

第四章 房屋構造的介紹

- (一) 臺灣常見的建築構造
- (二) 鋼筋混凝土構造的原理
- (三) 鋼筋混凝土構造的施工細節

(一) 臺灣常見的建築構造

■ 建築材料的演進

建築材料的演進，常與當地的天然資源、歷史文化等因素相關。臺灣早期不同族群的原住民，各以竹子、茅草、石板、石頭等搭建房屋；明末清初，大陸閩粵移民來臺開拓墾殖後，開始有了土角磚、紅磚、木材等建築材料。近代隨著工業發展，鋼筋與混凝土成為建築材料的主流，而新近二、三十年來，鋼骨建材的使用也日益廣泛。

建築技術的發展軌跡，與建築材料相關，例如：以竹子為建材時，牽涉到竹子品種的選擇、竹子砍下來之後如何預製、竹編技巧等；以石板為建材時，牽涉到的則是石板的選擇、穩固的堆疊方式。每當一種新興的建築材料出現，也代表著相對應的新建築技術。因此觀察建築材料的演進，可看出生活型態的演變，也能了解建築技術的發展軌跡。

● 土角厝

土角厝為臺灣早期的農村建築型態，土角厝是利用土角磚交錯疊砌成牆面，是以牆為建物主體的建築物。有的土角厝會在外牆上塗抹石灰修飾，並覆蓋稻草、芒草、瓦片等作為屋頂。

製作土角磚時，通常利用黏性土加入稻殼、稻桿合成土漿，經過踩踏攪拌後，將土漿填入框模，日曬風乾而成土角磚。



土角厝，部分石灰牆面裝飾已經剝落

● 木構造建築

臺灣的木構造建築主要盛行於清末與日據時期，以廟宇、公共建築以及富人宅邸採用居多，目前臺灣傳統建築中列為古蹟及歷史建築者約64%為木構造。傳統的木構造建築技術稱為大木作，架構梁柱時不使用鐵釘，而是以卡榫接頭相連接。



國家一級古蹟鹿港龍山寺

● 磚造建築

磚造建築自清初至二十世紀中期，一直是臺灣重要的建築型態，從平民居住的三合院到各式公共建築都廣為採用。純磚造建築以砌磚為牆，並以瓦片為屋頂，純磚造建築因耐震性差，現今已罕有新建的純磚造建築，不過紅磚塊仍應用於鋼筋混凝土建築的隔間牆。



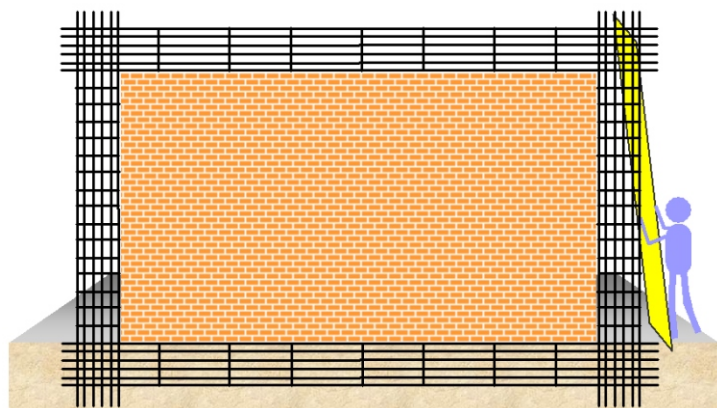
彰化縣鹿港鎮九曲巷古蹟

● 加強磚造建築

二十世紀初，臺灣重要建築開始局部採用鋼筋混凝土加固，方式是先砌好磚牆，再以鋼筋混凝土搭建梁柱以束制磚牆，磚牆仍是承載結構重量與抵抗地震的主體。1970年以後，新建的加強磚造建築已較少見。這種構造在外觀上與鋼筋混凝土建築非常相似，很容易讓人混淆誤會，購屋或整修房屋前，應確認建物所有權狀上的構造別說明。此外，加強磚造的磚牆是承重牆，不可打除，連開孔都有都有限制規定，須特別注意。



加強磚造建築



加強磚造建築施工時，先砌好磚牆，再搭建梁柱

臺灣現今仍有許多人居住在純磚造建築與加強磚造建築中，但這些構造形式已非建築主流，以下就新興建築的主要構造類型分別介紹。

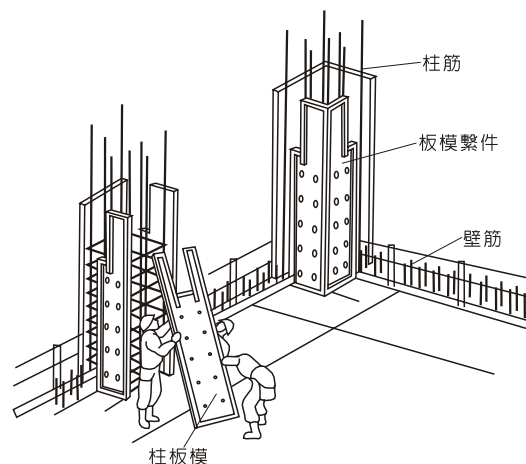
■ 鋼筋混凝土構造

鋼筋混凝土構造(Reinforced Concrete Structures, 簡稱RC)，是利用鋼筋、混凝土為材料，建構梁、柱、樓板、牆的建築形式，並常以磚牆作隔間牆。臺灣在1970年代之後興建的建築，大多採用鋼筋混凝土構造，直到今天，鋼筋混凝土構造仍然是臺灣建築的主流，據估計，目前住宅用樓房約有九成以上是屬於鋼筋混凝土建築。

鋼筋混凝土建築的施工方式，是於基礎完成後，組立柱子的鋼筋，並在鋼筋外圍架設模板，再澆注混凝土；待柱子的混凝土凝固達到一定強度後，再組立梁和樓板的鋼筋，並架設模板灌注混凝土，之後逐層往上興建。

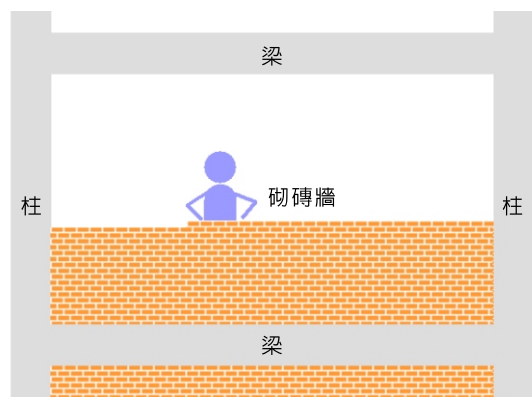


完成基礎後，組立柱子的鋼筋



架設模板以灌注混凝土

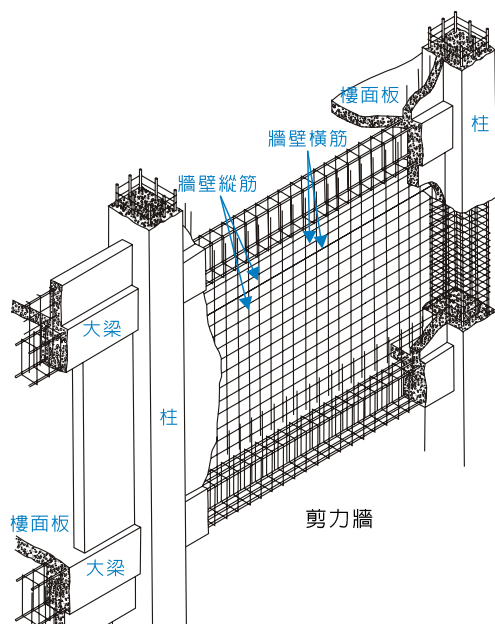
鋼筋混凝土建築的隔間牆，是在梁、柱和樓板完成後，才砌磚建牆的。隔間磚牆不負責承載建築重量，不視為結構體的一部份，理論上是可打除的。但921集集地震震災調查發現，隔間磚牆的存在，有助於防止建築倒塌，因此現今工程師多建議不要輕言打除。



完成梁、柱和樓板後，再砌隔間磚牆

有些鋼筋混凝土建築在設計時，加入以鋼筋、混凝土構成的牆，這種牆稱作剪力牆。電梯通道間的牆，通常就是剪力牆。

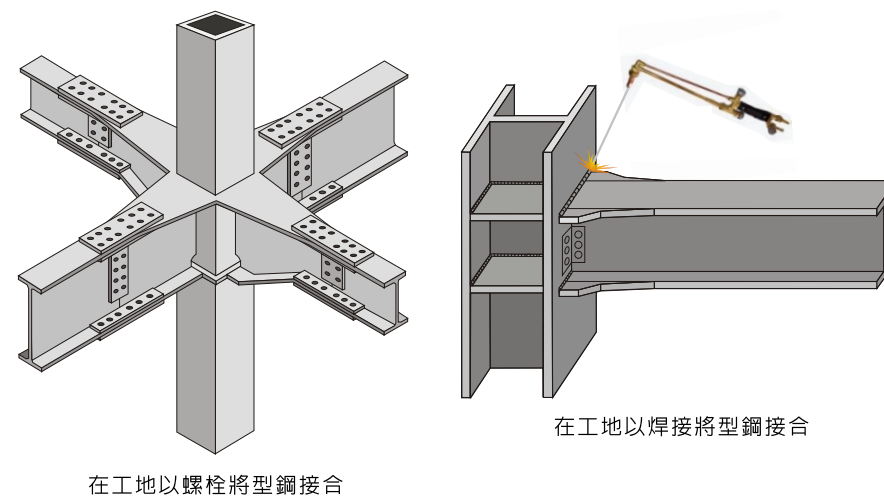
剪力牆外觀上與一般漆飾過的隔間磚牆無異，但功能不同。隔間磚牆不負責承載結構重量，而剪力牆和梁、柱一樣，都是承重、抗震的主結構，因此千萬不可打除剪力牆或變換位置，以免危害建築的耐震能力。



臺灣的鋼筋混凝土建築，樓層高於25層的棟數不多，原因是臺灣的地震發生頻率高，而目前所使用的鋼筋混凝土建材，強度對重量的比值小，樓高越高，低樓層的柱子需要越粗壯，才有足夠的支撐力與抗震能力。興建25樓層以上的鋼筋混凝土建築，低樓層柱子的長寬尺寸可能得超過1.3公尺以上，不僅材料成本的大幅提升，也嚴重影響室內的可用空間。因此臺灣超過25層以上的高樓或超高大樓，多採用鋼骨構造或鋼骨鋼筋混凝土構造。

■ 鋼骨構造

鋼骨構造 (Steel Structure, 簡稱SS)，常見的玻璃帷幕商用辦公大樓多屬。鋼骨建築營建的過程，是將鋼鐵廠預鑄完成的型鋼，以拖板車運送至工地現場，之後再以螺栓、焊接等方式接合。梁、柱主結構完成後，再以鋼浪板澆置混凝土鋪設樓板，並以輕質材料裝設隔間牆。與鋼筋混凝土建築相比較，鋼骨建築興建所需的工期短、勞動人數少，但是技術性較高，焊接施工人員必須持有相關証照才能勝任。



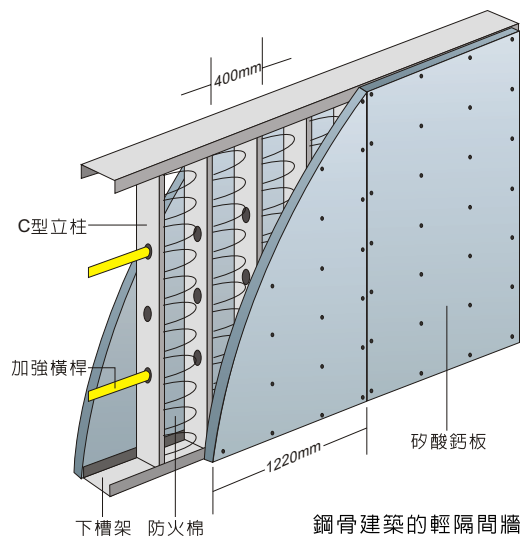
老舊的鋼骨構造建築拆除後，其鋼材可回收再生使用，因而鋼骨建築被視為環保建築。

然而鋼材有不耐熱的缺點，在高溫下容易變形甚至起火燃燒，因此在結構興建期間，必須施作防火披覆，以延長鋼材的防火時效。911事件之後（紐約雙子星大樓遭受恐怖攻擊而燃燒倒塌），鋼骨構造的防火披覆工程更受到高度的重視。



正施作防火披覆工程的鋼骨建築

鋼骨建築的隔間牆，通常採用「輕隔間牆」，方便牆面與主結構固鎖接合。輕隔間牆相對於鋼柱與鋼梁而言相當柔軟，不具備承重及抗震的功能，因此不視為主結構的一部分。

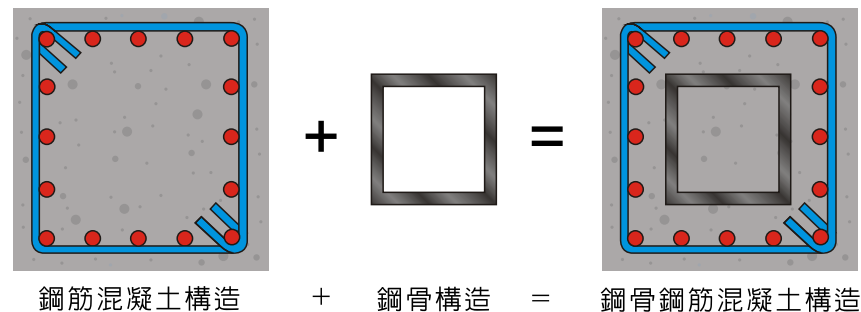


鋼骨建築的輕隔間牆

鋼材的強度對重量的比值大，而且韌性佳，使得鋼骨構造建築輕盈耐震，適合用來建造高樓或超高樓。但也正因結構輕盈，隔音效果不如鋼筋混凝土構造，且強風吹襲時容易晃動，易使高樓上的人感覺不適，鋼結構建築若作為居住使用，舒適性相對較差，因此臺灣的鋼骨建築大多為辦公大樓。

■ 鋼骨鋼筋混凝土構造

傳統鋼筋混凝土材料在建造高樓時，顯得相當厚重而不利耐震；鋼骨構造建築輕盈耐震，但舒適性相對較差。為了兼顧高樓的耐震與舒適性，日本工程界結合鋼筋混凝土與鋼骨建材，率先開發鋼骨鋼筋混凝土建築(Steel Reinforced Concrete，簡稱SRC)。



鋼筋混凝土構造

+ 鋼骨構造

= 鋼骨鋼筋混凝土構造

鋼骨鋼筋混凝土建築的興建方式，是將型鋼組合成梁柱構架，再於鋼骨外部組立鋼筋，之後架設模板再灌注混凝土，所以鋼骨與鋼筋同樣包覆在混凝土內，結構構件不需再施作防火披覆工程。雖然說，鋼骨鋼筋混凝土構造同時包含了鋼筋混凝土構造與鋼骨構造的優點，但在設計及施工上較這兩種構造更為複雜，造價也高出許多，並且需要良好的施工團隊，才能讓品質獲得保障。



在鋼骨結構外圍組立鋼筋

與鋼骨構造相比較，鋼骨鋼筋混凝土構造相對沉穩，所以超高樓建築的低樓層常採用鋼骨鋼筋混凝土，以穩定大樓，提升低樓層耐震度；高樓層則採用鋼骨構造，使高樓層輕盈耐震。臺北101大樓就是鋼骨構造與鋼骨鋼筋混凝土構造結合的應用案例。

鋼骨鋼筋混凝土雖然是新興的建築工法，但臺灣已經有不少鋼骨鋼筋混凝土的住宅、商辦大樓，尤其在921集集地震後，國內更吹起一股鋼骨鋼筋混凝土建築的風潮，不論建築的樓層高低，許多建商紛紛標榜「鋼骨鋼筋混凝土構造」作為銷售賣點。事實上，由於材料特性的差異，鋼筋混凝土構造、鋼骨鋼筋混凝土構造與鋼骨構造分別適合用於不同樓高範圍的建築。消費者買屋時，如果不是購買超高樓建築，可以多了解鋼筋混凝土構造的優點與施工要點（本手冊下一節），不必執意選購造價較高的鋼骨建築或鋼骨鋼筋混凝土建築。

■ 鋼筋混凝土、鋼骨鋼筋混凝土、鋼骨構造的特性與差異比較

	RC 鋼筋混凝土構造	SRC 鋼骨鋼筋混凝土構造	SS 鋼骨構造
適用建築高度*	低、中、高樓建築	中、高樓建築 (適用於高樓及超高大樓的低樓層部分)	高樓及超高大樓
建築成本	低	高	高
主結構材料	鋼筋、混凝土	鋼骨、鋼筋、混凝土	鋼骨
主結構重量	重	中	輕
因風及地震晃動程度	小	小	稍大
抗震方式	鋼筋與核心混凝土消化地震能量	鋼筋、鋼骨與核心混凝土同時消化地震能量	鋼骨韌性耗能
建築造型	變化較小	介於二者中間	外形可多變化
施工時間	長	長	短
施工複雜度	高	極高	中
施工技術性	中	高	高
防火性	佳	佳	稍差
隔音效果	佳	佳	稍差
環保度	施工污染較多 建材耗能多且少回收	介於二者中間	施工污染少 建材可回收

* 註：這裡所稱的建築高度大致為：5層樓以下建築稱低樓，6~18層樓建築稱中樓，18~30層樓建築稱高樓，30層以上的建築稱超高大樓，這些樓層高度劃分僅為參考，並非絕對值。

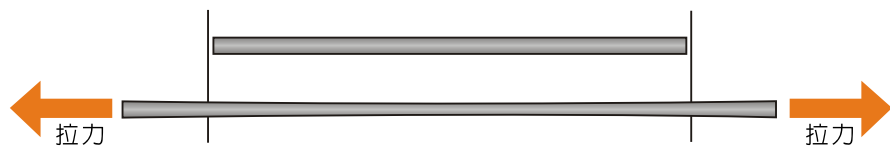
(二) 鋼筋混凝土構造的原理

921集集地震中，許多鋼筋混凝土建築倒塌，造成民衆對鋼筋混凝土建築產生疑懼。但根據結構專家災後調查發現，多數倒塌的鋼筋混凝土建築，其實是設計及施工不良，或人為不當使用所造成的。集集地震驗證了工程師長久以來的論說：鋼筋混凝土建築物只要符合現行的耐震設計，並確實做好施工過程的每一個環節，就足以抵擋絕大多數的地震。(註：座落在斷層破裂帶、興建年代久遠耐震標準不足，這類建築不在此限)

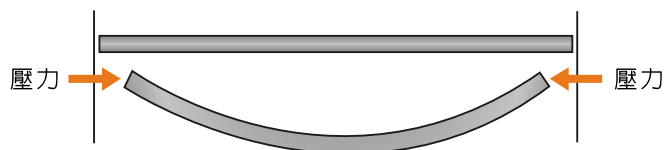
鋼筋混凝土構造是臺灣現今最主要的建築型態，大多數人每天生活於其間，對於和生活息息相關的鋼筋混凝土構造，宜有基本的了解。以下就鋼筋混凝土構造的原理及施工細節加以介紹。

■ 材料特性

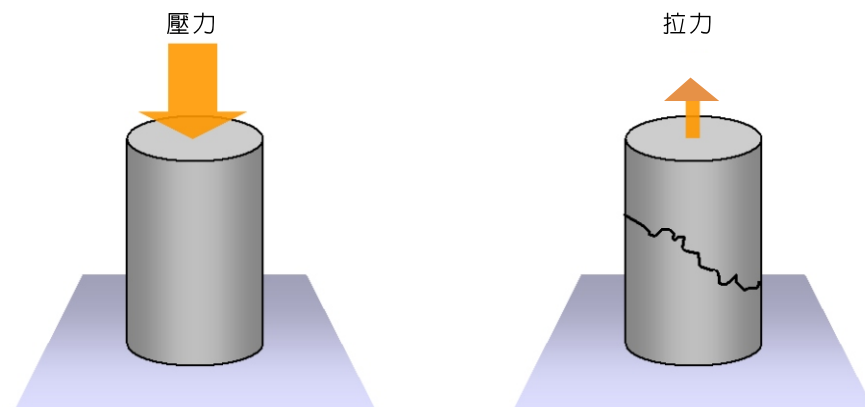
鋼筋具有高度的延展性，受拉不容易斷裂，可藉由伸長變形而吸收能量。



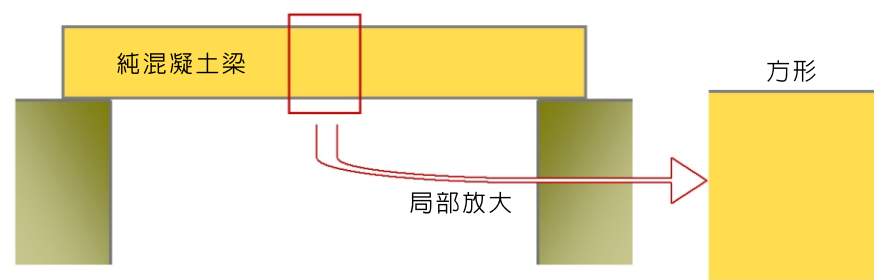
但鋼筋受壓時容易發生挫屈，而且越長的鋼筋越容易挫屈。



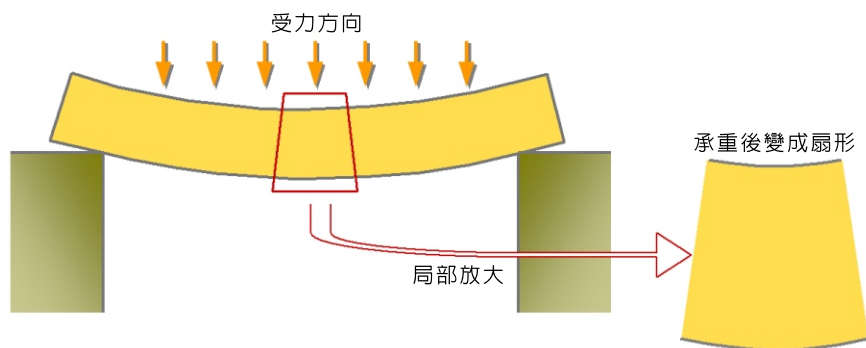
混凝土是利用砂、小礫石、水泥和水，依適當比例混和而成的建築材料，具有良好的抗壓性與耐火性，但抗拉性很差，容易開裂破壞。



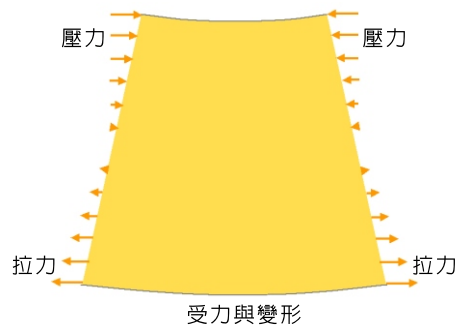
所以將抗拉性佳但抗壓性差的鋼筋，與抗壓性佳但抗拉性差的混凝土結合，正好使兩種材料互補長短。以下取一根橫梁為例，說明鋼筋與混凝土如何互補長短。



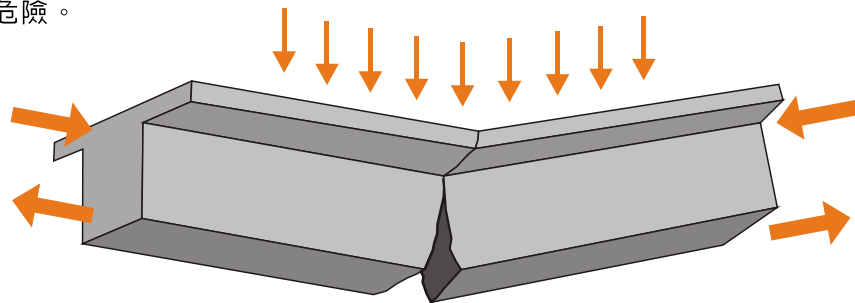
梁承受重量後，局部形狀由方形變成扇形。



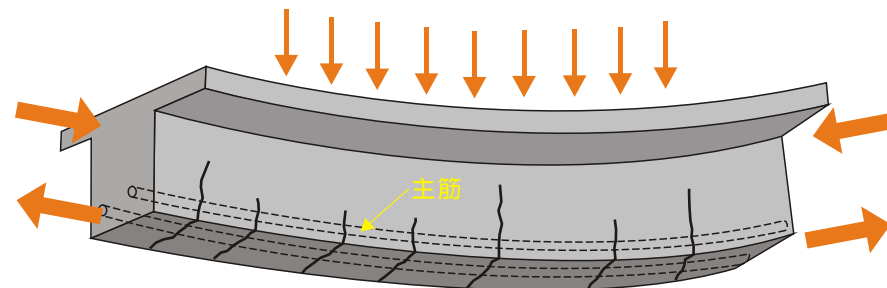
梁的局部形狀，由方形變成扇形，可以推知，梁的上緣側受到兩邊的壓力，使長度縮短；梁的下緣側受到兩邊的拉力，使長度拉長。



由於混凝土的抗拉性不佳，梁如果完全以混凝土為建材，一旦承重稍大時，梁的下緣側很容易開裂，進而毫無預警地瞬間崩斷，相當危險。

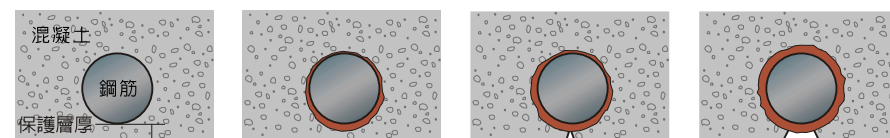


為了避免梁瞬間斷裂，工程師發現只要在混凝土受拉處配置鋼筋，就可以彌補混凝土不抗拉的缺點，當梁承重過大時，混凝土雖然仍會開裂，但鋼筋可以串起開裂的混凝土，同時發揮高延展性，使梁具有較大的變形能力，雖然變形且開裂，但不會突然坍塌。人們發現梁有明顯變形時，仍有充裕的時間逃離現場。



■ 保護層的重要性

鋼筋配置在混凝土受拉力越大的地方，越能發揮效益。這是不是代表梁的鋼筋最好配置在梁的下緣側，愈邊緣愈好呢？事實並非如此，因為鋼筋不耐火、不耐鏽蝕，配置時，鋼筋需要讓足夠厚度的混凝土包裹著，加以保護。一般而言，柱子的保護層厚度約需5公分，梁的保護層厚度約需2.5公分，才能避免鋼筋因與空氣接觸而氧化。如果混凝土保護層不足，鋼筋接觸到空氣與水氣，將導致鋼筋生鏽和混凝土剝落。當混凝土剝落嚴重，鋼筋與混凝土失去密合性，房屋的耐震能力將因而降低。



鋼筋的保護層厚度不足，鋼筋接觸到空氣與水氣

鋼筋開始生鏽

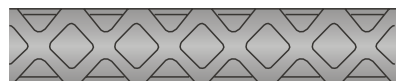
水氣
空氣
生鏽的鋼筋體積膨脹，造成混凝土開裂，更多的水氣和空氣從裂縫進入

膨脹的體積壓迫混凝土，使混凝土保護層剝落

■ 握裹與錨定

以混凝土與鋼筋複合成的建材，鋼筋與混凝土兩者須充分密合，發揮握裹力與錨定力，才能讓結構兼具抗壓又抗拉的優點。握裹力是鋼筋與混凝土間的膠結力，握裹力的大小除了與混凝土的品質有關之外，也和鋼筋的表面形狀、握裹長度等因素密切相關；此外，可以將鋼筋的末端折彎，利用鋼筋彎鉤提供端部錨定，而縮短所需的握裹長度。

早期建築用的鋼筋，是表面光滑的光面鋼筋，與混凝土密合後的握裹力不佳，因此，後來改良成表面佈滿凸凹紋的竹節鋼筋，大幅改善了握裹力。

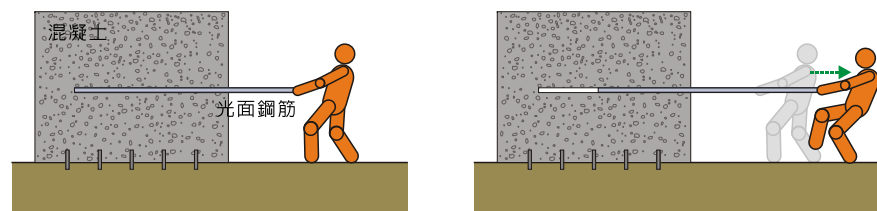


竹節鋼筋外觀

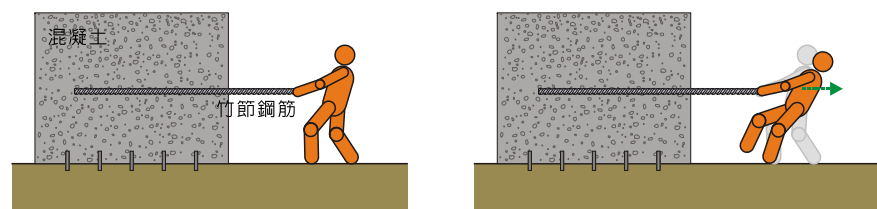


光面鋼筋外觀

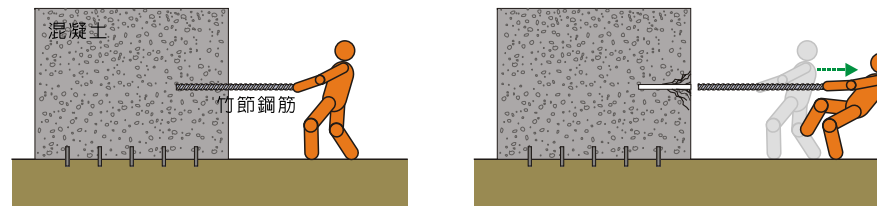
植入混凝土塊的光面鋼筋，因握裹力不佳，鋼筋很容易拉拔取出。



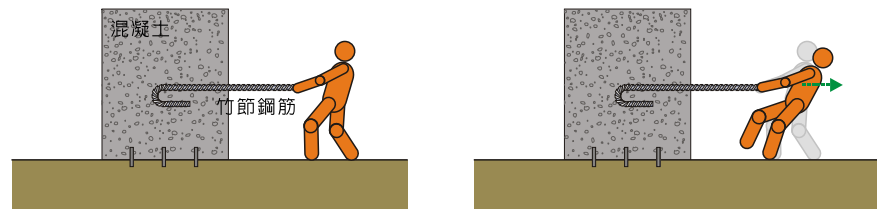
植入混凝土塊的竹節鋼筋，握裹力佳，鋼筋不容易拉拔取出。



竹節鋼筋植入的深度不夠，握裹力不足，鋼筋很容易拉拔取出



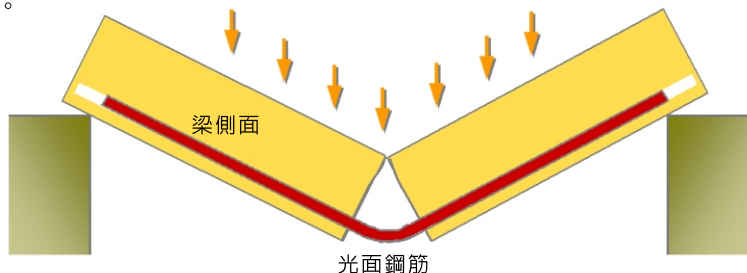
如果混凝土塊的厚度有限，握裹長度不足，為避免握裹力不夠，則可將鋼筋折彎錨定，鋼筋不容易拉拔取出。



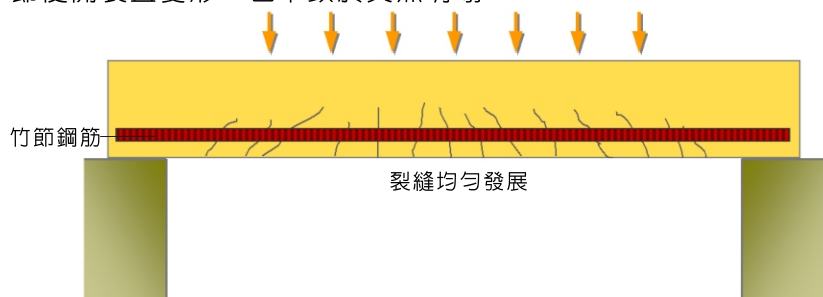
梁下緣配置光面鋼筋或竹節鋼筋，承載荷重時，各會發生什麼情形呢？



植入光面鋼筋，光面鋼筋握裹力不足，鋼筋滑移，梁開裂後瞬間斷裂。

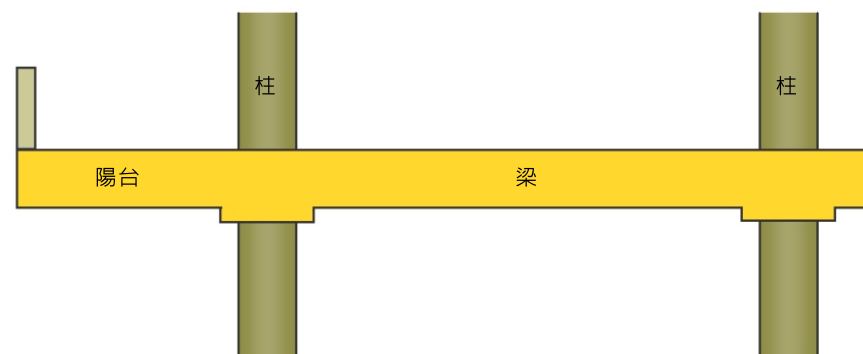


植入竹節鋼筋，竹節鋼筋能發揮握裹力，串起開裂的混凝土，梁即使開裂且變形，也不致於突然坍塌。

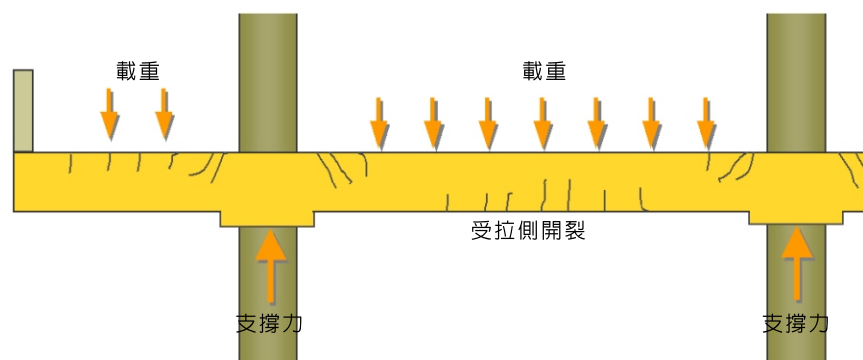


■ 鋼筋該如何配置？

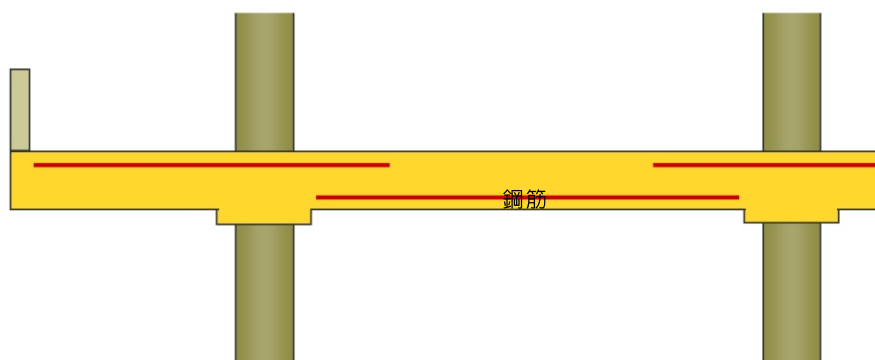
鋼筋一定要配在梁的下緣側嗎？不，正確來說，鋼筋應該配置在混凝土容易開裂的地方，協助混凝土結構發揮抗拉作用。想想看，下圖的梁與陽台如何配筋呢？



從下圖可以看出，承載重量的梁與陽台，混凝土承受拉力的位置，不一定都在下緣側。



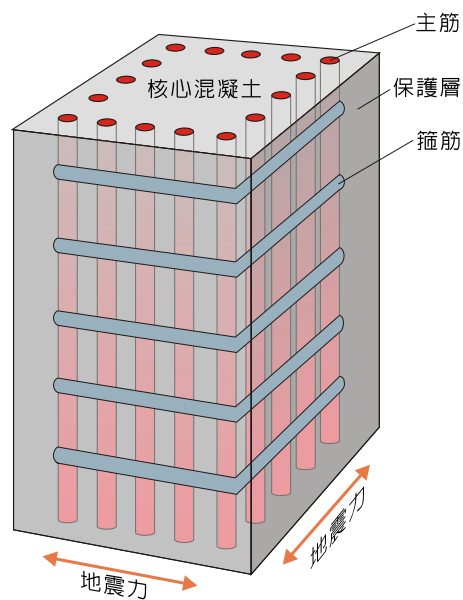
通常梁或陽台的上下緣都配有鋼筋，而在混凝土承受拉力的位置，會配置較多的鋼筋。



混凝土承受拉力的位置，配置較多的鋼筋

柱子負起承載建築重量與抗震的任務，所以柱子配筋更嚴謹重要。水平地震力可能來自不同方向，為避免柱子任何一面因鋼筋量不足而彎折破壞，所以主筋的位置和數量，大致對稱且相當。

柱子的「核心混凝土」是承載建築物重量，以及建築物抵抗地震力的核心部位，如果核心混凝土受損而崩落，整棟建築將傾斜或倒塌。所以，除了主筋之外，柱子尚須配置足夠的箍筋，防止主筋挫屈，有效圍束保護核心混凝土。



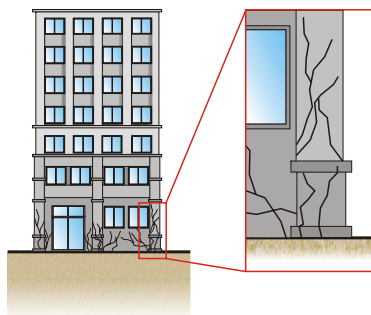
柱子的配筋

(三) 鋼筋混凝土構造的施工細節

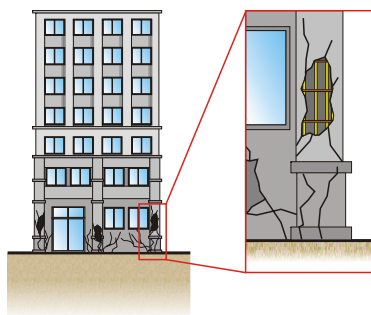
結構專家調查921集集地震震害，歸納出多數因「施工細節不良」而倒塌的鋼筋混凝土建築，其破壞模式與崩塌過程大致如圖所示。施工細節不良的原因，有的是營建廠商偷工減料；也有的是因建造年代久遠，當時的規範較寬鬆，施工細節要求不如現今嚴格。

■ 房屋倒塌的過程

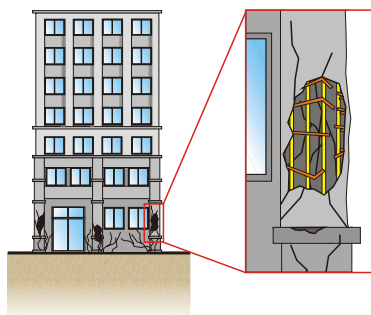
1. 柱子開裂



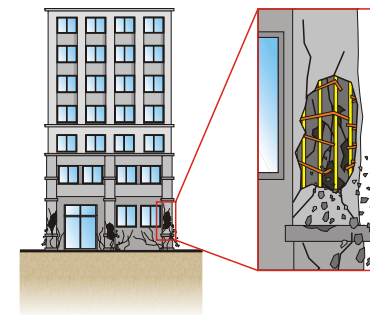
2. 混凝土保護層脫落



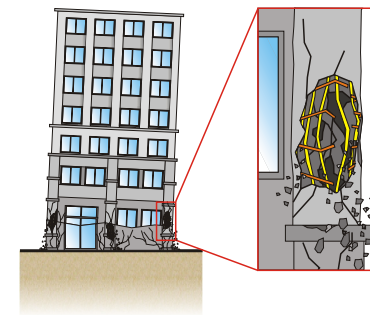
3. 箍筋彎鉤只有90度，極容易箍筋脫鉤



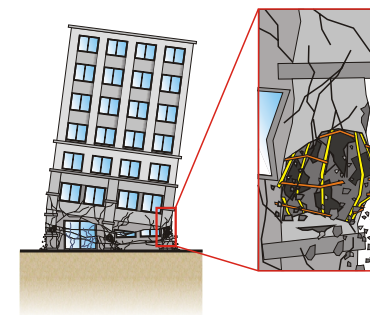
4. 箍筋間距過大，核心混凝土脫落



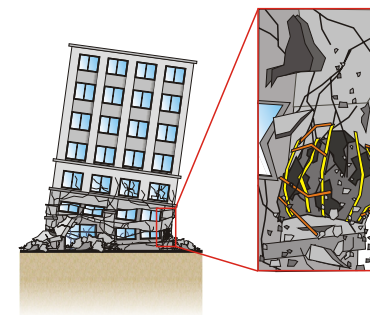
5. 主筋挫屈



6. 房屋傾斜

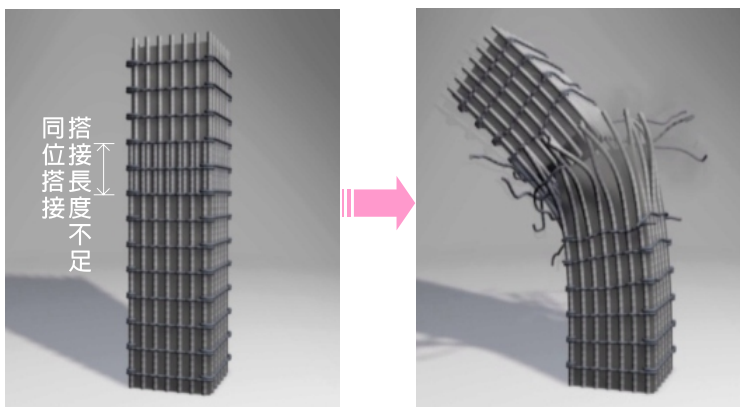


7. 房屋崩塌造成死傷



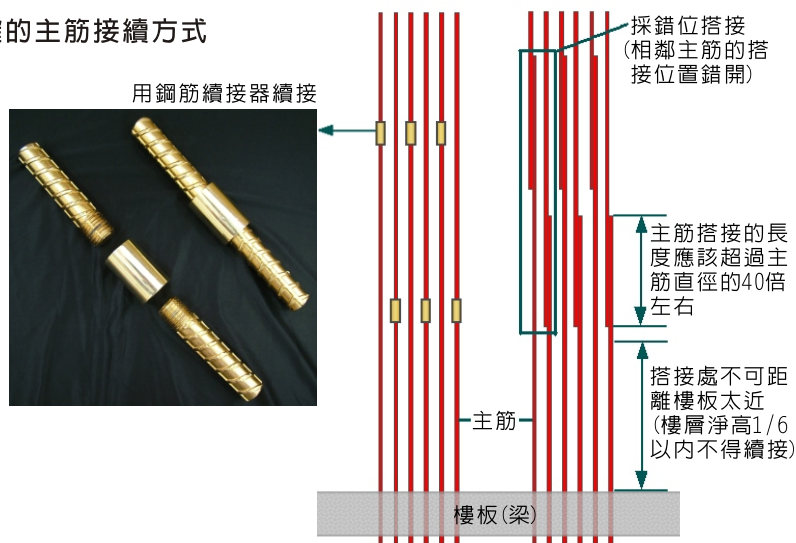
■ 主筋搭接

鋼鐵廠生產建築用的鋼筋，約裁切成12~15公尺長，以方便拖板車運送。鋼筋運送到工地之後，須相互搭接，才能讓主筋從基礎延續到頂樓。搭接處是鋼筋不連貫點，也是柱子相對脆弱的地方，容易拉拔斷裂，因此在鋼筋混凝土構造的施工規範中，訂定了詳細的搭接規定，以免柱子耐震能力不足。

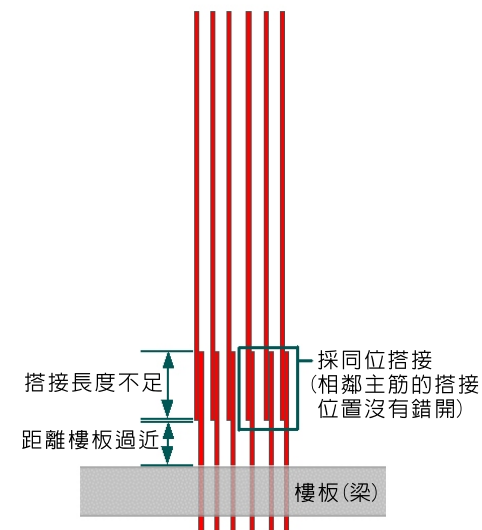


主筋同位搭接，搭接處成為柱子最脆弱的地方，地震時此處容易拉拔斷裂

● 正確的主筋接續方式



● 錯誤的主筋搭接方式



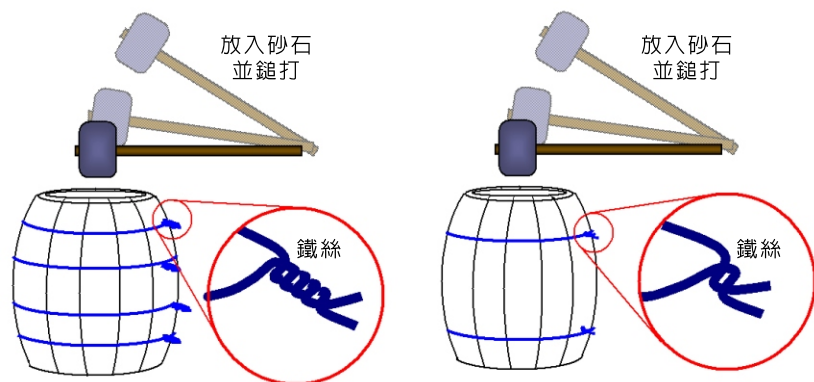
臺北縣新莊市「博士的家」在集集地震中倒塌，造成43人死亡、2人失蹤。照片中的殘柱可看出主筋同位搭，而且不見箍筋。

■ 箍筋與繫筋

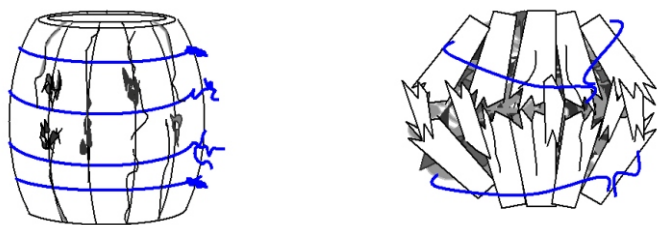
● 箍筋的功能

許多人以為網綁主筋的箍筋，只是為了施工過程中的需要，暫時穩立主筋而已。事實上，箍筋的功能不只協助主筋直立，箍筋的間距、彎鉤角度、彎鉤長度、箍筋粗細等，更是攸關建築物的耐震能力。為何箍筋施工細節這麼重要性呢？我們可用以下的橡木桶實驗作說明。

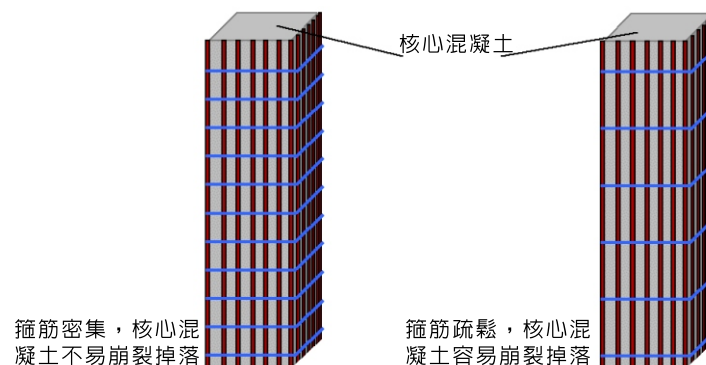
橡木桶內皆放滿砂石，以同樣的榔頭、同樣的力道錘打，哪一個橡木桶比較容易迸裂？



左邊的橡木桶，外箍鐵絲間距短，鐵絲末端纏繞緊密，故能耐錘打；右邊的橡木桶，外箍鐵絲間距長，而且鐵絲末端纏繞鬆散，錘打後，鐵絲鬆脫，木桶迸裂，砂石外漏。

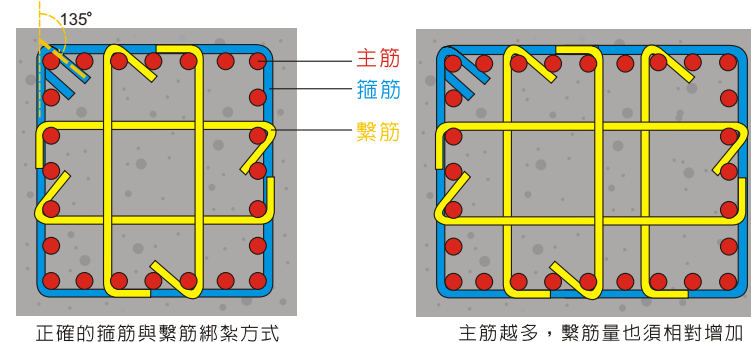


柱子耐不耐震與橡木桶耐不耐錘打的例子相似。橡木桶木片如同柱子的主筋，桶內的砂石如同核心混凝土，箍住木桶的鐵絲如同柱子的箍筋，而柱子承受地震力就如同橡木桶承受錘打。如果箍筋太細、箍筋間距過長、箍筋末端沒有「耐震彎鉤」，地震時會造成箍筋鬆脫、主筋挫屈、核心混凝土崩裂掉落，房子跟著倒塌。



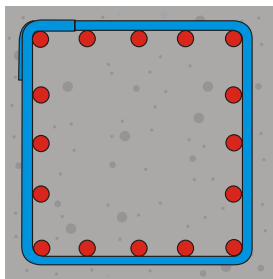
● 繫筋與耐震彎鉤

除了箍筋之外，主筋之間必須綁紮足夠的繫筋，以加固核心混凝土的圍束效果。綁紮箍筋和繫筋時，必須將箍筋的兩端都折彎成135度，繫筋則只須將一端折彎成135度（基於施工考量，繫筋另一端可為90度），形成耐震彎鉤。耐震彎鉤因伸入核心混凝土中，因此不易鬆脫。



正確的箍筋與繫筋綁紮方式

主筋越多，繫筋量也須相對增加



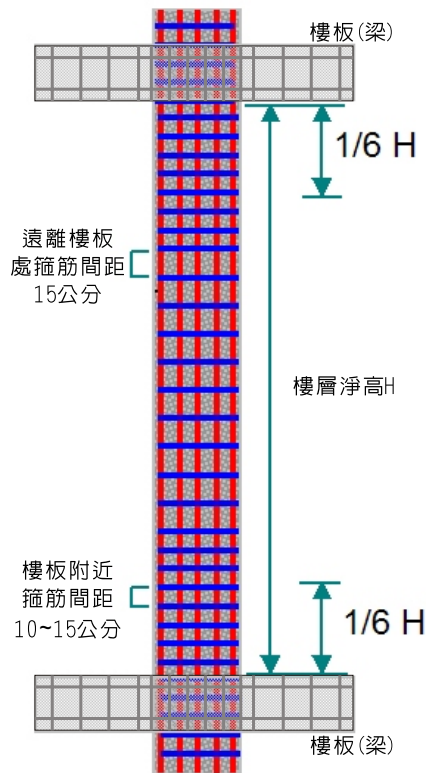
不良的箍筋綁紮：

- ◆ 箍筋末端只有90度而且彎鉤長度不足
- ◆ 缺乏繫筋

● 箍筋間距規定

依據工程規範，柱子在梁或樓板的附近，也就是樓層淨高 $1/6$ 以內，箍筋間距為10公分~15公分，相當於一個拳頭寬度；遠離樓板的部份，間距可以放寬，但不得超過15公分。

理論上箍筋的間距越小，對核心混凝土的圍束效果越好，但實務上，過度密集的箍筋會妨礙混凝土澆注時的流動性，反而不切實際。



早期建築法規較寬鬆，921集集地震時，許多老舊校舍因柱子的箍筋間距過大(30公分~35公分)、箍筋90度彎鉤容易脫鉤、未綁紮繫筋、柱中水管過粗等因素，而不耐震

■ 材料的檢驗

主筋搭接、箍筋綁紮及繫筋綁紮等施工細節，都是可以目視檢查尺寸的項目，但是只做好這些細節並不代表房屋一定堅固耐震，因為還有無法目視檢視的要點，如材料品質的好壞，也是房屋耐震的關鍵因素。集集地震震害調查中，工程師發現好幾棟倒塌的建築，肇因於混凝土的品質不良、抗壓強度不足，由此可見材料品質管制與檢驗的重要性。

● 鋼筋的檢驗

建築法規明定：「鋼筋送抵工地時應檢附鋼筋出廠檢驗報告，其檢驗項目應包括外觀、機械性質、化學成分及輻射性」；此外，為了確保鋼筋的強度符合建築物的設計需求，施工單位必須於工地現場擷取鋼筋樣本，送至實驗室進行鋼筋拉伸實驗，檢測其強度與延展性。消費者購屋，可請建商出示鋼筋出廠檢驗報告以及拉伸測試報告。



鋼筋拉伸強度試驗

● 混凝土的抗壓測試

混凝土是由砂石、水和水泥等材料混拌而成的，材料配比適當，混凝土凝固後才有足夠的抗壓強度。標準配比的混凝土較為濃稠，灌漿時不容易由地面直接以輸送管輸送到高樓層，因此不肖建商可能會增加水的用量以降低濃稠度，方便輸送。這麼一來將造成混凝土的抗壓強度不足，影響建築物的耐震能力。

為確保混凝土具有足夠的抗壓強度，施工現場進行混凝土澆注時，須抽取混凝土樣本。抽樣試體經過28天養護之後，置於測試機台上逐漸施加壓力，直到混凝土試體破裂為止。試體破裂時的壓力值即為混凝土的抗壓強度。



混凝土抗壓試驗



921集集地震，雲林縣斗六市數棟大樓崩塌。相同主因之一為混凝土強度不足（混凝土呈土黃色粉末狀）

● 混凝土的氯離子檢驗

砂石是混凝土的主要材料之一，砂石可能取自河川，也可能取自海岸邊。砂石若取自海岸邊，並且未經洗滌淨化處理，則砂石表面富含的氯離子，會使所興建的樓房，成屋後約六至十年內，逐漸形成俗稱的「海砂屋」。



海砂屋的天花板，混凝土塊毫無預警地脫落，威脅住戶的安全，也影響房屋的耐震能力

事實上海砂並非不可使用，鄰近國家日本發展出利用淡水洗滌海砂去鹽的技術，使海砂中氯離子濃度符合標準，洗滌後的海砂用量幾乎佔日本全國砂石總用量的40%。所以，使用未經處理的海砂，海砂氯離子濃度不符規範，才是造成「海砂屋」現象的主因。

為確保混凝土的氯離子濃度符合標準，不論砂石是來自河砂或海砂，混凝土澆注前，必須進行氯離子濃度檢測。根據規定，每立方公尺新拌混凝土的氯離子濃度不得超過0.3公斤。

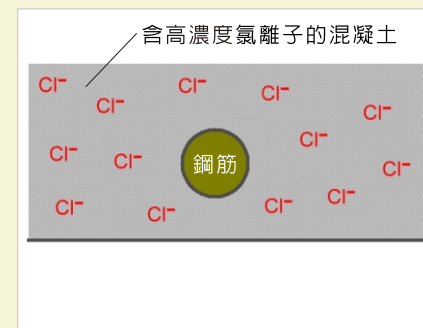


圖片來源：杏第社區都市更新會

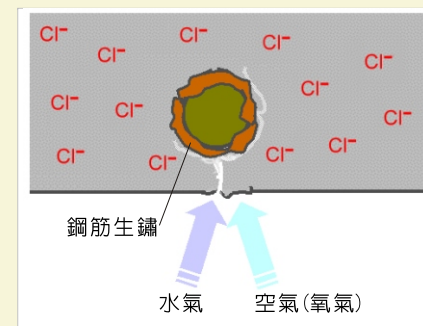
混凝土氯離子濃度檢測

海砂屋是如何形成的呢？

混凝土中未經淨化的海砂含有高濃度的氯離子鹽類，鹽類能受潮自行吸收空氣中的水份，而水份中又含氧氣，促使鋼筋表面鏽蝕。



生鏽的鋼筋體積會膨脹成原來的3-7倍，將混凝土的表面撐開，讓更多的水氣和氧氣從裂縫中進入，加速鋼筋的生鏽速度。



嚴重生鏽的鋼筋，壓迫混凝土保護層，使混凝土崩落，導致鋼筋外露。外露的鋼筋不再與混凝土密合，嚴重減損建築物的耐震能力。

