

強制炭酸化したガラス繊維補強モルタルの収縮特性

鹿島建設(株) 正会員 ○高村 尚 関 健吾 取違 剛
中国電力(株) 正会員 河内友一 デンカ(株) 正会員 森泰一郎

1. はじめに

筆者らはこれまでに、強制炭酸化したガラス繊維補強モルタル（以下、炭酸化 GRM）について、パネル部材の曲げ強度特性やガラス繊維の劣化促進環境となる 70℃水中に長期間浸漬した際の強度変化等について評価をしてきた¹⁾。その結果、強制炭酸化させることで長期的な曲げ強度を十分に維持し、プレキャスト埋設型枠として適用できることを明らかにしている。一方で、埋設型枠として適用する場合、製造してから型枠として使用されるまでに、一定期間仮置きされる状況が想定される。その場合、埋設型枠は薄肉部材であるため、仮置き期間中における乾燥の影響等で寸法変化を生じることが懸念される。そこで、本研究では、炭酸化 GRM の収縮特性について評価を行った。

2. 検討概要

使用材料を表-1に、検討配合を表-2に示す。炭酸化 GRM は、早強ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末、ダイカルシウムシリケート γ 相、石炭灰および E ガラス（1.0vol%）を用いた。また、強制炭酸化していない一般的な GRM を模擬した配合（以下、一般 GRM）についても評価を行うこととし、モルタルフローが炭酸化 GRM と同程度となるよう単位水量を調整した。

練混ぜは公称容量 10L のモルタルミキサを用い、繊維以外の材料を投入し、低速(100rpm)で 60 秒練り混ぜ、かき落としてから中速(280rpm)で 90 秒練り混ぜた。その後、ガラス繊維を投入し、低速(100rpm)で 30 秒練り混ぜた。0 打および 15 打のモルタルフローは、炭酸化 GRM が 133mm および 271mm、一般 GRM は 136mm および 292mm であった。供試体採取後は 20℃環境下で封緘養生し、材齢 1 日で脱型した。脱型後、炭酸化 GRM は 50℃、40%R.H.、20%CO₂ で材齢 28 日まで強制的に炭酸化させ、その後は 20℃、60%R.H.環境に静置した。一般 GRM は材齢 7 日まで 20℃水中養生を実施し、その後は炭酸化 GRM と同様に 20℃、60%R.H.環境に静置した。

試験項目を表-3に示す。長さ変化率について、炭酸化 GRM は、別途用意した試験体（ ϕ 50mm×100mm）にて全面炭酸化を確認した材齢 14 日（炭酸化 13 日）で基長を測定し、それ以降の長さ変化率および質量変化率を評価した。一般 GRM については、JIS A 1129 に従い、材齢 7 日時点で基長を測定した。

3. 検討結果

3.1 炭酸化 GRM および一般 GRM の比較

長さ変化率の推移を図-1に示す。図より、一般 GRM は経過日数の増加に伴い収縮量が増加し、365 日で -576×10^{-6} であった。一方で炭酸化 GRM は、

表-1 使用材料

項目	記号	摘要
水	W	水道水
セメント	H	早強ポルトランドセメント 密度：3.14g/cm ³
	N	普通ポルトランドセメント 密度：3.16g/cm ³
混和材	BS	高炉スラグ微粉末 密度：2.91g/cm ³
	γ	ダイカルシウムシリケート γ 相 密度：2.85g/cm ³
	F	石炭灰、密度：2.20g/cm ³
細骨材	S	砕砂、表乾密度：2.65g/cm ³
混和剤	SP	高性能減水剤（標準型I種） ポリカルボン酸系化合物
ガラス繊維	GF	E ガラス、チョップドストランド 繊維長 13mm

表-2 検討配合

配合	W/P (%)	単位量 (kg/m ³)								
		W	H	N	BS	γ	F	S	SP	GF
炭酸化 GRM	35.0	298	199	—	265	199	191	851	3.4	26
一般 GRM		312	—	891	—	—	—	890	3.6	

$P = H + N + BS + \gamma + F$

表-3 試験項目

項目	供試体	測定方法
長さ変化率	40mm×40mm	コンパレータ法
質量変化率	×160mm	電子秤による

強制炭酸化環境下に存置していた材齢 28 日（経過日数 14 日）までは長さ変化率にほぼ変化なく、20℃、60%R.H.環境下に移設した後に膨張傾向となった。この理由の詳細は次節で述べる。その後の長さ変化率はほぼ一定であり、392 日の時点で $+71 \times 10^{-6}$ であった。

次に、質量変化率の継時変化を図-2に示す。長さ変化率と同様に、一般 GRM は材齢の経過に伴い質量の減少が認められ、材齢 365 日の時点で 96.3%まで減少した。一方で、炭酸化 GRM は、強制炭酸化環境から 20℃、60%R.H.環境に移設した材齢 28 日の時点で若干質量が増加したものの、それ以降はほぼ一定の値を示し、392 日の時点で 100.1%であった。このように、炭酸化 GRM と一般 GRM では収縮特性に大きな差異が認められるとともに、炭酸化 GRM の長さ変化および質量変化はごく僅かであった。以上より、炭酸化 GRM で埋設型枠を製造した場合、養生完了後の仮置き期間中に生じる寸法変化は僅かであると考えられる。

3.2 炭酸化 GRM の長さ変化率と質量変化率

炭酸化 GRM について、強制炭酸化中の長さ変化率と質量変化率の継時変化を初期材齢に注目して図-3に再掲する。図より、炭酸化 GRM は、経過日数 14 日（材齢 28 日）まで長さ変化率および質量変化率ともにほぼ変化が無かった。全面炭酸化を確認した時点で基長を測定したことを踏まえると、炭酸化がそれ以上進行しなかったために長さ変化および質量変化が生じなかったと推察される。その後、経過日数 14 日から 21 日にかけて質量がやや増加し、長さ変化率も膨張挙動を示した。これは相対湿度が 40%R.H.から 60%R.H.へと変化した影響により、環境中の水分を吸湿したことで質量が増加し、その結果膨張挙動を示したものと考えられる。

炭酸化 GRM および一般 GRM の長さ変化率と質量変化率の関係を図-4に示す。図より、一般 GRM は質量の減少に伴い収縮が増加する傾向が確認できる。一方、炭酸化 GRM は、本研究の範囲においては質量変化が小さく長さ変化も僅かであった。この理由として、全面炭酸化が完了した時点で、炭酸化 GRM は CaCO_3 が主な組成になっていることが考えられ²⁾、乾燥収縮の要因となる CSH やゲル水がごく少量となっていたことが推察される。

4. まとめ

①炭酸化 GRM は、一般品 GRM と比較して質量変化および長さ変化ともにごく僅かである。このことから、養生終了後の仮置き期間中においても寸法変化は小さいと考えられる。②炭酸化 GRM は、強制炭酸化により CaCO_3 が主な鉱物組成となった結果として、長さ変化が僅かとなったと考えられる。

参考文献

- 1) 関ほか: 炭酸化した環境負荷低減型ガラス繊維補強モルタルの耐久性評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, pp.2367-2372 (2016)
- 2) 取違ほか: γ -2CaO $\cdot$ SiO₂を混入して強制炭酸化したセメント系材料による環境負荷の低減, Cement Science and Concrete Technology, No.63, pp.161-167 (2009)

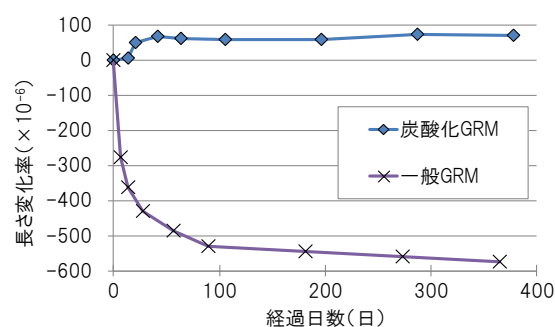


図-1 長さ変化率の比較

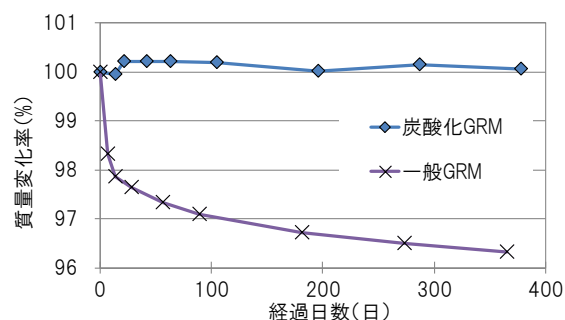


図-2 質量変化率の比較

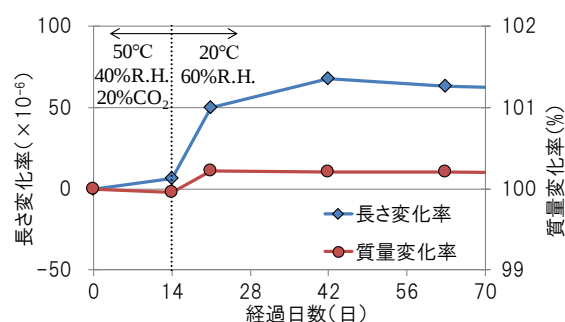


図-3 炭酸化 GRM の長さ変化率と質量変化率

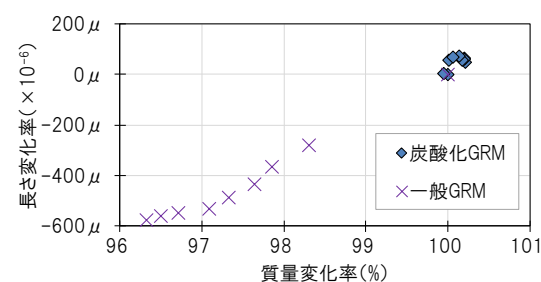


図-4 長さ変化率と質量変化率の関係