

VFC の製作方法および配合の違いが曲げ耐力に与える影響の検討

鹿島建設(株)

正会員 ○永井勇輔 一宮利通 渡邊有寿 高木智子 荒川 遥 香島和輝

1. はじめに

高強度繊維補強セメント系複合材料（以下、VFC：Very high strength Fiber reinforced Cement composites と称する）は繊維による補強効果を構造設計で考慮することができる材料であるが、打込み方法や配合によってその特性が異なることが知られている¹⁾。

本研究では、VFC の製作方法および配合の違いが曲げ耐力に与える影響を検討するため、ホッパを用いた一方向の流込みと吹付けの打込み方法で製作した VFC の床版試験体に対して曲げ載荷実験を実施した。

表-1 VFC 配合

打込み方法	W/B (%)	モルタルフロー (mm)	単用量 (kg/m ³)				鋼繊維 (kg/m ³)
			水 ^{*1} W	結合材 ^{*2} B	骨材 S	高性能減水剤	
流込み	15.2	230±20	195	1287	905	28.4	235.5 3.0vol.% ^{*3}
吹付け	18.0	110±10	208	1156	1014	15.0	196.3 2.5vol.% ^{*4}

*1：高性能減水剤中の水分を含む

*2：エトリンナイト生成系プレミックス結合材

*3：繊維長 15mm，径 0.2mm，引張強度 2,000N/mm² 以上*4：繊維長 10mm，径 0.22mm，引張強度 2,900N/mm² 以上

2. VFC の配合

VFCの配合を表-1に示す。いずれのVFCも、ポルトランドセメントとポゾラン材およびエトリンナイト生成系混和材で構成されている。流込みで用いた材料マトリクスは、文献2)を参照した。

3. 試験体製作

試験体寸法は、長さ1,600mm，幅800mm，厚さ100mmとし、流込みで6体，吹付けで3体の試験体を製作した。

流込みによる打込み手順を図-1に示す。練り混ぜたVFCをホッパに移し、型枠の短辺片側から長辺方向に片流しで打ち込んだ。

吹付けによる打込み手順を図-2に示す。練り混ぜたVFCを、スクイーズ式のモルタルポンプ（200V，最大吐出量 100ℓ/分，最大吐出圧 2.5MPa）によって、図-2に示す矢印に沿って、型枠に対して鉛直下向きで3層に分けて吹き付けた。

製作した試験体は、表面をこて仕上げして常温で封かん養生を 24 時間行い、その後 60℃の給熱養生を 1 週間行った。

4. 曲げ載荷実験

実験ケースを表-2に示す。流込みで製作した試験体 6 体の内、3 体（No. 1）は打込み上面（仕上げ面）に引張応力が生じるように打込み時から試験体の天地を反転させて載荷し、残り 3 体（No.2）は底面を引張縁として載荷した。吹付けで製作した試験体 3 体（No.3）は、仕上げ面に引張応力が生じるように打込み時から試験体の天地を反転させて載荷した。

載荷位置および計測位置を図-3に示す。載荷実験は 5,000kN 万能試験機を使用し、支間長 1,400mm，等曲げ区間 400mm の 2 点載荷で単調載荷を行った。

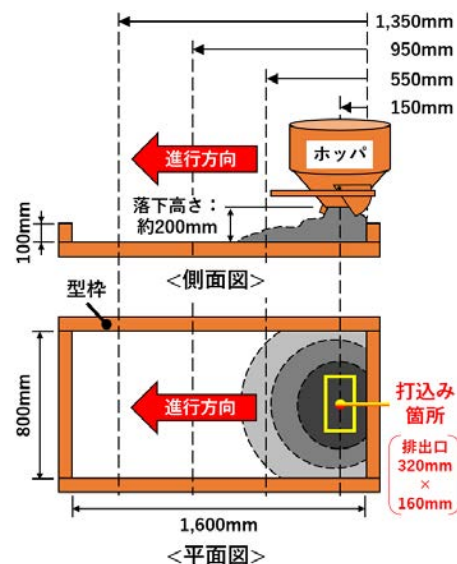


図-1 流込みによる打込み手順

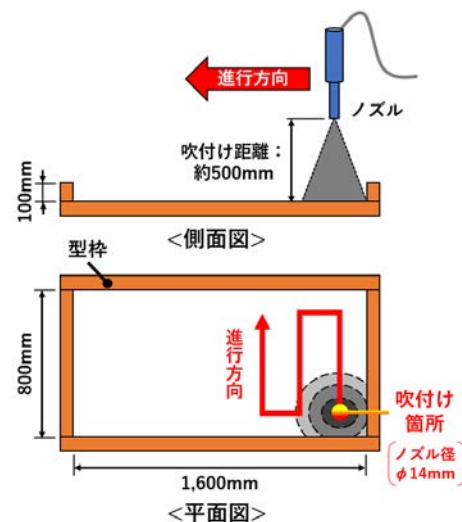


図-2 吹付けによる打込み手順

キーワード 高強度繊維補強セメント系複合材料，VFC，繊維，材料係数

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-485-1111

表-2 曲げ載荷実験ケースおよび結果一覧

実験ケース (No.)	製作方法	テストピース		床版試験体	
		圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度※ (N/mm ²)	引張縁	最大荷重 (kN)
1-1	流込み ＋試験体反転	200.6	15.7	打込み上面 (仕上げ面)	118.4
1-2		197.2			98.1
1-3					112.2
2-1	流込み	200.6	15.7	底面	148.6
2-2		197.2			162.6
2-3					196.2
3-1	吹付け ＋試験体反転	170.4	6.7	打込み上面 (仕上げ面)	99.8
3-2		179.1			89.9
3-3					96.6

※ 一軸引張試験より計測

載荷速度は、試験体の引張縁応力を 1 秒あたり 0.06N/mm² 程度で増加させる速度とした。載荷中は、変位計で試験体の中央変位を計測し、ひずみゲージで計測した試験体引張縁のひずみからひび割れの進展状況を確認した。

実験結果を表-2、載荷荷重—中央変位関係を図-4に示す。中央変位は、南北で計測した変位の平均値とした。

打込み上面（仕上げ面）を引張縁とした実験ケース（No.1）は、載荷荷重 70kN 程度で剛性が低下し始め、荷重の増加に伴いひび割れが分散し、中央変位 5mm～10mm 程度で最大荷重 100kN 程度に達した。その後、ひび割れが 1 箇所に集中して広がりながら荷重が低下した。底面を引張縁とした実験ケース（No.2）は、載荷荷重 110kN 程度で剛性が低下し始め、荷重の増加に伴いひび割れが分散して最大荷重 170kN 程度に達した後、実験ケース（No.2）と同様にひび割れ幅が局所的に拡大して荷重が低下した。最大荷重が仕上げ面を引張縁とした実験ケース（No.1）よりも大きい結果となった要因として、打込み時に鋼繊維が底面の型枠に沿って配向したことが考えられる。

吹付け面（仕上げ面）を引張縁とした実験ケース（No.3）は、載荷荷重 50kN 程度で流込みの実験ケース（No.1）と同様にひび割れが分散しつつ荷重が増加し、中央変位 15mm 程度で最大荷重 95kN 程度に達した。その後、ひび割れが数箇所で広がりながら荷重が低下した。最大荷重が流込みの実験ケース（No.1）よりも低い結果となった要因として、鋼繊維量が少ないこと、繊維長が短いこと、かつ VFC の水結合材比が大きいため圧縮強度が小さく、繊維の付着強度が小さかったことによるものと考えられる。

5. おわりに

製作方法および配合が異なる VFC 試験体の曲げ載荷実験を実施し、曲げ耐力に及ぼす影響を検討した。その結果、流込みで製作した試験体で引張縁をパラメータとした実験結果から、打込み時の鋼繊維の配向性が曲げ耐力に影響すると考えられた。また、吹付けで製作した試験体の実験結果との比較から、VFC の配合、鋼繊維の混入量、長さが曲げ耐力に影響することを確認した。以上より、VFC を用いた部材の設計では、製作方法や配合に応じた適切な材料係数の設定が必要と考えられる。これについては、本検討とは別に製作方法や配合に応じた引張軟化曲線の測定を行っており、今後、それらの結果も踏まえて定量的な検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 一宮ら：超高強度繊維補強コンクリートを用いた床版の打設方法が構造性能に及ぼす影響に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.3，pp.1453～1458，2008.7.
- 2) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリート「サクセム」技術評価報告書，技術推進ライブラリーNo.3，2006.11.

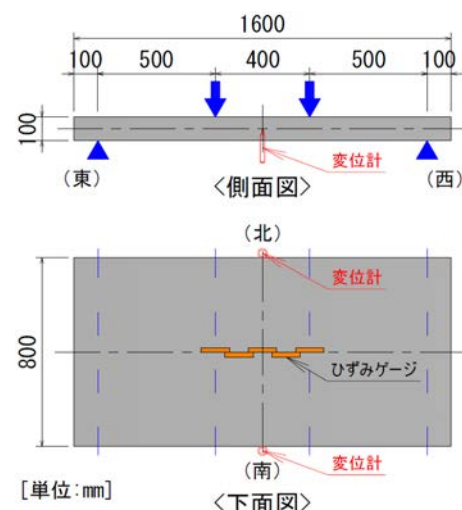


図-3 載荷位置および計測位置

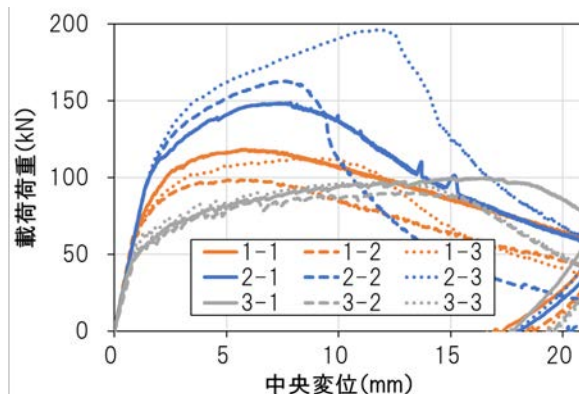


図-4 載荷荷重—中央変位関係