

低強度モルタルの埋戻し工法に関する研究

九州工業大学 学 真 榮 浩 九州工業大学 正 出 光 隆
同上 正 山崎竹博 同上 蔵 重 勲

1. はじめに

製鉄産業から排出される水の処理過程で発生する中和スラッジを低強度モルタル用の細骨材として再利用する方法について検討してきた。ペレットの製造方法や特性,配合と強度および流動性の関係等については既に報告している。¹⁾²⁾

本報告では直径10cm,長さ1mの鋼管を実際に土質材料と低強度モルタルで埋設して交通荷重に相当する載荷に対する挙動を測定し,比較検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

2.1.1 中和スラッジペレット

細骨材に用いる中和スラッジペレットはスラッジの含水率を下げた後,重金属安定化処理剤を加え,セメントと炭酸カルシウムを混合してアイリヒミキサーにより造粒した。細骨材としての諸性質を表1に示す。

2.1.2 未調整フライアッシュ(石炭灰)

本実験では火力発電所から生じるフライアッシュを強度調整用の混和材として未調整の状態で使用したが,その材料特性はJIS規格を満たす結果であった。ちなみに比重は2.23,比表面積 $3,649\text{cm}^2/\text{g}$,湿分0.14%,強熱減量1.57%である。

混和剤にはモルタルの流動性向上のため,ポリカルボン酸エーテル系複合体を主成分とする高性能AE減水剤を使用した。

目標フロー値は250mmである。

2.2 低強度モルタルによる埋め戻しと載荷試験

図1に示す鋼管を低強度モルタルを用いて埋め戻した。比較のためまき土を用いて埋め戻した供試体も同時に作製した。埋戻しモルタルの作製は先ずセメント,石炭灰,中和スラッジペレットを30秒間空練りし,その後,水と減水剤を加え2分間本練りを行った。打設後は24時間空中養生を行った。

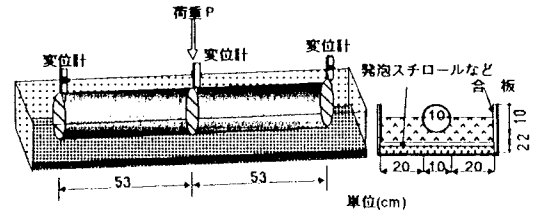


図1. 載荷試験の様子

表1. 中和スラッジペレットの物理的諸性質

表乾比重	2.27
飽乾比重	2.07
吸水率(%)	9.88
粗粒率	2.64
実積率(%)	64.3

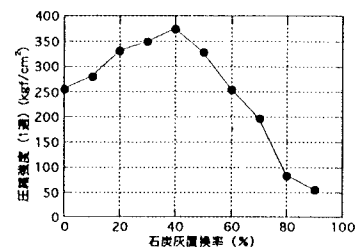


図2. fa/bと圧縮強度の関係

3. 実験結果および考察

3.1 配合と強度試験結果

低強度モルタルの配合を決定するため石炭灰置換率($f a/b$)と圧縮強度の関係を調べた(図2)。石炭灰置換率($f a/b$)は結合材中に占める石炭灰の体積率である。目標の圧縮強度 $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下の低強度モルタルを得るためには, $f a/b$ が90%以上であることが必要である。そこで,表2のような配合でモルタルを練混ぜ,フロー試験および強度試験を行った。配合表中の s/m はモルタル中に占める細骨材の体積率である。

その結果,図3,図4に示すフロー値および圧縮強度を得たがフロー値250mm前後,圧縮強度 $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下となるのは配合No.3-4であった。

3.2 載荷試験結果とその解析

モルタルおよび土質材料を用いて埋め戻した鋼管供試体の載荷試験結果を表3,図5に示す。また,モルタルの強度試験の結果を表4に示す。表3で荷重4t fに対する中央点の変位の最大値は土質材料で2.2mm,モルタルで1.0mmであり低強度モルタルを用いた場合,土の2分の1程度の

表2. 配合表

No.	W/B (%)	s/m (%)	fa/b (%)	電水割合 B (%)	単位量 (kg/m³)			
					W	B		S
						C	fa	
1-1	54	40	90	0	334	83.6	534	908
1-2				0.2				
1-3				0.4				
1-4				0.6				
2-1	54	40	95	0	331	42.3	570	908
2-2				0.2				
2-3				0.4				
2-4				0.6				
3-1	60	40	90	0	348	78.7	503	908
3-2				0.2				
3-3				0.4				
3-4				0.6				

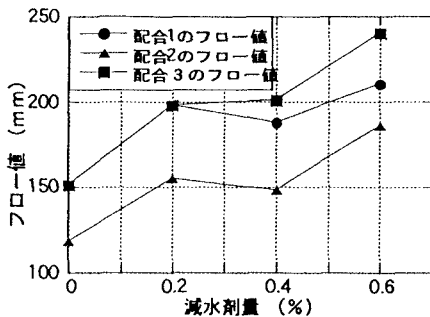


図3. 減水剤量とフロー値の関係

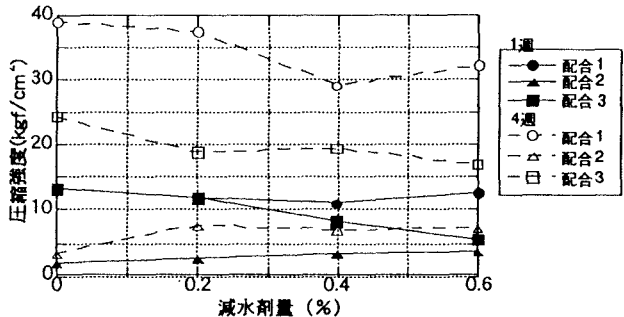


図4. 減水剤量と圧縮強度の関係

変位量となった(図5)。表3の結果をもとに土質材料およびモルタルを弾性ばね、鋼管をその上の無限梁と仮定して解析を行った。次式からばね定数 k を求めた。

$$\omega(x) = \frac{P\beta}{2k} e^{-\beta x} (\cos(\beta x) + \sin(\beta x))$$

$$\beta^4 = \frac{k}{4EI} \quad \omega(x): \text{位置 } x \text{ でのたわみ, } P: \text{ 載荷荷重,}$$

k : ばね定数, EI : 鋼管の曲げ剛性

このばね定数 k を鋼管の直径10cmで除して支持力係数を求めた。また、道路および飛行場の舗装厚さの設計等のため路床、路盤の支持力を評価する最も代表的な数値である路床土支持力比(CBR)と支持力係数の関係も求めた。表3より土質材料の路床土支持力比(CBR)は57~81%であり、「路床土として粒度分布の良い砂」の8~40%と比較して良く締め固められていることが分かった。モルタルの場合は105~235%と土の場合に比べて3倍程度の値であり十分な強度があると同時に、圧縮強度は4週でも1.7Mpaであり人力による再掘削も可能である。

4. まとめ

本研究から得られた埋戻し用低強度モルタルに関する知見を以下にまとめる。

- 1) 結合材中に占める石炭灰の体積置換率を大きくすることで路盤埋戻し用として適度な圧縮強度を持った低強度モルタルを得ることができる。
- 2) 低強度モルタルを用いて埋め戻した鋼管の載荷点での変位量は、土で埋め戻した場合の約2分の1の量であった。同程度の荷重がかかった場合、埋設物への影響は、低強度モルタルを用いて埋め戻した場合の方が少ないと考えられる。
- 3) 低強度モルタルを用いて埋め戻した場合、路床土支持力比(CBR)は105~235%であり、一般的な路床土のCBR8~40%に比較して十分な支持力を有することが分かった。

表3. 土とモルタルの支持力係数

荷重 (tf)	中央点の変位 (mm)		支持力係数 (kg/cm)		路床土支持力比	
	土	モルタル	土	モルタル	土	モルタル
1	0.7	0.5	14	24	57	105
2	1.2	0.6	17	38	71	172
3	1.7	0.8	18	51	76	235
4	2.2	1	19	51	81	235

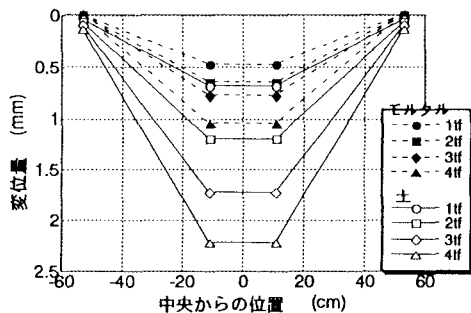


図5. 変位量

表4. 強度試験結果

	圧縮強度 (Mpa)	曲げ強度 (Mpa)	弾性係数 (Gpa)
1週	0.55	0.38	1.01×10^4
4週	1.69	0.56	2.81×10^4

【参考文献】1) 山本博, 渡辺明, 出光隆, 山崎竹博, 産業廃棄物を用いた路盤埋戻し用超低強度モルタルに関する研究, 平成7年度土木学会西部支部研究発表会講演要旨集, pp908-909. 2) 山崎竹博, 出光隆, 渡辺明, 埋戻し材としての低強度モルタルに関する基礎的研究, セメント・コンクリート論文集, No50, 1996, pp820-825. 3) 北九州市水道局土木工事施工管理基準, 昭和63年10月