

石灰石微粉末添加によるブリーディング抑制が各種硬化物性に及ぼす影響

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○太田 健司
名古屋工業大学大学院 正会員 吉田 亮
中部採石工業株式会社 牧 宗一郎
JFE ミネラル株式会社 正会員 吉澤 千秋
須山建設株式会社 内山 重一

1.はじめに

工場や駐車場など土間コンクリートではひび割れの発生が多い。その理由には基礎地盤の締固め不足だけでなく、乾燥収縮などコンクリートの品質に起因するものも含まれる。乾燥収縮の対策として、膨張剤使用などの方策も挙げられるが、初期コストの低減や環境負荷低減のため石灰石微粉末や高炉スラグ細骨材など副産物を使用することが求められている。

本研究では、石灰砕砂、川砂などの天然骨材や高炉スラグ細骨材に石灰石微粉末を添加し、コンクリートのブリーディングの抑制が強度、乾燥収縮および物質移動抵抗性に与える影響について検討を行った。

2.実験概要

2.1 使用材料と配合

供試体は普通ポルトランドセメント、水道水、豊橋産石灰砕石($G_{max}=20\text{ mm}$)、豊橋産石灰砕砂、天竜川産川砂、福山産高炉スラグ細骨材、豊橋産石灰石微粉末(以下、LSP)、AE減水剤を使用し作製した。

LSPは細骨材に対して置換を行い、水-粉体比が50%となるように添加し、練混ぜは生コンプラントの実機を用いて行った。配合を表-1に示す。

2.2 各種試験概要

(1) 簡易ブリーディング試験

練上がり直後のフレッシュコンクリートを $\phi 15 \times 30\text{ cm}$ のサミットモールドに採取し、およそ2時間程度、簡易的にブリーディング試験を行った。

(2) 長さ変化試験

角柱供試体を各2本作製し、測定はJIS A 1129-3に準拠して行った。材齢7日まで封緘養生し、脱型直後に基長をとった。以降、恒温恒湿室内(温度 20°C 、湿

度60%)で乾燥収縮を材齢8週まで測定した。

(3) 圧縮強度試験

円柱供試体を作製し、材齢7日まで封緘養生した後、各測定材齢まで室内曝露養生を行った。試験はJIS A 1108-2006に準拠し、材齢1, 4, 13週で測定した。

(4) 透気試験

円盤供試体 $\phi 10 \times 5\text{ cm}$ を作製し、材齢7日まで封緘養生した後、各測定材齢まで室内曝露養生を行った。試験は材齢4, 13週で測定し、負荷圧力を 0.2 MPa で行い、水上置換法により空気の透気量を測定した。

(5) 電気伝導率試験

円盤供試体 $\phi 10 \times 5\text{ cm}$ を作製し、材齢7日まで封緘養生した後、各測定材齢まで室内曝露養生を行った。試験は材齢4, 13週で行い、JSCE-G 571-2003に準拠し、電気泳動法により測定した。

3.実験結果と考察

3.1 簡易ブリーディング試験結果

図-1に簡易ブリーディング試験の結果を示す。TSとTS+LSPを比較すると、LSPの添加によりブリーディング量が大きく低減していることがわかる。LSについても大きく低減しているが、これは石灰砕砂に細骨材質量の12%の微粒分が含まれているため、上記同様に抑制効果が得られたと考える。また、高炉スラグ細骨材を用いるとブリーディングが多くなると言われるが、LSPと組合せることで天然骨材であるTSよりもブリーディング量が抑制されている。

3.2 乾燥収縮試験結果

図-2に乾燥収縮試験の結果を示す。高炉スラグ細骨材を用いることで、天然骨材よりも収縮量が低減している。天然骨材同士を比較すると、TSと比較してLS

表-1 配合とフレッシュ性状

供試体 種別	W/C (%)	W/P (%)	単位量(kg/m^3)								C.T ($^{\circ}\text{C}$)	スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	LS	TS	BS	LSP	G	AE減水剤			
LS	60	50	177	295	881	-	-	-	959	2.66	32.0	18.0	5.0
TS					-	838	-	-	986	2.66	32.0	16.0	4.1
TS+LSP					-	781	-	59	986	2.66	31.0	17.0	4.5
BS+TS+LSP					-	403	425	59	959	3.25	31.0	16.5	5.0
BS+LS+LSP					438	-	453	5	959	2.66	31.0	15.5	5.7

LS: 豊橋産石灰砕砂, TS: 天竜川産川砂, BS: 福山産高炉スラグ細骨材, LSP: 石灰石微粉末

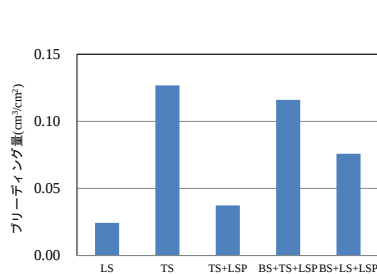


図-1 ブリーディング試験結果

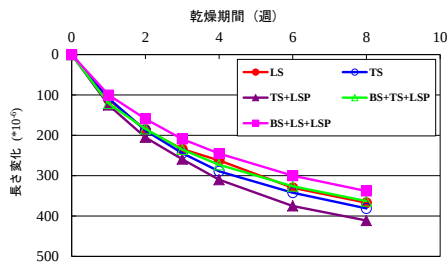


図-2 乾燥収縮試験結果

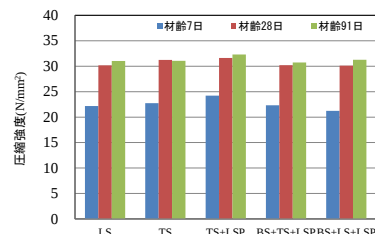


図-3 圧縮強度試験結果

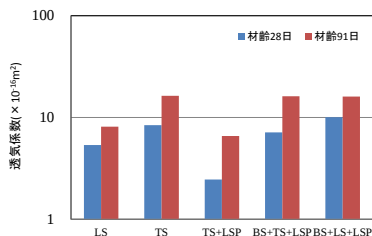


図-4 透気試験結果

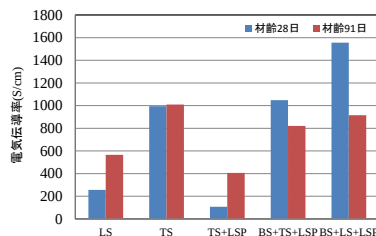


図-5 電気伝導率試験結果

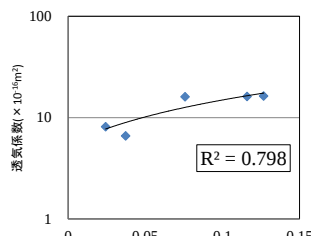


図-6 ブリーディング量と透気係数の関係

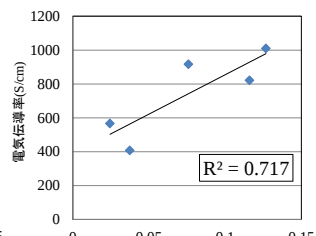


図-7 ブリーディング量と電気伝導率の関係

では収縮量が若干低減されるのに対し、TS+LSP では収縮量が若干大きくなる結果となっている。これは、LSP 添加によりブリーディングが抑制されるため、余剰水を拘束することになり、TS よりも水セメント比が若干高くなったことに起因すると考えられる。

3.3 圧縮強度試験結果

図-3 に圧縮強度試験の結果を示す。TS と TS+LSP を比較すると、材齢 7 日では LSP の添加によりブリーディングが抑制され、実質の水セメント比が上がっているにもかかわらず初期強度の増加が確認される。これは LSP 添加によるフィラー効果によるものと考えられる。

つぎに、材齢 91 日について見てみると、TS を除く全ての配合で僅かであるが圧縮強度が増加している。LSP の添加をすると長期間乾燥環境下においても強度が増進するという、既往の研究¹⁾と同じ傾向が確認された。

3.4 透気試験結果

図-4 に透気試験の結果を示す。天然骨材を用いた供試体について見てみると、材齢 28 日、91 日ともに LS、TS+LSP は TS と比較して透気係数が抑制される結果となっている。一方、高炉スラグ細骨材を用いた供試体については、TS と同程度の透気係数を示している。

3.5 電気伝導率試験結果

図-5 に電気伝導率試験の結果を示す。天然骨材を用いた供試体である LS、TS+LSP は TS と比較して電気伝導率が抑制されている。一方、スラグ細骨材を用いた供試体については、材齢 28 日で電気伝導率が TS よりも大きくなっているが、材齢 91 日では TS よりも抑制される結果となっている。

3.6 ブリーディング抑制が物質透過性に及ぼす影響

ここでは、ブリーディングと物質透過性の関係について検討を行う。図-6 にブリーディング量と材齢 91 日における透気係数の関係を、図-7 にブリーディング量と材齢 91 日における電気伝導率の関係を示す。図-6、図-7 において、ブリーディング量と物質透過性の間には相関関係が確認できる。この結果は LSP 添加によるブリーディングの抑制は、物質透過性の抑制に寄与することを示唆している。LSP 添加によりブリーディングを抑制することで実質の水セメント比は数%上がりキャピラリー空隙などに変化を与えられと考えられる。しかし、物質移動抵抗性に対しては水セメント比の若干の増加による空隙変化よりも、ブリーディング水が供試体表面に浮上するときの硬化体内部に連続して形成される大きな水みちの方が大きく関与すると考えられる。

4.まとめ

天然骨材や高炉スラグ細骨材に LSP を添加したコンクリートのブリーディングと硬化物性の関係について検討を行った。LSP を添加することでブリーディングは抑制され、物質移動抵抗性が向上する結果となった。ブリーディング抑制により余剰水を硬化体内部に分散させることで、水みちの形成を防止し、物質移動抵抗性の低下を抑制できることを確認した。

謝辞：浜松生コン株式会社には実験の実施にあたり多くの御協力を頂きました。ここに記し深く感謝します。

参考文献：1) 太田健司ほか：AI を含む石灰石微粉末の添加によるセメント硬化体の圧縮強度および透気性向上効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.1918-1923, 2012