

生分解性吸水高分子ゲルを用いた内部養生効果に関する検討

東海大学	学生会員	○Thiwanonth Thanakhom
東海大学	学生会員	中村 悦子
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

著者らは、これまで生分解性吸水高分子ゲル（以下、生分解性ゲルまたはゲルと称す）を塗膜養生剤として用い、初期材齢におけるコンクリートを湿潤状態に保つことで、表層近傍のコンクリートのひび割れの低減や圧縮強度の向上に効果を発揮すること等を示した。

本研究では、コンクリートの練混ぜ水または間隙水の乾燥を低減し、初期材齢における適切な湿潤養生期間を確保することでコンクリートの自己収縮の低減および強度発現性の向上を指向し、生分解性ゲルを添加して製造したコンクリートに関し、その内部養生効果¹⁾について検討を試みた。この生分解性ゲルは、パルプを主原料とするカルボキシメチルセルロースと水を混合し、電子線や γ 線を照射することで、高分子の架橋構造を形成して製造するもので、放射線の照射時間を変えることで、吸水特性の異なるゲルが作製できる。そこで、吸水特性の異なる2種類の生分解性ゲルを用い、これを添加したモルタルまたはコンクリートに関し、強度発現性、自己収縮、乾燥収縮等の評価を行い、内部養生剤としての有効性について実験的検討を行った。

2. 実験概要

表-1 使用材料

2.1 使用材料

セメントは、モルタル・コンクリートの水セメント比が40%の場合、普通ポルトランドセメントを、水セメント比が25%の場合、シリカフェュームプレミックスセメントをそれぞれ使用した。使用材料を表-1に示す。使用した生分解性ゲルは、吸水倍率が15倍程度と60倍程度の2種類を使用した。

	記号	種類	物理的・化学的性質
練混ぜ水	W	上水道	
生分解性ゲルで吸水	W ₂	上水道	
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度316g/cm ³
		シリカフェュームプレミックスセメント	密度309g/cm ³
細骨材	S	菊川産河川砂	表密度2.59g/cm ³ , 吸水率1.18%
粗骨材	G	青梅産硬質砂岩砕石	表密度2.70g/cm ³ , 吸水率0.62%, 最大寸法10mm
減水剤	SP	高性能減水剤	ポリカルボキ酸エーテル
生分解性ゲル	G1	カルボキシメチルセルロース	吸水倍率5倍 含水率7.3%
	G2		吸水倍率60倍 (含水率5.3%)

2.2 モルタル・コンクリートの配合

モルタルの配合条件およびコンクリートの配合を表-2、表-3にそれぞれ示す。水セメント比40%においては、G1とG2のゲルを用い、その有効性の比較検討を行った。水セメント比25%においては、使用ゲルはG1のみを用いた。G1およびG2の添加は、それぞれ吸水倍率が3倍および6倍となるよう加水・吸水させたものを使用した。

表-2 モルタルの配合条件

W/C(%)	配合	S/C(%)	SP添加率(%)	ゲル添加率(C×%)
40	40-0	2.4	0.675	0
	40-G-1			0.3 (15倍吸水)
	40-G-2			0.3 (60倍吸水)
25	25-0	1.9	1.2	0
	25-G-1		1.3	0.3 (15倍吸水)

2.3 練混ぜおよび供試体の作成方法

モルタルの練混ぜは、ホバート型ミキサを用い、ゲルの添加条件を変えて、図-1の方法にて行った。コンクリートの練混ぜは、パン強制練りミキサを用い、図-2の方法で行った。

生分解性ゲルの添加方法は、ゲルおよびゲルが吸水する水を内割とするか外割とするか等で、3種類の方法とした。表-4にその方法を示す。なお、W/C40%におけるゲルの添加方法は、全て内割とした。

キーワード 生分解性吸水高分子ゲル、内部養生、圧縮強度、自己収縮、乾燥収縮

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

2.4 試験項目および方法

モルタルおよびコンクリートについて行ったフレッシュ性状に関する試験は、スランプ、空気量、凝結時間を、硬化体に関する試験は、圧縮強度、自己収縮、乾燥収縮を行った。

自己収縮試験における供試体の密閉条件は、日本コンクリート工学協会「セメントペースト、モルタル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. (改訂版2002)」²⁾の規定に準拠し、モルタル、コンクリートとも100×100×400mmの鋼製型枠を用い、測定長50mmの埋め込みゲージを用いて材齢28日まで測定を行った。また、測定の開始時期は各配合における凝結始発とした。乾燥収縮に関しては、自己収縮試験の供試体を脱型（アルミ箔粘着テープを剥がす）し、材齢29日以降、湿度60%の恒温室に静置し継続して長さ変化を測定することにより行った。同一条件の供試体を2体作成し、その平均値を収縮量とした。

3. 実験結果および考察

3.1 G1とG2を用いたモルタルの比較(W/C=40%)

G1とG2を用いたモルタルのフレッシュ性状を表-5に示す。表より、ゲルの添加による凝結時間への影響は小さいが、モルタルフローの低下が見られた。また、この低下は、G1よりG2の方が大きくなった。これは、G1ではモルタルの練混ぜ後、吸水したゲルは粒状を形成し分散しているが、G2は粒状を形成できず全体に分散し、増粘材を添加したのと同様な状態となり、フローの低下が大きくなったものと考えられる。また、同様な理由により、G2は巻き込み空気が多くなる傾向となるため、空気量が他の配合より大きくなったものと考えられる。

図-3は、φ100×200mmの円柱供試体を材齢24時間で脱型し、その後温度20±2℃、湿度60±5%RHに静置した場合の、各供試体の質量変化率（質量損失）を示したものである。図より、G2の質量変化率はプレーンモルタル(40-0)とほぼ同様な値となり、ゲルによる保水効果が現れていない。一方、G2は他の配合のものより初期材齢において質量変化率が小さく、ゲル内に水を抱え込んで乾燥を

低減する効果（保水効果）が現れていることから、内部養生効果が期待できるものと考えられる。

図-4は材齢28日までの自己収縮および29日以降の乾燥収縮の試験結果を示

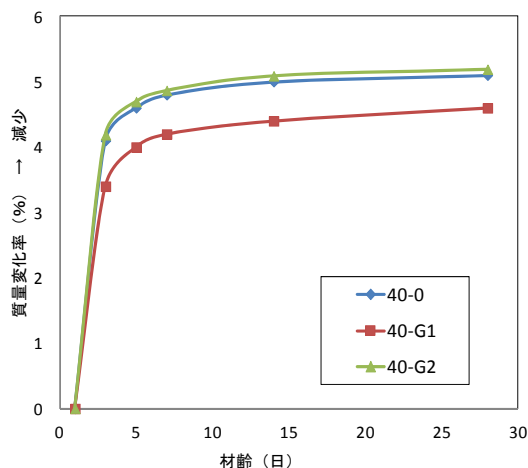


図-3 モルタルの質量変化率

表-3 コンクリートの配合

配合No.	G _{max} (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						SP (C×%)	G1 (C×%)
				C	W ₁	W ₂	S	G			
								5~10mm	10~15mm		
25-0	15	25	48.2	644	154	0	797	357	535	1	0
25-G1					153	4.092				1.1	0.3

		低速	高速				高速	
C+W ₁ +SP	→	→	→	+S	→	→	→	→
		30秒	60秒		90秒		90秒	

*Gは生分解性ゲル

図-1 モルタルの練混ぜ

C+S+G	→	→	→	→	→	→	→	→
		15秒		90秒		90秒		

*G1は生分解性ゲル、Gは粗骨

図-2 コンクリートの練混ぜ

表-4 ゲルの添加方法

配合名	ゲルの添加方法
25-0	—
25-O-W	G1に15倍吸水させ外割添加
25-O-D	G1と15倍分の水を別々に外割添加
25-I-W	G1に15倍吸水させ内割り添加

表-5 フレッシュモルタルの試験結果

配合名	フロー値 (mm)	空気量 (%)	凝結(h:m)	
			始発	終結
40-0	222×221	6.7	3:50	6:10
40-G1	167×168	6.5	4:00	6:35
40-G2	162×162	8.5	3:50	6:25

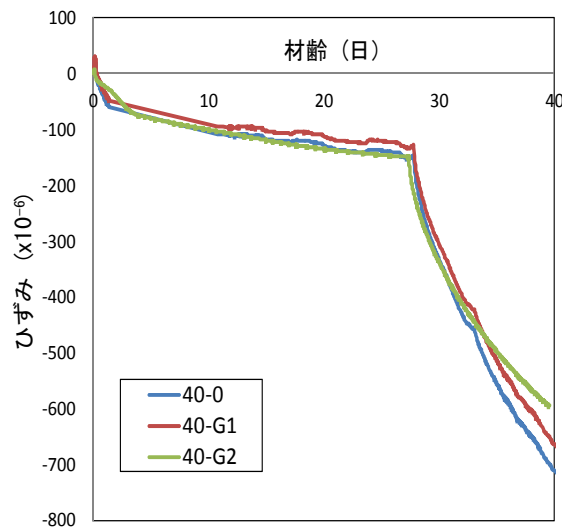


図-4 自己収縮と乾燥収縮

したものである。自己収縮に関しては、40-0 と 40-G2 はほぼ同等な値となっているが、40-G1 は収縮ひずみが僅かに小さくなっており、自己収縮の低減効果が見られた。

以上より、G1 において保水効果や自己収縮の低減効果が見られたことから、以下では G1 のみを用いてその内部養生効果に関する検討を行った。

3.2 G1 の内部養生効果 (W/C=25%)

(1) モルタル

表-6 に各種ゲルの添加方法におけるモルタルのフレッシュ性状を示す。なお、ゲルの添加により流動性が低下するため、ゲル添加の場合、SP の添加率を僅かに大きくした。表より、W/C40%の場合と同様に凝結時間に及ぼすゲルの添加の影響は僅かであった。

図-5 は、各種養生条件における圧縮強度試験結果を示したものである。ゲルが吸水する分の水を外割で添加する 25-O-W および 25-O-D はプレーンモルタルである 25-0 に比べ、全ての養生条件において圧縮強度が小さくなっている。この強度低下はゲルの内部養生効果によるセメントの水和促進の要因よりも、外割で添加した水により W/C が大きくなること、および粒状を形成し分散したゲルが硬化後に欠陥部として残ることによる強度低下の要因の方が大きく現れたためと考えられる。一方、ゲルおよびゲルが吸水する分の水を内割で添加する 25-I-W は、20-0 と比べどの養生条件においても同等か僅かに圧縮強度が大きくなっている。G1 を添加すると前述した様に分散したゲルが硬化後に欠陥部となり強度低下の要因となるにも拘わらず、強度が大きくなったことは、G1 が内部養生材として作用し水和促進の効果が現れたためであると考えられる。

図-6 は材齢 28 日までの自己収縮および 29 日以降の乾燥収縮の試験結果を示したものである。G1 を添加したモルタルは全ての条件で、25-0 に比べ自己収縮が大幅に小さくなっている。25-O-W および 25-O-D は外割で添加した水により W/C が大きくなっていることが、自己収縮が小さくなる一要因と考えられるが、ゲルが吸水する分の水を内割で添加する 25-I-W の自己収縮も大幅に小さくなっており、ゲルの内部養生効果により自己収縮が低減されたものと考えられる。

(2) コンクリート

表-7 に各種ゲルの添加方法におけるコンクリートのフレッシュ性状を示す。コンクリートは、高流動コンクリートとし流動性は、スランプフロー値を測定した。空気量は、G1 の添加による影響は見られなかった。

図-7 は、各種養生条件におけるコンクリートの圧縮強度試験結果を示したものである。モルタルの場合と同様に、ゲルが吸水する分の水を外割で添加する 25-O-D はゲルを添加しない 25-0 に比べ、圧縮強度が同等もしくは僅かに小さい。一方、ゲルおよびゲルが吸水する分の水を内割で添加する 25-I-W は、25-0 と比べどの養生条件においても同等か僅かに圧縮強度が大きくなっている。養生条件の影響としては、ゲルの添加の有無に拘わらず、封蔵

表-6 フレッシュモルタルの試験結果

配合名	フロー値 (mm)	空気量 (%)	凝結(h:m)	
			始発	終結
25-0	175×172	8.0	2:35	5:05
25-O-W	201×199	8.6	2:25	5:10
25-O-D	214×211	8.8	2:25	5:10
25-I-W	180×176	8.0	2:30	5:10

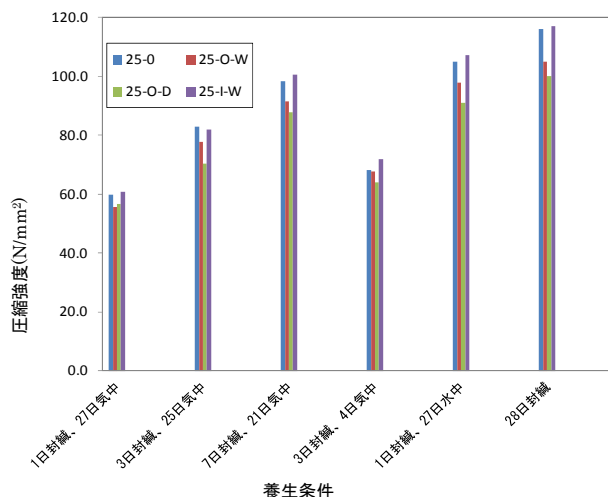


図-5 圧縮強度の試験結果 (W/C25% モルタル)

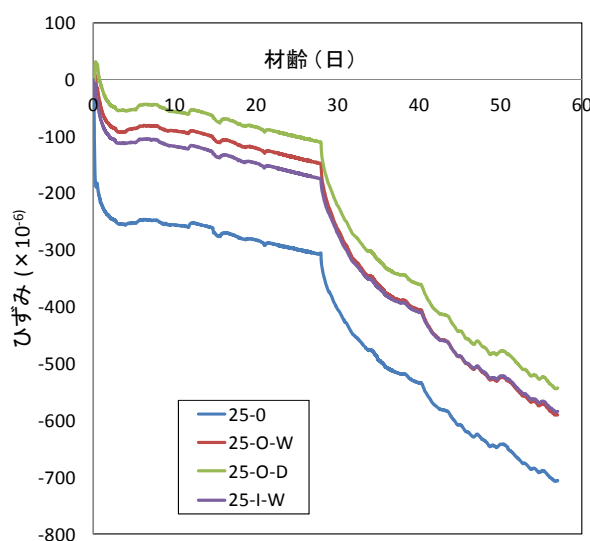


図-6 自己収縮と乾燥収縮 (W/C25% モルタル)

養生材齢が長いほど圧縮強度が大きくなっており、7日封緘・21日気中養生では、27日水中養生と同程度の圧縮強度となった。

図-8は、材齢28日までのコンクリートの自己収縮および29日以降の乾燥収縮の試験結果を示したものである。なお、測定の開始時期となる凝結始発は、ゲルの添加条件が同一のモルタルの値を用いた。図より、G1を添加したコンクリートは、25-0に比べ自己収縮が大幅に小さくなっている。また、ゲルが吸水する分の水を内割で添加する25-I-Wの自己収縮も大幅に小さくなっており、モルタルの場合と同様にコンクリートにおいても、ゲルの内部養生効果により自己収縮が低減されたものと考えられる。

4. まとめ

生分解性吸水高分子ゲルを内部養生材として用いたモルタル・コンクリートの強度発現性および自己収縮の低減効果について検討した結果、以下の事項が明らかとなった。

- (1) 生分解性ゲルの内部養生効果は、吸水倍率の大きい(60倍)ゲルでは現れず、吸水倍率が小さく(15倍)練混ぜ後も粒状を形成し分散するゲルにおいて、その効果が期待できる。
- (2) 生分解性ゲルを内部養生材として用いたモルタルおよびコンクリートの圧縮強度は、ゲルを添加しない場合に比べ、ゲルが吸水する分の水を外割で添加する場合は小さくなるが、ゲルが吸水する分の水を内割で添加する場合はほぼ同等の強度が得られた。
- (3) 生分解性ゲルを内部養生材として用いたモルタルおよびコンクリートの自己収縮は、ゲルを添加しない場合に比べ、ゲルの添加条件に拘わらず大幅に小さくなった。特に、ゲルが吸水する分の水を内割で添加する条件でも自己収縮が大幅に小さくなった。

以上のことより、本研究の生分解性吸水高分子ゲルを用いることにより、十分な圧縮強度を確保しつつ、自己収縮を大幅に低減できることが判明した。

5. 参考文献

- 1) 横田光一郎，五十嵐一心：2，3の超吸水性ポリマーを内部養生材として使用したモルタルの自己収縮挙動の比較，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，2012
- 2) 笠井哲郎，竹中寛，安田正雪，末岡英二：生分解性吸水高分子ゲルを用いた養生効果に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，2012

表-7 フレッシュコンクリートの試験結果

配合名	スランプフロー(mm)	空気量(%)
25-0	470×440	3.2
25-O-W	530×520	3.2
25-I-W	500×480	3.3

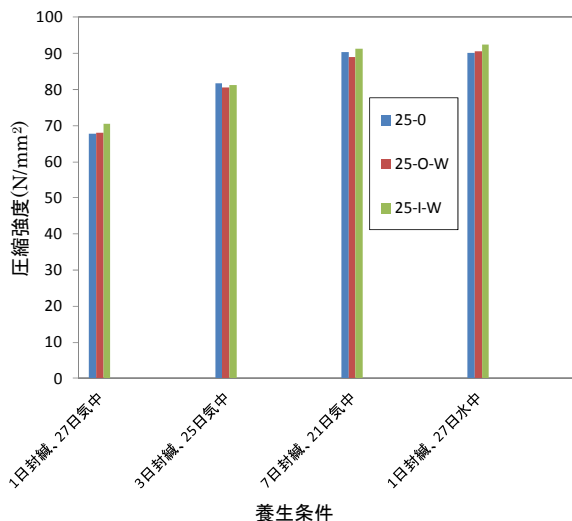


図-7 圧縮強度の試験結果 (W/C25% コンクリート)

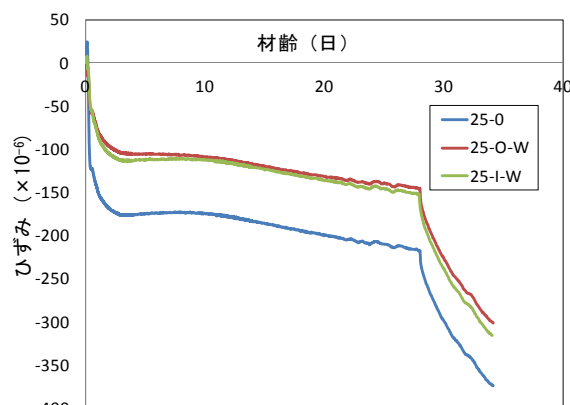


図-8 自己収縮と乾燥収縮 (W/C25% コンクリート)