

リングバネを利用した摩擦ダンパーの開発 その3 エネルギー吸収能力試験

正会員 ○名取 祥一* 同 久保田雅春*
同 阿部 隆英* 同 斎藤 誠 **
同 吉野 明夫***

リングバネ 摩擦 ダンパー
制震 エネルギー

1. はじめに

近年では、長時間地震動に対応できる制震デバイスが必要とされる。本報では、摩擦面の温度を実験にて確認し、摩擦ダンパーが保有する最大エネルギー量を提案式にて検証することを目的とする。

2. 試験体概要

試験体は、ロッドの表面処理剤、潤滑剤およびC型リング数を変動させた試験体A、試験体Bの2体とした。試験体2体の主とする。違いは、試験体Aの潤滑剤のリチウム石けん基グリースに対し、試験体Bの潤滑剤のフッ素オイルグリースの方が耐熱性に優れている特徴がある。また、試験体Bのロッドの表面処理は、C型リングと同様の乾性被膜潤滑剤を施し、摩耗性に対しても考慮した。表2-1に各試験体仕様を示す。

表2-1 試験体仕様

試験体	C型リング				表面処理
	材質	線材径	内径	積層数量	
試験体A	SWOSC-V	φ 5.5	φ 19.2	20	二硫化モリブデン配合乾性被膜潤滑剤
試験体B				25	

試験体	ロッド			表面処理	潤滑剤
	材質	外径	熱処理		
試験体A	S45C	20	高周波焼入	硬質クロムメッキ	リチウム石けん基グリース
試験体B				二硫化モリブデン、グラファイト配合乾性被膜潤滑剤	

3. 試験概要

3.1 変位計測および温度計測

変位計測は、シリンダーに治具で変位計を2体固定し、ロッドの変位を純粋に計測した。温度計測は、摩擦面を計測しなければ正確なエネルギーを評価することができないため、ロッドに深さ3mm、幅3mmの溝を掘り、熱電対を配置した。写真3-1に熱電対配置状況を示す。



写真3-1 熱電対配置状況

3.2 加力

エネルギー吸収能力試験は、周波数 1.0Hz の正弦波で片

振幅 10mm とした。継続時間は、摩擦面付近のロッドの温度が 300℃を超えるまでとし、摩擦面の温度を 20~25℃の範囲まで自然冷却を行った後、再度エネルギー能力試験を行った。エネルギー能力試験の合計回数は、2回とした。また、性能確認試験として周波数 0.05Hz、片振幅 10mm、継続回数 5サイクルの静的試験を、エネルギー吸収能力試験開始前、1回目終了後、2回目終了後の合計 3回を行い、摩擦荷重の変動を確認した。なお、性能確認試験においても摩擦面の温度は、20~25℃の範囲で開始した。表3-1に各試験概要を示し、試験手順を図3-1に示す。

表3-1 各試験概要

	エネルギー吸収能力試験	性能確認試験
試験回数	2回	3回
载荷周波数	1.0Hz (正弦波)	0.05Hz (正弦波)
片振幅	10mm	10mm
継続時間(回数)	摩擦面 300℃を超えるまで	5サイクル
試験開始温度	摩擦面 20~25℃	

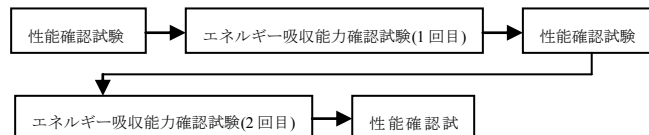


図3-1 試験手順

4. 試験結果

図4-1,4-2に試験体Aのエネルギー吸収能力試験を、図4-3,4-4に試験体Bのエネルギー吸収能力試験を、図4-5~図4-7に試験体A,Bの性能確認試験の荷重変位曲線を示す。なお、図中に示す算定温度は、「5. 摩擦面の温度と最大吸収エネルギー量の提案式」の式(1)により算定した値である。

試験体Aのエネルギー吸収能力試験における摩擦荷重の増減は、測定温度 260℃までは-5%~+20%の範囲内で推移したが、260℃を超えてからは最大で 60%の増加が見られた。しかしながら、自然冷却した後の性能確認試験では、エネルギー吸収能力試験前の性能確認試験の摩擦荷重の10%以内に納まっている。なお、エネルギー吸収能力試験で 300℃を超えた時点の累積変位は、1回目試験で約 12m、2回目試験で約 13.6mであった。

試験体Bのエネルギー吸収能力試験における摩擦荷重

の増減は、1回目で測定温度 300℃まで直線的に約 40%減少した。しかし 2 回目の試験では、300℃までは±10%程度の範囲で推移し、300℃を超えてからは大きな荷重の減少が見られた。また、自然冷却した後の性能確認試験では、エネルギー吸収能力試験前の性能確認試験の摩擦荷重の 7%以内に納まっている。なお、エネルギー吸収能力試験で 300℃を超えた時点の累積変位は、1 回目試験で約 8.8m、2 回目試験で約 7.2m であった。

5. 摩擦面の温度と最大吸収エネルギー量の提案式

摩擦面の温度の計算は、式(1)に示す様に C 型リングとロッドを合計した熱容量を用いて算定する。なお、放熱の影響は考慮しない。

$$T = \frac{E_s}{C} + T_e \quad (1)$$

$$E_{\max} = C(T_{\max} - T_e) \quad (2)$$

T	: 摩擦面の算定温度	(°C)
T_e	: 環境温度	(°C)
T_{\max}	: 摩擦面の設計最大温度	(°C)
C	: C型リングとロッドの熱容量	(J/K)
E_s	: 消費エネルギー量	(kN・m)
E_{\max}	: 最大吸収エネルギー量	(kN・m)

計算温度と測定温度は、試験体 A で 230℃程度、試験体 B で 300℃程度まで比較的良く評価できた。共にその後は、放熱の影響等から算定温度は測定温度に比べ高い傾向を示した。これらより、本ダンパーが吸収可能なエネルギー量は、式(2)による摩擦面の温度 300℃までの熱容量に依存すると言える。

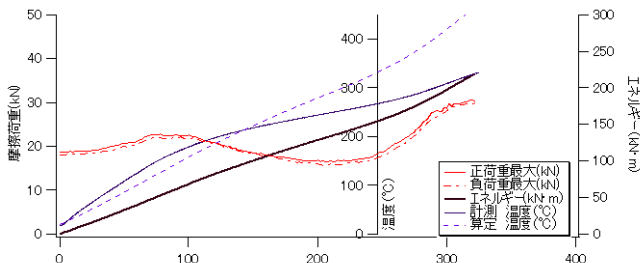


図 4-1 試験体 A エネルギー吸収能力試験 1 回目

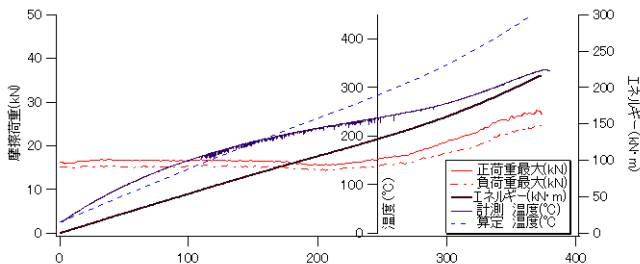


図 4-2 試験体 A エネルギー吸収能力試験 2 回目

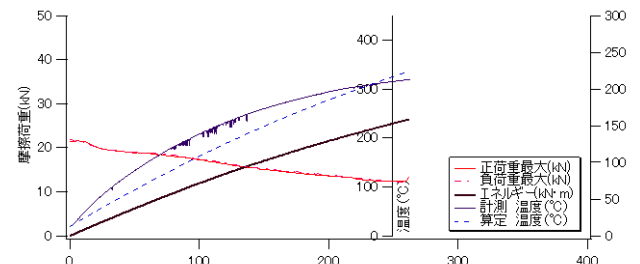


図 4-3 試験体 B エネルギー吸収能力試験 1 回目

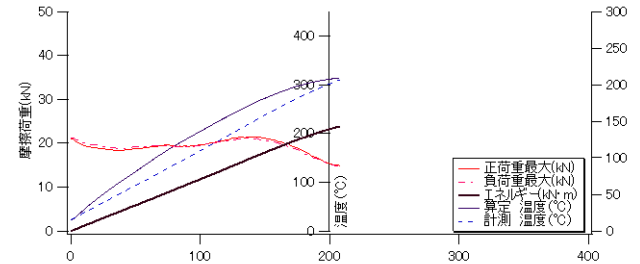
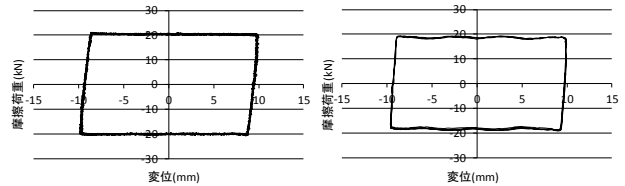


図 4-4 試験体 B エネルギー吸収能力試験 2 回目

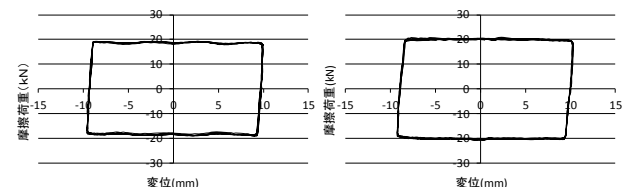
6. まとめ

本ダンパーの最大吸収エネルギー量は、摩擦面の温度を予測することから算定できる。また、長時間地震動に対しても対応可能なエネルギー量を要したことが確認できた。



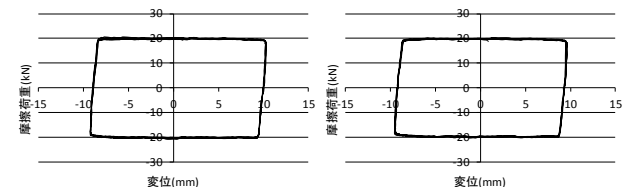
試験体 A 平均摩擦荷重: 20.1kN 試験体 B 平均摩擦荷重: 18.7kN

図 4-5 エネルギー吸収試験前 性能確認試験 荷重変位曲線



試験体 A 平均摩擦荷重: 18.7kN 試験体 B 平均摩擦荷重: 20.0kN

図 4-6 エネルギー吸収試験 1 回目終了時 性能確認試験 荷重変位曲線



試験体 A 平均摩擦荷重: 20.1kN 試験体 B 平均摩擦荷重: 19.7kN

図 4-7 エネルギー吸収試験 2 回目終了時 性能確認試験 荷重変位曲線

【参考文献】

- 1) パッシブ制震構造設計・施工マニュアル 第 2 版, 社団法人日本免震構造協会, 平成 19 年 7 月

* 飛鳥建設 (株) トグル事業部
 ** 日本発条 (株)
 *** (株) E&CS トグル制震事業部

* Toggle Engineering Div., Tobishima Corporation
 ** NHK SPRING CO., LTD
 *** Toggle Controlled Structures Business Div., E&CS