

流動化処理を用いた石炭灰の有効利用法の検討

福岡大学工学部 学生会員○堤 雅浩
福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 山田 正太郎 藤川 拓朗

1. はじめに 現在、石炭火力発電所から発生する石炭灰の約 80%（年間約 700 万トン）がセメント原料などとして有効利用され、残りの約 150 万トンが埋立て処理されている。しかし、今後火力発電を中心とした石炭灰の発生量が増加すると予測(西暦 2010 年には年間約 1,200 万トン)されている中、処分場の不足が深刻な問題となっている。

原子力発電の開発が出来ない現状から、石炭灰処理問題の緩和、廃棄物の再利用促進のためにも新たな再資源化技術の開発が必要な時期になっている。そこで、本研究では、地下鉄等の地中構造物と地山との狭い空間の埋戻し材料としての使用用途が広く、大量の石炭灰利用を見込める流動化処理工法²⁾を用いて石炭灰の有効利用の検討を行った。

2. 実験概要 流動化処理土の作製試料として、まさ土と 2 種類の石炭灰を使用した。まさ土は、太宰府市で採取された一般的なまさ土である。一方、石炭灰は九州電力の火力発電所から発生したものをを使用した。この 2 種類の石炭灰は石炭種が異なり、石炭灰①は、バルガ(オーストラリア)60%、コールバレー(カナダ)40%を使用し、石炭灰②は、ブレアソール(オーストラリア)60%、コールバレー(カナダ)40%を使用している。**表-1**に試料の物理試験結果を**図-1**に石炭灰とまさ土の粒径加積曲線を示す。図より石炭灰はまさ土に比べ細粒分が多いことが分かる。この物理試験結果から、配合計算と予備練り試験を行い、配合の決定を行った。今回はセメント量を 50,75,100kg/m³ と一定にし石炭灰混入率を変化させ、フロー値を 250mm として配合を行った。**表-2**に流動化処理土作製に用いた配合表を示す。処理土の作製はこの配合をもとに試料、水、高炉 B 種セメントを混合攪拌作製した処理土のフロー値、湿潤密度を測定した後ブリーディング試験を行い最後に処理土をモールドに打設し、翌

表-1 物理試験結果

試料名	土粒子密度(g/cm ³)	含水比(%)	Uc	Uc'	D ₅₀ (mm)
まさ土	2.613	3.0	77.8	1.59	0.4
石炭灰①	2.191	1.4	9.5	1.68	0.015
石炭灰②	2.189	1.1	9.5	1.68	0.015

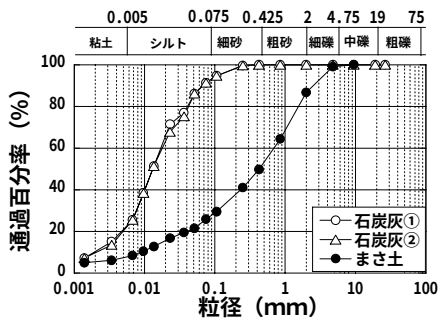


図-1 粒径加積曲線

日に整形、翌々日に脱型を行いラップで包み、20℃一定の状態で養生させた。7 日、28 日後に一軸圧縮試験を行い、力学特性の把握を行った。また、石炭灰を埋戻し材などで有効利用する場合には土壌環境基準を遵守しなければならない。そこで石炭灰の溶出試験として作製した処理土の供試体についてタンクリーチング試験を行い、石炭灰の危険性について検討する。今回は混入率が 60、100%の条件に

表-2 配合表

石炭灰の種類	石炭灰混入率(%)	フロー値(mm)	セメント量(kg/m ³)	石炭灰(kg/m ³)	水(kg/m ³)	土(kg/m ³)	単位体積重量(g/cm ³)	Br (%)
①	0	250	50	0	501	1280	1.79	1.02
	20			238	517	950	1.77	0.82
	40			453	520	680	1.69	2.44
	60			585	569	390	1.58	6.00
	80			720	587	180	1.55	5.95
	100			910	568	0	1.53	5.97
	0	250	75	0	511	1230	1.78	0.74
	20			230	523	920	1.77	1.46
	40			419	547	628	1.67	2.56
	60			593	556	395	1.63	4.23
	80			760	557	190	1.57	5.80
	100			865	581	0	1.54	4.73
②	0	250	50	0	518	1190	1.78	0.42
	20			223	530	890	1.75	1.23
	40			407	551	610	1.67	2.76
	60			578	558	385	1.64	4.08
	80			680	593	170	1.58	5.51
	100			815	595	0	1.53	5.24
	0	250	75	0	511	1230	1.78	0.74
	20			233	518	930	1.78	0.93
	40			433	532	650	1.69	1.69
	60			630	529	420	1.67	2.43
	80			760	557	190	1.60	3.12
	100			920	555	0	1.57	3.42
②	0	250	100	0	518	1190	1.78	0.42
	20			228	520	910	1.76	1.00
	40			433	524	650	1.73	2.24
	60			608	537	405	1.64	3.54
	80			800	526	200	1.57	4.67
	100			890	561	0	1.55	4.06

ついてタンクリーチング試験を行い、Cr、Cd、Pb の溶出について調べた。タンクリーチング試験は養生 28 日の供試体を 28 日間、固液比 1:10 の純水中に浸漬し、溶媒水を採取し、重金属の測定を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 流動化処理土の品質について 図-2 に配合条件より作製された処理土の湿潤密度と石炭灰混入率の関係を示す。図から石炭灰の混入率が増えるにつれ、湿潤密度が小さくなっている事が分かる。これより石炭灰を混

入ることにより土工材の軽量化が望まれると考えられ土圧軽減効果があることが分かる。

図-3 にブリーディング率と石炭灰混入率の関係を示す。石炭灰混入率の増加に伴い、ブリーディング率は増加する傾向にあるが、今回使用した石炭灰では混入率が 60%を超えるあたりでブリーディング率の基準である 3%を大きく上回る値になってしまった。

図-4 に水セメント比と石炭灰混入率の関係を示す。図より石炭灰混入率に関わらず水セメント比はほぼ一定であることが分かる。これよりフロー値を一定として配合を決定すると水セメント比はほぼ一定になるため石炭灰混入率の影響を受けない事が分かる。

3.2 力学特性 **図-5** に $C=75\text{kg/m}^3$ 、養生日数 7 日の応力-ひずみ曲線を示す。図中の色枠は、流動化処理土の埋戻し規準強度を示している。石炭灰混入率の増加に伴い、一軸圧縮強さが増加。している事が分かるまた、石炭灰混入率の増加に伴い、破壊ひずみが小さくなっていることから石炭灰混入率を増加させると剛性が高められる事が分かる。**図-6** に変形係数と一軸圧縮強さの関係を示す。図にはセメント量に応じ、 $E_{50}=109, 134, 135q_u$ の線を示している。図よりセメント量の減少に伴い、ばらつきがなくなり相関性がでてくることが分かる。

図-7 に養生 7 日、28 日の一軸圧縮強さと石炭灰混入率の関係を示す。いずれの配合条件においても養生日数の増加に伴い、強度が増加しているの

が分かる。また、その割合はセメント量に大きく依存しており、セメント量の増加に伴い、強度も増加している。また、石炭灰混入率の増加に伴い、強度が増加しているのが分かる。

3.3 環境影響評価 タンクリーチングによる溶出特性を表-3 に示す。表より T-Cr は六価クロムの土壌環境基準以下になっており、また、Cd, Pb は溶出されなかったため環境には影響はないといえる。

4. まとめ ①石炭灰混入率が増えるにつれ、湿潤密度が小さくなり処理土の軽量化が望まれると考えられる。②炭種の違いはブリーディング率に影響を及ぼすことが明らかになった。③セメント量を一定にした場合、石炭灰混入率の増加に伴い一軸圧縮強さが大きくなる。④タンクリーチング試験の結果、石炭灰を用いた処理土は、土壌環境に影響はないといえる。

参考文献 1)財団法人 石炭利用総合センター：石炭灰の利用状況,2003

2)建設省 土木研究所：流動化処理土利用技術マニュアル,1997

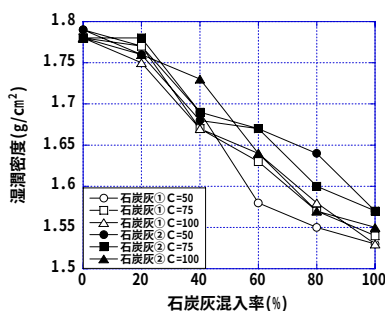


図-2 湿潤密度と混入率の関係

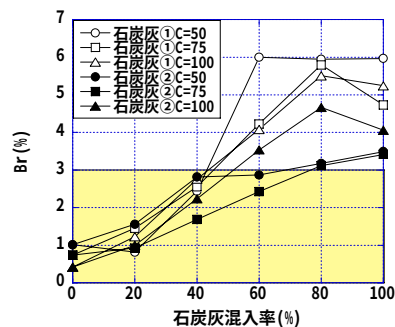


図-3 Br 値と石炭灰混入率の関係

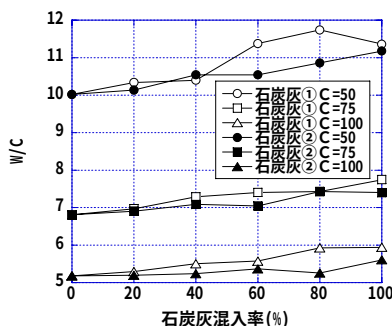


図-4 水セメント比と石炭灰混入率の関係

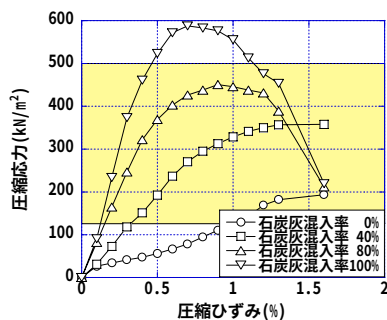


図-5 応力-ひずみ曲線

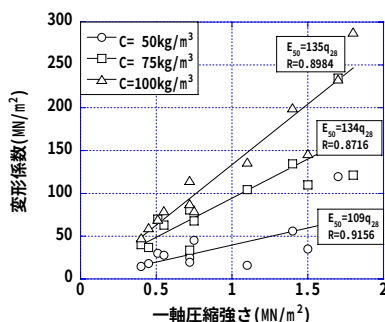


図-6 変形係数と一軸圧縮強さの関係(7日、28日養生)

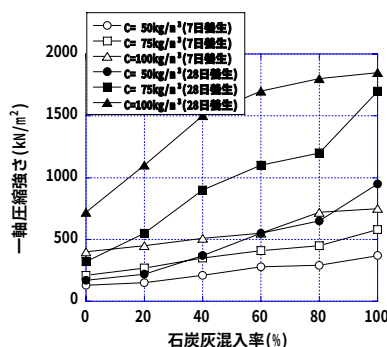


図-7 一軸圧縮強さと石炭灰混入率の関係(7日、28日養生)

表-3 溶出特性(mg/l)

石炭灰①					石炭灰②				
セメント量(kg/m³)	混入率(%)	T-Cr	Cd	Pb	セメント量(kg/m³)	混入率(%)	T-Cr	Cd	Pb
50	60	0.013	0	0	50	60	0.014	0	0
	100	0.016	0	0		100	0.003	0	0
75	60	0.012	0	0	75	60	0.007	0	0
	100	0.006	0	0		100	0.002	0	0
100	60	0.006	0	0	100	60	0.004	0	0
	100	0.005	0	0		100	0.002	0	0
土壌環境基準		※ 0.05	0.01	0.01	土壌環境基準		※ 0.05	0.01	0.01

*は六価クロムの規準である。