

# 一九九四年七月二十三日 觀龍樓山泥傾瀉事件報告

土力工程處報告系列第103號

穆根士頓 及 土力工程處

香港特別行政區政府

土木工程署

土力工程處

# 一九九四年七月二十三日 觀龍樓山泥傾瀉事件報告

土力工程處報告系列第103號

穆根士頓 及 土力工程處

© 香港特別行政區政府

二零零零年八月初版

編寫單位：

香港九龍何文田公主道101號  
土木工程署大樓  
土木工程署土力工程處

這份刊物於下列地方發售：

香港金鐘道66號  
金鐘道政府合署低座地下  
政府刊物銷售處

海外郵購訂單應寄往：

香港中環花園道  
美利大廈4樓402室  
政府新聞處  
刊物銷售組

香港價格： 港幣172元

海外價格： 美金30.5元（包括平郵費用）


以外幣支票或其他票據付款，每票須附加銀行費用港幣50元或美金6.50元。

支票、銀行匯票或郵匯，抬頭必須寫明「香港特別行政區政府」。

### 序言

土力工程處的一貫政策，是向公眾及岩土工程業界公開有參考價值的資料。為此，我們選擇部份內部報告，印行為土力工程處報告系列，以印刷成本價發售。

土力工程處又出版土力工程刊物系列，印售工程指引。兩個系列均由政府新聞處負責售賣，購買方法詳載於本報告末頁。

陳健碩 

土力工程處總監  
陳健碩  
二零零零年八月

### 前言

本土力工程處報告原於一九九四年十一月分兩冊印行。第一冊登載穆根士頓教授對觀龍樓發生山泥傾瀉的成因及教訓所作獨立調查的結果。由土木工程署轄下土力工程處所編寫的第二冊，則記述山泥傾瀉詳細調查的結果。穆根士頓教授檢閱及同意第二冊報告的內容，並以之為他在第一冊內所作評估的依據。

陳潤祥

土木工程署助理署長(土力)/拓展  
陳潤祥

第一冊：  
山泥傾瀉的成因及  
香港斜坡安全工作是否足夠

穆根士頓

本報告源於一九九四年十一月土力工程處  
一九九四年七月二十三日觀龍樓山泥傾瀉事件報告

目錄

	頁數
標題頁	5
目錄	6
1. 引言	8
2. 職責範圍	8
3. 報告的編排	9
4. 研究工作的編排	10
5. 導致觀龍樓山泥傾瀉的因素	11
5.1 引言	11
5.2 砌石牆	12
5.3 事發地點的發展	12
5.4 地下水及水滲透	13
5.5 雨量	15
5.6 泥土強度及變形特性	15
6. 觀龍樓山泥傾瀉事件的分析	16
7. 觀龍樓山泥傾瀉事件的成因	17
8. 防止觀龍樓山泥傾瀉	17
9. 觀龍樓山泥傾瀉的可預見程度	18
9.1 引言	18
9.2 發展階段, 一九六四至一九六八年	18
9.3 土力工程處(一九七八至一九八七年)	18
9.4 香港房屋協會及其顧問	19
9.5 結論	20
10. 從觀龍樓山泥傾瀉事件中吸取的教訓	20

	頁數
10.1 風險水平	20
10.2 觀龍樓山泥傾瀉事件重現	21
10.3 視察地下排水系統	22
10.4 評估斜坡穩定性的方法	22
11. 建議	22



## 1. 引言

一九九四年七月二十三日晚上約八時五十三分，香港堅尼地城觀龍樓D座下方發生山泥傾瀉，導致五人喪生，另外三人受傷。

土木工程署轄下土力工程處於一九九四年七月二十三日晚上就這次山泥傾瀉事件連夜展開調查。該次調查涉及多項工作，包括訪問證人、進行地質研究以及評估地下水的來源等。土力工程處已於一九九四年八月九日發表了一份描述事發地點及山泥傾瀉的進展報告（土力工程處，1994年）。該份報告亦載述了當時已在進行中的調查工作；並寫出有可能導致這次山泥傾瀉事件的因素。這些可能因素有多項。

進展報告已強調，在報告內所指出的初步調查結果及評估，可能因後來進行的研究而被推翻，同時，需要進一步的調查，才能達至更為確實的結論。進展報告亦承諾把山泥傾瀉調查的結果載述於一份總結報告內。這份總結報告為本調查報告的第二冊。

一九九四年八月三日，土木工程署邀請筆者，參與觀龍樓山泥傾瀉的調查工作，而他亦答允參與。筆者與香港政府土木工程署稍後在一九九四年八月簽訂有關文件。

## 2. 職責範圍

以下是取自上述合約，為這份報告訂定的職責範圍：

### 「2. 研究背景

一九九四年七月二十三日，堅尼地城觀龍樓D座下方發生山泥傾瀉，導致五人喪生，另外三人受傷。土力工程處正就這次山泥傾瀉成因進行調查。

有關方面建議安排獨立人士檢討上述調查。

### 3. 工作目標

這次工作的目標，是檢討土力工程處就觀龍樓於一九九四年七月二十三日發生山泥傾瀉事件所進行的調查工作，並向香港政府提交一份獨立報告，以及就香港有關斜坡安全的現行工作方法是否足夠的問題，向政府提供意見。

#### 4. 提交報告

在調查工作完成後，筆者會就土力工程處對觀龍樓山泥傾瀉事件所進行的調查，提交一份檢討報告。在完成這項工作後，亦會就香港政府的現行斜坡安全工作方法是否足夠的問題，另外提交一份報告。筆者已與署長代表協定，在進行這次工作期間，亦可能會提交中期檢討報告。

#### 5. 顧問提供的服務

顧問提供的服務包括檢討土力工程處就觀龍樓山泥傾瀉事件所進行的調查、向香港總督提交有關檢討結果的獨立報告，以及根據觀龍樓山泥傾瀉的調查結果，就本港現行的斜坡安全工作方法是否足夠向政府提供意見。

#### 6. 回應詢問

顧問在最後提交報告日期後的六個月內，須根據「一般聘用條件」第20條的規定，回應提出的詢問。上述日期將由署長代表以書面向顧問作實。

#### 7. 執行計劃

該合約在簽署時開始生效。有關工作將進行至顧問完成向總督提交的總結報告為止。如能及時收到僱主提供的資料，預料有關工作將於一九九四年十一月底或之前完成，除非署長代表另作通知或同意作出其他安排，則作別論。」

### 3. 報告的編排

筆者滿意這次調查，已達到最高可能的標準，而所有筆者或調查人員想到與是次山泥傾瀉有關的調查事項，亦已全部進行。

本報告分為兩冊。第一冊由筆者擬備，目的是完成第2節職責範圍所述的工作目標。第二冊則由土力工程處擬備，並經由筆者審閱，該冊載述就導致觀龍樓山泥傾瀉事件各項因素所進行的全面調查的結果。第一冊報告顯然須依賴第二冊報告作為資料文件，但第一冊報告中所述的評估、意見和建議，則全是筆者本人意見。

雖然在職責範圍一節內要求筆者提交兩份報告，一份是有關今次山泥傾瀉事件，而另一份則就香港政府現行的斜坡安全工作方法是否足夠，提供意見；但筆者認為把以上兩項問題綜合在同一份報告中較為適合。筆者故意把斜坡管理事宜所進行的評估，局限於從觀龍樓山泥傾瀉事件所得經驗而引出的問題，而非從一個較廣泛的角度來進行評估。鑑於上述兩項問題有強烈聯繫，因此筆者在同一份報告中交待其兩項工作是最恰當。

下一節詳述筆者所進行的研究工作，目的是提高為擬備這份總結報告而進行的各項工作的透明度。

第五節會討論導致觀龍樓山泥傾瀉事件的因素，而這次山泥傾瀉事件的成因則會在隨後的一節講述。

報告接著會提出觀龍樓山泥傾瀉事件是否可以預防的問題，亦會討論從這次慘劇所吸取的教訓，並會在本報告末提出具體建議。

#### 4. 研究工作的編排

筆者答允進行此項調查後，土力工程處向他提供了中期調查的結果，以及多份有關本港斜坡穩定性的背景資料文件。筆者在本年八月十九日首次到港，該次行程的目的是：

- (a) 觀察現場情況及當時進行的現場調查工作
- (b) 詳細檢討土力工程處所建議進行的調查及研究
- (c) 按需要提議加強或修訂調查所包括的各項工作
- (d) 訂定完成調查工作的時間表

筆者在本年八月二十三日離港之前，曾出席香港立法局地政及工程事務委員會的會議以及與新聞界見面，他表示首次到港的目標已經達到，並對土力工程處正在進行的調查工作，感到滿意。此外，他亦就現場勘察，實驗室試驗和數值分析等事項提出了一些修訂。

自此次訪問後，直至筆者第二次到港之前的一段期間，他收到了時隔一至兩星期的調查進展報告及多份草稿文件，以供審閱。筆者在本年十月二十二日兩度訪港，此行的目的是要詳細審議所有現場調查、實驗室試驗及文件翻查工作所得的結果，並

就各項須進行的理論分析，達成一致意見。這次訪問標誌著調查工作中資料搜集階段的結束，以便集中進行評估階段的工作。筆者曾向香港立法局規劃、地政及工程事務委員會以及新聞界表示，調查階段實際上已經結束，而事件的成因亦已確定。他在本年十月二十七日離港。

在其後數星期，筆者收到了第二冊報告的部份草稿以供審閱，並開始草擬由他編寫的報告。他在十一月二十五日重臨香港，以便完成這份在本年十一月三十日呈交總督的報告。

## 5. 導致觀龍樓山泥傾瀉的因素

### 5.1 引言

眾所周知，香港的山泥傾瀉事件往往是由豪雨觸發的，這正是香港實施山泥傾瀉警報系統的原因。在觀龍樓發生山泥傾瀉時，山泥傾瀉警報已經發出，但我們顯然不能單憑這點便作出結論，斷定山泥傾瀉是由豪雨引致的。這次山泥傾瀉之所以釀成慘劇，是與山泥傾瀉的規模、突發性及滑動程度有關。如果是次山泥傾瀉的規模較小、或事先有警告，又或只稍為移動，便不會造成傷亡事件。

因此，在解釋山泥傾瀉的成因時，不單止要顧及山泥傾瀉的時間及地點，還要考慮其崩塌方式。此外，這個解釋亦須與當時所得的觀察結合。有關證人的報告撮錄於第二冊附錄F。其中一些較重要的觀察如下：

- (a) 在山泥傾瀉前，有證人觀察到泥水從支撐著斜坡的砌石牆的疏水孔及接縫滲出，而滲水的範圍不斷向上擴展。
- (b) 觀龍樓的看更在發生山泥傾瀉的前一天曾從砌石牆上的斜坡頂部視察此斜坡兩次。在事發當日亦視察了三次。最後一次的視察約在山泥傾瀉前6小時進行。當時並未察覺排水溝有任何損壞或淤塞跡象。
- (c) 在山泥傾瀉發生前約兩個半小時，有證人報稱在行人路上行走時看到山泥傾瀉範圍東面斜坡砂井附近的灰泥表面有一個洞，直徑約一米，看來好像泥土因失去灰泥護面而露出。
- (d) 在山泥傾瀉發生時雨量很少。
- (e) 崩塌突然發生，過程為時甚短。

(f) 砌石牆先在約半腰的位置爆裂，然後牆身及斜坡隨即崩塌。

為求提出最能切合這些及其他調查中所作觀察的解釋，有必要考慮多項因素。這些因素將在下文分別討論。第二冊報告載有方便讀者明瞭的參考圖，尤其是現場位置圖（圖2），山泥傾瀉平面圖（圖3），剖面圖（圖4及圖11），渠管分佈圖（圖8及圖9）。

## 5.2 砌石牆

砌石牆支撐著一幅削自風化火山岩的土坡，經翻查早期的地圖（見第二冊報告的附錄B），得知該幅牆可能於一八八九年已建成。有關的地圖顯示，砌石牆於一九零一年已在現時的位置上。一九五九年後的地圖已明顯地標出牆身所在。

有關砌石牆的詳細觀察結果，載於第二冊報告的附錄E。值得注意的是，砌石牆的厚度只有大約750毫米。類似的薄牆較為少見。根據一項就香港的典型舊砌石牆所進行的研究顯示，砌石牆的底部預料應為3 000至3 500毫米，而並非現時量度所得的750毫米。看來該砌石牆的功用，是作為一幅薄的護土面，用來防止削土坡發生淺層滑動和雨水侵蝕，而並非提供防止深層移動的結構上支撐。該幅牆的細長比（高度/底寬），在香港類似高度的砌石牆中，差不多是史無前例的。

## 5.3 事發地點的發展

可蒐集到記錄該屋村發展的有關文件，載於第二冊報告的附錄A。觀龍樓在進行發展時的法定審查制度，載於第二冊報告的附錄D。文件中並無證據顯示有關方面曾就該砌石牆的穩定性進行評估。認可人士所提交的觀龍樓場地平整圖則於一九六五年三月十六日由建築事務監督批核。這些圖則以實線表示該牆為一幅底部闊約4米的梯形砌石牆。這些資料明顯有誤。

當時開拓供發展用的平台，慣常的做法是削高地填低地。土料一般以厚層填放且壓實不足。在某些情況中，填土以尾卸傾倒堆放。香港過去曾發生多宗因填土壓實不足而引致山泥傾瀉慘劇，例如秀茂坪的塌泥事件，其結果是眾所周知的。

在觀龍樓的地點，砌石牆對上的斜坡蓋上數米的填土。山泥傾瀉前的重整剖面圖便顯示出這些填土，這些圖載於第二冊報告附錄H的圖H8至H11。此外，在觀龍樓D座南面毗鄰樓宇的地方亦有大量用於堆造平台的填土。有關情況可見於第二冊報告附錄K的圖K6。污水排放系統有部分藏於斜坡的填土中，而雨水排放系統則有部分藏於南面的填土中。

填土壓實不足有下列三個不良影響：

- (a) 加重該牆的負荷，因而減低其穩定性。
- (b) 由於其滲透性較高，因此容易吸入及傳送水分。
- (c) 由於填土壓實不足，因此會隨著時日和水份增加而沉降，使藏於填土內的管道產生裂縫，繼而變壞。

#### 5.4 地下水及水滲透

這次山泥傾瀉崩塌的深度約為3-5米。由填土和風化火山岩所構成的斜坡，倘若其泥土孔隙的含水量減少，以致毛管吸力增加，斜坡的穩定性便會加強，這點在香港早有定論。當水滲入斜坡後，毛管吸力便會減低，而發生山泥傾瀉的機會亦會增加。在香港，大部分的斜坡維修工作，例如使斜坡灰泥護面能夠保持完整而進行的工程，目的都是為了減少地面滲透。只要斜坡泥面數米的泥土因任何水源使泥土的含水量增加，便可能導致山泥傾瀉發生。必須考慮的可能水源有以下三個：

- (a) 地下水位變動；
- (b) 地面滲透；
- (c) 從埋藏的管道而來的滲透。

這次調查包括監察地下水的狀況，監察結果撮錄於第二冊報告附錄H。根據所得的地下水位顯示，在崩塌殘痕底部錄得的最高地下水位約為3米，亦即在崩塌殘痕頂部以下約13米處。在發生山泥傾瀉後不久，地下水仍遠在崩塌殘痕之下，而且一直維持在低水位。在香港，地下水位一向是受到地區性的因素及局部地區的雨量所影響。根據在一九九四年七月二十三日山泥傾瀉後隨即進行的現場觀察，在崩塌殘痕並無出現顯著的滲水跡象，這顯示在山泥傾瀉發生時地下水位或上層滯水位並無升高於山泥傾瀉面。因此，地下水位上升並非導致山泥傾瀉的因素之一。

香港過去亦曾發生多宗由於地面滲透而引致的山泥傾瀉事件。在斜坡蓋設灰泥及鋪建其他地面排水和控制侵蝕的設施，部分作用是減低由於地面滲透而造成的濕潤。過去多年來，香港房屋協會（下稱房協）的顧問和土力工程處曾多次視察該幅擋土牆及對上的斜坡。觀察所得都是與正常損耗所造成的輕微表面損毀有關。筆者的意見認為，房協在有關表面斜坡的維修工作上，已大致能就顧問的建議作出回應。

山泥傾瀉發生前的最後一次視察由房協的顧問負責進行。顧問於一九九四年六月十五日作出報告：「斜坡近頂部發現下陷和裂縫。擋土牆上長有野生植物。斜坡腳長有一棵不穩固的樹。」他們的意見認為，該幅斜坡的情況尚可，並就維修工程提出建議，包括建議檢查出現滲漏的砂井及有關的管道，並將滲漏處修妥。房協已著手擬備該項工程的招標文件，但在採取進一步行動前，已發生是次山泥傾瀉。

暴雨期間，觀龍樓的看更們看來十分勤奮地觀察斜坡的情況，他們表示在山泥傾瀉發生之前6小時視察時，灰泥表面似乎並無明顯損毀跡象。

因此，在山泥傾瀉前斜坡表面護面已知的情況是：雖然灰泥及相關的地面排水設施出現輕微破損，但似乎仍能發揮原來的作用，水份增加看來亦不可能是由於異常的斜坡面直接滲透。

另一個有機會流入山泥傾瀉位置的地面滲透來源，可能是來自D座南面的院子範圍。不過，除花園部分外，院子範圍是鋪有路面的。根據滲透測試顯示，花園範圍內近地面泥土的透水程度較低。因此，從這範圍經直接地面滲透而湧入大量的水因而導致山泥傾瀉發生的可能性有限。

直接流入可能崩塌泥土的最重要水源，是因損毀了的污水及雨水渠管而引起的地下滲透，有關觀龍樓一帶的排放系統的詳細調查結果，載於第二冊報告的附錄J。

該段直徑300毫米的污水管橫跨於山泥傾瀉地點上半部分，它在山泥傾瀉時破裂。從找到的多段渠管顯示，渠管是一個剛性構造。渠管毗鄰的泥土有黑色污漬，顯示出長期滲漏的現象。從山泥傾瀉底部深處及污水管對下斜坡的泥土取得一些水樣本，經化學分析後，證實了這個說法。化學分析顯示水中的氯化物含量高，而用來沖洗污水排放系統的海水正是有這個特點。污水必須經過很長時間才能達到現時的滲透範圍，因此，污水渠在山泥傾瀉前可能已滲漏了一段時間。

調查亦發現，在D座南面的院子範圍，由於有兩條損毀了的雨水管，因此雨水不能經雨水管流走，反而流入透水的下層泥土裏。從這些雨水管滲漏出來的水相當多，第二冊報告的附錄L嘗試予以量化。

對泥水所進行的化學分析亦有助記錄這個額外的滲透水源。有關當局在污水管上方含水量高的泥土中抽取水的樣本。這些樣本顯示其氯化物含量很低，證明有一個未受氯化物污染的額外水源流入地下。調查亦證實，污水水源與雨水水源互不相駁。

## 5.5 雨量

當局由一九七八年九月開始在觀龍樓收集雨量記錄。自從在觀龍樓裝置雨量計以來，一九九四年七月是記錄中雨量最多的月份。雨量數據及有關的統計資料編錄於第二冊報告附錄 G。不容置疑，這次罕見的雨量是導致山泥傾瀉的重要因素，然而，比較雨量的歷史與發生山泥傾瀉的時間，卻得出一些有趣的發現。

在此之前，土力工程處曾就雨量與山泥傾瀉事件的關係進行詳細研究，結果顯示某地點在短期間的雨量強度，是該地點出現嚴重山泥傾瀉，以致造成重大損害的主要原因。兩者的相互關係表示，倘某地點的24小時雨量記錄多於175毫米，則該處幾乎肯定會發生山泥傾瀉。大多數的山泥傾瀉事件，幾乎都在每小時最高雨量強度出現時同時發生，而且一般都在其後12小時內完結。

持續24小時的最高雨量記錄為362毫米，於一九九四年七月二十二日下午六時三十分錄得，而每小時最高雨量強度則為101毫米，於一九九四年七月二十二日凌晨三時零五分錄得。山泥傾瀉在一九九四年七月二十三日晚上九時發生，即在錄得每小時最高雨量後約42小時。此外，在山泥傾瀉發生前的10小時內，僅錄得29毫米雨量。雖然該48小時的雨量較為罕見，估計28年才重現一次，但該48小時的雨量，約有95%是在山泥傾瀉發生前超過10小時的時間內錄得的。

觀龍樓事件與在香港所見因豪雨引發山泥傾瀉的一般模式不同。這次事件是在錄得最高雨量後若干時間才發生延遲崩塌的一個例子。延遲崩塌的例子在香港並非從未發生，但卻不是常見的。

延遲崩塌顯示著先前雨量所造成的影響與水流徑的存在有緊密的相互關係，水流徑的存在有減輕豪雨峰期影響的作用。而較即時反應的相互關係則與因淺層滲透作用所引發的不穩定沉吻合。

## 5.6 泥土強度及變形特性

有關人員對從場地勘探中取得泥土樣本進行廣泛的實驗室試驗。詳情載於第二冊附錄 I。樣本主要包括兩類泥土，即(a)填土和(b)風化火山岩。

填土被發現是疏鬆至十分疏鬆，因此在濕水和加壓後，體積顯著縮小。泥土強度試驗的結果，與以往接觸這類物質所得的經驗一致。

風化火山岩的密度較填土為高，在剪切時出現剪脹的現象。這些樣本的強度試驗結果，大體上亦與以往量度這類物質所得的結果一致。



特別值得注意的是，調查人員設計了一項驗試，以便更貼切地模擬風化火山岩在某些情況下所產生的應力和應變反應。在這些情況下，斜坡因土壤濕度增加或孔隙水壓逐漸增加而崩塌時的情況會很接近地被模擬出來。這些試驗顯示泥土較常規試驗表現得更為堅硬和易脆。在破壞時的應變數值很低，普遍少於1%。這些結果顯示，風化火山岩在斜坡崩塌前祇會出現少許變形，這會減弱斜坡在最終倒塌前展示警告跡象的能力。

## 6. 觀龍樓山泥傾瀉事件的分析

當局除設法瞭解導致觀龍樓山泥傾瀉事件的各項因素外，亦有進行不同類型的分析，以支持有關成因的解釋。各項分析的詳情，載於第二冊報告的附錄L，其中數個分析特別值得注意。

進行平衡極限分析的目的，是要證實泥土因受濕而致強度降低，令斜坡和砌石牆的穩定平衡狀況到達極限並使泥土移動的論據，與分析結果吻合。由於未能得悉斜坡和砌石牆崩塌時的受濕程度，因此無法確定泥土在斜坡和砌石牆在崩塌時的強度參數。此外，分析結果亦須視乎所採用的砌石牆石塊之間的砂漿接縫強度數值而定，因為砂漿的強度可以變化甚大，所以只於合理數值範圍內假設。

平衡極限分析結果顯示，就一九二四年的地形而言，不論泥土如何受濕，崩塌事件亦不會發生。這與過去所得的經驗相符，並可作為一項確定分析結果是否一致的測試。但在一九九四年的地形而論，當風化的火山岩受濕，以致泥土的黏聚力降至6KPa或以下，崩塌便會發生。這些結果相當合理，並符合實驗室數據的合理規限。

調查人員亦進行分析，模擬泥土和砌石牆一旦開始移動後的變形。須注意的是，這項變形分析完全獨立於上述分析。分析結果顯示，泥土受濕後減弱的強度，必須和平衡極限分析所得的相約，砌石牆才會顯著移動。不過，砌石牆一直阻止泥土崩塌，直至較深層的泥土亦因受濕而減弱。換言之，該牆促使較多可能不穩定的物質積存。該牆崩塌時，首先是在半腰位置爆裂。預測的崩塌模式和該牆在崩發生後的情況，均與實地觀察所得非常接近，尤其是預測牆的前壁會在泥石中朝上，正如事發的情況一樣。

此外，有關滲流的分析亦載於附錄L。進行此項分析的目的是解釋水如何可經由D座下面所發現的流徑，從該條損毀了的雨水管滲流往山泥傾瀉的現場。此外，有關分析亦顯示因水需時間滲流，而引致延遲發生山泥傾瀉，以及說明該兩條藏於地下的雨水管如何因滲水而導致泥土很深地方受濕的情況。

## 7. 觀龍樓山泥傾瀉事件的成因

觀龍樓山泥傾瀉是因地下排水系統受損而產生地下滲透所引致。假如地下排水設施沒有出現滲漏，在一九九四年七月豪雨期間從地面滲入泥土的雨水，並不足以引致斜坡不穩定。

污水管很可能在山泥傾瀉前已滲漏了一段時間。這些污水管是一種剛性構造，被埋藏在疏鬆的填土中，而可能由於填土過往曾出現差異沉降以致令陶管及／或其接頭出現裂縫。渠管周圍的泥土出現大量有機物的污跡，加上受氯化物污染的水下滲至相當深度，均證明污水管長期滲漏。單是污水管滲漏，並不足以引致此次山泥傾瀉。假如把泥土受濕的情況主要歸究於污水管滲漏，則必須指出，任何由雨水造成的影響，都只屬巧合，原因是污水和雨水排放系統並非連接在一起。

損毀的雨水系統出現滲漏，是一個重要的因素。大量的水經由D座下面的地底途徑流入瀉下的山泥裏，這已證明屬實，請參閱第二冊報告附錄K。有關水的化學試驗顯示，除了受氯化物污染的污水外，還有另一個水源導致瀉下泥土達到飽和。此外，水經由損毀的雨水排放系統流入瀉下的山泥所取的途徑，亦為延遲崩塌的過程提供了合理解釋。

很可能雨水的額外滲透，令該處的山泥瀕臨崩塌。由於泥土開始移動，污水管因而爆裂。污水流量增加，以致山泥傾瀉範圍東面邊緣斜坡上砂井附近的灰泥出現一個證人所觀察到的洞。

來自上述兩處水源的水開始令泥土飽和，並使到達擋土牆的水量增加。有關過程載於第二冊報告圖12。起初，泥土受濕的深度較淺，該牆仍然保持穩定及支撐軟弱泥土。隨著泥土受濕的深度增加，該牆所受的壓力亦告增加，直至開始出現崩塌現象。崩塌由壓曲及脆裂所引發。由於該牆的存在，以致傾瀉的泥土量及滑動程度因此而增加。崩塌的模式是突然而來，對可能遇到危險的人士來說，只有很少或甚至幾乎沒有警告。換言之，該牆的存在使山泥傾瀉的後果變得更為嚴重。倘若該牆較厚，便可能會出現較有延展性的變形，這樣便可能會對即將發生的危險提出一些警告。

## 8. 防止觀龍樓山泥傾瀉

觀龍樓山泥傾瀉是否可以預防？

根據上述對山泥傾瀉成因的解釋，顯然有多種方法可防止觀龍樓的山泥傾瀉。假如排水系統沒有損毀，則不可能有足夠的水份滲入泥土，造成不穩定。假如擋土牆比較堅固，便可能足以抵抗不穩定的斜坡，或至少出現有延展性的變形從而提出一些

危險警告。最低限度，有關方面應把軟弱的填土和上層風化火山岩移走或加固，但這不可能是所採用的處理方法。

以上各種方法都是一般沿用的。看來觀龍樓山泥傾瀉並無涉及異常現象，因此無須採用異常方法加以預防。所有可防止觀龍樓山泥傾瀉的方法都已在香港沿用年。

雖然已有各種可以防止觀龍樓山泥傾瀉的技術方法，但採用及推行與否，完全視乎能否預見問題而定。因此，預防工作取決於問題的可預見程度。

## 9. 觀龍樓山泥傾瀉的可預見程度

### 9.1 引言

這次調查工作中曾參閱的文件，列於第二冊報告附錄A；與山泥傾瀉調查工作有關的文件檢閱，則撮錄於第二冊報告附錄C。理論上，在觀龍樓地盤發展各不同階段，均可預見這次山泥傾瀉多方面的問題。因此，在評估觀龍樓山泥傾瀉是否可以預見時，把各個曾可以預見問題某方面的技術機構所參與工作的情況分開考慮，會對討論有幫助。

### 9.2 發展階段，一九六四年至一九六八年

並沒有證據顯示，認可人士在建議發展觀龍樓前或經地盤平整工程的改動之後，曾對斜坡及護土牆進行任何穩定性分析。這並不足為奇，因為當時與香港屋村發展有關的土力工程實施，僅具雛形。土力工程的設計有限，而質素控制（尤其是在填料方面）也不足。因此，在地盤發展階段，並沒有理由可期待曾進行任何評估有關日後斜坡的不穩定性。不過，認可人士所採取的行動，令情況更加惡化。

由認可人士提交並由建築事務監督批核的地盤平整工程圖則上，顯示擋土牆是梯形砌石牆，基底闊度約為4米。這是毫無論據支持，最後並證實是一個阻礙將來進行有效穩定性評估的因素。

### 9.3 土力工程處（一九七八至一九八七年）

土力工程處於一九七七年成立，並實施斜坡管理制度，編錄有關填土坡、削土坡和擋土牆的紀錄冊。於一九七八年當局把有關的砌石牆登記入斜坡紀錄冊內，而當局並建議就該幅牆作進一步研究，惟有關優先次序並不高。

香港斜坡管理的第二步工作是進行第一階段調查，旨在找出對生命安全構成極大危險的斜坡，並確定是否須作進一步研究。第一階調查屬初步的穩定性評估。評估工作包括根據已有資料進行詳細的現場觀察、資料研究、及岩土評估。這項甄選調查並不包括任何新的現場鑽探工程。

土力工程處於一九八七年八月完成砌石牆的第一階段調查。該項調查的結論是，「除了牆的頂部長有樹木之外，斜坡和砌石牆大致上情況良好」，並建議，「因此建議在目前情況下，無需進一步研究。」

初步穩定性評估的結果，在很大程度上是受到該幅擋土牆的假設闊度所影響。土力工程處的當時負責工程師決定，以較批核圖則所示資料更為保守的方法，為該幅護土牆進行評估。他假定該牆的背部是垂直，投射的基底闊度為2.4米，這少於批核圖則所示的4米闊度。他為上述工作進行分析時所採用的其他各項參數，均屬合理，而分析結果則顯示該擋土牆的安全程度是足夠的。

倘若分析是以擋土牆的實際闊度，即750毫米為基礎，則結果很可能顯示該幅牆並不安全，並可能預見到日後會出現不穩定的情況。由於批核圖則上所提供的擋土牆資料錯誤，以致有關的分析受到阻撓。

#### 9.4 香港房屋協會及其顧問

多年來，香港房屋協會依賴幾間顧問公司提供有關斜坡穩定情況和維修的意見。簡單來說，可分為輝固階段（一九八二至一九八九年）和萬隆階段（一九九零至一九九四年）。

在輝固階段，曾發生多宗山泥傾瀉事件，並有幾次觀察到觀龍樓的排水系統情況欠佳。斜坡穩定性評估的方法，仍主要取決於斜坡紀錄冊所訂定的分類排序，以及根據目測視察所得結果所提出的斜坡維修建議。這看似反映香港慣常的標準和符合香港房屋協會的要求。儘管有多個跡象顯示埋藏於觀龍樓下面的管道有嚴重問題，以及以往多次山泥傾瀉應該引起的疑慮，但在沒有更具洞察力的評估方法時，實無法可以預測最終會發生災難性的山泥傾瀉。

在萬隆階段，仍繼續進行每年一次的斜坡視察，包括視察擋土牆及其對上的斜坡；並就維修事宜提出建議。一九九三年一月，萬隆對觀龍樓斜坡第一階段概略檢討作出報告，其檢討的工作範圍包括：

- (a) 找尋及查閱土力工程處備存的斜坡研究報告及場地勘探報告，

- (b) 詳細視察緊接觀龍樓地段界線的斜坡的狀況，並向香港房屋協會報告，這些斜坡是否出現不穩定情況而可能影響屋村，
- (c) 根據已有的資料及現場視察的結果，進行初步土力調查，並確定是否需要進行補充性的場地勘探，及
- (d) 如發現在研究範圍及附近地區，有或許影響現存建築物穩定性的不利情況時，須提醒香港房屋協會注意。

這些是大概的職責範圍，而亦提供了另一個機會，讓有關方面得以預見觀龍樓出現的問題。

香港房屋協會和萬隆為了這次研究工作的範圍是否應包括擋土牆的問題，仍在爭拗。根據這些職責範圍所提交的報告總結為：除了須進行一些建議的表面維修工程外，觀龍樓的斜坡情況尚可，無須進行更詳細的穩定性研究。筆者懷疑，假如顧問公司當時曾特別考慮擋土牆，所得的結論會否有實質的分別。正如在輝固階段一樣，評估斜坡穩定性的方向過份受到斜坡紀錄冊的影響，而且亦過份強調斜坡表面的維修。要在香港發展另一套較為統一的評估斜坡危險的方法，似乎很難實行。

## 9.5 結論

- (a) 場地平整圖提供的錯誤資料，誤導其後土力工程處對評估該擋土牆及其上斜坡的穩定性研究。
- (b) 在香港，評估斜坡穩定性過份受制於斜坡紀錄冊，且對工程項目或發展計劃中所顯示的潛在問題，未能作出適當反應。

## 10. 從觀龍樓山泥傾瀉事件中吸取的教訓

### 10.1 風險水平

市民和政府都對觀龍樓山泥傾瀉事件極為關注，令筆者知道香港人越對風險的產生越來越厭惡。任何社會必須對管理風險方面的目標有些認識，這是很重要。但不能只是說希望把風險減至零。這既不切實際亦不可取的。

風險的定義，是指綜合一件不希望發生的事件（如山泥傾瀉）的或然率，及該事件可能引致的後果（如傷亡及財物損失）。把風險一詞的定義界定之後，原則上是

可以將風險計算出來。雖然有很多關於計算風險的著作，但須注意當應用於涉及岩土方面例如是山泥傾瀉等甚少發生的事件，則有關的計算方法仍有限制。

風險及利益之間的上限和下限應取得平衡。風險的上限，即最高可接受水平。它是指考慮進行的行動無論能帶來多大的經濟或社會利益，應不能超越的。至於風險下限，亦即可不予理會的水平，它表示鑑於人類及環境已須面對由大自然或社會所帶來的其他風險，因此若企圖進一步減低風險水平便是不明智的。

在介乎這兩個水平之間的範圍，則適宜減低風險，但須以最實際可行的方法來進行，即ALARA(As Low As Reasonably Achievable，可合理地達到的最低風險)帶。

相信無須計算亦可清楚看到，觀龍樓事件是在ALARA帶之內。其中一個可能導致山泥傾瀉的因素是降雨量。雖然雨量很高，但重現期並未超出香港現時應安全處理的界限。無論怎樣，雨量是不能控制的，但卻可以採取其他行動減低風險。

從社會人士所作出反應，亦顯示出觀龍樓山泥傾瀉事件在ALARA帶之內。社會人士希望減低導致這些事件的風險，故當局須作出努力，找出減低風險的實際可行辦法。

## 10.2 觀龍樓山泥傾瀉事件重現

導致觀龍樓發生山泥傾瀉須有數個因素的結合。砌石牆須能避過土力工程處進行的第一階段甄選調查。有破損的排水管道須與特定的水流途徑並存，該些流徑是指向或已存在於可能發生山泥傾瀉的泥土。再加上在可能發生山泥傾瀉的地方須出現一場在統計方面來說屬於罕見的暴雨，而雨水亦須被異常薄的砌石牆保存一段短時間。

明顯地，再發生上述情況的機會甚微，因此在香港其他地方不大可能再發生另一宗可與觀龍樓風險相比的山泥傾瀉事件。

這並不表示我們可以不以為意。甄選這概念包含有些擋土牆及斜坡可能會未被發現。在以往發生的其他斜坡崩塌事件中，土力工程處亦曾發現甄選工作未有察覺到該些斜坡，故此土力工程處現正重新整理斜坡紀錄冊的資料。有關斜坡穩定性方面，鑑于本港的地形、地質、氣候和人口密度，在本港生活的代價是要繼續保持警覺。本港的斜坡管理技術必須繼續吸取以往的經驗，然後加以改良。舉例來說，此次調查揭發了根據舊圖來估計砌石牆的厚度是不可靠的。

### 10.3 視察地下排水系統

導致觀龍樓山泥傾瀉事件的一個主要因素，是埋在地下的渠管出現滲漏。香港的斜坡管理工作非常注重地面滲透可能流入斜坡的情況，卻很少注意到地下滲透的情況。當局亦沒有規定要有系統地監測地下渠管。這個問題在較舊型的屋村尤其嚴重，因為這類屋村往往是用壓實不足的填土作平整工程。在已知滲漏情況會影響斜坡穩定性的情況下，當局必須採取措施，改善視察及維修地下渠管。

### 10.4 評估斜坡穩定性的方法

為斜坡管理系統的詳細紀錄，而制訂一本斜坡紀錄冊是適當的，在其後進行第一階段調查的甄選工作時使用這本紀錄冊也是正確的。不過，筆者所關注的是，第二階段評估通常包括個別現場的勘探，但那些未能進入第二階段評估的斜坡，其技術層面會受到該紀錄冊及技術調查的深入程度所影響而遭受凍結。該紀錄冊把斜坡分為許多不同獨立單位。而技術調查的深入程度是用作甄選之用。

就觀龍樓而言，在一九九四年以前已有很多線索顯示有疏鬆的填土存在，以及地下的排水管有毛病。顧問就香港房屋協會的要求，條件反應地以斜坡作為獨立的單位來考慮。如果早點採取一個較統一的層面，便可能防止問題發生，當局在評估香港的斜坡穩定性方面，須致力採取更統一的層面。

## 11. 建議

筆者提出下述建議：

- (a) 於第一階段調查中依賴了舊圖來估計牆壁厚度的所有個案，土力工程處應實施一套決定砌石牆厚度的計劃。
- (b) 對於滲漏可能影響斜坡穩定性的所有個案，香港政府應擬訂一套計劃，以便直接監測和維修屋村的地下排水設施。該類已知是採用疏鬆填土開拓場地的較舊型屋村，應優先加以處理。必須定期視察危險地點的地下排水設施。至於須隔多久才進行視察，則最好憑經驗決定，但在現階段來說，每五年視察一次應屬合理。
- (c) 土力工程處應在評估斜坡穩定性的過程中採取一個更統一的方法。下述是一種方法：
  - (i) 所有山泥傾瀉事件須向土力工程處提交事件報告。

- (ii) 根據山泥傾瀉事件報告，由一名高級土力工程師決定應依照斜坡紀錄冊的指引或採取一個更統一的方法，於事後對斜坡進行評估。
  - (iii) 更統一的方法通常是以工程或發展計劃來作單位。有需要確定什麼是已知的及什麼是假設的；亦要確定須否知悉個別斜坡的土壤性質和特別地質特徵，以及對所有可能影響斜坡的水流途徑作出描述。
- (d) 土力工程處應負責並支持在香港其他地方進行研究，以改善描繪場地特徵的方法，重點是研究那些會導致香港斜坡不穩定的因素。筆者對就香港的情況而制訂一套斜坡警報系統的做法，並不樂觀。不過，地球物理學方面有多項新發展，例如雷達和非接觸電阻率，這些新發展可能對探測地底下出現的毛病損毀和潮濕地帶的擴充有所幫助。
- (e) 土力工程處應考慮委任一個由外界人士組成的技術審核委員會。根據筆者接觸其他專注於岩土工程的機構所得的經驗，由外界人士組成的檢討委員會對管理工作提供很大的幫助，這包括促進技術質素的改良、維持對其他地區發展的了解、以及對國際上承擔風險的標準，和其他需要盡力而為的事項，保持最新的認知。



# 第二冊： 山泥傾瀉調查結果

香港政府  
土木工程署  
土力工程處

本報告源於一九九四年十一月土力工程處  
一九九四年七月二十三日觀龍樓山泥傾瀉事件報告

目錄

	頁數
標題頁	24
目錄	25
1. 引言	27
2. 山泥傾瀉	28
3. 事發地點的歷史	28
4. 砌石牆	30
5. 山泥傾瀉前所見	31
6. 雨量記錄分析	32
7. 事發地點的地下水狀況	32
8. 污水及雨水排放系統	33
9. 地下滲流	34
10. 山泥傾瀉的模式	35
11. 山泥傾瀉成因的診斷	35
12. 發生山泥傾瀉的可能機制	37
13. 總結	38
14. 參考書目	39
附圖	40
附錄A: 參閱文件	53
附錄B: 舊地形圖	62
附錄C: 文件資料摘要	79

	頁數
附錄D: 私人樓宇發展的法定審核制度	100
附錄E: 香港砌石牆的厚度	104
附錄F: 證人報告	112
附錄G: 雨量記錄	132
附錄H: 場地勘探及工程地質研究	145
附錄I: 實驗室試驗	192
附錄J: 觀龍樓的污水和雨水排放系統	236
附錄K: 地形資料、場地觀察及量度	265
附錄L: 工程分析	300
附錄M: 照片	348

## 1. 引言

一九九四年七月二十三日晚上約八時五十三分，堅尼地城觀龍樓D座下面發生山泥傾瀉(見圖1)。山泥傾瀉產生的泥石掩埋了一條行人路，導致五人喪生和三人受傷。

在這次導致傷亡的山泥傾瀉事件發生後不久，土木工程署轄下的土力工程處隨即對這次事件展開詳細的調查。土力工程處已於一九九四年八月九日發表了一份概述各項初步調查結果的進展報告(土力工程處，1994年)。本報告為總結報告的第二冊，載列這次調查的詳盡結果，而穆根士頓教授的診斷報告(第一冊)便是根據第二冊報告的資料而擬備的。

本冊報告所載述的調查工作於一九九四年七月至十一月期間進行，並包括下述各項調查：

- (a) 翻查所有已知是與觀龍樓的發展及事件發生經過有關的文件；
- (b) 分析雨量記錄；
- (c) 訪問山泥傾瀉事件中的證人及觀龍樓的其他居民；
- (d) 進行地形測量，並在山泥傾瀉地點進行詳細的觀察和測量；
- (e) 採用鑽探、現場試驗及實驗室試驗進行全面的實地調查；
- (f) 對觀龍樓的雨水及污水排放系統進行徹底的調查；
- (g) 對塌下的砌石牆的穩定性及該牆附近的地下水流進行工程分析。

下文扼要載述這次山泥傾瀉事件及有關的全面調查結果。調查工作的詳情及所得的結果，載於本冊報告的13個附錄內。

在調查工作進行時曾參閱的各份文件，詳列於附錄A內。調查工作的詳細結果則載於附錄B至附錄L內。附錄M收集了砌石牆在山泥傾瀉前後，與及在進行調查時拍得

的照片。

## 2. 山泥傾瀉

觀龍樓的山泥傾瀉發生地點載於圖2。崩塌的土地包括一幅砌石牆其中一部份及觀龍樓D座下面的斜坡，見圖3。該幅牆及斜坡均在觀龍樓地段範圍內，屬香港房屋協會所擁有。砌石牆前面有一條寬7米至10米的行人路，該行人路是通往觀龍樓的主要行人道路。行人路旁有一個球場。

這次山泥傾瀉於連場豪雨後發生。行人路面以上的整幅砌石牆連同其上的斜坡一同塌下，造成一個闊28米、高14米的崩塌殘痕。崩塌的深度平均約3米，最深為6米。約有1000立方米的泥石在這次山泥傾瀉中塌下。塌下的泥石主要包括泥土、灰泥碎塊、砌石塊及樹木。泥石的泥土為砂質粉砂至粉質細砂，泥土濕而疏鬆至十分疏鬆。

正如圖3所示，大部份塌下的泥石都落在行人路上，而有部份泥石則瀉入球場內。泥石所瀉的距離最遠約為13米，與塌下土地的原來高度相若。泥石最厚約6米。泥石堆最闊約38米。

塌下的砌石牆上半部大部份留在泥石的表面，並沒有明顯地瓦解，石塊與石塊之間亦沒有顯著地裂開(見圖1)。該幅砌石牆的殘塊被推前遠離原來位置，而上半部份牆身的前壁面朝上。

崩塌殘痕的頂部暴露出一條直徑為300毫米已折斷的地下污水管(見圖1及圖3)。當土力工程處人員在山泥傾瀉後進行視察時，大量的水從該條斷開的渠管流到崩塌殘痕上。

山泥傾瀉發生之前和之後的地形剖面圖，載於圖4。調查人員是根據香港房屋協會的顧問於一九八四年及一九八六年所製備的現場測量圖則來確定山泥傾瀉發生前的地形。山泥傾瀉後的地形，則是利用地形測量而確定的。

## 3. 事發地點的歷史

從過往的地形圖(見附錄B)可以知道砌石牆於一九零一年前建成。從一九二四年拍攝所得的最早期航空照片，可以看到這幅牆上面有一個平台。在這平台後面背山的

位置，於現時山泥傾瀉地點有一個從天然山坡挖成的小型削土坡。一九四五年至一九六三年間，在該平台及該小型削土坡頂部建有寮屋。

山泥傾瀉地點的發展歷史，撮錄於附錄C內。

觀龍樓是於一九六五年至一九六八年期間興建。根據航空照片，砌石牆上面的平台在一九六四至一九六九年其中一段時間加蓋上填土(見圖4)。除此之外，並無證據顯示該處的地形曾作進一步的變動。在觀龍樓於一九六五年四月經由建築物條例執行處(於一九九三年改稱屋宇署)核准的場地平整工程圖則上，該幅牆被顯示為一幅底部闊約4米的階梯形砌石牆，並標記為「現存擋土牆」。有關私人建築物發展在工程方面的法定檢查制度，扼要載述於附錄D內。

於一九七八年，土力工程處委聘的顧問把全港的削土坡、填土坡和擋土牆列入紀錄冊(現稱為「斜坡紀錄冊」)，而該幅砌石牆的登記編號為11SW-A/R309。該幅牆根據土力工程處顧問於一九七八年所訂定的風險類別制度被列為「高風險」類別(即表示若該幅牆塌下，後果可能嚴重)。

在一九八零年至一九九四年期間，該幅砌石牆及對上的斜坡曾經由多個專業團體視察，其中包括土力工程處和兩間由香港房屋協會委任的顧問公司。由於該砌石牆前面的行人路建有寮屋，故此無法在一九八七年三月前對該幅牆進行詳細的視察。

土力工程處於一九八七年七月按防止山泥傾瀉計劃對該幅砌石牆進行了第一階段調查。這是一個初步的穩定性評估，目的是決定須否進行詳細的穩定性研究。評估工作包括詳細的實地視察、資料研究及根據所蒐得資料進行的岩土評估，但卻沒有進行場地勘探。在初步穩定性評估中，估計該牆底部為2.4米，而考慮到於一九六五年核准的場地平整工程圖則上所示的牆身尺寸，這項假定當時被認為是保守的。當時的結論是「在目前情況下無須進一步研究」。此外，由於建於行人路的寮屋已於一九八七年三月清拆，因此該幅牆的風險(即後果)類別亦按照一九七八年所訂定的風險類別制度，由「高風險」降為「低至中等風險」。

香港房屋協會曾於一九九二年聘請顧問公司進行「現存斜坡研究 - 第一階段概略檢討」，其中部分規定是「如發現在研究範圍及附近地區，有或許影響現存建築物穩定性的不利情況時，須提醒香港房屋協會注意」。這項研究於一九九二年十二月進行，顧問公司在報告中指出，「我們認為無須對這些斜坡進行更詳細的穩定性研究」。

在建築物條例執行處的土力工程科(於一九八三年和土力工程處合併)於一九八零年及土力工程處於一九八七年所進行的視察, 以及香港房屋協會的顧問於一九八三年及自一九八七年起所進行的每年視察中, 該幅牆一直被認為情況尚可或良好, 從來沒有關於該幅牆出現任何危險跡象的記錄。經視察後, 建議進行的工程僅屬較小型的維修工程, 例如清除雜草及疏通疏水孔等。

香港房屋協會的顧問於本年六月進行最近一次的每年維修視察時, 察悉以下情況: 砌石牆對上的斜坡近頂部出現下陷情況、斜坡的灰泥護面出現裂縫和脫落、一個未封好的植樹圈、斜坡腳長有一棵不穩固的樹、以及牆上長有野生植物。此外, 緊接砌石牆上面斜坡東面的砂井亦出現滲漏情況。雖然顧問並沒有記錄砌石牆上有任何疏水孔淤塞的情況, 但卻記錄在砌石牆對上斜坡的灰泥護面的疏水孔有淤塞情況。香港房屋協會的顧問對砌石牆及其對上的斜坡所建議的各項維修工程, 撮錄於附錄C內。顧問亦建議「應檢查砂井及有關的管道, 並將滲漏處修妥」。

關於顧問在一九九四年六月建議進行的維修工程的實施, 香港房屋協會在崩塌事件後向土力工程處指出: 「因為建議的工程並無緊急項目, 同時亦依據正常程序, 香港房屋協會於一九九四年七月十九日, 完成為執行修繕工程而編寫的招標文件。」

砌石牆或其對上的斜坡以前從未有任何不穩定情況的記錄。不過, 在觀龍樓其他地方, 過去多年來則曾發生數宗山泥傾瀉事件, 塌下的泥石由數十立方米至數百立方米不等(見圖5)。最大的一宗山泥傾瀉事件是在一九八五年六月的一場大雨後發生, 地點是B座北面的斜坡。當時發生山泥傾瀉的位置, 正進行興建嘉輝花園的場地平整工程。負責該項工程的認可人士所製備的報告中, 提出該斜坡近頂部的一條污水管出現滲漏是導致山泥傾瀉的原因之一。在一九八五年的山泥傾瀉發生之前, 土力工程處曾聘請顧問對C座北面斜坡下面的廢置隧道(見圖2)進行調查, 而顧問公司在報告中曾提及「污水管斷裂」及「污水管滲漏」。

一九八五年的山泥傾瀉之後, 香港房屋協會的顧問已根據建築物條例執行處的建議, 目測視察了C座北面毗鄰斜坡周圍的排水系統。結果「並無發現地面排水溝有嚴重裂縫, 或地下排水設施有滲漏跡象」。

#### 4. 砌石牆

該砌石牆是一幅由毛料石砌成的勾縫牆, 牆內有加固條石和疏水孔。此類砌石牆在本港曾普遍興建。牆身傾斜, 壁面仰角約為75度(見圖4), 最高約為10.6米。在發

生崩塌的位置，該牆的厚度約為700毫米至800毫米，背靠著一個自天然土地削出的土坡而建成。該牆底部低於行人路面。

從該牆餘下沒有崩塌的部份所顯露的表面外觀看來，其建造的工藝大體上甚佳。這次山泥傾瀉顯露出該牆的實際厚度為700毫米至800毫米，根據本港其他舊砌石擋土牆(見附錄E)的經驗，這個厚度遠較預期的合理數值為低。

在土力工程處顧問於一九七七／七八年編訂的斜坡紀錄冊內，該砌石牆的編號為11SW-A/R309，在總評級次序表中被列為第758號，該次序表由土力工程處於一九七九年制定，目的是提供一個緩急次序，以進行防止山泥傾瀉計劃內，斜坡及擋土牆的第一階段調查。

位於該牆上面的斜坡，高度大致為2.5米至6米不等，仰角則為20度至50度(見圖4)，斜坡表面蓋上灰泥。從一九九四年六月於該處拍攝所得的照片可見，斜坡上長有野生植物，斜坡腳亦長有一棵樹。而有關該砌石牆於一九七八年所製備的現場記錄表中，該斜坡則被記錄為「填土坡」。

## 5. 山泥傾瀉前所見

根據證人所作的描述(附錄F)，可重整出七月二十三日山泥傾瀉前事發經過。

據報於事發前兩天，有泥水從砌石牆附近的疏水孔流出。

在山泥傾瀉發生前約兩個半小時內，有證人觀察到下列多項與事件有關的情況(見圖6)：包括灰泥表面有一個直徑約1米的洞，另有泥水從疏水孔和砌石塊之間的接縫滲出，而泥水滲出的範圍明顯地隨著時間擴大。根據山泥傾瀉發生前約半小時觀察所得，砌石牆有泥水滲出的位置已大約擴至其後發生崩塌的整個範圍。

於山泥傾瀉發生前不久，有證人發現該砌石牆頂部的金屬欄杆有彎曲和損毀的現象，欄杆的碎片更跌落在行人路上。

山泥傾瀉前的一剎那，有一些「碎石」脫落。該砌石牆看來約在半腰位置「爆裂」，並幾乎隨即崩塌。



## 6. 雨量記錄分析

在觀龍樓C座和D座之間的天台上，裝設了一個自動雨量計（編號H02）。該雨量計在一九九四年七月所錄得的每日雨量，以及由一九九四年七月二十一日至二十三日的每小時雨量，都載於圖7。

雨量記錄經詳細分析（見附錄G）。在一九九四年七月份內，直至七月二十三日山泥傾瀉發生時為止，裝設於觀龍樓的編號H02雨量計共錄得915毫米的雨量，該雨量是自一八八四年天文台開始記錄雨量以來，在七月份所錄得最高的雨量。

一九九四年七月二十二日及二十三日均非常大雨。在山泥傾瀉之前的48小時期間，該雨量計共錄得547毫米的雨量。根據天文台的過往雨量記錄，對這次豪雨各不同時段的雨量強度的重現期進行評估，顯示持續48小時的雨量最為猛烈，其相應的重現期約為28年一次。

七月份的每小時最高雨量為101毫米，是於一九九四年七月二十二日凌晨二時零五分至三時零五分錄得，即山泥傾瀉之前42小時左右。該雨量計由一九九四年七月二十三日上午十一時至山泥傾瀉發生時僅錄得29毫米的雨量，即在山泥傾瀉前48小時內所錄得的雨量中，約有百分之九十五是在事發前十多個小時已錄得的。因此觀龍樓的山泥傾瀉是一次「延遲發生」的事件，因為它是在大雨停止後數小時才發生的。

在山泥傾瀉前所錄得的雨量，是編號H02雨量計於一九七八年九月裝設以來，在超過一日的時段內所錄得的最高雨量。舉例來說，在山泥傾瀉前所錄得的48小時雨量，超過於一九九三年九月的豪雨中所錄得的以往最高雨量三分之一左右。另一方面，在一小時至十二小時內錄得的雨量，與以往所錄得的最高數字相若，而在很短時間內（例如五分鐘）錄得的雨量，則只及一九九二年五月的豪雨中所錄得最高記錄雨量的三分之二左右。

## 7. 事發地點的地下水狀況

山泥傾瀉位置的地質，有填土和覆蓋於下面的風化火山岩（見附錄H）。該牆後面和對上的填土很疏鬆及普遍非常透水。風化火山岩包含完全風化及高度風化的粗粒凝灰岩。

填土與下面的天然地層的分界面，經判斷為在砌石牆頂部以下約1米處。有關山泥傾瀉事發地點的典型地層見於圖4。

在調查山泥傾瀉時，於崩塌殘痕上並無發現顯示高地下水位或上層滯水位的顯著流水或滲水跡象。作為調查工作另一部份的場地勘探，確定了主要的地下水位是在山泥傾瀉面之下。不過，調查人員在進行場地勘探時觀察到填土層有局部滲水跡象。同時，根據確定含水量的實驗室試驗結果(見附錄I)，崩塌殘痕下面的土地很濕，而泥土所含水份達到很高的飽和程度。

調查人員進行了各項實驗室試驗(見附錄I)，包括剪切盒試驗、傳統的三軸壓縮試驗及特別的三軸試驗，以確定事發地點附近填土及風化火山岩的抗剪強度。根據試驗的結果，確定了圖4所載有關泥土強度參數的最佳估計數值。這些物質的強度，與以往在本港量度這類物質所得的強度一致。同時，在山泥傾瀉地點並無發現異常弱的物質。

土力工程處人員從山泥傾瀉的泥石取得砌石牆石塊之間的砂漿樣本，並進行了點載重試驗(見附錄I)。試驗結果顯示砂漿的品質良好，與現場觀察所得一致。部份砂漿樣本曾浸於水中7日才進行試驗，但其強度卻沒有減低。

## 8. 污水及雨水排放系統

在山泥傾瀉後，屋宇署及土力工程處的人員曾對觀龍樓的排水系統聯合進行了詳細的調查工作(見附錄J)。山泥傾瀉位置附近的地下污水及雨水排放管道的分佈情況，分別載於圖8及圖9。這兩個排水系統於六十年代中至後期興建，屬觀龍樓的一部份。

根據估計，在山泥傾瀉中折斷的一段直徑300毫米的污水管，在崩塌前應橫跨於山泥傾瀉地點上半部份(見圖3)，距離地面2米之內。從泥石中找到的多段已折斷渠管顯示，污水管是用約1米長的陶管建造而成，陶管由承插式接頭連接在一起，接頭內滿填水泥砂漿。其中一些渠管部份外圍被混凝土包裹。這些固定接合的陶管很脆弱，易因差異沉降而斷裂。

從泥石找到的多段渠管，其接頭及外圍混凝土上的泥土均有黑色污漬。化學分析顯示黑色污漬可能是泥土受污水影響所致。這表示在山泥傾瀉前，污水已滲漏了一段時間。

調查人員細心檢查山泥傾瀉地點附近的污水及雨水系統，發現到渠管各種問題，例如局部沉降、渠管破裂，以及接頭脫位或開縫。其中特別是在D座南面院子內(圖9)，有兩段地下雨水管更出現嚴重滲漏現象。

暴露於崩塌殘痕中已折斷的污水管，是用作排放觀龍樓D、E、F及G座的污水。在山泥傾瀉後，調查人員曾持續兩星期量度該條污水管的排放量，發現排放量普遍介乎每分鐘0.1立方米至0.7立方米之間，最高的排放量是在晚上六時至十時之間錄得。

土力工程處人員在附近的污水渠系統進行了非常徹底的調查，包括染料測試、砂井視察、閉路電視勘察及流量監察，但並無發現顯示雨水排放系統接駁到污水管的證據。

在原污水管的下坡處，調查人員從崩塌殘痕下面泥土取得一些水的樣本，並進行了化學分析，結果顯示其氯化物含量很高，與污水的相若。不過，污水管對上的泥土，儘管濕度很高，氯化物含量卻很低。這項證據顯示，在山泥傾瀉前有大量污水流入泥土內，同時除污水管外，還有另一個水源弄濕泥土。

## 9. 地下滲流

屬於D座下部結構的樁帽及結構牆的分佈，見圖10。在D座的底部，有兩個建於風化火山岩上的大型樁帽，樁帽之間為填土。填土伸延至山泥傾瀉的現場及D座南面的院子，如圖11所示。

根據觀察，填土很疏鬆，並有空隙，使地下水能沿阻力最小的途徑滲流。在山泥傾瀉後所進行的滲流試驗(見附錄K)確定了填土很透水。在進行試驗時，把水注入D座下面的泥土後不久，即有大量的水從山泥傾瀉範圍頂部的填土內流出。

除花園範圍外，D座南面的院子均鋪有路面。院子下面敷設有地下雨水管的填土，亦很疏鬆及透水。在未鋪面的花園範圍內，山泥傾瀉後所進行的滲透測試確定近地面的泥土較不透水。

上述的現場觀察所得和各項測試均確定，任何可能進入院子泥土的水，均可能經由連續及透水的填土層，流向山泥傾瀉的位置。

## 10. 山泥傾瀉的模式

該幅較薄的砌石牆支撐著一個陡峭的削土坡及其對上的斜坡。多年來砌石牆一直保持穩固，沒有任何明顯的危險跡象。根據山泥傾瀉發生後所得的場地勘探資料及實驗室試驗結果而進行的工程分析(見附錄L)顯示，在一九六四至六九年間石牆上方堆放填土前，即使牆後土壤是完全飽和，填土後砌石牆仍保持穩定。砌石牆的穩定性須依賴灰泥護面下泥土所產生的毛管吸力。若泥土達到飽和，則該牆便會不穩定。

在山泥傾瀉發生前不久，該牆很大範圍出現滲水，這顯示水已流入砌石牆後面的泥土，增加了泥土的含水量和減低了毛管吸力。隨著泥土的強度下降，砌石牆所承受的土壓便會不斷增加，終於觸發山泥傾瀉。傳統穩定性分析顯示，假定砌石牆為一剛體，則若牆後的泥土水份達到飽和程度時，該幅牆便會出現傾覆性的不穩定情況。再者，若砌石塊之間砂漿的粘聚力強度低於25kPa左右及泥土已相當飽和時，斜坡穩定性分析便顯示出下列結果：包括砌石牆及其後面泥土的整體剪切崩塌的安全系數將低於1.0。

根據證人的供詞，砌石牆先在約半腰的位置爆裂，然後崩塌。在香港過去發生的一些舊砌石牆崩塌時，亦曾見此類崩塌模式(Chan, 1982, 1994; Shelton, 1990)。

在此次調查中用以評估變形的數值分析，證實了崩塌模式可能較複雜。此種分析預測牆身在半腰位置鼓起，牆身下半部份則傾覆。這兩種模式的組合引致砌石塊之間的水泥砂漿被拉斷，因而減低了砂漿接縫的剪切強度。這類鼓起與傾覆的模式持續發展，會導致牆身近半腰位置脆裂，崩塌的泥土隨之向前滑動。

根據數值分析，可進一步推測砌石牆上半部份會隨滑動的泥土移動，最後停留在塌下的泥石表面，牆的前壁面向上。至於砌石牆的下半部份，估計埋於塌下的泥石面。

上述這個推斷得來的崩塌模式與現場觀察所見包括山泥傾瀉後砌石牆的排列情況一致(見第2節)。

## 11. 山泥傾瀉成因的診斷

穩定性分析已證實，如泥土的水份達到飽和程度，砌石牆便會不穩定。計算結果顯示，要有大量(約100立方米左右)的水，才能飽和在這次山泥傾瀉中塌下的泥土。

下列四個因素，可以單獨或以各種不同組合讓水進入泥土：-

- (a) 地下水位上升；
- (b) 地表直接滲水；
- (c) 地表下滲流；
- (d) 雨水及或污水排放系統出現滲漏情況。

調查發現事發時，現場的主要地下水位是遠低於崩塌面的高度，而且亦無證據支持山泥傾瀉是由地下水位顯著上升所引致的說法。

雖然在山泥傾瀉前一個月左右已發現灰泥表面出現裂痕和有一個植樹圈未封好，但覆蓋著山泥傾瀉現場斜坡大部分面積的灰泥，應可防止出現大量地表水直接滲入泥土。由香港房屋協會人員進行的視察顯示，在香港房屋協會顧問於一九九四年六月進行視察與山泥傾瀉發生當日之間的一段時間內，該表面覆蓋和排水溝均無出現嚴重損毀的情況。因此，調查人員認為，在山泥傾瀉位置的地表直接滲水，極不可能是滲入泥土水份的主要來源。

有共同的證據顯示，位於較山泥傾瀉位置為高的地方，在山泥傾瀉前有水流過地表下透水的填土層，而水是源自D座南面的泥土(見第8節及第9節)。這些水可能來自院子範圍一些損毀了的雨水管或院子上未鋪面的花園範圍、或其南面上坡方向斜坡的直接地表滲水。

調查人員認為，從院子範圍內破損雨水管漏出的水，可能是流向山泥傾瀉位置的地表下滲流的主要來源。

滲流分析顯示，與破損雨水管的可能滲漏量相比，在院子未鋪面範圍內的地表滲水，水量僅屬次要，充其量只是流入泥土的其中一個水份來源。

在院子南面的斜坡，並無發現滲水跡象。根據這項觀察和這地區與山泥傾瀉位置的相對地形，調查人員認為在較遠南面斜坡的直接地表滲水，不大可能為山泥傾瀉現場提供大量水份。

污水管出現長期滲漏的跡象(見第8節)，顯示這一定是滲入山泥傾瀉範圍的水份其中一個來源。在山泥傾瀉後所量度得的污水流量顯示，假如在山泥傾瀉發生前若干

小時，污水管已開始嚴重漏滲，便可能有充足的水量，飽和於山泥傾瀉時瀉下的泥土。

其他可構想到能導致山泥傾瀉的因素如下：

- (a) 砌石牆的結構狀況變壞；
- (b) 在發生山泥傾瀉不久前，在砌石牆後面附加載重或者在該牆前面進行挖掘工程；
- (c) 砌石牆對上斜坡的樹木被移走。

現有的證據顯示上述所有因素均可不理。

於一九六四年至一九六九年間，曾在砌石牆後面的地面填土達3米。此舉會令該牆的穩定程度下降，但由於該項填土工程是在大約25年前進行的。所以亦不會是直接引發此次山泥傾瀉的原因。

## 12. 發生山泥傾瀉的可能機制

最有可能導致山泥傾瀉的，是位於斜坡附近的破損地下管道滲漏，以致大量水份滲入泥土，令泥土完全失去毛管吸力，泥土的強度相應減低，土壓增加，使該幅較薄的砌石牆脆裂以致崩塌。經由D座南面院子未鋪面的範圍和灰泥表面輕微破損處直接滲入砌石牆對上斜坡的水，可能是導致山泥傾瀉的其中一個因素，但不是主因。

在院子範圍地下的雨水管，其中兩段被發現有嚴重滲漏情況。亦有證據顯示，污水管在發生山泥傾瀉之前的一段時間已有滲漏現象。然而，要確定污水管及雨水管滲漏對導致山泥傾瀉的相對影響，並不容易。

以下三種情形，均可以令泥土因所含水份接近飽和而觸發山泥傾瀉：

- I. D座下面填土層內的滲流增加了砌石牆背後泥土向下滲水流量。污水管輕微滲漏只是輔助因素。
- II. 污水管逐漸損壞引致嚴重滲漏，地表下滲流只是一個輔助因素。

### III. 填土材料因地表下的滲流而變形，導致污水管嚴重滲漏。

根據第一種情況，污水管並不是觸發山泥傾瀉的主要原因。不過，根據山泥傾瀉後所進行化學分析的結果，污水已流至崩塌殘痕之外的泥土。這項證據顯示，大量污水在山泥傾瀉發生之前的一段時間應已流入崩塌現場附近的泥土。因此，第一種情況極不可能發生。

第二種情況是污水管不斷變壞，終於在山泥傾瀉發生前不久嚴重破損，導致污水大量漏出，因而引發山泥傾瀉。按此模式推斷，此次崩塌與降雨量無關。至於山泥傾瀉發生在連場大雨之後，純屬巧合。雖然不能完全排除上述情況的可能性，但由於對構成此次意外的可能原因已存在一個可信性甚高的解釋(見第三種情況)，故此，從或然率的角度考慮，這個倚靠巧合的崩塌機制發生的可能性極低。

第三種情況是污水管漏水及地表下滲流兩者同時令到泥土水份飽和。如果情況真的如此，砌石牆後面疏鬆的填土，便會因主要來自破損雨水管在連場大雨時所出現的地表下滲流，又或輔以污水管局部少量滲漏，而出現水份飽和情形，從而引致疏鬆的填土發生沉降，令到污水管損毀或破裂，污水因而大量漏出。這些漏出的污水，加上地表下滲流，便會產生足夠的水令到砌石牆後面的泥土水份飽和。滲流分析顯示，地表下滲流可能在大雨後約一天的時間便已到達砌石牆對上斜坡的填土層，而再過一天，填土層內的水(雨水及污水)便會令到部分風化火山岩達至相當的飽和程度。調查人員相信這情況最有可能導致山泥傾瀉發生。按這種推斷重組得的<sup>12</sup>山泥傾瀉機制見圖12。

### 13. 總結

調查所得的結論是：水份滲入，令牆後泥土達致相當的飽和，引發觀龍樓舊砌石牆突然崩塌。而該幅牆又遠較一般同類型砌石牆為薄。滲入泥土的水，主要是來自破損的地下排水設施，包括雨水管和污水管。

在山泥傾瀉之前發生的連場大雨，是導致初期有大量雨水透過破損雨水排放系統滲入泥土的原因之一。

14. 參考書目

Chan, Y.C. (1982). Report on the Study of Old Masonry Retaining Walls in Hong Kong. Geotechnical Control Office, Hong Kong, 2 volumes, 220 p. & many drgs. (unpublished)

Chan, Y.C. (1994). Study of Old Masonry Retaining Walls in Hong Kong. Geotechnical Engineering Office, Hong Kong. (GEO Report No. 31). (Under preparation).

Geotechnical Control Office (1984). Geotechnical Manual for Slopes. (Second edition). Geotechnical Control Office, Hong Kong, 295 p.

Shelton, J.C. (1990). A masonry retaining wall failure at Square Street, Hong Kong. Proceedings of the HKIE Seminar on Failures in Geotechnical Engineering, Hong Kong, pp 37-60.

土力工程處(一九九四年) 一九九四年七月二十三日觀龍樓山泥傾瀉事件調查進展報告, 香港政府土力工程處, 16頁

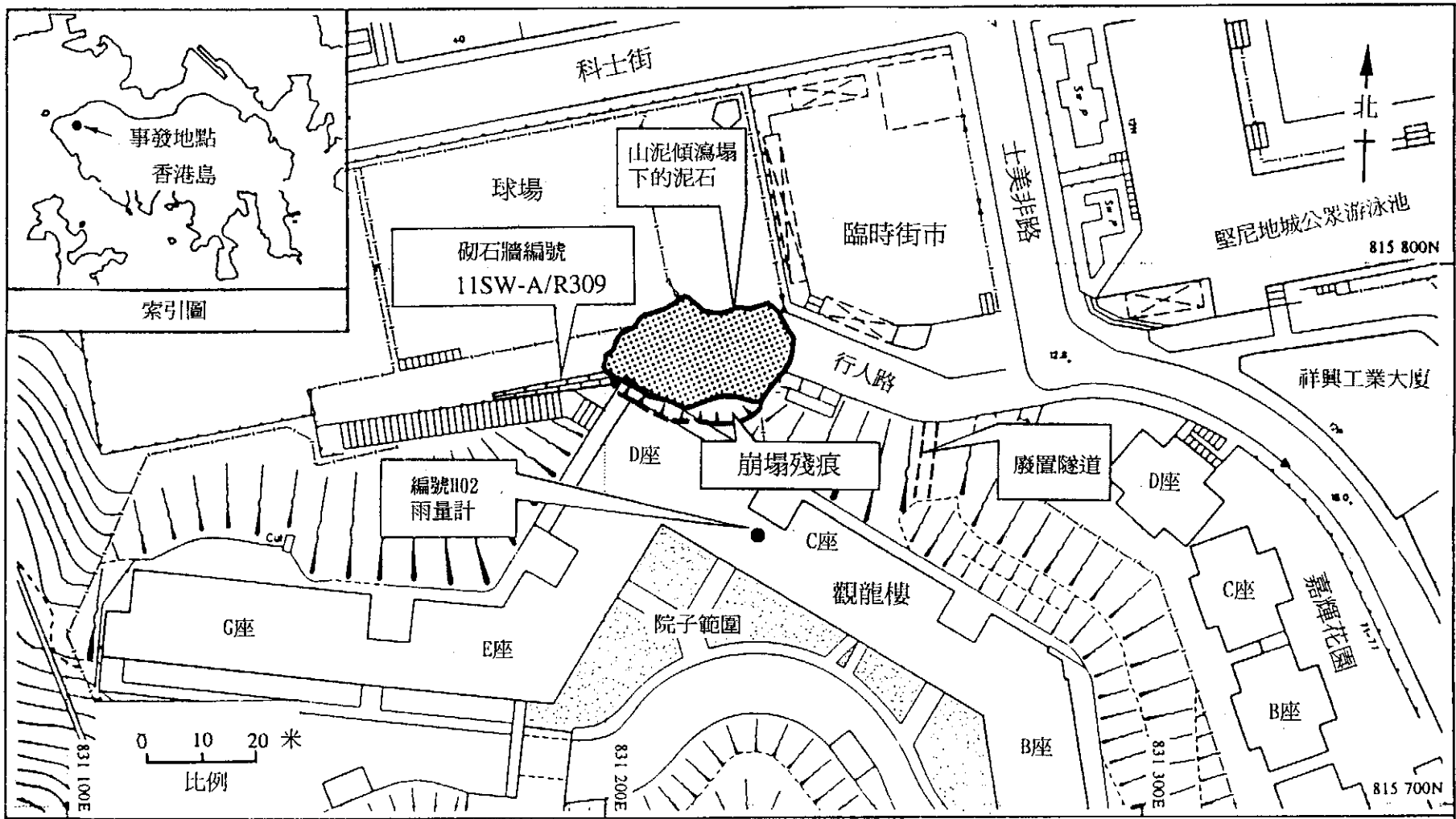


附圖

附圖 編號		頁數
1.	於一九九四年七月二十四日所拍攝得的山泥傾瀉照片	41
2.	山泥傾瀉位置圖	42
3.	山泥傾瀉平面圖	43
4.	橫貫山泥傾瀉現場的剖面1-1	44
5.	觀龍樓以往發生山泥傾瀉的位置	45
6.	由證人提報的主要觀察事項摘要	46
7.	土力工程處編號H02雨量計的雨量記錄	47
8.	山泥傾瀉後調查所顯示的污水渠分佈及狀況	48
9.	山泥傾瀉後調查所顯示的雨水渠分佈及狀況	49
10.	D座下面樁帽的分佈	50
11.	橫貫山泥傾瀉現場、D座與院子範圍的剖面2-2	51
12.	山泥傾瀉的可能機制	52



圖 1 - 於一九九四年七月二十四日所拍攝得的山泥傾瀉照片



註：地圖資料取自一九九二年九月二十九日編號11-SW-6D的測量圖(比例1:1000)。

圖2 - 山泥傾瀉位置圖

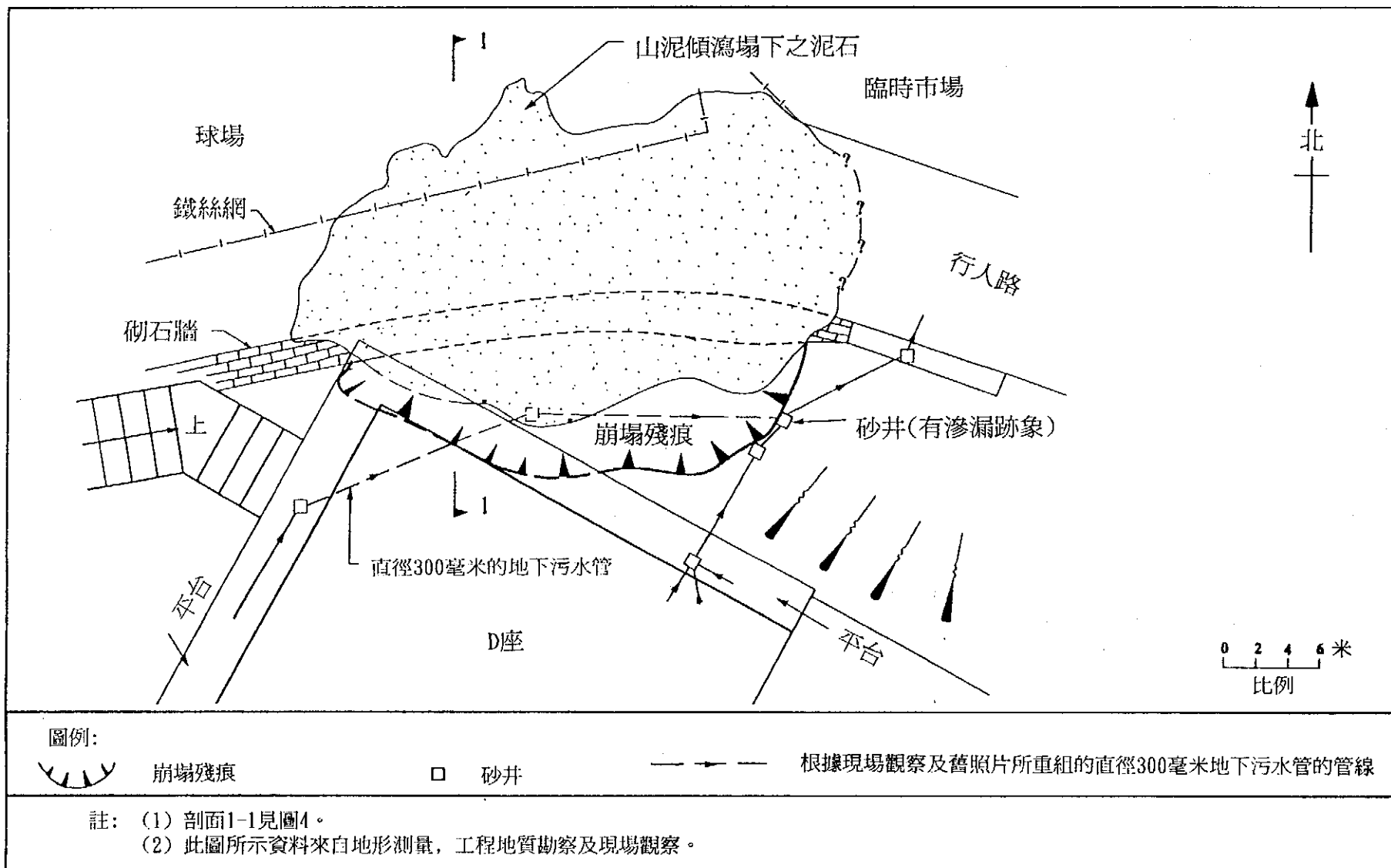


圖3 - 山泥傾瀉平面圖

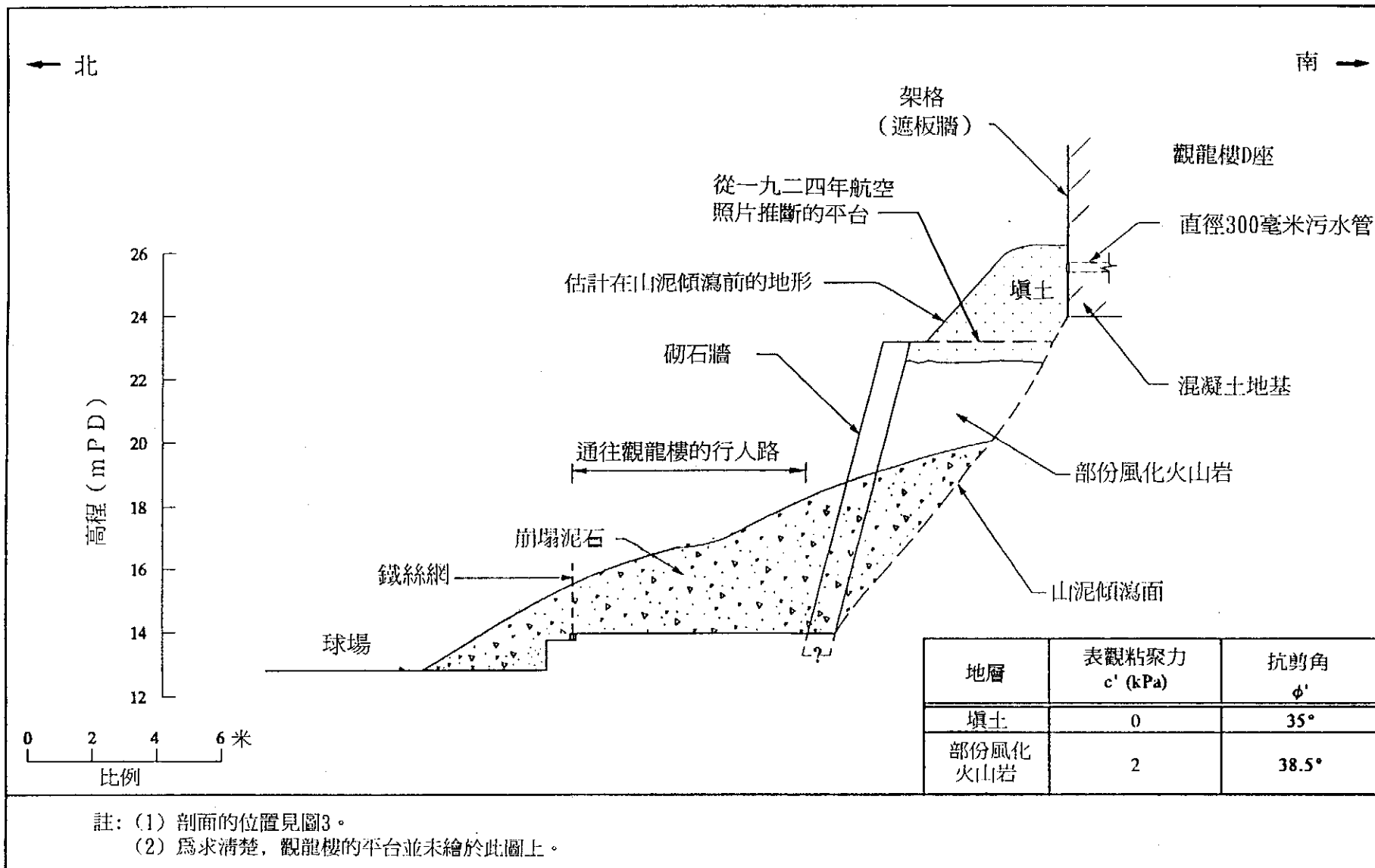


圖4 - 橫貫山泥傾瀉現場的剖面1-1

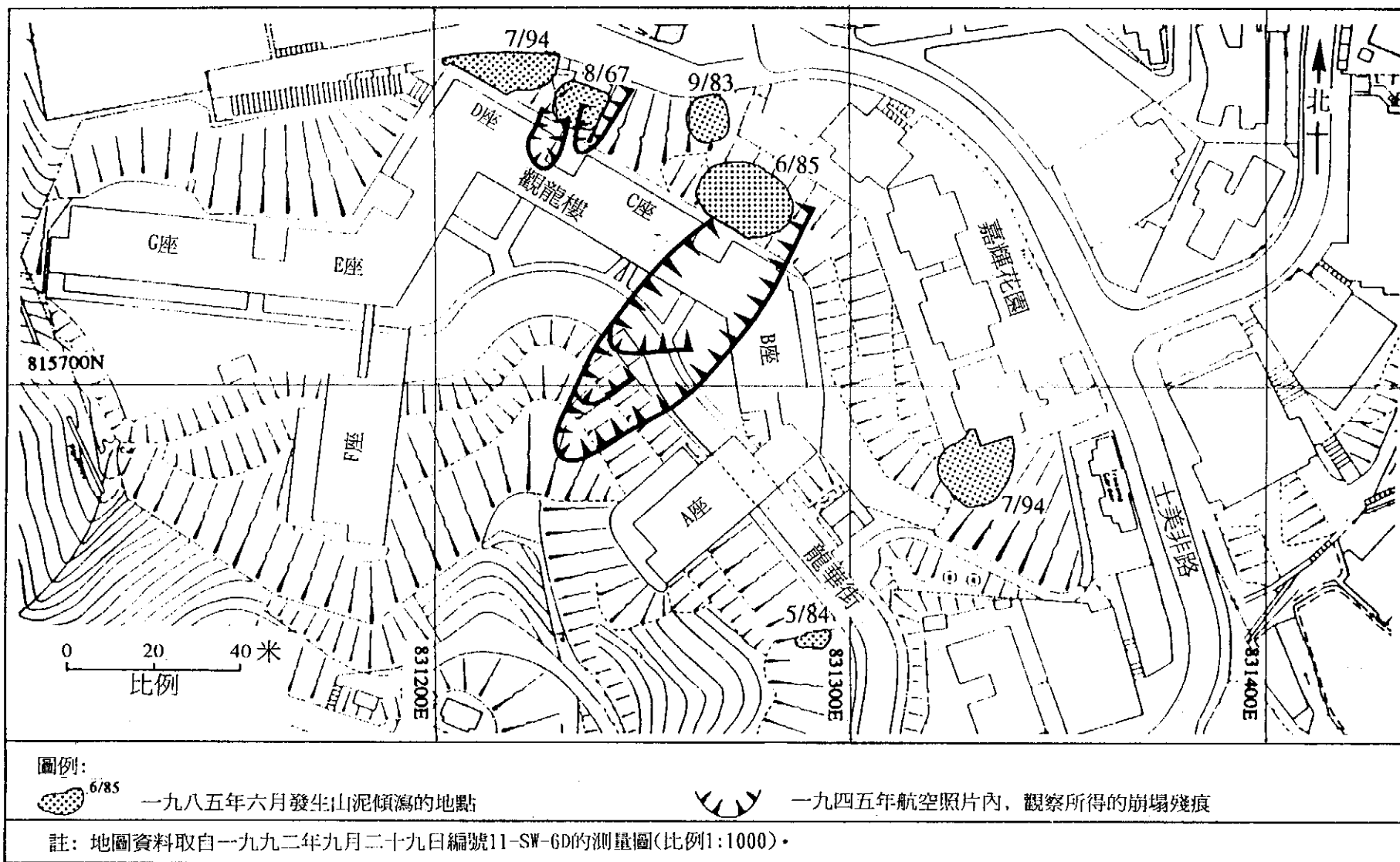


圖5 - 觀龍樓以往發生山泥傾瀉的位置

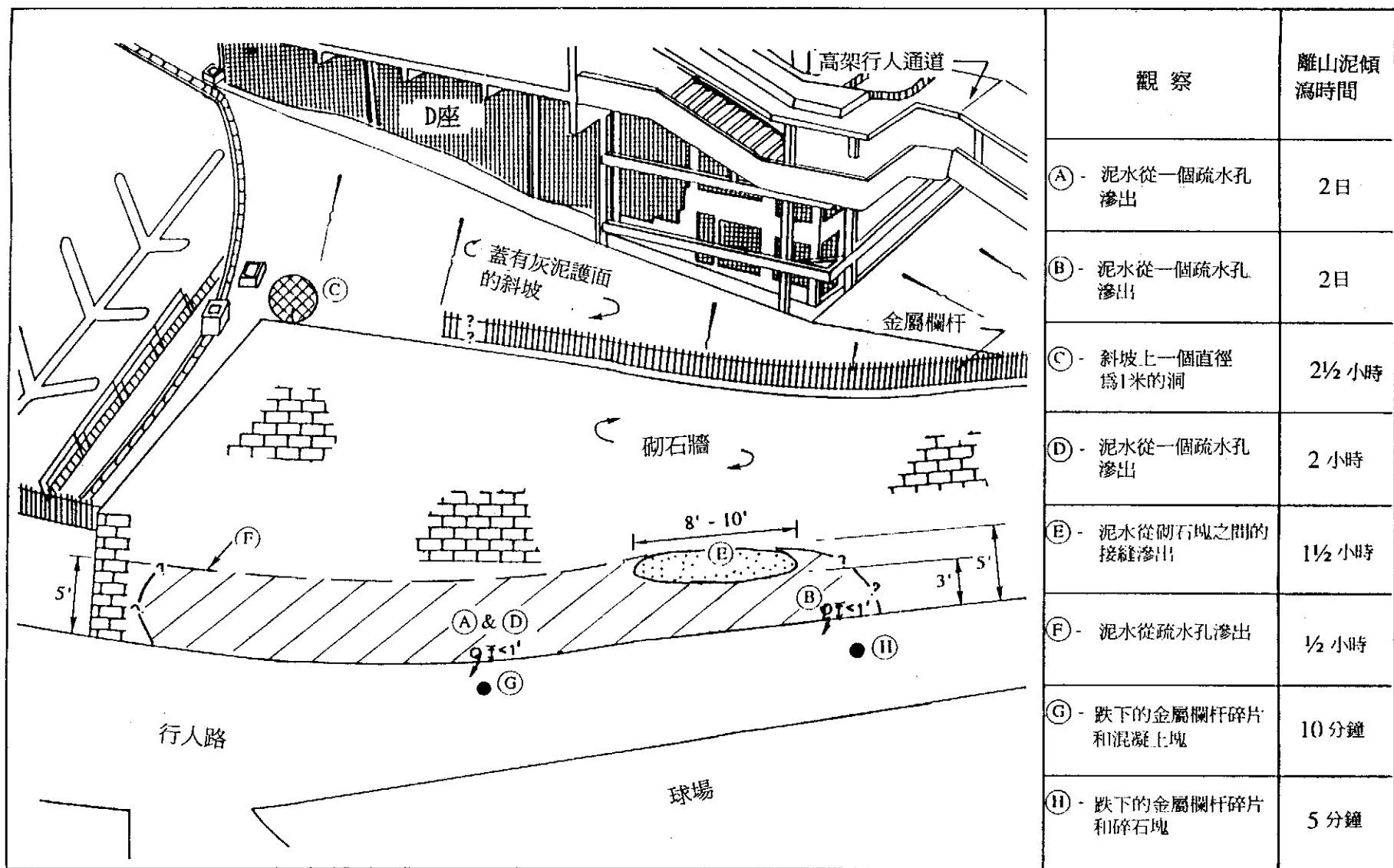


圖6 - 由證人提報的主要觀察事項摘要

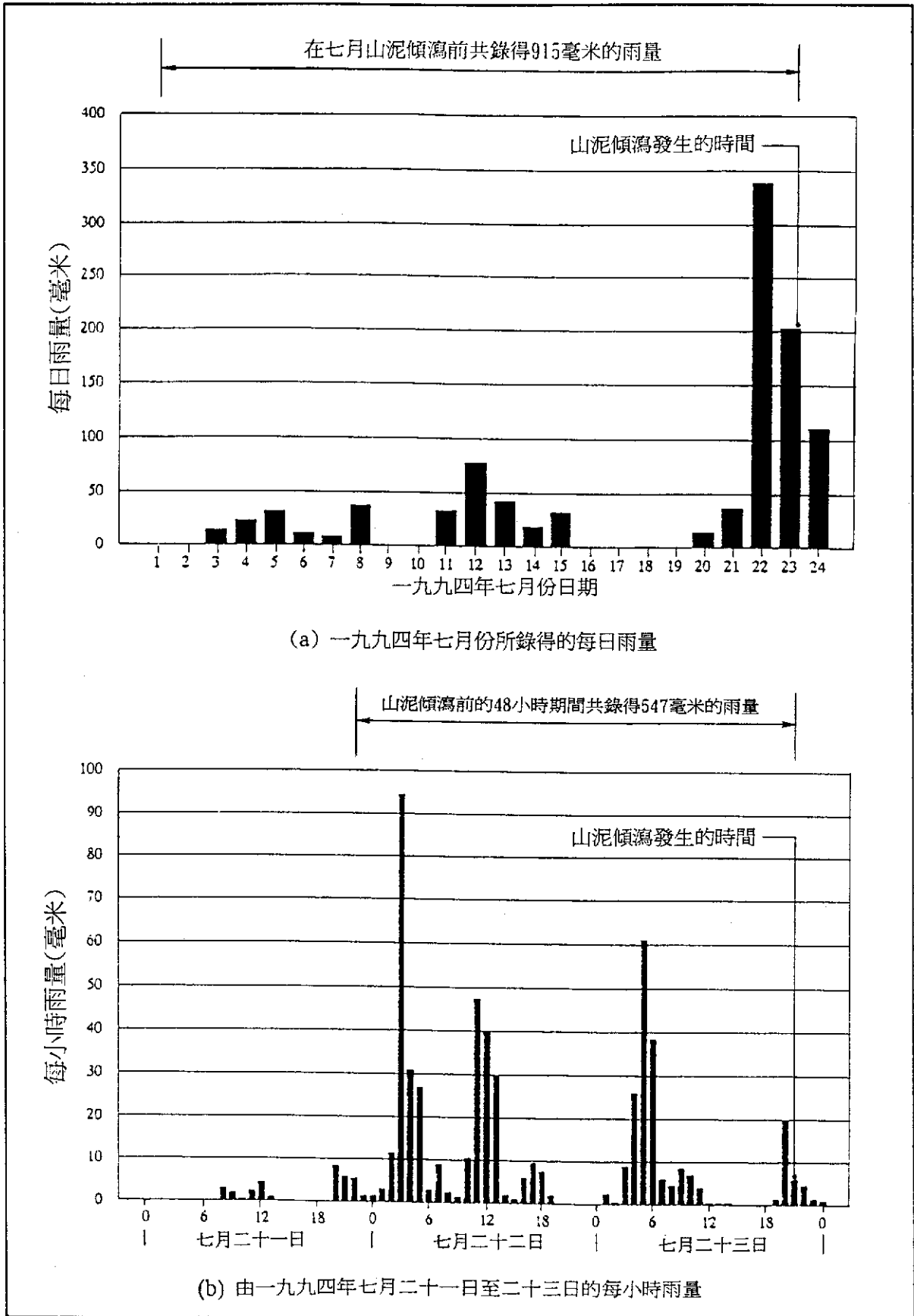


圖7 - 土力工程處編號H02雨量計的雨量記錄



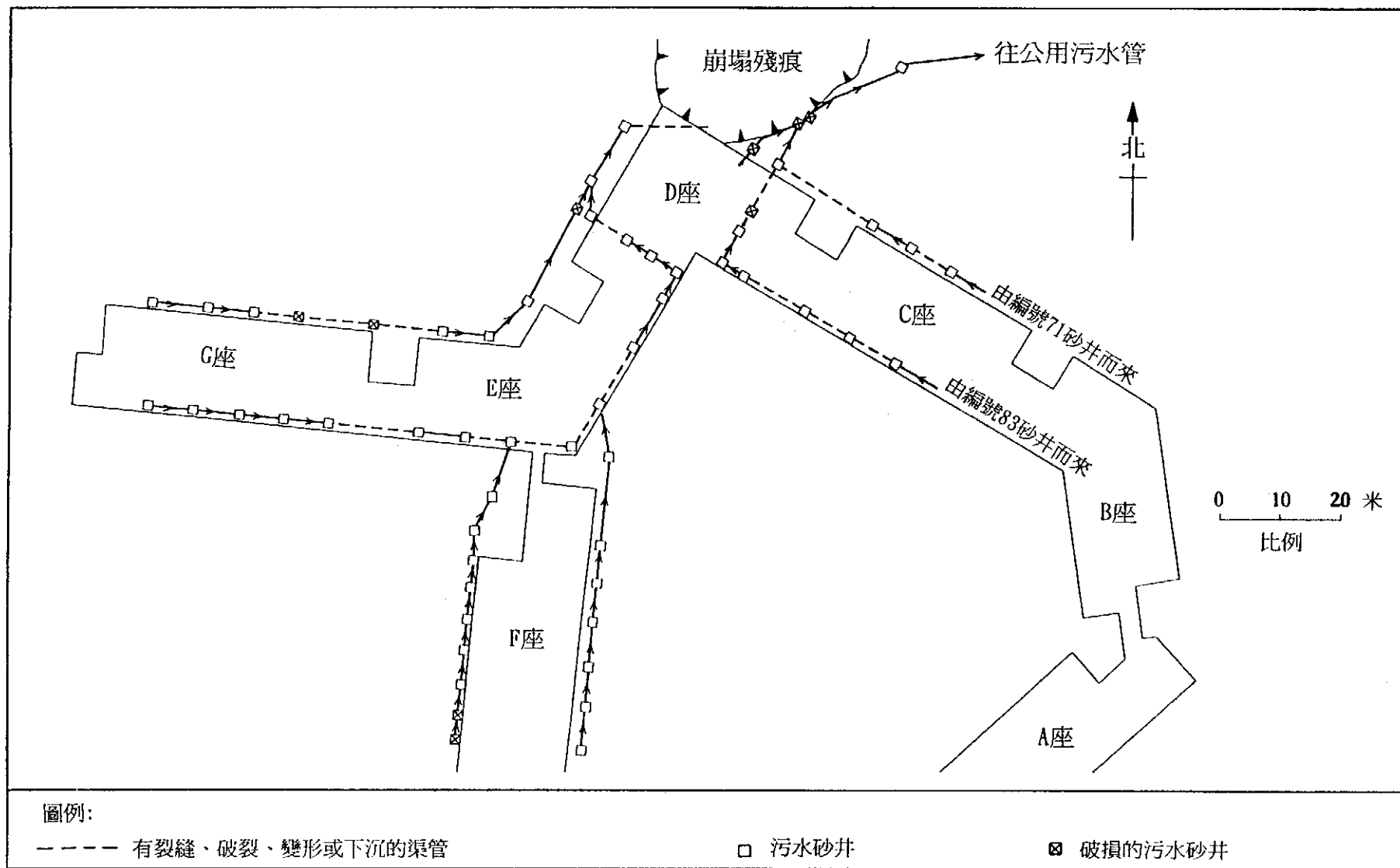


圖8 - 山泥傾瀉後調查所顯示的污水渠分佈及狀況

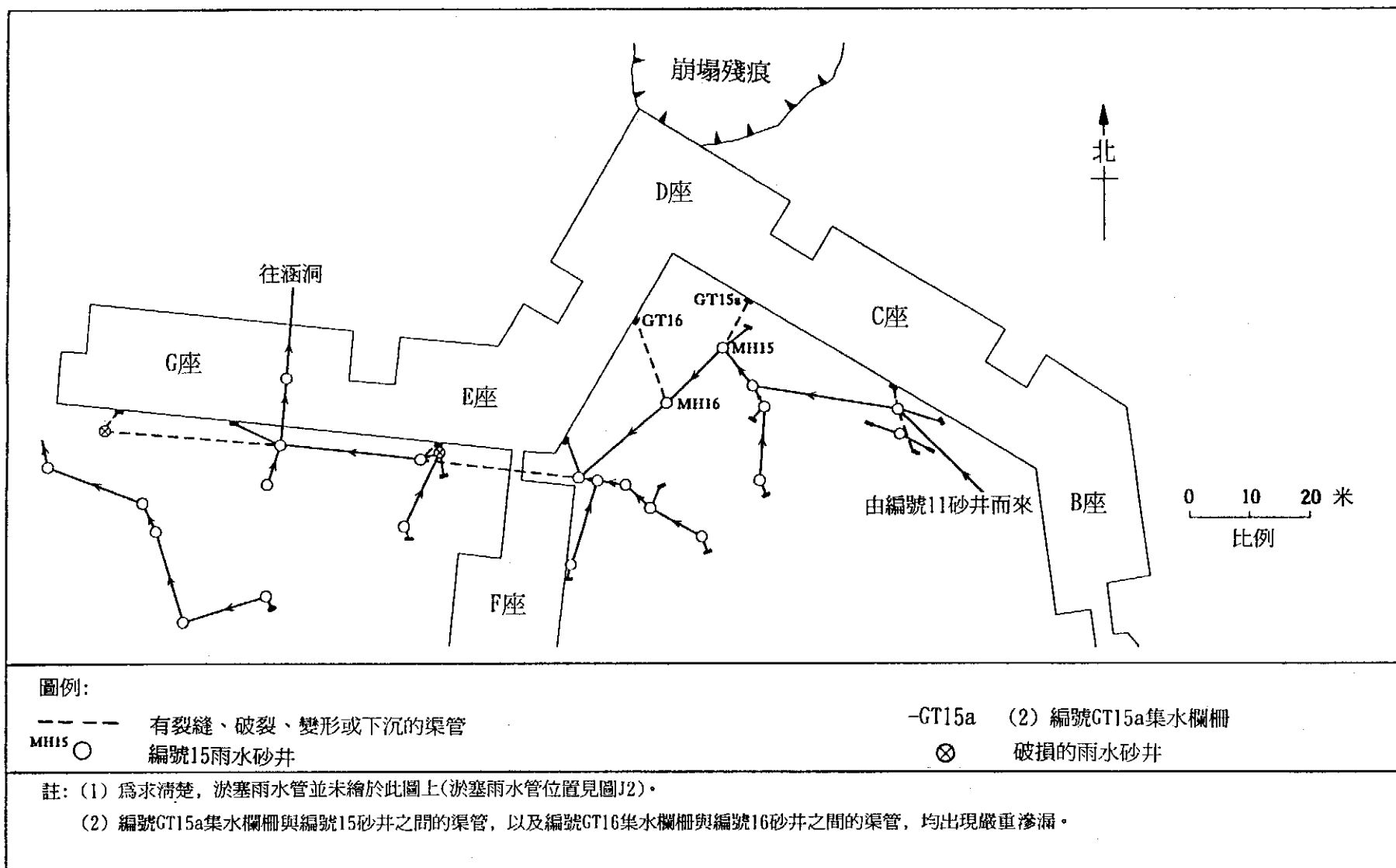


圖9 - 山泥傾瀉後調查所顯示的雨水渠分佈及狀況

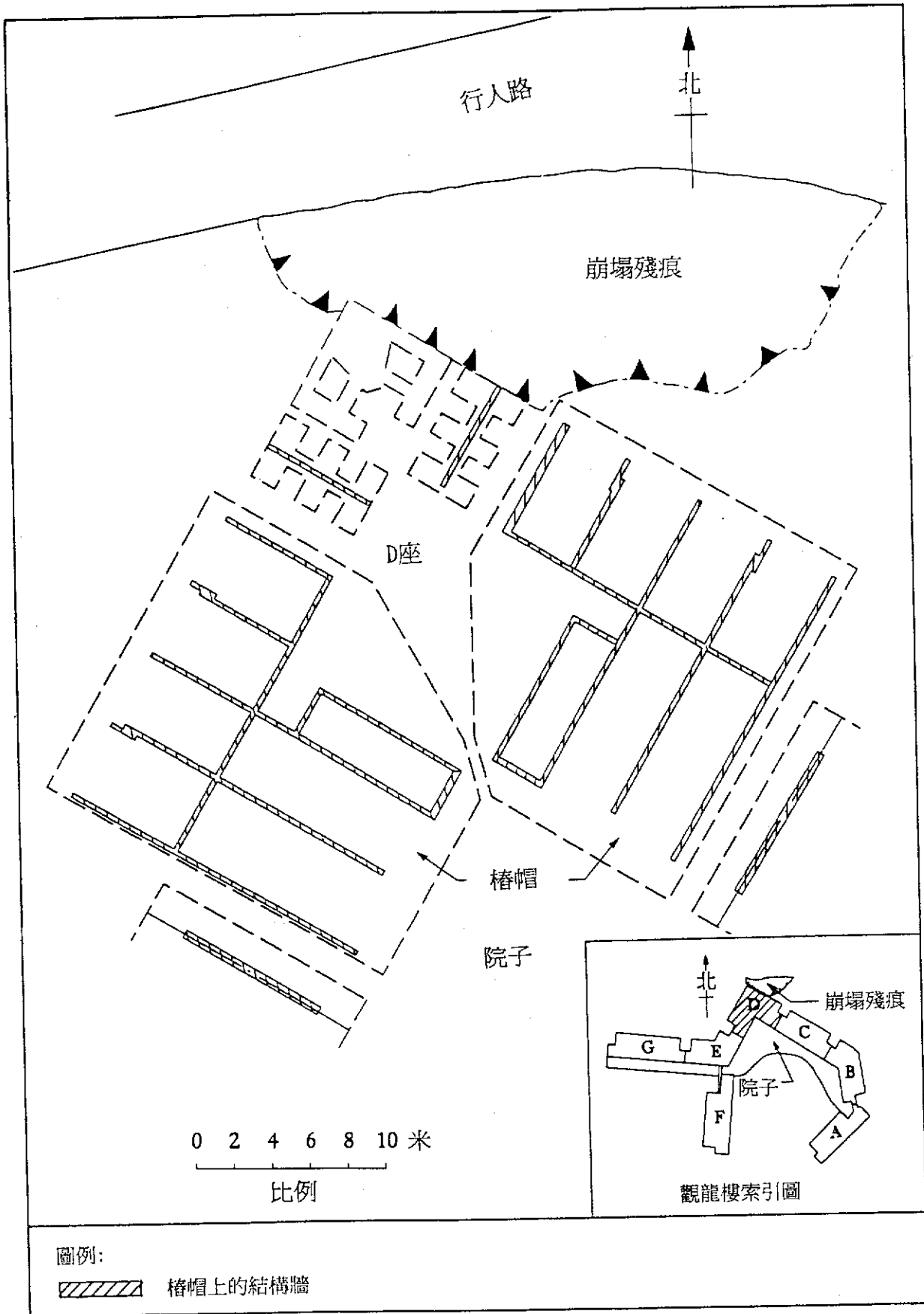


圖10 - D座下面樁帽的分佈

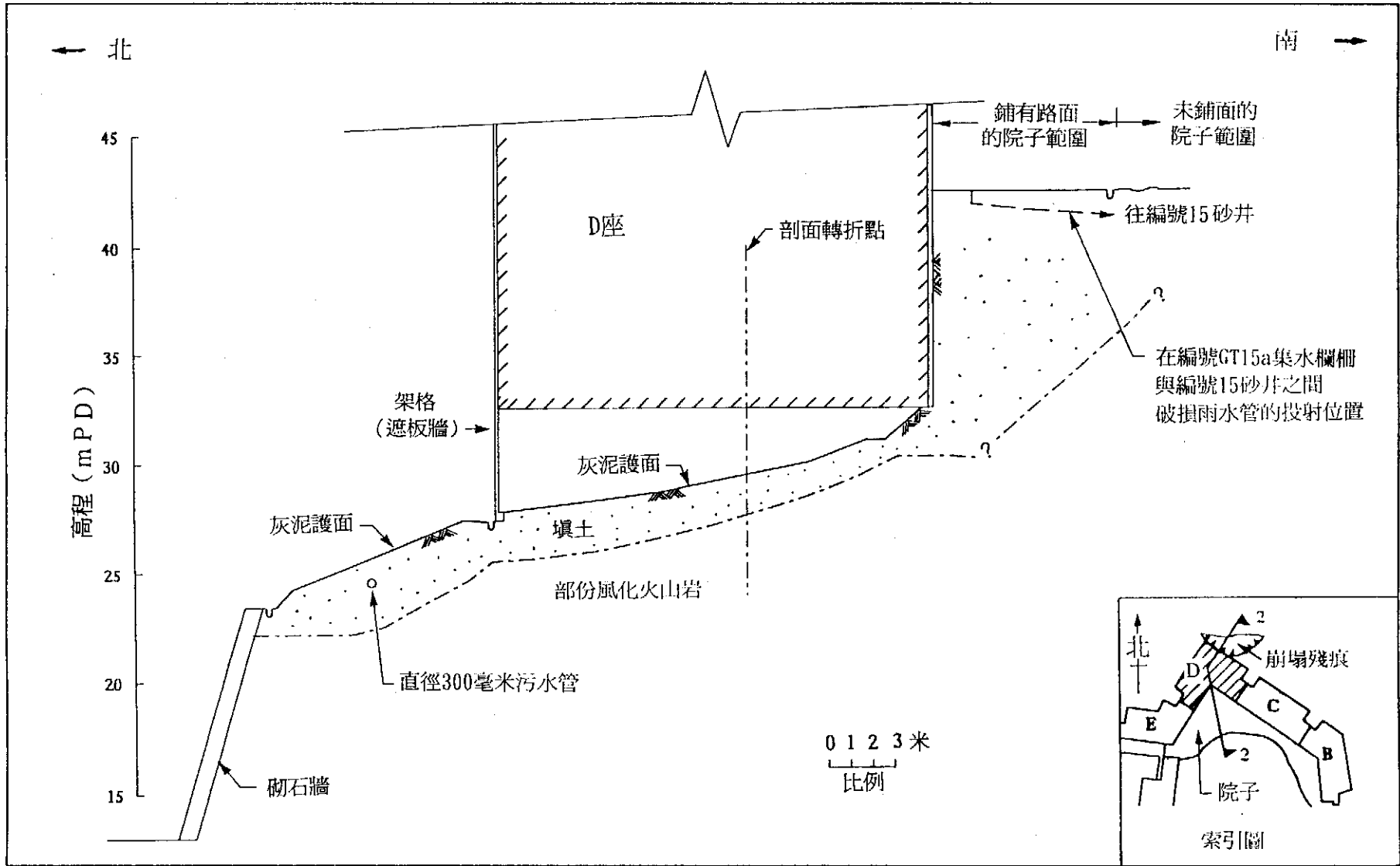


圖11 - 橫貫山泥傾瀉地點、D座與院子範圍的剖面2-2

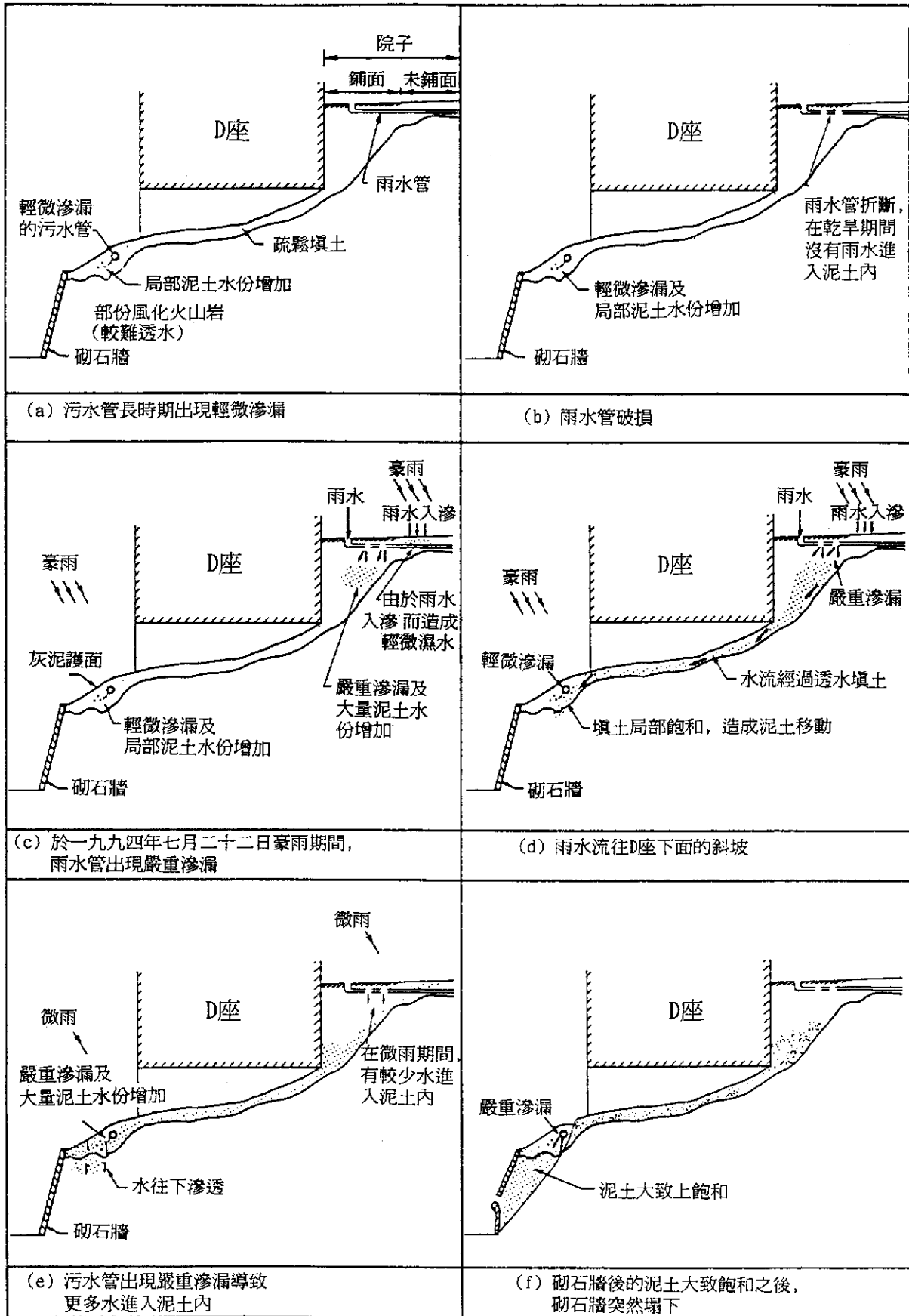


圖12 - 山泥傾瀉的可能機制