

VII-21 廃紙を用いた下水汚泥の焼成リサイクルに関する研究

高知高専専攻科建設工学専攻 学生員 ○三谷理恵

高知高専建設システム工学科 フェロー 多賀谷宏三

1. はじめに

近年人口の増加、経済社会の発達に伴い様々な環境問題が深刻になっている。中でも産業廃棄物である下水汚泥は発生量の増加に伴う埋立処分場の不足が大きな社会問題となり、また製紙工場から出る排紙も水質汚染の原因となっている。本研究では、下水汚泥焼却灰及び廃紙を用いた焼成造粒物の作成を行い、建設資材への再利用を目的とし、基礎的なデータを得た。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

使用材料は、高知市産の下水汚泥焼却灰及び伊野町産の製紙副産物である廃紙を用いた。

2. 2 実験装置

①造粒物の焼成には左右に発熱体をもつ電気炉（炉内寸法：150B×150H×150L）を用いた。

②焼成造粒物の圧壊強度試験に土の一軸圧縮試験機（最大荷重：50 kg f）を用いた。

2. 3 実験方法

下水汚泥焼却灰と廃紙を適当な配合で混合し練り固め、所定の焼成温度で焼成する。自然冷却後、造粒物評価試験（圧壊強度・単位体積重量・吸水率・24h吸水による圧壊強度低下・重金属の溶出）を行う。焼成条件を表-1に示す。

3. 実験結果及び考察

3. 1 焼成温度の影響

圧壊強度試験はJIS Z 8841¹⁾に従って実施した。図-1に汚泥焼却灰のみの場合の焼成温度と圧壊強度の関係を示す。図-1から焼成温度が高くなると圧壊強度も大きくなっていくが、焼成温度が1100℃になると粒が熔融し、また950℃では材料がバラバラになり粒形を維持できなくなる。粒径が同じであれば圧壊強度は焼成温度に対し直線的な増加を示す。焼成温度が1000℃付近と950℃付近では焼成後の粒の性質が完全に異なり1000℃付近では吸水性の低い緻密多孔質体、950℃付近では吸水性の高い多孔質体となった。今回使用した材料の場合は上記の性質の境界は975℃～985℃付近であると考えられる。図-1の圧壊強度は徳永ら²⁾が行った建設汚泥の焼成物に関する研究において、焼成物の目標強度に設定されている6Mpaには達していない。しかし、今回の圧壊強度試験は割裂試験であり圧壊強度は引張強度と考えられるので、十分な強度が得られている。

3. 2 廃紙割合の影響

① 単位体積重量

図-2に廃紙の割合と単位体積重量の関係を示す。図-2より廃紙の割合が多くなると、単位体積重量は小さくなる。この要因として廃紙の増加に伴い粒中の空隙も増加するためであると考えられる。また、同じ廃紙の割合においては焼成温度が高いほうが単位体積重量は大きくなる。

表-1 焼成条件

No.	焼成温度 (℃)	焼成時間 (h)	紙の割合 (%)	備考
1	950	0.5	0, 1.93	
2		1.5		
3	975	0.5	0, 1.93, 2.87, 3.79	
4	985	0.5	0, 0.5, 1.0, 1.4	
5		0.5		
6	995	1.5	0, 1.0, 2.0, 3.0	
7		0.5	0, 0.98, 3.79, 5.58, 7.30, 8.97, 10.57	5.58%以上は崩壊
8		1	0, 1.93, 2.87, 3.79	
9	1005	0.5	0, 1.0, 2.0, 3.0	
10		1.5		
11	1010	0.5	0, 0.2, 0.6, 1.0	
12	1025	0.5	0, 1.93, 2.87, 3.79	
13	1050	1	0, 0.98, 3.79, 5.58, 7.30, 8.97, 10.57	
14	1100	1	0, 1.93	熔融

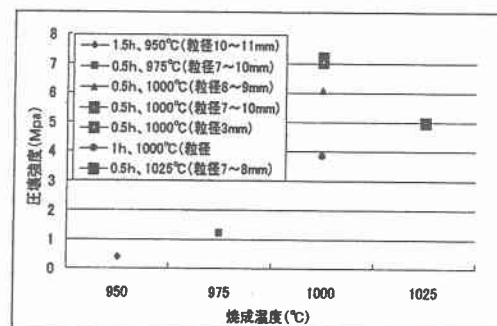


図-1 焼成条件と圧壊強度

② 吸水率

吸水率は JIS A 1110³⁾ により求めた。図-3 に廃紙の割合と吸水率の関係を示す。図-3 から廃紙の割合が 2.87% 付近までは全体的に吸水率が増加し、2.87% を超えるとほぼ一定になる。また、焼成温度が低いほど吸水率が大きくなっているのは、前述したように焼成温度が低い場合は多孔質体となり、粒中に多数の微細空隙を有するためである。

③ 圧壊強度と吸水による強度低下

図-4 に廃紙の割合と圧壊強度の関係を示す。図-4 より、廃紙の割合が高いと圧壊強度は低下する。焼成温度の高い非吸水のものが最も高い圧壊強度を示し、焼成温度の低いものは圧壊強度が小さい。廃紙の割合が 3.0% 以上になると粒形の崩れが目立ち、圧壊強度もほぼ一定の値となる。

④ 焼成時間の影響

図-5 に焼成時間と圧壊強度の関係を示す。図-5 より条件毎のパラッキは大きいが圧壊強度は焼成時間にあまり左右されず、所定の強度を得るために必要な焼成時間は 0.5 時間でよいと考えられる。

⑤ 重金属の溶出試験

表-2 に重金属の溶出試験結果を示す。表-2 より分析した重金属は全て判定基準以下であり、有害性は無い。

4. まとめ

- (1) 温度が高くなると圧壊強度も増加するが、焼成温度が 1100℃ に達すると粒は熔融付着し粒の形状が保てなくなる。
- (2) 焼成温度の違いで焼成後の粒の性質が、吸水性の低い緻密多孔質体及び吸水性の高い多孔質体に分かれる。その境界温度は 975～985℃ である。
- (3) 下水汚泥焼却灰に廃紙を混入すると、単位体積重量の軽減を図ることができ、廃紙割合を 3.0% とすると比重 1.4～1.5 の骨材を造ることができる。
- (4) 廃紙の割合が約 3.0% までは粒径を保つことができ圧壊強度 2～3Mpa の造粒物が得られる。
- (5) 水銀、カドミウム、鉛、六価クロム、砒素、セレンなどの重金属の溶出は法律による規制値以下であり、建設材料として骨材、ドレーン材としての再利用が可能である。

5. 参考文献

- 1) 日本規格協会、造粒物—強度試験方法 (JIS Z 8841)、1993
- 2) 徳永ら、建設汚泥を原料とする焼成物の焼成条件と物理的安定性、土木学会論文集、No. 629、pp. 37～
- 3) 日本規格協会、粗骨材の密度及び吸水試験方法 (JIS A 1110)、1999

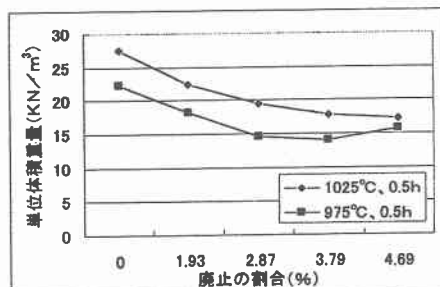


図-2 廃紙の割合と単位体積重量

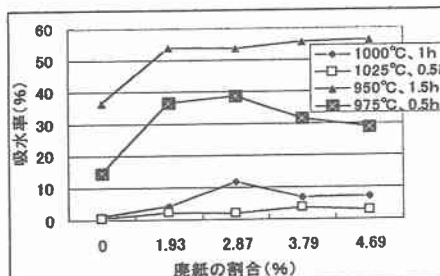


図-3 廃紙の割合と吸水率

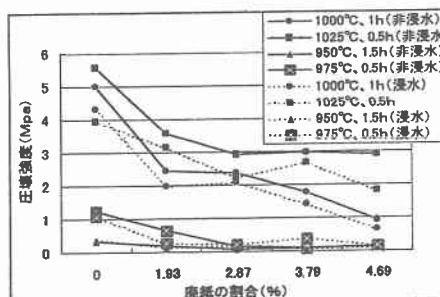


図-4 廃紙の割合と圧壊強度

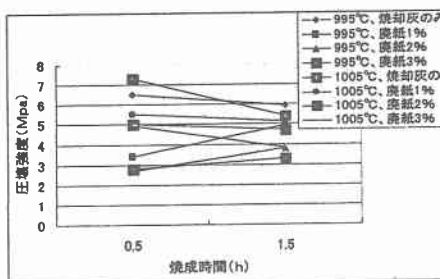


図-5 焼成時間と圧壊強度

表-2 重金属の溶出試験結果

分析項目	分析方法	定量下限値	判定基準値	検定結果
水銀又はその化合物	環酸59号付表1	0.0005mg/l	以下	0.0005mg/l
カドミウム又はその化合物	規格55.3	0.005mg/l	以下	0.005mg/l
鉛又はその化合物	規格54.3	0.005mg/l	以下	0.005mg/l
六価クロムまたはその化合物	規格65.2.1	0.005mg/l	以下	0.005mg/l
砒素又はその化合物	規格61.3	0.005mg/l	以下	0.005mg/l
セレン又はその化合物	規格67.3	0.005mg/l	以下	0.005mg/l