

名古屋工業大学 正員 吉田 弘智
 名城大学 正員 飯坂 武男
 名城大学 正員 杉山 秋博

1 まえがき

製鉄所から副産物としての高炉スラワは、コンクリート用粗骨材としてJIS化され省資源・省エネルギーの観点からも望ましい事である。さらに、川砂の採取が困難となり砕砂・海砂等の様に細骨材の採取箇所が変化してきた現在、この高炉スラワをさらに細骨材としての利用が望まれ、水砕砂の研究がなされている。本研究は、この高炉スラワを水砕砂として製造しさらにこの水砕砂を粉砕加工した場合の物理的性質と、コンクリートに使用した場合の特性を実験的に追及したものである。

2 使用材料 および 実験方法

表-1 骨材の物理的性質

実験に使用した細骨材は、S社製の急冷水砕砂をロッドミルで粒形を整え粒度を調節したもの(以下、加工水砕砂A・B・C・D)と比較のために矢作川産川砂を用いた。粗骨材は最大寸法25mmの本曾川産川砂利を使用した。これら骨材の物理的性質は表-1に示す通りである。また混和剤はT社製AE剤を用いた。

種類	比重	吸水率%	空隙率%	実積率%	FM	
加工水砕砂	A	2.63	2.20	8.0	6.1	2.08
	B	2.61	2.72	5.8	5.9	2.27
	C	2.60	2.84	4.0	5.7	2.50
	D	2.59	3.10	3.6	5.6	2.73
未加工水砕砂	2.57	3.24	2.1	5.5	3.01	
川砂	2.60	1.60	1.2	6.2	2.78	
川砂利	2.57	1.04	0.6	6.4	6.92	

上記材料を使用して、スランパ8±1cm・空気量5±1%と一定にし、水セメント比を50・60・70%に変化させた配合は、試し練りの結果表2に示す様に決定された。

圧縮試験用供試体は、JIS A 1132に準じてφ10×20cmの型枠に打込み脱型後所定材令まで20±2℃の水槽で養生を行なった。透水性試験は、インフォット方法を実施し圧力水が内部に浸透する状態を調べ拡散係数よりコンクリートの透水性を調べた。このため、脱型後2週間水中養生し供試体内部を乾燥させるため材令28日まで空中養生をおこない透水性試験を実施した。

3 実験結果 および 考察 表-2 配合表 および 圧縮強度と拡散係数

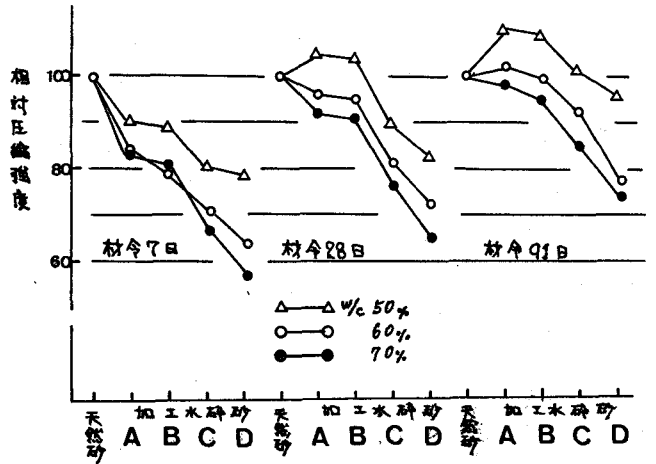
高炉スラワから製造される水砕砂は、表-1に示されているかそのまゝでは棒状や扁平な粒子が多く見られ吸水率や実積率などの物理的性質が天然砂に比べ劣っている。このためロッドミルで粉砕加工すると弱い粒子が粉砕され粒形もとのり、さらに粒度を調節すると表-1の加工水砕砂の様に物理的性質も改善される。

種類	w/c %	s/a %	空気量 %	単位重量 t/m ³				AE剤 g	圧縮強度 MPa				拡散係数 ×10 ¹² cm ² /sec
				W	C	S	G		7日	28日	91日		
天然砂 コンクリート	50	37	4.1	163	326	706	1188	114	204	277	322	1.689	
	60	39	4.2	165	275	758	1172	96	146	228	281	2.552	
	70	41	4.4	167	239	807	1148	84	111	185	220	6.104	
加工水砕砂A コンクリート	50	36	5.5	170	340	684	1188	119	186	291	355	3.450	
	60	38	5.4	170	283	740	1179	99	123	219	287	8.815	
	70	40	5.7	171	244	791	1159	85	92	170	216	16.905	
加工水砕砂B コンクリート	50	37	5.4	170	340	697	1169	119	182	288	350	3.754	
	60	39	5.6	170	283	753	1160	99	116	216	277	7.085	
	70	41	5.9	174	249	799	1133	87	90	168	208	10.318	
加工水砕砂C コンクリート	50	38.5	5.9	170	340	723	1141	119	165	248	328	18.873	
	60	40.5	5.5	173	288	775	1125	131	104	185	259	15.703	
	70	42.5	5.9	180	257	816	1091	90	74	141	186	58.798	
加工水砕砂D コンクリート	50	39.5	5.2	177	354	727	1105	124	162	230	311	10.278	
	60	41.5	6.0	178	297	782	1094	104	93	164	216	27.847	
	70	43.5	5.9	185	264	824	1062	92	63	120	163	77.817	

しかし、粉碎加工することにより洗いや試験によって求められる 0.088mm 以下の微粒子は、粗粒率が小さくなるにつれて増加するがスラッグ微粒子であるため単位水量の増加もなく、強度に対して悪影響を与えないという実験結果から水砕砂を粉碎加工することは物理的性質の改善となる。

細骨材としての加工水砕砂を粗粒率を変化させた圧縮強度試験結果は、表-2・図-1に示している。ここで、加工水砕砂は天然砂と比べ初期材令7日において粗粒率や水セメント比の変化にかかわらず57~90%と低い値を示している。

図-1 天然砂強度を100とした相対圧縮強度



材令が28・91日の様に加工水砕砂特有の潜在水硬性が徐々に発揮され天然砂より優る種類も見られる。また、水セメント比を小さくすると強度の低下が少なく、たとえば材令28日における加工水砕砂Aでは、w/c 70%において91%、w/c 60%で95%そしてw/c 50%では105%となり、水セメント比50%においては天然砂を使用したコンクリートより強度は強くなり材令91日では109%と1割近い強度増加が見られた。しかし、加工水砕砂Dの様に粗粒率が大きくなるとロッドミルによる粉碎効果があまり望めず未加工水砕砂のように偏平な粒子が多く見られ強度的にも弱く現れる。

同様に透水試験においては、表-2に拡散係数を示しているが天然砂の場合水セメント比が大きくなるにつれ 1.689×10^{-3} ・ 2.552×10^{-3} ・ 6.104×10^{-3} と確率的に増大し、加工水砕砂を使用した場合も同様な傾向を示しており従来から言われているように水密性を重視する場時には水セメント比を低くする事が重要である。さらに、粗粒率が大きく粒形が悪い加工水砕砂Dでは水密性が悪く天然砂に比べ6~13倍もの拡散係数を示している。しかし、粗粒率が小さくなるにつれ粒形も改善され、ワーカビリチーも良くなりその結果水密性も良くなっているが水中での養生が14日間と短く、圧縮試験結果から見られるような水砕砂の潜在水硬性が十分に発揮されないため天然砂より悪い水密性と現れたが、長期養生をおこなえば加工水砕砂A・B・Cにおいても水セメント比の低いものは、天然砂を使用したコンクリートと同等かそれ以上の結果と思われ、現在長期材令のものを実験中である。

4 結論

熔融状態のスラッグから生産される水砕砂は、そのままでは粒形が悪くロッドミル等で粉碎加工して粒形をととのえる必要がある。この場合、粗粒率が小さくなるにつれ骨材の物理的性質も改善されるが、圧縮強度・水密性および粉碎費の経済性などの面から粗粒率は2.2前後で水セメント比を小さくすれば天然砂の代用として十分使用できるものと思われる。

参考文献 昭和53年土木学会年次学術講演会概要集 吉田、飯坂、杉山 V-78 P149

昭和52年 セメント技術年報 吉田、露出 33 P144