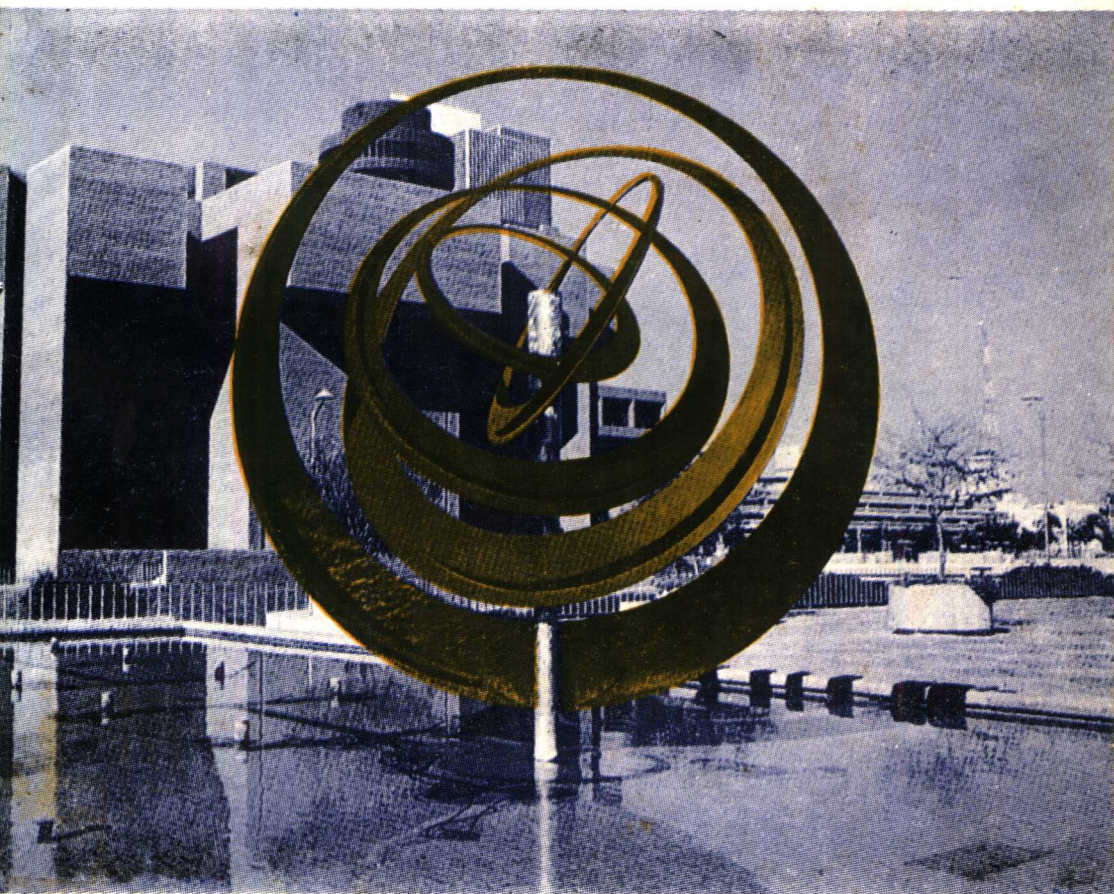


實用鋼結構

Steel Structures in
Engineering Practice

By James Liu

編著者 劉 見 東



台灣文源書局有限公司印行

實用鋼結構

**Steel Structures in
Engineering Practice**

By James Liu

編著者 劉 見 東

台灣文源書局有限公司印行

自序

鋼結構在國內之發展爲近年之事，由於大部份鋼料均仰賴進口，成本比傳統材料較高，故發展甚緩，最近雖曾採用預力鋼梁爲主結構，亦均係外貨，且重要廠房結構之鋼結構設計亦都假外國顧問公司。編者鑑於一貫作業煉鋼廠完成後，有關鋼料問題應可迎刃而解，屆時鋼結構將會被普遍採用。而且十項建設完成後，我國經濟結構開始改變，邁入重化工業及技術密集工業，亟需新建擴建廠房及高樓大廈新建，一定爲數不少。因此，去歲春天編者乃允書局之邀編撰本書。

本書乃專爲大專土木、建築、營建等有關科系鋼結構課程而作，內容包含了鋼結構之設計及施工，將鋼結構作了統一的處理，此種編排內容係在大膽的創意下成立的，具備挑戰性、革新性，並符合了實際環境的需求。

本書係採用台大謝元裕教授所著 *Elementary Steel Structures*（基本鋼結構）爲藍本，並參考中外其他鋼結構書刊，根據編者實際參與十項建設設計與施工多年來經驗編撰而成。本書編撰期間蒙文源書局鼎力支持及諸師友之鼓勵，並予建設性之批評，衷心銘感。編輯雖力求嚴整，唯滄海遺珠，自屬難免，尙祈海內外先進不吝指正爲幸。

編著者 劉見東謹識

民國六十六年春

目 錄

第一章 緒 論

1—1	結構設計的意義	1
1—2	結構設計的程序	2
1—3	結構鋼材的性質	3
1—4	結構鋼	7
1—5	結構型鋼及其稱號	11
1—6	鋼結構設計的標準	12
1—7	本書範圍	17

第二章 張力構材

2—1	概 論	20
2—2	張力構材的類型	20
2—3	張力構材的許可應力	21
2—4	輾型鋼的設計規範	22
2—5	張力構材的設計例	25
2—6	眼形桿	31

第三章 壓力構材

3—1	概 論	38
3—2	長柱：奧伊勒柱公式	39
3—3	中柱	43
3—4	軸向載重柱的許可應力	45
3—5	典型柱斷面	46

3-6	壓力構材設計例	47
3-7	小斜桿及穿孔蓋板	51

第四章 梁

4-1	概 論	60
4-2	彎曲及剪力	61
4-3	梁的慣用輻型斷面	63
4-4	許可彎曲應力	65
4-5	其他設計規定	68
4-6	輻型梁設計例	70
4-7	承壓板之設計	80
4-8	橫斷面之剪力中心	82

第五章 梁 柱

5-1	概 論	88
5-2	軸向壓縮及彎曲的設計規範	90
5-3	構架穩定性—申論有效長度因數K	92
5-4	梁柱設計例	97

第六章 結合導論

6-1	概 論	106
6-2	鉚釘接	106
6-3	鉚釘結合的強度	108
6-4	高强度螺栓	111
6-5	高强度螺栓的規範	113
6-6	焊接	115
6-7	焊接的分類	118
6-8	焊接強度及其他設計規範	121

第七章 結合續論

7-1	結合型式	128
7-2	張力結合	128
7-3	扭力結合	131
7-4	張力—剪力結合	138
7-5	梁架結合	142
7-6	無加勁梁座結合	147
7-7	加勁梁座結合	151
7-8	阻彎矩結合	156

第八章 鋼結構的施工

8-1	概論	166
8-2	鋼料之堆置、矯正及加工	166
8-3	鋼架、樓梯、樓板、欄杆等安裝	167
8-4	螺栓結合	171
8-5	焊接結合	175
8-6	電焊之非破壞性檢驗	177
8-7	鉚接結合	178
8-8	襯板與埋設鐵件之安裝	179
8-9	吊重設備之檢查及指揮系統	180
8-10	典型鋼架設計圖及安裝詳圖	180
8-11	單價分析例示	192
《附錄A》	鋼構造建築技術規則	199
《附錄B》	鋼結構歷屆高考試題及詳解	244
《附錄C》	鋼結構圖說常用縮寫字	283

參考書目	290
英中名詞對照	299

第一章 緒 論

1 — 1 結構設計的意義

結構設計可以說是構材如何組合與形成，以承當特殊的目的。土木工程師所關注的主要鋼結構為：橋梁、房屋建築物、鐵塔及殼層結構物。結構物是由許多實體構材（桿件、梁、柱、索、金屬薄板、平鈹等）所組成，且無論其負載與否，整個結構其間的構材結合與排列，必須保持穩定，而無可觀的變形。

結構設計必須滿足四項主要目標，即：

1. 結構物必須符合性能要求（實用）。
2. 結構物必須能安全地承載載重（安全）。
3. 結構物在材料、施工及全部成本方面應該符合經濟原則（經濟）。
4. 結構物應該具備良好的造形（美觀）。

因此，結構設計是科學與藝術的結合體，必由有經驗的工程師之直覺靈感結合靜力學、動力學、材料力學及結構分析原理的充分知識而成。

工程計劃，在規劃時，不僅應考慮到施工技術方面的問題，對廣泛的社會學及經濟學上的問題亦應該加以研究。有關工程計劃的財務、施工及運轉，通常由所謂“系統方法”加以分析，土木工程師叫這種方法為“系統工程”。圖 1 — 1 簡略地顯示土木工程施工系統方法所組成的要素。既然系統工程的功能是在研究不同的替代方案、互相影響的要素及再估算，並根據成本、時間及其他因素，使工程目標達

到最佳的結果。因此，每一項連續的步驟均包含了一項“研究及發展”迴路。這些迴路對系統本身提供了基本“回饋”，使最後的設計符合了最佳的目標。結構物的維護、運轉及結構物逾齡時的拆除，尤應特別加以注意。

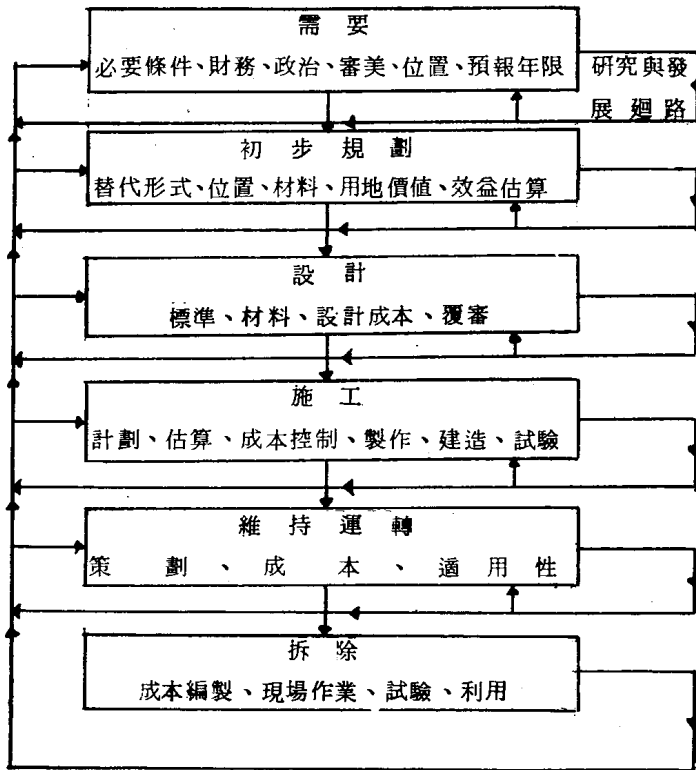


圖 1—1 結構物建造程序系統方法流程圖

1—2 結構設計的程序

結構物的完全設計程序概述如下：

- 1 規劃：研究結構物所需要的性能，並設定標準以判別最後的設計是否為最佳設計。
- 2 總配置圖：結構物的總配置圖是從許多可能的替代配置圖選出，以

達成結構物建造的目標。根據初步結構設計的合理分析，選定總配置圖，其步驟包含：結構形式的選擇、材料的選擇、機具的選擇及配置、成本試估，通常亦包括最佳位置的選定或使結構物適合於未預先決定的用地。結構物的審美價值也應該加以適當的注意，其實美好的外觀在不增加太多的成本之下，的確可以辦到。還有，法律上、財政上及社會風俗習慣亦須加以考慮。顯然地，此種設計步驟需要一位或多位具有高度的經驗、技術、廣泛的知識及富有想像力的工程師，才能勝任愉快。

3. 載重的研究：在作精細的結構分析之前，必須首先決定結構物上的載重。結構物上載重的一般資料通常在規範中可以找到。然而，設計者有責任去指明載重條件及注意例外情況。

所謂靜載重，意指結構物本身重量及其上永久附屬物的重量，且靜載重的大小及位置是固定的。既然，在結構設計之前，靜載重僅是概值，因此，初步設計的資料僅是試驗性的。若最初的估計不能滿足時，必須加以修正。

靜載重以外的所有載重叫做活載重。活載重一般可分為可動載重及運動載重。可動載重意指載重可從一處移至他處而不產生動力衝擊；例如，在建築物樓板上的人、家俱及財物，或者屋頂上的雪或冰（叫做雪載重）。運動載重意謂載重在結構物上可連續移動，如橋梁上的火車或汽車，屋頂或牆壁上的風，壩台上的靜水壓力及廠房裏運貨軌道上的吊車等。運動載重也可突然地作用於結構上，如由車輪加速度所產生的離心力及縱向力、地震所產生的動力。故所需考慮的活載重總括如下：

- ①人、家俱、機器及財物的重量。
- ②橋梁上的交通載重量。
- ③雪重量。
- ④運動載重所產生的動力。

- ⑤風及地震的動力。
- ⑥儲貯容器的液壓力。
- ⑦溫度變化所產生的力量。
- ⑧土壓力。

爲了簡化分析起見，一般在結構設計上，所有載重均被處理爲靜力載重。因此，由運動活載重所產生的衝擊力，可表爲活載重的分數。而地震力通常表爲結構物重量某百分數的水平力。

- 4.應力分析：一但結構物的基本形式及外載重確定後，就必須做結構分析，以決定結構物上各構材的內力。在有活載重的情況下，決定結構物上每一構材的最大可能應力，是一項很重要的工作。有關應力分析部份，通常在結構理論討論到，本書不加贅述。
- 5.構材的選用：根據應力分析結果及設計規範的規定，以選擇適當大小、形狀的構材及其結合。試誤法通常可用來尋找一經濟、適當的相稱構材。有關材料力學及材料製造程序的充分知識，是每一位設計師必備的。
- 6.製圖及細節：一但結構物的每一部份配置確定後，設計的最後步驟才能開始。此項最後步驟包括比價或議價圖說，合約用圖說、細部詳圖、施工規範、工程品質控制程序及準備最後成本分析的資料。所有這些資料對施工的進行是不可或缺的。

以上各步驟間是相互關連的，且可再細分或修正。在很多情況下，多少必須同時完成。本書重點放在構材的選用，這是有關討論設計規範及選擇適當構材方法的解釋。

1—3 結構鋼材的性質

圖 1—2 陳示了結構鋼典型的應力—應變圖，此圖是根據標準張力試驗而來。0 到 a 應變服從虎克定律，隨著應力線性增加，因此材料爲彈性的。過 a 點後，材料產生非線性變形。a 點的應力叫做比例

限，應力—應變曲線的彈性部份斜率稱為彈性模數，該斜率常數叫做楊氏模數 E ，在彈性範圍內的變形很小，且是可復原的。b 點應變已有相當的增加，可是應力並沒有顯著的增加，所以材料變成塑性，而且開始屈服，故點 b 稱為屈服點。樣品會繼續屈服伸長至大約彈性範圍的 10 倍止。在 c 點，材料開始恢復了某些彈性性質（應變硬化）

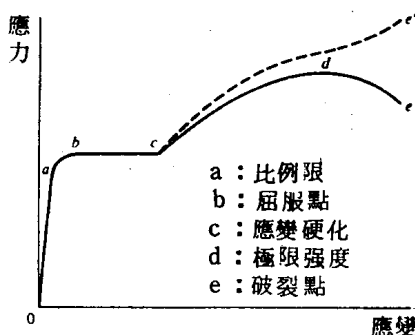


圖 1—2 結構鋼應力—應變圖

。當載重繼續增加時，

曲線會上升至 d 點，此點表極限應力，有時叫極限強度或張力強度。線上的最後一點 e 表材料的破裂強度。在這裏要提醒的是，這條曲線上的應力是根據原斷面積來計算的（實際上在樣品失敗之前，面積會縮小），所以真正的應力—應變曲線應該是虛線 ce'，不過，實用上，應力—應變曲線所著重的是極限強度而非破裂強度。

高强度鋼材在圖 1—2 中未顯示出尖銳的屈服，反而在非彈性應變以後，應力—應變曲線變得更平坦。材料試驗結果確未顯示出顯著的屈服點。屈服強度通常用來測定指定數量的永久變形。故 0.2 百分比的屈服強度應力值，在載重移去後，會產生 0.002 吋/吋的永久變形（見圖 1—3）。

以下是有關於結構鋼幾點有趣的機械性質：

- 1 所有的結構鋼（無論是碳鋼或高强度鋼），其楊氏彈性模數幾乎相同。所測定的 E 值大都介於 29,000 到 30,000 Ksi 之間。此剛度高於任何其他結構材料。
- 2 結構鋼材有顯著的屈服點，但是其他結構材料沒有明顯的屈服點。

3. 結構鋼的壓應力性質

(如比例限、屈服點及極限強度)幾乎與張應力相同。

4. 結構鋼在破裂之前可

持續高度的塑性變形

。對鋼結構的適當功能而言，這項展延性

在各方面有其重要性

。展延性是塑性設計

的基礎。鋼的展延性通常是測定樣品在張力試驗時之長度百分伸長

量，以及脆裂時斷面積之百分縮減量而得。

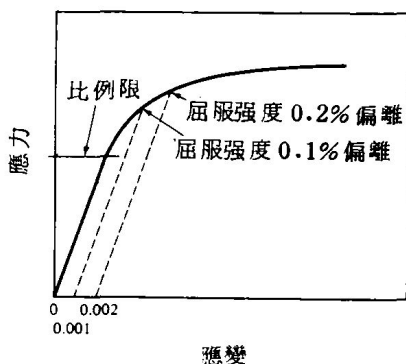


圖 1—3 屈服強度測定永久變型值

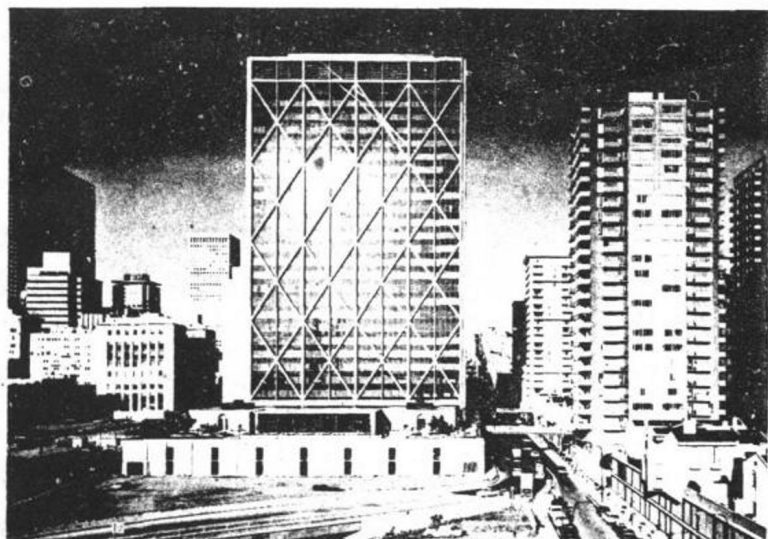


圖 1—4 舊金山耶爾考大廈

1-4 結構鋼

美國材料試驗協會 (ASTM) 有七種等級的結構鋼，經由現行的美國鋼結構協會 (AISC) 規範所核准，這些鋼材是屬於熱軋成結構型鋼、鋼板及鋼條。其中兩種等級是碳鋼：A 36 及 A 529，五種等級為高强度鋼：A 242、A 440、A 572 及 A 588。表 1-1 中例舉了碳鋼的主要張力性質以資比較。

表 1-1 碳鋼的最小張力性質

ASTM 代 號	範 圍	張力強度 (Ksi)	屈服強度 (Ksi)
A 36	橋梁建築物及一般結構施工用	58—80	36
A 529	建築物及厚度不超過 1 ½" 的類 似構造物	60—85	42

高强度鋼 A 242、A 440、A 441 及 A 588 主要用於減輕重量及欲增加展延性之結構構材。高强度鋼抵抗大氣浸蝕的能力為碳鋼的兩倍。高强度鋼板及鋼條的屈服點及張力強度隨其厚度而異見表 1-2。高强度型鋼根據其性質分成五類（見 AISC 手冊及表 1-3）

表 1-2 高强度鋼板的最小張力性質

鋼板厚度 (吋)		張力強度 (Ksi)	屈服強度 (Ksi)
A242, A440, A441	A588		
$\frac{3}{4}$ 及以下	4 及以下	70	50
$\frac{3}{4}$ 以上至 $1\frac{1}{2}$	4 以上至 5	67	46
$1\frac{1}{2}$ 以上至 4	5 以上至 8	63	42

A 572 為高强度、鈦鉍低合金結構鋼，分別以其屈服強度表為六種次等級，見表 1-4。

還有核准使用的是 A 514 高强度淬火及回火合金鋼，此種鋼材只

表 1—3 高強度型鋼的最小張力性質

結構型鋼		張力強度 (Ksi)	屈服強度 (Ksi)
A242, A440, A441	A 588		
第一及第二類	第一、二、三 四類	70	50
第三類	第五類	67	46
第四及第五類		63	42

表 1—4 高強度合金鋼的最小張力性質

合金鋼厚度 (吋)		張力強度 (Ksi)	屈服強度 (Ksi)
A572			
42 級	4 以下 (含 4)	60	42
45 級	1 ½ 以下 (含 1 ½)	60	45
50 級	1 ½ 以下 (含 1 ½)	65	50
55 級	1 ½ 以下 (含 1 ½)	70	55
60 級	1 以下 (含 1)	75	60
65 級	½ 以下 (含 ½)	80	65

表 1—5 A514 高強度合金鋼的最小張力性質

淬火及回火鋼厚度 (吋)		張力強度 (Ksi)	屈服強度 (Ksi)
A514			
2 ½ 及以下		115—135	100
2 ½ 以上至 4		105—135	90

准使用於鋼板，其最小屈服應力高達 100 K si，而其張力強度爲 135 K si，見表 1—5。

除了熱軋成的型鋼、鋼板及鋼條外，還有五種等級的鋼材，那就是：A 53 B 級鋼管、A 374 鋼片及 A 500 冷型鋼管、A 501 熱型鋼管、以及 A 570 D 級 E 級鋼片及鋼帶，見表 1—6 及 1—7，可窺其張力性質。

表 1—6 結構鋼管的最小張力性質

ASTM代號	張力強度 (K si)	屈服強度 (K si)
A 53:		
A 級	48	30
B 級	60	35
A 500		
A 級 (圓形)	45	33
B 級 (圓形)	58	42
A 級 (矩形)	45	39
B 級 (矩形)	58	46
A 501	58	36

表 1—7 鋼片及鋼帶的最小張力性質

ASTM代號	張力強度 (K si)	屈服強度
A 570 :		
A 級	45	25
B 級	49	30
C 級	52	33
D 級	55	40
E 級	58	42
A 374	65	45

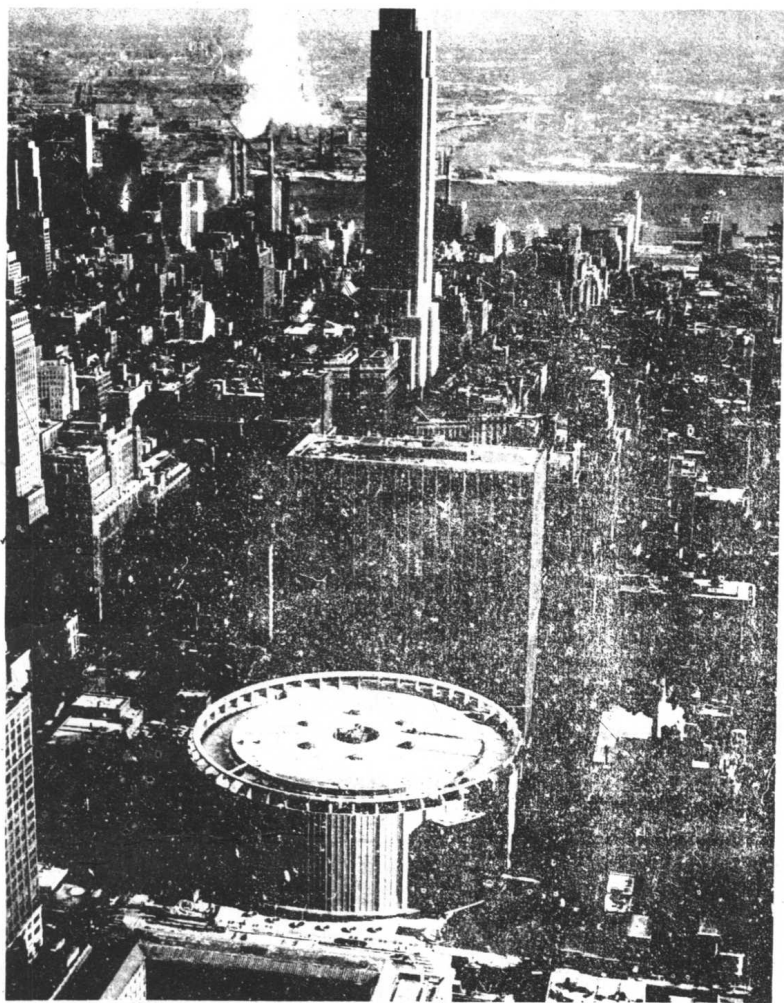


圖 1—5 麥德遜廣場花園鋼結構施工照片

有關結合的結構材料，本書另有專章詳述。