# 鋼桁と SRC 橋脚の剛結接合構造に関する基礎的研究

国土交通省	北海道開発局	正会員	〇三田村 浩	室蘭工業大学	フェロー	岸	徳光
(独)北海道國	開発土木研究所	正会員	池田憲二	株式会社 ドーコン	正会員	小林	竜太
(独)北海道關	開発土木研究所	正会員	皆川 昌樹	株式会社 ドーコン	正会員	加藤	静雄

## 1. 序論

近年,合理的な橋梁形式の1つとして複合ラーメン橋が注目されており, 主として鋼桁とRC橋脚を剛結接合させた複合構造が提案されている.一方, 橋脚の新技術として RC橋脚における軸方向鉄筋の代替として鋼管を配置し た SRC橋脚が開発されている.従って,複合ラーメン橋のRC橋脚部をSRC 橋脚に置き換えることができれば,より合理的な橋梁形式とすることが可能 となる.このような観点から,本研究では鋼桁とSRC橋脚を有する複合ラー メン橋を実現することを目的として,鋼桁と鋼管・コンクリート合成構造橋 脚を接合させる構造を提案し,静的単調載荷実験および有限要素解析により その耐荷性能や変形性能に関する基礎的な構造特性を検証することとした.

## 2. 提案する接合構造の概要

提案する接合構造の概念図を図-1 に示す.本構造は,橋脚断面内に配置 された外面リブ付き鋼管を主桁あるいは横桁に直接連結して力を伝達させ, 橋脚頂部を主桁,横桁および型枠鋼鈑にて拘束することに特徴を有する.鋼 桁と鋼管の接合方法は,外側両端部の鋼管は半割りにした状態で横桁に,内 側中央の鋼管は4つ割りにした状態で主桁および横桁にそれぞれ溶接により 接合するものとした.また,型枠鋼鈑にはコンクリートあるいは鉄筋からの 荷重伝達をスムーズにするために孔あき鋼鈑ジベルを配置し,接合内部の主 桁腹板には鋼とコンクリート間の剥離防止程度のずれ止めを配置している.

### 3. 実験の概要

本研究では、鋼桁と橋脚の接合部近傍に着目して静的単調載荷実験を行う ものとした.供試体は実験装置の制約から実構造の1/7縮尺模型とし、載荷 実験では**写真-1**に示すように天地を逆にした状態で行うこととした.なお、 供試体の形状寸法や配筋状況等の詳細は紙面の都合上省略する.載荷荷重は 油圧ジャッキにより橋脚頂部に所定の軸圧縮力(N=148 kN)を作用させた後、 水平変位を単調増加させるようにして載荷した.なお、供試体は主桁端部か ら150 mm 内側の桁高中心位置において回転のみを許容するピン支持とした.

## 4. 数値解析の概要

図-2に有限要素モデルを示す.解析対象は,構造の対称性を考慮して 1/2 モデルとした.適用した有限要素タイプは,鋼桁および鋼管は4節点シェル 要素,鉄筋はビーム要素,コンクリートは8節点ソリッド要素である.境界 条件は,解析対象の連続性を考慮して対称切断面においてはその面に対する 法線方向変位成分を拘束し,主桁端部は実験時と同様に桁端部から 150 mm 内側の桁高中心位置をピン支持とした.なお,鋼とコンクリートの要素間は

*Keywords*: 複合ラーメン橋,剛結接合構造,鋼桁,SRC橋脚,外面リブ付き鋼管 連絡先: 北海道開発局 札幌開発建設部 札幌市中央区北2条西19丁目 Tel. 011-611-0111, Fax. 011-621-3513



図-1 提案する接合構造の概念図



写真-1 静的単調載荷実験の状況



50周

不同力

完全付着を仮定し、接触・剥離等は考慮しないものとした.数値解析 で入力した荷重は,実験時と同様に橋脚頂部に所定の軸圧縮力を与え た後,載荷点において水平変位を単調増加させるように入力している. なお,本解析は部材の塑性化を考慮した弾塑性解析とし,各要素には 非線形性を考慮した材料構成則を定義した.コンクリート要素は圧縮 側, 引張側ともに軟化挙動を考慮した構成則を適用し, 鋼材および鉄 筋には降伏後の塑性硬化を考慮した等方弾塑性体モデルを適用した.

## 5. 水平荷重一水平変位関係

図-3には載荷点の水平荷重と水平変位の関係を実験 結果と数値解析結果で比較して示している.図より,実 験結果は、水平荷重 150 kN(水平変位 δ y=16.8 mm) で 一部の軸方向鉄筋が降伏し,250 kN 程度まではほぼ直線 的に増加し、その後増加率が低下して最大荷重の約300 kN に達した. ピーク到達後は変位の増加とともに圧縮側 かぶりコンクリートが徐々に剥落して荷重が緩やかに 低下した.一方,解析結果に着目すると,弾性領域から 降伏以降の最大荷重時近傍まで解析結果は実験結果と 良く対応していることがわかる.また、大変形領域とな るポストピーク挙動においても,解析結果は実験結果を 比較的精度良くシミュレートしていることがわかる.



図-4 鋼管の軸方向歪の高さ方向分布(最大荷重時)

# 6. 鋼管の軸方向歪分布性状

図-4 には実験での最大荷重時における鋼管軸方向歪の高さ方向分布について 示している.図より,接合内部の発生歪に着目すると,引張側,圧縮側いずれの 鋼管においても 500 μ以下と低く弾性領域内であることがわかる.一方,鋼桁フ ランジより上方に着目すると降伏歪(1,700μ)を超える大きな歪レベルとなって おり、この範囲においては橋脚コンクリートの塑性変形が顕著であることがわか る. ここで, 圧縮側鋼管では載荷前面側外縁において引張歪が発生していること から、断面内中立軸が圧縮側の鋼管内部に移行しているものと推察される.

図-5には解析結果における鋼管軸方向応力の等色分布図を示している.この結 果からも接合内部は弾性領域の応力レベルであり、実験と同様に鋼桁フランジよ り上方において降伏強度(353 MPa)を超える応力が発生していることがわかる.

#### 7. 橋脚コンクリートの鉛直方向歪分布性状

図-6 には解析結果における橋脚コンクリート鉛直方向歪の等色分布 図を示している.これより、引張領域のひび割れを表現する赤色の等色 範囲が橋脚基部に集中しており、接合内部の発生歪は低レベルであるこ とがわかる.これからも接合内部はほぼ健全な状態であると推察される.

# 8. 結 論

- 1) 水平荷重-水平変位関係は、弾性領域から大変形領域となるポスト ピーク挙動まで解析結果と実験結果は比較的精度良く一致した.
- 2) 鋼管の軸方向歪や軸方向応力分布,橋脚コンクリートの鉛直方向歪 分布より, 接合内部はほぼ健全な状態を保持しているものと推察さ れ, 塑性ヒンジは橋脚基部で形成されるものと考えられる.



図-5 鋼管の軸方向応力分布図

