

武蔵工業大学

正会員 小玉 克巳
学会員 北村 政幸

1. まえがき

省資源、省エネルギーのありからコンクリート材料としても有効な資源と考えられる高炉スラグを細骨材として利用しようとする研究が 最近になって活発に始められている。高炉スラグ細骨材は 製造方法や冷却方法によってその品質が著しく異なるのである。従って高炉スラグをコンクリート用細骨材として用いるためには 高炉スラグ細骨材の品質を明らかにするとともに これらがコンクリートの性状に及ぼす影響を明らかにする必要がある。本報告は 高炉スラグをコンクリート用細骨材として利用するための基礎資料を得るため 製造方法・冷却方法の異なる数種の代表的な高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートの強度と、砂を用いたコンクリートの強度について比較検討したものである。

2. 高炉スラグ細骨材の製造方法及び物理試験結果

本実験に使用した高炉スラグ細骨材は 表-1に示した4種類のものである。高炉スラグの製造方法は 急冷する方法と徐冷する方法の2つに大別される。急冷してできる急冷砂には 水で冷却する場合(以後“水研”と呼ぶ)及び空気で冷却する場合(以後“空研”と呼ぶ)があり、さらに水研には、溶融スラグの温度・冷却水の圧力等により軟質水研と硬質水研とがある。空研は その製造方法から粒径の粗い(25~0.075)のものが多く、本実験に用いたものは、粗い粒径のものを粉砕加工し細骨材に適した粒径としたものである。徐冷砂は 溶融スラグをピットまたはヤードに流し込み 外気温や散水により徐々に冷却し クラッシュャーによって破砕し 5mm以下のものである。各種高炉スラグ細骨材の物理的性質は 表-1に示した通りである。表-1より 硬質水研と思われる水研(A)は 比重・吸水率・実積率とも川砂と比べて大差ないが 軟質水研と思われる水研(B)は 比重が小さく 吸水率も極端に大きく、単位容積質量・実積率共に小さいものである。空研は 川砂に比べて 比重も大きく 吸水率も小さいことから非常に緻密である事を示している。徐冷砂の物理的性質は 川砂と大差のないものである。この様に 冷却処理方法が異なる事により物理的性質が大きく異なるのであり、従って骨材自身の強さ・粒の形状や粒表面の粗さは著しく異なる事が考えられる。骨材自身の強さを調べるため粒径別にフルリ分けした試料を一定荷重で圧砕し 試料をもとのフルリでふるいその通過量(重量%)を求めた。その結果は 図-1である。水研(A)及び徐冷砂は 骨材自身の強さが川砂より劣り、

表-1. 物理試験結果

	乾燥比重	吸水率 (%)	単位容積 質量(g/cm ³)	実積率 (%)	粗粒率
川砂	2.59	3.70	1.596	63.9	2.54
水研(A)	2.73	3.30	1.712	64.8	2.50
水研(B)	2.25	10.70	1.094	53.8	2.78
空研	2.90	0.54	1.859	64.4	2.79
徐冷砂	2.74	2.74	1.643	61.6	2.60

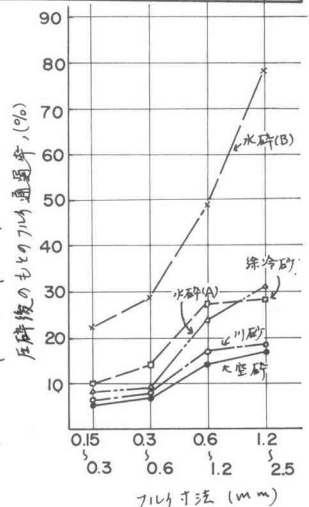


図-1. 各種高炉スラグ細骨材の骨材自身の強さ。

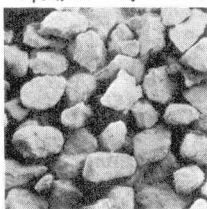


写真-1. 川砂

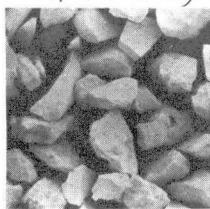


写真-2. 水研(A)

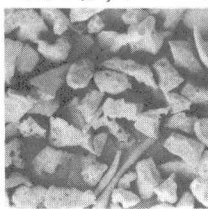


写真-3. 水研(B)

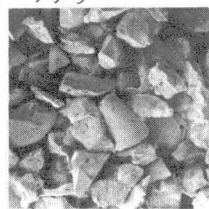


写真-4. 空研

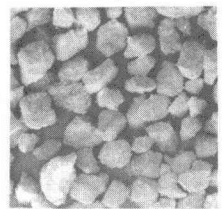


写真-5. 徐冷砂

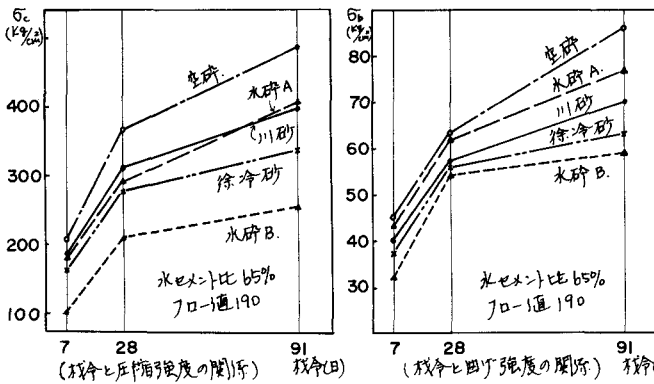


表-2. コンクリートの強度

細骨材の種類	圧縮強度 (kg/cm²)		曲げ強度 (kg/cm²)	
	7 日	28 日	7 日	28 日
川砂	111 [100]	217 [195]	28 [100]	42 [150]
水研A	104 [94]	184 [85]	27 [96]	40 [95]
水研B	79 [71]	157 [72]	21 [75]	38 [90]
空研	92 [83]	162 [75]	22 [79]	41 [98]
徐冷砂	112 [101]	201 [93]	27 [96]	37 [157]

(1) 研令70日時の強度比, 水セメント比 65%
(2) 川砂の研令70日時の強度比, スランピング 8±1 cm

図-2. モルタルの強度.

時に水研Bでは 極端に劣る事が認められた。空研の粗自身の強さは川砂と同程度である。また顕微鏡写真により 各種高炉スラグの粒の形状を比較した。(写真1~5) 写真1~5より 水研は 川砂に比べて粒形が角ばっており 粒表面も粗である事が認められる。空研は 粗粒のものは丸みを帯びているが 細粒のものは粗粒のものを粉砕加工したものであるで粒形は角ばっている。徐冷砂の粒形は、ほぼ川砂と同様である。

3. 強度試験

各種高炉スラグを細骨材として用いたモルタル及びコンクリートにおいて圧縮強度、曲げ強度試験を行い、その結果を示したものが図-2である。図-2より水研Aを用いたモルタルの圧縮強度は、各研令において川砂モルタルと同程度であり 曲げ強度では 川砂モルタルより9%程度大きくなる。水研Bの骨材自身の強さは川砂より劣るにも関わらず川砂より曲げ強度が大きくなったのは 写真-2で見られる様に粒形が角ばっており 粒表面も粗であるためペーストへの付着強度が大きくなったことによるものと考えられる。水研Bは 骨材自身の強さが川砂と比べて極端に劣り 圧縮強度試験結果においても川砂モルタルの強度の約60%程度である。曲げ強度では 写真-3で見られる様に多孔質であり粒表面が粗であるため ペーストへの付着が良好となり 短期研令では圧縮強度は川砂モルタルと強度差がないことが認められる。空研を用いたモルタルの圧縮強度、曲げ強度は 各研令において川砂モルタルより大きく 長期研令では 川砂モルタルより20%程度大きくなる。徐冷砂を用いたモルタルの圧縮強度、曲げ強度は 各研令において川砂モルタルより10%程度劣っている。

研令による強度の伸びを横切ると 研令20日以後の川砂モルタルの強度の伸びに対して 水研A、空研モルタルの強度の伸びが大きくなる事が認められる。これは 急冷砂の持つ潜在水硬性によるものと考えられる。水研Bモルタルでは 研令20日以後の強度の伸びが水研Aモルタルに比べて小さい事が認められる。これは 水研Bの粗自身の強さが弱い事の影響が現われ 潜在水硬性による強度の伸びを抑制するものと考えられる。徐冷砂モルタルは 川砂モルタルと同程度の強度の伸びを示している。

モルタルと同様の高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートにおいても強度試験を行った。その結果は 表-2である。表-2より 水研A、空研を用いたコンクリートの強度は モルタル強度と同様に研令20日においても圧縮強度より曲げ強度に好結果を示している事が認められる。徐冷砂を用いたコンクリートの強度は 圧縮・曲げ強度ともモルタルと同様の傾向が認められた。

4. おわりに

高炉スラグ細骨材は その冷却処理方法が相違する事により 物理的性質・骨材自身の強さ・粒形状およびこれを用いたモルタル・コンクリートの強度が著しく異なる事が示された。高炉スラグ細骨材のうち 相当の注意のもとに製造された良質のものは 川砂に劣る事が無い事が認められた。例えば 本実験に用いた水研A、空研では 潜在水硬性により 長期強度の増加も期待できるので 十分に細骨材として利用できると考えられる。