

污水下水道推進施工之探討與研究-以台中市污水下水道系統為例

*陳明吾 (Ming-Wu Chan)
中華大學營建管理學系

蕭炎泉 (Yan-Chyuan Shiau)
中華大學營建管理學系

莊然量 (Ran-Liang Zhuang)
中華大學科技管理研究所

摘要

污水下水道建設為現代化都市重要指標之一，影響國家形象及競爭力，世界各國均將它列為重要施政工作。污水下水道工程之推動，更是台灣新十大建設之一。有鑑於污水下水道系統為國家建設不可欠缺的一環，其施工時風險因素影響工程成敗至鉅，並關係整個污水下水道系統運作。本研究透過文獻調查台中市地質分佈狀況，並針對台中市地區污水下水道工程施工做實際案例探討，將污水下水道施工影響因子做專家問卷調查，利用層級分析法探討各項影響因子對污水下水道施工的影響權重，找出最適合台中市地區之因應對策，以確保工程推動順利能順利進行。

本研究利用專家驗證文中提出之因應對策，包含本地區合適的掘進機頭、泥水式推進機以有圓錐破碎式為佳、土壓式出土螺旋管尺寸應配合礫石粒徑選擇等，將這些結論回饋至後續台中市污水下水道工程，以期本區域工程皆能如期、如質完成。

關鍵字：污水下水道、風險因子、掘進機頭、推進機具、因應對策

Discussion on the Propulsion Construction of Sewage Projects - Using Sewage System in Taichung City as Case Study

Abstract

Sewer construction is an important indicator of a modern city which affects country's image and competitiveness. Countries of the world are working it as an important policy. Promoting of the sewage projects is one of Taiwan's Ten New Major Construction. Sewage is an indispensable portion of a country construction. The construction risk factors affect the success of the project and the operation of the entire sewage system. This study has investigated the geological distribution of Taichung

City through literature and analyzed all kinds of sewage propulsion equipment on market. Actual sewer construction cases are studied in Taichung City to analyze the applicability and its propulsion power of various types of propulsion machinery. Impact factors of sewer construction are integrated through expert survey. AHP is used to explore the influence weight of the impact factors for sewage construction to ensure the smooth implementation of the project.

Expert validation is used to verify the countermeasures proposed in this study. These include the appropriate tunneling head of the region, slurry propulsion engine being the appropriate type with a cone crusher, and the coil size selection of excavated mechanism should match the gravel size. These suggestions are contributed to follow-Taichung City sewage project to ensure the schedule and quality control.

Keywords: Sewage, Risk factors, Boring head, Propulsion equipment, Countermeasures.

一、前言

污水下水道係現代化都市不可或缺之公共設施，台中市污水下水道建設肇始於民國65年，目前正依據中央核定之「台中市污水下水道系統第三期實施計畫」，持續辦理污水下水道系統建設。統計至102年12月底，台中市公共污水下水道用戶接管已達10萬戶，普及率為14.2%，擬每年平均提升污水下水道用戶接管普及率2.5%，期能於103至106年完成25萬戶之目標。

台中市地質多屬堅硬之卵礫石層，且多在地下水位線以下，施工難度高；加以本計畫區屬台中市已開發市區，人口眾多、部分道路狹窄、住宅林立、交通繁忙，推進機具設備與材料推置範圍受限，不利施工，為了讓污水下水道工程進度能順利進行，因此，找出推進施工遭遇問題之最佳因應對策，將是污水下水道工程能否順利完成之重要因素。

二、研究範圍

由於影響污水下水道推進工程進度管控的因子很多，地質狀況與推進機具之選擇是其中非常重要之因子，目前國內污水下水道工程正如火如荼展開中，其中以台中市地區之地質最為堅硬且進度最為緩慢，本研究以台中市區(主要為卵礫石地質，於98年至103年間進行污水下水道推進工程，管徑為500mm、600mm、800mm、1000mm)的污水下水道推進工程作為探討的範圍，相同的類型包含，相同的地質條件、設計需求與監造管理等。

2.1 案例特性比較

本研究的推進工程施工案例包含四個案例，以下以A、B、C、D作為說明如圖1所示，案例位置分別位於台中市地區的重慶路、忠明南路、東光路及進化路等附近地區。案例A，設計長度為3,487公尺；案例B，設計長度為3,504

公尺；案例C，設計長度為3,825公尺；案例D，設計長度為3,035公尺。A、B、C、D四個案例的地質條件相同，皆為堅硬的卵礫石地質。

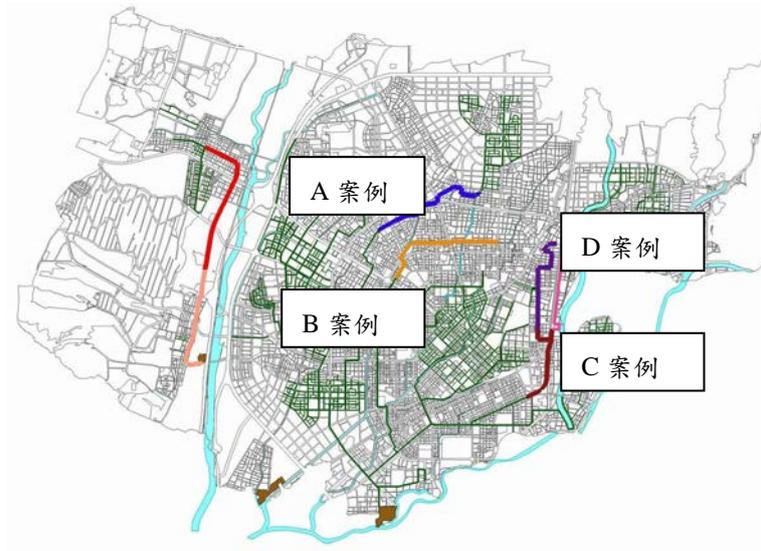


圖1、四個案位置示意圖

2.3 案例發生的問題探討

四個案例皆於施工過程中遭遇多次推進障礙問題，以下為四個案例於施工過程中遭遇之推進障礙範例簡略介紹如圖2至7所示：

A. 於推進過程中遭遇天然障礙之流木障礙，以開設中間障礙井方式確認障礙物及排除障礙物：

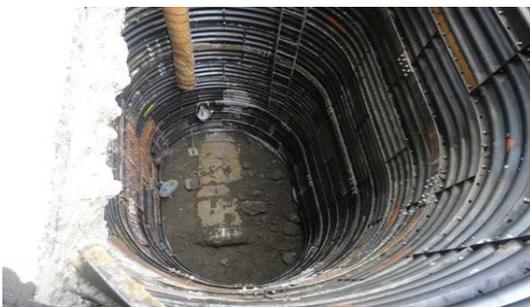


圖2、開設中間障礙井狀況圖



圖3、流木障礙圖

B. 推進過程中遭遇人為障礙之鋼軌樁障礙：



圖4、鋼軌樁障礙圖

C. 推進過程中遭遇人為障礙之營建廢棄物障礙：



圖5、營建廢棄物障礙圖

D. 推進過程中遭遇天然障礙之巨大卵礫石障礙：



圖6、巨大卵礫石大於推進機具面盤直徑的2倍



圖7、障礙開挖狀況圖

本研究之四個案例於施工過程中，B、C案例因有台中市地區施工經驗，選用機具上因有經驗，施工過程除遭遇障礙之問題，工程施工進度順利如期完工；A、D案例因未曾有台中市地區推進施工經驗，施工過程中因進度落後而召開多次進度趕趕會議，探討落後原因找除解決對策，第一：增加推進工作面，尋找有卵礫石推進經驗之協力廠商進場，以確保落後進度不再擴大；第二：調整推進機具，尋求推進機具技術廠商專業協助，調整至適合本地區推進型式，提高推進功率；第三：增加推進機械設備備品，減少等待時程，加快機具整備速度；在施工問題確認加以因應解決後，皆相繼趕上進度，如期竣工。

三、影響因子架構之建立

3.1 推進工程施工影響因子魚骨圖之建立

污水下水道推進工程施工案例的主要遭遇問題包含遭遇地下障礙物、地質軟硬不均、交通、居民、施工管理不善等。本研究案例中的A、B、C、D四個案例，因為擁有相同的交通與居民之問題，所以本研究將該兩問題排除，將影響因子集中於地質、施工、遭遇地下障礙物等三大主要因子如圖8所示。

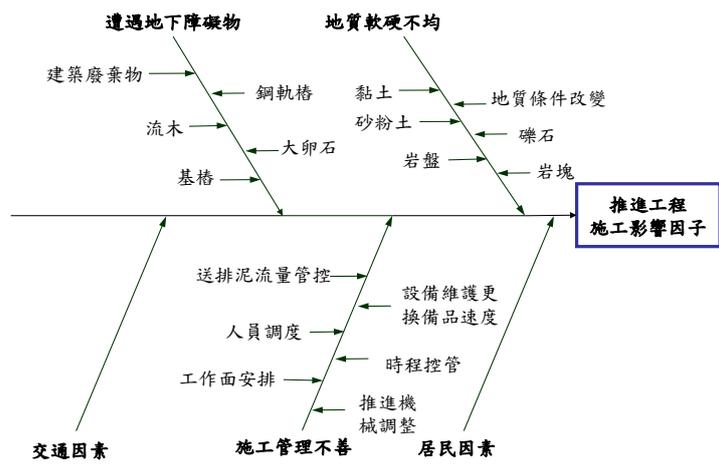


圖8、推進工程施工影響因子特性要因圖

為了要建立層級分析法的因子，本研究採用專家訪談進行討論，並以案例歷史資料、工程施工案例為背景，訪談對象有污水下水道推進工程施工案例十年以上豐富經驗的工程主辦機關、施工廠商、監造單位等專業管理者與工程師，包含業主3名、監造單位4名、施工廠商4名及推進設備供應商2名，共13名專家，以藉此確定影響污水下水道工程的推進施工進度的問題，並於確認推進問題後提出對策。

3.2 推進工程施工影響因子層級架構圖之建立

本研究經過專家訪談，將三大主要因子，以及相關的子因子建立出三大構面與十七個關鍵影響因子的層級架構，作為本研究分析步驟的主要基礎如圖9所示。

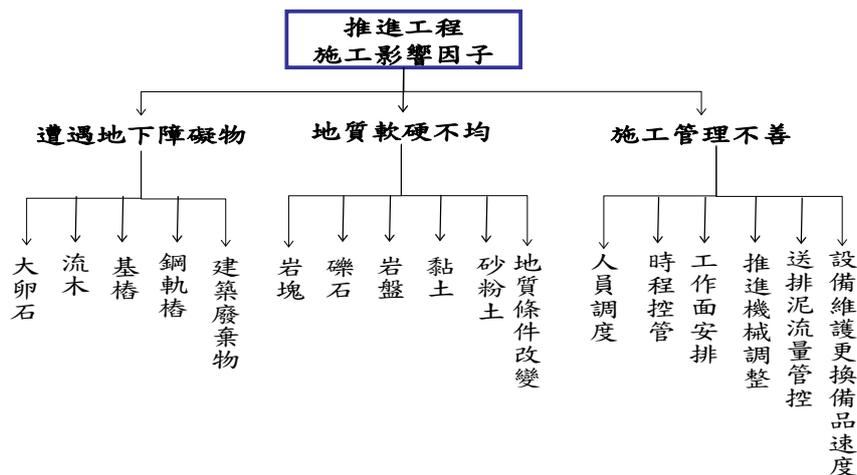


圖9、推進工程施工影響因子層級架構圖

本研究依照層級分析法的執行步驟，進行一致性的檢定。本研究透過Expert Choice軟體進行分析，經過計算，污水下水道推進工程施工影響因子

第一層主因子CI=0.02，第二層的遭遇地下障礙物CI=0.03，第二層的地質軟硬不均CI=0.01，第二層的施工管理不善CI=0.00。CI值均小於0.1，表示本研究的問卷調查成果，滿足一致性程度的檢定。

四、影響因子權重之分析

若將污水下水道推進工程施工影響因子之主要影響構面個別分析，本研究發現，遭遇地下障礙物構面中，以建築廢棄物的影響最大（權重占0.289），其他的項目依權重順序分別為鋼軌樁、基樁、流木、大卵石；地質軟硬不均構面中，以地質條件改變的影響最大（權重占0.328），其他的項目依權重順序分別為岩塊、岩盤、礫石、黏土、砂粉土；施工管理不善構面中，以推進施工機械送排泥流量管控的影響最大（權重占0.555），另一個項目則是推進施工機具設備維護更換備品速度如表1所示。

表1 推進工程施工影響因子各別構面權重排序表

構面	項目	權重	順序
遭遇地下障礙物	建築廢棄物	0.289	1
	鋼軌樁	0.236	2
	基樁	0.190	3
	流木	0.161	4
	大卵石	0.124	5
地質軟硬不均	地質條件改變	0.328	1
	礫石	0.226	2
	岩塊	0.153	3
	岩盤	0.135	4
	黏土	0.098	5
	砂粉土	0.060	6
施工管理不善	送排泥流量管控	0.355	1
	設備維護更換備品速度	0.305	2
	推進機械調整	0.236	3
	工作面安排	0.055	4
	人員調度	0.035	5
	時程控管	0.014	6

為了要瞭解各影響因子的優先權重，本研究需要先計算個別構面的權重關係，進而計算個別因子的優先權重，個別構面的權重請參考如表2所示。個別因子的權重關係，前5大因子依序為地質條件改變（權重占0.124）、建築廢棄物（權重占0.121）、推進施工機械送排泥流量管控（權重占0.112）、鋼軌樁（權重占0.099）、設備維護更換備品速度（權重占0.09）其他依序權重關係請參考如表3所示。

五、結論

經過案例探討，本研究發現，影響污水下水道推進工程施工進度管控的地質軟硬不均、遭遇地下障礙物、施工管理不善等主要因子，從層級分析結果觀察，權重依據是0.347、0.338、0.314，三個主要因子差異並沒有很大的差異，主要的原因在於三個因子是環環相扣。

經過四個案例實際完工驗證得知，地質條件的掌控關鍵在於：(1) 選擇合適的掘進機頭，泥水式推進機以有圓錐破碎式為佳；土壓式出土螺旋管尺寸應配合礫石粒徑選擇；(2) 注入滑材以降低阻力，並應慎選滑材種類及配比，留意滑材不當損失；(3) 於工區配置許可下，縮短每段推進工作井間距，減小推進機械面盤過度磨損而降低推進工率；(4) 留意施工期間壓力及扭力記錄，當有突增現象，檢討操作方式、滑材損失或適當性。(台中市地區已規定推進機具需能現場自動擷取各千斤頂之推力、扭力數值)。

表2 推進工程施工影響因子第一層級權重排序表

順序	污水下水道推進工程施工影響因子探討:構面	權重
1	地質軟硬不均	0.347
2	遭遇地下障礙物	0.338
3	施工管理不善	0.315

表3 推進工程施工影響因子第二層級權重排序表

順序	構面	項目	權重
1	地質軟硬不均	地質條件改變	0.124
2	遭遇地下障礙物	建築廢棄物	0.121
3	施工管理不善	推進施工機械送排泥流量管控	0.112
4	遭遇地下障礙物	鋼軌樁	0.099
5	施工管理不善	推進施工機具設備維護更換速度	0.09
6	遭遇地下障礙物	基樁	0.08
7	地質軟硬不均	礫石	0.078
8	遭遇地下障礙物	流木	0.057
9	地質軟硬不均	大卵石	0.042
10	地質軟硬不均	岩塊	0.038
11	遭遇地下障礙物	岩盤	0.035
12	施工管理不善	推進機械調整	0.033
13	施工管理不善	工作面安排	0.028
14	施工管理不善	人員調度	0.025
15	地質軟硬不均	黏土	0.018
16	地質軟硬不均	砂粉土	0.012
17	施工管理不善	時程控管	0.008

六、參考文獻

1. 王吉杉，「污水下水道推進施工影響因子之探討及因應對策之研究」，2008。
2. 蔡淑芬，「污水下水道分管網推進施工風險評估與量化分析之研究」，國立中央大學，桃園，2006。
3. 廖俊豪，「小管推進施工技術」，2006。
4. 吳俊賢，「臺北市污水下水道建設現況及未來展望」，專題報告，2006。
5. 高俊松、張固宇，「污水管線推進工程困難地質施工之探討-以花蓮美崙地區卵礫石層為例」，碩士論文，國立臺灣海洋大學河海工程學系所，基隆，2005。
6. 林錦伶，「污水下水道用戶接管施工空間與生產力關係」，碩士論文，國立高雄

第一科技大學營建工程所，2005。

7.劉繼元，「污水下水道用戶接管工程生產力評估與影響因子之探討」，碩士論文，國立高雄第一科技大學營建工程所，2005。

8.Cardoso, M.A., “Technical Performance Assessment of Urban Sewer Systems,” *J. Perf. Constr. Fac.*, ASCE, 19, 339, 2005。