

PCコンポ橋の主げた上フランジ切欠き部に着目した輪荷重走行試験

Wheel Load Running Test for Cut Out on Top Flange of Prestressed Concrete Composite Girder Bridges

清水 俊一*, 大岡 昭雄**, 三田村 浩***, 松井 繁之****

Toshikazu SHIMIZU, Akio OOOKA, Hiroshi MITAMURA, Shigeyuki MATSUI

*工修(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会(〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-6(株)ピーエス三菱)

** (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会(〒060-0001 札幌市中央区北1条西6-2 ドービー建設工業(株))

*** (独)土木研究所 寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ 寒地構造チーム(〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3-1-34)

**** 工博 大阪大学名誉教授 大阪工業大学教授(〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

The prestressed concrete (PC) girder bridge with PC slab was developed by Public Works Research Institute and Japan Prestressed Concrete Contractors Association at 1998. When this structure was developed, one of points was durability of cut out on top flange for supporting PC slabs. Experimental study on durability of cut out on top flange for supporting PC slab by static load test and fatigue load test was conducted. This study is additional test for this point by wheel load running test. It is confirmed that such PC composite slab is more enough in durability than standard RC slab.

Key Words: prestressed concrete composite girder bridge, shearing fatigue strength at support, wheel load running test

キーワード: PC合成床版, 支点部のせん断疲労強度, 輪荷重走行試験

1. はじめに

我が国における建設投資は、平成4年から平成7年頃のピーク時に比べて約4割減少しており、今後もこのような状況が続くものと予想されている。しかし、限られた建設投資の中でより効果のある社会資本整備を行う必要性からコスト削減の要請はますます強まっており、種々の新しい構造や工法が開発されている。

このような状況の到来をいち早く予測し、建設省土木研究所(当時名称、現在:独立行政法人土木研究所および国土交通省国土技術政策総合研究所)は社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会(略称:PC建協)と共同で、平成7年より平成9年にかけて共同研究を実施し、従来の合成げた橋(RC床版タイプ)と比較して型枠の設置等に対して大幅な省力化が図れる、合成げたにPC板を利用したPC合成げた橋(PC合成床版タイプ)を検討し、新しい構造形式を提案するとともにコスト削減の問題にも取り組んだ。

本形式は一般的にPCコンポ橋と呼ばれ、その経済性も手伝って、開発から約10年で320橋を越える施工実績を有するに至っており、今後も多くの本形式橋梁が建設されるものと予想される。この形式を実用化するに当たっては、事前に種々の実験による検討を行って安全性を検証しているが、ここではそれを補足するために輪荷重走行試験の追加実験を行っており、その結果についてまとめたものである。

2. 研究の目的

PCコンポ橋は、PC板を埋設型枠とした合成床版で、床版型枠や吊り足場の組払いを大幅に省力化できる構造である。この構造では、主げたとPC板の接合部分は、図-1に示すように主げた上フランジを切り欠いてPC板を載せる構造を採用している。この切欠き支点部に着目した場合、比較的薄いコンクリート部分でPC板を支持しており、多くの補強鉄筋が配置しにくい部分でもあることから、開発当初からこの部分に着目して試験を実施して安全性を確認している。

当初の検証は、施工時の荷重を考慮した切欠き部の静的載荷試験と、場所打ち鉄筋コンクリート床版によって合成された後の床版に対する定点疲労試験である。

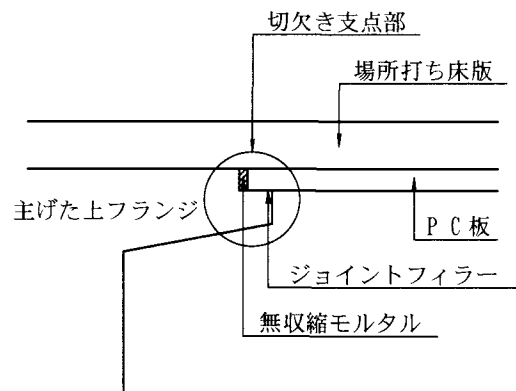


図-1 切欠き支点部概要図

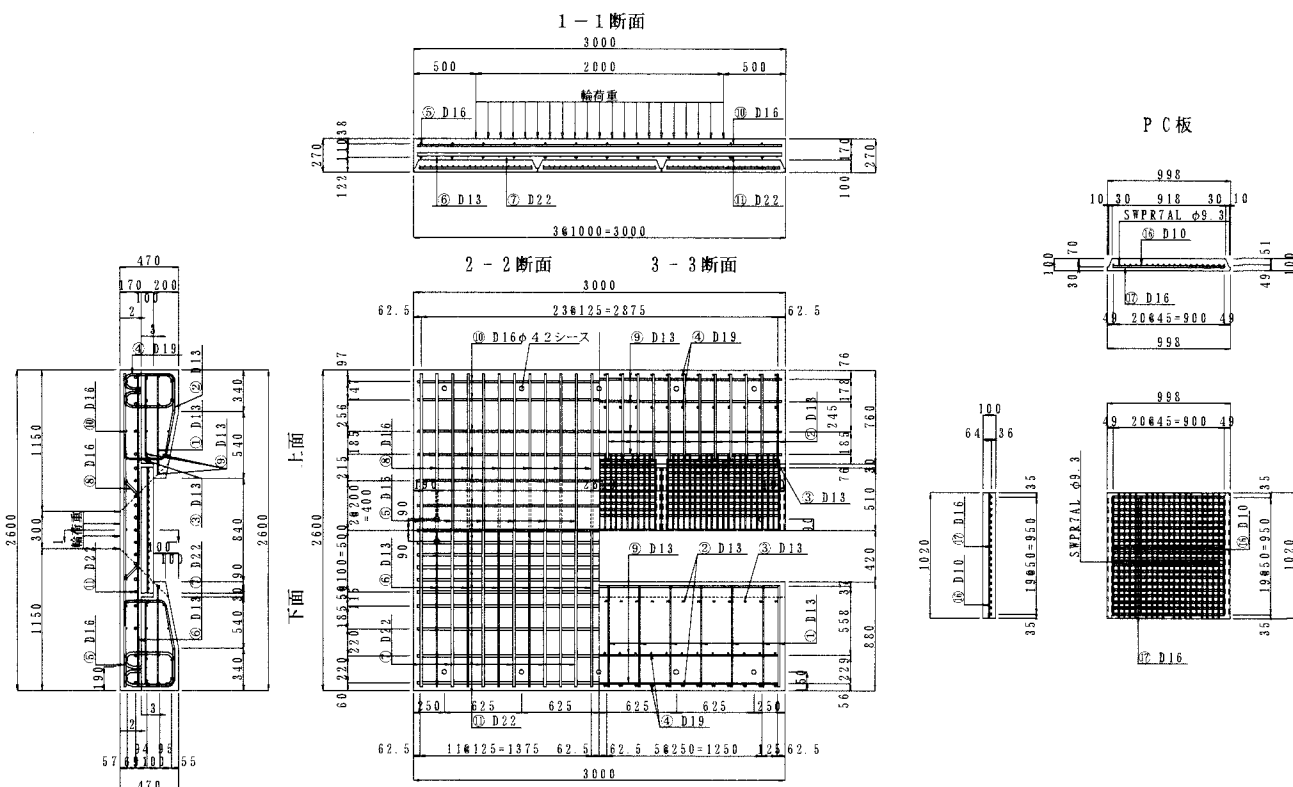


図-2 供試体詳細図

その他にも輪荷重走行試験によるPC合成床版の疲労耐久性確認試験や水平せん断強度を確認するためのブッシュオフ試験やはり載荷試験が行われている。PCコンポ橋の開発経緯については、文献1)に詳しく述べられているので参照されたい。

本研究は、定点疲労試験によって確認された主げた切欠き部に載せたPC板支点部のせん断疲労強度に対し、輪荷重走行試験を追加で実施し、その耐久性を確認することを目的に実験を行ったものである。

3. 実験方法

3.1 試験供試体

PCコンポ橋の主げた上フランジ切欠き支点部のせん断疲労強度を検証するために、切欠き支点部の厚さが最小となる橋梁を想定し、文献2)-4)を参考として実橋に近い構造を再現することとした。供試体およびPC板の詳細を図-2示す。

また、供試体の製作は、主げたおよびPC板を工場にて製作し、養生後に実験棟に搬入して組み立て、合成床版コンクリートを打設するという、実橋の施工と同様の手順にて行った。

3.2 使用材料

供試体製作に用いた材料は、一般的なPCコンポ橋に標準的に用いられるものと同等のものとした。表-1にコンクリートの示方配合を、表-2に硬化コンクリートの強度をそれぞれ示す。また、鉄筋はSD345、PC鋼材には

SWPR7AL φ9.3を使用した。

表-1 コンクリートの示方配合

打設箇所	設計基準強度(N/mm ²)	最大粗骨材寸(mm)	スランプ(cm)	空気量(%)	水セメント比W/C(%)	細骨材率S/a(%)	単位量(kg/m ³)				
							水W	セメントC	細骨材S	粗骨材G	混和剤R
主げた	50	20	12±2.5	4.5±1.5	36.1	39.0	152	421	694	1082	2.49
PC板	50	20	8±2.5	4.5±1.5	32.1	43.0	125	390	815	1073	3.12
場所打ち床版	30	20	8±2.5	4.5±1.5	47.0	42.9	152	324	798	1052	3.24

表-2 硬化コンクリートの強度

使用場所	主桁	PC板	床版	無収縮
設計強度	50N/mm ²	50N/mm ²	30N/mm ²	—
材令	50日	50日	37日	40日
1体目	64.3N/mm ²	64.5N/mm ²	34.3N/mm ²	63.7N/mm ²
2体目	65.1N/mm ²	63.6N/mm ²	35.3N/mm ²	64.2N/mm ²
3体目	65.6N/mm ²	64.7N/mm ²	35.9N/mm ²	62.1N/mm ²
平均	65.0N/mm ²	64.3N/mm ²	35.2N/mm ²	63.3N/mm ²

3.3 載荷方法および計測方法

3.3.1 載荷方法

載荷試験は、独立行政法人土木研究所寒地土木研究所所有の輪荷重走行試験機によって行った。載荷は、幅300mmの鉄輪を床版支間直角方向に供試体中央から±1.0mの範囲を回転速度24rpmにて走行するものとした。載荷状況を写真-1に示す。

供試体の支持条件は、主げた下面を固定支持とし、床版端部には横げた等による補強は行わなかった。これは、FEM解析の結果、供試体の端部付近に載荷した場合と中央に載荷した場合の床版に生じる応力に有意な差は認められなかったため、床版の連続性に関する影響は小さいと判断したことによる。

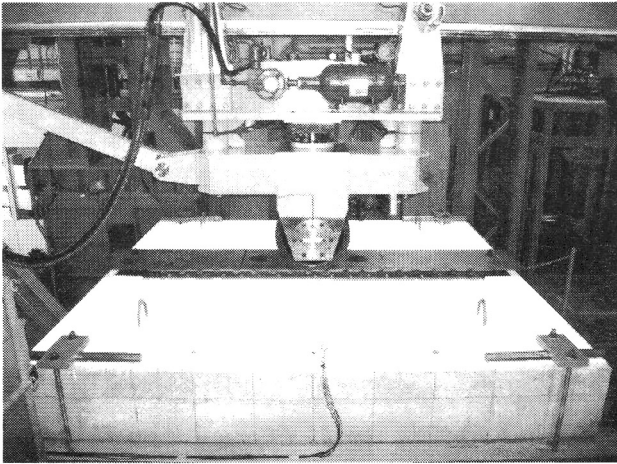


写真-1 載荷状況

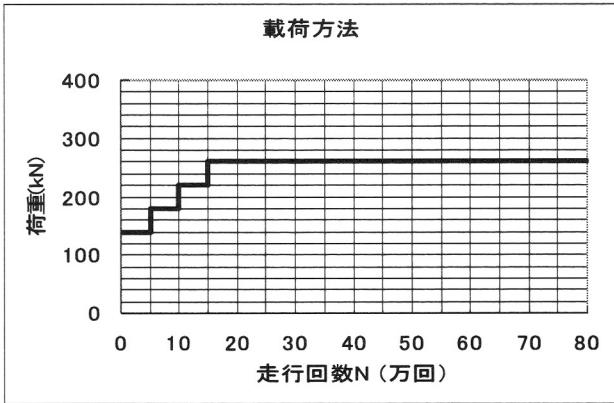


図-3 載荷荷重と載荷回数

荷重は図-3 に示すような段階載荷とし、初期荷重を140kN、5万回走行ごとに順次40kNずつ走行荷重を増加させ、最大260kNに達した後は一定荷重とした。

文献1)によれば、得られた載荷回数を式-1)によって157kNに換算した回数を算出している。今回の試験では載荷荷重が文献1)と異なることから、同様の換算回数を算出して比較することとした。この際、実験供試体と実橋では、輪荷重の載荷位置が異なることを考慮に入れることとした。

$$N_0 = (P_1/P_0)^{1/k} \times N \dots \text{式-1}$$

ここに、 N_0 :換算回数、 P_0 :基準荷重(kN)、 P_1 :載荷荷重(kN)、 k :S-N曲線傾き(0.07835)、 N :載荷回数

本試験では、試験機の関係上、床版支間中央に輪荷重を載荷しているが、実際には偏載荷されるのが一般的である。このような場合、せん断力の伝達は左右の切欠き支点で異なることとなる。これを考慮するために支間最大となる主げた間隔に対し、図-4)に示すように偏載荷された場合のFEM解析を実施し、実験用試体のFEM解析結果と比較したところ、実橋では1.176倍のせん断応力度が生じることが明らかとなった。

これより、文献1)に示されたRC供試体と同等の疲労強度を切欠き支点部が有すると考えて式-1)によって載荷回数を算出した結果、約773,000回となった。参考に偏載荷を考慮しない場合の載荷回数は約230,000回となり、偏載荷が疲労に与える影響が大きいことがわかる。これより、載荷回数を780,000回と設定して疲労試験を行うこととした。

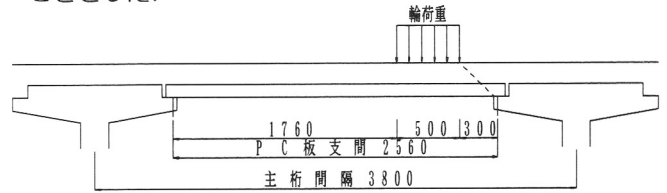


図-4 荷重の偏載荷モデル

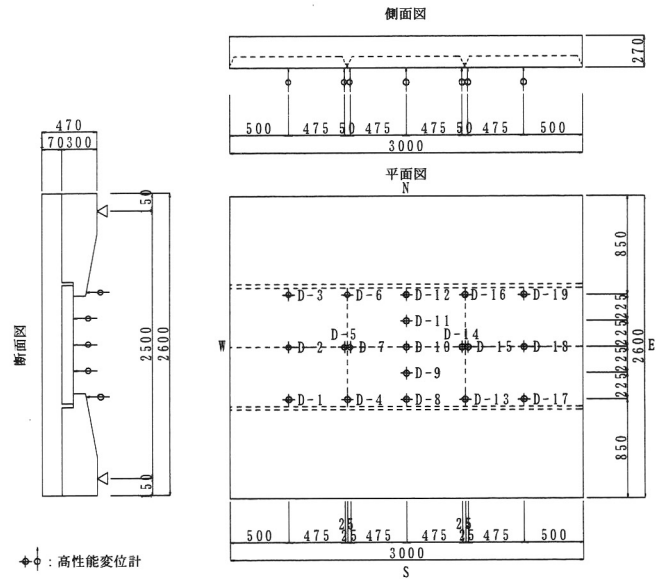
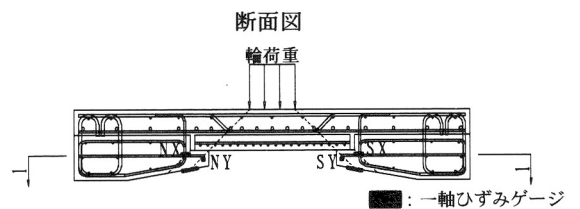


図-5 高性能変位計設置位置図



1-1断面(鉄筋ゲージ)

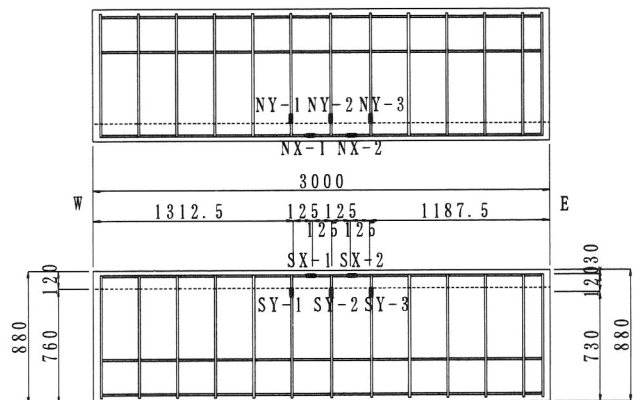


図-6 鉄筋ゲージ貼付位置図

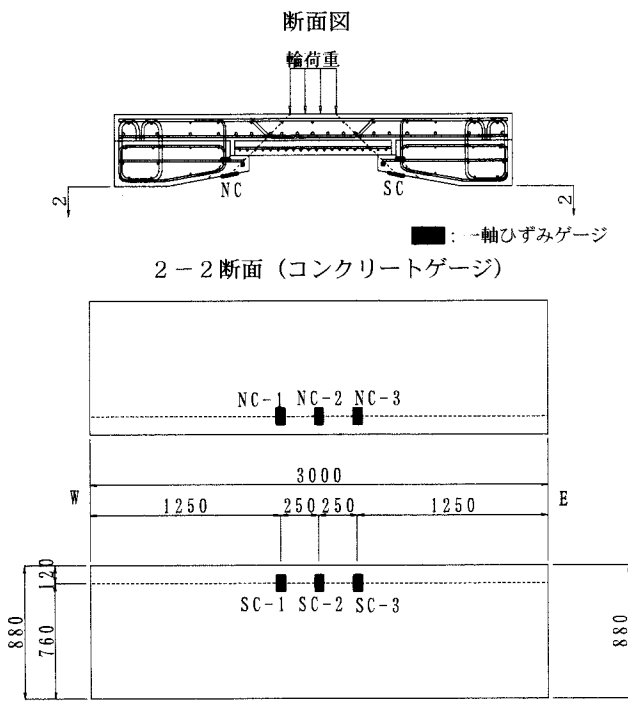


図-7 コンクリートゲージ貼付位置図

3.3.2 計測方法

計測は、主げた切欠き支点部に着目し、高性能変位計、鉄筋ゲージおよびコンクリートゲージを添付した。計測装置設置位置を図-5～図-7にそれぞれ示す。

輪荷重を規定回数載荷して一旦除荷下後に、除荷時の計測を行った。その後に床版支間中央に静的に載荷して値を計測し、規定回数における計測値とした。また、除荷時の値と静的載荷時の値の差を輪荷重による変化量とした。

3.4 試験結果と考察

3.4.1 鉛直変位

静的載荷時、除荷時およびその差である輪荷重による支間中央の鉛直変位を図-8に示す。輪荷重によるたわみは、荷重の増加とともに不連続に増加し、その後除荷時の残留たわみが増加傾向にある。ほかの計測位置においても同様の傾向となっている。

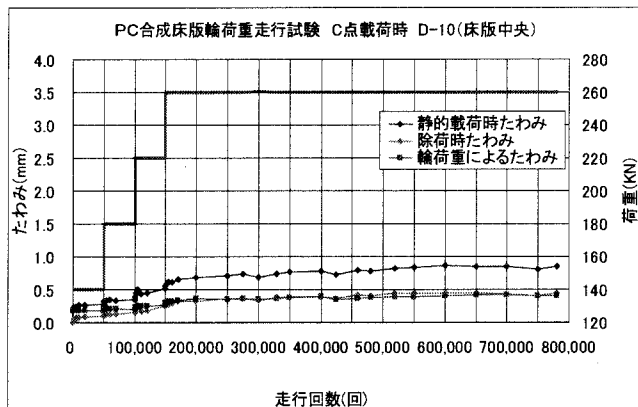
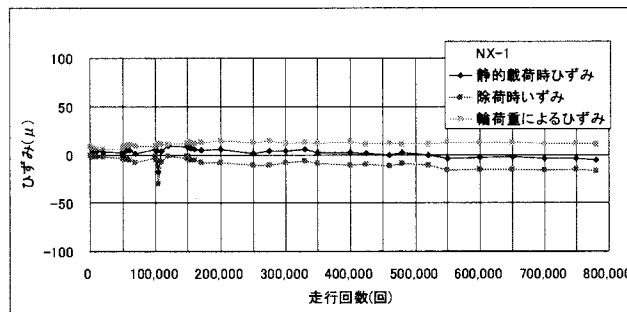


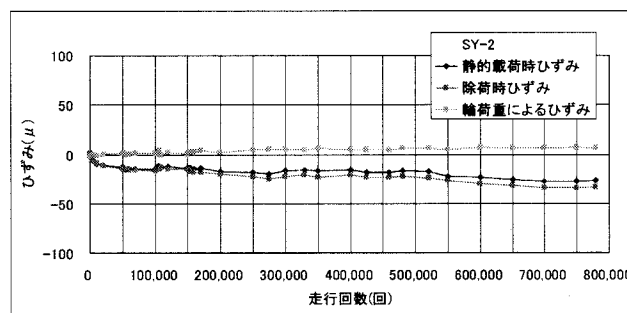
図-8 支間中央におけるたわみと載荷回数の関係

3.4.2 鉄筋ひずみ

図-9に代表的な橋軸方向鉄筋および橋軸直角方向鉄筋のひずみを示す。荷重によるひずみ変動量は小さく、剛性低下に至るようなひびわれや損傷が生じていないと考えられる。ほかの計測位置においても同様の傾向となっている。



(a) 橋軸方向鉄筋ひずみ



(b) 橋軸直角方向ひずみ

図-9 鉄筋のひずみと載荷回数の関係

3.4.3 コンクリートひずみ

図-10に主げた上フランジ切欠き部下面のコンクリートのひずみを示す。計測された輪荷重によるひずみに大きな変動はみられないことから、当該箇所近傍に有害なひびわれは生じていないものと考えられる。

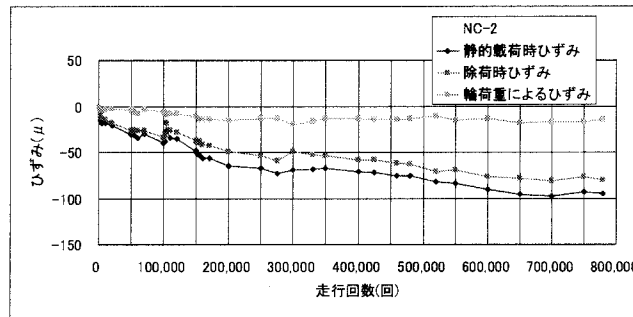


図-10 コンクリートひずみと載荷回数の関係

3.4.4 ひびわれ

図-11および写真-2にコンクリート下面のおよび主げた上フランジ切欠き部側面のひびわれ図を示す。最初のひびわれは、260kNを5万回載荷した時点で供試体側面と主げた上フランジ切欠き部下面および側面の橋軸直角方向のひびわれが確認された。載荷回数の増加とともに

これらのひびわれは本数および長さを増加させたが、260kNを31万回載荷した以降は、ひびわれの発生は少なくなった。なお、床版上面にはひびわれが生じていなかった。

文献1)におけるひびわれの発生は、28tfを3万回載荷した時にPC板下側に橋軸直角方向のひびわれが確認されている。これを式-1によって16tf荷重の載荷回数に換算すると、3,000万回から6,800万回の際に最初のひびわれが生じたことになる。一方、本実験においても同様の換算回数を計算すると、3,600万回から5,500万回の際に最初のひびわれが生じており、既往の研究におけるひびわれ発生とほぼ同様の換算回数であることがわかった。

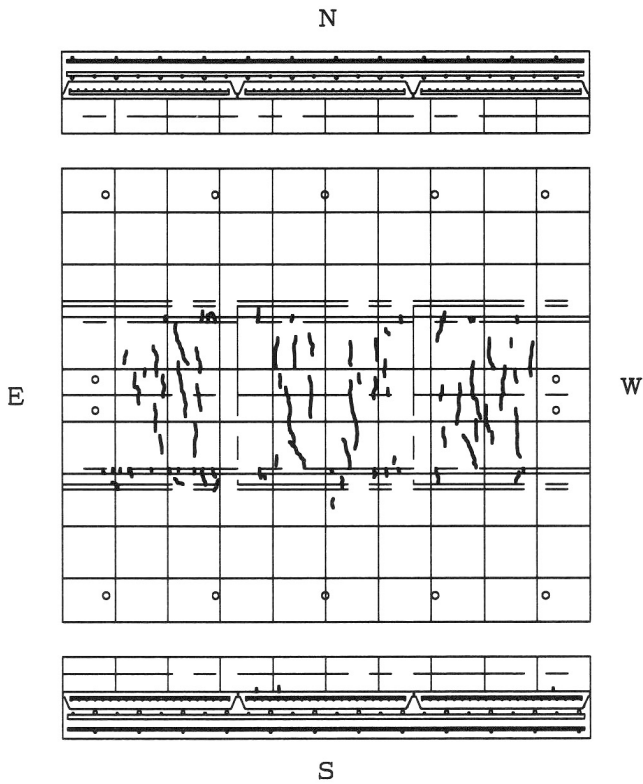


図-11 コンクリート下面側ひびわれ図

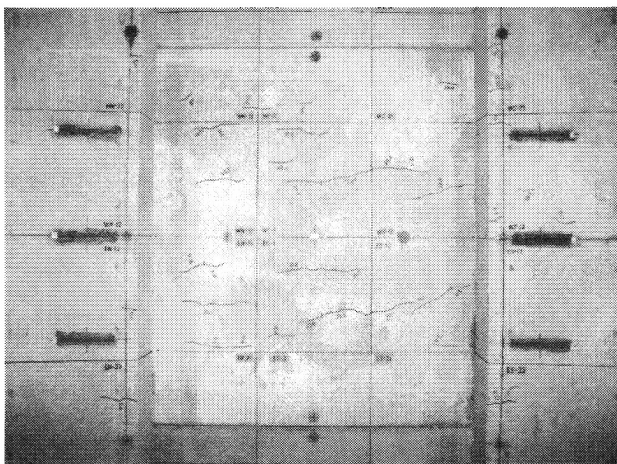
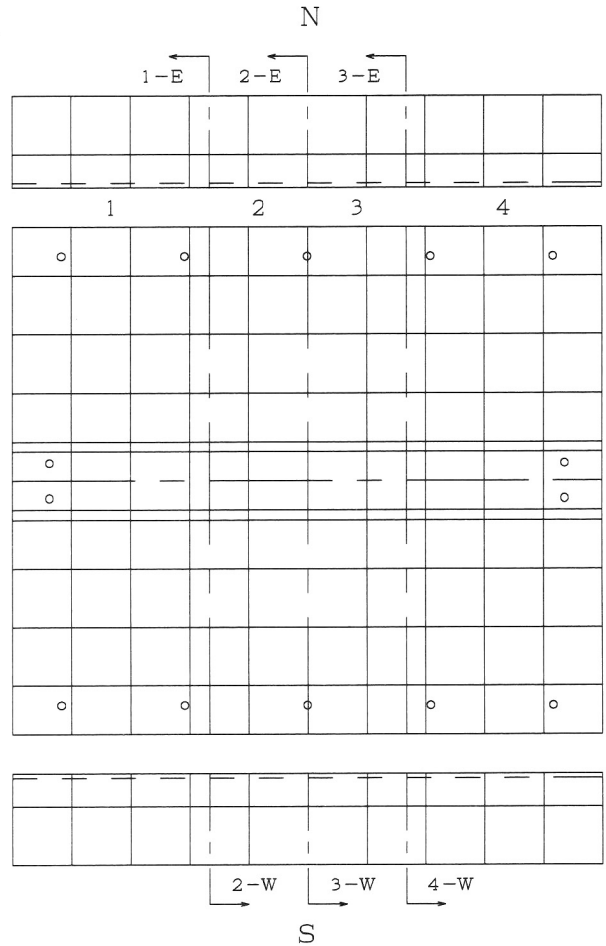
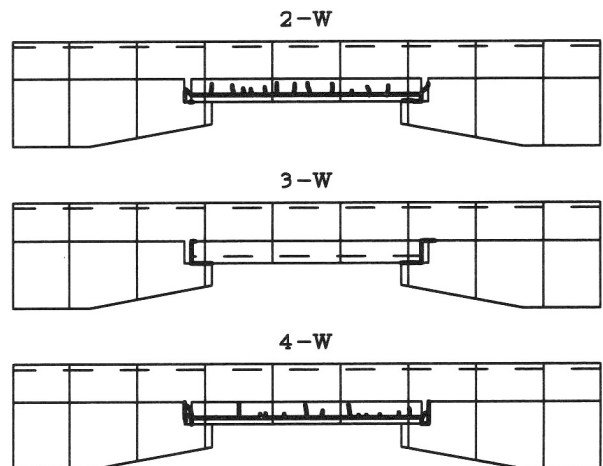


写真-2 コンクリート下面側ひびわれ状況

載荷試験終了後、支間中央およびPC板継目部の3箇所を橋軸直角方向に切断して内部の状況を確認した。切断面のひびわれ発生状況を図-12 および写真-3 に示すひびわれは、PC板継目部の継目工時に打設した無収縮モルタル部に生じていた。また、ジョイントフィラー工時に打設した無収縮モルタルと主げたの界面の付着が切れているようなひびわれが観察された。しかし、このひびわれはアセトン塗布しないと観察できないような微

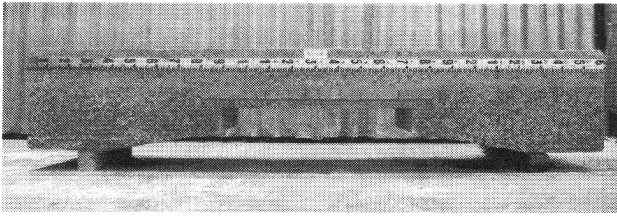


(a) 供試体切断位置

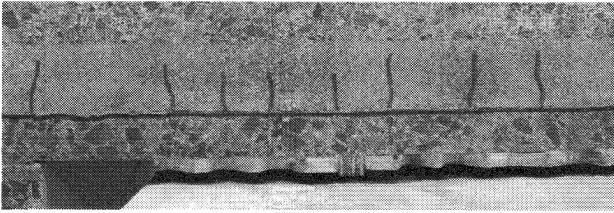


(b) 切断面のひびわれ発生状況

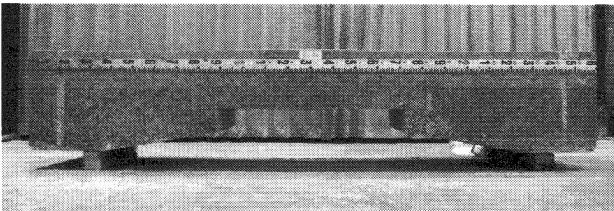
図-12 供試体切断位置および切断面のひびわれ状況



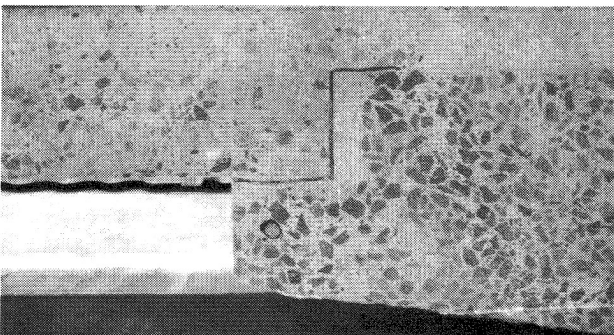
(a) PC板継目部 (2-W)



(b) 2-W部の無収縮モルタルひびわれ詳細



(c) 中央部 (3-W)



(d) 3-W部のジョイントフィラー工詳細

写真-3 切断面のひびわれ状況

細なものであった。一方、主げた上フランジ切欠き支点部および場所打ち床版部にひびわれは観察されなかった。

無収縮モルタルは、設計計算上考慮されていないことから、微細なひびわれが生じていても問題とはならないと考えられる。また、床版のコンクリートおよび主げた切欠き支点部のコンクリートにはひびわれが認められなかったことから、耐久性に関しても特に問題とはならないものと考えられる。

3.5 実験結果のまとめ

以上の実験より、以下の点が確認された。

(1) 既往の実験におけるRC供試体と同等と考えられる輪荷重走行回数を載荷した後でもほとんど損傷はみら

れず、当初と同等の耐荷力を有していると考えられ、少なくともRC供試体以上の疲労耐力を有していることが確認された。

(2) 供試体鉛直変位の計測結果から、剛性の低下はほとんどないものと判断された。

(3) 主げた上フランジ切欠き支点部に配置した鉄筋のひずみはほとんど変化がみられないことから、有害なひびわれは発生していないと考えられる。

(4) 主げた上フランジ切欠き支点部下面のコンクリート表面ひずみは、ほとんど変化がみられないことから、有害なひびわれは生じていないものと考えられる。

(5) ひびわれは、荷重が最大荷重 260kN に達した後に発生し、供試体側面および主げた上フランジ切欠き支点部下面、PC板下面の順に進展し、その後増加したが、260kN を 31 万回載荷させた以降は新規ひびわれの発生は減少した。

(6) 切断面には、無収縮モルタル部に微細なひびわれが確認されたが、主げた切欠き支点部、PC板および場所打ち床版にひびわれは確認できなかった。

4. おわりに

PCコンポ橋の主げた上フランジ切欠き支点部に着目した輪荷重疲労試験を行った結果、当該箇所には微細な橋軸直角方向のひびわれは生じたものの、剛性低下等はほとんど認められず、基準となるRC供試体に対して同等以上のせん断疲労強度を有していることが確認できた。

本研究が、PCコンポ橋のますますの発展・普及および合理化に寄与できれば幸甚である。

【参考文献】

- 1) 岡原、藤城、西川、神田ほか：コンクリート橋の設計・施工の省力化に関する共同研究報告書（Ⅱ）—PC合成げた橋（PC合成床版タイプ）—、共同研究報告書第 215 号、1998.12
- 2) PCコンポ橋 設計・施工の手引き、社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会、2004.5
- 3) 設計・製造便覧 JIS A 5373-2004 推奨仕様 2-2 道路橋橋げた用セグメント、社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会、2004.9
- 4) 設計・製造便覧 JIS A 5373-2004 推奨仕様 2-3 合成床版用プレキャスト板、社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会、2004.9