

## I - 99

## 複合ラーメン橋の耐震性能と剛結部構造に関する実験

(株) 銚路製作所 ○正会員 佐藤 孝英 (株) 銚路製作所 正会員 井上 稔康  
 北見工業大学 フェロー 大島 俊之 北見工業大学 正会員 山崎 智之  
 北見工業大学 学生員 中山 卓也 北見工業大学 学生員 福田 幸士郎

## 1. まえがき

鋼連続桁とRC橋脚とを橋脚頂部で剛結する鋼・コンクリート複合ラーメン橋は、鋼とコンクリートの特徴を効果的に利用し、経済性と耐震性に優れた合理化構造形式として注目されており、日本道路公団を中心に施工実績が増えてきている<sup>1)</sup>。この複合ラーメン橋の特徴としては、

- ①中間支点の支承が不要となり、維持管理の面で有利である。
- ②上下部一体の構造であるため、耐震性が向上し落橋防止構造も不要である。
- ③コンクリートのラーメン橋に比べて上部工の重量が軽いため、下部工・基礎工に対して有利であり、耐震性に関しても有利になる。
- ④ラーメン構造のため、活荷重たわみが減少する。

などが挙げられる。ここで、複合ラーメン橋に関するこれまでの実績および研究動向から、本研究の背景について述べる。

## 1.1 複合ラーメン橋の耐震性について

複合ラーメン橋は上下部構造が一体の構造であるため耐震性が向上するといわれているが、これを実証している研究は意外と少ないようである。そこで著者らは、我が国初の鋼・コンクリート複合ラーメン橋として平成2年に竣工した山形自動車道阿古耶橋を対象モデルとして振動解析を行い、従来の連続桁の解析結果と比較することで耐震性が向上することを報告している<sup>2)</sup>。また、日本道路公団では従来から複合ラーメン橋を積極的に採用しており、既に設計基準も作成されているが<sup>3)</sup>、現時点では剛結部の破壊までの変形性能が必ずしも明確になっていないことから、剛結部については塑性化させないものとし、橋脚基部が先行塑性化するような設計とすることになっている。大地震時に橋脚基部が先行塑性化した後の橋梁全体としての挙動については、まだ十分な研究は行われていないようである。

## 1.2 鋼桁とRC橋脚との剛結構造について

鋼桁とRC橋脚との剛結部構造については、前述の阿古耶橋ではPC鋼棒により連結する方法が採用された。この方式はPC鋼棒に導入したプレストレスにより剛結化するので信頼性が高いと考えられるが、現場での施工性、経済性の面で改善の余地があるとされ、その後多方面で研究が進められて、下記のように種々の方法が提案・実施されてきた。

- ①橋脚の鉄筋を鋼桁内のコンクリート中に定着させる方法 (RC方式)<sup>4)</sup>
- ②スタッドジベルにより合成する方法 (RCスタッド方式)<sup>5)</sup>
- ③鋼桁に剛結された鋼製柱をRC橋脚に埋め込む方法 (SRC方式)<sup>6)</sup>

いずれの剛結方法についても、実験・解析により設計荷重状態についての信頼性は確保されていると考えられるが、今後は接合部の破壊までの荷重・変形状態の解明、施工性の改善、補修の容易な剛結部構造の開発が必要であると考えられる。

---

*Experiment on Seismic Performance and Rigid Structural Connection of Composite Rahmen Bridge*  
 by Takahide SATO, Tshiyasu INOUE, Toshiyuki OSHIMA, Tbmoyuki YAMAZAKI, Takuya NAKAYAMA and Koshiro FUKUDA.

以上の背景から、本研究では剛結部の構造を極力簡素化することにより、

- 1) 剛結部の施工性を高め、補修を容易にする。
- 2) 剛結部の破壊までの荷重・変形性能を明確化するため新たな剛結部構造を提案し実験・解析を行った。

## 2. 剛結部の構造簡素化の検討

剛結部の構造は基本的にはRC方式とし、これを極力簡素化する方法として本研究で提案する剛結部構造を図-1に示す。本構造は主桁に鋼板で箱状の空間を設け、橋脚頂部の鉄筋を主桁下フランジの孔を通して、箱内部に充填されるコンクリートに定着するものである。本構造の主な特徴及び目標とした事項を以下に示す。

- a) 橋脚の鉄筋を鋼桁下フランジに貫通させ（差込鉄筋）、橋脚と鋼桁内コンクリートを分離することにより、部材を単純化させる。
- b) 橋脚の鉄筋を鋼桁内コンクリートにできるだけコンパクトに定着する。その対策として、鋼桁内に拘束されたコンクリート中に鉄筋を定着することにより、定着部コンクリートの割裂を抑制し、付着強度を高める。
- c) 全死荷重載荷後（床版打設後）に鋼桁とRC橋脚とを接合すること（半複合工法）により、接合部の必要強度、必要鉄筋量を削減する。

上項目 c) について、これまでの複合ラーメン橋の施工実績では、鋼桁架設後または鋼桁をバントで支持した状態で剛結部を施工し、その後に床版を打設する、つまり床版死荷重載荷前に複合化しているもので、ほぼ全ての荷重に対して複合ラーメン構造として機能する。これに対して半複合工法とは、鋼桁を中間橋脚上の仮支承で支持し、床版を打設した後に剛結部を施工する、つまり全死荷重載荷後に複合化するもので、死荷重に対する構造系は連続桁である。従って、剛結部には死荷重分の応力は作用しないので、よりコンパクトな断面にできると考えられる。

本研究では図-1の構造を開発するにあたり、2種類の実験を行った。

## 3. 実験概要

### 3.1 鉄筋引抜き実験

鉄筋引抜き実験概要を図-2に示す。この実験では鋼板で拘束されたコンクリート中に定着した鉄筋の必要定着長と付着強度、鉄筋貫通孔の付着強度への影響を確認するため、鉄筋定着長の長さ、アンカープレートの有無、鉄筋貫通孔の大きさなどの条件を変えた供試体を用いた。鉄筋定着長は鉄筋径の20倍と30倍の2種類である。本実験では純粋に鉄筋を垂直に引張り、各荷重載荷ごとのコンクリート内部の鉄筋ひずみ及び鋼板ひずみを測定した。

### 3.2 剛結部実験

剛結部実験概要を図-3に示す。この実験では図-1の構造と同じように主桁と橋脚を鉄筋で剛結した供試体を作成し、橋脚の曲げにより剛結部周辺と鉄筋に発生するひずみと主桁フランジ・橋脚部の変位を測定した。鉄筋引抜き実験供試体と同様に鉄筋定着長の長さ、アンカープレートの有無などの条件を変えている。また、荷重載荷することで発生するせん断力に抵抗するために主桁下フランジにスタッドジベルを設け

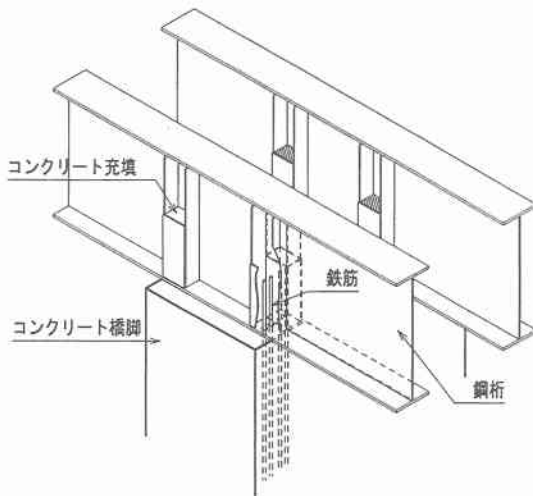
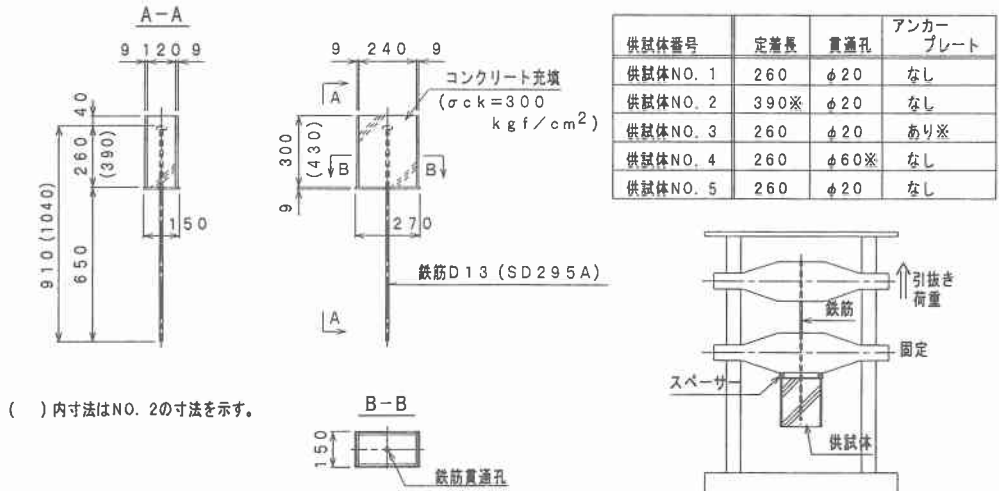


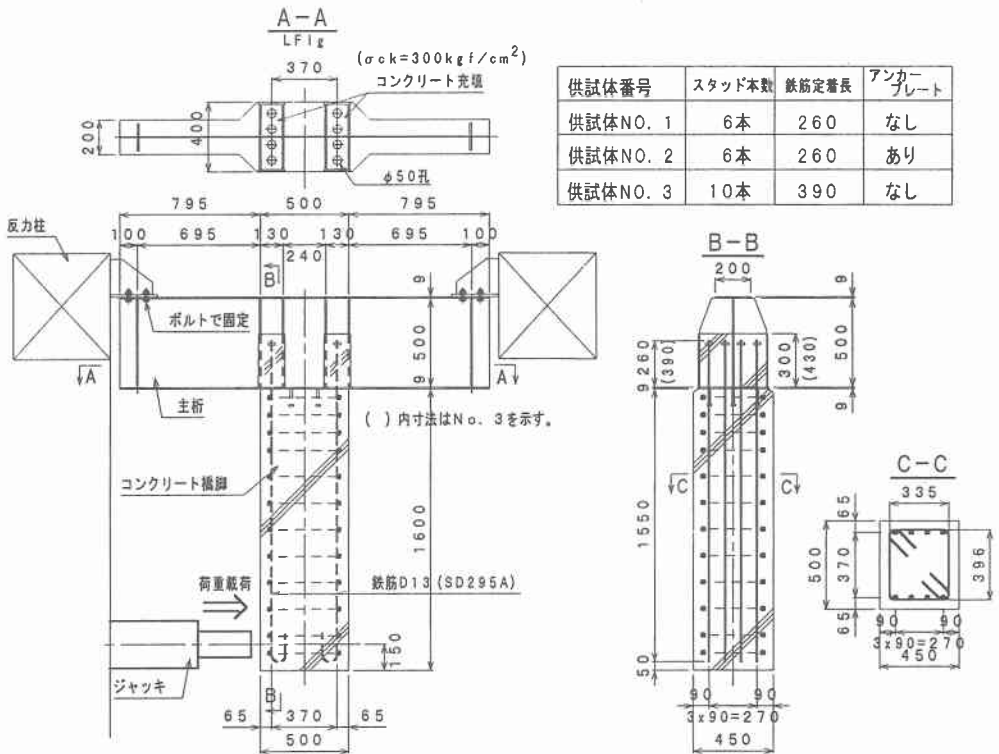
図-1 剛結部構造図

ている。定着鉄筋は主桁内部から橋脚端部まで継手はなく合計 8 本で桁と橋脚とを接合している。主桁上フランジ両端部を固定した状態で橋脚下端から 150mm の位置に設置したジャッキで各荷重サイクルごとに橋脚の両側から交互に載荷した（写真—1）。



( ) 内寸法はNO. 2の寸法を示す。

図—2 鉄筋引抜き実験概要図



図—3 剛結部実験概要図

#### 4. まとめ

以上のように今回新たな剛結部構造を提案し2つの実験を行ったが、剛結部構造の応力分布、荷重・変形性能を明確化するため実験と同時に数値解析も行っており、各実験結果と解析結果との比較検討については今回別途報告している。ここでは今後の研究方針と課題について述べる。

2. c)の半複合化工法について、この工法で施工すると剛結部の断面をコンパクトにできるだけでなく、最近施工例が増えている連続合成桁において中間支点付近の負の曲げモーメントに対して床版硬化後に支点のジャッキアップ・ダウンにより床版にプレストレスを与えることが可能である。

この工法の課題としては、

- ①施工性の良い剛結部構造の開発（実橋規模）
- ②橋脚頂部の2次コンクリート部に主鉄筋の継手が集中するので、最終的にここで破壊させるような設計方法とその補修方法
- ③大地震時により橋脚頂部又は基部が塑性化した後の橋梁全体挙動の解明

等が挙げられる。これらについては今後複合ラーメン橋の試設計、多点ヒンジ連続桁との比較設計及び動的応答解析等で比較検討する。

また、現在支間長 40～60m 程度の連続高架橋については、桁高制限のある場合を除き、PC床版2主1桁橋が最も経済的であるされており、今後環境保全対策等の面から送り出し工法で架設されるケースが多くなると考えられる。本研究においても2主1桁橋に適した鋼桁とRC橋脚との剛結構造、及び2主1桁橋を送り出し架設した後、RC橋脚と剛結する工法等を今後検討する。

#### 謝辞

本実験の実施にあたり北見工業大学土木開発工学科三上修一助教授及び橋梁研究室の大学院生と学部生、水元建設 大戸氏に多大なる御協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 山縣敬二：日本道路公団における橋梁の合成複合構造、第3回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集、pp.7-12、1995.11
- 2) 佐藤、井上、小林、大島、福田：橋脚を剛結した連続桁の耐震性の照査、土木学会第53回年次学術講演会概要集、I-B148、pp.296-297、1998.10
- 3) 日本道路公団設計要領第2集・橋梁建設編（1998.4.1改正）
- 4) 杉山、町田、佐藤、Afifuddin：鋼-RC剛結ラーメン橋梁の連結機構に関する実験研究、土木学会第52回年次学術講演会概要集、I-A137、pp.272-273、1997.9
- 5) 松井、湯川、和田、石崎、田中：複合ラーメン橋・鋼-RC橋脚剛結部の構造と力学性状について、構造工学論文集、Vol.43A、pp.1367-1374、1997.3
- 6) 飯束、湯川、曾我、釜井：川之江東JCT・Cランプ橋の鋼桁-RC橋脚剛結部の設計について、土木学会第52回年次学術講演会概要集、I-A139、pp.276-277、1997.9

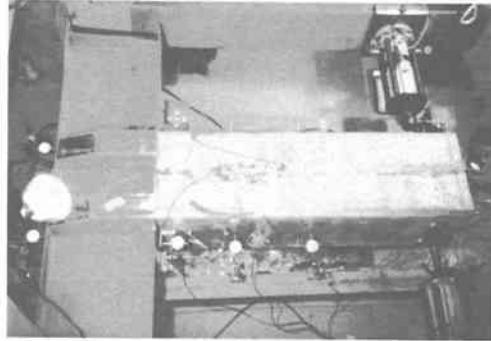


写真-1 剛結部実験状況