

PC連続合成桁橋の負曲げ区間の床版に発生した劣化の構造的要因に関する検証

NEXCO西日本コンサルタンツ(株) ○伊川 嘉昭 (正会員), 橋本 史幸
西日本高速道路(株) 宮田 弘和 (正会員), 狛 忠弘

1. はじめに

高速道路では、供用年数の長い橋梁が占める割合が多くなっており、冬季の凍結防止剤散布に伴う塩害や重交通に伴う疲労劣化などの構造物の劣化が顕在化している。特に床版の劣化は著しく、対策として床版取替えが精力的に行われている。しかし、現状では床版に主桁効果がない、取替えが比較的容易な鋼橋の非合成桁が主な対象で、今後は床版に主桁効果を期待する橋梁についても抜本的な対策を検討していかなければならない。

本検討では、主桁効果を期待するPC連続合成桁の負曲げ区間の床版を対象に、補修方法の検討に必要な劣化状況と構造特性の関連を解析により検証したのでここに報告する。

2. 構造概要ならびに劣化概要

PC連続合成桁は、昭和38年に名神高速道路で初採用の後、日本道路公団で標準化された構造である。プレキャストのPC単純桁を架設した後、連結または連続化する。従来は、中間支点部付近の負曲げ区間の床版（以後、1次床版という）内にPC鋼材を配置し、床版にプレストレスを導入することで主桁効果を分担し、連続化を図る構造（図1）を採用していたが、最近では2点支承のままRC構造で連結するのが一般的である。

昨今、PC連続合成桁での床版劣化が顕著となっている（写真1）。劣化は主にPC鋼材が内部に配置された1次床版の主桁と床版の境界付近に主体的に発生していることから、材料や環境よりも構造特性による影響を受けている可能性が高いと推測される。

3. 劣化シナリオの推定

劣化部は、土砂化や高い塩化物イオン濃度が確認されており、凍結防止剤散布等による塩害や交通荷重が原因で劣化度が進展したものと推測されるが、発生箇所が主に1次床版に集中していることから構造に起因した劣化である可能性が高い。1次床版には主桁効果による負曲げに抵抗するためにプレストレスを導入している一方で、接合部の構造上、PC鋼材を主桁直上に配置できず（図2）、主桁間の薄い床版部だけに与えたプレストレスで剛性の高い主桁に発生するひずみを抑えなくてはならない。したがって、床版と主桁接合部には大きなせん断力が働くため、1次床版の施工段階で主桁と床版の界面にせん断ひび割れが発生し、そのせん断ひび割れを初期因子として、劣化因子の進入や外力によるひびわれの進展により劣化が進行したものと推測した。

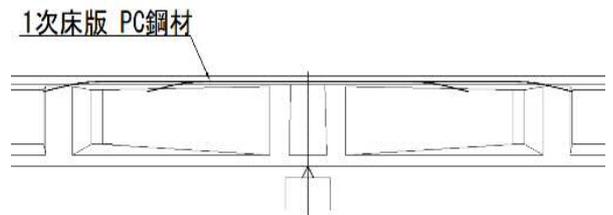


図1 PC連続合成桁の負曲げ区間の床版



写真1 1次床版の劣化状況
(上：上面，下：下面)

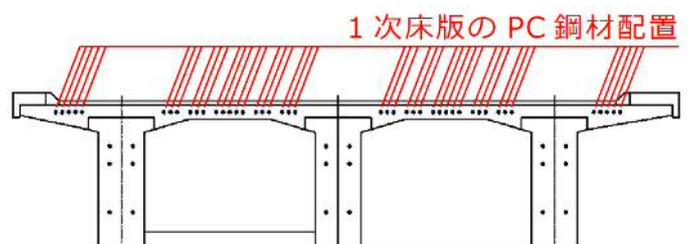


図2 PC連続合成桁のPC鋼材配置

キーワード PC連続合成桁, 床版の劣化, せん断ひび割れ, 劣化シナリオ, FEM解析, せん断応力
連絡先 〒733-0037 広島市西区西観音町17-17 NEXCO西日本コンサルタンツ(株) TEL082-532-5120

4. 解析による検証

推定した施工段階の主桁と床版界面へのせん断ひび割れの発生を検証するため、解析により発生応力を確認した。解析は3次元FEMで1次床版を緊張した時の内部応力状態を再現した。解析モデルは中間支点上横桁を中心とする1/2対称モデルとし、施工時の影響を評価するため、床版コンクリートの弾性係数を変化させ、標準的な設計値と比較した(表1)。

表1 検討ケース

	検討ケース	弾性係数E	備考
Case1	標準(設計使用値)	1.0×E	道路橋示方書
Case2	材令差考慮	0.5×E	主桁と1次床版の材令差を考慮

なお、主桁と1次床版の材令差を考慮した弾性係数については、実際のコンクリートの圧縮強度と弾性係数にはばらつきがあることと若材令時での緊張を想定して、設計値の50%と仮定した。解析結果を以下に示す。

(1)変形図(図3)

上床版には多数のPC鋼材が定着されており、そのプレストレス力が主桁に伝達する過程で床版の支間中央から主桁界面に向かい弓型の変形となる。

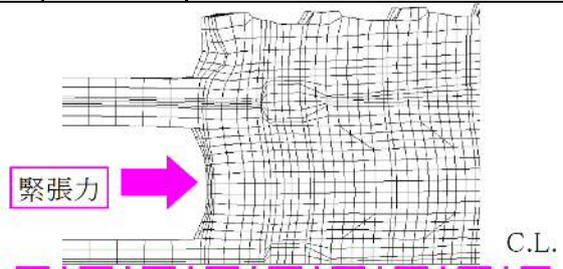


図3 床版緊張時の変形図(×1000倍)

(2)せん断応力コンター図(図4, 5)

主桁と床版の界面付近に局部的なせん断応力が発生していた。特に定着部付近は床版上面に、PC鋼材が内部に配置された範囲は床版下面のハンチ付近に、局部的に応力が発生し、劣化状況と一致している傾向が見られた。

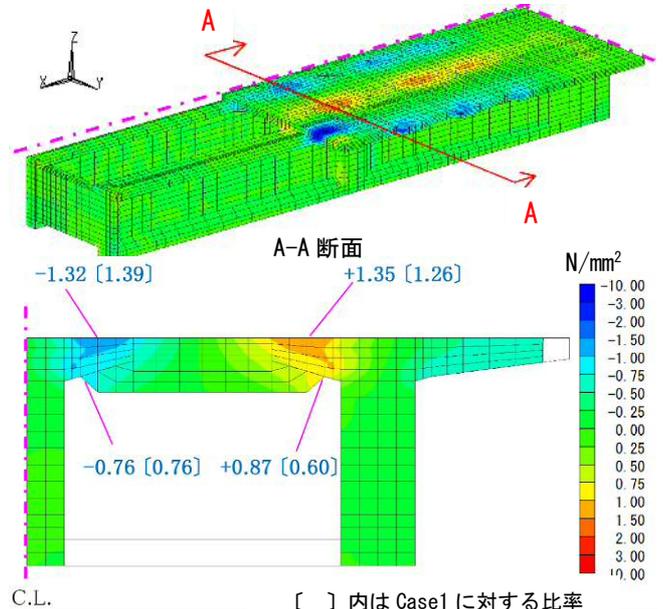


図4 Case2せん断応力コンター図(X-Y方向)

(3)断面欠損を考慮したせん断応力(図5, 表2)

PC鋼材緊張時はグラウトが注入されていないため、シーす孔分の面積が欠損した断面に緊張力が導入される。欠損率に応じて分担された応力はグラウト注入後も残留するため、FEM解析で得られたせん断応力に対してシーす孔による断面欠損率αによる影響を考慮した。



図5 床版内部の鋼材とせん断応力コンター図

表2 断面欠損を考慮したせん断応力(N/mm2)

	発生応力	発生応力 (欠損率考慮)	許容応力 (設計荷重時)	せん断強度 (終局荷重時)
Case1	1.07	1.36	0.49	4.55
Case2	1.35	1.71		

シーす孔 外径: 45 mm
欠損率α: 175/220= 0.79

発生せん断応力は、許容応力を超えていた。また、コンクリートの弾性係数が小さいと発生せん断応力も大きく、施工時の緊張力の影響もあったものと推測される。

5. まとめ

解析による検証で、薄い床版内部に配置したPC鋼材の緊張力により主桁との界面付近に局部的に大きなせん断応力が発生していることを確認できた。すなわち、劣化シナリオは、「1次床版の緊張により施工段階から床版と主桁の境界部においてせん断ひび割れが発生したことで、供用後の交通荷重や路面からの水の浸入によりせん断ひび割れが貫通ひび割れに進展し、床版の劣化が進行した」と推定する。今後、同構造では同様の劣化シナリオを繰り返さないように、劣化状況と構造性を十分に勘案して補修対策を検討する必要がある。

参考文献

1)高速道路調査会：高速道路はじめて辞典，1997,9 2)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編，2012.3 3)西日本高速道路株式会社：設計要領第二集，2017,9