B-21

# 免震層梁の剛比と P-Δモーメントによる変形に関する研究 地震時応力を考慮した設計への適用

# A Study on the deformation due to stiffness ratio of seismic isolation layer beams and the P-Δ moment Application to the design that Considered Stresses during an Earthquake

○高野恵介<sup>2</sup>, 古橋剛<sup>1</sup>, 落合勝久<sup>3</sup>

\*Keisuke Takano<sup>2</sup>, Takeshi Furuhashi<sup>1</sup>, Katsuhisa Ochiai<sup>3</sup>

In this paper, we check the displacement due to the P- $\Delta$  effect of the Mid-story isolation structures. It is revealed that displacement is not negligible as compared to the seismic force displacement.

#### 1. はじめに

現行の中間層免震構造物の設計では、時刻歴応答解 析により全時間の地震応答を確認しているが、部材設 計に関しては、設計応力が動的な応力を考慮できてい るかは不明確である.この問題に対し、既往の研究<sup>[1]</sup> により地震時の動的な応力を考慮した設計手法が提案 されているが、  $P-\Delta$ モーメントによる変位は考慮され ておらず変位が増大する危険性がある.

そこで、本研究では地震力と P-Δ モーメントによる 変位を比較し確認する.また、P-Δ モーメントによっ て変位が増大した場合には P-Δ モーメントによる変位 を考慮した設計手法を提案する.さらに、既往の研究 において指摘されている、動的な応力が考慮されてい ない問題についても提案設計手法が有効か検討する.

2. 検討手順

①中間層免震構造物の質点系モデルに対して、地震動
を入力し、時刻歴応答解析を行うことで、最大層せ
ん断力及び最大免震層変形を算出する.
②最大層せん断力及び最大免震層変形より地震力及
び <b>P-</b> Δ モーメントの値を算出する.
③②より求めた地震力とP-ムモーメントをフレームモ
デルに付与して、各変位の倍率を確認する。

3. 検討モデル

## 3-1 モデル諸元

Figure1, Table1, Table2 に示す9 層せん断型モデル を基本モデルとする. このモデルに対して3 層,5 層 を Table3 に示すパラメーターの免震層に変化させるこ とで中間層免震構造のモデルを構築する. また,部材 減衰は上部・下部構造でそれぞれ1%とする(Table4, Table5). さらに,変位を算出する際のフレームモデル については, Figure2 a) b), Table6 に示す魚骨モデルを 用いる. ここで,地震力による変位を地震力変位, P-Δ モーメントによる変位を P-Δ 変位と定義する.

#### 3-2 入力地震動

入力地震動は設計で一般的に用いられる El Centro 1940 NS, Taft 1952 EW, Hachinohe 1968 NS の 3 波を使 用する.最大速度を 50kine に基準化することでレベル 2 と同程度の地震規模を想定する.



rabieo inparetaria quante motion						
ł	断面(mm)	ヤング係数(N/mm²)	せん断弾性係数(N/mm²)			
	700×700	21682.07	0024 10			
	350×700		9054.19			

Table7 Input earthquake motion					
地震動	El Centro 1940 NS	Taft 1952 EW	Hachinohe1968 NS		
最大加速度(cm/s²)	507.78	513.54	357.57		
最大速度(cm/s)	50.00	50.00	50.00		
最大変位(cm)	17.18	14.65	24.33		

1:日大理工・教員・建築 2:日大理工・学部・建築 3:前・日大理工・学部・建築

梁

### 4. 検討結果

時刻歴応答解析から各点で最大になる倍率をプロット化したグラフを Figure3 に示す. これより P-Δ 変位は 無視できない倍率であることが分かる.



5. 免震層梁の剛比と変位の大きさの関係

現行の設計では P-Δ 変位が考慮されていないが実際 には無視できない大きさであることを示した.そこで, 免震層梁の剛比を大きくしていくことで、P-Δ 変位を 考慮した設計手法を以下に提案する.

①式 5-1~5-2、Figure4 に従い免震層梁のkを求める.
②式 5-3 に従いをを大きくしていき、免震層梁の剛比
を決定する.
③新たな免震層梁を用いて解析を行い倍率(P-Δ変位
/地震力変位)を確認する.

提案設計手法を用いて解析を行い、全通りをプロットしたグラフを Figure5 に示す. Figure5 から免震層梁の剛比を大きくすれば、P- $\Delta$ 変位を抑えられることが分かる. そのため、P- $\Delta$ 変位を抑えるのに提案設計手法は有効な方法だと言える.



6. 免震層梁の剛比と地震時応力の関係

無視できない大きさの P-Δ 変位を抑えるのに免震層 梁の剛比を大きくする提案設計手法の有効性を示した. 次に,この手法で地震時応力が設計応力を上回り危険 側となる問題も解決できるか検討を行う.応力を算出 する際のフレームモデルを Figure6 に示す.

Figure7 は既往の研究<sup>III</sup>において示された最大地震時 応力と設計応力の倍率をプロット化したグラフである. Figure7 から特に危険側となる直上柱脚と直下柱頭の 中で2~5倍になる諸元を採用し, $\overline{k}$ ごとに解析を行う. 解析結果を Figure8 に示す. Figure8 から上部構造と下 部構造でそれぞれ, $\overline{k}=5$ 、 $\overline{k}=2$ にすれば安全側になるこ とが分かる.ゆえに,提案設計手法は地震時応力が設 計応力を上回り危険側となってしまう問題においても 有効な方法であることが言える.



7.まとめ

本研究では中間層免震構造物の P-Δ 変位を確認し, 地震力変位と比べて無視できない大きさであることを 明らかにした.以上の問題を解決するために,免震層 梁の剛比を大きくしていく設計手法を提案し,P-Δ 変 位を抑えることができた.さらに、既往の研究<sup>[1]</sup>にお いて地震時応力が設計応力を上回り危険側となってし まう問題についても提案設計手法を用いて解決し,本 研究の提案設計手法の有効性を示した.

- 8. 参考文献
- [1] 登坂遼太郎、古橋剛ら:中間層免震構造物の地震
  時応力に関する研究、2014年度日本建築学会大会
  (近畿)学術講演会
- [2] 日本建築学会関東支部:免震・制震構造の設計学 びやすい構造設計