

各種セメント・骨材の組合せによる収縮抑制材料の効果の検討

太平洋セメント（株） 正会員 ○中崎 豪士 正会員 兵頭 彦次
同上 正会員 谷村 充 正会員 杉山 真悟

1. はじめに

コンクリート構造物の品質向上の観点から収縮ひび割れ制御の要求が高まる中、収縮低減剤、膨張材といった収縮抑制材料のさらなる活用が期待される。これら収縮抑制材料の効果は既に指針類^{1), 2)}で認められているものの、骨材の性質の影響に着目した検討は非常に少ない。本稿では、物性の異なる骨材を用いてコンクリートの収縮特性が大幅に異なる条件下で、各種セメントを用いた場合の収縮抑制材料の効果について検討した。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を示す。5 種類のセメントと、3 産地の細・粗骨材を用いた。粗骨材は石灰石砕石(GL)と産地の異なる硬質砂岩砕石(GS-1, GS-2)であり、それぞれの物性を表-2 に示す。粗骨材の特徴として、原石コアを用いて測定したヤング係数は GL, GS-1, GS-2 の順に小さく、またひずみゲージを用いて測定した骨材粒の乾燥収縮ひずみ³⁾は GL, GS-1, GS-2 の順に大きいことが挙げられる。細・粗骨材の組合せは粗骨材が GL と GS-1 の場合、山砂(MS)と硬質砂岩砕砂(SS-1)を容積比 4 : 6 で混合した細骨材を、粗骨材が GS-2 の場合は硬質砂岩砕砂(SS-2)を細骨材に使用した。収縮抑制材料として、低添加型膨張材(石灰系)と収縮低減剤を用いた。また表-3 にコンクリートの配合条件および試験項目を示す。供試体寸法、保存条件などは各々の JIS に準拠して行った。供試体の脱型は注水後 24±1 時間で行い、L を使用した配合のみ 48±1 時間とした。

3. 実験結果

3. 1 セメント・骨材の影響

図-1 に、PL シリーズの乾燥収縮ひずみを示す。骨材の組合せによって乾燥収縮ひずみは大幅に異なる一方で、セメント種類の影響は相対的に小さい結果であった。乾燥期間 6 か月におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみを骨材の組合せ別に見ると、平均で GL 配合が -517×10^{-6} 、GS-1 配合が -796×10^{-6} 、GS-2 配合が -1051×10^{-6} であった。粗骨材自体のヤング係数が小さく、乾燥収縮ひずみが大きいほどコンクリートの乾燥収縮ひずみが大きい結果であった。N の乾燥収縮ひずみと、その他のセメントの乾燥収縮ひずみを比較した結果を図-2 に示す。骨材の組合せによらず、N とその他セメントとの乖離は小さく、最大でも 5%程度であった。H は他のセメントと比べやや収縮が小さく、最近の報告⁴⁾と同様であった。ただし、最も大きいものと比較してもその差は 60×10^{-6} 程度であった。

3. 2 収縮低減剤の影響

図-3 に、乾燥期間 6 か月における PL と SRA の乾燥収縮ひずみの関係を示す。SRA は PL より乾燥収縮ひずみ

【キーワード】 収縮, 骨材, セメント種類, 収縮低減剤, 膨張材

【連絡先】 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント中央研究所 TEL : 043-498-3804

表-1 使用材料

材料	記号	種類/物性値
セメント	N	普通ポルトランドセメント, 密度: 3.16g/cm^3
	M	中庸熱ポルトランドセメント, 密度: 3.21g/cm^3
	H	早強ポルトランドセメント, 密度: 3.15g/cm^3
	L	低熱ポルトランドセメント, 密度: 3.22g/cm^3
	BB	高炉セメント B 種, 密度: 3.04g/cm^3
細骨材	MS	山砂, 表乾密度: 2.58g/cm^3 , 吸水率: 3.17%
	SS-1	硬質砂岩砕砂, 表乾密度: 2.62g/cm^3 , 吸水率: 1.34%
	SS-2	硬質砂岩砕砂, 表乾密度: 2.64g/cm^3 , 吸水率: 2.06%
膨張材	EX	石灰系, 密度: 3.16g/cm^3
収縮低減剤	SR	低級アルコールアルキレンオキシド付加物
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤 (ポリカルボン酸系)
	AE	空気量調整剤

表-2 粗骨材の物性値

記号/物性値	GL	GS-1	GS-2
表乾密度 (g/cm^3)	2.70	2.66	2.69
吸水率 (%)	0.44	0.74	0.85
実積率 (%)	64.1	60.8	60.9
ヤング係数 (kN/mm^2)	78.1	68.6	64.5
乾燥収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)	-50	-214	-400

表-3 コンクリートの配合条件および試験項目

コンクリートの種類		基準 (PL)	収縮低減剤 (SRA)	膨張材 (EX)
単位水量 (kg/m^3)		170		
W/C (%)		50		
単位粗骨材かさ容積 (m^3/m^3)		0.57		
スランプ (cm)		18±2.5		
空気量 (%)		4.5±1.5		
使用量 (kg/m^3)	SRA	0	6	0
	EX	0	0	20
細骨材/粗骨材	GL	MS+SS-1/GL		
	GS-1	MS+SS-1/GS-1		
	GS-2	SS-2/GS-2		
試験項目	乾燥収縮ひずみ (JIS A 1129-2)	○	○	○
	拘束膨張/収縮ひずみ (JIS A 6202 B 法)	○	-	○

が小さくなった。その割合は、全配合平均すると PL の約 83%であり、セメント・骨材の組合せによらず概ね所要の性能(収縮低減率 15%以上)²⁾を有することが確認された。図-4 に乾燥期間 6 か月における収縮比(SRA の乾燥収縮ひずみ/PL の乾燥収縮ひずみ)をセメント・骨材の組合せ別に示す。骨材の組合せによって収縮比はやや異なったが、必ずしも一定の傾向は認められなかった。セメント種類別には、H の収縮比が他のセメントに比べやや小さい一方、L、BB は収縮比が相対的に大きい場合が認められた。各種セメント・骨材の組合せによる収縮低減剤の効果については、今後より詳細に検討する必要があると考えられる。

3. 3 膨張材の影響

図-5 に、拘束膨張ひずみと材齢の関係を示す(GS-2 配合)する。膨張ひずみの発現は材齢 2 日で概ね収れんした。一方 L の場合、他のセメントより膨張発現が遅れる傾向が認められた。この傾向は骨材の組合せによらず同様であった。材齢 7 日における拘束膨張ひずみは、セメント種類別に N : $188 \sim 199 \times 10^{-6}$ 、M : $188 \sim 205 \times 10^{-6}$ 、H : $211 \sim 232 \times 10^{-6}$ 、L : $236 \sim 263 \times 10^{-6}$ 、BB : $232 \sim 248 \times 10^{-6}$ となり、L、BB がやや大きな拘束膨張ひずみを発現したが、総じて標準的な性能¹⁾($150 \times 10^{-6} \sim 250 \times 10^{-6}$)が確保された。

図-6 に、材齢 6 か月における収縮補償量(EX と PL の拘束膨張・収縮ひずみの差分)を示す。セメント種類・骨材の組合せによって $68 \times 10^{-6} \sim 155 \times 10^{-6}$ の範囲となった。M の GS-2 配合、L の GS-1、GS-2 配合は収縮補償量が相対的にその他の配合と比べ小さくなる傾向が認められた。これらの配合は、PL の拘束収縮ひずみが -300×10^{-6} 程度を超えたあたりから急激に緩慢になったため、結果として EX の拘束収縮ひずみとの差が小さくなったものである。原因のひとつとしては、鋼材-コンクリート間ですべりを生じた可能性があり、強度発現が緩やかで乾燥収縮が大きい配合においてその影響が現れたのではないかと考えられる。これらの配合を除けば、収縮補償量は $120 \sim 150 \times 10^{-6}$ 程度であり、セメント・骨材の組合せによる大幅な差異は認められなかった。

4. まとめ

- (1)乾燥収縮ひずみに及ぼすセメント種類の影響は、骨材の影響に比べ相対的に小さかった。
- (2)収縮低減剤、膨張材ともにセメント種類、骨材の組合せによらず所要の性能を発揮することが確認された。

【参考文献】

- 1)土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書[施工編]，2008.3
- 2)日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説，2006.2
- 3)谷村 充ほか：粗骨材の乾燥収縮特性に関する検討，土木学会第 65 回年次学術講演会，V-160，pp.319-320，2010.9
- 4)セメント協会：各種セメントを用いたコンクリートの耐久性に関する研究(コンクリートの乾燥収縮に関する実験結果)，コンクリート専委員会報告 F-55(追補)，2011.3

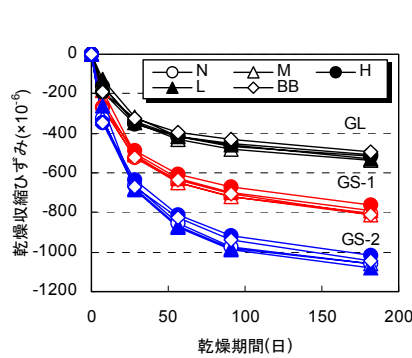


図-1 乾燥収縮ひずみ(PL 配合)

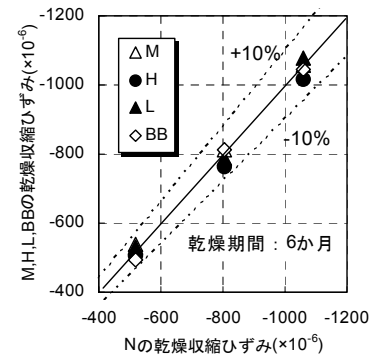


図-2 セメント種類間の乾燥収縮ひずみの関係

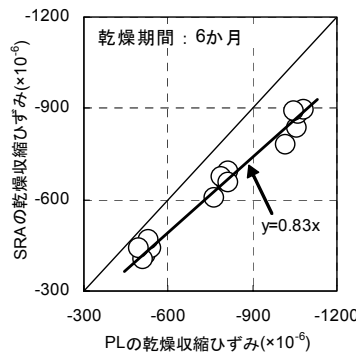


図-3 PL と SRA の乾燥収縮ひずみの関係

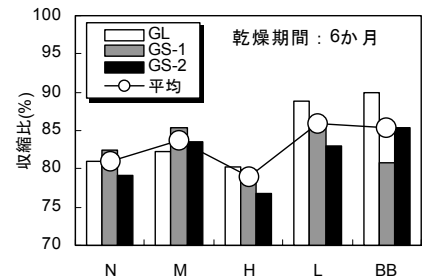


図-4 収縮比

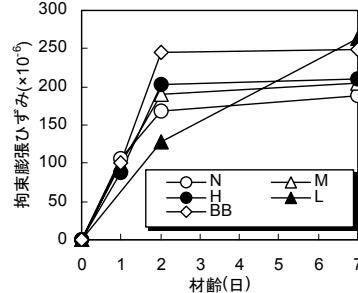


図-5 拘束膨張ひずみの一例(GS-2 配合)

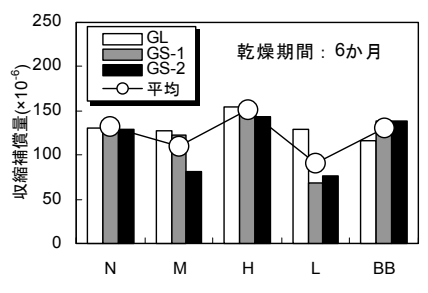


図-6 収縮補償量(拘束膨張・収縮ひずみ)