

高靱性セメント複合材料の断面修復への適用に関する研究

鉄建建設 正会員 ○松尾 庄二

鉄建建設 正会員 西脇 敬一

鉄建建設 正会員 土井 至朗

1. はじめに

高靱性セメント複合材料（DFRCC）は、セメント系材料を繊維で補強した複合材料で、引張あるいは曲げ応力下において複数ひび割れ特性を示し、曲げ、引張、圧縮破壊時の靱性が大幅に向上した材料である¹⁾。このような特性を活かした、DFRCCの実構造物への適用に関する研究が進められており、一部では既に実用化のレベルに達している。現段階においては、DFRCCは通常のRCと比較すると割高なため、構造物本体への適用は不利であり、補修・補強など薄肉部材への適用が有望視されている¹⁾。

本報文は、DFRCCを断面修復材として用いることを前提として行った研究について記したものである。

2. 使用材料

断面修復材への適用を対象としたDFRCCの場合、既往の研究例ではPVA繊維あるいはPE繊維を補強用繊維として用いている¹⁾。これらの繊維は、繊維径が0.01～0.04mmと非常に細いもので、高性能ではあるがその反面、練混ぜ時などの取り扱いが多少難しく、また比較的高価な材料である。本研究においては、DFRCCとしての特性を発揮し、なおかつ施工性およびコストにおいてより有利な断面修復材を選択するために、補強用繊維およびマトリックス強度を変えた試験を行った。表－1、表－2に試験に用いた繊維の諸元および配合条件の一覧を示す。

使用した繊維は、A～Cの3種類（すべてPVA繊維）である。このうち、AおよびBは同一種類で繊維長のみが異なるものである。配合の選定については、繊維長12mmのものを基本として、単独で使用情况および両者を混合した場合および繊維Bを付加した場合について、それぞれ検討した。なお、繊維の混合比については文献²⁾を参考にして決定した。また、マトリックス強度については、45N/mm²、30N/mm²の2水準を目標とした。

表－1 使用繊維の諸元

略号	繊維径 (mm)	繊維長 (mm)	引張強度 (MPa)	引張弾性率 (GPa)	引張破断 伸び(%)
A	0.037	12	1600	40	6
B	0.037	6	1600	40	6
C	0.100	12	1100	25	10

表－2 配合条件の一覧

配合条件	内容
繊維種類	A、C、A＋B（A:B=7:3）、A＋C（A:C=7:3）
W/C	0.40, 0.50
S/C	0.333, 0.5, 1
V _f (%)	1.5, 2.0
モルタルフロー(mm)	170

3. 試験方法および結果

1) 配合の選定

表－2に示す配合条件にしたがい、詳細な配合を決定した。なお、断面修復材への使用を前提としたため、早強セメントを使用した。また、細骨材としては7号珪砂を用いた。

2) 練混ぜ

1)で決定したそれぞれの配合について練混ぜを行った。この時、繊維の分散が良好となるように繊維を3回に分割して投入した。スランプフロー、空気量の測定を行うとともに、目視および触感により繊維の分散状況を確認した。なお、この段階でフレッシュ状況が著しく劣るものについては、その時点で試験を打ち切った。

3) 曲げ試験

硬化後の DFRCC については、100x100x400mm の供試体を用いた 3 等分点載荷の曲げ試験を行い、変形性能を確認した。確認項目としては、荷重－変位曲線、ひび割れ分散性状および曲げ強度に着目した。

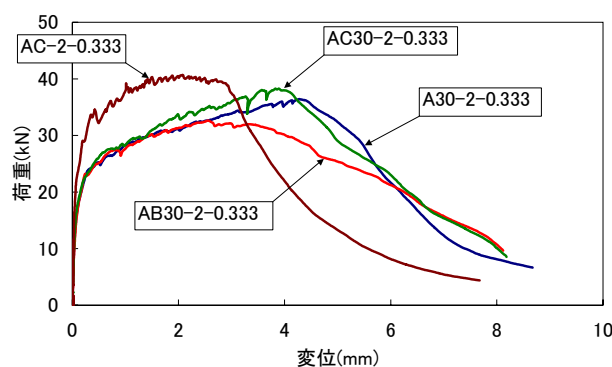
表－3 試験結果一覧

試験体	記号	V_f (%)	S/C	混和剤			試験結果					
				SP (B*)	AE (B*)	V_i (W*)	σ_7 (N/mm ²)	mfl (15 打)	air (%)	繊維の分散		コテ塗り
1	A	2	0.5	0.15	0.008	0	44.8	169	8.8	△		○
2	AB	2	0.5	0.15	0.01	0	46.3	167	9.3	△	1 より良	○
3	AC	2	0.333	0.3	0.018	0.1	42.5	177	9.9	○	1,2 より良	○
4	C	2	1	0.2	0.014	0	42.9	146	8.5	○	1,2,3 より良	◎
5	AB	1.5	0.5	0	0.015	0	47.2	169	7.4	◎	4 より良	○
6	AC	1.5	0.5	0	0.018	0	47.0	174	8.1	◎	5 より良	○
7	A30	2	0.333	0	0.008	0.7	32.9	172	9.1	◎	5,6 より良	△
8	AB30	2	0.333	0	0.013	0.8	29.2	174	8.6	◎		△
9	AC30	2	0.333	0	0.012	0.8	31.2	175	8.5	○		△

表－3 に、練混ぜ段階での試験結果および 7 日強度(圧縮強度)の一覧を示す。なお、試験体 1～6 は W/C=0.40、7～9 は W/C=0.50 である。繊維の分散状況を見ると、 $V_f=2\%$ の場合、マトリックス強度および繊維種類の影響が大きい。すなわち、W/C=0.40 (圧縮強度 42.5～46.3N/mm²) では、繊維径の小さい A、AB は繊維の分散が良くないのに対して、繊維径の大きい AC、C ではかなり改善されている。これに対して、W/C=0.50 の場合は、いずれも良好に繊維が分散している。また、強度が高い場合でも、繊維混入率が 1.5%であれば分散性状は良好であった。

図－1 に 3 等分点載荷の曲げ試験結果の一例を示す。ここに示したものはいずれもひび割れ発生後の荷重の増加が見られており、良好な性状を示した。なお、曲げ試験結果には次のような傾向がみられた。

- 1) S/C が大きいと最大荷重は大きくなるが、ピーク後の荷重低下は急激で、ひび割れ分散性も小さい。
- 2) V_f が大きいと最大荷重は大きい。
- 3) 繊維径が大きいと最大荷重は小さいが、ピーク後の低下は緩やかである。しかし、ひび割れ分散性は小さい。
- 4) 繊維長が大きいと、荷重の低下は緩やかである。



図－1 3等分点載荷の曲げ試験結果

4. まとめ

本研究から、径の異なる繊維を混合させた DFRCC について、フレッシュ性状、硬化後の性状ともほぼ満足のできる結果が得られた。今後は、耐荷性、変形性、付着性、施工性など断面修復材として必要な性能についての確認試験を行い、実用化を果たしたいと考えている。

参考文献

- 1) (社)日本コンクリート工学協会：高靱性セメント複合材料の性能評価と構造利用委員会報告書，2002. 1
- 2) 綾野克紀他：形状寸法の異なるビニロン繊維の混合効果に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 24, No. 1, pp. 213-218, 2002