

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	降伏変位の異なる二種類の履歴型ダンパーを組合せた制振構造の等価繰返し数の検討
Title(English)	Study on Number of Equivalent Repetitions of Vibration Control Building with Hysteretic Dampers having two types of yield displacement
著者(和文)	木村真峻, 北村春幸, 佐藤大樹, 松田頼征, 山口路夫, 脇田直弥, 綿貫雄太, 山口慎吾
Authors(English)	Masatoshi Kimura, Haruyuki Kitamura, Daiki Sato, Yoriyuki MATSUDA, Michio Yamaguchi, Naoya WAKITA, Yuta WATANUKI, Shingo Yamaguchi
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 145-146
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 145-146
発行日 / Pub. date	2017, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

降伏変位の異なる二種類の履歴型ダンパーを組合せた制振構造の等価繰返し数の検討

制振構造 鋼構造建物 履歴減衰型ダンパー  
時刻歴応答解析 エネルギーの釣合

正会員○ 木村 真峻\*1 同 北村 春幸\*1 同 佐藤 大樹\*2  
同 松田 頼征\*1 同 山口 路夫\*3 同 脇田 直弥\*3  
同 綿貫 雄太\*3 同 山口 慎吾\*3

1. はじめに

既報<sup>1)</sup>では、大地震に対する安全性の確保のみならず、中小地震による主架構の損傷を軽減することの出来る制振構造として、鋼材ダンパーと摩擦ダンパーを併用した制振構造に着目し、その応答評価を目的とした、エネルギーの釣合いに基づく応答評価法<sup>2)</sup>(以降、エネルギー法)の適用方法を検討した。応答評価の精度の向上を考える。エネルギー法において最大変形応答を累積変形応答と結びつける量として等価繰返し数がある<sup>2)</sup>。また、せん断力比は変形抑制効果の主因子となり得るとして、せん断力比を主要パラメータとして変形応答は整理されてきた<sup>2)</sup>。2種類のダンパーを設置した制振構造のせん断力比は、降伏変形の大きいダンパーが弾性を維持する場合と降伏する場合で異なるため、条件ごとの検討の必要性が示唆される。本報では、2種類のダンパーの等価繰返し数のせん断力比との関係を時刻歴応答解析より検討する。

2. 解析条件

検討対象建物は、8階建て鋼構造建物<sup>3)</sup>を長辺方向に2スパン増やした建物とする。図1, 2に基準階伏図および軸組図を示す。建物高さ4.0m×8層=32.0m, 長辺方向6.4m×7スパン=44.8m, 短辺方向16.0m+8.0m=24.0mである。表1に部材断面一覧を示す。標準せん断力係数 $C_0=0.2$ に対し、許容応力度設計を行った。本報の解析では、長辺方向を検討対象とし、剛床を仮定、主架構は弾性とする。構造減衰は、主架構の1次固有周期 $f_1T_1=1.44$ sに対し、減衰定数 $h=0.02$ となる剛性比例型とした。制振部材は、履歴型の摩擦ダンパーと鋼材ダンパーを対象とする。鋼材ダンパーは、Y3通りのX2~X3間とX6~X7間に、2基ずつの計4基を全層に配置する。摩擦ダンパーはY3通りのX4~X5間に、各層で2基配置する。第1層の両ダンパーの降伏層せん断力は、建物の総重量 $W$ に第1層の両ダンパーの降伏せん断力係数を乗じ定める。本報では、 ${}_{s1}\alpha_{y1}=0.01\sim0.10$ ,  ${}_{s2}\alpha_{y1}=0.01\sim0.10$ (0.01刻み)を対象とする。両ダンパーを設置する場合、ダンパーの組み合わせは ${}_{s1}\alpha_{y1}+{}_{s2}\alpha_{y1}=0.02\sim0.08$ (0.01刻み)を対象とする。上層部における両ダンパーの降伏層せん断力は、第1層のダンパーの降伏層せん断力に、 $A_i$ 分布に基づくせん断力比を乗じることで決定した。摩擦ダンパーの滑り出し変形角 ${}_{s1}R_y$ は1/2000, 1/1000, 1/500, 鋼材ダンパーの降伏変形角 ${}_{s2}R_y$ は1/500, 1/300, 1/200で検討する。時刻歴応答解析に用いる入力地震動はレベル2を想定し、コーナー周期 $T_c=0.64$ s以降の領域で擬似速度応答スペクトル ${}_{p}S_v=80$ cm/s( $h=0.05$ )が一定となる、位相特性がHACHINOHE 1968EWの模擬地震動を用いる。以降、ARTHACHI80と呼ぶ。図3(a), (b)にARTHACHI80の擬似速度応答スペクトル ${}_{p}S_v$ と、エネルギースペク

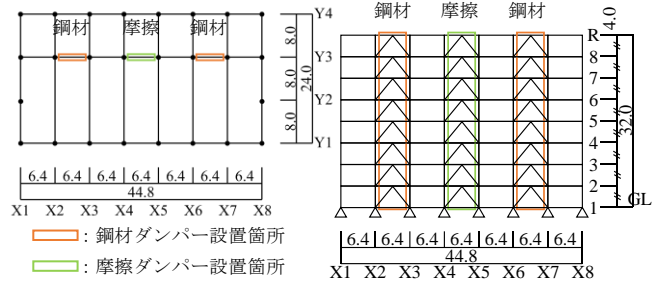


図1 基準階伏図 (m) 図2 Y3 通り軸組図 (m)

表1 部材断面一覧

梁(長辺方向)	H-600×200×12×14 ~ H-600×200×12×25
梁(短辺方向)	H-600×200×12×14 ~ H-800×250×12×25
柱	□-400×400×16×16 ~ □-400×400×45×45

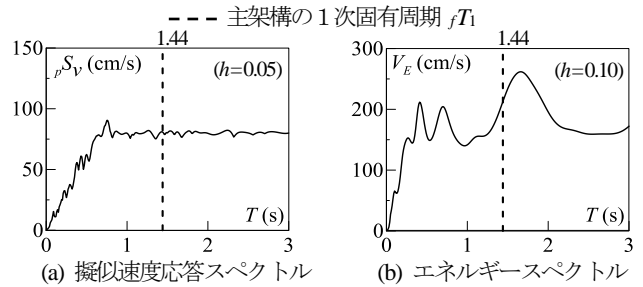


図3 入力地震動のスペクトル (ARTHACHI80)

トル $V_E$ をそれぞれ示す。また、地震動レベルのパラメータとして、同じ位相特性で、擬似速度応答スペクトル ${}_{p}S_v=40, 120, 160$ cm/s( $h=0.05$ )となる地震動を採用し、検討を行う。

3. せん断力比と等価繰返し数に関する検討

1種類のダンパーを設置した制振構造のせん断力比は、柔要素である主架構と剛要素であるダンパーの負担せん断力の比であるため下式による。

$${}_{p0s1}r_{q1} = \frac{f Q_{max1}}{s1 Q_{y1}}, \quad {}_{p0s2}r_{q1} = \frac{f Q_{max1}}{s2 Q_{y1}} \quad (1),(2)$$

ここで、 ${}_{p0s1}r_{q1}$ : 摩擦ダンパーのみの制振構造のせん断力比,  ${}_{p0s2}r_{q1}$ : 鋼材ダンパーのみの制振構造のせん断力比,  $f Q_{max1}$ : 第1層の主架構の最大層せん断力,  $s1 Q_{y1}$ : 第1層の摩擦ダンパーの降伏層せん断力,  $s2 Q_{y1}$ : 第1層の鋼材ダンパーの降伏層せん断力を示す。

一方、2種類のダンパーを設置した制振構造のせん断力比も、柔要素と剛要素の比より求められる。鋼材ダンパーが弾性を維持するとき、鋼材ダンパーは柔要素となる。鋼材ダンパーが塑性化していないケースをp1ケースと呼び、鋼材ダンパーが塑性化し剛要素となるケ

Study on Number of Equivalent Repetitions of Vibration Control Building with Hysteretic Dampers having two types of yield displacement.

Masatoshi KIMURA, Haruyuki KITAMURA, Daiki SATO  
Yoriyuki MATSUDA, Michio YAMAGUCHI, Naoya WAKITA  
Yuta WATANUKI, Shingo YAMAGUCHI

ースを p2 ケースと呼ぶ。両ケースのせん断力比はそれぞれ次式で表現される。

$$p_{1s}r_{q1} = \frac{f Q_{\max 1} + s_2 Q_{\max 1}}{s_1 Q_{y1}}, \quad p_{2s}r_{q1} = \frac{f Q_{\max 1}}{s_1 Q_{y1} + s_2 Q_{y1}} \quad (3),(4)$$

ここで、 $p_{1s}r_{q1}$  : p1 ケース時のせん断力比、 $p_{2s}r_{q1}$  : p2 ケース時のせん断力比、 $s_2 Q_{\max 1}$  : 第1層における鋼材ダンパーの最大負担層せん断力を示す。また、1種類のダンパーを設置した制振構造の制振部材が塑性化しているケースを p0 ケースと呼ぶ。

図4に $s_1 R_y = 1/1000$ を使用したモデルのせん断力比と第1層の摩擦ダンパーの等価繰返し数の関係を鋼材ダンパーの降伏層間変形角 $s_2 R_y$ 、第1層の摩擦ダンパーの塑性率 $s_1 \mu_1$ ごとに示す。第1層のダンパーの塑性率は、第1層の最大層間変形からダンパーの降伏変形を除いた値とする。なお入力レベルに比べダンパー量が小さいモデル、入力レベルに比べ塑性歪エネルギーが少ないモデルは制振構造の等価繰返し数の評価に適していないため除外する。図4(a)~(c)より、摩擦ダンパーの等価繰返し数は、併用した鋼材ダンパーのダンパー量、降伏変形により変化することが分かる。また、p0 ケースは他のケースよりせん断力比が大きい場合でも等価繰返し数は小さい傾向がある。摩擦ダンパーの塑性率が4以下のモデルでせん断力比が大きく等価繰返し数が小さいモデルがある。これは、鋼材ダンパーが弾性を維持したため、せん断力比の算出に式(3)を用いたため、せん断力比が大きくなった。しかし、等価繰返し数のばらつきと比べると鋼材ダンパーの併用による影響は小さく、摩擦ダンパーの等価繰返し数は概ね2以上である。最大でせん断力比は16程度となり、摩擦ダンパーの等価繰返し数は2~16程度となった。図5に $s_2 R_y = 1/300$ を使用した

モデルのせん断力比と第1層の鋼材ダンパーの等価繰返し数の関係を、摩擦ダンパーの降伏層間変形角 $s_1 R_y$ 、第1層の鋼材ダンパーの塑性率 $s_2 \mu_1$ ごとに示す。図5より、摩擦ダンパーと同様に鋼材ダンパーの等価繰返し数は、併用した摩擦ダンパーのダンパー量、降伏変形により変化することが確認できる。しかし、等価繰返し数のばらつきと比べると鋼材ダンパーの併用による影響は小さいと言える。せん断力比は最大で16程度となり、等価繰返し数は1~7程度となった。図4、5より、塑性率が大きいモデルはダンパーの等価繰返し数、せん断力比も大きい傾向があることが分かる。

#### 4. まとめ

降伏変位の異なる2種類の履歴型ダンパーを設置した制振構造の両ダンパーの等価繰返し数の傾向を時刻歴応答解析により示した。両ダンパーの等価繰返し数はダンパーの降伏変位、降伏耐力の変化による影響を受けるが、等価繰返し数のばらつきと比べ併用による影響は小さいと言える。

#### 謝辞

本研究は、新日鉄住金エンジニアリング株式会社・東京理科大学北村研究室・東京工業大学佐藤研究室によるエネルギー法研究会の成果の一部である。ここに記して感謝致します。

#### 参考文献

- 1) 木村真峻, 北村春幸, 佐藤大樹, 佐藤利昭, 有間雄太, 佐藤玄太, 山小路夫, 脇田直弥, 綿貫雄太: 降伏変位の異なる二種類の履歴型ダンパーを組合せた制振構造のエネルギーの釣合いに基づく応答評価法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.743-744, 2016.8
- 2) 秋山宏: エネルギーの釣合いに基づく建築物の耐震設計, 技法堂出版, 1999.11
- 3) 北村春幸, 宮内洋二, 福島順一, 深田良雄, 森伸之: 性能設計における性能判断基準値に関する研究-時刻歴応答解析による JSCA 耐震性能メニューの検証-, 日本建築学会構造論文集, 第576号, pp.47-54, 2004.2

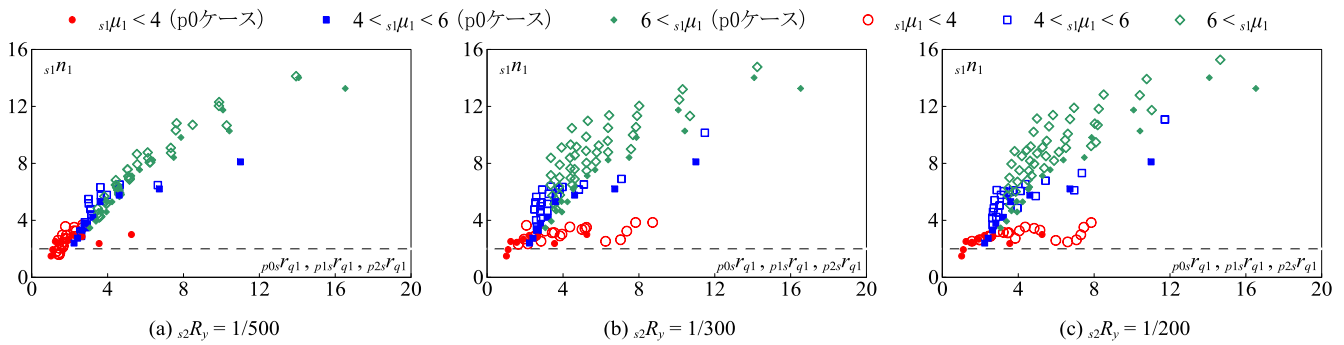


図4 せん断力比と第1層における摩擦ダンパーの等価繰返し数の関係 ( $s_1 R_y = 1/1000$ )

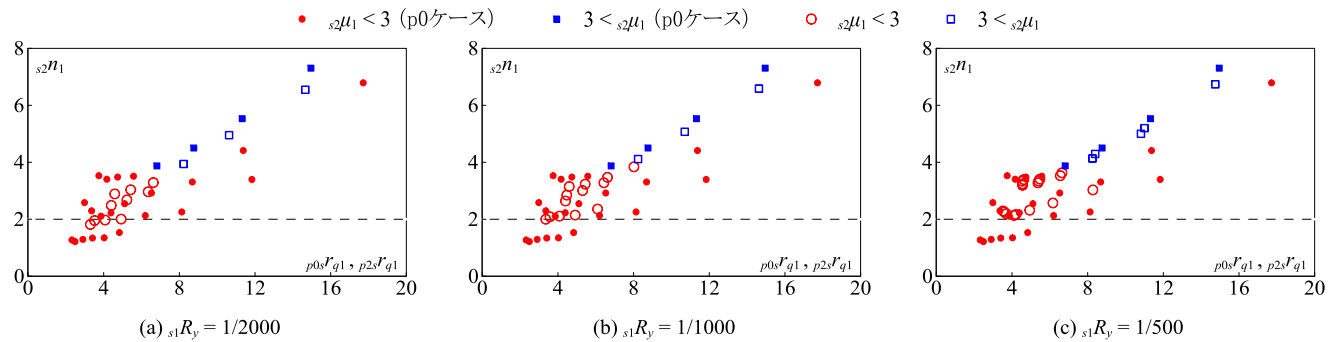


図5 せん断力比と第1層における鋼材ダンパーの等価繰返し数の関係 ( $s_2 R_y = 1/300$ )

\*1 東京理科大学 \*2 東京工業大学  
\*3 新日鉄住金エンジニアリング

\*1 Tokyo University of Science \*2 Tokyo Institute of Technology  
\*3 Nippon Steel & Sumikin Engineering Co, Ltd