

東北地方太平洋沖地震観測地震波を用いた鋼トラス構造のハイブリッド地震応答実験

○八千代エンジニアリング(株) 正会員 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 正会員 渡辺孝一

1. 緒言

東北地方太平洋沖地震は、複数の領域を震源としており、海溝型地震の連動に加え、津波地震が連動したいわゆる大連動地震であった。近代観測開始以降、我が国で初めて明確に連動型地震動と断定できるものであり、複数回強震動、長時間継続といった特徴を有している地震動である。

著者らは文献 1) で既設 H 形鋼斜材を座屈拘束ブレース (BRB) 化した鋼トラス構造の繰返し載荷実験およびはり要素を使用した解析モデルを用いて複合非線形準静的解析を行っている。本研究では、文献 1) で使用した解析モデル、実験供試体を使用して地震応答解析、さらには相似則を考慮したハイブリッド地震応答実験²⁾を実施した。地震応答解析では、仙台観測地震波 (MYG0013 N-S 成分) を使用しており、汎用解析ソフト Abaqus を使用する場合は低振動数誤差補正³⁾ (基線補正) の必要性について考察している。ハイブリッド地震応答実験では、地震応答解析と同様に実験供試体の 10 倍スケール (相似比 $S=10$) の実構造物を想定して実験を行い、動的応答特性を求めると共に、解析モデルの妥当性を検証している。

2. 地震応答解析

2.1 解析概要

解析モデルは、文献 1) と同様に、はり要素を使用したモデルで詳細は省略する。死荷重を想定して実験時に載荷した鉛直荷重 V に相当する質量 (V/g) を各上部格点に設定し、地震波は、図-1 の D', F' 点に同位相で入力した。入力地震波は、東北地方太平洋沖地震の仙台観測地震波である。この地震動は、図-2 のように複数回強震動と長時間継続といった特徴を有している。解析では、文献 1) で使用した実験供試体の 10 倍スケール (相似比 $S=10$) の実構造物を想定し、相似則を考慮するため、実観測地震波の加速度を 10 倍、時間軸を 1/10 とした地震動を入力した²⁾、Abaqus のように絶対変位を用いた地震応答解析では入力地震動の基線の補正が必要になるため、文献 3) に基づく低振動数誤差補正を施した地震動 (基線補正有り)、および無補正地震動の 2 種類の地震波を使用して地震応答解析を行った。

2.2 解析結果

地震応答解析に先立ってモデルの固有振動解析を行った結果、固有周期は $T=1.51$ (S) (実構造物) となり、1

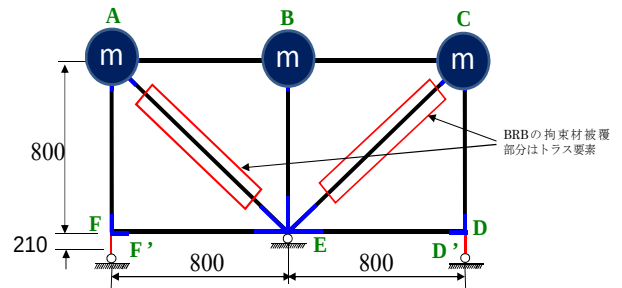


図-1 解析モデル

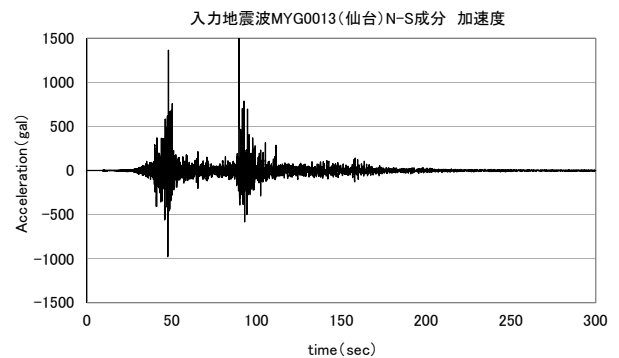


図-2 仙台観測地震波 (MYG0013N-S)

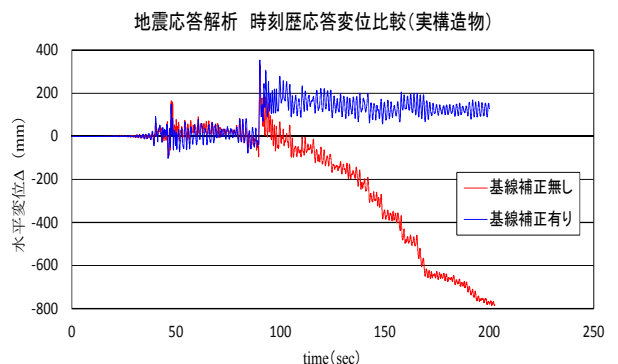


図-3 時刻歴変位応答比較

キーワード: 連動型地震動, 地震応答解析, ハイブリッド地震応答実験

連絡先: 〒161-8575 東京都新宿区西落合 2-18-12

次モードが大きく卓越する結果（有効質量比：99%以上（1次モード））となった．図-3に時刻歴応答変位（図-1のC点水平変位 Δ ）を比較したものを示す．なお、解析は200秒までの応答を求めることとした．2波目のピーク（約90秒）まではほとんど同じ応答となっているが、その後は挙動に明らかな違いがみられた．基線補正有りでは、2波目のピークで約340mmの最大応答変位となり、その後はほぼ弾性範囲内での振動が続き最終的には約100mmの残留変位となった．一方、基線補正無しでは、2波目のピークで300mmの最大応答となった後、揺れ戻しのような挙動がみられた．さらに、入力地震動の加速度が非常に小さいと言える120秒以降も変位が増大するといった不可解な挙動となり、最終的には-760mmと非常に大きな残留変位となった．この結果は、基線の不安定性に起因するもの³⁾である．

3. ハイブリッド地震応答実験

3.1 実験概要

ハイブリッド地震応答実験では、文献1)と同様の供試体（図-4）を使用し、相似則を考えた1自由度系に対するハイブリッド実験手法²⁾の内「相似モデル解析型手法」を用いた．地震波は、仙台観測地震波に対して基線補正を行ったものを入力した．ここでも、供試体の10倍スケールの実構造物を想定しているため、入力地震波の加速度を10倍、時間軸を1/10としており、実構造物の応答は、実験終了後に相似比を考慮し換算して求めた．

3.2 実験結果

図-5、6に時刻歴応答変位、復元力-水平変位関係について実験結果と解析結果（多自由度系モデル）を比較したものを示す．2波目のピーク辺りから解析の応答変位が若干大きくなっているが、位相はほぼ一致しており、解析モデルは実験結果を概ね模擬できていると言える．最大ドリフト $\Delta_{\max}/h$ は1/33（実験）、1/28（解析）、残留ドリフト Δ_R/h は1/80（実験）、1/72（解析）と大きな応答が得られた．BRBを付与した斜材には損傷は見られなかったが、弦材、鉛直材にはかなりの損傷が見られた．詳細については、講演当日報告する．

4. 結言

文献1)で対象とした既設H形鋼斜材をBRB化した鋼トラス構造モデルを使用し、仙台観測地震波に対するハイブリッド地震応答実験と解析を行った．まず、入力地震波に対する基線補正の有無による応答結果への影響を調べ、基線補正を行わない場合では、基線の不安定性に起因する低振動数誤差の影響が顕著に表れた．次に基線補正済み地震波を使用して実験を行い、実験結果から解析モデルの妥当性を検証することができた．

謝辞：文献3)に基づく補正地震波は（株）地震工学研究開発センターの王 宏沢氏から提供を受けた．

参考文献：1) 舟山ら：H形鋼斜材をBRB化することによる鋼トラス構造の耐震性能向上効果，土木学会論文集（印刷中）．

2) 才塚ら：相似則を考慮したハイブリッド地震応答実験手法に関する研究，土木学会論文集，1995.1．3) 井合ら：強震記録のデジタル化と補正，港湾技研資料，1978．

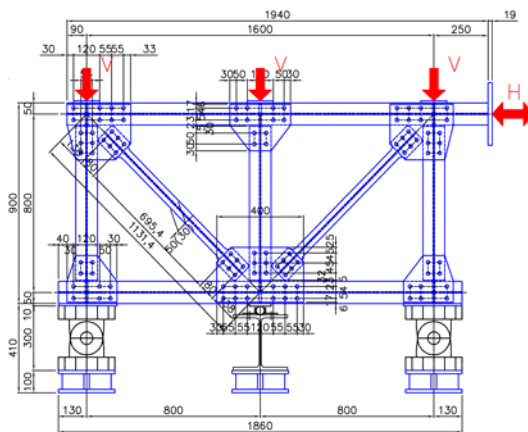


図-4 実験供試体

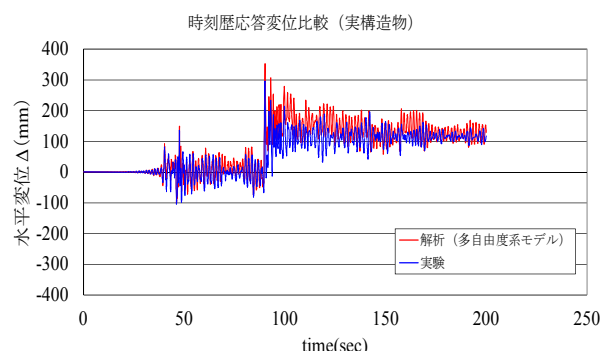


図-5 時刻歴変位応答比較（実スケール）

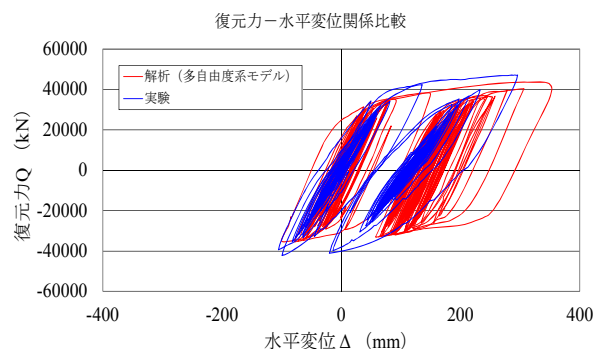


図-6 復元力-水平変位関係比較（実スケール）