

鋼複合ラーメン橋の剛結部構造と力学性状について

日本道路公団 正員 ○湯川 保之
日本道路公団 和田 信良

1. はじめに

複合ラーメン形式は、従来の連続桁形式の中間支点部で、鋼桁とRC橋脚を一体化することによって中間支点部の支承を無くし、経済性と維持管理の軽減を図るとともに、不静定次数を高めて、耐震性の向上をも図るものである。このような上下部一体化構造では、鋼桁から作用する曲げモーメント及び軸圧縮力を円滑にRC橋脚へ伝達でき、かつ、耐久性に優れた構造詳細を選定することが重要である。

この剛結部構造の新しい試みとして高知自動車道 岡豊橋では、RC橋脚の柱部を主桁上フランジ付近まで延長することによって、主桁及び鋼箱断面の横桁をRC橋脚内に埋め込み、この部分の鋼部材に溶植したスタッドにより、鋼桁をRC橋脚に直接剛結する結合構造を採用した。しかし、これまで本方式による施工例はほとんどなく、その応力伝達機構についても未解明な点が多い。

そこで本報文では、剛結部の設計法を示すとともに、設計の妥当性を検証するために行った、剛結部近傍の縮小モデルによる交番載荷試験の結果について報告する。

2. 剛結部の構造詳細と設計法

図-1に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、柱に引張力が発生する部分では横梁腹板外面のスタッドで、また、圧縮力が発生する側では、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。従って、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、

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

ここに、 S_v 、 S_h は、引張り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、また、 D は横桁腹板間隔を示す。

尚、主桁腹板と横桁腹板で囲まれた内面のコンクリートに対しても、この部分が鋼-コンクリート剛性部材としての剛体を保持できるよう、最小限のスタッドを設置することとした。

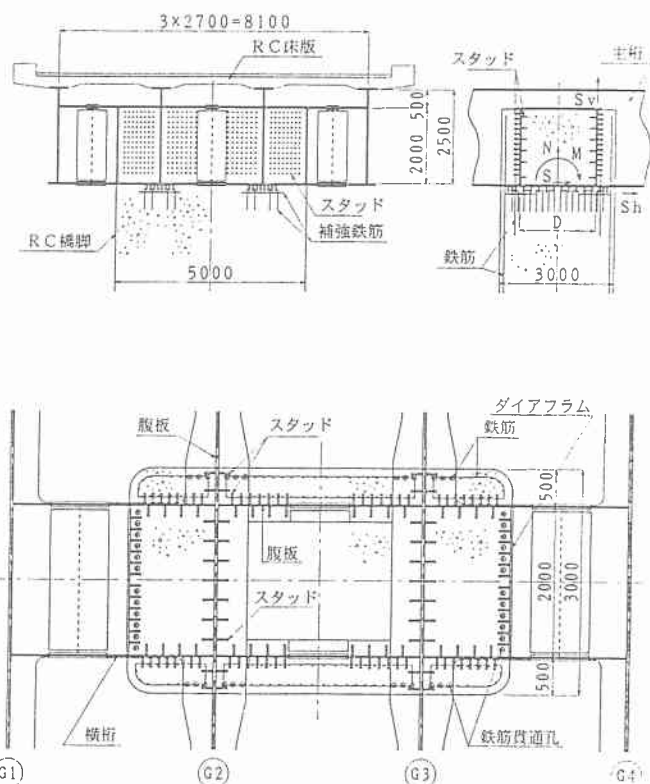


図-1 剛結部の構造概要

3. 実験概要

実験は、実橋の 1/4 縮小モデルにより、地震時に想定される剛結部の応力状態に対応する载荷荷重を基本荷重として実施した。供試体の形状は、図-2に示すように、RC橋脚と主桁2本で構成される剛結部付近の構造を部分的に取り出した形状とし、鋼桁およびRC柱に所定の軸圧縮力、および正負の交番モーメントが再現できるように、鋼桁部の支持条件を両端ピン支持とした。また、RC柱部の部材長は、RC部における破壊が、曲げ破壊先行型となるように载荷装置の制約の範囲内で、せん断スパン・桁高比がなるべく大きくなるように決定した。载荷方法は、RC柱頂部に設計荷重より算定した鉛直方向の軸圧縮荷重（ $N=39.3\text{tf}$ ）を作用させた状態で、引き押し両動型油圧ジャッキにより水平荷重を载荷した。また、繰り返し回数は、設計荷重、ひび割れ荷重、鉄筋降伏荷重、 $2\delta y$ 、 $3\delta y$ に対して、それぞれ3サイクルとした。

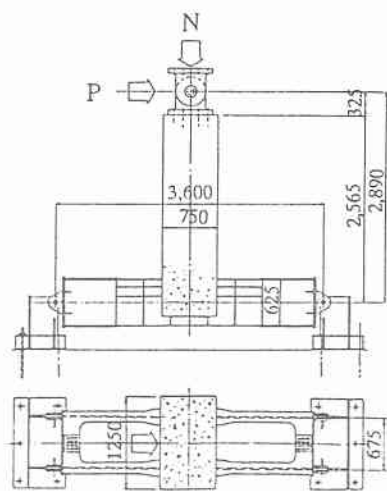


図-2 供試体構造寸法

4. 結果と考察

図-3は、交番繰り返し载荷により得られた水平荷重－水平変位の履歴曲線である。この図より、最大荷重を達成したときの変位(43.4mm)は、降伏変位(9.4mm)の約4.6倍であり、かつ、供試体は、降伏変位の8.2倍の変位(77.0mm)に対しても、最大荷重の84%程度(44.3/52.6tf)の残存耐力を有しており、十分な靱性があることがわかった。尚、コンクリートの圧壊は鋼桁フランジから約50cm上部のRC柱に発生した。この位置は、スタッド前面の軸方向鉄筋の縁端位置と一致しており、RC柱の軸方向鉄筋がこの部分で段落とし構造となっているためと思われる。また、鉄筋降伏時における剛結部主桁フランジ側面部の引張り側コンクリートのひび割れ幅は、最大でも0.3mm程度であり、この荷重レベルでは、剛結部の剛性は十分確保されていると判断できる。更に、剛結部のコンクリートは、RC柱部のコンクリートの圧壊時においても健全であり、ひび割れ幅もフランジ側部における0.6mmが最大であった。

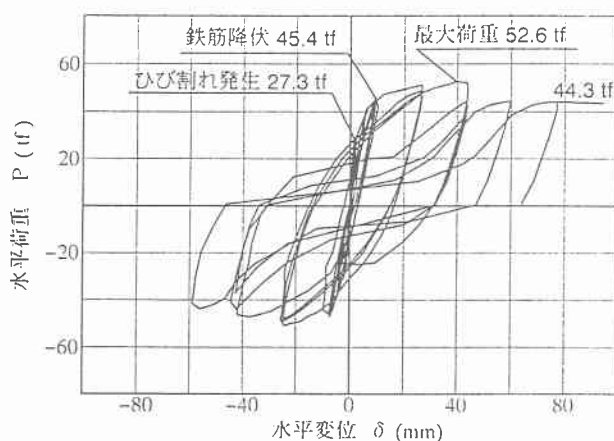


図-3 水平荷重－水平変位履歴

図-4は、支圧応力が集中すると考えられる主桁フランジ直上のコンクリートの圧縮応力度の分布を示したものである。図からわかるように、主桁腹板中心位置で支圧応力が集中するが、その値は、設計荷重時でRC断面の圧縮応力度程度であった。また、引張り側鉄筋降伏時では、上記計算値の2倍程度となるが、最高荷重時においてもこの部分の圧壊は見られなかった。これは、フランジ下面のスタッド間にU型の鉄筋を配置した補強効果によると考えられる。

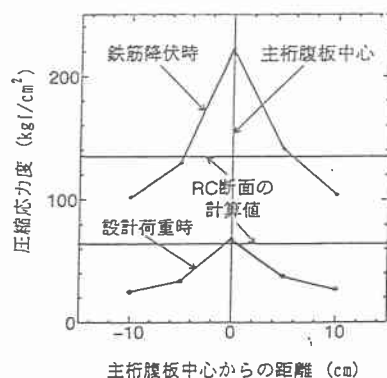


図-4 圧縮応力度分布

5. おわりに

今回、模型実験により 1) 設計の妥当性、2) 残存耐荷力、3) 変形性能、4) 局部応力への補強効果について確認できた。今後、本方式が鋼・コンクリート複合ラーメン橋の剛結構造の一形式として検討されることを期待する次第である。

参考文献 1) 松井、湯川、和田、石崎、田中：複合ラーメン・鋼桁－RC脚剛結部の構造と力学性状について、土木学会第43回構造工学シンポジウム論文集(1997.4)