

# 挪威工法 ( NMT ) 在臺灣地區應用之可行性研究

研究單位：中興工程顧問股份有限公司

計畫主持人：張吉佐

類別：隧道

編號：研究報告 107

出版年月：1998 年 12 月

GPN 9124870160

## ◎摘要

挪威工法現廣泛應用於北歐地區，並有良好的成效。挪威工法以 Q 系統為核心，包括岩體評分法及各岩體等級之支撐方式，主要之支撐構件包括岩栓、鋼纖維噴凝土、鋼筋噴凝土加勁環 ( RRS )、以及澆鑄混凝土拱 ( CCA ) 等，且不再採用鋼線網加噴凝土及鋼支保，同時亦不進行二次襯砌。挪威工法之合約制度，具有相當之彈性，能依地質狀況進行工期之計算，主張合理之風險分攤、等值時間 ( equivalent time ) 之概念、以及獎勵制度，使合約之條文具有相當之公平與合理性。

由於挪威與臺灣間之地質條件差異頗大，因此 NMT 工法可能難以全盤引進。以臺灣地質條件之複雜，鋼支保及二次襯砌之施作、現地設計依據監測系統仍有其必要性。而 NATM 的仰拱閉合在不良地盤亦屬必要。惟 NMT 之若干施工觀念與方法，如鋼纖維噴凝土、鋼筋噴凝土加勁環 ( RRS ) 與桁型式鋼架支保、合約制度等仍值得參考引進。

## ◎結論與建議

### 結論

1. 挪威地體基岩為 6 億 7 千萬年前以及更早之前寒武紀，以及古生代之變質岩與變質火成岩。因地塊自 2 億 5 千萬年來幾未遭受火山與斷層活動，故在前寒武紀與古生代時造山運動所造成之破碎帶或斷層均重新岩化，膠結良好，一般岩盤品質甚佳，地體應力狀況水平應力一般高於垂直應力。  
隧道開挖變形量甚微，具擠壓性之惡劣地質不多，工程問題主要以高強度岩盤在 高地應力下所形成之岩爆為首，其次為局部出現之岩楔不穩定。大體而言挪威地質與臺灣正處於活動造山帶之地質條件有相當大之差異。
2. 挪威工法現廣泛應用於北歐地區，而其起源與該地區特有之地質、人文、環保、及政府規章等有密不可分之關係，經過資料研究及現場查訪，可以肯定 NMT 在北歐地區實施確實有良好的成效，其工程數量亦極可觀，以挪威為例，其每年完成隧道長度約為 100km ~ 200km。
3. 挪威工法以 Q 系統為核心，包括岩體評分法及各岩體等級之支撐方式，主要之支撐構件包括岩栓、鋼纖維噴凝土、鋼筋噴凝土加勁環 ( RRS )、以及澆鑄混凝土拱 ( CCA ) 等，且不再採用鋼線網加噴凝土及鋼支保，同時亦不進行二次襯砌。其 45

- m<sup>2</sup>至 100 m<sup>2</sup>隧道斷面之造價約介於新台幣 13 萬至 27 萬元( US\$4,000-8,000 )之間。
4. 挪威工法之合約制度，具有相當之彈性，能依地質狀況進行工期之計算，主張合理之風險分攤、等值時間之概念、以及獎勵制度，使合約之條文具有相當之公平與合理性。
  5. 挪威工法與新奧工法各有其擅長之範圍。在探討挪威工法在臺灣之應用時，地質的差異性應為最主要之考慮因素，由於挪威與臺灣間之地質條件差異頗大，因此 NMT 工法可能難以全盤引進。惟無論是挪威工法或新奧工法，各工法間應不具有排他性，應著眼於融合各工法之優點，改善國內隧道工程之環境，並建立適合臺灣本土環境之隧道施工方法。
  6. 經彙整國內部分專家之意見，亦認為 NMT 似難以全盤引進臺灣地區，尤其在軟岩地盤。在硬岩地區，若干 NMT 的施工觀念似可在特定狀況下，加以參考引用。
  7. 臺灣地區的地質條件與挪威等北歐國家的地質條件相差較大，因此欲全盤引進 NMT 工法似缺乏實證上的基礎。例如臺灣地區常見的擠壓性地盤與大量湧水現象在挪威並無類似案例。另一方面，與臺灣地質較類似的日本與大陸地區仍是採用 NATM，其成效不差，因此臺灣隧道工程的施工法大體上仍可沿用 NATM 工法，但 NMT 的施工特色仍可於特定情況下加以引用。

## 建議

1. 臺灣與日本的地質條件較接近，隧道開挖均無挪威月進度達到幾百公尺的條件。以日本的施工技術每月亦在 100 公尺左右，因此臺灣地區施工的效率短期內應以達到每月 100 公尺以上為目標。
2. 國內隧道工程成效較差，除技術面因素外，在制度面上的原因亦佔舉足輕重之地位，例如包商的規模過小、設備機具較差、施工管理不佳等都有影響。改善之道，首在提昇包商的施工水準，以及建立優良的營造環境。
3. 就臺灣之地質環境而言，類似挪威地質條件之地區極少，多數屬於軟岩或構造複雜之地質，因此鋼支保及二次襯砌之施作仍有其必要性。以地質條件與臺灣相似之日本為例，其隧道支撐亦不能免除鋼支保與二次襯砌之採用。
4. NMT 工法不重視監測系統及仰拱閉合，鑑於臺灣地質的多變性及複雜性，隧道施工中作為現地設計依據的監測系統仍有必要。另一方面 NATM 的仰拱閉合在不良地盤內仍屬必要。
5. 鋼纖維噴凝土在臺灣仍處於起步階段，國內已有明潭地下電廠、二高蘭潭隧道、以及東改局新南澳隧道等案例採用，且初步評估其成效亦尚稱良好。未來如能將鋼纖維噴凝土之施作成本加以降低，且施工技術逐漸成熟後，鋼纖維噴凝土於隧道工程中大量使用應可預期。
6. 鋼纖維噴凝土加勁環 ( RRS ) 所使用的鋼筋只有一層，主要功能仍僅止於噴凝土之加勁，恐無法取代較重型的支保。但桁型鋼架支保是採用雙層鋼筋，承力功能較佳，且於噴凝土包覆之前即具支撐力。鑑於鋼支保確實有組立不易及噴凝土無法密實的缺點，RRS 或桁型鋼架支保均有推行之價值。
7. 挪威工法之合約制度，如彈性工期制度、提前完工獎勵制度等，尤其是彈性工期制度，以等值時間之觀念，隧道在遭遇困難或變更設計時，得依各項工作所需之單位時間，合理計算所需增減之工作時間，以彈性調整工期，值得國內參考。