

繊維補強コンクリートのフレッシュ性状と強度特性に関する研究

名古屋工業大学 正会員○平原英樹
名古屋工業大学 正会員 上原 匠

1. まえがき

繊維補強コンクリートは普通コンクリートに比べ施工性が劣るため、その靱性付与の効果が大きいにもかかわらず、利用が低いのが現状である。現在、高性能AE減水剤を利用して、施工性を改善した流動性の高い繊維補強コンクリートの実用化に向けての研究が始まっているが、配合手法ならびにフレッシュ性状の把握方法やフレッシュ性状が硬化後の物性に与える影響についての検討は十分ではない。そこで本研究では、高流動コンクリートの粗骨材を一部鋼繊維と置換して製造した繊維補強コンクリートを対象に、繊維補強コンクリートのフレッシュ時の材料分離の程度と強度特性の関係について実験より検討を行った。

2. 使用材料および配合表

セメントは早強ポルトランドセメント（C）、細骨材（S）および粗骨材（G）は名古屋近郊の生コン工場で使用されている材料を用いた。本研究では、同一スランブフローで材料分離の有無と硬化コンクリートの関係を把握することから、粉体には、強度発現への影響が小さい石灰石微粉末（L

表-1 配合表

配合 No.	W/C (%)	水粉体 容積比	LS/(G+LS) (%)	s/a (%)	單位量(kg/m ³)						SP添加率 C×(%)
					W	P		S	G	SF	
						C	LS				
1	65.0	1.19	38.1	54.9	167	257	158	911	748	79	2.4
2		0.81	56.9	49.8			339	742			
3	53.4	1.19	25.8	54.9	167	313	109	911	748	79	2.2
4		0.81	48.0	49.8			289	742			
5	47.6	1.19	17.8	54.9	167	352	76	911	748	79	2.0
6		0.81	42.3	49.8			257	742			

備考：SFの単位量は全体容積の1%である

S）を用い、水粉体比と高性能AE減水剤（SP）の添加量を操作することで、同程度のスランブフローで異なるフレッシュ性状を持つコンクリートを製造した¹⁾²⁾。鋼繊維（SF）はアスペクト比 50%のインデント形である。

表-1に配合を示す。繊維補強コンクリートの目標スランブフローは 45cm、目標強度は設定せず、水セメント比を 65.0%、53.4%および 47.6%の3水準、水粉体容積比を 1.19 と 0.81 の2水準の合計6配合のベースコンクリートを対象に、ベースコンクリートの粗骨材の一部を鋼繊維と置き換えて製造した³⁾。

3. 試験項目

練混ぜは強制練りミキサを使用し、鋼繊維は粗骨材の前に投入し、全材料投入後の練混ぜ時間を2分間とした。フレッシュ試験の項目は、スランブフロー試験、空気量試験、およびスランブフローでの材料占有率試験である。材料分離抵抗性の評価は、スランブフロー試験結果の目視による判断と、材料占有率試験の結果をもとに検討した。なお、材料占有率試験はスランブフロー試験の試料を用い、スランブフローの中心から半径 15cm 内外の骨材、モルタル、および鋼繊維の占有率（%）を求める試験である。

強度試験の項目は、圧縮強度試験と弾性係数試験である。供試体の製作は、土木学会「鋼繊維補強コンクリート設計施工指針（案）」に準拠して各配合毎に4本製作し、材齢 28 日までは標準水中養生を行った³⁾。

4. 試験結果および考察

表-2にフレッシュ時および強度試験結果を示す。目視による材料分離の判定は、スランブフローの端部に骨材が到達しておらずモルタルのみの場合を分離とし、配合No.1ではスランブフロー縁の一部にモルタルのみの領域が確認されたことから、やや分離と表記した。材料分離は、水粉体容積比 1.19 の場合に見られた。目視による材料分離の程度が大きいものは、No.3、No.5、No.1の順番であった。材料占有率の内外差から、粗骨材に着目した材料分離の程度が大きいものは、No.1、No.5、No.3の順番であり、スランブフローの

表-2 試験結果

配合 No.	スランプ (cm)	スランプフロー (mm×mm)	空気量 (%)	状 態 (目視)	材料占有率 (%)									硬化コンクリート	
					内側			外側			内外差			f'28 (N/mm ²)	Ec (×10 ⁴ N/mm ²)
					G-in	F-in	M-in	G-out	F-out	M-out	ΔG	ΔF	ΔM		
1	21.0	450×420	3.2	やや分離	30.0	3.8	66.2	41.4	2.8	55.9	+11.4	-1.0	-10.3	31.5	2.83
2	22.0	415×415	5.0	良好	34.1	3.7	62.2	36.1	3.2	60.7	+2.0	-0.5	-1.5	55.9	3.44
3	19.5	500×495	3.5	分離	32.1	3.6	64.3	37.0	2.9	60.2	+4.9	-0.7	-4.1	53.6	3.79
4	23.5	530×475	4.0	良好	34.5	3.4	62.1	34.5	3.1	62.4	0	-0.3	+0.3	72.4	3.87
5	22.0	520×500	3.5	分離	31.4	3.9	64.8	36.8	2.7	60.4	+5.4	-1.2	-4.4	養生中	養生中
6	21.0	420×410	3.2	良好	33.7	3.6	62.7	36.8	3.0	60.2	+3.1	-0.6	-2.5	78.3	3.92

目視判断とは異なる結果となった。

図-1に圧縮強度試験結果を示す。材料分離の有無に関わらず、水セメント比が小さくなるにしたがって強度は増進することがわかる。しかし、同一水セメント比における圧縮強度差は、材料分離の有無により、水セメント比 65.0%で 24.4N/mm²、53.4%で 18.8N/mm²であるとの結果が得られた。検討した配合では、粉体としてセメントに加えて強度増進への影響の少ない石灰石微粉末を使用しているが、実際には LS/(C+LS)=25%程度で、材齢 28 日強度は約 20%程度増進することが明らかにされている¹⁾。石灰石微粉末の使用に起因する強度差は、水セメント比 65.0%で 8.9N/mm²、53.4%で 12.7N/mm²、47.6%で 15.7N/mm²である。文献値と実験値を比べると、水セメント比 65.0%で 15.5N/mm²、53.4%で 6.1N/mm²である。この強度差は材料分離が原因と考えられる。したがって、繊維補強コンクリートのフレッシュ時の状態が、硬化後の強度特性に大きく影響することが実験から明らかとなった。ところで、圧縮強度試験結果は材料占有率からの判定に一致することから、繊維補強コンクリートの材料分離抵抗性の評価はスランプフロー試験結果の目視判断だけでは不十分であると考えられる。

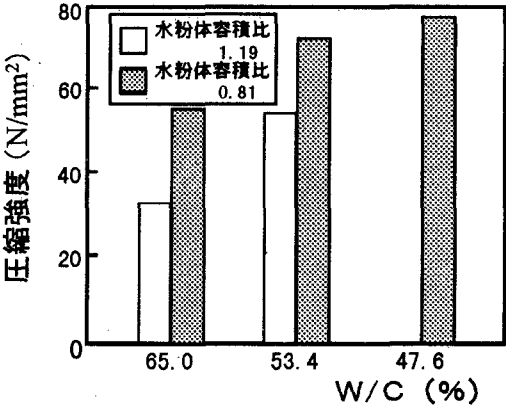
図-2に圧縮強度と弾性係数の関係を示す。弾性係数は圧縮強度に比例することから、材料分離の有無は直接弾性係数に影響しないことが明らかとなった。また、材料分離が認められないコンクリートの圧縮強度と弾性係数の関係は、示方書に提示される関係とほとんど一致することが確認された。しかし、材料分離が確認された水セメント比 53.4%の配合では、大きな値となった。

5. まとめ

同一水セメント比で同程度のスランプフローが得られても、材料分離抵抗性の違いにより、圧縮強度に 15N/mm²程度の差が生じることが明らかとなった。

<参考文献>

- 1) 日本コンクリート工学協会：「石灰石微粉末研究委員会報告」、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.20-1、pp.49～58、1998
- 2) 山田尚義他：高水セメント比における粉体系高流動コンクリートの物性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.21-2、pp.457～462、1999 年
- 3) 土木学会：鋼繊維補強コンクリート設計施工指針（案）、1983



L S添加量の違いによる強度差 (N/mm ²)			
文献値 ¹⁾	8.9	12.7	15.7
実験値	24.4	18.8	—

※No.5 供試体は養生中

図-1 圧縮強度試験結果

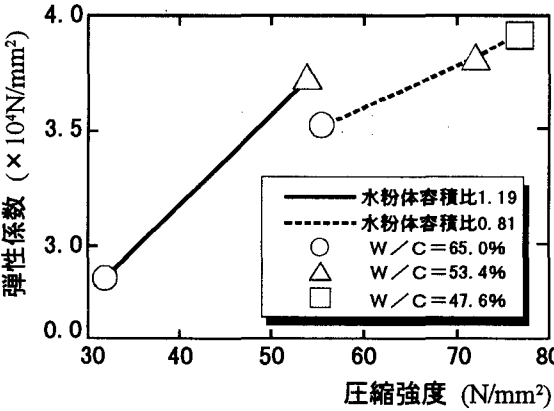


図-2 圧縮強度-弾性係数関係