

UHPFRC を用いた RC 床版の上面打替え補強に関する実験的研究

市民工学専攻 福岡 恵介
指導教員 三木 朋広

1. はじめに

RC 床版の疲労損傷に対する補強工法の一つとして、上面増厚工法が挙げられるが、床版重量の増加に伴う桁補強の必要性や再劣化が指摘されている。このような背景から、近年では超高性能繊維補強セメント系複合材料（以下、UHPFRC）を用い、床版厚さを増加させることなく補強する工法が開発されている。本研究では、約 50 年経過した高速道路 RC 床版の構造性能を評価するとともに、UHPFRC による上面打替え補強の効果を実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 約 50 年経過した経過した RC 床版の構造性能評価

2.1 撤去床版概要

本研究では、豊中高架橋（下り線）から撤去された RC 床版を対象とした。豊中高架橋は、中国自動車道に位置し、1970 年に供用が開始された²⁾。撤去床版のうち、図-1 に示す床版 E, F, N, O, P, Q, R, S を本研究では使用した。当該床版は、概ね 3 分割されており、車両進行方向に対して順に n-3, n-2, n-1（ここで、n は E~S のいずれかを表す）とした。これらの床版には、過去に SFRC による上面増厚補強が一度施されていた。

2.2 撤去床版の損傷状況に基づく分類

撤去床版を「下面鉄筋ひび割れ両面（損傷大）」、「下面鉄筋ひび割れ片面（損傷中）」、「下面鉄筋ひび割れなし（比較的健全）」の 3 区分に分類し、損傷度による影響を評価できるようにした。

2.3 コア供試体試験

P-1, P-2, O-2 から採取したコア供試体に対して圧縮強度試験を行った。表-1 に圧縮強度試験の結果（4 体平均値）を示す。表-1 に示すように、P-2 および O-2 の平均値は、現在の設計基準強度（30 N/mm² 以上）と同等か下回る結果となった。また、P-2 および O-2 とも、道示に規定する平均静弾性係数を下回った。以上から、外観上の損傷程度によらず、床版内部のコンクリートは力学的特性、特に剛性が著しく低下している可能性が高い。一方、補強材として用いた SFRC は RC と比較して 2 倍以上の高い剛性を有していた。

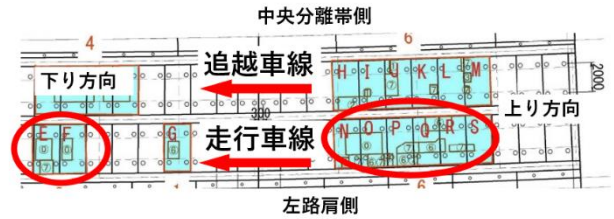


図-1 豊中高架橋における撤去床版の位置

表-1 コア供試体試験結果

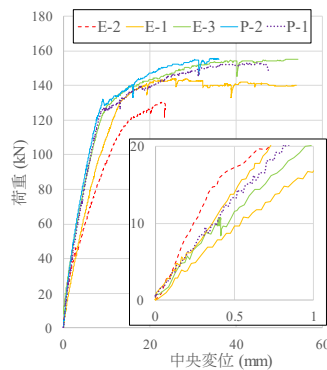
	P-1 (SFRC)	P-2 (NC)	O-2 (NC)
圧縮強度 (N/mm ²)	92.0	26.1	30.6
静弾性係数 (kN/mm ²)	40.7	19.2	16.6

表-2 鉄筋質量減少率

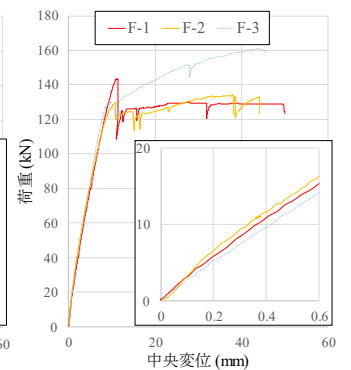
	P-2	O-2
平均質量 減少率 (%)	3.31	10.21
分散	0.34	71.55
標準偏差	0.58	8.46

表-3 実験に使用した床版の概要

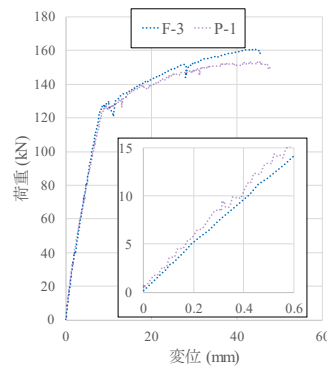
床版名	寸法 (mm)	有効高さ (mm)	引張鉄筋 の本数	引張鉄筋比	損傷状況
E-2	600×232×3300	193	5	1.02	損傷大
E-1	600×232×3300	197	4	0.82	
E-3	607×232×3300	192	4	0.81	
P-2	600×220×3290	184	5	1.08	比較的健全
P-1	600×220×3290	200	4	0.86	



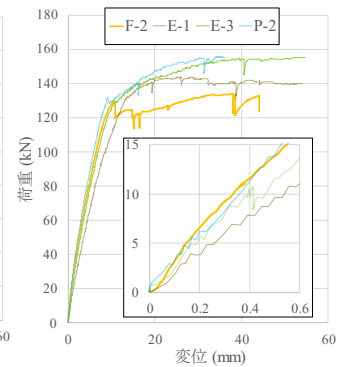
(a) UHPFRC 補強なし



(b) UHPFRC-RC 境界面状況の違いによる比較



(c) UHPFRC 補強有無による比較 (比較的健全)



(d) UHPFRC 補強有無による比較 (損傷中)

図-2 荷重—変位関係

2.4 鉄筋質量減少率の測定

O-2, P-2 から採取した軸方向鉄筋（引張側）の質量減少率を測定した。表-2 にその結果を示す。O-2（損傷大）から採取された鉄筋の平均質量減少率は、P-2（損傷中）と比較して約3倍の値を示した。

3. 撤去床版の耐荷性能評価

E-1, E-2, E-3, P-1, P-2 の5体の床版を用い、4点曲げ載荷試験を行った。撤去床版の諸元を表-3 に示す。図-2(a)に、実験より得られた荷重-変位関係を示す。E-2（損傷大）の最大荷重は、P-1（比較的健全）と比較して約20 kN低下した。

4. UHPFRC を用いた上面打替え補強の実床版への適用

4.1 実験概要

F-1, F-2, F-3 のSFRC 上面増厚層を撤去した後、厚さ30 mm のUHPFRC による上面打替え補強を実施した。その上で、4点曲げ載荷試験を行った。

F-2 および F-3 では、RC 床版上面に対して、粗面加工を施した後、UHPFRC を打設した。一方、F-1 では、粗面加工を施さず、直接 UHPFRC を打設した。各供試体の諸元を表-4 に、UHPFRC の配合を表-5 に示す。

4.2 結果および考察

4.2.1 UHPFRC-RC 境界面性状が耐荷性能に与える影響

図-2(b)に、F-1, F-2, F-3 の荷重-変位関係を示す。図-2(b)より、F-2 および F-3 において一時的な荷重低下が認められたものの、その低下量は F-1 と比較して小さく、荷重低下後には再び荷重が増加する挙動が確認された。このことから、界面処理を施した供試体では、UHPFRC-RC 界面の付着性能が良好に発揮されたと考えられる。

4.2.2 UHPFRC 補強有無が耐荷性能に与える影響

図-2(c), (d)に、F-3, P-1（比較的健全）、ならびに F-2, E-1, E-3, P-2（損傷中）の荷重-変位関係を示す。比較的健全な床版（F-3, P-1）では、曲げ強度がほぼ同程度の値を示した。また、単位厚さあたりの耐荷力は、F-3（補強供試体）が P-1（未補強供試体）を上回る結果となった。特に、補強を行った F-3 では、降伏後の荷重増加幅が大きく、補強により靱性的な挙動が得られたといえる。

一方、損傷中規模な床版（F-2, E-1, E-3, P-2）では、UHPFRC 補強床版である F-2 の単位厚さあたりの耐荷

表-4 UHPFRC 配合

水	単位量(kg/m ³)				
	UHPFRC用 結合材	UHPFRC用 細骨材	高性能 減水剤	消泡剤	鋼繊維 (3.0%Vol.)
195	1287	905	38.6	6.4	235.5

表-5 UHPFRC 上面打替え補強を行った供試体の概要

供試体名	寸法 (mm)	有効高さ (mm)	引張鉄筋 の本数	引張 鉄筋比	損傷 状況	界面処理 の有無
F-1	590×210×3300	132	5	1.06	損傷中	なし
F-2	609×225×3300	177	5	1.13		あり
F-3	603×220×3300	158	5	1.08	比較的 健全	

力は、未補強供試体（E-1, E-3, P-2）を下回る結果となった。曲げ強度についても、F-2 は未補強供試体と同程度、もしくはそれを下回る値を示した。

5. まとめと今後の展望

本研究は、供用開始から約50年が経過した高速道路RC床版を対象として、各種材料試験および載荷試験を実施した。その結果、以下の知見が得られた。

- 約50年が経過した道路橋から撤去された床版を対象として、採取したコンクリートコアにより、圧縮強度、静弾性係数を把握した。また、損傷大と判定された床版から採取した鉄筋は、損傷中のものと比較して質量減少量のばらつきが大きく、健全な部位と著しい断面減少を示す部位が混在していた。
- 損傷が顕著な床版では、健全な床版と比較して最大荷重が約20 kN低下した。一方、中程度の損傷を有する床版と健全な床版では、最大荷重に大きな差は確認されなかった。
- 既設RC床版のUHPFRC上面補強において、適切な界面処理を施すことによって、境界面における急激な剥離や水平方向のずれを抑制できた。
- UHPFRCによる上面打替え補強の効果は、床版の損傷程度に依存し、損傷が軽微な床版に対しては耐荷性能の向上が期待できる一方、損傷が進行した床版に対しては補強効果が限定的となった。

参考文献

- 佐々木ら：スティフクリート®により上面増厚された床版の補強効果に関する実験的検討，大林組技術研究所報，No.87，pp.1-10，2023
- 安里ら：関西圏都市部における中国自動車道リニューアル工事の概要，土木学会 第24回 橋に関するシンポジウム論文報告集，pp.49-58，2021