

## I - A148

## ずれ止め形式に孔明鋼板を用いた複合ラーメン剛結部の交番繰返載荷実験

日本道路公団 正員 渡辺 将之  
(株)横河ブリッジ 正員 明橋 克良

## 1. まえがき

近年、道路橋において、伸縮継手と支承をなくして走行性の改善を図り、さらに耐震性の向上を期待するため、鋼主桁と鉄筋コンクリート橋脚（以下RC橋脚と呼ぶ）とを剛結した鋼・コンクリート複合ラーメン橋に関する検討が進められている。本検討は、鋼2主桁複合ラーメン橋の実現に向け、構造上最も重要となる鋼桁とRC橋脚との剛結部の力学的特性および安全性を検証するために行った載荷実験について報告するものである。

## 2. 剛結構造

本検討で用いた剛結部の特徴は、鋼とコンクリートの力の伝達に従来最も一般的に使用されてきたスタッドジベルの代わりに、孔明き鋼板を用いていることである。孔明き鋼板は、レオンハルトら<sup>1)</sup>によって推奨されており、疲労強度がありかつ十分なダクティリティを有するずれ止め構造である。剛結部においても鋼桁に数多く溶接されるスタッドジベルの代わりに、これを用いることで、鋼桁の製作・施工性および疲労強度特性の向上が期待できる。本検討では、表-1に示す2種類の剛結構造に対して載荷実験を行い、弾性範囲内の応力伝達機構や耐荷力特性および破壊性状を確認するものである。

## 3. 実験要領

実験供試体の縮尺は、載荷装置の制限を考慮して約1/7とし、文献2)の断面力を用いて剛結部を設計した（図-1参照）。鋼桁は剛結部を挟んで死荷重曲げモーメントが交番する区間を取り出してピン支持とし、RC橋脚は仕口部における曲げモーメントとせん断力との比が実橋と同程度となるように橋脚高さを決定している。実験は、図-2に示すように実構造と天地逆に設置して行った。破壊実験は、死荷重相当分を持続した状態（鉛直荷重  $P_v=225\text{kN}$ ）で、橋軸方向地震荷重を想定した水平力の交番繰返し載荷を行った。水平載荷は、RC橋脚鉄筋の初期降伏時の水平変位  $\delta_y$  を基準とした変位制御で、 $1\delta_y \sim 8\delta_y$  まで1サイクルづつの正負交番載荷を行った。なお、孔明き鋼板の強度特性については、コンクリート打設方向などを考慮して、別途検討を行っている。

表-1 孔明鋼板を用いた剛結構造

| 概略図               | 特徴                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>供試体 Type A</p> | 1) 孔明きのダイヤフラムを横桁間に2枚配置する ( $\phi=30\text{mm}$ , $t=6\text{mm}$ ).<br>2) 孔明きジベル内に鉄筋は一切配置しない。<br>3) 主鉄筋は下フランジを貫通させない。<br>4) 主鉄筋の定着長を確保するため剛結部内で折り曲げる。<br>5) 主桁腹板、下フランジともスタッドジベルは配置しない。<br>6) 主桁下フランジには $\alpha$ を貼付し、RC橋脚と絶縁する。 |
| <p>供試体 Type B</p> | 1) 孔明きの垂直補剛材を横桁に4本ずつ配置する ( $\phi=30\text{mm}$ , $t=6\text{mm}$ ).<br>2) 孔明きジベル内に鉄筋は一切配置しないが帯鉄筋は配置する。（ただし、孔明きジベルの必要横方向鉄筋量以下）<br>3) ~6) Type-Aと同じ。                                                                              |

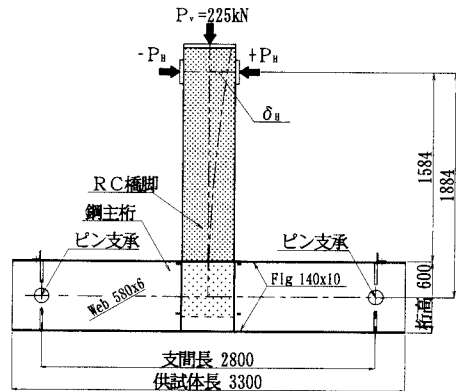
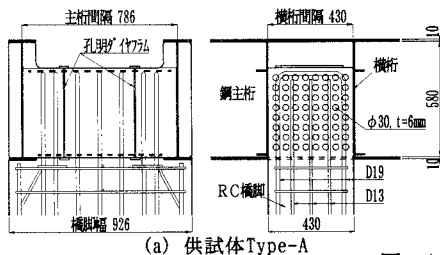


図-2 荷重載荷要領



RC橋脚  
配合強度 30N/mm<sup>2</sup>  
最大粗骨材 20mm  
スランプ 12cm  
膨脹剤入り  
鉄筋材質 SD345

鋼桁 (SS400)  
2-Flg pl 140x10  
1-Web pl 580x6  
横桁 (SS400)  
2-Flg pl 50x10  
1-Web pl 430x6

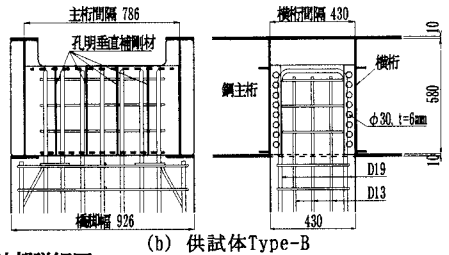


図-1 実験供試体の剛結部詳細図

Key Words : 合成構造, 鋼2主桁橋, 孔明き鋼板

連絡先 : 千葉県船橋市山野町27番地 (株)横河ブリッジ Tel 047-435-6161 Fax 047-435-6242

#### 4. 実験結果

##### 4. 1 弾性実験結果

交番繰返荷実験に先立ち応力伝達機構を確認するため弾性実験を行った。図-3に供試体 Type-A における、鉛直荷重  $P_v=225\text{kN}$  荷重時と水平荷重  $P_H=49.0\text{kN}$  荷重時（RC 橋脚にひび割れが発生しない範囲）の横桁の応力度分布を示す。

横桁のせん断応力度分布は、主桁近傍で左右異符号の値を示し、中央ではほとんど発生していない。また、垂直応力度分布は、主桁近傍で乱れた分布形状を示しているものの、横桁中央で三角形分布を示している。

これらの分布形状より、横桁は主桁との取合部を支点とした梁として挙動していることがわかる。すなわち、RC 橋脚からの軸力および曲げモーメントの伝達に対して横桁も分担し、直接 RC 橋脚から主桁に流れる力を軽減している。また、供試体 Type-B についても、若干の相違はあるものの同様な応力度分布を示した。

##### 4. 2 交番繰返荷実験

供試体 Type-A は、 $5\delta_y$  荷重で最大荷重に達し、その後引張側のひび割れ幅が増大するとともに圧縮側にはらみを生じていった。 $7\delta_y$  荷重時に耐力低下を伴う主鉄筋の座屈が生じ、 $-7\delta_y$  荷重中にかぶりコンクリートが仕口部より 50cm 程度剥落した（仕口部が塑性ヒンジ）。供試体 Type-B は、 $3\delta_y$  荷重途中で剛結部にひび割れが発生し、 $3\delta_y$  で最大荷重を示した。その後、剛結部の損傷が進展したため、RC 橋脚のひび割れはほとんど進展を見せず、 $-7\delta_y$  荷重で耐力が低下した。 $-8\delta_y$  荷重途中において、剛結部のかぶりコンクリートが剥落した（剛結部内が塑性ヒンジ）。

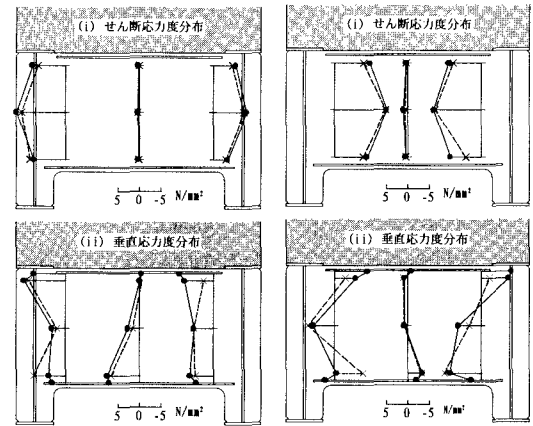
水平荷重-変位履歴曲線およびそれらの包絡線を図-4に示すが、上述のような破壊性状の相違から、供試体 Type-A の包絡線形状はトリリニア型、Type-B はスリップ型を呈している。初期降伏変位および荷重は両供試体とも、約 13 mm、200 kN となり、構造の違いによる差異は見られなかった。最大荷重は、供試体 Type-A で 256 kN に対して、Type-B で 237 kN となり、若干の低下は見られるものの、道路橋示方書 V 耐震設計編に基づく計算値( $P_u=19.7\text{kN}$ )に対しては安全側の値を示した。

実験結果から算出した靱性率（降伏変位と降伏荷重を下回らない最大変位との比。鋼桁の弾性変位、鉄筋拔出しによる回転変位を含む）は、供試体 Type-A で 7.2、Type-B で 7.6 となり、これも有意差はなかった。

##### 5. まとめ

今後、これらの実験結果をもとに、弾性および破壊挙動を考慮した 2 主桁複合ラーメンの剛結部についての設計方針を確定させたい。

<参考文献> 1) F.Leonhardt et al : Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, BETON-UND STAHLBETONBAU, pp.325~331, 1987.12, 2) 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, 1998.3



(a) 鉛直荷重 ( $P_v=225\text{kN}$ ) (b) 水平荷重 ( $P_H=49\text{kN}$ )  
図-3 横桁の応力度分布(供試体 Type-A)

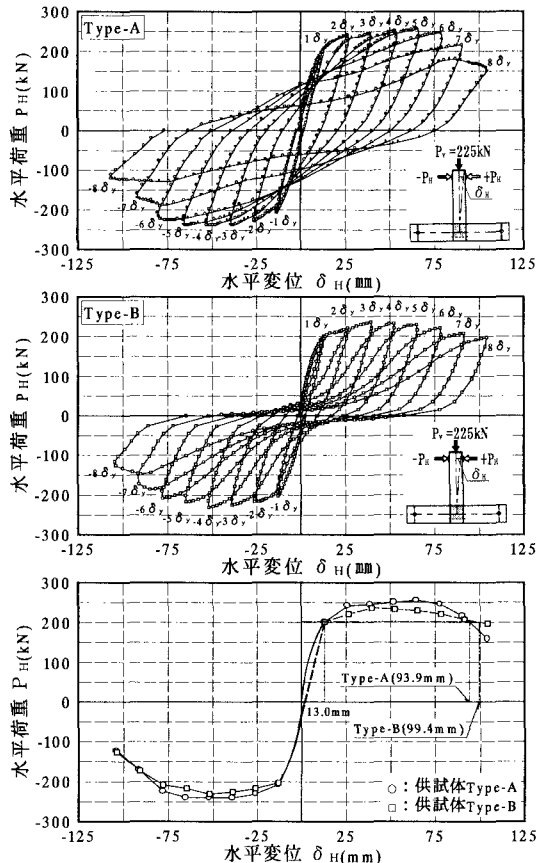


図-4 水平荷重-変位の履歴曲線と包絡線