

第 02448 章 隧道防水層

1. 通則

•中華民國 94 年 12 月 31 日編定

1.1 本章概要

說明防水層之材料、設備、安裝、施工及檢驗等相關規定，本章有關規定亦適用於隧道洞口邊坡、明挖隧道或豎井之防水層。

1.2 工作範圍

1.2.1 非織物

1.2.2 防水膜

1.3 定義

防水層鋪設於隧道噴凝土與混凝土襯砌之間，包含兩層：外層為非織物，內層為防水膜。

1.4 系統設計要求

防止地下水滲入隧道內。

1.5 資料送審

承包商應於施工前至少 1 個月將下列圖說及資料各 3 份送請監造人員認可。

1.5.1 品質管制計畫書

1.5.2 施工計畫

1.5.3 工作圖

非織物及防水膜之安裝方式、搭接處理、修補方法、洞口段處理、錨碇及對鋼筋支架、岩栓頭、凸出物、穿管處等處理之詳細圖說及施工步驟。

1.5.4 廠商資料

(1) 產品之型錄、型號及相關資料（原版）。

(2) 材料性質及其接縫強度之試驗報告（若為進口產品，其試驗報告須為最近 3 個月內，由出具試驗報告之檢驗機構所在國政府認定，並經我國駐該地代表簽認；惟若檢驗機構係為我國國內註冊合法之機構者，可免簽認）。

1.5.5 各種材料應提送樣品 3 份。

(1) 1m^2 ($1\text{m}\times 1\text{m}$) 之非織物 1 塊。

(2) 1m^2 ($1\text{m}\times 1\text{m}$) 之防水膜 1 塊。

(3) 錨碇及固定塊 1 組。

(4) 1m 長之熔接接縫樣品 1 件。

(5) 組立樣品 1 件。

1.6 品質保證

1.6.1 提送監造人員同意之實驗機構檢驗合格文件正本，證明各項材料符合規定。

1.6.2 確實執行防水膜接縫或破損檢驗。

1.7 運送、儲存及處理

1.7.1 運送

(1) 所有材料必須由原廠原封包裝妥當，並加以適當保護，使在運送途中不致受損變質。

(2) 包裝外層須清楚標示尺度、製造廠商名稱、型號、批號、製造日期等。

1.7.2 儲存

(1) 所有材料須儲存於乾燥且通風良好之倉庫內，倉庫及堆積方式須經監造人員認可。

(2) 材料如須暫存屋外時，必須加以適當覆蓋保護，俾免受損或變質。任何材料如已受損或變質者，應即運離工地不得使用，其損失概由承包商負擔。

(3) 為防非織物於運送途中在紫外線下暴露過久而受損，每批非織物均以黑色或深色塑膠布包裝。

1.8 現場環境

防水層鋪設面應乾淨平順，所有鬆動物質及雜物應清除乾淨，尖銳物應修整填補平順。

1.9 工作順序及進度

防水層之施工位置應保持在混凝土澆置位置前適當距離。

1.10 業主指示

1.10.1 所有材料應經監造人員同意之實驗機構試驗合格後方准使用。

1.10.2 於交叉口、凹槽、其他無法以雙道熔接方式連接或無法施作真空罩檢驗的特殊處，則依監造人員指示施作。

1.11 維護及保養

在已檢驗合格之防水層附近施工，如襯砌鋼筋組立銲接時，宜提高警覺謹慎施工以避免損傷防水膜。

2. 產品

2.1 功能

防止地下水滲入隧道內，致隧道外之地下水降低，而影響居民用水或生態環境之平衡，並減少隧道襯砌之龜裂，確保電氣設備及交控器材之安

全。

2.2 材料

2.2.1 非織物材料應為聚丙烯 (Polypropylene) 或聚乙烯 (Polyethylene)，或兩種聚合體合成之纖維以針軋法製成之土木工程用織布。

2.2.2 防水膜材質可為瀝青烯 (Ethylene-Copolymer-Bitumen，簡稱 ECB) 或聚氯乙烯 (Poly-Vinyl-Chloride，簡稱 PVC) 或其物理及化學性質能完全符合要求之其他防水膜。

2.3 設備

承包商應供給 (但不限於) 下列設備：

(1) 可移式鋼製工作架 (以不防礙其他工作進行為原則)。

(2) 自動溫控熱熔機。

(3) 氣動或火藥包打釘機。

(4) 空氣壓縮機。

(5) 真空罩。

(6) 壓力測試設備。

2.4 備品

承包商應配合施工進度適時辦理進料，並具有預防故障之備用機具設備，以避免延誤工進。

2.5 設計與製造

2.5.1 防水膜單面應有破裂顯示層 (Signal Layer)，且顏色與防水膜呈顯著對比可於施工中輕易以肉眼察覺破孔處。

2.5.2 每卷防水膜長度，應配合隧道周長裁切，除交叉口、凹槽或設計需要外不宜有縱向接縫。

2.5.3 防水膜的厚度依設計圖所示辦理。

2.6 工廠品質管制

2.6.1 ECB 防水膜材質要求及試驗標準

試驗項目	試驗標準	試驗規範
(1)厚度	2.0mm	DIN 53370
(2)抗拉強度	8 N/mm ² 以上	DIN 53455
(3)破壞伸長率	500%以上	DIN 53455
(4)於 20%應變的抗壓強度	2.5 N/mm ² 以上	DIN 53454
(5)撕裂強度	150 N/mm ² 以上	DIN 53363
(6)防水性	良好(10 bar/10 hours)	DIN 16726
(7)接縫抗拉強度	7.2 N/mm ² 以上	DIN 16726

(8)暴露於暖氣下尺度穩定性	±2%以下	DIN 16726
(9)吸水率	1%以下	DIN 53495
(10) 耐酸、鹼性 28 天的變化	抗拉強度±20%以下 破壞伸長度±20%以下	DIN 16726
(11) 防火性	很難燃燒	DIN 4102/1

* 立方體試樣其邊長須為 10mm

2.6.2 PVC 防水膜材質要求及試驗標準

試驗項目	試驗標準	試驗規範
(1)厚度	2.0mm	DIN 53370
(2)抗拉強度	15 N/mm ² 以上	DIN 53455
(3)破壞伸長率	250%以上	DIN 53455
(4)於 20%應變的抗壓強度	2.5 N/mm ² 以上	DIN 53454
(5)撕裂強度	100 N/mm ² 以上	DIN 53363
(6)防水性	良好(10 bar/10 hours)	DIN 16726
(7)接縫抗拉強度	13.5 N/mm ² 以上	DIN 16726
(8)暴露於暖氣下尺度穩定性	±2%以下	DIN 16726
(9)吸水率	1%以下	DIN 53495
(10) 耐酸、鹼性 28 天的變化	抗拉強度±20%以下 破壞伸長度±20%以下	DIN 16726
(11) 防火性	很難燃燒	DIN 4102/1

*立方體試樣其邊長須為 10mm

2.6.3 非織物材質要求及試驗標準

試驗項目	試驗標準	試驗規範
(1) 單位重量	500g/m ² 以上	DIN 53854
(2) 厚度		DIN 53855/3
在 0.02 大氣壓力時	3.9mm 以上	
在 2.0 大氣壓力時	1.9mm 以上	
(3) 抗拉強度	1,000N/5cm 以上	DIN 53857/2
(4) 破裂前延伸度	40%以上	DIN 53857/2
(5) 3%抗拉強度的延伸度	20%以上	DIN 53857/2
(6) 透水性 K 值		**
在 0.02 大氣壓力時	5×10 ⁻¹ cm/s 以上	
在 2.0 大氣壓力時	5×10 ⁻² cm/s 以上	
(7) 耐酸、鹼性	抗拉強度損失 10%以下	SNV 640 550

**非織物沿面滲透試驗 K 值

2.6.4 材料進場數量視庫存量多少及工程進度而定，一般約為 10,000m²，每批材料進場時均應附原製造廠之出廠證明文件，且經監造人員抽樣試驗合格方可使用。

2.6.5 該試驗各項檢驗項目，如限於設備無法全部在國內檢驗時，應送監造人員同意之國外機構檢驗，其檢驗費用由承包商負擔。

2.6.6 非織物沿面滲透試驗

非織物沿面滲透係數 K 值是由定水頭滲透試驗決定的，利用兩個溢流槽來製造定水頭。

由數層非織物 (10×16.5cm²) 組成的試樣放入滲透室在水下浸泡 24 小時並再排出空氣，試樣的厚度必須超過 2cm，才可量得水壓計水面的下降，所選擇的水頭要確實形成層流。非織物沿面滲透係數是利用下述公式，在非織物上加不同的荷重，從 2kgf/cm² 逐階加至 200kgf/cm²，取三次試驗的平均值而得。

$$K_h = \frac{q \times l}{\Delta h \times dn \times b} \times \frac{\eta_t}{\eta_{20}}$$

K_h 為土工織物在 20°C 的滲透係數 (cm/s)

q 為流量 (cm³/s)

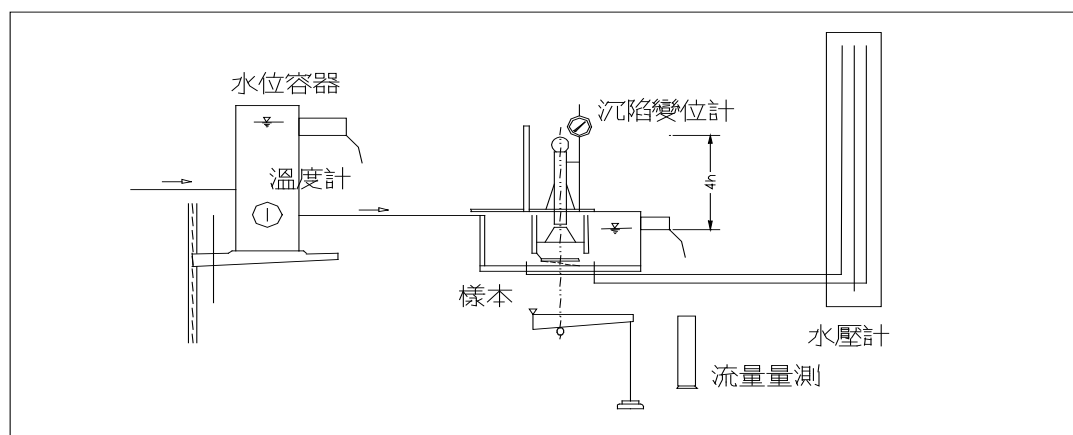
dn 為數層織物試樣厚度 (cm)

l 為試樣的實用長度 (cm)

b 為試樣的實用寬度 (cm)

Δh 為通過試樣的水頭損失 (cm)

η_t / η_{20} 水在試驗溫度動態黏滯性與水在 20°C 動態黏滯性的比率



非織物沿面滲透試驗示意圖

3. 施工

3.1 準備工作

防水層鋪設前工作面須乾淨，無鬆動物質、雜物或鐵釘，所有岩栓頭、管件、鋼筋等尖銳物均須修整平順，依監造人員認可之施工製造圖。

3.2 安裝

3.2.1 非織物應以適當固定塊固定於噴凝土面，固定點間距以平均不得大於 60cm，且每平方公尺平均不得少於 4 塊為原則。

3.2.2 防水膜應以熱熔方式安裝固定於固定塊上。

3.2.3 除交叉口、凹槽、其他無法以雙道熔接方式連接或設計需要外，防水膜不宜有縱向接縫，但經監造人員許可，得以其他熔接方式連接之。

3.3 施工方法

3.3.1 非織物搭接長度至少應有 10cm，縱向接縫每環不宜超過 2 道，鋪設時應緊貼噴凝土面不得加以拉扯，以免澆置混凝土時破裂或留有空隙。

3.3.2 施工時，除自重外不得拉扯使防水膜受力。

3.3.3 防水膜之搭接長度至少為 8cm，以雙道 (Double Seam) 熱熔接方式連接為原則。

3.4 示範及訓練

所有工作均須由熟練技工施工，並視需要由原製造廠商提供技術指導。

3.5 檢驗

3.5.1 接縫強度試驗

(1) 施工中每 1,000m 長接縫抽樣 1 組，每座隧道至少 1 組，該試驗頻率監造人員得視施工品質之穩定度，酌量調整之。

(2) 抽樣送檢驗單位按 DIN 16726 辦理接縫強度試驗。

3.5.2 接縫密封檢驗方法

(1) 於測試縫之一端焊入通氣插銷，利用空壓機打入 $1.0 \sim 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ 之空氣壓力，另一端則予密封，維持 5 分鐘，如壓力下降在 20% 以內時，則表示接縫完全密封。

(2) 將真空罩置於欲測試之部分，然後以 $0.2 \sim 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ 之壓力抽出空氣，如儀表指針不動，則表示有破損。此法並可加肥皂於欲測試之部分上，觀察肥皂水發泡與否，相互印證。

3.6 清理

現場需要的物品應整理妥善放置，不需要的廢料應清理儘速移往隧道外。

3.7 現場品質管制

3.7.1 若現場情況不適合施作接縫密封檢驗，需經監造人員許可外，所有接縫

均須經接縫密封檢驗合格。

- 3.7.2 凡破裂或刺穿而需修補之處，其四周至少重疊 15cm，且須依本章第 3.5.2 款「接縫密封檢驗方法」規定通過真空罩檢驗合格，或依監造人員指示辦理。

3.8 保護

內襯砌鋼筋組立時，應謹慎施工以免損傷防水膜。

4. 計價與計量

4.1 計量

防水層（含防水膜及非織物）依設計圖說之尺度（隧道按 D 線，假隧道及明挖隧道按襯砌外緣線）及經檢驗合格之面積以平方公尺為單位計量。

4.2 計價

- 4.2.1 按契約詳細價目表所列防水層（含防水膜及非織物）單價給付。

- 4.2.2 契約單價包括為完成本項工作所需之一切人工、材料、搭接損耗、機具設備、工作架、試驗、檢驗、技術指導、動力、儲存、搬運、鋪設面整修及其他相關費用在內。

- 4.2.3 檢驗不合格之防水層，應依隧道環向整幅切除後，重新熔接測試，其費用均由承包商自行負擔，不得要求任何補償。

〈本章結束〉