

貯水池及渠道防漏薄膜材料介紹與試驗

Introduction to Materials of Reservoirs and Channel Flexible Lining Sheet and the Tests

農業工程研究中心技師

賴國興

Lai Kuo-Hsing

農業工程研究中心研究員兼組長

陳獻

Chen Shinne

摘 要

灌溉用貯水池建造、環境美化人工湖及渠道之防漏等工程隨地區開發而日益增加。上述工程所需之防水材料亦因材料科技進步而日新月異。市面之進口或本地產之材料品名有多種，各種材料均強調優越理化性及耐用性。然無論本地產或進口貨彼等大多屬新開發成品，並無長期使用業績。故在大量推廣之前，實有必要做現場使用實況調查及長期使用性能變化測定。

本文針對此問題於71年至83年進行市售各種材料及全省各事業單位實用例做試驗、調查。其結果，各種產品均有質料輕，容易搬運、施工簡便及優良防水效果，從試驗數據裏亦可明顯看出各種材料之可用性。其特性可供設計者在所需使用年限上作材料選擇之參考。惟PE材料做貯水池防漏有若干處接合口因施工不良而漏水，故對熱接技術宜進一步開發研。又發現若干產品使用再制原料，其理化性遠差新品，使用在貯水池或渠道防漏其壽命不及一年，事業單位設計時務必強調原料為新產品，更甚者應要求保固三年以上。

關鍵詞：防漏薄膜材料，高密度PE防水布，紅泥塑膠布，合成橡膠防水布，瀝青烯防水布，拉力強度，延伸率。

ABSTRACT

Nowadays, leakageproof engineering works have been steadily increased especially in constructing irrigation reservoirs and channels, and artificial lakes for beautiful scene as the answers to the rapid regional development projects in Taiwan. Therefore various innovative and well improved waterproof materials have been introduced to satisfy the demand in the aforesaid engineering works. Among the many kinds of materials, either imported or made locally, most of them are being emphasized in the exception physical and chemical properties and durability. However, neither the materials imported nor those made locally can evidence

their exceptional characteristics, because most of them are newly developed products. Consequently, before promote the use of these waterproof materials, it is obviously necessary to launch investigations into the uses at the practical sites and the evaluation on the long-term serviceability before the use of the materials in large amount is promoted.

Focusing on the objects mentioned above, adequate tests and investigations have been executed on the waterproof/leakageproof materials available in the markets in Taiwan and also on the some practically used the public facilities(1982 ~ 1994). The results show that in general the various materials tested prove to be light-weighted, easy to handle, simple to apply, and adequate in waterproof effect; and the data also demonstrate the serviceability of the materials distinctively. The characteristics report provide the designers with valuable reference in selecting the material meeting the service life requirement. However, leakage is found at several seaming places where PE based material was applied improperly, therefore, further study on thermo-seaming is suggested. Besides, it is also found that when any of those made of recycled materials is used, it becomes far inferior in physical and chemical properties than that made of fresh materials, and its service life in farm pond or channel measures less than one year. Normally waterproof materials made of fresh raw materials are required in the design for public facilities, in some cases, even a three-year warranty is required.

Keywords : Materials of flexible lining sheet, HD PE lining sheet, Red mud plastics sheet, Rubber lining sheet, Carbon-PE flexible lining sheet, Tensile strength at yield, Percentage elongation at yield.

一、前言

灌溉用貯水池建造¹⁾，環境美化人工湖及渠道之防漏等工程隨地區開發而日益增加。上述工程所需之防水材料亦因而迫切，而該類材料亦隨材料科技進步而日新月異，並朝向質輕薄膜方向發展。市面上之進口或本地產材料品名有多種，各種材料均強調優越理化性及耐用性。然無論本地產或進口貨彼等大多屬新開發產品，並無常期使用業績。故在大量推廣之前，實有必要做現場使用實況調查及長期使用性能變化測定。本文係自民國 71 年至 81 年之長期現場樣本測試物理（拉力強度及延伸率）性之資料整理。並調查 71 年施工之石門大圳防漏 PE 布使用，72 年施工中之台東鹿野茶區公共設施之貯水池¹⁾及嘉南大圳防漏工程等實際施工例²⁾。檢查至今之使用狀況而加以檢討之資料。

二、薄膜內面工材料、性能及應用介紹

目前市面薄膜防水內面工材料有紅泥塑膠布、

高密度 PE 防水布、合成橡膠防水布、E.C. B.(瀝青烯)防水布、P.V.C. 防水膠布、諸此產品均有質料輕、容易搬運、施工簡便及優良防水效果。然各種材料均有不同之理化性，且實際應用上亦有不同程度之效果，目前台灣市售各種材料之理化性及應用情況實例如表 -1。

三、試驗目的、方法與設備

1. 試驗目的

檢測各種材料理化性及其現場抗老化性能，亦即檢測長期使用其理化性之變化，提供設計參考，並藉此比較評估各類工程之要求及適用材料。

2. 設備

- 萬能拉力試驗機：本機容量最大拉力為 500 公斤，速度為無段變速，使用前須先熱機 20 分鐘，以增加正確性及穩定性。（詳照片 4）
- 試體模具：用於沖製試體，以求試體之標準化，進而達到試驗之準確性。
- 量具：游標卡尺，最小刻度為 5/100 可精確量

表 1 台灣目前市售內面工防水薄膜材料之理化性及應用實況

品 名	理 化 性 (廠商提供)	應 用 實 例
紅泥塑膠布	耐化學性佳 *拉力強度1.5kg/mm ² 耐候性佳 *破裂延伸率300% 耐磨性佳 *抗裂強度(無資料) 耐久性佳 耐水性佳	72年台東鹿野茶區公共管路設施工程貯水農塘 ¹⁾ 。 73年農業工程研究中心試驗渠道。
高密度PE防水布	耐化學性佳 *拉力強度2.4kg/mm ² 耐候性佳 *破裂延伸率80% 耐磨性佳 *抗裂強度(無資料) 耐久性佳 耐水性佳	71年石門大圳防漏工程 ²⁾ 。 72年台東尚武旱作灌溉工程(貯水農塘) 73年嘉南大圳防漏工程 ²⁾ 。 73年農業工程研究中心試驗渠道 75年宜蘭大塢養蝦區公共設施重劃貯水工程。 77年台東鹿野茶區公共管路設施工程貯水農塘 ¹⁾ 。
合成橡膠防水布	耐化學性佳 *拉力強度0.86kg/mm ² 耐候性佳 *破裂延伸率460% 耐磨性佳 *抗裂強度31kg/cm 耐久性佳 耐水性佳	68年嘉南水利會北幹線內面工改善 ²⁾ 。 72年台東鹿野茶區公共管路設施工程貯水農塘及茶改場台東分場貯水農塘 ¹⁾ 。 73年農業工程研究中心試驗渠道。
E. C. B. (瀝青烯) 防水布	耐化學性佳 耐候性佳 耐磨性佳 耐久性佳 耐水性佳	73年農業工程研究中心試驗渠道。
PVC防水膠布	耐化學性佳 耐候性佳 耐磨性佳 耐久性佳 耐水性佳	73年農業工程研究中心試驗渠道。

至0.05mm，鋼捲尺。

3. 方法

a. 試驗場地

在農業工程研究中心場內挖設一條試驗土渠，底寬3m，深1.5m，邊坡1:1，並設置固定夾。

b. 試驗材料

由各廠商提供之防水布依序鋪設於渠道內。始末端用固定夾鎖住，頂端用土壓實，(如照片1、照片2)。

c. 採樣方法

於73年7月鋪設後即每年於7月取樣，訂順水流方向為縱向，橫斷面為橫向(試體如照片3)。

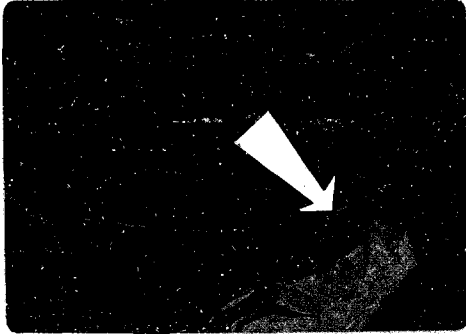
d. 拉力強度與延伸率測試

主要依CNS軟質聚氯乙稀塑膠片檢驗法測試(試驗方法如照片4)³⁾，並參考經濟部公布之有關風化評估法⁴⁾及美國有關塑膠材料變形檢測法⁵⁾。

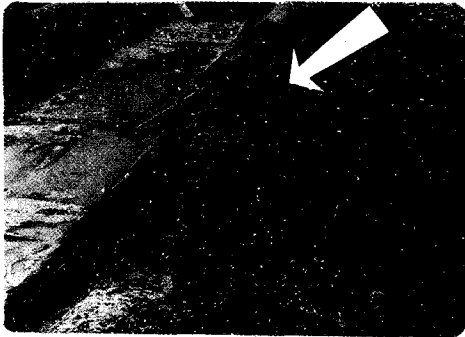
測試方法：自啞鈴狀試驗片之中心部20mm處各作標記，測定標記內任意數點之厚度，以下式

算出其斷面積。

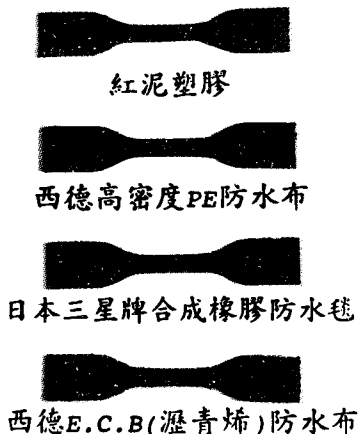
最小厚度(mm) × 試驗片之寬度(mm) = 斷面積(mm²)，試驗片在室溫下放置 24 小時後，然後置於拉力試驗機，延伸速度以每分鐘 200mm 為標準，測定試驗樣本裂斷時之標點距離，如在標點外裂斷時，棄之不計，取剩餘各片之平均值。各



照片 -1 渠道及防水布固定夾工程



照片 -2 防水布邊堤護壓



照片 -3 各式防水布材料試體

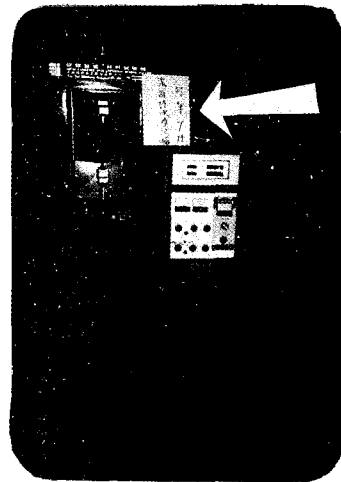
試驗片之拉力強度及延伸率可由下式算出。

拉力強度(kg/mm²) = $\frac{\text{裂斷時之荷重(kg)}}{\text{試驗片斷面積(mm}^2\text{)}}$ (有效數字取到 2 位)

延伸率(%) = $\frac{\text{裂斷時之標點間距離} - \text{標點間距離}}{\text{標點間距離}} \times 100$ (小數點以下四捨五入之)

於 9 張試驗片之測定值中將較高與較低值各 2 捨棄不計。取 5 張試驗片之平均值表示其拉力強度及延伸率。

(註) 拉力試驗機，使用備有最大荷重指示裝置及試驗片自動固定裝置之擺式橡膠拉力試驗機，其標示誤差在 ± 2 % 以內，裂斷荷重為試驗機之容量之 15 至 85 %。



照片 -4 81 年度試體試驗情形

四、試驗結果分析討論

本試驗自民國 73 年起，至民國 81 年止，每年於 7 月取樣洗淨晾乾後製成試體，經由萬能拉力試驗機進行材料之拉力強度與延伸率之測試，其結果分析如後。

1. 有關強度之結果：

表 -2 為各材料之縱向拉力強度，從表 -2 知，拉應力強度之順序為：高密度 PE 防水布 > 紅泥塑膠布 > 合成橡膠防水布 > 瀝青烯防水布；而變化量從小而大順序為：高密度 PE 防水布 < 瀝青烯防水布 < 紅泥塑膠布 < 合成橡膠防水布，PVC 防水

膠布因第四年後(民國 77 年)即破裂，不能比較。而從橫向拉應力，亦有如縱向拉應力之趨向，詳見表-3，而縱向穩定性，紅泥塑膠布則優於其他產品。

2.有關延伸率之結果：

至於延伸率之性能，無論橫、縱向其大小順序：高密度 PE 防水布 > 瀝青烯防水布 < 合成橡膠防水布 > 紅泥塑膠布。

3.比較性能：

拉力強度及延伸率以高密度 PE 防水布最優，而紅泥塑膠布次之，而合成橡膠防水布及瀝青烯防水布不相上下，而 PVC 防水布暫不符長期使用之功能。

4.理論上，任何材料均會老化，其強度會逐年減弱，而表-2 及表-3 之各年強度中，出現若干點時間久反而強度比較大，其原因可能有①每年取樣位置不一致，老化程度有差別，②斷面積計算方法為斷面積 = 最小厚度(mm) × 試驗片厚度(mm)；以上計算式中寬度，係固定模，不管其精度如何，每年都一樣，但最小厚度則用游標卡尺量測可能有所誤差。如以圖表示，取縱向拉應力與使用年數求其直線迴歸如圖-1，查視其變化趨向尚屬合理。

5.原廠新品材料規格標示拉力強度，如表-2 及表-3 下()內數值；比較原廠標示強度與歷年樣品強度，發現外國產品高密度 PE 防水布，合成橡膠防水布，瀝青烯防水布等，其歷年測試強度均高於標示強度，即表示其新品之標示強度，可做為耐用年數期間內之工作強度設計所用；而紅泥塑膠布其所標示者，係新品之強度，若干年後其強度低於新品標示者，故若依強度設計，則須加以考慮老化後強度。

6.延伸率方面，高密度 PE 防水布、紅泥塑膠布、瀝青烯防水布，7 年試測資料雖有一些年份出現數據異常，例如民國 77 年之橫向延伸率測完其值均偏低，可能當時溫度較低，材料縮收所致。又從各樣品中可看出，合成橡膠防水布之延伸率不論橫向或縱向在長期變化下有明顯減少。其他三種產品則變化不大。

7.使用事例調查中發現三處失敗者，其一台東大武旱作灌溉工程農塘，因使用舊料生產防水

表 2 防水布材料試驗(縱向拉力強度 Kg/mm²)

日期	年數	高密度PE 防水布	紅泥 塑膠布	合成橡膠 防水布	瀝青烯 防水布	PVC 防水膠布
73.7	0	3.35	1.40	1.38	1.00	1.53
75.7	2	3.15	1.33	1.47	0.86	0.71
76.7	3	3.14	1.18	1.45	0.79	0.85
77.7	4	2.75	1.30	1.27	0.78	0.72
78.7	5	2.96	1.11	1.13	0.71	*****
79.7	6	2.99	1.05	0.72	0.65	*****
81.7	8	2.60	1.28	0.99	0.81	*****
*		(2.40)	(1.50)	(0.77)	(0.77)	

*()內為原廠提供之強度

表 3 防水布材料試驗(橫向拉力強度 Kg/mm²)

日期	年數	高密度 PE防水布	紅泥 塑膠布	合成橡膠 防水布	瀝青烯 防水布	PVC 防水膠布
73.7	0	2.80	2.00	1.31	1.02	1.69
75.7	2	3.12	1.83	1.46	0.99	1.98
76.7	3	3.19	1.54	1.38	0.96	1.85
77.7	4	2.86	1.72	0.77	0.94	1.75
78.7	5	2.65	1.43	1.05	0.86	*****
79.7	6	2.89	1.35	1.05	0.89	*****
81.7	8	2.99	1.63	0.96	1.03	*****
*		(2.40)	(1.50)	(0.77)	(0.77)	

*()內為原廠提供之強度

布，鋪設不到一年就破損不堪使用，而台東鹿野茶區農塘 C 及宜蘭大塢養殖區貯水池則因接縫施工不良而漏水。

8.從現場使用實例筆者於(1982 年)在日本佐渡島之貯水池以合成橡膠防水布之防漏工程，在其水面與空氣交接處，發現防水布顏色略白且有破損現象，後來與管理者討論，其說明為水面接觸因波動原因可能有臭氧(O₃)之發生而浸蝕防水布；但因橡膠防水布補修容易，在其破損處以似補內胎方式加補一層即可，故有關此點並不影響其功能。

9.國產紅泥塑膠布其接合與修補亦類似橡膠防水布，頗為方便，但截止日前，尚未發現水面處有異樣。

五、結論與建議

1.依農業工程研究中心研究報告之分析²⁾，傳統混凝土內面工材料，如其造價 350 元/m² 以上，則使用新科技材料塑膠防水布，以代替傳統之內面工材料有其經濟價值。

2.依上述國內現場實用例調查資料及本中心試驗渠道逐年取樣試驗結果分析，各種產品均有質料輕、搬運容易、施工簡便及防水效果優良，

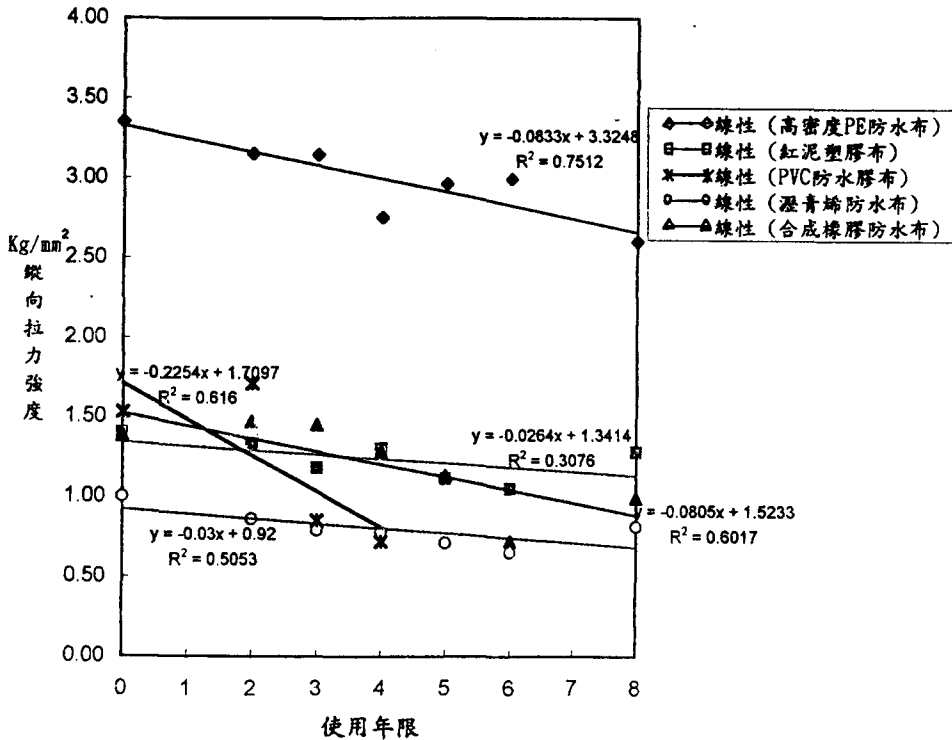


圖 1. 防水布材料試驗縱向拉力強度與使用年限迴歸分析圖

表 4 防水布材料試驗（橫向延伸率%）

日期	高密度 PE防水布	紅 泥 塑膠布	合成橡膠 防水布	瀝青烯 防水布	PVC 防水膠布
73.7	823	372	719	769	589
75.7	915	338	667	577	523
76.7	(1347)	390	618	700	578
77.7	(690)	350	(343)	(488)	(120)
78.7	758	375	594	603	*****
79.7	1040	(430)	575	670	*****
81.7	943	328	163	610	*****

() : 表示可能採樣或測試有問題或受測試時之溫度等影響。

表 5 防水布材料試驗（縱向延伸率%）

日期	高密度 PE防水布	紅 泥 塑膠布	合成橡膠 防水布	瀝青烯 防水布	PVC 防水膠布
73.7	1075	380	734	760	707
75.7	1098	326	677	(315)	568
76.7	1335	383	624	715	628
77.7	(755)	333	565	505	190
78.7	1095	398	543	428	*****
79.7	1326	412	267	540	*****
81.7	(702)	346	215	417	*****

() : 表示可能採樣或測試有問題或受測試時之溫度等影響。

由 73 年至 81 年取樣試驗分析結果，可明顯看出各種材料之可用性，其特性可供設計者在所需使用年限上作材料選擇之參考。

3. 有關薄膜防水材料應用於農塘或渠道在日本^{6) 7)}以合成橡皮防水布之應用有多例且亦歷經 10 年以上，其施工例可做為設施參考。
4. 經現地調查 PE 材料做貯水池防漏，有若干處之接合口因施工不良而漏水，故對熱接技術宜進一步開發研究。
5. 薄膜內面材料之防漏效果，經國內多年使用調查資料及本中心試驗渠道之試驗結果確有防漏之效果，為確保材料之耐久，在施工時應注意渠道面與防水材料之接合面保持平整，不可有尖銳之物以免影響使用年限，始末端及頂端施工時須注意防漏性，漏水會使防水布鼓起減少輸水斷面亦可能造成輸水損失及輸水路安全。對於往後渠底及提邊之污物雜草清除亦須注意機械或火災之傷害。

六、參考文獻

1. 陳 獻，防水布應用於蓄水農塘，農業工程研究中心編印，新進灌溉設施研討會資料輯，p.35-61，1984年3月。
2. 徐玉標·陳 獻·鍾文貴，渠道防漏材料及施工方法之研究，農業工程研究中心研究報告，第一、二、三年報告，AERC-82-RR-05，AERC-83-RR-01，AERC-84-RR-07，1982年6月、1983年10月、1984年7月。
3. 經濟部中央標準局(CNS)，軟質聚氯乙烯塑膠片檢驗法，總號1441，類號K6160，1996年12月。
4. 經濟部中央標準局，塑膠建築材料風化評定法8908，A3156，室外暴露檢驗法8909，A3157，加速暴露檢驗法8910，A3158，1982年6月

公布。

5. AMERICAN NATIONAL STANDARD ASTM D 756-78 standard practice for determination of weight and shape changes of plastics under accelerated service condition。
6. 社團法人，畑地農業振興會 合成ゴムシートの農業貯水池への應用，第一次、第二次報告，1975年5月，1978年6月。
7. 海老名芳郎，遮水材料としての合成ゴムシート of 性能，日本農業土木No.371，1980年11月。

收稿日期：民國84年1月9日

修正日期：民國84年9月5日

接受日期：民國84年9月14日

(上接第105頁)

9. Bakker-Arkema, F. W., W. G. Bickert and R. J. Patterson. 1967. Simultaneous heat and mass transfer during the cooling of a deep bed of biological products under varying inlet air conditions. J. Agricultural Engineers. Res.12(4):297-307.
10. Brooker, D. B., F. W., Bakker-Arkema and C. W. Hall 1978. Drying cereal grains. p.194-214. AVI publishing Co., Westport, Conn.
11. Foster, G. H. 1967. Moisture change during aeration of grain. Transactions of ASAE 10(3)344-347,351.
12. Hall, D. W. 1970. Handling and storage of food grain in tropical and subtropical areas. FAO Agricultural Development paper no. 90.
13. Lu, F. M. 1987. Simulation model for forced aeration of rice. Ph. D. Dissertation. University of California, Davis, California.
14. Pixton, M. S. W. 1968. The time required for conditioning grain to equilibrium with specific relative humidities. J. Stored Prod. Res., vol.4 p.261-265.
15. Schumann, T. E. W. 1929. Heat transfer: a liquid flowing through a porous prism. Jour. Franklin Institute, 208(3):405-416.
16. Sulzer-Escher Wyss. 1989. Granifrigor grain cooling system. Lindou, Germany.
17. Wang, C. Y. 1978. Simulation of thin-layer and deep-bed drying of rough rice. Ph. D. dissertation, University of California, Davis, California.
18. Wang, C. Y, T. R. Rumsey and R. P. Singh. 1979. Convective heat transfer coefficient in a packed bed of rice. American Society of Agricultural Engineers Paper No.79-3040.

收稿日期：民國84年8月8日

修正日期：民國84年9月5日

接受日期：民國84年9月13日