

## 制震建物に作用する外力分布に関する検討 Seismic Load on Retrofitted Building by Energy Dissipation System

○村上航太<sup>1</sup>, 北嶋圭二<sup>2</sup>, 中西三和<sup>2</sup>, 安達洋<sup>3</sup>

\*Murakami Kota<sup>1</sup>, Kitajima Keiji<sup>2</sup>, Nakanishi Mitsukazu<sup>2</sup>, Adachi Hiromi<sup>3</sup>

Abstract: This study is concerned with the seismic retrofit design method by the equivalent linearization method. This report shows the results of consideration on seismic load on retrofitted building by energy dissipation system and a seismic retrofit design study by the seismic load for a 6-story RC building.

### 1. はじめに

従来の制震建物の設計では、目標性能を満足するための制震ダンパー量を、時刻歴応答解析により試行錯誤的に決定するのが一般的である。そのような背景から、近年、制震建物を合理的に設計する方法についての研究が行われている。先行研究<sup>[1]~[3]</sup>では、等価線形化法による制震補強設計法を提案し、その適用性について確認している。

現在、本制震設計法は、制震建物に作用する外力分布に  $A_i$  分布に基づく外力分布を用いて設計を行っている。 $A_i$  分布に基づく外力分布は、震度逆三角形分布と頂部集中荷重を足し合わせたような分布<sup>[4]</sup>であるが、制震化に伴う減衰性能の向上により、上層の振れが小さくなり頂部の集中荷重が小さくなることが予想される (Fig.1)。したがって、より合理的な制震設計には、減衰性能が外力分布に与える影響を把握することが重要になる<sup>[5]</sup>。

そこで、本研究は、制震化に伴う外力分布の変化を把握することを目的とし、制震建物に作用する外力分布について時刻歴応答解析を用いて検討する。

### 2. 検討対象建物および解析概要

検討対象建物は、参考文献[2]に記載した6階建て既存RC造建物で、梁曲げ降伏先行の全体崩壊形を形成し、その際のベースシア係数は  $C_B=0.30$  の建物である。建物の基準階伏図および軸組図を Fig.2 に示す。なお、本検討で用いる制震ダンパーは、ブレース型弾塑性ダ

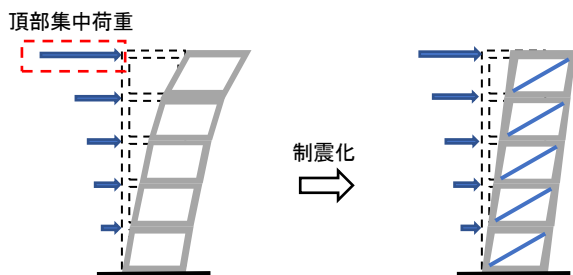


Fig.1 Seismic Load on Retrofitted Building

ンパーとする。

静的増分解析および時刻歴応答解析は、「RESP-D」<sup>[6]</sup>を用いて行い、部材の解析モデルは、柱をファイバーモデル、梁を材端剛塑性ばねモデルとし、ブレース型弾塑性ダンパーはトラスモデル(ノーマルバイリニア)とした。時刻歴応答解析に用いる検討用地震動は地動最大速度を 50cm/sec に基準化した観測波 3 波を用いた。検討用地震動の諸元を Table1 に示す。

### 3. 制震構造の概要

制震建物の目標性能を大地震後に継続利用できることとし、目標層間変形角を 1/150rad に設定し、先行研究で提案している制震設計法<sup>[3]</sup>にならない補強設計を行った。必要ベースシア係数 ( $r_{CB}$ ) の算定結果を Table2 に、各層の制震ダンパー量の算定結果を Table3 に示す。各層の制震ダンパー量は、ダンパー塑性率  $\mu_d$  を 8 と仮定して算定した結果である。なお、制震建物の時刻歴応答解析では、各層にダンパーを 12 本ずつ配置した。

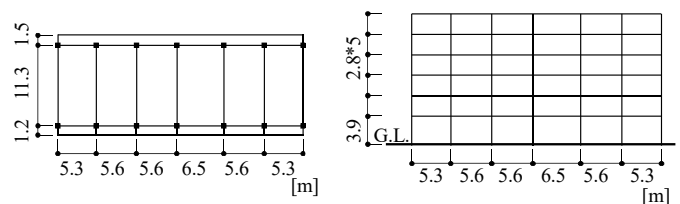


Fig.2 Standard floor plan and Framing elevation

Table1 Input maximum earthquake motions

| 名称                | 継続時間  | 最大加速度                  | 最大速度     |
|-------------------|-------|------------------------|----------|
|                   | [sec] | [cm/sec <sup>2</sup> ] | [cm/sec] |
| 1940 ELCENTRO-NS  | 54    | 510                    | 50       |
| 1952 TAFT-EW      | 54    | 497                    | 50       |
| 1968 HACHINOHE-NS | 234   | 352                    | 50       |

Table3 Damper shear force

| 階 | 各層のダンパー量 [kN] |
|---|---------------|
| 6 | 934           |
| 5 | 1,842         |
| 4 | 2,581         |
| 3 | 3,056         |
| 2 | 3,410         |
| 1 | 3,528         |

Table2 Required base shear coefficient

|                     |      |
|---------------------|------|
| 必要減衰性能 $h$          | 0.24 |
| 必要付加減衰量 $h_d$       | 0.19 |
| 制震ダンパー必要量 $Q_d/Q_f$ | 0.43 |
| ベースシア係数 $C_B$       | 0.28 |
| 必要ベースシア係数 $r_{CB}$  | 0.40 |

#### 4. 制震建物に作用する外力分布

無補強建物および制震建物の時刻歴応答解析で得られた各層の最大層せん断力から建物に作用する外力を算定し、算定した各階の外力を2階の外力で基準化した分布とAi分布に基づく外力分布を比較する(Fig.3)。なお、無補強建物の外力分布は、制震建物の最大変形レベル(層間変形角1/150rad)と同じ変形レベルに到達した際の最大層せん断力から算定する。Ai分布に基づく外力分布の2階に対するR階の増幅率は2.5であった。無補強建物に作用する検討用地震動3波の外力分布は、R階の増幅率が1.7~2.9と地震波によってばらつきが見られる。各階の分布も同様に地震波ごとにばらつきがある。一方、制震建物のR階の増幅率は、地震波ごとのばらつきは少なく1.6程度であり、分布も地震波ごとの差は少なく安定している。また、Ai分布に基づく外力分布と比較して、6階までは似た分布になっており、R階では頂部集中の傾向が生じていないことがわかる。

以上より、制震建物に作用する外力分布は、Ai分布に基づく外力分布から頂部集中荷重をなくしたような分布になることが確認できた。

#### 5. 制震建物の層せん断力係数分布を用いた制震設計

本章では、先行研究で提案している制震設計法で求めた縮約1自由度系のダンパー量を各層に振り分ける際に、前章で示した外力分布(層せん断力係数分布)を用いた場合の制震建物の応答について検討を行う。本検討では、制震建物の必要減衰性能を算定する際に採用したELCENTRO波の外力を対象に設計を行う。ダンパー量は(1)式を用いて算定し、式中の $C_i/C_B$ をELCENTRO波に対する層せん断力係数分布として求めた。なお、必要ベースシア係数( $rC_B$ )はTable2に示した0.40を用いる。

$$Q_{di} = W_i \cdot rC_B \cdot C_i/C_B - Q_{fi} \quad (1)$$

$W_i$ : 各階負担重量,  $C_i/C_B$ : 層せん断力係数分布,  
 $Q_{fi}$ : 主架構の層せん断力

Fig.4に制震ダンパー量の算定結果、Fig.5に最大応答層間変形角の時刻歴応答解析結果を示す。青線で示すELCENTRO波に対する層せん断力係数分布で算定したダンパー量は、赤線で示すAi分布で設計したダンパー量と比較して、上層のダンパー量が少ない。これは、ELCENTRO波に対する層せん断力係数分布の上層の値がAi分布より小さいため制震建物全体の層せん断力が小さく算定されたからである。ELCENTRO波に対する層せん断力係数分布で設計した建物は、上層のダンパー量が少ないため、変形が少し大きくなった。

#### 6. まとめ

- ・6階建てRC造の制震建物を対象とした時刻歴応答解析結果より、制震建物に作用する外力分布が、Ai分布に基づく外力分布から頂部集中荷重をなくしたような分布になることを確認した。
- ・Ai分布を用いて設計した制震建物は、上層の変形が極端に小さくなるという課題があったが、頂部集中荷重をなくした時刻歴応答解析結果より求めた外力分布で設計することで改善された。しかし、その程度は小さく、さらなる検討が必要である。

#### 7. 参考文献

- [1] 歌田, 北嶋ほか: 等価線形化法による既存中層RC造系建物の制震補強設計法, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.2, pp.7-12, 2017.7
- [2] 亙, 北嶋ほか: 等価線形化法による制震構造設計法に関する研究 その5~6, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp655-658, 2020.9
- [3] 亙, 北嶋ほか: 等価線形化法による制震構造設計法に関する研究 その7~9, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp479-484, 2021.9
- [4] 石山祐二: Ai分布の誕生とその経緯, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp183-194, 1992.8
- [5] 笠井, 大木, 下田: 減衰がせん断力係数分布へ及ぼす影響に関する基礎的研究 その1~2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp255-258, 2006.9
- [6] 構造計画研究所: RESP-Dマニュアル

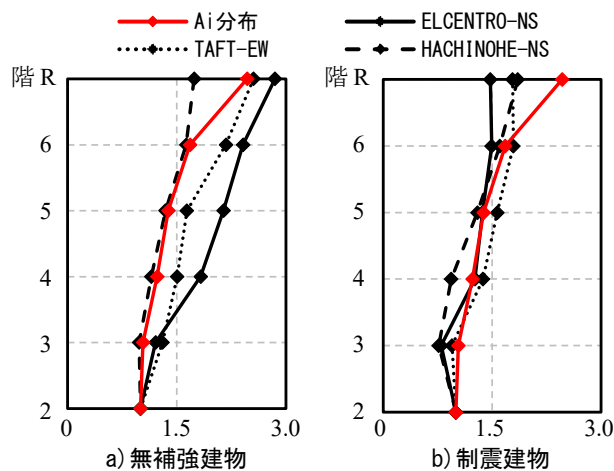


Fig.3 Seismic load distribution

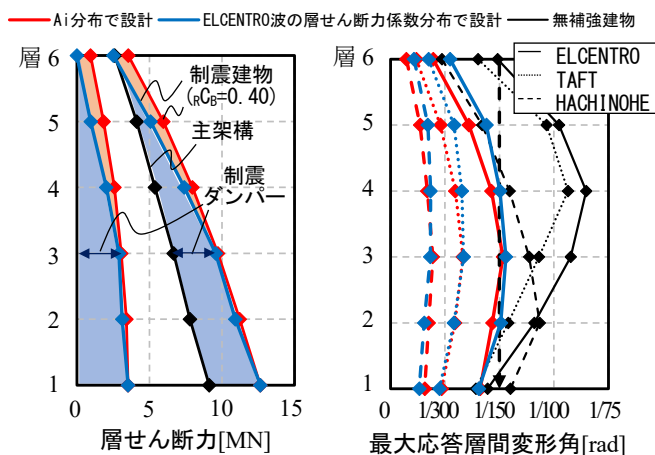


Fig.4 Damper shear force

Fig.5 Maximum story drift angle