

# 超高層 建築 構造設計에 對하여

梁 完 守\*

## 1. 概要

人間은 예로부터 끊임없이 하늘로 높이 솟은 建築的 象徴을 追求해 왔다. 中世의 Gothic style 建築은 이를 잘 表現하고 있다. 이것은 神에 대한 崇尚이고 혹은 自然에 대한 挑戰이다. 20世紀에 접어들어 超高層 建築을 可能케 한 構造的 解決은 곧 人間의 自然에 대한 勝利이다. 또한 超高層 建築은 그 國家의 富와 繁榮의 象徴이기도 하다. 人間은 21世紀에도 더 하늘 높이 솟는 超高層 建築을 實現키 위해 끊임없이 勞力할 것이다. 1931년 美國에서 Empire State Building으로 부터 시작한 Skyscraper는 그 後 最高 110層(445m) 높이의 Sears Tower가 세워진 후 많은 超高層 建築設計가 計劃되고 있다.

Los Angeles에 150層의 Wilshire Tower Project, 뉴욕 建築家 Eli Attia가 設計 提案한 137層의 Tower, 中國 中京市에 세워질 110층의 中京 Tower, 또 Chicago에 계획된 125층 규모의 Miglin Beitler Tower 등 많은 超高層設計가 發表되었지만 現在 施工된 것은 없다. 다만 東아시아 地域에서 지금까지 高層빌딩이 많기로 有名한 Hong Kong에서도 78層(291m) 높이의 Central Plaza Tower가 現在 東洋 最高의 建物로 자리를 잡고 있다.

現在 韓國의 異空建築(建築家 류춘수)에서 設計하고 筆者가 三星建設 構造팀과 함께 構造 設計하고 있는 中國 海南城의 868 Towers는 86층 높이 355m Office/Hotel Tower와 68層 높이 250m Apartment Tower로 1998년에

完工되면 中國에서는 아마도 最高 높은 超高層 建築物이 될 것이다. 그런데 또 最近에는 美國 建築家 Cesar Pelli가 設計하고 現在 三星建設이 施工中인 Malaysia Kuala Lumpur市の Petronas Tower는 美國의 Sears Tower보다 더 높은 것으로 그 우아한 쌍둥이 빌딩 92層(450m)의 위용을 나타낼 것이다. 이는 藝術의 極致이고, 또 急速히 成長하는 Malaysia 國家의 이미지를 具體化 하려는 意圖가 담겨 있기도 하다.

그러면 앞으로 과연 얼마 만큼 높은 建物을 完成한 후 人間은 滿足할 것인가. 무엇이 그 念願을 制限할 것인가. 構造的으로는 어떤 制限이 있는가. 많은 사람이 궁금히 생각할 것이다. 우선 超高層 構造라 하면 빌딩의 Height to Width의 比率이 7 以上인 것으로 普通 7~11의 範圍를 말하며 構造的으로 動的 問題가 支配的인 것을 말함이다. 우선 超高層 建築構造는 垂直 荷重 耐力 system과 바람이나 地震과 같은 垂平 荷重에 對한 耐力 system으로 나눌 수 있다. 建築物이 너무 높아서 荷重을 支持하는 기둥의 크기가 커져 建築 平面을 많이 차지하면 그 建築物은 用途上 非效率的이 된다. 또 바람에 대한 수평 변위가 크게 일어나거나 또 動的 不安定인 Vortex Shedding 現象이 일어나게 되면 住居가 어렵게 되어 그 建物은 이미 建築物로서의 價値가 減少될 것이다. 또 垂平 荷重으로 인해 Overturning Moment가 생기고 또 이로 인해 생긴 Uplift force를 지탱하는 Rock Anchor가 現實的으로 어렵게 되면 그 建築物 높이는 制限될 것이다. 그러면 어떻게 하면 超高層 建築構造를 經濟的으로 그리고 安

\* 建築 構造技術士, 美國技術士, 三星建設技術顧問

定的으로 設計하게 되는지 살펴 보기로 한다. 우선 超高層 建築에서 가장 重要的 것은 무엇인가. 다음 세가지를 充足해야 한다.

- 1) Integrity of the structural system
- 2) Integrity of the architectural system
- 3) Comfort of the building occupants

## 2. 超高層 建築 構造 設計 特徵

가장 最通 構造 system을 도출하기 위해서는 그 建築物의 用途, 地理的 條件, 可能的 構造材料 活用性 등 여러가지 狀況을 參考하여 各種 다른 構造 system들을 研究 比較하는 過程을 거쳐야 한다. 이 段階를 Schematic Phase라 부른다. 우선 主要構造 材料, 強度 選定 그리고 建築用途에 支障이 없는 범위 內에서 여러가지 feasible한 構造 system을 設定, 그 經濟性을 細密히 比較해 본다. 경우에 따라선 經濟的인 構造設計를 위해서 建築計劃도 바꾸어야 할 必要가 있다. 아마도 超高層 建築에서는 構造를 위해서 建築設計가 從屬될 수 있다. 超高強度 建築構造 材料의 등장은 超高層 建築構造를 더욱 容易하게 하고 있으며 分析도 Finite element Method, Soil에서의 Spring Model法, Post Tensioning工法 등이 開發되었고 이는 Computer의 發展과 더불어 더욱 活潑히 개발되어 가고 있으며 또한 施工도 Concrete Pumping 技術, 超高速 Elevator 出現, 그리고 振動 制御 技術 發達로 인해 超高層 建築은 더욱 박차를 가하고 있다.

그러면 超高層 建築은 構造的으로 어떻게 다 른가. 超高層 建築物은 땅위로 우뚝 솟은 장대와 같다. 모든것이 땅에서 支持가 되어야 할 것이다. 모든 手段을 動員해서 이 우뚝 솟은 장대가 自然의 挑戰을 이겨내도록 해야 한다. 이를 위한 構造 system으로서는 벽체, Core Bracing, 라멘조(Rigid Frame), Tubular System 및 Mega Frame 등이 있다. 重要的 것은 水平 荷重으로 인한 Uplift force를 自重으로 減少시키는 構造 system이 誘導되어야 한다. 바람으

로 인한 超高層 建築物의 Dynamic Response도 建物形狀에 따라 차이가 있으므로 建築家는 이를 初期 計劃 段階에서 考慮하는 것도 重要하다. 圓形은 90° 角度 建物에 비해 바람을 받는 面은 적지만 Vortex Shedding이 일어나기 쉽다. 또 구조 System이 非對稱으로 計劃되는 것(예를 들면 Core의 Bracing이 建築 平面 한쪽 Corner에만 있는 경우 등)도 이 때문에 일어나는 Torsional Mode 變形은 地震의 경우는 被害도 클 뿐만 아니라 Human Comfort에 더욱 惡影響을 주게 된다. 또 날이 갈수록 가벼워지는 Building Curtain wall의 傾向도 構造的인 立場에서는 Damping 效果가 적어서 점점 불리해 지고 있다.

## 3. 超高層 建物 構造 System 및 設計

첫째 構造材料 選擇을 위해서는 Concrete와 鐵骨(Structural Steel)의 長點과 短點을 알아 볼 必要가 있다. 콘크리트는 耐火性이 좋고 鐵骨보다 Dynamic Properties(Mass 및 Damping 등)가 좋다. 그러나 短點으로서 鐵骨에 비해 強度가 낮아 큰 단면적이 必要하다. 또 作業 工期가 많이 걸리는 것도 短點이라 하겠지만 近來에 와서는 高強度 콘크리트 使用으로 인해 많이 改善되고 있다. 反面에 鐵骨의 단점으로서 耐火 皮복이 必要하고 Damping 效果가 적어서 超高層 建築에서 問題가 되는 垂直 荷重으로 인한 振動 때문에 Damper를 設置해야 될 可能性이 콘크리트 建物보다 높다. 長點으로서 強度(Strength)가 높고(콘크리트의 약 8~10배) 部材 크기가 적어 Long Span 등 建築物의 使用性이 좋아진다. 이처럼 콘크리트와 鐵骨의 長短點을 잘 考慮하고 또 特定地域의 材料 活用性 與否를 檢討한 후 構造 System을 決定해야 한다. 近來에 와서는 이처럼 콘크리트와 鐵骨을 혼합한 Composite 構造를 많이 使用하여 그 長短點을 相互 補充 理想的인 構造 System이 많이 쓰인다.

다음에는 각 構造 System 設計時 各 部材

크기를 迅速하고 正確한 方法으로 決定하는 것이 技術이다.

Schematic Design phase에서 Computer model을 利用하여 構造分析을 하기 위해서는 각 部材의 크기를 Input으로 入力해야 하므로 Computer를 사용하지 않고 주요 部材 크기를 決定하는 技術은 매우 有效하다. 그러나 Schematic 혹은 Preliminary Design 段階에서 Computer를 使用 解析하게 된 경우는 Full Model에 들어가기 전에 Lumped Model을 使用하여 많은 時間을 節約할 수 있다. 다음은 Unbraced Frame인 경우와 Braced Frame의 Modelling 方法을 Lumped化 시킨 方法이다.

Fig. 1과 Fig. 2에서와 같이 Lumped Modelling Technique를 써서 水平荷重에 대한 構造分析을 신속한 方法으로 하여 우선 部材 크기를 決定하고, 그 經濟性을 比較 分析한 후 建築設計者, 建築主 또 Project에 따라서는 construction Manager(C.M.) 등과 協議하여 最終적으로 最適 構造 System을 決定하여야 한다.

다음은 각 構造 System의 特徵을 簡略하게 說明하기로 한다.

i) Frame and Wall/ Bracing Interactive System :

이것은 Wall이나 Bracing의 變形이 Flexural(휨) Mode인것과 Frame의 Shear Mode 變形을 併合하여 建物變形을 最少化시키는 좋은 構造 System이다.(Fig. 3 참조).

$$\text{FOR COLUMNS : } I_{mc} = g \sum_{i=1}^g (I_{pc})_i$$

$$A_{mc} = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g (A_{pc})_i$$

$$\text{FOR GIRDERS : } I_{mg} = \sum_{i=1}^g (I_{pg})_i$$

$$A_{mg} = \sum_{i=1}^g (A_{pg})_i$$

Where,

g=Number of Stories modeled into one

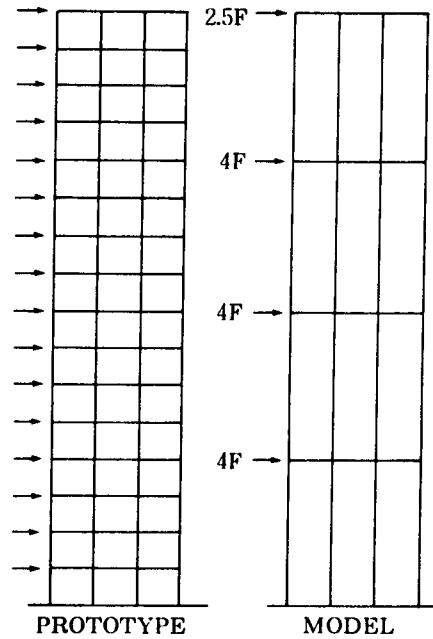
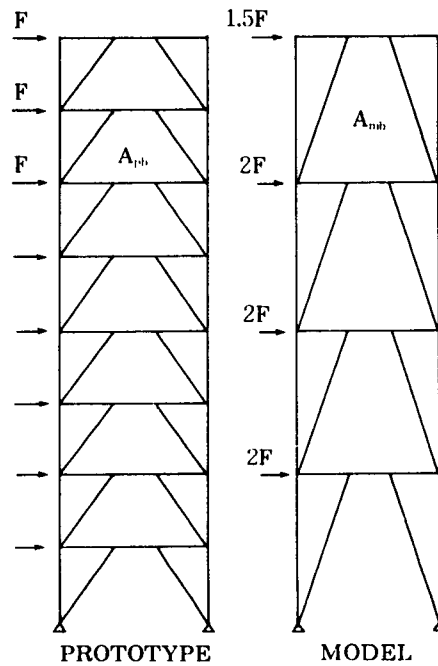


Fig.1 Unbraced Prototype and Model Frames



FOR BRACING

$$A_{mb} = \frac{1}{g^2} \left( \frac{L_{mb}}{L_{pb}} \right)^3 \sum_{i=1}^g (A_{pb})_i$$

Where,

g=Number of Stories modeled into one

Fig.2 Knee-braced Prototype and Model frames

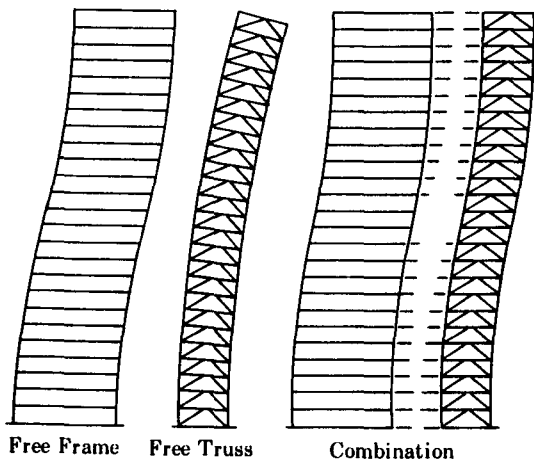


Fig.3 Bracing Frame interaction

Conceptual Design 段階에서 部材 Size 決定때는 Fig. 4와 같이 概略的인 Shear 分布를 고려할 수 있다.

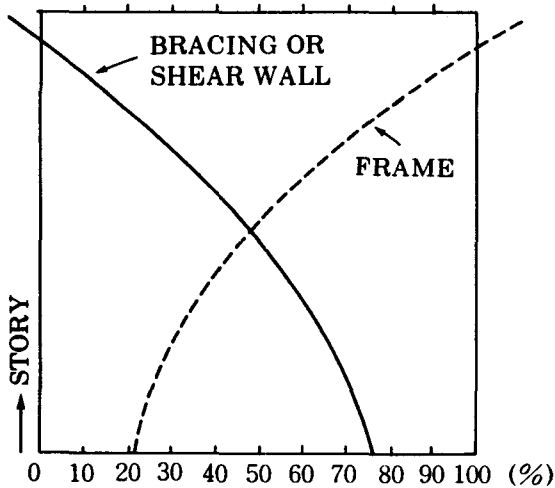


Fig.4 Approximate Shear distribution

또 이 Shear Wall system에 Outrigger Truss(Fig. 5)를 사용했을 때는 Shear Wall (or braced truss)에 일어나는 Overturning Moment를 外部 기둥으로 分散시키는 효과가 있다.

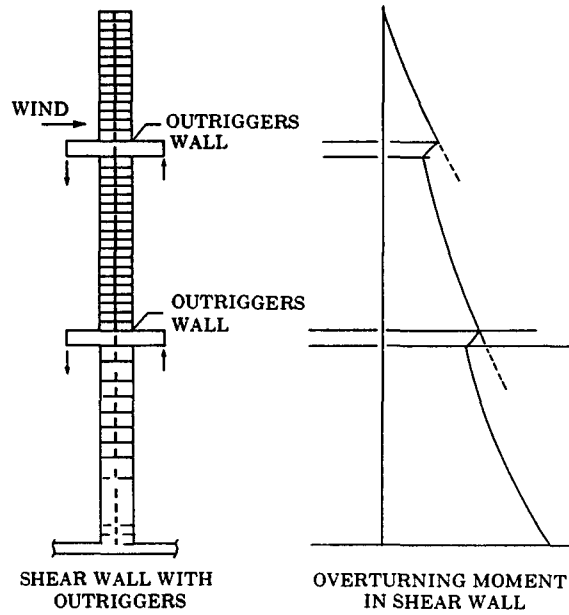
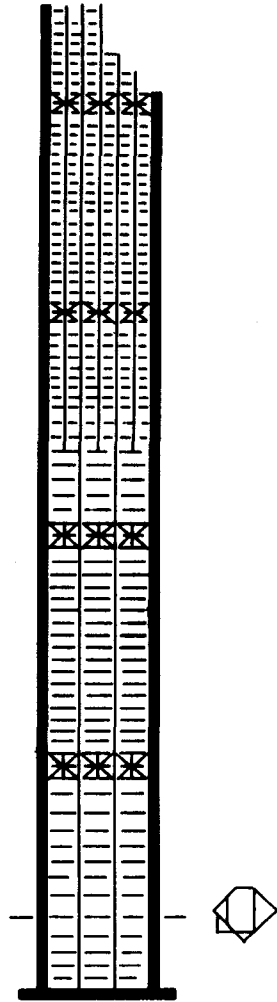


Fig.5 Shear Wall with Outriggers

또한 Fig. 6에서 보는것 처럼 Outrigger Truss가 외부 Super Column과 연결되었을 때는 부수적으로 巨大한 Frame 이 形成되어 Drift의 減少에 큰 效果를 볼 수 있다.

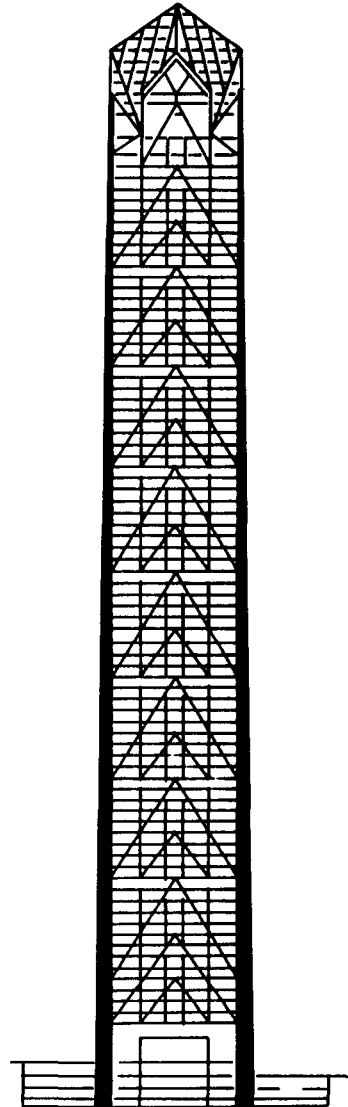
이때 注意할 것은 Shear Wall에서의 Shear Reversal이 일어나기 때문에 Shear Transfer 를 신중히 檢討 設計에 反映해야 한다. 또 外部 특히 機械室 등에 Belt truss를 설치해 Outrigger Truss와 連結하면 Outrigger에서 전달되는 큰 Axial forces(압축력 및 인장력)를 여러 기둥이 支持하도록 分散시켜 주게 되고 또한 만약 Corner에 Super Column들과 連結되었을 때는 하나의 巨大한 Mega Frame을 形成하여 橫 變位를 減少시킬 수 있다.

ii) Mega Bracing System :



BELT-TRUSS ELEVATION

Fig.6 868 Towers, Hainan, China



MEGA BRACING

Fig7. Bank of the Southwest, Houston, U.S.A.

위에서 말한 Shear Wall 혹은 Bracing과 Frame의 합성으로서 充分한 빌딩의 Stiffness를 만족치 못한 경우 外部에 여러개층(5~9층)을 Diagonal Members로 연결시켜 建物構造의 剛性(Stiffness)을 크게 하며 또한 Framed Tubular System과 並用하여 쓸때 Shear Lag 現狀을 減少시키는 效果도 있다. 이때 Bracing

으로 쓰이는 Diagonal Member는 橫力 뿐만 아니라 Gravity Loads도 支持하도록 充分한 Stiffness와 Strength를 갖도록 檢討해야 할 것이다(Fig. 7 참조).

iii) Tubular System :

1950년 以後부터 50層 以上되는 高層 建築에

有效하게 쓰이는 構造 System으로 Framed Tube, Tube-in-Tube, Bundled Tube 및 Braced Tube 등 여러가지 形態로 쓰이고 있다. 代表的인 것으로는 Framed Tube 110層 높이의 World Trade Center가 있고 Multi-Bundled Tube로 110층의 Sears Tower를 들 수 있다. 100層 높이의 Chicago의 John Hancock 빌딩은 Braced Tube이다. 콘크리트 構造로서 Shear Wall과 Framed Tube로 設計

된 것으로는 Chicago의 64層(262m)의 Water Tower가 有名하다.

一般的으로 많이 쓰이는 Framed Tube System의 特徵은 建築 外部 창문사이에 기둥을 촘촘히 박고 두꺼운 外部 보를 연결시키는 것이다. 기둥간격은 보통 3m~5m이고 Frame racking 현상으로 인한 Shear Lag 현상이 일어나는 것이 특징이다(Fig. 8 참조).

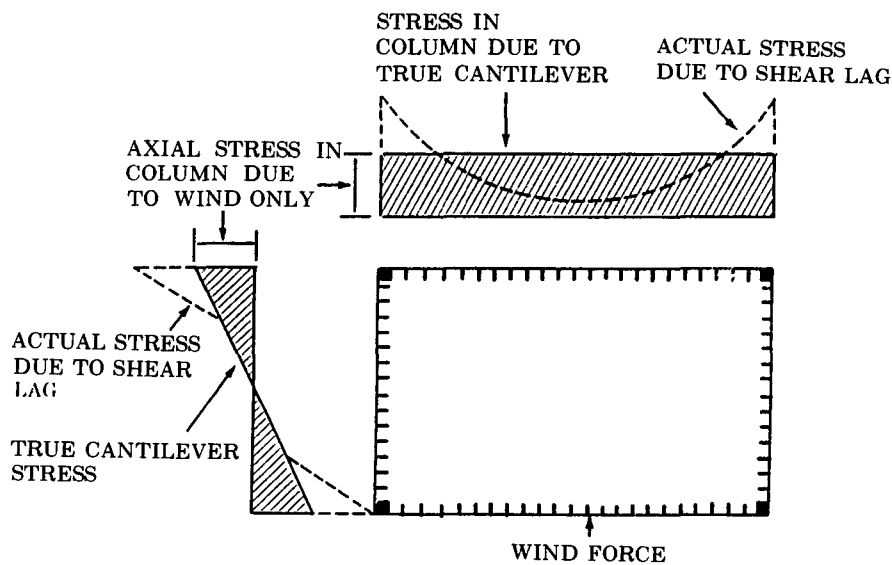


Fig.8 Shear Lag Effect

Framed Tube System Preliminary Design 段階에서 다음과 같이 Cantilevered Beam Analogy를 使用하여 Force를 구하고 概略的 Size를 구할 수 있다(Fig. 9 參照).

Axial force in the columns due to lateral force :

$$P_w = \frac{M_w \cdot c \cdot A_c}{I_e}$$

Shear in the spandrel beams :

$$V_s = \frac{V_w \cdot Q \cdot h}{I_e}$$

Where,

$I_e$  : Effective Moment of inertia of the tube

$Q$  : Sum of first Moment of the column area

$h$  : Story Height

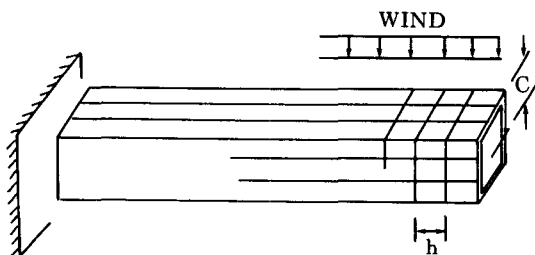


Fig.9 Framed Tube

#### 4. Approximate Deflection Calculation 方法

다음과 같이 개략적인 水平荷重에 대한 變形 計算法을 알면 實際 設計에 많은 도움이 된다.

i) A Tall Solid Wall

$$\Delta = \frac{wh^4}{8EI}$$

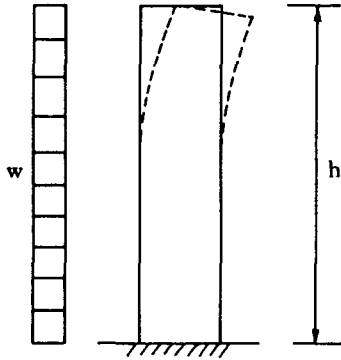
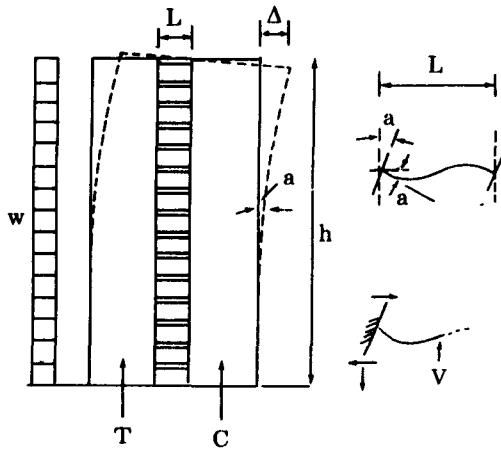


Fig.10

ii) A Tall Wall with door openings



$$M_{\max} = \frac{wh^2}{2}$$

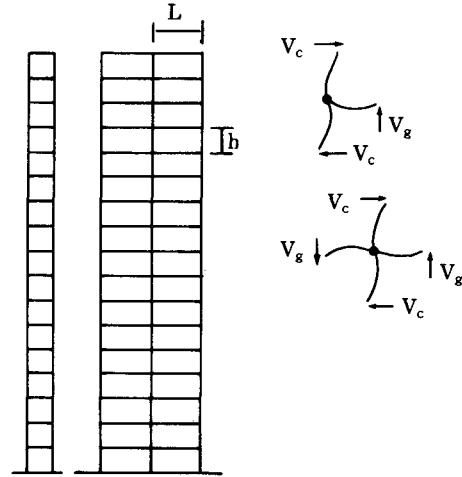
$$V = \frac{T}{\text{No of Lintels}}$$

$$a = \frac{VL^2}{12EI}$$

$$\Delta = a \cdot h$$

Fig.11

iii) Rigid Frame



$$V_c \cdot h = V_g \cdot \frac{L}{2}$$

$$V_g = \frac{2V_c \cdot h}{L}$$

$$V_c \cdot h = V_g \cdot L$$

$$V_g = V_c \cdot h/L$$

At ext. Joint i

$$\Delta_{COL} = \frac{V_c h^3}{12EI_c}$$

$$\Delta_{girder} = \frac{V_g \cdot L^2 \cdot h}{12EI_g} = \frac{2V_c \cdot L \cdot h^2}{12EI_g}$$

$$\Delta_{ext} = \Delta_{COL} + \Delta_{girder} = \frac{V_c \cdot h^2}{12E} \left[ \frac{h}{I_c} + \frac{2L}{I_g} \right]$$

At Interior Joint i

$$\Delta_{COL} = \frac{V_c h^3}{12EI_c}$$

$$\Delta_{girder} = \frac{V_g \cdot L^2 \cdot h}{12EI_g} = \frac{V_c \cdot L \cdot h^2}{12EI_g}$$

$$\Delta_{int} = \Delta_{COL} + \Delta_{girder} = \frac{V_c \cdot h^2}{12E} \left[ \frac{h}{I_c} + \frac{L}{I_g} \right]$$

use  $\Delta = \Delta_{ext.}$  or  $\Delta_{int}$

$$\text{Total } \Delta_T = \frac{\Delta}{2} \times n \quad (n = \text{No. of stories})$$

Fig.12

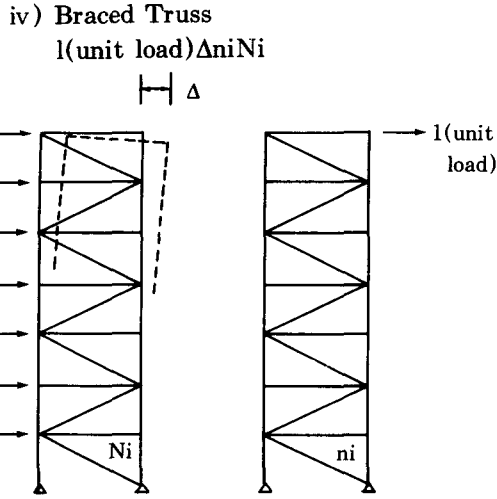


Fig. 13

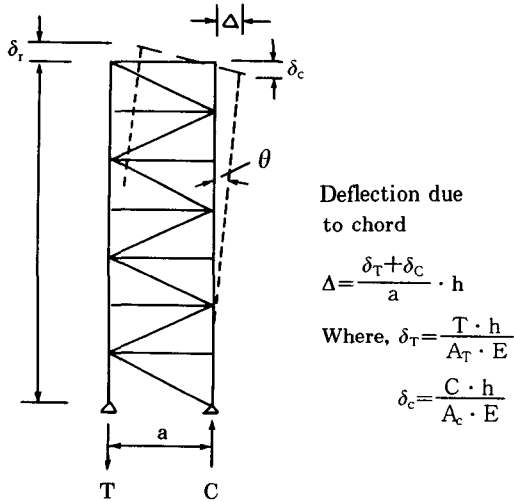
(Whole System) (Virtual System)

$$l \cdot \Delta = \sum \eta \cdot \delta \quad \text{Where } \delta = \frac{NL}{AE}$$

$$\text{Hence, } \Delta = \sum \frac{\eta NL}{EA}$$

$N$  = Force in any member due to loading in the whole system

$\eta$  = Force in any member due to the unit load applied in the direction of the deflection sought and at the point in question



## 5. Preliminary Design Phase

### 5.1 水平荷重 支持 System

Schematic design phase에서 構造 system study가 끝나고 가장 適合한 構造 system이 決定되면 다음은 Preliminary design phase로 들어가게 된다. 選擇된 構造 system에 대한 細部的인 Computer Models 解析을 하여 構造 部材가 모든 荷重에 대한 強度가 充分하고 部材 및 建物 全體 變形이 許容安全率으로 들어 오는지 檢討되어야 한다. 특히 바람에 대해서는 Human comfort 檢討가 重要하다. 이를 위해서는 Wind tunnel study가 必要하다. Wind tunnel study에는 Pedstrian level wind assessment 및 Curtain wall design을 위한 Mean and fluctuating local pressure test 그리고 構造設計를 위한 Mean aerodynamic coefficients 및 High-frequency base balance tests를 하게 된다. High-frequency base balance tests는 빌딩의 Fundamental sway and torsional modes 그리고 Building drift와 Acceleration을 包含한 여러가지 Wind induced response를 測定하게 된다.

또 Aero-elastic Model tests는 빌딩 構造의 바람에 대한 全般的인 Dynamic Response를 測定하고 또 建物 變形 및 Acceleration을 細密히 觀測하는 實驗이지만 建物構造의 動的 Properties Input을 包含한 Scaled Model을 使用하여야 하기 때문에 복잡하게 된다.

이처럼 Wind tunnel tests를 통해서 建物의 動的 舉動을 study하게 되지만 빌딩의 Oscillation은 超高層 構造에 있어서 窮極的으로 가장 어려운 問題로 擡頭될 것이다. 過度한 Drift는 Curtain wall 및 内部 Partition wall의 損傷과 Elevator 등 Mechanical system의 稼動을 어렵게 하는 등 建築物의 正常的인 運行에 影響을 주게 된다. 그래서 이를 防止하기 위해서 構造的으로 Stiffness와 Rigidity가 必要한 것이다. 또 水平荷重으로 인해 빌딩의 Acceleration이 許容值를 초과한 境遇는 建築의 Shape나 構造 system의 動的 Properties를 바꾸고 이것이 어렵게 될때 Damper를 設置해서 振動을 制御해야 할 것이다.



建築構造의 Acceleration은 아래와 같이說明할 수 있다.

$$M\ddot{X} + C\dot{X} + KX = F(t)$$

$$y = A \sin \omega t$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = A\omega^2 < 0.015g \sim 0.02g$$

Where,  $\omega = 2\pi f$

A = Amplitude of excitation

超高層 建築에 있어서 地震은 바람과 성격이 다르다. 빌딩 Code상에 規定된 地震 荷重에 대해서는 이를 支持할 수 있는 充分한 強度와 實際 Code에 規定된 地震荷重보다 훨씬 큰 地震에 대해서는 Inelastic deformation 能力을 갖고 建物이 崩壞되지 않도록 Ductility가 必要하다. 바람인 경우와는 달리 地震에 대해서는 Flexible Building이 有利하다. 왜냐하면 地震의 週期(Natural Period)는 주로 1초보다 적은 것으로 Flexible Building의 高次 Modes에서도 좀처럼 Resonance 現象이 일어나지 않기 때문이다. Building codes들에서 規程한 바에 의하면 아주 極甚한 地震에 對해서는 局部的으로 構造部材에 소성힌지(Plastic hinge)나 Crack을 許容한다. 이는 構造의 Damping과

週期를 增加시키고 소위 Inelastic Energy의 吸收를 허락하여 地震 Energy를 dissipation 시키므로 建物의 崩壞를 防止하기 때문이다. 超高層 構造 地震 解析은 Code상에 動的 分析을 하도록 規程되어 있고, 그 方法으로서는 Response Spectrum 方法과 Time-History 方法 등이 있다(Fig. 14a, Fig. 14b).

實際 耐震設計에 있어 動的 解析法으로 많이 쓰이는 Response Spectrum Analysis는 Fig. 14b에서 보는 바와 같이 Eigen Value Analysis를 통해 도출되는 Modal Periods에서 이미 設定된 Response Spectrum Curve를 移用해서 Spectral Acceleration을 決定하므로서 動的 解析을 할 수 있게 되는 方法이다. 이때 Modal Maximum Response를 각 Mode別로 구한 다음 SRSS 혹은 COC 方法 등으로 重첩하여 各 部材의 Peak Value를 구할 수 있게 된다.

#### Dynamic Analysis

##### (1) Time History analysis :

Structural response during the time of earthquake duration

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g(t)$$

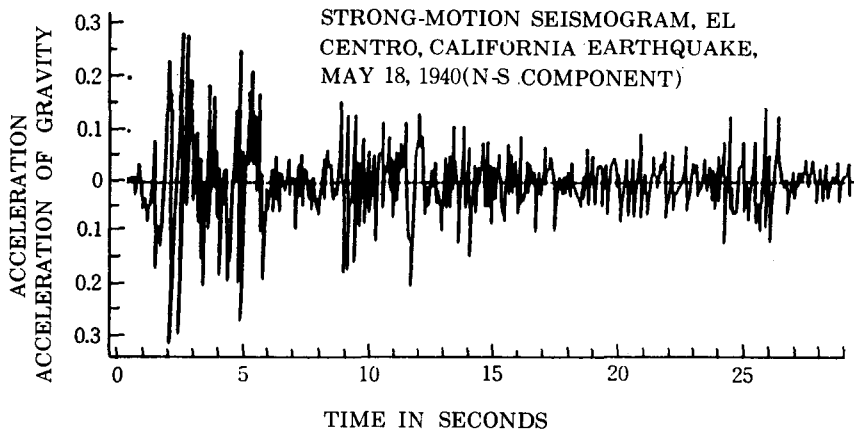


Fig.14(a)

##### (2) Response spectrum analysis :

Equation of motion under an initial disturbance.

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = 0$$

solution-eigen vectors-mode shapes  
eigen values-angular frequency,  $\omega$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2n} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (\text{Herz})$$

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (\text{Sec})$$

$$F_i = \sqrt{\sum_j (F_{ij})^2}$$

Peak forces at each member

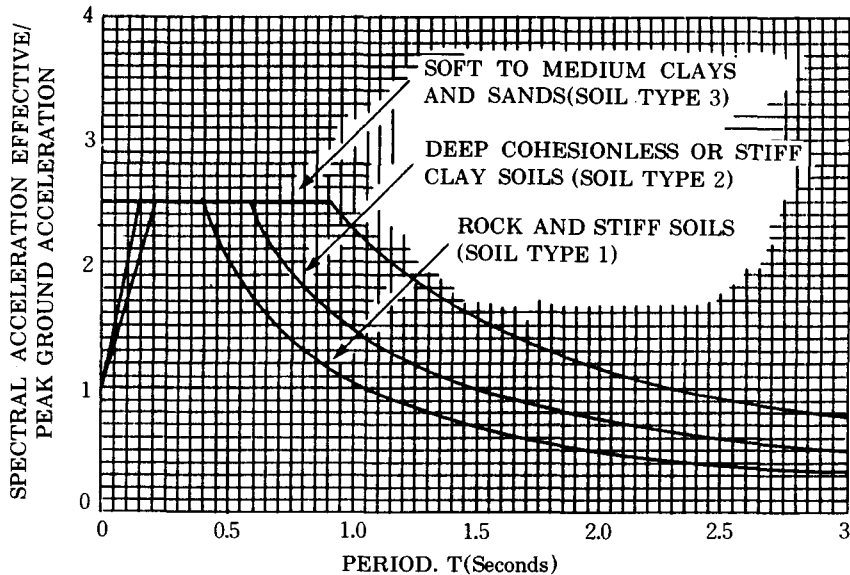


Fig.14(b) NORMALIZED RESPONSE SPECTRA SHAPES

## 5.2 Floor Structural Systems

超高層 建築 바닥構造 시스템은 中 高層 建物の 바닥구조 시스템과 큰 差異는 없다. 다만, 超高層 建物인 경우는 더 많은 層이 反復되기 때문에 그 重要性이 더욱 深刻하다. 보(Beam)의 Depth는 建物 全體 높이에 큰 影響을 끼칠 수 있어 全體 工事費를 크게 左右할 수 있다. 보 한개 Depth의 10cm 增加는 100層이면 10m 增加를 가져오게 되어 建築 Curtain Wall Cost 뿐만 아니라 바람이나 地震 荷重이 더 심하게 增加되고 增加된 建物 높이도 動的 舉動에 큰 影響을 주게 될 것이다. 그러니까 typical 바닥 構造보의 depth는 보 自體의 經濟性을 高麗하여 아주 慎重히 決定하고 建築의 Ceiling height와 Mechanical ductwork 등과 緊密히 協議 檢討하여 各層高를 可及的 必要以上 높게 하지 않도록 해야 한다.

바닥 slab의 두께는 Fire rating requirement와 바닥 振動 등을 高麗하여 決定하고 또 鐵骨인 경우 보와 Slab 사이에 Shear studs를 使用하여 合成(Composite) 構造 system으로 하여 너무 두껍지도 너무 얇지도 않게 해야 한다(Fig. 15). 美國에서는 Normal concrete 경우는 4.5inches(115mm), Light Weight concrete 使用 경우는 最小 3.25inches(85mm)를 超高層 建築 構造 바닥 Slab에 必要한 2HR, Fire Rating에 最小 必要한 두께로 하고 있다. 이는 Metal deck 두께를 除外한 Net Concrete slab 두께이다. 또 鐵骨 構造에서 層高를 最小化하기 위해 Stub girder system도 많이 쓰이나 바닥 Concrete slab가 굳어 合成 構造가 되기까지 girder를 shoring 해야 한다(Fig. 16).

Reinforced concrete 구조인 경우 One-way slab와 함께 beam-girder system이 많이 쓰이고 Post-tensioned flat slab는 層高를 줄이는

方法으로 매우 좋은 system이다. 또한 美國에서는 Pan joist system이라 하여 fiber glass로 製作된 system化 된 Form이 商業化되어 약 1m 間隔의 joists들이 一方向 beam式으로 같은 depth의 girder에 支持되는 system이다 (Fig. 18). 最近에는 Skip joists system이라 하여 joists 間隔이 더 큰 (2m) Form이 開發되어 高層 建物 構造에 많이 쓰인다(Fig. 17).

또한 超高層 建築에서 考慮해야 할 것은 溫

度變化에 의한 構造物에 대한 影響과 특히 콘크리트 構造에 있어서 기둥과 벽체들의 Elastic Shortening 및 Shrinkage와 Creep으로 인한 Shortening을 고려하고 또 이 變形이 Curtain wall에 끼치는 影響 등을 細密히 檢討 分析해야 하며 특히 differential shortening 때문에 部材에 發生하는 additional stress도 잊어서는 안된다.

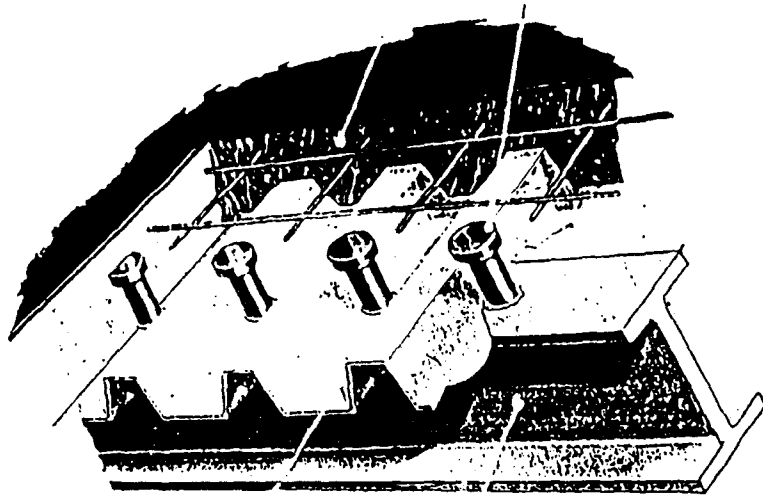


Fig.15 Cposite beam to provide a permanent form for concrete, allow less reinforcing steel, speed construction and eliminate the need for shoring. Studs can be welded directly through the deck to the beam

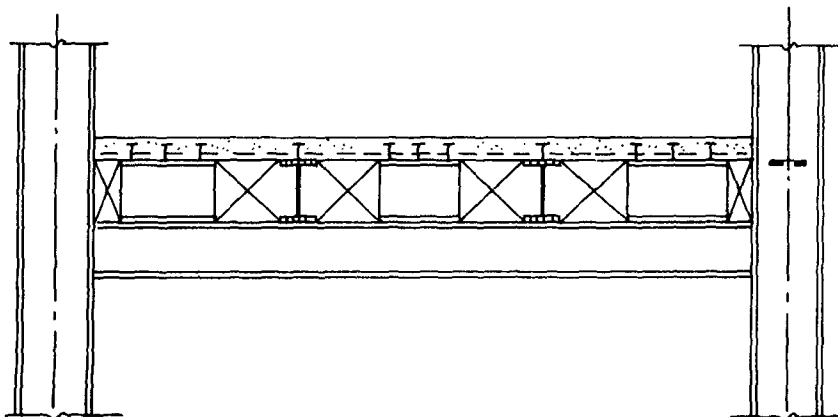


Fig.16 Stub Girder System

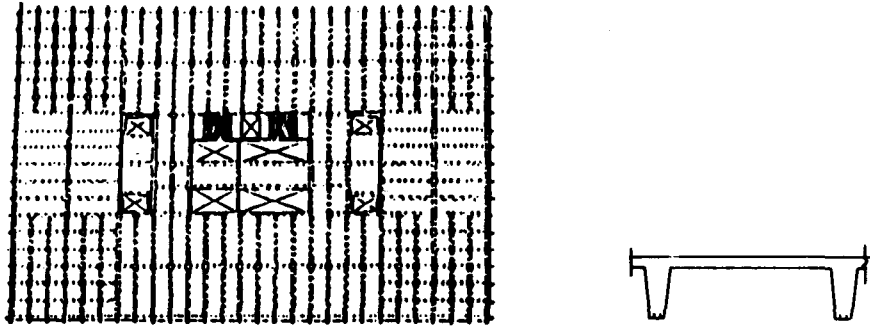


Fig.17 Wide Pan Joist and Girder System

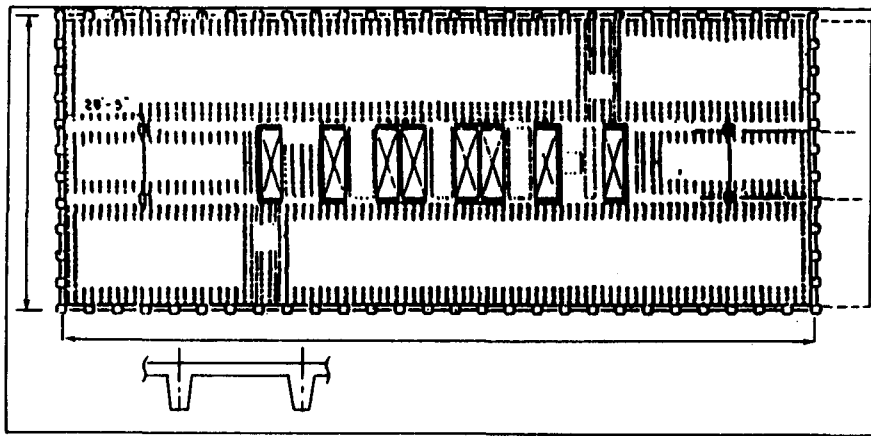


Fig.18 Pan Joist and Girder System

## 6. 結論

지금까지 超高層 建築 構造設計에 대한 經濟的 構造 system을 살펴보고 Schematic 段階에서 손쉽게 各 構造 system을 比較할 수 있는 方法을 說明하였으며 특히 超高層 建築에 있어서 動的 舉動의 重要性을 強調했다. Structural

integrity는 物論이고 Occupants Comfort는 超高層 建築 構造에 있어서 가장 重要한 Design Criteria가 될 것이다. 構造的으로 이것이 解決될 때 비로소 超高層 建築物은 그 機能을 發揮할 수 있을 것이다. 現代의 構造設計 技術은 建築家의 超高層 建築 꿈의 實現을 可能케 하고있다.