

床版上面の補修に用いる超高強度繊維補強コンクリートの屋外環境下のひび割れ抵抗性

(国研) 土木研究所 正会員 ○櫻庭浩樹 小沢拓弥 田中良樹 古賀裕久

1. はじめに

場所打ちの超高強度繊維補強コンクリートは、物質透過抵抗性が高いことから、凍結防止剤散布による塩分供給などを受けて厳しい環境に曝される道路橋 RC 床版の補修への適用が期待されている。ただし、超高強度繊維補強コンクリートは粉体量が多く、一般に自己収縮が大きいため、拘束条件によってはひび割れの発生が懸念される。また、既設コンクリート界面との付着性を高めるために、ウォータージェットによるはつりが行われる場合があるが、これが収縮の拘束に及ぼす影響は必ずしも明確でない。そこで、本研究では、既設 RC 床版の補修を想定したはつり方法が異なる試験体を製作し、各種超高強度繊維補強コンクリートの屋外環境下でのひび割れ抵抗性を検討した。

2. 床版の上面補修に関する屋外暴露試験の概要

2.1 補修対象の床版試験体

補修対象の床版試験体は、昭和 39 年道路橋示方書により設計された仕様とした。試験体の寸法を図-1 に示す。試験体の製作に用いたコンクリートは、JIS A 5308 に適合する呼び強度 24、粗骨材の最大寸法 20mm のコンクリートとした。補修される側のコンクリートの収縮の影響を小さくするため、材齢約 10 か月まで室内で気中養生とした。

1 種類の補修材料に対して床版試験体を 2 体製作し、1 体はブレーカー（以下、BK）、もう 1 体はウォータージェット（以下、WJ）を用いてはつりを行った。目標はつり深さは、施工する補修材料に応じて 30mm、40mm、50mm の 3 種類とした。BK と WJ によるはつり後の界面の状況を図-2 に示す。また、補修材の施工に先立ち、鉄筋の軸方向にひずみゲージを貼り付けた（図-1）。

補修材料の付着性を確認するため、市販されている JIS A5371 の歩道用コンクリート平板（300×300×60mm）の表面を WJ ではつり、補修厚さを 30mm とし断面修復した平板試験体も製作した。

2.2 補修材料

補修材料は、表-1 に示す A～D の超高強度繊維補強コンクリート（W/B=15～17%、鋼繊維または有機繊維）を用いた。実施工では補修材料同士の目地があることを想定し、図-1 に示す幅 1500mm の補修範囲に対して両端 500mm の施工を先行し、その翌日に中央の 500mm の範囲を施工した。補修材料の打込み前には、界面に

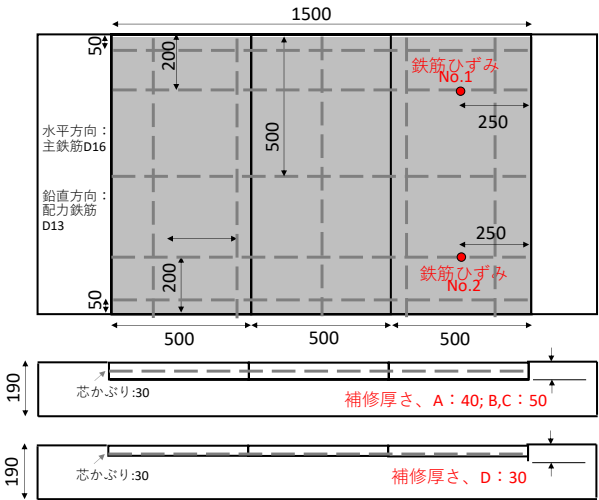


図-1 試験体の寸法とひずみの測定位置



図-2 はつり後の界面の状況（左：BK、右：WJ）

表-1 補修材料の配合

種類	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)				繊維種類
		水※ W	結合材 B	細骨材 S	繊維 F	
A	16.7	185	1,108	1,129	157 2.0vol.%	鋼
B	16.0	198	1,480	650	39.0 3.0vol.%	有機
C	15.2	195	1,287	905	235.5 3.0vol.%	鋼
D	15.0	290	1850		392 5.0vol.%	鋼

※化学混和剤を含む

表-2 補修材料と床版試験体の力学特性

種類	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	試験材齢 (日)
A	141	43.0	50
B	106	36.3	65
C	149	43.8	66
D	136	36.6	59
床版試験体	29.4	25.8	366

対して水湿または接着剤の塗布を行った。なお、図-1 の鉄筋ひずみを測定した範囲は水湿しを行った。補修材料の養生は、屋外暴露開始までシート養生とした。暴露開始時点の補修材料と床版試験体の圧縮強度と静

弾性係数を表-2 に示す。

2.3 測定項目

屋外暴露試験の状況を図-3 に示す。屋外暴露開始後、各補修材料の材齢約 1 年まで、外観の目視観察と鉄筋ひずみ（図-1）の連続測定を行った。鉄筋ひずみは、補修材料の収縮を間接的に評価するために測定した。また、同材齢において、平板試験体の付着強度試験（JSCE-K531、N=3）を実施した。

3. 屋外暴露試験の結果と考察

平板試験体の付着強度試験の結果を図-4 に示す。いずれの補修材料も、 3N/mm^2 程度以上の付着強度が発現した。A、C、D の破壊性状は、母材コンクリート破壊が 100%であった。B の破壊性状は、試験数 3 回のうち、1 回が母材コンクリート破壊 100%、残り 2 回が母材コンクリート破壊（50%または 70%）と、補修材料の凝集破壊（50%または 30%）が混在する結果であった。

各補修材料の外観の目視観察を行った結果、いずれもひび割れは確認されなかった。今後も暴露試験を継続し、補修材内部のひび割れの有無については、最終的に解体調査で確認する予定である。

WJ ではつりを行った試験体の鉄筋ひずみの測定結果（位置 No.2）を図-5 に示す。この結果は、収縮開始時点をひずみ 0 として補正したものである。なお、A～C は補修材料中に鉄筋がすべて埋設されているのに対し、D は芯かぶり 30mm に対して補修厚さ 30mm であり、鉄筋の上半分のみ埋設されているため、他よりもひずみの絶対値が小さかったと推察される。屋外暴露が開始される材齢約 2 か月の段階で、A と D ならびに B と C はそれぞれ、材齢約 1 年時点（2023 年 1 月）の鉄筋ひずみに対して約 30%ならびに約 50%の値を示し、材齢が若い段階での寄与が大きいことが確認された。屋外暴露後は、温度変化により鉄筋ひずみ変動しており、変動の幅は夏期よりも冬期の方が大きいことが確認された。また、材齢約 1 年まで鉄筋ひずみの増加が緩やかに継続していた。

はつり方法の違いが鉄筋ひずみに与える影響を図-6 に示す。縦軸は、WJ によるはつりを行った試験体と BK によるはつりを行った試験体の鉄筋ひずみの比である。鉄筋ひずみは、測定期間における最終の 1 週間の平均値とした。WJ によるはつりの場合、BK によるはつりの場合と比較して界面の表面積が増加することが報告されており²⁾、前者の方が拘束の影響が大きくなり鉄筋ひずみが小さくなることも想定されたが、その傾向は補修材料によって異なり明確でなかった。

4. まとめ

場所打ちの超高強度繊維補強コンクリートで RC 床版上面を補修した場合を想定して屋外暴露試験を実施した。本試験の範囲では、ひび割れは確認されなかつ



図-3 屋外暴露試験の状況

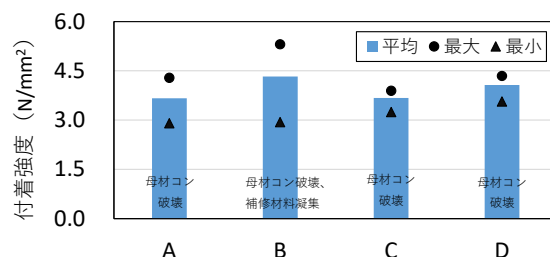


図-4 平板試験体の付着強度試験結果（材齢約 1 年）

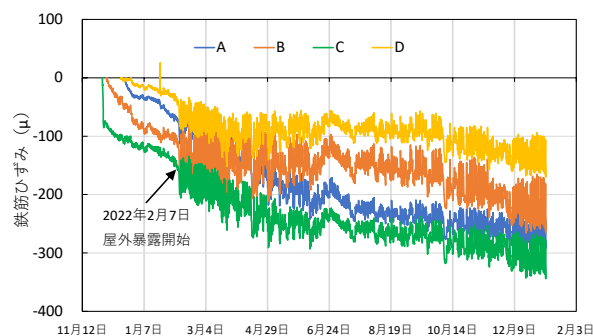


図-5 鉄筋ひずみの測定結果（位置 No. 2、WJ ではつり、収縮開始時点を 0 として補正）

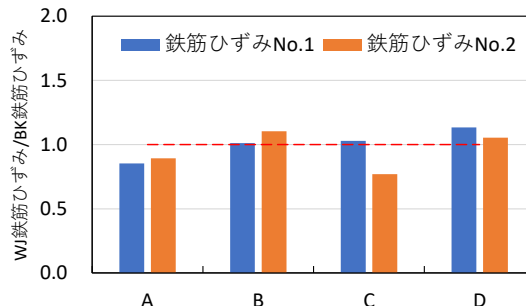


図-6 はつり方法の違いが鉄筋ひずみに与える影響

た。また、WJ と BK によるはつり方法の違いが収縮に与える影響は明確ではなかった。

なお、本試験は、(国研) 土木研究所と、大成建設 (株)*、カナフレックスコーポレーション (株)、J-ティフコム施工協会*、(株) エスイー*および鹿島建設 (株)*との「短繊維補強コンクリートを用いた橋梁床版の耐久性向上技術に関する共同研究」において、*印を付した補修技術に関わる 4 者で実施したものである。

参考文献

- 1) 牧田通他：既設部材の補修・補強に用いる場所打ち UHPFRC の引張特性および拘束条件下における挙動に関する研究、土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造)、Vol.77、No.3、pp.92-107、2021
- 2) 紫桃孝一郎他：ウォータージェット技術を利用した新旧コンクリート構造物の一体化処理、コンクリート工学、Vol.38、No.8、pp.40-54、2000