

橋梁の制震化に用いるダイス・ロッド式摩擦ダンパーの水没実験

青木あすなろ建設(株) 正会員 ○波田雅也 木村浩之 山崎 彬 藤本和久
フェロー会員 牛島 栄
首都高速道路(株) 正会員 蔵治賢太郎 松原拓朗 久保田成是

1. はじめに

筆者らは、既設橋梁の上下部接続部に“ダイス・ロッド式摩擦ダンパー(以下、摩擦ダンパー)”を設置する耐震補強工法を提案している^{1), 2)}(図-1)。摩擦ダンパーは、建築物の耐震補強用として多数の適用実績を有するとともに、複合サイクル促進試験や暴露試験により優れた長期耐久性を有することが確認されている^{3), 4)}。しかし、橋梁への適用に際して、設置環境が建築構造物より過酷である可能性を考慮すると、より様々なシチュエーションを想定して耐久性を把握することが望まれる。近年の水害等の増加を鑑みると、橋梁に設置した摩擦ダンパーが水没する可能性も否定できない⁵⁾。そこで本報では、摩擦ダンパーに対して水没実験を行い、防水性(水の流入・浸透を防ぐこと)や耐水性(水に耐えること、水によって変質しないこと)を確認した。

2. 摩擦ダンパー試験体の概要

2.1 摩擦機構 摩擦ダンパーの断面図(摩擦機構)を図-2に示す。実験に用いる摩擦ダンパーは、摩擦荷重：±250kN、最大ストローク：±200mmとし、両端にボールジョイントを取り付けている。摩擦ダンパーは、ダイス(環)とロッド(芯棒)間の摺動面に生じる摩擦荷重を利用しており、ダイスに硬質金属(焼入れした鋼材)、ロッドに軟質金属(りん青銅)という異種金属を使用するとともに、ロッド表面に二硫化モリブデン系の固形潤滑剤を塗布して摩擦係数を安定させることで、完全剛塑性に近い履歴特性を発揮する。また、溶接加工を一切用いることなく、機械加工(切削・研削、ねじ加工)した金属部品を組み上げることで製作する。

2.2 防水仕様 ダンパー本体は、摩擦機構部(ダイス・ロッド滑動部)に水や塵が付着せず、空気の循環が無い状態を保てば、履歴形状や摩擦荷重は殆ど変化しないと考えられる。そこで、摩擦機構を内筒と外筒で覆うとともに、隙間から水や塵、空気が出入りしないように図-2中の(a)～(c)に示す防水処理を施している。とくに(b)に示す内筒と外筒の間の可動部は、メンテナンス性を考慮し、シーリングを用いることなくOリングとシリコンゴムスポンジを用いて二重に防水処理を施している。ボールジョイントについては、ボール回転部に図-2中の(d)に示す防水処理を施している。

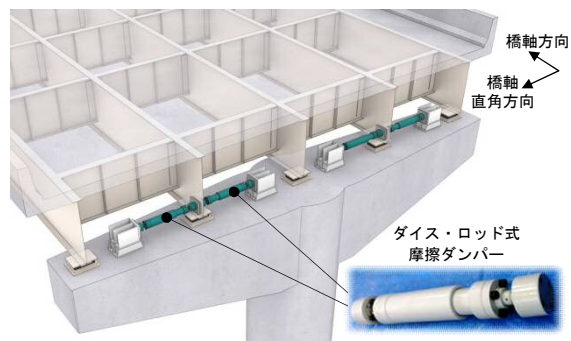


図-1 摩擦ダンパーを用いた橋梁耐震補強工法

3. 実験方法

実験の流れを図-3に示す。本実験では、24時間以上の水没実験の前後で載荷実験を行い、水没前後の摩擦荷重や履歴形状を比較することで、摩擦ダンパーの防水性と耐水性を確認する。

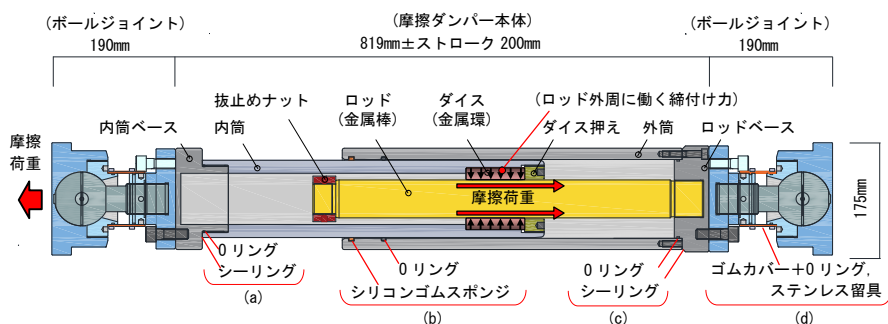


図-2 摩擦ダンパーの断面図(摩擦機構および防水・防塵仕様)

3.1 水没実験 水没実験状況を図-4に示す。水没実験は、JIS C 60068-2-18の方法(Rc1:水槽法)を参考に、水深0.4mの水槽内に試験体1体を24時間以上静置する方法とした。

キーワード 摩擦ダンパー, ダイス・ロッド式, 橋梁, 制震, 水没実験

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要36-1 青木あすなろ建設(株)技術研究所 構造研究部 TEL029-877-1112

3.2 載荷実験 載荷実験状況を写真-1に示す。載荷実験は、両端ボールジョイントを介して反力床とアクチュエータに固定し、軸方向に変位制御で載荷する方法とした。入力波形は、振幅：±140mm、速度：0.4cm/sec一定、2サイクルの三角波とし、文献1)に準拠して摩擦荷重を評価した。

3.3 実験条件 試験体はA、Bの2体とし、それぞれ表-1に示す条件で実験を行った。試験体Aは、2章で示した防水処理を全て施した摩擦ダンパーであり、24時間の水没実験により防水性を確認する。また、試験体Bは、2章で示した防水処理を意図的に省略し、水没時に水が内部に侵入するように製作した摩擦ダンパーであり、62時間の水没実験により耐水性を確認する。

4. 実験結果

4.1 試験体A(防水性の確認) 試験体Aの水没実験前後の履歴曲線を図-5に、摩擦荷重一覧を表-2に示す。図表より、水没実験前後の履歴曲線は一致し、ともに完全剛塑性に近い安定した履歴形状を描いた。また、摩擦荷重の変化は2.0%以下で殆ど変化していない。なお、水没後の載荷実験を行った後に試験体Aを解体した結果、ダンパーおよびボールジョイントの内部に水が浸入した形跡(水滴、赤錆など)はなかった。以上のように、水害時に摩擦ダンパーが1日間(24時間)水没した状態が続くという低確率の事象が発生しても、履歴形状や摩擦荷重が変化せず、また内部に水滴や赤錆が生じなかったことから、摩擦ダンパーの防水処理の仕様が適切であり、十分な防水性を有することが確認された。

4.2 試験体B(耐水性の確認) 試験体Bの水没実験前後の履歴曲線を図-6に、摩擦荷重一覧を表-3に示す。図表より、水没前後ともに完全剛塑性に近い安定した履歴形状を描いているとともに、摩擦荷重の変化は水没後が水没前に対して約8.0%増大するに留まっている。すなわち、万が一防水対策に不具合が生じ、さらに2.5日間(60時間)以上水没した状態で地震に遭遇するという低確率の事象を実験的に再現しても、所定の履歴特性を発揮したことから、摩擦ダンパーの耐水性は実用上十分といえる。なお、水没後の載荷実験を行った後に試験体Bを解体すると、ダンパーの内部まで完全に水に浸かった状態であった。

5. まとめ

以上、橋梁用摩擦ダンパーに対して水没実験を行い、実用上十分な防水性と耐水性を有することが確認された。

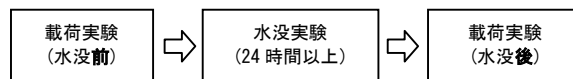


図-3 試験の流れ

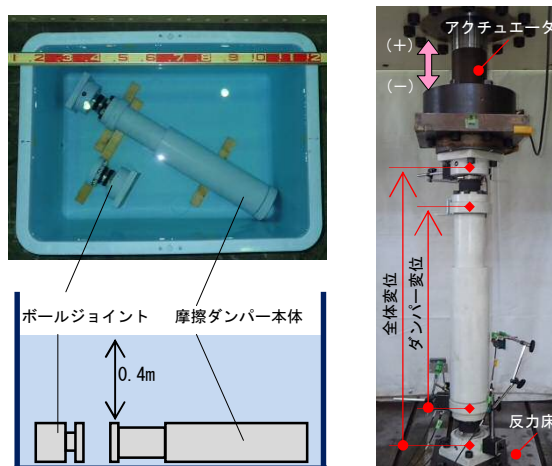


図-4 水没実験状況 写真-1 載荷実験状況

表-1 実験条件

	試験体A	試験体B
防水処理	有り	無し
水没時間	24時間	62時間

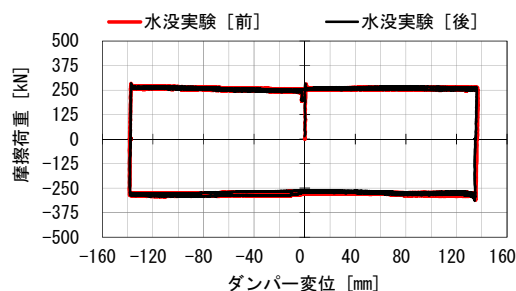


図-5 試験体Aの履歴曲線(荷重 - 変位関係)

表-2 試験体Aの摩擦荷重一覧

	サイクル	エネルギー量 [kJ・m]	平均摩擦荷重 [kN]	切片荷重 [kN]			最大荷重 [kN]	
				+	-	平均	+	-
水没前	1	150.5	274.5		-277.3		283.9	-311.7
	2	143.3	261.7	253.9	-267.4	260.6	273.5	-297.1
水没後	1	149.8	272.5		-271.9		284.8	-315.5
	2	142.9	260.1	251.3	-262.4	256.8	273.6	-296.9
後/前	2	100%	99%	99%	98%	99%	100%	100%

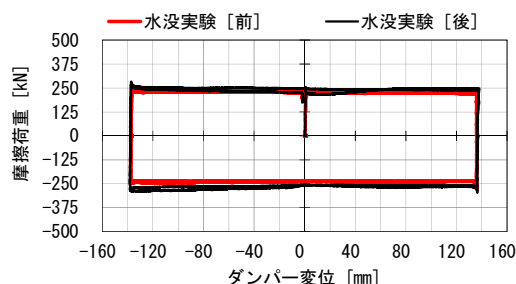


図-6 試験体Bの履歴曲線(荷重 - 変位関係)

表-3 試験体Bの摩擦荷重一覧

	サイクル	エネルギー量 [kJ・m]	平均摩擦荷重 [kN]	切片荷重 [kN]			最大荷重 [kN]	
				+	-	平均	+	-
水没前	1	127.8	233.9		-235.5		258.3	-275.7
	2	127.1	232.4	227.1	-236.7	231.9	252.4	-268.4
水没後	1	141.6	257.7		-255.8		283.0	-297.2
	2	137.1	249.6	246.0	-256.8	251.4	269.6	-285.7
後/前	2	108%	107%	108%	108%	108%	107%	106%

【参考文献】 1) 波田雅也ほか: 既設橋梁の耐震性向上に用いるダイス・ロッド式摩擦ダンパーの開発, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 38, No. 2, pp. 1003-1008, 2016. 7 2) 波田雅也ほか: ダイス・ロッド式摩擦ダンパーを用いた橋梁模型の振動台実験, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 39, No. 2, pp. 859-864, 2017. 7 3) 上田英明ほか: 制震ブレース工法-施工実績, 青木あすなろ建設技術研究所報, Vol. 1, pp. 1-11, 2016. 3 4) 上田英明ほか: 制震ブレースを用いた耐震補強工法, 青木あすなろ建設技術研究所報, Vol. 1, 2016. 3 5) NAP サポートセンター: 防災・防犯通信 - 自然災害に学ぶ防災と減災対策-気象災害: 台風・大雨・集中豪雨, 2014. 1. 15