

III-38 水中打設するソイルセメント工法の研究(その5)

—— 石炭灰を利用したソイルセメントの性状 ——

㈱大林組技術研究所 正会員 喜田大三
 正会員 ○久保 博
 正会員 漆原知則

1. まえがき

混練したソイルセメントを水中に打設し、水域に均一な固化地盤を造成する工法において、ソイルセメントは、土砂系材料・セメント・水・粘結剤(必要に応じて添加)などによって作製する。ここで、土砂系材料には、砂質土や粘性土だけでなく、現場で入手できる各種の細粒材を利用できる。¹⁾

一方、石炭灰は、日本で石炭火力発電所などから約400万ton/年発生し、その約半分が埋め立てなどによって処分されている。石炭灰の発生地に近い工事では、石炭灰を安価で大量に入手することが可能になる。また、石炭灰は、自硬性を有し、ポゾラン反応性に富んでいる。

そこで、石炭灰を用いた上記ソイルセメントの流動性、固化特性、水中分離抵抗性について調査した。

2. 供試材料と実験方法

2.1 供試材料 異なる火力発電所から入手したT、J、I、Sの4種の石炭灰(フライアッシュまたはフライアッシュ主体)を用いた。Tは湿潤状態、他は乾燥状態の灰である。粒度を図-1に示す。

また、セメントは普通ポルトランドセメント、混練水は人工海水、粘結剤はセルロース系とした。

2.2 実験方法 (1) 流動性試験 所定配合で混練し、Pロートによる流下時間(以下、 T_f)と小型スランブコーンによる広がり径すなわちスランブフロー(以下、 F_s')を測定した。小型スランブコーンは、JISコンクリート試験のスランブコーンの1/2の大きさである。二つのコーンによる値には相関が認められ、例えば F_s' の20cmはJISのコーンでは約53cmであった。(2) 固化試験 ホバート型ミキサーを用いて、石炭灰とセメントを2分間、水を加えてさらに3分間混練し、 $\phi 5\text{cm} \times h 10\text{cm}$ モールドに詰め、 20°C で養生後、一軸圧縮強度を測定した。(3) 水中分離抵抗性試験

上記と同様に作製したソイルセメント(一部、粘結剤を添加)500gを予め水道水800mlを入れた1ℓビーカーに、10等分して水面から10~20秒間で投入し、直後に水のpHとSSを測定した。

3. 結果と考察

3.1 流動性 この工法では、通常、ソイルセメントをポンプ打設し、セルフレベリング性によって、水底に緩やかな勾配で流動させるので、流動性は重要である。

図-2のように、水量とともに、 F_s' は増大し、 T_f は減少した。そして、各灰とも、セメント無しとセメント100kg/m³では、水量~流動性曲線が類似していた。また、一定の流動性を得るのに要する水量は、石炭灰によって大きく異なり、 $I < J < S \leq T$ の順であった。この理由として、石炭灰の粒径ならびに粒子の界面化学的性質の差異などが考えられる。

3.2 固化特性 表-1のように、

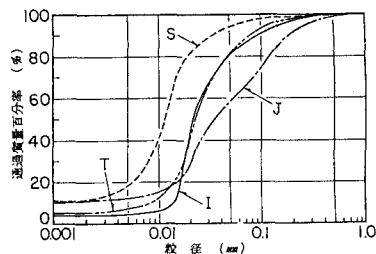


図-1 石炭灰の粒度

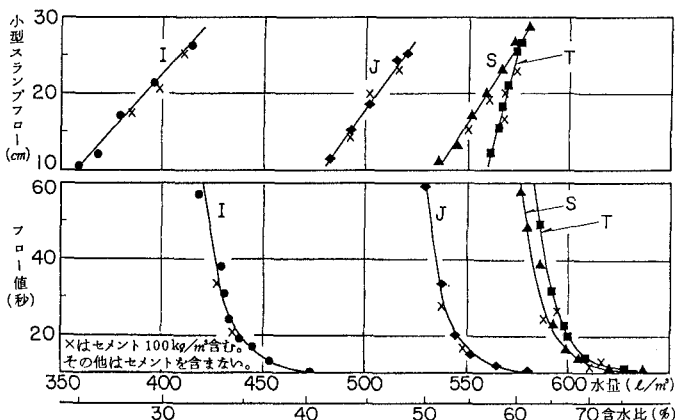


図-2 水量と流動性の関係

灰 種	配 合 (kg/m ³)			W/A	W/C	小型スラン プフロ ー (cm)	一軸圧縮強度 q_u (kgf/cm ²)				密度 (g/cm ³)	B*
	灰 A	セメント C	水 W				7日	14日	28日	91日		
I	1332	25	399	0.300	0.063	19	9.2	15.5	19.8	20.9	1.75	4
	1323	50	397	0.300	0.126	20	20.2	30.5	42.5	56.2	1.75	4
	1313	100	394	0.300	0.254	20	40.0	56.2	79.8	100.9	1.78	3
J	1054	25	506	0.480	0.049	22	2.6	7.4	8.2	11.8	1.56	4
	1045	50	502	0.480	0.100	20	4.7	9.2	15.9	21.5	1.55	4
	1037	100	498	0.480	0.201	21	9.3	18.1	41.9	66.5	1.59	4
S	975	25	566	0.581	0.044	21	1.5	1.8	2.9	3.5	1.55	4
	967	50	561	0.580	0.089	19	2.5	5.0	6.9	10.6	1.56	3
	949	100	551	0.581	0.182	20	8.7	18.0	25.9	38.5	1.59	3
T	956	25	573	0.599	0.044	20	0.6	1.8	2.2	2.4	1.51	5
	948	50	568	0.599	0.088	20	2.2	4.0	6.3	8.0	1.54	4
	940	100	564	0.600	0.177	21	6.1	12.6	18.0	24.6	1.56	4

* B : ブリージング率

表-1 固化試験の配合と結果

強度 (q_u) は、石炭灰によって異なるが、いずれも山砂などの場合よりも大きく、特に I、J では非常に大きかった。このことは、石炭灰のポゾラン反応性などによると考える。

つぎに、配合と q_u の関係として、まずセメント/水比 (C/W) と q_u の関係を調べた。一例を図-3 に示す。個々の石炭灰では、直線関係が認められ、(1) 式が成立した。

$$q_u = \alpha + \beta \cdot C/W \quad \text{----- (1)} \quad \alpha, \beta : \text{定数}$$

しかし、石炭灰が異なると、図-3 の直線が別々になり、(1) 式では十分でない。さらに検討し、(1) 式の β が水/石炭灰比 (W/A) に強く影響されることを認め、(2) 式を考案した。

$$q_u = \alpha + (\beta_1 + \beta_2 \cdot W/A) \cdot C/W \quad \text{----- (2)}$$

α, β_1, β_2 : 定数

(2) 式を28日材令について、4つの石炭灰を包括した形で適用した結果を下記および図-4 に示す。

$$q_u 28 \text{ 日} = -3.8 + (560 - 710 W/A) \cdot C/W$$

(相関係数 r : 0.993)

このような高い相関係数は、他の材令についても認められ、(2) 式がある範囲の流動性の石炭灰使用ソイルセメントの配合と強度の関係式として極めて有用であることが示唆された。

3. 3 水中分離抵抗性 この工法では、打設時の水質汚濁を抑え、固化地盤を均一にするため、一般にソイルセメントの水中分離抵抗性が重要である。結果の例を図-5 に示す。pH 及び SS は、 F_s' と伴に増大した。また、それらは、粘結剤の添加によって減少し、粘結剤の分離低減効果が認められた。

4. まとめ

石炭灰を用いた水中打設ソイルセメントにおいて、水量と流動性の関係、配合と固化強度の関係式、粘結剤による水中分離抵抗性の向上に関する知見を得た。

[文献] 1) 喜田、久保、漆原：水中打設ソイルセメント工法の研究 (その1、2)、第41回土木学会Ⅲ225-228、1986

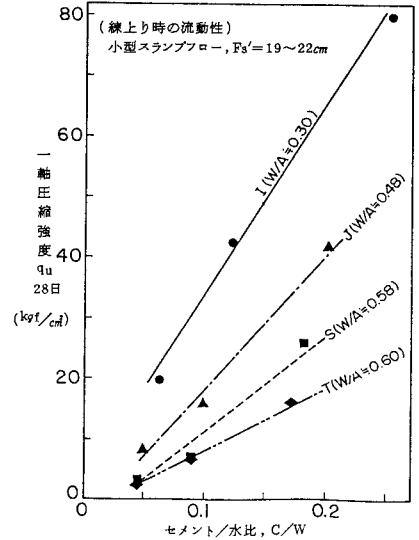
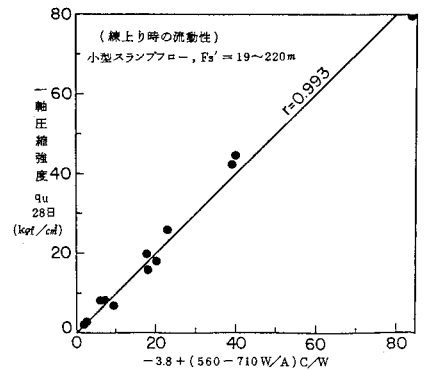
図-3 C/W と q_u 28日の関係

図-4 実験式による値と実測の強度の関係

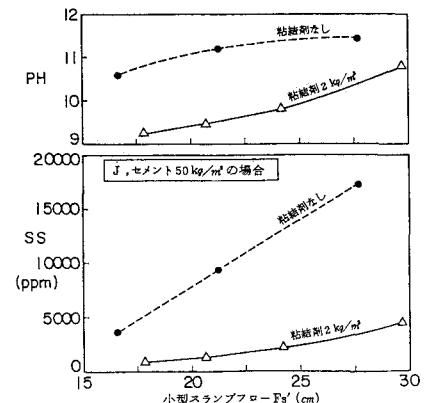


図-5 水中分離抵抗性試験の結果