

高炉スラグ細骨材の強度ならびに表面特性とコンクリートの物性の関係

大分工業高等専門学校 学生会員 ○葛城 正一 正会員 一宮 一夫
同上 非会員 三重野裕一 非会員 秦 敏和

1. はじめに

高炉スラグ細骨材（以下、スラグ細骨材という）は、昭和55年の170万トンピークにその後は需要増加に結びついていない。その理由として、スラグ細骨材を天然砂に置換使用すると、置換率にともない目標スランプを確保するために単位水量が増えることや圧縮強度が低下することなどが考えられる。

本研究は、スラグ細骨材の製造時の品質改善の際のポイントを明らかにする事を目的に、コンクリート強度に及ぼす細骨材の強さの影響を調べた。さらに、コンクリートの流動性に影響すると考えられる細骨材表面に付着するペースト量の測定を試みた。

2. 実験概要

2.1 スラグ細骨材コンクリートの特性

配合条件は一定とした。海砂に対するスラグ細骨材の置換率は、容積比で0、50、100%の3水準とし、それぞれのスランプ、空気量、圧縮強度（4週、10週）を測定した。使用材料を表1に、基本配合を表2に示す。

2.2 細骨材の破砕値試験

細骨材の破砕値をB.S.812に準じて測定した。BS規準では、対象粒径5～3.2mmが細骨材に該当するが、ふるいの準備の都合から粒径5～2.5mmの細骨材を使用した。また、破砕後の試料のふるい分けは0.9mmふるいが指定されているが、1.2mmと0.6mmふるいを使用して両者の平均で代用した。表3に細骨材の物理特性と破砕値の測定結果を示す。

2.3 モルタルでの曲げ及び圧縮強度試験

細骨材の種類とセメントペーストとの付着状態の関係を調べるために、モルタル供試体（4×4×16cm）で曲げ試験を行い、破断面の破壊状況を目視観察した。また、同供試体の圧縮強度も測定し、コンクリートでの結果と比較した。

細骨材とセメントペーストの容積比は4:6とした。細骨材は、粒度分布の影響を除くため粒径5～2.5mmの単一粒径とし、表面水をキッチンタオルで丁寧に拭き取り表乾状態で使用した。

セメントペーストの配合は、短期で高強度を得るためにW/C=30%とし、自己充填とするため高性能AE減水剤をセメント重量の1%添加した。さらに、材料分離を抑えるため増粘剤をセメント重量の0.14%添加した。

養生は標準養生とし、試験材令は骨材強度に対するペースト強度が低い場合として材令1日、高い場合として7日を選んだ。

2.4 付着ペースト膜厚の測定

既往の粗骨材の付着ペースト膜厚を調べた研究を参考に¹⁾にした。ペーストの配合は、W/C=47.2%、SP/C=0.25%とし、ペーストの流動性を、細骨材の表乾判定用フローコーンとモルタル用フローコーンを用いたフロー値で評

表1 コンクリートの使用材料

種類	記号	物 性
水	W	水道水
普通ポルトランドセメント	C	密度3.15g/cm ³
高炉スラグ細骨材	BFS5	密度2.77g/cm ³ , 吸水率1.44%, FM2.59
海砂	S	密度2.58g/cm ³ , 吸水率2.44%, FM2.57
硬質砂岩 碎石	G	密度2.61g/cm ³ , 吸水率1.32%, FM6.56
高性能AE減水剤	SP	ポリカルボン酸系, 密度1.05g/cm ³
AE剤	AE	密度1.0 g/cm ³

表2 コンクリートの配合

置換率 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C	S	BFS5	G	SP	AE
0	59.5	45.3	182	306	771	0	966	1.38	0.0153
50	"	"	"	"	395	416	"	"	"
100	"	"	"	"	0	832	"	"	"

表3 細骨材の物理特性と破砕値

細骨材の種類	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率	破砕値 (%)
スラグ細骨材	2.77	1.44	2.59	52.0
海 砂	2.58	2.44	2.57	29.9
山 砂	2.54	1.85	2.46	14.8

価した。なお、表乾判定用フローコーンは粗骨材での実験結果と比較のために使用した。

細骨材は、モルタル強度試験と同様に表乾状態で使用した。付着ペースト量の測定は、細骨材 200g を 2.5mm ふるいに均等に置き、ふるいの網から深さ 1.5cm までペーストに浸し、さらに細骨材表面にペーストが十分付着する様に匙で軽くかき混ぜた。90 秒間浸した後ふるいを引き上げ 20 秒間静止させたのちに重量を測定した。

付着ペースト膜厚は、細骨材に付着したペーストの容積を、細骨材を単一粒径の球と仮定して求めた細骨材の表面積の合計で除して算出した。

3. 実験結果および考察

3.1 スラグ細骨材置換率とコンクリートの特性

図 1 にスラグ細骨材置換率とスランプ、空気量の関係を示す。図より、置換率が高くなるとスランプは急激に低下するが、空気量はほとんど変化していない。図 2 は、材令 28 日と 70 日における圧縮強度の測定結果であるが、表 3 のようにスラグ細骨材の破砕値は大きく骨材強度が低いにもかかわらず、置換率が変わっても圧縮強度はほぼ一定である。

以上のことより、圧縮強度が 30N/mm² 程度のコンクリートであればスラグ細骨材自体の強度はコンクリートの圧縮強度に影響しないようである。

3.2 骨材ペースト界面の破壊状況とモルタル強度

モルタル供試体を曲げ試験機で 2 分割して破断面を調べたところ、材令 1 日では骨材表面にペーストの薄膜が残っており、骨材との界面で破壊した。一方、材令 7 日では海砂、スラグ細骨材ともに骨材自体が割れた。以上のことより骨材表面とペーストとの付着状態は、海砂、スラグ細骨材ともに同水準であると考えられる。

一方、表 4 に示すモルタルの圧縮強度は、ペースト強度に比べて小さいが、海砂とスラグ細骨材の違いは見受けられない。これは、図 2 のコンクリートでの結果と一致するものであり、スラグ細骨材強度が低いこととコンクリートやモルタルの強度は関係がないためと考えられる。

3.3 付着ペースト膜厚

付着ペースト膜厚の測定結果を表 5 に示す。粗骨材（碎石、密度 2.63g/cm³、吸水率 0.58%）と鉄球を用いた既往の実験では付着ペースト膜厚は、粗骨材が約 0.6mm、鉄球が約 0.3mm である。表 5 の結果は 0.7mm～1.0mm でほぼ同水準の値であることから大まかな特性は評価できていると考えられる。しかし、細骨材ごとの特徴を精度良く評価するには試験方法の改善が必要である。

4. まとめ

本研究より得られた知見をまとめると次の通りである。

- (1) スラグ細骨材の破砕値は天然砂よりも大きく骨材強度は低い。
- (2) スラグ細骨材自体の強度は、圧縮強度 30N/mm² 程度のコンクリート強度に影響しない。
- (3) 細骨材の付着ペースト膜厚も、粗骨材の場合同様に測定できる可能性がある。

【参考文献】 1) フレッシュコンクリートの挙動研究委員会報告書、日本コンクリート工学協会、1990.3

2) 龍・松下・鶴田・前田：高強度コンクリートの圧縮強度に及ぼす粗骨材品質の影響、土木学会第 53 回年次学術講演会概要集、pp480-481、1998.10

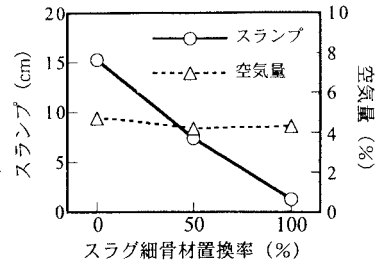


図1 スラグ細骨材置換率-スランプ・空気量の関係

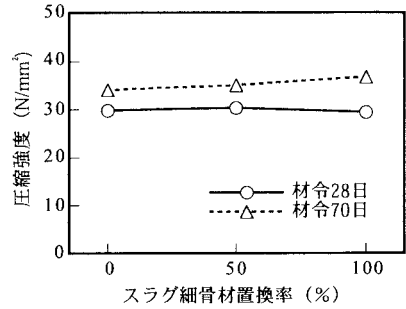


図2 スラグ細骨材置換率とコンクリートの圧縮強度の関係

表4 モルタルの曲げ、圧縮強度

細骨材の種類	曲げ強度 (N/mm²)		圧縮強度 (N/mm²)	
	材令1日	材令7日	材令1日	材令7日
ペースト	1.8	9.6	7.7	68.1
海砂	1.6	8.0	6.5	55.3
スラグ	1.6	9.4	8.0	56.4

表5 付着ペースト膜厚

	スランプフロー		付着ペースト膜厚
	表乾用	モルタル用	
海砂	250.63	294.70	0.700
山砂	"	"	1.024
スラグ	"	"	0.824

単位 (mm)