

The Environmental Impact Assessment of Concrete

許智威、葉啟輝

E-mail: 359023@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

In this study life cycle assessment software SimaPro7.1 was used as analysis tool, with Eco-Indicator 95 and Eco-Indicator 99 to evaluate the environmental impact of concrete in the various stages of the production process. Using Eco-Indicator 95 cement production stage was the greatest impact(9.45×10^{-2} Pt) for traditional concrete; while the sand and gravel transport phase was the greatest impact (5.84×10^{-2} Pt) for blast furnace concrete and furnace slag and fly ash concrete. The Eco-Indicator 99 damage assessment of three concrete shows that traditional concrete are larger than other two in human health, ecosystem quality and resources. The impact of the blast furnace concrete was the lowest. Overall, the traditional concrete used more cement and created the greatest environmental impact. Other two kinds of concrete replaced 50% of cement by pozzolanic materials can reduce the environmental impact points approximately 44%.

Keywords : Life Cycle Assessment、Environmental Impact Assessment、Concrete、SimaPro7.1

Table of Contents

目錄 中文摘要 iii 英文摘要 iv 誌謝 v 目錄 vi 圖目錄 viii 表目錄 x 第一章 緒論 1.1 研究背景 1.2 研究目的 2 1.3 研究內容與流程 3 第二章 文獻回顧 2.1 混凝土概述 5 2.1.1 高爐爐石 8 2.1.2 飛灰 10 2.2 預拌混凝土 12 2.3 生命週期評估發展回顧 16 2.4 生命週期評估介紹 19 2.4.1 生命週期評估 (LCA) 定義 19 2.4.2 生命週期架構 20 2.5 生命週期評估軟體概述 27 2.5.1 SimaPro軟體特色與架構 29 2.5.2 Eco-indicator 95 32 2.5.3 Eco-indicator 99 34 2.6 國內外相關生命週期評估研究 36 第三章 研究方法 3.1 混凝土衝擊評估流程 39 3.2 目的與範疇界定 41 3.3 盤查分析 42 3.4 生命週期評估模式 43 第四章 結果與討論 4.1 各階段之盤查數據 49 4.2 混凝土廠Eco-indicator 95衝擊評估 54 4.3 混凝土廠Eco-indicator 99衝擊評估 70 4.4 不同材料混凝土環境衝擊比較 92 4.4.1 不同材料混凝土之比較-以Eco 95分析 92 4.4.2 不同材料混凝土之比較-以Eco-99分析 96 4.4.3 不同強度混凝土之比較 101 第五章 結論與建議 5.1 結論 105 5.2 建議 106 參考文獻 108 圖目錄 圖1-1 研究流程 4 圖2-1 混凝土組成示意圖 6 圖2-2 爐石產業上、中、下游關聯性 9 圖2-3 營建體系上中下游結構關係圖 12 圖2-4 預拌混凝土生產及品質管制流程圖 15 圖2-5 ISO 14040原則與架構 20 圖2-6 ISO-14041之目的和範圍界定流程 21 圖2-7 盤查分析簡要示意圖 22 圖2-8 生命週期衝擊評估之架構 25 圖2-9 SimaPro軟體使用介面 30 圖3-1 預拌混凝土廠生產流程 39 圖3-2 評估階段之作業內容 40 圖3-3 研究範疇界定 41 圖3-4 Eco-indicator 95 評估架構 44 圖3-5 Eco-indicator 99 評估架構 45 圖4-1 傳統混凝土Eco-95分析 55 圖4-2 高爐混凝土Eco-95分析 59 圖4-3 爐石飛灰混凝土Eco-95分析 65 圖4-4 傳統混凝土Eco-99分析 71 圖4-5 傳統混凝土損害評估分析 75 圖4-6 高爐混凝土Eco-99分析 77 圖4-7 高爐混凝土損害評估分析 83 圖4-8 爐石飛灰混凝土Eco-99分析 85 圖4-9 爐石飛灰混凝土損害評估分析 91 圖4-10 不同材料混凝土Eco-95分析 93 圖4-11 不同材料混凝土Eco-99分析 97 圖4-12 不同材料混凝土損害評估分析 100 圖4-13 不同強度傳統混凝土Eco-95分析 103 表目錄 表2-1 飛灰的一般用途 11 表2-2 生命週期評估之應用方向 18 表2-3 生命週期之定義 19 表2-4 生命週期評估軟體特性 28 表2-5 Eco-indicator 95環境衝擊類別 33 表2-6 Eco-indicator 99環境衝擊類別 35 表2-7 生命週期相關研究整理 37 表3-1 Eco-indicator 95權重因子 44 表3-2 Eco-indicator 99衝擊因子轉換損害評估之乘積因子 47 表3-3 Eco-indicator 99常態化因子 48 表3-4 Eco-indicator 99評價加權因子 48 表4-1 傳統混凝土1m³之配比 49 表4-2 高爐混凝土1m³之配比 50 表4-3 爐石飛灰混凝土1m³之配比 50 表4-4 每噸水泥生產盤查數據 51 表4-5 砂石生產盤查數據 51 表4-6 爐石及飛灰生產盤查數據 52 表4-7 各階段運輸盤查 53 表4-8 傳統混凝土環境衝擊數據 56 表4-9 傳統混凝土環境衝擊數值特徵化 57 表4-10 高爐混凝土環境衝擊數據 60 表4-11 高爐混凝土環境衝擊數值特徵化 62 表4-12 爐石飛灰混凝土環境衝擊數據 66 表4-13 爐石飛灰混凝土環境衝擊數值特徵化 68 表4-14 傳統混凝土Eco-99環境衝擊數據 72 表4-15 傳統混凝土Eco-99環境衝擊指數特徵化結果 73 表4-16 傳統混凝土損害評估結果 75 表4-17 高爐混凝土Eco-99環境衝擊數據 78 表4-18 高爐混凝土Eco-99環境衝擊指數特徵化結果 80 表4-19 高爐混凝土損害評估結果 83 表4-20 爐石飛灰混凝土Eco-99環境衝擊數據 86 表4-21 爐石飛灰混凝土Eco-99環境衝擊指數特徵化結果 88 表4-22 爐石飛灰混凝土損害評估結果 91 表4-23 不同材料混凝土Eco-95環境衝擊數據 94 表4-24 不同材料混凝土Eco-95環境衝擊指數特徵化 95 表4-25 不同材料混凝土之總環境衝擊Eco-95結果 96 表4-26 不同材料混凝土Eco-99環境衝擊數據 98 表4-27 不同材料混凝土Eco-99環境衝擊指數特徵化 99 表4-28 不同材料混凝土損害評估結果 101 表4-29 不同材料混凝土之總環境衝擊Eco-99結果 101 表4-30 3000 psi傳統混凝土1m³之配比 102 表4-31 不同強度傳統混凝土Eco-95 環境衝擊數據 104

REFERENCES

參考文獻 1.中崗科技, 2008, 生命週期評估與SimaPro軟體應用。 2.中聯資源, 2012, 爐石介紹, <http://www.chc.com.tw/product17.html> 3.王志源, 2004, 市售行動電話生命週期評估之個案研究, 國立屏東科技大學環境工程與科學研究所, 碩士論文。 4.王景玟, 2005, 綜合生命週期評估及生態效益之分析研究-以鋼鐵廠製品為例, 國立成功大學環境工程學研究所, 碩士論文。 5.申永順、顧洋, 1994, 生命週期分析在綠色產品設計之應用, 第四屆工業減廢技術與策略研討會論文集。 6.申永順, 1999, 產品市場訴求的第三個面向-環保化設計、綠色產品之施行與推動, 工業污染防治月刊, 第188-209頁。 7.石文進, 2010, 營建廢棄物回收骨材之環境指標研究, 大葉大學環境工程研究所, 碩士論文。 8.江玄政, 2003, 生命週期評估技術應用之介紹, 環保資訊月刊第57期, <http://www.fengtay.org.tw/paper.asp?page=2003&num=121&num2=36>。 9.吳炯達, 2006, 工業區廢水處理程序之生命週期評估研究, 大葉大學環境工程系研究所, 碩士論文。 10.吳翊民, 2000, 生命週期評估技術在台灣產業界應用實例之探討-以混凝土製品為例, 中華大學工業工程與管理研究所, 碩士論文。 11.李育明, 2011, 國內推動生命週期評估應用之回顧與展望。
http://www.ftis.org.tw/cpe/download/she/Issue15/column15_2.htm 12.李湘駒, 2003, 國內預拌混凝土產業關鍵成功因素之研究, 國立中正大學企業管理研究所, 碩士論文。 13.沈永年、王和源、林仁益、郭文田, 2002, 混凝土技術, 全華科技圖書股份有限公司。 14.林平全, 1991, 飛灰混凝土, 科技圖書股份有限公司。 15.林炳炎, 1993, 飛灰、矽灰、高爐爐石用在混凝土中。 16.國產實業集團, 2011, <http://www.gdc.com.tw/modules/tinyd0/index.php?id=7#04> 17.張智維, 2000, 環境衝擊最佳化之紙漿配比研究, 中華大學工業工程與管理研究所, 碩士論文。 18.梁州輔, 2004, 瀝青混凝土生產程序之生命週期評估研究, 大葉大學環境工程系研究所, 碩士論文。 19.許郁珮, 2005, 傳統塑膠袋與可分解塑膠袋之生命週期評估研究, 大葉大學環境工程系研究所, 碩士論文。 20.許哲維, 2011, 焚化爐底渣回收骨材之環境衝擊比較研究, 大葉大學環境工程系, 碩士論文。 21.陳式毅, 2001, 混凝土品管與驗證, 財團法人台灣營建研究院。 22.陳奉君, 2004, 供應鏈理論應用於預拌混凝土廠產銷成本之研究, 國立雲林科技大學營建工程系研究所, 碩士論文。 23.陳屏甫, 2005, 國道預力混凝土橋與鋼橋生命週期成本評估個案之研究, 國立中央大學營建管理研究所, 碩士論文。 24.陳朝和, 1996, 正確使用飛灰以提昇混凝土品質, 財團法人臺灣營建研究中心。 25.黃兆龍, 1993, 混凝土品質保證-檢驗與制度, 詹氏書局。 26.黃兆龍, 1999, 混凝土性質與行為, 詹氏書局。 27.黃香軻, 2004, 生命週期評估技術應用於第三類環境宣告產品驗證之研究, 大葉大學環境工程系研究所, 碩士論文。 28.黃然, 2011, 永續混凝土材料之實驗開發與應用研究, 內政部建築研究所委託研究報告。 29.黃靖方, 2010, 不同產製情境下之生質酒精生命週期評估研究, 大葉大學環境工程系研究所, 碩士論文。 30.黃瓊儀, 2005, 人造纖維產品之生命週期評估研究, 國立成功大學環境工程學系研究所, 碩士論文。 31.楊致行, 1998, CNS/ISO 14040 環境管理-生命週期評估-原則與架構, 工業技術研究院化工所。 32.廖盛銘, 2003, 生命週期評估技術應用於建築物之環境衝擊程度分析比較研究, 立德管理學院資源與環境管理研究所, 碩士論文。 33.劉瑋, 2002, 以生命週期觀點評估不同發電方式對環境之影響, 大葉大學環境工程系研究所, 碩士論文。 34.謝欣倩, 2011, 電動手工工具機的生命週期評估。 <http://setsg.ev.ncu.edu.tw/news%20letter/epnews5-2-2.html> 35.羅文正, 2001, 生命週期評估技術於產業之應用---以6V4Ah 鉛酸電池為例, 朝陽科技大學環境工程與管理研究所, 碩士論文。 36.Bolin C. A., Smith S. T., 2011, Life cycle assessment of pentachlorophenol-treated wooden utility poles with comparisons to steel and concrete utility poles, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 2475-2486. 37.Chen C., Habert G., Bouzidi Y., Jullien A., Ventura A., 2009, LCA allocation procedure used as an incitative method for waste recycling: An application to mineral additions in concrete, *Conservation and Recycling*, 54, 1231-1240. 38.Gerilla G.P., Teknomo K., Hokao K., 2007, An environmental assessment of wood and steel reinforced concrete housing construction, *Building and Environment*, 42, 2778-2784. 39.Goedkoop M., Demmers M., Collignon M., 1996, *The Eco-indicator 95 Manual for Designers*. 40.Goedkoop M., Oele M., Schryver A.D., Vieira M., 2008, *Simapro 7 database manual-method library*. 41.Habert G., Roussel N., 2009, Study of two concrete mix-design strategies to reach carbon mitigation objectives, *Cement and Concrete Composites*, 31, 397-402. 42.Huntzinger D. N., Eatmon T. D., 2009, A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: comparing the traditional process with alternative technologies, *Journal of Cleaner Production*, 17, 668-675. 43.Khan F., Hawboldt K., Iqbal M., 2005, Life cycle analysis of wind-fuel cell integrated system, *Renewable Energy*, 30, 157-177. 44.Lopes E., Dias A., Arroja L., Capela I., Pereira F., 2000, Application of life cycle assessment to the Portuguese pulp and paper industry, *Cleaner Production*, 11, 51-59. 45.Marinkovi? S., Radonjanin V., Male?ev M., Ignjatovi? I., 2010, Comparative environmental assessment of natural and recycled aggregate concrete, *Waste Management*, 30, 2255-2264. 46.SETAC, 1993, *A Conceptual Framework for Life-Cycle Impact Assessment*, Workshop Report, 22-23. 47.Sjunnesson J., 2005, *Life Cycle Assessment of Concrete*, Department of Technology and Society. 48.Zufia J., Arana L., 2007, Life cycle assessment to eco-design food products: industrial cooked dish case study, *Cleaner Production*, 1915-1921.