

營區污水處理系統建構工法之分析

作者／王國慶中校 黃英銓上尉

提 要

- 一、近年來由於台灣經濟的高度發展，各項污染問題接踵而來，在環保意識逐漸抬頭的今日，這些問題反而是造成經濟發展遲滯不前的因素之一。有鑑於此，政府擬定相關防治方法，就水污染部分言，已明訂「水污染防治法」便是一具體之實例。國軍為配合國家普及法定各項建築物均須建置污水處理系統之政策及提高地下水道接管率，未來營區建置污水下水道系統，勢將成為新建工程必須考量重點之一。
- 二、本文就污水系統建構工法-「明挖法」與「非掘削工法」進行探討，除介紹此兩種方法之特性、作業流程及比較其優缺點外，另針對施工或環境等進行評估、分析其效益，期相關單位於規劃、設計污水系統時能結合營區內之各種現況，研擬相關配套措施。
- 三、以台北市康寧營區為例，就環境概況、污水系統設計考量及埋設工法等方面進行案例探討及分析。整體而言，明挖工法仍屬較經濟的施工法，但對營區及環境之影響仍不可忽略；另對於核心區域，建議採用非掘削工法將獲得更多利益。

關鍵詞: 污水處理系統、明挖工法、非掘削工法

前 言

基礎建設是評估一個國家競爭力之重要指標，而下水道建設係屬現代化國家基礎建設及環境維護之一環，亦是國軍下一波工程重點之一。然而下水道工程屬隱蔽式工程，施工前若未做詳細調查、規劃、設計，恐造成工程多次變更設計可能，甚至造成環境的二次污染。因下水道工程屬固定久用之結構物，其成效好壞影響國軍利益甚鉅，並可能體現於生態環境上。對於此課題，我們不能不多加以重視，因此本文針對下水道工程常用工法中之「明挖法」及「非掘削工法」等兩種常見之污水系統施工法提出相關效益評估，作為未來營區建置污水處理系統時之參考依據。

污水處理系統簡介與建置概況

一、環境與水污染

過去政府大力推動經濟建設，如十大建設、十二項建設、十四項建設以及六年國家建設等計畫，加計民間配合國家政策，大規模投資經濟產業，經濟飛速成長，創造了前所未有繁榮社會，並使台灣於民國 60-70 年間與南韓、新加坡、香港等三個國家並列為 20 世紀亞洲四小龍¹，然在經濟發展過程中，政府並未相對重視環境保護，以致空氣汙染、垃圾問題、水汙染問題接踵而來，使國家社會付出慘重代價。有鑑於此，政府開始針對各種產業所釋放之事業公害，擬定各項具體防治方法。就水汙染部分，於民國六十三年策頒「水污染防治法²」確保水資源之清潔，維護生態體系，改善生活環境，並據以擬定「建築物污水處理設施設計技術規範³」，明確律定建築物之廁所排水及生活雜排水等均須建構建築物污水處理設施，將污染降至最低，事業廢水應依事業廢水排放規定管制外，並於排入前先做適當之處理。

二、污水處理系統及污水下水道

污水處理系統型式區分為「現場構築型」及「預鑄型」兩種，如圖一所示，建築物應依其用途、規模、使用人數等需求按「建築物污水處理設施使用人數、污水量及水質參考表」，選擇適當且合於規範之污水處理設施，其污水放流水應符合水污染防治法所規定之放流水標準⁴。前項現場構築型係指污水處理設施為根據工程設計圖說，於建築物現場施工建造完成者；預鑄型係指污水處理設施為於製造工廠裝配完成，並經中央環境保護主管機關會同中央主管建築機關審核認可，於建築物之適當位置場所施工安裝者。

然而隨產業結構之改變，用水需求量亦逐漸增加。廢污水回收再利用已成為未來台灣地區開發多元化水源計畫，重要之一環，其中以公共污水下水道污水處理廠之處理水具有穩定性高、水質較佳、污染負荷低及水量大之特性，可開發為新興替代水源，落實水資源再利用觀念，以滿足各項用水的需求。公共污水下水道建設是將家庭中廁所、浴室、廚房等生活雜排水及工廠事業單位產生的廢水，與雨水分流，藉由收集管線系統，輸送到各縣市政府建置之污水處理廠以物理、化學或生物方式將其中所含污染物去除，再加以消毒後放流，除了改善居家環境衛生，減輕河川污染，並能取代各機關單位現有小型污水處理

¹維基百科，〈亞洲四小龍〉，<http://zh.wikipedia.org>。

²水污染防治法。

³建築物污水處理設施設計技術規範。

⁴建築物污水處理設施設計技術規範，西元 2010 年 9 月 6 日，頁 1。

系統⁵，政府廣續於民國七十三年正式訂頒下水道法，以促進都市計畫地區及指定地區下水道之建設與管理。



(a)



(b)

圖一 (a) 預鑄型污水處理系統 (b) 現場構築型污水處理系統

三、國內外建置概況

依台灣省土木技師公會第 590 期技師報指出，2004 年度國外下水道普及率較高國家，分別為美國 100%、香港 92.3%、澳洲 87%、韓國 81.4%、日本 67% 等國。而我國污水下水道建設，依內政部營建署調查截至 98 年 6 月底止，全國接管普及率僅為 20.94%，其中台北市為 93.68%，高雄市為 54.47%，台灣省部分除臺北縣 25.37%、臺中市 18.05%及臺南市 13.47%外，其餘各縣(市)均在

⁵台中市新建建築物用戶排水設備審查 宣導網頁，<http://www.techec.com.tw/case01/>。

10%以下⁶，由以上數據顯示臺灣污水下水道接管率明顯低於其他先進國家，故需積極推動，因此政府預計每年投資 300 億元，以提高普及率 3%為目標，98 年正式邁入第四建設期程（98-103 年），政府及民間計將斥資 2,047 億元投入建設，期望至 103 年，將普及率提高至 35.77%之目標⁷。

國軍屬政府機構中重要成員之一，本應配合國家政策儘速完成污水下水道建設，惟目前僅少數營區完成建置，因此營區全面建置污水下水道系統將勢在必行。為讓國軍各污水處理系統建置規劃單位了解「明挖」及「非掘削」工法之效益，並能適時結合營區基地內各建物屬性、人口密集度、地質狀況，在未來規劃、設計時，慎選施工方法，並研擬配套措施作均衡考量，將下水道建置施工影響減至最低程度，並能擷節國家預算。

污水系統建置工法概述

一、明挖工法

就字面上解釋，即是依工程設計圖直接將地面挖開至設計之位置，並於工程結構物或設施完成設置後，依不同地質狀況選擇適宜之回填物將結構物頂覆蓋起來，並回覆地面原有之功能及外貌。

明挖工法為最經濟、簡單之工法，適用於人口、行車不密集處或用地較廣之地方，然相對施工前須考量因素較非掘削工法更為周全，其施工順序為：開挖範圍標示→開挖試開挖→桔管埋設→管沙回填→警示帶埋設→土方回填→混凝土澆置→AC 鋪設，如圖二所示。

施工時應注意事項如下：

(一)試挖

施工前，應事先確實查明該基地電信、電力、瓦斯、輸油管、自來水及其他相關管線之種類、尺度、數量、位置、高程及走向，避免挖掘破壞。

(二)安全設施設置規則

施工期間，應具備充分之安全設施，在街道或公路上施工時，應依照交通部發布之「道路交通標誌、標線、號誌設置規則」及交通主管機關核准之交通維持計畫內容規定，並於契約內明定。

(三)封閉路段

封閉路段若位於人車重要通道，應事先完成交通改道（維持）計畫，並選

⁶林清南技師，台灣省土木技師公會第 590 期技師報，西元 2008 年 3 月 29 日。

⁷內政部營建署，〈98 年度污水下水道管線推進工法施工技術訓練專題報導〉，

http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=930&Itemid=76，2009 年 8 月 27 日。

適當位置懸掛之，施工地段起訖點處，應設置公告牌，其式樣應依道路主管機關之規定。

(四)臨時覆蓋

重要道路及道路交叉口，在規定時間內無法一次完工者，應立即確實回填、夯實並加鋪柏油瀝青整平，如覆蓋鐵板，應確保行人及車輛通行之安全，並派工隨時校正鐵板位置，避免位移。

(五)噪音管制

施工中應注意噪音不可超出噪音管制法之規定。

(六)空氣污染防治

施工中應備有灑水設備避免塵土飛揚，造成空氣污染，而影響周圍環境。

(七)開挖定線

於定線前，應清除開挖經過路線或工作井位置所有之障礙物，凡開挖經過之路線或工作井位置，須先行探測、定線放樣。

(八)剩餘土石方運棄

開挖土方之剩餘土石方處理，均應遵照內政部頒訂「營建剩餘土石方處理方案」及相關規定辦理。

明挖工法施工流程圖



(1)開挖範圍標示



(2)開挖試挖



(3)桔管放置



(4)管砂回填



(5)PC 警示帶埋設



(6)外購土方回填夯實



(7)級配混凝土回填



(8)瀝青鋪設復原

圖二 明挖工法施工流程圖

二、非掘削工法

這一個工法理念源於一個大自然現象，有一天，有一個工程師看到一隻蟲在蛀食木頭，蟲把木頭吃掉經身體消化之後，廢棄物從尾巴排掉，而蟲經過的地方也形成了一條通路，這個工程師就聯想到是否能將這個概念運用在工程上，經改良之後即演變為此工法，一般較常使用於用戶端接管概可分為「推進工法」、「短管推進工法」二種，工法概述如後：

(一)推進工法

1.短距離推進施工法

施築工作井，以千斤頂將混凝土管連續推壓進入土層中，管內之土碴由人工挖掘運出，此法使用於交叉路口居多。

2.連動式推進施工法

與上述施工法類似，管體前端裝設鋼製潛盾機，潛盾機前端並有鑽泥設備以取代人工挖掘，施工長度為 100 至 200 公尺。

3.小管推進施工法

管徑在 600mm 以下，作業人員無法進入管內工作，用機械方式以遙控來操作管內挖掘、出碴及調整方向，並將管體與套管連接推進埋設。施工長度在 50 公尺左右。



圖三 推進機具

資料來源：臺北市政府工務局衛生下水道工程處污水下水道工法介紹

(二)短管推進工法

此工法是為克服小管徑推進工法施工所面臨的種種困難因素，自日本引進施工技術。其施工步驟如後：(如圖四)

- 1.以搖管施工機械將圓形鋼管擋土壓入土壤後，再掘削鋼管內土壤。
- 2.兩根鋼管焊接後重覆步驟 1 之動作，掘削至適當位置。
- 3.混凝土底板打設同時將鋼管往上提昇一公尺。

4.開始推管工作。

5.推管完成後進行 D 型預鑄人孔底座、短管、大小頭及人孔框蓋吊裝組合工作，人孔底座與管線銜接處應做適度處理，使管端與人孔內壁平齊。

6.待一切工作完成，以回填砂填充人孔外圍至鋼管間之空隙。(1590mm 工作井外圍填充材料可以 1：3 水泥砂漿替代)

7.回填砂填充時將鋼管最上層 2.5 公尺抽除，惟抽除深度不得超過人孔底座頂部高度。

推進(非掘削)施工流程圖		
		
(1)開挖試挖	(2)擋土鋼環放置	(3)立坑
		
(4)打底	(5)工作井組立	(6)管推機具架設
		
(7)導管推進中	(8)導管推進完成	(9)水泥管推進中
		
(10)水泥管推進完成	(11)回填復原	(12)人孔埋設完成

圖五 短管推進施工流程圖

(三)非掘削工法之優點：

1.所需施工空間小、成本較低且施工設備皆採用油壓式，故無震動，低噪音，適用於狹窄巷弄道路施工。

2.施工過程中當壓入圓形鋼管或沉設圓形混凝土沉箱後，使用機械開挖（抓斗式），開挖作業時鋼管或混凝土沉箱內所儲存的水高於地下水高度，此舉可穩定地盤，防止流動及砂湧現象，開挖的土方都在鋼管或混凝土沉箱內，不致有超挖之虞，對週遭環境的影響能減低到最少且施工人員安全性高。

3.工作井底版直接澆灌水中混凝土，除特殊情形外，不須要注入藥劑等輔助工法來穩定地質，以減少環境公害。

4.工作井為圓形，具有全方位(360°)推進之功能，能減少轉折工作井及轉折所產生之困擾，每一工作井施築僅須兩至三天即可施築完成，具有縮短工期及提高行政效率之特點。

5.本工法推進作業所須之反作用力可藉由圓形鋼管及混凝土沉箱之土壓力而達到平衡，不需施作反力牆。

6.除推進作業進行期間，平時均採覆蓋板覆蓋，可維持人、車通行，減少施工區域交通之衝擊。

7.推進完成後，工作井之圓形鋼管及混凝土沉箱不抽除，不會造成附近地盤鬆弛，產生結構物沉陷變位之現象。

污水系統各項工法分析

一、 施作分析

工程成本管理是提昇工程執行績效之關鍵，更與造價、品質、工期、安全執行結果有著密不可分的關聯性，成本也是工程總體結果之表現，具有極重要的機能，故良好的工程成本管理將可獲致工程「造價如度」、「品質如式」、「完工如期」、「安全無恙」、「環境如常」等五項極大效益，本研究將以「博愛營區衛生下水道銜接工程」為例，分就其「工期」、「工程成本」、「環境影響」等三方面實施探討。

(一)工期

所謂工期管理，係指計畫、執行及定期檢討土木建築工程規劃、設計、施工各階段之工期計畫。工期管理之目的在於運用各項合理資源條件替代、變更以縮短工期計畫，亦是營建管理追求的目標。

以博愛營區衛生下水道銜接工程為例，由摘錄之工程進度表(表一)，可知

全案工程需埋設管線長度共計 746 公尺，工期計 48 日，其中以明挖方式埋設長度計 431 公尺耗時 25 日；以推進方式(非掘削法)埋設長度計 315 公尺耗時 37 日，其中 14 日為同步施工時間。本研究採納相同單位(以 1 公尺為基準)所耗時間計算結果得知，明挖工法埋設每米所需時間為 0.06 日、非掘削工法每米所需時間 0.11 日，可見明挖工法施工效率優於非掘削工法。

各工法每米所需時間計算如下：

- 明挖方式：25 日/431 公尺=0.058(日/公尺)
- 推進方式：37 日/315 公尺=0.11(日/公尺)

表一 工程進度表

博愛營區下水道銜接工程施工進度表																							
工項		六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
下水道管線	人孔埋設								1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6									2.1
	管線埋設																						
	明挖					1.E		1.F															2.C
	推進		1.A						1.B		1.C		1.D		2.A		2.B						
									7.04%										8.83%				
人行道鋪設	7.77%																						
AC土建	18.03%																						
假設工程	0.85%	0.98%																					
地下改管	4.52%																						
雜項工程	1.60%																						
簽證及規費	1.71%																						
保險及其他	7.80%								1.47%													1.47%	
累積進度									9.49%													19.79%	

(二)工程成本

在各項工事構築中，均可能因種種的因素直接或間接導致有形成本及無形成本的提升，如施工時進行交通管制所造成時間的浪費、施工機具的噪音污染、施工地區之空氣污染、建物清洗費...等等。因此這一小節在不考量其他社會成本及對環境衝擊之前提下，直接核算工程成本來探討兩種不同工法之經濟效益。

本研究以博愛營區衛生下水道銜接工程實際決標金額為例，全案契約金額 1,015 萬元其中下水道管線工程佔 680 萬元埋設管線長度共計 746 公尺，深度 2 至 4 米，本研究採相同單位(以 1 立方公尺為基準)所需金額計算結果得知，明挖法埋設每立方所需金額為 6,200 元(見表二)；推進法埋設每立方所需金額為 1 萬 1,280 元(見表三)。從而得知推進施工(非掘削工法)之直接成本高於明挖工法。

表二 明挖工法之直接成本估算表

項目及說明		單位	數量	單價	備註
2.1	§300mm 短管推進施工	M	1	6200	含管材
2.2	棄方清運處理	M ³	1	800	含棄土場費用
2.3	圓形推進井及到達井工程	式	1		
2.3.1	機械挖方(H≤4M)	M ³	1	900	
2.3.2	棄方清運處理	M ³	1	980	含棄土場費用
2.5	選擇材料回填，砂	M ³	1	1200	
2.6	圓形工作井	處	1	1200	以 50 公尺分攤
小計				11280	

表三 推進工法之直接成本估算表

項目及說明		單位	數量	單價	備註
1.1	機械挖方(H≤4M)	M ³	1	450	
1.2	棄方清運處理	M ³	1	980	含棄土場費用
1.3	選擇材料回填，砂	M ³	1	900	
1.4	原土回填夯實	M ³	1	400	
1.5	§200mmPVCP 連接管埋設	M	1	2500	
1.6	瀝青混凝土路面切割	M	1	45	
1.7	瀝青混凝土路面修復	M ²	1	900	
1.8	塑膠警示帶	M	1	25	
1.9	鋼板樁擋土	式	1	800	
小計				6200	

(三)環境影響

環境影響評估是對所有新建之工程，預先評估可能對環境產生的不利影響和需要採取的措施，是一種導向性的評價。此評估可能極大地影響工程設計、投資和開工日期，所以在工程規劃初期就應預先進行環境影響評估並將工程對環境的不利影響之要素降低到最小水平，達到永續發展的目標。

就下水道工程而言，普遍對環境造成的衝擊是由於施工期間基礎開挖、廢土運棄及路面修復等因素，造成車輛行駛施工區時受風的吹拂，致塵土飛揚，空氣品質因而下降。對於空氣污染部分，行政院環保署自 86 年 7 月 1 日起開徵空氣污染防治費用，徵收計算標準為空氣污染費率(4.75 元/平方公尺/月)*施工影響面積。此節就明挖工法與非掘削工法加入對環境之影響以定量分析做比較，並以博愛營區下水道銜接工程為例，如表二所示，明挖埋設管線長度計 431 公尺，開挖寬度 0.6 公尺，耗時 25 日，可得知應繳空氣污染防治費用為 1,020 元；推進方式(非掘削)埋設管線長度計 315 公尺，僅需設置推進坑，每一推進坑需開挖面積計 2.5 公尺*2.5 公尺，全案共計 21 處，耗時 37 日，可得知應繳空氣污染防治費用為 767 元，推進工法所需繳納空污費遠低於明挖工法，亦代表對環境影響較小。綜合以上，明挖工法因屬直接破壞地面之工法可能損壞植物棲息地及生態環境，包含綠帶及樹木的影響，對環境所造成的衝擊亦遠大於推進工法。

表二 空氣污染防治費用比較表

徵收標準 工法	埋設長度	開挖寬度	數量	天數/30 天	費率	小計	備註
明挖工法	431 公尺	0.6 公尺	1	0.83	4.75 元	1,020 元	
推進工法	2.5 公尺	2.5 公尺	21	1.23	4.75 元	767 元	以工作井開挖面積核算

二、 工法綜合比較

就管溝開挖而言，首須考慮的是否能採用明挖工法，如穿越重要無法中斷或改道之線下方、或開挖位置處於營區指揮核心，則傳統溝槽開挖無法採用。排除不可行工法後，候選之工法可依地質狀況、開挖長度、開挖深度及單位任務，計算工程費(挖填方、機具等)、其他成本(管線遷移、環境交通衝擊等)，均應詳加瞭解進而選用最適合之工法，本文試著比較兩種方法之優缺點如下表所示。

表三 明挖工法與推進工法優缺點比較表

工法 項目	明挖	推進	工法 項目	明挖	推進
經費	成本低	成本高	考量土壤穩定性	需納入	影響較低
效率	快	慢	空氣污染	大	小
環境影響	大	小	工作面趕工	可行	無法
交通影響	大	小	噪音影響範圍	大	小
施工佔用空間	大	小	單位影響	大	小
既有管線遷移	需考量	無需考量	挖掘深度	需考量	無需考量
遇障礙物	可克服	不易解決	曲線施工	可行	無法執行

污水處理系統效益評估

近年各工業大廠紛紛響應政府環保政策，加強生活污廢水處理，中央及地方政府也積極推行機關（含軍事單位）、學校生活污廢水接管至地方污水處理廠，強化水質淨化放流。就以台北市為例，目前接管普及率已完成 93.68%，並持續函文要求營區位處台北市機關單位應於民國 100 年前完成接管。逾期未完成者，將依下水道法實施罰款，迄至完成改善為止，本案將以台北市康寧營區下水道建構工程為例進行探討，期能對相關單位提供工法採用之參考。

一、案例分析

(一)環境概況

1.基地環境

康寧營區位於台北市內湖，營區內建物皆座北朝南，建物配置皆環繞一中央集用場地(約 50Mx60M)並藉由環行道路串連內部動線，主要建物由北往南依序排列為會客室與服務中心(各位於主路口兩側)、中央集用場、集會禮堂(位於集用場西側)、行政大樓、軍官寢室與餐廳。

2.使用人數

康寧營區使用人數於上班時段約為 150 員，夜間營區使用人數約為 50 員。其建築使用屬性與使用人數對於汙水水量有相對性的關係，且營區內空間皆由群體共用，所以在設計下水道汙水排水量時應謹慎考慮單位使用情況與使用人數。

3.地質狀況

經地質鑽探取樣結果大略涵蓋黏質土砂與軟礫石層，此地質層適用工法為明挖與短管推進。

(二)污水系統設計考量

1.水系方面

一污水排水網路視為一水系，每一水系的最下游即為新設污水幹管(用戶端)與既設人孔(城市端)銜接處，每一水系在垂直向度上必須控制各污水井底端深度(流水面深度)，並以設計斜率與管線長度推算出各管線與污水井埋設深度，藉此方能利用重力式排水使污水能自然排放。

2.管線配置方面

在建構一套完整污水系統之初期，必須先著手調查環境內各建築污水排水端與各端污水排水用量，如此方可配置管線並銜接成一完整水系。管線皆必須為直線配管，如遇轉角則須設立一污水井以銜接各不同角度之幹管，污水井設立之要點除作為幹管與幹管間之轉折處外，另須將單一管線長度納入設置考量。

3.管線口徑方面

管徑=排水量，一般而言在水系的最上游排水量最小，而下游則會因各支流匯集而排水量最大，以康寧營區為例，在主要水系上游所配置的管線為內徑 200mmPVC 橘管，位於水系中下游並與支流銜接處則配置內徑 300mm 水泥管，由此可知上游管徑較小下游管徑較大之配置邏輯。

(三)埋設工法與環境因素

1.設計一污水系統除了上述原因外仍須考慮基地環境因素，以康寧營區為例，因管線埋設工法會對營區路面交通與人員辦公造成絕對性的影響，所以在設計之初便將埋設工法一併列入考量，在對外服務窗口周邊、集會禮堂、行政大樓、餐廳等建物周邊主要道路採短管推進工法，以不破壞路面之工法試圖降低對交通的影響。

2.另此工法因會因地層狀況而採用不同之推進方式，一般土層可用二次導管推進(康寧營區與博愛營區皆採用此工法)，此工法成本較便宜，施作方式為在推進坑工作井內先以油壓機推入直徑 10cm 先導管至工作井後，再於先導管後方銜接直徑較大之水泥管(康寧營區為 300mm 水泥管)至整段管線貫通，此為二次導管推進工法。如遇砂礫石或岩盤時則須使用一次推進工法，此工法類似潛遁機原理，將配有挖鑽之機頭後方直接銜接水泥管於土中推進，並於管中央裝置出土導管以將挖碎之土石從機頭往後方排出，因不須先導管引導所以稱為一次推進工法。

3.施工方式

(1)現況測量

依照圖說於現地放樣，並測量基準點與全區地面高程差，將地面高程差納

入升位圖高程方可決定各點開挖深度。

(2)立坑(設立工作井)

依各點開挖深度向下挖掘至所須深度， 施工時須設置擋土鋼環。

(3)人孔埋設

(4)管線埋設

(5)汙水幹管完成(TV 檢測)

(6)用戶端接管

(7)全區汙水系統完成(驗水測試)

二、獲得效益

(一)經了解各工法之優缺點後，並綜合營區駐地單位任務特性、環境、地質等情況後，在不影響單位任務遂行之情況下，於單位對外服務窗口周邊、集會禮堂、行政大樓、餐廳周邊路線均採用推進工法，其餘區域則採用明挖方式。經以實際決標金額之推進單價，若將明挖路段規劃以推進工法施工，則需增加施工成本 156 萬 2,800 元，且本案規劃明挖路段區域均鮮少人員與車輛通行，相對所帶來各項衝擊相對減少。

(二)本案工程採明挖工法與推進工法分區域同步施工方式，大幅縮短施工工期，亦減少其他成本支出(如施工機具的噪音污染、施工地區之空氣污染、建物清洗費)，惟施工前各污水井埋設深度須詳加確認，避免導致開挖或推進深度不足，而須實施二次施工，不僅浪費人力資源及公帑支出，並延宕工程完工進度。

(三)公共污水下水道及污水處理廠建設為國家基礎建設，國軍應全力配合，提高全國接管普及率，且公共污水下水道系統的建置可改善地區生活環境、減低蚊蠅病媒滋生，杜絕化糞池或建物污水處理設施等治標處理不彰產生溢流之臭味等。

結論與建議

就污水處理系統建置工法言，下水道建構工法的選擇不能只從單面向考量，「明挖法」及「非掘削工法」可視為互補的兩種工法。於污水系統規劃、建置前，必須清楚明瞭整個工程的屬性以及著重的觀點，以康寧營區下水道建置工程為例，明挖工法仍屬較經濟的方法，然此法雖工程費本身較低，但對營區及環境之影響仍不可忽略，且施工期間由於交通管制改道造成行車成本、人員派遣、時間成本的損失均應納入考量；非掘削工法雖然單位成本略高於明挖工法，但其對於精華區域及生態環境的保護程度卻高於明挖法。因此未來在選擇

工法時，各污水處理系統建置規劃單位應了解「明挖法」及「非掘削工法」之效益，並能適時結合營區基地內各建物屬性、人口密集度、地質狀況及可能對營區帶來之衝擊，在規劃、設計作業時，慎選施工方法，並研擬配套措施作均衡考量，將下水道建置施工影響減至最低程度，並能撙節國家預算。污水處理系統建置就成本言仍以傳統溝槽開挖為主要工法；但若營區位處市中心人員及車輛可活動範圍有限，或下水道幹管埋設路線，位處單位指揮核心及使用密度高之建築物(如餐廳)，建議採用非掘削工法將獲致更多效益。此外，地下工程在土層或岩層中施作，若未完成地質鑽探工程，地質條件具不確定性(遭遇堅硬或大顆卵石、地質、地下水層條件等)不易掌握，且周圍空曠，顯少人員、車輛通過則建議採用明挖工法，以減少工程變更設計及降低施工成本。

作者簡介

王國慶中校，陸軍官校 86 年班、工校正規班 140 期、陸院 99 年班；曾任排長、副連長、連長、營參謀主任、副營長、營長、現任職於陸軍工兵學校總隊部學生大隊長。

黃英銓上尉，中正理工學院 94 年班、工校正規班 101 年班；曾任排長、動員官、工程官，現任職於後備司令部後勤處上尉工程官。