

出國報告（出國類別：其他）

2014年參加
國際隧道工程協會研討會

服務機關：交通部臺灣區國道新建工程局

姓名職稱：正工程司 史朝財

派赴國家：巴西

出國期間：103年5月10日~5月16日

報告日期：102年6月

目錄

一、前言.....	2
二、目的.....	2
三、行程紀要.....	3
四、國際隧道工程會議	4
4.1 國際隧道工程會議主題及內容.....	4
4.2 巴西整體運輸建設的挑戰與目標.....	8
4.3 隧導引領更美好的生活	9
4.4 傳統隧道工法的發展及挑戰	11
4.5 地面下工程自規設至施工期間獨立的同行審查	12
4.6 FIDIC 標準契約格式應於地面下工程之探討	18
4.7 透過地下空間應用促進都市的永續發展	22
4.8 以主動的風險管理降低工程保險費用及隧道標案成本	27
五、心得與感想	33

一、前言

世界隧道會議(World Tunnel Congress，簡稱WTC)係由國際隧道協會(ITA)主辦，為國際隧道領域年度最具影響力會議。WTC透過年會的舉行為各國專家學者提供技術與學術交流的機會，同時於會議期間同行舉行之展覽，也成為各國相關企業和研究機構展現最新隧道工程研究成果、技術、設備及材料資訊交流的平臺。今年（2014年）於5月9日至15日於巴西伊瓜蘇瀑布市舉行，有來自世界各國家會員和地區的專家及學者與會。

我國參加本次會議計有隧道協會人員並未正式組團，分別由代表台北科技大學王泰典教授，於大會發表論文的中興大學壽克堅教授及本局本人以個別身分參加。

由於本次會議於巴西伊蘇瀑布市舉行，大會規劃安排著名的ITAIPU水力發電廠之工程觀摩。

二、目的

交通部國道新建工程局(以下簡稱本局)有鑒於國際工程隧道協會每年均選擇當今世界興建特殊或重大工程之都會辦理研討會。參與該研討會將有利與國際隧道工程界直接交流，俾引進新理念、新技術、創新及更優良設施於本局未來規劃設計之隧道工程及地下工程中，拓展本局了解世界之工程概況，並進而提升國內技術，對本局新建工程計畫有相當程度之助益，派員參加本研討會可實際可直接了解及收集最新國際隧道設計施工、理念及實務經驗，有助於提升本局及國內之工程水準。故陳報計畫並於奉核後派員出席。

三、行程紀要

本次參加於巴西伊蘇瀑布市舉行之2014年國際隧道工程會議，於民國103年5月10日出發於當地時間5月11日抵達，參加5月12日至14舉行的年會。並於5月13日下午依大會規劃梯次至ITAIPU水力發電廠觀摩，詳見表3-1。

表 3-1 行程概要表

日期	上午	下午
5/10(六)		桃園→杜拜(轉機)(阿酋航空)
5/11(日)	杜拜→里約熱內盧(阿酋航空)	里約熱內盧→伊瓜蘇瀑布市(TAM 航空)
5/12(一)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 世界隧道會議報到及參加會議 Opening Ceremony & Muir Wood Lecture/ Keynote Lecture 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 參加會議 Technical Sessions
5/13(二)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 參加會議 WG and Committees Publications presentation/ ITA Open Session 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ITAIPU 水力發電廠觀摩
5/14(三)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 參加會議 Technical Sessions 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 參加會議/伊瓜蘇瀑布市→里約熱內盧(GAO 航空) Technical Session
5/15(四)	里約熱內盧→杜拜(阿酋航空)	里約熱內盧→杜拜(阿酋航空)
5/16(五)	杜拜→桃園(阿酋航空)	杜拜→桃園(阿酋航空)

四、國際隧道工程會議

4.1 國際隧道工程會議主題及內容

本屆國際隧道工程會議主題為” Tunnel for a better life” ，研討會主題及議程(如圖4.1.1)所示。

於完成報到手續之後隨即參加開幕典禮(如附圖4.1.2)。典禮過程中分別由ITA主席Soren Degen Eskesen 及巴西隧道協會主席Hugo C. Rocha分別致詞，並邀請阿根廷交通部門主管介紹布宜諾斯艾利斯捷運路網拓展進程。

ITA主席在致詞中(如附圖4.1.3)特別闡述本屆年會主題「隧導引領更美好的生活(Tunnel for a better life)」，籍由各項隧道工程在供水、排水或交通運輸等各項功能，對於人類生命維維護及生活品質提昇的貢獻。各項地工程技術已廣泛應用於開發地面下之礦產及再生能源等天然資源。ITA在年會期間在公開議題(Open Session)特別開闢「地下空間及天然資源(Underground Space and Natural Resources)」議題，探討未來各項發展的可能性。

巴西隧道協會長則以「隧道技術與伊瓜蘇瀑布之美(Tunnel technique and natural beauty in Iguassu Falls)」以ITAIPU發電廠建設及伊瓜蘇瀑布為例，說明工程技術與大自然文化是可兼容並存。

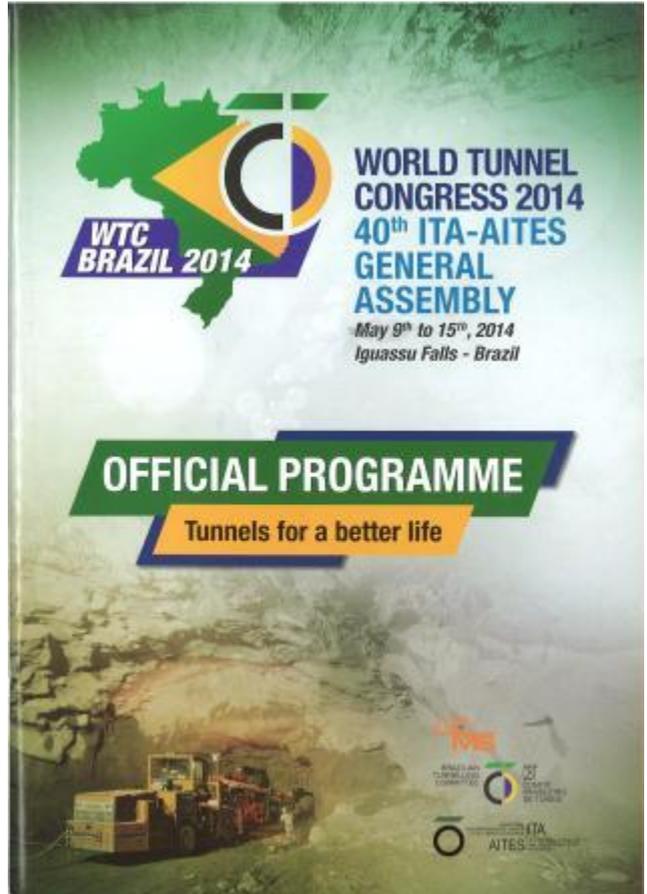
此外，本次參加大會的各國產、官、學界人員及和國際組織會員廣泛交流隧道工程領域的最新學術成果，於本屆會議為期3天期間舉行多場次的專題報告，以及論文展覽等更值得了解學習。

研討會分別以技術研討會(Technical Session)及壁報研討(Agora Poster Presentation)方式進行，其中技術研討會共分為下列子題討論：

(1)Site Investigation and Monitoring; (2)Planning and Design of Underground Structures; (3)Innovations in Mechanized Tunnelling; (4)Site Investigation and Monitoring; (5)Planning and Design of Underground Structures; (6)Innovations in

Conventional Tunnelling; (7)Tunnels and Underground Structure for Hydroschemes / Tunnels and Underground Structures for Mining; (8)Planning and Design of Underground Structures; (9)Innovation in Mechanized Tunneling; (10)Tunnels and Underground Structures for Storage / Tunnels and Underground Structures for Mining; (11)Planning and Design of Underground Structures; (12)Innovations in Cut and Cover and immersed Tunnelling; (13)Tunnel Operation, Safety, Maintenance, Rehabilitation, Renovation and Repair / Innovations; (14)Risk Management, Contractual and Insurance Aspects; (15)Learning From Case Histories; (16)Tunnel Operation, Safety, Maintenance, Rehabilitation, Renovation and Repair; (17)Planning and Design of Underground Structure; (18)Learning From Case Histories; (19)Innovations in Materials; (20)Innovation in Conventional Tunnelling; (21)Learning from Case Histories / Innovations in Conventional Tunneling; (22) Design and Construction Shafts; (23)innovations in Mechanized Tunnelling; (24)Rock Tunnelling in South America.

本報告擷取研討會專題演講及部分論文簡要說明如後。



PROGRAMME SCHEDULE

International Conference parallel
 Session in Portuguese
 Session in French

	Friday (9/5)	Saturday (10/5)	Sunday (11/5)	Monday (12/5)	Tuesday (13/5)	Wednesday (14/5)	Thursday (15/5)	
8:30 - 9:00								8:30 - 9:00
9:00 - 9:30				Opening Ceremony & Muir Wood Lecture Q, page 26				9:30 - 9:30
9:30 - 10:00								9:30 - 10:00
10:00 - 10:30								10:00 - 10:30
10:30 - 11:00								10:30 - 11:00
11:00 - 11:30			ITA General Assembly 1 					11:00 - 11:30
11:30 - 12:00								11:30 - 12:00
12:00 - 12:30								12:00 - 12:30
12:30 - 14:00	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	Technical Tours Q, page 24	12:30 - 14:00
14:00 - 14:30	Training Course	ITA ExCo Meeting	Registration	Technical Sessions Q, page 36	Registration	Technical Sessions Q, page 37		14:00 - 14:30
14:30 - 15:00	ITA Site Visit	Coffee Break	ITA WG Meetings	Coffee	ITA Open Session (10:00 - 13:00) Q, page 42	ITA Meetings		15:00 - 15:30
15:00 - 15:30								15:00 - 15:30
15:30 - 16:00								15:30 - 16:00
16:00 - 16:30		EuCo WG Arrivals Meeting		ITA WG Meetings				16:00 - 16:30
16:30 - 17:00								16:30 - 17:00
17:00 - 17:30								17:00 - 17:30
17:30 - 18:00								17:30 - 18:00
18:00 - 18:30								18:00 - 18:30
18:30 - 20:00			Cultural Events & WTC Welcome Reception					18:30 - 20:00
20:00 - 22:30		ITA Reception (By Invitation)				Gala Dinner		20:00 - 22:30

World Tunnel Congress 2014 | May 9th to 15th, 2014 | Iguassu Falls - Brazil
 May 9th to 15th, 2014 | World Tunnel Congress 2014 | Iguassu Falls - Brazil | 40th ITA-AITES General Assembly

圖4.1.1 研討會主題及議程表



圖4..1.2 參加ITA舉辦WTC2014年會



圖 4.1.3 ITA 主席 Soren Degn Ekesen 於開幕典禮致詞

4.2 巴西整體運輸建設的挑戰與目標

工商業發展使得人口向都會區集中的現象，即便幅員廣大的巴西，也必須加強建設各都會區內居民生活所需的交通、給水、能源及防災等機能，而隧道是該等建設的重要選項。

目前巴西全境共有42公里長的隧道工程正在施工。由北至南正逐步提昇各城市的基礎建設，此外還有超35公里長的隧道工程也將在近期內開始進行。依據各個都市運輸需求所規劃的路網，而隧道等地面下工程是其中重要的工程項目。

巴西聯邦政府自2012年開始推動的運輸投資計畫(PIL - Logistics Investment Program)包括金額高達900億BRL長度達11,000公里的鐵路(如附圖4.2.1)，由於該計畫內各子計畫仍於設計階段所包含之隧道長度仍未確定，預估隧道長度約在113至230公里之間。

此外都會區隧道也是地面下工程重要的部分，具有改善聖保羅市南區交通功能的Santos - Guaruja 計畫即為重要案例。該計畫包含兩座三車道斷面147m²，寬度15.7m，設置緊急停車彎部分斷面達168m²。

規劃中的高速公路計畫(TAV, High-Speed Train) 是巴西目前最受矚目、最重要的經濟計畫。TAV最營運速度為350km/h，全長510公里，直達車預估旅行時間約為1小時33分鐘。該計畫隧道長度達90.9公里，其中46.6公里位於都會區，44.3公里位於郊區。該計畫目前正進行特許廠商評選作業。

其他多項的隧道規劃、設計案正進行中，例如聖保羅地下鐵路計畫、多項都會區隧道、場站隧道、聖保羅都會區供水系統等。

以上所列僅為巴西地面下工程的一部分，但已足以明確顯示隧道工程的需求規模。雖然受全球經濟發展遲滯的影響，但都會區基礎建設需求仍然持續成長，在巴西土木工程師和所參與者的共同努力之下，應運最佳的設計及施工技術完成符合需求的工程是可以樂觀預期的。



圖4.2.1 巴西高速鐵路規劃路線圖

4.3 隧導引領更美好的生活

近年來美國波士頓高架橋系統地下化及西班牙巴塞隆納排水系統地下化等著名的案例，顯示以減少阻隔而有效提昇都會區土地利用的績效，對於增進民眾生活的貢獻是有目共睹。然而該等績效並非唾手可得，而是需要工程師、營建業及相關人員共同投入高超的專業技術能力才可能完成。

該等都會區地下工程，受現於現地狀況，傳統以選線迴避障礙的彈性大幅受限，面對損壞容許極小的狀況(例如經過德國科隆大教堂下方的捷運工程及西班高鐵路通過巴塞隆納由勝家堂教堂及米接之家下方通過等)工程師必須以更周密的規劃、透過工法的選擇、施工步驟的規劃、選用適當的材料、審慎施作、嚴格監測及靈活的應變作為才得以順利完成，且將對周遭影響降至最低。

工程師對於工程效能及資源的應用要有更靈活的思考，例如馬來西亞吉隆坡車行隧道於降雨強度達一定限度即調度作為都會區排洪道。此等作為在工程上應無太高的難度，而實務調度必須管理者和使用者都熟悉操作規則及程序才能發揮其功能，或者發生負面效果。

都會區隧道最主要的挑戰為安全及成本，二者都與地質狀況有密切關

聯。因此在設計階段對於各項不確定因素及可能風險都需加以評估處理。施工期間的造成安全問題的因素，依據以往案例可歸納為：都會環境 (Urban Environment)、地質情況 (Ground Condition) 及風險情境 (Risk Scenarios)。由保險業者統計發現造成都會隧道安全事故的原因依序為：設計問題 (Design)、施工管理 (Construction Management)、天災 (Force Majeure)、地質調查不實 (Insufficient Ground Investigation)。這些因素都是工程師在規劃設計階段乃至於施工階段都需注意的環節。

至於如何建立堅強可靠的隧道專業，必須作標案準備階段做起。在編製發包文前必須盡可能進行地質調查作業及蒐集完整的土工資料。

而發包文件必須能完整展現地質力學機制、隧道結構機制、設計條件、設計計算及模擬的方式及完整性及監測的警戒值等。該等文件必須經由資深且具有實務經驗的專業人員予以審核。

施工作業階段則必須注重工法效益及施工安全與成本效益的關係；品質管理則必須兼顧材料及服務(施工及監造等)品質，整合風險管理及營建管理(應變計畫及應變作業)。透過第三方的稽查，全面發掘可能造成問題的關鍵原因。運用工程保險等風險分攤等手法進行風險管理，以避免承擔超出(財務)能力所能承受的風險。

在因應都會隧道成本的各项問題時，應就工程所面臨的內、外在成本進行分析。工程本身成本分析包括用地徵收成本、施工期間所造成損失補償成本及影響鄰近產業價值之成本。外在成本包括社會及環境的利益，例如完工後所節省的時間成本、所減省的能源支出、所減少的环境污染及對於生產力提昇等。

隧道等地面下工程都會面臨開挖、沈陷等對環境所造成衝擊等問題。而該等問題等種類及嚴重程度也依都會區捷運、能源運輸及儲存或採礦等不同工程作業屬性而異。而這些問題也正是隧道專業的挑戰。

面臨各項問題挑戰，業界已有陸續發展出開挖面前端鑽探地調及線上即監測自動控制、線上即時繪製地質圖及以3D繪圖模擬設計行為及監測

等輔助工法，以提昇隧道專業的作業效率。

以隧導引領更美好的生活 (Tunnel for a better life)是個明確的目標，透過可靠耐用的地面下工程提供解決社會與環境問題的方案。此等挑戰無法由主辦單位、規劃設計單位或營建業者單獨面對，而需由主辦單位、規劃設計單及營建業共同組成的隧道專業共同解決才得以因應。解決此等挑戰必須由整體成本觀念，以更廣的視野尋求解決方案及更創新的工法才得逐步實現目標。

4.4 傳統隧道工法的發展及挑戰

以全斷面隧道鑽掘機(Tunnel Boring Machine, TBM)施工已成為隧道工程的主流。但在某些狀況，例如軟弱地盤或短隧道，NATM等傳統隧道工法仍有其適用的條件。

傳統隧道工法常見的風險有：

- 剝落
- 剪力破壞
- 抽坍
- 擠壓
- 膨脹
- 過量變形或沈陷
- 表面破裂
- 結構損壞
- 重建費用支出
- 營收損失
- 財務成本
- 工期展延
- 傷亡

傳統隧道工法所面臨的挑戰：

技術方面：

- 地質及地工部分，岩體分類認定差異及後續因應作為。
- 開挖及支撐方法：可能衍生的問題包括：開挖順序、開挖方法及輔助監測等。

契約方面：

- 契約執行方式：常見的隧道工程契約方式，設計發包施工以不同契約分段辦理(EPC)、設計發包施工維護分段以不同契約辦理(EPCM)、興建及營運契約(BOT)、統包契約(DB)或總價契約(LS)。各有其優缺點及適用條件。
- 風險分攤：由主辦機關依其風險評估結果透過契約將部分風險轉由承包商承擔；承包商依其風險承商能力進行風險評估，超出承擔能力外者以保險等方式處理。
- 補貼：契約條文規定不同成本限額，並予承包商不同額度的利潤或補貼。

面對各項挑戰，地工工程師在傳統隧道工程中應隨時掌握監測數據資料，研判變形量等各種狀況是否允許範圍內，如有超出應即採取設置岩釘等適當因應措施，並持續監測處置各項數據。各項作為及監測數據資料應詳細彙整記錄並回饋至規劃設計單位以作為後續工程之參考。

4.5 地面下工程自規設至施工期間獨立的同行審查

人口增加使得都會區不斷擴大，人口密度提高，促使都會區交通運輸需求急遽增加，進而推動大型基礎建設的執行。大型地面下工程的推動，無可避免的必須拆除或保護部分現有建築結構物及對鄰近現有地面下結構物造成影響。為了確新建地面下工程及鄰近結構物的服務性(serviceability)，自規劃設計至施工期間，由獨立於施工團隊以外的同行審查是有必要的。獨立的同行審查係以依據初審-復審原則(4-eye-principle)進行，以避免於施工階段修改設計內容而造成工期的延誤及額外的成本支出，在比較極端案例可能避免事故或人員體傷、死亡事故的發生。

由設計的經濟及安全觀點，隧道的設計必須考量下列因素：

- 由合格的專業人員辦理規劃、設計及施工作業
- 地工工程師及結構工程師必須有良好的互動聯繫
- 由地質鑽探及現地與試驗室取得所需之地質資料
- 以有限元素法(FEM)進行設計及變形量分析
- 由獨立的同行以初審-復審原則進行審查及其他監測方法進行品質保證作業

上述各項對於地質條件不佳、地下水位狀複雜或位於都會區的隧道工程尤為重要。

都會區隧道工程經常必須通過超高大樓或世界文化遺產等高敏感度的區域。

品質管理計畫在規劃階段初期就必須訂定，並涵蓋設計及施工階段。在較特殊的標案，品質管理計畫可能延續至標案開放使用的第一年。

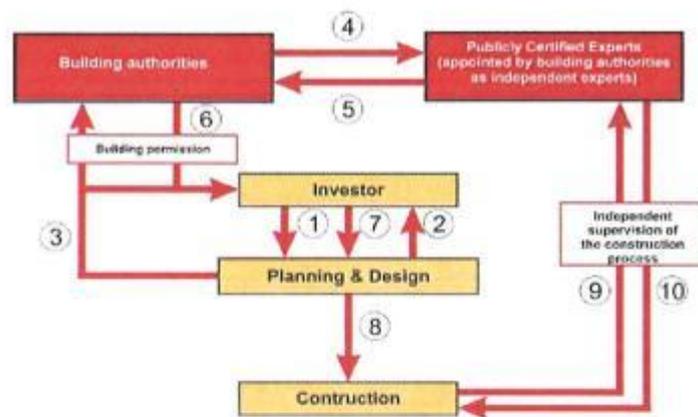
1.獨立的同行審查

獨立的同行審查是品質保證的一環。其作業程序(如附圖4.5.1)包括三部分，其中業主(investor)、設計單位及工程承包商屬於第一部分。建管等相關主管單位為第二部分。由建管等關主辦機關(building authority)指派，獨立運作且獲有資格認證的專業人士為第三部分，負責規劃、設計及施工階段就各項專業技術的審查監督。第三部分人員以地工專業人士為例，必須大學相關科系畢業並有豐富實務經驗才能獲得相關主管機關的資格認證。

工程進行期間如發生災損、倒塌等事故，獲有資格認證的人員可以參與事故鑑定，及提出後續作為的建議。

2.監測方法

所有隧道工程標案使用的監測方法都可以應用，尤其隧道及開挖面的變形量分析。而監測的範圍並不局限於確認結構的穩定性(stability)及服務性。



①	Assignment
②	Handover of the planning/ design
③	Request for building permission
④	Assignment of publicly certified experts
⑤	Result of the audit
⑥	Building permission
⑦	Transfer of building permission
⑧	Planning for construction
⑨	Information about start of construction
⑩	Independent supervision of the construction process

圖4.5.1 獨立的同行審查作業程序

監測計畫通常結合施工前及施工中各項地調資料、理論模型及應變作為等（運作原則如附圖4.5.2）。監測計畫最重要的觀念是能確認所有潛在破壞的機制，而在計畫中則以具體的作為展現。各項監測在設計階段即應訂定合適的精確度及行動值。依據監測系統的複雜程度及監測計畫規模，在規劃階段即應擬訂應變作為。

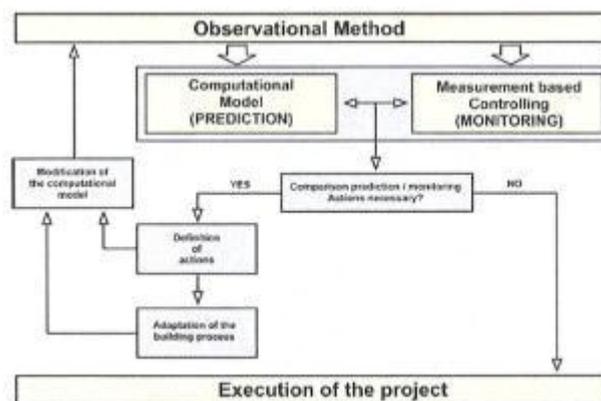


圖4.5.2 監測計畫運作原則

在邊界條件較為困難的標案，施工期間應以監測的數據資料確認設計的妥適性，必要時將監測作業延續到工程開放期間。

通常現有建物對於新建工程所造成衝擊的容忍程度相當低。因此使得新建隧道工程除了面臨地質及地下水的復雜問題以外，還需要處理對現有建物的影響，而可能造的何種影響及影響程度如何，即便最先進的計算方法也難以精確預估。

要確保現有建物及新建隧道工程的安全及工作性，唯有以高精確度的地調資料為基礎持續進行數位模擬分析，及施工期間妥適的監測與應變作業才得以達成。

監測計畫通常包含下列項目：

- 以各項運算模式進行預測
- 訂定各項監測值研判的級距值
- 精確及長久性的新建/拆除作業監測
- 獨立於新建/拆除作業以外，受影響建物的獨立安全系統

監測計畫為品質保證的工具，用以確認設計階段所應用的各項參數的及相關計算妥適性，以確保施工的安全性及經濟性。

3.案例說明

2010至2012年期間西班牙新建馬德里經巴塞隆納至法國邊境的高速鐵路(AVE)，其中5.6公里穿越巴塞隆納市區，並緊鄰通過列為世界文化遺產的勝家堂教堂(Sagrada Familia)及米拉之家(Casa Mila)下方。針對這兩棟特殊建築，針對隧道施工期間的測量及相關控制作業訂有特別規定。隧道以土壓平衡式(EPB)全斷面隧道鑽掘機(TBM)施工，隧道外徑11.55m，隧道底面距離地表最深達40 m，平均地下水深度位於隧道底面上方約19 m，24小時施工及監測。

路線通過巴塞隆納市中心較平坦區域，TBM通過的地層多屬第三紀層(tertiary layers) (如附圖4.5.3)。該二特殊建築之地質及地下水狀況如下：

- 填土厚度最深約2m
- 第四紀砂質粉土及砂質粉土厚度約4到10m

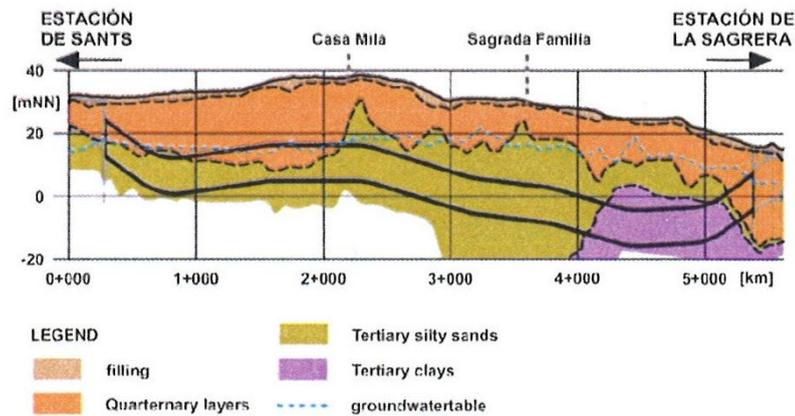


圖4.5.3 AVE通過勝家堂附近地質示意圖

勝家堂教堂為樁基礎，主殿下方樁長預估約20m，但實際長度無法確認。而AVE隧道於教堂水平距離約4m，深度約37m平行正門方向通過(如附圖4.5.4)。為確保教堂不因沈陷而發生破壞，施工單位在教堂正門與隧道之間打設排樁保護，排樁直徑1.5m，間距2 m，打設度長約40m。在米拉之家同樣以打設排樁方式保護，排樁直徑1.2 m，長度約37m。由施工期間監測，因排樁打設所產的的沈陷約0.1cm，而TBM於2011年通過時，所發生的沈陷值低於0.1cm。

3.1開挖方式

隧道係採土壓平衡式(EPB)TBM開挖。開挖過程土壤可能因為開挖擾動或孔隙水壓變所造成的應力變化而致發生沈陷，可藉由開挖面與TBM盾殼間的土壤及TBM盾尾的加壓提供必要的支撐而將沈陷量降至最低。

3.2監測

施工期間為確保AVE隧道及鄰近建物的安全，施工團隊依據歐盟規範EC 7進行監測作業。在巴塞隆納地區的監測系統以由各項地工監測儀器及感應裝所構成的嚴密網路所獲得之監測資料及TBM作業參數(推進速度及掘削頭扭距)等各項據進行各項研判。

施工過程監測結果，隧道全線之沈陷量未超過0.5cm。在黏土與砂質粉土交界區域局部有小於0.1cm的隆起。隧道底面以上之地下水位變化並不明顯。各項變位的警戒值為0.1cm。

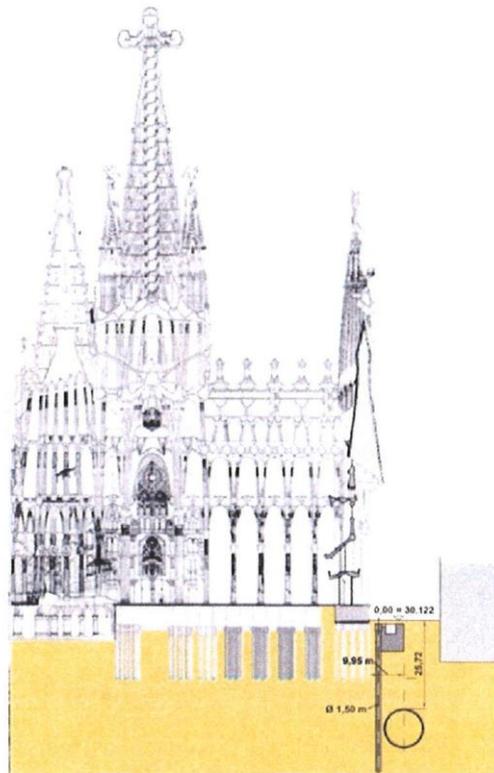


圖4.5.4 AVE隧道與勝家堂教堂相對位置示意圖

3.3 案例結論

由AVE通過巴塞隆納市區隧道工程案及其他歐洲都會區大型地面下工程案例，足以證明依據歐盟規範EN 7所進行的監測與高階分析，與自規劃、設計及施工期間獨立的審查作業可確保工程及鄰近建物的安全。在規劃階段對於因土壤因素所造成的變位即應詳加分析。為確認設計的正確性，對於預估有較大量變位的標案，要規劃適當的監測計畫。

由AVE通過巴塞隆納地區隧道工程監測結果，地表沈陷量不超過0.5cm，並不能明確顯示出與某些特定參數的關聯性。在各項相關作業參數中，開挖面壓力對於變位有較大的影響。由監測資料顯示，謹慎的TBM施工及監督作業有助於減少地表沈陷量。

4.6 FIDIC 標準契約格式應於地面下工程之探討

當業主於辦理工程標案時，決定發包策略及計價給付方式是重要的考量因素的一部分。發包策略的選定與標案的目標、限制條件、可用資源、所需技術及業主的經驗有密切關係。雖然風險分攤為選定發包方式的關鍵因素，但部分業主於決定發包方式前並未對風險分攤作深入的探討。以致契約風險分攤未盡合理，承商為因應不合理的風險而提高標價，或將處理風險所衍生的時間及費用成本透過調解、訴訟或仲裁方式主張，而造成業主的困擾。

FIDIC (Federation Internationale des Ingenieurs de Conseils)標準契約格式為世界各國廣為接受的工程契約條款。普遍應用在多方參與涉及銀行貸款的大規模基礎建設工程。FIDIC標準契約格式廣為接受的部分原因在於其有明確而一致的用詞，且適用於不同的法律系統，最重要的是具有較合理的風險分攤概念。FIDIC標準契約格雖被普遍認定為「好的契約」，但應用於地面下工程標案時，還是需要視個案作必要的修訂，以利合理地分配及管理相關風險。

1. 選定發包採購策略

FIDIC有完整的契約文件格式，可視不同的發包策略選用，其中以傳統的設計發包施工分階段執行的契約(Design-Bid-Build, DBB)適用的紅皮書(FIDIC red book)，統包契約(或Engineer-Procurement-Construction, EPC)適用的黃皮書(FIDIC Yellow Book)最常被應用於隧道工程。

2. 設計發包施工分階段執行的契約

設計及施工分別以不同的契約辦理。業主先與設計單位簽訂契約，委託其了解業主需求、探討工程內容、辦理地質調查、辦理設計及編製圖說規範等發包文件。業主再依設計單位之發包文件，辦理工程契約的發包作業。公部門的工程契約通常以最低投標價格為決標依據。得標廠必須於契約標價範圍內及發包文件規定之品質標準與工期內完成契約指定的工程內容。此等契約的計價通常以總價契約、單價契約或總價與單價並用。

此等契約，業主承擔包括各種地質風險在內的最大風險。

此等契約的優點為設計單位有較充足的時間了解、分析標案需求及現地的狀況，透過設計處理的成果，工程較能符合業主的需求。同時也因發包文件所隱含的不確定因素風險較低，投標廠商因應風險的成本降低。另外，於此等契約，契約責任明確，且工程造價及品質都依據發包文件規定，業主對於標案契約的執行有較佳的掌握。

相對的，因為分階段辦理，設計及施工作業無法重疊所以整個標案期程耗時較長，且價值工程(Value Engineering)及施工性(Constructability)分析的回饋較少。

3.統包契約

是否採用統包契約取決於業主想對標案有何種程度的掌控。如果業主希望將標案的大部分權責委由第三方執行，或者業主的管理能力不佳或不足而期望將契約責任轉由他方承擔時，統包為理想的契約型態。

統包契約具有期程較短、契約權責較為明確、營建業者參與設計作業、可詳細進行價值工程及施工性分析作業、設計及施工單價聯繫較佳、降低因設計所致爭議及減少業主標案(界面)管理的責任。

相較於傳統分階段契約方式，統包商不需透過材料送審等程序經常性的與業主聯繫，對於標案品質及耐久性等等都可能採取較低的標準，而與業主預期的品質有落差。同時設計單位與業主的接觸較少，較難關注到業主的利益，可能因而錯失為業主降低工程成本的動機與機會。另一項風險為用以發包的基本設計內容不足或無法確實表達業主需求，而致統包商必須花費較多的時間進行需求確認及辦理細部設計，而造成期程拖延及增加成本。

由成本的觀點，業主因將潛在風險透過契約轉移由統包商承擔，統包商將因應風險的費用反應於標價，因而業主不論該等風險是否確實發生，都必須承擔較高的成本支出。因此業主必須就風險的分攤，在契約中作妥適的規定。然而部分業主認為即使在基本設計階段已經辦理相當程度的地調及設計作業，標案的地質情況差異及設計缺失責任仍應由統包商承擔。

4.FIDIC契約對地質風險的分攤規定

FIDIC紅皮書及黃皮書都規定，在招標之日有經驗的投標廠商所無法合理預見的地質風險都由業主承擔(條款 4.12)。業主必須提供所有地質相關資料，以供投標廠商評估相關作業及投標前現地勘查所需(條款 4.10)。

對於上述有經驗的投標廠商未能於招標之日無法合理預見的地質風險所致之工期延誤及增加之成本支出，紅皮書及黃皮書均規定應給予承包商工期展延及成本補償。其觀點是認定承包商無法合理判斷或決定處理成本的風險，由業主承擔較為合理。

雖然FIDIC契約條款已明確地將招標之日無法合理預見的地質相關風險指定由業主承擔。實務執行上仍有地質風險的範圍認定及所謂「合理預見」認定的困擾，甚至因而衍生爭議訴訟。因此即使應用FIDIC契約條款，其內容應作部分調整修訂。

5.考量修訂方案

針對FIDIC契約條款4.12應用於隧道工程，考量如下之修訂：

- 更明確的現場情況差異條款規定。
- 將地工基本報告 (Geotechnical Baseline Report)列入發包文件以作為標案處理地質風險分擔的依據。
- 落實岩體分類系統以確實反應各級開挖及支撐之成本。
- 以適當的計價項目計列處理現場情況差異作業之成本。

5.更明確的現場情況差異條款(DSC)規定

美國聯邦高速公路總署(FHWA)針對現場情況差異所擬訂的契約條款被公認為能最有效解決涉及複雜地質條件標案相關困擾。該等條款將不可預見的狀況區分為兩類。建議以FHWA條款為基礎修訂為符合FIDIC4.12條款內容。

第一類的條文規定「所遭遇地表狀況明顯(materially)與發包文件所載或明確(expressly)、與正常狀況或設計文件所表達的狀況不同」。第一類通常為單純的判斷訴求是否合理。第一類的現場情況差異通常涉及地質鑽探資料及地調研判的錯誤或偏差。例如預估某一地層的厚度、障礙物位置或地下水位狀況與實際狀況有所出入。其爭點在於太硬、太軟、太多、太少、太高或太低。

第二類現場情況差異則為發現契約文件所描述狀以外的狀況種類。其地質條件為先前所未知、不同於先前預期的狀況、與先前處理或普遍認定作業項目所涵蓋的地質狀況。換言之，為未列於契約文件內，承包商由先前所掌握的標案資料無從發現，也無法合理預期其遭遇的狀況。承包商負有舉證責任，由其說明現場情況為非預期的正常狀況，且有明顯差異。

第二類狀況更為複雜更難明確認定，理論上更周延、更廣泛的地質調查可降低發生的機會。第二類狀況研判的基準為有經驗的承包商(而非地質師或大地工程師)能否在備標期間透過發包文件的評估可以合理預見的狀況?

6.地工基本報告(GBRs)

如契約要列入現場情況差異條款，則應將地工基本報告列入契約文件，以利投標廠商能明確預期將遭遇何等地質狀況，英國隧道工程作業風險管理實務規範 (The Joint Code of Practice for Risk Management of Tunnel)已規定必須將地工基本報告應用於風險分攤的決策過程。

地工基本報告內容分別來自於地調資料、相關研判、數據資料的推斷、以往案例及工程師的判斷。

地工基本報告應詳細描述預期的地質及地下水狀況及隧道沿線各種材料的分布的長度及狀況等。

7.計價付款規定

以目前科技要精確預判隧道地質狀況仍有相當程度的困難。為降低因地質因素造成標案契約執行的困擾，隧道工程契約條文應更具彈性，以因應遭遇超出規劃設計階段所預期的地質狀況時的處置需求。

在FIDIC契約條文的架構外，將遭遇現場情況差異時之因應作業(主要為開挖及臨時支撐)，以單價契約的精神將該等作業以新增工作項目方式協議單價，核實給付。該等單價應考量作業的固定成本、時間相關及數量相關成本。

8. 結論

FIDIC標準契約格式被廣為應用於包括隧道工程在內的大規模地面下工程。然而因以現代科技水準仍無法精確掌握所有地質狀況，因而即使應用FIDIC標準契約格式，仍應視個案需求作適度調整修訂，以期能有公平有效地分攤地質相關風險，以降低契約執行及管理的困擾。

為能在遭遇地質情況差異時，能更明確判斷應否給承包商額外的成本給付或工期展延。業主可以考量將地工基本報告列入契約文件，訂定明確的岩體分類系統，以確實反應開挖及支撐的成本支出。

4.7 透過地下空間應用促進都市的永續發展

由聯合國國際減災策略組織(UNISDR)針對全球所面臨的威脅顯示，除了極端天候所造成的威脅之外，都會區人口數量迅速膨脹所造成的嚴重威脅也不容忽視。依據該組的預估到2050年全球約有70%的人口(預估約100億)居住於都會區。

人口快速彙集於都會區的狀況，正迅速消耗有限的土地資源。顧及森林綠地具有過濾二氧化碳、防止都會區熱島效應等之功能，都市不可能無止境的開發擴張。因而如何提昇都會地區土地利用效率，即成為都市永續發展重要的課題，而地下空間的開發應用為解決方案中的重要選項。

1. 地下空間的應用

越來越多的都市透過地面下空間的應用以減底土地資源的耗用速率。在高度開發的都會區通常採行下列方式應用地下空間：

1.1 將公路、鐵路及基礎建設地下化

許多都市透過將地表、高架道道路或鐵路地下化而為都市發展注入新的生命力。著名的波士頓Big Dig計畫將市中心商業區往外擴大約三分之一的面積。完工數年後發現行人的交通問題及空氣品質都已獲得改善。

目前西雅圖市正進行Alaskan Way 高架橋地下化的工程，預期完成後，對於提昇土地利用及社區發展將有相當程度的助益。(如附圖4.7.1)其他諸如鹿特丹於1993年將地面鐵路以明挖覆蓋方式予以地下化，地面增加

約3公里長的可用土地，帶動鄰近地區的更新開發。



圖4.7.1 Alaskan Way 高架橋地下化前後狀況示意圖

1.2. 嫌惡設施地下化

都會區某些設施會對居民造成諸如噪音、視覺或嗅覺的干擾。在芬蘭赫爾辛基則其廢水處理廠地下化。Viikinmaki處理廠負責處理赫爾辛基市的廢水，名列世界最大地下空間之一。其地下化所增加可開發土地面積約60公頃。

2. 必須預先考量的相關問題

由上述成功的案例，開發及利用地面下空間似乎是都市永續發展的有效方案，但如更深入的探討則答案未必是正面的。許多國家都把地面下當

成處理嫌惡設施或污染的方案，如無配套設施，則利用地面下空間只是造成另一個難題。例如公路系統地下化後，必須面臨通風、照明、排水、防災等複雜的問題，而且入土深度越深，相關管線所造成的空間衝突(spatial conflict)就越明顯，解決這些問題心須付出相當高的代價，在規劃時應即有周密的評估分析和決策架構以確保開發具有永續功能。

地下空間的功能是另一個應思考的問題。以馬德里市將M30其中的56公里公路地下化，而取得100萬平方公尺的綠地，但該地下空間就僅作為公路應用的單一功能，並且成為未來地下空間應用的一項障礙。

3.地面下空間的評估條件

地面下空間應用的評估條件為：地下結構物的品質耐久性及功能需求的持續性。

以瑞士晶圓廠為例，經評估該晶圓廠設置於山區地面下最為有利。其考量為設置於山區地面下較無外在震動的干擾，如果設置於地面上，則廠房基礎就必須作特別的考量。於地面下較易維持室溫的穩定，尤其夏天較為涼爽，所需取得用地面積也較設置於地面少，廠房結構的耐久性應不成問題。在山區設置地面下設施所開挖出之碴料，經處理後作為填築聯絡道路的材料，不致造成棄土等問題。且因位在山區，尚不致造成未來土地規劃應用的障礙。即使將來該晶圓廠停產，廠房空間也具有足夠彈性可改為其他用途，功能需求也符合前述條件。

4.都會區地面下空間開發評估要件

評估都會區地面下空間開發應用計畫時，除前述的決策架構之外，還需就策略願景、規劃及管理三個面相進行評估。

4.1策略願景

地面上的開發與地面下開發最主要的差別在於地面下開發需要更注重公共空間的規劃。任何都會區地面下空間開發的策略願景都必須包括如何透過各個地下空間的聯接而建立地面下的空間系統，或者稱之為地下城市或聚落。

巴黎地下鐵管單位經過研議之後，把新設的地鐵車定位為鄰近區域交通的轉運站，而非傳統地鐵車站的單獨功能。透過與地面交通系統建構成立體的交通系統，為居民提供更方便的交通服務。在亞洲，結合地面設施而具備更多功能的地面下空間開發應用案也正在發展中。

另一個必須考量因素是對天災的忍受及復原能力。都會區無可避免會遭遇地震、驟雨、颱風及洪水等天災的考驗。地面下空間開發的規劃就必須考量因應及快速復原的需求。鹿特丹博物館區(Museum Quarter)地下停車場開發案(如附圖4.7.2)，除提供1,150個地下停車位之外，還兼具滯洪功能，可暫時貯存因強降雨所致超過排水系統負荷的雨水量。當市區街道有積水或運河開始漫過堤岸時，雨水可經由排水系統導流至滯洪設施，容量可達10,000m³，在排水系統水位恢復到正常水位之後，再將滯洪設施裏的雨水抽入排水系統排除。



圖4.7.2鹿特丹博物館區(Museum Quarter)地下停車場開發案示意圖

4.2規劃

都會區地下空間開發的策略願景是後續發展的基礎。透過規劃程序使得地下空間開發成為都市發展綱要計畫的一部分，例如赫爾辛基市，亞洲

的香港及新加坡預期也有類似計畫。

所有都會區開發都面臨土地取得困難的問題。以往的解決方案是興建超高層大樓，以有限的基地，提供大量的使用面積。而深開挖地下空間開發，是另一種解決方案，從工程師的觀點，地下空間的開發是另一種摩天大樓，只是往下興建，但需面對更複雜的地質及地下水等問題及條件限制，並非放諸天下皆準。以新加坡為例，適用深開挖開發的地點大多不在都會區範圍，對土地開發者的誘因不足。

地面下空間開發的規劃不能不顧及地面土地的發展需求。所以必須透過對話聯繫，尋求雙贏的方案。以隧道工程為例，多功能的隧道具有將乾淨的空氣引進市區，作為電力、瓦斯等的輸送管道等功能，規劃人員應以發揮地下空間的最高功能效率為目標，進行規劃、思考。

4.3管理

地面下空間開放後必須進行管理，其目的是為確保能持續為後代提供服務。因此，管理著重在掌握地面下狀況。

管理的需求在規劃設計階段即應列入考量，如此有助於對地面下空間應用需求的了解，不但增加功能設計的可能性，也使得管理計畫更容易落實。例如預留管道空間以避免使用期間在結構物上穿孔等。

5.結論

地面下空間的有效應用可提供都會民眾更舒適的生活環境，是都市永續發展不可迴避的選項。

地面下空間的開發，在規劃時應即有周密的評估分析和決策架構，並針對地面下空間的策略願景、規劃及管理詳予評估，以確保具有永續功能。

和其他工程一樣，相關參與者積極的投入是不可或缺的，尤其在規劃初期，規劃人員及設計、施工工程師如果未能積極聯繫分享資訊，將會嚴重影響後續作業甚至危及未來地面下空間的發展及應用。

4.8 以主動的風險管理降低工程保險費用及隧道標案成本

隧道等地面下工程因以往個案的獨特風險、損失頻率及損失幅度均較其他類型工程高，所保險費用也較其他類型工程高。近年來，大型基礎工程計畫以特許經營方式運作的案例增多，為因應地面下工程延期完成所造成的營收損失，保險業提供「延誤啟用保險(Delay in Start Up Insurance, DSU)」的產品服務。

就保險業而言，地面下工程因以往的出險記錄高於其他類型工程，國際再保險公司願意承保的能量也較其他類型工程為低，以致保險費率也較其他工程高，承保的條件也較為嚴格，造成其承保的困難。

國際工程保險業協會(The International Association of Engineering Insurers, IMIA)於2006年發布隧道工程作業風險管理實務規範(Code of Risk Management Tunnel Works)，由設計者及要保人依該規範以較結構性的格式及明確的表達方式，提供該工程內容及風險管理策略等保險業者所要了解的資訊。保險業者在能明確掌握工程風險的狀況下承保的意願提高，業者之間競爭的結果，使得隧道工程投保的機率增加，保險費用降低。

由保險者的觀點，要保人如能以主動的風險理念在標案初期階段即邀請風險管理顧問(risk advisor)參與，則業主可以及早獲得標案財務相關風險資訊及所需保險內容。

1.保險業者承保的考量因素

保險業者針對隧道工程要保案件之承保與否主考量下列因素：

1.1地質條件

隧道或地面下工程的成敗與其工址地質調查的完整性及妥適性、設計的正確性、和承包商及時處理現地狀況的效率有密切關係。施工期間最主要的風險是由遭遇意外的地質條件所衍生的各種狀況。而研判地質狀況主要是依據隧道沿線地質調查所繪製的地質圖及相關地調資料。保險業者需要地質基本資料、斷層線、水位線、水量、靜水壓等詳細資料的地工報告及關鍵的斷面圖以供研判工址地質狀況。

1.2 隧道開挖方法

常見的隧道開挖工法：

- 全斷面隧道鑽掘機(TBM)開挖
- 鑽炸法
- 新奧工法(NATM)
- 自由斷面掘削(Road header)
- 明挖覆蓋工法
- 沈埋管工法

工法的選擇主要考量隧道地質及隧道深度。但不乏為因應標案內不同的地質及地形狀況而採用多種開挖工法的實例。保險業者需要了解開挖工法選定的原則、所選開挖工法對預期地質的適用性及相關風險

1.3 隧道施工設備

隧道工程如發生崩坍等事故，施工機具通常會被波及甚至損毀，如機具與工程分別投保，出險時可能因利益衝突而產生困擾，保險業者建議將TBM等價格昂貴的施工設備併入工程保險範圍。由於TBM幾乎是依個案需求訂作，保險業者通常於承保前就TBM出險理賠的計算方式與被保險人先行協議，以已開挖長度折算TBM折舊後之理賠金額。

1.4 第三人曝險程度

隧道工程施工過程無法避免沈陷及振動的發生。保險業者必須掌握該等沈陷及振動對隧道沿線及鄰近地區的影響程度，以及對該等位移及振動所產生損害的預防與監測計畫及作為。

1.5 終止工程的可能性

由於以現今科技，於施工過程經常會遭遇超出預期的地質狀況。在某些狀況下可能選擇終止工程，而保險業者通常此等狀況排除於承保範圍外，其論點為該標案本質不可行而導致終止，與損害無關。

1.6 復原成本

地面下工程發生災損，其復原所需成本通常遠超過甚至千倍於原來的

建造成本。保險業者針對復原理賠額度通常以設定上限因應(通常在建造成本的125~160%)，該等上限通常以損失百分比或固定金額表示。

2. 隧道工程作業的損失記錄及探討

由國際工程保險市場統計顯示，營建工程保險的損失率(損失理賠金額/保費收入)高達110%，隧道工程甚至超過500%。保險業者於是分析理賠發生原因及因應對策，獲致以下結論：

- 隧道工程已成為潛在不可承保的對象
- 出險規模及相關費用已超出承保的保費
- 在多數出險案例，復原成本為建造費用數倍之多
- 被保險人所提理賠金額高出承保評估之最高損失金額甚多
- 隧道工程專業內普遍存在品質管制的問題
- 隧道工程專業的風險管理方法差異極大

經以過去20年統計資料分析地面下工程出險損失的主要原因(如附圖4.8.1)以設計錯誤為首位。針對上述損失經驗，英國的保險組織(Association of British Insurers, ABI)及英國隧道協會(British Tunneling Society) 在2003年出版隧道工程作業風險管理實務共同規範。其國際版於2006年由ITIG出版，國際隧道協會認可。

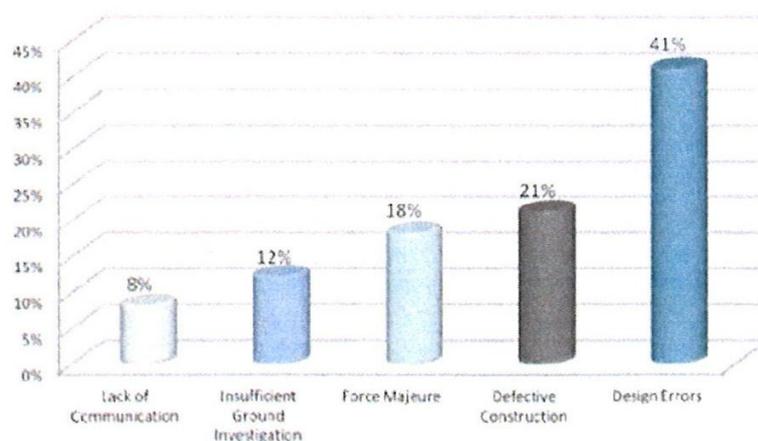


圖4.8.1 地面下工程出險損失的主要原因

3. 隧道工程作業風險管理實務規範的應用

該實務規範的目的是為推動隧道工程在設計及施工階段的風險管理作業，以降低相關風險衍生損害的機率。該規範所稱之「隧道工程作業」泛

指隧道、洞穴挖掘、豎井及地面下結構物之新建及更新、改良作業。其目的為：

- 降低損害發生機率及理賠規模
- 保險業者在核保期間可更明確掌握標案特定之風險，並可在施工期間稽查跟風險管理作業執行狀況
- 增加財務曝險及風險轉移的透明度及確定性

該規範與相關法規並行執行，透過自規劃、設計至施工階段一系列風險管理作為將工程的風險「盡可能地降低到合理可管控的水準」。對於隧道專業而言，各成員都需能確實掌握並防範上一階段所確認的可能造成災損的風險因素，及已分析的風險。

該規範依據標案發展的時序，可分成下列幾項重點：

3.1標案評估

承保之前，保險業者通常會要求由符合法規規定資格且為要保人同意的第三方風險管理工程師對標案進行基準評估(benchmarking)。其目的是針對進行中或即將進行的標案其專案管理及風險管理架構進行評估。以了解該等管理系統架構、理念及執行方法對於該標案之承包商、設計單位及業主是否妥適。

風險管理工程師的評估作業以了解及掌握標案之管理架構現況為重點，除了使風險管理系統更符合實務規範之建議之外，基本上不作修訂的建議。

標案評估的程序以書面為主，主要針對要保文件進行書面審查，必要時再針對特定的議題訪談業主/設計單位/承包商等相關單位人員。通常整個評估程序不超過5個工作天。

承保之後該風險管理工程師將定期訪查工地(通常為每3到6個月一次，由承保單位安排及支付費用)以稽核是否有不符實務規範的情形。

3.2標案評估報告

完成標案評估後，風險管理工程師應提出明確之評估報告。該報告即

為承保之保險業者承保及日後至工地進行風險管理訪查的評估依據。

風險管理工程師於該評估報告內容逐項說明各部分與實務規範比對的情形。實務上，標案的狀況不可能與實務規範完全吻合，但其避免災損風險發生及降低災損幅的精神與承保單位應是一致的。

3.3未符合實務規範的處置

承保的保業者在風險管理工程師的參與協助下，持續觀察標案風險管理等各項作業進展情形，並了解有無未符合實務規範情形。如認定有未符合情形，承保的保險業者將未符合之詳細情形以書面通知業主/承包商，並建議改善方式及限期改善。

如認定該等未符合實務規範情形嚴重，則承保的保險業者應於書面通知中強調其嚴重性，而於該通知或後續通知中指定日期以暫停或終止保險。

3.4實務規範與保險實務

符合實務規範並非被保險人申請出險理賠的要件，相對的也不能免除被保險人遵守保險契約其他規定及揭露風險的責任。

未符合實務規範並不構成拒絕理賠的理由，除非其同時違反保險契約規定，例如未揭露風險或應防範而未防範等。

就所了解實務上到目前為止，尚未有因未符合實務規範而遭暫停或終止之保險契約。

3.5實務規範的執行管理

全球的保險及再保險業均要求主要的「隧道工程作業」要保時，都需應用實務規範，即便不可能百分之百符合該規範。較主動的保險業者會積極要求符合規範條文規定。較主動的要保人或透過保險經紀人方式要保(broker-driven)者，由保險業者建議或要求要保人進行標案評估，以符合實務規範的精神。

4.風險管理的應用

由以往案例，主動的要保人因風險顧問在標案早期即參與而受益，同

時也是認定符合實務規範的重要指標，在投保時可以獲得較廣泛的保險範圍及較低保險費等保險條件。

在要保期間要保人的風險顧問(風險管理工程師)所製作提供的評估報告除明確定義出標案的主要風險因素及最高品質數據資料之外，在內容較複雜或採用較先進施工法的標案時，對於其內容及施工方法要有詳細的說明。

在規劃、設計階段經由風險顧問(風險管理工程師)所分析之標案可能主要災損及相關災損情境，估算出可能最大損失，可協助業主了解其可能曝險程度及財務損失幅度等，以利其進行風險配置之決策。另一方面也有助於保險業者評估程序之執行。

5.結論

投保工程保險是分散隧道等地面下工程風險普遍使用的方式。而工程保險費由保險業者依工程所在地理位置之地質及標案個別風險等因素而訂定。保險費都是標案總經費的一部分，不論業主或承包商投保都要設法使標案能以最低的保險費用取得最佳的保險條件。

由以往隧道等地面下工程的損失經驗，保險業者在評估是否承保之前需要更明確的標案資料以掌握標案的風險狀況及此等風險的管理方法。國際保險業者訂定之「隧道工程作業風險管理實務規範」使得保險業者能更明確掌握隧道等地面下工程之風險及其管理細節，因此除了提高承保的意願及降低保險費用之外依據英國的經驗，大規模災損發生的頻率明顯降低，延誤標案完工啟用的風險也相對降低。

保險業者及隧道專業應用風險管理的各項作為了解各項風險因素，並透過風險管理計畫的執行，不僅可降低工程保險費用，亦可降低隧道等地面下工程災損發生的機率及損失的幅度。

五、心得與感想

參加2014年國際隧道工程會議及ITAPU水力發電廠參訪，除有多場精彩的之技術演講外，有機會與隧道工程界先進共同討論關心的議題並參閱大會的論文集，獲有部分之心得感想列述如後。

1.世界各國已將開發地面下空間以提升土地使用效率視為重要的議題進行研討。由年會期間多項演講及論文均提及波士頓、巴塞隆納等設施地下化等成功案例，近期台北新生北路高架橋地下化的構想也成為熱門議題可以印證。以工程觀點，把單純地面上設施移入地下，無法有效發揮地下空間寶貴的價值，甚至可能成為日後發展的阻礙。因此地下空間的開發利用、應朝多功能的方向思考，例如鹿特丹市地下停車場兼具滯洪池功能，吉隆坡車行隧道在降雨達一定規模時，調度為排洪設施使用等均是。如何有效應用地下空間，對於地狹人稠的台灣有更高的急迫性，應列為國土規劃的重要課題研議。

2.依據與會專家表示國際隧道工程的技術的發展並不明顯，但觀念的發展每年都有亮點。今年年會中有專家提出建造歐非(直布羅陀)海峽隧道的構想，目前只是構想並無詳細時間表，但由如何興建一條長約39公里，位於海面下500公尺的海底隧道，需要什麼樣技術等等問題的發想，即帶動一系列的研究。目前熱烈討論的就有「如何在強大的海洋中進行精確的地調作業」等，對於該等研究我國之學界及產業界應有積極參與及提出研究亮點的空間。

3.隧道等地面下工程契約應更具彈性。本屆年會多篇論及研討提及「如何訂定妥適的契約條款以作為發生現場情況差異之因應」。該等條款國內於民國八十年間各項規範即已訂定相關規定，但仍無法避免因認定差異所衍生的困擾甚至爭議，國外似乎也有相同的困擾，即便應用FIDIC標準版本契約亦仍不免發生類似困擾。因此建議辦理隧道工程發包作業前應責成設計單位蒐集與發包標案類似之標案探討及遭遇之問題，並將防範作

為反應於發包文件中，以降低發生爭議的機會。

4.強化鄰近建物監測及防護的技術經驗。保護鄰近建物始終是都會區地下工程的主要課題之一，甚至是決定標案是否可行的關鍵因素。由西班牙高速鐵路巴塞隆納路段及德國科隆捷運的案例顯示，即使通過人類文化遺產等重要建物，透過周密的防護計畫並落實執行，輔以嚴密的監測及應變計畫，該等問題是可以克服的。國內各都會區興建捷運及開發地下空間的需求未曾中斷，然而危及鄰近重要建物的風險始終是相關人士、團體質疑的重點。上述成功維護鄰近重要建物的案例，或許可以成為說服的可利證據，但所需之技術經驗絕非憑空而來，建議在進行相關建設先期規劃階段，即應將類似案例所應用之技術經驗引進國內，以利應用。

5.調整隧道等地下工程風險分攤的作為。地下工程所隱含的高風險特性，使得一般業主單位透過契約規定將風險轉移由承包商承擔，承包商再透過提高風險處置費用及投保工程保險因應。保險業者也因為該等保險的高出險率而以提高保險費及提高自負額等較不利於被保險人的承保條件承保，增加承包商投保的難度及成本。及至災損發生，承包商可能因自負額過高而無法獲得合理的理賠，而影響工程進行或透過仲裁、訴訟向業主求償。最終使業主付出較高的成本仍因未能如期啟用而延誤收益。建議業主單位應針對個案，訂定合理的風險分攤規定，並參酌保險市場的狀況，擬訂較彈性的規定，例如無法投保時的處理方式或允許承包商以提存風險準備金方式因應，而不以工程保險為唯一因應工程風險的方式。