



「コンクリート構造診断士」とは、プレストレストコンクリート工学会により認定される技術者資格です。コンクリート構造診断士に期待される役割は、既設の鉄筋コンクリート構造物やプレストレストコンクリート構造物に対して、力学的・構造的な診断や評価を実施し、当該構造物の適切な補修・補強、あるいは維持管理の手法を提示することです。

このコーナーでは、こうしたコンクリート構造診断士の活動を紹介するため、資格登録更新時に提出される研修報告書のなかから、とくに一般の読者にも有益な情報を与えるとして選出された事例を掲載します。

PC 曲線橋における変状の 原因推定と検証



三井住友建設(株) 大阪支店
中村 健一

1. はじめに

本橋は、平成 10 年に完成した PC 3 径間連続箱桁橋で、橋長 113 m、平面線形 $R = 70 \sim 80$ m を有する曲線橋である(写真 - 1)。架設工法は固定支保工で、箱桁断面は下床版・ウェブの第 1 ロットと上床版の第 2 ロットに分割して構築されている。

完成後 10 年目と 15 年目の定期点検において、箱桁内のウェブに漏水を伴うエフロッセンスが発見されたため、その他の変状を含めた補修工事が発注された。本工事には、維持管理の効率化と維持管理コストの低減を目的として、工事着手前に点検・診断を行う損傷原因調査業務が含まれていた。

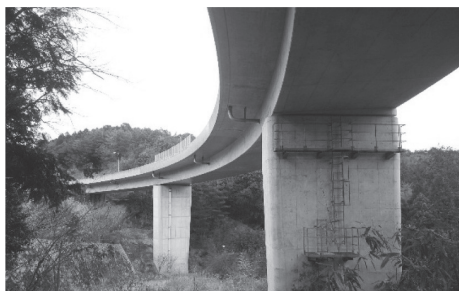


写真 - 1 橋梁全景

2. 変状の概要

本橋で確認された主な変状を表 - 1 に示す。変状 a ~ d は定期点検で確認されたものである。変状 e, f は本工事で行った点検により、新たに発見されたものである。変状 d は、現地状況や環境から、地覆と縁石の境界面に侵入した水が凍結と融解を繰り返すことにより、隙間が徐々に拡

大したものである。d 以外の変状は、新設時の設計図書や施工状況などから、経年劣化によるものではなく、施工中や材齢初期に発生したひび割れと推察される。なお、変状 a については、変状 d に溜まった水が張出床版のひび割れ(変状 b)から浸透し、ウェブと上床版の打継目やウェブの水平ひび割れ(変状 e)からエフロッセンスをとめない滲出したものと考えられる。

表 - 1 主な変状

a. ウェブのエフロッセンス	b. 張出し床版の水染み(ひび割れ)
	
P1 ~ P2 径間の左側ウェブに漏水を伴うエフロッセンスが発生。	張出し床版下面に直角方向ひび割れを伴う水染みが発生。
c. 横桁のひび割れ	d. 地覆と縁石の隙間
	
支点および中間横桁にマンホール隅角部を起点とするひび割れが発生。	左側の縁石と地覆コンクリートの間に最大 50 mm 程度の隙間が発生。
e. ウェブの水平ひび割れ	f. 上床版下面の直角方向ひび割れ
	
桁内のウェブ側面に微細な水平ひび割れが発生(右側ウェブが顕著)。 $w=0.05 \sim 0.08$	上床版下面に橋軸直角方向の微細なひび割れやエフロが発生。 $w=0.05$

3. FEM 解析による検証

3.1 解析の概要

変状の主要因となる応力を特定するために、3次元 FEM 解析を実施した。解析は、荷重や曲線の影響などを検証するための応力解析と、コンクリートの水和熱や乾燥収縮の影響を検証するための温度応力解析の 2 種類である。

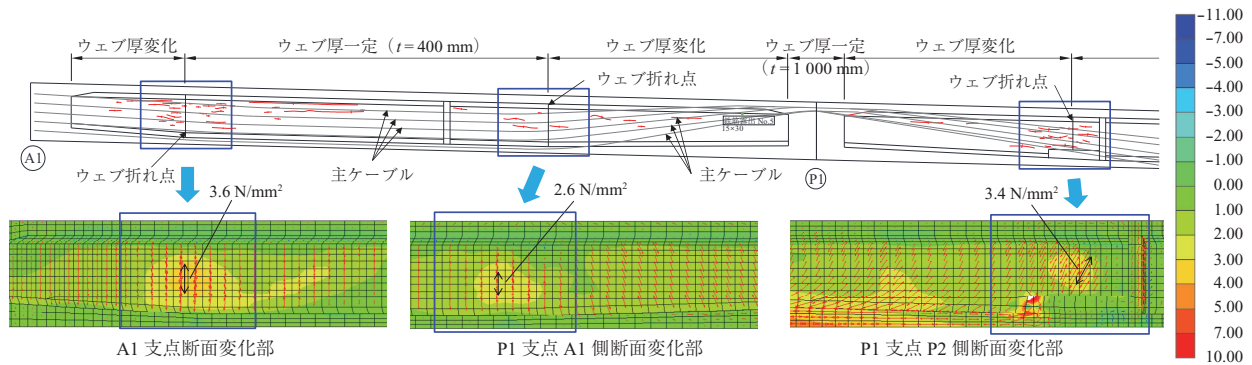


図 - 1 ウェブ損傷図と直後プレストレスによる主応力図 (箱桁内右側ウェブ)

応力解析のモデルは、平面線形 ($R = 70 \text{ m}$) を有する 1.5 径間の対称モデルとした。温度応力解析は、床版のひび割れに主眼を置いた case-1 と横桁のひび割れに主眼を置いた case-2 の 2 ケース行った。case-1 は応力解析と同様に 1.5 径間対称モデルを用い、乾燥収縮を考慮した。Case-2 では、中間支点を中心に前後 12 m 程度を切り出し、コンクリート表層部のメッシュをより詳細に分割したモデルを用い、部材内の湿気移動を考慮した解析を試みた。

3.2 外力による応力解析結果

本橋では、平面線形やウェブ厚変化 (折れ点) の影響で、ウェブにプレストレスによる腹圧力が作用する。応力解析の結果、箱桁内のウェブ表面部に、引張応力が確認された (図 - 1)。点検で確認されたひび割れは、腹圧力による引張応力が大きい箇所主ケーブルに沿って発生しており、解析結果と整合している。このほか、活荷重による壁高欄目地直下の応力集中や、ねじりモーメントの影響による横桁マンホール隅角部の応力集中も確認された。

3.3 温度応力解析結果

(1) 床版ひび割れに主眼を置いた解析結果 (case-1)

温度応力解析 case-1 の結果、壁高欄目地で局部的に張出床版のひび割れ指数低下が確認された (図 - 2)。これは、目地部直下の張出床版が壁高欄の乾燥収縮により、目地が開く方向 (橋軸方向) に引張力を受けたためと考えられる。また、上床版は全体的にウェブの拘束を受けて橋軸方向に引張力を受け、ひび割れ指数が低下している。

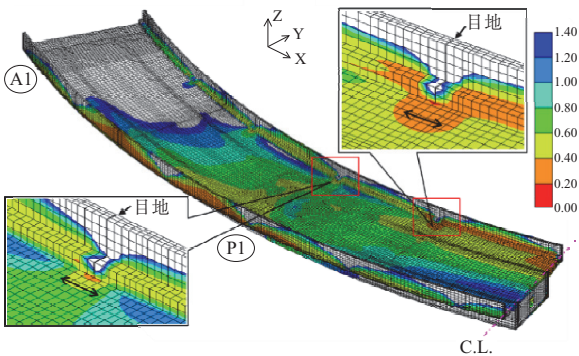


図 - 2 温度応力解析結果 (ひび割れ指数)

(2) 横桁のひび割れに主眼を置いた解析結果 (case-2)

温度応力解析 case-2 の結果、箱桁内部の中間支点横桁

表面およびマンホール周辺において、ひび割れ指数が顕著に低下しているのが確認された。支点横桁表面の引張応力 (図 - 3) と損傷図 (図 - 4) の整合性が高いことが分かる。

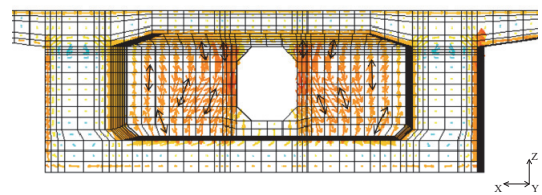


図 - 3 中間支点横桁のベクトル図

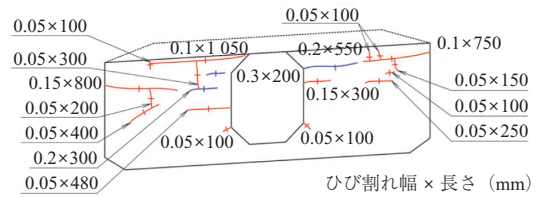


図 - 4 中間支点横桁のベクトル図

4. ま と め

FEM 解析による検証結果のまとめを表 - 2 に示す。当初の推定どおり、ひび割れは施工段階や完成後数年内に発生したものであることが分かる。変状 a については、縁石と橋面防水工の改修により漏水が止まったが、これまでに橋面から塩分を含む水が内部に浸透した可能性が高いため、今後の点検や経過観察など、継続的な維持管理が重要である。

表 - 2 FEM 解析による検証結果

変状の種別	原因	検証方法
a. ウェブのエフロ	b, e のひび割れ	-
b. 張出床版の水染み	目地の影響 乾燥収縮 (外部拘束)	応力解析 温度応力解析
c. 横桁のひび割れ	ねじり 乾燥収縮 (内部拘束)	応力解析 温度応力解析
e. ウェブの水平ひび割れ	プレストレスの腹圧力	応力解析
f. 上床版の直角方向ひび割れ	乾燥収縮 (外部拘束)	温度応力解析

[2017年4月3日受付]