

亜硫酸カルシウム（排煙脱硫に伴う副生産物）の土質的有效利用について

中部電力株式会社 総合技術研究所 土木研究室

長谷川幸雄 ○吉川 豊

1 まえがき

最近火力発電所の排煙が大気汚染公害の発生源として社会問題となっているが、これに対し各電力会社では低イオウ燃料の使用、また排煙中のSO_xを何らかの形の化合物として回収する方法等、設備の新設や対策の検討に全力を注いでいる。しかし燃料そのもののS分を低減させる事は、技術的、経済的に困難な面が多く、排煙脱硫装置による対策が併用されている。排煙脱硫方式には種々の方法があるが、当所で「石灰石膏法による方式」が研究開発されこれを実用化する問題の一つとして、大量に産出される亜硫酸カルシウムの利用方途の必要が生じ、我々はこの副産物を大量に安全に（二次公害を防ぐ）しかも比較的安定した方途（コンスタントな市場性がある事）へと土質分野へ利用する事を考え、室内土質試験を進めて来た。以下それらの試験結果を中心にその概要を示す。なお亜硫酸カルシウムの主な特性を表-1に示す。

表-1 亜硫酸カルシウムの主な特性

分子式	CaSO ₃ ・½H ₂ O
P H	7 (生成時)
溶解度	23 PPM (不溶性)
粒度	10μ以下が85%
比重	2.52

2 室内土質試験

亜硫酸カルシウムは全くの新材料で、土質材料へ添加した場合の基本的な物性が未知なため、先ず第一段階として三種類の土（砂質土、粘性土、埋立土）の土に加えて物理および強度試験を行なったが、細粒分の粒度調整、或いは含水比調整程度で強度を期待する事は不可能であった。そこで第二段階として埋立土を対象とし、亜硫酸カルシウムの他に比較的入手しやすい刺激材（補助添加材）としてセメント、石膏、生石灰および水滓スラグの粉末を加え、強度増加を図る目的で三軸圧縮試験を主に試験を行なった。この時の亜硫酸カルシウムの含水比（W_{ca}）は、乾燥粉末状態（W_{ca} = 0%）と湿潤状態（W_{ca} = 49.4% , W_{ca} = 88.3%）に調整したものを使い、亜硫酸カルシウムは土の乾燥重量の30%を補助添加材は15%をそれぞれ加えた。各材料の粒度分布曲線は図-1に、またJISエネルギーで行なった突固め試験結果は表-2の通りである。

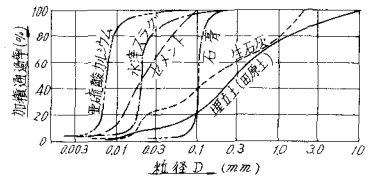


図-1 粒度分布曲線

2-1 三軸圧縮試験

成形直后（材令0）の試験はどの補助添加材を加えても、またW_{ca}がどんな場合でも強度係数（C, φ）に大差がないが、長期強度（材令49日）では補助添加材の種類によってその効果の表われ方が顕著であった。先ずW_{ca} = 0%についてみるとセメント、石膏の場合の強度係数の差は少ないが、水滓スラグ添加のみ大きくなっている。W_{ca} = 49.4%の場合には突固め密度も他のW_{ca}時よりも大きくその強度は当然大きな値を示している。特に水滓スラグやセメントでは（σ₁ - σ₃）_{max} が30~48 kg/cm²とC, φで6%², 45°~49°と石膏に比べて著し

表-2 突固め試験結果

	W _{ca} (%)	f ₀ (kg/cm ²)	f _d (kg/cm ²)	φ (%)
水滓スラグ	0	1.732	1.592	8.78
	49.4	1.983	1.688	17.49
	88.3	1.945	1.564	24.36
セメント	0	1.731	1.599	8.29
	49.4	2.020	1.740	16.12
	88.3	1.951	1.581	23.39
石膏	0	1.747	1.607	8.78
	49.4	1.972	1.670	18.10
	88.3	1.914	1.507	27.01
生石灰	0	1.764	1.674	5.36
	49.4	1.900	1.668	13.92
	88.3	1.953	1.593	22.64

く大きい。「石灰・石膏法」で副生されてくる状態に近い $W_{ca} = 88.3\%$ の場合でも水滓スラグを加えた場合は $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max} = 30 \sim 35 \text{ kg/cm}^2$ 、 $C = 9\%$ 、 $\phi = 25^\circ$ と大きな値が得られた。しかし生石灰の場合は、供試体を突固めた后、三割モールドを取外すと10数秒から数分で膨張し成形する向もなく原形を保つ事ができず試験が不可能であった。今回の材令49日、 $W_{ca} = 49.4\%$ の水滓スラグ、セメント添加および $W_{ca} = 88.3\%$ の水滓スラグ添加については、拘束圧 (σ_3) = $0.3 \sim 2.0 \text{ kg/cm}^2$ によって試験を行なったものであったが $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ が $30 \sim 48 \text{ kg/cm}^2$ と殆んどが軸圧 (σ_1) にもっているようで一軸圧縮試験で十分であった。またせん断破壊時の軸歪 (ϵ) は $1 \sim 2\%$ で変形係数 (E_{50}) も $3000 \sim 7000 \text{ kg/cm}^2$ と一般の土質地盤に比べて非常に大きな値である。 $W_{ca} = 49.4\%$ の材令49日についての $\sigma_1 \sim \sigma_3$ の関係を図-2に、 $\sigma_3 \sim E_{50}$ の関係を図-3に示す。

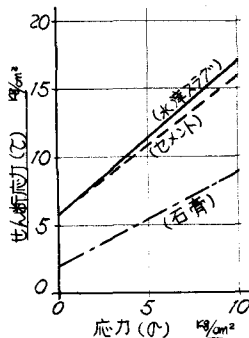


図-2 $\sigma_1 \sim \sigma_3$

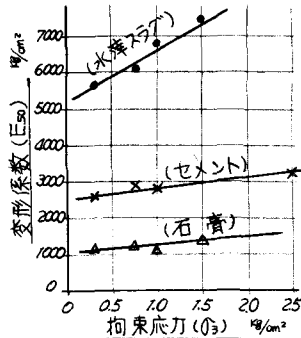


図-3 $\sigma_3 \sim E_{50}$

表-3 配合表

	埋土(Wa)	CaSO ₃ ·½H ₂ O	水滓スラグ	セメント
SP-15	1	Wa × 0.3	(粉) Wa × 0.15	——
SP-30	1	Wa × 0.3	([○]) Wa × 0.3	——
SG-15	1	Wa × 0.3	(粒) Wa × 0.15	——
SG-30	1	Wa × 0.3	([○]) Wa × 0.3	——
C-30	1	Wa × 0.3	——	Wa × 0.3

表-4 試験結果

		SP-15	SP-30	SG-15	SG-30	C-30
突固め試験	W_{opt} (%)	14.00	13.70	11.50	11.50	12.80
	W_{max} (%)	1.840	1.832	1.895	1.880	1.852
	f_c ([○])	2.100	2.095	2.112	2.095	2.093
	$W_{ca opt}$ (%)	32.0	38.0	17.0	17.0	39.0
一軸圧縮試験	材令7日 f_u	56	80	2	3	90
	材令49日 E_{50}	25600	24900	120	260	25000
一軸圧縮試験	材令7日 f_u	114	105	4	5	136
	材令49日 E_{50}	33700	35400	100	700	55400

2-2 現場試験のための予備試験
 今までの室内試験の結果、路床路盤への利用を考え現場試験を行うため、現場より試料を採取し、現在室内試験を実施中であるがその結果の一部を表-3、4に示す。

3 おすび

これまで実施して来た試験は、排煙脱硫の副生産物の処理の問題が生じその有効利用策として土質材料に添加して来たものであるが、今迄これかどのような土に適応し、どのような方法で含水比を調整し、混合、乾圧していけばよいか或いはその添加率等、課題を多く残しているが小規模ながら現場試験を計画しているため、少しでも課題を解決し実用化していく予定である。

この亜硫酸カルシウムに水滓スラグを加えたものが、土質安定処理工法の一つとして効果があるものならば、水滓スラグは製鉄所での残渣であるから安価に入手できるため、経済的にも強度的にも非常に有利なものと考えられる。