

群馬大学 工学部 正会員 辻 幸和

群馬工業高等専門学校 正会員 ○古川 茂

群馬大学 工学部 麻野 直樹

1. まえがき

炭素繊維補強セメント (CFRC) の製造においては、セメントペーストのマトリックス中にいかに均一に炭素繊維 (CF) を分散させるかが重要である^{1,2)}。またすでに、シリカフュームを用いた良好な研究成果³⁾も報告されている。本研究では、シリカフューム以外に、水中コンクリート用混和剤および高炉スラグ微粉末を用いた CFRC の製造およびその強度について実験した結果を報告するものである。

2. 実験の概要

表-1 比表面積および比重

	比表面積 (cm^2/g)	比 重
普通ボルト ランドセメント	3210	3.16
高炉スラグ 微粉末	7860	2.9
シリカフューム	280000	2.03

用いたセメント、高炉スラグ微粉末およびシリカフュームのそれぞれの比表面積および比重を表-1に示す。高炉スラグ微粉末は比表面積が $7860\text{cm}^2/\text{g}$ と特に微粉末のものを用いた。水中コンクリート用混和剤は、セルローズエーテル系を主成分とするものを、専用の消泡剤とともに用いた。また、流動化剤はナフタリンスルホン酸ホルマリン高縮合物塩を主成分とするK社製のものをを用いた。炭素繊維は、表-2に示すような性質を持つビッチ系炭素繊維を用い、繊維長は10mmとした。

表-2 炭素繊維の性質

繊維種別	繊維直径 (10^{-4}mm)	比重	引張強度 (kg/cm^2)	弾性係数 ($10^4\text{kg}/\text{cm}^2$)	伸 度 (%)
ビッチ系 炭素繊維	18	1.63	7800	3.8	2.1

セメントペーストの配合は、表-3に示すようである。水セメント比は30%と一定にし、高炉スラグ微粉末およびシリカフュームを用いる場合には、それぞれをセメントの重量で40%づつ添加した。

表-3 セメントペーストの配合

配合名	セメントに対する重量比 (%)				
	水	水中混和剤	高炉スラグ	シリカフューム	流動化剤
水中混和剤	30	0.15	-	-	1
高炉スラグ		-	40	-	2
シリカフューム		-	-	40	6

※消泡剤をセメント重量の0.1%併用した

練り混ぜには、容量が10Lのオムニミキサと5Lのモルタルミキサを用いた。練り混ぜ順序および練り混ぜ時間は、表-4に示す通りである。

供試体の作製は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の恒温恒湿室で行い、フロー値試験および $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ の強度用試験体の作製は、JIS R5201に従って行った。材令1日で脱型後、 20°C の水中養生を強度試験材令(28日)まで行った。

3. 流動性

フロー値と繊維混入率の関係を図-1に示す。水中コンクリート用混和剤を用いた場合は、モルタルミキサの方がオムニミキサよりフロー値は少し大きい。しかし、高炉スラグ微粉末を用いた場合は、両ミキサ間にフロー値の相違はほとんどない。

図-2には、シリカフューム、および高炉スラグ微粉末に流動化剤を6%添加した場合についても示した。シリカフュームを用いた場合、繊維混入率の増加によるフロー値の低下が小さい。しかしながら、流動化剤を同じくセメント重量の6%添加した場合を比較すると、高炉スラグ微粉末の方が流動性は良い。また、水中コンクリート用混和剤および高炉スラグ微粉末と流

表-4 材料投入順序および練り混ぜ時間

ミキサの種類	混和材料の種類	材料投入順序および練り混ぜ時間
オムニミキサ	水中混和剤	[C+W+流] + [混] + [CF] + [消] 1分 1分 平均6分 30秒
	高炉スラグ	[C+W+流] + [Sg] + [CF] 1分 2分 平均6分
	シリカフューム	[C+W+流] + [Si] + [CF] 1分 2分 平均6分
モルタルミキサ	水中混和剤	[C+W+流] + [混] + [CF] + [消] 1分 30秒 平均3分 30秒
	高炉スラグ	[C+W+流] + [Sg] + [CF] 1分 2分 平均3分
	シリカフューム	[C+W+流] + [Si] + [CF] 1分 2分 平均3分

C:セメント, W:水, 流:流動化剤, CF:炭素繊維
混:水中混和剤, 消:消泡剤, Si:シリカフューム
Sg:高炉スラグ

動化剤を2%用いた場合には、繊維混入率の増加に対するフロー値の低下は同様である。

なお、いずれの混和材料を用いても、容積比で5%の炭素繊維を均一に分散させることが可能であった。

4. 成形性

高炉スラグ微粉末と水中コンクリート用混和剤を用いたCFRCは、練り上がり状態、粘性、施工性および分散性が非常に似ていた。高炉スラグ微粉末と流動化剤をセメントの2%用いた場合は、シリカフュームの場合に比べ、繊維混入率が3%までは粘性が低く、成形性および仕上げとともに優れているが、繊維混入率を5%に増加した場合には、若干ファイバボールが生じ、やや強めに突いて仕上げる必要であった。なお、流動化剤を6%に増加した場合はいずれも良好であった。シリカフュームを用いると、炭素繊維の分散は良好であったが、粘性が大きく、成形および仕上げが困難であった。このことは図-3からも推測できる。

図-3は、モルタルミキサを用いた場合のCFRC供試体重量の実測値と計算上の重量の比を示している。実測の重量は、強度試験直前のものを、計算上の重量は、空気量を0%として計算した配合重量である。いずれの混和材料を用いても、繊維混入率の増加に伴って、供試体の重量は減少している。特にシリカフュームは他に比べ、その低下の程度が著しいことがわかる。

5. 曲げ強度

曲げ強度と繊維混入率の関係を図-4に示す。図には、水中コンクリート用混和剤、高炉スラグ微粉末およびシリカフュームの混和材料とモルタルミキサおよびオムニミキサの2種類のミキサを用いた場合を一緒に示している。

炭素繊維を5%混入すると、いずれのCFRCとも、曲げ強度は 200 kg/cm^2 を得ている。高炉スラグ微粉末を用いた場合には、セメントペーストのマトリックス自体の曲げ強度が大きいことが認められる。そのため、繊維混入率の増加による曲げ強度の向上は小さくなっている。水中コンクリート用混和剤を用いた場合には、繊維混入率を3%から5%に増加させた場合の曲げ強度の増加が小さくなっていることを除けば、シリカフュームと同様な傾向を示し、高炉スラグ微粉末を用いた場合に比べ、繊維混入率の増加による曲げ強度の増加は大きくなっている。

6. まとめ

CFRCの製造において、水中コンクリート用混和剤、あるいは高炉スラグ微粉末を用いることにより、シリカフュームとほぼ等しい曲げ強度を得ることができ、さらに、シリカフュームに比べ施工性の良いことが認められた。

炭素繊維は呉羽化学工業(株)より、水中コンクリート用混和剤は竹本油脂(株)より、また、高炉スラグ微粉末は新日本製鉄(株)よりそれぞれ提供頂いた。付記して厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 白川、中川 「炭素繊維補強セメントの曲げ強度におよぼす因子」 第4回コンクリート工学年次講演会講演論文集1982年
- 2) 秋浜、末永、坂野 「炭素繊維を用いたセメント系複合体(CFRC)の力学的性質に関する実験的研究」コンクリート工学論文vol20、No8、1982
- 3) 大浜、天野 「短繊維を用いた炭素繊維補強セメントの製造と性状」 繊維補強コンクリートに関するシンポジウム論文 1984年2月

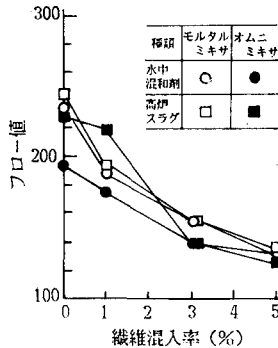


図-1 フロー値(1)

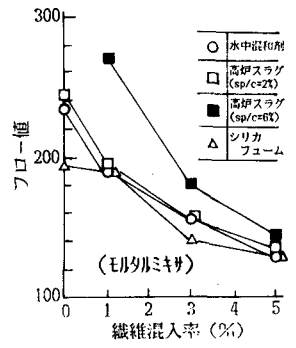


図-2 フロー値(2)

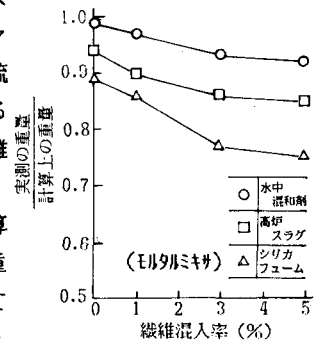


図-3 供試体の重量

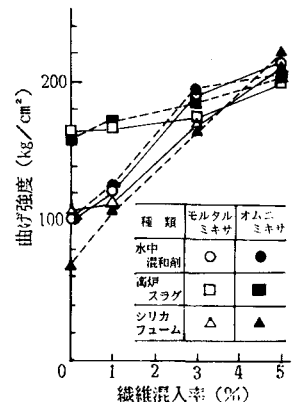


図-4 曲げ強度