

中間層免震構造物の逆位相問題に関する研究

その1 既往の研究のまとめ

Antiphase problem of intermediate layer isolated structure

Part1 Summary of past research

○5104 小池秀人², 古橋剛¹, 岩浅郁哉³
 *Hideto Koike², Takeshi Furuhashi¹, Ikuya Iwasa³

Abstract: Recently, the seismic isolated structure to secure the high earthquake resistance is focused. The seismic isolation structure can be categorized to the base isolation and the interlayer seismic isolation. The interlayer seismic isolated building has some benefits, but there are many unclear points. In this study, we will show the evaluation method of antiphase state, the analysis and experiment result and confirm the proposed design method from previous studies on interlayer seismic isolated structure.

1.1 研究背景

近年, 高い耐震性を確保できる免震構造に注目が集まっている. 免震構造は大きく分け, 基礎免震と中間層免震の2つに分類することができる. 中間層免震構造は, 深いピットを必要としないことや, 高層部のみ免震化できるなど, 基礎免震よりコスト的に有利になるというメリットを有しているため, 採用する事例が増加している. しかし不明な点が多い問題もある.

1.2 逆位相状態

現在, 免震構造物を設計するルートは平成 12 年建設省告示第 2009 号第 6 を用いた計算と時刻歴応答解析の 2 通りに分けられる. この 2 つの設計手順では設計用地震力を片側から加えたものに対して部材設計を行っているが, 実際には建物が同方向だけに变形しているだけでなく, 逆向きに変形する場合もある. これを既往の研究では, 逆位相状態としている.

1.3 評価指標の提案

逆位相状態は任意の層を i 層, その直上もしくは直下層を j 層として同時に考慮する必要がある. まず, 層せん断力 $Q(t)$ に着目する. さらに(1-1)式と(1-2)式に示すように, 最大応答値で除した値 $P_i(t)$, $P_j(t)$ を定義する. $P_i(t)$ 及び $P_j(t)$ は時間関数であり, Q の値を最大値もしくは最小値で除すことにより最大値を 1 もしくは最小値を -1 に基準化した値である.

$$P_i(t) = \frac{Q_i(t)}{\max(\text{ABS}(Q_j(t)))} \quad (1-1)$$

$$P_j(t) = \frac{Q_j(t)}{\max(\text{ABS}(Q_j(t)))} \quad (1-2)$$

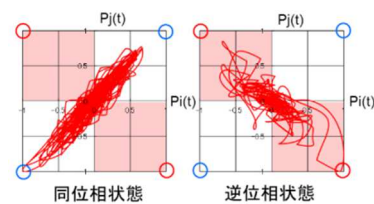


Figure1-1 Pi(t)-Pj(t)graph

1.4 解析検討と実験検討

解析検討では, 7 質点系のせん断型質点モデルを基本構造モデルとして用いており, 免震層を 3 層から 6 層まで設置した場合の検討を行っている. また, 免震層のパラメータを変化させた場合の全 160 通りを考えている. さらに, 入力地震波は 8 波に対して解析を行っている. Figure1-2 には, 1.3 で示した評価指標を用いた結果の表記について示す.

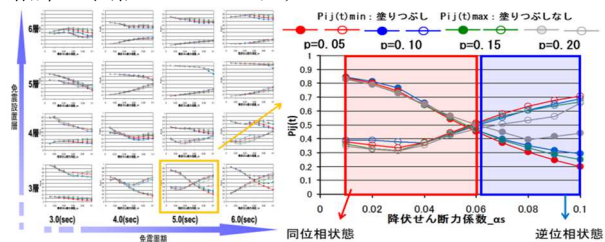


Figure1-2 Notation method using proposal of evaluation index

Figure1-2に示した評価指標を用いて逆位相状態が起こっているのか判断したグラフをまとめ, 縦軸に免震設置層別に並べ, 横軸に免震周期別に並べる. その処理を全地震動に行ったものを Figure1-3 に示す.

	EL Centro	TAFT	Hachinohe	BCJ L2	JMA Kobe	JR Takatori	告示波 Kobe位相	告示波 Takatori位相
免震層上部	[Grid]	[Grid]	[Grid]	[Grid]	[Grid]	[Grid]	[Grid]	[Grid]
免震層下部	[Grid]	[Grid]	[Grid]	[Grid]	[Grid]	[Grid]	[Grid]	[Grid]

Figure1-3 Analysis result of all of the earthquake ground motion

Figure1-3ように白色を同位相状態, 灰色を2つが混在しているもの, 黒色を逆位相状態としている。

- 1.免震層と直上階の間には逆位相問題が発生しない
- 2.パラメータにとって免震層と直上階の間には逆位相問題が発生する。
- 3.バイリニア係数による影響が少ない
- 4.免震層の位置が高いほど逆位相問題が起こりやすい
- 5.パルス性の強い地震波では逆位相問題が起きやすい

次に実験検討では, 逆位相問題が発生しやすいとされる免震周期が長いモデルと起こりにくいとされる短い振動試験体を作成し, 挙動の把握を行い解析検討と比較する. その際, JMA KOBE 1995 NSを使用する. その結果をFigure1-4に示す.

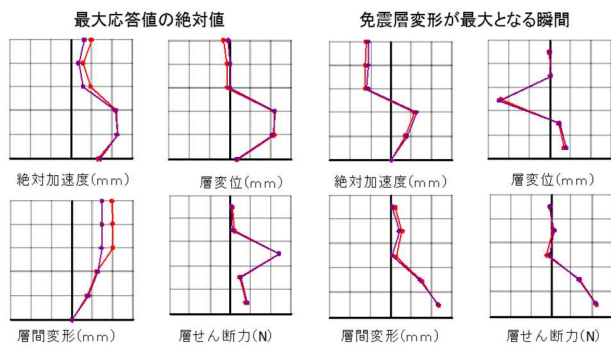


Figure1-4 Comparison the results of analysis and experimental study

Figure1-4から層変位と層間変形に着目すると逆位相問題が発生していることがわかる. 解析値と実験値の比較ではそこまで大きな誤差がでてないことから実験は概ね正しいといえる結果が出ている.

1.4 地震時応力を考慮した設計手法の提案

免震層の諸元を変化させた中間層免震構造物のモデルを作成し, それらのモデルに対して様々な地震動を入力することで, 中間層免震構造物に生じる地震時応力を確認する. また, その最大地震時応力と現行の設計により算出される設計応力を比較することで, 現行の設計が安全側の設計になっているかどうか示す.

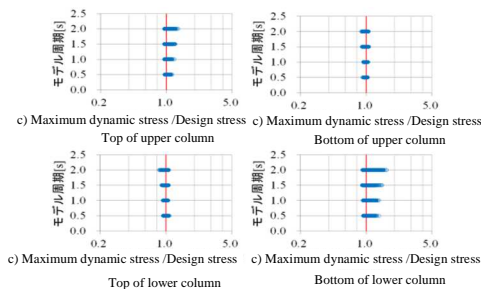


Figure1-5 Column maximum dynamic stress /Design stress

Figure1-5 は中間層免震モデルにおける, 部材およびモデル周期(縦軸)ごとに, 設計応力にたいする最

大地震時応力の倍率をプロットしたグラフである. また, 赤線より左側は安全側, 右側は危険側であることを示している.

はじめに, 直上柱脚・直下柱頭に注目すると, モデル周期に関係なく, プロットが赤線付近に集中しており, 設計応力と同程度の地震時応力しか生じていないことが分かる. 次に, 直上柱頭・直下柱脚に着目すると, プロットが右側に集中しており, モデル周期が長いほど倍率が上昇し, 設計応力を超えて地震時応力が生じていることが分かる. そのため, 現行の中間層免震構造物の設計は危険側の設計となっていると言える.

以上よりすべての倍率を満足するように設定した割増率の式を提案する.

$$\alpha_1 = 1.1 + 0.2T \quad (1-3) \quad \alpha_2 = 1.1 \quad (1-4)$$

$$\alpha_3 = 1.1 \quad (1-5) \quad \alpha_4 = 1.3 + 0.2T \quad (1-6)$$

α_1 直上柱頭の割増率 α_2 直上柱脚の割増率
 α_3 直下柱頭の割増率 α_4 直下柱脚の割増率
 T 建物の周期
 ①提案式より算出できる割増率を設計の地震力応力に乗じる
 ②地震力応力とP- Δ 応力を絶対値をとって足し合わせる

割増率を採用した結果を Figure1-6 に示す.

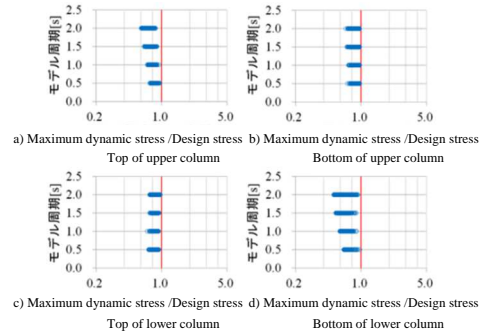


Figure1-6 Column maximum dynamic stress /Design stress (Increase factor)

1.5 まとめ

本報その1では, 中間層免震構造物の各部材に生じる地震時応力を解析的に確認することで現行の中間層免震構造物の設計が危険側であることを示した.

また, 危険側の設計となる原因を明らかにして, 地震時応力を考慮した設計手法の提案を行い, 有効性を確認した.

1.6 参考文献

- [1]平成25年度 登坂遼太郎 修士論文 「中間層免震構造物の地震時応力に関する研究」
- [2]平成26年度 伊川大貴 卒業論文 「中間層免震構造物の逆位相問題に関する研究」
- [3]平 29 年度 岩浅郁哉, 鹿野明弘, 飯田真広 「中間層免震構造物の逆位相問題に関する研究」