

V-223 高炉スラグ粉末を用いたコンクリートの諸性質

北海道開発局土木試験所 正員 ○今井 益隆
同 上 正員 大橋 猛
北海道開発局稚内開発建設部 福井 晃

1. ま え が き

高炉スラグを混和した高炉セメントについては、多くの研究成果により明らかとなった特性が認識され、生産構成比も年々増加している。また、スラグ粉末の混和材料としての利用に関する試験研究も各方面で活発に行われており、その性状、置換率などを任意に調節した使用法の確立によって、用途に適合した有効な活用を図ることが可能になると考えられる。本文は、セメントの種類を異にした場合の、スラグの粉末度、置換率などがフレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの諸性質に及ぼす影響を検討したものである。

2. 実験の概要

高炉スラグ(微)粉末の品質を表-1に示す。銘柄はA、Bの2種であり、Bについてはブレン値を4,410~7,860 cm^2/g (記号4、5、8)まで変化させた。なお、石膏量(G)は0と2%の2種である。

表-1 高炉スラグ粉末の品質

試験記号	比重	ブレン値 (cm^2/g)	化学成分 (%)									指標値
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	CaO	MgO	S			
A4G2	2.91	4,300	34.2	12.6	0.3	0.5	41.1	6.8	1.3	1.77		
B4G0	2.90	4,410	32.4	14.4	0.5	0.7	43.3	5.9	0.7	1.97		
B4G2	2.89	4,500	32.2	14.5	0.4	0.6	42.5	6.0	0.7	1.96		
B5G2	2.89	5,580	31.8	14.8	0.5	0.7	42.5	5.7	0.7	1.98		
B8G0	2.90	7,860	33.0	15.2	0.4	0.7	42.8	5.9	0.7	1.94		

セメントは中庸熱(M)と普通(N)であり、普通は3銘柄を等量混合して用いた。その品質を表-2に示す。A E減水剤はボゾリスN70、空気量調節剤としてN202を用いた。

表-2 セメントの品質

セメントの種類	試験記号	比重	ブレン値 (cm^2/g)	凝結			圧縮強さ (kg/cm^2)			
				水量 (%)	始発時間 (h-m)	終結時間 (h-m)	3日	7日	28日	
普通	N-1	3.16	3350	28.6	2-24	3-41	174	263	413	
	N-2	3.17	3210	27.0	2-39	3-39	135	235	400	
	N-3	3.13	3420	28.4	2-12	3-43	142	228	368	
中庸熱	M	3.21	3280	27.6	3-30	4-35	123	164	354	

骨材は苫小牧市錦岡海岸砂(比重2.72、吸水率1.12%、FM 2.80)と、静内川砂利(比重2.77、吸水率1.01%、最大寸法25mm)を使用した。

コンクリートの配合は、単位結合材量(C+Sg)を270、320、370 kg/m^3 (記号各K1、2、3)、スラグ置換率($\text{Sg}/\text{C+Sg}$)を0、35、55、70%(各R 0、3、5、7)とし、スランブ(S) $8 \pm 1\text{cm}$ 、空気量(L) $5 \pm 1\%$ を目標として決定した。コンクリートの練りまぜには容量約80ℓの可傾式ミキサを用いた。供試体の脱型は20℃養生では1日後、5℃養生では2日後

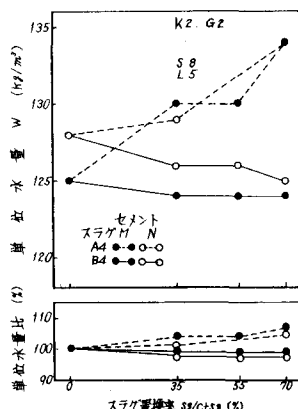


図-1 スランブ8cm時の単位水量とスラグ置換率の関係

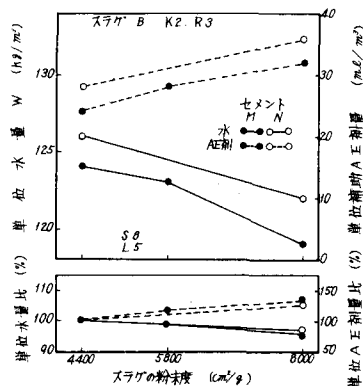


図-2 スラグの粉末度の単位水量・置換率に与える影響

に行った。また、各種試験はすべて関連JISおよびASTM規格に従って実施した。

3. 試験の結果と考察

1) コンクリートの配合 一定のスランブ、空気量を得るために必要な水量と置換率の関係を図-1に示す。置換率の増加に伴う単位水量の変化は、セメントの種類による差異は殆んど認められないが、スラグの銘柄によって傾向が異なり、Aでは置換率70%の場合、単味に比べて6~9 kg 増加した。また、図-2よりBでは粉末度の増加に従って水量が減少し、混和剤量が増加する傾向が明らかであり、セメントMに比べ

てNが僅かに不利となった。

2) ブリージング
スラグ粉末度との関係を図-

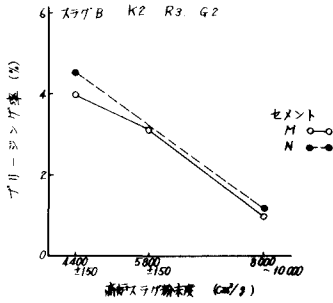


図-3 高炉スラグ粉末度とブリージング率の関係

3に示す。セメントの種類にかかわらず、粉末度が高いほどブリージング率は低下した。

3) 凝結硬化速度 スラグの銘柄、置換率、粉末度、石膏量、結合材量が凝結速度に与える影響を図-4に示す。セメントMではNに比べて全体的に始発が遅れ、終結に至る時間も長くなった。また、凝結は置換率が増すと遅れ、結合材量の増加で早くなった。

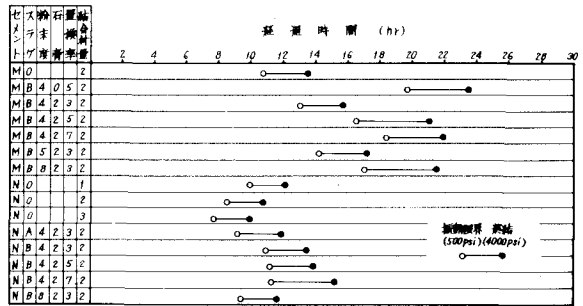


図-4 凝結硬化速度試験結果

4) 圧縮強度 セメント単味に対する強度比を図-5に示す。セメントNの91日強度は単味を8%上回り、スラグの置換による効果が明らかとなった。しかし、初期材令では61~84%であり、とくにMでは置換率に従って減少し、70%の場合は7日で60%、28日でも75%に低下した。一方5℃養生では、低下の程度がより顕著となり、7日強度はNで46%、Mで36%となった。養生程度による91日強度の差異を図-6に示す。7日水中では減少が明らかであり、スラグAの置換率による影響が著しい。

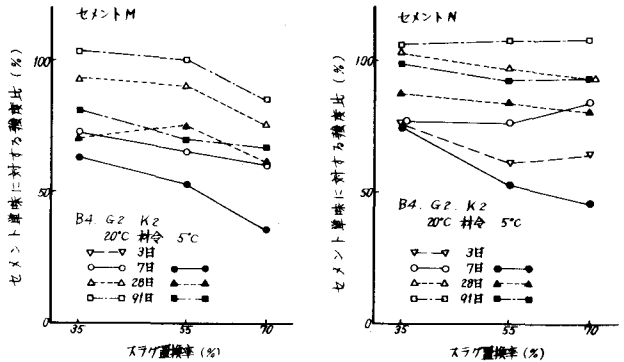


図-5 スラグ置換率と圧縮強度に及ぼす影響(養生温度)

5) 凍結融解抵抗性 耐久性指数を図-7に示す。セメントの種類による大きな差異はなく、スラグ置換率35、55%とも単味を上回った。淡水では95%以上、海水を作用させた場合でも88~100%であり、スラグ粉末の耐海水性を示唆している。

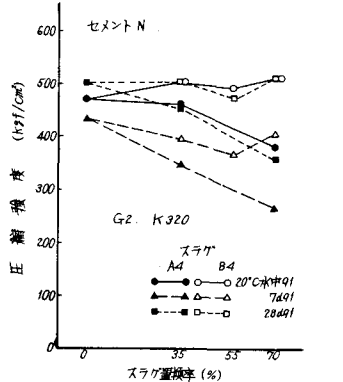


図-6 養生条件と圧縮強度に及ぼす影響(スラグ銘柄)

6) 断熱温度上昇 初期値を20℃とした試験結果を一般式 $T = K(1 - e^{-\alpha \cdot t})$ で整理し、求めた定数K、 α を表-3に示す。終局値Kはスラグ置換率55%でセメント単味を上回ったが、70%の置換で実測終局値は、単味に比べてMでは4.9℃、Nでは7.9℃低下した。

表-3 断熱温度上昇試験結果

セメント	スラグ	置換率	養生温度(℃)	K	α
M	0	0	2	35.9	0.80
M	B4	40	5	46.9	0.36
M	B4	42	5	42.1	0.37
M	B4	42	7	33.2	0.44
M	B5	2	5	39.0	0.43
N	0	0	2	39.5	0.75
N	B4	40	5	42.5	0.36
N	B4	42	5	44.2	0.40
N	B4	42	7	33.5	0.46

4. ま と め

銘柄、粉末度、石膏量を異にした高炉スラグ微粉末の置換率が、コンクリートの諸性質に及ぼす影響を求めた。その結果、スラグの潜在水硬性により、ベースセメントと置換率の選択で強度発現、凝結、発熱制御が可能となり、構造物の種類、規模などから要求されるコンクリートの性能に対応した、スラグ粉末の利用が有効となると考えられる。

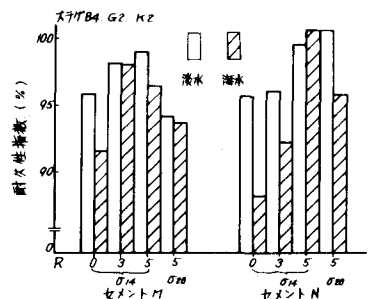


図-7 凍結融解試験結果