

V-26 高炉スラグ骨材を使用したコンクリートの屋外暴露後の力学特性

高松高専 正会員 長友 克寛
高松高専専攻科 学生会員○五嶋 邦宏
高松高専専攻科 学生会員 高橋 恵子
日本興業（株） 正会員 渡邊 功

1. 研究目的 良質な天然骨材の枯渇と環境保全によるその採取規制の強化から、コンクリートに対して低品質骨材を積極的に使用することを考えていく必要がある。一方で、産業副産物である高炉スラグは、天然骨材に代わる新しい骨材資源として評価されている。しかし、粗骨材と細骨材の両方に対して積極的に高炉スラグを利用した例は限定されている。本研究は、低品質普通骨材を徐冷高炉スラグ粗骨材と急冷スラグ細骨材とで置換したコンクリートを用いて円柱供試体およびRCはり試験体を作製し、その屋外暴露時における力学特性の変化を検討したものである。

2. 実験計画 表－1に今回使用した粗骨材および細骨材の高炉スラグによる質量置換率の組合せを示す。実験では表中に○で示した4種類の組合せを対象とした。なお、以下では、これらの組合せを表中の（ ）内に示した記号を用いて表記する。

表－2に使用材料の物理的性質を示す。全骨材とも密度は2.5以上であるが、砕砂と徐冷スラグの吸水率がやや大きい。砕砂は低品質の骨材であり、これを使用したコンクリートの品質を改善できるか否かも検討の対象とした。本研究では、材齢28日での目標圧縮強度を $f_c' = 30\text{MPa}$ に設定し、圧縮強度 f_c' と水セメント比C/W関係の回帰式を用いて配合計算を行った。目標空気量は1.5%、目標スランプ値は15cmとした。表－3に示方配合を示す。

4種類のスラグ置換率の配合について、直径10cmの円柱供試体、10cm×10cm×40cmの無筋曲げ試験体、およびRCはり試験体を作製した。材齢4日目で脱型し、その後屋外で暴露しながら所定の材齢において強度試験等を実施した。なお、比較のため同一の円柱供試体および曲げ試験体を養生室内の通路にも放置した。以下で検討する圧縮強度、弾性係数の材齢28日における実験値は、この養生室内放置の円柱試験体に対するものである。

3. 圧縮強度 図－1に圧縮強度 f_c' と材齢との関係を、4種類の骨材質量置換率の組合せについてそれぞれ示す。スラグ無置換のG00-S00は、他の3つの組合せに比較して f_c' が小さくなっている。この原因

表－1 スラグによる骨材質量置換率の組み合わせ

		細骨材置換率 (%) ()内は表示記号		
		0	30	60
粗骨材置換率 (%)	0	○ (G00-S00)		
	30		○ (G30-S30)	○ (G30-S60)
	60			○ (G60-S60)

表－2 使用骨材の物理的性質

	骨材種類	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率 (%)
細骨材	砕砂 S	2.53	3.8	2.69
	急冷スラグ Ss	2.79	1.1	2.26
粗骨材	砕石 Gc (20-25)	2.61	3.3	7.00
	砕石 Gf (15-5)	2.61	3.3	6.03
	徐冷スラグ Gs	2.61	4.5	6.83

表－3 示方配合

配合記号	粗骨材の最大寸法 (mm)	目標スランプ (cm)	W/C (%)	目標空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							
						水 W	セメント C	細骨材		粗骨材 (mm)			高性能減水剤 Ad (cm ³ /m ³)
								砕砂 S	急冷スラグ Ss	砕石 Gc 20-15	砕石 Gf 15-5	徐冷スラグ Gs	
G00-S00	20	10	60	1.5	51	150	250	931	0	607	404	0	2232
G30-S30			46		47	150	326	598	256	443	296	317	2232
G30-S60			49		47	150	306	360	540	442	295	315	2232
G60-S60			51		48	150	304	361	541	250	166	624	2307

は、低品質砕砂の使用に伴い、配合設計に用いた $C/W-fc'$ の回帰式による評価誤差が大きかったことにある。

4. その他の力学特性

図-2に材齢28日と材齢1年における $1/3fc'$ 割線弾性係数 E_c の比較を示す。図中の数字は材齢28日に対する材齢1年の E_c の比を示している。左側から右側の棒グラフへとスラグ置換率が増えるにつれて E_c は大きくなり、かつ材齢の増加に伴う変化も小さくなっている。それとは対照的に、スラグ無置換のG00-S00では E_c は小さく、かつ材齢の増加に伴って E_c は大きく低下している。これは、低品質骨材の使用により微細なひび割れが多数生じたことが主原因と考えられる。

また、ポアソン比についても材齢28日と材齢1年の値の比較を行った。ポアソン比はスラグ置換率にかかわらず材齢1年の値が材齢28日に比べて小さくなった。ポアソン比の値そのものは、スラグ無置換のG00-S00が最も小さかった。

5. 長さの変化率

図-3に屋外暴露時の材齢の増加に伴う無筋曲げ試験体および曲げ試験体の歪の変化を示す。歪は、間隔10cmの標点距離の変化をコンタクトゲージによって計測することで求めた。

同図(a)に屋外暴露した無筋曲げ試験体の歪の経時変化を示す。歪とスラグ置換率の間には明確な傾向は見られない。材齢200日を越えたあたりから収縮歪が若干低下し始めているのは、降雨量が多くなったことが一因と考えられる。収縮歪のピークは 300μ 程度であり、土木学会示方書¹⁾に規定されている「屋外での最終的な収縮歪 350μ 」以下に収まっている。

養生室内に放置した無筋曲げ試験体についても、収縮歪のピークは 600μ であり、示方書に規定されている屋内での「最終的な収縮歪 620μ 」以下に収まっていた。

同図(b)に屋外暴露したRC曲げ試験体の歪の経時変化を示す。歪は引張主鉄筋位置におけるものであるが、鉄筋の拘束効果により歪の大きさは同図(a)の約1/2になっている。収縮歪はスラグ置換率が大きいほど小さい傾向にはあるが、明確ではない。

6. まとめ

普通骨材を鉄鋼スラグで置換することにより、圧縮強度や弾性係数などの改善がなされ、かつ収縮歪についても問題ないことが分かった。以上の実験結果より、硬化コンクリートの力学的特性の面からは、普通骨材をスラグを置換することによりコンクリートの品質改善がなされ、使用には大きな問題が無いことが分かった。

7. 謝辞

本研究は、(社)四国建設弘済会技術開発支援制度の助成を受けて実施したものである。ここに、関係各位に謝意を表します。

8. 参考文献

1) 土木学会：コンクリート標準示法書(設計編)，土木学会，1996

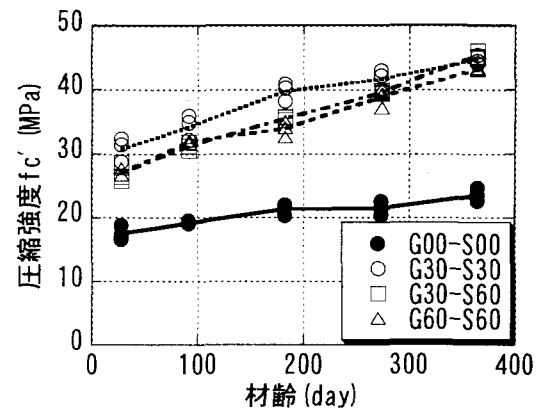


図-1 圧縮強度 fc' の経時変化

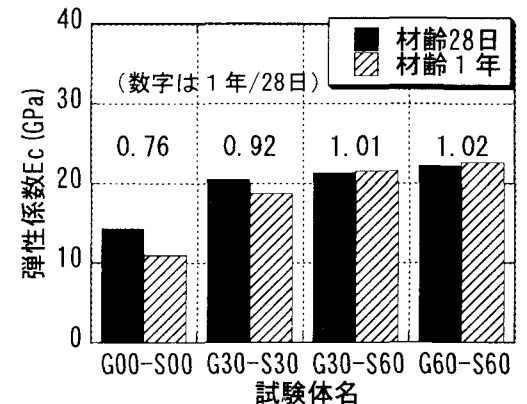
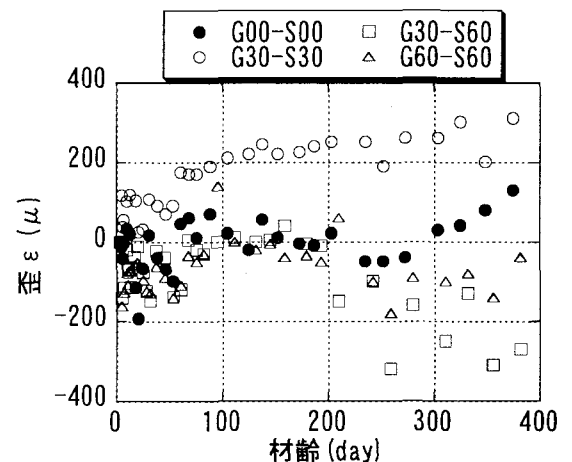
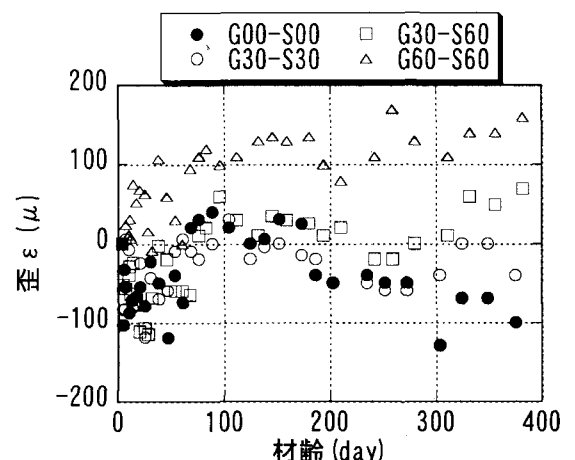


図-2 割線弾性係数 E_c ($1/3fc'$ 時)



(a) 無筋曲げ試験体



(b) RCはり試験体

図-3 屋外暴露時の歪の経時変化