

MC-CK 型同調システムに関する基礎的研究
その2. MC-CK 型実大ダンパーの性能確認試験

Study on MC-CK type tuned dynamic mass system

Part 2. Performance test of MC-CK type full-scale damper

○栗林愛季³, 秦一平¹, 阿久戸信宏¹, 郭鈞桓², 河内佑介³

*Aiki Kuribayashi³, Ippei Hata¹, Nobuhiro Akuto¹, Chunhuan Kuo², Yusuke Kawachi³

Abstract: This paper shows the dynamic performance verification of MC-CK type full-scale damper test specimen that combines the inertial mass damper and the viscoelastic damper. Amplitude-dependent test and frequency-dependent test are conducted, and it was confirmed that the performance change rates of the damper satisfied the design values. Therefore, it is possible to evaluate the performance of the MC-CK type full-scale damper.

1. はじめに

前報その1では, MC-CK 型の最適同調式と最適減衰式を理論的に導出し, 多質点系モデルを用いた解析によりその制振効果を確認した. 本報その2では慣性質量ダンパー (iRDT) および粘弾性ダンパー (間柱型) を組み合わせた MC-CK 型実大ダンパー試験体の動的性能確認を実施する.

2. 試験体概要

2-1. 慣性質量ダンパーの概要

本試験で用いる慣性質量ダンパーは, 付加錘などの回転体が回転運動することにより, 粘性減衰力に加えて慣性力 (D.M.: ダイナミック・マス) が発揮される制振装置である. また, 本試験で用いる慣性質量ダンパーの設計諸元は, 質量効果が約 1,800 ~ 2,000 [ton] であり, 減衰力特性が Fig.1 に示す曲線型である.

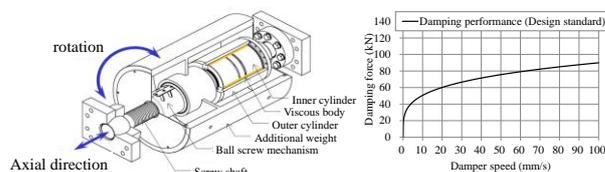


Fig.1 Overview of ready-made inertial mass damper

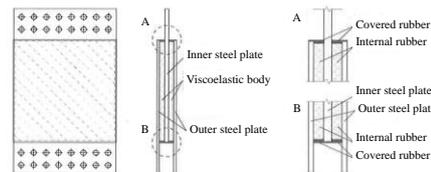


Fig.2 Overview of ready-made viscoelastic damper

Table1 Designed value of viscoelastic damper

A_r (mm ²)	468,512	···· Internal rubber area
T_r (mm)	25.0	···· Internal rubber thickness
G_{eq0} (N/mm ²)	0.641	···· Standard equivalent shear elastic modulus
H_{eq0}	0.259	···· Standard equivalent damping ratio

2-2. 粘弾性ダンパーの概要

Fig.2 に本試験で用いる粘弾性ダンパーの概要を示す. 粘弾性ダンパーは, 内鋼板と外鋼板間に高減衰性能を持つ内部ゴムが接着され, 主に内部ゴムのせん断抵抗機構に復元力および粘性減衰力が発揮される装置である. Table1 に粘弾性ダンパーの設計値, Fig.3 に周波数依存性を考慮した特性値の例を示す.

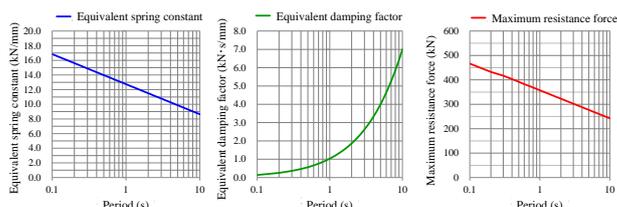


Fig.3 Characteristic value of viscoelastic damper

2-3. MC-CK 型実大ダンパーの試験体概要

Fig.4 に MC-CK 型実大ダンパー試験体概要を示す. 油圧アクチュエータ (最大出力: ±400[kN], ±200[mm], ±1.0[m/s]) を 2 台並列させた振動台の上に, 粘弾性ダンパーを組み立て, リニアガイド付き治具を介して慣性質量ダンパーが直列に配置される構成にした.

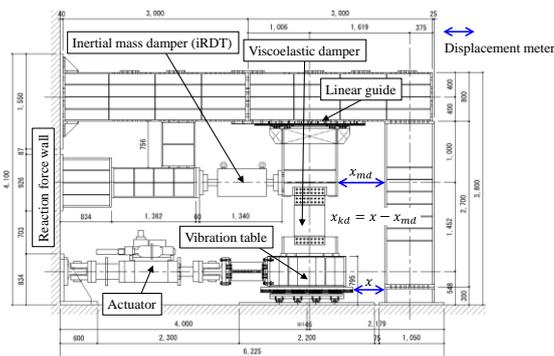


Fig.4 Setup of full-scale damper specimen

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大理工・任期制職員・建築 3 : 日大理工・院 (前)・建築

3. 性能確認試験概要

MC-CK 型実大ダンパーの性能を確認するため、振幅依存試験と周波数依存試験を実施する。試験パラメータを Table1 に示す。各種試験では、12 サイクルの正弦波を入力し、ダンパー変位とダンパー抵抗力を計測する。なお、ダンパー部への過度な入力を回避するため、全 12 サイクルの内の前後 1 サイクルはテーパーとしている。また、特性値を抽出する際には定常部の 3 サイクル目の結果を用いる。なお、振幅依存性および周波数依存性確認試験では、慣性質量ダンパーは同一、粘弾性ダンパーは 2 つの試験体とし、試験体の温度は 25°C 程度の条件で統一している。なお、Table2 の(b)に示す周波数依存性試験の加振スケジュールは、粘弾性ダンパーのせん断ひずみが基準値 ($\gamma_0=100[\%]$) と同程度となるように、加振振幅を調整している。

Table2 Performance test of MC-CK type full-scale damper

(a) Amplitude-dependent test						
Excitation period (s)	3.0					
Excitation amplitude (mm)	15	20	22	25	30	
(b) Frequency-dependent test						
Excitation period (s)	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Excitation amplitude (mm)	25	21	20	21	24	29

4. 試験結果

4-1. 振幅依存性確認試験結果

Fig.5 に慣性質量ダンパー部の試験結果, Fig.6 に粘弾性ダンパー部の試験結果を示す。Fig.5 より慣性質量ダンパー試験体の性能変化率は、設計値 (減衰特性 $\pm 20\%$ 以内・慣性質量 $\pm 10\%$ 以内) を満足していることが確認できる。また、Fig.6 より粘弾性ダンパー試験体の性能変化率は、設計値 ($G_{eq0} \cdot H_{eq0} \pm 20\%$ 以内) を満足していることが確認できる。

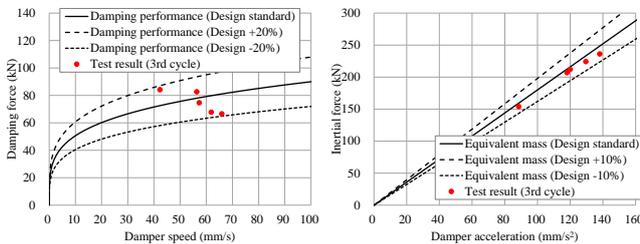


Fig.5 Performance change rate of inertial mass damper

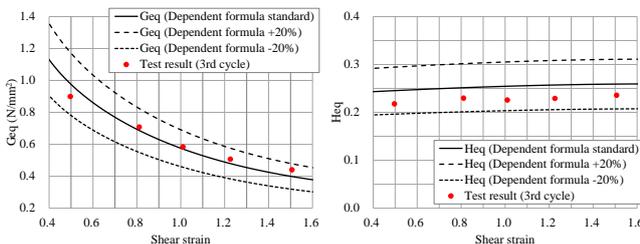


Fig.6 Performance change rate of viscoelastic damper

4-2. 周波数依存性確認試験結果

Fig.7 に慣性質量ダンパー部の試験結果, Fig.8 に粘弾性ダンパー部の試験結果を示す。Fig.7 より慣性質量ダンパー試験体の性能変化率は、設計値 (減衰特性 $\pm 20\%$ 以内・慣性質量 $\pm 10\%$ 以内) を満足していることが確認できる。また、Fig.8 より粘弾性ダンパー試験体の性能変化率は、設計値 ($G_{eq0} \cdot H_{eq0} \pm 20\%$ 以内) を満足していることが確認できる。

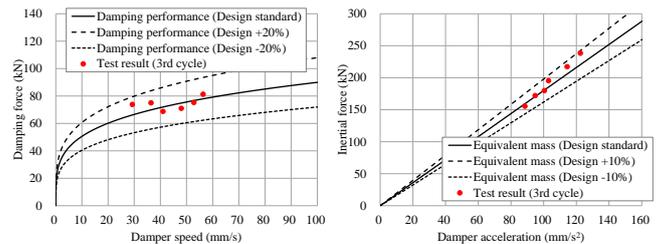


Fig.7 Performance change rate of inertial mass damper

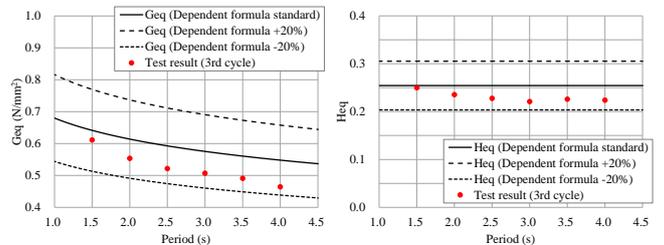


Fig.8 Performance change rate of viscoelastic damper

5. まとめ

本報その2では、慣性質量ダンパー (iRDT) および粘弾性ダンパー (間柱型) を用いて MC-CK 型実大ダンパーを構築し、各種ダンパーの振幅依存性および周波数依存性の確認を行った。本試験より、各種ダンパーの性能変化率は設計値を満足しており、MC-CK 型実大ダンパーの構築においても、各種ダンパーの性能評価が可能であることを確認した。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、株式会社ブリヂストンおよび株式会社免制震デバイスのご協力のもと、実大試験を実施致しました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 石丸辰治, 秦一平 他: 「付加剛比による D.M.同調システムの簡易設計法」, 日本建築学会構造系論文集, Vol.75, No.654, pp.1455-1464, 2010.8
- 郭鈞桓, 秦一平 他: 「粘性減衰とばね剛性の並列型 (M-CK) 型 D.M.同調システムの応答性能に関する研究」, 日本建築学会構造系論文集, Vol.85, No.777, pp.1375-1385, 2020.11
- 金城陽介, 森隆浩他, 戸張涼太 他: 「高減衰ゴムを用いた間柱型粘弾性ダンパー (その1~その3)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 2017(構造II), pp.595-600, 2017.7