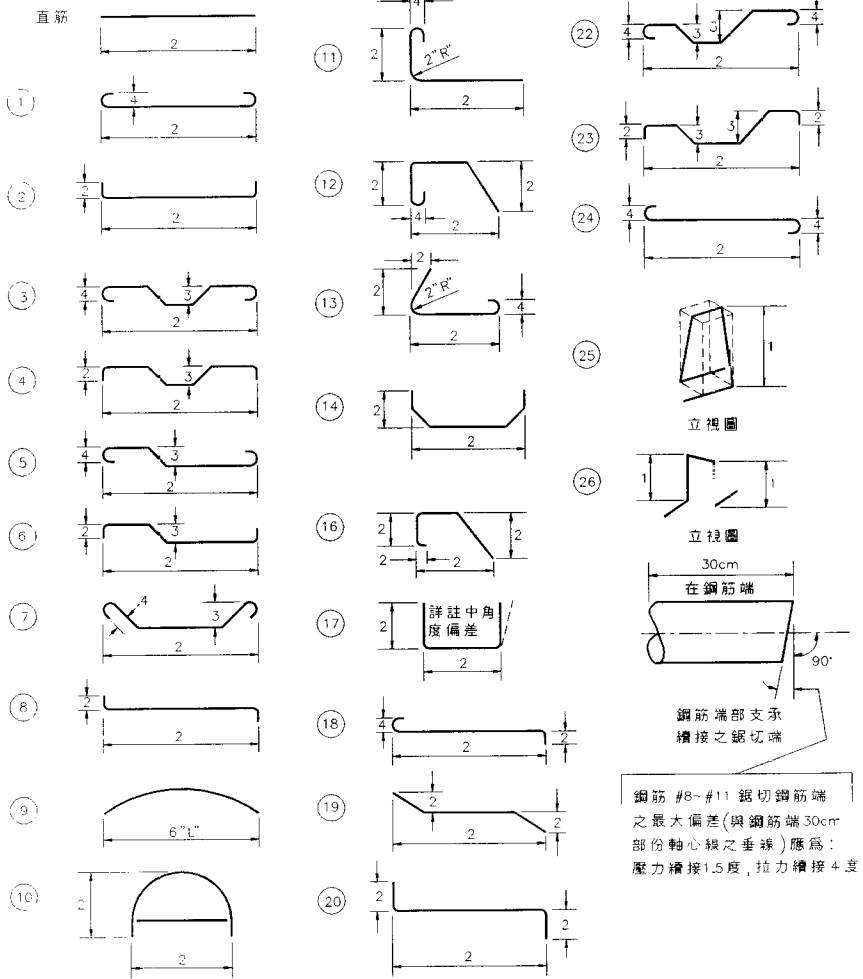
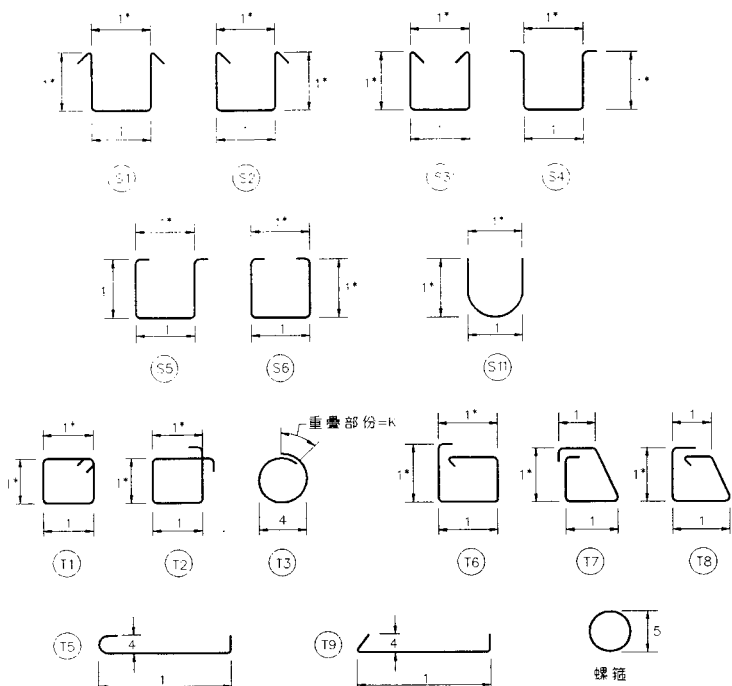


圖4(a) 鋼筋#3至#11之標準加工允許公差



註：

1. 習慣上，整體之剪斷或彎曲公差由最後一個彎曲後之延伸段吸收。
2. 圖上所示之公差均為單一平面內者。
公差類別由 S1 至 S6 及 T1 至 T3 適用於 #3 至 #8 之鋼筋。
3. T4 至 T8 之尺寸線應在公差內，且與相對應部分之尺寸差異不得超過 1.3mm。
4. 角度偏差：於底彎鉤或彎曲角度偏差最大為 10 度，或每 30cm ± 1.3mm，且平均為 1.3mm。

公差
記號

公 差

1 #3, #4, #5 鋼筋:

= ± 1.3cm, 當鋼筋總長 < 4m

= ± 2.5cm, 當鋼筋總長 ≥ 4m

2 = ± 2.5cm

3 +0, -1.3cm

4 = ± 2cm

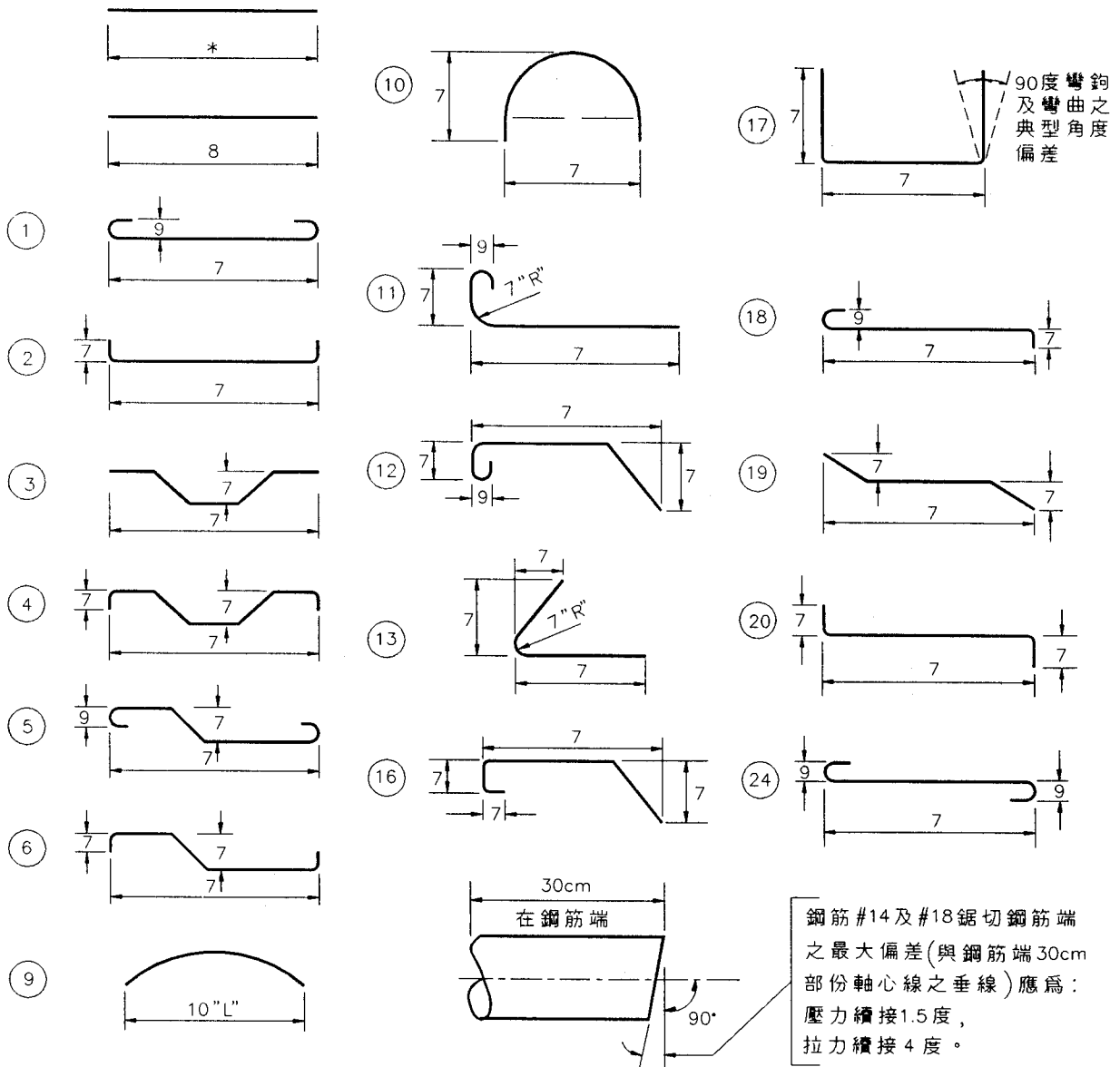
5 = ± 1.3cm, 直徑 ≤ 75cm 者

= ± 2.5cm, 直徑 > 75cm 者

+1.5%, 尺度 "L" ± 5cm

6 第 9 型公差, 若採增值且其長度等於或大於鉤長 (或鋼筋長), 則鋼筋可以直線形狀裝運。

圖 3-10 鋼筋 #3 至 #11 之標準型及其允許公差



註：

1. 習慣上，整體之剪斷或彎曲公差由最後一個彎曲後之延伸段吸收。
2. 公差均為如圖所示之單一平面內者。
3. 角度偏差：90度彎鉤或彎曲角度偏差最大為±2.5度。

公差 記號	公 差	
	#14	#18

7 ± 6.5 cm ± 9.0 cm

8 ± 5.0 cm ± 5.0 cm

9 ± 4.0 cm ± 5.0 cm

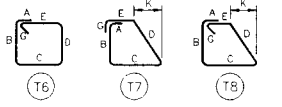
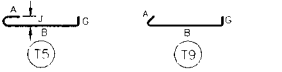
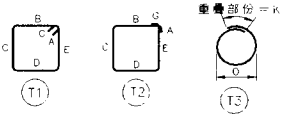
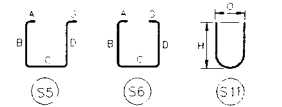
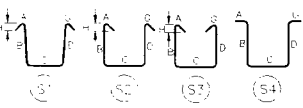
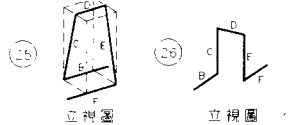
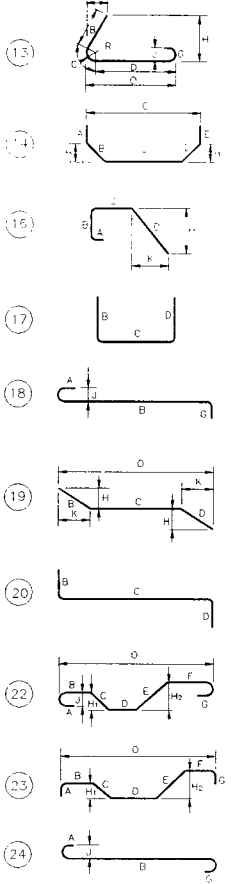
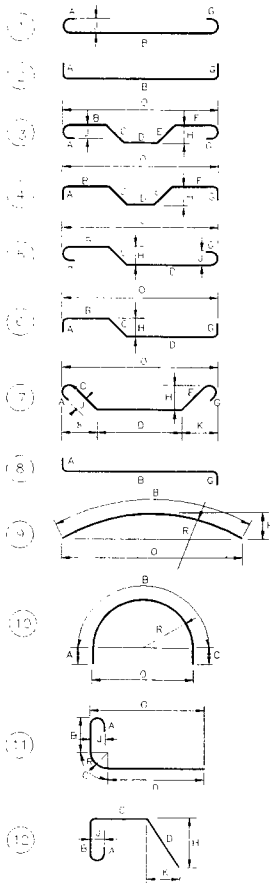
10

$2\% \times \text{尺度} "L" \geq \pm 6.5 \text{ cm}^+ \pm 9.0 \text{ cm}^+$

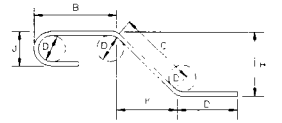
* 兩端均為鋸斷—總長加或減 1.3cm。

+ 第9型公差若為增值所得之長度等於或大於弧長(或鋼筋長)，鋼筋可以直線形狀裝運。

圖5 鋼筋#14及#18之加工允許公差



除另有註明者外，鋼筋中所有彎曲和彎鉤之直徑D應相同。



若斜率不是45°時，須標明“ α ”和“ β ”之尺寸。

鋼筋彎曲和鉤之尺寸比例圖

註

1. 凡在設計中，應儘量採用下列之鋼筋，即普通之鋼筋，其彎曲半徑應如下表：

2. 若鋼筋之彎曲半徑，係用非普通之鋼筋時，應標明之，並註明其彎曲半徑。

3. 鋼筋之彎曲半徑，應不小於鋼筋之直徑，且應不小於鋼筋之直徑之半，並應不小於鋼筋之直徑之半。

4. 鋼筋之彎曲半徑，應不小於鋼筋之直徑之半，且應不小於鋼筋之直徑之半。

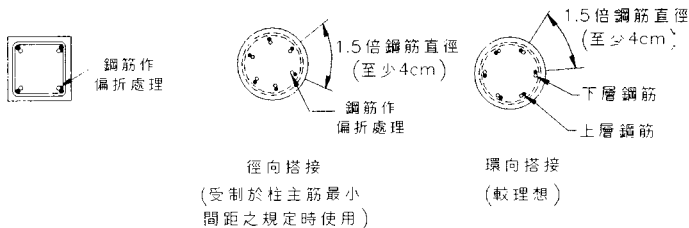
5. 鋼筋的彎曲，應在精確度上，須遵照設計圖樣，且應在每一彎曲處，其精確度如下：

6. 圖中圓圈顯示如下：

7. 關於鋼筋之彎曲，應請詳閱下列之說明，對鋼筋之彎曲，應請詳閱下列之說明。

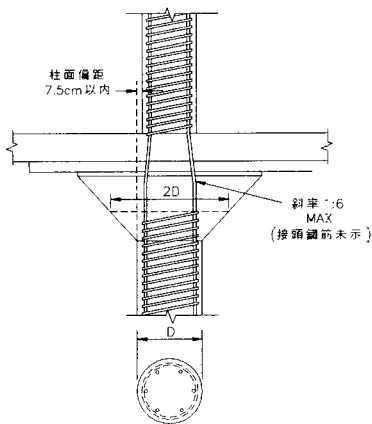
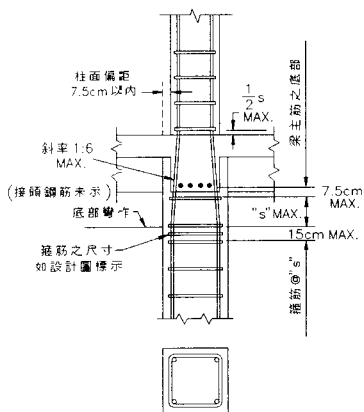
8. 鋼筋之彎曲，應請詳閱下列之說明，對鋼筋之彎曲，應請詳閱下列之說明。

鋼筋彎曲之尺寸比例圖



① 橫捲柱之搭接細部

② 螺箍柱之搭接細部



③ 橫捲柱之柱筋偏折細部

④ 螺箍柱之柱筋偏折細部

圖 7 柱筋之細部

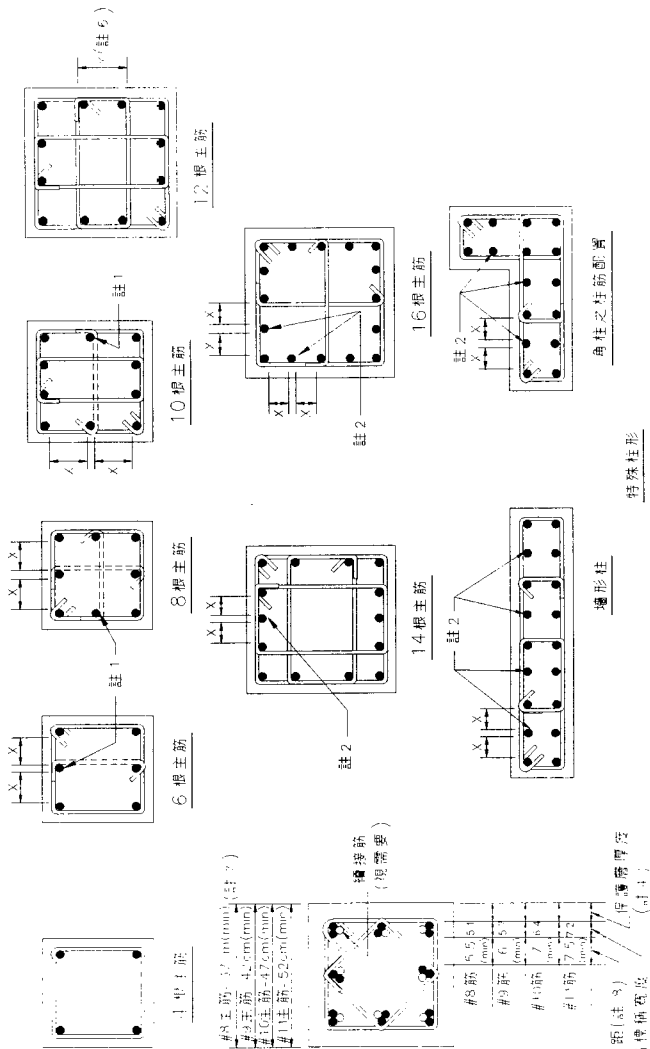


圖 8 單件柱箍筋應用於柱筋為搭接之預裝鋼筋籠

5. 鋼筋以其他型式之箍筋取代, 而於公共圖說中註明細則者。
- 圖中所示之單件菱形箍筋切勿改用單肢鋼筋為可接受之替代形式。
6. 各肢中心距 Y 不得超過 35cm。
7. 最小方形柱斷面尺寸以柱鋼筋比其於 6% (含搭接) 而定之。
8. 鋼筋間之淨距須符合表 401-80 規範第 13.5 節之規定。

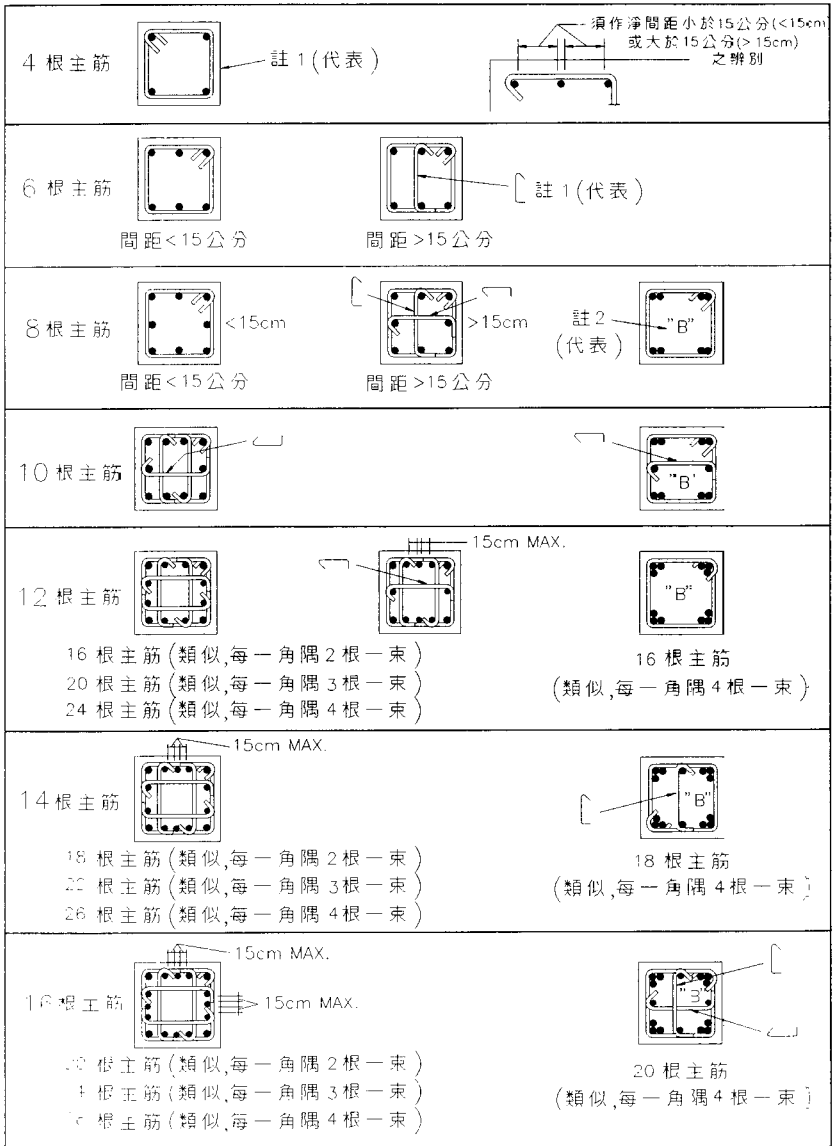
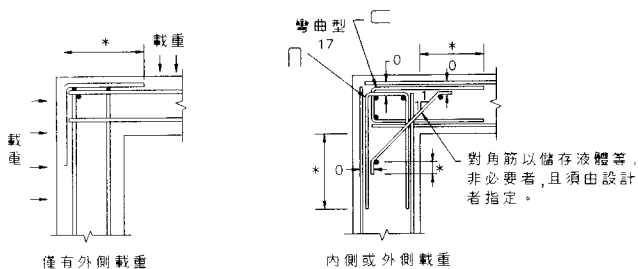


圖 9 標準柱之常用柱箍筋

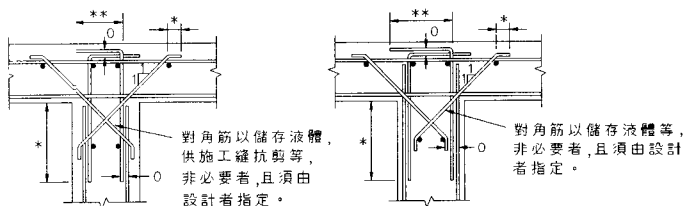
註：

1. 相鄰箍筋之彎鉤位置應交替排置。
2. “E”代表束筋，成束鋼筋不得超過4根一束。
3. 除圖上另有註明者外，中間柱筋與左右相鄰柱筋之間距均未超過15公分時，中間之柱筋得不設置箍（繫）筋。
4. 設計者須於結構設計圖中標示柱主筋之續接細部。
亦即續接之型式、搭接長度（如使用搭接）、立面之續接位置、及續接位置在斷面中之配置。
5. 施工者須於使用特殊大號柱筋、束筋、錯開續接或特殊柱筋羣等位置標明接筋之配置細部。
6. 鋼筋須確實綁紮固定，以免澆灌混凝土時鬆動。
7. 場鑄非預力混凝土柱箍筋之最小保護層厚度不得小於4公分。
8. 角隅柱筋與內側三根柱筋羣，及各柱筋羣間之平均間距可大於15公分。
9. 箍筋所箍住之各三根柱筋羣，及各箍筋箍住之柱筋羣與角隅柱筋間可配置一支未箍住筋，惟其平均間距須小於15公分。

圖9之說明



角隅一般細部

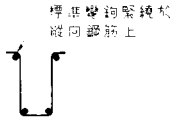


雙面配筋牆交接處之一般細部

註：

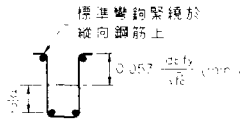
1. 除設計圖另有註明外，所有 90° 彎曲均如圖所示。
垂直鋼筋僅在彎鉤處顯示。
2. “*” 表示該尺寸須由設計者指定。
3. “**” 表示該處非經設計者另行指定時，則為 90° 標準彎鉤之端部。

圖 10 牆一般細部之水平剖面圖



(第 5.14.2 節)

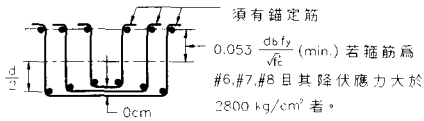
5) 鋼筋為 #3, #4, #5 號筋筋。
 6) 鋼筋為 #6, #7, #8 且其降伏應力不大於 2800 kg/cm² 者。



(第 5.14.2 節)

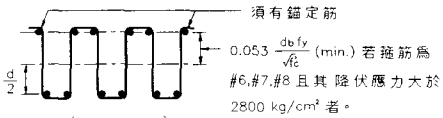
適用於筋筋為 #6, #7, #8 且其降伏應力大於 2800 kg/cm² 者。

單 U 型筋之端部錨定



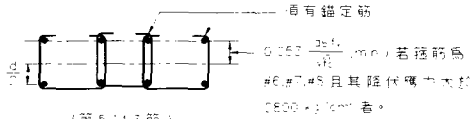
(第 5.14.3 節)

排置較易



(第 5.14.3 節)

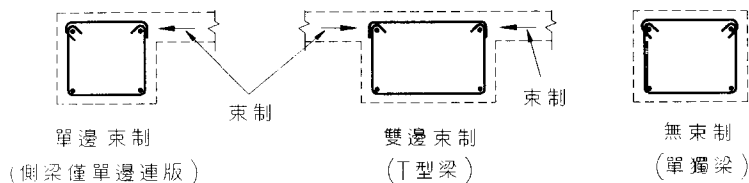
排置較難



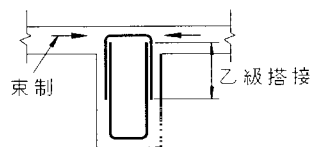
(第 5.14.3 節)

排置最難

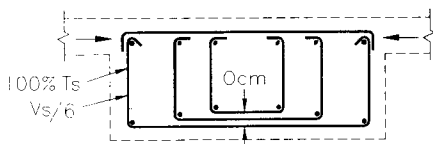
圖 5.14 鋼筋之端部錨定



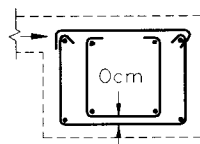
對抗扭暨抗剪均有效之單一雙件式閉合箍筋，其垂直肢及頂部繫筋之端部錨定，須符合土木 401-80 第 5.14.2 節之規定，且其各角須置有縱向鋼筋。



T型”深梁”適用

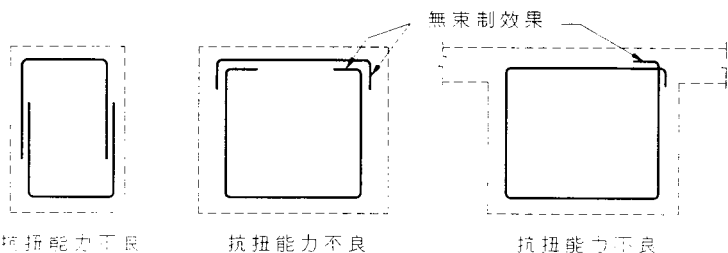


有效之抗扭箍筋僅為外圍U型肋筋和頂部之加封繫筋。有效之抗剪箍筋可以 6 肢計算。



有效之抗扭箍筋僅為外圍U型肋筋和頂部之加封繫筋。有效之抗剪箍筋可以 4 肢計算。

圖 12 推荐之雙件式單一閉合箍筋和多重U型肋筋之型式——非韌性梁適用

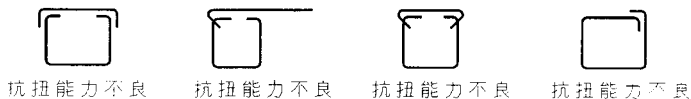


於抗扭實驗中顯示過早破壞之無效閉合箍筋型式



抗扭能力不良

箍筋垂直肢端部為 90° 彎鉤者



各種雙件式箍筋其垂直肢端部為 90° 彎鉤者

註：在抗扭過程中，不可使用上述箍筋型式。

圖 10-10 之箍筋和圖 10-11 中相似者比較，其差別在於束制效果之缺乏。

圖 10-11 之良好之閉合箍筋型式——不推薦

—當 L_d 或 L_{dn} 滿足土木 401-80

規範抗拉 (15.7.4 節) 或抗壓 (5.4 節) 之伸展長度規定, 則上下面之縱向鋼筋方可於柱核心之遠端處截斷。

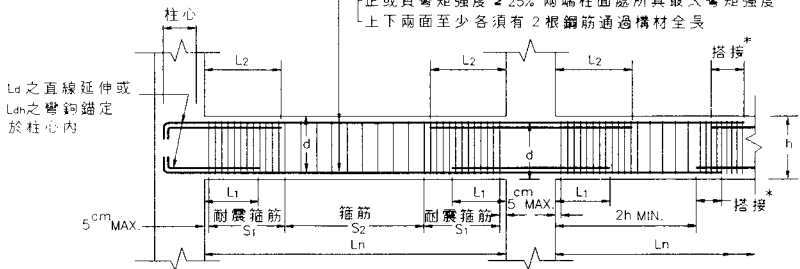
上下面之縱向鋼筋

最小 $A_s \geq 14bd / f_y$

最大 $\rho \leq 0.025$

正或負彎矩強度 $\geq 25\%$ 兩端柱面處所具最大彎矩強度

上下兩面至少各須有 2 根鋼筋通過構材全長



—設計者必須提供 L_1 , L_2 , S_1 , S_2 之尺寸, 箱筋和肋筋之間距, 鋼筋截斷點, 鑄定長度 L_d 或 L_{dn} (當其小於柱心深度)。

$L_n \geq 4d$

$L_1 =$ 抗彎矩所需之距離
加上鑄定長度

$L_2 =$ 反曲點距離
加上鑄定長度

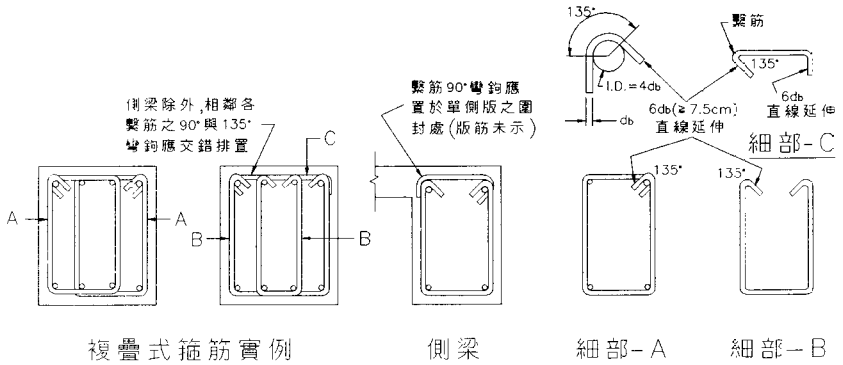
$d =$ 設計正負彎矩強度
之有效深度

箱筋最大間距

—在長度 S_1 中, 箱筋間距 $\leq d/4$;
最小主鋼筋直徑之 8 倍; 箱筋直徑之 24 倍; 或 30cm。

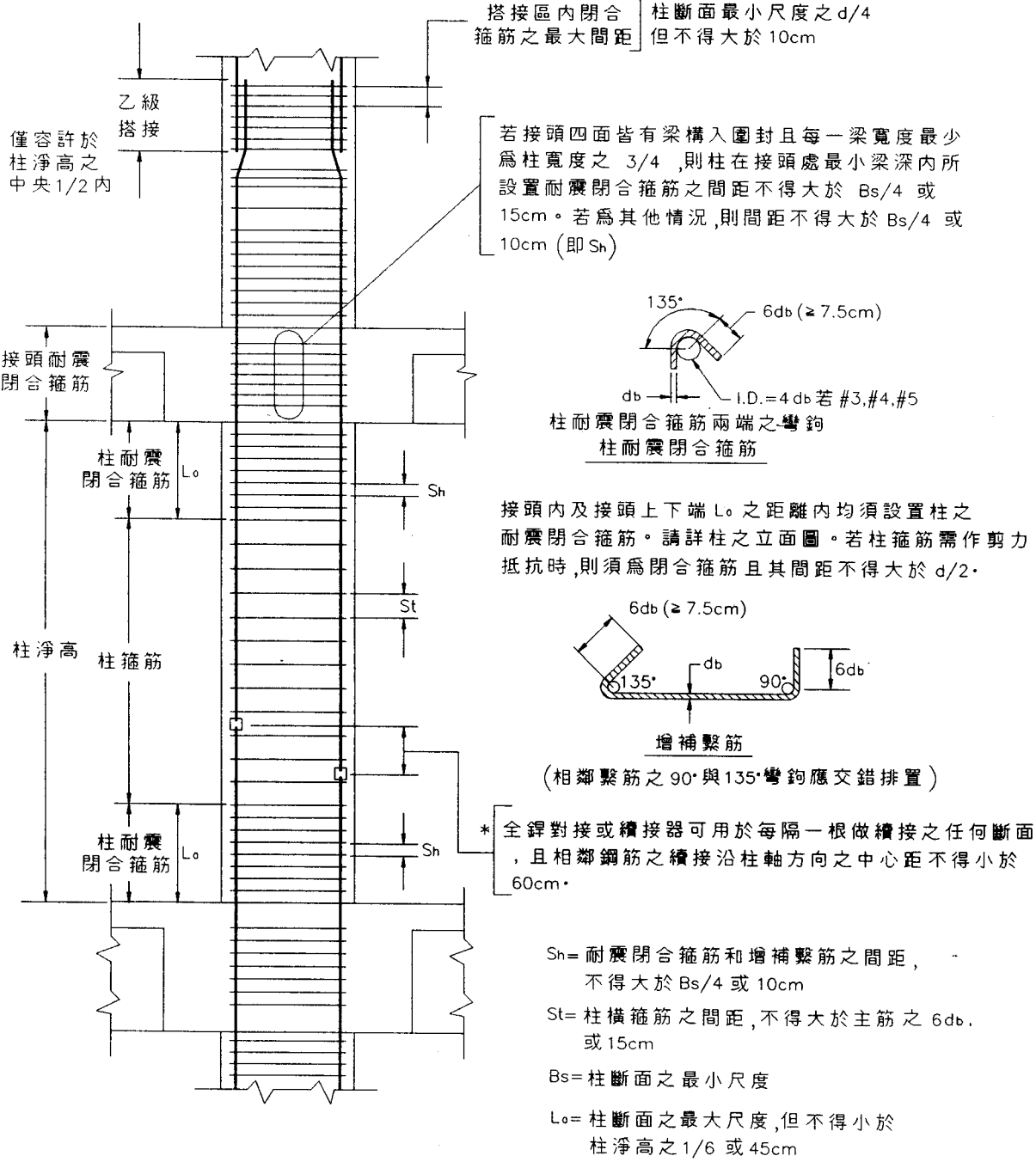
—在長度 S_2 中, 箱筋間距 $\leq d/2$ 。

* 在搭接長度內, 箱筋間距 $\leq d/4$ 且不得大於 10cm。



註: 橫向鋼筋需要抵抗剪力時, 則須採閉合箱筋之形式。在梁全長中不需閉合箱筋之範圍內, 仍應設置箱筋, 其間距不得超過 $d/2$ 。

圖 14 — 梁之一般耐震細部



註：“*”全鐸對接須符合美國鐸接協會 AWS D1.4 之規定。
 而續接器須經內政部按新材料新工法之審查辦法核可。

圖15 柱之一般耐震細部

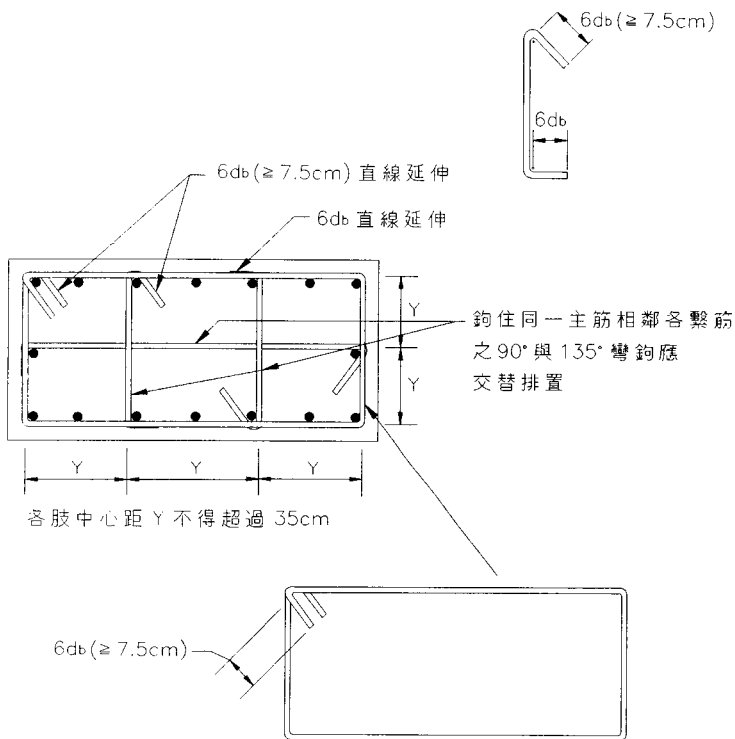
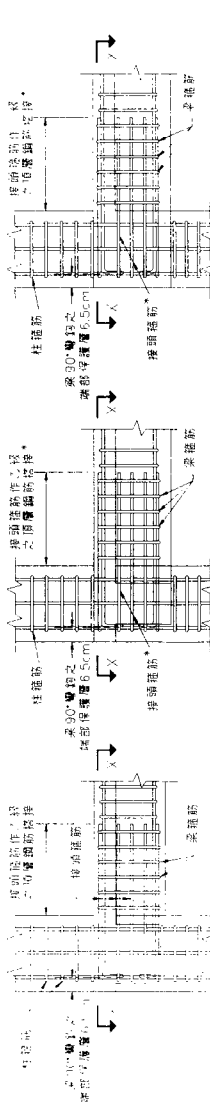


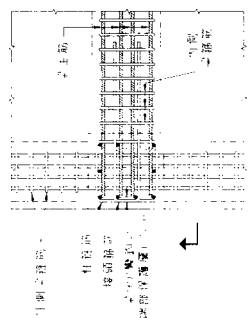
圖16 柱之耐震箍筋實例



垂直斷面 (一)

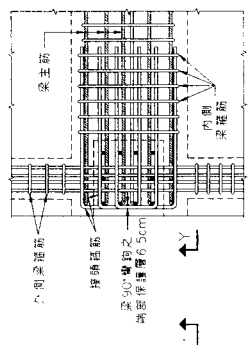
* 撐頭筋僅可在梁之
翼內使用。當梁比柱
窄時，撐頭筋僅可用來
提供內部繫結。

* 撐頭筋僅可在梁之
翼內使用。當梁比柱
窄時，撐頭筋僅可用來
提供內部繫結。



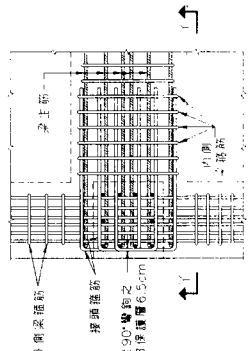
水平斷面 (一)

情況二位數非強震區之各組構構架。
內側梁比柱寬時，外側梁共柱寬。



水平斷面 (二)

情況二位數非強震區之各組構構架。
內側梁比柱寬時，外側梁共柱寬。

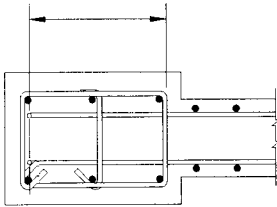


水平斷面 (三)

情況二位數非強震區之各組構構架。
內側梁比柱寬時，外側梁共柱寬。

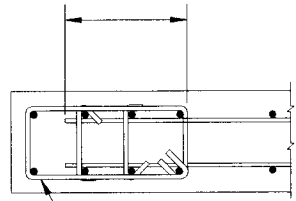
圖 17 韌性構架外側接頭之一般細部

直線錨定之 L_d (須詳土木
401-80 第 15.7.4.2 節之規定),
或為使用彎鉤時之 L_{dh}



柱和結構牆之一般細部

L_d , 或為使用彎鉤時之 L_{dh}



單件式之耐震
閉合箍筋與繫筋

$$P_v = \frac{A_{sv}}{A_{cv}} \geq 0.0025$$

結構牆沿縱軸與橫軸方向
之鋼筋間距不得大於 45cm

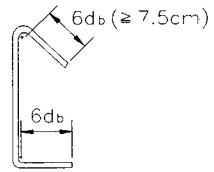
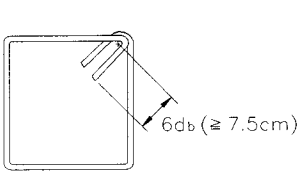


圖 18 耐震牆邊界構材

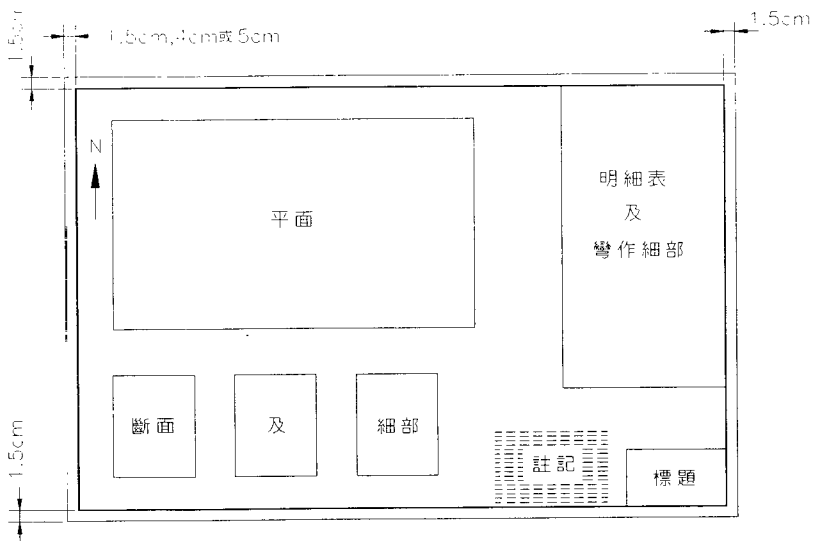
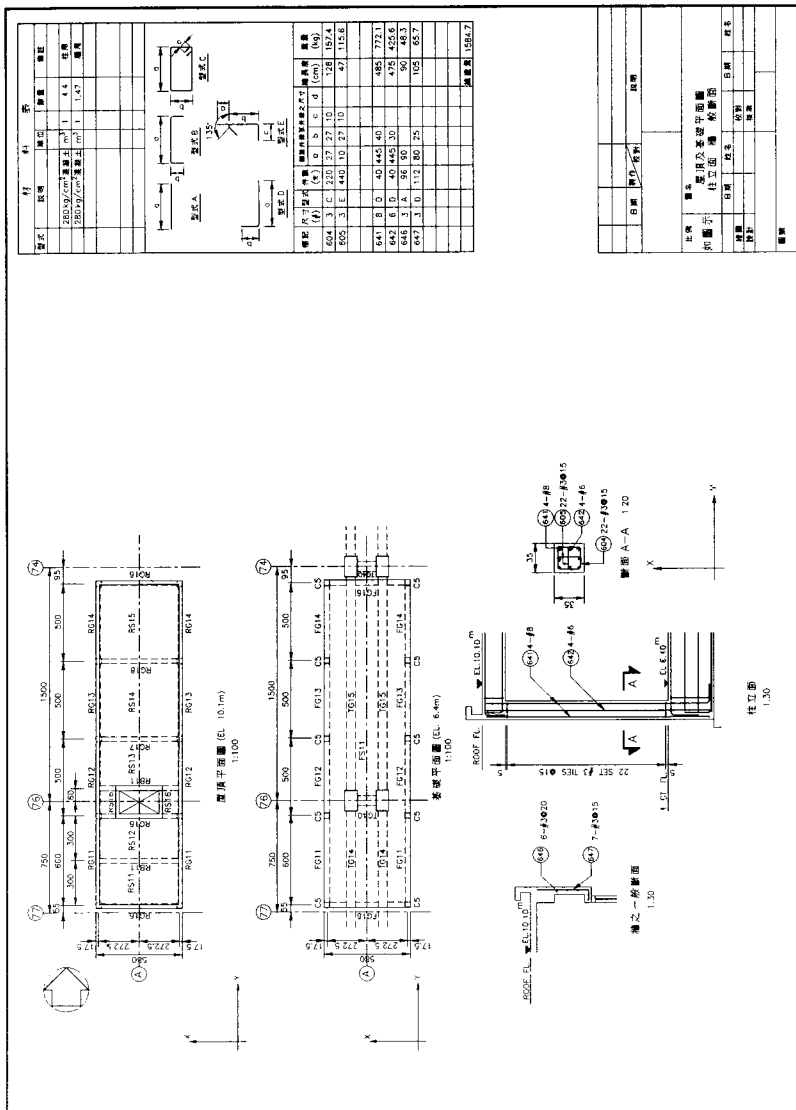


圖19(a) 施工圖佈置之建議

圖19(b) 施工圖之佈置實例



甲乙鋼鐵公司
台北市

計劃名稱 台灣工業技術學院實習工廠 級別 如下表所示
 地點 台北市 序號 4838
 業主 丙丁營造廠 圖號 23
 適用對象 一樓梁及柱 頁數 1/2
 日期 83.4.25 修訂
 製表 張三 校對 李四

標準彎曲型式詳誌

項目	級別	件數	尺寸	長度	標記	型式	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	R	O
1	真筋																	
2	4200	40	10	410														
3	4200	36	10	405														
4																		
5	4200	4	7	670														
6	4200	4	7	535														
7																		
8	4200	2	5	860														
9	4200	2	5	535														
10																		
11	一般彎作																	
12	4200	2	9	1135	IB901	1	40	1055						40				
13																		
14																		
15	4200	2	8	720	IB801	1	30	670										
16																		
17	4200	2	7	745	IB703	1	25	720										
18																		
19	4200	2	6	750	IB601	1	20	710						20				
20																		
21	一般彎作																	
22	4200	22	4	170	S401	S4	11	60	30	60				11				
23	4200	34	4	160	S402	S5	11	55	30	55				11				
24																		
25	4200	26	3	190	S301	S4	10	75	20	75				10				
26	4200	24	3	180	S302	T2	10	60	20	60	20			10				
27																		
28																		
標準筋																		
	級別	件數	尺寸	長度	標記	直徑	彎距	圈數	間隔	標								
	4200	2	4	320	C10	55	5	66	3									
	4200	2	4	305	C11	50	6	53	2									
	4200	2	3	305	C15	40	4	83	2									
	4200	2	3	305	C16	40	4	72	2									

註：1. 鋼筋彎作之一般細部及型式請詳圖 6-1

2. 所有長度尺寸均為公分

圖 10(a) 房屋結構之鋼筋表

甲乙鋼鐵公司
台北市

計劃名稱 台灣工業技術學院實習工廠 鋼筋級別 CNS 2006,如下表所示
 地點 台北市基隆路四段43號 圖號 甲AI-26
 適用對象 B1FL(FS版,地梁,柱料) 頁數 5/5
 申請日期 83.4.20 需要日期 83.5.6
 製表 張三 校對 李四

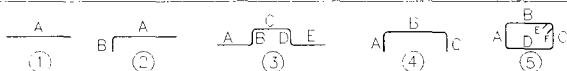
部位	標記	鋼筋尺寸圖 (cm)	總長度 (m)	件數 (*)	級別 (kg/cm ²)	鋼筋		總重量 (kg)	備註	
						尺寸 (#)	單位重量 (kg/m)			
FS版			4.80	770	2800	5	1.55	5728.8	進場順序③	
上層筋			6.00	3100	2800	5	1.55	28830.0		
			4.30	320	2800	4	0.994	1367.7		
			7.80	320	2800	4	0.994	2481.0		
			7.50	940	2800	4	0.994	7007.7		
			6.60	630	2800	4	0.994	4133.0		
			6.00	630	2800	4	0.994	3757.3		
預留筋			2.10	1350	2800	4	0.994	2817.9		
腰筋			6.00	2000	2800	4	0.994	11928.0		
			1.17	1300	2800	4	0.994	1151.8		
截水溝			1.30	30	2800	3	0.56	21.8		
柱插筋			2.01	480	2800	3	0.56	540.3		
柱插筋			3.19	40	2800	3	0.56	71.5		
柱料			3.30	1836	4200	8	3.98	24114.0		
合計 重量	# 3	級別 2800	kg 633.8	# 4	級別 2800	kg 35004.4	# 5	級別 2800	kg 34558.8	合計 總重量 <g 94310.8
	# 8	級別 4200	kg 24114.0							

註：鋼筋彎作之一般細部請詳圖6。

圖20(b) 房屋結構之鋼筋表

甲乙鋼鐵公司
台北市

計劃名稱 台灣工業技術學院實習工廠 鋼筋級別 CNS_2006_如下表所示
 地點 台北市基隆路四段43號 圖號 甲A1-20
 適用對象 B1FL(FS版,地梁,柱料) 頁數 5/5
 申請日期 83.4.20 需要日期 83.5.6
 製表 張三 校對 李四



部位	標記	尺寸 (#)	級別 (kg/cm ²)	型式	件數 (支)	鋼筋外緣至外緣之尺寸 (cm)						總長度 (m)	總重量 (kg)
						A	B	C	D	E	F		
FS版		5	2800	②	770	450	30					4.80	5728.8
上層筋		5	2800	①	3100	600						6.00	28830.0
		4	2800	②	320	400	30					4.30	1367.7
		4	2800	②	320	750	30					7.80	2481.0
		4	2800	①	940	750						7.50	7007.7
		4	2800	①	630	660						6.60	4133.0
		4	2800	①	630	600						6.00	3757.3
預留筋		4	2800	①	1350	210						2.10	2817.9
腰筋		4	2800	①	2000	600						6.00	11928.0
		4	2800	③	1300	20	35	12	35	15		1.17	1151.8
載水溝		3	2800	④	30	60	30	60				1.30	21.8
柱箍筋		3	2800	⑤	480	40	50	40	50	10.5	10.5	2.01	540.3
柱箍筋		3	2800	⑤	40	33	116	33	116	10.5	10.5	3.19	71.5
柱料		8	4200	②	1836	290	40					3.30	24114.0
合計 重量	#	級別	kg	#	級別	kg	#	級別	kg	#	級別	kg	合計 總重量
	3	2800	633.6	4	2800	35004.4	5	2800	34558.8				35996.8
	#	級別	kg										24310.0
	1	4200	24114.0										

註：鋼筋彎折之一般細節請詳圖C。

臺灣工業技術學院實習工廠 鋼筋表

甲乙鋼鐵公司
台北市

計劃名稱 No. 648 級別 CNS A206, $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
 地點 台北市 序號 A838
 業主 丙丁營造廠 圖號 234
 適用對象 計劃No. 648, 如下表所示 頁數 1/2
 日期 83. 4. 25 修訂
 製表 張三 校對 李四

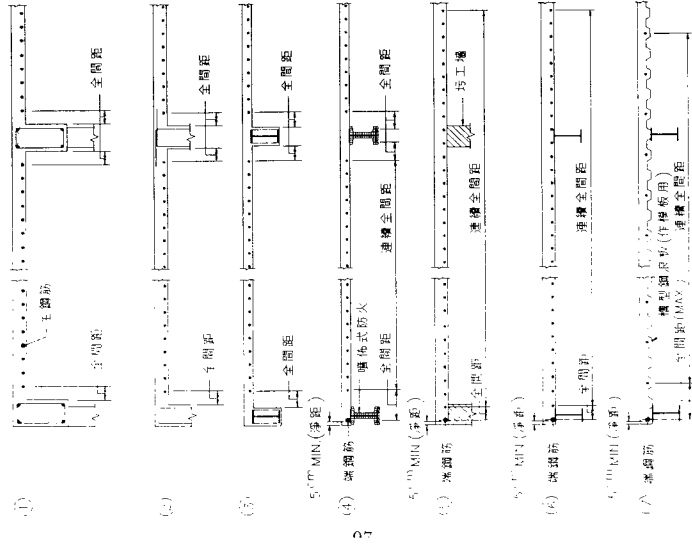
標準彎曲型式講詳

項目	件數	尺寸	長度	標記	型式	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	R	O
1	基礎版梁	—	工作站	20+38.5													
2	直筋																
3	116	#6	275	F4													
4																	
5	8	#5	525	F2													
6	24	#5	350	F3													
7																	
8	64	#4	90	F1													
9	一般彎作																
10	48	#7	195	D3	1	25	170										
11																	
12	48	#6	235	D2	1	20	215										
13																	
14	72	#5	90	D1	1	18	70										
15																	
16																	
17	版塊	—	工作站	5+88.5													
18	直筋																
19	6	#4	555	C2													
20	45	#4	510	ST1													
21	一般彎作																
22	27	#8	640			28	35	45	425	45	35	28	30				560
23	52	#8	615			28	560					28					
24																	
25	38	#4	150				55	40	55								
26																	
27																	
28	擋二牆	—	工作站	6+40													
29	直筋																
30	48	#4	525	R450													
31	36	#4	105	R451													
32	一般彎作																
33	276	#3	110	R300	T2	10	25	20	25	20		10					
34	20		80	R301	T2	10	15	15	15	15		10					
35	16			R302	T2	10	10	20	10	20		10					

訂購日期 序號 合約編號 圖號 234

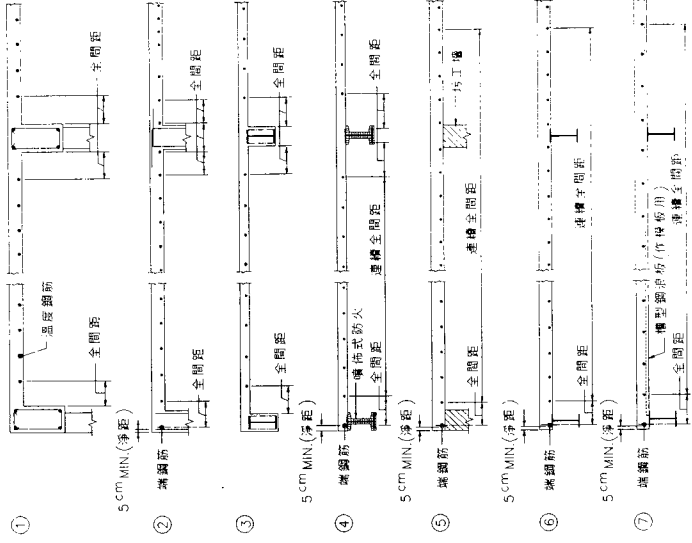
- 註：1. 鋼筋彎作之一般細部及型式講詳圖6。
 2. 所有長度尺寸均為公分。

圖21 公路結構之鋼筋表



除另有註明外為標準間距

(A) 單向放置主鋼筋



除另有註明外為標準間距

(B) 單向放置垂直鋼筋

圖 2.2(a) 版及牆之鋼筋配置

