

平成20年度建築基準整備促進補助金事業報告会

建築の耐震性能向上に関する検討調査

平成21年5月21日(木)

社団法人 日本建築構造技術者協会

# 建築の耐震性能向上に関する検討調査

## Ⅲ. 耐震性能の実情に関する検討調査

2. 既往の建築物の耐震性能向上の実状調査

3. 耐震性能設計の基本理念

4. 耐震性能の表示方法

5. 耐震性能を高めた場合のメリット

## Ⅳ. 長期及び風荷重に対する居住性能に関する検討調査

## Ⅴ. 性能設計向上のための方策

## Ⅵ. まとめと今後の課題

## 2. 既往の建築物の耐震性能向上の実状調査

免震・制震構造建物は、時刻歴応答解析により地震時の建物挙動を求めており、基準法のレベルより高い耐震性能グレードの性能設計が行われている。

### 免震建物

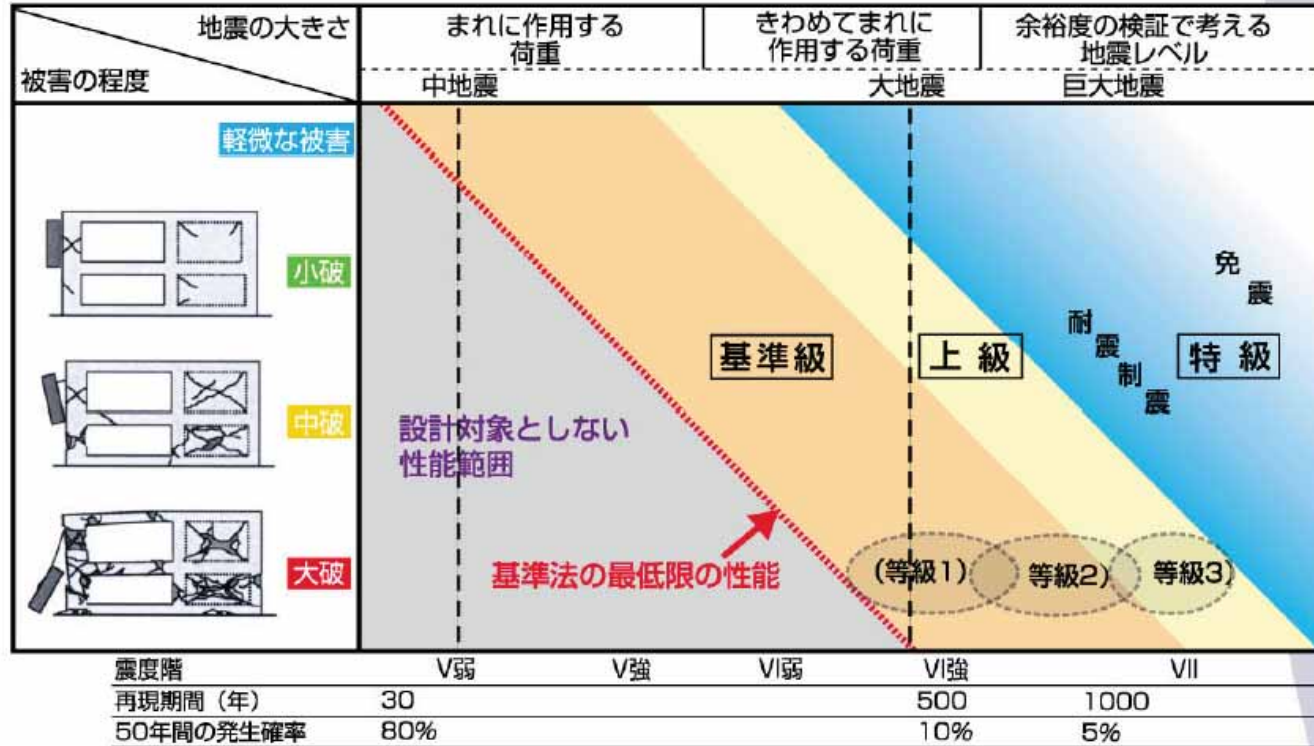
- 大地震時(レベル2地震動:L2)においても主要構造体は弾性範囲で設計されており、大幅な耐震性向上が図られている。
- 応答加速度は、レベル2地震動でも200gal以下が多く、ほとんどが300gal以下である。
- 層間変形角は、レベル2地震動では最大で1/171のものがあるが、ほとんどは1/200以下であり1/1000以下の建物も多い。

### 制振建物

- 応答加速度はレベル1地震動において300～400gal程度、レベル2地震動において400～800gal程度であり、免震建物の2～3倍程度。
- 層間変形角はレベル1地震動において、最大で1/164のものがあるが、ほとんどが1/220～1/300となっている。レベル2地震動においては、最大で1/97のものがあるが、ほとんどが1/120～1/180である。

# 3. 耐震性能設計の基本理念

建物の耐震性能グレードと被害・修復程度の関係



\* 地震荷重の再現期間、発生確率は、東京地区における例を示す。

\* ( ) 内は「住宅の品質確保の促進等に関する法律」の大地震時における耐震等級との対応関係を示す。但し厳密なものではない。

▲ 関東大震災 (東京大手町地区)

▲ 阪神・淡路大震災 (神戸三宮地区)

- 耐震性能グレードは「地震動の強さに対して、どの程度の被害に留めるか」によって定義。但し、「稀に作用する荷重(中地震)」と「極めて稀に作用する荷重(大地震)」の二段階の地震動に対する検証で代表させる。

## 4. 耐震性能の表示方法

- 性能グレードは、建築主の要求や用途に応じて、評価対象ごとに、あるいは機能やシステム毎に、それぞれ適切な建物の挙動・状態（機能維持の程度、被害の程度、修復の程度）を定めることで設定する。
- 性能グレードの表示は、性能評価項目ごとに、かつ、建物挙動、構造体（構造骨組、構造部材）ごとに性能グレードを評価し、それらを総合的に評価した性能グレードを総合評価として示す。かつ、建築主や使用者に説明するための建物全体としての機能維持の程度、被害の程度、修復の程度を記述する。

表 3.4.1 性能グレードの設定

## 性能グレードの設定の例示

|          |  |
|----------|--|
| 総合<br>評価 | 性能グレード：総合評価 <input type="checkbox"/> 級<br>建物挙動 <input type="checkbox"/> 級<br>構造体 <input type="checkbox"/> 級<br>それぞれの荷重レベルに対する建物全体の状態を説明する。 |
|----------|--|

| 対象              | 性能評価項目                        | 稀に作用する地震動              | 極稀に作用する地震動 | 安全限界<br>余裕度 | 安全限界値         | 性能グレード     |
|-----------------|-------------------------------|------------------------|------------|-------------|---------------|------------|
| 建物<br>挙動        | $R(\text{rad})$ ：層間変形角        |                        |            |             | 1/75          |            |
|                 | $\alpha (\text{m/s}^2)$ ：床加速度 |                        |            |             | 10.0          |            |
|                 | $v(\text{m/s})$ ：相対速度         |                        |            |             |               |            |
| 建物挙動の評価         |                               |                        |            |             |               |            |
| 構造体             | 構造骨組                          | $Q$ ：層せん断力             |            |             |               | $Q_u$      |
|                 |                               | $\mu$ ：層の塑性率           |            |             |               | $\mu_u$    |
|                 |                               | $\eta$ ：累積塑性変形倍率       |            |             |               | $\eta_u$   |
|                 |                               | $\gamma(\%)$ ：塑性ヒンジ発生率 |            |             |               | 100        |
|                 | 構造部材                          | $S$ ：部材応力              |            |             |               | $S_u$      |
|                 |                               | $\phi$ ：部材回転角          |            |             |               | $\phi_u$   |
|                 |                               | $\mu_m$ ：部材の塑性率        |            |             |               | $\mu_{mu}$ |
|                 | $\eta_m$ ：累積塑性変形倍率            |                        |            |             | $\eta_{mu}$   |            |
| 構造体の評価          |                               |                        |            |             |               |            |
| 免震・<br>制振<br>部材 | $\eta_d$ ：累積塑性変形倍率            |                        |            |             | $\eta_d$      |            |
|                 | $W_d$ ：エネルギー吸収量               |                        |            |             | $W_d$         |            |
|                 | $\delta_I$ ：アイソレータの変形         |                        |            |             | $\delta_I$    |            |
|                 | $\delta_{cr}$ ：免震クリアランス       |                        |            |             | $\delta_{cr}$ |            |
| 免震・制振部材の評価      |                               |                        |            |             |               |            |
| 建物全体の総合評価       |                               |                        |            |             |               |            |
| 非構造部材           |                               |                        |            |             |               |            |
| 設備機器            |                               |                        |            |             |               |            |
| 什器備品            |                               |                        |            |             |               |            |

## 5. 耐震性能を高めた場合のメリット

JSCA性能メニューは、建物機能の障害度・内外装も含めた被害の深刻度・修復の難易度に基づいて、総合的に耐震性能グレードを定めている。従って、耐震性能を高めた場合のメリットを建築主に説明する場合も、当メニューに基づいて合理的に説明することができる。

- 耐震グレードを高く設定すれば、地震時の損害額を低減でき、その効果は耐震性能グレードが高いほど大きくなる。
- 耐震性能グレードを高めれば、被災後の完全復旧に要する期間も短くなり、稼働率低下等による間接被害の低減に加えて、近年重要性を増しているBCM(Business Continuity Management, 事業継続管理)の観点からも非常に有効である。
- 耐震グレードを高く設定することで一般に初期の建設費はやや増えるが、地震を受けたときの修復費を考慮したライフサイクルコストは、耐震グレードが高いほど低く抑えられる。

## IV. 長期及び風荷重に対する居住性能に関する検討調査

2008年6月から8月にかけて、長期並びに風荷重に対する性能設計の現状に対するアンケート調査を実施。

日本建築学会: 居住性能評価指針2004年版 による性能評価  
床の鉛直振動に対する実情調査

- 目標性能のランクは、事務所でV-90相当～V-70相当が多い。
- 居住性能評価が行われている建物は、殆どがS造であり、性能ランクは多人数加振の場合を除きV-90以上の性能である。

風による水平振動に対する実情調査

- 居住性能評価が行われている建物は、高さ50m以上のS造か30階以上のRC造、SRC造の超高層建物で、性能ランクはH-50相当以上の性能であり、構造種別、建物用途による有意な差は見られない。
- アスペクト比が5以上の建物では、何らかの制振装置による風揺れ対策が行われている。



# 長期並びに風荷重に対する居住性能評価

「日本建築学会：建築物の振動に関する居住性能評価指針2004年版」の評価基準を採用

- 床の鉛直振動に対する性能目標値 加振条件は2人歩行を標準とする。

ランクⅠ(使用性Ⅰ相当):V-50

ランクⅡ(使用性Ⅱ相当):V-70

ランクⅢ(使用性Ⅲ相当):V-90

- 風による水平振動に対する性能目標値

ランクⅠ(使用性Ⅰ相当):H-30

ランクⅡ(使用性Ⅱ相当):H-50

ランクⅢ(使用性Ⅲ相当):H-70

# V. 性能設計向上のための方策

- 建築主の意識の向上のため「建築物の性能, 特に構造性能」について広く情報を提供し, 普及・啓蒙をする努力が必要であり, それは構造設計者によってのみ可能である。構造設計者の立場が構造性能の検証システムの中で明確となるシステムを作る必要がある。
- 社会が求める品質, 建築物の質の向上に関する社会への普及・啓蒙及び構造設計者自身の業務技術上の参考, 判断根拠, 実行のためのツールとなる情報・知識の体系の整備を行う必要がある。
- 設計実務者等に対し建物の高い品質を確保するための実務遂行能力の関連情報の提供と習得システムがまず必要である。そして, 関連情報化と習得システムをまとめ, 設計実務者等へ情報提供をする機会を作ることが必要である。
- 現状では, 法規に従った設計に関する評価システム, 関連保険システムは考えられているが, 建築の品質を向上するための設計図書に示された構造性能の内容と水準を評価するレビュー等, 第三者サービスのシステムは無く, 建築主にとって設計図書に示された品質を保証されることが確認できない。
- 建物の構造に関し最低限の品質を法律により確保されてきたが今後は「建築の質の向上」のためには, 構造技術者の団体であるJSCAの実質的活動, そして社会的意義付け, 定着のための公的機関および関係諸団体の支援が期待される。

## V. 今後の課題

- 構造体以外の非構造部材である内外装材, 建築設備機器・配管・配線などに加えて建物に収納される什器・備品などに対する評価手法の確立
- 構造体の応答値である加速度, 速度, 変位を作用する地震荷重と考えると, 非構造部材, 設備機器, 什器備品に対する性能評価項目を設定し, より実情にあった性能グレードを設定する必要がある。
- 設計で想定する地震動を上回る地震動の発生が懸念される現状から、より大きな地震動の襲来も想定した性能グレードの評価方法を考える必要がある。