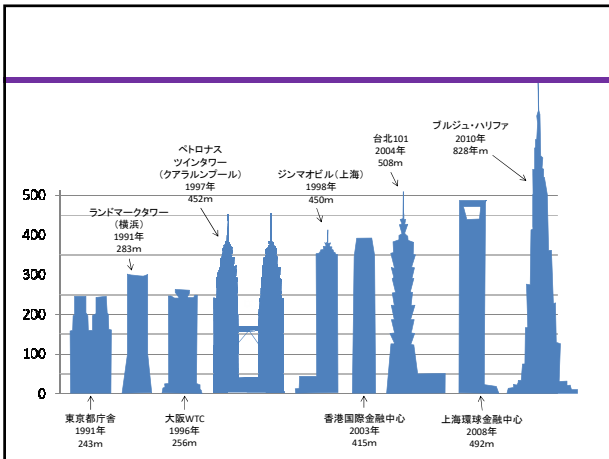
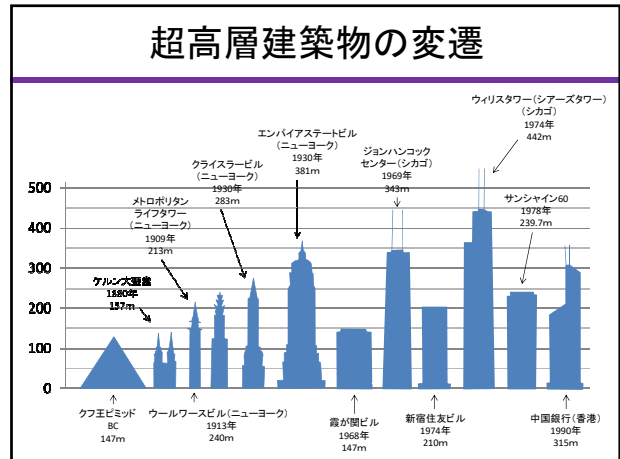


建築構造デザイン 第8回 超高層建築②

都市・建築学専攻
教授 前田匡樹

2014/12/11 建築構造デザイン 7



日本の超高層

- 世界では20世紀初頭から超高層建築物が立ち並ぶ
- 日本では建物の高さを制限する法律「100尺(31m)制限」
- 地震力に対する設計が必須
- 剛性を高くすると大きな地震力が加わる恐れ

しかし

- 柔構造の採用により日本でも高層建物が可能に

2014/12/11 建築構造デザイン 10

高層化の問題

アスペクト比 = $\frac{H}{D}$

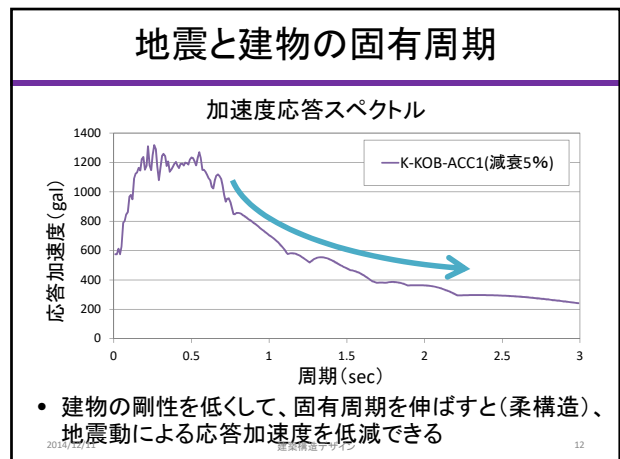
日本では4以下とされている

$T \cdot D = P \cdot H$

$T = \frac{H}{D} \times P$

$M = P \cdot H =$ 転倒モーメント

$M = T \cdot D = C \cdot D$



建物の固有周期

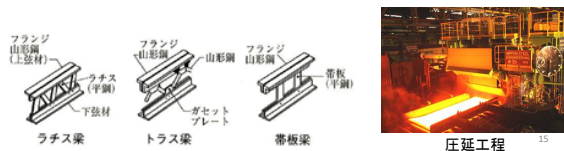
- $T = 0.1 \times \text{階数}$ (秒)
- RC造 $T = 0.02 \times H$
- S造 $T = 0.03 \times H$

柔構造



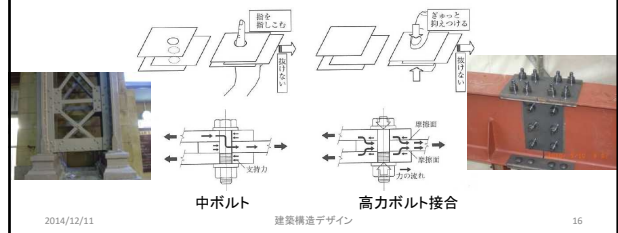
大型H型鋼

- 幅500mm、せい1000mm、厚さ100mmという大型のH型鋼を柱・梁に用いる
- ⇒ 当時は圧延(一体の断面で型鋼作る)製法では、大断面の部材を造るのは難しく、アングル(L字の断面)を組み合わせてトラス梁などを造っていた。
- ⇒ 大断面部材の技術開発が、高層建築の道を開いた。



高力ボルト接合

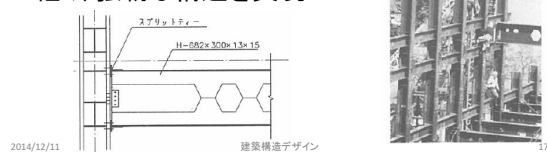
- 高力ボルト接合
- ⇒ 柱や梁の接合方法として、ボルトに高強度のものをを用い圧力をかけることで板の間に摩擦力を生じさせより強度の高いものとした。



その他の特徴

- 短辺方向の梁にはハニカムビームを採用
- 長辺方向の外周梁は2段梁としている

- 軽く、強靱な構造を実現

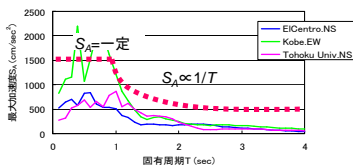


柔構造のデメリット

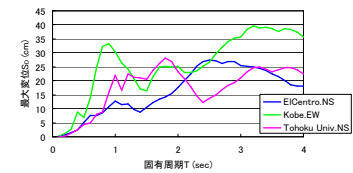
- 柔構造とすることで大地震時の安全性は確保された
- しかしアメリカでの高層建築の例でもあるように、剛性が低いと風や小地震で有害な変形や振動が生じてしまう

- センターコア + スリット壁

地震応答スペクトル(h=5%)



- 加速度(力): 短周期で大きく、周期が長くなると低下する。
- 変位: 周期が長くなるに従い大きくなる

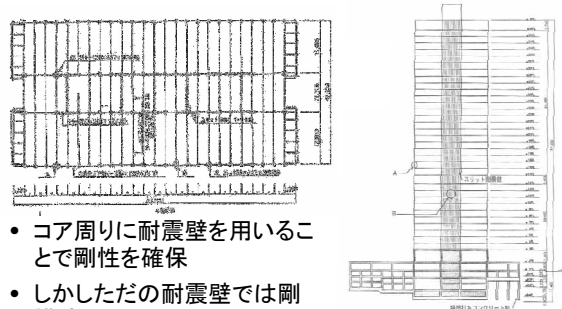


2018/12/13

建築構造デザイン

19

センターコア形式の構造計画



- コア周りに耐震壁を用いることで剛性を確保
- しかしただの耐震壁では剛構造となってしまう

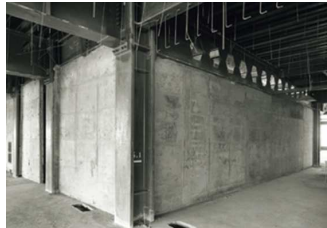
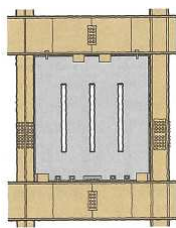
2014/12/11

建築構造デザイン

20

スリット壁

- コア壁にスリットを設けて、ある程度の揺れまでは耐震壁として剛性を保ち、大きな荷重がかかると壊れるように設計する



2014/12/11

建築構造デザイン

21

震が関ビルの構造計画

- 風・小地震時 ⇒ 剛構造として揺れに耐える
- 大地震時 ⇒ スリット壁が壊れ、地震のエネルギーを吸収しながら鉄骨造のフレームで構造を支える



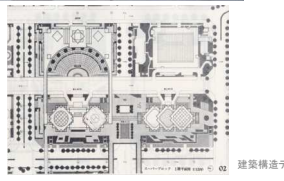
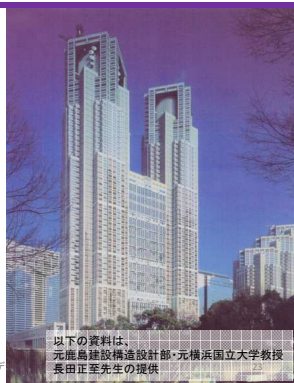
- 制震構造につながる考え方

2014/12/11

建築構造デザイン

22

東京都庁舎 (設計:丹下健三・都市・建築設計研究所)

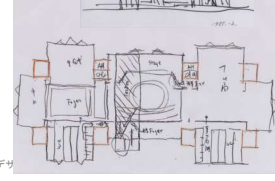
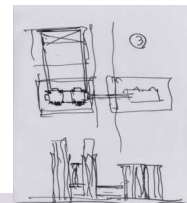
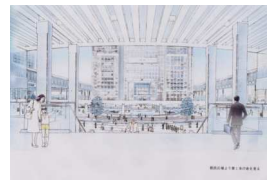


以下の資料は、元鹿島建設構造設計部・元横浜国立大学教授 長田正至先生の提供

建築構造デザイン

エントランスホールのパース

丹下先生直筆のスケッチ



構造デザ

構造設計に対する建築計画からの要請

- ✓ OA化に対応できる柱のないフレキシブルな事務空間の実現
 - ✓ 周囲との調和を保ちながらもその中でシンボル性、独自性をもたせる
 - ✓ 防災拠点としての安全性と構造的な堅牢性をもたせる
- 具体的には**
- ✓ 20m × 100mの無柱空間を通常の梁せい、階高の超高層ビルとして実現
 - ✓ 上層階に行くにしたがって外形を変化させること
 - ✓ 下層階に大空間を設けること

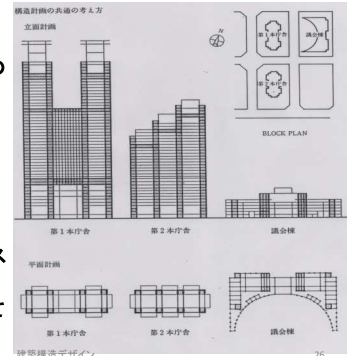
2018/12/13

建築構造デザイン

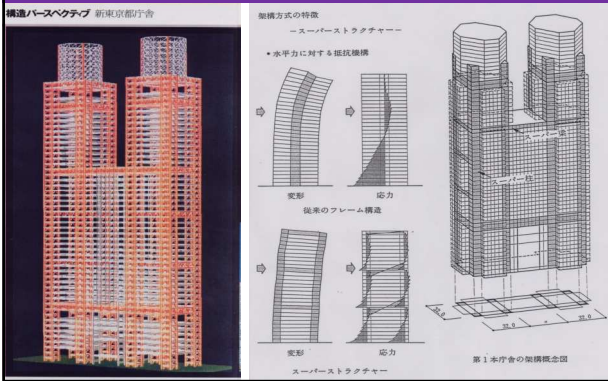
25

構造計画としての対応

- ✓ 基準階平面に規則正しく配置される建築及び設備の縦シャフトに着目、6.4m角のコアとして鉛直方向の構造の要とする。
- ✓ 建物の外周部の8箇所のコアの四隅に配した柱を、梁とブレースで結び6.4m角の巨大な柱(スーパー柱)とする。
- ✓ このスーパー柱相互を各層の通常の梁で結ぶとともに、高さ方向の要所に1層分のせいをもつブレース入りの巨大な梁(スーパー梁)を設けて各スーパー柱どうしを繋ぎ、全体としてスーパーストラクチャーを構成する。

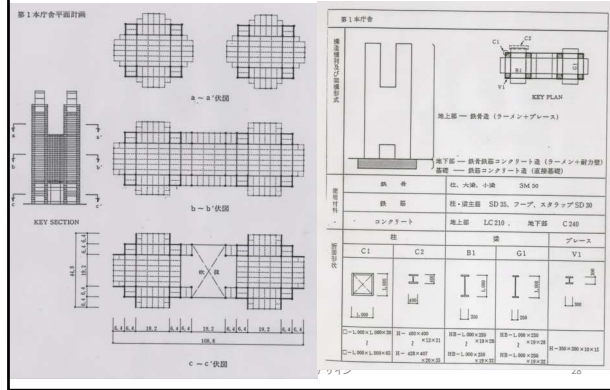


第一本庁舎の軸組計画



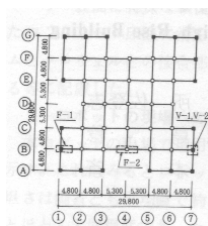
第一本庁舎平面計画

部材断面



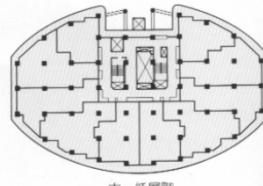
パークシティ新川崎(三井不動産)

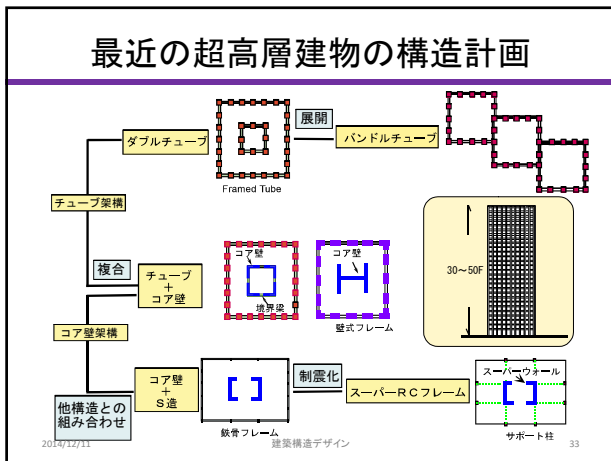
- 1987年竣工
- Fc42: RC標準の枠 (Fc36) を超えた高強度
- 地上30階、最高高さ87.2m



ザ・シーン城北(積水、名古屋)

- 1996年竣工
- 地上45階、最高高さ160m
- 当時(〜2002)日本最高の超高層RC
- 建設省総プロNewRCプロジェクト('88〜'92)に先駆ける
- 高強度材料 (Fc60, SD490) 初使用



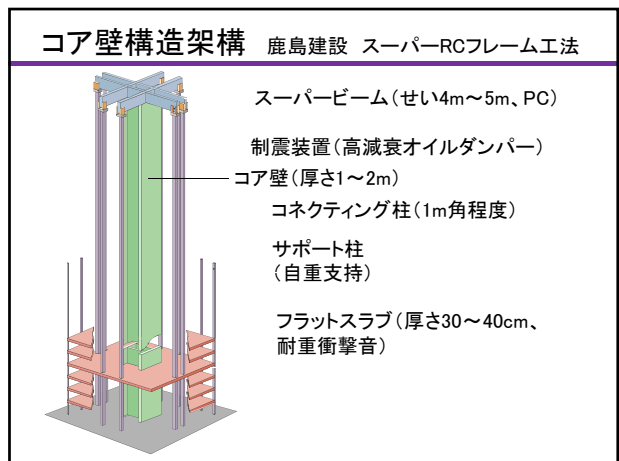
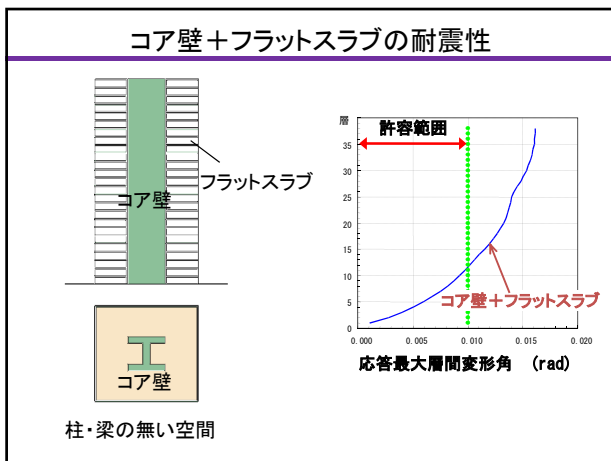
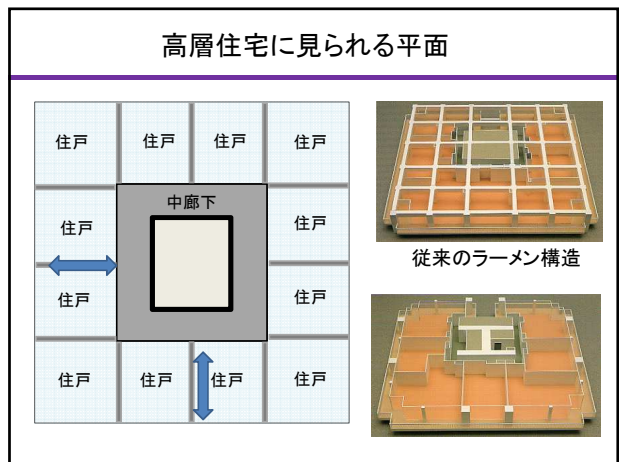
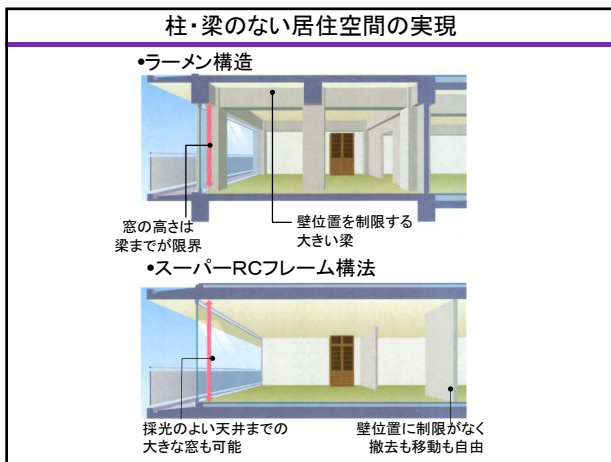


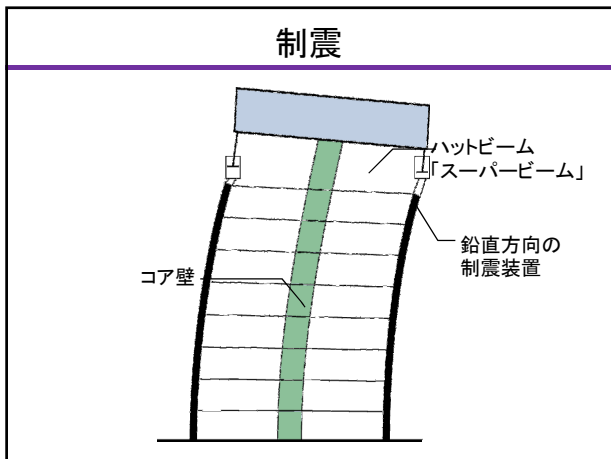
コア壁だけを水平抵抗要素としたら

- 外周梁がなくなる→よりよい眺望
- 任意の高さにスラブをつけられる → 階の概念がなくなる

↓

コア壁+フラットスラブ





クロスタワー大阪ベイ

- ・RC造
- ・高さ 200m
- ・戸数 456戸

従来のラーメン構造

スーパーフレーム構造

虎ノ門ヒルズ

- 2014年竣工
- S造(柱はCFT造)
- 3種類の制振装置を組み合わせた制振構造
- 高さ247m

制震装置を用いたスーパーストラクチャー

- 36階の構造切り替え階トラスと51階床下のせい2.5mトラス梁を、1階から制震装置でつなぐことでスーパーストラクチャーを構成し建物の曲げ変形を抑制している。

用途の違いによる構造計画の切り替え

住宅・ホテル:
住戸ごとの仕切りや部屋間の区切りが設けられるためオフィスほどのスパンは不要

オフィス:
出来るだけ柱や壁のない自由かつ広い奥行のある平面が求められる

用途の違いによる構造計画の切り替え

通常

住宅・ホテル

オフィス

虎ノ門ヒルズ

軸組図

平面図

通常は必要平面に合わせて上部で建物外形が細くなることが多い
→ 虎ノ門ヒルズではデザイン性を重視し住宅を外周に配置

用途の違いによる構造計画の切り替え

住宅・ホテル

オフィス

平面計画が上下で異なると、柱の位置が変わる
→上層階の軸力を上手く下層に流す必要がある

用途の違いによる構造計画の切り替え

構造切り替え階トラスにより軸力を伝えている

虎ノ門ヒルズ

オイルダンパー 516基

ブレーキダンパー 620基

アンボンドブレース 82基

多くの制震装置により高い居住性を実現している

制震システム

虎ノ門ヒルズ
2014年 247m
S造 柱にCFT使用

制震構造の分類

外力が建物に加わった後、その揺れを吸収する構造

- 質量の移動を伴うもの
 - 同調質量型制震装置 Tuned Mass Damper
 - 同調振り子型制震装置 Tuned Pendulum Damper
 - 同調液体型制震装置 Tuned Liquid Damper
- エネルギーを吸収するもの
 - オイルダンパー
 - 弾塑性ダンパー

etc.

以上全てパッシブ制震、他にもアクティブ制震など...

滑り式制震

ジョンハンコックタワー
1976年 241m S造

- 完成当初は制震装置は設置されていなかったが、風により上層階が揺れ、利用者が酔うほどであったため対策が講じられた。

滑り式制震

- バネとダンパーで建物のフレームにつながれた錘が油の塗られた鉄板の上を滑ることで制震効果が得られる。

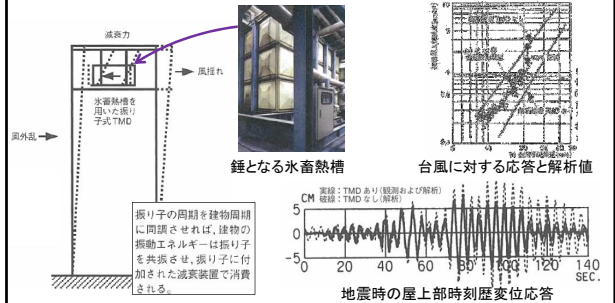
振り子式制震

- パッシブ型TMD制震では建物の規模に比例して必要な錘も大きくなる。
- 一方でクリスタルタワーでは特殊な空調システムを採用するために屋上に1000t(約一層分)もの設備荷重がかかる。



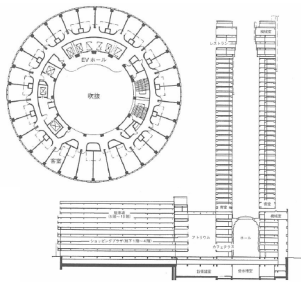
振り子式制震

- 設備の質量を錘とすることで振り子式制震を実現
- 風・地震ともに建物応答を低減している



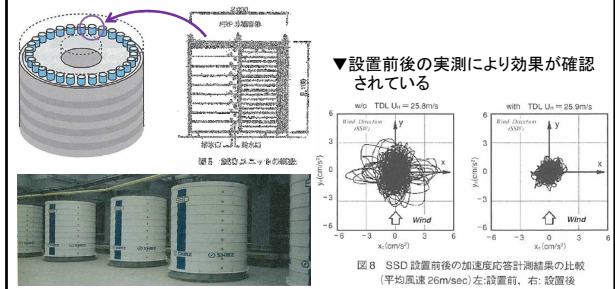
水槽式制震

- ダブルチューブ構造のホテル
- 高い居住性が求められる



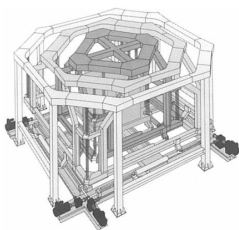
水槽式制震

- 液体のスロッシング現象を利用したスーパースロッシングダンパー(SSD)を使用
- 設置が容易、メンテナンス不要、方向性がないなどのメリットがある



多段振り子式制震

- 現在日本で2番目に高いビル
- 建物固有周期が6秒と非常に長く、この周期と同調させるには巨大な装置が必要となる



多段振り子式制震

- 建物固有周期が6秒と非常に長く、この周期と同調させるには巨大な装置が必要であるが、ロープ長が同じになるような多段振り子とすることで省スペース化を図っている。

