

隧道工程

(上册)

原著者：Károly Széchy

譯述者：段 品 莊

中國土木工程學會出版

隧 道 工 程

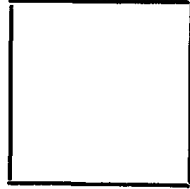
(上册)

原著者：Károly Széchy

譯述者：段 品 莊

中國土木水利工程學會出版

版權所有



翻印必究

隧 道 工 程

(上 冊)

原著者：Károly Széchy

譯述者：段 品 莊

出版者：中國土木工程學會

總經銷：科技圖書股份有限公司

台北市復興南路一段360號七樓之3

電話：7056781•7073230

郵政劃撥帳號：15697

七十年十二月初版

特價新台幣 180 元

原 序

在施工中可能遭遇到極大的困難之外，隧道可說是最昂貴的工程。自從歐洲及北美洲主要鐵路網完成之後，即在上世紀之下半世紀及本世紀第一期數十年期間，隧道施工技術，即不能隨其他技術領域，保持同速度的發展。隧道文獻也有些落後的顯示。

但在第二次世界大戰之後，大規模的興建水力發電廠，大都市交通與公用設施管道，以及大工業廠房之防護—抗拒戰爭危險—給予一般地下工程之新推動力。在另一方面，在過去期間，施工技術（包括隧道施工在內），已有極大的發展。施工之新材料、新技術、新機械之誕生，也變更了隧道施工方法。但這種經驗的短文與報告，祇分散刊在於各種技術雜誌與刊物中。

在1951年，匈牙利布達佩斯新地下道施工，對於隧道施工技術，又有新的進展。為提出近代方法與結構，供有關工程師之參考，Közlekedési Kiadó（交通出版部）已將各種研究與文件，於1952-54年，輯編出版兩冊，名稱為“隧道與採礦工程文摘”。該項文摘也包括了採礦經驗在內。額外資料經用特刊與大學的單頁刊出，以供進一步的教學之用。又參考歐洲其他國家地下道施工文獻及專家之直接的說明，而使了解擴大與適宜的應用。同時，在布達佩斯工業大學，亦特別注意隧道施工之教學。但對於隧道施工，無論在匈牙利或其他外國，尚無包羅豐富之專書出版。當然，本書不能認為是包括廣大的土木工程科學；但可認為是根據最近的文獻，布達佩斯新地下道施工所得之個人經驗與資料，以及本人在布達佩斯工業大學十數年教學之講義，彙編而成有關理論、設計、與施工之資料。本書是盡量採用最新的資料，以供讀者之參考。

K. SZECHY

出版經過

本書爲匈牙利布達佩斯工科大學教授 Károly Széchy 所著，風行世界已達十餘年。原由北迴鐵路工程處聘請段品莊先生主持翻譯工作，由路局印刷廠印行，免費分發工程處同仁閱讀，以利工程進行。三年前，北迴鐵路工程已順利完成，該書對該鐵路隧道工程的進展極具貢獻，但因該書爲非賣品，僅極少數人能得機會閱讀利用，殊爲可惜。在工程處行將結束之前，本會出版委員會得悉此書內容豐富，不僅可供鐵路隧道工程師們的參考，更能適用於公路、水力發電、都市地下道、以及地下排水渠道等工程的參考。經徵得瞿處長同意，將本書的中譯本版權，無償贈與本會，旋承省政府交通處批准，再經本會理事會通過，交由科技圖書股份有限公司代爲重排印行以廣流傳，本會則循例收取版稅以裕收入。經本人逐頁校勘發現當時認爲可以刪節的部分多起，再度商請原譯人段品莊先生補譯齊全，復承將第二次重校本借給，以供重排之參考，使讀者得窺全豹而無遺憾。此一世界名著，得以中文版供諸全國土木界同仁共享，誠一快事也。惟以此書卷帙浩繁，經過兩年的細心排校，仍有隨時發現的落葉待掃，則由華隨時代勞，迄今始告完成。全書共達壹千餘頁，分成上、下兩冊，以最低廉價格發行，以符本會對社會服務的宗旨。茲將出版經過說明如上，幸垂察焉。

前 出版委員會 趙國華 謹誌
主任委員

七十年十二月

瞿 序

北迴鐵路爲連接東西兩部份鐵路最重要之環節，列爲國家十項建設之一，穿行於東海岸山區，全程八十二公里之中須建隧道十五座總長超過三十一公里，最長者七·七五公里，第以地形險峻地質惡窳氣候譎幻，因之隧道工程特較困難，其進行是否順利厥爲控制工期與費用之關鍵，而我任事同仁必須研求現代理論與施工技術，從而應用於不同情況克服種種困難問題。

段品莊先生爲我國鐵路工程專家，歷任粵漢、湘桂、寶天、中長、台灣等鐵路高級主管，民國五十九年在台鐵總工程司任內退休，之後轉任大學教授並經本處敦聘爲工程顧問，遇有疑難問題輒向先生請教。對於隧道參考書籍先生推介 Károly , Széchy 氏此部著作，其英文譯本計九百餘頁，省交通處前處長現交通部陳次長臥北先生囑譯成中文，嗣承先生慨允執筆，費時一年而成，凡五十三萬餘言，流暢明晰有勝原文，加惠後學諸同仁收事半功倍之效。茲值本書印行在即，爰將其經過略述如上，藉表對譯者感謝之忱。

本書倉促校版付印，疏誤之處在所難免，尚請讀者隨時惠告本處，俾便彙補勘誤表分別寄奉，以資完善。

北迴鐵路工程處處長 瞿 福 亨謹識

原著英譯序

自從本書以匈牙利文出版以來，不獨在匈牙利受到大眾的歡迎，即使
在其他國家，亦受到歡迎，這是著者極為喜悅滿意之事。經已證實，本書
一方面適合土木工程習慣法的實際需求，另一方面也鼓勵用外國文字的出
版。

我非常感謝匈牙利國家科學會出版部，允許此英譯版之出版。此舉可
使世界極大部份有興趣的工程師，得能閱讀本書。當然，本英譯版之小的
修正與增補，似有必要，但譯文也代表了匈牙利文版之整體。

K. Széchy

譯者序

我想讀者先生心中定有一個疑問，即本書為何由本人來作中譯？答案如下：民國六十二年春，本人在美探親，在報章上看到新聞消息，我政府已決定興築北迴鐵路。台灣環島鐵路，北有蘇澳至花蓮，南有枋寮至台東兩缺口，迄未完成。環島鐵路之完成，對於台灣省經濟之發展，極為重要。然而為何迄未能完成呢？曰無他，工程艱鉅耳。艱鉅何在？曰隧道。北迴鐵路線總長約八十餘公里，而隧道總長即約佔路線總長三分之一強。南迴鐵路線總長亦約八十餘公里，其中有橫越本島中央山脈隧道一座，其長度佔南迴鐵路線總長約四分之一。故不論北迴或南迴，如能順利完成隧道工程，則該等路線即可算已完成，其他不足慮也。譯者於旅次某日到西雅圖市立圖書館閱覽，於無意中看到（The art of tunnelling）英譯版一書，內容豐富，可為北迴鐵路選線與施工之參考，因函鐵路當局推荐此書。後於返回台北，接到北迴鐵路工程處瞿處長福亨電話告知，推荐之書經已購到，亦認為極具參考價值，囑代為譯成中文，以便印發同仁參考。譯者對於隧道工程，向具興趣，故亦欣然接受囑託。此為譯者譯述本書之經過也。

隧道工程之難，難在地質。且隧道所經是一地帶，而非一點，故較其他工程，對於地質之研究為更難。地質可以影響隧道岩石壓力大小、路線選擇、隧道斷面設計，及施工方法等等。因之隧道工程是極為昂貴的，以往大多僅在鐵路採用。誠如著者序言所述，自從歐洲及北美洲主要鐵路網完成後，隧道施工技術，即無進展，亦無新的文獻。但在第二次世界大戰後，為防戰爭危害，重要工程都轉入地下，因之隧道施工之新技術，新材料、新機械，都陸續誕生。“The art of tunnelling”一書，即是根據這些新技術、新材料、新機械所撰寫的，內容不僅論及陸地隧道之選線與施工，也討論到大都會地下鐵路隧道，水下及海底鐵路與公路隧道，航運隧道，輸水隧道、壓力隧道、地下車站、地下工廠，以盾構及沉箱施工

之隧道，舊隧道之改良與擴大，及損毀隧道之修復與保養等等。本書是一本第二次世界大戰後隧道之新書，是從事隧道工程人員一本極好的參考書，也是大學工科教學之好參考書。

原著者是匈牙利布達佩斯土木及運輸工業大學教授，書之內容資料，多取材於歐洲及美洲各國之重大地下隧道工程，故書中所涉及的國名、人名、地名等，多為歐美各國。本中譯本為使讀者易於查閱參考書起見，人名即不予譯音，仍採用原文。為避免譯版中註英文字太多，凡文獻與辭典中已有通用譯名之國名與地名者，即不註以英文；凡無通用譯名者，譯者暫擬一譯名，並列一譯名表，作為翻譯附表(一)，附於中譯者序後。有關專門名詞，凡我國立編譯館已有公布者，採用該館之譯名；凡無公布譯名者，譯者暫擬一譯名，並列一譯名表，作為翻譯附表(二)，附於中譯者序後。

原書九百餘頁，書中有若干資料，原著者即認為是次要的，僅作參考而已，故在英譯版中，即以較小一號字體排印；有的雖以同正文字體大小排印，但在文字中經已敘明，是不甚重要的。譯者在譯述時曾加以考慮，決定取捨，將實屬可略者，予以略去。但本中譯稿，不應認為是摘譯，蓋因為原書97%以上，均已照譯也。

英譯版排印有若干錯誤，本中譯稿除已照該英譯版所附勘誤表，予以更正外，另外在翻譯過程中，又發現英譯版之若干明顯排版錯誤，亦予更正，並已在英譯版上用鉛筆註明。

承北迴鐵路工程處瞿處長之協助，查示若干中譯地質名詞，謹誌於此，用表謝忱。

段 品 莊

目次

原序	序 1
出版經過	序 2
瞿序	序 3
譯者序	序 4

第一章 緒論

1.1 隧道之使用目的地及分類	2
1.11 交通隧道	4
11.11 按位置或線向之分類	4
11.111 隘口隧道與基底隧道	4
11.112 螺旋隧道	6
11.113 山嘴隧道	6
11.114 懸崖隧道	7
11.12 依使用目的之分類	7
11.121 鐵路隧道	7
11.122 大都市地下鐵路	8
11.123 公路隧道	9
11.124 行人隧道	11
11.125 航運隧道	11
1.12 輸送隧道	12
11.21 水力發電廠隧道	12
11.22 給水隧道	13
11.23 公用設施隧道	13

11.24 污水隧道	14
11.25 其他隧道	14
1.13 貯藏隧道：修車廠、停車場、防空洞與倉庫	14
1.2 隧道施工歷史篇述	16

第二章 初步的檢討與設計的一般考慮

2.1 初步的檢討	23
2.11 經濟分析	23
2.12 地質調查與探勘	28
21.21 地質一般調查	30
21.22 規畫前工地地質之詳細調查	36
21.23 設計期中工地探勘	37
21.24 施工中就地勘查	38
2.13 地質代表性因素及其對隧道施工之影響	40
21.31 即將穿鑿岩層之位置與方位	40
21.32 即將穿鑿地層之情況	44
21.33 岩石應力、強度與變形性質	46
21.34 水之調查	52
21.35 瓦斯與岩石溫度	60
21.351 瓦斯發生於隧道施工之時	60
21.352 山岳內部可能有的岩石溫度	63
2.14 沿隧道中線之地質縱斷面	69
2.2 影響隧道位置之因素	80
2.21 路線選擇	80
2.22 縱向標高與坡度之選擇	83
2.23 橫斷面之抉擇	91
22.31 隧道淨空	97
22.32 地質環境對於橫斷面形狀之影響	98

22.33	施工方法對於橫斷面形狀之影響	102
22.34	隧道襯砌對於橫斷面形狀之影響	102
22.35	隧道橫斷面大小	103
2.3	參考書目	106

第三章 隧道與地下結構物載重之分析

3.1	岩石壓力發生之原因與種類	107
3.11	由於鬆弛而發生之岩石壓力	110
3.12	真實山岳壓力	121
3.13	膨脹壓力	129
3.14	影響岩石壓力大小及局部型岩石力之因素	130
3.2	岩石垂直壓力之確定～岩石壓力理論	131
3.21	根據脫落程度作估計與概略估計之方法	132
3.22	以岩體理論應力條件為根據之各種理論	136
32.21	彈性理論及各應力之估計	139
32.22	Fenner 研究之結果	142
32.23	圓形及橢圓形洞穴四週應力情形	155
3.23	以各種變位與平衡假設為根據之各種理論	163
32.31	考慮覆蓋層厚度影響之理論	163
32.311	Bierbäumer 之理論	163
32.312	Maillart 之理論	166
32.313	Esztó 之理論	168
32.314	Terzaghi 的岩石壓力理論	173
32.315	Jáky 理論坡度之觀念	177
32.316	Suquet 的岩壓理論	180
32.32	不考慮覆蓋層厚度影響之理論	180
32.321	Kommerell 的理論	181
32.322	Forchheimer 的岩壓力理論	183
32.323	Ritter 的理論	184
32.324	Protodyakonov 的理論	185

32.325 Engesser 的理論	189
3.3 隧道上側壓力之確定	191
3.31 側壓力之概略確定	191
3.32 側壓力之精確確定	193
3.33 側壓力之試驗測定及就地量測	194
3.4 底壓力	195
3.41 依照Tsimbaryeritch 理論來推算底壓力	197
3.42 依照Terzaghi 理論來推算底壓力	199
3.5 岩石壓力之發展與重疊	202
3.51 開挖時岩石壓力之發展	202
3.52 相鄰隧道頂上載重之重疊及互相影響	206
3.53 岩柱上載重	211
35.31 Protodyakonov 的理論	211
35.32 Tsimbaryevitch 的理論	212
3.6 岩石壓力理論之審慎的應用及就地量測岩石壓力	214
3.61 在岩石面上作量測	215
3.62 在岩石內部作量測	218
3.63 在隧道支撐上作量測	219
3.64 竣工襯砌壓力變化之量測	221
3.65 採用橫型試驗作壓力之量測	227
3.66 量測壓力儀器之主要種類	228
3.7 水壓力	231
3.8 活載重	234
3.81 內部載重	234
3.82 地面載重	235
3.9 參考書目	235

第四章 隧道斷面之設計

4.1 設計載重	239
4.11 深埋地下隧道在堅實地層中設計載重之估計	239

4.12	埋入地下較淺隧道在鬆弛飽和土壤中設計載重之估計..	249
4.13	里斯本地下道設計載重規範摘錄	253
4.14	布達佩斯地下道設計載重規範摘錄	254
4.15	蘇俄地下鐵路及公路隧道標準設計規範	241
4.2	馬蹄形隧道斷面之設計	242
4.21	按肢件之設計法	244
42.11	按肢件作圖解分析法	254
42.111	無側壓力	255
42.112	有側壓力	261
42.12	按肢件作計算之分析法	263
42.121	馬蹄形斷面之分析	263
42.122	相對變位之影響	277
42.123	舉例	280
42.13	四週土地的共同變位與合成作用	288
4.22	將斷面認作為整體並考慮地基合成作用之分析設計法..	294
42.21	Zurabov 及 Bougayeva 法	294
42.22	應用 Zurabov - Bougayeva 法之計算實例	300
4.3	環形隧道斷面之設計	315
4.31	圖解分析法	315
4.32	環形斷面之概略計算法	316
43.21	將斷面分成多塊之設計法	316
43.22	整塊環形斷面之設計法	317
43.23	Hewett - Johannesson 法	330
4.33	按埋入彈性土壤中之假設作環形隧道斷面設計法	340
43.31	Bodrov - Gorelik 法	340
43.32	多邊形法	353
43.33	Bougayeva 法	371
43.34	Davidov 法	380
43.35	Varga 法	383
43.36	Meissner 及 Orlov 法	385

4.34	雙層襯砌之隧道設計	387
43.41	蘇俄規範(以 Galerkin 理論為依據)	387
43.42	鋼板襯砌之設計(Mühlhofer 設計法)	389
43.43	薄疊層襯砌之隧道設計	393
43.44	非輻射的(外部)載重多疊層襯砌之設計	395
4.4	涵洞與管道之設計	398
4.41	圓形涵管之設計	398
44.11	垂直土壓力之確地(Yaroshenko 法)	398
44.12	車輛載重之確定	406
44.13	基床之影響	408
44.14	涵洞橫斷面之設計	410
44.15	涵洞之縱向設計	412
4.42	圓形水道之設計	416
4.43	卵形涵洞之半圖解設計法	417
4.44	撓性縐紋鋼管涵洞之設計	418
4.5	長方形隧道斷面之設計	431
4.51	剛性基礎單隧道長方形斷面	431
4.52	彈性基礎雙隧道長方形斷面	434
4.6	附屬工程與裝設之設計指南	453
4.61	隧道牆之組成與構造	453
4.62	隧道防水層	454
46.21	多層灰壩與噴注混凝土	456
46.22	噴砂漿灰壩	458
46.23	黏結式防水層	458
46.24	加勁的瀝青防水層	460
46.25	PVC 防水層	460
46.26	熱塑性片	461
4.63	隧道之排水	462
4.64	腐蝕之防護	465
46.41	因土壤而發生腐蝕之各問題	465

46.42	地下水之腐蝕	470
4.65	隧道通風	470
46.51	施工期間之通風	470
46.52	天然通風	474
46.53	機械通風	476
46.531	公路隧道之機械通風	477
46.532	地下道隧道通風之特種考慮	486
4.66	隧道照明及噪音控制	488
46.61	照明	488
46.62	噪音控制	490
4.67	附屬工程	490
46.71	避車洞	491
46.72	隧道門	491
4.7	參考書目	493

第一章 緒 論

即使在古代，地下結構工程，對人類言也是一種考驗。人們寧願冒隨地下工程施工而具來的辛勤勞作及重重危險，其理由不外是爲了防護、攻擊、生產、（運輸）或交通而已。

除了天然洞穴可供原始人作庇護所外，開挖隧道以毀壞堡壘或通過堡壘，在古代戰爭中，是很重要的且常屬有效的方法。在中古時代，各種隱密的地下道，通至或通出堡壘，及在近代軍事戰史中，開挖攻擊隧道系統，用以破壞與爆炸堡壘城牆，也達成了同等重要的任務。

地下結構工程，迄今仍保有他的軍事重要性，儘管是他的性質是已自攻擊性改爲防守性。是以防空洞之任務，是對空襲之防護；及“炸不壞”的地下場地、發電廠、工廠及倉庫，在近代戰事中，仍是很多。

次於軍事目的者，則爲由深埋地下之開採礦藏；換言之，開礦目的是一大系統。回憶自人類有歷史開始起，礦砂來源即是採礦開出來的。除軍事與採礦目的外，隧道是常常與自來水及排水系統結合爲一體的。導引家庭用水進入若干古城（耶路撒冷、雅典、羅馬），隱藏不使敵人知道，隧道擔任導引第一任務。

人類也不能無地下結構工程所提供交通之惠益。自隱密的地下道爲開始已如上述，地下交通道路，亦即是建造隧道，以避免地面障礙物，並爲增多交通種類與運輸目的，成爲近代運輸系統不可缺之特徵。

是故，隧道是成爲地下結構工程之一重要部門，蓋因爲隧道可稱爲是地下通路，用以作直接交通之目的，或連接兩點間之運輸。從簡下一定義；隧道是“地下通道以不挖除隧道上岩石或土壤而建造的”。

地下結構工程，可約分爲四類：

(一)最古老的是採礦工業用的。此類一部份是永久運輸系統，擴大至最後斷面大小，並有永久襯砌；一部份是互相通連的導洞與通道，僅具有臨