

鋼2主桁とRC橋脚の複合剛結構造の 繰返し載荷実験

郭暁光¹・青木徹彦²・中野幹一郎³・桜井孝⁴

¹愛知工業大学工学部土木研究科 建設システム工学専攻 (〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草1247)

²正会員 工博 愛知工業大学教授 工学部土木研究科 (〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草1247)

³正会員 株式会社東京鐵骨橋梁 技術本部 (〒108-0023 東京都港区芝浦4-18-32)

⁴フェロー 株式会社東京鐵骨橋梁 技術本部 (〒108-0023 東京都港区芝浦4-18-32)

移動型枠装置を使用する場所打ちPC床版の連続I桁橋に対して、単純で耐荷力、耐久性、耐震性に優れる施工容易な上下部一体化構造を提案する。スタッドジベル、分岐桁の高さを変えた3種の大型供試体による繰返し載荷実験を行った。実験の結果、6δyまでの優れた変形性能が得られた。最終破壊は接合部付近のRC橋脚のかぶり部分のコンクリートの剥離と鉄筋の座屈によってもたらされたものの鋼桁とRC橋脚との接合部の破壊は見られなかった。

Key words: Composite structure, Hybrid rigid frame bridge, connection, Stress transfer mechanism

1. まえがき

耐震性の向上と維持管理の軽減、さらに走行性の向上の追求から、鋼連続桁橋において種々の形式の上下部一体化構造が研究され、建設されている。

本研究は、移動型枠装置を使用する場所打ちPC床版の連続I桁橋に対して、単純で耐荷力、耐震性に優れ、施工の容易な上下部一体化構造を提案する。また、大型実験体による静的交番載荷を行い、剛結部の応力伝達機構を実験的に明らかにするものである。

2. 分岐桁構造の概要

図-1に本研究で対象とする分岐桁構造を示す。本構造は、主桁、分岐桁、横桁で枠組を構成し、鉄筋コンクリート橋脚（以下RC橋脚と称す）柱頭部の主鉄筋を横桁の下フランジを貫通して枠組みの中に引き込み、接合部まで延長する。さらに、主桁、分岐桁および横桁の内側にスタッドジベルを設置し、コンクリート充填により、一体化させる構造である。

本構造は以下の特徴がある。

- 1) 移動型枠装置が通過するため、剛結部は主桁高の半分まで空間を明ける。
- 2) 上部工からの断面力を橋脚に伝達するため、主桁

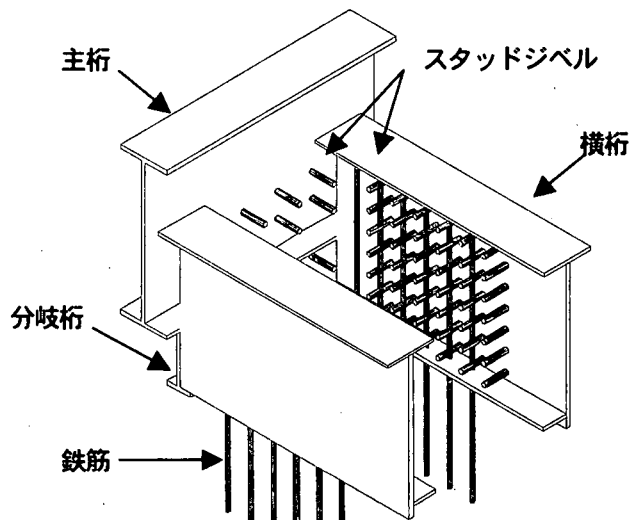


図-1 供試体と載荷方法

と2枚の横桁との枠組みを主桁の下まで延長して橋脚に埋込み、横桁は橋脚表面と一致させ、主鉄筋に伝達する。

3) 上部工との接合を容易で確実にするため、枠組みは主桁直下の位置に現場接合部を設け、下部枠組みを下部工施工時に先行据え付けとする。

4) レベル2の巨大地震において、復旧の容易さに配慮する。

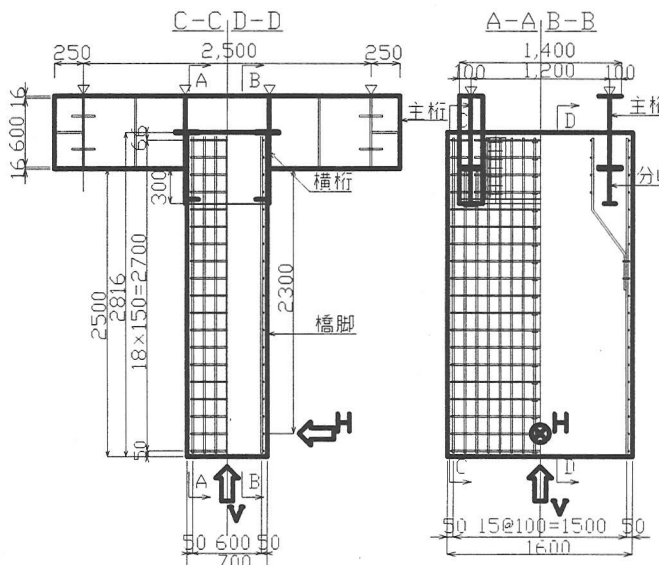


図-2 供試体と載荷方法

表-1 使用材料

鋼板	SM490Y 材 降伏強度: $\sigma_y=412$ GPa 引張強度: $\sigma_{sa}=560$ GPa
鉄筋	D16(SD345) 降伏強度: $\sigma_y=372$ GPa 弾性係数: $E=198$ GPa
コンクリート	早強ポルトランドセメントコンクリート 圧縮強度: $\sigma_{cu}=30$ MPa

3. 実験概要

(1) 実験供試体

実験供試体は、2本主桁とRC橋脚を一体化させた複合ラーメン橋の接合部を取り出し、載荷装置の能力を勘案し、実構造の1/5スケールモデルとしている。鋼桁とRC橋脚の剛結部の構造に着目し、スタッドジベル本数、分岐桁高さを変えた3種類の実験供試体を製作した。TYPE 1-A, Bは分岐桁高さ300mmである。スタッドジベルの本数を許容せん断力により決めた³⁾のがTYPE 1-A、終局せん断力により決めた⁴⁾のがTYPE 1-Bである。また、分岐桁高さを450mmにし、スタッドジベルの本数を終局せん断力により決めたのがTYPE 2である。実験供試体の形状寸法を図-2、使用材料を表-1に示す。

(2) 実験方法

写真-1に示すように実構造物とは天地が逆転するように鋼桁を下側にセットし、その上にRC橋脚を立ち

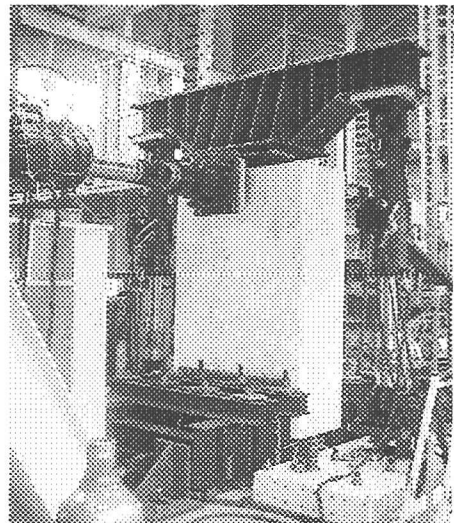


写真-1 載荷装置

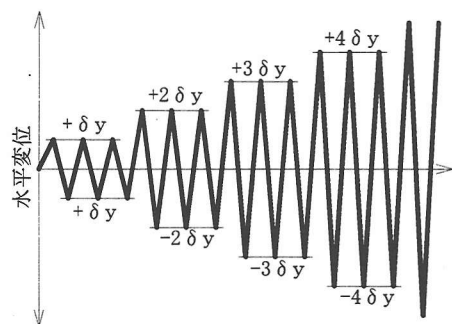


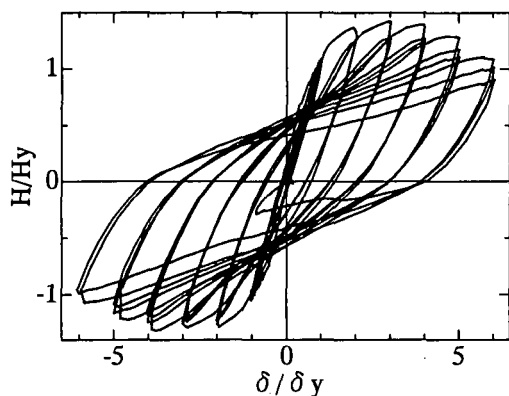
図-3 載荷ステップ

上げた状態で実験を行った。軸力は実橋モデルの断面力を基準にし、橋脚コンクリート応力が同程度になるよう500kNを与えた。載荷は一定の軸力を載荷した後、図-3に示する載荷ステップで水平力を与え、 $\pm \delta y$ づつ変位制御で変位を増加させ、各3サイクル繰り返し水平力を与えた。なお、引張側鉄筋のひずみ測定値が降伏ひずみに達した時の載荷点の水平変位を δy とした。各ステップの一サイクル目の耐荷力は降伏荷重に至った時点で終局状態と見なして実験を終了した。

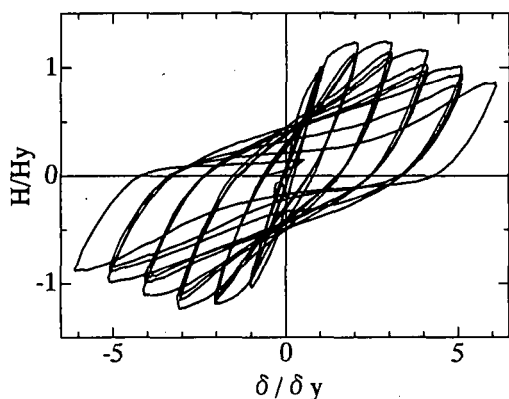
4. 実験結果と考察

(1) 水平荷重-水平変位履歴曲線

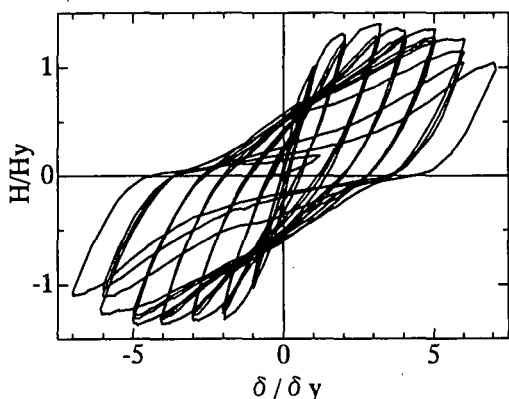
水平荷重-水平変位の履歴曲線を図-4に示す。鉄筋降伏時の水平変位 δy はTYPE 1-A, B順に10.8mm、11.6mmとなっており、水平荷重 H_y はそれぞれ525kN、565kNであった。TYPE 1-Aの最大荷重 H_u は $3\delta y$ のときに生じ、 $H_u = 1.39P_y$ ($H_u = 731$ kN)となった。それに対し、TYPE 1-Bは降伏応力が高いにも関わらず、最大荷重 H_u は $2\delta y$ のときに生じ、約 $1.23P_y$ ($H_u = 694$ kN)に留まった。



TYPE 1-A



TYPE 1-B



TYPE 2

図-4 水平荷重—水平変位履歴曲線

この原因は、TYPE 1-B は剛結部内に配置されたスタッドジベルの本数 (TYPE 1-A は 60 本/面、TYPE 1-B は 16 本/面) が少ないため、スタッドジベル、鉄筋、コンクリート間の付着力が弱く、鉄筋の引抜きに対する抵抗力が小さかったためと考えられる。

TYPE 2 の降伏変位 δ_y は 9.2mm、降伏時の水平荷重は 550kN であった。最大荷重 H_u は $3\delta_y$ のときに生じ、 $H_u=1.39P_y$ ($H_u=761\text{kN}$) となった。TYPE 1-B と同じ数のスタッドジベルを配置されたにも関わらず、TYPE 1-B と

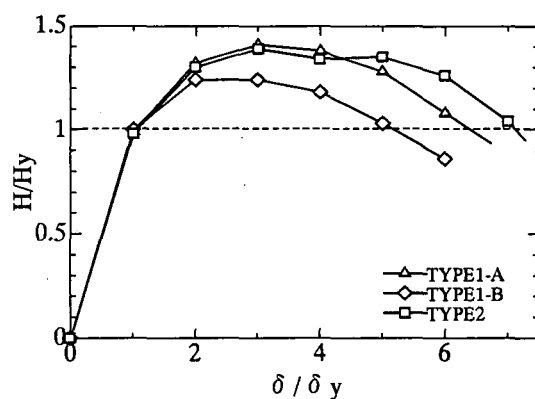


図-5 水平荷重—水平変位包絡線

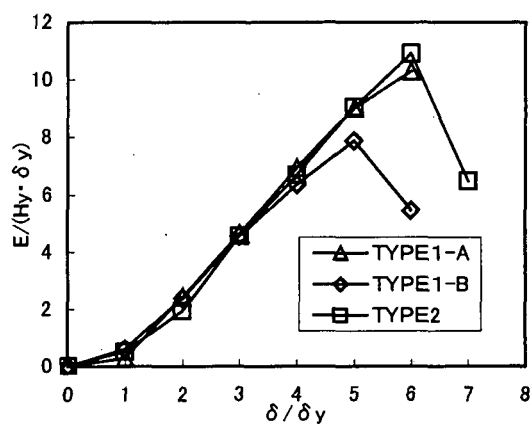


図-6 エネルギー吸収量

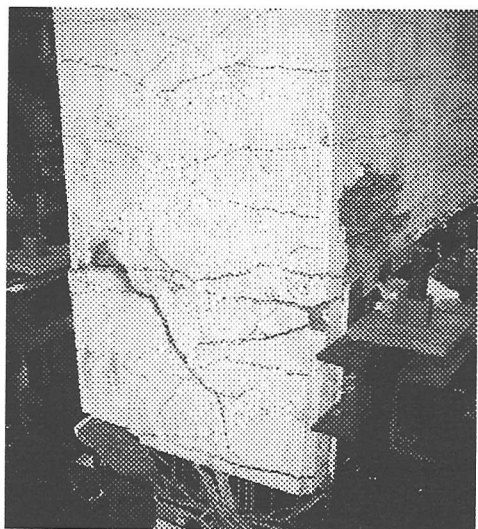
同じ傾向は見られなかった。それは分岐桁が高いため、剛結部内の鉄筋の定着長が長くなり、引抜きに対する抵抗力が高くなったためと考えられる。

(2) 包絡線図

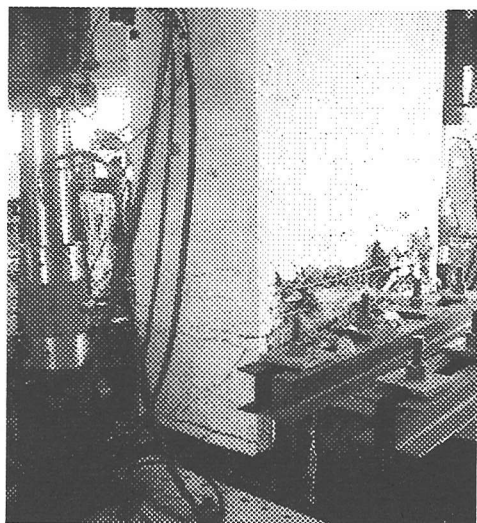
図-5 に水平荷重—水平変位の包絡線を示す。実験供試体 TYPE 1-A と TYPE 1-B は、最大荷重 H_u に到達後、ほぼ同じ耐力特性を示し、 $6\delta_y$ まで載荷することができた。TYPE 2 は最大荷重に到達後、急激な耐力低下を見られず、 $7\delta_y$ まで載荷することができた。

(3) エネルギー吸収量

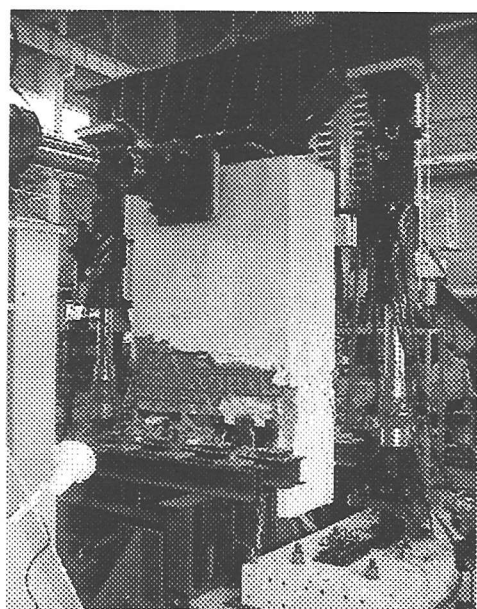
図-6 には静的繰り返し載荷過程に伴うエネルギー吸収量を示す。吸収エネルギー量は、荷重—変位履歴曲線における 1 ループごとの面積で求めた。実験供試体 3 体ともにエネルギー吸収量が徐々に増加しており、剛結部において良好なエネルギー吸収性能を示した。TYPE 1-B と TYPE 2 の最終サイクルでのエネルギー吸収量の減少が確認された。それは RC 橋脚部分鉄筋が圧縮による座屈を生じた後、再び正のモーメントが作用されるときに引張り力に対する抵抗が弱いと考えられる。



TYPE1-A



TYPE1-B



TYPE2

写真-2 コンクリートの破壊状況

(4)破壊状況

写真-2 に実験供試体最終破壊状況を示す。水平荷重の増加に伴い、RC橋脚の上部のクラック幅が大きく進行し、曲げによる圧縮側コンクリートの圧縮破壊によりかぶりコンクリートが剥落して急激に荷重が低下し、実験を終了した。なお、破壊は複合構造部ではクラックは生じたものの目立った破損はなく、純鉄筋コンクリート部の圧縮鉄筋の座屈およびコンクリートの圧壊により終局に至った。

5. まとめ

本研究による結果は以下のようにまとめることができる。

- 1) 上部鋼桁からの曲げモーメントによる引張力は、横桁、主桁からスタッドジベルを介して鉄筋に伝達させることができた。また圧縮力はかなりの部分が鋼桁から支圧力により剛結部内のコンクリートに伝達することが確認できた。
- 2) 主桁、横桁からなる枠組により、鉄筋コンクリートへのコンファインド効果による耐荷力の向上が認められた。
- 3) 剛結部内の十分なスタッドジベルの本数を設置することにより、RC橋脚主鉄筋の引抜けに対する抵抗性が向上させることができる。さらに構造全体の耐荷力、耐震性能を向上させることができる。また、分岐桁の高さを増やすことによりも、同様な効果が確認することができた。

本構造は巨大地震力を受けた際、良好な耐震性能を持つことが繰返し載荷実験により確認できた。今後は、実験データをさらに詳細に分析し、スタッドジベルの本数、分岐桁の高さの違いによる主桁、横桁の応力変化を解明する予定である。また、実験結果を理論的に検証するため、FEM解析を行い、詳細な構造検討を行いたい。

〔参考文献〕

- 1) 佐々木, 平井, 明橋: 鋼・コンクリート複合ラーメン橋の剛結部に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 44A, pp. 1447-1457, 1998.
- 2) 佐藤, 清水, 大田, 町田: 複合ラーメン橋の接合部設計法に関する一提案, 構造工学論文集, vol. 45A, pp1431~1438, 1999.
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説Ⅱ 鋼橋編, 平成8年.
- 4) 土木学会: 鋼構造物設計指針 合成構造物, 平成9年