

V-10 鉄鋼スラグ骨材を使用したコンクリートの基本的力学特性

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

1. 研究目的 鉄鋼製造過程における副産物として発生する鉄鋼スラグは、道路用路盤材やコンクリート用骨材等々に使用されており、このうちのコンクリート骨材としては、主に水砕スラグが細骨材の代替骨材として用いられている。しかし、細骨材と粗骨材の両方に鉄鋼スラグを使用した例はそれほど多くは無く、それに伴ってこのコンクリートの基本的力学特性も十分に検討されてはいない。本研究では、細骨材（砕砂）および粗骨材（碎石）のそれぞれ一定割合を急冷スラグおよび徐冷スラグでそれぞれ置換したコンクリートを作製し、その圧縮強度、弾性係数等の力学特性を実験的に調べたものである。

2. 実験変数 表-1 に今回使用した粗骨材および細骨材のスラグによる質量置換率の組合せを示す。スラグ置換率は細骨材、粗骨材共に0、30、60%とし、同表中に○で示した4種類の組合せを対象とした。なお、以下では、これらの組合せを同表中の()内に示した記号を用いて表記する。

3. 使用材料 表-2 に使用骨材の物理的性質を示す。全骨材とも密度は良好であるが、砕砂と徐冷スラグの吸水率がやや大きい。砕砂は若干低品質の骨材であり、本研究ではこれを使用したコンクリートの品質をスラグとの併用により改善できるか否かを検討することも目的の一つとした。

図-1 に粗骨材および細骨材の合成粒度曲線をそれぞれ示す。同図中には、土木学会標準示方書に規定された標準粒度範囲を点線で示しているが、今回用いた全ての骨材置換率の合成粒度曲線がこの範囲内に収まっている。

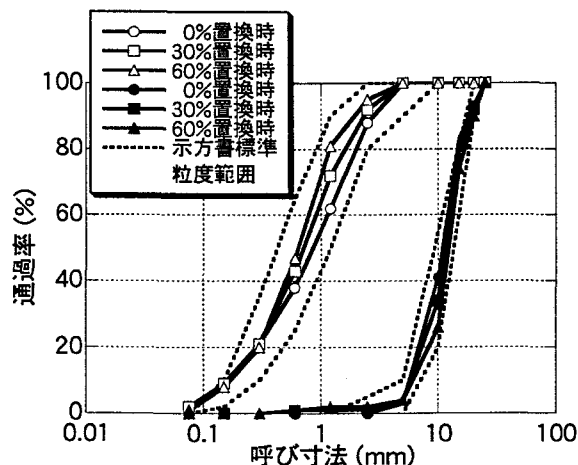


図-1 使用細骨材の合成粒度曲線

表-1 スラグによる骨材質量置換率の組合せ

		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 使用骨材の基本的性質

	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	碎石 Gc (20-15)	2.61	3.3	7.00
	碎石 Gf (15-5)	2.61	3.3	6.03
	徐冷スラグ Gs	2.61	4.5	6.83

表-3 配合設計例

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	碎石 Gc 20-15	碎石 Gf 15-5	徐冷 スラグ Gs	
G00-S00	20	10	42	1.5	47	150	357	821	0	622	414	0	2232
G30-S30					46	145	345	586	251	449	300	321	2158
G30-S60					46	155	369	337	505	439	292	313	2307
G60-S60					46	155	369	337	505	251	167	627	2307

4. 配合設計

表-3 に今回の実験で用いた示方配合の一例を示す。まず、土木用コンクリート2次製品への使用を念頭におき、水セメント比 $W/C=42\%$ 、目標スランプ 10 ± 2.5 cm、目標空気量 $1.5\pm 1\%$ となる配合を試験練りによって求めた。次に、これをもとに W/C を変化させた配合を決定した。

5. 圧縮強度 f_c' -セメント水比 C/W 関係

図-3 に圧縮強度 f_c' とセメント水比 C/W との関係を、4種類の骨材置換率の組合せについてそれぞれ示す。 C/W が小さい領域においては、スラグ無置換のG00-S00が他の3つの組合せよりも f_c' は大きい。全ての組合せにおいて、 C/W の増加に伴って f_c' はほぼ直線的に増加するが、その増加率はスラグ置換を行った方が大きい。G30-S30とG30-S60との比較より、細骨材をスラグ置換することは強度的に有利であるが、G30-S60とG60-S60との比較より、粗骨材を過剰にスラグ置換すると強度の増加率は低下する。同図中の R は回帰式の相関係数を表しているが、上述したように、砕砂が若干低品質であるため、スラグ無置換のG00-S00の R が最も小さく、 f_c' のばらつきは一番大きい。これをスラグで置換した他の3つの組合せは R がかなり1に近くなっており、品質の改善がなされている。粗骨材のスラグ置換率が大きいほどフレッシュコンクリートのワーカビリティは若干低下したことを考えあわせると、骨材置換率としてはG30-S30およびG30-S60の組合せが適当であると考えられる。

6. 圧縮強度 f_c' と他の力学特性値の関係

図-4 に割裂引張強度 f_t と f_c' との関係を示す。骨材置換率の組合せの如何に関わらず、 f_c' の増加に伴って f_t も増大するが、 $f_c' \approx 40$ MPaを超えるとその傾向は頭打ちとなる。

図-5 に $1/3 f_c'$ 時における割線弾性係数 E_c と f_c' との関係を示す。骨材置換率の組合せの如何に関わらず、 f_c' の増加に伴って E_c も増大し、同じ f_c' であれば骨材置換率の大きい配合ほど E_c も大きい。一般に E_c は f_c' の $1/3$ 乗に比例するといわれており、同図中に示した各回帰式はほぼそれに対応している。

図-6 に $1/3 f_c'$ 時におけるポアソン比 ν と f_c' との関係を示す。同じ f_c' であれば置換率の大きい場合の方が ν は大きい。また、骨材無置換のG00-S00および置換率の小さいG30-S30では f_c' の増加に伴って ν も増大するが、置換率の大きい他の2つの配合では f_c' の如何に関わらず $\nu \approx 0.21$ の大きな値をとる。

7. まとめ

普通骨材を鉄鋼スラグで置換することにより、コンクリートの圧縮強度等の力学的特性値のばらつきが改善された。一方、置換率の違いがこれらの特性値の大きさそのものに与える影響は見られなかった。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、普通骨材をスラグで置換して使用することに大きな支障の無いことが分かった。

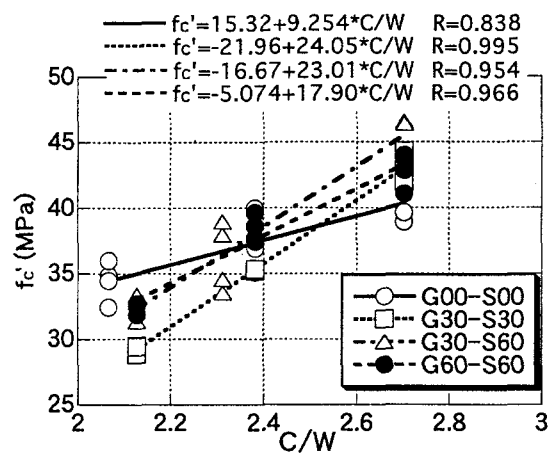


図-3 圧縮強度 f_c' -セメント水比 C/W 関係

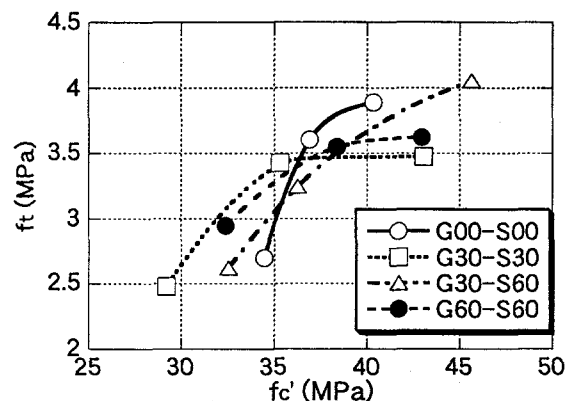


図-4 引張強度 f_t -圧縮強度 f_c' 関係

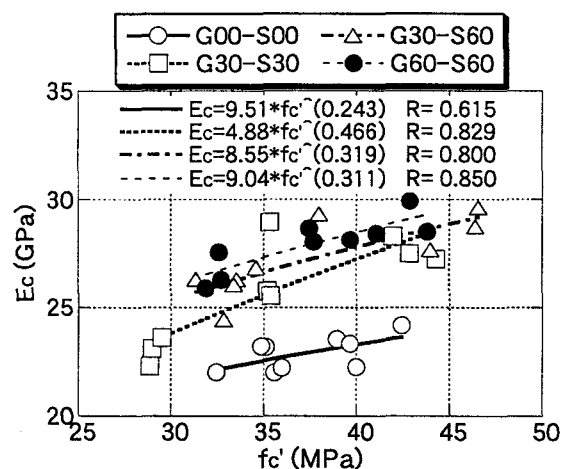


図-5 弾性係数 E_c -圧縮強度 f_c' 関係

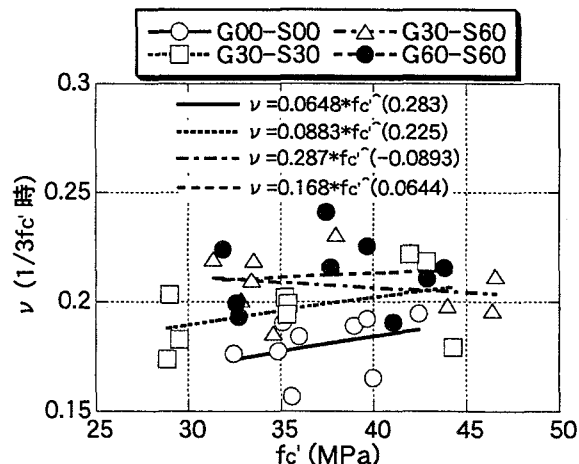


図-6 ポアソン比 ν -圧縮強度 f_c' 関係