物理ゲルを添加したセメントペーストの収縮低減効果の検証

○岐阜大学　学生会員　児玉　梨緒
岐阜大学　正会員　宮島　朗
岐阜大学　正会員　國枝　稔

1. はじめに

クレイ粒子水分散液（以下，物理ゲル）を混和剤として使用したセメント系材料について，材料分離抵抗性が著しく向上する傾向があり，振動を与えている間だけ流動し，振動がなくなると流動しなくなるという特徴がある．また，物理ゲルは House・of・Cards の構造を持っており，水を吸着することができる．物理ゲルの構造の中に一時的に貯えられた水が，水和時に供給されることで継続的な水和反応が期待されている．本研究では，物理ゲルを添加したセメントペーストの収縮低減効果の検証を目的に，密封養生下で長さ変化試験を実施し，物理ゲルの添加の有無による収縮ひずみを相対比較した．

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

自己収縮は一般的に水セメント比が小さいほど大きいといわれる[1]ことから，本実験では水セメント比 35%のセメントペーストとした．セメントは普通ポルトランドセメント（密度:3.15g/cm^3，比表面積:3.310cm^2/g）を使用し，混和剤はリグニンスルホン酸系の AE 減水剤をセメント質量比の 1%添加した．使用した物理ゲルは，スメクタイト系膨潤性粘土鉱物であるクレイナノシート（1 枚の大きさは 40～50nm 程度で厚みは 1nm 程度）の合成ヘクトライト 4wt%の水分散液を水質量比の 0%，15%および 50%を置換した．1 バッチあたりの配合を**表-1** に示す．

セメントペーストの練混ぜに先立ち，セメントをはじめ全ての材料とミキサーなどの機器類を 20±1℃の恒温室内に保管した．練混ぜは 5.0 リットルのホバート型ミキサーを用いて行い，セメントとあらかじめ混和剤と物理ゲルを混入した水を投入した後，低速で 30 秒間練混ぜ，掻き落とした後に高速で 60 秒間練混ぜた．

2.2 長さ変化試験

ASTM C 1698-19 に従い，ポリエチレン製のコルゲートチューブ（直径:約 30mm，長さ:420mm）の供試体を作製し，密封養生下での長さ変化測定用供試体とした．ASTM C 1698-19 によると，水平に静置し変位計を用いて収縮ひずみを測定するものであるが，既往の研究[2]と同様に先の予備実験の際に変位計と対になる固定側も収縮による変位が発生したため，試験治具を 30°に傾けて試験を行うこととした．セメントペーストの内部温度を測定するため，長さ変化試験測定用供試体と同様のコルゲートチューブを長さ 1/2 に切断したものの中央に熱電対を設置し，温度測定用の供試体とした．

表-1　セメントペーストの配合

ゲル添加率	水セメント比 (%)	(g/バッチ)			
		水 W	普通ポルトランドセメント C	混和剤 Ad.	物理ゲル
0%	35	525	1500	15	0
15%		446			79
50%		262.5			262.5

図-1　長さ変化試験測定装置

なお，計測装置も恒温室内に設置し，計測間隔を 5 分として長さ変化と内部温度を測定した．また，自己収縮ひずみは，計測されたひずみから温度ひずみ（線膨張係数 20×10^{-6}/℃）を差し引いた．

3. 実験結果および考察

3.1 実験結果の概要

実験結果を**図-2** に示す．なお，物理ゲルの添加の有無による内部養生効果への影響を相対比較するにあたり，収縮ひずみ計測において内部温度の最高点で基長をとった．

図-2 より，本実験で得られたひずみについて，物理ゲルの無添加ならびに 15%添加はほぼ同様な値を示し，物理ゲルを 50%添加した供試体は他と比較すると大きな収縮ひずみを示した．また，すべての供試体は内部の最高温度から 6 日以降は直線的に収縮ひずみが進行しているが，無添加ならびに 15%添加は約 20μ/日であるのに対し，50%置換は約 23μ/日とわずかながら他と比べて大きな値を示した．

3.2 水セメント比の影響

今回用いた物理ゲルは，4wt%のクレイナノシートと水を混ぜ合わせたものであり，それぞれ単位水量の 15%ならびに 50%を置換し総じて W/C=35%と称している．ここで 15%置換はおおむね W/C=35%と称することができるが，50%置換では単位水量の 2%はクレイナノシートであるため，正確には W/C=34.3%であり，他と比較するとわずかながらに W/C が小さくなる．そのため，自己収縮ひずみが大きくなったと考えられる．

3.3 クレイナノシートによる影響

自己収縮の機構についての既往の研究では，自己乾燥により毛細管空隙によりメニスカスが形成され，毛細管張力が発生し自己収縮が生じていると説明している．シリカフュームのような超微粒子（粒径の範囲は 0.1～1.0μm）をコンクリートに混和することにより自己収縮は大きくなる報告が多く，大即ら [3)]によるその収縮メカニズムは，セメント間空隙を埋めるシリカフュームのマイクロフィラー効果により，硬化体内部の間隙水が連続性を保てなくなり，硬化体内部の負圧が働くためとしている．先述のように，クレイナノシートはシリカフュームと比較しても微細でありマイクロフィラー効果を生じ，かつクレイナノシートが水分を取り込みセメントペースト内に自己乾燥を生じさせることにより毛細管張力が発生しやすい内部環境となるため，自己収縮が大きくなるのではないかと考えるが，さらなる検討が必要である．

4. まとめ

本研究では，物理ゲルの添加量がセメントペーストの自己収縮に及ぼす影響を実験的に検討するとともに，そのメカニズムについて考察を行った．今後，各種要因を整理しながら引き続き検討を行う予定である．

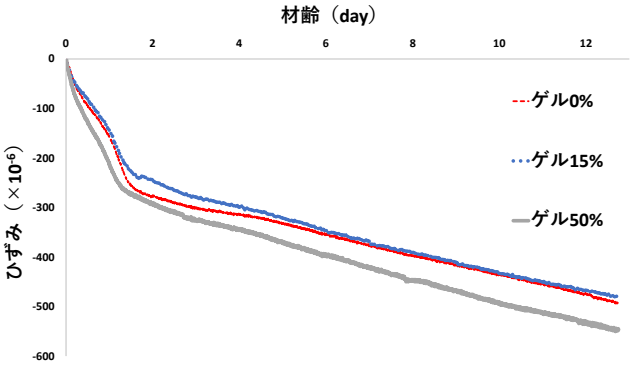

図-2 内部最高温度以降のひずみ（平均値）

参考文献

1) 日本コンクリート工学協会：コンクリートの自己収縮委員会報告書，2002
2) 渡辺暁央ら：水セメント比が異なるセメントペーストのフレッシュ時の収縮現象に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.37，No.1，pp.547 -548，2015
3) 大即信明ら：コンクリートの耐久性に及ぼすシリカフュームの影響，コンクリート工学，32 巻，4 号，pp.15-21，1994