

高炉水砕スラグ細骨材を使用したコンクリートの諸性状について

中国地方建設局 中国技術事務所 ○大塚 実

脇本太郎

まえがき

近年、コンクリート用天然細骨材は枯渇の傾向にあり、代替骨材として高炉水砕スラグの利用が考慮されているが、水砕スラグは、各製造所で独自の方法で製造されており、製品の均等性、安定性におお問題がある。本報告は、水砕スラグの品質試験と、水砕スラグを混合したコンクリートの諸性状について調査したものである。

1. 骨材試験

使用材料は、水砕スラグA、B 2社製品と、比較材料として一般に使用されている海砂一種を使用した。水砕スラグの品質試験は、コンクリート標準示方書による試験項目に順じ、追加として、FDR硬さ試験を行った。結果は表-1のとおりで、水砕スラグは海砂に比較して、比重、吸水率が大きい、規格値以内である。洗い試験値はスラグAが大きい、砕砂の規格値を適用すれば規格値以内となる。耐水性及びFDR値は水砕スラグA、B共に海砂より良い。

フルイ分け試験は海砂、水砕スラグA、B、すべて粒度の標準範囲内であるが、海砂は微粒子(0.3~0.6mm)が多い。FMは海砂が2.38で、やや小さいが、水砕スラグA、Bは、ほぼ標準値に近い。細骨材の粒形を顕微鏡で観察すると、写真-1、2のように水砕スラグは海砂に比較して角ばっており、針状、円弧状の粒形もみられ、表面は粗で、気泡を含み、ガラス質状である。

2. コンクリート配合試験

粗骨材は一般に使用されている優良な碎石を使用し、細骨材は上記の海砂と水砕スラグを表-2のように混合して、7種類の組合せとした。コンクリートの配合条件は下記のとおりで、それぞれの骨材の組合せについて、 $W/C=65\%$ 、 $W/C=70\%$ で試験を行った。(14種類)

(1). 水セメント比 ($W/C=65\%, 70\%$)、(2). 空気量 $4\% (\pm 1.0\%)$

(3). スランプ: $8\text{cm} (\pm 2.5\text{cm})$ 、(4). 粗骨材最大寸法: 40mm

(5). 設計基準強度: $160\text{kg}/\text{cm}^2$ 、(6). 目標強度

$$: 160 \times 1.19 = 190\text{kg}/\text{cm}^2$$

配合試験は一般のコンクリートと同様な方法で補正したが、細骨材率は、スラグ混合率によって1~4%増加した。(スラグ骨材標準化委員会案を参考) 試験結果は次のとおりである。

単位水量とスランプの関係は図-1のとおり海砂100%、水砕スラグ20%、及び50%の3配

表-1. 細骨材の物理試験結果

骨材 試験項目	海砂 (神戸内産)	水砕スラグA	水砕スラグB	JASS-5 規格値 (準用)
比重	2.50	2.62	2.60	2.5以上
吸水率	2.40%	2.53	3.31	3.5%以下
単位容積重量	1,464 kg/m^3	1,452	1,421	
実積率	59.9%	56.8	56.5	
洗い試験	1.71%	4.08	1.45	3.0%以下 (砕石の場合) (5.0%以下)
FDR硬さ試験	1.60	1.57	1.54	FDRが1.0より 大きい場合は 問題ない
耐水性試験	6.1	4.7	4.5	10%以下

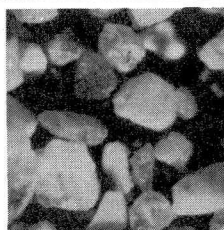


写真-1. 海砂(×45) 写真-2. スラグA(×45)

表-2. 骨材の組合せ

細骨材	組合せ (混合率) %						
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
海砂	100	80	50	0	80	50	0
スラグA	0	20	50	100	-	-	-
スラグB	-	-	-	-	20	50	100

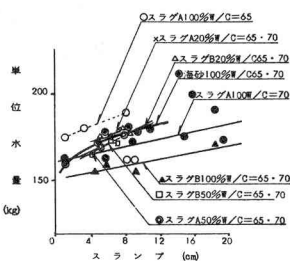


図-1. 単位水量とスランプ

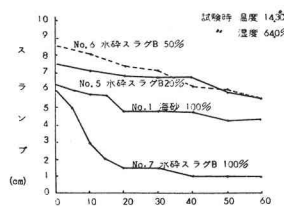


図-2. スランプの経時変化

合は、ほぼ同様な関係であるが、水砕スラグ100%の配合は、海砂100%と比較して、単位水量は減少する傾向にある。ただし水砕スラグA、B 100%、w/c = 65%の配合は、ばらつきが大きく、傾向がつかめない。

スランプの経時変化は図-2のとおりで、スラグ混入量20%、及び50%のコンクリートは、海砂100%のコンクリートと大差はないが、スラグ100%のコンクリートは、20分間で急速に低下しており、管理の難しさが予想される。

3. コンクリート試験

圧縮強度試験結果を図-3に示す。材令28日では、海砂100%と比較して、スラグ混合の強度は低い、スラグA、B 100%以外は目標強度190 kg/cm²を満足している。

コンクリートの長さ変化は図-4のとおりである。海砂100%のコンクリートは材令9日で250~290×10⁻⁴%の範囲にあり、水砕スラグ100%の変化率はこれにほぼ近いが下回っているが、スラグ20%及び50%は上回っており、一般コンクリートの屋内における乾燥収縮率とされる300~400×10⁻⁴%に対し、材令9日の全供試体は、ほとんど範囲内に入る。

コンクリートの静弾性係数と圧縮強度の関係は図-5のとおりである。コンクリート標準示方書標準値より、海砂100%のコンクリートは上回っており、水砕スラグを20%及び50%混合したコンクリートは近い値であるが、一般的なコンクリートの静弾性係数値として表される奥島・小坂式より上回っている。

コンクリートの耐久性判定のため、凍結融解試験を行った結果が図-6である。水砕スラグ20%のコンクリートは海砂100%とほぼ同様な相対動弾性係数値の低下となっているが、水砕スラグ100%では240サイクルで判定不能、及び300サイクルまでに10%以下に低下した配合があり、スラグ100%のコンクリートは耐久性に問題があるとみられる。

コンクリートの気泡システム、空気量、気泡間隔係数については、水砕スラグを混合する割合が多くなるに従って間隔係数は小さくなるが、(スラグ100%で113μ)比較的大粒径(700μ程度)の気泡を多量に連行し、耐久性には効果が薄く、むしろ強度等の諸性状に悪影響があるものと推定される。気泡の分布状況を写真-3、4に示す。

あとがき

以上の試験結果の段階では、コンクリートの諸性状よりみて、水砕スラグを海砂等の良質天然骨材と混合すれば、利用可能とみられるが、水砕スラグを100%使用するには、諸性状改善のための検討が必要と考えられる。

なお、水砕スラグの品質については、各製造所で物理的品質、粒形、粒度分布等、天然骨材に近づけるべく研究されているので、より天然骨材に近い水砕スラグが製品化されるものと期待される。

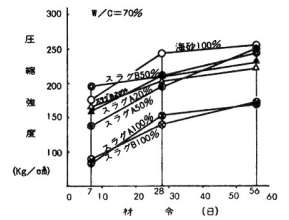


図-3. 圧縮強度と材令の関係

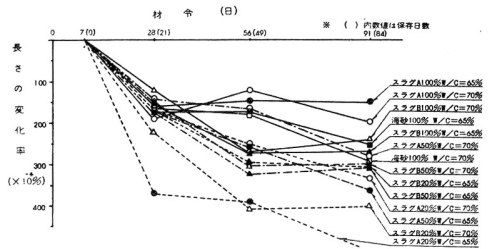


図-4. 長さ変化率と材令の関係

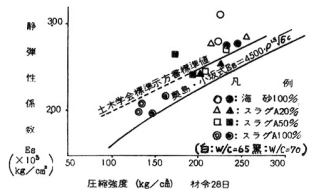


図-5. 圧縮強度と静弾性係数の関係

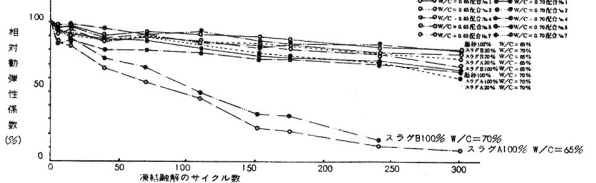


図-6. 凍結融解試験結果

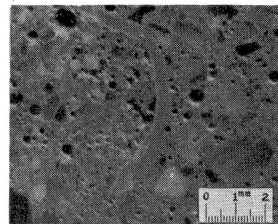


写真-3. 海砂100% w/c=65%

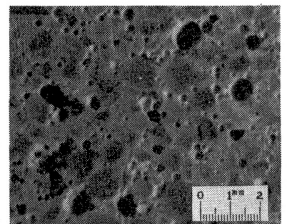


写真-4. スラグA100% w/c=65%