

超高性能繊維補強セメント系複合材料(UHPFRC)で上面増厚された梁の
せん断補強効果に関する実験的検討

(株)大林組 正会員 ○山本尚平 熊崎達郎 佐々木一成

1. はじめに

昨今、経年劣化した社会インフラのリニューアル工事が盛んになっている。道路橋床版のリニューアル工事には、補修・補強方法の一つとして、劣化した床版上面コンクリートをはつり取り、鋼繊維を添加した超速硬化性のコンクリート（Steel Fiber reinforced Concrete：以下SFRCという）を上面増厚する工法がある。しかし、SFRCでの上面増厚工法は、既設床版との一体化不足による浮きや剥離等の報告が多く、耐久性の低下が近年問題になっている。そこで、耐久性の高い増厚材料として超高性能繊維補強セメント系複合材料（Ultra-High Performance Fiber Reinforced Cement-based Composites：以下UHPFRCという）を上面増厚する工法が開発されている¹⁾。UHPFRCは、SFRCと比べひび割れ発生に対する抵抗性およびひび割れ進展抑制効果も高い。本検討では、従来材料(SFRC)と新材料(UHPFRC)で増厚した梁のせん断補強効果を確認するため増厚した梁のせん断実験を実施した。

2. 実験方法

(1) 試験体寸法および配筋

試験体概要を図1に示す。試験体寸法は長さ2.5m、幅0.5m、普通コンクリート厚さ210mmとした。上面増厚部厚さ t と増厚材料を表1に示す。配筋は、破壊形態が曲げ破壊よりせん断破壊が先行するように、主筋下筋を高強度のD25(SBPD1080/1230)とした。

(2) 使用材料

試験体に使用した材料の諸元を表2、3に示す。床版下部210mmのコンクリートは設計基準強度24N/mm²の早強コンクリートとした。上面に増厚したSFRCは繊維径0.62mm、繊維長30mmの鋼繊維を繊維量1.27vol.%、UHPFRC¹⁾は繊維径0.16mm、繊維長13mmの鋼繊維を繊維量2.0vol.%混入した材料である。

(3) 試験体製作方法

下部210mmに早強コンクリートを打ち込み、硬化後、打継面となる上面をショットブラスト加工した。その

後、打継面を水で湿らせた状態でUHPFRCまたはSFRCを打ち込んだ。

(4) 載荷方法

試験体の載荷概要図を図1に示す。載荷は、載荷スパン500mm、支点間スパン2000mm（せん断スパン750mm）の4点曲げで行い、載荷荷重と中央変位を計測した。

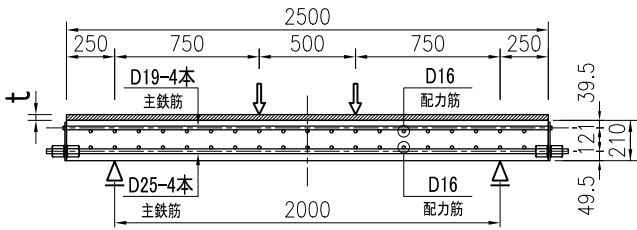


図1 試験体概要図

表1 試験体一覧

No.	増厚部		試験体高さ (mm)
	材料	厚さ t (mm)	
1	増厚無し	0	210
2	SFRC	60	270
3	UHPFRC	20	230
4		30	240
5		40	250

表2 使用材料(コンクリート、UHPFRC)

	養生日数 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)	割裂ひび 割れ強度 ^{※1} (N/mm ²)	引張強度 ^{※2} (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
普通コン	62	28.7	2.55	-	2.36×10 ⁴
SFRC	27	65.5	4.71	2.27	3.67×10 ⁴
UHPFRC	28	148.3	6.75	12.37	4.59×10 ⁴

※1 割裂引張試験より得たひび割れ強度

※2 切欠き梁を用いた破壊エネルギー試験によって得た引張強度

表3 使用材料(鉄筋)

	降伏強度 (N/mm ²)	降伏ひずみ (×10 ⁻⁶)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
D16(SD345)	382	2024	572	2.00×10 ⁵
D19(SD345)	389	2180	398	1.99×10 ⁵
D25 (SBPD1080/1230)	1080 [※]	-	1230 [※]	2.02×10 ⁵

※規格値

キーワード 超高性能繊維補強コンクリート、UHPFRC、上面増厚、せん断実験

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 構造技術研究部

3. 実験結果

載荷後の損傷状況を写真1～3に示す。試験体 No.3～No.5 は同様の破壊形態であったため、試験体 No.3 を代表として示す。増厚した梁のひび割れは、写真2に示すように、1.普通コンクリート下端からの曲げひび割れ、2.普通コンクリート部片側からの斜めせん断ひび割れ、3.打ち継ぎ界面のひび割れ、4.もう一方からのせん断ひび割れ、5.打ち継ぎ界面のひび割れ、6.増厚部上面の負曲げひび割れの順序で起こった。

各試験体のせん断力-変位関係図を図2に示す。せん断力は、載荷荷重の半分の値として計算し、下層コンクリートせん断破壊時の荷重を V_c 、最大荷重を V_{max} と定義した。試験体 No.2～No.5 の V_c は増厚材料および増厚部厚さに依らず大きな差は無かった。しかし、 V_{max} は増厚部厚さが厚いほど大きい傾向となった。

材料試験から得た材料強度で算出した下層部(普通コンクリート)のせん断耐力、増厚部(SFRC または UHPFRC)のせん断耐力、下層部および増厚部のせん断耐力の合計値、 V_c 、 V_{max} の一覧を表4に示す。ここで下層コンクリート部のせん断耐力はコンクリート標準示方書²⁾、SFRC は鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針(案)³⁾(以下 RSF 指針という)、UHPFRC 部はせん断ひび割れの角度を 45° として超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)⁴⁾に準拠して算出した。試験体 No.1 は、実験値と計算値がほぼ同等となった。試験体 No.2 は、計算値より実験値が大きくなった。理由として、RSF 指針では、SFRC 部のせん断耐力が圧縮強度によって決まっており、繊維による補強効果の考慮が無く、過小評価しているためと考えられる。試験体 No.3～No.5 は、計算値より実験値が大幅に小さくなった。理由として、下層部と増厚部が同時に破壊していない、増厚部の破壊形態がせん断破壊ではなく、せん断耐力式で評価できないためと考えられる。下層部および増厚部の評価については、別途検討が必要であると考える。

4. おわりに

既設床版への増厚材料として用いられる UHPFRC のせん断補強効果の確認のためにせん断実験を行い、SFRC と比較した。その結果、増厚材料および厚さに依らず下層コンクリート部に対するせん断補強効果は同等であることを確認した。



写真1 増厚無し試験体 (No. 1)



写真2 SFRC 増厚試験体 (No. 2)

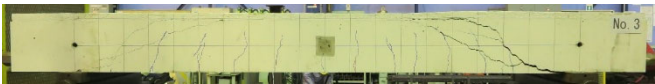


写真3 UHPFRC 増厚試験体 (No. 3)

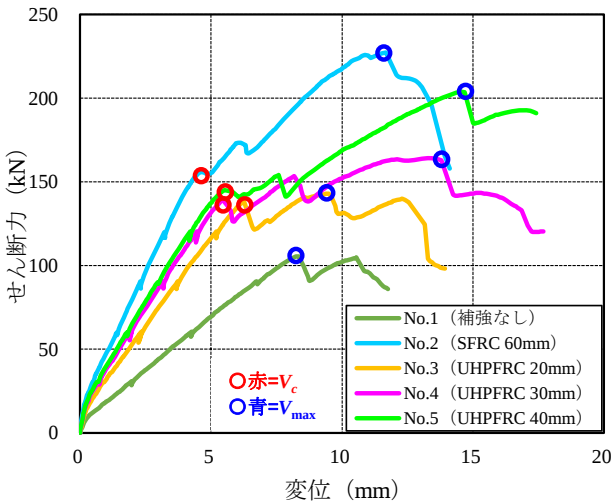


図2 せん断力-変位関係図

表4 せん断力の実験値と計算値の比較

	下層部 ^{※1} せん断耐力 計算値(kN)	増厚部 ^{※2} せん断耐力 計算値(kN)	合計	V_c (実験値) (kN)	V_{max} (実験値) (kN)
No.1	99	-	99	105	105
No.2	99	88	187	156	227
No.3	99	130	229	138	143
No.4	99	194	293	139	164
No.5	99	259	358	145	204

※1 下層部 普通コンクリート部

※2 増厚部 SFRCまたはUHPFRCによる増厚部

参考文献

1) 富井孝喜ほか：床版上面増厚工法用超速硬型超高性能繊維補強コンクリートの配合設定，土木学会，第77回年次学術講演会，2022
 2) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕，2018
 3) 土木学会：鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針(案)，コンクリートライブラリー，No.97，1999
 4) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)，コンクリートライブラリー，No.113，pp31-35，2004