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

鹿島建設(株)　正会員　○取違 剛　横関康祐　関 健吾　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　森泰一郎

１．目的

コンクリート構造物の耐久性や施工時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)]。埋設型枠は，設置時の取り回しのしやすさや型枠支保部材低減のために軽量なものが望ましく，3～4cm 程度の薄肉部材で使用されることが多い。そのため，曲げ強度向上，ならびに運搬時やコンクリート施工時の作用荷重による変形に伴うひび割れ抵抗性確保の観点から，繊維補強材が多く用いられている。著者らは，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，ガラス繊維補強モルタル（以下，GRM）の，埋設型枠への適用検討を行っている[2)]。これまでの検討では，型枠への流し込みが可能な GRM を対象としていたが，一日あたりの製造量に限界があることから，GRM の大量製造によるコストダウンを目的として，即時脱型方式に着目した。即時脱型を可能とするには，脱型直後のモルタルが自立するよう，単位粉体量を確保しつつ単位水量を低減した超硬練りの材料を用いるのが一般的である。この配合のモルタルに繊維を混入して練り混ぜると，練混ぜや締固め不足による残存空隙の発生，練混ぜによる繊維の破断による曲げ強度低下などが懸念される。

そこで本稿では，即時脱型が可能なように配合を調整した GRM の施工性ならびに曲げ強度に関する検討を実施した。

写真－1　ガラス繊維（E ガラス）

２．試験概要

GRM の使用材料を**表－1** に，GRM の配合を**表－2** に示す。使用したガラス繊維は**写真－1** に示す繊維長 12mm の短繊維である。過去の検討[2)] では耐アルカリ性を有する AR ガラスを用いていたが，炭酸化によって GRM の pH が低下することから，本検討では耐アルカリ性を持たない安価な E ガラスを用いた。繊維以外の材料を公称容量 10L のモルタルミキサに 5L 投入して 90 秒練り混ぜ，その後所定の量ガラス繊維を投入し，30 秒練り混ぜた。投入するガラス繊維混入率は 0%，1.0Vol%，1.5Vol%の 3 水準とした。なお，練混ぜ完了時の GRM のモルタルフロー（15 打）は繊維投入前で 105cm であった。練混ぜ完了後，ただちに 100×100×400mm の鋼製型枠に厚さ 40mm 分になるように GRM を投入し，100×400cm の支圧面積を有する治具を取り付けたランマにて人力で 5 秒間加圧した。加圧完了後ただちに脱型し， 20℃，60%RH の環境に 4 時間静置した後，50℃，40%RH，CO_2 濃度 15%の環境で 14 日間，炭酸化養生を行った。

養生中の炭酸化深さを，炭酸化養生 1 日，6 日にて

表－1　使用材料

材料	記号	摘要
水	W	水道水
ｾﾒﾝﾄ	C	普通ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ：密度 3.16g/cm³
混和材	BFS	高炉ｽﾗｸﾞ微粉末：密度 2.91g/cm³
	γ C₂S	γ C₂S，密度 2.85g/cm³
	F	石炭灰：密度 2.20g/cm³
細骨材	S	砕砂，密度 2.63g/cm³
混和剤	AD1	高性能減水剤（標準型 I 種）ﾎﾟﾘｶﾙﾎﾞﾝ酸系化合物
	AD2	粉体系混和材
ｶﾞﾗｽ繊維	GF	Eｶﾞﾗｽ，ﾁｮｯﾌﾟﾄﾞｽﾄﾗﾝﾄﾞ，繊維長 12mm

表－2　ガラス繊維補強モルタル（GRM）の配合

W/P (%)	空気量 (%)	単位量（kg/m³）									単位容積質量 (kg/m³)
		W	C	BFS	γC₂S	F	S	AD1	AD2	GF	
30.0	7	260	223	297	223	125	957	2.97	13	0,26,39	2,085

※P=C+BFS+γ C₂S+F

キーワード：GRC，ガラス繊維，炭酸化養生，中性化深さ，曲げ強度
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

測定するとともに，養生完了後の試験体（100×40×400mm）にて供試体寸法，単位容積質量の測定，および3等分点曲げ載荷試験を行って曲げ強度を算出した。

３．試験結果

3.1 供試体寸法および密度

炭酸化養生終了後の供試体の寸法と繊維添加率の関係を**図－1**に示す。同図には供試体の長さ（成型時400mm），高さ（40mm）に対してそれぞれ，±2mmの範囲を点線で示した。繊維無混入のモルタルは即時脱型によってやや変形し，高さが低く，長さが短くなった。一方，繊維を混入したGRMは即時脱型後にも供試体の寸法が変化せず，即時脱型によってGRMが変形しないことを確認した。

次に，炭酸化養生終了後の供試体の単位容積質量の測定結果を**図－2**に示す。繊維添加率によらず，単位容積質量は設計値以上となった。

これらのことから，繊維混入前のフレッシュ性状調整により，ガラス繊維を混入しても密実な締固めが可能で，即時脱型によって自立するGRMが製造可能となることを確認した。

3.2 中性化深さ

炭酸化養生日数の平方根と中性化深さの関係を**図－3**に示す。繊維添加率によらず，中性化速度はほぼ一定であった。打込み当日から炭酸化養生できる即時脱型手法を用いることで，炭酸化養生1日で8mm程度中性化し，炭酸化養生6日における中性化深さは12.8～15.3㎜であった。なお，材齢14日では供試体が全面中性化していることを確認した。

3.3 曲げ強度

繊維添加率と材齢14日における曲げ強度および曲げ靭性係数の関係を**図－4**に示す。繊維添加率の増加とともに曲げ強度が線形的に増加し，靭性も得られる結果となった。曲げ試験後の断面を目視にて観察したところ，繊維は断面に分散して配置されており，分散性も良好であることを確認した。

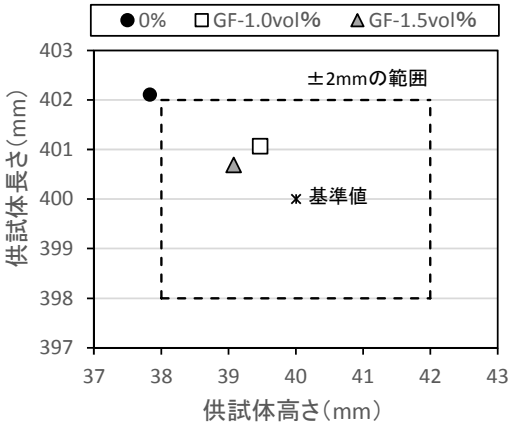
４．まとめ

モルタルの配合の工夫によって即時脱型が可能なように配合を調整したGRMが，適切な施工性を有しつつ，ガラス繊維による曲げ補強効果が得られることを確認した。

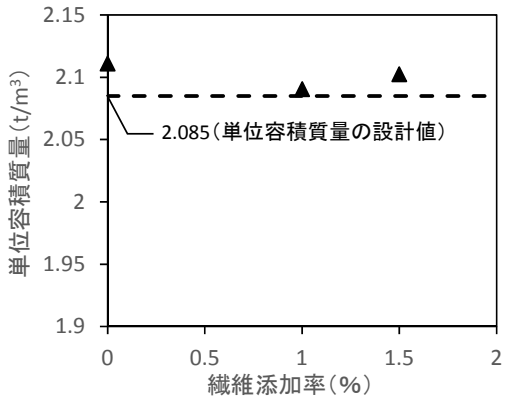
参考文献

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会，pp.347-348，2015

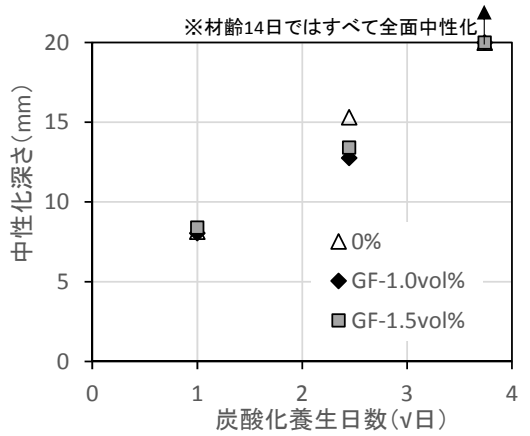
2）関ほか：炭酸化技術によるガラス繊維補強埋設型枠の耐久性向上，コンクリート工学，Vol.54，No.6，pp.607-612 2016.6



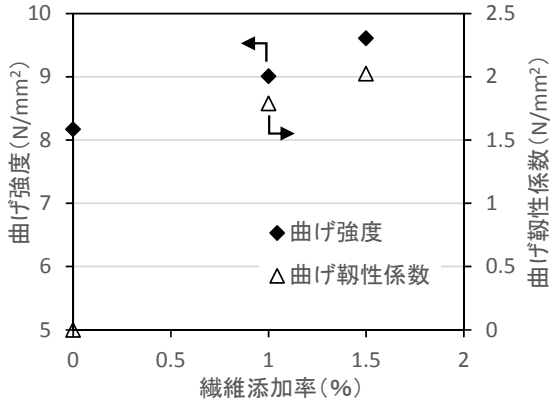
図－1 養生完了後の供試体寸法測定結果



図－2 試験体の単位容積質量測定結果



図－3 炭酸化深さの経時変化



図－4 材齢14日における曲げ強度試験結果