

設置後 20 年が経過した日大理工 5 号館の「摩擦ダンパー」の性能確認

Confirmation of the Performance of the "Friction Damper" 20 years after Installation in Nihon Univ.CST.Bldg.No.5

○土田 堯章¹, 波田 雅也¹, 上田 英明¹, 北嶋 圭二², 中西 三和², 安達 洋³*Takaaki Tsuchida¹, Masaya Hada¹, Hideaki Ageta¹, Keiji Kitajima², Mitsukazu Nakanishi², Hiromi Adachi³

Authors recovered "Friction Dampers" for Response-Control Retrofit which had been installed outside an existing building for 20 years, and conducted the performance confirmation test. As a result, there was little variation in performance of the friction dampers.

1. はじめに

筆者らは、「摩擦ダンパー」を組み込んだ制震ブレースを既存建物の外壁面に取付けることで、建物を使用しながら耐震性能を向上させる補強工法(以下、制震ブレース工法)を開発・実用化している¹⁾。2019年9月現在で約100棟(摩擦ダンパー約3800基)の適用実績がある。

摩擦ダンパーは、ダイス(輪)の内径より少し太いロッド(芯棒)をダイスにはめ込み、ダイスとロッドの摩擦面に一定の締付け力が生じる仕組みを利用したダンパーである(Fig.1)。一定の荷重で摩擦面が摺動し、エネルギー吸収効率の高い完全弾塑性型の履歴特性を発揮する。また、鋼製の内筒および外筒で覆うとともに、シーリングやOリング等により防水・防塵処理を施すことでメンテナンスフリーの仕様としている。これまでに複合サイクル促進試験や大気暴露試験によって経年特性が確認されている²⁾。今回、1998年に制震ブレース工法を採用した第一号建物の解体に伴って摩擦ダンパーを回収し、その性能を確認する貴重な機会を得た。

本報では、屋外に設置された状態で20年が経過した摩擦ダンパーに対して、補強工事時の受入試験と同じ条件で実施した性能確認試験の結果について示す。

2. 補強建物および設置した摩擦ダンパーの概要

2.1 建物概要 1959年竣工の日本大学理工学部駿河台校舎5号館(以下、5号館)は、地上9階、地下1階、塔屋4階建てのSRC造建物(塔屋部分はRC造耐震壁付ラーメン構造)である(Photo 1)。制震ブレース工法を採用した第一号建物として、1998年に補強工事が完了している。制震ブ



(a) Panoramic View

(b) Penthouse and Staircase

Photo 1 Exterior of Reinforced Building

レースの配置を Fig.2 に示す。制震ブレースは、5号館の塔屋4階の3構面に対してV字型に3セット(ダンパー6基)、階段支持壁と塔屋を繋ぐ水

平ブレースとして1セット(ダンパー1基)の計4セット(ダンパー計7基)設置されている。なお、5号館への補強効果と施工状況については、文献2を参照されたい。

5号館は補強工事から20年を経て、「日本大学理工学部駿河台校舎キャンパス整備事業」に伴い、2018年10月から解体工事が開始された。筆者らは、設置後20年が経過した摩擦ダンパーの経年特性を確認できる貴重な機会であると考え、5号館の解体工事の際に摩擦ダンパーを7基全数回収し、性能確認試験を実施した。

2.2 摩擦ダンパーの規格と品質管理

設置した摩擦ダンパーの規格荷重はいずれも98kN(10tf)であり、許容ストロークは補強設計時に想定した最大変位量の3倍以上(V型:振幅±30mm, 階段用:±70mm)としている。摩擦ダンパーは、全数に対して受入試験を行い、設計で想定した性能を有することを確認している。また、荷重や剛性の検査値を用いて制震ブレースの荷重-変位関係を再評価し、補強設計時の解析モデルと一致することを確認するなど、品質管理を徹底している。

3. 20年後の性能確認試験

3.1 試験方法

回収した摩擦ダンパー7基のうち4基(東面R, 西面R, 南面R, 階段用)に対し、補強当時の受入試験と同じ条件で性能確認試験を実施した。

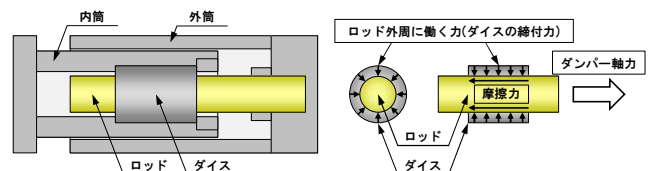


Fig.1 Mechanism of Friction Damper

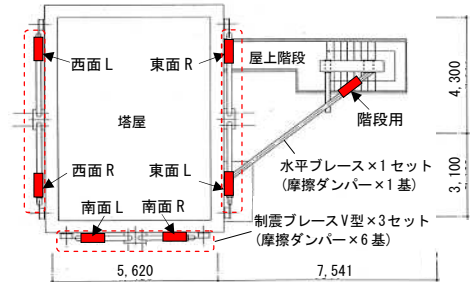


Fig.2 Placement of Friction Damper

1: 青木あすなろ建設株式会社 2: 日大理工・教員・海建 3: 日大名誉教授

性能確認試験の試験状況を Photo 2 に、試験条件を Table 1 に示す。試験方法は、動的アクチュエータによりダンパー軸方向に変位制御で加振する。入力波形は2サイクルの三角波(一定速度, 正負交番)とし、低速加振 1 回目(V05_1)・高速加振(V70)・低速加振 2 回目(V05_2)の順で計3回加振する。確認項目は、履歴形状と摩擦荷重(平均摩擦荷重 P_{ave} , 切片荷重 $P_{\delta=0}$)³⁾である。

3.2 20年後の性能確認試験結果 設置から20年が経過した摩擦ダンパー(南面 R)の性能確認試験結果(荷重-変位関係)を Fig.3 に示す。図中には、補強当時の試験結果も合わせて示している。図より、補強当時と20年後で履歴形状がほぼ一致していることが確認できる。また、高速加振(V70)時も安定した完全弾塑性型の履歴形状を示し、さらに高速後の低速2回目(V05_2)でも低速1回目(V05_1)と変わらぬ性能を発揮していることがわかる。

3.3 摩擦荷重の変化 20年間屋外に設置されていた後の「初動」に着目し、低速加振1回目(V05_1)の試験結果について、補強当時と20年後を比較・検討する。Fig.4(a)~(c)には、東面 R, 西面 R および階段用の摩擦ダンパー3基の低速1(V05_1)で得られた荷重-変位関係を示している。Fig.3(a)および Fig.4(a)~(c)より、屋外に設置して20年後に初めて摺動させたにもかかわらず、いずれの摩擦ダンパーとも履歴形状が20年前の補強当時とほぼ一致し、安定した完全弾塑性型の履歴を示していることがわかる。また、補強当時と20年後の摩擦荷重の一覧を Table 2 に、相関を Fig.5 に示す。補強当時の摩擦荷重に対する20年後の摩擦荷重の比率は、平均摩擦荷重 P_{ave} で 91.2%~104.2%(平均 97.0%), 切片荷重 $P_{\delta=0}$ で 92.2%~109.4%(平均 97.6%)の範囲であり、摩擦荷重の変化は非常に小さかった。

4. まとめ

以上、設置後20年が経過した摩擦ダンパーに対して、補強当時の受入試験と同じ条件で性能確認試験を実施し、ダンパーの信頼性向上に資する貴重なデータを取得した。本

報で得られた知見を以下に示す。

- ・摩擦ダンパーの20年後の履歴形状は、補強当時とほぼ一致し、安定した完全弾塑性型の履歴を示した。
- ・補強当時の摩擦荷重に対する20年後の摩擦荷重の比率は平均摩擦荷重で平均 97.0%, 切片荷重で平均 97.6%であり、摩擦荷重の変化は約 3%と非常に小さかった。

【参考文献】

[1] 北嶋：外付け制震ブレースを用いた耐震補強工法と実施例, 建築技術, No.652, pp.160-165, 2004.5
 [2] 北嶋, 上田ほか：ダンパーを用いた既存 RC 建物の耐震補強法に関する研究(その 17 摩擦ダンパーの荷重と形状の関係および経年特性)(その 21 日大 5 号館塔屋の補強工事への適用), 日本建築学会大会, pp.147-148, pp.155-156, 1999.9
 [3] 日本免震構造協会：パッシブ制震構造設計・施工マニュアル, 第3版, 2013.11



Photo 2 Test Situation

Table 1 Performance Confirmation Test Conditions

加振名	加振条件・確認事項	
低速1 (V05_1)	加振条件	振幅±30mm(階段用±70mm), 速度0.5cm/sec一定, 2サイクルの三角波
	確認事項	許容ストローク内における履歴形状および摩擦荷重(P_{ave} , $P_{\delta=0}$)を確認
高速 (V70)	加振条件	振幅±30mm(階段用±70mm), 速度7.0cm/sec一定, 2サイクルの三角波
	確認事項	地震時に想定されるエネルギー吸収速度を三角波で再現した加振時における履歴形状および摩擦荷重を確認
低速2 (V05_2)	加振条件	低速1 (V05_1) と共通
	確認事項	高速加振 (V70) 後に再度、履歴形状および摩擦荷重を確認

※ 性能確認試験は20年前の受入試験と同条件であり、低速1・高速・低速2の順で計3回加振する。
 ※ 摩擦熱の影響を排除するため、加振毎に15分のインターバルを設ける。
 ※ 摩擦荷重は、各加振の2サイクル目で評価する。

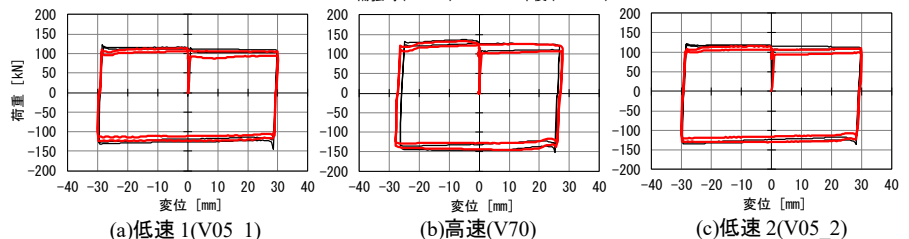


Fig.3 Test Results (南面 R)

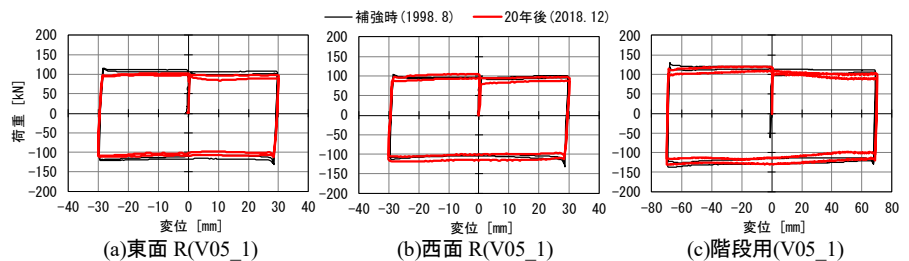


Fig.4 Comparison At the time of reinforcement and 20 years later (V05_1)

Table 2 List of Friction Loads

試験体	試験日	加振名	平均摩擦荷重 P_{ave} [kN]	切片荷重 $P_{\delta=0}$ [kN]		
				+	-	平均
東面R	1998.08 (補強時)	V05_1	112.3	105.9	-116.2	111.1
	2018.12 (20年後)	V05_1	102.4	97.7	-108.3	103.0
	20年後/補強時		91.2%	92.2%	93.2%	92.7%
西面R	1998.08 (補強時)	V05_1	101.8	95.1	-104.4	99.8
	2018.12 (20年後)	V05_1	106.0	94.4	-114.3	104.3
	20年後/補強時		104.2%	99.2%	109.4%	104.5%
南面R	1998.08 (補強時)	V05_1	117.7	111.8	-126.5	119.2
	2018.12 (20年後)	V05_1	113.5	105.8	-122.9	114.4
	20年後/補強時		96.4%	94.6%	97.1%	96.0%
階段用	1998.08 (補強時)	V05_1	121.7	114.2	-129.0	121.6
	2018.12 (20年後)	V05_1	117.1	107.7	-128.4	118.1
	20年後/補強時		96.2%	94.3%	99.6%	97.1%

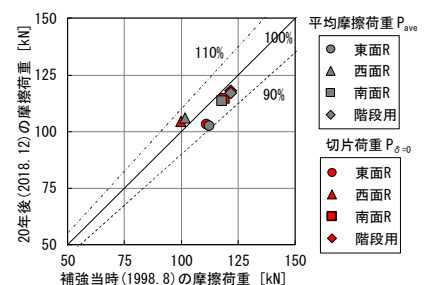


Fig.5 Correlation of Friction Loads (V05_1)