# 中間階免震建物の簡易設計方法に関する基礎的研究 その2. 応答性能設計図表への適応

Fundamental research on the simple design method of intermediate story seismic isolation building utilizing

Part 2, The Seismic Performance Design Diagram

○青柳智<sup>1</sup>, 秦一平<sup>2</sup>, 黒瀬梨加<sup>1</sup> \*Satoshi Aoyagi<sup>1</sup>, Ippei Hata<sup>2</sup>, Rika Kurose<sup>1</sup>

This paper shows the design index considered influence of higher mode. As a reason for that the understructure is affected by the higher mode if the seismic isolation story set the upper floor. Furthermore, this paper shows the example of design using the its design index.

### 2.1. はじめに

その1では中間階免震を可能とする免震階の設定指 標を示した.その2では、その指標に下部構造の高次 モードの影響を反映させ、提案指標の拡張をはかると ともに、「応答性能設計図表を用いた免震設計方法」<sup>(1)</sup> の適用できる範囲における設計方法例を示す.

## 2.2. 中間階免震の設定指標の拡張

前報その1で提案した中間階免震の設定指標は、下 部構造の1次モードのみを対象として作成している. しかし免震階が上部階になるにつれ、下部構造の高次 モードが影響し、下部の応答が影響する懸念がある. さらに「応答性能設計図表を用いた中間階免震逆設計 方法」に適応するためには難しい.

そこで、その1で示した各モデルの時刻歴応答解析 を行い、設定した免震階にて各振動モードの影響を検 討し、1次モードのみで適用できる質量比の範囲を考 察する.

#### 2.2.1. 時刻歴応答解析結果の振動モード影響範囲

各モデル,各階に設定した免震階について,時刻歴 応答解析を行い,その応答変位波形をフーリエ解析に より4次モードまでの波形を抽出した.ここでは,41 層モデルの解析結果のみを Figure 2.1 に示す.

Figure 2.1 より,免震階が上階になるにつれ,かつ質 量比が小さくなるに従い,時刻歴応答解析結果と1次 モードのみの最大層変位に差が生じていることがわか る.そのため,41層モデルの場合は,④免震階12層 目までが,1次モードの応答が支配的であることがわ かる.この関係から,その1で示した中間階免震設定 指標図にその結果を示すとFigure2.2のような関係にな った.④の位置は,上部構造周期の2.5倍のグラフと 下部構造周期の8.0倍のグラフの交点を境界に高次モ ードの影響の有無が判断できる位置となる.よって, 質量比0.74までが,1次モードの影響のみで設計でき

1:日大理工・学部・建築 2:日大理工・教員・建築

る範囲となることから、本研究で提案する「応答性能 設計図表を用いた中間階免震逆設計方法」が適用でき る.



### 2.3. 中間階免震逆設計方法の設計例

# 2.3.1. モデルの設定

Figure 2.2 を用いて、「応答性能設計図表を用いた中間 階免震設計方法」の設計例を示す.対象モデルは Table 2.1 に示す 15 層モデルを用いる.15 層モデルの固有値 解析から1 次固有周期  $T_0=1.24$ (s)となった.

# 2.3.2. 上部構造及び下部構造の設定

| 14016 2.1 |       |         |          |
|-----------|-------|---------|----------|
| 設計例モデル諸元  |       |         |          |
| 層         | 質量    | 初期剛性    | 減衰係数     |
|           | (ton) | (kN/m)  | (kNs/m)  |
| 15        | 745.1 | 1293200 | 10220.16 |
| 14        | 749.8 | 1217800 | 9624.271 |
| 13        | 752.5 | 1512000 | 11949.33 |
| 12        | 755.3 | 1544600 | 12206.97 |
| 11        | 760   | 1547000 | 12225.94 |
| 10        | 762.7 | 1560300 | 12331.05 |
| 9         | 770.2 | 1594600 | 12602.12 |
| 8         | 770.2 | 1616700 | 12776.78 |
| 7         | 772.9 | 1640200 | 12962.5  |
| 6         | 775.7 | 1693300 | 13382.15 |
| 5         | 775.7 | 1689200 | 13349.74 |
| 4         | 778.4 | 1732400 | 13691.15 |
| 3         | 781.2 | 1805800 | 14271.23 |
| 2         | 781.2 | 2271800 | 17954.03 |
| 1         | 986.8 | 5607700 | 44317.64 |

免震層の質量 m<sub>iso</sub> は層質 量の3倍に設定する.粘性減 衰定数2%で剛性比例型と する.Figure 2.2より提案設 計方法の適用範囲から質量 比と周期比を決定する。今回 は質量比0.8,周期比3を選 定する.質量比0.8より4階 に免震階を設ける.また周期 比3より対象モデルの1次固

有周期  $T_0$ =1.24(s)を用いて(3.1)式から免震層等価周期  $T_{iso}$ を算出すると $T_{iso}$ =3.72(s)となる.また,免震層等価 周期より求めた等価剛性と免震層の質量  $m_{iso}$ から,免 震層を含む建物の固有周期  $T_{eq}$ =3.88(s)を固有値解析よ り求める.結果を Figure 2.3 に示す.



Figure 2.3 設計例モデル

### 2.3.3. 入力地震動の設定



地震波は BCJ-L2(75kine 基準化)とする. Figure 2.4 の応答スペクトルよ り,  $T_{eq}$ =3.88(s)から  $S_{v.40}$ =0.86(m/s) $_pS_{v40}$ =0.61 (m/s)となる. 目標クラ イテリアを免震層限界 変位  $D_{max}$ とし、0.35(m) と設定する.  $D_{40}$ =

0.36(m)より変位限界値 *D<sub>max</sub>/D<sub>40</sub>=*0.97 となる. 2.3.4. 応答性能設計図表より1次モード性能読取 Figure 2.5 の応答性能設計図表より決定した変位限界 値を満足する基準座標系パラメータのバイリニア係数  $p_d$ , 塑性率 $\mu_d$ , 粘性減衰定数 $h_0$ を決定する.



## 2.3.5. 免震層性能の決定

3.4.で読み取った値から(3.2)式,(3.3)式,(3.4)式,(3.5) 式,(3.6)式より免震層パラメータを計算する.

$$T_E = T_{eq} \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\mu_d}{1 + p_d(\mu_d - 1)}} - \sqrt{\frac{2}{1 + p_d}} \right\}$$
(3.2)

$$\omega = \frac{2\pi}{T_E} \qquad (3.3) \qquad c_0 = 2h_0\omega \cdot (m_s + m_{iso}) \qquad (3.5)$$

$$k_0 = \omega^2 \cdot (m_s + m_{iso})$$
 (3.4)  $x_e = \frac{D_{max}}{\mu_d}$  (3.6)

求めた免震層パラメータは弾性周期  $T_E$ =2.38(s),初期 剛 性  $k_0$  = 74799.95(kN/m), 粘 性 減 衰 係 数  $c_0$  = 11329.62(kNs/m),弾性限変形  $x_e$ =0.046(m)となる.

# 2.3.6. 解析結果



決定した免震層性能を用 いた時刻歴応答解析結果 を Figure 2.6 に示す. 目標 クライテリア以内に収ま っていることが確認でき た.

#### 2.4. まとめ

その2では、その1で作成した免震階の設定指標に高 次モードの影響を反映させた.また提案指標から「応 答性能設計図表を用いた免震設計方法」の適応できる 範囲の設計例を示しその有効性を示した.

### 2.5. 参考文献

 [1] 中山勝仁,秦一平他:「応答性能設計図表による免 震層逆設計法に関する基礎的研究その1,その2」,日
本建築学会大会学術講演会梗概集,B-2,pp.447-450,2012.9