

小口径コア型試験機を用いたコンクリート柱状サンプルによる コンクリートの内部損傷の診断法

日大生産工(院) ○李秦陽 日大生産工 阿部忠 日大生産工(院) 木内彬喬
中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 高野真希子

1. はじめに

供用開始から 50 年が経過した道路橋 RC 床版は交通量の増大および過積載車両の走行による疲労損傷が数多く発生している¹⁾。とくに、橋面防水層を設けていない RC 床版は、下縁から発生した貫通ひび割れから雨水が浸透し、車両の走行によるすりみがきによって、漏水と同時にセメント成分の滲出によりコンクリートの強度低下が生じている。とくに、海岸線に建設されたコンクリート橋や床版においては、飛来塩分が床版内部に蓄積し、鉄筋に発錆が見られ、下面に錆汁などの沈着が見られるなど、地域の環境条件によって、さらに劣化が促進されている。これらの点検においてコンクリート表面に何らかの異常が生じている場合、目視による点検も可能である。しかし、床版内部に発生した貫通ひび割れや水平ひび割れ、さらには上面増厚補強における界面のはく離などの診断については、衝撃弾性波や電磁波レーダを用いた非破壊試験²⁾では適切なひび割れ発生位置などの診断が困難な状況である。これらのことから阿部ら^{3), 4)}は、コンクリート構造物の内部変状を適切に判定する診断法として小口径コア型試験機を用いたコンクリート構造部材の柱状サンプル採取方法を提案している。

そこで本研究では、供用 47 年で撤去した旧銚子大橋の RC 床版の損傷状況について診断する。この RC 床版は 1985 年に SFRC 上面増厚補強が施され、床版内部には塩化物イオン量が多く含まれており、増厚界面でははく離も見られる。SFRC 増厚補強した内部変状の診断として小口径コア型試験機を用いて柱状サンプルを採取し、ひび割れ発生状況について検証する。また、水平ひび割れの発生位置について建研式引張試験を行い、界面の引張強度および破壊状況を検証し、道路橋床版の内部損傷の診断技術に一助

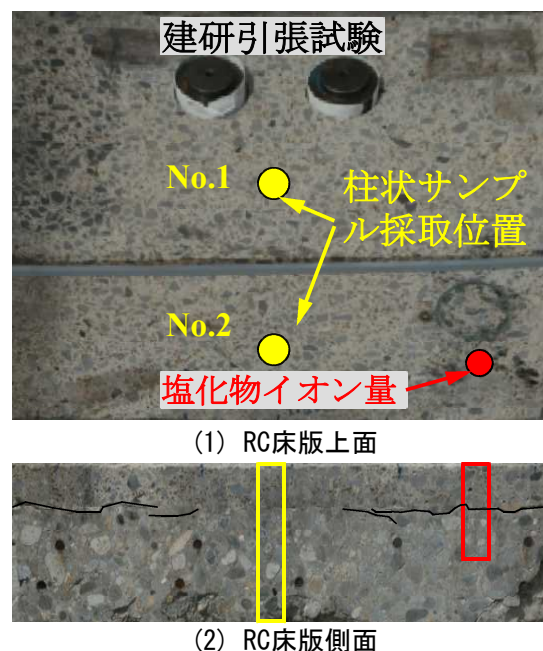


写真-1 旧銚子大橋の切り出し床版

とする。

2. 旧銚子大橋の供試体概要

診断に用いる供試体は、1956 年（昭和 31 年）の「鋼道路橋設計示方書（日本道路学会）」⁵⁾に規定に基づいて設計された RC 床版であり、主筋には ϕ 16mm、配力筋には ϕ 13mm の丸鋼が使用されている。床版厚は 150mm であり、1985 年に 70mm ～ 80mm の SFRC 増厚補強が施されている。なお、本調査においては増厚層を 40mm に上面を切削した供試体を用いる。ここで、旧銚子大橋の RC 床版供試体の損傷状況を写真-1 に示す。

3. 旧銚子大橋の劣化診断

(1) 塩化物イオン量 塩化物イオン量の測定は、SFRC 増厚部の 40mm 層と床版厚 140mm の層から、ドリル法によるコンクリート粉体を採取し、塩分分析法により、塩分量

Diagnosis Method of Internal Injury of Concrete by Column Sample Using Small Size Cores Machine

Qinyang LI, Tadashi ABE, Akitaka KIUCHI and Makiko TAKANO

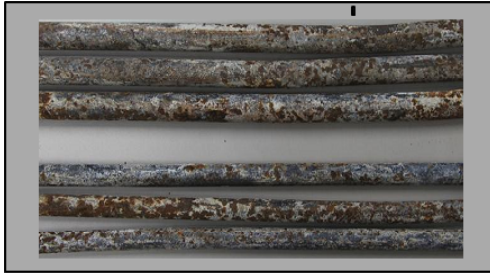


写真-2 鉄筋の発錆状況

を計測した。その結果、SFRC 増厚部の塩分量の平均値は 1.7kg/m^3 である。なお、増厚部は 30mm から 40mm 切削したことから上面より 40mm から 80mm の塩分量となる。一方、RC 床版部の塩化物イオン量の平均は 1.4kg/m^3 であり、いずれも鉄筋の発錆限界濃度 1.2kg/m^3 を超えている。ここで、同一の床版の鉄筋の発生状況を写真-2に示す。

47 年間供用された RC 床版鉄筋の発錆状況は写真-2に示すように、丸鋼全体に発錆が見られる。塩化物イオン量は 1.4kg/m^3 と発錆限界濃度 1.2kg/m^3 を超えていることから、発錆状況とも一致した。

(2) 非破壊試験による診断²⁾

1) 目視点検およびハンマー打診 実橋から撤去した、RC 床版供試を用いて目視点検を行った。これによると上面を見る限り、ひび割れの発生は見られない。本来ならば確認出来ない増厚界面、上縁から 40mm の位置にはく離に伴う水平ひび割れが見られる。橋梁点検において目視点検は点検の基本であるが、実橋においては RC 床版の断面内の水平ひび割れの点検は目視点検では困難である。

次に、ハンマー打音による打診を行った。その結果、本診断に用いた旧銚子大橋の RC 床版は、上面に 40mm の SFRC が増厚されていることから、ハンマー打音による音の変化は確認できず、増厚面下方に発生している水平ひび割れの検出は困難であった。ハンマー打音による実橋での診断においても走行音とにより、判定は困難であると考えられる。

2) 電磁波レーダ法 電磁波レーダ法は、電磁波をコンクリート表面に向けて放射し、電磁波がコンクリートと電気的性質の異なる鉄筋や空洞位置との境界面で反射されて受信される時間から、反射物体までの距離を測定する方法である。本供試体では、床版上面に



写真-3 建研引張試験

SFRC による上面増厚が施されていることから、上面からの診断は困難であった。したがって、下面からの診断を試みた。その結果、下縁からの診断においてもひび割れ等の判読は困難であった。

以上より、RC 床版供試体の比較的浅い位置に発生した水平ひび割れの診断においては、打音法や電磁波レーダ法では診断することは困難で有ることから、誰でも簡単に診断できるコンクリート構造部材の柱状サンプル採取による診断法を提案した。

4. 建研引張試験による引張強度の測定

(1) 建研式引張試験法 実橋梁で SFRC 上面増厚補強が施された RC 床版は、輪荷重の繰返し走行により、増厚部と既存床版との界面ではく離が生じている。そこで、本供試体では深さ方向に $\phi 100\text{mm}$ 、厚さ 5mm のドリルビットで深さ 50mm 程度まで切り込みを入れ、建研式引張試験を行う。本供試体は 2 箇所試験を実施する。建研式引張試験は $\phi 100\text{mm}$ で切り込みを入れた後、コア上面に接着剤を塗布して鋼製治具を圧着させ、養生を行う。接着剤が硬化したのち、建研式引張試験機を用いて、載荷速度 $1.0\text{N/cm}^2/\text{sec}$ で引張試験を実施する。ここで、建研式引張試験の実験状況を写真-3に示す。なお、建研式引張試験による引張強度の算定には式[1]として与えられる。

$$f_t = P_T / A \quad [1]$$

ここで、 f_t : 引張強度 (N/mm^2)、 P_T : 接着荷重 (N)、 A : 接着面積 (mm^2)

(2) 建研試験結果 建研式引張試験における界面の付着強度はコア採取時に深さ 40mm 付近置、すなわち増厚界面付近で破断したことから引張強度は 0N/mm^2 である。また、コア採取の増厚界面の破断状況を写真-4に示す。破壊位置は増厚層と既存床版の界面であり、一部に既設床版のコンクリートが付着しているものの破



(1) 供試体No. 1



(2) 供試体No. 2

写真-4 建研引張試験による破断面

断面の 90%が SFRC の打継ぎ面となっている。

以上より、建研引張試験においても SFRC との増厚界面で疲労によるはく離が発生していることが確認された。

5. 柱状サンプルによる水平ひび割れ診断方法

(1) 調査概要 コアサンプルを用いて分析する性状調査方法は一般的に行われているが、コア径により床版へ不要なダメージを与えることや、水平ひび割れや砂利化などの内部損傷状況によっては図-1に示すように、水平ひび割れや脆弱層ではコアの採取が困難な場合がある。これに対して本手法は、採取するコアよりも小さなコア径（ ϕ 10mm）による削孔を行い、浸透性接着剤を注入し、水平ひび割れや砂利化などの内部損傷部に浸透させて内部損傷状況を保持させるものである。

(2) 診断方法 水平ひび割れや内部損傷の診断の手順を図-2、図-3に示す。供用後 47 年で撤去された床版供試体上面にコアドリル装置を設置し（図-2①、図-3(1)）、 ϕ 10mm の接着剤注入用の孔を削孔し（図-2②）、削孔内部のコンクリート粉等を除去する（図-2③）。次に、ひび割れ箇所をシール材で覆う。実橋 RC 床版では、水平ひび割れの発生位置は確認出来ないが、本供試体は撤去した供試体であることから水平ひび割れの発生位置が確認できる。そこで、浸透性接着剤⁶⁾は 0.05mm 程度ひび割れに浸透することから接着剤材を注入する前に接着剤漏洩を防止するためにシール材でひび割れ箇所を完全に覆う必要がある（図-3(2)）。その後、浸透性接着剤に蛍光塗料を混入し、専用の注入器具を用いて（図-3(2)）接着剤を圧入する（図-2④）。接着剤は圧入することで削孔周辺の水平ひび割れや微細なひび割れに浸透することから、その周辺のひび割れの補修効果も期待される。接着剤の強



図-1 RC床版内部損傷状況と採取コア例

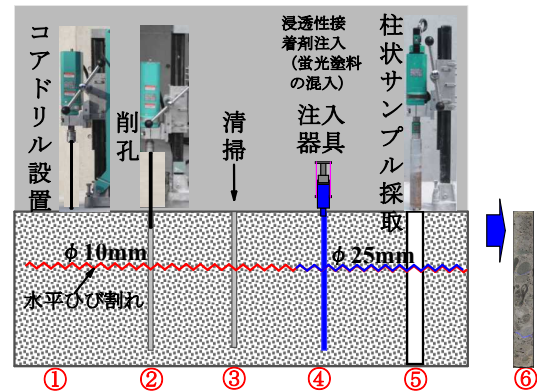
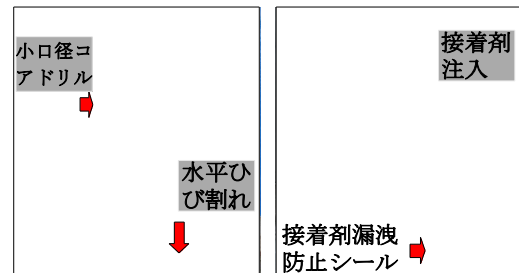


図-2 小口径コアによる床版内部の調査手法



(1) ドリルの設置 (2) 接着剤の注入

図-3 ドリルの設置と接着剤の注入状況

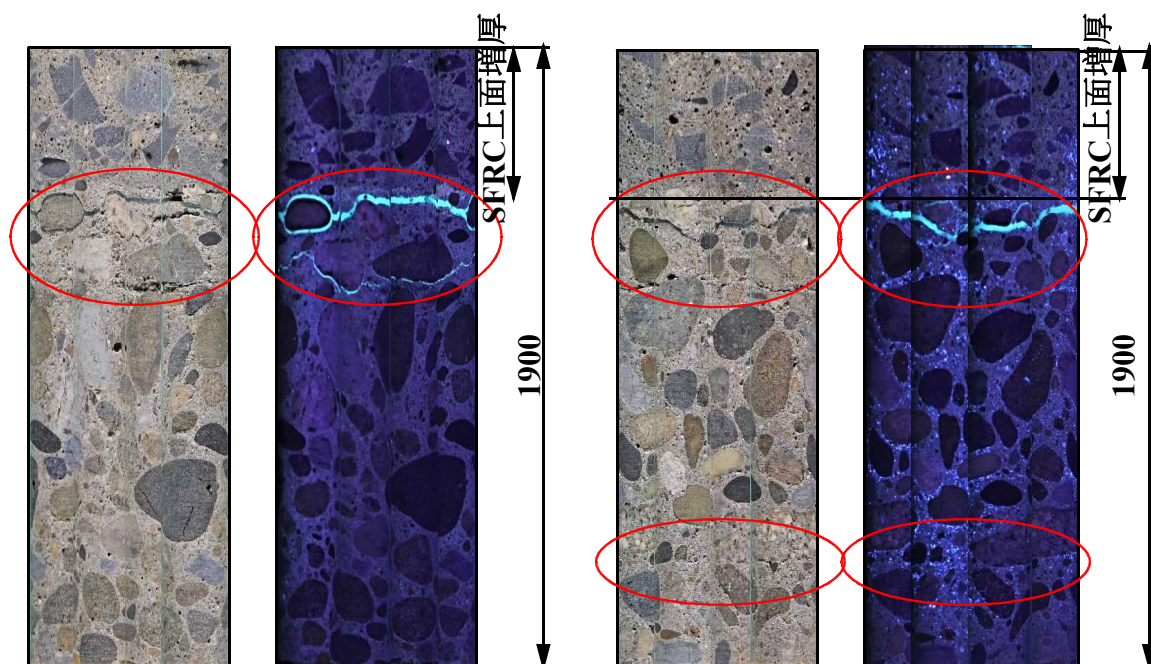
度が発現された後（養生 8 時間後）に同位置で ϕ 25mm のドリルビットを用いて柱状サンプルを採取する（図-2⑤）。柱状サンプルは、水平ひび割れ発生箇所に蛍光塗料が混入した接着剤が浸透し、ひび割れ確認が効能となる（図-2⑥）。

以上より、コア採取は単純な方法であるが、適切に柱状サンプルの採取が可能となる。なお、柱状サンプルは、塩化物イオンの測定や中性化の診断に用いることも可能となる。

(3) RC床版の内部損傷に対する診断結果 本診断においては、柱状サンプルの表面を目視確認することで床版内部のひび割れ位置等の損傷状況の診断を行った。

柱状サンプル採取は図-4に示す。なお、コア採取した位置は写真-1に示した。両供試体ともに、接着剤の効果により、柱状サンプルが適切に採取された。

供試体 No.1 は図-4(1)に示すように、採取



(1) 供試体No. 1

(2) 供試体No. 2

図-4 柱状サンプルから得られたひび割れ損傷

したコアに目視でも確認できる水平ひび割れが発生している。また、ブラックライトの照射した写真では、採取したコアには見にくい部分にも接着剤が浸透し、ひび割れの確認が可能である。コンタクトゲージによる界面付近のひび割れ幅は 1.4mm である。下方のひび割れは 0.5mm である。なお、床版下面側では微細なひび割れには接着剤が浸透するが、幅 1.0mm 以上のひび割れに接着剤が浸透されていない結果となった。一方、供試体 No.2 においても上面増厚界面から 5mm 程度下方で水平ひび割れが発生している。さらに上面から 60mm 付近の RC 床版内に水平ひび割れの発生も見られる。ブラックライト照射した図-4(2)では RC 床版コンクリート内部のひび割れは僅かに確認できる。さらに、コンクリートの劣化により多くの断面に浸透性接着剤が浸透していることから、脆弱層の範囲が広範囲にわたっていることが確認できる。

以上より、柱状サンプル採取による内部コンクリートの診断においては採取したコアにおいて、目視で確認できるひび割れと目視で確認できないひび割れが検証でき、併せることでより多くにひび割れ確認が可能となった。

7. まとめ

小口径コア型試験機を用いたコンクリート床版内部のひび割れや内部損傷の診断は、水平ひび割れが発生した RC 床版から浸透性接着剤の注入により、1本化された柱状サンプルの採取が可能となった。また、蛍光色を混入した浸透性接着剤がブラックライトを照射することにより、可視化や水平ひび割れ幅の測定が診断できた。

参考文献

- 1) 土木学会：鋼構造シリーズ 27 道路橋床版の維持管理マニュアル 2016, 2016.10
- 2) 日本コンクリート工学会：コンクリート診断技術' 14 [基礎編], 2014.2
- 3) 阿部忠, 高野真希子：コンクリート構造部材の深さ方向性状測定方法及び装置, 特許第 6093951 号
- 4) 阿部忠, 大窪克己, 高野真希子：コンクリート構造部材の柱状サンプル採取方法, 特許第 6308541 号
- 5) 日本道路協会：鋼道路橋示方書, 1956
- 6) 大野晃ほか：超速硬繊維補強セメントモルタルを用いた道路橋 RC 床版の部分補修技術に関する研究, 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 13 巻, pp.357-264, 2013.11