

鋼桁とSRC橋脚の鋼製梁による剛結構造(その2 - FEM解析)

名古屋高速道路公社 正会員 森下宣明* 同左 正会員 前野裕文*
 三井造船 正会員 曾我明 住友金属工業 正会員 小林洋一

1. はじめに

近年、耐震性の向上やコスト縮減を目的に鋼桁とRC橋脚を剛結した複合ラーメン橋が多く採用されている。名古屋高速道路公社においても本形式に着目し都市高架橋への採用を検討している。その構造概要を図1に示す。本構造の特徴は柱断面が突起付きH鋼を使用したSRC構造であること、主桁と横梁を剛結しているため柱に面内・面外の2方向曲げが作用する構造であることである。したがって、大断面のH鋼が剛結部下フランジを貫通する構造となるため、貫通孔による剛結部鋼殻の剛性低下や局部的な応力集中の問題が考えられる。また、横梁に曲げを受ける既往の複合構造の研究成果¹⁾²⁾は報告されているものの、本橋のように横梁に大きなねじりを受ける剛結構造については、詳細な研究は過去にあまりみられない。これらのことから、本研究では剛結部に着目した立体FEM解析を行い、応力伝達経路や各部の応力性状の確認を行った。ここでは、充填コンクリートの応力性状や充填コンクリートと鋼殻の荷重分担率に着目し、その結果を報告する。

2. FEM解析モデル

解析モデルとして、図2に示す剛結部近傍を取り出した部分モデルを用いた。使用要素を表1に示す。荷重条件としては立体骨組み解析の結果、剛結部の応力が最も厳しくなった常時の荷重組合せケース(D+SD+L-T) <橋軸直角軸回りの曲げ最大>を用いて境界力として載荷した。なお、コンクリートと鋼板の接触面の処理としては、鋼板とコンクリートの摩擦を無視して接触部面内方向は非拘束に、また、接触部面外方向については圧縮時は拘束、引張時は剥離を考慮してコンクリート強度の1%以上の引張応力作用時に非拘束とした。また、本荷重状態における充填コンクリート内の斜め引張応力度は解析の結果0.5N/mm²程度と小さいため、せん断ひび割れの発生は解析上考慮しないこととした。

3. 解析結果

3.1 充填コンクリートの応力性状

1) 図3に鋼殻フランジとコンクリートの境界力分布を示す。本図より、充填コンクリートには鋼板からの圧縮力が鋼殻上フランジや柱接合面(下フランジ下面)のコーナー部にかなり偏心して作用していることがわかる。これは、鋼製梁の曲げ変形とねじり変形によって支圧力が重なるためと考えられる。また、その一方で下フランジ上面の圧縮力分布がほぼ均等になっていることから、充填コンクリート部は偏心した作用力に対しても剛体的な挙動をしていることがうかがえる。

2) 充填コンクリート内の主応力図を図4に示す。本載荷状態は横梁のねじりモーメントが支配的であるが、既往の曲げモーメントが支配的な複合構造と同様に右上から左下に向かう圧縮ストラットが形成されていることがわかる。

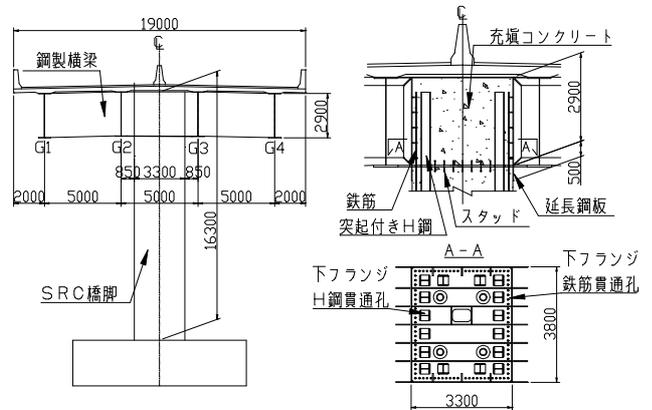


図1 剛結部の構造概要図

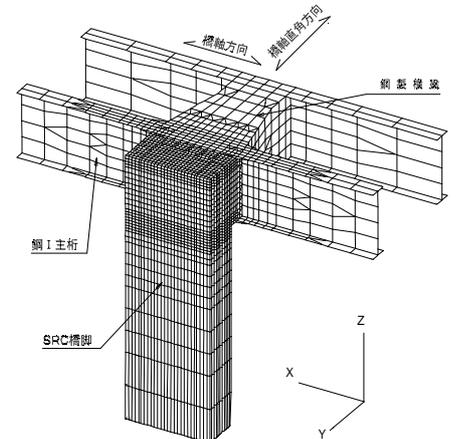


図2 FEM解析モデル
(XZ平面对称1/2モデル)

表1 使用した要素

	使用要素	材料定数
鋼板	シェル要素	$E_s = 20 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
コンクリート ($\alpha = 30 \text{ N/mm}^2$)	ソリッド要素	$E_c = 2.7 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
突起付きH鋼 (H-304×310×12×17)	シェル要素	$E_s = 20 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
鉄筋 (SD345)	梁要素	$E_s = 20 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
スタッドシベル (22 × 150)	線形バネ要素	スタッド1本あたり $K_s = 1.9 \times 10^5 \text{ N/mm}$
鉄筋とコンクリートの付着	線形バネ要素	単位付着面積あたり $K_f = 1.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^3$
突起付きH鋼とコンクリートの付着 ^③	線形バネ要素	単位付着面積あたり $K_f = 3.2 \times 10 \text{ N/mm}^3$

キーワード：複合構造、複合ラーメン、剛結構造、接合部、FEM解析

* 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 2-1-36 工務部 設計課 TEL 052-223-3567 FAX 052-223-3574

3.2 荷重の分担率

1) 充填コンクリートと接合部鋼板の境界反力の合力及び作用位置を図5に示す。本図より、充填コンクリート内では引張側の2383kN (= Vdt + VHt - F4b)を圧縮側接合面 (= F4a + Vdc + VHc - F1)へ伝達していることがわかる。一方、剛結部のせん断力図より剛結部に作用するせん断力は6222kNであることから、充填コンクリートのせん断力に対する分担率は38% (= 2383kN / 6222kN)で、残り62%を鋼殻が負担しているといえる。また、充填コンクリートと鋼殻部が鉛直偶力で受け持つ横梁軸回りのねじりモーメント (= 6222kN × 2.893m)は全ねじりモーメント荷重 (= 21928kN・m)のうちの82%で、残りの18%を延長鋼板及び鋼殻下フランジのスタッドで受け持っている

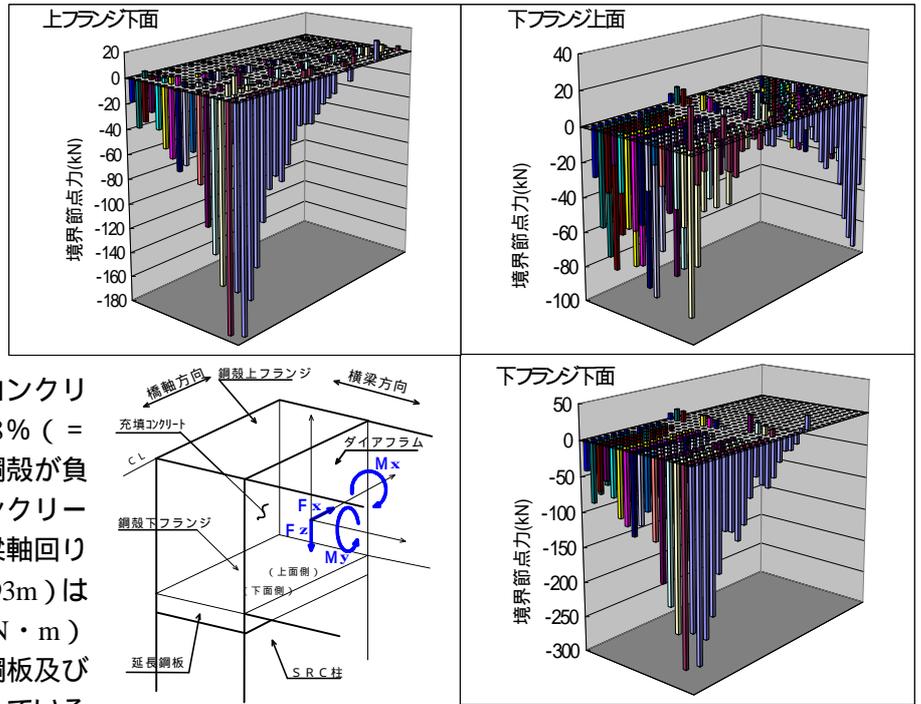


図3 鋼殻フランジとコンクリートの境界力分布

ことから、充填コンクリートのねじりモーメントに対する分担率は31% (= 0.82 × 0.38)であると推定できる。一般的にこれらの分担率は鋼殻寸法のアスペクト比や鋼板剛度等にも左右されるものではあるが、既往の面内曲げのみを受ける同様な複合構造の研究結果²⁾(充填コンクリートのせん断力に対する分担率が60%程度)と比較してみると、本結果の分担率は38%と低い値となっている。前述のパラメータ以外に本剛結横梁がねじりモーメント荷重の伝達上、鋼製梁のねじり剛度では充填コンクリートの広い領域までは動員しきれないことが原因と推定される。

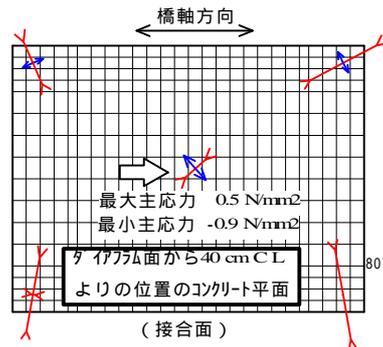


図4 充填コンクリートの主応力図

2) 接合面における水平せん断力の分担率に着目すると、延長鋼板で全荷重の73% (= (F7+F8) / Fx)を、また鋼殻下フランジ下面に溶植したスタッドで残りの27%を負担しており、延長鋼板の寄与が大きいことがわかる。しかしながら、柱への荷重伝達上重要な部位であることから、設計上は安全側評価として全せん断力をスタッドに負担させることとした。

4. おわりに

剛結横梁にねじりを受けるような本剛結構造の接合部に関して、FEM解析により荷重伝達経路や各部位の応力性状を確認することができた。今後は、接合部の破断面や耐力等の確認について、模型供試体による実験を行い検討する予定である。最後に、本研究にご協力いただいた(社)日本橋梁建設協会に感謝の意を表す。

<参考文献> 1) 佐々木、津野、小林、阿部、井澤：鋼・コンクリート混合構造橋脚の接合部に関する研究(その4) 土木学会第52回年次講演会、-A136、1997

2) 林、木代、小林^豊、小林^洋、上條：RC柱・鋼製梁による複合橋脚の実橋接合部に関するFEM解析、土木学会第53回年次講演会、CS-174、1998

3) 前田、盛、小林、上田：鉄骨コンクリート複合構造橋脚の設計と施工、橋梁と基礎、1996-10

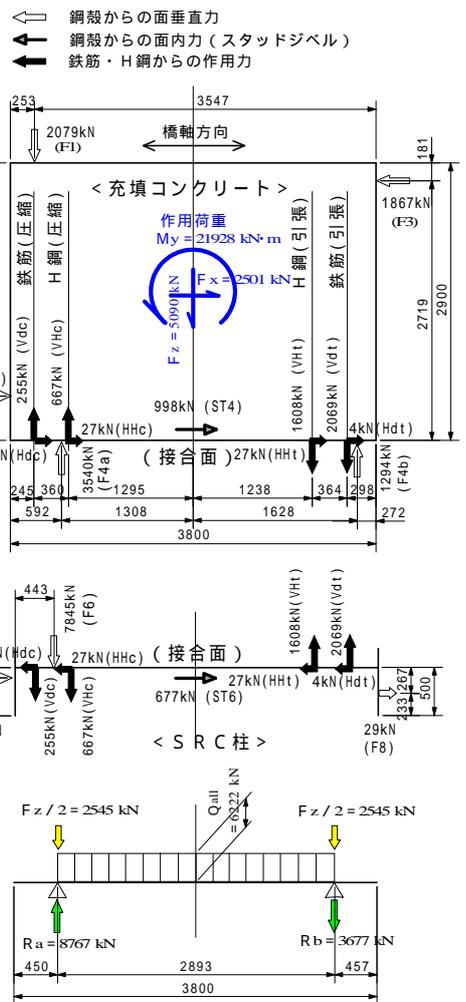


図5 充填コンクリートと接合部鋼板の境界反力、及びせん断力図