

制震補強用摩擦ダンパー

—実績約100棟（3,600基）、20年後の性能確認—



北嶋 圭二
日本大学理工学部教授

1. はじめに

本稿では、制震補強用として開発・実用化¹⁾されたリング機構の「摩擦ダンパー」の概要について紹介する(写真1)。

2. 摩擦ダンパーの概要

2.1 摩擦ダンパーの特長と性能

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(図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有する(図2)。また、摩擦荷重は、応答速度や変位振幅などによる各種依存性が極めて小さい(図3,4)。さらに多数回の繰り返しに対しても摩擦荷重の変化が小さく、安定した性能を発揮する²⁾。したがって、摩擦ダンパーの復元力特性は、完全弾塑性型(ノーマルバイリニア)でモデル化することができ、設計・解析上の扱いが容易である。

2.2 取り付け方法と適用実績

摩擦ダンパーは、鋼管プレースの端部に組込むことでプレース材(以下、制震プレース)として使用する(写真2)。この制震プレースを既存建物の外壁面に取付け、建物を使用しながら耐震性能を向上させる用途で開発・実用化され、2019年1月現在で約100棟(摩擦ダンパー約3,600基)の適用実績がある。写真3は、集合住宅の共用廊下側ないしバルコニー側に外付け鉄骨フレームを介して制震プレースを設置した事例である。プレース材は外径190.7φとスリムな鋼管を使用

しているため、採光や通風に影響が少なくプレース型でもスマートな外観を実現している。なお、摩擦ダンパーを組み込んだ制震プレース工法は、制震工法として初めて日本建築防災協会の技術評価を取得(2001年7月、申請者：青木あすなる建設)した工法である。

2.3 製品規格

摩擦ダンパーの製品規格は、摩擦荷重が200kN・300kN・400kN・600kNの4種類、ストロークが共通で±40mmを標準とする。また、外径は200kN～400kN用で190.7φ、600kN用で216.3φであ



写真1 摩擦ダンパーの外観

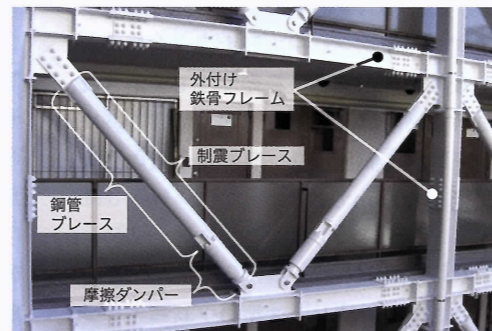


写真2 摩擦ダンパーを組み込んだ制震プレース

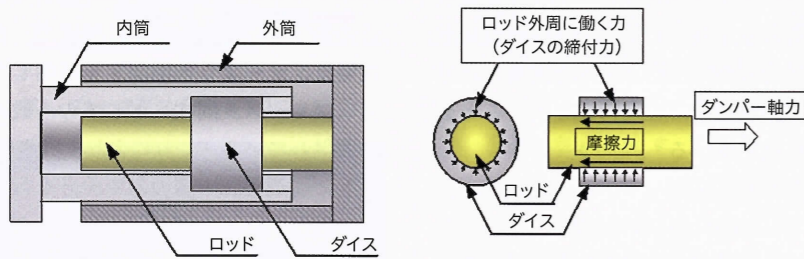


図1 摩擦ダンパーの機構(概念図)

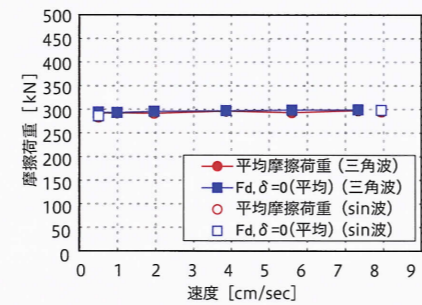


図3 速度依存特性

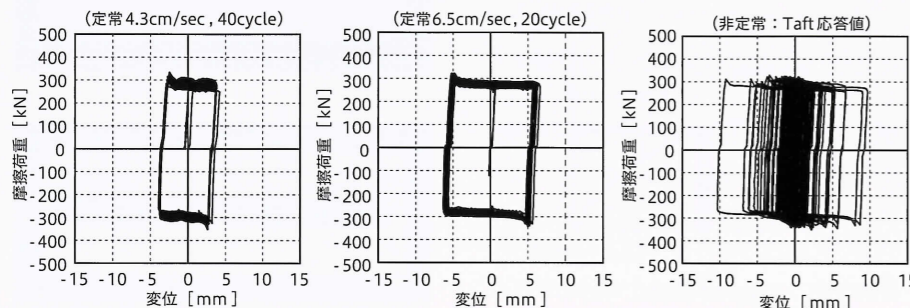


図2 摩擦ダンパーの履歴特性

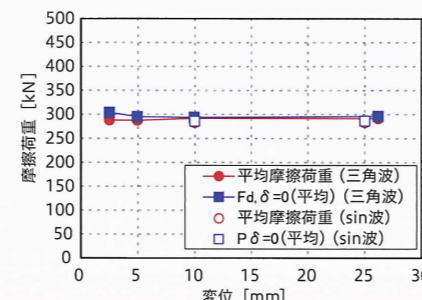


図4 振幅依存特性

る。制震プレースは、なるべく低荷重の摩擦ダンパーを多構面に分散させて配置することで、より高い制震効果を発揮することをコンセプトとしているため、摩擦荷重の規格値は600kN以下と低く設定している。なお、既存建物の制震補強以外の用途のために、摩擦荷重が900kN・1200kN、ストロークが±100～300mmの摩擦ダンパーも製作可能である。

2.4 品質管理

建物に設置する摩擦ダンパーは、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プレースの荷重-変位関係を再評価し、設計時の解析モデルと一致することを確認するなど、徹底した品質管理を行っている。

2.5 維持管理
摩擦ダンパーは、摩擦面を鋼製の内筒及び外筒で覆うと共に、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ため、日常的点検は必要としない。開発当時に暴露10年に相当する複合サイクル促進試験を行い、摩擦荷重の経年変化が小さいことが確認されている³⁾。

3. 20年後の性能確認

3.1 性能確認試験の経緯

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)の4階建て塔屋部分(写真4)は、制震プレース工法を採用した第一号として、1998年に補強工事を実施した³⁾。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月に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、解体工事の際に摩擦ダンパーを全数回収し、補強工事時の受入試験と同じ条件で性能確認試験を行った⁴⁾(写真5,表1)。

3.2 20年後の試験結果

性能確認試験結果(荷重-変位関係)の一例を図5に示す。図中には、補強当時の

の受入試験結果も合わせて示している。図からわかるように、補強当時と20年後で履歴形状がほぼ一致している。また、摩擦荷重の変化は平均3%程度と非常に小さいことがわかった。すなわち、屋外に設置して20年後に初めて摺動させても、摩擦ダンパーは補強当時と変わらぬ性能を発揮することが確認された。

4. 今後の展開

本稿では、摩擦ダンパーの特長や性能、適用実績などについて紹介した。また、摩擦ダンパーが20年前の補強工事時と変わらない性能を維持し、メンテナンスフリーを実証した試験データを紹介した。これは、摩擦ダンパーの性能・品質に対する信頼性向上に資する極めて有益な知見であり、今後の更なる普及に期待する。なお、本稿で紹介した技術データは、青木あすなる建設からの提供によるものである。

参考文献

- 1) 北嶋：外付け制震プ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) 日本免震構造協会：パッシブ制振構造設計・施工マニュアル、第3版、2013.11
- 3) 上田、北嶋ほか：ダンパーを用いた既存RC造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)、AIJ大会、pp.147-148, pp.155-156, 1999.9
- 4) 上田、北嶋ほか：設置後20年が経過した外付け制震プレースの「摩擦ダンパー」性能確認試験、AIJ大会、pp.893-894, 2019.9



写真3 集合住宅への制震プレース適用事例



写真5 試験状況

表1 性能確認試験条件

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(Pave, Pδ=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。



写真4 日大5号館4階建て塔屋の外観

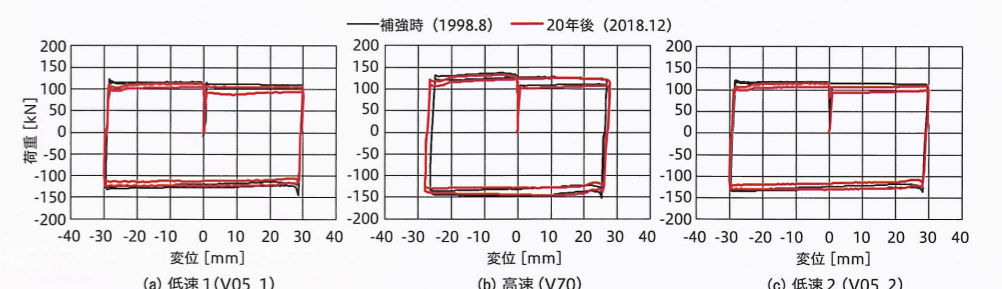


図5 20年後の性能確認試験結果(荷重-変位関係)