

鋼管埋込み式複合ラーメン橋接合部の地震時挙動に関する実験的研究

株式会社ドーコン 正会員 ○小林 竜太
三井住友建設(株) フェロー 三上 浩

北海道開発土木研究所 正会員 三田村 浩
室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

1. 序 論

近年、橋梁建設技術の合理化を目指した複合ラーメン橋が注目されている。複合ラーメン橋は、死荷重が軽量な鋼上部工の採用により地震時慣性力が低減でき、かつ、上・下部構造を剛構造とすることから支承部構造や落橋防止システムが省略可能となり、耐震性のみならず経済的な利点も有している。一方、下部構造に関してもその合理化を追求すべく種々の構造形式が提案されており、その代表的な構造の1つに鋼管・コンクリート合成構造橋脚が挙げられる。このような観点から、本研究では鋼3主桁と鋼管・コンクリート合成構造橋脚を簡易に接合可能な剛構造を提案し、縮小模型を用いた正負交番載荷実験を実施することで提案する接合構造の地震時挙動を検証した。

2. 提案する剛結接合構造の概要

図-1に提案する接合構造の概念図を示す。本構造は、橋脚断面内に配置された外面リブ付き鋼管を全て接合部に埋込み定着させ、橋脚頂部を鋼主桁および横桁型枠兼用鋼板にて取り囲んで一体化を図る構造である。本研究では橋脚断面内に計6本の鋼管を配置する場合を設定し、内側中央部の2本の鋼管は中央主桁部と交差する位置に配置することとした。従って、構造的には中央主桁部の下フランジと腹板を一部で切り欠き、この切り欠き部に鋼管を挿入することで外側鋼管と同じ高さまでの埋込み長を確保している。一方、両外側鋼管に関しては交差する鋼桁が存在しないため単純に接合部内のコンクリート中へ埋込み定着させた。写真-1には実験供試体における中央主桁部の切り欠き状況を示している。なお、本接合構造に関するずれ止め等その他の特徴に関しては紙面の都合により省略する。

3. 実験供試体および載荷実験の概要

図-2に実験供試体の概要を示す。本研究では、鋼桁と橋脚の接合部近傍を対象として載荷実験を行うものとした。実験供試体は実構造に対する1/7縮尺模型とした。また、載荷実験は実験装置の制約から実構造に対して天地を逆にした状態で実施している。供試体は、上部工は主桁支間長3,695mm、桁高473mmの鋼3主桁とし、床版のモデル化は行っていない。一方、下部工は長辺786mm、短辺429mmの矩形断面橋脚とし、断面内には直径110.3mm、板厚2.5mmの外面リブ付き鋼管を計6本配置している。鋼管の接合部内への埋込み長は過去の研究成果を参考にして鋼管直径の2倍以上である250mmとした。載荷実験は、上部工重量に相当する軸圧縮力を作用させ、これを一定に保持した状態で橋軸方向地震荷重を想定した水平交番加力を行っている。水平交番加力は変位制御方式で行い、降伏変位 δ_y の整数倍の変位振幅に対して正負3サイクルずつの繰り返し載荷とした。

キーワード：複合ラーメン橋、接合部、鋼3主桁、外面リブ付き鋼管・コンクリート合成構造橋脚、正負交番載荷実験

連絡先：〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4-1 (株)ドーコン 構造部 TEL：(011)-801-1540

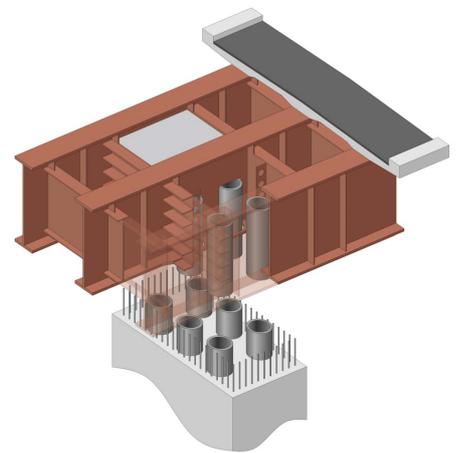


図-1 提案する接合構造の概念図



写真-1 中央主桁部の切り欠き状況

表-1 コンクリートの力学的特性値

打設位置	圧縮強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比
橋脚柱部	28.4	34.1	0.22
接合部	27.3	31.9	0.21

表-2 各種鋼材の力学的特性値

鋼材種	材質	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び (%)	
鋼管	STK400	386.0	433.0	37.0	
鋼桁	SM400A	392.0	552.5	23.0	
鉄筋	D13	SD345	399.0	582.0	28.0
	D16		367.2	548.8	27.6

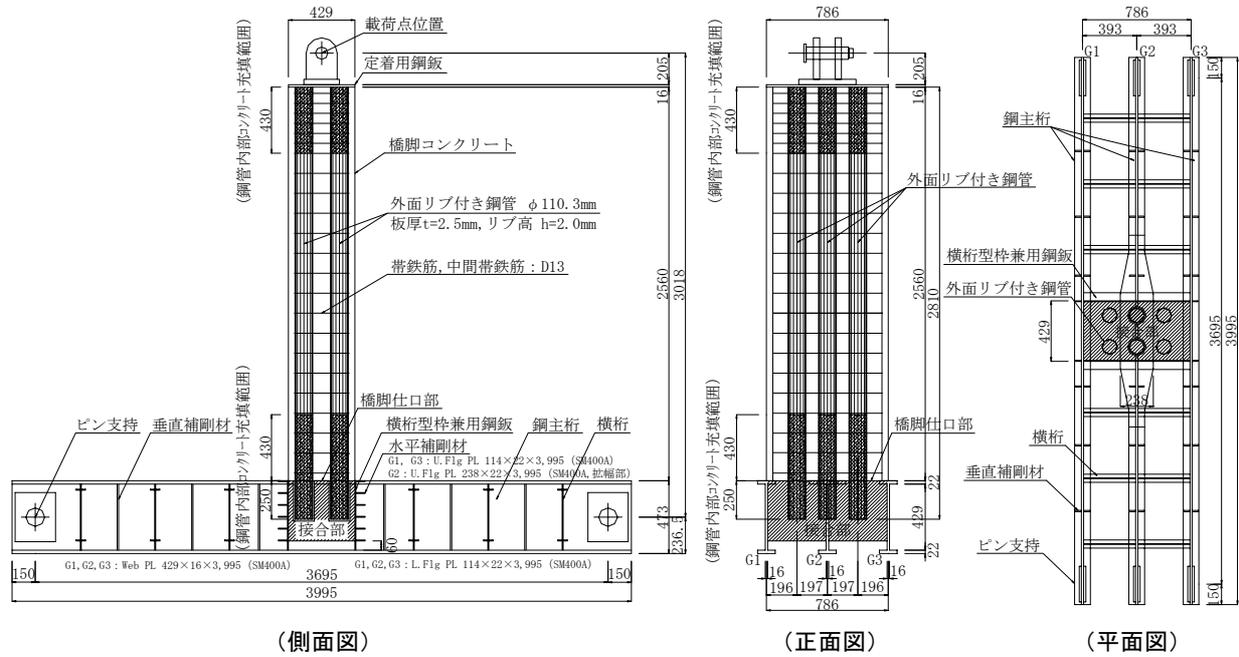


図-2 実験供試体の概要

4. 実験結果および考察

4.1 水平荷重—水平変位関係

図-3には水平荷重—水平変位の履歴曲線を示している。供試体は、水平荷重 136kN（水平変位 22mm）において橋脚仕口部の軸方向鉄筋が降伏ひずみに達した。±1δ_y以降は荷重増加率が低下するものの荷重は徐々に増大し、±4δ_yにおいて降伏荷重の約 1.8 倍である最大荷重に到達した。この時点における接合部は目視による検証の限りでは顕著な損傷は確認されていない。±4δ_y以降は荷重が徐々に低下し、±6δ_yにおいて橋脚仕口部近傍のかぶりコンクリートの剥落が確認され、最終的には橋脚部における塑性ヒンジ化（曲げ破壊）であった。また、道示に準拠して算出した設計終局耐力 (P_{ud}=198kN) に対して安全側の値（約 1.2 倍）を示した。

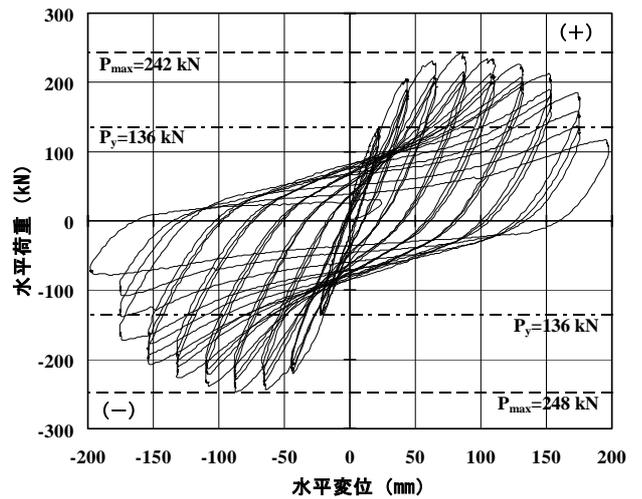


図-3 水平荷重—水平変位の履歴曲線

4.2 最大荷重時における鋼管のひずみ分布性状

図-4には最大荷重を示した 4δ_y 載荷時における鋼管各点のひずみ分布を示している。これより、橋脚仕口部の直上において降伏ひずみ (ε_y=1,930μ) を超える大きなひずみが発生しており、この領域では橋脚部の塑性変形が顕著であることが分かる。しかしながら、接合部内では外側鋼管の引張側最外縁位置を除いて、いずれも弾性領域内のひずみレベルにあり、最大荷重時においても鋼管が接合部内より抜け出す兆候は見受けられない。これより、接合部内は最大荷重時においてもほぼ健全な状態を保持しているものと推察される。

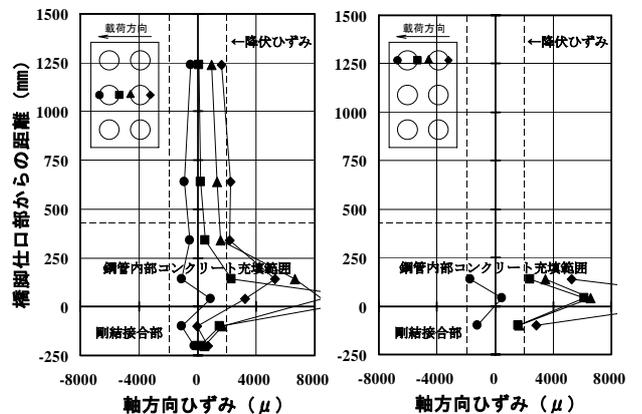


図-4 鋼管各点における軸方向ひずみ分布

5. 結論

- 1) 接合部は橋脚基部での破壊を想定した設計終局耐力（地震時保有水平耐力）の 1.2 倍以上の耐力を有していた。
- 2) 接合部内の鋼管は、最大荷重時でもほぼ弾性領域内のひずみレベルにあり、接合部内はほぼ健全な状態にある。
- 3) 本構造の終局状態は、橋脚仕口部近傍すなわち橋脚部に塑性ヒンジが形成されることが確認された。