

都市内高速道路における RC ホロースラブ橋面の補修設計

首都高速道路株式会社 正会員○花上遼太, 正会員 石原陽介, 正会員 井田達郎
株式会社オリエンタルコンサルタンツ 正会員 塚田功
(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 青木聡

1. はじめに

首都高速道路における 5 径間連続 RC ホロースラブ区間（1964 年竣工・総延長 75m）の下り走行車線において、写真-1 のような多数のひび割れが確認された。当該区間は、2002 年と 2017 年に舗装切削時のボイド管上部かぶりコンクリートの欠落が確認され、2002 年時の調査で新設時のボイド管浮き上がりによって設計通りのかぶりを満足していないことが判明した。2017 年の補修時は、床版上面の打音検査にて空洞音が確認された範囲に鋼板を敷設した後、ビニロン短繊維（L=6mm）配合のポリマーセメントモルタル（以下、PCM と称す）を用いて上面増厚を行った。図-1 に鋼板敷設範囲を示す。また、2018 年には下り車線側の拡幅工事を実施した。本稿は、2017 年の補修から 2 年で損傷に至ったことから、損傷箇所における損傷要因の推定および補修方法について検討した。



写真-1 損傷状況

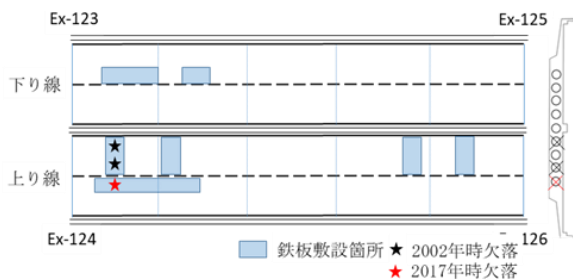


図-1 鋼板敷設範囲

2. 要因推定および補修検討

本損傷の補修検討を行うにあたり、損傷要因の推定を行った。既往の文献より、中空床版の床版厚が減少するとボイド上部かぶりのひび割れ抵抗性が低下すること、床版上面の損傷面積率が高いと床版のたわみに起因してコンクリート舗装と床版間で層間剥離しやすくなること²⁾が確認されている。損傷区間はかぶり不足が確認されており、たわみによる層間剥離が発生しやすいと考えられる。既設の PCM については、2017 年時の工事記録で舗設時点でのひび割れ等は確認されていないが、交通開放後の走行荷重等によって PCM にひび割れが発生した可能性も考えられる。また、今回の損傷は走行車線に集中していることから、拡幅工事に伴う既設壁高欄撤去時のブレーカの振動が影響した可能性も考えられる。これらの状況より、当該箇所における損傷要因の特定は困難であり、補修時には想定した各要因に対して対策を実施することとした。図-2 に補修方法を示す。補修は下記の方針にて行うこととした。

- ① かぶり不足対策として、ひび割れ抑制効果のある鋼繊維を配合した PCM で再舗設を実施。
- ② 層間剥離対策として、床版上面に接着剤を塗布する。
- ③ ボイド管上部のたわみ抑制として、CFRP グリッド筋を総延長分（75m）設置。グリッド筋を床版上面に直置きした場合層間剥離が懸念されるため、スペーサー上にグリッド筋を設置。
- ④ 2017 年に敷設した鋼板については、床版と PCM の接着性を確保するため全て撤去し、ボイド管上部の床版が欠落した場合は、欠損箇所周辺をはつり、穴を塞いだ後 PCM（増厚材料と同じ）にて断面修復。

また、本補修はボイド上部の床版をはつりするため、断面欠損時の安全性確認を目的としたフレーム解析による応力照査を行った。解析手法は全断面有効とした平面フレーム（棒理論）とし、引張方向の許容値は施工時割増し 1.25 を考慮し、 225N/mm^2 とした。活荷重載荷位

キーワード ホロースラブ 上面増厚 PCM 層間剥離

連絡先 〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-16-3 首都高速道路 TEL.03-3264-8522 E-mail:r.hanagami1972@shutoko.jp

置は工事対象車線を除いた車線幅で載荷した。支承条件は、端支点 1 点を固定支点、その他を可動支点とした。解析結果より、割増を考慮した場合は全て引張方向の許容値 225N/mm^2 を満足した。橋直方向の鉄筋は 30% 程度欠損した状態であっても、構造を維持できることがわかったため、1m 幅に対して 30%以上の鉄筋欠損がみられた場合にフレア溶接³⁾にて補強することとした。

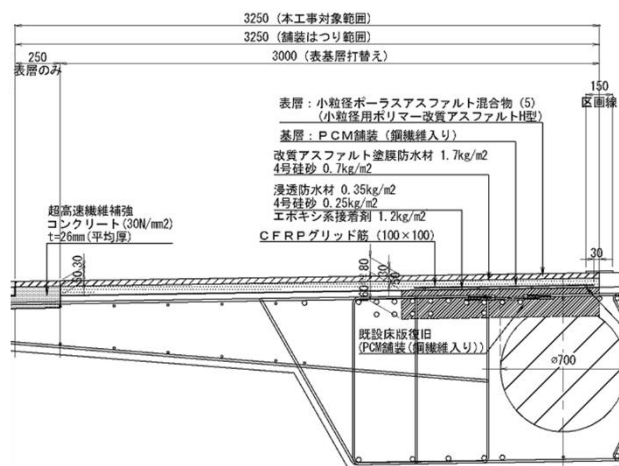


図-2 補修方法（断面図）

3. 施工時の状況

舗装撤去時の状況は、鋼板と PCM、鋼板と床版の付着は切れており、手作業で撤去できる状態であった。PCM と既設床版についても付着が切れており、広範囲にわたり層間剥離している様子が確認された。施工時の RC スラブ上面の状態として、ひび割れ等の損傷は見られなかったが、脆弱部はチッピングハンマーで除去した。また、微細ひび割れが発生している可能性を鑑み、浸透型防水剤を床版表面に塗布した。鉄筋の過切削は 1 箇所確認され、フレア溶接にて添え筋補修を行った。

4. 現場から採取した PCM の健全度確認

現場から持ち帰った既設 PCM 片の電子顕微鏡観察（SEM）と元素分析装置による成分分析（EDS）を実施し、層間剥離の要因について検討した。観察の結果、ひび割れは繊維方向に発生していることが確認され、微細ひび割れ内部には超速硬セメント由来のエトリンガイトの析出が確認されたことから、ひび割れは初期収縮によるものと思われる。図-3 に微細ひび割れ付近を拡大した電子像を示す。尚、モルタル組織は全体的に均質であり、組織の粗密等は見られなかった。次に、床版と PCM の剥離面の分析を行った。図-4 に PCM～床版界面の電子像を示す。PCM と床版界面には接着剤と思われる有機系物質層が確認され、接着剤と床版の界面には灰色の層が確認された。灰色層について成分分析

を行ったところ、主成分は Ca, O, C であることから、床版コンクリートの付着と考えられ、今回採取した試料においては PCM と床版の層間剥離は、接着剤と床版の界面で生じていることが分かった。

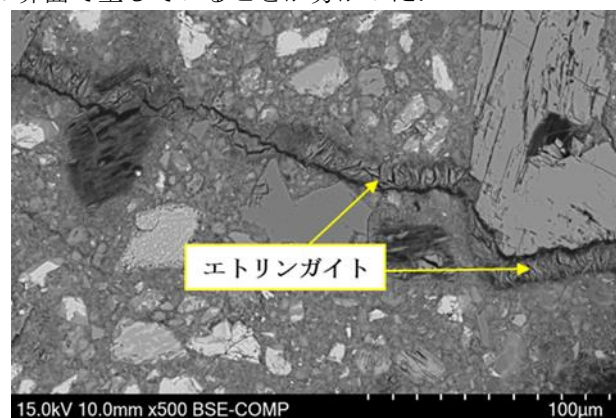


図-3 微細ひび割れ付近の電子像（SEM）

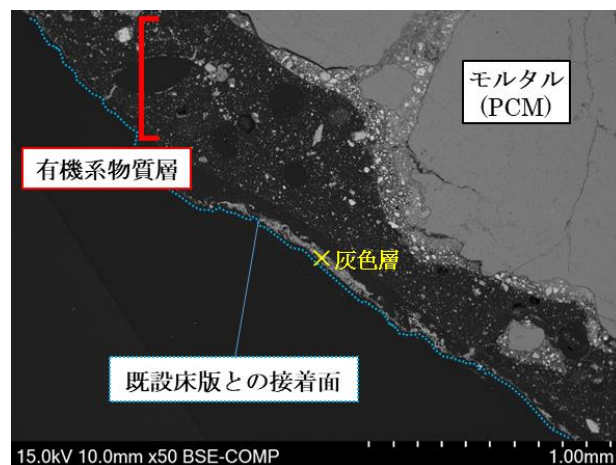


図-4 PCM と床版界面の電子像（SEM）

5. おわりに

今回の損傷原因は、PCM～床版間の層間剥離と考えられるが、層間剥離に至るまでに様々な要因が複合的に作用したものと考えられる。既設床版の劣化度と PCM の層間剥離との関係については未解明な点も多く、実験等により PCM で増厚した床版の層間剥離メカニズムについて検討する予定である。

参考文献

- 1) 松下拓樹, 安里俊則, 福田雅人, 徳永卓: 中空床版橋の円筒型枠上部の床版厚が床版の耐荷性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集 39 巻, pp343-348, 2017
- 2) 長谷俊彦, 和田圭仙, 後藤昭彦: 上面増厚床版における劣化要因の検証と耐久性向上対策の検討, 日本コンクリート工学テクニカルレポート vol.50, pp.245-253, 2012.
- 3) 鉄筋フレア溶接継手設計施工指針, (財) 鉄道総合技術研究所