

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	長周期地震動を想定した実大粘弾性ダンパー実験と動的特性の変化を再現した解析- その 1 (E-ディフェンス鋼構造建物実験研究 その 104)
Title	
著者(和文)	佐藤大樹, 笠井和彦, 境原直紀
Authors	daiki sato, Naoki Sakaibara
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 1011-1012
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 1011-1012
発行日 / Pub. date	2014, 9
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づき CiNii から複製したものである
relation	isVersionOf: http://ci.nii.ac.jp/naid/110009852121

長周期地震動を想定した実大粘弾性ダンパー実験と動的特性の変化を再現した解析- その 1
(E-ディフェンス鋼構造物実験研究 その 104)

正会員 ○佐藤大樹*1
同 笠井和彦*2
同 境原直紀*3

実大粘弾性ダンパー 長周期地震動 長継続時間載荷
温度分布 熱の伝導・伝達 動的特性の変化

1. はじめに

制振構造の地震や風に対する応答予測のために、制振装置の高精度な解析モデルが構築されてきた。中でも、粘弾性ダンパーは分数分構成則¹⁾を用いて高精度に挙動を再現でき、微小振幅でもエネルギー吸収が期待できることから、制振装置としての有用性が示されている。

本研究対象のアクリル系粘弾性体は分数微分構成則を用いて、地震動を対象に大歪(300%以内)で短い時間の揺れを再現する解析モデル²⁾と風を対象に微小歪(50%以内)で長時間の揺れにおける熱の伝導・伝達を再現する解析モデル³⁾が構築されている。

しかし、長時間の大きい揺れに対する動的特性の変化はこれまでに検討されていない。そこで、その 1 では、長周期地震動を想定した実大ダンパー実験の概要とその結果について述べる。その 2 では、長継続時間・長周期地震動における熱の伝導・伝達と動的特性の変化を再現する解析モデルの構築と妥当性の検討を目的とする。

2. 長継続時間・長周期地震動を想定した実験概要

本研究対象の粘弾性ダンパーの詳細を図 1 に、諸元を表 1 に示す。温度はダンパー 1 断面あたり 6 箇所を 2 断面と室温の計 13 箇所計測している。

載荷パラメータを表 2 に示す。計測した粘弾性ダンパーの初期温度が $22 \pm 1^\circ\text{C}$ の時点で載荷を行う。また、4sec、100%、1010 サイクルの正弦波載荷では、計測器の性能上、十分なサンプリング周期で全時間を計測することは不可能なため、1 回の計測時間を 40 秒のみに限定して 360 秒の間隔を空けて次の計測を開始する。

本研究では、周期 4.2sec、43 層の曲げせん断モデルを作成し、苦小牧 EW を入力した際に得られる応答変位波形を最大せん断歪が 200 および 300%になるように基準化して用いた。図 2 にランダム波載荷での粘弾性体のせん断歪 γ を示す。

本アクチュエーターの油量の関係から上述したような振幅が大きい載荷を長時間行えない。そこで、図 3 に示す様にアクチュエーターへ入力した 2 倍の変位と速度を与えることのできる治具(増幅機構)を介してセットアップすることで、表 2 に示した載荷を可能にした。ただし、D3-3F ダンパーの 4sec、300%、100 サイクルの正弦波載荷はアクチュエーターの性能上 70 サイクルで中断した。

3. 実験結果の考察

3.1 ランダム波載荷における粘弾性体温度の評価

図 4 に D1,2-2F ダンパーの最大せん断歪 200%のランダム波載荷の吸収エネルギー密度 E_d と粘弾性体温度の時刻歴の結果を示す。 E_d は上昇し続けるのに対して、粘弾性体温度は低下する時間帯がある。地震動を対象とした既

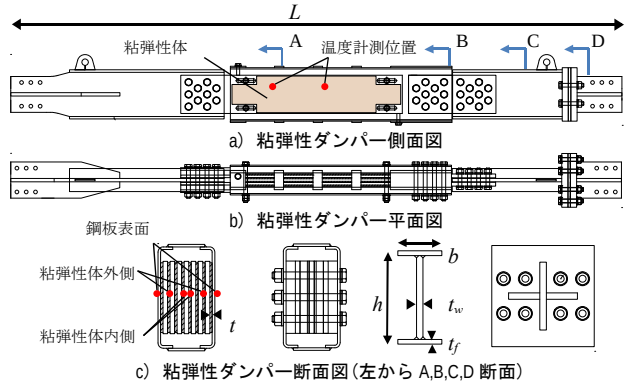


図 1 粘弾性ダンパー詳細図 (D3-3F)

表 1 粘弾性ダンパー諸元

試験体名	L [mm]	A_s [cm ²]	t [mm]	n [-]
D1, 2-2F	3946.6	13120	8	8
D3-3F	3946.6	18112	8	8
D3-2F	3848.9	26000	8	10

表 2 載荷パラメーター

入力波	周期 [sec]	目標最大 せん断歪	初期温度 [°C]	継続時間 [sec]	試験体
正弦波	2	200	22	300	D1,2-2F&D3-3F
	4	100	22	1200	D1,2-2F&D3-3F
	4	200	22	600	D1,2-2F&D3-3F&D3-2F
	4	200	22	4040	D1,2-2F
	4	300	22	400	D1,2-2F&D3-3F
	6	200	22	900	D1,2-2F&D3-3F
ランダム波	-	200	22	270.7	D1,2-2F&D3-3F

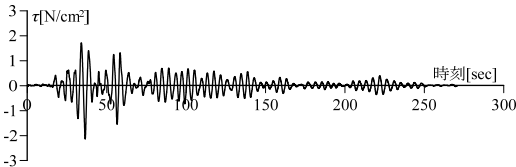


図 2 ランダム波載荷でのせん断歪 (D3-3F, 苦小牧, 200%)

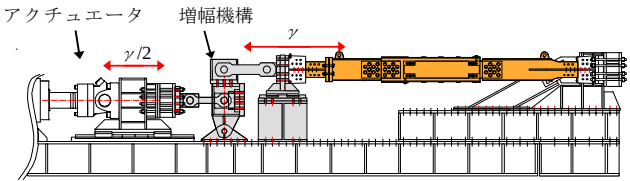


図 3 粘弾性ダンパーのセットアップ図 (D3-3F)

往の解析モデル¹⁾は、 E_d に比例した発熱量のみを考慮しているため、粘弾性体温度が下がらない。つまり、本実験において熱の伝導・伝達による熱の発散が起こっており、発熱量を上回っていることが分かる。ゆえに、長時間载荷に対応する解析モデルの構築のために、熱の伝導・伝達を評価する必要があると言える。

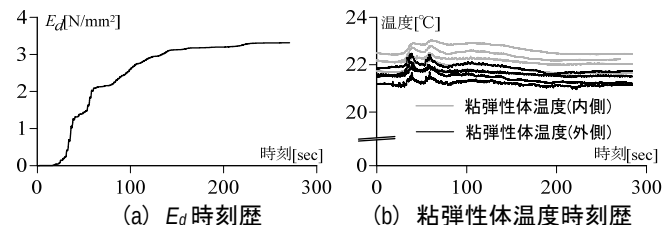


図4 ランダム波载荷の結果(D1,2-2F, 200%)

3.2 正弦波载荷における粘弾性体温度の評価

4sec, 100%, 1010 サイクルの正弦波载荷(以下、1010 载荷)の履歴と温度の時刻歴を図5に示す。長時間载荷することで温度が上昇し、最大応力が低下する。それに伴い、サイクル毎のエネルギー吸収量が減るので、温度上昇量も低下していく。

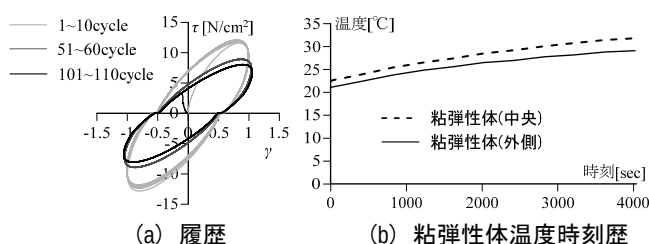


図5 1010 载荷の結果(D1,2-2F, 4sec, 100%, 1010cycle)

文献3)によると、粘弾性ダンパーを最大せん断歪50%で長時間载荷では、温度上昇量と熱の伝導・伝達による放熱量が釣り合い、粘弾性体の温度はほぼ一定(定常状態)になる。そのため、風揺れを想定した長時外乱に対する設計では、定常状態に入った粘弾性体の動的特性の評価が有用であった。しかし、本ダンパーでは、最大せん断歪100%で1時間以上载荷しても温度が上昇し続け、定常状態にならなかった。以上より、継続時間が長く、振幅が大きい揺れに対して粘弾性ダンパーの挙動を評価する場合は定常解析ではなく、ステップ毎に熱の伝導・伝達を評価して解析する必要がある。

図5(b)から分かるように、粘弾性体中央部と外側の温度上昇量の平均値の差は载荷終了時まで2°C以内であった。また、目標最大歪300%の正弦波载荷でも、粘弾性体の層毎の温度差は最大で2°C程度であった。本研究の試験体である粘弾性ダンパーは、粘弾性体が8~10層になっており、粘弾性体の間には厚さ16mm程度の鋼板が存在する(図1)。その影響により、粘弾性体よりはるかに高い熱伝導率を有する鋼板を挟んでいるため、隣の粘弾性体まで熱伝導する量が少なく、粘弾性体の層毎の温度差が生じづらくなっていると考えられる。

さらに、前述した図4(b)では粘弾性体温度の変化量の差は小さく、本正弦波载荷よりも歪が小さいので、実地震動を想定した場合は粘弾性体の層毎の温度差はさらに小さいと判断できる。よって、以後は、粘弾性体温度は計測した全粘弾性体温度の平均値とする。

3.3 長継続時間载荷における動的特性の評価

粘弾性体は、貯蔵剛性 G' 、損失係数 η によって、材料特性を表すことができる(図6)¹⁾。1010 载荷以外の正弦波载荷に対しては、粘弾性体の履歴から貯蔵剛性、損失係数(材料値)を算出して、半波毎に動的特性を評価していく。以降、それを ${}_eG', {}_e\eta$ と定義する。

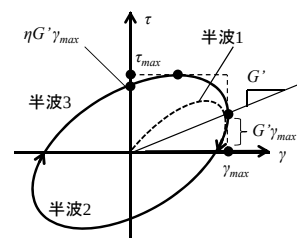


図6 半波と材料値の定義

また、文献2)により本研究対象の粘弾性体の材料試験から得られた様々な振動数・最大せん断歪・粘弾性体温度での材料値が示されている。その G', η を直線補間することによって、本载荷での各半波における振動数・最大せん断歪・粘弾性体温度での貯蔵剛性、損失係数(材料値)を求めることができる。以降、それを ${}_mG', {}_m\eta$ と定義する。上記2つの方法から算出した材料値の比を図7に示す。例として、ここでは、D1,2-2F ダンパーの周期4sec 载荷の材料値のみ示す。

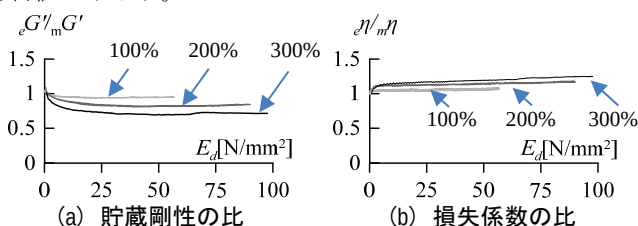


図7 材料値算出方法の比較(D1,2-2F, 4sec)

図2より E_d の小さい半波2では殆ど等しいが、 E_d が増すほど誤差は大きくなる。また、最大せん断歪が大きい程、誤差が大きくなり、 G' の誤差は $E_d=20 \text{ N/mm}^2$ 程度から一定になることが確認できる。この2つの材料値が異なるということは、既往の理論のみでは、粘弾性体温度を再現出来ても、解析によって得られる粘弾性体の応力は実験値と異なることを意味する。

${}_mG', {}_m\eta$ は、動的特性の変化がない時点での材料値である。それに対して、 ${}_eG', {}_e\eta$ は、同じ振動数・最大せん断歪・粘弾性体温度であるが、長時間の载荷による影響を受けた値である。この動的特性の変化(繰り返し载荷による軟化現象)を再現する解析モデルを構築する必要がある。

4. まとめ

長継続時間载荷実験の概要と結果を示した。ランダム波载荷から、熱の伝導・伝達を考慮する必要性を示し、正弦波载荷から、繰り返し载荷による軟化現象を確認した。

参考文献はその2にまとめて示す。

*1 東京工業大学 建築物理研究センター 准教授 博士(工学)

*2 東京工業大学 建築物理研究センター 教授・Ph.D.

*3(株)織本構造設計(元東京工業大学大学院生)

*1 Asst. Professr, Str. Eng. Research Center, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

*2 Professor, Str. Eng. Research Center, Tokyo of Technology, Ph.D.

*3 ORIMOTO Str. Eng. (Enviroment, Tokyo Institute of Technology)