

明石高専 正 会 員 澤 孝平
 明石高専 正 会 員 友久誠司
 明石高専専攻科 学生会員 ○橘 真理

1. まえがき

近年、各種の現場から膨大な量が発生し続けている建設泥土は、改質の困難さから有効利用率は増加していない。一方、産業廃棄物である石炭灰の排出量は年々増加の一途を辿り、原料炭や燃焼炉の違いにより品質は多様化する傾向にある。前報¹⁾では、セメント系固化材を用いた建設泥土の固化処理において、石炭灰が固化助材として有効であることを明らかにした。本報は、原料炭や燃焼方式の異なるボイラーから発生した種々の石炭灰を固化の助材として用い、その有効性を比較検討する。

2. 試料および実験方法

固化処理の対象に用いた建設泥土は、兵庫県稲美町の溜池で採取した淡水へどろ{土粒子の密度 2.50 g/cm³、w_L=163%、I_p=122、強熱減量 9.1%、粒度(砂分 14.8%、シルト

分 33.2%、粘土分 52.0%)}であり、含水比を液性限界の 1 割増しの 179%に調整して用いた。また、固化材は軟弱地盤改良用の特殊セメント((株)住友大阪セメント製)であり、固化助材は石炭および燃焼ボイラーの種類や発生過程の異なる 10 種類の石炭灰である。それらは日本、豪州、中国などで産出された石炭を燃焼して得られた石炭灰であり、化学成分は表-1 に示すとおりである。

建設泥土は、固化材添加率9%、固化助材混合率 0、5、10% の 3 種類で処理し、処理土を直径 5cm、高さ 10cm の型枠に詰め、振動を与えて空隙が残らないように成形し供試体とした。供試体は 20℃の恒温室で密封養生し、7、28、91 日養生後に一軸圧縮試験を行った。

3. 結果と考察

図-1 は固化助材無混合と混合率 5% の処理土の養生日数

と一軸圧縮強さの関係である。供試体成形直後にほとんど 0 であった処理土の強度は、7 日養生後には流動床灰を混合した処理土が約 0.14~0.20MPa に、また微粉炭灰を混合したものは約 0.05~0.10 MPa になり、ダンプトラックによる運搬が可能になる。そして、91 日までの養生の経過に伴って強度の増加が見られ、その傾向は微粉炭灰に比べて流動床灰を用いたときが顕著である。

図-2 は固化助材混合率と 7 日養生後の強度の関係である。流動床灰は固化助材混合率を 0%から 5%、10%と多くすると、強度が比例的に増加する。一方、固化助材に微粉炭灰を用いた場合は混合率を多くしても強度増加がほとんど見られない。

図-3 は養生の経過に伴い強度の増加傾向が異なる 3 種類の石炭灰の結果である。図-3 (a)は固化助材と

表-1 石炭灰の化学成分(%)

石炭灰	微粉炭灰								流動床灰	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II
SiO ₂	52.38	60.98	63.17	53.18	61.50	58.30	58.20	58.40	28.20	22.20
Al ₂ O ₃	28.22	22.12	23.70	23.60	28.70	27.40	23.10	25.20	13.30	12.20
Fe ₂ O ₃	5.14	4.95	4.12	4.94	4.10	5.40	4.40	4.40	2.70	2.30
CaO	5.15	3.02	1.66	4.35	0.30	0.30	1.50	2.90	17.10	16.80
MgO	1.65	1.08	0.75	2.70	0.40	0.40	0.10	1.10	0.40	0.60
Na ₂ O	0.59	0.34	0.69	2.19	0.10	0.10	0.00	0.65	0.10	0.35
K ₂ O	0.79	1.00	0.86	1.58	0.10	0.20	0.80	0.85	0.20	0.49
SO ₃	0.26	0.50	0.37	1.34	0.50	0.50	0.20	0.31	-	5.20
Ig. Loss	2.44	3.58	2.79	3.87	-	-	-	4.80	-	35.50

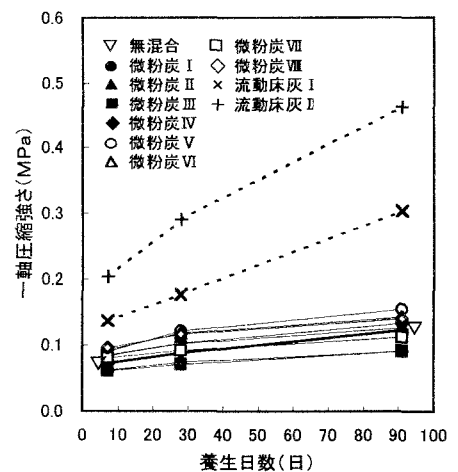


図-1 養生日数と強度の関係
(固化助材混合率5%)

して微粉炭灰VIを5%混合した場合で、処理土の強度は無混合のものに比べて0.02~0.03 MPa増加する。しかし混合率を10%に増加するとかえって強度は低下する。図-3(b)の微粉炭灰VIIIを用いた処理土では、固化助材無混合のものに比べて強度増加量はほぼ同じであり、固化助材混合率の増加による強度低下は見られない。一方、流動床灰IIを混合した処理土の図-3(c)では、固化助材の混合あるいは混合率の増加による強度増加が顕著である。

図-4は91日養生後の固化助材混合率5%処理土の強度と、混合率を5%から10%に増やした場合の強度の差を示している。固化助材として流動床灰を用いた場合、混合率5%および混合率を5%から10%に増加した場合に高強度が得られる。しかし、微粉炭灰を5%混合した処理土はいずれも約0.10 MPaの低強度で、混合率を5%から10%に増加しても強度変化はわずかであり、減少しているものも見られる。微粉炭の中では特に微粉炭IVにおいて混合率を多くしたときに大きな強度増加が得られている。

固化処理土の電子顕微鏡観察によると、微粉炭灰を混合した処理土は土粒子と石炭灰粒子の間には大きな空隙が存在しCSH系反応物が見られる。一方、流動床灰を用いた処理土では、土と石炭灰粒子の表面にCSH系反応物とともに針状結晶のエトリンガイトが多くみられ、土粒子間の空隙を埋めているのが確認された。これらの硬化反応物がネット状に絡み合い土粒子の移動を拘束して強度を増加させたものと考えられる。これらの強度と硬化反応生成物の結果は表-1の化学成分で説明できる。すなわち、流動床灰はCaOとSO₃成分含有量が特に多いことから、ポズラン反応やエトリンガイトの生成が促進される。また、混合率の増加により高強度が得られた微粉炭灰IVは微粉炭灰の中で最もCaOとSO₃成分が多いものである。よって、石炭灰の固化助材としての有効性には化学成分のCaOとSO₃の存在が重要である。

4. あとがき

建設泥土のセメント系固化処理において、各種の石炭灰を固化助材として混合した結果、次のことが明らかになった。(1)固化助材として石炭灰を混合した処理土の強度は養生に伴い増加する。(2)流動床灰は、養生日数および固化助材混合率を増すほど高強度が得られ、固化助材として有効である。(3)微粉炭灰は、混合率を増加しても強度増加が少なく、固化助材としての有効性は少ない。(4)固化処理土の強度増加に有効な硬化反応生成物はCSH系反応物とエトリンガイトであり、CaOとSO₃成分の多い石炭灰は固化助材として有効である。

【参考文献】1) 澤 孝平他：産業廃棄物の固化助材としての可能性について(その2)、平成9年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集、Ⅲ-46-1~2、1997。

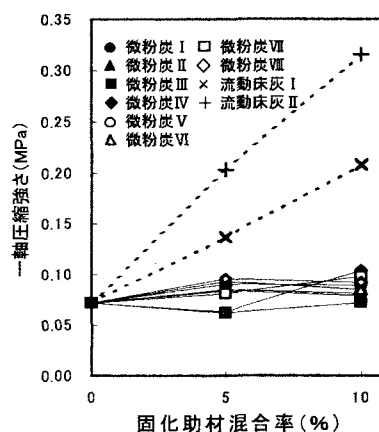


図-2 固化助材混合率と強度の関係 (7日養生)

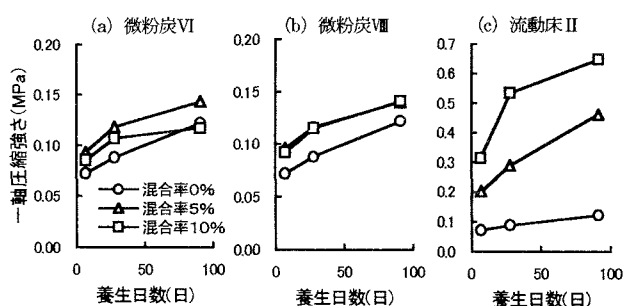


図-3 養生日数と強度の関係

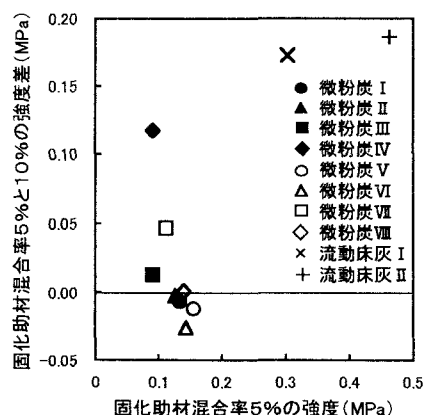


図-4 固化助材混合率5%から10%への強度増加(91日養生)