

せん断型座屈拘束ブレース (SBRB) の開発に関する解析的研究

名城大学 学生会員 ○近藤 加奈

名城大学 フェロー 葛 漢彬

1. 緒言

2016年4月に発生した熊本地震では本震のみならず、長期間にわたる数多くの前震および余震により主構造が大地震に耐えきれず、大規模な損傷が確認された。これより、橋梁のライフサイクルにわたって取り換え不要である高機能制震ダンパーの開発の重要性が再認識されるようになった。そこで本研究では、新型座屈拘束ブレースであるせん断型座屈拘束ブレース (SBRB) の開発を試み、載荷実験を行った供試体¹⁾の模擬解析を行うことで解析手法の確立および各種パラメータが変形性能に及ぼす影響を解析的に検証することを目的としている。

2. せん断型座屈拘束ブレース (SBRB) の特徴

SBRB は、従来の BRB の問題点の 1 つであるネッキング発生後に塑性変形箇所が限定され、ストッパー付近にひずみが集中することを踏まえ、芯材に塑性変形箇所であるせん断パーツを複数設置し、過度なひずみ集中を防ぐことができる。また、構造パラメータを変動させることで剛性・強度の調整ができる、圧縮時に座屈が発生しにくいいため拘束材を薄くすることができ軽量化が望めるなどの特徴がある。図-1 に SBRB の芯材を、表-1 に実験に用いた供試体の構造パラメータ、図-2 に供試体詳細図を示す。実験結果については文献 1) を参照されたい。

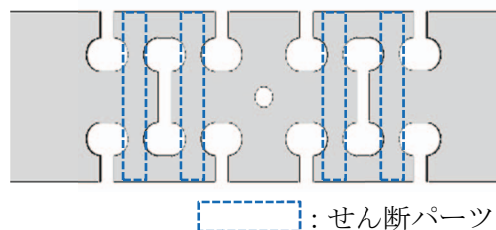


図-1 SBRB の芯材 (No.2 供試体)

3. 解析概要

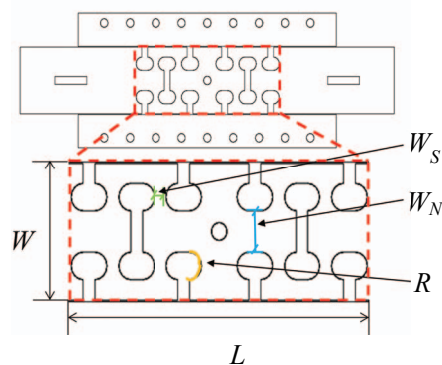
本解析では汎用有限要素法プログラム ABAQUS 6.11 を使用し、ソリッド要素 (C3D8R) で SBRB 供試体 (No.1~No.7) の芯材、拘束材、フィラープレートモデル化している。図-3 に解析モデルを示す。境界条件は実験を模擬し、片側完全固定、片側載荷方向以外拘束しており、載荷パターンは 1 サイクル毎に 1.0% (変形可能長 L に対する伸び δ の割合) を増加させる漸増変位振幅繰り返し載荷である。構成則には材料試験より算出した真応力-真ひずみ関係を、硬化則は混合硬化則を用いる。接触の定義は、ペナルティ法を用い、摩擦係数は実験でアンボンド材を塗布していないことを考慮して 0.4 とした。SBRB はせん断パーツを複数設置し損傷を分散させることで変形性能向上を図る。そのため、損傷を分散させたのち破断に至るまでの挙動を模擬することが重要であるため、ネッキング発生後の真応力-真ひずみ評価手法である PLT 法²⁾および延性破壊モデル³⁾を用いることによって延性き裂発生から破断までのシミュレーションを行う。

表-1 各供試体の構造パラメータ

No.	供試体名	N[個]	U	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=せん断パーツの個数, U=引張せん断強度比 ($=T_y/Q_y$, T_y =引張強度,

Q_y =せん断強度), R=空洞の半径, L=変形可能長, W=芯材の幅。



$$U = T_y / Q_y = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{W_N}{W_S}$$

図-2 供試体詳細図

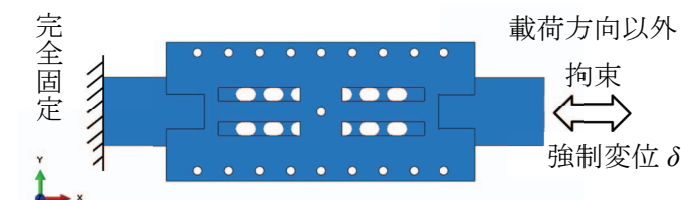
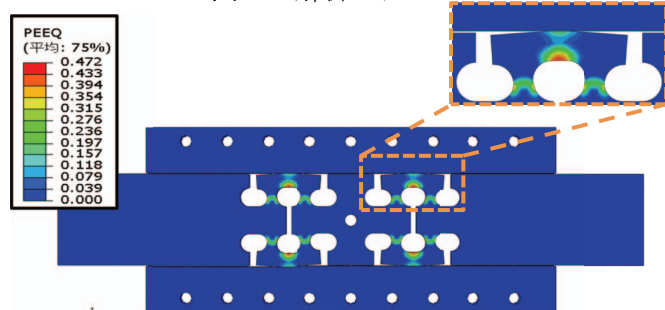
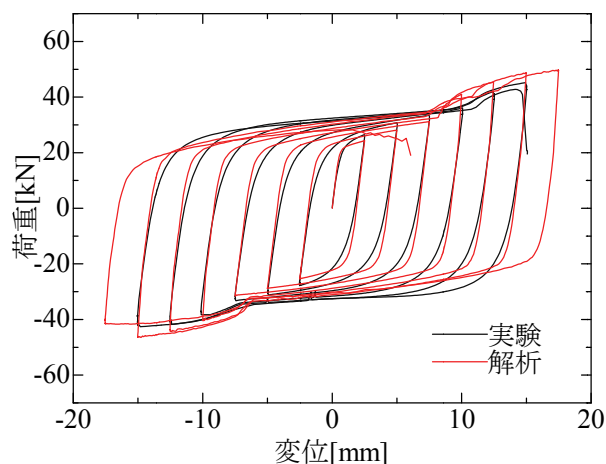


図-3 解析モデル

図-4 6Half cycle 終了時の相当塑性ひずみ
コンター図 (No.2 供試体)図-5 実験と解析の荷重－変位曲線の比較
(No.2 供試体)

4. 解析結果

解析結果には紙面の都合上、No.2 供試体 (SBRB-N4U2.6R10) のみを示す。図-4 に相当塑性ひずみコンター図を、図-5 に実験結果と解析結果の荷重－変位曲線を示す。図-4 よりせん断部分を複数設置したことによるひずみの分散

が確認することができ、その効果が発揮されていることがわかる。図-5 より荷重－変位曲線は実験結果と解析結果は概ね一致している。また、実験と同様フィラープレートと芯材の接触即ち曲げ変形の発生は図-4 のコンター図および図-5 における引張側・圧縮側の荷重上昇からも確認することができた。

表-2 にフィラープレートと芯材の接触時の Half cycle 数と破断時の Half cycle 数を示す。これらより、フィラープレートと芯材の接触および破断時の Half cycle 数は実験との誤差が 2Half cycle となり、本解析は比較的精度よく再現できているといえる。

5. 結言

本研究では、実験供試体の模擬解析を行った。No.2 供試体以外の供試体も含めて、実験結果と解析結果の比較において荷重－変位曲線は概ね一致し、破断時の Half cycle 数の誤差が 2Half cycle 以内で精度よく模擬できたことから、解析手法を確立することができたといえる。また、解析コンター図よりせん断部分を複数設置したことによる効果が発揮されていることを確認した。今後の課題として、実験で使用した各種パラメータは 3 パターンと少ないため、解析による構造パラメータの推奨値の提案などが挙げられる。

参考文献

- 1) 近藤加奈, 葛 漢彬, 賈 良玖: せん断型座屈拘束ブレースの開発に関する実験的研究, 第 37 回土木学会地震工学研究発表会講演論文集, 講演番号 A22-1147, 2017.10.
- 2) 加藤友哉, 賈 良玖, 葛 漢彬: 解析条件の異なりが延性破壊パラメータ χ に及ぼす影響の検討, 土木学会第 70 回学術講演会講演概要集, I-546, pp.1091-1092, 2015.9.
- 3) 猪飼豊樹, 葛 漢彬: 鋼部材の延性き裂進展解析における損傷進展エネルギーの決定方法に関する一検討, 土木学会第 72 回学術講演会講演概要集, I-110, pp.219-220, 2017.9.