

各種シリカフュームがGRCの物性値に及ぼす影響

日本電気硝子株式会社ガラス繊維事業部技術部 担当課長 竹内 好雄

1. はじめに

シリカフュームは産地や比表面積、また純度の異なる多くの種類が市販されている。これらのシリカフュームはGRCの耐久性や作業性を向上させる上で大変重要な混和材であり、特にプレミックスGRCに関しては流動特性に大きな影響を与える。そこで、各種のシリカフュームのプレミックスGRCの物性に及ぼす影響を調査した。

2. シリカフュームの特性値

今回の調査に用いたシリカフュームの特性値を表1に示す。

表1 各種シリカフュームの特性値

	E1	E2	E3	E4	T1	T2	T3
生産国	ノルウェー	中国	ブラジル	中国	エジプト	中国	中国
タイプ	U		U	U	U	U	D
見かけ密度 (kg/m ³)	200-450		200-350	200-350	320	330	600
比表面積 (m ² /g)	-		-	> 15	20.0	23.0	20.5
SiO ₂ (%)	>93		>90	>85.0	94.2	90.6	93.0

タイプ：U = アンデンシファイド、D = デンシファイド

3. 試験内容

3.1 配合

GRCの配合を表2に示す。高流動と高耐久の二つのタイプのGRC配合を用いた。

表2 GRC 配合

タイプ	高流動	高耐久
普通ポルトランドセメント	100	30
スラグ (比表面積 4000)	-	70
珪砂 (6号)	100	-
珪砂 (5号)	-	100
水	30	32
高性能 AE 減水剤	1.5	0.7 ~ 1.2
シリカフューム	5	10
ガラス繊維 (19mm)	7.1	7.3

注) ガラス繊維含有率はモルタルに対して 3wt%

3.2 成形手順

混練にはオムニミキサーを用いた。シリカフェームは予め水に分散させ混合水とし、混合水、珪砂、粉体(セメント、スラグ)、減水剤の順で投入し、低速回転110～150回転/分で30秒間、高速回転160～200回転/分で2分間混練後、モルタルフロー値を測定した。ガラス繊維投入後、低速で5秒、高速で20秒混練後、GRCフロー値を測定した。

3.3 作業性の評価

作業性を評価するために、モルタルフローとGRCフローの測定を行った。

- ・モルタルフロー：フローコーン(塩ビ製内径φ55mm、高さ50mmの円筒体)を水平な平板上に置き、混練したセメントモルタルをフローコーン擦り切れ一杯に充填する。フローコーンを垂直に静かに持ち上げ、平板上に広がったセメントモルタルの最大直径とそれと直交する直径を測定する。この二つの値の平均値をモルタルフロー値とする。
- ・GRCフロー：タッピングフローコーン(上部内径70mm、下部内径100mm、高さ60mmの円錐台)をタッピングフローテーブルに置き、セメントモルタルとガラス繊維を混練したGRCをタッピングフローコーンに二回に分けて擦り切れ一杯に充填する。タッピングフローコーンを垂直に静かに持ち上げ、テーブルを1秒間に1回、計15回上下運動させ、テーブル上に広がったGRCセメントの最大直径とそれと直交する直径を測定する。この二つの値の平均値をGRCフロー値とする。

3.4 物性試験

日本GRC工業会の試験方法に従って70℃の温水に浸漬後のGRC曲げ試験を行った。

3.5 長さ変化率

JIS A 1129のコンタクトゲージ方法に準じ、以下の条件で乾燥収縮率を測定した。

- ・試験体寸法：長さ250×幅50×厚み15mm、試験体数：各3体
- ・成形翌日に脱型し、ゲージプラグを約200mmの間隔で貼り付けて基長とし、20℃、60%RHの条件室で保管

4. 結果

4.1 作業性

フロー試験結果を表3に示す。高流動タイプ配合において、E1～E4およびT1はGRCフローが200mm前後であったが、T2とT3は200mmを下回り、若干流動性に違いが見られた。高耐久タイプにおいてもT2とT3は所定のモルタルフローを得るための高性能AE減水剤の添加量が増える傾向があった。両配合においてT2とT3の流動性が若干低下する傾向が見られた。

表3 フロー試験結果

シリカフェーム	E1	E2	E3	E4	T1	T2	T3
配合	高流動タイプ						
モルタルフロー(mm)	200	165	170	165	170	145	135
GRCフロー(mm)	195	220	208	203	215	188	165
配合	高耐久タイプ						
高性能AE減水剤	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	1.2
モルタルフロー(mm)	75	93	75	90	113	83	75
GRCフロー(mm)	138	150	133	163	175	153	143

4.2 曲げ強度

曲げ強度試験結果を表4に示す。高流動タイプ配合において、E1～E4と比較してT1～T3は初期強度が低くなる傾向が見られた。気乾比重はE1～E4が2.1前後なのに比較してT1～T3は1.9前後と10%程度低い値であった。これは、混練による巻き込み空気の増加のためと思われる。比重の低下が強度低下につながったと思われる。高耐久タイプ配合においては、曲げ強度、比重共に大きな差は見られなかった。

表4 曲げ試験結果 (材齢 28 日)

シリカフェーム	E1	E2	E3	E4	T1	T2	T3
配合	高流動タイプ						
LOP (MPa)	12.4	9.7	11.3	10.9	7.9	7.2	7.3
MOR (MPa)	18.7	13.2	14.8	15.6	10.1	11.3	9.9
ヤング率 (GPa)	19.1	18.2	18.7	18.8	15.7	15.7	15.6
気乾比重	2.17	2.04	2.15	2.09	1.92	1.89	1.91
配合	高耐久タイプ						
LOP (MPa)	5.6	5.5	5.8	5.5	6.1	5.7	6.2
MOR (MPa)	10.0	10.2	11.2	9.1	9.8	8.4	9.0
ヤング率 (GPa)	12.9	12.7	10.0	12.6	12.1	11.4	10.7
気乾比重	1.99	2.02	2.00	2.00	2.05	1.97	1.97

4.3 耐久性

耐久性試験結果を図1と2に示す。4.2 曲げ強度でも述べたように、高流動タイプ配合において、大きく分類して初期強度はE1～E4とT1～T3の2グループに分かれ、前者は少しずつ低下していく傾向が見られた。後者は初期強度が低いこともあり、低下する傾向は見られなかったが、20日の促進後も前者の曲げ強度の方が後者よりも高かった。高耐久タイプ配合においては、ほぼ一定か若干上がるかのいずれかの傾向が全ての試験体に見られ、試験体の違いによる耐久性の違いは見られなかった。

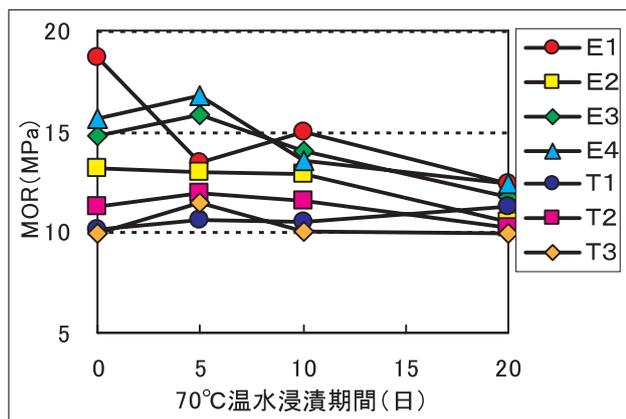


図1 耐久性試験結果 (高流動タイプ)

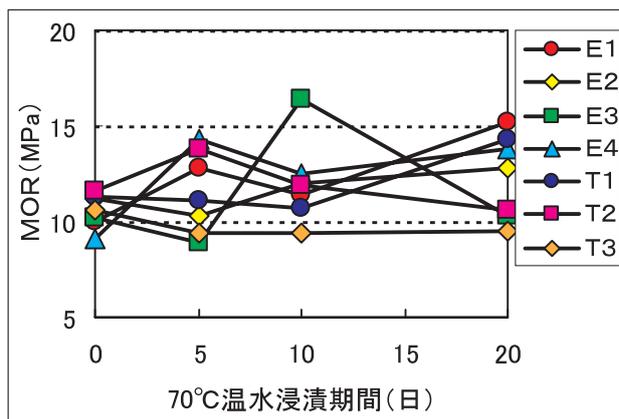


図2 耐久性試験結果 (高耐久タイプ)

4.4 乾燥収縮

乾燥収縮試験結果を図3と4に示す。高流動タイプ配合において、乾燥収縮に差は見られなかった。高耐久タイプ配合において、乾燥収縮に差が見られた。この配合では高性能AE減水剤の添加量でフロー値を調整しているものもあるが、E3、E4、T2の乾燥収縮が大きい傾向が見られた。

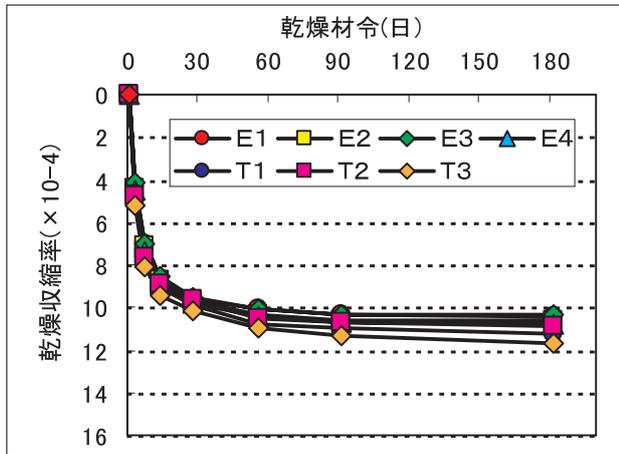


図3 乾燥収縮 (高流動タイプ)

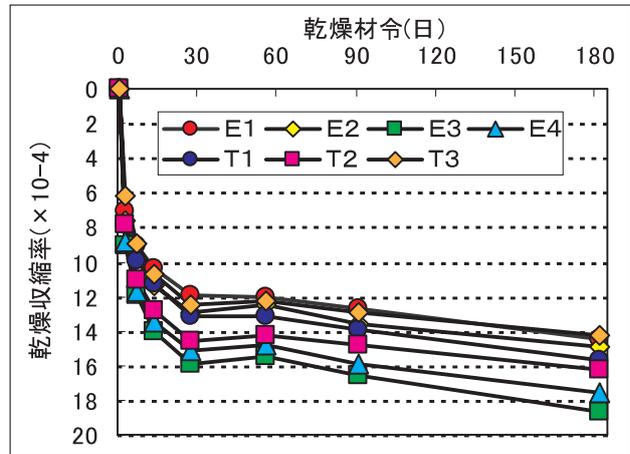


図4 乾燥収縮 (高耐久タイプ)

5. まとめ

・高流動タイプ配合

T2, T3は他のシリカフュームに比べて流動性が悪かった。

材令28日の曲げ強度ではE1が一番高い値であり、E1～E4がT1～T3と比較して高い曲げ強度を示したが、耐久性試験および、乾燥収縮の結果においてはいずれのシリカフュームも同等の性能を有していると考えられる。

セメントに対しシリカフュームを5%添加する配合において、T2, T3については流動性を調整する必要はあるが、E1～E4およびT1は相互に代替可能と考えられる。

・高耐久タイプ配合

高流動タイプ配合と同様に、T2, T3は他のシリカフュームに比べて流動性が悪かった。

材令28日の曲げ強度および耐久性試験においては、いずれのシリカフュームも同等の性能であった。乾燥収縮はE3, E4, T2が比較的大きかった。

セメントの70%をスラグに置換しセメントとスラグの合計に対しシリカフュームを10%添加する配合において、E1, E2, T1は同等の性能を有しており、代替可能と考えられる。T3は、混和剤により流動性を調整することにより、代替可能と考えられる。