

地質指南 2

現地調查指南

大地工程處土木工程拓展署

香港特別政府行政區



地質指南 2

現地調查指南

大地工程處土木工程拓展署

香港特別政府行政區

香港特別政府行政區

1987 年 9 月首次出版

1990 年 12 月再版

1993 年 12 月再版

1996 年 9 月再版

2000 年 10 月再版

2017 年 12 月 18 日持續更新電子版

報告製作人：

Geotechnical Engineering Office,
Civil Engineering and Development Department,
Civil Engineering Building,
101 Princess Margaret Road,
Homantin, Kowloon,
Hong Kong.

本地質指南是不斷更新的版本，內容包含自地質指南上次發佈以來的修訂版。本指南不斷更新的版本僅在 CEDD 網站上以電子格式發佈，本地質指南名為「GEO (2017) 現地調查指南 (地質指南 2) (持續更新的電子版本於 2017 年 12 月 18 日發佈) 香港特區政府土木工程拓展署大地工程處發行，共 349 頁。」

前言

本地質指南為提出香港現地調查 This Geoguide is to be cited as “GEO (2017)”，在 1983 年 7 月建築事務監督土木工程條例工作小組委員會即已正式認可此標準。本指南格式和內容嚴格遵循英國標準 BS 5930：1981「現地調查實務守則」，但文中建議的英國標準已根據當地條件和實務進行調整。本指南的使用應命名為「岩石和土壤描述指南」（地質指南 3）的文件一起使用，這些地質指南內容經大幅擴充可取代「坡地工程手冊」的第 2 章內容。

本地質指南包括 BS 5930 的第 1 至 7 節內容，第 8 節則列入地質指南 3 內容中。其編寫方式大幅保留英國標準的編排方式和格式，若文本中採用 BS 5930 部份內容而未進行重大修改者，則使用斜體字標示。

應注意到本地質指南建議提供現地調查優良實務規範，但非屬強制性內容。業者通常需採用替代方法，在文件有效期內，現地調查實務內容也將進行改進，藉此取代其建議內容。

本地質指南是在 J.B. Massey 先生指導下由大地工程控室（GCO）撰寫，本文的主要貢獻者為 A. Cipullo 博士、K.S. Smith 先生和 Greenway 博士，他們在 P.L.R. Pang 博士和 R.P. Martin 博士的最後撰寫階段作出重要貢獻，GCO 許多其他成員也就此提出寶貴建議和貢獻。

為確保將本地質指南視為香港土木工程業界的共識文件，我們於 1987 年早期向承建商、諮詢工程師及政府部門廣泛散發本文草案，藉此徵詢意見。許多組織和個人也提出有用和建設性的意見，本地質指南內容追蹤底定時已考慮這些意見內容，我們非常感謝他們的貢獻。

我們鼓勵業者隨時向大地工程控室就本地質指南的內容提供相關的評論，以便對未來的版本進行改進。



E.W. Brand
香港政府首席岩土工程師
1987 年 9 月

目錄

	頁碼
標題	1
前言	3
目錄	4
第 1 部分：介紹	17
1. 範圍	18
2. 專業術語	20
第 2 部分：一般考慮	21
3. 現地調查主要目標	22
4. 一般程序	23
4.1 調查程度和順序	23
4.1.1 通則	23
4.1.2 相鄰地區特性	23
4.2 初步探索	24
4.3 現地勘察	25
4.4 詳細檢查和特別研究	25
4.5 構造和性能評估	25
4.6 隧道工程現地調查	26
5. 現地的早期用途	28
5.1 通則	28
5.2 隧道	28
5.3 礦山和採石場	28
5.4 廢棄物處理場	28
5.5 其他早期用途	28
5.6 古代遺跡	29
6. 空照圖	30
6.1 通則	30
6.2 地形圖和空照圖影像	30

	頁碼
6.2.1 地圖和計劃尺度	30
6.2.2 空照圖影像	30
6.2.3 正射影像地圖和計劃	31
6.3 空照圖說明	31
6.3.1 地面特徵識別和說明	31
6.3.2 香港 API 實例	32
第 3 部分：地面調查規劃	33
7. 地面調查介紹	34
7.1 目標	34
7.2 規劃和控管	35
8. 地面調查種類	37
8.1 新工程用地	37
8.2 現有功能或工程缺陷或破壞	37
8.3 現有功能或工程安全	38
8.3.1 現有功能或工程的新建工程影響	38
8.3.2 影響種類	38
8.3.3 程序	39
8.4 營建用材	39
9. 地面調查地質測繪	41
10. 地面調查的程度	42
10.1 通則	42
10.2 地面特徵和可變性	42
10.3 專案計劃特性	43
10.3.1 通則	43
10.3.2 邊坡與擋土牆施工	43
10.3.3 結構基礎	43
10.4 初步調查	43
10.5 位置	44

	頁碼
10.6 間距	44
10.7 探測深度	45
10.7.1 通則	45
10.7.2 結構基礎	45
10.7.3 土堤	47
10.7.4 切割邊坡	47
10.7.5 鋪設路面	47
10.7.6 管道	47
10.7.7 海洋工程	48
10.8 岩石切割邊坡淤泥和黏土富含層專用指南	48
10.9 隧道工程專用指南	50
10.9.1 初步設計階段	50
10.9.2 詳細設計階段	51
11. 地面調查方法的選擇	53
11.1 通則	53
11.2 現地的考慮事項	53
12. 地面條件對地面調查方法的影響	55
12.1 通則	55
12.2 含大量石頭、鵝卵石或礫石的顆粒狀土壤	55
12.3 顆粒狀土壤	56
12.4 中間層土壤	57
12.5 非常柔軟到柔軟的黏性土壤	57
12.6 堅固到剛性的黏性土壤	57
12.7 含巨石、鵝卵石或礫石的黏性土壤	58
12.8 填土	58
12.9 岩石	59
12.10 來自現場岩石風化的土壤	59
12.11 間斷	60
12.12 洞穴	61

	頁碼
13. 入侵性地面和地下水	62
13.1 通則	62
13.2 混凝土潛在劣化調查	62
13.3 鋼材潛在腐蝕調查	62
13.4 含工業廢棄物填土調查	63
14. 水上地面調查	64
14.1 通則	64
14.2 階段和平台	65
14.3 船舶	65
14.4 潮汐作用	66
14.5 定位鑽孔位置	66
14.6 降低水平高度的判定	66
14.7 鑽孔、採樣和測試	67
15. 地面調查人員	68
15.1 通則	68
15.2 規劃和指導	68
15.3 現地監督	68
15.4 地面條件登錄和說明	69
15.5 實驗測試	70
15.6 專家建議	70
15.7 解說	70
15.8 作業人員	70
16. 施工中審查	72
16.1 通則	72
16.2 目的	72
16.3 所需資訊	73
16.3.1 土壤和岩石	73
16.3.2 水流	73
16.4 儀器	73
16.5 隧道工程	73

	頁碼
第 4 部分：地面調查方法	75
17. 地面調查方法介紹	76
18. 開挖和鑽孔	77
18.1 淺試坑和坡面剝離	77
18.2 深試坑和沉箱	78
18.3 坑口或橫坑	78
18.4 手動鑽孔	78
18.5 光纜敲擊鑽孔	79
18.6 機械鑽孔機	79
18.7 旋轉開口鑽孔和旋轉鑽心	79
18.7.1 通則	79
18.7.2 沖洗介質	80
18.7.3 傾斜鑽孔	81
18.8 清洗鑽孔和其他方法	82
18.8.1 清洗鑽孔	82
18.8.2 其他鑽孔方法	82
18.9 回填開挖和鑽孔	83
19. 地面採樣	84
19.1 通則	84
19.2 樣品品質	85
19.3 來自鑽孔工具或開挖設備的擾動樣本	85
19.4 開管式採樣器	86
19.4.1 設計原則	86
19.4.2 採樣程序	87
19.4.3 薄壁採樣器	88
19.4.4 一般用途 100 mm 直徑開管式採樣器	88
19.4.5 拆分筒標準穿透測試採樣器	89
19.5 薄壁式靜止採樣器	89
19.6 連續土壤採樣	89

	頁碼
19.6.1 通則	89
19.6.2 Delft 連續採樣器	90
19.7 沙土採樣器	90
19.8 旋轉鑽心樣本	90
19.9 塊狀樣本	92
19.10 樣本處理和標示	92
19.10.1 通則	92
19.10.2 標示	93
19.10.3 手採土壤和岩石擾動樣本	93
19.10.4 使用管狀採樣器進行採樣	94
19.10.5 旋轉鑽心押出和保存	95
19.10.6 塊狀樣本	96
20. 地下水	97
20.1 通則	97
20.2 地下水壓判定方法	98
20.2.1 響應時間	98
20.2.2 鑽孔和開挖觀察	98
20.2.3 立管滲壓計	99
20.2.4 液壓式滲壓計	99
20.2.5 電子滲壓計	100
20.2.6 氣壓式滲壓計	100
20.2.7 滲壓計安裝	101
20.2.8 地下水壓變動	102
20.2.9 土壤吸力	103
20.3 地下水樣本	103
21. 鑽孔測試	105
21.1 通則	105
21.2 標準穿透測試	105
21.2.1 一般準則	105
21.2.2 測試準備	105

	頁碼
21.2.3 優點和限制	106
21.2.4 結果和解說	106
21.3 葉片測試	107
21.3.1 一般準則	107
21.3.2 優點和限制	107
21.4 滲透測試	108
21.4.1 一般準則	108
21.4.2 測試準備	108
21.4.3 可變鑽頭測試	109
21.4.4 不變鑽頭測試	109
21.4.5 結果分析	110
21.4.6 鑽孔滲透測試公式	110
21.4.7 優點和限制	111
21.5 封包器（吸水器）測試	113
21.5.1 一般準則	113
21.5.2 封包器	114
21.5.3 壓力的應用和測量	114
21.5.4 水流測量	115
21.5.5 執行測試	115
21.5.6 結果和解說	116
21.6 平板測試	116
21.6.1 通則	116
21.6.2 限制	117
21.6.3 準備	117
21.6.4 鋪整平版	117
21.6.5 承载力應用和測量	118
21.6.6 偏差測量	118
21.6.7 執行測試	118
21.6.8 測試用途	118
21.6.9 補充測試	118
21.6.10 水平式平板測試	119

	頁碼
21.7 壓力計測試	119
21.7.1 測試說明	119
21.7.2 設備校準	119
21.7.3 安裝測試袋	120
21.7.4 結果和解說	120
21.7.5 岩石內測試	120
21.8 鑽孔間斷調查	121
21.8.1 壓印器調查	121
21.8.2 鑽心定位器	122
22. 鑽孔採樣和測試的頻率	123
22.1 一般準則	123
22.2 地面判定	123
22.3 土壤和岩石特性常規判定	124
22.4 雙孔採樣	124
22.5 特別技術	124
23. 探測和穿透測試	126
23.1 通則	126
23.2 動態探測	126
23.3 靜態探測或觸探穿透測試	127
23.3.1 一般說明	127
23.3.2 機械式觸探穿透計	127
23.3.3 電子式觸探穿透計	128
23.3.4 一般建議事項	128
23.3.5 測試用途和限制	129
23.3.6 結果發表	129
23.4 靜態-動態探測	129
第 5 部分：現地和實驗測試	130
24. 現地測試	131
24.1 通則	131

	頁碼
24.2 岩石強度指數測試	132
24.2.1 點承载力強度	132
24.2.2 施密特錘反彈值	133
24.3 滲透測試	133
25. 抽吸測試	135
25.1 一般準則	135
25.2 地下水條件	136
25.3 測試地	136
25.4 抽吸井	136
25.5 觀察井	138
25.6 測試程序	138
25.7 結果分析	139
26. 間斷調查	140
26.1 通則	140
26.2 岩石切割邊坡間斷調查	140
26.3 間斷粗糙度調查	140
27. 現地密度測試	142
27.1 一般準則	142
27.2 沙土替換方法	142
27.3 鑽心切割器法	143
27.4 浸水法	143
27.5 換水法	143
27.6 膠球法	143
27.7 核子法	144
27.8 岩石填土換水法	144
28. 現地壓力測量	146
28.1 通則	146
28.2 岩石應力測量	146
28.3 土壤應力測量	147

	頁碼
29. 承载力測試	149
29.1 垂直承载力測試	149
29.1.1 一般準則	149
29.1.2 測試限制	149
29.1.3 現地準備	150
29.1.4 測試安排	150
29.1.5 測量	151
29.1.6 測試方法	151
29.1.7 結果分析	152
29.1.8 結果解說	153
29.2 水平和傾斜承载力測試	154
29.3 加壓室測試	154
29.4 加州原位承载力(CBR)測試	155
29.4.1 通則	155
29.4.2 測試法	155
29.4.3 測試限制和用途	155
30. 加州現地直剪測試	157
30.1 一般準則	157
30.2 樣本準備	157
30.3 測試安排	158
30.4 測量	159
30.5 測試方法	159
30.6 結果分析	159
31. 大規模現地測試	160
31.1 通則	160
31.2 儀器使用方法	160
31.3 測試土堤和開挖	161
31.4 施工測試	162
32. 反算分析	163
32.1 通則	163

	頁碼
32.2 邊坡預防或修繕工程的破壞和設計	163
32.3 其他案例	164
33. 地球物理調查	166
33.1 通則	166
33.2 土地地球物理學	167
33.2.1 阻力	167
33.2.2 重力	167
33.2.3 磁力	167
33.2.4 地震	168
33.2.5 Gamma 密度法	168
33.2.6 伽馬光譜法	169
33.2.7 中子孔隙度法	170
33.3 海洋地球物理學	170
33.3.1 通則	170
33.3.2 迴聲探測	170
33.3.3 連續地震反射特性曲線	170
33.3.4 側面掃描聲納	170
33.4 鑽孔日誌記錄	170
33.5 腐蝕測試	172
33.6 地面軟弱層識別	172
34. 實驗測試準則	173
35. 樣本儲存和檢查設施	174
35.1 處理和標示	174
35.2 樣本儲存	174
35.3 檢查設施	174
36. 目視檢查	176
36.1 通則	176
36.2 土壤	176
36.3 岩石	176

	頁碼
36.4 照片紀錄	176
37. 土壤測試	178
37.1 通則	178
37.2 樣品品質	178
37.3 樣本尺寸	178
37.4 測試條件	178
37.5 發佈測試結果	179
38. 岩石測試	180
第 6 部分：報告和解說	181
39. 現地報告	182
40. 現地調查報告	183
40.1 通則	183
40.2 敘述性報告	183
40.2.1 報告成為紀錄	183
40.2.2 介紹	183
40.2.3 現地說明	183
40.2.4 地質學	184
40.2.5 現地工程	184
40.2.6 鑽孔日誌	184
40.2.7 地下水發生率和特性	187
40.2.8 鑽孔位置	187
40.2.9 實驗測試和樣本說明	188
40.3 工程解說	188
40.3.1 應覆蓋物	188
40.3.2 解說根據資料	188
40.3.3 發表鑽孔資料	189
40.3.4 設計	190
40.3.5 施工權宜事項	191
40.3.6 物料來源	

	頁碼
40.3.7 破壞	192
40.3.8 計算	193
40.3.9 參考資料	193
40.4 隧道工程現地調查文件作業	193
參考資料	194
表	215
表目錄	216
表	217
圖	233
圖目錄	234
圖	237
平板	284
平板目錄	285
平板	286
附錄	298
附錄 A：初步探索所需資訊	399
附錄 B：資訊來源	307
附錄 C：現場勘察注意事項	331
附錄 D：設計和施工所需資訊	336
附錄 E：安全注意事項	341

第 1 部分

介紹

1. 範圍

本地質指南說明香港地區的現地調查，評估土木工程和建築工程的適用性，獲取影響工程設計施工及相鄰財產安全其場地特徵的相關知識。基本上是根據 BS 5930：1981 「現地調查實務守則」（BSI，1981a），經修改經認定適用於香港地區。

雖然本地質指南保留 BSI（1981a）的基本結構和理念，也根據香港地區特別重要的當地條件和經驗進行內容的補充或重寫。BSI（1981a）其他內容未修改者，即使用斜體字標示。BSI（1981a）中不太相關或很少使用的部份內容僅加以引用、合併或刪除。

在本地質指南中的「現地調查」具有更廣泛的意義，別處通常在狹義上意指本文所謂的「地面調查」，土壤和岩石建材的使用只經過簡單處理，有關這方面的進一步資訊，內容悉如 BSI（2009）[Amd GG2/01/2017]

從第 2 部份開始，本文內容分段如下：

第 2 部分：第 2 部分討論場地的選擇（或確定擬議場地是否適合）及準備工程設計時應考慮的技術、法律或環境特徵等問題。

第 3 部分：第 3 部分討論地面調查的一般規劃，包括一般條件和地面條件對選擇調查法的影響。

第 4 部分和第 5 部分：第 4 部分和第 5 部分討論地面調查法，可細分如下：第 4 部分即關於鑽孔中的挖掘、鑽孔、採樣、探測和測試，第 5 部份是關於樣本的現地測試和實驗測試。

第 6 部分：第 6 部分討論現地報告和鑽孔日誌的製作、調查資料的解說和最終現地報告的製作。

BSI（1981a）的最後一段說明土壤和岩石特性，不列入本地質指南內容中。隨附文件「地質指南 3：岩土說明指南」（GCO，1988）一直致力於這個主題，讀者應參考本文了解香港地區岩石和土壤的分類說明內容。

應注意到各種主題內容在某些情況不免出現內容編排不完善，對不常使用的方法反而更詳細說明。因為無法完全涵蓋所有可用的現場調查技術，所以文獻中其他地方有詳細記載的方法，在本地質指南中只是簡要說明而已。

本地質指南提出優良實務標準，以提供讀者建議參考。遵守規定並未賦予相關法規要求的豁免權，建議僅為提供指南，不應視為強制性規定，在這方面應了解到將有許多方法陸續開發。

2. 專業術語

地質材料和地面調查類型的一些常用描述性術語通常會以不同方式作出解釋，因此需對這些術語加以定義，本地質指南採用下文中的專業術語。

「岩石」是指所有不能用手分解屬天然地質來源的固體物質。「土壤」是指任何可用手分解天然形成的土壤物或填充物，包括已在工程土壤條件下風化的岩石。關於這些術語使用進一步的指南，內容悉如地質指南指導 3 (GCO, 1988)。

不包括任何的大石或卵礫石，「細粒土壤」或「細土壤」是含約 35% 或更多細小物質（淤泥和黏土顆粒）的土壤。「粗粒土壤」或「粗土壤」意指含有少於 35% 的細料和超過 65% 粗料（砂礫和砂粒）的土壤。關於進一步的指南，內容如地質指南 3 (GCO, 1988)。

「含凝聚力土壤」通常是指細粒黏附的土壤，相反地，「顆粒狀土壤」或「無凝聚力土壤」不會形成附物。這些簡單的術語可用於地面調查中的材料分類旨在選擇合適的地面採樣方法。細土壤通常具有內聚力。

複合土壤「脈石」意指包覆或填充土壤中較大顆粒或顆粒孔隙的細粒土壤物質。

「鑽孔」是在地下鑽進套管或無套管孔（即「鑽孔」）的方法，包括螺旋鑽孔、衝擊鑽孔和旋轉鑽孔，其中鑽頭旋轉進入地面即可形成鑽孔。雖然在香港常用「鑽孔」一詞，因為地面研究中廣泛使用旋轉鑽心的鑽孔法，但為簡單起見，在整個地質指南中，無論是螺旋鑽孔、衝擊鑽孔和旋轉鑽孔一概使用的術語為「鑽孔」。

第 2 部分

一般考慮事項

3. 現地調查主要目標

現地調查是所有土木工程和建築工程建設的必要前提，此調查之目的如下：

- (a) 適用性評估場地和週圍環境對擬議工程的一般適用性。
- (b) 設計為能夠實現適當的經濟設計，也包括臨時工程的設計。
- (c) 施工計劃最佳的施工方法，預測並面對困難，解決地面和造成施工期間可能出現延誤的其他當地條件，在適當情況下探索當地的建材來源（見第 8.4 節），選擇處理廢棄物或剩餘物料的地點。
- (d) 變動的影響無論是自然還是人為的工程結果，判定地面和環境條件可能出現的變化及這些變化對工程、相鄰工程和一般環境的可能影響。
- (e) 地點的選擇如有替代方案時，就不同地點或同一地點的不同部份其相對的適宜性提出建議。

此外，在回報現有特徵和工程上的安全性（見第 8.3 節）時，可能需進行現地調查對現有工程進行垂直或水平延伸設計並調查出現破壞的狀況（見第 8.2 節）。

4. 一般程序

4.1 調查程度和順序

4.1.1 通則

調查範圍主要取決於擬議工程的規模、工程及場地的性質。

現地調查通常分階段進行如下：初步探索、現地勘察、詳細檢查設計，包括地面調查、地形、水文調查、特殊研究、施工期間的後續調查（圖 1），然後即可進行績效評估。有些階段可能重疊或不按順序進行，如現地勘察很可能在完成初步探索前即進行。

現地調查成本比專案計劃的總成本更低，並可藉由智能前瞻性規劃再進一步降低成本。在早期階段與專業承包商進行討論有助於制定有效和經濟性的計劃，調查的技術要求應是選擇調查方法的首要因素而非其成本。

在地面調查開始前，至少在地面條件的相關方面應盡可能完成初步探索資訊的匯整。可能需進行初步的地面調查確定地面調查的範圍和性質，第 10 章將討論地面調查的範圍。

關於大面積專案計劃的區域研究或現地調查如公路、隧道或輸電線路，工程地質、地貌繪圖、地形分類和危害分析等技術可用於界定重要區域，因此，詳細調查可集中在最需要調查的區域內（Brand 等人, 1982; Griffiths & Marsh, 1984; Hansen, 1982）。

4.1.2 相鄰地區特性

由於香港城市發展密集，建築活動往往影響到鄰近區域，因此，調查範圍應涵蓋可能影響相鄰區域的所有因素，包括邊坡和擋土牆等特徵（見第 7 章和第 8.3 節）。在可能的情況下，應在施工前、施工期間和施工後記錄地面水位、地下水位和相鄰區域的相關詳情。若可能對現有結構造成損害，應取得足夠的攝影紀錄。

應特別考慮相鄰的建築物、結構體和埋設的公共設施包括送水、瓦斯或污水管道，因為這些設施可能受到震動，地表下陷、滑動等可能影響現場施工期間和施工後的地下水位變化，應特別考慮裝設有敏感儀器或設備的醫院和其他建築物。

當地盤位於地下鐵路公司的隧道或建築物之上或附近或在中層預定區域時，需先獲得特別許可或批准（見附錄 A 及 B；另見第 7 章），這兩個特徵的大致位置如圖 2 所示。

4.2 初步探索

在現地調查第一階段需進行初步探索，附錄 A 顯示可能需要的資訊類型，有施工地點的大量資訊可能已提供於紀錄中，附錄 B 摘要說明重要資訊來源，建議讀者注意資料上的任何警告訊息，必要時，與相關資料的所有者核對所需資料的可靠性、準確性和完整性，同時考慮專案計劃的需求，也要求讀者向 GEO 回饋意見，即可了解地質指南 2 需要更新的地方。

[Amd GG2/01/2017]

香港目前正在進行一項新的地質調查，藉此取代現有的 1:50,000 比例的地質圖和備忘錄（Allen & Stephens, 1971），新的 1:20,000 比例的地質圖將在 1986 年至 1991 年間發表（圖 3）。新的地質調查對某些主要的岩石區和岩石類型採用不同的命名法（Addison, 1986; GCO, 1988; Strange & Shaw, 1986），應盡可能使用這些命名法。

基礎岩土工程資訊的一個重要來源是政府出版物中心提供的岩土區研究計劃（GASP）的出版品，對整個地區進行系統性的地形評估，其比例為 1:20000（Brand 等人, 1982），這些出版品通常包含工程地質學、地形分類、侵蝕、地形和物理限制圖，該範圍的選定區域也按 1:2,500 比例進行評估，但尚未公佈。GASP 計劃和 GASP 出版品所涵蓋的範圍如圖 4 所示，圖 5 提供一些 1:20,000 比例的地圖實例。

土力資訊股單位還獲得整個範圍的大量鑽孔紀錄、山體滑坡、降雨和壓力測量資料、土壤和岩石樣本實驗測試結果的有用記錄，可藉由施工地點的地理位置輕易取得相關資料，有關土力資訊股單位的進一步詳情，內容悉如附錄 B。

本文還提供香港地質和岩土工程相關的有用參考書目（Brand, 1992），很容易即可取得當地的地圖和施工計劃（表 1）、建築物條例執行處或公共檔案室所保留私人開發的竣工紀錄（見附錄 B），如第 6 章所述，通常可從空照圖獲取有價值的資訊內容。

4.3 現地勘察

在早期階段，應對工地進行徹底的目視檢查，一般而言，現場附近進行的地面調查可能也是一種判斷上的問題（見 4.1.2 節），在香港發展迅速的市區中，通常需在現地勘察階段檢查現場及週邊地區現有的邊坡和擋土牆。附錄 C 概述現地勘察程序和考慮要點，但不應將全部內容視為強制性規定。

附近的邊坡可顯示土壤岩石類型及其穩定性的特徵，原有的挖掘採石場也是如此。同樣地，因為可壓縮或不穩定的土壤，附近可能存在堤壩或建築物及具有沉陷歷史的其他結構體。可從檢查中獲得其他重要的證據就是地下挖掘的狀況，如地下室和隧道的挖掘。類似這些結構體的特性也可提供有用的資訊內容，這種結構缺陷可能是明顯的，也可能出現在其他密集開發的區域中，

第 5 章提供可能影響新建築工地的早期使用實例。

4.4 詳細檢查和特別研究

就大部份的專案計劃而言，施工設計和規劃需對工地及其週圍環境進行詳細檢查（另見附錄 D），這些要求可能需進行詳細的土地調查（見附錄 D2）或對洪水承载力進行調查。地面條件的調查在第 3 和第 4 部中討論，其他要求可能需對水文學等（見附錄 D3）、微氣象學（見附錄 D4）、材料來源（見附錄 D.5）、處理廢棄物（見附錄 D6）或其他環境因素等特殊科目進行研究。

還應考慮廢棄隧道影響工地的可能性（見第 5.2 節），

在懷疑可能出現地下洞穴的地區（Culshaw & Waltham 1987），可能需進行特殊研究評估該地點的適宜性（見第 7.1 節）。

4.5 構造和性能評估

第 16 章討論施工和性能評估等內容。

4.6 隧道工程現地調查

[Amd GG2/01/2017]

應盡可能全面進行招標前現地調查，為隧道工程的設計和合約提供充份的資訊，除了地質和水文地質條件外，現地調查應判定公用和埋設設施是否會干擾隧道工程或受其影響（參見政府專案計劃的 ETWB TC (W) #17/2004）。

[Amd GG2/01/2017]

無論現地調查的程度如何，地下地質和水文地質都具有其不確定性。再者，物理限制如現有建築物和地下設施可能限制隧道工程特定路段在投標前的現地調查。因此，需在工程合約中進行額外的地面調查，不斷檢查監測實際情況並採取措施處理對設計、施工、設施、生命和財產造成重大影響的意外狀況。

[Amd GG2/01/2017]

美國陸軍工兵手冊（USACE，1997）內容包括實際的現地調查其相關成本的指南，即屬估計建築成本的一部份內容。根據本指南，位於困難地面條件和密集市區的深層隧道現場勘察，其一般的成本金額約為建築成本估算值的 3-4%。但特定專案計劃的現地調查成本大幅取決於可用資訊品質、適用性和充份性及其所涉及的隧道工程類型設計和風險管理所需的資料，客戶應在專案計劃的成本估算中編列足夠的現地調查資金。

[Amd GG2/01/2017]

應分階段進行隧道工程相關的現地調查，此方法是必要的，因為專案計劃的不同階段會有不同的要求。再者，在路線規劃或設計期間，隧道路線和設計要求可能出現變化。

[Amd GG2/01/2017]

使用各個階段獲得的資料評估擬議挖掘方法對感應接收器的影響及各個隧道區段的岩土工程風險，在判定隧道路線並獲得更多資訊時應審查風險評估。

[Amd GG2/01/2017]

ITA（2009）提供某些隧道掘現地調查相關的簡單指南，表 13 概述 IMMM（2003）岩石隧道工程的考慮事項和現地勘察技術，有關地面調查技術的補充資料，內容悉如附錄 F。

[Amd GG2/01/2017]

有關資訊和專業知識的來源，請參閱本地質指南和 GEO（2016）的附錄 B，藉此獲取有關香港 SI 和隧道的一般指南和資訊來源，也可參考地質指南 4（GEO 1992），其中包含對洞室計劃進行現地調查的指南內容，大部份內容也適用於隧道和豎井施工。

[Amd GG2/01/2017]

有關香港第四紀前地質的相關資料載於 Sewell 等人的論文（2000 年）中。

GEO/CEDD 單位進行的香港地質調查(HKGS)提供香港地質最詳細的資料和諮詢服務，應諮詢 HKGS 內容，特別是在隧道工程新專案計劃的規劃階段、地質模型製作、困難區域預測及重要地質特徵驗證（斷層、堤壩、地質單元間的接觸區等）等期間，實際專案計劃中的諮詢過程還可將重要的地質資訊回饋給 HKGS 所維護的現有地質檔案。

[Amd GG2/01/2017]

5. 現地的早期用途

5.1 通則

若某個工地過去曾有其他用途，則會對目前的預期用途造成重大影響，對工地及其植被進行仔細的目視檢查可發現到過去的某個時間干擾天然地下條件的相關線索，實例如第 5.2 至 5.6 節所示。

由於香港的發展歷史較短，因此可藉由查看早期的地圖、空照圖和其他歷史紀錄發現許多以前遺址的狀況（見附錄 A 和 B）。

5.2 隧道

附近出現隧道可能對工地的預期用途產生深遠影響，應加以充份考慮。除了以前的戰時活動外，整個地區內還存積極用於供水、污水運輸、道路和鐵路、地下掩體和廢棄隧道（平均為 2 米高 3 米寬）等設施。

5.3 礦山和採石場

香港曾經出現小量的露天或地下採礦，但在某些採石場和採石業的借用地區也是如此，若發生這種情況，需詳細考慮對工地造成的影響。

5.4 廢棄物處理場

在整個地區可找到用於處理生活垃圾、工業廢棄物和其他垃圾的廢棄物處理場，政府過去或現在的「控管位置」都加以紀錄，但可能也有其他的廢棄物處理場，也可能出現有害的工業廢棄物，其他用途的廢棄物處理場地點需徹底考慮可燃氣體、有毒滲濾液和地面沉陷所造成的影響。再者，廢棄物處理場附近也可能受到可燃氣體和滲濾液的影響。

5.5 其他早期用途

在過去 80 至 90 年間，香港大部份的低窪區已持續進行填土工程，因此，在這些區域的地下可能出現海堤和其他障礙物。使用的填土材料是可變的，通常包括大石塊和建築垃圾，填土通常由柔軟的可壓縮海洋沉積物所構成。

天然邊坡、巨石、較舊的切割、填土邊坡和擋土牆，往往容易發生山體滑坡和其他不穩定的狀況，最重要的是在現場調查的早期階段，應在現地調查早期階段檢查工地或其附近是否出現邊坡特徵、現有或未來可能出現的不穩定狀況。

5.6 古代遺跡

古物古蹟辦事處保存一份憲報公佈的歷史遺址名單，在憲報刊登的歷史遺址內進行土地開發時，需取得任何所需的許可證。進入任何歷史遺址甚至是未登記的遺址之前，建議先諮詢古物古蹟辦事處，在現地調查期間，應向古物古蹟辦事處報告任何發現古物或疑似古物的相關事件（見附錄 A 和 B）。

6. 空照圖

6.1 通則

空照圖可用於製作、修訂地圖和計劃，有助於識別及綜合評估天然和人造特徵，包括工地有關的地質、地貌、水文和植被等，在評估工地歷史（即形態、材料和土地利用的變化）方面特別有用，並可為邊坡穩定性的評估提供有價值的資訊（Geological Society, 1982）。

目前有很多黑白的香港空照圖，雖然從 1924 年開始對香港取得部份地區的空照圖，但完整空照圖資料的取得始於 1963 年，如表 2 所示。對香港地區內幾乎任何的地點，空照圖紀錄顯示土地利用開發的變化及近期不穩定狀況的歷史紀錄內容。飛行高度超過 6,000 米的小型黑白照片更適用於提供完整的視圖內容，還提供少量真實色彩、紅外線(非真實色彩)和黑白照片的資料，有關如何獲取空照圖的建議如附錄 B.3.3。

[Amd GG2/01/2017]

6.2 地形圖和空照圖影像

6.2.1 地圖和計劃尺度

可從空照圖製作準確的地形圖和計劃內容，地政總署提供的地圖和圖則目錄如表 1（另見附錄 B 3.1），大比例的計劃圖（比例 1：500 至 1：1000）通常最適合小區域的現地調查，而比例為 1：5000 至 1：20000 的計劃內容更適用於地區性的研究。

[Amd GG2/01/2017]

6.2.2 空照圖影像

空照圖上的圖像比例與相機與拍攝對象的距離成一定比例，垂直拍攝取得的空照圖而言，高大的物體（山丘和建築物頂部）和靠近照片中心的物體，比照片邊緣附近的低窪地形或類似物體的圖像稍大，圍繞相機光軸的徑向畸變讓真實的垂直影像偏離照片的中心點，這種效果在照片邊緣部位變得更加明顯，這可能嚴重影響大型的照片，讓各個不同部位差異甚大。

雖然出現這些影像出現扭曲，但可在垂直攝影空照圖中央 1/3 部位內識別大致相似海拔的地形，藉由地圖（或平面圖）上可識別的對象與空照圖間距比例，即可根據圖像比例合理精確縮放圖內容。大多數的空照圖都使用大尺寸的負片製作，在 1963 年之前，沖洗照片的尺寸各有不同，通常是 162 mm x 175 mm 的尺寸，除了少數例外狀況，從 1963 年到現獲得的負片影像都是 228 mm x 228 mm。沖洗照片製作的影像清晰，可藉由放大鏡或立體鏡片觀察沖洗照片或放大全部或部份底片影像內容，即可獲得清晰的影像內容，即使是單一工地的小區域研究，也可使用放大的沖洗照片。

6.2.3 正射影像地圖和計劃

正射影像地圖和平面圖可用於製作（僅限岸外地區）垂向和斜向空照圖（真實比例），其中包括用輪廓或網格疊印的照片。

6.3 空照圖說明

6.3.1 地面特徵識別和說明

空照圖可藉由許多的比例和水平高度細節加以解說，提供對現場調查設計和結果解說上都具有價值的相關資訊。廊道路線（如公路、鐵路、管道或輸電線路）等大型專案計劃的現地調查設計可從初步的空照圖解說（API）中獲益匪淺，這可突顯地形上的天然和人為特徵，特別著重於對專案計劃可行性或設計可能造成重大影響的危害和資源。即使在較小的工地進行現地調查，API 研究也可提供天然和填土材料分佈和厚度的有用資訊，並可揭示源自鄰近區的潛在問題。可比較不同日期拍攝的空照圖序列，判定填土和回收的位置、程度、大致時間及區域開發順序。

空照圖特別是進行立體檢查時，通常可用於識別和描繪特定的地面特徵，如土壤類型分佈（如崩積、沖積、沉積）、土壤厚度，基岩類型、基岩深度、裂縫模式和間距，如當地的整治措施。API 在「照片線性構造」的映射中具有特殊價值，此術語意指空照圖上的直線或平緩彎曲特徵，這些特徵通常是基岩結構或材料出現變化的表面現象。照片線性構造通常以地形高點或低點為標記，但有時可能是更微妙的特徵，只能藉由不同的植被生長狀況來識別，藉此反映土壤類型、土壤厚度或水份含量的潛在變化。明確的線性凹陷通常顯示基岩結構中抗性較小的基岩或不連續的位置點，如斷層、斷裂帶或主要接縫。局部的線性地形高點、巨石或岩石露頭線可能顯示更耐風化的岩石結構單元。

上述所有特徵對現地條件的解釋可能很重要。藉由 API 儘早識別可能對當地地下水狀況造成重大影響的土壤、岩石類型特徵的重大變化，非常有助於地面調查設計和該地點的地質模型建立。

API 和相關繪圖技術的評論包含在地質學會（1982）的討論內容中，Ho 等人（2006）、Lueder（1959）、Van Zuidam 和 Van Zuidam-Cancelado（1979）、Verstappen & Van Zuidam（1968）和 Way（1978）提供使用 API 技術的一些好例子。

[Amd GG2/01/2017]

6.3.2 香港 API 實例

在香港 API 技術已成功應用於特定問題和區域的評估上，前者的實例如 Brimicombe（1982）、Bryant（1982）和 Koirala 等人（1986）的研究，針對岩土區研究計劃（GASP）已進行系統區域性的 API 研究，為規劃、資源評估和工程可行性研究提供相關資訊（見 4.2 節）。第一個區域性的全球航空安全計劃報告於 1987 年發表（GCO，1987），該系列的另外 11 個報告於 1987 年至 1989 年期間出版。所有 GASP 地圖均可在土力資訊股找到（見附錄 B）。

圖 6 顯示香港島垂直拍攝黑白空照圖，即為 1:20000 比例的地質圖（GCO，1986），基岩結構的一些特徵可從空照圖中得到解釋，例如，從地質圖可清楚看到東部深谷的斷層線位置，在照片東北角附近可看到地圖上照片線性構造不明確的山谷地區。

第 3 部分

規劃地面調查

7. 地面調查介紹

7.1 目標

就新工程而言，地面調查旨在獲得可靠資訊，藉此促成經濟安全的設計滿足標案和施工要求。調查目的應是驗證和擴展以前收集的資訊內容，在香港由於城市開發密集，通常需調查新工程對現有地質特徵和工程安全的影響，特別是對現有邊坡和支撐結構穩定性的影響（見 4.1.2 和 8.3 節）。

與現有特徵或工程缺陷或破壞（參見第 8.2 節）或現有地質特徵和工程安全性（參見第 8.3 節）相關的地面調查目標，直接與特定的問題具有相關性，第 8.4 節討論建材調查的相關要求。

了解工地的地質是規劃和執行地面調查的基本要求，在地質相對簡單工程簡單的某些情況下，初步探索可提供足夠的地質資訊，但需經過試驗坑或鑽孔或兩者的確認。在其他狀況下，可能需進行地質測繪，這將在第 9 章加以討論。

最重要的是建立土壤特性曲線或土壤岩石特性曲線及地下水條件等資料，應使用地質指南 3（GCO，1988）或合適替代系統中的方法和術語，藉由近距離目視檢查和地面系統的描述來獲得特性曲線圖，在許多狀況下，藉由有限的現地或實驗測試即可補充此點的不足。在其他狀況下，需詳細判定土壤和岩石的工程特性，第 10 章將討論地面調查的範圍。在適當狀況下，應建立不連續的幾何形狀和性質（見第 12.11 節）等相關資訊。

在許多情況下，特別是在邊坡設計中，判定地下水隨降雨量的變化狀況是非常重要的。

調查範圍應涵蓋工程可能造成的暫時性或永久性變化結果，這些變化包括：應力和相關變化、含水量和相關的體積變化、地下水位和流量模式的變化及土壤性質的變化，如強度和可壓縮性等。在地下的材料可能劣化，因此，需提供可估算地面腐蝕性的相關資訊（見第 13 章）。

可能需採取特殊措施判定可能會坍塌的廢棄隧道或地下洞穴造成建築物受損的狀況（見第 8.3.2 節、第 10.3.3 節和第 10.7.2 節），早期使用過的工地可能出現其他的危害（見第 5 章）。

7.2 規劃和控管

在開始地面調查之前，應綜合考慮從第 2 部內容所收集的所有資訊來源，以獲得可能涉及地面條件和工程問題的初步概念，這將有助於規劃所需的地面調查數量和類別。

地面調查規劃應具有彈性，根據新資訊變動所需的工程內容，有時候特別是在大型 或擴展的工地上，可能需進行初步調查，才能夠善用工地調查規劃的優點（見 4.1.1 和 10.4 節）。

設計工程最終底定前，應盡量完成地面調查，因此，在任何整體計劃中應提供足夠的時間進行地面調查（包括處理所有法律、環境、合約、行政事務、報告和相關說明），例如，在邊坡設計中，應提前安裝滲壓計獲得足夠的地下水資料。若主要調查完成後專案計劃內容變動時，可能需進行額外的地面調查作業。若是如此，應調整程序給予所需的額外時間。

有時候需在工程開始後進行額外的調查作業，例如，隧道挖掘中可能需在前方進行探測，以警告出現危險或地面條件的可能變化。地面特性及地下水位可能隨季節而變化，在規劃調查作業時，應考慮一年中其他時間可預測的地面條件。

以成本和時間為由對地面調查數量施加限制時，可能造成資訊不足，不具經濟效益無法按照標案規定按時完工，在稍後的階段中進行額外調查可能增加成本並導致延誤。

由於香港的地面調查通常需在市區中進行（平板 1A），因此在開始進行地面調查前，往往需先取得道路挖掘許可證、臨時許可證或路權。就某些工地而言，需根據交警和其他當局的要求協調工程（板塊 1B）。正確識別和維護工程進行會遇到的公用設施是必要的，高壓電纜、燃氣配電線路和其他設施通常會出現嚴重的安全上的隱憂。

由於回填坑和鑽孔可能干擾後續施工狀況，因此，應對這些狀況選址並小心回填，每次挖掘、鑽孔或探測的精確位置需參考 1980 年香港公制電網並在施工期間加以記錄。記錄這些地點的地面水平高度也很重要，紀錄內容應讓工地的位置點和水平高度列入報告內容中，可方便查詢參考（見第 10.5 和 40.2.8 節），

調查中層區域內的新工程及所有其他建築工程（圖 2）需符合「建築物條例」等規定（香港政府 1985 年），包括向「建築物條例管理處」呈交地面調查計劃，藉此獲得該處的動工批准。

如擬議的調查是在地下鐵附近或在鐵路「保護範圍」內進行時，應在達成動工協議前先將工程詳情及位置，包括任何建議的鑽孔深度轉交地下鐵公司備查。

若在調查過程中出現古物或古蹟時，應通知古物古蹟辦事處（見第 5.6 節）。

為能夠從地面調查中獲得最大利益，需具備適當知識和經驗的主管人員進行充份的指導和監督工作，並有權在必要時變動地面調查內容（見第 15 章）。

在規劃地面調查時，應特別注意人員安全，某些方法存在特殊的安全問題，相關章節已提供建議。關於其他涉及現場或實驗作業正常安全預防措施的方法，附錄 E 載有適用於地面調查的法規清單，此列表未必完整，若對安全預防措施有疑問時，應徵詢進一步的建議。

在隧道工程的專案計劃規劃階段中，通常會考慮替代的隧道路線和潛在豎井位置，只有地下地質和水文地質的總體條件滿足時，才能夠判定首選的廊道路線並估算專案計劃的成本排序。現場調查應包括初步探索和現地勘察，若必要時，僅限於執行地面調查，應參考附近隧道專案計劃所提供的諮詢內容（如參見 GEO（2016）中的參考資料）。

[Amd GG2/01/2017]

附錄 A 概述地面調查規劃可能需要的資訊類型。

8. 地面調查種類

8.1 新工程用地

對新工程的調查與第 7 章中提到的其他調查類型不同，因為這通常需要更廣的範圍，需提供資訊幫助選擇最適合的工地位置、工程設計和施工。例如，需開挖邊坡時，對地下材料和地下水條件的了解即為：

- (a) 是否難以清除建材？
- (b) 若無支撐或需要支撐時，兩側挖掘是否穩定？
- (c) 地下水條件是否需要特殊措施，如地下水排水或其他開挖工程？
- (d) 地面特性是否會因挖掘而改變，如開挖土體中的殘留結構？
- (e) 需要何種表面保護？

在設計方面，需評估地基承載和沉降、路堤和岩屑的坡度穩定性、支撐結構的土壤壓力及任何化學侵蝕性地面條件的影響等因素。就新工程的設計而言，重要的是應知道最不利條件在內的各種條件內容，這不僅需要研究工地土壤和岩石特性曲線的變化程度，也需瞭解地下水變化和天氣條件對各種地下材料可能造成的有害影響。若工程需挖入岩石中或在岩石內挖掘，包括風化岩石等，岩石中不連續性的方向和性質可能是最重要的考慮因素。

通常，擬議工程的初步設計非常有助於取得地面調查中的參數值。

調查應評估擬議工程的地面運動是否可能對鄰近區域、公共設施、地質結構、水文地質系統造成不利影響。

8.2 現有功能或工程缺陷或破壞

通常需對出現破壞地點進行調查，判定破壞原因並獲得設計整治措施所需的資訊內容。

首先需觀察測量地質特徵或結構，判定破壞模式或機制，這些通常可顯示造成破壞的原因或至少顯示破壞是完全或部份因為地面條件所造成。若屬這種情況，則需調查判定工地歷史紀錄等 3 個階段相關的地面和地下水狀況，在完工前、出現破壞時和目前的狀況（另見第 32 章）。每個問題都需根據其優點加以考慮，可能的破壞原因通常會讓大家更關注特定部位或特定的地質特徵等狀況。

在邊坡破壞或認為這種破壞即將發生的情況下，通常會監測地表和地下的運動狀況，前者藉由傳統的測量方法進行作業，後者藉由滑坡指標或傾角儀進行測量。這些技術在邊坡岩土工程手冊(GCO, 1984)中有完整說明，通常還需監測各個基礎區域內的地下水壓力（見第 20 章）。

[Amd GG2/01/2017]

因此，判定破壞原因的調查作業在特定方面可能比一般調查新工程時更為仔細。

8.3 現有功能或工程安全

8.3.1 現有功能或工程的新建工程影響

由於香港部分地區的城市密集發展，通常需調查現有的地質特徵，並在附近或甚至遠離擬議新工程的地點進行調查作業，判定現有工程是否可能受新工程波及，影響變動地下水和地下水的條件。

8.3.2 影響種類

現有的邊坡和地質結構可能會受到以下變化條件的影響：

- (a) 排水受阻可能導致地下水位上升。這導致黏性材料的軟化和滲透性材料剪切強度降低，並會增加孔隙壓力影響邊坡和擋土牆的穩定性，膨脹可能導致地面隆起。
- (b) 無論是一般的地面變形還是邊坡不穩定等狀況，附近地區的挖掘或拆除可能導致邊坡或地質結構的支撐減少。
- (c) 新結構體可能在現有邊坡或結構體上或相鄰的結構體下方的基礎材料上施加應力，這可能導致邊坡不穩定或對現有的結構造體成壓力。

- (d) 緊鄰交通、震動壓實、打樁或爆破或其他建築活動所造成的震動和地面運動。
- (e) 從水井抽水或挖掘隧道除水來降低地下水位將導致的底土中的有效應力增加，這可能導致相鄰結構體的過度沉陷。此外，若幫浦未裝設適當的過濾器，則從底土中浸出的土壤細粒很容易導致抽取馬達相距甚遠結構體的過度沉陷。

在可能出現天然地下洞穴的區域，如元朗盆地的水蝕石灰岩地形地貌，由於大量抽水會造成有效應力增加或土壤向下傾斜，可能因此造成沉陷或形成落水洞（Siu & Wong 1984）。

- (f) 鄰近地區的隧道挖掘可能導致變形和沈降，拉伸和壓縮應力對排水的影響不容忽視。
- (g) 改變水道的水流可能導致堤岸的底砌、牆壁、橋樑和橋墩基礎的沖刷，並可能是因為距離較遠的工程所造成。
- (h) 港口工程水道淤積或航道對準的改變。

8.3.3 程序

調查現有地質特徵或工程安全性時，首要的要求是了解可能發生的地面變化。地面調查需具備地下材料的相關知識並應進行樣本檢查測試，評估變化狀況對這些材料的可能影響。在某些情況下，可能需進行詳細的分析，估計變化狀況對現有地質特徵和工程安全性的影響。

8.4 營建用材

有時需要進行工地調查：

- (a) 為能夠評估挖掘或挖泥材料對建造工程的適用性和數量，例如：是否降低公路和鐵路工程因應其他地點的填土作業。
- (b) 為特定目的尋找合適材料，例如，可找到用於土方工程的借用坑或地區（這是香港常見的問題，即城市發展密集需不斷尋找合適的填土材料。），評估因為環境因素可能需拆除的廢棄物處理廠其材料的適用性。
- (c) 為廢棄物和開挖廢料找到合適的倒置地點。

9. 地面調查地質測繪

地質測繪旨在評估該地區地下土壤和岩石的特徵、分佈和結構，若不繪製更大的區域，則可能無法解釋現場的地質條件。了解地質特徵是解釋現場地質條件的先決條件，經適當培訓的專家通常應負責執行這項任務。

根據基本地圖或參考資料，新的 1:20,000 比例尺地質圖是最有用的資料，這些地圖是在 1986 年至 1991 年期間發佈（圖 3），還有兩個現有的 1:50,000 地質圖（覆蓋整個範圍）（Allen & Stephens, 1971），用於地區性的地質測繪方法同樣適用於地面調查的測繪（地質學會 1982 年 Strange 1986），可藉由空照圖（見第 6 章）和地球物理調查（見第 33 章）來補充解說內容。

在工地以外的天然和人工外露如邊坡和採石場，可提供有土壤岩石材料和品質特徵的相關資料，如層理、連接不連續結構體的方向、頻率、特徵、風化特性曲線及淺層和固體土壤層間的連結特性。此類資訊僅是用於瞭解現地狀況的指南，需謹慎推斷資料，地質沉積物可能出現橫向變化，這是非常重要的地質構造如斷層和其他主要的結構不連續性，可能只有一定程度上的呈現。

使用機械挖掘的淺坑和溝槽可能有助於反映研究早期階段的局部狀況，挖掘牆和佔地面積應採用適當比例進行繪製，並在回填之前先進行採樣。

坡面剝離也常用於香港的地質測繪（見第 18.1 節）上。

應在工程的所有階段中記錄地質資訊。

有關工程地質模型發展的一般準則和主要考慮因素，可參考香港地質工程實務第 3 節內容（GEO 2007）。

[Amd GG2/01/2017]

關於工程地質測繪進一步的資訊和實例，可參考他處的內容（Burnett & Styles 1982; Geological Society 1972; IAEG 1981; ICE 1976; UNESCO 1976）。

10. 地面調查的程度

10.1 通則

地面調查的範圍取決於地面和地下水的特徵和可變性、專案計劃類型及現有資訊的數量，重要的是在判定工程設計的基本準則，應先判定地面的一般特徵和可變性。

在香港源於現地岩石風化的土壤，通常在較短距離內會出現很大的變化。花崗岩和火山岩更是此地主要的固體土壤成份，通常分佈在 30 米和 10 米深的風化土壤。在某些地質條件下，花崗岩可能風化到 100 多米深，例如，在半山區、馬鞍山和元朗區都可找到相關的實例。重要的是要瞭解到地面條件可能未必隨着深度而改善；有時，地面上的堅硬岩石可能潛藏在較軟弱層的厚層區域中。同樣地，填海工程中的填土可能出現很大的差異，地質指南 3 (GCO 1988) 進一步討論香港的土壤和岩石。

調查內容包括一系列的方法如挖掘、鑽孔、探測，可參考第 17 至 23 章，第 11 章、第 12 章和第 17 章至第 23 章討論判定選擇特定方法的相關因素，一般而言，第 10.2 至 10.7 節的建議適用於所採用的方法，「探測點」的專業術語用於描述採用任何特定方法探測地面的特定位置。

在專案計劃和工地的各個組合可能都是獨特的，因此，以下的一般要點即為地面調查的規劃指南，但這不是可適用於各種狀況的一套規則。

10.2 地面特徵和可變性

地面的自然變化越大，地面特徵所需的地面調查程度就越大。勘察深度通常取決於專案計劃工程的性質，但可能需在有限數量的點位上進行更深的探測，藉此判定整體的地質條件。應不斷進行審查專案計劃的技術開發，因為設計的相關決定將影響調查範圍。

重要的是要瞭解到工地的詳細地質狀況只能從航空攝影、地表露頭和勘察點的地下位置相關資訊得知，未檢測到的可能明顯變化或間斷結構的可能狀況即包括給定地層內的橫向或直向地質變化，可藉此降低不確定性，但除了完全挖掘外，不能藉由更深入的調查來徹底消除不確定性。在某些情況下，使用彎角鑽孔特別有助於說明垂直鑽孔間的變化狀況（另見第 10.7.8 節），在某些情況下，調查點之間的其他資訊可藉由地球物理的方法得知（見第 33 章）。

10.3 專案計劃特性

10.3.1 通則

調查應產生足夠的資料，為專案計劃提供充份的資料促成具有經濟效益的設計。此外，應足以涵蓋可能的施工方法，並在適當情況下說明建材來源。調查的橫向和縱向範圍應涵蓋可能受新工程或其施工影響較大的所有地面區域，有兩個典型實例，即一組樁底部下方受力的地面區域和一組相鄰的邊坡，可能因為工程進行降低其穩定性。

10.3.2 邊坡與擋土牆施工

由於香港普遍出現邊坡和擋土牆的工程，表 3 和表 4 提供這些地質特徵其現場調查性質和內容的詳細指南。關於邊坡和擋土牆設計施工的進一步討論，可參考「邊坡岩土工程手冊」（GCO 1984）和「擋土牆設計指南」（GEO, 1993）。

10.3.3 結構基礎

香港大部份的建築都是建造在樁上，通常使用手挖沉箱、錘擊樁、機器鑽孔樁和壁樁，ICE（1978）提供一種適合打樁設計的地面調查方法，調查作業應對工地進行全面評估，並在遠低於建議樁腳水平高處進行地面條件的調查，還需了解地下水的狀況，關於地基地面調查的進一步建議，可參考第 10.7.2 節 BSI（1986）和 Weltman & Head（1983）的報告。

在可能出現岩石主要結構缺陷的地區（如元朗盆地的岩溶特徵或主要的剪切或斷層帶），調查的勘察深度可能比一般的建議值更深，可能需考慮承载力影響區內的地下洞穴並判定其他可能的重要地質特徵，如陡峭山嶺、裂縫和土壤和岩石的接合層。

關於結構基礎的探測深度建議值也包括淺基礎的建議值，可參考第 10.7.2 節。

10.4 初步調查

在判定完整的調查計劃前，最好挖掘測試坑或從邊坡上剝離表面覆蓋物，藉此對地面條件進行初步評估，應仔細檢查、記錄和採樣（見第 18.1 節）。

對需要分階段進行地面調查的大型專案計劃而言，在第一階段進行地球物理調查往往是有用的，除了一些間隔很大的鑽孔外，需更仔細進行區域調查。

10.5 位置

探測點（如鑽孔、探測坑）的位置應可用於製作整個工地的一般地質圖，充份瞭解土壤和岩石的工程特性及地下水的條件。應就重要結構和土方工程的位置、特殊工程難度或要點及地面條件複雜的情況，獲得更詳細的資訊內容如疑似隱藏的山谷地形、舊滑坡區和地下洞穴。應避免使用堅硬既有的凹坑、鑽孔或探測模式，在某些情況下，在獲得地面調查的大部份資料前，無法得知地下的地質特徵。在此情況下，應修改調查方案。

鑽孔和其他勘察點的位置只能在進行初步探索、現地勘察和地質測繪後再進行規劃，將鑽孔定位在大型深基礎的預定位置通常是很有用的，就邊坡而言，鑽孔通常位於預期的臨界坡度區、上坡和下坡區域，藉此進行區域穩定性的研究。

就隧道和傾斜豎井而言，鑽孔應偏移以免干擾後續的施工。就其他的結構體而言，應考慮從臨界點抵消鑽孔和試驗挖掘的需要，在大多數的情況下，鑽孔應使用混凝土或灌漿小心回填，測試挖掘區應位於擬議的基礎區之外。

必要時，應調查判定所有勘探點的正確位置和地面的水平高度（見第 7.2 節）。

10.6 間距

雖然沒有硬性的規定和快速準則，但結構體適用的探測點間距相對較小，如 10 至 30 米。對規劃區較小的建築物而言，如果可能的話，應至少在 3 個位置點進行勘察。若結構體由多個相鄰的單元組成，則每個單元只要 1 個探測點就足夠，某些工程如水壩、隧道和挖掘工程，對地質條件特別敏感，相較於其他工程，探測點的間距和位置應與該地區的詳細地質關係更為密切。

擬議的切割邊坡從土壤延伸到岩石的情況下，沿著切割面的基岩水平高度是重要的考慮，應考慮藉由額外的鑽井和地球物理手段獲得地下特性曲線的相關資訊，在填海工程的情況下，可能需要間隔非常緊密的鑽孔定位和描繪埋藏在地下的障礙物，如舊海堤的殘留物。

10.7 探測深度

10.7.1 通則

探測深度取決於新專案計劃地面和地下水的影響深度或受其影響的程度，一般而言，應在低於所有不適合基礎沉積物的海拔下進行探測，如填土和軟弱的可壓縮土壤，包括不同土壤層覆蓋的任何軟弱材料。應藉由可壓縮的土壤進行探測，這些土壤可能對擬議工程的沉陷作出重大貢獻，通常達到預計的應力時，增加幅度不再顯著或出現更深的深度。

在香港鑽入岩石的深度通常至少是 5 米，藉此判定是否碰到岩心、巨石、基岩。但鑽探的最終深度取決於基岩的需要，在某些情況下，鑽探深度需超過 5 米判定基岩是否存在，如支承樁調查（見第 10.7.2 節）。在其他情況下，可能無需終止岩石的鑽探（見第 10.7.4 節）。

更具體而言，對某些類型的工程，可考慮第 10.7.2 至 10.7.8 節中的建議。並非必需每次都採用第 10.7.2 至 10.7.8 節中的建議深度進行探測。在許多情況下，如果在實地工程的早期階段進行這些深度的 1 個或多個鑽孔建立地下特性曲線資料即足夠，然後將其餘部份進行較淺的鑽探，更徹底探測在初步探測時顯示該區域問題最大的表面附近部位。

10.7.2 結構基礎

在結構體的地基中，探測深度應至少為承載區寬度的 1.5 倍。常識會告知作業人員關於本指南的例外情況，例如，通常無需在堅硬的岩石中繼續進行長距離的鑽探。關於靠近地面的地基，其承載力區得視為下列任一：

- (a) 各別的基腳區域，或
- (b) 該建築物的平面區域，地基間距小於寬度的 3 倍，或地面明顯承載處，或
- (c) 筏基區域

在每種情況下，應在地基或筏基底部下方處測量深度。

若考慮可能碰到樁基時，到了專案計劃進階期間才能夠判定樁腳長度。探測深度沒有明確準則，但以下提供一些相關的指南：

- (a) 填土和軟弱的可壓縮土壤對樁腳的樁側阻力少有幫助，可能增加其拖曳的承載力。整個樁腳的載荷可能增加下降阻力，無論是端部承載力或藉由樁側阻力，需在弱材下方藉由強材提供支撐。
- (b) 錘擊樁的長度通常先取決於錘擊阻力，然後藉由承載力試驗進行檢查。
- (c) 因此，在此情況下，開始打樁後才能夠得知準確的樁腳長度，但可從標準貫穿試驗(SPT)得知早期指標現像。關於堅硬岩石中的支承樁，鑽孔應有足夠深度，藉此判定基岩是否存在。通常採用旋轉鑽孔進一步探測岩石，符合工程師所指示的調查深度(參見第 15.2 節)，在較低層不可能出現影響樁腳性能的材料，在樁腳底部下方的穿透深度通常至少為 5 米或樁腳直徑的兩倍半，以較大者為準。為能夠證明施工期間的鑽孔符合樁基的水平高度，若懷疑或已在附近發現大岩石或巨石，可能需增加穿透深度。
- (d) 在風化岩石中，未必都可找到土壤層下方的新岩石，在此情況下，地基通常需建構在風化岩石中並證明材料強度和連續性低於預期值，得知不連續層的位置、性質和方向的相關資訊即足夠。
- (e) 黏土上的樁腳支撐筏僅用於減少沉陷作用，在這些情況下，探測深度取決於檢查地下材料嚴重影響沉陷作用的必要性。同樣地，關於黏土上方的樁群，需確保探測深度足以證明樁腳下方地基材料的充足性。

根據初步探索得知的地下特性曲線資訊，一般指南如上述(a)到(e)，關於可能考慮的樁類型評估，指導調查的工程師應確定探測深度並在實地工程中作好準備，若必要時應修改探測深度。在任何情況下，應在相同的探測點進行探測，以確定最長樁腳的可能穿透深度。

應注意到，若任何結構體可能會因地下洞穴坍塌（如元朗盆地的岩溶特徵）或其他原因而受到沉陷作用影響時，則可能需採用比本節所建議更深的探測深度。

10.7.3 堤岸

關於沖積土和海洋土壤上的堤壩，探測深度應能夠檢查地基材料可能發生的剪切破壞，並評估可壓縮材料可能造成的沉陷量。在保水路堤的情況下，調查作業應探測影響管道流通或明顯滲漏的所有材料。

10.7.4 切割邊坡

切割邊坡的探測深度應足以徹底評估邊坡穩定性，這可能需得知任何相對較弱層或不可滲透材料的完整深度，例如經分解的堤壩（Au 1986）。一般而言，邊坡探測應延伸至坡腳以下至少 5 米或基岩 5 米處，以較淺者為準。但無論基岩的水平高度如何，在任何情況下的 1 個或多個探測點均應延伸至邊坡或挖掘底部的下方處。還應確定地下水條件，包括出現棲留或多個地下水位的可能性。

10.7.5 鋪設路面

關於鋪設路面，探測深度應足以確定可能次等級的強度和排水條件，在大多數情況下，探測到建議土壤層以下 2 至 3 米深度即足夠。

10.7.6 維生管線

就淺層小維生管線而言，將勘探深度降至反轉水平以下 1 米通常即足夠。關於更深的管道，探測深度應能夠發現到挖掘溝渠和支撐管道的任何可能的困難，建議採用反轉水平高度以下至少 1 至 2 米的深度，大型維生管線特別是承載力低的地面管道，需特別列入考慮。

10.7.7 海洋工程

關於海洋工程，第 10.7.2 和 10.7.3 節中的影響狀況可能適用，此外，應考慮潮汐變化的影響。

在許多的整治情況下，在任何軟弱沉積物基部的下方處進行短暫鑽孔即可。

[Amd GG2/01/2017]

10.8 岩石切割邊坡淤泥和黏土富含層專用指南

[Amd GG2/01/2017]

評估火山岩或花崗岩切坡穩定性時，應注意確定是否出現以下的任何地質特徵，如果存在的話，是否可能對邊坡穩定性造成不利影響：

[Amd GG2/01/2017]

- (i) 無論其厚度為何，即為岩體內（例如>4 米）富含淤泥和黏土的軟弱橫向連續土壤層（主要包括白色至淺黃色的高嶺土，但可能含有其他材料，最明顯的是深褐色的含錳和氧化鐵土壤材料。），

[Amd GG2/01/2017]

- (ii) 形成平面層完全和高度分解的岩石（等級 V 和 IV），這些土壤層位於輕度和中度分解程度的岩石上（等級 II 和 III），從坡面直接傾斜或向外傾斜（在翡翠路滑坡現場，這是條紋斑雜狀的細灰水晶凝灰岩的岩石種類。翡翠路滑坡的調查（GEO，1996a）着重於這種岩石類型的各種地質特徵，這些地質特徵會影響邊坡的穩定性。在類似岩石類型的其他切割邊坡進行地質調查時，識別這些地質特徵可提高人們對翡翠路工地邊坡破壞等類似情況可能性的認知，和

[Amd GG2/01/2017]

- (iii) 持久性（例如>4 米）、平面、陡峭的接合組成和其他坡面的地質接觸面（如堤壩、斷層等）。

[Amd GG2/01/2017]

以下即為上段內容中其他的地面條件，也應加以檢查：

[Amd GG2/01/2017]

- (i) 從邊坡傾斜分出的土壤層（例如一些細灰凝灰岩中的條紋斑雜狀岩石紋理），
[Amd GG2/01/2017]
- (ii) 連續滲漏區，和
[Amd GG2/01/2017]
- (iii) 先前出現破壞的邊坡群。
[Amd GG2/01/2017]

在現地調查中建議採用以下項目，藉此識別可能對邊坡穩定性造成不利影響的地質特徵：

- (i) 初步探索應判定過去任何出現破壞的歷史紀錄（包括破壞機理和類型）和連續滲漏，並提供現場照片出示重要的地質特徵。
[Amd GG2/01/2017]
- (ii) 工程地質測繪應確定枕墊、與枕墊平行的岩石紋理取向（如條紋斑雜狀紋理可顯示火山岩潛在層面方向。）或連續的橫向間斷土壤層（如板塊接合處）的逆向狀況，識別任何富含淤泥和黏土的軟弱層，特別是逆向持續間斷區域內或沿著風化前緣（在部份風化岩體中佔大部份的岩石）的部位。這種逆向的薄弱層也可能發生在風化前緣的局部凹陷中，例如，由斷層帶其間隔緊密的間斷部位和直向條紋斑雜狀岩石紋理所造成的土壤層。應注意先前地質運動的相關證據，特別是與任何薄弱層相關的地質運動，可包括：

- (a) 光滑的土壤層，特別是在富含淤泥和黏土的土壤層，

[Amd GG2/01/2017]

- (b) 富含淤泥黏土層的角礫岩和剪切變形，和

[Amd GG2/01/2017]

- (c) 張力裂縫和填充張力裂縫可能土面下垂接合處加以控制，與逆向軟弱層有關的區域。

[Amd GG2/01/2017]

應繪製連續滲流區，尤其是與富含淤泥黏土層相關的區域。

[Amd GG2/01/2017]

- (iii) 在地面調查的初始階段，重點應放在具有代表性的開發區域地質和水文地質模型而非測試。無論這些土壤層是否邊坡調查範圍內，地面調查應着重於詳細檢查和記錄殘餘土特性曲線，重點在於識別逆向和富含淤泥黏土層，特別是風化前沿附近的區域，地面調查也應確定岩體內可能是此類地質特徵會影響邊坡穩定性。

[Amd GG2/01/2017]

用於詳細檢查殘餘土壤特性曲線的適用技術應包括：

[Amd GG2/01/2017]

- (a) 在剝離表面覆蓋物及鄰近區域外露後，對邊坡進行全面測繪及記錄，

[Amd GG2/01/2017]

- (b) 挖掘和記錄試驗坑，和

[Amd GG2/01/2017]

- (c) 記錄鑽孔作業。

[Amd GG2/01/2017]

詳細檢查腐泥土壤分佈的適用技術還包括：

[Amd GG2/01/2017]

- (d) 挖掘壕溝或橫坑，

[Amd GG2/01/2017]

- (e) 使用帶有空氣泡沫作為沖洗介質的三管芯筒在鑽孔中進行連續採樣，和

[Amd GG2/01/2017]

- (f) 井下地球物理測井和其他井下技術，包括鑽孔遠端觀測器和壓印封包器。

（關於使用井下地球物理調查技術識別薄弱層的技術指南，可參考第 33 節）。

[Amd GG2/01/2017]

10.9 隧道工程專用指南

[Amd GG2/01/2017]

10.9.1 初步設計階段

[Amd GG2/01/2017]

在初步設計階段，建議優先選定隧道路線和工程範圍，包括挖掘方法的風險緩解措施。地面調查作業可進行地球物理調查，藉此改進地質模型獲得重要地質特徵的其他資訊，識別感應接收器並建立基準條件。

[Amd GG2/01/2017]

鑽孔深度應遠低於隧道和豎井的預期深度，可在詳細設計階段容許隧道垂直排列的任何後續變化，再者，因為隧道的影響區域可能會因地面性質的延長更深入。

[Amd GG2/01/2017]

在隧道平行的橫向長鑽孔是非常有用的，特別是在隧道位置深層被風化岩石所層層覆蓋的地方（McFeat-Smith，1987）。

[Amd GG2/01/2017]

應在鑽孔眼進行土壤滲透試驗和近距離的 Lugeon 試驗，分別評估土壤質量和岩體滲透率。重要的是不要忽視特別明顯的基岩區，因為這些區域的土壤滲透率極有可能會嚴重影響隧道工程的施工。測試結果可用於製作水文地質模型，確定設計水力的邊界條件，評估施工期間控制地下水的入流/壓降狀況。

[Amd GG2/01/2017]

10.9.2 詳細設計階段

[Amd GG2/01/2017]

在詳細設計階段中，當隧道路線已修復時，地面調查主要在參考設計或隧道工程及相關臨時工程的詳細設計資訊。地面調查也應判定沿着所選路線可能出現問題等區域的有關條件，地面調查資料應足供地面支撐、地面處理、地下水控制工程和風險緩解措施之所需，也應規劃施工期間適當的檢查、測試和監測作業。

[Amd GG2/01/2017]

當發現鑽孔靠近隧道或攔截隧道時，應評估這些鑽孔未正確灌漿的風險並採取補救措施，必要時應執行補救措施確保這些鑽孔不危及隧道施工的優先動線。

[Amd GG2/01/2017]

沿着對齊選定的隧道和豎井位置的新鑽孔通常應延伸到隧道/垂直井內翻位置下方足夠的深度處，以獲得用於評估可能破壞機制/限制狀態和/或隧道/豎井構造的相關資訊。關於岩石中的隧道，應在反轉下方處至少為隧道直徑 2.5 倍處（或倒轉處的頂部）進行鑽探。

[Amd GG2/01/2017]

在考慮在沿隧道路線的定向鑽心作業時，若要進行此作業，應在詳細設計階段開始時立即進行此作業，即可產生早期資料儘可能提高設計效益。儘管有成本考慮，但定向鑽心和抽空式封包器測試可提供沿隧道路線地質和水文地質的相關資訊，這些資訊從垂直或傾斜鑽孔中得知，隧道的相關資訊有助於加強隧道開挖的地面風險管理。

[Amd GG2/01/2017]

關於支撐豎井設計的地面調查，應着重於識別不良地面條件，而這些不良地面條件可能導致坍塌、地面變形/震動過大或地下水過量流入/沉陷等狀況。關於岩石長度很長的深井，地面調查應評估水文地質和流入岩體的無襯砌部位，並需進行地面處理和地下水控制，藉此防止岩石中的壓力大幅下降以造成土壤覆蓋層的過度承載力。

[Amd GG2/01/2017]

考慮承包商設計的重要臨時工程時，如主要的地面處理、地下水控制和地面支撐工程，在投標前的現場調查應針對此類工程的投標前參考設計提供足夠的水文地質資料，這些資料應充份確定所需的工程範圍和符合安全標準規定的相關性能標準。

[Amd GG2/01/2017]

11. 地面調查方法的選擇

11.1 通則

地面特徵和技術要求是選擇地面調查方法中最重要的事項，雖然可能受到工地其地質特徵、設備和人員可用性、方法成本的影響。

在大多數的情況下，應隨時考慮地面調查工作的專業性質，需雇用承包商，該承包商在擬議的調查工作應具備豐富的工程經驗、適當的設備和經驗豐富的人員來執行相關工程。

11.2 現地的考慮事項

考慮以地形、地表性質、地表水、建築物或其他結構體和土地所有權可能造成鑽孔位置或地球物理方法使用上的問題，例如，在非常陡峭的開放式工地可能需建造一條通路或將設備降到或拖曳到邊坡上，若工程位於陡峭邊坡上，則需藉由挖掘或採用台架設施（平板 2A），可能在建築物和其他結構體所阻擋的位置需拆除牆壁才能切入。另外，可使用起重機將設備升到障礙物之上或藉由拆除建築物和人工處理在密閉空間中使用特殊設備。進入水流覆蓋的工地可能面臨特別的問題（見第 14 章），若地面柔軟只允許非常輕的設備穿越，若無濟於事，則需要建造可讓更重的設備進入工地的通道。另外，也可使用直升機或氣墊船運送所需之設備。

在私人土地進行地面調查或要求通過私人土地進行調查時，可包括公用事業公司和武裝部隊的財產，應先獲得地主許可。關於政府土地，應向有關的地政處申請批准。關於政府控管的地點，需獲得有關部門的批准，這些地點包括水庫、公共設施水庫、道路、公路、郊野公園、市區公園等。為進行地面調查而取得進入場地的許可，這方面可能限制施工方法的使用。例如，可能需控管或清除影響附近邊坡、魚池、耕地或高速公路的沖刷介質迴流道（見第 18.7.1 節）。此外，地基和基礎設施通常會限制現有擋土牆對臨近財產設施的傾斜鑽探作業。

在計劃、地圖和空照圖的輔助下，現場應評估鑽井平台的通道。在香港通常使用木質鷹架，可在崎嶇地形提供通道並在非常陡峭的地形中建造鑽探平台（平板 2B）。由於這種鷹架可佔用大量的調查成本，應注意定位鑽孔的相關作業，以提供方便的進出通道。

大多數的鑽孔和現地測試方法都需要供水，在沒有水的地方需安排臨時供水管道。在市區，向水務署申請租用水錶後即可從消防栓取水。在農村地區，可從水井、河流或溪流中取水。在供水出現重大問題的地區可能需自行運水或由其他的調查方法如旋轉鑽孔使用空氣泡沫沖洗而不是水流沖洗的方法（參見第 18.7 節）。若用水沖洗時，應採取適當措施防止沖洗水流讓淤泥和其他碎屑再迴流到永久排水系統中造成淤積和其他問題，這些措施可能包括沉澱盆和沙土/淤泥沉陷井的設施。

可能限制使用方法的其他注意事項如下：

- (a) 政府土地上的樹木應受到保護，儘可能保留當地的樹木來建設通道或選擇調查地點，除非有正當理由，否則不得砍伐任何樹木。
- (b) 某些地點的風水具有重大的社會和宗教意義，規劃調查作業時應徵詢當地的意見。
- (c) 埋設的水電和公共設施非常普遍，需考慮地鐵和其他隧道（例如地下鐵路隧道）也可能必需通過工地下方處。
- (d) 在建築物區域可能限制或禁止使用爆炸物的地震探測。
- (e) 可能禁止使用某些調查方法，因為噪音的關係。
- (f) 廢土的存放困難，應限制某些地點使用試驗坑。

有關規劃地面調查和相關資訊的進一步建議，可參考附錄 A 和 B（另見第 4.1.2 和 7.2 節）。

12. 地面條件對地面調查方法的影響

12.1 通則

本章討論選擇最合適的鑽孔、鑽探、採樣、探測和現場試驗程序等相關因素，這些程序取決於地面特徵。本文具體參考香港常見的地面情況，將在他處進一步說明（Brand & Phillipson 1984; Endicott 1984; GCO 1988; Phillipson & Brand 1985）。下文內容應與表 8 一起閱讀，表 8 總結不同材料類型的一般採樣程序（參見第 19.1 節），需經常參考的樣本品質類別，如表 9 所定義（參見第 19.2 節）。

分析地下水狀況是地面調查中最重要的部份，這涉及安裝滲壓計和鑽孔或現場測試（見第 20 章、第 21 章和第 25 章），一般來說，這不是選擇鑽孔和採樣程序的主要考慮因素。在各種地面條件下，地球物理法通常是有用的鑽孔內插法（見第 33 章）。

12.2 含巨石、鵝卵石或礫石的顆粒狀土壤

雖然後兩種類型在第 12.8 和 12.10 節有更充份的考慮，但某些類型的崩積層和沖積層可能屬於此類型。

在成本考慮下，研究此類地基的最佳方法是乾式挖掘（見第 18.1 和 18.2 節），挖掘可進行現地試驗檢查地面結構、採樣、測量原位密度、強度和變位特徵（見第 27、29、30 章）。

若需調查地下水位以下的地面時，可能需脫水進行乾式挖掘作業，但首先應評估任何脫水對鄰近地面的可能影響，在某些情況下可能需針對地下水位採用其他替代的調查方法。

可採用旋轉水流沖洗鑽探（見第 18.7 節），使用帶有牽開器的三管岩心筒的金剛石鑽頭進行基質鑽探，也可在基質中使用 U100 採樣器（參見第 19.4.4 節）獲得第 3 類或第 4 類樣本，可使用空氣泡沫作為沖洗介質提高核心材料回收率和樣本品質。

鑽孔期間可能難以推進鑽孔，無法獲得優質樣本，可使用殼體的光纜衝擊法進行鑽探（見第 18.5 節），當岩石碎片太大而不能進入殼體時，可使用鑿子鑽探。鑽孔側面需使用套管支撐，從殼體中取出的擾動樣本通常僅為第 5 級樣本（分級不完整），因為細小的樣本部份已被洗掉，粗碎片可能已被鑿碎。

鑽心試驗可用於得知地面特性，標準滲透測試（參見第 21.2 節）可用於得知相對密度，當穿透計遇到粗糙礫石時，偶然會出現不能代表真實狀況的相對密度高值。在含有鵝卵石或巨石的地面上，標準滲透測試結果大多不符實際狀況，鑽孔滲透測試（見第 21.4 節）可用於得知合理的滲透率指標，其結果也可用於顯示土壤中細顆粒比值，藉由抽水測試可獲得更可靠的滲透率評估值（見第 25 章），觸探穿透測試（見第 23.3 節）若在有大量石頭或鵝卵石的情況下具有其限制性，由於鑽心實驗無法穿透緻密礫石，也受到限制。雖然鵝卵石或巨石的土壤測試結果也受到影響，但靜態-動態測試（見第 23.4 節）非常適用於此類的測試，當壓力計固定在開槽套管內，滲壓計適用於此類測試粗粒狀土壤（參見第 21.7 節）。

12.3 顆粒狀土壤

這些土壤包括沙土、粉土和沙質淤泥，常見於沖積土或海洋堆積物中。這些材料中的鑽孔可使用殼體的光纜衝擊法或旋轉鑽孔讓其沉陷，用殼體採取的擾動樣本可能沒有細緻材料，因此僅限於第 5 級的樣本。可使用拆分筒標準滲透測試採樣器獲得適用於第 4 級粒度分佈測試的樣本，有時可使用帶有岩心採集器的 U100 採樣設備獲得更大的第 4 級樣本。

由於面積比很小，可強迫採樣器進入顆粒狀土壤的作用往往導致體積改變（參見第 19.4.1 節（2）），因此樣本可能無法代表該土壤層的密度。在某些情況下，活塞式採樣器是有效的（參見第 19.5 節），這應可產生第 2 級樣本或在土壤鬆散或非常緻密的情況下產生第 3 級樣本。但在這兩種情況下，樣本含水量可能無法代表原有的土壤層。用乾淨的沙子和正常的採樣設備可能無法回收樣本，因此需使用加壓空氣於沙土採樣器（見第 19.7 節），樣本等級即類似活塞式採樣器獲得的樣本等級。

在水位以上的淺層調查中，可使用挖掘或手動鑽孔（見第 18.4 節）的方法。

可藉由標準滲透測試得知顆粒土壤的相對密度，但鬆開地下水位以下的土壤，可以很容易就讓測試結果歸於無效。重要的是可能低估相對密度，例如，在錘擊樁專案計劃的調查中，應藉由鑽心實驗評估其相對密度。

強度和可壓縮性參數值的近似值可從標準滲透測試結果或鑽心實驗結果的經驗值估算得知，壓力計測試也很有用，更直接的測定需在乾式挖掘中進行平板測試（見第 21.6 節和第 29 章）。

可藉由鑽孔滲透性測試（見第 21.3 節）或抽水測試（見第 25 章）估算滲透率。

12.4 中間層土壤

由於黏土沙、黏土淤泥和淤泥，可能在沖積和海洋沉積物中看到這些物質，地面調查方法的選擇取決於顆粒狀土壤或黏性土壤。

12.5 非常柔軟到柔軟的黏性土壤

這些土壤包括沙質黏土、粉質黏土或黏土，常見於海洋和沖積區域中，正常壓密和輕度超壓密的海洋黏土可能具有敏感性，沖積粉質黏土通常是不具有敏感性。

可使用旋轉鑽孔或光纜衝擊法推進軟質黏土土壤中的鑽孔，旋轉鑽井需非常小心，避免鑽井液改變含水量和造成干擾。可使用活塞採樣器獲得第 1 類樣本，有時可使用開管採樣器獲得第 2 級或第 3 級樣本，連續樣本通常屬第 3 級，可使用 Delft 採樣器獲得此樣本（見第 19.6 節）。得自光纜衝擊法的黏土切割器擾動樣本通常屬第 4 級，鑽孔含水時可能需使用殼體，在此情況下，只要可回收完整的土壤塊狀物，即可獲得第 4 類樣本。

原位葉片測試是目前為止測量軟值黏土不排水剪切強度最令人滿意的方​​法，但滲透葉片測試裝置更適用於鑽孔設備（見第 21.3 節）。若結合靜態鑽心實驗，葉片測試特別有效（見第 23.3 節）。關於實驗測試目的（特別是壓密儀測試），應儘量取得大直徑樣本（大於 150 mm）。大直徑樣本的 Rowe 池測試所獲得的壓縮值（見第 37 章和表 12）可與原位固定水頭的滲透率測量結合，藉此合理估算壓密沉陷速率。

12.6 堅固到剛性的黏性土壤

這些材料出現於海洋或沖積沉積物中。

可使用旋轉鑽孔但需要非常小心，避免鑽井液出現含水量的變化和造成干擾。可伸縮的三管岩心筒可用於旋轉鑽孔作業，藉此獲得第 2 級或第 1 級樣本，100mm 開管採樣器可用於獲得第 2 至 3 級樣本，或使用具有黏土切割器的光纜衝擊法，即可獲得第 5 級樣本。

12.7 含巨石、鵝卵石或礫石的黏性土壤

雖然後兩種類型在第 12.8 和 12.10 節有更充份的考慮，但大多數類型的崩積層和沖積層可能屬於此類。

在成本有限的考慮下，含巨石、鵝卵石、礫石、黏性土壤的最佳調查方法是乾式挖掘，挖掘可檢查地面結構，獲得樣本確定原位密度，進行強度和不排水變形特徵等現地測試。

使用鑽孔法進行研究時，此類的地面調查在推進鑽孔和回收足夠品質的樣本時都碰到困難。通常使用旋轉鑽孔法，配備用於基質材料的牽開器三管岩心筒以及岩石碎片和巨石鑽探用的金剛石浸漬鑽頭。可使用與大直徑三管芯筒一起沖洗的空氣泡沫獲得第 1 級樣本，可使用伸縮三管岩心筒和水流沖洗獲得第 1 至 2 級樣本，U100 採樣器可獲得基質的第 2 或第 3 級樣本，拆分筒標準穿透測試採樣器可用於獲得第 3 到 4 級樣本，標準穿透測試有時用於得知粗略強度，但土壤如果含有大量石頭和鵝卵石，則可能產生誤導性的測試結果。

12.8 填土

填土可能含有天然地面或各種來源的廢棄物，填土的均勻性取決於所施加的控制程度、入料材料的品質及放置和壓實的方法。在原先的填土中，可能很少或根本沒有所謂的填土控制，規劃地面調查主要是評估整個工地特性和品質變化，通常會出現隨機變化。

根據地面特徵、常規鑽孔、採樣和原位測試方法，可提供鑽孔或原位測試其特定位置的填土厚度和性質等相關資訊。需確保鑽孔始終是完全穿透填土，避免天然地面被掉落的材料所污染，凹坑和壕溝對研究填土的本性和可塑性特別有用（見第 18 章）。

在可燃填土中，可能需進行溫度測量，應注意到廢棄物處理場地下燃燒的物質可能從鑽孔中產生有毒或易燃的煙霧，處理廠的火災也可能造成土壤層的空隙，可能在調查台的重量作用下坍塌，廢棄物處理場內的窪地可能是非常柔軟的地面。

12.9 岩石

通常在岩石中使用帶有水流沖洗的旋轉金剛石鑽頭和鑽心，第 12.10 節進一步考慮原位岩石風化產生的土壤，可採用雙管或三管岩心筒，其中的三管岩心筒可提供更好的岩心回收率並減少干擾，特別是破裂程度嚴重或複雜紋理的岩石。使用直徑約 100mm 或更大鑽心的大型設備也有助於提高鑽心回收率。

由於沖洗水的侵蝕，有時會流損岩石的不連續處會出現軟質填土並可能需使用空氣或氣泡來沖洗鑽孔。一般而言，使用金剛石鑽頭的旋轉鑽心取得的樣本可用於評估完整岩石其材料和工程特性。除非使用特殊技術，否則此類的樣本也可提供頻率和傾角相關的資訊，在這方面使用鑽孔潛望鏡、壓印封包器、攝影機和遠端照相機可能很有用（見第 21.8 節），在許多情況下，旋轉鑽心樣本無任何關於填土不連續性的地質特徵。

使用輕纜衝擊鑽孔或旋轉鑽孔的鑽探進行地面調查時，可藉由鑽孔測試得知岩體特性，但就某些此類的測試而言，需考慮鑽井過程對地面擾動的可能影響。標準滲透試驗（見第 21.2 節）可粗略地顯示岩石中的強度和壓縮變化，滲透測試（見第 21.4 節）、封包器或 Lugeon 測試（見第 21.5 節）可顯示土壤層滲透率的測量值，也可顯示在開口接頭和其他含水區域是否出現不連續的土壤層。在情況許可下，板材測試（見第 21.5 節）、膨脹計、壓力計（見第 21.7 節）可用於研究變形特性，也可用於研究其強度。

判定岩體特性的最佳方法包括不連續方向的目視檢查、挖掘、沉箱或在坑道入口中進行現地測試（見第 18 章）。

12.10 來自現場岩石風化的土壤

從工程角度來看，基本上香港的土壤普遍來自風化岩石，這些材料主要源於基岩的化學分解，其特徵取決於母岩類型。來自花崗岩的土壤通常是粉質或黏性沙土，而來自凝灰岩和其他火山岩的土壤通常是沙質或黏性的淤泥土質。在基質分解程度更高的基質中，這些土壤通常含有分解程度較少的岩石，3 米或更大的花崗岩並不常見。分解物質變為新鮮岩石在深度上變化很大，這與岩石類型、接合模式、接合間距、斷層、蝕變和地下水位置有關（GCO，1988）。

若這些土壤出現在淺層，則挖掘坑洞可能是最有效的調查方法，通常可獲得基質材料的一級塊狀樣本進行實驗測試，並可藉此充份加以說明和記錄。

旋轉鑽孔可用於進行這些材料的鑽孔，只要非常小心即可避免鑽井液的干擾。可伸縮的三管岩心筒通常可用於取得第 2 級但有時是第 1 級的樣本，使用大直徑三管岩心筒和空氣泡沫沖洗法可獲得第 1 級樣本，開管式採樣器通常可取得第 2 級至 4 級樣本，拆分筒標準穿透測試採樣器可用於取得第 3 或第 4 級樣本。

鑽孔測試可用於得知地面特性，雖然岩心可能出現不符實際的測試結果，但標準滲透測試可用於顯示密度和風化程度。標準滲透測試通常可為樁基礎深度的初始評估提供有用的資訊內容，鑽孔滲透測試可顯示合理的滲透率，壓力計可用於測量地面剛度。

12.11 間斷

在大多數的岩石中，質量特性大幅取決於不連續土壤層的幾何形狀和性質，這可能需要在不連續坡面的平面上，沿著有待施工方向判定其預其取向是否正確，藉此測量其工程特性。在原有的風化土壤中，中度風化到新成形的岩石類羣，不連續的土壤層對地面強度和變形特徵的影響不太明顯，但可能同等重要。

在完整深度的穿透上，沒有可令人滿意的鑽孔或鑽探技術可確保能夠回收岩心，但可鑽孔進行土壤層不連續性的測量（參見第 21.8 節）。在土壤中，土壤層的不連續性經常被鑽井所破壞，因此被忽視。若土壤層的不連續性對工程問題很重要，則需對土壤層的不連續性進行原位曝露，藉此獲得有關其方向和性質上的資料。使用空照圖針對地表露頭測井、垂直和傾斜定向鑽孔進行初步調查後，可能需進行完整表面的曝露、採用大直徑鑽孔、溝槽、凹坑或平面，藉此在未受干擾的地面週圍和內部進行目視檢查並測量土壤層不連續性相關的資料（見第 26 章）。在某些專案計劃中，可在永久工程所需的挖掘作業中提供合適的曝露條件。取向測試樣本提取或原位製備可在這些挖掘作業中進行，同時進行定向上大規模的測試。應控制挖掘方向讓其與不連續點呈交叉狀態，即可控制並獲得土壤層不連續性的相關資料。一般而言，需要進行 3 次正交曝光來徹底界定土壤層不連續性的空間分佈，挖掘範圍取決於不連續點的間距和工程規模。

12.12 洞穴

在香港可找到天然或人造坑洞的地面（如岩溶洞穴、廢棄隧道和舊礦井），這些洞穴空置或已填土 Culshaw & Waltham, 1987）。在這些地面進行鑽孔時可能遇到困難，可能需要嘗試各種鑽孔技術並應採取預防措施，防止鑽柱掉落並保持鑽孔的垂直度。調查期間也可能要注意避免地面的沉陷（見第 8.3.2 節），對於密切監督對此類調查非常重要。

13. 入侵性地面和地下水

13.1 通則

在某些地區，土壤、岩石和地下水可能含有足以對水泥混凝土或鋼材造成損害的某些成份，雖然香港原有的風化岩石及相關的土壤通常不具入侵性，但只要使用地錨加強填土結構或其他易受影響的結構體，就應藉由地面調查和實驗測試來檢查此點。對於運輸土壤的相關工地及所有的海洋工地，應調查侵蝕性地下水。

造成混凝土破壞的主要成份是硫酸鹽，這在黏土和酸性水中最常見。土壤中的總硫酸鹽含量超過 0.2%，地下水含量超過百萬分之 300 可能具有入侵性（BRE 1981）。

金屬的腐蝕是由電解或其他化學或生物作用所造成，在工業區，傾倒在工地的廢棄物可能造成腐蝕作用，在河流和海洋工程中，淡水、海水、其他鹽水及污水可能出現腐蝕作用，這也可能需要加以調查。在海洋環境中，在「飛濺區」（即僅偶爾出現潤濕的區域）中會發現到最嚴重的腐蝕。海洋附近的地下水中，其鹽份濃度可能接近海水，特別是在開墾地的區域中。在河口區域，由於不同鹽度的水流交替，可能出現不利於施工的條件。

13.2 混凝土潛在劣化調查

用於評估地下水和地下水對水泥混凝土的侵蝕實驗測試包括測定 pH 值和硫酸鹽含量（GEO, 2017a），應參考 BRE（1981）關於水溶性硫酸鹽濃度的測定，若在採樣和測試出現延遲，可改變 pH 值，可能的話，應在現地進行判定。

[Amd GG2/01/2017]

從鑽孔取樣的水可藉由鑽井的沖洗水或其他的沖洗介質來加以改變，因此，除非採取特殊預防措施，否則對鑽孔樣本進行硫酸鹽和酸度測試可能不具代表性（見第 20.3 節）。

13.3 鋼材潛在腐蝕調查

鋼腐蝕可能性可藉由電阻率、氧化還原電位、pH 值、氯離子含量、硫酸鹽總含量、硫酸根離子含量和硫化物總含量的測試來進行評估，地質指南 6（GEO 2017b）提供這些測試的詳細資訊，內容也述及非侵蝕性鋼材環境的相關限制。化學測試應在未受干擾的試樣上進行，試樣在採樣後應立即放入乾淨的氣密式容器中。若可能出現細菌污染時，應將未受干擾的樣本放入滅菌容器中並按照 BSI（1990）進行測試（另見第 13.2 節和表 12）。

[Amd GG2/01/2017]

13.4 含工業廢棄物填土調查

工業廢棄物可能含有多種化學物質，這取決於產生廢棄物的工業流程。某些化學物質對地下結構中的混凝土或鋼材具有高度侵蝕性，有些可能是高度腐蝕性甚至是有毒的物質。最後兩個地質特徵可能造成重大的結構問題，如污染地面的干擾或處置或污染地下水的處置。局部性調查可找廢料來源，顯示填土和地下水的 pH 值和酸鹽含量的污染程度。可能需對地面條件進行詳細的化學研究。

Naylor 等人(1978)提供進一步的指南內容。

14. 水上地面調查

14.1 通則

相較於乾地工程，水下鑽孔存在特殊困難，可提供相當穩定的工作平台，如台架、駁船或船隻，並鑽孔穿過工作平台和水底間的管道。越來越多的場合使用各種滲透測試技術（Blacker & Seaman, 1985），在某些情況下，將特殊設計的鑽孔、鑽探或穿透測試設備降到水底，即可藉由遙控器或潛水員進行作業。關於某些設備，穿透深度從 5 米以下到其他設備的 20 米或更多。地球物理技術也用於從鑽孔獲得相關資訊或進行鑽孔前的初步調查（見第 33 章）。

在土地調查中選擇合適的海洋調查設備主要取決於預期的地面條件和調查目的，在海洋調查中需其他因素，這包括水深、波浪作用引起的船舶隆起、潮汐波動和水流（Blacker & Seaman, 1985）。此外，鑽井船所需的工程區域需有超出船舶尺寸的錨線安全餘量，在船隻兩側，錨的一般間距可達 50 米。

工程範圍包括鑽孔、取樣和原位測試等方法，需仔細考慮這具體取決於現場的特殊困難性。在水上進行工程時，需適當考慮安全要求、航行警告及政府部門和其他當局的相關規定。

為避免干擾海上交通，需通知海事處進行調查以便發出航海通告。需特別考慮調查或船舶可能到達的危險場所，例如，靠近啟德機場跑道的船隻不得對飛機構成危險，任何此類工程許可需先取得民航處的許可。同樣地，如果要在水下隧道、管道或主要公用設施附近進行工程，需先取得地下鐵公司、海底隧道公司、水務署或各公用事業公司的許可（見附錄 A 和 B）。

在水面上進行地面調查往往比在陸地上進行類似調查來得更昂貴和更耗時，可藉由縮小調查範圍來節省開支。應對地面調查的要求進行實際評估，因為這方面可能耗費財力。

熱帶氣旋可能導致調查中斷，特別是在夏季。當皇家天文台發出（或預測）第 3 級或以上的強風警告訊號時，較保險的措施是讓船隻前往避風港。

14.2 階段和平台

在可提供穩定工作平台的地方，如石油鑽井平台和碼頭或專用的台架和鑽塔時，通常可使用傳統的陸地地面調查鑽井設備、採樣和現場測試方法。執行現有結構工程時，可能需要在水上建構懸臂平台用於安裝鑽機。當較淺的水面靠近岸邊鑽井時，在陸地到鑽孔位置處建構台架可能更方便，或在鑽孔處建構支架或其他塔樓可能更加經濟，在此情況下，需提供鑽井設備所需的運輸設備。某些塔樓構造可在各個鑽孔位置間移動，無需加以拆卸。

自升式平台和配有樁腳的特殊器具可浮動定位，然後從水中頂起立在樁腳上，可整合機動性並滿足固定工作平台的要求。

自升式和其他固定平台可有效克服隆起問題並可以實現高標準的鑽孔、測試和採樣要求，目前在香港可用的自升式平台可在不超過約 12 米的水深下進行作業（平板 3A）。

所有台架、塔樓和平台的設計應考慮海床性質，即潮汐、波浪和膨脹條件所引起的波動水位。重要的是，這種結構應夠堅固可讓鑽孔作業足以抵抗波浪、潮汐流動、其他洋流及漂浮的碎片。

14.3 船舶

適合鑽井的浮動船類型取決於許多因素，例如，水流是否被遮蔽或打開、海底的錨固性能、船上是否需要為人員提供住宿、可能的天氣條件、水深和水流強度。在內陸水域，1 艘小型錨泊駁船可能就足夠，但在保護較少的水域中，應採用非常大尺寸的駁船和較重的錨桿。在近海通常使用船舶，應提供人員住宿節省輔助船隻供應之所需。

若使用駁船進行工程，則需使用輔助船舶處理繫泊設備，但在某些情況下，船舶需能夠鋪設和拾取自己的繫泊設備。通常需要 4 個或 6 個點繫泊，船錨應能夠發揮最佳的固着性能。在深度超過 80 米的水中，傳統的繫泊設備作業上變得困難，船舶應考慮使用電腦控制的推進裝置。

考慮到潮汐、波浪和膨脹條件（板 3B），需採用特殊技術來處理波動的水位，特別是在鑽頭和鑽孔底部間需保持恆定壓力的旋轉鑽井作業時（Smyth & McSweeney 1985）。當預計隆起高度超過約 300mm 時，若要獲得高品質的樣本，需採用升沈補償器系統。升沈補償系統可讓鑽柱、採樣設備與飛行器的垂直運動彼此隔離（Blacker & Seaman 1985）。

浮橋和駁船應使用至少是水深 5 倍多的錨線，將其錨固在角落處，在曝露水域中需採用機動繫泊絞車。

14.4 潮汐作用

高潮和低潮水位間的鑽孔可使用台架、平台（參見第 14.2 節）或平底浮筒懸掛或在潮汐允許時段內將鑽井器具移動到該位置處。

退潮時要使用海床上的平底船進行鑽井作業，應事先評估海床的結構特性曲線和相關狀況。

14.5 定位鑽孔位置

靠近岸邊時，鑽孔位置和其他調查點可藉由已知岸站的輻射訊號進行設置，其距離可藉由電子距離測量（EDM）設備加以測量。離岸更遠或能見度變差時，可使用電子定位技術。

藉由輻射訊號進行定位放置通常需在指定位置的 5 米範圍內放置標記浮標，標記浮標應配備足夠長度的配線，可抵抗潮汐變化和波浪隆起。5 米以上配線的輔助浮標也可接到標記浮標上，藉此顯示洋流方向，這有助於鑽井器具操控定位。一旦鑽井器具錨定在標記浮標的沉陷片上，即可進一步進行測量。可藉由錨絞車調整鑽井器具的位置，直到鑽孔位於所需位置的 1 米範圍內為止。所有鑽孔的位置應參考 1980 年香港公制電網或假如使用工地稱重傳感器標示時，工地稱重傳感器應參考 1980 年香港公制電網即可獲得相關座標。

14.6 降低水平高度的判定

近岸設置潮汐測量儀會讓降低的水位從岸上轉移到鑽井船，在整個潮汐循環應頻繁讀取儀表內容，同時在鑽井船上讀取水深，當潮位計和容器間距很大時，可能需進行校正以因應潮汐變化。

藉由記錄至少 6 個連續波的波峰和波谷水位，即可讀取潮汐測量儀的讀數，可採用平均峰值和平均谷值的水位作為該時刻的潮位，潮位計應參考香港的海圖基準面（比主要基準面低 0.146 米），讓讀數可用於取得海底和地下地質邊界的沉陷水平高度。

14.7 鑽孔、採樣和測試

海洋調查通常會遇到風化基岩下面土壤層海相和沖積沉積物，各個土壤層視界可能包含截然不同的材料，可能需採用不同的調查技術（Beggs 1983；另見第 12 章）。

關於海洋研究，推進孔的旋轉裸眼法優於旋轉鑽孔法（見第 18.7.1 節）。鑽井泥漿應作為沖洗介質並在不需套管時用於穩定鑽孔，在某些情況下可使用電纜工具鑽孔技術，如用於界定合適的海上借用區域。有可伸縮三管岩心筒的旋轉鑽井（參見第 19.8 節）通常用於調查現場岩石風化的土壤，如陸基調查。

若在採樣過程中不使用固定平台時，則需特別注意避免隆起引起的樣本干擾。軟土的連續採樣可使用 Delft 或瑞典鋁箔取樣器進行調查，但這些採樣器對隆起特別敏感，只能在固定平台上進行調查作業。使用 Delft 採樣器時，應注意避免流體壓力不平衡造成的尼龍護套頸收縮及海洋沉積物殼體造成的護套撕裂。

鑽孔的一系列現地測試都可用於海洋調查，包括標準滲透試驗、葉片剪切測試和滲透性測試。靜態觸探滲透測試和地球物理測試也很有用，在葉片剪切測試下，最好在軟泥海床上為設備提供穩定的支撐（Fung 等人，1984）。

管道地基、污染監測和類似的專案計劃通常僅需進行淺層海床材料和特殊的海洋調查，使用抓取採樣器、重力取芯器或震動器可取得這些受干擾的淺層海床樣本，抓取採樣器是這些設備中最簡單的設備，但它只能從海床最上面的 0.5 米處獲得樣本。重力取芯器通常由 3 米長的開口筒組成，可藉由自身的重量掉落並穿透海床。震動器由電動震動器驅動，根據海底材料可穿透 3 至 6 米深度。使用這些方法回收的樣本品質通常較差，但仍適用於各種分類測試，這些方法的主要優點是可在相當大的區域內快速採集樣本（Blacker & Seaman，1985）。

15. 地面調查人員

15.1 通則

根據地面調查用於所有土木工程和建築工程在其適當設計和有效經濟建築基本組成的重要性，建議參與調查的人員應熟悉工程目的並具備相關的專業知識和經驗。

15.2 規劃和指導

規劃和指導地面調查的人員應是具有適當資格和經驗的工程師或地質工程師，此人應具有土木工程或地質學的大學學位或同等專業資格並有至少 4 年的畢業後工程經驗，其中一些工程師應具有專案計劃相關的當地工作經驗。若工地的地面條件複雜，會嚴重影響專案計劃的安全性和經濟效益。此外，規劃和指導地面調查人員還應具備岩土工程方面的專業資格或經驗及香港實地調查的專業知識。

規劃和指導地面調查的人員應該完全熟悉專案計劃的要求，並能夠在調查的所有階段與專案計劃的設計者或客戶進行有效的聯絡溝通（圖 1）。這些人員應確定調查內容和範圍，指導進行現地和實驗調查作業，評估與專案計劃要求相關的結果，部分職責可委託給岩土專家或經過適當培訓且經驗豐富的下屬。

15.3 現地監督

地面調查通常應在合格且經驗豐富的工程師或地質專家監督下進行，並由經培訓且經驗豐富的技術人員協助進行作業。執行監督的工程師或地質專家應具有土木工程或地質學的大學學位或同等專業資格，並具有至少 4 年的畢業後工程經驗，其中經驗應屬地面調查相關的作業。技術人員應持有理工學院土木工程證書，接受至少 1 年的地面調查專業培訓和經驗，包括正確記錄和描述地面條件的相關培訓。

執行監督的工程師或地質專家應是全職或兼職的現地工作人員，這具體取決於以下因素：

- (a) 調查規模，
- (b) 專案計劃的性質，
- (c) 預期地面條件的複雜性，
- (d) 抽樣和現場測試時程的複雜性，
- (e) 進行地面調查的承包商的可靠程度。

增加專案計劃的規模和複雜性也會增加地面條件和調查技術的複雜性或降低承包商人員的作業可靠性，造成監督工程師或地質專家耗費更多的時間。嚴格執行計劃有賴於高標準的平台確保其工程的成功執行或安全性，監督人員通常需為現場的全職工作人員。只有在進行小型地面調查作業確認工程目的且工程僅涉及簡單的調查技術時，才考慮將工程監督完全委託給相關的技術人員。

技術人員通常是在現場的全職工作人員。若多個鑽井平台同時運行、同時進行多個現場測試或儀器安裝或工程分佈範圍廣時，可能需要許多的現場技術人員。

監督作業的工程師或地質專家應了解調查所需的資訊類型，隨時與指導地面調查作業的工程師或工程地質專家或與專案計劃設計師保持密切聯繫（見第 15.2 節），確保依專案計劃的相關規定。在大多數情況下，專案設計師在地面調查工作期間多花些時間在現場是值得的，可藉此充份瞭解實際的地面條件。可能的話，監督的工程師或地質專家應與地面調查作業的承包商無涉保持公正獨立的立場。若情況並非如此，則規劃指導地面調查作業的工程師或地質工程師應該採取措施確保達成足夠的現場監督品質並從工程中獲得可靠的資訊。

15.4 地面條件登錄和說明

監督技術人員（見第 15.3 節）應負責記錄鑽孔或其他調查中所獲得的資訊，此資訊內容應包括岩石和土壤的地下特性曲線測量紀錄及所用鑽井和採樣技術的相關紀錄，在複雜的地面條件或資訊特別重要時，監督工程師或地質專家應記錄這些相關資訊。在某些情況下，可能需地面條件測井相關的專家建議（見第 15.6 節）。

所遇到的地面條件和所獲得的所有岩土樣本詳細描述應按照地質指南 3（GCO，1988）或合適的替代系統進行編排，所有從事測井和地面條件描述的人員應完全熟悉所使用的系統並具有適當的應用經驗。

15.5 實驗測試

土壤和岩石樣本測試應遵循 15.2 節的指導工程師或工程地質專家所批准的測試進行作業，實驗測試應在合格且經驗豐富的主管監督下進行，所有的實驗室技術人員對測試類型應具備熟練的經驗。只有在指導或監督調查的人員、工程師或地質專家檢查選定的樣本後，才能確定實驗測試的時程，後者應監督更複雜的測試作業。

15.6 專家建議

根據地面條件的複雜性和專案特性，可能需徵詢相關的專家建議。例如，以下各方面可能需徵詢有經驗的工程地質專家建議：

- (a) 土壤和岩石的詳細地質描述，
- (b) 區分填土與現場物質或基岩中的巨石、岩心，
- (c) 堆積物的識別和分類，
- (d) 岩體分類，
- (e) 現場地面條件的地質和地下水之模型。

同樣地，經驗豐富的儀器專家對更複雜岩土工程儀器規劃、校準、安裝、調試和資料解釋上的建議是非常寶貴的。

15.7 解說

地面調查的解釋應由第 15.2 節中的工程師或工程地質專家提供指導並納入任何的專家建議（見第 15.6 節）。

15.8 作業人員

負責獨立鑽機台的鑽探人員應具備熟練經驗，並具有鑽孔、簡單採樣、測試技術等豐富的實務經驗。關於地面調查中使用的其他設備，相關的操作人員應具備適當的技能和經驗。挖掘或沉箱所需的任何支撐、支架或其他支撐物應僅由技術熟練的工人進行安裝，所有的操作人員應熟悉並遵守安全預防措施（見附錄 E）。

16. 施工中審查

16.1 通則

在工程開始前所進行的地面調查，在預測可能的地面條件上會遭遇困難，因為無論採用何種方法進行調查，只能檢查小部份的地面。

16.2 目的

施工期間進行審查主要旨在根據新發現的條件，確定需修改地面調查的結論（如果要修改的話）。

在某些情況下，會發現需要修改設計或施工程序的其他資訊。因此，在某些情況下，可能適合在合約早期階段啟動現場作業程序，讓工程師和承包商在合約期間維護正確的議定紀錄。這些紀錄的用途為：

- (a) 協助檢查設計的適當性，
- (b) 在施工期間協助檢查工程安全性並評估臨時工程的適當性，
- (c) 檢查地面調查的結果並提供反饋，可用於重新評估這些調查結果，
- (d) 檢查與施工方法地面條件（包括地下水）相關的初步假設，
- (e) 在發生爭議時提供有關地面狀況的議定資訊內容，
- (f) 協助檢查擬使用儀器的適用性，
- (g) 協助判定挖掘物料的最佳用途，
- (h) 協助重新評估營造廠和設備的初步選擇。

16.3 所需資訊

16.3.1 土壤和岩石

對地面以下所有材料的描述應根據地質指南 3 (GCO, 1988) 或合適的替代系統進行，應記錄工地的地下特性曲線並與地面調查的預期狀況相比較，安排進行現場調查的組織對現場進行檢查可能是有利的，特別是地面條件似乎與地面調查的呈現出現很大差異時。

16.3.2 水流

最重要的是應準確記錄施工期間關於地下水的的所有資訊，以便與調查期間的資訊進行比較。這些資訊應包括所有挖掘中的動態和靜態條件、邊坡滲漏、季節變化、海域或河口附近的挖掘或隧道潮汐變化、可疑或已知的自流條件、天氣條件對地下水的可能影響、不可預見或來自保水結構的滲漏。還應在觀察孔中記錄地下水位降低造成的影響，以確定凹陷錐區的範圍。

同樣地，應記錄新建築或臨時工程築壩所引起的地下水位上升狀況。

16.4 儀器

在許多結構類型中，如土壩、軟土地基上的堤壩、一些有地下水的大型建築、挖掘區域和隧道等，應謹慎使用儀器進行定期觀察，檢查建築工程是否可以安全進行（墾務局 1987; DiBiagio 和 Myrvoll 1982）。這些觀察可能包括孔隙壓力、滲流、土壤壓力、沉陷和橫向運動的測量結果（另見第 8.2, 28.3 和 31.2 節）。在施工後，儀器設備可用於觀察專案計劃的執行績效。對於不同條件下需維持安全結構的土壩和未來設計中獲取有價值資料等其他情況而言，這特別具有必要性。

就相關的邊坡工程而言，香港常見的是監測地下水位和孔隙壓力及降雨造成的響應。第 20 章說明測量孔隙水壓的方法，在許多情況下，監測附近建築物和結構體的運動和狀況也很重要。

16.5 隧道工程

[Amd GG2/01/2017]

在施工階段，應進一步進行現場調查以獲取資訊，用於驗證隧道、洞穴和豎井的設計審查，確保有足夠的安全邊際量和性能。

[Amd GG2/01/2017]

關於隧道工程中的曝露，現地調查應包括地質和工程地質的測繪、使用土壤/岩石品質分類方案，可藉由此設計方案評估隧道的特性曲線/豎井。有關岩石隧道中記錄岩體測繪及分類資料的資料表格，其下載網址為香港邊坡安全資訊網址：
<http://hkss.cedd.gov.hk>。

[Amd GG2/01/2017]

根據隧道開挖方法和風險評估，可在隧道挖掘前先進行探測。應記錄滲透率、水流入量及岩屑和沖洗水回收的顏色和性質，此資訊可用於評估未來的地面條件，特別是土壤/岩石界面和可能出現高水位流量的路段，隧道進一步開挖前需實施有效的緩解措施。除了探測外，在可證明成本效益的情況下，可考慮在施工期間使用非侵入性的技術和鑽心方法。關於 TBM 工程，在 TBM 驅動前或驅動中，可能需進一步進行地面調查，確認滲透土壤和土壤/岩石界面的位置、設計中地下水壓的變化。

[Amd GG2/01/2017]

施工方案應騰出足夠的時間進行額外的地面調查和現地檢查，將監測結果回饋到設計和風險管理過程，才能夠修改設計或及時採取其他的應急措施。

[Amd GG2/01/2017]

第 4 部分

地面調查的方法

17. 地面調查方法介紹

地面調查的方法種類繁多，通常採用一系列的方法以滿足技術要求和地面條件的範圍。第 7 章至第 16 章討論到選擇各種方法所涉及的因素，在地面調查時，應特別注意現有的地質特徵、結構和公共設施的安全性。規劃和控管建議可參考第 7.2 節（另見附錄 A），選擇方法可能受到工地其地質特徵的影響（見第 11.2 節），其地面條件通常可用於決定應採用何種具體的調查技術（見第 12 章），還應注意作業人員的安全（見附錄 E）。

作為鑽孔調查部份工程的鑽孔原位測試，說明悉如第 21 章。在第 24 章至第 33 章說明其他原位測試，其中的鑽孔是不必要或僅是測試程序中所附帶的部份工程。第 34 至 38 章討論土壤和岩石的實驗測試，第 39 章和第 40 章討論資料的收集和紀錄。

18. 開挖和鑽孔

18.1 淺試坑和坡面剝離

淺試坑通常使用鎬和鏟子手動挖掘，通常挖到約 3 米的深度。為能夠保護坑中的工作人員，需防止坑側突然倒塌。因此，通常挖掘深度超過 1.2 米時即提供木結構支撐。支撐間距應夠寬方便檢查凹坑側面，淺試坑也可用機器挖掘，液壓背鋤挖掘機是最常用的機器。

淺試坑可對地面的原位條件進行橫向和縱向的詳細檢查並可用於評估質量特性，還可獲取優質（塊狀）樣本並進行原位測試，試驗坑對調查及現場岩石風化和崩積層的土壤採樣特別有用，這兩種土壤通常顯示高度的可變性，試驗坑也可用於研究舊有擋土牆的尺寸和結構細節並可確定公用設施的確切埋設位置。

淺試坑的現場紀錄內容應包括出坑位置和方向的相關計劃並可顯示側面和地板的尺寸。應根據地質指南 3（GCO，1988）或合適的替代系統充份描述地面條件並記錄所採集的樣本，試驗坑測井的兩個實例如圖 7 和圖 8，紀錄內容應隨時補充每個坡面和坑道的底部的彩色照片，還應記錄任何現地測試的位置和結果，如原位密度測試或施密特錘擊測試、手動操作針入度計和手動剪切葉片指數等測試。

從試驗坑挖出的材料應以這樣的方式儲存，讓其不落回坑中或造成坑道挖掘的不穩定性，例如，鋪放在相鄰的地面上。將鋼筋固定在地面上的木板通常用於陡坡上，藉此防止棄土掉落坑內。棄土應覆蓋以免在暴雨期間被沖洗進入地面的排水系統中。

建議在記錄、採樣和測試完成後，應儘快回填坑洞，因為露天坑洞可能造成危險。關於回填建議可參考第 18.9 節，需暫時保持外露坑洞上蓋密封以免雨水進入，若大眾可能隨時取用時也應圍起確保安全。

試驗坑應可延伸到溝槽或坡面的剝離土壤層中，後者廣泛用於調查香港的天然邊坡和人造邊坡，一般由 0.5 米寬的土壤層帶所組成，從邊坡頂部延伸到邊坡底部，地面已鋪設植被、石膏或其他覆蓋物，應提供檢查、記錄和回復用的竹製鷹架或梯子。

圖 9 顯示斜面剝離土壤層的對數表實例，應隨時顯示剝離土壤層其顯著地質特徵的彩色照片，在使用石膏前，有時可使用填土讓切割坡面平滑，若在邊坡剝離過程中遇到這種情況，應儘量增加挖掘深度顯示下方地面的實際特性。

18.2 深試坑和沉箱

深試坑、豎井和沈箱通常藉由手工挖掘，以各種方法支撐側面結構。臨時或永久襯管是保護挖掘工作人員所必需，但還需考慮是否需檢查和記錄地面狀況，這通常需要相當的判斷和經驗來制定適當的挖掘程序。

直徑 1 米或以上的手挖沉箱通常用於香港的地基施工，其深度為 30 米或以上。一般而言，在土壤中使用原位混凝土襯墊，在岩石中使用無襯管的沉箱。這些沉箱對於研究大型地基或附近的岩石特別有用（Irfan & Powell 1985），圖 10 提供沉箱紀錄的實例，建議應遵循香港工程師學會（HKIE，1981）發佈的手挖沉箱技術和安全指導說明。

除非嚴格遵守適當的安全預防措施，否則在深井中工作將是很危險的，應注意可能發生有害或可燃氣體或缺氧的狀況，應遵循正確的檢查方法和適當的預防措施（見第 7.2 節和附錄 E），不應在豎井上使用會排放有毒廢氣的耗氧發動機，如石油抽取馬達。

18.3 坑口或橫坑

從豎井的底部或橫向移動到傾斜地面的坑口，可用於進行地面或現有基礎結構的原位檢查，進行特殊的採樣或原位測試，BSI（2010）提供進一步的考慮事項。

[Amd GG2/01/2017]

18.4 手動鑽孔

手動鑽孔方法使用輕型的手動操作設備，通常在沒有三腳架的情況下將螺旋鑽和鑽桿從鑽孔中提起，也不使用鑽孔套管。可在合適的地面條件下製造直徑達 200mm 深度約 5m 的鑽孔，該方法可用於沒有堅硬的障礙物、礫石或巨石的自撐地面，手動鑽孔可用於地下水的觀測，並可藉此獲得受干擾的樣本和小型的開管樣本。

18.5 光纜敲擊鑽孔

輕纜衝擊法的鑽探是常見的鑽孔方法，採用黏土切割機鑽探黏性土壤、顆粒土壤的殼體（或水斗）及用於破碎岩石和其他硬岩層的鑿子。使用絞盤離合器讓鑽具藉由鋼繩作出衝擊動作，只有鑽孔有足夠的水覆蓋殼體下部時才能使用殼體。

輕纜衝擊鑽探不能用於鑽孔或探測岩石，在經常使用重型鑿子的崎嶇地面作業會受到嚴格的限制。因此，香港普遍存在現場岩石風化引起巨石崩積層和含有岩心的土壤，因此，較少使用輕纜衝擊鑽探的方法，因為需對土壤層進行廣泛的鑽探和檢查，但此方法可用於研究平坦沿海地區的細粒海洋沉積物和沖積層。

18.6 機械鑽孔機

包括連續螺旋鑽和中空鑽桿的機械螺旋鑽適用於螺旋形軟質黏性土壤，也適用於堅固的黏性土壤。較少用於含有巨石或石棉的土壤中，因此，在香港很少使用此方法。BSI（2010）提供進一步的考慮事項。

[Amd GG2/01/2017]

18.7 旋轉開口鑽孔和旋轉鑽心

18.7.1 通則

在鑽孔底部採用旋轉鑽頭或套管鞋的旋轉鑽孔是香港最常用的地下探測方法（Chan & Lau, 1986），鑽井液通過空心鑽桿被抽送鑽頭處潤滑鑽頭並將鑽屑沖洗到鑽孔中。鑽井液通常是水，但有利於鑽井泥漿或空氣泡沫（參見第 18.7.2 節）的利用。

旋轉鑽孔有兩種基本類型：開口（或全孔）鑽孔，其中的鑽頭可切割鑽孔內的所有材料，岩心鑽探固定在芯筒外的旋轉管環形鑽頭可切割芯筒內的岩心物質，將其帶回到地表可進行檢查和測試。鑽套通常用於支撐不穩定的地面或密封的裂縫，這回造成鑽井液流失。另外，鑽井泥漿或水泥漿可用於密封開口的裂縫。

在地面調查中，旋轉鑽孔與旋轉裸眼鑽孔相比之下具有更好的優勢，即在鑽孔取得岩心樣本時也是如此，大多數情況下推薦使用此方法。在旋轉裸眼鑽孔中，讓沖洗介質帶到地面的鑽屑只能用於顯示地面條件。但旋轉裸眼鑽孔有助於現地測試或儀器安裝所需的鑽孔快速推進，即使使用裸眼技術時也可從鑽孔取得樣本。

在旋轉鑽井中用作沖洗介質的水可能對週圍地面的穩定性和所獲得的樣本產生有害影響，需仔細考慮其使用狀況（見第 18.7.2 節）。旋轉裸眼鑽孔法其粗略的改進通常稱為旋轉洗滌鑽孔，在這方面可能是特別有害的，這種方法只涉及套管的推進狀況，藉由波動可沖洗套管內部。足以沖洗套管的水壓通常很高，可能導致週圍地面的孔隙壓力增加（或減少孔隙吸入）。例如，在邊坡或舊有磚石擋土牆後面鑽井時，這可能損及穩定性快速引發坍塌。同樣地，在含有礫石般碎片的土壤中，不管所用的水壓如何，都不可能沖洗掉所有的粗碎片，可能會積聚在鑽孔底部。這些碎片將影響鑽孔中進一步的採樣和測試的代表性結果，在柔軟或鬆散地面上，沖洗水不僅可藉由套管向上運送鑽屑，還可在套管外側向上運動形成一個受干擾的大型輸送區域，會在鑽孔底部下方延伸一段距離。因此，旋轉洗滌鑽孔獲得的樣本可能至少在其長度的一部份已到干擾。在關於海洋調查中，應優先採用標準旋轉裸眼鑽孔法而非旋轉鑽孔法（參見第 14.7 節）。

旋轉鑽孔的鑽機在香港有各種重量和額定功率，鑽機通常採用撬裝式安裝，其一般配置如圖 11 所示。通常具有 10 至 50 馬力的額定功率並能夠穩定地將鑽柱旋轉至 1,500 或 2 000 rpm 的轉速。鑽機應安裝在穩定平台上，可讓鑽頭施加 12 至 15kN 的力量不會因此造成鑽機移動。選擇鑽機需考慮鑽孔的預期深度和直徑、可能的套管要求和現場通道，鑽機通常應具有 600 mm 的最小沖頭行程並能夠以最小的震動速度運作，常用的芯筒、外殼和鑽桿的尺寸如表 5 所示。

也可以使用更小尺寸的旋轉鑽機，有時可用於特殊情況下。手提式旋轉式鑽心通常可用於混凝土或磚石擋土牆的鑽心，水平鑽孔通常可確保其壁厚和回填材料。

鑽探在某種程度上是一門藝術，其成功取決於良好的實務和操作技能，特別是進行風化、薄弱和部份膠結和破碎岩石的鑽心時，需具備相當多的專業知識才能取得完全令人滿意的岩心品質。這主要受鑽心筒和切割鑽頭類型其選擇（參見第 19.8 節）、擠壓、處理和保存岩心方法的影響（見第 19.10.5 節）。

18.7.2 沖洗介質

仔細選擇與所用設備兼容且適合於待鑽地面的沖洗介質非常重要，水是最簡單的沖洗介質。可用作沖洗介質的其他流體是鑽井泥漿（由水與粘土或膨潤土組成）、水與添加劑如氯化鈉、空氣泡沫和聚合物混合物，這些沖洗介質的主要優點是可用較低的沖洗速度清除鑽屑並且對地面構成較小的干擾，鑽井泥漿的使用還可讓鑽井套管的需求最低化，因為這有助於穩定崩落土壤鑽孔的側面和底部。鑽井泥漿的另一個優點是可降低土壤的干擾，藉此提供樣本品質。但假如要在鑽孔中進行滲透性試驗或安裝滲壓計時，則不建議使用鑽井泥漿，Clayton 等人（1982）提供鑽井泥漿使用的進一步指南內容。

使用空氣泡沫作為沖洗介質可提高鑽心回收率，並在原位岩石風化產生的崩積土和土壤中取得滿意的樣本品質（Phillipson & Chipp, 1981; 1982）。此技術是將發泡濃縮物和水注入低容量的高壓空氣壓縮機中，藉此產生氣流如圖 12 中所示。在地下水位下鑽井時，應添加聚合物穩定劑，以常規方式迫使泡沫沿著鑽桿下降，氣溶膠具有如刮鬍膏般的稠度，其緩慢移動的泡沫柱體會將懸浮的鑽屑帶到地面上。與水相較下，空氣泡沫具有更大的懸浮物的固持能力和較低的井位上升速度和低用水量，可降低岩心和週圍地面的干擾。空氣泡沫還能避免滲透到裂縫中，可穩定井壁。但聚合物穩定劑具有塗覆孔壁的缺點，讓原位滲透性測試可能不具代表性。

調查可能不穩定的邊坡時或從鑽探失敗的邊坡滑移區取得樣本時，不建議用水作為沖洗介質（見第 18.7.1 節）。在此情況下應考慮使用空氣泡沫沖洗，或在某些情況下使用空氣進行沖洗降低邊坡滑移的風險。

18.7.3 傾斜鑽孔

傾斜的鑽孔通常在地面研究中具有巨大的優勢（McFeat-Smith 1987；McFeat-Smith 等人 1986），雖然這比類似的垂直鑽孔更昂貴，但通常可用於取得額外的地質資料。

可發現到傾斜鑽孔偏離預期的傾斜方向（Craig & Gray 1985），由於鑽桿的重量，這在垂直面上特別常見。造成偏差的一些因素為：

- (a) 磨損和尺寸過小的鑽桿、比鑽孔更小的鑽桿及過於柔韌的鑽桿，
- (b) 鑽機的旋轉和震動往往出現螺旋形的鑽孔，
- (c) 困難的地面條件，如含有巨石的土壤。

在出現有害偏差的情況下，可使用安全錨固的鑽機和平台、一根非常堅硬的鑽柱和至少 3 米長的芯筒、與鑽桿直徑相同的鑽桿或裝有扶正器的鑽桿即可將損害最低化。藉由微幅調整旋轉速度、推力、壓力和放置在鑽桿上的扶正器位置，也可進行定向控制。在某些困難的地面條件下，如鬆散的土壤基質含有非常堅硬巨石的崩積層，可能就很難控制傾斜鑽孔的偏差狀況。

有幾種儀器可用於測量鑽孔的方向或偏差，如 Eastman-Whipstock 單次或多次攝影測量工具、Pajari 機械式單次測量儀器和 ABEM Fotobor 多次射擊探頭。Eastman 和 Pajari 工具的功能是分別藉由攝影和機械方式記錄萬向磁球的方向，即可排除鋼製外殼或附著在鋼棒上或在可能出現其他磁干擾的區域中誤用這些儀器。ABEM Fotobor 在鑽孔內攝影記錄累積性的撓度測量結果，可用於鋼製外殼。多次射擊工具如 ABEM Fotobor 或 Eastman-Whipstock 工具的多次射擊版本，可用於進行完整的鑽孔測量作業，但在鑽井過程中進行重複偏差檢查可能是很麻煩的事，在此情況下，單次射擊工具可能是較佳的選擇。

18.8 清洗鑽孔和其他方法

18.8.1 清洗鑽孔

清洗鑽孔使用鑿子鑽頭擊碎土壤，用水藉由空心鑽桿的抽送讓其沖刷到地面。在易於坍塌的地面，可向下驅動套管支撐鑽孔的側面或可使用鑽井泥漿。由洗滌水帶到地面的土壤碎片無法代表滲透材料的特性和一致性，沖洗水可能會像第 18.7 節中的旋轉洗滌鑽孔法一樣，對週圍的地面造成干擾，因此，在香港很少使用鑽洗的方法。

18.8.2 其他鑽孔方法

還有許多其他的鑽孔方法，這些方法通常用於達成最大的穿透速度，如用於爆破孔和灌漿的旋轉衝擊鑽孔法。當這些鑽孔在沉陷於地面調查以外的其他目的時，只能獲得有限的地面條件相關資訊，這些條件相關的資訊即為受控條件下的鑽孔、鑽孔的測量速度、鑽探地質特徵的觀察結果和鑽孔沖洗採樣（Horner & Sherrell, 1977）。

某種此類的旋轉衝擊法就是覆蓋層鑽孔偏心法或 ODEX 法（平板 4A），是採用擴孔不足的原理。在土壤鑽孔期間，偏心鉸刀鑽頭擺動並鑽出大於套管外徑的鑽孔，該鑽頭在推進鑽孔時即同時插入推進。可藉由頂錘或潛孔錘提供衝擊動作，當達到所需深度時，鑽桿以相反的方向旋轉，可讓鉸刀折入並讓鑽頭從殼體縮回，讓殼體保留在鑽孔中。然後使用普通的鑿岩鑽頭替換 ODEX 鑽頭，鑽孔可以進一步推進到岩石中。此方法在地面調查中並不常用，因為無法取得完整的樣本，但在香港用於崩積層安裝橫向排水溝（Craig & Gray 1985），也用於鑽探礫石填土取得基岩特性曲線，此技術也可用於鑽探岩溶地形中的洞穴（Horner & Sherrell, 1977）。

18.9 回填開挖和鑽孔

壓實不良的回填將導致地表沉陷，可能成為地下水的流動路徑。若回填的挖掘或鑽孔位置變成未來的深層挖掘坑道、隧道或保水結構工地時，後者的狀況會造成非常嚴重的不便，還可能導致未來含水層的污染。關於乾燥地面的鑽孔雖然無法抵擋水流，但可使用壓實的土壤回填。最好的方法是使用特密管在最低點引入水泥灌漿，藉此重新回填鑽孔。由於收縮作用，只有水泥可能無法密封鑽孔，通常會選用水泥-膨潤土灌漿，如水泥-膨潤土灌漿，其混合比例約四比一，加入的水量不超過允許灌漿流動或抽送所需的水量。可能需添加膨脹劑，可藉由挖掘機的鏟斗或其他機械裝置壓實挖掘坑洞的回填物，在某些情況下可使用混凝土回填，例如，在陡峭斜面上回填小洞。

19. 地面採樣

19.1 通則

採樣主要在詳細建立地下的地質特性曲線資料，為實驗測試提供受干擾和未受干擾的材料。採樣技術的選擇取決於所需樣本品質和地面特徵，特別是在採樣之前、採樣期間或採樣後發生干擾的程度。土壤擾動的主要原因如表 6（Clayton 等人 1982）所示，並由 Clayton（1984）提出進一步的討論。

應記得地面的整體特性通常取決於平面或弱化區域（如土壤層的不連續性），因此，可能取得不具代表性的優質樣本，因此，需經常修改採樣技術以適應地面條件，需密切監督採樣的進行（見第 15 章）。選擇採樣方法時，應判定品質屬性或完整的材料屬性（參見第 12.11 節），地質指南 3（GCO，1988）進一步討論品質和材料特性間的差異。

採樣有 4 種主要的技術（Hvorslev 1948）：

- (a) 在鑽孔或挖掘過程中從鑽具或挖掘設備中取出擾動樣本（見第 19.3 節），
- (b) 衝擊採樣，其中在其下端具有鋒利削刃的管值或裂管取樣器，可藉由靜推力或動態衝擊穿透地面（見第 19.4 至 19.7 節），
- (c) 旋轉採樣，在其下端具有切割器的管子旋轉穿透地面，藉此取得岩心樣本（參見第 19.8 節），
- (d) 從試驗坑、豎井或坑道入口手動採取特別切割的塊狀樣本（見第 19.9 節）。

藉由技術(b)、(c)、(d)獲得的樣本通常具有足夠的完整性，可用於檢查樣本內的研磨結構。這些樣本品質可能會有很大的差異，取決於技術和地面條件，大多數樣本都會出現一定程度的干擾。第 19.2 節提供樣本品質的分類方法，第 19.3 至 19.9 節說明各種採樣技術和可預期的樣本品質，藉由技術(b)、(c)、(d)獲得的完整樣本通常是垂直採樣取得，可能需調查其地質特徵。

各種用途所需的樣本品質取決於地面特徵和各種測試，表 7 提供不同實驗測試所需土壤樣本品質的指導說明。

表 8 列出香港常見材料的一般抽樣程序概述內容，應與第 19.3 至 19.9 節內容一併閱讀。

19.2 樣品品質

應根據所需樣本品質的採樣程序，也根據樣本實驗的適用性進行評估，德國開發的土壤樣本分類（Idel 等，1969）為樣本品質分類提供了有用的參考基礎（表 9）。

在某些情況下，無論採用何種採樣方法，都只能獲得具一定干擾程度的樣本，即最好的第 2 級樣本。應謹慎看待這些樣本關於任何強度或壓縮的測試結果，第 3、4 和 5 級樣本通常視為「受干擾的樣本」。

在選擇採用第 1 級樣本的採樣程序時，應進一步考慮樣本大小，這主要取決於地面的地質結構，通常稱為「土壤構造」（Rowe，1972）。若地面含隨機的不連續土壤層時，則樣本直徑或寬度應儘量採取最大的不連續土壤層間距。另外，地面含明顯的不連續性土壤層時，例如，在節理岩石中可能需要採取特別定向的樣本。關於均勻和各向同性的細土壤，可使用直徑小至 35mm 的樣本。最好選定直徑為 100mm 的樣本，因為實驗測試結果可能更能代表地面特性。在特殊情況下，可使用直徑 150mm 和 250 mm 的樣本（Rowe，1972）。

GEO（2017a）和 BSI（1990）說明每種測試類型所需土壤的樣本品質細節，若已知大致的測試次數，就容易估算出土壤總量。若實驗測試程序不確定，表 7 即說明每系列測試應獲得土壤量的一些指導內容。考慮礦物骨材、沙土和過濾器的材料時，所需樣本詳情可參考 CS3：2013（2016）。

[Amd GG2/01/2017]

19.3 來自鑽孔工具或開挖設備的擾動樣本

樣本品質取決於用於沉入的鑽孔或挖掘技術及地面乾燥與否，在鑽孔或挖掘中從水下採集擾動樣品時，所得的樣本可能無法真正代表地面特性，對含有細粒的顆粒污垢更是如此，這些細顆粒往往會從工具中被沖洗掉。將工具的全部內容物放入罐中，並在倒水前讓土壤細粒沉陷來部份克服此問題。

通常可從各種鑽孔和採樣方法中預期以下類別的樣本：

- (a) 第 3 級來自乾燥挖掘和乾燥鑽孔的擾動樣本可使用纜線衝擊設備的黏土切割機或螺旋鑽來讓其沉陷。
- (b) 第 4 級在挖掘中的黏性土壤或存在水份的條件下，使用纜線衝擊設備的黏土切割機或螺旋鑽沉入，即可從鑽孔中取得擾動樣本。
- (c) 第 5 級來自潮濕挖掘的顆粒土壤或使用纜線衝擊設備外殼沉陷，從任何鑽孔中取得的樣本或可藉由鑽孔碎屑從鑽孔中沖刷沉陷取得任何鑽孔中的樣本，如旋轉裸眼鑽孔和清洗鑽孔等。

應注意確保樣本所代表的土壤層部位讓其不受其他材料所污染。

19.4 開管式採樣器

19.4.1 設計原則

(1) 通則開管取樣器一端是開口的管子，另一端安裝有用於連接鑽桿的裝置。當樣本進入管中，止回閥可讓空氣或水逸出，當工具從地面抽出時有助於保持樣本的完整。圖 13 顯示一般用途採樣器的基本細節，此採樣器具有單個樣本和構造簡單的切割鞋。第 19.4.4 節討論的插口和鑽心捕集器，另一種採樣器採用可拆卸的襯管設計。

採樣工具的基本要求是在被撞擊入地面時，應儘量降低重塑和干擾作用。干擾程度由設計上的 3 個功能來控制：切割鞋、內壁摩擦和止回閥。

(2) 切割鞋通常具有類似於圖 13 的設計和以下的功能：

- (a) 內部間隙切割鞋內徑 D_c 應略小於樣品管內徑 D_s 以提供內部間隙，通常此間隙約為直徑的 1%。這可讓樣本進入管子時稍微出現彈性膨脹，以減少來自管子內壁的摩擦阻力並有助於維護樣本的完整。應避免過大的內部間隙，因為這會讓樣本膨脹造成干擾。
- (b) 外部間隙切割鞋外徑 D_w 應略大於樣品管外徑 D_t 以提供外部間隙，有助於從地面拆卸採樣器，外部間隙不應大於內部間隙。
- (c) 面積比表示取樣器取代土壤體積與樣本體積的比值（圖 13），應盡可能縮小比值與樣本管的強度要求一致。通用的 100mm 直徑採樣器其面積比約為 30%，薄壁採樣器的面積比約 10%。某些特殊的採樣器相對於內徑 D_c 具有較大的外徑 D_t ，例如，為了提供間隙給鬆散的襯管，可使用具有長外錐度的切割鞋來降低採樣干擾，此切割鞋遠小於切割鞋預估的面積比。

(3) 壁面摩擦可藉由適當的內部間隙及管內清潔光滑的表面來減少摩擦。

(4) 止回閥應設計有 1 個大孔，在驅動取樣器時能夠快速容易出空氣和水，從鑽孔中取出取樣器有助於維護樣本的完整。

關於各種用途的開管採樣器一般設計，可參考第 19.4.3 至 19.4.5 節。

19.4.2 採樣程序

在取樣前，應儘量清除鑽孔底部或挖掘或讓入口表面保持鬆散或儘量遠離擾動的材料。留下的此類鬆散或擾動的材料中，有一些或全部通常會進入「過度驅動」的空間中。

在地下水位以下，若層壓板中的天然水壓超過鑽孔眼或挖掘中的水壓時，則可能擾亂鑽孔眼或挖掘底部下方某些種類的層壓土壤。為避免此影響，需將鑽孔眼水位保持在地下水位以上與樣本位置互相匹配。

採樣器可藉由動力裝置使用落錘或滑錘或藉由連續靜推力，以液壓千斤頂或滑輪組驅動撞擊地面。幾乎沒有公開的證據顯示動態或靜態驅動撞擊是否出現較少的樣本干擾，對大多數地面條件而言，可能沒有顯著差異，應記錄每個樣本的驅動撞擊力顯示與地面相符的作用。

應檢查並記錄工具的驅動撞擊距離，如果驅動撞擊的距離太深，土壤將在採樣器中被壓縮。帶有「過度驅動」空間的採樣頭，圖 13 可讓樣本管完全充滿但樣本仍然完整無損。在驅動撞擊後，將採樣器穩定取出，應記錄回收的樣本長度並與工具的驅動撞擊距離進行比較，藉此找出任何差異。例如，若樣本長度小於驅動撞擊的距離，則樣本可能被壓縮或可能在取出工具時已讓樣本滑出。

19.4.3 薄壁採樣器

薄壁採樣器用於對採樣干擾特別敏感的土壤，由薄壁鋼管所組成，其下端形成具有小型內部間隙的切削刃。面積比約 10%，這些採樣器僅適用於細土壤到具有一致性的堅韌土壤，這些土壤不得含有大粒子。通常在所有的細黏性土壤中只能取得第 1 級樣本，包括敏感性黏土，其先決條件是土壤無鑽孔沉陷的干擾。通常可取得直徑在 75mm 和 100mm 之間的樣本，因特殊目的而取得之樣本可達 250mm。應注意到，由於應力已消除，弱土壤中鑽孔底部的干擾將出現在一定深度以下。因此，最好選擇穿透鑽孔底部以下的活塞式樣本（參見第 19.5 節），典型的薄壁採樣器如圖 14 所示。

19.4.4 一般用途 100 mm 直徑開管式採樣器

100mm 直徑的開管採樣器通常稱為 U100 採樣器（平板 4B），這是一種功能相當強大的採樣器適用於香港的多種土壤，但採樣過程中的驅動撞擊作用可能會引起一些干擾，可獲得的最高樣本品質是第 2 級樣本（Whyte, 1984）。

採樣器細節如圖 13 所示，由 1 個長約 450mm 的樣本筒組成，帶有旋入式切割鞋和驅動衝擊頭，面積比約 30%，樣本筒可用螺旋接口接在一起形成 1 個較長的採樣器，兩個標準筒形成 1 個長約 1.0 米的採樣器，雖然樣本管長度增加可能造成干擾，但通常用於軟質黏土的採樣（Serota 和 Jennings 1958）。在低內聚力的土壤如淤泥和細粉土，當工具從地面抽出時可能造成樣本掉落，在切割緣和樣本筒之間插入鑽心捕集器即可改善樣本回收率，使用岩心採集器時，樣本品質不太可能優於第 3 級。

若鑽孔尺寸不使用 100 mm 的採樣器，即可使用直徑約 50 mm 或 75 mm 的較小型採樣器，較小型的採樣器具有類似的設計，但切割緣無法拆卸。

19.4.5 拆分筒標準穿透測試採樣器

拆分筒採樣器用於標準穿透測試，說明悉如 BSI (2011b)。樣本直徑為 35 mm，面積比為 100%，用於回收小樣本，特別是在無法使用 100 mm 採樣器的狀況下，可提供第 3 級或 4 級樣本（見第 21.2 節和圖 25）。[Amd GG2/01/2017]

19.5 薄壁式靜止採樣器

薄壁固定活塞式採樣器（板 4C）由 1 個薄壁樣本管所組成，此樣本管含 1 個緊密配接的滑動活塞，此活塞在其下表面處略呈錐形。樣本管安裝在驅動衝擊頭上，驅動衝擊頭接到空心鑽桿上，活塞固定在分離桿上，分離桿穿過驅動衝擊頭中的滑動接頭並向上穿過空心桿內部。在地面運作的夾持裝置讓活塞和樣本管可鎖定在一起，或在樣本管向下驅動時讓活塞保持靜止。圖 15 顯示固定活塞式採樣器的基本細節，樣本直徑通常為 75 mm 或 100 mm，但直徑最大為 250 mm 的採樣器用於特殊土壤條件上。

最初，活塞是鎖定在樣本管下端，藉此防止水或漿液進入取樣器中。在軟質黏土中，將活塞處於該位置，可將採樣器推到鑽孔眼底部下方，當到達樣本深度時，活塞即保持靜止，樣本管被靜推力向下驅動，直到驅動衝擊頭遇到活塞的上表面為止。驅動衝擊頭中的自動夾具在取出採樣器時，可防止活塞掉落並將樣本擠出。

採樣器通常用於低強度細土壤，也包括敏感性黏土，可從淤泥和黏土中取得第 1 級樣本。在擾動區域內採樣並在恢復期間維持其功能，其功能優於第 19.4.3 節中的薄壁採樣器，雖然通常用於軟質黏土，但在特殊活塞採樣器的設計可用於硬質黏土（Rowe 1972）。

19.6 連續土壤採樣

19.6.1 通則

連續土壤採樣可在土壤中產生長達 30 米的樣本，如細沖積沉積物，這對於識別土壤構造具有特殊價值（Rowe, 1972），其採樣結果優於連續驅動衝擊的採樣結果。瑞典系統（Kjellman 等人 1950）使用鋼箔取得直徑 68 mm 的樣本，可消除樣本和管壁間的內部摩擦。Delft 系統使用 90 種較輕的設備並可提供兩種尺寸的樣本，在第 19.6.2 節中有更完整的描述。

19.6.2 Delft 連續採樣器

Delft 連續採樣器由荷蘭 Delft 實驗室的 Laboratorium voor Grondmechanica 開發，有兩種尺寸可供選擇，取得直徑為 29 mm 和 66 mm 的連續樣本（Delft Soil Mechanics Laboratory 1977）。使用傳統的荷蘭式深度測深儀將 66 mm 採樣器推入地面，其推進力為 200 kN，可藉由推動鋼製外管讓採樣器推進，並將樣本自動送入尼龍彈力套筒中，此套筒經過不透水的處理。將套管內的樣本送入薄壁塑膠管中，此內管用膨潤土-重晶石填充到適當的水平高度，此潤土-重晶石提供支撐和類似週圍地面密度的流體。尼龍套管上端固定在樣本頂蓋上，藉由張力纜線接到地面的固定點。當採樣器被推入地下時，可添加長度為 1 米的延長管，採樣器的最大穿透深度通常為 18 米，但在合適地面上採用經改進的彈匣並增加推力，可以獲得長達 30 米的樣本。29 mm 採樣器具有類似設計，只要較少的推力即可穿透，可使用這些採樣器獲得第 2 級到 3 級的樣本。

將樣本切成 1 米長並放置在特製的盒子，將 66 mm 採樣器取出的樣本放在塑膠管中。66 mm 樣本適用於一系列的實驗測試，29 mm 樣本用於目視檢查、體積密度和指數特性的測試，取出樣本進行測試後，將樣本分開然後加以文字說明並在半乾燥狀態下拍照，更容易識別土壤構造。關於 29 mm 樣本，只有一半的分離材料用於測試，因此保留了地面的連續土壤層測試紀錄。

19.7 沙土採樣器

從地下水位下方處回收沙土管樣本會出現特殊問題，因為樣本往往會從樣品管中掉出來。壓縮空氣採樣器（Bishop 1948）可讓樣本從地面移入氣室中，然後提升到地面上不與鑽孔中的水份接觸。採樣器的構造通常適用於取得直徑 60 mm 的樣本，若採樣器由動態裝置所驅動，則由驅動引起的沙土體積變化讓樣本品質不會優於第 3 級。但假如使用靜推力驅動，通常可回收第 2 級樣本，有時會是第 1 級樣本。另一種設計（Serota & Jennings, 1958）是從地面抽出前，在採樣器底部引入氣泡。

19.8 旋轉鑽心樣本

藉由第 18.7 節中的旋轉岩心鑽孔程序，即可取得樣本，樣本品質可能會有很大差異，取決於地面的地質特徵和取芯設備的類型。

[Amd GG2/01/2017]

表 5 列舉香港常用的鑽心筒及岩心尺寸，很少使用單管鑽心筒，因為鑽心筒直接在芯部旋轉，芯部回收的樣本品質通常不令人滿意。使用雙管和三管岩心筒的適用性和限制如下：

- (a) 雙管芯筒將內管安裝在軸承上，不會繞着芯轉動，通常可用於新鮮到中度分解程度的岩石，但除非修改設備，否則這些鑽心筒無法保護岩心免受鑽井液的影響。此外，通常將鑽心筒懸掛在接近垂直的位置並輕敲鑽心筒側面來清除岩心。嚴重破碎的岩石可能導致岩心盒中混雜岩石碎片，可能難以記錄測量裂縫狀態的指數。在此狀況下，建議使用岩心擠出機，雙管鑽心筒的 1 個實例如圖 16 所示（另見平板 4D）。
- (b) 三管岩心筒的內筒裝有可拆卸的襯管，可保護岩心免受鑽井液的擠壓和損壞，適用於新鮮到中度分解程度的岩石和一些強度較高較難以分解的材料。特別適用於嚴重斷裂和連接岩石土壤層的鑽心，因為分離襯管有助於保持岩心的完整，而接頭比較不受干擾。圖 17 顯示不可伸縮的三管岩心筒（有分離襯管）的實例（也可參考平板 4E）。

當取樣來自現場岩石風化的土壤時，通常使用配有可伸縮鞋的三管岩心筒（表 5），進行軟質鑽孔時，切割鞋和連接的內筒在鑽頭前方處突出，硬質鑽孔時，壓力增加即縮回。這會大幅降低鑽井液在切割處或切割點上方處與鑽心接觸的可能性，這些切割鞋可添加到三管岩心筒中，用於新鮮到中度分解岩石鑽心採樣。另外，在香港更常見的是 Mazier 鑽心筒（圖 18 和平板 4F）。但應注意到 Mazier 有 1 個碳化鎢尖頭切割鞋，因此不適合從新鮮到中等分解程度的岩石鑽心採樣。遇到岩石或石棉時，需使用帶有金剛石浸漬鑽頭的鑽心筒讓鑽孔推進（如雙管 Craelius T2-101 鑽心筒，如圖 16 所示）。Mazier 鑽心筒內部有塑膠襯管，可在樣本運送到實驗室期間藉此保護樣本。使用 Mazier 可獲得直徑 74 mm 的鑽心樣本，這與常用的實驗室 3 軸試驗裝置具有相容性。

使用大直徑的3管鑽心筒和空氣泡沫作為沖洗介質，可獲得來自現場岩石風化和崩積層土壤的優質（1級）岩心樣本（參見第18.7.2節），使用Mazier採樣器結合空氣泡沫或水作為沖洗介質也可獲得第1級至2級的樣本。

另一種3管鑽心筒是纜線鑽心筒，這種不可伸縮的鑽心筒含1個線路機構，讓鑽桿向上抽出內筒，無需將1個或多個外筒從鑽孔中抽出。此鑽心筒可用於新鮮至中度分解程度的岩石及非常深的垂直或傾斜鑽孔作業，可加快鑽井速度。

在Brand & Phillipson (1984)、Brenner & Phillipson (1979)、Forth & Platt-Higgins (1981)的論文中可找到關於鑽心筒、鑽井技術及其對香港材料適用性的進一步討論。

19.9 塊狀樣本

從試驗坑和挖掘坑中外露的材料以手工來切割塊狀樣本通常用於填土，來自現場岩石風化和崩積土壤通常用於填土，藉此取得最低擾動程度的樣本。此程序也用於獲得特別定向的樣本，如測量特定不連續處土壤層的剪切強度。在樣本與地面分離之前，應隨時記錄塊狀樣本的位置和方向，按照第19.10.6節所述採集和處理塊狀樣本，有關塊狀樣本更詳細的建議，可參考USBR (1974)。

19.10 樣本處理和標示

19.10.1 通則

樣本可能需花費大量資金才能獲得應小心處理，實驗測試結果的有用性取決於測試時的樣本品質，因此，重要的是建立令人滿意的處理標記樣本程序，注意樣本的儲存和運送不使其變質，在需要時可輕易從樣本庫中識別和取出。

應保護樣本免受過熱和溫度變化的影響，這可能導致樣本容器的密封性變差造成樣本毀損。樣本庫的溫度受到氣候影響，建議樣本應存放在2°C至45°C範圍內，可藉由此範圍內的最低溫度儲存，存放環境內的日常溫度變化不應超過20°C。

19.10.2 標示

所有樣本應在鑽孔或挖掘取出後立即貼上標籤，若要以天然水份含量保存時，需將其密封在密閉容器中或上蠟。標籤應顯示樣本的必要相關資訊，另一份副本應與樣本分開存放，後者通常要記錄在每日的現場報告中。標籤應使用永久墨水標示，標籤應堅固足以承受環境和樣本運送的影響。樣本本身應有多個標籤或其他標示方法，但某個標籤損壞時仍可識別樣本。

樣本標籤應提供以下相關資訊：

- (a) 合約名稱，
- (b) 工地數量或參考編號，
- (c) 參考編號、位置和鑽孔角度，
- (d) 樣本參考編號，
- (e) 採樣日期，
- (f) 樣本簡要說明，
- (g) 樣本頂部和底部深度應低於地平面，和
- (h) 可能的話，註明樣本的採樣位置和取向（如來自試驗坑的樣本）。

19.10.3 手採土壤和岩石擾動樣本

若需要樣本進行測試或需要長時間保持樣本的良好狀態時，應按照下述方法進行處理。

從鑽孔或挖掘坑中取出後，應立即將樣本放入容量至少為 0.5 kg 不易腐蝕耐用的容器中，樣本應填充最小的空隙處。容器應具有氣密蓋或密封功能，可保持樣本的土壤含水量直到在實驗室進行測試為止。關於岩石樣本，另一種方法是將樣本塗蠟，最好使用微晶蠟，因為它不太可能收縮或破裂，對某些實驗測試所需的大型擾動樣本可使用堅固的容器或塑料袋包裝。

樣本容器應編號如第 19.10.2 節所述，撕下的貼紙或標籤應放在蓋子正下方的容器中。同樣地，標籤也應防水密封（塗蠟或塑膠材料）牢固在容器外面，應仔細包裝容器防止運送過程中的損壞，現場的樣本或運送到樣本庫期間，應保護樣本避免過熱。

關於岩石的手工樣本，應直接在樣本表面塗漆或藉由附加標籤來記錄參考編號。然後將樣本包裹在多層厚紙放入木箱中，建議在包裝中使用第 19.10.2 節所述的標籤。

19.10.4 使用管狀採樣器進行採樣

以下建議適用於所有管式採樣器的樣本，但採用厚壁採樣器的樣本除外（見第 19.4.5 節）。處理和保護樣本的預防措施均在一般採用方法的最低要求以上，在特殊情況下，可能需採取更謹慎的預防措施。存放在管子或襯管中的樣本應遵循程序(a)，其他樣本應遵循程序(b)。

- (a) 在樣本從鑽孔或挖掘坑中取出後，應立即將樣本末端移至約 25 mm 深度，也應移除採樣器頂端任何明顯擾動的土壤樣本，然後塗上幾層蠟，最好是將微晶蠟塗上樣本各端，形成厚度約 25mm 的塞子狀上蠟層，熔蠟應盡可能讓其冷卻，需清洗管側無任何污垢黏附。若屬多孔隙樣本，塗蠟前應在樣本末端放置一層蠟紙或鋁箔。

管子或襯管末端與上蠟間的任何剩餘空間應緊緊包裹一種比樣品壓縮程度更低的材料，內部不得含有水份，然後使用蓋子或螺旋蓋密封，放置在管子或襯管每一端，必要時，蓋子應使用膠帶固定。

- (b) 未從管中取出的樣本在採樣工具中取出後，應立即用幾層融蠟（最好是微晶蠟）完全覆蓋，然後使用合適的材料用金屬或塑膠密封容器。容器的蓋子應使用膠帶固定，若屬多孔隙樣本，塗蠟前應在樣本末端放置一層蠟紙或鋁箔。

帶有樣品編號的標籤應放在蓋子正下方的容器內，標籤應放在樣品頂部，此外，樣本數量應標示在容器外面並標明在樣本頂部或底部。襯管或容器的包裝方式應盡量避免運送過程中因震動和衝擊所造成的損壞。

關於海洋土壤樣本，管子或襯管應垂直固定讓樣本保持與地面相同的方向，在所有的處理和運送階段都應格外小心。

19.10.5 旋轉鑽心押出和保存

將鑽心筒抽出到表面後，應在後續處理中儘量確保原有天然的鑽心品質直到最終儲存為止。

除卻較堅固和巨大的岩石外，若將岩心從直向的鑽心筒中取出在岩心盒中，則岩心必然受到干擾，鑽心筒應保持在水平位置，將鑽心中的岩心以連續支撐的方式擠出到托盤中。雨水排水溝或其他方便可用的剛性開口管可用於此用途，當需要保存岩心不讓其變乾時，有 1 種方便的方法是將岩心從鑽心筒擠出到聚乙烯套管中，再使用剛性開口管支撐岩心部位。如要選定的岩心長度保留天然含水量進行實驗測試時，應先去除任何鑽井泥漿的污染物和軟化材料，然後將樣本使用箔紙包裹塗蠟，並按照第 19.10.2 節進行標記。

在擠出過程中，岩心擠入的方向最好與鑽心筒的進入方向彼此相同。岩心擠出機應為活塞式，最好採用機械驅動設計，因為水壓型擠出機可導致水份與鑽心接觸讓鑽心因為衝擊應力而損壞。應注意到在軟弱風化或破碎的岩石中，擠壓會導致岩心擾動，要小心進行作業。在傳統雙管旋轉芯筒經改進的內管中使用低摩擦的透明塑膠襯管後，即可解決鑽心擠出的大多數問題，一般的作法是每隔 200 mm 米在鑽心套管外側貼上膠帶，沿着塑膠片的重疊部份進行縱向纏繞，然後藉助塑膠材料的排水溝提供額外支撐，可將芯部裝入盒內而不會干擾岩心構造。但磨蝕性和破碎岩石的存在可能妨礙這種襯管的使用狀況。

使用低摩擦襯管的三管岩心筒可解決擠壓和保存上的困難問題（參見第 19.8 節），分離襯管是鑽孔後檢查回收岩不造成損壞的理想方法，在另一方面，無縫金屬襯管和塑膠襯管特別適用於現地採樣紀錄的岩心或作業受到限制的場合，未擾動的樣本需加以保存，提供後續實驗測試所需。

通常應保存鑽心主要工程期間從鑽孔取得的所有岩心可藉由木製或塑膠岩心盒輕易達成，通常在 1 米到 1.5 米之間，縱向分離可容納多排鑽心。岩心盒應具有如此深度，隔室寬度應可讓盒子在關閉時只容許岩心出現最小程度的移動（Geological Society 1970）。岩心盒應裝有鉸鏈蓋和強固的緊固件，其設計應能容納足夠數量的岩心但不能太重，可讓兩個人抬起。

從鑽心筒取出岩心並將其放入盒中時，應特別注意確保岩心保持原有的土壤鑽探，而非最終用於實驗測試的狀態。地面下方的深度應在岩心直徑大小的間隔物上，使用永久墨水標示，這些間隔物插入連續排列的岩心間。若未回收岩心或為了其他目的從岩心盒取出回收岩心的樣本時，則應使用適當長度的間隔塊標示。應標示盒蓋和盒子顯示箱內的岩心採樣位置、鑽孔數量、深度範圍、盒子數量與鑽孔盒總數間的關係。應標示岩心盒方便後續攝影，必要時，應在岩心回復原有狀態後儘快進行描述、採樣和測試等作業。

19.10.6 塊狀樣本

應儘快進行樣本切割防止過多的水份流失，並應保護樣品免受雨淋和陽光直射。應將樣本修剪成平面尺寸，同時仍可讓其底部連結（板 5A），側面應使用鋁箔或防油紙保護，然後塗上微晶蠟層，若必要時，用多孔織物層（如平紋細布）加固。然後將移除頂部和底部的蓋子下滑到樣本上（平板 5B），樣本頂部應修剪平整，標記位置和方向，如上所述進行塗層，讓頂蓋連接到盒子上確保其緊密貼合。然後可沿著底部切割樣本並在附接底蓋前緩慢且小心翻轉，藉此進行修剪和底部塗層。需要 1 個堅固密封的盒子，儘量降低運輸過程中的樣本干擾並防止不連續土壤層土壤的斷裂。

20. 地下水

20.1 通則

判定地下水壓力的重要性，因為這對施工期間和之後的地面特徵影響重大，各種區域尤其是不透水層的分隔區域，可能具有不同的地下水壓，其中一些可能是自流水。由於需採取特殊措施來處理地下水，因此在需要深挖或挖掘隧道的情況下，地下高滲透區的位置和各地區的水壓測量尤為重要。為能夠準確測量地下水壓，通常需安裝滲壓計。由於降雨、潮汐或其他原因，地下水壓可能隨時間而變化，可能需加長時間測量調查這些變化。在設計排水工程時，通常需確定水位或測壓水位的土壤特性曲線，確定自然排水方向、季節變化和其他水文因素的影響。

在香港常監測地下水位和孔隙水壓力及這些因素對降雨的影響，因為這些資訊對邊坡設計建造、山坡挖掘和工地工程攸關緊要。滲壓計類型的選擇取決於預測水壓、讀數取用、使用壽命和所需的回應時間。開放式液壓（Casagrande）滲壓計通常用於調查現場岩石風化和崩積層的土壤，這些土壤通常具有較高的滲透性。其他的滲壓計類型可用於特定專案中，可用類型如第 20.2.3 至 20.2.6 節所述，其優缺點總結於表 10 中。

香港的邊坡破壞通常是由暴雨所造成，地下水對降雨的回應因地點而異，從幾乎沒有回應到即時回應等程度皆有，因此，瞬態響應測量非常重要（見第 20.2.8 節）。為能夠提供設計資料，地下水監測應延長至少 1 個雨季的期間，在理想情況下，這個雨季應至少包含 1 個超過 10 年迴歸期的風暴。關於工地水文地質特徵進行實質性修改的平整工程，監測期可能需延長至場地平整工程結束後。香港的地面條件可能產生棲留或多個地下水位，在安裝和監測滲壓計時也需考慮這些地下水位（Anderson 等 1983）。

也可能需要測量負孔隙水壓或土壤吸力（見第 20.2.9 節），在許多情況下，現場附近的現有地下水資料由岩土工程資訊單位（見第 4.2 節）提供，可能有助於規劃適當的地下水監測計劃。

城市地區的另 1 個考慮因素是公共設施漏水對整個地下水系統的影響，在某些區域可能造成明顯影響，地下水的水化學分析有助於識別洩漏，例如，由於淡水主管路洩漏造成氟化物的出現。ICE（1976）就地下水化學分析和相關的解釋技術提出相關建議，如陽離子和陰離子含量的三線圖。

鑽孔滲透率試驗可參考第 21.4 節，封包器或 Lugeon 測試可參考第 21.5 節，大規模抽水測試可參考第 25 章。

20.2 地下水壓判定方法

20.2.1 響應時間

在記錄壓力與實際地下水壓達到平衡前，第 20.2 節中的所有方法都需要一些用於識別流入或流出水流的測量裝置。關於挖掘坑或鑽孔，在水位與地下水壓達到平衡前，可能出現大量的水流。在另一方面，某些類型的壓力計僅需要非常小的水量變化即可讀取地下水壓。水流通過土壤的速度取決於滲透率，測量裝置顯示實際地下水壓所需的時間稱為響應時間，取決於操作設備所需的水量（體積因子; volume factor）(Brand & Premchitt 1980) 或是壓力計的“形狀因子”、多孔元件的滲透性和地面滲透性，選擇合適的地下水壓測量法主要取決於響應時間（Penman 1986）。

20.2.2 鑽孔和開挖觀察

判定地下水位最粗略的方法是在露天鑽孔或挖掘坑中觀察，除非地面滲透性非常高，否則此方法可能需要很長的響應時間，應定期進行觀察直到確定水位達到平衡為止。若容許雨水或地表水進入裸眼井中，將出現誤導的讀數。鑽井後在鑽孔中讀取讀數應謹慎，因為不太可能重新找到平衡狀態。

如圖 19 所示，安裝立管可改善鑽孔或挖掘坑中的水位觀測的可靠性。立管（不要與第 20.2.3 節中的立管滲壓計相混淆）由 1 根內徑約 19 mm 的硬端塑膠開口管組成，此立管在整個長度或最短 1 至 2 米處穿孔。穿孔部位的表面積至少為原有表面積的 50%，應使用合適的過濾器加以包裹。管子、鑽孔或挖掘壁間的孔隙通常使用中沙到粗沙和細砂礫回填，藉此充當過濾器。立管週圍頂部 0.5 米處應密封，藉此防止地表水進入。雖然立管中的讀數比開放式鑽孔中的讀數更受到控制，但立管響應時間仍然很慢，若穿透不同滲透率的區域，則可能發生不同土壤層區域間的流通。因此，立管讀數可能無法代表實際的地下水位，安裝開放式液壓或其他的滲壓計可大幅解決這些缺點。

20.2.3 立管滲壓計

立管滲壓計更應稱為開放式液壓滲壓計，一端由多孔過濾器元件的管子所組成，可在適當水平高度將其密封到地面（圖 19）。通常使用兩種過濾元件，即高壓入氣的過濾器和低壓入氣的過濾器，取決於孔隙的尺寸和均勻性，在表面張力作用下，過濾器可在表面承受空氣和水壓間的壓差。可維持的最大壓差者即稱為過濾器的進氣值，孔隙尺寸越小過濾器的進氣值越高，但過濾器的滲透率越低可產生更長的響應時間。高進氣值的過濾器可用於測量基質土壤的吸力，因為空氣在測量流體系統外流通，讓週圍負孔隙水壓力達到平衡（參見第 20.2.9 節）。但過濾器不能防止空氣擴散進入，因此需隨時將氣泡排出測量系統外。低進氣值的過濾器具有大孔隙，不會阻礙空氣流通。因此，低進氣值的過濾器不適用於測量不飽和地面的孔隙水壓。

Casagrande 型裝置是最常安裝的立管滲壓計（平板 6A），它有 1 個圓柱形（低進氣值入口）多孔元件，由多孔剛性護套來保護，護套直徑約 35 mm，長 300 mm。此元件接到內徑為 19 mm 或 25 mm 的管道，此類滲壓計的響應時間較慢，但在土壤滲透率小於約 10^{-7} 米/秒之前，通常不構成重要因素（Hvorslev 1951）。在這種滲透率下，當滲壓計安裝在 150 mm 直徑 × 400mm 長的沙袋內，響應時間不應超過數小時。

開放式液壓滲壓計通常安裝於鑽孔中，雖然可使用氣泡系統遠程讀取水位（參見第 20.2 節），通常需進入滲壓計頂部以測量直徑範圍內或類似裝置的水平高度（見第 20.2.8 節）。滲壓計頂部應保護週密，但需連通外部的大氣環境。

若孔隙水壓力暫時低於大氣壓，則開放式液壓滲壓計將停止運作但會自動排氣，將可回復到令人滿意的運轉狀態無需另外維護。滲壓計管子內徑通常不應小於 12 mm，否則自動排氣功能可能受損（Vaughan 1974）。

開放式液壓滲壓計的主要優點是簡單可靠，此外，可將水抽送送到管道中用於洗堵塞物。再者，可用於判定尖端嵌入式地面的滲透率（見第 21.4 節），其主要缺點是在低滲透性土壤中響應時間慢。

20.2.4 液壓式滲壓計

液壓滲壓計也稱為密閉式液壓滲壓計，地下水壓在多孔壁的小型滲壓計上檢測，並藉由小直徑的塑膠管傳送到遠處，在該遠處測量壓力通常使用水銀壓力計、Bourdon 測量儀或壓力傳感器，管中的空氣將導致出現錯誤的讀數，因此，管子通常需充滿水並去除空氣。

可提供各種液壓滲壓計，最常見的是圖 20 中的雙管類型。在這些滲壓計中，尖端藉由雙管接到測量點，即可使用循環水沖洗掉任何氣泡，此作業的進行應讓尖端的壓力大致保持在運作壓力的水準下。

為能夠避免氣蝕，測量點和連接管不應超過測量滲壓計水平高度 7 米以上（Penman, 1978）。液壓滲壓計不能自動排氣，需要定期檢查才能夠發揮令人滿意的性能。液壓引線便於遠程讀取，測量點可與滲壓計尖端橫向隔開很長的距離。

密閉式液壓滲壓計具有較小的響應時間，可用於測量降雨滲入引起的孔隙水壓力快速變化，因為潮汐變化引起的壓力變化或疊加载荷或挖掘引起的應力變化。也可用於進行滲透率的原位測量，在高滲透性區域，應注意觀察多孔隙尖端的極限滲透性。

20.2.5 電子滲壓計

電子滲壓計靠近多孔元件安裝有壓力傳感器，若尖端被去除空氣讓響應時間非常快。在需要長期穩定性或長距離傳輸訊號的情況下，換能器通常採用振弦式。電子滲壓計的主要缺點是需要校準，安裝後檢查困難，應該注意到某些傳感器具有溫度敏感元件，因此檢查校準應在相當於地下水溫度的環境下進行。再者，通常難以檢查儀器是否可靠運作。安裝後無法脫氣可能出現誤導性的結果，特別是在不飽和的土壤或含有氣體的土壤中，如含有甲烷的有機土壤。電子滲壓計不能用於原位滲透率的測量作業（Penman 1960）。

電子滲壓計尚未在香港廣泛使用。

20.2.6 氣壓式滲壓計

氣動系統包括兩個充氣管，將測量點接到靠近多孔元件的閥門上。當輸入管線中的氣壓等於多孔元件中的水壓時，閥門開始運作保持迴流管線或供應管線的壓力恆定性。閥門的運作需多孔元件出現小型的體積變化，在不可滲透的黏土讓作業難以執行。此外，進入管道的污垢可能阻礙閥門的運作，氣壓式滲壓計價格便宜，安裝容易響應速度快，無法用於原位滲透率的測量（Marsland, 1973）。氣壓式滲壓計具有與電子滲壓計相同的限制，因為進行檢查，安裝後多孔尖端部位無法脫氣。

Handfelt 等人 (1987) 說明在香港使用氣動滲壓計的狀況。

20.2.7 滲壓計安裝

孔隙水壓測量的成功取決於滲壓計或立管的安裝和密封，多孔元件應保持完全飽和並在安裝前裝滿水並去除空氣。

在柔軟地面，多孔元件通常可藉由推動或驅動就定位。但若將多孔元件推入軟質黏土中，需避免多孔元件的堵塞，可藉由驅動衝擊滲壓計來達成，此驅動衝擊滲壓計具有驅動期間可用於覆蓋元件的可移除式套筒 (Parry, 1971)。在黏土中，推動或驅動衝擊的滲壓計可剪切並重塑黏土，破壞與多孔元件相鄰的黏土構造，可能導致原位滲透性的錯誤測量。還應注意到，推動或驅動衝擊的動作可能出現超高的孔隙壓力，這在低滲透性土壤中可能需要很長的時間才能消散。在較硬的地面，儀器安裝在鑽孔中，多孔元件被分級良好的沙子所包圍。在沙土上方應密封鑽孔，最好用水泥灌漿密封。

在鑽孔中安裝滲壓計的一般方法如圖 21 所示，尖端部位應放置在特定區域的沙袋內，測量孔隙水壓的區域即稱為響應區域。響應區的長度應至少為 4 個孔隙直徑，最好不小於 400 mm。關於大部份來自現場岩石風化的土壤，建議採用粒度在 0.2 mm 至 1.2 mm 範圍內的水洗沙。關於粗運的土壤（如沖積和海洋沙岩和礫石），過濾器的設計應特別搭配週圍的材料 (GCO, 1984)。

應使用膨潤土在沙袋上方提供密封設計，若未在鑽孔底部附近安裝滲壓計，應在沙袋下方放置膨潤土加以密封。膨潤土密封的長度通常為 0.5 米，但最好採用較長的密封長度，尤其是在滲壓計上方。由粉末狀膨潤土和水所形成的直徑約 25 mm，膨潤土球可用於形成密封區。另 1 種方法是使用壓縮膨潤土顆粒，在此情況下，將灰漿置於密封頂部之前，應給予足夠時間讓顆粒發生膨脹作用。

鑽孔的其他部位無論是上部密封還是下部密封（適用時），都應填充與週圍土壤相同或更低滲透率的水泥-膨潤土灌漿。應使用特密管來灌漿，將灌漿量與要灌漿的孔隙進行比較。

灌漿混合物的組成取決於多種因素，如材料可用性、所需的滲透性、膨潤土的類型和製造、鑽孔狀況和地下水位。灌漿應易於抽送，具有所需的滲透性和靈活性，當灌漿仍是液體時，成份物不應彼此分離。一般的混合物可以是 4 份的膨潤土與 8 至 12 份的水充份混合，再加入 1 份水泥，若要在海水或酸性水中使用灌漿，可能需要特殊的混合物和化學添加劑。

滲壓計密封不良會讓水份深入不同的土壤層中，可能讓讀數變得無意義。通常不推薦在單個鑽孔中安裝多個滲壓計，若將兩個壓力計放入 1 個孔中，需非常小心適當密封。

每個壓力計應安裝在排水良好的位置，可鎖在地面盒上（圖 21）。

在安裝後，應儘量各個滲壓計上進行響應測試，檢查安裝的適當性。響應測試可以是落頭式，其結果顯示在落頭滲透測試結果的表格中。響應測試中的意外結果可能顯示滲壓計有缺陷，在滲壓計的使用壽命期間，建議進行類似的響應測試確保讀數有效性。在軟質黏性土壤中，應注意確保用於響應測試的水頭不造成土壤中的水壓潰裂。

20.2.8 地下水壓變化

除了對降雨的不同響應之外，水壓可能顯示出季節性的變化、潮汐變化的響應或可能受到鄰井抽取或其他原因的影響。若認為這些影響很重要，則應採取適當的觀察期。

開放式液壓滲壓計或立管中的地下水位通常以電池供電的電子直徑測量儀來測量（McNicholl & Cho, 1985）。此技術有賴於地下水的電導率來完成電路設計，在某些情況下，直到水電導率增加才出現固着，例如添加普通的鹽晶（氯化鈉），直徑測量儀可能就無法運作。

應記錄地下水位或壓力並系統性繪製資料，一般的記錄表如圖 22 所示，其中讀數已進行時間基準的繪製，方便說明相關的降雨資料。

開放式液壓滲壓計或立管中的地下水響應峰值觀測，可使用一串滲壓計進行測量（圖 23 和平板 6B）。隨著水位在滲壓計中上升，水桶逐漸被填充，即使壓力測量值隨後下降，也將保持原有的水量。藉由使用一系列緊密間隔的滲壓計量筒，可在以後方便的時間內記錄暴雨期間或之後的峰值瞬態響應資料。鏟斗在正常精準水位以上的選定深度間隔處，放於加重的尼龍繩上並可拉到地面方便查看讀數。通常可在設計中假定臨界地下水位之上和之下約 2 米範圍內，以 0.5 米的間隔來放置。一般的資料表如圖 24 所示，處理鋼絲應小心確保鋼絲不會落入鑽孔中（造成滲壓計無法使用）或不會纏結並降低鏟斗間距。

另一種使用開放式液壓滲壓計或立管記錄瞬態水位的方法是自動起泡的記錄儀或「起泡器」系統。在本系統中，小直徑空氣管路安裝在滲壓計尖端下方，氣流小但足以每分鐘產生幾個氣泡，釋放氣泡所需的空氣壓力等於立管中水位高度產生的水壓。

電子壓力傳感器和 Scanivalve 已用於許多滲壓計的自動記錄作業中（Pope 等人，1982），系統功能可由微處理器控制，容許讀取的壓力值和每個滲壓計上的停留時間及讀數間隔時間出現變化。

20.2.9 土壤吸力

測量土壤吸力或負孔隙水壓是在 0 到 -80 kPa 的範圍內，可以在工地張力計測量。高進氣壓力值的陶瓷尖端可在土壤濕度和張力計內的受限儲水值之間達成平衡，真空計位於張力計頂端，在大於 -80kPa 的吸力下，張力計內的水份會氣化並藉由陶瓷尖端流失，平板 6C 中即為張力計的實例。

還需考慮張力計內的水柱施加壓力，例如，尖端垂直位於測量儀下方 1.5 米處，可測量得知最大土壤吸力將降至 -65 kPa。當需要在更深的深度抽吸測量時，可挖掘沉箱並在沉箱的側面安裝張力計（Sweeney，1982）。張力計的可靠性取決於土壤與陶瓷尖端間的良好接觸及張力計管子與土壤間的良好密封。

為能夠測量超出張力計範圍的土壤吸力，可使用濕度計（Richards，1971）進行測量，但準確性讓人懷疑，Anderson（1984）對香港邊坡土壤吸力測量加以討論。

20.3 地下水樣本

應注意確保樣本可代表所採集土壤層的含水部位，該處並無地表水或用於鑽孔的水污染或造成稀釋。在鑽孔遇到含水區後，應盡快採集水樣。若其他含水區域出現較高的含水量時，應使用鑽孔套管加以密封。應儘量藉由抽送或舀水去除鑽孔中的所有水份並從水中取出滲出的水樣。應使用乾淨的玻璃瓶或惰性塑料瓶收集約 1 升的水，在裝灌前用取樣的水沖洗瓶子 3 次。在某些情況下可能有更嚴格的要求，例如，使用滅菌容器（見第 13 章），即使採取預防措施，來自鑽孔的水樣也可能不具代表性，若樣本可從密封在相關區域的立管壓力計中採樣，即可獲得更好的採樣結果，水樣可能迅速惡化，因此應在取樣後儘快進行測試。

21. 鑽孔測試

21.1 通則

本章介紹各種可作為鑽地面調查的補充測試，所描述的測試通常即為鑽井作業的部份內容，第 24 章至第 33 章說明其他的現地測試，包括一些也可在鑽孔中進行的測試。本主題的劃分可能不免主觀，因此，若本章未說明特定測試範圍者，可在下文找到相關內容。

21.2 標準穿透測試

21.2.1 一般準則

標準滲透測試是經常使用的動態滲透測試法，說明悉如 BSI (2011b)。當使用拆分筒採樣器時，通常可獲得小型的擾動土壤樣本（第 3 級品質）（圖 25 和平板 7A），測試結果與土壤參數值和地基條件有關，尤其是在沙岩和礫石。

[Amd GG2/01/2017]

指定設備和程序上的微小變化會嚴重影響測試結果（De Mello 1971；Ireland 等人 1970；Nixon 1982；Skempton 1986），重要的是測試應按照 BSI (2011b)，但應包含以下的修改內容：

[Amd GG2/01/2017]

- (a) 鑽孔直徑應在 60 mm 至 200 mm 之間。 [Amd GG2/01/2017]
- (b) 應使用剛度等於或大於 BW 鑽桿者，以減少能量消耗。 [Amd GG2/01/2017]
- (c) 標準穿透測試的結果應列入鑽孔紀錄中不得修正。 [Amd GG2/01/2017]

21.2.2 測試準備

需清理鑽孔底部，進行地下水位下方的測試時，藉由鑽孔工具的作用及鑽孔中地下水和水流間的壓力差，可能造成鑽孔底部下方某些土壤類型的鬆動，這種效果對沙子的影響可能特別嚴重，讓鑽孔充滿水非常小心地操作鑽孔工具可以降低此影響效果，但這是權宜之計通常無法獲得完全的成功。

鑽孔套管不應在進行標準穿透測試的鑽孔前方進行作業。

21.2.3 優點和限制

本測試的優點及廣泛使用的主因是使用簡單價格便宜，可推斷土壤強度參數值非常近似，但在地面條件下提供有用的指導說明時，可能無法獲得足夠品質的鑽孔樣本如礫石、沙子、淤泥、含有沙子或礫石的黏土和弱質岩石。當「未擾動樣本」的品質可疑時，例如，非常粉質或非常黏稠的黏土或硬黏土，通常有助於交替進行採樣與標準滲透試驗交替，即可進行強度檢查。若發現樣本受到無法接受的干擾時，可能需使用不同的方法來測量強度，例如，第 21.6 和 29.1 節中的平板測試。

當在低於地下水位的顆粒狀土壤中進行試驗時，即使嚴格按照 BSI (2011b) 測試並對鑽孔進行適當的準備，土壤也可能鬆動。在某些情況下，繼續驅動採樣器進行撞擊超出規定距離的話可能很有用，必要時可添加更多的鑽桿。雖然這不是標準的滲透測試，但至少可顯示是否土壤如標準測試所顯示般鬆散。當有充份理由認定紀錄不符實際低值時，應考慮使用一些與鑽孔不同的其他獨立測試，如第 23.3 節中的觸探穿透測試。

[Amd GG2/01/2017]

採用香港現場岩石風化的土壤進行測試時，通常要加到最高的測試次數，有時候要超高 200 次。但建議在吹氣次數達 100 次或錘子反彈後發現滲透不明顯時，即停止測試，這種情況經常見於岩心中。若測試由於硬驅動撞擊而縮減，則應測量並記錄實際穿透的撞擊次數（如吹氣/穿透 = 100/80 mm），即可用於估算 300 mm 滲透的吹氣次數。

在鑽孔樁的施工中，有時用於地面調查過程的鑽頭直徑明顯大於地面調查工程的鑽頭。標準穿透測試的結果取決於鑽孔直徑，這些測試不應視為標準的穿透測試，但可提供有用的資訊給打樁的承包商，特別是提供很多的使用經驗。

21.2.4 結果和解說

得到的 N 值定義為驅動標準分割勺採樣器達 300mm 所需的撞擊次數，在進行測試前，採樣器最初驅動撞擊 150mm 穿透鑽孔底部任何的擾動材料，應記錄初始定位撞擊每推進 75 mm 所需的撞擊次數，然後即可進行測試，記錄測試驅動撞擊器每增加 75 mm 所需的打擊次數。

當進行現場岩石風化土壤的測試時，應該注意的是 N 值和基礎設計的參數值，相對密度和剪切強度間為運輸土壤所開發的經驗關係可能歸於無效。例如，岩心可能導致出現錯誤的高值，這些數值無法代表土壤質量。因此，此測試僅用於粗略顯示這些土壤中的相對強度或瞭解特定地點的相關性。

21.3 葉片測試

21.3.1 一般準則

將實心桿末端的十字形葉片壓入土壤中然後旋轉（圖 26），旋轉葉片所需的扭矩與土壤的剪切強度相關，測試方法內容悉如 BSI（1990），葉片可採用鑽孔葉片或穿透葉片的形式，後者的測試更可靠。可擴展測試範圍測量土壤的重塑強度，可藉由葉片旋轉 10 次達成此作業，暫停時間不得超過 1 分鐘，然後以正常方式重複進行葉片測試。旋轉葉片引起的干擾程度不同於實驗重塑黏土樣本的干擾程度，藉由這些程序可判定黏土靈敏度的數值與實驗室的三軸測試結果不具有嚴格的可比較性。

[Amd GG2/01/2017]

此測試通常限用於相當均勻、內聚、完全飽和的土壤，主要用於不排水剪切强度高約 75 kPa 的黏土。測試結果在較強黏土土壤層出現問題，或者土壤在剪切時會膨脹或裂開。

在香港，葉片測試在海洋沉積物中是非常寶貴的（Fung 等人 1984；Handfelt 等人 1987）。但有些土壤層是沙質或含有殼體，在此情況下，應謹慎說明葉片剪切的測試結果。海洋泥漿通常非常柔軟，需要在海床頂部提供單獨的支架才能夠進行葉片測試（參見第 14.7 節）。

應該注意到原位葉片測試所判定的不排水剪切強度通常不等於現地破壞所計算的平均值，如軟質黏土路堤的破壞，隨著黏土變得更加具有塑性，工地實際值和葉片剪切強度間其測試結果差異通常會增加（Bjerrum 1973）。

21.3.2 優點和限制

主要優點是測試本身對地面所造成的小干擾，這在敏感黏土特別明顯，葉片測試比第 19.4.4 節中常用的採樣器樣本有更高的剪切強度。在這些狀況下，葉片測試結果通常是更可靠的。若測試是在不均勻的土壤中進行，甚至包含薄層沙子或緻密淤泥層時，則扭矩可能出現誤導的過高數值，有機土壤中的小樹根及粗粒土質可能造成錯誤的測試結果。

利用 BSI (1990) 中的穿透葉片測試裝置 (葉片鑽孔器)，葉片和保護殼體 (板 8) 經由頂端冒出地面。在所需的深度處，葉片在保護殼體前方短距離前進測試，然後將套管和葉片推進到下一個所需的深度。但藉由這種測試，在沒有鑽孔的幫助下，無法總是能穿透到預期的土壤層。

[Amd GG2/01/2017]

小型的手動葉片測試儀可用於挖掘側面或底部，這些裝置也可用於採樣，可在現場或實驗室進行測試，獲得的結果通常足以滿足黏性土壤的分離一致性，在現地和實驗室中進行的手動葉片比較測試可顯示處理和運送樣本期間可能出現的干擾。

21.4 滲透測試

21.4.1 一般準則

藉由鑽孔測試判定原位滲透率在鑽孔眼中施加與地面不同的液壓並測量因為此差異造成的流量。鑽孔中的壓力可藉由引水加壓，這通常稱為落水或流入測試或藉由上升水頭或流出測試將水抽出，藉此減少鑽孔中的壓力。在測試期間 (恆定頭測試) 壓力可保持恆定或讓壓力等於其原始值 (可變頭測試)。雖然可在地下水位以上高度進行近似評估，但此技術僅適用於地下水位以下的土壤滲透率測量 (Schmid 1966)。地下材料的滲透能力不是指滲透性 (另見第 24.3 節)，本標題的內容包含各樣的測試，從可藉由簡單的方法來解決非常簡單的問題到需要更精細的資料來解決的複雜問題。

21.4.2 測試準備

在最簡單的測試中，準備工作包括清理鑽孔底部，然後可藉由測量鑽孔流入土壤的水流速度或相反的狀況下，在套管開口端進行測試。在套管開口端進行測試。鑽孔可延伸超過套管底部增加地表水流，必要時，鑽孔的無套管部份可由合適的過濾材料加以支撐。有時套管接頭漏水會出現誤導的結果，可使用纖維環克服此問題。

若套管外部出現任何向上的迴流也會產生誤導性的結果。為能夠更精確地測量，安裝多孔管或合適的滲壓計尖端，即可再使用顆粒過濾器包覆避免地面腐蝕並取出套管。所使用的過濾材料滲透性需遠大於受測土壤的滲透率，第 20.2.7 節提出在顆粒過濾器上方密封鑽孔的建議，為能夠避免壓縮和溶解引線中的空氣造成流量測量的誤差，陶瓷滲壓計的尖端應在安裝前先用去除空氣讓水浸透。

隨著鑽探的進行，可在鑽孔中的不同深度進行滲透測試，圖 27 顯示合適的測試配置。

在進行滲透測試前，需藉由第 20 章中的方法之一判定天然地下水位的水位高度。

在停止鑽井不久後的水位測量值通常不代表其平衡值，可能需要再進行一系列的測量。若在鑽孔眼中安裝滲壓計，監測得知的壓力測量資料可用於測試時的測量值。

恆定水頭測試所需的時間減少，若使用較短的鑽孔進行測試即可簡化說明內容。在進行測試前孔隙水壓力應處於平衡狀態，低滲透率的黏土在鑽孔所建立的孔隙水壓力可能需幾個月才能達到平衡。關於來自現場岩石風化和崩積層的土壤，通常很快就達到平衡。

21.4.3 可變鑽頭測試

第 1 個作業是用水填充滲壓計管子（落錘試驗）或用腳踏抽送或自行抽送（升頭測試）強制降低水位。然後讓鑽孔中的頭部與地面的頭部等高，從測試開始即按照時間間隔測量實際的頭部高度。應檢查鑽孔深度確定測試期間是否有任何沉積物懸浮或鑽孔底部是否已出現隆起。

21.4.4 不變鑽頭測試

恆定水頭測試通常作為流入測試，其中安排水流在合理恆定的水頭下方處流入地下。需使用乾淨的水，若地下水位不恆定或管道中的摩擦損失很大，則不可能獲得恆定的水頭。如預計會出現高流速，其裝置含過濾材料所包覆的滲壓計尖端時應安裝兩根立管，1 根用於供水，另 1 根用於測量滲壓計尖端週圍過濾材料的頭部。調節水流速度直到達到恆定水頭，並用最簡單的測試方式讓水流持續，直到達穩定的流速為止。在某些地面可能需要很長一段時間，在此情況下，可使用 Gibson（1963）建議的方法，從測試開始即按照間隔時間測量記錄實際流速。

21.4.5 結果分析

這些測試中有許多已公佈的滲透率計算公式是由經驗得出。Hvorslev (1951) 提供的內容大致如第 21.4.6 節內容已被廣泛使用並涵蓋許多條件。其假設是認為土壤壓縮性的影響可忽略不計，Gibson (1963) 給出固定水頭的測量方法，這讓可壓縮土壤提供更準確的結果。

需強調的是在第 21.4.6 節中的公式適用於在地下水位以下所進行的測試，其計算滲透率的穩態方程。在香港通常需測量地下水位以上的滲透率，只有在測試時間變得非常長時才能使用穩態方程。在這些情況下，應根據第 21.4.6 (2) 節中的方法 2 解釋恆定頭測試的內容來評估滲透率，其中 H_c 是從測試響應區的中心點開始測量。

21.4.6 鑽孔滲透測試公式

(1) 方法 1 (在 Hvorslev 之後 1951)

關於恆定頭測試，

$$k = \frac{q}{FH_c} \text{ (時間延遲分析).....(1)}$$

關於可變頭測試，

$$k = \frac{A}{FT} \text{(2)}$$

或

$$k = \frac{A}{F(t_2 - t_1)} \log_e \frac{H_1}{H_2} \text{ (一般的方法)(3)}$$

其中，

k 是土壤滲透率，

q 是流速，

F 是攝入係數 (圖 28 和 29)，

H_c 是恆定頭，

H_1 是開始測試後在時間 t_1 測量的可變頭，

H_2 是開始測試後時間 t_2 測量的可變頭，

A 是適當的鑽孔套管或立管的橫截面積，

T 是基本時間係數(圖 30)。

應注意到上述公式是假設天然地下水的水平高度在整個測試過程中都保持不變。關於天然地下水變化的情況，可參考 Hvorslev (1951)。

(2) 方法 2 (恆定頭測試，在 Gibson 之後，1963 年)

$$k = \frac{q_{\infty}}{FH_c} \dots\dots\dots(4)$$

$$C = \frac{q_{\infty}^2 r^2}{\pi n^2} \dots\dots\dots(5)$$

其中，

k 是土壤滲透率，

C 是壓密或膨脹係數，

q_{∞} 是穩定的流動狀態（讀取 q，圖表 = 0）， $1/\sqrt{t}$ $1/\sqrt{t}$

F 是攝入係數（圖 28 和 29），

H_c 是恆定頭，

r 是表面積與圓柱形尖端面積相等的球體半徑，

n 是斜率在圖上 q $1/\sqrt{t}$ 。

應注意以下有關此方法的要點：

- (a) 在測試前將水頭視為天然地下水位。
- (b) 此方法考慮到土壤的可壓縮性，還可算出壓密係數或膨脹係數。
- (c) 流量 q 在理論上與 $1/\sqrt{t}$ 具有線性關係。實際上，特性曲線可能需要幾個小時才能成為一直線，然後外推此直線給出 q_{∞} 和 n，否則測試將會耗費太長的時間。

21.4.7 優點和限制

關於大多數類型的地面，現地滲透測試產生的資料比實驗室的資料更可靠，因為這測試更大量的材料，地面已進行原位測試可避免採樣相關的干擾。需選擇合適的鑽孔方法和謹慎的鑽孔技術，避免干擾待測地面。在顆粒土壤中，地面在鑽孔底部下方會鬆動，在不同滲透率的層狀沉積物中，會在鑽孔壁上形成重塑混合材料的表皮，阻擋更具滲透性的土壤層，在節理岩石中，其接縫可能被鑽屑破壞。

在非常柔軟的海洋黏土中，由於土壤的低滲透性，其可壓縮性及落水頭或恆定所需的較大水頭可能造成水壓潰裂現象，因此滲透測試很難成功。

相較於可變頭測試，恆定頭測試可提供更準確的結果，但另一方面，可變頭測試則更容易執行。測試中使用的水壓應小於水壓潰裂破壞地面的水壓，若顯示出現過高的水壓時，可能造成嚴重的誤差（Bjerrum 等人 1972）。一般而言，建議水壓的總增加量不應超過有效上覆壓力的一半值，關於高滲透率的土壤約大於 10^{-3} m/s，流速可能很大，在入口或出口處及鑽孔中的水頭損失可能很高。在此情況下，現場測試可藉由滲壓計測量壓力分佈，在遠離鑽孔的徑向線上進行測量可產生更準確的結果，內容說明悉如第 25 章。使用鑽套在鑽孔內進行測試時，可藉由套管接頭的水密性和套管密封到地面的成功程度，即能夠可靠測量滲透率的下限值。在土壤中，可靠的下限值約 10^{-8} 米/秒。在較低滲透性的土壤和未風化的岩石中，建議使用立管或滲壓計進行測試，立管或滲壓計在測試長度內應灌漿密封。在低滲透率的地下，流速可能非常小，因為測量裝置的溫度變化，測量可能出現錯誤。

可壓縮土壤的滲透率受測量有效應力的影響，流入測試的結果與有效應力值減少的結果間可能出現顯著差異，流出測試的結果值可能增加。要使用的測試方法應儘量模擬現地條件，如條件顯示有效應力的增加，路堤施工應使用上升頭測試，降低有效應力在評估開挖流入量時，應進行落錘試驗。鑽孔週圍土壤的滲透性也可能受鑽孔眼安裝及其先前進行的任何滲透測試應力歷史變化所影響。

可壓縮性會受到類似方式的影響，造成測試結果也受到影響。可變頭部測試可推導出滲透係數的精度隨著受測土壤的壓密係數而降低，原則上，壓密係數或膨脹係數可從恆定頭和可變頭測試的結果導出。實際上，由於難以說明和鑽孔附近土壤的應力歷史紀錄因為安裝鑽孔造成的變化程度，因此測試結果的準確度有限。

鑽孔滲透率測試的執行需要很多專業知識，技術上的小誤差會造成實際誤差高達 100 倍，即使非常小心，單獨的測試結果通常只出現 1 個準確的重要數值。通常藉由一系列測試的分析結果來提高準確度，但在許多的地面類型中，特別是分層土壤或節理岩石，滲透率可能出現非常大的變化，地面的滲透性可藉由較薄的高滲透率土壤層或主要的接合處來判定。解釋測試資料時需非常小心，在需要可靠結果的情況下，鑽孔滲透率測試程序通常接着進行全程抽水測試（見第 25 章）。

21.5 封包器（吸水）測試

21.5.1 一般準則

封包器或 Lugeon 測試可測量壓力下原位岩石的耐受程度，此測試最初由 Lugeon（1933）引入，為測試大壩基礎的滲透性提供可接受的標準。實際上，可在給定壓力和給定時間內測量從無孔的鑽孔區逸出的水量，藉由封包器將流量限制在已知深度間即為更常用的測試方法。在雙封包器測試中，水流被限制在兩個封包器之間，或在單封包器的測試中將水流封閉在封包器和鑽孔底部間。此測試用於評估岩石將承受的灌漿量，檢查灌漿的有效性，獲得岩石壓裂量的測量值（Snow 1968）或得出鑽孔相鄰岩體其滲透率的近似值。

測試結果通常用 Lugeon 單位表示，當岩石滲透率為 1 Lugeon，若在地下水位 100 米以下，1 米長的鑽孔每分鐘可承受 1 升的水。Lugeon 未標示出鑽孔直徑，通常假設為 76 mm（N 尺寸），但除非測試的鑽孔長度很小，否則測試對鑽孔直徑的變化不是很敏感。

當封包器在淺水深處進行測試時，如香港的情況一樣，施加的水壓需限制在不導致地面水力壓裂的數值下（見第 21.5.3 節）。這通常導致測試會在 50 至 500 kPa 的壓力下進行，然後需外推獲得相當於 100m 水頭（約 1MPa 壓力）的 Lugeon 值。

若岩石不連續土壤層的間距足夠接近，可讓測試部份代表岩體時，則可按照第 21.5.6 節內容算出質量滲透率。有時將 Lugeon 值轉換為質量滲透率的簡單規則是讓 1 Lugeon 等於 10^{-7} m/s 的滲透率。

因為封包器測試用於評估水滲透岩石不連續性的可能性，因此在形成鑽孔而非在出現鑽孔泥漿時，即使用清潔水作為鑽井液。若使用鑽井泥漿，在封包器測試前應徹底沖洗鑽孔，也應適當說明和測試資料。在只使用鹽水進行測試的情況下，也應在測試結果中明確指出。

21.5.2 封包器

已使用多種封包器，如機械尾管、手動機械膨脹封包器和液壓自膨脹封包器，但到目前為止最常用的是氣動封包器。

這包括橡膠帆布管道管，可藉由加壓氣體對鑽孔側面進行充氣（圖 31）。瓶裝氮氣或氧氣可藉由小直徑尼龍管向鑽孔下方處送入，充氣壓力需足以讓封包器膨脹抵靠鑽孔中的水頭，但不足以造成地面隆起或岩石破裂。有用的經驗法則就是以 kPa 為單位的壓力，應施加於鑽孔深度 12 倍到 17 倍之間的深度。未充氣封包器的直徑與鑽孔直徑間的差異應可讓封包器容易地插入，同時，封包器的膨脹直徑應足以提供有效的密封效果。雙封包器即為兩個封包器，有等同測試部位長度的 1 根管子相連結，在封包器之間引入測試水。

21.5.3 壓力的應用和測量

用於金剛石鑽頭鑽孔的沖洗抽送應施加水壓，施加的最大水壓不應造成地面抬升或破壞軟弱岩石深孔中封包器的密封效果，在這些條件下，可能無法達到地下水位 100 米的標準水頭。

施加的壓力不應超過測試深度的上覆壓力，可能需將壓力保持在上覆壓力值以下，因為在某些情況下，在低於該值的壓力下，軟弱岩石會產生垂直裂縫。藉由仔細分析測試資料，例如，可檢測到過大的壓力。在施加水壓與流速曲線圖中，斜率的突然變化可能出現在測試期間，因此造成水力壓裂。

所判定用於算出滲透率的壓力即為導致流入岩體本身的壓力，有時可直接測量的，但更常見的是採用 Bourdon 測量儀進行地面測量，讀數由下列公式得出：

$$h = P + (H - H_g) - H_f \dots\dots\dots (6)$$

其中，

h 是流入岩石的壓頭（m），

P 是波登規讀數所轉換為水頭（m）的數值，

H 是測試部位（m）中點以上的波登規高度，

H_g 是測試部位（m）中點以上的天然地下水位高度，

H_f 是管道中的摩擦壓頭損失（m）。

壓力計位置應能夠用於提供實際讀數而不受流經管道的局部壓力變化所干擾，應在測試開始前先測量天然地下水位，這往往是不容易的，特別是低滲透性的岩石，在鑽井期間已經將水用於沖洗的狀況下。必要時，應安裝單獨的觀察井，在一段時間內測量地下水位確定一般的地下水位。管道中的摩擦水頭損失最好藉由校準測試來判定，管道應配置在地面上。

需對每種測試裝置（抽取馬達、封包器、閘門和旁路、壓力計和流量計）使用不同長度的鑽桿和不同的流速進行校準，測試中使用的所有壓力計和流量計都應定期校準。

21.5.4 水流測量

水的流速可藉由流量計、油尺或深度計直接測量已知尺寸罐子的流量來進行測量，若使用流量計，則應將其安裝在壓力計的上游，遠離管道中的彎頭或配件，按照製造商說明操作。應在測試開始前先檢查儀表準確度並在此後定期檢查，以不同流速瞭解填充已知體積的容器所需的時間。在需測量水箱流量的情況下，使用大水箱會導致大計劃區域出現測量錯誤，讓水位下降變得較小，更好的安排是使用許多的小容器。

流量計容易出現誤差，特別是在低流量時，因此應在現地仔細檢查校準。香港常用的工業水錶在封包器測試中，其準確度不足。關於非常低的流量，可提供許多的刻度管精確測量流速，也可使用孔板計量器。

21.5.5 執行測試

此測試可以作為單個或雙封包器來進行測試，最好是單封包器測試，因為可檢測經過封包器的任何洩漏，雙封包器測試無法測得滲漏。但單個封包器測試通常需在鑽孔期間定期進行，這讓成本提高。重要的是確保封包器正確地安裝在鑽孔中，若從鑽孔中回收完整的岩心，或已進行適當的測井或遠端檢查，仔細檢查可顯示封包器的合適位置。當定位無法令人滿意時，應改變測試部位的長度或重疊測試的部位，可讓封包器安置在鑽孔的不同深度處。

雖然在鑽孔中進行封包器的測試長度取決於專案要求，但通常是測試岩石中鑽孔的整個長度。測試上限可能受到密封的封包器所限制，一般而言，重疊測試的各個測試部位長度為 3 至 6 米。在任何情況下，測試段的長度不應小於 10 個鑽孔直徑，可讓最終的測試效果最小化。

習慣上使用不同的壓力在每個位置進行分段測試需進行 5 階段測試，最大壓力以 3 個等增量來施加，然後隨著等量範圍的減少而減小（圖 32），從這些測量中得出的資料特別有助於解釋受測岩石的特性。

每次測試期間應觀察封包器上方鑽孔中的水位，因為上升水平高度可能顯示封包器上部週圍出現滲漏。

21.5.6 結果和解說

測試期間的壓力和流量的變化值如圖 33 所示，Lugeon 值 L 由下式給出：

$$L = (100/l) (q/h) \dots\dots\dots (7)$$

其中，

100 是標準水頭（m），

l 是測試部位的長度（m），

q 是流速（升/分鐘），

h 是流入岩石的壓頭（m）（見第 21.5.3 節），

q/h 是圖 33 的斜率，如圖 33 所示。

若壓頭處進行的測試值遠低於標準的 100 米壓頭時，由於層流（低壓頭）與湍流間的能量損失可能出現差異，上述公式的結果值可能略微高估 Lugeon 值（高頭），Houlsby（1976）提出關於測試說明的進一步考慮事項。

21.6 平板測試

21.6.1 通則

平板測試是垂直加載測試的特殊應用，測試程序悉如第 29.1 節。本節僅討論鑽孔底部測試所出現的問題，在可行的情況下，測試應在鑽孔中進行，鑽孔直徑應足以讓技術人員進入清理底部，在未受干擾的地面上均勻鋪設鋼板。在地下的工作人員應注意安全（見第 18.2 節和附錄 E），若出於經濟原因，小直徑鑽孔測試需清潔底板和鋪整平版，因此很難在不受干擾的材料中進行判定，這當然會難以得出結果值。

用於大直徑鑽孔和小直徑鑽孔中的測試技術在某些方面有所不同，可能出現差異，這些方法在第 29 章中單獨加以說明。所使用的平板直徑應儘量等於鑽孔直徑，應注意消除板側的內聚力或摩擦力。除卻堅固材料外，板材應有裙部如圖 43 所示（見第 29.1.4 節）。平板直徑明顯小於鑽孔直徑時，即難以說明測試結果。在孔徑與平板直徑比約 3:2 以上時，測量參數值與自由表面處的承载力有關而非受限條件下的深度，這通常是重要的考慮條件。

21.6.2 限制

適用於鑽孔測試的垂直承载力測試其一般限制如第 29.1.2 節所述，此外，在鑽孔底部更難在測試表面上加載效果令人滿意的墊層，因此對得出的變形參數值其重要性有限。

21.6.3 準備

必要時，應使用套管支撐鑽孔側面，在高於測試高度的材料處密封防止漏水。當在主要的地下水位以下進行測試時，通過在鑽孔內抽水或舀水等脫水動作可能導致漏水，干擾地面並對其變形特性產生不利影響。需採用外部脫水措施（見第 29.1.2 節），若測試僅用於測量強度參數值，則地下水滲漏引起的干擾可能不太重要，如果可能的話，安裝板時應清空鑽孔。測試開始前，應讓水位回復到正常的靜止水平高度。另外，平板可以安裝在水下，但可能不足以精確設置平板以便測量變形特性。

21.6.4 鋪整平版

- (1) 大直徑鑽孔根據安全要求（見附錄 E）應將技術人員降到鑽孔底部，手動清除所有鬆散的土壤，然後按照第 29.1.3 節內容鋪設鋼板。
- (2) 小直徑鑽孔藉由鑽桿組件末端操作合適的螺旋鑽或鉸接鏟斗進行清潔作業，然後藉由通過特密管或底部打開的桶子將一層純淨的水泥砂漿放在鑽孔底部，並將平板下降到鑽孔中輕輕地壓在砂漿表面上，石膏和樹脂也可用於枕墊上。

21.6.5 承載力應用和測量

平板通常藉由鋼管形成的柱體進行加載，其承載力藉由液壓千斤頂施加到柱體上，該千斤頂可用於抵抗鐵塊、張力樁或地錨的阻力，如第 29.1.4 節所述。

21.6.6 偏差測量

在承載力的平板運動通常藉助沉陷量測桿傳遞到表面的刻度盤，沉陷量測桿位於施加承載力的鋼管內。固定在管內的桿導向裝置限制測量桿的橫向移動，支撐千分錶的方法如第 29.1.4 節。

21.6.7 執行測試

測試方法可參考第 29.1.6 節。

21.6.8 測試用途

- (1) 大直徑鑽孔此測試主要在判定地面強度和變形特徵，有時可用於判定樁腳的工作承載力（Sweeney & Ho 1982）。
- (2) 小直徑鑽孔由於對消除地面干擾的質疑及鋪整平版產生不令人滿意的誤差，所獲得的變形特性讓人質疑。此測試主要是測量黏性土壤的強度特性，無法取得未擾動的樣本，如礫石黏土和非常脆弱的岩石，平板直徑應比地面結構更大。

21.6.9 補充測試

雖然不是嚴格的平板測試，但有時可藉由原位法測試判定地面和混凝土間的摩擦係數，幫助評估樁腳設計的軸向摩擦力。在鑽孔底部放置 1 層可壓縮的材料或適當設計的可折疊容器，然後在抽出套管同時用水泥填充該水平面上方的豎井。當混凝土充份凝固時，施加载荷並以類似第 21.6.6 節的方式測量撓度。在僅需要地面部份軸向摩擦的情況下，如在岩石插口中先讓混凝土達到土壤層頂部，繼續採用較小直徑的豎井設計。

21.6.10 水平式平板測試

平板測試也可在大直徑鑽孔或沉箱內進行 (Whiteside, 1986)，在此情況下，可在沉箱對側同時進行兩個測試或簡單使用與測試處相對方向的沉箱壁提供必要的反作用力。沉箱的套管或襯管需遠離測試位置，第 29.2 節說明測試結果。

21.7 壓力計測試

21.7.1 測試說明

在壓力計的測試中，將探針插入鑽孔底部下方的凹坑中或直接插入適當尺寸的鑽孔中，藉由壓縮空氣或氣體進行橫向膨脹。測量所施加的壓力和形變，可藉此研究地面強度和變形特性。

最早最常用的儀器是 Menard 壓力計 (Menard, 1965)，使用此儀器在橫向承載力施加 1 根探針，此探針該探由裝滿水的中央測量單元所組成，側面有兩個保護單元，根據儀器類型可充氣或充水。

在裝有壓力計和體積計的地面上讀取讀數，壓力計和體積計通過背壓環形塑膠管接到中央單元。壓力管和探針需進行現地校準，保護單元的功能用於確保地面與中心單元接觸的平面應變狀態，探針有 4 種尺寸，最大的直徑為 75 mm，可在相當深的環境下作業。Menard 壓力計可用於測試土壤或軟弱岩石，但不適用於強度較高的岩石，因為儀器受到管道校準的敏感性所限制。可用於顆粒狀土壤，可使用特殊方法插入。

另 1 種已開發的壓力計是直徑為 150 mm 的氣體膨脹探針，直接由位於探頭中心的電位計測量形變 (McKinlay & Anderson 1975)，可用於判定更易變形的風化岩變形特徵。

纜線操作的壓入式壓力計已用於海上環境 (Fyffe 等人 1986)，已開發出自鑽式壓力計可插入一些土壤種類中，造成的干擾最小 (Baguelin 等人 1978；Windle & Wroth 1977)，岩石中的壓力計測試如第 21.7.5 節所述。

21.7.2 設備校準

壓力計的探針和管道需現地校準如下：

- (a) 壓力校準是為了解決橡膠膜和探針開槽鋼質護套的剛度出現壓損的問題。
- (b) 體積校準是為了解決連接管膨脹的體積損失問題。

壓力和體積校準應在測試開始和結束時進行，或每當更換連接管、安裝新護套或護膜時，任何遭受真空或壓力管線突然釋壓的狀況下，或任何其他影響校準的因素已改變時。此外，應在每次測試前先確定壓力計下方測試設備中的流體所引發靜水壓力數值。

21.7.3 安裝測試袋

合適的測試袋是壓力計測試中的重要步驟，因為測試資料是藉由探針徑向擴展幾毫米而取得測試結果，甚至測試袋開口週圍的薄層干擾區也會影響測試結果。因此，需對側壁面干擾最小的情況下構成測試袋，使用具有適當直徑的儀器，不應使用開口套管設計噴水沖洗旋轉裸眼鑽孔技術（旋轉鑽孔可參考第 18.7.1 節）來建構測試袋，Briaud & Gambin（1984）概述製備所需直徑可接受的測試袋測試程序和放置探針的測試方法。

21.7.4 結果和解說

通常藉由相等的增量增加壓力，在施加每個壓力增量後，按照特定的間隔時間獲取體積讀數來進行測試。然後根據這些資料說明土壤變形係數，Winter（1982）已討論說明顆粒狀和黏性土壤的測試結果，Chiang & Ho（1980）討論壓力計在香港地基設計中的相關應用。

21.7.5 岩石內測試

在強固的岩石中，需使用高靈敏度的儀器，藉由探針探頭內的電子傳感器在小應變範圍內測量岩石的變形。有兩種儀器可供選擇：柔型儀器的直徑 73 mm，屬油液壓操作，壓力約 14 兆帕（Rocha 等人 1966），另一種是剛性儀器，由垂直分成兩半的鋼瓶所組成，稱為 Goodman 千斤頂（Goodman 等人 1968）。剛性儀器也採用液壓操作，但具有比柔性儀器高得多的壓力值，因此特別適用於較高模數範圍的岩石。

Goodman 千斤頂能在正常的 NX 尺寸的鑽孔內施加超過 60 MPa 的壓力，Heuze（1984）提出利用該裝置測試原位變形量測的方法。

21.8 鑽孔間斷調查

21.8.1 壓印器調查

壓印封包器調查藉由可膨脹的橡膠膜對岩石鑽孔中的不連續土壤層取向和孔徑進行評估，可膨脹的橡膠膜將可壓印的熱塑性薄膜壓塑鑽孔在壁上（圖 34 和平板 9）。壓印封包器可用於岩石邊坡、挖掘坑道或隧道的設計，提供相關的資料（Brand 等人 1983；Gamon 1984a；Starr & Finn 1979），可與封包器一起使用（吸水性）測試判定發生高水損的不連續土壤層點位、方向和開口。

壓印封包器裝置通常具有適合的 N 和 H 形狀鑽孔，每次測試都可測量約 1.5 米的鑽孔長度，然後需從鑽孔中取出裝置並更換熱塑性薄膜。可在鑽探過程中進行測試，但更常見的是在鑽探完成後進行一系列的重疊測試，藉此獲得鑽孔的完整測量紀錄，此裝置的使用通常僅限於垂直或略微傾斜的鑽孔。

需小心將裝置放入鑽孔，以免熱塑性薄膜磨損或損壞。封包器可藉由氣壓或中央的穿孔管施加水壓來充氣，兩個金屬葉片加以彎曲配裝在鑽孔壁上，迫使可壓印的熱塑性薄膜壓印在鑽孔壁上，在薄膜上形成永久的壓印，在移除前，設備需先完全放氣否則可能會損壞薄膜。

根據所需的精度，此裝置可採用兩種的鑽孔定位方式：

- (a) 在表面已知的方向固定兩個金屬葉片，隨後當裝置下降到鑽孔時，在每個鑽桿上標記此方向。此方法僅適用於淺孔和使用鑽桿時，通常最多只能精確到約 5 度的方向角。
- (b) 使用接在設備底端的定向儀器，在封包器充氣時，浮動羅盤設置在固定溶液內進行定向，隨後可轉移到熱塑性薄膜的取向紀錄中。使用這種技術具有更好的準確性。

建議測試部位應重疊到相鄰部位出現 1 個不連續性土壤層的範圍處，即可提供用於檢查連續壓印間的北向資料，此類的調查資料也應儘量根據地面外露的相關資料進行檢查。

壓印封包器調查實例如圖 35。

21.8.2 鑽心定位器

有幾種裝置可用於判定鑽心的方向，其中 Craelius 鑽心定向器已被廣泛使用（Hoek & Bray，1981），此機械裝置通常以定向安裝在鑽心筒中，讓其突出於筒體之前，然後鑽心定向器向上開始進行鑽心筒的岩心鑽探作業，取回岩心樣本後，最上面的岩心區段可再次與鑽心定向器對準確定其相對取向，然後鑽心運行的其餘部位可對最上面的鑽心段進行定向。

Craelius 岩心定向器可在陡峭傾斜或水平及垂直鑽孔中操作，但無法提供孔徑或填土不連續土壤層的相關資訊，也無法提供不連續土壤層的永久紀錄。此外，鑽心方向需針對最上面的鑽心段進行判定，即可得知鑽心回復程度較差或鑽心採用非水平接合的狀況下，此類的測試是困難的（Gamon，1984a）。

22. 鑽孔採樣和測試的頻率

22.1 一般準則

鑽孔中的採樣和測試頻率取決於地面條件和調查技術目標的相關資訊，一般而言，現地工程將涵蓋三方面，每個方面可能需執行不同的抽樣和測試計劃，也可能需進行分段作業。這些方面如下：

- (a) 判定地面特徵和地質結構，
- (b) 使用常規抽樣和測試技術，確定(a)中各區或各種材料的性質，
- (c) 在地面採用抽樣測試的特殊技術，常規技術可能出現無法令人滿意的結果。

22.2 地面判定

在先前調查中可獲得地面特性曲線其適當資訊的相關區域，藉此減少對這方面的需求，否則需儘量確定土壤或岩體中各區域的位置、特徵和結構。某些區域可能非常薄，可能需對整個鑽孔進行連續採樣，藉此獲得必要的資訊。

在現場岩石風化、崩積層和一些填充材料的土壤中，可使用三管岩心筒來判定土壤層特性曲線。樣本應連續性或間隔性補充進行標準滲透測試，連續旋轉鑽心作業應在新鮮到中度分解程度的岩石中進行，若使用旋轉式鑽心筒造成較低的鑽心回收率時，可使用拆分筒標準貫穿試驗(SPT)採樣器進行小型衝擊樣本的採樣。但這並不排除調整旋轉鑽心設備和技術的必要性，才能夠獲得可能的最佳鑽心回收率。

在黏性土壤和一些粉土中可使用 100mm 直徑的採樣器或類似器具取得連續撞擊樣本。在柔軟的黏土或沙土中，採樣器的桶子可接到 1 米長的採樣器上，若必要時，可使用鑽心捕集器幫助保留樣本。在柔軟的黏土中，通常的作法是用連續活塞採樣技術獲得至少 1 個完整的土壤層特性曲線。特殊採樣設備可用於在柔軟黏土、鬆散粉土和鬆散粉土中的特定長度連續樣本上（見第 19.6 節）。

在粗粒土壤如礫石，建議從鑽具中採集擾動樣本（見第 19.3 節）及拆分筒的標準穿透測試樣本（見第 19.4.5 節），間隔距離約 1 米。

藉由驅動撞擊取樣或旋轉鑽心獲得的土壤樣本，若不進行「未擾動」測試時，應沿其縱軸分開隔離並在其新鮮狀態下仔細檢查。土壤處於半乾狀態更容易識別其構造，應在稍後階段重複練習此作業。在預期高度可變的地面條件下，首先沉入 1 個或多個鑽孔可能是有利的，可藉由旋轉鑽心進行採樣，或藉由連續管採樣的電纜工具鑽孔來採樣。然後可檢查岩心或管樣，以便在其他鑽孔的選定深度處進行採樣說明，這些鑽孔隨後沉入初始鑽孔的附近位置（見第 22.4 節）。

22.3 土壤和岩石特性常規判定

一旦確定其屬性可能與調查技術相關的區域或材料相關時，可使用常規或特殊技術評估這些屬性（後者在第 22.5 節中討論）。採樣和測試程序應根據調查的特定要求和設備進行調整。

以下程序是合理採樣測試頻率的實例，鑽孔藉由旋轉鑽心的過程讓崩積層或風化岩石沉入新鮮的岩石中：

(a) 現場岩石風化的崩積物和土壤

在地面的各區域或各層頂端保持 1.5 至 3 米的間隔，採用「未擾動樣本」即第 1 級或第 2 級樣本（見第 19.2 節）進行標準滲透測試，應儘量從標準貫穿試驗(SPT)採樣器中回收擾動的樣本。

(b) 適度分解為新鮮岩石應進行連續旋轉的鑽心採樣。

22.4 雙孔採樣

藉由此方法，首先沉入鑽孔中確定地面的特性曲線，但應具有足夠間距避開擾動區，以預定的水平高度進行採樣。可在預期的地面條件其高度可變性的情況下，使用此方法，例如，在可變的沉積礦床中或在破壞的邊坡中，對剪切帶材料進行定位和採樣。

22.5 特別技術

採樣和測試的特殊技術包括如下：

(a) 採樣技術包括使用沙土採樣器、活塞採樣器和連續土壤採樣器。

(b) 測試技術包括葉片測試、觸探滲透測、平板測試、壓力計測試、封包器測試和不連續性的測量。

這些技術中使用一些易碎的設備易碎，若在不合適的地面上使用很容易損壞，最好只在已知的合適地面條件下使用。

使用特殊的採樣技術時，沙土和柔軟敏感黏土中的取樣頻率通常可藉由第 22.3 節中的類似內容來判定。但假如需使用特殊採樣技術而材料厚度有限時，建議採用比平常深度間隔更小的樣本，即可獲得足夠數量的材料樣本。

在鑽孔葉片測試中，僅測試葉片旋轉的少量黏土，單獨的測試結果通常顯示出相當大的資料分散性。因此，應儘量頻繁進行葉片測試，垂直間隔取決於鑽孔底部下方的測試深度，其間隔通常是 500 mm，可使用穿透葉片裝置獲得更緊密的間距。

觸探穿透、壓力計和封包器測試及不連續性的測量通常是持續進行的，或在完全覆蓋的鑽孔下進行測試。

若在增加深度時需進行一系列的平板測試，最小間距取決於受測土壤所承受的深度，垂直間隔約鑽孔直徑的 4 倍通常即足夠。

23. 探測和穿透測試

23.1 通則

從表面探測是研究硬層深度的最古老方法，其中的上覆材料較弱較薄。最簡單的探針構造是 1 根尖銳的鋼棒，將其推入或撞入土壤中直到遇到阻力為止。此方法仍在使用，其他的現地調查方法用於上層是非常柔軟的土壤層，其下層是較硬的土壤層。在此情況下，可快速經濟地在寬廣區域上確定軟土層的厚度。此方法有許多限制並已開發出各種更複雜的裝置，藉此克服這些缺點並將使用範圍擴展到檢測硬土層的其他用途上，如用於測試具有一定容許承载力程度的土壤，已開發出兩種不同類型的探針，其中的探針藉由某種錘擊穿透土壤中，探針因為靜態承载力的作用而穿透土壤。

23.2 動態探測

用於動態探測的裝置包括截面桿，此截面桿在端部裝配有錐體，此錐體底部的直徑大於截面桿的直徑。藉由具有固定間距的恆定質量穿透地面，在香港常用的設備是 GCO 探針（圖 36 和平板 10A），實質上是 Mackintosh 鑽孔工具更大更重的版本。探測結果可評估埋藏填土的深度和壓實程度，對地面特徵的定性評估及測試坑和鑽孔的資訊取非常有用。在手挖沉箱的地基上也可進行探測（Evans 等人 1982），探測結果是回報每 100 mm 的穿透次數，如圖 37 所示。

當添加額外的鑽桿用於深度探測時，提供給尖端的驅動撞擊能量因為鑽桿的附加質量而衰減。有時修正探針值即出現此效果，在許多探測終止的淺處，其修正可忽略不計，若僅進行類似深度進行探測結果間的定性比較，則不必進行修正。

鑽桿和聯接器的直徑略小於錐體底部，這在某種程度上可防止軸向摩擦的影響，但在某些土壤深度，也應考慮此因素。

動態探測主要是藉由快速廉價的方法，在測試坑或鑽孔間使用內插法算出資料，因此，探測應先在已知地面條件測試坑或鑽孔附近進行，然後擴展到其他區域。與其他類型的穿透計一樣，探測有時可能因為土壤潛藏石棉、鵝卵石或巨石而失敗。在填充或完全分解的岩石中，GCO 探針可驅動撞擊的最大深度約 15 米。為能夠儘量減少設備的損壞，當撞擊次數達 100 次，或錘子彈跳顯然無法再穿透時，探測即應終止。

23.3 靜態探測或觸探穿透測試

23.3.1 一般說明

已有幾種的靜態探測設備並在全世界各地使用（De Ruiter 1982；Sanglerat，1972），所有系統的基本原理都類似，因為鑽桿推入地面讓尖端承受阻力（錐體貫入阻力），再以機械、電力或液壓系統進行測量。還可用於測量桿軸某段的阻力（摩擦套筒阻力），靜態探測或觸探穿透測試也有許多的其他描述性術語，這取決於所使用特定設備的製造商或操作者而定。

英國無錐體滲透測試標準，但 ISSMFE（1977）和 ASTM（1985k）提供了合適的建議。這兩種測試標準都認可許多傳統型的穿透計，因此，需完整記錄所用儀器的實際類型，因為結果說明取決於所使用的設備。兩種常見類型的穿透計（機械式和電力式）內容分別悉如第 23.3.2 節和第 23.3.3 節。

實現錐體穿透所需的反應可藉由螺旋錨、推進機的重量、鐵塊或這些組合來獲得。在淺水中進行觸探穿透測試時，可將推進機器固定到自升式平台上（參見第 14.7 節）。

23.3.2 機械式觸探穿透計

兩個常見的機械錐體，即荷蘭地幔錐體和荷蘭摩擦套筒錐體如圖 38 所示（另見平板 10B），這些錐體主要是在 1930 年代由 Delft 土壤力學實驗室所開發，無論哪種類型，錐體都藉由空心推桿推入地面。使用地幔錐體即可藉由推桿內部的向下推力推動錐體，藉此測量錐體上的施力。該施力通常由液壓測力傳感器在地面進行測量，使用摩擦套筒錐體進行相同的初次測量，然後進行第 2 次測量，錐體和摩擦套筒一起向下推動促成另一增量，從後者減去前者的讀數，即可算出摩擦力，通常以 0.2 或 0.25 米的規律深度間隔重複此過程。

另一種快速的連續穿透方法有時與地幔錐體一起使用，在此方法中，錐體和推桿被推入地面，錐體永久延伸並接到測力傳感器上。但此作業會降低精度，應頻繁檢查錐體的自由運動。

為能夠精確作業，在計算中應考慮內桿的重量。在非常柔軟的土壤中，當探測器穿透很大的深度時，內桿重量可能超過錐體或錐體加上護套的施力，在此情況下無法讀取讀數。使用鋁質內桿可降低這種影響，內桿應在推桿內自由滑動，在每次穿透測試開始和結束時，應檢查錐體和用過的摩擦夾套是否可自由滑動。所有的推桿和內桿應是筆直的，內部應乾淨塗油，應藉由校準定期檢查其承載力和壓力計的精度。

23.3.3 電子式觸探穿透計

使用許多類型的電動錐體，這些錐體通常包括震動線或阻抗應變儀，用於測量錐體和摩擦夾套上的施力。在使用時，錐體藉由推桿頂端的壓力以均勻的穿透速率前進，將承载力測量裝置的訊號藉由推桿的纜線傳送到地面。錐體和摩擦夾套上的施力可顯示在地面讀數上，也可自動記錄在圖表記錄器、穿孔帶或磁帶上。不建議在穿孔帶或磁帶上進行錄製，不可在發聲期間或發聲後立即直接查看資料。應定期校準力測系統，最好進行現地校準，觸探器內置的傾角儀可配備一些設備。

錐體通常是平行的，摩擦夾套應安裝在錐體後方，如圖 39a(見平板 10B)。雖然差異不大，但電力錐體無法提供與機械錐體穿透計完全相同的測試結果。也可提供經修改讓機械錐體更具有—致性特性曲線的電力錐體(圖 39b 和 c)。

有一種特殊類型的電錐透度計就是 Brecone，具有 5kN 和 50kN 的力測範圍(Rigden 等人，1982)，其優點是可測量含緻密沙層黏土的錐體貫入阻力而不損壞更為敏感的稱重傳感器。

最近開發的「壓電陶瓷」在電錐內結合孔隙水壓傳感器，也用於香港的一些調查作業中(Blacker & Seaman，1985; Fung 等人，1984; Koutsoftas 等人，1987)。

23.3.4 一般建議事項

無論是機械式還是電力式錐體穿透計，以下是適用於觸探穿透測試的一般建議：

- (a) 錐形橫截面積應為 1000 mm^2 ，錐形頂角應為 60 度。
- (b) 摩擦套筒(如果有的話)的表面積應為 15000 mm^2 。
- (c) 穿透率為 $20 \pm 5 \text{ mm/s}$ 。
- (d) 力測應精確到測試中最大力值的 $\pm 5\%$ 。

23.3.5 測試用途和限制

觸探穿透計執行速度較快，相較於鑽孔、採樣和實驗測試相，成本更加低廉。傳統上用於預測顆粒土壤中驅動撞擊樁的驅動撞擊阻力、表面摩擦力和最終承載力。近年來，觸探穿透計測試也用於摩擦套筒和錐體阻力比值，藉此顯示連續土壤特性曲線的狀況。此外，還有大量關於錐體阻力值與其他土壤參數值的相關資訊。

錐形穿透計也是土壤標準滲透測試的首選替代品，後者的測試結果讓人質疑，無法預測硬質土壤的驅動撞擊結果。此測試通常是鑽孔間插入的快速經濟方法，儘管如上所述可估計錐體經過的土壤的類型，但最好應進行其他的方法判定土壤性質。

錐體穿透受到錐體可承載的安全承載力和可用於將其推入地面的推力所限制，也受限於內桿的抗壓強度，某些機器可能在屆達機器額定容量前即已壓碎內桿。由於錐體容量有限，通常需在遇到緻密沙土或礫石、高度到中度分解的岩石或鵝卵石位置處即終止滲透，因此，香港的錐體滲透測試僅限於近期的沖積和海洋沉積物。

23.3.6 結果發表

結果通常以圖形呈現，繪製錐體貫入阻力（使用摩擦夾套錐體的局部表面摩擦力）對深度的關係圖，摩擦比定義為(摩擦阻力/錐體在阻力)100 倍，也可繪製深度的關係圖，此比值用於說明滲透土壤的類型，用於繪製結果的合適標度如 ISSMFE (1977) 所述。

23.4 靜態-動態探測

標準滲透測試在鬆散材料中非常不敏感，與黏性土壤沒有真正的相關性。在另一方面，當遇到緻密或堅硬土壤層時，觸探穿透計的用途有限，可結合靜態-動態測試兩種方法 (Sherwood & Child, 1974)。

[Amd GG2/01/2017]

第 5 部分

現地和實驗測試

24. 現地測試

24.1 通則

在認為地面質量特性與實驗測試確定的材料特性明顯不同的情況下，通常需進行實驗測試。這些差異通常來自幾個因素，其中最重要的因素是實驗室樣本的品質代表性程度及實驗測試可獲得的樣本品質。影響樣本品質的因素討論內容悉如第 12 章，著重於影響實驗樣本其代表性的可能因素。這些因素與應力的原始條件、孔隙水壓和飽和度部份相關，可藉由採樣過程從未知的原位狀態發生改變。因此，在實驗測試中無法加以說明。

現場進行測試的原位測試材料類似於實驗室樣本，可視為現地樣本，現地樣本的原位條件可能受到進入測試位置的過程所影響（如挖掘測試坑），但在一般情況下，其效果遠遠低於實驗樣本。

更明顯的是不連續性的性質、取向、持久性和間隔的控制效應（地質學會 1972）、任何填土性質以及具有代表性所需的樣品尺寸。為確保樣本具有代表性，現地樣本的選擇和製備應符合實驗室樣本的相同要求。應在這方面特別注意，因為通常可進行比實驗測試更少次的現地測試。

現地測試中測試樣本大小取決於地面性質和測試類型，並且可進行小部份測試（如原位三軸的應力測量狀態）到幾個現地測試，再到在 1 到 2 公里的抽水測試。

因此，若 1 個或多個下列的條件讓具有代表性的實驗樣本製備變得複雜時，則可能需進行現地測試：

- (a) 所考慮的質量不連續性間距讓代表質量的樣本不連續性尺寸大於實驗室測試設備的容許程度，即假設不連續性可控制工程結構規模相關的地質力學響應。
- (b) 由於採樣過程中的孔隙水壓、飽和度和應力環境的變化及採樣程序造成的物理干擾導致缺乏內聚力或不可逆的變化，因此很難取得足夠品質的樣本。
- (c) 在實驗測試中難以判定孔隙水壓、飽和度和應力環境等原位條件。
- (d) 由於延誤和遠程運輸造成的樣本干擾過多，在工程執行期間，應完整記錄所有現場測試的位置和水平高度，記錄應可讓工地和水平高度輕易納入調查報告（見第 10.5 和 40.2.8 節）的內容中。

某些現地測試較便宜是常規進行的（如第 27 章所述的現地密度測試、先前在第 21 章和第 23 章中的各種鑽孔和穿透測試及第 24.2 節中的指數測試）。其他的現地測試昂貴的，需專門設計並考慮工程性質和地面質量的特徵。在全面了解地面的地質性質前，不應進行後面的測試作業。

24.2 岩石強度指數測試

24.2.1 點承載力強度

點承載力強度指數測試藉由施加在岩心或不規則岩塊樣本的集中承載力，藉此測量岩石的材料強度（圖 40）。此測試間接測量岩石的抗拉強度，這與單軸抗壓強度有關（Bieniawski 1975; Broch & Franklin, 1972; Norbury, 1984），測試結果有助於岩石的描述和分類（GCO 1988），Gamon (1984b)、Irfan & Powell (1985) 和 Lumb (1983) 討論一些香港岩石的點承載力強度。

ISRM (1985) 推薦了標準測試程序，不規則岩塊的岩心試樣可藉由軸向或徑向模式進行測試，因為這可滿足規定的形狀標準。測試結果取決於測試樣本的大小，已選擇 50 mm 標準參考直徑用於報告的結果說明中。

此測試旨在測量岩石材料的完整強度，因此應選擇用於測試的樣本，以滿足必要的形狀標準但不包括含不連續性土壤層的樣本。同樣地，應檢查每個測試的破壞表面，若沿著不連續性土壤層傳遞破壞，則應丟棄此測試結果。

點承載力測試的主要優點是可快速完成大量的測試並製備最少的樣本，測試設備易於攜帶，藉由測試各種取向的相同材料樣本即可顯示各向異性和不連續拉伸（分裂）的強度。

點承載力測試可在現場或實驗室進行，在任何情況下，應在測試前先進行第 36.3 節中的樣品目視檢查和記錄作業，因為測試具有破壞性。

24.2.2 施密特錘反彈值

施密特衝擊鎚可用於測量岩石硬度，此裝置最初是用於測量混凝土硬度而開發的，可測量彈簧加載的活塞，擱置在待測表面的金屬砧墊讓其回彈。活塞回彈高度即為岩石硬度的經驗測量值，該數值與岩石風化岩的特性相關(Hencher & Martin, 1982; Hucka, 1965; Irfan & Powell, 1985)，

施密特錘是一種便攜式手動裝置，有兩種型號，即 L 型（衝擊能量為 0.735N-m）和 N 型（衝擊能量為 2.207N-m）。N 型施密特錘更堅固，通常用於岩石外露的現地測試。Brown (1981) 推薦 L 型錘的標準測試法，但此建議同樣適用於 N 型錘。

雖然 Schmidt 錘子使用方便快捷，但在測試薄弱岩石或任何粗糙、破裂或裂縫的岩石表面時應特別小心。在此狀況下，建議初期即進行多次定位衝擊，確保岩石表面和鎚頭間的良好接觸。Poole & Farmer (1980) 得出結論，忽略人為的低讀數並在 1 個位置點至少進行連續衝擊，從其中選定回彈值的峯值即可得出可靠的數值。施密特錘對非常脆弱的岩石較不敏感，產生的回彈值低於 10，除非將核心固定在重型或鋼製支架中，否則不能用於岩心探測。

施密特錘擊測試提供岩石硬度快速的定量評估方法，適用於測試坑或沉箱挖掘或表面曝露的狀況下，地質指南 3 (GCO 1988) 進一步討論測試結果的使用狀況。

24.3 滲透測試

土壤水份的極限滲透率可藉由雙環滲透測試來判定（圖 41），此測試通常在測試坑或沉箱底部進行，水從刻度瓶送入內環中曝露的土壤表面進入環形空間。隨時間測量流出瓶子的水量，穩態條件下的流動可用於判定極限滲透率（圖 42），因為來自外環的滲透水（緩衝區），內環中的水被限制垂直滲入地下，導致階段性梯度的流動。因此，極限滲透率大致等於土壤的現地「飽和」滲透率。實際上，由於土壤空隙中夾帶的空氣可能讓地面無法完全飽和，這種情況下，測試結果將僅給出飽和滲透率的下限值 (Schmid 1966)，可進行連續性的深度測試顯示完整的滲透率分佈狀況。

還可進行更簡單的單環滲透測試和粗糙滲透測試(即標準尺寸的鋼管、孔隙或測試坑計時中已知的水頭損失)。但需瞭解這種測試未提供緩衝區來促進垂直滲透作用，結果可用於進行比較，但不應視為土壤的實際滲透性。

25. 抽吸測試

25.1 一般準則

原則上，抽水測試包括從井中以穩定的已知流量進行抽水，並觀察距離抽水井一定距離的地下水位壓降效應。為了響應抽送作用，抽送井週圍的潛水和測壓水平高度將下降，構成 1 個凹陷區域，藉研究凹錐的形狀來得知地面的滲透性。可藉由觀察井中的水位來顯示滲透性，凹錐的形狀取決於抽送速率、抽送持續時間、地面性質、中間或其他邊界或其他方面、地下水位及再充填的性質。

從測試中獲得的資料可用於判定滲透係數、透射率和儲存係數，判定更大的地面質量而非使用第 21 章所述的鑽孔測試。此結果可用於評估脫水要求、地下水資源、設計地下水正壓的截止值，應該注意到給定的透射率係數可由許多不同的滲透率隨深度的分佈而產生。若此測試旨在評估水壩和其他類似設計的滲透率，滲流是 1 個重要的考慮因素，在恆定流出時，可使用井下速度的特性曲線顯示地面的滲透率特性曲線。

抽水測試可能很昂貴，需花費時間充份篩選、抽送、觀察井，合適的抽送作業、設備及人員等相關的費用，因此，應注意設計合適的測試程序。在嘗試進行抽水測試前，應在地面特性曲線取得可靠的資料，必要時，可從沉沒的鑽孔中取得相關的特性曲線。然後根據滲透率相關的地質單元，將其分組為水文單元（Leach & Herbert 1982）。

應在抽水測試前給予足夠時間仔細進行監測，判定天然地下水的條件。理想情況下，測試期間的條件應穩定，若非如此，則需記錄波動狀況。

雨水滲透、潮汐、井水的地下水開採及附近的建築活動都可能導致波動，這在高滲透性的地面特別重要，可快速充水。

對抽水測試資料的解釋可能很複雜，大幅影響受推斷的地面條件和任何邊界。必要時，應尋求專家建議。

在香港偶爾使用抽水測試判定水文地質參數值（如上所述），但更常用於估算水井出水量。偶爾也進行此類的測試，為深層地下室建設相關的主要脫水方案設計提供相關的資料。對鄰近地面和結構體的可能影響，如在抽水測試前，應仔細考慮沉陷和樁上誘發的負摩擦力（參見第 8.3.2 (e) 節）。私人開發的專案抽水測試建議需在施工前提交建築物條例執行處，經過其批准及同意（見附錄 A.8）。

25.2 地下水條件

有兩種主要的地下水條件，即限制和非限制，這些條件即用於分析和設計等目的。

- (a) 限制性：若所研究的地面完全飽和，水份被限制在兩個不可滲透的土壤層壓力下，即為所謂的限制條件。
- (b) 非限制性：若原始潛在水位在含水層上表面以下的任何地方，則所謂的非限制性條件即存在。上述兩種地下水條件土壤層間的中間層是第3種稱為半純化條件，這種情況下，完全飽和的地面覆蓋有顯著但較低滲透率的材料，水份抽送在邊界處發生顯著的滲漏狀況。可對來自半封閉條件的資料進行分析，但這種情況比其他兩種狀況更少見，測試響應可用於識別這3種地下水條件（BSI 2010）。

[Amd GG2/01/2017]

25.3 測試地點

雖然測試地點的選擇可能取決於實際考慮因素，如現有鑽孔的存取和可用性，但場地應是作業的重點區域。現場的水文條件不應出現明顯的改變，需讓排出的水不能返回受測的地面。

25.4 抽吸井

抽水井應有足夠的直徑，若必要時，可插入合適類型和容量的上升主管和抽水馬達、立管和速度計。應在必要時提供足夠的井篩和過濾包，防止細小顆粒從週圍土壤中排出。實現此目的之最小鑽孔直徑通常為 300 mm，應可穿透受測含水區域的整個深度，若地面由兩個或多個獨立水平區域所組成，則應分別進行測試。在沒有完全穿透的情況下，需在分析前先修正資料。在所有的情況下，篩網進水區應確保進水的最大速度。井水的水流不得大於約 30mm/s 的速度，確保液壓井的鬆動處於可接受的範圍內。

若在測試期間，外來原因引起凹錐變形主要是因為抽送所引起，則不得接受此類的滲透率估計值，這些影響可藉由監測（Walton, 1962）在測試前和測試期間進行修正，可能的話，在滲透率的設定限制範圍內應選定抽送勝率，讓水位變化遠大於外部原因引起的變化，儘量降低後者對測試結果的影響。

吸水抽送馬達可用於地下水，不必放於進水室下方約 5 米處，可藉由在坑中安裝吸水馬達來增加壓降，關於更大的深度最好採用潛水馬達。地面滲透性越強，觀察井中產生可測量沉陷所需的抽送馬達容量就越大。

測試期間需保持恆定排放，所有參考抽水期間的水位觀測都是攸關緊要。

當測量抽水井中的垂直流速時，為確定受測地特定土壤層的相對滲透率，保持恆定的抽送速率特別重要。抽送速率可藉由排放管線中的閘閥或改變抽水抽送馬達的速度或兩者來加以控制，來自抽水抽送馬達的流速可藉由流量計或孔板流量計或具有自動記錄功能的凹口槽來進行測量。

應充份設立抽水井是很重要的，水井的開發是重新篩選篩網週圍微粒子的過程，具有粗化等級和更好的篩網均勻性，可藉由多種方法達成此作業（Johnson, 1982）。當抽水井中的抽送速率與水位下降的比值達到最大值時，即水井開設已達最高點。在開設水井的過程中，即清除來自地面的細顆粒，在水井週圍形成穩定、多孔和可滲透的介質。

成功的水井開設導致水流進入抽取井時水頭損失減少，但無論如何，在測試結果分析中應考慮這些損失（水流損失）。

在香港，抽水測試有時是在大直徑的手挖沉箱中進行，這有幾個缺點，因為沈箱可能僅部份穿透受測的含水層而水井存量很大。此外，通常會產生高水井損失，因此觀測井應始終與沈箱中的抽送測試結合使用。

25.5 觀察井

觀察井的內徑應夠大，可插入直徑大小的器具或其他的水位測量裝置，但如果直徑太大可能導致壓降時滯。通常使用內徑為 19 mm 的立管，觀察井應穿透與抽水井相同的地面，可讓水流從受測地面的整個深度進入。若細土壤顆粒可能堵塞觀察井時，應適當分級包覆的過濾材料。

雖然可從抽水井的壓降資料估算出地面滲透率，但使用來自 1 個或多個觀察井的資料，才可獲得更可靠的數值。產生具有合理代表性的結果，其所需的觀察井建議最低數量為 4，可排成兩排彼此成直角排列。與抽送馬達的井距離應接近幾何級數，若初始開設的水井產生異常資料時，可能需添加更多的水井。若線性邊界條件與場地相關（如河流、渠道或不可滲透的地下基岩陡坡、斷層或堤壩），則兩排觀測井的排列最好平行且垂直於邊界。

觀察井和抽水井之間的最小距離應為抽水井半徑的 10，每排抽水井至少設有 1 個觀察井，其徑向距離應大於受測土壤層厚度的兩倍。除非抽送速率非常高且抽送時間長，特別是在無限制條件下的低滲透地面，否則在這種距離水位下降的可能性很小。使用鑽孔資料初步估算假定的滲透率有助於顯示觀測井對抽送動作的可能響應，因此，可評估出觀測井與抽水井的適當距離和觀測時間。

除了上述的觀察井外，在抽水井內應另外裝設立管，可獲得水井本身壓降的可靠紀錄。

水位深度的測量值應在 ± 5 mm 內，這通常表示需定期檢查測量裝置，如相關的刻度鋼帶，

可使用電子測量儀或自動井位記錄系統來監測水位。

25.6 測試程序

一旦確定波動和其他外來影響的特徵，即可設計測試程序並開設抽水井，以恆定速率抽送到地面。然後，開始抽送即測量所有的井中水位，一般而言，測量頻率可採用先是 15 分鐘，再來是 1 分鐘的間隔，並在規律的對數間隔後，最初可能需要較短的間隔時間。因此，每個抽水井可能需有獨立觀察者監測前 100 分鐘的狀況，再由 1 個或多個觀察者進行監測。雖然需要的筒徑為 100 mm 或更大的觀察井，在頭部變化小的遠距離觀察井中可使用自動記錄器。

應在抽送過程中繪製測量值評估資料品質、響應性質和所需的抽送持續時間，Johnson（1982）和 Kruseman & DeRidder（1980）討論了有限的半封閉無限制含水層穩態和非穩態抽水測試的時間要求。

在所有的情況下，從停止抽水到完全回復水位期間應持續監測。如在抽水階段，回復資料應在停止抽送後以 1 分鐘的間隔進行持續抽水 15 分鐘，然後以對數標度定期抽水。

25.7 結果分析

抽送測試資料有兩種分析形式：

- (a) 穩態若抽送持續足夠的時間，水位即停止下降，地面的液壓狀況在該期間即處於穩態。
- (b) 非穩態在達到平衡前，水位相對於時間速率即變化下降，地面的液壓條件變為非穩態。

更簡單的分析形式是穩態類型，但必要的持續抽送時間可能明顯長於非穩態分析所需的持續時間。分析技術取決於含水層的響應，即是否為有限制或無限制的條件，BSI（2012c）提出可用的分析技術總結內容，由 Johnson（1982）和 Kruseman & DeRidder（1980）進一步討論。

[Amd GG2/01/2017]

無論採用何種分析方法，都需對地面條件進行簡化假設，因此，現場收集的實際提取資料通常會造成分析模糊不清。這可能是由於含水層中的不均勻性和各向異性或地下水流動的未知障礙所造成。在某些情況下，抽水井週圍的高流速可能讓歸於無效，大多數分析方法都根據此定律。

26. 間斷調查

26.1 通則

諸如土壤層接合處之類的不連續性通常會左右岩體力學的作用，地表外露或岩石露頭的情況下，可進行聯合調查評估接合處控制不穩的風險，如邊坡和挖掘坑洞。

ISRM (1978) 說明用於聯合調查的方法和設備，Hoek & Bray (1981) 提出分析結果的採用技術，關於聯合調查和描述的進一步指導，內容悉如地質指南 3 (GCO, 1988)。

在分析過程中，需注意資料分類統計法不可忽視罕見但關鍵的土壤層接合處 (Beattie & Lam 1977; Brand 等人, 1983)。經驗豐富的監督工程師或地質專家 (見第 15.3 節) 應查看該工地的狀況，詳細檢查已確定為關鍵的不連續性土壤層性質。施工期間應再次檢查坡度或曝露量，確定是否存在調查中出現未確定的不利接合處。應考慮對現場岩石風化土壤中形成的邊坡進行聯合調查的必要性，逆向的接合可能導致邊坡的破壞。

26.2 岩石切割邊坡間斷調查

[Amd GG2/01/2017]

在不連續性土壤層的繪測中，應特別強調識別不利地質特徵和岩石接縫擴大或帶有填土或沉積物的開口接縫處，這可能顯示漸進的坡度惡化和/或不利的地下水條件。應充份繪製這些關鍵的不利地質特徵，此外，需注意確保不忽視較小但力學上重要的羣體的接合處或各別的接合處 (Evans & Irfan, 1991)。但連結測量的連續樣本應能夠代表整體狀況，避免收集可能與穩定性評估無關的大量測量值。

[Amd GG2/01/2017]

大規模的岩石邊坡破壞涉及橫向土壤層不連續性，如板塊接縫處，片狀接合的波紋可能涉及邊坡後傾角的局部陡峭，這在實務中很難被發現 (HCL, 2001)。

[Amd GG2/01/2017]

可進行現場實驗測試，用於表示必要時的接合剪切強度，同時考慮接合處的粗糙度和持久性，任何軟弱填土的影響等 (Hencher, 1981)。[Amd GG2/01/2017]

26.3 間斷粗糙度調查

[Amd GG2/01/2017]

由於標準設備中測試接合面長度的限制及代表性採樣點的選擇，通常無法完全考慮原位或實驗剪切測試中的不連續粗糙度，因此，通常採用不連續粗糙度調查來補充這些測試的不足。

ISRM (1978) 詳細描述現地粗糙度調查的相關程序，最常用的方法是採用各種直徑的薄圓板，現地需使用這些器具放置在不連續土壤層的表面，對於每片平板依次測量不連續土壤層的傾角方向和傾角。對每片平板取得大量（如 50 或更多的讀數）讀數，並藉由確保不連續土壤層表面較大土壤層接合代表性資料，即可用於改善這些測量作業的準確性。結果通常以等面積立體投影的特性曲線極坐標圖表示，最小的底板可給出最大的讀數散射和最大的粗糙度角（反之亦然），最大粗糙度角與底板直徑的曲線圖通常用於評估粗糙角與不連續面潛在剪切位移長度間的關係靈敏度。

現地粗糙度測量主要用於評估不連續剪切強度的設計值（Hoek & Bray 1981），即藉由測量結果與直接剪切測試或假設的基本摩擦角資料相結合，以實現此作業。Hencher & Richards (1982) 討論說明粗糙度影響香港的花崗岩不連續剪切強度的相關評估方法。

27. 現地密度測試

27.1 一般準則

土壤容重的現地測試是常見且有用的程序，與含水量的測定結合時，測試結果可用於得知土壤的乾燥密度。這種測試主要用於控制路堤的壓實，形成壓實測試的「現地環境」（測試的另一部份在實驗室中進行），現地密度測試也可用於評估原位材料和舊填土進行密度的直接測定，這與實驗測試中常存的採樣干擾無關。

實際上，大多數可用的現地密度測試法取決於去除具有代表性的土壤樣本，然後藉此判定樣本品質和去除代表性樣本前的體積。但在第 27.7 節中討論的核子法是這個一般規則的例外情況，質量測定較為簡單，但樣本體積的準確測量更加困難，可能導致測試結果的顯著變化，這取決於所用的技術，也取決於受測的土壤性質。

下文中的所有測試法都需採用土壤原位的機械式方法，因此，雖然可同樣用於沉箱或豎井中，但這通常僅限於表面 2 至 3 米範圍內的土壤，使用核探針技術是這種深度限制的一個例外情況。

所描述的方法通常用於測量堆積密度，若要計算乾燥密度則需取得具有代表性的含水量。在理想情況下，含水量樣本的重量應現地確定，然後根據 GEO (2017a) 將樣本送到實驗室使用烘箱乾燥，否則，整個樣本需保存在密封容器中直到可稱重為止。另外，可使用微波爐、Speedy 濕度測試儀或 BSI (1990) 中的快速法之一，藉此快速測定含水量。但所有的快速測定法應與所測試的特定土壤類型所使用的標準烘箱乾燥技術密切相關，在任何情況下，含水量樣本應儘量具有代表性並且盡可能較大或應進行多次測定以獲得可靠的平均值。

[Amd GG2/01/2017]

除了岩石填土的水份替代方法（參見第 27.8 節）外，下文概述的方法在地質規範（GEO 2017a）和 BSI (1990) 或可引用的 ASTM 標準中有進一步的說明。

[Amd GG2/01/2017]

27.2 沙土替換方法

GEO (2001) 說明沙土更換方法的兩種變化狀況，第 1 種採用小型的澆注圓筒，這圓筒用於細粒和中粒土壤中。第 2 種採用大型的倒缸，這適用於細、中、粗粒土壤。

[Amd GG2/01/2017]

這些方法不適用於含有高比例非常粗糙的礫石或較大顆粒的土壤，因為設備不足以處理這些大孔隙來獲得代表性的樣本，沙子也會進入材料空隙中，造成不準確的結果。此方法不能用於孔隙體積不恆定的土壤，由於沙子不容易占據足夠的體積，因此，在難以挖掘光滑孔隙的土壤中也失去測定的準確性。

當壓實設備在附近運行時或當地面震動時，不應進行測試。

沙子的校準對濕度具有敏感性，應每天檢查。沙子應烘箱乾燥並儲存約 1 週，讓含水量到與大氣濕度平衡。每次測試後，應將沙子乾燥並過篩，在進一步使用前應先除去任何的外物。

27.3 鑽心切割器法

岩心切割器法說明如 BSI (1990)，此方法取決於能否將圓柱形切割器驅動撞擊到土壤中，讓其未出現顯著的密度變化並將樣本保存在其內部，讓圓筒內部容積被完全填滿。因此，這僅限於細土壤，這些細土壤具有足夠的黏性可讓樣本不脫落，可完全分解岩石沒有大碎片。此方法通常不如沙土更換法那樣準確，因為驅動撞擊採樣器往往會改變土壤密度。

[Amd GG2/01/2017]

27.4 浸水法

[Amd GG2/01/2017]

在 BSI (1990) 中說明浸水法，這適用於任何土壤，代表性的樣本會出現在離散團塊中，處理和浸水時不會崩解，實際上，此主要限用於黏性土壤。

[Amd GG2/01/2017]

27.5 水製換法

換水法說明如在 BSI (1990)，這是浸水法的替代方法，具有相同的限制性。

[Amd GG2/01/2017]

27.6 膠球法

可在 ASTM (1985b) 找到橡膠氣囊或密度計測試法的相關說明，實際上，這是採用橡膠膜保水的換水測試法。這是沙土替換法的替代方法，其限制是不適用輕微壓力下就會變形的非常軟弱土壤或孔隙體積不能保持恆定的非常軟弱土壤。ASTM 標準未精確說明此裝置，因此，若安裝夠大的裝置，此方法可用於比更換法的沙土更粗糙的土壤。

與沙土更換方法相比，密度計的密度判定更簡單和更快速，但此設備會出現容易滲漏的麻煩（GCO，1984）。

27.7 核子法

ASTM（1985e）說明淺層密度測量用的核子法，此方法不直接測量密度，需確定每種土壤類型的校準曲線，藉由第 27.2 至 27.6 節中的直接測試方法之一，測量土壤代表性樣本的密度。但完成測定後，若土壤無顯著變化，則此方法會比其他的方法快得多。因此，此方法最適合一段時間內持續需要執行多次密度測定的狀況下，而且土壤不會出現任何顯著的變化。應注意到核子法判定的密度未必測量體積內的平均密度。

ASTM（1985h）說明核技術測量淺水含水量的方法，許多現代的核子儀器可同時測定密度和含水量，由於含水量是間接測定，因此核測定（通常會高估烘箱乾燥法所得知的局部土壤含水量）與特定土壤的傳統烘箱乾燥含水量密切相關。

密度和含水量的核測量可藉由鑽孔內的核探針進行測定(Brown，1981; Meigh & Skipp，1960)，當無法輕易獲得未擾動樣本，例如，對細粒狀污垢而言，此技術可能特別有用。由於僅進行間接測量，上述的淺核技術限制同樣適用於核探針。

所有的核技術都使用放射性物質，需遵循適當的安全預防措施，核儀器的使用和處理應完全遵循製造商建議和適用法規（見附錄 E）。

27.8 岩石填土水製換法

第 27.2 至 27.7 節中的方法很少用於含有大粗礫的材料，並已經為這種土壤設計下文中的換水法。雖然此方法無任何標準規範，但已獲得一些使用經驗。原則上，需挖掘夠大的孔洞獲得具有代表性的樣本，用柔性的聚乙烯或類似薄片孔洞襯裡，然後確定填充孔洞所需的水量。密度環作為孔洞的尺寸基準模板，也可作為測量水位的基準。其結構由鋼板製成，填土採用直徑 2 米的岩石，堆高 200 米內部加以標記。

此程序是將密度環放在水平面上，在其下面的沙子不與土壤接觸，然後用沙袋稱重。將聚乙烯薄片放在密度環上，壓入其中並儘量保持平滑，排列成圓柱形空腔，然後測量供水量並記錄填充屆達密度環標記所需的體積。

然後取出聚乙烯薄膜，挖出孔洞，必要時，將棄土裝入料車隨後進行稱重和分級。挖掘中需小心以確保密度環不擾動，因此，挖掘邊緣應保持距離，遠離密度環內緣至少 150mm。應修剪孔側儘量少突出的石塊。

然後將聚乙烯薄片放在密度環和孔洞上用沙袋固定。然後讓水從測量源流入，同時將聚乙烯襯管送入孔洞中，讓其進入裂縫並讓折疊最小化，直持續到屆達水位即密度環內部標記處。然後，孔洞體積的測量值即為兩個體積的差值，通常可讓水停留在孔洞中持續一段時間，藉此查看水位是否下降，若水位下降即表示聚乙烯襯管出現滲漏。

注意以下細節可提高測試結果的準確性：

- (a) 鑽孔越大越好
- (b) 孔側面應儘量平滑
- (c) 應儘量使用最薄的的聚乙烯薄片，不讓其輕易破裂，鋪設兩片 0.1mm 的聚乙烯薄片即符合要求，無法像 1 片的薄片那麼有彈性，但不易穿刺。

關於此方法的實際應用可查詢其他文獻（Frost，1973; Stephenson，1973）。

28. 現地壓力測量

28.1 通則

在施加载荷或在質量塊內形成空腔出現變化前，地面質量中的應力即稱為應力的原始狀態，這些應力即為地質歷史在重力應力和殘餘應力的相關結果。

在執行工程執行前，岩石和土壤中的應力原始狀態資料在設計中越來越重要，尤其是有限元素分析。最有利的方向、形狀、執行順序和大型複雜的地下洞穴支撐、已完工週邊最終應力狀態的預測取決於對原始應力狀態的瞭解。原位應力測量結果顯示許多區域中的平應力超過垂直應力，垂直應力常超過假設只有重力作用於地面質量的計算值。

雖然所使用的設備通常僅提供水平應力的估計值，但可測量土壤中的原位應力。為能夠估計總應力和有效應力，除了總應力外，通常還需測量孔隙水壓力。

對原位壓力測量的解釋需要專家的經驗。

28.2 岩石應力測量

可用的方法通常是應力變化架構的設計，在某些情況下，可藉由儀器化測試區的過度鑽心或開槽來完成作業。

過度鑽心用於岩體內的測量，而開槽則用於表面應力的測量。需調整所採取的測量法，執行地下工程測量主要通道的影響區域如橫坑時，應考慮鑽孔或槽孔的應力重新分佈狀況。大多數測量岩石中的原位應力測試法具有準確度的限制性，通常適用於岩石覆蓋層至少為 75 米的位置點。壓力測量還可藉由測量隧道壁或靠近工作面的探測平面位移來進行判定。

除靜態平衡法（Morgan & Panek, 1963）外，現有技術通常要求所測量的材料應屬接近具有彈性、均勻和各向同性的測試法，不會斷裂或受水井影響而膨脹。關於高度鑽心法，即假設彈性是可逆的，彈性系數是從實驗室求得。

可使用電應變儀、光彈性盤、固體夾雜物和用於測量鑽孔徑向變化的系統來測量應力，某些設備的設計用於測量應力隨時間的變化狀況或前進挖掘引起的應力變化狀況，其他設備設計用於測得應力的瞬時測量值。技術的選擇需根據岩石材料和品質，應變儀無法黏附在多孔或濕潤岩石上。

BSI (2010) 說明測量和解釋岩體中單軸、雙軸或三軸應力狀態的特殊方法。
[Amd GG2/01/2017]

關於原位壓力測量結果的報告應包括以下資訊：

- (a) 測試位置、鑽孔方向和深度、鑽孔方法和岩心直徑。
- (b) 深度低於測量點的地平面
- (c) 岩石材料和岩體的地質描述
- (d) 應變儀的類型、尺寸及最接近 10 微應變的應變讀數。
- (e) 測試位置的溫度和濕度、沖洗水的溫度（若適用）
- (f) 從每個應力測量區採樣的岩石彈性係數 E 和波鬆比 γ ，可由適當應力路徑上的岩心（保留在原位水分含量）靜態實驗測試來判定。
- (g) 各點最接近 100 kPa，其應力的 6 個分量 ($\delta_x, \delta_y, \delta_z, \delta_{xy}, \delta_{yz}, \delta_{zx}$)。
- (h) (h) 3 個主應力及其方向（最接近的程度）、與鑽孔或平面軸向系統和全域軸系有關。
- (i) 岩心或測試位置的彩色照片
- (j) 測量日期和開挖通過測量點的日期

28.3 土壤應力測量

分析土體對施加承載力響應其強度和變形特徵相關的可靠資料，這些資料即根據應力產生變動，因此，瞭解原位應力狀態有助於藉由實驗測試進行評估。

對土壤中初始應力狀態進行直接原位測量是困難的，因為接近地面質量所產生的干擾通常是不可逆的，這是應力消除技術能力所及的數倍以上。由於插入時地面會出現干擾，這讓大多數儀器的準確性受到影響。

通常僅測量水平應力，根據覆蓋層深度提出垂直應力的相關假設。只能測量總應力，因此，為確定有效應力的條件，需測量或假設測試該水平高度的孔隙水壓，第 20.2 節討論確定油田孔隙水壓的測試法。

在軟黏土中，小心插入液壓壓力傳感器或安裝在預設的鑽孔中（Kenney 1967）。「自動鑽孔壓力計」藉由完全支撐其所穿透的地面，藉此將干擾降至最低（Windle & Wroth 1977）。然後可藉由測量接觸壓力得知水平原位的總應力，測量孔隙壓力的設施可放在同一儀器中，水力壓裂也用於估算軟黏土中的最小水平應力（Bjerrum & Anderson 1972）。

在大型挖掘區，壓力室有時用於測量土壤和保持結構間的接觸壓力。應仔細選擇稱重傳感器的類型和位置，因為將稱重傳感器引入土壤中會造成週邊應力的重新分佈，其誤差取決於儀器的幾何形狀。Brown（1981）和 Hanna（1985）詳細說明可用的壓力觸感器類型及使用時可能遇到的問題，Pang（1986）討論了影響壓力觸感器精度的一些因素。

29. 承载力测试

29.1 垂直承载力测试

29.1.1 一般准则

原位垂直加载测试包括测量所施加的载荷和被推入土壤或岩体中的平板穿透状况，测试可在浅坑或沟渠中进行，也可在钻孔、坑洞或平面底部深处的土壤中进行（见第21.6节），测定下方材料的剪切强度和变形特征。在岩石中通常无法得知极限承载力，更频繁使用测试来确定其变形特征。

试验通常在持续的恒定承载力或穿透速率下进行，在前者，可让地面在这样的承载力下压密，然后再施加1个增量，若测试继续失效即排除此类的变形特征及强度特性。在后者，穿透速率通常变得很小或根本不排水，此测试即显示不排水的形变状况和强度特性。

应强调的是单次加载测试结果仅适用于受板材显著应力影响的地面，这通常是平板直径或宽度约1.5倍的深度。一般来说，结构体地基所承受的地面深度将远大于加载测试所强调的地面深度。因此，在单一高度进行的承载力测试结果通常无法直接显示整体结构地基的承载能力和沉降特性。为了判定地基特性随深度而变化，通常需在不同深度进行多次的平板测试，应让每个测试的地面承受度与在工作承载力下的有效应力值相同。

在岩石中进行测试时，岩石开挖爆破可能严重影响待测的岩石，可藉由少量手工挖掘的方法将这种影响降到最低。

29.1.2 测试限制

测试的主要限制在于挖掘期间可能发生地面干扰，因此难以进入测试位置。

挖掘会导致地面应力发生不可避免的變化，並可能導致测试性質發生不可逆的變化。儘管有如此的影響，平板测试判定的係數更可靠，通常比標準實驗测试獲得的模數可靠度高出許多倍。在大型挖掘專案中，例如，若建築物地基深廣，則挖掘可能會干擾地下的地面影響變形特徵。在此情況下，解釋加载测试結果時，需考慮到這種不可避免的干擾。

在主要的地下水位以下進行測試時，與脫水相關的滲透力可能影響待測性質。對於土壤和弱砂岩中地下水位以下的深度進行測試時，這種影響最為嚴重，因此，可能需在測試位置外部和下方處設置抽水井系統來降低地下水位。

29.1.3 現地準備

需確保移除任何因挖掘而鬆動或軟化的物質，讓該平板與樣本表面直接接觸。重要的是讓此表面不受干擾，平面上沒有任何碎屑或細小的鬆散碎屑。在可進入的位置處，最好用手整理表面，在其他位置處，需使用特殊工具遠程修剪和整理表面，由於樣品製備涉及應力消除和不同溫度和濕度的曝露條件，應儘量減少設置和測試間的延遲，應在測試結果中報告延遲狀況。

將平板放在合適墊料上，通常由水泥沙漿或石膏組成，最好將承載力均勻地轉移到測試表面。測試測量較硬的材料變形特性時，設置平板需相當小心並可能需要許多墊層（Ward 等人 1968），受測地面含水量的變化應保持在最低限度。

29.1.4 測試安排

此測試受比例效應所影響，使用多種的平板尺寸和形狀，最常見的是直徑為 300mm 至 1000mm 的圓板，選擇取決於所研究的問題內容，在岩石中，可使用直徑大於 1000mm 的平板，這取決於連接頻率而定。英國建築研究機構使用的測試配置如圖 43 所示，在其他地方也有充份說明（Marsland, 1971; 1972; Ward 等人, 1968）。

有時需測量平板下方的地面位移(Marsland & Eason, 1973; Moore, 1974)，平板需是剛性材料，所施加的承載力方向需垂直不偏移。可藉由鐵塊、張力樁或地錨反應系統的鐵塊和千斤頂直接施加承載力，使用鐵塊時，應使用正確設計的框架或龍門架提供支撐，讓承載力物不會傾斜或折疊。此框架或龍門架的基座應遠離樣本，不得明顯影響其性能。使用張力樁或地錨時，應遠離樣本不得影響其功能。通常的作法保持平板中心點到樁腳中心點為 3 倍直徑的最小距離，所需阻抗用的鐵塊或千斤頂數量取決於測試目的，在某種程度上還取決於經濟因素。

一般而言，在平板下方的土壤或岩石越接近剪切破壞點越能夠取得有價值的測試資料，此測試有時也與類似樁腳恆定穿透率（CRP）的測試法進行（ICE 1978）。

通常應在平板中心點和邊緣處測量平板的穿透或偏轉狀況，為能夠儘量減少路床和樣本干擾的不良影響，可插入錨樁於不同深度作為參考基準樁，藉此判定測試面下方某個深度的位移狀況（Wallace 等人，1969）。此測量旨在提供地面特性更真實的資料，通常從裝載板的中心孔取得資料。

平板的位移與固定基準有關，這通常由兩個基座支撐的參考樑所組成，這兩個基座位於加載區或反應區的影響區域外。需使用這樣的方式設置偏轉測量設備，讓平板的任何傾斜都不造成測量誤差。通常使用千分錶，傳遞平板位移的裝置桿應裝有球形接頭或其他類似裝置，藉此消除彎曲的影響。應使用防水油布或其他的防護罩保護參考光束和測量裝置，避免受太陽直射和風吹影響，這些原因很容易造成測量誤差。

BSI（2010）說明橫坑用的類似測試配置。[Amd GG2/01/2017]

29.1.5 測量

- (1) 施力最好使用稱重傳感器測量平板上的承載力，其讀數精度最高可達承載力的1%，建議在測試程序執行前和執行後，將稱重傳感器校準到預期的承載力範圍內。
- (2) 位移可使用千分錶或電傳感器測量承載力施加某個方向上的位移量，若必要時，可連續讀取讀數，位移的測量精度為 0.1mm。
- (3) 時間需設置測試各階段的时间紀錄，特別是循環加載和蠕變測試的情況下。
- (4) 溫度若認為需修正沉陷或承載力讀數時，需測量溫度。

29.1.6 測試方法

(1) 通則：此測試最常用於測量極限承載力，若需確定地面的沉陷和彈性變形特徵，如岩石地基，應注意相關的應力作用。

若要獲得有意義的結果，應觀察變形特別是在低應力水平下，需非常小心製備和擺設樣本。樣本干擾引起的誤差和測量誤差，可能出現尺寸的近似值或大於原有資料的數值。

在裝載和卸載的初步循環可在一定程度上減少樣品干擾的影響，這些循環中的最大承載力不應超過預期的承載力。裝載速度應夠快防止任何明顯的壓密或蠕變，在兩個或3個循環之後，壓力/沉陷圖通常可能呈現重複狀態，然後測試可擴展到主要測試程序。初步承載力循環的資料顯示出採樣干擾的影響，在初步承載力循環後測量的不排水變形係數通常可更準確顯示未干擾地面，其實際的特性。

(2) 維持承載力通常等於施加的增量，每個增量保持不變直到平板停止運動，或達到可接受的低增率。增量持續到建議承載力的某個倍數、破壞或完全可用承載力的數值水準，當進行測試研究地面的變形特性時，最好進行初步的承載力循環作業。卸載和再加載的循環也可在各個主要測試階段中進行，顯示已發生的可逆（即，彈性）和不可逆變形量。若卸載和重新加載的速度夠快，即可使用承載力/變形曲線的斜率判定不排水變形模數或其近似值，但在滲透率較高的地面上可能不適用。

(3) 恆定穿透率恆定滲透率的測試更適用於土壤，Marsland (1971) 說明這種測試，其平板直徑範圍為 38 mm 至 868 mm，滲透速率為 2.5mm/min。若未明確規定最大承載力，則採用平板直徑 15% 處的軸向承壓力數值。若需採用不排水變形模數時，平板直徑應大於 750 mm，但最好在快速增加承載力的情況下進行單獨測試。

(4) 蠕變：在持續承載力作用下的蠕變測量有時與高應力地基設計或結構沉陷特別敏感的狀況有關（Meigh 等人 1973），若結構要承受波動承載力，則測試程序可能包括循環加載。

29.1.7 結果分析

對分析所作的假設是材料都是均勻、有彈性、各向同性，採用半無限平面剛性圓板的穿透測試公式：

$$S = \frac{\pi q}{4} B \frac{(1-\nu^2)}{E} \dots\dots\dots (8)$$

其中，E 是彈性模數，
q 是施加在平板上的壓力，
s 是平板上的平均沉陷值，
B 是平板直徑，
ν 是泊鬆比。

在地面或凹坑中測試時，可使用此公式，其平面尺寸至少是平板尺寸的 5 倍 (Ireland 等人 1970)。若測試是在鑽孔末端進行，則公式為：

$$S = \frac{\pi q}{A} B \frac{(1-\nu^2)}{E} I_d \dots\dots\dots (9)$$

其中， I_d 是深度校正係數 (Burland, 1969)。在橫坑中進行測試時，根據測試範圍和平面度需進行其他的修改 (Carter & Booker 1984)。雖然仍有選擇代表性土壤參數值用於分析的問題，有限元素分析有時可用於無法獲得嚴格解決方案的問題中。計算加載板中心線下方任何深度的模數公式可參考其他內容 (Benson 等人, 1970; Wallace 等人, 1970)，關於節理岩石，為實際作業所需可假設泊鬆比在 0.10 和 0.25 之間。

關於黏性土壤，可使用以下的公式在鑽孔中進行平板測試，藉此得知不排水剪切強度 C_u 的估計值：

$$C_u = \frac{q_u - \gamma H}{N_c} \dots\dots\dots (10)$$

其中， q_u 是平板下方土壤的極限承載力。無明確規定時，可使用直徑 15% 穿透處的軸向承壓力， γ 是土壤的堆積密度， H 是高於測試水平高度的土壤高度， N_c 是承載力係數。關於與平板直徑相同其深軸底部的剛性圓板，即假設 N_c 值為 9.25。但假如平板明顯小於軸向直徑，或深度小於平板直徑的 4 倍，則 N_c 的值可更小，圓形表面的承載力則接近 6.15，在適當情況下，應該在平板上進行側向剪切測試。

29.1.8 結果解說

對正調查中地面質量特性的正確解釋需仔細檢查測試結果，不僅要考慮加載測試，也要考慮其他相關的地面資料 (Sweeney & Ho, 1982)。根據調查目標，這些資料可包括地質結構、不連續性的性質和分佈、地面變化。

根據所使用的方法和應用，可從這些測試決定其變形模數（Brown，1981）。獲得的結果將反映出不連續性土壤層的寬度和頻率造成的影響，也顯示承载力下的質量特性。應檢查的參數的應力值即取決於作用壓力值，測試岩石時，可能需考慮試樣中的原位應力。

設計用的模數應為在施工時和施工程序影響後與地面相關的模數，例如，深挖可能影響土體的變形模數、爆破可能影響岩石的性質等。有時候，施工程序的效果可能受到嚴重的影響，無法檢驗替代的施工法。

完成測試後，應在實驗室進行採樣和測試，對裝載區域下方的材料進行全面識別。從這些測試中獲得的結果，在許多情況下，有助於將測試結果外推到現場的其他區域中。

29.2 水平和傾斜承载力測試

基本上，水平和傾斜承载力測試與垂直承载力測試相同，可進行比較分析（見第 21.6.10 節）。可進行優選方向的加載測試，藉此研究特定的地面特徵。經常在岩石中進行測試，這是用於隧道和地下挖掘的調查作業（Brown，1981; Carter & Booker，1984）。使用液壓千斤頂在測試坑或沉箱的相對側間進行簡單的側向加載測試，這是土壤原位模數和剪切強度的非常方便的測試方法。藉由側向承载力測試得出土體的彈性模數，遵循 Carter & Booker（1984）的建議，應注意支撐千斤頂和其他裝載設備的重量，防止剪切力施加到測試區。

29.3 加壓室測試

在地下挖掘或隧道長度內進行測試，包括各種壓力下的室內充水，測量週邊地面的變形模數。通常在水壓承載的隧道中進行測試。

最好取用一部份的實際挖掘區域作為測試場地，或在平行於軸向具有代表性的地面，選用相等的面積作為測試場地。除非可預知最終的效果，否則測試段的長度應至少為挖掘坑洞直徑的 5 倍。所使用的挖掘方法應能夠產生與實際挖掘坑洞相似質量的表面，為確定所測定的是排水、部份排水或部份不排水的模數，需知道在測試期間所施加的排水條件。

29.4 加州原位承載比(CBR)測試

29.4.1 通則

柔性路面設計的 CBR 法基本上是經驗法，設計曲線可用於估計適合土壤 CBR 路面厚度的相關資料。土壤沒有獨特的 CBR，在任何 CBR 測試中，獲得的數值大幅取決於所進行的測試方式。設計曲線通常根據詳細規定的 CBR 測量法，這通常是實驗法。設計柔性路面所需的參數值是在完成所有必要的壓實工程後，由土壤層土壤所獲得的 CBR，鋪設路面已有足夠時間來建立平衡的含水量。在開始進行原位 CBR 測試前，需仔細考慮這些測試與擬議設計方法的相關性，瞭解平衡含水量的條件是否可能具有此類的特性。

29.4.2 測試法

此測試採用 BSI (1990) 中的方法進行測試，通常使用車輛的重量作為頂升阻力，藉由螺旋千斤頂施加承載力，並藉由支撐橋裝設的千分錶測量撓度，所述的支撐橋具有其獨立的基座，此基座位於遠離測試區的地面上。

[Amd GG2/01/2017]

29.4.3 測試限制和用途

此測試不適用於任何含有最大尺寸在 20 mm 以上顆粒的土壤，因為柱塞在大石頭上的位置可能導致出現不具代表性的結果。此測試對沙土來說令人質疑，因為其結果往往遠低於設計圖表中的實驗測試結果。這是因為模具在實驗室測試中的限制作用，此測試最適用於黏土，主要是考慮到受測土壤的平衡含水量。土壤通常不受季節性含水量所影響，地表以下 1 至 2 米深度的含水量通常可用於清楚顯示平衡含水量，其前提是土壤類型無顯著變化。另一種方法是在現有路面下放處直接進行測試，此種路面具有與擬議建築相同的底土條件，這種方法已成功用於機場路面的設計。

有時原位 CBR 測試與原位密度和含水量測試可一起進行，然後與實驗壓實測試相關聯。仔細研究所有得到的資料，即可由合適的土壤選擇合理的設計參數值。有時可嘗試使用此測試作為控制填土或天然土壤層的壓實方法，但通常不會成功，無法推薦此測試程序。

30. 加州現地直接剪力測試

30.1 一般準則

在此測試中，製備土壤或岩石樣本並進行直接的剪切原位測試作業。施加的應力和邊界條件與直接剪切測試相似，此測試通常設計用於測量完整材料或不連續（包括土壤中的殘餘接合）土壤層的峰值剪切強度，作為剪切平面上的法向應力函數，通常需要多個測試來獲得代表性的設計參數值。

殘餘剪切強度的測量可讓剪切箱設計夠長的行程，讓其具有實際問題相關具有代表性的殘餘剪切強度，藉由繼續測試到設備的行程極限，即可得知殘餘強度。在某些應用中，測試法可設計成用於判定混凝土與岩石或土壤間界面強度的作業方法。

土壤的原位剪切測試可在鑽孔內(Bauer & Demartinecourt, 1982; Handy & Fox, 1967)或靠近地面處(Brand 等人 1983b)進行，可讓測試坑內的測試設備靠近地面，才能夠在深層的挖掘坑洞、大直徑的豎井或沉箱內進行測試。岩石中特定不連續性的原位剪切測試也可使用類似的設備，測試結果可用於確認實驗測試和現場粗糙度測出的不連續強度（見第 26.2 節）。

30.2 樣本準備

通常在土壤凹坑或溝槽的底部製備樣本，在岩石測試更常看到橫坑，挖掘時可探測調查區域中的材料，在許多情況下，應提供適當的方法得知對所加施力的反應。

樣本取向和施力一般由施力方向所控制，在完工期間將成為有效的數值，但修改時應考慮土壤層顯著不連續性的取向。在許多的情況下，為能夠設置測試，在剪切面呈水平時即可製備樣品。正常和剪切應力通常視為正常施力和沿剪切面作用的施力，最好採用穿越剪切平面中心點的傾斜剪切力，因為這在剪切面上更容易產生更均勻的應力分佈（Brown, 1981）。

作為粗略指導的內容，樣品尺寸應至少為最大顆粒的 10 倍，在岩石中，樣本大小應反映出受測岩石不連續面的粗糙度。關於強度較高的岩石，可使用適當強度的水泥和鋼筋混凝土作為樣本，確保足夠的承载力分佈。此設備應具有強固的構造，300 平方 mm 和 1500 平方 mm 間的樣本用於測試土壤和軟弱岩石，含有巨石或粗填土材料的地面可能需要更大的樣本。

挖掘時需非常小心保護環境條件，應避免使用會影響樣本測試區不連續性的挖掘技術，例如，導致破碎、破裂或過度動態衝擊式承載力的開挖方法。應使用手鋸、切割和金剛石鑽孔來製備修整樣本，應提供足夠的保護，最終曝光和修整的樣本為能夠適合裝載框架和測試本身，應該在最小延遲程度下完成，避免樣本的水份和應力條件發生顯著變化。若在地下水位以下進行測試，應採取預防措施避免水壓和滲水的影響（見第 29.1.2 節）。

若僅打算測試 1 個不連續性，則需注意避免對不連續面的干擾，並準備好樣本在不連續面正確施力。不連續性的空間取向應由傾角方向和傾角測量來界定。

在需要排水的條件下，可在樣本週邊和裝載的上表面處，插入合適的排水層。

使用鑽孔剪切裝置無需製備樣本，但在鑽孔形成期間需小心避免週邊的干擾（Bauer & Demartinecourt 1985）。

30.3 測試安排

用於施加正常承載力的設備可包括重物、鐵塊、液壓油缸、作用在挖掘頂板的扁平式千斤頂或錨固系統。反應系統應確保正常承載力均勻轉移到試樣上，對剪切位移的抵抗力最小，例如，使用低位裝置如球座或滾輪（Brown, 1981）。多孔活塞或其他合適的介質可用於需排水條件的地方藉此分配承載力，在測試期間需要保持施力的定位對準。

剪切力施加系統應確保剪切平面上均勻施加承載力，也確保承載力和幾何質心相匹配藉此消除運動。在需要傾斜剪切力的情況下，剪切力的合力應穿過剪切平面底部的中心點（Brown, 1981）。若這種類型的測試需恆定的法向承載力時，需在測試期間對所施加的法向承載力適當減量，隨著剪切力的增加而補償增加其垂直分量。剪切力的施加可藉由與正常加載相似的方式來設置，在這兩種情況下，都需注意確保地面反應不會延伸到樣本中。反應系統通常可由挖掘側壁來提供，在某些情況下，可能需要牽引由樁腳或纜索錨定的系統，藉此提供剪切力。應提供剪切力應用系統足夠的行程，可在不中斷的情況下執行完整的測試。

30.4 測量

應提供下列事項：

- (a) 施力應能夠以測試中達到的最大出力的 $\pm 2\%$ 精度進行測量。
- (b) 應測量剪力、正常和橫向位移，應提供足夠的行程用於進行完整的測試，無需再重設儀器。各個測量儀的錨固基準需採用剛性裝置，設置在夠遠的位置處，使其不受測試期間施力的影響。
- (c) 應採取措施防止溫度變化的影響，另外，應測量溫度，也應校準任何的敏感設備。

30.5 測試方法

測試程序中施加的應力應在相關應力範圍內，如果有的話，包括結構體的最終應力。在需要排水測試條件的情況下，需執行壓密係數階段讓孔隙水壓在正常承載力的各個增量下消散。應監測壓密率，因為這有助於判定剪力速率（Brown 1981）。關於排水測試，剪力速率需夠慢確保誘導孔隙水壓的變化只佔剪力應力很小的比值。最好只在測試前估算合適的剪力速率，並在類似的土壤或岩石條件下使用類似的測試配置即可獲得有益的經驗。

完成測試後，應藉由目視檢查、採樣和實驗測試對剪切材料進行完整的識別，剪力面的照片是測試條件的有用紀錄，有助於說明測試結果。

30.6 結果分析

在分析中製備壓密特性（如果有的話）並針對正常位移和剪切位移繪製剪力（或應力），然後可獲得剪力峰值和相關的剪力和正常位移，這與施加的正應力相關。與施加的剪切力成一定角度傾斜的平面發生破壞時，應在分析中考慮此狀況（Bishop & Little, 1967）。

關於岩石中的不連續性測試，不應將單個測試結果外推到岩體中，無法藉此確定測試表面是否可代表不連續性的總體粗糙度（參見第 26.2 節）。

31. 大規模現地測試

31.1 通則

所進行的大規模現地測試，即在一定的規模和條件下對地面進行測試，條件與調查項目的現行條件彼此相當。但此類的測試儀器、專用設備和技術支援可能是昂貴的，可用於監測現地測試儀器方法和類型，將在以下章節中簡要概述，也說明某些用於獲取設計和施工岩土資料等更常見的大型現地測試。

大型現地測試涉及本文中的現地調查原則，通常包括上述的地面調查技術。大型現地測試不是標準測試，應設計成可滿足擬議工程的各別要求和特定事項。在大型專案中，現地測試可提供必要的設計參數值、有關挖掘、處理和放置測試結果的寶貴資料，藉此節省大量的成本並提高安全性。這些方法和測試可有效延伸到施工階段，還可監測完工後地面和結構體的彼此關聯響應。

31.2 儀器使用方法

在地面調查中可使用幾種技術來監測與大型現地測試中的邊坡破壞、地基位移、沉降和地面響應所導致的已知或可疑地面運動，其相關的位移和應變(BGS, 1973; Brown, 1981; BSI, 2009; GCO, 1984; Hanna, 1985)。Coleman (1984) 對香港常用的工具進行審查，Handfelt 等人 (1987) 說明用於海上測試填土的儀器性能 (見 Foott 等人 1987)。[Amd GG2/01/2017]

地面運動通常與應力重新分佈和孔隙水壓變化有關，這是地面特徵。總應力可使用總壓力傳感器監測 (見第 28 章)，而法向和剪切應力可使用特殊的傳感器測量 (Arthur & Roscoe 1961)。第 20.2.3 至 20.2.6 節介紹測量孔隙水壓響應的相關技術。

地面運動通常根據可定位在地面或地面質量內的位置點位移來進行測量，需將位置點的絕對運動稱為穩定基準，必要時，應採取足夠的測量值來定義三維運動。某些常用的技術容許位置點的移動或在任意水平和垂直平面上的相對位移，此相對運動可用於得出應變。

地面運動可藉由準確的調查進行地面觀測(Cole & Burland, 1972)，可使用電光儀器測量距離(Mayes, 1985)，其水平精度為 ± 0.5 mm (Froome & Bradsell 1966)，距離測量精度為 (5 mm + 5 ppm)，需注意讓基準點遠離承載力和水份變化所引起的運動效應。

藉由精確度為 ± 0.1 mm 的沉陷量規，可觀察到垂直運動（Bjerrum 等 1965），更多細節如 Dunnicliff（1971）所述。也可採用多點位移測量（Burland 等人 1972），垂直管的使用精度約 ± 3 mm（Penman 1969），Penman & Michell（1970）說明使用測量魚雷裝置穿過彈性軟管的完整特性曲線測量技術。在穩定位置點錨固在鑽孔中的伸縮管時，傾斜儀和張力繩也可用於測量應變或位移。

橫向運動可藉由偏移和三角測量得出，也可使用鑽桿、伸縮管和張力繩，在使用測量魚雷裝置的情況下，最好選擇從管道兩端進入。

攝影測量技術可用於調查難以到達的位置點，如陡坡和溝壑（Borehars 1968）。在正常作業條件下，攝影測量方法所測得的測量精度約為照相機距離的 1/10000（Cheffins & Chisholm 1980）。

31.3 測試土堤和開挖

測試堤防的建造可能有 3 個目的，首先，可在現地確定可借用材料質量和壓實特性，與實驗測試結果進行比較。其次，可研究放置和壓實設備的特性和性能。第三，可檢查路堤所在地面的強度和沉降特性。測試堤防的破壞通常不會造成重大影響，因此可建造 1 個測試庫，故意在路堤中或在堤岸和地基中引發破壞的狀況。但任何已安裝的儀器都可能被破壞，這種破壞有時會以意想不到的方式發生，工程師應採取預防措施，確保不造成人身傷害或意外毀損。這種破壞的價值在於反分析（見第 32 章），可用於檢查強度參數值，Bishop & Green（1973）說明測試堤防的開發和使用。

壓實測試包括使用可變的借用材料、土壤層厚度、澆水量和壓實中完成的工作量等實驗，應測量原位密度和含水量，結果應與實驗室的壓實測試結果進行比較，藉此獲得規範標準並使用現場借用的測試坑密度，藉此估算給定數量的膨脹或體積減少程度（BSI 2009）。也可進行設備測試，應注意不要同時改變太多因素，否則無法估計各別因素變化所造成的影響。

[Amd GG2/01/2017]

測試挖掘產生有關挖掘材料和設備性能的相關資訊，與鑽孔樣本相比下，還可對地面進行更詳細的檢查。可以構建挖掘坑洞故意造成其破壞，因此，有時可用於測試挖掘邊坡的短期穩定性。但深層挖掘坑洞中的破壞比填土的破壞更危險，更需提高警覺。

若要獲得最多的資訊，需使用適當的測試堤防或挖掘儀器連續進行觀察（見第 31.2 節）。測試堤防或挖掘坑洞的規模需仔細考慮，顯然，測試規模越接近原範圍，測試得到的結果就越貼切。

31.4 施工測試

在許多專案中，可從永久工程開始前先進行的測試中獲得相當大的幫助，這些測試可用於評估所採用的程序和各種權宜之計的效用，與所有大規模的測試一樣，需先瞭解地面特徵，測試結果通常可用於評估地面的特性，可從常規的地面調查方法得知其他相關的結果。

通常測試各種施工方法，如樁基測試、地錨測試、土方工程壓實測試、隧道實驗井測試、灌漿、爆炸測試、爆破和脫水等。

32. 反向分析

32.1 通則

現場的天然或人為條件有時會出現難以評估的參數值或難以作為實驗測量檢查的參數值等現象。這種實例如邊坡破壞和結構沉陷，可從觀察到的現象開始得知，例如在邊坡破壞的情況下進行反向分析，即可觀察到實際的剪切強度參數值。也可進行沉陷的反向分析，但需小心評估實際承载力及採取行動的時間。

所有的反向分析應用都應進行嚴格的地質和岩土工程調查，應包括澈底審查問題的歷史紀錄、相關的氣候和地下水紀錄。只有在適用於目前的問題和地面條件時，才得使用反向分析。應仔細考慮所有可能對分析產生重大影響的參數值，因為獲得獨特的分析解決方案非常罕見，因此，通常進行靈敏度研究，藉此評估無法直接得知的參數值影響，Leroueil & Tavenas (1981) 進一步討論了反向分析的缺點。

32.2 邊坡預防或修繕工程的破壞和設計

[Amd GG2/01/2017]

在香港每年都有大量的山體滑坡是由強降雨所引起，有時會進行反向分析，藉此得知抗剪強度參數值，即可作為邊坡修復或預防工程設計程序的參考。但在解釋和使用結果時更需注意，雖然事件發生後可詳細研究破壞的原因，但很難得知破壞時特定地面條件的正確資訊，尤其是孔隙水壓（Hencher 等人 1984）。因此，反向分析可對破壞機理進行合理的定性評估，例如，得知設計用的剪切強度參數值資訊（Hencher & Martin 1984）。

雖然反向分析方法是評估質量剪切強度的有用尺度，但不應單獨使用此方法。應使用反向分析方法進行邊坡整治或修復工程的設計，應嚴格勘察岩土工程，包括地面調查、實驗測試和工程地質測繪，藉此判定合適的質量剪切強度提供更合理的參考依據。

[Amd GG2/01/2017]

需特別注意避免採用從反向分析得出過高的剪切強度參數值，這些參數可能已被抽吸效果所影響。若地面質量相對均勻，沒有岩石或巨石、樹根的結合效應、邊坡幾何形狀的三維效應等，當反向分析的剪切強度參數值高於實驗測試的飽和試樣時，則不應使用此參數值。

[Amd GG2/01/2017]

過去的暴雨紀錄可證明現有邊坡的持續穩定性，但應謹慎以待。在篤定參考過去的歷史紀錄前，應仔細考慮坡度惡化、漸進邊坡變形和環境條件的可能變化（如破舊硬坡面覆蓋物的滲透性變大，公共送水設施的漏水等）等用於反向分析的因素。特別是在擬議工程涉及用植被覆蓋物取代硬表面覆蓋物時，應謹慎使用反向分析法得知用於設計升級工程的質量剪切強度參數值。

[Amd GG2/01/2017]

當使用反向分析時，應該用於推導出可能的強度參數值範圍。涉及多種主要的土壤類型（如填土和 CDG），若使用反向分析法，則用於評估具有更大不確定性的特定土壤類型的強度參數值（如空間高變異性、難以檢索用於實驗測試的代表性樣本等），而另一種方法的強度參數土壤類型應藉由傳統的實驗測試等其他方法來判定。

[Amd GG2/01/2017]

在具有高度變化特徵的大型邊坡（如邊坡幾何形狀、地質、集水區特徵等方面），某一邊坡剖面的反向分析中，若沿着邊坡出現特徵變化時，則剪切強度參數值不得用於邊坡的其他邊坡區段上，可能需藉由反向分析適當選擇各個區段，藉此獲得不同組別的強度參數值。

[Amd GG2/01/2017]

在足夠可靠的地面條件和破裂表面幾何形狀的資訊下，對具有遇險跡象的滑坡或邊坡進行反向分析可能是有用的。這有助於診斷破壞機理，檢查破壞時的土壤剪切強度和地下水條件的可能組合。關於補救工程的設計出現滑坡時的反向分析，其地下水條件不應視為設計地下水的相關條件。這是因為在強度、持續時間和返回時間方面，具有不同特徵的暴雨，其地下水的響應可能不同，因為滑坡和/或建議的補救工程可能會改變已破壞邊坡的水文地質背景。

[Amd GG2/01/2017]

上述使用反向分析的指導內容通常也適用於擋土牆的預防或補救工程設計。

[Amd GG2/01/2017]

32.3 其他案例

雖然通常在邊坡破壞或重大地面運動出現後才進行反向分析，但傳統的預測方法可能無法產生切合實際的解決方案，在其他情況下，這可能的很有用的。香港的應用實例現場岩石風化土壤中形成現有陡坡的預防整治工程，在此情況下，傳統的邊坡穩定性分析通常會產生安全係數小於 1 的狀況，即使邊坡上安全的位置點經過多年也沒有遇險的跡象。藉由現有斜率對假設破壞面的反向分析，即可得知剪切強度參數值通常比傳統的穩定性分析更可行更切合實際。

檢查反向分析中的假設是否有效是非常重要的，例如，所選擇的破壞面應是切合實際的，擬議工程不應造成邊坡的形狀或承载力出現任何實質的變化。同樣，在預測可變地面或地面的沉陷，無法取得具有代表性的樣本，對類似材料相鄰地點的沉陷資料進行反向分析，可能是產生合理預測結果唯一可令人滿意的方法。

33. 地球物理調查

33.1 通則

地球物理學是一種專門的地面調查方法，若需要進行地球物理調查，指導地面調查的工程師（見第 15.2 節）通常會將此工程委託給專門從事這項工作的機構組織。該組織通常會就所使用方法的詳細資訊提出建議，並在獲得結果後彙整為可由指導工程師直接使用的表格內容。由於困難的地面條件可能引起解釋上的問題，需進一步進行調查，因此，指導工程師和地球物理學家間保持密切聯繫是有利的。地球物理學的工程應用有時令人失望，重要的是調查提供的資訊內容應適合專案所需(Griffiths & King, 1983; Ridley Thomas, 1982)。下文旨在列出當前可用的各種地球物理方法，提出可能有助於解決問題的說明內容和各種方法的限制，表 11 摘錄各種地球物理方法的適用性。

充份的鑽孔控制對於地球物理觀測的解釋攸關緊要，這些觀測最好包括採用更傳統方法進行地面調查。

地面調查的大多數地球物理方法旨在找出某種地下異常狀況，其中任何的材料都具有明顯不同的物理性質。這些異常可採取兩種不同岩石類型的邊界形式，斷層、地下公共設施或空坑洞。在起初階段，幾乎總是需要藉由物理方法檢查這些異常現象，通常是藉由鑽孔進行檢查。一旦確定地球物理測試結果與地下的地質狀況間的相關性，地球物理調查就可快速且經濟地產生有用的調查結果。因此，在異常的物理性質未達明顯變化的情況下，地球物理調查可能無法檢測狀況的界限。地球物理方法也可用於推導土壤和岩石參數值，完成推導後，應隨時藉由直接測量的參數值確認所獲得的結果。

地球物理調查技術在於判定物理性質的變化，如電導率（電阻率）、密度變化（重量）、磁化率（磁性）或聲波速度（地震）。近地表的干擾（通常稱為「雜訊」）等異常狀況在城市環境中很常見，可能限制地球物理學在這些地區的效用。此外，地球物理的異常狀況無非是工程或地質狀況界限的相關事項，通常出現在界限邊緣的過渡區。這可能導致出現不確定性，例如，確定風化界限或覆蓋巨石等岩石雜訊的深度時。

當地質條件相對簡單時，即可獲得良好的調查結果，在土壤層間的物理性質出現明顯的對比。但不太有利的地面條件仍需考慮地球物理學，特別是調查的早期階段，因為這些方法的成本較低速度較快，例如，協助提供地質學的其他解說內容。有時可能需藉由嘗試錯誤使用兩種或更多種的方法，藉此確定哪種方法的結果最可靠。

地球物理調查通常用於地面調查，對地面狀況進行初步的快速評估。在有利的條件下，地球物理技術可顯示可能與地質或人為特徵相關的變化和異常狀況。然後可使用地球物理的調查結果套入鑽孔的地面條件並指示需要進一步鑽孔的位置，即可研究地球物理異常狀況的重要性。

33.2 陸地地球物理學

33.2.1 阻力

此技術用於研究更簡單的地質問題，電流通常會通過兩個金屬電極傳遞到地面，並在兩個相似的電極間測量電位差（BSI 1990）。藉由適當配置電極，此系統可用於得知地電特性隨深度（深度探針）的變化、電阻率的橫向變化（恆定分離）或局部異常區域（等電位測量）的相關資訊，如水蝕石灰岩地形地貌、廢棄的隧道或豎井。意外出現電導體如現地下方的管道或電纜會造成不可靠的調查結果，藉由此方法獲得的結果，其解釋未必能提供明確的解決方案，特別是地下層的數量增加，因為這涉及假設理想條件的曲線匹配技術。

[Amd GG2/01/2017]

33.2.2 重力

在地面調查中，重力測量通常僅限於定位大型的坑洞或破壞狀況。儀器在每個位置點的精確校準和定位攸關緊要，藉由可用的更精確儀器，重力測量方法是搜尋隱藏豎井和較小坑洞的有用定位工具。

33.2.3 磁力

地球磁場的局部變化與岩石類型的變化有關，在合適的情況下，此技術可定位顯示磁對比岩石間的界限（如斷層或堤壩），但在土木工程領域中的主要用途是搜尋埋設含金屬人造物體的位置，如電纜或管道。有時可用於舊礦井和填土區的定位，使用這種方法檢測斷層或堤壩位置時，需消除檢測到埋藏金屬的實際狀況。

33.2.4 地震

地震技術（反射或折射）可用於地下界限的定位，此地下界限意指具有不同聲速波速的土壤層材料。在陸地進行地球物理調查時，折射法是最常用的方法。可藉由小型炸藥或機械源（如錘子）產生地震波，即可準確地測量不同距離處，從原點行進到震動檢測器（地震檢波器）位置所花費的時間。

此技術的最大用途在於確定基岩水平高度（McFeat-Smith 等人，1986），因此，通常用於估計從借用區域可獲得的軟材料數量。但地震折射有 1 個限制，當上層的傳輸速度大於下層時（如礫石非常緊湊覆蓋在黏土上），則無法檢測界限，可能誤判出現假土壤層。此技術的另一個用途是提供波速資料，用於評估岩體原始動態的模數值（Meigh，1977）。只有很少的動態和靜態模數值是相同的，環境因素有時會限制此測試的應用，例如，爆炸物不能用於城市地區，若工地靠近震動源如繁忙的道路，則可能無法檢測到所誘發的震動。

可藉由地震折射的測量配置，沿橫向的所得速度變化即可顯示不同岩石類型或裂縫區域出現的區域，此資訊可用於判定岩石開挖的設備類型。

也可在兩個鑽孔間或從地面到鑽孔或從鑽孔到地面之間，進行直接的地震測量。這些技術可用於評估介入岩體的性質，檢測諸如空坑洞的地質特徵。跨孔測量即鑽孔間的測量，這是檢測深層空坑洞最佳的地球物理方法（McCann 1987），但結果只能藉由隨後的鑽探來確認。

33.2.5 Gamma 密度法

[Amd GG2/01/2017]

伽瑪密度法的原理是用中高能量的准直伽馬射線照亮目標材料，測量工具源和探測器之間的衰減。衰減是靶材料的電子密度函數，而電子密度又與質量密度密切相關。

[Amd GG2/01/2017]

根據目標材料間的相對密度比值，此技術可在鑽孔內用於以 1m/min 的實際測井速度識別地下的薄弱層。這種薄弱層包括富含黏土的土壤層，風化的接縫層和質量密度較低的干擾區。此方法的精確度隨著標靶和相鄰材料間的相對密度比值增加而增加，若使用套管且弱層傾角與鑽孔軸線對齊（即垂直鑽孔中的垂直方向），則精確度會降低。

[Amd GG2/01/2017]

圖 45 和 46 顯示兩個實例，圖 45 顯示位置 A 至 D 的軟弱黏土層的明顯跡象，其中在軟弱層和相鄰材料間密度比值高。在這種情況下，此方法可識別厚度至厘米範圍內的軟弱層。E 到 I 整體上是富含黏土的地層，在紀錄中出現明顯的跡象，但各個土壤層無法清楚區分。圖 46 顯示在 A 至 H 位置上，軟弱黏土層的相關性差，其中弱層和相鄰材料間的密度比值低。

[Amd GG2/01/2017]

此方法最適用於無套管或塑膠套管鑽孔，其目標（軟弱層）和相鄰材料的相對密度比值高。但需謹慎解釋資料，因為缺乏強而有力的特徵未必意指地面缺乏軟弱層。

[Amd GG2/01/2017]

33.2.6 伽馬光譜法

[Amd GG2/01/2017]

伽瑪光譜法基礎原理是讓含鉀礦物質的分解，這會導致逐漸喪失的鉀離子（K）。天然存在的鉀含有放射性的鉀成份，因此，材料中的放射性鉀充份與母岩中含鉀礦物的分解程度有關，這與岩石的風化程度有關，伽瑪光譜法沿鑽孔處提供鉀含量的紀錄值。

[Amd GG2/01/2017]

沿著鑽孔位置，當數量與相鄰材料相比顯著減少，可解釋為這是更加風化的軟弱層。但資料的解釋取決於目標材料的來源，這可能顯著影響鉀含量。例如，黏土層不直接來自相鄰材料的分解下，此土壤層的鉀含量不一定就低於相鄰材料的鉀含量。同樣地，若要識別薄層時，則需要較慢的記錄速度，如 0.05m/min，精確度為 50 mm。

[Amd GG2/01/2017]

此方法不需要使用任何的放射源，可用於不同套管類型的鑽孔中。同樣地，它比伽瑪密度法便宜得多（約為 1999/2000 年合約費率的一半）。當相同來源的材料並進行特定校準時，伽瑪光譜法可用於顯示風化程度。雖然此方法在識別薄弱黏土層不如伽馬密度法，但可用於驗證地面條件，特別是在大量鑽孔無需採樣的情況下，例如，用於安裝土釘、耙溝、觀察井和壓力計等鑽孔。

[Amd GG2/01/2017]

圖 45 中顯示鉀含量在位置 A、B 和 C 處的軟弱黏土層特徵，圖 46 中的鉀含量無法用於識別任何的軟弱層（A 到 H））。但在風化較少的材料，鉀含量明顯增加。

[Amd GG2/01/2017]

33.2.7 中子孔隙度

[Amd GG2/012017]

中子孔隙度的原理是使用快中子照射目標材料，中子與含目標材料中的中子具有類似質量的粒子彼此碰撞，即降低中子的速度變成熱中子。在地下具有與中子類似質量的粒子主要是氫原子核，若地面飽和時，氫含量等於水含量，而這又與孔隙度有關。因此，若目標材料飽和，中子孔隙度的測試記錄會顯示孔隙度。

[Amd GG2/01/2017]

根據目標材料間的相對密度比值，此技術可在鑽孔內用 1m/ min 的實際測井速度識別地下的薄弱層。但在不飽和的地基中，目標材料間的相對含水量並不能真實地反映孔隙率，此方法將產出誤導的結果。

[Amd GG2/01/2017]

使用塑膠外殼的情況下，此方法不起作用，因為塑膠中的氫分子會吸收中子並影響測試結果。

[Amd GG2/01/2017]

33.3 海洋地球物理學

33.3.1 通則

藉由適當的設備修改，土地調查技術如地震折射、磁力和重力技術等可擴展到海洋環境，然而更有用的是專門為海上工程開發的技術，這些在以下三節中說明。需對所獲得的資料進行潮汐校正，將其減少到適當的基準水平才能夠正確解說。若要充份利用詳細的結構識別能力，建立精確的測量控制方法也很重要。在適當情況下，應採用電子導航系統。

在香港富含污水的海底岩層和某些天然氣體的海洋泥漿沉積物構成「遮蔽區」，這嚴重限制地球物理調查的效用。

33.3.2 迴聲探測

沿著測量船的連續水深特性曲線即使用儀器測得，此儀器測量高頻聲波的短脈衝，從接到測量船的傳感器向下行進到海床並且再次返回，藉此測得往返時間。將這些特性曲線組合起來即變成測深圖，但可能需要額外的控制，藉此確定探測是否可再現來自柔軟表面沉積物或下面更高密度材料的反射訊息，使用雙頻探測器可能有助於此測試。

33.3.3 連續地震反射特性曲線

連續地震反射特性曲線的使用，在海上調查中應隨時視為探測鑽孔的主要輔助措施。迴聲探測原理的擴展應用可提供關於海底音訊反射器的訊息，通常用於顯示材料的變化狀況。所需的儀器尤其是聲源類型的裝置取決於當地的地面條件，因此應選擇具有適當經驗的地球物理學家。更高的頻率源如「聲波發射器」和「高精確度轟鳴器」通常適用於解析近表面層，而「標準轟鳴器」和「激聲器」更適合測試較粗和較厚的土壤層。一般而言，高精確度的轟鳴器其精確度約 0.5 米，穿透深度約 80 米。

測試結果可視覺化顯示地質特徵，但只有在已知傳輸速度的情況下，才能確定界面深度的定量資料。

此技術有兩個主要限制，首先，它通常無法描繪地球物理類似特徵的兩種不同材料邊界，第二，在水深小於約 2 米時，近海底反射器可能被海床的多次反射所遮蔽，其他問題在表格 11 中加以說明。

33.3.4 側面掃描聲納

這是類似傾斜航空攝影的水下聲學技術，可記錄從橫向線偏移的不連續特性曲線，可藉由迴聲探測或其他技術進行繪出測深圖。這是基於海床對高頻聲音脈衝的反射，測試結果為海底特徵的位置和形狀提供定量的指導內容，並為海底材料的類型提供定性的指導內容，此系統特別適用於搜索岩石露頭、管道、溝渠和海底障礙物如沉船。

33.4 鑽孔日誌記錄

利用合適的儀器，某些地球物理技術可適用於類似傳統地質測井的鑽孔作業。這些鑽孔日誌可提供整個工地作業所需，此外，資料分析有助於評估動態模數和密度參數值的原始值。常規技術包括地震（結構資料）、電氣（土壤層資料）、伽瑪射線（密度資料）、天然伽馬射線（土壤層資料）和卡尺資料（鑽孔直徑資料）；Brown（1981）討論了所有的這些技術。目前使用這些方法的經驗比較有限，所獲得的資料與鑽孔樣本的檢查測試及其他原位測試的結果彼此相關。

33.5 腐蝕測試

電阻率可用於評估土壤對含鐵材料的腐蝕性，在電極之間具有固定間隔的既有流通特性，可迅速遍及地面和低電阻率區域。電極間距適用於檢測黑色金屬材料的埋藏深度，使用「合適的」（見第 33.2.1 節）的傳統「擴展」技術也可用於判定土壤電阻率隨深度的變化。一般而言，隨著電阻率的升高，嚴重腐蝕的可能性會降低（見第 13 章和表 12）。

33.6 地面軟弱層識別

[Amd GG2/01/2017]

建議使用伽馬密度法和伽瑪光譜法（見第 33.2.5 節和第 33.2.6 節進一步闡述）作為地面調查的補充應用技術，藉此幫助識別地下軟弱層。這些方法已納入 CEDD5 地面調查合約，可施行於政府的專案中。

[Amd GG2/01/2017]

可從中子孔隙度法（見第 33.2.7 節）獲得有用的測試結果，藉此識別地下水的飽和層，但在不飽和地基中，此方法會產生誤導性的結果。

[Amd GG2/01/2017]

自我潛勢測試法、音訊鑽孔遠端觀測器測試法、4 臂浸漬計測試法、3 臂卡尺測試法和電柱測試法無法提供一致和可靠的測試結果。

[Amd GG2/01/2017]

34. 實驗測試準則

土壤和岩石樣本的實驗測試目的可概括如下：

- (a) 對樣本進行識別和分類，利用過去與類似的地質年代、原產地和條件相近的材料經驗，及
- (b) 獲得與調查技術目標相關的土壤和岩石參數值。

關於實驗測試的全面討論已超出地質指南的範圍，但在第 35 章至第 38 章的內容中簡要回顧一些基本方面，因為實驗測試被視為地面調查的部份內容，若無實驗測試，整個現地調查通常是不完整的。關於岩石和土壤實驗測試的進一步指導說明，可分別參考 Brown (1981)、BSI (1990) 和 GEO (2017a)。邊坡岩土工程手冊 (GCO, 1984) 特別討論香港地區的岩石和土壤測試，有關香港的岩石土壤說明和分類，可參考地質指南 3 (GCO, 1988)。

[Amd GG2/01/2017]

在開始進行土壤岩石測試計劃前，需大概瞭解地面條件，還需仔細考慮如何從測試中得出資料，資訊內容是否有助於解決相關的工程問題。作為一般指導說明，所使用的測試方法應與正面臨的工程問題直接相關並應儘量模擬現場條件。

35. 樣本儲存和檢查設施

35.1 處理和標示

現地處理和標示樣本的一般程序見第 19.10 節，樣本進入作業室或實驗室時，應小心處理樣本。

35.2 樣本儲存

應建立程序讓每個樣本在到達時即登錄，然後在需要檢查或測試時，即可藉由方便取用的方式來存放。擾動樣本應存放在貨架上，使用罐子儲存時，應將罐子放在專用的載具中。慣用的 100 mm 直徑樣本應側放專用的架子中，含軟泥土的薄壁或活塞樣本應直放，取樣方向與採樣前相同，樣本儲存區域應夠大，可容納處理樣本而不過度擁擠（另見第 19.10.1 節）。

35.3 檢查設施

需具備 1 個重要的功能，即提供空間夠大的存放區供臨時堆放的樣本和檢查用的板凳所需。應提供下列設備：

- (a) 用於從採樣器管子中取出慣用的 100 mm 直徑樣本的擠出機，
- (b) 足夠數量的托盤，可將擾動的粒狀土壤樣本傾倒出來進行檢查，也可將其迅速放回其容器，
- (c) 用於分割慣用的 100 mm 直徑樣本的刮刀和刀具，
- (d) 用於識別土壤和岩石的稀鹽酸，
- (e) 供水及適當的篩網用於清洗土壤樣本的細線物質，藉此更清楚呈現較粗的顆粒，清洗岩心和塊狀樣本，
- (f) 保留適當的餘量，用於檢查散裝樣本的重量是否足供測試所需。

- (g) 足夠數量的垃圾箱或其他處置方法，用於收納檢驗後不需要的樣本，
- (h) 重新密封需進一步使用樣本的方法，
- (i) 樣本檢查人員所需的洗滌設施，方便記錄並儘量保持整潔，
- (j) 放大鏡、地質錘、小刀、米尺和用於記錄鑽心量角器，
- (k) 簡單的立體顯微鏡，必要時可放大 30 倍，
- (1) 足夠的攝影設施（見第 36.4 節）。

36. 目視檢查

36.1 通則

土壤和岩石樣本的檢查和描述是地面調查最重要的方面之一，在處理樣本後很長一段時間內可能需使用地面調查結果，在此情況下，地質描述內容在許多情況下是發現內容的唯一剩餘證據所在。

有關土壤和岩石的詳細內容，可參考地質指南 3（GCO，1988）。

36.2 土壤

所有擾動的土壤樣本，無論是罐裝還是散裝都應單獨檢查，當場或在樣本到達實驗室不久後，即應製作永久保存的描述紀錄。在樣品描述紀錄期間，通常檢查未擾動樣本的末端或檢查從切割鞋所取得的罐裝樣本或兩者。但每次取樣進行測試時，應重新檢查所有的未擾動樣，因為顏色變化或樣本可能已乾掉。當已知不再需要進一步進行土壤測試時，應將剩餘的未擾動樣本擠出在中間處，藉此分開進行檢查、描述紀錄和拍照。

36.3 岩石

完整的岩石描述應包括岩材和岩體特徵，後者不能從各別樣本中確定，但可在某種程度上從許多樣本的描述和其他資料中推斷得知。材料特性不明顯時，薄切片有助於使用放大鏡進行初步評估。

對大型岩石樣本和岩心進行檢查和描述時，應特別注意不連續性的位置和性質。應推斷記錄剪切帶和其他主要不連續面的水平沉陷，還應注意其他細節如方向、粗糙度和填充。若不連續性包含填土材料，則應描述該材料及其相鄰的材料。可能的話，應提取填土及週邊材料的未擾動樣本提供測試所需，關於不連續性特別重要的注意事項就是應製作單獨詳細的不連續性土壤層的說明日誌（圖 35）。

36.4 照片紀錄

攝影紀錄特別是彩色照片，雖然不能完全取代視覺描述內容，但這是最有價值的補充紀錄。若照片旨在提供連續紀錄，則應隨時使用相同比例的照片紀錄，照片不得出現表面垂直方向的扭曲，應確保提供明確的影像比例。

所有的彩色照片都應包含標準色圖，拍攝岩心時，通常先潤濕岩心表面藉此獲得最佳的拍攝效果。土壤樣本應儘量以天然的含水量來拍照，特別是要測試樣本時。在某些情況下，可讓土壤樣本部份乾燥，這讓其組成或結構上的差異更加清晰（見第 22.2 節）。

37. 土壤測試

37.1 通則

應定期進行土壤的實驗測試，以確定分類、強度、形變、滲透率、壓實和路面設計等參數值。還應進行分散、坍塌潛力、化學和腐蝕測試，表 12 列舉土壤和地下水的實驗測試範圍及其使用參考和評論。其中一些測試在邊坡岩土工程手冊（GCO，1984）中有更詳細的討論，重要的是應確保對真正具有現地材料代表性的樣本進行測試，因此，應隨時記錄所有測試樣本其完整和正確的描述紀錄。當實驗測試不太可能代表現場地面的質量特性時，應藉由適當的現地測試補充或替換既有的實驗測試。

在許多情況下，由於減少樣本的干擾問題，現地測試將比實驗測試提供更真實的測試結果。但在一些常見的實驗測試背後，即存有大量的實務經驗，從中獲得常用的資料也可得出可靠的預測結果，應牢記以下 4 節中的一般考慮因素。

37.2 樣品品質

品質等級定義悉如第 19.2 節，所使用的樣本需具有可用於測試所需品質，第 19.10 節說明現地樣本的處理，當樣本到達實驗室時應採取所有必要的步驟確保以其天然含水量的狀態保存，受到最小程度的衝擊和干擾。通常應測試未擾動樣本，此外，採樣過程將呈現樣本的初始應力狀態。

在準備實驗試樣時，應力條件會出現進一步的干擾和不可避免的變化，因此測試通常不會等同地面天然應力的狀況下進行（見第 37.4 節）。

37.3 樣本尺寸

關於擾動樣本，任何特定測試所需的土壤量可參考表 7，由於地面特性受到不連續性極大的影響，因此，地基中的擾動樣本尺寸應夠大足以代表這些不連續性土壤層的模式，這通常可藉由使用大型的「未擾動樣本」得知。

37.4 測試條件

可在幾種不同的條件下進行測試，例如，在確定土壤強度時，選定的特定測試其條件應最接近設計考慮特定時間點當時的可能狀況。

37.5 發佈測試結果

某些實驗測試僅適用於特定類型的土壤，若進行測試並發現測試與實際使用的樣本無關時，則應丟棄測試結果。

38. 岩石測試

岩體特性通常受到不連續性及其對工程或其施工過程中的應力所定向控制，在大多數的情況下，不連續性的規模讓實驗樣本的測試可能產生無法直接應用於岩體特性的測試結果。考慮岩石的實驗測試時，需明確區分與擬議構造影響的岩體特性有關的測試和只與岩材有關的測試。

對岩材進行實驗測試確定分類、強度和變形參數值，還應測定不連續性特定土壤層的基本剪力強度，表 13 列舉岩石常見的實驗測試範圍及有關其使用的參考和評論，其中一些測試在邊坡岩土工程手冊（GCO 1984）和 BSI（2010）中加以討論。如第 37 章關於土壤的樣本大小和品質、測試條件和結果的相關性，其重要性通常也適用於岩石測試。

[Amd GG2/01/2017]

第 6 部分

報告和解説

39. 現地報告

現地報告的基本要求是應包括後續的解說和使用鑽孔或現地測試所需的所有資料，現地報告表格應易於填寫和編排，藉此鼓勵操作員或現場監督員記錄所有必要的資料。在許多情況下，這些表格可根據地質指南的說明性日誌格式，但未必需視為標準，因為其他格式也可滿足需求，其他的現地報告表格實例可參考 BSI (1990a) 和 BSI 的相關內容(2011a, 2011b, 2012a, 2012b, 2012c, 2012d, 2012e, 2012f)。

[Amd GG2/01/2017]

應隨時記錄現有的地面水平高度、任何鑽孔位置及任何取樣或測試點的位置和水平高度，可能的話，測試地點應採用香港規定的參考座標格式，水平高度應參考香港的主要基準。

每日報告即為旋轉鑽井的現場報告良好基準，在鑽井過程中，鑽井工人常在廢紙上記錄工作內容，並在一天結束時從這些廢紙中找尋紀錄填寫自己的每日工作報表。應強烈建議不要採用這種作法，應為鑽探人員提供格式化的標準筆記本，如有必要時，可在日後檢查其每日報告的內容。

40. 現地調查報告

40.1 通則

解說是 1 個連續過程，應從資料收集的初步階段開始，並應在地面調查資訊可用時繼續進行此解說過程。使用此資訊時，通常可在現場和實驗工作進行中檢測和解決異常狀況。在資料可用時應考慮工程問題，讓負責調查的工程師判定需要執行哪些額外的調查和測試作業，反之在適當情況下，可確定其原始計劃的減量狀況。

當需要提出工程解說和建議時，該報告最好以兩個截然不同的部份內容編寫，一份是描述性報告包括所採用的程序和取得的資料，另一份是分析包括結論和建議，報告格式的一般說明悉如其他內容所述（Palmer 1957）。

40.2 敘述性報告

40.2.1 報告成為紀錄

編寫報告時，應隨時記住在編寫報告後幾個月，當所有樣本都銷毀或不具代表性時，報告將是唯一可參考的紀錄內容。一般而言，測試結果將以適當格式的正式報告提交，此報告應作成多份副本製作成冊和發印。此格式化的報告將包含工地狀況的說明和使用程序及提供結果解說用的圖表。此外，還將提供現地和實驗報告表格和資料表，詳細記錄所獲得的資料。這些表格有時不列入正式報告，但在任何情況下都應保存夠長的時間，以便日後必要時可供參考。

所有描述性報告的副本通常應提交給岩土工程資訊股的資料庫（見附錄 B）。

40.2.2 介紹

報告應加以說明其工作對象、調查性質和一般調查地點、調查的目的及工程時間。

40.2.3 現地說明

報告應包含工地其地理位置的明確描述，以便日後可隨時找到調查所包括的區域範圍，這應包括街道名稱及香港地理座標參考和適當比例的位置圖，描述內容還應包括調查時關於現地條件的一般性陳述。

40.2.4 地質學

應說明工地的地質情況和獲取資訊的來源（見 4.2 節），所包含的資料數量取決於所計劃工作的性質及可用的資料量，報告中確定和描述的土壤岩石類型應與該工地已知的相關地質狀況，參見地質指南 3（GCO，1988）。

40.2.5 現地工程

應考慮使用的調查和測試方法，包括所用設備的描述，如鑽機和工具的類型。應注意遇到任何的困難，如回收樣本的問題。還應記錄探測工作完成的日期，在適當情況下，記錄有關天氣狀況的說明內容。報告內容應包括 1 張圖紙，顯示所有的坑洞、鑽孔、現地測試等位置，應包括足夠的地形資訊，方便日後容易找到位置。

40.2.6 鑽孔日誌

(1) 通則應根據樣本的目視檢查和描述製作最終的鑽孔日誌，內容包括適當的實驗測試結果、鑽探者的日常報告表格及當地相關的地質知識。對有時可能存在衝突的地面資料加以解說，完成適當的現地和實驗工作後才填寫最終確定的日誌內容，重要的是應記錄鑽探人員收集的所有相關資料，必要時，進行檢查和修改。

呈現資料的方法並無硬性規定和快速法則，原則上，鑽孔日誌應在鑽孔形成的特定點註明地面的輪廓圖和文字圖。應記錄土壤岩石類型的微小變化及任何不連續性和異常程度，內容取決於資訊的各種用途而定。

大多數進行現場調查的組織都有鑽孔日誌的標準格式，這些表格很少對所有的資料紀錄面面俱到，因此，需提供足夠的備註空間用於記錄標準格式未明確列入的項目。應採用更具有彈性的標準格式，可留下 1 個或多個沒有標題的文字說明列，根據要記錄的資料使用這些說明內容。

所有的鑽孔日誌都是記錄預期和實際狀況折衷後的內容，每次調查都需單獨考慮實際狀況，在資料豐富的情況下，最好在報告的其他地方記錄部份資料內容，並在日誌上交叉引用提供參考，下文說明良好的鑽孔日誌可能包括的資料內容。

(2) 所有日誌一般常用的資料，所有的日誌內容應記錄如下：

- (a) 調查工程名稱，
- (b) 工號或報告編號，
- (c) 位置點的詳細參考座標，
- (d) 探測日期，
- (e) 鑽孔編號和表格編號，例如第 2 頁共 2 頁，
- (f) 鑽孔成型的方法，如纜線敲擊或旋轉，
- (g) 所用植物的品種和型號，
- (h) 與香港基準資料有關的地面水平高度，
- (i) 鑽孔直徑，
- (j) 套管直徑和套管深度，
- (k) 深度比例，可方便容易確定採樣、測試和地面條件化的深度資料，
- (l) 終止鑽孔的深度，
- (m) 已安裝這些鑽井的觀察井或滲壓計深度及安裝的細節，最好以圖表呈現，
- (n) 除非是各別記錄，否則完成滲壓計測量後即應測量地下水位，

(3) 紀錄和符號地面剖面圖應使用本文圖中的符號圖例加以說明，並在地質指南 3 (GCO 1988) 進行更全面的介紹。圖例最常放置在頁面中心處，這樣可方便在頁面兩側註明水平高度、深度、厚度和採樣資料。另一種方法是採用不摺疊或切割的頁面，最右側的欄位方便記錄附近的鑽孔資料，容易進行相關的比較。

除了上面提到的符號外，並未提出製作鑽孔日誌的原木所需的許多其他建議符號。目前使用許多不同的類型，若每本鑽孔日誌都有足夠的秘密符號，說明上應該沒有困難。符號可註明在單獨的頁面或每張紙上，兩種方法優劣互見，第 1 個優點是節省日誌空間，因此，可在每個工作表上記錄更多的深度紀錄或提供更大的備註空間。這的確有一個缺點，即讀者可能需要不斷取用秘密符號。

(4) 輕纜衝擊鑽探：關於輕纜衝擊鑽探，除了第 40.2.6 (2)和 40.2.6 (3)節中的項目外，下列資訊應記錄在日誌中：

- (a) 每個區域或材料類型及其厚度描述。
- (b) 區域或材料類型每次變化的深度和水平高度
- (c) 每個管樣頂部和底部的深度，或大塊樣本及其類型（見第 19 章），每個小干擾樣本的深度。
- (d) 每次鑽孔測試頂部和底部深度及測試性質
- (e) 關於標準穿透測試，應隨時注意若採樣器未驅動測試所需的全部 450 mm 距離（見第 21.2.3 節）。
- (f) 各個部位的鑽探日期
- (g) 水位記錄包括水位上升率、工班開始和結束時的鑽孔中水深及每次觀察時的套管深度。
- (h) 加水便於取得鑽孔紀錄

(5) 旋轉鑽孔：關於旋轉鑽孔，除了第 40.2.6 (2)和 40.2.6 (3)節的項目外，還應在日誌中記錄以下資訊：

- (a) 描述所遇到的所有地面條件
- (b) 地面條件每次變化的深度和水平高度
- (c) 每次鑽心運轉的開始和結束深度
- (d) 每次運轉的鑽心回收率，通常即為鑽心的總回收率(GCO 1988)。
- (e) 關於岩石的裂縫狀態，可採用下列其中的 1 項或多項表示：岩石品質標示(RQD)、實心岩心回收或斷裂指數(GCO 1988)。
- (f) 岩心的各個部份鑽孔日期
- (g) 鑽井水回收顯示的次鑽心運轉狀況，應注意任何的顏色變化。
- (h) 觀察使用時，記錄鑽孔開始和結束時的水深及套管深度。
- (i) 記錄測試內容如滲透性和封包器測試
- (j) 鑽孔方向

(6) 摘要或簡明日誌若調查內容包含大量深井，則完整的日誌內容可能耗用大量的紙張，報告副本可能記錄某些不必要的內容。另一種方法是僅在報告中記錄摘要或簡要的日誌內容，前提是這些日誌內容應夠完整不會遺漏重要細節。

鑽孔測井實例如圖 44 所示。

40.2.7 地下水發生率和特性

為內容清楚瞭解地下水的發生率和特性，需包括在地下水中收集的所有資料，也應記錄無地下水的狀況。若鑽孔所得的資訊量不大，最好記錄在日誌中。若無法做到此點，應在報告的其他位置標示出資料並在鑽孔日誌中提供互相交叉引用參考。若鑽孔套管與觀察時的位置彼此相關時應說明其位置。所有其他的資料包括來自單獨觀察井或滲壓計的資料應單獨標示，使用水或空氣沖洗時，應記錄並評估對地下水位的影响。

40.2.8 鑽孔位置

此報告內容應包括計劃，內容顯示每個鑽孔的精確所在和頂層位置（見第 39 章）。

40.2.9 實驗測試和樣本說明

若測試程序屬公認標準範圍內，結果報告應符合這些標準，若未列入標準範圍內，應提供相關資料。例如，在三軸壓縮測試中，應提供每個試樣的實際數值結果而非只是參數值的解說。若已經進行廣泛的測試程序，則應另外提供詳細結果的概述內容，還應明確說明所進行的精確測試。若測試遵循合理標準，例如，「在 100 mm 直徑樣本進行壓密排水三軸壓縮測試」，僅註明此名稱即可，但假如非屬符合標準的測試時，應加以完整說明。

所有測試樣本的視覺描述應註明在報告中，記錄確切的方法應取決於具體情況，可顯示在實驗測試結果相同的頁面上或最好顯示在各別的頁面中。

無論如何，都應註明描述內容，有時候，實驗測試結果特別是鑑定測試應顯示在不同於視覺描述的土壤報告頁面中。不得省略原始描述的內容，應保留作為觀察者的意見參考紀錄。若根據實驗測試資料修改土壤描述的內容時應在報告中明確說明狀況，可參考地質指南 3 (GCO 1988)，應提交實驗室報表和資料表，以備將來參考（見第 40.2.1 節）。

40.3 工程解說

40.3.1 應覆蓋物

此地質指南不含分析地面資料及其工程問題的解決方案，關於地面資料分析和應用指南，可參考各種英國標準（如 BBSI, 1974; 1986; 1991; 2004; 2007; 2009）和當地指導文件（如邊坡和土工格柵的岩土工程手冊 1）。第 40.3.2 至 40.3.9 節說明報告格式，列舉需要的建議和最常見的建議事項。這部份還包括一些指導說明，這些主題在一般標題下簡要列出：設計、施工方法、材料來源和破壞狀況。在很多情況下，委託調查的客戶可能提出他需要的建議事項和方面，下面列舉的主題僅供參考，可能尚未完備。

[Amd GG2/01/2017]

40.3.2 解說根據資料

應明確指出分析和建議所依據的資料，這些資訊通常有兩個不同的標題：

- (a) 與專案相關的資訊（通常由設計人員提供），例如，關於建築物和其他結構體應包括裝載（包括靜載重和活載重）、柱間距（如果有的話）、地下室的深度和範圍及相鄰結構體的全部細節。關於土方工程，應針對路堤的高度、使用材料和切割坡度的深度提出相關的解說。
- (b) 地面參數值（通常由執行分析並提出建議的工程師從描述性的報告中選用），其參數的選定沒有可普遍接受的選擇，但以下的方法可能有助於取得可靠值：
 - (i) 將實驗室和現場測試結果與地面描述進行比較，
 - (ii) 可能的話，將實驗和現場測試結果進行交叉檢查，
 - (iii) 收集每個地面單位各別可接受的測試結果並確定適合於結果數量的代表值，
 - (iv) 在可能的情況下，比較代表值與類似的地質構造或地面單元的公佈資料。

40.3.3 發表鑽孔資料

為能夠進行分析，經常需對現場的地面特性曲線進行簡化假設。這些最好是藉由橫截面的測試報告來說明，根據需要加以簡化並顯示地下水位。這部份最好應繪製成原有比例，若需放大垂直刻度，則應限制倍增係數避免出現誤導性的影像，若地面資訊變化很大或不足而無法製作橫截面影像時，則用圖解繪製鑽孔日誌是可接受的替代方案。製作橫截面圖像特別重要，有時可藉由探測資訊和鑽孔區域的地球物理調查來補充不足和可變的資訊內容。在橫截面顯示相關的土壤參數值可能是有幫助的，例如，標準滲透測試的結果、三軸測試和來自合併測試的代表性參數值。

在某些工程問題中，根據鑽孔資料構建基岩和地下水位的特性曲線可能是有用的，在海洋調查中，可構建海床輪廓及海底各種地層單元的輪廓和等高線。

40.3.4 設計

以下列表並非詳盡無遺，經常需增列建議和建議事項及報告中應包含的內容。

- (a) 邊坡穩定性：地質模型、剪切強度參數值、設計條件下的水壓、評估生命和經濟風險、推薦採用的傾斜角度，應對地表排水和保護措施及所需的任何地下排水，進行相關的評論。關於岩石邊坡，應評估逆向其不連續性土壤層造成潛在破壞的狀況，應建議穩定局部不穩定區域和表面保護措施的可能方法，還應提供有關監測潛在不穩定邊坡的建議（GCO 1984）。
- (b) 擋土牆：天然壓力、被動和摩擦阻力、地基承載力，見地質指南 1（GEO 1993）。
- (c) 堤壩：堤壩地基穩定性、評估沉陷數值和速度、藉由垂直排水渠等加速安置的可能性、邊坡建議（見上文(a)）、選擇建材和方法。
- (d) 排水：在地上和地下工程施工期間可能的排水方法、廣泛地區的一般永久性土地排水計劃。
- (e) 地下室：地下室牆壁和地面土壓和水壓，評論浮設的可能性，應酌情估算施工期間地下室樓層的上升情況。
- (f) 樁腳：適用於地面型材和環境的樁腳類型、估計安全工作承載力或可評估的資料、估計結構沉陷點。
- (g) 地錨：承載地層和估計的安全承載力或可以計算其資料，如：用性測試（Brian-Boys & Howells 1984）。
- (h) 路面設計：設計加州承載力比、路面類型和厚度、使用土壤穩定性構成路面基層或底層的可能性、適用於次級排水的建議。
- (i) 隧道和地下工程：挖掘方法和順序、無支撐、挖掘是否穩定、所建議的不穩定基坑襯砌方法、可使用岩石錨桿、遇到地下水的可能性、處理地下水的建議、壓力隧道的特殊功能。
- (j) 鄰近建物的安全性：相鄰的挖掘坑洞和地下水的降低、壓縮空氣的作用、灌漿和地面凍結或其他岩土工程造成的移動量，也可能需考慮相鄰地面承載力增加造成移動的可能性。
- (k) 監測運動狀況：需測量結構體和邊坡發生的運動量及關於使用方法的建議（見第 16.4 節）、工程開始前的拍照建議（見第 4.1.2 節）
- (l) 化學侵蝕：保護埋藏的鋼筋或混凝土免受侵蝕性土壤和地下水的侵襲。

40.3.5 施工權宜事項

以下列出的要點通常需要提出相關的意見和建議，應酌情列入安全方面的考慮。

- (a) 露天挖掘：挖掘方法和順序、支援需求、如何避免沸騰和底部隆起、估計挖掘樓板的向上移動狀況、適當情況下板樁和隔膜或鄰接鑽孔樁牆的相對優點。
- (b) 地下挖掘：挖掘方法和順序及臨時屋頂和側面的支撐需要
- (c) 地下水：流量、水頭和數量及如何處理相關事項
- (d) 驅動衝擊樁、鑽孔樁和地錨：適用於地面、環境和鄰近建築物的驅動衝擊或構建方法。
- (e) 灌漿：可在地下成功灌漿的類型和推薦的注入方法。
- (f) 地下土壤的物理性質改良：鬆散土壤壓密技術的適用性

40.3.6 材料來源

建議如下：

- (a) 填土：使用挖掘材料填土的可能性、評估可用材料的比例、壓實方法和標準、可能的非現地填土來源、膨脹因素。
- (b) 過濾材料、混凝土骨材，路基和鋪面材料：可能的來源及這些來源材料的適用性。

40.3.7 破壞

若已進行現場調查試圖確定破壞原因時，則下列可能是相關的要點。

- (a) 基礎：地基的性質和規模、確定破壞原因，在適當情況下估計已出現的沉陷點數量，評估可能出現更多可能狀況及其對結構體的可能影響、機器基座震動過大的原因、建議的補救措施。
- (b) 滑坡：運動類型和破壞面位置的分類、建議立即穩定的權宜之計和長期措施
- (c) 土堤：確定破壞位置是否位於土堤本身或底層地基內，可能原因和建議的修復加固方法。
- (d) 擋土牆：破壞或過度偏斜的原因、預測擋土牆將來的特性和適當的強化建議。
- (e) 鋪設路面：確定是否在路面本身或水平面下方出現應修理或強化或兩者兼有的建議事項。

40.3.8 計算

在已進行計算的情況下，應將計算結果列入附錄中或應明確說明所使用的方法。

40.3.9 參考資料

應在報告中列舉所有已完成的工程。

40.4 隧道工程現場調查文件

[Amd GG2 / 01/2017]

應充分記錄與隧道工程有關的工程地質和水文地質的實際資料，包括從挖掘獲得或從隧道工程採用設備/器具所推斷的任何現場資料。[Amd GG2/01/2017]

調查和監測報告應包括實際資料、調查和監測方法的詳細資訊及設備/系統校準等內容。

[Amd GG2/01/2017]

應使用現地調查的各階段和施工記錄所獲得的資料製作工程地質檢查監測說明報告，這些報告應更新以前任何相關的報告說明內容，並以滿足專業用戶需求的格式提交報告。應包括有關坑洞/隧道/豎井的挖掘方法和工作順序，關鍵性能指標趨勢和施工期間觀察到影響紀錄事項的實際資訊。

[Amd GG2/01/2017]

參考資料

- Addison, R. (1986). Geology of Sha Tin, 1:20 000 Sheet 7. Hong Kong Geological Survey Memoir # 1, Geotechnical Control Office, Hong Kong, 85 p.
- Akroyd, T.N.W. (1969). Laboratory Testing in Soil Engineering. Soil Mechanics Ltd, London, 249 p.
- Allen, P.M. & Stephens, E.A. (1971). Report on the Geological Survey of Hong Kong, 1967-1969. Hong Kong Government Press, 116 p, plus 2 maps.
- American Public Health Association (1985). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (Sixteenth edition). Part 427-Sulfide. American Public Health Association, Washington D.C., pp 470-478.
- Anderson, M.G. (1984). Prediction of Soil Suction for Slopes in Hong Kong. GCO Publication # 1/84, Geotechnical Control Office, Hong Kong, 242 p.
- Anderson, M.G., McNicholl, D.P. & Shen, J.M. (1983). On the effect of topography in controlling soil water conditions, with specific regard to cut slope piezometric levels. Hong Kong Engineer, vol. 11, # 11, pp 35-41.
- Arthur, J.R.F. & Roscoe, K.H. (1961). An earth pressure cell for the measurement of normal and shear stresses. Civil Engineering and Public Works Review, vol. 56, pp 765-176.
- ASTM (1985a). Standard test method for penetration test and split-barrel sampling of soil. Test Designation D1586-67. 1985 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, vol. 04.08, pp 298-303.
- ASTM (1985b). Standard test method for density and unit weight of soil in-place by the rubber balloon method. Test Designation D2167-84. 1985 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, vol. 04.08, pp 342-347.
- ASTM (1985c). Standard test method for triaxial compressive strength of undrained rock core specimens without pore pressure measurements. Test Designation D2664-80. 1985 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, vol. 04.08, pp 429-434.
- ASTM (1985d). Standard test method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rock. Test Designation D2845-83. 1985 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, vol. 04.08, pp 445-452.

- ASTM (1985e). Standard test methods for density of soil and soil aggregate in place by nuclear method (shallow depth). Test Designation D2922-81. 1985 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, vol. 04.08, pp 463-472.
- ASTM (1985f). Standard test methods for direct tensile strength of intact rock core specimens. Test Designation D2936-84. 1985 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, vol. 04.08, pp 473-477.
- ASTM (1985g). Standard test method for unconfined compressive strength of intact rock core specimens. Test Designation D2938-79. 1985 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, vol. 04.08, pp 484-487.
- ASTM (1985h). Standard test methods for moisture content of soil and soil aggregate in place by nuclear methods (shallow depth). Test Designation D3017-78. 1985 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, vol. 04.08, pp 508-513.
- ASTM (1985i). Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions. Test Designation D3080-72 (Reapproved 1979). 1985 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, vol. 04.08, pp 514-518.
- ASTM (1985j). Standard test method for elastic moduli of intact rock core specimens in uniaxial compression. Test Designation D3148-80. 1985 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, vol. 04.08, pp 519-525.
- ASTM (1985k). Standard test method for deep, quasi-static, cone and friction cone penetration tests of soil. Test Designation D3441-79. 1985 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, vol. 04.08, pp 550-557.
- Au, S.W.C. (1986). Decomposed dolerite dykes as a cause of slope failure. *Hong Kong Engineer*, vol. 14, #2, pp 33-36 (Corrigendum, vol. 14, # 9, p 24). (Discussion, vol. 14, # 5, p 13, and # 8, p 43).
- Baguelin, F., Jezequel, J.F. & Shields, D.H. (1978). *The Pressuremeter and Foundation Engineering*. Trans Tech Publications, Clausthal, Germany, 617 p.
- Bauer, G.E. & Demartinecourt, J.P. (1982). The modified borehole shear device. *Geotechnical Testing Journal*, vol. 6, pp 24-29.
- Bauer, G.E. & Demartinecourt, J.P. (1985). The application of the modified borehole shear device to a sensitive clay. *Geotechnical Engineering*, vol. 16, pp 167-189.
- Beattie, A.A. & Lam, C.L. (1977). Rock slope failures - their prediction and prevention. *Hong Kong Engineer*, vol. 5, # 7, pp 27-40 (Discussion, vol. 5, # 9, pp 27-29).

- Beggs, C.J. (1983). A review of investigation and sampling methods in the recent sediments in Hong Kong. Proceedings of the Meeting on the Geology of Surficial Deposits in Hong Kong, Hong Kong, pp 11-18. (Published as Geological Society of Hong Kong, Bulletin # 1, edited by W.W.S. Yim, 1984).
- Benson, R.P., Murphy, D.K. & McCreath, D.R. (1970). Modulus testing of rock at the Churchill Falls Underground Powerhouse, Labrador. Proceedings of the Symposium on Determination of the In Situ Modulus of Deformation of Rock. American Society for Testing and Materials Special Technical Publication, # 411, pp 89-116.
- BGS (1974). Field Instrumentation in Geotechnical Engineering (Proceedings of the British Geotechnical Society Symposium, London, 1973). Butterworths, London, 726 p.
- Bieniawski, Z.T. (1975). The point load test in geotechnical practice. Engineering Geology, vol. 9, pp 1-11.
- Bishop, A.W. (1948). A new sampling tool for use in cohesionless sands below groundwater level. Geotechnique, vol. 1, pp 125-131.
- Bishop, A.W. & Green, P.A. (1973). The development and use of trial embankments. Proceedings of the Symposium on Field Instrumentation in Geotechnical Engineering, London, pp 13-37.
- Bishop, A.W. & Henkel, D.J. (1976). The Measurement of Soil Properties in the Triaxial Test. Edward Arnold, London, 227 p.
- Bishop, A.W. & Little, A.L. (1967). The influence of the size and orientation of the sample on the apparent strength of the London Clay at Maldon, Essex. Proceedings of the Geotechnical Conference on the Shear Strength of Natural Soils and Rocks, Oslo, pp 89-96.
- Bjerrum, L. (1973). Problems of soil mechanics and construction on soft clays and structurally unstable soils (collapsible, expansive and others). Proceedings of the Eighth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow, vol. 2.3, pp 111-159. (Reprinted in Norwegian Geotechnical Institute, Publication # 100, 1974, 53 p).
- Bjerrum, L. & Anderson, K.H. (1972). Insitu measurement of lateral pressures in clay. Proceedings of the Fifth European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Madrid, vol. 1, pp 11-20. (Reprinted in Norwegian Geotechnical Institute, Publication # 91, 1972, pp 11-20).
- Bjerrum, L., Kenney, T.C. & Kjaernsli, B. (1965). Measuring instrumentation for strutted excavations. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, vol. 91, # SMI, pp 111-114. (Reprinted in Norwegian Geotechnical Institute, Publication # 64, 1965, pp 1-17).

- Bjerrum, L., Nash, J.K.T.L., Kennard, R.M. & Gibson, R.E. (1972). Hydraulic fracturing in field permeability testing. *Geotechnique*, vol. 22, pp 319-332. (Reprinted in Norwegian Geotechnical Institute, Publication # 94, 1912, pp 1-12).
- Blacker, P. & Seaman, J.W. (1985). A review of current nearshore and offshore site investigation practice in waters around Hong Kong. *Proceedings of the Conference on Geological Aspects of Site Investigation, Hong Kong*, pp 41-58. (Published as Geological Society of Hong Kong, Bulletin # 2, edited by I. McFeat-Smith, 1985).
- Borchers, P.E. (1968). Photogrammetric measurement of structural movement. *Journal of the Surveying and Mapping Division, American Society of Civil Engineers*, vol. 94, # SU1, pp 67-81.
- Brand, E.W. (1994). Bibliography on the Geology and Geotechnical Engineering of Hong Kong to May 1994 (GEO Report # 39). Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 202 p.
- Brand, E.W., Burnett, A.D. & Styles, K.A. (1982). The Geotechnical Area Studies Programme in Hong Kong. *Proceedings of the Seventh Southeast Asian Geotechnical Conference, Hong Kong*, vol. 1, pp 107-123.
- Brand, E.W., Hencher, S.R. & Youdan, D.G. (1983a). Rock slope engineering in Hong Kong. *Proceedings of the Fifth International Rock Mechanics Congress, Melbourne*, vol. 1, pp C17-C24.
- Brand, E.W. & Phillipson, H.B. (1984). Site investigation and geotechnical engineering practice in Hong Kong. *Geotechnical Engineering*, vol. 15, # 2, pp 97-153.
- Brand, E.W., Phillipson, H.B., Borrie, G.W. & Clover, A.W. (1983b). In situ direct shear tests on Hong Kong residual soils. *Proceedings of the International Symposium on Soil and Rock Investigation by In situ Testing, Paris*, vol. 2, pp 13-17. (Discussion, vol. 3, pp 5556).
- Brand, E.W. & Premchitt, J. (1980). Shape factors of cylindrical piezometers. *Geotechnique*, vol. 30, pp 369-384.
- BRE (1981). Concrete in sulphate-bearing clays and groundwaters. Building Research Establishment, UK, Digest # 250, 4 p.
- Brenner, R.P. & Phillipson, H.B. (1979). Sampling of residual soils in Hong Kong. *Proceedings of the International Symposium on Soil Sampling, Singapore*, pp 109-120.
- Brian-Boys, K.C. & Howells, D.J. (1984). Model Specification for Prestressed Ground Anchors. GCO Publication # 3/84, Geotechnical Control Office, Hong Kong, 127 p.

[Amd GG2/01/2017]

- Briaud, J.L. & Gambin, M. (1984). Suggested practice for drilling boreholes for pressuremeter testing. *Geotechnical Testing Journal*, vol. 1, pp 36-40.
- Brimicombe, A.J. (1982). Engineering site evaluation from aerial photographs. *Proceedings of the Seventh Southeast Asian Geotechnical Conference, Hong Kong*, vol. 2, pp 139-148.
- Broch, E. & Franklin, J.A. (1972). The point load strength test. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, vol. 9, pp 661-697
- Brown, E.T. (Editor) (1981). *Rock Characterization Testing and Monitoring: ISRM Suggested Methods*, Pergamon Press, Oxford, 211 p.
- Bryant, J.M. (1982). Engineering geological applications of aerial photograph interpretation in Hong Kong. *Proceedings of the Fourth International Congress of the International Association of Engineering Geology, New Delhi*, vol. 1, pp 155-166.
[Amd GG2/01/2017]
- BSI (1974). *Code of Practice for Foundations for Machinery (CP 2012:1974). Part 1 - Foundations for Reciprocating Machines*. British Standards Institution, London, 36 p.
- BSI (1986). *British Standard Code of Practice for Foundations (BS 8004:1986)*. British Standards Institution, London, 150 p.
- BSI (1990). *Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes - Parts 1 to 9: (BS 1377, Parts 1 to 9:1990)*. British Standards Institution, London, 406 p.
[Amd GG2/01/2017]
- BSI (1991). *Cathodic Protection - Part 1: Code of Practice for Land and Marine Applications - (formerly CP 1021) (BS 7361-1:1991)*. British Standards Institution, London, 122 p.
[Amd GG2/01/2017]
- BSI (2004). *Eurocode 7: Geotechnical Design - Part 1: General Rules (BS EN 1997-1:2004)*. British Standards Institution, London, 174 p.
[Amd GG2/01/2017]
- BSI (2006). *Geotechnical Investigation and Testing - Sampling Methods and Groundwater Measurements - Part 1: Technical Principles for Execution (BS EN ISO 22475-1:2006)*. British Standards Institution, London, 134 p.
[Amd GG2/01/2017]
- BSI (2007). *Eurocode 7 - Geotechnical Design - Part 2: Ground Investigation and Testing (BS EN 1997-2:2007)*. British Standards Institution, London, 202 p. [Amd GG2/01/2017]
- BSI (2008). *Safety Precautions and Procedures for the Construction and Descent of Machine-bored Shafts for Piling and Other Purposes (BS 8008:1996+A1:2008)*. British Standards Institution, London, 20 p.
[Amd GG2/01/2017]

- BSI (2009). Code of Practice for Earthworks (BS 6031:2009). British Standards Institution, London, 128 p. [Amd GG2/01/2017]
- BSI (2010). Code of Practice for Site Investigations (BS 5930:1999+A2:2010). British Standards Institution, London, 206 p. [Amd GG2/01/2017]
- BSI (2011a). Geotechnical Investigation and Testing - Field Testing - Part 2: Dynamic Probing (BS EN ISO 22476-2:2005+A1:2011). British Standards Institution, London, 40 p. [Amd GG2/01/2017]
- BSI (2011b). Geotechnical Investigation and Testing - Field Testing - Part 3: Standard Penetration Test (BS EN ISO 22476-3:2005+A1:2011). British Standards Institution, London, 26 p. [Amd GG2/01/2017]
- BSI (2012a). Geotechnical Investigation and Testing - Geohydraulic Testing - Part 2: Water Permeability Tests in a Borehole using Open Systems (BS EN ISO 22282-2:2012). British Standards Institution, London, 36 p. [Amd GG2/01/2017]
- BSI (2012b). Geotechnical Investigation and Testing - Geohydraulic Testing - Part 3: Water Pressure Tests in Rock (BS EN ISO 22282-3:2012). British Standards Institution, London, 36 p. [Amd GG2/01/2017]
- BSI (2012c). Geotechnical Investigation and Testing - Geohydraulic Testing - Part 4: Pumping Tests (BS EN ISO 22282-4:2012). British Standards Institution, London, 34 p. [Amd GG2/01/2017]
- BSI (2012d). Geotechnical Investigation and Testing - Geohydraulic Testing - Part 5: Infiltrometer Tests (BS EN ISO 22282-5:2012). British Standards Institution, London, 30 p. [Amd GG2/01/2017]
- BSI (2012e). Geotechnical Investigation and Testing - Geohydraulic Testing - Part 6: Water Permeability Tests in a Borehole using Closed Systems (BS EN ISO 22282-6:2012). British Standards Institution, London, 24 p. [Amd GG2/01/2017]
- BSI (2012f). Geotechnical Investigation and Testing - Field Testing, Part 1: Electrical Cone and Piezocone Penetration Test (BS EN ISO 22476-1:2012). British Standards Institution, London, 46 p. [Amd GG2/01/2017]
- Bureau of Reclamation (1987). Embankment Dam Instrumentation Manual. Bureau of Reclamation, US Department of the Interior, Washington DC, 265 p.
- Burland, J.B., Moore, J.F.A. & Smith, P.D.K. (1972). A simple and precise borehole extensometer. *Geotechnique*, vol. 22, pp 174-177.
- Burnett, A.D. & Styles, K.A. (1982). An approach to urban engineering geological mapping as used in Hong Kong. *Proceedings of the Fourth International Congress of the International Association of Engineering Geology*, New Delhi, vol. 1, pp 167-176.

- Carter, J.P. & Booker, J.R. (1984). Determination of the deformation modulus of rock from tunnel and borehole loading tests. Proceedings of the Fourth Australia-New Zealand Conference on Geomechanics, Perth, vol. 1, pp 509-513.
- Chan, M.P. & Lau, S.H. (1986). Drilling in Hong Kong. Contractor (Hong Kong), May 1986, pp 11-14.
- Cheffins, D.W. & Chisholm, N.W.T. (1980). Engineering and industrial photogrammetry. Developments in Close Range Photogrammetry - 1, edited by K.B. Atkinson, pp 149-180. Applied Science Publishers Ltd, London.
- Chiang, Y.C. & Ho, Y.M. (1980). Pressuremeter method for foundation design in Hong Kong. Proceedings of the Sixth Southeast Asian Conference on Soil Engineering, Taipei, vol. 1, pp 31-42.
- Cipullo, A. & Irfan, T.Y. (1984). Discussion on "The determination of the uniaxial compressive strength of rock material - a review of current practice in Hong Kong" by T.I. Gamon & P.L. Szeto. Proceedings of the Conference on Geological Aspects of Site Investigation, Hong Kong, pp 69-71. (Discussion, pp 71-72). (Published as Geological Society of Hong Kong, Bulletin # 2, edited by I. McFeat-Smith, 1985).
- Clayton, C.R.I. (1984). Sample disturbance and BS 5930. Proceedings of the 20th Regional Meeting of the Engineering Group of the Geological Society, Guildford, UK, pp 31-41. (Published as Site Investigation Practice : Assessing BS 5930, edited by A.B. Hawkins, Geological Society, Engineering Geology Special Publication # 2, 1986) (Also published in preprint vol. 2, pp 61-75).
- Clayton, C.R.I., Simons, N.E. & Mathews, M.C. (1982). Site Investigation, A Handbook for Engineers. Granada, London, 424 p.
- Cole, K.W. & Burland, J.B. (1972). Observations of retaining wall movements associated with a large excavation. Proceedings of the Fifth European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Madrid, vol. 1, pp 445-453.
- Coleman, M. (1984). Experience with geotechnical instruments in Hong Kong. Contractor (Hong Kong), January, pp 23-27.
- Craig, D.J. & Gray, I. (1985). Groundwater Lowering by Horizontal Drains. GCO Publication # 2/85, Geotechnical Control Office, Hong Kong, 123 p.
- CS3:2013 (2016). Aggregates for Concrete (Construction Standard CS3:2013) Civil Engineering and Development Department, Hong Kong, 140 p. [Amd GG2/01/2017]
- Culshaw, M.G. & Waltham, A.C. (1987). Natural and artificial cavities as ground engineering hazards. Quarterly Journal of Engineering Geology, vol. 20, pp 139-150.

- Dearman, W.R. & Irfan, T.Y. (1978). Assessment of the degree of weathering in granite using petrographic and physical index tests. UNESCO International Symposium on Deterioration and Protection of Stone Monuments, Varis, paper 23, 35 p.
- Decker, R.S. & Dunnigan, L.P. (1977). Development and use of the Soil Conservation Service Dispersion Test. Dispersive Clays, Related Piping, and Erosion in Geotechnical Projects. American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication # 623, pp 94-109.
- Deere, D.W. & Miller, R.P. (1966). Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock. Report AWFL-TR-65-116, Air Force Weapons Laboratory (WLDC), Kirtland Air Force Base, New Mexico, 273 p.
- Delft Soil Mechanics Laboratory (1977). Site Investigations. Delft Soil Mechanics Laboratory, Delft, the Netherlands, 144 p.
- De Mello, V.F.B. (1971). The standard penetration test. Proceedings of the Fourth Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Juan, Puerto Rico, vol. 1, pp 1-86.
- Department of Transport (1976). Department of Transport Specification for Road and Bridge Works, Clause 2722. Her Majesty's Stationery Office, London, pp 174-175.
- DeRuiter, J. (1982). The static cone penetration test, state of the art report. Proceedings of the Second European Symposium of Penetration Testing, Amsterdam, vol. 2, pp 389-405.
- DiBiagio, E. & Myrsvoll, F. (1982). Field instrumentation for soft clay. Soft Clay Engineering, edited by E.W. Brand & R.P. Brenner, pp 697-736. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Dunnicliff, C.J. (1971). Equipment for field deformation measurements. Proceedings of the Fourth Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Juan, Puerto Rico, vol. 2, pp 319-332.
- Endicott, L.J. (1984). Site investigations for roads and tunnels in weathered rock. Proceedings of the Symposium on Geotechnical Aspects of Mass and Material Transportation, Bangkok, pp 133-151.
- ETWB (2004). Impossibility/Unforeseen Ground Conditions/Utility Interference (Environment, Transport and Works Bureau Technical Circular (Works) # 17/2004). Environment, Transport and Works Bureau, Government Secretariat, Hong Kong.
[Amd GG2/01/2017]
- Evans, N.C. & Irfan, T.Y. (1991). Landslide Studies 1991 : Blast-induced Rock Slide at Shau Kei Wan, November 1991. Special Project Report # SPR 6/91, Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 115 p.
[Amd GG2/01/2017]

- Evans, G.L., McNicholl, D.P. & Leung, K.W. (1982). Testing in hand dug caissons. Proceedings of the Seventh Southeast Asian Geotechnical Conference, Hong Kong, vol. 1, pp 317-332.
- Flanagan, C.P. & Holmgren, G.G.S. (1977). Field methods for determination of soluble salts and percent sodium from extract for identifying dispersive clay soils. Dispersive Clays, Related Piping, and Erosion in Geotechnical Projects. American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication # 623, pp 121-134.
- Foott, R., Koutsoftas, D.C. & Handfelt, L.D. (1987). Test fill at Chek Lap Kok, Hong Kong. Journal of Geotechnical Engineering, American Society of Civil Engineers, vol. 113, pp 106-126.
- Forth, R.A. & Platt-Higgins, P.M. (1981). Methods of investigation of weathered rocks in Hong Kong. Proceedings of the International Symposium on Weak Rock, Tokyo, vol. 2, pp 159-166. (Discussion, vol. 3, p 1387).
- Franklin, J.A. (1985). A direct shear machine for testing rock joints. Geotechnical Testing Journal, vol. 8, pp 25-29.
- Franklin, J.A., Broch, E. & Walton, G. (1971). Logging the mechanical character of rock. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, vol. 80, pp A1-A9.
- Franklin, J.A. & Hoek, E. (1970). Developments in triaxial testing equipment. Rock Mechanics, vol. 2, pp 223-228.
- Froome, K.D. & Bradsell, R.H. (1966). A new method for measurement of distances up to 5 000 ft by means of a modulated light beam. Journal of Scientific Instruments, vol. 43, pp 129-133.
- Frost, R.J. (1973). Some testing experience and characteristic of boulder - gravel fill in earth dams. Evaluation of Relative Density and Its Role in Geotechnical Projects Involving Cohesionless Soils. American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication # 523, pp 207-233.
- Fung, A.K.L., Foott, R., Cheung, R.K.H. & Koutsoftas, D.C. (1984). Practical conclusions from the geotechnical studies on offshore reclamation for the proposed Chek Lap Kok Airport. Hong Kong Engineer, vol. 12, # 6, pp 17-26. (Discussion, vol. 6, # 10, p. 53 and vol. 7, # 2, pp 7-8).
- Fyffe, S., Reid, W.M. & Summers, J.B. (1986). The push-in pressuremeter: 5 years offshore experience. The Pressuremeter and Its Marine Applications. American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication # 950.
- Gamon, T.I. (1984a). A comparison between the core orienter and the borehole impression device. Proceedings of the 20th Regional Meeting of the Engineering Group of the Geological Society, Guildford, UK, pp 247-251. (Published as Site Investigation Practice : Assessing BS 5930, edited by A.B. Hawkins, Geological Society, Engineering

Geology Special Publication # 2, 1986) (Also published in preprint vol. 1, pp 228231).
(Discussion, p 72).

Gamon, T.I. (1984b). The use of the point load test for the determination of strength of weathered rocks in Hong Kong. Geological Society of Hong Kong Newsletter, vol. 2, # 4, pp 9-16.

Gamon, T.I. & Szeto, P.L. (1984). The determination of the uniaxial compressive strength of rock material - a review of current practice in Hong Kong. Proceedings of the Conference on Geological Aspects of Site Investigation, Hong Kong, pp 9-19. (Published as Geological Society of Hong Kong, Bulletin # 2, edited by I. McFeat-Smith, 1985).

GCO (1984). Geotechnical Manual for Slopes. (Second edition) Geotechnical Control Office, Hong Kong, 295 p.

GCO (1986). Hong Kong and Kowloon, Solid and Superficial Geology (1:20 000 map). Hong Kong Geological Survey Map Series HGM20, Sheet 11. Geotechnical Control Office, Hong Kong, 1 map.

GCO (1987). Geotechnical Area Studies Programme : Hong Kong and Kowloon. GASP Report # 1, Geotechnical Control Office, Hong Kong, 172 p.

GCO (1988). Guide to Rock and Soil Descriptions (Geoguide 3). Geotechnical Control Office, Hong Kong, 189 p.

GEO (1992). Guide to Cavern Engineering, Geoguide 4. Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 156 p. [Amd GG2/01/2017]

GEO (1993). Guide to Retaining Wall Design (Geoguide 1). (Second edition). Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 267 p.

GEO (2007). Engineering Geological Practice in Hong Kong. Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 278 p. [Amd GG2/01/2017]

GEO (2016). Catalogue of Hong Kong Tunnels (up to February 2016). Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
(<http://www.cedd.gov.hk/eng/publications/reference/doc/HK%20Tunnel%20Cat.pdf>)
[Amd GG2/01/2017]

GEO (2017a). Model Specification for Soil Testing (Geospec 3). Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 340 p. [Amd GG2/01/2017]

GEO (2017b). Guide to Reinforced Fill Structure and Slope Design (Geoguide 6). Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 236 p. [Amd GG2/01/2017]

- Geological Society (1970). The logging of rock cores for engineering purposes. Geological Society Engineering Group Working Party Report , Quarterly Journal Engineering Geology, vol. 15, pp 265-316.
- Geological Society (1972). The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Geological Society Engineering Group Working Party Report , Quarterly Journal of Engineering Geology , vol. 5, pp 295-381.
- Geological Society (1982). Land surface evaluation for engineering purposes. Geological Society Engineering Group Working Party Report, Quarterly Journal of Engineering Geology, vol. 15, pp 265-316.
- Gibson, R.E. (1963). An analysis of system flexibility and its effect on timelag in pore-water pressure measurements. Geotechnique, vol. 13, pp 1-11.
- Goodman, R.E., Van, T.K. & Heuze, F.E. (1970). Measurement of rock deformability in boreholes. Proceedings of the Tenth United States Symposium on Rock Mechanics, Austin, Texas, pp 523-555.
- Government of Hong Kong (1985). Buildings Ordinance (and Building Regulations) Laws of Hong Kong, Chapter 123, revised edition 1985. Hong Kong Government Printer, 387 p. (內容得隨時修改)
- Griffiths, D.H. & King, R.F. (1983). Applied Geophysics for Geologists and Engineers : The Element of Geophysical Prospecting. Pergamon Press, 230 p.
- Griffiths, J.S. & Marsh, A.H. (1984). BS 5930 : The role of geomorphological and geological techniques in a preliminary site investigation. Proceedings of the 20th Regional Meeting of the Engineering Group of the Geological Society, Guildford, UK, pp 261-267. (Published as Site Investigation Practice: Assessing BS 5930, edited by A.B. Hawkins, Geological Society, Engineering Geology Special Publication # 2, 1986). (Also published in preprint vol. 1, pp 249-259).
- Gyenge, M. & Heuvel, G. (1977). Pit Slope Manual, Supplement 3-2 - Laboratory Tests for Design Parameters. CANMET (Canada Centre for Mineral and Energy Technology), CANMET Report 77-26, 74 p.
- Haas, C.J. (1983). Proposed new standard test method for dimensional and shape tolerances of rock core specimens. Geotechnical Testing Journal, vol. 6, pp 226-229.
- HCL (2001). Detailed Study of Selected Landslides on Slope # 11NE-D/C45, Hiu Ming Street, Kwun Tong. Landslide Study Report # LSR 7/2001, Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 96 p. [Amd GG2/01/2017]
- Handfelt, L.D., Koutsos, D.C. & Foote, R. (1987). Instrumentation for test fill in Hong Kong. Journal of Geotechnical Engineering, American Society of Civil Engineers, vol. 113, pp 147-160.

- Handy, R.L. & Fox, N.S. (1967). A soil borehole direct-shear test device. Highway Research News, USA, # 27, pp 42-52.
- Hanna, TH. (1985). Field Instrumentation in Geotechnical Engineering. Trans Tech Publications, Clausthal, Germany, 843 p.
- Hansen, A. (1982). Landslide hazard analysis. Slope Instability, edited by D. Brunsten & D.B. Prior, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, pp 523-602.
- Hawkes, I. & Mellor, M. (1970). Uniaxial testing in rock mechanics laboratories. Engineering Geology, vol. 4, pp 177-285.
- Head, K.H. (1986). Manual of Soil Laboratory Testing, Volume 3, Effective Stress Tests. Halsted Press, New York, pp 743-1238.
- Hencher, SR. (1981). Report on Slope Failure at Yip Kan Street (11SW-D/C86) Aberdeen on 12th July 1981. Geotechnical Control Office Report # GCO 16/81, Geotechnical Control Office, Hong Kong, 26 p. [Amd GG2/01/2017]
- Hencher, S.R. & Martin, R.P. (1982). The description and classification of weathered rocks in Hong Kong for engineering purposes. Proceedings of the Seventh Southeast Asian Geotechnical Conference, Hong Kong, vol. 1, pp 125-142. (Discussion, vol. 2, pp 167168).
- Hencher, S.R. & Martin, R.P. (1984). The failure of a cut slope on the Tuen Mun Road in Hong Kong. Proceedings of the International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, St Louis, Missouri, vol. 2, pp 683-688.
- Hencher, S.R., Massey, J.B. & Brand, E.W. (1984). Application of back analysis to some Hong Kong landslides. Proceedings of the Fourth International Symposium on Landslides, Toronto, vol. 1, pp 631-638.
- Hencher, S.R. & Richards, L.R. (1982). The basic frictional resistance of sheeting joints in Hong Kong granite. Hong Kong Engineer, vol. 11, # 2, pp 21-25.
- Heuze, F.E. (1984). Suggested method for estimating the insitu modulus of deformation of rock using the NX borehole jack. Geotechnical Testing Journal, vol. 7, pp 205-210.
- Hilf, J.W. (1975). Compacted fill. Foundation Engineering Handbook, edited by H.F. Winterkorn & H.Y. Fang, Van Nostrand Reinhold Company, New York, pp 244-311.
- HKIE (1981). Guidance Notes on Hand-dug Caissons. Hong Kong Institution of Engineers, 15 p.
- HKSARG (2013). Construction Standard, Aggregates for Concrete (CS3:2013). The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, Hong Kong, 140 p. [Amd GG2/01/2017]

- Ho, H.Y., King, J.P. & Wallace, M.I. (2006). A Basic Guide to Air Photo Interpretation in Hong Kong. Applied Geoscience Centre, Department of Earth Sciences, University of Hong Kong, 115 p. [Amd GG2/01/2017]
- Hoek, E. & Bmy, W.J. (1981). Rock Slope Engineering. (Third edition). Institution of Mining and Metallurgy, London, 358 p.
- Hoek, E. & Franklin, J.A. (1968). A simple triaxial cell for field and laboratory testing of rock. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Sedon A, \o\ H, pp 22-26.
- Holtz, W.G. (1948). The determination of limits for the control of placement moisture in high rolled earth dams. Proceedings of the American Society for the Testing of Materials, Philadelphia, pp 1240-1248.
- Horner, P.C. & Sherrell, F.W. (1977). The application of air-flush rotary-percussion techniques in site investigation. Quarterly Journal of Engineering Geology, wo\ 10, pp 207-221.
- Houlsby, A.C. (1976). Routine interpretation of the Lugeon water test. Quarterly Journal of Engineering Geology, vol. 9, pp 303-313.
- Hucka, V. (1965). A rapid method of determining the strength of rocks insitu. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, \o\ 2, pp 121-134.
- Hudson, J.A. & Ryley, M.D. (1978). Measuring horizontal ground movements. Tunnels and Tunnelling, vol. 10, # 2, pp 55-58.
- Hvorslev, M.J. (1948). Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes. US Army Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, 521 p.
- Hvorslev, M.J. (1951). Time lag and permeability in groundwater observations. US Army Waterways Experiment Station, Bulletin # 36, 50 p.
- IAEG (1981). Report of the commission on site investigations. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, # 24, pp 185-226.
- ICE (1976). Manual of Applied Geology for Engineers. Institution of Civil Engineers, London, 375 p.
- ICE (1978). Piling : Model Procedures and Specifications. Institution of Civil Engineers, London, 161 p.
- Idel, K.H., Muhs, H. & Von Soos, P. (1969). Proposal for "quality classes" in soil sampling and the importance of boring methods and sampling equipment. Proceedings of the Specialty Session on Site Investigation, Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mexico City, pp 56-61.

- IMMM (2003). Ground Investigation Working Party - Final Report. Institute of Materials, Minerals and Mining, Hong Kong Branch, 46 p. [Amd GG2/01/2017]
- Ireland, H.O., Moretto, C. & Vargas, M. (1970). The dynamic penetration test : a standard that is not standardized. *Geotechnique*, vol. 20, pp 185-192. (Discussion, pp 452-456).
- Irfan, T.Y. & Powell, G.E. (1985). Engineering geological investigations for pile foundations on a deeply weathered granitic rock in Hong Kong. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, # 32, pp 67- 80.
- ISRM (1978). Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, vol. 15, pp 319-368.
- ISRM (1985). Suggested method for determining point load strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, vol. 22, # 2, pp 51-60.
- ISSMFE (1977). Report of the subcommittee on standardization of penetration testing in Europe, Appendix 5. *Proceedings of the Ninth International Conference on soil Mechanics and Foundation Engineering*, Tokyo, vol. 3, pp 95-117.
- ITA (2009). General Report on Conventional Tunnelling Method. International Tunnelling and Underground Space Association. (<http://www.ita-aites.org/cms/ita-aites-home/latest-news-detail/datum/2009/05/13/ita-report-online-copie-1.html>) [Amd GG2/01/2017]
- Johnson, E.E. (1982). *Groundwater and Wells*. Johnson Division, Universal Oil Products Company, St Paul, Minnesota, 440 p.
- Kenney, T.C. (1967). Field measurements or insitu stresses in quick clays. *Proceedings of the Geotechnical Conference on the Shear Strength of Natural Soils and Rocks*, Oslo, vol. 1, pp 49-55. (Reprinted in Norwegian Geotechnical Institute, Publication # 76, 1968, pp 19-25).
- King, R.A. (1977). A review of soil corrosiveness with particular reference to reinforced earth. Transport and Road Research Laboratory, Supplementary Report # 316, Crowthorne, Berkshire, 27 p.
- Kjellman, W., Kallstenius, T. & Wager, O. (1950). Soil sampler with metal foils : device for taking undisturbed samples of very great length. *Proceedings of the Royal Swedish Geotechnical Institute*, #\, pp 1-15.
- Koirala, N.P., Hee, A. & Burnett, A.D. (1986). Geotechnical input to land use planning in Hong Kong. *Proceedings of the Conference on Planning and Engineering Geology (22nd Regional Conference of the Engineering Group of the Geological Society)*, Plymouth, UK, preprint vol., pp 729-739.

- Koutsoftas, D.C., Foott, R. & Handfelt, L.D. (1987). Geotechnical investigations offshore Hong Kong. *Journal of Geotechnical Engineering*, American Society of Civil Engineers, vol. 113, pp 87-105.
- Kruseman, G.P. & DeRidder, N.A. (1980). Analysis and evaluation of pumping test data. International Institution for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, Bulletin # 11, 200 p.
- Lambe, T.W. (1951). *Soil Testing for Engineers*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 165 p.
- Leach, B. & Herbert, R. (1982). The genesis of a numerical model for the study of the hydrogeology of a steep hillside in Hong Kong. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, vol. 15, pp 243-259.
- Leroueil, S. & Tavenas, F. (1981). Pitfalls of back analyses. *Proceedings of the Tenth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Stockholm, vol. 1, pp 185-190.
- Lueder, D.R. (1959). *Aerial Photographic Interpretation Principles and Applications*, McGraw-Hill, New York, 462 p.
- Lugeon, M. (1933). *Barrages et Geologie*. Dunod, Paris.
- Lumb, P. (1983). Engineering properties of fresh and decomposed igneous rocks from Hong Kong. *Engineering Geology*, vol. 19, pp 81-94.
- Marsland, A. (1971). Large insitu tests to measure the properties of stiff fissured clays. *Proceedings of the First Australia - New Zealand Conference on Geomechanics*, Melbourne, vol. 1, pp 180-189.
- Marsland, A. (1972). Clays subjected to insitu plate tests. *Ground Engineering*, vol. 5, # 6, pp 24-31.
- Marsland, A. (1973). Instrumentation of flood defense banks along the River Thames. *Proceedings of the Symposium on Field Instrumentation in Geotechnical Engineering*, London, pp 287-303.
- Marsland, A. & Eason, B.J. (1973). Measurement of displacements in the ground below loaded plates in deep boreholes. *Proceedings of the Symposium on Field Instrumentation in Geotechnical Engineering*, London, pp 304-317.
- Mayes, M. (1985). Which EDM? *Land and Mineral Surveying*, vol. 3, # 11, pp 594-595.
- McCann, D.M., Jackson, P.D. & Culshaw, M.G. (1987). The use of geophysical surveying methods in the detection of natural cavities and mineshafts. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, vol. 20, pp 59-73.

- McFeat-Smith, I. (1987). Drilling long horizontal boreholes for site investigation purposes. Contractor (Hong Kong), June 1987, pp 7-12.
- McFeat-Smith, I., Nieuwenhuijs, G.K. & Lai, W.C. (1986). Application of seismic surveying, orientated drilling and rock classification for site investigation of rock tunnels. Proceedings of the Conference on Rock Engineering and Excavation in an Urban Environment, Hong Kong, pp 249-261.
- McKinlay, D.G. & Anderson, W.F. (1975). Determination of the modulus of deformation of a till using a pressuremeter. Ground Engineering, vol. 8, # 6, pp 51-54.
- McNicholl, D.P. & Cho, G.W.F. (1985). Surveillance of pore water conditions in large urban slopes. Proceedings of the 21st Annual Conference of the Engineering Group of the Geological Society, Sheffield, pp 403-415. (Published as Groundwater in Engineering Geology, edited by J.C. Cripps et al, Geological Society, Engineering Geology Special Publication # 3, 1986) (Also published in preprint volume, pp 445-467).
- Meigh, A.C. (1977). Techniques of exploration, sampling and testing, including field tests, in structurally complex formations. (General Report). Proceedings of the International Symposium on the Geotechnics of Structurally Complex Formations, Capri, Italy, vol. 2, pp 238-254.
- Meigh, A.C. & Skipp, B.O. (1960). Gamma-ray and neutron methods of measuring soil density and moisture. Geotechnique, vol. 10, pp 110-126.
- Meigh, A.C., Skipp, B.O. & Hobbs, N.B. (1973). Field and laboratory creep tests on weak rocks. Proceedings of the Eighth International conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow, vol. 1.2, pp 265-271.
- Menard, L. (1965). Regles pour le calcul de la force portante et du tassement des foundations en fonction des resultats pressiometriques. (Rules for the calculation of bearing capacity and foundation settlement based on pressuremeter tests). Proceedings of the Sixth International Conference on Soil Mechanics and Foundations Engineering, Montreal, vol. 2, pp 295-299.
- Moore, J.F.A. (1974). A long-term plate test on Bunter Sandstone. Proceedings of the Third Congress of the International Society for Rock Mechanics, Denver, vol. 2B, pp 724-732.
- Morgan, T.A. & Panek, L.A. (1963). A Method for Determining Stresses in Rock. Report of Investigations # 6312, Bureau of Mines, U.S. Department of the Interior.
- Naylor, J.A., Rowland, C.D., Young, C.P. & Barber, C. (1978). The investigation of landfill sites. Water Research Centre, UK, Technical Report TR91, 68 p.
- Nixon, I.K. (1982). Standard penetration test : state-of-the-art report. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, vol. 1, pp 3-24.

- Norbury, D.R. (1984). The point load test. Proceedings of the 20th Regional Meeting of the Engineering Group of the Geological Society, Guildford, UK, pp 325-329. (Published as Site Investigation Practice: Assessing BS 5930, edited by A.B. Hawkins, Geological Society. Engineering Geology Special Publication # 2, 1986). (Also published in preprint vol. 1, pp 344-352).
- Palmer, D.J. (1957). Writing Reports. Soil Mechanics Ltd, London, 24 p.
- Pang, P.L.R. (1986). A new boundary stress transducer for small soil models in the centrifuge. Geotechnical Testing Journal, vol. 9, pp 12-19.
- Parry, R.G.H. (1971). A simple driven piezometer. Geotechnique, vol. 21, pp 163-167.
- Penman, A.D.M. (1960). A study of the response times of various types of piezometers. Proceedings of the Conference on Pore Pressures and Suction in Soils, London, pp 535-538.
- Penman, A.D.M. (1969). Instrumentation for earth and rockfill dams. BNCOLD News and Views, May 1969, pp 7-10. (Reprinted in Building Research Establishment, UK, Current Paper # 35/69, 6 p).
- Penman, A.D.M. (1978). Pore pressure and movement in embankment dams. Water Power and Dam Construction, vol. 30, # 4.
- Penman, A.D.M. (1986). Field measurement of pore pressures. Proceedings of the Fourth International Geotechnical Seminar on Field Instrumentation and In-Situ Measurements, Singapore, pp 163-173.
- Penman, A.D.M. & Mitchell, P.B. (1970). Initial behaviour of Scammonden Dam. Proceedings of the Tenth Conference of the International Commission on Large Dams, Montreal, pp 723-747. (Reprinted in Building Research Establishment, UK, Current Paper # 20/70, 19 p).
- Phillipson, H.B. & Brand, E.W. (1985). Sampling and testing of residual soils in Hong Kong. Sampling and Testing of Residual Soils : A Review of International Practice, edited by E.W. Brand & H.B. Phillipson, Scorpion Press, Hong Kong, pp 75-82.
- Phillipson, H.B. & Chipp, P.N. (1981). High quality core sampling - recent developments in Hong Kong. Hong Kong Engineer, vol. 9, # 4, pp 9-15.
- Phillipson, H.B. & Chipp, P.N. (1982). Air foam sampling of residual soils in Hong Kong. Proceedings of the Specialty Conference on Engineering and Construction in Tropical and Residual Soils, Honolulu, pp 339-356.
- Poole, R.W. & Farmer, I.W. (1980). Consistency and repeatability of Schmidt hammer rebound data during field testing. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, vol. 17, pp 167-171.

- Pope, R.G., Weeks, R.C. & Chipp, P.N. (1982). Automatic recording of standpipe piezometers. Proceedings of the Seventh Southeast Asian Geotechnical Conference, Hong Kong, vol. 1, pp 77-89.
- Richards, B.G. (1971). Psychometric techniques for field measurements of negative pore pressure in soils. Proceedings of the First Australia - New Zealand Conference on Geomechanics, Melbourne, vol. 1, pp 387-394.
- Richards, L.R. & Cowland, J.W. (1982). The effect of surface roughness on the field shear strength of sheeting joints in Hong Kong granite. HongKongEngineer, vol.10,#10, pp 39-43.
- Ridley Thomas, W.N. (1982). The application of engineering geophysical techniques to site investigations in Hong Kong. Proceedings of the Seventh Southeast Asian Geotechnical Conference, Hong Kong, vol. 1, pp 205-226.
- Rigden, W.J., Thorburn, S., Marsland, A. & Quartermain, A. (1982). A dual load range cone penetrometer. Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, pp 787-796.
- Road Research Laboratory (1952). Soil Mechanics for Road Engineers. Her Majesty's Stationery Office, London, 565 p.
- Rocha, M., Silveira, A. da., Grossmann, N. & Oliveira, E. de. (1966). Determination of the deformability of rock masses along boreholes. Proceedings of the First Congress of the International Society for Rock Mechanics, Lisbon, vol. 1, pp 697-704.
- Ross-Brown, D.M. & Walton, G. (1975). A portable shear box for testing rock joints. Rock Mechanics, vol. 7, pp 129-153.
- Rowe, P.W. (1972). The relevance of soil fabric to site investigation practice. Geotechnique, vol. 27, pp 195-300.
- Rowe, P.W. & Barden, L. (1966). A new consolidation cell. Geotechnique, vol. 16, pp 162-170.
- Sanglerat, G. (1972). The Penetrometer and Soil Exploration. Elsevier Publishing Co, Amsterdam, 464 p.
- Schmid, W.E. (1966). Field determination of permeability by the infiltration test. Permeability and Capillarity of Soils, American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication # 417, pp 142-159.
- Serota, S. & Jennings, R.A. (1958). Undisturbed sampling techniques for sands and very soft clays. Proceedings of the Fourth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London, vol. 1, pp 245-248.

- Sewell, R.J., Campbell, S.D.G., Fletcher, C.J.N., Lai, K.W. & Kirk, P.A. (2000). The Pre-Quaternary Geology of Hong Kong. Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 181 p. [Amd GG2/01/2017]
- Sherwood, D.E. & Child, G.H. (1974). A static dynamic sounding technique. Proceedings of the European Symposium on Penetration Testing, Stockholm, vol. 2.2, pp 361-366.
- Sherard, J.L., Dunnigan, L.P., Decker, R.S. & Steele, E.F. (1976). Pinhole test for identifying dispersive soils. Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers, vol. 102, pp 69-85.
- Siu, K.L. & Wong, K.M. (1984). Concealed marble features at Yuen Long. Proceedings of the Conference on Geological Aspects of Site Investigation, Hong Kong, pp 15-88. (Published as Geological Society of Hong Kong, Bulletin # 2, edited by I. McFeat-Smith, 1985).
- Skempton, A.W. (1986). Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation. Geotechnique, vol. 36, pp 425-447.
- Smyth, D.V. & McSweeney, T.V. (1985). Power swivel improves offshore drilling quality. Contractor (Hong Kong), June 1985, pp 13-15.
- Snow, D.T. (1968). Rock fracture spacings, openings, and porosities. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, vol. 94, # SMI, pp 73-91.
- Standards Association of Australia (1980). Determination of the Emerson Class Number of a soil. Australian Standard Methods of Testing Soils for Engineering Purposes, # AS 1289, C8.1-1980. Standards Association of Australia, Sydney, 3 p.
- Starr, D.C. & Finn, P.S. (1979). Practical aspects of rock slope stability assessment in Hong Kong. Hong Kong Engineer, vol. 7, # 10, pp 49-56.
- Stephenson, R.J. (1973). Relative density tests on rockfill at Carters Dam. Evaluation of Relative Density and Its Role in Geotechnical Projects Involving cohesionless Soils. American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication # 523, pp 234-247.
- Strange, P.J. (1986). Urban geological mapping - techniques used in Kowloon and Hong Kong. Proceedings of the Symposium on the Role of Geology in Urban Development in Southeast Asia, (Landplan III), Hong Kong, pp 181-189. (Published as Geological Society of Hong Kong, Bulletin # 3, edited by P.G.D. Whiteside, 1987). (Abstract in Geological Society of Hong Kong Abstracts, # 4, 1986, pp 14)
- Strange, P.J. & Shaw, R. (1986). Geology of Hong Kong Island and Kowloon, 1:20 000 Sheets 11 and 15. Hong Kong Geological Survey Memoir # 2, Geotechnical Control Office, Hong Kong, 136 p.

- Sweeney, D.J. (1982). Some insitu soil suction measurements in Hong Kong's residual soil slopes. Proceedings of the Seventh Southeast Asian Geotechnical Conference, Hong Kong, vol. 1, pp 91-106. (Discussion, vol. 2, pp 93-96).
- Sweeney, D.J. & Ho, C.S. (1982). Deep foundation design using plate load tests. Proceedings of the Seventh Southeast Asian Geotechnical Conference, Hong Kong, vol. 1, pp 439-452.
- UNESCO (1976). Engineering Geological Maps, A Guide to Their Preparation. The UNESCO Press, Paris, 79 p.
- USACE (1997). Engineer Manual 1110-2-2901 Engineering and Design - Tunnels and Shafts in Rock. US Army Corps of Engineers. (<http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/em1110-2-2901/toc.htm>) [Amd GG2/01/2017]
- USBR (1974). Earth Manual. (Second edition) United States Bureau of Reclamation, US Government Printer, Washington D.C., 810 p.
- Van Zuidam, R.A. & Van Zuidam-Cancelado, F.I. (1979). Terrain analysis and classification using aerial photographs : A geomorphological approach. ITC Textbook of PhotoInterpretation Volume VII - Use of Aerial Detection in Geomorphology and Geographical Landscape Analysis, International Institute of Aerial Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, The Netherlands, 333 p.
- Vaughan, P.R. (1974). The measurement of pore pressure with piezometers. Proceedings of the Symposium on Field Instrumentation in Geotechnical Engineering, London, pp 411-422.
- Verstappen, H.T. & Van Zuidam, R.A. (1968). ITC Textbook of Photo-interpretation. ITC, Delft. The Netherlands. 7 vols.
- Wallace, G.B. Slebir, E.J. & Anderson, F.J. (1970). Insitu methods for determining deformation modulus used by the Bureau of Reclamation. Determination of the In Situ Modulus of Deformation of Rock, American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication # 477, pp 3-26.
- Walton, W.C. (1962). Selected analytical methods for well and aquifer evaluation. Illinois State Water Survey, Urbana, Illinois, Bulletin # 49, 81 p.
- Ward, W.H., Burland, J.B. & Gallois, R.W. (1968). Geotechnical assessment of a site at Munford, Norfolk, for a large proton accelerator. Geoteciniue, vol. 18, pp 399-431.
- Way, D.S. (1978). Terrain Analysis - A Guide to Site Selection Using Aerial Photographic Interpretation. (Second edition) McGraw Hill, New York, 438 p.

- Weltman, A.J. & Head, J.M. (1983). Site investigation manual. Construction Industry Research & Information Association Special Publication # 25 / PSA Civil Engineering Technical Guide # 35, 144 p.
- Whiteside, P.G.D. (1986). Horizontal plate loading tests in completely decomposed granite. Hong Kong Engineer, vol. 14, # 10, pp 7-14. (Discussion, vol. 14, # 10, p. 14 and vol. 15, # 2, pp 37-39, 48).
- Whyte, I.L. (1984). The quality of U100 sampling. Proceedings of the 20th Regional Meeting of the Engineering Group of the Geological Society, Guildford, UK, pp 419-423. (Published as Site Investigation Practice : Assessing BS 5930, edited by A.B. Hawkins, Geological Society, Engineering Geology Special Publication # 2, 1986). (Also published in preprint vol. 1, pp 485-494).
- Wilson, N.E. (1963). Laboratory vane shear tests and the influence of pore water stresses. Laboratory Shear Testing of Soils. American Society of Testing and Materials, Special Technical Publication # 361, pp 311-385.
- Windle, D. & Wroth, C.P. (1977). The use of a self-boring pressuremeter to determine the undrained properties of clays. Ground Engineering, vol. 10, # 6, pp 37-46.
- Winter, E. (1982). Suggested practice for pressuremeter testing in soils. Geotechnical Testing Journal, vol. 5, # 3/4, pp 85-88.

表

表目錄

表編號		頁碼
1.	地政署提供的選定地圖、圖則及空照圖	217
2.	地政總署提供的可用空照圖（兩張）	218
3.	香港邊坡及擋土牆現地調查指南	220
4.	香港邊坡擋土牆現地調查內容	221
5.	香港常用的鑽心筒、套管和鑽桿尺寸	222
6.	土壤擾動的主要原因	223
7.	不同實驗測試所需的土壤質量	223
8.	香港建材不同抽樣程序的預期樣本品質	224
9.	土壤樣本品質分類	225
10.	滲壓計種類評估	226
11.	用於地面調查的田野地球物理技術	228
12.	土壤和地下水測試(4 頁)	229
13.	岩石工程考慮和 SI 技術概述（根據 IMMM 2003）	233

表 1 - 地政署提供選定地圖、圖則及空照圖

地圖/計劃	範圍	頁數	尺寸(mm)	系列 編號	每本價格 (1987 HK\$)
大規模計劃 1:1000 1:1200	全部 NT 和 島嶼	1967 580	750 x 850 762 x 1016	HP1C -	10.00 10.00
中規模計劃 1:2 500 1:5 000 1:7500 街道圖 1:10000 街道圖 1:15000	城市 城市和 NT 城市和 NT 城鎮 城市、Shatin、 Tsuen Wan 和 Tsing Yi 九龍 香港	73 122 22 9 1 1	750 x 850 750 x 850 650 x 800 750 x 850 755 x 1115 765 x 1090	HP2.5C HP5C SM7D SM10D SM15D	10.00 10.00 10.00 10.00 10.00
地形圖 1:20000 1:50000 1:100000 1:200000	全部 全部 全部 全部	16 2 1 1	780 x 850 1020 x 755 625 x 785 235 x 343	HM20C HM50CL HM50CP HM100C L HM200C L	15.00 12.50 10.00 10.00 2.50
地質圖 1:50000 (1971) 1:20000 (1986)#	全部 地圖 7 和 11	2 2	1020 x 755 780 x 850	- HGM20	8.00 20.00
空照圖 經批准的兩個計 劃	全部* -	- -	250 x 250 -	- -	20.00 10.00 / 20.00
紀錄： # 有關新地質調查的完整計劃，請參見圖 3。 *詳細資訊可參考表 2					

表 2 - 地政署提供選定地圖、圖則及空照圖 (表 1/2，低海拔照片)

[Amd GG2/01/2017]

年份	比例	約略範圍 (%)			備註
		HKI	K	NT	
1924	約 1:14000	60	10	30	中到低精確度、單畫格、事件化立體重疊
1945	1:12000	95	60	95	中度到良好精確度除屯門到西貢東西側幾乎所有的地區
1949	1:4800 1:11600	100	95	30	良好的精確度新界西北部範圍大部份的低地區
1956 1959	1:10000 1:13300	10	50	5	良好的精確度；部份立體重疊
1961-1962	1:10000	100	100	10	良好的精確度；小範圍整治
1963	NT = 1:7 800 HKI + K = 1:5 400	100	100	95	特別良好的精確度；完全立體重疊除米埔至沙頭角外的所有地區
1964	1:3600	5	5	10	幹道覆蓋範圍
1967	1:7800 - 1:12500	90	90	20	僅限主要市區的覆蓋範圍
1968-1970	1:5000 - 1:10000	40	100	20	市區
1972	1:6000 - 1:13000	40	80	20	幹道範圍
1973	1:3000 1:10000 - 1:12000	70 70	100 100	5 90	僅限於市區大部份的 HKSAR
1974	1:5 000	10	70	30	新界西北及西部範圍
1975	1:4600 - 1:10000	5	40	30	新界西北及西部範圍
1976	1:2000 - 1:8000	100	100	40	市區和新市鎮
1977	1:2800 - 1:8000	100	100	50	詳細報導新界西北及北區及新市鎮
1978-1987	1:4000 - 1:8000	100	100	60	市區的年度覆蓋範圍，包括新市鎮和低地區。
1988 到 現在	1:2000 - 1:12000	100	100	45-90	新界的年度覆蓋範圍每年不等

註：自 1993 年以來，也經常拍攝彩色空照圖。

表 2 - 地政署提供選定地圖、圖則及空照圖 (表 2/2，高海拔照片)

[Amd GG2/01/2017]

年份	比例	約略範圍 (%)			備註
		HK I	K	NT	
1954	1:60000	2	80	90	良好的精確度
					非常良好的精確度嵌合空照圖
1964	1:25000	100	100	100	可取用照片東西航線相距 4 至 5 公里
1973	1:25000	100	100	90	良好的精確度東西航線相距 3 至 5 公里
1974-1976	1:25000	100	100	100	良好的精確度年度範圍東西航線相距 1 至 4 公里
1977	1:25000	20		20	僅傾斜線的市區大嶼山、新界西部及沙田等範圍
1978	1:25000	100	100	100	完整範圍
1979	1:20000	100	100	100	完整範圍
1980	1:20000	100	80	20	僅限香港特別行政區南半部
1981	1:20000	100	100	100	完整範圍
	1:50000	80	80	10	僅限市區和大嶼山
1982	1:20000	100	100	100	完整範圍
1983	1:20000	100	100	100	完整範圍
	1:40000	100	100	95	幾乎是完整的範圍
1984	1:20000	30	40	15	市區、清水灣及西貢半島範圍
1985	1:30000	100	100	100	完整範圍
1986	1:20000	100	100	100	完整範圍
1987	1:40000	100	100	100	完整範圍
1988 - 1997*	1:20 000 - 1:40 000	100	100	100	完整範圍
1988 到現在	1:16000 - 1:40000	100	100	100	完整範圍

註：自 1993 年以來，也經常拍攝彩色空照圖。

* 1996 年：只有 1:20000 可用

表 3：香港邊坡及擋土牆現地調查指南

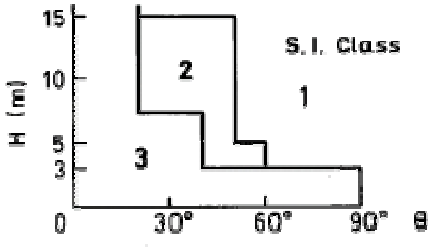
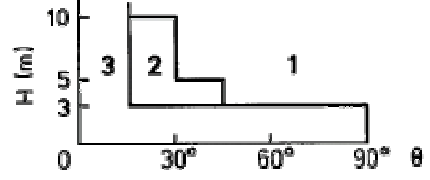
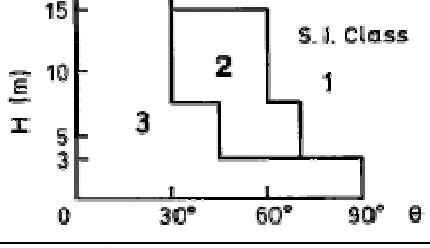
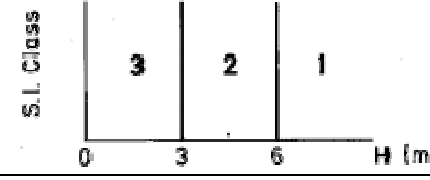
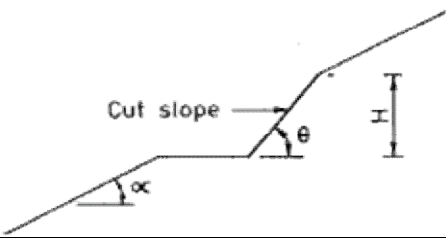
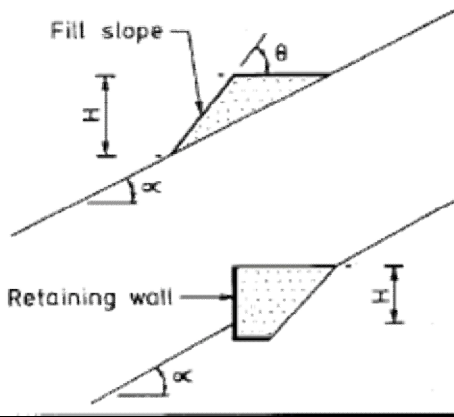
不同地質特徵的 SI 級界限	
切割邊坡	其他地質特徵
Soil 	Fill Slope 
Rock 	Retaining Wall 
Legend : H Height of feature θ Angle of feature α Angle of natural hillside (Table 4)  	
註： (1) 本表僅提供一般指南內容，應結合表 4 閱讀相關內容，每種情況都需根據其自身優點進行評估，以確定 SI 的適當範圍，根據具體的施工地點條件，可能需採用建議強度更高或更低的 SI 值。 (2) 無論上述 SI 的邊界等級為何，不同風險類別中最不嚴格的 SI 值應歸類為高風險的第 1 類，低風險為第 2 類，可忽略的風險為第 3 類。風險類別即參考「岩土工程手」（GCO 1984）中的風險類別，應根據現地情況和發展潛力進行評估。	

表 4：香港邊坡擋土牆現地調查內容

SI 類別	現場附近的土壤邊坡角度 α		
	0 到 20 度	20 到 40 度	大於 40 度
1	A C1 D E1 G1 B2 C2 E2 F2 G2 E3 G3 對工地及其週圍環境進行詳細的地形和地質調查。使用調查得知的強度和地下水參數值對工地內的地質特徵進行穩定性分析。	A B1 C1 D E1 F1 G1 B2 C2 E2 F2 G2 E3 G3 0 到 20 度調查影響現場的巨石和水文特徵。在工地範圍外進行加強調查，對工地上方和下方的地質特徵進行穩定性分析。	A B1 C1 D E1 F1 G1 B2 C2 E2 F2 G2 E3 G3 20 到 40 度在工地範圍外進行加強調查，對工地上方和下方的地質特徵進行穩定性分析。
2	A C1 D G1 B2 C2 E2 F2 G2 E3 G3 對工地及其週圍環境進行詳細的地形和地質調查。對工地內部的地質特徵進行穩定性分析關於對邊坡陡度大於 1 到 3 者，應重新進行強度測試。	A B1 C1 D F1 G1 B2 C2 E2 F2 G2 E3 G3 0 到 20 度調查影響現場的巨石和水文特徵。	A B1 C1 D E1 F1 G1 B2 C2 E2 F2 G2 E3 G3 20 到 40 度在工地範圍外進行加強調查，對工地上方和下方的地質特徵進行穩定性分析。
3	B2 D E3 G3 評估週圍地形和地質的穩定性。地質目視檢查。	B1 D B2 C2 G2 E3 G3 0 至 20 度，地形和地質調查包括影響場地的巨石和水文特徵的調查。	A B1 C1 D B2 C2 E2 F2 G2 E3 G3 20 至 40 度，檢查工地邊界以外區域是否出現潛在的不穩定性。

A. 檢查地面照片、空照圖和地質圖

E. 採樣

1. 品質等級 1 或 2
2. 品質等級 3
3. 品質等級 4

B. 下列項目的調查

F. 下列項目的現地測量

1. 巨石和水文特徵
2. 地形、地質和地表排水特徵

1. 滲透率
2. 孔隙水壓

C. 下列項目的測繪

G. 實驗測試

1. 地質結構
2. 表面特徵

1. 土壤和岩石接縫的完整強度測試、填土重塑強度測試
2. 填土材料密度測試
3. 分類/指數測試

D. 地面調查如試驗坑、鑽孔、鑽心、探測 和 滲壓計安裝，視情況而定。

註：

- (1) 本表僅提供一般指南內容，應結合表 3 閱讀相關內容，
- (2) 在現場調查階段，應考慮安裝用於長期監測地面位移和孔隙水壓的相關儀器。

表 5 - 香港常用的鑽心筒、套管和鑽桿尺寸

鑽心筒						套管			鑽桿			
雙管狀			三管			沖洗 - 接合			沖洗 - 套合			
設計	公稱直徑		設計	公稱直徑		設計	OD	ID	設計	鑽桿		套合
	鑽心	鑽孔		鑽心	鑽孔					OD	ID	ID
TN	61	76	NMLC	52	76	NW	89	76	BW	54	44	19
W												
T2-76	62	76				HW	115	101	NW	67	57	35
T2-101	84	101	HMLC	64	99	PW	140	126	HW	89	80	60
T6-101	79	101										
			Mazier*	74	101	PW	140	126	NW	67	57	35
			3C-MLC**	76	111							
			4C-MLC**	102	140	SW	168	153	HW	89	80	60

紀錄：

* 含牽開器

** 有或無牽開器

OD：外徑

ID：內徑

注：

(1) 本清單並未詳盡，不排除其他普遍認可鑽心筒和套管/桿系統。

(2) 有關其資訊可參考 BS EN ISO 22475-1：2006 (BSI, 2006)。

[Amd GG2/01/2017]

(3) 所有尺寸均以 mm 為單位。

表 6 - 土壤擾動的主要原因

採樣前	採樣期間	採樣後
應力釋放	應力釋放	應力釋放
膨脹	改造	樣本內部水份移動
壓實	位移	失去水份
位移	打碎	過熱
基座隆起	在切割鞋的石頭	震動
管道配置	混合或隔離	化學變化
鑿洞	無法回復	押出干擾
註：表格資料摘錄自 Clayton 等人論文(1982)		

表 7 - 不同實驗測試所需的土壤質量

樣本用途	土壤類別	所需樣本質量
土壤識別包括 Atterberg 限值、篩檢分析、含水量和硫酸鹽含量測試	黏土、淤泥、沙土	1 kg
	精細和中等粗糙礫石	5 kg
	粗糙礫石	30 kg
壓實測試	全部	25 kg 到 60 kg
全面性檢查建材包括土壤穩定性	黏土、淤泥、沙土	100 kg
	精細和中等粗糙礫石	130 kg
	粗糙礫石	160 kg
註：表格資料摘錄自 BS 5930 (BSI, 2010)[Amd GG2/01/2017]		

表 8 - 香港建材不同抽樣程序的預期樣本品質

材料類別	一般的材料成份	採樣程序	預期品質等級
來自現場岩石風化的土壤	土壤組成取決於母岩材料特性，來自花崗岩的土壤通常是粉質和黏性沙土，來自火山岩的土壤通常是沙質和黏性土質的淤泥。	從乾式挖掘中取出的塊狀樣本 帶牽開器氣泡沖洗功能的大直徑三管岩心筒（直徑 102mm 的鑽心） 帶牽開器的大直徑三管岩心筒（直徑 102mm 的鑽心）	1 1 1/2
		U100 採樣器	2/4
		有或無帶牽開器的標準貫穿試驗 (SPT) 拆分筒採樣器	3/4
		從開放乾式挖掘中取出的散裝樣本	3/4
		巨石用的輕型衝擊殼體和鑿子	5
崩積層	在不同比例沙子、淤泥和黏土基質中新鮮或可變分解的岩石碎片（巨石、鵝卵石和礫石）	適用於原位岩石風化土壤的採樣程序。	
沖積和海洋沉積物	可發現到以下材料： (a) 顆粒狀土壤（沙子、粉砂或沙質淤泥）	活塞式採樣器或壓縮沙土採樣器	2/3
		U100 採樣器（含鑽心捕集器）	4
		標準貫穿試驗(SPT)拆分筒採樣器	4
		輕型衝擊殼體	5
	(b) 非常軟弱到柔軟的黏性土壤（沙質黏土、粉質黏土或黏土）	活塞式採樣器 薄壁式採樣器	1 1/2
		U100 採樣器	2/3
		Delft 連續採樣器	2/3
		輕型衝擊黏土切割器（乾式鑽孔）或殼體（溼式鑽孔）	4/5
	(c) 堅韌到非常堅韌的黏性土壤	帶牽開器的三管岩心筒	1/2
		U100 採樣器	2/3
		輕型衝擊黏土切割器	5
	(d) 含巨石、鵝卵石或礫石的顆粒狀土壤	適用於原位岩石風化土壤的採樣程序。	
填土	可變材料包括壓實或未壓實的土壤、岩石碎片和建築碎片混合物	參見上文「沖積和海洋沉積物」相關的土壤類型和組成採樣程序。	
岩石	所有在香港發現到的岩石類型，包括崩積岩中的巨石。	金剛石鑽心採用雙管或三管岩心筒，後者通常會減少干擾並促成更好的岩心回收率，尤其是嚴重碎裂的裂縫或岩石紋理。	未知
註：(1) 材料的一般成份僅作為一般指南參考 (2) 品質等級其定義悉如表 9 (3) 本文中的品質等級僅作為指南參考，因為樣本品質大幅取決於製造器具及土壤的緻密性（或一致性）和品質分等。			

表 9 - 土壤樣本品質分類

樣品品質	可提供可靠判定結果的土壤特性
等級 1	分類、含水率、密度、 強度、變形和壓密特性
等級 2	分類、含水率、密度
等級 3	分類、含水率
等級 4	分類
等級 5	無（僅提供近似的材料排序）
註： (1) 大直徑的 1 級和 2 級樣本通常即足以檢查土壤結構，有時也可使用第 3 級和 4 級樣本進行檢查。 (2) 使用第 1 級至 4 級樣本可得知改造特性。 (3) 表格摘錄自 BS EN 1997-2：2007（BSI 2007）。	

[Amd GG2/01/2017]

表 10 - 滲壓計種類評估

滲壓計 壓力	滲壓計	壓力範圍	響應 時間	排氣 能力	遠端	長期可靠度	其他		建議
					讀數能力		優點	缺點	
正壓	開放式液壓 (Casagrande)	大氣到頂 部的立管 水平高度	慢	自行排 氣	不正常， 但可能是 起泡器系 統出現作 用。	非常好	使用保養便 宜，可進行 原位滲透率 測量。	往往造成無 法挽回的破 壞	除非需要快 速回應或遠 程讀數，否 則最好在正 壓範圍內進 行測量，可 使用 Halcrow 鏟斗系統檢 測響應峰 值。
	密閉式液壓 (低壓進氣)	任何的 正壓	中度	可去 除空氣	是	取決於壓力 測量系統 (1) 水銀滲 壓計-非常 好 (2) 波登規 -在潮濕大 氣壓中表現 很差 (3) 壓力傳 感器-方便 性適中，但 易於更換	相當便宜， 可進行原位 滲透率測量 ，若必要時 ，進行破壞 檢查。	通常需採用 儀器室、定 期排氣，隱 藏的管子如 外露，容易 碰到啮齒動 物攻擊而損 壞。	對遠程讀取 資料和自流 壓力作用時 很有用
	密閉式液壓 (高壓進氣)	-1 大氣壓 到任何正 壓值	中度	可去 除空氣	是	如上	相當便宜， 可在低滲透 率土壤中進 行原位滲透 率的測量。	如上，測量 吸力時需定 期排氣。	適用於測量 小吸力
	氣壓式	任何的 正壓	快速	無法自 行排氣， 只能部份 自行排氣。	是的，遠 距離會造 成部份的 管路頭壓 力流損。	中等到差， 但很少有 長期運轉 狀況。	相當便宜， 無需設立 測量室。	若測量孔隙 水壓或孔隙 氣壓時，無 可用的檢查 方法。	只有在廢棄 物處理廠位 於地下水 位以下時才 適用，不會 出現大吸力 的狀況。

	電動線控式	任何的 正壓	快速	如上	是的，但 需要特別 的纜線。	訊號品質隨時間 退化，儀器壽命大 約 10 年，但無法檢 查儀器的可靠性， 其可靠性令人懷 疑。	-	如上，昂貴， 零讀數值容 易漂移且無 法檢查。	一般不建議採用
	電阻式	任何的 正壓	快速	如上	是的，但 由於會造 成傳輸損 失需小心 處理。	差	-	如上	不建議採用
負 壓 (吸力)	張力計	-1 大氣壓 到正壓值	中等速 度到快 速	可排氣	是	好	便宜，使用保養 便宜方便。	毀滅性破壞 往往無法挽 回，需定期排 氣。	測量孔隙吸力的 首選
	濕度計	1 大氣壓 以下	可變	不相關	僅限於短 距離	儀器壽命 1 至兩 年，可較長期使 用。	-	0 到 1 大氣壓 之間無準確 度	目前在研究階段 中

表 11 - 用於地面調查的田野地球物理技術

技術		應用	備註
陸地調查	地震折射	地下材料測繪(包括地下水位)判定壓縮波速度地質特徵位置(如斷層和洞穴)	衝擊錘可用於進行淺層研究,但深度研究(> 30 米)需採用爆炸性的炸藥。過多的背景雜訊值可能妨礙某些地點的調查,除非速度隨深度加深而增加,呈現規則的基岩表面,否則調查結果可能是不可靠的,可變的風化模式通常讓解釋複雜化,資料即為間接代表性的平均值。
	地震直接測試法	確定地面材料特性(聲波速度、動態模數和岩體質量),瞭解地質特徵的位置。	進行鑽孔上方、鑽孔下方和鑽孔間的調查,資料屬間接的代表性的平均值,可能受其他質量特徵所影響。
	電阻	地下材料測繪(包括鹹水邊界)估算土壤電阻率(腐蝕性)地質特徵和地下洞穴的位置,如廢棄的隧道。	可變的風化模式通常讓解釋複雜化,由於飽和材料中的電導率急劇上升,不可能在視野中加以區分,因此地下水位通常會限制實際可能進行的調查深度。
	重力	瞭解地質特徵的位置。	通常僅用於搜尋坑洞如水蝕石灰岩地形地形
	磁力	埋藏地下含金屬的人造物(如電纜和管道)其位置和地質特徵	通常從飛機上進行大規模調查
海洋調查	地震反射	繪製海底下的海床和材料界面	可獲得長的連續痕跡,背景雜訊、海床上的固體廢棄物、沉積物中捕獲的氣泡及可變的風化模式往往讓解釋複雜化,不提供音速,對界面深度的計算需藉由他方式得知速度資料,如鑽孔相關性、實驗測試(表 13)。
	側面掃描聲納	海床繪圖(僅表面)、岩石露頭、礫石沉積物、管道、沉船等位置。	此技術無法顯示準確的距離或深度,通常僅用作搜索工具。
	磁力	海底或海床下含金屬人造物的位置(包括沉船)	海床上的凹陷物可能難以用於標示特定物體的位置
	迴聲	用於確定水深的測深映射	藉由疏浚海床產生的懸浮沉積物,可使用此方法得知疏浚的水平高度,應使用傳統方法所測得的深度來檢查迴聲測深儀所得出的跡線,如使用重力取芯器,如使用重力取芯器。

表 12 - 土壤和地下水測試 (第 1 頁共 4 頁)

測試類別	測試名稱	建議參考資料	備註
土 壤 分類	含水量	地質規範 3(GEO, 2017a) 第 5 條； 邊坡岩土工程手冊(GCO, 1984)第 3.2.2 節 [Amd GG2/01/2017]	經常用於測定土壤性質，如乾燥密度、飽和度， 含有埃洛石黏土、石膏或方解石的土壤加熱時會失去結 晶水，應在各種溫度下乾燥，評估對含水量測定的影響。
	液體和塑性限制 (阿特伯格限制)	地質規範 3(GEO, 2017a) 第 6 條； 邊坡岩土工程手冊，第 3.2.3 節 [Amd GG2 / 01/2017]	用於對細粒土壤進行分類，有助於混合土壤的細部分 類，含有埃洛石黏土的土壤需天然含水量下進行測試。
	線性收縮	BS 1377-9 (BSI, 1990) 第 6.5 條 [Amd GG2/01/2017]	用於偵測昂貴的黏土礦物質在香港應用有限
	比重	地質規範 3(GEO, 2017a) 第 7 條； 邊坡岩土工程手冊，第 3.2.4 節； Lambe (1951) 第 2 章 [Amd GG2/01/2017]	經常用於判定其他屬性如空隙率、沉陷粒度分佈常用於 測定土壤性質，如乾燥密度和飽和度。
	粒度分佈： (a) 篩分<分節	(a) 地質指南 3 (GEO 2017a) 第 8 條； 邊坡岩土工程手冊，第 4.6 節；Brian-Boys 等 (1986) 第 5.1 條 [Amd GG2/01/2017]	在香港廣泛應用於土壤分類。 (a) 篩分讓土壤的分級結果比淤泥更粗糙，在現場岩石 風化的土壤中需要坑洞，藉此避免在解體過程中讓土壤 顆粒破碎，在確定某些粒度分佈時，應排除使用分散劑， 如用於所設計的過濾器中，選擇填充物用於增強其填土 結構。 [Amd GG2/01/2017]
	(b) 沉澱	(b) 地質規範 3 (GEO 2017a) 第 8 條； 邊坡岩土工程手冊，第 3.2.5 節 [Amd GG2/01/2017]	(b) 通過最細篩的土壤 (63 μ m) 其比值用於表示淤泥 和黏土的組合，淤泥和黏土的相對比值只能藉由沉澱來 判定。
	實驗室葉片剪力 實驗	Wilson (1963)	在一致性方面對淤泥和黏土進行分類的有用測試，另見 地質指南 3 (GCO 1988)。

表 12 - 土壤和地下水測試 (第 2 頁共 4 頁)

測試類別	測試名稱	建議參考資料	備註
化學和腐蝕性測試和地下水	有機物含量	地質規範 3 (GEO 2017a) 第 9.1 條 [Amd GG2/01/2017]	檢測有機物的存在，這些有機物可： (i) 干擾土壤中矽酸鹽水泥的水化 - 水泥漿， (ii) 影響剪切強度、承載力和壓縮性， (iii) 影響使用鑽心法估算土壤原有水分含量時所需的修正係數 (ASTM 1985h)， (iv) 加速埋地鋼材的微生物腐蝕。
	硫酸鹽含量： (a) 土壤中硫酸鹽的總含量 (b) 地下水和含水土壤提取物中的硫酸鹽離子含量	(a) 地質規範 3 (GEO 2017a) 第 9.3 條 [Amd GG2/01/2017] (b) 地質規範 3 (GEO 2017a) 第 9.3 條 [Amd GG2/01/2017]	這些測試評估土壤和地下水對埋地混凝土和鋼材的侵蝕性，當地的經驗顯示香港土壤的硫酸鹽含量普遍較低，因此，地質規範 3 (GEO 2001) 第 9.3 條通常即足夠。 [Amd GG2/01/2017]
	地下水和含水土壤提取物中的總硫化物含量	美國公共衛生協會(1985 年) 第 427 部	評估土壤和地下水對埋藏鋼的侵蝕性
	pH 值	地質規範 3 (GEO 2017a) 第 9.5 條 [Amd GG2/01/2017]	評估土壤和地下水對埋入的混凝土和鋼材的侵蝕性
	氯離子含量	交通部(1976 年) 第 2722 條	評估： (i) 土壤對埋地混凝土和鋼材的侵蝕性； (ii) 用於混凝土的細骨材適用性
	碳酸鹽含量	道路研究實驗室(1952)	該參考文獻說明使用柯林斯計量計的方法
	阻力	BS 1377-9 (BSI, 1990) 第 5.1 節 [Amd GG2/01/2017]	評估埋地鋼材的電化學腐蝕的可能性，引用的參考文獻提出壓實填土的測試方法，而非使用 4 電極法進行現地測量（見第 33.2.1 節），在 BS 8004 (BSI, 1986) 和 King (1977) 的論文中討論土壤中的鋼材腐蝕狀況。
	氧化還原的可能性	BS 1377-9 (BSI, 1990) 第 5.2 節 [Amd GG2/01/2017]	評估硫酸鹽還原細菌的可能性，會加速埋地鋼材的微生物腐蝕，引用的參考文獻提出壓實填土的測試方法而非現地測量，說明悉如 BS 1377-9 (BSI 1990)。[Amd GG2/01/2017]

表 12 - 土壤和地下水測試 (第 3 頁共 4 頁)

測試類別	測試名稱	建議參考資料	備註
土壤強度測試	三軸壓縮測試 (a) 快速不排水 (b) 壓密排水 (c) 藉由測量孔隙水壓進行的壓密不排水作業	(a) 地質規範 3 (GEO 2017a) 第 15 條 [Amd GG2/01/2017] (b) Bishop & Henkel (1976) (c) 邊坡岩土工程手冊，第 3.7 和 3.8 節；水頭 (1986)	快速不排水測試顯示總應力下的不排水剪切強度，並適用於短期穩定性和承載力分析。有效的壓力分析與香港大多數土壤和工程應用有關；因此，通常應藉由測量孔隙水壓進行壓密排水或壓密不排水的測試，測試應在適合分析的應力範圍內進行。不排水的剪切強度小於約 75 kPa 的飽和黏土，與觸探滲透試驗（見第 23.3 節）一起使用的原位穿透葉片測試（見第 21.3 節）通常是測量不排水剪切強度的最佳方法。可使用許多其他的三軸測試法，如增加孔隙水壓減少 $\delta 3$ 的破壞等，三軸試驗也可用於得出 K_0 。
	直接剪力測試	Akroyd (1969); ASTM (1985i); 邊坡岩土工程手冊，第 3.7 和 3.9 節；水頭 (1986)	對岩石原位風化產生的填土而言，崩積層和土壤的剪切強度測量的壓密排水三軸測試即為實用的替代方法，可將測試樣本定向，藉此測量預定平面上的剪切強度。測試的主要限制是試樣厚度，這決定了可測試的最大顆粒尺寸，常見的試樣尺寸為 60 mm 和 100 mm 見方，厚度為 20 mm，不常見的即為 60 mm 直徑、20 mm 厚、300 mm 正方形樣本，但 160 mm 厚的直接剪切箱已在香港使用。
土壤變形測試	壓密： (a) 一維壓密（壓密儀測試） (b) 三軸壓密 (c) Rowe 格	(a) 地質規範 3 (GEO 2017a) 第 14 條 [Amd GG2/01/2017] (b) Bishop & Henkel (1976) (c) Rowe & Barden (1966); 水頭 (1986)	這些測試產生土壤參數值，即可計算沉陷量和時間尺度，簡單的壓密儀測試是一般使用的測試方法，儘管可藉由測試結果對沉陷進行合理評估，但對於某些土壤，已發現時間尺度的估計是非常不準確的。對含有土壤層、淤泥和沙子的黏土，其情況更是如此，水平滲透率遠大於垂直滲透率。在這些情況下，可從 Rowe 單元中的測試得知更可靠的資料，此單元的直徑可達 250 mm，可測試更大且可能更具有代表性的土壤樣本（參見第 12.5 節）。另一種替代方法是從原位滲透率的測試中得知滲透率值 k ，並將其與體積減小的係數相結合， mv 可從簡單的壓密儀測試中得知。
	變形模數	水頭 (1986)	土壤的變形模數可從三軸壓縮測試的應力-應變曲線得知，其中的試樣在現場的有效應力下壓密。但以這種方式得知的數值通常與原位觀察無關，目前普遍認為平板測試（見第 21.6 節）、壓力計（見第 21.7 節）和現有的結構反分析可產生更可靠的結果。

表 12 - 土壤和地下水測試 (第 4 頁共 4 頁)

測試類別	測試名稱	建議參考資料	備註
土壤滲透性試驗	滲透率 (a) 恆定頭 滲透率測試 (b) 落頭滲透率測試 (c) 三軸滲透率測試 (d) Rowe 格	(a) Akroyd (1969) (b) Akroyd (1969) (c) Bishop & Henkel (1976); 水頭 (1986) (d) 水頭 (1986) ; Rowe & Barden (1966)	恆定水頭測試僅適用於滲透率約在 10-4 m/s 至 10-2 m/s 範圍內的土壤，關於滲透率較低的土壤，可採用落錘測試。因為各種原因，主要是樣本量和地面變異性，實驗室的滲透性測試通常產生有限的測試結果，原位測試通常會產生更具代表性的資料(參見第 21.4 節)。Rowe 感測格可藉由恆定的頭部直接測量滲透率，藉由垂直和徑向流動，讓背壓、圍壓與現地狀態的相關性更緊密一致。
土壤壓實測試	乾燥密度/含水量關係	地質規範 3 (GEO 2017a)第 10 條 [Amd GG2/01/2017]	顯示不同含水量和壓實作用下可達到的壓實程度，與原位乾燥密度的測定結合(ASTM, 1985b; ASTM, 1985e; ASTM, 1985h; Geospec 3 (GEO, 2017a)第 11 條，另見第 27 章)。[Amd GG2/01/2017]
鋪設路面設計測試	加州承載比 (CBR)	Akroyd (1969); GEO (2017a) 第 12 條 [Amd GG2/01/2017]	這是柔性路面設計中所使用的經驗測試法，測試也可以原位狀態進行(見第 29.4 節)，但由於限制條件的不同，其結果可能與實驗室的測試結果出現明顯不同，特別是沙子。
土壤塌陷潛勢測試	雙壓密儀測試	Hilf (1975); Holtz (1948)	評估土壤在濕潤時坍塌的可能性
土壤分散測試	雙比重計測試 (分散測試) 可交換的鈉百分比測試 艾默生麵包屑測試 (濁度測試) 針孔試驗	Decker & Dunnigan (1977) Flanagan & Holmgren (1977) 澳大利亞標準協會(1980 年)Sherard 等人(1976 年)	用於識別分散土壤，評估邊坡和土壤結構中發生分散管道和內部侵蝕的可能性，不同的測試可能無法顯示一致的分散特性結果，因此建議使用多種測試法。

表 13 - 岩石工程考慮和 SI 技術概述（根據 IMMM 2003）

[Amd GG2/01/2017]

主要工程考慮因素	SI 要點	調查方法	測試	調查/監測
		調查方法	原位測試	儀器種類
爆破設計 可加工性（適用於 TBM） 土壤和岩體開挖和支撐設計 （出現混合地面條件、破碎地面和軟弱層、可壓縮和/或滲透區域的可能性） 水壓作用於襯管/支撐結構的設計 潛在水流沿着隧道進入豎井中 評估隧道/豎井排水和抽水的相关要求 隧道工程對土地穩定性的影響，如支撐不足、液壓破壞、井噴破壞等導致地面坍塌/滑坡。 由於施工引起的地面流失、地面變形/震動和地下水流入/下抽導致地面沉陷、隆起和感應接收器的橫移和扭曲。 隧道洞口邊坡設計 襯管/保持結構耐久性的設計	隧道水平高度（倒轉和頂端）和隧道週邊及豎井週邊/內部的土壤和/或岩石性質 岩體風化（包括岩心和混合地面）和強度 不連續性的分佈、方向和特徵 岩體滲透率 現地應力 出現斷層帶、堤壩、地質單元間的接觸區等 水文地質，包括永久地下水位、棲留地下水位、向隧道供水的滲透區等。 對降雨和海水的潛在補給、水力邊界條件隧道的脫水效應及隧道工程攔截地下水流的可能性 表面材料特性，特別是強度、滲透性、可壓縮性、壓密和蠕變特性。 完工紀錄和現場歷史紀錄，特別是可能影響隧道/豎井和感應接收器過去和正進	表層岩石曝露的地質測繪 空照圖解釋識別 用於識別異常和低地震速度區域的地球物理調查 鑽孔 - 採樣和鑽孔下方測試所需的垂直孔洞，除非需對水位材料進行特徵化處理，藉此評估隧道工程的影響，否則鑽孔可只沖洗調查區。 來自隧道入口和/或豎井位置的近水平/傾斜坑洞，用於檢查沿着隧道移動的衝擊地面條件變化。 在隧道掘進作業中進行探測定向鑽心（用於深層隧道）	壓印封包器測試、遠端觀測器 封包器滲透性測試和可能的抽送測試 原位應力測量（如藉由水力壓裂） 滲壓計的土壤滲透性測試及響應測試	用於監測各種水文地質響應區的孔隙水壓 滲壓計 沉陷計
		採樣	實驗測試/分析	調查/監測
		藉由建議的隧道水平高度（包	不設限壓縮強度	物理限制和感應接收

爆破對地表/地下設施和邊坡的影響	行的施工活動等影響。地面和地下水化學特性	括所有的替代路線)取芯，並在地面上覆蓋足夠的地面及地下未擾動的土壤樣本，近地表的材料可能受到隧道和豎井施工的影響。	楊氏模數 泊鬆比 點承载力強度 岩體接合特性 磨蝕 硬度 地質薄段 易於沉陷的近地表材料分類和壓密蠕變測試 評估地下水對隧道設備和襯砌影響的鹽度測試	器的位置調查 需進行監測的完整年度週期，顯示地下水壓對降雨和季節性波動的響應及來自海洋的補給。 在夠長的時間內對感應接收器（如現有結構上的裂縫）進行基準地面移動和震動測量和狀況調查，確定趨勢基準。
-------------------------	-----------------------------	--	---	---

注意：還應參考 AGS (HK) (2004a & b; 2005) 深基坑和岩石隧道的地面調查指南。

圖

圖目錄

圖編號		頁碼
1.	現地調查階段	239
2.	中層預定區域和地下鐵的位置	240
3.	新地質調查計劃	241
4.	岩土區研究計劃	242
5.	岩土區研究計劃中可用的地圖實例	243
6.	用於識別主要構造和岩性特徵的地質圖和空照圖比較	244
7.	測試坑日誌（實例 1）	245
8.	測試坑日誌（實例 2）	246
9.	邊坡表面剝離日誌實例	247
10.	沉箱日誌實例	248
11.	旋挖鑽機一般配置	249
12.	空氣泡沫混合和沖洗系統的一般配置	250
13.	一般用途的開管式採樣器	251
14.	薄壁式採樣器	252
15.	薄壁式靜止採樣器	253
16.	雙管鑽心筒實例（Craelius T2-101）	254
17.	不可伸縮的三管鑽心筒實例（Triefus HMLC）	255
18.	可伸縮三管鑽心筒實例（Mazier）	256
19.	一般的立管和開放式液壓滲壓計	257

圖編號		頁碼
20.	一般的雙管閉式液壓滲壓計尖端部位	258
21.	鑽孔中滲壓計的一般安裝細節	259
22.	滲壓計紀錄實例	260
23.	滲壓計量筒（英國專利 #1538487）	261
24.	滲壓計量筒資料實例	262
25.	標準穿透測試用拆分筒採樣器	263
26.	葉片剪切裝置	264
27.	現地滲透率測試的一般配置	265
28.	鑽孔滲透率測試中的進氣係數 F	266
29.	無維度進氣係數與滲壓計長徑比的關係	267
30.	落頭滲透率測試結果的實例	268
31.	封包器（吸水）測試的一般配置	269
32.	封包器（吸水）測試資料實例	270
33.	封包器（吸水）測試計算實例	271
34.	壓印封包器裝置	272
35.	壓印封包器不連續性調查日誌	273
36.	GCO 探針	274
37.	GCO 探針紀錄	275
38.	機械式觸探穿透計	276
39.	電子式觸探穿透計	277
40.	點荷載測試儀和實例資料	278

圖編號		頁碼
41.	雙環恆定磁場入滲測試的一般配置	279
42.	現地滲透測試結果的實例	280
43.	平板承载力測試的一般配置	281
44.	鑽孔日誌（兩頁）的實例	282
45.	地球物理調查日誌 - Siu Sai Wan - BH2A	284
46.	地球物理調查日誌 - Shum Wan - BH1A	285

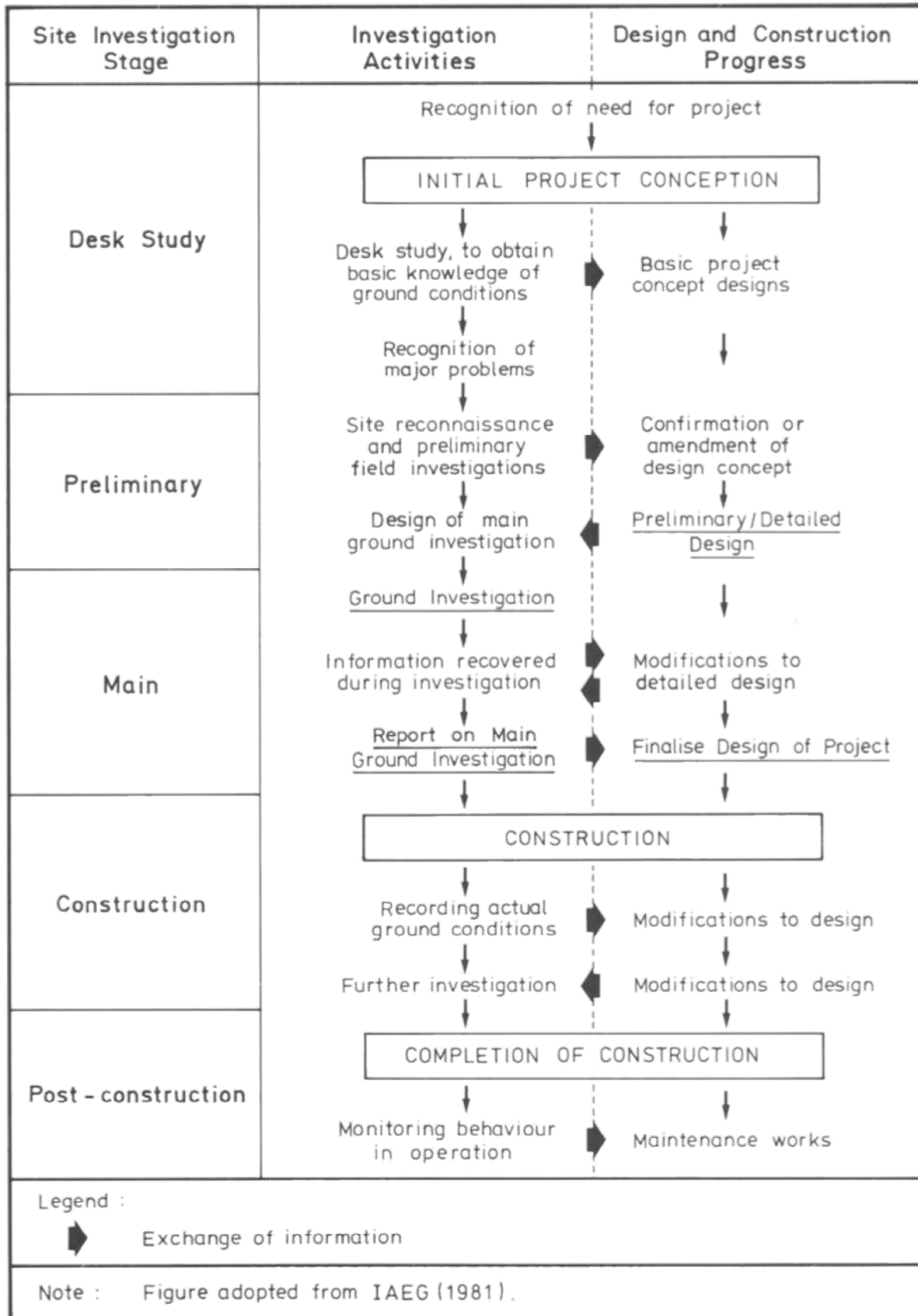


圖 1 - 現地調查階段

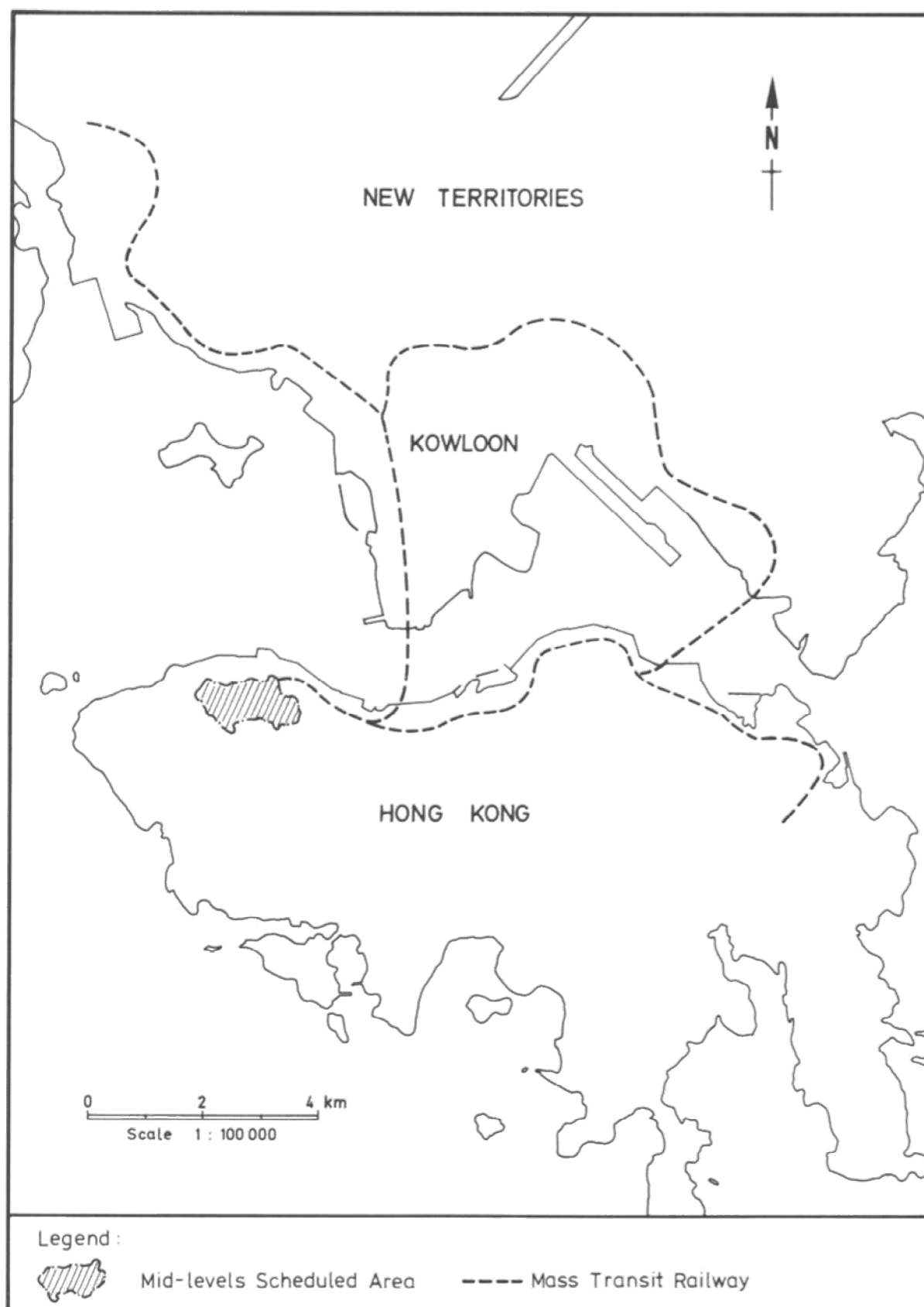


圖 2 - 中層預定區域和地下鐵的位置

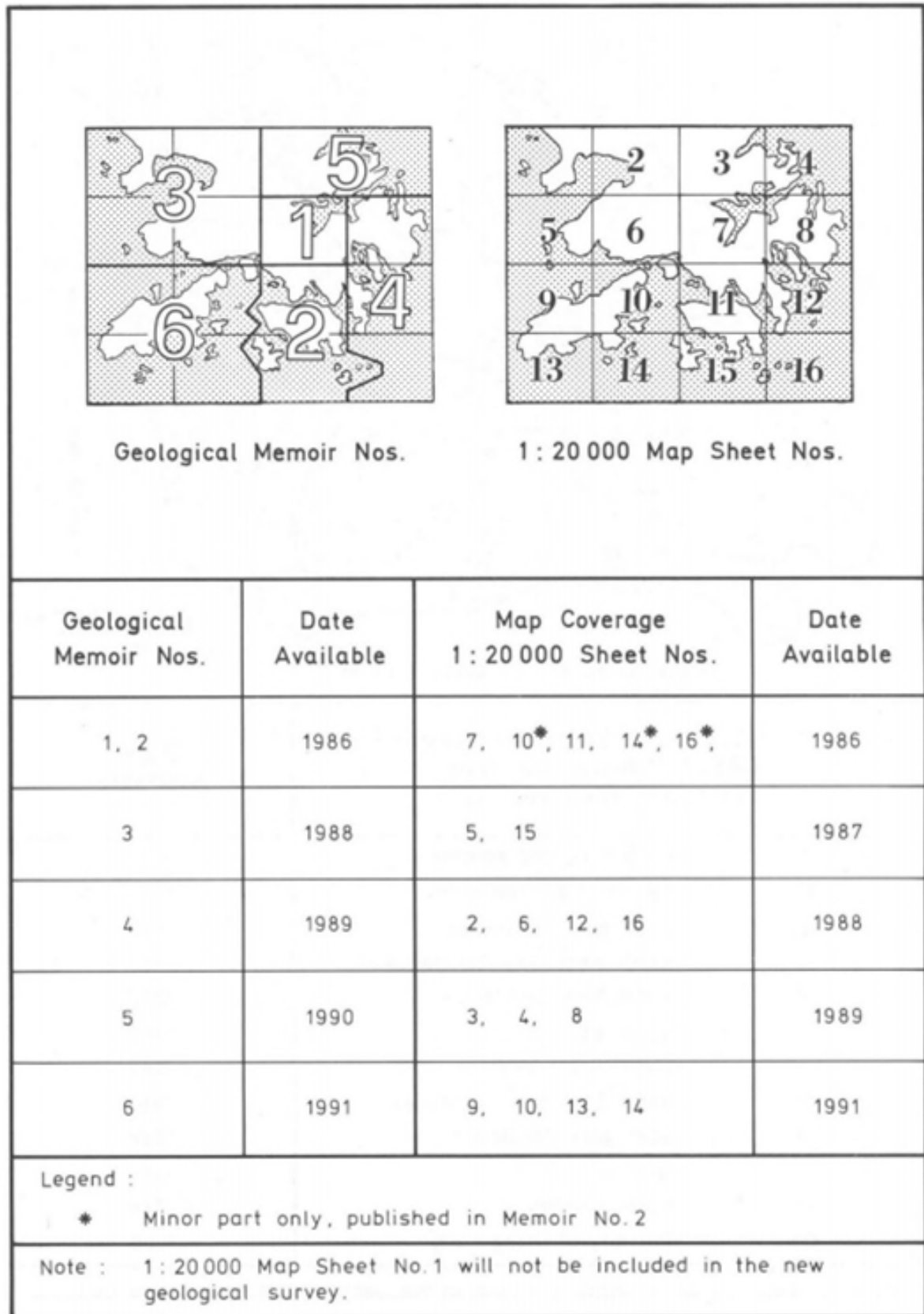


圖 3 - 新地質調查計劃

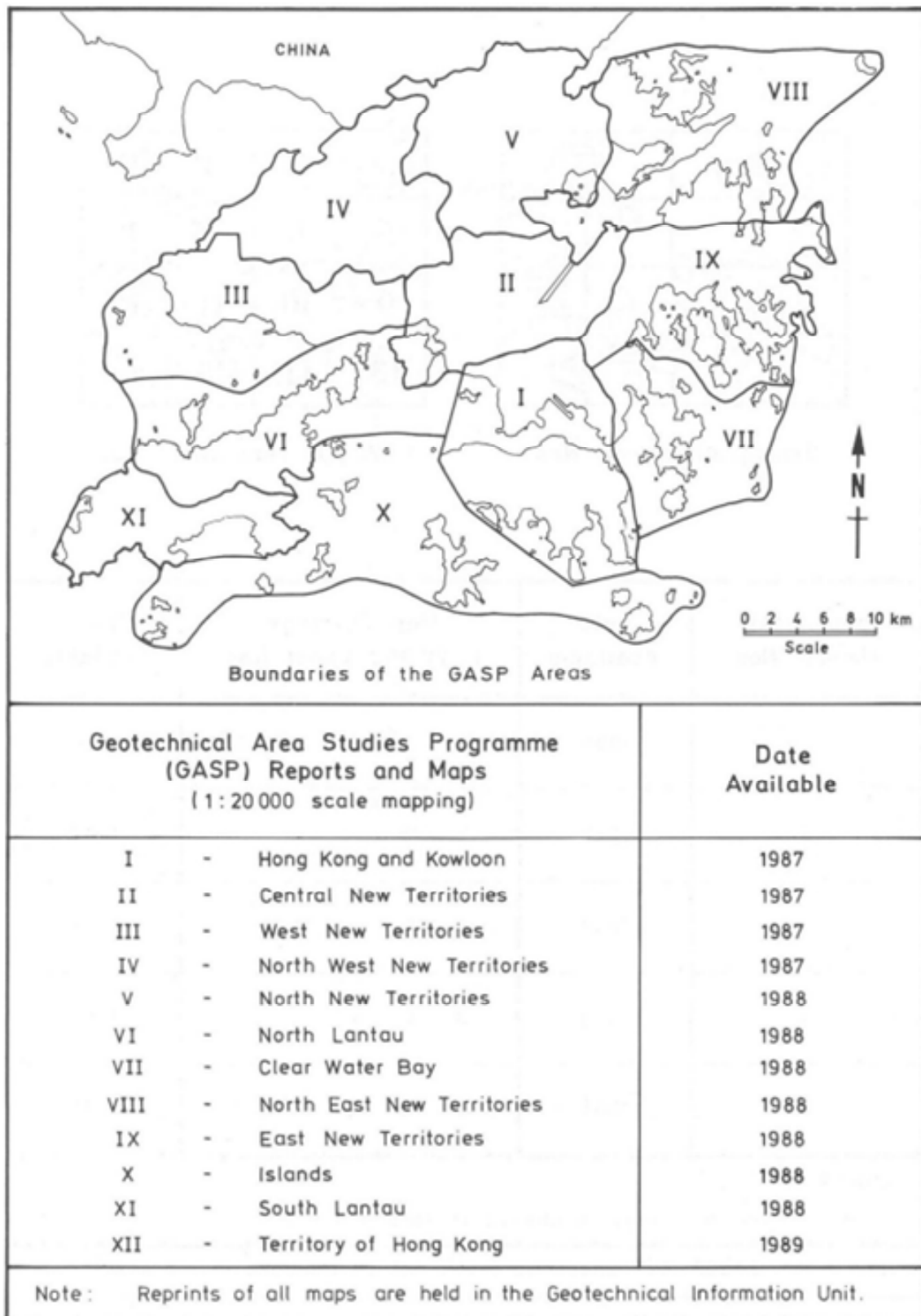


圖 4- 岩土區研究計劃

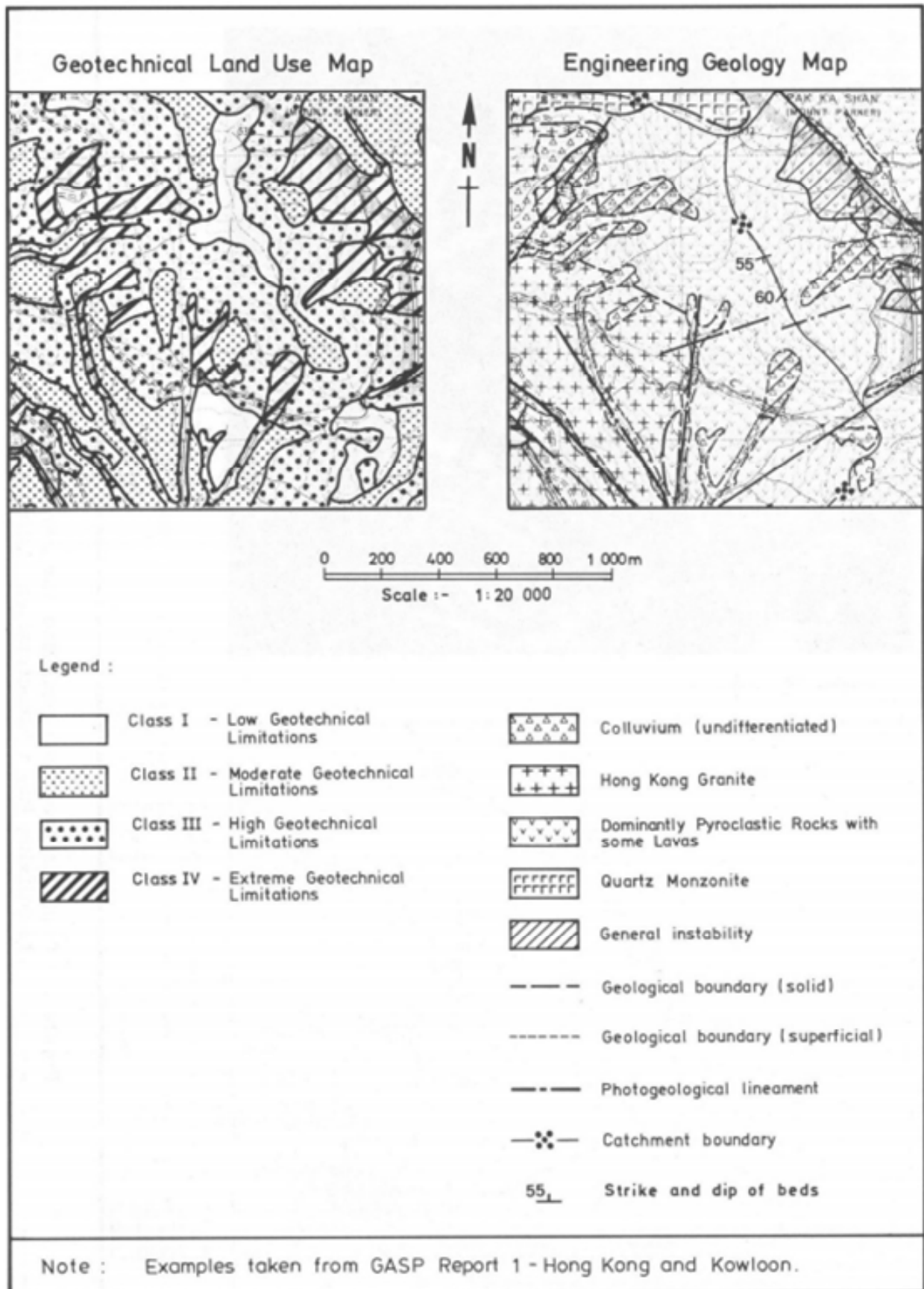


圖 5 - 岩土區研究計劃中可用的地圖實例

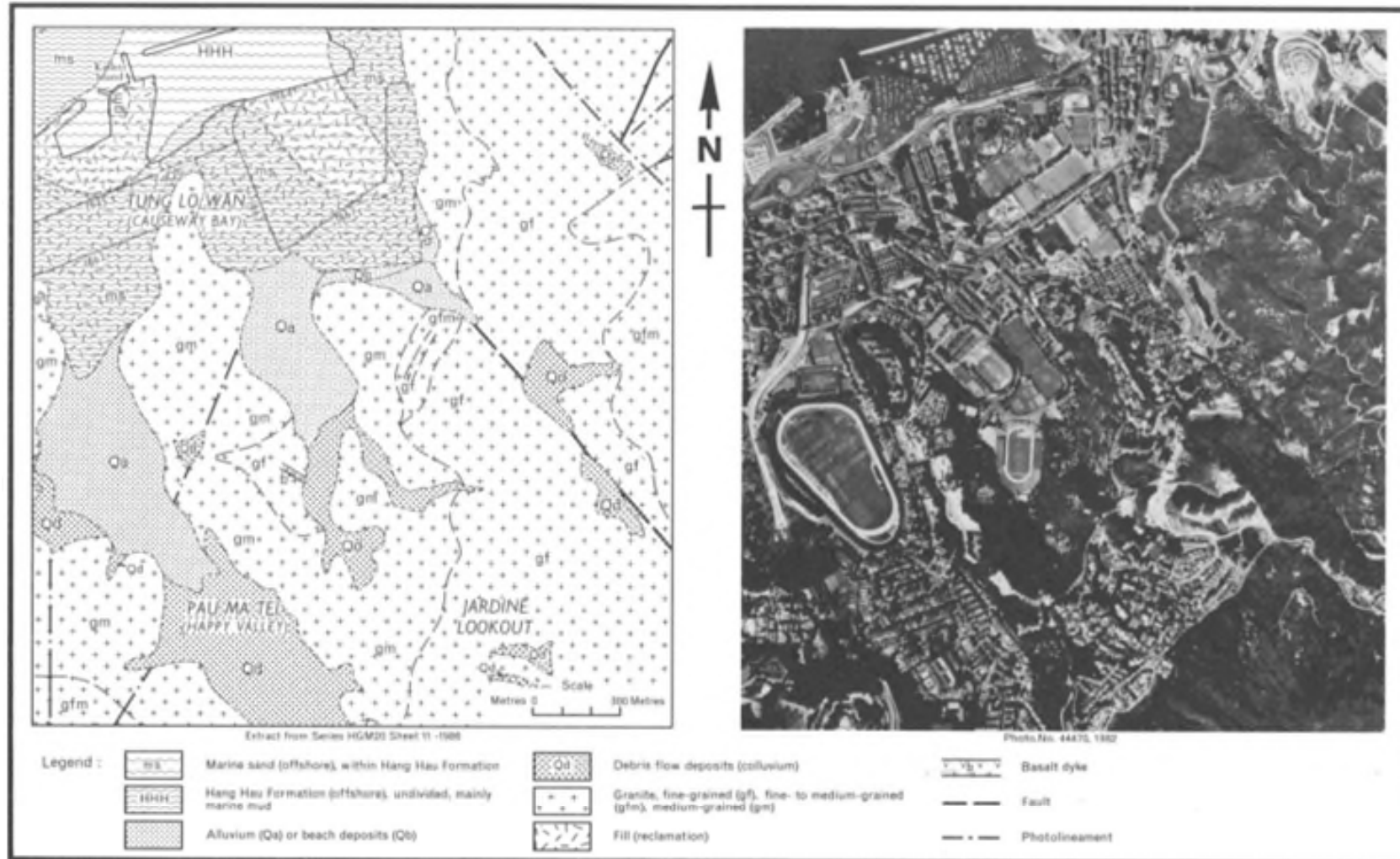


圖 6 - 用於識別主要構造和岩性特徵的地質圖和空照圖比較

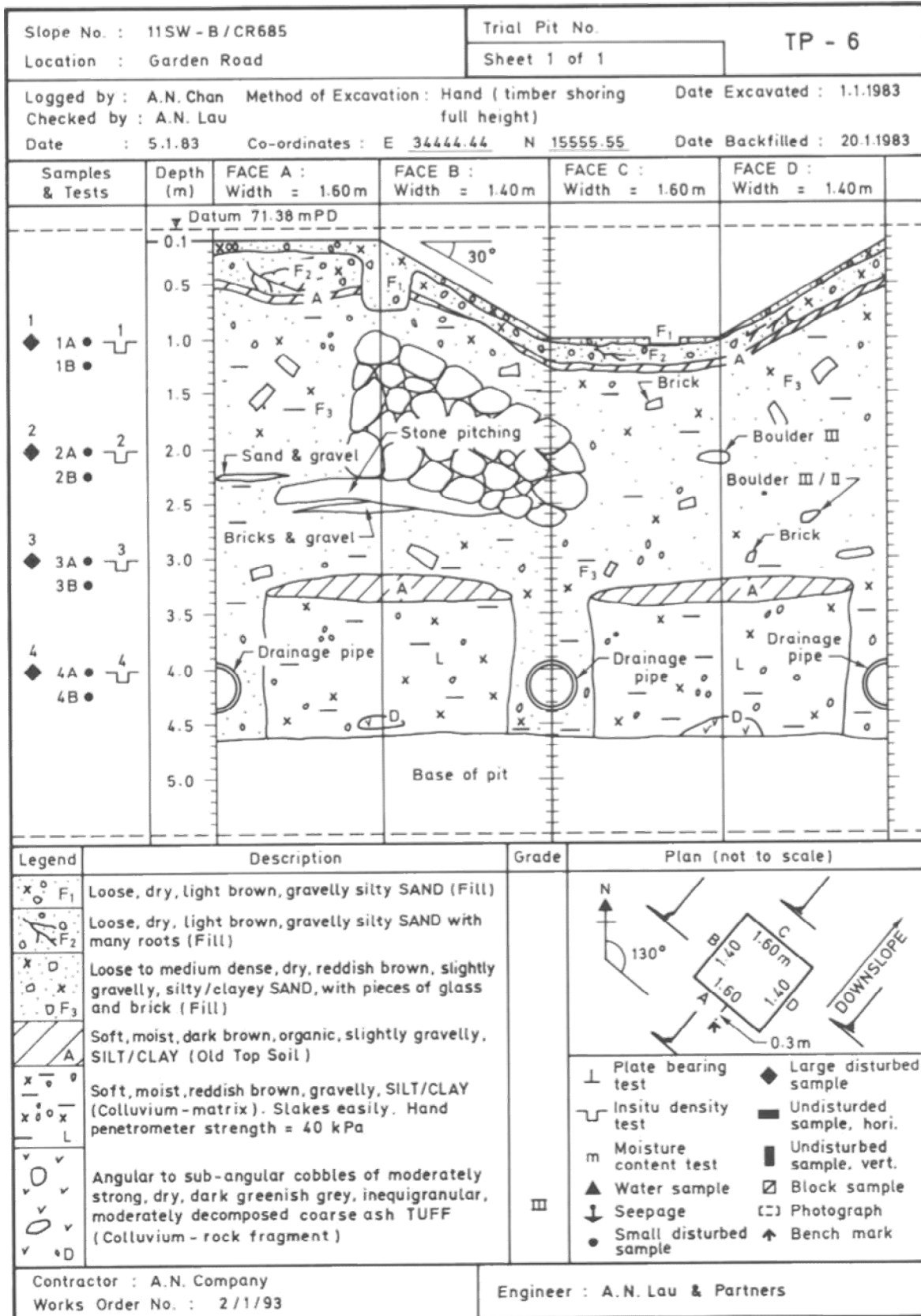


圖 7- 測試坑日誌 (實例 1)

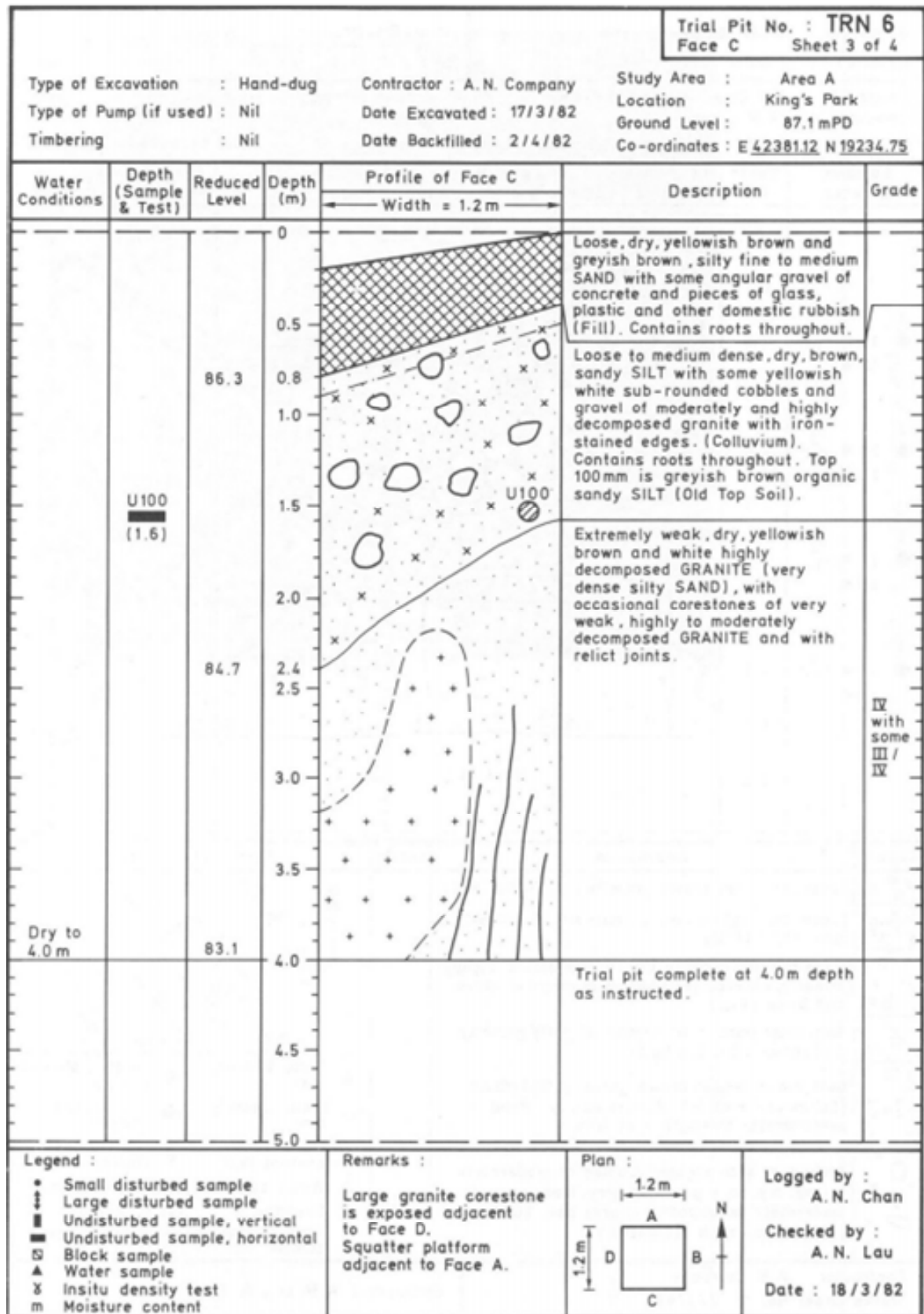


圖 8 - 測試坑日誌 (實例 2)

Project : Slope Remedial Works		Datum (toe) Co-ordinates :		Datum (crest) Co-ordinates :		Strip No. : S4	
Location : Ap Lei Chau		E 33 320.12 N 11 302.43		E 33 331.23 N 11 302.11		Slope No. : Slope at Ch. 4+95	
Contractor : A. N. Company		Level : 6.0 mPD		Level : 18.0 mPD		Sheet 1 of 1	
Date Started : 12.12.83		Date Completed : 19.12.83		Date Reinstated : 26.12.83		Logged by : A. N. Chan	
						Checked by : A. N. Lau	
Distance from Datum (m)	Slope Angle	Reduced Level (mPD)	Description and Sample Data	Legend	Discontinuities		
					Dip Direction / Dip	Nature of Infilling	
14		18.0	Drainage channel (300 x 250mm)				
13			Natural slope covered with small trees and grass with colluvium below.				
12	30°		Boulder of strong to very strong, dry, dark greenish grey, slightly decomposed fine ash TUFF, 600 mm in diameter.				
11				SDV			
10		14.6	Top of chunamed cut slope				
9			Loose, dry, light yellowish brown, silty SAND with some sub-rounded boulders of highly to moderately decomposed fine ash TUFF (Colluvium). The boulders are up to 300mm in diameter and their proportion decreases in an upward direction on the slope.				
8	55°						
7		12.4	Extremely weak, dry, light yellowish brown, highly decomposed fine ash TUFF (very dense, slightly gravelly sandy SILT/CLAY).				
6		11.3	Moderately strong, dry, dark yellowish brown, moderately decomposed fine ash TUFF with very closely-spaced, persistent (over 15m), rough and planar, tight and dry joints dipping 10°-20°. Very weak highly decomposed material exists adjacent to some joints.				Grade IV
5		10.0					
4							
3	62°		Very strong, dry, dark greenish grey, slightly decomposed fine ash TUFF. Joints are medium-spaced, persistent, rough and planar, tight and dry, with yellowish brown surface staining.		234/71, 215/67, 230/56, 302/15, 235/72		Surface staining
2							
1							
0		6.0	Base of the slope				
			Roadway				
Remarks :							
Legend :			Sketch Plan :		Sketch Section :		
● Small disturbed sample ◆ Large disturbed sample ⊠ Block sample — Insitu density test - m Moisture content test ▲ Water sample ↓ Seepage () Photograph							

圖 9—邊坡表面剝離日誌實

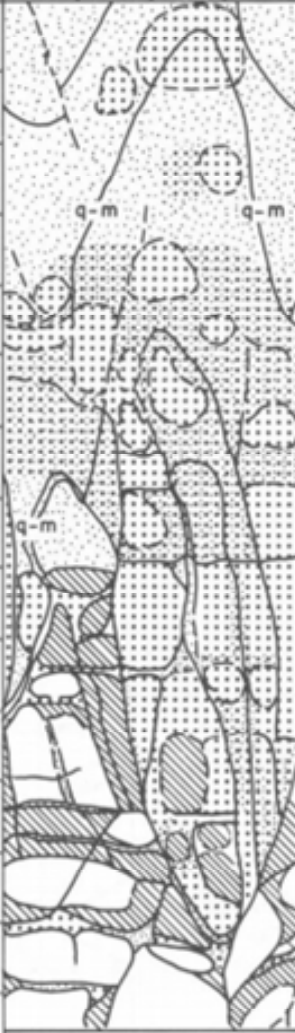
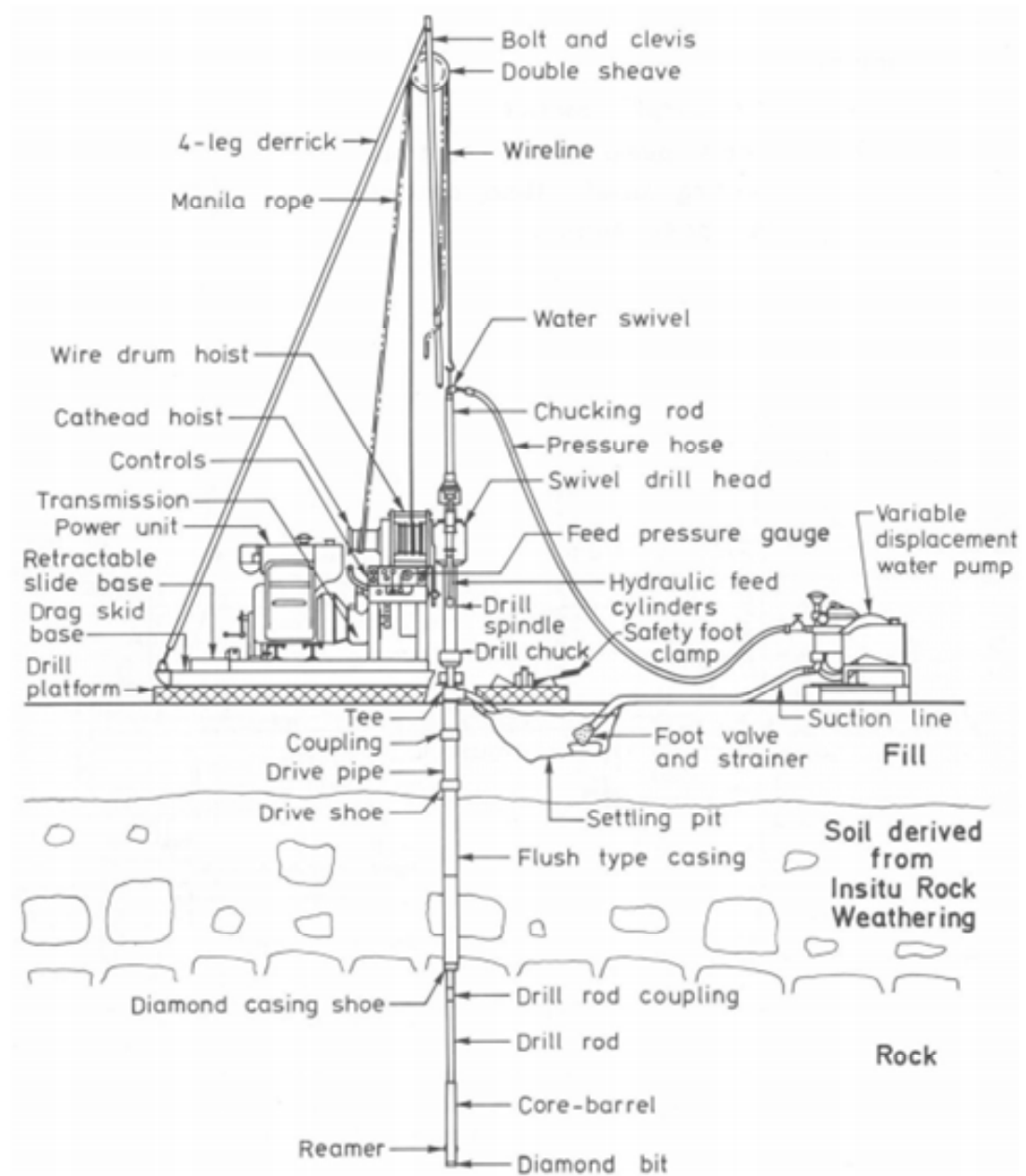
Project: New Territories Trunk Road Location: North Tai Po to Lam Kam Road					Caisson No: 1 of Bridge 18 Diameter: 1.25 m						
Method of Excavation: Hand-dug 0.0 to 29.5m					Co-ordinates: E 33 791 N 34 902 Ground Level: 49.03 mPD					Sheet 2 of 2	
Weathered Mass Zone	Depth (m)	Caisson Log				Reduced Level (mPD)	Discontinuities	Finish	Tests		
		1	2	3	4						
Completely weathered granodiorite	16					31.03	The joints are medium-spaced, rough and planar and dry. Some joints contain quartz veins, 2-3mm thick. A sub-vertical fault of less than 100 mm thick containing soft cohesive soil is present.	CONCRETE RINGS	H		
	18						q-m			q-m	
Highly weathered granodiorite	20										
	22					q-m					
	24										
Moderately weathered granodiorite	26							24.53	The joints are closely to medium-spaced, rough and planar, very narrow and dry, and contain extremely weak highly decomposed rock. FI = 4.	TOE-IN UNLINED	AD
	28							22.83	The joints are dominantly vertical or sub-vertical, medium-spaced, rough and planar, extremely narrow and dry with brown-stains. Occasional joints contain extremely weak highly decomposed rock, 2-5mm thick. Some horizontal joints are widely-spaced. FI = 3.		
	Slightly weathered granodiorite					29.5			20.63	The joints are medium to widely-spaced, rough and planar, tight and dry with brown-stains. Occasional joints contain extremely weak highly decomposed rock, 2-5 mm thick. FI = 2.	
	30	Base of Caisson				19.53					
Legend:											
Material grades											
	V	Completely decomposed			Joint	Notes: (1) Mixtures of Grades IV and V materials present are shown using overlapping symbols. (2) Discontinuity data are given separately.				Logged by: A.N. Chan Checked by: A.N. Lau Date: 29-6-84	
	IV	Highly decomposed			q-m Mineralized quartz vein						
	III	Moderately decomposed			FI Fracture index						
	II or I	Slightly decomposed or Fresh			H Schmidt hammer test at 0.9m c/c						
	f	Fault			AD Air drill test						
Contractor: A.N. Company Date Started: 4-6-84										Date Finished: 26-6-84	

圖10-Example of a Caisson Log



Note : Figure adopted from Acker Drill Co. Inc. data.

圖 11 - 旋挖鑽機一般配置

Valves :

- A Air supply control
- B Foam pump speed control
- C Drilling supply fluid control
- D By-pass control

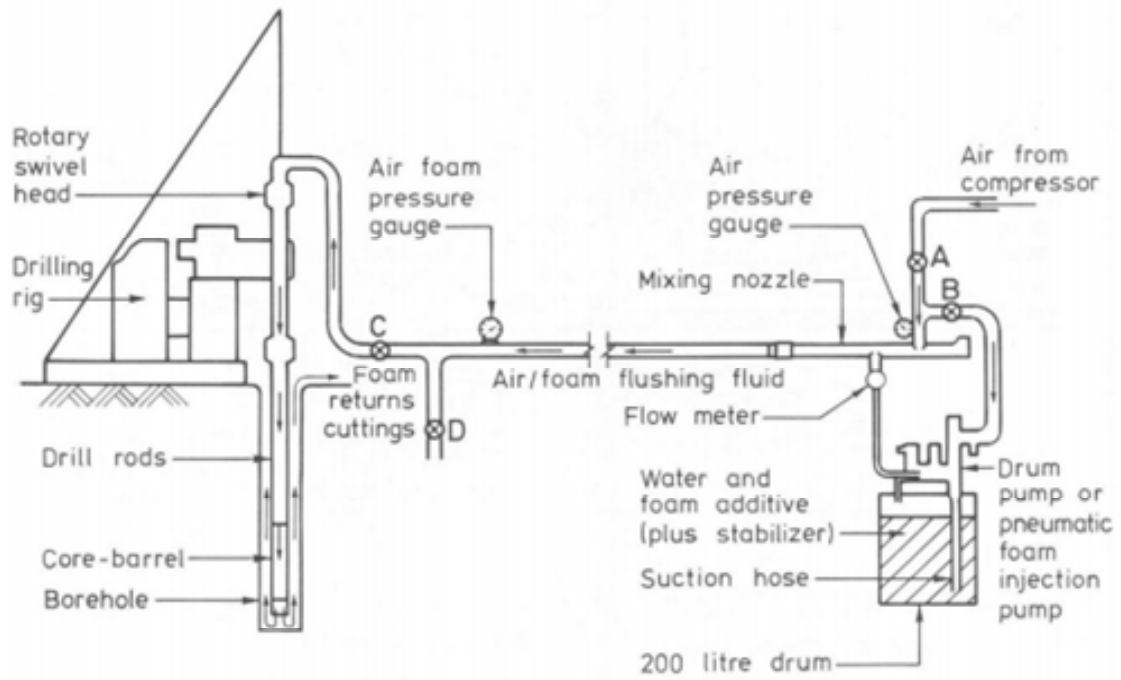


圖 12 - 空氣泡沫混合和沖洗系統的一般配置

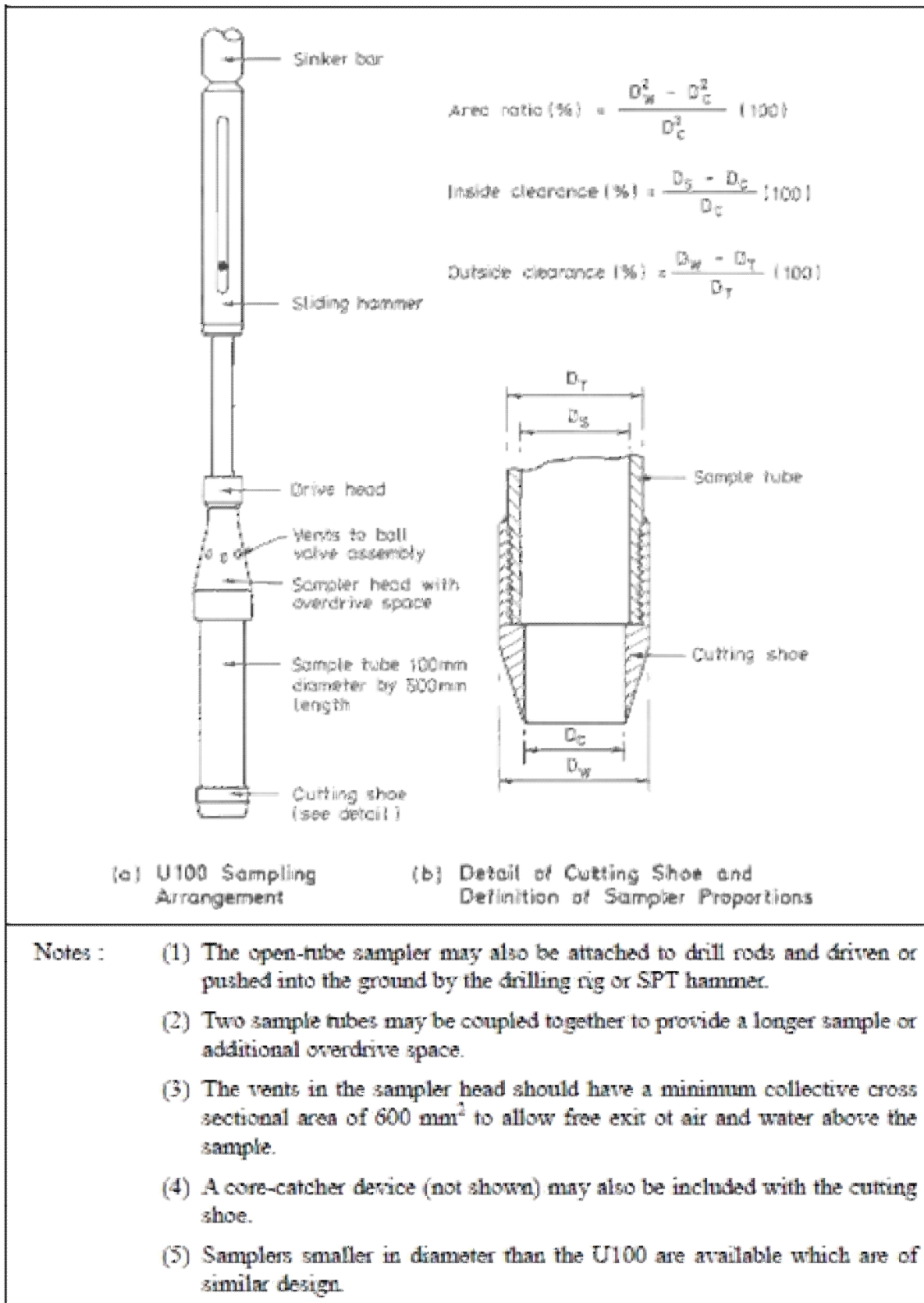


圖 13 - 一般用途的開管式採樣器

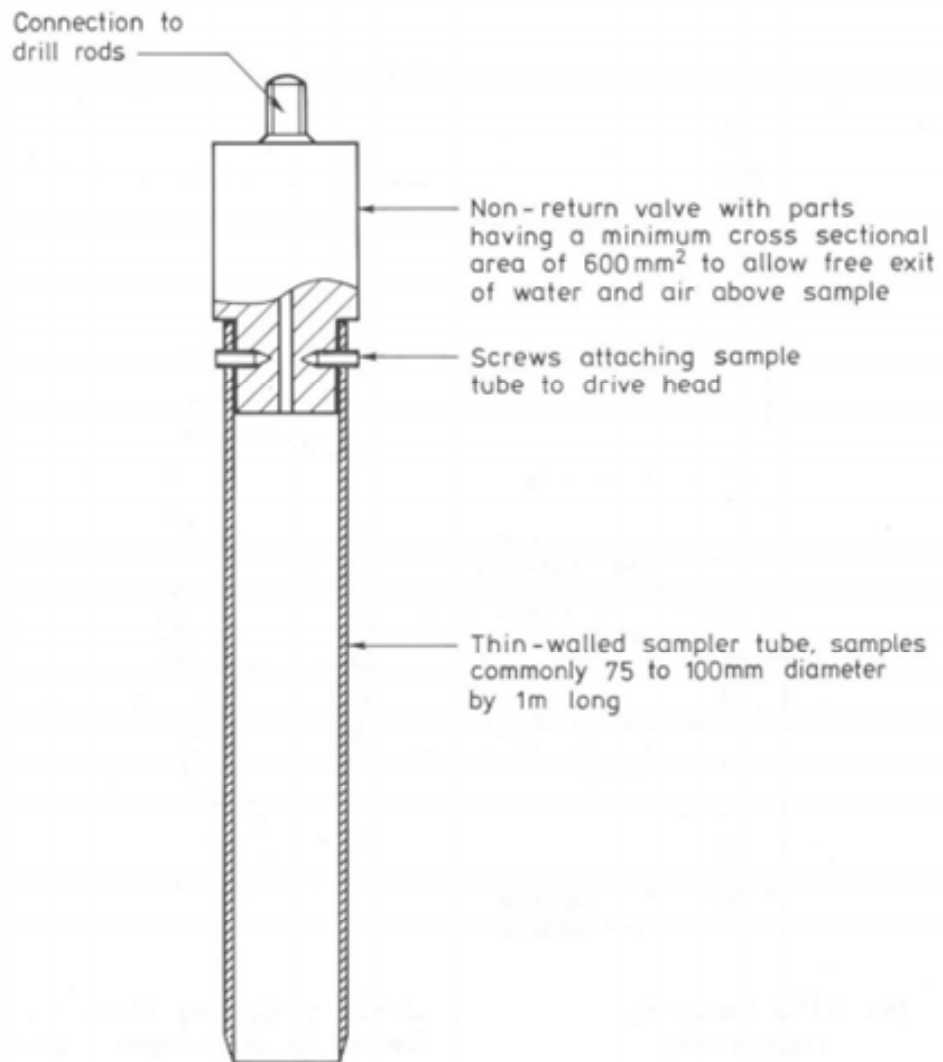


Figure 14 - Thin-walled Sampler

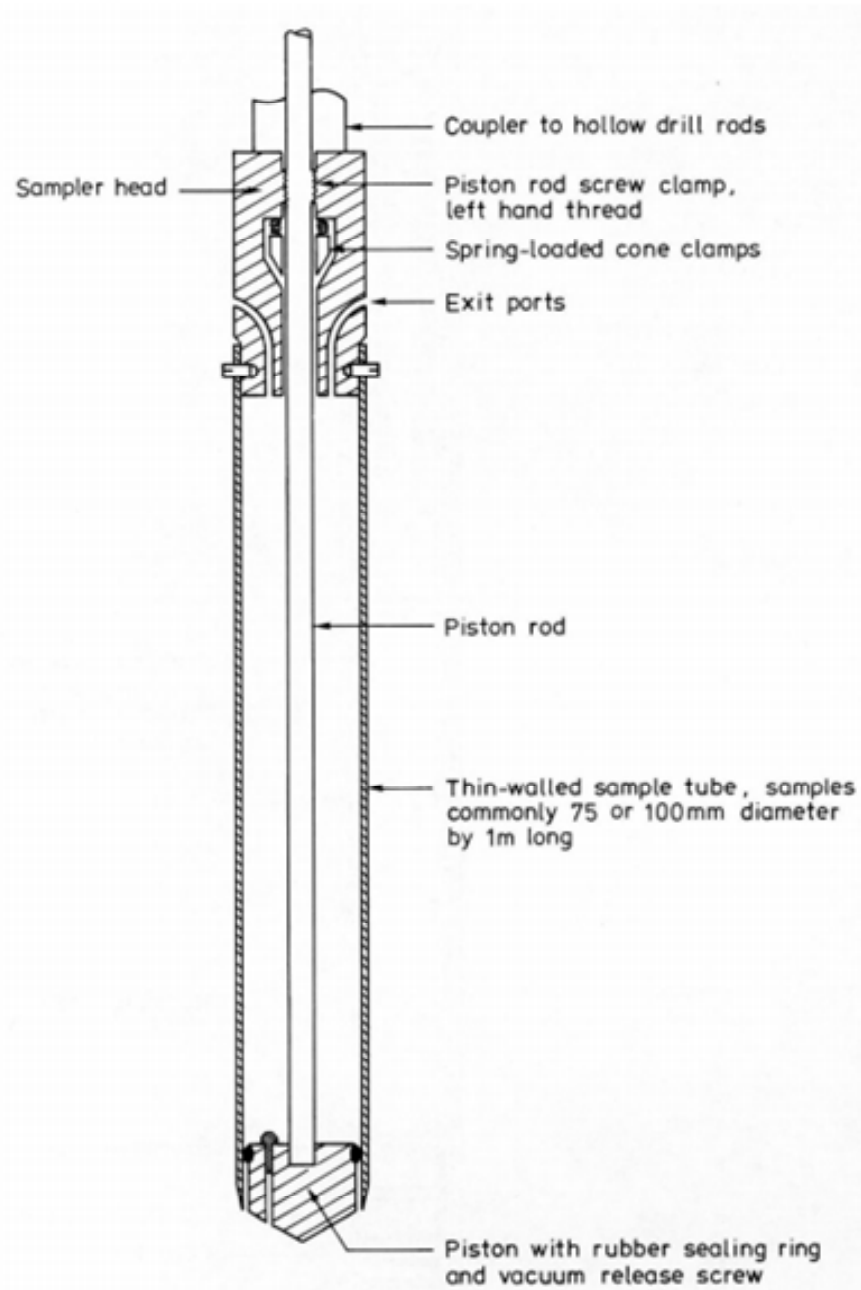


圖 15 - 薄壁式靜止採樣器

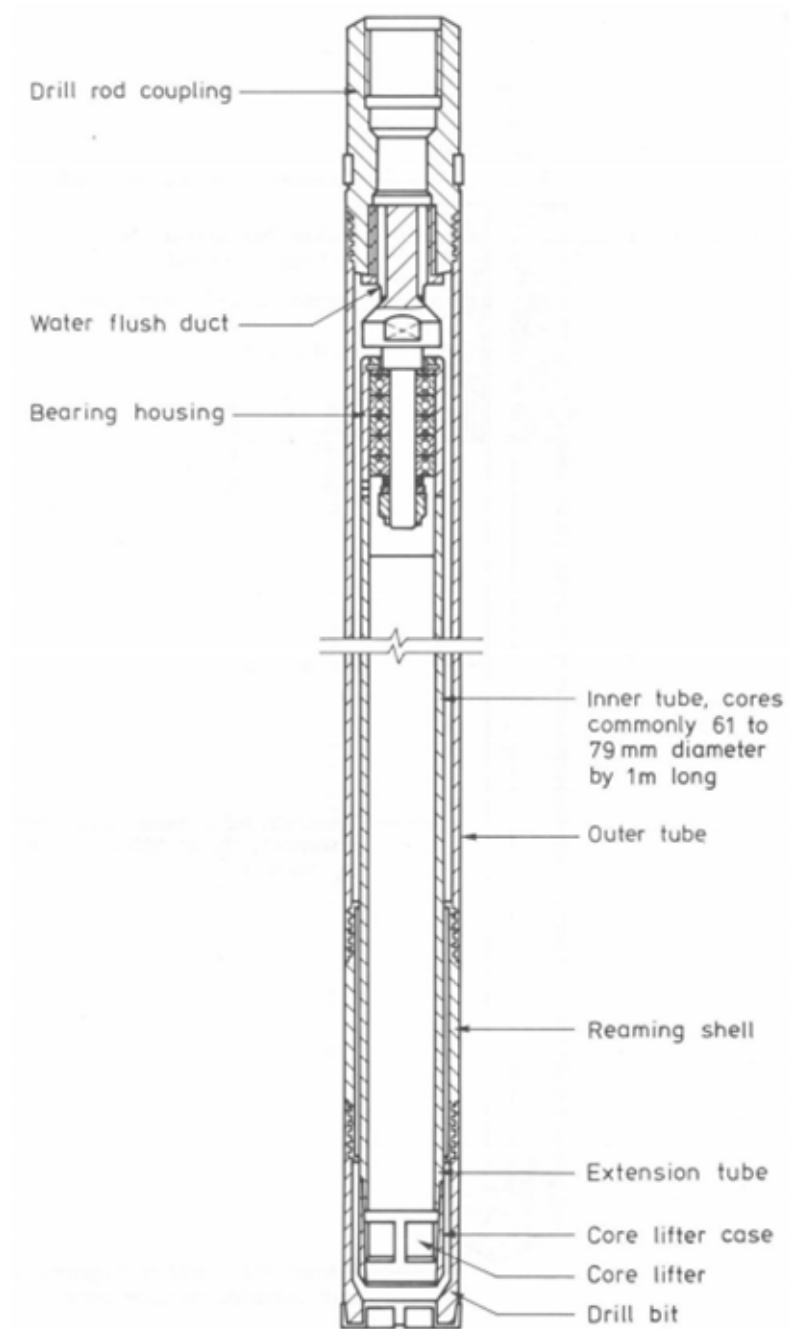


圖 16 - 雙管鑽心筒實例（Craelius T2-101）

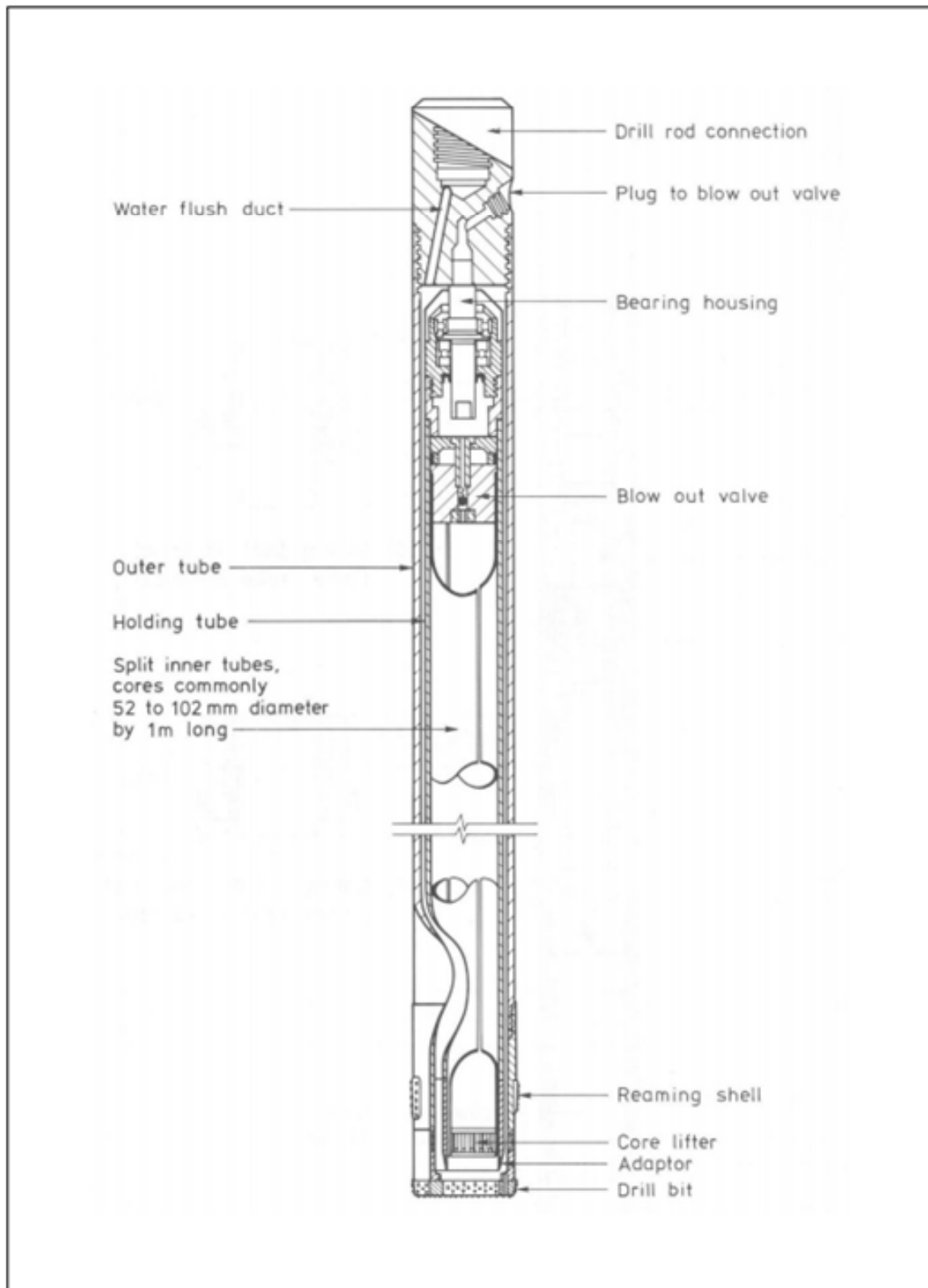


圖 17 - 不可伸縮的三管鑽心筒實例 (Triefus HMLC)

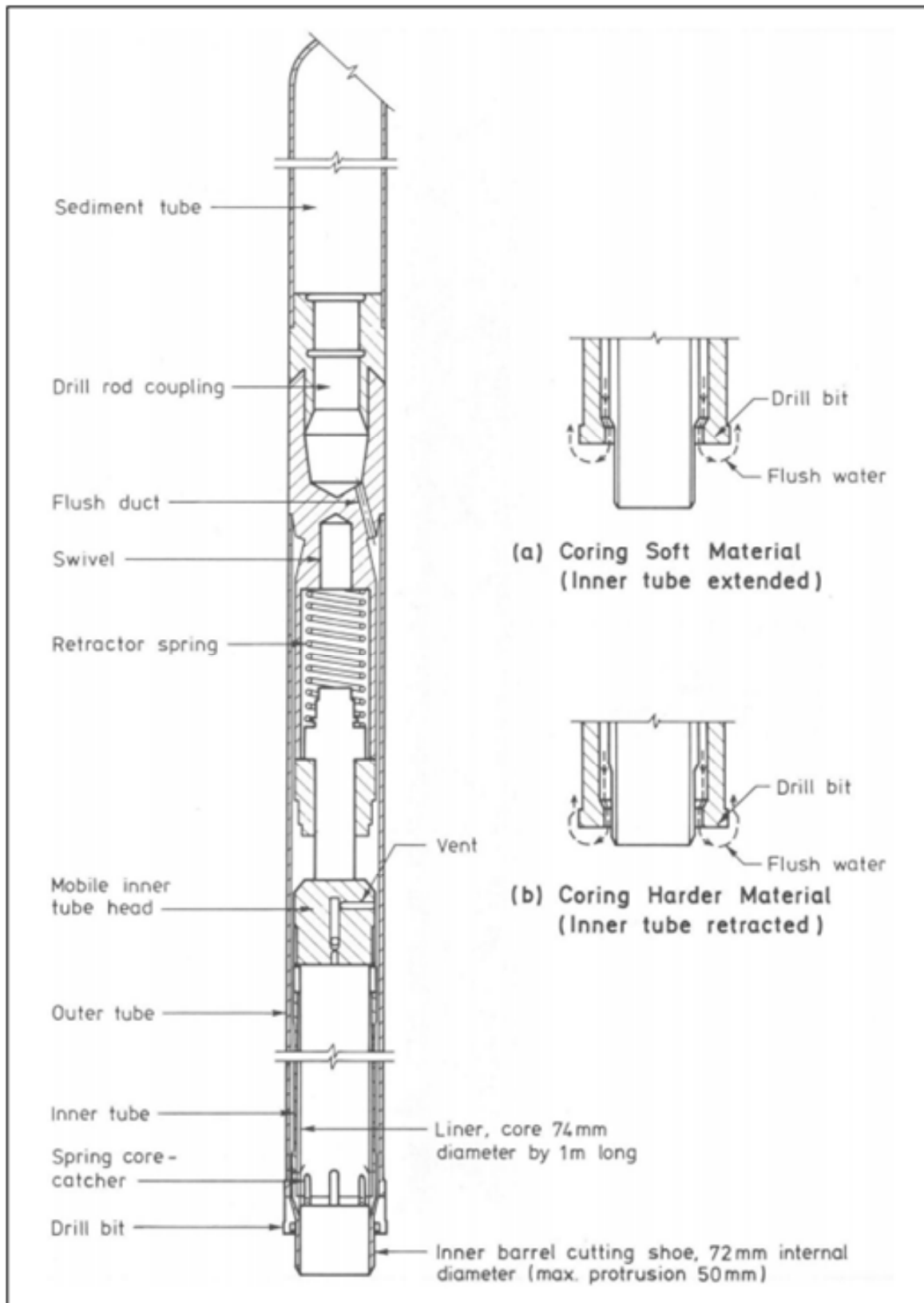


圖 18 - 可伸縮三管鑽心筒實例 (Mazier)

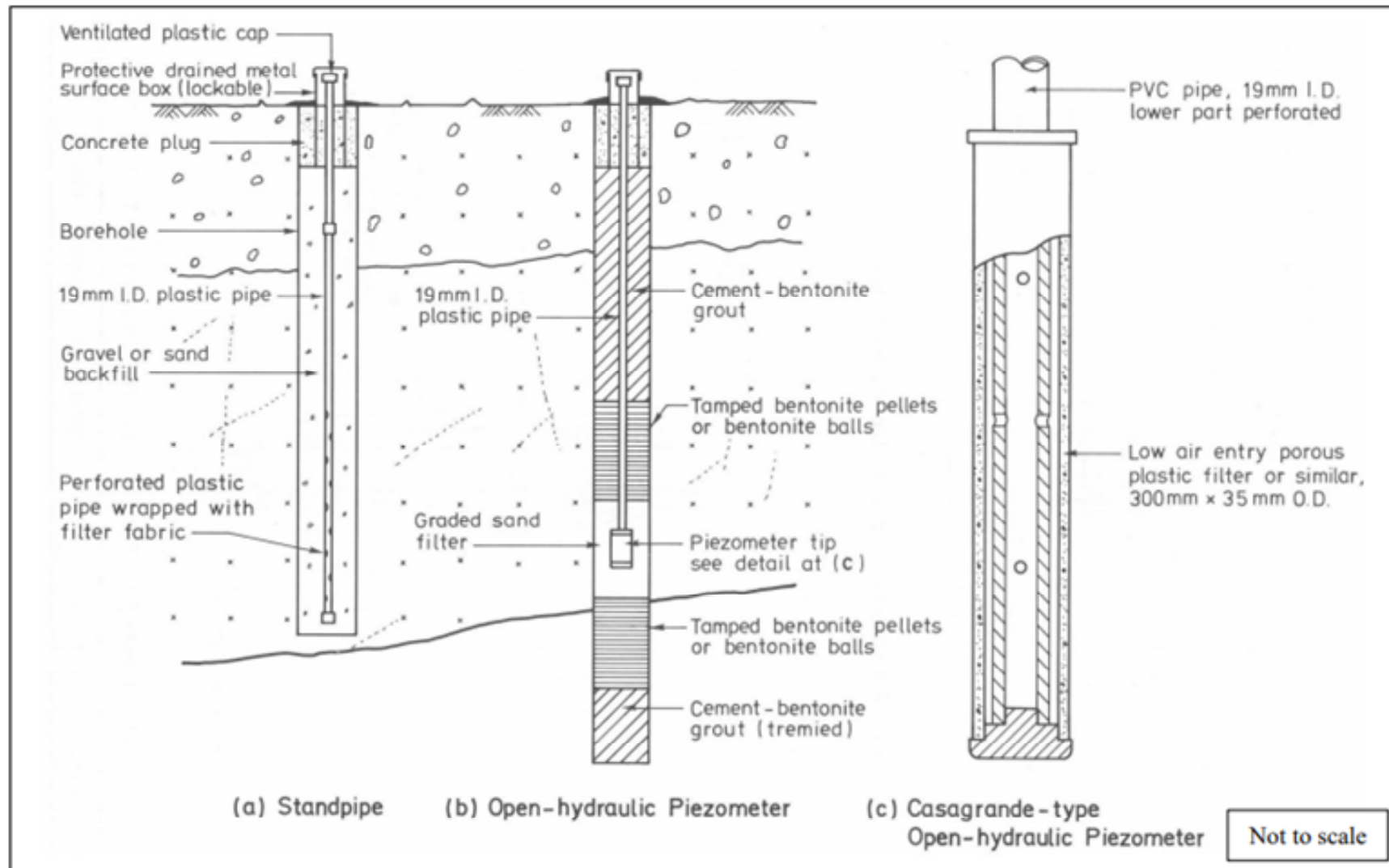
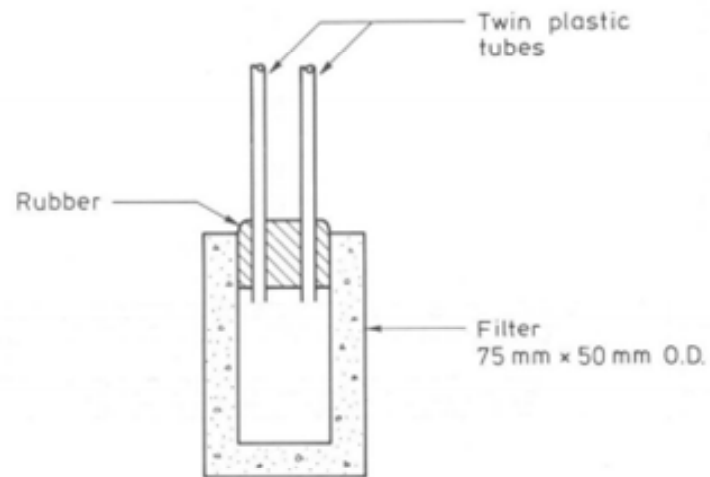
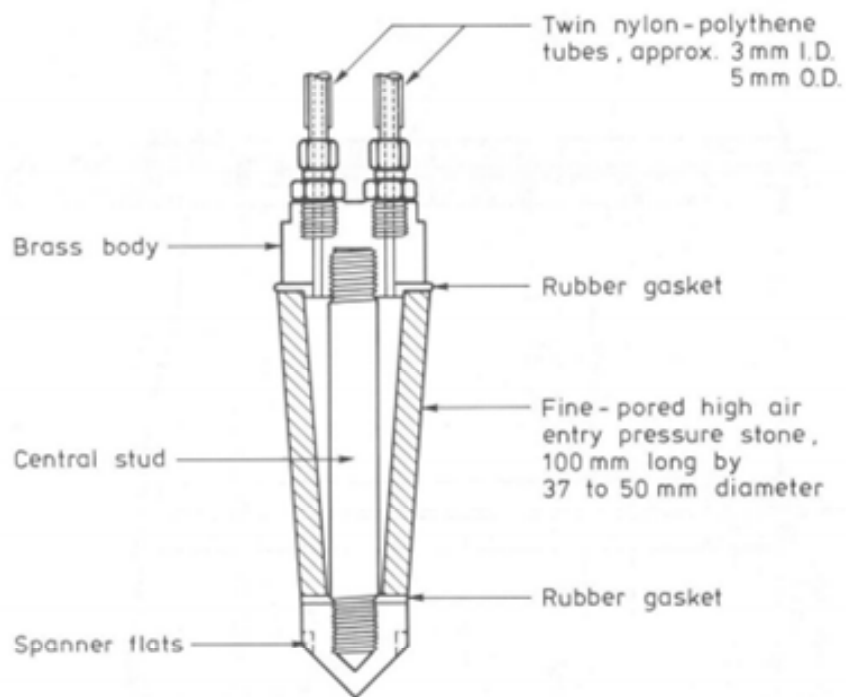


圖 19 - 一般的立管和開放式液壓滲壓計



(a) Piezometer Tip for Use in Borehole



(b) Piezometer Tip for Use in Embankment

Note : Figures based on BS 5930 (BSI, 2010) and Penman (1986). [Amd GG2/01/2017]

圖 20 - 一般的雙管閉式液壓滲壓計尖端部位

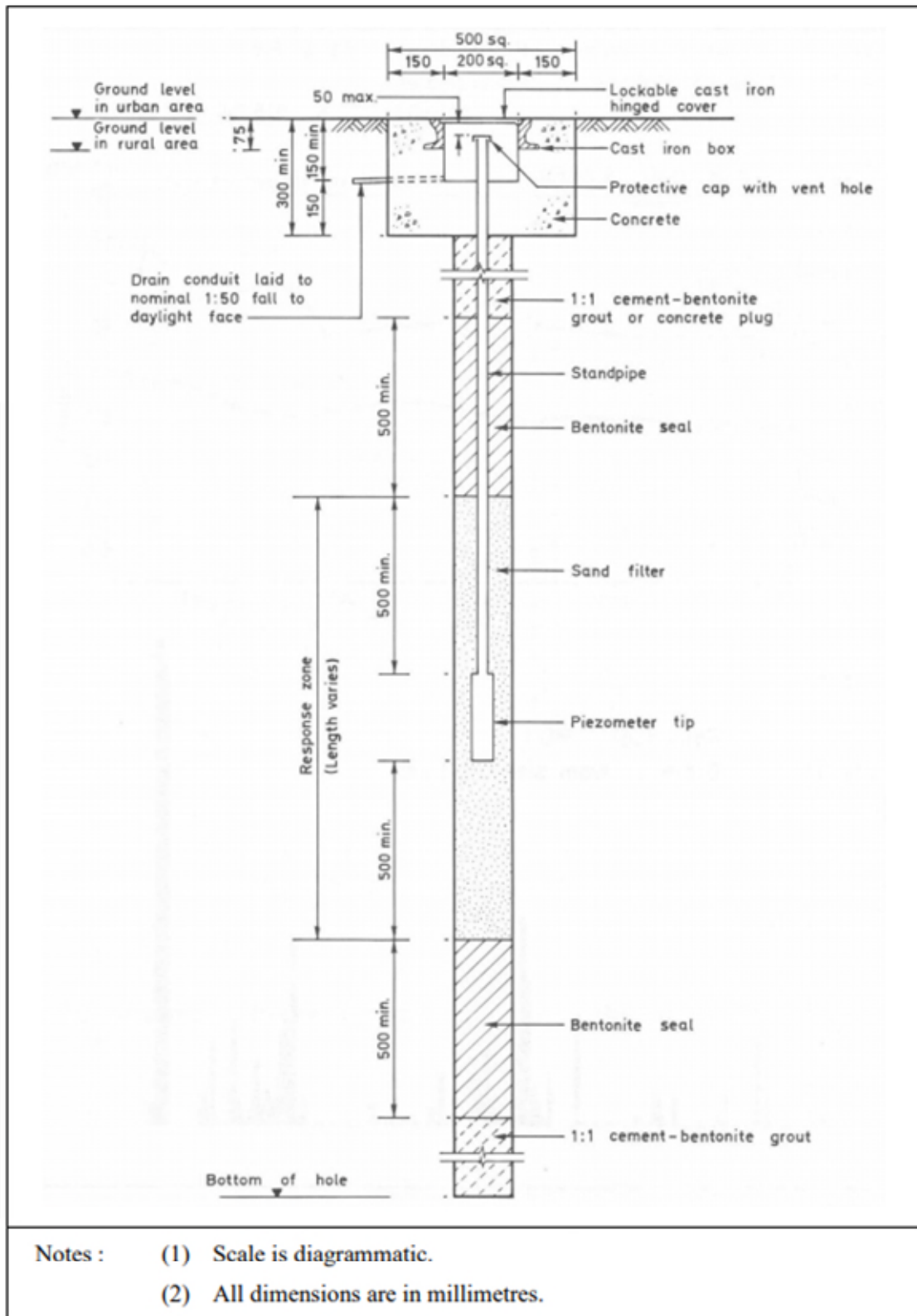


圖 21 - 鑽孔中滲壓計的一般安裝細節

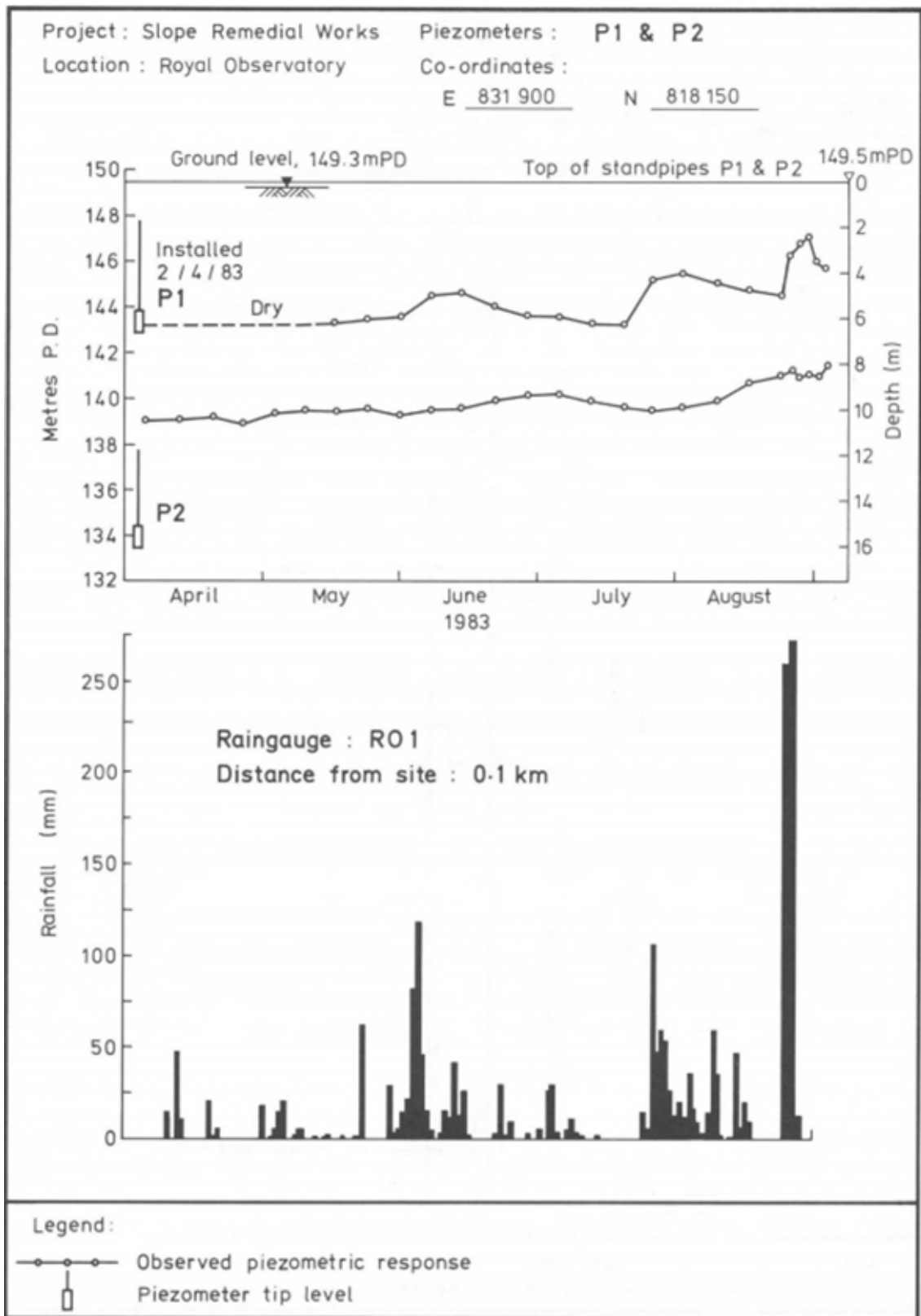


圖 22- 滲壓計紀錄實例

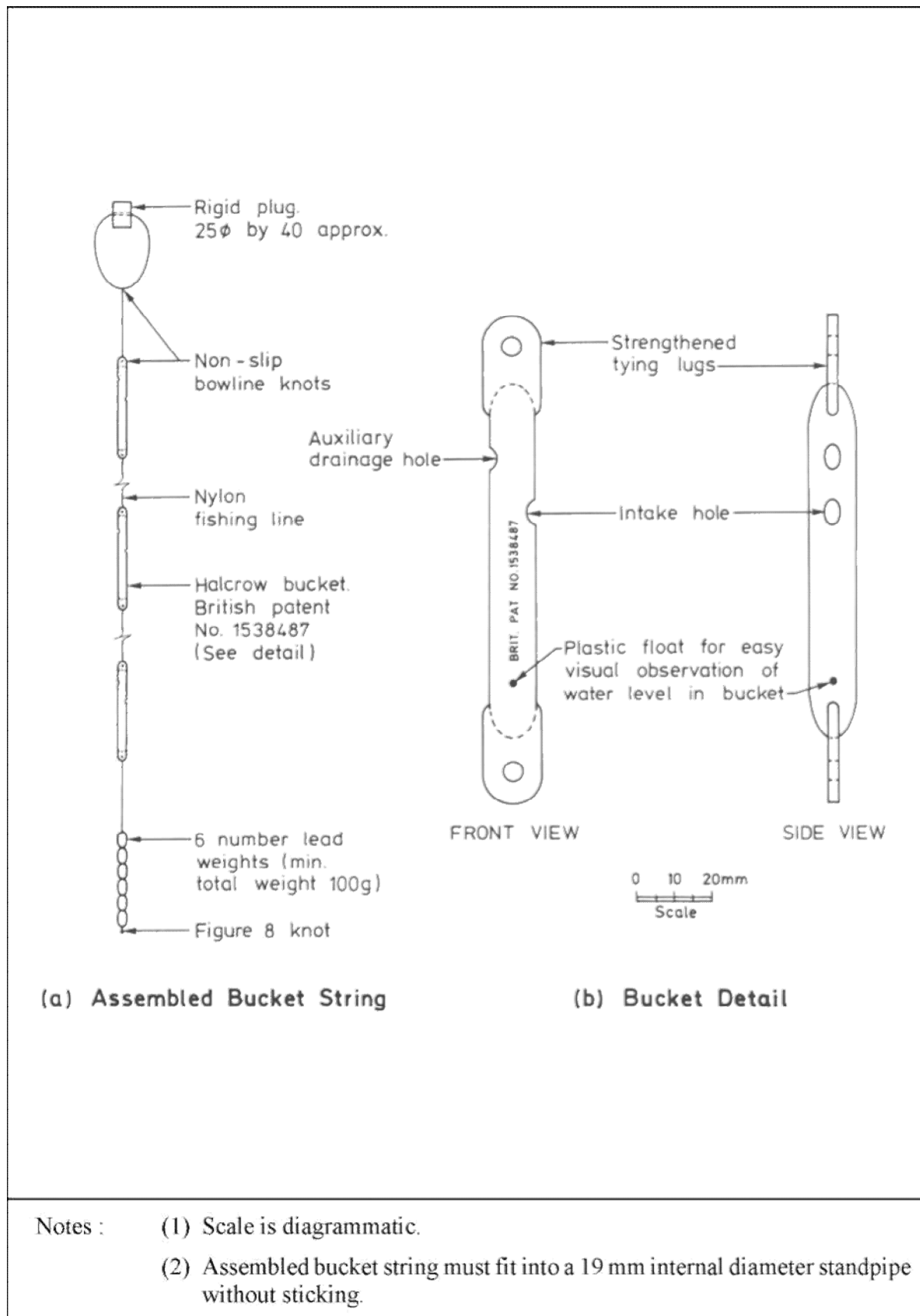
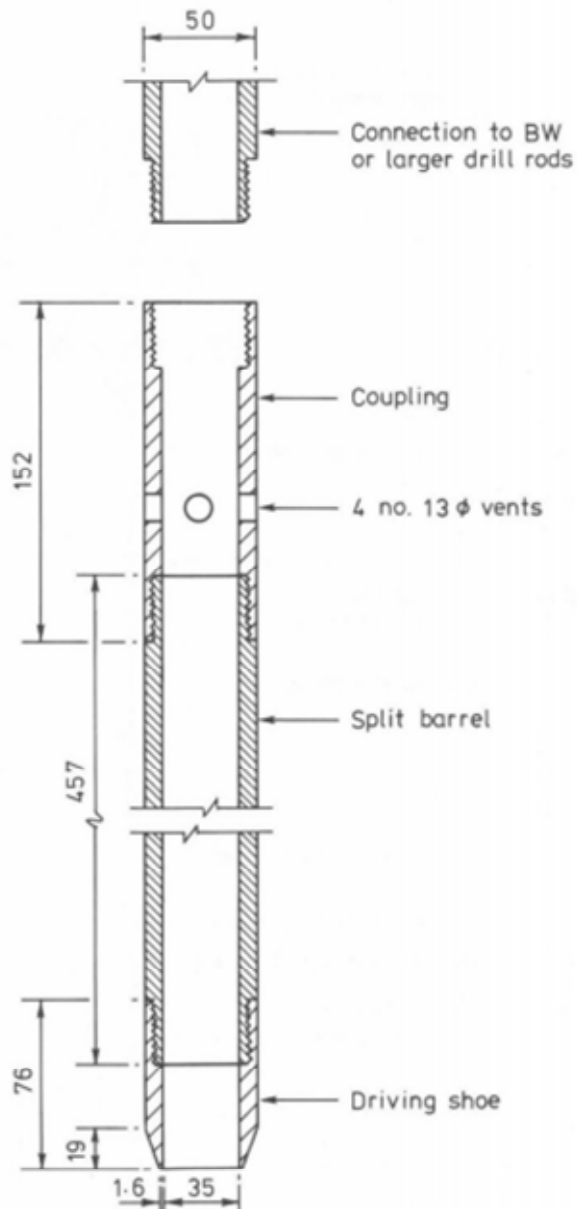


圖 23 - 滲壓計量筒 (英國專利 #1538487)

Piezometer Buckets Record												
Piezometer No. : P1						Design (Critical) Water Level :		Depth of Critical Water Level below Top of Standpipe :				
Location : Royal Observatory						145.5 mPD		4.0 m				
Buckets : Number : <u>5</u> Depth : <u>2.5 m - 5.5 m</u> Spacing : <u>0.75 m</u> Date Installed : <u>2 / 4 / 83</u>												
Tip Level : 143.1mPD Ground Level : 149.3mPD						Level of Top of Standpipe : 149.5 mPD						
Tip Level : 143.1mPD Ground Level : 149.3mPD						Depth of Tip below Top of Standpipe : 6.4 m						
Date	Measured G.W.L. Depth* (m)	Buckets Found to Contain Water					G.W.L. Depth* Indicated by Buckets (m)	Comments / Weather	Recorded by			
		1	2	3	4	5						
12.5.83	Dry						> 5.5	Sunny	HYC			
20.6.83	5.9					✓	4.8 - 5.5	Fine	WPF			
11.7.83	6.2						> 5.5	Sunny	HYC			
2.8.83	5.5			✓	✓	✓	3.3 - 4.0	Cloudy	HYC			
14.8.83	4.6				✓	✓	4.0 - 4.8	Cloudy	CKC			
30.8.83	3.8	✓	✓	✓	✓	✓	< 2.5	After storm / fine today Exceeds critical depth	HYC			
Legend : * Depth measured from top of standpipe						Bucket No. :		1	2	3	4	5
						Depth* (m)		2.50	3.25	4.00	4.75	5.50

圖 24 - 滲壓計量筒資料實例



- Notes :
- (1) Figure based on BS EN ISO 22476-3 (BSI, 2011b). [Amd GG2/01/2017]
 - (2) A slightly enlarged inner diameter of the split barrel is permitted, provided removable liners are always used which have an inside diameter of 35 mm.
 - (3) A ball valve in the base of the coupling as shown in ASTM (1985a) is also permitted.
 - (4) All dimensions are in millimetres.

圖 25 - 標準穿透測試用拆分筒採樣器

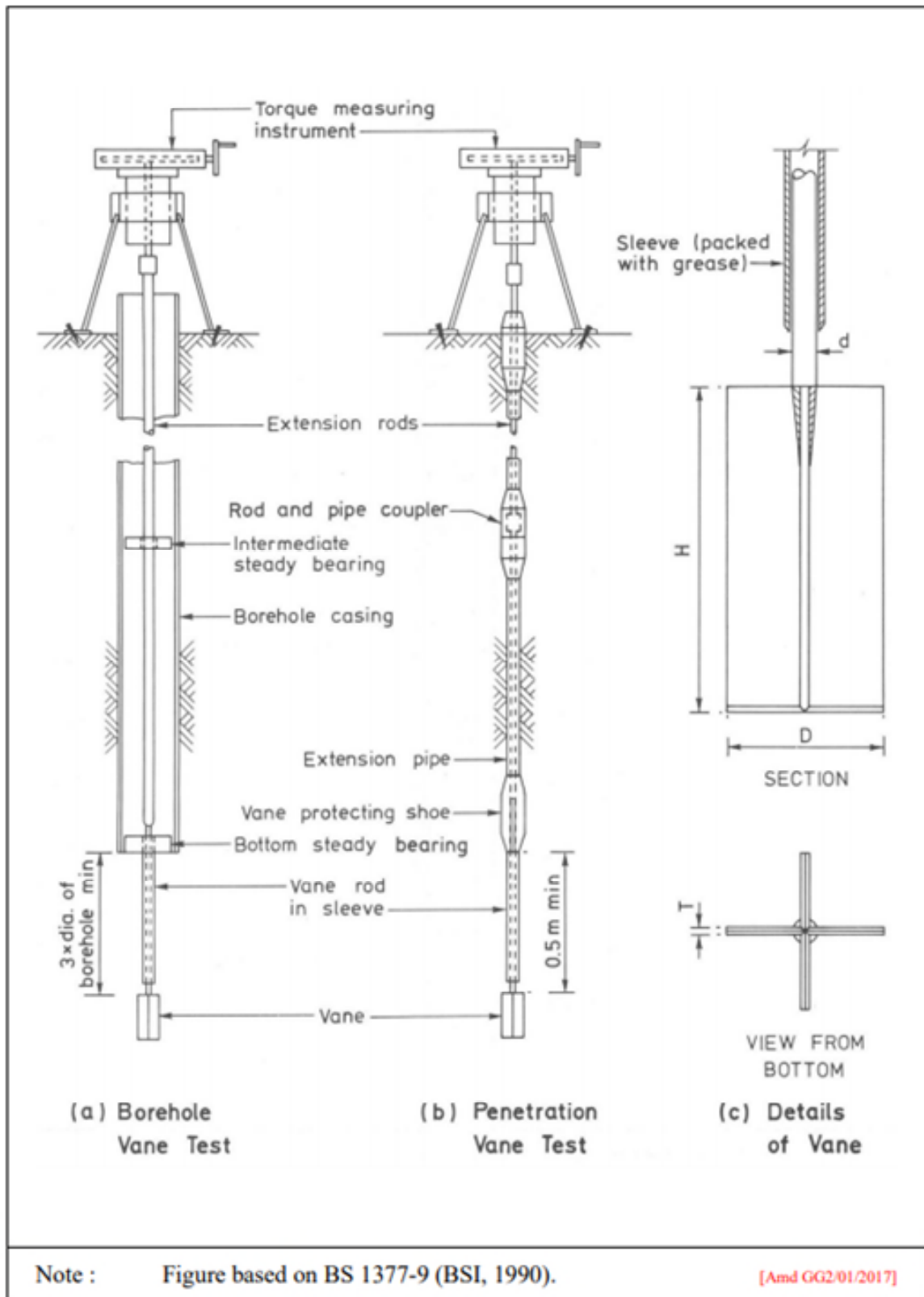


圖 26 - 葉片剪切裝置

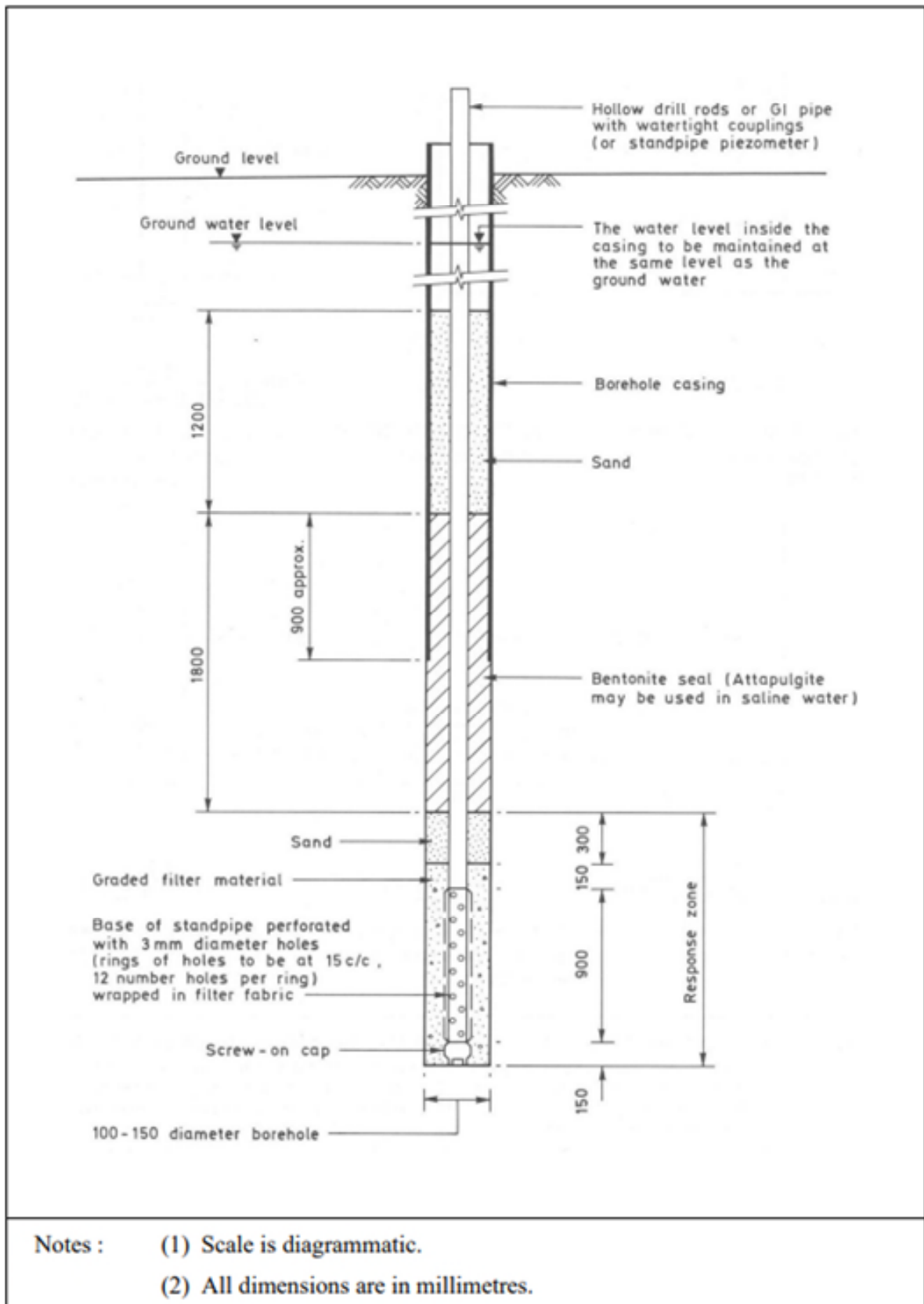
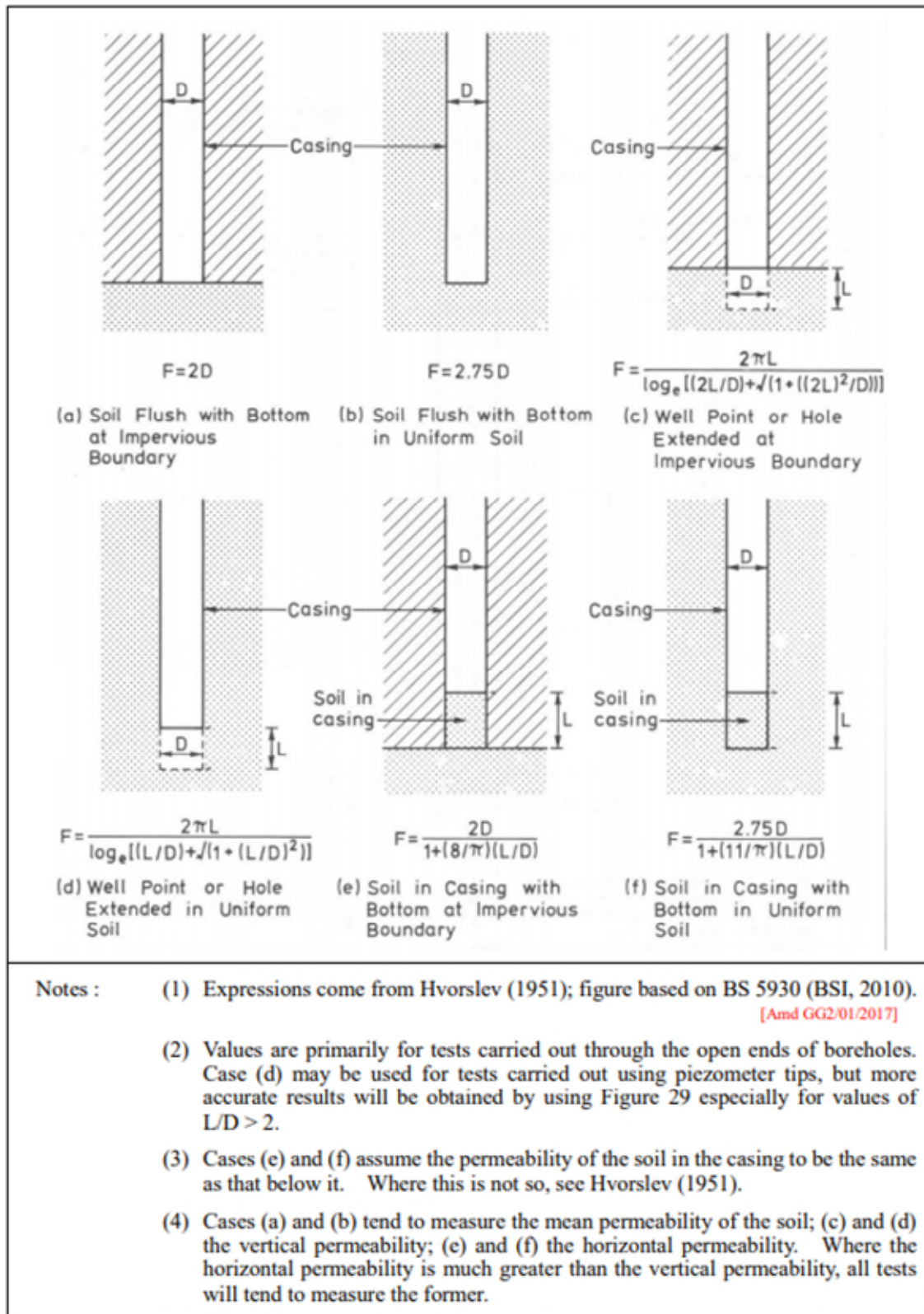
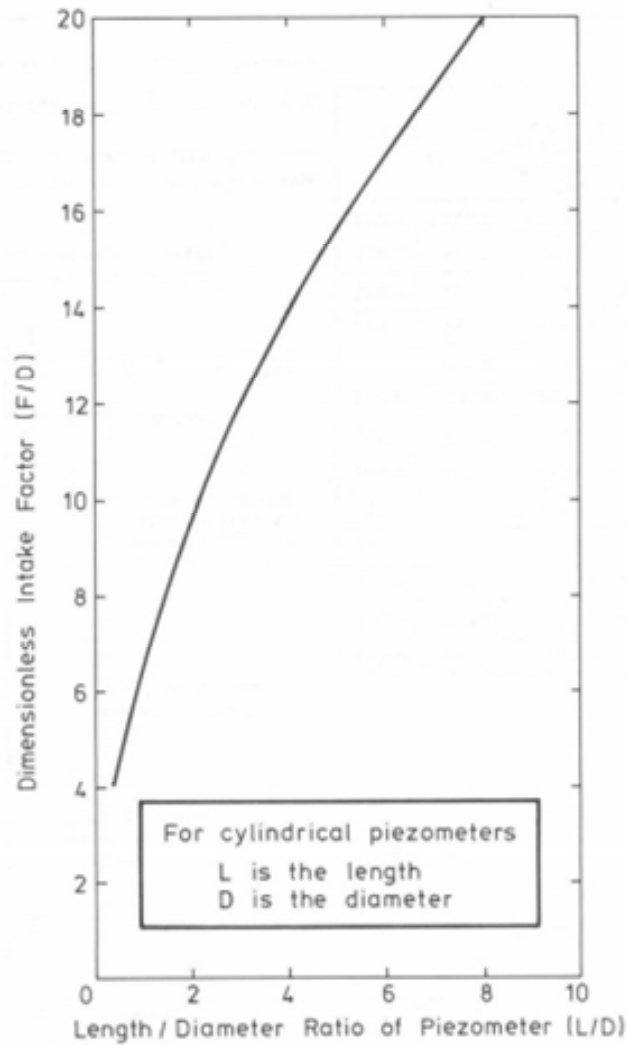


圖 27 - 現地滲透率測試的一般配置

圖 28 - 鑽孔滲透率測試中的進氣係數 F



Notes :

- (1) Graph comes from Brand & Premchitt (1980).
- (2) Where a piezometer tip is surrounded by a granular filter material, it is the dimensions of this filter which should be used to derive values of F.
- (3) Where L is large compared with D, the test will tend to measure the horizontal permeability of the soil.
- (4) Where the horizontal permeability of the soil is much greater than the vertical, the test will measure the former, whatever the relation between L and D.
- (5) The intake factor may also be calculated from the expression (Brand & Premchitt, 1980) :

$$F = \frac{2.4\pi L}{\log_e \left[1.2L/D + \sqrt{1 + [1.2L/D]^2} \right]}$$

圖 29 - 無維度進氣係數與滲壓計長徑比的關係

Falling-head Permeability Test

FIELD DATA :

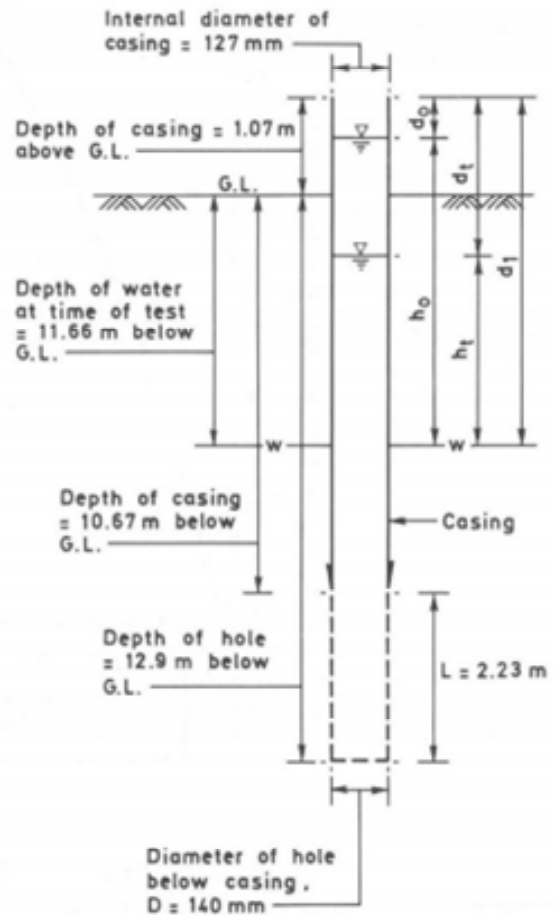
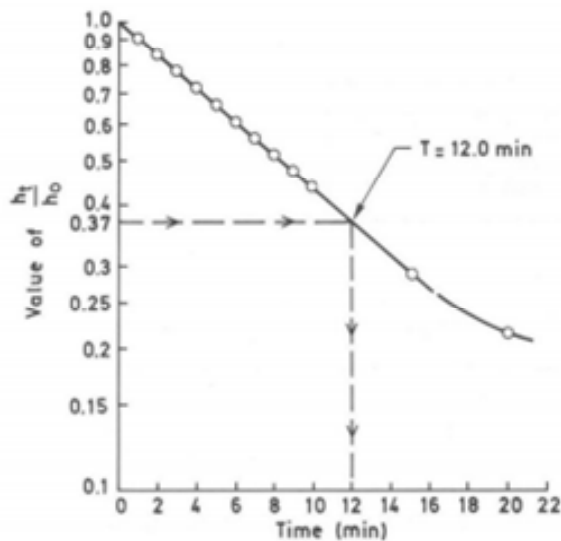
Time on Clock	Time Elapsed min sec	Depth of Water below Top of Casing = d_t	$h_t = (d_1 - d_t)$	$\frac{h_t}{h_0}$
	0	9.601 m	3.129 m	1.000
1	0	9.854	2.876	0.919
2	0	10.109	2.621	0.838
3	0	10.300	2.430	0.777
4	0	10.484	2.246	0.718
5	0	10.668	2.062	0.659
6	0	10.826	1.904	0.608
7	0	10.985	1.745	0.558
8	0	11.100	1.630	0.521
9	0	11.227	1.503	0.480
10	0	11.366	1.364	0.435
15	0	11.824	0.906	0.290
20	0	12.065	0.665	0.212

Borehole BH1 Date 18.12.86

Drillhole D7 Observer A.N. Chan

Use only CLEAN water for test.

Has water been added during boring? Yes/No



CALCULATIONS :

$$K = \frac{A}{FT}$$

where : $A = \frac{0.140^2 \pi}{4} = 0.01539 \text{ m}^2$

$F = 2.5$ (based on case (d) in Figure 28)

$T = 12 \text{ min} \times 60 = 720 \text{ sec}$

therefore : $K = \frac{A}{FT} = \frac{0.01539}{2.5 \times 720} = 8.5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$

圖 30 - 落頭滲透率測試結果的實例

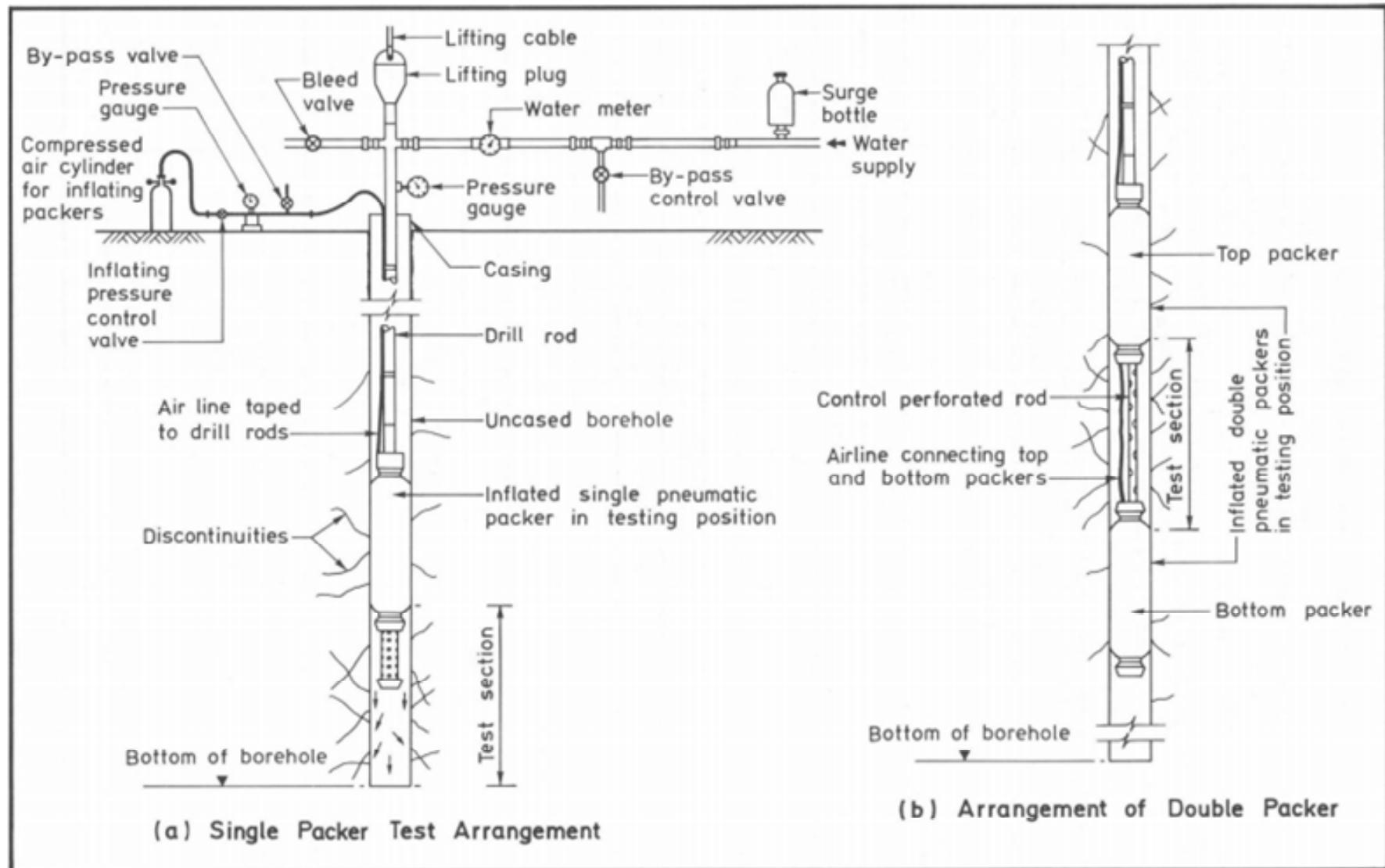


圖 31 - 封包器（吸水）測試的一般配置

Field Data from Water Absorption Test							
Borehole No. <u>T3</u> Test No. <u>4</u>							
Date of test <u>24.11.75</u>				Tested by <u>A.N. Chan</u>			
Packer type (delete as necessary) Single / Double Pneumatic / Hydraulic / Mechanical				Tested Section from <u>19.81 m</u> to <u>22.86 m</u>			
Packer pressure <u>276 kPa</u>				Depth of Hole at Time of Test <u>33.84 m</u>			
Depth to Centre of Test Section (measured down line of borehole) <u>21.34 m</u>				Details of Casing at Time of Test <u>-</u>			
Depth to Groundwater Level (measured down line of borehole) <u>21.34 m</u>				Gauge Height above Ground Level <u>1.32 m</u>			
FIRST PERIOD Gauge pressure <u>124 kPa</u>							
Time (minutes)	0	5	10	15			Average Flow (l/min)
Flowmeter reading (l)	218.6	229.3	239.9	250.7			
Water take (l)	10.7	10.6	10.8			2.14	
SECOND PERIOD Gauge pressure <u>248 kPa</u>							
Time (minutes)	0	5	10	15			Average Flow (l/min)
Flowmeter reading (l)	281.8	296.4	311.2	326.3			
Water take (l)	14.6	14.8	15.1			2.96	
THIRD PERIOD Gauge pressure <u>372 kPa</u>							
Time (minutes)	0	5	10	15			Average Flow (l/min)
Flowmeter reading (l)	255.9	276.6	297.5	318.5			
Water take (l)	20.7	20.9	21.0			4.17	
FOURTH PERIOD Gauge pressure <u>248 kPa</u>							
Time (minutes)	0	5	10	15			Average Flow (l/min)
Flowmeter reading (l)	54.5	69.9	85.4	101.1			
Water take (l)	15.4	15.5	15.7			3.10	
FIFTH PERIOD Gauge pressure <u>124 kPa</u>							
Time (minutes)	0	5	10	15			Average Flow (l/min)
Flowmeter reading (l)	377.3	388.6	400.0	411.5			
Water take (l)	11.3	11.4	11.5			2.28	

圖 32 - 封包器 (吸水) 測試資料實例

Water Absorption Test						
Borehole No. <u>T3</u> Test No. <u>4</u>						
Date of Test <u>24.11.75</u> Packer Type (delete as necessary) Single / Double Pneumatic / Hydraulic / Mechanical Packer Pressure <u>276 kPa</u>			Test Section from <u>19.81 m</u> to <u>22.86 m</u> Depth of Hole at Time of Test <u>33.84 m</u> Diameter of Hole in Test Area <u>102 mm</u> Drillhole Inclination from Horizontal <u>90°</u> Casing Details <u>-</u> Rock Type <u>GRANITE GRADE II</u>			
Legend of Test Section <u>3.05m</u> (1)	Flow	Gauge Pressure		Friction Headloss		Total Head
	q (litres / min)	Units: (kPa)	Head of Water (m)	in Basic Pipe Work (m)	in Extra Rods or Pipes (m)	h (2+3+6-7-8) (m)
	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	Negligible					
Vertical Depth to ground- water from G.L. <u>21.34m</u> (2)	2.14 2.96 4.17	124 248 372	12.6 25.2 37.8	Negligible		35.26 47.86 60.46
Height of Pressure Gauge above G.L. <u>1.32m</u> (3)	3.10 2.28	248 124	25.2 12.6	Negligible		47.86 35.26
From graph : $q/h = \underline{3.4/54}$ $L = \frac{100}{lh} q = \underline{2.06}$ lugeon units where l = length of test section in metres				Tested by <u>A.N. Chan</u>	Calculated by <u>A.N. Chan</u>	
Note : If groundwater level unknown or below test section use depth to centre of test section.						

圖 33 - 封包器 (吸水) 測試計算實例

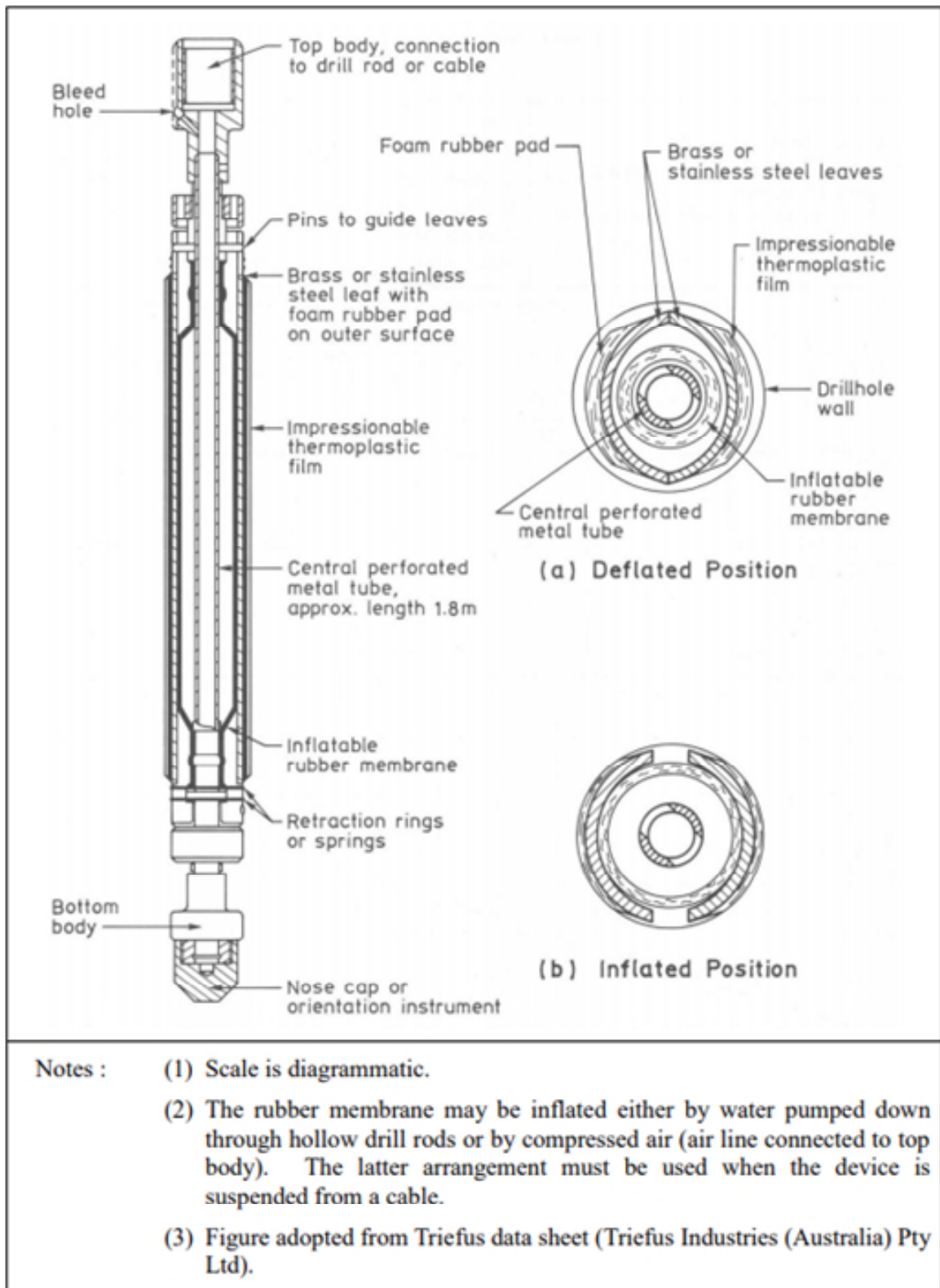


圖 34 - 壓印封包器裝置

Impression Packer Survey - Discontinuity Log																																																																													
Project : Stage 2 Studies									Sheet 1 of 3																																																																				
Location : Slope no. 11SW-C/C207, Mt. Davis Road						Logged by : A.N. Chan		Checked by : A.N. Lau																																																																					
Drillhole No. : SBH1			Orientation : Vertical			Co-ordinates : E 830 610 N 814 942 Ground Level : +127.65 mPD																																																																							
Depth (m)	Level (mPD)	Legend	Nature and orientation of discontinuities							Description																																																																			
			Type	Dip direction	Dip	Aperture	Infilling	Consistency	Unevenness																																																																				
6.00	121.65	x								Extremely weak, dry, light brownish red, inequigranular, completely decomposed coarse ash TUFF (Dense, sandy clayey SILT)																																																																			
6.17	121.48	x																																																																											
6.23	121.42	V	2	240	52	4	1	-	7	—																																																																			
		V																																																																											
		V																																																																											
		V																																																																											
		V																																																																											
6.6	121.05	V																																																																											
		V	2	195	66	5	1	-	7	—																																																																			
		V																																																																											
6.8	120.85	V																																																																											
		V																																																																											
6.95	120.70	V																																																																											
		V	2	250	78	5	1	-	7	—																																																																			
		V																																																																											
		V																																																																											
7.2	122.85	V																																																																											
		V																																																																											
<table><tr><th>Type</th><th>Dip direction, Dip</th><th>Aperture</th><th>Nature of Infilling</th><th>Consistency of Infilling</th><th>Unevenness</th></tr><tr><td>0. Fault zone</td><td>Dip</td><td>1. Wide (>200mm)</td><td>0. Clean</td><td>Soil strength</td><td>Rock strength</td></tr><tr><td>1. Fault</td><td>Expressed in degrees</td><td>2. Mod. wide (60-200mm)</td><td>1. Surface staining</td><td>1. Very soft</td><td>6. Extremely weak</td></tr><tr><td>2. Joint</td><td></td><td>3. Mod. narrow (20-60mm)</td><td>2. Decomposed/ disintegrated rock</td><td>2. Soft</td><td>7. Very weak</td></tr><tr><td>3. Cleavage</td><td></td><td>4. Narrow (6-20mm)</td><td>3. Firm</td><td>3. Firm</td><td>8. Weak</td></tr><tr><td>4. Schistosity</td><td></td><td>5. Very narrow (2-6mm)</td><td>4. Stiff</td><td>4. Stiff</td><td>9. Moderately weak</td></tr><tr><td>5. Shear plane</td><td></td><td>6. Ext. narrow (>0-2mm)</td><td>5. Very stiff or hard</td><td>5. Very stiff or hard</td><td>10. Moderately strong</td></tr><tr><td>6. Fissure</td><td></td><td>7. Tight (zero)</td><td>6. Calcite</td><td></td><td>11. Strong</td></tr><tr><td>7. Tension crack</td><td></td><td></td><td>7. Manganese</td><td></td><td>12. Very strong</td></tr><tr><td>8. Foliation</td><td></td><td></td><td>8. Kaolin</td><td></td><td>13. Extremely strong</td></tr><tr><td>9. Bedding</td><td></td><td></td><td>9. Other-specify</td><td></td><td></td></tr></table>												Type	Dip direction, Dip	Aperture	Nature of Infilling	Consistency of Infilling	Unevenness	0. Fault zone	Dip	1. Wide (>200mm)	0. Clean	Soil strength	Rock strength	1. Fault	Expressed in degrees	2. Mod. wide (60-200mm)	1. Surface staining	1. Very soft	6. Extremely weak	2. Joint		3. Mod. narrow (20-60mm)	2. Decomposed/ disintegrated rock	2. Soft	7. Very weak	3. Cleavage		4. Narrow (6-20mm)	3. Firm	3. Firm	8. Weak	4. Schistosity		5. Very narrow (2-6mm)	4. Stiff	4. Stiff	9. Moderately weak	5. Shear plane		6. Ext. narrow (>0-2mm)	5. Very stiff or hard	5. Very stiff or hard	10. Moderately strong	6. Fissure		7. Tight (zero)	6. Calcite		11. Strong	7. Tension crack			7. Manganese		12. Very strong	8. Foliation			8. Kaolin		13. Extremely strong	9. Bedding			9. Other-specify		
Type	Dip direction, Dip	Aperture	Nature of Infilling	Consistency of Infilling	Unevenness																																																																								
0. Fault zone	Dip	1. Wide (>200mm)	0. Clean	Soil strength	Rock strength																																																																								
1. Fault	Expressed in degrees	2. Mod. wide (60-200mm)	1. Surface staining	1. Very soft	6. Extremely weak																																																																								
2. Joint		3. Mod. narrow (20-60mm)	2. Decomposed/ disintegrated rock	2. Soft	7. Very weak																																																																								
3. Cleavage		4. Narrow (6-20mm)	3. Firm	3. Firm	8. Weak																																																																								
4. Schistosity		5. Very narrow (2-6mm)	4. Stiff	4. Stiff	9. Moderately weak																																																																								
5. Shear plane		6. Ext. narrow (>0-2mm)	5. Very stiff or hard	5. Very stiff or hard	10. Moderately strong																																																																								
6. Fissure		7. Tight (zero)	6. Calcite		11. Strong																																																																								
7. Tension crack			7. Manganese		12. Very strong																																																																								
8. Foliation			8. Kaolin		13. Extremely strong																																																																								
9. Bedding			9. Other-specify																																																																										

圖 35 - 壓印封包器不連續性調查日誌

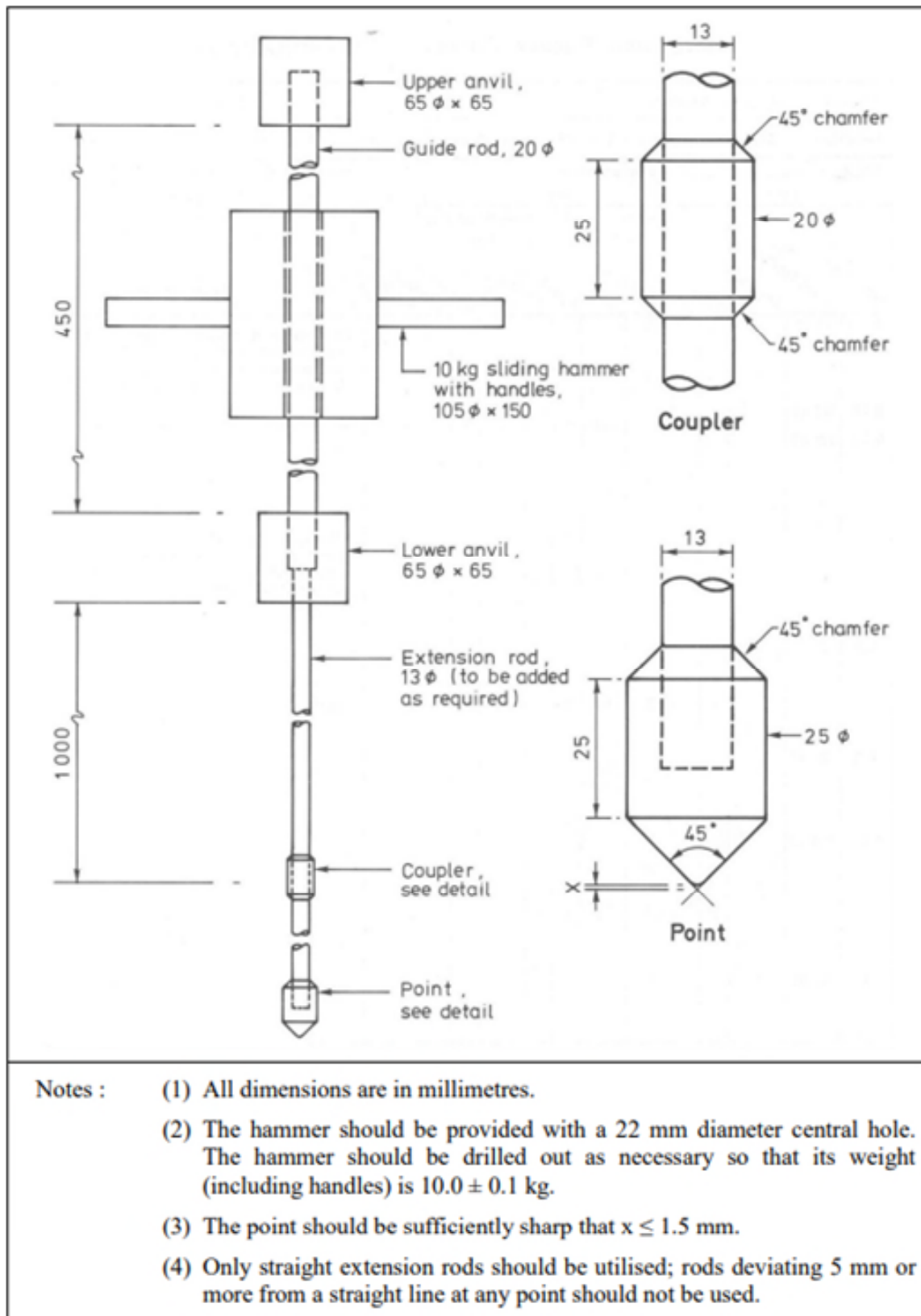


圖 36 - GCO 探針

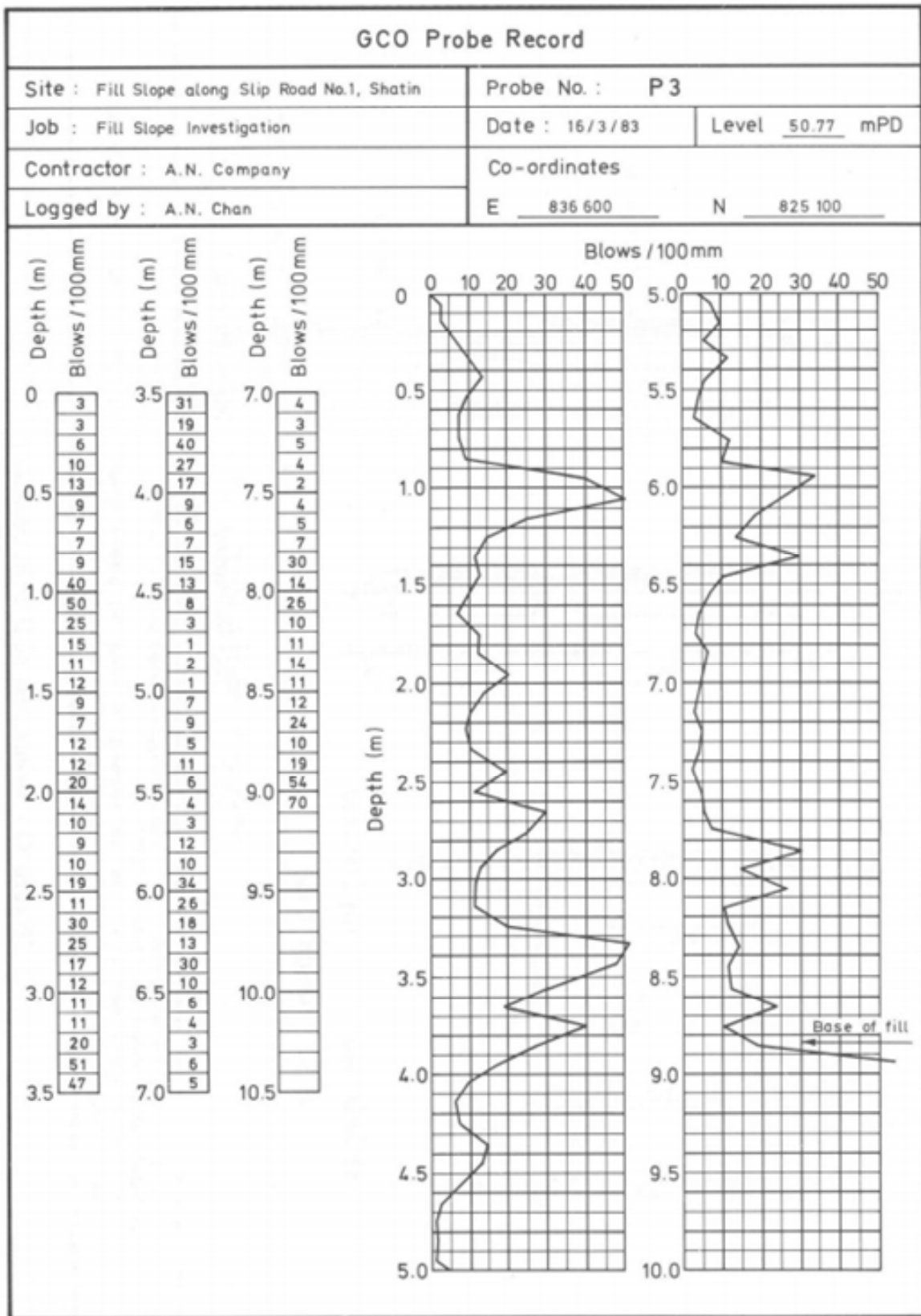
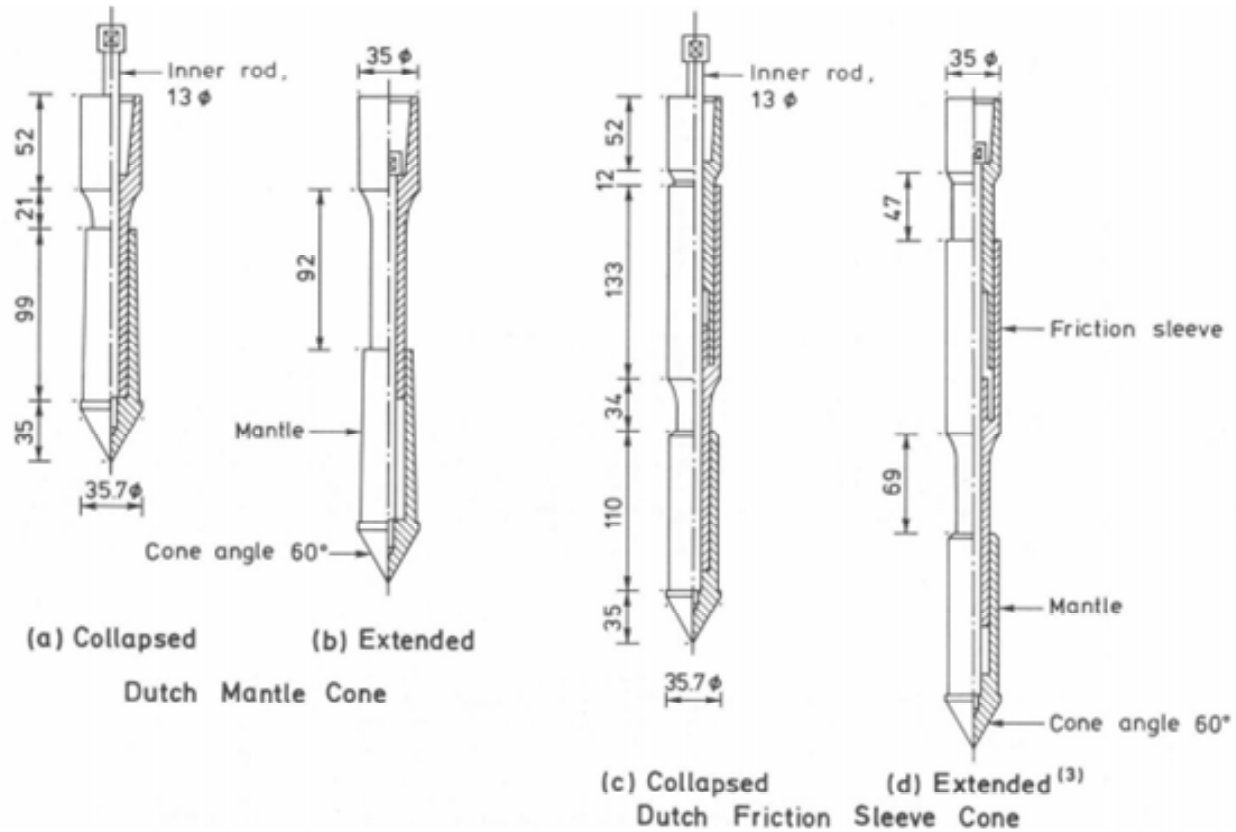


圖 37 - GCO 探針紀錄



Notes :

- (1) All dimensions are in millimetres.
- (2) Details shown follow the ISSMFE (1977).
- (3) The friction sleeve cone extends in two increments to reach the position shown in (d). The mantle is first extended 35 mm, then the mantle and friction sleeve together are extended another 35 mm.

圖 38 - 機械式觸探穿透計

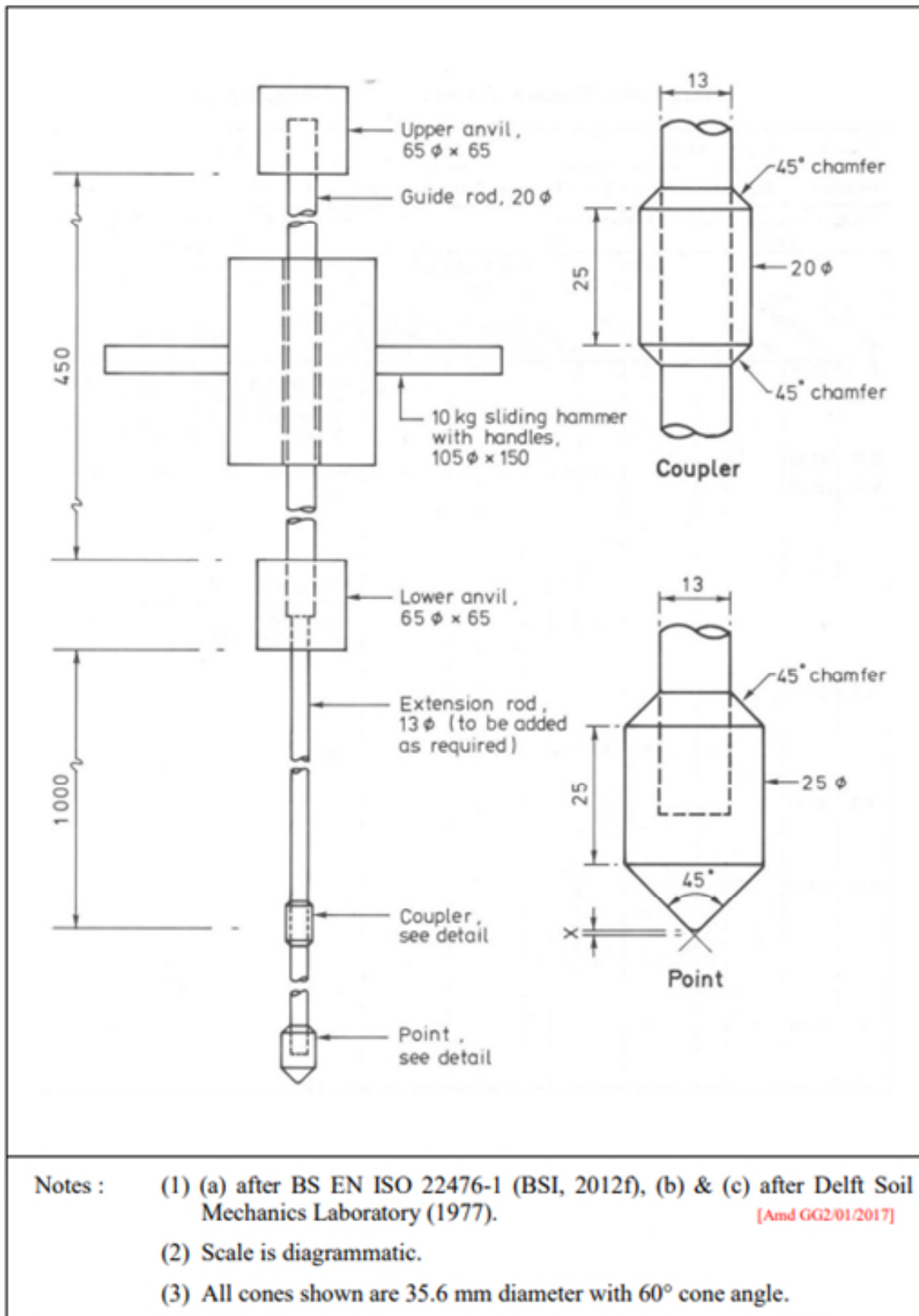
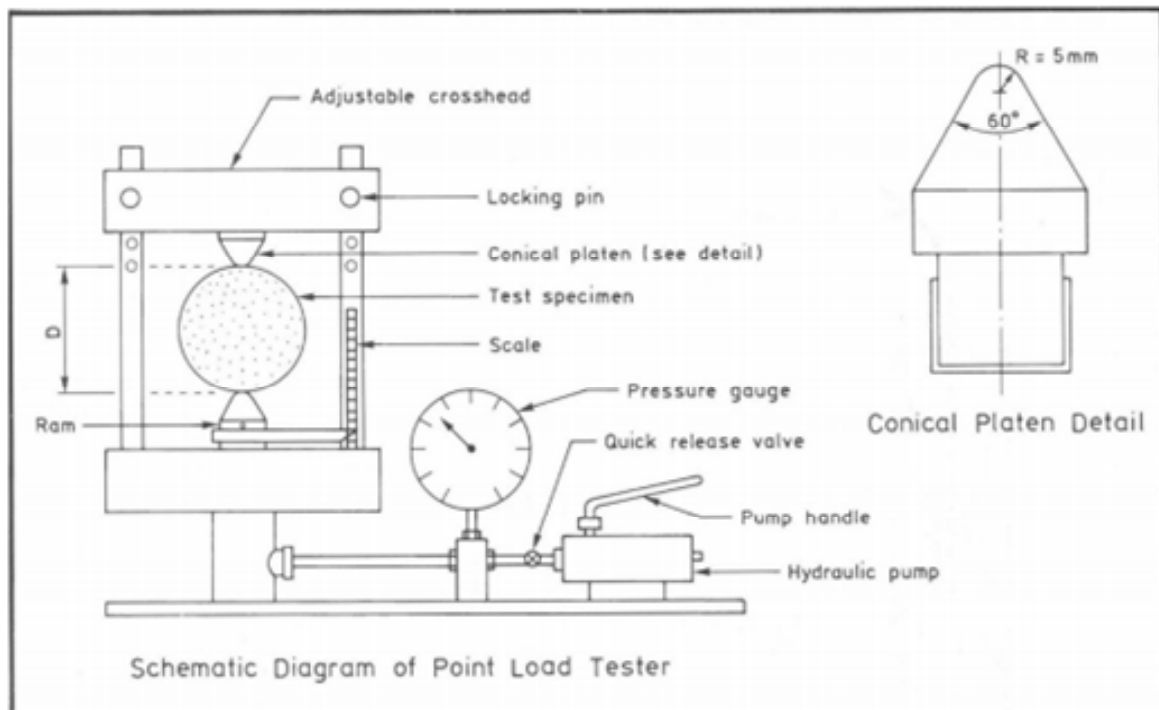


圖 39 - 電力式觸探穿透計



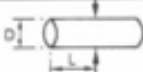
Point Load Test				Borehole No. S4							
Project : New Territories Trunk Road Contract 529/80				Test Machine : ELE PLT3				Date Tested : 7/8/83			
Location : North Tai Po to Lam Kam Road				Ram Area : —				Tested by : KYC			
No. or Depth (m)	Rock Type and Description	Moisture Condition	Test Type and Direction	Sample Width, W (mm)	Platen Separation, D (mm)	Gauge Pressure at Failure (MPa)	Failure Load, P (kN)	Equivalent Diameter, D _e (mm)	P/D _e ² (MPa)	Correction Factor, F	Point Load Index, I _s (50) (MPa)
P10	Very strong, dry greenish grey to grey, inequigranular, slightly decomposed, medium to coarse-grained GRANODIORITE, with reddish brown stains from original joint surfaces around the edges.	d	d //	—	83	—	22.6	83	3.3	1.26	4.1
			d //	—	83	—	23.6	83	3.4	1.26	4.3
			a ⊥	83	79	—	42.6	91.37	5.1	1.31	6.7
(1) Moisture Condition d - air dry s - saturated n - natural moisture				Diametral 				L > 0.5D D _e ² = D ²		Mean I _s (50)	
(2) Test Type and Direction d - diametral a - axial L - irregular lump // - parallel to planes of weakness ⊥ - perpendicular to planes of weakness r - random or unknown orientation				Axial 				0.3W < D < W D _e ² = 4WD/π		Mean I _s (50) ⊥	6.7
				Irregular Lump 				L > 0.5D 0.3W < D < W D _e ² = 4WD/π		Mean I _s (50) //	4.2
										I _a (50)	1.6
										F = (D _e /50) ^{0.45}	
										I _a = $\frac{I_s(50) \perp}{I_s(50) //}$	

圖 40 - 點荷載測試儀和實例資料

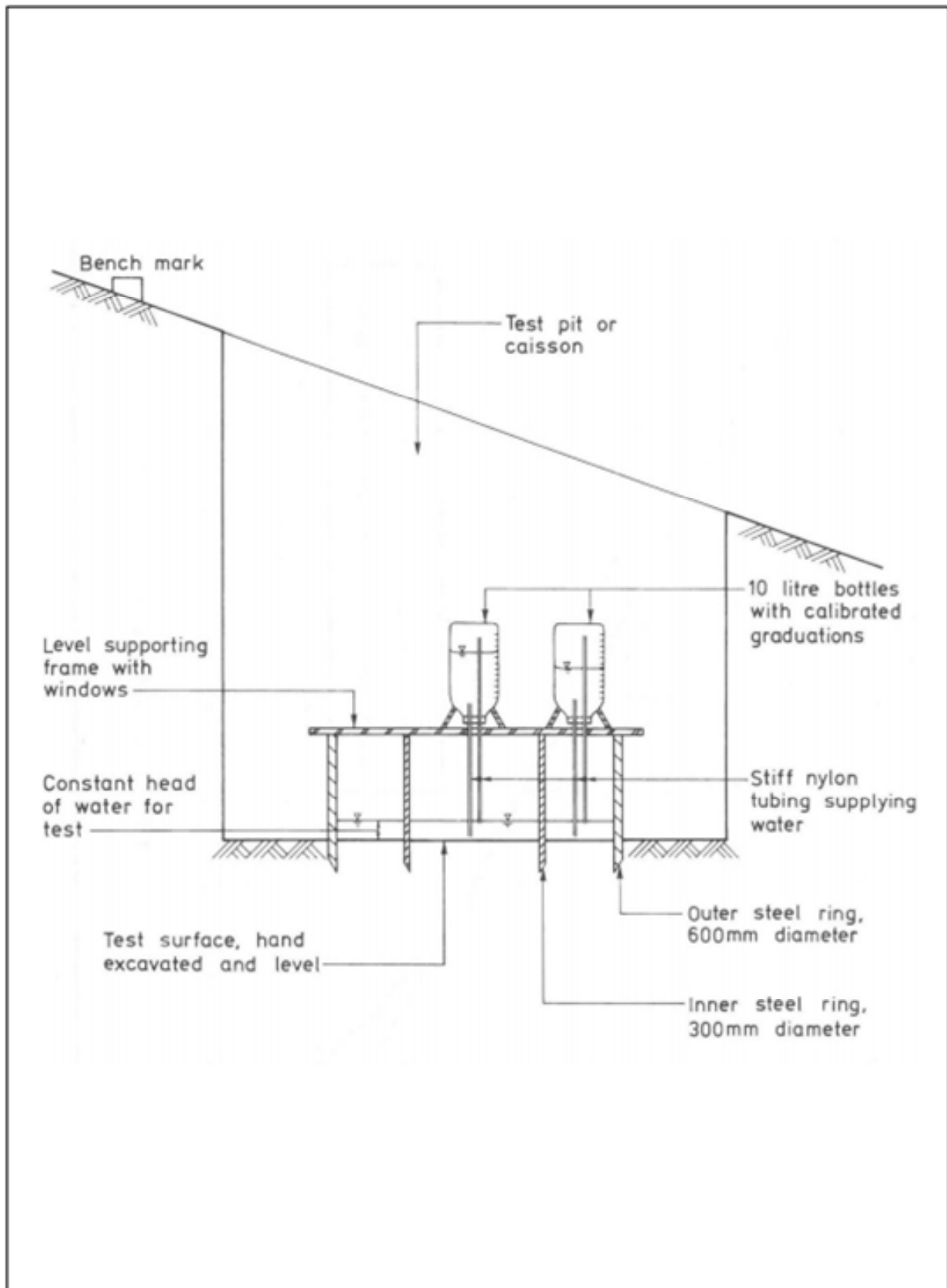


圖 41 - 雙環恆定磁場入滲測試的一般配置

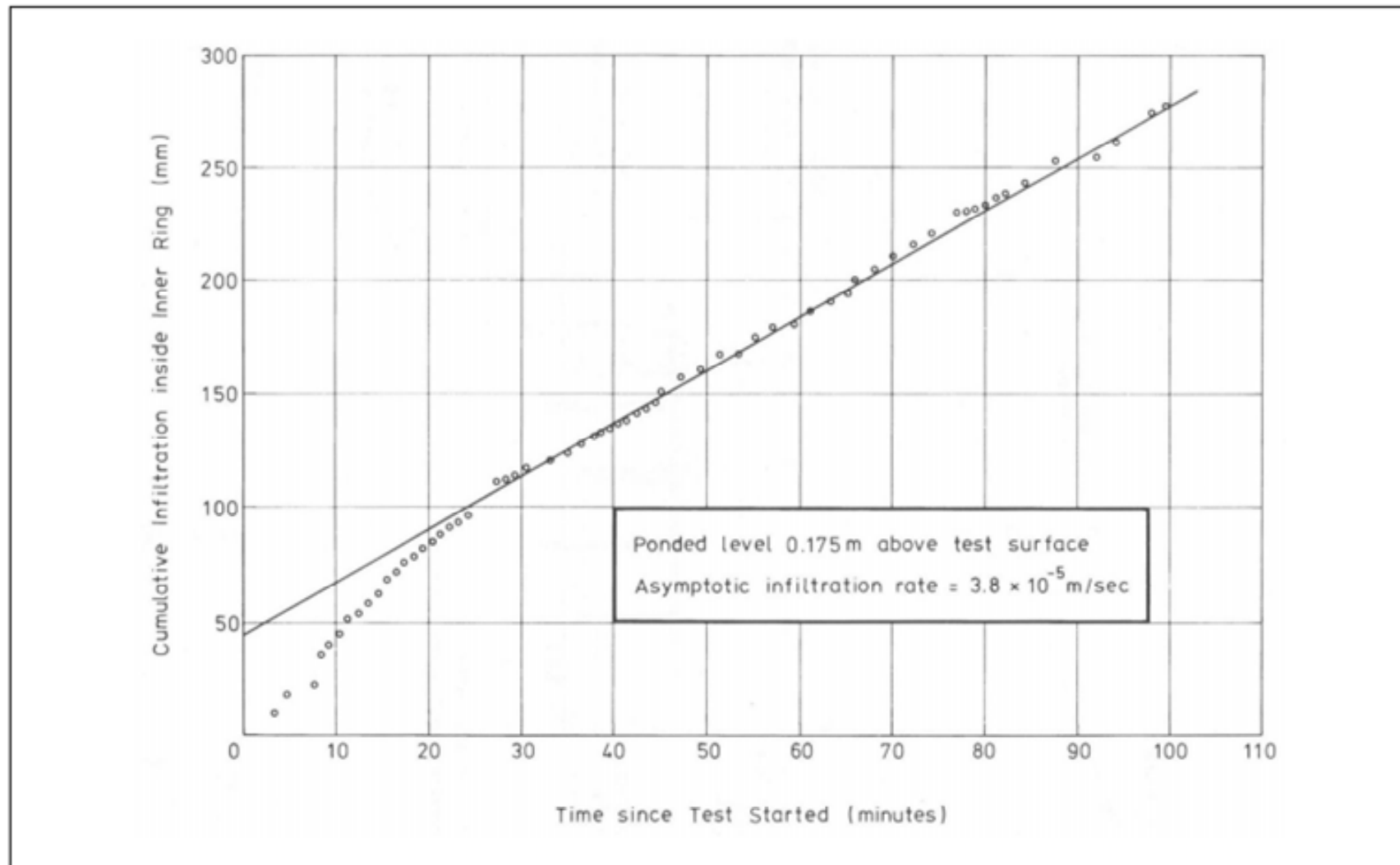


圖 42 - 現地滲透測試結果的實例

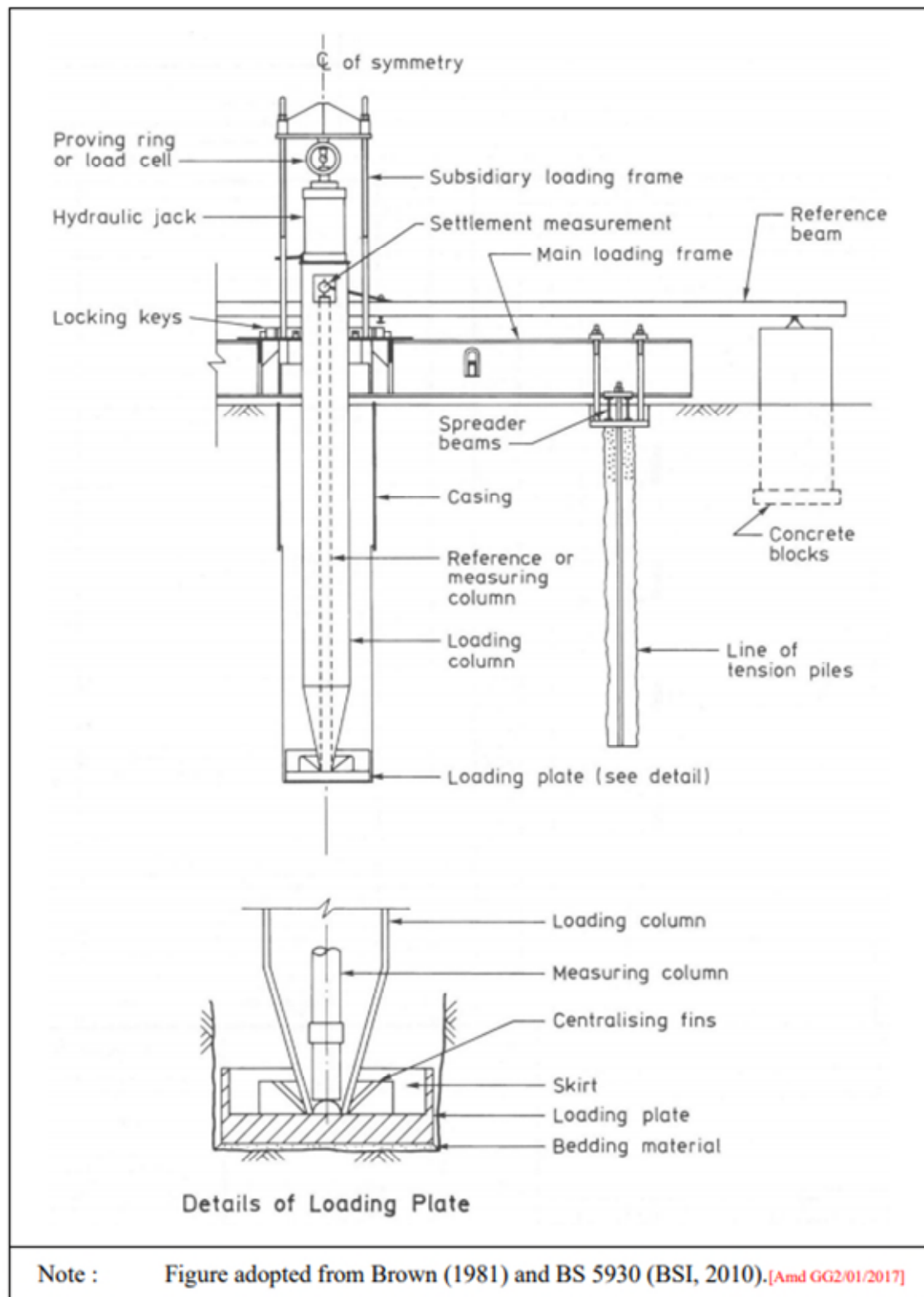


圖 43 - 平板承载力測試的一般配置

Project : Project A						Job No. : LT/DL/11						Borehole No. : A11					
Location : Lam Tin						Co-ordinates : E 42497.74 N 19259.55						Sheet No. : 1 of 2					
Contractor : A. N. Company						Ground Level : 91.6 mPD						Logged by : A.N. Chan			Checked by : A.N. Lau		
						Orientation : Vertical						Date of works : 22/2/86 to 24/2/86					

Daily Progress	Flush Return (%)	Core-barrel	Depth of Casing (Size) in mm	Sample			Legend	Depth (m)	Reduced Level (mPD)	Description of Materials	Grade
				Field Tests, Samples and Instrumentation	Rec (%)	RQD (%)					
22/2			(140)	Inspection pit excavated to 1.5 m depth.	0	50				Concrete slab, 100mm thick.	
								1.0		Loose, pinkish grey, angular COBBLES of medium to coarse-grained slightly decomposed granite with much coarse gravel.	
								1.5	90.1	(Fill)	
								2.0		Loose, reddish brown, silty/clayey, sandy GRAVEL with occasional angular cobbles and some rootlets.	
								3.0	88.6	(Fill)	
								4.0		Medium dense, yellowish brown, silty SAND with occasional sub-angular gravel and cobbles of moderately to highly decomposed coarse-grained granite.	
								5.0		(Colluvium)	
								5.5	85.1		
								6.0			
								7.0		Extremely weak, light reddish brown, completely decomposed coarse-grained GRANITE (Medium dense to dense, sandy SILT/CLAY).	II
								8.0			
22/2			8.2					8.2	83.4	Moderately weak, yellowish brown inequigranular, moderately decomposed, coarse to medium-grained GRANITE with sub-horizontal, closely-spaced, smooth and planar, tight, black-stained joints.	III
23/2			(101)	Piezometer A11a	76	0	11				
	80							9.0	82.6	Strong, pinkish grey, inequigranular, slightly decomposed coarse to medium-grained GRANITE with generally widely-spaced joints. Smooth and planar, tight, black-stained joint dipping at 70° at 9.1-9.3m. Sub-horizontal, smooth and planar, tight, brown-stained joints at 9.6, 10.2 and 10.5m. I see Sheet 2 I.	II
	100				100	100	2				

Remarks : From site formation drawing no. A/30794, original ground level before construction of fill platform and playground was approx. 88mPD.								Legend : ● Small disturbed sample ⊕ Large disturbed sample U75, 100 Undisturbed drive samples of 75 mm or 100 mm dia. (blow count, depth) □ Mazier sample ■ SPT liner sample ↓ Standard penetration test N value; (blow count / penetration) ⊗ Permeability test				Plant used : Longyear L34 Type of boring /drilling : Rotary drilling Flushing medium : Water Diameter of boring/drilling : 0.00 - 8.20m 140mm 8.20 - 11.50m 101mm 11.50 - 12.10m 89mm 12.10 - 18.10m 76mm Casing tubes : 0.00 - 8.20m PW 8.20 - 12.10m NW			
Morning/evening water level :															
Date	22/2	22/2	23/2	23/2	24/2	24/2									
BH depth	-	8.2	8.2	13.2	13.2	18.1									
Casing	-	8.2	8.2	12.1	12.1	12.1									
Water	-	3.0	2.9	3.5	7.8	7.6									

圖 44 - 鑽孔日誌 (第 1 頁共 2 頁) 的實例

Project : Project A		Job No. : LT / DL / 11		Borehole No. : A11	
Location : Lam Tin		Co-ordinates : E 42497.74 N 19259.55		Sheet No. : 2 of 2	
Contractor : A. N. Company		Ground Level : 91.6 mPD		Logged by : A.N. Chan	
		Orientation : Vertical		Checked by : A.N. Lau	
Date of works : 22/2/86 to 24/2/86					

Daily Progress	Flush Return (%)	Core-barrel	Depth of Casing (Size) m (mm)	Field Tests, Samples and Instrumentation	Sample			Legend	Depth (m)	Reduced Level (mPD)	Description of Materials	Grade
					Rec (%)	RQD (%)	FI					
		12 - 101			0	50	2.9	***			Slightly decomposed GRANITE (see Sheet 1 for details).	II
	50				100	100		***	10.7	80.9	Weak, yellowish brown, inequigranular, highly decomposed coarse-grained GRANITE from 10.7 - 11.0 m. Nil recovery from 11.0 - 11.5 m. Small disturbed sample No. 10 contains dense, pinkish brown, sandy SILT with some relict granite texture (highly to completely decomposed GRANITE?).	III/IV
					67	0	10	***	11.0			
					0	-	-	***	11.5			
								***	11.8			
		Rotary wash boring	11.5 (89)	Blow/Penetration = 100 / 150 mm				***	12.0			
			12.1 Nil					***	12.1	79.5	Strong, light pinkish grey, inequigranular, slightly decomposed, medium to coarse-grained GRANITE with sub-horizontal, closely-spaced, rough and planar, tight, brown-stained joints. Moderately to highly decomposed rock recovered as angular gravel at 12.5 - 12.8 m.	II
					82	55	-	***	12.5	79.1		
								***	12.8	78.8		
								***	13.0			
23/2								***	13.2	78.4	Very strong, light pinkish grey, inequigranular, fresh, medium to coarse-grained GRANITE with generally widely-spaced joints. Smooth and planar, tight, brown-stained joints dipping at 40° at 13.3 m and 14.8 m.	II
24/2					100	70	1.3	***				
	80							***	14.0			
					100	100	1	***	15.0			
	90							***	15.5	76.1	Closely-spaced, smooth and planar, tight, brown-stained joints dipping at 40° at 15.0 - 15.5 m. Nil joints at 15.5 - 17.1 m.	I
					100	85	5	***	15.5			
	100							***	16.0			
					100	100	0	***	17.0			
	100							***	17.1	74.5	Sub-vertical, medium-spaced, smooth and undulating, dark green joints with 1 - 2 mm thick chlorite infill at 17.1 - 17.6 m. Sub-horizontal, smooth and planar, tight, white-stained joint coated with kaolin at 18.0 m.	
					100	75	4	***	18.0			
	100							***	18.1	73.5	Borehole complete at 18.1 m depth.	

Remarks :

Piezometer A11b installed at 17.3 m depth below ground surface with sand filter from 18.1 m to 12.1 m, bentonite seal from 12.1 m to 8.2 m; piezometer A11a installed at 7.55 m depth below ground surface with sand filter from 8.2 m to 6.9 m, bentonite seal from 6.9 m to 4.5 m and cement-bentonite grout from 4.5 m to ground surface.

Morning / evening water level :

Date							
BH depth							
Casing							
Water							

Legend :

- Small disturbed sample
- ⬮ Large disturbed sample
- U75, 100 Undisturbed drive samples of 75 mm or 100 mm dia. (blow count, depth)
- Mazier sample
- SPT liner sample
- ↓ Standard penetration test N value; (blow count / penetration)
- ⊗ Permeability test

Plant used : Longyear L34

Type of boring / drilling : Rotary drilling

Flushing medium : Water

Diameter of boring / drilling :

0.00 - 8.20 m	140 mm
8.20 - 11.50 m	101 mm
11.50 - 12.10 m	89 mm
12.10 - 18.10 m	76 mm

Casing tubes :

0.00 - 8.20 m	PW
8.20 - 12.10 m	NW

圖 44 - 鑽孔日誌 (第 2 頁共 2 頁) 的實例

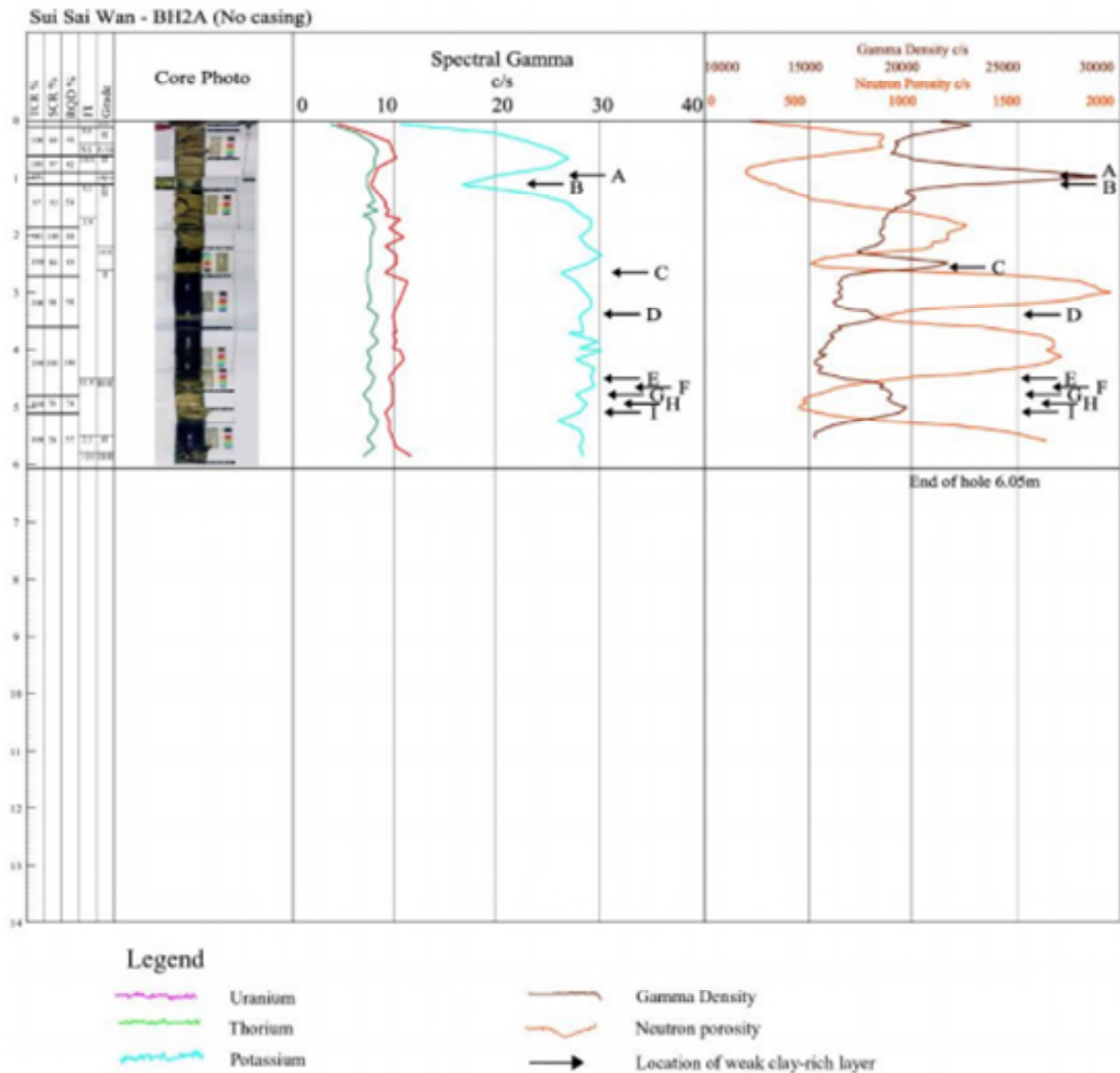


圖 45 - 地球物理調查日誌 - Siu Sai Wan - BH2A

[Amd GG2/01/2017]

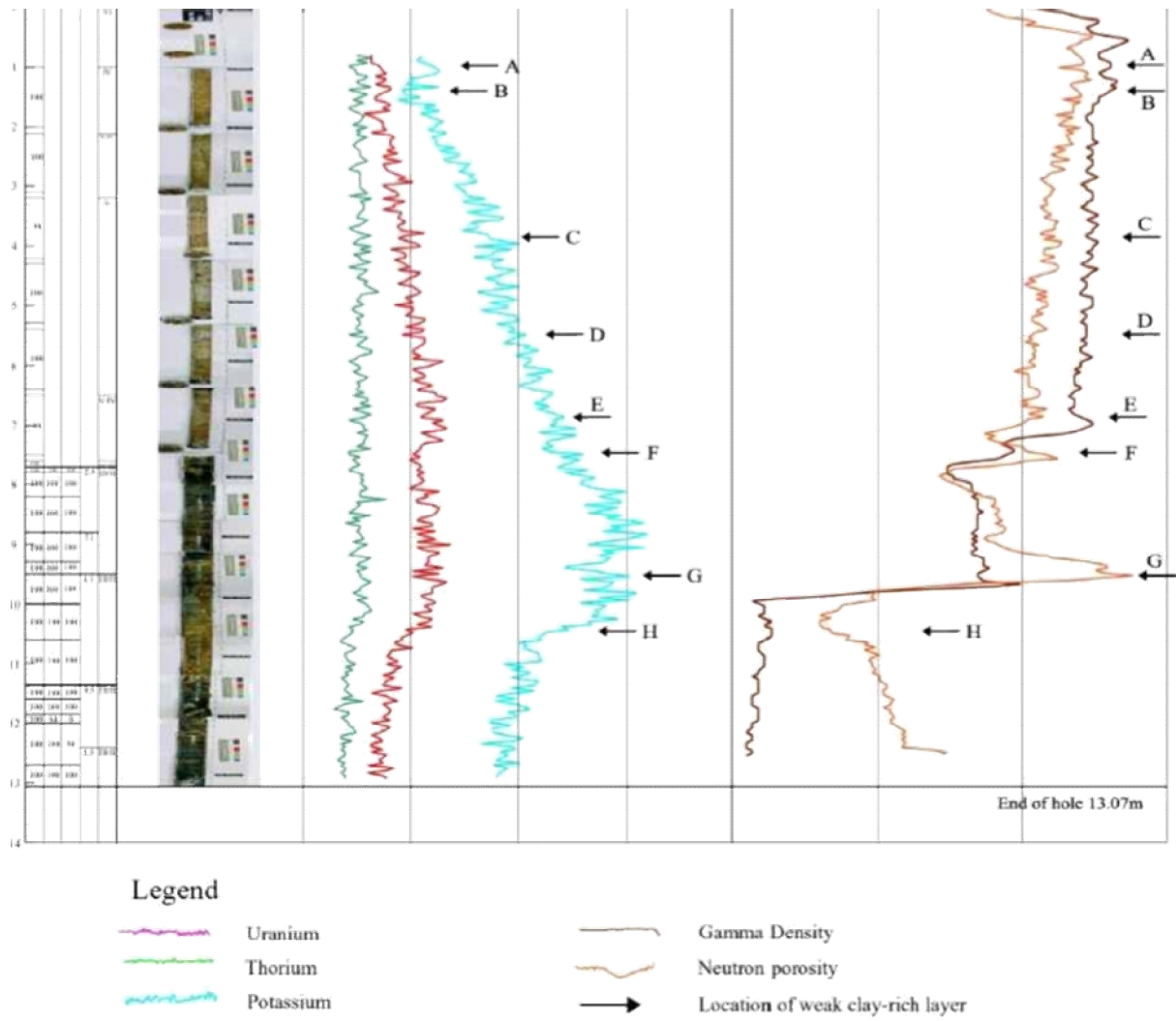


圖 46 - 地球物理調查日誌 - Shum Wan - BH1A

[Amd GG2/01/2017]

平板工程

平板列表

平板編號		頁碼
1.	在香港城區的鑽探	288
2.	在陡峭地面上的鑽孔	289
3.	水上地面調查	290
4.	鑽探和採樣設備（3 頁）	291
5.	塊狀樣本	294
6.	地下水壓測量設備	295
7.	標準穿透測試設備	296
8.	穿透葉片測試儀（Geonor A/S）	297
9.	壓印封包器調查設備	298
10.	探測和穿透測試設備	299

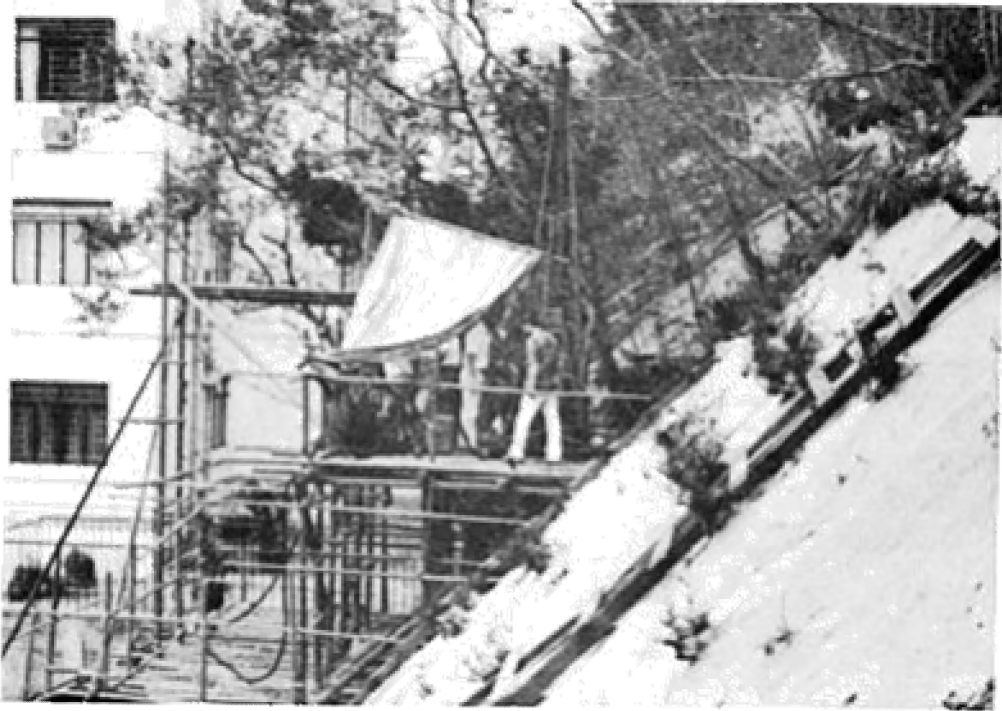


A：密集發展的城區鑽探

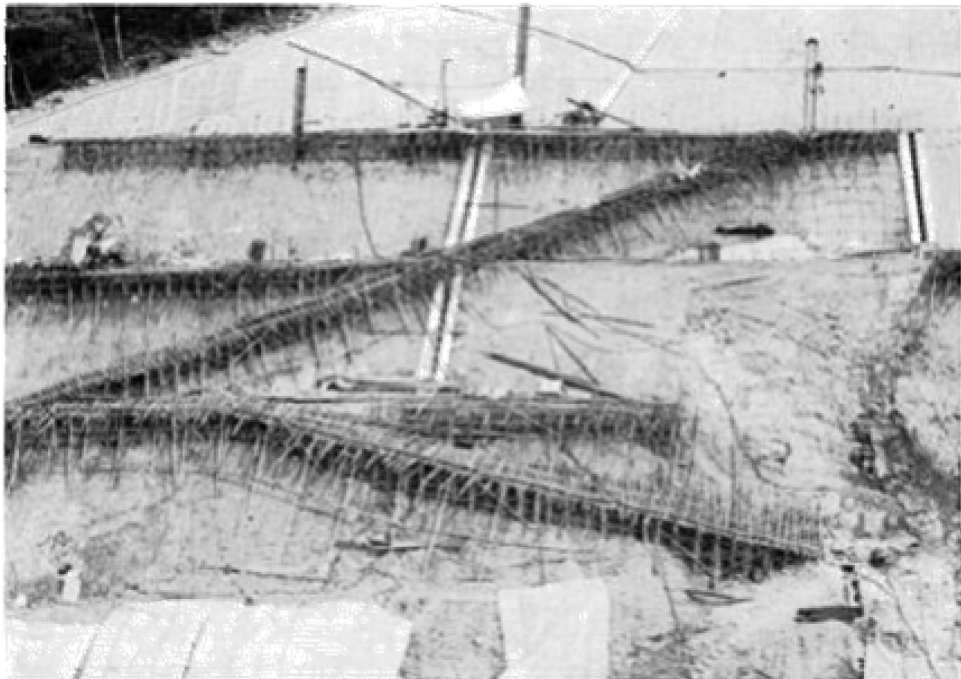


B：繁忙道路的鑽探

平板 1 - 香港城區的鑽探

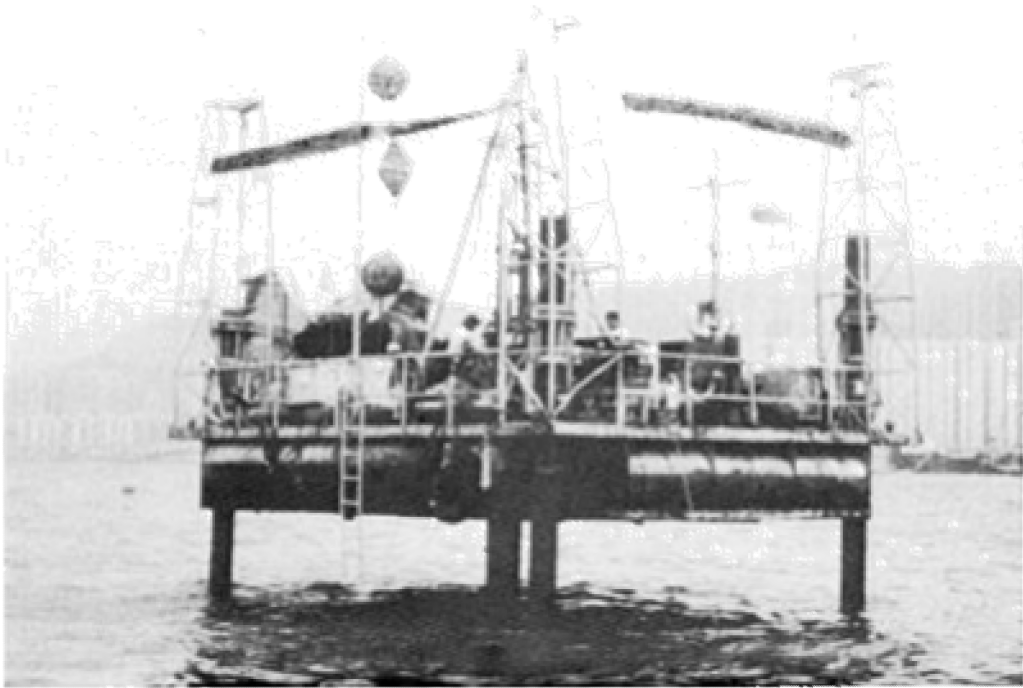


A：邊坡鑽探工作平台

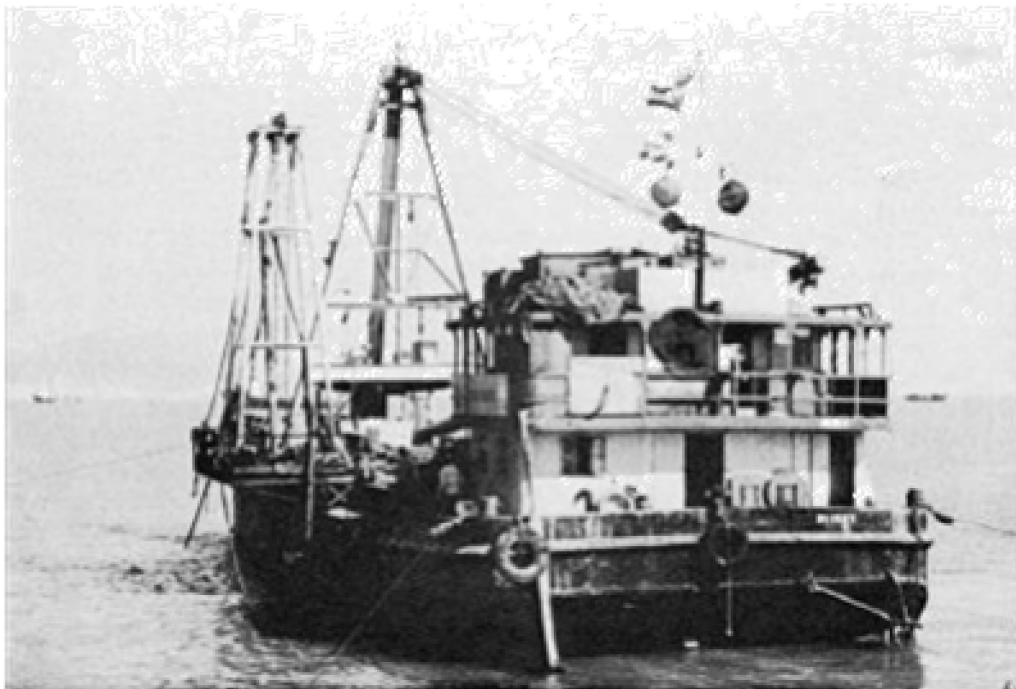


B：進出用木質鷹架

平板 2 - 陡峭地面上的鑽孔

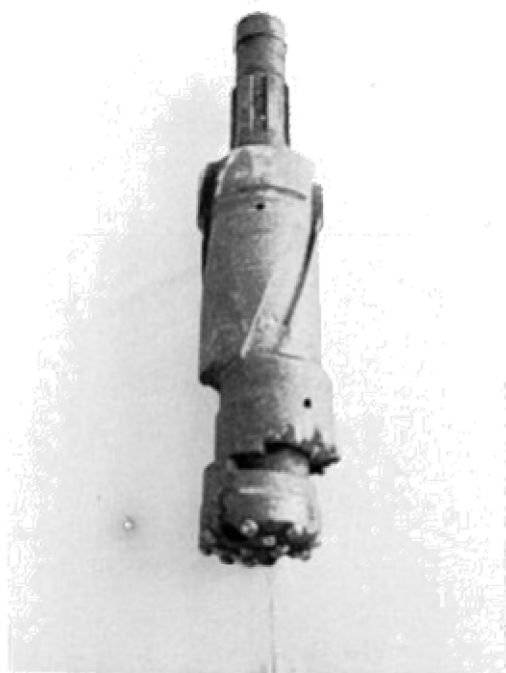


A：自升式千斤頂位置



B：安裝在駁船上的動力旋轉鑽探系統

平板 3 - 水上地面調查

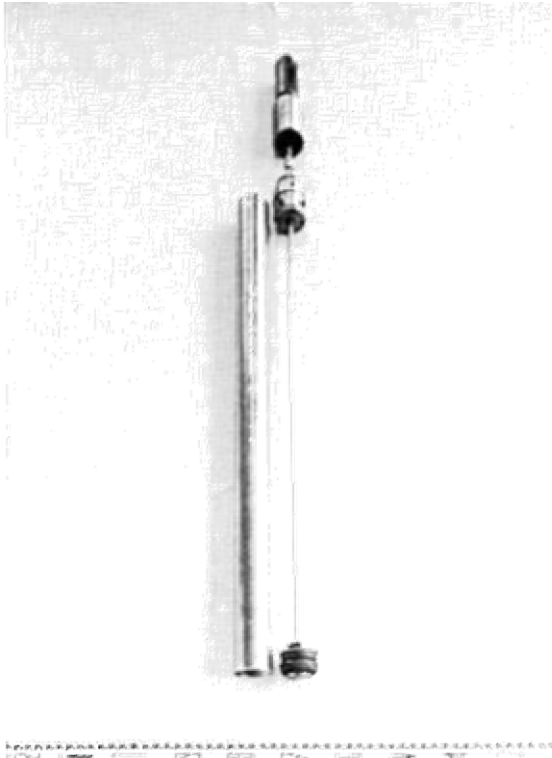


A：ODEX 鑽頭

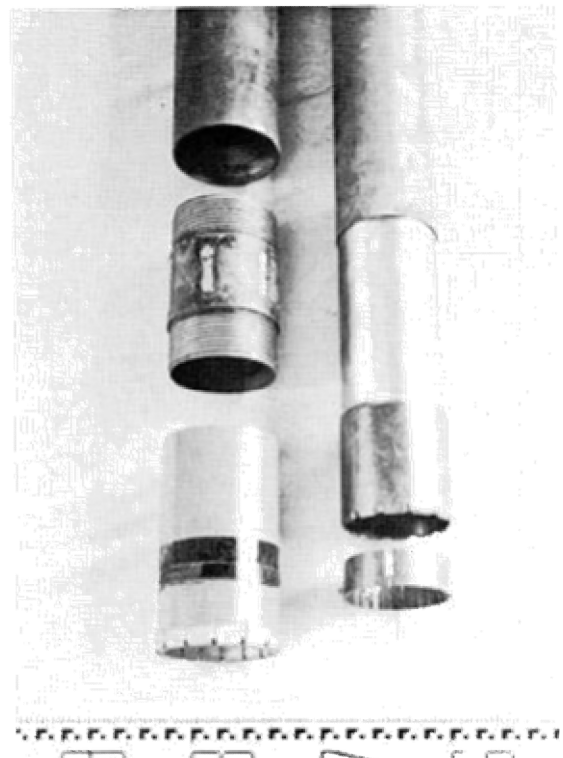


B：U100 採樣器

平板 4 - 鑽探和採樣設備（第 1 頁共 3 頁）

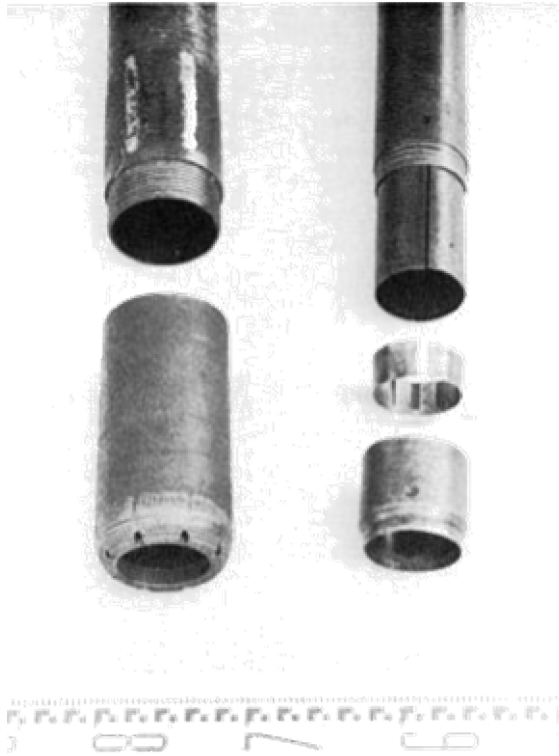


C：薄壁式靜止採樣器

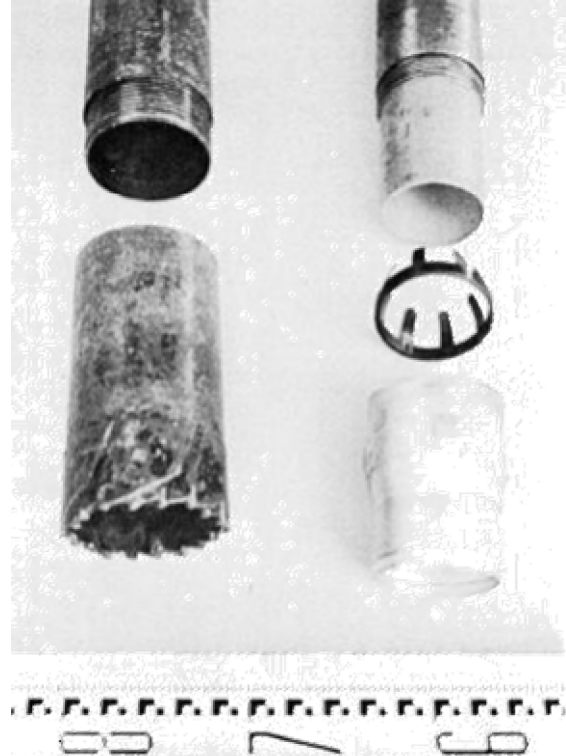


D：雙管鑽心筒成份採樣器（Craelius T2-101）

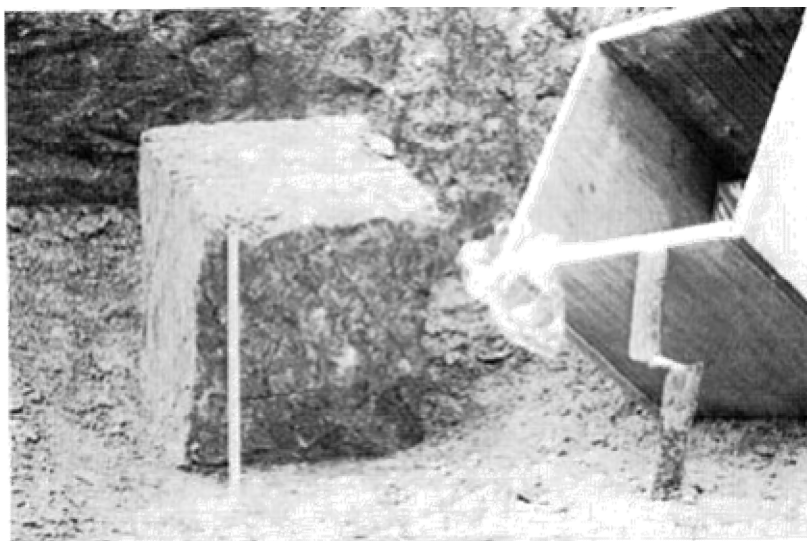
平板 4 - 鑽探和採樣設備（第 2 頁共 3 頁）



E：不可伸縮的三管鑽心筒組件（Triefus
HMLC）



F：可伸縮三管鑽心筒組件（Mazier）



A：已修剪塊狀樣本



B：塊狀樣本的保護

平板 5 - 塊狀採樣



A：Casagrande 滲壓計尖端
部位

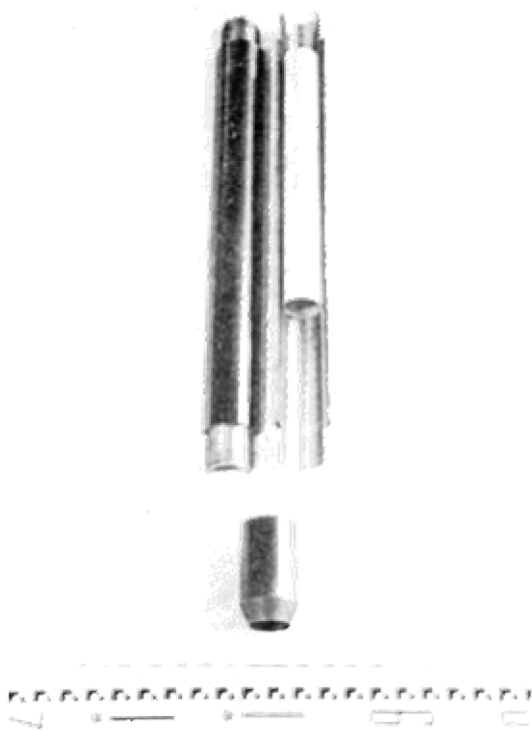


B：滲壓計量筒拉繩（英
國專利 #1538487）



C：張力計（Jetfill）

平板 6 - 地下水壓測量設備

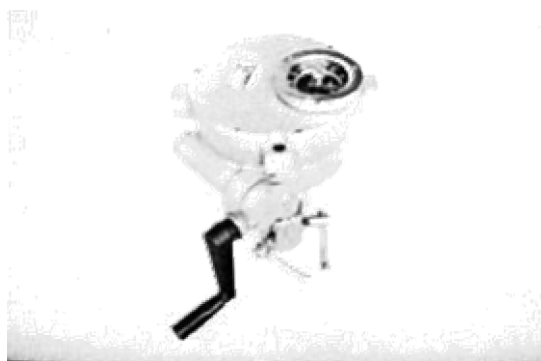


A：帶有樣品襯管的拆分筒標準貫穿試驗
(SPT)採樣器



B：自動釋放行程撞錘和鑽桿

平板 7 - 標準穿透測試設備



A：扭矩測量裝置

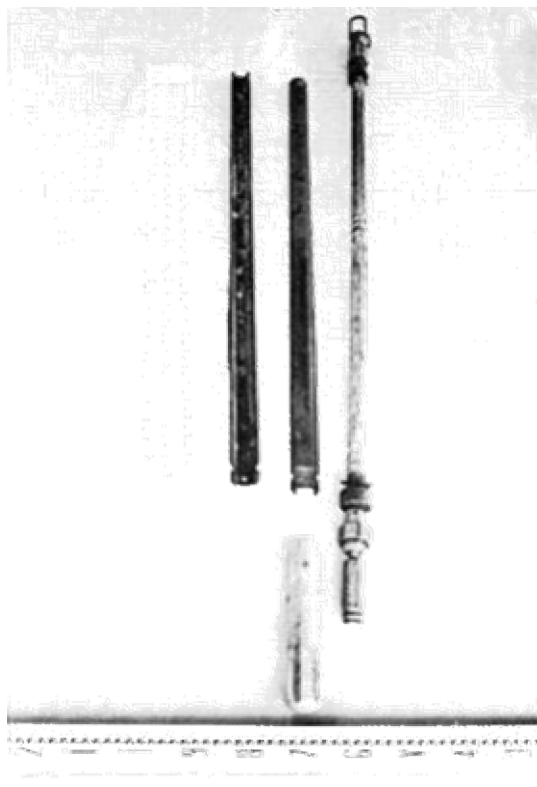


B：葉片本體

平板 8 - 穿透葉片測試裝置 (Geonor A/S)

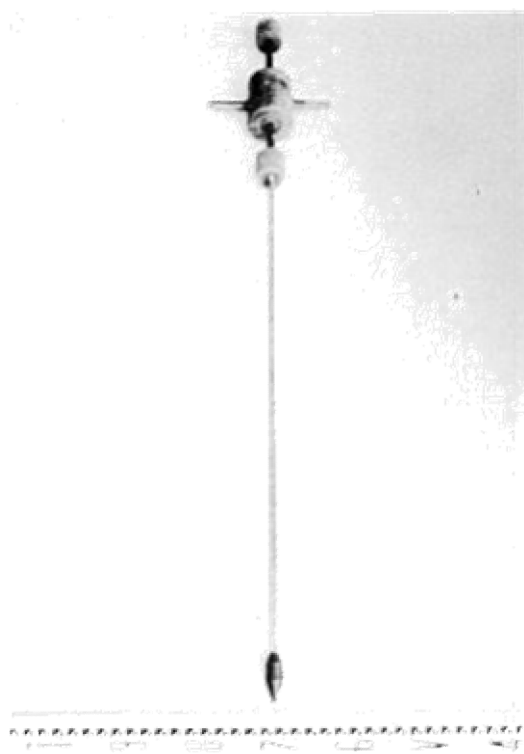


A：已組裝的壓印封包器

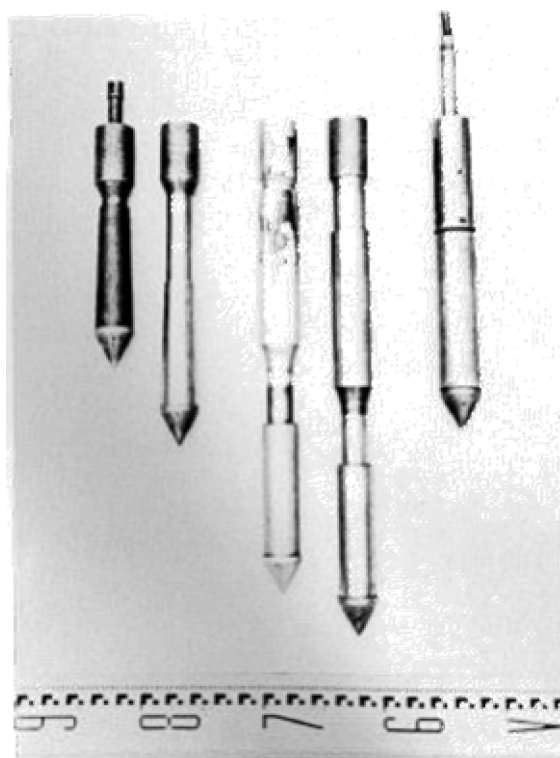


B：已拆解的設備

平板 9 - 壓印封包器調查設備



A : GCO 探針



B : 觸探穿透計

平板 10 - 探測和穿透測試設備

附錄

附錄 A

初步探索所需資訊

目錄

	頁碼
標題	301
目錄	302
A.1 通則	303
A.2 地圖、計劃和圖表	303
A.3 地面條件	303
A.4 氣象和水文資訊	304
A.5 過去紀錄	304
A.6 公共設施和事業	304
A.7 租賃和工程條件	305
A.8 規劃地面調查	306
A.9 參考資料	308

A.1 通則

初步探索涉及收集和審查專案規劃和現地調查所需的資訊，

資訊來源如附錄 B。

A.2 地圖、計劃和圖表

地形圖和平面圖可用於研究工地的一般地質特徵及識別，具有工程意義的地面特徵，如邊坡、擋土牆結構、溪流、隧道、墓地和障礙物如輸電線路和塔樓，還可用於評估擬議工程對相鄰土壤層特性和結構上的影響，工作區域、存儲區域和通道的識別，包括建築用的臨時通道。

關於海洋環境（如海堤和碼頭）中進行的工程，還應參考海事圖和潮汐表。

在某些情況下，舊地圖可能是有用的，例如，檢查舊海堤或埋藏溪流的位置和範圍，也可能需要考古地圖來確定考古遺址的邊界。

A.3 地面條件

應參考以下資訊進行地面條件的初步研究：

- (a) 空照圖對研究工地歷史、過去的地面不穩定性、侵蝕、地表水文學、植被、光化學和其他表面的地質特徵及確定崩積層、沖積層、填土和巨石的存在特別有用（見第 6 章）。
- (b) 地質圖和備忘錄資訊提供有關該區地質的詳細鑽孔，可用於當地的地質對擬議工程和地面調查方法選擇上的可能影響原因。
- (c) 過去的現地調查紀錄應研究並取用這些有用的資訊，在現場附近提供良好的現場調查紀錄非常有助於地面調查的規劃，並可縮減所需調查的範圍和程度。

A.4 氣象和水文資訊

若擬議的工程需要邊坡和排水設計，應收集當地降雨量紀錄，水文資訊（如果有的話）可用於排水研究，包括評估洪水風險及擬議工程對當地和下游排水系統的影響。

在溫度敏感結構的設計中或建材性能受溫度影響時，應參考環境溫度（包括空氣和地面溫度）和太陽輻射的資料。

A.5 過去紀錄

應酌情獲取現場和相鄰設施的過往建築紀錄，提供以下資訊：

- (a) 地盤平整工程如建造邊坡、支撐結構和地下室。
- (b) 打樁等基礎工程
- (c) 預防性或補救性工程及對地錨設施、水平排水設施、建築物沉陷、邊坡和擋土牆運動等任何持續監測的詳細內容。
- (d) 隧道和廢棄隧道，包括襯砌和地面支撐的詳細內容。

應注意並在必要時研究過去出現破壞、洪水及地面和建築物沉陷的紀錄。

A.6 公共設施和事業

現有公共設施的詳資訊和位置，包括雨水渠道、下水道、淡水和鹹水管路、消防總管、電纜、煤氣總管和電話管線等，屬下列用途者：

- (a) 評估擬議工程（包括地面調查工程）對現有公共設施的影響，例如，脫水沉陷對舊水管或天然氣總管的影響。
- (b) 為專案所提供的公共設施，例如，為空調系統提供冷卻水。
- (c) 為地面調查提供臨時的用電和供水。

A.7 租賃和工程條件

除非正打算對尚未分配給專案的場地進行調查（例如，為了選擇或確定場地的適用性而進行的調查。），應該有一套租賃條件或工程條件，這取決於擬議專案是私下進行還是由政府執行，在初步探索期間或取得這些條件後，即需徹底研究這些條件。

工程條件由地政署轄下的地政處發佈，而租約條件通常由登錄署/土地事務主任發佈，這些條件控管工地的使用狀況，相關的政府機構還制定開發規定和限制並界定各相關單位的職責，通常包括下列事項：

- (a) 要求 - 要求事項通常包括：
 - (i) 營造和景觀美化，
 - (ii) 工地配置，
 - (iii) 進出交通，
 - (iv) 工地持有，
- (b) 限制 - 一般事項的實例包括：
 - (i) 非建築物區域，
 - (ii) 結構體高度，
 - (iii) 移除樹木，
 - (iv) 傾倒在政府土地和公共道路上，
 - (v) 排水儲備，
 - (vi) 打樁，
 - (vii) 爆破，
 - (viii) 使用供水，
 - (ix) 建立岩石破碎植物，
- (c) 職責 - 相關職責通常包括：
 - (i) 在該地點附近及在適當情況下維持土地的穩定性及其表面狀態，
 - (ii) 對道路、公共服務設、排水溝、渠道等的干擾或損壞，
 - (iii) 供水，
 - (iv) 與下水道和雨水渠連接，
 - (v) 排水。

租賃條件可能會提到以下的當地法規：

- (a) 「建築物條例」及其附屬規例（香港政府，1985 年），建築物安全、設計及建造標準，應遵循的規劃和行政程序，本條例亦管轄中層預定區內的實地調查工作。
- (b) 「消防條例」（香港政府 1981a）管轄消防裝置、裝置及設備及提供消防、器具及人員的相關管道。
- (c) 「水務設施條例」（香港政府 1974 年），管制淡水及鹹水供應及其管道、裝置和設備的標準。
- (d) 「危險品條例」（香港政府 1983 年）管制危險品的貯存、運輸和使用。

在某些情況下，租賃條件中也可能有特殊條款，例如，可藉由岩土專業術語標示地質上難以開發的地點，因此預先告知開發商需高度熟練的岩土工程技能輸入。

A.8 規劃地面調查

規劃地面調查時，應徹底檢查擬議工程對地面、相鄰房屋、結構體及現有公共設施的影響。例如，應考慮現有邊坡和擋土牆由沖洗水流所造成的影響。

應在規劃和執行調查時先研究並遵守當地法規的要求和限制，例如，「簡易程序治罪條例」（香港政府 1981b）在下午 7 時限制使用動力機械設備的規定，本條例也用於管制夜間的一般噪音，即晚上 11 時起即開始管制，有關工人安全、健康和福利法規如附錄 E。

土地事宜應在規定的調查開始日期前先妥善處理，為此，應酌情諮詢地政署及相關的民政處，藉此安排在無阻礙的狀況下將設備運送到現場讓工程遂行，土地事宜應包括：

- (a) 確認土地所有權和地段邊界，
- (b) 允許進入通過鄰近土地和運輸設備，
- (c) 允許在場地邊界外進行地面調查作業，
- (d) 分配任何必要的工地和儲存區。

重要的是應從地政處確定私人和政府土地，藉此分配工作區和儲存區其場地邊界的確切位置。可能還需諮詢同一部門的調查處，獲取有關劃定地界的資料，特別是在過去未劃分的新界區。

有關風水和墓地事宜，也應諮詢地政處。

若需砍伐或移走樹木，應事先獲得相關單位土地辦事處的許可，該處將酌情諮詢漁農處、市政總署或區市政署。可能的話，應提前 12 個月申請許可，對適合移植的任何樹根進行移植的準備。

需取得建築物條例執行處的批准，進行屬於中層預定區域內的實地調查工作。顯示中級預定區域邊界的地圖，可向建築物條例執行處及土力工程處查閱，私人開發專案的抽水測試建議也須提交建築物條例執行處審批。

有關地下鐵及其保護範圍的竣工路線資料可向地下鐵路公司索取，地面調查作業的保護範圍事項需徵詢地下鐵公司的建議。

若需要挖掘道路，需向路政署的公用設施組申請道路挖掘許可證。若地面調查作業可能會干擾人行道或街道（包括高速公路）的使用，則應諮詢路政署。

若需將污水排入公共排水渠或污水渠，需取得渠務署的許可，若涉及有毒污水，也需諮詢環保署。

若打算使用爆炸物如地震勘測，需事先取得土木工程署礦務專員的許可。

在海事調查下，需通知海事處有關建議事項的詳情，以便發出通知給海員。若在航道、運河、避風港入口、碼頭及碼頭附近海域進行工程時，則海事處處長可加諸特別的限制規定。在颱風通過期間，承運人的船隻可能需要在避風港外為其船隻提供繫泊設施，若在啟德機場跑道附近進行調查作業，需先取得民航處的批准。同樣地，若在水下隧道、管道或水電站附近進行調查作業，需先取得地下鐵公司、海底隧道公司、水務署或各公用事業公司的許可。

若擬議的地面調查屬於歷史遺址，需在開始任何的工作前先取得政府總部古物古蹟辦事處的許可，在進入任何歷史遺址之前，即使沒有公報紀錄，也應查閱古物古蹟辦事處的相關資訊。

A.9 參考資料

Government of Hong Kong (1974). Waterworks Ordinance (and Waterworks Regulations). Laws of Hong Kong, Chapter 102, revised edition 1974. Hong Kong Government Printer, 45 p. (內容得隨時修改)

Government of Hong Kong (1981a). Fire Services Ordinance (and Fire Services Regulation). Laws of Hong Kong, Chapter 95, revised edition 1981. Hong Kong Government Printer, 45 p. (內容得隨時修改)

Government of Hong Kong (1981b). Summary Offences Ordinance (and Subsidiary Legislation). Laws of Hong Kong, Chapter 228, revised edition 1981. Hong Kong Government Printer, 26 p. (內容得隨時修改)

Government of Hong Kong (1983). Dangerous Goods Ordinance (and Dangerous Goods Regulations). Laws of Hong Kong, Chapter 295, revised edition 1983. Hong Kong Government Printer, 278 p. (內容得隨時修改)

Government of Hong Kong (1985). Buildings Ordinance (and Building Regulations). Laws of Hong Kong, Chapter 123, revised edition 1985. Hong Kong Government Printer, 387 p. (內容得隨時修改)

附錄 B

資訊來源

[Amd GG2/01/2017]

目錄

	頁碼
標題	309
B.1 通則	312
B.2 與坡度有關的資訊系統和資料庫	312
B.2.1 邊坡資訊系統 (SIS)	312
B.2.2 邊坡目錄	312
B.2.3 邊坡維修責任資訊系統 (SMRIS) 由地政署維修	312
B.2.4 降雨資料庫	313
B.2.5 滑坡資料庫	313
B.2.6 強化自然地形滑坡圖庫 (ENTLI)	313
B.2.7 巨石場地圖庫	313
B.2.8 大型滑坡研究	313
B.3 地形圖、平面圖和空照圖	314
B.3.1 地圖和計劃由測繪處製作	314
B.3.2 其他地圖	314
B.3.3 空照圖	315
B.4 地質和相關的地圖和備忘錄	315
B.4.1 地質圖和備忘錄	315
B.4.2 地形分類和工程地質圖	315
B.4.3 其他地質紀錄和資訊	316
B.5 航海圖和海事處通告	316
B.6 氣象、地震和潮汐資訊	316
B.7 水文資訊	316
B.8 過去紀錄	317
B.8.1 先前調查紀錄	317
B.8.2 設計和施工紀錄	317

標題	頁碼
B.8.3 香港雨量和滑坡研究	318
B.8.4 邊坡維護紀錄	319
B.8.5 其他公共紀錄	319
B.9 與地面調查工作有關的注意事項和通告	319
B.10 預定和指定區域及其他有關區域	320
B.10.1 中級預定面積	320
B.10.2 新界西北及馬鞍山地區	320
B.10.3 地下鐵區域	320
B.10.4 污水隧道保護區	321
B.10.5 大嶼山北岸的指定區域	321
B.10.6 集水場 (WGG)	321
B.10.7 困難地區的海洋地面調查	322
B.11 各個設施和事業	322
B.12 當地圖書館	322
B.12.1 土木工程圖書館和岩土工程資訊股	322
B.12.2 其他圖書館	323
B.13 地方組織的地址	324
B.14 參考資料	329

B.1 通則

除了 GEO 編寫的出版物和指導文件外，本文件還為香港的現場調查規劃提供了重要的資訊來源，有關 GEO 出版物的完整清單和不斷更新的 TGN 清單，請查閱網站 <http://www.cedd.gov.hk>。其他關於土力工程的規劃、設計、建造及維修有用的相關資訊，可瀏覽香港邊坡安全網頁 <http://hkss.cedd.gov.hk>。

B.2 與坡度有關的資訊系統和資料庫

B.2.1 邊坡資訊系統（SIS）

SIS 是由 GEO 開發的地理資訊系統，用於線上檢查分析邊坡和週邊地面的相關資訊，包括電腦化資訊，即邊坡目錄（見下文 B.2.2 節）和邊坡地圖，向 GEO 和地面調查站回報先前的滑坡事件位置、地質、自然地形滑坡及香港各區選定的岩土工程資訊，可藉由土木工程拓展署的 SIS 終端機及香港邊坡安全網站

（<http://hkss.cedd.gov.hk>）查閱 SIS，可聯繫 GEO 邊坡安全部門，獲取有關 SIS 發展的最新資訊。

B.2.2 邊坡目錄

邊坡目錄載有香港超過 57,000 個大型人造邊坡的物理性質、狀況及歷史資料（如邊坡類型、邊坡幾何形狀，表面保護類型、滲漏跡象、運動狀況及先前的破壞）。有關邊坡目錄的資料，可透過土地工程及發展大廈的 SIS 終端機查看香港邊坡安全網站（<http://hkss.cedd.gov.hk>）或以書面方式向地政總署的邊坡安全科提出申請。

B.2.3 邊坡維修責任資訊系統（SMRIS）由地政署維修

由地政總署維修的 SMRIS，可系統化判定邊坡目錄中登記的所有人造邊坡維修責任。有關維修責任的最新資料，可透過地政總署或地政總署網站

（<http://www.landsd.gov.hk>）查閱相關資訊。若 SMRIS 無法提供邊坡土地狀況的相關資訊，應諮詢邊坡維修責任系統識別（SIMAR）的單位或地政總署各別的 DLO 單位。

B.2.4 降雨資料庫

土力工程處與香港天文台合作，在全港地區建立並營運 1 個自動雨量計網路，自 1984 年以來，這些雨量器每隔 5 分鐘記錄降雨量儲存相關的資料。在 1999 年，GEO 自動雨量系統進行升級和擴充，包括新增 86 個 GEO 雨量計（Pang 等人，2000），已驗證的降雨量資料可從 HKO 或 GEO 標準和測試部門中取得。

B.2.5 滑坡資料庫

事故報告包括日期、時間（已知）和事件發生地點的資訊、類型、規模、可能的原因和破壞的後果、提供的建議、過去不穩定的證據、破壞後的照片等。若故障質量超過 50 立方米或可能涉及致命性的意外，還提供更多詳細資訊的滑坡卡，可在土木工程圖書館（CEL）的公共部門提供查閱（B.12.1 節）。電腦的滑坡資料庫包含事故報告和滑坡卡的資料，可藉由 SIS 查詢，此資料庫由 GEO 滑坡防治司第 1 課負責維護和更新。

B.2.6 強化的天然地形滑坡清單（ENTLI）

ENTLI 包含有關天然地形發生的超過 105,000 次滑坡資訊，記錄每個滑坡事件的地理資訊系統，包括首次觀測到滑坡時的空照圖拍攝日期、滑坡痕跡的寬度和長度、坡度梯度及滑坡源植被覆蓋的性質。ENTLI 可在 CEL 中以 1：5000 比例的地圖副本進行查閱，資料的數位副本保存在 GEO 規劃部門中。

B.2.7 巨石場地圖庫

涵蓋香港特別行政區（香港特區）的 15 個 1:20000 比例的巨石分佈地圖可在 GEO 規劃部和 CEL 中查閱，在 SIS 中也可取得數位版本。採用多屬性映射技術來呈現測試結果，映射出 4 屬性 - 巨石覆蓋的百分比區域、巨石類型、巨石大小和巨石形狀。

B.2.8 大型滑坡研究

在這項涵蓋整個香港地區的研究中，說明香港的地貌確定是山體滑坡的特徵，源區寬度超過 20 米(Scott Wilson (Hong Kong) Ltd., 1999a, 1999b)，可在 GEO 規劃部門的 1：5000 比例尺地圖中，查看這些地質特徵。

B.3 地形圖、平面圖和空照圖

B.3.1 測繪處製作的地圖和計劃

地政總署測繪處（SMO）提供各種比例尺的地圖和計劃，適用於各種用途的數位和紙本版本，表 B1 列出目前可用的計劃和地圖及其覆蓋範圍。

SMO 的土地資訊負責執行電腦化土地資訊系統（CLIS）並維護香港全境的地形測繪資料庫。許多公用事業公司、工程顧問，電腦系統顧問和教育機構都使用 SMO 提供的數位地圖作參考，建立自己的自動地圖、設施管理、客戶支援和地理資訊系統。數位地圖資料有 4 種不同的格式，即 E00、DGN、DXF、DWG，適應不同平台的應用。

SMO 提供的服務包括提供可用的地圖、計劃和空照圖照片副本、圖像製作的放大和縮小，有關地圖產品及相關刊物、資料圖及地圖價格目錄等最新資料，也可查詢地政總署網頁（<http://www.landso.gov.hk/mapping/en/pro> 及 [ser/products](http://www.landso.gov.hk/ser/products)）。

B.3.2 其他地圖

其他的地圖來源包括如下：

- (a) 香港早期供測繪處和政府檔案處（GRS）參考的地圖。
- (b) 康樂及文化事務署（康樂文化署）的古物古蹟辦事處（法援署）所持有的研究檔案，內容說明已公佈的古蹟、歷史建築物、建築物及考古遺址的界線。AMO 的大眾可藉由預查看大部份的這些研究資料，申報地點、歷史建築物、建築物和考古遺址的邊界也可在非法定計劃中加以註明，地政署測繪處地圖出版中心（部位 B.3.1）出售此計劃書提供參考。

B.3.3 空照圖

垂直空照圖可用性總結如表 B.2a 和 B.2b，一般而言，空照圖範圍從 1：2500 到 1:50000 不等。低空空照圖主要在 1：6000 至 1:10000 的範圍內，是進行大多空照圖說明最常用的比例。

GEO 空照圖含超過 280,000 張空照圖，包括斜拍空照圖，這些空照圖可為 GEO 工作人員及從事政府專案顧問所借用，現在，GIS 架構的電腦化空照圖檢索系統可供用戶識別圖書館工作站的照片集，該圖書館位於土木工程開發大廈 11 樓的土力工程處規劃處，可供香港特區的政府職員及執行政府工程的非政府工作人員來使用。

SIS 也提供類似的搜索空照圖系統。

空照圖可直接從地政總署的地圖出版中心購得。

B.4 地質和相關的地圖和備忘錄

B.4.1 地質圖和備忘錄

香港的地質測量由 GEO 的香港地質調查局（HKGS）進行，到目前為止已發佈 34 份地圖和 6 份報告，可到 GEO 規劃部門（免費）的土木工程拓展署網站（<http://www.cedd.gov.hk>）下載工作表報告（免費）。在 2003 年，香港郵政總局啟動了 1 項計劃，即更新 1:20000 比例的地質圖並發佈數位版本，地圖、備忘錄和報告的覆蓋範圍如圖 B1 所示。地圖和備忘錄（免費除外）可從調查和繪圖辦公室的地圖出版中心取得，備忘錄可取自線上政府書店，網址為 <http://www.bookstore.gov.hk>。

B.4.2 地形分類和工程地質圖

20 世紀 80 年代 GEO 製作了一系列香港特區全境的 11 個 1:20000 比例尺的地形分類圖（TCM），每張地圖都包含 1 個集水區邊界的不規則區域，每個區域都出版衍生地圖和隨附報告作為岩土區研究計劃（GASP）的系列內容，此系列共有 12 卷，其中第 12 卷是整個香港特區的摘要報告，可在 CEL 的岩土資訊單位（GIU）查看，數量有限的副本在測繪處的地圖出版中心和線上政府書店出售。

此外，也判定出 9 個具有大量崩積沉積物的集水區，將此用於 1：2500 比例的 GAS 測繪，這些地圖包含舊滑坡痕跡的詳細內容。1990 年，在北大嶼山進行了 1：5000 比例尺的地形分類測繪工作，對 11 張 1：5000 比例尺的地圖進行了相關的測量，這些地圖可在 CEL 中查看，並已納入北大嶼山地區的 3 份工程地質報告中 (Franks, 1991, 1992; Woods, 1992)。

B.4.3 其他地質記紀錄和資訊

GEO 規劃部門是香港特區的地質紀錄庫，其中包括地質圖和備忘錄中的實地觀測、手稿地質圖和海上資料。有關資訊的請求，應直接向規劃司的首席岩土工程師提出，GEO 還擁有一系列具有代表性的岩石類型和薄段樣本，這些資料可安排進行檢查。香港地質學的線上版本即根據這兩本備忘錄製作，但目前正進行地圖更新計劃的補充，已在互聯網上發佈（Lee & Sewell，2007）。有關香港的網上地質備忘錄，請瀏覽 http://www.cedd.gov.hk/chi/about/organisation/org_geo_pln_map.htm，香港岩石及表層沉積物的性質和發生概述說明如地質指南附錄 A（GEO 2017）。

B.5 航海圖和海事處通告

海事處水文辦公室依法發佈紙本海圖和電子航海圖，有關水文局產品及服務的進一步資料，請瀏覽網頁 <http://www.mardep.gov.hk>。

海事處通告會在需要時發送有關香港水域航行安全及其他海上活動的相關資料，通告副本可於 <http://www.mardep.gov.hk> 網站下載。

B.6 氣象、地震和潮汐資訊

香港天文台（HKO）在香港收集並發佈氣象資料，該機構每日發佈天氣報告和預報、熱帶氣旋、雷暴、暴雨、山體滑坡、強季風、火災、霜凍、海嘯、寒流和炎熱天氣等警告訊息，降雨量記錄在每月和每年公佈，天文台還設有一個地震網路來監測香港附近的地震。

選定地點的預測潮位每年在「香港潮汐表」中公佈，可在線上政府書店查閱。

有關天文台服務的進一步資料，請瀏覽網頁 <http://www.hko.gov.hk>。

B.7 水文資訊

渠務署及水務署操作維護香港特別行政區主要集水區及河流/河流測量站的各別系統。

B.8 過去紀錄

B.8.1 先前調查的記錄】先前調查紀錄

GEO 的 GIU 持有以前的地面調查報告，這些調查通常包括鑽孔日誌，有時還包括地球物理調查和土壤、岩石和沈積物的實驗測試。數位岩土工程資訊單元（DGIU）系統也可用於 CEL 中快速檢索的這些報告中。

GIU 還包含大量與現地調查直接相關的其他資訊，說明如 B.12.1 節。

B.8.2 設計和施工記錄

有幾個政府部門擁有香港地質調查規劃和執行等相關的寶貴資料，但往往不容易獲得，但通常可安排將特定資訊提供給真正的用戶。

例如，每個政府部門都保留自己的文件，這些文件是在其控管下所進行的專案，還保留已完成專案的設計報告和紀錄圖紙副本。

以下簡介一些政府部門所掌握的資料：

部門	紀錄/資訊
建築署	政府建築物紀錄
屋宇署部門	在香港現有樓宇的建築圖則及有關文件（戰前樓宇及新界豁免房屋除外）中，這些文件可供申請，由大眾人士查閱。
環境保護署環境基建科	已知垃圾掩埋場的紀錄
土木工程圖書館	計劃顯示廢棄隧道的位置
渠務署	污水渠隧道的記錄（另見 B.10.4 節）
土木及工程拓展署土力工程處	防止山體滑坡措施研究報告、邊坡資訊及所有已知廢棄隧道和採石場的相關紀錄、香港隧道目錄及隧道顯著破壞案例目錄、目錄可在 CEDD 網站上查閱： http://www.cedd.gov.hk/eng/publications/reference/doc/HK%20Tunnel%20Cat.pdf and http://www.cedd.gov.hk/eng/publications/reference/doc/HK%20NotableTunnel%20Cat.pdf （設計師應從相關業主和維護代理處取得此類隧道的設計和施工細節。）
水務署	水流隧道、水管、引水渠、蓄水池、公共設施水庫、水處理廠、抽水站和附屬結構體的記紀錄

B.8.3 香港雨量和滑坡研究

自 1984 年以來，土力工程處已編制年度報告，記錄香港特區發生的降雨及山體滑坡的資料，GEO 還就某些選定的重大山體滑坡事故和涉及傷亡的事件編寫詳細/法證調查報告。自 1997 年以來，GEO 已開始聘請顧問調查某些選定的山體滑坡並製作滑坡研究報告。年度報告、詳細/法醫調查報告和滑坡研究報告可作為 GEO 對內或對外的報告來發佈。土力工程處報告可向線上政府書店購買或從土木工程拓展署網站 <http://www.cedd.gov.hk> 下載。

可在 CEL 中查看 GEO 內部報告，選定的山體滑坡研究結果摘要已上載至香港邊坡安全網站 <http://hkss.cedd.gov.hk> 提供各界查閱。

B.8.4 邊坡維護紀錄

邊坡維護紀錄（如維護手冊、邊坡升級紀錄、日常維護紀錄和工程師檢查、特殊措施監測紀錄如永久預應力地錨和設計水平排水溝）由邊坡所有者或其維護作業的代理人負責保存（GEO 2003）。

B.8.5 其他公共紀錄

GRS 是香港特區政府永久檔案和選定官方出版物的中央圖庫，這些資料包括憲報、藍皮書、會期文件、行政報告、香港歷史及統計摘要、立法會會議紀要、年度部門報告、條例及規例、香港國會議事錄及綜合報章。在 2002 年 11 月，GRS 引入綜合資訊存取系統，用於線上搜索所有目錄，並藉由互聯網存取選定的可視圖像內容。<分節 8126([http://www.grs.gov.hk/ws/english/es online cata.htm](http://www.grs.gov.hk/ws/english/es_online_cata.htm))

政府新聞處的圖庫存有一些舊照片，可供大眾使用。

康樂及文化事務署古物古蹟辦事處（古物古蹟辦事處）也備存已列為紀念碑、古蹟及考古遺址名單（另見 B.3.2 節）的相關資料。

B.9 與地面調查工作有關的注意事項和通告

就私人開發，進行地面調查工程的一般規定，包括地質監管規定均載於 PNAP APP-49，可從屋宇署網站 <http://www.bd.gov.hk> 下載。關於公共開發，規定悉如 WBTC #13/90，地面調查紀錄 #1/2008 可從土木工程拓展署網站 <http://www.cedd.gov.hk> 下載，其內容詳細列出土木工程拓展署為政府工程提供的地面調查及實驗測試服務的採購事項。有關香港隧道工程現地調查的具體指導說明內容，載於本地質指南第 10.9, 16.5 及 40.4 節。

B.10 預定和指定區域及其他有關區域

B.10.1 中層預定面積

在預定範圍內進行的地面調查工程，包括中層預定區，需受「建築物條例」的特別岩土工程所控管。中層預定區域被指定為「建築物條例」附表 5 預定區的第 1 區，顯示中層預定區域邊界的圖則載於屋宇署及 CEL 的 GIU。

中級顧問研究報告在名為「中級研究：地質、水文和土壤性質報告」（GCO，1982）中提供總結，此報告在線上政府書店出售，在 1979 至 1981 年的中級研究過程所收集的所地質、水文和土壤性質的實際相關資料，均可在 GIU 進行檢查。

關於私人開發，PNAP APP-30 提出中層預定區域地面調查工程特殊岩土工程控管要求，關於公共開發，相關規定如 ETWB TC（Works）# 29 / 2002A。

B.10.2 新界西北及馬鞍山地區

新界西北及馬鞍山的指定範圍分別顯示於「建築物條例」附表 5 預定區域的第 2 及第 4 區，圖示說明這些區域的計劃由屋宇署公佈於 GIU 中。

關於預定區域的地質狀況已有大量的相關資訊，有 20 份 1:5000 地質圖表連同涵蓋第 2 區的香港地質調查報告第 1 頁-元朗地質，第 4 號預定區域包括 1：5000 地質圖 7-NE-C、7-NE-D 及地質報告，這些資料可向 GEO 規劃部取得。

關於私人開發，PNAP APP-61 就這些預定區域的地面調查工程提出特殊的岩土工程控管要求。關於公共開發，要求悉如 ETWB TC（工程）# 4/2004。

B.10.3 地下鐵區域

為確保地鐵公司（港鐵公司）經營維護地下鐵（MTR）結構的安全和穩定性，有關鐵路的「保護範圍」已繪製在計劃中或制定一套建築物/工程指南，「保護邊界」內的區域通常稱為鐵路保護區。

地鐵是營運 1 個鐵路網路，在鐵路保護區內，部份地區被指定為「建築物條例」附表 5（預定區域 #3）的預定區 #3，「保護範圍」內的區域被指定為預定區域 #3。有關這些範圍的圖則可供屋宇署（BD）及香港地鐵公司（MTRCL）查閱，有關「鐵路建造依循」的資料可直接向香港地鐵公司取得，關於私人開發，在 PNAP APP-24 和 PNAP APP-131 中提出預定區 #3 內地面調查工作的額外要求。應參考 WB 技術通告 # 19/2002、ETWB 技術通告（工程）# 33/2003 和 2/2005 關於 MTR 附近地面調查工程的相關指南，並聯繫香港地鐵公司的鐵路保護和土地調查經理。

地政總署測繪處保存 1 套香港全境的數位土地紀錄，例如，該資料庫記錄許多關於邊界、鐵路儲備等有用的資訊。

B.10.4 污水隧道保護區

污水隧道保護區被指定為「建築物條例」（附表第 5 區）第 5 預定區，有關這些地區的計劃，可供屋宇署及渠務署查閱。關於私人開發，PNAP APP-62 就第 5 預定區的地面調查工作提出額外要求。有關污水隧道附近政府部門的地面調查工程建議，專案建議人需參閱環境運輸及工務局的技術通告（工務）第 28/2003 號，將建議轉交渠務署及土力工程處徵詢意見並協議。

B.10.5 大嶼山北岸的指定區域

指定區受當地複雜地質條件所影響，需適當注意高層建築和其他深層基礎結構相關的潛在問題，GEO TGN #12 提出技術建議和說明該區域確切範圍的相關計劃。

關於私人開發，指定區的地面調查工作行政程序和一般指導悉如 PNAP APP-134。關於公共開發，相關要求如 ETWB TC (W) #4/2004。

B.10.6 集水場（WGG）

有關 WGG 限制的相關資訊和保護 WGG 免受污染的必要條件，可向水務署相關區域的辦事處取得，顯示 WGG 工作小組的地圖也由地政總署的地政處相關單位所保管。

B.10.7 困難地區的海洋地面調查

困難的地面條件通常意指現場出現不利的底土地層，CEDD 發佈的「港口工程設計手冊」列舉相關區域和計劃的技術指南，界定這些區域的範圍。

B.11 各個設施和事業

應向提供這些公共設施服務的私營公司查詢天然氣、電力、電話、有線電視和類似服務的相關資訊，包括現有設施的位置和詳細資訊並提供進一步的服務（請參閱當地的電話簿或黃頁得知最新的地址和電話號碼）。

水務署（水務署）維護水管、水流隧道、水庫及其他水務設施位置的相關資料，應向本署索取。有關水務署客戶服務申請表及進一步的資料，請瀏覽網頁 <http://www.wsd.gov.hk>。

應向渠務署（渠務署）索取有關公共雨水渠和污水渠的竣工紀錄，有關私人地段的類似紀錄，可向屋宇署索取應向路政署查詢專有道路排水的竣工紀錄。

可向 DSD、WSD、公營企業和私人公共設施的企業取得沉陷、抽取地下水和震動的暫定限制許可。

B.12 當地圖書館

B.12.1 土木工程圖書館和岩土工程資訊股

CEL 是土木工程拓展署的中央參考圖書館，CEL 庫藏超過 150,000 份文件，包括期刊、書籍、會議紀錄、手冊、標準、行為準則、土力報告、地圖、提交給 GEO 取得支援私人開發的相關文件及政府部門製作的文件。

GIU 是 CEL 的一部份內容，包括來自香港特區地面調查的土力資料，以下的 GIU 資料屬 CEL 公共部內的檢查事項。

- (a) 地面調查和地球物理調查報告；
- (b) 關於土壤岩石的實驗測試報告；
- (c) 滑坡卡；
- (d) 滲壓計監測資料；和
- (e) 自然地形滑坡圖庫，

土力工程處製作的香港地質岩土工程參考書目列出超過 4,600 項的香港質岩土工程方面的報告，參考書目可查詢土木工程拓展署網頁
<http://www.cedd.gov.hk/chi/publications/reference/index.htm>。

大眾可自由查閱 CEL 公共部內的文件，並可使用在線上公共存取目錄 (OPAC) - V Lib 電腦終端機搜尋圖書館的資料，數位岩土工程資訊單元 (DGIU) 系統可取得地面調查和實驗室試驗報告的檢索內容，CEL 提供 DGIU 用戶手冊，提供複印和列印設備。

關於 CEL 及 GIU 服務進一步的資料，可參閱土木工程拓展署網站公共服務組
<http://www.cedd.gov.hk/chi/services/library/index.htm>。

B.12.2 其他圖書館

市政廳公共圖書館、香港中央圖書館及九龍公共圖書館均設有參考刊物的查詢單位，其中備有多份香港地質及岩土工程的已發表文件及一些未發表的報告。他們還收藏了相當重要的香港套裝資料，可直接取用這些收藏刊物，並可藉由線上公共存取目錄取得書目資訊，複印設施可供大眾使用。

香港大學、香港理工大學、香港科技大學和香港城市大學各設有 1 個大型圖書館，其中收藏一系列的一般地質岩土資訊。只有前 3 個才能取得進入查詢的特別許可，但真正的訪客很少，進入查詢並不難。香港大學館藏香港相關的刊物，其中包括大量未發表的資料及地質岩土工程相關主題的碩士和博士學位論文。

B.13 地方組織的地址

Antiquities and Monuments Office,
Leisure and Cultural Services Department,
136 Nathan Road, Tsim Sha Tsui, Kowloon.
(Tel.: 2721 2326)
(Website: <http://www.amo.gov.hk>)

Buildings Department,
12th-18th Floors and 21st to 22nd Floors Pioneer Centre,
750 Nathan Road, Kowloon. (Tel.: 2626 1616)
(Website: <http://www.bd.gov.hk>)

Chinese University of Hong Kong Library,
122 Milestone, Tai Po Road,
Sha Tin, New Territories.
(Tel.: 2609 7301)
(Website: <http://www.lib.cuhk.edu.hk>)

Civil Engineering Office,
Civil Engineering and Development Department,
Civil Engineering and Development Building 101 Princess Margaret Road,
Homantin, Kowloon.
(Tel.: 2762 5111)
(Website: <http://www.cedd.gov.hk>)

Drainage Services Department,
43 rd Floor, Revenue Tower,
5 Gloucester Road,
Wan Chai, Hong Kong.
(Tel.: 2877 0660)
(Website: <http://www.dsd.gov.hk>)

Government Record Service,
Hong Kong Public Record Building, 13 Tsui Ping Road,
Kwun Tong, Kowloon,
(Tel: 2195 7801)
(Website: <http://www.grs.gov.hk>)

Architectural Services Department, Queensway Government Offices,
66Queensway, Hong Kong.
(Tel.: 2867 3628)
(Website: <http://www.archsd.gov.hk>)

City Hall Public Library,
City Hall High Block,
Edinburgh Place, Hong Kong.
(Tel.: 2921 2672)
(Website: <http://www.hkpl.gov.hk>)

City University of Hong Kong,
 Run Run Shaw Library,
 Tat Chee Avenue, Kowloon.
 (Tel.: 2788 8311)
 (Website: <http://www.cityu.edu.hk>)

District Lands Office,
 Lands Department,
 20th Floor, North Point Government Offices,
 333 Java Road, North Point,
 Hong Kong (Tel: 2525 6694)
 (Website: <http://www.landso.gov.hk>)

Environmental Infrastructure Division,
 Environmental Protection Department, 4/F, East Wing,
 Island West Transfer Station, 88, Victoria Road,
 Kennedy Town, Hong Kong (Tel: 2872 1807)
 (Website: <http://www.epd.gov.hk>)

Geotechnical Engineering Office,
 Civil Engineering and Development Department,
 Civil Engineering and Department Building,
 101 Princess Margaret Road, Homantin, Kowloon.
 (Tel.: 2762 5111)
 (Website: <http://www.cedd.gov.hk>)

Geotechnical Information Unit,
 Civil Engineering Library, LG1,
 Civil Engineering and Development Building, 101 Princess Margaret Road,
 Homantin, Kowloon.
 (Tel.: 2762 5148)
 (Email: librarian@cedd.gov.hk)

Highways Department,
 5th Floor, Homantin Government Offices,
 88 Chung Hau Street,
 Homantin, Kowloon.
 (Tel.: 2926 4111)
 (Website: <http://www.hyd.gov.hk>)

Hong Kong Central Library,
 55 Causeway Road, Hong Kong,
 (Tel: 2921 0222)
 (Website: <http://www.hkpl.gov.hk>)

Hong Kong Polytechnic University Library,
 Pao Yue-kong Library,
 Yuk Choi Road,
 Hung Hom, Kowloon.
 (Tel.: 2766 6863)
 (Website: <http://www.lib.polyu.edu.hk>)

Kowloon Public Library,
 5 Pui Ching Road,
 Homantin,
 Kowloon.
 (Tel.: 2926 4062)
 (Website: <http://www.hkp1.gov.hk>)

Lands Information Centre,
 Survey and Mapping Office,
 Lands Department,
 23rd Floor, North Point Government Offices, 333 Java Road,
 North Point, Hong Kong,
 (Tel: 2231 3452)
 (Website: <http://www.landsd.gov.hk>)

Geotechnical Projects Division,
 GEO, 23rd Floor, 410 Kwun Tong Road, Kwun Tong, Kowloon,
 (Tel: 2716 8612)
 (Email: anthonylam@cedd.gov.hk)

Hong Kong Observatory,
 134A Nathan Road,
 Tsim Sha Tsui,
 Kowloon.
 (Tel: 2926 8200)
 (Website: <http://www.hko.gov.hk>)

Hong Kong Geological Survey, Geotechnical Engineering Office,
 11th Floor, Civil Engineering and Development Building,
 101 Princess Margaret Road,
 Homantin, Kowloon,
 (Tel: 2762 5380)
 (Email: jsewell@cedd.gov.hk)

Hong Kong University of Science & Technology Library,
 Clear Water Bay,
 Kowloon.
 (Tel.: 2358 6762)
 (Website: <http://library.ust.hk>)

Lands Department,
1st, 2nd, 6th, 18th to 24th Floors,
North Point Government Offices,
333Java Road, North Point, Hong Kong.
(Tel.: 2231 3294)
(Website: <http://www.landsd.gov.hk>)

Landslip Preventive Measures Division 1,
GEO, 1st Floor, Civil Engineering and Development Building,
101Princess Margaret Road,
Homantin, Kowloon.
(Tel.: 2760 5778)
(E-mail: dominiclo@cedd.gov.hk)

Leisure and Cultural Services Department,
1-3 Pai Tau Street,
Sha Tin,
New Territories.
(Tel.: 2603 4567)
(Website: <http://www.lcsd.gov.hk>)

Map Publications Centre (Kowloon),
Survey and Mapping Office,
Lands Department 382 Nathan Road,
Yau Ma Tei, Kowloon.
(Tel.: 2780 0981)
(E-mail: smosale2@landsd.gov.hk)

Mines Division, GEO,
25th Floor, 410 Kwun Tong Road, Kwun Tong, Kowloon.
(Tel.: 2716 8666)
(E-mail: mines@cedd.gov.hk)

Map Publications Centre (Hong Kong),
Survey and Mapping Office
Lands Department
23rd Floor, North Point Government
Offices,
333Java Road, North Point, Hong Kong. (Tel.: 2231 3187)
(E-mail: smosale1@landsd.gov.hk)

Marine Department,
Harbour Building,
38Pier Road, Hong Kong.
(Tel.: 2542 3711)
(Website: <http://www.mardep.gov.hk>)

MTR Corporation Limited MTR Tower Telford Plaza,
Kowloon Bay, Kowloon.
(Tel.: 2993 2111)
(Website: http://www.mtr.com.hk/engtxt/railway/protection_index.html)

Online Geological Memoir
(Website: http://www.cedd.gov.hk/eng/about/organisation/org_geo_pln_map.htm)

Planning Division, GEO,
11th Floor, Civil Engineering and Development Building,
101Princess Margaret Road,
Homantin, Kowloon.
(Tel.: 2762 5400)
(E-mail: tonyykho@cedd.gov.hk)

Slope Maintenance Responsibility Information Centre,
Lands Department,
1st Floor, North Point Government Offices,
333, Java Road, North Point, Hong Kong.
(Tel.: 2231 3333)
(Website: <http://www.landsd.gov.hk>)

Online Government Bookstore,
(Website: <http://www.bookstore.gov.hk>)

Publications Sales Unit,
Information Services Department,
Room 402, 4th Floor, Murray Building,
Garden Road, Central, Hong Kong. (Tel.: 2537 1910)
(Website: <http://www.isd.gov.hk>)

Slope Safety Division, GEO,
7th Floor, Civil Engineering and Development Building,
101Princess Margaret Road,
Homantin, Kowloon.
(Tel.: 2760 5760)
(Hong Kong Slope Safety Website: <http://hkss.cedd.gov.hk>)
(E-mail: hkss@cedd.gov.hk)

Standards and Testing Division, GEO,
12th Floor, Civil Engineering and Development Building,
101 Princess Margaret Road,
Homantin, Kowloon.
(Tel.: 2762 5345)
(E-mail: juliankwan@cedd.gov.hk)

The University of Hong Kong Library, Pokfulam Road,
Hong Kong.
(Tel.: 2859 2203)
(Website: <http://lib.hku.hk>)

Water Supplies Department,
48th, Floor, Immigration Tower,
7 Gloucester Road,
Wan Chai, Hong Kong.
(Tel.: 2829 4500)
(Website: <http://www.wsd.gov.hk>)

Waste Facilities Business Unit,
Environmental Protection Department,
4th Floor, West Wing, 88 Victoria Road,
Kennedy Town, Hong Kong.
(Tel.: 2872 1888)
(Website: <http://www.epd.gov.hk>)

B.14 參考資料

Allen, P.M. & Stephens, E.A. (1971). Report on the Geological Survey of Hong Kong, 1967-1969. Hong Kong Government Press, 116 p, plus 2 maps.

Fyfe, J.A., Shaw, R., Campbell, S.D.G., Lai, K.W. & Kirk, P.A. (2000). The Quaternary Geology of Hong Kong. Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 208 p. plus 6 maps.

Franks, C.A.M. (1991). Engineering Geology of North Lantau: Tsing Chau Tsai Peninsula to Ta Pang Po (Special Project Report SPR 4/91). Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 148 p. plus 9 drgs.

Franks, C.A.M. (1992). Engineering Geology of North Lantau: Ta Pang Po to Tai Ho Wan (Special Project Report SPR 2/92). Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 109 p. plus 5 drgs.

GCO (1982). Mid-levels Study: Report on Geology, Hydrology and Soil Properties (1982). Geotechnical Control Office, Hong Kong, 265 p. plus 54 drgs.

GEO (1998), GEO Emergency Manual, Geotechnical Engineering Office, Hong Kong
(Amended from time to time)

- GEO (2003) Guide to Slope Maintenance (Geoguide 5). (Third Edition) Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 132 p
- GEO (2017). Guide to Rock and Soil Descriptions (Geoguide 3). (Continuously Updated Eversion released on 29 August 2017). Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering and Development Department, HKSAR Government, 171 p.
- King, J.P. (1999). Natural Terrain Landslide Study, the Natural Terrain Landslide Inventory (GEO Report No. 74). Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 127 p.
- Lee, C.W. & Sewell, R.J. (2007). On-line Geological Memoir of Hong Kong. Episodes, vol. 30, no.1, 62 p.
- Pang, P.L.R., Evans, N.C., Lam, T.W.K., Au, D. & Man, K.S. (2000). Upgrading of an automatic raingauge system. Proceedings of the Symposium on Slope Hazards and their Prevention, Hong Kong, pp 297-302.
- Scott Wilson (Hong Kong) Ltd (1999a). Specialist API Services for the Natural Terrain Landslide Study – Task B Factual Report. Report to Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 9 p. plus 4 Appendices.
- Scott Wilson (Hong Kong) Ltd (1999b). Specialist API Services for the Natural Terrain Landslide Study – Interpretive Report. Report to Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 32 p. plus 6 Appendices.
- Sewell, R.J., Campbell, S.D.G., Fletcher, C.J.N., Lai, K.W. & Kirk, P.A. (2000). The Pre-Quaternary Geology of Hong Kong. Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 181 p. plus 4 maps
- Woods, N.W. (1992). Engineering Geology of North Lantau: Tung Chung, Vol. I & II (Special Project Report SPR 1/93). Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 94 p. plus 8 drgs.

表 1 - 地政署提供選定地圖、圖則及空照圖

地圖/計劃	範圍	紙質地圖產品				數位地圖產品	
		系列編號	尺寸(mm)	頁數	彩色	產品名稱	頁數
地形圖							
1. 1:1000	全部	HPIC	750 x 850	3254	B&W	B1000	3254
2. 1:5 000	全部	HP5C	750 x 850	166	B&W	B5000	189
3. 1:10 000 (Street Map)	全部	SM10C	685 x 980	59	B&W	B10000	57
4. 1:20000	全部	HM20C	685 x 980	16	彩色	B20000	16
5. 1:50000	全部	HM50CL	1010 x 690	2	彩色	N.A.	N.A.
6. 1:100000	全部	HM100CL	655 x 850	1	彩色	N.A.	N.A.
7. 1:200000	全部	HM200CL	327 x 425	1	彩色	N.A.	N.A.
8. 1:300 000 (香港在其區域環境中)	根據名稱	HM300C	610 x 860	1	彩色	N.A.	N.A.
數位正射影像/正射影像地圖							
1. 1:5 000	全部	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	DOP5000	189
2. 1:10000	全部	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	DOP10000	55
3. 1:50000	全部	OPM50	1080 x 1400	1	彩色	N.A.	N.A.
4. 1:100000	全部	OPM100	600 x 770	1	彩色	N.A.	N.A.
空照圖	全部編號	N.A.	250 x 250	許多	黑白 彩色	DAP	許多
地質圖							
1. 1:5000	可選面積	HGP5, 5A, 5B	760 x 1000	34	彩色	N.A.	N.A.
2. 1:20000	全部	HGM20 & 20S	775 x 1000	14 & 1	彩色	N.A.	N.A.
2a. 1:20000	全部	HGM20	700 x 1000	1	彩色	N.A.	N.A.
3. 1:100000	全部	HGM100	660 x 1000	1	彩色	N.A.	N.A.
規劃部門的都市計劃	N.A.	471	不同	不同	B&W	N.A.	N.A.
紀錄：							
* 有關區域覆蓋率請參考圖 B1							
# 更多詳細資訊請參見表 B2							

表 B2 - 可從地政署取得的空照圖（低海拔）（第 1 頁共 2 頁）

年份	比例	約略範圍（%）			備註
		HKI	K	NT	
1924	約 1:14000	60	10	30	中到低精確度、單畫格、事件化立體重疊
1945	1:12000	95	60	95	中度到良好精確度除屯門到西貢東西側幾乎所有的地區
1949	1:4800 1:11600	100	95	30	良好的精確度新界西北部範圍大部份的低地區
1956 1959	1:10000 1:13300	10	50	5	良好的精確度；部份立體重疊
1961-1962	1:10000	100	100	10	良好的精確度；小範圍整治
1963	NT = 1:7 800 HKI + K = 1:5 400	100	100	95	特別良好的精確度；完全立體重疊除米埔至沙頭角外的所有地區
1964	1:3600	5	5	10	幹道覆蓋範圍
1967	1:7800 - 1:12500	90	90	20	僅限主要市區的覆蓋範圍
1968-1970	1:5000 - 1:10000	40	100	20	市區
1972	1:6000 - 1:13000	40	80	20	幹道範圍
1973	1:3000 1:10000 - 1:12000	70 70	100 100	5 90	僅限於市區大部份的 HKSAR
1974	1:5 000	10	70	30	新界西北及西部範圍
1975	1:4600 - 1:10000	5	40	30	新界西北及西部範圍
1976	1:2000 - 1:8000	100	100	40	市區和新市鎮
1977	1:2800 - 1:8000	100	100	50	詳細報導新界西北及北區及新市鎮
1978-1987	1:4000 - 1:8000	100	100	60	市區的年度覆蓋範圍，包括新市鎮和低地區。
1988 到現在	1:2000 - 1:12000	100	100	45-90	新界的年度覆蓋範圍每年不等

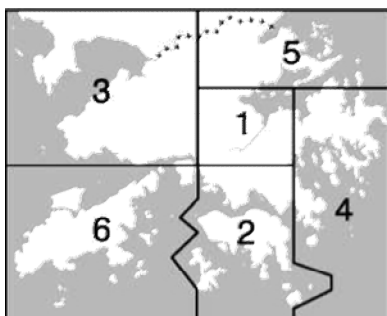
註：自 1993 年以來，也經常拍攝彩色空照圖。

表 B2 - 可從地政署取得的空照圖（高海拔）（第 2 頁共 2 頁）

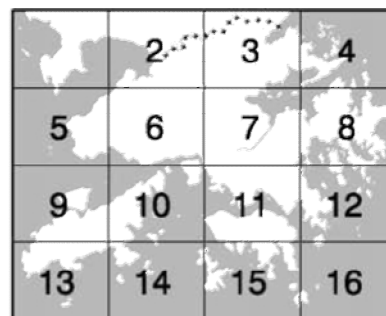
年份	比例	近似值 覆蓋範圍（%）			備註
		HKI	K	NT	
1954	1:60000	2	80	90	良好的精確度
1964	1:25000	100	100	100	非常好的精確度可提供的空照圖集，東西航線相距 4 至 5 公里
1973	1:25000	100	100	90	良好的精確度，東西航線相距 3 至 5 公里
1974-1976	1:25000	100	100	100	良好的精確度，年度範圍東西航線相距 1 至 4 公里
1977	1:25000	20		20	僅傾斜線的市區大嶼山、新界西部及沙田等範圍
1978	1:25000	100	100	100	完整範圍
1979	1:20000	100	100	100	完整範圍
1980	1:20000	100	80	20	僅限香港特別行政區南半部
1981	1:20000	100	100	100	完整範圍
	1:50000	80	80	10	僅限市區和大嶼山
1982	1:20000	100	100	100	完整範圍
1983	1:20000	100	100	100	完整範圍
	1:40000	100	100	95	幾乎是完整的範圍
1984	1:20000	30	40	15	市區、清水灣及西貢半島範圍
1985	1:20000				
	1:30000	100	100	100	完整範圍
1986	1:20000	100	100	100	完整範圍
1987	1:40000	100	100	100	完整範圍
1988 - 1997*	1:20 000 - 1:40 000	100	100	100	完整範圍
1988 到現在	1:16000 - 1:40000	100	100	100	完整範圍

註：自 1993 年以來，也經常拍攝彩色空照圖。

* 1996 年：只有 1:20000 可用

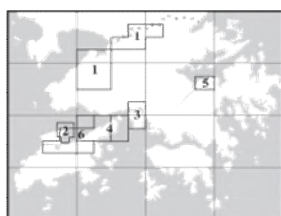


Geological Memoir #



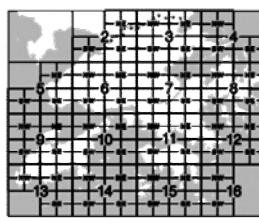
1:20 000 Map Sheet #

Geological Memoir #	覆蓋面積	Map Coverage 1:20 000 Sheet #
1	沙田	7
2	港島及九龍	10, 11, 14, 15, 16
3	新界西部	2,5,6
4	西貢及清水灣	8,12,16
5	新界東北部	3,4
6	大嶼山區	9, 10, 13, 14



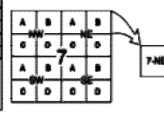
Sheet Report Nos.

報告編號



1:5 000 Map Sheet Nos.

1:5 000 Map Sheet #



Numbering System of 1:5 000 Series

計數系統

Sheet Report #	覆蓋面積	Map Coverage 1:5 000 Sheet #
1	元朗 - 預定區域 #2	14 頁地圖
2	赤蠟角	9-NE-C 和 9-NE-D
3	青衣及週邊海域	6-SE-B 和 10-NE-B,D
4	北大嶼山及馬灣	10-NE-A,C、10-NW-B,C,D 和 10-SW-A
5	馬鞍山 - 預定地區 #4	7-NE-D 和 7-NE-C
6	東涌及北岸大嶼山	9-SE-A、9-SE-B 和 5 個海上地圖

圖 B1 - 地質圖、備忘錄和工作表報告

附錄 C

現地勘察注意事項

目錄

	頁碼
標題	335
目錄	336
C.1 通則	337
C.2 準備工作	337
C.3 一般程序	337
C.4 地面條件資訊	338
C.5 在開始地面調查前進行現地檢查	339

C.1 通則

現地調查旨在確認補充初步探索期間所收集的資訊（見 4.2 節），現地調查可能包括現地檢查和現場附近現有和擬議功能的當地查詢作業。

雖然現地調查通常在全面的初步探索完成後才進行（見第 4.2 節和附錄 A），但在初步探索前進行早期的現地調查/勘察有時可能是非常有用的。

C.2 準備工作

在進行現地調查前，應作好以下的準備：

- (a) 應向土地所有者和佔用者取得進入該地的許可。
- (b) 應提供場地規劃、地形圖、地質圖及必要的設備，如筆記本、鉛筆、大夾板、相機、捲尺、地質羅盤（指南針和測斜儀）、地質錘、小刀和放大鏡（x10）。關於大場地，可能也需使用測距儀和雙筒望遠鏡，還應包括確保現場人員安全所需的任何設備。

C.3 一般程序

應酌情採用以下程序：

- (a) 應穿越整個區域，最好是徒步走過並拍攝現場及週邊環境的選定特徵。
- (b) 應列出計劃所示的擬議工程地點。
- (c) 應記錄計劃和地圖（如場地邊界、建築物、道路等）間的差異和遺漏。
- (d) 應檢查現有結構的所有細節，並在適當情況下加以記錄。
- (e) 應記錄潛在障礙物（如輸電線路、電話線路、歷史特徵、大樹、煤氣和水管電纜和下水道）。
- (f) 應檢查通道包括施工交通和重型施工承载力對現有道路、橋樑和公共服務設施的影響。
- (g) 應標示明渠及溪流的水位、流向、流速及洪水及潮汐和其他波動等應注意的相關狀況。
- (h) 應記錄相鄰財產的特徵並評估擬議工程影響這些財產的可能性。
- (i) 應檢查舊結構體和任何其他特徵並製作相關紀錄。
- (j) 應訪查當地居民有關場地過去的使用、場地內或附近建築物的結構損壞、洪水和土地不穩定的狀況，應謹慎處理此類的資訊，應加以記錄和評估。

C.4 地面條件資訊

應收集記錄與地面條件相關的資料如下：

- (a) 應研究和記錄現場和附近的地表特徵，最好與地質圖和空照圖併用查照。應注意下列事項：
 - (i) 邊坡角度、邊坡類型（凸面或凹面）和邊坡的突然變化。
 - (ii) 現有地形與先前的地圖或空照圖進行比較，檢查是否存在侵蝕、切坡、填土或埋地溪流。
 - (iii) 表面特徵可顯示地質斷層、剪切帶、先前的邊坡不穩定狀況或岩溶的形成。
 - (iv) 張力裂縫的位置和範圍或其他可能顯示即將出現邊坡不穩的特徵。
- (b) 應對現場和附近的土壤岩石露頭及坡面外露進行檢查，應記錄相關細節。
- (c) 在適當情況下，應評估記錄地下水位、井水和泉水位置、滲漏及任何滲漏侵蝕的證據，包括土壤管道和陷落坑洞。
- (d) 應注意地表排水模式和地表水（例如溝渠）土壤侵蝕的任何證據。
- (e) 應研究記錄現場植被的性質和分佈，這些資訊可顯示土壤和地下水的狀況。
- (f) 研究記錄附近的堤壩、建築物和其他結構體（如隧道入口和通風豎井況）。
- (g) 對大範圍或更複雜的專案，應調查施工地點，然後根據基礎土壤、植被覆蓋和其他特徵製作工程地質圖和/或計劃及地形評估資料（見第9章），應在工程地質學家的幫助下進行此類的製圖。

C.5 在開始地面調查前進行現地檢查

在實際的地面調查開始前，通常需執行實地調查補強作業，應酌情包括以下的活動：

- (a) 應檢查記錄進入工作場所的位置和條件。
- (b) 應找到並記錄障礙物如電纜、電話線、邊界圍欄和溝渠等資料。
- (c) 應確定樣本儲存區。
- (d) 應酌情找到並記錄適當的供水和供電地點。

附錄 D

設計和施工所需資訊

目錄

	頁碼
標題	340
目錄	341
D.1 通則	342
D.2 詳細土地調查和工程評估	342
D.3 水文和液壓資料	342
D.4 天氣影響	343
D.5 材料來源	344
D.6 廢棄物和剩餘材料的處置	344

D.1 通則

此外，除了確定現場的地面條件（本地質指南其他地方也曾考慮過）之外，以下各節的內容簡要總結設計和施工可能需要的其他資訊。

本附錄中的專案並非詳盡無遺，有關設計和施工資訊要求的相關指導文件，應參考其他建議事項。時間可能限制專案的詳細研究程度，在這種情況下，應在設計中考慮相關事項，例如，對設計參數值的採用應保守假設。

D.2 詳細土地調查和工程評估

這需要詳細調查場地及其邊界，標示通道、公用設施和服務、地役權和排水網路。調查座標應參考 1980 年香港電網和香港主要基準，應藉由業管的地政辦公室確定場地邊界的確切位置（見附錄 A.8），還需注意下列的必要事項：

- (a) 現有結構體或障礙物的詳情及是否需拆除或維護的狀況，
- (b) 可能受現場工程影響的鄰近或附近建築物的詳情，包括建築物的高度、樓層、地基類型、結構狀況和其他相關資訊。
- (c) 可能影響工地鄰近邊坡及擋土牆的詳情，包括穩定性評估及任何所需支援或補救的工程，此評估應包括可能對場地或工程造成危害的巨石。
- (d) 任何地下障礙物或地質特徵的位置和深度，如已知的隧道或洞穴及支撐等。
- (e) 工地附近的調查和基準標記的位置，提供相關細節、站點和基準標記等相關文件。

D.3 水文和液壓資料

海上、明渠或溪流內、相鄰或附近的建築物設計可能需要以下的資料：

- (a) 海洋調查資料以補充海事圖和其他可用的資料。
- (b) 明渠或溪流的詳細資訊如集水區的大小及性質、潮汐限制、洪水水位及其與香港海圖基準的關係。
- (c) 觀測潮汐水位（參見圖表基準）和潮汐波動率、水流速度、方向及波浪資料。
- (d) 沖刷、淤積、漂移引起的沙灘漂流物的移動資料、海灘、防波堤和訓練工程的穩定條件。
- (e) 水線以上及以下現有明渠、溪流及海岸結構體、殘骸及其他障礙物的位置詳情、障礙物和漂浮物對永久性和臨時性工程的影響，包括障礙物的清理。
- (f) 觀測現有結構體的狀況，如海洋生長和蛀蟲的侵襲、金工腐蝕、混凝土的分解及漂浮碎片或海床移動引起的磨損。
- (g) 水質資料

D.4 天氣影響

下列可能是必要的資訊：

- (a) 降雨事件引起的地表水流量和地下水水位預測，回溯期為 10 年、50 年和 200 年或更極端的降雨事件。
- (b) 地下水對強烈暴雨的反應，包括對十年一遇的降雨事件的反應、預測或評估。
- (c) 熱帶氣旋期間造成的當地風速和波高。
- (d) 溫度範圍、季節和晝夜等相關狀況。

D.5 材料來源

可能需找到並證明建材來源，包括：

- (a) 填土及過濾土方工程及填海工程材料，
- (b) 路基和表面材料，
- (c) 混凝土骨材，
- (d) 用於建築物、鋪地石或拋石的石材，
- (e) 水，
- (f) 用於景觀美化的表土。

D.6 廢棄物和剩餘材料的處置

可能需找到處置廢棄物或剩材的場所並執行處置方法，如：

- (a) 挖出的土壤和岩石，
- (b) 疏浚物料，
- (c) 營建殘渣和垃圾，
- (d) 液體廢棄物

需判定管制傾倒區和公共傾倒區的進出管道、運輸要求和環境控管事項。

附錄 E

安全注意事項

目錄

	頁碼
標題	345
目錄	346
E.1 通則	347
E.2 安全規則	347
E.3 公共設施和事業	348
E.4 工程干擾道路、街道或人行道	348
E.5 參考資料	349

E.1 通則

確保安全工作條件所需的主要因素是由有能力的人員負責監督和具有適當實務經驗的承包商參與作業，此承包商應具備可用於目前工程所需的足夠資源。

緊急程序應在工作開始時即決定，急救箱應容易取用並應提供適合工作條件所需的相關物品，應建立與外部公共設施機構（警察、消防和醫院等機構）的有效溝通管道，必要時，應隨時穿戴安全帽、手套、安全鞋、護目鏡和面罩。

應隨時參考相關條例、安全規定、英國標準和操作規範，藉此獲取設備製造和使用的相關建議。

E.2 安全規則

香港制定有一套全面性的條例，以管制建築工程人員的安全、健康和福利，一般而言，建築工地的主要法規載於「工廠及工業經營條例及其附屬規定」（香港政府 1985）和「建築工地（安全）規定」（香港政府 1983a），這些法規涵蓋建築工程的一般和具體領域，包括：

- (a) 根據「營造工地（安全）規定」的第 6 部關於挖掘、沉箱及豎井的規定。
- (b) 位於水上或毗鄰水面的建築工地應根據「營造工地（安全）規定」的第 6 部第 52A 條規定處理。
- (c) 建築第 2、3 及 5 部所述的起重裝置及起重裝置的使用（安全）規定的第 6 部關於挖掘、沉箱及豎井的規定。
- (d) 在電纜附近工作，根據「營造工地（安全）規定」的第 7 部第 47 條規定處理。

爆炸物和壓縮氣體的使用（如用於地震勘測）根據「危險品條例及其附屬規定」（香港政府，1983b）處理。

使用裝有放射源的設備，需根據「輻射條例及其附屬規定」（香港政府，1982）處理，應隨時根據製造商的建議使用此類設備。

還應參考以下出版物：

- (a) 「建築工地（安全）規定及其附屬規定」（勞工處，1985），該規定簡述「建築工地（安全）規定」條文並簡單說明規定含義，其設計除了參考方便外，還可作為需注意事項的核對清單。
- (b) 建築工地檢驗報告參考手冊（勞工處 1986），載有維護勞工良好工作環境及遵守建築工地（安全）規定的大部份事項。
- (c) BS 8008：打樁和其他用途機械鑽孔的構造、下降安全預防措施和程序（BSI，2008），說明應採取的安全預防措施、所用設備的特定安全要求及深井和大口徑鑽孔可能遇到的氣體危害等。

[Amd GG2/01/2017]

- (d) 關於手挖沉箱指導說明（HKIE，1981）即涉及手挖沉箱的安全和技術方面。

E.3 公共設施和事業

在城區，電力和天然氣等地下公共設施服務可能遇到重大危害，應特別注意高壓電纜、燃氣管道和相關設施損壞所造成的危害，當任何的測試坑、探測器或鑽孔在可能有地下公共設施的區域開始作業前，應使用手挖的檢查坑確定是否存有此類的公共設施。在檢查坑中可能需手動操作電動工具，藉此幫助進行硬質地層的挖掘，但使用應特別小心。

E.4 工程干擾道路、街道或人行道

關於道路和人行道上或附近的工程，均需遵守「“道路交通（交通管制）規定」（香港政府 1983c），另請參考「道路工程照明、標誌及保護條例」（路政署 1984 年）。

E.5 參考資料

[Amd GG2/01/2017]

BSI (2008). Safety Precautions and Procedures for the Construction and Descent of Machine-bored Shafts for Piling and Other Purposes (BS 8008:1996+A1:2008). British Standards Institution, London, 20 p. [Amd GG2/01/2017]

Government of Hong Kong (1982). Radiation Ordinance (and Radiation Regulations). Laws of Hong Kong, Chapter 303, revised edition 1982. Hong Kong Government Printer, 47 p. (內容得隨時修改)

Government of Hong Kong (1983a). Construction Sites (Safety) Regulations. Laws of Hong Kong, Chapter 59, revised edition 1983. Hong Kong Government Printer, 58 p. (內容得隨時修改)

Government of Hong Kong (1983b). Dangerous Goods Ordinance (and Dangerous Goods Regulations). Laws of Hong Kong, Chapter 295, revised edition 1983. Hong Kong Government Printer, 278 p. (內容得隨時修改)

Government of Hong Kong (1983c). Road Traffic (Traffic Control) Regulations. Laws of Hong Kong, Chapter 374, revised edition 1983. Hong Kong Government Printer, 134 p. (內容得隨時修改)

Government of Hong Kong (1985). Factories and Industrial Undertakings Ordinance (and Subsidiary Legislation). Laws of Hong Kong, Chapter 59, revised edition 1985. Hong Kong Government Printer, 270 p. (內容得隨時修改)

Highways Office (1984). Code of Practice for the Lighting, Signing & Guarding of Road Works. Hong Kong Government Printer, 41 p.

HKIE (1981). Guidance Notes on Hand-dug Caissons. Hong Kong Institution of Engineers, 15 p.

Labour Department (1985). A Guide to the Construction Sites (Safety) Regulations. Hong Kong Government Printer, 48 p.

Labour Department (1986). Reference Manual for Construction Sites Inspection Report. Hong Kong Government Printer, 24 p.

附錄 F

關於地面調查技術的補充資訊

[Amd GG2/01/2017]

目錄

	頁碼
標題	350
目錄	351
F.1 地球物理學	352
F.2 垂直和傾斜鑽孔	352
F.3 水平鑽孔	352
F.4 直接鑽心技術	353
F.5 其他方面	353

F.1 地球物理學

與侵入性的地面調查相比，使用地球物理技術的非侵入性測量方法較為便宜，此外，通常可在短時間內完成工程，土地使用不造成嚴重的影響並可以覆蓋大面積的區域。

用於識別破壞的磁性調查在香港近海區域已成功應用（Sewell 等 2000 及參考文獻），應進行確認鑽孔和原位測試，驗證從調查中獲得的解說內容。

地球物理調查具有不能直接測量工程的特性，如強度和滲透率的直接測量，可能無法發現小規模的地質特徵，翻譯解說調查資料解釋和工程地質資訊專業知識和判斷。

F.2 垂直和傾斜鑽孔

雖然垂直鑽孔是最常用的地面調查方法，但所獲得的樣本和鑽孔只能顯示沿隧道路線地面非常有限的地質特徵。

與垂直鑽孔相比，傾斜鑽孔沿隧道的對齊鑽探可提供更多的資訊，若已知可疑的垂直斷層帶或其他重要地質特徵的方向，則在大致垂直於該地質特徵的方向以傾斜的鑽孔為目標，即可顯示該地質特徵的位置、總厚度和工程特性等有用資訊。

鑽孔的相對傾斜度和特徵決定了傾斜鑽孔的成功執行與否，香港的斷層通常是不連續的，沒有傾角、傾角方向、寬度和風化特徵，這些因素可能會影響傾斜鑽孔的效用。

F.3 水平鑽孔

水平鑽孔可從挖掘面、中間軸或隧道的另一端進行，根據地面條件，特別是檢查是否存在可疑的地面特徵，若存在時，應瞭解其性質和範圍。

水平鑽孔存在可驅動撞擊最大長度的限制，這取決於地面條件、鑽孔大小和鑽機功率，在香港的坑洞中取得 N 和 H 尺寸的鑽心。

在規劃和設計階段水平鑽孔通常是不可行的，因為無法進入隧道水平面中，通常對深層隧道而言，在此階段不會建造垂直通道井。

在施工階段，在隧道面水平鑽孔會影響挖掘進度，因此，應根據設計和風險管理的地面資料充份性調查替換的接入點並仔細評估工程的成本效益。

F.4 直接鑽心技術

然後可使用定向鑽心技術從地面鑽到很深處再沿水平方向對齊，此方法無需在隧道中提供工作空間，對調查深層隧道非常有用。

這些技術可提供沿隧道對齊，其地質條件連續性的相關資訊，還可以進行原位測試評估待挖掘地面的實際情況，沿線的資訊可儘量降低隧道工程的不確定性並加強風險管理。

方向性的岩心可達到的最大深度和長度、可鑽取的岩心樣本類型和可執行的岩土工程測試類型，都可能有其限制，應儘早在隧道工程中檢查相關的問題、鑽井位置的準確性、成本、動員因素和鑽探速度。

F.5 其他方面

為避免在地面上設立可能對隧道挖掘造成危害的優先流動路徑和障礙物，對於靠近或攔截隧道的鑽孔，監督地面的調查人員應確保在完成取樣和測試後，所有金屬外殼都已清除、鑽孔正確灌漿。

對於長鑽孔、探針孔和芯孔，其位置可能影響設計和結構，相關規範應要求在鑽探過程中需定期檢查鑽孔方向（傾角和傾角方向）和位置，確保他們遵循預期的對齊方式。

GEO PUBLICATIONS AND ORDERING INFORMATION

土力工程處刊物及訂購資料

An up-to-date full list of GeO publications can be found at the CEDD Website http://www.cedd.gov.hk on the Internet under "Publications". The following GeO publications can also be downloaded from the CEDD Website: i. Manuals, Guides and Specifications ii. GEO technical guidance notes iii. GEO reports iv. Geotechnical area studies programme v. Geological survey memoirs vi. Geological survey sheet reports	詳盡及最新的土力工程處刊物目錄，已登載於土木工程拓展署的互聯網網頁 http://www.cedd.gov.hk 的“刊物”版面之內。以下的土力工程處刊物亦可於該網頁下載： i. 指南、指引及規格 ii. 土力工程處技術指引 iii. 土力工程處報告 iv. 岩土工程地區研究計劃 v. 地質研究報告 vi. 地質調查圖表報告
Copies of some GEO publications (except geological maps and other publications which are free of charge) can be purchased either by:	讀者可採用以下方法購買部分土力工程處刊物(地質圖及免費刊物除外)
Writing to Publications Sales Unit, Information Services Department, Room 626, 6th Floor, North Point Government Offices, 333 Java Road, North Point, Hong Kong.	書面訂購 香港北角渣華道 333 號 北角政府合署 6 樓 626 室 政府新聞處 刊物銷售組
或 - Calling the Publications Sales Section of Information Services Department (ISD) at (852) 2537 1910 - Visiting the online Government Bookstore at http://www.bookstore.gov.hk - Downloading the order form from the ISD website at http://www.isd.gov.hk and submitting the order online or by fax to (852) 2523 7195 - Placing order with ISD by e-mail at puborder@isd.gov.hk	或 致電政府新聞處刊物銷售小組訂購 (Tel : (852) 2537 1910) 進入網上「政府書店」選購，網址為 http://www.bookstore.gov.hk 透過政府新聞處的網站 (http://www.isd.gov.hk) 於網上遞交訂購表格或將表格傳真至刊物銷售小組 (傳真：(852) 25237195) 以電郵方式訂購 (電郵地址：puborder@isd.gov.hk)
1:100 000, 1:20 000 and 1:5 000 geological maps can be purchased from:	讀者可於下列地點購買 1:100 000、1:20 000 及 1:5 000 地質圖
Map Publications Centre/HK, Survey & Mapping Office, Lands Department, 23th Floor, North Point Government Offices, 333 Java Road, North Point, Hong Kong. Tel: (852)2231 3187 Fax: (852) 2116 0774	香港北角渣華道 333 號 北角政府合署 23 樓 地政總署測繪處 電話: (852) 2231 3187 傳真: (852) 2116 0774
Any enquires on GEO publications should be directed to: Chief Geotechnical Engineer/Standards and Testing, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering and Development	如對本處刊物有任何查詢，請致函： 香港九龍何文田公主道 101 號 土木工程拓展署大樓 土木工程拓展署

Department, Civil Engineering and Development Building, 101Princess Margaret Road, Homantin, Kowloon, Hong Kong. Tel: (852) 2762 5365 Fax: (852) 2714 0275 E- mail: mklo@cedd.gov.hk	土力工程處 標準及測試部總土力工程師 電話: (852) 2762 5365 傳真: (852) 2714 0275 電子郵件: mklo@cedd.gov.hk
---	---

編譯：水土保持局技術研究發展小組

Research and Technology Development Team, SWCB, COA

December 2018

本文件之翻譯及轉載，均符合香港著作權法相關規定。