

建設汚泥に石炭灰を攪拌混合した再生材の適用

○ 北電興業(株) 正会員 高橋昌之
北海道電力(株) 正会員 白戸伸明

1. はじめに

掘削工事から発生する産業廃棄物の高含水比の“建設汚泥”と石炭火力発電所から発生する“石炭灰”を同時に有効利用することを目的に、建設汚泥に石炭灰を攪拌混合し、塑性化を図り敷地造成材として再生利用することを検討した。以下に、建設汚泥再生材の所要条件を満足する配合設定と生活環境保全面について検討した室内配合試験について述べる。

2. 再生材の所要条件

- (1) 強度…コーン指数 $q_c \geq 200 \text{ kN/m}^2$
または一軸圧縮強度 $q_u \geq 50 \text{ kN/m}^2$
- (2) 重金属の溶出…土壌の汚染の環境基準値を満足すること。
- (3) pH… $5.0 \leq \text{pH} \leq 9.0$ 、但し、条件に適合しない場合については、その状況が一過性のもので生活環境保全上の支障がないと判断される場合。

3. 試験方法

建設汚泥は、地中連続壁工法(ソイルセメント壁)および高圧噴射攪拌工法から発生するものを対象とし、汚泥は、原位置の土砂とセメント固化材等の無機性の混合物で、発生時は泥状の流動性を有するものであるが、時間が経過するとセメントの水と反応により固化するものである。

配合試験のケースを表-1 に示すが、汚泥は、地中で攪拌される原位置の土砂と注入したセメントミルクが同じ混合割合で地上に排出されるものとして調整した。石炭灰添加率は、“石炭灰の乾燥重量/汚泥の湿潤重量 $\times 100$ ”である。

土砂および石炭灰の物性値を表-2 に示すが、石炭灰は、苫東厚真発電所1号灰でJIS規格外のフライアッシュである。

試験項目および方法を表-3 に示すが、再生材のpH試験は、固化体の粉砕試料を用いる通常の方法(以下、粉砕試料)と溶出状態をモデル化した方法(以下、溶出モデル化)の2通りで実施した。pH試験(溶出モデル化)は、再生材の透水係数が $k \approx 10^{-8} \text{ cm/s}$ オーダーと極めて低く事実上不透水性であることから、雨水の大半は蒸発または地表面を流下することにより、盛土体の成分が溶出することをモデル化した試験である。

4. 試験結果

石炭灰添加率とコーン指数の関係を図-2 に示すが、汚泥に石炭灰を添加することにより q_c が増加、すなわちトラフィカビリティが向上する。再生材の含水比とコーン指数の関係を図-3

表-1 配合試験のケース

N0.	工 法	汚泥含水比 (%)	石炭灰添加率 (%)
1	地中連壁	60	30~60
2	高圧噴射	60	30~50
3	"	80	60~80
4	"	100	60~90

表-2 土砂および石炭灰の物性値

項 目	土 砂	石 炭 灰
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.693	2.151
自然含水比 (%)	48.3	—
強熱減量 (%)	4.1	14.1
粒 度	礫分 (%)	0
	砂分 (%)	8
	シルト分 (%)	41
	粘土 (%)	51

表-3 試験項目および方法

試験項目	試 験 方 法
含水比	J G S T 1 2 1
供試体の作製	J G S T 8 1 1
	J G S T 8 2 1
コーン指数	J G S T 7 1 6 に準拠
一軸圧縮強度	J G S T 5 1 1、材令7日
重金属溶出	土壌の汚染に関わる環境基準
透水係数	J G S T 3 1 1 (変水位法) 材令7日
pH 粉砕試料	試料 50g(2mm以下に粉砕)に蒸留水 125ml を入れてかき混ぜ、30分放置後、上澄液を測定する。
pH 溶出モデル化	所定の密度に締固め7日間養生後、供試体表面にろ紙を載せ浸せき水を注ぐ。浸せき水は毎日交換しpHを測定する。

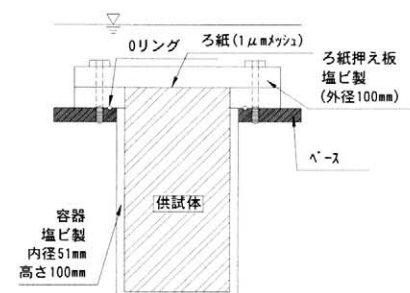


図-1 pH(溶出モデル化)の試験容器

キーワード：建設汚泥、汚泥再生材、石炭灰、攪拌混合処理、塑性

北海道電力(株)土木部 〒060-8677 札幌市中央区大通東1丁目2番地 TEL 011-251-1111 FAX 011-251-0425

表-4 pHおよび重金属溶出試験の結果

項 目		基準値	地中連続壁(SMW)		高圧噴射攪拌(CJG)				検出 限界 (mg/%)
			W60%		W80%	W100%			
石炭灰添加率			F 30%	汚泥	F 60%	F 70%	F 80%	汚泥	
コーン指数 (kN/m ²)		≥200	200	—	200	70	240	—	—
p H (粉碎試料)		5.0≤pH	12.7	12.6	12.8	12.9	12.9	12.6	—
p H (溶出モデル化、15 日後)		≤9.0	9.0	—	7.2	6.6	6.5	—	—
重金属 溶出 (mg/%)	カドミウム	≤0.01	N D	N D	N D	N D	N D	N D	0.001
	鉛	≤0.01	N D	0.002	0.005	0.008	0.007	0.004	0.001
	六価クロム	≤0.05	N D	N D	0.008	0.006	N D	0.020	0.005
	ヒ素	≤0.01	N D	N D	N D	N D	N D	N D	0.005
	総水銀	≤0.0005	N D	N D	N D	N D	N D	N D	0.0005
透水係数 (×10 ⁻⁸ cm/ s)			1.29	—	3.04	3.02	1.85	—	—
一軸圧縮強度 (kN/m ²) 材令 7 日		≥50	1480	1000	3270	2970	2920	1120	—

* 表中のWは建設汚泥の含水比、Fは石炭灰添加率を示す。

に示すが、 $q_c \geq 200 \text{ kN/m}^2$ を満足する再生材の含水比は、約 38% 以下となる。石炭灰は、一般の土質材料に比べ最適含水比が高く、他の材料に比べて高含水比域での利用、すなわち低い添加量で建設汚泥の再生利用ができ、また、石炭灰は含水比ゼロの乾燥状態の使用が可能なることから、更に含水比の低減効果が高い材料である。

石炭灰の添加率は、図-4 に示す汚泥含水比の違いによる石炭灰添加率と再生材の含水比(計算値)の関係から、再生材の目標含水比を 38% 以下になるように設定することとした。

pH および重金属溶出試験の結果を表-4 に示す。粉碎試料の pH は、いずれのケースにおいても 12.6 以上の強アルカリ性を示し、基準値の $5.0 \leq \text{pH} \leq 9.0$ を満足しない。溶出モデル化の pH は、浸せき直後は 9.6~9.9 を示すが、浸せき後 15 日にいずれのケースにおいても基準値を満足し、その後も pH は大きな変動を示さず、安定している。また、石炭灰添加率の増加による pH に大きな違いは見られない。重金属の溶出は全て環境基準値以下で、7 日養生後の透水係数は 10^{-8} cm/s オーダーで事実上不透水性である。

以上のことから本再生材は、雨水と接触した場合、表層部から一時的にアルカリ水の溶出が予想されるが、その影響は一過性のもので、かつ、重金属の溶出量は基準値以下であることから、生活環境保全上の影響がないと判断された。

5. おわりに

建設汚泥に石炭灰を攪拌混合処理した再生材の配合を検討した結果、建設汚泥に適度の石炭灰を混合することにより所要強度を満足できる配合設定が可能で、かつ生活環境保全上においても影響のない再生材であると判断された。平成 11 年より、北海道電力(株)苫東厚真発電所 4 号機増設工事において、本再生材を用いた敷地造成が実用化され^{1) 2)}、建設汚泥の再生材としての所要強度および生活環境項目の基準値を満足していることが実証された。

【参考文献】

- 1) 白戸伸明：高橋昌之、石炭灰を利用した建設汚泥の再生利用、土木学会北海道支部論文報告集、2000。
- 2) 立田泰輔：白戸伸明：村上孝夫、建設汚泥に石炭灰を攪拌混合した再生材の利用、土木学会第 55 回年次学術講演集、2000、投稿中。

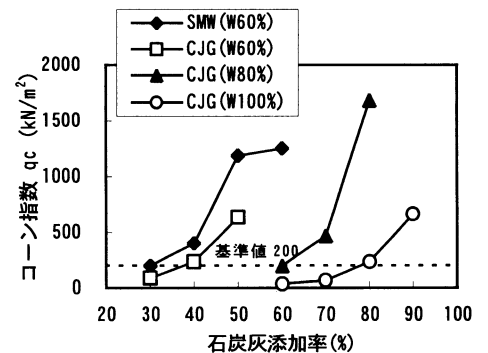


図-2 石炭灰添加率とコーン指数

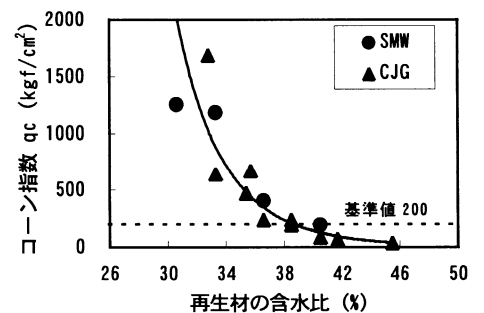


図-3 再生材の含水比とコーン指数

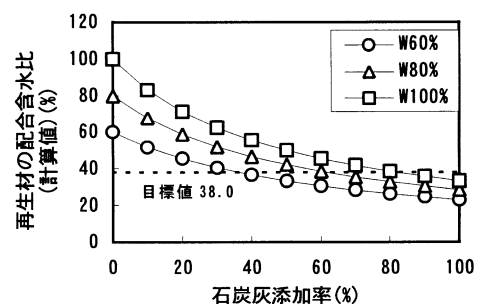


図-4 石炭灰添加率と再生材の含水比