

コンクリート補修材料の X 線 CT による内部観察

(国研) 土木研究所 正会員 ○櫻庭浩樹 熊谷慎祐 内藤勲 佐々木 徹 西崎 到

1. はじめに

コンクリート構造物に補修工法を適用した後、期待した効果が発揮されず、再劣化が生じる場合がある¹⁾。再劣化を防止するためには、補修対象となるコンクリート構造物を調査し、劣化した原因を解明した上で、対策を講じることが重要である。コンクリート構造物が劣化した原因を解明するためには、外観調査だけではなく、その内部構造も把握することが望ましい。

X 線 CT は、コンクリートの内部を観察できる代表的な技術であり、コンクリートの組織構造の評価等に適用されている²⁾。しかし、コンクリート補修材料に着目した場合は、断面修復工への X 線 CT の適用事例³⁾が報告されているものの、まだ適用事例は少ない。X 線 CT のコンクリート補修材料の内部観察への適用性を確認するためには、ひび割れ注入工や表面被覆工等の他の工法に対しても X 線 CT を適用する必要がある。

そこで、本研究では、X 線 CT のコンクリート補修材料の内部観察への適用性や補修が施されたコンクリート構造物の再劣化の原因究明を目的とし、ひび割れ注入工、表面被覆工および断面修復工が実施された構造物からコアを採取し、X 線 CT による観察を行った。本稿では、4 種類のコアの観察結果を報告する。

2. X 線 CT による観察方法

2.1 装置の概要

実験装置には、微細な観察に適したマイクロフォーカス型 X 線 CT 装置 (最大管電圧 320kV, 最大管電流 2mA, 検出器有効画素数 1024×1024 ピクセル, 撮影方式: コーヒービーム方式) を用い、コア供試体の内部を観察した。図-1 は、X 線 CT 装置の概要を示す。

2.2 供試体

表-1 に X 線 CT の観察条件を示す。コア供試体 A (直径 50mm) は、北海道の海岸部に 1980 年代に架設された単径間 RC 床版桁から採取したもので、2010 年代に当該橋梁の床版桁下面において、部分断面修復とひび割れ注入 (有機系) が行われた。補修工事の際、床版桁下面のひび割れ注入箇所からコアを 1 本採取し、そのコアを供試体とした。

コア供試体 B, C, D (直径 75mm) は、北陸地方の海岸部に 1960 年代に架橋された単純 PC ポストテンション方式 T 桁橋から採取した。当該橋梁は、塩害によって劣化が生じたため、1980 年代および 2000 年代に表面被覆工 (有機系) および断面修復工 (部分的に実施) による補修が二度実施された。その後、劣化の進行等により、供用停止に至った。図-2 には、対象部材とコアの採取位置を示す。コア供試体 B は表面

表-1 X 線 CT の観察条件

	名称	
	コア供試体 A	コア供試体 B, C, D
材料種類	ひび割れ注入材	表面被覆材 断面修復材
作製方法	実構造物からコアを採取	
コア直径	50mm	75mm
管電圧	180kV	275kV
管電流	140μA	225μA
露光時間	1.0sec	
透過度調整用フィルタ	銅, 板厚 1mm	銅, 板厚 3mm

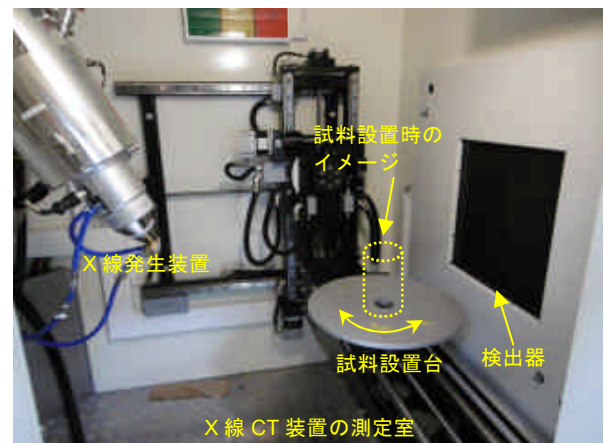


図-1 X 線 CT 装置の概要

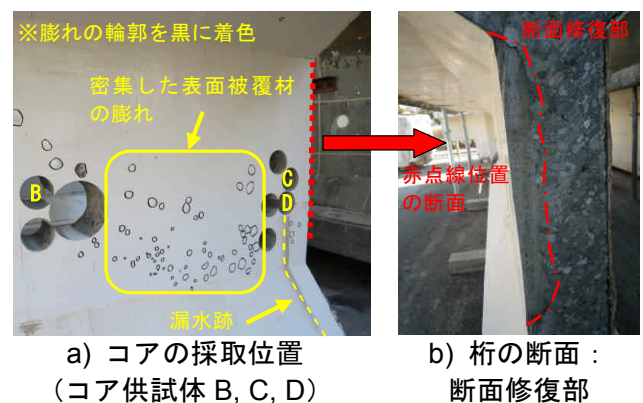


図-2 対象部材とコア供試体 B, C, D の採取位置

キーワード ひび割れ注入材, 表面被覆材, 断面修復材, X 線 CT, 内部観察

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 TEL:029-879-6763

被覆材に膨れが生じた部位から採取し、コア供試体 C と D は表面被覆材と断面修復材により補修された部位から採取した。

3. 観察結果

3.1 ひび割れ注入工

図-3 は、コア供試体の X 線透過度のヒストグラムの概要を示す。第 1 のピークは、供試体の空隙および供試体以外の領域の空気部、第 2 のピークはコンクリート部と判断される。図-4 は、コア供試体 A の表面から 7cm 位置の内部構造を示す。空隙部とコンクリート部を判別し易いように、X 線透過度の相対値のヒストグラムに基づいて、空隙部を赤く表示するように画像処理を施している。その結果、ひび割れ部は赤く表示されず、当該断面において、空隙部がひび割れ注入材で充填されていることが確認できる。

3.2 表面被覆工および断面修復工

図-5 は、コア供試体 B, C, D の内部構造を示す。コア供試体 B の内部構造より、表面被覆材が膨れている様子が分かる。また、膨れ内部（膨れ内部を画像処理で赤く表示）の X 線透過度を確認した結果、図-3 で示した第 1 ピーク（空気部）と第 2 ピーク（コンクリート部）の中間の値を示したことから、膨れ内部は空洞ではないと思われる。コア供試体 C と D の内部構造より、1) コンクリートと断面修復材の界面、2) 断面修復材の打継ぎ界面（1980 年代に施工された断面修復材）、3) コンクリートのひび割れ、が確認できる。コア供試体 C と D が採取された部材の外観観察では（図-2 a)）、コア採取位置近傍で漏水跡や表面被覆材の膨れが確認された。コア供試体 C と D の観察の結果より、界面やひび割れを伝わって水が集積し、漏水や膨れ等の外観の異常が生じたものと推察される。

4. まとめ

本研究では、ひび割れ注入工、表面被覆工および断面修復工により補修が施された実構造物からコアを採取し、X 線 CT 装置を用いてそれらの内部構造を観察した。観察の結果より、ひび割れ注入材が充填されている状況、表面被覆材の膨れ内部、断面修復材の打継ぎ界面およびコンクリートと断面修復材の界面が確認された。

参考文献

- 1) 熊谷慎祐他：表面被覆工および断面修復工による補修を施したコンクリート構造物の再劣化，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第 14 巻，pp.271-276，2014
- 2) 杉山隆文他：高解像度型 X 線 CT による AE モルタル中の空隙構造の透視，土木学会論文集 E2，Vol.67，No.3，pp.351-360，2011.
- 3) 石神暁郎他：コンクリート開水路の断面修復における当該ひび割れ発生範囲の特定に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，2014

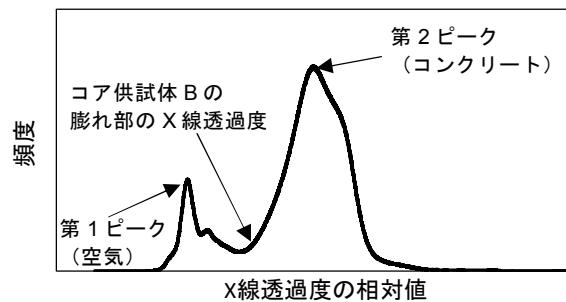


図-3 コア供試体の X 線透過度のヒストグラムの概要

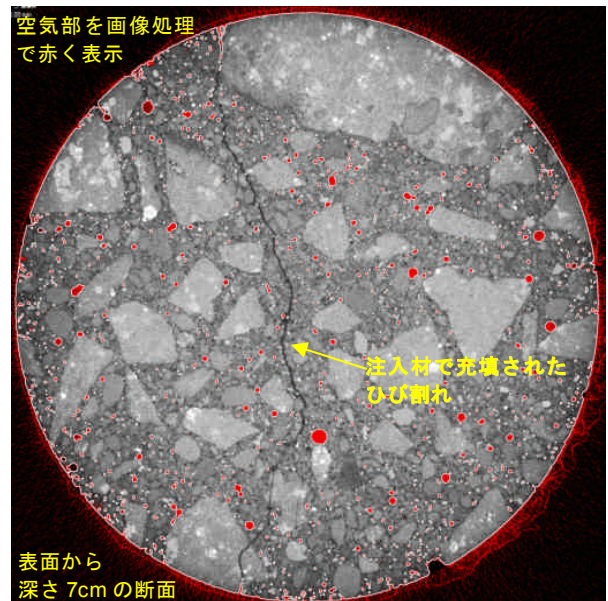


図-4 コア供試体 A の内部構造

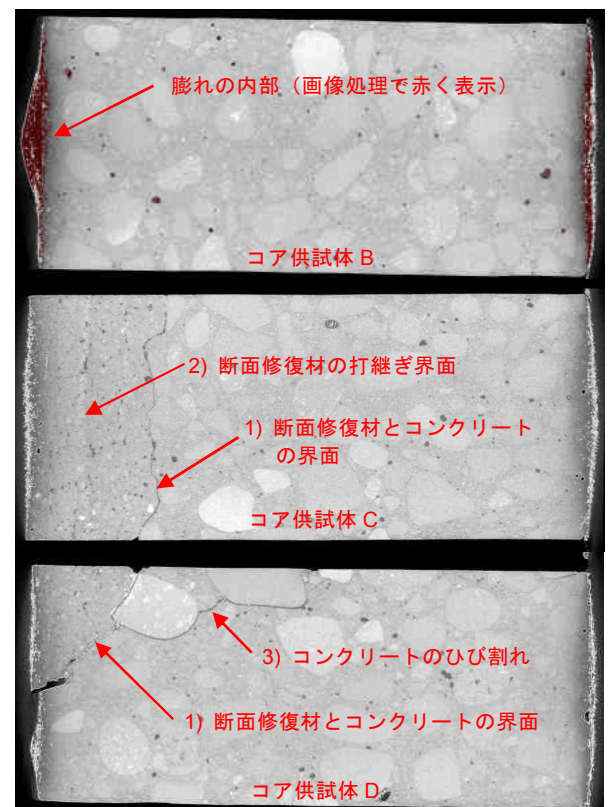


図-5 コア供試体 B, C, D の内部構造