

北海道開発局土木試験所 正員 林 正道

1. まえがき：粗骨材として高炉スラグ砕石を用いた場合のコンクリートの性質，特に強度、Workability等についてはいくつかの研究がある。筆者は寒冷地における高炉スラグ利用上の問題点を解明するためスラグ砕石の凍結融解試験と硫酸ナトリウムによる安定性試験およびスラグ砕石を用いたコンクリートの凍結融解試験，強度試験を行なった。使用したスラグ砕石は2種，比較のために用いた普通砕石は札幌近郊産のものである。

2. スラグ砕石の品質試験結果

一般物理試験，硫酸ナトリウムによる安定性試験（操作5，10，15回）および凍結融解試験（AASHTO 規格T103-42）の各結果を表-1～3に示す。

後述のコンクリート試験に用いた比較用砕石の試験結果も同時に示す。

高炉スラグ砕石A、B2種の比重はかなり異なっているがこれはスラグの性状，冷却状況によるもので，いずれも密実なもの，気孔の多いものなどが混合している。しかし，粒形は比較的立方形に近く扁平なものが少なく従って単位容積重量は大きく空隙率は小である。硫酸ナトリウムによる安定性試験の損失量は操作5回で2.2，4.9%で学会の基準の12%以下に適合しているほか比較用の普通砕石Cよりも小さく良好である。

3. コンクリートの強度試験，凍結融解試験の結果とその考察

コンクリートの配合は表-4に示す。細骨材は苫小牧市錦岡附近海岸産の天然砂で，記号1～7には比重2.68，吸水量0.75%，単重1.797 g/cm^3 ，空隙率33.0%，F.M.=2.64のものを，記号11～16

表-1 一般物理試験結果

	比重	吸水率(%)	単重(%)	空隙率(%)	最大寸法(mm)	すりへり減量(%) ダブル ロス・メイス
スラグ砕石 A	2.47	2.64	1.566	36.6	25	10.2
スラグ砕石 B	2.62	2.20	1.621	38.2	60	—
普通砕石 C	2.66	2.57	1.598	39.9	25	—
普通砕石 D	2.65	2.95	1.578	40.5	50	20.6

表-2 硫酸ナトリウムによる安定性試験の損失量

篩下回数 大さ(mm)	スラグ砕石 A			スラグ砕石 B			普通砕石 C			コンクリート試験に用いた 骨材の各群の重量(%)			操作5回の場合の損失量(%)		
	5	10	15	5	5	10	スラグ 砕石 A	スラグ 砕石 B	普通砕石 C	スラグ 砕石 A	スラグ 砕石 B	普通砕石 C	スラグ 砕石 A	スラグ 砕石 B	普通砕石 C
0～5	—	—	—	—	10.0*	—	—	—	—	2	—	—	—	—	0.2
5～10	1.7	2.0	3.0	9.0	10.0	12.4	25	21	23	0.4	1.9	3.3	—	—	—
10～15	0.4	0.6	1.2	—	9.6	12.8	33	—	34	0.1	—	3.3	—	—	—
15～20	3.9	3.9	5.0	3.9	3.4	4.6	19	46	20	0.7	1.8	0.7	—	—	—
20～25	5.0	8.8	12.7	—	19.0	26.9	18	—	16	0.9	—	3.0	—	—	—
25～40	1.8	5.2	8.7	3.5	13.6	19.0	3	33	5	0.1	1.2	0.7	—	—	—
40～60	—	—	—	7.4	—	—	0	0	0	0	0	0	—	—	—
計	—	—	—	—	—	—	100	100	100	2.2	4.9	10.2	—	—	—

表-3 AASHTO Designation T103-42による凍結融解試験の損失量

試料	篩下回数 大さ(mm)	各群の損失重量百分率					各群の 重量百分率	骨材の損失重量百分率				
		20	47	67	87	104		20	47	67	87	104
スラグ砕石 A	5～10	0	3.0	3.0	5.0	6.0	25	0	0.8	0.8	1.3	1.5
	10～20	0	0.7	1.0	1.0	1.0	52	0	0.4	0.5	0.5	0.5
	20～40	3.9	4.9	6.7	6.7	6.8	23	0.9	1.1	1.5	1.5	1.6
	計	—	—	—	—	—	100	0.9	2.3	2.8	3.3	3.6
	0～5	10.0*	14.0*	23.0*	24.0*	24.0*	2	0.2	0.3	0.5	0.5	0.5
普通砕石 C	5～10	10.0	14.0	23.0	24.0	24.0	23	2.3	3.2	5.3	5.5	5.5
	10～20	0.1	0.7	1.4	4.4	5.4	54	0.5	0.4	0.8	2.4	2.9
	20～40	1.4	3.2	7.0	8.1	9.9	21	0.3	0.7	1.5	1.7	2.1
	計	—	—	—	—	—	100	3.3	4.6	8.1	10.1	11.0

表-2,3の*: 5～10mmの群と同じと仮定した。

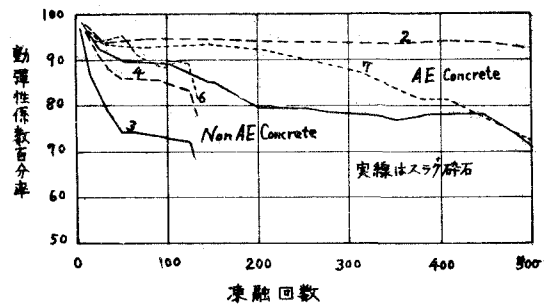
には比重 2.65, 吸水量 0.93%, 単重 1.835 kg/m³ 空隙率 30.8%, F/M=3.23 のものを用いた。

配合はスラグ碎石, 普通碎石ともスランプ一定とした。また, 実験Ⅰでは $w/c=0.50$ を基本として AE コンクリートと無空気コンクリートとを用い, 実験Ⅱでは $w/c=0.45, 0.50, 0.55$ の無

表-4 コンクリートの配合, 強度試験結果

記号	セメント	粗骨材	MAX SIZE (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	C (kg)	W (kg)	w/c	f _{ck} (MPa)	中15×30(はり)圧縮強度 (MPa)			ハリはり圧縮 (MPa)	
										7日	14日	28日	曲げ	圧縮
実験Ⅰ	1	スラグA	25	10	5.0	281	140	0.50	35.1	294	343	381	44.1	4/5
	2	砕石C	〃	〃	5.1	300	150	〃	36.9	271	339	407	47.3	4/5
	3	スラグA	〃	〃	—	325	162	〃	38.7	360	414	487	52.2	5/6
	4	砕石C	〃	〃	—	346	173	〃	39.8	343	431	455	64.4	5/6
	6	〃	〃	〃	—	325	172	0.53	39.8	309	408	—	49.4	4/5
	7	〃	〃	〃	4.9	281	149	〃	36.9	236	288	353	50.3	3/4
	7	〃	〃	〃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験Ⅱ	11	スラグB	40	7	—	360	162	0.45	36	313	—	492	—	—
	12	砕石D	〃	〃	—	396	189	〃	〃	287	—	446	—	—
	13	スラグB	〃	〃	—	312	156	0.50	39	285	—	460	—	—
	14	砕石D	〃	〃	—	382	191	〃	〃	203	—	345	—	—
	15	スラグB	〃	〃	—	291	160	0.55	42	263	—	384	—	—
	16	砕石D	〃	〃	—	331	188	〃	〃	199	—	273	—	—

図-1 凍結融解試験結果



強度試験は中15×30 cm 供試体により枚令 7, 14, 28 日で, 10×10×42 cm ハリ型供試体により枚令 14 日で行なった。養生は 20℃ 水中とした。凍結融解試験は ASTM: C290 に準じ 10×10×42 cm ハリ型供試体を用い, 実験Ⅰでは枚令 14 日, 実験Ⅱでは枚令 28 日から凍結融解を開始し供試体が破壊に至るまで続行した。供試体中心部の温度は凍結時 -18℃, 融解時 +4.5℃ とし / 日約 8 回の凍結融解を繰返した。結果は図-1 のとおりである。

同じスランプをうるための単位水量は普通砕石よりもスラグ砕石の方が実験Ⅰでは約 10 kg, 実験Ⅱでは約 30 kg 少なく有利であるがこれはスラグ砕石の粒形が立方形に近く扁平細長のものが少なかったことによるものであろう。圧縮強度は実験Ⅰでは同じ w/c のときあまり差がないが単位セメント量一定のときいくぶん有利になり実験Ⅱでは同じ w/c のときでも有利である。破壊に至るまでの凍結融解の回数は無空気コンクリートでは実験Ⅰのスラグ砕石, 普通砕石とも 130~140 回, 実験Ⅱのスラグ砕石は 100~160 回 (普通砕石 D は実験せず) であるのに対し AE コンクリートではスラグ砕石 541 回, 普通砕石 $w/c=0.50$ のとき 1159 回, $w/c=0.53$ のとき 729 回であった。従って, 無空気コンクリートの場合 E はスラグ砕石の方がいくぶん悪いが破壊に至るまでの回数では差がなく AE コンクリートでは普通砕石よりも悪いが破壊に至るまでの回数が 500 回をこえているのは注目すべきであろう。

4. あとがき: スラグ砕石は安定性試験, 凍結融解試験の結果が良好であり, コンクリートとした場合の凍結融解試験結果もそれほど悪くなく更に強度の点からも 500 kg/cm² という高強度のコンクリートにも使用可能であることが明らかとなった。従って, 硫黄分等に基づく化学的安定性に十分な注意を払えば寒冷地でもかなり広く利用できるものと思われる。