

# 交通部運輸研究所

## 合作研究計畫之研究主題與重點

計畫名稱		感潮河段橋梁梁底檢測工具研發(1/4)-功能精進與新興科技導入評估		
計畫編號		MOTC-IOT-111-H1CB001f	計畫性質	<input type="checkbox"/> 行政及政策類 <input checked="" type="checkbox"/> 科學及技術類
計畫領域		<input type="checkbox"/> 電信 <input type="checkbox"/> 自動化 <input checked="" type="checkbox"/> 土木 <input type="checkbox"/> 機電 <input type="checkbox"/> 航太 <input type="checkbox"/> 海洋 <input type="checkbox"/> 運輸 <input type="checkbox"/> 氣象 <input type="checkbox"/> 地震 <input type="checkbox"/> 觀光 <input type="checkbox"/> 綜合(以計畫內容領域比重較高者為主,若計畫內容涉及法令、財務、制度等之研究者則以綜合領域屬之)		
預定執行期限	全程	111 年決標日之次日起至 114 年 12 月 31 日		
	年度	111 年決標日之次日起至 111 年 12 月 31 日		
經費概算	全程	新臺幣 4,800 千元		
	年度	新臺幣 1,200 千元		
聯絡人	單位	港研中心第一科	連絡電話	(04)2658-7112
	職稱	副研究員	傳真號碼	(04)2656-4418
	姓名	鄭登鍵	E-mail 信箱	xdchien@mail.ihmt.gov.tw

**一、計畫背景與目的：**(簡述研究計畫之目的、緣起與重要性，並說明與當年度業務施政之關聯性、配合性及前後連貫的整體性)

**(一)目的、緣起與重要性**

橋梁為鋼構、鋼筋及混凝土組成之構造物，會隨氣候及環境交替而逐漸老舊劣化，需定期巡檢並適時改善。我國道路橋梁近 3 萬座，主要由高公局、公路總局及各縣市政府負責管養，依據公路法相關規定，橋梁養護首重檢測，因此各橋梁管理機關平時除了應針對所轄橋梁辦理檢測作業，並應適時針對損壞部分進行維修，以維持橋梁安全。

依據公路法及相關規定，橋梁檢測以目視為主，儀器為輔，故一般進行檢測作業時，多以徒步及攀爬方式儘可能接近橋梁結構物後，再以目視判定橋梁狀況，如遇高橋墩或跨河橋梁時，雖可利用橋檢車、高空作業車或無人飛行載具...等輔助趨近，但對於梁底淨高狹小之跨水橋或感潮河段橋梁，由於其梁底經常與水及空氣反覆接觸，且人員、機具不易進入檢測，故安全風險較高，爰此，透過前期相關計畫經專家座談及實地測試所蒐集之意見及建議為基礎進行檢討，以組裝操作簡便、便攜、經濟且可施作空間為設計架構，完成以推車操作為主體的「推車型橋梁檢測工具」(以下簡稱「橋檢工具」)，並進行相關檢測構件精進，如:桿臂變位控制、輔助照明、機電化控制...等，經測試，該離型橋檢工具已能穩定伸展並移動至橋梁下方拍攝梁底影像，除可用於檢測感潮河段橋梁底部實際狀況外，亦有助提升橋檢作業之品質、效率及人員作業安全。

本計畫成果將公開分享訊息提供予各橋梁管理機關，藉由檢測工具帶來之便利，使

以往不易目視檢測之構件皆能可及，提升橋梁檢測作業之確實性，以落實橋梁檢測管理之政策目標。

(二)文獻回顧：

- 1、106 年度「感潮河段橋梁梁底檢測方式初探」，係利用鋁擠型管製作伸縮臂桿，並配合遙控馬達進行伸縮臂的控制，結合主動式光源、智慧型手機等元件，開發可安裝於車頂之「車載型橋梁檢測工具」。
- 2、108 年度「感潮河段橋梁梁底檢測工具研發建置計畫」改良前期(106 年度)「車載型橋梁檢測工具」，以鋁擠型管組立推車主體，使用不銹鋼管、碳纖維管做為檢測手臂，並結合無線通訊控制馬達運作，且檢測影像可透過 Wi-Fi 回傳至推車上的平板電腦，開發整合出「推車型橋梁檢測工具」。
- 3、110 年度「感潮河段橋梁梁底檢測工具精進研究」以前期(108 年度)「推車型橋梁檢測工具」之雛形，改良橋下水平檢測桿件尾端變位控制問題，以及增強影像穩定、影像定位及光源輔助功能。

**二、合作研究單位之條件及合作研究方式：**（說明合作研究單位的性質、計畫主持人與主要研究人員所需具備之專長條件與經驗，以及本所與之合作的方式。）

- (一)本計畫以合作研究方式辦理，宜具備土木、橋梁、機電或機械整合領域等專業之相關研究與實務經驗。
- (二)合作單位之計畫主持人或協同主持人與主要研究人員，宜具備土木、橋梁、機電或機械整合領域之學歷或經歷。
- (三)本研究計畫採合作方式辦理，本所將派員與合作單位定期或不定期舉行工作會議及參與計畫研究工作，並辦理相關行政作業、協調配合及研究成果之研討與審議等事項。

**三、預期完成的工作項目：**（條列說明將合作進行之工作項目，若分年進行，得分年列述）

本計畫目的為改善梁底狹小空間人員、機具不易進入檢測之問題，以操作簡便、便攜、經濟且可施作空間為設計架構，研發可進入狹小空間作業之橋檢工具，透由穩定伸展至橋梁下方拍攝梁底影像，除可讓檢測人員可以瞭解橋梁底部實際狀況外，亦有助提升橋檢作業之品質、效率及人員作業安全。全程計畫預計分 4 年期辦理，各年期之工作項目說明如下：

(一)第 1 年期(111 年):

**感潮河段橋梁梁底檢測工具研發(1/4)- 功能精進與新興科技導入評估**

- 1、廣泛蒐集市面上可運用於本計畫橋檢工具之相關新興科技工具，做為橋檢工具加值應用之可行性探討。
- 2、橋檢工具功能持續精進，以因應不同的使用情境與需求：
  - (1)持續精進前期(110年)計畫橋檢工具之功能運作速率、展開方式、結構強化及穩定性。

(2)檢測環境適應性能持續提升，如:橋檢工具桿件遇燈桿、標誌牌面桿等縱向支架阻礙橋上移動檢測時，構件設計或作業方式上之因應方案，以維持橋檢工具作業之連續性。

(3)橋檢工具機電化程度提升，如:檢測桿件展開、桿件伸縮及檢測工具推進等可電控化的作業方式，進行機電整合，減少操作人力，提升運作及檢測效能。

(4)鏡頭可檢測範圍提升，檢測鏡頭可檢視範圍除梁底構件外，應涵蓋支承、帽梁、橋墩等橋梁下部結構應檢測之構件，提出改良設計方案。

(5)運用前述改良方案進行實地測試(至少3座橋梁)，並依實地測試結果，適時調整優化橋檢工具及相應之控制元件。

3、探討相關新興科技可應用結合於橋檢工具之可行性，如:AI 辨識(鋼構及 RC 橋)、梁底面全景影像重建、5G 傳輸技術、VR、AR...等，做為後續功能增進規劃。

4、評估本研究成果之實施成效、建置成本及應用於檢測其他交通設施之可行性。以全國各橋梁維護管理機關及實際參與橋檢之顧問公司合格橋檢人員為對象，進行成果效益評估及成果推廣，並據以蒐集相關單位對於研發成果之建議及意見。

5、計畫相關配合項目

(1)配合計畫執行之狀況進行專家訪談或問卷調查，瞭解檢測工作對橋檢工具的需求與建議。

(2)針對計畫重要成果，製作可供相關內部成果會議或活動展示之海報或影片電子檔。

(3)研究成果投稿至少1篇論文至運輸計劃季刊、國內外期刊、學術研討會。

(4)說明本計畫對橋梁管理機關執行檢測作業之質化與量化效益。

(5)參考「政府研究資訊系統(GRB) <http://www.grb.gov.tw>」－研究計畫管理－實際成果(研究計畫績效指標項目)中之「績效」及「佐證資料」，就本計畫成果之特性，填寫合適績效指標項目，並以量化或質化方式，說明本計畫主要研究/計畫成果及重大突破。本計畫績效指標項目至少包括下列項目：

a. 論文：提供至少 1 篇可供投稿之學術論文。(國內、外重要學術研討會或期刊論文)

b. 研究報告：完成 1 本研究報告。

(二)第 2 年期(112 年):

#### **感潮河段橋梁梁底檢測工具研發(2/4)- 新興科技應用與資料庫建置**

1、持續蒐集市面上可運用於本計畫橋檢工具之相關新興科技之相關研究或技術案例，

做為新興科技應用之探討。

- 2、持續精進前期(111 年)計畫橋檢工具之機件運作性、展開性、穩定性或增加可提升檢測作業品質之功能，攝影鏡頭須確保能獲取足供 AI 辨識之清晰影像。
- 3、大量蒐集橋梁(鋼構及 RC 橋)各類型劣化缺失影像，探討影像判讀性及精確度，並應用深度學習法自動辨釋各類劣化特徵。
- 4、結合全景影像之技術並配合該技術特性，探討並律定作業時橋檢工具之操作原則，以提升影像拼接之完整度。
- 5、建立公路橋梁(鋼構及 RC 橋)各劣化類型之深度學習資料庫。
- 6、運用前述改良方案進行實地測試(至少 3 座橋梁)，並依實地測試結果，適時調整優化橋檢工具、控制元件及操作原則。
- 7、評估本研究成果之實施成效、建置成本及應用於檢測其他交通設施之可行性。以全國各橋梁維護管理機關及實際參與橋檢之顧問公司合格橋檢人員為對象，進行成果效益評估及成果推廣，並據以蒐集相關單位對於研發成果之建議及意見。
- 8、本年度工作項目，得視前一年度之成果，酌予調整。
- 9、計畫相關配合項目

(1)配合計畫執行之狀況進行專家訪談或問卷調查，瞭解檢測工作對橋檢工具的需求與建議。

(2)針對計畫重要成果，製作海報或影片電子檔。

(3)研究成果投稿至少1篇論文至運輸計劃季刊、國內外期刊、學術研討會。

(4)說明本計畫對橋梁管理機關執行檢測作業之質化與量化效益。

(5)參考「政府研究資訊系統(GRB) <http://www.grb.gov.tw>」－研究計畫管理－實際成果(研究計畫績效指標項目)中之「績效」及「佐證資料」，就本計畫成果之特性，填寫合適績效指標項目，並以量化或質化方式，說明本計畫主要研究/計畫成果及重大突破。本計畫績效指標項目至少包括下列項目：

a. 論文：提供至少 1 篇可供投稿之學術論文。(國內、外重要學術研討會或期刊論文)

b. 研究報告：完成 1 本研究報告。

(三)第 3 年期(113 年):

#### **感潮河段橋梁梁底檢測工具研發(3/4)- 應用測試與成效評估**

- 1、持續精進前期(112 年)計畫橋檢工具之機件運作性、展開性、穩定性或增加可提升檢測作業品質之功能。

- 2、公路橋梁(鋼構及 RC 橋)各劣化類型之深度學習資料庫更新擴充。
- 3、各類型劣化缺失之 AI 辨識結果，其劣化種類、範圍及位置等，可套合呈現於梁下全景影像上，以直觀且完整之視覺展示，提升檢測評估品質。
- 4、應用測試：以公路總局及縣市政府所轄公路橋梁為對象，運用前述改良方案進行實地測試(至少 6 座橋梁)，配合上述機關之定期檢測作業進行協助構件檢查及記錄，並依測試結果，適時調整優化橋檢工具、控制元件及相關操作原則。
- 5、評估本研究成果之實施成效、建置成本及應用於檢測其他交通設施之可行性。以全國各橋梁維護管理機關及實際參與橋檢之顧問公司合格橋檢人員為對象，進行成果效益評估及成果推廣，並據以蒐集相關單位對於研發成果之建議及意見。
- 6、本年度工作項目，得視前一年度之成果，酌予調整。
- 7、計畫相關配合項目
  - (1)配合計畫執行之狀況進行專家訪談或問卷調查，瞭解檢測工作對橋檢工具的需求與建議。
  - (2)針對計畫重要成果，製作海報或影片電子檔。
  - (3)研究成果投稿至少1篇論文至運輸計劃季刊、國內外期刊、學術研討會。
  - (4)說明本計畫對橋梁管理機關執行檢測作業之質化與量化效益。
  - (5)參考「政府研究資訊系統(GRB) <http://www.grb.gov.tw>」－研究計畫管理－實際成果(研究計畫績效指標項目)中之「績效」及「佐證資料」，就本計畫成果之特性，填寫合適績效指標項目，並以量化或質化方式，說明本計畫主要研究/計畫成果及重大突破。本計畫績效指標項目至少包括下列項目：
    - a. 論文：提供至少 1 篇可供投稿之學術論文。(國內、外重要學術研討會或期刊論文)
    - b. 研究報告：完成 1 本研究報告。

(四)第 4 年期(114 年):

**感潮河段橋梁梁底檢測工具研發(4/4)- 加值應用與技術推廣**

- 1、持續精進前期(113 年)計畫橋檢工具之機件運作性、展開性、穩定性或增加可提升檢測作業品質之功能。
- 2、持續更新擴充公路橋梁(鋼構及 RC 橋)各劣化類型之深度學習資料庫。
- 3、運用 5G 通訊傳輸技術高速低延遲之特性，嘗試結合深度學習資料庫及 AR，研發可即時劣化判釋並套合呈現於現場影像之應用功能。

4、完成橋檢工具使用手冊，以使用者觀點進行操作步驟及拍攝原則說明。

5、辦理本橋檢工具技術移轉評估及協助相關技術移轉作業。

6、水下檢測功能開發之可行性評估。

7、辦理成果行銷推廣活動。

8、本年度工作項目，得視前一年度之成果，酌予調整。

9、計畫相關配合項目

(1)配合計畫執行之狀況進行專家訪談或問卷調查，瞭解檢測工作對橋檢工具的需求與建議。

(2)針對計畫重要成果，製作海報或影片電子檔。

(3)研究成果投稿至少1篇論文至運輸計劃季刊、國內外期刊、學術研討會。

(4)說明本計畫對橋梁管理機關執行檢測作業之質化與量化效益。

(5)參考「政府研究資訊系統(GRB) <http://www.grb.gov.tw>」—研究計畫管理—實際成果(研究計畫績效指標項目)中之「績效」及「佐證資料」，就本計畫成果之特性，填寫合適績效指標項目，並以量化或質化方式，說明本計畫主要研究/計畫成果及重大突破。本計畫績效指標項目至少包括下列項目：

a. 論文：提供至少 1 篇可供投稿之學術論文。(國內、外重要學術研討會或期刊論文)

b. 研究報告：完成 1 本研究報告。

#### 四、本計畫之主要部分：(應自行履約不得轉包)

上述三(一)第 1 年期(111 年)工作項目中，涉及「2、3」為本計畫主要部分，應自行履約不得轉包。

上述三(二)第 2 年期(112 年)工作項目中，涉及「2、3、4」為本計畫主要部分，應自行履約不得轉包。

上述三(三)第 3 年期(113 年)工作項目中，涉及「1、2、3、4、5」為本計畫主要部分，應自行履約不得轉包。

上述三(四)第 4 年期(114 年)工作項目中，涉及「1、2、3、4、7」為本計畫主要部分，應自行履約不得轉包。

**五、預期成果、效益及其應用：**(說明預期完成之具體成果，儘量依條列舉，若分年進行，得分年列述。並按計畫性質詳述所獲得的效益，以及未來在業務施政上的應用)

## (一)預期成果

本計畫 111 年的預期成果如下：

- 1、開發及精進可用於檢測橋梁梁底空間狹小之工具、技術與相應之控制元件。
- 2、增進並優化橋檢工具運作、控制、穩定等相關功能，並建立可行之新興科技導入橋檢工具加值應用方案，提升檢測成果品質、效能及適應性。
- 3、完成改良後橋檢工具實地測試作業，依測試結果，適時調整及優化橋檢工具及相應之控制元件。

本計畫 112 年的預期成果如下：

- 1、持續精進橋檢工具之機件運作性、穩定性及獲取足供 AI 辨識之清晰影像，提升檢測作業品質。
- 2、蒐集並建立公路橋梁(鋼構及 RC 橋)各劣化類型之深度學習資料庫，據以自動辨釋各類劣化特徵。
- 3、結合全景影像之技術並律定作業操作原則，提升影像拼接之完整度。
- 4、完成改良後橋檢工具實地測試作業，依測試結果，適時調整及優化橋檢工具及相應之控制元件。

本計畫 113 年的預期成果如下：

- 1、持續精進橋檢工具之機件運作性及更新擴充各劣化類型之深度學習資料庫，提升檢測作業品質及效能。
- 2、結合 AI 辨識結果及全景影像之技術，將劣化情形套合於全景影像上，提供完整直覺化之檢測成果展示，提升檢測評估品質。
- 3、配合橋管機關之定期檢測作業，完成橋檢工具實地應用測試，依測試結果，適時調整及優化橋檢工具及相應之控制元件。

本計畫 114 年的預期成果如下：

- 1、持續精進橋檢工具之機件運作性及更新擴充各劣化類型之深度學習資料庫，提升檢測作業品質及效能。
- 2、結合 5G 通訊技術、AI 及 AR，開發可於現場影像即時呈現劣化判釋之功能，提升檢測效能。
- 3、完成橋檢工具使用手冊、技術移轉評估及成果行銷推廣活動。

## (二)預期效益

- 1、研發橋梁梁底狹小空間之橋梁檢測工具，提升橋梁檢測作業之效率及品質。

2、優化橋檢工具之相關功能，以適應不同的使用情境與需求，提升檢測效能及實用性。

3、透過實地測試成果及交流推廣，可提供國內公路橋梁管理機關對於檢測人員不易施作之梁底目視檢測作業(如狹小空間、深谷跨越橋)，另一可行之檢測方案。

### (三)預期應用

本計畫成果將提供各公路管理機關(如高公局、公路總局、各縣市政府等)使用，提升橋梁目視檢測作業之效率及品質。

## 六、其他重要說明事項：

(一)本採購案之預算額度尚待核定，實際執行金額以立法院核定通過後之預算金額為準，若未核定通過則不執行。

(二)需索取相關計畫成果報告書，請至本所網站 (<https://www.iot.gov.tw/>) 數位典藏/本所出版品下載，或逕洽本案承辦人。

(三)本計畫屬 4 年期計畫，本年期(民國 111 年)計畫合作對象若如期如質完成該年度之研究工作，且研究成果經本所審核通過並認定符合繼續接辦第 2 年期(民國 112 年)工作資格，將得優先與本所直接進行該年度合約議價，112 年度之預算金額為新臺幣 120 萬元整。112 年度第 2 年期計畫合作對象若如期如質完成該年度之研究工作，且研究成果經本所審核通過並認定符合繼續接辦第 3 年期(民國 113 年)工作資格，將得優先與本所直接進行該年度合約議價，113 年度之預算金額為新臺幣 120 萬元整。113 年度第 3 年期計畫合作對象若如期如質完成該年度之研究工作，且研究成果經本所審核通過並認定符合繼續接辦第 4 年期(民國 114 年)工作資格，將得優先與本所直接進行該年度合約議價，114 年度之預算金額為新臺幣 120 萬元整。

(四)112、113 及 114 年度研究方向及細部執行工作，本所保留調整之權利。

## 文獻回顧

臺灣的地理特性為多山多谷，島上大小河川密布，在陸路交通方面，必須靠橋梁連結不同地域，若當橋梁發生損壞而造成區域交通癱瘓時，將會損及國家經濟建設之發展，因此如何確保橋梁能提供良好的服務水準至關重要。為確保橋梁能有良好之服務品質，交通部已訂定完善的橋梁檢測規範，橋梁養護單位必須定期進行檢查與維護，以確保橋梁服務品質。

但因每座橋梁所處的環境不同，橋梁檢測人員常得運用不同的工具，儘可能的靠近橋梁進行檢查，現階段並沒有一套檢測設備可以滿足所有的檢測需求。感潮河段橋梁大梁可能因為外在因素的影響而浸泡在水中，當原本的保護層破損喪失功能後，便會破壞原本橋梁的承載能力，而危及橋梁的安全。

針對感潮河段橋梁之特性，106 年度「感潮河段橋梁梁底檢測方式初探」開發出可應用於感潮河段梁底檢測之工具，為讓檢測工具更具實用性，108 年度「感潮河段橋梁梁底檢測工具研發建置計畫」改良前期的車載型橋梁檢測工具，設計出推車型橋梁檢測工具。110 年度「感潮河段橋梁梁底檢測工具精進研究」將基於推車型橋梁檢測工具為基本結構藍圖，進行運作速率、展開方式、穩定性、檢測環境適應性及機電化程度之提升，增進該橋檢工具之適用範圍、穩定性及運作效率。本計畫橋檢工具係以鋁擠型管組立推車主體，並使用不銹鋼管、碳纖維管做為檢測手臂，以 Arduino 結合無線通訊控制馬達運作，檢測影像透過 Wi-Fi 回傳至推車上的平板電腦，以達到完全自動化操作之目標。由於檢測工具採模組化設計，2 位橋檢人員 10 分鐘內即可完成組裝，且可在人行道上行進操作，經過實測已證明操作之可行性，未來有機會應用在實際的橋梁檢測作業中。

### 參考文獻

1. 交通部，「交通技術標準規範公路類公路工程-公路養護規範」，民國 109 年。
2. 交通部，「交通技術標準規範公路類公路工程-公路橋梁檢測及補強規範」，民國 109 年。
3. 交通部運輸研究所，「橋梁目視檢測評估手冊(草案)」之研擬，民國 100 年。
4. 交通部運輸研究所，「橋梁檢測工具效能提升計畫」，民國 105 年。
5. 交通部運輸研究所，「橋梁檢測工具效能提升計畫(2/2)」，民國 106 年。
6. 交通部運輸研究所，「感潮河段橋梁梁底檢測方式初探」，民國 108 年。
7. 蘋果日報，台南北門鯤鯓橋驚傳下陷大車禁行，[goo.gl/NFq3GU](http://goo.gl/NFq3GU)，民國 105 年。