

3.1 基本結構概念

3.1.1 結構力學的基礎知識

3.1.1.1 力的概念 (Force)

力在人類的生產和生活實踐中是無時不感覺到，當人們用手提，推舉或投擲某一物體時，從肌肉的緊張收縮中就感到對物體施加了力，又如我們用肩膀挑重物，重物的重量通過扁擔壓在肩上就使我們感到肩膀受壓力的作用。經過人們在長期生產和生活實踐中反復觀察，實驗和分析，從而建立起一個概念：“力是物體間的相互作用，這種作用的效果可使物體的運動狀態發生改變（例如運動方向、速度的改變，由靜止變為運動等等），或使物體的形狀改變（即變形）”。

力的作用效果首先決定於力的大小，但力的方向不同，力的作用效果也不同。例如對於一個物體來說，一個向下作用的力或一個水準作用的力，就會使物體產生不同方向的運動。此外，力的作用點位置，也會直接影響到作用效果，例如一把鋤，如果用手握鋤柄的重心處，是容易將鋤平行提起，但如果用手握鋤柄的末端，那麼用同樣大小的力，只能將它一端提起而鋤頭仍舊提不起，這是因為手作用於鋤的位置不同，產生不同的效果。由此得出一個結論：“力對物體的作用效果取決於力的大小、方向和作用點”。力的大小、方向和作用點，稱為“力的三要素”。

力既然是一個有大小和方向的量，所以力是向量，它可以用一個帶箭頭的線段表示，如圖 1 所示，其中，線段的長度表示力的大小，線段的方位（例如與水準線的夾角）和箭頭的指向表示力的方向，線段的起點 A 或終點 B 表示力的作用點，通過力的作用點沿力向量方位畫出直線（如圖中的 mm 直線）稱為力的作用線。

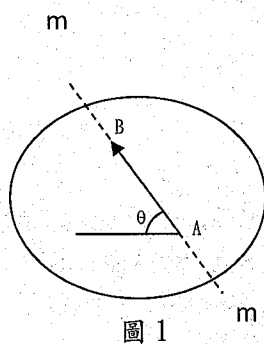


圖 1

現在討論兩個以上的力的概念，作用於物體上的一群力或一組力，稱為力系。如果作用於物體上的一個力系可用另一個力系來代替而不會改變原力系對物體的作用效應則這兩個力系稱為等效力系。如果一個力與一個力系等效，則這個力是該力系的合力，而力系中的各力是該合力的分力。

3.1.1.3 結構的計算簡圖

實際結構的組成、受力和變形是很複雜的，完全按照結構的實際情況進行力學分析是非常困難的，也是不必要的。因此，對實際結構進行力學計算以前，必須加以抽象簡化，略去一些次要因素，顯示其主要特點，用一個簡化的圖形來代替實際結構。這種簡化圖形叫做結構的計算簡圖。選擇結構計算圖有兩個主要原則：

一是要反映結構實際情況。計算簡圖要保留原結構的主要性能和受力特點，使計算精確可靠。

二是要力求計算簡便。計算簡圖要與所採用的工具相適應，力求便於計算。

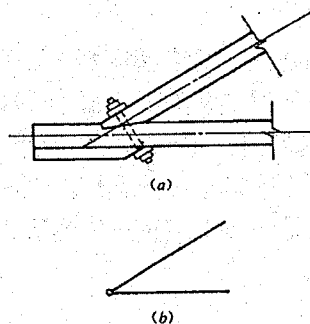
根據上述原則，通常對平面杆系結構作如下幾方案簡化。

1. 杆件

杆系結構由細而長的杆件組成。在計算簡圖中，杆件用其軸線代替，杆件的長度用結點間的距離來表示。樑、柱等構件的縱軸線為直線，就用相應的直線來代替。曲杆、拱等構件的縱軸線為曲線，就用相應的曲線來代替。

2. 結點

杆件與杆件聯結處稱為結點。結點可簡化為兩類：鉸結點、剛結點。
鉸結點：理想鉸結點的幾何特徵是各杆可以繞結點自由轉動。它的相應受力狀態是杆端不受轉動約束作用，因而不引起杆端彎矩，只能產生杆端剪力和軸力。理想鉸結點常用一個小圓圈表示；通常木結構和鋼結構的結點〔圖 4(a)〕可以簡化為鉸結點〔圖 4(b)〕。
剛結點：剛結點的幾何特徵是當結點發生變形時，各杆不能繞結點作相對的轉動，即各杆軸線間的夾角變形前後保持不變。其相應的受力狀態是結點對杆端有阻止轉動的約束力矩存在，因除產生杆端軸力和剪力外，尚產生杆端彎矩。通常鋼筋混凝土剛架中柱和樑的結點〔圖 5(a)〕，基本符合上述特點，在計算中通常簡化為剛結點〔圖 5(b)〕。



3.1.1.4 平衡狀態 (State of Equilibrium)

當物體處於平衡狀態，其所有外加之正力矩之總和必會相等負力矩之總，換而言之，在物體上任何一點中所有外加力矩之總和必是零。在數式上表達即；

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$$

反而言之，若果所有外加力矩之總和不是零，其狀態將不再處於平衡，因此物體便會開始轉動。

要達到平衡狀態，除了力矩之總和需是零外，其外加之所有力必需可以互相抵消，因此合力就是零。在數式上表達即；

$$F_1 + F_2 + F_3 + \dots = 0$$

在日常生活中，天秤是一個很好的例子。當天秤一端的法碼與另一端物件的重量不相等時，因為其外加力矩和力分別的總和不是零而令天秤無法處於平衡狀態，故此天秤便會開始轉動，透過適當地調整法碼數量，直至兩端重量達到相同時，天秤才可處於平衡狀態而不會轉動。

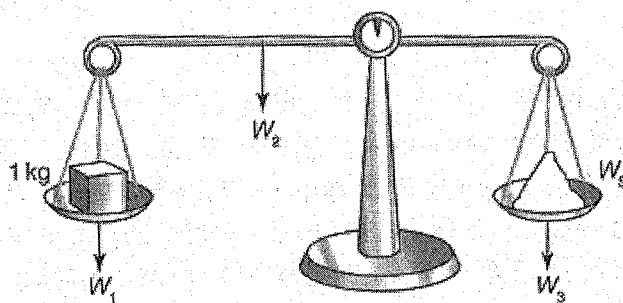


圖 7 平衡狀態

對於任何物體（不論實體和支架）而言，雖然平衡狀態可使其保持靜止不動，但物體因不同的穩定性而其平衡狀態或會容易受外在因素影響變成失衡。

3.1.1.6 荷載 (Loading)

工程中常見的荷載，根據其不同的特性，分類如下：

1. 按荷載作用的時間久暫分：可分為恒載和活載。

恒載是指長期作用在結構上的不變荷載。如結構自重，土壓力及固定在結構上的附屬設備重量等。這些荷載的大小，方向和作用位置均永久不變。

活載是指暫時作用在結構上的可變荷載，如人群、列車、風、雪荷載等。這些荷載時而出現，時而消失，其中有些活載在結構上的作用位置是移動的。如列車、吊車荷載等，這種荷載叫移動荷載。

2. 按荷載作用性質分：可分為靜力荷和動力荷載。

靜力荷載是指緩慢地施加在結構上的荷載。如結構的自重及其它恒載等。這些荷載在加載過程中，不會產生明顯的加速度。因此，認為沒有慣性力發生。

動力荷載是指突然施加在結構上的荷載。如機械的振動、爆炸的沖擊和地震荷載等。這些荷載會使結構產生明顯的加速度，從而出現不可忽略的慣性力。

除了上述荷載外，還有溫度改變、支座移動、材料收縮等，也可能使結構產生內力和變形。從廣義上說，這些因素也可稱為荷載。

3. 按方向作用性質分：可分為豎向和側向荷載

豎向荷載是指樓宇物料本身的重量及使用者的重量。

側向荷載是指風力及地震所產生之側向力。側向力會令有關結構產生剪力 (shear force)，力矩 (bending moment)，及扭力 (torsional force)，又會因而產生軸向力 (axial force)，壓縮力 (compression force) 及拉力 (tensile force)。所有這些力也要最終輾轉傳至地基處。

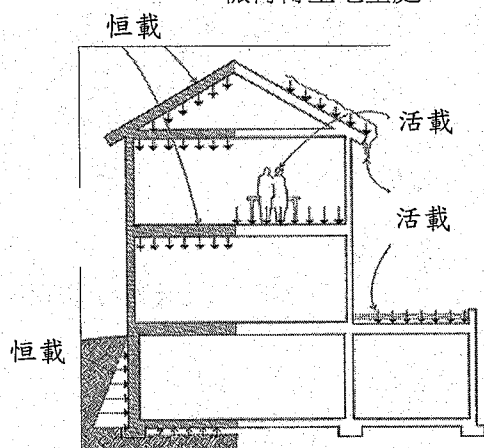


圖 10 恒載和活載

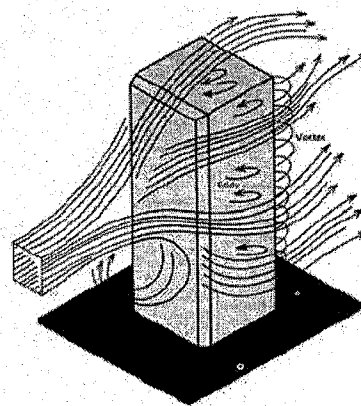


圖 11 側向荷載

3.1.2 樓面結構體系 (Floor structural system)

樓面結構體系的主要功能是承受豎向荷載。香港常見的樓面體系可以全鋼筋混凝土及結構鋼為分類。當選擇樓面結構時，要考慮多項因素，如樓宇用途，經濟，建造速度，物料供應，技術的配合，與及業主的要求等等。

3.1.2.1 全鋼筋混凝土 (All reinforced concrete)

1. 柱承重雙向樓板 (2 way slab on columns)

它可分為無樑樓板 (flat slab) 及格形無樑樓板 (waffle flat slab)。無樑樓板又分為有托肩和/或柱帽 (flat slab with drop panel and/or capital)，及無托肩 (flat slab without drop panels，or called flat plates) 兩類。

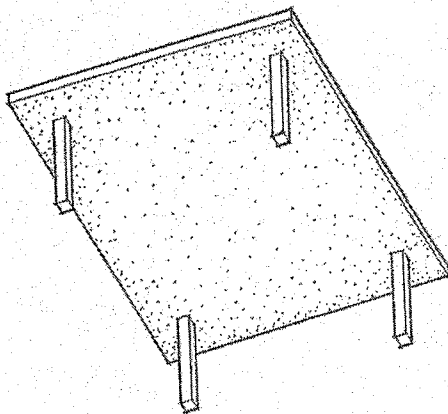


圖 13 無托肩無樑樓

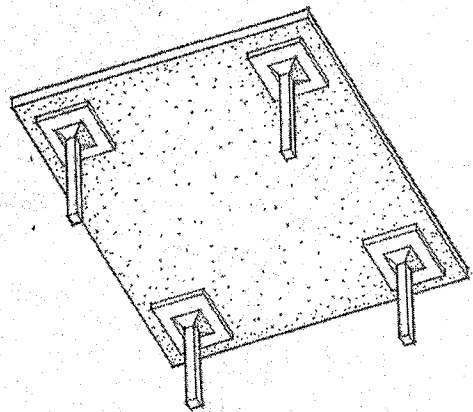


圖 14 托肩和/或柱帽無樑

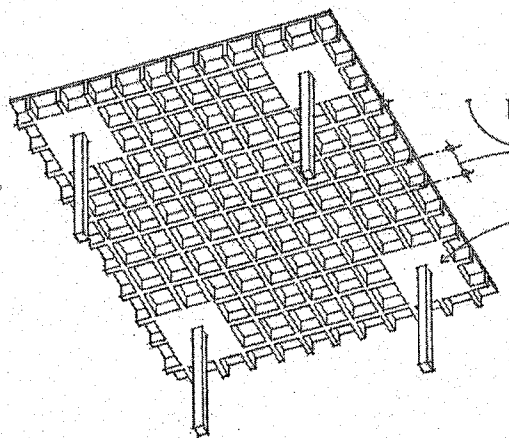


圖 15 格形無樑樓板

框架承重樓板及無樑樓板的比較:

框架承重樓板是把樓板支撐於四面或兩面的橫樑或大樑處，再由柱支撐大樑。

而無樑樓板，則是由柱直接支撐樓板。

兩種結構的比較如下:

1. 如同一跨度，框架承重樓板比無樑樓板為薄。而所需混凝土的總體積亦較少，因而會較輕。
2. 範本的建造及鋼筋的結紮，前者比後者較為複雜，因此，無樑樓板的興建速度亦較快及容易。
3. 前者所需的樓板及樑的結構總厚度較後者為大，這會增加每層樓的高度，從而增加整座大廈的高度。
4. 後者因沒有橫樑的障礙，因而所有在樓面底安裝的管道及電線等，均可暢通無阻，亦無需在樑中開洞或在樑下通過因而減低樓底的高度。
5. 如要在樓板開洞，前者較後者容易。
6. 後者的樓板較厚，因而有較好的防火及隔音性能。
7. 結構方面，如側向荷載是以框架剛接 (rigid connection) 形式組成，前者比後者的抗側向力為佳。

3.1.2.2 結構鋼 (Structural steel)

結構鋼樓面體系一般是鋼框架承重，由鋼托樑，鋼橫樑鋼大樑及鋼柱支撐單向（或雙向）樓板。而樓板可分為現場澆築混凝土 (cast-in-situ-concrete) 樓板，預製混凝土樓板 (Precast concrete slab)，以及混凝土與凹槽鋼板 (concrete on steel deck)，而混凝土與凹槽鋼板一般都是連同鋼樑一起成為混合鋼樑 (composite steel beam)。

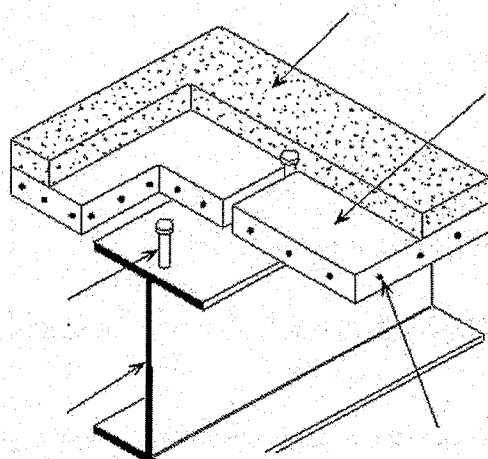


圖 18 現場澆築混凝土樓板

降低成本。因此，如樓板的跨度短，便可減低樓板的厚度。鋼框架的設計，一般是使鋼樑跨度大些，但間距 (spacing) 密些，而令到樓板跨度短些，樓板厚度因而可以減少。

鋼框架的樑一般是工字樑，但亦可是其他形狀的鋼件，很多時候會由鋼桁架 (steel truss) 為樑，尤其跨度大的時候，鋼桁架可節省不少鋼料。

混合鋼樑是在鋼樑上，焊上鋼嵌釘 (steel stud)，使混凝土與鋼樑間所產生的橫向剪力得以傳輸，而令到整個混合結構作用得以發揮，而可以減少鋼樑的尺寸。

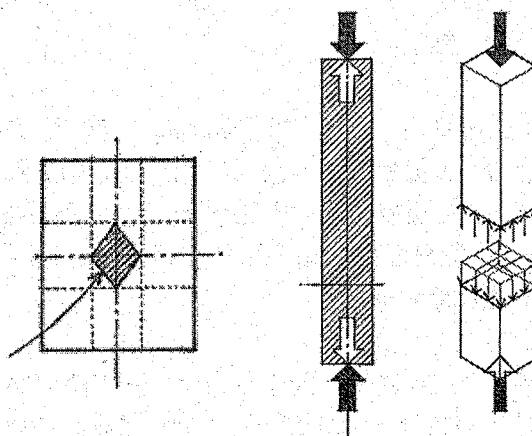
現澆混凝土樓板需要範本及臨時支撐，但混凝土與凹糟鋼板的樓板，並不需要範本及臨時支撐，因為凹糟鋼板本身已是範本，它能承受放在它上面的鋼筋及未凝固的混凝土重量。因此建造這種樓板的速度較快及較簡單，成本亦較輕。

3.1.2.3 全鋼筋混凝土樓面與結構鋼樓面的比較

1. 前者的樓面與樓面間的高度，會比後者小，尤其是無樑樓板，更可使樓面與樓面間的高度減至最低，而鋼框架的鋼樑深度，會直接影響樓面的高度，從而影響整座大廈的高度。
2. 前者的豎向防震 (Vertical Vibration resistance) 功能比後者強，尤其是當樑的跨度大的時候，鋼樑的豎向防震更要小心設計。
3. 前者的防火及隔音功能比後者強，後者要加防火保護措施。
4. 後者建造速度較快及較簡單，尤其是用凹糟鋼板的樓板，因不用範本及臨時支撐而簡化工序及減輕成本。
5. 前者比後者耐用，因鋼較易生鏽及受侵蝕。
6. 後者的每層物料總重量比前者較輕，進而令整座大廈的重量較輕，而地基成本也相對得以減少。

3.1.4 柱 (Column)

柱是樓宇結構的主要元素之一，它是一個較修長的結構構件，是專門設計於承受兩端的外加擠壓力。一般而言，樓板和主樑所承受的豎向荷載最後也經由柱傳至地基。柱最理想的破壞是被擠壓至破裂而不是壓彎，因為壓至破裂比壓彎所需力強大得多，所以壓彎的出現使柱的承托力大幅下降。要避免壓彎出現或過早出現，柱的設計比例上不可過於修長，兩端外加擠壓力也不可過於偏心。



柱和其中心

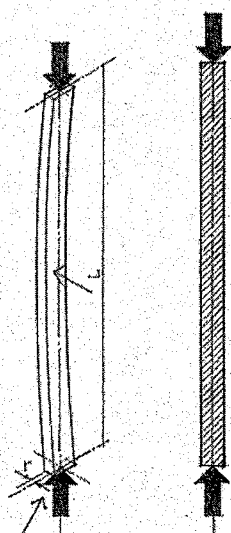


圖 22 柱壓彎的出現

鋼筋混凝土結構之所以應用這麼廣泛，是由於它具有以下一些優點：

1. 強度高。鋼筋混凝土的強度很高，適用於做各類承重結構，近代許多高層建築都是採用鋼筋混凝土建造的。
2. 耐久性好。因為鋼筋包裹在混凝土中，在正常情況下，它可保持長期不生銹，而混凝土的強度又能隨齡期的增長還有所增加。因此，鋼筋混凝土結構耐久性極好，幾乎不必維修。
3. 可模性好。根據工程的需要，可製成各種形狀的結構和結構構件，這樣，就給選擇合理的結構形式提供了有利條件。
4. 耐火性好。混凝土材料耐火性能是比較好的。鋼筋在混凝土保護層的保護下，在發生火災後的一定時間內，不致很快達到軟化溫度而導致結構破壞。
5. 可就地取材。鋼筋混凝土結構除鋼筋和水泥外，所需大量砂石材料，可就地取材，便於組織運輸，為降低工程造價提供了有利條件。
6. 抗震性能好。鋼筋混凝土結構因為整體性好，具有一定的延性，在地震烈度較高地區，常採用鋼筋混凝土建造層數較多的建築以及煙囪、水塔等。

鋼筋混凝土除具有上述優點外，也還存在著一些缺點：

1. 如自重大
2. 抗裂能力差
3. 現澆時耗費範本多
4. 工期長

隨著生產和科學技術的發展，鋼筋混凝土的這些缺點正在逐步得到克服。如採用輕骨料混凝土，以減輕混凝土的自重，採用預應力混凝土提高構件的抗裂性，以及採用預製鋼筋混凝土構件克服範本耗費多和工期長等缺點。

(3) 鋼結構

鋼結構是由鋼材製成的結構。它的優點是，強度高、重量輕、材質均勻，以及製作簡單、運輸方便等。

鋼材是國民經濟各部門不可缺少的材料，必須最大限度地節約鋼材。因此，在工程建設中應當按照合理使用，充分發揮其優點的原則來利用鋼材。目前，鋼結構多用於工業與民用建築屋蓋結構、高層建築、重工業廠房，高聳結構的廣播、電視發射塔架等。

鋼結構的主要缺點是，容易銹蝕、維修費用高、耐火性能差等。

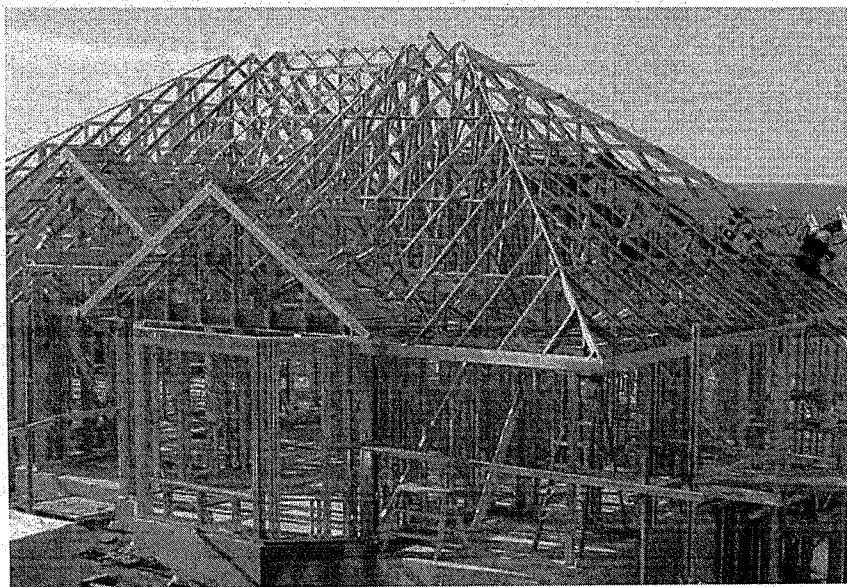


圖 5 鋼結構

3.2.2 按承重結構類型來分

可分為 (1) 框架結構，(2) 剪力牆結構，(3) 框架-剪力牆結構，(4) 筒體結構，(5) 傳輸結構 和(6)懸吊結構

(1) 框架結構

框架結構是由縱樑、橫樑和柱組成的結構。框架結構多採用鋼筋混凝土建造。

框架結構具有建築平面佈置靈活，可任意分割房間，容易滿足生產工藝和使用要求等優點。它既可用於大空間的商場、工業生產車間、禮堂、食堂，也可用於住宅、辦公樓、醫院、學校建築。因此，框架結構在單層和多層工業與民用建築中得到了廣泛應用。

框架結構比磚混結構有較高的強度，較好的延性和整體性，因此其抗震性能較好。

框架結構超過一定高度後，其側向剛度將顯著減少。這時，在風荷載或地震作用下，其側向位移較大。因此，框架結構多用於 10 層以下的建築，個別也有超過 10 層的。

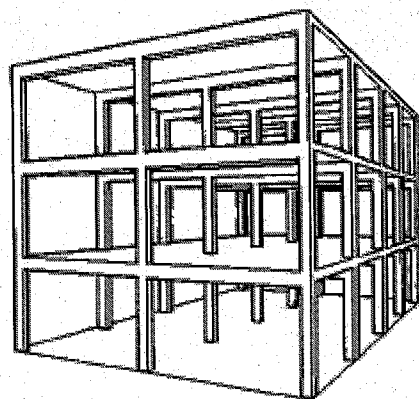


圖 7 框架結構

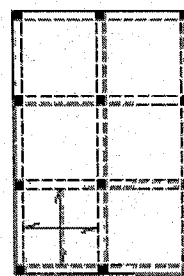


圖 8 框架樓層平面圖

(3) 框架 — 剪力牆結構

計算表明，房屋在風荷載或地震作用下，靠近底層的承重構件的內力（彎矩 M ，剪力 V ）和房屋的側向位移隨房屋高度的增加而急劇增大。因此，當房屋高度超過一定限度後，再採用框架結構，框架樑、柱尺寸就會很大，這樣，房屋造價不僅增加，而且建築使用面積也會減少。在這種情況下，通常採用框架 — 剪力牆結構。

框架 — 剪力牆結構是在框架縱、橫方向的適當位置，在柱與柱之間設置幾道厚度大於 140mm 的鋼筋混凝土牆體而成的，由於在這種結構中剪力牆平面內的側向剛度比框架的側向剛度大得多，所以，在風荷載或地震作用下產生的剪力主要由剪力牆來承受，一小部份剪力由框架承受，而框架主要是承受豎向荷載。由於框架 — 剪力牆結構充分發揮了剪力牆和框架各自的優點，因此，在高層建築中採用框架 — 剪力牆結構比框架結構更經濟合理。

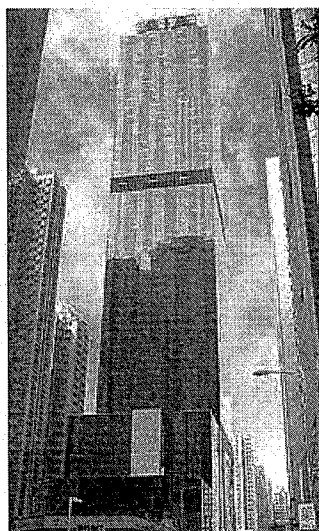


圖 11 友邦廣場

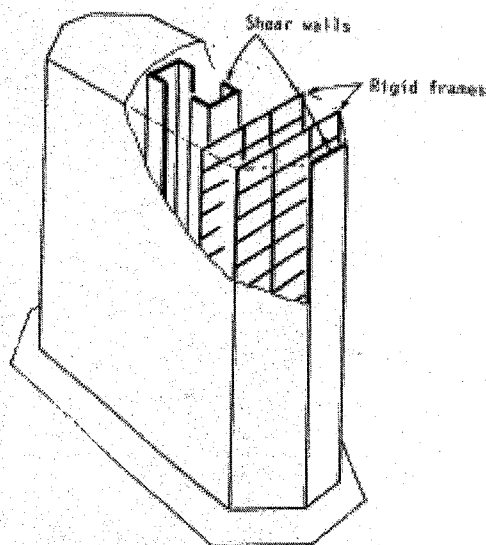


圖 13 框架 — 剪力牆結構

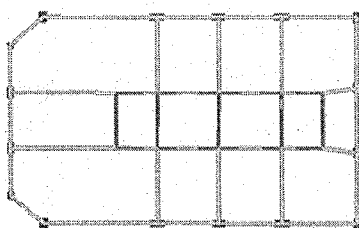
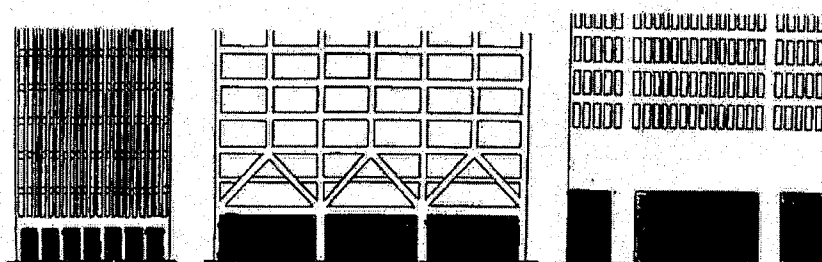


圖 12 樓層平面圖

(5) 轉換結構(Transfer Structure)

高層樓宇中的近地面低層〔或其他位置〕，通常會與高層部份在應用方面有很大分別。很多時下層是少柱的大堂或商場，而上層則是較多柱或牆的辦公室或住宅。因此傳輸結構件必在兩者中間存在，以便使豎向力得以適當的傳遞。轉換結構在樓宇中是個很重要的結構件。

轉換結構可以深樑(Deep beam)、桁架(Truss)、牆樑(Wall beam) 或 轉換板(Transfer plate) 形式建造。深樑及桁架的深度很多時需要一至兩層樓的高度。轉換結構又需要較多的鋼筋或較重較大的鋼件組合。



(a) 深樑

(b) 轉換桁架

(c) 轉換牆樑



(d) 轉換板

圖 17 轉換結構

3.2.3 特殊建築結構的形式

甲、懸臂式結構(Cantilever Structure)

引伸出外牆以外的結構如露臺，簷蓬等，很多是懸臂式結構。這些結構不論在設計或施工也要特別小心處理。

屋宇署有以下指引：

- 懸臂式跨度超過一米的，最好以樑及樓板組合而成，而樑的深度不少於 300 毫米。
- 如用懸臂式樓板，則跨度與厚度的比例最少為七，厚度最少為 150 毫米，鋼筋最少為高抗拉鋼(High yield steel)並放於上下及兩個方向，直徑最少為 10 毫米及間距不超過 150 毫米，並有足夠的錨固長度。
- 不可用施工縫(Construction joint)。
- 有足夠的排水系統。
- 特別監工安排。

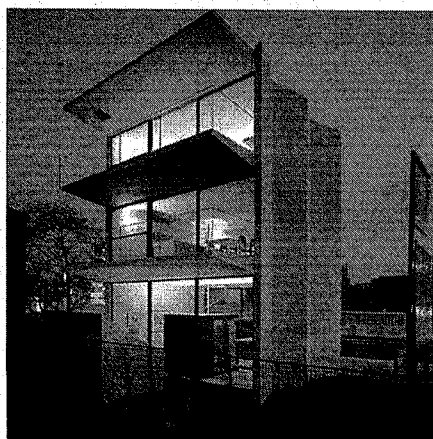
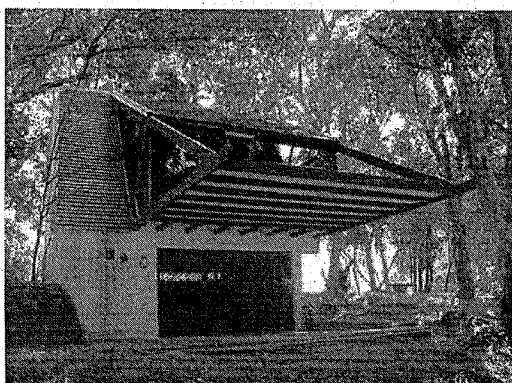
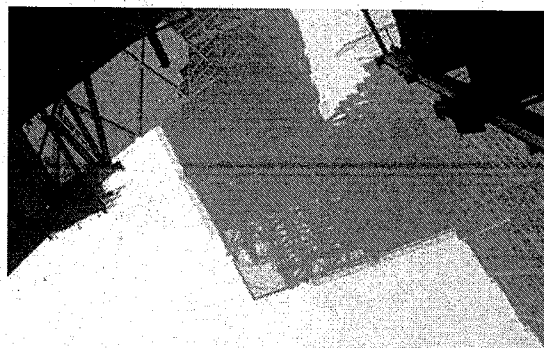
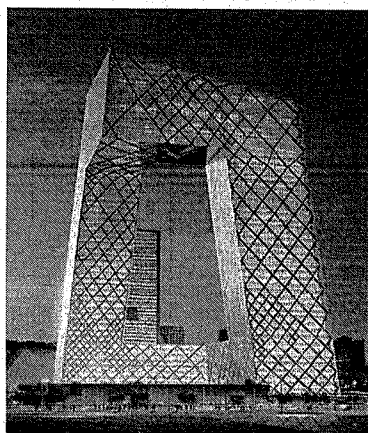


圖 21 預應力的張拉方法

預應力混凝土結構的分類

根據施工技術，預應力混凝土結構構造可分成三個主要類別。根據應力傳遞的方法，即預拉伸或後拉伸及有無灌漿，各種構造可進一步細分成為不同的品種如下：

(A)第一類：預製預應力結構

- (1) 預製預拉伸
- (2) 預製後拉伸

(B)第二類：

- (1) 在應施加靜和活負荷之前後拉伸，並使所有鋼筋束管道灌滿水泥漿。
- (2) 如同(I)品種，但鋼筋束管道未灌漿。
- (3) 因為構件隨著施工進展而分階段加載，所以有關構造亦分階段後拉伸。在最後階段，鋼筋束管道灌滿灰漿。轉換樑支撐多層框架是這種類別的實例。
- (4) 如同(III)品種，但鋼筋管道未灌漿。

(C)第三類：其他

(1) 分段後拉伸構造

分段後拉伸結構涉及分段建造主要結構構件。其最後完整性通過後拉伸的鋼筋束，穿過各分段的構件並繫在一起而造成的。

(2) 圓周預應力池

對這種類型結構來說，池由在灌漿管道中黏合的鋼筋束或由未黏合鋼筋束預加應力。

預應力混凝土的材料

在預應力混凝土構件中對預應力鋼筋(Prestressing Tendon)有下列一些要求：

- (1) 必須具有較高之彈性限度，降伏點應力及極限強度
- (2) 應具有較大之破裂伸長度
- (3) 鬆弛值要小
- (4) 具有良好之韌性
- (5) 應具有良好之黏結力
- (6) 直線伸展性應良好
- (7) 鋼筋表面不易起銹

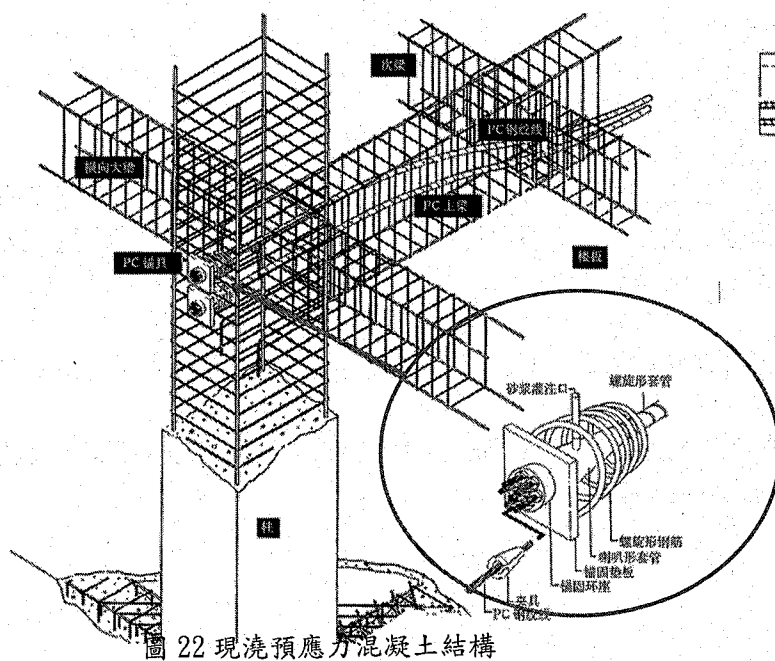


圖 22 現澆預應力混凝土結構

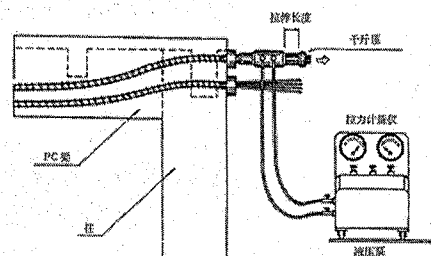


圖 23 施加預應力

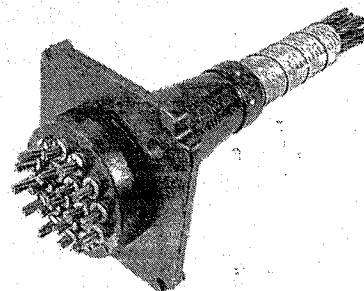


圖 24 錨具

預應力混凝土比較鋼筋混凝土有更多好處，詳列如下：

1. 使用預應力技術令混凝土裂痕消失，並提高其耐用性能，所以特別適合於惡劣的環境，地底及海上建築。
2. 可提高跨度與深度比例，減少支座數目，及增加淨跨距離
3. 預應力混凝土構件的重量和體積都比等同的鋼筋混凝土小

雖然預應力混凝土具有很多優點，但亦有其缺點，例如

1. 在設計，施工和材料挑選時需要有較高的品質控制。
2. 耐火性較鋼筋混凝土結構低，因高拉力鋼料受火烤熱時，鋼線之容許應力會急速下降。
3. 使用較多之範本，又錨碇裝置所佔費用較高。

3.3.3.2 配料經設計的混凝土強度 (Designed Mix Concrete Strengths)

(1) 配料經設計的混凝土須按照表 5 具有就混凝土的個別應用而定的指明等級強度，但如應用於海洋工程或外露於腐蝕性特強的情況，則可規定具有較指明等級強度為高的等級強度。

表 5

配料經設計的混凝土的等級強度及應用

應用	可准許的混凝土最低指明等級強度
素混凝土(用於車路者除外)	15D
以輕骨料製成的鋼筋混凝土(中度外露情況) 樁 砌石擋土牆的束縛層 行人路	20D
以輕骨料製成的鋼筋混凝土(嚴重外露情況) 以常重骨料製成的鋼筋混凝土(中度外露情況) 車路	25D
擋水構築物(中度外露情況) 以常重骨料製成的鋼筋混凝土(嚴重外露情況) 有後張力鋼筋束的預應力混凝土(中度外露情況)	30D
有後張力鋼筋束的預應力混凝土(嚴重外露情況) 擋水構築物(嚴重外露情況)	35D
擋水構築物(嚴重外露情況)包括擋鹹水的構築物 有預張力鋼筋束的預應力混凝土(中度外露情況)	40D
有預張力鋼筋束的預應力混凝土(嚴重外露情況)	45D

3.3.3.3 混凝土立方塊

- (1) 混凝土的抗壓強度須以在混合後 28 天測試標準的 150 毫米立方塊的方式釐定。
- (2) 代表樣本須從新澆混凝土中取出，以製造測試用的立方塊，而每個樣本須從單一批混凝土中取出。
- (3) 從新澆混凝土取樣的比率，最少為表 7 所指明者，而從任何一天內生產的每一等級的混凝土中最少須取出一個樣本。
- (4) 每個取出的混凝土樣本，須以適當的方法製成 2 個立方塊。
- (5) 每個混凝土立方塊須順序編配號碼，且不得重複或略去任何號碼。
- (6) 所有立方塊須就地或在實驗室內妥為養護，直至可供測試為止。
- (7) 在混合後 28 天，所有立方塊須以認可的方法作抗壓強度測試，由同一樣本製成的每對立方塊的平均抗壓強度須視為測試結果。

表 7

取樣率

建築物、建築工程或街道的類型或部分	每個樣本所代表的混凝土分量
杆 (Mast)、長度多於 3 米的懸臂、柱、剪力牆、預應力構件及其他關鍵構件	10 立方米或 10 批，兩者以體積較小者為準
實體筏基 (raft)、樁帽 (pilecap)、沉箱蓋及大塊混凝土擋土牆	100 立方米或 100 批，兩者以體積較小者為準
所有其他類型或部分	25 立方米或 25 批，兩者以體積較小者為準

	最大 40 毫米骨料	最大 20 毫米骨料	最大 10 毫米骨料
鋼筋混凝土	260	290	340
預應力混凝土	300	300	360

3.3.3.4 接受準則

- (1) 如個別測試結果及以 4 次連續測試結果為一組的各重疊組的結果的平均結果符合表 8 所指明的準則，則須當作達到混凝土的指明等級強度。
- (2) 如有多於 4 個測試結果，則當每次產生一個新的測試結果，須使用該測試結果及緊接的前 3 次測試結果，計算以 4 次連續測試結果為一組的每組結果的平均數，並查核是否符合準則。
- (3) 如只得 2 次或 3 次測試結果，則就本條而言，該等結果須視作猶如是 4 次連續測試結果一樣。

表 8

抗壓強度須符合的準則

	A 欄	B 欄
指明等級強度	4 次連續測試結果的平均數最少須超逾指明等級強度下列數值	任何個別測試結果不得少於指明等級強度減去下列數值
20D 及以上	5 兆帕斯卡	3 兆帕斯卡
20D 以下	2 兆帕斯卡	2 兆帕斯卡

- (4) 如根據以 4 次連續測試結果為一組的任何一組結果所釐定的平均強度不符合表 8 內 A 欄的規定，則該組第一個及最後一個樣本所代表的兩批混凝土及介乎其中的各批混凝土須當作未達到指明等級強度。
- (5) 如某一個別測試結果不符合表 8 內 B 欄的規定，則只有該樣本所取自的一批混凝土才當作未達到指明等級強度，但以 4 次連續結果為一組而當中出現該個別測試結果的各組結果的平均數均須符合表 8 內 A 欄的規定。
- (6) 如有任何測試結果不符合第(1)款的規定，則須作出調查，以確定測試結果所代表的混凝土是否可接受。
- (7) 就指明等級強度在 20D 及以上的混凝土而言，由同一樣本製成的任何一對立方塊的抗壓強度之間的差距，如超逾該對立方塊的測試結果的 15%，則須採取行動，以確保所規定的取樣和測試程式獲依循。

- (a) 品質保證存貨商就第1級、第2級和第3級鋼筋所作的分類和驗證；
 - (b) 測試樣本的詳盡描述，包括呈交樣本作測試人士所報的鋼筋製造商名稱、產地來源、強度等級和尺寸等；
 - (c) 變形鋼筋紋式圖樣及出廠標記；
 - (d) 測試樣本屬何批鋼筋及其運抵地盤的日期；
 - (e) 測試樣本量度所得重量和計算所得有效橫截面面積；及
 - (f) 屈服應力、抗拉強度、延伸率及如有需要，彎曲和反彎曲等測試的結果。
3. 香港實驗所認可計劃的認可證明書:核實測試一律須由香港實驗所認可計劃認可的實驗所進行。

3.3.2.2 測試方法

從地盤收集鋼筋作樣本，切成合適長度，便可利用萬用試驗機及屈鐵機進行測試。前者檢驗鋼筋的拉伸性能，包括延展度、屈服力及極限強度；後者透過屈曲及反屈步驟，測試鋼筋的脆性。屈曲測試是把鋼筋樣本屈曲180度。而反屈測試是把樣本先屈曲45度，然後進行加速老化程式，最後反屈23度，測試其反屈脆性。

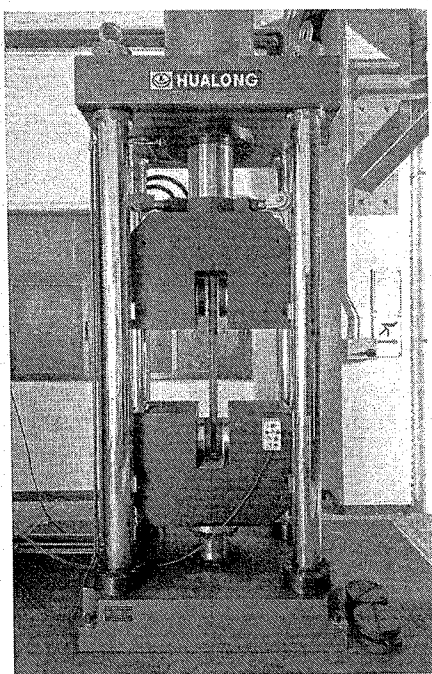


圖 4 萬用試驗機

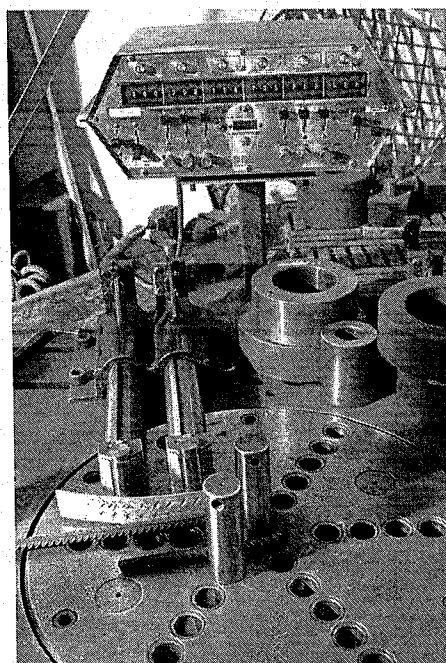


圖 5 屈曲機

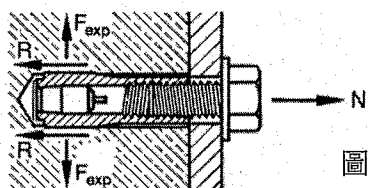


圖 6 摩擦力

2. 鎖鍵力: 拉力 N 是與基材對錨栓的鎖鍵力 R 相平衡的。

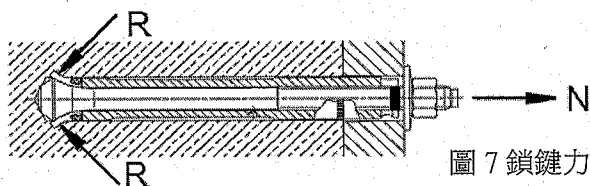


圖 7 鎖鍵力

3. 黏著力: 螺栓與孔壁之間的合成黏著劑產生的黏力。

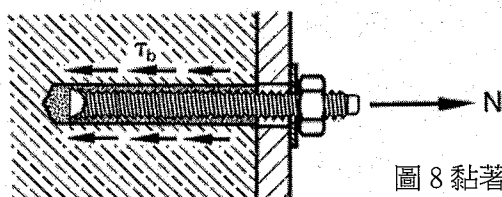
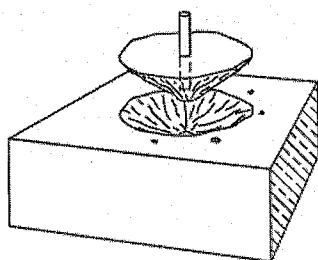


圖 8 黏著力

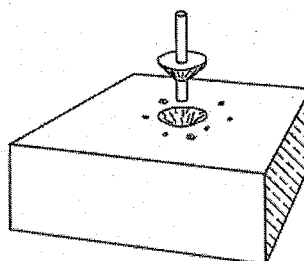
錨栓系統可能出現的故障

破壞一般產生在錨栓緊固系統中最薄弱的地方，破壞型式區分為：

1. 錐體破壞; 2. 錨栓拔出破壞; 3. 錨栓組件破壞; 4. 邊緣破壞



a. 錐體破壞



b. 錨栓拔出破壞

3.4 預防工程及臨時支撐

3.4.1 臨時支架安全的技術要求

臨時支架是一個臨時建造物，用以支撐尚未能自行承托的永久建造物。臨時支架全部或部份倒塌可能會導致嚴重意外。倒塌事件可能會引致性命的損失、資產的損壞及工程進度的延誤。支架缺乏穩定性、使用損壞或低於標準的材料、錯誤的建造定位都是導致臨時支架倒塌的普遍成因。

有關設計、建造、使用和拆卸臨時支架的指引，可參閱相關的工作守則《英國標準 BS5975 — 臨時支架工作守則》。

3.4.2. 設計階段

3.4.2.1 合資格工程師

承建商須委任合資格工程師以設計臨時支架。任何人如要成為設計臨時支架的合資格工程師，他應該已接受適當的訓練和具備足夠的經驗，還應該在結構力學和岩土力學方面有足夠的知識，並且能夠按認可的工程原理，證明臨時支架如何及因何能在避免過份移動的情況下，安全地抵受各種載重的效應。

3.4.2.2 圖紙及規格

合資格工程師在設計臨時支架時，應該擬備一套包含圖紙及規格的指示，內容列明構架佈置、建造細節詳情（尤其是接駁點）、建架方法、建架工序、材料及技術水準的標準，以及拆卸的工序與方法說明。工人的安全進出口也應該清楚標明在內。為確保合資格工程師的構思得以在地盤實現，包括次承建商在內的各有關人士，都應該獲發一套上述的指示。

3.4.2.3 工程理據

結構構件的構架佈置和建造細節詳情，都應該按認可的工程原理證明可以承托臨時支架所受的各種載重，包括垂直載重和橫向力，以下開列一些常見的例子：

(a) 垂直載重源自：

(i) 本身重量。

3.4.2.5 結構鋼工程

使用符合建築事務監督發出的《鋼材的結構用途守則》或同等國際標準的結構鋼。除非已有效地提供及保持防銹，否則暴露於天氣情況下的鋼管的管壁厚度，應該不少於4毫米。鋼管經常重複使用，而在每次使用後，預期都會出現損壞的情況，因此，在再次使用前，應該先加以檢查，如發現欠妥，就應該棄用。

3.4.2.6 橫向穩定性

維持臨時支架安全的關鍵，在於提供足夠的橫綴條及斜撐杆，以防止臨時支架受壓彎曲或搖擺。橫綴條是把支柱連接在一起的橫構件，用以減少支柱未被支撐的長度。橫綴條可充作壓杆或繫杆，並有助將橫向力傳送到斜撐杆上。斜撐杆通常是連接橫綴條及支柱的傾斜構件，詳情請參閱《英國標準BS5975》，用以將橫向力傳送到地基上。

橫綴條和斜撐杆必須被認定為臨時支架必不可少的構件。應該按照認可的工程原理，提供足夠的橫綴條及斜撐杆，並該在圖紙內以三個主要的方向清楚顯示橫綴條及斜撐杆的位置，以說明合資格工程師的構思；並該防止因橫向力，扭力或撞擊力而引起的過分移動情況。載重次序如能妥善地計劃，會減低扭力效應。可能的話，應該把臨時支架繫在已完成的永久建造物的堅固部分上，以加強橫向穩定性。

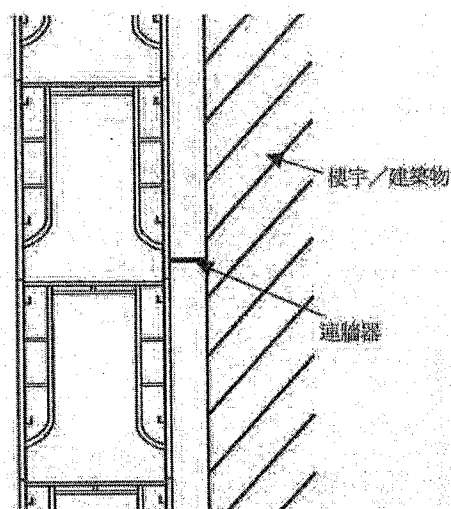


圖 1 臨時支架繫在已完成的永久建造物

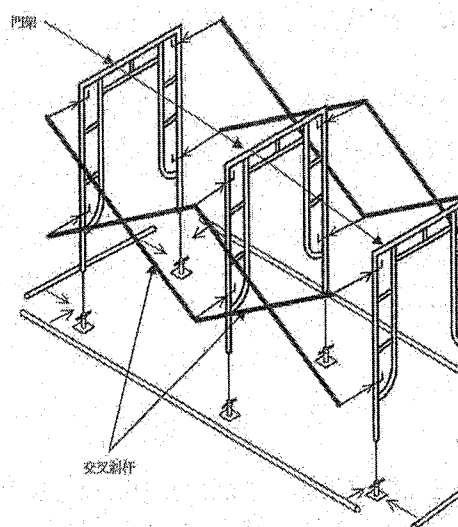


圖 2 斜撐杆

建造和拆卸臨時支架的工序與方法，應該以清晰易明的方式載於圖紙內。這份工序與方法說明應該包括下列資料：

- (a) 各個階段的建架／拆架的方法詳情；
- (b) 建架／拆架的工序；
- (c) 使用的機械及設備；
- (d) 工作臺及通道路線的詳情；以及
- (e) 繫穩物的詳情。

3.4.2.12 反映地盤的情況

在工程進行期間，由地盤反映回來的資料，例如關於地盤情況的改變，以及有關建造、使用或拆卸臨時支架的工序與方法的問題，都該向合資格工程師或臨時支架統籌員(如有委任)匯報。在有需要時，應該發出修訂圖紙或規格文件，以應付當時的情況。

3.4.3. 建造階段

3.4.3.1 合資格建造督導員

承建商須委任合資格建造督導員以監督臨時支架的建造工作。該督導員應該具備足夠技術知識和管理技巧，並且能夠閱讀和理解臨時支架的圖紙及規格。

3.4.3.2 圖紙及規格

為實現合資格工程師的構思，承建商包括地盤管理人員，都該在建造臨時支架前閱讀臨時支架的圖紙及規格，並明白其中內容。承建商如對建造詳情或建造工序有任何疑問，應該要求合資格工程師澄清。不該忽略適當接駁點的問題，尤其是不同物質構件（如鋼構件與木構件）之間的接駁點。接駁不當經常導致臨時支架倒塌。

3.4.3.3 合資格監督

從事建造臨時支架工作的地盤管理人員及工人應該在被分派的工作方面，具備足夠能力。他們也應該曾接受訓練，以充分理解臨時支架的圖紙及規格的內容，特別是應該嚴格遵守建造工序。

3.4.4. 使用階段

3.4.4.1 圖紙及規格

承建商應該先檢查建成的臨時支架，以確實它是按圖紙及規格的規定建造妥當，然後才容許工人在臨時支架上面放物。

3.4.4.2 合資格監督

合資格地盤管理人員應該不斷監督所有工程，尤其是不同行業互相配合而進行的工程。在使用臨時支架的整個過程中，承建商應該不斷進行監察，以確保臨時支架維持在規定的狀況中，也該確保所有必需的防護設備都維持在良好的狀況中，並且可被使用。另外還該存備監察紀錄。

3.4.4.3 載重的次序

至於放置永久建造物（例如塑性混凝土）的次序，應該遵照合資格工程師在圖紙及規格中表達的構思。如圖紙及規格並無訂明次序，承建商該向合資格工程師查問載重次序。如合資格工程師仍沒有規定一個具體的載重次序，承建商便該自行計劃工作的次序，將負荷物平均分佈於臨時支架上。不平均分配負荷物，例如以多於一個千斤頂不同步地頂推臨時支架上的永久建造物以致失去平衡的效應，便可能引致臨時支架上舉或不穩。

3.4.4.4 載重的方式

用起重機、吊鬥、手推車、傾卸車或泵傾倒混凝土會產生撞擊力。除非合資格工程師另外給予准許，否則傾倒混凝土的高度不該逾0.5米。應該避免在一個小範圍內堆放塑性混凝土。例如在一平方米面積的範圍內，除非圖紙中另有顯示，否則在板模表層上面的塑性混凝土堆的高度不該超過平板深度的三倍。

除非合資格工程師另外給予准許，否則用來泵混凝土的設備不該繫於臨時支架上。

3.4.4.5 臨時支架過分的移動

臨時支架如有任何過分的移動，應該暫停在進行中的建造工程。合資格地盤管理人員應該在圖紙及規格的輔助下，調查造成過分移動的原因。如仍然有懷疑，合資格地盤管理人員該立即尋求合資格工程師的意見。只有地盤管理人員具備所需的能力，作出及時的決定防止倒塌事件發生才可確保安全。

3.5 施工記錄圖則

3.5.1 第I 級別小型工程前後須呈交的檔

根據《建築物(小型工程)規例》規定，展開第I 級別小型工程前須呈交的檔，最遲須在展開該工程前7天，向建築事務監督呈交。包括：

- (a) 採用指明表格的通知；
- (b) 顯示將進行該工程的處所的實際狀況的照片；
- (c) 該工程的訂明圖則及詳圖；及
- (d) 監工計劃書。

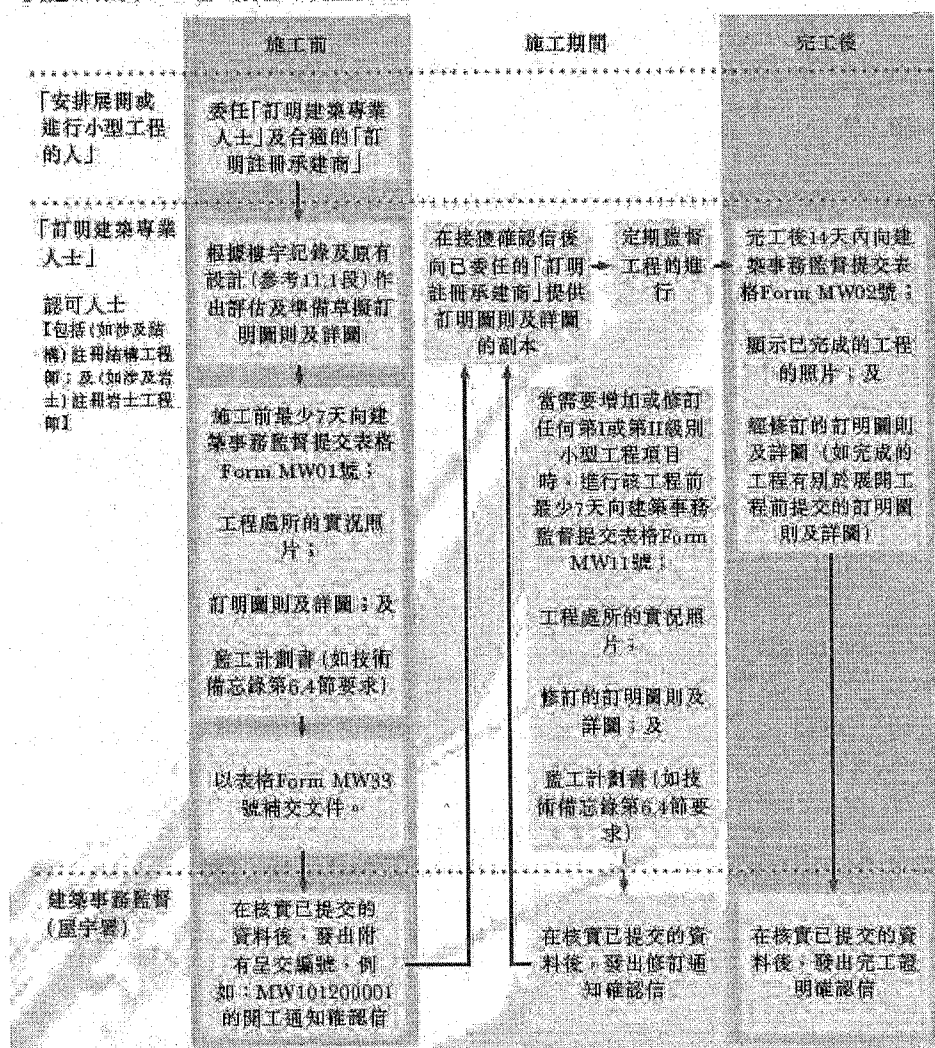
在不屬拆卸工程的第I 級別小型工程完工時須呈交的檔最遲須在該工程的完工日期後14天內，向建築事務監督呈交。包括：

- (a) (如已完成的該工程有別於上方提述的訂明圖則及詳圖所顯示者)顯示已完成的該工程的經修訂的訂明圖則及詳圖；
- (b) 顯示已完成的該工程的照片；及
- (c) 採用指明表格的證明書

任何屬拆卸工程的第I級別小型工程委任的認可人士，最遲須在該工程的完工日期後14天內，向建築事務監督呈交。包括：

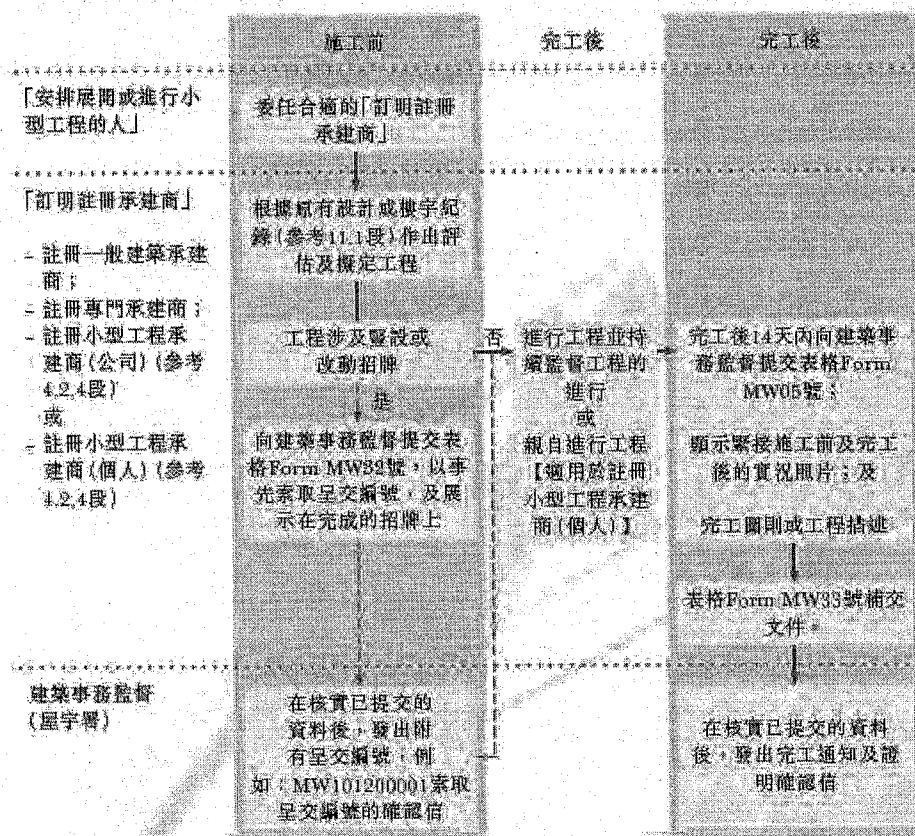
- (a) (如已完成的該工程有別於上方條提述的訂明圖則及詳圖所顯示者)顯示已完成的該工程的經修訂的訂明圖則及詳圖；
- (b) 顯示已完成的該工程的照片；及
- (c) 採用指明表格的證明書。

有關第I級別小型工程的「簡化規定」
【《建築物(小型工程)規例》第30至32條】



有關第III類別小型工程的「簡化規定」

【《建築物(小型工程)規例》第36條】



3.5.2 圖則

3.5.2.1 圖則等須由其製備人簽署

- (1) 須呈交的第I級別小型工程的所有訂明圖則及詳圖—
 - (a) 如屬基礎圖則、結構詳圖或計算資料，且是關於—
 - (i) 屬第(3)款指明的第I級別小型工程的，須由該工程委任的認可人士或註冊結構工程師製備和簽署；
 - (ii) 不屬第(4)款指明的第I級別小型工程的，須由該工程委任的註冊結構工程師製備和簽署；
 - (b) 如屬岩土圖則、岩土評估、岩土詳圖或計算資料及岩土報告，須由該工程委任的註冊岩土工程師製備和簽署；
 - (c) 如屬任何其他情況，須由根該工程委任的認可人士製備和簽署。
- (2) 簽署有關訂明圖則及詳圖或圖則的人，視為已同意為該等訂明圖則及詳圖或圖則負起所有責任。
- (3) 符合以下所有條件的第I級別小型工程，即屬為第(1)(a)款的目的而指明者—
 - (a) 建築結構高度不超逾10米；
 - (b) 建築結構的任何結構構件的跨距不超逾6米；
 - (c) 結構構件以木料、砌石、鋼、素混凝土或鋼筋混凝土建造；
 - (d) 建築結構的基礎屬地面承載力不超逾300千帕斯卡的擴展基腳的類型，並建於現有地面之下不多於2米；及
 - (e) 不會對由註冊結構工程師設計的任何現有結構構件作出結構上的改動。

6. 訂明註冊承建商應參考在《認可人士、註冊結構工程師及註冊岩土工程師作業備考》ADM-10附錄A第(1)-(3)段中有關圖則標準的一般指引，但第3(i)段只適用於大於A3尺寸的圖則。

* 為方便聯絡，訂明建築專業人士及訂明註冊承建商應確保他們於屋宇署註冊組登記的聯絡資料是正確及最新的。

2. 建議的照片頁格式

↓ 建議使用 A4 紙張

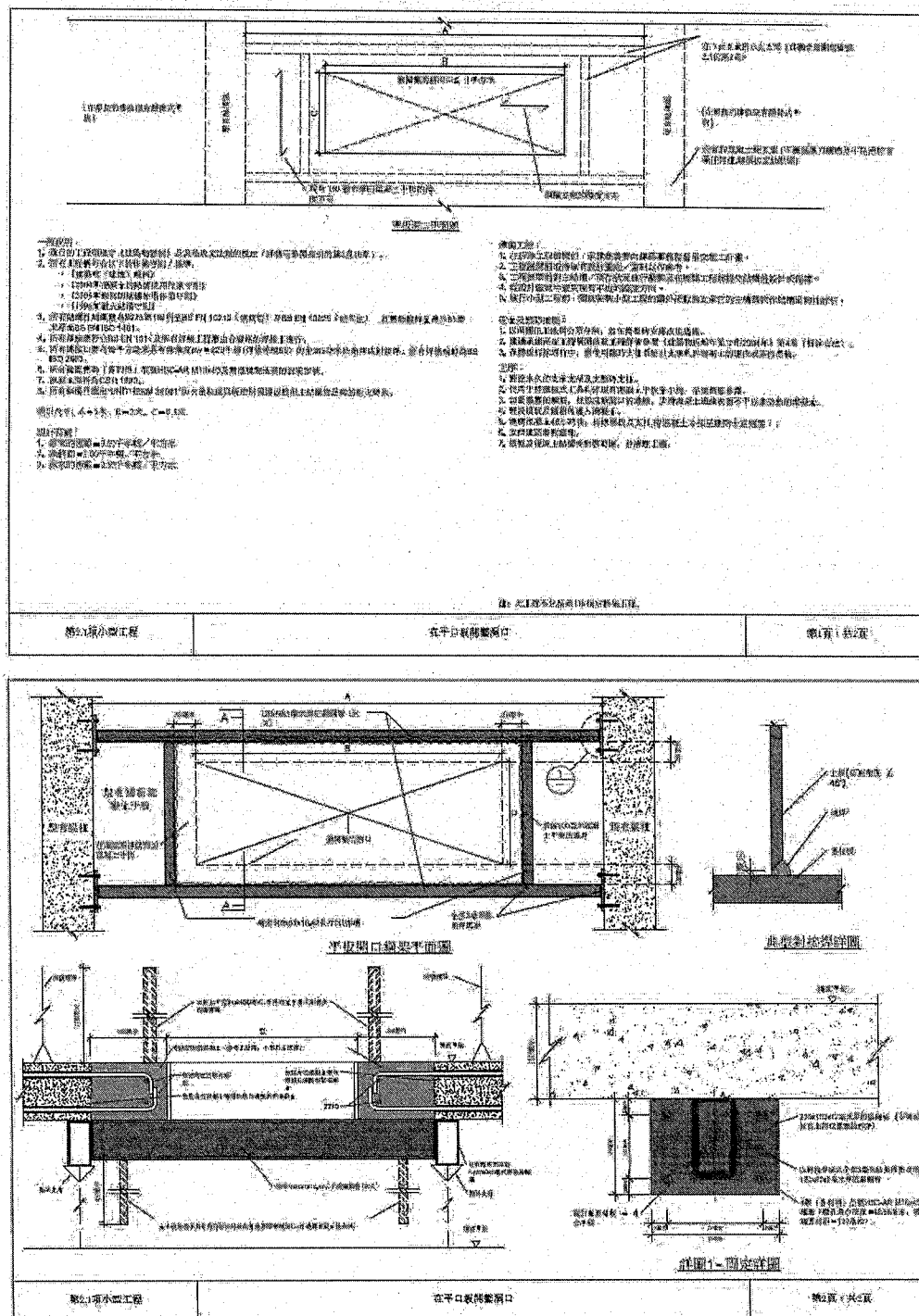
小型工程的照片 小型工程的地址：<u>九龍旺角 XYZ 道 ABC 大廈 11 字樓 A 單位面向 XYZ 道的</u> <u>外牆</u> 小型工程的描述：<u>於毗鄰浴室的睡房的外牆上豎設用於支承一台空調機的</u> <u>金屬支架 (第四級別小型工程第 3.27 項)</u>									
在此貼上工程展開前 拍攝的彩色照片	照片編號：<u>1</u> 照片描述： <u>在緊接上述工程展開前，</u> <u>於毗鄰浴室的睡房的外</u> <u>之實際狀況。</u>								
在此貼上工程完成後 拍攝的彩色照片	照片編號：<u>2</u> 照片描述： <u>在緊接上述工程完成後，</u> <u>於毗鄰浴室的睡房的外</u> <u>之實際狀況。</u>								
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">獲授權簽署人的英文姓名</td> <td style="width: 50%; border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">訂明註冊承建商 簽署</td> </tr> <tr> <td style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">獲授權簽署人的 中文姓名</td> <td style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">註冊證明書 編號</td> </tr> <tr> <td style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;"></td> <td style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">註冊屆滿日期</td> </tr> <tr> <td style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;"></td> <td style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">日期</td> </tr> </table>		獲授權簽署人的英文姓名	訂明註冊承建商 簽署	獲授權簽署人的 中文姓名	註冊證明書 編號		註冊屆滿日期		日期
獲授權簽署人的英文姓名	訂明註冊承建商 簽署								
獲授權簽署人的 中文姓名	註冊證明書 編號								
	註冊屆滿日期								
	日期								

1/1

(2) 呈交的每份小型工程圖則，須填上顏色以清楚區別—

(a) 現有工程與新工程；及

(b) 新工程的某一部分與該新工程的其他部分。



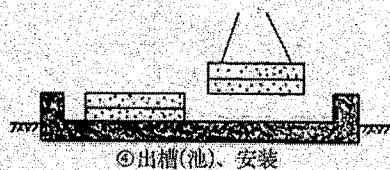
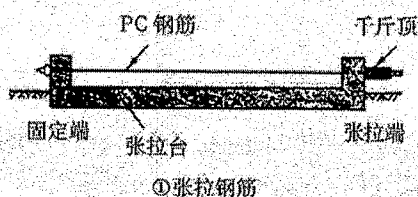
上圖 - 圖則須填上顏色區別現有工程與新工程

圖 20 各種懸臂式結構

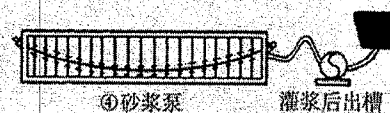
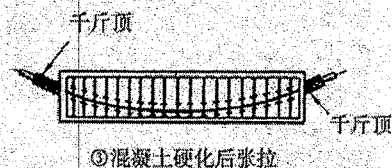
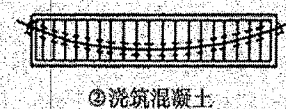
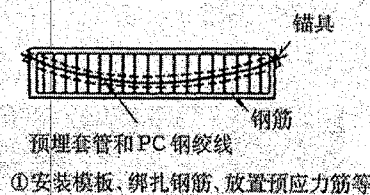
2. 預應力混凝土結構(Prestressed Concrete Structure)

混凝土之特性為抗壓強，抗拉弱，因此一般混凝土結構之設計，視中立軸以下之混凝土，只用於連結拉力鋼筋外並不承受拉力。從經濟觀點言，若能使受拉力部份之混凝土面積變為受壓力時，構材之斷面當可減少甚多。預力混凝土乃根據此原理，在受拉力邊配置高拉力鋼筋，並在承受載重之前，先導入適宜之力量，即所謂預應力，使拉力部份之混凝土面積，先承受容許應力以下之壓力，以便抵消以後所加載重產生之拉應力。如預應力在拉力緣所產生之壓應力大於全部設計載重所產生之拉應力時，整個混凝土斷面均受壓力，而使斷面不發生裂紋。

一般之預力混凝土樑可分為先拉法(Pre-tensioned Method) 及後拉法(Post-tensioned Method)兩種。先拉法者即澆鑄混凝土前先施預應力於鋼筋；而後拉法者即在澆鑄混凝土之後再施預應力於鋼筋上。



(a) 先拉法



(b) 後拉法

(6) 懸吊結構(Hanging Structure)

一般結構的支撐是由下而上。但懸吊結構則支撐點在上面，很多時這懸吊件代替柱而懸吊幾層樓面的荷載，而使下面幾層樓面的荷載傳至上面，再經橫樑而傳至另一組柱或牆，而荷載再由下麵支撐。

這種結構的建造次序很重要，必須與其支撐的結構件及荷載的傳遞次序配合，才不會發生危險。否則在適當的地方要提供臨時支撐亦可。

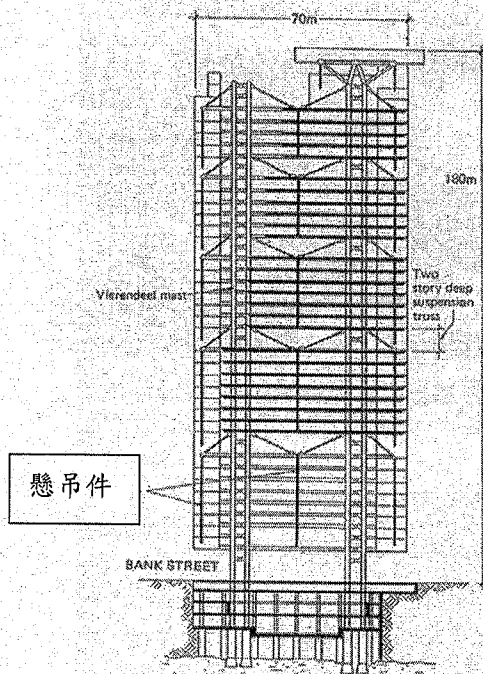


圖 18 香港上海滙豐銀行總部

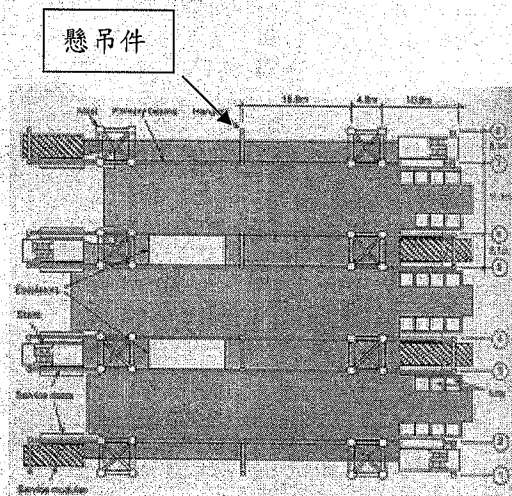


圖 19 樓層平面圖

(4) 筒體結構

隨著房屋層數的進一步增加，結構需要具有更大的側向剛度，以抵抗風荷載和地震的作用，因而出現了筒體結構。

筒體結構是用鋼筋混凝土牆圍成側向剛度很大的筒體，其受力特點與一個固定於基礎上的筒形懸臂構件相似。為了滿足採光的要求，在筒壁上開有孔洞，這種筒叫做空腹筒。當建築物高度更高，側向剛度要求更大時，可採用筒中筒結構。這種筒體由空腹外筒和實腹內筒組成，內外筒之間用自身平面剛度很大的樓板相聯繫，使之共同工作，形成一個空間結構。

筒體結構多用於高層或超高層（高度 $H > 100\text{m}$ ）公共建築中，如飯店、銀行、通訊大樓等。

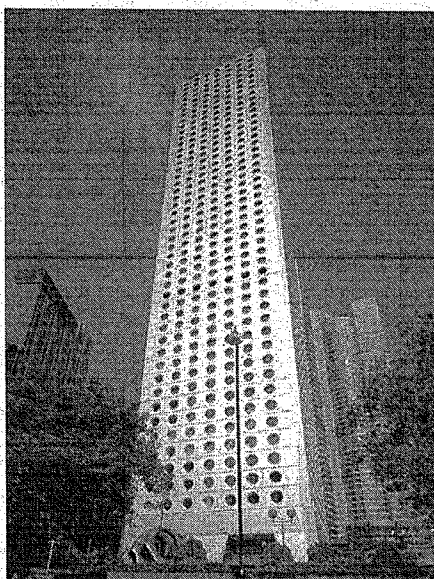


圖 14 怡和大廈

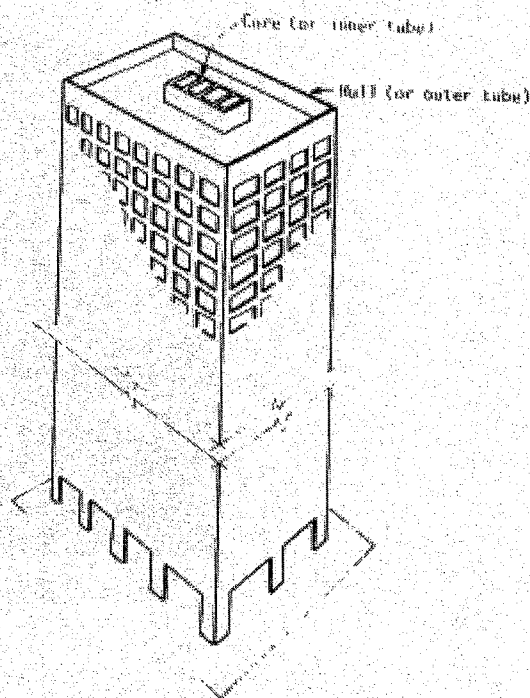


圖 16 筒體結構

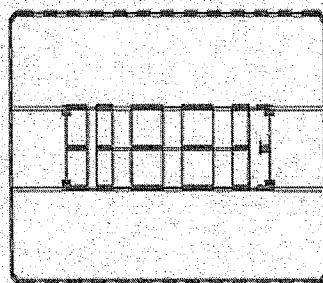


圖 15 樓層平面圖

(2) 剪力牆結構

剪力牆結構是由縱、橫向的鋼筋混凝土牆所組成的結構。這種牆體除抵抗水準荷載和豎荷載作用外，還對房屋起圍護和分割作用。這種結構適用於高層住宅、旅館等建築。因為剪力牆結構的牆體較多，側向剛度大，所以它可以建得很高。目前，剪力牆結構多用於 12-30 層住宅、旅館建築中。



圖 9 君臨天下

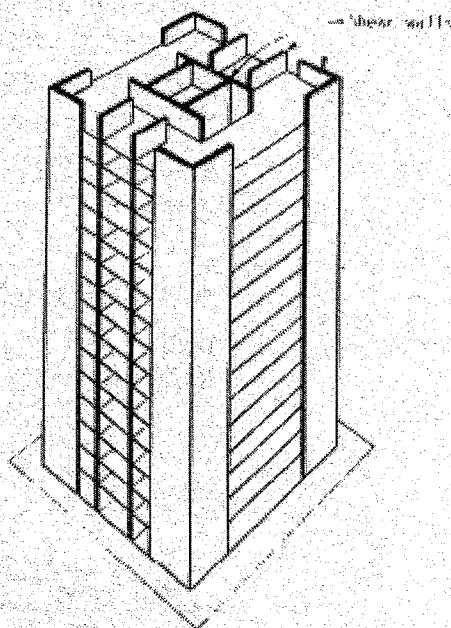


圖 10 剪力牆結構

(4) 木結構

木結構是指全部或大部用木材製成的結構。由於木結構具有就地取材、製作簡單，便於施工等優點，所以，過去在一般工業與民用建築中應用頗為廣泛。近年來，大中城市的房屋建築中已經很少採用木結構，只在林區和農村的房屋建築中還有應用。

木結構有易燃、易腐和結構變形大等缺點，因此，在火災危險性大或周圍環境溫度高的建築中，以及在經常受潮且不易通風的生產性房屋中，均不宜採用木結構。



圖 6 木結構

(2) 砌體結構

砌體結構包括磚結構、石結構和其它材料的砌塊結構。分為無筋砌體結構和配筋砌體結構。一般用普通黏土磚、承重黏土空心磚（簡稱空心磚）、矽酸鹽磚、混凝土中小型砌塊、粉煤灰中小型砌塊，或料石和毛石等塊材通過砂漿砌築而成。

砌體結構有就地取材、造價低廉、耐火性能好以及容易砌築等優點，因此，在工業與民用建築中獲得了廣泛的應用。在現代建築中，除用於單層和多層建築外，在特種結構中，如煙囪、水塔、小型水池，和重力式擋土牆等也廣泛應用砌體結構。

砌體結構雖具有上述一些優點，但也存在著自重大、強度低、抗震性能差等缺點。

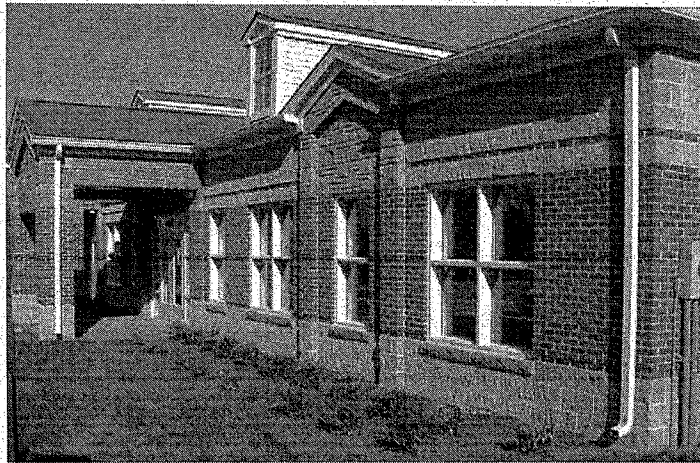


圖 2 砌體結構



圖 3 抗震性能差的砌體結構

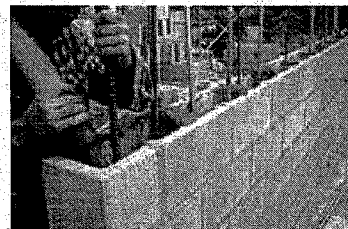


圖 4 配筋砌體結構

3.2 建築結構的形式

建築結構可按 (A) 所用材料和 (B) 承重結構的類型來分類。

3.2.1 按所用材料來分

可分為 (1) 鋼筋混凝土結構，(2) 砌體結構，(3) 鋼結構和 (4) 木結構等。

(1) 鋼筋混凝土結構

混凝土是由水泥、砂子、石子和水按一定的比例拌而成。凝固後堅硬如石，受壓能力好，但受拉能力差，容易因受拉而斷裂。為了解決這個矛盾，充分發揮混凝土的受壓能力，常在混凝土受拉區域內或相應部位加入一定數量的鋼筋，使兩種材料粘結成一個整體，共同承受外力。這種配有鋼筋的混凝土，稱為鋼筋混凝土。

鋼筋混凝土結構應用範圍十分廣泛，除工業與民用建築，如多層與高層住宅、旅館、辦公樓、大跨度的大會堂、劇院、展覽館和單層工業廠房等採用鋼筋混凝土建造外，其他特種結構，如煙囪、水塔、水池等，也多採用鋼筋混凝土建造。

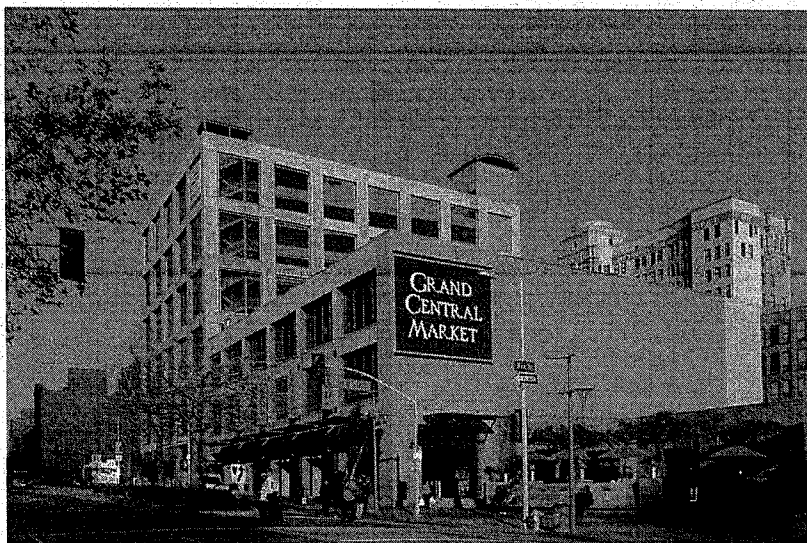


圖 1 鋼筋混凝土結構

3.1.3 橫樑 (Beam)

橫樑是樓宇結構的主要元素之一，對於物料力學而言，其用途是橫向地放置樓宇間且承托豎向荷載。理論上，豎向荷載加於橫樑上令其向下彎曲和撓度，因此橫樑的物料產生內強來對抗其變化。撓度是一種因彎曲而令橫樑有垂直於其長度的下墮，而豎向荷載、橫樑的長度、斷面的形狀和物料的彈性都可以影響其撓度的情況。另外，橫樑彎曲其實是受到外彎矩所至，為了保持平衡，橫樑會產生內力矩來抵抗外彎矩，而內力矩會在橫樑斷面產生內應力，由其斷面中線以上考慮橫樑會受到擠壓，而以上考慮橫樑則會受到拉扯如下圖示之。至於中線的位置何在乃涉及斷面形狀複習之計算，在此將不會交代。

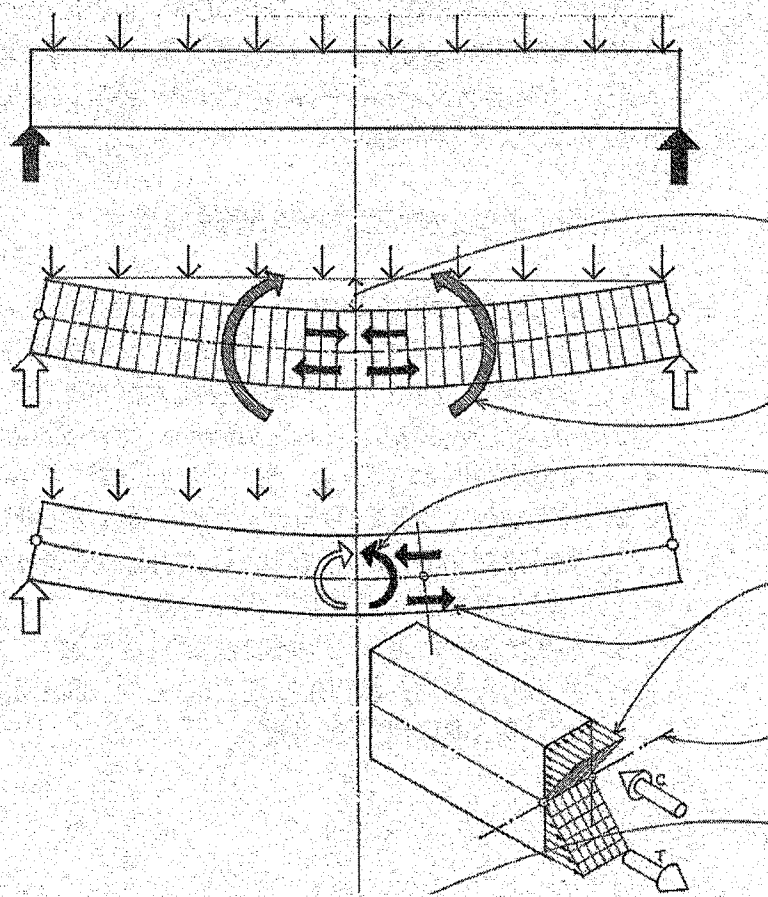


圖 21 橫樑的力學結構

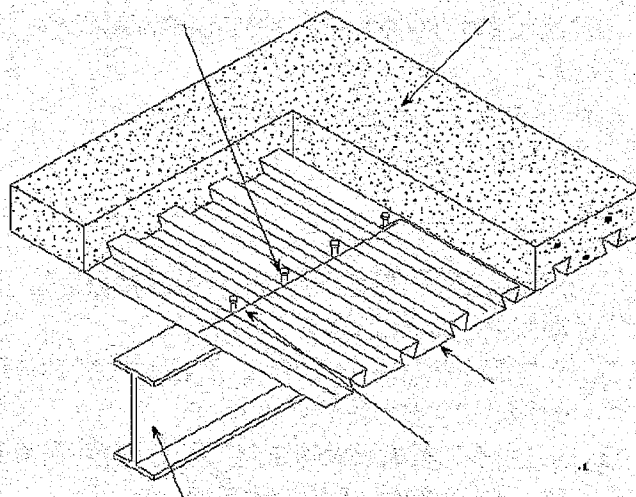


圖 19 混凝土與凹槽

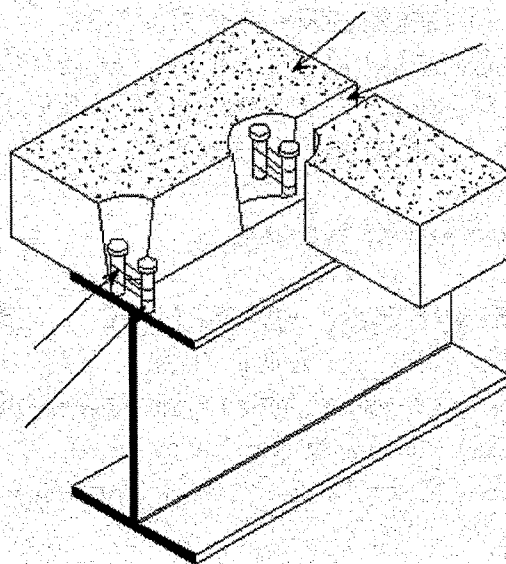


圖 20 混凝土樓板及混合鋼

一般現場澆築混凝土樓板的厚度為 100 毫米至 200 毫米，而混凝土與凹槽鋼板之樓板厚度則可減至 60 毫米起。

樓面的重量對整座大廈的成本影響很大，如能減低樓面的重量，便能

2. 框架或牆承重，單向或雙向樓板 (slab on beams/walls, 1 way or 2 way)

框架承重是由橫樑，大樑及柱支撐樓板 (slab on beams and columns)，而樓板亦可直接建於承重牆之上 (slab on load bearing walls)，又或框架及牆承重一同使用亦可。

樓板可單向或雙向，視乎需要而定。單向樓板所承受之豎向荷載，主要是由一個方向的力矩 (bending moment) 所承受，而撓度 (deflection) 亦是同一方向的，如圖 15 所示。因此，主要之鋼筋之排列，亦是一個方向的。雙向樓板所承受之豎向荷載，則由兩個互相成直角方向的力矩所承受，如圖 16 所示，而主要之鋼筋，亦是兩個方向排列的。

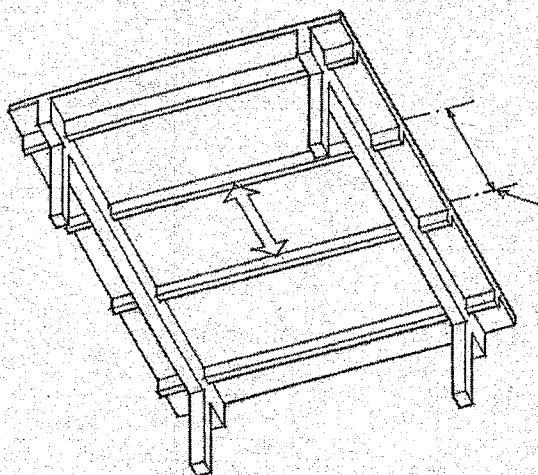


圖 16 單向樓板

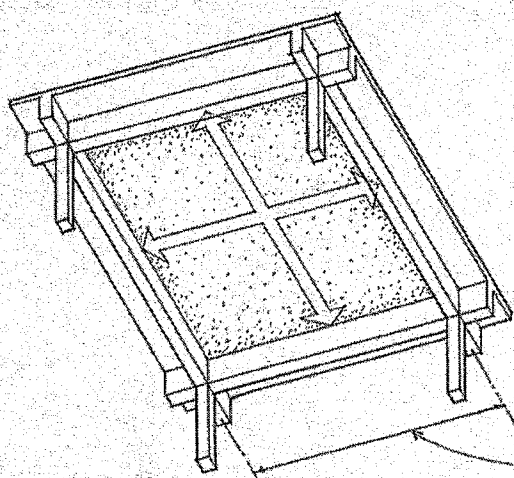


圖 17 雙向樓板

單向樓板的跨度 (span) 通常較雙向樓板為小。

單向樓板亦可用預製件樓板建造，一般為預應力預製混凝土構件，如空心塊板等。

3.1.1.7 荷載的傳遞路徑

在房屋建築中，施加在結構上的荷載是由不同的構件承受並最終輾轉傳至地基處。圖 12a 表示結構承受豎向荷載的傳遞路徑，從圖可知，荷載是經樓板、樑、大樑和柱傳至地基。而側向荷載(圖 12b)則由框架或剪力牆承受再傳至地基。

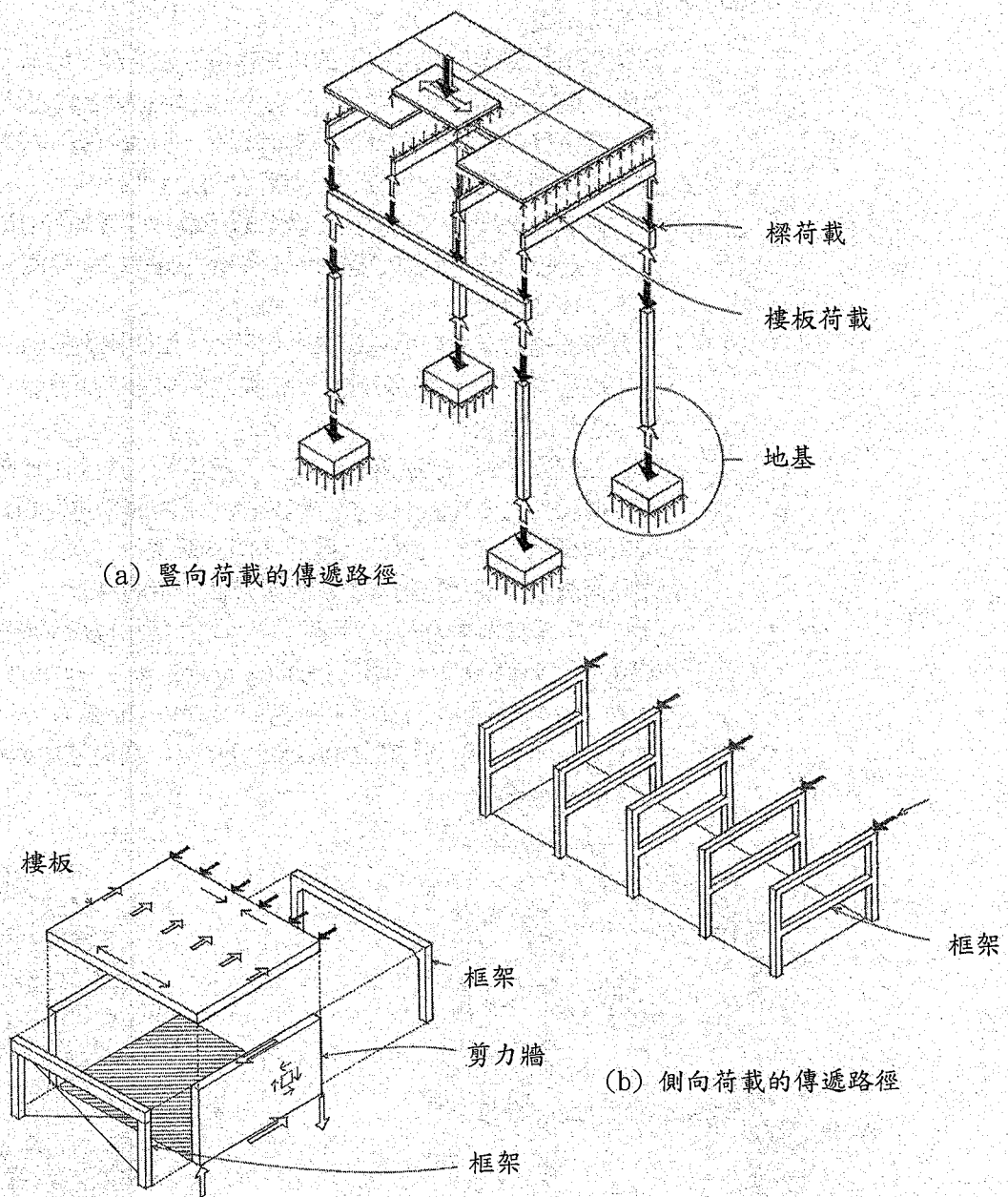


圖 12 樓宇基本結構和其荷載如何傳輸

3.1.1.5 靜定和超靜定結構 (Determinant and Indeterminant Structure)

超靜定結構是相對於靜定結構而言的。

靜定結構就是僅用靜力平衡條件算式(即 $F_1+F_2+F_3+\dots=0$ 和 $M_1+M_2+M_3+\dots=0$)就可確定其約束反力，如果未知約束反力的數目多於可列出的獨立的靜力平衡方程式的數目，此時單憑靜力平衡條件，則不能確定這些未知的約束反力，這類結構稱為超靜定結構。例如在懸臂梁的自由端增加一支座(圖 8b)，這時作用在梁的未知約束反力共有四個，而對該梁只能列出三個獨立的靜力平衡方程式，該梁就是超靜定梁，又如在圖 9a 示的簡支梁的跨中增加一支座(圖 9b)也是超靜定梁。

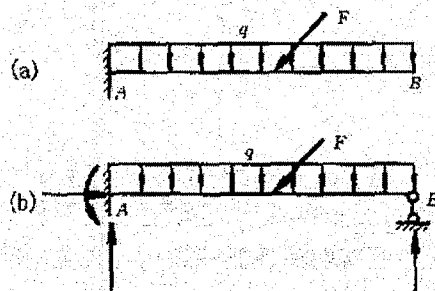


圖 8

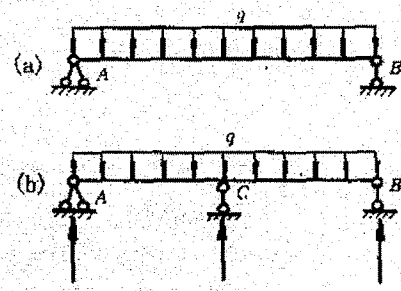


圖 9

圖 8b 中的支座 B、圖 9b 中的支座 C 等，習慣上稱為多餘約束，相應的反力稱為多餘約束反力。多餘約束的存在，是超靜定梁在構造上區別於靜定梁的特點。將超靜定梁的多餘約束去掉後，就成為靜定梁。由於多餘約束起了阻止變形的作用，因此，在相同荷載作用下，超靜定梁比靜定梁（由去掉多餘約束而得的靜定梁）的變形小，且受力更為均勻。因而在工程結構中，常常採用超靜定梁。

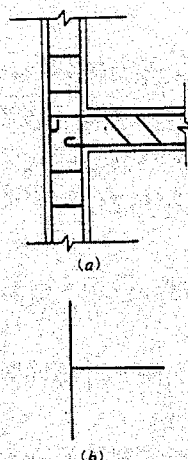


圖 5 剛結點

3. 支座

結構與基礎相聯結的部份稱為支座。平面結構的支座可以簡化為下面三種基本形式。

可動鉸支座：它產生一個垂直支承面方向的反力，通常用一根鏈杆來表示〔圖 6 (a)〕。

鉸結支座：它產生兩個互相垂直的反力，通常用通過鉸中心兩根鏈杆來表示〔圖 6 (b)〕。

固定支座：它產生兩個互相垂直的反力和一個阻止轉動的反力矩，通常用圖 6 (c) 簡圖來表示。

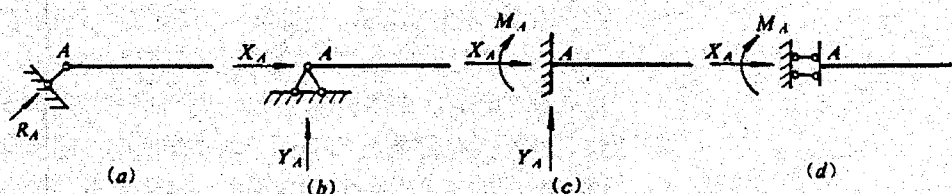


圖 6 支座

在對實際結構進簡化計算中，還常遇到圖 14 (d) 所示的定向支座。這種支座除阻止端沿支座鏈杆方向發生移動外，還阻止杆端發生轉動。因此，它產生一個沿支座鏈杆方向的反力和一固反力矩。

上述幾種支座都假設為剛性的，所以叫剛性支座。若在結構計算中須考慮支座本身的變形，則叫彈性支座。

3.1.1.2 力矩 (Moment)

在生產實際中我們感到有時僅用“力”的概念還不能完全表達出對物體作用的效。譬如用扳手擰緊螺栓上的螺帽（圖 2），除了要施加力 F 外，握柄愈長，即施力點與螺帽中心的距離 d 愈大，則愈容易把螺帽擰緊。若要把螺帽擰鬆，也是一樣。用長握柄的扳手工作起來就省力。可見，使螺帽繞其自身中心轉動的效果，不僅與力的大小有關，而且與力至螺帽中心的垂直距離再有關。這個垂直距離稱為“力臂”。我們把“力 $\times$ 力臂”（ $F \times d$ ）這一乘積作為使物體繞一點轉動效果的量度標準，並稱之為“力矩”。即

$$\text{力矩} = \text{力對一點的矩} = \text{力} \times \text{力臂} = F \times d$$

利用力矩的概念，就把力和距離這兩個因素的相互關係表達出來了。同時強調指出，力矩是力對一點的矩，此點稱為“矩心”。同一個力，對不同距離的点，即矩心不同，其力矩大小也不同，這是因為力臂不同了。例如圖 3 中，力 F_1 對 O 點來說，力臂是 d_1 ，所以力矩就是 $F_1 d_1$ ，對另一點 A ，力臂則為 d_2 ，所以力矩就是 $F_1 d_2$ 。並且要注意，力臂必須是該點至力作用線的垂直距離，如圖中的力 F_2 ，對 O 點的力臂就應是 d_3 而不是 d_1 ，力矩相應為 $F_2 d_3$ ，對 A 點，則力臂是 d_4 ，力矩是 $F_2 d_4$ 。

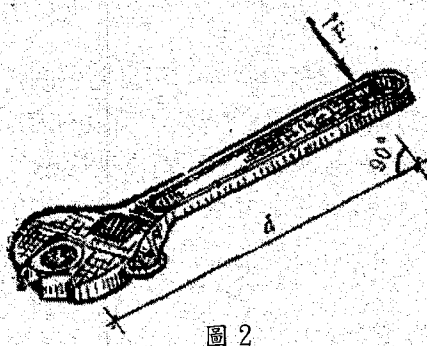


圖 2

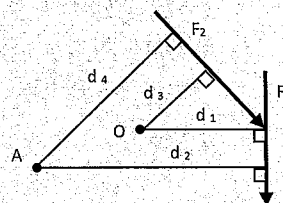
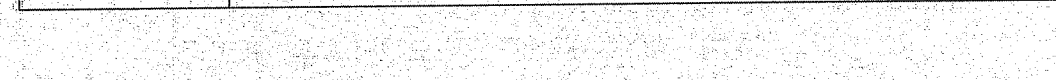
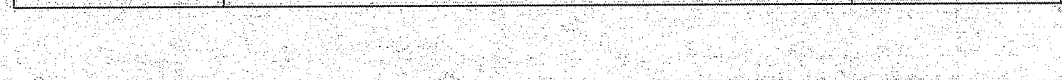


圖 3

如果力的作用線是通過某一點，則力對該點的矩為零。因為力作用線既然通過該點，則該點與此力作用線的距離為零，即力臂為零，所以力矩也等於零。這說明力不會使物體繞該點轉動。例如圖 3 所示施加於扳手的力 F ，若通過螺帽中心，則螺帽是不會轉動的。

力矩的表達式既然是“力 $\times$ 力臂”，所以此乘積結果就包含力和長度兩個單位。如力是 50 牛頓，力臂是 2 米，則力矩 $= 50 \times 2 = 100$ 牛頓·米 (Nm)。

順帶一提，力矩的數值是有正負之分，反時方向為正，順時方向為負。力矩的附號通常以 M 代表。



3.5.2.3 圖則比例

(1) 呈交的每份小型工程圖則及截面圖，須以不小於1:100的比例繪製。

(2) 呈交的每份小型工程區劃圖，須以不小於1:500的比例繪製。

3.5.3 圖則必須清楚及圖則的物料

(1) 呈交的每份小型工程圖則，須以清楚和易於理解的方式繪製或複製於適當和耐久的物料上。

附錄VI — 可用於圖則着色的顏色

材料	可取的顏色	BS 5252 識別號碼
泥土 (未開挖)	黃褐色	06 C 33
碎石底層或乾填	棕色	06 C 39
磚	紅色	04 E 55
混凝土 (素混凝土或鋼筋混凝土)	綠色	14 E 53
實心混凝土砌塊	藍色	20 E 56
空心混凝土砌塊	紫紅色	24 E 53
輕質間隔 (如石膏板)	橙色	06 E 55
粉刷批盪或水泥面層	淺紫色	08 E 49
紙皮石或其他不吸水地面磚	粉紅色	02 E 33
紙皮石或其他不吸水牆面磚	檸檬色	10 E 50
玻璃	藍色	20 E 50
木門	棕色	06 D 44
金屬工程	灰色	00 A 03
銅	紫色	24 C 39
衛生潔具	黃色	10 E 55
殘疾人士設施，如廁所、電梯、斜道	綠色	12 E 53

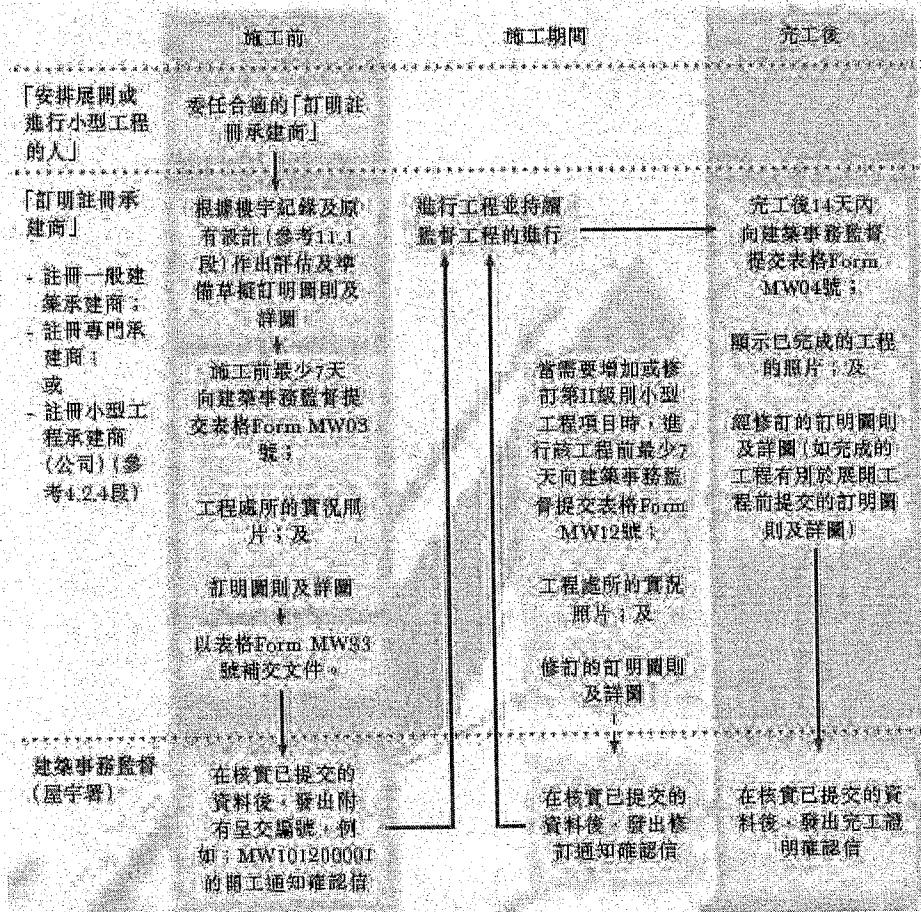
註：

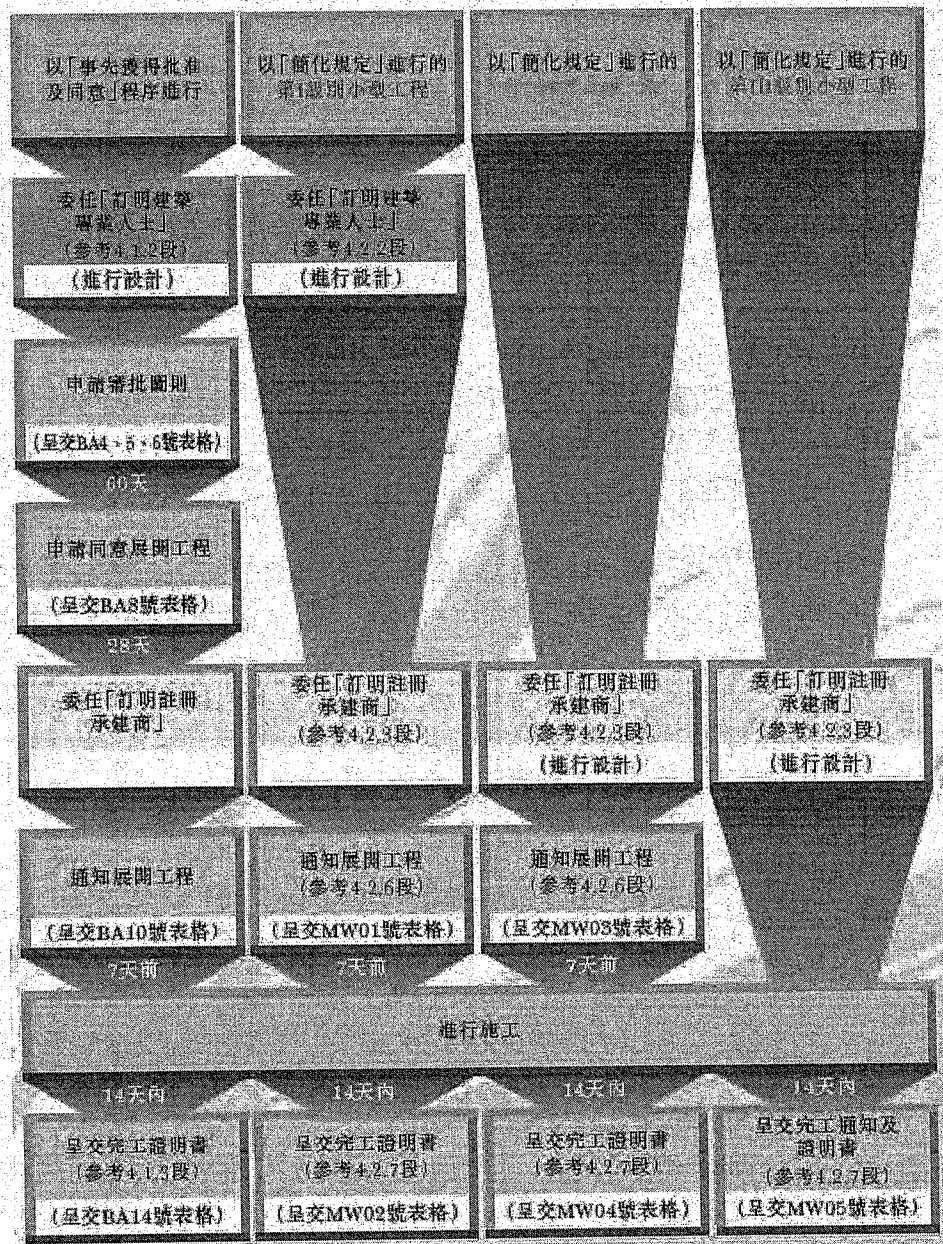
1. 管道，光井和升降機槽，不應塗色。
2. 對於立面或大面積平面，應填上較為輕淡的可取顏色，以避免豔麗效果，如混凝土，面磚或粉刷批盪的部分。
3. 用輕淡的顏色以區分分期發展。
4. 所有圖則都應附以顏色圖例。

附錄IV — 指明表格及標準表格一覽表

指明表格	說明
Form MW01	簡化規定下的小型工程展開通知書(有委任訂明建築專業人士)
Form MW02	簡化規定下的小型工程完工證明書(有委任訂明建築專業人士)
Form MW03	簡化規定下的小型工程展開通知書(沒有委任訂明建築專業人士)
Form MW04	簡化規定下的小型工程完工證明書(沒有委任訂明建築專業人士)
Form MW05	簡化規定下的第III級別小型工程完工通知及證明書
Form MW06	檢查及核證訂明建築物或建築工程的通知書
Form MW07	簡化規定下除認可人士外的訂明建築專業人士或訂明註冊承建商的更改委任通知書
Form MW08	簡化規定下認可人士的更改委任通知書
Form MW09	簡化規定下已獲委任的訂明建築專業人士提名另一位訂明建築專業人士在暫時不能行事期間代為行事的通知書
Form MW10	簡化規定下訂明註冊承建商不再獲委任的通知書
Form MW11	簡化規定下的新增小型工程展開通知書(有委任訂明建築專業人士)
Form MW12	簡化規定下的新增小型工程展開通知書(沒有委任訂明建築專業人士)
標準表格	說明
Form MW31	簡化規定下訂明建築專業人士不再獲委任或提名的通知書
Form MW32	簡化規定下有關豎設或改動招牌的第III級別小型工程的呈交編號申請書
Form MW33	呈交簡化規定下的補充文件或資料

有關小型工程的「簡化規定」
【《建築物(小型工程)規例》第33至35條】





3.4.5. 拆卸階段

3.4.5.1 合資格拆卸督導員

承建商須委任合資格拆卸督導員以監督拆卸工作。該督導員應該具備足夠技術知識和管理技巧，並且能夠閱讀和理解拆卸臨時支架的工序與方法說明。

3.4.5.2 圖紙及工序與方法說明

該督導員應該獲發一套圖紙，其中載列拆卸臨時支架的工序與方法說明，並應該指明拆除、卸下和運走已拆卸物料的安全方法，包括利用如安全工作臺及秘密頻道等的合適措施。

3.4.5.3 合資格監督

承建商應該確保每個從事拆卸工作的工人已具備所需能力來執行被分派的工作。工人應該接受訓練，以充分理解工序與方法說明的內容，特別是應該嚴格遵守的拆卸工序。承建商應該不斷監督所有拆卸工作。承建商也應該確保施工的工人使用適當的個人防護裝備。

3.4.5.4 拆卸工作

拆卸臨時支架時，須留意下列事項：

- (a) 在永久建造物已達致可自行承托和穩定之前，不該移動臨時支架的任何部分。
- (b) 除非工序與方法說明另有指明，否則應該盡可能留待最後才拆除斜撐杆。
- (c) 不准以蓄意造成倒塌的方式來拆卸臨時支架。這種方式包括移走主要結構構件，使空間構架完全倒塌。

承建商應該不斷及適當地監督臨時支架的工作。承建商也應該檢查建成的臨時支架，以確實它是符合圖紙及規格，而本身也須確定該臨時支架是適宜作預定用途。

上述的監督應該包括拒絕接受臨時支架的物料及技術水準，當中包含漏裝構件、接駁欠妥、加楔不當、構件歪曲、支柱頂端可伸縮的槽形構件或底板移位、構件損壞或其他低於標準的工程。承建商也應該確保施工的工人使用適當的個人防護裝備。

3.4.3.4 當時的地盤情況

地盤情況不時有變。如在地盤發現偏離合資格工程師構思的情況，應該與合資格工程師協商解決。如未經合資格工程師同意，承建商不該更改設計。

3.4.3.5 承建商與合資格工程師之間的協調

承建商每天在地盤遇上的問題，常常是合資格工程師意料不到的。因此，在建造詳情、工序及地盤問題等事宜上，承建商應該與合資格工程師協調，並該與合資格工程師協定設計修訂，以配合地盤的各種限制。合資格工程師應該簽署核證所有設計修訂。應該讓合資格工程師分擔承建商對地盤問題的關注，並讓他協助承建商解決問題。

3.4.3.6 遵照良好作業準則

承建商應該按照圖紙及規格來建造臨時支架。如圖紙及規格並沒有列出某類工作方法或建造詳情，承建商應該遵照有關工作守則如《英國標準BS5975》所建議的良好作業準則。物料或技術不符合標準，尤其是在接駁方面，常會引致倒塌事件。在接駁不同物料的構件時，應該格外小心。圖紙及規格應該列明有關詳情。

3.4.3.7 橫綴條、斜撐杆及楔件

沒有足夠的橫綴條、斜撐杆及楔件，臨時支架便不會安全。承建商不該容許工人自行決定如何安裝橫綴條、斜撐杆或楔件，他們應該按照圖紙及規格所示的細則進行安裝。

臨時支架的構架應該為堅固穩定的結構，尤其是鄰近車路的臨時支架。結構的設計和建造方式，應該不會使結構無理地容易受到撞擊或震動效應的影響。如結構有小部分損毀，該不會導致結構的主要部分倒塌。要避免發生意外，就應該提供足夠的淨空高度、照明，警告告示和標誌，以及防撞措施。

3.4.2.7 懸臂式構件

除非有適當的措施支撐著從橫綴條向外突出的支柱末段，否則該支柱末段該視作懸臂式構件。這類支柱末段通常位於支柱的頂部或底部。

如果支柱的末端有一可延伸段，可延伸段與支柱之間的接合處會有少許弧形擺動。這種擺動成為臨時支架的弱點。延伸部分如長度超過300 毫米，除非有認可的工程原理證明合理，否則可延伸段的末段應該有足夠的橫綴條和斜撐杆作為支撐。

3.4.2.8 接駁混凝土或磚石的牢固件

接駁混凝土或磚石作結構用途的所有牢固件，都該按照認可工程原理和製造商的建議而設計。建造細節和使用指示該在圖紙及規格內清楚訂明。

3.4.2.9 地基

臨時支架的所有支柱應該得到足夠承托，以免在使用臨時支架期間出現過分移位的危險。支柱與下麵的建造物之間的接觸點應該設有連接支柱柱腳的底板，如有需要，還該擱在勻力構件上面。

如支柱靠土地承托，就應該處理土地的情況，使勻力構件的分佈更加平均，以及確保不會超過土地的容許承載力。

在傾斜的承托物上，就應該採取有效方法，防止臨時支架的支柱滑落，因此，應該使用形狀合適的楔子插入每根支柱的底板和傾斜地基之間的空隙，以確保臨時支架緊貼堅固和垂直。

3.4.2.10 載重的次序

在進行設計時，應該計劃和顧及放置負荷物於臨時支架上的次序，負荷物包括因臨時貯存及預應力而引致的載重量。

3.4.2.11 建架／拆架的工序與方法說明

- (ii) 所須承托的永久建造物。
- (iii) 安放永久建造物(例如傾倒塑性混凝土)所產生的撞擊力。
- (iv) 建造工作。因應建造工作應該至少預留1.5KN/m²的載重。
- (v) 暫時存放的材料。
- (vi) 從交通運輸產生的載重。
- (vii) 機械。工作載重應該包括機械的重量、動力效應和震動效應。
- (viii) 由風力引起的載重。
- (ix) 由風力及浮力引起的上舉力。

(b) 橫向力源自：

- (i) 風力。
- (ii) 靜水壓力。壓力可能來自塑性混凝土或外在來源。
- (iii) 泥土橫向力。
- (iv) 承托物的移動差異，例如土地的移動。
- (v) 震動效應，例如因震動混凝土或附近的打樁工程而引致的效應。
- (vi) 水流。
- (vii) 不對稱分佈的垂直載重，例如因澆注混凝土不平均而引致的效應。
- (viii) 不同步地頂推臨時支架上的永久建造物。
- (ix) 臨時支架的搖擺。
- (x) 支柱的壓曲。
- (xi) 因建造偏位，尤其是斜面上的臨時支架的建造偏差而引致的垂直載重的偏心距。
- (xii) 機械及設備的動力效應。

最小橫向力應該是以下兩者中取其較大者：

- (a) 上述橫向力的最不利組合；或
- (b) 垂直載重的2.5%，作為橫向力應用於垂直載重和臨時支架的接觸點；

臨時支架的每一構件，都應該以垂直載重和橫向力的最不利組合而設計。

3.4.2.4 地盤情況

合資格工程師應該明瞭地盤情況，例如土地情況、地形情況、斜坡特徵、地下水數據及可達到的技術水準，然後才將這些地盤情況納入設計內。

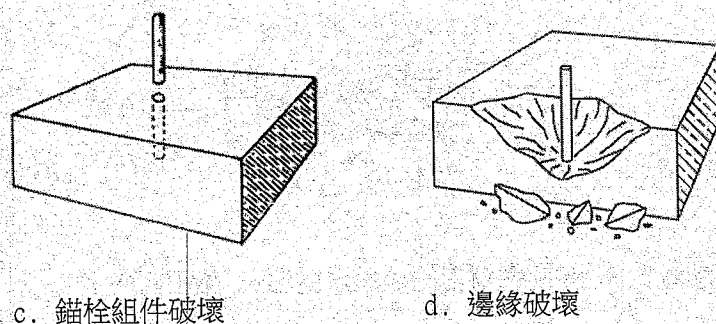


圖 9 錨栓破壞型式

接受條件：

1. 安裝時必須跟據供應商指引正確地安裝。
2. 安裝後，錨栓應預先通過一些具有代表性數量的強度試驗。由合資格檢驗員測試其安全操作負荷。其承載力的安全系數不得少於 3。
3. 測試報告應存放在工地，以供查核。

測試標準：

測試需符合 BS 5080 標準。

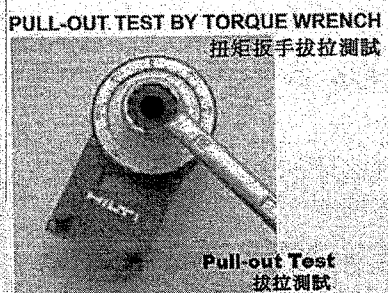


圖 10 錨栓拔拉測試

3.3 結構鋼

根據《2005 年鋼材的結構使用作業守則》規定，結構鋼分為三級。即一級結構鋼 (class 1)、二級結構鋼 (class 2)及三級結構鋼 (class 3)。一級結構鋼符合《2005 年鋼材的結構使用作業守則》附錄 A1.1 的材料標準，亦是由一個有質量保證的製造商生產；二級結構鋼是由一個有質量保證的製造商生產，但其材料不符合《2005 年鋼材的結構使用作業守則》附錄 A1.1 的材料標準。凡不是一級、二級結構鋼，即第三級結構鋼。

3.3.3.1 接受準則

一級結構鋼

提交一份結構鋼的證書副本，上面應附加了一項認可人士/註冊結構工程師的聲明簽署，以確定其要求的化學成分和力學性能，同時確定使用的結構鋼由一個有質量保證的製造商生產。

二級結構鋼、三級結構鋼

應根據《2005 年鋼材的結構使用作業守則》附錄 D 進行結構鋼的取樣及測試。測試一律須由香港實驗所認可計劃認可的實驗所進行。測試報告連同認可人士註冊結構工程師的聲明簽署應在結構鋼抵達工地的 60 天內提交。

3.3.4 錨栓 (俗稱：爆炸螺絲)

錨栓 (俗稱：爆炸螺絲) 經常用於各種建築工地內，例如安裝於起重機械、起重裝置、一些臨時及永久設備等。

錨栓的錨固原理可分為三類：

1. 摩擦力:拉力 N 經由摩擦力 R 傳遞給基材。

- (8) 就指明等級強度在 20D 及以上的混凝土而言，由同一樣本製成的任何一對立方塊的抗壓強度之間的差距，如超逾該對立方塊的測試結果的 20%，則該測試結果不得採納，並須作出調查，以確定測試結果所代表的混凝土是否可接受。

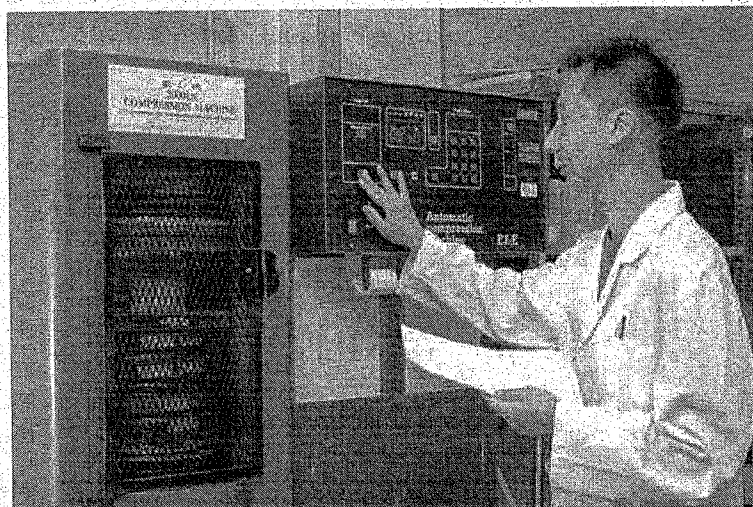


圖 3 試驗所技術員利用混凝土磚塊壓力機進行平行試驗

3.3.2 混凝土鋼筋

1. 《建築物條例》第17(1)6條賦予建築事務監督權力，在審批結構圖則或同意展開建築工程時，就測試鋼筋訂定規定。
2. 此類測試的目的，在於核實運抵地盤的鋼筋的列明特質。誠然，製造商已在軋鋼廠為鋼筋進行常規測試；本文所提及的核實測試，為附加測試。認可人士及註冊結構工程師均應確保有關樣本是從運抵地盤的不同批別的鋼筋中隨機抽取。

3.3.2.1 熱軋碳素鋼筋

1. 屋宇署使用建築標準CS2:1995（以下簡稱“CS2”），以核證用於鋼筋混凝土的碳素鋼筋，作為符合《建築物（建造）規例》所載規定的認可標準。標準載列了該類鋼筋產品的全面標準，並且規定品質保證存貨商須就鋼筋加以分類及驗證，又規定最終買家須對鋼筋進行測試。
2. 《建築物條例》第17(1)6條訂定的核實測試，應是CS2所指的買家測試，須由香港實驗所認可計劃下的認可實驗所進行。

測試報告須包括以下資料：

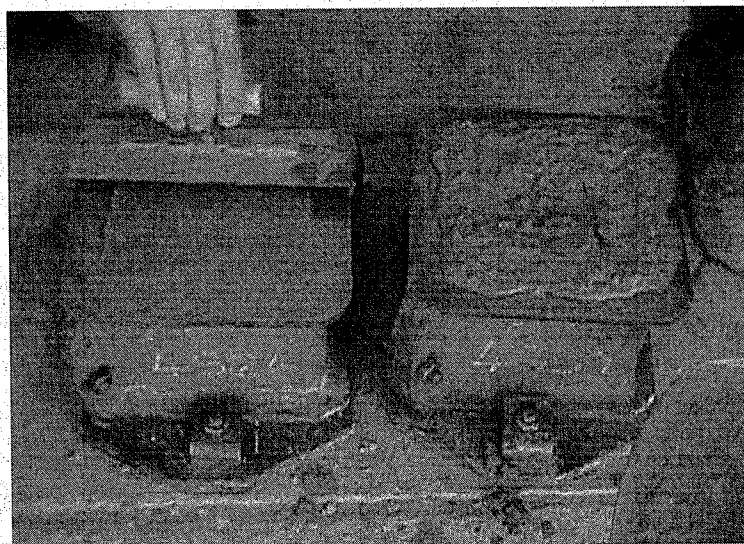


圖 1 新澆混凝土立方塊

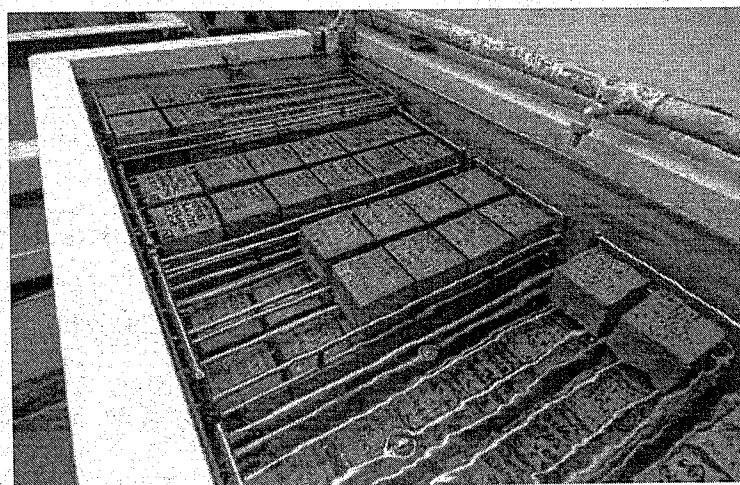


圖 2 混凝土磚塊在測試前放在護養缸內浸水 28 天

(2) 混凝土的水泥含量不得少於表 6 所定的適當的分量。

表 6

以常重骨料製成的混凝土成品的最低水泥含量
公斤／立方米

	最大 40 毫米骨料	最大 20 毫米骨料	最大 10 毫米骨料
鋼筋混凝土	260	290	340
預應力混凝土	300	300	360

3.3 建築材料和嵌固件的接受準則

3.3.1 混凝土 (Concrete)

3.3.1.1 配料經設計的混凝土 (Design Mixed Concrete)

- (1) 根據《建築物（建造）規例》，每一等級的混凝土須為配料經設計的混凝土，並以指明等級強度及骨料標稱最大尺寸表明，強度以兆帕斯卡為單位，加上 D 字尾，骨料尺寸則以毫米為單位。
- (2) 任何混凝土配料的水泥含量，以每立方米壓實混凝土計，不得超逾 550 公斤。
- (3) 混凝土配料的氯化物總含量不得超逾表 4 所指明的限度，限度以配料中氯化離子與水泥質量的百分率關係表示。

表 4

混凝土配料的氯化物最高總含量

混凝土的種類	氯化物最高總含量
預應力混凝土 蒸汽養護混凝土	0.1
以抗硫酸鹽波特蘭水泥製成的混凝土	0.2
含有內置金屬並以普通或快硬波特蘭水泥製成的混凝土	0.35

(4) 所有混凝土須視作處於下列其中一種外露情況—

- (a) 中度外露情況，即有足夠的永久終飾保護的面層或有其他方式遮擋滂沱大雨的面層、埋入地下的混凝土接觸土地的面層，以及持續浸在淡水裏的混凝土所處的情況；或
- (b) 嚴重外露情況，即外露於滂沱大雨或處於乾濕交替環境的面層、處於高度冷凝或腐蝕性煙氣中的面層，以及接觸流動水溶液(包括海水)的面層所處的情況。

- (8) 品質應均勻
- (9) 不得有焊接之接頭

預應力鋼筋的張拉應力在構件的整個製作和使用過程中會出現各種應力損失。如果所用的鋼筋強度不高，那末張拉時所建立的應力甚至會損失殆盡。

特別是在預先拉伸方法中，預應力鋼筋與混凝土之間必須有較高的黏結自錨強度。鋼材強度越高，其塑性（拉斷時延伸率）越低。鋼筋塑性太低時，特別當處於低溫，就有可能發生脆性斷裂。良好的加工性能是指焊接性能好。

在後拉伸方法構件中，當需要鋼絲的數量很多時，鋼絲常成束佈置，就是將幾根或幾十根鋼絲按一定的規律平行地排列，用鐵絲紮在一起，稱為鋼絲束。

錨具與夾具

錨具和夾具是錨固及張拉預應力鋼筋時所用的工具。在預先拉伸方法中，張拉鋼筋時要用張拉夾具夾持鋼筋。張拉完畢後，要用錨固夾具將鋼筋臨時錨固在台座上。在後拉伸方法構件中，它是長期固定在構件上傳遞預應力的構造措施。後拉伸方法中也要用錨具來張拉及錨固鋼筋。通常把錨固在構件端部，與構件連成一起共同力不再取下的稱為錨具。

對錨具的一般要求是：

- ◆ 錨固性能可靠；
- ◆ 由於錨具滑移產生的預應力損失小；
- ◆ 構造簡單，便於加工製作，便於在施工中張拉錨固預應力鋼筋；
- ◆ 節約鋼材，造價低廉。