九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

耐震壁を有する門型RCラーメン橋脚の復元力特性の提案および耐震補強効果の考察

高, 文君

https://hdl.handle.net/2324/1500702

出版情報：九州大学, 2014, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（2）

（様式２）

氏　　名　：高　文君

論 文 名　：耐震壁を有する門型 RC ラーメン橋脚の復元力特性の提案および耐震補強効果の考察

区　　分　：甲

論　文　内　容　の　要　旨

耐震壁を有する門型 RC ラーメン橋脚とは，山間地の 10～40 メートルの高橋脚群が必要となる高速道路・鉄道路や，深い渓谷を渡りかつ橋脚が必要となる場所によく使用されている橋脚である．本橋脚においては，橋脚と上部構造の間にピン・ローラー支承が用いられ，橋軸方向の水平慣性力の多くは橋台が負担し，橋脚に発生する橋軸方向の曲げモーメントを小さくできる．また，橋軸直角方向については普通の橋脚と同様に大きな曲げモーメントに耐えねばならないことから，矩形断面から橋軸直角方向に貢献度の少ない腹部を削った I 型断面（両側柱と耐震壁）とし，スレンダー構造とすることで，経済性も併せて確保できる．したがって，橋軸方向にはフレキシブル構造という設計であるため，「I 型断面フレキシブル RC 橋脚」とも呼ばれている．

供用後数十年以上経過している既設橋梁では，当時の設計地震力は，今のレベル 1 地震力相当であり，耐力的余裕があったためか，厳密なせん断耐力評価式は用いられていない．1995 年兵庫県南部地震後，設計地震力は大幅に引き上げられ，いわゆるレベル 2 地震動に対して既設橋梁の耐震補強設計が行われることになった．橋脚の曲げ耐力は橋軸直角方向には非常に大きく，せん断耐力が小さいという先入観からせん断耐力を水平地震力より大きく取る耐震設計を行っており，耐震補強に関しても管理者はせん断耐力の増強を主眼にした対策を考えているようである．しかしながら，橋脚の耐震設計では，基本的に曲げ破壊を先行させるため，せん断耐力と曲げ耐力の両方を的確することが重要である．特に，耐震壁を有する門型 RC ラーメン橋脚では，せん断耐力に関する知見が少ない．

一方，耐震壁を有する門型 RC ラーメン橋脚と同様な構造形状に建築分野の「耐震壁」がある．建築分野の耐震壁には，80 年以上の研究実績があり，社会基盤の改善や技術の発展にしたがって，現在，より一層複雑な耐震壁に関して実験や解析的な研究が進んでいる．建築分野の耐震壁における研究理論を用いて当該橋脚のせん断耐力および曲げ耐力を評価する場合，その適用性に関して検討が必要である．

また，耐震壁を有する門型 RC ラーメン橋脚を用いた高速道路では，供用後数十年以上経過しているため，当該橋脚における耐震補強設計の事例が増えている．特に，山岳地帯で適用されることが多い本橋脚は，地震時に橋脚構造が損傷すれば，その補修に甚大な費用が必要なため，当該橋脚の構造耐震性能と耐震補強効果を明らかにすることが非常に好ましい．

以上のような背景を踏まえ，本研究では，当該橋脚の橋軸直角方向に対する水平せん断耐力と靭性を適切に評価すること，載荷パターンの影響を厳密に把握すること，復元力特性における骨格曲線あるいは履歴曲線を適切に評価することを目的とし，実橋脚の高さと断面形状を約 1/10 のスケールで縮尺した模型供試体を製作し，横方向鉄筋量をパラメータに，軸力なしの水平単調載荷実験お

よび，一定軸力下における水平単調と正負交番載荷実験を行い，当該橋脚の水平耐力と横方向鉄筋の補強効果を明らかにすると共に，耐荷力・破壊モードの評価と復元力特性の提案を行った．さらに，CFRP シートと X 型配筋による補強効果の考察を行った．以下に，本論文の各章ごとの概要を述べる．

第 1 章では，研究の背景と目的，本論文の構成について述べた．

第 2 章では，本橋脚の橋軸直角方向に対する水平せん断耐力と靭性を適切に評価するために，その影響を与えるパラメータとして柱帯鉄筋と壁横方向鉄筋の量に着目し，実橋脚の高さと断面形状を約 1/10 のスケールで縮尺した模型供試体を製作し，軸力なしの水平単調載荷実験および，一定軸力下における水平単調と正負交番載荷実験を行った．その結果，単調載荷を受ける供試体では曲げ靭性を有するせん断破壊で耐力を失ったが，交番載荷を受ける供試体ではせん断ひび割れが卓越した曲げ破壊で耐力を失った．また，鉄筋配置がすべて同じである供試体では，水平単調載荷下において靭性に富む結果を示したが，正負交番載荷を受けることにより耐力低下し，水平単調載荷時と比較し著しく変形性能を低下しているなどの実験結果を示した．

第 3 章では，まず，土木分野の RC 橋脚や棒部材（柱部材）におけるせん断耐力の評価手法と，建築分野の耐震壁における終局せん断強度の評価手法を調査し，いくつかのせん断耐力算定モデルを新たに提案し，実験結果と比較検討を行った．その結果から，建築分野の耐震壁と当該橋脚の構造特徴を考慮し，耐震壁を有する門型 RC ラーメン橋脚のせん断耐力を適切に評価できる算定モデルおよび算定式を提案した．次に，土木分野および建築分野の曲げ耐力評価手法を用いて，実験供試体の曲げ耐力に関する検討を行った．これらの耐力算定式から実験供試体のせん断耐力と曲げ耐力を精度よく評価できることを示し，さらに，理論上の曲げ耐力とせん断耐力の大小関係と，実験供試体の破壊モードとの対応に関して検証を行った．

第 4 章では，第 2 章の実験結果を基に，耐震壁を有する門型 RC ラーメン橋脚の復元力特性を載荷パターンごとに検討した．その結果は当該橋脚供試体の復元力特性モデルを，ひび割れ点，降伏点，終局点の 3 点で構成することとし，各イベント点の算定手法を単調載荷における復元力特性の骨格曲線と，交番載荷における復元力特性の履歴曲線を用いて新たに構築した．

第 5 章では，炭素繊維強化プラスチックシート（Carbon Fiber Reinforced Plastic シート，以下，CFRP シートと略す）による補強効果に着目し，壁と柱の全面に縦方向 CFRP シートを貼付した実験供試体，壁と柱の全面に横方向 CFRP シートを貼付した実験供試体を製作し，比較対象となる実験供試体と同様の載荷方法を用いた載荷実験を実施した．これにより，これまで知られていなかった縦方向シートによる靭性改善効果を明らかにした．また，交番載荷シリーズ供試体で生じた「終局段階での耐力喪失現象」の防止を目指して，供試体基部に X 型配筋を設置した実験供試体を製作し，一定軸力下における正負交番載荷実験を実施し，その効果を明らかにした．さらに，実験結果を踏まえ，当該橋脚の耐震設計と耐震補強における注意点および提案をまとめた．

第 6 章では，以上の研究結果および知見をまとめ，今後の課題を示し，本論文の結論とした．