

Hysteresis Dampers for Controlling Seismic Response of Bridges and Structures

石井元悦*1
Motoetsu Ishii上平 悟*2
Satoru Uehira尾木靖夫*3
Yasuo Ogi森下邦宏*4
Kunihiro Morishita

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、一般建築物などを中心に耐震補強、制震設計に関する研究が進められ、種々の制震デバイスが開発されている。その中のひとつとして構造物の斜材に挿入する軸降伏型履歴ダンパがあり、近年、適用する構造物を含め、設計の柔軟性（降伏軸力と軸剛性の設定自由度）、大型化、廉価化など、その制震ダンパに対する要求性能も多様化しつつある。

この背景から、当社ではこれらの要求を満足させる履歴型の制震ダンパを開発したので、本報では、それらの構造概要、実験的に検証された復元力特性、繰返し変形性能などを紹介する。

2. 橋梁用ダンパーブレース

2.1 構造概要

ダンパーブレースはプラント工作物を対象に開発されたもので⁽¹⁾、橋梁用、建築用等汎用に適用可能である⁽²⁾。このダンパーブレースは、鋼材の弾塑性特性を利用した軸降伏座屈拘束型の制震ダンパ（圧縮軸力/引張軸力に対して同様の弾塑性特性を示す）である。また橋梁構造等では要求される長さが10～15 mを超える長尺部材となり、降伏軸力も構造規模によっては10 000 kN級となる。一般的な軸降伏座屈拘束型ダンパは部材全長をダンパ部材とするため、長尺部材として製作する場合は全体座屈補剛用の拘束材が大型化してしまう。また、全長にわたるダンパ部材の断面積により降伏軸力を調整するため、部材長さに応じて軸剛性も設定されることになる。

そこで、図1に示すようにブレース部材の両端にダンパ部材（エネルギー吸収部材（十字型断面芯材：低降伏点鋼LY225使用）+座屈拘束管）を配する構造とすることで座屈拘束材を小型化し、長尺化が容易な構造とした。さらに両端のダンパ部材を中間材（丸鋼管）により接合する構造としたことで、降伏軸力の調整は

ダンパ部材で、軸剛性の調整は中間材で個別に行うことができるので調整範囲が広く、全体構造設計において最適な部材特性を設定することを可能とした。

2.2 復元力特性及び繰返し変形性能

図2に橋梁用に製作したダンパーブレース試験体を用いた繰返し載荷試験結果としてダンパ部の軸力-軸ひずみ関係を示す。これより、圧縮軸力に対しても座屈拘束管の補剛効果により、引張降伏状態と同様の安定した弾塑性挙動を示していることがわかる。また、実験結果より軸ひずみ $\pm 1.5 \sim 2.0$ %程度の範囲で安定した復元力特性が得られることが確認された。さらに、軸ひずみ ± 2.0 %の定振幅載荷時に20回以上の繰

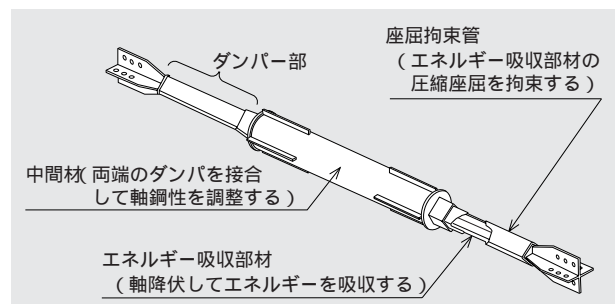


図1 ダンパーブレース構造概要 エネルギー吸収部材は十字型断面部材であり、角形鋼管で座屈補剛する。

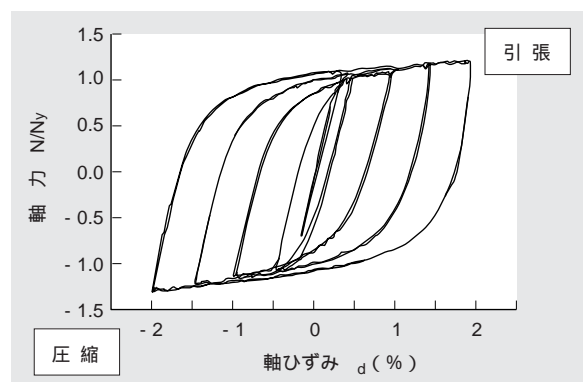


図2 軸力-軸ひずみ関係 軸ひずみ ± 2 %に対しても圧縮、引張ともに安定した繰返し変形性能を示している。

*1 広島製作所橋梁・鉄構部次長

*2 広島製作所橋梁・鉄構部橋梁設計課長

*3 広島製作所橋梁・鉄構部鉄構装置技術課

*4 技術本部広島研究所鉄構・土木研究室 博(工)

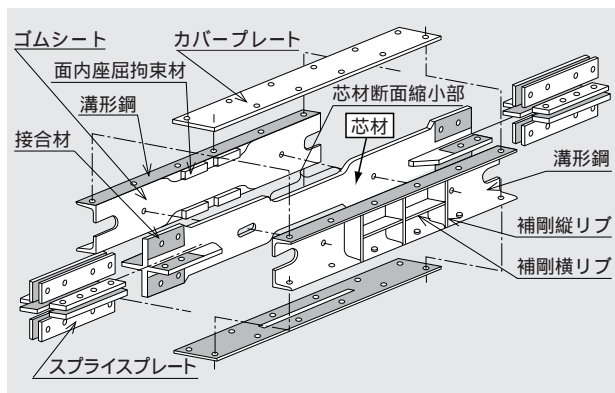


図3 建築物用 MCB ダンパ構造概要 エネルギー吸収部材は平板部材であり、規格品の溝形鋼及び板材で座屈補剛する。

返し変形性能を有していることも確認できた。

3. 建築物用 MCB ダンパ

3.1 構造概要

建築物用の MCB ダンパ (Mitsubishi Channel stiffened Brace Damper) も鋼材の弾塑性特性を利用した軸降伏座屈拘束型の制震ダンパである。建築物を対象としており、要求される長さは 3 ~ 7 m 程度であるが、高層建築物などに設置されるダンパ数は 1 棟当たりで数百本にも及ぶため、構造の簡素化、廉価化が要求される。さらにダンパーブレースと同様に設計自由度 (軸力、軸剛性の調整) が必要とされる。

MCB ダンパの構造概要を図 3 に示す。軸力に対して軸降伏しエネルギーを吸収する芯材 (材質: 降伏点鋼 LY225, LY100, 一般建築用鋼材 SN400B, SN490B) は平板で構成され、その中央部を早期に降伏させるように故意にくびれさせた構造 (断面縮小部) とした。これにより降伏軸力の調整が可能になると同時にその断面縮小部の長さを変化させることで軸剛性の調整も可能となる。さらに、芯材の座屈拘束のための補剛部材は規格品の溝形鋼及び平板を用いて高力ボルト摩擦接合にて組み立てる構成としていることから、構造、製造管理の簡素化、廉価化を達成した。補剛部材と芯材とのアンボンド材にはゴムシートを用いている。

3.2 復元力特性及び繰返し変形性能

図 4 (a) に建築物用 MCB ダンパ試験体 (芯材材質: SN490B) を用いて実施した繰返し載荷試験結果の軸力 - 軸ひずみ関係を示す。図 2 と同様に圧縮軸力に対して引張降伏状態と同様の弾塑性挙動を示し、軸ひずみ $\pm 3.0 \sim 4.0$ % 程度の範囲でも安定した復元力特性が得られることが確認できる。また、図 4 (b) には芯材材質として LY225, LY100, SN400B, SN490B を用いた MCB ダンパ試験体に対して軸ひずみ範囲を

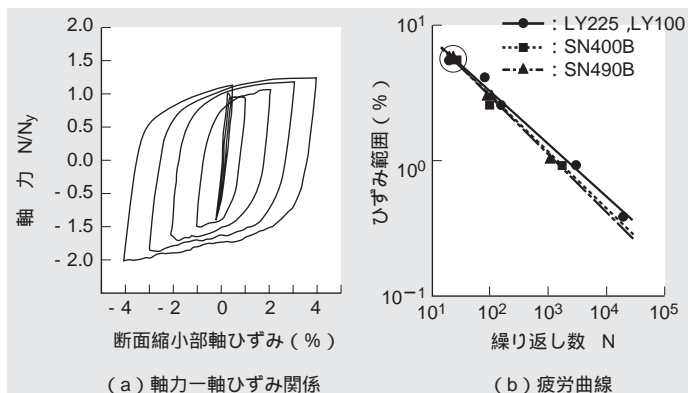


図4 MCB ダンパの復元力特性、繰返し変形性能 軸ひずみ $\pm 3 \sim 4$ % に対しても圧縮、引張ともに安定した繰返し変形性能を示している。

1 %, 3 %, 6 % (= 片振幅ひずみ ± 3.0 % に対応) と変化した疲労試験におけるひずみ範囲 - 繰返し数関係図を示す。これより、ひずみ範囲 6 % の定振幅載荷時にすべての芯材材料で同等に 20 回以上の繰返し変形性能を有していることが確認できた (図 4 (b) 中印)。

4. ま と め

本報では、構造物の制震ダンパとして利用する軸降伏型履歴ダンパに関して、使用する場合に要求される設計の柔軟性 (降伏軸力と軸剛性の設定自由度)、大型化、廉価化などの観点から新形式のダンパを開発し、復元力特性、繰返し変形性能などについて紹介した。なお、建築物用 MCB ダンパは日本建築総合試験所の建築技術性能証明を取得している。また、ダンパーブレースは当社のプラント工作物用の制震ダンパとして開発を始めたものであり、これに関しても (財) 日本建築センターの一般評定を取得した部材である。これらの制震ダンパは軸変形に対してエネルギーを吸収する部材として利用可能であるので、今後はその適用範囲の拡大に努めていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 蛭川ほか, 履歴型制震ブレースを用いたプラント支持構造物の耐震性向上, 三菱重工技報 Vol.41 No.5 (2004)
- (2) 上平ほか, 長大橋の耐震性向上方法, 三菱重工技報 Vol.39 No.6 (2002) p.312



石井元悦



上平悟



尾木靖夫



森下邦宏