

公路路面人手孔蓋抗滑性能與檢測方法之初探

A Preliminary Study on the Skid Resistance and Testing Methods of Manhole Cover on Highway Surface

運輸工程組 邱雅莉、鄔德傳

研究期間：民國112年2月至112年7月

摘 要

公路路面人手孔蓋抗滑性能係指在潮濕或積水時抗滑能力，其會影響行人與車輛的安全。依照公路局統計全臺省道人手孔蓋約 24 萬個，其中 8 成已下地，約 4 萬個人手孔蓋因防災、檢測等需求無法下地，爰需掌握現況並釐清相關防滑檢測方法間有效性及效果之差異。本研究係透過蒐整國內外相關人手孔蓋抗滑性能相關文獻與規範，參與相關會議及訪談專家學者與實務單位，掌握人手孔蓋抗滑性能之要求與檢測方法，釐清其有效性與效果，以及提出結論與建議。

關鍵詞：

人手孔蓋、抗滑值

公路路面人手孔蓋抗滑性能與檢測方法之初探

一、前言

行政院公共工程委員會(2009)為提升道路路面平整度，於 96 年推動「路平實施計畫」，公路局(2008)配合辦理 7 條試辦路段，共計 20 公里，完成 1,173 座孔蓋下地作業。其後，該會提報「推動道路平整方案」並於 97 年 10 月 20 日奉行政院核定，正式啟動路平專案。公路局為配合路平專案，維護轄區內路面平整，以及兼顧管線機構業務需要，訂定交通部公路局受理挖掘公路作業程序手冊，規定省道路面上人手孔蓋除具有救災功能或特殊需求，經核准得免下地外，其餘人手孔蓋以下地至少 20 公分為原則。

依照公路局統計全臺省道包含電力、自來水、電信、瓦斯、污水、警政與消防等具有救災維生及其他特殊需求之人手孔蓋約 24 萬個，其中 8 成已下地，約 4 萬個人手孔蓋因防災、檢測等需求無法下地。另參考立法院第 10 屆第 6 會期交通委員會審查本所 112 年度中央政府總預算時，立法委員關切人手孔蓋並非平整面，其抗滑性能影響著交通安全，如適用標線防滑檢測規定，例如經濟部國家標準 CNS15834(2015)，恐有相關疑慮，建議本所進行相關研析。爰此，針對公路路面人手孔蓋需掌握現況，並就其抗滑性能與檢測方法有研究之需求性與必要性。

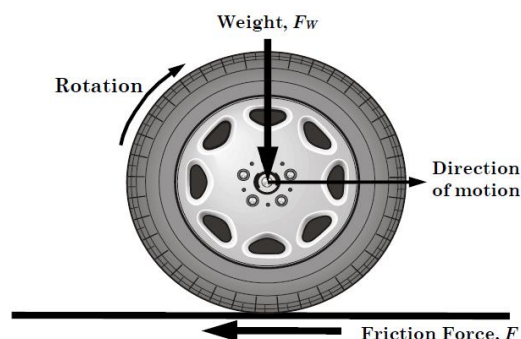
本研究目的係透過蒐整國內外相關人手孔蓋抗滑性能相關文獻、參與相關會議及進行專家學者訪談，掌握國際間人手孔蓋相關防滑設計與檢測方法之規範，釐清其防滑檢測方法間有效性及效果之差異，輔以探析我國人手孔蓋之現況與管養方式，研析公路路面人手孔蓋抗滑性能之要求與檢測方法，並提出結論與建議。

二、文獻回顧

2.1 抗滑性能之物理意義

人手孔蓋抗滑能性能係指人手孔蓋與車輪或其他物體接觸面抗滑能力，即其可提供與車輛或其他物體與移動方向相反之摩擦力，以防止車輛或其他物體滑移。其摩擦力與移動方向如圖 2.1，關係如式 1，式中 F 為摩擦力， F_w 為正向力， μ 為摩擦係數。

$$F = \mu \cdot F_w \quad (1)$$



資料來源：NCHRP。

圖 2.1 車輛移動方向與摩擦力關係示意圖

前述摩擦力/摩擦係數與人手孔蓋表面情形相關，如 Luo(2003)研究顯示，人手孔蓋表面紋理條件影響摩擦力，較粗糙的表面可提供更高的摩擦力。另依據國際道路協會(World Road Association, PIARC)、國際標準組織(ISO)及周家蓓(2011)等研究資料顯示，人手孔蓋表面紋理可區分細質紋理(Micro-texture)、粗質紋理(Micro-texture)、巨紋理(Mega-texture)、粗糙(Unevenness/Roughness)4 種，其中細質紋理係影響車輛低速行駛時人手孔蓋與輪胎接觸面的摩擦力；粗質紋理係影響車輛高速行駛時二者間的摩擦力。然若因降雨或其他因素造成人手孔蓋表面紋理產生積水無法快速排除之情形，將影響人手孔蓋與輪胎接觸面的摩擦力，容易產生水滑現象。爰此，由於人手孔蓋表面紋理形狀與刻痕深度，常做為判斷是否可提供足夠抗滑能力的參考資料。

表 2-1 紋理分級

波長	振幅	紋理分級
0.5 mm 以下	1 μm - 500 μm	細質紋理(Micro-texture)
0.5 mm-50 mm	0.1 mm - 20 mm	粗質紋理(Micro-texture)
50 mm-500 mm	0.1 mm - 50 mm	巨紋理(Mega-texture)
500 mm 以上	無特別規定	粗糙(unevenness/roughness)

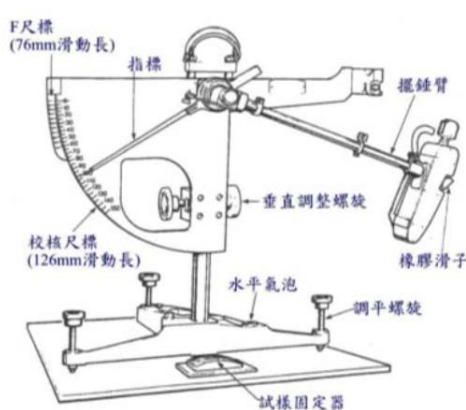
資料來源：周家蓓(2011)。

2.2 抗滑性能量測方法

人手孔蓋抗滑性能量測方法可分為量測紋理深度及反映抗滑性能之抗滑值。其中，前者常見為量測平均紋理深度(Mean Texture Depth, MTD)，包含鋪砂法，鋪油法及間接量測。後者包含定點式量測，例如英式擺錘儀量(British Pendulum Tester, BPT)測英式擺錘數(British Pendulum Number, BPN)或稱抗滑值(Skid Resistance Value, SRV)，動態摩擦測試儀(Dynamic Friction Tester, DFT)量測切線速度之為動態摩擦數(DFT_v Number，其中 V 代表對應之切線速度值)，以及移動式量測，例如完全滑動量測、側向滑動量測、固定滑動率量、變滑動率量測等。其中國內較常採用抗滑性能量測方式擇要分述如后。

1. 英式擺錘儀(British Pendulum Tester, BPT)

英式擺錘儀係輕便的手提式抗滑量測儀，優點包含(1)體積小，攜帶方便，可用於現地及實驗室檢測。(2)可量測不同方向之抗滑能力。(3)現地立即判讀抗滑係數 BPN 值。(4)不需額外動力來源，操作與校估容易，施測快速。



資料來源：周家蓓(2011)。

圖 2.2 英式擺錘儀

2. 動態摩擦測試儀(Dynamic Friction Tester, DFT)

動態摩擦測試儀於水平轉輪上裝置 3 塊橡膠滑片以模擬膠輪，採用定點轉動方式以角速度代替直線進行速度，以量測特定速度時對應之動態摩擦數(DFT_v No.) μ 。其測試時需先將轉輪離地加速同時噴灑給定水膜厚度，待轉輪加速至預定速度後，再降下轉輪，使其與地面接觸，進而因摩擦阻力作用使轉輪速率漸漸降低至停止狀態，據以量測指定切線速度如 20、40、60、80 km/hr 時之動態摩擦數，分別記為 DFT₂₀、DFT₄₀、DFT₆₀、DFT₈₀。

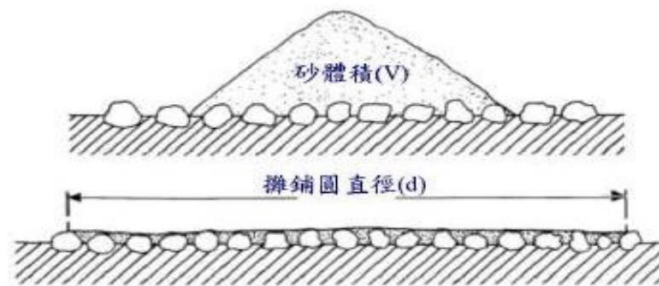


資料來源：周家蓓(2011)。

圖 2.3 動態摩擦測試儀

3. 鋪砂法(Sand Patch Method)

人手孔蓋表面紋理之刻痕深度量測方法常使用美國材料試驗學會 ASTM E965 鋪砂法，透過砂使用量與計算受測表面面積，計算平均紋理深度。



資料來源：公路局材料試驗所(2010)。

圖 2.4 鋪砂法示意圖

4. 連續式抗滑檢測儀(GripTester)

連續式抗滑檢測儀為拖曳式抗滑檢測儀，量測時需藉由廂型車拖曳與行駛，進行連續量測作業，試驗時需要透過電腦蒐集量測摩擦係數數據(GN)，以及進行資料之分析與研判，可同時測試人手孔蓋與鄰近鋪面之抗滑性能整體分布情形，例如若鋪面與人手孔蓋有高低落差，會造成 GN 值變化，據以整體性掌握試驗路段整體鋪面及人手孔蓋等處連續性抗滑性能變化情形。



資料來源：公路局材料試驗所(2010)。

圖 2.5 連續式抗滑檢測儀

2.3 國內外抗滑性能檢測與規範

有關公路路面人手孔蓋抗滑性能之檢測方式與規範，國內部分交通工程規範僅於第四章標線，熱處理聚酯標線材料規範採用抗滑係數(BPN)依英式擺錘抗滑試驗實測值 50 以上為標準，做為抗滑性能判斷之依據，然無相關人手孔蓋抗滑性能之規定，而人手孔蓋抗滑性能主要依據交通部公路局受理挖掘公路作業程序手冊，規定面積達 900 平方公分新設未下地人手孔蓋抗滑能力，以「英式擺錘抗滑試驗」於濕環境下實測抗滑值應在 50BPN 以上。國外部分，紐約市交通局亦採用「英式擺錘抗滑試驗」，並規定於濕環境下實測抗滑值應在 55BPN 以上，此外，僅有日本地方政府、歐盟 EU en124 及英國 HA 104/09 等針對人手孔蓋訂有抗滑值之規定，餘如美國 ASTM 多著重於規定人手孔蓋承載能力。

表 2-2 紐約市交通局道路抗滑性能規範值

Flexibility: Mandrel Bend	ASTM D-522-93A Flexibility as measured by Mandrel bend 0.5mm thick sample passes 10 mm at 21°C 0.5mm thick sample passes 125mm at -18°C	
Chemical resistance	ASTM D-2486 Modified MEK scrubs 16 dry mils, number of scrubs until 50% substrate exposed	>5000
Adhesion to Asphalt	ASTM D-4541	Substrate Failure
Friction Wet	ASTM E-303 British Pendulum Tester	>55
Environmental Sensitivity	EPA 24 ASTM D-3960-05 Volatile Organic Compounds	VOC < 150

資料來源：City of New York Department Of Transportation (2014)。

另由公路局材料試驗所(2010)顯示，日本關於路面人手孔蓋抗滑

性能規範方式主要分為，摩擦係數及刻痕深度，前者訂定人手孔蓋初設置時之摩擦係數門檻標準值，及未達使用期限之使用期間應維持之一定標準值，其中摩擦係數係以動態摩擦測試儀(DFT)量測之動態摩擦係數(DFT_v)；後者為訂定人手孔蓋花紋刻痕深度標準值。

表 2-3 日本人手孔蓋抗滑性能之彙整

單位	初期性能 (設置時)	極限值 (達到使用年限時)
<u>人吉市</u>	DFT ₆₀ 0.6~0.85	DFT ₆₀ 0.45 以上
<u>出水市</u>	DFT ₆₀ 0.6 以上	DFT ₆₀ 0.45 以上
<u>河內長野市</u>	車道上 DFT ₆₀ 0.45 以上 人行道上 40BPN 以上	

註：時速 60 公里之採動態摩擦數。

資料來源：公路局材料試驗所(2010)。

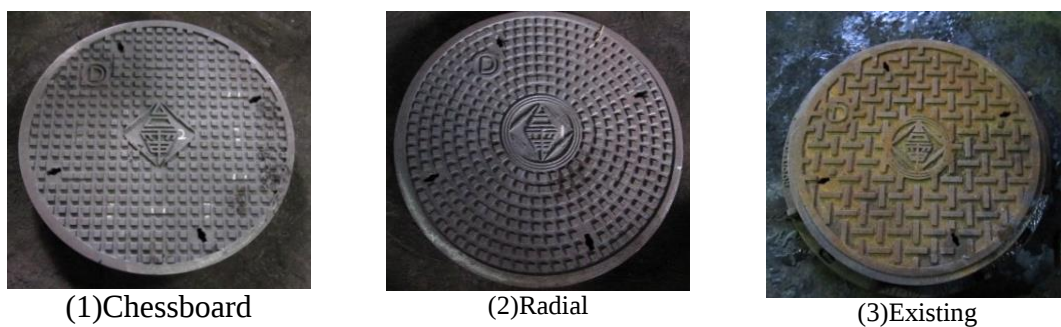
表 2-4 日本新潟市人手孔蓋花紋深度規範值

孔蓋種類	孔蓋直徑(mm)	花紋深度
下水道用鑄鐵製孔蓋	600	6mm 以上
	900-600	
	300	5mm 以上
	400	
下水道用鑄鐵製防護用孔蓋	200	
	300	

資料來源：公路局材料試驗所(2010)。

2.4 人手孔蓋抗滑性能之影響因素

周家蓓等人(2011)、Chou 等人(2013)、曾喜彩等人(2013)研究顯示刻痕深度、布設形狀影響人手孔蓋抗滑性能，研究顯示不同花紋類型有不同 BPN 值，且刻痕深度影響 BPN 值。然若綜合不同花紋類型併同進行試驗，刻痕深度與 BPN 值間關聯性較無規律性，其原因與花紋類型、英式擺錘與人手孔蓋間測試接觸位置有異及試驗樣本數限制等因素有關。另研究顯示 BPN 值與接觸面積有較高關聯性。



Patterns	Dry BPN	Avg. Dry BPN	Wet BPN	Avg. Wet BPN	DFT ₆₀	Avg. DFT ₆₀
Chessboard (Two Samples)	95	93.5	85	86.5	0.93	0.935
	92		88		0.94	
Radial (Two Samples)	100	100.0	90	90.0	0.80	0.80
	100		90		0.80	
Existing(Two Samples)	90	87.5	81	80.5	0.63	0.635
	85		80		0.64	

(4)測試結果

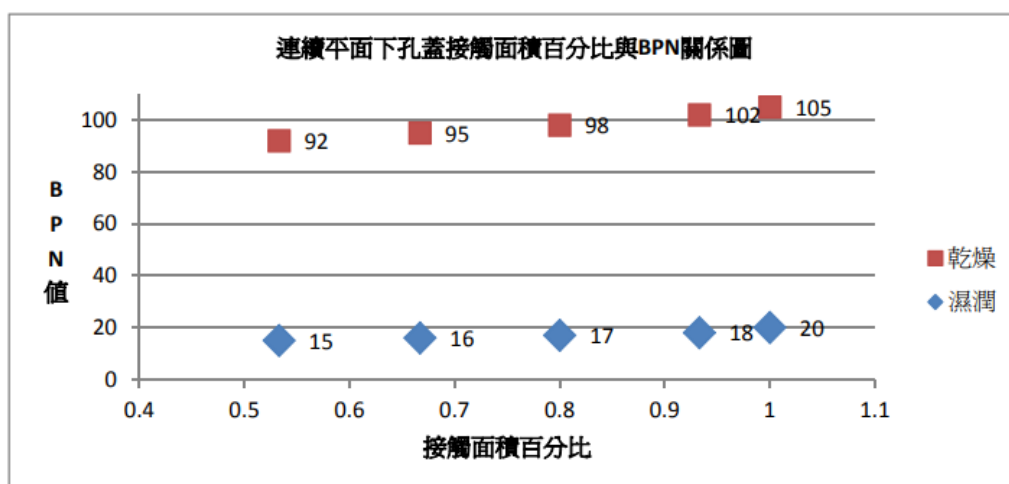
資料來源：Chou 等人(2013)。

圖 2.6 不同花紋與抗滑性能關係

表 2-5 北水處各類孔蓋抗滑測試數據(BPN 值)

孔蓋種類		磨損狀態				BPN 值(乾)			BPN 值(濕)		
		新品	輕度	中度	嚴重	縱	橫	平均	縱	橫	平均
人孔	既有	v				96	89	93	35	30	32
				v		91	88	90	35	39	37
					v	77	85	81	38	36	37
	美化	v				82	85	83	40	38	39
			v			88	92	90	40	44	42
				v		98	95	97	42	41	42

資料來源：Chou 等人(2013)。



資料來源：周家蓓等人(2011)。

圖 2.7 連續平滑表面接觸面積百分比 BPN 值之關係圖

2.5 小結

綜整文獻資料，國內外有關抗滑性能與檢測方法初探如后：

1. 以英式擺錘儀(BPT)量測 BPN 為國際常用檢測抗滑能力主要方式之一。
2. 動態摩擦測試儀(DFT)量測切線速度之為動態摩擦數(DFT_v)有其學理依據，且日本已有城市採用此一檢測方式。
3. 人手孔蓋表面紋理之刻痕深度影響其抗滑性能，以及日本已有採用刻痕深度代替量測 BPN 或 DFT_v之實務案例。
4. 國內外已有採用 BPN, DFT_v 或刻痕深度做為人手孔蓋抗滑性能檢測方法之實務案例，然受到不同類型人手孔蓋之紋理設計與刻痕深度等因素影響，彼此間較難有明確關聯性。建議後續研究可進一步針對相同型式人手孔蓋，進行 BPN, DFT_v 及刻痕深度相互間對應關聯性之研究。

三、公路路面人手孔蓋相關規範及現況探析

3.1 我國相關規範與標準

蒐整與公路路面人手孔蓋相關交通規範擇要如下：

1. 交通部交通工程規範

無人手孔蓋相關規定。

2. 公路工程施工規範

- (1) 第 02742 章 瀝青混凝土鋪面

3.1.4 緣石、邊溝、人孔、原有面層之垂直切面及建築物之表面與瀝青混凝土相接合處，應先均勻塗刷或噴灑瀝青黏層，使有良好之結合。

- (2) 第 02743 章 石膠泥瀝青混凝土鋪面

3.5 SMA 之鋪築：(4)緣石、邊溝、人孔、原有面層之垂直切面及建築物表面與 SMA 相接合處，應全部均勻塗刷速凝油溶瀝青或乳化瀝青一薄層，使有良好的結合。

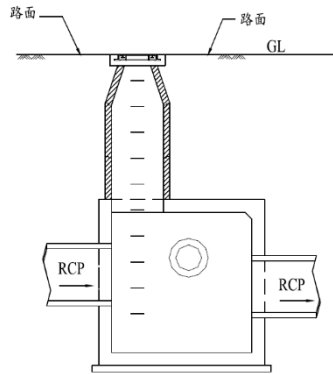
- (3) 第 02798 章 多孔隙瀝青混凝土鋪面

3.6 多孔隙瀝青混凝土混合料之鋪築：(4)緣石、邊溝、人孔、原有面層之垂直切面及建築物表面與多孔隙瀝青混凝土相接合處，應全部均勻塗刷速凝油溶瀝青或乳化瀝青薄層，使有良好之結合。

3. 公路排水設計規範

(1) 5.12 人孔

於暗渠適當距離或方向折變處或 2 個以上管道相接處，設置人孔以利清理如下圖。



資料來源：公路排水設計規範。

圖 人孔示意圖

(2) 5.12.2 形狀

- I. 人孔應有足夠之空間供人員上下及工作使用，其形狀及構造不應嚴重干擾水流，而致增加能量損失。
- II. 設於車道之人孔蓋板及框座應使密合並能長期承受交通荷重。

4. 公路養護規範

(1) C4.6 路肩養護

如設於路肩之地下管線人孔及水溝蓋損壞時，應隨時豎立警告標誌，並立即通知有關單位修復。

(2) C4.7 人行道養護

人行道養護主要係避免上述原因及緣石、護欄、人孔、水溝蓋等設施損壞造成對用路人之危害。

5. 交通部公路局受理挖掘公路作業程序手冊(108 年 5 月)

- (1) 路面上之人手孔蓋除具有救災功能或特殊需求，經核准得免下地外，其餘人手孔蓋以下地至少 20 公分為原則，並建議於孔蓋上方加裝地工格網或其他更妥適處理方式，以增加其摩擦力避免滑動。
- (2) 新設未下地人手孔蓋(面積 $\geq 900\text{cm}^2$)抗滑能力之規定，以「英式擺錘抗滑試驗」於濕環境下實測抗滑值應在 50BPN 以上。

6. 國家標準 CNS 15536 下水道用球狀石墨鑄鐵框蓋

- (1) 人手孔蓋主要國家標準為 CNS15536，依載重類型分為輕載重車道及前後巷道(載重種類 M-14，標稱內徑 150~345mm)，輕載重車道

及前後巷道(載重種類 M-14，標稱內徑 600~900mm)，重型車道(載重種類 H-25，標稱內徑 150~300mm)，重型車道(載重種類 H-25，標稱內徑 600~900mm)。

- (2) 人手孔蓋之材料須符合 CNS2869 球狀石墨鑄鐵件，其物理性質標準如表 3-1。

表 3-1 CNS15536 人手孔蓋材料之物理性質標準

標稱內徑	材質編號	抗拉強度 (MPa)	降伏強度 (MPa)	伸長率 (%)	硬度 (HB)	球化率 (%)
150、200、 300、345	FCD 500-7A	450 以上	300 以上	7 以上	130~230	80 以上
600、750、 900	FCD 600-3A	600 以上	360 以上	2 以上	160~270	80 以上

資料來源：國家標準(CNS)網路服務系統。

- (3) 本標準規範人手孔蓋外觀、框蓋加工、載重性能、框蓋之連接構造及性能、框蓋之附加功能、塗裝、預鑄樹脂混凝土基座品質等品質標準。其中 CNS15536 之 6.2 框蓋加工(b)，僅規定面蓋須具有止滑性能，惟無止滑性能相關量化標準。

綜上，公路路面人手孔蓋主要規範著重於人手孔蓋承载力，及確保人手孔蓋頂面與鄰近路面齊平。人手孔蓋抗滑性能部分較少有規範，主要見於公路局所訂受理挖掘公路作業程序手冊，且規範對象以新設為下地人手孔蓋為主，另國家標準 CNS15536 僅規定須具有止滑性能，尚無相關量化標準。

3.2 公路路面人手孔蓋管養現況

依據交通部公路局 112 年 2 月 22 日「申挖手冊孔蓋抗滑即因特殊需求免下地等項目修訂會議」、專家訪談及資料蒐整，公路路面人手孔蓋相關單位(包含公路局、地方政府及管線單位)管養現況擇要如后。

1. 公路局

- (1) 依照該局所訂申挖手冊辦理管養作業

管線單位新設未下地人手孔蓋，面積達 900cm² 需達 50BPN 以上。實務上由管線單位施工階段應檢附出廠證明資料或送經認證試驗室試驗報告，並由各工務段進行現地抽測，之後原則每半年檢測 1 次。

- (2) 公路路面人手孔蓋之管養維護由管線單位負責，公路局各工務段就轄管道路未下地人手孔蓋，進行抽測，抽測比例約 5~10%。另各分局品管中心均有英式擺錘儀器，可進行抽測。

2. 臺北市政府工務局

- (1) 新設、既有人手孔蓋抗滑標準值均訂定為 50BPN 以上。
- I. 自 109 年起，申請道路挖掘許可時，有新設(含提升)孔蓋設施需求，須檢附以 ASTM E303 標準檢測孔蓋抗滑係數達 50BPN 以上之出廠證明或檢(試)驗報告為佐證。
 - II. 既有孔蓋防滑能力改善實施範圍，以道路範圍內瀝青混凝土鋪面部分為主，不含人行道範圍，惟人行道附設自行車專用道人手孔蓋一併列入防滑能力改善實施範圍。
- (2) 先期以道路寬度超過 8 公尺路段優先辦理，並以道路更新管制挖掘路段及原路平專案路段，優先排定孔蓋防滑改善路段順序。

3. 台灣自來水股份有限公司

- (1) 依據該公司委託財團法人全國認證基金會(TAF)認證實驗室，以英式擺錘抗滑試驗針對既有面積達 900 平方公分以上孔蓋在潮濕狀況進行量測，花紋深度達 3.87mm，抗滑能力可達 50BPN。
- (2) 該公司巡查既有孔蓋任 4 點刻紋深度平均深度小於 3.87mm，辦理汰換。
- (3) 新設或汰換自來水工程用鑄鐵閥栓盒，盒蓋出廠刻紋深度需突出 5mm，在潮濕環境下實測抗滑值應在 70BPN 以上。

4. 中華電信股份有限公司

孔蓋抗滑度係數標準依申挖手冊，使用英式擺錘抗滑試驗儀量測，其值需大於 50BPN。包含新採購及使用中孔蓋。

- (1) 刻紋深度達 4mm，可提供族扣抗滑性能與防滑效果。
- (2) 若孔蓋磨損嚴重、刻紋厚度 2mm 以下時或孔蓋機能異常時，即更換新品。

5. 台灣電力公司

- (1) 新採購人手孔蓋出廠採用「英式擺錘抗滑試驗」，依 ASTM E303-93 規定實施，於潮濕環境下同一孔蓋擇 4 點量測，各點位置距離不得少於 5 cm 且應均勻分布於外蓋表面，試驗時每一點須重複測量 4 次並記錄實測值，每一點 4 次實測值之平均不得低於 70 BPN。

- (2) 依申挖手冊辦理，新設未下地人手孔蓋抗滑能力以「英式擺錘抗

滑試驗」於濕環境下實測抗滑值應在 50 BPN 以上。

- (3) 人手孔蓋製造依 CNS15536 規定，刻紋深度規範新品出廠刻紋深度 5~6mm。

3.3 專家與實務單位訪談

為掌握與瞭解學者專家及實務單位對於我國人手孔蓋抗滑性之意見，本研究訪談曾進行相關領域研究並發表相關論文之國立中央警察大學陳艾懃助理教授、國立中央大學土木工程學系陳世晃系主任(財團法人全國認證基金會(TAF)技術委員會委員)，以及公路局承辦單位，主要訪談內容擇要如后。

1. 國立中央警察大學陳艾懃助理教授

- (1) 由於運具使用的不同，歐美國家民眾私人運具以汽車為主，較少使用機車。因此，主要針對路面定有抗滑值相關規定，至於路面人手孔蓋部分則主要著重於承載力之規定，未特別針對人手孔蓋單獨規定其抗滑值。
- (2) 公路局受理挖掘公路作業程序手冊主要針對面積達 900cm² 人手孔蓋之規定，已涵蓋大部分未下地人手孔蓋。另考量人手孔蓋抗滑值相關規定之目的係防止用路人因人手孔蓋所提供抗滑能力不足，造成滑倒情形，以及考量維管作業，目前針對 900 cm² 進行規定，應有助提升公路路面整體抗滑能力。
- (3) 由於為利排水，致人手孔蓋縱斷面並非維持水平，導致動態摩擦測試儀(DFT)試驗，容易因高低差異造成儀器損害，且相對於英式擺錘儀(BPT)其價格較高(採購金額逾新臺幣百萬元)，國內普及程度相對較少。
- (4) 由於儀器取得及試驗操作之便利性，國際上已廣泛使用英式擺錘儀量測公路路面 BPN 值。因此，BPN 具有其代表性。
- (5) 刻痕深度與 BPN 有關聯，刻痕深度越深可順利排水，有助提供抗摩擦力。然建立刻痕深度與 BPN 對應關係較不容易，但若針對不同花紋型式，藉由實測觀測規範 BPN 值對應之最小刻痕深度，應屬可行。

2. 國立中央大學土木工程學系陳世晃系主任

- (1) 在美國進行交流研究期間以及曾率團到日本參訪，以日本人手孔蓋為例，人手孔蓋製造商自行進行或委託經認證單位進行產品相關檢試驗，更可確保人手孔蓋承載能力與抗滑性能。

- (2) 由學理觀之，抗滑性能若以速度進行試驗較能反映人手孔蓋與車輪間的動態摩擦力情形，然目前現地可進行試驗設備中，動態摩擦測試儀(DFT)由於專利與製造商有限，採購一臺金額超過新臺幣一百萬，相對於英式擺錘儀(BPT)市面上普及率與售價僅需數萬到數十萬元。因此，國際上與國內實務上較常採用英式擺錘儀(BPT)進行試驗。
- (3) 於公路路面進行實際檢測或測試，存在風險及準確率，建議落實出廠品質管理制度，於新設或更新公路路面人手孔蓋時，規定施工廠商施作前應提送產品經 TAF 認證單位檢測之報告。
- (4) 各管線單位人手孔蓋花紋紋理設計不同，且同一管線單位各時期採用花紋紋理型式亦有不同，不易提出如 BPN 值應達 50 以上之統一規定。

3. 公路局承辦單位

- (1) 原則要求管線單位省道人手孔蓋以下地為原則，如新設人手孔蓋則須依照本局受理挖掘公路作業程序手冊規定辦理，且後續管養維護亦應納入定期維管作業辦理。
- (2) 因局內部相關單位多已購置英式擺錘儀(BPT)，且坊間可辦理此現地檢測廠商較多。爰此，現階段人手孔蓋抗滑性力之檢測方式仍以英式擺錘儀量測 BPN 值為主。
- (3) 有關台水公司建議以量測現地刻紋深度取代現地辦理英式擺錘儀(BPT)量測 BPN 值，宜由管線單位委託公正且經 TAF 認證實驗室，進行其人手孔蓋抗滑性值與刻痕深度之試驗，提出刻痕深度與 BPN 值之關聯。
- (4) 已針對前項管線單位建議，進行該局受理挖掘公路作業程序手冊修正作業。

另，經洽公路局確認，該局已於該手冊「三、作業程序」之「(六)管線埋設施工」之 2-2，增列「申挖單位如有提供得與 BPN 值相對應之其他檢視方式(如刻紋深度)，經路權管理單位同意後，可用該檢視方式替代」，於 112 年 5 月 18 日完成公告作業，並自 112 年 7 月 1 日起生效。

3.4 小結

本研究藉由文獻回顧、規範蒐整及專家訪談，擇要分述如下：

1. 人手孔蓋產品出產驗證或檢測，落實品管，有助確保人手孔蓋抗滑性能。
2. 人手孔蓋表面紋理與刻痕深度影響其抗滑性能，然由於不同紋理設計影響人手孔蓋抗滑性能。爰此，管線單位若欲以現地量測人手孔蓋刻痕深度取代現地量測 BPN 值，則應由管線單位提出二者間對應關係之佐證資料。
3. 動態摩擦測試儀(DFT)測試方式有學理上之依據，較可反映人手孔蓋與車輪間真實動摩擦力情形，且日本已有實務案例。然國內應用案例相對較少，為求審慎周延，建議仍需進行相關試驗，確認其與 BPN 值之關聯。
4. 因應管線單位實務需求，難以針對所設既有及新設未下地人手孔蓋逐一進行定期量測 BPN 值之作業，且國外已有量測刻痕深度之應用案例，建議可由第三方公正且經 TAF 認證實驗室針對各別人手孔蓋花紋型式，測試其刻痕深度與抗滑性能之關聯，並輔以各分局或各工務段抽測結果，確認其正確性，以滿足實務管養需求，並確保公路路面人手孔蓋抗滑性能。

四、結論與建議

4.1 結論

本研究針對路面人手孔蓋抗滑性能進行相關文獻回顧，蒐整國內外相關規範，以及訪談本領域專家與實務單位，成果擇要如下：

1. 現地檢測公路路面人手孔蓋抗滑性能之初探：
 - (1) 以英式擺錘儀(BPT)量測 BPN 為國際常用檢測抗滑能力主要方式之一，其優點包含儀器適合現地量測，試驗時無須搭配電腦或其他設施，可直接測得 BPN 值，以及國內已廣泛使用。爰此，BPN 確可做為公路路面人手孔蓋抗滑性能之檢測方法。
 - (2) 以動態摩擦測試儀(DFT)量測指定速度之動態摩擦數(DFT_v)有其學理依據，較可真實反映人手孔蓋與車輪接觸面之動摩擦力。惟由於儀器採購金額較高，國內僅部分學研單位購置，且國內尚無訂定相關標準值，爰可做為對照參考。
 - (3) 由相關文獻顯示人手孔蓋刻痕深度影響人手孔蓋抗滑性能，且日本已有採用量測刻痕深度方式代替量測 BPN 或 DFT_v 之實務案

例，然人手孔蓋花紋型式亦影響抗滑性能，二者間有相互影響情形，爰可進一步針對相同型式人手孔蓋，進行 BPN，DFT_v 及刻痕深度相互間對應關聯性之研究。

2. 參考國外經驗，相對於現地試驗，由人手孔蓋製造產商委託經認證單位進行檢試驗，更可確保人手孔蓋承載能力與抗滑性能。
3. 因應管線單位實務需求，公路局受理挖掘公路作業程序手冊已納入管線單位(申挖單位)提供得與 BPN 值相對應之其他檢視方式(如刻紋深度)，經路權管理單位同意後，可用該方式替代之。此方式有助管線單位落實人手孔蓋定期檢測。

4.2 建議

1. 國內外針對人手孔蓋之規範多聚焦於其承載能力，防墜落，以及其與鄰近鋪面之平整，較少針對人手孔蓋訂定抗滑性能之標準，目前實務作業係依照公路局受理挖掘公路作業程序手冊之規定辦理，後續可評估，將其納入相關工程採購與施工規範，俾利明確性原則。
2. 公路局已採納實務建議，管線(申挖)單位得提供與 BPN 值相對應之其他檢視方式(如刻紋深度)，經路權管理單位同意後，可用該檢視方式替代。建議管線單位提出資料應針對所採特定人手孔蓋花紋型式委託公正第三方且經 TAF 認證實驗室進行刻痕深度與 BPN 值之分析，另為求審慎周延，可針對該人手孔蓋累積各分局或各工務段抽測資料，進行對照與分析。
3. 動態摩擦測試儀(DFT)量測指定速度之動態摩擦數(DFT_v)有其學理依據，較可真實反映人手孔蓋與車輪接觸面之動摩擦力，建議後續研究可針對不同速限公路路段之路面人手孔蓋持續進行研究，據以探析不同速度下動態摩擦數(DFT_v)與 BPN 之關聯性，以及研訂以動態摩擦數(DFT_v)做為抗滑性能之可行性。

參考文獻

1. 行政院公共工程委員會，97 年度單位決算，2009 年。
2. 公路局，公路局路平專案實施概況，公路通訊，第 270 期，2008 年。
3. 財團法人全國認證基金會，人手孔蓋抗滑試驗認證要求及現況，認證報導，第 41 期，2021 年。
4. 交通部公路局，交通部公路局受理挖掘公路作業程序手冊，2019 年、2023 年。
5. 郭鼎傑，常用人手孔耐磨材料之抗滑效果研究，高苑科技大學土木工程研究所碩士論文，2020 年。
6. 曾喜彩、林哲生，北水處人手孔蓋抗滑性能之研究，自來水會刊第 32 卷第 4 期，2013 年。
7. 公路局材料試驗所，國內道路人手孔蓋之抗滑能力標準委託研究成果報告，2010 年。
8. 黃君凱，人孔蓋花紋設計對抗滑能力影響之研究，國立臺灣大學碩士論文，2010 年。
9. 劉振宇等人，全國首創下水道人孔蓋 BPN 遞減研究，社團法人台灣省土木技師公會技師報，2022 年。
10. 交通部，交通工程規範，2021 年。
11. 交通部，公路工程施工規範，2023 年。
12. 內政部，市區道路及附屬工程設計規範，2021 年。
13. 王藝明，全指引不打滑—道路標線抗滑係數驗收標準修訂及管理系統建置，臺灣公路工程，第 46 卷，第 12 期，2020 年。
14. 周家蓓，國內管線單位孔蓋抗滑性能之現況，中華民國第 9 屆鋪面工程材料再生及再利用學術研討會，2011 年。
15. Chia-Pei Chou, Chung-Kai Huang, Aichin Chen, Cheng Yu Tsai, Pattern Design of Manhole Cover and Its Influence on Skid Resistance, International Journal of Pavement Research and Technology, Vol.6, No.4, 2013.
16. City of New York Department Of Transportation, Infrastructure Design Standards - Standard Highway Specifications Volumes I & II, 2014.