

ハイブリッド実験による鋼およびアルミ BRB トラスの地震応答比較

太平工業 正会員 ○今瀬 史晃 名城大学 フェロー会員 宇佐美 勉

1. 序論

座屈拘束ブレース (BRB) の設置は、鋼橋の耐震性向上策として非常に効果的である。従来は鋼製 BRB が主流であったが、軽量で耐食性に優れたアルミニウム合金製 BRB の研究が著者らによって行われている^{1,2,3)}。文献 3)では、鋼トラス構造の斜材に鋼製またはアルミ製 BRB を用いることによる耐震性能 (Capacity) を相互比較・検討している。本研究では、文献 3) と同一寸法の実験供試体を使用したハイブリッド地震応答実験を実施し、応答値 (Demand) の比較検討を行う。

2. 実験供試体

図-1に実験供試体を示す。これは文献³⁾と同様の鋼平面トラス構造で、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 (鉛直材の降伏軸力の20%) が各鉛直材の軸線上に載荷されている。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。供試体一覧を表-1に示す。BRB-Hyは鋼製BRB (SM400の) を斜材に持つ供試体、BRB-AL-Hyはアルミ製BRB (A6061S-T6) 斜材に持つ供試体である。固有周期は、鉛直荷重を等価な質量 (V/g) に置き換え、トラスの質量を無視して1自由度系として算定した。実験供試体の詳細および材料定数については文献3)を参照されたい。

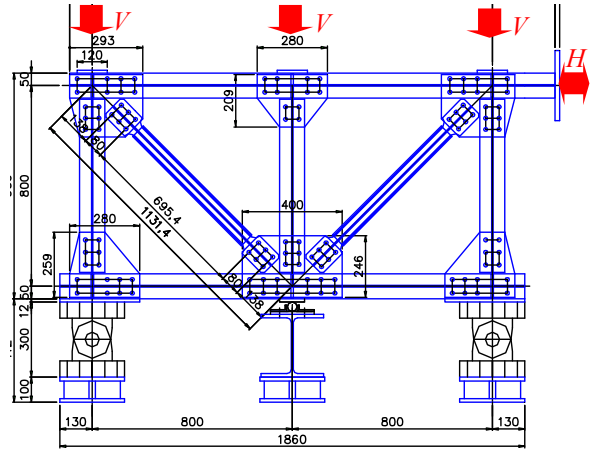


図-1 実験供試体

3. ハイブリッド地震応答実験および結果

本研究で用いたハイブリッド地震応答実験は鋼製橋脚の地震応答実験のために名古屋大学で開発された手法⁴⁾で、相似則を厳密に考慮することにより、想定実構造物の応答を模型実験から求めることが出来る。本研究では、相似比 $S=10$ とし、模型を用いたハイブリッド地震応答実験から、10倍スケールの実構造物の応答を求めている。入力地震動として東北地方太平洋沖地震 (2011) で観測されたK-Net仙台観測地震波 (MYG0013 N-S成分) を使用した (図-2)。図-3に実験結果を示す。応答値は実構造スケールに換算してある。BRB-Hyの応答水平変位の時刻歴は、2つのピークを持つ連動型地震動に特有な形状を持っており、最大ドリフトは2波目のピーク ($t = \text{約}100$ 秒) で生じ、 $\Delta_{max}/h = 1/23$ と非常に大きな応答となった。ここで、 h はトラスの高さ (回転支承の中心からトラスの頂部) で、実構造スケールでは10.1mである。また、残留ドリフトは $\Delta_R/h = 1/33$ であった。実験終了後に観察された損傷は、左支承部周辺の下弦材の残留曲げ変形のみで、他の部材には大きな損傷はみられなかった。BRB-AL-Hyの最大ドリフ

表-1 実験供試体

供試体名	斜材				固有周期 (Prototype)
	材質	断面・部材長	ℓ/r	ℓ'/r	
BRB-Hy	SM400	PL60x10 $r=2.89\text{mm}$, $\ell=1,130\text{mm}$	391	269	1.61
BRB-AL-Hy	A6061S-T6	$\ell'=775\text{mm}$			2.03

Note: ℓ = 骨組長, ℓ' = 連結高力ボルト群の重心間距離, r = 弱軸回りの断面2次半径

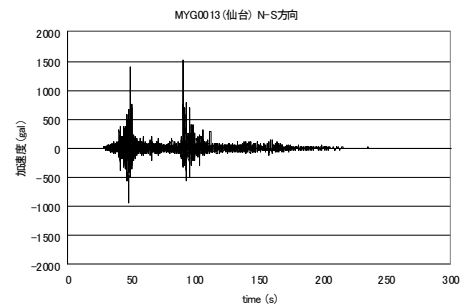
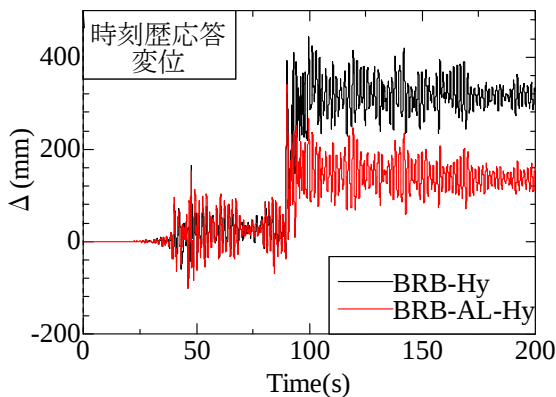


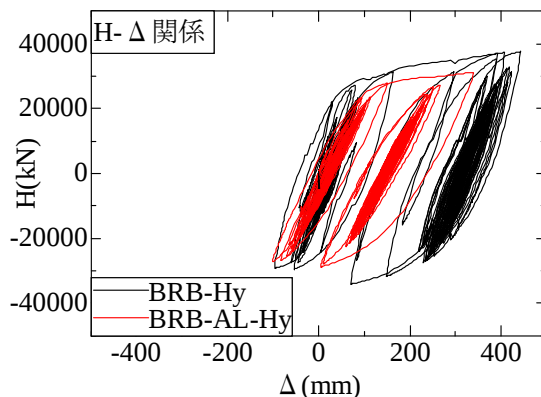
図-2 入力地震動

キーワード：鋼トラス, BRB, ハイブリッド実験, 耐震性能

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



(a) 時刻歴応答水平変位 Δ
(実構造スケール)



(b) 復元力 Q - 水平変位 Δ
(実構造スケール)

図-3 ハイブリッド地震応答実験結果

トは $t =$ 約90秒で生じ、 $\Delta_{max}/h = 1/30$ とBRB-Hyの3/4程度であったが、残留ドリフトは1/2程度の $\Delta_R/h = 1/73$ であった。これは、BRB以外には、供試体の損傷がまったく見られず、主構造が健全で復元力が未だ十分あったことによる。文献3) で述べたことでもあるが、アルミBRBは鋼BRBに比べ、柔らかく主構造に接合されているため、損傷が主構造に及ばなかったためである。表-2に最大ドリフトと残留ドリフトの実験値がまとめられている。限界値 Δ_{95}/h は、繰り返し載荷実験の履歴曲線の包絡線から得られた、ピーク後の95%荷重点に対応するドリフトである。実験の応答値は、限界値以内にあることが分かる。

4. 地震応答解析と結果

使用した解析モデルは鉛直力を等価な質量 (V/g) に置き換えた以外は文献3)と同様である。地震動は両ピン支承に入力した。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 $E/60$, その他の部材は $E/100$) である。図-4に解析結果を実験結果と併せて示す。2波目のピーク辺りまでは、解析値は概ね実験値をよく模擬しているが、最大ドリフト以降の解析値は、実験値よりも小さくなる。特にBRB-Hyにおいては差が大きい。これは、支承周辺部材の変形が解析では模擬出来ていなかったためと考えられる。

5. 結論

ハイブリッド実験より、鋼BRBトラスはアルミBRBトラスに比べ応答変位は大きくなり残留変位も大きくなった。これは主構造の損傷が鋼BRBトラスの方が大きかったことによる。提案解析モデルは、実験と概ね整合する結果を与えたが、残留変位に関しては応答値との違いが生じた。これは支承周辺部材の損傷が解析では考慮できないことによる。

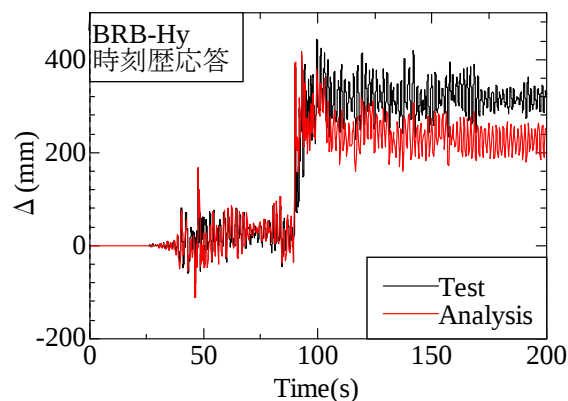
参考文献: 1) 宇佐美勉ら: 構造工学論文集, Vol.55A, pp.719-729, 2009.3,

2) 舟山淳起ら: 構造工学論文集, Vol.58A, 2012.3. 3) 宇佐美勉ら: 第

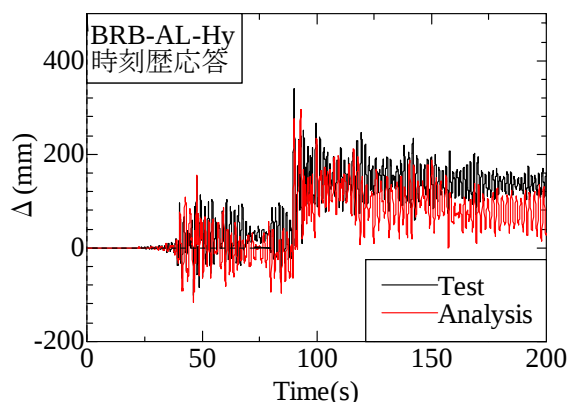
15回地震時保耐シンポ, 2012.7, 4) 才塚邦宏ら: 土木学会論文集, No.507/I-30, pp.179-190, 1995.1.

表-2 最大ドリフトと残留ドリフトのまとめ

供試体	Δ_{max}/h		Δ_R/h		限界値 Δ_{95}/h
	実験	解析	実験	解析	
BBB-Hy	1/23	1/25	1/32	1/46	1/19
BBB-AL-Hy	1/31	1/34	1/85	1/153	1/21



(a) BRB-Hy



(b) BRB-AL-Hy

図-4 解析結果