

軸降伏型ダンパーを付与した橋脚基部模型のハイブリッド実験

名城大学 学生会員 ○浅井 駿弥
名城大学 正会員 渡辺 孝一

1. はじめに

既往の報告¹⁾において、軸降伏型ダンパー（以下、BRB と略して記す。）を鋼製門型ラーメン橋脚に片流れ配置したときの制震効果に関する研究を実施し、BRB が制震効果を発揮することを確認している。本研究では実験に用いる解析モデルの一部をシェル要素で精密にモデル化することによりファイバー要素の解析モデルでは不明確であった BRB 接合部の挙動を再現し、地震動によって最も損傷が集中する橋脚基部の挙動を再現したハイブリッド実験について報告する。

2. 解析概要

解析モデルの外形を図-1 に示す。解析に使用した FEM プログラムは SeanFEM である。橋脚は高さ 10,000mm、梁長さ 10,000mm であり、境界条件として橋脚は完全固定としそれぞれの柱の天端に上部工重量を与えた。橋脚の梁および柱にはファイバー要素、設置角度 45 度の BRB にはトラス要素を適用し、フランジ面の損傷を模擬するため橋脚高さ 3,000mm までをシェル要素で作成した。橋脚基部はフランジ幅 2,000mm、ウェブ高さ 1,000mm、板厚 30mm の矩形断面であり、橋脚内には幅 150mm、厚さ 30mm のリブをフランジ面に 3 本ウェブに 1 本設けている。底面より 1,300mm と 2,000mm の位置にダイアフラムが設けられている。シェル要素のメッシュ分割は橋脚フランジの幅方向を 20 分割、高さ方向を 30 分割とした。また、各部材鋼板の材料試験で得た材料定数を解析モデルに適用した。

3. 解析結果

要素の異なる橋脚の変形性能を確認するため Pushover 解析による検証を行った。解析結果（BRB 引張側）を図-2 に示す。縦軸と横軸は各モデルの非制震時の降伏荷重、降伏変位で無次元化している。赤線は橋脚基部をシェル要素で作成したモデル、緑線はファイバー要素で作成したモデルである。初期剛性は同等であり、どちらも BRB が先行して降伏しその後、橋脚の基部が降伏している。シェルモデルではガセット断面の曲げ剛性がプラスされたことで橋脚降伏後の水平荷重が大きくなったが、予定している応答の範囲では影響が少ないと考えられる。図-3 に地震応答解析時の橋脚全体系の荷重-変位履歴を示す。入力した水平地震動は 1995 年の兵庫県南部地震で観測された JR 西日本鷹取駅構内地盤の観測地震波 II-II-1 の N-S 成分である。比較するとシェルモデルは BRB 引張側で 3%、圧縮側で 2%程度大きいものの概ね同等の結果となった。図-4 に BRB 最大引張時における各モデルのミーゼスコンター図を示す。ファイバーモデルでは橋脚基部の応力状態は不明確で

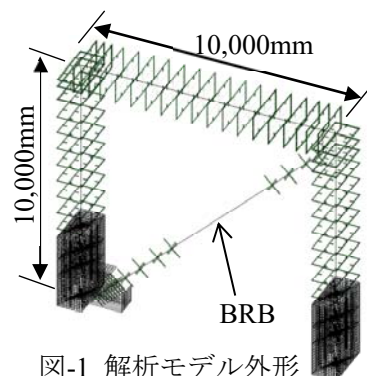


図-1 解析モデル外形

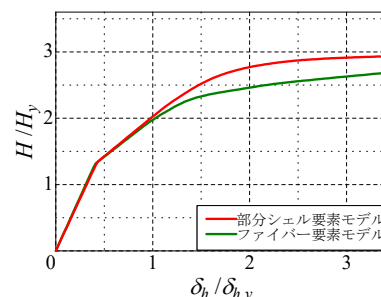


図-2 Pushover 解析の比較

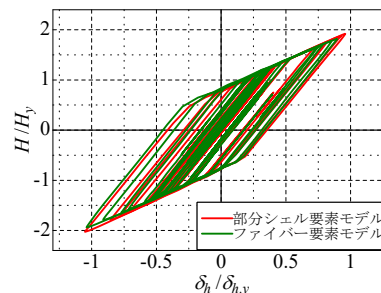


図-3 荷重-変位履歴

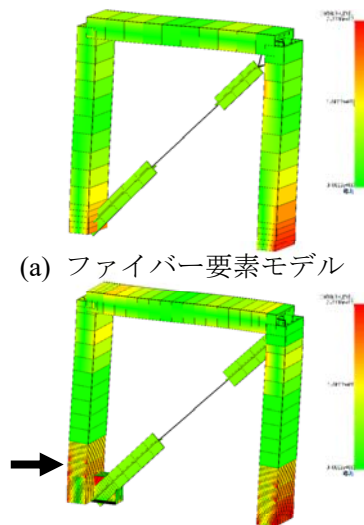


図-4 ミーゼスコンター

キーワード ダンパー，模型実験，ハイブリッド実験，FEM 解析

連絡先 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学 TEL 052-832-1151

あるが、シェルモデルではガセット部を模擬したことにより橋脚フランジと接合したガセット上部に応力が伝播しているのがわかる。また、ダイアフラムを設置高さではフランジ面とウェブ面の角部に応力集中が確認された。(図-4(b)矢印)

4. ハイブリッド実験概要

図-5に着眼する橋脚基部とBRBを含む実験システムを示す。ハイブリッド実験は制震化したラーメン橋脚の数値解析モデル(図-1)のうちBRBをトラス要素からEX-truss¹⁾で置き換えたモデルを用いて、演算を行う解析PCと実験装置群を組み合わせる実験である。本実験の実験モデルでは、橋脚基部をシェル要素に置き換えているが、実験から取得する情報は、解析によって得た応答時のBRB伸縮量に対するBRB軸力のみである。橋脚基部模型およびBRB供試体は解析モデルの5分の1スケールである。実験装置および橋脚基部供試体の詳細については文献2)を参考にされたい。

5. ハイブリッド実験結果

図-6に橋脚全体系の時刻応答を示す。青線はHYD結果であり、赤線は事前に行ったシェル要素モデルの地震応答解析値である。また、最大水平変位時の値を表-1に示す。実験は23.3秒時点で自由振動となったため除荷し終了した。最大変位で比較するとHYDの値はBRB圧縮時(4.49sec)で20%、BRB引張時(7.87sec)で7%大きい値を示した。図-7にラーメン橋脚全体系での荷重水平変位の履歴を示す。BRBによる制震化によってラーメン橋脚の最大応答は目標とする限界値 $2.8\delta_{h,y}$ ¹⁾以内に収まっていることを確認した。HYDの変位が大きくなったことにより全体系の荷重も増加していることがわかる。写真-1はBRB引張時の橋脚基部の様子である $2.8\delta_{h,y}$ 以内の応答であれば接合部近傍の目立った損傷は見られない。また、BRBは安定した変形履歴が得られた。

6. まとめ

本報告は、ハイブリッド実験において使用するファイバー要素モデルと、部分シェル要素モデルの地震応答の違いを報告した。シェル要素モデルでは橋脚フランジ面とガセットの溶接部において応力集中が発生することを確認した。また、地震動を入力することによって橋脚全体系の応答変位はBRB最大圧縮・引張時ともに事前解析に比べ大きい値を示すものの概ね同程度であった。今後、シェル要素モデルと実験で用いた橋脚基部モデルのモデル化の妥当性を詳しく検証する予定である。

参考文献

- 1) 渡辺孝一, 吉野廣一, 篠田将旭, 山口亮太: サブストラクチャ応答実験による高機能座屈拘束ブレースの地震時応答解析, 構造工学論文集 A, Vol.58A, pp.459-470, 2012.3
- 2) 浅井駿弥, 石田真士, 渡辺孝一: BRBで制震化したラーメン橋脚基部の部分模型実験, 土木学会中部支部平成28年度研究発表会, 1-8, pp.15-16, 2017.

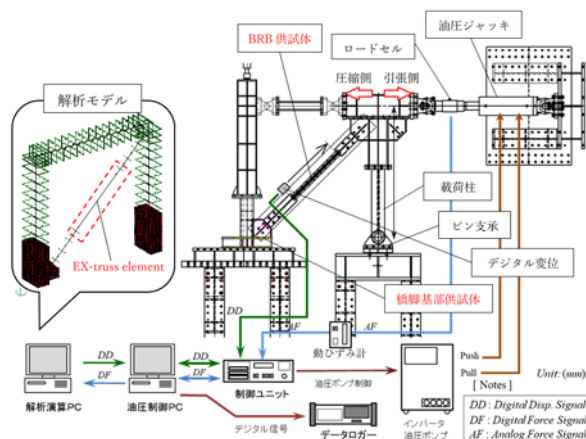


図-5 実験装置外形

表-1 橋脚全体系の応答結果

	最大水平変位(mm)		残留変位(mm)
	BRB引張時	BRB圧縮時	
HYD	52.7	-51.6	2.7
事前解析	44.1	-48.4	4.3

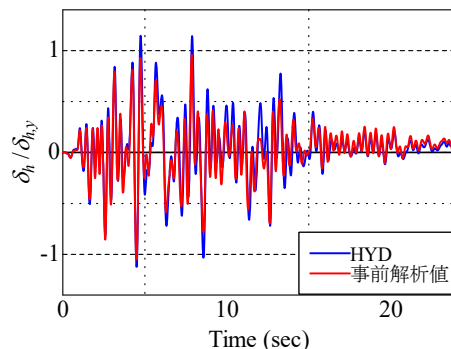


図-6 時刻応答履歴

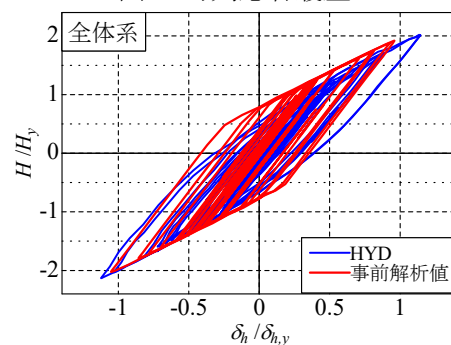


図-7 全体系の荷重-変位履歴

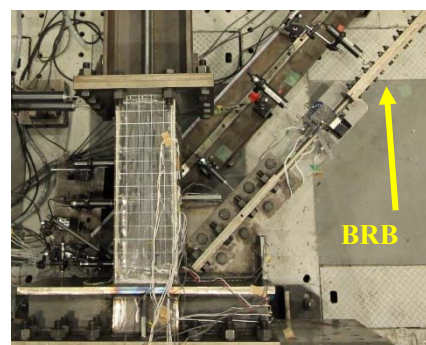


写真-1 供試体の状況