

V-11 高炉スラグ及び銅スラグを用いたコンクリートの試験施工について

愛媛県建設研究所 正会員 坂本 進

1. はじめに

海砂利は、その良好な品質や安定した供給等から、コンクリート用骨材はじめ土木建設用資材として広く利用されてきたが、瀬戸内海的环境保全を理由として沿岸各県では海砂利採取禁止の方向にあり、今後本県においても海砂への依存度の低減を図っていく必要がある。そこで、現在海砂の使用量が最も多いコンクリート用細骨材として高炉スラグ及び銅スラグを用いたコンクリートを県工事の中で試験的に施工し、その品質及び施工性等を検証したので結果を報告する。

2. 試験施工の概要

試験施工は、12年度工事の中から無筋コンクリート構造物を対象に10箇所を選定し実施しているが、未施工箇所や若材齢のコンクリートもあるため、工事の進んでいる高炉スラグ5箇所、銅スラグ3箇所の計8箇所について成果を取りまとめた。配合は当該生コンプラントで現在製造出荷している18-8-40BBの規格を基本に、海砂を水砕スラグに置き換え配合したコンクリートのうち適切なワーカビリティが得られた1～2の配合のものを採用し現場打設した。骨材試験によりスラグの物性を確認し、コンクリートの配合は工事発注後各生コン工場において試験練を行い決定した。

3. 高炉（銅）スラグ骨材試験

コンクリートの配合に使用する高炉スラグと銅スラグの骨材試験結果（代表値）を表-1に示す。また、参考のため今回のモデル工事にも使用している砕砂、海砂の物性についても併記した。

表-1 高炉（銅）スラグ骨材試験結果

試験名	高炉スラグ BFS 5	銅スラグ CUS 2.5A	砕砂 重信町産 砂岩	砕砂 五十崎産 輝緑岩	海砂 大三島産	海砂 長浜産	摘要
比重及び吸水率 (kg/l, %)	2.72 (1.34)	3.48 (0.11)	2.60 (0.90)	2.98 (0.91)	2.54 (2.06)	2.62 (2.04)	
ふるい分け(粗粒率)	2.39	2.54	3.10	2.89	2.82	2.08	
骨材の微粒分(%)	2.3	2.7	1.3	3.9	1.8	2.8	
単位容積質量及び 実績率(kg/l, %)	1.54 (57.2)	2.18 (62.7)	1.60 (62.1)	1.76 (59.5)	1.51 (60.7)	1.59 (61.9)	

1) 比重及び吸水率

高炉スラグの比重は砂岩とほぼ同等であるが、吸水率は砕砂より大きく海砂より小さい。また、銅スラグは、比重が3.48と大きい値となっており、吸水率は一般の骨材より小さめの値となっている。

2) ふるい分け

高炉、銅スラグは二次加工されており、大三島産と長浜産海砂の中間の粗粒率に調整されている。

3) 骨材の微粒分

JIS A 1103により試験を実施した。特に規定はないが一般の砕砂や海砂と比較して、銅スラグはやや大きく、高炉スラグはほぼ同等の値を示している。

4) 単位容積質量及び実績率

銅スラグは一般骨材と同等の実績率を有しており、比重が大きいことから単位容積質量も大きな値を示しているが、高炉スラグの実績率は小さく、したがって単位容積質量も小さな値となっている。

以上、比重及び吸水率、単容積質量の値はいずれもJIS A 5011-1,3の規定を満足している。

4. 配合設計及び試験結果

配合一覧を表－２に示す。なお、比較のため海砂を使用したコンクリートの配合も併記した。

表－２ 高炉（銅）スラグコンクリート配合一覧表（１８－８－４０ＢＢ）

番号	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/A (%)	単位量 (kg/m3)					細骨材 (海砂：砕砂) スラグ：砕砂	スランプ 実測値 (c m)	空気量 実測値 (%)	テストピース 強度 (4週)
			水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤				
高炉スラグコンクリート											
Case 1	62.0	41.2	156	252	755	1120	7.11	(50:50)	7.5	4.5	26.2
	62.0	41.2	156	252	774	1120	7.11	40:60	8.1	3.9	26.8
Case 2	64.0	43.4	160	250	793	1221	2.74	(50:50)	8.9	5.1	23.2
	64.0	44.3	165	258	813	1191	2.83	40:60	10.3	5.4	21.8
Case 3	62.0	42.9	161	260	790	1228	4.329	(50:50)	8.2	4.4	24.4
	62.0	42.9	161	260	805	1228	4.329	40:60	7.1	4.1	25.5
Case 5	65.0	40.5	160	246	749	1114	2.460	(60:40)	7.0	4.9	26.5
	65.0	40.5	160	246	772	1114	2.460	40:60	7.2	4.5	22.3
	65.0	40.5	160	246	763	1114	2.460	60:40	8.3	4.2	23.6
Case 6	65.0	41.5	151	233	834	1275	2.52	(50:50)	8.0	4.3	20.7
	65.0	45.0	157	242	923	1181	2.61	50:50	8.5	4.9	21.9
銅スラグコンクリート											
Case 7	62.0	42.4	161	260	768	1061	0.6734	(60:40)	8.5	4.8	25.1
	62.0	41.9	158	255	843	1079	0.6482	30:70	8.0	4.7	24.3
	62.0	41.7	159	256	890	1079	0.6502	50:50	9.0	4.7	22.0
Case 8	62.0	42.4	161	260	768	1061	0.6734	(60:40)	8.0	4.3	24.0
	62.0	41.9	158	255	843	1079	0.6482	30:70	8.0	4.8	24.7
	62.0	41.7	159	256	890	1079	0.6502	50:50	8.0	4.4	25.1
Case 10	63.0	43.1	150	238	804	1082	0.595	(50:30:20)	*9.0	*4.5	*26.4
	63.0	43.1	150	238	890	1082	0.595	30:70:0	*11.5	*5.5	*22.8
	63.0	43.1	143	227	962	1094	0.568	50:50:0	*7.0	*4.8	*25.8
	63.0	43.1	143	227	966	1094	0.568	50:30:20	*8.5	*5.0	*26.5

注 1) 各 Case の最上段（着色部）：海砂を使用した配合 2 段目以下：スラグを使用した配合

2) *… 配合試験練り時のデータ

3) Case10 の細骨材比率は スラグ(海砂)：砕砂：石灰砂 を示す。

5. まとめ

1) 高炉スラグを使用したコンクリートは混合率が概ね 50%を超えるとワーカビリティが悪くなる傾向にあるが高炉スラグは多少角張っており、実績率が小さいこと等が原因と考えられる。所定のスランプを得るため、単水量を押さえながらスラグの混合率や空気量、細骨材率の調整等により対処し、良好な結果を得た。

また、銅スラグの場合は配合することにより単位水量が減少した。銅スラグは吸水率が小さく、また今回試験施工に用いたスラグは実績率が高い等の性状に起因するものと考えられる。

2) 砕砂の性状による影響のためか、スラグの混合率を低くするとスランプが低下する場合もあったが、混合率 30～50%の範囲では概ね良好な結果となっている。

3) 現場の施工は人力打設で行っており、こてによる表面仕上げの際、多少ざらつく感じはするものの品質に問題はないものと考えられる。ただ、海砂と比較しスラグは吸水率が低く、ブリーディングが多いため、最後のこて仕上げを若干遅らせることで対処した。

4) テストピースによる強度試験の結果、スラグを混入したコンクリートの強度は若材齢ではやや低いものの、4週以降では海砂を使用したものと遜色ない結果を得ている。

5) 脱型後のコンクリート表面は通常のコンクリートと変わりなく、色合も区別がつかないくらいで、現在のところ問題は生じていない。

6) 今回の試験施工は海砂を使用したコンクリートに準じて単一の規格で配合設計しているが、今後実用化に向けて高強度コンクリートを含め体系だった配合試験練を行い、水セメント比ははじめ最適の配合及びポンプ打設の施工性等を確認する必要がある。