

交通繁忙地段管線工程之研究

Piping Works on Heavy traffic roads

吳陽龍

摘 要

地下管線工程施工對交通環境的影響，行人的不便，是皆知的事實，尤其在交通繁忙地段的施工，往往更使人反感，如何在最短的時間內完成工程，如何有效地降低管線工程對交通環境的影響，是本研究探討的主要目的。

本研究經由收集有關法令規章，了解台北市路政單位、交通主管機關之要求，及台北自來水事業處目前處於交通繁忙地段施工之重要工程各工地負責人、包商之經驗，就施工位置、各種支撐方式、施工方法等比較研究以供日後設計、施工之參考。

壹、引言

台灣由於工商經濟的發展，人口大量湧進都市，加以個人所得提高，車輛擁有率日益增加，而政府由於預算的分配，交通道路的建設趕不上車輛增加的速率，形成各條道路均是車滿為患，尤其在市中心的交通要道，更是繁忙擁擠。另一方面，各地下管線單位或限於本身財力之不足；或原規劃之考量，未能因應都市之急劇發展及人口集中與成長所帶來的需求。而在當初道路新闢時，未能配合建設，致日後須依需求的發展，新設管線或對舊有管線予以更新抽換。

於道路上施工，勢必佔用道路有限的空間，影響行人車輛的正常通行，交通繁忙地段更常因管線施工，造成嚴重的交通阻塞及民衆的不便。由於民衆對環境及生活品質的要求提高，長期的佔用道路施工，常易引起居民不滿，輕者投書抗議，重者阻擾工程進行，而道路、交通管理單位，以其職責所在及民衆輿論的壓力，對道路之有關工程，核發許可之附帶要求也日嚴一日，管線工程之實施，已難以以往的順利。因此如何縮短施工期間、減少道路佔用面積，以及在施工期間，如何維護工地安全及維持交通順暢，是本研究探討的目的。

貳、道路交通特性及管理

一、道路交通特性

依交通學者對重要道路的車流調查，有中央分隔島的道路，其車輛較集中於近中間車道；有快慢車道分隔之道路，其快車道之車流較多，且各車道間之車流較為平均，慢車道則內側車道車流較外側車道大。如以車輛的種類於車道之分佈而言，在中央分隔島之路型
吳陽龍：台北自來水事業處工程總隊設計科股長

，大型車（指公車、大卡車一般禁止進入交通繁快地段），較集中於快車道的第二車道；在有快慢車道分隔島之路型，大型車則集中於慢車道的內側車道。小型車因體積小，操作較靈活，除在最外車道流量小（10%以下）外，於各車道間的分佈，尚稱平均。機車絕大部份分佈於慢車道及最外車道，但因小巧靈活，對車流之影響低，一般不予考慮。

二 施工對車流的影響

道路施工，多少均會佔用道路，由於道路可用面積的縮減（如圖一），原有之車流狀況將受影響，以公式表示如下：

$$W_1 \cdot q_1 = \alpha \cdot W_2 \cdot q_2$$

W_1 = 道路原有寬度(M)

q_1 = 道路原有車流，以每小時通過車輛投影面積計算。(m^2/hr)

W_2 = 施工佔用後的道路寬度。(M)

q_2 = 施工佔用道路後之車流。(m^2/hr)

α = 車流擾動因素(1.5 ~ 4.5)，受下列因素影響：

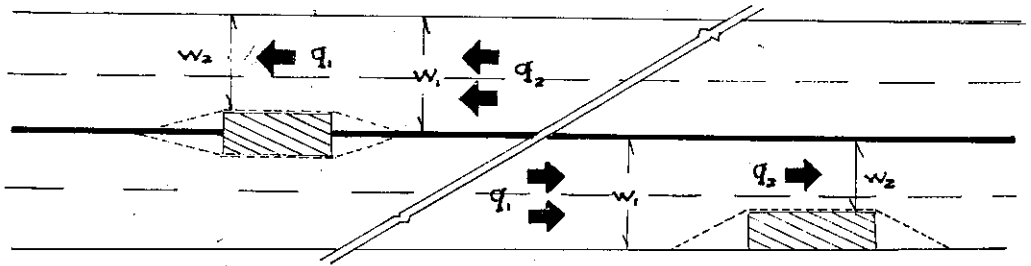
- (1) 施工佔用道路之路寬與原有寬度比。
- (2) 施工現場的佈置情形。
- (3) 施工現場的道路狀況，如路面鋪面情形，標誌、標線、號誌等交通指示的標示情形。
- (4) 車輛的種類、大小、重量、照明及操作性能（動力、加減速、煞車、轉向等）。
- (5) 駕駛人員的守法性、忍耐力、開車習慣、判斷反應等。

三 道路及交通的管理：

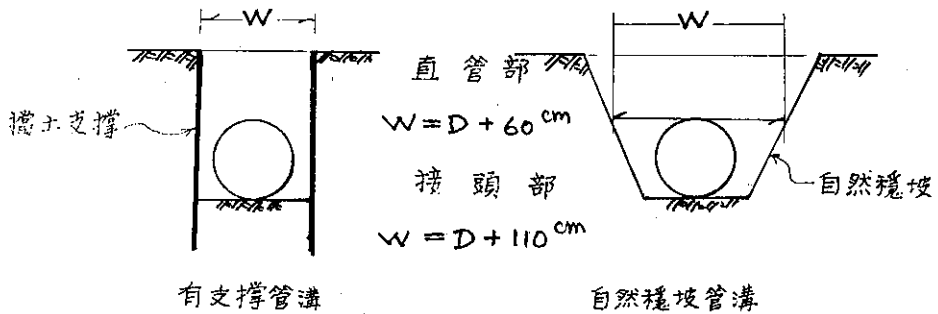
道路管理單位，負責道路的維護，保持路面的完好，以利車輛通行。交通管理單位，負責交通有關設施的設置、維護，以維持交通順暢。施工，將對道路產生破壞，對交通產生影響，因此管線工程之施工，均須依規定向上述之主管機關提出申請及知會，獲得許可，始得施工。一般道路主管機關，會依其修護能力，對道路的品質要求，施工地點的交通及環境狀況，核准施工時間（日間或夜間等）、挖掘長度。交通管理單位則提供當地的交通狀況及必要的協助，並規定設置維持交通順暢有關的設備及標示。

對於重大工程，須召開施工協調會，與道路、交通等單位協商，以取得兩單位的認可及協助，使工程在影響道路交通最小下得以順利進行。協商之施工計劃報告書應包含以下內容：

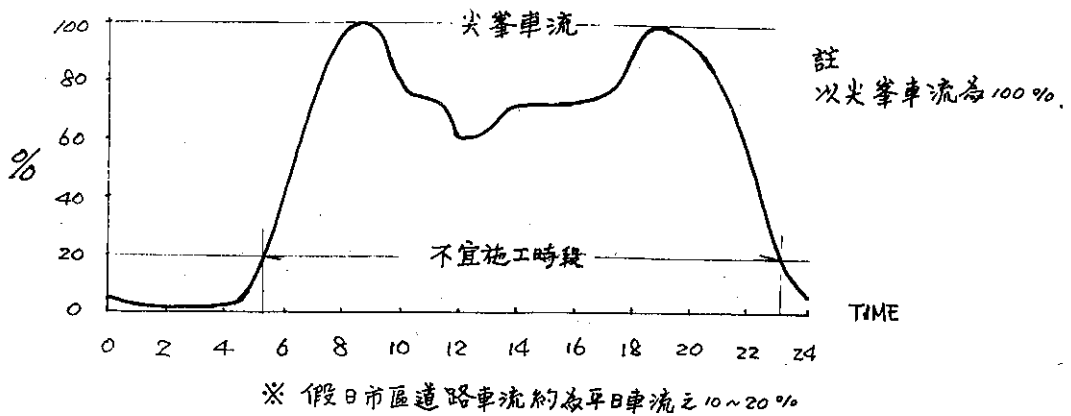
- (一) 工程緣起及內容。
- (二) 預定工期及施工時間。
- (三) 施工方法、施工機械、設備及器材的種類、工地的佈置。
- (四) 施工對道路、交通可能產生的影響及其對策。
- (五) 工地安全措施、公害防止計劃及應變計劃。
- (六) 施工後的道路復舊方法。



圖一：施工佔用道路面積圖



圖二：管溝開挖寬度斷面圖



圖三：道路車流時間變化圖

叁、交通繁忙地段管線工程的設計與施工

一、路線的決定

如管線僅為通過交通繁忙地段，其路線的選擇應考慮：

- (一)道路的寬度是否足供施工的空間且能維持許可限度的車流交通。
- (二)既設地下埋設物及地上構造物是否會影響施工，降低工程效率，延長工期，增加不便，其影響程度如何，有無適當的對策。
- (三)原有交通車流狀況及時間變化，施工後可能產生的影響，有無適當措施，可減緩對既有之交通、環境、民衆生活的影響。
- (四)工程施工是否能符合道路、交通等有關主管機關的要求，及法令規章之規定。有無溝通協調之對策，以取得共識，使工程能順利進行。
- (五)其他管線單位在同一地段施工之經驗及所遭遇的困難，是否會同樣發生，其對應措施及解決方法如何。
- (六)施工中，可能發生的意外及災害，如車禍、地層下陷、工程失敗等的預防措施、及發生後的應變計劃及對既設路線的影響。其可能替代路線如何。

二、施工方法的選擇

管線施工法，除明管外，其埋於地下者，有明挖工法及推進工法兩者，推進工法又分套管推進再裝接管線及管線直接推進兩種。各種工法，在交通繁忙地段施工，各有其利弊得失，分述於后：

(一)明挖工法

1. 開挖寬度

管線施工之管溝開挖寬度，應足以按放管線、管件及接頭施工。直管部份之開挖寬度一般為埋設管徑加60cm（如圖二）。交通繁忙地段開挖，應避免自然緩緩方式，以減少路面佔用面積。

2. 開挖深度

深度的決定，除考慮管線安全所應具有的最低覆土深度外，往往需考慮穿越障礙物、管線坡度、及附屬設備的操作深度。因開挖深度愈深，施工度愈難，工期愈長，其對道路之路面破壞，交通影響愈大，因此交通繁忙地段之管線工程開挖深度，應在許可範圍下，儘可能避免開挖過深。

3. 支撐方式

因地質的迥異及開挖深度的不同，應選擇不同的支撐方式，其支撐強度應足以抵抗施工機械及重型車輛之輾壓而不使路面下陷，影響交通，表一為各種支撐方式比較表，以供參考。

表一 各種支撐方式比較表

支撐方式	適合地質及環境狀況	樁別	施工方式對環境影響	費用比較
密板樁	良質地盤，地下埋設物少。	3 M, 4 M, 5 M	打拔容易，但適於開挖深度不深地點	便宜
鋼軌樁 隔木板	堅固地或軟弱地盤，地下水位低。	6 M, 9 M, 13 M, 16 M,	打拔產生噪音及震動較少，但工期較長	普通
鋼板樁	軟弱地盤，埋設物大，地下水位高。	6 M, 9 M, 13 M, 16 M	打拔時產生噪音及振動，施工機械佔用面積大	高
預壘樁	軟弱地盤，易沉陷，影響建物安全。	$\phi 30cm, \phi 35cm, \phi 40cm$	施工空間大，易引起路面污染	貴

4. 管線施工位置

道路主管機關有指定埋設位置者，應從其規定。一般埋設應與車道平行，遇有障礙，宜升高或降深，儘量避免蛇行埋設，以保車流順暢。大型車集中的車道應儘量避開，並考慮其靠站上下乘客之方便。

5. 施工期間

為避免嚴重影響車流，造成交通癱圮，施工期間應與尖峯車流錯開，以台北市為例，道路單位規定夜間施工，係指零時～六時（車流如圖三），施工期限雖為六小時，然實際有效工時僅四～五小時，為避免搶工易引起差錯，施工前，對有關之材料、機器均應先清點、測試，準備工作力求週延，方能於最短時間內，完成最大之工作。

經交通單位調查，週日及國定假日，重要路段之車流，僅為平時尖峯時間車流之 10～20%（ ϕ 區內），因此亦為施工最好時間，但需先向道路、交通單位溝通後，提出申請同意後，始得施工。

6. 回填復舊

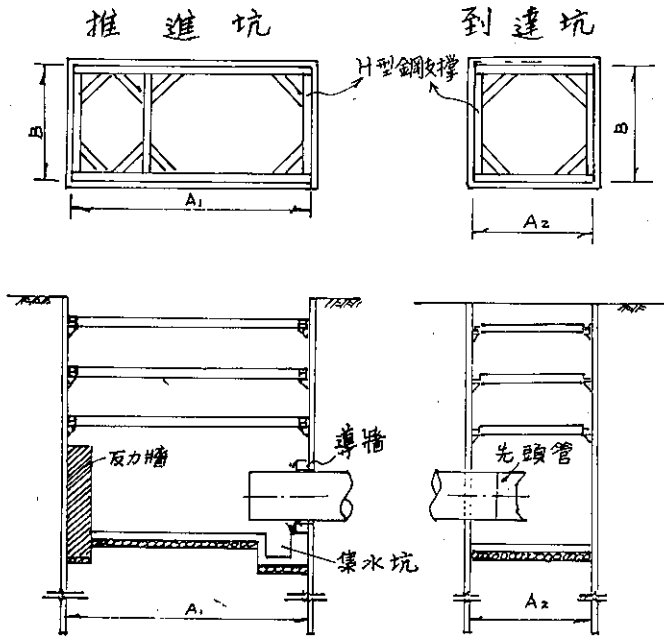
管溝回填應確實夯實，以防路面沉陷，影響車輛人員安全，阻礙車流速度。如道路單位未能及時補修，施工單位應利用簡易柏油先鋪設 3 cm～5 cm 面層，以供行車。

二、推進工法

推進工法一般使用於穿越鐵路、河川、箱涵、及不允許明挖穿越之主要道路上，但近年由於中繼加壓推進法及推進機械的演進、推進距離已可大幅提高。

以 R C P 套管推進，再於內部安置管線之工法，以口徑 $\phi 700$ 公厘以下之小口徑及距離較短（100 公尺以下）之推進使用。口徑 $\phi 800$ 公厘以上長距離之推進，可利用 D I 推進管直接推進，並利用中押法，其推進距離可達 800 公尺以上。

(一) 工作坑的尺寸

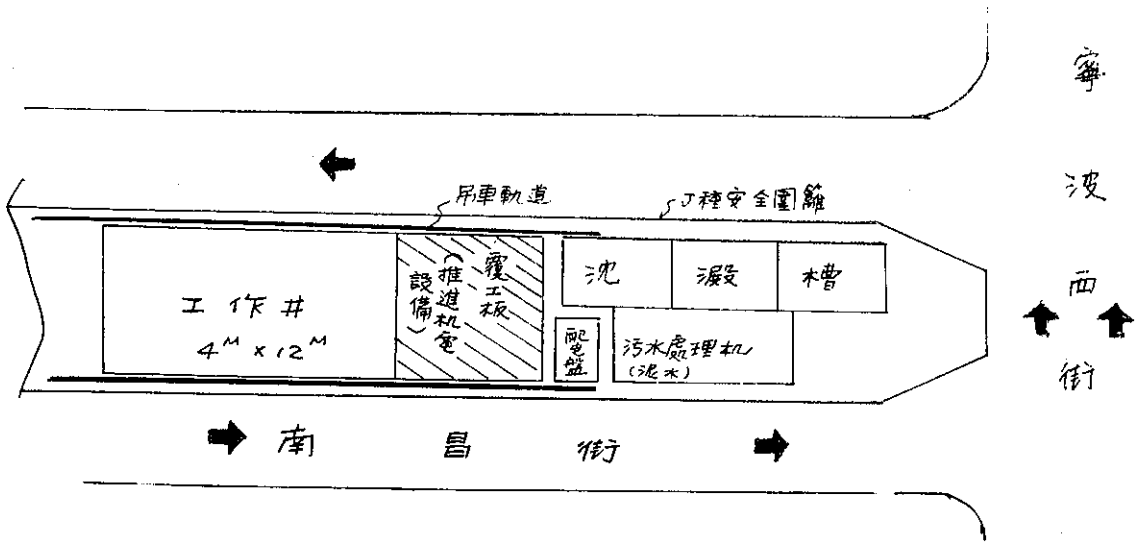


圖四：推進工程工作坑圖

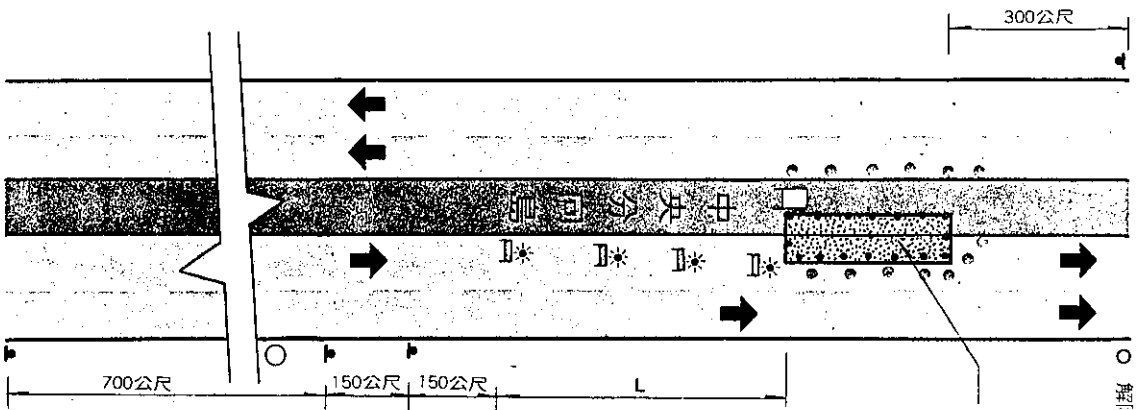
表二：D I 管推進工作坑所需尺寸表

標稱管徑	工作坑尺寸 (如圖四)		
	A ₁	A ₂	B
D (mm)			
800	8.00	3.00	3.00
900	8.00	3.00	3.00
1000	8.00	3.00	3.00
1100	8.00	3.00	3.10
1200	8.00	3.50	3.20
1300	8.00	3.50	3.40
1500	8.00	3.50	3.50
1600	8.00	4.00	3.60
1650	8.00	4.00	3.80
1800	8.00	4.00	3.80
2000	8.00	4.00	4.00
2200	8.00	4.00	4.20
2400	8.00	4.00	4.40
2600	8.00	4.00	4.60

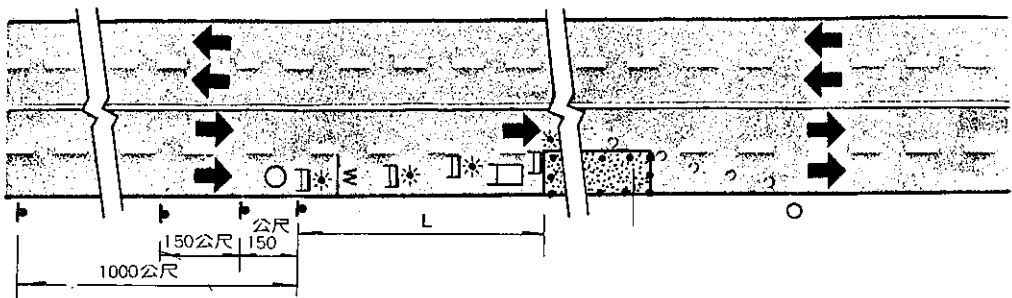
* 為施工方便，一般設計尺寸稍大於本表。



圖七：南昌街段工作坑圖



圖八：臨近中央分向島內側車道施工佈置圖



圖十：多車道之其中一條車道施工佈置圖

※※ 圖示說明如圖九 ※※

工作坑（推進坑及到達坑）以D I管直接推進工法為例，其尺寸如圖四及表二所示。

(二)工作坑位置的選擇

推進工程，工期長，工作坑的位置，應選擇影響交通最少之地點，如路口處畸零地，道路分隔島、綠地等，儘量避免或減少占用道路面積，如圖五、六、七等。

(三)推進深度與工作坑之擋土支撐

推進深度，須能穿越通過推進路段之所有障礙物，因此決定推進深度前，應先了解所有地下物的埋置深度，必要時應予探挖，以確認推進管之覆土深度。推進工作坑之深度，依擬推進之深度來決定，並以推進受力的大小、土壤的地質狀況、地下水位的的高低，來決定採用之擋土支撐。

(四)施工時間

由於推進工程係於地下施工，施工時對交通影響極小，因此一般均日夜24小時施工，但機件材料之進出，廢土之運棄，應於夜間（0～6時）辦理。

(五)臨時復舊

工程因故臨時停工，可以用覆蓋板先行將工作坑覆蓋封閉，使車輛通行。

三、工地的佈置與標示

工地的佈置及標示，除為維護工地安全外，尚須能順利引導車流，並提供駕駛人明顯之指標，能儘早應變，以避免擁擠於施工段口，減緩車流速度。

圖八、九、十為交通繁忙地段之各種工地施工佈置及標示，以供參考。

肆、交通繁忙地段管線工程實例

以台北自來水事業處刻正施工的輸水幹線——三重支線，松山支線為例，兩者口徑均為1650公厘，唯施工法一為推進工法，一為明挖工法，兩者在交通繁忙地段施工之情形及影響分述於后：

一、三重支線

路線由公館加壓站經水源路—師大路—羅斯福路—南昌街—愛國西路—中華路—洛陽街—忠孝大橋以至三重配水池。全線除水源路及中華路以後部份，配合水源快速道路工程及鐵路地下化工程，採明挖方式施工外，餘經過交通繁忙地段部份（如圖十一），俱採推進工法施工。

該段路線所作探挖資料，土壤為沉泥質細砂， $\gamma_s = 1.95 \text{ ton}/\text{m}^3$ 。地下水位距地面下約4.5公尺。工作坑利用 $\phi 35 \text{ cm}$ ，14M之預疊樁為擋土支撐，使用土壓平衡式泥水加壓潛盾機（圖十二），將U Type之D I推進管直接推進，推進管四週注入滑材（皂土、海菜粉等）以減少推進阻力，增加推進距離，依承商所提資料，其推進長度可達860公尺，唯為考慮交通的流暢及順應道路的曲度，其推進長度自250公尺～530公尺不等。

因推進工作，不受路面交通及天候之影響，可日夜24小時施工，每一推進機每日約可

推1~4支(5M~20M)，全線工期預計450日曆天。施工期間，除施打預疊樁，對路面造成污染外，全線施工並未產生任何交通阻塞，道路沉陷破壞等問題，亦無施工噪音產生。經現場探訪民衆的反應，其等尙不知工程在進行中，對工作坑的長期設立，因對其進出並無太大影響，因此並無任何不良反應，甚且習以爲常，不覺其存在。

二、松山支線

本支線係由建國北路口徑2200公厘輸水幹管分歧，沿民生東路、敦化北路、民權東路至撫遠街松山配水池。民生東路段(如圖十三)採明挖工法施工。該路爲40公尺寬，屬中央分隔島路型，兩邊各爲四車道，埋管路線於北側第二車道，設計覆土深度2.6M，開挖寬度2.8M，因地質爲粘土層，利用9M鋼板樁爲支撐。經提出道路挖掘申請，每期核准挖掘長度200公尺，施工後恢復路面經會勘通過後，再核發次一期道路挖掘許可證，施工時間，夜間0時~6時，不得逾時，因此每一工作日實際工作時間約4~5小時，施工進度約2~4支D I管(12M~24M)。雨天爲免污染路面，不得施工。

明挖施工所需之機器含鋼板樁打拔吊車，挖土機等，其施工半徑大及顧慮施工安全，夜間施工，採封閉道路車輛改道方式施工，但白天停工時，施工機器或置於路側、或停於工地圍籬內，均多少佔用道路行車面積。而由於趕工回填難以確實夯實，再加上鋼板樁打拔之振動，重機器之活動，路面的沉陷、破壞在所難免。車流因道路面積的縮減及路面的破壞而遲滯，尖峯時段甚且造成交通阻塞而挖掘後的塵土污染，施工的噪音問題。經訪問工地附近民衆，均有抱怨，尤其對工程引起的污染，雨天泥濘不堪，晴天塵土飛揚更是氣惱。(由於台北市政府實施統一挖補作業，同一地區往往有數個單位施工，污染甚難控制)三兩工程之比較如表三。

表三 推進工法與明挖工法之比較表

工程名稱	施工法	工程內容	地質狀況	支撐方式	施工時間	施工影響	工料費	民衆反應
三重支線 愛國西路 南昌街段	推進工法	φ 1650 %	沉泥質 細砂	預疊樁	24小時 連續施工	較少	103,500 元/M	尙可
松山支線 民生東路段	明挖工法	φ 1650 %	黏土質	9M 鋼板樁	凌晨0時 ~ 6時	噪音、路面破壞、 交通阻塞 塵土飛揚	76,600 元/M	不佳

伍、結論

在交通問題日趨嚴重，民衆對環境生活品質的要求日高的時代，以往管線工程的設計及施工，已不敷時代的需要，尤其在交通繁忙的地段辦理管線工程，更應考慮其對交通及週圍環境

的影響，由道路交通的特性，及於交通繁忙地段設計及施工之經驗，有以下幾點結論及建議以供參考。

- 一 路線的考慮，應將交通因素及施工影響列為重點之一。
- 二 工法的選擇，除考慮其工料費外，亦應考慮社會成本及民衆反應。
- 三 交通繁忙地段，中小口徑之管線工程，因尚無法作長距離之推進，乃採明挖工法，大口徑管線因其影響面大，以推進工法為宜。
- 四 明挖工法，施工前對施工程序的安排、施工機械的妥善運用，將可增加工程效率，縮短工期。
- 五 工地安全設施的週備及工地清潔的維持，將可大幅降低民衆反感。
- 六 對管線路線的先行評估，及地質與地下物的充分了解。再辦理設計，可大大減少變更設計或工程停頓機會。
- 七 工地的妥善部置及各種標示的明確顯眼，將可增加車流順暢，減少交通阻滯。必要時，應設置交通指揮員協助指揮交通。
- 八 道路交通管理單位的配合協助，對工程的進行助益極大，因此施工前的積極協調，施工中的保持連續，均極為重要。

參考書目

- 1：吳炸焜，混合車流特性調查分析及右轉車當量模擬之研究，台大工研所碩士論文，72年6月。
- 2：交通部運研所，研擬台灣地區公路容量手冊技術報告，75年10月。
- 3：張家程、黃運貴，車流亂流量測及其特性分析，運輸計劃季刊，第17卷第2期，77年6月。
- 4：日本水道協會，水道工事標準化樣書，1986。
- 5：松田暢夫，上水道施工法，P 209～P 273，1977。
- 6：吳陽龍，管線工程，77年9月。
- 7：工務局，台北市區道路施工交通安全設施須知。
- 8：道路交通標誌、標線、號誌設置規則。
- 9：台北自來水事業處，四期後段三重支線輸水幹管工程—愛國西路段，南昌街路段設計案，76年8月。
- 10：台北自來水事業處，四期後段松山支線輸水幹管工程—民生東路段設計案，76年8月。
- 11：東鴻公司，球狀石墨延性鑄鐵管線施工簡介，76年。

L=0.6VW

L=交通錐或拒馬排列

漸變線長度(公尺)

V=85%行車速率或施工

路段速率(公里/小時)

W=縮減之路寬(公尺)

道路施工(施3)

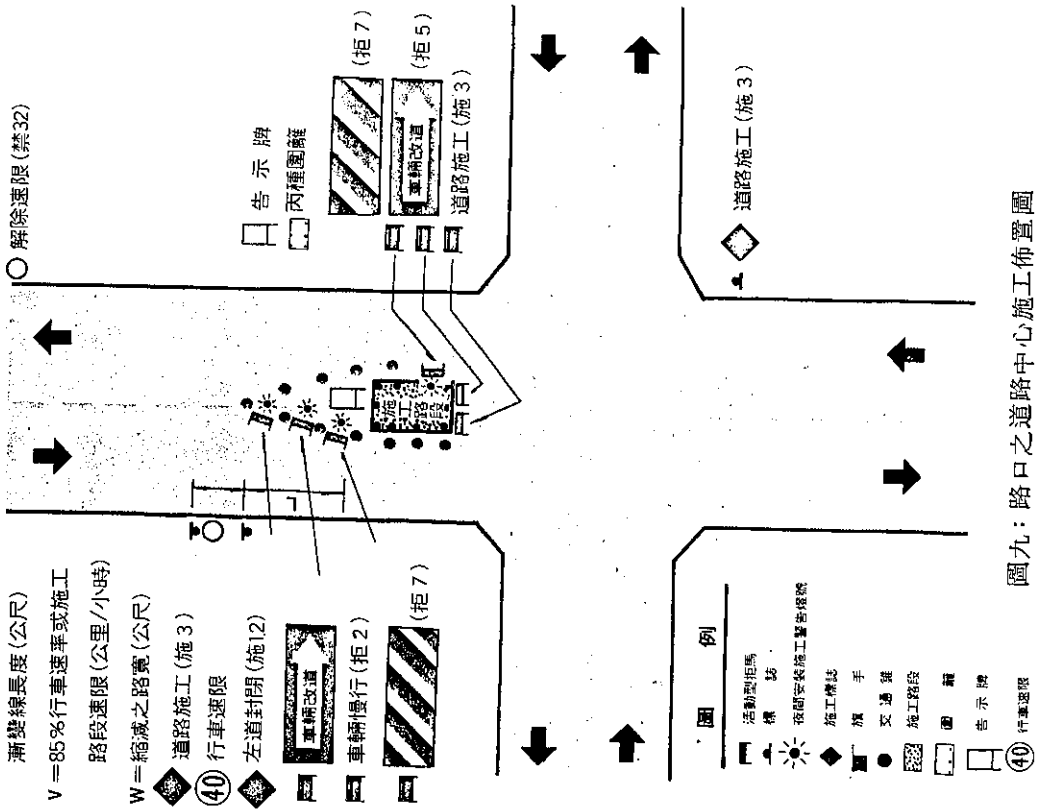
40 行車速限

左道封閉(施12)

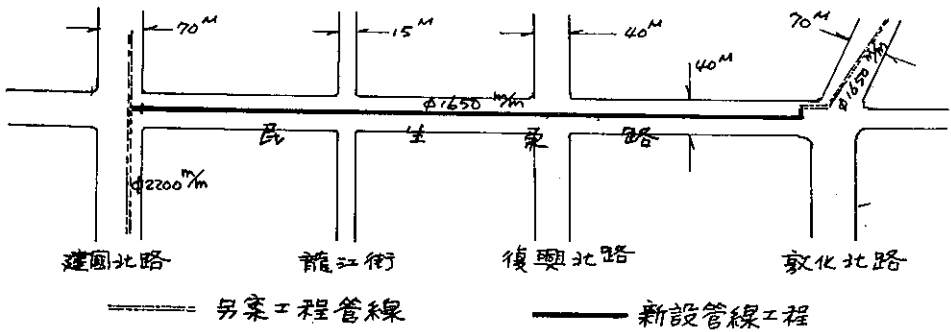
車輛改道

車輛慢行(拒2)

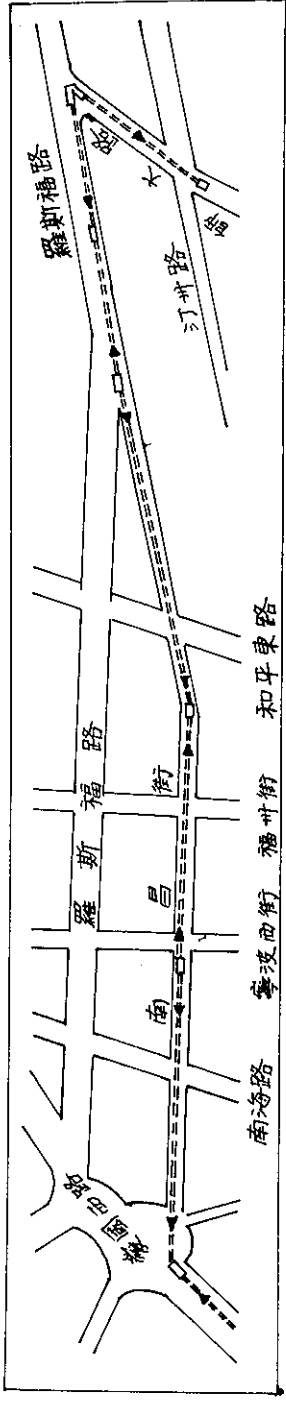
車輛慢行(拒7)



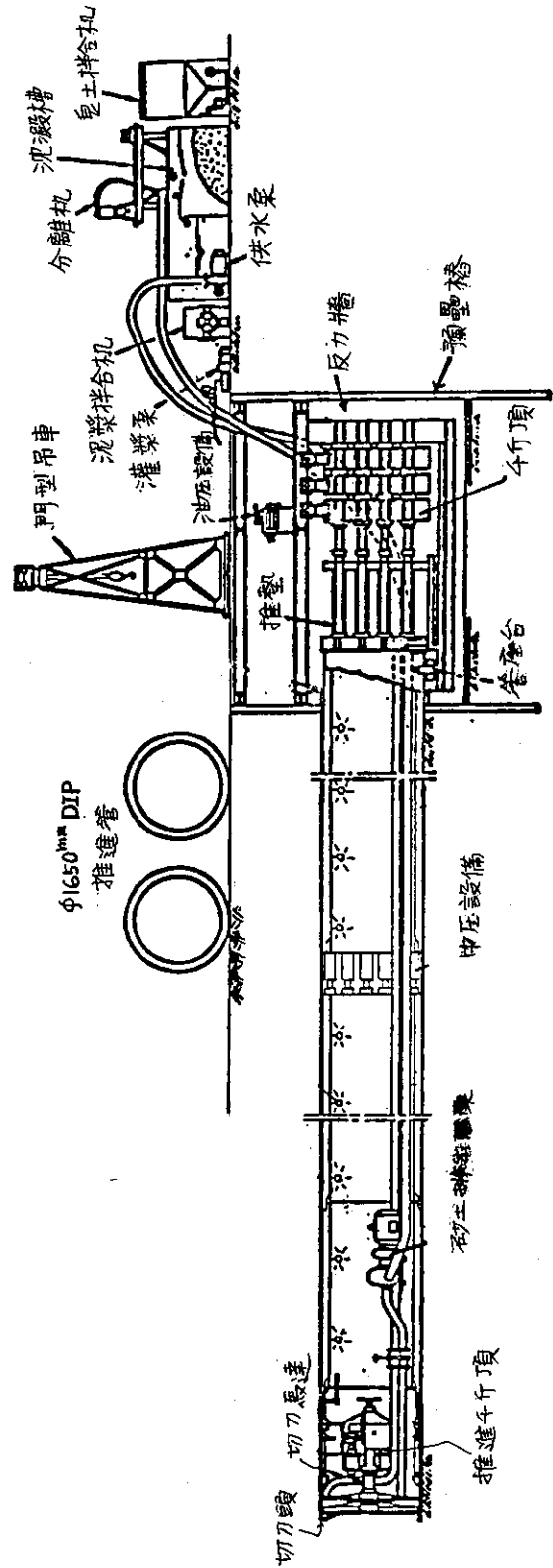
圖九：路口之道路中心施工佈置圖



圖十三：松山支線民生東路段路線圖



圖十一：三重支線推進工法施工路線圖



圖十二：泥水加壓式潛盾機推進工法示意圖