

人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートの自己充填性と自己収縮

太平洋セメント(株) 中央研究所 ○正会員 河野克哉 正会員 榎木 隆 正会員 岡本享久
東海大学工学部 土木工学科 正会員 笠井哲郎 非会員 青木 亘

1. はじめに

軽量骨材を用いた高流動コンクリートは、締固め不要による施工の合理化に加えて、自重低減による基礎工の簡略化、建設重機の省力化、型枠の側圧低減、およびミキサ過負荷の防止などが期待できるものと思われる。さらに、従来から高流動コンクリートで懸念されている自己収縮の発生が、軽量骨材中の水分の影響によって抑制できるものと推測される。このような背景のもと、本研究では軽量骨材を用いた粉体系高流動コンクリートに関して自己充填性と流動性の基本的物性、および自己収縮の低減効果について検討した。

2. 実験概要

表 1 使用した粗骨材の種類ならびに物性

2.1 使用材料

粉体(以下 P と記す)には普通セメントならびに比表面積 $6580\text{cm}^2/\text{g}$ の高炉スラグ微粉末(以下 BS と記す)を、* 円度は骨材粒子の平面画像から、 $4\pi \times (\text{面積}) \div (\text{周囲長})^2$ として算出。真球の円度は 1 となる。混和剤にはポリカルボン酸系高性能減水剤(以下 SP と記す)ならびに AE 剤を用いた。細骨材には小笠産陸砂を、粗骨材は表 1 に示す種類を使用し、普通碎石は軽量骨材と同様の粒度構成になるように調整して用いた。

記号	種類	絶乾 比重	24 時間吸水率		出荷時吸水率		最大寸法 (mm)	粒子 円度	実積率 (%)
			(wt.%)	(vol.%)	(wt.%)	(vol.%)			
LA	膨張頁岩系非造粒型軽量骨材	1.29	9.66	12.5	29.64	38.2	15	0.81	63.5
CS	青梅産普通碎石	2.62	0.74	1.94	—	—	15	0.74	59.8

2.2 自己充填性および流動性の評価

(1)配合条件：単位水量(W) $165\text{kg}/\text{m}^3$ 、水粉体比(W/P)30%、高炉スラグ微粉末の置換率(BS/P)30%および空気量 4.5%の一定条件下で、粗骨材絶対容積を LA の場合 $300\text{L}/\text{m}^3 \sim 350\text{L}/\text{m}^3$ 、CS の場合 $275\text{L}/\text{m}^3 \sim 300\text{L}/\text{m}^3$ の範囲で変化させた。スランプフローは SP の添加量で調整し、400mm～700mm の範囲で変化させた。

(2)評価方法：自己充填性の評価として、U 形充填装置を用いた間隙通過性試験(JSCE-F511)を行い、流動障害を R1 として充填高さ(mm)を測定した。また、流動性の評価として、スランプフロー試験(JSCE-F503)ならびに V_{65} ロート流下試験(JSCE-F512)を行った。各試験より求めたスランプフロー値 F(mm)とロート流下時間 V(sec)から、相対フロー面積比 $\Gamma = (F/600)^2 - 1$ ならびに相対ロート速度比 $R = 10/V$ を算出して評価の指標とした。

2.2 自己収縮の評価

(1)配合条件：W= $165\text{kg}/\text{m}^3$ 、BS/P=30%、スランプフロー600mm および空気量 4.5%の一定条件下で、W/P を 25%と 30%、粗骨材絶対容積を LA の場合 $300\text{L}/\text{m}^3$ と $350\text{L}/\text{m}^3$ 、CS の場合 $275\text{L}/\text{m}^3$ と $300\text{L}/\text{m}^3$ に変化させた。また、LA の場合、その含水率を 38.2vol.%(出荷時吸水状態)と 12.5vol.%(24 時間吸水状態)で使用した。

(2)評価方法：自己収縮の測定は、JCI 自己収縮委員会の試験方法(案)に準じて行った。なお、測長は、供試体中心部に取付けた埋め込式ゲージ(弾性係数 39MPa、標点距離 100mm)にて行った。

3. 実験結果および考察

3.1 自己充填性と流動性：LA ならびに CS の絶対容積を変化させた高流動コンクリートのスランプフローと充填高さの関係を図 1 に示す。CS の場合、スランプフローと充填高さの関数にピークが存在し、粗骨材絶対容積に依らずスランプフロー600mm 程度で充填高さが最大となる。ただし、充填高さ 300mm 以上の充填性能を確保するためには、絶対容積を $275\text{L}/\text{m}^3$ としてコンクリート中の粗骨材の実体積濃度をかなり低下させる必要がある。一方、LA の場合は、CS に比べて、絶対容積が大幅に増大しても充填性の低下が生じず、また、スランプフローがかなり小さい場合でも充填高さ 300mm 以上となることがわかった。図 2 に LA ならびに CS を用いた高流動コンクリートの相対フロー面積比(Γ)と相対ロート速度比(R)の関係を示す。 Γ —R 平面上での流動性は、いずれの粗骨材の場合も、粗骨材絶対容積を固定したとき原点を通る指数曲線で示さ

キーワード：人工軽量骨材、高流動、自己充填性、自己収縮、自己乾燥

連絡先：〒285-8655 千葉県佐倉市大作 4-4-2 TEL 043-498-3905 FAX 043-498-3890

れ、この曲線は絶対容積の増加にともない R 軸の正方向に移動すること、また、SP 添加量を固定したとき原点を通る直線で示され、この直線は SP 添加量の増加にともない緩やかな傾きとなることが共通点である。しかし、LA の場合、CS と比較して、絶対容積の違いによる粗骨材絶対容積固定曲線の変動はきわめて小さく、

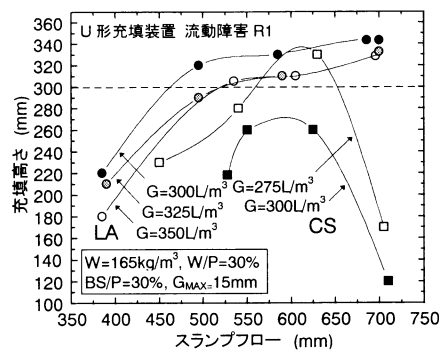


図1 スランプフローと充填高さ

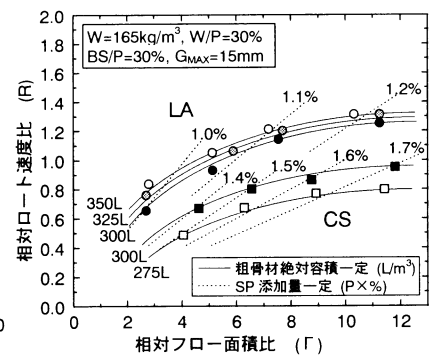


図2 配合条件と流動性の関係

また、同一の相対フロー面積比を得るための SP 添加量は減少するものの、SP 添加量の違いによる SP 添加量固定直線の傾き変化はきわめて大きくなることが異なっている。これらの相違には粗骨材の粒子形状が関与したものと考えられ、表 1 中に粗骨材粒子の円度と実積率の測定結果を併記した。LA は製造時の焼成工程で丸みを帯びた滑らかな表面が形成され、円度は 1 に近づいて実積率が高くなる。したがって、LA 骨材が鉄筋間を通過する際、粗骨材粒子の回転半径が小さくなるとともに同一絶対容積では粗骨材の粒子個数が減少するため、粗骨材同士の接触や衝突の機会が減って自己充填性が向上したと考えられる。同様に流動性に関しても、粗骨材絶対容積を増加しても粗骨材間の相互干渉が発生しにくいため、粘性(相対フロー速度比)への影響が小さくなり、また、粗骨材粒子周囲に拘束されないで流動性に寄与する余剰なモルタル層が多いため、SP 添加量の違いによってコンクリートの変形性(相対フロー面積比)が敏感に変化したものと思われる。

3.2 自己収縮： 同等の充填性能を有すると考えられる粗骨材絶対容積の範囲で LA ならびに CS を用いた高流動コンクリートの自己収縮を図 3 に示す。CS の場合、 500×10^{-6} 程度の大きな自己収縮が生じているものの、LA の場合には 100×10^{-6} 程度の膨張を示し、自己収縮は発生していない。図 4 は、W/P を変化させたときの LA ならびに CS を用いた高流動コンクリートの自己収縮を示したものである。W/P を 30% から 25% に低減することで、CS の場合には自己収縮が約 100×10^{-6} 増加するものの、LA の場合には、ほとんど変化がなく、自己収縮の増大は認められない。このように LA を用いることで自己収縮が低減される理由としては、供試体外部からの水分浸入がない状態であることから、LA 粗骨材中の空隙に存在する水分がコンクリートの自己乾燥を防いでいることが考えられる。そこで、図 5 は、LA の含水率を変化させた場合の自己収縮を測定した結果を示したものである。出荷時の吸水状態から 24 時間吸水状態まで含水率を低下させることで、材齢 4 日に自己収縮ひずみが発生し、材齢 28 日の収縮量は約 100×10^{-6} となった。これらのことから、LA 中の水分がペースト部に補給されて自己乾燥を抑制し、自己収縮を低減させていることが推察できる。

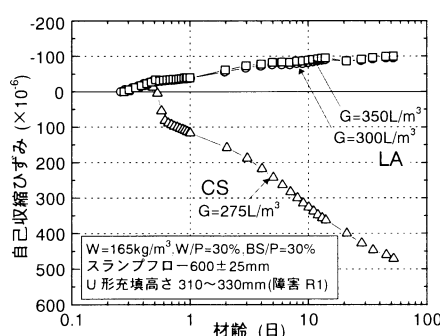


図3 同等の充填性能における比較

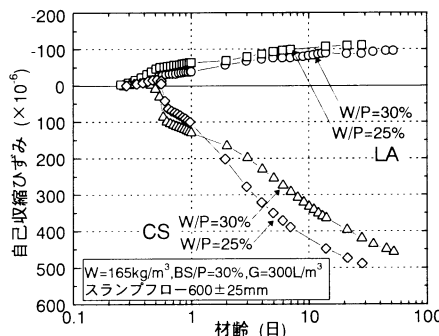


図4 W/P の影響

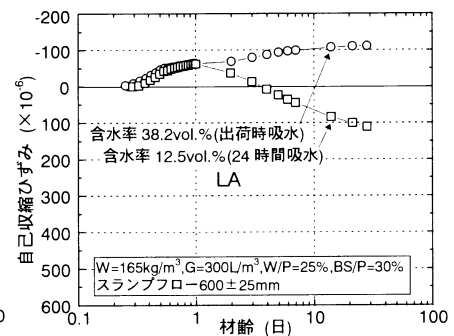


図5 LA の含水率の影響

4. 結論

本研究により、人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートについて得られた結論は以下のとおりである。

- 1) 従来の高流動コンクリートの配合にくらべて、粗骨材絶対容積が増大した配合や、スランプフローが小さい配合においても高い自己充填性が得られる。
- 2) 軽量骨材中の水分がペースト部に供給されて自己乾燥を防止するため、自己収縮が抑制される。