

東京工業大学 正員 長滝 重義

○高田 誠

1. まえがき

高炉水滓(以下単に水滓という)は高炉から副生される高炉スラグの一種であって、スラグを水で急冷して得たものである。水滓は化学的に潜在水硬性を有するところから高炉セメントの原料とされていたものであるが、本研究では粒状体のままコンクリート用細骨材として使用することを考え、骨材の物理的性状、及びモルタル、コンクリートとしての強度特性等の諸問題について検討した。

2. 使用材料

実験に用いたセメントは主に日本セメントKK製の普通ポルトランドセメントである。細骨材として水滓A, B, C, D, Eの5種、ならびに比較のために富士川産川砂を使用した。これら細骨材に関する試験成績を表-1に示す。表-1に示すように水滓の比重、吸水量、粒度などは本研究に用いた試料中でもかなり相違している。なお、試料A, BおよびCはコンクリート用細骨材として特に試験したものであり、Dは一般の水滓の一例、Eは試料Cをふるいにより0.15mm以下を除去したものである。なお、高強度コンクリートを得ることを目的とした場合には減水剤としてNL-1400を使用した。

3. 水滓の性状とモルタルの流動性

水滓の形状は比較的等方性であるが極めて角ばっており表-1に示すように粒度分布は細粒が多く、これを細骨材として用いた場合、その流動性は悪いことが予想される。また、図-1は水滓の破碎試験結果の一例を示したものである。1.2mm~0.3mmの範囲にある試料に荷重を加え、除荷後に0.3mmふるいでふるい分け試験を実施して、破碎した粒の量を求めた。なお荷重は2~10²の範囲を設定し、個々の荷重の持続時間は1分間とした。図-1に示す試験結果によれば、比重が比較的大きく強硬であると思われた水滓A, B種でも、川砂に比べて破碎値が大きいばかりでなく、比較のために行なった

試料種別	A	B	C	D	E	川砂	
粒 度 構 成	25 ^μ	0.2 (0.2)	0.2 (0.2)	0.0 (0.0)	6.8 (6.8)	0.0 (0.0)	3.6 (3.6)
	1.2	7.0 (7.2)	7.6 (7.8)	1.0 (1.0)	37.6 (44.4)	8.8 (8.8)	11.4 (15.0)
	0.6	26.6 (38.8)	23.8 (31.6)	28.0 (29.0)	38.8 (82.4)	35.8 (44.6)	25.8 (40.8)
	0.3	29.7 (35.5)	23.8 (35.4)	24.0 (53.0)	10.8 (93.2)	31.8 (86.4)	29.8 (70.6)
	0.15	18.1 (81.6)	18.8 (74.2)	16.0 (69.0)	3.4 (96.8)	23.4 (100)	21.8 (92.4)
	0.075 ^μ	18.4 (100)	25.8 (100)	31.0 (100)	3.2 (100)	0.0 (100)	7.6 (100)
	FM	1.86	1.69	1.53	3.24	2.40	2.81
表乾比重	2.64	2.42	2.30	1.84	2.23	2.59	
絶乾比重	2.55	2.32	2.06	1.47	1.97	2.54	
吸水率%	3.7	4.4	11.7	27.2	13.2	2.2	

表-1 高炉水滓の性質

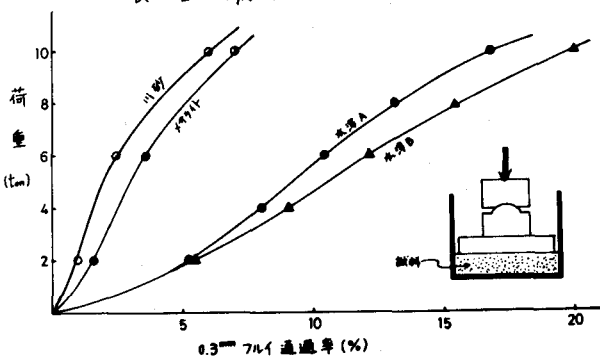


図-1 破碎試験の一例

非造粒型の膨張性頁岩の人工軽量骨材よりもはるかに破碎率が大きかった。このことはもし水滓がセメントゲルと反応せず個々の粒子としてのみ存在する場合には強度的にあまり期待出来ない材料であることを推測せしめるものである。図-2および図-3は、水滓を用いたモルタルのフロー試験の結果を示したものである。これらの試験結果によれば水滓を用いたモルタルの流動性は川砂モルタルよりかなり流動性が劣っていることが示されている。したがってこの種の水滓をコンクリート用細骨材として用いた場合、その流動性を確保するにはセメント

ペースト量の増大を計らねばならないことを示している。

4. 水滓を用いたモルタルの強度特性

図-4に水滓の種類がモルタルの強度に及ぼす影響を調べた一例を示す。図-4には各種強度のうち代表的な

例として圧縮強度のみを示したが、他の曲げ強度、引張強度も全く同様な傾向を示している。図-4によれば水滓モルタルの強度は水滓の種類によって大幅に相違し、強度的に全く期待出来ないものもあること、また水滓Eを用いたモルタルの強度は水滓Cを用いたモルタルに比べて大幅に小さな値を示しており、水滓モルタルの強度発現には水滓中の微粒子が有効であることが示されている。図-5にモルタルの強度とセメント水比との関係を川砂、水滓Aを用いた場合について示す。

。川砂モルタルの場合、強度とセメント水比との関係が材令の増加に伴ってほぼ平行移動の形で上昇するのに比べ、水滓モルタルの場合、材令の経過に伴ってモルタルの強度がセメント水比の影響をあまり受けなくなるような性状を示している。即ち、長期材令においてあたかも水滓が水和反応を生じてセメントの代替をしているような傾向を示しており、その特徴は圧縮強度におけるよりも引張強度において顕著である。また、初期材令において水滓モルタルと川砂モルタルの強度を同一セメント水比で比較した場合、セメント水比が小さいところでは、水滓モルタルの方が強度が大きく、セメント水比の大きいところでは川砂を用いた場合の方が大きくなっている。これは水滓の潜在水硬性の存在と微粉末効果を明瞭に示すものであろう。

5. 養生条件が水滓モルタルの強度に及ぼす影響

水滓モルタルの強度が水滓の潜在水硬性に依存する以上、その潜在水硬性は養生条件によって大幅に相違するので養生条件を変化させて水滓モルタルの強度を観察した。こゝに対象とした養生条件は標準養生、40℃での水中養生ならびに蒸気養生である。なお、蒸気養生の温度パターンは図-8中に示すようであり、蒸気養生終了後は標準養生槽にて養生した。図-6.7.8は上述の各種養生方法で養生したモルタルの圧縮強度と引張強度の関係を示したものである。これらの図には水セメント比

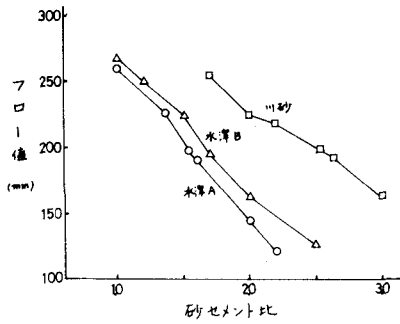


図-2 水セメント比とフロー値の関係
(セメント:砂=1:2の場合)

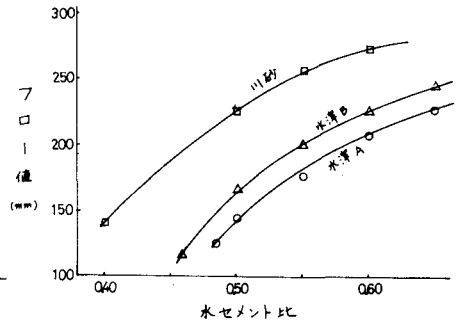


図-3 砂セメント比とフロー値の関係
(水セメント比=50%の場合)

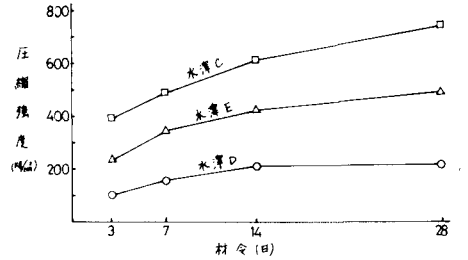


図-4 水滓モルタルの強度試験
(水滓の種別の影響)

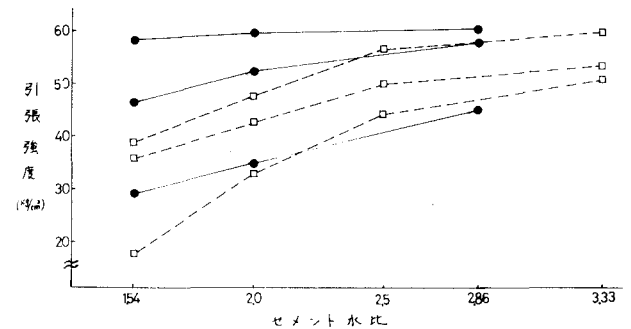
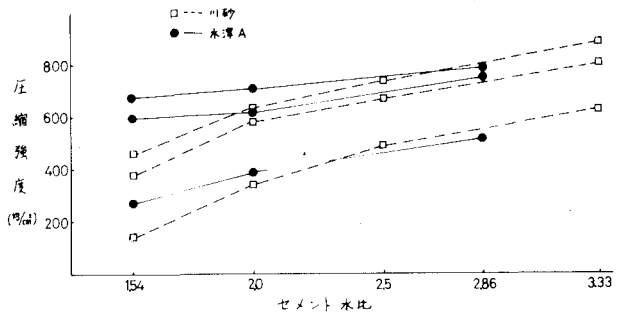


図-5 モルタルの強度とセメント水比の関係

30~65%なら
びに材令7日~
91日までの各条
件における試験
値である。圧縮
強度と引張強度
の関係は、川砂
の場合と水渾
の場合で幾分相
違し、水渾モル
タルのすべ同一
圧縮強度で比較
すると引張強度
が10~20%大き
い値を示す。また

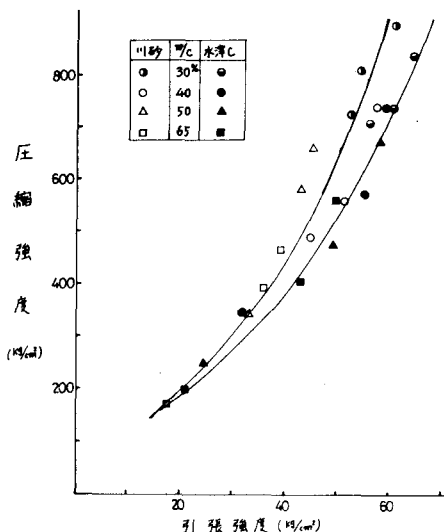


図-6 モルタルの圧縮強度と
引張強度の関係
(20°C 水中養生の場合)

養生方法による
相違は、標準養生よりは高温水中養生、さらに蒸気養生の場合
の方が同一圧縮強度に対する引張強度の値が大きくなり特にそ
の傾向は水渾モルタルにおいて著しい。このことは水渾の潜
在水硬性を示すと同時に、強度的に弱い粒子でありながら引張
強度に対してこのような高い値を示すには、水渾粒子とそれを
とり囲むセメントゲルの間に物理化学的結合力が生じてい
なければならぬ。

そこでこの現象を説明するため、水渾粒子とセメントゲルの
界面を顕微鏡で観察した結果、特に蒸気養生を行なった場合に
は初期にエトリンガイトの針状結晶が観察されたが、今後、さ
らに各種養生条件、及び材令の経過に伴う水渾粒子の界面機構
について検討する予定である。

6. あとがき

以上に示した実験結果より、水渾をコンフリート用細骨材と
して用いた場合、水渾自体の強度が弱いにも拘らずモルタルの
強度はやはり期待できることと示され、特に引張強度において
優れた性質を示すことが確認された。本研究ではこれらのほかに実際にコンフリートを製造し強度試験を実施
したが、強度的にも川砂を用いた場合と何ら遜色ないことが示された。また耐薬品性にも優れていることも確認
されている。本研究と行方うに際し多大な御助力を戴いた浅野端正氏(現、鹿島建設)に深謝致します。また、本
研究は昭和49年度文部省科学研究費補助金を受けたことを付記して感謝の意を表わします。

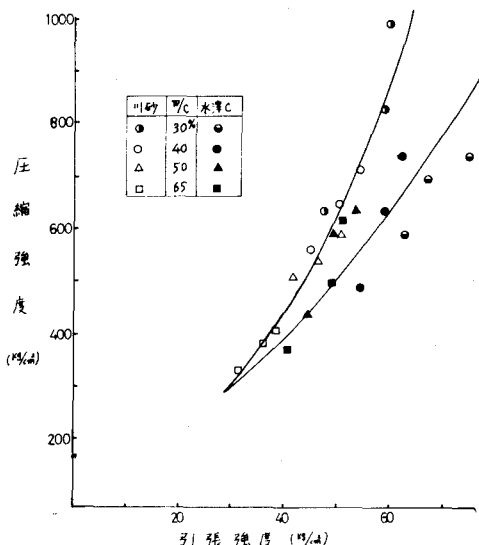


図-7 モルタルの圧縮強度と引張強度の関係
(40°C 水中養生の場合)

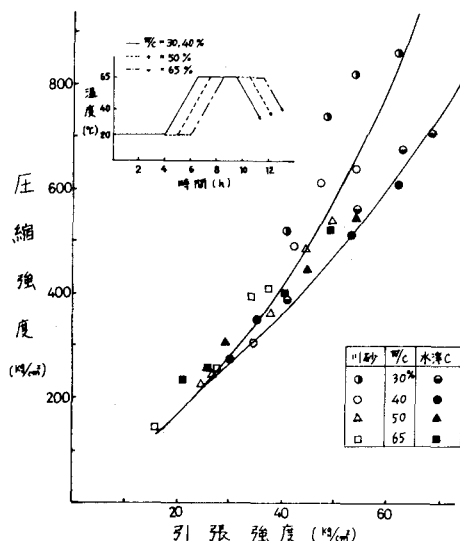


図-8 モルタルの圧縮強度と引張強度の関係
(蒸気養生の場合)