

**書名：Support of Underground Excavation in Hard Rock**  
**作者：E. Hoek, P.K. Kaiser, 及 W.F. Bawden**  
**發行：Balkema(1998)**

林三賢\*

從事岩石或隧道相關工程的工程師們想必都曾閱讀過Hoek及Brown於1980年出版的經典著作-Underground Excavation in Rock一書。Hoek等人，經前書發行後16年，於1996年鑑於隧道、地下礦坑開挖等工程施工之安全與經濟性之主要因素之一為選擇正確的支撐系統以確保開挖維持穩定，而再度出版本書。書中討論到之支撐系統包括岩栓、岩錨、噴凝土及其他加勁材，其均必須與岩體所採用之開挖技術及開挖所需之行為等特性配合。書中詳細描述支撐系統需求、所需之調查以及設計，並介紹了世界各地多個正確支撐設置案例之詳實資料。

本書共分十五章及詳細完整的參考文獻。附錄中並提供於書中所採用之分析電腦程式之訊息。第一章針對岩石支撐設計做了概述。第二章則以危害度分析的理念介紹於設計中如何評估所能接受之風險度以及應用可靠度設計之觀念及或然率無法應用之問題等。第三章則主要針對如何收集地質及結構地質之資訊及資料以及如何分析等項目加以說明。岩體分類則置於第四章，分別介紹了Terzaghi's之岩體分類、RMR及Q法等分類法，本章中並說明如何估計現地之變形模數。有關不連續面之剪力強度則於第五章中介紹，其中包含平滑及粗糙不連續面之剪力強度以及可能夾泥或有水壓存在之影響等。

第六章介紹如何以結構式控制不穩定之分析方法，含如何錨定可能之楔形及以岩栓及噴凝土控制楔形破壞之分析法，以及開挖程序之改良，或然率觀念之應用等主要問

題。第七章則針對現地及誘發應力等問題作討論，並介紹了如何應用數值分析法分析誘發應力之應用。第八章則檢討岩石及岩體之強度以及破壞準則之介紹。第九章探討過度受應力作用岩石之支撐設計改良及分析，首先定義此類岩體之破壞準則，再而介紹如何分析其隧道行為，並加以比較採用支撐及不支撐之變形行為，並評估支撐能力。第十章則討論巨大脆性岩石之漸近剝落行為及其對地下開挖之影響。本章並列舉於加拿大、智利等地實際案例作詳細說明以及作者們於南非所遇問題之處理經驗有了詳實之報導。支撐設計之應用則主要為岩栓及噴凝土。

第十一章介紹了典型支撐系統之應用及世界各地之實際案例應用情況分析。其中一個案例為我國明潭抽蓄水利發電廠的例子，作者們於文中詳細介紹了此案例如何正確使用支撐系統。第十二章則分別介紹Rockbolt(主要係指平滑剛棒，一端以機械式錨，另一端則有面板及螺帽)及Dowel(主要指deformed鋼筋)兩大類岩栓或岩錨。有關Rockbolt介紹了機械式錨定及樹脂類兩種。Dowel則含灌漿式、摩擦式或劈裂式以及Swellex等四大類，以及各種岩栓、岩錨之受力-變形特性。於第十三章則介紹鋼腱式支撐系統之特性、種類、強度與施工等問題。第十四章首先介紹了穩定圖法(Stability Graph Method)，再而介紹如何應用此法於鋼腱式支撐之設計及實際工程分析之應用。最後一章，第十五章則介紹噴凝土之技術，含濕式、乾式噴凝土之介紹，鋼纖維及

微矽噴凝土以及掛網噴凝土之行為及應用與設計考量。

本書另一特色是，書中大量採用電腦軟體作為分析及設計之應用。所用之電腦軟體係由Hoek博士等人所開發之軟體，書本附錄中亦提供如何採購這些軟體及資料之訊息。整體而言，本書雖與1980年Hoek 與Brown所著內容有部分重疊，不過，本書則另提供了最新的支撐系統資料以及如何設計、分析等內容。最可貴的是，本書亦提供了世界各地近十五年來相關工程之實際案例分析並詳細報導，可供相關工程界朋友們參考。