

九州工業大学 ○ 学生員 野部 成光
正員 渡辺 明
学生員 神野 良一

1. まえがき

外国におけるスラッグの総排出量は年間約4800万トンにも及びといわれているが、その有効な利用法については種々検討されているにもかかわらず、オビその処置に窮しているといわれる現状のようである。

筆者らは、その一端としてスラッグを水さいとし、水さいの有する潜在水硬性に100%依存した水さい単味のセメントを作製し、その基礎的性質について、3の実験を行ない検討した。ここにその結果を報告する。

2. 使用材料

ポルトランドセメントに対し、微粉碎した水さい（その物理的、化学的性質について表-3に示す）にアルカリ刺激剤として消石灰を混入したものをスラッグセメントと仮称する。これに硬化促進を図る目的で塩化カルシウムを適量添加した。コンクリート打設に際しては、表-1に示した骨材を使用した。なおスラッグセメントとの比較のために普通ポルトランドセメントについて同様の試験を行なった。

表-1 使用骨材の諸性質

	比重	吸水率 （%）	吸水率 （%）	吸水率 （%）	吸水率 （%）
細骨材	2.57	1.596	63.0	1.43	2.42
粗骨材	2.72	1.595	59.0	0.80	6.95

3. 実験概要

まず微粉碎した水さいの比重、粉末度を測定し、さらに化学分析結果に対する検討を行なった。次いでペーストおよびモルタル試験として、水さいと消石灰の配合比を変化させ、さらに塩化カルシウムの添加量を種々変化した試料について凝結時間、安定性（煮沸法に依る）を調べ、またフローおよび強度試験を行なった。

表-2 スラッグセメントコンクリート配合表

スラッグ :Ca(OH) ₂	Callo (%)	W/C (%)	S/a (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³) 水さい	C (kg/m ³) Ca(OH) ₂	凝結材 Callo (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)
9.5:0.5	0 0.5 1.0	50	464	205	390	20	0 2.05 4.10	764	935
9:1	0 0.5 1.0 1.0	50	464	205	369	41	0 2.05 4.10 4.10	762	932
8:2	0 0.5 1.0 1.0	50	464	205	328	82	0 2.05 4.10 4.10	757	926
普通ポルトランドセメント		50	464	205	410	0		779	952

最後に、表-2に示した配合（但し、目標スランプ 12 ± 2 cm, 空気量 1.2%の条件）によりコンクリートを打設し、スランプ、空気量の測定および

3日、1週、4週、13週における圧縮強度試験を行ない強度発現状況を検討した。なお、養生は常に $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の恒温水槽中で行なった。また消石灰の混入は粉末で、塩化カルシウムは水に溶解して添加した。

4. 実験結果および考察

1) 比重、粉末度、化学分析結果を表-3に示す。粉末度は早強セメント程度であった。また塩基度は1.84となりこれは高炉セメントC種の規定1.6以上を満足しているがスラッグセメントとした場合には疑問が残る。

2) 凝結試験結果を表-4に示す。始凝時間は3~95時間、終凝時間は9~17時間程度であり、標準水量は、水さいの粉末度がかなり高いため普通ポルトランドセメントの25~28%に比べかなり大きく約34~48%となった。また消石灰の混入量の増加によっても水量は増加したが、これも消石灰の高い粉末度の影響に依るものである事が考えられた。

安定性はパスト周辺部にわずかなひびひびを発生する程度で、反りもなく概して良好であった。

3) フロー試験結果を表-5に示す。凝結試験における標準水量の場合と同様に、消石灰の配合比の増加によりコンシステンシーは低下しているが、ペーストのみの場合よりこの傾向

表-3 使用した水さいの諸性質

比重	粉末度 (cm ² /g)	化学分析 (%)					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO
2.92	4165	33.6	14.5	1.1	0.8	42.2	5.1

は緩和されているようである。

強度試験結果を表-6に示す。消石灰の配合比の低いもの程、初期強度は高まるが、伐令28日以降の長期では良好な強度発現を呈した。塩化カルシウムの添加量の増加は長期の圧縮強度発現に好ましくない影響を及ぼしていることが察知された。しかし、曲げ強度に対しては一樣な傾向を示さなかった。本試験では消石灰によるアルカリ刺激しても普通セメントに匹敵する強度は得られたが、必ずしも高い強度を必要としないコンフリートにはスラセメントを十分利用できるものと考えられる。

4) コンフリートのワーカビリティおよび圧縮強度の試験結果を、それを表-7、8に示す。1%程度迄の塩化カルシウムの添加はスランパの増加を招くが、過剰な添加は逆にスランパを極端に低下させた。また、消石灰の粉末度の影響はかなり大きく、消石灰配合比の大きい8:2配合ではかなりコンシステンシーのあるコンフリートとなった。しかし、9:5:0.5, 9:1のグループのうち塩化カルシウム10%添加以外のものは、土本用コンフリートとして比較的ワーカブルなものであると考えられた。

強度試験の結果、伐令28日では200kg/cm²、91日では200~270kg/cm²の強度が得られた。しかしながら、塩化カルシウム10%添加では伐令28日では300~335kg/cm²と、かなり高い強度を示したことは興味深い。弾性係数は伐令28日では3.0×10⁵kg/cm²となり普通コンフリートのそれとほぼ等しかった。

コンフリートの単位体積重量は2.3~2.4t/m³となり普通セメントコンフリートのそれとほとんど変わらなかった。

5. おとこ

本実験の結果、伐令28日では200kg/cm²前後の強度が得られた。従って、特に高い強度を必要としない場合には、スラセメントを十分活用できるものと考えられた。しかし、水和熱、収縮等への検討が未だ残っており、これらへの検討を急ぐと共に、炭和利、粉末度等の強度への影響等も今後の研究課題としてさらに研究を深行してゆく所存である。

表-4 凝結試験結果

スラ [※] :Ca(OH) ₂	CaCl ₂ (%)	標準水 (%)	始発時間 (h, m)	凝結時間 (h, m)
7:3	0	48.0	4.35	17.00
	0.5	47.0	5.43	14.10
	1.0	46.5	6.11	14.15
	2.0	46.0	5.11	13.20
	3.0	45.0	6.00	13.30
8:2	0	46.5	4.55	17.05
	0.5	44.5	8.35	15.35
	1.0	40.0	5.35	12.40
	2.0	40.5	6.34	12.50
	3.0	40.5	6.55	12.37
	5.0	37.5	4.30	9.05
9:1	10.0	37.3	3.00	8.40
	0	44.0	5.30	17.30
	0.5	40.0	9.43	15.28
	1.0	38.5	7.53	14.53
	2.0	39.0	8.45	15.05
	3.0	37.5	6.42	13.54
※	5.0	33.8	5.23	13.35
	10.0	35.0	4.00	9.15

表-5 加圧試験結果

スラ [※] :Ca(OH) ₂	CaCl ₂ (%)	70-値
7:3	0	153
	0	163
	0.5	175
8:2	1.0	187
	3.0	189
	0	179
9:1	1.0	197
	2.0	199
	3.0	214
9:5:0.5	0	182
	10:0	221
※	0	188

※普通コンフリート

表-6 曲げ及び圧縮強度試験結果 (単位: kg/cm²)

スラグ :Ca(OH) ₂	CaCl ₂ (%)	3日		7日		28日		91日		182日	
		曲げ	圧縮	曲げ	圧縮	曲げ	圧縮	曲げ	圧縮	曲げ	圧縮
7:3	0	14.6	37	28.5	88	37.7	175	47.3	264	61.8	328
	0	11.9	40	22.4	77	40.0	147	53.4	280	57.1	354
	0.5	18.9	63	25.3	89	32.0	165	64.8	243	63.4	291
	1.0	18.7	58	27.7	96	33.1	152	59.3	207	56.9	257
8:2	3.0	19.0	54	28.4	98	31.1	156	65.6	197	76.8	235
	0	9.0	21	15.4	41	39.7	167	57.2	302	68.3	378
	1.0	19.9	54	30.7	113	45.4	170	68.5	223	71.0	236
	2.0	19.0	51	29.2	115	46.6	201	69.0	223	60.9	259
9:1	3.0	20.9	60	31.2	96	26.9	160	53.5	202	61.6	225
	0	9.0	21	15.4	41	39.7	167	57.2	302	68.3	378
	1.0	19.9	54	30.7	113	45.4	170	68.5	223	71.0	236
	2.0	19.0	51	29.2	115	46.6	201	69.0	223	60.9	259

表-7 スランパ測定結果

スラ [※] :Ca(OH) ₂	CaCl ₂	スランパ (cm)	空気量 (%)	コンフリート 強度 (kg/cm ²)
9:5:0.5	0	15.5	0.9	7.8
	0.5	14.5	1.1	7.8
	1.0	16.9	1.2	9.2
9:1	0	10.1	1.3	8.8
	0.5	15.9	0.9	9.0
	1.0	17.1	0.7	8.9
	10	4.7	2.0	12.2
8:2	0	6.8	1.7	8.7
	0.5	6.6	1.6	8.7
	1.0	6.7	1.7	9.0
	10	0.0	1.8	13.5
普通コンフリート		17.5	1.4	9.5

表-8 コンフリートの圧縮強度及び弾性係数 (単位: kg/cm²)

スラ [※] :Ca(OH) ₂	CaCl ₂ (%)	3日		7日		28日		91日	
		σ	E(×10 ⁵)	σ	E(×10 ⁵)	σ	E(×10 ⁵)	σ	E(×10 ⁵)
9.5:0.5	0	30	0.2	78	1.5	159	2.3	213	2.8
	0.5	48	0.4	96	0.7	167	2.3	220	2.8
	1.0	51	0.3	103	0.6	174	2.7	211	3.6
9:1	0	50	0.4	130	1.9	199	2.7	230	2.9
	0.5	46	0.4	101	0.7	183	2.4	206	3.5
	1.0	44	0.4	97	0.5	189	3.2	189	3.2
	1.0	74	0.4	181	2.0	335	3.5	413	3.9
8:2	0	52	0.4	124	2.0	213	2.4	235	3.9
	0.5	45	0.3	119	2.4	202	2.9	239	4.0
	1.0	49	0.4	127	2.5	206	2.9	268	3.7
	10	67	0.3	151	1.9	296	2.8	324	3.7
普通コンクリート		150	2.8	246	3.0	324	3.3	405	4.4