

九州工業大学 正員 出光 隆
同 同 高山 俊一
同 学生員 原田 哲夫

1. まえがき

産業廃棄物再利用の一環として、筆者らは鉄鋼生産の副産物としての水さい、および重油使用産業（火力発電所等）の排煙脱硫装置から発生する排煙脱硫石膏と混合したスラグセメントの実用性について、実験的研究を行なってきた。本報告は、水さい、脱硫石膏、アルカリ刺激剤としての消石灰と混合したスラグセメントを用いたモルタルおよびコンクリートの諸性質に関する試験結果である。

2. 使用材料

セメントには微粉末水さいおよび木処理水さい（以下これを水さいと呼ぶ）、脱硫石膏、ニ水石膏、消石灰などを数種組合せ混合したものを用いた。細骨材には海砂（比重2.48, F.M. 2.99）、粗骨材には砕石（比重2.73, F.M. 6.70, 最大寸法20mm）を用いた。

3. 実験結果および考察

(1) 諸強度と消石灰量の関係

水さいとニ水石膏の配合が8:2で消石灰添加量（消石灰の百分率は水さい、石膏、消石灰の和に対する比率）を変えたモルタルの曲げ試験結果を図-1に示す。消石灰量が1.0~2.0%以上になると強度が急激に低下しており、2.0%以上になると強度の低下はみられない。また図-1には同じ8:2の配合でニ水石膏のかわり

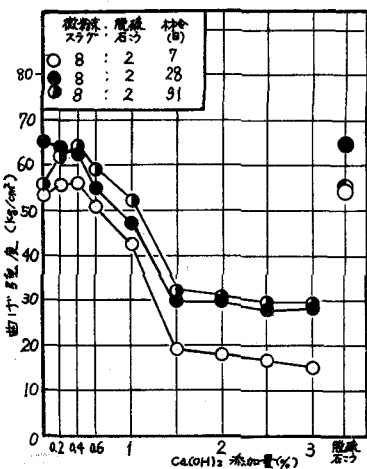


図-1 曲げ強度と消石灰添加量の関係

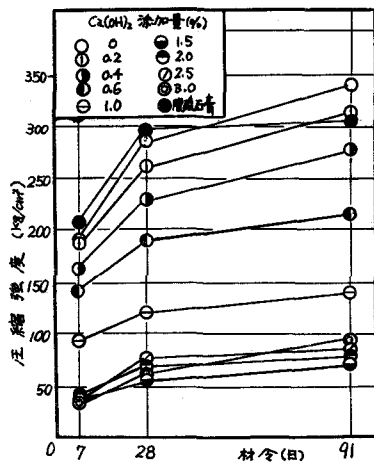


図-2 圧縮強度と材令の関係

く使用しないモルタルの強度を示している。両者の強度の比較から、脱硫石膏中に含まれる消石灰分は約6%以下と推定できる。次にモルタルの圧縮強度と材令の関係を図-2に示す。ニ水石膏を用いた場合、28日から91日への圧縮強度の伸びは消石灰の量にかかわらずほぼ同一の勾配で増している。脱硫石膏を用いた場合は、28日までの伸びは著しいが28日から91日への伸びはほとんどみられないようである。

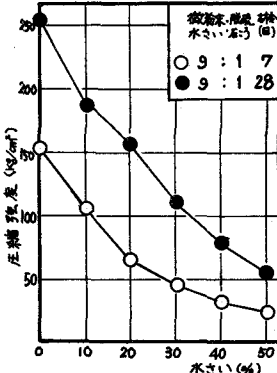


図-3 圧縮強度と水さい混入量の関係

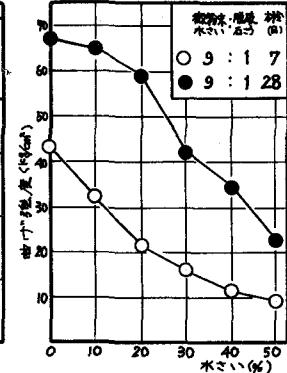


図-4 曲げ強度と水さい混入量の関係

(2) 諸強度と水さい混入量の関係

水さいと微粉砕せずそのまま利用できれば、経済性はもちろん多くの面から有益である。図-3、図-4にモルタルの圧縮、曲げ強度と水さい混入量の関係とそれぞれ示す。ここに示す百分率はセメント量に対する比率である。水さい混入量が増せば、それにとりない圧縮強度は低下する。図-3では7日、28日強度の低下の勾配はほぼ等しくなっている。しかしながら、図-4の曲げ強度との関係とみれば10%~20%混入の28日強度は混入しない場合とあまり強度に差がない。水さいをコンクリートに混合すれば、水

さいが細骨材としての役目も果たすため、モルタルとは異なった影響があらわれないかと考え、コンクリートの試験も行なった。

水さい混入量を変えたコンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの試験結果を表-1に示す。硬化したコンクリートの諸性質については講演のさい述べる。

表-1 水さい混入量を変えたコンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの試験結果

水さい混入量 (%)	W/C (%)	S/A (%)	単位重量 (kg/m³)						コンクリート 温度 (°C)	パンク (cm)	鉄量 (%)	アジブ率 (%)
			水	細骨材	水さい	高炉 灰	細骨材	粗骨材				
0	50	39	1895	341	0	38	633	1093	13.5	150	1.4	11.0
5	50	39	1895	324	17	38	631	1091	13.5	175	2.4	10.8
10	50	39	1895	307	34	38	630	1089	12.7	19.7	2.6	11.0
20	50	39	1895	273	68	38	627	1084	15.2	69	2.3	11.0
30	50	39	193	243	104	39	626	1081	15.5	51	4.0	17.3
50	50	39	196	176	176	39	614	1061	15.5	21	3.6	14.0

(3) 養生条件の違いによるコンクリートの強度 表-2にコンクリートの配合、図-5に養生条件の違いによる圧縮強度と材令の関係を示す。絶えず水中養生した場合も、4週間水中養生後、気中養生した場合も13週までは順調に強度が伸びているが、26週の長期になるとほぼ同じか逆に強度が少し低下している。現段階では、長期強度はあまり期待できないという結果であるが、1年、3年、5年後の圧縮強度については実験続行中である。また4週間水中養生後、気中養生した場合は絶えず水中養生した場合に比べ約10%の強度増加がみられる。

(4) 養生条件の違いによるコンクリートの中性化 養生条件により、コンクリートがどの程度中性化しているかをフェノールレッド、チモールブルー、フェノールフタレンの3種の試薬を用いて調べた。表-3には割裂したコンクリートの側面から各試薬に反応したところまでの距離の平均を示してある。絶えず水中養生されたものは全く試薬に反応していない。即ち中性化現象はみられないといえる。また気中養生したものは、その期間の長さに比例して、深くまで中性化をおこしているようである。同じ養生条件(4週間水中養生後22週間気中養生)の下で比較すると、普通ポルトランドセメントを用いた場合は中性化はみとめられず、高炉C種を用いた場合も中性化の度合いは、スラグセメントに比べてかなり小さいようである。

(5) スラグセメント中の鉄筋発錆 通常のセメントに比べて、スラグセメントが鉄筋発錆にどの程度の影響を及ぼすかを調べるために、φ10×20cmの円柱供試体中央によくみえた丸鋼φ13mmを埋め込み、試験した。4週間水中養生後、22週間気中養生した供試体と割裂して発錆状況を調べたところ、スラグセメント(W/C=65%)供試体は、普通ポルトランドセメント(W/C=55%)、高炉C種(W/C=55%)供試体同様、鉄筋の発錆は全くみとめられなかった。なお、長期材令については実験続行中である。

4. あとがき

脱硫石膏中の消石灰分は約46%以下と推定でき、また消石灰分が多くなると強度が低下することがわかった。養生方法による問題が多少あるが、マシなコンクリートへの実用化は十分可能と考えられる。なお、現在、凍結融解試験、耐摩耗試験を継続行っている。終りに、御協力戴いた伊沢亮君に深謝の意を表します。

表-2 コンクリートの配合

水さい混入量 (%)	W/C (%)	S/A (%)	単位重量 (kg/m³)					
			水	細骨材	水さい	高炉 灰	細骨材	粗骨材
9:1	55	40	191	313	35	669	1051	

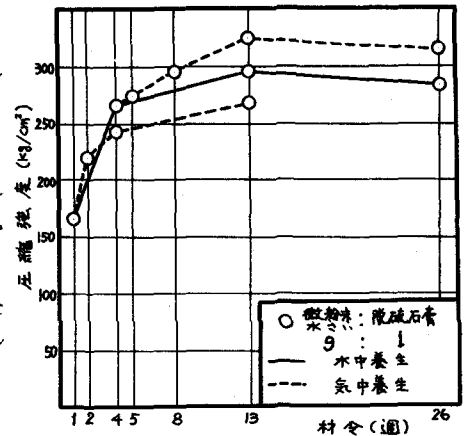


図-5 圧縮強度と材令の関係

表-3 コンクリートの中性化の程度 (mm)

種類	養生条件	フェノール レッド	チモール ブルー	フェノール フタレン
スラグ セメント	水中13週	0	0	0
	水中26週	0	0	0
	水中4週後気中3週	4.1	2.8	3.5
	水中4週後気中2週	0	6.1	6.8
	水中4週後気中1週	0	1.8	2.6
	水中4週後気中9週	0	2.0	4.6
	水中4週後気中22週	0	7.7	7.1
高炉C種	水中4週後気中22週	0	0	0
	水中4週後気中22週	0	1.6	2.6
反応 pH の範囲		6.8~8.4	8.0~9.0	8.2~9.0
試薬の色の変化		黄→赤	黄→青	黄→赤