

斜材にアングルブレースを適用した鋼トラスのハイブリット応答実験

名城大学	学生会員	○篠田将旭
矢作建設	正会員	児玉佳大
名城大学	正会員	渡辺孝一

1. はじめに

これまで著者らの研究により、等辺山形鋼をブレース材として適用した座屈拘束ブレースの要素実験を実施して繰返し载荷による制震性能を検証している^{1,2)}。本研究では図1に示すような鋼製の剛結平面トラス構造の供試体を対象とし、アングル BRB をブレース材として使用した場合の制震性能をハイブリット地震応答実験により検証した。実験は相似則を考慮した立体トラス構造を1質点系の数値モデルに置き換え、運動方程式を制御パソコンで演算し、静的油圧アクチュエーターによって逐次目標変位に対する復元力を取得して、地震応答を得た。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

実験供試体は、図1に示す鋼平面トラス構造(骨組線で高さ800mm、長さ1600mm)である²⁾。境界条件は両端基部をピン支持、中央基部はローラー支持とした。3本の鉛直ジャッキにより均等な一定鉛直荷重Vを各鉛直部材に载荷し、上弦材軸線方向に水平荷重Hを载荷する。ここで、鉛直荷重は死荷重、水平荷重は地震力(慣性力)を想定している。

斜材に使用したアングル BRB の断面図を図2に示す。ブレース材として適用したアングルは(40mm×40mm×5mm)の規格材を背合わせにして一体化した。全体座屈を防止する拘束材には(65mm×65mm×8mm)のアングルを使用し、その両端はガセットプレートで挟み込み高力ボルトで接合する構造とした。

2.2 実験方法

実験は名城大学の「高度制振実験・解析研究センター」に設置された大型構造実験フレームを使用した。供試体の面外変位は、上弦材の格点3カ所に設置した面外変位拘束装置によって防止した。動的载荷は、各ステップ毎に実験供試体の固有円振動数と剛性を合わせた1質点系構造物として置き換え、運動方程式を解くことで算出した変位を供試体に加え、その復元力を得た。

3. 解析的検討

実験との比較のために使用した解析モデルの概要を図3(a)に示す。解析は、耐震解析ソフトウェア SeanFEM を使用した。トラスの上下弦材および鉛直材はファイバー要素を適用し図3(b)のような断面形状を定義した。また、アングル BRB はトラス要素でモデル化した。各部材の寸法および断面積は実験供試体の実測値を用いた。ガセットプレートによる影響は、その厚さ(片面8mm)をフランジ厚に加えることで考慮した。構成則は、パイリニア型移動硬化則(2次勾配はE/100)を使用し、材料試験結果よ

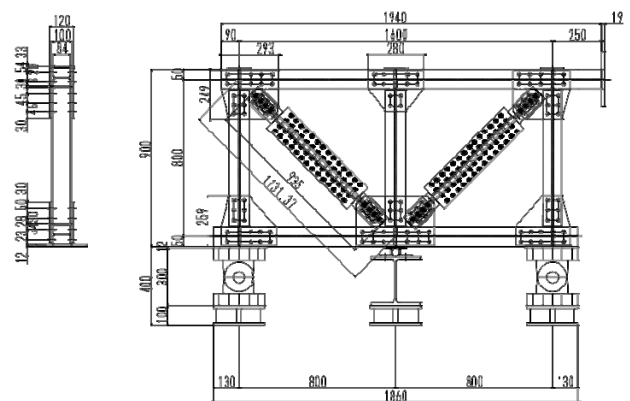


図1 実験供試体概要

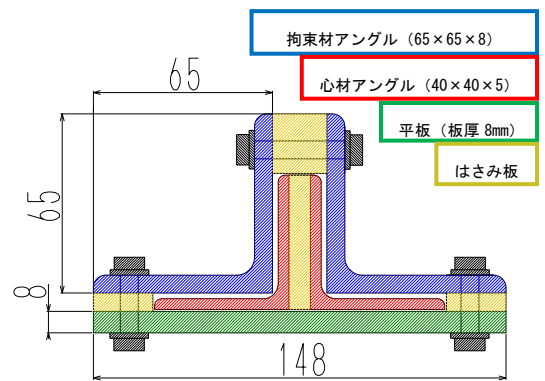


図2 座屈拘束材断面形

キーワード ハイブリット実験, 座屈拘束ブレース, 鋼トラス, 形鋼

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 4-114 名城大学 TEL 052-838-2357

り得た材料定数を与えた。境界条件は、すべての格点は Z 軸方向の水平変位を拘束、回転支承部は Z 軸周りの回転以外を拘束、ローラー支承部は Y 軸方向の変位を拘束した。

入力地震波は、神戸海洋気象台の観測地震波(以下「JMA」と略記する)と、JR 鷹取駅の観測地震波(以下「JRT」と略記する)である。JMA では、加速度を調節し応答を弾性範囲内におさめ、実験システムの整合性を確認する目的で実施した。その結果、応答実験結果と解析結果の一致する結果が得られ、制御及び、補正処理が正常に動作することを確認した。なお、相似倍率は 10 倍を仮定し、時間軸 1/S 倍、加速度軸を S 倍して载荷を行なった。

4. 実験結果

ここでは、地震波 JRT を入力した結果を

図 4 に例示する。それぞれ供試体の降伏水平変位 δ_y 、降伏荷重 P_y で無次元化している。図 4(a)の時刻応答履歴について、実験開始から 4 秒付近まで応答値と解析値が良く一致している。しかし、4 秒付近より解析値が実験値を全体的に下回る傾向となった。その後、圧縮時最大応答の生じる 6.2 秒付近で図 5 に示すように下弦材右側の H 形鋼フランジにて亀裂が発生した。さらに、11.3 秒付近にて 6.2 秒付近で生じた亀裂がフランジ中央まで伸展した。最終的な残留変位は応答値 $\delta/\delta_y = -2$ 、解析値 $\delta/\delta_y = -6$ 程度となった。また、図 4(b)の荷重－変位関係

変位関係については、弾性範囲内での剛性は一致しているが、4 秒付近の大きな応答の後、トラスの弦材降伏後の応答結果は、解析とは異なる傾向が得られた。これは、実験では载荷に伴いガセット部分の亀裂損傷などが見られたが、解析ではこれらが考慮されていないためと考えられる。図 6 は、実験終了後のアングル BRB の拘束材を取り外した状態である。判読困難であるが、アングルに高次の座屈変形が生じ、トラスに作用する地震力を吸収したことが確認した。

5. まとめ

アングル BRB を斜材としてトラスに組み込んだ結果、地震エネルギーを吸収し制震ブレースとしての変形性能を発揮することを確認した。しかし、トラス主構造の各点(接合部)における破壊を確認した。今後、トラスの各点(接合部)の損傷を考慮できる解析モデルでの再検討を進め、主構造に対する BRB の強度を検討したい。

6. 参考文献

- 1) 児玉佳大, 渡辺孝一: 繰返し軸力を受けるアングルブレース接合部の補強効果, 土木学会第66回年次学術講演会講演概要集, I-443, pp885~886, 2011-9.
- 2) 宇佐美勉, 斉藤直也, 舟山淳起, 野中哲也, 廣住教士, 菅付紘一, 渡辺孝一: 繰返し水平荷重を受ける鋼製剛結トラスの破壊実験と解析, 構造工学論文集, vol57A, pp500~513, 2011-3.

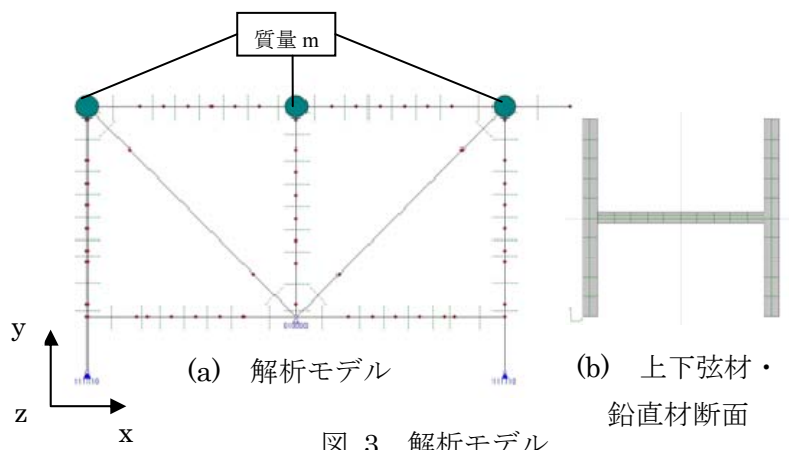


図 3 解析モデル

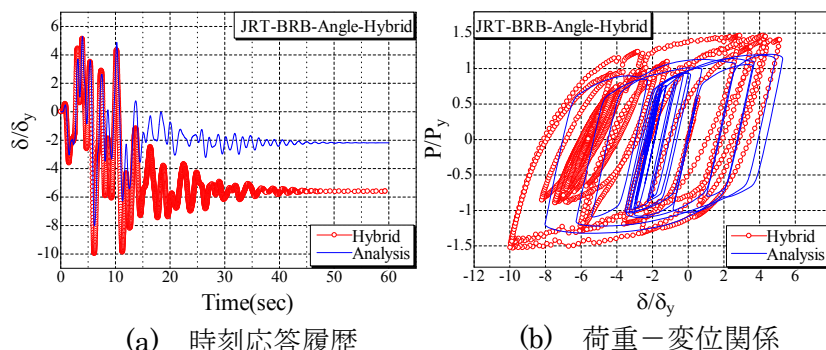


図 4 実験供試体概要

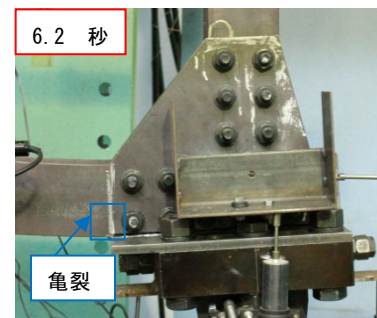


図 5 ガセット部破壊状況



図 6 芯材部変形状況