

産業廃棄物を用いた路盤埋め戻し用超低強度モルタルに関する研究

九州工業大学 学 山本 博 九州共立大学 正 渡辺 明
九州工業大学 正 出光 隆 九州工業大学 正 山崎竹博

1. はじめに

製鉄産業における産業廃棄物の一つに中和スラッジがある。これは、重金属を含んだ廃液を中和処理する際に排出されるもので、廃棄する際には有害な重金属が溶出しないうに安定処理を施している。これまでは主に埋め立て廃棄されてきたが、適地の減少、環境保全等の問題から、その処理は困難な状況になっている。そこで、中和スラッジをセメント材料でベレット状（中和スラッジベレット）に造粒し、高強度を必要としない路盤埋め戻し用モルタルの細骨材として有効利用する方法を検討した。本方法によれば、重金属等をセメントで吸着することにより二重の安全性が確保できる。

一般に、開削した路盤埋め戻しの際、周囲の路盤の剛性と同程度に埋め戻し材を締固めることが必要であるが、地中に埋設された管の周辺部ではそれが困難である。本工法では、中和スラッジを埋め戻し用モルタルとして有効利用することに加え、路盤埋め戻しの際の締固めが省略され、資源の有効利用、配管の保護及び省力化施工が可能になる。

表-1 中和スラッジベレットの物理的諸性質

表乾比重	2.23
絶乾比重	1.89
吸水率(%)	15.1
粗粒率	2.64
実積率(%)	64.3

2. 実験概要

2-1 中和スラッジベレット

細骨材に用いる中和スラッジベレットは、重金属安定化処理剤を加えた中和スラッジにセメントと炭酸カルシウムを加え、アイリッシュミキサーにより造粒を行った。その諸性質を表-1、図-1に示す。ベレットは造粒の際、内部に空隙が残るため、通常使用される細骨材と比べ比重は小さく、吸水率は大きくなっている。粒度分布は基準の範囲内であるため、粒度調整の必要はない。

また、ベレットの耐久性を調べるため、JIS A 1122に基づくベレットの安定性試験を行った。表-2にその結果を示す。損失重量百分率が10%以下となっており、骨材としての安定性は十分であると言える。

2-2 石炭灰

路盤に必要な強度は、一般のモルタルと比較して非常に小さく、このような超低強度かつ流動性の良いモルタルを作製する目的で、石炭灰を混和材として使用した。ここで言う石炭灰は火力発電所の石炭燃焼に伴うフライアッシュ原粉を意味する。今回使用した石炭灰はオーストラリア産のユーラン炭で、比重2.23、強熱減量1.57%のものである。

2-3 混和剤

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。

2-4 モルタル作製方法

モルタル作製は20℃の恒温室内で行い、モルタルミキサーを用いて練混ぜた。先ずセメント、石炭灰、中和スラッジベレットを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、20℃養生室内で気中養生した。

3. 実験結果および考察

3-1 ベーストの凝結試験

結合材中に石炭灰を体積率で90%、95%置換したのについて凝結試験を行った。

結果は表-5に示すように、標準軟度を得るための練混ぜ水の相違によって違いはあるがどちらもセメントの凝結の規格である始発時間60min以上、終結時間10h以下を満足している。また、石炭灰が多く含まれているものの方が始発、終結ともに早くなった。

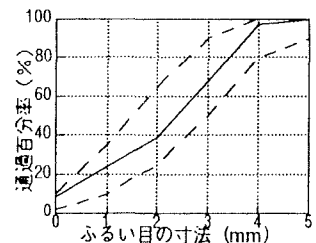


図-1 粒度分布曲線

表-2 ベレットの安定性試験

ふるいの寸法 (mm)	各群の重量百分率 (%)	各群の損失重量百分率 (%)	骨材の損失重量百分率 (%)
~2.5	3.0	—	0.7
2.5~1.2	29.1	22.7	6.6
1.2~0.6	28.8	0.1	0.0
0.6~0.3	15.4	1.7	0.3
0.3~0.15	15.0	—	—
0.15~	8.7	—	—
計	100.0	—	7.6

表-3 凝結試験結果

石炭灰置換率	90% (h-min)	95% (h-min)
始発	1-58	1-36
終結	5-27	4-30

この結果から、実際に使用する際、不都合は生じないと考えられる。

3-2 配合とフロー値

モルタルフロー値250mm以上、圧縮強度20kgf/cm²以下を目標として配合設計を行い、表-4に示す配合を決定した。配合表中のs/mはモルタル中に占める細骨材の体積率、f a/bは結合材中に占める石炭灰の体積率である。

配合試験では少ない混和剤量で水の分離を防いで高流動化を図り、かつ低強度を達成する配合を検討した。その結果、W/Bを40～45%程度、f a/bを90～95%に選んだ。モルタルフロー試験の結果を表-5に示す。

結果からモルタルフローには、減水剤の影響が最も大きいことが分かる。図-2に示す実験から、モルタルフローはフライアッシュの置換率80%程度までは置換率によらずほぼ一定であるがそれ以上では置換率にともない低下する。本実験でもf a/bが90%の配合の方が95%のものより大きなフロー値となっている。配合1-2は砂率が小さいためブリーディングを起こし、フロー値が大きくなっている。

3-3 配合とモルタル強度

圧縮強度試験の結果を表-4、図-2に示す。

f a/bが90%の配合の圧縮強度は、全て10～20kgf/cm²となっているが、f a/bが95%のものは全て10kgf/cm²未満である。このことよりa s/bが圧縮強度に強く影響を及ぼしていることが分かる。また、ここで定めた配合の範囲ではいずれの配合でも20kgf/cm²未満であり目標の強度が得られている。図-2には材齢に伴う強度発現を示している。同図から材齢7日以降の強度の伸びは極めて小さいことが分かる。また材齢7日から28日間に強度低下の見られるものがある。その原因として、ベレットが多孔質であり乾燥が早いこと、ブリーディングの有無による供試体間のばらつきなどが考えられる。3箇月強度試験結果と合わせて結論したい。

4. まとめ

実験結果から得られた中和スラッジベレット使用モルタルに関する知見を以下にまとめる。

- ・中和スラッジベレットの骨材としての安定性は十分満足される。
- ・石炭灰を混和材として大量に用いても、始発・終結時間に関して不都合が生じることはない。
- ・高性能AE減水剤量を調整することで、目標フロー値を得ることができる。
- ・石炭灰の置換率を変化させることで、目標とする超低強度のモルタルを得ることが可能である。
- ・ベレットを使用したモルタルの強度は材齢1週以降の伸びが小さい。

表-4 モルタル配合表

配合N0.	W/B (%)	s/m (%)	f a/b (%)	減水剤量 B× (%)	単位重量 (kg/m ³)		
					W	B	
						C	F A
1-1	40	40	90	0.4	334	83	535
1-2				0.6			
1-3				0.4		42	564
2-1	45	50	90	0.4	292	65	417
2-2				0.6			
2-3			95	0.4		33	440
2-4				0.6			

表-5 フロー・圧縮強度試験結果

配合N0.	フロー値 (mm)	圧縮強度 (kgf/cm ²)		
		3日	7日	28日
1-1	287	14.2	17.2	15.7
1-2	344	14.4	19.5	15.5
1-3	250	4.2	6.5	8.1
2-1	265	12.0	13.9	11.9
2-2	296	12.5	14.7	15.2
2-3	219	4.0	5.3	6.1
2-4	215	3.5	4.3	2.8

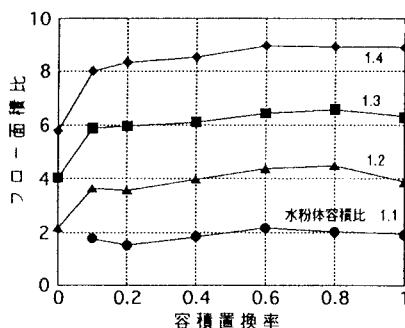


図-2 フライアッシュ置換率とフロー値の関係

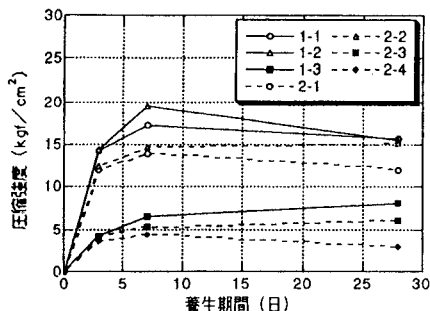


図-3 圧縮強度の変化