

ダイス・ロッド式摩擦ダンパーに用いるボールジョイントの性能確認試験

青木あすなる建設(株) 技術研究所 正会員 ○波田雅也 木村浩之 山崎 彬 下村将之

1. はじめに

筆者らは、橋梁支承部の橋軸直角方向にダイス・ロッド式摩擦ダンパー(以下、摩擦ダンパー)を設置して耐震性向上を図る技術を実用化している^{1)~4)}。摩擦ダンパーは、直交する橋軸方向の地震時変位に追従できるように、ダンパー本体の両端にボールジョイントを配したピン接合を標準としている(図-1)。摩擦ダンパーが所定の性能を発揮するためには、このボールジョイントが早期に塑性化することなく、ピン支点の役割を果たすことが必須条件である。本報では、実大のボールジョイントに対して実施した性能確認試験について示す。

2. ボールジョイント試験体の概要

図-1は、400kN級摩擦ダンパー(摩擦力:400kN±10%、最大振幅:±100mm)の両端に取り付くボールジョイントの断面図である。400kN用として、設計荷重600kN(=400kN×1.5倍)に対して塑性化しないよう強度設計している。ボールジョイントは、ボール軸(材質:S45C)の球体部を、球面座(SS400)とボール押え(SS400)で挟み込んでピン支点を成す機構である。球面部には±0.1~0.3mm程度の隙間(ピンガタ)を設け、滑らかに回転するよう潤滑剤を塗布する。ボール押えにはボール軸の芯棒部が貫通する円錐形の孔をあけ、図-1のようにダンパー軸芯方向に対して全方向に±15度回転可能な仕様となっている。ボールジョイントの回転可動域を広くするほど、ボール押えの“かかり代”が浅くなり、引張荷重時の強度不足が懸念される。また、可動域が狭すぎると、橋軸方向変位に追従しきれない可能性がある。±15度の可動域は、強度と汎用性の両立に配慮している。

3. ボールジョイント付き摩擦ダンパーの載荷試験

本章では、基本特性を把握する目的で、400kN級摩擦ダンパーの両端にボールジョイントを設置した状態で行った載荷試験について示す。

3.1 試験方法 試験状況を写真-1に示す。ボールジョイントは回転させず試験装置にまっすぐ設置し、引張を正としてアクチュエータによって軸芯方向に変位制御で載荷する。入力波形は速度0.4cm/sec、振幅±80mm、繰返し2サイクルの三角波りとし、計測項目は荷重、変位(全体、ダンパー、上・下ボールジョイント)とする。

3.2 試験結果 荷重-変位履歴を図-2に示す。(a)はダンパーと全体(ダンパー+ボールジョイント上・下基分)の履歴、(b)はボールジョイント2基分の履歴である。また、試験結果から評価した平均摩擦荷重¹⁾とピンガタ、剛性(ピンガタを含む割線剛性)および摺動時変位(平均摩擦荷重を剛性で除した値)を表-1に示す。まず、図-2(a)より、設定摩擦力どおり約400kNで荷重が頭打ちとなって(静止摩擦から動摩擦に切り替わって)摺動し、概ね完全剛塑性の履歴を描いていた。また、摺動時変位は全体でも1.42mmと極めて小さく、

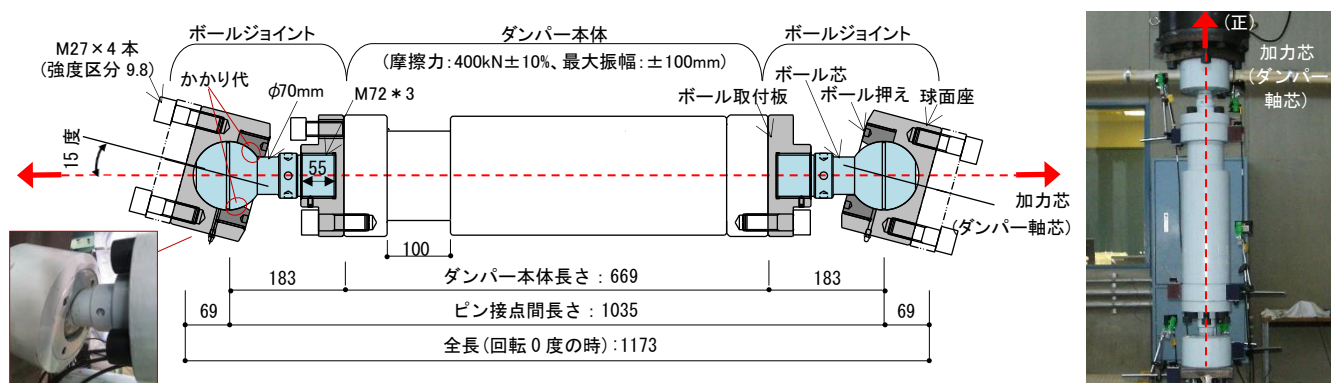


図-1 400kN級 橋梁用摩擦ダンパーの外観(ボールジョイント15度回転時の断面図) 写真-1 ボールジョイント付き摩擦ダンパーの試験状況

キーワード 摩擦ダンパー, ダイス・ロッド式, 制震, ボールジョイント, 載荷試験

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

1.42m(100%)の内訳は、ダンパー本体が0.46mm(32%)、上・下ボールジョイント2基が0.96mm(68%)であり、ボールジョイントの割合が高い。つぎに、図-2(b)より、ボールジョイントは、塑性化することなく弾性を保持していた。また、ボールジョイント2基合計で約0.6mm(±0.3mm, 1基当り±0.15mm)のピンガタがあり、弾性勾配は引張側が圧縮側に比べて小さい。筆者らは、これまで同一機構のボールジョイントを50kN～1,200kN用まで幅広く製作しており¹⁾⁴⁾、いずれも同様の結果を示すことを確認している。ピンガタは、NC工作機械によって0.01mm単位で切削加工するため、部材の大小にかかわらず同程度の値で製作管理が可能である。

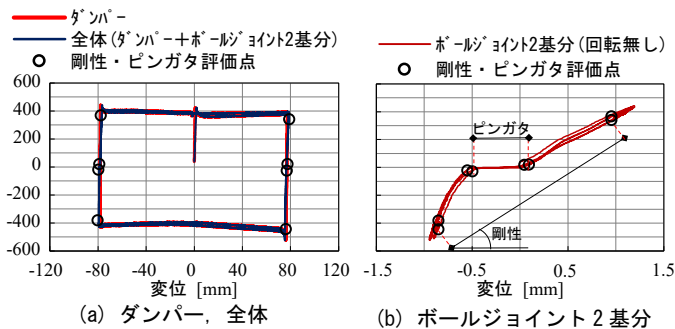


図-2 試験結果 (荷重-変位履歴)

表-1 試験結果一覧

平均 摩擦荷重 kN	ボールジョイント上・下2基分			ダンパー		全体	
	ピンガタ mm	剛性 kN/mm	変位 mm	剛性 kN/mm	変位 mm	剛性 kN/mm	変位 mm
408	0.59	425	0.96	893	0.46	288	1.42
全体に対する比率			68%		32%	100%	

4. ボールジョイントの耐荷性能確認試験

本章では、耐荷性能確認を目的として、ボールジョイントを15度回転させた状態で行った性能確認試験について示す。

4.1 試験方法 試験状況を写真-2に、载荷サイクルを図-3に示す。写真-2のようにボールジョイント2基を連結し、15度回転させた状態で軸芯方向に正負交番载荷する。载荷サイクルは、±100kN, ±200kNを1回ずつ载荷した後、±400kN, ±600kN, ±800kNを4回ずつ载荷し、さらに±950kNを5回载荷する。計測項目は荷重、変位(ボールジョイント上・下2基の合計変位)とする。

4.2 試験結果 荷重-変位履歴を図-4に示す。図-4(a)は、本試験(15度回転)における±400kN 载荷時の結果を、3章で前述した図-2(b) : (回転無し)と重ねて示したものである。図-4(a)より、両者の荷重-変位履歴がよく一致しており、回転があってもボールジョイントの基本特性(ピンガタ, 剛性)は変わらなかった。つぎに、図-4(b)より、設計荷重である±600kN 载荷まで、ボールジョイントが概ね弾性挙動していた。また、それを超えると引張側で徐々にピンガタが拡大するものの、設計荷重のさらに1.5倍以上(±950kN)の荷重を繰返し作用させても破断や座屈することなく、安定した性能を發揮した。

5. まとめ

以上、400kN級摩擦ダンパーに取り付けるボールジョイントに対して性能確認試験を行い、ボールジョイントが摩擦ダンパーを構成するピン接合の部材として十分な耐荷性能を有することが確認された。

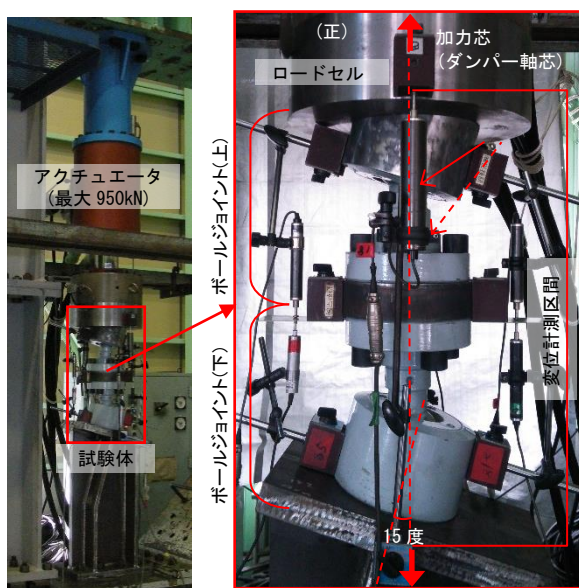


写真-2 ボールジョイントの耐荷性能確認試験状況

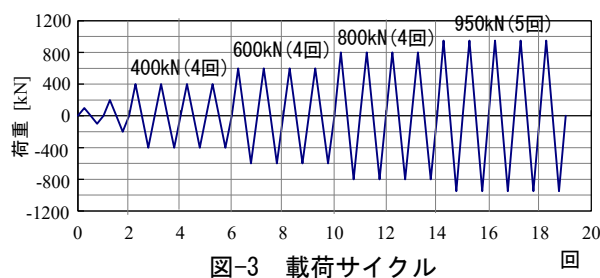


図-3 载荷サイクル

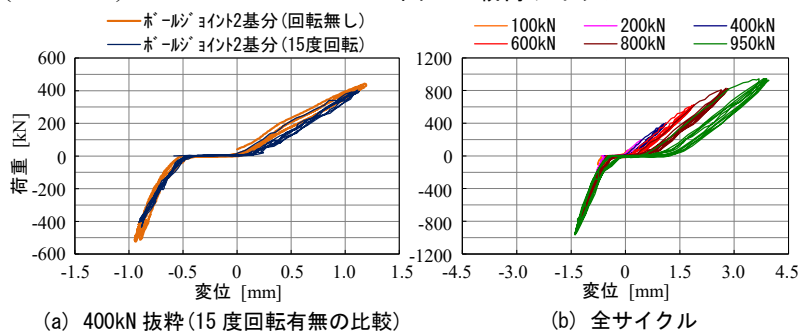


図-4 試験結果 (荷重-変位履歴)

【参考文献】 1) 波田雅也ほか：橋梁の耐震補強に用いるダイス・ロッド式摩擦ダンパーの開発，土木学会論文集 A1, Vol.75, No.2, pp.95-110, 2019.5 2) 波田雅也ほか：摩擦ダンパーを用いた橋脚の地震時損傷制御技術の適用，土木学会 インフラメンテナンス実践研究論文集, Vol.1, No.1, pp.261-268, 2022.3 3) 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 4) 山崎 彬ほか：1200kN級の“大容量ダイス・ロッド式摩擦ダンパー”の開発，土木学会第73回年次学術講演会, I-316, pp.631-632, 2018