

道路坑洞及塌陷之 成因與預防改善措施

行政院公共工程委員會
工程管理處
中華民國108年9月25日

1

簡報大綱

- 壹、道路損壞概況
- 貳、面層破壞主要原因及解決對策
- 參、道路塌陷主要原因及解決對策
- 肆、結語

2

壹

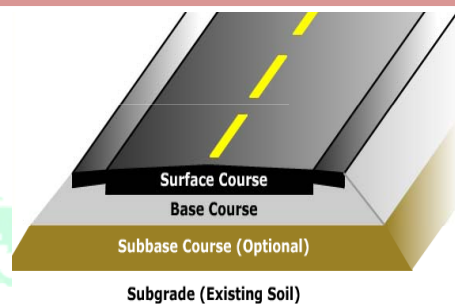
道路損壞概況

壹、道路損壞概況

- 我國都市地區地狹人稠使道路負荷沉重，加以維生管線密布，且常年氣溫高及雨季長，導致道路承受內部因素（鋪築材料及基底層狀況）與外部因素（氣候驟雨、管線施工品質及重車行駛）等多重考驗。

層次名稱	用途
瀝青面層 (surface course)	直接承受車輛荷重、 提供摩擦力、 減少水分及空氣滲入路面
級配料底層 (base course)	承受面層傳遞來之應力， 分散後傳送給基層或路基
級配料基層 (sub-base course)	承受底層傳遞來之應力， 分散後傳送給路基
路基 (sub-grade)	承受總荷重

瀝青混凝土結構概述



柔性路面力學原理：
鋪面承受交通荷重後，靠各結構層分擔，自面層逐層向下傳遞至路基。

壹、道路損壞概況

常見路面破損發生形式

I	<p>面層</p> <p>瀝青混凝土破壞</p> <p>※細微裂縫，未及時處理將形成坑洞影響通行。</p>	<p>長期使用疲勞、材料老化黏結力不足</p>	 <p>疲勞龜裂</p> <p>粒料鬆脫</p>
II	<p>底(基)層</p> <p>承载力弱化不足</p> <p>※細微裂縫，未及時處理將形成坑洞影響通行。</p>	<p>荷重超出設計值</p>	 <p>縱向車轍</p>
III	<p>道路塌陷</p> <p>※已直接影響通行功能。</p>	<p>管線或箱涵破損、滲漏水挾帶土壤流失</p>	 <p>道路塌陷</p>

5

壹、道路損壞概況

- 去年8月南部連續降雨發生大量道路坑洞，高雄地區約近5,000餘個坑洞、台南地區約2,300餘個坑洞。



- 此外，高雄地區及台南地區亦陸續發生道路塌陷（俗稱天坑）相關輿情。



6

貳

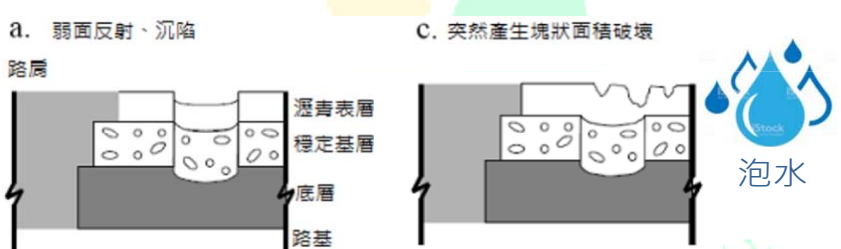
面層破壞

主要原因及解決對策

貳、面層破壞主要原因及解決對策

面層坑洞發生機制

- 本會前於108年3月14日邀集各機關及專家學者召開「臺南及高雄地區道路坑洞成因與因應對策研商會議」。
- 臺灣處亞熱帶，氣溫高雨季長，若降雨宣洩不及，由微小裂縫滲入瀝青混凝土內部，經泡水及反覆荷重下極易產生剝脫形成坑洞。



① 細微裂縫
長期使用疲勞、瀝青膠泥老化黏結力不足等面層破損，雨水於裂縫入滲。

② 長時泡水
雨量大，下雨天數長，長時間浸泡後破壞膠結特性，加速瀝青混凝土骨材剝離。

※瀝青材料特性為防撥水而非防水，長期浸泡後產生乳化效應。

③ 反覆荷重
雨水入滲及重車行駛交互作用下，易於破損處發生粒料剝脫，產生坑洞影響通行。



貳、面層破壞主要原因及解決對策

設計階段注意事項

① 調整結構層厚度

須考量(1)路基土壤強度、(2)交通量分析、(3)環境因子及(4)預估使用年限等條件，以決定設計厚度。若下方有管線或箱涵時，則應有足夠覆土深度，減少反射裂縫。

※ 若設計標的路段之路基土壤強度低、預估交通荷重及流量大，且該區域地下排水品質不佳，應可適當增加結構層厚度，可延長鋪面維修生命週期，降低全生命週期成本。

② 規劃路基改良

③ 檢討排水功能

(1) 豎曲線：應滿足強降雨時保持道路免於浸水之要求；遇有凹型曲線時，應於凹型底部設置排水口，以利積水沿縱坡排除。

(2) 橫斷面：應設計路拱及配置邊溝，以排除路面積水。遇曲線路段設計超高，則應配合於單側加強邊溝通水量。

9

貳、面層破壞主要原因及解決對策

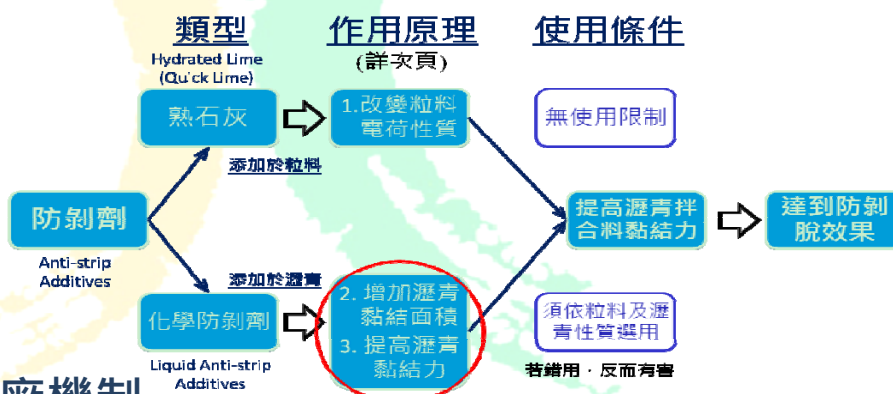
材料選用注意事項

① 以改質瀝青取代傳統瀝青

增加橡膠、樹脂或高分子聚合物等改質材，改變瀝青力學性質、工作性及耐久性，藉此提升瀝青黏度、增加鋪面承載力。

※ CNS14184 提供改質III型之規範，黏度8,000 poise 為傳統瀝青之4倍，較可以抵抗重車荷載，延長鋪面績效。

② 適度添加防剝劑



③ 落實驗廠管理及駐廠機制

檢驗拌合廠產製情形，確保拌合設備、溫度、乾/濕拌時間及配比符合設計規範，管控材料品質。

10

貳、面層破壞主要原因及解決對策

施工階段注意事項

應納入「監造檢驗停留點」簽認

① 鋪築前

- (1) 確保現場瀝青溫度(120°C以上)，面層間黏層完整塗布。
- (2) 刨除重鋪之刨除面應清理鬆散粒料及異物，以保修補材料與原有鋪面之黏結。

② 鋪築中

- (1) 面層鋪築時應乾燥無積水，且應控制洩水高程，縱、橫向坡度需一致且調整平順，避免積水留於鋪面上。
- (2) 確實以壓路設備(膠輪、鐵輪或震動夯實機)滾壓至規定壓實度(平均達96%以上，且任一不低於94%)。

③ 鋪築後

- (1) 面層應確實養護(溫度冷卻至50°C以下)始開放通車。
- (2) 若以水泥處理底層或CLSM回填改善基底層時，亦應養護達一定時間始鋪設上層結構層。

※老舊路面尚不及全面刨鋪修繕者，可適時以[高性能常溫瀝青混凝土]、[加熱型改質瀝青裂縫填縫膠]或[熱再生修補路面工法]等養護工法，臺北市、新北市及台中市政府現已陸續採用。

11

貳、面層破壞主要原因及解決對策

管線挖掘管理注意事項

- 本會於108年1月4日，邀集國營事業管線單位及各路權機關召開「國營事業管線工程施工品質提升研商會議」：

- ① 國營事業管線之挖掘與回填品質應回歸國營事業自行掌控。
- ② 減少挖掘：各管線單位之上級機關應加強計畫階段之橫向聯繫，並由路權管理機關協調整合，一次執行。
- ③ 確保復舊品質：暫時性路面修復品質應比照永久性修復品質，監造落實檢驗停留點簽認，不可再有管線回填後恣意夯實。

道路管線挖不停 工程會推3措施促路平

中央社【產經】2019-01-06 20:52:40

(記者廖禹揚台北2019年1月6日電)管線單位開挖需求不斷，造成路面不平引發民怨。工程會邀集相關部會研商，推出減少挖掘、確保挖掘及復舊工程品質、以及將中華電信公司納入管理範圍等3項改進措施。

法務部廉政署去年啟動路平專案清查，指出道路鋪設不良及回填不實，使民怨居高不下。行政院中央廉政委員會也有委員表示，國營事業應提出具體方案改善，行政院長賴清德更指示由國營事業自行掌控道路回填品質。



工程會推動管線挖掘新措施 一次施工落實監造

2019-01-06 19:58 經濟日報 記者張維賢/即時報導

行政院政委兼工程會主委逕湮成在1月4日召集廉政署、交通部、經濟部及各國營事業管線單位研商管線開挖對策，決議未來管線單位之計畫性挖掘，將由上級機關負責整合後一次施工，並嚴格要求監造單位落實各工序檢驗停留點的簽認，以確保施工品質，工程會與廉政署則合作辦理抽直驗，督促落實執行。

長久以來不同管線單位多頭馬車各自開挖道路埋管，造成頻繁開挖、交通打結、補釘路之現象，引發民怨，日前行政院中央廉政委員會有委員提出國營事業應提出具體有效方案在全國推行。

12

貳、面層破壞主要原因及解決對策

管線挖掘管理注意事項

- 經本會提出建議，行政院於**108年2月23日**就「經濟部所屬國營事業108年度工作考成實施要點」請經濟部參辦：

各國營事業工程施工品質包含管線工程挖掘回填品質納入年度考成評估指標，俾促自主提升工程品質。

- 為督促國營事業主動重視施工品質，經與法務部廉政署共同討論後，本會於**108年2月26日**召開會議討論「國營事業管線挖掘復舊品質納入市區道路養護管理定期考評之可行性」：

- ① 請內政部營建署本於「市區道路條例」中央主管機關權責，針對108年度國營事業管線挖掘案件試辦考評工作。
- ② 後續將視試辦成效，逐步滾動檢討運作機制。

13

參

道路塌陷

主要原因及解決對策

14

參、道路塌陷主要原因及解決對策

- 本會於108年中赴南部地區道路塌陷個案進行現場勘查。



15

參、道路塌陷主要原因及解決對策

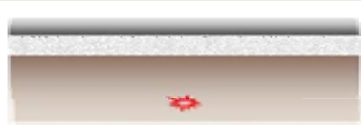
道路塌陷發生機制

- 路基淘空係地下水流挾帶基底層土砂流失，逐漸形成空洞。

❶ 施工不良或外力造成管線破損或接頭鬆脫，滲漏水形成空洞。

❷ 大雨後滲漏水持續挾帶土砂，淘空路基擴大空洞。

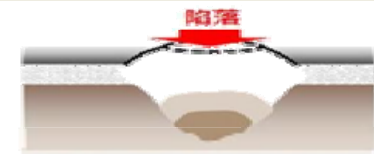
❸ 上方路面結構不足以支撐荷重，造成突然塌陷之災害。



短期難以查覺



空洞朝上方擴大



長期突然致災

- 現場勘查與以往個案之主要狀況：
 - (1)地下管線(雨、污水或自來水)老舊破損或施工不良(接頭開裂、錯位及鬆脫)，漏水形成地下水路而土砂流失。
 - (2)大型箱涵老舊或施工不良導致頂版及側牆產生裂縫，容易造成大規模之路基淘空及塌陷。

16

參、道路塌陷主要原因及解決對策

- 經赴現場勘查，目前相關破壞均已復舊完成，致災原因多可歸納為地下管線或箱涵破壞後漏水，淘空路基所致。
- 為提升地下管線或箱涵之設計施工品質，並加強維護管理，本會於108年8月23日召開「提升污水、雨水及自來水管線暨下水道設計與施工品質研商會議」，討論破壞原因及對策。

「天坑」妨礙人車安全 行政院工程會尋對策

行政院公共工程委員會今(26)日指出，道路塌陷俗稱天坑，為協助各機關釐清原因及對策，工程會23日邀集內政部營建署、經濟部所屬單位及各地方政府開會找原因、提對策，對既有設施應採取預防性維護管理措施，新建工程則須由源頭提升管線與箱涵工程之設計及施工品質，以杜絕天坑元凶。

工程會表示，道路塌陷根本原因大多為既有地下管線或箱涵破損漏水，進而淘空道路地下土壤所致，短期間不易以肉眼觀察，當長期淘空致道路結構不足支撐荷重時才突然塌陷。該會也請營建署持續協助地方政府普查及早發現問題，研擬相關檢修作業手冊供地方政府遵循。

道路塌陷元凶 工程會：多起因於漏水淘空地下土壤



工程會日前召集「提升污水、雨水及自來水管線暨下水道設計與施工品質研商會議」，(工程會提供)

杜絕道路塌陷 工程會找原因、提對策

道路塌陷(俗稱天坑)對民眾通行及安全造成極大影響，為協助各機關釐清原因及對策，工程會邀集內政部營建署、經濟部所屬單位及各地方政府開會討論原因、提對策，對既有設施應採取預防性維護管理措施，新建工程則須由源頭提升管線與箱涵工程之設計及施工品質，以杜絕天坑的元凶。

工程會表示，道路塌陷根本原因大多為既有地下管線或箱涵破損漏水而淘空道路地下土壤所致，短期間不易於路面以肉眼觀察，當長期淘空致道路結構不足支撐荷重時才會突然塌陷。

為於源頭防範杜絕土砂持續流失，對於既有設施應全面巡檢防堵破洞，以維護既有設施之完整性，達到防止道路底下之土壤繼續流失的效果，大尺寸箱涵以專業人員縱定、小尺寸管線以 CCTV 檢視，當發現破損或有土砂滲入時即修繕，並輔以透地雷達探測，針對破損及維修熱區域進行預防性汰換。工程會並請內政部營建署宣持續協助各地方政府辦理普查及早發現問題，研擬相關檢修作業手冊供地方政府遵循。

有關新建工程部分，應於設計時考量現地環境及功能需求，排水箱涵應設置剪力樑、止水帶及增加鋼筋保護層厚度等，排水管線則應加強止水膠圈之施工品質，並以控制性低強度回填材料(CLSM)回填，以杜絕周圍土砂流失，並落實施工自主檢查及監造檢驗停留點查認，且完工時應全面檢驗設施完整性及水密性，才能給予驗收。

參、道路塌陷主要原因及解決對策

- 針對個案現勘情形之歸納結果：

項次	管線型式或箱涵	常見管線材質	主要破壞原因
1	自來水管線	塑膠管(PVCP及HDPE)、鋼襯預力混凝土管、延性鑄鐵管	<ul style="list-style-type: none"> ● 水壓起伏不穩定而破管 ● 回填不實致不均勻沉陷而破管 ● 管線接頭鬆脫(管線與管線)
2	雨水管線、污水管線	鋼筋混凝土管(RCP)、塑膠管(PVCP)、鋼襯預力混凝土管	<ul style="list-style-type: none"> ● 污水侵蝕性高年久受蝕而破管 ● 回填不實致不均勻沉陷而破管 ● 管線接頭鬆脫(人孔與管線、管線與管線)
3	大型雨、污水排水箱涵	鋼筋混凝土	<ul style="list-style-type: none"> ● 施工不良(例如保護層不足、止水帶施作錯誤、側牆接縫未設置剪力樑) ● 老舊破損致承载力不足

參、道路塌陷主要原因及解決對策

自來水管線

※壓力輸送管，因有漏水以致沖刷細砂土壤流入雨、污水管或箱涵。

加強監測

定期監測供水量及水壓情形，據以判斷漏水可能區域。

積極汰換

針對漏水頻率高及管線老舊之維修熱區，逐步汰換舊管。

雨水管線

※管徑相對大，土砂容易滲入。一般為重力輸送管，但持續強降雨形成滿管時形成壓力管，當管路有損壞時，雨水反覆充滿與流出，易加速周邊土砂流失

防制管線周圍土砂流失

管線周邊以具流動性之控制性低強度材料(CLSM)包覆，尤其於土質為砂土之地區，取代回填砂土杜絕流失。

19

參、道路塌陷主要原因及解決對策

污水管線

※常於埋設或推進時接頭止水不良或破損，長期使用後形成地下水滲流孔洞。



驗收階段應全面檢驗

施工後以CCTV全面檢驗地下管路作為驗收依據。

營運階段應持續巡檢

① 定期巡檢

盤點區域污水管線，依年限逐步檢視管線完整性及清理管線淤積。

② 不定期巡檢

配合易損壞、易阻塞及重大異常案件(例如多處坑洞及路基下陷地區)進行熱區檢視，確保管線完整性。

③ 依檢視結果編列經費辦理維護更新。

20

參、道路塌陷主要原因及解決對策

雨污排水箱涵

※施工時鋼筋保護層不足、剪力樺接縫施工不當、止水帶設置不良，造成日後漏水及鋼筋鏽蝕。

設計階段，針對結構弱點加強

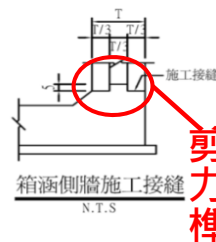
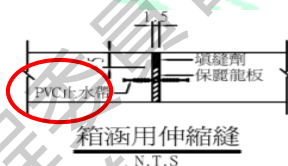
- ① 覆土深度不足增加頂版厚度。
- ② 側牆與底版接縫設置剪力樺。
- ③ 污水箱涵增厚鋼筋保護層。

施工階段落實箱涵之施工及監造

落實施工自主檢查及監造檢驗停留點簽認，尤其混凝土氯離子含量、鋼筋保護層厚度、止水帶設置、剪力樺等結構弱點。

營運階段強化巡檢

- ① 斷面尺寸大之雨污水系統者，採取專業人員縱走。
- ② 斷面尺寸小之雨污水系統者，採取CCTV。



肆

結語

肆、結語

- **面層破壞** 肇因多元，包含降雨量大、交通荷重多、材料老化(管線頻繁刨挖)及鋪面結構不足。
- 工程主辦機關可由設計及施工(含材料管理)面向著手：

設計面

- (1)視個案需求增加各鋪面層厚度及改良路基。
- (2)適度選用改質瀝青及添加防剝劑。

施工面

- (1)加強駐廠確保瀝青材料品質。
- (2)落實施工自主檢查及監造檢驗停留點簽認，尤其鋪築溫度、洩水高程控制及養護降溫時間等。

- 道路養護機關可由管理維護(含管線管理)面向著手：

維護面

- (1)路面尚不及全面刨鋪修繕者，適時以新式工法養護延壽。
- (2)整合挖掘需求減少開挖次數
- (3)管線單位自行負責道路回填品質。

※108年度國營事業管線挖掘工程品質刻由內政部營建署試辦考評作業。

23

肆、結語

- **道路塌陷** 考量新設雨、污水下水道及管線已有設計與施工規範，管控重點應為營運中既有設施之維護管理。

維護面

- (1)對既有設施展開巡檢；大尺寸箱涵以專業人員縱走、小尺寸管線以CCTV檢視，發現破損或土砂滲入即刻修繕。
- (2)針對潛在塌陷區域輔以透地雷達探測；針對設施經常破損及待維修熱區進行預防性汰換。

- 執行中或規劃中新設工程，則由設計及施工面向著手：

設計面

- (1)排水管線應加強止水膠圈品質、以控制性低強度回填材料 (CLSM) 回填。
- (2)箱涵增厚鋼筋保護層、設置止水帶及剪力樺。

施工面

- (1)管線驗收應以CCTV全面檢驗作為驗收依據。
- (2)落實施工自主檢查及監造檢驗停留點簽認。

24

肆、結語

- 道路工程之品質提升與維護管理為各級機關共同責任：
 - 工程主辦機關** 應按規定執行設計與施工品管工作。
 - 設施管理機關** 應落實巡檢與維護工作。
 - 中央道路主管機關** 應善盡督導與監督之責任。
- 本會將持續適當提供協助，幫助各級機關提升道路品質。

工程主辦機關

- 選用適當設計
- 落實施工監造檢驗停留點

中央 道路主管機關

- 市區道路系統為內政部；
公路系統為交通部
- 落實監督管理措施與績效
考評機制

設施管理機關

- 確實管制道路挖掘
- 精進養護工法
- 落實巡檢汰換機制

25

簡報結束
敬請指教

26