

捷運工程深開挖施工方法之探討

**METHODS OF EXCAVATION
IN TRTS CONSTRUCTION**

張培義，陳奕耿，黃俊青，王復國

P. Y. Chung, Y. K. Chen, C. C. Huang and F. G. Wang

原著載於營建知訊第 191 / 192 期

1998 年 12 月 / 1999 年 1 月，第 38 ~ 44 頁 / 第 29 ~ 41 頁

***Reprinted from Construction News Record,
Taipei, Taiwan***

***December, 1998 / January, 1999,
No. 191 / 192, pp.38 ~ 44 / pp.29 ~ 41***

捷運工程深開挖施工方法之探討

張培義 陳奕耿

黃俊青 王復國

台北市政府捷運工程局

亞新工程顧問股份有限公司

摘要

捷運工程中明挖覆蓋工法一般有順打工法、半逆打工法及逆打工法等三種不同之結構體構築程序可供選擇，然而開挖構築作業因常受工區地質狀況、鄰近建物、地形、管線及路面交通狀態等因素影響，而有不同之適用工法。

本文擬介紹台北捷運工程中前述三種明挖覆蓋工法所可能對路面交通維持、工期、工程費、管線遷移保護、其它施工影響情況及其適用環境等作一說明，以供工程設計規畫時之參考。

一、前言

大眾捷運系統位於縣市都會區內之路網車站如新店、南港、中和及板橋等線大多採地下結構或隧道型式構築，其中如地下車站、共構地下街及部份站間隧道(如轉轍段)，由於斷面較大或斷面呈不規則之變化，一般以採明挖覆蓋工法較為適宜，該工法係於現有公共道路上架設圍籬實施交通改道，並按所需寬度由地面分區完成擋土壁、中間柱及覆蓋版之設置(如無覆蓋版時則先進行淺開挖、澆置頂版混凝土及道路復原)，俟覆蓋版完成後再往下反覆進形開挖、支撐架設、結構版牆構築、回填及拆撐等作業直至完成路面復舊工作[1]。

二、明挖覆蓋工法介紹

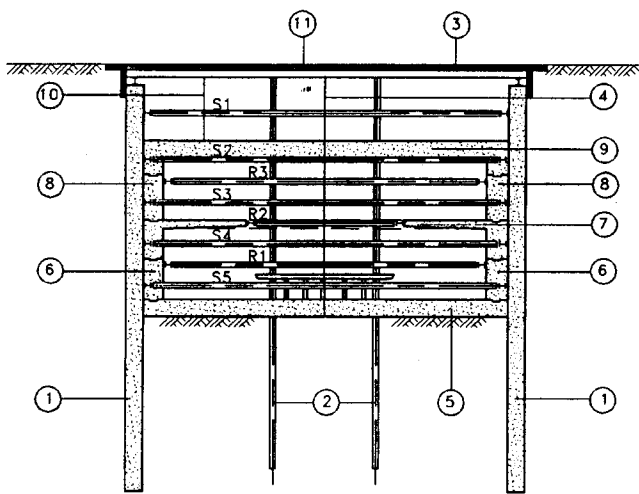
有關各工法施工程序與工法特性簡略說明如下述各節：

2.1 順打工法 (Bottom-up method)

此工法係指分階開挖及支撐架設俟開挖至設計深度後，再依序由下往上構築底版、側牆、大廳版及頂版，此工法為民間建築工地最常使用之開挖方式，其施工順序示意如圖 1 所示，有關其施工情形則如照片 1 所示。

順打工法之特性如下：

1. 開挖與構築期間一般需採臨時性覆蓋版樑系統及中間柱或構台柱來維持地面交通，其中中間柱設計需考量支承路面交通荷重及支撐傳遞荷重。
2. 大廳版 (Concourse Slab) 及頂版 (Roof Slab) 構築期間需採用多量混凝土模版工 (Concrete Form) 及重型支撐架，其中在大開口區 (有懸臂版部份) 大廳層以及長跨距之頂版施作時混凝土構築作業將較為困難，其支撐架施作方式建議如圖 2 所示。



施工順序：

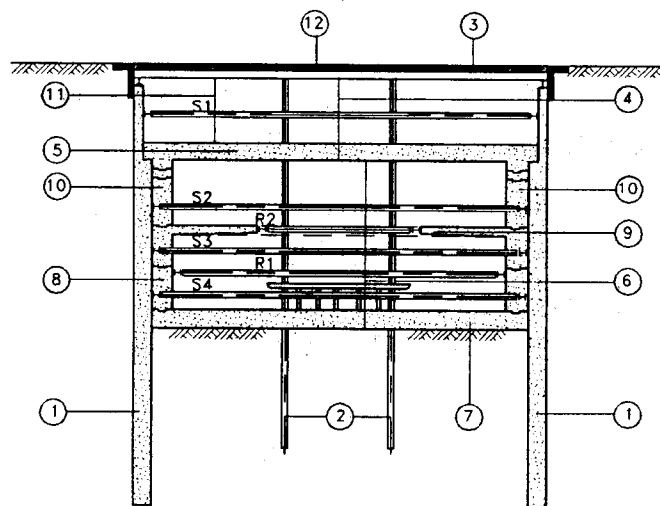
- ① 連續壁施工
- ② 中間柱施工
- ③ 臨時覆蓋板鋪設
- ④ 分層開挖及架設支撐至底板下方高程
- ⑤ 構築底板及拆除S5支撐
- ⑥ 構築一升牆及架設R1回撐、拆除S4支撐
- ⑦ 構築二升牆及大廳版、架設R2回撐、拆除S3支撐
- ⑧ 構築三升牆及架設R3回撐
- ⑨ 拆除S2支撐及構築頂版
- ⑩ 移除R1~R3、S1支撐及回填
- ⑪ 移除覆蓋板、中間柱及路面回填復舊

圖 1 順打工法施工順序示意圖

3. 頂版之設計主要係由永久階段下之載重機制所控制。
4. 連續壁將被設計用來抵抗土壓、地下水壓等側向力及承受由覆蓋版樑系統所傳下之垂直荷重。
5. 為避免因支撐拆除及構築側牆、樓版期間有過高之無支撐區域，危及支撐系統及建物安全，通常須設置二~三層之回撐。

2.2 半逆打工法(Semi Top-down method)

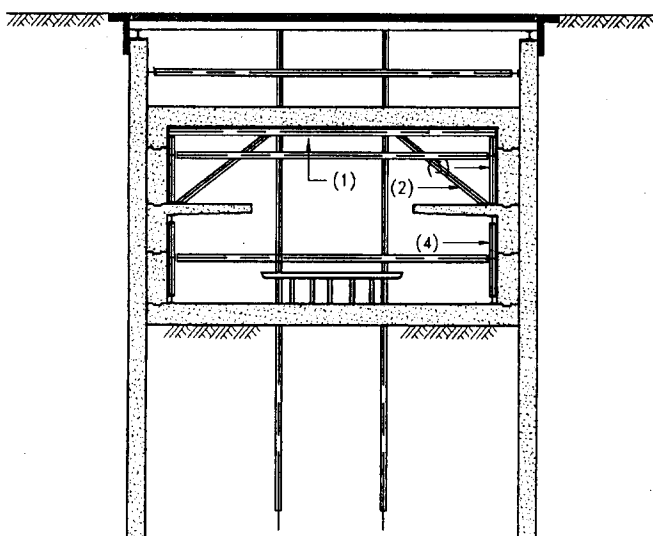
本工法係先行開挖至頂版高程並於頂版完成後(如無覆蓋版則路面需先予回填復舊)，即向下逐層開挖及支撐架設以至預定開挖深度，然後再由下往上依次構築底版、側牆、大廳版等，其施工順序示意如圖 3 所示。



施工順序：

- ① 連續壁施工
- ② 中間柱施工
- ③ 臨時覆蓋板鋪設
- ④ 分層開挖及架設S1支撐至頂版下方高程
- ⑤ 構築頂版
- ⑥ 分層開挖及架設S2~S4支撐至底板下方高程
- ⑦ 構築底板及拆除S4支撐
- ⑧ 構築一升牆及R1回撐、拆除S3支撐
- ⑨ 構築二升牆及大廳版、架設R2回撐及拆除S2支撐
- ⑩ 構築三升牆及逆打牆版接頭處理
- ⑪ 移除R1~R2、S1支撐及回填
- ⑫ 移除覆蓋板、中間柱及路面回填復舊

圖 3 半逆打工法(有覆蓋版者)施工順序示意圖



- (1) H 708 x 302 x 15 x 28 @ 700
- (2) H 250 x 250 x 11 x 11 @ 700
- (3) H 200 x 200 x 8 x 12 @ 700
- (4) H 250 x 250 x 11 x 11 @ 700

圖 2 順打開挖施工頂版支撐架架設示意圖

半逆打工法主要之特性如下：

1. 臨時性覆蓋版及中間柱需用來維持開挖與構築期間之地面交通，其頂版於臨時 (開挖構築) 階段 (Temporary Stage) 設計可考量為簡支承 (Simple Support) 型式 (即將頂版跨置於寬約 50 公分之連續壁上，其間結構並未連結)，以支持頂版自重與地面交通荷重及支撐系統重量，並將該重量傳遞至兩側連續壁上，有關本工法頂版、側牆與連續壁接合方式示意如照片 2 所示。
2. 連續壁將設計用來抵抗土壓、地下水壓等側向力及由頂版及可能超載所傳下之垂直荷重。
3. 本工法於一般狀況下需要採用臨時性覆蓋版樑系統，中間柱則被設計用來傳遞地面交通荷重至頂版及供支撐系統連結使用。
4. 頂版設計主要係受永久狀態 (Permanent Stage) 機制所控制。
5. 頂版混凝土可就地澆置，一般會在頂版底部打設低強度混凝土(PC)與鋪設夾板(Construction Paper)，以取代順打工法中大量之模版 (Form Work) 與鷹架支撐。
6. 頂版因在早期構築，可作為勁度頗強之構件，使結構體較有能力承受地震力，並可節省支撐系統之成本，此外本工法之工作品質 (Workmanship) 亦將較臨時性支撐系統安全可靠。
7. 由於頂版已構築，故物料、人員、機具皆由預留孔進出，因此施工上較為不便，對工期影響頗大；預留孔設置地點應配合交通維持計畫、施工動線等因素預先作詳細規劃。
8. 因頂版與大廳層間之柱牆是在兩樓版結構完成後始予構築，是以在沿頂版兩端縱向下緣主筋上需預埋續接器 (如照片 4 與照片 5 所示)。

此外頂版與牆柱間會遇「逆打柱牆二次工程施工縫處理問題」[3]，由於重力作用及混凝土凝固時之自然收縮現象，易使工作縫產生孔隙，為使新舊混凝土緊密接合，一般作法可於接頭形狀、填縫材料及灌漿方法上尋求解決；一般施工上需注意以下幾項原則：

- (1) 接頭形狀以 V 型為最佳 (如圖 4 所示)，適用於中央柱；R 型居次 (傾斜交接面)，適用於側牆。
 - (2) 灌漿口最上方需預留透氣孔或逸漿孔，否則任何形狀接頭均會產生氣泡，影響結合效果。
 - (3) 灌注之填充料需高於結合面，足夠之水頭壓力可減少水泥收縮而產生之孔隙。
 - (4) 灌漿材料以無收縮水泥砂漿優於混凝土料。
 - (5) 高壓灌漿法優於高水頭填灌法。
- 有關頂版下方側牆組模灌漿與牆版二次處理施工情形如照片 6 及照片 7 所示。
9. 為能使頂版跨在連續壁上方 (一般須鑿入壁內 50 公分)，連續壁混凝土切除作業一般甚為費時費工，因需借助機械鑿除，施工期間需嚴密注意震動控制，如遇地質軟弱或敏感區域，施工稍有不慎常會引致開挖區外地層或建物過量沉陷。
 10. 半逆打工法中頂版兩端防水處理方式不同於順打工法可於結構體四周由下而上依序完全包覆防水膜，半逆打工法係頂版施作初期即需預先鋪設兩側防水膜，以便爾後與側牆防水膜銜接 (其施工情形如照片 3 所示)，且需加設樓版與側牆間之縱向工作縫止水帶，有關其防水處理方式可參閱圖 5 所示。

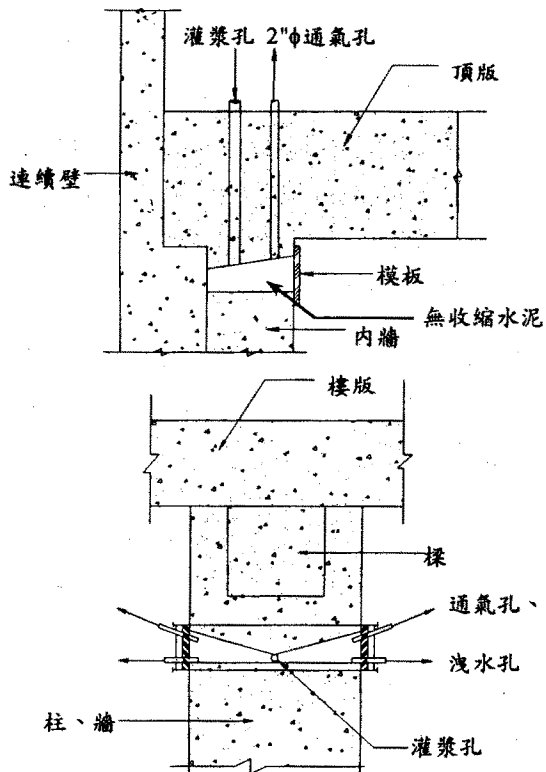


圖4 逆打柱牆二次工程施工縫接頭型式

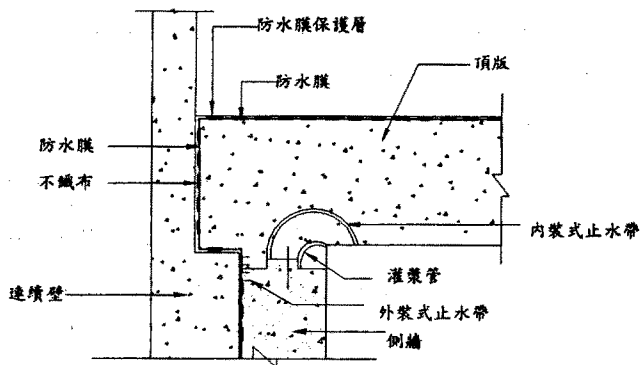
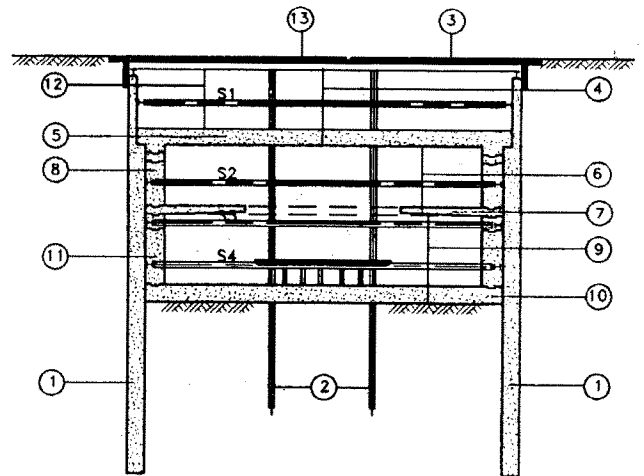


圖5 半逆打施工頂版防水膜處理示意圖

2.3 逆打工法(Top-down method)

捷運工程中因受開挖範圍與鄰近建物過於靠近，或為軟弱地質需盡量減少開挖引致過量沉陷，或為重大管線、交通、噪音、須及早恢復道路原有狀態等因素考量而採用，其方式為先構築頂版作為一強力之側向支撐，待回填及道路恢復原有狀態後，再由上而下逐層開挖、架設樓版間支撐及構築主體結構樓版以迄完成底版；再拆除支撐、構築逆打柱牆；其常見之施工順序示意如圖6所示。



施工順序：

- ① 連續壁施工
- ② 中間柱施工
- ③ 臨時覆蓋板樑鋪設
- ④ 分層開挖及架設S1支撐至頂版下方高程
- ⑤ 構築頂版
- ⑥ 分層開挖及架設S2支撐至大廳版下方高程
- ⑦ 構築大廳版
- ⑧ 構築頂版與大廳版間內牆
- ⑨ 分層開挖及架設S3~S4支撐至底版下方高程
- ⑩ 構築底版及拆除版間S4支撐
- ⑪ 構築大廳版與底版間內牆及逆打牆柱接頭處理
- ⑫ 移除S1~S3支撐及回填
- ⑬ 移除覆蓋板樑、中間柱及路面回填復舊

圖6 逆打工法(有覆蓋版者)施工順序示意圖

逆打工法主要之特性如下：

1. 頂版在非常早期即被構築完成，故在開挖與構築期間即可恢復及維持永久路面交通 (部份預留出開口除外)。
2. 頂版之設計則是考量用以承受頂版自重與其上方回填覆土及路面交通荷重，並將此荷重傳遞至連續壁與在早期即已完成埋設之中間柱上。
3. 連續壁之設計主要係考慮用以抵抗土壓、地下水壓等側向力，以及由地面覆土、交通荷重、頂版自重等之垂直載重；為達此目的，本工法

所設計之連續壁及中間柱通常須施作至較深位置。

4. 本工法可僅需在某些開口部份採用覆蓋版樑、中間柱及支撐系統，以作為臨時擋土。
5. 頂版及大廳層版混凝土可就地澆置，其下方先澆置一層厚約 10 公分低強度混凝土，如地層特別軟弱，則可於開挖面上先鋪設竹籬再打設厚約 10~20 公分低強度混凝土整平，之後再鋪夾板類物質在頂版底面，有關此階段之施工情形如照片 8 所示。
6. 頂版提供作為一勁度頗強之結構物件，使在地震時可承受鄰近建物作用所產生之水平剪力，並且可節省二層支撐系統及模版之費用，此外本工法之工作品質亦將較臨時性支撐系統來的安全可靠。
7. 各層柱結構與大廳層開口懸臂版區之側牆因是在上層與下層樑版結構完成後始予構築，是以在頂版與大廳版下方各會有逆打柱牆二次工程施工縫處理問題，其處理方式請參閱 2.2 節第 8 項說明。
8. 車站段大廳層一般均配置有開口懸臂版區，該區樓版可採半逆打工法於底版完成後再予構築；若仍採逆打工法時需於懸臂版完成後於其間加設內支撐方式往下構築。
9. 逆打工法如採單牆設計，在連續壁施作階段即需對結構版(如頂版、底版及大廳版)預留筋安裝位置嚴格管控，以免錯置預留筋高程，致無法銜接樓版鋼筋，如遇有前述情形時可採化學植筋方式續接鋼筋。

此外對連續壁之施工品質亦需加以注意，以避免發生斷樁、包泥或蜂巢以及端版裂縫進而影響側牆止水性；如遇有前述情形，可於開挖區外側先進行地盤改良灌漿，再行敲除側牆瑕疵部份並予回填混凝土或無收縮水泥砂漿。

10. 逆打工法如採單牆設計，可於連續壁構築階段，在靠開挖區之連續壁鋼筋籠樓版預留筋處，包覆較厚之木板條，以便節省連續壁頂版、底版及大廳版預留筋處之混凝土鑿除作業時間(一般須鑿入壁內 20 公分)，因單牆結構不允許採機械震動鑿除，僅可以人工鑿除或水刀切除方式施作(如照片 9 所示)，一般而言連續壁混凝土鑿除作業仍甚為費時費工。

有關逆打工法單牆結構頂版鋼筋與連續壁預留筋搭接施工情形如照片 10 所示。

依前述各工法特性比較，捷運工程結構施工相關臨時設施(如連續壁、中間柱、覆蓋版、工作鷹架)與頂版等所需尺寸規劃比較如表 1，各工法之難易優缺比較說明則如表 2 所示。

表 1 設計階段一般明挖覆蓋工法選評規劃考量

工法	逆打	半逆打	順打
構築階段頂版承重設計考量	1. 自重 2. 交通載重 3. 回填土重	1. 自重 2. 交通載重	1. 自重
連續壁設計主要考量	1. 側向土壓力 2. 地下水壓力 3. 地面超載 4. 頂版傳下垂直載重(含回填土重)	1. 側向土壓力 2. 地下水壓力 3. 地面超載 4. 頂版傳下垂直載重	1. 側向土壓力 2. 地下水壓力 3. 地面超載 4. 覆蓋版傳下垂直載重
規劃結果：			
1. 頂版厚度	2.0 m	2.0 m	2.0 m
2. 連續壁厚度/深度	1.2m/42m (單牆設計)	1.0m/35m	1.0m/35m
3. 中間柱型鋼斷面尺寸/深度	H550/25m (6m 植入 場鑄樁內)	H350/21.5m	H350/34m
4. 場鑄反循環樁尺寸/深度	90cm ϕ 基樁/ 46.5m (貫入礫石層)	無	無
5. 覆蓋版系統	無	需要	需要
6. 頂版支撐鷹架	無	無	重型鷹架

註：均以開挖深度 18m 為考量基準。

三、明挖覆蓋工法評選

本文擬以南港線某施工標之地下車站為例，其長度約 250m，寬約 18m，深約 18m，分別針對各項施工影響因子，如工程費、工期、交通維持、管線遷移及保護、環境影響、工作場地等進行各種明挖覆蓋工法適用環境之評估，以供後續工程設計規畫時之參考[4]。

前述各分項影響因子評估之綜合評估結果彙整如表 3，茲分項說明如下[4]。

1. 工程費：

各工法中不同施工項目、數量之結構施工費用比較如表 4 及表 5 所示，其中順打工法大致以連續壁、開挖、續接器#10、14N/mm² 混凝土、不收縮水泥砂漿等項目之施工費用較經濟；但相對的，逆打工法之中間柱、水平支撐及圍令、水平模板(含鷹架搭設)、防水膜等項目則較其他工法經濟。

然若綜合表 5 之結構整體施工費用加以比較顯示，以順打工法最為經濟，其次依序分別為半逆打及逆打工法，惟如表中項次C' 所列數字顯示，前述各工法結構體施工費用相差並不大，約在3.0%以內。

2. 工期：

各工法結構體施工所需工期之桿狀圖(Bar Chart)如圖 7~圖 8 所示，順打施工雖然較逆打多出支撐、回撐與模板鷹架架設等作業工期，但順打工法因人員、物料及機具進出動線機動性高，覆蓋版完成後之後續開挖出土與結構體構築作業，均較逆打或半逆打工法之施工性佳；且無逆打或半逆打工法在頂版構築期間常受限於交通維持計畫，須分數個區段島式開挖，或分北中南三區構築頂版，增加工作循環、額外鋼筋續接與牆柱混凝土二次工程作業，或受限於頂版開口位置而影響出土及構築工率，而加長整體工期情形。

整體而言順打施工所需總工期最短，逆打工法所需工期較長，而半逆打工法居中，各工法之工期差異最大約10%。

3. 交通維持：

三種明挖覆蓋工法(均以有覆蓋版者為評估對象)對圍籬佔用面積、交通安全、交通衝擊等三種因素影響情況大致相當，均屬尚可程度；然若考量圍籬佔用路面時間與材料出土動線彈性等因素時則以順打對該因素之影響較其他兩工法為輕。

若逆打或半逆打工法覆蓋版與頂版間之空間可予利用，可再減少圍籬佔用面積，使該工法在交通衝擊影響上較順打工法有利。

有關各工法對「交通維持」各項影響因子之比較如表 6 所示。

4. 管線遷移及保護：

一般而言管線如可利用其下方車站頂版支撐護，則對管線安全保護性較佳，必要時亦可利用頂版作為地下管涵之支承，相關重大管涵可採一次永久遷移方式施作，尤以重大箱涵(不論橫跨工區或縱向平行工區者)在無適當用地可供箱涵遷移時，則逆打或半逆打工法對管線遷移與保護適用性，將遠較順打工法為優。

有關各工法對「管線遷移與保護」各項影響因子之比較如表 6 所示。

5. 施工與環境影響：

逆打與半逆打施工中因有頂版遮護，以致上方重物、管線及人員較無直接掉落之虞，且車站頂版可減少雨水滲入下方工作面，故天候影響較小；此外頂版可作為一強有力內支撐，樓版構築工期如延宕過久，亦不致有過量額外潛變或沉陷發生，故前述工法有利於建物保護。

順打工法則有施工容易度(如開挖、支撐、結構體、模板...等)及施工品質較佳(無二次工作處理與較少鋼筋續接器使用數量)等優點。

各工法對交通阻塞、噪音、商家影響、景觀衝擊等因子影響情形致相同，均屬不良狀況，惟半逆打與逆打工法因有頂版遮護，故對部份景觀衝擊與商家影響程度較順打工法略好。

有關各工法對「施工與環境影響」各項影響因子之比較如表 6 所示。

6. 工作場地

有覆蓋版之逆打或半逆打工法，因頂版與覆蓋版間有空間可提供利用做為施工場所，故較順打工法有較佳之工作場地利用性。

綜合前述各節所述，及表 3 中之工法選評適用性綜合比較結果，順打工法由於具有下列各項優點，故捷運工程明挖覆蓋工區大都優先採此工法：

1. 工程費較低。
2. 工期較短。
3. 交通維持狀況較佳。
4. 施工較為容易，品質亦好掌握，本地承包商大多具有順打之經驗與能力，相關技術亦已成熟。

此外由前述各項評估因素比較結果亦顯示，工區如遇大規模錯綜複雜之管線處理、鄰近建物過於靠近、極軟弱地質、交通維持、噪音...等特殊問題時，可考慮以逆打工法或半逆打工法來因應。

表 7 為台北捷運初期路網各施工標於地下車站、共構地下街及部份站間(如轉轍段)或出土段(Ramp)隧道等，所採用各種明挖覆蓋工法一覽表；經統計約有 80%(20 個)施工標採用順打工法、16.7%(5 個)施工標採半逆打工法與 3.3%(1

個)施工標採用逆打工法。

順打工法具有前述各項優點，故廣為大多數之捷運工程施工標所採用。

採半逆打工法施工標如 201F、CH219~CH220、CN254~CN256 等大都屬早期完程規劃設計者，較後期規劃設計之施工標，在對順打工法有較多之安全監測資料佐證與施工經驗後，大多改採順打工法設計施工。

研判前述採半逆打工法之設計者，可能係認為該工法具有下列優點而採該工法設計：

1. 頂版可在早期構築完成，以作為一強有力支撐，有利於降低建物沉陷變位，安全性較臨時性支撐系統為高。
2. 車站結構整體施工費及工期，與採順打工法者相近，然而對有重大箱涵(如增公圳)跨越站體等之遷移保護問題部份區域有更佳適用性。

經彙整南港線東段採半逆打工法相關施工標建物安全監測資料顯示，施工期間由於頂版需配合交通維持計畫採北中南分區分塊構築，常需時甚久，加以該工區鄰近台北盆地第一區松山層，地層較為軟弱；開挖面長期在無頂版支撐狀態下，沿線建物往往有較大之沉陷變位；故對於以頂版作為一早期強而有力支撐進而可降低區外建物沉陷之觀念，需有其特殊考量背景，恐非一體適用。

至於捷運工程中唯一採用逆打工法施工之 CN258 標，研判設計者可能係基於下列因素而採逆打工法設計：

1. 因於開挖面下方施以地盤改良灌漿筏(Grouting Raft)，再加以頂版可在早期構築完成，以作為一強有力支撐，有利於減少建物沉陷變位，安全性較臨時性支撐系統為高。
2. 部份區域有重大箱涵穿過站區，更適合箱涵之遷移保護問題。

四、結 論

綜合前述各節論述可得以下結論：

1. 如遇大規模錯綜複雜之管線處理、交通維持、噪音...等特殊狀況不利於順打工法施作時，可考慮以逆打工法或半逆打工法來因應。
2. 若採逆打或半逆打工法，在頂版構築期間連續壁鑿除作業，建議應儘可能以水刀切割或人工打石方式進行，以避免採用機械臂鑿除方式產生過量震動，擾動開挖區外地層，不利於開挖區外之建物安全。
3. 逆打或半逆打工法施工期間由於頂版需配合交通維持計畫，採分區分塊方式構築常需時甚久，如該工區地層較為軟弱；開挖面長期在無頂版支撐狀態下，鄰近建物往往會有較大之沉陷變位；故對於以頂版作為一早期強有力支撐進而可降低區外建物沉陷之觀念，需有特殊考量背景(例如是否有縮短頂版構築時間之條件，或地層條件良好與否)，恐非一體適用。
4. 逆打或半逆打工法因需大量使用鋼筋續接器、縱向工作縫、逆打柱牆二次工程施工縫處理問題，施工品質應特為加強與注意，以符合設計要求。
5. 由於順打工法具有工程費低、工期短、施工較為容易及品質容易掌控，本地承包商大多具有順打之經驗與能力，相關技術亦已成熟等優點；故於一般施工條件與狀態下，捷運明挖覆蓋路段宜以順打工法(有覆蓋版)可為捷運工程優先選擇施工方法。

誌謝

本文於撰寫期間承蒙亞新工程顧問股份有限公司莫若楫博士與黃南輝博士大力支持，以及台北市政府捷運局、珠江營造公司、工信工程公司等單位提供寶貴資料，謹誌謝忱。

參考文獻

- [1] 朱旭(1993)，台北都會區捷運工程隧道施工技術及應用，海峽兩岸地工技術交流研討會捷運工程·隧道工程，pp.38-52.
- [2] SINOTECH Engineering Consultants, Inc. TMRTS, Nankang Line Project DL172, CC254 Final Review Submission - Const. Programs Construction Methodology.
- [3] 李健雄(1989)，逆築工法施工方法簡述，現代營建雜誌，pp.13-29.
- [4] 台北捷運工程局，新莊線建議階段明挖覆蓋工法選評--價值工程，建議案編號VE-2。

表 2 捷運工程各種明挖覆蓋工法之優缺點比較表

工 法 名 稱	優 點	缺 點
順打工法	<ol style="list-style-type: none"> 1.傳統式施工，施工容易。 2.工程費較少。 3.不必預留牆柱接頭。 4.水工程較易施工。 5.頂版混凝土澆注無需設置縱向施工縫。 6.較佳之施工環境，無需額外的通風裝置。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.對地面交通影響較大。 2.人員容易墜落或受墜落物擊傷，發生公安事件。 3.支撐配置過密，作業空間將受限，若支撐結構規劃配置不當則易生災變。 4.基地面積大者支撐及模版費用高，且支撐效果可能不理想。 5.受天候影響較大。 6.對鄰近住戶環境(噪音)及施工人員心理衝擊較大。 7.地下結構施築時如挑空過大需架設回撐，增加施工困難、工期及經費。
逆打工法	<ol style="list-style-type: none"> 1.施工安全性高，噪音小。 2.路面交通及地下大型排水管涵可提前恢復使用。 3.適用於條件特殊之工地： <ul style="list-style-type: none"> ---開挖形狀不規則。 ---需要深開挖之結構。 ---大面積開挖。 ---工區有重大地下管線跨越。 4.地下結構施工較不受天候影響。 5.結構體本身做為支撐，取代型鋼支撐，故支撐及模版可減少。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.工期長，工程費較高 2.材料吊運受限制，作業性不良。 3.須預留牆柱接頭，且牆柱混凝土二次工程處理不易，易造成接頭不良。 4.如頂版設計需支承上部結構重量，則須增加逆打鋼柱及基礎作業。 5.配合施工頂版下緣需做縱向施工縫。 6.地下樓層間距大時需另考慮架設支撐，施工時困難且費時。 7.逆打鋼柱吊放精度控制不易。 8.樓版構築時間甚長，造成擋土設施額外變形，故地表沉陷較大。 9.需增設採光及通風設備
半逆打工法	<ol style="list-style-type: none"> 1.類似逆築工程，但二次工程之接頭及防水處理僅在於頂版相接處 	<ol style="list-style-type: none"> 1.類似逆築工法，但除頂版區外，其他區域需要型鋼作水平支撐

表 3 捷運工程明挖覆蓋工法評選因素適用性優缺綜合比較一覽表

影響因子	順打工法 (有覆蓋版) (A)	逆打工法		半逆打工法	
		(有覆蓋版) (B)	(無覆蓋版) (C)	(有覆蓋版) (D)	(無覆蓋版) (E)
工程費	√				
工 期	√				
交通維持	√		√		√
管線遷移及保護		√	√	√	√
施 工	√				
環境影響		√	√	√	√
工作場地		√		√	
總 評	O				

1. 本表資料主要摘自台北市政府捷運工程局新莊線各車站之施工方法價值工程建議案編號 VE-2。
2. 本表中有關影響因子之細項分析請另詳表 3.2~表 3.4 及圖 3.1~圖 3.3；上表符號說明：√ 優良 O 總評結果最優。

表 4 台北捷運某施工標(案例一)車站設計階段評估採不同明挖覆蓋工法之施工費用比較一覽表

項次	費用項目	順打工法	逆打工法	半逆打工法	備 註
1	連續壁	650,000	790,000	650,000	1. 逆打工法 H=42m 2. 半逆打與順打工法 H=35m
2	覆蓋版	120,000	---	120,000	
3	中間樁	42,000	172,000	25,000	1. 逆打工法 H=46.5m(含基樁) 2. 半逆打與順打工法分別為 21.5m及34m
4	開挖	198,000	220,000	218,000	
5	支撐	243,000	183,000	203,000	順打工法為六層，半逆打為五層，逆打為四層(大廳層五層)
6	頂版與大廳版模版工	86,700	15,300	35,700	半逆打與逆打工法係為於頂版下方打設 Lean Concrete 之費用
7	牆版接頭間鋼筋續接器	---	48,000	24,000	
8	牆版接頭不收縮水泥砂漿	---	46,000	23,000	
	合 計	1,339,700	1,474,300	1,298,700	以採半逆打或順打較為經濟

1. 本表資料主要係參考台北市政府捷運工程局 CN254 標設計階段分析報告[2]所列項目與物價 (民國 78 年)。
2. 本表中所列費用係以 CN254 標車站淨長 243m、寬 18.0m、深 18.0m 為例，所評估每單位公尺長度之車站施工費用並未包含有相同之施工項目、數量及費用。

表 5 台北捷運(案例二)明挖覆蓋工法每公尺車站結構體施工費用比較表[4]

項次	費用項目	單位	順打工法		逆打工法				半逆打工法			
			數量	複價	有覆蓋版		無覆蓋版		有覆蓋版		無覆蓋版	
A	費用不同之比較		數量	複價	數量	複價	數量	複價	數量	複價	數量	複價
1	連續壁	m ²	65.6	690,768	71.0	747,630	81.7	860,301	71.0	747,630	81.7	860,301
2	中間柱	式	1.0	62,400	1.0	49,550	1.0	49,550	1.0	49,550	1.0	49,550
3	水平支撐及圍令	式	1.0	262,928	1.0	184,000	1.0	184,000	1.0	219,107	1.0	219,107
4	覆蓋版	m ²	21.9	114,187	21.9	114,187	0.0	0	21.9	114,187	0.0	0
5	開挖	m ³	323.0	242,573	323.0	290,700	323.0	290,700	323.0	266,475	323.0	266,475
6	回填	m ³	40.8	22,685	40.8	22,685	38.7	23,220	40.8	22,685	38.7	23,220
7	水平模板	m ²	35.7	33,130	9.1	6,989	9.1	6,989	17.8	13,670	17.8	13,670
8	鋼筋(G40)	t	2.0	37,788	2.0	37,788	2.1	39,677	2.0	37,788	2.1	39,677
9	鋼筋(G60)	t	11.1	250,227	11.5	259,245	11.7	263,753	11.5	259,245	11.8	266,007
10	續接器#10	個	60.0	18,000	90.0	27,000	120.0	36,000	75.0	22,500	105.0	31,500
11	混凝土,14N/mm ²	m ³	6.0	12,738	9.6	20,381	9.6	20,381	8.2	17,409	8.2	17,409
12	混凝土,28N/mm ²	m ³	95.0	292,410	97.9	301,336	90.0	307,800	98.3	302,567	100.4	309,031
13	不收縮水泥砂漿	m ³	0.0	0	0.8	21,434	0.8	21,434	0.4	10,717	0.4	10,717
14	防水膜	m ²	67.6	49,754	69.8	51,373	70.0	51,520	69.8	51,373	70.0	51,520
15	地工織物	m ²	27.8	4,809	28.0	4,844	28.2	4,879	28.0	4,844	28.2	4,879
	合計			2,094,396		2,227,121		2,270,720		2,139,745		2,163,063
B	費用相同其他項目之金額(每 m 費用)			689,696		689,696		689,696		689,696		689,696
	A+B(車站結構每 m 費用)			2,784,092		2,828,836		2,849,899		2,829,442		2,852,759
C'	各工法與順打工法費用差額(不含稅什費)	差額		--		+ 44,744		+ 65,807		+ 45,349		+ 68,667
		百分比		100		102		102		102		102

1. 本表資料主要參考台北市政府捷運工程局新莊線建議階段明挖覆蓋工法評估(民國 86 年)價值工程建議案編號 VE-2[4]。
2. 本表資料係以 CN256 標車站淨長 252.3m、寬 17.9m、深 18.0m 為例。

表 6 捷運工程明挖覆蓋工法評選因素適用性優缺比較一覽表(1/3)

工 法	順打工法	逆打工法		半逆打工法		備 註
	(有覆蓋版) (A)	(有覆蓋版) (B)	(無覆蓋版) (C)	(有覆蓋版) (D)	(無覆蓋版) (E)	
評選項目：	I. 工程費					
1.直接工程費(含連續壁、中間樁、支撐、覆蓋版、開挖、主體結構、續接器、不收縮水泥、模板等)	O	Δ	×	Δ	×	<ul style="list-style-type: none"> ●工法(A)工程費最經濟。 ●詳見表3.2及3.3
	II. 工期					
1.工期	O	Δ	×	Δ	×	<ul style="list-style-type: none"> ●一般而言，工法(A)工期最短。 ●詳見圖3.1~圖3.3
	III. 交通維持					
1. 圍籬佔用時間(路面)	O	Δ	×	Δ	×	
2.圍籬佔用面積(路面)	Δ	O (有可能利用頂版上方空間作為工作場)	Δ	O	Δ	<ul style="list-style-type: none"> ●(B)及(D)若可利用頂版上方(與覆蓋版間)空間，則可減少圍籬佔用面積，較其他工法有利。
3.覆蓋版與交通安全	Δ	Δ	O (復原路面較覆蓋版平整)	Δ	O	<ul style="list-style-type: none"> ●(C)及(E)出土及材料出入口外，採路面復原，其安全性較其他工法之覆蓋版為高。
4.交通衝擊	Δ	Δ	×	Δ	×	
5.材料、出土之動線	O (出土及材料進出動線不致受頂版限制)	Δ	Δ	Δ	Δ	

1. 上表資料主要摘自台北市政府捷運工程局新莊線建議階段明挖覆蓋工法評估(民國 86 年)價值工程建議案編號 VE-2[4]。
2. 上表符號說明：O 良好 Δ 尚可 × 不良

表 6 捷運工程明挖覆蓋工法評選因素適用性優缺比較一覽表(2/3)

工 法	順打工法 (有覆蓋版) (A)	逆打工法		半逆打工法		備 註
		(有覆蓋版) (B)	(無覆蓋版) (C)	(有覆蓋版) (D)	(無覆蓋版) (E)	
評選項目：	IV. 管線遷移及保護					
1.處理方式及 安全性	△	△	×	△	×	<ul style="list-style-type: none"> ●(B)及(D)管線下方有車站頂版撐護安全性較佳，必要時頂版可作為支承。 ●(C)及(E)管線遷移機動(彈)性差，初期處理麻煩、費時。
2.重大管線(如箱 涵)遷建方式(管 線橫過工區)	△ (無法利用頂 版作為支承)	○	△	○	△	<ul style="list-style-type: none"> ●(B)~(E)可利用頂版作為支承，箱涵採一次永久遷移。 ●(C)及(E)箱涵分段施工與道路復原配合較困難。
3.重大管線(如箱 涵)遷建方式(管 線平行工區)	○	○	△	○	△	<ul style="list-style-type: none"> ●(A)(B)(C)之優先次序將視管線大小、位置、高程而定。
	V. 施工					
1.施工安全、建物 保護及極軟弱地 層施工安全性	△	○ (若遇極軟弱 地層，可能必 須採用逆打工 法較為安全)	○ 同(B)	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ●除(A)外施工中上方重物、管線較無直接掉落之虞(有頂版遮護)。 ●除(A)外結構版當支撐，其強度比型鋼支撐更有利於建物保護。
2.施工品質	○	△	×	△	×	<ul style="list-style-type: none"> ●(B)~(E)頂版與側牆接頭需使用不收縮水泥灌漿。 ●(C)及(E)頂版需用鋼筋續接器。

1.上表資料主要摘自台北市政府捷運工程局新莊線建議階段明挖覆蓋工法評估(民國 86 年)價值工程建議案編號 VE-2[4]。

2.上表符號說明：○ 良好 △ 尚可 × 不良

表 6 捷運工程明挖覆蓋工法評選因素適用性優缺比較一覽表(3/3)

工 法	順打工法	逆打工法		半逆打工法		備 註
	(有覆蓋版) (A)	(有覆蓋版) (B)	(無覆蓋版) (C)	(有覆蓋版) (D)	(無覆蓋版) (E)	
評選項目：	V. 施工					
3. 施工難易度(如開挖、支撐、結構體、模板...等)	O	Δ (施工困難度次之)	×	Δ 同(B)	×	●工法(A)開挖、支撐、鋼筋及其他材料進出方便，施工較單純。
4. 天候影響	Δ	O	O	O	O	●(B)~(E)頂版可減少雨水滲入下方工作區(但影響不大)。
	VI. 環境影響					
1. 交通阻塞(延遲)	Δ	Δ	×	Δ	×	●以圍籬佔用面積與佔用時間綜合評估。
2. 噪音	×	×	Δ	×	Δ	●(C)及(E)施作頂版及覆土情況下噪音可較小。
3. 景觀衝擊	O	O	Δ	O	Δ	
4. 對商家影響	×	Δ (圍籬面積小)	×	Δ 同(B)	×	
	VII. 工作場地					
1. 工區外之工作場地受限	×	Δ	×	Δ	×	●工區附近如工作場地面積受限時選(B)及(D)較佳。
2. 頂版上方空間利用性	×	O (可考慮利用頂版上方空間)	×	O (同 B)	×	●(B)及(D)係指頂版上方淨高足夠時，可利用作為工作場地。 ●若工區附近無路外工作場地，則(B)及(D)稍佳，但對整體影響不大。

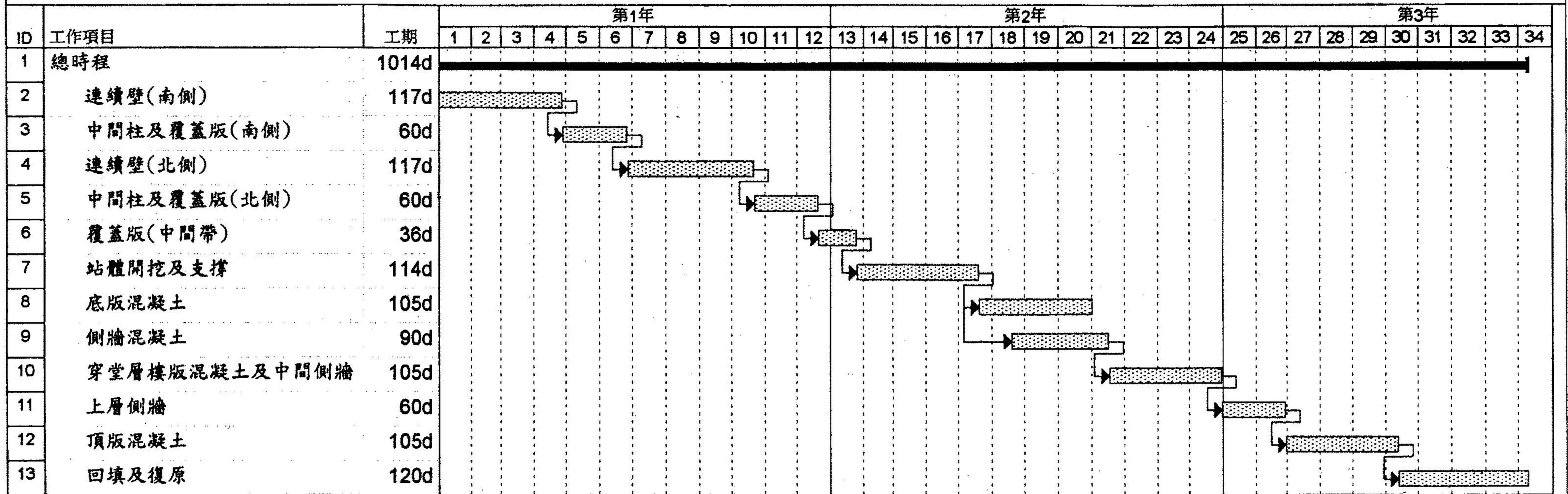
1. 上表資料主要摘自台北市政府捷運工程局新莊線建議階段明挖覆蓋工法評估(民國 86 年)價值工程建議案編號 VE-2[4]。

2. 上表符號說明：O 良好 Δ 尚可 × 不良

表 7 台北捷運初期路網明挖覆蓋段開挖構築工法一覽表

設計標別	施工標別	施工方法	側牆系統	分析方法與程式	土層分區與壁體貫入深度準則
DL159	CH218	Bottom-Up	Double Wall	Effective Stress	T2
	CH219	Semi-Top Down		Sheetpile 2	Seepage Cut-off
	CH220	Semi-Top Down			
DL160	CH221	Bottom Up	Double Wall	Effective Stress	T2/H2
	CH222			QWALLS	Seepage Cut-off
DL161	CH223	Bottom Up	Double Wall	Effective Stress	H2
	CH224			FLAC	Toe Stability
DL162	CH225	Bottom-Up	Double Wall	Effective Stress	---
	CH226			RIDO	Toe Stability
	CH227				
DL171	CN251	Bottom-Up	Combined Wall	Effective Stress	T2
	CN252			FLAC	Toe Stability
	CN253A				
	CN253B				
DL172	CN254	Semi-Top Down	Double Wall	Effective Stress	T2/K1
	CN255			Sheetpile 2	Toe Stability
	CN256				
DL173	CN257	Bottom-Up	Double Wall	Total & Effective Stress	K1
	CN258	Top-Down	Single Wall	FREW	Toe Stability
	CN259	Bottom-Up	Double Wall		
DL176	CP261	Bottom-Up	Double Wall	Effective Stress	T2
	CP262			RIDO	Seepage Cut-off
DL177	CP263	Bottom-Up	Double Wall	Effective Stress	---
	CP264			Sheetpile 2	Toe Stability
DL178	CP265	Bottom-Up	Double Wall	Effective Stress	---
	CP266			RIDO	Toe Stability
DL180	CC275	Bottom-Up	Double Wall	Effective Stress	---
	CC276			RIDO	Blow-in
DL181	CC277	Bottom-Up	Double Wall	Effective Stress	---
	CC278			RIDO	Toe Stability

明挖覆蓋工法施工工期比較 (順打工法)



預估時程
 彙總時程

圖 7 順打工法施工進度桿狀圖

明挖覆蓋工法施工工期比較 (半逆打工法)

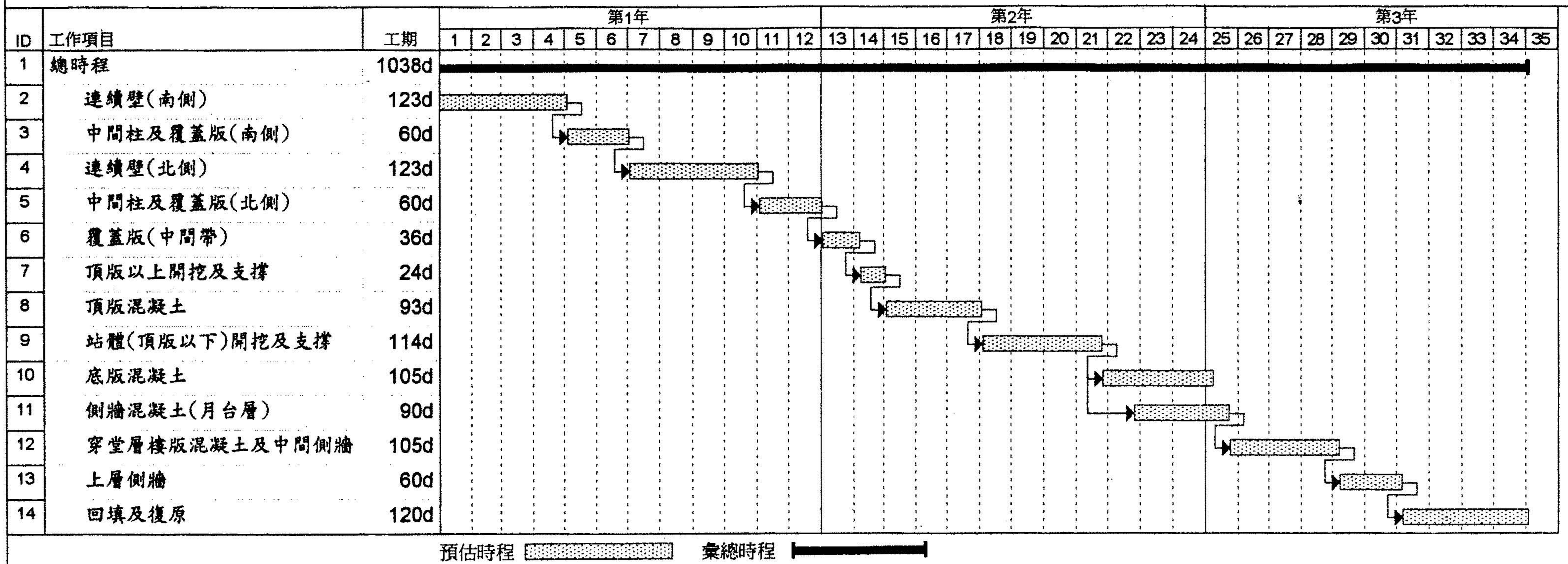
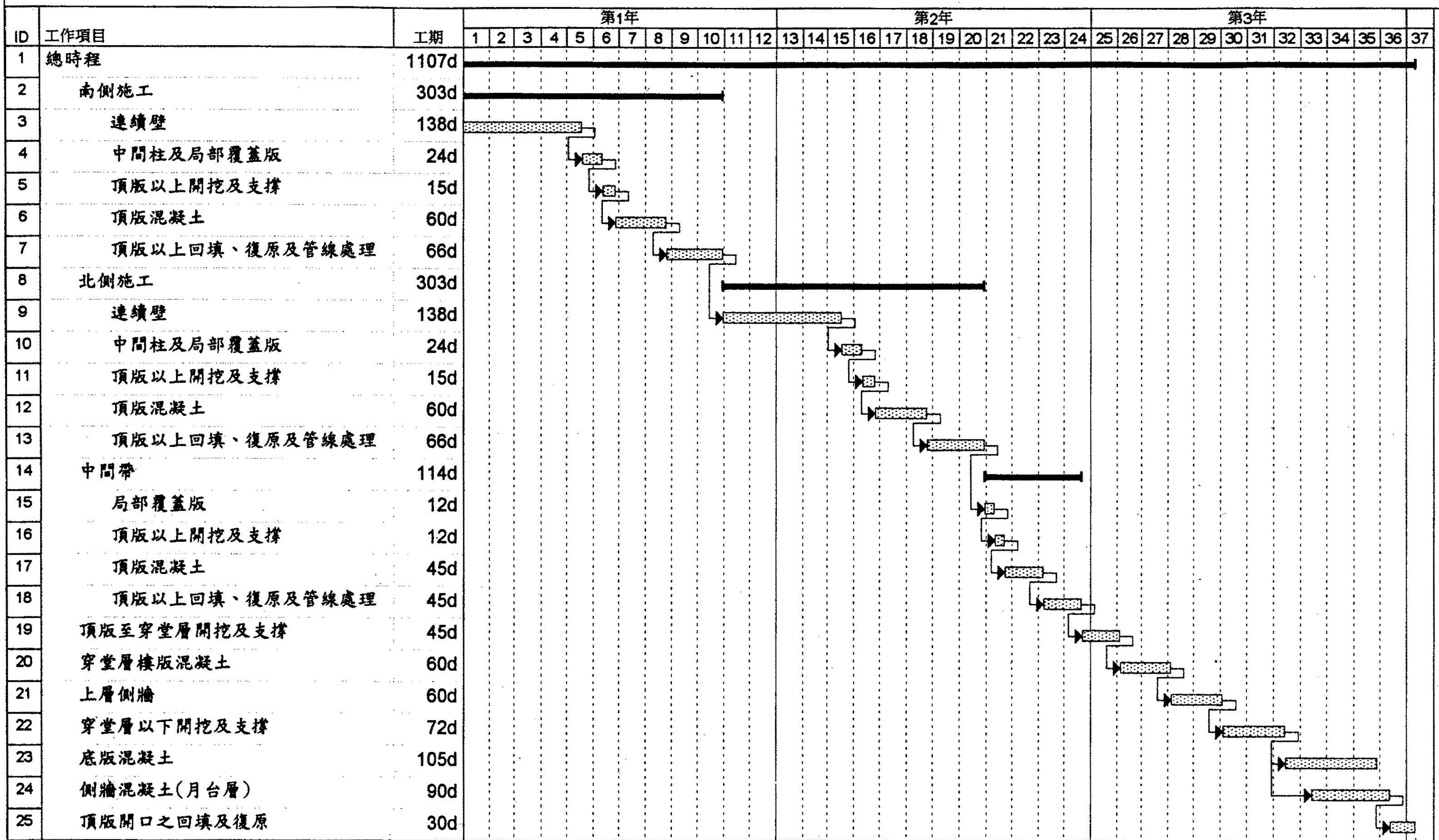


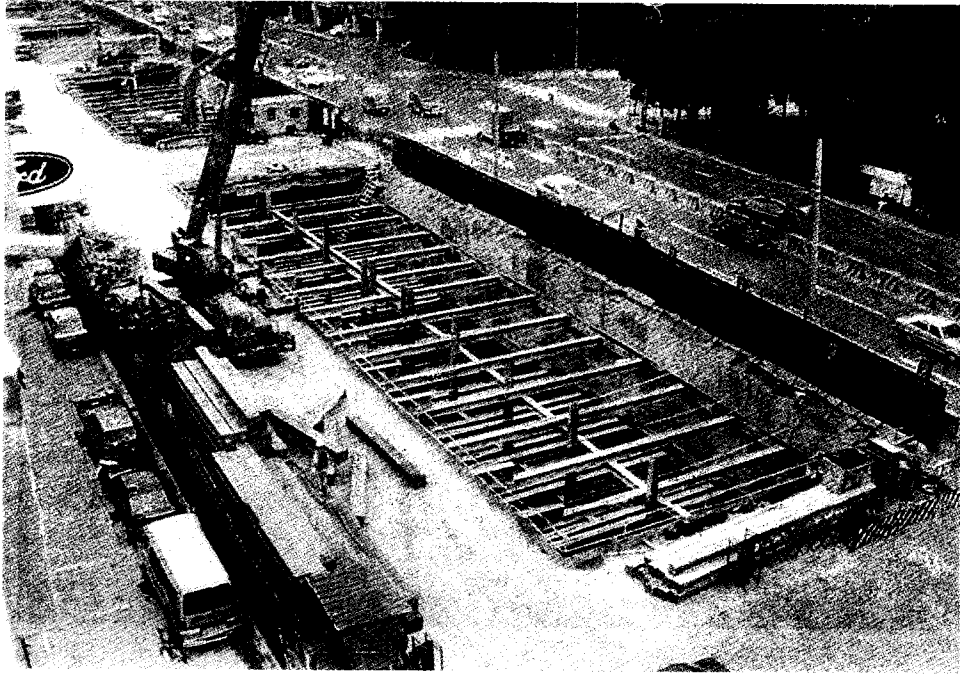
圖 8 半逆打工法施工進度桿狀圖

明挖覆蓋工法施工工期比較 (逆打工法)

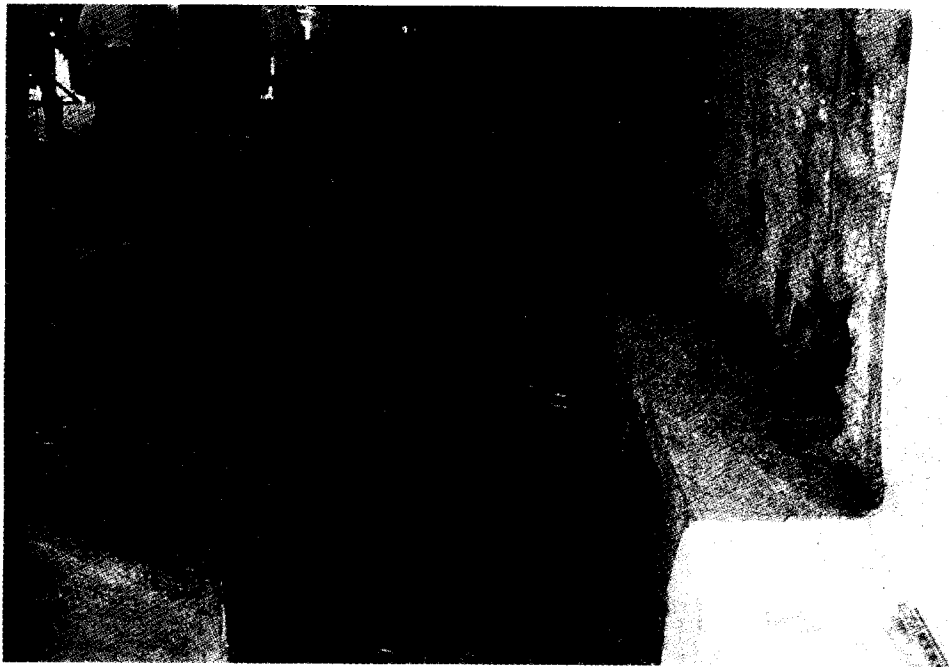


預估時程 [Dotted bar] 彙總時程 [Solid bar]

圖 9 逆打工法施工進度桿狀圖



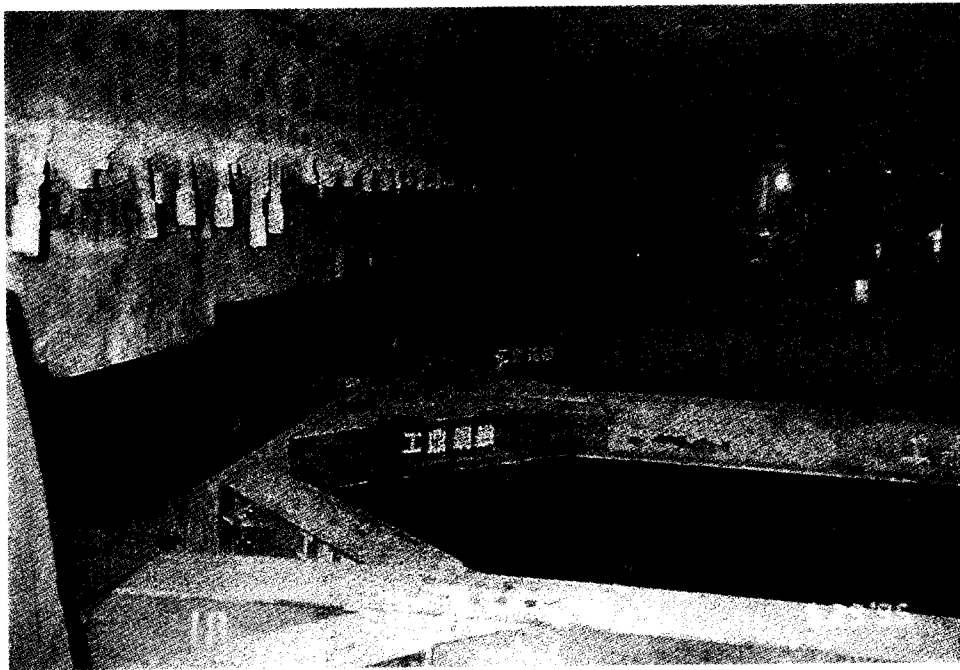
照片1 順打工法施工照片



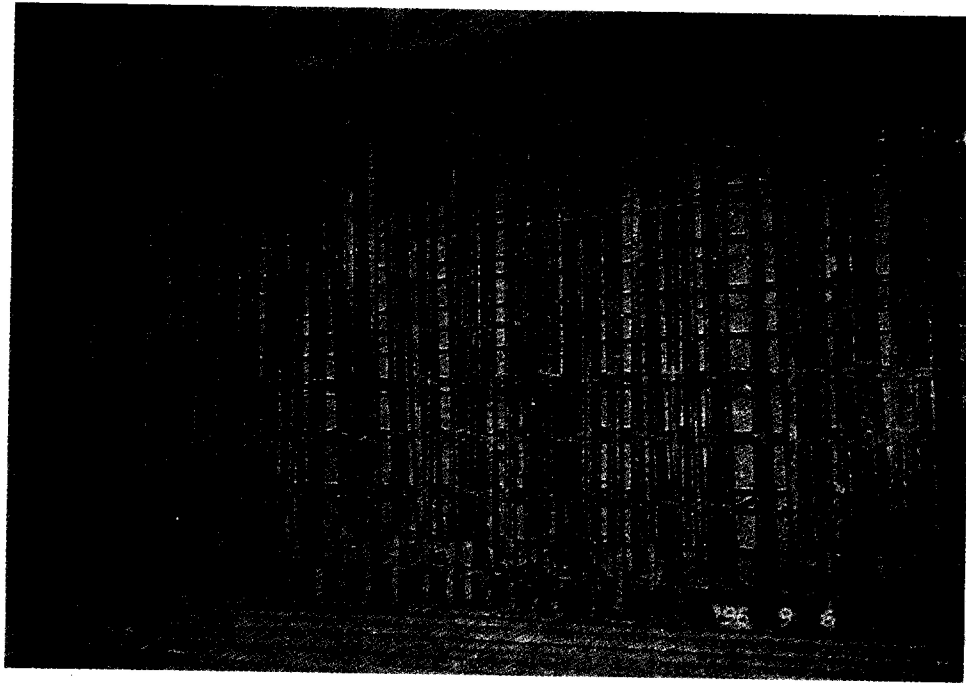
照片2 半逆打工法頂版兩端下方溝槽施作情形



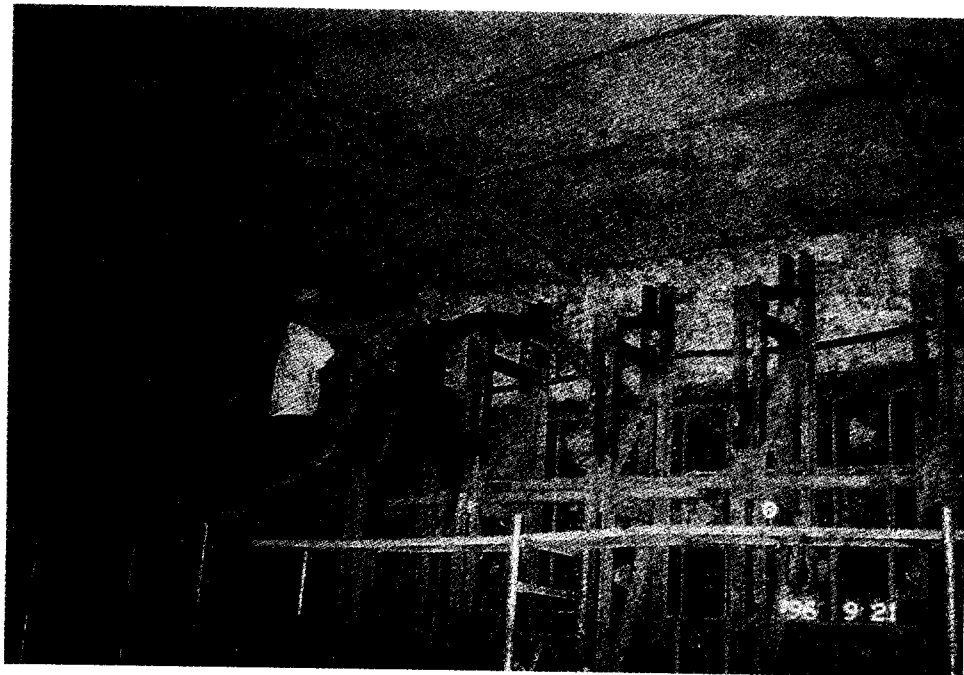
照片3 半逆打工法頂版防水膜與水平模板施作情形



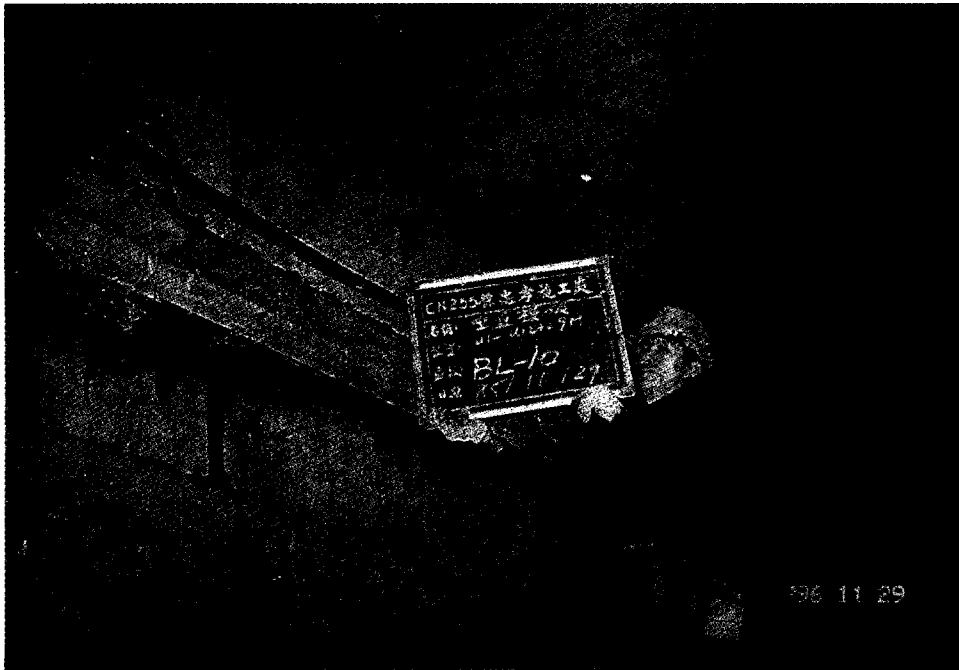
照片4 半逆打工法頂版兩側預留筋與支撐架設施工情形



照片5 半逆打工法頂版下方側牆鋼筋組立情形



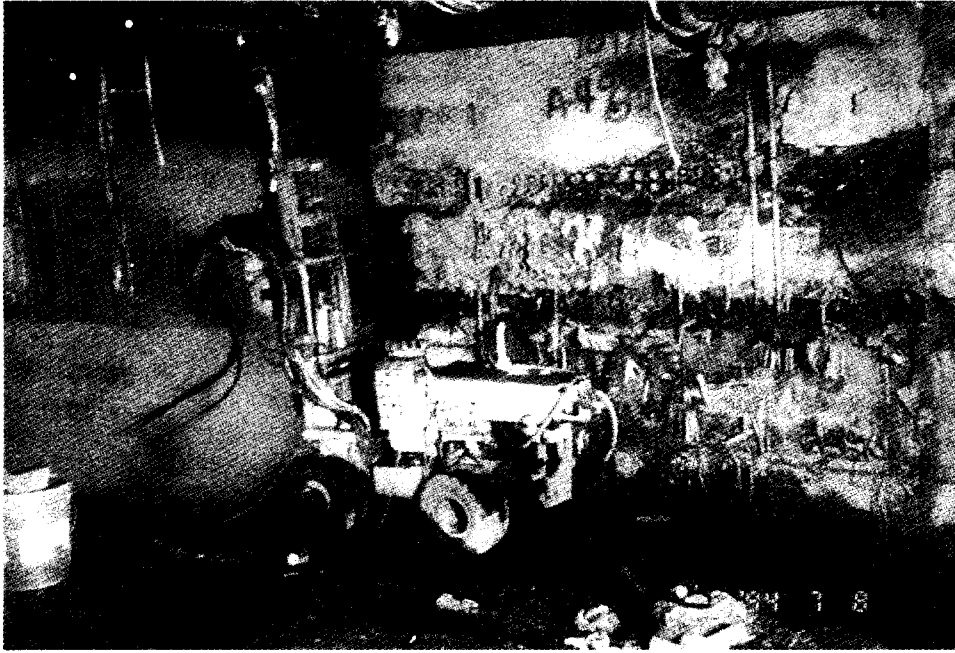
照片6 半逆打工法頂版下方側牆模版組立與混凝土澆置施工情形



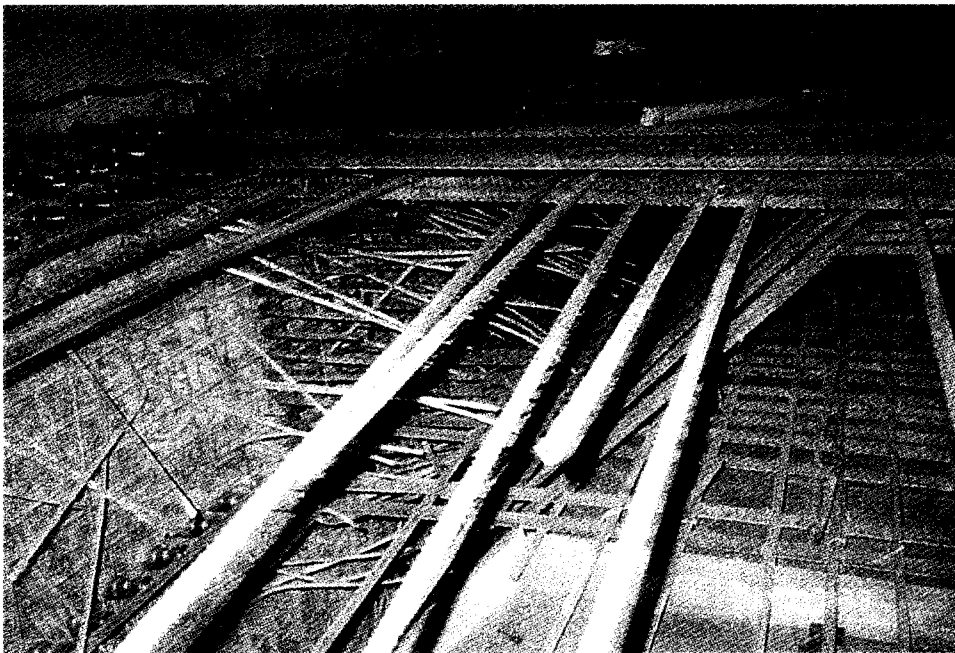
照片7 半逆打工法牆版二次工程(無收縮水泥)施工情形



照片8 逆打工法單牆結構頂版側牆預留筋及水平模板施工情形



照片9 逆打工法單牆結構機械式水刀切除壁體混凝土施工情形



照片10 逆打工法單牆結構頂版與側牆鋼筋組立情形