

既設 H 形鋼斜材を BRB 化したトラス構造の数値解析モデル

名城大学大学院 学生会員 ○舟山 淳起 名城大学大学院 学生会員 今瀬 史晃
 名城大学 フェロー 宇佐美 勉 名城大学 非会員 王 春林

1. 序論

座屈拘束ブレース（以下、BRB と略称する）の設置は、鋼橋の耐震性向上策として非常に効果的であり、これまで数多くの研究が行われ、施工実績も近年急増している。一般的に、既設橋梁の耐震補強工では既設の部材を撤去した後、BRB 等の制震ダンパーに取り替える方法がとられる。一方、既設部材を取り替えることなく、座屈拘束材によって被覆することで制震ダンパーとしての機能を付与させるというアイデアもある。文献 1) では、鋼トラス構造の H 形鋼斜材に拘束材を設置し BRB 化することによる耐震性能向上効果を検証している。本論では、文献 1) の実験結果を数値解析によって再現することを目的とした解析的研究を行っている。文献 2), 3) で提案されている耐震解析手法を用いた複合非線形解析を行い、提案解析手法の妥当性を検証する。

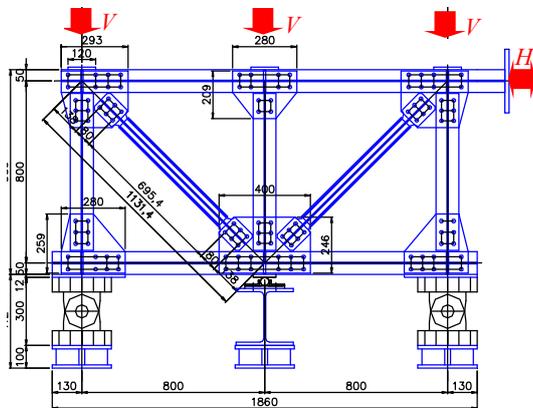


図-1 実験供試体

表-1 実験供試体の種類

供試体名	斜材			ブレース材の座屈拘束
	断面・部材長	ℓ/r	ℓ'/r	
H-Cy	$b=50\text{mm}$, $A_D=904\text{mm}^2$	117	80.0	無し
BRB-H-Mo	$r=9.69\text{mm}$, $\ell=1,130$			有り
BRB-H-Cy	$\ell'=775\text{mm}$			

Note: ℓ =骨組長, ℓ' =連結高力ボルト群の重心間距離, A_D =斜材断面積, b =フランジ幅, r =弱軸回りの断面 2 次半径

2. 実験供試体

図-1 に文献 1) で使用された実験供試体を示す。2 径間連続鋼平面トラス構造で、全部で 3 体の供試体を製作して実験を行った。支持条件は両端基部がピン、中央基部がローラー支持である。3 本の鉛直ジャッキによって均等な一定鉛直荷重 V (死荷重を想定) が各鉛直材の軸線上に載荷され、トラス右上格点に対して単調増大または繰り返し水平荷重 H (地震力を想定) が載荷されている。鉛直荷重 V の大きさは鉛直材の降伏軸力の 20% としている。供試体一覧を表-1 に示す。上下弦材および鉛直材には H 形鋼 (H100x100x6x8 で材質は SS400) を弱軸回りに使用した。H-Cy は斜材を座屈拘束していない供試体で、斜材には既設部材として設定した H 形鋼材 (H92x50x6x4) を弱軸回りに使用し、繰り返し載荷で実験を行った。BRB-H-Mo, BRB-H-Cy は H 形鋼斜材 (H-Cy と同様: H92x50x6x4) に座屈拘束材を設置して BRB 化し、単調増大または繰り返し載荷で実験を行った供試体である。

3. 実験結果

図-2 に各供試体の水平荷重 (H) - 水平変位 (Δ) 関係を示す¹⁾。H-Cy は $\Delta=\pm 14\text{mm}$ で左右斜材が座屈して急激な荷重低下を生じている。BRB-H-Mo は BRB に全体座屈等の損傷は無く、荷重低下もみられなかった。BRB-H-Cy についても BRB に損傷は無かったが、その他の部材に損傷が生じ荷重低下がみられた。

4. 解析概要

使用した解析モデルを図-3 に示す。接合部はすべて剛結とする。斜材断面はガセット接合部付近でフランジが広がっているので、変断面にすることによりその影響を考慮している。ガセットプレートの影響は、その厚さ (片面 8mm) を部材のフランジ厚に加える。下弦材の格点が回転支承のヒンジの位置から上方 212mm にある影響 (支承のオフセットの影響) はその間を剛棒要素で結ぶことで考慮する。斜材が座屈拘束されていない H-Cy は全ての部材を Timoshenko はり理論に基づく平面はり要素でモデル化した。斜材を BRB 化した供試体については斜材に拘束材が設置してある中央部 545.4mm はトラス要素、その他の部分は H-Cy と同様に梁要素を用いた。H-Cy の斜材は、格点間で 20 分割 (平行部を 12 分割、両端部をそれぞれ 4 分割) し、BRB は中央部を 1 分割 (トラス要

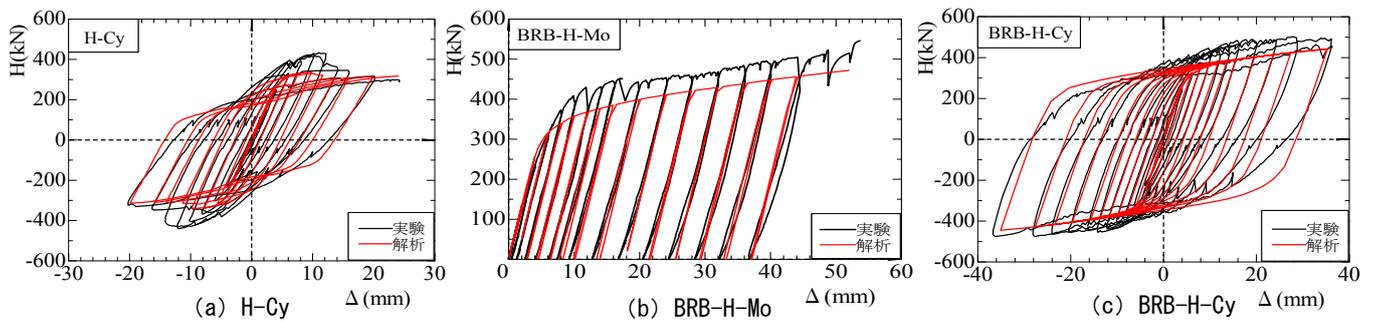


図-2 実験・解析結果比較 (H- Δ 関係)

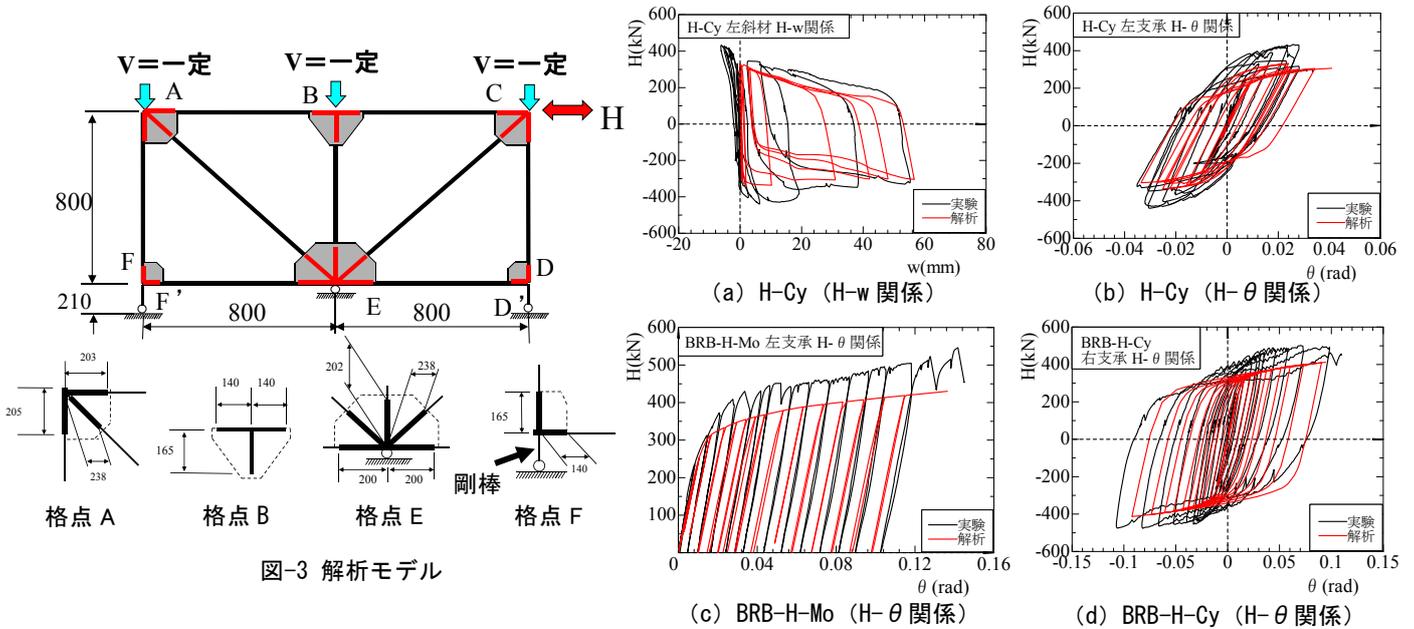


図-3 解析モデル

図-4 実験・解析結果比較

素), 端部は他の斜材と同様 4 分割した. 上下弦材, 鉛直材はすべて 10 分割した. 使用した構成則は, バイリニア型移動硬化則 (2 次勾配: BRB は $E/60^2$, その他の部材は $E/100$) である. 材料定数は引張試験で得られた値を使用している. 初期不整は斜材のみに与え, 部材長 (平行部の長さ) の $1/1000$ の初期たわみに等価な初期横荷重³⁾ (部材長を単純支持梁としたときの部材中央のたわみが部材長の $1/1000$ になる等分布横荷重) を与えた.

5. 解析結果

図-2 に解析結果 (H- Δ 関係) を実験結果と併せて示す. 全ての結果に共通して最大荷重を約 10~20%程度安全側に評価している. H-Cy は斜材座屈後の履歴, 斜材のたわみ量 (w) (図-4(a)), 回転支承の回転量 (θ) (図-4(b)) から十分傾向をとらえていることがわかる. BRB-H-Mo, BRB-H-Cy についても H- Δ 履歴曲線, 回転支承の回転角 (θ) (図-4(c)(d)) から同様のことが言える.

6. 結論

過去の研究で提案されている耐震解析手法を用いて複合非線形解析を行い, 実験結果の再現性を検証した. 全ての結果に共通して最大荷重を約 10~20%程度安全側に評価しているが, 十分に傾向をとらえることが出来ると言える. BRB のモデル化については, BRB 単体の詳細解析から得られる構成則を使用した解析, より精緻な構成則⁴⁾を使用した解析などを行い, さらなる解析の高度化を検討する.

参考文献

- (1) 舟山ら: H 形ブレースを BRB 化することによる鋼トラス構造の耐震性能向上効果, 第 31 回地震工学研究発表会講演論文集, 2011.11.
- (2) 宇佐美勉編著, 日本鋼構造協会編: 鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン, 技報堂出版, 2006.9.
- (3) 宇佐美ら: 鋼橋の耐震解析におけるブレース材のモデル化, 構造工学論文集, Vol.56A, 2010.3.
- (4) 田中ら: 降伏棚を有する鋼材の繰り返し弾塑性モデル, 構造工学論文集, Vol.37A, pp.1-14, 1991.3.