

第v部門 下水汚泥空冷スラグ粗骨材の形状がコンクリートに及ぼす影響

関西大学工学部 学生員 ○高松 章浩
 関西大学工学部 正会員 豊福 俊英

1.はじめに

我が国の下水汚泥発生量は、下水道の普及に伴い年々増加しており、平成14年下水処理場で発生した汚泥の量は約4億2千万m³に達し、その有効利用率は6割程度であり、残りの4割近くは埋め立て処分とされている¹⁾。

また、コンクリートの骨材は、年間約8億t消費されており資源の枯渇、環境負荷の低減などの観点から、代替資源の確保が重要な課題となっている。

本研究ではこれらの問題に有効な手段として溶融スラグの粗骨材としての再利用があり、スラグ破砕形状が非常に扁平、細長また特異な形状であることから、その形状がコンクリートに及ぼす影響について実験的検討を行った。

2.実験概要

空冷スラグはジョークラッシャーに一度だけ通し、粒度は土木学会の標準粒度の各平均値を通るように調節した。その形状がコンクリートのフレッシュ性状および圧縮強度に及ぼす影響を調べるため、水セメント比50%、55%、60%においてスラグ質量置換率(以下、置換率)を30%とし、置換したスラグ中の扁平なスラグの割合比率(以下、扁平率)を40%、50%、60%、70%とし、スランプ試験、空気量試験、および圧縮強度試験をおこなった。スラグの形状分類は表1に示すZingの骨材形状分類によって、「薄っぺらでもなく、細長くもない」に分類されたものを丸形スラグ、それ以外のものを扁平スラグとし、そのときの割合比率の扁平スラグ63.4%、丸形スラグ36.6%から各、水セメント比における最適細骨材、スランプ、また配合を決定した。

使用材料は表2、空冷スラグの物理性状を表3、スラグの形状及び寸法別の一粒子当りの平均重さを表4、試験配合を表5に示す。

表1 骨材の形状分類

呼び方	b/a	c/b
薄っぺら	>2/3	<2/3
薄っぺらでもなく、細長くもない	>2/3	>2/3
薄っぺらで細長い	<2/3	<2/3
細長い	<2/3	>2/3

表2 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 密度:3.15g/cm ³
細骨材	大阪府淀川産川砂密度:2.59g/cm ³ 吸水率:1.22%
粗骨材	大阪府高槻砕石密度:2.69g/cm ³ 吸水率:1.22% 空冷スラグ (表3)
混和剤	高性能AE減水剤 比重:1.04~1.06

表3 スラグの物理性状

試験項目	スラグ全体	扁平スラグ	丸形スラグ
表乾密度(g/cm ³)	2.40	2.36	2.38
吸水率(%)	1.61	1.87	1.23
単位容積質量(kg/l)	1.48	1.51	1.49
実績率(%)	62.6	65.5	63.3

表4 スラグ形状・寸法別一粒子当りの平均重量

寸法	20mm	15mm	10mm	5mm
扁平スラグ	11.4g	6.14g	2.21g	0.67g
丸形スラグ	11.09g	7.48g	3.27g	0.88g

表5 試験配合

粗骨材の最大寸法 Gmax mm	目標 スランプ cm	水セメント比 W/C %	空気量 %	細骨材率 s/a %	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 Ad
20	12	50.0	4.5	41.7	160	320	749	1087	1.1C
粗骨材の最大寸法 Gmax mm	目標 スランプ cm	水セメント比 W/C %	空気量 %	細骨材率 s/a %	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 Ad
20	12	55.0	4.5	43.5	160	291	792	1068	1.1C
粗骨材の最大寸法 Gmax mm	目標 スランプ cm	水セメント比 W/C %	空気量 %	細骨材率 s/a %	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 Ad
20	12	60.0	4.5	45.3	160	267	833	1045	1.1C

3. 実験結果及び考察

スランプ試験，空気量試験および圧縮強度試験の結果を図1，2および3に示す。スランプは図1から水セメント比による差異は見られたが，偏平率が増加するにしたがって高くなった。これはスランプ中の試料を見る限り，流動性がでたのではなく配合の最適細骨材率が偏平率の変化によって変わり，水と細骨材とのバランスがくずれ適切な試験を行うことができなかつたことが大きい。

空気量は図2から全体として水セメント比50%の時，最も低くなった。これはセメント量の増加によるもので，偏平率が上がっても空気量はほぼ一定であった。

図3から圧縮強度は全ての水セメント比において，偏平率が増加するにしたがって圧縮強度も増加した。これは偏平率が上がることによって偏平，細長，また特異な形状のスラグの量が増えたこと，またスラグ一粒当たりの重量が丸形スラグに比べて偏平スラグの方が軽いため，粗骨材の総数が増え，しかもスラグが非常に偏平なために空隙を埋める役割を果たしたのではないかと考えられる。またスラグの表面の多孔質さにより，ペーストとの付着が強まり，強度が上がっていったと思われる。

4. まとめ

空冷スラグ粗骨材は破碎した際に全体量の約6割以上が偏平，細長，また異形な形になり，その形状および表面組織が，偏平率が変わることによって粗骨材全体の性質を変え，最適細骨材率に影響を与えた。それによってワーカビリティを低下させた。改善策としてスラグの破碎処理方法，偏平率による最適細骨材率の検討，また高性能AE減水材の適切な使用などの処置が望ましい。

空気量は水セメント比50%のときに低く，全体的に少し高い値を示した。これは混和剤の影響によるもので，空気量は偏平率に影響されない。

圧縮強度についても偏平率が増加するにしたがって上がったが，これは偏平なスラグの形状，表面組織，また一粒当たりの重さが強度を上げるという良い結果に起因した。また，結果から普通コンクリートと変わらない程度の十分な強度が得られたことから，空冷スラ

グはコンクリート粗骨材として適用が可能であると言える。

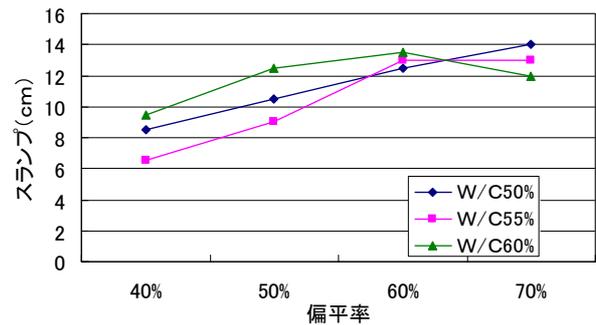


図1 スランプ試験結果

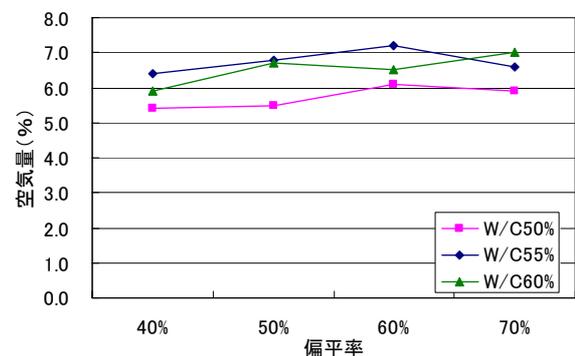


図2 空気量試験結果

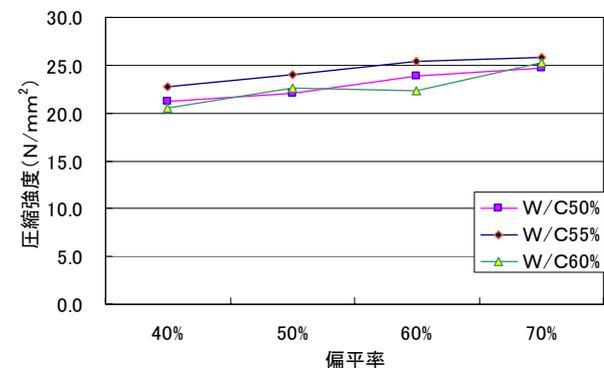


図3 圧縮強度試験結果 (材齢7日)

参考文献

- 1) 日本下水道協会ホームページ. <http://www.jswa.jp>
- 2) 松田尚之：下水汚泥処理処分の現状と今後の方向 月間建設 01-10.
- 3) 板橋宏ほか：焼却灰溶融スラグを粗骨材として用いたコンクリートの構造物試験施工 コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.1, 2001.
- 4) EIC ネット. <http://www.eic.or.jp>