

摘要

阻水系統(Lining System)為垃圾掩埋場中重要之設施，以防止滲出水污染土壤地下水，目前國內大部分垃圾衛生掩埋場，均使用高密度聚乙烯(HDPE)土工止水膜作為單一阻水襯砌。國內許多事業廢棄物利用掩埋方式處理，其滲出水中之有機溶劑可能藉由擴散作用浸透 HDPE，因此土工止水膜的化學浸透性將不容忽視。

本研究探討氯化碳氫化合物三氯乙烯、三氯甲烷、1,2-二氯乙烷、二氯甲烷與芳香族碳氫化合物苯、甲苯、乙基苯、苯乙烯等溶劑，在 HDPE 土工止水膜之浸入及浸透現象的相關性，以及厚度與溫度對擴散係數(Diffusion coefficient)、溶解度係數(Solubility coefficient)及浸透係數(Permeation coefficient)之影響。

研究為文獻中首次利用浸入試驗推導HDPE之浸透性，結果發現浸入與浸透之擴散係數、溶解度係數及穩定浸透速率均有顯著相關($p < 0.05$)。研究發現厚度會影響擴散係數及溶解度係數，經由電子顯微鏡觀察，本研究所使用之HDPE結構不同。擴散係數、浸透係數及溶解度係數隨溫度之變化，大致均可符合Arrhenius equation及Van't Hoff equation。

雖然浸入與浸透實驗得到之擴散係數與溶解度係數相關性良好，經由Fick's Law建立之質傳模式，發現浸入實驗未能適切模擬ASTM F739浸透試驗結果。因此，簡單且快速之浸入試驗，可應用於評估有機溶劑浸透HDPE之穩定浸透速率；但是，浸透實驗條件較符合垃圾掩埋場不透水布之使用狀況。

關鍵字：土工止水膜(geomembrane)、浸入(immersion)、浸透(permeation)、高密度聚乙烯(High Density Polyethylene, HDPE)

ABSTRACT

In order to prevent the transport of leachate from the landfill into the surrounding environment, the lining system is the most important. HDPE geomembranes are the most used as lining in Taiwan. Organic solvents in the leachate may permeate through the geomembranes by diffusion. Especially, industrial wastes are also treated by landfill in Taiwan. It is important to concern the organic solvents released from the leachate permeate the geomembrane.

In this study, permeation experiments and immersion tests were conducted to investigate the permeation and immersion of eight pure organic solvents. Comparisons were made between the immersion test and permeation experiment. The steady state permeation rates determined by the ASTM F739 method were significantly correlated to the immersion test, and their diffusion coefficients and solubility coefficients also showed good correlations ($p < 0.05$). Therefore, the immersion test can be a simple and rapid approach to measure the steady state permeation rate.

The diffusion coefficient and solubility were varied with the thickness of geomembranes. It may be because of the different structure of HDPE geomembranes. The diffusion coefficient and solubility were varied with the temperature and fitted the Arrhenius equation and Van't Hoff equation. Moreover, the modeling results indicated that the diffusion coefficients and solubilities determined by the immersion tests were unable to assess the chemicals permeation through geomembranes. And only permeation experiment can be the situation of the geomembrane in landfill.

Keywords: geomembrane, High Density Polyethylene (HDPE), immersion, permeation

目錄

目次	頁次
摘要	
目錄	
表目錄	
圖目錄	
第一章 前言	
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	3
第二章 文獻探討	
2.1 土工止水膜之特性及應用	4
2.2 浸透實驗(permeation experiment)	6
2.2.1 化學物質於高分子聚合物之浸透機制	6
2.2.2 有機溶劑浸透聚合物薄膜之擴散係數及穩定浸透速率	7
2.3 有機溶劑浸入聚合物薄膜之擴散係數及溶解度	12
2.4 吸附動力學	15

第三章 材料與方法

3.1 實驗材料.....	17
3.2 實驗儀器設備.....	20
3.3 浸透測試實驗模型.....	21
3.4 浸透測試實驗步驟.....	23
3.5 浸入測試實驗步驟.....	24

第四章 結果與討論

4.1 有機溶劑浸透聚合物.....	26
4.2 有機溶劑浸入聚合物.....	30
4.3 浸入擴散係數及溶解度係數與有機溶劑之相關性	34
4.4 浸入與浸透之相關性.....	37
4.5 厚度影響	39
4.6 溫度效應.....	45
4.7 數據之數學模擬.....	49

第五章 結論與建議

5.1 結論.....	58
5.2 未來研究方向.....	59

參考文獻.....60

附錄一 符號表

附錄二 有機溶劑檢量線

附錄三 浸入實驗地工止水膜之重量變化

附錄四 浸透實驗採集介質有機溶劑之濃度變化

表目錄

表次	頁次
表 3.1 實驗之有機溶劑物化性質.....	18
表 3.2 實驗之 HDPE 土工止水膜特性	19
表 4.1 實驗之平均擴散係數、溶解度及穩定浸透速率	29
表 4.2 浸入實驗擴散係數及溶解度與文獻值之比較	33
表 4.3 浸入實驗之擴散係數與有機溶劑物化性之相關	35
表 4.4 浸入實驗之溶解度係數與有機溶劑物化性之相關	36
表 4.5 浸入與浸透之擴散係數、溶解度係數及穩定浸透速率之 相關性.....	38
表 4.6 不同厚度 HDPE 不透水布之平均擴散係數、溶解度及穩定 浸透速率.....	40
表 4.7 氯化碳氫化合物於不同溫度之擴散係數、溶解度係數及穩定 浸透速率.....	47
表 4.8 擴散係數、浸透係數之活化能及溶解度之熱含量	48

圖目錄

圖次	頁次
圖 2.1 ASTM F739 浸透測試腔	5
圖 2.2 有機溶劑浸透土工止水膜之質傳機制	6
圖 2.3 有機溶劑累積浸透曲線.....	11
圖 2.4 (a) Case I Sorption (b) Case II Sorption	16
圖 2.5 Case III Sorption	16
圖 3.1 密閉式迴路浸透實驗流程.....	22
圖 3.2 浸入測試實驗圖.....	25
圖 4.1 氯化碳氫化合物在採集介質中之濃度變化	28
圖 4.2 芳香族碳氫化合物在採集介質中之濃度變化	28
圖 4.3 氯化碳氫化合物浸入 HDPE 之 M_t/M_∞ 變化	32
圖 4.4 芳香族碳氫化合物浸入 HDPE 之 M_t/M_∞ 變化	32
圖 4.5 浸入與浸透之穩定浸透速率關係圖	38
圖 4.6 浸入實驗之穩定浸透速率隨厚度變化	38
圖 4.7 浸透與浸透之穩定浸透速率關係圖	41
圖 4.8 HDPE 0.5 mm 之電子顯微鏡觀察圖	42
圖 4.9 HDPE 1 mm 之電子顯微鏡觀察圖.....	43
圖 4.10 HDPE 2 mm 之電子顯微鏡觀察圖.....	44

圖 4.11 氯化碳氫化合物在採集介質中的模擬濃度.....	51
圖 4.12 芳香族碳氫化合物在採集介質中的模擬濃度	51
圖 4.13 有機溶劑浸透不同厚度 HDPE 濃度曲線模擬圖	52
圖 4.14 有機溶劑於不同溫度浸透 HDPE 濃度曲線模擬圖.....	54
圖 4.15 浸入模擬氯化碳氫化合物浸透濃度圖	56
圖 4.16 浸入模擬芳香族碳氫化合物浸透濃度圖	57