T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

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2 多数回正弦波加振実験による特性変化の検討
Title(English)	Performance Evaluation of a Stud-Type Viscoelastic Damper under Long-Period Ground Motion Part 2 Examination of dynamic property decrement through sinusoidal loading experiments
著者(和文)	安永隼平, 佐藤大樹, 太木本仁志, 戸張涼太, 植木卓也
Authors(English)	Jumpei Yasunaga, Daiki Sato, Hitoshi Takimoto, Ryota Tobari, Takuya Ueki
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 737-738
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 737-738
発行日 / Pub. date	2019, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（北陸） 2019 年 9 月

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 2　多数回正弦波加振実験による特性変化の検討

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

制振構造　間柱型　粘弾性ダンパー
長周期地震動　超高層建物

1.はじめに

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。

本報その 2 では正弦波での粘弾性ダンパー加振実験を行い，繰り返し加振によるダンパーの特性変化の傾向を確認する。

2.計測計画

2.1 試験体・計測概要

試験体および計測箇所を Fig.1 に示す。試験体である間柱型粘弾性ダンパーは実大サイズで 4 体用いる。粘弾性体のサイズは A = 484×484 mm^2，厚さ d = 25 mm とする。周囲の治具に熱が移動しないように，粘弾性パネルと上下取付具との接合部に 9 mm の断熱板を介して高力ボルト接合している。計測箇所は水平，鉛直変位に加え，粘弾性パネル内部の温度および雰囲気温度とする。粘弾性パネル内部の温度（T1~T2）は，粘弾性パネルを上下に 4 等分する位置を 3 点（パネル中央部とその±121 mm の点）計測する。本試験において支持柱部の温度（T3, T5）は断熱の効果により，温度上昇していないことを確認している。荷重，変位，ひずみのサンプリング周波数は 50 Hz, 温度は 1 Hz とする。

2.2 加振概要

Table 1 に載荷条件を示す。載荷は正弦波による動的載荷とし，振動数は 0.1 Hz, 0.33 Hz, 2 Hz, ひずみは 50%, 100%, 200%, 300%を想定し，各組合せを網羅するように載荷条件を定める。また，サイクル数は累積変形が 10 m 程度となるように設定する。試験体 D を用いた加振実験は本報その 3 で用いる。また，加振開始時の温度も示す。ダンパーの温度は粘弾性パネル中央（T1b）の値である。

3.ダンパー特性値の算出方法

粘弾性ダンパーのストローク （パネルのせん断変形）u_d は式(1)より求める。

$$u_d = x_1 - x_2 - \frac{y_2 - y_1}{894}\cdot 405 - \frac{y_4 - y_3}{440}\cdot 330 \qquad (1)$$

ダンパー力 F_d はアクチュエータの荷重とする。ダンパーのせん断応力度 τ_d はダンパー力 F_d を粘弾性体断面積 A (= 234256 mm^2)で除して求める（式(2)）。

$$\tau_d = \frac{F_d}{A} \qquad (2)$$

ダンパーのひずみ γ_d はパネルのせん断変形 u_d をパネル厚さ d で除して求める（式(3)）。

$$\gamma_d = \frac{u_d}{d} \qquad (3)$$

1 サイクルごとのダンパーのせん断応力度の最大値 $\tau_{d\ max}$ およびエネルギー密度 Ω を式(4), (5)より求める。なお，エネルギー密度に半波 1 および各載荷条件の最後の 1 サイクルは含まない。

$$\tau_{d\max}^{[n]} = \frac{\left|\tau_{d,\max}^{\langle 2n\rangle}\right| + \left|\tau_{d,\max}^{\langle 2n+1\rangle}\right|}{2} \qquad (4)$$

$$\Omega^{[n]} = \sum_{i=1}^{N_D} \frac{\left(\tau_d^{(i)} + \tau_d^{(i+1)}\right)\cdot\left(\gamma_d^{(i+1)} - \gamma_d^{(i)}\right)}{2} \qquad (5)$$

N_D は 1 サイクルのデータ数である。n サイクルのダンパーのせん断応力度の最大値は，Fig.2 のように計測直後の 1 つ目の半波を除いた半波 2n と半波 2n+1 の絶対値の平均値より算出している（ただし n≧1 とする）。また，エネルギー密度 は 1 サイクルごとのダンパーのせん断力-ひずみ関係の履歴の面積より算出している。なお，（）はステップ，〈 〉は半波，［ ］はサイクルを意味する。本報では，等価せん

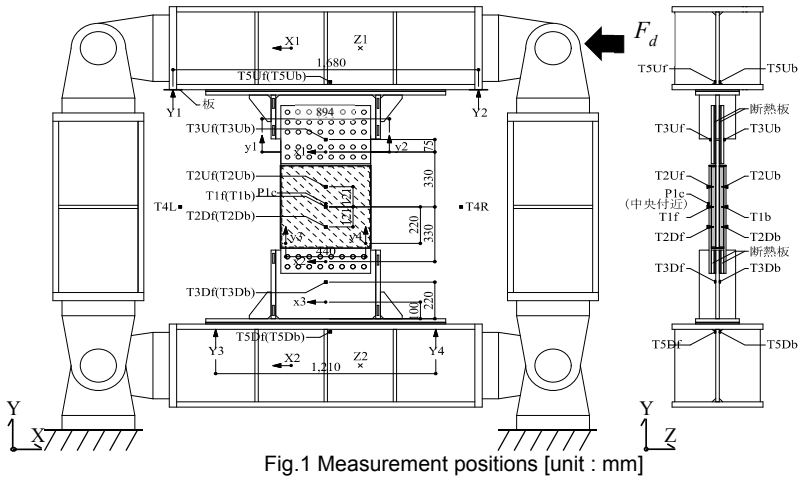


Fig.1 Measurement positions [unit : mm]

Table 1 Experiment parameters

Specimen	Frequency [Hz]	Strain [%]	Cycles [-]	Initial temperature [°C]
A	0.1	50	200	19.3
		100	100	27.9
		200	50	30.4
		300	34	18.2
B	0.33	50	200	19.7
		100	100	29.9
		200	50	30.7
		300	34	30.3
C	2	50	200	19.6
		100	40	26.3
		200	10	29.1
D	0.15	123	21	17.6
	OS1 Response wave			22.9
	0.15	60	23	23.9
	OS2 Response wave			23.4

Performance Evaluation of a Stud-Type Viscoelastic Damper under Long-Period Ground Motion
Part 2 Examination of dynamic property decrement through sinusoidal loading experiments

Yasunaga Jumpei, Sato Daiki, Takimoto Hitoshi, Tobari Ryota, Ueki Takuya

断弾性率 G_{eq}，等価減衰定数 H_{eq} をダンパーの特性値と呼び，それぞれ式 (6), (7)より求める。以降はダンパーの特性値に着目し，長時間の繰り返しによる変化について検討を行う。

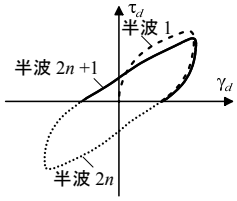


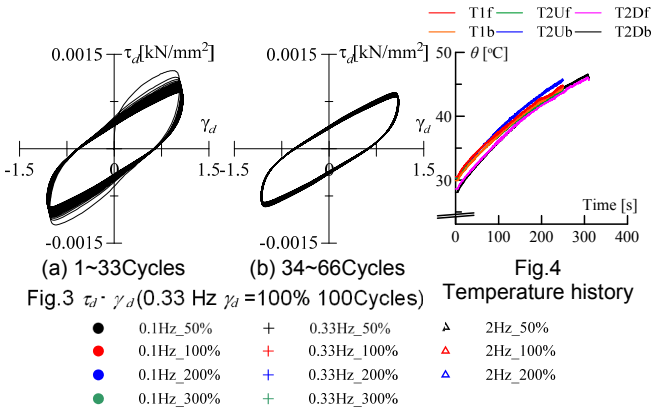
Fig.2 Definition of half wave

$$G_{eq}^{[n]} = \frac{\left|\tau_{d,\max}^{\langle 2n\rangle}\right| + \left|\tau_{d,\max}^{\langle 2n+1\rangle}\right|}{\left|\gamma_{d,\max}^{\langle 2n\rangle}\right| + \left|\gamma_{d,\max}^{\langle 2n+1\rangle}\right|} \tag{6}$$

$$H_{eq}^{[n]} = \frac{\Omega^{[n]}}{\pi \cdot G_{eq}\left(\dfrac{\left|\gamma_{d,\max}^{\langle 2n\rangle}\right| + \left|\gamma_{d,\max}^{\langle 2n+1\rangle}\right|}{2}\right)} \tag{7}$$

4.加振実験結果

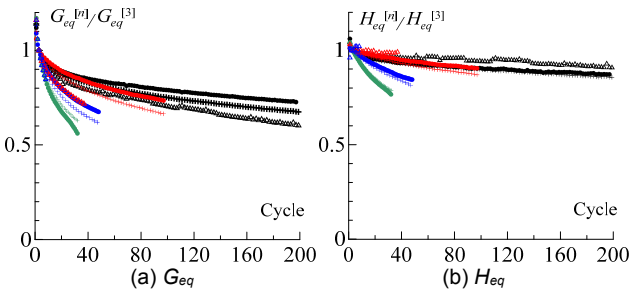
本報その 2 では試験体 A, B, C の 3 体の加振結果を用いる。Fig.3(a), (b)に f = 0.33 Hz, γ_d = 100%, 100 サイクルの正弦波を入力した時のせん断応力度 τ_d とダンパーひずみの関係を示す。(a)は 1~33 サイクル, (b) は 34~66 サイクルである。Fig.3 より，早期にせん断応力度 τ_d が低下するものの，以降は一定のループを描くことが確認できる。Fig.4 に f = 0.33 Hz，γ_d = 100%, 100 サイクルの正弦波を入力した時の粘弾性パネル部の温度上昇の時刻歴を示す。粘弾性パネル部で計測した 6 箇所の温度上昇は同様の傾向を示すことがわかる。以降はパネル中央部の T1b のみ着目する。Fig.5(a), (b)にサイクル数に対する等価せん断弾性率 G_{eq}，等価減衰定数 H_{eq} の低下率を示す。グラフ縦軸の低下率は n サイクル目の G_{eq}, H_{eq} を 3 サイクル目の値で基準化している。なお，プロットは 2 サイクル毎の値とする。Fig.5(a), (b)より，サイクル数を横軸にとった場合，ひずみ，振動数が異なると G_{eq}，H_{eq} の低下の傾向は一致しない。Fig.6(a), (b)に累積エネルギー密度$\Sigma\Omega$に対する等価せん断弾性率 G_{eq}，等価減衰定数 H_{eq} の低下率を示す。グラフ縦軸の低下率は n サイクル目の G_{eq}，H_{eq} を 3 サイクル目の値で基準化している。横軸の累積エネルギー密度$\Sigma\Omega$ は 3 サイクル目からの累積とする。なお，プロットは 2 サイクル毎の値としているが，エネルギー密度の計算は 1 サイクル毎に行っている。Fig.6(a), (b)より，累積エネルギー密度を横軸にとった場合は，ひずみ，振動数が異なる場合も G_{eq} の低下の傾向が揃うことが確認できる。また，H_{eq} の低下の傾向も G_{eq} ほどではないが概ね揃うことが確認できる。Fig.7(a), (b)に各載荷条件のサイクル数および累積エネルギー密度に対する上昇温度$\Delta\theta_d$ を示す。(a)はサイクル数，(b)はエネルギー密度を横軸とする。なお，温度は T1b の値を用いるが，f = 0.1 Hz, γ_d = 300%の時，f = 0.33 Hz, γ_d = 300%の時は早期に熱電対が損傷したため計測できていない。Fig. 7(a), (b)よりサイクル数を横軸とした場合は振動数，ひずみが異なると上昇の傾向が異なるが，エネルギー密度を横軸にとった場合は，上昇の傾向が概ね一致することが確認できる。



(a) 1~33Cycles (b) 34~66Cycles

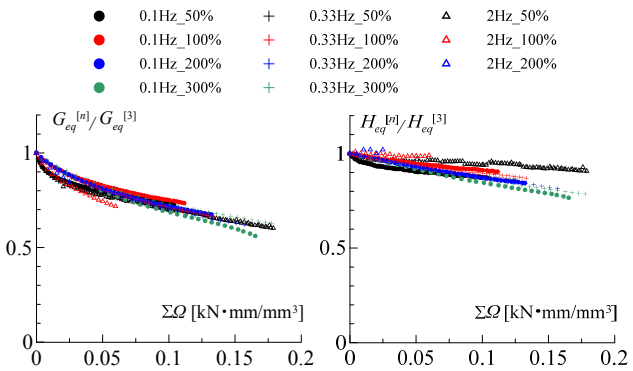
Fig.3 τ_d - γ_d (0.33 Hz γ_d =100% 100Cycles)

Fig.4 Temperature history



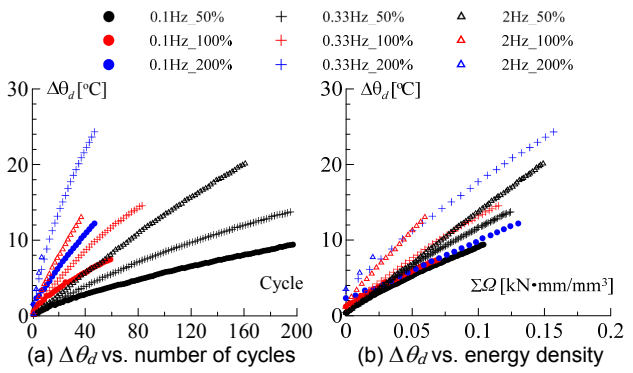
(a) G_{eq} (b) H_{eq}

Fig.5 Normalized dynamic properties vs. number of cycles



(a) G_{eq} (b) H_{eq}

Fig.6 Normalized dynamic properties vs. energy density



(a) $\Delta\theta_d$ vs. number of cycles (b) $\Delta\theta_d$ vs. energy density

Fig.7 Temperature-rise $\Delta\theta_d$ at T1b

5.まとめ

本報その 2 では正弦波での粘弾性ダンパー加振実験を行い，繰り返し加振によるダンパーの特性変化の傾向を確認した。異なる振動数，ひずみの加振が入力された場合もダンパーの特性値である G_{eq}，H_{eq} の低下率の傾向および粘弾性パネル部の温度上昇の傾向が揃うことを確認した。

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

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