因島大橋東高架橋のコンクリート床版損傷原因

本州四国連絡高速道路株式会社　正会員　○金田　泰明
本州四国連絡高速道路株式会社　非会員　中西　治
本州四国連絡高速道路株式会社　非会員　藤澤　幸廣

1. はじめに

供用後 34 年が経過した因島大橋東高架橋の RC 床版は、コンクリートの土砂化による舗装のポットホールの発生、RC 床版下面の剥落等の劣化が進行したため、上り線で床版増厚工法による補修工事を実施した。本論では、補修工事をするにあたり実施した、微破壊調査法(以下、Single i 工法[1])、塩化物イオン濃度測定、目視、打音調査等の調査結果に基づき、明らかにした床版の劣化過程について示す。

2. 工事対象橋梁

因島大橋東高架橋は、鋼 3 径間連続トラス橋（橋長 158.00m, 幅員 2×9.00m, 床版厚 210mm）で、広島県尾道市の向島と因島を結ぶ因島大橋に取り付く海峡部高架橋である。H28 年度の日平均交通量は 18,563 台であり、しまなみ海道を構成する重要な高架橋である。

写真１ 因島大橋東高架橋(全景)

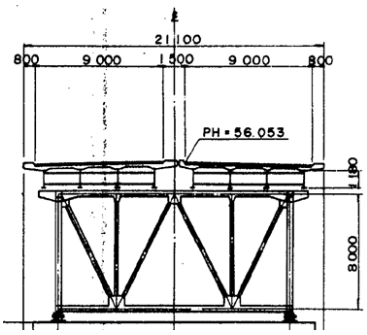

図１ 因島大橋東高架橋(断面図)

3. 損傷状況

本橋は、H21 年の舗装補修時に床版上面の断面修復をグラウト用無収縮材料で行っており、その際に建設当初になかったグレード I のシート系床版防水を施工していた。しかしながら、補修 5 年後の H26 年に舗装のひび割れと噴出物を確認、H27 年には路面開削調査により床版コンクリートの土砂化を、同年に舗装のポットホールの発生を確認しており、噴出箇所は年々増加傾向にあった。以上の変状より、床版劣化メカニズムを明らかにし補修方針を決定するため、塩化物イオン濃度測定、目視・打音調査、Single i 工法による調査を実施した。

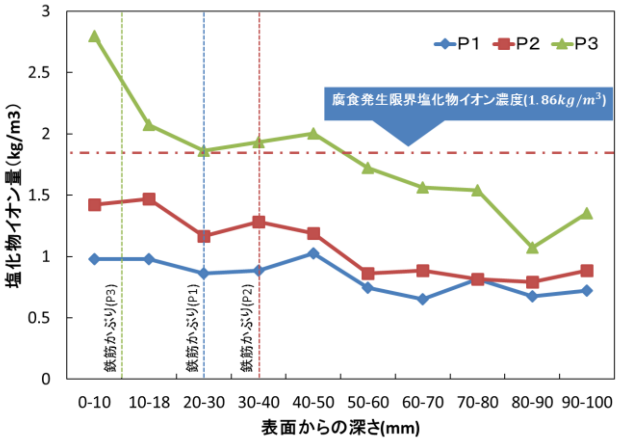

図２ 塩化物イオン濃度調査

4. 調査結果

塩化物イオン濃度は、上り線 3 箇所で測定を行い、当該コンクリートの腐食発生限界塩化物イオン濃度(1.86kg/m³)を越える 2.7kg/m³ の箇所を確認した(図 2)。目視・打音調査は、床版上面から、浮き、噴出物、噴

表１ 因島大橋東高架橋(上り線) 調査結果一覧

削孔番号	上面からの状態調査			下面からの状態調査				Single iによる調査結果	
	浮きの有無	噴出物の有無	噴水の有無	浮きの有無	ひび割れの状態	遊離石灰の有無	漏水の有無	変状の有無および状態	断面修復材の有無
A	有り	―	―	有り	―	―	有り	補修材と母材界面の母材側にひび割れが発生	35mm厚
B	―	―	―	有り	―	―	有り	舗装と床版の界面で砂利化	―
C	―	―	―	―	―	―	有り	特になし	―
D	有り	少	―	―	―	―	有り	補修材と母材界面の母材側にひび割れが発生	46mm厚
E	有り	多	―	―	―	―	有り	削孔深さ95～115mmほどが砂利化 137mm付近にひび割れが発生	―
F	有り【大】	―	―	―	―	―	―	削孔深さ132mmと140mm付近でひび割れが発生	23mm厚
G	―	多	多	―	有り	―	有り	削孔深さ124mm以降で豆板を確認	―
H	有り【大】	―	―	―	―	―	―	未実施	―
I	―	―	―	―	有り	―	有り	特になし	―

キーワード　RC 床版，土砂化，上面増厚，Single i，微破壊調査，塩化物イオン
連絡先　〒722-0073　広島県尾道市向島町 6904(向島インターチェンジ内)　ＴＥＬ0848-44-3700

水の有無を、床版下面から、浮き、ひび割れ、遊離石灰、漏水の有無を確認した(表 1)。なお、床版の断面修復箇所で土砂の噴出が多数発生していることも確認した。

4. Single i 工法の調査結果

床版コンクリート内部の劣化状態を調査するため、Single i 工法による調査を実施した(表 1)。この工法は、コンクリートに φ9mm の削孔を行い、特殊樹脂によって色づけしたひび割れを工業用内視鏡で調査する工法である(図 3)。調査は、目視・打音調査の結果を参考に、損傷部、無損傷部を含めた 9 箇所において、損傷の多かった道路センターラインを中心に行った。

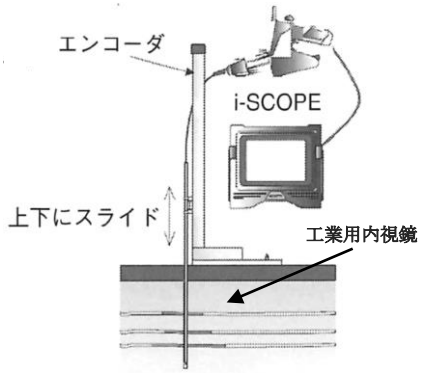

図 3 Single i 工法の調査イメージ

代表的な調査結果として、削孔番号 A(表 1)を図 4 に示す。この箇所は、H21 年の舗装補修時に断面修復を行ったが、断面修復部と既設床版の界面付近にひび割れを確認した。更に全体的な傾向として、上側鉄筋位置周辺及びその直下にもひび割れが発生していた(図 5)。

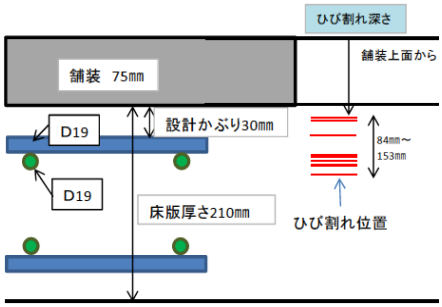

図 5 鉄筋とひび割れの位置関係

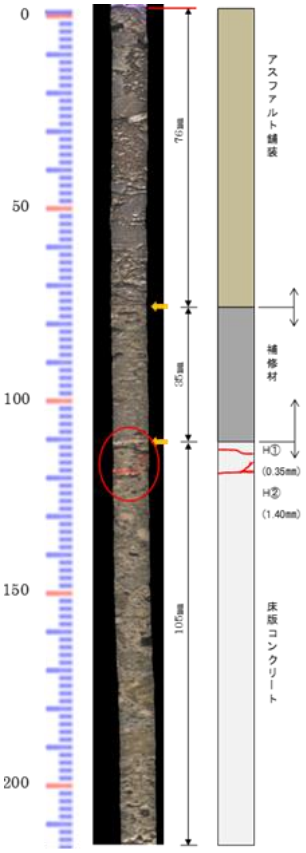

図 4 削孔番号 A の削孔内部画像

5. 床版の劣化過程と補修工法の選定

塩化物イオン濃度が高いのは、本橋が建設された際の内在塩分に加え、凍結防止剤の塩分を含んだ雨水の浸入によるものと考えられた。

目視・打音調査結果から、床版下面の漏水や床版上面の浮き、土砂化を確認しており、防水工の一部が損傷したこと、それに伴う床版コンクリートの土砂化が考えられた。

Single i 工法の結果から、床版コンクリート内部のひび割れは、H21 年の断面修復時のブレーカはつりによって発生したマイクロクラックを起点としたケース、補修部界面での付着切れが生じているケース、鉄筋周辺でひび割れが進展しているケースが考えられた。

表２ 床版の塩害による劣化進行過程 [2)]

劣化過程	床版断面の損傷イメージ図 (ひび割れ，漏水，鉄筋腐食に着目)	床版の劣化・損傷内容
潜伏期		・初期欠陥等によるひび割れ
進展期		・塩分を含んだ水のひび割れ内への浸透 ・腐食の発生
加速期		・床版上側鉄筋の腐食膨張 前期：腐食ひび割れ発生 後期：腐食ひび割れが多数発生
劣化期		・床版上面コンクリートの部分剥離 ・舗装上面に石灰分流出など多く発生 ・床版上面の砂利化発生
		・床版下側鉄筋の腐食膨張 ・床版下面コンクリートのはく離 ・腐食量の増大により耐荷力が低下

上記の状態は、表２に示す床版コンクリートが加速期の段階であり、部分的な断面修復を行っても損傷が繰り返されることが想定されるため、長期的な維持管理コストや安全管理上の観点から、補修工法としてグレードⅡの床版防水と合わせて、上面増厚工を採用した。また、床版コンクリートはつりには、マイクロクラックの発生を抑えることを目的にウォータージェットによるはつりを採用した。

6. まとめ

Single i 工法は、大掛かりな舗装撤去することなく、微破壊で床版内部の調査が可能なメリットがある。本橋においても、床版コンクリート内部の劣化状況が詳細に確認でき、調査結果に基づく適切な補修方法を選定することができた。

参考文献

1) 谷倉泉, 渡邉晋也/コンクリート内部に発生した水平ひび割れを探る−微破壊調査法とその適用事例−, セメント・コンクリート論文集 No837, Nov. 2016

2) 土木学会(2016)/道路橋床版の維持管理マニュアル２０１６, 土木学会 鋼構造シリーズ２７, 丸善出版