

建築結構系統講義

第一回

504612-1



社團法
考友社
出版發行

建築結構系統講義 第一回



第一回 (1/2)

第一講 建築結構概念 (一)	1
命題大綱	1
重點整理	2
一、建築結構系統	2
二、建築物載重	19
精選試題	64

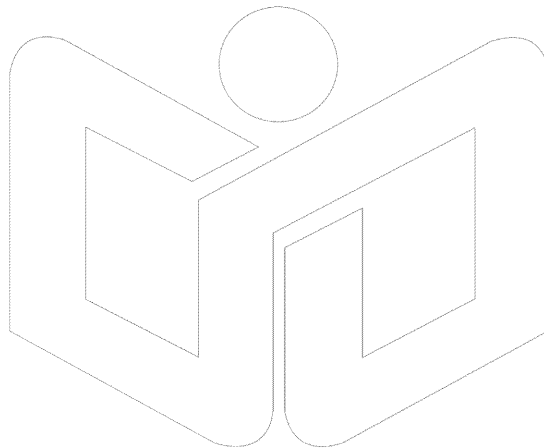
第一回 (2/2)

第二講 建築結構概念 (二)	1
命題大綱	1
重點整理	2
一、基本應力	2
二、結構材料性質	28
精選試題	59

第一講 建築結構概念（一）



- 一、建築結構系統
 - (一)結構系統觀念
 - (二)結構系統規劃
- 二、建築物載重
 - (一)載重定義及分類
 - (二)靜載重
 - (三)活載重
 - (四)風力載重
 - (五)地震力
 - (六)其他載重





一、建築結構系統

(一)結構系統觀念：

1.系統目的：

- (1)無論是土木工程或建築工程，從開始規劃、設計到竣工使用，必須要考量相當多的項目及因素，結構系統即為其中最主要項目之一。
- (2)當工程開始規劃設計時，就應該以人使用最佳空間為出發點，對該工程結構系統做最合理評估及選擇，且還應符合經濟、安全、美觀、機能等各項要求；結構系統所必須達成目的，還應包含下列各項：

①空間包圍：

一棟建築物可界定出一個實體空間，人可以在其中活動、使用及居住，不必受到外界氣候變化影響。

②兩點之間聯繫：

一座道路、橋樑興建，不但促進交通及行走方便，且可使不同用途建築物之間互相獲得交流。

③象徵意義表達：

興建一座有紀念性或特殊意義的建築物，除可做為對偉大人物或事件紀念外，亦可做為都市象徵意義表達。

④設計理念創新：

近年來，由於結構理論及施工技術創新及進步，一些前衛或概念性建築物陸續興建，不但美化都市景觀，且還可豐富人視覺及生活上享受。

2.系統要求：

(1)基本要求：

通常進行結構系統規劃、設計或施工時，應考量下列各項基本要求：

①機能要求：

一棟建築物在草案規劃階段，最主要考慮因素就是建築物的使用機能（functionality），例如跨度（span）、撓度（deflection

) 或材料性質等，以上因素都會影響到所選擇結構系統。

②安全要求：

A. 結構物必須平衡：

在不同載重作用下，結構物全部或任何一部份必須要維持平衡 (equilibrium)；一旦失去平衡，會造成建築物破壞而影響到使用者安全。

B. 結構物必須穩定：

結構物在構建安排時，必須要符合穩定 (stability)、靜定 (static determinate)、或靜不定 (static indeterminate) 的基本要求；可能在本深自重作用下，會造成不穩定而破壞。造成結構物不穩定主要原因有下列兩項：

(A)內力不穩定：

由於結構系統本身構建安排不適當，或是桿件組合不合理等兩種情況所造成。

(B)外力不穩定：

由於結構系統無法抵抗不同變化載重所造成；雖某些結構物在特定載重作用下仍能維持穩定，實際上結構物所承受載重是隨時在變動，爲了能長期、穩定及安全使用，因此也應避免此類結構物設計。

③材料強度要求：

材料強度 (strength) 要求，可藉由下列三項因素來達成：

A. 材料選擇：

(A)臺灣通常使用 $f_y=2800 \text{ kg/m}^2$ (普通鋼筋) 及 $f_y=4200 \text{ kg/m}^2$ (高拉力鋼筋) 等兩種屈服應力鋼筋。

(B) 28 天抗壓強度混凝土則常使用 $f_c'=210 \text{ kg/m}^2$ 、 $f_c'=245 \text{ kg/m}^2$ 、 $f_c'=280 \text{ kg/m}^2$ ，甚至更高強度混凝土。

(C)依臺灣公布「結構混凝土設計規範」規定，結構混凝土 28 天抗壓強度及鋼筋強度應符合下列規定：

a. 結構混凝土 ($f_c' \geq 175 \text{ kg/m}^2$)。

b. 預力混凝土 ($f_c' \geq 280 \text{ kg/m}^2$)。

c. 鋼筋屈服強度 ($f_y \leq 5600 \text{ kg/m}^2$)。

B. 材料形狀改變：

材料斷面的慣性矩 (moment of inertia) I 值越大時，則會有更佳抵抗外力能力，例如在相同斷面積條件下，工形樑就會優於方形樑，因此能將斷面形狀稍加改變加大 I 值時，就可以間接或材料強度提升。

C. 安全係數：

(A)使用多種材料組合建築物，或是無法估計正確載重時，為因應此種狀況，在設計時可將外力載重提高，或是將材料設計強度折減，由此取得一個安全係數值（safety factor）。

(B)此安全係數可用抵抗結構物所發生非預期額外超載，並可用來確保結構物安全。

④結構行為要求：

A. 優良結構材料：

優良結構材料不只強度要高，且還應具有良好韌性，因具有良好韌性材料，當外力載重作用時，可吸取大量外力能量，使建築物不至於突然崩潰破壞。

B. 優良結構桿件：

結構材料經過加工後形成結構桿件，因此優良結構桿件也應具有良好均質性及接合性。

C. 優良結構系統：

結構桿件經過組合後形成結構系統，因此優良結構系統也應具有優良穩定性、安全性以及優良韌性行為。

⑤經濟性要求：

一般建築物結構體費用大約佔總工程費的 20%-40%，若採用某些特殊的結構系統時，比例可能會更高，可參考下列方法來控制結構體費用，以達成經濟性（economy）要求。

A. 最佳設計方法：

可利用電子計算機大量快速運算功能，以最佳設計方法使材料發揮最大抵抗能力，由最佳設計方案中，找出最佳斷面形狀、組合方式及結構系統等，獲得最佳經濟效益。

B. 選擇適合建築物用途結構系統：

結構系統選擇必須配合建築物用途，以避免造成不必要的浪費及不適用情形。

C. 施工期回饋：

結構施工期間，工期、成本、預算、人事等費用控制，應利用最佳營建管理方式，隨時回饋檢討修正，以達成節約成本要求。

⑥美學要求：

結構物在規劃及設計階段時，就必須要考慮到造型及內部平面空間美學（aesthetics）要求，否則建出來的建築物就會造成視

覺或感官上的障礙。

(2)耐震設計要求：

- ①依臺灣於 2007 年修訂公布「建築物耐震設計規範」所規定內容：
 - A.耐震設計基本原則應使建築物結構體在中小度地震時保持彈性限度內。
 - B.設計地震時可容許產生塑性變形，韌性需求不得超過容許韌性容量。
 - C.最大考量地震時，使用韌性可以達到規定韌性容量。
- ②對建築物結構體、部份結構體、非結構構材及設備、非建築結構物、隔震建築物及含被動消能系統建築物等，應設計成能抵禦至少為規範所規定最小地震力。
- ③對於規範所主要考量三種地震水準及耐震目標設計原則，分別說明如下：
 - A.中小度地震：
 - (A)此為回歸期約 30 年地震，其 50 年超越機率約 80%左右。
 - (B)在建築物使用年限中，會發生此種地震機率相當高，因此要求在中小度地震下結構體應抱持在彈性限度內，地震過後，建築物結構體不會造成任何損壞，避免建築物在中小度地震過後，須時常修補麻煩。
 - (C)對高韌性容量建築物耐震設計目標，通常都是由此項來控制耐震設計。
 - B.設計地震：
 - (A)此為回歸期約 475 年地震，其 50 年超越機率約 10%左右。
 - (B)發生此地震水準下，建築物不得產生嚴重損壞，避免造成嚴重人命及財產損失；對重要建築物而言，對應回歸期更長。
 - (C)設計地震下，限制建築物仍須保持在彈性範圍內，會很不經濟，因此通常會容許建築物在一些特定位置，例如：樑端部產生塑性鉸（plastic hinge），藉以消耗部份地震能量，降低建築物所受地震反應，乃對付地震比較經濟做法。
 - (D)規範也規定建築物產生韌性不得超過容許韌性容量，以防止地震過大而造成建築物不可修復遺憾。
 - C.最大考量地震：
 - (A)此為回歸期約 2500 年地震，其 50 年超越機率約 2%左右。
 - (B)設計目標在使建築物在此相當罕見烈震下不會崩塌，避免造成嚴重損失或造成二次傷害。
 - (C)因設計時已考量為最大震度，還限制韌性容量使用，會顯

得更不經濟，所規範允許結構物使用韌性可以達到韌性容量值。

【註】

地震水準	回歸期(年)	年份	超越機率(%)
中小度地震	30年	50年	80%左右
設計地震	475年		10%左右
最大考量地震	2500年		2%左右

(3)耐風設計要求：

①臺灣地區耐風設計，針對以下不同樓層有所規定：

樓層數	地震力及風力	控制
30層以下	地震力>風力	由地震力控制
50層以上	風力>地震力	由風力控制
介於30層至50層	視建築平面、立面形狀、高度、阻風狀況、基地強風及地況等會有所不同	

②一般建築物對於結構耐風設計要求，如下說明：

A. 一般輕度颱風作用下（半年回歸期）：

(A) 不得有不舒適感覺。

(B) 可照常居住或辦公、而不會受到風力影響。

(C) 建築物最高居室樓層角隅側向振動尖峰加速度值不得超過 0.05m/s^2 。

B. 強烈颱風作用下（50年回歸期）：

(A) 會有不舒適感覺。

(B) 主結構材及非結構材不得破壞，避免造成日後須常補修困擾。

(C) 建築物層間變位角也不得超過 $5/1,000$ 。

C. 超級強烈颱風作用下（100年回歸期）：

結構體仍很安全，不得有任何結構桿件產生塑性繖或被剪斷、拉斷或壓壞情形發生。

3. 結構設計方法：

(1) 一般結構設計方法，主要分為以下兩種：

① 彈性設計（elastic design）：

A. 又稱為容許應力設計法（allowable stress design）。

B. 指承受各種外力及工作載重（service load）的結構物，經彈性

理論計算出各種構材斷面如彎矩、剪力等內應力，使應力不達到屈服強度為原則設計方法。

②塑性設計（plastic design）：

A. 依結構材料使用不同做區分，塑性設計最大載重計算分為下列三種：

(A)塑性設計（plastic design）：鋼骨及混凝土。

(B)極限設計（limit design）：混凝土。

(C)極限應力載重（ultimate stress design）：混凝土。

B. 三種設計方式基本上都是以工作載重、靜載重、活載重、地震力、風力、衝擊力等不同外力×規範所規定各自超載因數（factor of overload），經由塑性理論或簡單塑性理論（simple plastic theory）計算出各斷面如彎矩、剪力等內應力後，再進行後續細部設計，此三種設計方法均統稱為塑性設計。

③彈性設計與塑性設計差異：

A. 安全係數：

	彈性設計	塑性設計
安全係數	以預期載重作用下，桿件所產生最大應力與最初屈服應力間差異為依據	以構材達到最初屈服應力時，部份構材結構殘餘強度被計入安全係數為依據

B. 塑性設計只有在靜不定結構時才能發揮優點，對於靜定結構則沒多大幫助。

C. 塑性理論強度設計法，比彈性設計可節省結構斷面約10%~15%，比較符合經濟原則。

D. 塑性設計通常比彈性設計具有更大應力與較小斷面，因此也會有較大得位移產生。

E. 當結構物形成不穩定結構時，塑性設計對於該結構塑性變形不易判斷，且也不易確定。

F. 彈性設計對結構實際破壞強度不易估測，塑性設計可將載重×安全係數來決定結構體所承受最大載重，因此可以採用比較小的安全係數值來設計。

G. 結構物受到非預期沉陷或超載作用時，塑性設計可藉由結構產生塑性變形來吸取非預期載重。

H. 當結構物瀕臨破壞時，塑性設計與結構物實際受力狀況較為相

精選試題

一、引述考友新聞台報導：「今日清晨 5 時，宜蘭外海發生芮氏規模 6.5 強震，震央在宜蘭縣政府東偏南方 70.2 公里處，也就是在宜蘭東部海域，震源深度 61.9 公里。根據測報中心地震報告，全臺有感，各地最大震度，宜蘭和花蓮最大有 5 級，新北市、臺中市 4 級，臺北市、桃園市、新竹縣、苗栗縣、臺東縣、南投縣、彰化縣、嘉義縣、雲林縣、臺南市 3 級，基隆市、新竹市、高雄市 2 級，屏東縣、澎湖縣和連江縣都是 1 級。」根據以上有關地震的報導，回答下列問題：

- (一)解釋以下名詞：地震規模 (magnitude)、震度 (intensity)、震源 (hypocenter)、震央 (epicenter)、震源深度。
- (二)說明造成上述各地震度不同之原因。
- (三)歷來臺灣發生地震之震源地，經常出現在臺灣東部外海，說明其原因。

答：(一)解釋名詞：

1.地震規模 (magnitude)：

將地震所釋放之能量大小予以量化表示方式，臺灣所採用的計算方法為芮氏規模，每個地震只有一個規模值，數值不一定為整數。

2.震度 (intensity)：

各地反應 (搖晃) 程度，代表地震對該地區造成傷害的程度，數值皆為整數，我國分為 8 級 (0~7)。中央氣象局利用地震觀測站所紀錄最大加速度，計算出各地區最大震度。

3.震源 (hypocenter)：

斷層產生相對運動而爆發地震的點，亦即斷層最早發生錯動的點。

4.震央 (epicenter)：

震源垂直投影到地球表面上的點。

5.震源深度：

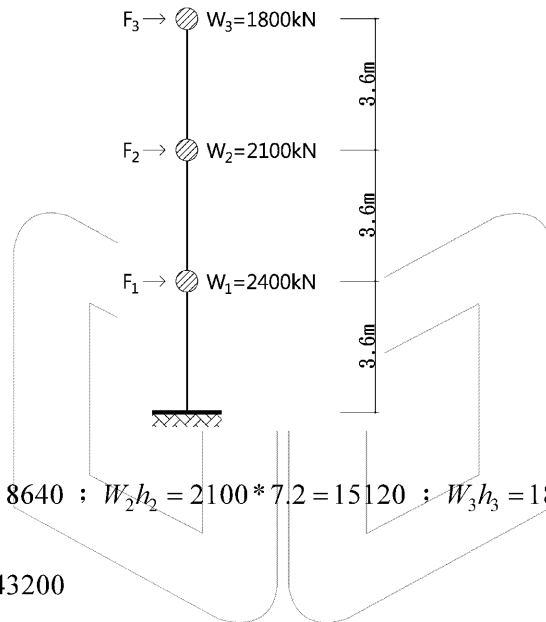
震源與震央之距離。

- (二)震度為各地區 (搖晃) 程度，為地震能量傳遞狀況，其影響之主要因素含地震模、震源深度、與震央距離、該地之地層特性等，故各地之震度有所差異。

(三)東部地震帶係直接肇因於菲律賓板塊與歐亞板塊碰撞所造成，地震活動頻率高。本地震帶南端與花蓮以北區域因板塊隱沒作用，震源深度可達到 300 公里左右。

二、若地震水平力 (V) 之豎向分配 (F_x) 與樓層重 (W_x)、樓層相對地面高 (h_x)，建築物共 n 層，第 x 層之樓層分配地震力依 $F_x = \frac{VW_x h_x}{\sum_{i=1}^n W_i h_i}$

分配於構造物各層，其中 n 為建築物總樓層數，當下圖構造承受地震水平力 (V) 2000kN 時，各樓層地震力分配 F_1 、 F_2 、 F_3 為何？



答： $W_1 h_1 = 2400 * 3.6 = 8640$ ； $W_2 h_2 = 2100 * 7.2 = 15120$ ； $W_3 h_3 = 1800 * 10.8 = 19440$

$$\sum_{i=1}^{n=3} W_i h_i = 43200$$

依地震力分配： $F_x = \frac{VW_x h_x}{\sum_{i=1}^n W_i h_i}$ ，得

$$F_1 = \frac{8640}{43200} * 2000 = 400 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{15120}{43200} * 2000 = 700 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{19440}{43200} * 2000 = 900 \text{ kN}$$

三、結構設計方法，分為一般結構設計方法及對部材結構設計方法，試問：

(一)一般結構設計方法分為哪些？其概要說明？