

VII- 4 廃紙を用いた下水汚泥焼却灰・笠岡粘土の焼成・造粒に関する基礎的研究

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

下水汚泥焼却灰の年間発生量は約 35 万 t に達し、建設残土の年間発生量も約 44,600 万 m³ で¹⁾、これらの廃棄物は舗装材料、埋め戻し材料等への有効利用及び埋め立て処分されているが、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っている。また、製紙工場から出る廃紙も水質汚濁の原因となっており、その有効利用も緊急の課題である。本研究では、下水汚泥焼却灰、笠岡粘土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ので報告する。

2. 実験概要

使用材料としては、高知市産の下水汚泥焼却灰、笠岡粘土及び伊野町産の製紙副産物である廃紙を用いた。下水汚泥焼却灰及び笠岡粘土の化学組成を表-1,2 に示す。造粒物の焼成には最高温度 1600℃ の電気炉 (炉内寸法: 150B×150H×150L) を、焼成造粒物の圧壊強度試験に圧縮試験機 (最大荷重: 50 kg f) を用いた。実験方法としては、下水汚泥焼却灰、笠岡粘土と廃紙を後述する配合で混合し練り固め、所定の焼成温度で焼却する。自然冷却後、圧壊強度試験 (JIS Z 8841²⁾)、単位体積重量試験 (重量/平均粒径から算出した体積)、吸水率試験 (JIS Z 1110³⁾)、24 時間吸水による圧壊強度低下試験 (JIS Z 8841²⁾) 等の造粒物評価試験を行う。焼成条件を表-3 に示す。

表-1 下水汚泥焼却灰

主成分	含有率 (%)
lg-Loss	1.92
Na ₂ O	0.94
K ₂ O	1.66
MgO	3.15
CaO	5.14
SiO ₂	49.23
Al ₂ O ₃	13.11
P ₂ O ₅	12.34
SO ₃	1.12
Fe ₂ O ₃	9.01
TiO ₂	0.16

表-2 笠岡粘土

比重		2.6
含水比 (%)		17
液性限界 LL (%)		33.5
塑性限界 PL (%)		19.7
塑性指数 PI (%)		13.8
粒度 (%)	砂	41
	シルト	24
	粘土	34
化学組成 (%)	SiO ₂	63.66
	Al ₂ O ₃	19.22
	Fe ₂ O ₃	5.07
	lg-Loss	7.99

表-3 焼成条件

焼成材料	焼成温度 (°C)	焼成温度保持時間 (h)	廃紙割合 (%)
下水汚泥焼却灰	925	0.5	0
	950		1, 2, 3, 4
	975		
	1000		
	1025		
	1050		0
笠岡粘土	925	0.5	1, 2, 3, 4
	950		
	975		
	1000		
	1025		0
	1050		

3. 実験結果及び考察

1) 焼成温度の影響: 図-1 に下水汚泥焼却灰、笠岡粘土のみ造粒した場合の焼成温度と圧壊強度関係を示す。1050℃ の下水汚泥焼却灰は熔融したため示していない。この図から両母材とも焼成温度の増加に伴い圧壊強度は増加するが、笠岡粘土の圧壊強度の増加率が緩やかであるのに対して、下水汚泥焼却灰は焼成温度 975-1000℃ において急激な増加を示し、1000℃ 以上では下水汚泥焼却灰の方が高い圧壊強度を示している。下水汚泥焼却灰の場合の急激な強度増加の原因として、下水汚泥焼却灰の焼成造粒物が多孔質体から緻密多孔質体に変化する遷移温度に遭遇したためと考えられる。

2) 廃紙割合の影響

(1) 単位体積重量: 図-2 に材料と焼成温度に対する廃紙割合と単位体積重量の関係を示す。廃紙割合の増加に対して単位体積重量は低下している。また、焼成温度が高くなると同じ廃紙割合における単位体積重量は大きくなり、その差は 975-1025℃ 笠岡粘土で約 0.07KN/m³、975-1025℃ 下水汚泥焼却灰で約 1.7KN/m³ とな

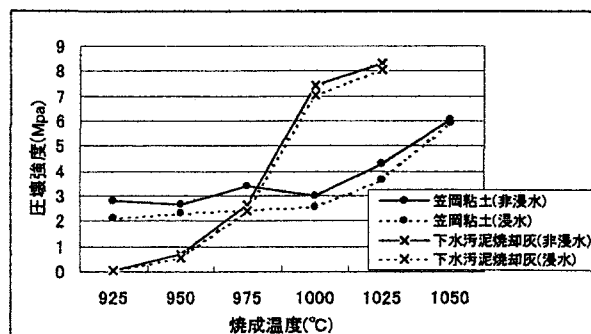


図-1 焼成温度と圧壊強度の関係

っている。同じ焼成温度の変化において、母材の違いによる単位体積重量の変化量が異なる原因は、①笠岡粘土は多孔質体から緻密多孔質体に変化する遷移温度がもっと高いため、いずれも多孔質体領域であった、②下水汚泥焼却灰の遷移温度は、図 - 1 から 975-1000℃であるため、多孔質体から緻密多孔質体に変化し単位体積重量が大きくなったためと考えられる。

(2)吸水率：図 - 3 に各材料に対する廃紙割合と吸水率の関係を示す。この図から廃紙割合が高くなるにつれて若干吸水率は増えるものの全体的にはあまり増加していない。図 - 1 からわかるように、圧壊強度の大きい 1025℃の下水汚泥焼却灰は、975℃と比較すると吸水率が低くなっている。これは先に述べたように造粒物が緻密多孔質体に変化したためであると考えられる。また、非浸水状態と浸水状態の笠岡粘土の吸水率の差は 3~4%であるのに対して、同じ条件における下水汚泥焼成灰の吸水率差は 15%と高くなった。これも前述の要因によると考えられる。

(3)廃紙割合と圧壊強度の関係：図 - 4 に下水汚泥焼却灰の、図 - 5 に笠岡粘土の廃紙割合と圧壊強度の関係を示す。

図 - 4 より、下水汚泥焼却灰の場合は、焼成温度がいずれのケースも焼成造粒物は廃紙割合が 2~3%に至ると圧壊強度が低下し、3%を超えるとほぼ一定の圧壊強度になっている。焼成温度 950~975℃の場合は大きな変化は見られず圧壊強度も低い。1000 - 1050℃では廃紙割合が低い場合には圧壊強度は大きい、廃紙割合が 1%程度で急激に圧壊強度が低下している。24時間浸水後の圧壊強度においても、焼成温度の高い焼成造粒物に圧壊強度の低下が見られるが、焼成温度の低いものは浸水前とあまり変わらない。これは焼成温度が低いと焼成造粒物が吸水性の高い多孔質体となるため、浸水前の圧壊強度がすでに小さいものと思われる。

笠岡粘土の場合（図 - 5）は、全体的に廃紙割合の増加に対して圧壊強度は小さくなり、廃紙割合が 3%を超えるとほぼ一定の圧壊強度になっている。また、24時間浸水後の圧壊強度は焼成温度 1000℃以上ではやや小さくなっている。焼成温度 925~975℃の圧壊強度は浸水前・浸水後ともに廃紙割合にあまり関係なく圧壊強度は低くなっている。

4.まとめ及び今後の課題

下水汚泥焼却灰及び笠岡粘土に廃紙を入れた焼成造粒実験を行い、次の結果を得た。①下水汚泥焼却灰の遷移温度は 975 - 1000℃で造粒物の結晶構造が変化すると考えられる。②単位体積重量は上記の理由により母材と焼成温度による造粒物の性質により笠岡粘土では強度低下が小さく、下水汚泥焼却灰では強度低下が大きい。③母材によって焼成温度の差による吸水率は異なり、その変化量は笠岡粘土で約 3~4%、下水汚泥焼却灰では約 15%である。④下水汚泥焼却灰及び笠岡粘土に対し廃紙割合 4%で粒形維持は可能であるが、廃紙割合 3%以上では圧壊強度は低い。また、今後の課題は次のとおりである。①他の母材を用いた焼成造粒物の作製及び評価②焼成物のコンクリート、地盤材料等への適用性③結晶化現象に関する詳細検討等が必要である。

<参考文献>

- 1) その他産業廃棄物 <http://www.taiyu.co.jp/taiyuweb/kankyoweb/sonota.htm>
- 2) 日本規格協会、造粒物—強度試験方法（JIS Z 8841）、1993
- 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

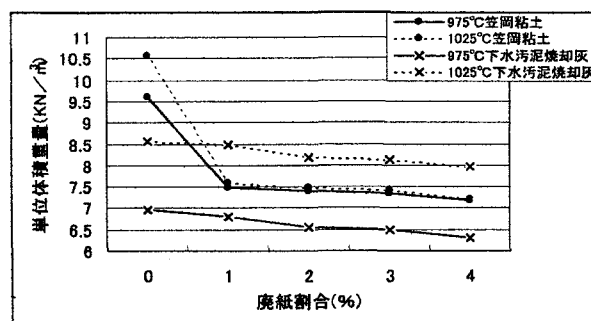


図 - 2 廃紙割合と単位体積重量の関係

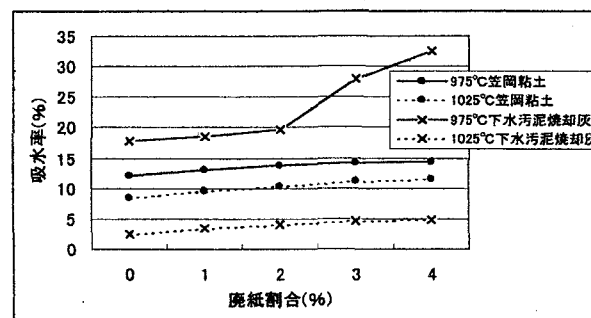


図 - 3 廃紙割合と吸水率の関係

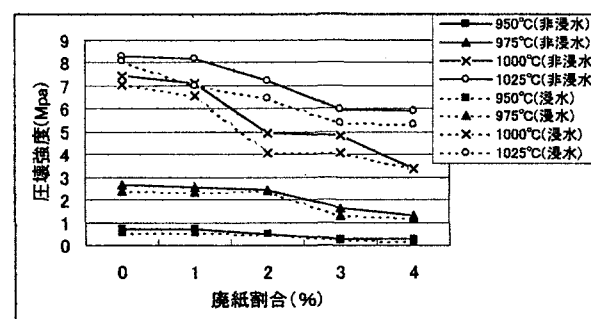


図 - 4 廃紙割合と圧壊強度の関係(下水汚泥焼却灰)

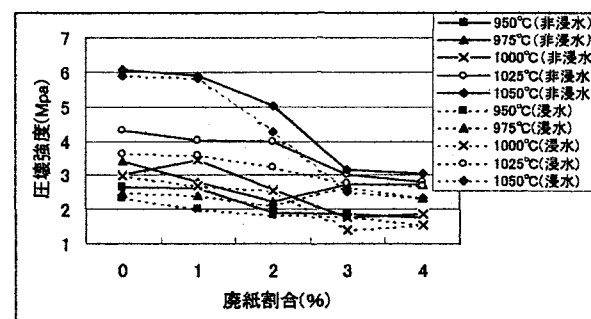


図 - 5 廃紙割合と圧壊強度の関係(笠岡粘土)