

実大ダンパーブレースの繰返し載荷実験

三菱重工業 正会員 ○明神 久也 同 正会員 森下 邦宏
同 非会員 小野 泰明 同 正会員 四條利久磨
福山大学 正会員 上野谷 実 同 正会員 中村 雅樹

1. はじめに

大地震に対する橋梁の耐震性向上対策の一つとして、制震ブレースを組み込んだ構造が注目されている¹⁾。著者らも、この制震ブレースとして部材両端に軸降伏座屈拘束型ダンパーを組み込んだ制震部材（以下、ダンパーブレース）を提案し²⁾、縮小模型による静的載荷実験および振動台を用いた動的地震応答実験より、その安定した履歴特性、地震時の応答低減効果などを実験的に検証してきた^{2),3)}。本報では、縮小模型ではなく実大規模のダンパーブレースを製作して繰返し載荷実験を行い、実大規模での安定した履歴特性を確認した。

2. 試験体

表 1 試験体諸元

試験体名	十字芯材諸元(SS400)			十字芯材材料の機械的性質(SS400)			ダンパーブレース長 L_{id} (mm)
	幅 B_d (mm)	板厚 t_d (mm)	ダンパー長 L_d (mm)	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	のび率(%)	
DB33-TC	262	21.7	610	314.1	458.0	30.3	3750
DB33-C	262	21.7	610	314.1	458.0	30.3	3750
DB54-TC	262	21.7	1010	314.1	458.0	30.3	3750

試験体としては、表 1 に示す 3 体を製作した。試験体 DB33 の構造図を図 1 に示す。試験体名の 33 あるいは 54 は、両端ダンパー部十字芯材の長さの和 $2L_d$ がダンパーブレース長 L_{id} の 0.33($=2 \times 610 / 3750$)、0.54であることを示す。また、試験体名の最後の TC, C は繰返し載荷パターンを示し、それぞれ正負同振幅の交番載荷、圧縮側へ大きく片振りさせた載荷をしたことを意味している。本実験ではダンパー部十字芯材の材料は SS400 とした。表 1 に芯材材料の機械的性質、それに基づき算定した本試験体の降伏軸力 N_y および予想最大軸力($N_{dy} = 1.5 \times N_y$)も示す。降伏軸力は 3,400kN 程度の値となり、最大軸力は 5,100kN レベルに達することが予想された。なお、本試験体はすべて文献 2)などに示される設計条件を満足したものである。

試験体名	拘束管諸元(SM490A)		中間材諸元(STK490)			ダンパーブレース強度諸元	
	幅 D_d (mm)	板厚 t_d (mm)	外径 D_i (mm)	板厚 t_i (mm)	中間材長 L_i (mm)	降伏軸力 N_y (kN)	予想最大軸力 N_{dy} (kN)
DB33-TC	246	22	457.2	19	2530	3424	5135
DB33-C	246	22	457.2	19	2530	3424	5135
DB54-TC	246	22	457.2	19	1730	3424	5135

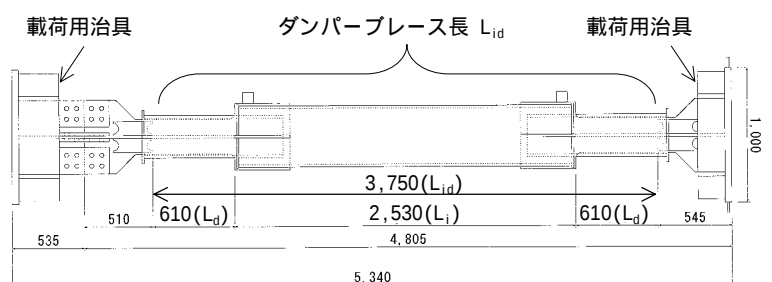


図 1 試験体 DB33 構造図

3. 試験装置および載荷パターン

載荷実験では福山大学ハイテクリサーチセンターの圧縮 10MN / 引張 5MN 鉛直静的載荷試験機を使用した。試験体設置状況を図 2 に示す。

繰返し載荷実験は変位制御（ダンパー部十字芯材ひずみ制御：ひずみ = ダンパー部十字芯材の軸変位 / ダンパー長 L_d ）にて行った。載荷手順としては 2 回繰返し漸増載荷($\pm 0.5, 1.0, 1.5, 2.0\%$)を行った後、定振幅での疲労試験($\pm 2.0\%$)を実施した。DB33-TC, DB54-TC の 2 体については上述の方法にて載荷を行ったが、DB33-C については、本構造のような座屈拘束型制震ブレースでは座屈拘束条件に影響がある圧縮側の軸ひずみを過大な領域まで増加させた片振りに近い載荷を行い、実大レベルでの圧縮力に対する安全性の検討を行った。

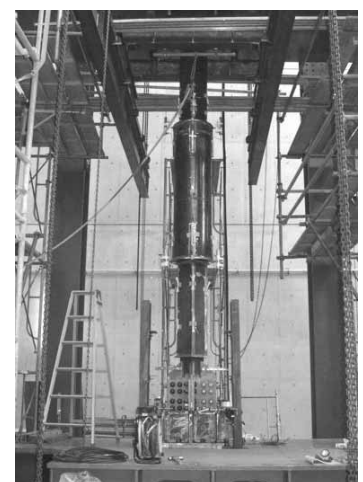


図 2 試験体設置状況(DB54)

キーワード ダンパーブレース, 制震, 実大, 大軸力, 静的載荷実験

連絡先 〒730-8642 広島市中区江波沖町 5-1 三菱重工業株式会社 広島研究所 鉄構・土木研究室 TEL 082-294-3626

4．载荷試験結果

4.1 履歴特性

図3に各試験体の漸増载荷試験～疲労試験までの軸力 N - ダンパー部十字芯材軸ひずみ ε_d 関係の比較を示す．これらの結果より，実大規模のダンパーブレースでも，これまで実施してきた縮小模型と同様に安定した履歴特性を示すことが確認できた．また，ダンパー部十字芯材の長さ L_d を変化させた DB33-TC と DB54-TC の比較より，最大軸力，履歴ループの形状等ほとんど差異がない結果となっていることが確認できた．载荷パターンを変化させた DB33-C に対しては圧縮ひずみで 5% 近くまで増加させた载荷試験を行ったが，履歴ループが乱れることなく非常に安定した性状を示しており，過大な圧縮ひずみ下における本ダンパーブレースの履歴特性の安定性が確認できたものと言える．

さらに，想定していた最大軸力は 5,100kN 程度であったが， $\pm 2.0\%$ ひずみ振幅に対して $1.5N_y$ に達することなく， $1.4N_y$ 程度でおさまる結果となった．

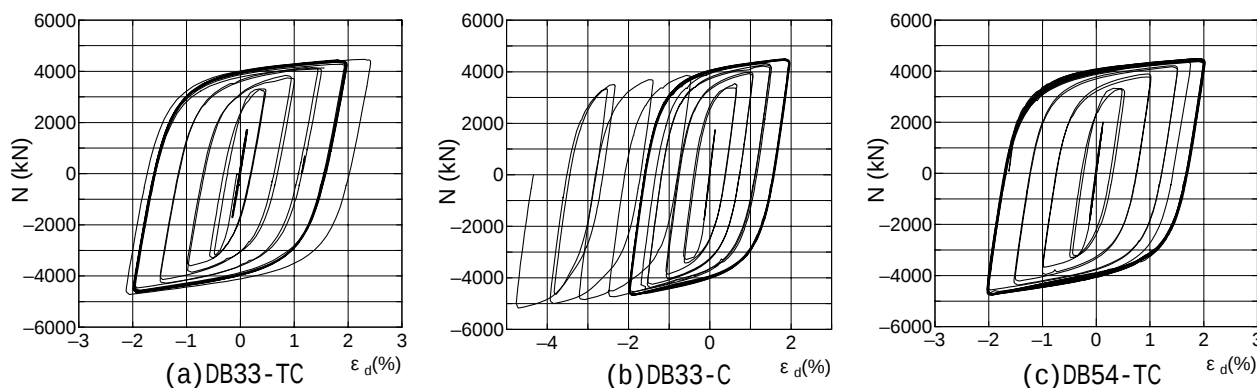


図3 軸力 - ダンパー部軸ひずみ関係の比較

4.2 繰返し変形性能の評価

図4にDB54-TCの累積塑性変形倍率 η - 軸力関係を示す．この結果より，ダンパーブレース縮小模型の試験結果に基づく許容累積塑性変形倍率の最小値 $\eta = 700$ を超える結果が得られており，繰返し変形性能に関しても実大規模での検証ができた．

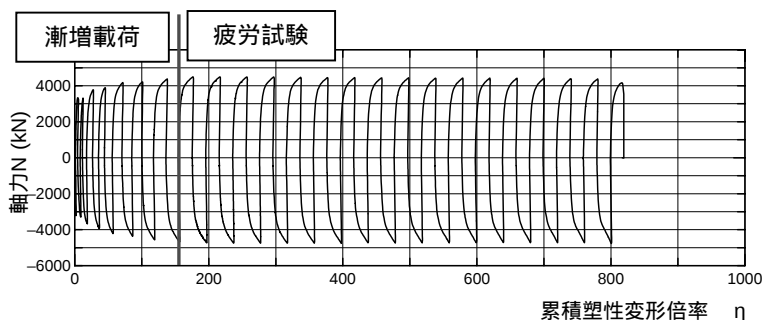


図4 累積塑性変形倍率 η - 軸力関係 (DB54-TC)

5．まとめ

実大規模のダンパーブレースを用いた繰返し载荷実験から得られた結果をまとめると次のようである．

- (1) ダンパー部軸ひずみ振幅を $\pm 2.0\%$ とした繰返し载荷実験を行った結果，実大規模のダンパーブレースでも縮小模型の場合と同様に安定した履歴特性を示すことが確認できた．
- (2) 過大な圧縮ひずみを与えた载荷実験結果から，許容しうる圧縮ひずみレベルは 5.0% 近くまで達することが確認できた．
- (3) 累積塑性変形倍率の評価に関しては，ダンパーブレース縮小模型の試験結果に基づく許容累積塑性変形倍率の最小値 $\eta = 700$ を超える結果が得られ，実大規模でも同等の繰返し変形性能の評価ができることが確認できた．

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会：土木構造物の動的耐震性能照査法と耐震性向上策，2003.10．
- 2) 村瀬，森下ら：両端に軸降伏ダンパーを組込んだ長尺ブレースの座屈拘束条件(その1)設計法，(その2)模型実験，日本建築学会近畿支部研究報告集，pp.293-pp.300,1999．
- 3) 森下，井上ら：ダンパーブレースを組み込んだ上路アーチ橋部分構造の動的地震応答実験，土木学会論文集 No.766 / I-68，pp.277-290，2004.7．