

I-A 457

鋼桁とRC橋脚を剛結した複合ラーメン橋の
剛結部の設計法について

日本道路公団 高松建設局 正員 松田 哲夫 ㈱酒井鉄工所 正員 ○田中 俊彦
同 上 正員 湯川 保之 大阪大学工学部 フェロー 松井 繁之
同 上 和田 信良

1. まえがき 連続鋼桁形式の上部工を中間支点部でRC橋脚に剛結し一体化した、鋼・コンクリート複合ラーメン鋼桁形式は、従来の鋼鋼桁形式に比して、①主構部鋼重が軽減でき経済的である、②中間支点部の支承が不要で維持管理コストが低減できる、③不静定次数が高く耐震性が向上する、また、コンクリートラーメン橋に比して、④上部工重量が軽く下部工の負担が軽減できる、などの利点から、近年になって、その採用例が増加しつつある¹⁾。このような上下部一体化橋梁の技術的課題としては、鋼桁とRC橋脚の剛結部において、鋼桁から作用する曲げモーメント、せん断力、および軸方向圧縮力を円滑にRC橋脚へ伝達でき、かつ、耐震性および耐久性に優れた構造詳細を選定することが重要と考えられる。高知自動車道・園豊橋では、本形式における剛結部の構造詳細として、図-1に示すRC方式による剛結構造を採用した。本方式の利点としては、①橋脚梁部を省略でき橋脚頂部の集中質量が小さくなり耐震性が向上する、②剛結部形状が簡素化されシンプルでスレンダーな景観が得られる、③最も経済性に優れ施工性も良い、などが考えられる。しかし、これまで本方式による施工例はほとんど無く、その応力伝達機構についても未解明の点が多い。したがって、ここでは、本方式の剛結構造における力の伝達機構について検討を行うとともに剛結部の設計法を提案する。

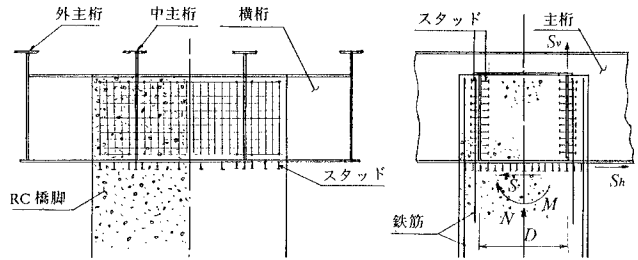


図-1 RC方式剛結部の概要図

2. RC方式による剛結部の構造詳細と設計法

図-2にRC方式による剛結部の構造詳細を示す。本方式では、鋼桁からRC柱に作用する断面力のうち曲げモーメントと軸方向力は、曲げ引張側剛結部では、横梁腹板外面のスタッドで、また、曲げ圧縮側剛結部では、横梁腹板のスタッドと鋼桁下フランジ下面コンクリートの支圧抵抗で伝達され、水平せん断力は、鋼桁下フランジ下面のスタッドでRC柱の鉄筋およびコンクリートに伝達されるものと考えられる。したがって、本橋の剛結部の設計では、主桁下フランジ下面コンクリートの支圧抵抗と横桁外面および主桁下フランジ下面のスタッドのせん断抵抗のみで鋼桁から作用する断面力を伝達するものとした。すなわち、

$$S_v = \frac{M}{D} - \frac{N}{2} \quad , \quad \text{および} \quad S_h = S \quad (1)$$

ここに、 S_v , S_h は、それぞれ、引張側横桁腹板外面および主桁下フランジ下面のスタッドに作用するせん断力を示し、 M , N , S は、それぞれ、剛結部主桁下フランジ位置における橋脚に作用する曲げモーメント、軸方向圧縮力、およびせん断力を示す。また、 D は横桁腹板間隔を示す。

なお、主桁腹板と横桁腹板で囲まれた内

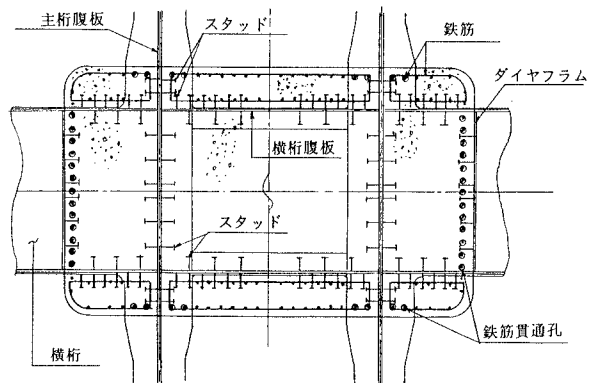


図-2 RC方式剛結部の構造詳細

面のコンクリートに対しても、この部分が鋼-コンクリート合成部材としての剛体を保持できるように、最小限のスタッドを設置することとした。

3. FEM解析による構造検討 上記に示した設計手法の妥当性を検証し、実橋モデルにおける応力の伝達経路を定量的に把握するため、剛結部の立体弾性 FEM 解析を実施した。以下に解析上の仮定および解析結果について述べる。

3.1 解析モデル 解析モデルとしては、図-3に示すような剛結部近傍を部分的に取り出したモデルを使用した。使用要素としては、鋼桁部には板曲げ要素を用い、コンクリート部には六面体および四面体のソリッド要素を使用した。また、

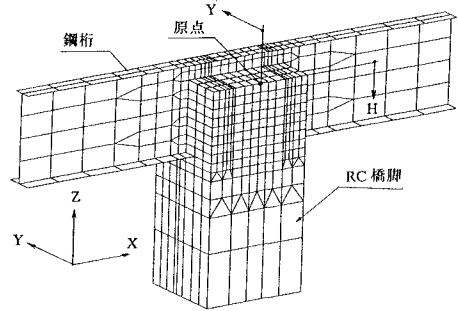


図-3 FEM 解析の解析モデル

鋼桁とコンクリートの境界面にはスタッドに作用するせん断力を把握するため、せん断バネと鉛直バネを有する接合要素を用いた。なお、本解析に用いたスタッドのせん断バネの値は、文献2)の結果を使用した。載荷荷重としては、解析モデルにおける剛結部の RC 橋脚に発生する断面力が、実橋の地震時の設計断面力に等しくなるよう、鋼桁両端に鉛直および水平方向の外力を与えた。また、境界条件としては、コンクリート脚下端で固定とした。

3.2 解析結果と考察 図-4に横桁腹板外面のせん断バネ要素に作用するせん断力の分布を示す。この図から横桁腹板外面のスタッドに作用するせん断力は、圧縮側 RC 部に比べ引張側の方が大きな値となることがわかる。これは、圧縮側では、横桁腹板外面のスタッドの他、鋼桁下フランジと下面コンクリートとの支圧抵抗でも力が伝達されるためと思われる。また、式(1)で算定される横桁腹板の単位面積当たりのせん断力は、 130 tf/m^2 であり、解析結果の平均値 50 tf/m^2 に比べ2倍以上の値となる。これは、引張側剛結部においても、主桁下フランジ上面コンクリートの支圧抵抗や下面スタッドの引き抜き抵抗、あるいは主桁腹板や横桁内面のスタッドのせん断抵抗なども力の伝達に寄与するためと思われる。また、(1)式によるせん断力は解析結果の最大値よりも十分大きく、本設計法はかなり安全側の設計法といえる。図-5は主桁下フランジ下面の水平せん断力および支圧応力度の分布を示したものである。この図より、せん断力、支圧応力とも、圧縮側コンクリート縁で集中的に作用することがわかる。したがって、この部分のコンクリートに対しては何らかの補強が必要である。また、主桁下フランジのスタッドに作用するせん断力は、三角形分布と考えるのが妥当といえる。

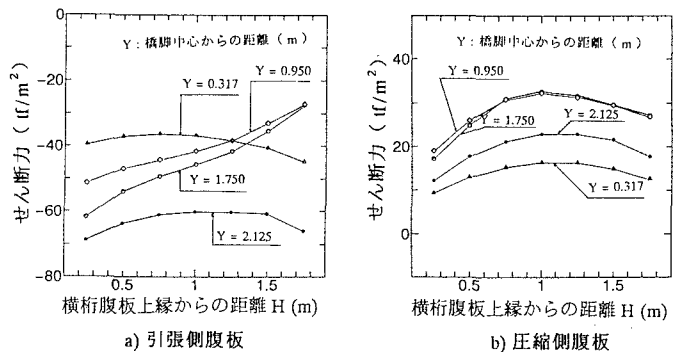


図-4 横桁腹板外面のスタッドに作用するせん断力の分布

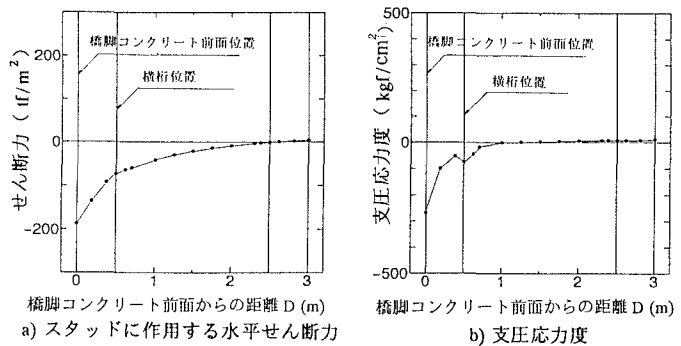


図-5 鋼桁下フランジ下面に作用する力

および支圧応力度の分布を示したものである。この図より、せん断力、支圧応力とも、圧縮側コンクリート縁で集中的に作用することがわかる。したがって、この部分のコンクリートに対しては何らかの補強が必要である。また、主桁下フランジのスタッドに作用するせん断力は、三角形分布と考えるのが妥当といえる。

参考文献 1) 紫桃孝一郎、長江 進：鋼とコンクリートの複合構造—山形自動車道阿古耶橋—、日本道路公団技術情報、No.111、1992.1. 2) 松田 哲夫他：スタッドを用いた鋼桁-RC 桁結合部の力学特性について、土木学会第 50 回年次学術講演会、I-274、平成7年9月。