

超高層建築

施工及實例

吳謙治

湯淑貞

楊逸詠

教授指導

莊嘉文 編著

詹氏書局

超高層建築

施工及實例

吳謙治

湯淑貞

楊逸詠

教授指導

莊嘉文 編著

詹氏圖書有限公司 發行

翻
印
必
究

版
權
所
有

超 高 層 建 築 —— 施 工 及 實 例

編 著 者：莊 嘉 文

發 行 人：曾 仁 瑞

發 行 所：詹 氏 書 局

登 記 證：局 版 台 業 字 第 3205 號

郵 政 劃 撥：0591120-1

戶 名：詹 氏 書 局

地 址：台 北 市 和 平 東 路 一 段 177 號 1 樓

電 話：(02)3412856

印 刷 所：上 竹 林 彩 色 印 刷 有 限 公 司

中 華 民 國 七 十 五 年 二 月 再 版

定 價：新 台 幣 540 元

吳 序

大家都知道台灣地狹人稠，未來的建築物只有向高空發展，才能解決人們的居住以及工作場所的問題。然而位於地震帶的台灣，要邁入高層或超高層建築的階段，必須要有兩個條件相配合。其一為雄厚的經濟力與工業力，另一則為耐震理論的確立與相關營建技術之跟進。前者靠着全國同胞多年的努力，我們已達到相當的水準，後者因有賴於建築、設備、防災、材料、電腦等各方面的技術研究，無可諱言的，我們還落後於先進國家一大步。

日本為一地震國，且與台灣同樣困於地窄人多，因此在耐震高層建築方面的研究，一直不遺餘力。有關此方面的理論與技術，早在1960年以前，已具備相當完整的體系。1968年日本首先完成了36層的超高層建築（霞關），接此之後，40層（世界貿易中心），47層（京王 Plaza Hotel）的建築相繼出現，目前日本的超高層建築已多達數十棟。大體而言，日本在耐震超高層建築方面的技術與經驗，大約超前我國有二十年。

超高層建築與普通十幾層的建築比較，不但在計劃、結構、或施工方面，都需要截然不同的高度科技內涵，不是單靠普通建築的計劃與施工的經驗累積就可以達成的。但反過來，超高層建築的技術與經驗，却可以極其有效地回饋應用在一般的高層建築物上。因此日本走在我們前頭的這二十年經歷，可提供我們非常寶貴的學習與參考的資料。

本書原名為「超高層建築〔4〕施工編」，乃為1971年由日本著名的建築營造公司（鹿島建設）出版之超高層建築系列叢書。共分①計劃②構造（即結構）③設備④施工等四部，此譯本乃屬其第四部。該一系列書由世界地震研究權威、東京大學名譽教授（從東大退休而有特殊卓越學術成就的教授才具有的資格）兼鹿島建設公司副總裁武藤清工學博士監修，分別邀請東京大學教授內田祥哉工學博士，早稻田大學教授田村恭工學博士，以及鹿島建設公司總經理二階威工學博士等多位一流的學者與實際從事營建工作、具有豐富經驗者共同執筆，理論與實務兼顧。有關超高層建築施工法的發展過程，施工計劃、及管理方式（以多角生產管理為前提，以求建築生產體系之合理化）等，皆透過實際例子，做一番具體而詳細的介紹與說明。原書共380頁，巨細資料豐富、圖解易懂，實為一部不可多得的建築巨著。莊嘉文君在這台灣正要步入超高層建築的時期，翻譯此書引介給國人，實得其宜。

譯者在第五章的後面幾節又附加介紹國內超高層建築的實際施工例子（高雄國賓大飯店、台北第一銀行大樓、台電大樓）。因此，此書不但對一般從事實際建築工作的營造廠來說，是一份難得的寶貴資料，同時對多數與建築有關的專家們，或大學建築系高年級的學生而言，相信也是一部可以獲得頗多有益知識與啓示的良好書籍。但願有更多有關的人員能閱讀此書，以期對我國的建築界有較大的貢獻。

最後值得一提的是，譯者莊嘉文君在成大建築研究所只修過一年的日文，靠他虛心的學習態度與無比的毅力與耐力，整天捧着一本字典，不停地向系裡懂得日文的教授討教，花了整整一年多的工夫，終於完成了此一艱鉅的工作。莊君今年26歲，年輕人有這種扎實、苦幹的精神，實值得敬佩。

成功大學建築研究所所長

吳讓治

民國七十二年六月

近年來國內由於經濟的快速成長，房屋建築數量大增，尤其是高層建築更如雨後春筍般地聳立於各大都市，其造型之變化多端，表面用材之華麗眩目，確實很容易給人“國內建築水準已逐漸朝向先進國家邁進”之印象。然而我們若從營建技術方面來探討，這些建設量到底帶給國內多少實質成果？提昇了多少施工技術？相信其答案無法令人滿意。這一點我們可從在這段期間中，自國外引進的尖端技術是否已在國內生根；以及透過這些工程經驗，是否已經孕育出對新工法的開發能力；或如設計施工前之構法計劃，與貫徹施工中全面品質管制之概念等等，看出我們的營建技術依然停留在低程度之技術水準。換言之，我們是在將落伍的傳統工法合理化之工作尚待進行中，卻因經濟的波及而已產生興建高層建築之需求，因此在計劃手法及施工技術欠缺之下，難免落入只能以變化取巧之造型與華麗不實之外裝材料，充當為唯一的處理手法及評價要素之地步。如此情況下產生之高層建築，除了高度之外，與傳統工法之建築又有何異？建築技術發展之瓶頸因而形成。

縱觀近代建築技術史之發展，超高層建築之出現除了經濟因素外，因其本身實為各種技術之綜合結晶，故須整個社會之建築技術理論與其相關之生產工業，均達到成熟階段，才能促使其自然地實現。也就是說，超高層建築有別於以固定施工方式及程序完成之傳統工法建築，它在計劃階段中，除了平面、立面等空間之設計外，舉凡構造形態、部材生產方式、施工方法的選擇、建造順序、防災系統、資材揚重計劃等等，均需經過事先慎重地規畫。其設計工作與施工技術實無法游離，往往於設計過程中，更要求高度之理論與實際相互配合，而不再是過去以設計掛帥之處理方式。

鹿島建設所編著之「超高層建築」為集日本超高層建築各種技術大成之叢書，由各專門領域之學者與實際負責施工之專家所執筆，為日本超高層建築理論及經驗之結晶，內容均為極具原則性之知識，實為一套超高層建築之啓蒙書籍。莊君於成功大學研究所在學期間，以鏗而不舍之精神翻譯完成其中第四冊「超高層建築〔4〕施工篇」，並編入三個目前國內超高層建築之施工實例，彙集成為本書，莊君此一努力成果，對於國內建築界而言，不啻為一大貢獻。

本書不論對於建築系學生或實際工程人員，甚至建築設計工作者，均為一本有益之參考書籍。其內容提供了超高層建築施工之基本原則與知識，以及若干工程上之定量調查統計資料，對讀者而言，較易於短期間內掌握其施工全貌。然而建築構法或施工方法本為應用之工具，由於國情不一，或各個案件之客觀條件互異，必將產生不同之可能性，即使在先進國家，超高層建築之營建技術亦非存在於任何絕對之標準而一成不變。本書只為一本基本參考書，希望讀者於利用本書時，能洞察其精神，靈活運用其內容，甚至進一步對施工方法進行改良或開發，則本書之真正價值才得以發揮。

成功大學建築研究所副教授 楊逸詠

民國七十二年六月

筆 者 序

台灣地區超高層建築於最近兩三年開始陸續興建起來，由於國內過去未曾作過類似的高樓營建研究工作，因此首先建造的國賓飯店、台北第一銀行大樓及台灣電力公司大樓等幾幢超高層大樓，於實際設計上及施工技術上都多少仰賴日本方面的支援，嚴格說來，到目前為止的超高層建築建造工法都是延用外國既開發的工法，談不上國人自行開發。

為了瞭解超高層建築的來龍去脈與其思想，筆者一方面編譯日本最具代表性著作「鹿島建設出版社之超高層建築施工篇」，同時一方面整理國內當時尚在營建中的三幢超高層營建資料。如今三幢超高層建築已竣工並開始使用，留給社會的貢獻似乎就是現存的建築軀體，至於伴隨著超高層營建技術發展之營建思想是否已經生根了？營建過程及其必要的資訊記錄是否完備足供後來興建者參考？這些都是值得深思的問題。

原鹿島建設出版之超高層建築施工篇內容包含五個章節，其中第一章超高層序說部份，由於與國情稍違，由楊逸詠教授加以斧修，第二、三、四章施工管理技術部份，尊重原著作僅作部份修改，第五章實例部份取日本第一幢代表性超高層建築震關大樓及後來之京王廣場飯店，而後介紹台灣目前已完成之三幢超高層建築。

本書之所以能完成，首先應感謝成大建築研究所吳讓治教授、湯淑貞教授及楊逸詠教授鼎力指導，在資料搜集方面，承蒙一銀建築師廖慧明教授、郭呈旭先生、蔡達源先生、吳進財先生，中華工程公司台電工地協調主任廖本鴻先生，國賓陳正義先生，另有王興富先生連絡等多人協助。

同時本書得以出版，應感謝程家麒先生之介紹及詹氏圖書公司詹文才先生的支持。

筆者才疏學淺，秉於一股熱忱完成此書，錯誤想必不少，其責任應屬筆者個人，與他人無關。

莊嘉文 72. 5. 28 序

第一章 序說

1-1	歐美超高層建築工法的變遷	6
1-1-1	超高層建築發展的過程	6
1-1-2	工法上的變遷	7
1-2	日本超高層建築的發展與工法的變遷	9
1-2-1	超高層建築發展的過程	9
1-2-2	超高層技術開發情形	10
1-2-3	超高層今後開發的方向	11
1-3	超高層建築之材料	13
1-3-1	建築材料	13
1-3-2	部位別材料之動向	14
1-3-3	部品化的趨向	15
1-4	超高層建築之施工	16
1-4-1	超高層化・工程大型化的影響	16
1-4-2	建築生產過程的勞動效率	16
1-4-3	生產過程中的安全性	17
1-4-4	生產過程中之經濟性	19
1-5	生產管理的目標與組織	19
1-5-1	必要的資訊	20
1-5-2	生產管理的目標及其組織	20

第二章 超高層建築之特性與問題

2-1	各部位工法特徵	22
2-1-1	軀體工法的比較	22
2-1-2	裝修工法的比較	22
2-2	工程費分析	23
2-2-1	以往高層建築與現代超高層建築之工程費比較	23
2-2-2	標準層工程費別與部位別工程費之檢討	33
2-2-3	高層化之工程費變動與其降低造價的課題	40
2-3	施工計畫上的問題	41

第三章 施工計畫與管理

3-1	系統化的必要性	43
3-2	施工計畫上的限制與問題	43
3-2-1	交通之影響	43
3-2-2	工程大型化、高層化的影響	43
3-2-3	高處作業對策	45
3-3	工程計畫與管理	47

3-3-1	工程計畫合理化的必要性	
3-3-2	向來的中高層建築工程計畫	49
3-3-3	超高層建築縮短工期的工程計畫手法	51
3-3-4	連續反覆方式的提案	53
3-3-5	運用電子計算機之工程計畫與管理	60
3-4	搬運揚重計畫與管理	63
3-4-1	搬運之系統化	63
3-4-2	揚重計畫的合理化	64
3-4-3	揚重內容的分類與形式	71
3-4-4	揚重機械的檢討	74
3-4-5	揚重作業的管理與營運	
3-5	假設計畫	86
3-5-1	假設計畫上的問題	86
3-5-2	風吹落與掉落的防護	88
3-5-3	腳架計畫	90
3-5-4	動線計畫	94
3-5-5	假設建築物	97
3-5-6	假設連絡廣播設備	99
3-5-7	正式電梯之假設使用	99
3-5-8	假設電氣設備計畫	100
3-5-9	假設給排水計畫	102
3-6	安全管理	104
3-6-1	安全管理計畫的基本	104
3-6-2	安全管理的重點	105
	第四章 施工技術與各部位工法	
4-1	鋼骨工程	109
4-1-1	超高層建築與鋼骨工程	109
4-1-2	施工計畫	110
4-1-3	工場製作	116
4-1-4	現場接合	125
4-1-5	鋼骨精度	138
4-1-6	今後的課題	148
4-2	耐火被覆工程	149
4-2-1	鋼構造與耐火被覆	149
4-2-2	耐火被覆工法的分類與施工性	152
4-2-3	濕式工法之耐火被覆	157

4-2-4	乾式工法之耐火被覆	159
4-2-5	合成工法之耐火被覆	160
4-2-6	今後的課題	161
4-3	樓板工程	162
4-3-1	鋼構造與樓板	162
4-3-2	樓板工法的分類	163
4-3-3	浪板留模特殊工法	170
4-4	帷幕牆工法	179
4-4-1	超高層建築與外裝	179
4-4-2	帷幕牆工法之分類	182
4-4-3	軀體與帷幕牆的關係	183
4-4-4	接合部的各種問題	187
4-4-5	製作與施工	193
4-4-6	玻璃	199
4-5	內裝工法	201
4-5-1	超高層建築與內裝	201
4-5-2	內牆工法	202
4-5-3	天花板工法	
	第五章 施工實例	
5-1	霞關大樓	216
5-1-1	工程概要	216
5-1-2	工程計畫	221
5-1-3	假設計畫	225
5-1-4	搬運揚重計畫	230
5-1-5	地下工程	243
5-1-6	鋼骨建造工程	252
5-1-7	耐火被覆工程	267
5-1-8	樓板工程	272
5-1-9	帷幕牆工程	289
5-1-10	裝修工程	299
5-1-11	防水工程	306
5-2	京王廣場飯店	310
5-2-1	工程概要	310
5-2-2	工程計畫	316
5-2-3	假設計畫	321
5-2-4	揚重計畫	322

5-2-5	鋼骨建造工程	324
5-2-6	耐火被覆工程	331
5-2-7	帷幕牆工程	334
5-2-8	內裝工程	344
5-3	高雄國賓大飯店	346
5-3-1	工程概要	346
5-3-2	工程計畫	351
5-3-3	假設計畫	353
5-3-4	地下工程——K-soil(泥水凝化工法)	357
5-3-5	鋼骨建造工程	364
5-3-6	帷幕牆工程	366
5-3-7	內裝工程	376
5-4	台北第一銀行大樓	379
5-4-1	工程概要	379
5-4-2	籌畫過程	382
5-4-3	地下工程	383
5-4-4	鋼骨工程	385
5-4-5	高層部鋼筋混凝土工程及樓板整體粉光工程	389
5-4-6	鋼骨防火被覆工程	391
5-4-7	帷幕牆工程	392
5-5	台電大樓	398
5-5-1	工程概要	398
5-5-2	工程計畫	402
5-5-3	地下工程	410
5-5-4	鋼骨工程	415
5-5-5	耐火被覆	419
5-5-6	樓板工程	421
5-5-7	帷幕牆工程	423
5-5-8	輕型鋼隔牆工程	431

第一章 序說

近年來台灣在短短數年間便連續建造了幾棟超高層建築，而整個建築界也因計劃案規模愈來愈大之趨勢，加上容積率的實現，往後超高層建築也不再是什麼稀奇之事，因此從整個營建發展的過程來看，我們已經啓開超高層建築之序幕而進入開發時代，如何使其正確地發展使其技術普及，藉以發展提昇國內的營建水準及房屋工業化是往後的課題。

就目前的狀況來看，如果我們想檢討有關高層建築的營建技術方面的話，首先應該徹底地明瞭到底我們過去已經開發了什麼，以及目前還留有什麼等待我們去開發。

然而我們的經驗終究有限，而外國尤其是歐美及日本在超高層方面經驗與實例比我們來得多，技術方面也比我們成熟，因此在檢討超高層發展方向的時候，順序上應該從探討國外發展的經過著手。甚至對國外工法的引進而提高我們在工法及構造開發上之能力。

1-1 歐美超高層建築工法的變遷

1-1-1 超高層建築發展的過程

雖然人類在建造高塔與城牆等聳高的建築物方面的歷史已經非常久遠了，不過以鋼鐵來建造大規模或高層的建築物要等到19世紀中期以後才開始起軀，水晶宮（Crystal Palace 1851）以及艾飛爾鐵塔（Eiffel Tower 1889）相繼建造。在這一段時期，以芝加哥為中心在建築方面也起了驚人的發展，1883年William L.B. Jeney以鋼骨建造了家庭保險大樓（Home Insurance Building），為第一幢耐火的超高層建築。

20世紀的時候，美國（以芝加哥、紐約為首）相繼地出現了摩天大樓，同時也漸漸地形成許多巨大的城市。

由於興起這樣高層的建築，輕量骨材、耐火被覆、輕量隔間、帷幕牆等的新材料新工法陸續的被開發了，同時在施工的技術方面也有了顯著的發展。

不過超高層建築再度盛行則是在第2次世界大戰之後，由於新的建材應世才有令人側目的發展。這時候建造的大樓，大部分類於用來誇示戰勝國的身份，相繼出現的建築物外觀多以鋁合金板、銅合金板、不銹鋼板等近代的金屬帷幕牆來美裝，後來也開始用新的反射玻璃加以包被的。

第2次世界大戰之後，以美國Building Reserch Institute為中心，對於陸陸續續出現的新材料與新工法加以開會檢討，而漸漸地整理出一些建築性能方面的新概念，同時又發表有關帷幕牆機能的見解，因此而成為世界超高層建築的先驅。其間除了上述的材料工法之外，對於矽質膠、聚硫膠等封縫材料也開始有了新的發展，同時由於受到蘇俄等預鑄混凝土技法的刺激，也開發了新的混凝土帷幕牆，許許多多的建築技術成果，在2次大戰後短短的數年內便予以掌握了。

反顧歐洲，雖然1920~1930年代，整個現代建築之思潮在歐洲蘊釀，而如密斯范得羅（MIES VAN DER ROHE）柯比意（LE COBUSIER）等巨匠，均曾提出超高層之計畫案，然而因歐洲經濟發展緩慢及保守思想之阻礙，無法付諸實現，因此歐洲發展的狀況就不如美國來得迅速，比方英國首都倫敦也直到1956年才廢止都市計畫之高度限制，雖然國家不同，情況也多少有所差異，但是整個歐洲大致可說是戰後才興起超高層建築。

由於國情不同，木材生產豐富的北歐也嘗試過發展木製的帷幕牆，不過整個歐洲的發展看來，一般建築走的是比美國樸實而保守的步調。由於他們位處颱風、地震等自然災害較少的地方，結構上的條件比較不那麼嚴謹，同時由於天賜予他們豐富的建材，因此產生了許多表情豐富的超高層建築。

1-1-2 工法上的變遷

(1) 高層建築施工上的特殊條件

高層建築通常由高層部及低層部兩部分組成，與一般建築工法比較的話，高層部特殊性較多。

高層部不管從內或從外看來都具有特殊的要求條件。不過如果從施工的本質來看，它道道地地是一個“交通不方便的偏遠地區工地”。雖然，高層建築通常建於市中心，表面上看起來它的交通很便利，事實上由於在施工上它設置的輸送設備極其有限，而速度也相當的慢，同時能夠使用的樓梯也不夠，所以絕對不是一個很便利的地方。因此在搬運資材、輸送人員方面就必須花費相當多的時間。

一般說來，偏遠地區的工程最好採用預製工法來施工。比方說，南極觀測小屋、富士山頂的建築，也都是因為偏遠而以預製工法來構築的。因此高層建築開發預製工法也是基於同樣的理由。

(2) 樓板之預製化

高層部的作業，多少都必須使用到腳架的。在建築工程上腳架通常是用作假設使用，以便利施工，但是對於偏遠的工程大量地使用假設腳架並不適當。因為假設物終究是要撤走的，如此來回就必須搬運兩次，而本身並沒有留下任何結果，這對於交通便利的工地來說或許還好，但是對於偏遠而交通不方便的工程來說，造成的損失也就不小了。

因此，對於高層部來說，假設物不要單純的只用作假設使用，最好還能留下來做為建築物的實際部分。綜合觀察的結果，樓板最適合充作假設使用，因此無論如何也要盡快先從這個部位施工起，以便利後續的工程。

爲了要達到這個目的，在本世紀的初期，也就是高層建築發展的同時，大家考慮將樓板預製化，而開發了浪板（Deck Plate）樓板工法。浪板在目前已經被普及到高層建築以外的建築領域去，而其各式各樣的規格也相繼應世了。

(3) 初期帷幕牆的出現

近代的高層建築，當然是由於鋼鐵玻璃的出現才發展出來的，不過，就以磚石壁式構造為主體的西洋建築技術來說，高層建築技術不愧是根本的「建造革命」。

在磚石造的時代，牆壁沒有砌築完成之前樓板是沒辦法構築的，而鋼鐵建造的時候，因爲有了柱梁，所以即使牆壁尚未砌築，樓板照常還是可以先構築。因此鋼鐵造的時候希望牆壁不要再像過去磚造的牆壁那樣的厚重。1851年水晶宮終於使用玻璃代替磚牆嵌入鋼骨中，明快地解決了這個要求。不過這只是一棟特殊的例子，一般實用的建築物還是使用磚頭來砌築外牆。但是那個時候，也曾出現了過去難以想像的薄磚牆，也就是所謂的「早期帷幕牆」。

現在我們所說的帷幕牆一般是指外牆而言，不過早期帷幕牆也使用在隔間牆方面，似乎有「輕的牆」、「不承重的牆」的含義。

早期帷幕牆的出現固然是爲了減輕鋼骨的荷重負擔，但是並沒有因此而將重點放在開發新的材料以求輕量化的方向上，而只是盡量削薄磚牆的厚度而已。同時，它只是一味地削減厚度及減少作業量，在另一方面似乎還沒有考慮到因此帶來的隔熱與隔音問題。

後來，隔間的帷幕牆就發展成粉刷牆（如K M S牆），外牆的帷幕牆則發展爲近代的帷幕牆。外牆之帷幕牆爲高層建築的前驅，如果將其成果抹除，單就隔間的粉刷、石膏板裝修以及金屬板網底等工法而言，實在算不了什麼高層建築獨特的工法了。

（4）近代帷幕牆的產生

現代的帷幕牆大概是從第二次世界大戰之後產生的，其領頭者應推聯合國大廈，從那個時候開始，才使得高層建築工法的特殊性活現，而人們對於帷幕牆所下的定義則改爲「帷幕牆，係指大部分在工場製作，在工地不用腳架吊裝的外牆」。

「不用腳架」是高層建築的一個特殊性。因爲高層建築是一個「偏遠而交通不便的工程」，基於前面所說樓板相同的理由，我們吊裝帷幕牆也盡可能排除使用腳架。

牆，一般可分爲外牆與內部隔間牆兩種，一般需要使用到大量腳架的是外牆部分。不過假如樓板如前面所說的能夠在構築外牆之前便建造完成，那麼構築外牆的時候，便可利用它來當作作業樓板，不必再另行架設腳架。而內部隔間牆因發展的順序關係，也就不必再去考慮了。

（5）金屬帷幕牆普及

聯合國大廈在近代的帷幕牆發展史上扮演著很重要的角色，尤其它首次採用鋁爲帷幕牆的主要牆材而更形重要。

在此以前，窗框幾乎都是用鐵製造的。在價格方面，鐵與鋁每噸的價格比是1：7，不過同樣的斷面其重量比約爲3：1，所以實際上的價格比應該是3：7。雖然鋁材的外觀比鐵美觀，而不易生鏽，但是價格上比鐵貴2倍以上，因此單就外觀的優勢尚不足以構成實用的材料。

但是自從鋁擠型開發之後，再怎麼複雜的斷面都可以一次壓擠成型，因此省略了很多製造斷面的工夫，至於省略的效果如何來評價，方法可能有所不同。不過在人工費用高昂的潮流中，聯合國大廈毅然採用鋁帷幕牆的事實，是否代表價格差異已經逆轉呢？假設價格上問題已經解決，但是並不是說這樣就保證它能夠獨占帷幕牆。

因爲，如前面所說的高層建築具有偏遠工程的特性，而必須設法排除假設工程，以帷幕牆來說就是盡可能設法排除腳架。但是並不是只有鋁材才具有這個排除腳架的可能，其他的金屬材料，甚至預鑄混凝土也同樣可以做到。同時由於外牆爲建築物的門面，爲了發揮建築物的個性，花費多少早已覺悟，因此好不容易獲得的造價有利性，也變得沒有決定性作用了。

結果，自從聯合國大廈採用不用腳架的金屬帷幕牆工法，後來的高層建築遂競相模仿，而發展出鋁、不銹鋼、青銅等等金屬帷幕牆的作法來。

(6) 混凝土帷幕牆的出現

現代帷幕牆存在的理由，徹底地說是因為在施工的時候它可以不必使用腳架。因此，如前面所說的只要滿足不必使用腳架的條件，不僅僅只有金屬能，預鑄混凝土應該也可以做為帷幕牆的材料。

不過，預鑄混凝土帷幕牆對於美國來說，還是相當昂貴的物品。這一點跟日本、歐洲等地區的帷幕牆建築的情況剛好相反，事實上美國並不像歐洲那樣普遍地採用大型混凝土部品，製作帷幕牆模板工工人以及製作工場也比較來得少，所以雖然說預鑄混凝土板為工業化製品，但實際的製造方式倒反而接近於訂購生產的方式，因此它的價格當然居高不下。

然而，建築師以及業主對於金屬帷幕牆開始表示不滿，因為雖然費盡心思設計，但是所建造出來的結果竟是類似的建築，於是開始對於混凝土的魅力產生興趣。這也就是為什麼混凝土帷幕牆發展得慢，而終究也成為現代帷幕牆工法的原由。

(7) 其他

以上是介紹國外（尤其是美國）高層建築工法開發的情形。當然除了這些之外，還有許多如空調系統，防水系統等的新工法，不勝枚舉，不過畢竟只有樓板與外牆工法才是真正專為高層建築而開發出來的工法。

1-2 日本超高層建築的發展與工法的變遷

1-2-1 超高層建築發展的過程

自從1910年代的初期，以丸之內為中心之大正房屋熱潮開始引進西洋的建築技術的時候日本曾嘗試了許多鋼筋混凝土與鋼骨為軀體的新工法。但是很不幸的由於1923年9月的關東大地震，竟然將這個正在萌芽的建築幼苗連根拔除，從那個時候開始建築技術就在都市建築法的高度限制下被壓抑了40年。

第二次世界大戰之後，1955年前後建築學會在開發都市的目標下組成了高層化委員會，利用這個契機開始指向超高層的技術發展。1958年發表了東京車站改築計畫，以及組織了改築計畫委員會之後，各界廣泛地展開耐震設計、防災、工法、設備、施工法等現實課題的研究，而研究的結果也一一公諸於世，從此超高層建築活動如火如荼的擴展開來。

1962年建設省在回答質詢時終於廢除了高度限制，而改行容積率制度，於是“高層建築1號”大谷旅館就因此誕生了。

日本建築學會對於這些超高層建築出現前的徵兆特別重視，在1961，62的大會中，每次都特別召開高層建築研究協議會，將研究的結果公開討論。另外建築業協會方面也設置了有關超高層建築實現之技術研究委員會，同樣的也發表了研究結果。而於1964年日本建築學會更將這些研究的累積總合起來成為高層建築技術指計，以供各界參考。

此外，以帷幕牆製造業為中心的工業會也組成類似的技術委員會，針對超高層建築的帷幕牆部份加以研究並整理結果。

就在展開研究的同時，神戶Port Tower·京都Tower Building等使用鋼管建築的碩大建築物也被建造起來，根據他們以及電視塔等的構築經驗，透過協會誌以及建設公司內的會報，將有關施工所遭遇的問題廣泛地向社會大眾介紹了。

不過，直到1966年霞關大樓開始興建的時候，100 m以上的超高層建築才算真正的實現，從那個時候，有關的材料、工法合理化以及開發研究等才落實。

1-2-2 日本超高層技術開發情形

(1) 預想開發帶來的技術問題

關於日本高層建築的開發，因為在歐美已經有很多的先例，因此在工法上能不能做得到，當初應該不是一個很重要的問題。反而都市計劃上的問題、耐震強度上的問題等日本特有的條件所引發的新問題及對於防火與避難等的問題方面需要重新加以檢討。

對於構造上來說，最主要的大概是骨架的層間變位所帶來的問題。

目前大家也漸漸開始重視這個層間變位問題，而提出種種的情況並且加以檢討。比方說能耐層間變位的防火牆、隔音牆、帷幕牆、電梯及上下配管等問題，以及防火牆的構造能適應層間變位的話，在避難的時候，隔煙效果又會如何呢？還有隔間牆的構造能適應層間變位的話，在打字的時候，其隔音性能又會變得怎麼樣呢？問題似乎有無限多，其中不乏難以解決的疑難雜症。

(2) 經濟及技術上問題

建築工程至少包含純粹的技術問題與經濟性問題兩種。不過任何純粹的技術問題如果肯花錢，很少有不可能做到的事，所以主要的問題只是使用一般的造價是否能解決技術性問題而已。

從高層建築與低層建築的一般差異來分析的話，由於受到容積率的限制，高層也好低層也好兩者的總樓地板面積還是相等的，不過高層建築比起低層建築其屋頂以及隔間牆的施工程量就減少了一些，同時走廊的面積也減少了一點，而外牆、樓梯與電梯的數量就增多了許多。如果這些差異能保持平衡的話，高層建築的造價與低層建築的造價應該可以拉近，但是事實上不可能，因為外牆的造價比隔間牆的造價高，而電梯的造價也比走廊的造價為高，因此愈是高層化，其間的造價差異也就愈明顯。

解決高層化所帶來的高造價的問題，方法似乎只有一個，那就是盡量以生產性高的工法來進行帷幕牆與樓板工程。不過因為高層建築是“一個偏遠的工程”，事實上工地的生產力很難提高，因此只好導入預製化，由工場來提高生產能力。

雖然工場的生產力可望提高，但是並不能因此而認為其結果可以降低造價，而比低層建築還來得便宜。

(3) 開發上的問題

儘管前面提出了相當多的問題，但是整理起來，其中不少問題很簡單的就可以解決。

比方說，有關層間變位問題，雖然主要的是來自地震因素，但是事實上風壓也同樣的會造成同樣的問題，因此還是有可能參考國外的先例，看它們是如何地來解決層間變位問題。

還有，或許可以從日常既有的經驗推衍，而對於層間變位更徹底的瞭解。比方說，可以從跑動的公車或電車上，發覺它的窗子所受到的震動影響比起建築物的窗子受到地震的影響還要來得大，而電梯或船隻上亦可以找到同樣的例子，它們都能滿足相當嚴格的要求條件，因此從這些日常的現象也可以帶給我們很多的啓示，並非一定要整個重新自行開發才可以。