

《斜坡岩土工程手冊》

有關詮釋及更新手冊內容的指引

與建築行業有關的政府刊物載列於《認可人士及註冊結構工程師作業備考》115 的刊物列表中，其中包括《斜坡岩土工程手冊》（以下簡稱《手冊》）。

2. 《手冊》就香港進行的斜坡勘察、設計、建造和維修，以及地盤平整工程，提供優良作業標準的指引。手冊的第一版於1979年11月以草稿形式出版，第二版於1984年5月出版。

3. 第二版《手冊》自出版以後，多年來已成為斜坡勘察、設計、建造和維修，以及地盤平整工程等範疇的公認指導性文件。然而，由於本地的作業方法亦有改進，因此出版了其他獨立的指導性文件，作為對《手冊》的補充。這亦令《手冊》的部分內容變得過時，並且需要更多詮釋《手冊》的指引。本作業備考的目的，是提供此類指引，並將其載錄在本作業備考的附錄A。

建築事務監督蔡宇畧

檔 號 : BD GR/GEO/11(III)

初 版 : 1999年6月(助理署長／結構工程、助理署長(土力)／港島)

編入索引 : 《斜坡岩土工程手冊》

《斜坡岩土工程手冊》的詮釋指引

1. 本附錄對《斜坡岩土工程手冊》(第二版)內某些方面的詮釋提供指引及作出澄清。
2. 工程術語
 - 2.1. 在《斜坡岩土工程手冊》(以下簡稱《手冊》)中，使用「風險」一詞來表示“在發生崩塌時所造成的後果”，曾引起部分人士產生誤解。因此，「風險」一詞應以「後果」取代。這個修改符合慣用的國際工程術語。《手冊》的表5.2及表5.3的兩種斜坡崩塌的後果類別，應分別稱為「人命後果」及「經濟後果」。
 - 2.2. 描述性用詞「高風險」、「低風險」及「微風險」，原意是用來反映崩塌後果的相對嚴重程度，但也引致誤解。為避免可能出現混亂，三種「人命後果」類別將分別以類別1、2及3表示，取代原來的「高風險」、「低風險」及「微風險」。基於同樣理由，也採用新制度來表示不同的「經濟後果」類別。三種「經濟後果」類別將分別以類別A、B及C表示，取代「高風險」、「低風險」及「微風險」。
 - 2.3. 現在可使用一個結合標示，以說明一幅斜坡或擋土牆因崩塌而導致的「人命後果」及「經濟後果」。例如：類別為2A的斜坡或擋土牆是指它在新的三級劃分制度下屬於第二嚴重的人命後果及最嚴重的經濟後果的類別。
3. 人命後果類別
 - 3.1. 《手冊》表5.1及表5.4的推薦的斜坡安全系數下限與所評估的人命後果類別有關。由於工程術語的改變（見上文第2段），這些表將分別由本附錄的表1及表2取代。人命後果類別反映在發生斜坡崩塌時所造成人命損失的嚴重程度。《手冊》表5.2提供了各人命後果類別的一些典型範例。該表應由本附錄的表3取代。

- 3.2. 在決定斜坡的人命後果類別時，設計師應就個別個案運用其專業判斷評估斜坡“在發生崩塌時所造成人命損失的嚴重程度”，充分考慮可能受到威脅的建築物及設施的類型，以及在斜坡崩塌時，建築物及設施會怎樣受到影響。在評估建築物及設施受斜坡崩塌的影響時，應考慮以下因素，例如，可能產生崩塌的機制和規模、現場情況、建築物及設施與斜坡的接近程度，以及在發生崩塌時，建築物及設施的可能居住密度及使用頻密度、山泥傾瀉的泥石滑落距離、建築物及設施對泥石衝擊的抵抗能力，以及佔用人和使用者容易受到傷害的程度。
- 3.3. 表3的例1和例2是指建築物或設施位於山泥傾瀉泥石預期到達的距離之內的情況，因此人命損失的嚴重程度高，屬於人命後果類別的類別「1」。表內沒有列舉建築物或設施進一步遠離斜坡的情況。根據《手冊》對人命後果的定義，若建築物或設施是位於泥石預期到達的距離之外，以及在發生崩塌時所造成人命損失的嚴重程度較低，其人命後果類別的評級可降為類別「2」。若建築物或設施位於山泥傾瀉泥石可能到達的最遠距離之外，人命後果類別的評級可定為類別「3」。同樣的考慮可以應用在位於坡頂後面的建築物及設施，考慮它們的位置跟預期的和可能的最遠山泥傾瀉影響範圍的關係。
- 3.4. 以斜坡設計及穩定性評估為目的的人命後果分類中，有蓋巴士站或類似的有蓋公眾等候地方應視為使用中的建築物(表3的例1)。

4. 經濟後果類別

- 4.1. 《手冊》表5.3列舉了各類經濟後果的典型範例。該表應以本附錄表4取代。
- 4.2. 儘管表1就不同的經濟後果推薦了斜坡安全系數下限，但選擇與經濟損失相關的安全系數，則須由業權人根據設計師的意見作出決定。在向業權人提供意見時，設計師應首先決定經濟後果的嚴重程度，並應就在斜坡崩塌時所造成的潛在經濟後果與為達致更高安全系數所需增加的工程造價之間作出平衡。

5. 現存斜坡的安全系數

- 5.1. 只要已進行嚴謹的地質及岩土工程勘察（這應該包括徹底審查斜坡的維修歷史、地下水記錄、降雨量記錄及任何斜坡監測記錄），並對斜坡的地質、地下水及過往表現有充分認知，便可採用表2推薦的斜坡安全系數下限於牽涉到新造工程的現存斜坡的穩定性評估或改動設計。在此條件下，表2可用於對已知外加荷載改變的穩定性評估，以及修繕或預防工程的設計，包括斜坡削平、改善斜坡表面及地下排水設施，以及安裝支撐設施。
- 5.2. 按照《手冊》第5.2.2段所述，由於設計師有斜坡過往的表現及其他方面的資料，他可以有信心地對現存斜坡採用較低的安全系數，但對新造斜坡的設計，這些資料則不存在。這並不代表對現存斜坡的可接受安全標準低於對新造斜坡所推薦的安全標準。有關此一做法的論據，請參考附件摘錄的討論記錄（Malone, 1985）（見本附錄的附件1）。然而，經常會有特別的情況（例如缺乏足夠的地下水及降雨量記錄），令修繕及預防工程的設計師須採用為新造斜坡而訂定的標準。

6. 臨時工程的安全系數

- 6.1. 《手冊》第5.2.4段應由下列內容取代。
- 6.2. 臨時工程（即施工期間所作的工程，但並非永久工程的一部分）的設計所採用的安全系數應與永久性新造工程的系數相同（見表1），但需要充分注意臨時工程使用期內可能存在的情況。例如，在某些工程中，施工期間的人命後果類別可能是類別「2」或「3」，但建築物竣工及佔用後，其人命後果類別則會成為類別「1」。

7. 斜坡設計的可靠性

- 7.1. 《手冊》第5.3.6段討論斜坡設計的可靠性。在決定採用那一個安全系數下限時應對此予以考慮。

- 7.2. 不同的設計方案，例如明挖和有結構支撐的挖掘，在勘測、設計和施工等各相關因素均有不同程度的不確定性。因此，儘管評估的安全系數可能相同，但它們具有不同的可靠性指數，因此其安全水平亦有所不同。爲了能在可選擇方案之間作有意義的比較，可靠性指數較低的方案較可靠性指數較高的方案應採用較高的安全系數下限。

8. 新填土斜坡的壓實

- 8.1. 新填土斜坡的設計及施工分別受《手冊》第5.5.1及9.5段規管。應該指出，在某些特殊情況下，例如填土建成大面積而無需承托構築物的平台，對於平台內部的填土，有關壓實密度須達到最大乾密度95%的規定(土力工程處，1996b)，可以放寬至90%，其附帶條件爲平整水平以下最少1.5米垂直深度範圍內的填土，以及周邊的斜坡地帶最少3米垂直深度範圍內的填土，必須壓實至最大乾密度的95%。請注意，《手冊》圖9.1所示的做法，只是眾多可採用的方案之一。不論採用何種方案，提供充分的地下排水設施，以避免在低滲水性的周邊斜坡後面形成地下水壓增長是良好的工程作業方法。
- 8.2. 對用於堆填、擋土構築物背後以及其他小型平坦土地的填土來說，一般無須達到爲穩定斜坡所規定的壓實要求。因此，設計師可以基於其他準則來決定壓實的要求。

9. 現存填土斜坡的處理

- 9.1. 《手冊》第5.5.2段訂明對現存疏鬆填土斜坡的標準處理方法，即對垂直深度3米範圍內的表層填土進行重新壓實。但是，如屬下列情況，則無規定須採用這種處理方法：

(a) 填土斜坡的人命後果類別爲類別「3」。

(b) 填土斜坡被評定爲小型而不足以構成重大危險；或

(註：判斷填土斜坡的大小是否“小型而不足以構成重大危險”，取決於受影響設施的距離和類型、斜坡下面土地的地形、填土物料的液化可能性等。在確定個別填土斜坡尺寸是否屬於上述情況時，應運用專業判斷力。)

- (c) 填土斜坡覆蓋了有利穩定斜坡的完全長成的植物，以及可以採用其他合理的工程方法替代。

9.2. 有關《手冊》推薦的現存斜坡標準處理方法的背景，請參考《Report on the Slope Failures at Sau Mau Ping》(香港政府，1977)。

10. 被取代的章節／段落

10.1. 《手冊》的下列章節／段落已不再適用，由後期出版的刊物取代：

- (a) 第1章及第2.3.3段已由 Geological Survey Maps and Memoirs，以及 GEOGUIDE 3 (土力工程處，1988)取代。
- (b) 第2章(第2.3.3段除外)，第3.5段及第10.2段已由 GEOGUIDE 2 (土力工程處，1987)取代。
- (c) 第4.6段已由土力工程處刊物第1/93號(土力工程處，1993a)取代。
- (d) 第7章(第7.3.3段記載有關現存重力式擋土牆的修繕設計或預防工程部分除外)已由 Geoguide 1 (土力工程處，1993b)、土力工程處刊物第1/90號(土力工程處，1990)及土力工程處通告第6/96號(土力工程處，1996a)取代。
- (e) 第11章已由 GEOGUIDE 5(土力工程處，1998) 取代。
- (f) 工務科技術通告第6/94號描述的參照英國標準 BS1377:1975的第一階段試驗，已由土力工程處報告第36號(土力工程處，1996b)取代。
- (g) 《手冊》的“ The Hong Kong Bibliography” 是指 Bibliography on Geology and Geotechnical Engineering of Hong Kong (Brand, 1984)，已由土力工程處報告第50號(土力工程處，1996c)取代。

11. 相關文件目錄

- (a) 土力工程處(1984)。《斜坡岩土工程手冊》(第二版)。香港土力工程處，295頁。
- (b) 土力工程處(1987)。《Guide to Site Investigation (Geouide 2)》。香港土力工程處，359頁。
- (c) 土力工程處(1988)。《Guide to Rock and Soil Descriptions (Geoguide 3)》。香港土力工程處，186頁。

- (d) 土力工程處 (1990)。 Review of Design Methods for Excavations (土力工程處刊物第1/90號)。香港土力工程處，192頁。
- (e) 土力工程處 (1993a)。 Review of Granular and Geotextile Filters (土力工程處刊物第1/93號)。香港土力工程處，131頁。
- (f) 土力工程處 (1993b)。 Guide to Retaining Wall Design (Geoguide 1)(第二版)。香港土力工程處，258頁。
- (g) 土力工程處 (1995b)。 Recommendations Arising from the Review of the Risk-to-life Categorisation System of the GCO (1984)。香港土力工程處，GCC文件第295號。
- (h) 土力工程處 (1996a)。 Guidelines for Assessment of Old Masonry Retaining Walls in Detailed Studies and for Action to be Taken on Private Walls。香港土力工程處，土力工程處通告第6/96號。
- (i) 土力工程處 (1996b)。 Methods of Test for Soils in Hong Kong for Civil Engineering Purpose (Phase 1 Tests) (土力工程處報告第36號)。香港土力工程處，90頁。
- (j) 土力工程處 (1996c)。 Bibliography on the Geology and Geotechnical Engineering of Hong Kong to March 1996 (土力工程處報告第50號)。香港土力工程處，111頁
- (k) 土力工程處 (1997)。 Control of Compaction of New Fill Slopes。香港土力工程處，土力工程處技術通告第5號。
- (l) 土力工程處 (1998)。 斜坡維修指南(岩土指南第五冊)(第二版)。香港土力工程處，91頁。
- (m) 香港政府 (1977)。 Report on the Slope Failures at Sau Mau Ping, August 1976。香港政府印務局，104頁，連8圖。
- (n) Malone, A.W. (1985). Factor of Safety and Reliability of Design of Cuttings in Hong Kong (Oral Discussion). Proceedings of the Eleventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, vol.5, pp 2647。
- (o) 工務科 (1994)。 Soil Testing Standard (Phase 1 Tests)。工務科技術通告第6/94號。

表 1 - 在十年重現期的降雨量下，新造斜坡的推薦安全系數下限

經濟後果 \ 人命後果	類別 1	類別 2	類別 3
	類別 A	1.4	1.4
類別 B	1.4	1.2	1.2
類別 C	1.4	1.2	>1.0

註：(1) 屬於人命後果類別1的斜坡，除在十年重現期的降雨量下，最低安全系數須為1.4外，還要在預期的最惡劣地下水水位情況下，取得的至少為1.1安全系數。
(2) 載於本表的安全系數為推薦值的下限。在某些人命損失及經濟損失的特殊情況下，可採用更高的安全系數。

表 2 - 在十年重現期的降雨量下，現存斜坡穩定性評估，以及斜坡修繕或預防工程設計的推薦安全系數下限

人命後果	類別 1	類別 2	類別 3
在十年重現期的降雨量下，按人命損失所推薦的最低安全系數	1.2	1.1	>1.0
<p>註： (1) 表中的最低安全系數僅適用於已進行嚴謹地質及岩土研究、斜坡已屹立相當長時間，以及荷載條件、地下水文、改動後斜坡的基本坡形與現存的斜坡大致相若的情況；</p> <p>(2) 載於本表的安全系數為推薦值的下限。在某些人命損失及經濟損失的特殊情況下，可採用較高的安全系數；</p> <p>(3) 如在修繕或預防工程的設計中採用反演分析法，可以假定現存斜坡在最不利的已知荷載及地下水情況下具有1.0的安全系數下限；</p> <p>(4) 對於崩塌或有損壞迹象的斜坡，應特別查明崩塌或損壞的原因，並在修繕工程設計中加以處理。</p>			

表 3 - 人命後果類別的典型斜坡崩塌範例

範例	人命後果 ⁺		
	類別 1*	類別 2*	類別 3*
(1)崩塌影響使用中的建築物（例如住宅、學校、商廈或工業大廈、有蓋巴士站 ^{×#} 、鐵路月台）	✓		
(2)崩塌影響貯存危險品的建築物	✓		
(3)崩塌影響經常使用的露天場地及遊樂設施（例如露天活動區、遊樂場、停車場）		✓	
(4)崩塌影響高流量的汽車道路或行人道		✓	
(5)崩塌影響公眾等候地方（例如巴士站 [#] 、油站）		✓	
(6)崩塌影響郊野公園及不常用的露天遊樂場			✓
(7)崩塌影響低交通流量的道路			✓
(8)崩塌影響倉庫（非危險品）			✓

× 1995年新增的項目，用以闡明後果類別的目的。

+ 1996年3月前，「人命後果」稱為「人命風險」。

* 1996年3月前，「類別1」、「類別2」及「類別3」分別稱為「高風險」、「低風險」及「微風險」。

在本表內，「有蓋巴士站」是指具有遮蔽上蓋的巴士站，候車人士可免受日曬雨淋，而「巴士站」是指沒有此類遮蔽上蓋的巴士站。

表 4 - 典型斜坡崩塌範例的經濟後果類別

範例	經濟後果 ⁺		
	類別 A*	類別 B*	類別 C*
(1) 崩塌對建築物造成嚴重的結構性破壞	✓		
(2) 崩塌對必需服務 [#] 可能造成長時間的損失	✓		
(3) 崩塌影響城市、鄉間主要車道或幹線道路	✓		
(4) 崩塌對必需服務 [#] 可能造成短暫的損失		✓	
(5) 崩塌影響並非唯一通路的甲級郊區公路或主要幹路		✓	
(6) 崩塌影響露天停車場			✓
(7) 崩塌影響並非唯一通路的乙級郊區公路、郊區支路、區域幹道或地區幹路			✓
(8) 崩塌影響郊野公園			✓

+ 1996年3月前，「經濟後果」稱為「經濟風險」。

* 1996年3月前，「類別 A」、「類別 B」及「類別 C」分別稱為「高風險」、「低風險」及「微風險」。

必需服務是指為整個地區提供的服務，而沒有或只有很有有限的替代服務，例如集體運輸設施及管道幹線。

附件 1

香港削土斜坡設計的安全系數和可靠性 (口頭討論)，MALONE (1985)

本稿件是關於香港風化岩石斜坡上的削土斜坡設計計算中使用的穩定性安全系數。

大多數削土斜坡的山泥傾瀉發生在暴雨期間，因此穩定性計算中假定的地下水情況要對應極端的降雨情況。在假定較罕見的降雨情況下，可使用較低的安全系數。安全系數還要與崩塌後果聯繫，下面是《斜坡岩土工程手冊》規定的十年重現期降雨量的最低數值(土力工程處，1984)：

- 1.4 高人命風險
- 1.2 低人命風險
- >1.0 微人命風險

一般認為，選擇 1.4 是因為這個數值經常用於大型土壩的斜坡。

《斜坡岩土工程手冊》還建議穩定性計算的模型以及輸入參數的量度方法。然而，這些並不是完整的規格所足以保證所有具有相同計算安全系數的工程都具有同樣的安全標準。另一個方法是，用崩塌概率來表達安全標準。崩塌概率原則上可以通過將參數作為隨機變數來進行計算。當考慮在香港的情況下利用概率方法進行削土斜坡設計，有需要分析以下 3 個設計計算中的主要不確定因素：假定滑動面的選擇、地下水情況及抗剪強度。

假定滑動面的選擇

在潮濕的亞熱帶氣候情況下，鄰近斜坡表面的火成岩體可被風化，從而變成未受風化的芯岩與不同風化程度的基質材料。將如此複雜的地質狀況簡化為二維分層模型，用模型中的一個面來代表傾斜的岩石面，這種做法的後果經常是將假定滑動面放在不切實際的位置。

地下水情況的選擇

在沒有暴風雨期間觀測到的測壓管水位情況下，設計暴雨相應的地下水面，通常被模擬成在假想傾斜岩石面表面或者定為旱季地下水位高度（如果這個高度更高）以上的一個固定高度。

事實上，水文地質系統更加複雜，更好的模型是兩層或以上的相互影響的傾斜含水層(土力工程處，1982)。局部地質情況的影響，例如陡峭斜坡的天然管道的水流，或岩脈的局部阻塞，

可以是十分重要的；而因供水設施的局部滲漏對陡峭傾斜市區範圍的影響，也同樣重要。因此，設計數據應由擬建削土斜坡地盤的含水層所量度到的季節性及暴雨期間的孔隙水位變化推斷而成。

抗剪強度參數的選擇

岩體抗剪強度取決於芯石的布局，但設計上習慣依賴實驗所量度的母岩抗剪強度。風化花崗岩的抗剪強度隨風化程度而變化的情況尤其明顯，所以應予以量化，但很少有人這樣做。固結不排水壓縮試驗連同孔隙水壓力量度是傳統的試驗，但這個試驗不能模擬當崩塌即將發生時相鄰滑動面土壤單元的應力路徑。

現存斜坡及更可靠的設計

在現存斜坡的分析方面，香港所用的方法最為被詳盡審查。這是因為預防工程十分昂貴而且非常不方便。對現存斜坡採用較低的安全系數而同時保持着同樣充分低的崩塌概率已成為廣泛共識。這一點可以藉着提高可靠性所需的成本為代價來實現，正如 Lambe 在 *First Terzaghi Oration* (Lambe, 1985 圖 21) 中介紹的歷史個案中所描述的那樣。最近香港開始對經歷過極端暴雨及在計算模型中有較可靠參數數值的現存削土斜坡，採用較低安全系數。這樣，對現存斜坡的穩定性評估，可以在設計原型上進行季節性及暴雨期間孔隙水位反應的測量，並觀察暴雨的滲流及溢流。實際地質情況可從檢查坑道確定。可以審查相鄰構築物的基礎，輸入的幾何狀況可以通過地形測量獲得，而土壤密度可在現場量度。

基於這些更可靠數據的設計計算，對於高人命風險的路塹，《斜坡岩土工程手冊》規定的最低安全系數為 1.2。

參考資料

土力工程處(1982)。 Mid-levels Study: Report on Geology, Hydrology and Soil Properties。香港土力工程處，265頁(英文版)，另54幅圖。

土力工程處(1984)。 《斜坡岩土工程手冊》(第二版)。香港土力工程處，295頁。

Lambe, T.W. (1985). The First Terzaghi Oration: Amuay landslides. Proceedings of the 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, Golden Jubilee Volume, pp 137-158.

(1999年6月)