

III-445 シールド工事における石炭灰利用の可能性に関する一考察

NTT北海道設備建設センタ 正会員 岡本 保幸
NTT北海道設備建設センタ 佐藤 厚司
NTT北海道設備建設センタ 正会員 ○今野 敏明
協和電設㈱ 技術研究所 正会員 宮前 悦則

1. はじめに

シールド工事に使用されている粘性付与材（泥漿材）及び裏込め注入材には、現在、陶土を主成分としたものを使用している。粘性付与材とはバインダ分の少ない地山を切削する際の切り羽の安定化、カットヘッドの損耗等を少なくするために用いるものであり、裏込め注入材とはマシンのテールボイドを充填させるものとして使用されるものである。

最近、石炭灰の有効利用のための各種研究がなされているが、本報告では、陶土をこの石炭灰に置き換えて、所定の性能を有する粘性付与材及び裏込め注入材の最適配合を見つけるための検討を行ったものである。

2. 石炭灰の現状と特性

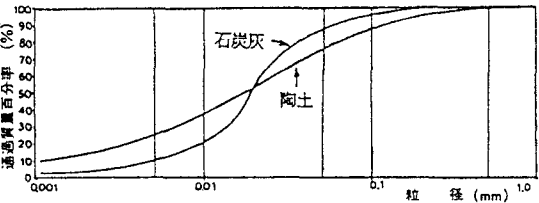
石炭灰は石炭燃焼後の灰の総称であり、北海道における産出量は、年間約150万tに達している。最近、その利用方法も埋戻材、路盤材、セメント混和材等に及び、その利用率は産出量の約30～40%となっている。石炭灰の特性は、次のとおりである。

表1 石炭灰と陶土の化学組成（主成分）（%）

- ① 石炭灰の化学組成は表1に示すとおりであり、陶土と同様SiO₂が主成分となっている。また、石炭灰中に含まれる石灰分により自己硬化性がある。

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Feo	CaO	Mgo	その他
石炭灰	50～55	25～30	1～7	—	1～7	1～2	～10
陶土	60～75	—	—	5～8	10～25	—	～7

- ② 比重は、2.2程度で、砂に比べて軽量である。
- ③ 粒径加積曲線は図1に示すとおりで、平均粒径が10～30μであり、その形状も球状であるため、流動性に富む。



3. 粘性付与材への適用検討

図1 石炭灰と陶土の粒径加積曲線

石炭灰を用いた最適配合を見つけ出すため、3種類のベントナイトに対して実験を行った。実験は、水、ベントナイト、石炭灰の順に、ハンドミキサにより混合攪拌して、C型回転粘度計でみかけ粘性を測定し、さらにフロー試験、ブリージング試験を行った。なお、最適配合の決定にあたっての目標を次のとおり設定した。

- ① 初期みかけ粘性：8000～12000cp ② フロー値：15cm程度
- ③ 時間経過による粘性変化が小さいこと ④ 付着性が小さいこと

3. 2 実験結果及び考察

表2に実験結果を示す。これより以下のことがいえる。

表2 各試料の配合と特性（粘性付与材）

試料 NO	配 合 (kgf)					性 質				適 否	
	ベントナイト			陶 土	石炭灰	水 (11%)	初期みかけ 粘性 (cp)	フロー値 (cm)	付着度 大、中、小		記事欄
	A	B	C								
1	350			250		750	5000	26.0×26.0	中	経時粘性大	
2	350				250	750	7000～ 7500	17.3×17.1	中	経時粘性大	
3		150		450		750	3400	22.0×19.5	中	初期粘性小	
4		150			450	750	12000～13000	12.6×12.8	小	フロー値小	
5		150			450	850	9000	14.7×14.8	小		○
6			50	550		750	1500～ 2000	26.5×26.8	中	初期粘性小	
7			50		550	750	8000～ 9000	18.5×18.7	小		○
8			50		550	850	4600～ 5000	19.0×19.5	小	初期粘性小	

- ① 石炭灰は、陶土に比べてみかけ粘性が高い傾向にあるが、付着性に関しては切れの良い材料といえる。
- ② 石炭灰を使用する場合においても、陶土の場合と同様、ベントナイトの使用量はその種類に大きく左右される。

4. 裏込め注入材への適用検討

4. 1 実験概要

水、起泡剤、ベントナイト、石炭灰、セメント、消石灰の順に、ハンドミキサにより混合攪拌して、C型回転粘度計でみかけ粘性を測定した。さらにフロー試験、ブリージング試験を行った。次にケイ酸ソーダ水溶液を投入し、ゲルタイム測定後、1時間、1日、28日の一軸圧縮強度試験を行った。なお、最適配合の決定にあたっての目標を次のとおり設定した。

- ① 初期みかけ粘性：1500cp以下
- ② フロー値：25cm程度
- ③ ブリージング：なし
- ④ ゲルタイム：5～10秒
- ⑤ 付着性が小さいこと
- ⑥ 一軸圧縮強度（1hr）：1.5 Kgf/cm以上
- ⑦ ケイ酸ソーダ水溶液投入前の時間経過による粘性変化が小さいこと

4. 2 実験結果及び考察

表3、表4に実験結果、図2に一軸圧縮試験（1hr）後の供試体状況を示す。これより以下のことがいえる。

- ① 陶土を石炭灰に置き換えても、裏込め注入材として十分な強度が確認された。
- ② セメント量を一定とした場合、石炭灰を少なくした配合の方がゲル体の発現強度が高い。これは、石炭灰に遅延効果があることを意味している。
- ③ 消石灰は、気泡の安定効果とゲルタイムの急結性の向上効果があるが、ある量を超えると時間経過粘性の増大を招く。

なお、石炭灰は陶土に比べて粘土分が少ないため、攪拌特性が良いこともわかった。

5. あとがき

今回の実験結果から、粘性付与材及び裏込め材に石炭灰を使用した配合のもので、所定の性能が得られることがわかった。今後は、今回の室内試験の結果をもとに、この7月より実現場において、さらに適用検討して行くこととする。

6. 参考文献

- 1) 北海道電力株式会社 技術研究所：石炭灰の土木材料への利用，研究報告第302号，1982
- 2) 安保良一 他：白鳥大橋築島中詰材の試験工事について，北海道開発局技術研究発表会，pp299～304，1986
- 3) 橋本 司 他：石炭灰パイルに関する基礎的実験，土木学会第42回学術講演会概要集第3部，pp846～847，1987

表3 各試料の配合（裏込め注入材）

試料 NO	配 合 (kg/l)						
	セメント	ベントナイト	陶 土	石炭灰	水 (11%)	消石灰	気泡剤
1	300		260		450	40	2.0
2	300	30		300	500	20	0
3	300	30		300	600	20	0.6
4	300	30		350	600	25	0.6
5	300	30		350	600	20	0.6
6	300	30		400	600	20	0.6
7	300	30		400	600	20	0.89

表4 各試料の特性（裏込め注入材）

試料 NO	性 質							
	初期みかけ 粘性 (cp)	フロー値 (cm)	ブリージ ング (cm)	ゲルタイム (秒)	付着性 大, 中, 小	一軸圧縮強度 (1hr) (15)	記事欄	通 否
1	1400	24.5×25.5	0	7.0	中	1.6 14.0	従来の配合	○
2	3600	26.0×26.0	0.8	5.5	小	3.3 14.7	初期粘性大	
3	1400	25.5×26.0	0.2	8.0	小	2.9 17.3	ブリージングあり	
4	1600	25.0×24.5	0	5.5	小	2.1 16.5	経時粘性大	
5	1300	26.0×25.0	0	7.0	小	2.0 15.8		○
6	1800～2000	26.0×25.0	0.4	6.0	小	1.5 14.7	初期粘性大	
7	1700～1900	27.5×27.0	0	7.0	小	1.7 15.2	初期粘性大	

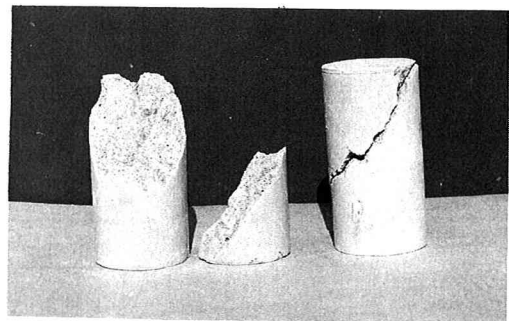


図2 供試体（1時間） 試料NO.5