

木更津工業高等専門学校 正員 ○植田紳治
株式会社 鉄原 前田良彦

1. まごがき わが国の経済成長に伴う建設工事の増大によつて骨材の需要が激増し、良質の河川産骨材は最近枯渇の傾向が目立ってきている。特に細骨材の供給は全国的に不足しており今後も条件の好転は望めない現状である。したがつて、細骨材の供給については海砂、研砂の定供給とはかると共に産業廃棄物の利用を積極的に進めなければならないと考えられる。鉄鋼製造の際の副産物である高炉水滓は従来から高炉セメントの原料として利用されてきたがその量は非常に少ないものである。それ故、比較的硬質の水滓をコンクリート用細骨材として利用できれば、高炉スラグの有効なる利用と細骨材の不足の現状から有益なことと考えられる。

本報告は試作製造した硬質の高炉水滓の物理的性質と水滓の粒度、粒形がモルタルのコンステンションや曲げ、圧縮強度におよぼす影響について述べたものである。

2. 使用材料 セメントは秩父社製の普通ポルトランドセメント(比重3.11)、細骨材は千葉県君津産の山砂で粗粒と細粒のもの2種を比較のため用いた。高炉水滓は硬質のものを3種とこの水滓の粒度が土木学会の標準をややはずれるので粒度調整のためと水滓に微粉末分を含ませて、ワーカビリティーや強度に好ましい効果を期待して粉砕加工した水滓も使用した。粉砕方法はロサンゼルス試験機で500回転、2000回転とした。また、水滓に細粒の山砂を混合して粒度調整をした混合試料(F・M=2.45)も用いた。

3. 実験方法 モルタルの配合は水を一定とし、フロー値が一定となるように細骨材量を決定した。供試体重量から練り上り量を求め理論重量とから単位量を計算で求めた。水は43, 50, 60%とし、フロー値は $180 \pm 10 \text{ mm}$ とした。細骨材は気乾状態とし練りまぜに際し有効吸水量分の水量を補正した。練りまぜはモルタルミキサを用い $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ の三連型枠にフロー値に従つて所定の突き数で突き固めた。養生は $21 \pm 2^\circ \text{C}$ の水中で行なった。

4. 実験結果および考察

1) 高炉水滓の物理的性質

実験に用いた硬質水滓の

物理的性質は表-1に示通りで、色調は濃い茶色で比較的緻密なガラス状となっており、軟質のものは淡い黄色に変わるようである。見掛け比重は山砂よりやや大きく2.61~2.73であるが真比重は2.9程度であり、粉砕加工した水滓は500回転のもので2.76、2000回転で2.82と大きくなり、粗粒率が小さくなるにつれて比重は大きくなる。単位容積重量は粒度が一般にあらうことと粒形が角張っていることのために山砂より小さく、ジッギング試験で $500 \mu\text{m}$ で実積率は55%と小さい。粉砕加工の500回転のもので1.790%、2000回転で1.970%、実積率も64.9%、69.9%と山砂より大きくなっている。単位容積重量が 1.5 g/cm^3 程度の硬質水滓の吸水量は1%以下と小さく、気乾状態の含水量は0.2~0.3%で非常に乾きやすく簡単に気乾状態となる。このことは石質がほとんどガラス質であることと粒子表面の凹凸や空

表-1 細骨材の物理的性質

細骨材種類	比重	吸水量	容積率	実積率	粗粒率
水滓 No.1	2.73	0.75	1,490	54.6	3.37
" No.2	2.61	1.93	1,390	53.3	3.43
" No.3	2.72	0.79	1,510	55.5	3.25
" No.1 500回転	2.76	0.70	1,790	64.9	2.45
" No.2 2000回転	2.82	0.56	1,970	69.9	1.84
山砂(粗粒)	2.61	2.43	1,660	63.6	2.98
" (細粒)	2.52	5.34	1,610	63.9	1.90

表-2 モルタルの配合表

細骨材種類	W/C (%)	C/S 重量	70値 (mm)	単位容 (kg/c)	容積率 (%)	単位容 (kg/m)		
						C	W	S
水滓 No.1	43	0.573	178	2.16	5.3	681	293	1188
“ No.2	“	0.60	170	2.10	5.6	679	292	1131
“ No.3	“	0.58	190	2.16	5.0	685	295	1182
“ No.1 500回	“	0.53	184	2.15	7.2	647	278	1221
“ No.1 2000回	“	0.50	184	2.23	5.1	650	279	1299
混合(山砂+細)	“	0.53	185	2.14	5.1	645	278	1218
山砂(粗)	“	0.43	184	2.18	4.6	580	250	1350
“ (細)	“	0.59	174	2.09	4.9	668	287	1132
水滓 No.1	50	0.466	176	2.09	7.9	573	287	1229
“ No.2	“	0.50	186	2.04	7.3	584	292	1167
“ No.3	“	0.466	185	2.13	6.0	583	292	1252
“ No.1 2000回	“	0.418	178	2.22	4.9	569	285	1361
山砂(粗)	“	0.325	188	2.18	4.6	477	238	1467
“ (細)	“	0.44	180	2.05	5.7	518	289	1179
水滓 No.1	60	0.395	173	2.09	6.3	507	304	1283
“ No.2	“	0.435	190	2.04	5.8	523	314	1202
“ No.3	“	0.40	186	2.11	5.3	515	309	1297
“ No.1 2000回	“	0.33	183	2.18	5.9	471	283	1428
山砂(粗)	“	0.255	178	2.16	5.1	391	235	1535
“ (細)	“	0.41	186	2.02	5.7	499	300	1217

隙が少ないことのためと思われる、一方単位容積重量が1%程度の比重(2.33)の小さい軟質の水渾は石質が軟らかく多孔質で吸水量は約8%と大きくなる傾向がある、粒度は学会の標準の範囲の下限に近く粗粒率は3.25~3.43である、ガラス含有量は偏光顕微鏡によって測定した結果89~94%と大きくほとんどがガラス質となっている、また、硫酸ナトリウムを用いた安定性試験の結果は26%と比較的損失量は少ない、

2) モルタルのコンシステンシー 計算によって求めた単位量は表-2に示す通りである、水渾の単位水量は細粒の山砂に対して水渾の方が2~3%だけ大きいにすぎないが、粒度の良い粗粒の山砂と比較すると、 $\%$ が43, 50, 60%の場合、それぞれ約17, 22, 32%と大きくなっている、水渾を用いたモルタルの流動性が粗粒の山砂より悪いのは粒形が角張っているため実積率が小さいことによるものと考えられる、また、粉砕加工した水渾は未粉砕のものに比して $\%$ によって5~9%程度単位水量は減少し特に $\%$ が大きいほどその減少の割合は大きくなっている、水渾に山砂の細粒を混合して粗粒率を2.45と小さくした混合砂の単位水量は同じ粗粒率の粉砕加工の水渾のそれと等しく、粗粒率の大きい水渾の単位水量を減少させるには両者の方法とも有効のように思われる、一般に、粒度が細くなるとモルタルのフローは小さくなる傾向を示し、水量が増加するのであるが、粉砕加工によって水渾粒の角張りがとれ比較的丸味を帯びたことと、多くの微粉末分がモルタルの流動性、ワーカビリティに良い影響を与えたことが単位水量の減少の原因と考えられる、

3) 曲げおよび圧縮強度 結果の一例を図-1, 2, 3 にそれぞれ示す、水渾の曲げ強度は既令の経過に伴って強度の増加が大きく、粗粒の山砂に比較して $\%$ が43%, 既令7日では約19%小さいが28日で9%, 56日で16%と逆に大きくなっている、この傾向は $\%$ が50, 60%でもほぼ同じ傾向となっている、圧縮強度は $\%$ が43, 50%で粗粒の山砂に比して既令7日では35~24%小さいが、既令が56日では約10%とその差は小さくなり圧縮強度の増加の割合も大きいようである、粉砕加工の曲げおよび圧縮強度におよぼす影響は顕著であり、2600回粉砕のもので曲げ強度は既令7日~56日で、粗粒の山砂に比して7%~25%, 未粉砕の水渾に比して31%~7%とそれぞれ大きくなっている、また、圧縮強度では同様に粗粒の山砂に対して既令7日では5%小さいが、28日, 56日では13~11%と未粉砕の水渾に対して47~22%と大きくなり粉砕の効果は初期既令の強度増進に影響が大きいようであるが、こゝで粉砕加工の程度、方法によってもかなり相違すると考えられるので今後かなりの実験を行ない検討が必要と思われる、粉砕加工による効果は水渾中の比較的軟かい粒子が砕けたこと、粒子の角張りがとれ比較的丸味を帯びたこと、粉砕によって生じた微粉末分のガラス質の潜在水硬性によりモルタルの強度性状が向上したためと推察されるが、水渾の化学的性質やガラス含有量によっては長期強度も期待できると考えられる、

5. おまけ 新しい細骨材の供給資源として、硬質の高水渾のコンクリート用細骨材としての利用を検討したが、本実験の範囲からまだ結論を述べることはできないが、物理的性質やモルタルの強度性状からみて十分に利用できる可能性を持つものと考えられる、

図-1 σ_b と t の関係

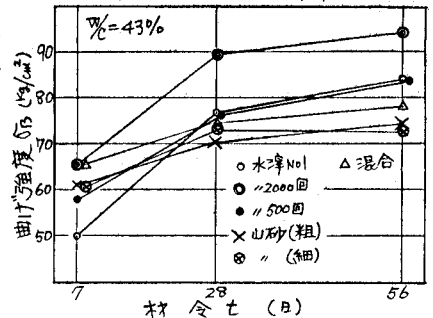


図-2 σ_c と t の関係

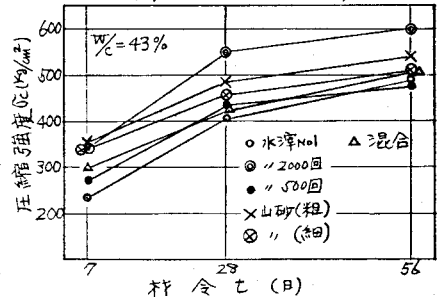


図-3 σ_b と σ_c の関係

