

短管推進施工在卵礫石層合理日進量之研究

(使用資料探勘DATA MINING技術)

陳清南

鉅工實業股份有限公司

摘要

短管推進施工過程中，在不同的地層會有不同的日進量，而日進量的進度亦直接影響到施工預算編列的多寡，也因此成為施工作業成本控制的關鍵所在。早期在較軟弱的地層中施工由於經驗較豐富，預算編列上也就比較沒有爭議，然而自1999年開始由台北市衛工處將短管推進施工技術應用於卵礫石層後，由於卵礫石層的推進施工在國內短管推進作業並不常見，且作業環境並不同於軟弱沉泥土質地層，因此在日進量的作業時程規劃上與實際作業施工結果差異很大，而直接影響到業主發包預算與承攬施工單位於承攬上的風險。

經過這些年的施工經驗研判，若要較精確的決定卵礫石層的合理日進量，有必要事先收集較完整的地質資料並透過分析計算的手段，以求得較合理的日進量資料，作為規劃進度並編列預算之用。根據實際訪談過業主、顧問公司、施工廠商等專家意見後得知，影響卵礫石層日進量的主要因素分別有：管徑、礫石礫徑、礫石含率、黏土含率、地下水位、細泥及沙之含率、覆土深度、機具的性能、維修的優劣、人員的素質及其他環境天候因素等等，但在設計階段尚無須考慮機具、人員、作業環境、天候等無法預知的因素。因此，本研究即針對設計階段所能掌握的地質條件與管材條件等作為合理日進量分析的依據。

在本研究中所應用之分析工具為資料探勘的分類技術(classifier)，將現地作業記錄之近百筆的施工段資料進行分類，以鑽探所得的地質資料及管徑等屬性，將實際施工結果的日進量作為分類的類別，將日進量標準化後分成三類，再找出影響類結果的主要屬性，過濾掉次要屬性後，再進一步進行分類，比較兩次結果之差異。

利用WEKA程式執行的結果，可獲得大約70%左右的正確率，亦即約有三成的誤差，由於輸入值均為客觀的條件，而輸出值為施工的實際結果，兩者間存在有機具、人員、天候、環境等施工過程中所發生的變因，因此該三成的誤差的來源亦可視為施工中人員素質、機械性能、環境天候等因素所造成的。

本研究可以找出一個分類的模式，以作為求取短管推進作業之合理日進量分析的依據，其研究成果可提供作為：(1)業主編列預算及規劃進度之參考，(2)顧問公司進行設計及規劃工期之研析及(3)施工廠商估算成本之考量。以期減少業主與廠商間在工程發包與承攬作業中，對日進量認定之差距偏差所造成的不必要爭議。

一、研究計畫之背景與目的

1.1 背景

國內污水下水道建設漸受重視，政府每年都編列相當多的預算在污水系統的建設上，內政部營建署在2008國家發展重點計畫當中，就編列了655億的經費，計畫將污水下水道的用戶接管率從現在的百分之八左右提升到百分之二十左右。

台北市是目前全台灣用戶接管率最高的城市，截至今年(2003年)八月為止接管率為65%，高雄市近幾年急起直追今年二月也達到27%，但是，其餘的縣市都不及10%，甚至還有十多個縣市目前接管率還是掛零，這種現況別說遠遠落後普及率接近百分之百歐美先進國家，就連東南亞國家當中我國也不及日本韓國印尼菲律賓等國。

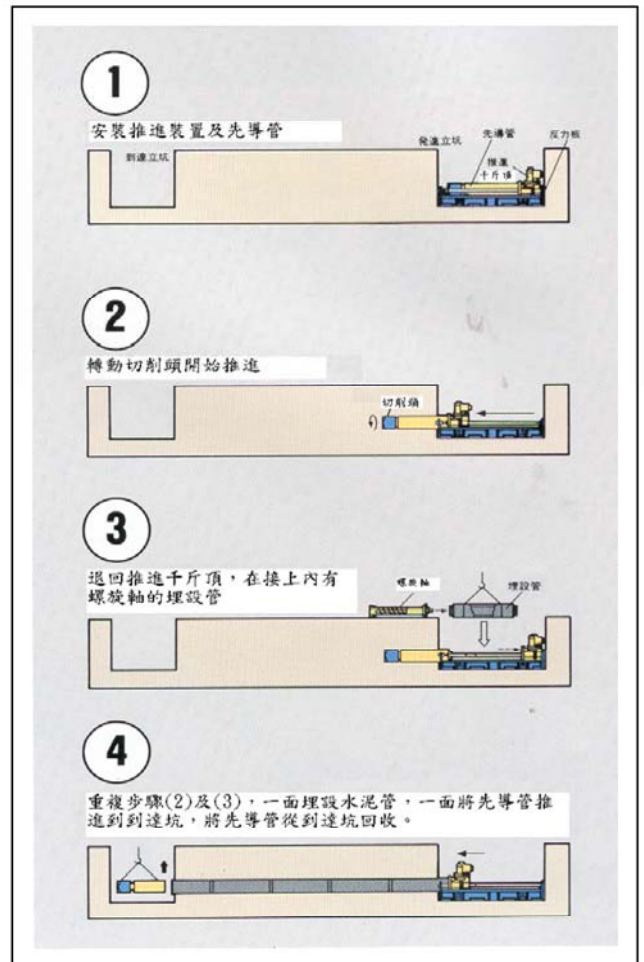
在下水道系統的建設中，一般而言其建設的順序是，先從最下游的污水處理廠及放流管開始施工，然後是處理廠上游的主幹管，然後是分歧出去的次幹管，之後是支管及大小巷弄內的分管網，最後就是接到每一用戶的用戶接管。

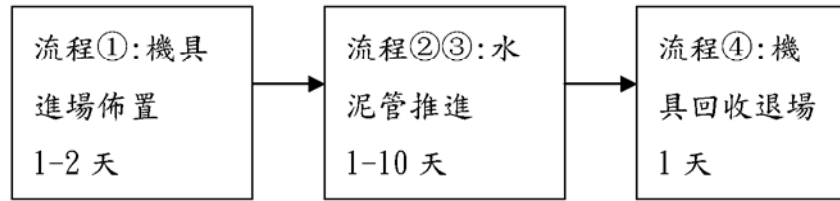
1.2 目的及重要性

本研究所要探討的是在分管網建設的過程中，所遭遇到的規劃階段問題。一般分管網的污水管口徑多半在300mm到700mm之間，而且由於埋設地點多半是在市區道路或是巷弄之內，施工期間對交通的影響相當的大，早期的明挖覆蓋的施工方式，已經很少被採用，因此目前全省各地區在設計此一部份工程時，都沿用台北市的經驗，以對交通衝擊最小的非開挖工法——短管推進工法為主，進行設計規劃。

所謂短管推進工法是指以長度為一公尺長的水泥管作為推進管，在事先沉設好的圓形發進井及到達井間，以推進機將水泥管依次從發進井推向到達井，直到全線埋設於地層中為止。其流程如圖一所示（以土壓式一次工法為例）。

目前發包的過程中，工期的訂定上經常是造成業主與承商之間爭議的根源，基本上分管網工程中，工期的規劃上，最大的變因就是推進工程之工期預估部分，以一段三十公尺長的推進段而言，假設在工作井沉設已經完成的情形下開始進行推進施工，其施工順序如圖二所示，說明如下：





圖二 施工順序

流程□□的推進施工階段，根據施工廠商的經驗，隨者地質條件的不同，一天的進度可能是數十公尺，也可能只有1-2公尺，相差十倍之多，可見推進施工的速度對整個工期決定的重大影響。而此處水泥管推進的每日進度，簡稱為日進量，在設計階段，日進量是依據地質狀況進行預測。尤其在沒有實績經驗作依據的初期設計階段，都是由機械廠商提供數據供參考，設計單位根據數據，再參酌業主對預算及工期等等之要求，概略的訂出一個預測的日進量作為工期及預算編列的依據。

早期這些預測在國內施工業者經驗較多的地層上多半沒有太大的問題，近年來施作的區域從一般的地層慢慢移向較困難且變數較大的礫石或岩盤地層後，由於國內的施工經驗尚嫌不足，工期的決定幾乎都採用國外機械廠商的建議或標準，逕行決定，缺乏考慮國內施工習慣與環境的因素，因此就會發生工期訂定上的爭議。

本文將針對短管推進在礫石層施工時，其日進量之決定，進行探討，主要是以近幾年來的礫石層施工實績為基礎，分析每一實績的施工條件，以資料探勘(data mining)的分類技術，利用這些條件分類，並以實際施工的日進量作為類別，分析出不同條件下之日進量實績，作為將來新設計案件，訂定合理日進量之參考。

1.3 國內外有關計畫之研究狀況及參考文獻

經訪查業主單位(台北市衛生下水道工程處)、顧問公司(中鼎工程顧問)與國內外機具製造商，發現國外的日進量參考數值，並非根據學術理論計算所得的結果，而是經由實績累計所得的建議值，但由於國外的技術能力、補助工法、添加劑使用等等規定都和本國不同，所以直接以國外的經驗延用到國內，其客觀性有待質疑。

表一 日本之礫石層區分法

礫 石 含 有 率	90%以下	[D]		[E]
	70%以下	[B]	[C]	[D]
	35%以下	[A]		
		35%以下	70%以下	90%以下
礫石最大礫徑(相對於管徑之比率)				

二、研究方法

2.1 研究方法

考慮推進施工的各種施工條件，例如地質狀況、管材選定、環境因素、人員因素等等條件均對推進工程造成影響，且各個條件間彼此有交互作用，如地下水位的高低，在不同的地層中會有不同的影響，無法從單一的地下水位來判斷對日進量造成影響的程度。因此在此利用既有的施工結果的資料，以資料探勘(data mining)的分類技術加以分析，找出不同日進量結果的分類規則，將來有新的地質資料時，可依據已經建立好的分類規則，將不同地質條件的地層加以分類，預估合理的日進量，作為預算及工期編列的依據。

2.2 分析影響日進量之因素

若是從施工實務上來分析影響日進量的因素時則有：

- (1)、水泥管口徑
- (2)、地質因素：土質、礫徑、N 值、RQD、單軸壓縮強度、地下水位
- (3)、機具因素：機具適用性選定，機具維修狀況
- (4)、人員因素：技術水準，敬業程度，補助工法選用
- (5)、管理因素：機材調度、人力應用技術
- (6)、環境因素：居民的抗爭，道路狀況，可使用空間等
- (7)、天候因素：颱風、豪雨

第(3)、第(4)及第(5)項是屬於承商自行負責的主觀因素部分，在設計階段無從得知，故排除在本研究所討論的範圍之外，至於第(6)及第(7)項則由於在設計階段並無法精確預期，因此也排除在本研究之外。也就是依現行設計規劃的方法，是假定參與投標的廠商其機具設備及人員素質等主觀因素都在水準之上，雖然實質上並不然，但是就規劃階段而言是無法做任何預測的。另外，無法控制的環境及天候因素也不在設計階段考慮，而是在施工階段遭遇時再行研擬對策。

因此本研究將影響日進量因素的條件鎖定為設計階段可以掌握的下列因素：

- (1).水泥管口徑
- (2).礫石含率
- (3).最大礫徑
- (4).地下水位
- (5).黏土含率
- (6).管底深度
- (7).細泥與沙含率
- (8).衝擊 100 次之貫入深度

三、研究結果

3.1 資料取得

本研究收集台北地區的污水下水道分管網工程中，短管推進的施工紀錄，在蒐集的階段發現，只有台北縣八里鄉污水下水道支管工程的第五六標的資料較為齊全，其餘資料有些沒礫徑資料，有些連推進日數都沒有紀錄，因此便無從分析。資料主要有四大部分，(1)鑽探資料，(2)監工紀錄的每週報表，(3)現場試挖照片，(4)投標資料。其中，鑽探資料中提供了礫石含率、地下水位、黏土含率、細泥與沙含率、及衝擊100次之貫入深度等資料；而監工週報中提供了每一推進段的開始和結束日期紀錄；現場試挖照片則提供最大礫徑資料；投標資料則提供了每一推進段之管徑及管底深度。

3.2 資料篩選、補遺及初步處理

3.2.1 初步分析取得的資料時，發現地下水位的資料中有相當多是無地下水的，而這一項資料在訪談專家的過程中，又是經常被認為是重要因素之一，所以在此將地下水位超過鑽探深度者，設為地下水位為10公尺，因為管底深度都在10公尺之內。

3.2.2 有些試挖照片遺漏而造成礫徑資料缺乏的情形，原則上每一施工段發進井或到達井任何一側有資料時，則沿用該資料，若兩側工作井之礫徑資料均缺乏時，則取相鄰工作井之礫徑資料沿用。

3.2.3 在補齊這些資料後，將週報中記載的明顯不正常推進日數資料先行刪除。由於本研究基本假設認為，現場的機具設備、人員技術都在水準之上，所以若是由於機械設備故障造成該推進段日進量明顯落後，或是因為人員因素造成推進日數異常增加等情形的資料，先與予剔除。

3.2.4 將日進量的值轉換成類別形式的變數，其做法是

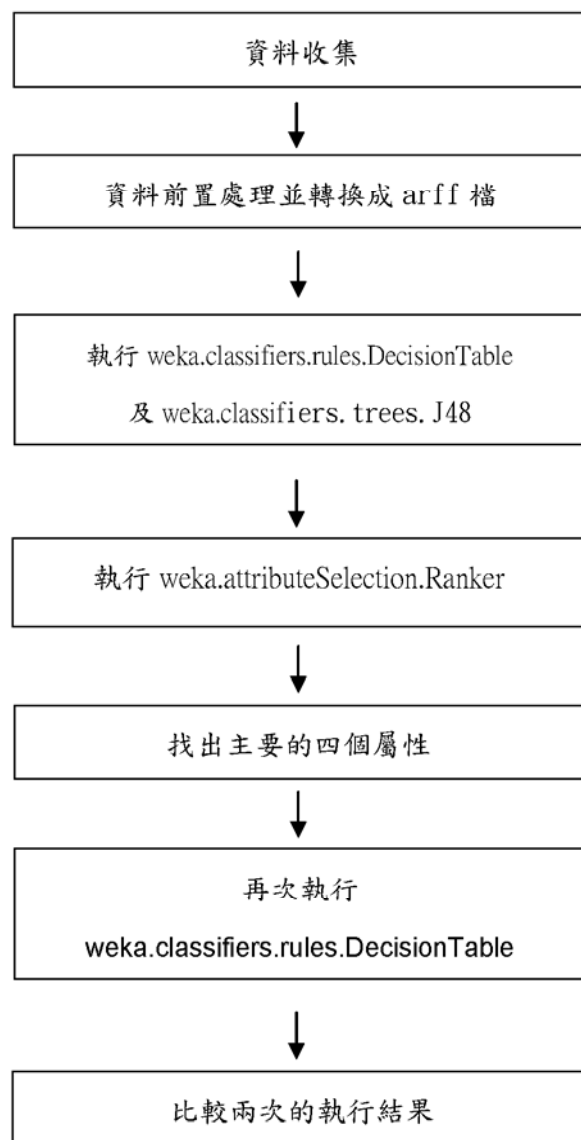
(1) 先標準化日進量的值，使該值介於0~1之間。

(2) 將標準化後的值均勻分成三等分，(0~0.33),(0.33~0.66),(0.66~1)，並依序標予類別A,B,C三類。

3.2.5 其他，如該筆資料中有未紀錄推進日數，或鑽探資料有不齊全者，一律加以剔除。經過上述處理之後可用資料共有86筆。

3.3 分析過程

3.3.1 流程



3.3.2 執行結果分析(結果如附錄)

使用全部屬性執行的結果，在不同的演算法下有些微的差距，期正確率及混淆矩陣如下：

	DecisionTable				J48			
正確率	77.9				70.9			
混淆矩陣	A	B	C		A	B	C	
	A	23	7	0	A	23	7	0
	B	0	24	9	B	0	24	9
	C	0	3	20	C	0	9	14

當進一步利用 weka 再進行屬性的選擇時，用不同的工具或有些微的不同結果，其結果彙整如下：

	Ranker							
ReliefFAttributeEval	1	3	8	2	6	4	5	7
GainRatioAttributeEval	3	1	4	2	7	8	5	6
ChiSquaredAttributeEval	3	1	4	2	7	8	5	6
PrincipalComponents	1	2	3	4	5	6	7	8

將上述四種不同的 RANKER 用序位評比的方式，比較優先序，優先序一者為一分，八者為八分，累計四種 RANKER 的得分，得分最小者最優先，依此類推。因此評分的結果如下：

屬性次序	1	2	3	4	5	6	7	8
得分 1 之次數	2		2					
得分 2 之次數	2	1	1					
得分 3 之次數			1	2				1
得分 4 之次數		3		1				
得分 5 之次數					1	1	2	
得分 6 之次數				1		1		2
得分 7 之次數					3		1	
得分 8 之次數						2	1	1
累計得分	6	14	7	16	26	27	25	23

所以綜合上列四種 RANKER 的結果，屬性重要性的排序結果為：1,3,2,4,8,7,5,6，因此將前四的屬性，視為影響分類的重要屬性，也就是將「管徑」「管底深度」「最大粒徑」及「礫石含率」加以保留，再做一次分類。得到正確率及混淆矩陣的結果如下：

	DecisionTable				J48			
正確率	77.9				73.3			
混淆矩陣	A B C				A B C			
	A	23	7	0	A	23	7	0
	B	0	24	9	B	0	24	9
	C	0	3	20	C	0	7	16

此一結果和使用所有屬性來分類的結果差不多，甚至有更好的結果。因此我們認為只要用這四個屬性就可以完成分類，而不至減低其分類的品質。

四、結論與建議

4.1 精確資料之建置

此次研究的資料收集過程中，發現目前現有的工地紀錄，大部分多半沒有詳實的推進紀錄，一般都只紀錄和請款相關的資料，有大部分工地甚至連每一推進段的推進開始和推進結束的日期時間都未紀錄，使得資料都無法採用，因此若要使本研究的資料更加充實，勢必要要求工地確實紀錄每一推進段的基本資料。這在有些進口的推進設備本身就有提供這樣的紀錄功能。

再者由於目前資料不齊全的關係，只有利用現有較完整的台北縣八里鄉的紀錄作為分析的依據，若要作為全面性的參考資料稍嫌不足，所以可以進一步收集更多地區的施工紀錄作為分析的基礎資料，以提升整個架構的可靠性。

4.2 屬性之追加

在專家訪談的過程中，經常被提及，影響日進量的因素中，卵礫石的單軸壓縮強度也是影響日進量的一大關鍵，但在此次鑽探報告的資料中並沒有這一項試驗，若能在鑽探過程中，或是試挖過程中，將礫徑連同單軸壓縮強度一併試驗，則或許在分類的結果上會更接近實際情形。

4.3 正確分類之提高

在施工的過程中，地質資料相對於日進量的結果並不全然是一致的，也就是說縱使是完全相同的地層，其施工的結果也很可能是不同的，而這些不同可能來自於不同的因素，如管理因素，機具整備是否完善？作業員技術是否熟練？又如天候因素，是否下雨？又如環境因素，是否受交通影響？等等的因素都會造成施工的結果不同，因此要得到完全正確的分類結果幾乎是不可能的，只能從大量的施工資料，去獲得一個較合理的分類趨勢，作為規劃的依據，而無法得到百分之百的正確。

4.4 進一步的應用與發展

從本研究的驗證可知，利用此一分類架構來分析合理之日進量是可行的，並且可以提供業主、顧問公司、承包商等單位作為預算編列、工期規劃或投標估算等之參考，再從此一架構出發，進一步可以將其他地層之日進量分析，也利用相

同的方法來進行，當然先決條件是要先有足夠的施工紀錄作為分類的依據。

五、參考文獻

1. 「Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques with JAVA Implementations」 Ian H. Witten and Eibe Frank
2. 「污水下水道」 http://sewer.cpami.gov.tw/business/business_2a.html
3. 國政評論「挑戰 2008 國家發展重點計畫」----污水下水道建設計畫內容的評論 政策委員 吳義雄、副研究員 胡思聰
<http://www.npf.org.tw/PUBLICATION/SD/091/SD-C-091-102.htm>
4. 自由電子新聞網「下水道問題多 監院糾正營建署」
<http://www.libertytimes.com.tw/2002/new/may/13/today-p6.htm>
5. 日本 IRONMOLE 協會出版「泥土壓式小口徑管長距離推進工法—設計技術資料」2003 年 4 月
6. 日本 IRONMOLE 協會出版「泥土壓式小口徑管長距離推進工法—積算資料設計技術資料」2003 年 4 月