

農業部農田水利署
桃園管理處

桃園大圳導水路(115~116 年度)維護管理委
託技術服務計畫

需求說明書



中華民國 115 年 6 月

農業部農田水利署桃園管理處

桃園大圳導水路(115~116 年度)維護管理委託技術服務計畫

一、 概述

桃園大圳肩負大桃園地區農業灌溉與工業用水的重任，自石門水庫後池堰取水口至八德廣豐出口之導水路全長約 18 公里。大圳導水路除明渠段外，計有 8 座日治時期建造的磚砌隧道(一號、二號、三號、三-1~三-4 號、以及四號隧道)，隧道段總長約 13.7 公里，採用人工開鑿砌磚支撐，施工過程艱辛，三號隧道(約 4,937 公尺)完工時更曾是臺灣當時最長的輸水隧道。桃園大圳自民國 13 年通水啟用後，曾發生數次結構損壞事件，進而採用厚度 0.2~0.3 m 鋼筋混凝土襯砌進行全線隧道結構補強。大圳導水路通水迄今已超過百年歷史，隧道結構已趨老舊，雖管理處針對所顯現的各種問題，逐一因應處理，目前未影響供水，但百年老舊隧道損壞後再被動維修方式，一旦所發生問題嚴重時，或可能有來不及因應風險，對於民生及工業用水甚鉅。

桃園大圳隧道襯砌外部為磚造結構，根據文獻資料顯示，大圳隧道建造過程曾發生多次意外事件，砌磚出現龜裂及鬆動脫落情形；同時根據調查資料顯示，磚造結構背後與地層交接處普遍有空洞存在，地下水長期由砌磚空隙及排水孔夾帶土砂流出情形下，隧道襯砌背後空洞可能有逐漸擴大的疑慮，嚴重時將導致隧道上方地表坍塌風險。實則大圳導水路已發生數次地表塌陷事件，包括：(1)民國 88 年之三坑子段 20 之 13 地號農地塌陷(三號隧道入口約 200-300 m 處)、(2)民國 88 年陸軍化學兵學校地表塌陷(四號隧道里程 0k+300 與 0k+500 處)、(3)民國 89 年四號隧道里程 2k+150 處上方地表塌陷、(4)民國 114 年 8 月三-4 號隧道 9K+500 處上方土石塌陷、(5)民國 114 年 10 月三號隧道里程 3K+570 上方地表塌陷。研判地表塌陷主要係因地下水夾帶土砂長年自隧道內流出所致。目前地表塌陷雖對隧道結構尚未有明顯影響，但地層土砂若持續長期流失，問題將逐漸惡化，同時或可能損及地表構造物與民眾安全，有必要主動及早查明因應。相關可採取作為與期程建議，臚列說明如下：

二、 計畫期程：

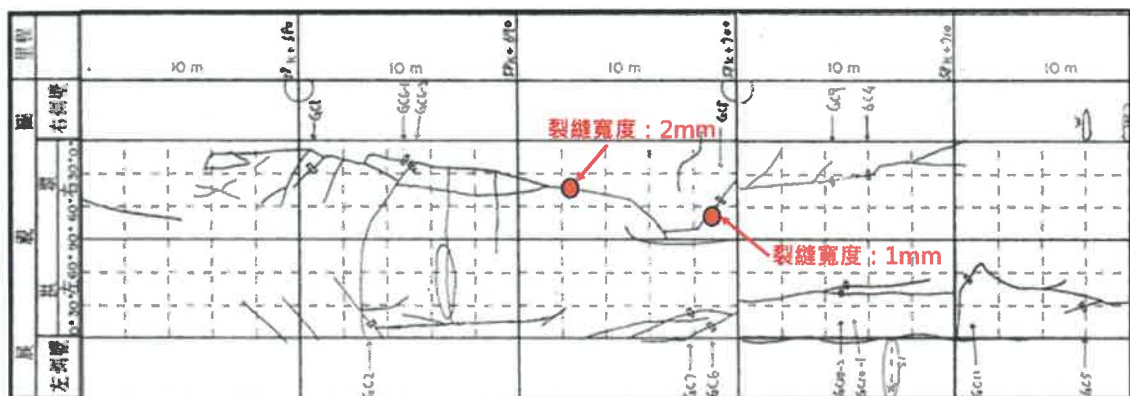
計畫工作期程預計為民國 115~116 年間，因應導水路下游之用水需求，工作須進入導水路隧道現場調查時段為每年 11~隔年 1 月間歇性通水(如通水 3 天、調查 2~3 天)或配合管理處協調後之停供水時程辦理。執行廠商可視當年停供水作業情形，調整當年度檢測工作範圍，經報准同意後辦理。

三、 建議辦理工作項目：

(1) 導水路隧道巡檢關注區段追蹤紀錄：

大圳導水路肩負供水重任，隧道每年僅能進場巡檢的時間非常有用，故管理處於民國 113~114 年委託專業廠商蒐集綜整隧道襯砌掃描影像資料及歷年巡檢結果，評估提出對隧道供水穩定可能造成影響之 39 處需關注區段。民國 114 年間所發生之 2 次地表塌陷事件，大致均可對應到所提出之關注區段(包括三-4 號隧道 9K+533 處及三號隧道 3K+540~550 區段)，顯示所提出之關注區段有必要持續追蹤檢查。針對上揭 39 處關注區段，建議利用大圳每年停供水期間，進入隧道內追蹤紀錄關注區段後續變化情形，繪製關注區段異狀(如裂縫、剝落等)展開圖，如下圖所示，以掌握關注區段後續演化情形，提供必要之處理對策研擬參考。

本項工作除針對 39 處巡檢關注區段之外，承攬廠商同時利用本計畫執行進場期間，再次進行隧道全線目視巡查，評估是否尚有遺漏或新增需關注區段。



(2) 導水路隧道重要異狀持續監測

前期(民國 113~114 年)已於大圳導水路重要異狀處安裝監測儀器觀測，包括：(i) 30 處裂縫尺、(ii) 3 處開渠段加蓋段(里程 2K+710、2K+736、2K+764)橫斷面量測、(iii) 3 處開渠段鋼筋外露位置(里程 11K+101、11K+350、11K+450)點雲掃描，如下圖所示。建議本期針對大圳已安裝之裂縫尺及斷面尺寸觀測位置，配合停供水時間辦理 2 次量測，以了解其後續發展變化情形，提供維護作為參考。



(3) 隧道襯砌背後空洞調查分析

大圳隧道襯砌背後若有空洞存在，可能導致襯砌受力不均勻，長期將對襯砌結構造成損傷(如結構性剪力或張力裂縫)。此外，空洞若持續發展擴大，則可能出現地表塌陷風險。民國 113~114 年管理處委託廠商所辦理大圳隧道透地雷達(Ground Penetrating Radar, GPR)探測，初步瞭解大圳導水路隧道襯砌結構及頂拱背後狀況，探查結果將大圳導水路隧道襯砌狀況分為 A、B、C 三個等級(如下表)。民國 114 年大圳沿線所發生 2 次地表塌陷事件係位在三號隧道及三-4 號隧道，檢視這兩座隧道透地雷達探測判釋為 A 類及 B 類等級之長度共 1,350m。由於前期探查僅針對隧道頂拱小範圍，而可能導致地表塌陷不僅侷限在隧道頂拱出現空洞處，建議本期針對三號及三-4 號隧道 A、B 類區段擴大探查左右兩側拱肩範圍，綜整研析判釋襯砌背後空洞分布情形，據以提出必要之因應對策。本項探測必要時可鑽設小孔，以微型攝影機輔助查明，調查所鑽設之小孔應進行回填。

檢測結果分類	狀態概述	處置建議
A	發現明顯異常訊號，且隧道襯砌表面發現有明顯異狀。	加強檢查及裝設監測儀器，並施以必要之維護措施。
B	發現明顯異常訊號，但隧道襯砌表面無發現明顯異狀。	持續追蹤是否有加速劣化或明顯損壞之情形。
C	未發現明顯異常訊號，且隧道頂拱之襯砌表面無發現明顯損壞。	隧道頂拱襯砌良好，例行性檢查即可。

(4) 大圳導水路沿線水文地質狀況與大圳隧道穩定有密切關係，民國 111 年委託專業廠商提出之「桃園大圳導水路維護管理方針」，即提出辦理導水路沿線地質與水文地質資料之補充調查與資料建置工作。惟實務上要一次完成全線水文地質調查有其困難，故建議本期先辦理第一階段初步調查。於導水路沿線鄰近區域規劃 4 處合適位置施作鑽孔，每個鑽孔深度以 80 公尺為原則，共計 320 公尺(每座鑽孔深度可視現場狀況調整)。鑽孔入岩後全程取樣，用以調查瞭解本計畫調查區地質狀況(如礫石層、砂岩、頁岩等)，並搭配辦理井內水力試驗(包括孔內地球物理井測、孔內分層透水試驗)。鑽孔及井內水力試驗完成後，設置自計式地下水位觀測井，每 10 分鐘(或機關同意頻率)量測記錄一筆地下水位變化。各項孔內水力試驗說明如下：

(i) 孔內地球物理井測：

本項調查包括孔內電井測調查、孔內波速調查、孔內攝影調查。其中孔內電井測調查係透過井內地層電位差、電阻率及自然伽瑪射線強度等量測，以探明地層橫向特性；而孔內波速調查則係透過探測記錄聲波通過地層所需時間來推估井下岩層力學參數分布；孔內攝影調查則為鑽孔岩心連續性的定向圖像，可明確展示地質結構概況，定義目標岩層的厚度、相對位置、傾斜角度與層理，做為水文地質模型建置參考。

孔內地球物理井測於各鑽孔皆辦理，調查範圍以地下水位面以下至孔底為原則，實際調查深度由機關代表、廠商地質師、鑽探領班與試驗操作人員會商後決定。

(ii) 孔內分層透水(水力)試驗

本試驗主要採用封塞水力試驗(Packer Test)進行區域透水係數(K)分布之調查，其並可透過不同人為邊界條件的轉換，藉以觀察試驗區段壓力水頭隨時間的變化趨勢，以針對特定地層現地尺度的水文地質參數進行推估。本計畫各鑽孔皆辦理此項試驗，其中每孔至少 1 組以雙封塞試驗形式進行孔內分層透水試驗與分層水壓量測，以在代表性之地層進行試驗為原則，其餘可依據各孔鑽探時所提取之岩心性質與井體狀態選擇以單封塞(呂琴)透水試驗的方式進行。

(iii) 地表雙環入滲試驗：

本項工作係在鑽孔鄰近適合位置，參照 ASTM 規範進行地表雙環入滲試驗，分析單位時間內單位表面積的穩定入滲量，以瞭解區域降雨入滲補注率，作為大圳水文地質模型建立參考。

(iv) 室內岩心力學試驗：

本項工作係藉由鑽探所提取之土壤與岩石樣本，攜回實驗室試驗。土壤與岩石樣本應平均於各鑽孔適當區段選取，試驗項目包括土壤與岩石一般物理性質試驗、岩石單軸抗壓強度、靜彈變形模數試驗，室內試驗需由經認證試驗機構或學術單位辦理。

(v) 鑽井水文地質評估：

本項工作須根據上述各項現地水文地質調查資料，綜整地層分布、力學特性、含水層狀況、透水能力等，建構各鑽孔地層水文地質模型，探討所探得之水文地質環境對大圳導水路可能影響。

四、 委託技術服務工作採購金額：

本計畫委託技術服務工作採購採固定金額，總服務費用(含稅)新臺幣 1,507 萬元。

五、 委辦執行單位：

本計畫擬透過公開評選程序，委託工程技術顧問機構或技師事務所辦理，計畫團隊需有土木、大地、測量或應用地質等專門技師至少 2 位，計畫成果需經技師簽證。

六、 工作成果報告：(雙方得視需求召開工作會議)

(一) 工作執行計畫書：廠商於決標次日起 30 日內，依據契約提交計畫書(一式 2 份)予機關審核，俟收訖初審意見後 15 日曆天內提交定稿版(一式 2 份)執行。

(二) 期中成果報告：廠商於 116 年 2 月 20 日前總結 115 年度工作成果，函送期中成果報告初稿版(一式 2 份)，俟收訖初審意見後 15 日曆天內提送定稿版(一式 2 份)。

(三) 總結成果報告：廠商於 116 年 11 月 20 日前總結本計畫執行成果，函送總結成果報告(一式 2 份)，俟機關核定後 15 日曆天內提送定稿版(含總結成果報告 3 份及電子檔 1 份)。

七、計畫期程：

(一) 本計畫執行期程自決標次日起至民國 116 年 11 月 20 日止。

(二) 因用水需求，本計畫需進入導水路現場調查工作時段暫定為每年 11~翌年 1 月間歇性通水(如通水 3 天、調查 2~3 天)或配合本處協調後之停供水時程辦理。

(三) 本計畫執行廠商可視當年停供水作業情形，調整當年度檢測工作範圍，經本處同意後辦理。

八、委託技術服務付款時程：

付款階段	付款條件	繳交文件	支付金額
一	1. 決標契約完成。 2. 「工作計畫書」核備。	1. 請款發票。 2. 「工作計畫書」定稿版。	契約金額 20%。
二	1. 依據「工作計畫書」所訂定之工作項目，以及本處所提供之停水作業時間，完成民國 115 年度工作項目。 2. 「期中成果報告」核備。	1. 請款發票。 2. 「期中成果報告」定稿版。	契約金額 40%
三	1. 完成本計畫所有工作項目。 2. 「總結成果報告」核備。	1. 請款發票。 2. 「總結成果報告」定稿版。	契約金額 40%

九、其他：本需求書如有未盡事宜，另依本處招標文件及契約定之。