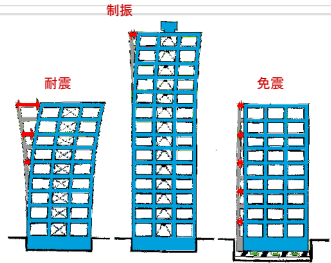


## 最近のRC造建築物の構造設計

## 建物を地震に対して強くする技術

- **耐震構造**  
地震の揺れに耐えるような強い建物を作る。
- **制振構造**  
地震のエネルギーを吸収するような装置(ダンパー)を建物に設置し、建物自身の振動を抑える。
- **免震構造**  
建物に免震層を設けて長周期化することによって、地震の力を受け流し、地震のエネルギーは免震層で吸収する。



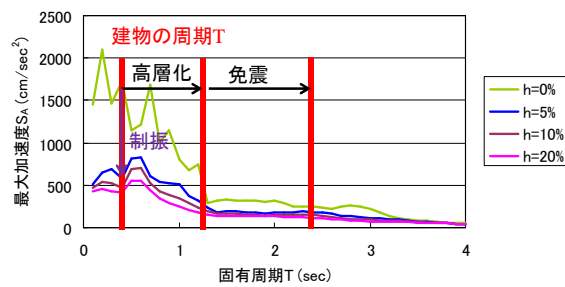
2018/1/17

RC建築の構造設計

2

## 耐震, 免震, 制振の原理

地震応答スペクトル: El Centro NS成分 (1940年 Imperial Valley 地震)



2018/1/17

RC建築の構造設計

3

## 免震・制振構造

- 建物に入る地震の力を小さくする方法(免震)



- 地震のエネルギーを吸収する装置を付加する方法(制振)



2018/1/17

RC建築の構造設計

4

## RC系建築物の最新の技術

- より高層, より大スパンを実現するために様々な構造システムや技術が開発されている

- 材料の高強度化
- チューブ架構, コア壁架構
- 免震, 制振

## 高層化に伴って生じる問題

$$M = P \cdot H = \text{転倒モーメント}$$

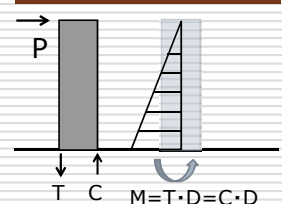
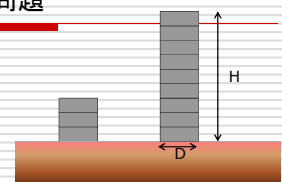
$$T \cdot D = P \cdot H$$

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

アスペクト比が大きくなると、柱の軸力(引張/圧縮)が大きくなる

$$\text{アスペクト比} = \frac{H}{D}$$

一般的に4以下が推奨されている



2018/1/17

RC建築の構造設計

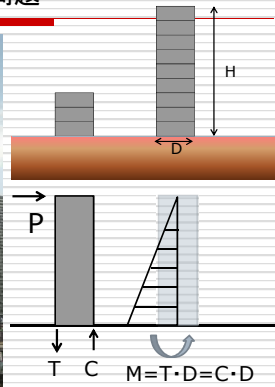
5

2018/1/17

RC建築の構造設計

6

## 高層化に伴って生じる問題



構造設計 7

## 高層RCの実現に向けた技術開発

外側の柱に生じる大きな変動軸力(引張/圧縮)が発生

→柱の断面積を大きくする/材料を強くする

### □ 高強度コンクリートの開発

~Fc36: 普通コン、~Fc60: 高強度

Fc60以上: 超高強度 (Fc200クラスも開発されている)

### □ 高強度鉄筋

SD295, SD345, SD390: 普通

SD490, SD590: 高強度主筋

SD785: 高強度せん断補強筋(1000N/mm<sup>2</sup>クラスも)

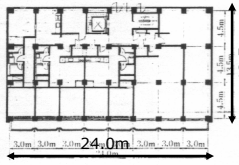
2018/1/17

RC建築の構造設計

8

## 鹿島建設椎名町アパート

- 1973年評定取得 1974年竣工
- わが国初の高層RC建物
- 地上18階(計画20階)最高高さ53.57m
- 純ラーメン、スパン3m×4.5m
- 外壁はPCカーテンウォール
- 戸境はコンクリートブロック



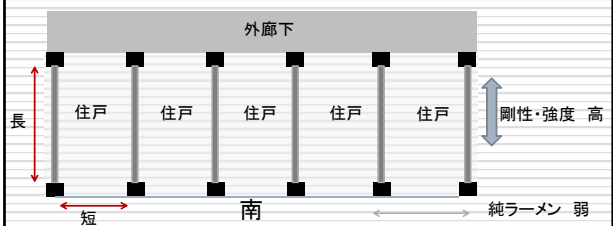
2018/1/17

図-1 椎名町アパート東西断の構造設計



9

## 集合住宅の典型的な平面

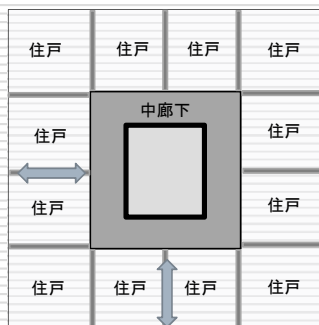


2018/1/17

RC建築の構造設計

10

## 高層住宅に見られる平面



高層になると...  
アスペクト比を大きくしないために、平面の1辺を長くする  
→一文字型の住戸の配置が難しくなる  
→中央コア型の住戸配置

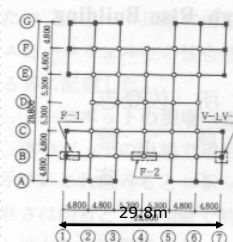
2018/1/17

RC建築の構造設計

11

## パークシティ新川崎(三井不動産)

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



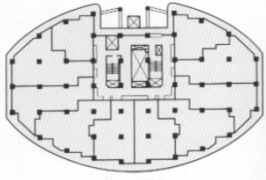
2018/1/17

RC建築の構造設計

12

## ザ・シーン城北(名古屋)

- 1996年竣工
- 地上45階、最高高さ160m
- わが国最高(～2002)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



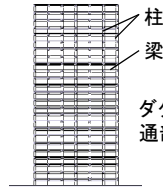
2018/1/17

中・低層階

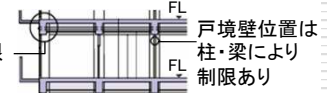
RC建築の構造設計

13

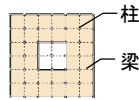
## 一般的なラーメン構造の問題



ダクト梁貫通部に制限



柱・梁のある従来の架構



柱・梁のある住戸空間

2018/1/17

RC建築の構造設計

14

## 最近の高層RC造建物の構造計画

柱梁のない空間ができれば

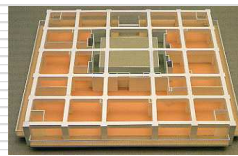
- 快適な空間
- 自由な間取り
- ライフサイクルへの対応が可能。ストック型社会への対応
  - 設備機器の取替え
  - 間取りの変更
- 事務所ビルにも使える
  - ↓
  - コア壁架構
  - チューブ架構

2018/1/17

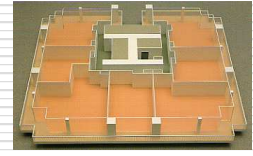
RC建築の構造設計

15

## 自由な平面計画を実現するための構造システム



ラーメン構造



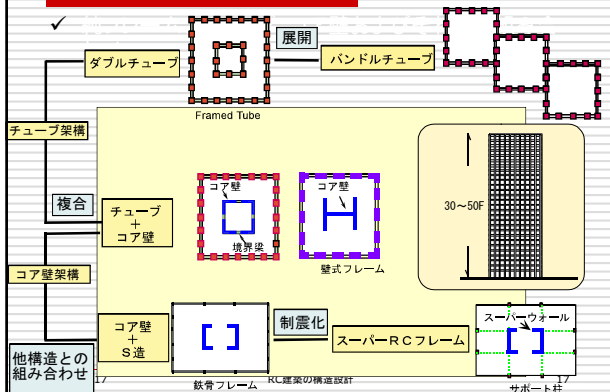
コア壁+周辺フレーム架構

2018/1/17

RC建築の構造設計

16

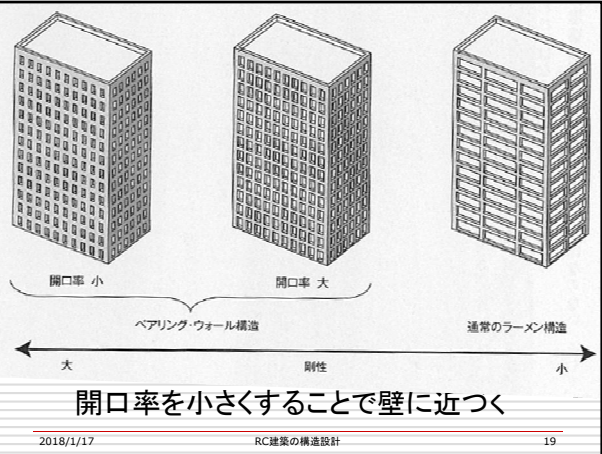
## 最近の高層RC造建物の構造計画



2018/1/17

RC建築の構造設計

17



2018/1/17

RC建築の構造設計

19

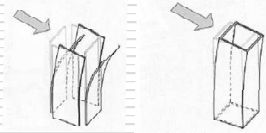
## チューブ構造の原理

- 一枚の平鋼よりもH型鋼や角型鋼管の方が剛性が高くなる



(a) 独立したペアリング・ウォール

(b) アープ構造



デヴィット・チェスナット・アパート  
37階建て RC造

2018/1/17

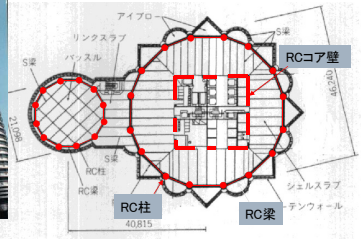
RC建築の構造設計



## チューブ構造



ペトロナスツインタワー  
88階建 451m



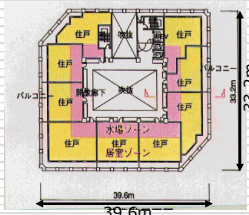
2018/1/17

RC建築の構造設計

21

## ディアマークタワー(鹿島)

- 2000年竣工
- 地上35階、最高高さ108.5m
- ダブルチューブ構造→  
外・内チューブ間は無梁空間



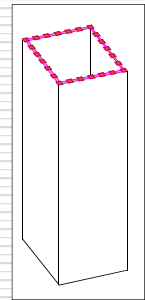
2018/1/17

RC建築の構造設計

22

## ディアマークタワー

- 「ダブルチューブ構造」: 外周に柱を狭い間隔(3.2m)で並べる
- 逆梁→眺望を良くする
- 短スパン→X形配筋梁
- PCa
- Fc60, SD490



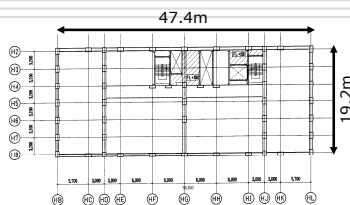
2018/1/17

RC建築の構造設計

23

## 虎ノ門タワーレジデンス(鹿島)

- 2006年竣工
- 41階、高さ147m、アスペクト比7.6
- 「チェインドチューブ」



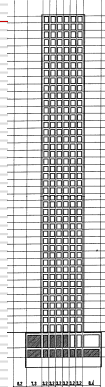
2018/1/17

RC建築の構造設計

24

## 虎ノ門タワーレジデンス

- 高アスペクト比 → 転倒モーメントで高軸力  
→ 1階の一部の柱にFc100を使用



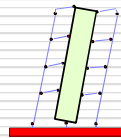
2018/1/17

RC建築の構造設計



## コア壁

- コア部分に柱を集めて耐震壁を配置して、集中的に地震力を負担させる
- 終局時に降伏許容→靱性が求められる  
→せん断破壊させない。圧縮応力が厳しい端部や隅角部を横筋で拘束



•コア壁の形状は、平面計画にあわせて様々  
•立体的にすると、強度・剛性が高くなる



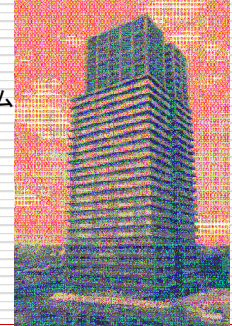
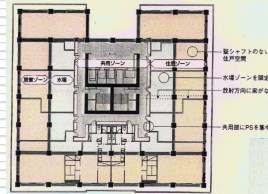
2018/1/17

RC建築の構造設計

27

## 南千住4丁目住宅(東京都住宅供給公社)

- 1999年竣工
- 地上33階、地下1階、最高高さ103.7m
- コア壁(内部は階段、エレベーター)と二重のフレーム



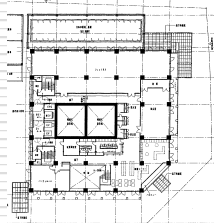
2018/1/17

RC建築の構造設計

28

## JR難波駅前住宅(近鉄不動産)

- 地上28階、高さ91m
- 「日」の字型のコア壁(内部は立体駐車場)



2018/1/17

RC建築の構造設計

29

## さらに柱・梁を減らし、自由度を高める構造システム

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

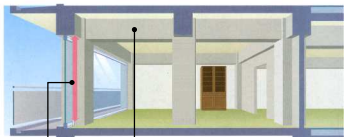
2018/1/17

RC建築の構造設計

30

## 柱・梁のない居住空間

● ラーメン構造



窓の高さは梁までが限界

壁位置を制限する大きい梁

● コア壁+フラットスラブ構法



採光のよい天井までの大きな窓も可能

壁位置に制限がなく撤去も移動も自由

2018/1/17

31

## 自由な間仕切りの配置→ライフサイクルへの対応



2018/1/17

RC建築の構造設計

32

### 立面計画の自由度向上

- 中二階やロフトで空間をタテに活かす

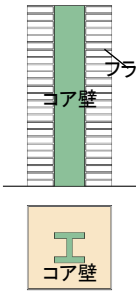
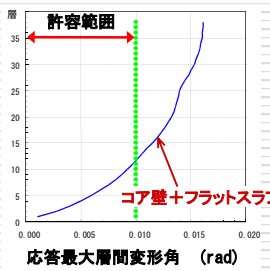


- 超高層メゾネット住宅



2018/1/17 RC建築の構造設計 33

### コア壁+フラットスラブの耐震性

層  
35  
30  
25  
20  
15  
10  
5  
0

許容範囲

コア壁+フラットスラブ

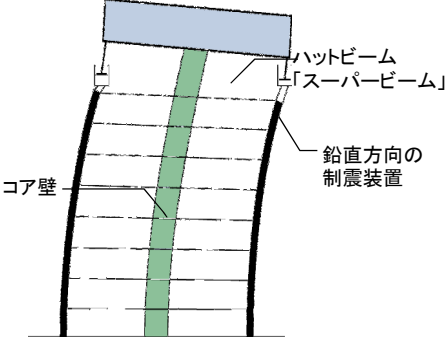
応答最大層間変形角 (rad)

極めて稀な地震動に対する応答  
クライテリアの1.6倍

柱・梁の無い空間

2018/1/17 RC建築の構造設計 34


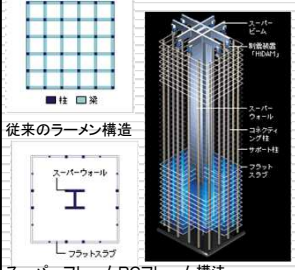
### ハットビーム+制振



2018/1/17 RC建築の構造設計 35

### クロスタワー大阪ベイ


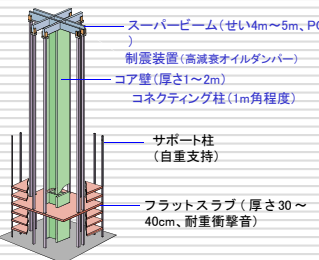
- 2006年竣工
- 高さ200m、54階建

2018/1/17 RC建築の構造設計

### 北浜タワー

- 2009年竣工
- 高さ209m、54階建

2018/1/17 RC建築の構造設計 38

### 大成建設札幌支店

- 耐震要素:  
外周壁  
(脚部に制振ダンパー)
- 平面中央  
ロングスパン梁の採用で無  
柱空間  
プレキャスト(PCa)・プレスト  
レストコンクリート(PC)梁



2018/1/17 RC建築の構造設計 39