

補剛材形状の違う 2 種類の実物大制震ダンパーの性能評価試験

愛知工業大学 学生会員 ○飯田 智仁

愛知工業大学 正会員 鈴木 森晶

JFE スチール(株) スチール研究所 土木・建築研究部 植木 卓也

JFE シビル(株) システム建築事業部 設計部 宮川 和明

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震によって鋼橋の耐震設計は根本から見直しが行われ、2002 年道路橋示方書改訂では、地域被災後の早期復旧の観点から主構造の損傷を極力小さくし、地震後に取り替えまたは補修が容易な部材に対してのみ損傷を生じさせる「制震」が「耐震性能」の定義に加えられた。¹⁾

鋼橋の耐震補強を行う際に取り付けられている制震装置には、部材として適用が容易であることから制震ダンパーに分類される座屈拘束ブレースがあげられる。座屈拘束ブレースは適切に配置することにより高いエネルギー吸収性能を發揮し、主構造に生じる作用力を抑えることができ、耐震性能を向上させることが可能となる。

これまでの研究で公称値の安全率の妥当性²⁾、変形性能および累積塑性ひずみの限界値の検討や低サイクル疲労特性が明らかにされてきた。しかし近年、南海トラフなど当時想定されていた地震より大規模な地震が予測されている。そのため制震ダンパーは高軸力化傾向にある。

そこで本研究では、補剛材の形状の違う 2 種類の実物大の供試体を用いて実験を行い、想定される巨大地震により生じる軸力に対応可能な性能を有しているかを検証することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体は十字型ブレース 2 体、二重鋼管ブレース 2 体の計 4 体とし、補剛材の形状(軸材の局部座屈に対する補剛力)をパラメータとしている。軸材の径厚比・幅厚比は、試設計構造における設計断面とほぼ同等とし、鋼種は SN490 および STK490 としている。供試体の概要を表-1 に、供試体形状を図-1 および 2 に示す。

2.2 载荷方法

载荷装置(図-3)は 4400kN アクチュエータ(圧縮 4400kN, 引張 2200kN)×4 台と両端载荷梁からなる自己反力フレームとし、その中心に供試体をセットする。

载荷は、4 台のアクチュエータを同期させた静的変位制御とする。载荷形態は漸増载荷とし、軸力材の降伏ひずみ相当から±0.50%、±0.75%、±1.00%、±1.50%と 4 波ずつ繰返し入力を行う。その後±2.00%、±2.50%と 2 波ずつ繰返し、最終的に±3.00%に達するか、または荷重が低下するまで载荷を続ける。

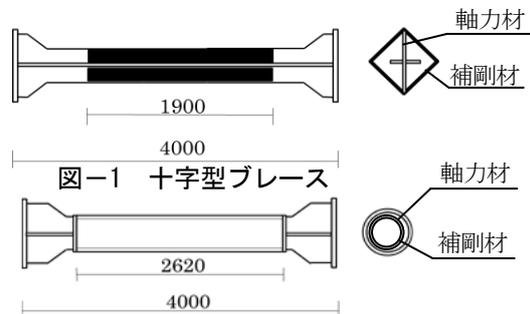


図-1 十字型ブレース

図-2 二重鋼管ブレース

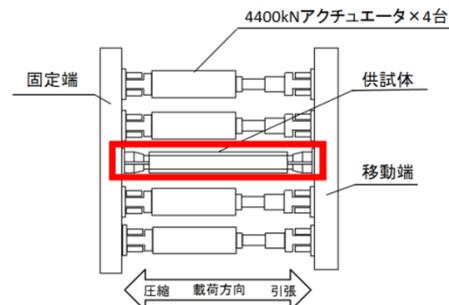
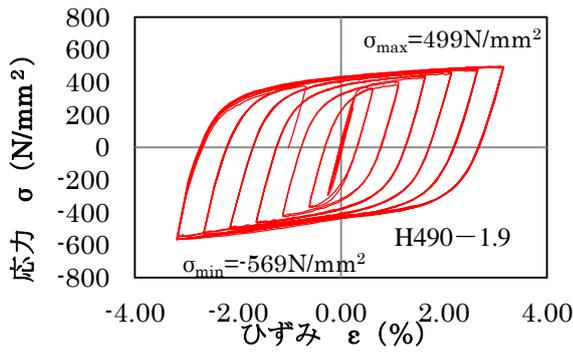


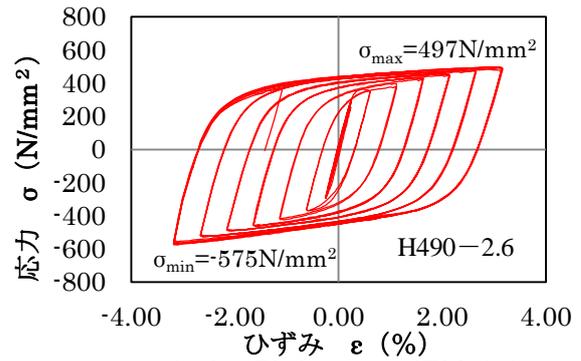
図-3 载荷装置

表-1 供試体概要

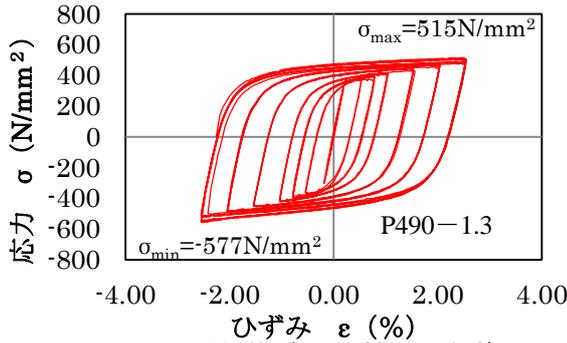
供試体名	十字型ブレース		二重鋼管ブレース	
	H490-1.9	H490-2.6	P490-1.3	P490-1.8
軸力材	断面	288×160×32	288×160×32	φ241.8×17.9
	幅厚比	9	9	13.5
	鋼種	SN490	SN490	STK490
	設計軸力 (kN)	4326		4092
補剛管	断面	□268×19t	□268×28t	φ267.4×8.0t
	鋼種	SN490	SN490	STK400
	幅厚比	14.1	10.2	33.4
	補剛力	1.93	2.61	1.29



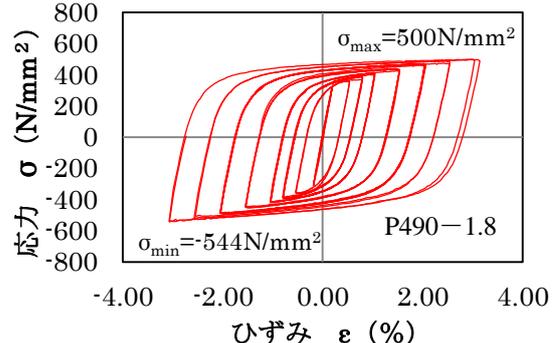
(a) 十字型ブレース (補剛力 1.9)



(b) 十字型ブレース (補剛力 2.6)



(c) 二重鋼管ブレース (補剛力 1.3)



(d) 二重鋼管ブレース (補剛力 1.8)

図-4 応力-ひずみ関係



(e) 十字型ブレース (補剛力 1.9)



(f) 十字型ブレース (補剛力 2.6)



(g) 二重鋼管ブレース (補剛力 1.3)



(h) 二重鋼管ブレース (補剛力 1.8)

図-5 試験後供試体状況

3. 実験結果

実験により得られた各供試体の応力-ひずみの履歴曲線を図-4 に示す。引張側を正とし、圧縮側を負とし縦軸に応力 σ (N/mm²)、横軸にひずみ ϵ (%)をとっている。試験後のブレースの状態を図-5 に示す。

図より、いずれも、最大荷重が約 8MN、 $\pm 3.0\%$ (P490-1.8 は $\pm 2.0\%$) の繰返しに対して、二重鋼管ブレース (P490) では途中で耐力が低下することなく安定した履歴曲線を描き、高いエネルギー吸収性能を示した。また、十字型ブレース (H490) では、ひずみ 3.0% の 7 回目のループで若干の耐力の低下が現れたが二重鋼管ブレース同様に十分なエネルギー吸収性能を示した。各供試体はすべて圧縮側の履歴が若干ではあるが引張側よりも大きな値となっている。これは圧縮時にブレース材が局部座屈を起こすことにより補剛管と接触し、その間に生じた摩擦力により補剛管が軸力の一部を負担したことによる

ものと考えられる。ただし、圧縮側の耐力上昇は約 1 割程度に納まっており、実用上問題ないレベルと言える。

試験後に軸材を確認したところ、十字型ブレース (H490) では軸材とリブの溶接部を起点とした亀裂が確認されたが、破断には至っていない。二重鋼管ブレース (P490) 試験体には亀裂は見られなかった。

4. まとめ

いずれのブレース形状に対しても、高軸力下で十分なエネルギー吸収性能を示すことが確認できた。今回、補剛力によるエネルギー吸収性能の差は見られなかったため、従来設計 (補剛力の小さい側の設計) でも十分な性能を有することが確認できた。

参考文献：

- (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2012.3
- 佐藤崇，宇佐美勉：座屈拘束ブレースの性能実験-全体座屈防止条件の検討，名城大学理工学部研究報告，No.48，2008 年。