

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	間柱型粘弾性ダンパーの長周期地震動に対する性能評価 その1 間柱型粘弾性ダンパーを組み込んだ超高層建物モデルの応答性状
Title(English)	Performance Evaluation of a Stud-Type Viscoelastic Damper under Long-Period Ground Motion Part 1 Response characteristics of a super high-rise building model with stud-type viscoelastic damper
著者(和文)	戸張涼太, 佐藤大樹, 太木本仁志, 安永隼平, 植木卓也
Authors(English)	Ryota Tobar, Daiki Sato, Hitoshi Takimoto, Jumpei Yasunaga, Takuya Ueki
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 735-736
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 735-736
発行日 / Pub. date	2019, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

間柱型粘弾性ダンパーの長周期地震動に対する性能評価

その1 間柱型粘弾性ダンパーを組み込んだ超高層建物モデルの応答性状

制振構造
長周期地震動

間柱型
超高層建物

粘弾性ダンパー

正会員 ○戸張涼太*1 同 佐藤大樹*2
同 太木本仁志*2 同 安永隼平*3
同 植木卓也*3

1.はじめに

近年、長周期地震動への関心が高まっており、超高層建物は大きな損傷を受けることが予想される。その対策として建物内に制振部材であるダンパーを設置することで、地震エネルギーを吸収し、主架構の損傷を抑える制振構造の需要が高まっている。本報では間柱型粘弾性ダンパー（以下、粘弾性ダンパー）を対象とする。粘弾性ダンパーは微小な変化にも効果を発揮し、風応答にも有効であることが知られている。間柱型は配置の自由度が高く、ブレース型に比べ、開口部を多くとれるなど、空間を有効に利用することが可能である。しかし、一般的に粘弾性ダンパーは、長周期地震動による多数回の繰返し加振により、その特性が変化することが懸念される。そこで、本研究では特性変化を考慮した間柱型粘弾性ダンパーの設計手法を構築することを目的とする。

本報その1ではその第一段階として、多数回の繰返しによる特性変化を考慮しない粘弾性ダンパーを組み込んだ建物モデルに長周期地震動を入力した時の応答性状を把握する。

2.建物モデル概要

検討対象建物は、鉄骨造 50階建の事務所ビルとする^{1),2)}。部材断面は標準せん断力係数 $C_0 = 0.2$ の設計用地震力に対して許容応力度設計を行い決定している。Fig.1(a)に検討建物モデルの軸組図、Fig.1(b)に基準階伏図、Table 1に架構部材の主要断面を示す。階高は1階 5.5 m、2~50階 4 mとする。軸組図の赤線、基準階伏図の赤丸は粘弾性ダンパーの設置位置を示す。主架構のみを Frame model、ダンパーを組み込んだモデルを D2 と呼ぶ。D2 には 640 基のダンパーを

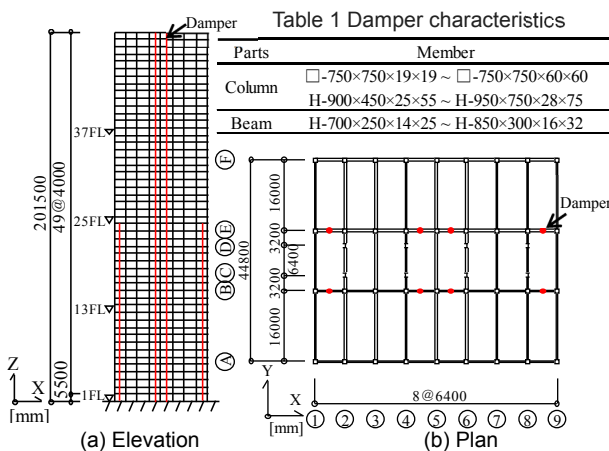


Fig.1 Elevation and Plan views [unit : mm]

設置し、ダンパー量 $v\alpha_{d1}$ は 0.6% となる ($v\alpha_{d1}$ の定義は後述する)。解析には RESP-D を用いる。基礎はモデル化せず、柱脚は固定としている。YC, YD 通りの柱は長期応力を負担しないこととする。剛性増大率 ϕ は片側、両側スラブ共に X 方向は 1.3, Y 方向は 1.5 とする。各階では剛床を仮定した。構造減衰は主架構のみのモデル (Frame model) の 1 次固有周期に対して減衰定数 $\zeta = 0.02$ となる初期剛性比例型とする。ダンパーの支持柱と梁の接合部の剛域は評価しない。本報では、X 方向を解析対象とする。主架構のみのモデル (Frame model) の総重量 W は 806039 kN, 1 次固有周期は 7.38 s となった。

3.ダンパー概要

3.1 ダンパーモデル

本報で用いるダンパーを Fig.2 に示す。支持柱および粘弾性パネルの諸元を Table 2 に示す。1 つの粘弾性体のサイズは $A = 484 \times 484 \text{ mm}^2$, 厚さ $d = 25 \text{ mm}$ で 2 つの粘弾性パネルが連なっている。上下の支持部材は H 形鋼からなり寸法は H-1100 × 300 × 16 × 28 とする。ダンパーの解析モデルは文献 3) に示すものを用いた。なお本報ではダンパーの重量もモデル化している。

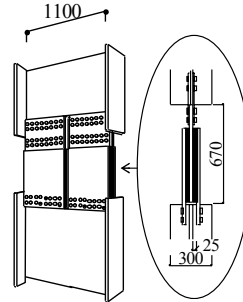


Fig.2 Viscoelastic Damper [unit : mm]

Table 2 Damper characteristics

Type	Double
Number of faces	2
Cross-sectional area	A [mm ²] 468,512
Rubber thickness	d [mm] 25
Ambient temperature	[°C] 20
Damper height	[mm] 670
Cross section of support member	[mm] H-1100×300×16×28

3.2 ダンパー量の定義

ダンパー量 $v\alpha_{d1}$ はダンパー1基あたりの切片荷重 Q_d を求め (後述), それに第1層のダンパーの設置基数 sN_{d1} を掛けたものを、建物の総重量 W で除して求めた (式 (1))。

$$v\alpha_{d1} = Q_d \cdot sN_{d1} / W \tag{1}$$

本報では $v\alpha_{d1}$ を算出する際のダンパーの切片荷重 Q_d を第1層において層間変形角 $R = 1/100$, ダンパーの実効変形比 $v\beta_e = 1$, つまりせん断ひずみ $\gamma_d = 2.06$ と定義し、式 (2) で算出する⁴⁾。

$$Q_d = uK_{eq}H\gamma_d \tag{2}$$

ここで u はひずみに依存した降伏荷重特性比であり、式 (3) で表される。

$$u(\gamma_d) = 0.4028 + 0.05580 \gamma_d - 0.008300 \gamma_d^2 - 0.003300 \gamma_d^3 \quad (3)$$

また、 K_{eq} は等価水平剛性であり、式(4)で表される。

$$K_{eq} = A G_{eq} / d \quad (4)$$

ここで、 G_{eq} はせん断弾性率であり、式(5)で表される。

$$G_{eq}(\gamma_d) = 0.641(0.42960 + 2.6355 e^{-\gamma_d/0.65317} + 5.5626 e^{-\gamma_d/0.10130}) \quad (5)$$

4. 入力地震動概要

入力地震動には海溝型地震に分類される1968年の十勝沖地震における HACHINOHE EW 成分(以降、この模擬波を ART HACHI と呼ぶ)と基盤促波である OS1, OS2 の3波を採用する。Fig.3(a)~(c)に加速度波形を、Fig.4(a), (b)に擬似速度応答スペクトル $\rho S_v(\zeta = 5\%)$, エネルギースペクトル $V_E(\zeta = 10\%)$ を示す。建物モデルの1次固有周期(7.38s)付近において、OS1 および OS2 がレベル2相当の地震動である ART HACHI より大きな値となる地震動であることが分かる。

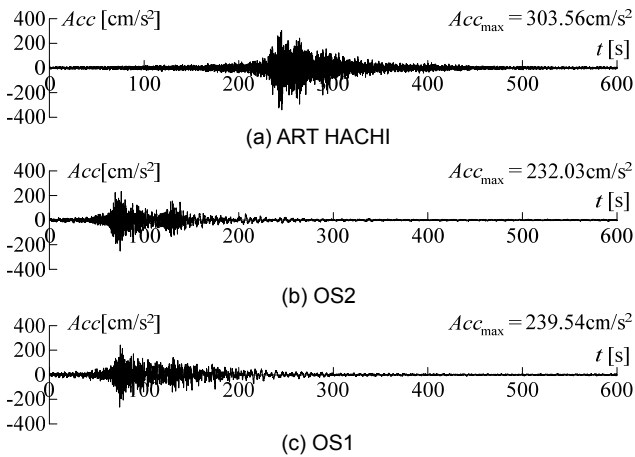


Fig.3 Acceleration time history

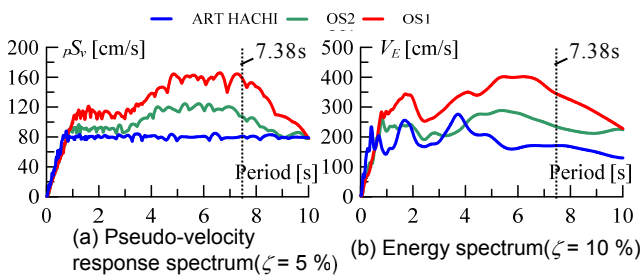


Fig.4 Earthquake spectra

5. 時刻歴応答解析

5.1 最大応答値

解析は全て主架構が弾性で行う。解析時間刻みは Frame model では $\Delta t = 0.01s$, D2 では $\Delta t = 0.0025s$ とした。Fig.5(a)~(c)に Frame model, D2 に ART HACHI, OS2, OS1 を入力した時の応答値の高さ方向分布を示す。(a)は最大層間変形角, (b)は最大応答加速度, (c)は最大層せん断力である。Fig.5(a)より、最大層間変形角について ART HACHI 入力時、Frame model では 0.01rad よりわずかに大きくなり、OS1 入力時は Frame model

で 0.024rad, D2 では 0.014rad と約 1/2 に低減された。Fig.5(b)より、最大応答加速度は ART HACHI, OS2, OS1 の全てで頂部の応答が Frame model より D2の方が小さくなった。Fig.5(c)より、Frame model に対して D2 の最大層せん断力は ART HACHI で約 0.87倍, OS2 で約 0.75倍, OS1 で約 0.69倍に低減された。

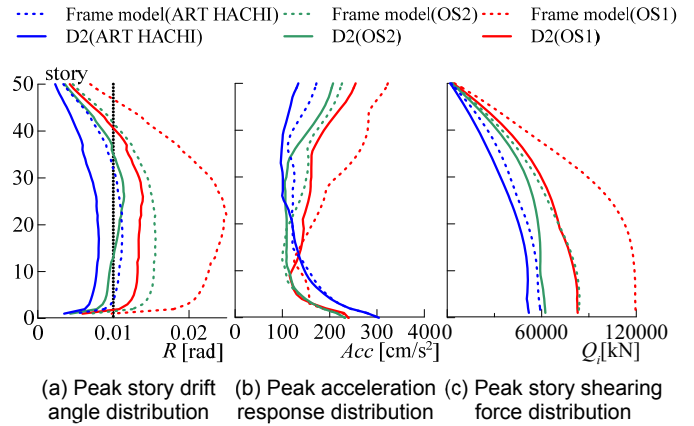


Fig.5 Peak story responses

5.2 ダンパー累積値

Fig.6(a), (b)に D2 の粘弾性ダンパー1基あたりのエネルギー吸収量 w_d およびダンパーの実効変形比 (=ダンパーの最大変形/最大層間変形) $v_d \beta_e$ の高さ方向分布を示す。ここでダンパーは YB 通りの X4, X5 の間にあるダンパーを代表して取り出す。Fig.7 に地震終了時の構造減衰 (Damping) による吸収エネルギーと粘弾性ダンパーによるエネルギー配分を示す。Fig.6(a), (b)より ART HACHI, OS2, OS1 の順にダンパーのエネルギー吸収量, 実効変形比とも大きくなることを確認できる。Fig.7 より、ART HACHI, OS2, OS1 の順に総エネルギー吸収量 W が大きくなっている。これは Fig.4(b) のエネルギースペクトルからも確認できる。ダンパーのエネルギー吸収量の割合は ART HACHI, OS2, OS1 で 45%~52% で大きく変わらなかった。

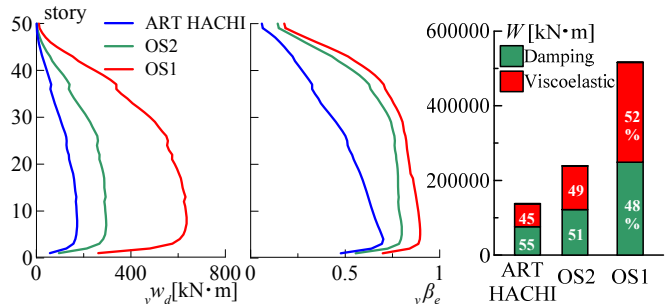


Fig.6 Story distribution of damper per one unit
Fig.7 Energy distribution

6. まとめ

本報その1では多数回の繰り返しによる特性変化を考慮しない粘弾性ダンパーを組み込んだ建物モデルに長周期地震動を入力した時の応答性状を確認した。

*1 JFE シビル 株式会社
*2 東京工業大学
*3 JFE スチール 株式会社

*1 JFE Civil Engineering & Construction Corporation
*2 Tokyo Institute of Technology
*3 JFE Steel Corporation