

制震化した鋼製ラーメン橋脚のダイヤフラム補強に関する解析的検討

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

著者らはこれまでに、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時の制震効果に関する実験を実施し、BRB が制震効果を発揮することを報告している¹⁾。実験では、BRB の軸力がスチフナに伝達したことにより橋脚フランジ面に応力集中が確認された。そのため、本研究は補強方法の一つとして、ダイヤフラムの取り付け位置に注目し、既報告の供試体をモデル化した FEM による数値解析により橋脚とガセットの力の伝達をスムーズにする接合構造を検討する。

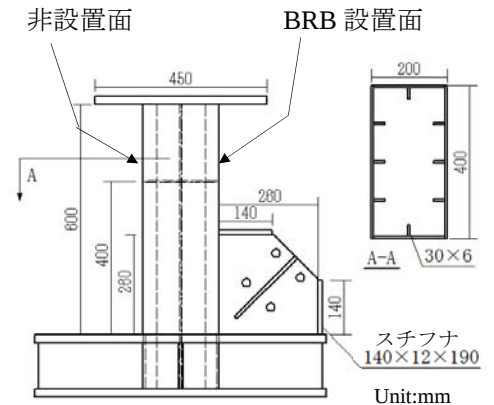


図-1 橋脚基部供試体

2. 橋脚基部供試体

実験の橋脚基部供試体の形状を図-1 に示す。供試体はフランジ幅 400mm、ウェブ幅 200mm、板厚 6mm の矩形断面を有する部分模型であり、橋脚内部に幅 30mm、厚さ 6mm のリブをフランジ面に 3 本、ウェブ面に 1 本設けている。また、底面から高さ 400mm の位置にダイヤフラム、高さ 260mm の位置にガセットのスチフナを取り付けた。先行する実験では図-2 に示すように BRB 非設置面の壁面で底面とダイヤフラム間の中央で面外変形が確認された。また、BRB との接合部にガセットを取り付けたことによって剛性が高く変化し、終局時において橋脚フランジ面とスチフナの溶接ビードに沿って亀裂が発生するなど損傷が確認された。

3. 解析概要

文献 1)の BRB を付与した実験装置全体をモデル化した概形および境界条件を図-3 に示す。本報告では有限要素解析プログラム Diana10.1 を使用した。橋脚基部供試体、剛柱、BRB 支持部のブラケットをシェル要素、BRB をトラス要素、その他のフレームをはり要素でモデル化を行った。実験供試体に用いた鋼材と同等の材料定数を与えた。材料構成則は移動型のバイリニア型構成則を適用し、2 次勾配は 1 次勾配の 1/100 とした。橋脚基部底面を完全固定し、移動側の载荷柱はピン支持として、実験装置と同等の境界条件とした。

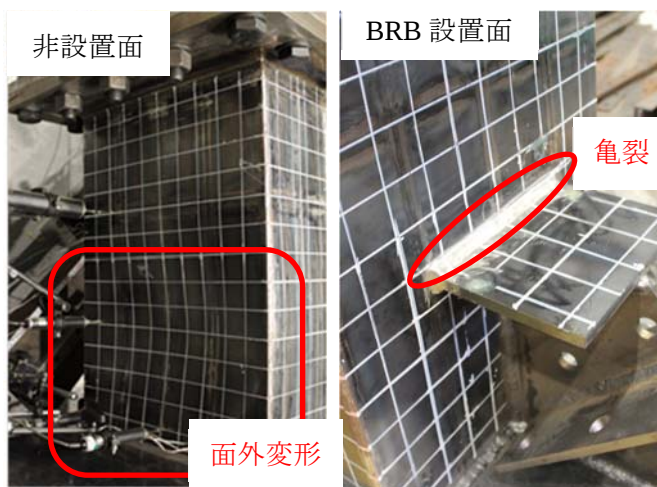


図-2 実験終了後の供試体の破壊状況

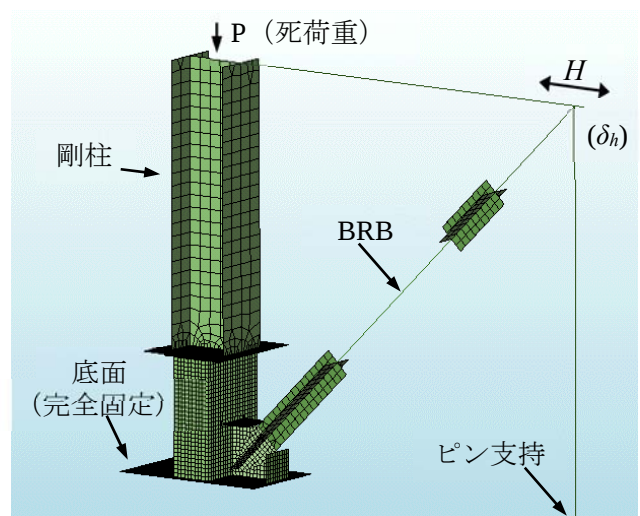


図-3 解析モデル化した実験装置概形

キーワード 鋼製ラーメン橋脚、軸降伏型ダンパー、FEM 解析

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

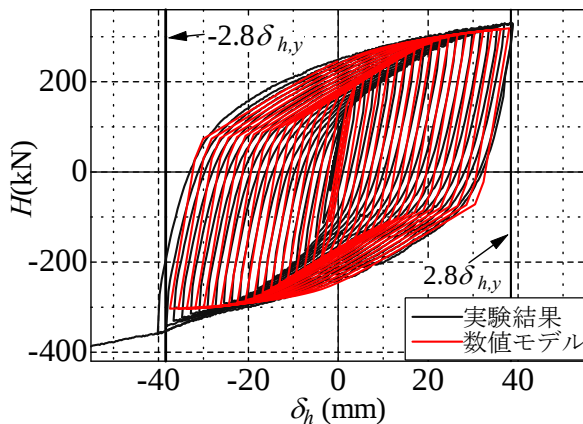
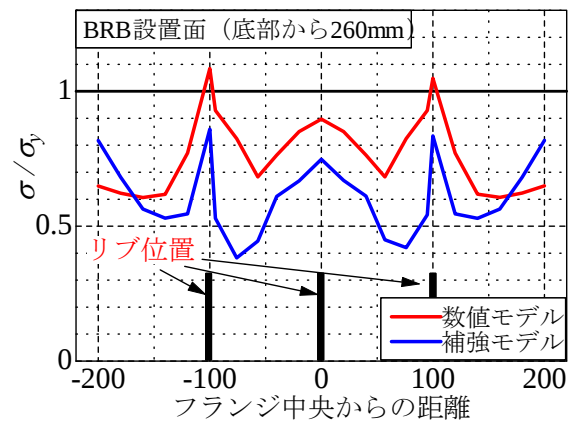
図-4 実験¹⁾と解析の荷重-変位履歴の比

図-5 BRB 設置面の Mises 応力

4. 数値モデルの妥当性の検証

数値モデルの妥当性を検証するため、実験と同様の繰り返し漸増変位を与えた。図-4 に実験値と解析値の荷重-変位履歴の比較を示す。図の縦軸は供試体全体の水平荷重、横軸は剛柱天端の水平変位を示している。また、図中には本研究で定めた橋脚の部材健全度を保持するための限界水平変位($2.8\delta_{h,y}=38.4\text{mm}$)を併せて表示している。水平荷重 H で実験値と解析値を比較すると、引張側の限界変位 $2.8\delta_{h,y}$ において、解析値は 2.7% 小さく、圧縮側の限界変位 $-2.8\delta_{h,y}$ において解析値は 13.9% 小さい荷重となった。圧縮側の実験値と解析値の差異が引張側の差異より大きくなった原因は、実験で BRB が圧縮される際に BRB の芯材が拘束材と接触し、摩擦が生じることで荷重が高くなるためと考えられる。実験結果と数値モデルの比較より、限界水平変位時の荷重は圧縮側で差異があったものの本解析は概ね実験結果を模擬できている。この数値モデルを基準として補強モデルを検討する。

5. 補強モデルの検討

実験で橋脚フランジ面とスチフナの溶接ビードに沿って亀裂が発生した(図-2) ことより、橋脚フランジ面のスチフナ付近に応力が集中したと考えられる。そのため、補強モデルとして、スチフナと同じ高さにダイヤフラムを設置して力の伝達の改善を図る。補強モデルに同振幅繰り返し変位を 7Cycle 与えた際のスチフナ付近の橋脚フランジ面の残留応力、および BRB 非設置面の残留変形量に着目しそれぞれ数値モデルと比較した。図-5 に BRB 設置面の終局時の Mises 応力状態を示す。数値モデルではスチフナの接合端部で一部弾性域を超えているのに対し、補強モデルでは弾性範囲内に収まることが確認できた。さらに、図-6 に非設置面の残留変形量を示す。横軸は非設置面の面外方向の残留変形量とする。数値モデルは底部から 200mm の位置で面外へ大きく変形するのに対し、補強モデルは面外へのはらみ出しをほぼ抑えることができています。

6. まとめ

今回は既報告の橋脚基部供試体の数値モデルを構築し、それを補強したモデルにより改善効果を検証した。底面より高さ 260mm の位置にダイヤフラムを設置した補強モデルは数値モデルとの比較より、BRB 設置面の応力集中が改善され、非設置面の残留変位を大幅に抑えることができた。以上のことより補強モデルの有用性を確認できた。今後は補強モデルで実験を行い解析の妥当性や既報告の実験との比較を進める予定である。

参考文献

- 1) 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。

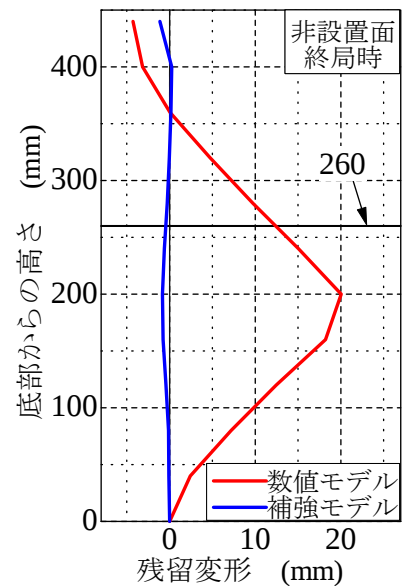


図-6 高さ-残留変形量の比較