

I - A289

鋼製R付橋脚柱の変形能とラーメン隅角部の応力性状

九州大学大学院

学生会員 ○馬場 智

九州大学大学院

正 会 員 日野 伸一, 太田 俊昭

福岡北九州高速道路公社

正 会 員 村山 隆之

東京電力

正 会 員 河野 一郎

1. はじめに

都市交通路線の複雑化, 高層化に伴い, 都市景観の中で大きな比重を占める高架橋の美観上の問題が重要視されてきている。このため, 高架橋が与える煩雑感や圧迫感を軽減することを目的として, 断面コーナー部に曲面を有する箱形断面(R付断面)鋼製橋脚が採用されるようになってきた。また, R付断面は矩形断面と比較して, 角部への応力集中やせん断遅れが緩和され, じん性が向上するといった力学的メリットも有すると考えられている。本研究では, 補剛板の座屈を支配する主要なパラメータを変化させ, 矩形断面と比較しながらR付という断面形状が変形能に対してどのような効果を与えるか検討する。さらに, R付部材をラーメン橋脚へ適用した場合にその取り合わせが複雑となる梁-柱隅角部の応力性状についても検討する。

2. R付橋脚柱の変形性能

2.1 準静的繰り返し载荷試験¹⁾

供試体の断面図を図-1に示す。供試体はR付断面および矩形断面の2体の橋脚柱供試体で断面寸法が実橋脚の約1/3である。両供試体の間で断面諸値および座屈に関する各種パラメータが同等となるよう配慮し, 角部のR付断面形状の相違に着目した比較検討が可能となるようにした。また, 供試体高さ(ベースプレート上天端から水平力作用位置までの高さ)は3353mm, 使用材料の鋼種はSM490Aである。载荷方法は鉛直方向の油圧ジャッキにより柱基部の全断面降伏荷重の約15%に相当する所定軸力を一定に保持した状態で, 水平方向の油圧ジャッキを用いて柱頂部の載荷点に正負の繰り返し水平荷重を準静的に変位制御で载荷した。

試験結果より得られた水平荷重-水平変位曲線を正規化した包絡線を図-2に示す。両供試体ともに, $5\delta_y$ 近傍で水平耐力が最大となり, 補剛材間の補剛板パネルに局部座屈が顕著に現れるに従って徐々に低下していった。両者を比較しても有意な差はなく, 角部に曲率を持たせることによる強度や変形性能の向上効果は認められない。既往の研究^{2),3)}によると, 角部に曲率を有する箱形断面柱と同等の断面性状を有する矩形断面柱と比較して靱性に優れることが報告されているが, 本実験の供試体は補剛板の補剛材剛比 γ/γ^* や幅厚比パラメータ R_R に制限($\gamma/\gamma^* \geq 3.0$, $R_R \leq 0.4$)を設けることで局部座屈の発生を制御していることから, その効果の方が優位に作用し, 角部に曲率を設けたことが十分に発揮されなかったものと考えられる。

2.2 FEMによる変形性能の検討

3次元弾塑性FEM解析の結果から, 一定軸力下のもとで一方方向漸増荷重を受ける鋼製橋脚柱のじん性に及ぼす γ/γ^* および R_R の影響を図-3, 図-4に示す。図-3より, 最大耐力までの塑性率 μ_m に関しては特に顕著な差はみられないが, 耐力が最大の95%あるいは90%に低下したときの塑性率 μ_m ならびに μ_m は $\gamma/\gamma^* \approx 0.5$ 付近から低下している。また, 変形が進行し, 耐力が低下するに従ってR付断面の優位性が示されていることが分かる。図-4より, $R_R \approx 0.4$ では高いじん性を有するが, 0.6以上になると急激にじん性が低下することが分かる。

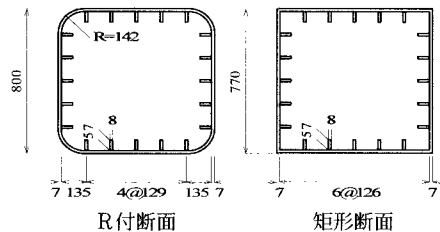


図-1 橋脚柱供試体の断面図

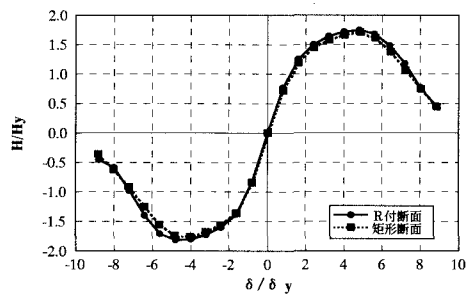


図-2 水平荷重-変位曲線の包絡線

キーワード R付断面 鋼製橋脚 変形能 せん断遅れ

連絡先 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院工学研究科 環境デザイン工学講座 TEL:092-642-3309 FAX:092-642-3306

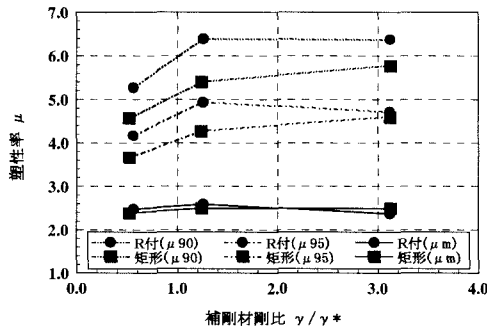


図-3 補剛材剛比と塑性率の関係

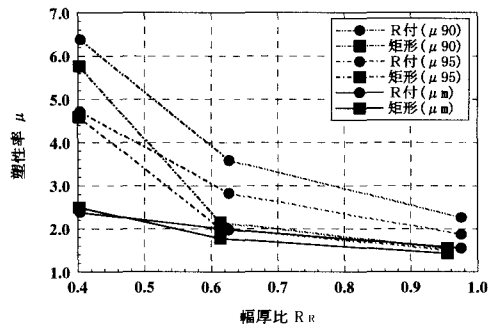


図-4 幅厚比パラメータと塑性率の関係

3. R付ラーメン隅角部の応力性状

3.1 載荷試験方法

隅角部供試体は鋼製ラーメン実橋脚の梁-柱部材が交差する隅角部近傍の断面を約1/5にスケールダウンしたものである。また、梁部と柱部は直角に交差し、それぞれの長さは等しいものとした。柱部、梁部ともに矩形断面の供試体(CNR-S)と実際のR付ラーメン橋脚をモデル化したもので、柱は断面コーナー部の4箇所すべてにRが付き、梁部はR付断面から矩形断面へと変化した供試体(CNR-V)について載荷実験を行った。載荷方法としては下端を高力ボルトで固定し、天板上から鉛直荷重を与え、供試体に曲げモーメント、軸力およびせん断力を作用させた。

3.2 断面内ひずみ分布

梁および柱部の交差部からそれぞれ 50mm 離れた設計荷重時の断面ひずみ分布を図-5に示す。図中の点は実験値、実線はFEM 解析値である。

CNR-S について、若干のばらつきを有するものの概ね FEM 解析の結果と一致しており、圧縮、引張の両側で顕著なせん断遅れ現象を確認することができた。特に圧縮側(隅角部内側)では曲げモーメントに軸力の作用も加わり、コーナー部付近の梁部および柱部では、許容応力度を超える箇所も確認された。CNR-V については、構造上、鋼板の加工や板組が複雑となる梁、柱の圧縮側のフランジに残留応力の影響と思われる実験値のばらつきが見受けられるが、FEM 結果では CNR-S と比較してせん断遅れが若干緩和されている。

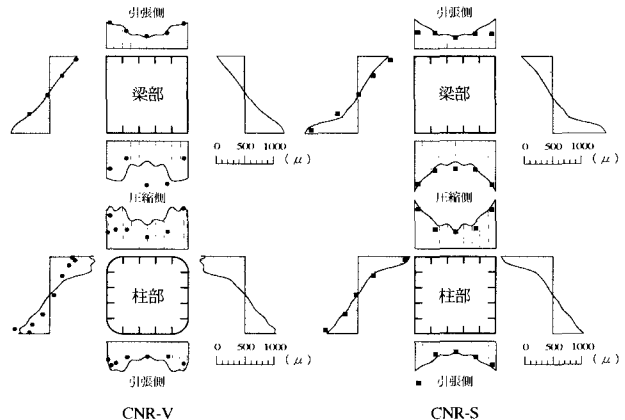


図-5 梁-柱隅角部の断面ひずみ(設計荷重時)

4. まとめ

- (1) 橋脚の変形性能に関して、最大耐力まではR付断面と矩形断面はほぼ同等であるが、変形が進行し、耐力が低下する領域までくるとR付断面の方が徐々に優位となってくる。ただし、補剛材剛比 γ/γ^* (≥ 3.0) や幅厚比パラメータ R_R (≤ 0.4) を制限し、補剛材の座屈を抑制した場合、両者には特に差はみられない。
- (2) ラーメン橋脚隅角部について、従来の矩形断面構造では圧縮側で著しいせん断遅れが生じるが、本研究で対象としたR付構造では複雑な板組による実験値のばらつきはあるものの、FEM 解析ではせん断遅れ現象が若干緩和されているのが確認できる。

参考文献

- 1) 新日鐵, 横河ブリッジ: 鋼製R付箱形断面橋脚柱の耐震性に関する実験 報告書, 平成 8 年 11 月
- 2) 中井ら: コーナー部を円弧状とした薄肉鋼箱断面はりのせん断遅れ特性に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.38A pp.1121-1129 / 1992 年 3 月
- 3) 渡邊ら: 補剛R付き箱形断面短はり-柱の強度と変形性能, 構造工学論文集, Vol.38A pp.1121-1129 / 1992 年 3 月