

Ⅲ-412 石炭灰パイルに関する基礎的実験

戸田建設機技術研究所 正会員 橋本 司
 同 上 正会員 窪田敬昭
 同 上 正会員 関根一郎

1. まえがき

石炭灰の有効利用の一つにスラリー状から形成する硬化体がある。石炭灰パイルは泥炭等の軟弱地盤に石炭灰スラリーを柱状に打設し、複合地盤として地盤強化を図る硬化体パイルである。

石炭灰パイルは、必要強度を有し連続して形成されなければならない、セメントなどの硬化剤の添加が不可欠となる。本実験では、普通ポルトランドセメントに加えて土壌硬化剤の添加を試み、数種類の配合による石炭灰スラリーの流動性の比較と硬化剤の添加率を決めるための配合試験を行った。また、施工中の現場を対象にして泥炭の模擬地盤をつくり、この配合方法による石炭灰スラリーの室内打設実験を行い、石炭灰パイルの強度および連続性を確認した。

2. 石炭灰および硬化剤等の性質

表-1 石炭灰の物性、化学組成

実験に用いた石炭灰の物性と化学組成を表-1に示す。硬化剤には、普通ポルトランドセメントおよび土壌硬化剤Tを使用した。土壌硬化剤Tは無機系

種 類	比重	D ₅₀ (μ)	Ig.Loss (%)	化 学 成 分 (%)				
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
石炭灰A	2.13	24	5.9	58.8	29.2	1.2	0.1	0.1

成分の元素（アルカリ金属、アルカリ土金属、炭素、窒素、ハロゲン、鉄族等）を混合した液状化合物でセメント成分との共有結合により、特に高有機質土に対する硬化作用が著しい土壌硬化剤である。石炭灰パイル周囲の泥炭接触による強度低下を防ぐために効果があることが確かめられている。

3. 配合試験

3.1 試験概要

石炭灰、セメント、水および土壌硬化剤Tを各種配合により混合攪拌して石炭灰スラリーをつくり、各添加量に対する流動性および強度との関係を調べた。流動性はリオンメーターによる粘度測定とフロー試験（JIS R 5201）により判定し、強度は直径5cm×高さ10cmの供試体の一軸圧縮試験によった。石炭灰パイルによる複合地盤には盛土等の荷重が早期にかかるため、主に材令7日の一軸圧縮強さについて比較した。

3.2 試験結果と考察

リオンメーターによる粘度測定は、水量が30%以上において可能であり、図-1に示すよう水量に反比例して粘性が小さくなり、この関係を用いると石炭灰スラリーの配合における水量を求めることができる。後述の室内打設実験では、この図-1から打設ポンプの能力に適する試料のコンシステンシー（2,500cp～3,500Ccp）を得るために必要な水量（34%）を求めた。フロー試験では、図-2に示すように水量が30%を越えるとフロー値のバラツキが大きくなる。このようにリオンメーターを用いた粘度測定およびフロー試験の2方法による流動性の判定は、共に測定範囲が限られるため、実際に使われる石炭スラリーの必要なコンシステンシーから判断してこの2つの判定方法の使い分けをする必要がある。

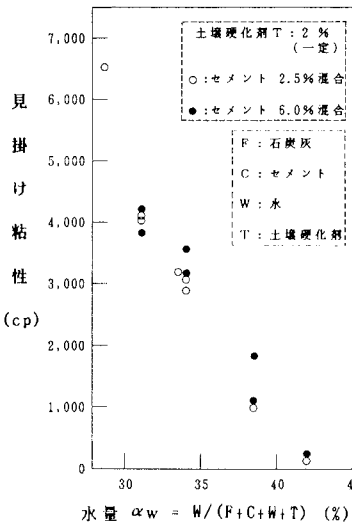


図-1 水量と粘性の関係

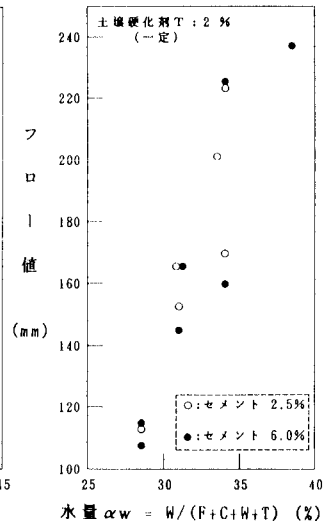


図-2 水量とフロー値の関係

図-3は、石炭灰とセメントに対する土壌硬化剤の添加率 αT を変化させた場合の一軸圧縮強さを示す。この図から材令7日では、 αT を1～3%に変えても一軸圧縮強さの増加には大きな差は見られないが、材令28日では、2%まで顕著な強度増加が見られ

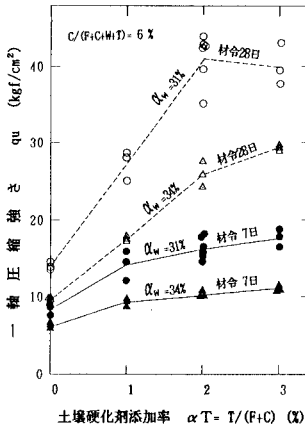


図-3 土壌硬化剤Tの添加率と一軸圧縮強さ

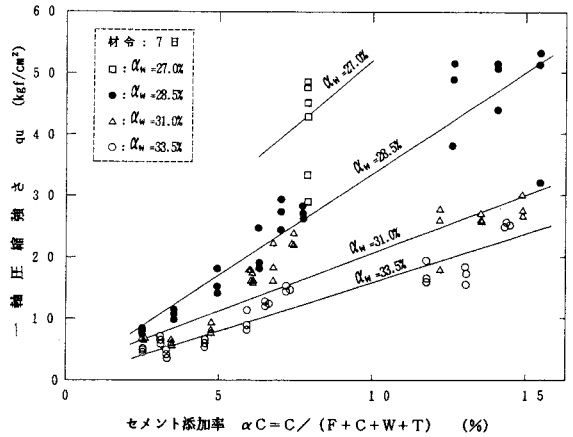


図-4 セメント添加率と一軸圧縮強さ

る。石炭灰パイルは打設後の早期効果を期待することから材令7日の結果を重視しなければならないが、現場混合による強度低下および経済性を考慮して、土壌硬化剤Tの添加率を2%とした。

図-4は、同添加率の場合の一軸圧縮強さを示したものであり、水量が30%前後のセメント添加率に対する一軸圧縮強さの増加傾向が読み取れる。これらの配合実験により、石炭灰パイルの必要強度等の仕様および施工条件が示されれば石炭灰スラリーの配合を容易に決定することができる。

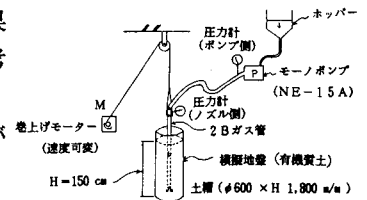


図-5 打設実験装置

4. 室内打設実験

4.1 実験概要

本実験は、石炭灰パイルの打設を検討しているA現場を対象とし、パイル径を確保するための石炭灰スラリーの圧送速度と打設管の引抜き速度との関係、および軟弱地盤（泥炭）中に打設する石炭灰パイルの連続性等の形成状態を把握するために行った。実験装置は図-5に示す通りであり、模擬地盤は、A現場の有機質土（泥炭、単位体積重量 $\gamma_t = 1.03\text{g/cm}^3$ 、含水比 $W = 470\%$ 、 $q_u = 0.21\text{kgf/cm}^2$ ）を用い原地盤とはほぼ同等の強度とした。石炭灰スラリーの配合は、打設ポンプ（吐出量 $0.1 \sim 0.4\text{ m}^3/\text{hr}$ ）の能力に合わせて全重量に対する比で、石炭灰を61.6%、セメントを3.1%、水を34.0%、および土壌硬化剤Tを添加率で2%とした。

4.2 実験結果と考察

圧送開始直後のパイルは目標径（パイル NO.1-80mm、パイル NO.2-70mm、パイル NO.3-60mm）より太くなる傾向（図-6）にあるが、このパイルの下部50cm部分を除いた安定圧送部分では推定パイル径（表-2）にほぼ等しく、パイル径の推定が可能である。パイルは連続しており、強度は目標強度 $q_u = 4\text{kgf/cm}^2$ を満足している。

5. あとがき

本実験では、石炭灰スラリーの配合と打設管理について、これらの基本的なもの確かめて見た。材料の配合方法はつかめたがパイル径を確保するための圧送制御には追求の余地があり、圧送時の石炭灰の分離についてもその影響を調べる必要がある。

表-2 石炭灰パイル打設実験結果

パイル NO.	引抜き圧力 (kgf/cm²)	引抜き回転数 (rpm)	推定流量 (l/min)	引抜き速度 (m/min)	推定パイル径 (mm)	実パイル平均径 (mm)	実パイル平均強度 q_u (kgf/cm²)
1	1.65	228	2.33	0.402	86	87	4.3
2	1.72	226	2.31	0.639	68	73	4.4
3	1.65	226	2.31	0.731	63	70	6.1

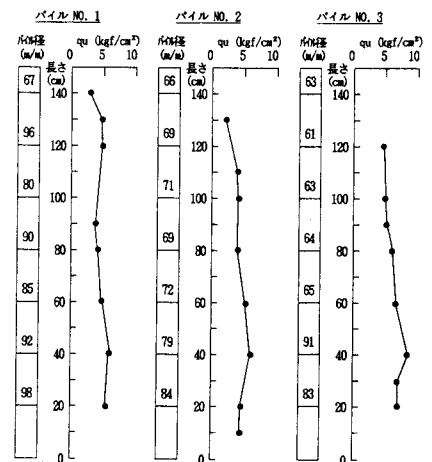


図-6 パイル径と一軸圧縮強さ