

せん断型座屈拘束ブレース (SBRB) の開発に関する実験的研究

名城大学 学生会員 ○近藤 加奈
名城大学 榎原 賢治

名城大学 深田 桃子
名城大学 フェロー 葛 漢彬

1. 緒言

既往の研究ではせん断応力と引張応力が同時に作用する状況下での鋼材の延性破壊実験が行われ、その中で初期時に純せん断が作用する試験片 (PS シリーズ) は引張・圧縮ともに安定した履歴特性を持つことが確認された¹⁾。そこで本研究では、PS シリーズの形状を座屈拘束ブレース (BRB) の芯材に適用した新型の座屈拘束ブレース (SBRB) の変形性能に及ぼすせん断パーツの個数、引張強度とせん断強度の比および空洞の半径の影響を繰り返し载荷実験により明らかにしたうえで、各種パラメータの推奨値を提案する。

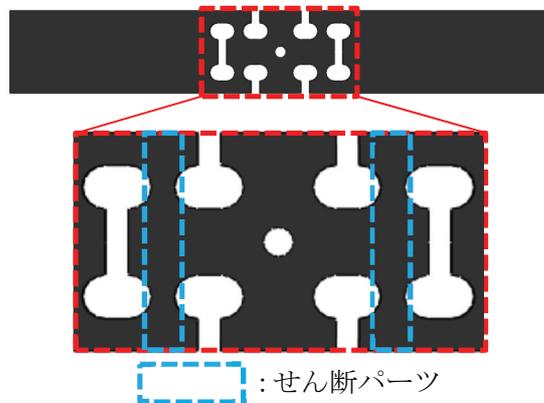


図1 SBRB の芯材 (せん断パーツが2個の場合)

2. 実験概要

SBRB は図1に示すようにせん断パーツを複数設置した芯材を拘束材とフィラープレートで挟み込み、ボルトで固定する構成となっている。鋼種はSS400材を使用している。

考案したSBRBは塑性変形箇所(せん断パーツ)において軸力ではなくせん断力が卓越し破断に至ると予想される。そのため、座屈が発生しにくい特性を生かし、本研究では、せん断パーツの損傷状況を確認できるように拘束材に空洞を設けている。また、芯材の面外方向および面内方向は1mm隙間を空けている。

表1に各供試体の構造パラメータを示す。ここで、せん断パーツの個数 N を2, 4, 6個、引張強度 T_y をせん断強度 Q_y で除した強度比 U を1.0, 1.7, 2.6, 空洞の半径 R を10, 15, 20mmと変動させている。芯材の板厚 t_c は10mmである。本実験では高荷重試験システムを使用し、許容値は荷重 $\pm 500\text{kN}$ 、ストローク $\pm 75\text{mm}$ となり、供試体の上部を载荷端、下部を固定端とする。载荷パターンは1サイクル毎の漸増変位振幅繰り返し载荷であり、1サイクル目を1.0% (変形可能長 L に対する伸び δ の割合) とし、以降1サイクル毎に1.0%増加させている。

表1 各供試体の構造パラメータ

No.	供試体名	N [個]	$U=T_y/Q_y$	R [mm]	L [mm]	W [mm]
1	SBRB-N2U2.6R10	2	2.6	10	170	100
2	SBRB-N4U2.6R10	4	2.6	10	250	100
3	SBRB-N6U2.6R10	6	2.6	10	330	100
4	SBRB-N4U1.7R10	4	1.7	10	250	80
5	SBRB-N4U1.0R10	4	1.0	10	250	64
6	SBRB-N4U2.6R15	4	2.6	15	310	120
7	SBRB-N4U2.6R20	4	2.6	20	370	140

Note : N = せん断パーツ数, U = 引張・せん断強度比, T_y = 引張強度, Q_y = せん断の強度, R = 空洞の半径,
 L = 変形可能長, W = 芯材の幅

キーワード SBRB, 累積エネルギー吸収量, 累積変形, 累積塑性率

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL 052-838-2342

表 2 各供試体の E , CID および u_{eq}

No.	E [kJ]	CID [%]	u_{eq}
1	2.52	39.0	165.8
2	6.23	80.3	323.6
3	6.92	68.8	294.8
4	3.52	57.6	334.7
5	2.43	58.5	340.0
6	6.51	80.0	310.1
7	7.31	92.9	199.2

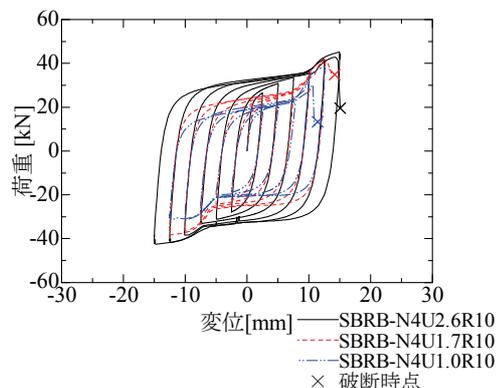


図 2 U の違いにおける荷重-変位曲線の比較

3. 実験結果

表 2 に各供試体の累積エネルギー吸収量 (E), 累積塑性変形 (CID) および累積塑性率 (u_{eq}) の結果を示す. 累積塑性エネルギー吸収量は荷重-変位曲線の描く総面積である. また, CID は各 Half cycle の塑性ひずみの絶対値の総和であり, u_{eq} は最大変位を降伏時変位で除したものの絶対値の総和である.

最初に, せん断パーツの個数 N の違いを No.1, 2, 3 を用いて比較する. せん断パーツが 2 から 4, 6 に増えると表 2 のいずれの値からも変形性能の向上が確認できる. しかし, No.3 のせん断パーツが 6 個の場合は, No.2 より若干ではあるが, CID および u_{eq} の値から変形性能低下が見られたため, 損傷部分を分散させるためのせん断パーツの個数には限界があると考えられる. これらのことを踏まえると, 本実験では No.2 のせん断パーツの数 $N=4$ が望ましい結果となった.

次に, 引張強度とせん断強度の比 U の違いについて No.2, 4, 5 を用いて比較する. No.4 と No.5 の CID の値は大きく変わらなかったが, エネルギー吸収量では差が見られた. 図 2 に U の違いにおける荷重-変位曲線の比較を示す. No.4 および No.5 は引張側の荷重の上昇が顕著に表れる原因として, No.2 より強度比が低いため, 曲げ剛性が低くなり曲げ変形が生じやすくなることで発生した曲げ変形箇所とフィラープレートの接触によるものであると考えられる. また, 累積塑性率に大きな差は見られなかった. これらのことを踏まえて, No.2, No.4, No.5 を比較すると, 強度比が小さいと変形性能を低下させてしまうため, 本実験では No.2 の強度比 $U=2.6$ 以上が望ましい結果となった.

最後に, 空洞の半径 R について No.2, 6, 7 を用いて比較する. No.2 の累積塑性率は No.6 および No.7 に比べて最も大きかった. No.2 と No.6 の CID , エネルギー吸収量および累積塑性率に大きな差は見られず, No.7 のエネルギー吸収量と CID の値は No.2 より良い結果となった. しかし, 半径の大きさ R が大きくなるにつれて剛性が低くなるため, 芯材が変形しやすくなり芯材の空洞部分が接触を起こしてしまうことがある. したがって, 本実験では No.2 の半径 $R=10\text{mm}$ が望ましい結果となった.

4. 結言

せん断パーツの数 N が増えることで変形性能を向上させることができるが, 多過ぎても剛性が低くなることで変形しやすく, 早く破断に至ることが確認できたため, 変形性能に影響を及ぼすことがわかった. 引張・せん断強度の比 U について, せん断強度を一定にして引張強度を変動させたが, 軸力が作用する箇所では塑性変形がほとんどみられなかった. 空洞半径の大きさ R が大きくなるにつれて剛性が低くなるため, 芯材の空洞部分が接触を起こすことを確認できた.

以上の結果を踏まえると SBRB のパラメータは, No.2 供試体のように $N=4$, $U=2.6$, $R=10$ とするのが, よいことが言えよう.

参考文献

1) 篠原一輝, 賈 良玖, 加藤弘務, 葛 漢彬: 繰り返し荷重下でせん断応力と引張応力が同時に作用する鋼材の延性破壊実験, 土木学会中部支部平成 26 年度研究発表会, I-10, pp. 19-20, 2015. 3.