

蒸気養生下における吸水高分子ゲルの内部養生効果に関する基礎的研究

東海大学 学生会員 ○加茂 貴大
徳 良介
東洋建設（株） 正会員 竹中 寛
東海大学 正会員 笠井 哲郎

1. はじめに

近年、生産性向上の観点から、コンクリート構造物のプレキャスト化が注目されている。工場で製造されるプレキャストコンクリート製品は、比較的富配合に設計され、蒸気養生を施して強度発現性を高めるなど、製造サイクルを短縮するための工夫がなされている一方で、自己収縮が大きくなるなどの課題を有していると推察される。著者らは、高強度コンクリートに関し内部養生剤として吸水高分子ゲル(以下ゲル)を添加することで十分な強度を確保し、自己収縮および乾燥収縮を大幅に低減できることを報告した¹⁾。

本研究では、このゲルを内部養生剤としてコンクリート二次製品の製造に適用することを指向し、常圧蒸気養生下での吸水特性、ゲルを内部養生材剤として添加した、コンクリートの強度発現性、長さ変化特性等について実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料を表-1に示す。使用したゲルは、カルボキシメチルセルロースを主成分とする吸水倍率 6.50 倍(GC)のものである。なお、ゲルの吸水倍率は絶乾状態からの水道水の吸水量を質量比で示した値である。

2.2 配合および練混ぜ方法

モルタルの配合条件を表-2に、コンクリートの配合を表-3にそれぞれ示す。モルタルの練混ぜはホバート型ミキサを用いて行った。コンクリートではパン型強制ミキサ(100ℓ)を用いた。吸水ゲルの添加は、ゲルに飽和水量分の水を吸水させた後、練混ぜ終了の 30 秒前にミキサに打入した。また、ゲルに吸水させた水量分を練混ぜ水から差し引いた。

2.3 試験項目および方法

試験項目を表-4に示す。ゲルの吸水特性試験では、ゲル 10 g に 20℃、40℃、65℃の 3 条件の水温の水をそれぞれ 190 g 加えて、十分に吸水させ遠心分離機を用いて吸水倍率を測定した。なお、常圧蒸気養生は高温恒湿槽を用いて前置時間を 3 時間(室温 20℃、湿度 65%)、昇温速度を 20℃/h、最高温度を 65℃、最高温度保持を 3 時間(室温 65℃、湿度 98%)、降温速度を 20℃/h とし、開始から 18 時間後に脱型した。圧縮強度、長さ変化特性はコンクリートで、また、含水率の測定はモルタルで行った。

3. 結果および考察

3.1 ゲルの吸水特性

ゲルの遠心分離機の回転数とゲルの吸水倍率の関係を図-1に

キーワード 吸水高分子ゲル、常圧蒸気養生、内部養生、圧縮強度、長さ変化

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 TEL. 0463-58-1211 FAX. 0463-50-2045

表-1 使用材料

	記号	種類	物理的・化学的性質
練混ぜ水	W ₁	上水道	
吸水高分子ゲルへの供給水	W ₂	上水道	
セメント	N	普通ポルトランドセメント	密度3.16g/cm ³
細骨材	S	菊川支流産山砂	表乾密度2.59g/cm ³ 、吸水率2.18%
粗骨材	G	青梅産硬質砂岩碎石	表乾密度2.70g/cm ³ 、吸水率0.62%
湿和剤	SP	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル
吸水高分子ゲル	GC	カルボキシメチルセルロース(CMC)	吸水倍率6.50倍(吸水率60.7%)

表-2 モルタルの配合表

配合名	セメント	W/C(%)	S/C	ゲル添加率(%)
40-0				—
40-GC-0.05	N	40	2.4	0.05
40-GC-0.1				0.1

表-3 コンクリートの配合表

配合名	セメント	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(Kg/m ³)						ゲル	添加量 (C×%)
					C	W	S	G				
								5～10mm	10～15mm	15～20mm		
40-0	N	20	40	42	425	170	708	203.8	611.4	203.8	—	—
40-GC-0.05											0.05	
40-GC-0.1											0.1	
40-GC-0.2											0.2	

表-4 試験項目

試験項目	試験方法
ゲルの吸水特性	遠心分離機を用いてゲルから除去された水の質量を測定。回転数0における吸水倍率の値を飽和吸水倍率とした。
圧縮強度	JIS A 1108「コンクリートの圧縮試験方法」 試験材齢18時間、3日、7日、14日 蒸気養生終了後の養生は、気中、24時間水中のち気中、水中の3条件
自己収縮	JCI-1996「セメントペーストおよびコンクリートの自己収縮および自己膨張試験方法」 埋め込みゲージを用いて材齢28日まで測定を行った。
含水率	角柱供試体を作製、両端2cmを除いて6等分に割裂し、乾燥前と乾燥後の質量差で含水率を測定した。

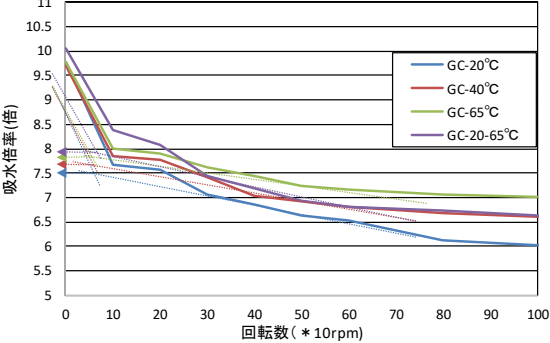


図-1 ゲルの吸水特性

示す。GC-20℃、GC-40℃およびGC-65℃はゲルに吸水させた水の水温を示し、GC-20-65℃はゲルにコンクリートの常圧蒸気養生と同一の温度履歴を加えたものを示す。図より、ゲルに吸水させた水温が高くなるほど吸水倍率は若干高くなる傾向にあったが、大きな差は生じていない。このことから、本研究のゲルは温度変化の影響を受けにくく、常圧蒸気養生を行った場合も、常温時と同様な吸水特性を示すものと考えられる。

3.2 圧縮強度

図-2は圧縮強度の結果を示したものである。気中養生した場合(a)、水中24時間養生の後気中養生した場合(b)、水中養生した場合(c)の圧縮強度をそれぞれ示したものである。図よりゲル無添加に比べ、ゲルを添加した場合は、添加量0.1%において圧縮強度は増加した。これは、ゲルが内部養生剤として機能し、蒸気養生終了後も養生効果を発揮したためと考えられる。なお、この傾向は、脱型後の水中養生期間が長いほど顕著であった。一方、添加量0.2%では、強度は同等か低下傾向にあった。これは、ゲルの添加量が多いため、硬化後にゲル部分が内部欠陥として残存し、強度低下の要因となったためであると考えられる。

3.3 長さ変化特性

図-3は、蒸気養生開始時から計測した供試体のひずみを示したものである。蒸気養生中に膨張ひずみを示し、供試体温度の低下に伴い急激に収縮し、その後20℃気中に静置している間に徐々に収縮した。図より、ゲルの添加が多いほど蒸気養生時の膨張量が大きくなり、また、材齢28日における膨張ひずみも大きくなった。

3.4 含水率

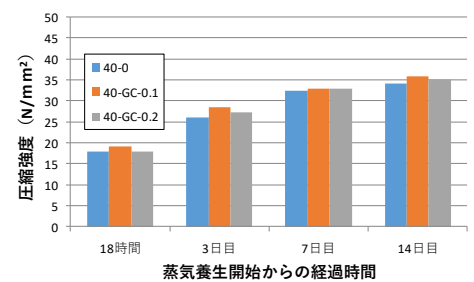
図-4は蒸気養生終了後から気中養生中の供試体の含水率の変化を示したものである。各材齢、乾燥前と乾燥後の質量差から含水率の変化を算出した。図より、測定したすべての材齢においてゲルを添加した場合、無添加に比べ含水率が同等か高くなった。また、添加量0.1%において、その結果はより顕著となった。これらのことから、ゲルを添加することで、蒸気養生終了後の供試体内部の保水性を向上させることができるものと考えられる。

4. まとめ

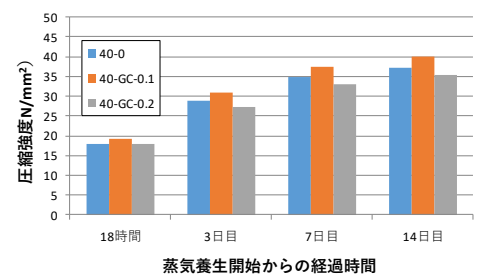
蒸気養生コンクリートへのゲルの添加効果について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 本研究で使用したゲルは、温度変化の影響を受けにくく、常圧蒸気養生を行った場合でも、常温時と同様の吸水特性を示す。
- 2) ゲルを0.1%添加した場合、圧縮強度は増加した。これは、ゲルが内部養生剤として機能しセメントの水和反応を促進させたためと考えられる。
- 3) 蒸気養生終了後の気中養生においてもゲルの添加により、供試体内部の保水性能を向上し、内部養生効果が発揮される。

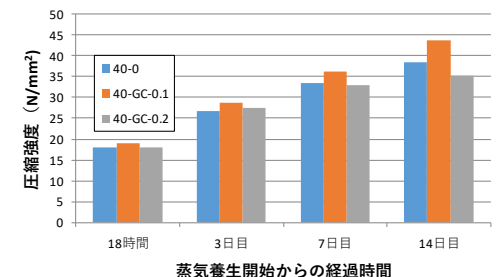
参考文献：徳良介ほか：吸水高分子ゲルを添加したモルタル・コンクリートの内部養生に関する基礎研究，コンクリート工学年次論文集，Vol39，No.1，pp.397-402，2017



(a) 脱型後気中



(b) 水中24時間のち気中



(c) 脱型後水中

図-2 コンクリートの圧縮強度

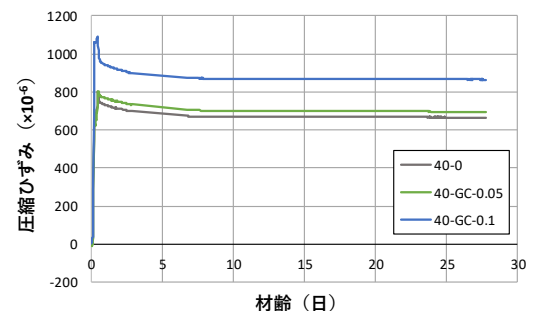


図-3 蒸気養生開始時からの長さ変化

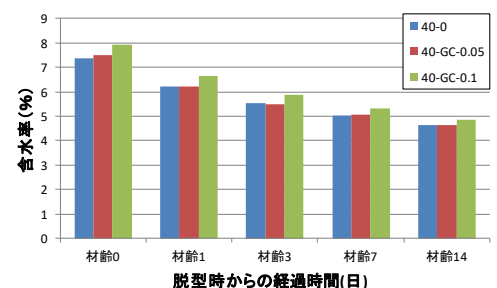


図-4 含水率