

# Assessment of Long-term Behavior about Cement-based Products Containing Incineration Bottom Ash

陳奕達、葉啟輝

E-mail: 9701213@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

In Taiwan, the quantity and variety of waste has recently increased with the rapid economic growth. Incineration has been considered as a predominate technology of the waste treatment. In this study, incinerator bottom ash was mixed with cement to cast construction materials such as bottom ash brick. In order to assess the strength about replacement, we replace sands and gravels by different percentage. On other way, we put our sample on sodium sulfate, hydrochloric acid and water to compare their strength. At last, Simple Leaching Model, which was derived from the diffusion theory, was used to analyze data from the standard dynamic leach test, which was similar to ANS-16.1 leach method. The results indicate that Simple Leaching Model could be used as a governing equation of long-term tracing metal leachability. The results show that replacement rate affect the strength of our sample. Hydrochloric acid abate strength more than other solution. According to result of ANS-16.1, heavy metal plumbum and copper can be used to calculate their affection on our environment.

Keywords : bottom ash ; lone-term leaching ; compress strength ; ANS-16.1 ; dynamic ; taiwan ; data

## Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	v	誌謝.....	vi	目錄.....	vii	圖目錄.....	x	表目錄.....	xiii																						
第一章 前言	1.1 研究緣起與目的.....	1	1.2 研究方向及內容.....	2	第二章 文獻回顧	2.1 國內垃圾處理現況.....	4	2.1.1 焚化灰渣來源.....	12	2.1.2 國內焚化灰渣之物理及化學性質.....	15	2.1.2.1 物理性質.....	16	2.1.2.2 化學性質.....	17	2.1.3 焚化灰渣之處理方式.....	22	2.1.4 國外焚化底渣再利用介紹.....	27	2.1.5 固化之定義及原理.....	33	2.2 底灰再利用規定.....	34	2.3 混凝土性質.....	35	2.3.1 水泥固化之化學反應.....	35	2.3.2 水泥固化的化學機制.....	38	2.4 老化評估方法.....	39	2.5 固化體溶出評估技術.....	42	2.6 相關研究.....	47
第三章 實驗材料、設備及方法	3.1 實驗概述.....	51	3.2 實驗材料.....	51	3.3 實驗設備.....	52	3.4 實驗方法.....	53	3.4.1 底灰性質分析.....	53	3.4.2 混凝土性質分析.....	59	第四章 結果與討論	4.1 底灰性質分析.....	61	4.2 混凝土性質.....	64	4.3 小結.....	88	第五章 結論與建議	5.1 結論.....	91	5.2 建議.....	92	參考文獻.....	93									

## REFERENCES

- 1.王世賢，焚化爐底渣及廢混凝土塊應用於控制性低強度材料工程與環境效益評估之研究，中央土木所碩士論文，2005。
- 2.中興工程顧問股份有限公司，財團法人台灣營建研究院，工業技術研究院，「行政院環境保護署垃圾焚化底灰初級篩分資源再利用廠興建工程規劃、設計及監造專案工作計畫資源化再製品試作驗證報告」，2003。
- 3.申永順，林奇璋，陳志聖，底灰作為廢水處理用濾材之評估研究，第25屆廢水處理研討會論文集，pp.779~783，2000。
- 4.白志清，工業礦渣取代無筋水泥製品之細粒料應用研究，中央土木所碩士論文，2001。
- 5.行政院環保署，中華民國台灣地區環境保護統計年報，2007。
- 6.行政院環保署，廢棄物處理法。
- 7.行政院環境保護署，廢棄物固化處理固化體溶出物之預測模式 - 含重金屬污泥固化處理 後固化體溶出重金屬之預測模式，2002。
- 8.沈永年，林仁益，王和源，郭文田，混凝土技術，全華圖書公司，2002。
- 9.吳岳澤，污泥灰渣全資源化水泥沙漿之研究，中央環工所碩士論文，2006。
- 10.吳政治，大型垃圾焚化爐灰渣中金屬分佈特性之研究，北科環規所碩士論文，2002。
- 11.邱英嘉，謝素蘭，混凝土品質控制—配比設計，文京圖書公司，2003。
- 12.沈進發，混凝土品質控制，1989。
- 13.林永珍，都市垃圾焚化廠飛灰固化體養護齡期對管理制度影響之探討，高雄第一科大環安所碩士論文，2002。
- 14.林世強，以垃圾焚化灰為原料之環保水泥生產技術與物性探討，國科會研究計畫編號: NSC-89-2211-E-151-008，2000。
- 15.林育丞，垃圾焚化底渣與水泥拌合後之潛在問題探討，中央土木所碩士論文，2003。
- 16.周信輝，都市垃圾焚化反應灰安定化之研究，成大資源所碩士論文，2001。
- 17.洪正鈞，都市區焚化廠灰渣之特性及工程上之利用，海洋大學材料所碩士論文，2006。
- 18.胡志誠，焚化廠底灰應用於工程回填材料之環境安全性研究，台大土木所碩士論文，2003。
- 19.紀茂傑，混凝土耐久性影響因素及評估方法之研究，海洋大學河海工程所博士論文，2002。
- 20.郭益銘，焚化灰渣玻璃化之評估研究，成大環工所

碩士論文, 2004。 21.財團法人台灣營建研究院, 「控制性低強度材料於土木工程之應用及試辦作業(成果報告)」, 2002。 22.陳明義, 應用模糊多目標規劃在灰渣資源化管理之研究, 台大環工所碩士論文, 2002。 23.陳韋伶, 不同焚化爐底渣物化性質比較分析, 中央土木所碩士論文, 2003。 24.曾子彥, 以浸泡方式加速混凝土中性化反應之研究, 成大土木所碩士論文, 2002。 25.黃兆龍, 混凝土性質與分析, 詹氏書局, 1997。 26.黃奕叡, 廢棄物焚化灰渣熱熔之研究, 成大環工所碩士論文, 2002。 27.曾博榆, 都市垃圾焚化灰渣調質熔渣取代部份水泥之研究, 中央環工所碩士論文, 2003。 28.張乃斌, 垃圾焚化廠系統工程與設計(上下冊), 新雅出版社, 1997。 29.張大鵬, 「澎湖海砂混凝土性質之研究」, 台灣省澎湖縣政府專題研究計畫總期末報告, 1994。 30.詹炯淵, 垃圾焚化飛灰管理對策之研究, 台大環工所碩士論文, 2000。 31.張祖恩, 施百鴻, 郭子豪, 盧幸成, 經前處理垃圾焚化底灰作為水泥原料之研究, 國科會研究計畫編號: 90-2211-E-006-045, 2001。 32.張祖恩, 魏玉麟, 王鴻博, 許琦, 黃沐域, 焚化灰渣物化特性及其溶出毒性之調查研究, 國科會研究計畫編號: NSC 88-2211-E-006-072, 1999。 33.張峻傑, 以加速氯離子穿透試驗評估混凝土耐久性之研究, 海洋大學材料所碩士論文, 2003。 34.葉祥春, 垃圾焚化爐底渣應用於道路基底層之研究, 成大土木所碩士論文, 2003。 35.張蕙蘭, 國外焚化底渣再利用介紹, 永續產業資訊雙月刊第十一期, 2003。 36.雷揚中, 焚化爐底渣應用於道路工程之研究, 中央土木所碩士論文, 2004。 37.楊鑫城, 泛用混凝土耐久性之研究, 成大土木所碩士論文, 2003。 38.趙永楠, 以動態/半動態溶出程序評估都市垃圾焚化底灰長期穩定特性之研究, 台大環工所碩士論文, 2003。 39.廖明村, 張豐藤, 垃圾焚化灰渣處理處置及資源化技術探討, 中興工程, 第六十期, pp.125-136, 1998。 40.蔡樹鴻, 都市垃圾焚化灰渣資源化處理之基礎研究, 成大資源工程所碩士論文, 1997。 41.環保署, 垃圾全分類零廢棄群組行動計畫, 2003。 42.環保署, 廢棄物低固化材料固化處理技術研究 43.環保署, 廢棄物焚化灰渣材料化技術研究專案研究計畫 44.環保署, 廢棄物焚化灰渣材料化技術研究(第二年) 45.環檢所, 垃圾焚化廠灰渣處理與再利用方式評估, 2001。 46.Astrup T., " Pretreatment and utilization of waste incineration bottom ashes: Danish experiences ", *Waste Management* 27, pp.1452 – 1457, 2007. 47.Bertolini L., Carsana M., Cassago D., Quadrio C.A., Collepardi M., " MSWI ashes as mineral additions in concrete ", *Cement and Concrete Research* 34, pp.1899 – 1906, 2004. 48.Cai Z., Bager D.H., Christensen T.H., " Leaching from solid waste incineration ashes used in cement-treated base layers for pavements ", *Waste Management* 24, pp.603 – 612, 2004. 49.Filipponi P., Polettinia A., Pomia R., Sirini P., " Physical and mechanical properties of cement-based products containing incineration bottom ash ", *Waste Management* 23, pp.145 – 156, 2003. 50.Forteza R., Far M., Segu C., Cerda V., " Characterization of bottom ash in municipal solid waste incinerators for its use in road base ", *Waste Management* 24, pp. 899 – 909, 2004. 51.Giampaolo C., Lo Mastro S., Polettinib A., Pomib R., Sirini P., " Acid neutralisation capacity and hydration behaviour of incineration bottom ash – Portland cement mixtures ", *Cement and Concrete Research* 32, pp.769 – 775, 2002. 52.Gilliam T.M., Dole L.R., McDaniel E.W., " Waste Immobilization in Cement- Based Grouts. ", Philadelphia: ASTM Special Technical Publication, 1986. 53.Hassan H.F., " Recycling of municipal solid waste incinerator ash in hot-mix asphalt concrete ", *Construction and Building Materials* 19, pp.91 – 98, 2005. 54.Jing C., Meng X., Korfiatis G.P., " Lead leachability in stabilized/solidified soil samples evaluated with different leaching tests ", *Journal of Hazardous Materials B114*, pp.101 – 110, 2004. 55.Jong S.P., Young J.P., Jong H., " Solidification and recycling of incinerator bottom ash through the addition of colloidal silica (SiO<sub>2</sub>) solution ", *Waste Management* 27, pp.1207 – 1212, 2007. 56.Jung C.H., Matsutoa T., Tanaka N., Okada T. " Metal distribution in incineration residues of municipal solid waste (MSW) in Japan ", *Waste Management* 24, pp.381 – 391, 2004. 57.Juric B., Hanz L., Ilic R., Samec N., " Utilization of municipal solid waste bottom ash and recycled aggregate in concrete ", *Waste Management* 26, pp. 1436 – 1442, 2006. 58.Kikuchi R., " Recycling of municipal solid waste for cement production: pilot-scale test for transforming incineration ash of solid waste into cement clinker ", *Resources, Conservation and Recycling* 31, pp.137 – 147, 2001. 59.Krammart P., Tangtermsirikul S., " A Study on Cement Made by Partially Replacing Cement Raw Materials with Municipal Solid Waste Ash and Calcium Carbide Waste ", *Science Asia* 29, pp.77-84, 2003. 60.Muller U., Rubner K., " The microstructure of concrete made with municipal waste incinerator bottom ash as an aggregate component ", *Cement and Concrete Research* 36, pp.1434 – 1443, 2006. 61.Pecqueur G., Crignon C., QueAneAe B., " Behaviour of cement-treated MSWI bottom ash ", *Waste Management* 21, pp.229 – 233, 2001. 62.Shimaoka T., Sakita S., " Pretreatment of Bottom Ash for Reuse of Construction Materials " 63.Uchida T., Hirao T., Shimaoka T., Miyawaki K., Hanashima M., " Application of Bottom Ash as Road Construction Materials " 64.Van der Sloot H.A., Hoede D., Cresswell D.J.F., Barton J.R., " Leaching behaviour of synthetic aggregates ", *Waste Management* 21, pp.221 – 228, 2001. 65.Van der Sloot H.A., Kosson D.S., Hjelmar O., " Characteristics, treatment and utilization of residues from municipal waste incineration ", *Waste Management* 21, pp.753 – 765, 2001. 66.Wiles C.C., " Municipal Solid Waste Combustion Ash :State-of- the-knowledge ", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 47, pp.325- 344, 1996. 67.Wunsch P., Greilinger C., Bienick D. and Kettrup A., " Investingation of theBinding of Heavy Metals in Thermally Treated Residues From Waste Incineration ", *Chemosphere*, Vol. 32, No.11, pp.2211, 1996.