

鋼桁とRC橋脚の剛結構造に関する研究（第1報）

Rigid Structure for Joining Steel Girder to RC Pier (Part 1)

清水 功 雄* 鳥越 弘 行**
Isao SHIMIZU Hiroyuki TORIGOE

Summary

Continuous rigid-frame bridges, constructed by using concrete piers with the top of the piers joined rigidly to the bridge body for intermediate support of a continuous steel girder bridge, have been attracting attention because the structure is simple yet provides excellent earthquake resistance. So far, however, this type of structure is still at the stage of experimental adoption for actual bridges. One reason for this is that the reliability of such structures, which are hybrids of steel and concrete, is uncertain.

All previous tests have ascertained that concrete surrounded by steel is able to withstand loads remarkably well, and these results have opened very promising prospects for putting rigid joints which employ reinforced concrete into practical use. This paper describes the basic concept of rigid joints, and reports on static load tests and other tests performed on such joints.

The results of close examination and analysis done to clarify the load transfer mechanism of rigidly joined sections will be described in Part 2 of this report.

1. まえがき

橋梁工事におけるメンテナンスをも含めた経済性の追求と作業の省力化をめざした試みが、各地で進められている。

鋼桁とコンクリート橋脚を剛結した多径間連続ラーメン橋梁は、連続桁橋の中間支点の支承をなくし剛結することで、耐震性と経済性にすぐれた構造として、最近注目されてきており¹⁾、実施工事としても計画が進められている。

特に、計画中の第二東名自動車道で提案されている、40 mを越える高さを持つような橋脚では、耐震性に優れているばかりでなく、以下のような利点をもつ。

- ① 橋脚上部で鋼桁ブロックを固定して、張出し架設を採用できるので、架設工法のバリエーションが多く安全性が高い。
- ② 端部以外は支承が無く、メンテナンスが容易になる。
- ③ 橋脚基部と基礎の断面が減少し、経済的になる。
- ④ 径間部の活荷重たわみが大幅に減少するので、設計の自由度が増す。
- ⑤ 張出し架設が容易になるので、移動足場の採用により、吊り足場無しでの施工が採用でき、安全性が格段に高くなる。

筆者らはこの構造に着目し、かねてより研究・調査を

進め、将来有効な構造であるとの提案を行ってきた。²⁾

そして、鉄筋コンクリート橋脚と鋼桁とを、プレストレスを導入せずに連結する事ができれば、施工性と経済性にすぐれた構造物として、利用分野が広がるとの考えから、RC剛結構造のモデルによる実験を実施しており、実用化に向けて信頼できる結果を得たので、試験の概要と試験の一部を第一報として報告する。

2. 鋼桁とRC橋脚の連結方法

(1) 基本的な考え方

剛結方法として現在、次の3つの方法が試みられている。

- ① 鋼桁の支点部ブロックをプレストレスにより固定する方法
- ② 隅角部を鋼桁断面構造とし、橋脚部で鋼材からRCに連結する方法
- ③ 橋脚の鉄筋を鋼桁部に延ばし、そのままコンクリートで固定するRC方式

各方法ともそれぞれ特長を有しており、①のプレストレスによる方法は確実な方法で、道路公園の施工例（山形自動車道阿古耶橋³⁾）がある。②は斜長橋の基部などに採用された例がある。③のRC方式は建築のRC柱と鋼

* 技術本部技術開発部次長

** 技術本部参与

梁の連結部の構造として研究が進められている⁴⁾

前述したように、①および②の方法は橋梁の剛結方法としては、省力化を目指した経済的な工法とは言い難い。

これに対し、③の橋脚の鉄筋を鋼桁部に延ばし、そのままコンクリートで固定するRC方式は、構造が簡単で施工方法の選択の範囲も広がる。

しかしながら、鋼桁（I桁・箱桁とも）を安全に固定できる技術は確立されておらず、鋼とコンクリートの接する部分のひびわれ・かけおち・口開きなどの不安が解消されていない。また、その合理的な設計方法も今後の課題になっている。

そこでまず第一段階として、鋼桁とコンクリート柱を剛結した模型による実験を行い、その耐力を求めた。

(2) 基本デザイン

実験供試体の設計にあたって、実橋で採用する時の基本的な条件として、以下のことを考慮した。

- ① 鋼I桁と箱桁とをできるだけ共通の構造で連結したい。このため、下フランジでコンクリートの縁を切り、貫通された鉄筋を図-1のような鋼板で囲われた区画内で定着させる構造を基本とする。
- ② コンクリートは鋼桁フランジで縁ぎりになるので、この部分の口開き・欠け落ちに対する対策を講じる。
- ③ 鋼ラーメン隅角の設計に伴うシヤーラグによる板厚増加を、充填コンクリートの長を生かしたサンドイッチ構造を応用して極力押える。

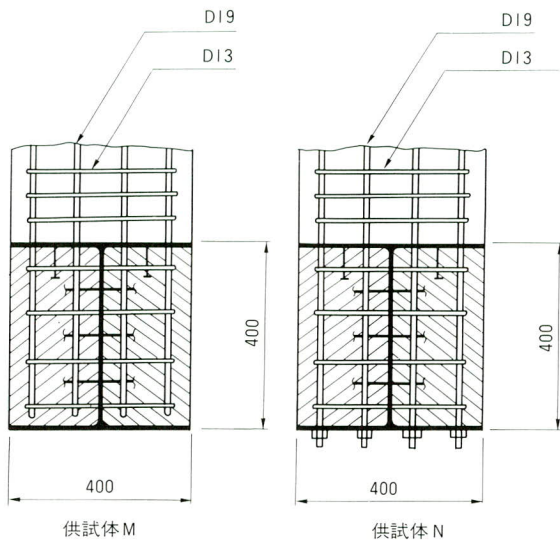


図-1 鉄筋定着部の構造

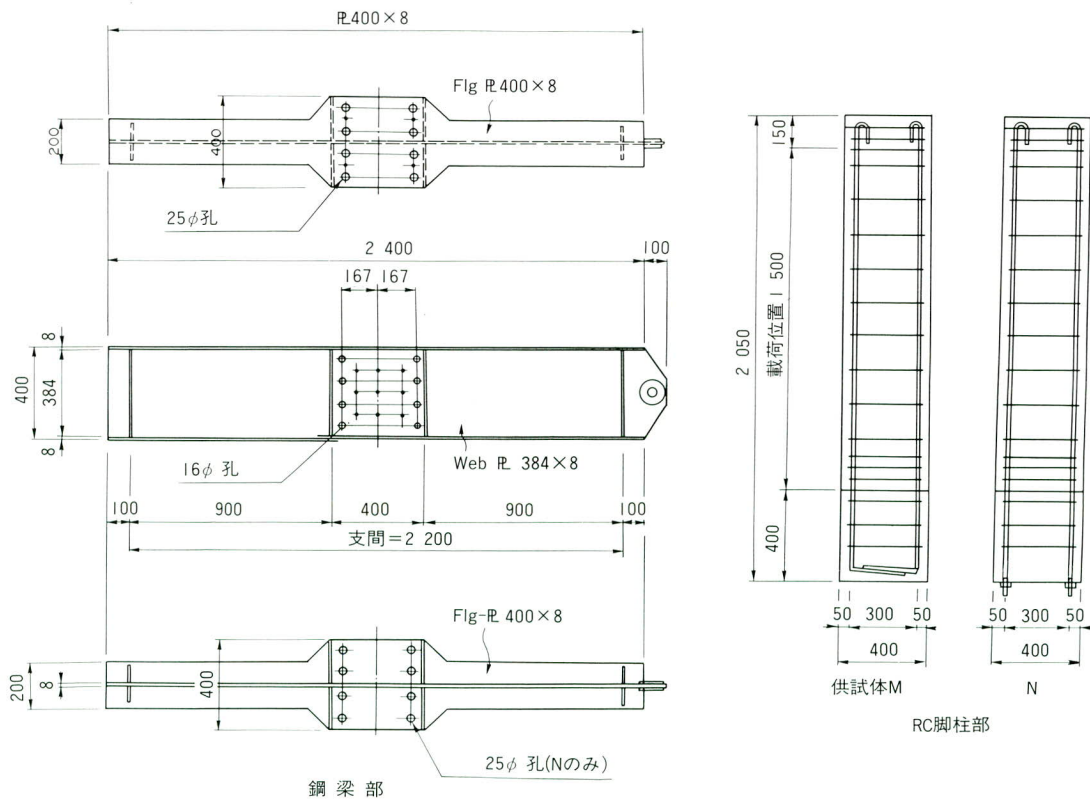


図-2 供試体全体図

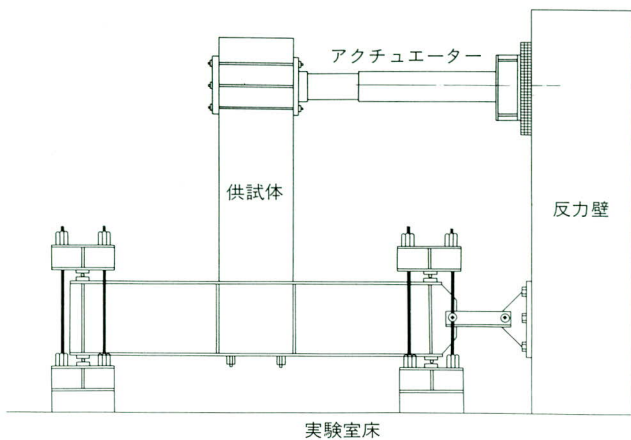


図-3 実験装置と荷重方法

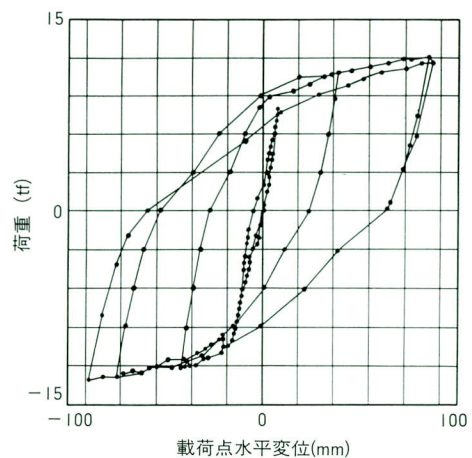


図-4 荷重点の水平変位と荷重

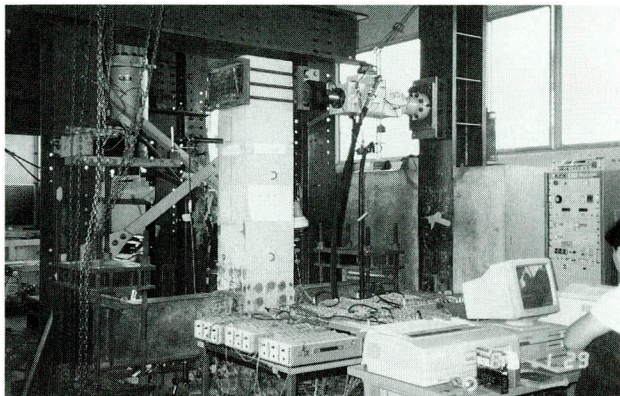


写真-1 供試体荷重状況

3. 鋼・RC連結部の耐力に関する試験

(1) 実験の目的

前述した鋼・RC連結部を持つ構造物の特長を生かすために、連結部の信頼性のある構造について、くり返し荷重を含む実験を行いその破壊の状況から基本的な力の伝達機構を解明する。

さらに合理的な設計法を提案したい。

(2) 供試体

供試体は図-2に示すMとNの2種で各2体製作した。供試体の設計は以下のような考え方による。

- ① 鋼桁断面と鉄筋コンクリート柱の強度をほぼ等しくするが、始めに鋼桁が座屈しないよう配慮する。
- ② 接合部の内部あるいはコンクリートとフランジ接合部が、初めに変状するようにする。
- ③ 打コン時には桁を横に倒し、反転させる。したが

って、本来のコンクリート打設方向とは異なる。

供試体は鉄筋の定着長が足りないので、供試体Mはフックにより定着、Nは上フランジにボルトで定着している。供試体MとNはこの定着部の構造が違うだけで、そのほかの構造は同じである。

(3) 荷重方法

供試体は図-3に示すように、桁と脚の状態を逆にして荷重フレームに固定した(写真-1)。

荷重は図-3の荷重位置に水平方向に荷重した。桁の水平方向の固定はピン固定なので、桁とタイバーとのガタにより1~2mm水平移動する可能性がある。

試験は静的荷重および疲労荷重についておこなう。

(4) 実験結果

(a) 静的荷重試験

① たわみ性状

図-4は荷重点における荷重-水平変位の測定結果の一部である。静的荷重の場合、荷重とたわみ関係は、図-4のように安定した紡錘状となり、供試体が全体として終局に至るまで健全であることがわかる。

② ひずみ分布(主鉄筋)

橋脚の主鉄筋のひずみ分布の一例を図-5に示す。隅角内の主鉄筋のひずみ分布は橋脚とフランジの接合面で最大となり、接合部内で徐々に減少した。上フランジ付近でもゼロとならなかったのは、定着長の不足によると考えられるので、定着長の十分な実構造物では引張力はすべて接合部のコンクリートに伝達されると考えられる。

③ ひずみ分布（鋼桁ウェブおよび補剛材）

接合部内の鋼桁ウェブのひずみ分布の一例を図-6に示す。ウェブには45度方向に比較的大きな引張りひずみが発生している。これはコンクリートに伝達された主鉄筋の引張力がスタッドを介して、最終的にウェブに伝達されたと見る事ができる。

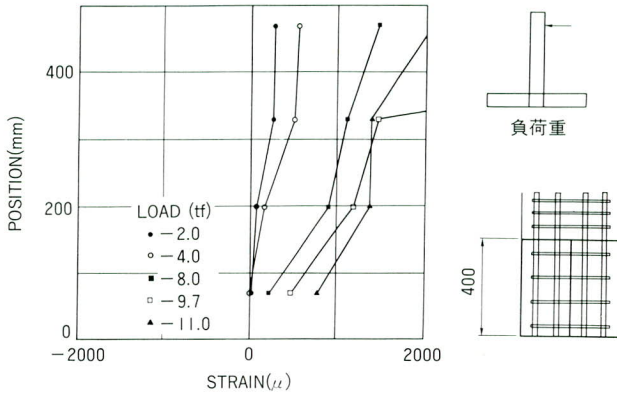


図-5 主鉄筋のひずみ分布の一例

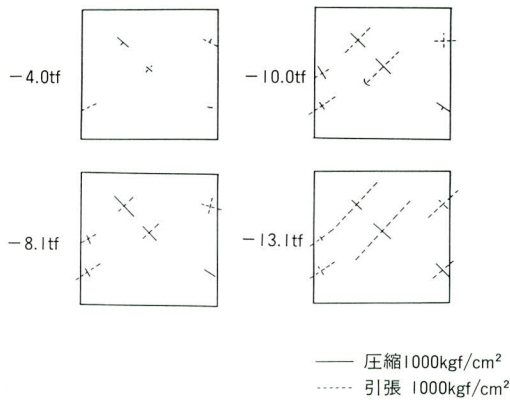


図-6 接合部鋼桁ウェブのひずみ分布の一例

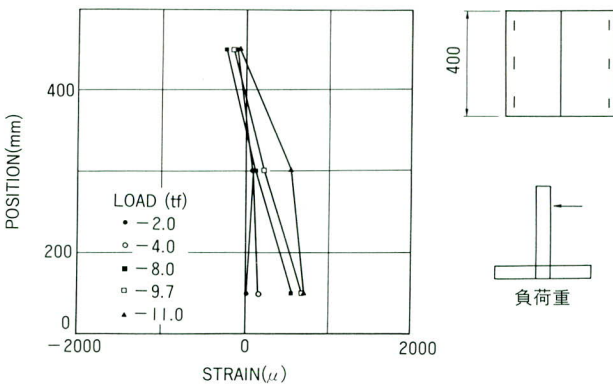


図-7 鋼桁補剛材のひずみ分布の一例

鋼桁の補剛材のひずみ分布の一例を図-7に示すが、特にめだつひずみは生じていない。補剛材の働きについては今後の課題である。

④ ひずみ分布（コンクリート）

図-8は接合部コンクリートのひずみ分布の一例である。コンクリートにはウェブとほぼ直角方向に比較的大きな圧縮ひずみが発生している。

このように、接合部の鋼材に囲まれたコンクリートに伝達された圧縮力が橋脚に伝達したと見る事ができる。

⑤ ひずみ分布（スタッド）

スタッドの効果はかなりあると考えられるが、現状では十分な結果は得られていない。

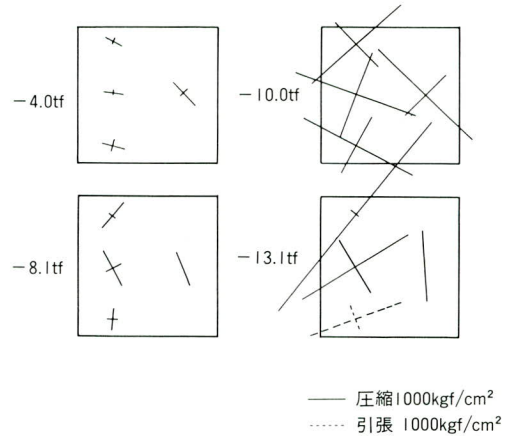


図-8 接合部コンクリートのひずみ分布の一例

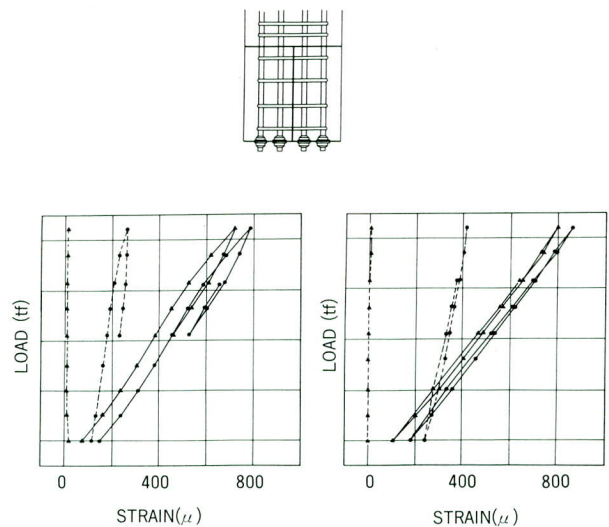


図-9 主鉄筋のひずみに及ぼす繰り返し荷の影響の一例

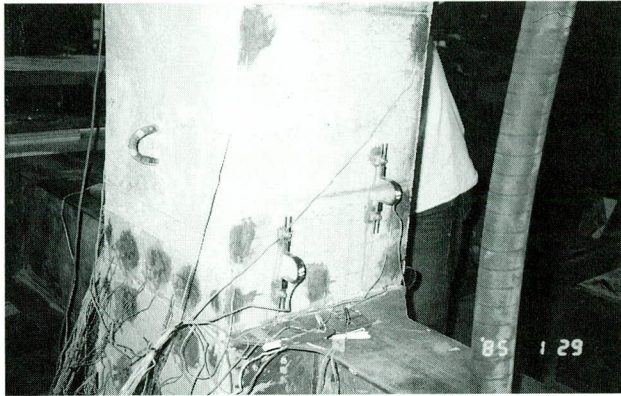


写真-2 供試体の破壊状況(a)

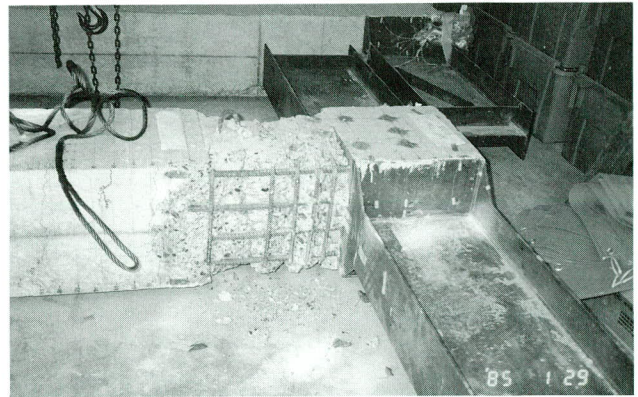


写真-3 供試体の破壊状況(b)

(b) 疲労試験

① ひずみ分布に及ぼす繰り返し試験の影響

図-9は主鉄筋のひずみを載荷回数ごとに測定した結果の一例である。載荷回数が50万回に達しても、測定位置におけるひずみに大きな変化はなく、繰り返しによって鉄筋からコンクリートへの力の伝達機構に、変化が生じた兆候は認められない。

さらに、コンクリート・接合部補剛材・鋼桁フランジのひずみ分布について、問題になるようなひずみの変化は測定されなかった。

② 破壊形状

供試体の破壊状況を観測するために、主鉄筋に1800kgf/cm²の引張応力を想定した荷重として±4.2tfを破壊にいたるまで繰り返し載荷した。

写真-2、3に供試体の破壊状況を示す。鋼桁フランジとの接合部のコンクリート柱側10cm程の位置からクラックが発生し、順次拡大して鉄筋の降伏に至り、試験を終了している。この状態でも隅角部のコンクリートにクラックは生じていない。また、鋼桁には座屈等の変状は生じていない。

③ 接合部のコンクリートの状況

鋼桁フランジによりコンクリートは完全に縁が切れているにもかかわらず、全ての供試体において局部的な欠け落ちや接触面での口開きは生じていない。

このことから、コンクリート柱から鋼桁への荷重の伝達が十分に行われたと判断できる。

4. 考察

一連の載荷試験の結果を通して、コンクリート橋脚から鋼桁への荷重の伝達は、圧縮力は隅角部内のコンクリートが圧縮ストラットを形成して受け持ち、引張力は主鉄筋から隅角部内のコンクリート・スタッドを介して鋼桁ウェブが受け持つことにより行なわれる、耐荷機構と考えられる。

また、疲労試験では載荷回数の増加に伴い、破壊直前には隅角部コンクリートにわずかな損傷が生じ補剛材のひずみが若干増加したが、載荷回数50万回の時点では荷重伝達のメカニズムの変化はないものと判断できる。

さらに、FEMによる解析を実施し、荷重伝達のメカニズムがおおむね妥当であることがわかった。解析については別に報告する。

5. あとがき

鋼桁とRC橋脚とをRC構造で連結する方法として、フランジと補剛材に囲まれたコンクリートは、差しこまれた主鉄筋の引張力を、スタッドを介して確実に主桁ウェブに伝達できることがわかった。

ただし、今回の試験に用いた供試体は実構造物に比べて $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{5}$ 程度のイメージである。複合構造における縮尺モデルによる実験の難しさを考えると、本試験の結果をそのまま応用するには、解決すべき問題点が多く残っていると思われる。

筆者らは引き続き、ほぼ2倍のモデルによる実験を計画し、実施中である。特に、鋼桁の断面設計方法、さらには箱桁の設計方法の手がかりを提案できればと考えて

いる。

本研究は、埼玉大学工学部建設工学科および田島構造橋梁研究所との共同研究として、試験は埼玉大学で実施したものである。埼玉大学の町田教授、大学院生の劉氏、研究所の田島先生の御協力によるものである。紙上をかりて深謝するしだいである。

〈参考文献〉

- 1) 田島、町田、真壁：鋼・コンクリート複合ラーメン接合部の実験と解析、混合構造の力学的挙動と設計・施工に関するシンポジウム論文集、1991.12

- 2) 鳥越・清水：鋼RC複合多径間ラーメン橋の提案、宮地技報No.5 1989
- 3) 半田：鋼とコンクリートの複合構造（阿古耶橋について）、橋梁 1991.7
- 4) 土木学会構造工学委員会、鋼コンクリート合成構造小委員会：鋼・コンクリート合成構造の設計ガイドライン 1989.3
- 5) (社)日本コンクリート工学協会：混合構造研究委員会報告書 1991.12

1994.6.25受付

グラビア写真説明

中設楽橋

一般国道151号は愛知県宝飯郡小坂井町を起点に、長野県飯田市を終点とする道路で、愛知県内では宝飯郡小坂井町から豊川市を通り、一宮町、新城市、鳳来町からさらに北設楽郡東栄町、豊根村へと続き、長野県へと至っております。

東栄町については町の南東部から北部へ縦貫しておりますが、この地区の中設楽地区では大千瀬川と御殿川の合流した急峻な山々に狭まれ、車どうしの擦れ違いも急カーブが多く、安全で快適な道路とはほど遠い状況にあります。

このような状況を改善する為に、この地区の険しい地形等を考慮し、現在の大千瀬川左岸からの新しいバイパスの事業が計画されました。

現場工事は平成五年度より着手しましたが、架設工法がケーブルエレクション工法という事もありまして、関係各位の御努力により無事竣工しました。

(須賀)