

鋼結構設計講義

第一回

504770-1



社團法 人 考友社 出版發行

第一講 鋼結構設計緒論

◎ 命 題 重 點 ◎

一、結構設計之意義

結構設計之意義，乃為選擇一種合用的結構系統，分析其在各種情況下各構件所承受的應力，並設計合適的尺寸及接頭，將各構件製造、運輸、裝配及組合，以達到某種工程目的之工作。在土木工程方面，主要鋼結構包括橋梁、廠房、塔架、薄殼等結構，我們將桿、梁、柱、纜、板、薄殼等各構件元素，相互結合，要求整個結構體，以及各個部份結構，皆能維持穩定狀態；同時，無論結構物承受載重或自重情況均無顯著之變形產生，僅有極小的容許變形。

為了達到結構設計之目的，一個完美的結構物必須達到下列四項要求：

1. 實用性：

結構物之設計必為達到某種用途而做，因此必須達到實用的要求，例如達到淨空的要求或配合機電的設備等，均應達成實用之要求。

2. 安全性：

結構系統必須是穩定之系統，並要安全而有效地承擔各種情況下的載重，如本身的重量，設備的載重以及在地震下或強風下之額外載重。

3. 經濟性：

業主的要求是強而有效的結構物，並且越省錢越好，因此在使用規範的容許下，設計者應提供一個安全，實用及經濟的結構物。

4. 美觀性：

在整體規劃上，一個設計者，應提供一個外形美觀的結構物，以與鄰近之結構物及環境相配合，達到視覺的美好效果，使在其中從事工作者減少因呆滯感所產生的勞累或工作效能之降低。

二、結構設計之程序

一套完整的結構設計，應包括下列五個階段：

(一) 研擬結構物一般配置：

結構物之用途為選擇一般配置的主要因素；其中包括結構形式的決定，材料的選擇，用此初步設計為藍本的成本估價，以及結構物位置的選取等。同時，關於結構物在美觀上，亦應作適當考慮，盡量在不增加成本的經濟要求上，能滿足美觀的目的。此外，還有各方面如法律上、財物上、及社會方面的因素，均應予以考慮。

(二) 研判結構物承受載重情況：

在從事精細的結構分析之前，首先必需對結構設計物，決定其承受載重的大小情況。關於結構物載重情況，一般均詳細載明在規範書（Specification）、或規則上（Code）。設計者應就可能之情況，加以分析，並考慮特殊載重情況。建築物之載重，可分為靜載重（Dead load）、活載重（Live load）及側向載重（Lateral load）三種。結構物本身材料之重量及固有設備之重量均稱靜載重。例如樓版、梁、牆、屋頂、柱子、牆隔間，並包括各種服務設備如電器、水箱、儀電等，靜載重的大小與位置均為固定。在結構設計之初，必須先假設靜載重以進行分析，原先假設的數據，僅為嘗試性，待設計完成後如核算差別過大，就需重新計算校正。

靜載重以外的所有載重，均稱為活載重。活載重一般可分為二類：移動載重（Movable load）與活動載重（Moving load）。移

動載重，係指在結構物上，從此一位置移動至另一位置，而不產生動力衝擊（Dynamic impact），例如在建築物內的人群、傢俱、物品、或在屋頂上的積雪或冰塊。至於穿經橋上的鐵路列車或貨車，屋頂或牆面上作用的風力，以及橋台上受流水靜壓力（Hydrostatic pressure）等，持續不斷作用於結構物上的載重，統稱為活載重。活動載重可能隨時突然作用於結構物上；例如，由車輛加速所產生的離心力與縱向力，以及由於地震而產生的動力等。

一般結構設計，常將活載重視作靜載重處理，以簡化分析。同時活載重的衝擊作用力亦可作為活載重的一部分來表示。

側向載重則包括地震力、風力、水壓力、土壓力、及其他人為之側向力。有關各種狀況下建築物之靜載重、活載重及地震力、風力等，可參考各種建築法規，我國對於載重之規定，讀者可參考建築技術規則構造編。

（三）應力分析及計算：

結構物配置與作用載重決定後，即可從事結構分析，根據結構理論計算求得結構物中各構件（Member）之應力及變形。若考慮活載重時，必須分析構件中發生最大可能應力情況，就其最大之應力加以設計。

（四）構件的選擇：

構件的形狀及適合的尺寸，以及各構件間結合等種種選擇，均決定於應力分析所得之值與規範中諸設計規定。通常研究構件的配置與比例諸問題，可採取試誤近似法以達到經濟與充份實用的要求，同時必須具備有關製作程序，以及材料強度方面的正確而豐富的知識。

（五）製圖與細部設計：

結構各部份構件決定後，即可進入設計的最後階段。此最後階段係包括繪製圖樣、細部設計、詳細工作說明書、以及最後的成本計算

等。所有上述資料，對於工程施工進展，相當重要。鋼結構之繪圖，一般分為兩種，一種為設計圖（Design drawings）作為細部設計之基礎；一種為細部圖（Shop drawings），係依設計圖所作之圖樣，以作為工廠製造構件之基礎。

三、鋼料之種類

依照 AISC 規範，鋼料可分為三類：

(一) 碳鋼 (Carbon steel)：

鋼料的成份絕大部份為鐵質（通常超過 98%），只含有少許的碳、矽、錳、硫、磷及其它物質。碳對鋼的性質有極大影響力。碳含量的增加可增加鋼的硬度和強度，可是却會使鋼質變脆，也使鋼的銲接性能較差。若碳含量少，雖使鋼質較軟且易延展可是鋼的力量會減弱。在鋼料中加入一些鉻、矽、鎳可以增加不少鋼的強度，可是這種的價格貴且不易製造。

碳鋼是在仔細控制其碳和錳的含量下製成的。一般常用的碳鋼有兩種，依照 ASTM（美國材料及試驗協會）編號為 A 36 及 A 529。其中以 A 36 為世界普遍使用，其屈服點應力達 36 ksi，適於鉚接、螺栓接和銲接的橋樑工程和一般建築工程。A 529 鋼則常用於製造一些較薄的鋼板或型鋼。

碳鋼主要拉力性質列如表 1-1 所示。

表 1-1 碳鋼主要拉力性質

ASTM 編 號	適 用 範 圍	F_u 最小拉力強度 (ksi)	F_y 最小屈服點 (ksi)
A 36	橋樑房屋及 一般結構用	58-80	36
A 529	房屋及同類構造用 但不超過 $\frac{1}{2}$ in 厚	60-85	42

□高強度低合金鋼 (High strength low alloy steel) :

此類鋼料有許多種，皆列入ASTM的編號。高強度低合金鋼比碳鋼具有較高的強度乃由於除了加入碳、錳以外還加入一種或數種的金屬，如鋁、銅、鉻、鎳、矽、鈮、鈷、鎢等金屬或其他金屬。

一般常用之高強度低合金鋼有五種，依照ASTM編號為A 242、A 440、A 441、A 572、與A 588。此種鋼料的屈服點應力由42 ksi至65 ksi，比碳鋼有更好的抗腐蝕能力。

高強度鋼A 242、A 440、A 441、A 588，主要用於結構構件，為減輕重量及增加耐久性而被廣泛使用，在大氣中大約比碳鋼具二倍的抗腐蝕程度。

由高強度鋼製成的鋼條、鋼板等其屈服點應力及拉力強度隨厚度而有不同。如表1-2所示。

表1-2 高強度鋼條、鋼板之應力

板厚 (in)		F _u 最小拉力強度 (ksi)	F _y 最小屈服點 (ksi)
A 242, A 440, A 441	A 588		
3/4 及小於 3/4	4 及小於 4	70	50
超過 3/4 至 1 1/2	超過 4 至 5	67	46
超過 1 1/2 至 4	超過 5 至 8	63	42

高強度結構型鋼，依AISC規範可分為五種類型 (Group 1 ~ Group 5)。如表1-3所示。

表 1-3 高強度結構型鋼之應力

結構型鋼		F_u 最小拉力強度 (ksi)	F_y 最小屈服點 (ksi)
A242, A440, A441	A 588		
組 1 與 2	組 1, 2, 3, 與 4	70	50
組 3	組 5	67	46
組 4 與 5		63	42

A 572 為高強度低錳-鈮合金的結構鋼。計有六個等級，以最小屈服點 (ksi) 標記之。六個等級為 42、45、50、55、60 與 65 亦即分別對應於拉力強度 60、60、65、70、75 與 80 ksi。

(三) 熱處理合金鋼 (Heat treatment low alloy steel) :

此類鋼料的含合金量比碳為多，經淬火 (Quenching) 及回火 (Tempering) 等熱處理造成其較高的強度。這種鋼在 ASTM 中編為 A 514，目前僅出產鋼板，其最小屈服應力為 100 ksi，拉力強度為 135 ksi。

四、結構鋼之應力應變特性及優缺點

(一) 結構鋼之應力—應變關係

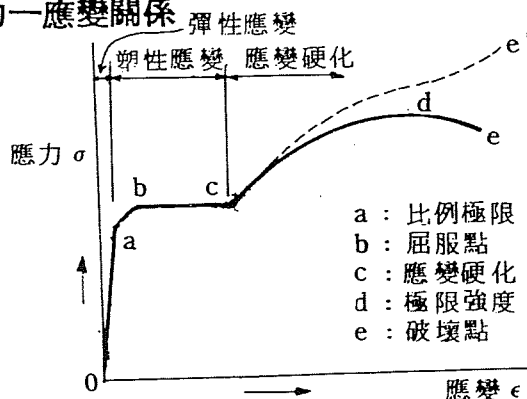


圖 1-1 結構鋼之應力—應變關係曲線

圖 1-1 表示結構鋼料在標準拉力試驗下的典型應力—應變關係圖，在某一限度內其應變量與所受外力成正比。圖中由 0 至 a 階段，係循虎克定律 (Hooke' s law) 。應力與應變呈線性關係，虎克定律所限制的最大應力，也就是應力應變圖中直線上升部份的最高點叫作比例極限 (Proportional limit) 。材料在不發生永久變形的條件下所能承受最大的應力叫作彈性極限值 (Elastic limit) 。而應力—應變曲線中的彈性階段的斜率，稱為彈性模數 (Modulus of elasticity) ，此常數亦為楊氏模數 E (Young' s modulus E) 。此彈性階段部份的變形較小，而可恢復。超過 a 點，曲線呈非線性關係，在 b 點，材料的特性略加應力即產生大量應變，此時材料呈塑性 (Plastic) ，而開始屈服 (Yield) ，此 b 點稱為屈服點 (Yield point) 。

所謂屈服點就是超出這個範圍則在不增加應力的情況下有明顯的應變增加。這是在應力應變曲線上最早有水平切線發生的地方。屈服點是設計師採用彈性設計時最重要的參考點。除了壓力構件是受壓屈控制外其他構件都以屈服應力為基準值。彈性設計的容許應力是屈服點應力除以安全因數的商數。屈服點以外的一個範圍內應力不增加應變也有明顯的增加。在屈服點以前發生的應變叫彈性應變 (Elastic strain) ，在屈服點以後發生的應變叫塑性應變 (Plastic strain) 塑性應變通常是彈性應變的 10 到 15 倍。

在塑性應變範圍後面有一段是應變隨著應力增加而增加的，這一段叫作應變硬化段 (Strain-hardening) ，如圖上之 c 點以後部份。在 c 點材料開始恢復一些彈性特性，若再繼續增加其載重，則曲線會上昇到最高點 d ， d 點應力稱為極限應力 (Ultimate stress) 或稱為極限強度 (Ultimate strength) 或抗拉強度 (Tensile strength) 。曲線上最後一點 e ，表示材料的破裂強度 (Rupture