

合成型枠橋梁(QSCB)の静的載荷試験と疲労試験

Static Load Tests and Fatigue Tests of an RC Composed Steel Bridge with Arch Frames

安本 孝* 宮坂 睦夫** 佐藤 徹***
Takashi YASUMOTO Mutsuo MIYASAKA Tohru SATOH

Summary

For an RC composed steel bridge with arch frames, steel plates (which are originally forms for concrete beams) and concrete can be composed permanently, enabling the construction of an economical steel bridge with excellent workability.

Its development and construction were reported in a previous report. This paper presents the results of static load tests and fatigue tests on a life-size specimen, which proved that the targeted strength was gained. Thus the test results assure that the necessary strength can be obtained using this engineering method.

1. まえがき

合成型枠橋梁(QSCB)は現場施工の利便・経済性等、多くのもくろみを以って開発された構造物である。

昭和58年の発表以来、継手・ずれ止めなどの部分的基礎実験、全体模型実験、実物大供試体載荷試験を経て安全性を確認してきた。またこれと並行して構造詳細にも改良を加え、現場施工の容易さと経済性において従来工法に優るものを期待できるに至った。以来数橋の施工実績から期待が現実可能であることを確認した。

今や道路橋・人道橋においてはQSCBのもつ優位性はまぎれもない事実であるが、これを鉄道橋にまで発展させようとするとき、繰返し荷重に対する強度の保証が求められる。この保証を得る目的で行ったのが実物大模型を用いた疲労試験であり、ここではその結果と今後の見通しについて報告する。

2. 試験概要

実橋で使用される型枠桁を用い、実橋相当の応力振巾を与えることによって、この桁の疲労に対する強度を確認する。当然、上記条件では破壊しないものと考えられ、実橋モデル200万回載荷の後、振巾を2倍に上げて載荷を繰返し疲労破壊に至らしめる。なお、破断性状を調査することによって構造改良のための一資料とする。更に

破壊しなかった時の処置として静的載荷によって破壊し、この桁の終局耐力を知るものとする。

表-1 試験概要

試験方法	目的
1. 実橋モデルによる200万回載荷試験	道路橋での安全性確認
2. 2倍振巾による //	鉄道橋への発展案の模索
3. 静的曲げ破壊試験	終局強度の確認

3. 試験体

試験体は、実橋と同程度の断面、支間を持つ1主桁を取り出して、1体製作した。試験体の断面諸元を図-1に示す。下フランジとなる鋼板は、プレスにて曲げ加工を行ない、横桁、ソールプレート等は炭酸ガス半自動溶接で取り付けした。幅員方向の連続効果を反映させるために、実橋で主桁と主桁の橋軸方向の継手に使用すると同じボルト孔を使用して、横支材を桁下フランジへH、T、Bで取り付け、床版にはひび割れ防止のため補強筋を軸方向及び軸直角方向に配置した。試験体に使用した鋼材の材質は、主材がSMA50A規格品、横桁がSMA41A規格品、鉄筋はSD30規格品である。又コンクリートは早強コンクリートを使用し、養生は屋内湿潤養生とした。強度及び配合を表-2に示す。なお標準供試体による疲労試

* 技術本部技術開発部技術開発課長 *** 千葉工場製造部生産設計課
** 技術本部技術開発部技術開発課課長代理

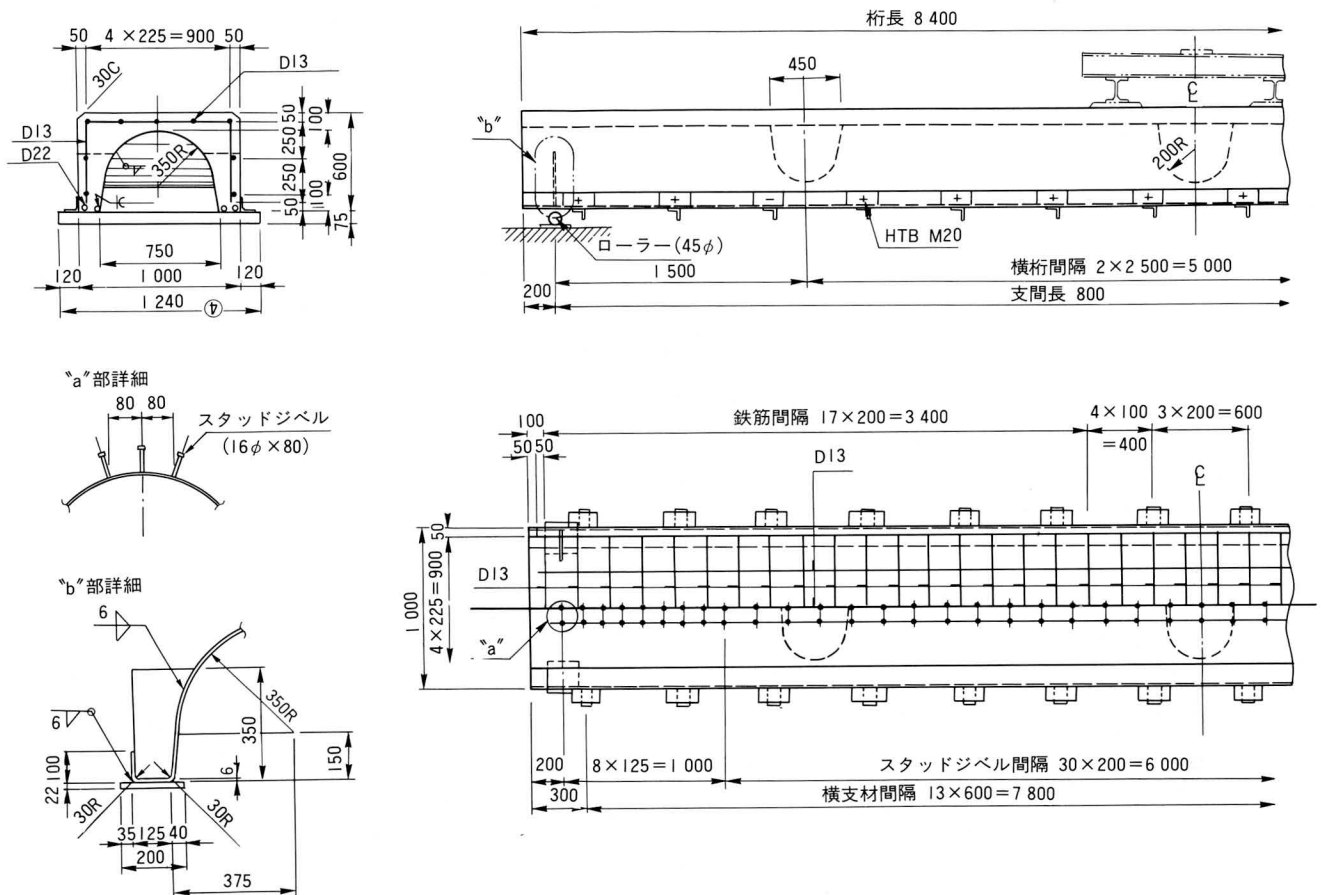


図-1 試験体構造詳細図

表-2 コンクリートの強度と配合

強度試験結果	材令7日	400kgf/cm ²
	材令28日	457kgf/cm ²
ス ラ ン プ		9.5cm
水		159kg/m ³
セ メ ン ト		354kg/m ³
細 骨 材		691kg/m ³
粗 骨 材	砂 利	527kg/m ³
	砕 石	535kg/m ³
混 和 材		1416kg/m ³
水・セメント比		45.0%

験中(材令28日)の割線弾性係数は、 $E_s = 3.0 \times 10^5 \text{kgf/cm}^2$ で、鋼材との弾性係数比は $n = 7.0$ であった。

4. 試験方法

試験のフローを図-2に示す。各段階において、試験

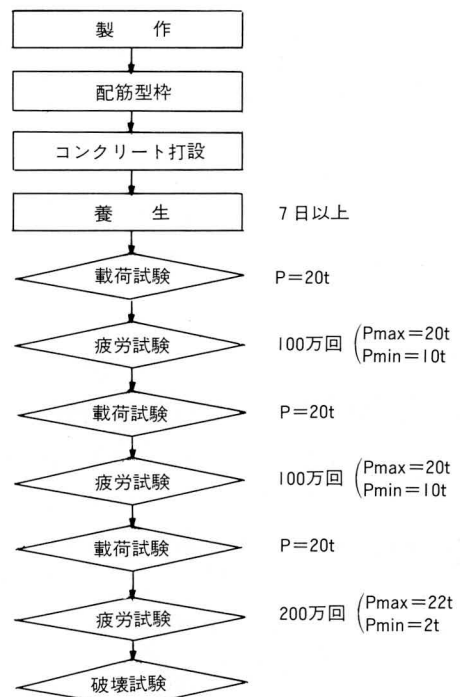


図-2 試験フローチャート

体の主桁断面の寸法、鋼板の局部変形、コンクリートのひび割れについて測定、観察を行った。

疲労試験は、門型フレーム内に試験体を両端単純支持で設置をして、中央2点線荷重で行った(図-3、写真-1)。載荷荷重は、第1回目は上限荷重を20t(支間中央の鋼板下フランジ下縁で $\sigma_a=1200\text{kgf/cm}^2$)、下限荷重を10tとし、第1回目で著るしい疲労強度の低下が見られなかったため行った第2回目は、応力振幅を2倍(1200kgf/cm²)にして、上限荷重が22.0t、下限荷重が2.0tとして、各々200万回行った。荷重のサイクルは250回/分で、100万回、200万回の時点で繰り返し荷重を止め、それぞれについて上限荷重の静載荷試験を行ない、繰り返し荷重による性状の変化をみた。なお、静載荷の時はロードセルで荷重を計測しながら載荷を行った。

疲労試験後、200t載荷フレームを使用して、中央2点線荷重による静的曲げ破壊試験を行った。

静載荷時には、コンクリート上側面、下フランジ上下面及び鉄筋に貼付したひずみゲージにより各荷重下におけるひずみを、支間中央で変位計によりたわみを計測した。ひずみゲージ、変位計の配置を図-4に示す。

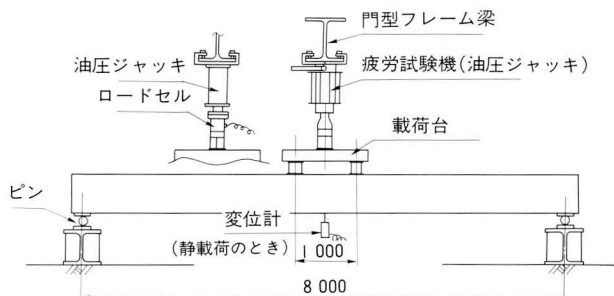


図-3 疲労試験載荷図

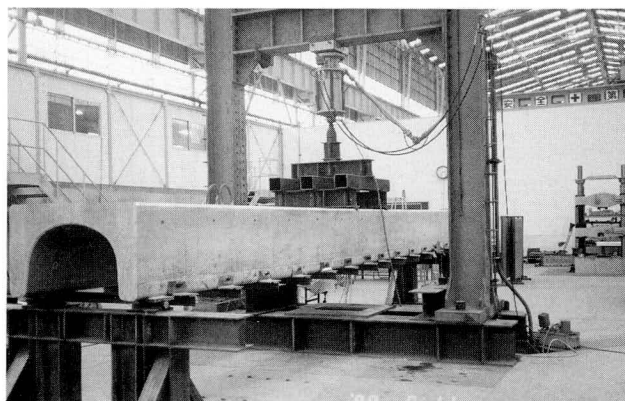


写真-1 試験状況

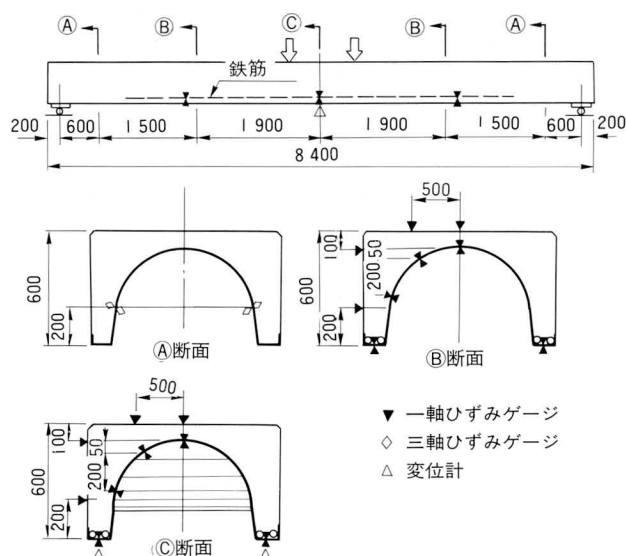


図-4 ひずみゲージおよび変位計取付位置

5. 試験結果

(1) 形状計測

コンクリート打設後、および疲労試験後に、支点上及び支間中央において、試験体製作時の寸法を基準にして主桁断面の寸法を測定したが変形は発生せず、又鋼板の局部はらみも見当らなかった。

(2) 疲労試験

疲労試験前後に行った静載荷試験の結果を、図-5から図-9に示す。

図-5はコンクリート上面と、鋼板下フランジの荷重とひずみの関係を示したもので、コンクリート上面においては、同一断面の2箇所を平均し、鋼板については同一断面の上・下面4箇所を平均したものである。

またこの時の鉄筋の荷重とひずみの関係を図-6に、支間中央における荷重とたわみについて図-7に、残留たわみ量を表-3に示す。図-8は支間中央における荷重20tでのひずみ分布である。

図-9は両支点より600mm位置の鋼板フランジで、載荷荷重20tの場合(疲労試験200万回後)の主応力と方向を示している。

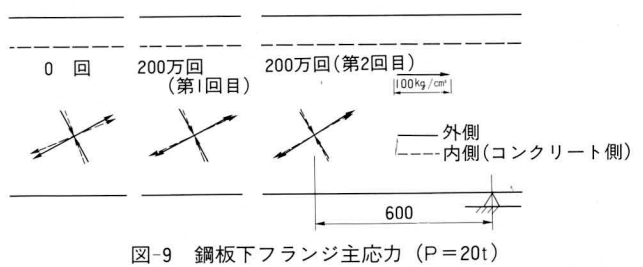
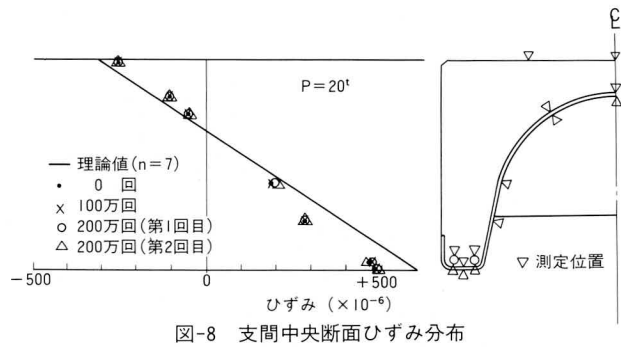
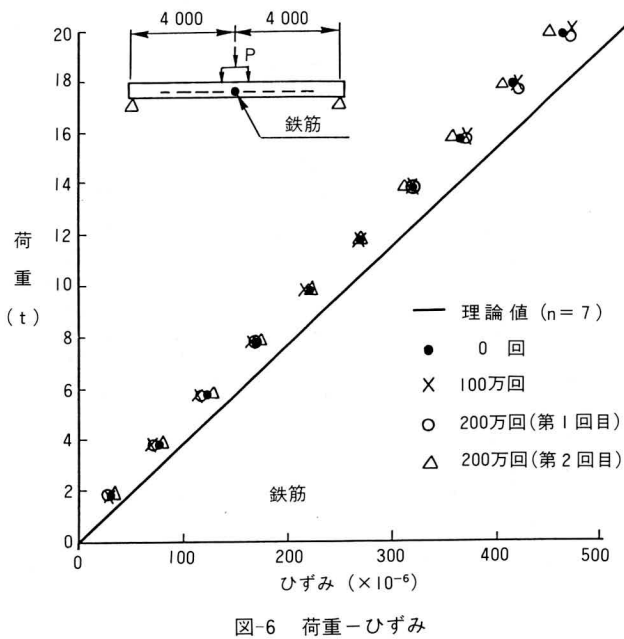
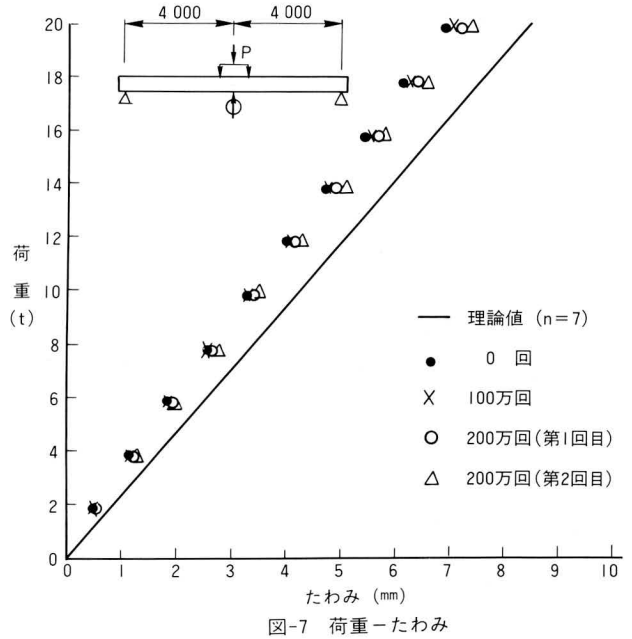
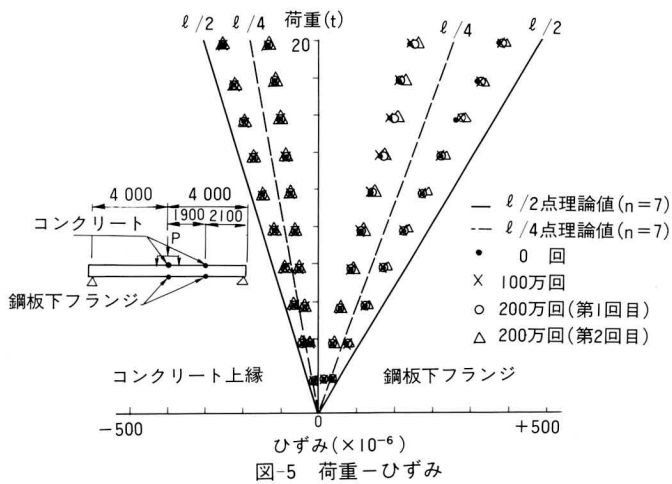
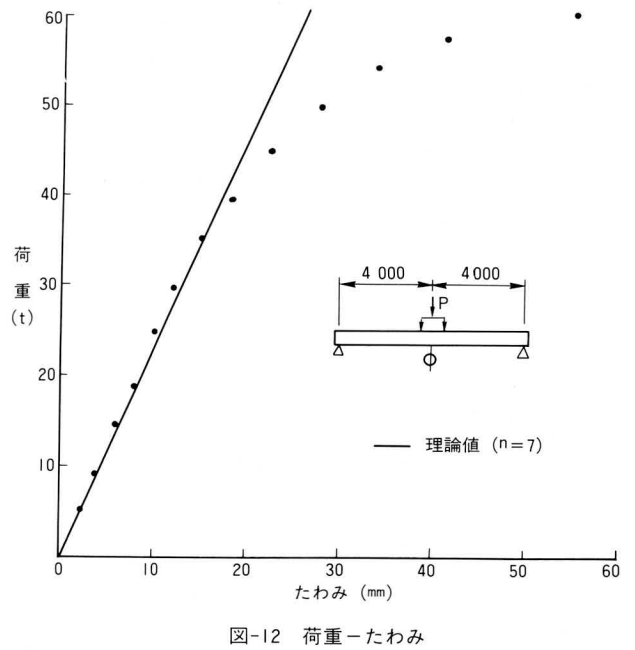
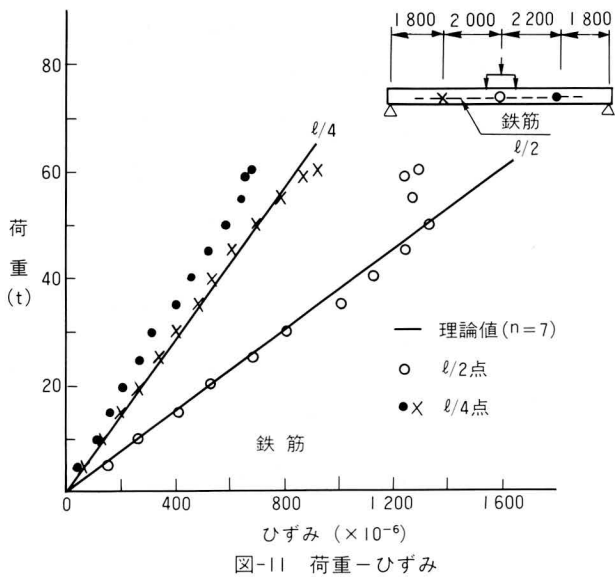
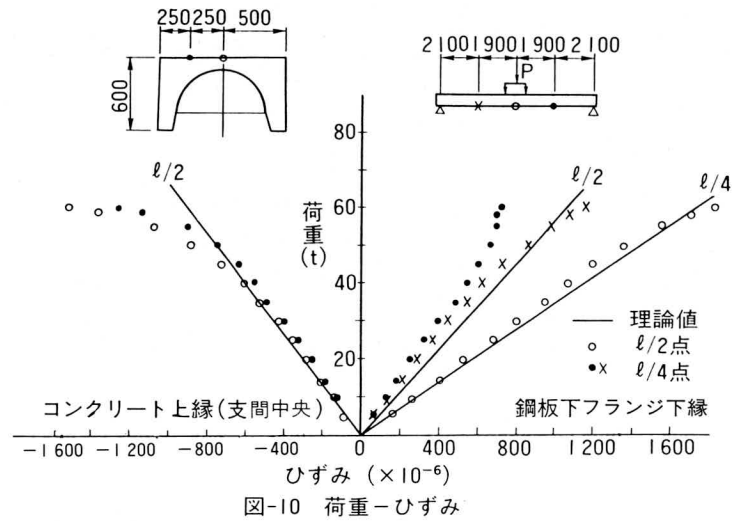


表-3 残留たわみ量

測定時期	残留たわみ (mm)	累計 (mm)
0 回	1.12	1.12
100万回	0.01	1.13
200万回 (第1回目)	0.07	1.20
200万回 (第2回目)	0.06	1.26

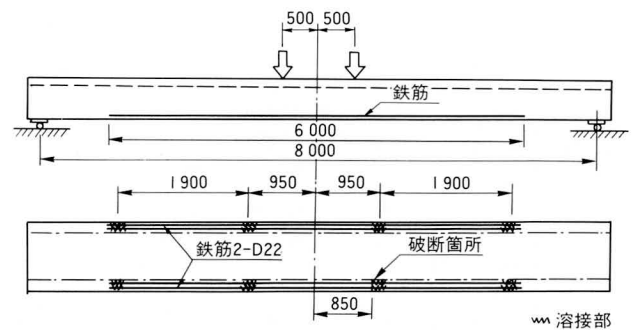
(3) 静的曲げ破壊試験

図-10と図-11は、疲労試験後に行なった静的曲げ破壊試験におけるコンクリート上縁、及び鋼板下フランジ下縁の荷重とひずみの関係である。鋼板下フランジのひずみは、破壊側の支間 $l/4$ 点の内側ゲージが35.3 tで測定不能となった。また支間中央における荷重とたわみの関係を図-12に示す。



破壊は、支間中央より85cm支点側の鋼板下フランジ部分で発生し、載荷荷重57 tで大きく破壊した(図-13)。破壊時のコンクリートひび割れ状況と鋼板の破断状況を写真-2、3に示す。

なお、図中の実線は、理論値を示すもので、圧縮側の床版コンクリート(t=100mm)を有効とした合成梁として計算をした。



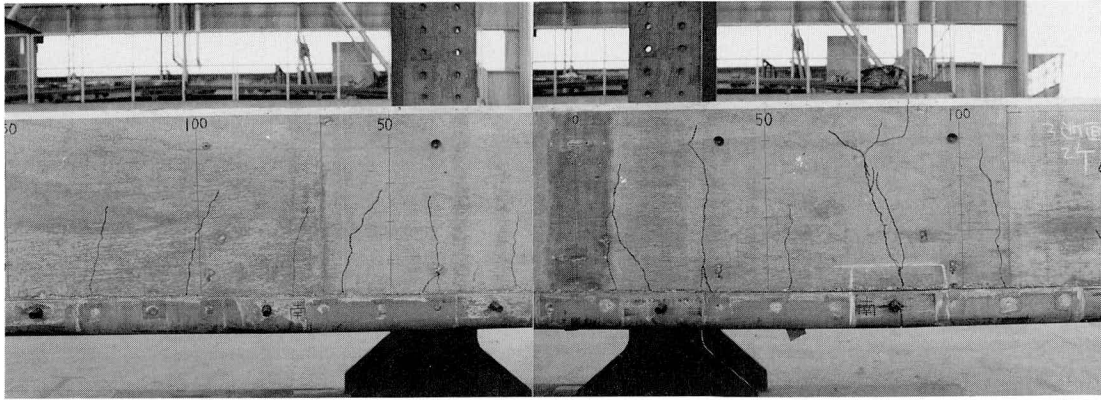


写真-2 コンクリートひび割れ状況

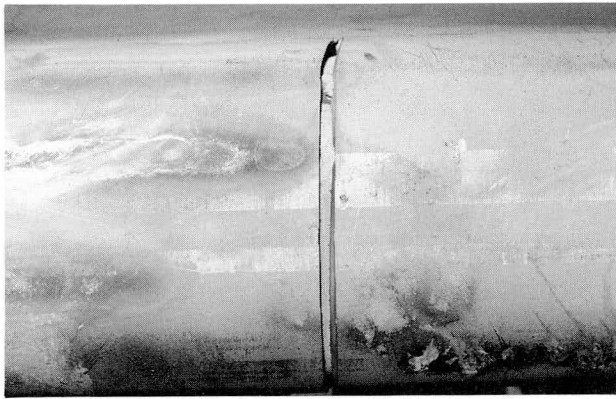


写真-3 鋼板の破断状況

6. 考察

試験の前後に行った形状計測で、コンクリート打設や載荷による主桁の局部変形が見当らなかった。したがって、本鋼桁は曲げ剛性が高く十分型枠としての機能を持っているといえる。

また、疲労試験前後に行った静載荷試験の結果によると、疲労試験前と比較してコンクリート上縁及び鋼板下フランジのひずみ変化は、 $\max 20 \mu$ 程度であった。

支間中央の鉄筋ひずみは第1回目の200万回載荷試験後では $+8 \mu$ であったが、第2回目の2倍振幅による載荷試験後では遂に -15μ となった。これは鋼板とコンクリートのはく離の為と思われる。またたわみは、第1回目の200万回で $+0.27 \text{mm}$ 、第2回目の200万回では $+0.45 \text{mm}$ であった。いずれも変化量は微少で、繰返し載荷による劣化はみられず、ひずみ、たわみとも、荷重の増加に比例した弾性挙動を示している。図-8の断面のひずみ分布及び表-3の残留たわみ量においても合成断面として

の機能を保っており、繰返し載荷後においてひずみの変化残留たわみ量は小さい値となっている。

静的曲げ破壊試験の結果(図-10~12)によると、鉄筋および鋼板下フランジのひずみは、35 t 付近で変化点が見られ、57 t で鋼板の亀裂とコンクリートの割れが進展したため、大きな変化が見られた。

亀裂の発生起点は、下フランジに溶接した鉄筋のすみ肉溶接止端部で、鋼板がコンクリートとはく離した状態で繰返し載荷による曲げが働き、その結果応力集中が起これば疲労クラックが発生して、伝播したと考えられる。クラックの発生時期は、鋼板下フランジでの応力状態を第1回目(600kgf/cm^2)、第2回目(1200kgf/cm^2)と変化させたが破面にビーチマークが表われていないので、第2回目の2倍振幅による200万回載荷後半に発生したと思われる。

以上疲労試験、静的曲げ破壊試験から本合成型枠橋梁は、

- ① 設計々算内において十分な耐力を持ち、コンクリートを鋼に置きかえた計算法でよい。
 - ② 主桁下部の主筋(D22)の取付法について、溶接をやめて、他の方法とする。
 - ③ 型枠としての主桁剛度は十分である。
- といえる。

7. あとがき

供試体の破壊へ至るメカニズムについては、当初、2通りの推測があった。一つは試験の結果が示す鉄筋溶接個所からの疲労亀裂であり、今一つは繰返し載荷によって破壊しないであろうとの見方であった。この供試体は、疲労亀裂を導き出すためにあえて荒い断続溶接を行った

ものではあるが、現にこの個所から亀裂が生じていることは、引張材に不用意にピースを取付けることへの戒めでもある。

今後、道路橋のみならず、鉄道橋にまで供給の手を広げようとする時、疲労による亀裂の発生は是非とも避けなければならない現象である。その手だては容易のようではあるが、経済性との比較の中でなかなか難しい問題でもある。

真の目的に合った構造形式を取り揃えることは、開発本来の目的でもあり次号で報告したいと考えている。

また、当初単に実橋モデルによる200万回試験のみを考えていたが、2倍振申試験の追加、更には破断原因の判定を頂くなど、この実験に適切なお指導を下された東京工業大学の三木千壽助教授に誌上を借りて感謝の意を表します。

<参考文献>

1) 上前、高野；薄鋼板を用いた新しい鋼・コンクリー

ト合成桁、土木学会構造工学委員会・コンクリート合成構造小委員会「鋼とコンクリート合成構造に関する調査研究報告書」昭和59年3月

2) 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現況、土木学会1981年9月

3) 上前、高崎、原、鬼頭；薄鋼板を用いた新しい鋼・コンクリート合成桁、宮地技報No.1、1985年3月

4) 高崎、原、鬼頭；縦リブを利用したずれ止め構造の耐荷力試験、宮地技報No.1、1985年3月

5) 高崎、原、鬼頭；縦リブを利用したずれ止め構造の耐荷力試験（疲労試験）、宮地技報No.2、1986年1月

6) 高野、原；埋込式合成桁の構造試験、宮地技報No.3、1987年1月

7) 安本、佐藤、石井；合成型枠橋梁（QSCB）の開発と施工、宮地技報No.4、1988年3月

グラビア写真説明

日清食品東京本社ビル 新宿駅東口を出て、靖国通りを渡り、都会の小さなオアシス、並木とカラー舗装の「四季の道」を抜け出たところに、重厚な石造りとシックな色をしたビルが現われる。一瞬、ヨーロッパの町に踏み込んだような錯覚に襲われてしまうのはどうしたことだろう。下部は大きな石を積み上げ、見事なまでに落ち着きを醸し出していて、あたかもヨーロッパ中世建築の持つ伝統の重みすら感じさせられる。上部セットバック部分にも、一瞬、驚きを誘われてしまう。階段状にリボンを巻いた様になっているが、シンプルで飽きのない意匠になっている。

本工事の鉄骨製作において、実は、このセットバック部分に腐心した。円形コラムを使用し、2方向に角度を付け、所定の精度内に納める事は想像以上に難しい。幸いにも、当社はこの技術に数多くの実績を有し、無事納める事が出来た。後で伺ったところでは、設計された方も、当社のこの技術に期待されていたとの事であった。

さて、施工中から話題になっていた事に地下1階のレストランがある。ブドウ棚の製作、架設の仕事をしてる内に、「これは、きっとこれまでにはお目にかかった事のないものになるぞ。」という事になった。完成した折には早々行ってみようと思いつつ、残念ながらもまだ行っていない。ここに記す事が出来ないのもまた残念である。（西原）

ロイヤルパークホテル 丸の内、大手町などのビジネス拠点を間近に控えた日本橋蠣殻町に、平成元年6月1日「ロイヤルパークホテル」がオープンする。東京エアシティーターミナルの目の前にあるため、新東京国際空港への交通の便に恵まれ、国際派ビジネスマンやツウリストの滞在には至便であろう。ホテル内のエグゼクティブフロアには専用ラウンジを設け、ビジネスマンのためには2階にビジネスセンターを設置している。又健康管理のため、いつでも泳げるインドアプールや、最新のトレーニングマシンを利用できるフィットネスセンター等充実した施設がPRポイントになっている。（永瀬）

特許庁総合庁舎 この庁舎は1ヶ年61万件余りの特許出願にこたえるために、昭和59年より10ヶ年計画で、大きな業務改革に着手した「特許庁ペーパーレス計画」に組み込まれて計画された。審査業務の簡素化、効率化によって迅速な業務処理が行えるように、官庁としては初の本格的インテリジェントビルとして特筆すべきものがある。

構造の特徴としては、通常の超高層ビルと比較して階高が4.35mと高く、20m大スパン梁が2列に連なって広い空間を作り、床の設計荷重も500kg/m²と重く、耐震上も充分考慮した設計になっている。（園城）