

## PC橋のウェブに発生したひび割れの原因推定

(株) ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 ○北ノ園久光  
 (株) ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 東田 典雅  
 (株) ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 清水 俊吾  
 東日本高速道路(株) 関東支社 正会員 市川 翔太

### 1. はじめに

本橋は、固定式支保工を用いて分割施工されたPC7径間連続ラーメン箱桁橋であり、供用が開始されてから約18年が経過している。平成29年に実施した近接目視点検において、P1桁断面変化点付近の下床版およびウェブの一部分に図-2に示すひび割れを確認した。下床版には幅1.0mmの貫通ひび割れが発生していることから原因の推定および補修補強対策について検討を行った。本稿ではひび割れの原因推定について述べる。

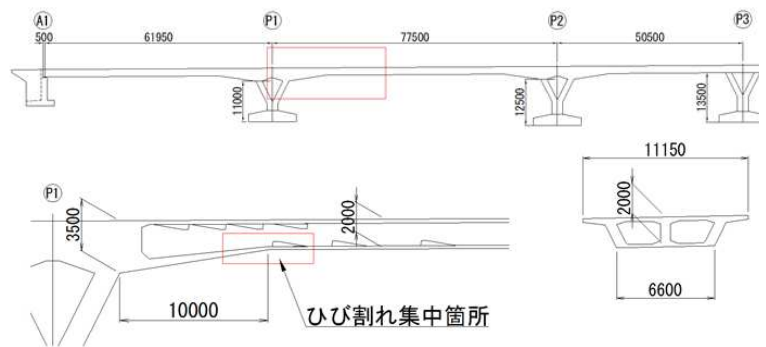


図-1 橋梁一般図 および ひび割れ集中箇所

### 2. ひび割れの発生状況

P1桁断面変化点付近の下床版およびウェブの内外面に発生しているひび割れの状態を近接目視により調査した。ひび割れ発生状況は以下に示すとおりである。(図-2)

- ・ 下床版およびウェブの内外面のひび割れ位置、大きさ、幅はほぼ一致しており、下床版を貫通しているひび割れも確認された。
- ・ ひび割れの幅は0.2mm以上が多数あり、最大幅は1.0mmであった。
- ・ モーメントが小さい部位だが、ひび割れは下床版に集中している。
- ・ ひび割れはPC鋼材定着突起部近傍に集中している。

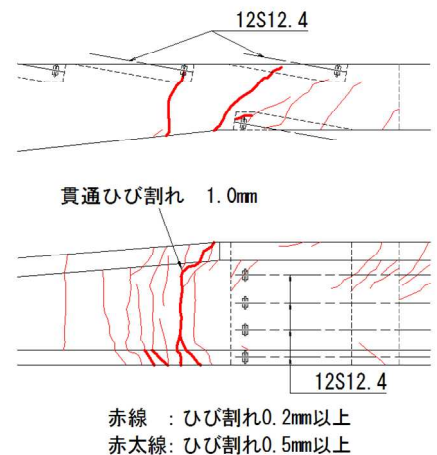


図-2 ひび割れ状況(桁半断面内面)

### 3. ひび割れ発生原因の推定

現地ひび割れ状況や既往報告書から、詳細設計後にRC巻立て耐震補強が実施されていること、PC鋼材定着部の局部応力の影響が考慮されていないこと等、詳細設計での応力状態と異なっている可能性があることから、それらを考慮した骨組解析、FEM解析を実施した。

#### (1) 骨組解析

本橋は、支間長に対して桁高が低く、橋脚高の低いラーメン構造となっており、主桁に強い拘束力が働く構造的特徴がある。このため骨組解析では、RC巻立て耐震補強による影響を考慮(橋脚断面剛性変更)するとともに、分割施工された橋梁であることから、当初詳細設計より施工ステップを厳密に再現して断面力の算出を行った。

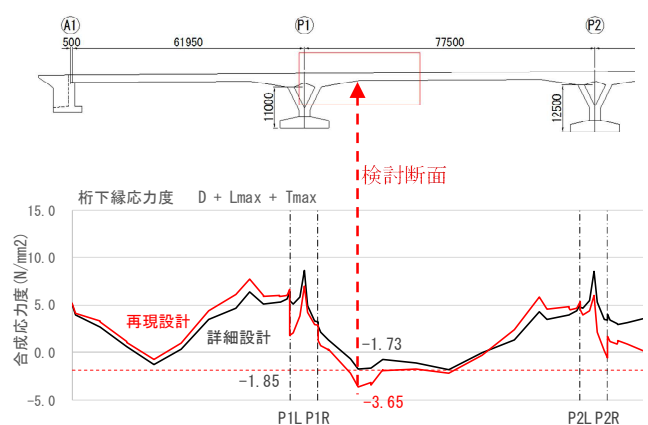


図-3 下縁応力度比較(詳細, 再現)

キーワード コンクリート構造, プレストレストコンクリート, 骨組解析, FEM解析, ひび割れ, 構造物診断

連絡先 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里5-7-18 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング TEL 03-3805-7926

この結果、ひび割れ集中箇所のせん断応力度は許容値内に収まるものの、図-3に示すとおり、検討断面の曲げ引張応力度は詳細設計より大きくなっており、現地のひび割れ発生状況を裏付ける結果となった。

(2) FEM解析 (貫通ひび割れ発生前)

FEM解析は、図-4に示すモデルの荷重載荷点に荷重を与えることで骨組解析の応力状態を再現し、上下床版に配置されたPC鋼材定着部にはPC緊張力を直接載荷してFEM解析を行った。その際、桁に導入されるプレストレスが重複しないよう配慮した。この結果、PC鋼材定着部からの局部応力で $-4.10\text{N/mm}^2$ の引張応力度が発生し、骨組解析結果と合わせると定着突起背面部の桁下縁に局部最大 $-7.75\text{N/mm}^2$ の引張応力度が確認された。(図-6 貫通ひび割れ発生前)

(3) FEM解析 (貫通ひび割れ発生後)

貫通ひび割れについて、図-5に示す範囲の要素を貫通ひび割れが発生している範囲とみなし、鉄筋のみの弾性係数に低減させたモデルを作成し、「貫通ひび割れ発生後」の応力分布を確認した。図-6に示すとおり、貫通ひび割れ発生前後を比較すると、 $-5\text{N/mm}^2$ 以下の引張領域(赤着色部)が貫通ひび割れの発生により下床版からウェブ方向へ移行することが確認できた。またウェブにおける解析上の主応力方向と発生ひび割れ進展方向の関係はほぼ一致していることが確認できた。

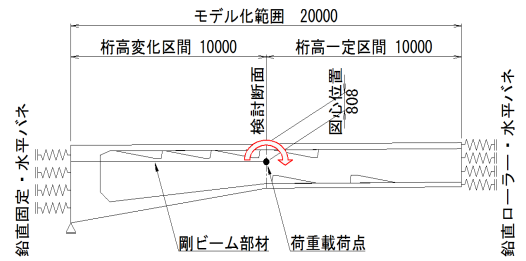


図-4 FEM解析モデル

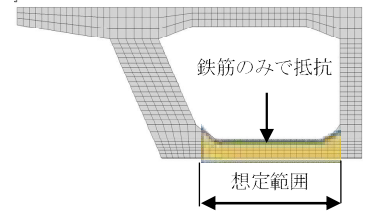


図-5 貫通ひび割れモデル

引張応力度 (検討断面)

( $\text{N/mm}^2$ )

検討 ケース	骨組解析			FEM解析 PS 局部	局部 最大
	荷重組合せ	許容値	桁下縁		
Case-1	D	$> 0$	-0.91	貫通 Hi 前 -4.10	-5.01
Case-2	D+Lmax	$> -1.35$	-1.47		-5.57
Case-3	D+Tmax	$> -1.85$	-2.80		-6.90
Case-4	D+Lmax+Tmax	$> -1.85$	-3.65		-7.75
Case-5	D+Lmax+Tmax	$> -1.85$	-3.65	貫通 Hi 後 -6.08	-9.73

D 死荷重 (プレストレス含む)

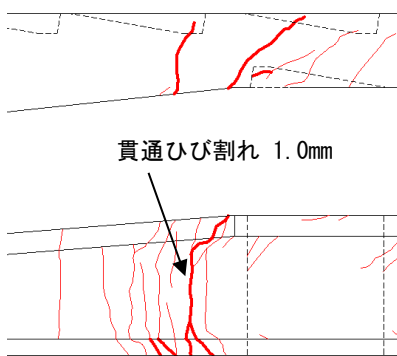
Lmax 活荷重 Mmax

Tmax 温度変化 (下降) + 床版温度差

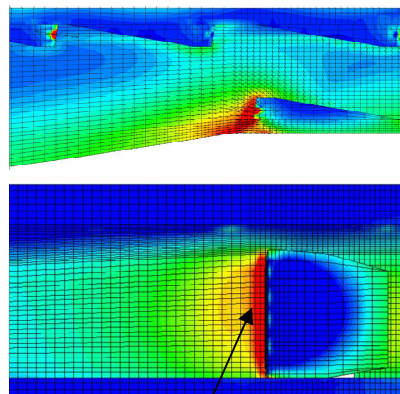
PS 局部 FEM 解析における PC 鋼材定着部の局部応力

表-1 引張応力度 (検討断面)

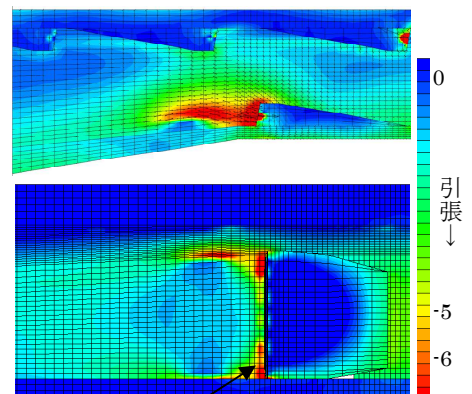
ひび割れ状況 (桁内面)



貫通ひび割れ発生前 (桁内面)



貫通ひび割れ発生後 (桁内面)



最大引張 $-7.75\text{N/mm}^2$  (桁下縁)

最大引張 $-9.73\text{N/mm}^2$  (桁下縁)

図-6 FEM解析結果

4. まとめ

本橋に発生した下床版のひび割れは、脚高が低く、耐震補強されたラーメン橋脚の強い拘束力と、PC鋼材定着部からの局部応力の影響により発生したものとする。また、ウェブのひび割れは、下床版に貫通ひび割れが発生し、応力の再分配によりウェブへ進展したものと推定できた。

今後、本橋における解析上の応力超過箇所ならびに、ひび割れによる剛性低下箇所に対して、炭素繊維シート接着等を主体とした補強を行う予定である。