

超高強度鋼筋混凝土建築結構 設計施工審核要項之研擬

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 102 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

超高強度鋼筋混凝土建築結構 設計施工審核要項之研擬

研究主持人：陳建忠

協同主持人：廖慧明

研究員：林克強、蔡江洋、夏沛禹、鄒本駒

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 102 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

超高強度鋼筋混凝土建築結構設計施工審核要項之研擬

目次

目次.....	I
表次.....	V
圖次.....	VII
摘要.....	IX
Abstract.....	XIII
第一章 緒論	
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究範圍及方法.....	4
第三節 既有文獻之回顧.....	7
一. 超高強度鋼筋混凝土建築之設計施工指針之研擬.....	8
二. 高強度鋼筋混凝土應用在高層建築之耐震性能探討.....	12
第四節 預期目標.....	15
第二章 審查內容重點	
第一節 日本 New RC 之發展經驗.....	17
第二節 審查加強之重點	22
一. 使用材料之性質.....	22
二. 構材性質之預先驗證	34
三. 分析方法之要求.....	36
四. 根據分析結果之斷面設計.....	37
五. 施工之可能性評估.....	38
第三章 審查作業流程	
第一節 審查適用對象.....	41
第二節 預審之申請.....	44
一. 提出申請時機.....	44
二. 提供預審資料.....	44
三. 確認是否進入詳細審查.....	45
第三節 詳細審查作業流程.....	46
一. 詳細審查.....	46
二. 審查結果判定.....	46
三. 審查報告書.....	47
第四節 審查流程.....	48

第四章 審查時提出之資料

第一節 預審時提出之資料.....	49
一. 建築設計概況.....	49
二. 結構計畫概要.....	50
三. 結構設計概要.....	53
四. 結構圖.....	55
五. 地質調查概要.....	55
六. 使用材料、特殊工法或裝置.....	55
七. 特殊工法及預定之實驗.....	56
第二節 詳細審查時提出之資料.....	57
一. 使用材料之認證.....	57
二. 構材性能調查或實驗結果.....	57
三. 特殊裝置之檢討.....	58
四. 結構安全檢討.....	58
五. 施工計畫.....	59
六. 施工管理與查核.....	61

第五章 耐震分析與性能評定

第一節 水平方向地震力之設定.....	67
一. 歷時反應分析之方針.....	67
二. 採用之地震波.....	68
第二節 動力分析所使用振動系模型的設定.....	69
一. 振動系模型的設定.....	69
二. 鋼筋混凝土造構材之遲滯迴圈.....	71
第三節 歷時反應分析結果.....	76
第四節 耐震性能之評定標準.....	78
一. 中小度地震.....	78
二. 設計地震.....	78
三. 最大考量地震.....	79
第五節 斷面設計之考量.....	80

第六章 施工計畫、品質管理與品質確保之審核要項

第一節 施工計畫概要.....	83
一. 施工之基本方針.....	83
二. 施工方法概要.....	84

三. 施工之管理計畫.....	84
第二節 混凝土工程.....	85
一. 混凝土種類及使用區分.....	85
二. 使用材料.....	85
三. 配比計畫.....	86
四. 產製與輸送.....	88
五. 搬運、澆置與養護.....	90
六. 品質管理.....	94
第三節 鋼筋工程.....	96
一. 鋼筋種類及使用區分.....	96
二. 加工及組立.....	96
三. 續接器、錨定板.....	97
四. 品質管理.....	99
第四節 預鑄化工程.....	100
一. 預鑄混凝土.....	100
二. 構材之預鑄化.....	100
三. 循環工法.....	102
第五節 施工品質之確保.....	106
一. 施工廠商與監造廠商應提報之計畫.....	106
二. 混凝土工程之品質確保.....	107
三. 鋼筋工程之品質確保.....	108
四. 預鑄化工程之品質確保.....	108

第七章 結論與建議

第一節 結論.....	109
第二節 建議.....	111
附錄一、評選委員發言單與廠商回應一覽表	113
附錄二、期中簡報紀錄與回應.....	115
附錄三、座談會紀錄與回應.....	123
附錄四、期末簡報紀錄與回應.....	125
附錄五、參考資料	
參考資料一 日本超高層建築物等之認定機關.....	131
參考資料二 日本高層建築性能評價表案例.....	133
參考資料三 高強度混凝土之彈性係數對地震反應之影響.....	137
參考資料四 日本和台灣之超高層鋼筋混凝土造建築物的耐震設計.....	151
參考資料五 高強度混凝土之耐火性.....	159

參考書目.....	163
-----------	-----

表次

表 2.2.1 SD685/SD785 鋼筋之力學性質表.....	24
表 2.2.2 斷面設計原則.....	38
表 3.4.1 審查之流程.....	48
表 4.1.1 建築物概要表.....	51
表 4.1.2 結構概要表.....	52
表 4.1.3 結構設計概要表.....	54
表 5.3.1 歷時分析反應結果例.....	77
表 6.2.1 使用高性能 AE 減水劑之高強度混凝土期單位粗骨材之標準值範圍..	88
表 6.3.1 鋼筋之品質管理、檢查方法例.....	99

圖次

圖 1.3.1 標準層平面及構架立面例.....	8
圖 1.3.2 典型柱、梁斷面.....	9
圖 1.3.3 骨材之種類和抗壓強度的關係.....	9
圖 1.3.4 SD590/685 鋼筋力學性質示意圖.....	10
圖 1.3.5 立體架構模型.....	10
圖 1.3.6 日本 New RC 高層建築結構設計流程.....	11
圖 1.3.7 預鑄混凝土接合部的概念.....	12
圖 1.3.8 預鑄構件之組立工程例.....	12
圖 1.3.9 高強度混凝土組成律.....	13
圖 1.3.10 軸力-彎矩交互影響圖與彎矩-曲率示意圖.....	13
圖 1.3.11 性能點.....	14
圖 1.3.12 各階段樓層力、層間位移及層間勁度.....	14
圖 2.2.1 SD685 鋼筋應力應變示意圖.....	25
圖 2.2.2 日本續接器評定書之例.....	26
圖 2.2.3 日本續接器設計指針之目次例.....	32
圖 2.2.4 日本續接器標準施工說明書之日次例.....	33
圖 2.2.5 RC 架構之載重-變形關係例.....	35
圖 3.1.1 螺紋節鋼筋.....	43
圖 3.1.2 填充式螺紋續接器.....	43
圖 3.1.3 預鑄用套管續接器.....	43
圖 3.1.4 螺帽型錨定器.....	43
圖 5.2.1 多質點振動系模型例.....	70
圖 5.2.2 勁度折減 Tri-Linear 模型.....	72
圖 5.2.3 Clough Model.....	73
圖 5.2.4 Takeda 模型.....	74
圖 5.2.5 Pivot 模型之象限.....	75
圖 5.3.1 以圖形顯出分析反應值.....	76
圖 6.2.1 材料強度使用分區圖.....	85
圖 6.2.2 以吊桶澆置柱構材.....	91
圖 6.2.3 混凝土澆置中止處理例.....	91
圖 6.2.4 柱及樓板的養護例.....	93
圖 6.3.1 檢討配筋之可能性.....	96
圖 6.3.2 機械式續接器.....	98
圖 6.3.3 錨定板.....	99
圖 6.4.1 外殼半預鑄柱安裝狀況.....	101
圖 6.4.2 半預鑄梁狀設狀況.....	102
圖 6.4.3 全預鑄工法的標準循環工程.....	104

圖 6.4.4 現場預鑄橢圓形外圍梁.....	105
圖 6.4.5 預鑄構材現場製作現場.....	105

摘要

關鍵詞：超高強度鋼筋混凝土、施工計劃書、歷時反應分析、預鑄混凝土構材

一、研究緣起

近年來有關超高強度鋼筋混凝土(New RC)於超高層建築工程之應用，各界感受到有迫切的需求也投入相當的心力。相關研究報告有「超高強度鋼筋混凝土建築設計施工指針的研擬」、「高強度鋼筋混凝土應用在超高樓層建築物之耐震性能探討」、「高強度鋼筋混凝土建築審核認可機制之探討」等，材料方面，國內高強度鋼筋、續接器及高強度混凝土的研究頗有成果，而國外相關廠商對於高強度鋼筋、續接器等也希望提供其產品及技術，進一步更計畫進行有關高強度鋼筋混凝土構件之本土化實驗研究。此外為了確保品質、施工合理化、生產性、工期縮短，超高層 RC 建築採用預鑄化也是必然的發展。如此等 New RC 建築之建造因材料強度及施工方式，可能或必須超過目前建築技術規則與結構混凝土設計規範的一般規定，如何確保設計的安全性及施工的可靠性成為此等建築物發展上的課題。然而作為結構材料性能優越的超高強度鋼筋混凝土，從某種角度看來可說是與現行傳統的鋼筋混凝土屬於不同的材料，為了其發展及普及此結構系統之應用非精確掌握其結構構材特性不可，目前，於日本使用超高強度鋼筋混凝土之超高層建築物，都必須進行基於構材彈塑性特性之結構分析、非線性動力地震歷時反應分析等。國內現行制度對於高度超過 50 公尺或特殊結構等，需進行主管機關委託審查機構的結構審查，另有使用超出技術規則之材料或施工方法則又將適用於「建築新技術新工法新設備及新材料認可申請」，惟此認可辦法適用於使用超高強度 RC 之超高層建築似乎有所不足，如上述 New RC 建築並非僅需高強度材料及施工方法的認定，整體結構分析設計方法的考量也極為重要。因此參考日本 New RC 高強度材料認定・認可辦法、設計施工審核制度以及內容的演變並兼顧國內法令制度與工程實務等實情，研擬適合於國內 New RC 建築之設計施工審核要項，以利 New RC 建築實際應用與發展。

二、研究方法及過程

1. 蒐集日本 New RC 發展過程及審查內容的演變，考量國內實情，期待能研擬出適用於國內之超高強度鋼筋混凝土設計施工的審核機制超高強度鋼筋混凝土建築設計施工指針之研擬。
2. 整合國內外之相關研究，建議出合乎國內需求之設計施工指針，將超高強度鋼筋混凝土的品質管理、施工計畫等具體化，混凝土建築之非線性構架分析明確化。
3. 彙整國內相關之審查機制，並參考日本建築學會出版之各種相關資料、日本建築中心「高層 RC 建築技術審查會」之審查內容及機制、及「混凝土構造評定委員會」之鋼筋及續接器等評定報告書等，擬定國內適用之設計施工審查要項內容。
4. 本研究的範圍將針對超高強度混凝土、鋼筋所衍生之材料特性、設計分析方法及施工技術等提供進一步的審查項目。並檢視國內尚須進行的研究項目，包括結構非線性分析方法的開發、構材性能實驗、高強度材料製作及施工技術、預鑄工法的推廣等。

三、重要發現

審視國內有關鋼筋混凝土高層樓之審查內容，適用於超高強度鋼筋混凝土造高層建築時尚有不足之處，因此建議增加之審查項目為(1)耐震設計方法，將要求考慮構材彈塑性行為之非線性歷時分析。(2)使用之高強度混凝土、高強度鋼筋、續接器、錨定鐵件等材料時，需經過主管機關之新材料認可。(3)採用預鑄積層工法時，應提出施工計畫，預鑄構材之接續方法或位置超出規範要求時，應以構材實驗方式證明其可行性。

適用對象為：(1) 主要結構構材使用混凝土設計強度高於 560kgf/cm^2 以及主筋採用 SD550、SD685 等級以上鋼筋的鋼筋混凝土

土結構。(2) 鋼筋混凝土造建築之結構施工方式採用預鑄工法者。審查之流程將包括預審及詳細審查兩階段，提出結構預審的時機為，於建築規劃中同時進行，確定結構計畫之概要、使用材料之強度、施工方法、特殊裝置之使用等。初審時審查委員會根據所提供圖說及當場詢問，確認是否進行詳細審查。

四、主要建議事項

建議一

舉辦研討會加強超高強度鋼筋混凝土審查要項及需求內容等的推廣：

立即可行建議

主辦機關：財團法人台灣建築中心

協辦機關：內政部建築研究所

超高強度鋼筋混凝土與現行傳統的鋼筋混凝土屬於不同的材料，須精確掌握其結構構材特性，目前於日本使用超高強度鋼筋混凝土之超高層建築物，都必須進行基於構材彈塑性特性之結構分析、非線性動力地震歷時反應分析等。當前國內對於高度超過50公尺或特殊結構等，需進行主管機關委託審查機構的結構審查，另如超高強度鋼筋混凝土有使用超出技術規則之材料或施工方法則又須適用於「建築新技術新工法新設備及新材料認可申請」。本研究所整理之審查要項及需求內容有必要先推廣給業界及審查單位瞭解，以利發展及普及此種結構系統之應用。

建議二

研擬超高強度鋼筋混凝土造高層建築結構設計施工審查之申請資料案例，提供申請者參考：

中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心、中華民國結構工程技師公會全國聯合會

本研究主要針對高強度鋼筋混凝土造高層建築，研擬設計施工審查項目，針對高強度材料所導致之特殊性，提供加強審查的要項。其內容包括高強度材料之特性、高強度鋼筋混凝土構材之特性、結構分析方法、構材之斷面設計、施工可行性評估等項目。其審查內容及流程等不同於以往，並含預審須提出之資料，雖與目前各主管建築機關委託結構審查之初步內容大致相同，但是高強度鋼筋混凝土建築，對於使用之高強度鋼筋及混凝土的結構性能，有超出目前規則或規範所記載者，以及施工方法為顧及品質管理及縮短施工期間，經常採用積層預鑄工法等不同工法，因此有必要研擬超高強度鋼筋混凝土造高層建築之申請資料案例提供申請者參考。

建議三

**研訂預鑄構材之設計施工指針及材料製品規範等，推動預鑄建築發展：
中長期建議**

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：社團法人臺灣混凝土學會

超高強度鋼筋混凝土在日本發展多年，高層建築已普遍使用，而其工法中，預鑄及半預鑄工法為關鍵技術。預鑄可大量減少現場施工工種與勞工數量，縮短工期，並有效提升結構構件施工品質，因此國內有必要研擬預鑄構材之設計施工指針，並透過更多有關高強度鋼筋混凝土的相關實驗與研究，制定出高強度材料、製品之規範，作為產業界進一步研發之依據。並推動中低層建築使用預鑄工法，同時也有助於超高強度鋼筋混凝土建築的發展。

Review Items on Structural Design and Construction for Buildings using Ultra High-Strength Reinforced-Concrete

Keywords, ultra high-strength reinforced-concrete, construction plan, time history response analysis, precast reinforced-concrete members

Abstract

In Recent years, for an application of ultra high-strength reinforced-concrete (New RC) on super high-rise buildings, the public, including researchers, building developer, building designer etc, not only have a strong interest but also have paid many efforts on it. The strengths of the New RC materials exceed range specified in the existing RC code in Taiwan. Basically, the characteristics of structure made by the New RC materials are different from that made by traditional RC material in many aspects, especially on a concept of application. Therefore, for development and wide application of this type structural system, its structural characteristics shall be clear understood. So far, use of the New RC materials on super high-rise seismic buildings in Japan has been very mature. In Japan, the design of buildings using the New RC materials shall be based on analysis considering elastic-plastic behavior of its members and containing inelastic dynamic time history responses of the whole structure. According to Taiwan's official review system of building structure, a procedure of peer review for a building structure should be lunched as the height of building exceeds 50 meters. In addition, if a building structure adopts some materials that exceeded limitations of the related latest codes, a recognized application for new material and new construction methodology should be approved by an authorized building administration. For an initiation of developing New RC buildings in Taiwan, the recognized application gives a basic and necessary qualification for constructing New RC buildings but it is less help to positively develop the New RC industry. In fact, it needs more practical experience accumulations efficiently including material certification, analysis and design methods of individual members and whole structure, and details and arrangement of construction than just a recognized application of the new methodology. For helpful developments of Taiwan's New RC technologies on buildings, the aim of this report is to establish the review items that consider Japan's experiences and Taiwan's engineering practices. This establishment of the review items is focused on special parts on analysis, design and construction of New RC building exception Taiwan's existing "Commissioned Review

Principles of Special Structure”. The key points of the review items include (1) mechanical properties of the special materials used, (2) behaviors of structural members made by the materials, if needed, prequalified experiments may be conducted, (3) proposing inelastic time-history analysis method in this report to understand the overall ultimate behavior of a structure, (4) design and analysis of structural members considering a stress state under the structure reaching a maximum deformation condition, (5) feasibility estimation of construction. To rapidly and effectively accumulate engineering experiences on the New RC buildings, single review unit is recommended in this report at beginning development stage of the New RC building.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

近年來有關超高強度鋼筋混凝土(New RC)於超高層建築工程之應用，各界感受到有迫切的需求也投入相當的心力。相關研究報告有「超高強度鋼筋混凝土建築設計施工指針的研擬」、「高強度鋼筋混凝土應用在超高樓層建築物之耐震性能探討」、「高強度鋼筋混凝土建築審核認可機制之探討」等，材料方面，國內高強度鋼筋、續接器及高強度混凝土的研究頗有成果，而國外相關廠商對於高強度鋼筋、續接器等也希望提供其產品及技術，進一步更計畫進行有關高強度鋼筋混凝土構件之本土化實驗研究。

有鑑於此，預測國內今後充分利用超高強度鋼筋混凝土的超高層建築物將會漸漸普及，並隨著活用超高強度鋼筋混凝土的特性，不久將來不僅是超高層建築物，中高層建築的廣泛利用也是指日可待，然而作為結構材料性能優越的超高強度鋼筋混凝土，從某種角度看來可說是與現行傳統的鋼筋混凝土屬於不同的材料，為了其發展及普及此結構系統之應用非精確掌握其結構構材特性不可，目前，於日本使用超高強度鋼筋混凝土之超高層建築物，都必須進行基於構材彈塑性特性之結構分析、非線性動力地震歷時反應分析等。

另一方面，隨著鋼筋混凝土(RC)建物的高層化，鋼筋的高強度化和大直徑化的需求也提升，因此有關於高密度配筋和鋼筋彎曲加工等配筋設計施工的範疇內，發生了種種技術上的問題。因應此問題，市場上開發了銲接式高強度剪力箍筋、灌漿式機械續接器及機械錨定鐵件等，以便進行超高層 RC 建物的設計、施工。目前有些中高層 RC 建築物，也有於結構設計完成後，施工的階段中，為無法獲得合理的鋼筋配置的案例。此因為於結構設計階段中未能先行考量配筋設計所致。於結構設計階段，結構設計和設計圖製作常被分別作業，配筋詳細圖於設計階段未

製作完成前，即進行施工的事例甚多。而高強度、大直徑鋼筋的情形，柱梁接合處配筋細節處理，等到施工階段有時將難以進行調整。因此使用高強度、大直徑鋼筋之 RC 建築物，必須於結構設計階段時，即考慮此配筋原則與細節，製作出配筋詳細圖，確認柱梁接合部之配筋細節符合設計圖說及標準施工說明書等。如果無法如設計所預想的方式配置柱梁接合部鋼筋，將無法保證 RC 建物的結構性能。

此外為了確保品質、施工合理化、生產性、工期縮短，超高層 RC 建築採用預鑄化也是必然的發展。預鑄化有下述之優點：

(1)品質的安定:傳統工法的結構體構築受技術人員、天候、施工條件等常導致混凝土的不安定，造成結構體品質很大的變動，預鑄化可除去這些不安定因素外，同時配筋、模板的精度也提升，或部分機械化施作獲得安定的製品；

(2)工期縮短:傳統工法通常以約 7~11 天完成一個樓層的工程循環來進行，預鑄化可縮短至 5~8 天。整個超高層 RC 建築則可縮短幾個月的工期，另外預鑄結構體本身已具有一定的強度，可減少支撐或提早拆除，混凝土澆注後的第二天即可進行下一樓層的工程，或內裝工程可提早開始。特別是受天候的影響小，容易工程管理；

(3)減少高處的鋼筋、模板作業，提升安全性，同時大量減少模板使用，為對地球環境有利的優良工法。

如上述此等 New RC 建築之建造因材料強度及施工方式，可能或必須超過目前建築技術規則與結構混凝土設計規範的一般規定，如何確保設計的安全性及施工的可靠性成為此等建築物發展上的課題。

目前國內對於高度超過 50 公尺或特殊結構等，需進行主管機關委託審查機構的結構審查，另有使用超出技術規則之材料或施工方法則又將適用於「建築新技術新工法新設備及新材料認可申請」，惟此認可辦法適用於使用超高強度 RC 之超高層建築似乎有所不足，如上述 New RC 建築並非僅需高強度材料及施工方法的認定，整體結構分析設計方法的

考量也極為重要。因此參考日本 New RC 高強度材料認定・認可辦法、設計施工審核制度以及內容的演變並兼顧國內法令制度與工程實務等實情，研擬適合於國內 New RC 建築之設計施工審核要項，以利 New RC 建築實際應用與發展。

第二節 研究範圍及方法

鄰國日本自 1988 年開始由政府主導積極推動高強度鋼筋混凝土研究發展計畫，為五年期的國家型研究計畫，簡稱 New RC 研究計畫，至今 New RC 建築已超過 700 棟，最高 59 層高達 200 公尺，顯示該工程技術應用已趨成熟。國內近年來對於相關課題亦投入相當的心力，惟 New RC 建築之發展尚處於研究階段，開發建設廠商雖對此種建築物感到應興趣卻又抱著觀望心態。此乃國內尚未整合出一套 New RC 的審核認定標準，可說是主要原因之一，不確定的審核內容、不確定的審核期間，將使廠商裹足不前。有鑑於此，參考日本 New RC 發展過程及審查內容的演變，考量國內實情，期待能研擬出適用於國內之超高強度鋼筋混凝土設計施工的審核機制。

具體作法為彙整國內相關之審查機制，並參考日本建築學會出版之各種相關資料、日本建築中心「高層 RC 建築技術審查會」之審查內容及機制、及「混凝土構造評定委員會」之鋼筋及續接器等評定報告書等，擬定國內適用之設計施工審查要項內容。同時建議國內須進行的研究項目，包括結構非線性分析方法的開發、構材性能實驗、高強度材料製作及施工技術、預鑄工法的推廣等，商請學術單位及相關業者參與實際的研究，研究過程中邀請專家學者以座談方式檢核研究內容之可行性。

日本於高層混凝土建築的發展過程中，審核機制已由初期的單一機構擴展到成熟期的指定多處審查機構，可見審核內容項目已趨於標準化，其中許多成果都可由報告或圖書取得，利於直接引用，或參照國情透過國內專家之建議討論加以修正。因此採用如此研究方法可於最短時間達到最佳的成果。

目前國內已有高層建築結構設計審查辦法，由主管建築機關委託學術單位、建築師及技師公會等進行審查。審查內容已相當完備，且運作已相當順暢，對鋼筋混凝土建築而言，僅適用於現行鋼筋混凝土設計規

範所規定之一般強度鋼筋混凝土造的高層建築物。主要審查項目有(1)建築及基地概況，(2)結構系統，(3)設計載重，(4)結構分析，(5)結構材料，(6)結構設計細部，(7)臨時開挖擋土措施，(8)與結構安全相關之施工系統，(9)結構設計圖。

高強度鋼筋混凝土材料與結構之特徵有

(1) 一定以上強度的混凝土其彈性係數、抗壓強度時之應變、抗拉強度不會隨強度大增大而變大，另外，潛變係數、收縮應變，乾燥收縮應變小，而自收縮應變大。

(2) 達到混凝土抗壓強度時幾乎為彈性，抗壓強度後急速破壞，最大強度以後之斜率的控制必須有某種程度以上的橫向圍束鋼筋量，已獲得足夠之韌性，圍束鋼筋量不足時，欠缺改善效果。

(3) 初期勁度之評價方法，幾乎與普通強度的混凝土相同。高強度混凝土之裂縫為貫穿粗骨材，形成平滑的破壞面、此構材之裂縫影響剪力傳遞路徑。

(4) 主筋為高強度鋼筋時，降伏變形變大，有時於主筋降伏達彎曲極限強度前，因混凝土達到極限壓應變而達最大強度。彎曲極限強度之計算，必須考慮高強度鋼筋與混凝土的應力-應變關係。

(5) 剪力強度，使用適切的有效抗壓強度係數，可根據以往的剪力極限強度計算式求出。

(6) 界限變形，與使用普通強度之混凝土相同，軸力比的大小及構材抗壓性能或規定抗壓性能之結構因素將成為性能評價的基本。

高層鋼筋混凝土結構物的施工，大多使用柱及梁為預鑄構材而現場組立的工法。常用的工法有(1)將柱、梁構材預鑄化，柱梁接合部為現場澆置混凝土的工法，(2)柱構材預鑄化，接合部及梁構材結合成一預鑄構材，於梁中央部接合的工法，(3)柱構材與接合部結合為一預鑄構材，梁構材預鑄化，於梁端部接合工法。柱梁架構建物之柱梁接合部，大地震時之應力相當高，

確保其耐震性能及保握這些性能對架構恢復力特性的影響是重要的。

有鑑於此，本研究的範圍將針對超高強度混凝土、鋼筋所衍生之材料特性、設計分析方法及施工技術等提供進一步的審查項目，主要增加之審查項目為

- (1)耐震設計方法，將要求考慮構材彈塑性行為之非線性歷時分析。
- (2)使用之高強度混凝土、高強度鋼筋、續接器、錨定鐵件等材料時，需經過主管機關之新材料認可。
- (3)採用預鑄積層工法時，應提出施工計畫，預鑄構材之接續方法或位置超出規範要求時，應以構材實驗方式證明其可行性。

第三節 既有文獻之回顧

日本自 1988 年度開始積極推動為期五年的國家研究型計畫「高強度鋼筋混凝土研究發展計畫」，簡稱為 New RC 研究計畫，其主要成果有(1)高強度、超高強度鋼筋混凝土用材料的開發，(2)施工基準之開發，(3)結構性能評估方法之開發，(4)設計方法的開發。因此目前日本東京首都圈，應用 New RC 於五十餘層樓超高層建築已習以為常，大幅節約工程材料，環保效益彰顯；且採用預鑄構材之積層工法施工，工期可縮短，蔚為風氣。

有鑑於此，除了參考日本研究應用的成果及施工經驗外，國內近年來對於 New RC 材料開發及設計施工方法也投注相當的心力。2007 年由財團法人台灣中心與台灣省土木技師公會主辦，內政部營建署、內政部建築研究所及行政院公共工程委員會之指導下，於台北及高雄各舉辦了「新世代超高強度鋼筋混凝土構造工程技術研討會」，邀請日本學者專家就 New RC 的發展、結構計畫及分析方法、結構安全評估方法以及施工實例進行精闢的演講。

2009 年由廖慧明博士(協同主持人)邀請四位日本資深學者專家來台，舉辦第二次演講會，內容涵蓋(1)結構計劃和耐震設計的現況和性能評價，(2)New RC 技術之演變，構造種別之推移，混凝土強度與建物高度之關係，主筋及剪力筋強度之使用範圍，基本週期之分布，(3)日本建築中心性能評估之流程，(4)超高層鋼筋混凝土造建築之施工計劃與管理，提供現場預鑄工法的相關資訊。

2011 年 9 月 19 日於台北舉辦第三次「新世代超高強度鋼筋混凝土構造工程技術研討會」，內容除了 2011 年 3 月 11 日之東日本大地震之介紹外，也將日本普遍實施之設計方法及最新施工技術加以詳細介紹。主題為(1)東日本大震災與 RC 造建築物之受害，(2)日本高強度 RC 造建築物之設計，包括耐震設計概要、構材設計與性能值，(3)日本最近超高層 RC 造建築物之施工例。

國家地震工程研究中心也於 2011 年成立「台灣新型高強度鋼筋混凝土結構研發」平台，整合國內相關研究人力與資源研發此結構系統，並期能落實應用於工程實務中。為使工程界更瞭解日本在此領域之工程技術進展與國內研發情形，於 2012 年 5 月 29 日邀請日本及國內學者專家舉辦了「超高強度材料於高層 RC 建築之應用研討會」。

除上述舉辦各種研討會、座談會外，內政部建築研究所針對 New RC 課題也投入相當心力，在此，就建築研究所協同研究報告中有關 New RC 設計及分析的相關研究概述如下：

一. 超高強度鋼筋混凝土建築設計施工指針之研擬(參考書目 16))

上述研究報告於 2009 年所提出，期待可供業界推展超高強度鋼筋混凝土建築構造的指引，依循其設計施工之要求與要點的指導，引進開發優質的建築個案。主要內容如下：

(1) 結構計劃

建議採取之規則性結構系統、標準結構構材、結構體之要求目標性能、構材製造與工地施工可行性之確認

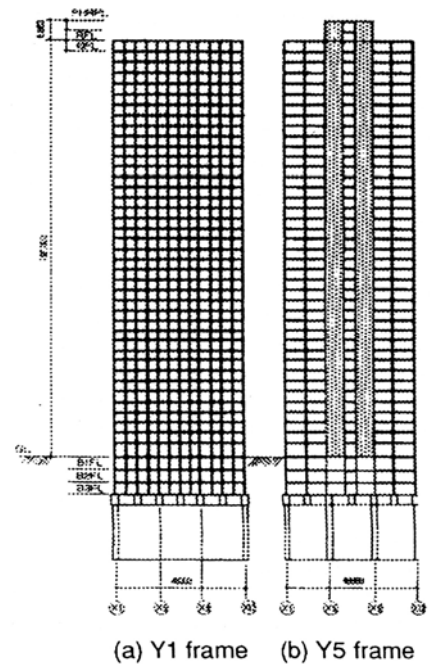
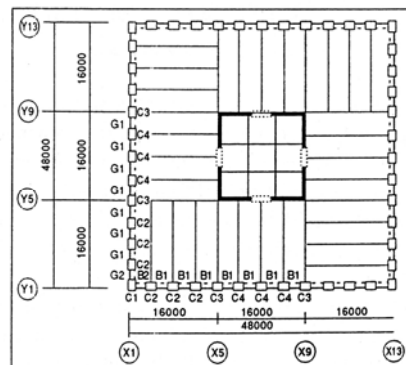


圖 1.3.1 標準層平面及構架立面案例

【資料來源:參考書目 1】

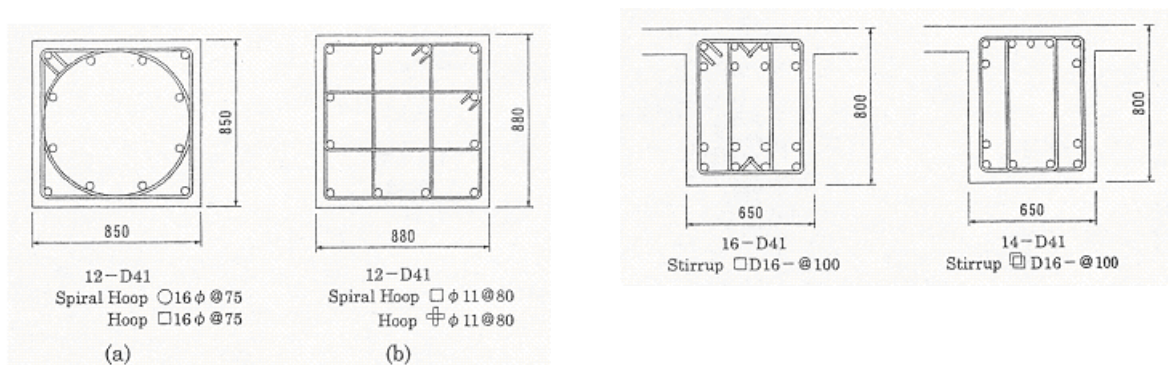


圖 1.3.2 典型柱、梁斷面

【資料來源:參考書目 1】

(2) 高強度鋼筋混凝土之材料與構材性能

材料與構材之品質目標及性能要求、設計時應有的施工考量、高強度混凝土之性能要求、高強度混凝土使用材料之一般事項、混凝土配比強度與結構強度、高強度鋼筋、高強度鋼筋混凝土構材之力學特性

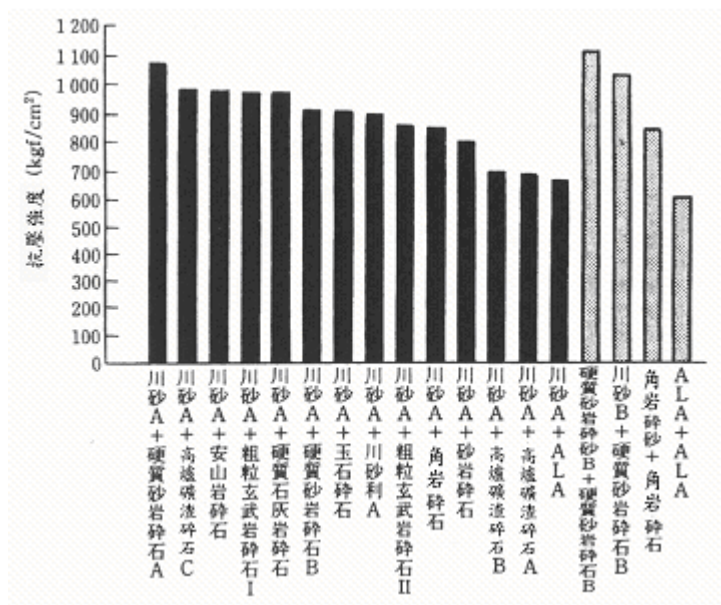


圖 1.3.3 骨材之種類和抗壓強度的關係

【資料來源:參考書目 3】

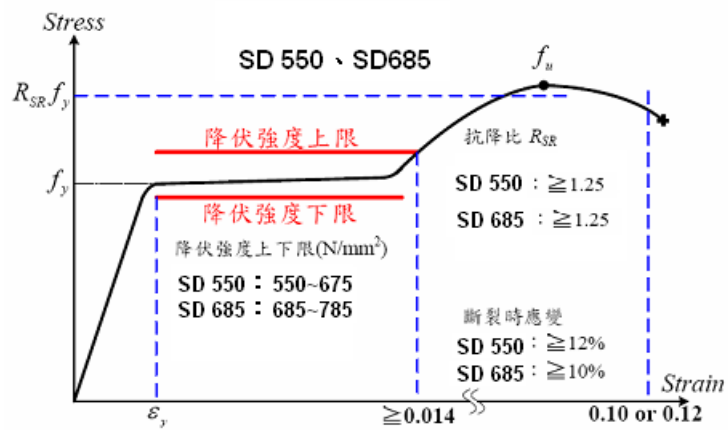


圖 1.3.4 SD590/685 鋼筋力學性質示意圖

【資料來源:參考書目 16】

(3) 耐震設計與分析方法

耐震設計基本原則、耐震設計之判定基準、結構物之模擬方式、構材之反復受力特性、地震設計的方向性、根據靜力分析之耐震性能的確認、基礎構造、根據動力分析之耐震性能的確認

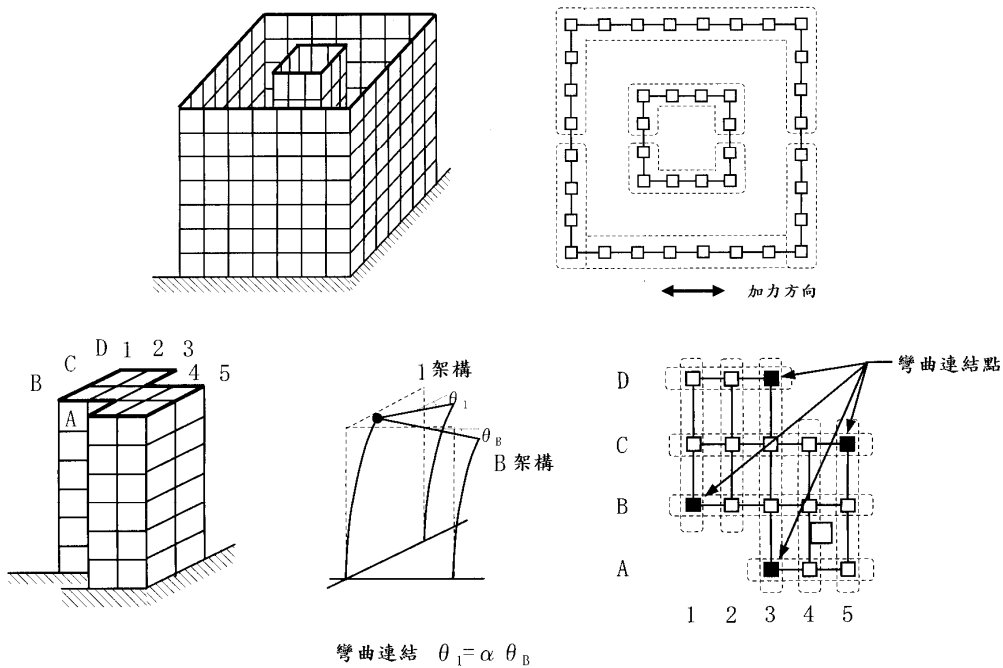


圖 1.3.5 立體架構模型

【資料來源:參考書目 33】

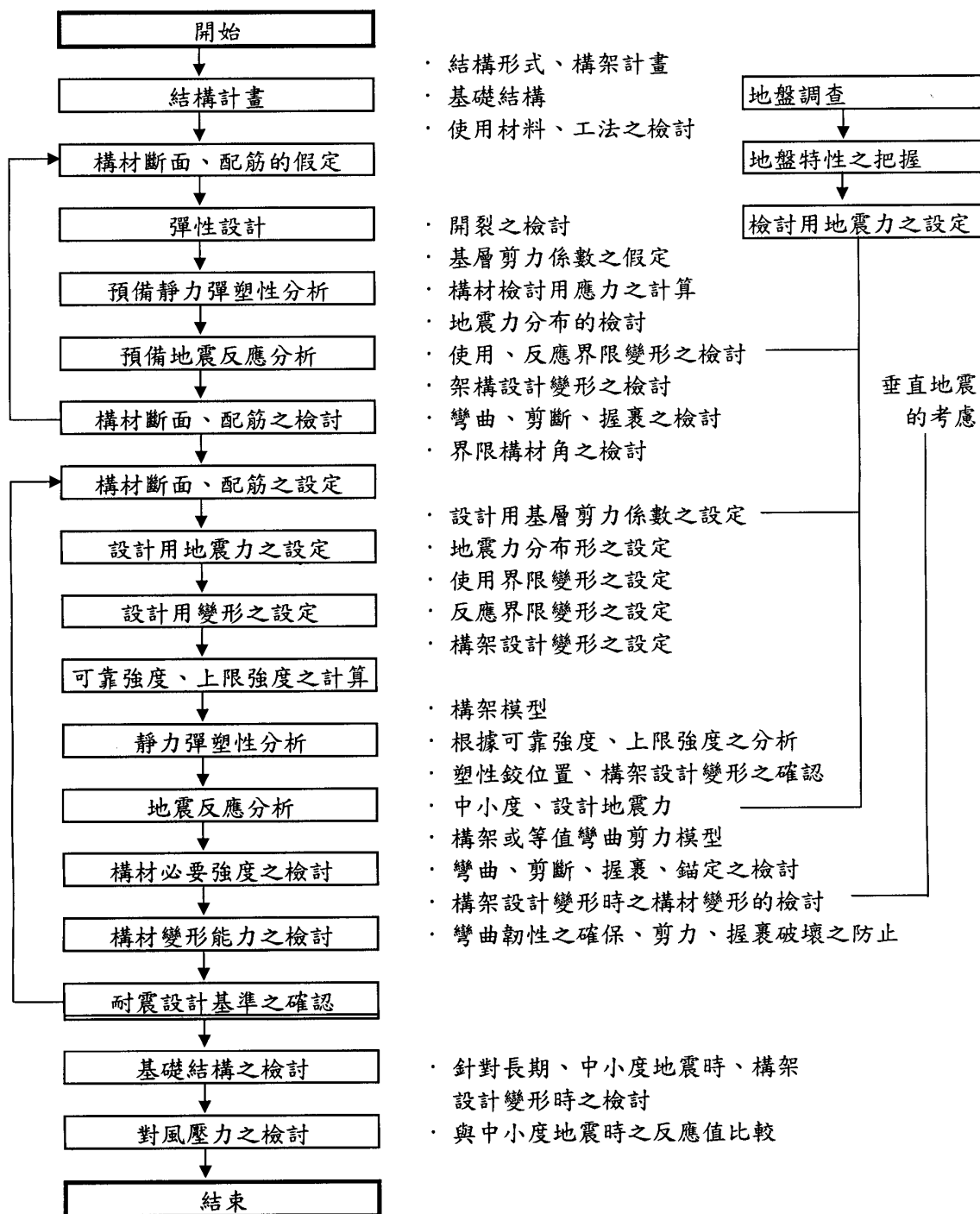


圖 1.3.6 日本 New RC 高層建築結構設計流程

【資料來源:參考書目 16】

(4) 預鑄混凝土構材之結構性能要求
性能要求、設計原則、細部規定

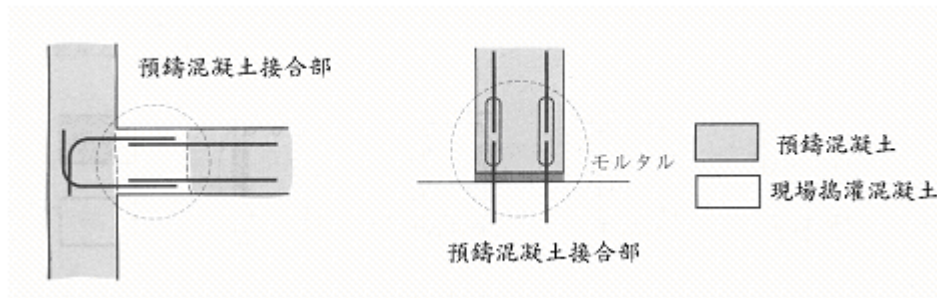


圖 1.3.7 預鑄混凝土接合部的概念

【資料來源:參考書目 34】

(5) 施工與管理

特殊工法之必要性、混凝土之發包製造及輸送、預鑄構材之組裝、
施工計劃及施工管理、施工品質之管理、施工品質之確認。

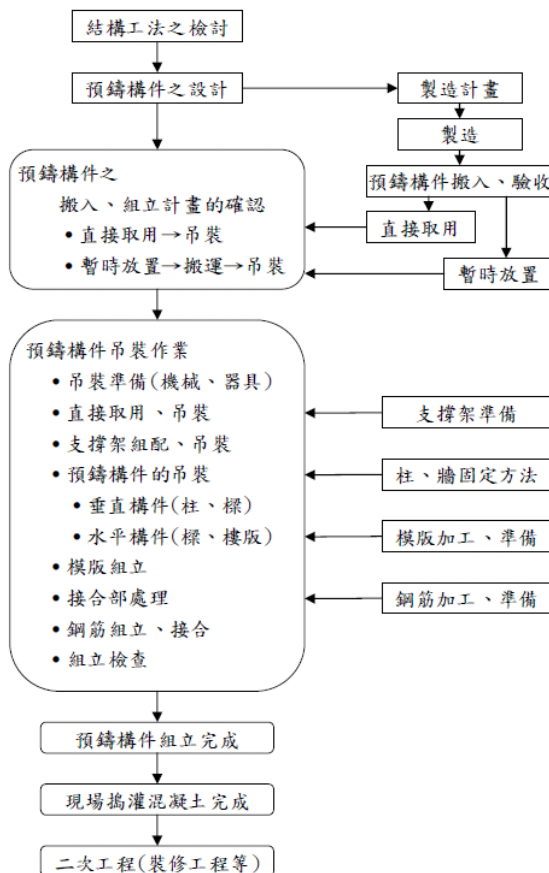


圖 1.3.8 預鑄構件之組立工程例【資料來源:參考書目 5】

二. 高強度鋼筋混凝土應用在超高層樓建築物之耐震性能探討

上述報告(參考書目 17)於 2011 年所提出，研究內容為參考相關高強度鋼筋混凝土之力學行為計算方式，透過與實驗之比對，確定研究所採用的高強度混凝土組成律與剪力公式等之適用性，並提供視窗化作業環境，有效的建立結構分析軟體所需之前後處理分析工具，並依據日本案例之分析，建立超高樓層建築物之分析流程並制定檢核標準。主要內容如下：

(1) 高強度鋼筋混凝土構件非線性行為之探討

高強度混凝土組成律、構件撓曲行為、構件剪力行為、構件塑角設定、高強度鋼筋混凝土單柱容量曲線之分析比較、高強度混凝土構材實驗資料與理論分析比較

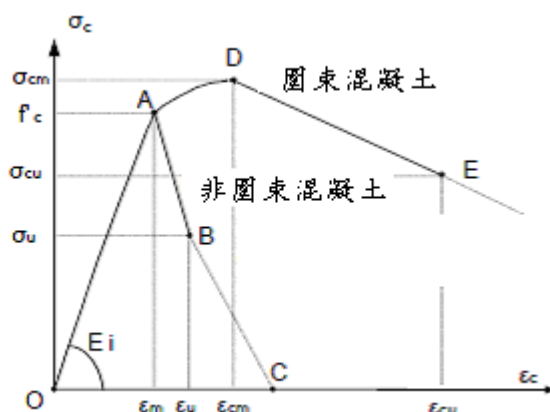


圖 1.3.9 高強度混凝土組成律(六車模型) 【資料來源:參考書目 17】

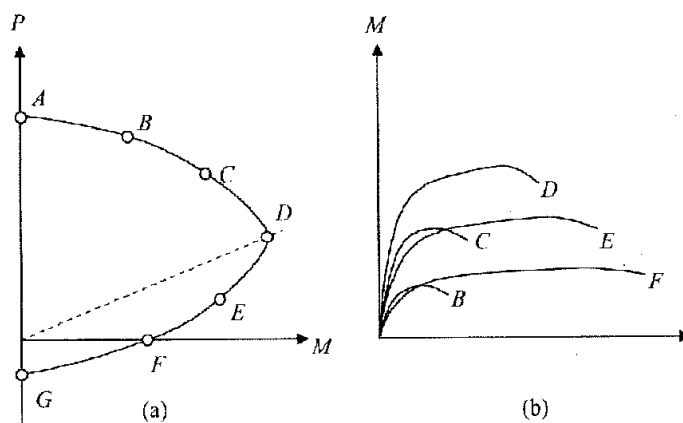


圖 1.3.10 軸力-彎矩交互影響圖與彎矩-曲率示意圖 【資料來源:參考書目 17】

(2) 以結構性能為基準之高強度鋼筋混凝土建物耐震能力評估

改良式耐震能力評估法、耐震能力評估流程、耐震能力合格與否之判別

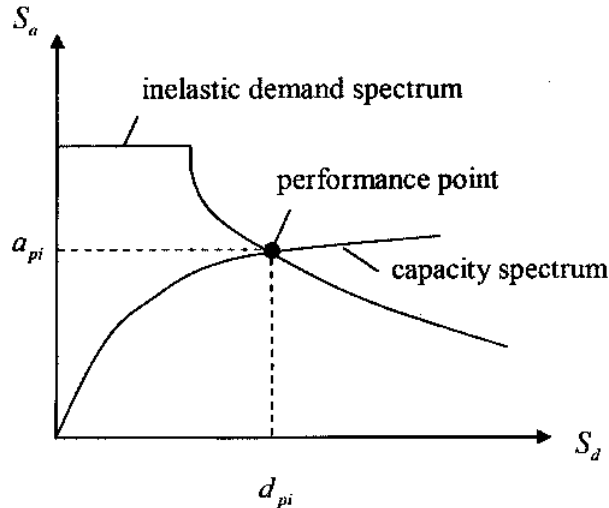


圖 1.3.11 性能點 【資料來源:參考書目 17】

(3) 高強度鋼筋混凝土建築物耐震能力評估檢核系統介紹

輔助分析系統之設計目標、輔助分析系統分析及設計、輔助分析系統實作

(4) 超高層建築物結構耐震性能評估及探討案例

結構模型建立與側推分析、多質點模型建立與非線性動力分析

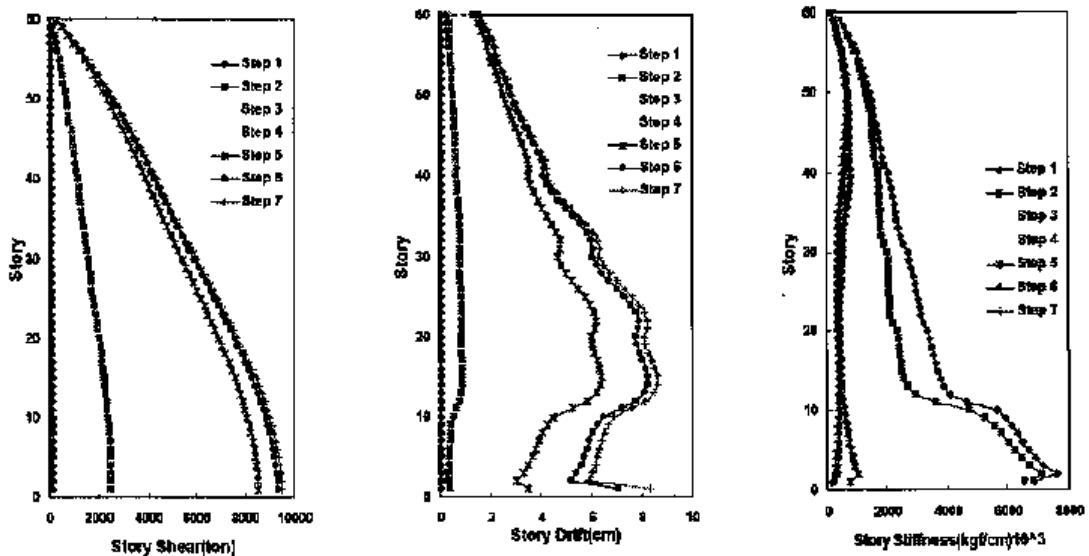


圖 1.3.12 各階段樓層力、層間位移及層間勁度 【資料來源:參考書目 17】

第四節 預期目標

本研究之預期目標如下述:

1. 完成超高強度鋼筋混凝土設計審核要項編輯。
2. 完成超高強度鋼筋混凝土施工品管審核要項編輯。
3. 建議高強度混凝土製造商、高強度鋼筋相關材料之認可辦法。
4. 建議國內審核認可機制的建立。
5. 建議未來超高強度鋼筋混凝土實驗研究課題方針。

第二章 審查內容重點

第一節 日本 New RC 之發展經驗

日本於 1981 年導入所謂新耐震設計法而修正建築基準法施行令，其中指出「高度 60 公尺以上建築物的結構計算，必須為建設大臣認定之可確認該建築物結構強度上安全的結構計算」。但是並未出示具體的結構計算法。日本高層建築物構造評定委員會(1986 年 6 月)提出動力分析用地震力，將建築物耐用年限中可能遭遇 1 次以上地震定義為等級 1 地震，過去及將來可能之最強地震定義為等級 2 地震，標準地震波形必須使用具地區特性之地震波形，及含有長周期成分等之地震波形共 3 地震波以上。地震的強度規定，支持層為堅實地盤，並具有剛強地下部分的建築物，地表面的地震最大速度，等級 1 地震為 250mm/sec 以上，等級 2 地震動為 500mm/sec 以上。

根據新耐震設計法，雖說日本已可建設超高層建築物，但是 RC 結構一直以來被認為缺乏韌性，耐震性尚有令人無法安心的地方，因此根據行政指導持續長期間被限制於 20m 以下之低樓層建築。而經過多次震災的經驗後，產官學協力進行實驗性研究，開發出對地震具足夠韌性抵抗的 RC 構造技術。更因 RC 結構具有高遮音性，樓板振動問題較小等優點，適合高層化集合住宅，最近幾乎與鋼結構同數或以上之 RC 造超高層建築物取得國土交通大臣的認定。造成此契機的是，日本建築中心所設立「高層鋼筋混凝土造技術檢討委員會」(1985 年 1 月)和以使用高強度 RC 構造技術開發為目標之「鋼筋混凝土造建築物之超輕量・超高層化技術的開發」(通稱 New RC 計劃，1988~1993)總合技術開發計劃。

隨著大規模集合住宅的需要，從 1970 年代末以大型建設公司為中心進行了建設高層 RC 造集合住宅之技術開發，同時也向日本建築中心提出接受評定之案件。但是，當時審查專家側及受審查設計者側對於高層 RC 造之技

術問題並未充分的整合，結果形成評定作業花費極大勞力和時間。因此於日本建築中心設置了「高層鋼筋混凝土造技術檢討委員會」，各公司獨自開發之設計・施工技術於各委員會個別檢討，詳細審議結構設計規格書、施工品質管理計劃書，根據試設計確認設計方法，根據施工實驗確認施工方法。

建議之結構設計方針為，形成韌性梁先行降伏的降伏機構，期待結構物塑性化的同時，也要防止導致建築物崩壞之構材的脆性破壞。委員會設置當初並無技術標準等，大型建設公司提出其獨自檢討之設計方法或施工方法出席檢討委員會，與學識經驗者之委員進行攻防，於相互試行錯誤中產生出新的技術。但是中型建設公司或設計事務所接受檢討委員會審查時，漸漸失去企業的技術獨自性，學識經驗之審查側累積更多的經驗知識，檢討委員會對於申請者漸漸變成進行技術指導，名稱也變更為「高層鋼筋混凝土造技術指導委員會」，1998年委員會活動結束。此技術檢討(指導)委員會，對於高層 RC 造建築物的設計・施工技術能於中型建設公司間普及扮演著非常大重要的角色。

建設省鑒於高層住宅建設需要升高，提出「New RC 計劃」針對建造高強度混凝土及鋼筋之 RC 造超高層建築物時必要的技術開發，得到民間建設公司及大學關係者之協力而得以實施。研究活動分別為高強度混凝土、高強度鋼筋、構造性能、設計、工法等分科會。對象之材料為，抗壓強度 $300\sim 1200\text{kgf/cm}^2$ 之混凝土和降伏強度 $4000\sim 12,000\text{kgf/cm}^2$ 的鋼筋，根據此研究， 600kgf/cm^2 為止的混凝土， $7,000\text{kgf/cm}^2$ 為止的鋼筋得以實用化。此外，也製作高強度混凝土的配比設計和品質管理基準，高強度鋼筋之製造及使用基準，確立材料、結構構材、架構之基本性能評價法。有關結構設計製作地震反應評價指針、結構設計指針，關於施工也製作標準施工指針。結構設計方法中，對於等級 1 地震之性能目標為，結構構材及非結構構材不得產生破壞，對於等級 2 地震則為，除根據地震反應分析確認其不會倒塌外，並以靜力側推分析確認架構之降伏機構及水平強度。另

外於設計用地震定義工學上的基盤位置，考慮由於地盤的放大效應，及水平 2 方向地震和垂直地震的影響。

日本更於 2000 年 6 月導入「界限強度計算」之新結構設計方法。於超高層建築物之特例中指出「超高層建築物之結構計算，因應建築物之構造方法、振動性能等，必須依據建設大臣所定基準進行結構計算，連續把握載重及外力導致建築物各部所產生的力量及變形，才可確保建築物結構強度上安全」。進一步要求確定性能的結構計算(歷時反應分析)，成為評定時必須審查的焦點。此外，超高層建築物之結構性能評價開放指定性能評價機關，各自根據所製作之「歷時反應分析建築物性能評價業務方法書」實施評價業務。

目前日本於高層建築物之設計，有關設計地震波為，從代表性觀測地震波中考慮建設地及建築物之特性適切選取 3 波以上，等級 1 地震最大速度為 250mm/sec，等級 2 地震最大速度為 500mm/sec，而將其乘上地震地域係數之值基準化，進行結構性能之檢討。建築物之地震反應分析方法，必須為可評價結構物主要部分的破壞及建築物崩塌的方法。實際的做法為，將結構物進行預設水平力分布之側推分析，定出彎曲剪力質點系模型的恢復力特性，針對輸入地震進行彈塑性地震反應分析。推定建築物與地盤之動態相互作用大的時候，則使用考慮其影響之質點系模型。

質點系模型的反應無法評價結構構材所作用之力與變形，因此對於等級 1 地震，從(a)最大層間位移角大小，(b)從大於質點系模型最大層剪力之層剪力，根據架構靜力側推分析所得結構構材之應力值，來確認結構構材不會發生破壞。對於等級 2 地震，從(a)最大層間位移角之大小，(b)層之最大塑性率大小，(c)於超過質點系最大可能地震反應之變形，根據架構靜力側推分析所計算構材的塑性率及脆性破壞寬裕率的大小，確認建築物不會崩塌。

關於高強度材料之想法為，高強度混凝土之製造被要求比通常之混凝土有更安定的材料品質及更確實的製造管理。強度超過 600 kgf/cm²之混凝

土，通常需使用特殊混凝土或加入矽灰等混和材，骨材則碎石、碎砂比川礫石、川砂可得較高的強度，骨材應經試拌和確認其強度後再使用。為了提高工作性加入減水劑等，減水劑之添加量及坍度保持能力，根據減水劑種類、水泥種類及混凝土溫度等而有所不同，應利用試拌和來確認。

通常高強度混凝土使用於垂直構材的柱，使用柱模擬構材澆置混凝土，進行確認結構體強度之實大試驗，決定配比。決定養護試體強度與結構物強度之修正值時，採取之流程為，(1)於與實結構體相同斷面尺寸之柱模型澆置混凝土，(2)於各材齡從模型試驗體鑽心取樣測定其抗壓強度，(3)同時測定標準養護試體之強度。這種試驗因為花費大量時間及費用，目前也有使用簡易隔熱養護層，來推定結構體混凝土強度的方法。

日本 2000 年 6 月建築基準法之修正，規定未符合 JIS A 5308 之混凝土必須經過大臣的認定，當初混凝土標稱強度最大值為 $400\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，即超過此強度則必須經過認定。目前 JIS A 5308 之最高混凝土強度已包含到 $600\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。

高強度鋼筋根據成分調整和延壓及熱處理所製造出，因為瓦斯壓接或焊接續接器等加熱類型之續接器會使鋼筋母材之金屬組織產生變化，很難得到與母材同等的強度，因此通常使用套管續接器及填充式續接器等機械式續接器。高強度鋼筋 USD685 所使用續接器的方法有(1)將螺紋節鋼筋以連結器作機械式接合，(2)將螺紋節鋼筋以連結器連接，於續接器內注入填充材加以固定，(3)異形鋼筋相互的一方以螺栓固定，他方透過套管以水泥砂漿固定等。梁通常採用上述(1),(2)的方法，柱則大多採用(3)的方法。續接器性能依所定判定基準以單體試驗結果來判定。

高強度混凝土欠缺到達抗壓強度後的韌性，會引起急劇的破壞。控制此急劇強度降低的方法為使用強度鋼筋的橫向圍束效果。橫向圍束效果隨著(橫向補強筋比 \times 補強筋降伏強度)增大，其達到抗壓強度後的強度降低將變小，抗壓韌性可大幅改善。

對於施工計劃之檢討，應(1)把握現場條件：如基地條件、道路條件、輸送條件、近鄰條件、氣象條件等，(2)檢討施工的妥當性：如結構條件、作業狀況、外部安全、機械設備、計測設備等。關於工程計畫上應檢討事項如，(1)結構特殊性和問題點，(2)起重方法與建物形狀，(3)起重機械之種類和特徵等。對於構築工法之選定可考慮構材之預鑄化、系統化，確保結構體之品質、縮短工期、有利於現場施工之簡略化、施工之安全性。

一般結構體工程期間，約佔工期的 50%~80%，計劃初期階段之構築工法的選定對整體工期之影響非常大。另外，決定整體工期時，從基礎工程到標準層為止之期間和裝修期間，難以考慮工期的縮短，因此標準層每層設定為幾天的循環工程變成重點。關於循環工程之檢討事項有(1)起重機配置、台數、機種，(2)循環工期日期，(3)混凝土澆置方法，(4)現場預鑄之構材製作，(5)工區分割之檢討等。

第二節 審查重點

由日本 New RC 至今的發展，可知高強度鋼筋混凝土造高層建築物已成為高層集合住宅發展的主力，惟發展過程中產官學皆投入相當的心力，產業界對高強度材料(高強度混凝土、高強度鋼筋及續接器、錨定器、高強度箍筋等)的全力開發，政府單位配合提出五年的國家級發展計劃(New RC 計劃)，進行建築基準法的修正，規定未合乎當時規範可使用範圍之建築材料必須經過建設大臣的認定；學術單位等更於日本建築中心組成「高層鋼筋混凝土造技術檢討委員會」與接受評定之業界共同討論，產生新技術，之後改名為「高層鋼筋混凝土造技術指導委員會」將累積之新技術，推廣到有意願參與的各業界。目前日本超高樓層之審查已開放到 14 個機構，惟提出之性能評價單格式相同(參考資料一、二)。

本案「超高強度鋼筋混凝土建築設計施工審核要項」之擬定，正期待如日本建築中心之「技術檢討(指導)委員會」發揮技術的累積及推廣的使命，除目前國內「特殊結構委託審查原則」外，將針對超高強度鋼筋混凝土造建築物之特殊處，提出加強的相關審查要項，並參考國外資料提供審查要項內容說明等，以供參考。加強重點有(1)使用材料的特性(組成及力學特性)，(2)組成構材的結構特性，必要時以實驗預先驗證，(3)分析方法，為求掌握結構物整體行為，建議需進行彈塑性歷時分析，(4)斷面分析時應考慮架構最大變形時的應力狀態，(5)施工之可行性評估。

一．使用材料之性質

(1) 混凝土

日本於 2000 年之建築基準法修正時，規定未符合 JIS A 5308 預拌混凝土品質之高強度混凝土必須經過國土交通大臣的認定(該規格目前混凝土最高強度範圍為 $600\text{kgf}/\text{cm}^2$)。因此建議使用超過此強度之混凝土時，審查單位可要求該使用材料必須經相關單位之認定。

高強度混凝土與一般混凝土使用之材料雖無太大的不同，但是需注意配比計劃及性狀、品質管理、輸送的特殊性等。以日本為例提出申請認定的方式有 3 種情形(a)建設公司和預拌混凝土公司共同申請，(b)預拌混凝土公司單獨申請，(c)建設公司單獨申請。但是最普通的申請方式為(a)，因為可由預拌混凝土公司控制產品的品質而建設公司則負責施工時之品管制度。

申請提出之資料應包括：

- (a) 建築材料的適用範圍：說明混凝土抗壓強度之適用範圍、配比材料來源、使用期限等。
- (b) 建築材料之品質基準：包括水泥、粗細骨材(品質及粒徑分布)、拌和水、混和材、化學摻料、氯離子含量等
- (c) 抗壓強度之標準值：管理強度、標準值與管理強度之關係、配比、管理強度和坍度、坍流度及空氣量等之關係
- (d) 建築材料之製造及檢查體制：製造工廠、製造及檢查體制、品質管理體制(責任、權限、契約內容確認、教育訓練、品質紀錄)

其中抗壓強度之標準值為，作為設計標準強度所用的強度值。管理強度與設計強度標準值的關係為，作為安全上必要之混凝土強度對應於抗壓強度之標準值。以日本為例，混凝土強度根據規定進行強度試驗後應該滿足下述標準①1次之試驗結果為管理強度的○○%以上，②3次試驗結果的平均值為管理值以上。試驗原則上，每管理強度由每澆置日及每 300m³ 以內構成 1 個單元。1 檢查單元試驗次數為 3 次，1 次之試驗為 100m³ 以內，且採取適切的間隔。1 次之試驗為從任意 1 台運搬車採取 3 各個試體來進行。但是 1 天澆置量未達 30 m³，且幾乎以相同條件定期澆置的情形，可 1 天進行 1 次試驗，由 3 天份構成 1 個檢查單元。

(2) 鋼筋及續接器等

本研究案所應用之高強度鋼筋材質，為超越現行規範降伏強度

規定上限 4,200kgf/cm² 之材質，而主要應用之鋼筋材質為 SD685(應用於主筋)與 SD785(應用於箍筋)兩種。對國內鋼筋標準而言，此兩種鋼筋材質屬於新型鋼筋規格，目前尚未經過國家標準 CNS 核准。台灣混凝土學會於 2008 年提出國內 SD685 及 SD785 鋼筋材質建議草案，如表 2.2.1 所示，其中做為構件主筋之 SD685 鋼筋參考日本 USD685A 及 USD685B 之鋼筋規格，此鋼筋規格要求必須具有降伏平台、降伏強度上限不得大於 7850kgf/cm²，下限不得低於 6850 kgf/cm² 與抗降比(實際抗拉強度與實際降伏強度比)不得低於 0.85 之規定(詳圖 2.2.1)；做為構件箍筋之 SD785 鋼筋參考日本 USD785 鋼筋規格，無降伏平台、降伏強度上限與抗降比之規定，僅規定降伏強度與抗拉強度之下限值(參考書目 1)。同時，也邀集國內東和鋼鐵股份有限公司進行此新材料之本土化技術研發。研發過程發現，此類高強度鋼筋材質之生產製程與品質管控有其技術門檻。除鋼筋外，鋼筋續接、端部錨定套筒與灌注漿體亦為確保結構安全之關鍵材料，因此相關材料應列為審查之重點。

表 2.2.1 SD685/SD785 鋼筋之力學性質表

符號	力 學 性 質								
	降伏強度 ^α N/mm ²	抗拉強度 N/mm ²	<u>實際抗拉強度</u> <u>實際降伏強度</u> <i>R_{SP}</i>	達降伏強度上限之應變 ^β	試片	伸長率 %	彎曲 角度	彎曲 直徑	
SD 685	685~785	856 以上	1.25 以上	0.014 以上	2 號 14A 號	10 以上	90°	標稱直徑 之 4 倍	
SD 785	785 以上	930 以上	—	—	母材	2 號 14A 號	8 以上	180°	標稱直徑 之 3 倍
					電焊處 ^γ	2 號 14A 號	5 以上	—	—

註：1. ^α 參考 CNS 2111，降伏點不明顯時以 0.2%橫距法測定。

^β 參考 CNS 2111 及 2112，拉伸試驗時，以伸長計求出伸長量除以標點距離之軸向平均應變，對應負載達降伏強度上限之應變值不得少於 0.014。

^γ 鋼筋混凝土用 SD 785 鋼筋應於直線段對焊，對焊續接不得位於彎曲處。

2. 拉伸試驗結果，其實測抗拉強度小於最小抗拉強度規定值 14 N/mm² 以內，實測降伏強度小於最小規定降伏強度值 7 N/mm² 以內，實測降伏強度大於最大規定降伏強度值 7 N/mm² 以內，或其伸長率小於最小伸長率規定值 2.0 % 以內者，得進行重驗。

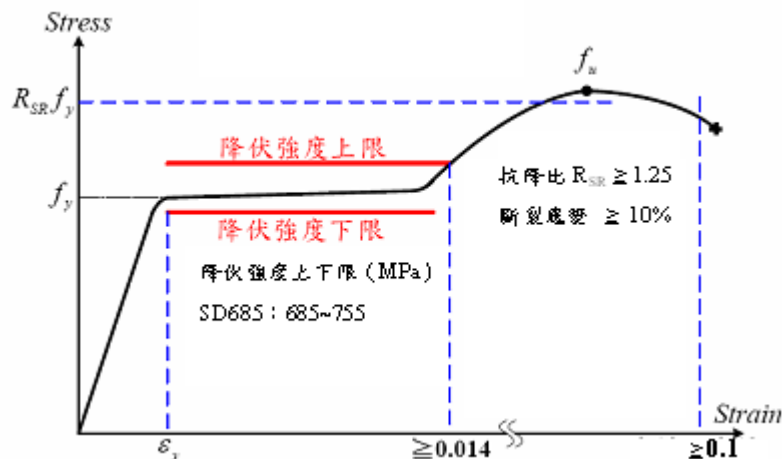


圖 2.2.1 SD685 鋼筋應力應變示意圖

目前我國「建築技術規則」及相關規定除了對於使用鋼筋之強度有所限制外，對於配筋方面也有所規定，如柱梁同一斷面之鋼筋最多只能隔根續接，且隔根續皆應相距 60cm 以上。2011 年 10 月 12 日內政部營建署修正公佈「建築新技術新工法新設備及新材料認可申請要點」並於 2012 年 7 月 1 日實施。上述超出目前規範規定之鋼筋強度及施工方法者將可透過認可申請，取得使用之合法性。

高強度鋼筋應避免使用搭接續接與彎鉤錨定為原則，因此採用螺紋節鋼筋，搭配使用之續接器、錨定器皆應申請取得認定方可使用。建築新材料之認定並非僅限於材料本身的性質，為達到材料所提供性能時之施工方式及品質管理皆應加以考慮列入認定內容。以日本取得評定書(圖 2.2.2)之內容為例，申請時需提供之資料應包括：

- (a) 續接器概要：使用鋼筋種類、鋼種、稱號、形狀、材質、填充材性質、續接方法、續接器斷面圖
- (b) 續接器性能、施工要件

其中施工要件包括說明續接器部品之供給責任者、續接器工程之施工責任者、續接器工程之施工技能者資格、設計指針、施工說明書等。設計指針內容之目次如圖 2.2.3，施工說明書內容之目次如圖 2.2.4。

評 定 書

東京鐵鋼株式会社

代表取締役社長 吉原 每文 様

一般財團法人 日本建築中心
理事長 松 野 仁

平成 24 年(2012 年)8 月 22 日，關於下件之評定申請，本財團混凝土構造評定委員會(委員長:林靜雄)於慎重審議的結果，如平成 24 年 9 月 19 日之評定報告書(評定編號:BCJ 評定-RC074-04)所述，本件為，於申請的範圍內，參照本委員會所定基準，評定為妥當的物件。

另外，本評定書之有效期間為，本評定日起到平成 29 年 9 月 18 日為止。

平成 24 年 9 月 19 日

記

1. 案件名 USD685・USD590 螺紋節鋼筋填充式續接器
2. 續接器概要 種類： USD685 螺紋節鋼筋(建設省桝住指發第 42 號)、
USD590 螺紋節鋼筋(MSRB-0019)、
螺紋節鋼棒 USD685(MSRB-0003)、SD490
稿號： D19、D22、D25、D29、D32、D35、D38、D41、D51
(螺紋節鋼筋)、D51(螺紋節鋼棒)
形狀： 符合 JIS G 3112(鋼筋混凝土用鋼棒)之異形鋼棒及大臣認定品
3. 續接器性能 A 級(根據 2007 年版建築物之結構關係技術雜準解說書「鋼筋續接器性能配定基準」)
4. 評定區分 變更
5. 變更內容 如評定報告書(BCJ 評定-RC0174-04)所述

圖 2.2.2 日本續接器評定書之例

BCJ 評定-RC0174-04

評定報告書

混凝土構造評定委員會
委員長 工學博士 林 靜雄

案件名:USD685・USD590 螺紋節鋼筋填充式續接器

本案件為，就鋼筋混凝土造建築物、鋼骨鋼筋混凝土造建築物及預力混凝土造建築物所使用鋼筋續接器工法之A級續接器(2007年版建築物之構造關係技術基準解說書)之性能提出評定的申請。

本委員會，根據下述所提出資料進行技術檢討的結果，本件為，於申請的範圍內，參照本委員會所定基準，判斷為妥當的物件。

另外，本評定包括進行申請者提出之自主管理方法，進貨時，以根據工程管(監)理者之判斷進行進貨檢查為前提。

平成24年9月19日

記

§1. 評定申請事項

- 1.1 申請者 東京鐵鋼株式會社
代表取締役 吉原 每文

圖 2.2.2 日本續接器評定書之例(續)

1.2 申請概要及續接器概要

評定編號	BCJ 評定-RC0174-04		評定年月日	平成 24 年 9 月 19 日			
案件名	USD685・USD590 螺紋節鋼筋填充式續接器						
評定申請者	[REDACTED] 株式會社						
申請事項	有關 USD685・USD590 螺紋節鋼筋填充式續接器之 A 級性能						
續接器性能	A 級(根據 2007 年版建築物之構造關係技術基準解說書「鋼筋續接器性能判定基準」)						
概要及 續接器之 範圍	使用 鋼筋	種類	高強度異形鋼棒 USD685 螺紋節鋼筋(建設省桝住指發第 42 號)、高強度異形鋼棒 USD590 螺紋節鋼筋(MSRB-0019)、JIS G 3112(僅 SD490)			螺紋節鋼棒 (MSRB-0003)	
		鋼種	USD685、USD590*、SD490* (*使用於異鋼種間續接器)			USD685	
		稱號	D19、D22、D25、D29、D32、D35、D38、D41、D51			D51	
		形狀	符合 JIS G 3112(鋼筋混凝土用鋼棒)之異形鋼棒及大臣認定品				
	續接器 性質	材質	JIS G 5503(Austempering 球狀黑鉛鑄鐵) FCAD1200-2				
		機械 性質	適用套 管	規格	降伏點 (N/mm ²)	抗拉強度 (N/mm ²)	延伸 %
			HG 類型 套管	JIS G 5503 FCAD1200-2	900 以上	1200 以上	2 以上
	MG 類型 套管	JIS G 5503 FCAD1200-2	900 以上	1200 以上	2 以上		
	續接器 識別	形狀:HG 類型套管(有「HG」之識別記號) MG 類型套管(有「MG」之識別記號)					
	鎖緊螺 母材質	規格		降伏點 (N/mm ²)	抗拉強度 (N/mm ²)	硬度 (HRC)	
		JIS G 4051 S33C ^{*1}		(305 以上) ^{*2}	(510 以上) ^{*2}	22-30	
		NUT33C ^{*1}		(305 以上) ^{*2}	(510 以上) ^{*2}	22-30	
		JIS G 4051 S45C ^{*1}		(370 以上) ^{*2}	(570 以上) ^{*2}	22-30	
JIS G5502 FCD450-10		280 以上	450 以上	-			
*1 S33C, NUT33C, S45C 為, 根據熱處理(水淬・回火)將硬度強化至 HRC22-32(換算抗拉強度 785-950 N/mm ²)。							
*2 降伏點及抗拉強度之()內數值為, 熱處理前之素材的數值。							
填充材	附表 1 所示無機填充材(TTK 填充材 600) 附表 2 所示有機填充材(TTK 樹脂)						
續接方法	以套管續接螺紋節鋼筋, 續接器內注入無機填充材或有機填充材將其固定之續接方法。						
續接之範圍	同徑續接、1 尺寸及 2 尺寸異徑續接。異鋼種間為 SD490 和 USD590、USD590 和 USD685 及 SD490 和 USD685 之組合差異僅限 1 尺寸。						

圖 2.2.2 日本續接器評定書之例(續)

	<p>概要圖 斷面圖</p> <p>[無機填充材續接器「Ace Joint」]</p> <p>螺紋節鋼筋或螺紋節鋼棒 鎖緊螺母 TTK填充材 660 連結器 鎖緊螺母 螺紋節鋼筋或螺紋節鋼棒</p> <p>[有機填充材續接器「Epoch Joint」]</p> <p>螺紋節鋼筋或螺紋節鋼棒 TTK樹脂 連結器 螺紋節鋼筋或螺紋節鋼棒</p>								
施工要件	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="328 824 639 869">續接器部品之供給責任者</td> <td data-bbox="639 824 1316 869">東京鐵鋼株式會社</td> </tr> <tr> <td data-bbox="328 869 639 943">續接器工程之施工責任者</td> <td data-bbox="639 869 1316 943">從接受東京鐵鋼株式會社之施工技術講習之續接器作業的有資格者選出作為續接器工程責任者</td> </tr> <tr> <td data-bbox="328 943 639 1016">續接器工程之施工技能者之資格</td> <td data-bbox="639 943 1316 1016">接受東京鐵鋼株式會社之施工技術講習，被認為續接器作業者</td> </tr> <tr> <td data-bbox="328 1016 639 1077">施工說明書、管理規定等之名稱</td> <td data-bbox="639 1016 1316 1077">「USD685・USD590 螺紋節鋼筋填充式續接器」設計施工說明書</td> </tr> </table>	續接器部品之供給責任者	東京鐵鋼株式會社	續接器工程之施工責任者	從接受東京鐵鋼株式會社之施工技術講習之續接器作業的有資格者選出作為續接器工程責任者	續接器工程之施工技能者之資格	接受東京鐵鋼株式會社之施工技術講習，被認為續接器作業者	施工說明書、管理規定等之名稱	「USD685・USD590 螺紋節鋼筋填充式續接器」設計施工說明書
續接器部品之供給責任者	東京鐵鋼株式會社								
續接器工程之施工責任者	從接受東京鐵鋼株式會社之施工技術講習之續接器作業的有資格者選出作為續接器工程責任者								
續接器工程之施工技能者之資格	接受東京鐵鋼株式會社之施工技術講習，被認為續接器作業者								
施工說明書、管理規定等之名稱	「USD685・USD590 螺紋節鋼筋填充式續接器」設計施工說明書								

(附表1)無機系填充材「TTK 填充材 600」之品質

製造時之品質規格 (水填充材比 38%)	比表面積	6,000-8,000cm ² /g
	比重	2.90-3.10
	簡易坍度值(環境溫度 20°C)	120-200mm
	抗壓強度 (養護溫度 20°C 水中,材齡 7 天)	70N/mm ² 以上
使用基準 (水填充材比 36-40%)	簡易坍度值 (外氣溫度, 5-40°C)	120-200mm
	抗壓強度 (0-40°C 續接器環境下水中養護, 材齡 7 天)	60 N/mm ² 以上

圖 2.2.2 日本續接器評定書之例(續)

(附表 2) 有機系填充材「TTK 樹脂」之品質

品質項目		單位	品質規格	試驗方法
未硬化時	外觀	-	無被認為有害異物之混入、材料不發生分解。	目視
	比重	-	1.3 ~ 1.5	JIS K 7232
	混合黏度	mPa·s	2x10 ⁴ ~ 10x10 ⁴	JIS K 7117
	Pot live	min	40 以上	JIS K 7117
	SVI 值	-	1.6 以上	JIS K 7117
硬化後	抗拉強度	N/mm ²	13 以上	JIS K 7113
	抗壓降伏強度	N/mm ²	70 以上 (養護溫度 23°C, 材齡 5 天)	JIS K 7181
	受壓彈性係數	N/mm ²	1X10 ³ 以上	JIS K 7181

(附表 3) 續接器之適用尺寸和鋼種範圍

種類	稱號	MG 套管	HG 套管	
	D19xD19	[同鋼種] • USD590	[同鋼種] • USD685 • USD590	
	D22xD22			
	D25xD25			
	D29xD29			
	[異鋼種]	D32xD32	• SD490xUSD590 • USD590xUSD685 • SD490xUSD685	[異鋼種] • SD490xUSD590 • USD590xUSD685 • SD490xUSD685
		D35xD35		
		D38xD38		
		D41xD41		
D51xD51				
種類	稱號	異徑套管		
1 尺寸 異徑續接器	D19xD22	[同鋼種] • USD685 • USD590		
	D22xD25			
	D25xD29			
	D29xD32	[異鋼種] • SD490xUSD590 • USD590xUSD685 • SD490xUSD685		
	D32xD35			
	D35xD38			
	D38xD41			
D41xD51				
2 尺寸 異徑續接器	D19xD25	[同鋼種] • USD685 • USD590		
	D22xD29			
	D25xD32			
	D29xD35			
	D32xD38			
	D35xD41			
D38xD51				

圖 2.2.2 日本續接器評定書之例(續)

§2. 評定概要

2.1 評定事項

本件為，有關鋼筋混凝土造建築物、鋼骨鋼筋混凝土造建築物、預力混凝土造建築物所使用之螺紋節具形鋼筋之續接器性能的一般評定。使用本續接器工法之續接套管為，具有與螺紋節鋼筋嵌合之母螺紋，因此兩側各設定必要之嵌合長度。所使用之鋼筋限於為螺紋節鋼筋(USD685: 建設省拵住指發第 42 號, USD590:MSRB-0019、SD490: JIS G3112)、螺紋節鋼棒(USD685:MSRB-0003)。使用稱號從 D19 到 D51 為止的 9 種類(螺紋節鋼棒僅 D51)。同鋼種時可使用 1 尺寸及 2 尺寸具徑差的接合, SD490、USD590 及 USD685 間同徑及 1 尺寸具徑為止的接合是可能的。套管之材質為 FCAD1200-2(JIS G5503), 有同徑 USD685 用「HG 類型套管」、同徑 USD590 用「MG 類型套管」、具徑續接用「具徑 G 套管」的 3 種類。填充材使用無機系「TTK 填充材 600」和有機系「TTK 樹脂」的 2 種類。

本續接器已經取得評定(BCJ 評定-RC0174-03), 但此次申請下述之追加變更。

- 1) 既評定中續接器工程管理者由施工之管理和責任者兼任, 但是用語的定義未於本續接器設計施工說明書表示, 因此將工程管理者和續接器工程責任者重新定義, 第 1 章適用範圍之 1.2 節中記載者各自擔任的角色。
- 2) 明記使用鋼筋之大臣認定編號。
- 3) 既評定之鎖緊螺母的材質規格明記(S33C、FCD450-10), 並追加了新規材質 NUT33C、S45C。
- 4) 變更了鋼筋之識別顏色記號。

2.2 評定內容

- (1) 本續接器為將螺紋節鋼筋或螺紋節鋼棒與套管嵌合, 為了防止續接器之損壞而充填無機或有機填充材。設計施工說明書顯示, 本續接器之適用範圍、材料、尺寸、續接器之構成、施工法、試驗・檢查法, 以及發現不合格品時之處理。
- (2) 為了確保有關螺紋節鋼棒 USD685, 套管、鎖緊螺母及填充材之所定品質, 規定品質管理, 將進貨時之檢查設定為義務。
- (3) 本續接器根據續接器性能試驗結果, 確認了根據所定之試驗滿足 2007 年版建築物之構造關係技術基準解說書「續接器性能判定基準」所示 A 級續接器之性能。
- (4) 為了確保本續接器 A 級性能, 續接器工程責任者及續接器作業者, 有義務接受東京鐵鋼公司所舉辦之施工技術講習, 並取得資格認定證, 該受講證之有效期限定為 3 年。
- (5) 此次評定時特別檢討之事項如下述。

- 1) 鋼筋之識別記號位置及識別之妥當性。
- 2) 使用鋼筋 USD980・D41 鎖緊螺母使用 NUT33C 及 S45C 之續接器性能試驗果, 確認滿足了 2007 年版建築物之構造關係技術基準解說書「續接器性能判定基準」所示 A 級續接器之性能(韌性基準除外)。

另外, 上述續接器試驗為, 根據比適用鋼種之螺紋節鋼棒 USD590・USD685 更高的鋼種 USD980 進行試驗, 既評定時 USD685 使用鎖緊螺母(S33C、FCD450-10), 進行

§2. 評定經過

平成 24 年 8 月 22 日將受本件申請, 於部會基於提出資料進行慎重的審議。本委員會, 根據部會的報告進行整體的檢討, 於平成 24 年 9 月 19 日得到本報告。

圖 2.2.2 日本續接器評定書之例(續)

預鑄用套管續接器之設計指針

目次

	頁
1章 總則	
1.1 適用範圍	1-1
1.2 問題發生時之處置	1-1
1.3 関連之指針	1-1
2章 續接器之構成	1-2
3章 材料	
3.1 鋼筋	1-5
3.2 套管	1-7
3.3 充填水泥砂漿	1-8
3.4 填縫材	1-10
3.5 線圈彈簧	1-10
4章 續接器的性能	1-11
5章 續接處之設計	
5.1 續接器之使用位置	1-11
5.2 續接處握裹	1-13
5.3 續接處鋼筋插入長度	1-13
5.4 徑不同鋼筋的續接	1-13
5.5 鋼種不同之鋼筋接合	1-13
5.6 間隔	1-14
5.7 混凝土的保護層厚度	1-15
5.8 構材断面之尺寸	1-15
5.9 混凝土之設計標準強度	1-15
5.10 接合部之隙縫	1-15
5.11 套管內注入水泥砂漿的方法	1-16

圖 2.2.3 日本續接器設計指針之目次例

預鑄用套管示續接器之標準施工說明書

目 次		頁
1章 總則		
1.1 適用範圍		2-1
1.2 標準作業流程		2-2
1.3 施工技術講習		2-3
1.4 施工要領書之提出		2-3
2章 材料		
2.1 鋼筋		2-4
2.2 套管		2-4
2.3 水泥砂漿材		2-6
2.4 水泥砂漿材之拌和水		2-6
3章 施工機器		2-7
4章 續接器處之施工		
4.1 施工條件		2-8
4.2 準備・確認		2-9
4.3 柱脚部之隙縫模板（PCa 構材後注Ⅱ方式的情形）		2-11
4.4 水泥砂漿材・拌和水之計量（共通）		2-11
4.5 攪拌（共通）		2-11
4.6 注入施工		2-11
5章 養護		2-13
6章 續接器處之確認檢查		
6.1 自主檢查		2-13
6.2 自主檢查外		2-24
7章 報告		2-25
8章 不合格時之處置		2-25

圖 2.2.4 日本續接器標準施工明書之目次例

二·構材特性之預先驗證

超高層建築物之結構計算，為了連續保握載重及外力導致建築物各構材所產生之力量 and 變形，建議採用考慮彈塑性歷時反應分析。歷時反應分析為模擬所謂地盤移動建物搖動之地震實態的手法，得到判斷設計建築物之防止破壞、防止崩塌的資訊。比較分析結果和設計標準來評價建築物之破壞、安全，但是前提必須是分析模型及分析條件為正確的。因此分析所使用載重-變形關係應與實驗資料比較，認識設定模型之精度及破壞之程度，不僅是慣用的數值更應該理解破壞界限或安全界限之實態，而反應於設計標準內。

如上述建物之歷時反應受到建築物恢復力特性很大的影響，而架構之勁度根據使用材料之力學特性而設定，即混凝土彈性係數也影響建築物之反應(參考資料三)。因此地震反應分析時也應檢討設定適切的彈性係數。如果無可信資料證實分析時使用之構材復元力特性的正確性，則應透過實驗加以驗證。

因此審查單位對於構材之特性，將要求

(1) 分析時使用之混凝土的彈性係數。

該係數可透過實驗的驗證或參考公認可信用的資料來推算。日本根據多數實驗結果，對於抗壓強度大於 36N/mm² 之高強度混凝土，提出可適用之彈性係數平均值的推算式如下：

$$E=33500 \times k_1 \times k_2 \times \left[\frac{\gamma}{24} \right]^2 \times \left[\frac{f_c}{60} \right]^{\frac{1}{3}}$$

其中，E：混凝土之彈性模數(N/mm²)

γ ：混凝土之氣乾單位體積質量(kN/m³)

f_c ：混凝土之抗壓強度(N/mm²)

k_1 ：根據使用骨材所定之常數

k_2 ：根據卜作嵐材料所定之常數

式中根據所使用骨材決定之常數 k_1 ，及根據摻合材料決定之常數 k_2 ，其值如下：

$k_1 = 0.95$ ：石英片岩、安山岩、玄武岩

$k_1 = 1.2$ ：石灰石

$k_1 = 1.0$ ：其他的骨材

$k_2 = 0.95$ ：矽灰、爐石粉微粉末

$k_2 = 1.1$ ：飛灰

$k_2 = 1.0$ ：未使用卜作嵐材料

(2) 構材之載重-變形關係及樓層恢復力特性之合理性。

該等性質可透過實驗之驗證，或參考公認可信用的資料。

分析用載重-變形關係與實驗資料之比較例如圖 2.2.4。

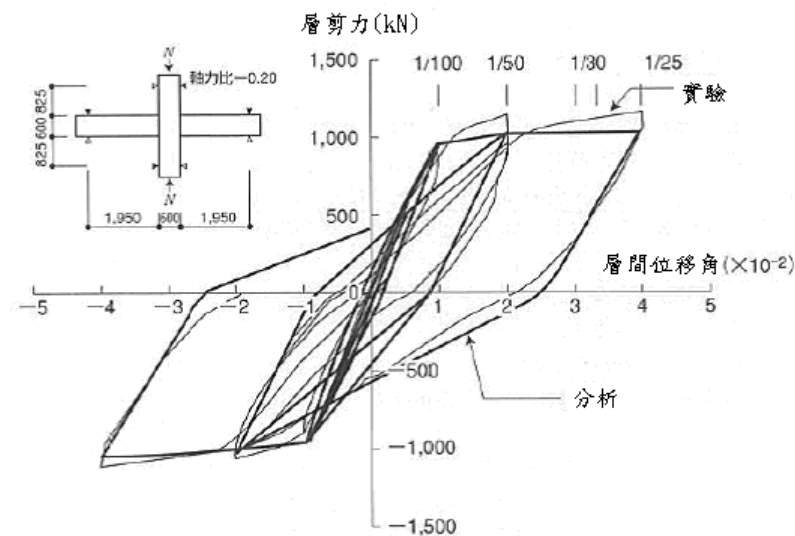


圖 2.2.5 RC 架構之載重-變形關係例

【資料來源:參考書目 23】

三．分析方法之要求

超高強度鋼筋混凝土造高層建築物之結構分析，除確保大地震不致倒塌外，長期載重狀態下之使用性也應加以分析評估其性能。目前我國規範僅針對中小度地震、設計地震及最大考量地震所計算出之設計地震力的大值，進行結構分析，並且通常僅採用彈性分析之應力作為斷面設計之依據。

參考日本 New RC 之設計方針為，對於任意方向之輸入地震，以梁降伏之整體降伏行為前提。對於中小度地震，確認構材不會降伏，次要構材也不會產生受害的變形。對於設計地震，變形不致於集中於特定樓層，構材容許降伏，但是不容許架構產生強度降低的狀態。架構設計變形時形成塑鉸的構材確保其韌性，非塑鉸的構材避免其產生塑鉸確保足夠的強度。

根據與日本千葉大學和泉教授之共同研究「日本和台灣之超高層鋼筋混凝土造建築物的耐震設計」(參考資料四)，主要指出(1)柱之極限強度設計用彎矩，隨著水平變形的增大彎曲反曲點將移動，彈性分析和彈塑性分析之分析結果會有很大的差異，(2)極限強度設計時，應進行靜力彈塑性分析，希望使用對於地震變形時具有安全係數之保證設計變形時之應力及變形。

另外長期高軸力對鋼筋混凝土潛變等之影響等也應加以考量。跟據「有關使用超高強度混凝土之鋼筋混凝土柱的壓縮特性研究」(參考書目 35)中，使用超高強度 RC 之 60 層建超高層 RC 造建築物，進行考慮潛變之架構分析，檢討超高層 RC 造建築物之長期設計，其結論主要指出(1)設定設計軸力比 $1/3$ ，下層柱使用設計標準強度 1500 kgf/cm^2 之混凝土，其彈性變形約 $1,000 \mu$ 左右，潛變之應變約 400μ ，(2)考慮施工順序之分析模型，垂直載重之樓板節點變位計算結果，建物中間層部分變為最大約 80mm 左右，其中潛變之變形約佔 30% ，另外頂部樓板節點變位約 40mm 左右，潛變應變之變形

約佔 50%。(3)最大軸力比 $1/3$ 之柱和最大軸力比 $1/6$ 的柱，相鄰的情形時，節點變位差為 20mm 左右，傾斜角為 $1/500$ 程度。

綜合上述，適用本審查要項之 RC 建築物，方析時應考慮下述各點：

1. 結構體重量之長期軸力應考慮施工順序之影響
2. 長期載重作用下，須確認是否會發生影響建築物耐久性的裂縫
3. 地震歷時彈塑性分析使用之地震波，至少包含三個與設計反應譜對應的水平地震紀錄及三個具有代表性的既往觀測波，如 EL Centro 1940 NS、TAFT 1952 EW、Hachinode 1986 NS，以作為性能評價之判別。
4. 採用適當水平力豎向分布之靜力非線性分析(側推分析)，計算最大考量地震之性能點，比較該性能點之構材應力和地震反應分析結果時之應力進行斷面設計。
5. 對於較規則之建築物，彈塑性歷時分析可使用多質點系模型 (STICK MODEL)，不規則之建築物則應使用 3D 構材等級模型。

四．依分析結果之斷面設計

目前國內斷面設計使用之應力主要依據靜力分析所得之組合結果，因此對各構材皆須具有相同之韌性要求，高層 RC 建築底層之柱承受相當大之彎矩、軸力，須大量之彎曲主筋，要求與其他構材具相同韌性時經常導致剪力鋼筋無法配置的情形。日本 New RC 之設計，著重於確保降伏機構之形成，即經過詳細之彈塑性分析，確認不致於形成預想外的降伏機構，而對於產生降伏塑鉸之構材應確保其韌性。

利用靜力彈塑性側推分析時，當構架位移達設計變形前，確認不會發生彎矩及軸力導致混凝土壓壞、剪力破壞或握裹破壞。對於不致產生降伏塑鉸的構材，應確保其具有足夠的強度。為保證構材達到上述性能要求，考慮到材料強度的上升、樓板有效寬度的增大

等樓板效應、地震輸入的方向性、靜力和動力之差異性等，建議將所得之應力乘上放大係數，關於梁之剪力放大係數為 1.1，柱之彎曲及剪力為 1.3 倍，受壓外柱之彎曲及剪力則為 1.5 倍。因此經過詳細彈塑性分析後，建議斷面設計之原則如表 2.2.1

表 2.2.2 斷面設計原則

構材		位置	設計原則
計畫 塑鉸 構材	形成 塑鉸構材 (h-1)	塑鉸部	確認具足夠的韌性
		非塑鉸部	確認具足夠的強度
	未形成 塑鉸構材 (h-2)	塑鉸部	(1)確認假定塑鉸形成時具足夠韌性 (2)確認對存在應力具足夠強度
		非塑鉸部	(1)確認對假定塑鉸形成時之應力具足夠強度 (2)確認對存在應力具足夠強度
非 塑鉸 構材	對(h-1)		確保足夠強度
	對(h-2)		(1)確認對假定塑鉸形成時之應力具足夠強度 (2)確認對存在應力具足夠強度

五．施工之可行性

施工可行性可透過施工計劃書之製作加以檢討，施工計劃書製作之目的為，訂定完成設計圖面、施工說明書所述工程項目將採取之流程或工法以及施工中之管理。施工計劃書內容至少應包括，(1)施工之基本方針，(2)施工方法概要，(3)施工管理計畫，(4)品質管理內容等。

另外，採用預鑄化工程之施工時，應注意下述幾點：

1. 鋼筋之續接採用機械式續接器，應檢討續接器之保護層及與其他鋼筋或續接器之間距合乎法規要求。此常左右斷面之尺寸，應事先檢討。
2. 續接於構材端部時，續接器將導致應力之提高，應檢討不致使構材產生剪力破壞，必要時以實驗加以驗證。
3. 設計時根據整體結構進行分析，因此於預鑄必要之接合處必

須採取適當的接合元件，確保預鑄構材與現場一體澆置構材具相同性能。

4. 預鑄混凝土構材與現場澆置混凝土之接合處，須注意避免形成冷縫而降低耐久性及防水性。
5. 超高強度混凝土對於高溫容易引起爆裂，應檢討其耐火性（參考資料五）。

第三章 審查作業流程

第一節 審查適用對象

目前國內針對特殊結構由各縣市政府訂定「特殊結構委託審查原則」，以台北市為例，其適用對象為高度超過 50m 之建築物或為(a)鋼筋混凝土構造且設計跨距在十五公尺以上者、(b)地下層開挖之總深度（含基礎）在十二公尺以上，或地下層開挖超過三層之建築物、(c)建築基地位於地質敏感地區者，地下層開挖之總深度（含基礎）在七公尺以上，或地下層開挖超過一層之建築物、(d) 地形特殊、結構體相連之同一幢建築物，其規劃建築基地地面在三個以上者、(e) 他情況特殊並有安全顧慮者。其他縣市也都為類似之規定。使用超高強度鋼筋混凝土造之建築物大多為高層建築物，因此自然會進入特殊結構審查之對象，但是如第一章所述，超高強度鋼筋混凝土建築攸關的審查內容，將比目前之特殊結構審查更為煩雜，其也將要求更詳細的結構分析以及施工計畫等，因此建議在此審查內容尚未完全整備前，將由單一機構來執行，等到累積足夠資料後，再將主管機關開放給有意願的機構參與審查。

本研究研擬之超高強度高筋混凝土設計施工審查要項之適用對象將針對使用超高強度之鋼筋混凝土建築物，或鋼筋混凝土造建築其結構施工方法採用預鑄工法者。

一. 審查適用對象

本超高強度鋼筋混凝土建築設計施工審查要項之適用對象為：

- (1) 主要結構構材使用混凝土設計強度高於 $560\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以及主筋採用 SD550、SD685 等級以上鋼筋的鋼筋混凝土結構。
- (2) 鋼筋混凝土造建築之結構施工方式採用預鑄工法者。

[解說]

(1) 儘管國內筋混凝土設計規範對混凝土應用之強度並無上限限制，但因高強度混凝土有不同之特性，超過此強度之混凝土其製造、運送、澆置與養護皆比一般強度混凝土有一些更應注意的細節。另外於設計上，此超高強度混凝土的力學性質等有與一般強度混凝土有所不同。根據研究高強度混凝土之應力-應變關係，達抗壓強度之應變隨著混凝土之高強度化而增大，但是其傾向根據粗骨材之種類、量及最大尺寸而不同，因此應力-應變的關係式必須考慮粗骨材為變數。此外高強度混凝土之抗壓強度與彈性係數(E 值)之關係，也與骨材種類及混和材種類有關。日本將超高強度混凝土設定為超過 600kgf/cm^2 者，國內混凝土強度之單位習慣使用 Psi，因此此處設定超過 8,000Psi(約 560Kgf/cm^2)之混凝土為超高強度混凝土。

現行鋼筋混凝土設計規範規之耐震設計規定，鋼筋降伏強度不得超過 4200kgf/cm^2 。當鋼筋強度過高時，特別達 SD550、SD685 等級者，除鋼筋搭接續接長度過長不利施工性外，鋼筋本體不適合進行電鍍與彎折之加工作業，因此為方便鋼筋的續接與端部錨定作業，鋼筋表面節理形狀製作成螺紋節形式，如圖 3.1.1。鋼筋續接可採用砂漿(或樹脂)填充螺紋續接器(圖 3.1.2)續接，或對預鑄柱構件可採用預鑄用套筒續接器(圖 3.1.3)續接；鋼筋端部錨定可利用螺帽型錨定器做為端部錨定，如圖 3.1.4 所示。此 SD685 高強度螺紋節鋼筋、鋼筋套筒續接器、與鋼筋端部錨定器皆為本新式高強度鋼筋混凝土結構系統之重要關鍵元件。

目前國內普遍使用之高強度鋼筋其設計標準強度為 4900kgf/cm^2 (SD490)，依據 ACU ITG-6R-10 之研究報告顯示，受壓主筋強度因受壓混凝土極限應變值 0.003 所限，其最大應力值多不會超過 5600kgf/cm^2 ，與現行規範公式不同。另比較我國與日本 SD 490 鋼筋材料之力學性質，其結果顯示 CNS 560 與 JIS G 3112 對於 SD 490 鋼筋之力學性質規定幾乎相同，現行規範對於耐震設計規定雖然未

列於使用範圍內，但因其設計公式與規範較接近，故使用材料需經內政部「建築新技術新工法新設備及新材料認可申請」通過使用於韌性結構之申請，即可依循一般「特殊結構委託審查原則」進行設計。



圖 3.1.1 螺紋節鋼筋



圖 3.1.2 填充式螺紋續接器
(Tokyo Tekko Co.)



圖 3.1.3 預鑄用套管續接器
(Tokyo Tekko Co.)



圖 3.1.4 螺帽型錨定器
(Tokyo Tekko Co.)

(2)為了確保品質及縮短工期等，使用高強度鋼筋混凝土造的高層建築物通常會採用預鑄工法，預鑄構材的製作、現場接續的處理將為審查之內容，另外預鑄構材勁度、強度及恢復力特性等力學性能，須與現場澆置混凝土構材相同，必要時應以構材實體試驗加以確認。

第二節 預審之申請

一. 提出申請時機

使用超高強度鋼筋混凝土之建築物提出結構預審的時機為，於建築規劃中同時進行，確定結構計畫之概要、使用材料之強度、施工方法、特殊裝置之使用等。

[解說]

使用超高強度鋼筋混凝土之建築物，因使用材料有別於一般強度鋼筋混凝土，對於材料的力學特性、組成構材後的結構特性、確保建築安全的分析設計方法及施工管理方法等皆有許多需要探討的空間，為確保結構之安全性，建築設計者、結構設計者與業主之間常需要有較長時間及漸進方式的溝通與互動。

因此使用超高強度鋼筋混凝土之建築物提出結構預審的時機，應於建築規劃中同時進行。

二. 提供預審資料

提供必要之預審資料後，由審查機構召開審查委員會。

[解說]

申請者提供必要之預審資料交付審查機構後，由審查機構排定預審時程，召開首次審查委員會。參與人員除全體審查委員外，應包括業主、建築設計單位、結構設計單位者及施工單位等。

預審資料包括建築設計概要、結構計畫概要、結構設計概要、使用材料或特殊工法說明等。詳細於第三章說明。

三. 確認是否進入詳細審查

審查委員會根據所提供圖說及當場詢問，確認是否進行詳細審查。

[解說]

審查委員會就所提供圖說加以審閱，並由建築設計單位說明建築設計概要，結構設計單位及施工單位對結構設計及施工方式進行概要說明。審查委員將提出詢問，設計單位無法當場回答時可於正式審查會時補充說明，設計者應告知使用材料是否經過認可，或施工方法尚須經實驗認證等事項，將此列入紀錄，並應於詳細審查前完成。

審查委員會經審閱資料及與設計者之問答中，判定是否接受該建築物之正式審查，接受時考慮該建築物情況等決定正式審查之小委員會名單、預定詳細審查時間；不接受時則將退回圖說資料。

第三節 詳細審查作業流程

一. 詳細審查

由小委員會進行複數次詳細審查，並將內容向委員會提出報告。

[解說]

設計單位提出詳細審查必要資料、初次審查會之質疑事項回答及追加檢討書等，進行小委員會之審查。小委員會審查次數因應其必要性將複數次舉行。審查內容除詳細檢討設計資料外，針對施工計畫及管理方法也進行審查。小委員會審查結束，將審查內容整理後，向審查委員會提出審查報告。

二. 審查結果判定

審查結果之判定分為(1)「通過」、(2)「須再檢討」、(3)「保留」、(4)「不通過」等4種情形。

[解說]

小委員根據整理之資料向委員會進行報告，原則上申請者不必出席。審查委員依照審查評價標準，作出下述之判定：

- (1)「通過」的情形:發行審查報告書。
- (2)「須再檢討」的情形:有關檢討事項、檢討方法等，將記載於委員會檢討通知書內，請申請單位檢討該記載內容。檢討事項的回答及處置完成後，再發行審查報告書。
- (3)「保留」的情形:委員會判斷審查結束並不適當時，將再度回到小委員會進行審查後，再送委員會審查。
- (4)「不通過」的情形:委員會判定即使繼續審查也無法符合審查評價標準時，將發行「無法審查的通知書」告知申請者。

三. 審查報告書

通過審查時，審查單位將發行審查報告書。申請者取得認定書後應提出最終保存圖說兩份。

[解說]

通過審查時審查單位將發行審查報告書，申請者以該審查報告書向主管機關申請認定，最終由主管建築機關發行該核准該建築物之認定書。

取得認定書後申請者應該於 2 週內提出最終保存圖說兩份，一份交由審查單位保管，另一份蓋上確認印後交還申請者。

最終保存圖說的內容為，將審查會提出之圖說根據委員會及小委員會所質詢事項，加以變更、修正或抽換等，再加上所提出之檢討資料所構成。

第四節 審查流程

使用高強度材料之建築物申請審查流程，申請者、審查單位等之作業流程如表 3.4.1。

表 3.4.1 審查之流程

	申請者	審查單位(委員會及事務員)
事前作業	提出審查申請	事務員—說明申請要領、申請圖說、手續要領、預定時程
申請	預審資料 <ul style="list-style-type: none"> • 申請書 • 設計概要圖說 	事務員—提出資料之確認
第一次委員會	出席委員會 <ul style="list-style-type: none"> • 使用材料 • 結構設計概要說明 • 施工方法概要說明 	委員會—內容審查、是否接受正式審查、小委員會成員(擔任委員)之決定、審查期間之預定 事務職員—小委員會開會之通知(不接受審查時退回圖說)
小委員會	出席小委員會 (詳細檢討) <ul style="list-style-type: none"> • 質疑事項回答 • 追加檢討事項書 	小委員會—小委員會審查 <ul style="list-style-type: none"> • 詳細的審查 • 複數回審查(必要時)
第二次委員會	委員會(原則上僅提出資料) <ul style="list-style-type: none"> • 質疑事項回答書 • 追加檢討資料 • 追加檢討項目一覽表 	委員會 - 委員會審議 <ul style="list-style-type: none"> • 擔任委員報告審查結果 • 審查之決定 • 審查報告書之審議(適合的情形) 事務職員—通知結果(不適合時不再審查，並附上理由書)
發行審核報告書	領取審查報告書 提出最終圖書	事務職員 <ul style="list-style-type: none"> • 發行審查報告書 • 最終圖書之保管

第四章 審查時提出之資料

第一節 預審時提出之資料

預審時提出之資料，與目前各主管建築機關委託結構審查之初步內容大致相同，但是高強度鋼筋混凝土建築，對於使用之高強度鋼筋及混凝土的結構性能，有超出目前規則或規範所記載者，以及施工方法為顧及品質管理及縮短施工期間，經常採用積層預鑄工法，施工便利上所導致結構性能的影響及施工的可能性等，皆應於預審時提出討論，以便於正式審查時提供更確實之說明資料，包括材料的認可及構材實驗之驗證等。其資料包括申請書及各種圖說，詳細如下述。

一. 建築設計概況

建築設計概況將包括下述各部分：

- (1) 一般事項：建築物名稱、建築地點、使用分區、建築物用途、建築物業主
- (2) 建築物概況：基地面積、建築面積、總樓地板面積、標準層面積、容積率、樓層數(地上、地下、塔屋)、高度關係(簷高、建築物高度、最高高度、基礎底深度、基樁支承深度)、基準層樓高、結構類別(基礎、架構、樓版、剪力牆、斜撐、外牆、內牆等)、主要設備概要(空調、衛生、電氣、電梯等)
- (3) 建築計畫概要：基地週邊環境、整體計畫概要
- (4) 所需圖面：配置圖、各層平面圖、主要立面圖、主要剖面圖詳圖

[解說]

建築設計概況所要求資料與一般之結構外審資料相同，目的為了解建築物所在位置、規模、設備狀況、結構型態等，透過書面說明及圖面表達必要之資訊。

二. 結構計畫概要

結構計畫概要包括下述各部分：

- (1) 結構系統
- (2) 工址地震、風力等需求
- (3) 耐震、耐風性能目標(動力、靜力)
- (4) 地質資料及基礎形式
- (5) 結構分析與設計假設及擬使用軟體
- (6) 耐震性能檢核
- (7) 施工計劃和結構計劃上之關係

[解說]

- (1) 結構計畫概要說明主體結構系統，如韌性立體剛構架、或考慮剪力牆、斜撐等。
- (2) 說明工址之設計地震與最大可能地震，是否近斷層等及風力之設計考量。並提出主要抗震、抗風的元素。
- (3) 耐震、耐風的性能目標為，設定受到何種等級之地震或風力，預期結構物的反應目標為何等。
- (4) 地質資料及基礎形式為，指出設計時地震力輸入的地盤位置，以及建物採用之基礎方式，如筏式基礎或樁基礎等。
- (5) 結構分析與設計假設為說明於何種分析狀況下、何種載重組合下進行斷面設計，如使用狀態下、極限狀態下或確保構材韌性、強度下之設計方法等。並說明擬使用之分析設計軟體的適用性。
- (6) 耐震性能檢核為將設計完成之建築物進行彈塑性歷時分析等，確認建築物之破壞機構為整體降伏機構，構材合乎容許塑性率範圍內等。分析時必要之構材之特性必要時應以試驗進行驗證。
- (7) 施工計劃和結構計劃上之關係，如採用預鑄複合工法時，那些構材為全預鑄、半預鑄及現場澆置等其與結構計劃上之關係。

建築物概要與結構概要可整理如表 4.1.1 及表 4.1.2 所示案例。

表 4.1.1 建築物概要表

審 查 編 號				審 查 日 期	年 月 日		
案 件 名							
申 請 者							
設 計 者	建 築						
	結 構						
	監 造						
施 工 者							
建 築 物 概 要	建 築 地 點						
	用 途						
	面 積	敷 地 面 積			m ²		
		建 築 面 積			m ²		
		總 樓 地 板 面 積			m ²		
		標 準 層 面 積			m ²		
	層 數	地 上			層		
		地 下			層		
		塔 屋			層		
	高 度	簷 高			m		
		建 築 物 高 度			m		
		最 高 部 高 度			m		
		標 準 層 樓 高			m		
		1 層 樓 高			m		
		地 面 層 樓 高			m		
		基 礎 底 深 度			m		
	地 盤	設 計 GL			設 計 用 地 下 水 位		
		土 質 及 N 值	設 計 GL-m			地 層	N 值 (min~max)
有 無 液 化							
土砂災害之危險區							

表 4.1.2 結構概要表

結構概要	基礎構造	樁 種 別		
		樁 徑		
		先 端 深 度 (樁 長)		
		材 料		
		許容支持力		長期： kN /m ² 短期： kN /m ² 拉力： kN /m ²
		樁 載 重		長期： kN /m ² 短期： kN /m ² 拉力： kN /m ²
	主 體 結 構	架 構 形 式 種 別		
		剪 力 牆 其 他		
		柱 · 梁 斷 面 · 材 料		
		柱 · 梁 接 合 部		
		樓 板 形 式		
		非 結 構 牆	外 牆	
			內 牆	
	結 構 上 的 特 色			

三. 結構設計概要

結構設計概要包括下述各部分：

- (1) 主要使用材料及容許應力
- (2) 關於固定載重、活載重及其他載重之檢討(相關之結構計算書)
- (3) 設計用樓層剪力的檢討(層剪力之豎向分布形狀)
- (4) 應力分析概要

[解說]

結構設計概要說明使用材料之性質、建物使用區分及載重、靜態水平力之層剪力分布，以及採用之分析方法，結構設計概要可整如表 3.1.3

- (1) 主要使用材料及容許應力，高強度材料與一般強度材料於某些性能上並非直接與其強度成比例，且使用之材料強度通常並非單一，因此設計前應該事先調查所使用材料的力學基本特性。
- (2) 固定載重、活載重及其他載重的檢討。根據建物用途、裝修、設備等概估建築物各部分之載重狀況。
- (3) 設計用樓層剪力的檢討。比較法規豎向力分配及結構體動力反應譜分析之豎向力分配的差異。
- (4) 應力分析概要。可透過靜力分析等，推算出各構材所需之尺寸等，檢討是否符合建築設計的要求。

表 4.1.3 結構設計概要

結構設計概要	耐風設計			依建築技術規則建築構造編第 32 條第 2 項規定				
		設計風压力		基本設計風速	V ₀ = m/s			
				地況區分				
				細長比	(高度 H= m)			
	耐震設計	地域係數						
		地盤種類						
		設計用層剪力係數			最下層	中間層		最上層
				方向		(層)	(層)	
				方向		(層)	(層)	
				分布形				
		地震力負擔率 (%)	方向	構架		(層)	(層)	
				斜撐 (剪力牆)		(層)	(層)	
			方向	構架		(層)	(層)	
				斜撐 (剪力牆)		(層)	(層)	
	地下部分之水平震度							
	動力分析概要	耐震性能目標	地震動等級	上部結構		基樁		
				狀態・層間位移角		狀態		
			中小度地震 (等級 1)					
		設計地震 (等級 2)						
採用地震波最大速度・加速度		採用地震波		最大加速度 (mm/s ²)		最大速度 (mm/s)		
				等級 1	等級 2	等級 1	等級 2	

四. 結構圖

結構圖包括下述各部分：

- (1) 基礎平面圖
- (2) 各層平面圖
- (3) 架構圖
- (4) 構材斷面圖
- (5) 其他特殊設計部份之結構

[解說]

結構圖說主要提供平面圖、架構圖及構材斷面以說明結構之形式，如有特殊設計部份應提說明。

五. 地質調查概要

地質調查概要包括下述各部分：

- (1) 地質、地形概要
- (2) 鑽探(地盤)調查位置圖
- (3) 鑽探結果、柱狀圖(包括 N 值之地盤斷面圖)
- (4) 支承地盤之耐力判定資料
- (5) 其他必要時，地下水位測定、孔內水平載重、室內土質試驗、PS 檢層、常時微動測定結果等相關資料

[解說]

地質調查概要主要提出土質柱狀圖作為判定支承層之妥當性，如採用樁基礎時，孔內水平載重、室內土質試驗之結果，於設計時將有助於土壤側向彈簧等之設定。

六. 使用特殊材料或特殊裝置

使用特殊材料、特殊工法或裝置包括下述各項：

- (1) 使用混凝土之最高強度、各樓層使用混凝土強度之計畫
- (2) 使用鋼筋之最高強度、各樓層使用鋼筋強度之計畫
- (3) 特殊裝置之使用(如隔震、制震、減振裝置)

[解說]

(3)使用特殊裝置如隔震、制震、減振裝置時，應提出各採用裝置的特性，使用數量、設置位置等說明。

七. 特殊工法及預定之實驗

提出採用之特殊工法內容及預定進行之實驗驗證。

[解說]

採用超高強度混凝土時，供料之預拌廠應取得主管機關之認定。高強度鋼筋及其續接或錨定所使用之續接器及錨定板，如未能符合現行法規所規定時，應經主管機關認定。初審時使用未經認定的材料，應於正式審查前取得認定。

採用預鑄工法等，構件之續接位置未經證實不影響結構安全、或其結構特性未明時應進行構材的實驗證明。

第二節 詳細審查時提出之資料

通過初審後，進行結構之詳細設計及施工可行性的確實檢討。確認使用材料已通過認可，構材特性之調查或實驗，使分析時所使用構材之力學特性更趨於實際狀況。除初審時之彈性分析外，同時強調考慮構材非線性之歷時分析，檢討建築物之性能，針對各種等級之地震，使用不同大小的設計地震波，根據所得反應值判定該建物之使用性及安全性能。正式審查應提出之資料和圖說如下述。

一. 使用材料之認證

經主管機關認證之材料，應提供與設計、施工相關之資料。

[解說]

設計者使用之高強度材料應經過主管機關的認可。包括混凝土預拌廠、鋼筋及其續接器或錨定板的認可。有關混凝土之認可資料應包括混凝土的製造手冊，內容至少述及(1)使用材料之水泥及骨材的品質標準，(2)高強度混凝土之品質，(3)配比強度之設定等。

關於超高強度鋼筋使用之續接器、錨定板等應提供(1)標準施工說明書，(2)設計指針等。

二. 構材性能調查或實驗結果

使用於分析之構材特性應經過調查或實驗證實其可信性。

[解說]

對於影響強度及韌性或建築物其他結構特性之力學性質的構材或施工方法，應進行對應於該部分及其周圍之接合狀況的加力試驗，結構計算時並根據該部分之各構材勁度、韌性或其他力學特性值以及構材相互接合狀況之力及變形的平衡等。

三. 特殊裝置之檢討

結構強度上主要部分具有與結構安全相關連作用之特殊裝置時，應證明該裝置具有於建築設計時所假設之特性或機能，且為了維持該特性或機能應提出適切的維持管理計畫。

[解說]

使用特殊裝置時，除證明裝置具有預想之特性或機能外，有應檢討其效率，為確保日後保持其特性或機能，應提出適切的維持管理計畫及災害時等之應變措施。

四. 結構安全檢討

結構安全檢討包括下述各項：

- (1) 長期載重之安全性
- (2) 風壓力之安全性
- (3) 地震力之安全性

[解說]

(1) 長期載重之安全性：確認不會因建築物各部分之固定載重及活載重其他因應實際狀況之載重及應力導致建築物之結構強度主要部分產生損害的情形。對於鋼筋混凝土結構而言，不會產生損害即確認不會產生不利於耐久性之有害裂縫。

(2) 風壓力之安全性：計算風載重之風壓力，根據建造地點之地理環境及周邊地表狀況以及建築物之平面形狀等，考慮以下因素做適切的設定。

- (1) 建造地點之地理、地勢環境
- (2) 建造地點周邊之地表面狀況
- (3) 建築物規模及形狀
- (4) 風力之回歸期

(5) 檢討對象之位置(架構、外裝材、玻璃等)

建築物所作用風壓力可根據營建署 2006 年所公佈之「建築物耐風設計規範及解說」進行結構計算。除考慮主結構體之安全性外，為避免風力作用下建築物非結構體之損害及不致引起居住者的不舒適，建物物層變位角及最高居室樓層側向加速度也加以限制。

- (3) 地震力之安全性：建築物所作用地震力可根據營建署 2011 年所公佈之「建築物耐震規範及解說」進行結構設計。惟目前規範採用彈性設計為主，對於使用超高強度混凝土的建築物，未能充分掌握建築物的耐震性能，可能流於過度保守或無法預知可能有局部破壞的情況。於『日本與台灣之超高層鋼筋混凝土造建築物的耐震設計』(參考書目 32)論文中，指出案例中 40 層樓柱之極限強度設計用彎矩，因為隨著水平變形的增大反曲點移動，彈性分析和塑性分析之分析值有相當大的不同，建議能採用考慮構材非線性之彈塑性分析。因此建議進一步實施「非線性歷時分析」來確認建築物之安全性。內容將包括水平地震力之設定、動力分析使用之振動系模型、歷時反應分析結果及評價判定標準等。詳細可參照第五章「耐震分析與性能判定」。

五. 施工計畫

對於需要特殊施工計畫的建築物，應提出施工計畫書。內容包括(1)基本方針，(2) 施工管理，(3)施工方法概要，(4)混凝土工程，(5)鋼筋工程，(6)模板工程，(7)預鑄混凝土工程，(8)品質管理基準

[解說]

包含預鑄混凝土工程之施工計畫概要的構成例如下：

1. 基本方針
2. 施工管理

- 2.1 施工管理方針
- 2.2 施工管理體制
- 3. 施工方法概要
 - 3.1 施工方針
 - 3.2 整體計畫
 - 3.3 工程別計畫
- 4. 混凝土工程
 - 4.1 混凝土之種類及使用區分
 - 4.2 使用材料
 - 4.3 預拌混凝土工廠
 - 4.4 配比計畫
 - 4.5 搬運及澆置
 - 4.6 養護
 - 4.7 品質管理
- 5. 鋼筋工程
 - 5.1 鋼筋概要
 - 5.2 使用材料及區分
 - 5.3 加工及組立
 - 5.4 續接器
 - 5.5 品質管理
- 6. 模板工程
 - 6.1 使用材料及使用區分
 - 6.2 加工及組立
 - 6.3 存置時間
 - 6.4 品質管理

7. 預鑄混凝土工程
 - 7.1 構材概要
 - 7.2 使用範圍及形狀
 - 7.3 製作標準
 - 7.4 製作規格
 - 7.5 製造工廠
 - 7.6 構材之製作
 - 7.7 進貨檢查
 - 7.8 建構
 - 7.9 接合
 - 7.10 品質管理
8. 品質管理標準

六. 施工管理與查核方式

品質管理標準就有關混凝土工程、鋼筋工程、模板工程、預鑄混凝土工程訂出判定標準、判定要領(時期、次數、試驗、檢查方法等)、不合乎判定標準時之處理、管理區分(責任者、擔任者)。施工期間各工程應根據管理內容進行自主管理，並接受第三者管理機構之查核

[解說]

設計階段時，製定有關高強度混凝土及高強度鋼筋之施工管理、預鑄構材之製作要領等之品質管理標準是重要的，各工程別之品質管理項目如下例：

(1) 混凝土工程

(a) 準備

- 預拌混凝土工廠之選定，考慮工廠之資格、使用材料、製造能力、技術力、搬運時間。

(b) 材料

- 水泥、骨材、拌和水、化學摻料

(c) 配比

- 配比計畫：配比設計、水膠比、單位水量、單位膠合材
- 試拌和：品質檢查、工作性、坍流度、空氣量、含氣量、抗壓強度、彈性模數

(d) 製造

- 製造設備：計量誤差、靜載重、動載重、攪拌性能
- 配比：骨材之表面水率、材料之計量
- 拌和後及時之混凝土品質：工作性

(e) 澆置

- 準備：模板及澆置面之濕潤
- 澆置時間：從拌和後到澆置完成之時間限度
- 新鮮混凝土的品質：配比、工作性、坍度、坍流度、空氣量、混凝土溫度、含氣量
- 澆置作業：混凝土自由落下高度、接續澆置時間間隔之限度
- 導實：振動機台數、振動機之操作、插入時間、加振時間
- 分批澆置：分批澆置方法
- 接續澆置：水平面之處理

(f) 養護

- 養護期間：濕潤養護天數、養護溫度、模板支撐之存置期間

(g) 強度管理

- 使用混凝土之品質：抗壓強度
- 結構體混凝土的品質：抗壓強度

(2) 鋼筋工程

(a) 材料

- 鋼筋：種類、品質、彎折性能(SD490、SD685)
- 高強度剪力補強筋：品質、彎折性能
- 鋼筋支撐器、隔離器：鋼製、混凝土製

(b) 加工

- 加工尺寸精度：一般鋼筋、柱梁主筋、高強度箍筋

(c) 組立

- 預組構材：主筋支數/徑、地組柱構材組立精度、箍筋間距
- 現場配筋：保護層厚度、錨定長度、箍筋間距、主筋位置精度

(d) 續接器

- 螺紋節鋼筋續接器(有機填充材續接器)：施工技術者、鋼筋嵌合長度、鎖緊作業、填充材注入
- 螺紋節鋼筋續接器(無機填充材續接器)：施工技術者、鋼筋嵌合長度、填充材注入、續接處檢查

(3) 模板工程

(a) 準備

- 模板之設計：模板強度

(b) 材料

- 側板：模板合板之種類
- 支撐工：品質
- 剝離材：品質

(c) 加工、組立

- 合板加工：尺寸精度
- 柱模板：位置、垂直精度
- 支撐工程：使用數量、架設狀態
- 鎖緊鐵件：使用位置

(d) 澆置後之檢點

- 柱模板：垂直精度

(e) 拆模

- 存置期間：側板、支撐工程

(4) 預鑄混凝土工程

(a) 準備

- PC 工廠之選定：工廠之資格、使用材料、混凝土製造能力(技術力)
- (b) 材料
- 材料之品質：水泥、骨材、拌和水、化學摻料、減水劑、鋼筋、高強度箍筋、剝離劑等
- (c) 混凝土之配比
- 配比計畫：配比設計、配比強度、水膠比、單位水量、單位膠合材量
 - 試拌和：品質檢查、工作性、坍度、空氣量、含氣量、抗壓強度、彈性係數
- (d) 製作
- 底板：尺寸精度、扭曲、翻翹、面之凹凸
 - 模板構材：尺寸精度、邊長、接合板位置、厚度方向、長度方向、高度(PC 板厚度)、彎曲對角線長差
 - 鋼筋加工尺寸精度：一般鋼筋、柱梁主筋、高強度剪力筋
 - 鋼筋之組立：主筋支數/徑、柱筋位置精度、箍筋間距、保護層厚度
 - 梁構材鋼筋續接部(螺紋節鋼筋續接器)：鋼筋嵌合長度、鎖緊作業、續接器再現用記號
 - 鐵件、埋入物之設置：種類、數量、位置
 - 新鮮混凝土之品質：配比、工作性、坍度、空氣量、混凝土溫度、含氣量
 - 混凝土之澆置：搗實
 - 養護：前養護、蒸氣養護
 - 脫模：混凝土之抗壓強度、柱梁構材、陽台構材
 - 檢查：尺寸精度、邊長、板厚、樓板扭曲、對角線差、鐵件
- (e) 強度管理
- 使用混凝土品質：抗壓強度

- 結構體混凝土品質：抗壓強度

(f) 建構(現場)

- 進貨檢查：構材編號、破損、裂縫
- 支撐工程：位置
- 建構精度：高度、位置
- 梁構材之接合：技術者、鋼筋嵌合長度、填充材注入、續接部
檢查
- 頂部混凝土澆置時之強度：PC 構材抗壓強度

第五章 耐震分析與性能判定

第一節 水平方向地震力之設定

根據『建築物耐震規範及解說』，關於建築物之主要外力的地震力，其內容如下述：

(1) 作用於建築物之地震力，設定為中小度地震、設計地震及最大考量地震的3個等級，各自提供對應之設計地震力，而以三者之最大值作為該建築物之設計地震力。

(2) 根據上述設計地震力及其他固定載重、活載重的組合載重進行設計，期望達到建築物於中小地震下，結構體保持彈性範圍無任何損壞；於設計地震下建築物不得產生嚴重損壞，建築物產生的韌性比不得超過容許韌性容量；對於最大考量地震，防止建築物的崩塌，允許結構物使用之韌性可達到其韌性容量。

以往高層鋼筋混凝土筋建築物並未根據歷時分析反應確定結構安全及耐震設計目標，對於使用超高強度鋼筋混凝土之建築物，希望從輸入地震力的設定，以及地震時之應力、變形根據歷時反應分析來掌握以驗證建築物的損壞狀態等，將結構設計之架構付以明確的位置，對於今後發展性能設計上有很大的意義。

一. 歷時反應分析之方針

1. 歷時反應分析之方針包括分析的方法及使用的分析程式。使用之分析程式必須為使用主管機關認可者。常用之分析方法有：
- (1) 以樓層為單位的多質點系歷時分析
 - (2) 構材等級之非線性歷時分析

[解說]

日本建築中心有關結構計算程式之認定，審查內容下：

- (a) 結構計算程式之適用範圍的適合性。
- (b) 結構計算程式之假設條件和計算理論的妥當性以及與法令等各種規範之適合性，

- (c)模型建築物等之計算結果是否適切。
- (d)防止結構計算程式誤用、擅改之對策是否確實
- (e)輸出結構計算書之體裁是否適當。
- (f)維護之適切性。

關於使用之分析程式，目前具有構材等級立體架構之非線性歷時分析功能的程式，市面上常用的大多為美、日開發的軟體，應選擇有實績信賴性高的程式。美國所開發軟體一般較熟悉的程式有 ETABS 2013、SAP2000、PERFORM 3D 等，日本所開發程式有 SNAP(Structure Nonlinear Analysis Program)程式等。

- (1) 以樓層為單位的多質點系歷時分析為，首先定義各構材之塑鉸特性，再利用側推分析建立各樓層之載重-變形關係，之後再進行非線性歷時分析。
- (2) 構材等級之非線性歷時分析為，定義各構材之載重-變形關係後，直接進行立體架構模型之非線性歷時分析。

二. 採用之地震波

歷時分析採用的地震波為，至少三個與設計反應譜對應之水平地震紀錄再加上三個有代表性的觀測地震波，並針對不同等級之地震調整地震波之大小進行分析。

[解說]

根據『建築物耐震規範及解說』，歷時分析輸入地震要求，至少三個與設計反應譜相符之水平地震紀錄，其應能確切反應工址設計地震(或最大考量地震)之地震規模、斷層距離與震源效應。且地震紀錄模擬之方法，應為具有可信理論之方法或為由公信所提供之方法。

參考日本對於超高層建築物非線性歷時分析所要求輸入地震，除符合法規設計反應譜之模擬地震波外，也要求加入以往有代表性之觀測地震波，如 EL Centro 1940 NS、TAFT 1952 EW、Hachinohe 1968 NS 等，可作為借鏡。另外，也應針對三種不同等級地震進行分析，以確認是否合乎所預期之耐震目標。

第二節 動力分析所使用振動系模型的設定

歷時反應分析為，模擬所謂地盤移動建物振動之地震實態手法，以得到防止建築物的損害及倒壞、崩塌的資訊。比較分析結果和設計標準，來評價損害、安全，但是模型及分析必須正確的處理。將分析所用載重-變形關係與實驗資料比較等，認識設定模型的精確度及損害的程度，不僅是慣用的數值，應該將損害界限及安全界限實態化，理解後反應於設計標準上。目前常用之振動系模型有：

一. 振動系模型的設定

設定振動系模型時，應考慮模型是否能正確模擬建築物的振動特性。常使用之模型有(1)立體架構之振動系模型(2)平面架構模型(3)多質點振動系模型

[解說]

非線性歷時分析可依很多種不同的結構模型進行，這些模型主要由其自由度的差異來區分。結構模型，或其自由度數量，應考量分析目的謹慎地選擇。在實際進行設計時，無目的地使用太複雜的模型不但無用，有時候反而還會造成誤判。因此選擇適當且符合分析目的的簡單模型是很重要的。

- (1) 如果建築物結構較不規則或希望模擬更精細的結構行為時，進行非線性歷時分析可採用立體架構之振動系模型。將柱、梁、牆和樓板模擬「構件模型」，連繫著節點和節點間，其在往復載重下的非線性行為模擬成「遲滯迴圈」。立體架構模型中，每個節點處都有獨立的變位，可考慮各種結構行為，然而這樣的模型對大部分實用設計分析似乎太複雜了，因此通常假設為面內剛性樓板，而將同一剛性板上之每一節點的水平位移與轉動自由度集中簡化成一個。即使如此也能有效模擬出立體效應系之結構反應，例如(a)因勁度或質量偏心分布導致結構之扭轉變位，(b)雙軸向地震或斜向地震引致之角柱軸力和內柱之剪力與彎矩，(c)與另一方向構件相交之構件

的底部剪力分布。

- (2) 如果結構有對稱的平面，可預期偏心扭轉很輕微時，3D 立體結構模型就可以沿其主軸向簡化為 2D 平面構架模型，模型中某一主軸向的每個構架以假設樓版水平變位一致的前提並聯在一起。在此種模型中，忽略梁的軸向變形，每個節點的垂直變位與轉動各自獨立，但同一樓版處之水平變位皆相同。在平面構架模型中，柱梁亦使用 2D 構件模型。通常梁的軸向變形會忽略，但在柱則會以單元素的形式加以考慮。如果要在 2D 平面構架模型中考慮梁的軸向變形時，可以把各節點的水平變位各自獨立考慮，並使用多彈簧模型。
- (3) 從構架模型簡化成多質點模型的方式，是根據上述的構架模型或更簡化的模型進行的靜力側推分析。非線性彈簧的特性，亦即受力-變位關係，是由側推分析所求得的層剪力與層間變位關係理想化而來，或者由柱梁構成的非線性樓層勁度簡化而來。用在高層建築的分析時，每個樓層除了剪力彈簧以外，也要加上轉動彈簧，並將各樓層之集中質量加於各樓層之節點上，構成多質點系振動模型(圖 5.2.1)。此模型若能正確決定樓層的非線性彈簧性質，則求得之反應值可與架構模型差不多，但當結構反應由高次模態控制且位於大量塑性範圍時，所得結果可能會與架構模型有所不同。

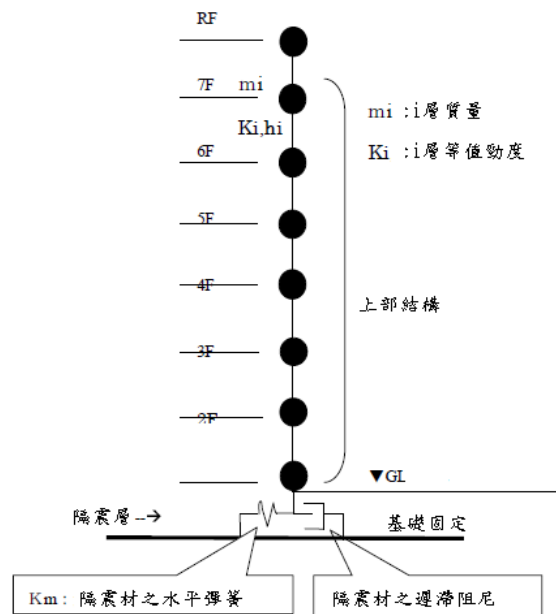


圖 5.2.1 多質點振動系模型例【資料來源:參考書目 23】

二. 鋼筋混凝土造建物之遲滯迴圈

非線性分析中使用之履歷關係包括應力-應變、彎矩-曲率、彎矩-轉角、剪力-位移、載重-變形關係。選用之遲滯迴圈必須經過調查或實驗加以驗證。鋼筋混凝土結構常使用之遲滯迴圈有：

- (1) 勁度折減型 Tri-linear 模型
- (2) Clough Model 模型
- (3) Takeda 模型
- (4) Pivot 模型

[解說]

鋼筋混凝土造結構物之非線性分析中，必須定義開裂後勁度變化部分及反復載重導致之應力-變形關係的遲滯迴圈。此履歷關係顯示出，構成斷面之材料應力-應變關係、斷面之彎矩-曲率關係、構材端之彎矩-轉角關係、層剪力-層間位移角關係、代表結構物單自由度系之載重-變形關係等不同的特性。結構物非線性分析時之基本為依照選用何種模型，而應該使用的遲滯迴圈也會不同。遲滯迴圈並非對所有載重履歷都給予載重-變形關係，關於使用材料、形狀所對應之實驗體必須能表現出實驗所觀察到的特性。

根據側推分析所得載重-變形關係稱為恢復力特性。安定之彎曲行為所支配的情形下，恢復力特性顯示出載重-變形關係的履歷曲線。鋼筋混凝土構材恢復力特性，通常根據混凝土之彎曲開裂點和拉力鋼筋之彎曲降伏，以勁度變化之 3 直線(Tri-linear 關係)來表示。由於鋼筋混凝土結構容易由於乾縮產生開裂，因此也有無視開裂前之狀態，認定所有斷面皆已產生開裂，僅考慮拉力鋼筋降伏之勁度變化的 2 條直線(Bi-linear 關係)來表示。

目前並無精確度良好之鋼筋混凝土構材之初期勁度、降伏變形、極限變形的評價方法，特別是結構設計用初期勁度，考慮混凝土彈性係數的參差不齊，乾燥收縮導致開裂等評價是有困難的。混凝土彎曲開裂

後，剪力開裂對整體變形的影響，主筋和混凝土握裹應力傳遞和滑動，或者反復加力導致勁度降低等事問題更加複雜化。降伏變形及極限變形之評價，採用將實驗結果統計處理之實驗式是不可避免的。

鋼筋混凝土結構常使用之遲滯迴圈如下：

- (1)勁度折減型 Tri-linear 模型：此為表示鋼筋混凝土構材彎曲行為之遲滯迴圈。恢復力特性為，以開裂和降伏勁度變化的 3 直線來表示。從開裂到降伏之間，以開裂點作為勁度變化之 Bi-linear 模型的行為(圖 5.2.2(a))，超過降伏點時，於表示降伏硬化之第 3 折線上移動。從此處除載開始時，將開始除載點視為降伏點，與反對側之降伏點之間，將第 1 折線與第 2 折線之勁度，根據連接初期與現在之正負降伏點斜率的比值降低，新降伏點之間以 Bi-linear 模型移動(圖 5.2.2(b))。到達正負新降伏點時，反應點於第 3 折線上移動。此模型與彎曲行為卓越之鋼筋混凝土造構材實驗結果比較時，有良好的對應性。

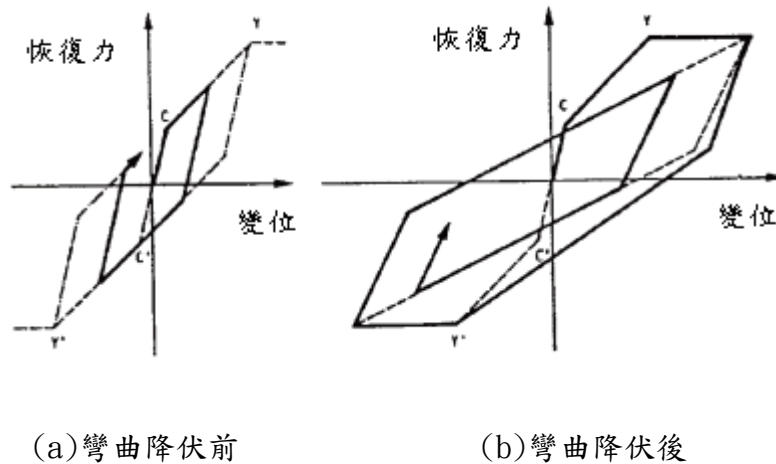


圖 5.2.2 勁度折減型 Tri-linear 模型

【資料來源:參考書目 27】

- (2) Clough Model 模型：對於漸增載重之恢復力特性以降伏點為勁度變化的 2 直線來表示，此表示鋼筋混凝土造構材履歷特性之模型由 Clough-Johnston(1966)所提案。其特色為(a)載重時反應點於表示恢復力特性的線上移動。(b)從降伏後之第 2 折線開始除載時，到應力符號變化為止，以彈性勁度移動。(b.1)再加载到達第 2 折線時，於第 2 折線上移動。(b.2)除載時應力符號改變後的再加载，反應點朝符號改變之新方向的最大反應點(此方向未產生降伏時為降伏點)移動。以簡單的履歷規則有效的表現出鋼筋混凝土造之彎曲行為(圖 5.2.3)。

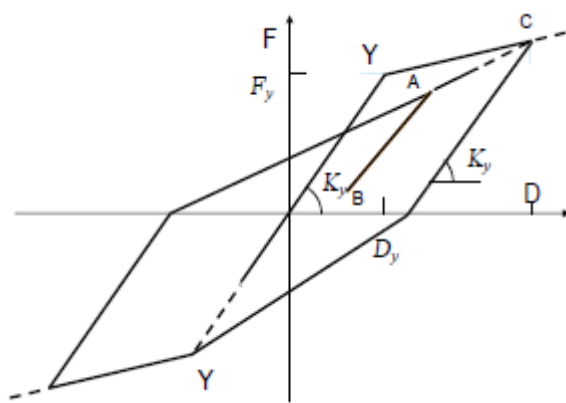


圖 5.2.3 Clough Model

【資料來源：參考書目 27】

- (3) Takeda 模型：根據多數之中型鋼筋混凝土造構材實驗結果(包括軸力等級低到中級程度)，Takeda(1970)提出此遲滯迴圈(圖 5.2.4)。
- (a)初期載重時，反應點於開裂點和降伏點勁度變化之 3 條直線表示的骨架線上移動。
- (b)超過開裂點 P_{cr} 從降伏點 P_y 前之 P 點除載時，
- (b.1) 除載開始點和反對側未產生開裂的情形時，反應點為於除載開始點和反對側之開裂點 $-P_{cr}$ 間移動。
 - (b.2) 除載開始點和反對側已產生開裂的情形時，反應點為從除載開始點朝反對側之開裂點 $-P_{cr}$ 除載，載重符號變化後再加载開始時，朝向此方向之最大反應點。

(c)從超過降伏點 P_y 之第 3 直線上的點 P_m 除載開始時，除載勁度為

$$K_r = \frac{F_c + F_y}{D_c + D_y} \left| \frac{D_m}{D_y} \right|^{-\alpha}$$

其中， F_c :開裂點之強度， F_y :降伏點之強度， D_c :開裂點之位移， D_y :降伏點之位移， D_m :最大反應點 P_m 之位移， α :除載勁度降低指數。

- (c.1) 除載開始點和反對側未發生開裂的情形，反應點為，於除載開始點和除載勁度上反對側之開裂點的等級點間移動。反應點到達除載勁度上反對側開裂點的等級點時，朝向該方向的降伏點。
- (c.2) 除載開始點和反對側已發生開裂的情形，反應點從除載開始點和除載勁度應力為零點之間移動。除載勁度到達應力為零點而應力符號變化時，朝向該方向之降伏點。
- (c.3) 除載開始點和反對側已發生降伏的情形，反應點從除載開始點和除載勁度應力為零點之間移動。除載勁度到達應力為零點而應力符號變化時，朝向該方向之最大反應點。
- (d) 再加载之途中除載的情形時，以該 Cycle 外側之除載勁度除載，應力達零點而應力符號變化時，朝向該 Cycle 外側之高峰點。到達該高峰點時，朝向外側之 Cycle 的高峰點。

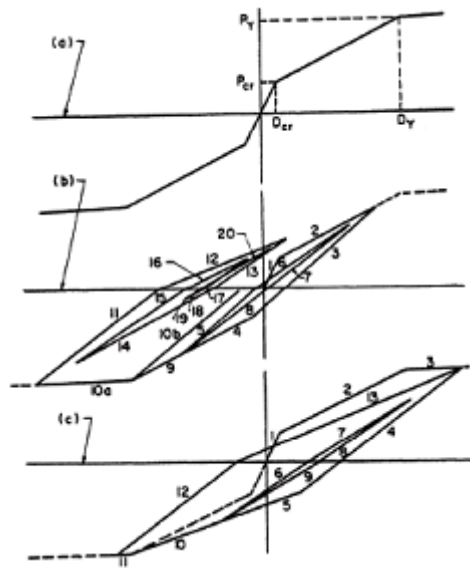


圖 5.2.4 Takeda 模型【資料來源:參考書目 27】

(4) Pivot 模型：Pivot 模型為定義載重軸和彈性直線之 4 個象限。漸增載重時之載重位移關係以 4 條直線來表示。初期勁度於降伏點 Y 勁度降低後，於點 T 達到強度，到點 D 為止產生強度降低，之後於點 F 強度變成零。漸增載重時之載重-變形關係也可正負不同(圖 5.2.5)。

定義正負彈性線上支配履歷形狀的 4 個 Pivot 點；正側彈性線延長上具負側降伏強度 F_{y2} 的 α_2 倍強度的 Pivot 點 P_1 ，負側彈性線上具正側之 Pivot 點 P_4 相同強度之 Pivot 點 P_3 ，負側彈性線延長上具正側降伏強度 F_{y1} 之 α_1 倍強度的 Pivot 點 P_2 ，正側彈性線上具負側 Pivot 點 P_2 相同強度之 Pivot 點 P_1 。負彈性線上 Pinching Pivot 點 PP_2 (強度 $\beta_2^*F_{y2}$)，正彈性線上 PP_1 (強度 $\beta_1^*F_{y1}$)。這些 Pinching Pivot 點隨載重履歷於彈性線上變化。

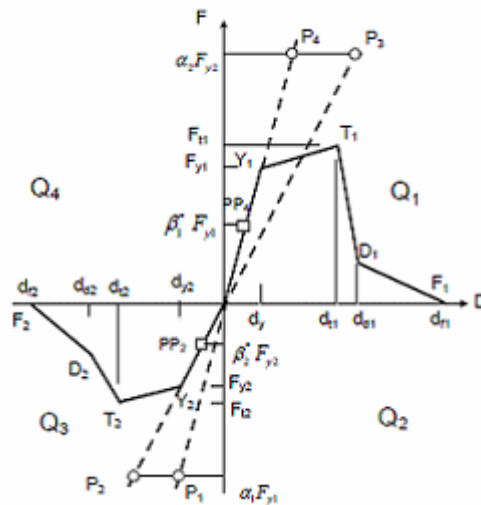


圖 5.2.5 Pivot 模型之象限

【資料來源：參考書目 27】

第三節 歷時反應分析結果

一. 歷時反應輸出內容

為了確認結構體之耐震性能，歷時分析後需要輸出反應結果。輸出內容應該包括下述各項：

- (1)最大反應加速度分布
- (2)最大反應層剪力分布
- (3)最大反應傾倒彎矩分布
- (4)最上層之位移反應波
- (5)最大反應層間位移角分布
- (6)最大反應塑性率分布
- (7)結構計算書

[解說]

如圖 5.3.1 以圖形顯示出各樓層之整體變形、層間變形、層剪力、傾倒彎矩等。或將分析結果整理成圖表以利檢視，輸出例如下表

5.3.1。

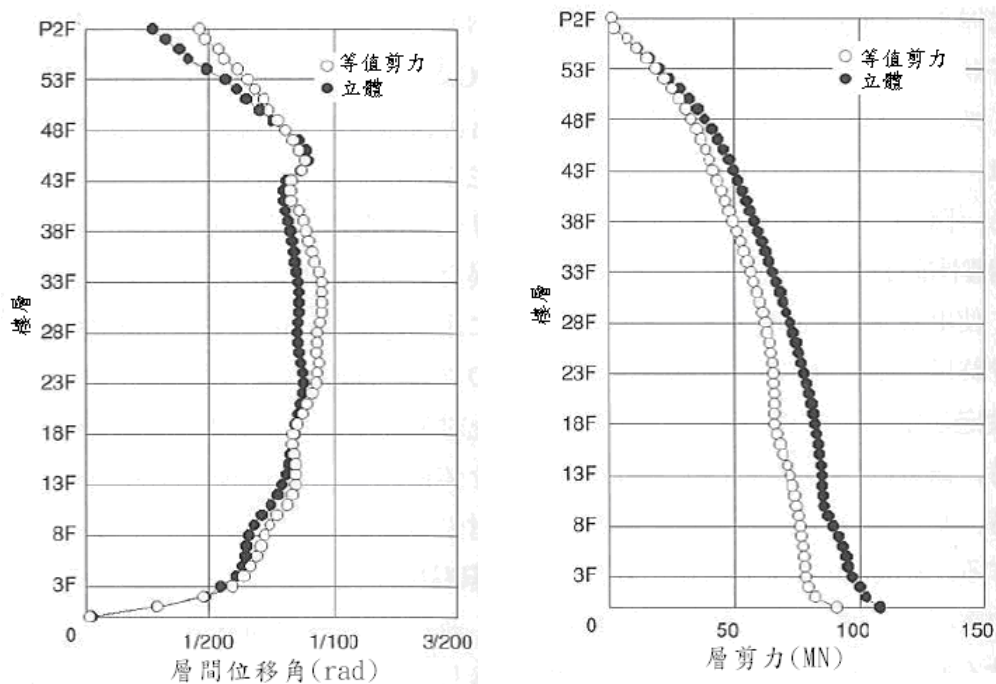


圖 5.3.1 以圖形顯出分析反應值【資料來源:參考書目 23】

表 5.3.1 歷時分析反應結果例

	地震等級	方向	反應值	樓層	地震波
最大層間 位移 (mm)	中小度地震	X 方向	8.96	18 樓	Hachinohe 1968 NS
		Y 方向	8.76	18 樓	Hachinohe 1968 NS
	設計地震	X 方向	22.1	2 樓	法規反應譜波_A
		Y 方向	21.8	2 樓	法規反應譜波_A
最大層間 位移角	中小度地震	X 方向	1/346	18 樓	Hachinohe 1968 NS
		Y 方向	1/353	18 樓	Hachinohe 1968 NS
	設計地震	X 方向	1/149	8 樓	法規反應譜波_A
		Y 方向	1/150	9 樓	法規反應譜波_A
最大層 剪力係數	中小度地震	X 方向	0.051	1 樓	El centro 1940 NS
		Y 方向	0.05	1 樓	El centro 1940 NS
	設計地震	X 方向	0.097	1 樓	法規反應譜波_A
		Y 方向	0.098	1 樓	法規反應譜波_A
最大塑性率	設計地震	X 方向	0.996	25 樓	法規反應譜波_R
		Y 方向	0.979	29 樓	法規反應譜波_R
	最大考量地震	X 方向	1.5	26 樓	法規反應譜波_R
		Y 方向	1.62	29 樓	法規反應譜波_R
最大軸力比	設計地震	X 方向	0.56	12 樓	法規反應譜波_R
		Y 方向	0.62	2 樓	法規反應譜波_R
	最大考量地震	X 方向	0.54	12 樓	法規反應譜波_R
		Y 方向	0.65	2 樓	法規反應譜波_R

第四節 耐震性能之判定標準

關於防止損壞(損壞界限)及防止倒壞、崩塌(安全界限)的評價判定標準，除了根據『建築物耐震規範及解說』之耐震設計目標及容許韌性容量外，由於導入非線性歷時分析，其評價判定加入(1)設計地震作用下之反應層間位移角，(2)各樓層之反應塑性率以及(3)構材之反應塑性率。

一. 中小度地震

中小度地震作用下，建築物之結構體應保持彈性，其層間相對側位移角不得大於 0.005。

[解說]

中小度地震作用下之耐震設計目標為，建築物之結構體保持彈性限度內，沒有任何損壞，及其容許層間相對側向位移角不得大於 0.005，但確認非結構構材能承受較大層間變位而不致產生影響生命安全之破壞時，上述限制可酌予放寬。

二. 設計地震

設計地震作用下，確認建物整體之韌性比不得超過容許韌性容量。且確認下述 3 事項：

- (1) 反應層間相對側向位移角不得大於 0.01
- (2) 樓層之反應塑性率不得大於 2.0
- (3) 構材之反應塑性率不得大於 4.0

[解說]

設計地震作用下之耐震設計目標為，建築物不得產生嚴重損壞，而容許建築物於一些特定位置如梁之端不產生塑鉸，且建物整體之韌性比不得超過容許韌性容量。非線性歷時分析之結果將根據下述 3 點來加以確認。

- a. 反應層間相對側向位移角不得大於 0.01
- b. 樓層之反應塑性率不得大於 2.0
- c. 構材之反應塑性率不得大於 4.0

反應值超過上述(a)~(c)之數值時，應就其超過程度確定下述事項：

- 1) 使用可計算各構材反應值的適切分析模型，確認層間位移角、層之塑性率及構材塑性率等之妥當性。
- 2) 反應分析所使用之構材的恢復力特性到超過反應變形範圍為止適切的加以模型化，且具有符合該模型化之結構細部
- 3) 進行適切的分析其可計算伴隨水平變位之垂直載重的附加影響

三. 最大考量地震

最大考量地震作用下，確認建物整體之韌性比不得超過韌性容量。

[解說]

最大考量地震之設計目標為建築不致崩塌，以避免造成嚴重損失或造成二次災害。考慮經濟因素允許結構物可達到其韌性容量。非線性歷時分析結果建築物應不致達崩塌機構。或以靜力側推分析確認建物整體之韌性比不得超過韌性容量，並使用最大考量地震作用下之應力，設計未降伏之構材，確保其不會降伏；降伏之構材則確認其具有足夠之塑性變形能力。

第五節 斷面設計之考量

確保構架形成整體降伏型之降伏機構的目標下，斷面設計之考量重點為

- (1) 容許降伏位置應具足夠之變形能力
- (2) 不容許降伏位置應具足夠強度
- (3) 所有構材必須防止剪力破壞或握裹破壞

另外，考慮材料及應力等之不確定性，斷面設計所使用之應力應考慮將分析所得應力乘上應力放大係數。

[解說]

地震發生時，為了使建築物確實保有不致倒塌、崩壞之性能，期待建築物為整體降伏型之降伏機構所構成，這種情形下應注意下述幾點：

- (1) 容許產生降伏塑鉸之位置如下：
 - a. 2層以上之大梁端部
 - b. 地面層最下層之柱腳部
 - c. 最上層柱之柱頭部
 - d. 地震力導致承受拉力之柱頭及柱腳
- (2) 確認產生降伏位置具足夠塑性變形能力。此外，容許降伏位置可未必產生彎曲降伏
- (3) 容許降伏位置以外的範圍不得產生彎曲降伏。另外，所有構材必須防止剪力破壞或握裹破壞。

為了使最大考量地震下，建築物確實保有不致倒塌崩壞的性能，於耐震設計上必須考量地震載重的不確定性、結構物具有的各種參差不齊、P-Delta 效應等。因此必須對於比最大考量地震所預想的反應變形更大的變形，保證架構的降伏機構及降伏位置的塑性變形能力，以及防止剪力和握裹的脆性破壞，以確保架構整體之強度和變形性能。

利用靜力側推分析達最大考量地震時之變形時(架構設計變形)，檢討降伏機構的保證及構材極限強度的確保。

- (1) 不容許發生彎曲降伏的位置，不得產生彎曲降伏。

- (2) 容許彎曲降伏位置，應確保足夠的韌性。
- (3) 不容許彎曲降伏位置之構材的彎曲強度，全構材的剪力強度及握裹強度大於檢討用應力。檢討用應力為，將達到架構變形為止之構材最大應力乘上放大係數來計算。

應力放大係數為考慮材料強度之上升、有效樓板寬度增大之樓板效應、地震輸入之任意方向性和反應變形，靜態應力和動態應力之差異等。參考日本「韌性保證型耐震設計指針」其所定應力放大係數例如下：

構材	應力放大係數
梁之剪力	1.1
柱之彎矩	1.3
受壓外柱之彎矩	1.5
中間柱之剪力	1.3
外柱之剪力	1.5

第六章 施工計畫、品質管理與品質確保之審核要項

第一節 施工計畫概要

施工計畫之目標為，根據設計圖說於規定期間內，以最小費用且安全的施工條件和方法來完成建造物。施工計畫不僅根據充分的調查慎重立案外，於工程進行之各階段也應檢討比對是否依照計畫進行，必要的修正處置也應適切的考量，預先加入計畫書中。

一. 施工之基本方針

施工之基本方針內容至少應包括(1)使用材料之最高設計強度、(2)主要工法、(3)預計每層進度、(4)工區劃分等。

[解說]

一般施工計畫內容應該包括工程概要、工程進度表、工地組織表、安全管理、指定機械、主要資材、施工方法、施工管理計畫、緊急時之體制及對應、交通管理、環境對策、工地作業環境整備、再生資源之利用和建設副產物之適正處理計畫、工程數量總表等。一般於承包契約簽訂，進行現場調查後，製作出整合現場施工條件之施工計畫書。決定施工計畫之基本方針時應注意事項有：

- (1) 為了建立施工計畫，首先除了要充分理解工程契約、設計圖說外，也必須進行現場調查。
- (2) 施工計畫之決定，以往的經驗雖然相當貴重，但是應存著嘗試改良、採用新工法、新技術的想法。
- (3) 活用過去的實機和經驗的同時，考慮理論和新工法，合乎現場施工的判斷為重要的。
- (4) 決定施工計畫時，並非僅1個計畫，製作出述個替代案，考慮經濟性而採用最適當的計畫。
- (5) 施工計畫書之內容產生重要變更時，應再提出與變更有關連工程之變更計畫書。

二. 施工方法概要

施工方法概要應記載之項目為(1) 主要工程之作業流程、(2) 施工實施上之注意事項及施工方法、(3) 主要機械、(4) 臨時設備計劃、(5) 工程用地等。

[解說]

施工方法應該記載下述的項目：

- (1) 主要工程之作業流程：以混凝土工程、鋼筋工程、預鑄工程等為主。
- (2) 施工實施上之注意事項及施工方法：考慮現場之自然條件、地理性條件，對於各工種，記載施工上之注意事項、施工方法。
- (3) 主要機械：考慮工程規模、施工方法、及現場條件，製作機械使用計劃。
- (4) 臨時設備計劃：為使工程能安全圓滑的實施，設置迂迴道路、替代道路、臨時防護、倉庫、事務所等之臨時設備的情形，根據平面圖、結構圖製作計劃。
- (5) 工程用地等：除接受業主所提供工程用地等之維持管理外，施工者所確保用地及工程施工上、施工者必要用地的使用計劃。

三. 施工之管理計劃

施工管理計畫應記載品質管理內容。

[解說]

品質管理內容即品質規格和品質管理基準。關於工程中所實施之品質管理的試驗項目，確認製作成品質管理計劃表。製作時應注意(1)是否配合工程規模之管理次數，(2)適用之標準是否妥當，(3)管理方法及處理是否妥當。混凝土工程、鋼筋工程、預鑄化工程等主要工程之施工計劃及管理將於下列各節詳細敘述。

第二節 混凝土工程

一. 混凝土種類及使用區分

敘述使用混凝土種類、強度及於各樓層使用區分情形。

[解說]

敘述使用混凝土的種類及強度，以及於各樓層使用區分情形，如圖 6.2.1 所示各樓層柱梁使用混凝土斷面、強度及鋼筋強度使用區分。

柱			大梁		
混凝土	鋼筋	斷面(cm)	混凝土	鋼筋	斷面(cm)
36	SD390	80×100	36	SD390	60×85
		90×100			47F
54	38F	100×100	54	D38	75×85
					27F
60	20F	18F	21F	85×85	
22F					SD490
70	SD685	110×100	60	SD490	
14F					D41
80	8F	120×100	60	SD490	
100					1F
	3F	D38			
80			150×125		
					160×310

圖 6.2.1 材料強度使用區分圖

【資料來源：參考書目】

二. 使用材料:

敘述混凝土使用材料之內容，包括(1)水泥、(2)骨材、(3)卜作嵐材料、(4)化學摻料。

[解說]

(1) 水泥：敘述各使用設計強度混凝土所使用之水泥種類。

作為高強度混凝土所使用之水泥，普通卜特蘭水泥有達設計

標準強度 $600\text{kgf}/\text{cm}^2$ 之施工例，但是大於此之強度，則必須使用特殊水泥或卜作嵐材料。一般而言，可使用 I 型水泥添加「矽灰」、「飛灰」或「高爐石粉」，或使用預先與水泥混合之特殊水泥。另外也有使用低熱卜特蘭水泥以降低初期的水化熱。

(2) 骨材為使用碎石及碎砂比起川砂礫及川砂可得較高的強度。此外岩質緻密的硬質砂岩或安山岩較適合，但石灰岩碎石也有達 $1000\text{kgf}/\text{cm}^2$ 之實績。骨材應該據拌和試驗確認強度後才使用。骨材並應敘述粗細骨材之種類及來源處。

(3) 卜作嵐材料：敘述使用卜作嵐材料之種類。

作為高強度混凝土的卜作嵐材料，大多使用矽灰或高爐礦渣微粉末。這些材料由於增進混凝土組織本身的強度，以及減少水泥硬化體中的空隙，可期待強度的增進。

(4) 化學摻料：敘述使用化學摻料之種類。

最為高強度混凝土的化學摻料，高性能減水劑微不可欠缺。高強度混凝土因水泥量多而年性高，單位水儘量減少，以求降低單位水泥量。使用高性能減水劑，除減少單位水量外，也可得優良的施工性。另外高性能減水劑之添加量及坍度的保持能力因減水劑之種類、水泥種類及混凝土溫度等而有所不同，應根據試拌和加以確認。

三. 配比計劃：

配比計畫內容包括(1)配比強度、(2)水灰比、(3)單位水量、(4)單位水泥量、(5)單位粗骨材量。

[解說]

混凝土的配比計畫為，為了滿足混凝土的要求品質，基本上根據混凝土預拌廠之試拌和而決定。內容將包括配比強度、水灰比、單位水量、單位水泥量、單位粗骨材。

- (1) 配比強度：配比強度為，決定混凝土配比時作為目標之抗壓強度。一般而言根據標準抗壓強度加上考慮預定強度差異性所增加的值來訂定。高強度混凝土的配比強度原則上以標準養護試體材齡 m 日之抗壓強度來表示。參照日本的研究，所使用之配比強度計算式如下述。

$$mF \geq Fc + mSn + K\sigma \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$mF \geq a(Fc + mSn) + 3\sigma \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

K 為對於結構體修正強度考慮差異性之正規偏差，混凝土之設計標準強度 800kgf/cm^2 為止為 1.73 ， 800kgf/cm^2 以上的情形，大多設為 2.0 。 a 為結構體修正強度容許最小值和結構體強度之比，混凝土 800kgf/cm^2 為止為 0.85 ， 800kgf/cm^2 以上的情形大多設為 0.9 。 σ 為結構體混凝土強度管理用供試體之抗壓強度的標準偏差，無實績時，設為 $0.1(Fc + mSn)$ 。

- (2) 水灰比：水灰比與抗壓強度的關係為，根據預拌混凝土工廠之使用材料、製造設備、品質管理等有很大的差異，即使相同的水灰比有時會產生 300kgf/cm^2 以上的差異。因此，各預拌混凝土工廠必須根據試拌合來決定強度計算式。強度計算式大多根據材齡 28 日標準養護供試體強度來決定，使用低熱卜特蘭水及或中庸熱卜特蘭水泥等低熱系水泥時，大多以材齡 56 日來訂定。此外， 1300kgf/cm^2 以上時，以材齡 56 日或 91 日來決定配比強度，進行施工。
- (3) 單位水量：高強度混凝土的單位水量，基本上為 175kg/m^3 以下。但是骨材情形不佳的地域，即便使用高性能減水劑，此水量要得到良好的工作性有時是困難的。這種情形時，被認定可增加至 185kg/m^3 為止的單位水量。但是，增加單位水量的同時也增加了單位水泥量。特別是 800kgf/cm^2 以上的高強度混凝土，單位水量為 175kg/m^3 時，單位水泥量變成 700kg/m^3 以上。此外 1200kgf/cm^2

以上時，單位水泥量甚至達 1000 kg/m^3 以上。因此，使用 800 kgf/cm^2 以上高強度混凝土時，單位水量降低為 $150\sim 165 \text{ kg/m}^3$ 左右，以卜作嵐材料的添加量調整工作性的情形很多。國內學者建議單位水量宜降低至 130 kg/cm^3 以下，以保證體積穩定性。

- (4) 單位水泥量：單位水泥量之上限值並無特別設定。但是，單位水泥量變多時，增加混凝土之黏性，工作性將惡化。此外被指出水化發熱量的增大及自收縮導致發生開裂的危險性將提高。因此使用高性能減水劑，降低單位水量，其結果單位水泥量也儘可能減少。
- (5) 單位粗骨材量：單位粗骨材量，於可得良好工作性範圍內，最好儘可能取較大。單位粗骨材量的決定方法，有根據單位粗骨材體積的方法，參考日本常用的建議值如表 6.2.1。

表 6.2.1 使用高性能減水劑之高強度混凝土其單位粗骨材之標準值範圍(m^3/m^3)

水灰比 (%)	坍 度 (cm)			坍流度 (cm)			
	18	21	23	50	55	60	65
40	0.58~0.66	0.57~0.63	0.55~0.62	0.53~0.60	0.53~0.57	0.52~0.55	0.51~0.54
35	0.59~0.67	0.57~0.63	0.55~0.62	0.53~0.60	0.53~0.57	0.52~0.55	0.51~0.54
30	0.60~0.67	0.57~0.63	0.55~0.62	0.53~0.60	0.53~0.57	0.53~0.55	0.52~0.54
25	0.60~0.64	0.58~0.62	0.55~0.61	0.53~0.60	0.53~0.57	0.53~0.56	0.52~0.54

四. 產製與輸送:

產製與輸送計畫內容應包括(1)拌和方法、(2)拌和時間、(3)輸送計畫。

[解說]

混凝土的拌和影響新鮮混凝土及硬化混凝土的品質，而由於近年來高性能減水劑製品的發展，只要能確保充分拌和時間，即可得到均質的高強度混凝土，混凝土的性能不會產生大的變化，另外適合高強度混凝土之板狀及漿狀的強制 2 軸型混凝土攪拌機的普及也是原因之一。高強度混凝土如使用保持坍度性能良好的高性能減水劑，拌和和超過 60~90 分鐘左右會有隨坍流度降低而混凝土黏性變

高流動性大幅受損的現象。另外，高強度混凝土之混凝土單位體積質量比一般強度混凝土為大。提出內容應包括拌和方法、拌和時間、輸送計畫等。

- (1) 拌和方法：高強度混凝土之拌和方法，根據攪拌機型式、性能而不同，因此進行實機設備的試拌和，參考坍度、坍流度、空氣量、抗壓強度等之結果來決定。目前，高強度混凝土一般所採用的拌合方法有下述兩種。(a) 一齊拌和方式：將全材料同時投入之拌合方法(但是 batcher plant 大多將各材料之放出設定時間差)，(b) 水泥砂漿先拌合方式：水泥砂漿先拌合後，加入粗骨材拌合之方法(水泥量多的情形或使用矽灰等之微粉卜作嵐材料時，大多於加入拌合水前進行空拌和)。
- (2) 拌和時間：高強度混凝土，單位水泥量多，有黏性變高的傾向，將混凝土之材料充分分散的時間也有變長的傾向。因此，將水泥砂漿先行拌合，材料的投入順序，設定各配比拌和結束之混凝土的放出時間等，確保充分的均質性。根據研究，一齊拌和方式及水泥砂漿先拌和方式皆有水灰比愈小拌和時間愈長的傾向。冬季於水膠和材比 20%以下之混凝土，拌和時間有顯著的增大。
- (3) 輸送計畫：高強度混凝土之混凝土單位體積質量比一般強度混凝土為大，因此應注意不要超過攪拌車之積載重量，此外， $800\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上之高強度混凝土，特別有高黏性的傾向，因此應考慮每小時之幫浦壓送能力及施工性，由所定時間內能澆置完成為前提，來決定攪拌車 1 台的積載量。另外通常拌和後到澆置完成時間限度以 120 分鐘為標準，考慮混凝土澆置使用吊桶等之施工效率，希望混凝土之輸送時間限度，從拌和後到卸料為止之時間為 90 分鐘以內。

五. 搬運、澆置與養護

混凝土搬運、澆置、養護應包括(1)搬運方法、(2)澆置計畫(3)搗實方法、(4)養護計畫

[解說]

高強度混凝土澆置時，大多採用將柱、牆之垂直構材和梁、樓板之水平構材，於不同日澆注之施工分離澆注(VH工法)。作為搬運之工具，垂直構材主要使用吊車之混凝土吊桶，水平構材大多的狀況使用混凝土幫浦。幾乎所有混凝土吊桶，附有排出口自動開關裝置。混凝土幫浦考慮壓送高度、水平搬運距離、配比條件等，預測配管的損失，選定具充分壓送必要吐出壓力的機種是重要的。提出內容應包括搬運方法、澆置計畫、搗實方法及養護計畫。

- (1) 搬運方法：搬運方法通常使用(a)混凝土吊桶之搬運，(b)混凝土幫浦之搬運。以混凝土吊桶搬運時(如圖 6.2.2)，較不會損及新鮮混凝土之品質，但是高強度混凝土黏性高，從混凝土吊桶的排出也很費時。因此，從預拌場到工地之輸送，卸料於混凝土吊桶，搬運，到澆注，有時也要很多時間，該時間和混凝土品質的變化必須進行事前的檢討。以幫浦搬運時，應檢討管內壓力的損失，及混凝土品質之變化。根據研究 $600\sim 800\text{kgf}/\text{cm}^2$ 等級之高強度混凝土其坍流度，壓送後比壓送前約減少 $10\sim 20\text{cm}$ 。特別是往垂直方向高的地方壓送時之坍流度變化較大。大多的報告得到抗壓強度不會改變的結果。但是，根據新鮮混凝土的輸送時間，卸貨時坍度已經比出貨時降低，由於幫浦的壓送有時坍流度會更降低。這種傾向，高強度混凝土有顯著的表現，因此卸貨時之坍度，或坍流度之管理是重要的。



圖 6.2.2 以吊桶澆置柱構材

【資料來源:參考書目 30】

- (2) 澆置計劃：一般採用 VH 分離澆置，柱之澆置方法為於混凝土吊桶的排出口裝設特密管，將此插入柱支配筋中，確保自由落下高度為 1m 以下。梁、樓板之澆置採用混凝土吊桶或從混凝土幫浦的筒端直接到所定位置的方法。混凝土之強度於柱與其他構材有差異時，可使用金屬網或空氣圍欄等分別澆置(圖 6.2.3)。這種情形下，因為周圍梁或樓板強度較低，為防止低強度混凝土往柱內部流動，柱內部混凝土先行澆置後，再澆置梁或樓板混凝土。



圖 6.2.3 混凝土澆置中止處理例

【資料來源:參考書目 31】

高強度混凝土的澆置方法和其評價，必須事前檢討。必要時事前建構建築物構造的一部份，以進行混凝土施工法和品質確認的實大實驗來確認施工性。

使用混凝土吊桶時，受到吊車起重速度的影響，每單位時間平均為 20m^3 ，而使用混凝土幫浦時約為 $30\sim 40\text{m}^3$ ，澆置計畫時也應考慮澆置之效率。

高強度混凝土，大多使用高性能減水劑的摻料，使用高性能減水劑時，混凝土的凝結因添加劑的添加量而有延遲的傾向。但是，因為混凝土單位水量較少，從混凝土表面的水分蒸發，可看到混凝土從表面硬化的現象，難以鏟刀押平。此外，也是發生初期收縮龜裂的原因。因此，為了不使其發生冷縫及初期收縮龜裂，訂定澆注計畫時，要比普通混凝土於較短時間間隔內進行混凝土的接續澆注。此外，樓板混凝土之修整時期，作業員人數之設定等也必須考慮有餘裕的計畫。此傾向混凝土溫度愈高愈顯著，因此夏季時特別要注意。

- (3) 搗實方法：高強度混凝土大多以坍流度來進行管理。目標坍流度值大多設定為 $50\sim 60\text{cm}$ ，從坍流度值看來為似乎為不需搗實之高流動混凝土，但是，高強度混凝土，浮水及材料分離少的反面，黏性高。因此，即使是高強度混凝土為了發揮結構體混凝土的強度發展，搗實為極為重要的原因之一。

於高強度混凝土之搗實計畫，必須注意(a)搗實裝置，(b)振動機的插入位置，(c)加振時間，(4)沉降對策等。

(a)搗實裝置：高強度混凝土為了減少單位水量使用減水率高的混合劑，其使用量與普通混凝土比較高出相當的多。因此，增加混凝土黏性，搗實困難，無法說可與普通混凝土相同的搗實。因此，作為搗實裝置，使用高頻率棒形振動機(內插型振動機)，

模板振動機等。其中使用加振大的高頻率棒形振動機的例最多，振動機的直徑為，使用 $\phi 40\sim 60\text{mm}$ 者。

(b)振動機的插入位置：根據振動機之搗實為，一般以內插法來進行。一部分為與混凝土澆注用吊桶一體化，與澆注連動搗實的方法也被考慮著。高強度混凝土大多適用於高層 RC 造柱等的案例，配筋量也變多。特別是，柱梁接合部變成過密的配筋，振動機的插入位置被限定。此外，受到配筋狀態及振動機有效振動範圍的影響，關於振動機的插入位置，必須事前於圖面上檢討搗實的位置。另外根據研究，黏性大的高強度混凝土加振時，依據距離的減弱比普通混凝土為大，因此希望振動機之插入間隔能比普通混凝土工程設定的更小。

(c)加振時間：高強度混凝土之搗實時間，被認為比普通強度混凝土之加振時間拉長較佳。但是，加振時間太長時，因為高強度混凝土黏性高，氣泡集中於混凝土表面，有時反而會形成殘留大空隙的情形。

(4)養護計劃：高強度混凝土，與一般混凝土相同，於初期防止凍結及急劇的水分逸散為重要的。此外，決定混凝土配比時所計算之混凝土強度修正值受到混凝土硬化時溫度的影響。因此，與配比決定時相同的養護條件，不要讓結構體內部之溫度與配比決定時之混凝土溫度有大的變化。

實際工程之高強度混凝土使用各種水泥，使用普通卜特蘭以外之水泥，或使用高瀘礦渣微粉末等之卜作嵐材料時，應根據試驗等決定濕潤養護的期間。

根據研究，側板保存到混凝土的抗壓強度到達 10 N/mm^2 左右為止時，不管之後的養護如何，得到與側板存置 7 日間的情形下幾乎為相同的品質。此外有報告指出設計標準強度 600kgf/cm^2 等級之混凝土，脫模時間 24 小時以上時，強度及中性化抵抗

為，與材齡 7 日脫模相同。但是，斷面大的構材，材齡 24 小時由於水化熱變成相當的高溫，脫模時期必須考慮不要因急劇冷卻引起龜裂的不良影響等。

養護方法與一般強度混凝土並無大差別，關於柱構材，一般而言準備 2~3 層份的側板，儘可能存置期間加長。但是配合積層工法等時，也有側板 2~3 天脫模，而採用養護布或養護墊等保濕方法的例。關於樓板，不要使其受到日曬、風等的影響，進行防水布養護及灑水、噴霧養護(圖 6.2.4)。



(a) 柱構材之養護例



(b) 樓板噴灑養護劑

圖 6.2.4 柱及樓板的養護例

【資料來源:參考書目 31】

六. 品質管理

品質管理計畫包括(1)使用材料之品質管理、(2)混凝土試驗及檢查、(2)判定標準

[解說]

混凝土之品質管理及檢查為，以能確保混凝土所定之品質而進行。品質管理及檢查進行時，應指定品質管理責任者，製作品質管理

計畫。同時品質管理檢查之結果除了留下紀錄外，應預先考慮使其可適時利用。

(1) 使用材料之品質管理及檢查，可依據(a)預拌混凝土工廠之試驗證明書、(b)預拌混凝土工廠委託主管機關指定單位之試驗證明書等來進行確認。

(2) 參考日本高強度混凝土指針(案)之建議，使用之混凝土及結構體混

凝土之抗壓強度的檢查為，將各澆置日、各澆置工區每 300m^3 構成一個檢查單位。於每一檢查單位之試驗次數為 3 次。此外，1 天之澆置量在 30m^3 以下時，與工程監造者協議後可構成不同的檢查單位。使用之混凝土及結構體混凝土之抗壓強度的 1 次檢查為，保持適當的間隔從任意的 3 台搬運車上每一台各採取 3 個共採取 9 個試體來進行。有關採取後之試體的處理應實施水分的逸散防止對策，

並實施與日後實施之養護相同溫度之初期養護對策。新鮮混凝土之試驗，於採取壓縮強度試驗用供試體時進行。

(3) 新鮮混凝土之判定項目包括(a)坍度容許值、(b)坍流度容許值、(c)空氣量容許差、(d)混凝土溫度、(e)材料分離、(f)含氣量

第三節 鋼筋工程

一. 鋼筋種類及使用區分

敘述使用鋼筋種類、尺寸、強度及於各樓層使用區分情形。

[解說]

敘述使用鋼筋的種類、尺寸及強度，以及於各樓層使用區分情形，如圖 5.2 所示各樓層柱梁使用鋼筋強度區分。

二. 加工及組立

敘述配筋標準施工說明書、加工圖及組立方式。

[解說]

提供配筋標準施工說明書、加工圖以便施工時有所依據。高強度鋼筋於工地加工不易，因此事前檢討配筋的可行性非常重要，尤其於柱梁鋼筋之交錯處，考慮鋼筋間的距離、保護層厚度等進行合理的配筋檢討是必要的(如圖 6.3.1)。另外高強度鋼筋於常溫加工時，比普通鋼筋之延伸小，彎曲加工性較差，因此彎勾的形狀或彎曲半徑應詳細檢討，事前進行彎曲試驗，規定溫度條件及作業程序為重要的。切斷方法因應要求精度而選定適切的方法。彎曲加工後，彎回原來形狀或與軸心作非直角的彎曲加工等，將產生扭轉。

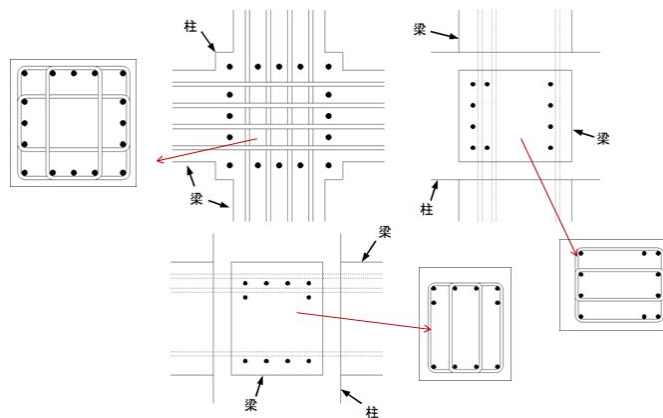


圖 6.3.1 檢討配筋之可行性

【資料來源：參考書目 14】

柱主筋往柱梁接合部內之錨定，外柱梁接合部採用彎折錨定，內柱梁接合部採用直通配筋的錨定。前者的情形，混凝土錐形狀支壓破壞的因素有混凝土強度、彎折半徑、側面保護層厚度、主筋間距、彎折位置、彎折方向、錨定投影長度、補強鋼筋、鋼筋直徑等。可計算出標準鋼筋錨定投影長度和鋼筋強度的組合。混凝土即使為高強度，抗拉強度也不會提高，主筋為高強度時，投影面積長度或柱深度將比以往變得更大，必須注意。

剪力補強主要目的為圍束主筋及混凝土，與主筋直交方向配筋也稱橫向補強筋。柱的情形為確保主筋挫屈時及挫屈後之變形能力，橫補強筋間隔應該為主筋直徑的 6 倍以下。

三. 續接器、錨定板

使用續接器及錨定板時應提供下述資料：

- (1) 使用經過主管機關認定之鋼筋續接器及錨定板，並附上續接器及錨定板的設計規範及施工說明書。
- (2) 於圖面上明示使用使用續接器及錨定板的位置。

[解說]

鋼筋續接器被要求的基本性能為(1)強度：續接器之強度必須大於鋼筋規格強度，破斷時應為母材破壞。(2)勁度：鋼筋續接器部分之勁度與鋼筋差異大時，作為結構物續接器部分將產生與設計預想之不同變形，因此續接器之勁應與鋼筋母材幾乎相同。(3)韌性：結構物之設計時，一般大地震考慮柱梁所構成架構之塑性域鋼筋將降伏，降伏後的變形消耗地震的能量。鋼筋混凝土結構也被要求為具變形能力之結構物，因此，包括續接器之鋼筋混凝土構材的變形能力，也應該與無續接器之構材相同，所以續接器也被要求具一定的延伸和韌性。

機械式續接器並非鋼筋直接接合，而是將異形鋼筋之節與周邊之套管等利用機械性咬合的接合工法，僅異形鋼筋可能的續接器。一側

鋼筋所產生的拉力，從鋼筋表面的節以剪力傳遞至套管，進而從套管傳遞到另一側鋼筋的機構。因為傳遞軸方向力，套管插入長度的管理非常重要，但是軸方向力為透過異形鋼筋節部剪力隻傳遞機構，不僅是套管插入長度，咬合鋼筋節數之管理也是重要的。異形鋼筋之節間距根據鋼筋廠商而不同，必須根據使用鋼筋形狀來管理。機械式續接器大約 4 到 6 節咬合即可傳達拉力。

另外，螺紋節鋼筋續接器(如圖 6.3.2)情形，利用延壓使鋼筋表面形成螺紋節，但是並無一般螺栓似的機械加工，即使所規定的節山咬合，咬合部也有空隙，鋼筋受拉時將會滑動。因此插入所定長度後，為確保勁度必須鎖上螺絲或注入填充材。另外水泥砂漿填充式續接器，因為透過水泥砂漿傳遞應力，水泥砂漿的強度將影響續接器性能。

錨定板(圖 6.3.3)代替梁主筋彎折之錨定或柱頂端之彎勾錨定，但並非任何位置皆可適用，如(a)最上層 L 形柱梁接合部之梁上端主筋的錨定、(b)外周柱-基礎梁接合部之基礎梁下端主筋的錨定、(c)外周柱-基礎梁接合部之基礎梁上端主筋的錨定，錨定端位於柱型外側的情形。因此使用時應該標示使用位置，並根據設計規範計算所需錨定長度等。



(a) 螺紋節續接器



(b) 套管式續接器

圖 6.3.2 機械式續接器 【資料來源：參考書目 15】



圖 6.3.3 錨定板(左:標準型,右:貫穿型)

【資料來源:參考書目 15】

四. 品質管理

鋼筋工程之品質管理計畫應包括(1)鋼筋進貨、(2)鋼筋加工、(3)鋼筋組立及續接。

[解說]

鋼筋工程之品質管理、檢查計畫如表 6.3.1

表 6.3.1 鋼筋之品質管理、檢查方法例

工程	項目	品質管理、試驗方法	時期、次數
鋼筋進貨時	鋼筋種類、直徑、尺寸、化學成分	根據鋼材檢查證明書確認 根據目視確認、根據游標尺等測定	鋼筋進貨時全數檢查
	降伏點、抗拉強度、延伸、彎曲	根據相關規定	鋼筋進貨時抽樣檢查、檢查單位(lot)與設計者協議
鋼筋加工	鋼筋的損傷	根據目視確認	加工前全數
	加工尺寸	根據計測尺測定	各加工鋼筋種類抽樣檢查
	開裂	根據目視確認	
鋼筋組立及續接	鋼筋續接位置	根據計測尺測定	組立中全數
	機械式續接器	根據廠商規格各種機械式續接器的施工管理	施工中全數
	組立精確度、位置之精確	根據計測尺測定、長度、位置之測定根據目測確認	組立中、組立後隨時

第四節 預鑄化工程

一. 預鑄混凝土

預鑄用混凝土應該保證之品質基本上與現場澆置混凝土相同。

[解說]

預鑄混凝土作為使用材料應該保證之品質基本上與現場澆注混凝土相同，而實際上預鑄混凝土有其特有的現象。混凝土的配比計劃應根據預鑄構材之製造條件、出貨條件所需的工作性、強度、彈性模數及耐久性來決定。且配比計劃原則上應根據試拌和來決定。管理主要項目為(1)配比強度及管理強度，(2)水膠比，(3)工作性及坍度/坍流度，(4)空氣量，(5)單位水量，(6)單位水泥量，(7)細骨材率，(8)卜作嵐材料其化學摻料量。預鑄混凝土之坍度流目標值一般被設定為60cm左右，比現場澆置混凝土之坍度流低。於養護方面，預鑄混凝土，為了確保脫模時強度或吊起強度進行一定循環合理的製造，因此大多都採用蒸氣養護。

二. 構材之預鑄化

以圖說敘述各種構材如柱、梁、樓板等之預鑄化、系統化狀況。

[解說]

如柱構材之預鑄化、系統化有(1)全預鑄化：除接頭部份外，柱全預鑄化，因為構材重量較重，必須有能力高的起重機，但是鋼筋、模板、混凝土澆置作業全部於工廠生產，現場的生產性變得非常高。柱筋的續接無法使用瓦斯壓接或螺紋續接器，因此使用特殊的套管續接器。(2)外殼半預鑄化：將柱的外殼於工廠生產，主筋於現場配筋設置，因為高強度薄肉輕量，可使用簡易起重機組立，不須支承設施。柱筋之續接可採用以往的工法。外殼部分的混凝土

為高強度高品質，因此結構體上最重要之柱的性能、品質、耐久性佳。製造的方法主要可分類為 3 種。離心成形法為表面緻密光滑，最適合不外加粉刷者。可埋入副箍筋。流動澆注成形法為可自由設定斷面尺寸、長度。振壓成形法為，製造實施產性高，表面有適度的粗糙，適合於張貼磁磚等裝修(如圖 6.4.1)。



圖 6.4.1 外殼半預鑄柱安裝狀況

【資料來源：參考書目 29】

梁構材之預鑄化、系統化有(1)全預鑄化：梁全 PCa 化較難，一般為構材上部與樓板結合部分以外 PCa 化，考慮構工法整體之平衡，大多與全 PCa 化之柱組合使用(圖 6.4.2)。(2)薄肉側板半預鑄：梁底、梁側以高強度水泥砂漿同時平放澆注，利用將梁側彎折 C 型成形之彎折模板的 PCa 化，和梁側面以高強度水泥砂漿製作後，組立梁下端主筋和箍筋，澆置梁底之 PCa 化的兩種。高強度水泥砂漿於表面附上插銷可作為結構體的一部利用。比一般的預鑄輕量，有簡易起重機可裝置的優點。續接位置可分於接頭部份續接的接合部續接，及跨中央接頭。必須視各現場作總合的判斷。



圖 6.4.2 半預鑄梁裝設狀況【資料來源：參考書目 29】

樓板構材之預鑄化、系統化有(1)附樓板筋預鑄：樓板上弦筋和綴合筋所構成焊接組立鋼筋突出，將其組入。與以往樓板相同，2 方向樓板之設計變更容易，導入預力、組入圓管等具有多樣性的變化。製造的限制較少可對應多樣的寬度、長度、厚度。(2)具肋條預鑄、中空型預鑄：肋條型 PCa 為拱型(槽型)斷面之預鑄板，肋條由 PC 鋼線導入預力。可於無支承情形下施工，對工程有利。此外，不容易產生潛變及裂縫為其特徵。中空型預鑄為，斷面由 PC 鋼線導入預力，與拱型具相同的特徵。剪力由續接面之插銷來傳遞。每一種板皆檢討樓板開口位置及長跨的振動障礙，由於導入預力會使樓板上彎，必須預先檢討混凝土澆置導致之變形量。

陽台預鑄化可減少現場之陽台的模板、鋼筋、混凝土澆置，並可大幅減少高處作業、於外部的作業。富造型性外觀可由於磁磚預貼等而實現高品質。有樓板部分全預鑄化和半預鑄化，以及僅前端部分預鑄化等。此外，將混凝土欄杆作為分離型預鑄也有可能。

三. 循環工程

現場工程之循環化的檢討，內容應包括(1)起重機配置、機種(2)循環時間、(3)混凝土澆置方法、(4)現場預鑄構材之製作

[解說]

一般而言結構體工程期間，佔工期的 50~80%，計畫初期階段之構工法的選定對整體工期的影響非常大。此外，決定整體工期時，土方工程到標準層為止之期間和裝修期間，通常不考慮可縮短，因此 1 樓層份完成的循環設定幾天變成重要的關鍵。考慮循環工程時，須確保結構體精度，且非縮短工期不可，因此必須檢討某種程度的預鑄化。

(1) 起重機配置、機種

根據建築物高度，敷地條件進行起重機機種的選定，但是超過 20 層開始，一般使用塔吊起重機的施工。其次，檢討塔吊之台數和配置。塔狀中央部有挑空之建築物時，基本上起重機配置於可有效利用起重機作業半徑的中央部。中央部無挑空之建築物時，配置於建築無外部，但 1 部起重機無法涵蓋建物時，因作業半徑上的理由變成 2 座。這種情形，單側的起重機進行另一方起重機的解體。進行配置計畫時應使此 2 座起重機控制座中心各自位於作業半徑內。挑空部或建築物外側無法配置起重機的情形時，於建築物之內部設置臨時開口。此時，該部分的工程於結構體上梁後變成要徑，近年來為了不使下層工程變成要徑，也實施將塔吊起重機採基座爬升方式，控制座往上升的同時，從下層樓順序填上樓板的施工法。

機種選定時，不僅是吊能力和作業半徑，超高層 RC 造的情形，與 S 造不同，每一循環的起重機作業率為 90% 以上，因此起重機捲上速度為循環決定的要因。

(2) 循環時間

循環工程要徑作業為，預鑄構材裝設作業、樓板配筋作業、混凝土工程的 3 個作業。因此，各該工程之作業量，正確把握時間為重要的(如圖 6.4.3)。

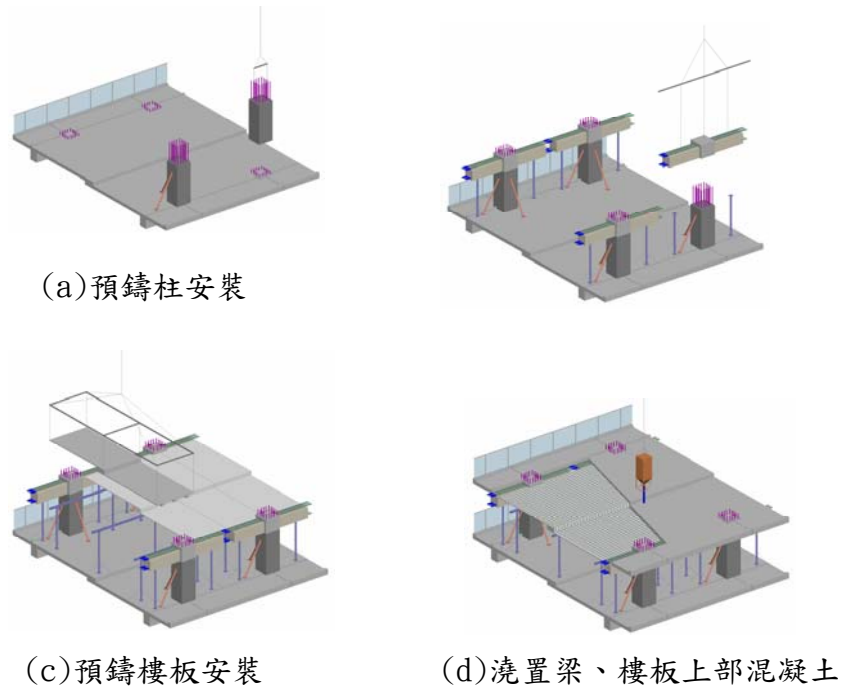


圖 6.4.3 全預鑄工法的標準循環工程

【資料來源:參考書目 13】

(3) 混凝土澆置方法

高強度混凝土根據配比、坍度、時期，壓送性有很大差異，因此必須進行車種選定及配比計畫，使根據幫浦的壓送不要太困難。

以大型吊桶澆置時，一天能澆置的可能數量，將會變成循環工程及工區分割的決定要因。就強度和各澆注部位之組合的可能數量等，從早期就必須小心檢討或施工實驗。

(4) 現場預鑄構材之製作

計畫結構體預鑄化時，構材是否於工廠製作或現場製作，受到敷地條件、構材的製作數量、循環工程的影響(圖 6.4.4)。現場製作必要的作業面積必須為，標準層施工面積的 3~4 倍(如圖 6.4.5)。製作費用根據，製作構材種類、施工時期、施工條件而變動。樓板等，可利用簡易的設備來製作，因次比起其他結構構材，有初期即降低費用優點的傾向，因為無搬運上的限

制，可大板製作，裝設時間等優點很多。應使現場預鑄製作工程，與結構工程循環作業相同的循環日數，規劃出經濟的製造計畫。此外，現場製作很難儲存大量的預鑄構材，因此製作工程成為結構工程循環作業之決定要因之一。



圖 6.4.4 現場預鑄橢圓形外圍梁

【資料來源：參考書目 15】



圖 6.4.5 預鑄構材現場製作場例

【資料來源：參考書目 15】

第五節 施工品質之確保

高層建築中採用超高強度鋼筋混凝土構材之部分，其製造與施工品質之確保，其審核要項除須符合內政部於95年1月1日所頒布實施之「建築物耐震設計規範解說」之規定外，尚須依照已審定之”結構計畫”及設計圖說之內容辦理製造與施工有關之辦法。結構計畫中有關施工品質之部分至少包含：

- (1)使用超高強度混凝土之計畫
- (2)使用超高強度鋼筋及續接器等之計畫
- (3)超高強度鋼筋混凝土構材工廠或現場製造與施工計畫與工作團隊之能力

現場施工階段，尚須依技術審查機構認可之方式，以一系列室內試驗及全尺寸施工試驗以確認其製造品質。所有的製造與施工皆須由具有超高強度鋼筋混凝土學驗認證之結構相關專業技師擔任結構特別監督(Special inspector)，以符合建築法第十三條規定以及建築物耐震設計規範第七章耐震工程品管及附錄之規定。施工者與監造者須嚴謹執行一、二級施工品管，必要時須由中央主管機關認可之民間或法人機構執行施工品質確認，中間檢查及完工檢查，例如申請台灣建築中心主辦之「耐震結構標章」，以確保施工品質。

一. 施工廠商與監造廠商應提報之計畫

- (1) 施工廠商應提報超高強度鋼筋混凝土工程之施工計畫及品質計畫。
- (2) 監造廠商應向業主提報超高強度鋼筋混凝土工程之監造計畫。

[解說]

施工廠商應提報超高強度鋼筋混凝土工程之施工計畫及品質計畫，其主要項目以混凝土工程、鋼筋工程及預鑄工程為主。特殊材料與設備

或裝置之供應與施作重點。施工廠商負責人於超高強度鋼筋混凝土工程施工階段應具備超高強度鋼筋混凝土之學識及結構相關技師之證照，負責超高強度鋼筋混凝土工程之施工管理及品質管理。

監造廠商應向業主提報超高強度鋼筋混凝土工程之監造計畫，審查施工計畫等並督導施工廠商之施工，以符合工程契約、設計圖說(含施工規範)之要求。其現場負責人應具備超高強度鋼筋混凝土工程相關學驗級證照，必要時業主可要求由具有超高強度鋼筋混凝土工程相關學驗級證照之技師擔任特別監造或監督(Special inspection)。

設計單位與監造單位最好為同一團隊，因在規劃設計階段所製訂之設計圖說及施工規範已經充分考量到超高強度鋼筋混凝土工程之材料與設備之供應或製造以及現場施工的各種要求，故工地現場負責監造之工程師或特別監造(督)人在設計階段即須參與建築師、結構相關技師之討論與溝通，於施工階段才能熟悉各項要求。

超高強度鋼筋混凝土用於公共工程，得採用統包方式辦理，如此則設計者與施工者可就施工方法於設計階段即進行充分的討論，增加施工之可能性。

二. 混凝土工程之品質確保

混凝土工程施工及品質管理，依其核定施工計畫執行之。

[解說]

- (1)使用混凝土種類、強度及於各樓層使用區分情形，須符合設計圖說及施工規範之要求。
- (2)混凝土之生產製造廠商，其所提之成分材料、配比計畫、產製計畫及輸送計畫皆須符合設計圖說及施工規範要求。
- (3)混凝土工程之品質管理，比照公共工程之品質管理作業要點辦理，且須符合施工規範之要求。

二. 鋼筋工程之品質確保

鋼筋工程之施工及品質管理，依其核定施工計畫執行之。

[解說]

- (1) 使用鋼筋種類、尺寸、強度及於各樓層使用區分情形，須符合設計圖說及施工規範之要求。
- (2) 鋼筋之生產製造商，其所產製之鋼筋規格尺寸及成分材料等須符合施工規範之要求。
- (3) 鋼筋之續接器、錨定板、須符合施工規範要求。
- (4) 鋼筋之加工及組立，依鋼筋工程之施工計畫施作敘述配筋施工要領、加工圖及組立方式。
- (5) 鋼筋工程之品質管理，比照公共工程之品質管理作業要點辦理，且須符合施工規範之要求。

三. 預鑄化工程之品質確保

預鑄化工程之施工及品質管理，依其核定施工計畫執行之。

[解說]

- (1) 預鑄混凝土構材之品質應與現場一體成型之混凝土構材相同，必要時須驗證。
- (2) 循環工法施工計畫之實施，須檢討(1)起重機配置、機種(2)循環時間，(3)混凝土澆置方法，(4)現場預鑄構材之製作與吊裝等事項。

第七章 結論與建議

第一節 結論

於「超高強度鋼筋混凝土建築設計施工指針之研擬」(參考書目 16)的報告中曾經指出，為獲得品質良好且符合安全性能的超高強度混凝土高層建築物，設計與施工者之密切合作極為重要。結構設計者與施工廠商應分別具有分析設計能力及構材製作與施工能力，雙方密切配合，使建造完成之建築物受外力作用時，其應力與位移反應符合設計之預期。因此，超高強度鋼筋混凝土造超高建築於國內推展初期，應以新材料、新技術看待，其審核內容應比目前實施之「特殊結構委託審查原則」有所加強，審查機構也考慮初期由單一機構處理，發揮技術的累積及推廣指導的使命。

本研究主要針對高強度鋼筋混凝土造高層建築提供設計施工審查項目之研擬，將針對高強度材料所導致之特殊性，提供加強審查的要項。其要點為：

- (1)高強度材料之特性:包括高強度混凝土之彈性模數、配比計劃、施工品質管理等，高強度鋼筋之力學特性、搭配使用之續接器/描定器的認定等，構成高強度鋼筋混凝土之組成律(應力-應變關係)。
- (2)高強度鋼筋混凝土構材之特性:如構材之遲滯迴圈設定等，應以實體結構實驗加以預先驗證，或參照既有可信賴之資料。
- (3)結構分析方法:必要之構材特性應符合所使用材料之特性，除根據目前法規所要求以靜力為主之分析方法外，應使用非線性歷時分析確實掌握建築物之耐震性能。
- (4)構材之斷面設計:使用斷面設計之應力，應考慮到建築物最大可能變形時(彈塑性)之應力，僅根據彈性分析所得應力，與建築物進入塑性後之應力再分配會有所不同。同時考慮材料強度之差異性，分析外力之可信性等，有必要時更將設計應力乘上放大係數。經過詳細

彈塑性分析，確保塑鉸發生位置，則可依塑鉸處確保變形性能，飛
塑鉸處確保強度之設計原則。

- (5) 施工可行性評估：高層鋼筋混凝土造建築物，為縮短工期、確保品質
等，常採用預鑄循環工法。施工計劃之製作、施工圖之繪置、預鑄
工法之續接位置、現場澆置混凝土之施工、工區之分割、品質管理
之方法等都應事先列入評估。

第二節 建議

一. 實驗研究面

立即可行建議

- (1) 超高強度鋼筋混凝土造高層建築物之審核，建議由建築主管機關選定單一技術審查機構來實施，以利於技術之累積。
- (2) 使用之高強度材料(鋼筋、預拌混凝土)、製品(鋼筋續接器、錨定器)等應依據「建築新技術新工法新設備及新材料認可申請要點」事先通過認可。
- (3) 高強度材料之施工如鋼筋之續接或高強度混凝土之澆置、搗實及養護等關係著構材之性能，品質管理計畫應包括作業者之施工訓練等。

中長期建議

- (1) 對於預鑄構材之設計施工方法研擬設計施工指針，利於預鑄工法之後續發展。
- (2) 透過更多的相關實驗與研究，制定出高強度材料、製品之規範，作為產業界研發之依據。
- (3) 研擬超高強度鋼筋混凝土造高層建築之申請資料案例，提供爾後申請者之參考。
- (4) 除收集既有相關實驗研究資料外，應考慮國內實情進行一系列之實驗研究，建立分析、施工管理之基本資料。

附錄一

內政部建築研究所 102 年度建築先進技術創新開發與推廣應用計畫
協同研究計畫(一)第 1 案「超高強度鋼筋混凝土建築設計施工審核要
項之研擬」

評選委員發言單與廠商回應一覽表

項次	評選委員意見	廠商回應
陳召集人建忠		
1	請針對一般鋼筋混凝土設計施工與本案之超高強度鋼筋混凝土施工審核要項有何異同，進行比較分析。	將依委員建議，將針對一般鋼筋混凝土與超高強度鋼筋混凝土施工審核要項之異同進行比較分析。
2	本案所提涉及新材料之審核認可，以企圖解決 New RC 於台灣生根的相關問題，可進一步思考如何在個案建築結構外審體制內減少重複作業，包括類似如日本建築中心審查機制在建築(基準法)的定位、作業流程及發給評定書的效力等相關事項。	感謝委員指教。將研擬新材料、新工法認定辦法與 New RC 建築設計施工審查機制之相關聯性。
凌烽生委員		
1	超高強度的定義需檢討，因材料隨強度提高後會產生漸變性的變化，將改變結構力學行為，致使原規範不敷使用。(例如 $\epsilon_u=0.003$ 及鋼筋 $\sigma-\epsilon$ 等行為會改變)	超高強度的定義將於計畫中另行說明。
2	超高強度 RC 之使用時機及需求性，需更明確。	在使用時機方面，有新建案及都更案。使用需求為高層 RC 建築的低層部。
3	超高強度 RC 是否僅使用於高層建築，可考慮多元用途。(例如耐久性)	高強度 RC 並非限定用於超高樓層，也可以是中低樓層之建築物。
王弘祐委員		

1	服務建議書未詳述研究計畫中預計執行之試驗項目，如構材性能實驗、高強度材料製作、施工技術、預鑄工法等均需大量數據及資料整理。研究團對應針對進度掌握更進一步說明。	將依委員建議進行資料蒐集與整理，並於專家諮詢會議規劃討論。
2	服務建議書中請對“超高強度混凝土”加以明確定義，可使用範圍亦請加以說明。	高強度 RC 建築可提升國內上游材料製造商及營建技術水準，以及解決目前國內現場技術人員缺工的問題。
陶委員其駿		
1	本案有關國內審核認可機制建立的成功與否，有賴於研擬過程中能充分與官署聯繫，並取得可行且為各界接受之方案，因此本案研究團隊應考慮如何克服此部分之問題。	本計畫工作會議將邀請營建署派員參加，俾利計畫成果之法制化。
2	本案服務建議書第5項關於預計可能遭遇之困難中，有提及現階段高強度材料取得不易，對此本案研究團隊應考慮有何解決此問題之對策(例如對於材料使用強度之限制)。	在材料取得方面，除國內高強度鋼筋廠商的產品外，建議可先向日本購買取得。
李委員台光		
1	本案研究主題包含超高強度鋼筋混凝土分析設計方法之檢討，惟目前國內鋼筋混凝土設計規範主要依據美國 ACI 規範，如何與日本相關指針整合，請說明。	美國高強度 RC 的發展尚未發展至高層建築之耐震結構。
2	本案預期目標將針對國內超高強度混凝土實驗研究課題提出建議，應考量國內實驗單位設備之能量之本土性需求。	本計畫之執行將依委員建議，考量國內實驗單位設備能量之本土性需求。
3	本案研究成果較適合預鑄工法的施作，惟國內鋼筋混凝土工程大部份採用現場施作的方式，請說明預期未來研究成果之重要績效。	高強度 RC 建築具有高勁度、居住舒適性佳、搭配預鑄工法亦可縮短工期，較鋼骨或 SRC 更適合用於大量體的集合住宅，具有發展潛力。

附錄二

本所 102 年度協同研究「超高強度鋼筋混凝土建築設計施工審核要項之研擬」、「冷軋型鋼構造建築物施工規範之修正研擬」及「輕鋼架天花板斜拉線替代方案之足尺實驗研究」等 3 案 期中審查會議紀錄

一、時間：102 年 7 月 24 日（星期三）下午 2 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、主持人：陳組長建忠

記錄：鄒本駒、謝宗興

四、出席人員：(如簽到單)

五、主席致詞：(略)

六、承辦單位報告：(略)

七、研究單位簡報：(略)

八、出席人員審查意見（依發言順序）：

（一）「超高強度鋼筋混凝土建築設計施工審核要項之研擬」案：

項次	評選委員意見	廠商回應
臺北市土木技師公會（張技師清雲）		
1	本研究有其意義且方向正確，惟國內目前僅少數個案在使用超高強度鋼筋混凝土，其設計施工審核要項與一般鋼筋混凝土及高強度鋼筋混凝土的差異及其特殊之處，請於報告書中敘明清楚，俾使設計施工者容易瞭解以檢討採用。	研究案將補充既有相關研究報告，並以專章敘明高強度鋼筋混凝土與一般鋼筋混凝土審查之差異重點。
2	建築結構常見外伸梁、懸臂梁等，超高強度鋼筋混凝土的潛變行為如何，對結構安全的影響如何，其效應利弊亦請敘明。	超高強度鋼筋混凝土主要使用使用於受高軸力之低層部柱構材，對於其潛變之影響將提供國外目前之研究結論等。外伸梁、懸臂梁等並非屬於高強度鋼筋混凝土的適用範圍內。

潤弘精密工程事業股份有限公司（吳子良先生）		
1	預審機制與現行「特殊結構委託審查原則」兩者先後順序應予明訂，建議預審先予特殊審查之前。	本研究案建議高強度鋼筋混凝土結構審查與現行「特殊結構委託審查原則」分開，初期由單一審查機構執行，以確保審查要求一致，並得以累積審查成果。
2	審核適用對象有 3 項，應特別加註說明這 3 項是否同時具備採符合要項之適用規則。	審核適用對象將修正為(1)使用高強度混凝土及高強度鋼筋之建築物，(2)鋼筋混凝土建築物施工採用預鑄工法者。
3	結構設計概要提到「容許應力」，但未提及材料的機械性質似乎不當，建議增加該項。	使用材料如超過現行規範者，須先經主管機關等認定，申請認定時則必須提出相關的資訊。
中華民國結構工程技師公會全國聯合會（陳技師正平）		
1	本研究案名稱中有「審核」，而報告書中多數用「審查」，究竟何者正確。以目前工程習慣，以「設計審查」較適用。	內文中將修正為「設計審查」等。
2	本研究案工作重點係「審核要項」，但資料中未見有專章之「要項」內容，及與一般結構之差別。	報告將增加專章敘述與一般結構審查不同之「審查內容重點」。
3	鋼筋伸展與錨定公式是否與一般 RC 有所差別。	高強度鋼筋混凝土中之鋼筋伸展及錨定公式與一般 RC 不同，目前可參照國外研究之結果，或以實驗來驗證設計式之正確性。
4	建議在審查要項採行前，相關的設計規範應先公布。	高強度鋼筋混凝土之設計與施工較為複雜，目前尚無法訂出設計規範，有設計指針之研究報告等可供參考。

李教授錫霖：		
1	本案的審核要項位階如何？是否取代現有特殊結構審查，或是為特殊結構審查前的預審？如為預審，則詳細結構審查內容是否與特殊結構審查重疊。	本案之建議為將超高強度鋼筋混凝土造建築之結構設計審查，與現有特殊結構審查分開而並行，僅合乎適用對象時進入此審查體系。因為材料特性與設計方法、要求可能超出現行規範，事實初期是以產學相互研討方式進行審查。
2	本審核要項執行前是否需訂定相關設計準則，同時也請評估國內工程界有是否有可用的分析設計工具軟體。	已參考國內外研究提供相關設計指針，目前業界使用之相關軟體的較高等級版本皆可適用於分析設計。
3	施工部分請考量在審核要點內有無導入建築資訊模型(BIM)的可能？因它可檢討施工前的衝突。	此意見將加以考量。
4	報告書內容中的數據有些錯誤，如 p.47 混凝土強度 8000Kg/cm ² 應是誤置。	此為輸入錯誤，以修正為 800kg/cm ² 。
5	本審核要項執行前有無可能建立一標準案例供業界參考。	建立標準案例之構想將為本研究案之建議事項。
王技師亭復		
1	建議在建築法令內先界定「一般」、「超高層或特殊結構」、「超高強度混凝土」等的建築物，以及需分別由「地方建管單位」、「特殊結構團體」、及本案所擬預審單位之「單一機構」等的審查條件與法源依據。	有關審查法源依據，將由相關單位再行研討。

2	建議預審時機宜在建築師、專業技師等完成建築物初步或基本設計時提出預審，才有意義。	依審查意見，預審提出時機將再詳細說明。
3	預審時並未發包，監造及施工單位並未產生，不必列入一般事項中。預審結構計畫概要內容，宜以現行我國結構相關技術法規的語言說明，例如(1)結構系統(2)工址地震（設計地震與最大可能地震、進斷層）、風力等需求(3)耐震性能目標(4)地質資料及基礎型式(5)結構分析與設計假設及擬使用軟體(6)耐震性能驗核方法（必要時提議做構材試驗驗證說明）(7)施工計畫要項。	預審一般事項將排除監造及施工單位之記載。 預審結構計畫概要內容，將依照審查意見修正用語。
4	詳細審查重點除現行「特殊結構審查」之重點外，受審者應提出(1)所使用材料(鋼筋及混凝土)的應力應變曲線(2)構材彎矩曲率曲線(3)接合處或消能元件的彈性及非彈性遲滯曲線等，方能準確分析檢核結構的耐震容量及耐震需求。	此部分將另於專章內要求。
黃教授兆龍		
1	宜針對台灣施工的水準謀求因應方案。	審查要項將要求提供施工計畫及品管方法。
2	應針對研究目的逐一查核是否能達成。	依審查意見將逐一查核。
3	報告書 p.45「波特蘭水泥」應修正為 CNS 規範的「卜特蘭水	依審查意見予以修正。

	泥」。	
4	報告書 p.45~p.55 之解說，宜參照國內的研究資料加以修正。本案的水泥可以僅使用 I 型水泥加上「飛灰」、「矽灰」、「高爐石粉」或「稻殼灰」即可達到設計強度。「水灰比」目前國際規範含台灣國家標準已經以「水膠比」取代。單位用水量宜降低至 130kg/cm ³ 以下，以保證體積穩定性，單位水泥量宜愈低愈耐久。粗骨材用量宜以堆積密度決定。AE 減水劑在台灣不宜使用，採用高性能減水劑即可。	依審查意見修正報告內容。
5	品管方法過於簡陋，在台灣應有完整的品質保證制度，以防止施工簡陋的問題，並應有 Mock-Up Test (實尺寸試驗)。	詳細審查中將要求對於施工性有疑慮之部分進行施工實驗檢核。
6	文獻收集宜將國內相關研究案入。	將盡力收集國內相關研究。
7	設計審核內宜將設計觀念納入。	既有文獻回顧與審核內容重點內將加強敘述設計觀念。
邱顧問昌平		
1	本計畫之章節在架構上符合預期成果要求。	將再加強章節內容。
2	宜將超高強度混凝土與鋼筋的材料要求、RC 構材的結構特性等的特殊性，與現行設計規範不盡適用之特點多加著墨，才比較能使工程界接受本計畫的研究	將於專章說明審查內容重點，指出超高強度鋼筋混凝土與一般鋼筋混凝土建築物之相異處。

	內容。	
3	名詞的使用，有些須採用公共工程委員會及內政部等相關法規的名詞。	本次期中簡報僅針對目前研究內容提出綱要報告，後續會遵照本次審查意見修正，採用公共工程委員會及內政部等相關法規的名詞。
陳組長建忠		
1	有關本研究計畫內容的用語，用詞遣字請修正成國內工程界常用的術語。	遵照審查意見修正用語。
2	本計畫研究內容因涉及結構審查制度的創新，請多收集比較國內外公私機構團體及公司(含建築師、技師、營造廠)等在鋼筋混凝土構造、New RC、及非 New RC 方面既有的各種審核機制資料，以便適度區隔及銜接利用，研擬出適合國內使用的審核要項。	依審查意見收集資料，加以研究比較，研擬出適合國內使用的審核要項。

研究單位整體回應：

1. 本計畫研究內容因涉及較新之 RC 設計方法及施工技術，部分內容超過國內現行規範之標準，國內現行機制為「特殊結構委託審查原則」及「建築新技術新工法新設備及新材料認可申請」，惟依據過去對於高強度鋼筋混凝土建築物之案例，採用上述審查機制時，因申請耗時且並無審核標準，也無法從實際案例中累積設計及施工技術，參考日本建築中心「高層 RC 建築技術審查會」之內容及機制，便能夠從材料選取、結構規劃、整體結構非線性分析、構材韌性實體試驗確認到工程施工規劃及品管等一貫式的確保品質，待國內累積相當實務經驗及研究資料時，即可配合訂定設計及施工準則或規範。

2. 本計畫研究內容因涉及結構審查制度的創新，於後續研究內容將會加入一專章，收集國內外審查機制行政流程與審核內容之比較，除研擬適合國內使用的審核要項外，對於審查申請之法定流程亦提出適當建議，在兼顧申請者配合執照申請之時效性與施工中之查驗機制等，呈送主管機關建議參考。
3. 審核適用對象基本上僅針對超過一定強度之鋼筋或混凝土設定標準，但仍以鼓勵採用預鑄工法施工為較佳選擇。後續研究會針對審核要項以表單條列式說明，並對應設定審核要求之分析方法及合格標準，以補充現行規範不足的部分，讓設計者有所遵循。對於高強度鋼筋混凝土設計及施工技術尚未了解透徹部分，本研究案研擬之單一審查機構之審查委員將建議由國內各領域專家學者共同組成，可依據特殊個案進行相關理論及實驗成果進行審查，以保留技術提升空間，必要時可透過延聘國外專家學者透過研討等交流方式加速提升相關技術。
4. 後續研究將加強第五章「品質管理」之品管方法內容，依據國內現況及收集國內相關研究，建立適合國內使用的品質要求項目及標準，以防止施工簡陋的問題。
5. 本次期中簡報僅針對目前研究內容提出綱要報告，後續會遵照本次審查意見修正，包含專業名詞的使用，將採用公共工程委員會及內政部等相關法規的名詞。

胡銘煌技師：

1. 報告書內使用之單位應該統一。
2. 配筋細部尤其是柱梁接頭處應加以檢討。

吳子良技師：

1. 新工法進行實驗的成果應不僅限於預鑄，現場施工也可加以引用。
2. 使用高強度鋼筋時應配合設計需求，訂定鋼筋抗降比與伸長率之規定。

研究單位整體回應：

1. New RC 使用高強度鋼筋及混凝土，大都適用於高層建築物，如宋教授所述日本高層建築結構設計考慮兩階段，即第一階段的服務性，和第二階段的安全性。確認結構物之安全性時，非線性歷時分析為目前常使用的方法，因此本報告建議採用此分析方法。目前國內常使用之 ETABS、SAP2000、Perform 3D 等軟體皆可適用。
2. 於日本，高層建築物之結構設計審查時，同時要考慮施工之可行性，因此要求規劃初期即由設計團隊和施工團隊所組成，本研究案也建議採用此方法，但國內狀況經常為設計完成後才選擇施工團隊，期待能漸漸改善此現象。
3. 本研究案建議使用超出規範之高強度材料時，必須先經過建築主管機關之認定，確保其品質，並應注重施工過程確保得到應有之性能。
4. 進行非線性歷時分析時，材料之特性、構材之恢復力特性等影響分析結果甚鉅，因此使用之數值必須經過實驗確認，或引用確實可信賴的資料。報告中提出數種經常使用的計算公式或模型模擬方式可作為參考。
5. New RC 之設計方法及施工管理，不僅適用於高層建築，中低層鋼筋混凝土建築也可引用。預鑄施工方法對於作業者日漸缺乏的將來，不失為較佳的選擇，當然中低層建築也可適用。
6. 報告中使用的單位將統一為國內較常使用之公制單位。

附錄四

本所 102 年度協同研究「超高強度鋼筋混凝土建築設計施工審核要項之研擬」、「冷軋型鋼構造建築物施工規範之修正研擬」及「輕鋼架天花板斜拉線替代方案之足尺實驗研究」等 3 案 期末審查會議紀錄

一、時間：102 年 11 月 15 日（星期五）上午 9 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、主持人：陳副所長瑞鈴

記錄：鄒本駒、謝宗興

四、出席人員：(如簽到單)

五、主席致詞：(略)

六、承辦單位報告：(略)

七、研究單位簡報：(略)

八、出席人員審查意見（依發言順序）：

(一)「超高強度鋼筋混凝土建築設計施工審核要項之研擬」案：

項次	評選委員意見	廠商回應
臺北市土木技師公會(許資生技師)		
1	計畫名稱應為「超高強度鋼筋混凝土建築物結構設計及施工審核要項之研究」，另低樓層及地下建築物採用超高混凝土是否也受規範？	本計畫研究內容為「超高強度鋼筋混凝土造建築物結構設計及施工審核要項之研擬」，計畫名稱似乎有些簡化，此部分將會於報告內再釋明。審核要項之適用以材料強度及施工法為對象，未提及建築物高度，因此應適用於中低樓層建築物。
2	混凝土要達到「高強度」並非困難，只要「低水膠比(W/B)」及「高水泥量」就可達到要求，然而「低水膠比」持續穩定的「質與量」難以控制，若使用「高水泥量」，會有「乾縮量過大」及「彈性模數偏低」的不良影響，因此「水膠比」、水泥細度(宜大	混凝土達「高強度」確非困難，但是作為結構材料使用時，應注意量產時之穩定性及品管等。當要求混凝土達到某高強度時(例如 800kgf/cm ²)，就要使用卜作嵐材料及化學摻料等，另外粗骨材本身的強度更應加以注意。

	於 3300cm ² /g)、是否使用「強塑劑」及是否使用「卜作嵐材料(取代水泥)」應列入審核項目。	
3	「高強度混凝土」在中國土木工程學會(土木 402-88)「混凝土工程施工規範與解說」中第 15.6 定義為抗壓強度等於或大於 420kgf/cm ² (6,000psi)的混凝土，國外目前已經有很多建築物使用 1,400kgf/cm ² 。高強度混凝土之水膠比(W/B)甚低，坍度小，免不了使用「強塑劑」及「卜作嵐材料」，設計審查時對於「超高強度混凝土」齡期量測基準(56 天或 90 天)、使用之材料、配比及施工是否試拌及品質保證應列入審核要項。	關於高強度混凝土之製作等，因本報告為提出審核要項，因此未將內容詳述，僅提供要求重點項目。高強度混凝土的要求重點為必須以試拌確認強度，以及管理強度之設定，亦即施工後之結構體強度及圓柱試驗體強度間之關係。其中水膠比、配比及卜作嵐摻料等資料僅作為參考用。
4	耐久性及使用年限是否有文獻參考可否一併說明	將於報告中加註可參考之文獻。
中華民國結構工程技師公會全國聯合會(陳正平技師)		
1	題目應為「..... 混凝土結構設計.....」	題目將修正為「超高強度鋼筋混凝土建築結構設計施工審核要項之研擬」。
2	沒有設計規範之前先訂審查要項似乎本末倒置	雖然目前國內無此設計規範，但是參照日本 New RC 的發展模式，也是先有審查制度經過一段產官學共同發展有共識後，方才有設計及施工指針的製作，希望國內 New RC 之發展也可循此模式，將可促進產業的升級及真正將設計及施工技術本土化。2009 年建築研究所協辦案「超高強度鋼筋混凝土建築設計施工指針之研擬」及 2011 年建築研究所協辦案「高強度鋼筋混凝土應用

		在超高層樓建築物之耐震性探討」皆可作為初期設計及施工的參考資料。
3	題目是「審查要項」，文內「審查重點」二者是否相同。	審查要項指出所有應審查之項目，審查重點則強調比目前實施之審查制度更要加強或增加之項目。
4	審查重點中似乎有更重要的重點未列入，例如，伸展、續接、錨定、傳力路徑等。	關於高強度鋼筋之伸展長度、續接、錨定等都已屬於審查項目之內。
潤弘精密工程事業股份有限公司（吳子良先生）		
1	針對單一審查機構的建立，初期若能由政府單位出面協調會更佳，將來在慢慢開放。	本研究案也建議如此發展。
2	新材料的發展除了需要產業努力外，若政府能夠提供獎勵措施，對於業界的投入應有所助益。例如針對鋼筋製造商給予租稅獎勵，建案容積或停車獎勵等	關於新材料的開發及投入此新工法的業界，政府應該採取獎勵措施促進發展等，將於報告之建議事項內指出。
3	SD785 箍筋未列入審查適用對象，原因為何？	本報告提及審核要項之適用對象為，主體結構使用高強度鋼筋及混凝土之鋼筋混凝土造建築物，當然包括高強度 SD785 箍筋。
黃教授兆龍		
1	整體架構合宜。	謝謝委員肯定。
2	內容的用字遣辭建議以國內常用之語辭為宜。	使用名詞將盡量配合目前國內通用的說法。
3	不管設計及施工、材料應用等，宜將 BIM 的技術引入，以達到源頭製程、成品的一致化，並且事先可以視覺達洞燭機先之效 (P49~66, P83~108)。	據悉 BIM 的技術尚在發展中，本研究案因時程關係將無法引進。
4	施工管理建議由 BIM 控制，並且搭配保險公司委託之第三方檢	目前無法引進 BIM。

	驗機構之查核(P61)。	
5	使用材料中混合料之解說應改為採用卜作嵐摻料或高爐沉渣粉(P85~86)。	參照委員意見更改名稱。
6	配比計劃宜重新撰寫，並引用更多文獻(P86~88)。	報告中之資料僅為參考，審核時可引用其他經證實可靠之資料。
7	混凝土材料基本上不應與建築技術規則差異過大，而且不宜與傳統觀念差異過大(P88~108)。	查核項目與傳統觀念相近，惟材料性質與品管之差異性較大。
王技師亭復		
1	據 ACI363-92 之高強度混凝土技術研究，自 1965~1988 年建造 27~79 層高樓採用 $f_c'=7,000\sim 14,000\text{Psi}$ 高強度超過 50 棟以上，而所撰寫報告值得本案文獻回顧。	將此資料列入參照文獻。
2	我國現行「混凝土設計規範」及 ACI-318-2014(草)其常重混凝土強度適用範圍可達 $f_c'=84\text{Mpa}$ (365 天齡期)，惟因各地使用製造來源不同，其特性亦不同，因此材料混凝土審核應提出 f_c' 相對應之 E_c 、 f_r' 、 f_{sp}' 、 ν 、 ϵ_{cu} 、收縮率、潛變等。及鋼筋之 f_y 、 f_{ye} 、 f_u 、 f_{ue} 、 ϵ_y 、 ϵ_{ye} 、 ϵ_{sh} 、 ϵ_{su} 與混凝土之應力-應變曲線。	關於審查時應提出更詳細之要求項目，如混凝土收縮率、潛變等。及鋼筋之 f_y 、 f_{ye}與混凝土之應力-應變曲線等，事實上於分析模型內容說明時，將都應包括於其中，因此未詳細列出。
3	耐震構材提出其彎曲曲率($M-\phi$)之容量曲線。	審核要項包括此項目
4	結構耐震分析必須採用非線性動力歷時分析，二階段分析，其允許標準採服務性能(應變、裂紋寬、層間變位、損壞量測)及最大考量地震防止崩塌(構件變形、遲滯能減低、崩塌危害分析)即不確	本研究案也建議使用二階段式分析，即考慮服務性及安全性。非線性分析時構材之使用模型例及目前常使用之軟體也都有提及。

	定因子。塑性鉸採纖層(fiber)+集中(concentrated hinge)模型，以上以 IDAS 及 Perform-3D(CSI)分析。	
5	審查採用 Peer Review，審查委員 (SPRP) 資格應包括熟習「地震學」、「地質學」及熟悉上述 2~4 各項者至少三人，必須建管單位認可，並代表建管單位審查。	審查委員應為學經驗俱佳者之專家學者，並對審查要項充分了解，其資格必須經建築主管機關所認可者。
6	以上為參考 LATBSDC 之高層建築(高強度混凝土)耐震設計規定及 PEER 高層建築耐震設計指針。	將會參考 Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council(LATBSDC)之資訊。
邱顧問昌平		
1	本計畫建議由單一審查機構對超高強度鋼筋及混凝土所造之建築結構就五大審查重點辦理設計及施工之審查。每一重點有分列一些必要之審核要項，完成之期末報告皆有完整之說明，成果良好。	謝謝委員之指導。
2	第六章施工計畫、品質管理與品質確保之落實，於公共工程較易落實，於民間建築工程執行時，如何由主管機關委託單位辦理施工查核或查證尚需另定辦法。	施工階段應落實所提出之施工計畫與品質管理辦法。目前將建議業主或施工廠商申請台灣建築中心主辦之『耐震標章』作為施工中之查核。
陳組長建忠		
1	超高強度鋼筋混凝土結構在審核認可方面，日本有 14 個審查或評定機構，請於報告中補充其全名。	將提供該資料於報告書之參考資料內。
2	日本各審查機構對於審查內容可能有一致的標準規定，但是審查作業上也可能有所差異，應整理歸納供參考，而相關審查結果	日本各審查機構之流程如報告書內所述，大致相同。審查結果之案例資料節錄等，將一併於參考資內提出。

	資料等亦可解析摘錄，納入報告中。如其審查有個案或通案經驗，亦請整理收錄。	
陳副所長瑞鈴		
1	按本研究報告結論與建議所提，審查機構應由建築主管機關”指定“單一技術審查機構來實施一節，似不恰當。因審查機構之選定係採公開徵選方式，不宜採指定的方式。	結論與建議之內容將修正為，「審查機構應由建築主管機關『選定』單一技術審查機構來實施」。
2	本計畫若有非單一機構審查會造成審查結果不一致之虞時，應考慮從加強審核要項、重點、基準之明確性著力，俾使各審查項目達清晰可量化，使不同機構的審查也能產生一致性的結果，故建議對此部分之描述宜再思考。	New RC 結構從設計至施工之品質要求高，審查須詳細審慎，審查委員需具備相當的專業經驗及能力。如上述，本研究參照日本 New RC 之發展過程，認為應先建立審查機制，經過產官學多年努力取得共識後，才有「設計施工指針」的產生。當審查各項目皆達到明確化時，審查機構將採開放而非僅限於單一機構。
3	本案的立即可行建議第3項所提講習部分，應先考量到相關教材是否已齊備，足供講習所用，否則應先編訂教材及案例資料。因此有關建議事項部分，請考慮推動計畫的優先順序加以修正補充。	講習內容將偏重於說明審查重點，及為何要加強之審查項目，使設計者及產業者了解高強度鋼筋混凝土建築物發展之趨勢及確保其安全性時必要注意的重點，講習會將以本研究所列審查項目重點進行講解。

参考資料一 超高層建築物等之認定機関

機関名稱	地址及連絡電話等
(一財)日本建築センター 	〒101-8986 東京都千代田区神田錦町一丁目9番地 TEL:03-5283-0461 FAX:03-5281-2821
(一財)ベターリビング 	〒102-0071 東京都千代田区富士見2-7-2 ステージビルディング 4・6・7F TEL:03-5211-0680 FAX:03-5211-0548
(一財)日本建築総合試験所 	〒565-0873 大阪府吹田市藤白台5丁目8番1号 TEL:06-6872-0391 FAX:06-6872-0784
日本ERI(株) 	〒107-0052 東京都港区赤坂8-5-26 赤坂DSビル6階 TEL:03-3796-0223 FAX:03-5775-1841
(株)都市居住評価センター 	〒105-0001 東京都港区虎ノ門一丁目1番21号 新虎ノ門実業会館6階 TEL:03-3504-2384 FAX:03-3595-0900
ハウスプラス確認検査(株) 	〒108-0014 東京都港区芝5丁目33番7号 徳栄ビル本館4階 TEL:03-5962-3830 FAX:03-5427-3186
(株)東京建築検査機構 	〒103-0004 東京都中央区東日本橋1丁目1-4 東日本橋M-1ビル TEL:03-5825-7545 FAX:03-5825-7617
ビューローベリタスジャパン(株) 	〒231-0023 神奈川県横浜市中区山下町1番地 シルクビル2・3F(管理本部のみ3F) TEL:045-641-4217 FAX:045-641-7992
(一財)日本建築防災協会 	〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-3-20 虎ノ門YHKビル3F TEL:03-5512-6451 FAX:03-5512-6455
(一社)日本免震構造協会 	〒150-0001 東京都渋谷区神宮前2-3-18 JIA館2階 TEL:03-5775-5432 FAX:03-5775-5434
(株)確認サービス 	〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄四丁目3番26号 昭和ビル4F TEL:052-238-7747 FAX:052-238-7741
(一社)日本膜構造協会 	〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-13-5 第一天徳ビル TEL:03-3501-3535 FAX:03-3501-3548
(株)国際確認検査センター 	〒104-0028 東京都中央区八重洲2丁目4番6号 鈴木ビル TEL:03-5200-7118 FAX:03-5200-8810
(公財)東京都防災・建築まちづくりセンター 	〒150-8503 東京都渋谷区渋谷2-17-5 シオノギ澁谷ビル7階 TEL:03-5466-7617 FAX:03-5466-7616

「日本建築センター 建築技術評価情報閲覧システム」よりプリントアウトしたものです。
本シートは、いかなる方法においても無断で使用することを禁じます。

設計 株式会社 []
構造 []

月島駅前地区第一種市街地再開発事業施設建築物新築工事

高層建築物

高強度コンクリート、高強度鉄筋を使用。外端梁の定着に一部機械式定着プレートを使用。梁のハーフPCa部材を使用した場所打鉄筋コンクリート造。

評定番号 BCJ-H []
評定年月日 平成10年11月16日

* 建築物概要

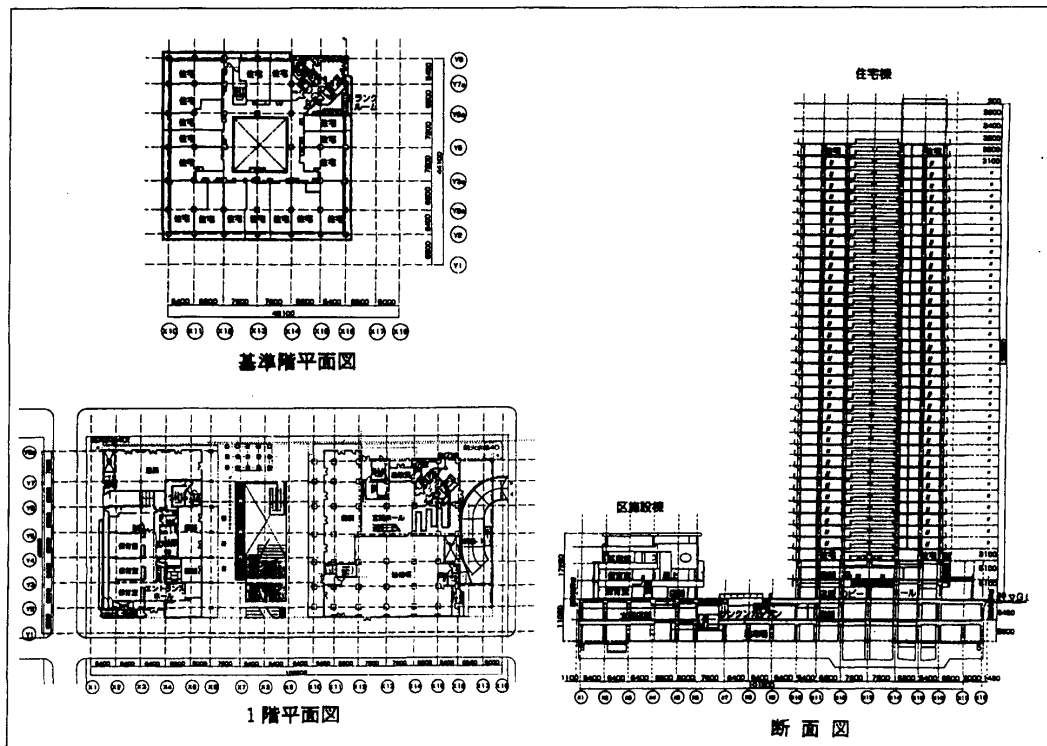
建築場所	東京都中央区月島2丁目地内
用途	共同住宅・店舗・駐車場
敷地面積	5,680㎡
建築面積	2,867㎡
延べ面積	56,564㎡ (評定対象: 54,461㎡)
基準階面積	1,127㎡
建ぺい率	50.4%
容積率	725.1%
地上	38階
地下	2階
塔屋	2階
軒の高さ	121.25m
建築物高さ	134.55m
最高部高さ	134.55m
基準階階高	3.10m

1階階高	5.10m
地階階高	地下1階: 5.45m、地下2階: 5.60m
基礎底深さ	G.L.-15.6m、-14.1m
設計用GL	T.P.+1.6m
設計用地下水位	T.P.+0.3m

* 地盤

土質 及び N値	GL -m	地層	N値 (min)(max)
	0.00~2.00	埋土	1~2
2.50~5.50	有楽町層(砂質土)	1~7	
5.50~8.00	有楽町層(粘性土)	0	
8.00~9.00	有楽町層(砂質土)	4	
9.00~12.00	東京層(第1粘性土)	9~50以上	
12.00~25.50	東京層(第1砂質土)	25~50以上	
25.50~26.50	東京層(第2粘性土)	6~13	
26.50~33.00	東京層(第2砂質土)	29~50以上	
33.00~37.00	東京磯層	50以上	
37.00~	江戸川層	39~50以上	

許容地耐力 (t/m²) 長期: 80t/m²、短期: 160t/m²



「日本建築センター 建築技術評価情報閲覧システム」よりプリントアウトしたものです。
本シートは、いかなる方法においても無断で使用することを禁じます。

***基礎構造**

基礎形式	直接基礎 (ベタ基礎)
最大接地圧 (t/m ²)	鉛直荷重時: 58t/m ² 1次設計時: 77t/m ² 2次設計時: 91t/m ²

***主体構造**

骨組形式種別	地上階: ラーメン構造 地下階: 耐力壁付ラーメン構造 鉄筋コンクリート造
耐力壁その他	地下階: 現場打ち鉄筋コンクリート造耐力壁
柱・はり断面材料	柱: B×D=1000×1000~1300×1300(地上階) 主筋=D32~D41(SD390, SD490, USD685) フープ=RB10.7, RB12.6 [異形PC鋼棒: BCJ-C1343(追3)] 全て現場打 梁: B×D=650×800~700×950 700×1000(地上階) 主筋=D32~D41(SD390, SD490) スタップ=RB10.7, RB12.6 [異形PC鋼棒: BCJ-C1343(追3)] 2階~R階床梁は現場打とハーフPCa部材を併用 コンクリート: 普通コンクリート Fc=60~36N/mm ²
柱・はり接合部	一般部分: 柱・梁とも通し配筋 梁外端部: L型及びU型定着又は機械式定着プレートを使用
柱・はり主筋の継手	柱: ネジ式機械継手 梁: ネジ式機械継手又はエンクローズ溶接 (但し、エンクローズ溶接はSD390以下)
床形式	2階以上: 合成床用薄肉PCa板使用の現場打ち鉄筋コンクリート造スラブ 1階以下: 現場打ち鉄筋コンクリート造スラブ
非耐力壁	外壁: ALC板、一部PCaコンクリート版
力壁	内壁: 軽量耐火遮音仕切壁
構造上の特色	高強度コンクリート(最大Fc60N/mm ²)を使用 高強度鉄筋(柱・梁主筋にSD490、柱の芯鉄筋にUSD685、せん断補強筋として異形PC鋼棒 [異形PC鋼棒: BCJ-C1343(追3)]を使用 外端部の定着に一部機械式定着プレートを使用 梁のハーフPCa部材を使用した場所打ち鉄筋コンクリート造

***耐風設計**

設計風圧力	建築基準法に準じて算定した。 風荷重による層せん断力は、最大で設計用荷重の40%以下である。
-------	---

***耐震設計**

地震力負担等	地上階: X通り方向、Y通り方向共全て柱・梁部材で負担 地下階: X通り方向、Y通り方向共耐力壁で100%負担
--------	--

設計計用せん断数	最上階	0.338	20階	0.122
	1階	0.079	10階	0.097
分布形	建築基準法施行令のA i分布		地下階	震度 K=0.1
採用地震波 最大速度・加速度	採用地震波		最大加速度 (cm/s ²)	
			レベル1 (25cm/s)	レベル2 (50cm/s)
	EL CENTRO	1940 NS	255.4 cm/s ²	510.8 cm/s ²
	TAFT	1952 EW	248.4 cm/s ²	496.8 cm/s ²
	TOKYO 101	1956 NS	242.5 cm/s ²	484.9 cm/s ²
	HACHINOHE	1968 NS	165.1 cm/s ²	330.2 cm/s ²
	BCJ-L1(レベル1)	297.7 cm/s ² (31cm/s)	-	
	BCJ-L2(レベル2)	-	503.4 cm/s ² (60cm/s)	

***置換振動系**

質点数振動型	1階床位置を固定とした38質点系の曲げせん断型モデル	
固有周期	T 1	X通り方向: 2.367秒、 Y通り方向: 2.361秒
	T 2	X通り方向: 0.804秒、 Y通り方向: 0.800秒
	T 3	X通り方向: 0.460秒、 Y通り方向: 0.457秒
復元力特性	荷重増分法による静的弾塑性解析結果から得られる荷重変形曲線を、Degrading Tri-Linear型モデルに置換	
減衰定数	瞬間剛性に比例した内部粘性減衰型 減衰定数は1次振動数に対し0.03	

***応答結果**

最大層間変位 (cm)	25cm/s 応答	X通り方向	1.335	11	BCJ-L1
		Y通り方向	1.430	10	BCJ-L1
最大層間変形角	50cm/s 応答	X通り方向	2.981	30	BCJ-L2
		Y通り方向	3.269	15	BCJ-L2
最大層間変形率 (レベル2)	25cm/s 応答	X通り方向	1/232	11	BCJ-L1
		Y通り方向	1/216	10	BCJ-L1
最大層間変形率 (レベル2)	50cm/s 応答	X通り方向	1/103	30	BCJ-L2
		Y通り方向	1/94	15	BCJ-L2
最大軸力比 (レベル2)	50cm/s 応答	X通り方向	圧縮: 0.43 引張: 0.54	3	BCJ-L2
		Y通り方向	圧縮: 0.43 引張: 0.51	3	BCJ-L2
偏心の影響	偏心率は最大で0.06(最上階)であり、偏心の影響は少ない。				

設計 株式会社 [redacted] 一般建築士事務所
 [redacted] 一般建築士事務所
 株式会社 [redacted]
 株式会社 [redacted] 一般建築士事務所
 構造 } 株式会社 [redacted]
 監理 } 一般建築士事務所

(仮称) [redacted] 3丁目プロジェクト

超高層建築物 地上階は、鉄筋コンクリート造純ラーメン構造としている。架構は現場打ちコンクリートを基本に、大梁、床スラブ、バルコニースラブの一部はハーフPCa部材としている。Y方向に、低降伏点鋼を組み込んだ制震間柱を採用している。地下階は、鉄筋コンクリート造耐震壁付ラーメン構造としている。

評価番号 ERI-評第 [redacted] 号
 評価年月日 平成 14 年 7 月 11 日
 認定番号 HNHN-0535
 認定年月日 平成 14 年 8 月 9 日

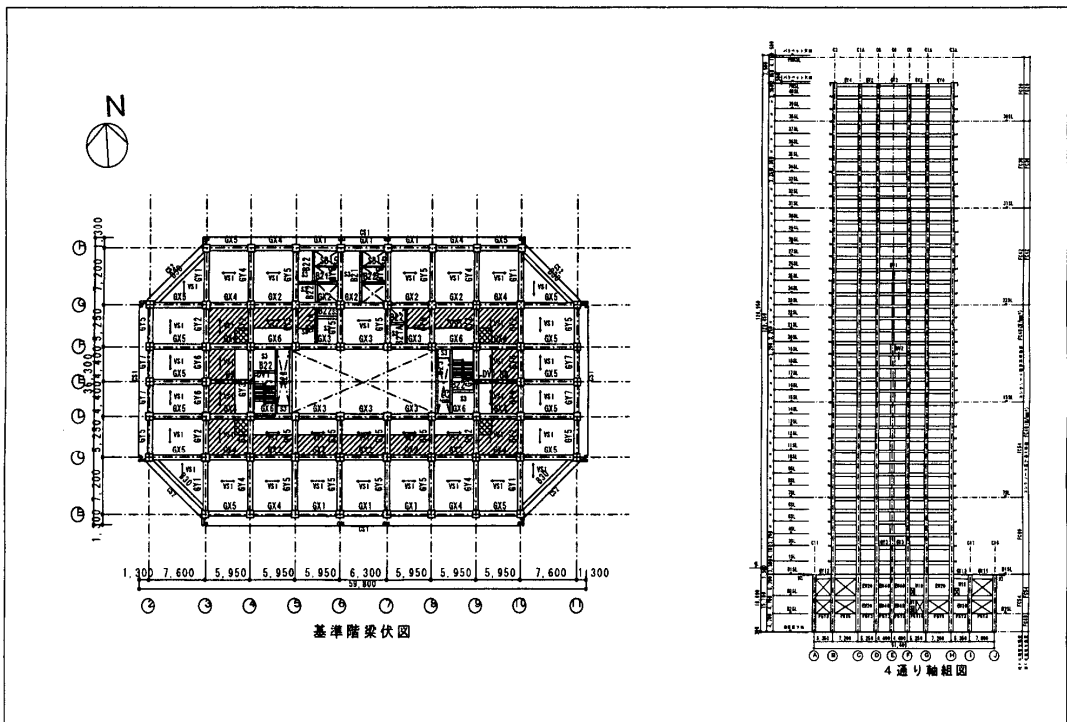
基準階階高	3.20~3.35m
1階階高	4.10m
地階階高	3.50~5.70m
基礎底深さ	G.L.-16.60m

* 建築物概要

建築場所	東京都港区港南 3 丁目 8 番 2
用途	共同住宅(分譲)
敷地面積	6,886.45 m ²
建築面積	2,487.81 m ²
延べ面積	77,239.32 m ²
基準階面積	1,553.77 m ²
地上	40 階
地下	3 階
塔屋	1 階
軒の高さ	129.95m
建築物の高さ	129.95m
最高部の高さ	136.95m

* 地盤

設計用 G.L.	T.P.+4.18m	設計用地下水位	G.L.-1.95m
土質 及び N 値	設計 G.L.-m	地盤	N 値
	0.00~1.90	埋土	8
	1.90~3.25	シルト質細砂	3
	3.25~3.85	砂質シルト	0
	3.85~7.95	粘土質シルト	0~1
	7.95~13.15	シルト質粘土	3~12
	13.15~13.80	砂質シルト	13
	13.80~16.70	粘土	6~11
	16.70~20.40	砂礫	52~60
	20.40~	土丹	60
液状化の有無	稀に発生する地震動:無 極めて稀に発生する地震動:無		



○構造概要

*基礎構造

基礎形式	直接基礎(ベタ基礎形式)
許容地耐力	長期:800kN/m ² 設計用地震荷重時:1,600 kN/m ² 架構設計変形時:1,600kN/m ²
最大接地圧	長期:622kN/m ² 設計用地震荷重時:685kN/m ² 架構設計変形時:754kN/m ² (771kN/m ²) (内は、45° 方向を示す)

*主体構造

骨組形式種別	1.地上階:鉄筋コンクリート造、純ラーメン構造 2.階段 :鉄骨造 3.地下階:鉄筋コンクリート造、耐震壁付ラーメン構造
耐力壁その他	地下階:鉄筋コンクリート造耐震壁
柱・はり断面材料	1.柱断面 :Dx×Dy=900×900~1200×1200 2.梁断面 :B×D=600×700~650×1100 3.基礎梁断面:B×D=1100×4700~1350×4700 4.柱主筋 :SD490(D38~D41),SD390(D29~D35) 5.梁主筋 :SD490(D38~D41),SD390(D29~D35) 6.継手 :柱・梁共機械式継手(BCJ 評定-RC0021 同等の認定品) 溶接継手(BCJ-C1349(追2),BCJ-C1253 同等の認定工法) 圧接(小梁、基礎梁) 7.せん断補強筋:高強度せん断補強筋:685N/mm ² :MBER-9004 (国住指第 353 号) 785N/mm ² :MSRB-0005(国住指第 1557-1 号) 同等の認定品 SD295A(D10~D16) 8.コンクリート:普通コンクリート Fc60~30N/mm ² 9.鉄骨 :SS400,SM490A,NK-LY225(建設省東住指発第 739 号)
柱・梁接合部	一般部分:柱・梁主筋共、通し配筋 梁外端部:L型定着、機械式定着(BCJ-C2280 同等の認定工法)
床形式	ポイドスラブ(薄肉 PCa 版の上、現場打ちコンクリート) 在来工法(現場打ちコンクリート)
非耐力壁	外壁 ALC 版 内壁 ALC 板、乾式耐火遮音間仕切壁
構造上の特色	地上階は、鉄筋コンクリート造純ラーメン構造としている。架構は現場打ちコンクリートを基本に、大梁、床スラブ、バルコニースラブの一部はハーフ PCa 部材としている。Y 方向に、低降伏点鋼を組み込んだ制震間柱を採用している。地下階は、鉄筋コンクリート造耐震壁付ラーメン構造としている。

*耐風設計

設計風圧力	設計用地震荷重に対して、建設省告示第 1461 号第三号イ項に定める風圧力は 36.2%以下、同告示ロ項に定める風圧力は 56.6%以下であることを確認した。
設計用せん断力	1階:19,475(kN) 20階:11,874(kN) 最上階:75(kN)

*耐震設計

地震力負担等	地上部:X、Y方向共 100%ラーメン負担 地下部:大部分を耐震壁で負担							
設計用せん断力係数	最上階	0.328	25階	0.108	10階	0.082	B1階	0.070
分布形	予備応答解析により設定							
採用地震波	採用地震波名称	稀に発生する地震動(レベル1)		極めて稀に発生する地震動(レベル2)				
		速度(cm/s)	加速度(cm/s ²)	速度(cm/s)	加速度(cm/s ²)			
	CODE-RAN1(模擬波) ^{*1)}	9.72	74.6	-	-			
	CODE-ELC1(模擬波) ^{*1)}	9.27	69.4	-	-			
	CODE-TAF1(模擬波) ^{*1)}	9.22	69.9	-	-			
	CODE-RAN2(模擬波) ^{*1)}	-	-	45.12	331.8			
	CODE-ELC2(模擬波) ^{*1)}	-	-	49.64	318.7			
	CODE-TAF2(模擬波) ^{*1)}	-	-	46.23	367.3			
	EL CENTRO 1940NS	25.00	255.4	50.00	510.8			
	TAFT 1952EW	25.00	248.4	50.00	496.7			
HACHINOHE 1968NS	25.00	166.4	50.00	332.7				
*1)は、建設省告示第 1461 号第四号に定める加速度応答スペクトルを基に作成した模擬地震動								

*置換振動系

質点数・振動型	44 質点系等価せん断型モデル	42 質点-平面ブーム連結系モデル	
	長辺方向(X)	短辺方向(Y)	
固有周期	T 1	2.376sec	2.950sec
	T 2	0.903sec	1.101sec
復元力	荷重増分解析より求めた荷重-変形曲線の内、制震間柱を含む架構以外は Degrading Tri-Linear モデル	荷重増分解析より求めた荷重-変形曲線の内、制震間柱を含む架構以外は Degrading Tri-Linear モデル制震間柱は標準 Tri-Linear モデル	
減衰マトリックス(減衰定数)	内部粘性減衰 [C]=2h _v /ω _v [K] [K]:瞬間剛性マトリックス, h _v =0.03	内部粘性減衰 [C]=2h _v /ω _v [K] [K]:瞬間剛性マトリックス, h _v =0.03 (制震間柱の低降伏点鋼部分は 0%)	

*応答結果

最大層間変位(cm)	入力レベル	方向	応答値	層	地震波
稀に発生する地震動のレベル(レベル1)	稀に発生する地震動のレベル(レベル1)	X 方向	1.00cm(1/318)	11階	HACHINOHE 1968 NS
		Y 方向	1.18cm(1/275)	26階	HACHINOHE 1968 NS
()内は最大層間変形角	極めて稀に発生する地震動のレベル(レベル2)	X 方向	2.48(1/129)	19階	CODE-ELC2(模擬波)
		Y 方向	2.57(1/124)	27階	CODE-ELC2(模擬波)
最大塑性率	極めて稀に発生する地震動のレベル(レベル2)	X 方向	1.75	36階	CODE-RAN2(模擬波)
		Y 方向	1.34	34階	TAFT 1952 EW
最大軸耐力比	極めて稀に発生する地震動のレベル(レベル2)	X 方向	0.45	7階	CODE-TAF2(模擬波)
		Y 方向	0.50	11階	CODE-ELC2(模擬波)
		45° 方向	0.55	15階	CODE-ELC2(模擬波)
偏心の影響	偏心率の最大値は、X 方向で 0.055、Y 方向で 0.007 となっている。全階で 0.15 以下となっており、その影響は小さい。				

參考資料三 高強度混凝土之彈性係數對地震反應之影響

(摘錄至參考書目 4)

前言

使用高強度混凝土之超高層 RC 造建築物，其耐震性能評價根據地震反應分析來進行。建物之反應受到建築物基本之恢復力特性很大的影響，但是架構之勁度為根據使用材料之力學特性而設定。即混凝土之彈性係數對建物之反應有影響。但是，對於超高層建築物，設計時使用之混凝土所用的骨材等材料並不容易指定，有關混凝土構材之勁度評價被指出其問題點，其影響的程度並不明確，也未進行明確的議論。

在此，有關高強度混凝土的彈性係數對於建物反應的影響加以檢討，將其反映於結構設計以得到精度更高的結果，就地震反應分析中更適切的彈性係數的設定方法加以檢討等為主要目的，從 2003 年 10 月到 2004 年 4 月(財)日本建築總合試驗所設置之「鋼筋混凝土造建物之耐震設計所使用混凝土彈性係數檢討委員會」(主查：平石久廣「明治大學理工學部建築學科教授」)其活動成果的概要介紹如下。

委員會的檢討方針

使用高強度混凝土之建物，一般而言，結構體混凝土的彈性係數為，基於設計基準強度 F_c 根據 New RC 總計畫案所提案之彈性係數評價法¹⁾(下稱 New RC 式)來計算，使用此彈性係數計算建物之勁度進行地震反應分析等設計。此彈性係數的決定有下述兩個問題點。一個為，結構體混凝土強度的問題。為了使混凝土能確實發揮設計標準強度，考慮參差不齊提高配比強度的設定。因此，考慮結構體整體時混凝土強度將變成比設計基準強度 F_c 高相當大的值。

第二點為，彈性係數評價式之精度的問題。如參考文獻¹⁾所示，彈性係數根據粗骨材之種類等有很大的變動。另一方面，粗骨材的種類與其製造地域息息相關，因此混凝土的彈性係數也根據製造地域而使評價式及其變動幅度有所不同。但是現狀為，粗骨材之選定於結構設計的階段未必已經充分的考慮。

在此，將彈性係數的變動對地震反應分析有何種程度的影響，根據個案研究進行檢討。根據地震反應分析的個案研究為，以設計者 7 人使用高強度混凝土之各自原來所設計耐震及隔震各 7 棟超高層 RC 造建物(也含 SRC 造)為對象，根據比較分析來進行檢討。此為，希望儘可能反應設計的實態。使用解析案例分為下述 4 種狀況，即通常採用之設計標準強度的彈性係數(狀況 E0)，結構體強度合乎實情之 F_c 的 1.2 倍所求得的彈性係數(狀況 E)，考慮彈性係數評價式之參差不齊的 1.2 倍彈性係數(狀況 E+)以及案例 E 之 0.8 倍的彈性係數(狀況 E-)。

混凝土彈性係數之實態調查為進行 2 種類的調查。一種為，於某特定實建築物調查高強度混凝土抗壓強度與設計基準強度比較有多少程度的變動著。第 2 種為，調查京阪神地域所製造高強度混凝土之純混凝土的抗壓強度和彈性係數的關係，特別是分析根據粗骨材導致的變動，就彈性係數提出精度更高的設定法。

彈性係數之變化和對地震反應分析結果的影響

檢討方法

選擇超高層 RC 造建物(高度 60m 以上)之耐震結構、隔震結構各 7 棟計 14 棟，結構體的混凝土彈性係數分為下述 4 種狀況，比較對於地震反應分析結果之影響。彈性係數之計算式為 New RC 式(1)。

狀況 E0 : 使用混凝土強度 f_c 為 $1.0F_c$ 之彈性係數

狀況 E : 使用混凝土強度 f_c 為 $1.2F_c$ 之彈性係數

狀況 E+ : 彈性係數為狀況 E 的 1.2 倍

狀況 E- : 彈性係數為狀況 E 的 0.8 倍

$$E = 33.5 \times k_1 \times k_2 \times \left(\frac{\gamma}{24}\right)^2 \times \left(\frac{\sigma_B}{60}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{kN/mm}^2) \quad (1)$$

k_1 : 有關粗骨材的修正係數

k_2 : 有關混和材的修正係數(此處 $k_1 = k_2 = 1.0$)

γ : 混凝土之單位容積重量(kN/m^3)

σ_B : 混凝土的抗壓強度(N/mm^2)

求建物恢復力特性時構材強度計算所使用的混凝土抗壓強度 f_c 因應分析狀況如下述。

狀況 E0 : 混凝土強度 σ_B 為 $1.0F_c$ 。

狀況 E, E+, E- : 混凝土強度 σ_B 為 $1.2F_c$ 。

即，狀況 E0 為將混凝土強度 σ_B 作為設計標準強度，為一般設計時所假定的狀況。狀況 E 為將混凝土強度設定為比設計基準強度大 20% 的狀況。一方面，狀況 E+, E- 為混凝土強度比設計基準強度大 20%，且彈性係數各比 New RC 式(1)大 20% 和小 20% 的狀況。

地震反應分析所使用地震相當於 Lever 2 地震，於工學性基盤根據適合告示譜之表層地盤進行增幅的 3 地震波，地震波的做法及恢復力特性的設定等地震反應分析的手法為各建築物由設計者來設定。

結果和結論

檢討結果的概要如下述。

附圖 2.1 為超高層 RC 造耐震結構建物，於使用歷時反應分析之代表樓層的骨

架曲線上繪出反應值的一個案例。○, □, △為將各告式波輸入時之最大反應層間變形。各狀況的反應值於第二斜線內, 未進入第三斜線, 因此變形的參差不齊度不至於太大。

附圖 2.2 為同一建物的外力重心位置從地表面的絕對變位和第 1 樓層層剪力之關係的代表例。於超高層 RC 造耐震結構建物之一般的設計, 將可確保最大反應時之 2 倍以上能量的靜力非線性分析的狀態作為架構設計變形, 確認此狀態下的層剪力、層間位移角、塑鉸發生狀況、構材應力以及變形。圖中顯示狀況 E 保有最大反應值 2 倍能量時的變形時點。○, □, △為各告示波輸入時之最大反應層間變形。根據狀況即使反應值有參差不齊, 但可知未超過架構設計變形。

附圖 2.3, 2.4 各為超高層 RC 造隔震結構建築物之檢討結果, 顯示隔震層及代表層之骨架曲線上繪出各狀況之反應值的代表例。○, □, △為輸入各告示波時之最大反應層間位移。隔震結構建築物之設計反應值被控制的較低, 因此即使有參差不齊反應值本身較小。

附表 2.2 顯示各狀況反應值對狀況 E 的變化率。因 X, Y 方向的差異小故僅顯示 1 方向。

狀況 E 與狀況 E0 之反應值比較後, 可得下述結論。

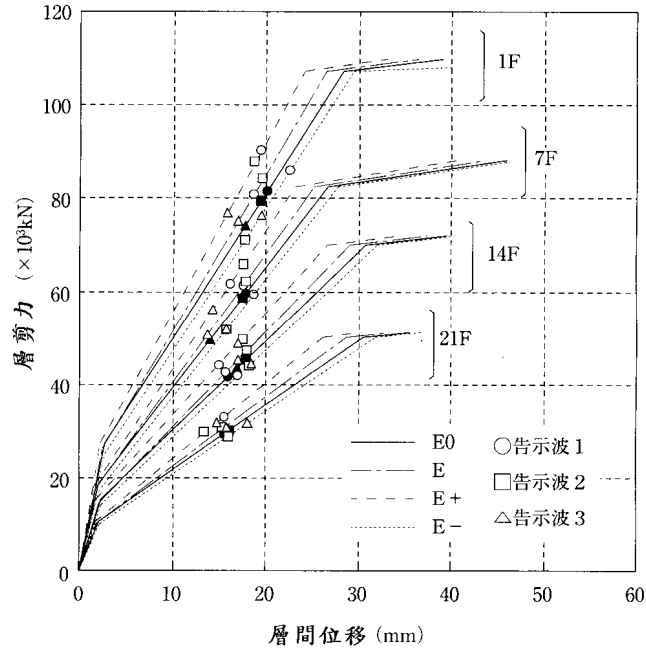
- ① 耐震結構和隔震結構, 兩者之反應層間位移角最大以-12~20%的幅度變動。
- ② 耐震結構和隔震結構, 兩者之反應層剪力最大以-10~9%的幅度變動。
- ③ 耐震結構和隔震結構, 兩者之反應傾倒力矩最大以-11~3%的幅度變動。
- ④ 隔震層之反應變形角最大以-7~5%之幅度變動。另外反應剪力最大以-8~2%之幅度變動。

狀況 E 與狀況 E+, E-之反應值比較後, 可得下述結論。

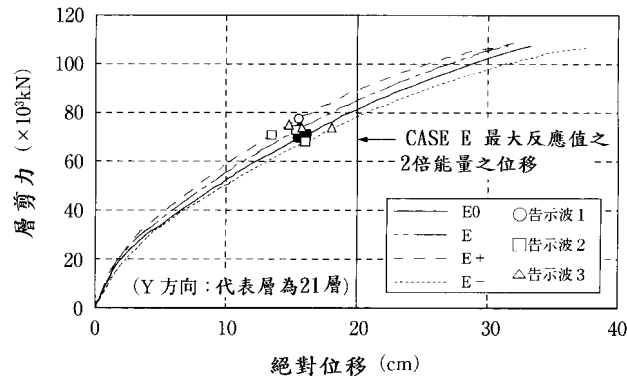
- ① 反應層間位移角僅耐震結構 1 例最大-28~39%的幅度變動, 但其他則為-20~33%。隔震結構也僅 1 例顯示特別大以-35~85%的幅度變動, 此為反應值小, 位於恢復力的第 1 斜線和第 2 斜線之分歧點, 所以是否進入第 2 斜線將顯現出其較大的影響。除此之外其變動幅度為-18%~33%。
- ② 耐震結構和隔震結構, 兩者之反應層剪力最大以-19~16%的幅度變動。
- ③ 耐震結構和隔震結構, 兩者之反應傾倒力矩最大以-19~13%的幅度變動。
- ④ 隔震層之反應變形角最大以-16~10%之幅度變動。另外反應剪力最大以-8~5%之幅度變動。

附表2.1 檢討建物一覽

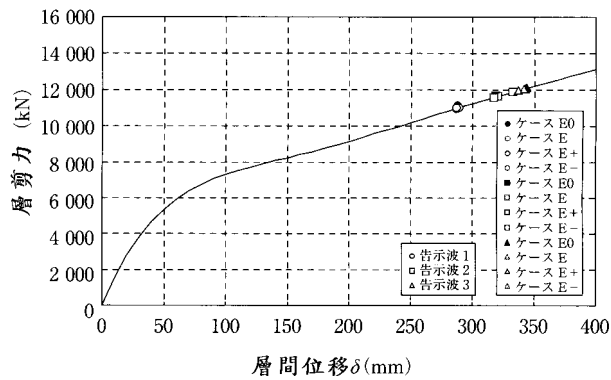
	建物規模	構造種別	特徵
建物例 A	地上 32 層, 地下 1 層, 塔屋 2 層 總樓地板面積 23 948 m ² 簷高 99.80 m, 最高高度 109.30 m	RC 造 現場澆注混凝土基樁	純剛構架結構 使用混凝土: 不明
建物例 B	地上 38 層, 地下 2 層, 塔屋 2 層 總樓地板面積 52 591 m ² 最高高度 138.84 m	RC 造 現場澆注混凝土基樁	地上: 純剛構架結構 地下: 具耐力力牆剛構架結構 使用混凝土: Fc30~Fc60
建物例 C	地上 27 層, 地下 1 層, 塔屋 2 層 總樓地板面積 12 727 m ² 簷高 78.73 m, 最高高度 79.43 m	RC 造 現場澆注混凝土基樁	純剛構架結構 使用混凝土: Fc30~Fc60
建物例 D	地上 38 層, 地下 1 層, 塔屋 2 層 總樓地板面積 38 104 m ² 簷高 127.2 m, 最高高度 138.2 m	RC 造 現場澆注混凝土基樁	地上: 純剛構架結構 地下: 具耐力力牆剛構架結構 使用混凝土: Fc30~Fc70
建物例 E	地上 24 層, 地下 1 層, 塔屋 2 層 總樓地板面積 16 024 m ² 簷高 75.80 m, 最高高度 83.50 m	RC 造 現場澆注混凝土基樁	地上: 純剛構架結構 地下: 具耐力力牆剛構架結構 使用混凝土: Fc24~Fc48
建物例 F	地上 28 層, 地下 1 層, 塔屋 2 層 總樓地板面積 47 532 m ² 簷高 95.35 m, 最高高度 106.6 m	高層部: RC 造 低層部: RC 造一部 S, SRC 造 現場澆注混凝土基樁	純剛構架結構 使用混凝土: Fc30~Fc60
建物例 G	地上 31 層, 地下 1 層, 塔屋 2 層 總樓地板面積 14 662 m ² 簷高 99.00 m, 最高高度 108.22 m	地上階: RC 造, 一部 S 地下階: RC 基礎: 現場澆注混凝土基樁	地上: 具耐力力牆剛構架結構 + 純剛構架 地下: 具耐力力牆剛構架結構 使用混凝土: Fc30~Fc80
建物例 H	地上 12 層, 地下 1 層, 塔屋 1 層 總樓地板面積 33 920 m ² 簷高 53.6 m, 最高高度 58.5 m	SRC 造, 一部 S 造 直接基礎	地上層: 純剛構架結構 地下層: 具耐力力牆剛構架結構 於耐壓版上設隔震層之基礎隔震結構 : Fc24~Fc27
建物例 I	地上 25 層, 塔屋 2 層 總樓地板面積 15 376 m ² 簷高 81.23 m 最高高度 89.53 m	RC 造 現場澆注混凝土基樁	純剛構架結構 於基礎梁下設隔震層之基礎隔震結構 使用混凝土: Fc36~Fc48
建物例 J	地上 27 層, 塔屋 1 層 總樓地板面積 32 950 m ² 簷高 86.55 m 最高高度 91.90 m	RC 造 現場澆注混凝土基樁	純剛構架結構 於基礎梁下設隔震層之基礎隔震結構 使用混凝土: Fc30~Fc60
建物例 K	地上 11 層, 塔屋 1 層 總樓地板面積 7 615 m ² 簷高 31.73 m 最高高度 38.23 m	RC 造 現場澆注混凝土基樁	X 方向: 純剛構架結構 Y 方向: 具耐力力牆剛構架結構 於 1 樓梁下設隔震層之基礎隔震結構 使用混凝土: Fc24~Fc33
建物例 L	地上 35 層, 地下 1 層, 塔屋 1 層 總樓地板面積 32 326 m ² 簷高 122.05 m 最高高度 124.4 m	RC 造 (一部 S 造) 現場澆注混凝土基樁	純剛構架結構 於基礎梁下設隔震層之基礎隔震結構 使用混凝土: Fc33~Fc60
建物例 M	地上 26 層, 地下 2 層, 塔屋 1 層 總樓地板面積 18 869 m ² 簷高 87.8 m 最高高度 88.4 m	RC 造 現場澆注混凝土基樁	純剛構架結構 於 2 樓梁下設隔震層之中間層隔震結構 使用混凝土: Fc36~Fc80
建物例 N	地下 1 層, 地上 29 層, 塔屋 2 層 總樓地板面積 12 059 m ² 簷高 93.70 m 最高高度 100.00 m	RC 造, 一部 SRC 造, S 造 現場澆注混凝土基樁	具剪力牆之剛構架結構 於基礎梁下設隔震層之基礎隔震結構 使用混凝土: Fc36~Fc60



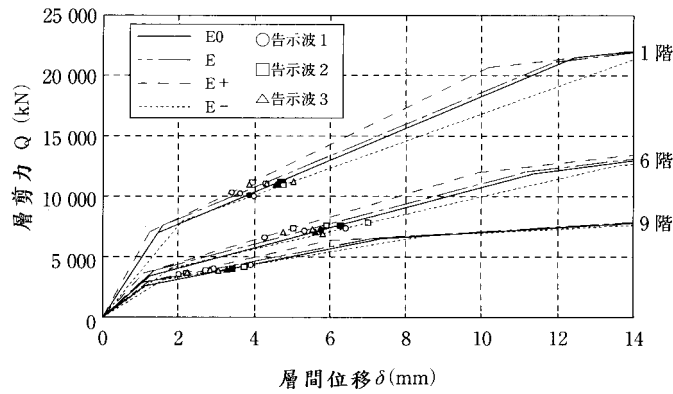
附圖 2.1 代表層骨架曲線和反應值之代表例(耐震結構建築物 F:Y 方向)



附圖 2.2 1 樓之層剪力-建物重心位置之絕對變形的代表例(耐震結構建築物 F)



附圖 2.3 隔震層之骨架曲線和反應值的代表例(隔震結構建築物 K)



附圖 2.4 代表層之骨架曲線和反應值的代表例(隔震結構建築物例 K)

附表 2.2 各Case反應值對Case E反應值的變化率(%) 變化率 (%)

耐震建物	上部結構						隔震建物	上部結構						隔震層				
	層間位移角		剪力		傾倒彎矩			層間位移角		層剪力		傾倒彎矩		位移角		層剪力		
	max	min	max	min	max	min		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	
E0/E	A	15	0	0	-10	0	0	H	20	0	0	0	0	0	5	-2	0	0
	B	7	-5	2	-8	-2	-5	I	8	5	9	-9	2	-8	2	-5	0	0
	C	18	-6	8	-5	3	-4	J	20	-3	2	-3	2	-2	2	-3	1	-2
	D	4	-5	1	-2	0	-2	K	8	2	2	-2	2	0	0	0	0	0
	D'	10	-6	0	-5	0	-2	K'	2	0	0	0	0	0	4	-2	2	-1
	E	19	-6	8	-8	2	-3	L	9	-1	2	-7	0	-7	3	-3	1	-1
	F	7	-12	5	-9	-4	-11	L'	9	1	3	-6	-1	-6	-2	-5	-1	-2
	F'	8	-3	1	-7	0	-7	M	12	-2	4	-2	1	-4	0	-7	2	-8
	G	5	-5	0	0	0	0	N	5	0	0	0	0	0	5	-2	0	0
	G'	7	0	0	-8	0	-3											
	max	19		8		3		max	20		9		2		5		2	
	min		-12		-10		-11	min		-3		-9		-8		-7		-8
	ave	10	-5	3	-6	0	-4	ave	10	0	2	-3	1	-3	2	-3	1	-2
E+, E-/E	A	15	-10	15	-15	8	-8	H	25	-18	10	-10	7	-7	10	-13	4	-6
	B	13	-10	15	-10	9	-6	I	85	-35	10	-8	9	-5	5	-6	4	-4
	C	32	-15	14	-10	7	-4	J	33	-18	3	-5	4	-4	6	-6	3	-3
	D	5	-15	6	-7	6	-6	K	22	-16	4	-2	4	-2	0	0	2	0
	D'	12	-15	7	-13	7	-8	K'	23	-12	0	0	0	0	4	-2	2	-1
	E	39	-28	10	-13	5	-10	L	18	-17	16	-15	13	-11	5	-10	2	-4
	F	20	-15	14	-19	10	-19	L'	24	-10	14	-10	7	-6	6	-10	2	-5
	F'	21	-14	6	-13	11	-18	M	23	-12	7	-6	10	-6	5	-16	5	-8
	G	10	-10	10	-10	10	-14	N	30	-15	15	-10	12	-10	10	-13	4	-6
	G'	20	-20	13	-17	12	-10											
	max	39		15		12		max	85		16		13		10		5	
	min		-28		-19		-19	min		-35		-15		-11		-16		-8
	ave	19	-15	11	-13	9	-10	ave	31	-17	9	-7	7	-6	6	-8	3	-4

整體而言可得下述結論。

- ① 隨著彈性係數的變大最大反應層間變形角變小，反應層剪力、反應傾倒力矩有變大的傾向。此外此傾向的比例，於告示的速度一定領域幾乎可從強度譜形來類推。
- ② 於耐震結構建物、隔震結構建物兩者皆給予最大反應層間位移角之影響最大，給予反應層剪力、反應傾倒彎矩之影響皆較反應層間位移角為小。
- ③ 於耐震結構建物將最大反應值之能量的 2 倍作為架構設計變形時，此變形時之剪力幾乎大於根據彈性係數變化之反應剪力最大值。
- ④ 隔震結構建物比耐震結構建物其反應層間變形角之參差不齊有若干較大的傾向。
- ⑤ 隔震層之反應變形角的變化與層間變形角相同程度，但是反應層剪力的變化比上部結構較小。
- ⑥ 隔震層之反應為，大概彈性係數變大時反應變形角、反應剪力也變大。
- ⑦ 檢討過的建物例幾乎，於彈性係數的檢討幅度的變化中，反應值皆未超過其設計標準值。

實建物之結構體混凝土抗壓強度的實態調查

混凝土抗壓試驗結果

於建築物 G 之實施工中從混凝土抗壓試驗結果檢討了結構體混凝土強度的實態。

附表 2.3 顯示建物例 G 到 20 層為止之現場澆注混凝土的圓柱抗壓試驗結果。根據圓柱體抗壓試驗結果推定結構體混凝土之抗壓強度時，將 F_c45 以上之高強度混凝土扣除各工廠所定之 S_0 值(圓柱體強度和結構體混凝土強度之差)來計算。此外 F_c30 之普通強度混凝土根據 JASS5 所規定減去 ΔF 值=3N/mm² 來計算。如此決定之結構體混凝土抗壓強度統計值如附表 2.4 根據設計基準強度別來顯示。此外附圖 2.5 顯示此頻度分布圖。

結構體混凝土抗壓強度之檢討

F_c45 以上之高強度混凝土，結構體強度平均值為比設計基準強度大於 19%~28% 左右的值。此幾乎為相當設計基準強度 1.2 倍的值。此外，變動係數為 10% 以內比較小，參差不齊也有愈高強度愈小的傾向。

附表2.3 建築物G每層之混凝土抗壓試驗結果 (供試體結果)

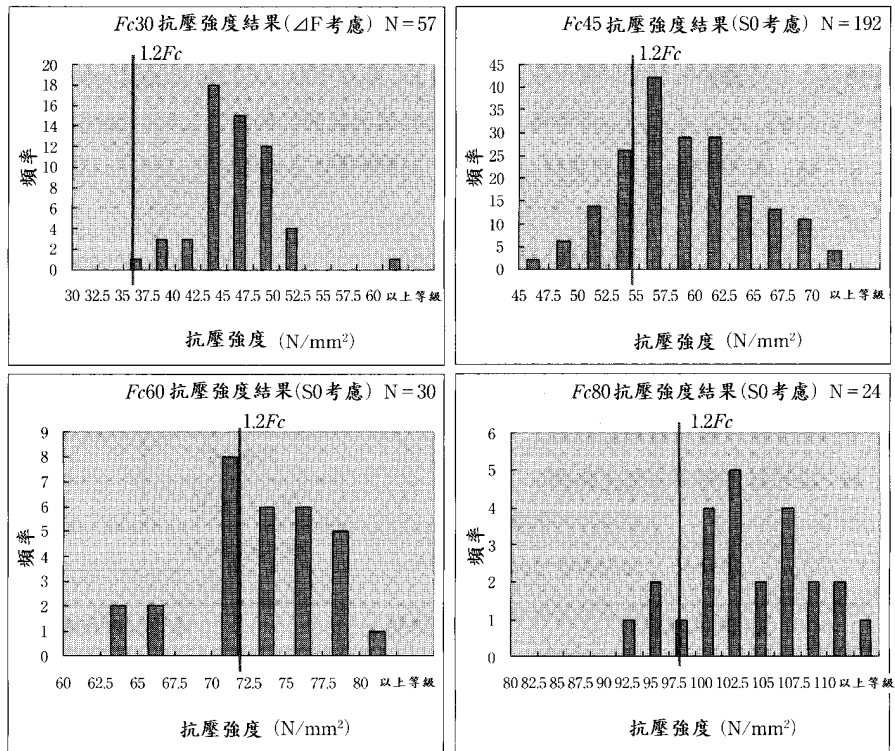
層數	設計標準強度 F_c (N/mm ²)	普通		高強度							
		30	資料數	45	資料數	60	資料數	70	資料數	80	資料數
1F	強度平均 F28 (N/mm ²)	-	-	70.2	-	-	-	100.7	-	111.6	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	-	-	6.12	27	-	-	6.98	27	8.19	9
	變動係數 (%)	-	-	8.7	-	-	-	6.9	-	7.3	-
2F	強度平均 F28 (N/mm ²)	50.1	-	63.3	-	-	-	-	-	109.4	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	0.98	3	2.32	9	-	-	-	-	4.11	9
	變動係數 (%)	2.0	-	3.7	-	-	-	-	-	3.8	-
3F	強度平均 F28 (N/mm ²)	52.1	-	64.5	-	-	-	-	-	105.3	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	6.83	3	0.77	9	-	-	-	-	0.47	3
	變動係數 (%)	13.1	-	1.2	-	-	-	-	-	0.4	-
4F	強度平均 F28 (N/mm ²)	47.9	-	62.1	-	-	-	-	-	111.0	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	1.27	3	1.27	9	-	-	-	-	1.63	3
	變動係數 (%)	2.6	-	2.0	-	-	-	-	-	1.5	-
5F	強度平均 F28 (N/mm ²)	41.0	-	58.6	-	80.6	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	1.97	3	1.46	9	1.20	3	-	-	-	-
	變動係數 (%)	4.8	-	2.5	-	1.5	-	-	-	-	-
6F	強度平均 F28 (N/mm ²)	44.9	-	58.1	-	82.2	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	1.17	3	2.38	9	2.95	3	-	-	-	-
	變動係數 (%)	2.6	-	4.1	-	3.6	-	-	-	-	-
7F	強度平均 F28 (N/mm ²)	39.0	-	57.8	-	81.7	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	1.35	3	1.72	9	0.96	3	-	-	-	-
	變動係數 (%)	3.5	-	3.0	-	1.2	-	-	-	-	-
8F	強度平均 F28 (N/mm ²)	43.7	-	60.3	-	72.5	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	0.90	3	1.77	9	1.21	3	-	-	-	-
	變動係數 (%)	2.1	-	2.9	-	1.7	-	-	-	-	-
9F	強度平均 F28 (N/mm ²)	44.9	-	64.4	-	79.5	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	1.48	3	3.46	9	3.55	3	-	-	-	-
	變動係數 (%)	3.3	-	5.4	-	4.5	-	-	-	-	-
10F	強度平均 F28 (N/mm ²)	44.8	-	58.4	-	81.5	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	0.70	3	2.36	9	1.75	3	-	-	-	-
	變動係數 (%)	1.6	-	4.0	-	2.1	-	-	-	-	-
11F	強度平均 F28 (N/mm ²)	45.7	-	66.0	-	81.4	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	2.08	3	1.92	9	1.74	3	-	-	-	-
	變動係數 (%)	4.6	-	2.9	-	2.1	-	-	-	-	-
12F	強度平均 F28 (N/mm ²)	46.3	-	68.0	-	87.6	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	1.99	3	2.27	9	1.25	3	-	-	-	-
	變動係數 (%)	4.3	-	3.3	-	1.4	-	-	-	-	-
13F	強度平均 F28 (N/mm ²)	48.5	-	65.1	-	83.3	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	2.90	3	1.85	9	2.82	3	-	-	-	-
	變動係數 (%)	6.0	-	2.8	-	3.4	-	-	-	-	-
14F	強度平均 F28 (N/mm ²)	47.4	-	67.1	-	86.3	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	1.61	3	2.37	9	1.32	3	-	-	-	-
	變動係數 (%)	3.4	-	3.5	-	1.5	-	-	-	-	-
15F	強度平均 F28 (N/mm ²)	45.6	-	66.2	-	-	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	2.34	3	3.36	9	-	-	-	-	-	-
	變動係數 (%)	5.1	-	5.1	-	-	-	-	-	-	-
16F	強度平均 F28 (N/mm ²)	45.9	-	60.5	-	-	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	1.88	3	3.01	9	-	-	-	-	-	-
	變動係數 (%)	4.1	-	5.0	-	-	-	-	-	-	-
17F	強度平均 F28 (N/mm ²)	43.2	-	64.6	-	-	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	0.65	3	1.02	9	-	-	-	-	-	-
	變動係數 (%)	1.5	-	1.6	-	-	-	-	-	-	-
18F	強度平均 F28 (N/mm ²)	48.6	-	71.6	-	-	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	0.82	3	1.49	9	-	-	-	-	-	-
	變動係數 (%)	1.7	-	2.1	-	-	-	-	-	-	-
19F	強度平均 F28 (N/mm ²)	46.9	-	61.3	-	-	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	1.39	3	5.02	9	-	-	-	-	-	-
	變動係數 (%)	3.0	-	8.2	-	-	-	-	-	-	-
20F	強度平均 F28 (N/mm ²)	51.0	-	3.6	-	-	-	-	-	-	-
	標準偏差 σ (N/mm ²)	1.07	3	0.86	3	-	-	-	-	-	-
	變動係數 (%)	2.1	-	23.8	-	-	-	-	-	-	-

* 1 注釋

附表2.4 建築物G之建築物全體(20F為止)之結構混凝土抗壓試驗統計值

設計標準強度 F_c (N/mm ²)	普通	高強度			
	30	45	60	70	80
母數 N (個)	57	192	30	27	24
強度平均值 (F28-S0) (N/mm ²)	192	56.2	71.2	89.9	100.1
標準偏差 σ (N/mm ²)	3.85	5.37	4.40	8.32	5.69
變動係數 (%)	8.9	9.6	6.2	9.3	5.7
最大強度 (F28-S0) (N/mm ²)	58.7	69.3	78.8	102.3	110.7
最小強度 (F28-S0) (N/mm ²)	34.4	44.6	60.6	73.8	88.7
對強度平均值之差異性 (%)	-20~+36	-20~+23	-15~+11	-8~+14	-11~+11
對1.2 F_c 強度平均值之增大率 (%)	+20.0	+4.1	-1.1	+7.0	+4.3
對設計標準強度 F_c 強度平均值之增大率 (%)	+44.0	+24.9	+18.7	+28.4	+25.1

F_c 為 30 N/mm² 以下之混凝土時，使用 ΔF 來代替 S0
 S0：供試體抗壓強度和結構混凝土之抗壓強度的差



圖形之橫軸左端表示設計標準強度 F_c ，紅線表示 1.2 F_c (配比強度)。

附圖 2.5 混凝土強度別 Histogram

另一方面，設計標準強度 F_c30 的混凝土其結構體強度平均值變成 44% 的大值。此被認為受到溫度修正導致配比強度增大的影響。本建物 F_c30 之混凝土主要使用於樓板。

根據上述，可推定高層 RC 造建物之柱、梁多用的高強度混凝土其結構體混凝土強度接近 $1.2F_c$ 。此外，於文獻⁵⁾，也檢討了結構體混凝土強度的實態，記述著結構計算時混凝土的彈性係數計算用強度使用 $1.2F_c$ 。

日本關西地區之彈性係數實測資料的分析

彈性係數之評價式

於我國(日本)有關高強度混凝土彈性係數的代表性研究，可舉出 New RC 計畫案內之研究¹⁾。在此，以 $\sigma_B=170\text{N/mm}^2$ 左右為止之實驗資料為基礎，提出導入根據骨材種別及混合劑種別之修正係數以提升精度的上述 New RC 式。

此式於 19991 年改訂之 RC 規範也被採用，被認為從普通強度到高強度具有適合性之評價式。改訂以前的 RC 規範採用與 ACI Building Code²⁾ 相同的評價式，ACI 式混凝土之適用範圍並無限制，作為於國外被使用的評價式，可舉出上述的 ACI 式及 CEB 式³⁾等。

[New RC 式]

$$E = 33.5 \times k_1 \times k_2 \times \left(\frac{\gamma}{24}\right)^2 \times \left(\frac{\sigma_B}{60}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{kN/mm}^2) \quad \gamma \text{ 的值}$$

γ : 單位體積重量 (kN/m^3)

F_c : 設計基準強度 (N/mm^2)

k_1 : 關於粗骨材之修正係數

k_2 : 關於混合材之修正係數

設計基準強度 F_c 及抗壓強度 σ (N/mm^2)	無筋混凝土 (kN/m^3)
$F_c \leq 36$	23.0
$36 < F_c \leq 36$	23.5
$48 < F_c \leq 60$	24.0

修正係數 k_2	混合材之種類
0.95	矽灰、高爐礦渣微粉末、飛灰起源微粉末
1.1	飛灰
1.0	未使用混合材

修正係數 k_1	粗骨材之種類
1.2	石灰岩碎石、煅燒鉄礬土
0.95	石英片岩碎石、安山岩碎石、玉石碎石、玄武岩碎石、粘板岩採石
1.0	其他粗骨材

日本關西地區之彈性係數的實態

於關西地區根據 New RC 式所計算之彈性係數的設計值，與實際之混凝土彈性係數比較多為較小值的案例。在此以使用與實際之結構體混凝土彈性係數更接近的值來進行結構設計為目的，使用彈性係數之實測值進行分析，提出更適切的方法⁴⁾。

將附表 2.5 內分析使用資料之概要，如附圖 2.6 顯示抗壓強度的分布，附圖 2.7 顯示彈性係數的分布。使用之資料數為 860(供試體 3 支的平均值)，抗壓強度分布於 16.5~161N/mm²，彈性係數分布於 16.5~53.4kN/mm²之範圍，抗壓強度大多為 40~110N/mm²的高強度混凝土的資料。

粗骨材之產地如附表 2.6 所示，包括混合共 47 種類，關西地區使用之粗骨材的主要產地幾乎倍網羅。

附圖 2.8 顯示，將已成為 RC 規範式之基本的上述 New RC 式內的 k_1 和 k_2 設為 1.0，混凝土單位體積重量為 23, 23.5 及 24kN/mm²時，其抗壓強度和彈性係數的關係。全體的傾向雖參差不齊但與根據 New RC 式所決定數值比較，變成有較高的彈性係數。

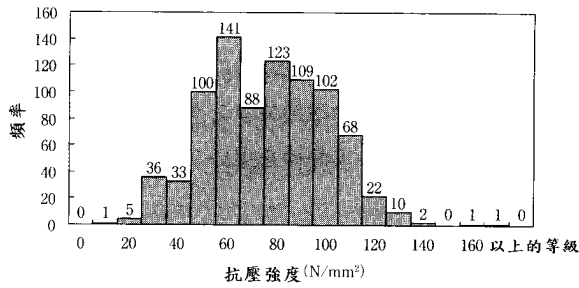
附表2.5 分析時使用之資料的概要

混凝土的種類	N, BB, H, L, SFC, HFC
混和材	F, SF, BF (礦渣微粉末)
粗骨材的產地	43 產地
水灰比 (%)	17.0~57.0
試驗材齡 (日)	3~91
養護方法	水中, 密封, 氣中, 鑽心
坍流度	坍度 8 cm~ 坍流度 70 cm
實驗資料數	860 (3支供試體的平均值)

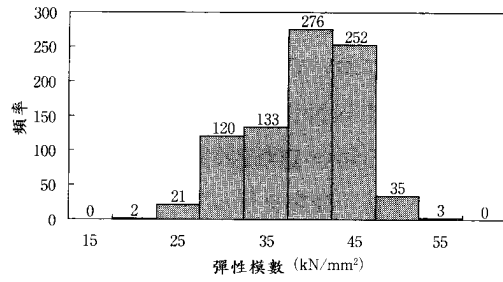
N : 普通波特蘭水泥
 BB : 高爐水泥B種
 H : 早強波特蘭水泥
 L : 低熱波特蘭水泥
 SFC : 砂灰水泥
 HFC : 高流動水泥
 F : 飛灰
 SF : 矽灰
 BF : 礦渣微粉末

附表2.6 粗骨材之產地

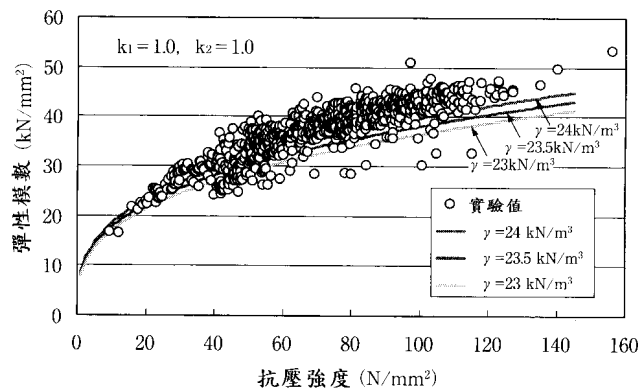
岩種	產地記號	產地數	資料數
安山岩	A~E	5	8
安山岩+花崗岩	-	1	1
花崗岩	-	1	1
川砂礫	-	1	24
凝灰岩	A, B	2	5
輝綠岩	-	1	6
砂岩	A~N	14	263
砂岩+石灰岩	-	1	17
砂岩+山砂礫	-	1	59
石英閃綠岩	-	1	2
石英粗面岩	-	1	67
石英斑岩	A, B	2	35
石灰岩	A, B	2	16
山砂礫	-	1	39
流紋岩+石灰岩	-	1	4
流紋岩質凝灰岩	A~G	7	293
流紋岩質凝灰岩 + 石灰岩	-	4	16
不明	-	1	4
合計	-	47	860



附圖 2.6 抗壓強度之分布



附圖 2.7 彈性模數之分布



附圖 2.8 日本關西地區之混凝土抗壓強度和彈性模數的關係

日本關西地區之彈性係數的設定方法

就上述 860 筆資料進行分析的結果，關於關西地區之彈性係數提出精度更高的設計法⁴⁾如下述。

- 計算彈性係數時之 F_c 值為採用與配比強度接近的 $1.2F_c$ ，單位體積重量也採用配合 $1.2F_c$ 之區分值。
- 採用修正值 k_1 和 k_2 ，標準值為 $k_1=1.08$ ， $k_2=1.0$ ，對應求得之推定精度選定適切的值。

另外，早強水泥超過 $F_c = 40\text{N/mm}^2$ 的情形，必須注意 k_2 的值，但是高層 RC 造物幾乎未使用此種水泥，以及即使 $k_2=1.0$ 於實用上也無大影響，因此使用 $k_2=1.0$ 。

有關對應所求推定精度的 k_1 值，有如下述之提案。

(1) 關西地區幾乎所有混凝土為， k_1 值採用 1.08 時，對於計算值其結果大約進入 $\pm 20\%$ 的範圍內。但是， F_c 超過 40N/mm^2 時有關部份的砂岩，明顯的與其他粗骨材比較變為較小值，因次希望 k_1 值採用 0.85。

(2) 目標推定精度 $\pm 15\%$ 的情形

附表 2.7 中，顯示為了 $\pm 15\%$ 偏差機率儘可能縮小而設定的 k_1 值。於 $F_c=30\sim 40$

N/mm^2 時，將川砂粒及山砂粒等之 k_1 值設為 0.93 時。可知計算值幾乎進入 $\pm 15\%$ 之範圍。

附表2.7 以推定制度 $\pm 15\%$ 為目標之 k_1 的設定值⁴⁾

強度範圍 (N/mm^2)	$F_c \leq 30$	$30 < F_c \leq 40$		$40 < F_c$		全体
資料數	62	49	61	668	20	860
k_1	1.08	1.08	0.93	1.08	0.85	-
誤差絕對值平均	1.4	1.2		1.7		1.7
誤差絕對值最大	3.6	6.0		8.4		8.4
抗壓強度測定值平均	27.1	43.7		78.9		70.7
彈性模數測定值平均	26.1	28.7		39.0		36.7
彈性係數計算值平均	25.4	28.8		39.2		36.8
偏離 $\pm 10\%$ 者 (%)	11.3	14.3	1.6	7.6	10	7.9
偏離 $\pm 15\%$ 者 (%)	0	4.1	0	2.4	0	2.1
偏離 $\pm 20\%$ 者 (%)	0	0	0	0.4	0	0.3

附表2.7 以推定制度 $\pm 10\%$ 為目標之 k_1 的設定值⁴⁾

強度範圍 (N/mm^2)	$40 < F_c$			
資料數	20	29	604	35
k_1	0.85	0.93	1.08	1.14
誤差絕對值平均	1.7			
誤差絕對值最大	8.3			
抗壓強度測定值平均	78.9			
彈性模數測定值平均	39.0			
彈性係數計算值平均	39.3			
偏離 $\pm 10\%$ 者 (%)	10	0	3.8	2.9
偏離 $\pm 15\%$ 者 (%)	0	0	1.0	0
偏離 $\pm 20\%$ 者 (%)	0	0	0	0

(3) 目標推定精度 $\pm 10\%$ 的情形

附表 2.8 中，顯示以 $\pm 10\%$ 偏差機率儘可能縮少為目的所設定之 k_1 值。 F_c 超過 $40 N/mm^2$ 領域時，可知根據 k_1 值區分為 4 種類，可能得到精度較高的推定。

附表 2.9 中，關於 $F_c=42N/mm^2$ 以上的情形，顯示比較以往之彈性係數的計算值和根據提案之方法的計算值。標準 $k_1=1.08$ 時之彈性係數計算值與以往之計算值比較時，變成 $15\sim 20\%$ 左右的較大值。

附表 2.9 以往之彈性係數的計算值和提案之計算值的比較⁴⁾

	$F_c(\text{N/mm}^2)$	42	48	54	60	70	80	
以往的計 算值	單位體積質量(kN/mm^2)	23.5	23.5	24	24	24	24	
	彈性係數(kN/mm^2)	28.5	29.8	32.3	33.5	35.3	36.9	
提案的計 算值	單位體積重量(kN/mm^2)	24	24	24	24	24	24	
	彈性係數 (kN/mm^2)	$k_f=0.85$	26.8	28.1	29.2	30.3	31.9	33.3
		$k_f=0.93$	29.4	30.7	32.0	33.1	34.9	36.5
		$k_f=1.08$	34.1	35.7	37.1	38.4	40.5	42.3
$k_f=1.14$		36.0	37.7	39.2	40.6	42.7	44.7	

結論

介紹了有關結構體混凝土彈性係數之變化對高層 RC 建物地震時之行為影響的檢討、結構體混凝土抗壓強度的實態調查結果、以及京阪神地域的混凝土彈性係數實態調查結果。

其結果，高強度混凝土之結構體平均抗壓強度約為設計標準強度的 1.2 倍，另外京阪神地區於預拌混凝土廠製造之混凝土的彈性係數依強度範圍和粗骨材種類分類時，報告指出可推定達 $\pm 20\%$ 到 $\pm 10\%$ 以內。甚至，報告指出由於彈性係數的變化導致超高層 RC 造建物之地震時行為的影響最大為反應層間位移角，反應剪力和反應傾倒彎矩就沒有那麼敏感。彈性係數的變動為 $\pm 20\%$ 左右時、反應層間位移角約 $\pm 20\%$ 的幅度變動、反應剪力以及反應傾倒彎矩大概約 $\pm 15\%$ 的變動。此外，隔震結構建物之隔震層反應剪力為 $\pm 5\%$ 左右與上部結構比較其受到的影響較小。另外，報告指出此次檢討的建物例，檢討幅之彈性係數的變化，反應值皆未超過其設計標準。

參考文獻

- 1) (財) 国土開發技術研究センター：建設省綜合技術開發プロジェクト 鉄筋コンクリート造建築物の超軽量・超高層化技術の開発 平成 4 年度 コンクリート分科会報告書, 平成 4 年 3 月
- 2) Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02), ACI Committee 318, 2002.
- 3) Euro-International Committee for Concrete (CEB) : CEB-FIP MODEL CODE 1990, 1991.6.
- 4) 岩清水隆, 角 彰：関西地区におけるコンクリートのヤング係数の実態調査と構造設計におけるヤング係数設定方法の一提案, コンクリート工学, pp.15-22, Vol.42, No.12, 2004.12.
- 5) (独) 都市再生機構：超高層鉄筋コンクリート造建物設計指針 (案)・同解説 (SH-RC 指針)

參考資料四

論文 日本和台灣之超高層鋼筋混凝土造建築物的耐震設計

安井 真理子*1・秋田 知芳*2・和泉 信之*3・蔡 江洋*4

摘要：日本建造了許多高強度 RC 造超高層建築物，而台灣並未建造超高層 RC 造建築物。因此，作為實現台灣超高層 RC 造建築物的第一步，把握日本和台灣超高層 RC 造建築物之耐震設計及試設計建築物之特性，探討今後的課題。首先，比較日本和台灣超高層 RC 造建築物之耐震設計法。接著，以根據兩國之耐震設計法所試設計之超高層 RC 造建築物為對象進行靜力非線性分析及歷時分析，評價耐震性能值。根據比較這些試設計建築物的耐震性能值，考察日本和台灣之耐震設計法。

關鍵字：超高層建築物，鋼筋混凝土造，耐震設計，靜力非線性分析，歷時分析

1. 前言

日本由於高強度鋼筋混凝土造的實用化，建造了為數甚多的超高層鋼筋混凝土建築物(New RC 造)。在台灣，台北等大都市區內之建築物也朝高層化發展，建造了許多超高層建築物。但是，超高層建築物之結構以鋼骨造、或鋼骨鋼筋混凝土造為主，並未建造超高層鋼筋混凝土造建築物。最近，日本之 New RC 造的普及於台灣似乎也受到注目，在台灣對於經濟性及品質優良之 New RC 造的超高層建築物也變成有很大的期待。因此，2007 年日本和台灣的有識者舉辦了有關 New RC 造的第 1 次研討會(新世代超高強度鋼筋混凝土構造工程技術研討會¹⁾)。該研討會，於台灣的產官學共同主辦下，2009 年和 2011 年持續的舉辦，使得台灣對於實現 New RC 造之期待提升的非常高。著者的其中一人，從第 1 次檢討會參與到第 3 次檢討會，就 New RC 造之耐震設計法及超高層建築物之實例進行了演講。

本研究為，作為對台灣 New RC 造設計法之研究的第一步，解明日本和台灣超高層鋼筋混凝土造(RC 造)建築物之耐震設計的特徵，以考察今後耐震設計的課題為目的。首先，概略說明日本和台灣超高層 RC 造建築物的耐震設計法。接著，以根據兩國的耐震設計法所試設計之超高層 RC 造建築物為對象，進行靜力非線性分析及地震歷時分析以評價其耐震性能值。根據比較這些試設計建築物的耐震性能值，考察日本和台灣兩國之耐震設計法並探討今後的課題。

2. 日本和台灣之超高層 RC 造建築物的耐震設計法

2.1 日本之超高層 RC 造建築物的耐震設計法

(1) 耐震設計的目標

日本之耐震設計中，考量相關法規²⁾所規定之 2 種等級強度的地震，並對於各地震之強度設定其目標。

・對於建設地上稀少發生的地震(等級 1 的地震)，建築物之柱・梁等的結構構材不會損傷。

・對於建設地上極稀少發生的地震(等級 2 的地震)，即使建築物之構材的一部分發生降伏也不會倒塌或崩壞。

(2) 耐震設計的基本想法

為了滿足上述的目標，對應對象之超高層 RC 造建築物的構造特性設定其耐震設計方法。在此，作為耐震結構之超高層 RC 造建築物的標準設計方法，針對靜態地震力所設計之架構的耐震安全性根據地震反應分析進行綜合的確認方法如(圖-1)所示。

對於靜態地震力的設計，因應地震力的大小，進行容許應力設計(一次設計)及極限強度設計(二次設計)的 2 階段設計。此時，作為地震力，設定了容許應力設計用和極限強度設計用的 2 等級大小。此外，應力分析為考慮構材之彈塑性特性進行非線性分析。

地震反應分析時，對於相關法規所規定之地震及以往設計用地震等進行非線性歷時分析，因應 2 階段之地震強度確認滿足所設定之耐震判定標準(層間位移角、層塑性率、構材塑性率等)。

2.2 台灣之超高層 RC 造建築物的耐震設計法

(1) 耐震設計的目標

台灣的耐震設計³⁾中，考量 3 等級強度的地震，對於各地震強度設定其目標。

・對於中小度地震(迴歸期約 30 年)，構材為彈性範圍內。
・對於設計地震(迴歸期約 475 年)，即使構材發生降伏也應於容許韌性容量內。
・對於最大考量地震(迴歸期約 2500 年)，構材於規定韌性容量內。

(2) 耐震設計的基本想法

為了滿足上述的目標，超高層建築物的耐震設計進行歷時分析。在此，作為超高層 RC 造建築物的耐震設計案，使用將靜態地震力所設計之架構安全性根據地震反應分析來進行綜合確認的方法(圖-2)。

*1 千葉大学 大学院工学研究科建築・都市科学専攻博士前期課程 (学生会員)

*2 千葉大学 大学院工学研究科建築・都市科学専攻助教 博(工) (正會員)

*3 千葉大学 大学院工学研究科建築・都市科学専攻教授 博(工) (正會員)

*4 台日國際工程顧問股份有限公司 工修 (非會員)

對於靜態地震力的設計為極限強度設計法。此時地震力為，採用 3 等級之地震力中，乘上所對應韌性容量的折減係數後所得的最大地震力，應力分析則進行彈性分析。

地震反應分析為，使用反應譜分析或線性歷時分析，可調整法規所規定設計地震力之豎向分布。進行非線性歷時分析，檢討建築物整體和各層、各構材之韌性容量，確認耐震安全性。

(3) 地震力的計算方法

關於 3 等級地震力(V_s , V , V_m)的計算如下述(以台北二區為例， $1.3 < T \leq 3.25$ 的情形)。

• 中小度地震時

$$V_a = I \times F_u \times \frac{\left(\frac{S_{ad}}{F_u}\right)_m \times W}{3.5 \times \alpha_y} \quad (1)$$

其中， I ：用途係數=1

W ：建築物全重量

α_y ：設計載重・材料降伏相關係數= $P_y/P_d=1$

S_{ad} ：反應加速度係數 = $0.78/T$

T ：基本周期 (秒)

F_u ：地震力折減係數 = 2.9

$$(S_{ad}/F_u) \leq 0.3, (S_{ad}/F_u)_m = S_{ad}/F_u$$

• 設計地震力時

$$V = I \times \frac{\left(\frac{S_{ad}}{F_u}\right)_m \times W}{1.4 \times \alpha_y} \quad (2)$$

其中， I ：用途係數=1

W ：建築物全重量

α_y ：設計載重・材料降伏相關係數= $P_y/P_d=1$

S_{ad} ：反應加速度係數 = $0.78/T$

T ：基本周期 (秒)

F_u ：地震力折減係數 = 2.9

$$(S_{ad}/F_u) \leq 0.3, (S_{ad}/F_u)_m = S_{ad}/F_u$$

• 最大考量地震時

$$V_m = I \times \frac{\left(\frac{S_{am}}{F_{um}}\right)_m \times W}{1.4 \times \alpha_y} \quad (3)$$

其中， I ：用途係數=1

W ：建築物全重量

α_y ：設計載重・材料降伏相關係數= $P_y/P_d=1$

S_{am} ：反應加速度係數 = $1.04/T$

T ：基本周期 (秒)

F_u ：地震力折減係數 = 4.8

$$(S_{am}/F_{um}) \leq 0.3, (S_{am}/F_{um})_m = S_{am}/F_{um}$$

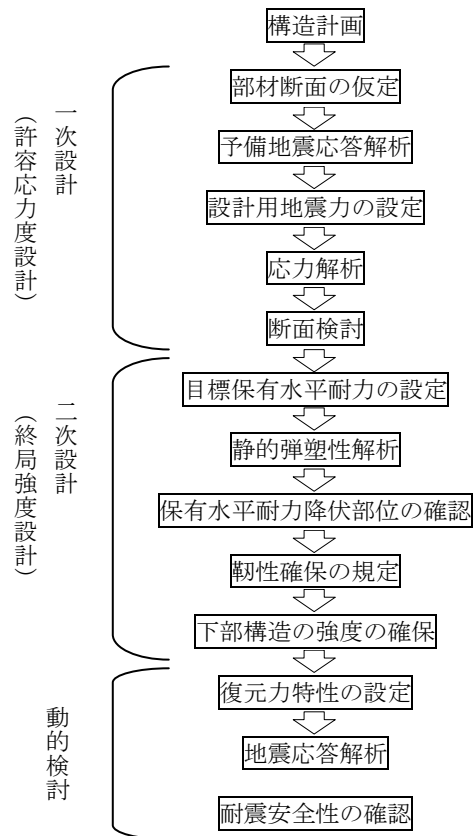


圖-1 日本超高層 RC 造耐震設計之標準流程

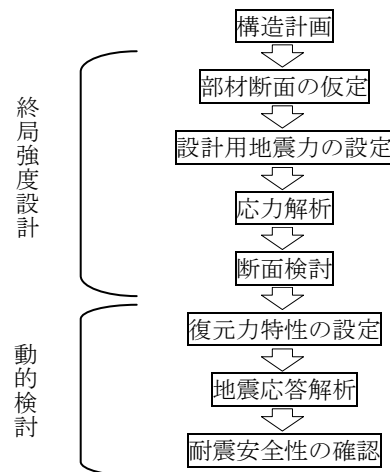


圖-2 台灣超高層 RC 造耐震設計案之想法

3. 檢討計畫

3.1 根據試設計建築物之檢討

根據 2 節所述兩國之耐震設計流程，進行超高層 RC 造建築物之試設計(下稱日本例、台灣例)，根據日本設計時所使用之靜力非線性分析及地震歷時反應分析來評價耐震性能值。

3.2 對象建築物

試設計對象為，30 層及 40 層的 RC 造建築物。柱間距及

樓層高度為相同(圖-3), 架構使其為梁彎曲降伏型整體降伏機構構材斷面適切的加以設計。但是, 建築物的重量為相同值(表-1, 表-2)。水平力分布為, 日本例為 A_i 分布, 台灣例為頂部集中+倒三角形。

3.3 耐震性能評價使用的分析方法

靜力分析為, 基於構材非線性特性之載重增分法(側推法)的立體架構靜力非線性分析。柱及梁的構材模型為材端彈簧模型, 對於彎曲的骨骼曲線為考慮撓曲降伏的三線型(圖-4)。各折點的值根據日本建築結構設計慣用的計算式²⁾來求得, 降伏點勁度降低率根據菅野式⁴⁾。此外, 柱考慮彎曲軸力之相互關係, 樓版假定為剛隔板。

歷時反應分析為, 根據構材非線性特性之立體架構動力非線性分析。構材的骨骼曲線與靜力分析相同, 遲滯特性使用 TAKEDA 模型。組尼為瞬間勁度比例型組尼 ($h1=3\%$), 輸入地震力為, 日本的檢討用地震力(表-2)。

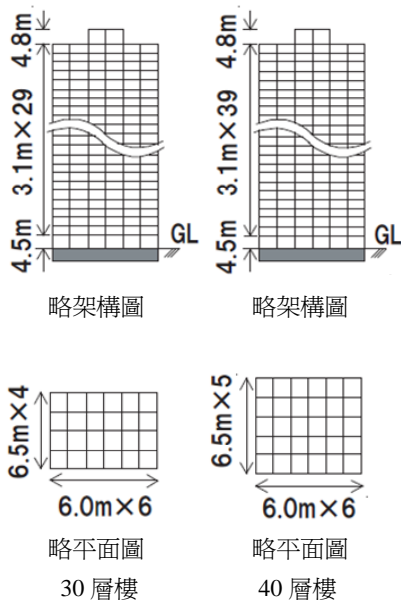


圖-3 30層・40層建築物之規模・形狀・週期

表-1 柱・梁之使用材料・重量

	30階建骨組モデル	40階建骨組モデル
柱使用コンクリート設計基準強度(N/m ²)	Fc30~54	Fc42~70
梁使用コンクリート設計基準強度(N/m ²)	Fc30~36	Fc42~48
柱・梁使用主筋強度最大值(N/m ²)	490	490
平均重量(kN/m ²) ※柱芯面積で除した値 ※バルコニー含む面積で除した値	14.3	13.4
	11.4	10.9

表-2 柱・梁之代表性構材斷面

		建 台		建 日本	
目		台	日本	台	日本
主な梁					
		30階建骨組モデル		40階建骨組モデル	
階	項目	台湾例	日本例	台湾例	日本例
40	B×D			480×800	480×800
	上端筋			3-D29	4-D29
	下端筋			3-D29	4-D29
	筋			4-S13@150	4-S13@150
30	B×D	480×800	480×800	550×850	550×850
	上端筋	3-D29	4-D29	4+2-D35,D29	4+2-D35
	下端筋	3-D29	4-D29	4-D35	4-D35
	筋	4-S13@150	4-S13@150	4-S13@150	4-S13@150
20	B×D	580×800	580×850	580×850	580×850
	上端筋	5-D35	5-D35	5+2-D35,D32	5+2-D35
	下端筋	4-D35	5-D35	5-D35	5-D35
	筋	4-S13@120	4-S13@120	5-S13@150	5-S13@150
10	B×D	650×850	650×900	580×900	580×900
	上端筋	5-D38	5+2-D38,D32	5-D38	5-D35
	下端筋	4-D38	5-D38	5-D38	5-D35
	筋	4-S13@120	4-S13@120	5-S13@150	5-S13@150
1	B×D	680×1300	680×1300	680×1300	680×1300
	上端筋	4+2-D41	5+2-D41,D35	5+2-D41	5-D41
	下端筋	5-D41	5-D41	5-D41	5-D41
	筋	4-S13@120	4-S13@120	5-S13@150	5-S13@150

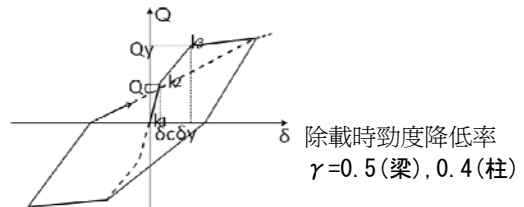


圖-4 TAKEDA モデル

表-3 檢討用地震力

波形名称		El Centro NS	Hachinohe NS	Taft EW	Code BCJ
レベル1	最大速度 cm/s	25	25	25	
	最大加速度 cm/s ²	254	166	251	
レベル2	最大速度 cm/s	50	50	50	50
	最大加速度 cm/s ²	509	332	503	330

注: Code BCJ 波は日本法告示規定波(東京都: 第2種地盤)である。

4. 靜力分析

4.1 地震力

(1) 日本例之容許應力設計用基層剪力係數⁵⁾

$$C_B = \frac{0.17}{T} \quad (4)$$

其中, T: 彈性 1 次基本周期(秒)

(2) 台灣例之極限強度設計用基層剪力係數³⁾

基層剪力係數 (V/W) 為最大的中小度地震時。

- 中小度地震時 (根據 1 式之計算值)

$$V_a = I \times F_u \times \left(\frac{S_{ad}}{F_u} \right)_m \times W \quad \frac{V_a}{W} = \frac{0.223}{T}$$

- 設計地震時 (根據 2 式之計算值)

$$V = I \times \left(\frac{S_{ad}}{F_u} \right)_m \times W \quad \frac{V}{W} = \frac{0.192}{T}$$

- 最大考量地震時 (根據 3 式之計算值)

$$V_m = I \times \left(\frac{S_{am}}{F_{um}} \right)_m \times W \quad \frac{V_m}{W} = \frac{0.155}{T}$$

(3) 設計用地震力的比較

水平外力之高度分布如圖-5 所示。日本例之層剪力分布採用 A_i 分布。另一方面，台灣法規採用頂部集中+倒三角形型³⁾。台灣例則從反應譜分析結果修正台灣法規的分布形，因此上層部之水平力分布有很大的不同。

- 台灣之頂層集中水平力

$$F_t = 0.07TV$$

其中，T：基本周期 (秒)，V：大水平力

- 台灣之各層水平力 F_x

$$F_x = \frac{(V - F_t)W_x h_x}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} \quad (6)$$

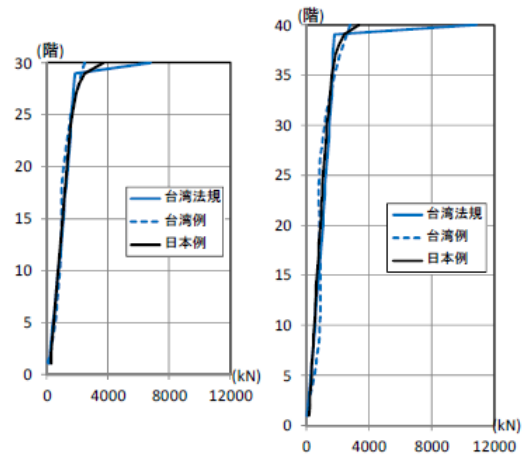
其中， W_x ：X 層重量， h_x ：X 層高度

4.2 代表性載重變形關係

根據靜力非線性分析的基層剪力係數 (C_B) 和全體變形角 (R_T) 的關係如圖-6 所示。地震力分布為 A_i 分布，全體變形角為水平外力的重心位置的水平變形角。30 層樓時，台灣例的 C_B 比日本例約小 12% 左右，勁度大幅降低之 R_T 可知，大約於 左右具有相同的水平變形角。

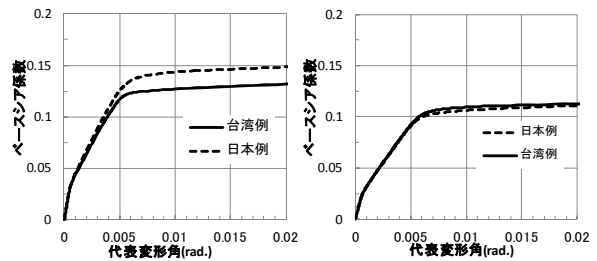
4.3 層間變形角和梁塑性率

層間變形角 (R) 的最大值於 1/200 及 1/100 時之 R 和內梁之塑性率 (GDF) 的各層分布如圖-7 所示。30 層時並無太大差異，但是 40 層時台灣例比日本例於上層部可看出有稍大的傾向。



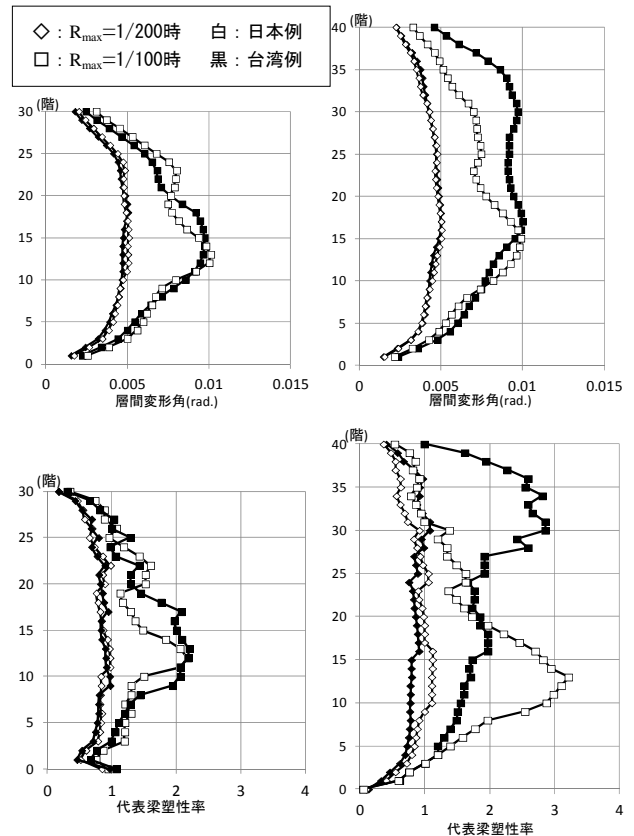
(a) 30 階建 (X 方向) (b) 40 階建 (X 方向)

圖-5 水平外力的高度方向分布



(a) 30 階建 (X 方向) (b) 40 階建 (X 方向)

圖-6 基層剪力係數和全體變形角之關係



(a) 30 階建 (X 方向) (b) 40 階建 (X 方向)

圖-7 層間變形角和梁塑性率

5. 歷時反應分析

5.1 等級 1 地震力輸入時之反應值

日本所規定等級 1 輸入時之層剪力 (Q1) 如圖-8，層間變形角 (R1) 如圖-9 所示。R1 之最大值為，30 層時日本例為 1/245，台灣例為 1/202。40 層時日本例為 1/265，台灣例為 1/270。Q1 及 R1 為，台灣例比日本例於 30 層有稍大，但是 40 層時卻可看出幾乎相等的傾向。

5.2 等級 2 地震力輸入時的反應值

日本所規定等級 2 輸入時之層剪力 (Q2) 如圖-10，層間變形角如圖-10，層間變形角 (R2) 如圖-11，梁之塑性率 (GDF2) 如圖-12 所示。日本例中，30 層，40 層兩者 R2 的最大值大概為 1/100 左右，GDF2 的最大值大概 2 左右。台灣例之 R2 及 GDF2，30 層時與日本例的最大值幾乎相等，但是 40 層時與日本例比較可觀察到上層部的差異。作為參考，顯示 Code BCJ 波之 1.5 入時之 R。兩例皆為，R 的最大值超過 1/100，可知上層部之變形較大。

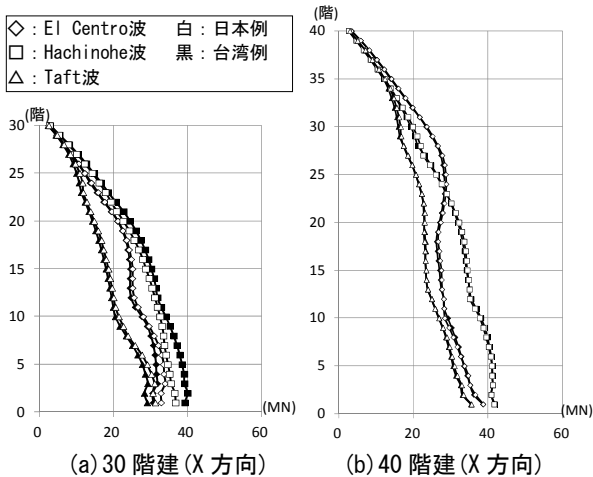


圖-8 等級 1 最大反應層剪力(Q1)

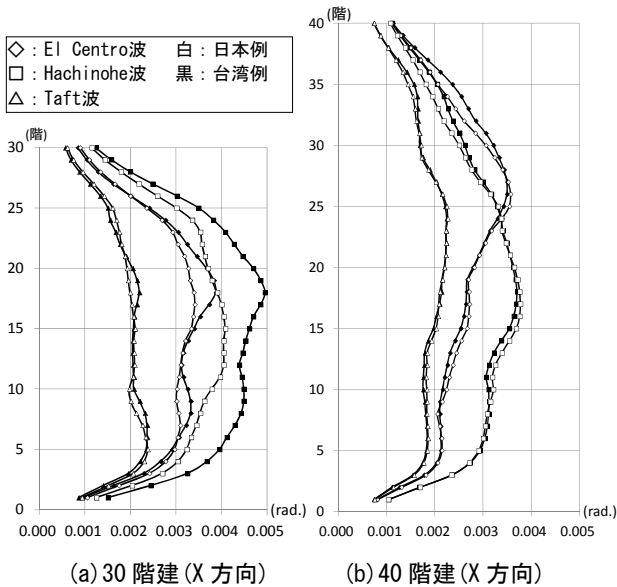


圖-9 等級 1 最大反應層間變形角(R1)

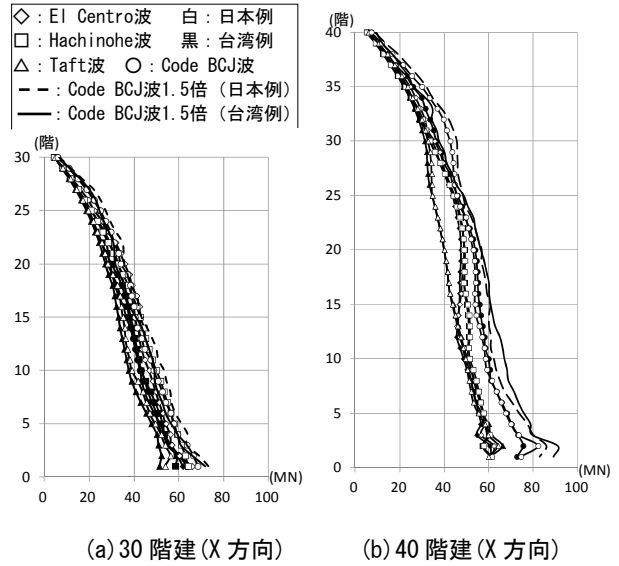


圖-10 等級 2 最大反應層剪力(Q2)

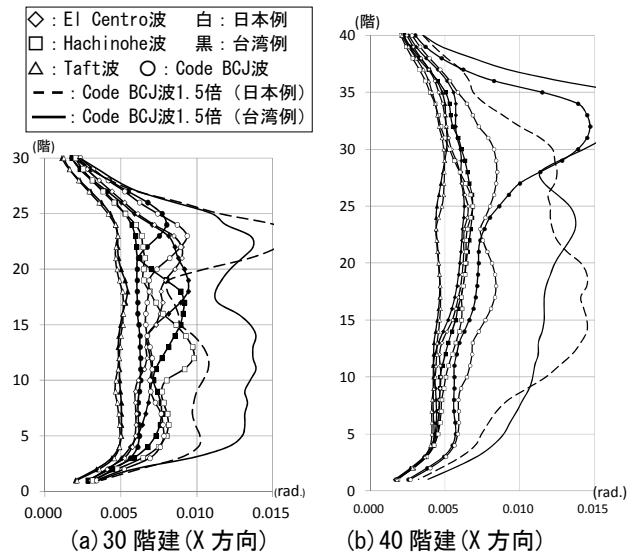


圖-11 等級 2 最大反應層間變形角 (R2)

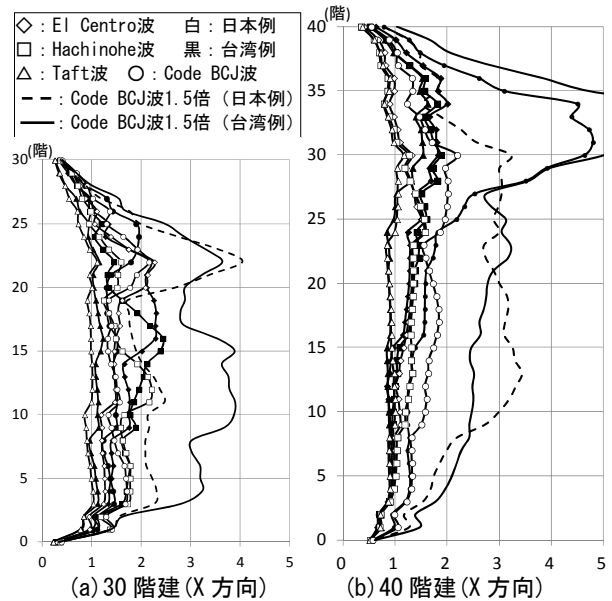


圖-12 等級 2 最大反應梁塑性率 (GDF2)

6. 分析結果之考察

6.1 設計用基層剪力係數

設計用基層剪力係數 (dC_B) 和彈性 1 次基本週期 (T_1 , 秒) 之關係如圖-13 所示。日本例之 dC_B 為 $0.17/T_1$ (既有建築物之平均值), 極限強度設計用和容許應力設計用之地震時應力比假定為 1.4 的情形時, 台灣例之 dC_B 與日本例比相當於小約。

6.2 代表性載重變位關係和反應值

根據靜力分析的載重變位關係 (C_B - R_T 關係) 和最大反應值的關連如圖-14 所示。試設計建物之保有水平強度之基層剪力係數為, 日本例大概為 $0.26/T_1$ 而相對的, 台灣例大概為 $0.23 \sim 0.26/T_1$ 。另外, 日本等級輸入時 R_T 的最大值, 日本例為 $1/150$ 左右, 台灣例也幾乎相同。

6.3 設計用地震力和反應值

設計用層剪力和反應層剪力的分布如圖-15 所示。分布形為, 將基層剪力係數設為 1.0 基準化後之值。設計用層剪力分布顯示, 30 層時兩例皆與反應值有良好的對應。另一方面, 40 層時, 台灣例中, 上層部的反應值比較大。比中間層稍高樓層顯示反應值有較小的傾向, 此被認為因受到高次振態很大的影響。

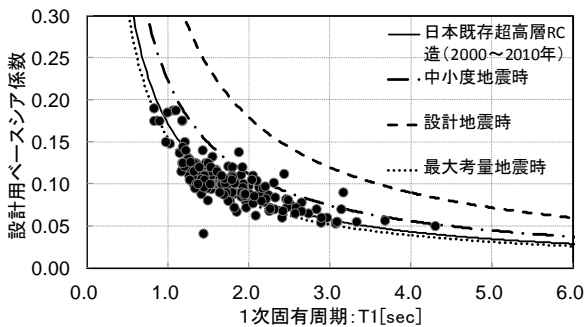
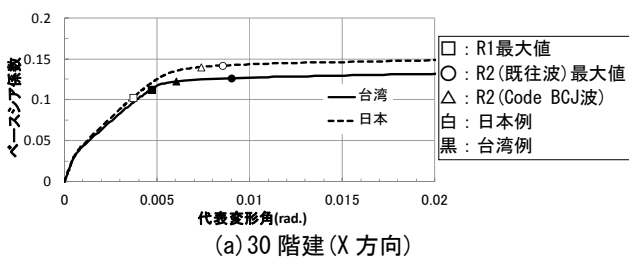
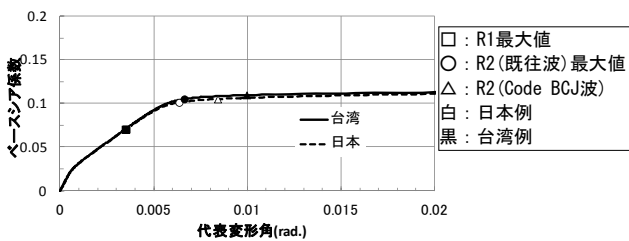


圖-13 基層剪力係數和基本周期之關係



(a) 30階建(X方向)



(b) 40階建(X方向)

圖-14 代表載重變位關係和反應值

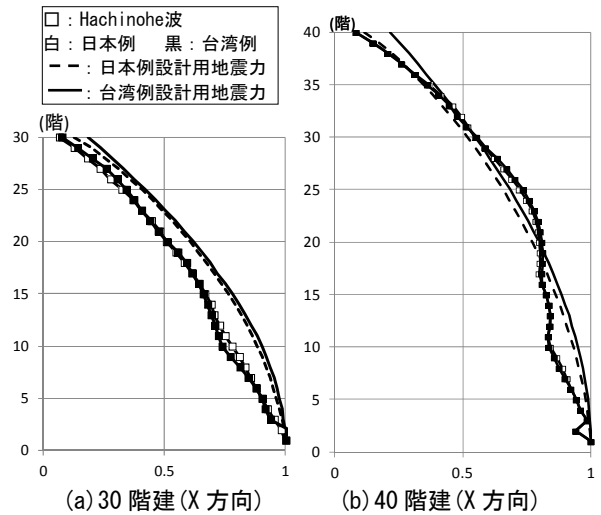


圖-15 基準化之設計用地震力和反應值

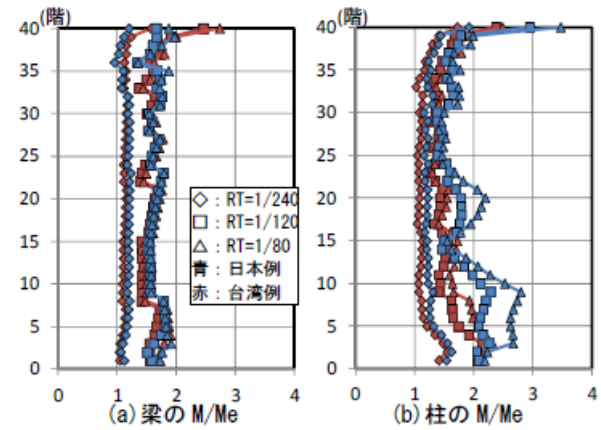


圖-16 梁和柱之設計用彎矩的比較

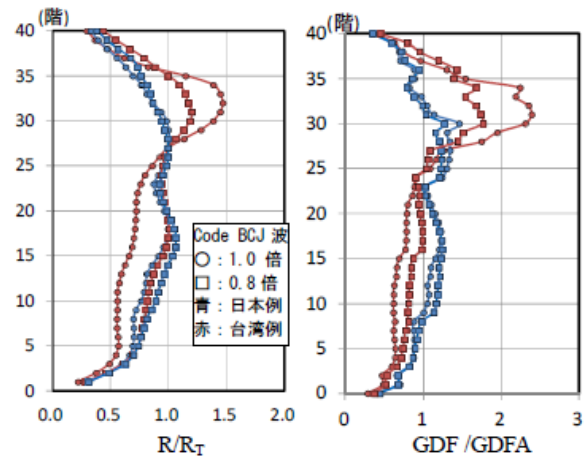


圖 17 層間位移角和梁塑性率之高度方向分布

6.4 梁和柱之設計用彎矩

為了進行 40 層建例之代表性梁和柱之水平變位的進展及彎矩變化之檢討, 彈性分析結果 (M_e) 與彈塑性分析結果 (M) 之比率如圖-16 所示。圖中之值為 R_T 為 $1/240$, $1/120$, $1/80$ 時點之值。另外, M_e 之計算用地震力兩例皆與保有水平強度之 C_B 幾乎相同, 因此使用日本例之容許應力用設計地震力。梁為塑鉸計畫構材, 因此隨

著水平變形之增大產生彎曲降伏，因此除上樓層外 M/Me 幾乎同樣的增大。另一方面，柱於 $R_T=120$ 時或 $1/80$ 時，上樓層及下樓層與中間層之差很大。隨水平變形的增大，柱之彎曲反曲點因為移動，M/Me 之高度方向分布各樓層有很大的差異。作為非塑鉸構材計畫之柱，非僅彈性分析而必須根據靜力彈塑性分析於保證設計時變形的應力。

6.5 層間位移角和梁塑性率之高度方向分布

40 層建構模型之層間位移角(R)和代表梁之塑性率(GDF)的高度方向分布如圖-17 所示。圖中之值為，對於平均值評價其分布，因此顯示對於整體位移角(R_T)之比例(R/R_T)，對 GDF 平均值之比率($GDF/GDFA$)。台灣例中，等級 2 地震力時，上樓層之 R/R_T 及 $GDF/GDFA$ 比其他樓層大，可看出變形集中於上樓層的傾向。

7. 結論

比較日本和台灣之超高層 RC 造建築物的耐震設計法，就試設計之 30 層及 40 層樓之 RC 造建築物評價其耐震性能。其結果，雖僅限於本設計之範圍內，但可得到下述之知識。

(1) 試設計建物之等級 2 地震輸入時最大層間位移角，日本例大概為 以下，而 40 層之台灣例於其上層部有超過 $1/100$ 之較大變形。

(2) 40 層建之柱的極限強度設計用彎矩為，隨水平變形之增大而移動彎曲反曲點，因此彈性分析和彈塑性分析之分析值有很大的差異。

(3) 40 層建台灣例，代表載重變形關係與日本例幾乎相等，但是等級 2 地震輸入時之層間位移角不同，有集中於上樓層之傾向。

(4) 台灣例之極限強度設計中，希望與日本例同樣考慮構材非線性進行靜力彈塑性分析，使用對於地震時變形具有寬裕的保證設計變形時之應力及變形。

参考文献

- 1) 台 New RC 研 討 會 : 1 強 度 構 造 工 程 研 討 會 , 2007
- 2) 国 局 建 築 課 : 建 築 の 構 造 基 解 , 2007
- 3) 台 部 : 建 築 耐 震 設 計 規 解 ,
- 4) 日 本 建 築 學 會 : 構 造 計 規 解 ,
- 5) 秋 田 知 芳 : 造 建 築 の 構 造 特 性 , 工 学 次 , Vol.22, No.2, pp.925-930, 2011

參考資料五

(摘錄自參可書目 4)

高強度混凝土之耐火性

高溫時及高溫加熱後之抗壓強度及彈性係數

高強度混凝土(水膠合材比 22~36%)高溫時之力學特性如圖 1 所示。抗壓強度為，從常溫下降 100°C，再次回復到 100~200°C，200°C 以上時隨高溫而有下降的傾向。關於靜彈性係數隨高溫也連續性的下降。另外，抗壓強度再次回復之溫度結果為 300~400°C¹⁴⁰⁾，認為受到使用材料之種類等的影響。這些之力學特性為，加熱速度在 2.5~7.5°C/min 之範圍時不會產生差異。

高強度混凝土(水膠合材比 20~30%)之加熱冷卻後之力學特性如圖 2 所示。抗壓強度比普通強度之混凝土下降量為大，而以抗壓強度殘存比來比較時，顯示出有普通強度混凝土同等以上的殘存比。靜彈性係數為可確保與普通強度之混凝土同程度之靜彈性係數殘存比。

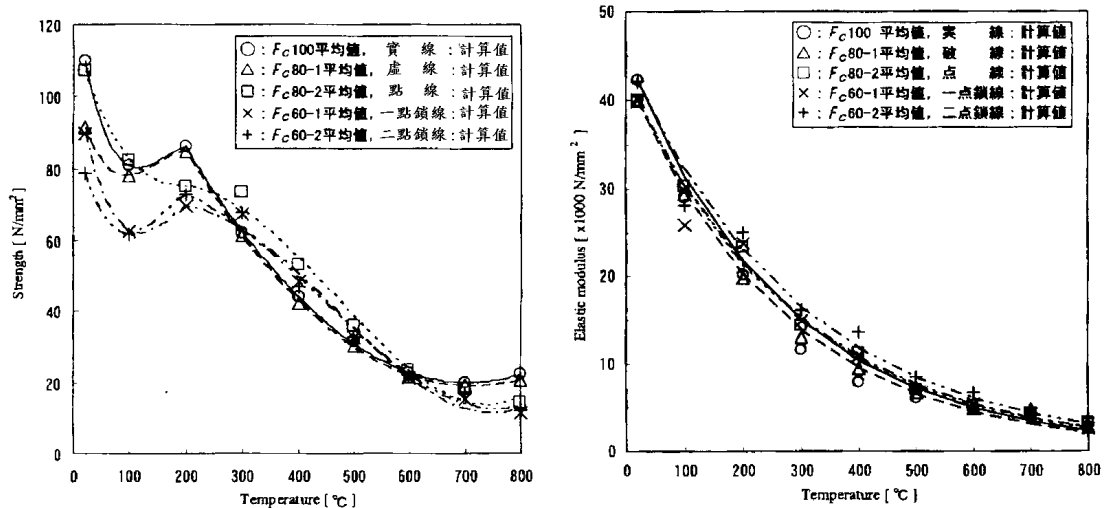
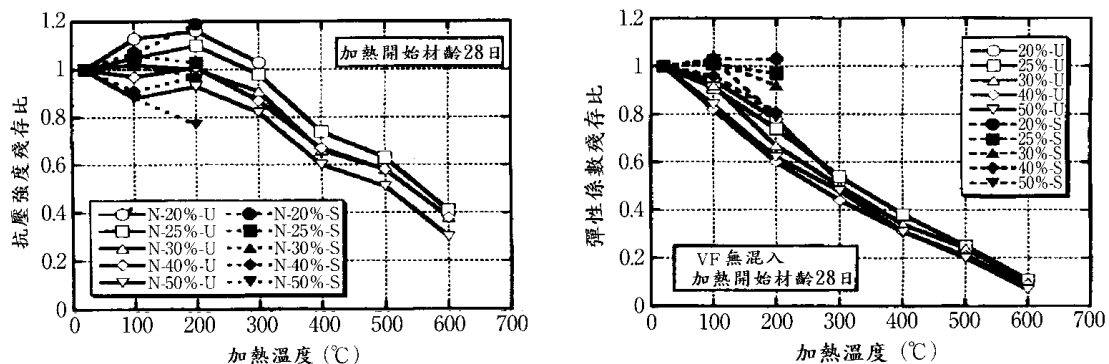


圖 1 高溫時之高強度混凝土的抗壓強度及靜彈性係數



例 數字：水膠合材比，U：unseal，S：seal

圖 2 加熱冷卻後之高強度混凝土的抗壓強度及靜彈性係數的殘存率

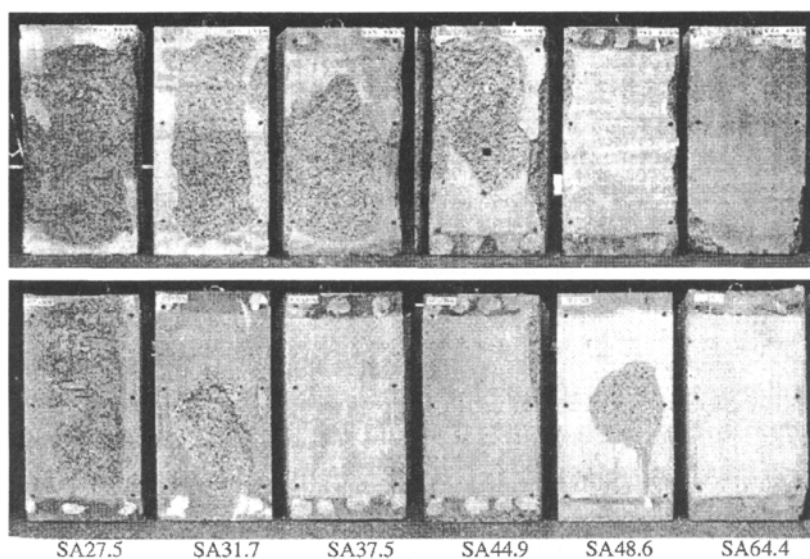
關於加熱冷卻後高強度混凝土之力學特性的回復，有報告指出水灰比 30%之高強度混凝土，加熱冷卻後之抗壓強度為，500℃ 以下的加熱時，進行水中養護可回復到常溫時的 80%，關於靜彈性係數進行水中養護可回復到常溫的 70%，而水膠合材比超過 16%左右的超高強度混凝土，根據標準養護未觀測到顯著的強度回復。

爆裂

高強度混凝土因為組織密緻，外部加熱將導致而爆裂(表層混凝土的剝離、飛散)。此爆裂為混凝土的強度愈高發生的可能性愈高[照片 1]。從照片 1 可知，隨著混凝土材齡的經過，爆裂變得若干輕微。爆裂的原因可舉出為，由於外部加熱表面層發生之熱應力及混凝土內部之水分氣化而發生之水蒸氣壓，骨材種類等。

爆裂抑制對策有，混凝土混入 polypropylene 纖維的方法及將構材耐火被覆的方法之外，機械性抑制爆裂所導致混凝土缺陷之方法的鋼板被覆，抑制防止溫度上升方法的耐火塗料的塗布，企圖降低水分快速移動產生的熱應力及蒸氣壓之防止爆裂方法，混入可溶性 vinylon 纖維等也是有效[圖 3]。關於根據 polypropylene 纖維的爆裂抑制對策，火災時提升柱構材的耐火性能根據載重加熱實驗被確認。另外，根據有機纖維之爆裂抑制，polyethylene 纖維和 acrylic 纖維無爆裂抑制效果。polypropylene 纖維及 vinylon 纖維，纖維之徑較細混入率高者爆裂抑制效果高。此外，作為設計基準強度 130N/mm²之超高強度混凝土之爆裂防止對策也有使用 ethenevinylalcohol 之事例。

飛灰之混入對爆裂之影響，水膠合材比 26~31%之高強度混凝土時，混入飛灰者比未混入者爆裂的程度變大。此外，骨材種類對爆裂之影響，使用硬質砂岩碎石、石英灰輕量骨材及膨脹頁岩輕量骨材水膠合比 25~45%之混凝土，使用膨脹頁岩輕量骨材之混凝土比其他混凝土有爆裂的傾向。



例(圖中之數字)：數字為水膠合材比，上圖：於材齡2個月加熱，下圖：於材齡1年加熱

照片 1 高強度混凝土柱之爆裂

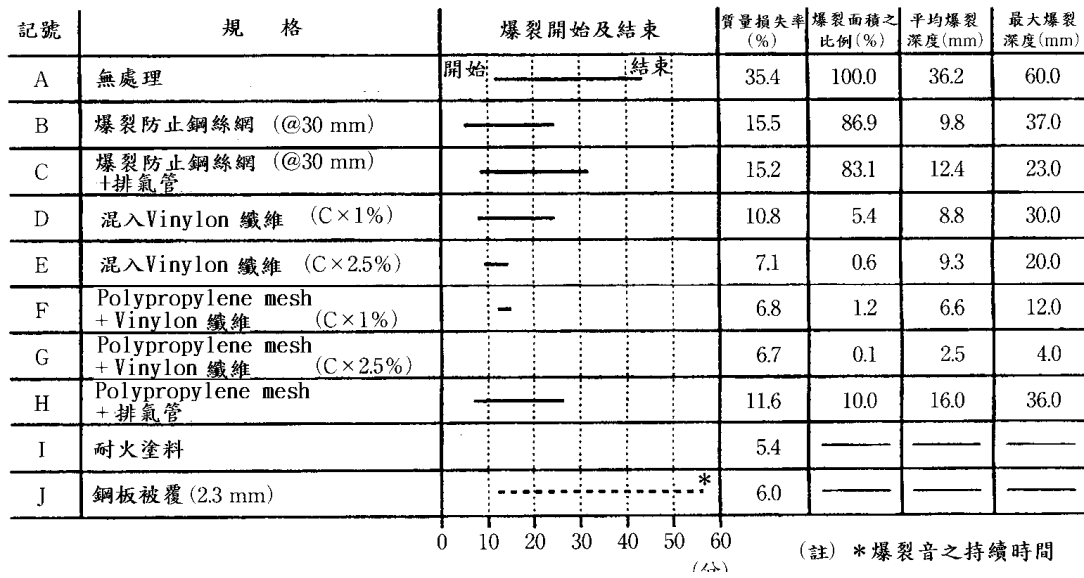


圖 3 各種爆裂抑制對策和其效果

參考書目

1. Design of Modern Highrise Reinforced Concrete Structures, by H.Aoyama (university of Tokyo,Japan),2001
2. プレキャスト複合コンクリート施工指針(案)・同解説，日本建築學會，2004
3. 高強度コンクリート施工指針(案)・同解説，日本建築學會，2005
4. 高強度コンクリートの技術の現状(2009), 日本建築學會
5. プレキャスト複合コンクリート施工指針(案)・同解説, 日本建築學會, 2004
6. 高性能 AE 減水劑コンクリートの調和・製造および施工指針・同解説，日本建築學會, 1999
7. 鉄筋コンクリート造建築物の品質管理および維持管理のための試験方法, 日本建築學會, 2007
8. 長周期地震動と建築物の耐震性，日本建築學會, 2007
9. 鉄筋コンクリート造建築物の耐震性能評価指針(案)・同解説, 日本建築學會, 2004
10. 高強度コンクリートの調査報告, (財)建築コスト管理システム研究所, 2010
11. 鉄筋コンクリート造梁・柱に用いる高強度せん断補強筋評定報告書，日本建築センター，2011
12. ボルトトップス鉄筋継手工法評定報告書，日本建築センター，2006
13. 新世代超高強度鋼筋混凝土構造工程技術研討會論文集，2007
14. 新世代超高強度鋼筋混凝土構造工程技術第二次研討會論文集，2009
15. 新世代超高強度鋼筋混凝土構造工程技術第三次研討會第三次論文集，2011
16. 超高強度鋼筋混凝土建築設計施工指針之研擬，內政部建築研究所, 2009
17. 高強度鋼筋混凝土應用在超高樓層建築物之耐震性能探討，建築研究所, 2011
18. 超高強度鋼筋混凝土構件性能比較研究，內政部建築研究所, 2009
19. 超高強度鋼筋混凝土建築審核認可機制之探討，內政部建築研究所, 2011
20. 超高強度材料於高層 RC 建築之應用研討會，國家地震研究中心，2012
21. 建築物耐震設計規範及解説, 內政部營建署，2002

22. 新世代高強度鋼筋混凝土研究，財團法人台灣混凝土學會，1998~1999
23. 超高層 RC 造之設計和技術，建築技術(特集)，2002, 7
24. 先進鋼筋混凝土結構耐震分析與設計研討會，結構工程學會，2012
25. BCJ 超高層業務方法書，日本建築中心，2012
26. 性能評價申請要領，日本建築中心
27. 鉄筋コンクリート造骨組の非線形解析，小谷俊介，2010
28. 高層建築結構設計審査参考例研擬，建築研究所籌備處，1995
29. 世界最速、超高層鉄筋コンクリート造住宅の躯体を 1 フロア 3 日で施工，株式会社大林組，2000
30. RC 造による超高層集合住宅，Techno Library
31. 高強度コンクリートの開発と実用上のポイント，道外レポート
32. 日本と台湾における超高層鉄筋コンクリート造建築物之耐震設計，日本混凝土工學年次論文集 Vol. 34, No. 2, 2012
33. 高層建築物の構造設計實務，日本建築中心，2002
34. 現場打ち同等型プレキャスト鉄筋コンクリート構造設計指針(案)・同解説，日本建築學會，2002
35. 超高強度コンクリートを用いた鉄筋コンクリート柱の圧縮特性に関する研究，小室 努，2007
36. 鉄筋コンクリート造建物の靱性保證型耐震設計指針・同解説，日本建築學會，1999
37. 建築工事標準仕様書・同解説(JASS 10 プレキャスト鉄筋コンクリート工事)，日本建築學會，2013
38. 超高強度鋼筋混凝土高樓建築物之耐震性能分析與探討，結構工程 28 卷 2 期，2013/06
39. State-of-Art Report on High-Strength Concrete, ACI 363R-92, Reported by ACI Committee 363，1997

超高強度鋼筋混凝土建築結構設計施工審核要項之研擬

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：陳建忠、廖慧明、林克強、蔡江洋、夏沛禹、鄒本駒

出版年月：102年12月

版次：第1版

ISBN：ISBN 978-986-03-9731-4 (平裝)