

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫二：工業廢水污泥/淨水污泥之燒結資源化研究(3/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-002-068-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學環境工程學研究所

計畫主持人：林正芳

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 11 月 7 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

污泥燒結/熔融之資源化整合研究-子計畫二:

工業廢水污泥/淨水污泥之燒結資源化研究(3/3)

Resource Recovery of Industrial/Water Treatment Sludge by Sintering

計畫編號：NSC 91-2211-E-002-068

執行期限：2002/08/01-2003/07/31

主持人：林正芳教授 國立台灣大學環境工程學研究所

計畫參與人員：何秀美 國立台灣大學環境工程學研究所

一、摘要

無害工業廢水與淨水污泥具有資源化再利用潛能，特別是可將之製造為磚成品如一般隔間磚、人行磚及環保透水磚。本研究團隊過去二年之研究著重探討將工業廢水與淨水污泥資源化再利用為一般隔間磚與人行磚，今年則以淨水污泥與焚化底灰製造出具有滲透性之鋪面磚，俾可應用於增加都市透水面積，減輕都市暴雨逕流，調節都市熱島效應。實驗依污泥與底灰之添加量的不同探討透水磚燒失量、體積收縮率、密度、抗壓強度特性，抗壓強度會隨著底灰添加比例的增加反而逐漸減緩之情形，但透水係數則增加，因此以淨水污泥佔 80% 之配比、燒結溫度 1150、燒結時間 360 分鐘較適合，在此實驗條件下所得透水磚抗壓強度為 256 kg/cm²，透水係數 0.016 cm/sec，已具優良之實際應用規格。另比較不同來源之焚化底灰，其燒結體之物性基本上類似，因此以淨水污泥中添加底灰製作透水磚為一可行之資源化方法。

關鍵詞：淨水污泥、底灰、燒結、透水磚

Abstract

Industrial wastewater and water treatment sludge bear the potential of resource recovery. The sludge can be regenerated to general bricks for room compartment uses as well as pavement purposes with high water permeable characteristic. In the past two

years, our researches have been focused on the development of typical bricks produced using the sludge. It is our intention to develop high water permeable bricks that are used for pedestrian pavement. With wide application of this eco-brick in urban area, the storm runoff and heat-island effect can be significantly reduced due to the increase in surface infiltration. The experimental design studied the composition of sludge and ash and investigated the brick compressive strength and hydraulic conductivity. The results have shown that a 80/20 of sludge/ash, 1150oC and 360 min heating period can generate a eco-brick with a compressive strength of 256 kg/cm² with hydraulic conductivity of 0.016 cm/s. The brick with these properties are able to be used in most applications. Key words: water treatment sludge, ash, sinter, permeable brick

二、計畫緣由與目的

自來水所產生淨水污泥與底灰是國內目前極需解決之廢棄物問題。本研究探討利用淨水污泥與底灰製造出具有滲透性之鋪面磚，透過資源化再利用妥善處理廢棄物，不但可達到減量的

目的並可避免污泥及底灰造成環境之二次污染，同時大量鋪設透水磚，可加速雨水之去化，減低都市暴雨逕流問題並能使地表水份獲得適量的涵養。本研究嘗試將淨水污泥與底灰作混合燒結處理，期望藉著組成配比之不同，以提升燒結體之應用於透水性鋪面所具有之基本特性，並評估再利用之可行性。

(一) 實驗材料

實驗材料為：淨水污泥，取自直潭淨水場之污泥餅，其為經濃縮、脫水後之污泥餅，堆置在日曬場中儲存。底灰，取自台中焚化廠之底灰，粒徑分佈範圍約 0.3 20 mm 含大量熔融顆粒且成分複雜，以 105 烘乾處理後經磁選出金屬再篩選所需之粒徑範圍。

(二) 實驗方法

實驗分為四部份(1)探討燒結溫度對燒結試體的影響(2)探討燒結時間在同一溫度下對燒結試體的影響(3)探討燒結試體中淨水污泥與底灰之混合比例對燒結試體的影響(4)添加不同來源之底灰對燒結試體的影響。

探討燒結體之不同混合比例所具有之物理性質，包括透水磚要求之抗壓強度及透水性等，為考量此二者之良好性能，先對燒結溫度進行探討，分別以 900、1000、1100、1200 之燒結溫度進行淨水污泥之燒結，選擇較適合之溫度及粒徑範圍，以淨水污泥及底灰為原料經過粉碎、研磨、篩選出適當之粒徑，分別以同一粒徑範圍、不同配比試拌，混合均勻後以 111.1 kg/cm² 之壓力加壓成形，經 1050、1100、1150、1200 之高溫燒結處理，再對 60~360 分鐘的燒結時間、淨水污泥佔 95%、90%、85%、80%、75%、70% 之配比進行燒結，並對燒結體之各項物性測試，包括測試燒失量、體積收縮率、密度、

吸水率、抗壓強度、透水性試驗以及燒結體之微結構觀察等。

三、結果與討論

(一) 基本特性分析

污泥、底灰之基本性質分析包括 pH 值測定、含水率、灼燒減量、氯離子測定與重金屬分析，包括 Cr、Cu、Cd、Pb 等元素。表 3.1 為淨水污泥與底灰之基本特性。淨水污泥之主要成份為 Si、Al、Ca、Fe 等元素；直潭淨水場污泥餅之重金屬與毒性溶出試驗

(TCLP) 結果皆低於法規標準值，適合資源化利用。測試灼燒減量知其中揮發性有機物的含量，依此測試結果得知淨水污泥餅與焚化底灰的成分中揮發性有機物含量不高。

為了解底灰之組成成分，本研究運用電子微探分析儀 (EPMA) 定性分析其成分，由圖 3.1 知焚化灰渣成分中，以 Si、Al、Ca、Fe 元素為主，另外其中亦含有少量的 Mg、Na、Cl、S、P 等成分，底灰係屬於非均質物，外觀上呈現多種形狀，結構近似岩石礦物。因此欲將底灰做資源再利用，則應在採樣後利用磁選及篩分之技術，經由磁選可回收廢鐵金屬；經過篩分選取適當顆粒以進行再利用。

表 3.1 污泥與底灰之基本特性

項目	淨水污泥	底灰
pH	6.74	10.46
含水率 (%)	4.18	0.52
灼燒減量 (%) (600±25, 3hr)	11.91	6.05
Cr (mg/kg)	104	443
Cu (mg/kg)	2.7	745
Cd (mg/kg)	0.04	5.5
Pb (mg/kg)	16.6	750

Cl (%) 0.15 0.76

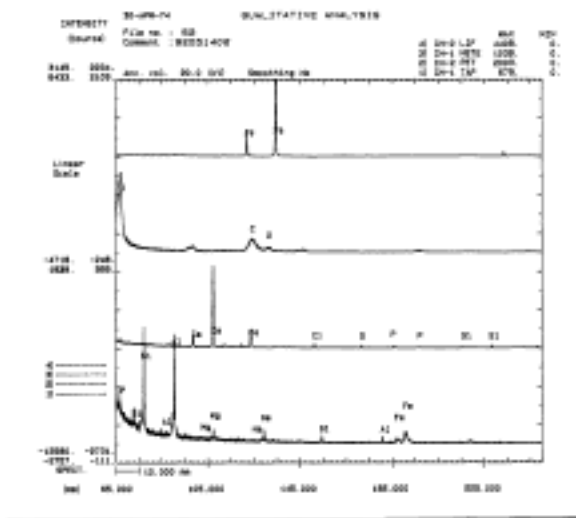


圖 3.1 底灰之 EPMA 圖譜

(二) 污泥與底灰燒結製作透水磚之可行性研究

一般而言，透水係數愈高其抗壓強度反而降低。因此為兼顧較理想之抗壓強度與透水係數下，本研究選擇較適當之粒徑範圍 0.5-2.0 mm 之間，燒結溫度在 1100 左右進行透水磚之燒結製作。在燒結溫度、配比與抗壓強度之關係中得知，粒徑範圍在 0.5-1.0 mm 較適當，且燒失量、體積收縮率、密度、抗壓強度、透水係數等隨溫度增加而增加，燒結溫度在 1150 時之抗壓強度最高，而溫度若超過 1200 易發生燒結體變形和龜裂。探究其原因可能為高溫所出現的液體在冷卻過程中會型成玻璃，這種玻璃相會造成潛變和緩慢裂紋成長，過多的非結晶玻璃相物質會導致燒結體之抗壓強度明顯降低。Tay(1989)指出，燒結溫度高時，物質顆粒易發生熔融現象，孔隙會急遽減少，使得燒結體表面及內部具疏水性之非結晶玻璃相增多。

在燒結時間、配比與燒結體物性之相關性中，實驗發現，燒結溫度在 1150 、各配

比吸水率影響較大，皆隨著燒結時間增加而逐漸減少，且燒結時間在 120 分鐘以下時，各配比之吸水率明顯比第 240 分鐘以上偏高許多，表示吸水率在燒結時間 240 分鐘以上時會明顯的降低；若配比相同（污泥 80%），自燒結時間 60 分鐘吸水率為 6.98% 降到 360 分鐘時吸水率為 2.78 %，另在相同燒結時間時，各配比之吸水率有隨著底灰量的增加而增加的趨勢。

抗壓強度會隨著時間增加而漸增，在燒結時間 360 分鐘時，其抗壓強度為 256 kg/cm²、透水係數為 0.016 cm/sec 另比較六種配比發現，添加底灰的量愈多，則抗壓強度愈低，其原因為增加底灰的量，燒結體內部因氣體逸散留下許多較大孔隙，可從微結構觀察發現，這些孔隙會影響燒結體之抗壓強度。透水係數隨著底灰添加量的增加透水係數增加，亦隨著燒結時間增加而增加。但當底灰添加量高於 20% 以上時，燒結體會出現明顯的裂痕，影響燒結體物性，因此本實驗中底灰添加量應於 20% 以內較洽當。此乃因底灰屬於非均質之物性，在燒成時燒成之範圍隨底灰含量增加而變的更為狹窄所致。

不同來源之底灰燒結體特性的影響中知：燒結溫度為 1150 、燒結時間 360 分鐘、污泥為 80% 之配比時較佳，比較淨水污泥中添加焚化底灰之可行性，其結果如表 3.2，由表知不同來源之焚化底灰其燒結體之物性基本上類似，因此以淨水污泥中添加底灰製作透水磚為一可行之資源化方法。

表 3.2 不同來源之焚化底灰其燒結體之物性比較

項目	底灰 A	底灰 B
燒失量 (%)	11.38	13.19
體積收縮率 (%)	36.5	38.3
密度(g/cm ³)	1.76	1.77
吸水率 (%)	2.78	3.82
抗壓強度 (kg/cm ²)	256	161
透水係數 (cm/sec)	0.016	0.018

就燒結溫度而言，相同時間 (60 min) 配比 (80%) 隨著溫度升高燒結體之吸水率明顯從 1050 的 28.66% 下降到 1150 的 6.98%。燒失量、體積收縮率、密度、抗壓強度、透水係數隨溫度增加而增加，惟至 1200 時因燒結體變形導致下降。

以燒結時間而言，隨著時間增加燒結體之燒失量、體積收縮率、密度之變化較不明顯，但吸水率從 60 min 6.98% 降到 240 min 3% (配比 80%)。抗壓強度、透水係數則有逐漸增加的趨勢。

以配比而言，隨著底灰量增加燒結體之燒失量、體積收縮率、密度、抗壓強度漸減；吸水率、透水係數反而增加。

(四)綜合以上知污泥配比 80%、燒結溫度 1150、燒結時間 360 分鐘之燒結體其抗壓強度 256 kg/cm²、透水係數 0.016 cm/sec、吸水率 2.78% 為較佳之結果。

四、計畫成果自評

透水性鋪面與一般傳統之瀝青鋪面最大的不同為其具有透水功能，可將雨水滲透至地下，有效促進土壤活化，另一方面，具透水性之鋪面，可改善表面積水問題，因此，透水性鋪面適用於人行道、停車場、

廣場以及輕行車用道。

廢棄物資源化再利用是國內重要之環保議題，本研究結合污泥與底灰製作具應用強度之透水磚，達成預期成果，希望日後能廣泛用於都會區。

五、參考文獻

莊世隆 (2002)， “ 透水性鋪面透水性之研究 ”，國立台北科技大學土木與防災研究所碩士學位論文。

廖錦聰等 (1996)， “ 焚化灰渣資源化研究 (研究報告) ”，工業技術研究院計畫報告。

Lin D.F. And Weng C.H. (2001) Use of sewage sludge ash as brick material. *J ENVIRON ENG-ASCE*, 127(10) : 922-927.

Tay J.H. and Yip, W. K., (1989) Sludge ash as lightweight concrete material. *ASCE J. OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING*, 115(1) : 56-64.

Tay J.H. and A. T. C. Goh. (1991) Engineering Properties of Incinerator Residue. *J. OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING*, Vol. 117(2): 224-235.

Tay JH., Show KY, (1997) Resource recovery of sludge as a building and construction material-A future trend in sludge management. *WATER SCI TECHNOL* 36 (11): 259-266.

Tay JH., Show KY, (1997) Resource recovery of sludge as a building and construction material-A future trend in sludge management. *WATER SCI TECHNOL* 36 (11): 259-266.

Tay JH., Show KY, (1997) Resource recovery of sludge as a building and construction material-A future trend in sludge management. *WATER SCI TECHNOL* 36 (11): 259-266.

Tay JH., Show KY, (1997) Resource recovery of sludge as a building and construction material-A future trend in sludge management. *WATER SCI TECHNOL* 36 (11): 259-266.

Tay JH., Show KY, (1997) Resource recovery of sludge as a building and construction material-A future trend in sludge management. *WATER SCI TECHNOL* 36 (11): 259-266.

Tay JH., Show KY, (1997) Resource recovery of sludge as a building and construction material-A future trend in sludge management. *WATER SCI TECHNOL* 36 (11): 259-266.