

軌道工程採購分包管理之探討

古鴻坤

關鍵詞：軌道工程、採購、分包

摘要

國內在民國七十年代前之軌道工程大部分由台鐵之員工或自行招募臨時工施作，所需材料則由台鐵自行採購，甚少辦理採購分包之作業，其原因在於國內軌道工程之市場狹小，此工程所需之機具較一般土建工程為多，測量及施作專業水準亦要求較高，所以無法引起民間廠商之大量投入。目前台鐵由於逐年人力精簡以致新建及維修人力不足，國內又有許多軌道工程正興建或研擬中，所以有關軌道工程施作及工程管理之專業知識，亟需各界探索與推動，本文即以探討軌道工程施作管理為出發，因個人工作關係所以文內之說明係以本局軌道工程為主，台鐵之制度說明為輔，冀望工程先進予以指教。

The research of trackwork purchase and sub-contract management

Hung-Kun, Ku

Key words: trackwork , purchase , sub-contract

ABSTRACT

In 1980, TRA's staffs or temporary workers hired by TRA built the majority domestic trackwork in Taiwan and the materials were provided by TRA as well. The reason for not so many trackwork sub-contracts is the market demanded is too little. In trackwork construction, the required mechanical equipment and the standards for surveying and installing are more variety and much higher than civil construction. These factors effect the interesting for private contractors' investment in this field. With the rapid environment change, man power reduction in TRA, the deficiency manpower of maintenance, and many projects under construction or design in Taiwan, the trackwork construction methods and management need more impels and quarry. This paper is to explore the trackwork construction management. Moreover, because of the personal working experience and different tendering system being used, the Taipei MRT system is the main illustration, and TRA system as the ancillary.

一、前言

現行陸上運輸以鐵路及公路兩大系統為主，本文所指之鐵路為車輛循固定路線，在一定導引及專屬空間運行之運輸設施⁽¹⁾。台灣早期客貨南北往來皆以鐵路為主，然自中山高速公路完成後，發揮公路便利性、機動彈性等優點以致

台北市政府捷運工程局北區工程處第六工務所

公路系統漸漸取代鐵路系統，造成台鐵年年虧損。

就長久而言由於公路運輸系統較鐵路運輸系統需多花費 4~5 倍的用地⁽²⁾，受限於台灣地狹人稠先天的缺陷，所以長遠而言，台灣地區仍以發展鐵路運輸系統較為適宜，因鐵路運輸具有下列之優點：1.運輸量大；2.用地少；3.安全迅速；4.污染少省能源等。

展望台灣地區未來計劃興建的鐵路相關工程金額高達七、八千億元⁽³⁾（包含高速鐵路、各地區之捷運路線）。因鐵路組成之要素包含人、車、路三要素，「路」的施作又可區分為場、站及路線三部份，依陳金萬先生對路線之定義，可區分為廣義與狹義之解釋。

1.狹義之路線：指道床以上供車輛通行之軌道。

2.廣義之路線：指用地界內供車輛通行之一切設施。

本文所要探討之主題則係以狹義之「路」的興建時之採購、分包為主。由於工程主辦機關之不同，所以工程發包興建之策略亦不盡相同，以北市捷運局為例，其各路線之軌道工程目前係由各土建工程處直接將所有軌道工程發包由單一承攬商承攬，再由此承攬商將工程按專業性質分包給專業承攬商施作。台鐵之新建工程則是另一種案例，基本上該局係提供材料且將工程分割甚細，除非是皮包公司，否則一般公司承攬後都是自行施工甚少分包情形，本文分包採購之探討係以捷運工程之軌道施作為主。

二、捷運淡水線軌道工程之興建

2.1 軌道之定義

目前台灣地區軌條與地面之固定方式可分為二類，即(1)道碴式道床；(2)無道碴道床。前者由道碴、軌枕、軌條及附屬扣件組成，目前台鐵絕大部份路線及台北都會區高運量捷運系統之地面段及各路線之機廠均使用本系統，至於台北都會區捷運高運量系統高架段及地下段之路線都使用無道碴道床。所謂無道碴道床是以混凝土基座取代道碴道床之道碴與軌枕之功能，利用直接固定式扣件組將鋼軌固定於混凝土基座上。基於日後維修方便及道碴、枕木取得不易之考量，往後興建之軌道系統都將偏向於使用無道碴道床。

2.2 軌道工程所使用之材料

軌道工程所使用之材料林林總總項目甚為繁雜，相同之材料名稱又有不同

的尺寸，以枕木為例在捷運淡水線即有十七種尺寸，表一僅列出淡水線之軌道工程單一工程標所使用之材料名稱，若將不同型號尺寸之材料予以分門別類則有一、二百種。

2.3 軌道工程簡介

1. 道碴道床施工

道碴道床其主要組成為道碴，枕木及鋼軌，合稱為道碴系統軌道。電聯車行駛於軌道上時，軌道需能承受車輛所造成的衝擊及震動，故除需有壓實良好的路基外，鋼軌及鋼軌各項配件之安裝，亦相對重要。

表一 捷運淡水線軌道工程使用材料表

項次	材 料 名 稱	項次	材 料 名 稱
1.	枕木,木枕 Cross Ties,wood	30.	百公尺標(地面段)
2.	普通鋼軌standard rail	31.	坡度標
3.	耐磨鋼軌premium rail	32.	公里標(地面段)
4.	岔尖組件switch parts	33.	1/2公里標(地面段)
5.	固定式岔心組件 frogs(fixed)	34.	百公尺標(地面段)
6.	可動式岔心組件 (swing nose)	35.	公里標(無道碴道床)
7.	菱形岔心組件 (無道碴道床)	36.	1/2公里標(無道碴道床)
8.	無道碴道床扣件組件 (普通軌道部份)	37.	百公尺標(無道碴道床)
9.	混凝土扣件組件	38.	警衝標
10.	木枕扣件組件(普通軌)	39.	曲線標
11.	聯鎖脫軌器	40.	緩和曲線標
12.	夾膠式絕緣接頭	41.	列車停車標
13.	鋁熱劑THERMITE WELD MATERIALS	42.	手動轉轍器
14.	止衝擋	43.	導電軌
15.	枕木,混凝土枕	44.	導電軌護蓋(隧道出口&高架)
16.	導電軌警告標示	45.	導電軌錨定組件(高架段)
17.	基座式無道碴道床-耐磨鋼軌	46.	導電軌絕緣組件(地下段)
18.	有緣石基座式無道碴道床-耐磨鋼軌	47.	導電軌端部組件
19.	基座式無道碴道床-普通鋼軌	48.	導電軌接頭組件
20.	平交道	49.	導電軌伸縮接頭組件
21.	止衝擋	50.	導電軌側接組件
22.	防撞器	51.	導電軌電源接頭
23.	無道碴道床單側護軌	52.	伸縮接頭護蓋
24.	枕木段單側護軌	53.	導電軌特殊工具
25.	枕木段雙側護軌	54.	導電軌短路裝置
26.	聯鎖脫軌器	55.	有護蓋之電纜槽
27.	坡度標	56.	軌道養護人員訓練
28.	公里標(地面段)	57.	底碴施作
29.	1/2公里標(地面段)	58.	鋼導管

道碴道床施工程序如圖一，重要施工程序說明如後：

(1) 底碴刮平與修整

淡水線全線大多利用原台鐵路線，為符合捷運系統 200 年洪水位之需求，全線皆將軌床路基以底碴填至設計高程，為防止因雨水沖刷流失及沉陷，土木承商於施工時，底碴填方皆加填 5cm，軌道施做時需先刮除此一保護層，並需將底碴面修整為 1:30 之坡度以利日後排水，避免雨水滲入路基，造成不良影響。

(2) 接地銅導線佈設

接地銅導線係為收集雜散電流而設置，以裸銅線鋪設於底碴 (Subballast) 與底碴道碴之間，安放於鋼軌正下方，並於連結點以銅鋁熱劑銲接，銲接品質需嚴加控管以保證雜散電流之收集。

(3) 底層道碴鋪設

機碎道碴在道碴段為一重要材料，按規範規定其粒徑分布為 12.7mm~63.5mm，抗壓強度為 110 N/mm²，磨損百分比 (ASTMC131, A 級) 15% 以下，底層道碴鋪設厚度，機廠段與主線段厚度亦有別，分別為 200mm 及 250mm，因底碴高程面影響日後軌面高程，需妥為控制，以免日後需做大規模調整。

(4) 長焊接鋼軌鋪設

鋼軌焊接品質之管控，涉及整體軌道系統之行車品質及安全，故不論閃電焊接或鋁熱焊接每個焊點皆需完備之品質檢驗，其品質試驗項目及內容說明如下：

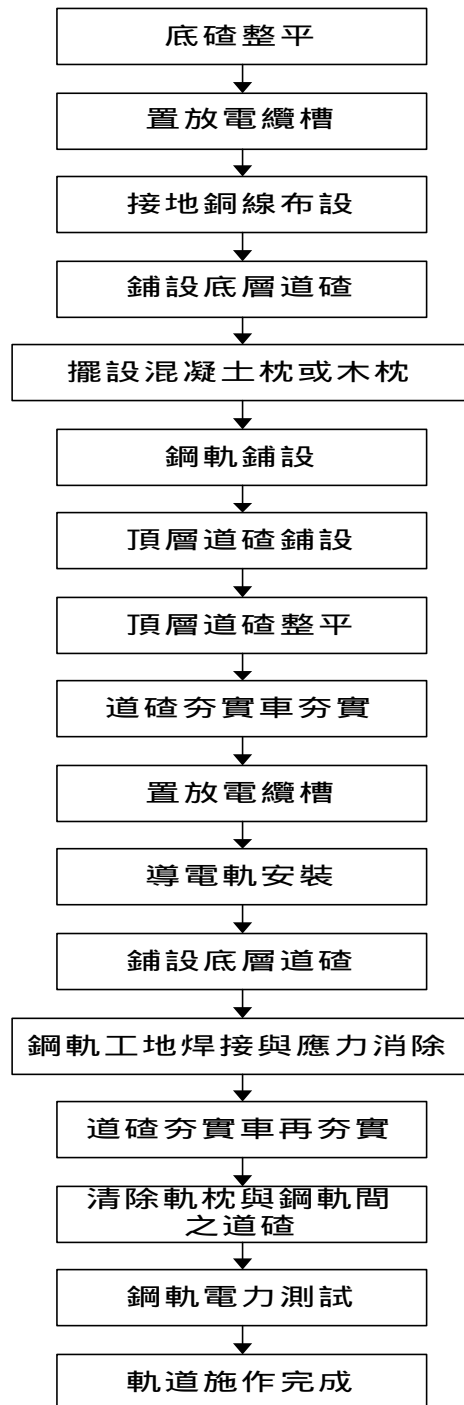
a. 直度檢驗：以 300mm 直尺檢驗其水平、垂直直度不得大於合約規定誤差值±0.25mm。

b. 超音波 (UT) 檢驗：本項試驗係以超音波瞬間脈動回音，檢驗焊頭有無瑕疵、缺陷。

c. X-Ray 檢驗：此項試驗主要目的，係為檢驗焊頭是否有浸透不足，熔合不完全，或其它瑕疵。

d. 磁粉檢驗：為檢驗鋼軌焊接點焊接是否均勻，不連續之情形。

e. 另應製作焊接樣品(長度不得小於 160cm)，送實驗室辦理抗彎試驗 (Slow Bend Test)及硬度試驗(Hardness Test)。



圖一 捷運道碴軌道施作流程

2. 無道碴道床施工

由於傳統道碴道床式軌道具備初期建造費用較低、施工迅速，日後可再調整線型等優點，但因道碴材料日漸枯竭，且日後維修工作量大，故在往後之台北捷運系統軌道工程（機廠除外）皆採用無道碴道床系統。

無道碴道床在世界上仍為一發展中之軌道系統，其發展歷史不超過 30 年，但因其後續維修簡便、低廉等優點，已獲世界各國重視及採用，除美國外、日本、香港、馬來西亞及台北捷運及地下鐵皆陸續採用此系統，其施工流程如圖二所示，因其施工項目內容，除施作混凝土基座與道碴段不同外，其餘皆類似以下僅就重要之工作項目作概要說明：

（1）接合釘(Steel Dowel)埋設

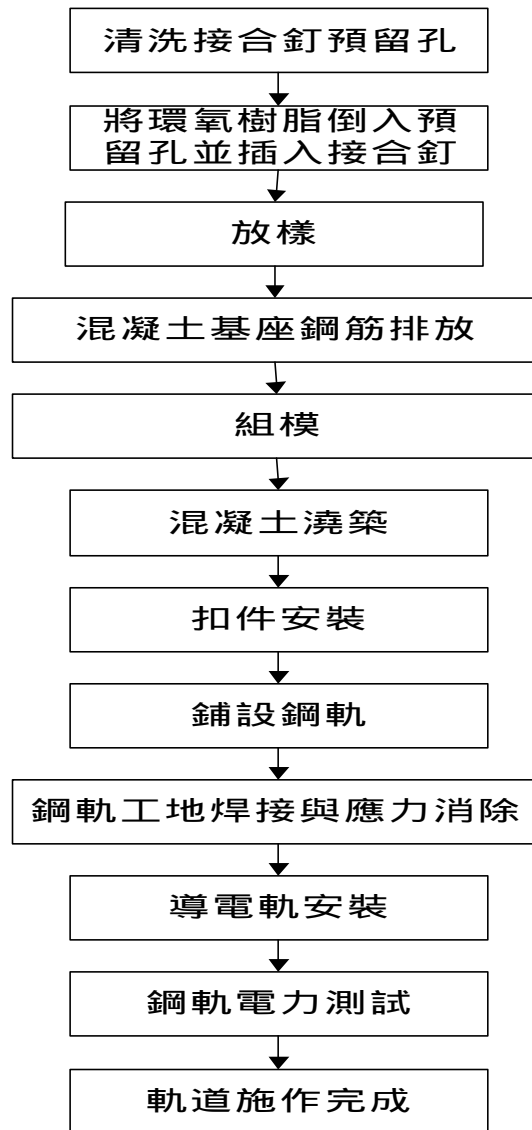
接合釘之設計，係為軌道工程混凝土基座與土木工程之混凝土面結合之用，土木承商施做混凝土版面時預留 25 × 900mm 之凹槽及道釘孔(深度 100mm)，而道釘功用，除提供結合效果外，亦可防止剪力破壞，故孔內不得積水、積砂及淤泥且深度要符合規定，道釘亦需辦理抗拉拔試驗(大於 8KN)。

（2）鋼筋組立排紮及接地系統施做

混凝土基座縱向筋上層六支，下層二支，中、上層中間排置鋼筋則以點焊方式形成截流網，阻隔雜散電流流竄，再以銅導線連接至供電標安裝之接地系統。

（3）模板組裝與線形、高程測量

由於係在混凝土基座上，直接安置基板(Baseplate)且基板固定螺栓採預埋方式施工，故混凝土基板面線形高程控制精度，水平線形需控制在±3 mm，高程公差在 0~-5 mm，縱向坡度 40 cm 直線內任一點高程差不得大於 2mm，故模板系統之設計施工精度，影響品質、進度甚鉅。



圖二 捷運無道碴軌道施作流程

3. 導電軌安裝

捷運局導電軌系統係採下觸式供電，電壓為 750V 直流電，其主要構成元件，約可分為八大項目，分別說明如後：

- (1) 導電軌：捷運淡水線採長度 15 公尺之複合軌，複合軌係由高導電率之鋁合金結合不銹鋼組成。
- (2) 接合接頭組件：作為導電軌與銅導線之轉接點。
- (3) 伸縮接頭組件：處理導電軌之冷熱伸縮。

(4)端部組件(End-Approach Assembly)

該項構件的目的，用以平順導引集電靴進入與脫離導電軌，因其速度功能之需求其長度與角度亦不相同，於主線區因速度高，而採用 5.2 公尺，1:50 之斜度構件，而機廠段則為 3.4 公尺，1:30 之斜度。

(5)絕緣支座組件(Support Insulator Assembly)：阻絕電流漏失之裝置。

(6)錨定組件(Ancher Assembly)：此種裝置之功能為防止三軌因列車行駛而移動變位。

(7)電源接頭組件(Cable Terminal Assembly)此為供電標電纜接至三軌之設施，其安置地點需與供電承商妥為協調。

(8)護蓋(COVERBOARD)：隔絕外物直接與導電軌接觸。

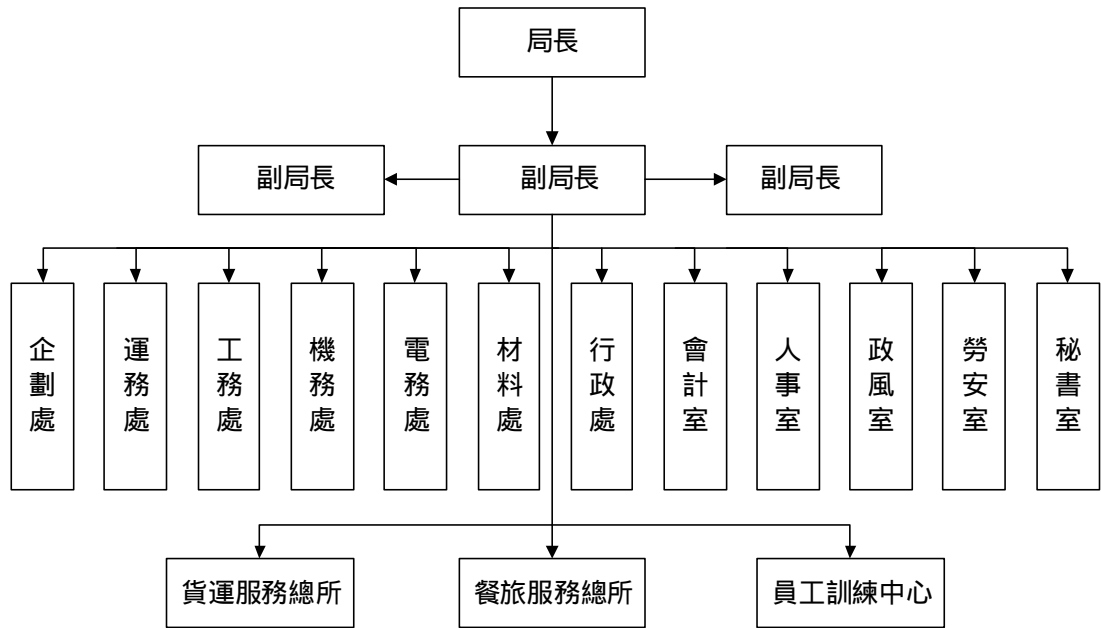
以上之說明係為使讀者對軌道工程有一概略之印象，下一節即針對台灣地區之軌道工程承包商承攬工程後之分包模式作探討。

三、 現行台灣主要軌道工程施作廠商採購分包類型分析

台灣地區現行擁有軌道設施之主要機關有台鐵、台糖、中鋼及台北大眾捷運公司，至於辦理軌道工程施作之機關則為台北捷運工程局、東部鐵路改善工程局、台北地下鐵工程處及中部山線拓寬工程處，以下僅針對台鐵及北市捷運工程局之軌道工程之物料採購及承包廠商之分包情形作探討。

3.1 台鐵之發包模式

台鐵在中山高速公路通行之前，每年都有大筆盈餘，故在此之前人力充沛，所有與軌道專業相關之工程都由台鐵局內員工負責，當人力不足時則以外聘工人解決，至於遇有重大工程諸如北迴鐵路、南迴鐵路、橋樑更新、台北鐵路地下化及東部鐵路改善工程等，則另成立專責機關獨立於台灣鐵路局之外。台鐵的發包模式可由其組織架構予以說明，大體而言與軌道工程相關之單位可區分為供料、電務、機務及工務四大類，工程進行期間所使用的大宗材料諸如道碴、軌枕、鋼軌、扣件、道岔及電纜等都由材料處統一採購(以公開招標或議價、比價方方式)辦理。



圖三台鐵組織架構圖

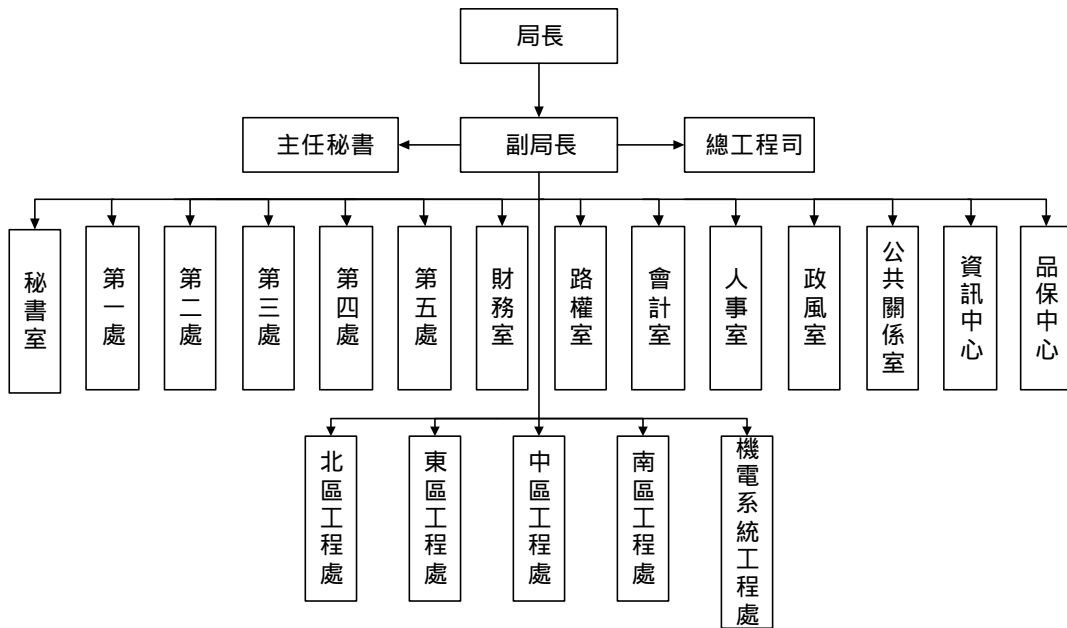
所使用的材料可分成國內與國外兩大類，國內部份之材料係採公開招標的方式進行，國外部份則係採議價或比價方式進行，至於電務處則係負責電力供應及號誌系統之興建、維護。

工務處主要為路線之維修工作及小部份之新建工程，工務之工作除維修工作係由各工務段之道班員工負責，新建工程則採分段分工作項目發包，以往專業之鋪軌、夯碴工程都由鐵路局員工自行施作，然目前因人力精減，以致鋪軌排放軌枕、夯碴等工作都改由發包委託民間廠商興建。但由於國內搶標風氣盛行，以致產生有許多工作承商得標後卻無技術能力施作完成的窘境，施工時亦無專業之機具可資使用，只能全程以挖土機(怪手)做為惟一的施工機具，此舉使軌道設施損壞的風險大幅提高。

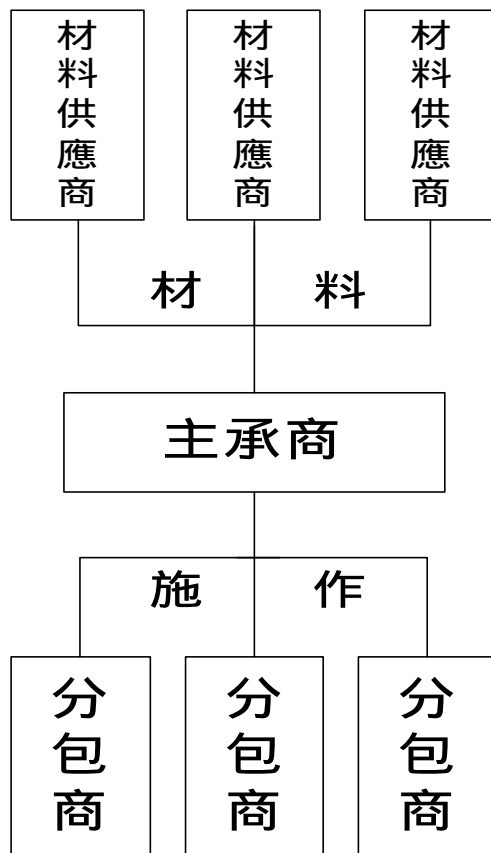
為使廠商技術能力提升，台鐵工程招標規定投標廠商所僱用之員工需有曾經擔任台鐵領班以上職務具現場施工經驗者方能參與投標。

由於係將工程切割成許多小段及分項發包，而大部份材料皆屬業主

為專業廠商等因素影響)，所以分包採購策略亦不盡相同，以下即分別針對材料之採購與專業工程之分包分別說明。



圖五 台北捷運工程局組織架構圖



圖六 台北捷運工程一般承商之採購分包模式

3.2.1 材料之採購

台北捷運軌道工程材料可依產地分為國內、國外兩大類。

1. 國外材料

向國外採購之材料一般都為國內未生產、具專利權或國內雖有生產但未符合約之規定，此類材料因工程承攬者之不同又有兩種採購模式，一為承攬者屬外國廠商時則自行由母公司向製造商下單然後透過報關行進口直接在工地點收。另一則為國內承攬商，一般係由公司透過在台代理商進口後再移交給工地點收，兩者價格多少有所差距，然本國營造廠商因缺乏採購經驗或受限於代理權，故甚難直接向國外製造商訂料。

影響決策者採購國外材料之因素包括：

- (1) 產品是否符合合約之規定：此項為首要條件，一般都是送審時儘可能多送幾家製造商以便作為價格比較之參考。。
- (2) 價格：一般承商在材料有數家皆符合規範要求之情況下，將進行比價或議價之程序以取得成本最低之材料。
- (3) 是否含現場組裝：若該項材料之組裝技巧甚高則可能要求材料供應商提供現場組裝之服務或派工程師至現場指導，承攬者則派遣外勞配合施作。
- (4) 製造廠之產量：應事先調查製造廠之每日產量，由於軌道工程某些材料全世界之製造商屈指可數，所以對於該廠之產品應規劃定料時程。
- (5) 緊急材料供應商之尋找：送審時即應預備材料供應之次要廠商，以備若遲延定料或主製造商無法如期交貨時，則可以請符合合約要求之另一材料供應商供料。
- (6) 運輸工具與時程：若未能於訂貨前考量運輸之時程，則可能在需要材料時(因運輸之遲延) 負擔額外不必要之支出。

2. 國內材料

因國內軌道工程施作數量並非甚大，所以國內的供料廠商其模具費用都直接轉嫁給訂料者。

一般外國承攬者都將本項工作委由國內之聯合承攬商採購或由在國內聘請之幹部就其人際關係、先前完工之協力廠商、廠商毛遂自薦或報紙廣告等方式尋找供應商，其採購方式都由工地自行負責。

國內廠商尋找協力廠商之方式大致與上述方法相同，其採購方式係依材料之價值及數量區分，若材料為大宗或價格高者係由公司直接洽詢製造商採購，交貨時由工地點收，量小價廉者則由工地自行採購。

影響決策者採購國內材料之因素有：

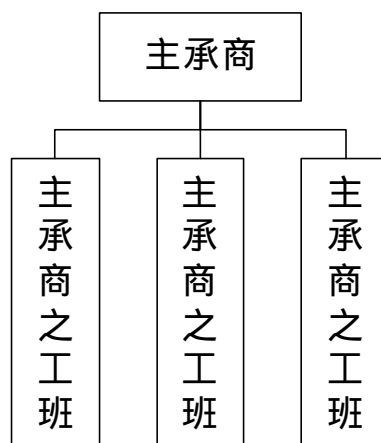
- (1) 價格：因產品在國內生產所以規範之要求較能達成，若最初生產之樣品無法符合規定，製造商亦能迅速配合生產符合規範要求。
- (2) 國內試驗室之能力是否具從事符合規範要求之試驗項目：因捷運軌道工程所使用之材料中有某些材料的試驗項目國內無試驗機構願從事該等試驗，所以事先考量該材料之試驗時程甚為重要。
- (3) 符合規範要求：對業主而言選擇材料供應商之首要條件應為能符合規範要求，但對承攬者而言，若材料供應商能保證其材料能符合規範要求則價格為首要之考量。
- (4) 財務是否健全，能否如期交貨。

3.2.2 分包之策略

由於台北捷運局之發包策略係將所有工程都發包交由廠商施作，且將整條線之軌道工程完全委由一家承攬或二家聯合承攬(一家國外廠商與一家國內廠商)，與台鐵之發包模式截然不同，所以得標廠商需尋找許多材料供應商(約十至二十家)及分包商(約五至十家)才能將工作完成。目前完成或施作中的各線施作廠商，可區分為國內與國外廠商兩大類，其分包方式不盡相同，以下即分別予以說明：

1. 國外廠商

國外廠商治本局承攬軌道工程時皆與國內廠商聯合承攬，在聯合承攬協議書中都規定國外廠商從事專業性工作，所以在施作時國外廠商都會由國外引進專業人士帶領外籍勞工或曾經與其合作之本國人士共同完成工程，外國公司一般不辦理分包作業，施工中所必須之機具亦由國外引進，其分包模式如圖七之說明。



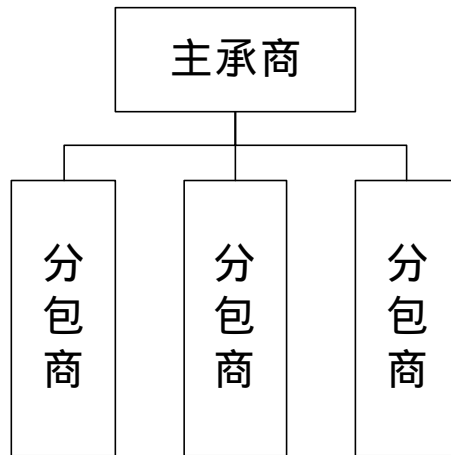
圖七 國外廠商分包模式

2. 國內廠商

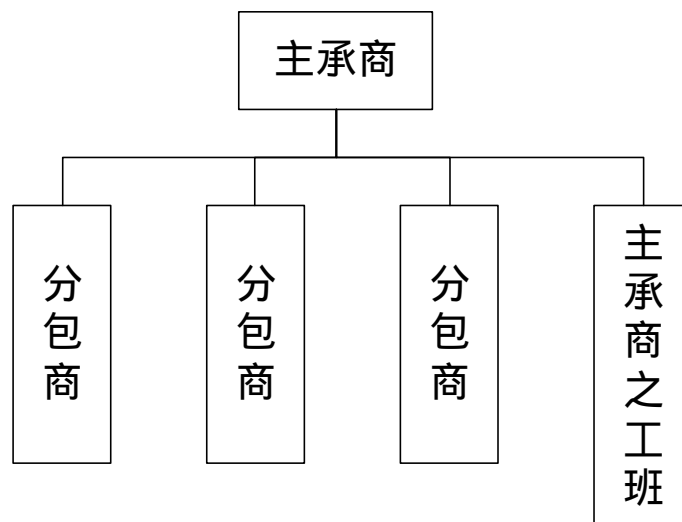
對於國內之公營營造廠，本身除負責計價、安衛、協調及檢試驗之工作外其餘現場施作之工作都以分包辦理，分包之作業依政府招標程序進行，底價之制定除參考合約底價之外亦進行市場之訪價。

國內民營廠商作為主承商時除負責計價、安衛、協調及檢試驗等工作外，尚須進行現場測量放樣、施工圖說及竣工圖之繪製等工作，至於專業之工作則另行發包請專業廠商協助，主承商須負擔大型機具、模具之準備，此項工作因市場較少人施作，所以都以議價方式及比較主承商與業主之合約價格方式決定底價，前提是專業承商需有固定之利潤。對於一般性之工作，若主承商從未有該項工程之施作經驗，則可能由公司職員帶領外勞實際施作以計算工率，然後再依試做之成本作為辦理招商之依據，招商之對象一般皆為公司過往有合作經驗之協力商或曾經從事軌道工程之廠商，合約一般都規定由主承商提供外勞，分包商依每日工作量向主承商申請工人，由主承商依工程進度分配人數，但外勞之工資則按記帳方式由主承商於分包商每期計價時扣抵。

於工程進行時，主承商也可能有一班工人持續進行未分包之工作，此工作一般都屬不易發包或工程收尾、改善之工作。本國廠商之分包模式可區分為民營廠商與公營廠商兩類分別如圖七及圖八所示。



圖七 本國公營承商之分包模式



圖八 本國民營承商之分包模式

四、理想之軌道採購分包管理制度

理想的採購分包管理制度應以雙贏為出發點，但所有權利義務都應明確化，在美國的總承包商協會所附的建築工程分包合約內容或許可作為國內廠商在做分包計劃時之參考，其條款內容包括：

1. 雙方協議同意書
2. 工作範圍
3. 工作時程

- 4.合約價格
- 5.付款條件
- 6.合約變更、爭議及遲延
- 7.主承商的責任
- 8.次承商的責任
- 9.次承商的約定
- 10.主承商提供的資源
- 11.相互人力關係
- 12.賠償
- 13.保險
- 14.仲裁
- 15.合約的解釋
- 16.特別條款

國內工程之分包合約一般皆甚為簡單，以致時有糾紛之傳聞，為減少日後對簿公堂，若雙方於簽訂合約時能參考美國的營造商公會所制定之分包合約，或將大大減少雙方於工程進行期間或結束後因種種原因所產生之合約爭議。

五、結論

總體而言，大工程的進行由一主承商承攬再分包給次承商施可減少介面協調的時間及多次發包所衍生之行政程序。若考量日後維修及備品之預購，軌道工程在採購供料與施作兩者分開發包較為有利，雖然可能衍生材料商與勞務商之間的介面問題及增加業主對於材料審核、驗料之行政程序，但業主若控制得宜應可克服困難，下列係工料分開發包之優缺點：

優點：

- 1.維修、備品管理單純
- 2.因材料數量大可壓低進貨價格
- 3.節省重覆審核之作業程序

缺點：

- 1.選料抉擇及成本變異之風險增加
- 2.增加材料商與勞務商間之介面

3.增加業主管理之困難

現今台鐵係採用工料分開，而台北捷運則採工料合一發包。其成功之關鍵在於主、次承商或介面承商之合約明確且互相合作，至於何者較優需視個案及階段需求而定。

參考文獻：

1. 陳金萬，鐵路工程學理論與實務講義，民國 71 年 8 月
2. 廖慶隆，台灣高速鐵路之發展，重大工程研討會，民國 86 年 10 月
3. 網際網路交通部網站

感謝：本文得以完成須感謝 台鐵彭俊卿、古丁輝先生
得盛公司杜年成先生
唐榮公司張貴仁先生
B W公司官振俊先生



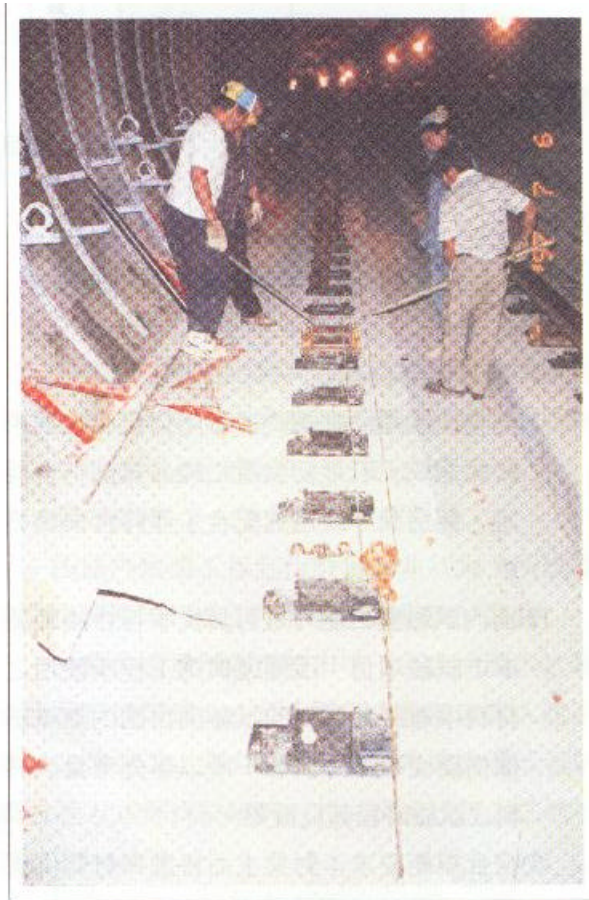
台北捷運自國外進口之枕木



台北捷運在臺灣製造之混凝土軌枕



國外工程人員施作鋪軌之情形



國內工程人員施作導電軌支架



國外工程人員施作混凝土基座之情形



國內工程人員施作混凝土基座之情形



台北捷運自國外進口之軌道施工機具

