

炭酸化したガラス繊維補強パネルの強度特性

鹿島建設(株) 正会員 ○関 健吾 横関康祐 中国電力(株) 正会員 向原敦史
 ランデス(株) 正会員 藤木昭宏 デンカ(株) 正会員 樋口隆行

1. はじめに

ガラス繊維補強モルタル(以下, GRM)は, 耐アルカリ性を有するガラス繊維(以下, AR ガラス)の使用により高い曲げ強度と曲げ靱性を付与している。しかしながら, AR ガラスを用いた場合であってもアルカリ環境下では長期的に強度低下を生じることも指摘されている¹⁾。これまでに著者らは, 強制的に炭酸化させることでpHを中性としたGRM(以下, 炭酸化GRM)について検討しており, 促進試験によって長期的な強度低下を抑制できることを確認している²⁾。このGRMは, 炭酸化の影響によって曲げ強度にも優れている²⁾ことから, 薄肉のパネル部材に適していると考えられる。そこで, 炭酸化GRMパネルの強度特性を実験的に評価した。

2. 試験概要

使用材料を表-1に, 検討配合を表-2に示す。炭酸化GRMは, 普通ポルトランドセメント, 高炉スラグ微粉末およびダイカルシウムシリケートγ相を使用するとともに, 産業副産物の有効活用を目的に石炭灰も用いた。ガラス繊維は, 耐アルカリ性を有するARガラス(繊維長13mm)を1.0vol%用いた。また, 比較として一般的なGRM(以下, 一般GRM)についても検討した。プレミックス法を対象とし, 公称容量10Lのオムニミキサーにて練り混ぜた。繊維以外の材料を投入し, 低速(100rpm)で60秒練り混ぜた後, 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。

供試体採取後は, 20℃環境下で封緘養生し, 材齢1日の時点で脱型した。脱型後, 炭酸化GRMは50℃, 40%RH, 15%CO₂で材齢21日まで強制的に炭酸化させ, 一般GRMは材齢21日まで20℃水中養生を実施した。

試験項目を表-3に示す。炭酸化GRMについては, パネル厚さの影響を評価するため, 供試体厚さを20mm, 40mmおよび80mmの3水準として表-4に示す条件にて曲げ試験(JSCE-G 552)を実施した。

3. 試験結果

3.1 試験結果一覧

試験結果一覧を表-5に示す。炭酸化GRMの圧縮強度

表-1 使用材料

項目	記号	摘要
水	W	水道水
セメント	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=2.94g/cm ³
	F	石炭灰, 密度=2.20g/cm ³
細骨材	S	砕砂, 密度=2.63g/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	AR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/B (%)	単位量 (kg/m ³)							
		W	N	BS	γ	F	S	SP	GF
炭酸化GRM	35.0	298	199	265	199	191	845	2.56	28
一般GRM		312	891	—	—	—	890	1.54	

表-3 試験項目(炭酸化GRM, 一般GRM共通)

項目	供試体	内容	試験材齢	
圧縮強度	φ 50×100mm	JIS A 1108	材齢 21 日	
ヤング係数		JIS A 1149		
曲げ強度	100×40×400mm	JSCE-G 552		
曲げじん性				

表-4 パネル厚さの条件(炭酸化GRM, 材齢14日)

ケース	配合	载荷 スパン	供試体寸法 (mm)			N=
			長さ	幅	厚さ	
20mm	炭酸化 GRM	360mm	440		20	3
40mm					40	3
80mm					80	3

キーワード ガラス繊維, 炭酸化, パネル部材, 曲げ強度, 曲げじん性係数

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL. 042-489-6761

およびヤング係数はそれぞれ 49.6N/mm² および 15.3kN/mm² であり、一般 GRM の 66.0N/mm² および 28.3kN/mm² と比較して小さかった。一方で、炭酸化 GRM の曲げ強度および曲げじん性係数はそれぞれ 8.40N/mm² および 5.13N/mm² であり、一般 GRM の 7.18N/mm² および 4.14N/mm² と比較して大きい結果であった。一般 GRM と使用しているガラス繊維種類と添加量は同一であるため、ガラス繊維とマトリクスとの付着強度が影響して、炭酸化 GRM の曲げ強度が高くなったと考えられる。一方で、圧縮強度は炭酸化 GRM の方が小さかったことから、使用材料の違いや炭酸化の影響によってガラス繊維とマトリクスの付着強度が向上した可能性がある。

3.2 供試体厚さの影響評価

厚さの異なる供試体における試験結果を表-6および図-1に示す。表-6および図-1には、3つの供試体における平均値を示した。試験の結果、ほぼ全ての供試体において、初期ひび割れ発生とともに曲げ応力が下降し、ひずみ軟化特性を示した。

供試体厚さと曲げ強度および曲げじん性係数の関係を図-1に示す。供試体の厚さが 80mm, 40mm, 20mm と小さくなるにつれ、曲げ強度は 5.90N/mm², 7.66N/mm², 8.20N/mm² と増加した。同様に曲げじん性係数も 3.06N/mm², 3.09N/mm², 4.09N/mm² と増加する結果となり、文献³⁾と同様な傾向が確認された。ただし、本研究では繊維長 13mm のガラス繊維を使用しているため、供試体厚さが小さくなるにつれてガラス繊維が強制的に配向された可能性もある。

厚さの異なる供試体における、代表的な応力-変位関係を図-2に示す。先述のとおり、供試体厚さが小さくなるにつれてひび割れ発生強度は増加するとともに、ひび割れ発生時の変位量も増加する傾向が確認された。

4. 結論

本研究の範囲において、以下の知見を得た。

- ① 炭酸化 GRM は、一般品 GRM と比較して曲げ強度および曲げタフネスに優れる。
- ② 供試体厚さが小さくなるにつれて、曲げ強度および曲げじん性係数は増加する傾向となる。また、ひび割れ発生時の変位量も増加する傾向となる。

参考文献

- 1) 魚本ほか：各種繊維の耐アルカリ性の評価法に関する基礎研究，土木学会論文集，No. 490/V-23，pp. 167-174，(1994)
- 2) 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，コンクリート工学次論文集，Vol. 37，(2016)（投稿中）
- 3) 土木学会：2012 年制定 コンクリート標準示方書【設計編：本編】，pp. 34-37，(2013)

表-5 試験結果一覧

配合	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	曲げじん性係数 (N/mm ²)
炭酸化 GRM	49.6	15.3	8.40	5.13
一般 GRM	66.0	28.3	7.18	4.14

表-6 供試体厚さの影響 (N=3 の平均値)

ケース No	曲げ強度 (N/mm ²)	ひび割れ発生強度 (N/mm ²)	曲げじん性係数 (N/mm ²)
20mm	8.20	8.11	4.09
40mm	7.66	7.66	3.09
80mm	5.90	5.90	3.06

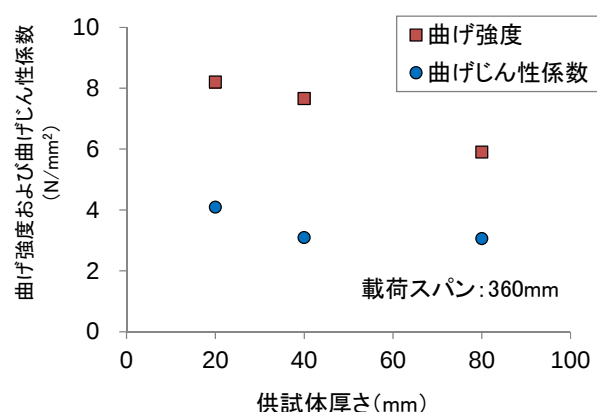


図-1 供試体厚さと曲げ強度の関係

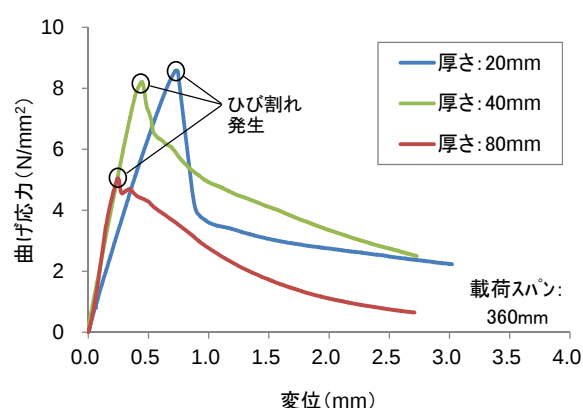


図-2 応力-変位関係