硬質水砕スラグを細骨材として利用するための研究

九州共立大学　学生会員　○北原　敦志
九州共立大学　正会員　高山　俊一
住金リコテック㈱　寿崎　益夫

1.まえがき

近年、海砂の採取について、環境問題の観点から規制が厳しくなってきている。そこで製鉄所から毎日、大量に排出される高炉スラグに着目し、改良水砕スラグを海砂の代替品として使用するために研究を行った。水砕そのものは、針状部分が多く、ワーカビリティーに悪い影響を与えているために細骨材としては使用し難い。したがって、粒形改善機によって水砕の針状部分を除去し、海砂に近い形状にしなければ、細骨材として使用できない。本研究では、粒形改善機によって処理を行った硬質水砕スラグと海砂を混合し、実用化のためのコンクリートの諸性質を調べた。

2.実験概要

2.1 使用材料

使用した水砕スラグは、高炉スラグを急冷した後、破砕・粒形改善機（コトブキ技研工学㈱により、針状部分を除去した粒形改善を行ったものである。改善機は、中心より投入した水砕スラグを遠心力によって破砕する方法で、回転速度によって骨材の粒度を調整できる。回転速度を小さくすれば、粗粒が得られ、大きくすれば細粒が得られる。実験に使用した骨材の物理的性質を表-1 に示す。水砕スラグA、C およびD は目標粗粒率2.7 とし、水砕スラグB は、目標粗粒率 3.0 とした。水砕スラグ A と B は同一製鉄所にて同一時期に製造されたものであり、改善機の回転数を変えて製造したものである。水砕スラグ C は、A、B および D と異なる製鉄所で製造されたものである。また、水砕スラグ D は、水砕製造時の冷却温度を若干変えて製造した。

表-1 骨材の物理的性質

種類		密度 (g/cm³)	吸水率 %	粗粒率	単位容積質量 (kg/L)	実積率 %
海砂		2.57	1.51	2.74	1.675	66.2
粗骨材		2.66	0.27	6.96	1.617	61.0
水砕スラグ	A	2.66	1.32	2.67	1.585	60.4
	B	2.61	1.41	2.99	1.500	58.3
	C	2.78	0.94	2.63	1.811	65.8
	D	2.56	1.30	2.66	1.430	56.6

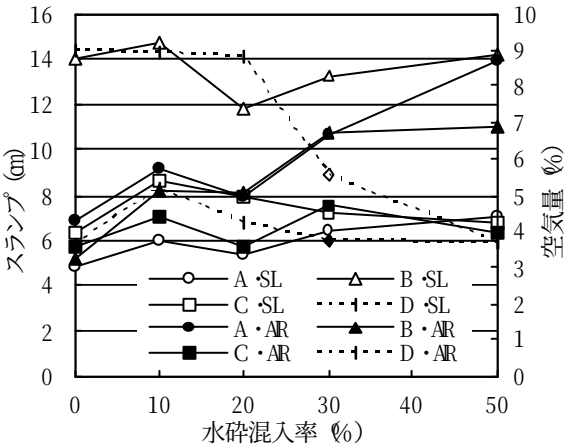

図-1 水砕混入率とスランプ・空気量（SL=8cm）

2.2 試験方法

実験項目は、フレッシュコンクリートについて、スランプ、空気量およびブリーディング、硬化コンクリートについて、圧縮強度および弾性係数である。細骨材は海砂と水砕スラグの混合とし、水砕混入率は 0、10、20、30 および 50%であり、コンクリートの水セメント比は 55%、目標スランプは 8cm および 18cm とした。AE 減水剤は、主成分がリグニンスルフォン酸塩系のものを使用し、目標空気量は 4%とした。ブリーディング試験は、コンクリートのブリーディング試験方法（JIS A 1123）に従って行った。圧縮強度試験は、材齢 7、28 および 91 日で測定した。

3.試験結果および考察

3.1 フレッシュコンクリートの性質

コンクリートの単位水量は 148～169kg/m^3 とし、水砕混入率が多くなるにしたがって水量を増加し

た。これは、予備実験により、水砕混入率が増加すると、スランプが低下する傾向が見られるためである。図-1 に水砕混入率とスランプおよび空気量の関係を示す。同図によると、スランプは水砕混入率が変化してもほぼ同一の値を示した。しかし、D は水砕混入率が大きくなるに従い、低下する傾向を示した。空気量は C および B ではほぼ一定であった。しかしながら、A および B では水砕混入率が増加するにつれて大きくなった。

ブリーディング率は次の式で計算した。

$$\text{ブリーディング率 (\%)} = \frac{B}{C} \times 100$$

B：浮水量（kg） C：試料中の水量（kg）

図-2 に水砕混入率とブリーディング率の関係を示す。同図によると、若干のばらつきは見られるが、水砕混入率によってブリーディングが大きく変化することはなかった。水砕混入率が多いほど単位水量を約 10kg/m^3 大きくしたが、その影響は認められないものと考えられる。

3.2 圧縮強度および弾性係数

図-3 はスランプ 8cm、図-4 はスランプ 18cm の水砕混入率と圧縮強度の関係を示す。図-3 は材齢 28 日および 91 日(一部)の圧縮強度を示す。同図によると、水砕混入率が大きくなっても、強度に大きな変動は見られない。水砕スラグの密度の違いによる強度への影響は、この場合認められないのと考える。特に、水砕 D の密度が 2.56g/cm^3 と小さかったため、当初強度に影響することが懸念していた。図-4 は水砕 A および D についての強度変化である。図-3 と同様に、水砕混入率が 10～50%と変化しても、海砂 100%での強度とほとんど変わらないものと考える。水砕 A の強度は材齢が経つに従って順調に伸びていることが認められる。水砕混入率が大きい30% および50% での強度が、特に大きく伸びることもなかった。水砕 D の強度が海砂 100 %の場合を含め、水砕 A のそれに比べて著しく小さくなった理由は不明である。図-5 に水砕混入率と弾性係数の関係を示す。弾性係数も図-3 および図-4 の強度と同様に、水砕混入率によって大きく変化することはなかった。

4.まとめ

本研究から得られたことを次に示す。

（1）今回、4 種類の水砕を用いてフレッシュコンクリートと強度に関する実験を行った。空気量は、水砕混入率が大きくなると増加する傾向が一部で見られた。

（2）圧縮強度は、水砕混入率が 10～50%の範囲であれば、大きな違いはないものと考えられる。この傾向は材齢 91 日の長期強度も材齢 7 日と同様な結果であった。

本研究に御協力戴いた本学学生、中村勝氏に謝意を表します。

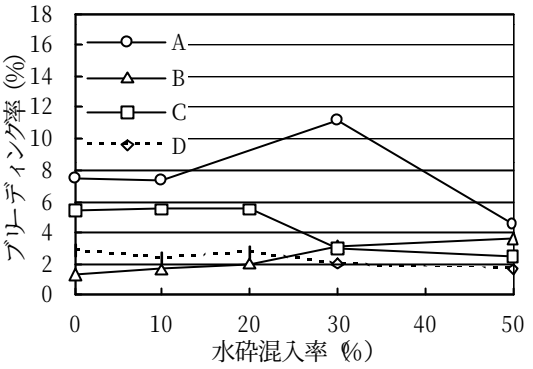

図-2 水砕混入率とブリーディング率 (L=8cm)

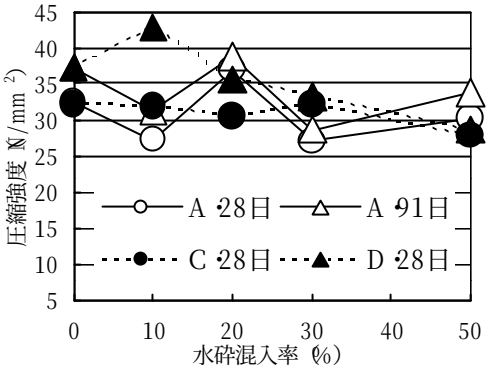

図-3 水砕混入率と圧縮強度 (L=8cm)

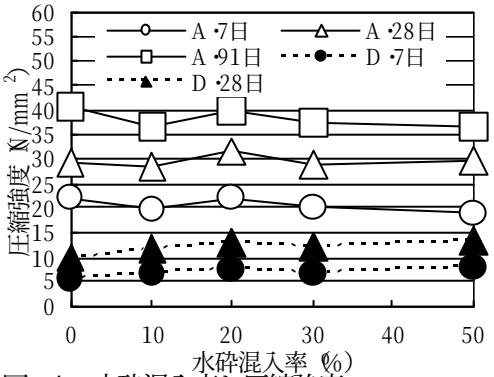

図-4 水砕混入率と圧縮強度 (L=18cm)

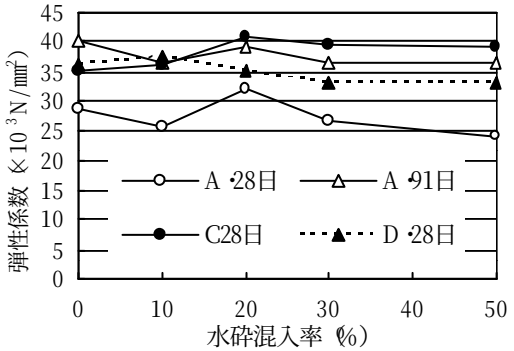

図-5 水砕混入率と弾性係数 (L=8cm)