

V-1 製法を異にする高炉セメントを用いたコンクリートの諸性状について

北海道開発局土木試験所 正員 ○今井 益隆
同 上 正員 太田 利隆
同 上 正員 根本 任宏

1. まえがき

原料の一部に高炉水砕スラグ粉末を用いる高炉セメントは、省資源・省エネルギー型の見地に立脚した社会的要請に応えるものであり、多くの研究成果によって特性が認識されるとともに、その需要も増加の一途を辿っている。しかし、水和反応の相違による養生不足から凍害をうけたり¹⁾、製造方式による不都合も報告されており²⁾、使用上の問題点も少なくない。このため高炉セメントの適正な使用法に関する資料を得る目的で、製造方式を異にするセメントによるモルタルの養生温度と強度発現、コンクリートの強度、耐久性などについて検討を行った。

表-1 セメントの物理試験成績

種類	試製造 料方式	比重	比表面積 (cm^2/g)	粉 末 度					凝 結		安定 性	強 度							
				88 μm 残分(%)	AJSによるふるい 10 μm 15 μm 20 μm 30 μm	水量 (%)	始発 (h-m)	終結 (h-m)	フロー 値	圧縮強さ (kgf/cm^2)		曲げ強さ (kgf/cm^2)	3日	7日	28日				
B種 高炉	A分離	3.05	3,470	0.8	67.9	51.1	37.4	18.5	29.3	3-50	5-32	良	215	118	185	395	34	47	69
	B粉砕	3.04	3,930	0.7	64.7	45.7	31.5	14.6	31.0	3-23	5-03	良	217	99	177	441	30	41	71
	C混合	3.05	3,900	0.2	63.7	45.6	30.3	10.8	29.6	3-27	4-55	良	224	112	173	399	33	43	69
	D粉砕	3.06	3,790	0.3	64.9	47.7	33.6	14.4	30.0	4-34	5-32	良	214	105	171	405	29	44	79
普通	E	3.16	3,280	0.7	70.4	54.6	40.9	19.8	28.6	4-01	5-26	良	214	154	237	371	41	50	78

2. 使用材料

セメントは市販のB種高炉であり、A、Bは分離粉砕方式、C、Dは混合粉砕方式により製造されたものである。なお、

比較のために普通セメントEを使用した。これらの品質を表

表-2 セメントの化学成分(%)

ー1、2に示す。モルタル試験では標準砂を、コンクリート試験では細骨材として苫小牧市錦岡海岸砂(比重2.91、吸水率1.00%、粗粒率2.43)、粗骨材として静内川砂利(比重2.79、吸水率1.11%、最大寸法25mm)を用いた。

試料	ig. loss	insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
A	0.5	0.2	26.1	8.3	1.9	55.0	3.8	1.9
B	0.8	0.2	27.1	8.8	1.8	53.0	3.9	2.2
C	0.8	0.2	26.0	8.6	1.7	54.9	4.0	1.9
D	0.7	0.3	26.2	9.2	2.1	53.4	3.6	1.9
E	1.3	0.2	21.3	4.6	2.9	63.3	2.5	2.0

混和剤はA E剤ウィンソルを使用した。

3. 試験方法

モルタルはJIS R 5201に従って練りませ、供試体を作成した。養生温度は5℃と20℃であり、材令3、7、28、91日で強度試験を行った。一方、コンクリートは、スランブ8±1cm、空気量4.5±1%、水セメント比50%を基準として配合を設定し、一部のセメントでは水セメント比40%と60%の場合についても実施した。供試体はJIS A 1132に従って作成し、動弾性係数、圧縮強度は材令3、7、28、91日で、また、引張強度は材令1、3、5、7、28日で、それぞれ関連JISに従って試験を行った。凍結融解試験はASTM C 666に従って材令14日より開始したが、供試体に作用する水として淡水のほか、海水も使用した。また、断熱温度上昇試験は空気循環式装置を用い、普通セメントEの単位セメント量に一致させた配合で、基準温度を20℃として上昇量を求めた。

4. 試験結果と考察

1) モルタルの強度；図-1に養生温度との関係を示したが、普通セメントでは材令28日以降で温度の影響が殆んど認められないのに対し、高炉セメントでは材令91

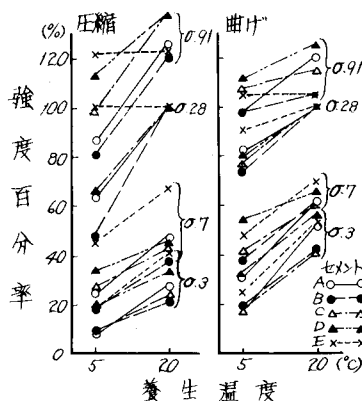


図-1 養生温度が強度発現に及ぼす影響

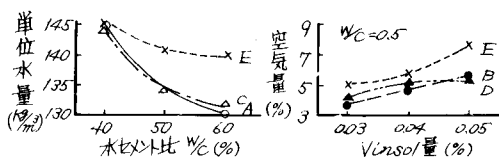


図-2 スランブ8cmを得るための水量 図-3 混和剤量と空気量の関係

日でも明確

表-3 コンクリートの配合

な差異があり、圧縮でより明らかである。
2) フレッシュコンクリート；配合を表-3に示す。同一コン

配合記号	セメントの種類	水セメント比 W/C (%)	単位量 (kg/m³) セメント	単位量 (kg/m³) 水	単位量 (kg/m³) 砂	単位量 (kg/m³) 骨材
A 4	B種	40	363	145	0.055	34
A 5	高炉	50	268	134	0.037	36
A 6	分離	60	217	130	0.034	38
B 5	粉砕	50	282	141	0.040	36
C 4	B種	40	360	144	0.080	34
C 5	高炉	50	268	134	0.038	36
C 6	混合	60	220	132	0.035	38
D 5	粉砕	50	274	137	0.040	36
E 4		40	363	145	0.050	34
E 5	普通	50	282	141	0.030	36
E 6		60	233	140	0.027	38

ステンシーを得る水量は図-2のとおり、高炉セメントでは水セメント比の増大に伴って低下した。また、所定の空気量を得るための A E 剤量は、図-3に示すように普通セメントに比べて多く必要となった。

3) 硬化コンクリート；強度試験の結果を図-4~6に示した。材令3~28日では高炉セメントに比べ、普通セメントの強度発現が優れ、富配合ほどこの傾向が明らかとなったが、材令91日では高炉セメントが上回った。圧縮と引張の関係はセメントの種類に関係なく $\sigma_t = 0.41 \sigma_c^{0.71}$ で示される。動弾性係数は図-7のとおり、200 kgf/cm² 以上で普通セメントが高炉を上回ったが、強度とともに製造方式による差異は殆んど認められなかった。

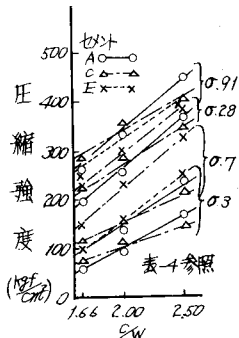


図-6 C/Wと強度の関係

表-4 C/Wと強度の関係

セメント	定数	材 令 (日)			
		3	7	28	91
A	A	-160	-170	-149	-116
	B	131	159	206	226
C	A	-56	-88	-1	69
	B	81	120	139	136
E	A	-205	-195	-76	-15
	B	182	209	184	167

図-8に凍結融解試験の結果を示した。高炉セメントでは水セメント比に比例して耐久性が低下し、とくに海水を作用させた場合の質量減少が目立ち、水セメント比60%では約10%となった。また、断熱温度上昇を材令の関数とした一般式、 $T = K(1 - e^{-\alpha t})$ を用い定数K、αの値を求めたが、単位セメント量との関係を図-9に示した。αは普通セメントの値が高炉よりも大きい、セメント量が多いほど早い材令(3~6日)で逆転し、終局値はいずれも高炉セメントの場合が1.0~3.5℃高くなった。

5. 結論

銘柄、製造方式を異にする市販のB種高炉セメントの特性について検討したが、製造法が諸性状に与える有意な差異は認められなかった。

参考文献 1) 前川、今井；養生程度がコンクリートの耐久性に与える影響。セメント 345

2) 小林；高炉セメントとその海岸コンクリート構造物への適用。53.3

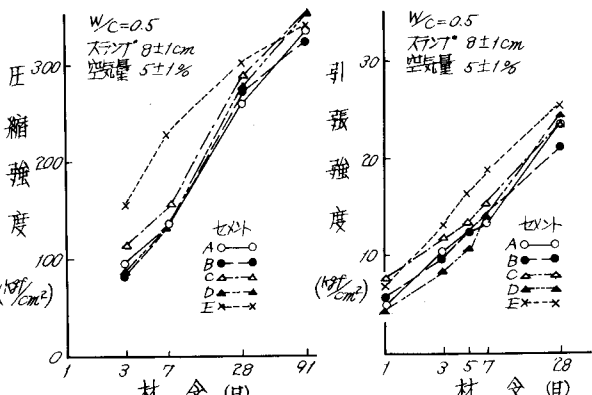


図-4 材令と圧縮強度の関係

図-5 材令と引張強度の関係

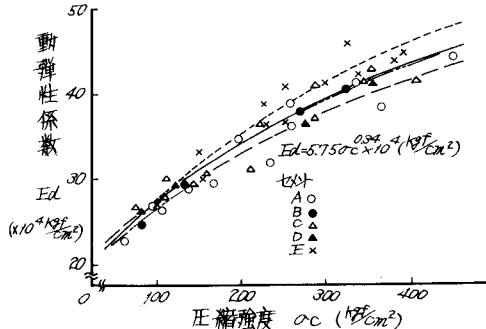


図-7 圧縮強度と動弾性係数の関係

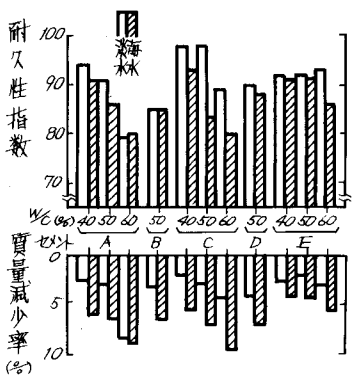


図-8 凍結融解試験結果

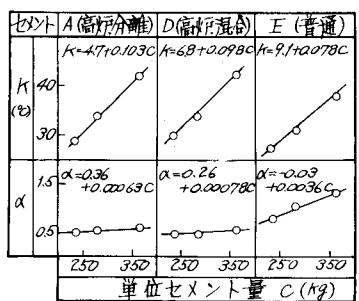


図-9 断熱温度上昇試験結果