

炭酸化させたガラス繊維補強モルタルの曲げ強度および塩分浸透抵抗性に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○取違 剛 横関康祐 永井勇輔 中国電力(株) 正会員 河内友一
 ランデス(株) 正会員 藤木昭宏 デンカ(株) 正会員 森泰一郎

1. 目的

コンクリート構造物の耐久性や施工の生産性向上を目的として、構造物の表面にプレキャストコンクリートを埋設型枠として用いる事例が複数報告されている¹⁾。筆者らは、モルタルの炭酸化によってガラス繊維のアルカリ劣化を抑制した、即時脱型タイプのガラス繊維補強モルタル（以下、GRM）を埋設型枠に適用する検討を実施してきた²⁾。同検討では、人力で締め固めた GRM を対象としてきたが、実際の GRM 製造時には、大型の設備にて加圧しつつ振動締め固めにて成型するため、使用する機械の圧力や締め固め特性によって GRM の硬化物性が異なる可能性がある。そこで本検討では、即時脱型のコンクリート成形装置にて製造した GRM によるパネル（以下、GRM パネル）の曲げ強度特性ならびに塩化物イオンの浸透抵抗性に関する検討を実施した。

2. 試験概要

本試験に供した GRM パネルの外観を写真-1 に、GRM パネルの形状寸法を図-1 に示す。パネルの大きさは 600mm×600mm、厚さは 40mm であり、50mm ピッチで円錐状の小孔を設けている。表-1 に示す使用材料を用い、表-2 に示した配合の GRM を練り混ぜた。練混ぜには公称容量 500L の強制二軸ミキサを用い、繊維以外の材料をミキサに投入後、180 秒練り混ぜた。その後ガラス繊維を手で投入し、60 秒練り混ぜた。練混ぜ完了後のモルタルをコンクリート成形装置（(株) チョダマシナリー製、CP-3）にて 10 秒締め固め、ただちに脱型した。脱型後は 2 時間静置し、その後炭酸化養生を行った。養生時の環境は、平均温度約 60℃（40～70℃）、平均湿度約 40%（25～60%）、CO₂ 濃度は毎時約 20%で上昇させて約 80%まで高め、製造完了から翌朝まで、約 16 時間養生した。その後、工場内にて外気温相当の環境で保管し、材齢 35 日にて載荷スパン 520mm として中央 1 点載荷による曲げ試験を実施した。なお、比較として表-2 の配合にて厚さ 40mm、100mm×400mm の角柱供試体（以下、室内供試体）をランマにて人力で 5 秒締め固めて作製し、材齢 14 日、28 日にて 3 等分点曲げ載荷試験にて曲げ強度を測定した。室内供試体は、即時脱型したのち恒温恒湿槽にて 50℃、40%RH、CO₂ 濃度 75%の環境下で材齢 7 日まで養生し、その後 20℃、60%RH の環境にて所定の材齢まで養生した。

また、GRM パネルからモルタルを切り出し、JSCE-G 572-2013 に準拠

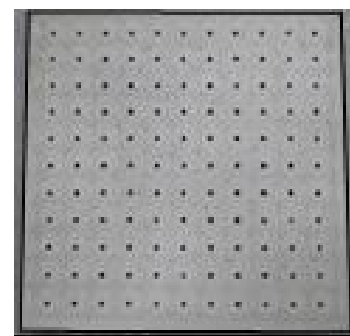


写真-1 GRM パネル

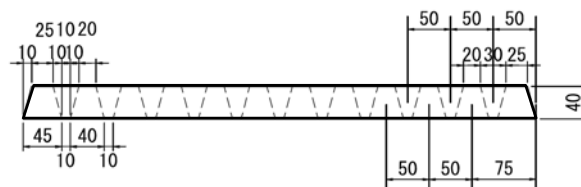


図-1 GRM パネルの形状寸法

表-1 使用材料

材料	記号	摘要
水	W	水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント：密度 3.16g/cm ³
混和材	BFS	高炉スラグ微粉末：密度 2.91g/cm ³
	γ C ₂ S	γ C ₂ S、密度 2.85g/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	AD1	高性能減水剤（標準型 I 種） ポリカルボン酸系化合物
	AD2	粉体系混和材
ガラス繊維	GF	E ガラス、チョップドストランド、繊維長 12mm

表-2 GRM の配合

W/P (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)									単位容積質量 (kg/m ³)
		W	C	BFS	γC ₂ S	F	S	AD1	AD2	GF	
30.0	7	260	253	446	45	187	894	15.4	13	26	2,084

$$※P=C+BFS+\gamma C_2S+F$$

キーワード：ガラス繊維、即時脱型、炭酸化養生、曲げ強度、塩化物イオン、拡散係数

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 042-489-6683

して浸透面以外の5面をシールしたのち、10%NaCl 溶液に浸漬して材齢3カ月、6カ月における全塩化物イオン濃度分布を測定した。加えて同試験結果より Fick の第2法則を用いた回帰分析にて見掛けの拡散係数を算出した。

3. 試験結果

3.1 GRM パネルとしての曲げ強度

GRM パネルの曲げ試験にて得られた荷重～たわみ関係を図-2に示す。同図には GRM パネル3枚の試験データを示した。最大荷重に多少のばらつきはあるものの、ひび割れ発生後もただちに荷重は低下せず、ガラス繊維による曲げ補強効果が確認できた。次に、図-2の最大荷重から得られた GRM パネルの曲げ強度と、室内供試体の曲げ強度を併せて図-3に示す。図中の黒い縦線は、供試体3つのデータにおけるばらつきの範囲を示している。これによると、製造方法や養生環境、材齢によらず、曲げ強度は 6N/mm^2 程度でほぼ一定であった。GRM パネル、室内供試体いずれも試験時には全面炭酸化しており、即時脱型製品としての配合を適切に設定した GRM に対して十分な締固めを行い、モルタル全面が炭酸化すれば、多少の養生環境の違いが GRM パネルの曲げ強度に及ぼす影響は小さいことが明らかとなった。

3.2 GRM パネルの塩化物イオン浸透抵抗性

10%NaCl 溶液に3カ月、6カ月浸漬した GRM パネルの塩化物イオンの濃度分布を図-4に示す。また同試験結果をもとに算定した塩化物イオンの見掛けの拡散係数を図-5に示す。同図には、2012年制定コンクリート標準示方書【設計編】に示されている普通ポルトランドセメントにおける拡散係数の特性値の算出式を用いて $W/C=45\%$ 、 55% の時の値を算出した結果を示している。なお、表面塩化物イオン濃度 C_0 は 18kg/m^3 と算定された。GRM パネルの塩化物イオン浸透抵抗性は、 $W/C=45\%$ の普通コンクリートと同等であることが明らかとなった。

4. まとめ

即時脱型配合の GRM が、実際の製造および養生設備を用いた場合においても室内と同等の曲げ強度が得られ、普通コンクリートと同等以上の塩化物イオン浸透抵抗性を有することを確認した。

参考文献

- 1) 本田ほか：有機繊維を用いた埋設型枠の性能と適用事例，第70回土木学会年次学術講演概要集，pp. 347-348，2015
- 2) 取違ほか：炭酸化させたガラス繊維補強モルタルの施工性および曲げ強度に関する検討，土木学会第72回年次学術講演概要集，pp. 1071-1072，2017

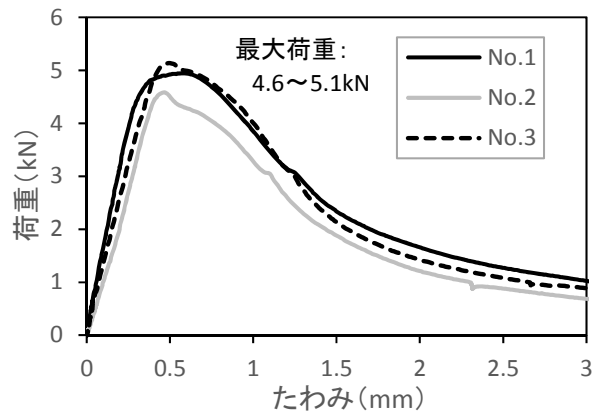


図-2 GRM パネルの荷重～たわみ関係

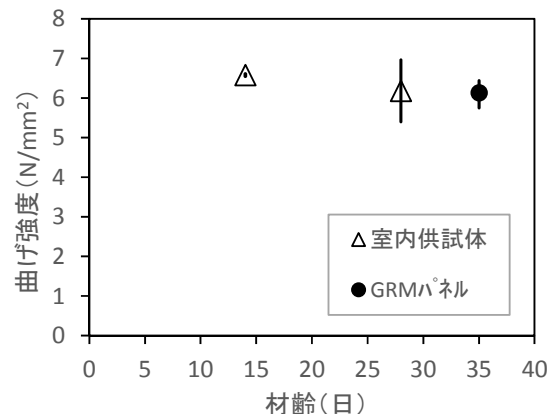


図-3 GRM パネルの曲げ強度

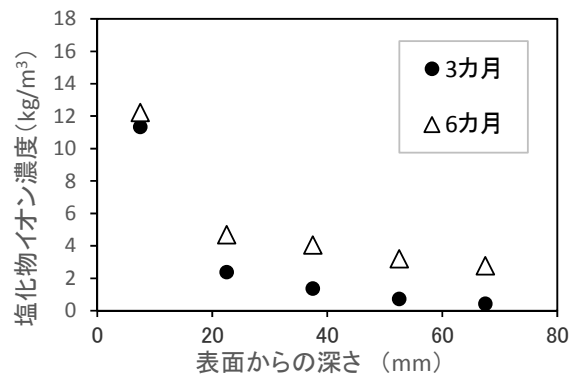


図-4 塩化物イオンの濃度分布

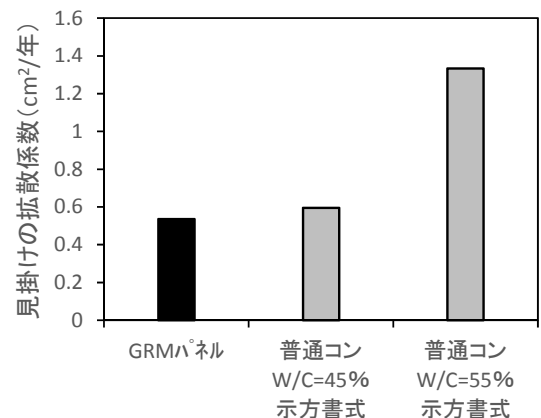


図-5 塩化物イオンの見掛けの拡散係数