

鋼横梁 - R C 柱の複合橋脚剛結部の設計

駒井鉄工（株） 正会員 岡田 幸児 駒井鉄工（株） 河野 明寛
日本道路公団 田中 伊純
日本道路公団 竹市 良実

1. まえがき

昨今、コスト縮減および構造の合理化が進められていく中で、鋼とコンクリートを組み合わせた複合構造が注目され施工実績も増えつつある。日本道路公団東京外環自動車道においても、上下線それぞれの2主I桁が中間支点横梁と剛結され、その鋼横梁とRC柱とを接合する複合橋脚を有した連続ラーメン構造が採用された。この接合部（以下剛結部と称する）の構造に関しては類似構造はあるものの、構造規模や接合タイプの相違によりその設計手法は確立されているとはいえず、今回この剛結部を対象にFEM解析を行い、設計手法を検討した。

2. 剛結部の特徴と問題点

本検討の対象となった剛結部の構造は、鋼横梁の下フランジに鉄筋の貫通孔を設けた主鉄筋貫通定着形式であり、その剛結コンクリートは自己充填型の高性能コンクリートを採用している。また、応力伝達機構は、横梁 - 剛結コンクリート - 主鉄筋 - 橋脚と考えられるが、横梁 - 剛結コンクリートへの応力伝達は剛結コンクリートが鋼横梁によって密閉されていることによる拘束効果（支圧力）により行われる。このような構造に対して以下の問題点が考えられた。

- 1) 2方向曲げを受けるため脚柱コンクリート角部に過大な圧縮応力が発生する。
- 2) 支圧により応力を伝達するため、鋼部材には板曲げ応力が発生する。
- 3) 鋼部材と剛結コンクリートの境界面に引張力が作用した場合に離れが生じる。

これらを明確にして細部構造の検討を行うために3次元FEM弾性解析を行った。剛結部詳細図を図-1に示す。

3. 3次元FEM弾性解析とその結果

FEM解析モデルで使用した要素は、鋼部材はシェル要素、コンクリートはソリッド要素、主鉄筋はビーム要素とした。剛結部の横梁とコンクリートとの結合条件は、スタッドによる影響が小さいことから接触面直角方向は非拘束とし、境界面に圧縮力が作用する場合は接触面方向を拘束とするが、引張力が作用した場合は非拘束とした。FEM解析モデル図を図-2に示す。

荷重は、脚柱コンクリート接合面の圧縮応力度が最大となるケース、および横梁断面決定ケースの2ケースとし、主桁先端に載荷した。横梁下フランジ部の境界面での断面力（常時換算値）を表-1に示す。

以上の条件によりFEM解析を行い、その結果を通じて1)～3)の問題点に対して以下の対策を行った。

- 1) 脚柱コンクリートの角部に許容値を上回る圧縮応力度が発生したが、各種構造検討を行った結果、経済

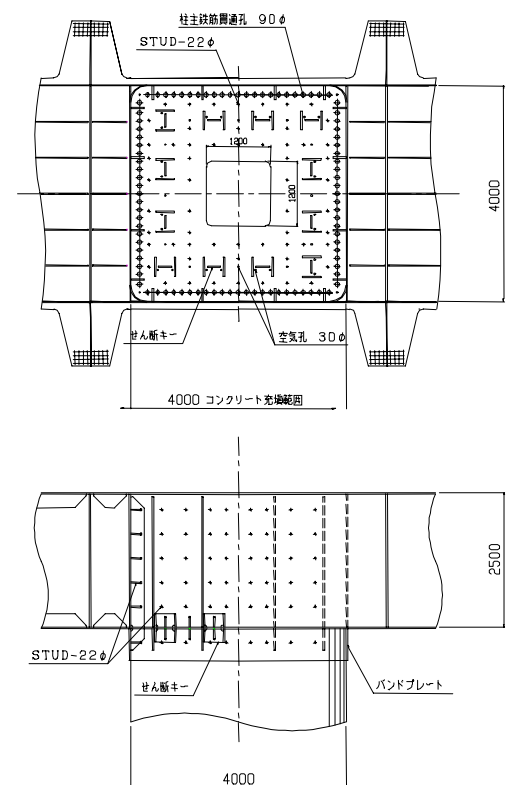


図 - 1 剛結部詳細図

キーワード：複合橋脚、FEM解析、バンドプレート

連絡先：駒井鉄工(株) 〒293-0011 千葉県富津市新富 33-10 TEL 0439-87-7586 FAX 0439-87-7587

性と施工性に優れる母材と同厚のバンドプレートを設置することとした。また、応力集中緩和のため、矩形の角部を300Rに形状変更した。

- 2) 鋼横梁断面は、鋼のみを有効とした隅角部として断面決定しているため、FEM 解析においても発生応力は 63N/mm2 となり許容値以内に収まった。
- 3) 鋼横梁とコンクリートの境界面では、最大で 1mm の離れが生じるが、これは橋脚全体構造の安全性が損なわれる現象ではないためスタッドを 450mm ピッチ程度で配置することにとどめた。

4．剛結部の設計

（1）鋼横梁の断面決定

横梁断面は鋼製橋脚隅角部のせん断遅れを考慮した断面

計算により決定した。また、下フランジ鉄筋貫通孔の位置ではその断面欠損を考慮した。

（2）脚柱コンクリート角部の圧縮応力

脚柱コンクリートの圧縮応力について、慣用の RC 計算による応力度と FEM 解析で得られた応力度とは約 3 倍程度の開きがある。これは RC 計算では平面保持が前提であるのに対し、FEM 解析では横梁ウェブおよびダイヤフラム近傍の剛性の高い範囲で応力伝達が行われているためである。そこで剛性の高い範囲のみ有効と考えた有効幅を設定して、RC 計算による応力を補正した。その結果を表-2 に示す。この考え方により、同様の構造である他の橋脚の脚柱コンクリート角部の安全性を評価することが可能となった。

（3）剛結コンクリートのせん断応力度照査

剛結コンクリートに作用するせん断力を FEM 解析結果より集計し、そのせん断破壊に対する照査を行った。この結果、鉄筋比で 0.12%以上のせん断補強鉄筋を配置することとした。

（4）脚柱コンクリート角部における割裂破壊の検討

脚柱コンクリート角部には過大な圧縮応力が作用しているため、割裂破壊の安全性を評価する必要がある。本構造では、剛なバンドプレートを設置するため、バンドプレート下端から 45° 方向にコンクリートの割裂面が発生する。作用力は解析で得られた接点反力の合計値として照査を行い、その結果、バンドプレート長が 600mm 以上あれば安全であることを確認した。

（5）剛結コンクリート打ち込み時の照査

横梁ウェブ、ダイヤフラム、およびバンドプレートにはコンクリート打設時の側圧が作用する。剛結コンクリートには高性能コンクリートを使用しているため、水圧としてこれを求め、鋼部材の変形（はらみ）がウェブ高の 1/1000 以下となるように垂直補剛材を設置した。

5．まとめ

以上の検討により、剛結部の応力伝達機構の確認から鋼部材の設計、コンクリートの安全性の評価方法およびその確認を行うことができた。

参考文献

1) 土木学会：鋼 - コンクリート合成構造の設計ガイドライン、1989.3

2) 阪神高速道路公団：RC 柱 - 鋼製梁複合橋脚の設計・施工要領（案） 1995.7

3) 佐藤・清水・太田・町田：複合ラーメン橋の接合部設計法に関する一提案、構造工学論文集、Vol.45A、pp.1431-1438、1999.3

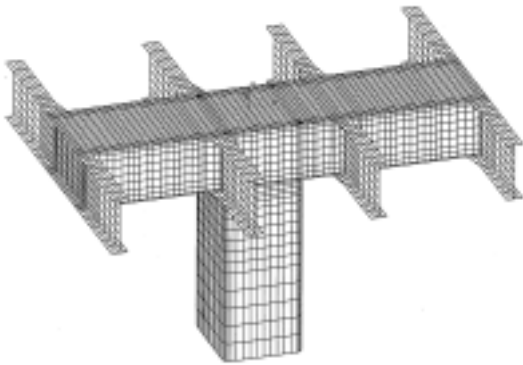


図 - 2 F E M解析モデル

表 - 1 接合面断面力

		(kN,kN・m)		
		軸力	面内曲げ	面外曲げ
支圧応力最大ケース	温度時	-15488	12216	-30489
横梁断面決定ケース	常時	-19791	18316	-13972

表 - 2 応力比較表

		(N/mm2)		
		RC計算	FEM解析	比率
支圧応力最大ケース	温度時	20.6	18.3	0.89
横梁断面決定ケース	常時	20.9	19.2	0.92