



香港的天然山坡 山泥傾瀉 災害



土木工程拓展署
土力工程處



© 香港特別行政區政府

2016年3月出版

編撰單位：

土木工程拓展署
土力工程處
香港九龍何文田公主道101號
土木工程拓展署大樓

由陳李張廣告有限公司設計

序言

近年，極端氣候為世界各地帶來了很多災難，其中包括了破壞力強的山泥傾瀉災害，引致重大傷亡和經濟損失。

香港約有60%的土地面積為天然山坡，因此在極端氣候影響下，山泥傾瀉的風險更是實在和嚴重。2008年6月7日一場破記錄的特大暴雨軍在大嶼山便引發了超過2,400宗天然山坡山泥傾瀉，這突顯了城市發展接近天然山坡的隱憂。該場大暴雨造成死亡事故並在西大嶼山造成大混亂。若果這場暴雨發生在人煙稠密的市區，後果將不堪設想。

土木工程拓展署轄下的土力工程處於2010年完成了「防止山泥傾瀉計劃」，成功地將人造斜坡的山泥傾瀉風險由1977年土力工程處成立時的水平大幅降低七成半。後續展開的「長遠防治山泥傾瀉計劃」有系統地處理人造斜坡，同時緩減天然山坡山泥傾瀉風險，目標是把香港山泥傾瀉的風險長遠控制在合理可行的低水平。

即使政府在保障斜坡安全上不遺餘力，但在香港的特有氣候、山多、人煙稠密和城市不斷擴展的因素下，當極端暴雨降臨時，便可能會出現嚴重山泥傾瀉，引致多宗傷亡事故和其他嚴重後果。因此，政府和市民大眾須齊心協力，加強社區對山泥傾瀉的抗災能力，以減低人命傷亡和財物損失。希望本刊物能引發大眾對天然山坡山泥傾瀉災害的警覺性；以及提醒市民要時刻保持警覺和作出準備。

我在此感謝編製本刊物的吳國材博士、何凱欣女士以及譚鎮江先生、呂樂心女士及曹婉雯女士。



土木工程拓展署
土力工程處處長
汪學寧



2016年3月

以「六何法」解說天然山坡山泥傾瀉：

何因

為甚麼香港會有天然山坡山泥傾瀉？



P.4

何事

我們的天然山坡發生了甚麼事？



P.8

何地

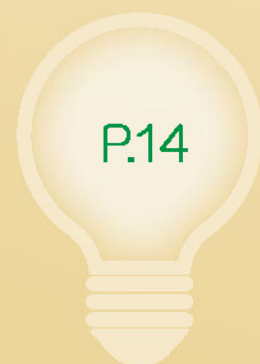
天然山坡山泥傾瀉在哪裏發生？



P.10

何時

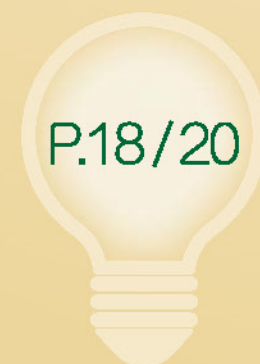
天然山坡山泥傾瀉會於何時發生？



P.14

如何

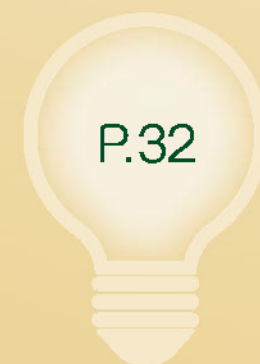
如何評估/
處理天然山坡山泥傾瀉災害？



P.18/20

何人

誰應行動？



P.32

何因

為甚麼香港會有天然山坡山泥傾瀉？

何因



航空照片由地政總署提供
© 香港特別行政區政府
參考編號 G26/2014

港島中區沿海一帶

香港約有三分之二的土地為天然山坡。

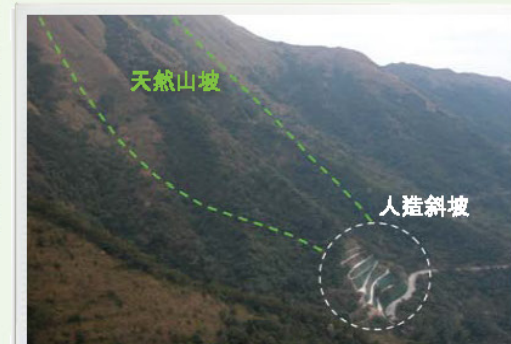
在香港，天然山坡是指未因人類活動而明顯改變其天然狀態的山坡。至於那些因人類開山或填土而形成的斜坡(包括削坡、填土坡和擋土牆)則統稱為人造斜坡。有一定規模的人造斜坡均被收錄在土木工程拓展署轄下土力工程處所編製的《斜坡記錄冊》內。此記錄冊現存約60,000個已登記的人造斜坡。



北大嶼山的天然山坡山泥傾瀉

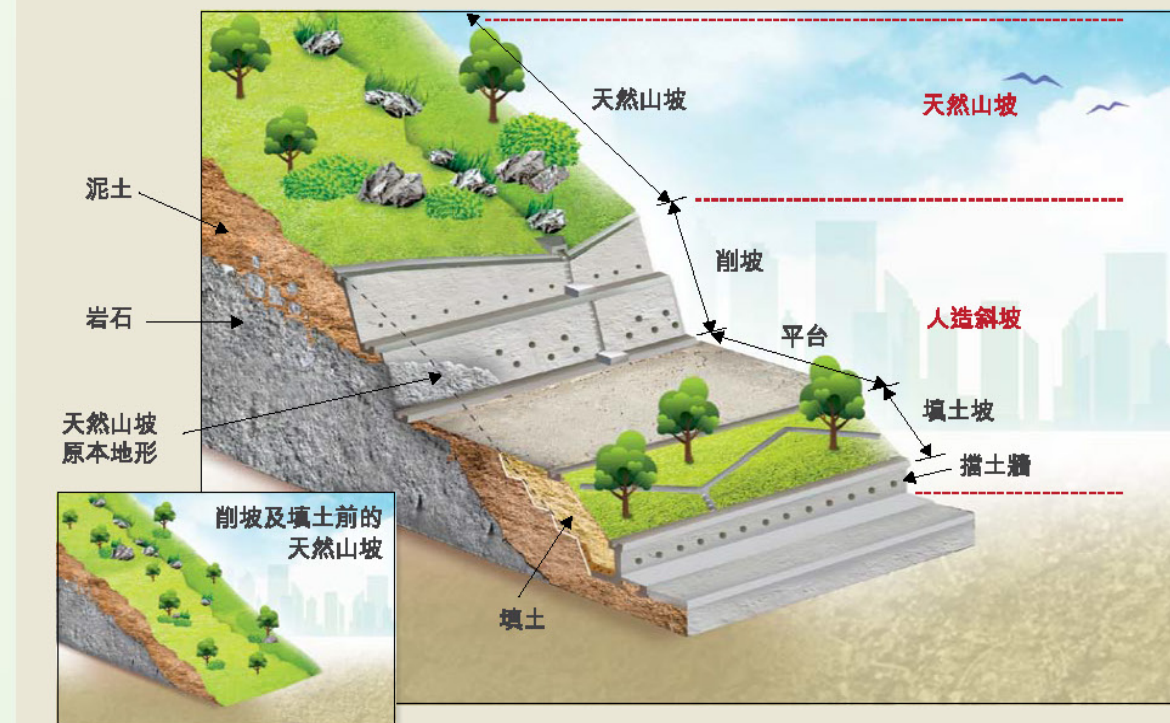
市民大眾一向以為香港是個石屎森林，但其實香港的土地總面積中，超過六成是天然山坡。換言之，有相當部分的已發展地區及人口，位於陡峭的山坡之上或附近。

隨著對房屋和其他基建的需求增加，市區邊緣逐漸推至更陡峭的天然山坡。天然山坡山泥傾瀉是一種自然現象，若這些山坡發生山泥傾瀉，便會對市區發展構成危險。這促使政府對山泥傾瀉災害進行研究，以制定措施減減風險。



人造斜坡及天然山坡的關係

人造斜坡及天然山坡



天然山坡山泥傾瀉的危機近在咫尺，近年香港及鄰近地區不乏山泥傾瀉的例子。

近年香港的天然山坡山泥傾瀉例子



2008年6月7日暴雨在大嶼山引發的天然山坡山泥傾瀉



1997年7月2日在沙田大學站附近的天然山坡山泥傾瀉影響到火車路軌

近年鄰近地方的天然山坡山泥傾瀉例子

日期	地點	事件
2013年10月	日本伊豆大島	颱風韋帕掠過日本東部時，給該區帶來特大暴雨。在伊豆大島引發大規模山泥傾瀉，最少31人死亡，另有13人失蹤。
2013年9月	菲律賓	特大季風雨在菲律賓西北部的山中村落引發山泥傾瀉導致20人死亡。
2011年7月	南韓首爾	南韓首爾發生暴雨，它在3天內帶來約500毫米降雨量，引致廣泛地區泛濫和山泥傾瀉。據報死亡人數超過30人，經濟損失達16億港元。
2010年8月	中國大陸甘肅	在甘肅舟曲縣，暴雨引發山泥及洪水淹城，造成1765人死亡/失蹤。
2009年8月	台灣小林村	颱風莫拉克登陸台灣帶來了破紀錄暴雨。在高雄縣南部小林村，整條村被山泥掩沒，有439人死亡。



滂沱大雨引發的山泥及洪水淹沒了甘肅舟曲縣城 - 相片來自法新社



高雄縣整條小林村被淹沒在山泥下 - 相片由台灣行政院農業委員會水土保持局提供

何事 我們的天然山坡發生了甚麼事？



2008年位於石壁水塘上的其中一個山泥傾瀉的斜角航空照片

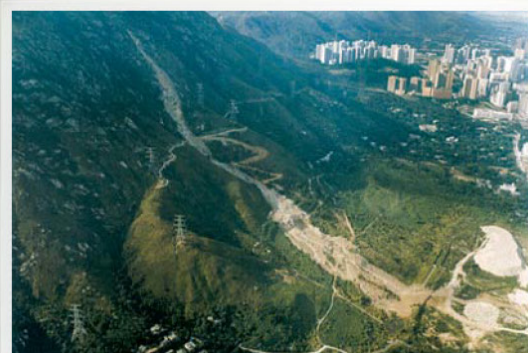
相片攝於在左側相片的A點 (由相中箭咀所示的一群人可得知山泥傾瀉的規模)

你知道香港每年發生多少宗天然山坡山泥傾瀉嗎？我們從航空照片中識別出香港每年平均發生在天然山坡的山泥傾瀉約有300宗！

天然山坡山泥傾瀉
每年平均發生
約300宗；而每隔
10至15年，則會
廣泛地發生。

很多人會低估了天然山坡山泥傾瀉的數目，因為大多數均發生於遠離市區的天然山坡之上。土力工程處於1982至2013年期間接獲的天然山坡山泥傾瀉報告約1,500宗，大多數影響休憩用地、低流量道路、行人路及其他不太重要的設施。市民大眾察覺到的，多是這些發生在已發展地區附近的山泥傾瀉。事實上從航空照片中，可識別出在1982至2013年期間共有13,700宗天然山坡山泥傾瀉。

香港常見的天然山坡山泥傾瀉大部分是中小型的，崩塌體積亦只有數百立方米左右，即約四分一個2,500立方米奧運標準泳池的容量。大型山泥傾瀉通常是由不利的地質因素所引起；或是由泥石滑動時沿途刮起或挾帶河床和河堤的鬆散沉積物而增加了泥石流原本不大的體積(如2008年數個發生在石壁水塘的山泥傾瀉及1990年青山泥石流)。雖然大型山泥傾瀉比較罕見，但一旦發生並靠近市區，後果會十分嚴重。



1990年青山泥石流



1982年暴雨過後在添井新村附近發生廣泛的天然山坡山泥傾瀉

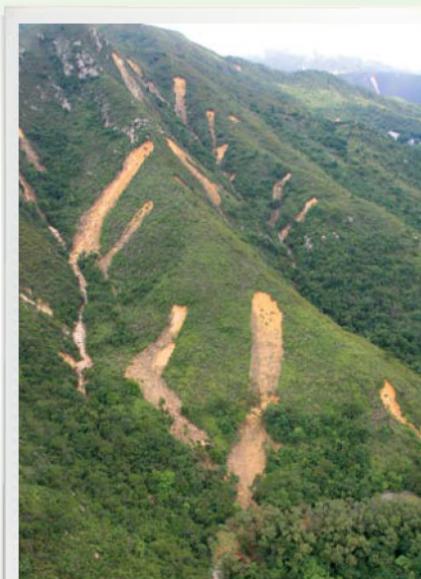
那麼，是甚麼引發天然山坡山泥傾瀉呢？香港的天然山坡山泥傾瀉多是由暴雨所引發。於廣泛地區發生的山泥傾瀉，則會集中於特大持續的暴雨。當在「24小時平均化雨量」*超過20%的暴雨情況下，天然山坡山泥傾瀉便會廣泛地發生。根據香港過往50年來的記錄，全港廣泛地發生天然山坡山泥傾瀉的情況，往往大約每隔10至15年便會出現一次，概括如下：

*「24小時平均化雨量」的定義為24小時最高滾存降雨量除以當區的平均年雨量。
例如降於香港島的其中一場暴雨：
24小時最高滾存降雨量 = 400毫米
香港島的平均年雨量 = 2000毫米
24小時平均化雨量 = 20%

- 1966年6月 - 香港島受暴雨影響 (24小時平均化雨量為10%-25%)，約150宗天然山坡山泥傾瀉發生於港島45平方公里的天然山坡範圍內。
- 1982年5及8月 - 香港兩度受暴雨侵襲 (24小時平均化雨量為5%-25%)，引發約1,800宗天然山坡山泥傾瀉，導致9人喪生。
- 1993年11月 - 大嶼山在嚴重暴雨過後 (24小時平均化雨量為10%-35%)，發生約840宗天然山坡山泥傾瀉。幸好當時大嶼山大部分地區均未經發展，因此並未造成嚴重後果，只有若干道路及引水道被堵塞。
- 2008年6月 - 2008年6月7日，一場數十年罕見的嚴重暴雨襲港，令港人印象猶深。大嶼山西部雨勢最大 (24小時平均化雨量為20%-30%)，單在大嶼山便發生超過2,400宗天然山坡山泥傾瀉。數條通往偏遠村落的唯一道路受山泥堵塞，超過25間房屋需要疏散。前往機場的公路亦被封閉了16小時。若此暴雨落在人口稠密的地區，後果更堪虞。



1993年大雨在大嶼山引發的天然山坡殘層崩塌



2008年6月暴雨於西大嶼山引發的一連串山泥傾瀉

何地 天然山坡山泥傾瀉 在哪裏發生？

航空照片解讀是了解天然山坡山泥傾瀉分布和特質的最佳方法，並有助評估崩場的災害。土力工程處於1995年起開始使用從2,400米以上飛行高度所拍攝的航空照片來編製一份《天然山坡山泥傾瀉目錄》。

目前的目錄—《天然山坡山泥傾瀉增訂目錄》的山泥傾瀉資料是從過往高飛和低飛所拍攝的航空照片中整合出來的，當中更使用了早於1924年拍攝的照片。此目錄以地理資訊系統數據格式記錄山泥傾瀉資料。截至2013年，目錄內收錄了約20,000個近年(即崩場年份可由航空照片鑑定)及約90,000個舊期(即崩場發生早於現有最早期的航空照片)的山泥傾瀉地點及屬性。此目錄約每三年更新一次。

此目錄是其中一個在城市規模下編集得最為全面的天然山坡山泥傾瀉資料庫。它提供了用以評估本港天然山坡山泥傾瀉的分布、特性及災害的重要資料。

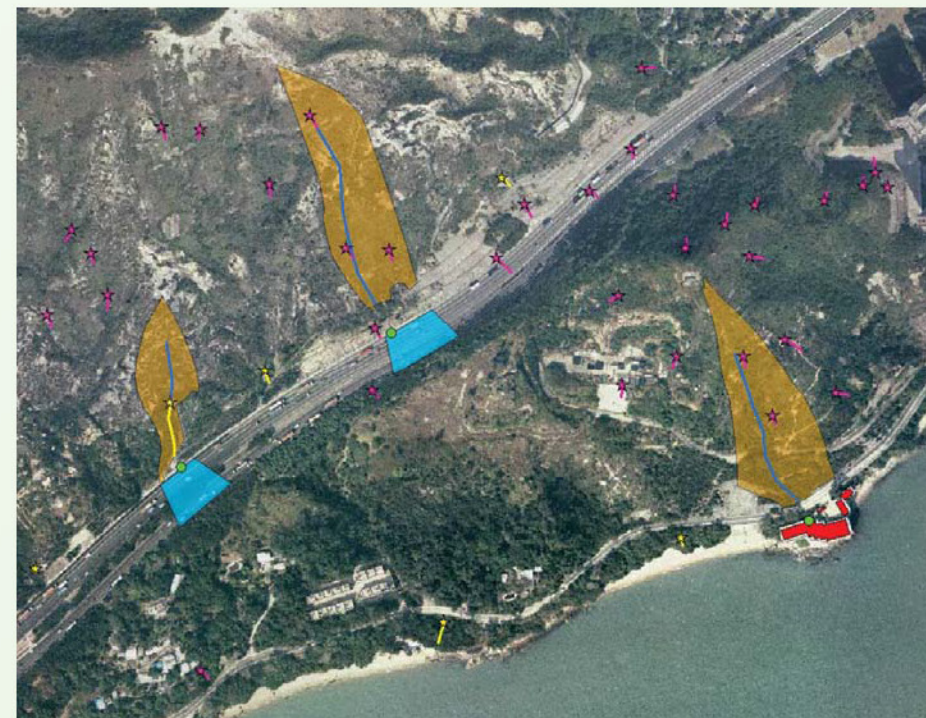
土力工程處編製了一份天然山坡山泥傾瀉目錄及一份曾發生過山泥傾瀉的天然山坡目錄。



約20,000個近年天然山坡山泥傾瀉 (紅色標記)



約90,000個舊期天然山坡山泥傾瀉 (綠色標記)



歷史性山泥傾瀉天然山坡的例子

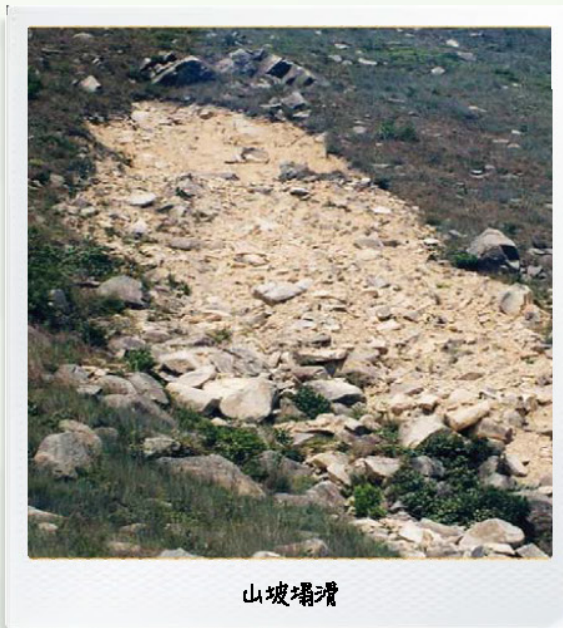
「有潛在危險」的天然山坡是指那些會對現有發展構成山泥傾瀉風險的天然山坡。歷史性山泥傾瀉天然山坡是其中一種有潛在危險的天然山坡，它是以前述《天然山坡山泥傾瀉增訂目錄》為基礎，以識別出曾發生山泥傾瀉並接近現有建築物和交通要道的天然山坡。歷史性山泥傾瀉天然山坡對整體的山泥傾瀉風險而言佔有顯著的比重，因此土力工程處現正優先處理該類山坡。

截至2013年，歷史性山泥傾瀉天然山坡目錄內收錄了約2,800幅歷史性山泥傾瀉天然山坡。此目錄的資料會跟隨天然山坡山泥傾瀉增訂目錄的更新而作出修改。

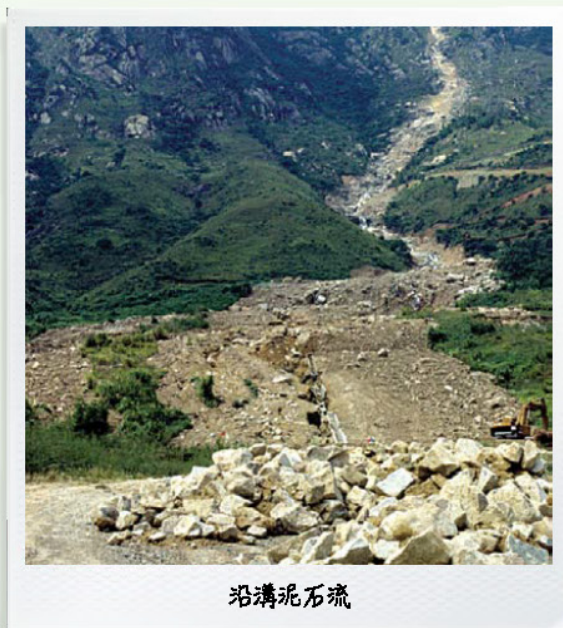
注意！山泥傾瀉亦會發生在不曾發生過山泥傾瀉的天然山坡。

在不同環境下發生的不同類型天然山坡山泥傾瀉

- 在一個比較平直的山坡上，山坡塌滑時，泥石會以完整的一塊滑動，或可能因移動而崩裂解體為碎石。前者可被細分為泥石滑移，而後者為泥石崩瀉。
- 當山泥傾瀉發生在有山澗的山坡時，泥石會進入山澗成為沿溝泥石流。泥石會沿山澗路線流下。當泥石沿著山澗流下時會混入地表水。沿溝泥石流通常比山坡塌滑更具破壞力，因為泥石流的流動性較高，所以較容易流到更遠的已發展地區。
- 在地形有明顯凹陷位的山坡(即比周邊土地低陷的地方)，但沒有指定的流動路徑，山泥傾瀉通常以混合山坡塌滑及泥石流的形式出現。
- 當泥石流進入溪流混合了越來越多水分並主要以洪流方式前進，泥石流便會發展為泥石洪流。泥石洪流流動性非常高。
- 當有鬆脫的孤石/石塊在岩石壁上，孤石下墜或岩崩便可能發生，即孤石/石塊自由下墜、滑動、蹦跳或滾動。



山坡塌滑



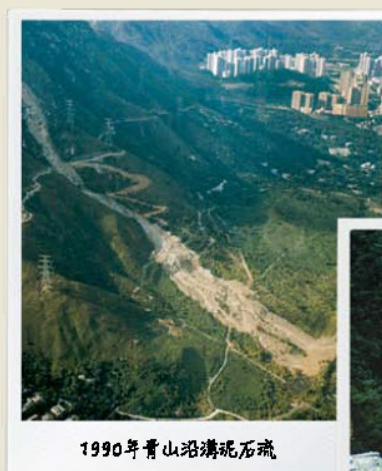
沿溝泥石流



泥石洪流

部分比較矚目的天然山坡山泥傾瀉

年份	地點	山泥傾瀉類型	山泥傾瀉涉及的泥石體積(立方米)	後果
1990	青山	沿溝泥石流	20,000	並未造成嚴重後果。發生山泥傾瀉的山坡下方地段用途，因此由住宅用地改為高爾夫球練習場。
1995	深灣道	山坡塌滑 (部分由人為因素引發)	26,000	沿岸三間船廠和一間工廠受嚴重破壞。兩人死亡，五人受傷。
1999	深井新村	沿溝泥石流	600	數間家屋被夷平。一人死亡，13人受傷。
2001	梨貝街	沿溝泥石流	780	兩間家屋被夷平。梨貝街須封閉三天。
2008	嶼東路	沿溝泥石流	3,500	嶼東路兩條西行線須封閉超過兩個月。
2008	北大嶼山公路	泥石洪流	780	北大嶼山公路有200米路段嚴重水浸，其西行線，即往香港國際機場的唯一行車路，一度封閉約16小時。



1990年青山沿溝泥石流



1999年深井新村沿溝泥石流



1995年深灣道山泥傾瀉



2008年嶼東路沿溝泥石流

何時 天然山坡山泥傾瀉會於何時發生？

何時



氣候變化、極端降雨情況和市區擴展至陡峭的山坡等因素，增加了香港天然山坡山泥傾瀉的風險。

烏雲覆蓋維港上空

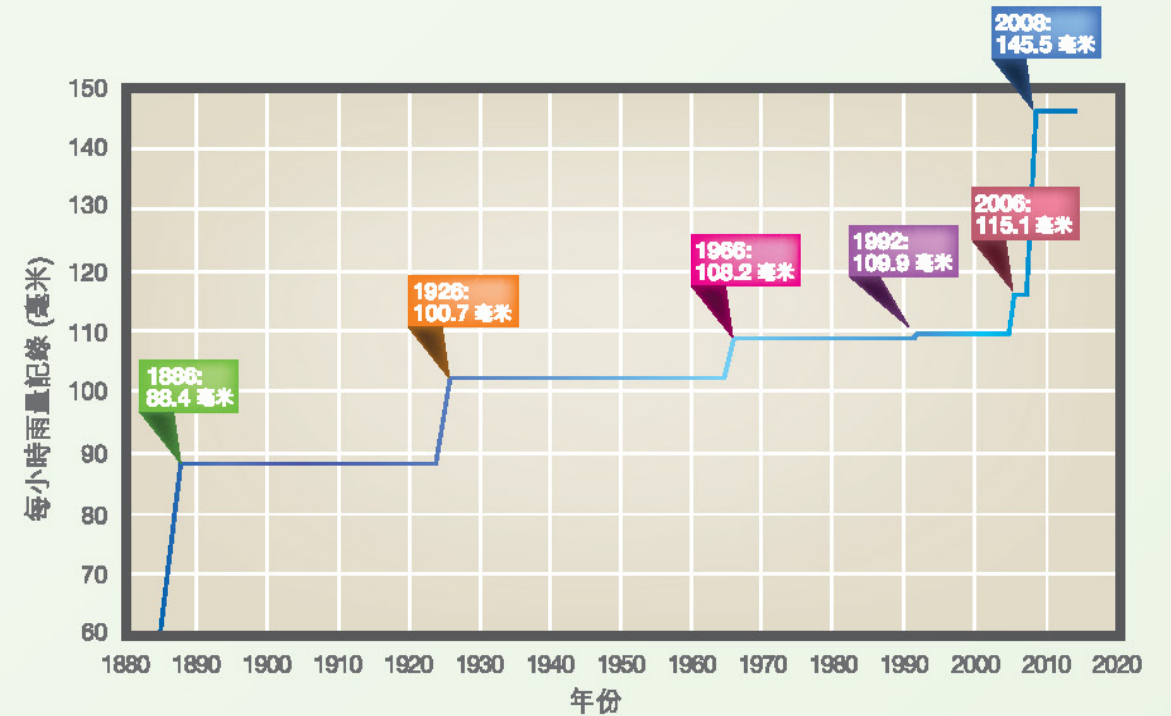
本港大部分的山泥傾瀉均是由雨水引發的。根據香港以往的經驗，當一個相當大範圍的天然山坡內的24小時平均化雨量大於20%時，天然山坡山泥傾瀉往往便會廣泛地發生。

在相對地小的範圍或雨量強度較小時，個別的天然山坡山泥傾瀉仍可能發生。1990年的青山泥石流就是一個例子，這次中度大雨(24小時平均化雨量少於10%)引發了該宗大型天然山坡山泥傾瀉。

氣候變化是人類現時面對的一項重大挑戰。聯合國政府間氣候變化專門委員會在2013年發表的第五份評估報告中指出，自20世紀中期以來所觀察到的全球暖化，極有可能是由於人類活動造成大氣中溫室氣體濃度上升所導致的。

全球暖化可令大氣的含水量增加。高含水量的大氣會為製造大暴雨提供有利的條件，亦增加了廣泛地發生天然山坡山泥傾瀉的機會。

2008年6月7日香港經歷了一場歷史性的大暴雨，錄得破記錄的每小時145.5毫米雨量，較1886年記錄的88.4毫米多出近一倍。



香港天文台每小時雨量記錄

極端多雨年份和極端少雨年份數目的未來預測

	1885-2005年實況觀測	2006-2100年未來推算
極端多雨的年份 (年雨量多於3,168毫米)	3	12
極端少雨的年份 (年雨量少於1,289毫米)	2	2

註：資料來自香港天文台

香港天文台近期的一項研究顯示，暴雨(每小時雨量相等於或大於100毫米)發生的頻率相等於100年前的兩倍。換言之，極端降雨的強度和頻率都很可能會增加。



寶雲道附近的天然山坡，突顯了稠密的發展與天然山坡的密切關係



2008年6月大嶼山大澳新村上方的天然山坡山泥傾瀉



2008年6月香港大學上方的天然山坡山泥傾瀉

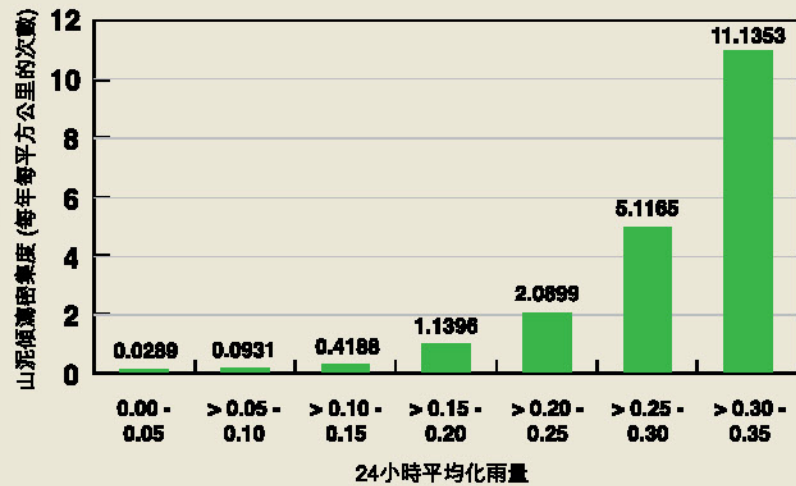


2008年6月大嶼山菴山道上方的天然山坡山泥傾瀉

市區發展不斷擴展，越來越接近陡峭的天然山坡，加上氣候變化引發極端天氣的頻率增加，我們應對天然山坡山泥傾瀉的風險保持警覺。2008年6月7日的嚴重暴雨在大嶼山引發了2,400餘宗天然山坡山泥傾瀉。假若這次持續暴雨發生在人口稠密的已發展地區，極有可能會引致多人傷亡的嚴重後果。

如何 如何評估天然山坡山泥傾瀉災害？

香港雖然使用最先進的知識、風險管理策略和技術，但對於預測山泥傾瀉仍存有多種局限。



雨量與天然山坡山泥傾瀉密集度相互關係

雨量與天然山坡山泥傾瀉密集度相互關係

評估天然山坡山泥傾瀉災害時，必須了解降雨如何影響山坡的穩定性和山泥傾瀉中泥石的滑動性。香港的《天然山坡山泥傾瀉增訂目錄》和自1985年的詳細降雨記錄，為土力工程處設立降雨與天然山坡山泥傾瀉相互關係提供了不可或缺的數據。如上圖所示，天然山坡山泥傾瀉的次數隨降雨強度以幾何倍數增加。

敏感度模型

土力工程處自九十年代已開始發展通用敏感度模型，用以評估發生山泥傾瀉的可能性。研究指出，火山岩地區較花崗岩地區容易發生山泥傾瀉，尤其以斜度在30°至40°之間的山坡更甚。此類模型，再配合歷史性天然山坡山泥傾瀉記錄及其他相關資料，可用以評估天然山坡山泥傾瀉的敏感度。

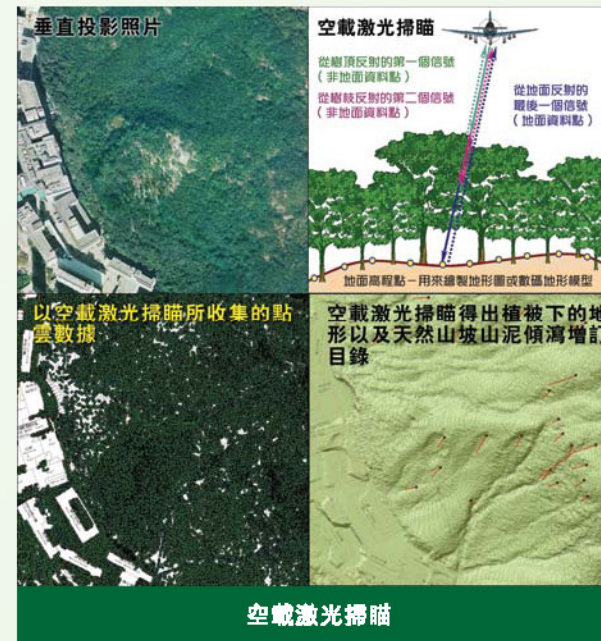
局限

即使有專業團隊將最先進的知識實踐，基於種種技術本身的局限性和不確定因素(如地質條件、雨量和地下水等)，要準確地預測天然山坡山泥傾瀉的數量、時間、位置及大小等仍然是極之困難，尤其當牽涉到與極端降雨事件相關的推算。

天然山坡災害研究

天然山坡災害研究的目的是要找出影響某特定地點的天然山坡災害，並提出所需的緩減策略。天然山坡災害研究通常包括資料搜集 / 案頭研究、實地考察、土地勘探、地形分類、制訂災害分布圖和設定需要緩減的災害的規模(詳見土力工程處報告第138號)。

現存最先進的技術已被應用到天然山坡災害研究上，例如：

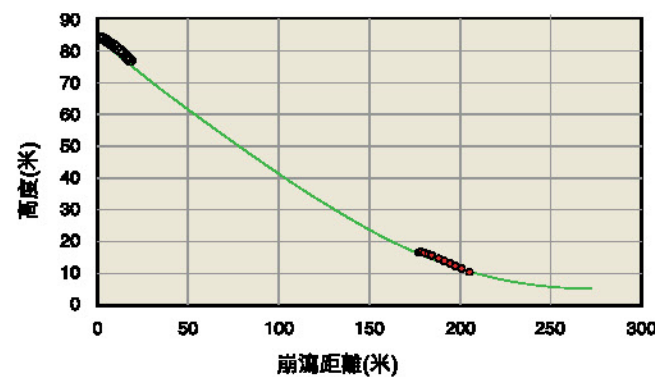


航空照片解讀及空載激光掃瞄*

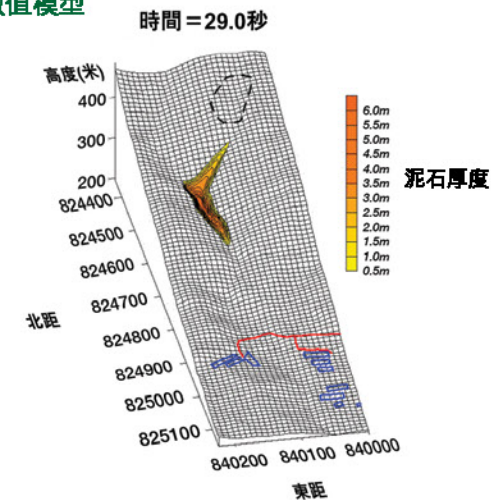
特定地點評估有助識別山坡在山泥傾瀉前出現的狀況，如裂縫。雖然詳細解讀航空照片可有效地辨認出這些跡象，但往往容易被生長茂盛的植被阻擋。土力工程處在應用遙感技術方面已有顯著的進展，例如能以空載激光掃瞄來透視植被下的高清地形，並製作出數碼地形模型，從而更精確地研究山泥傾瀉的形態及其他微細的地貌特徵。

*空載激光掃瞄是一種遙感技術，利用航機發射「激光束」，再用所收集的「返回信號」以計算出距離及得出物體標高。由圖中可見，激光束可透視植被，由地面反射的返回信號可製作出運用傳統的測繪方法無法可得的高清地形。

二維數值模型



三維數值模型



崩瀉距離 數值模型

崩瀉距離模型

憑著以往所收集的山泥傾瀉資料，可得出可能受災的區域。二維及三維的數值模型技術已普及地應用於評估泥石分布情況、厚度以及速度。

如何 如何處理天然山坡山泥傾瀉災害？

典型處理天然山坡山泥傾瀉災害的方法包括迴避風險、進行緩減工程和鞏固工程。

迴避風險

迴避風險是最佳預防天然山坡山泥傾瀉災害的方法。只需要避開在陡峭山坡下興建新發展項目或在發展項目和山坡之間給予適當的緩衝區。

政府的政策是在新建及現有發展項目兩個關鍵範疇內，把風險保持在「合理可行的低限度」*水平。緩減工程可有效地減低山泥傾瀉的後果，但未必足以應付罕見的大規模山泥傾瀉。

例如在本港，當個別擬建的小型屋宇發展是在相當大而陡峭的天然山坡的下方時，若需要進行天然山坡災害研究及緩減措施，或會令該項小型發展因不符合經濟效益而變得不可行。一般在這種情況下來說，應考慮另覓其他地方。

此外，採取其他風險緩減措施，例如更改設計布局、設置緩衝區和提供簡單排水方案等，都可令山泥傾瀉風險及其緩減工程費用大幅度地減低。

*「合理可行的低限度」是一個風險管理的概念。土木工程處在本港山泥傾瀉風險管理方面，運用了先進的量化風險評估方法，並以合理可行的方法將山泥傾瀉風險盡量減低，使斜坡達到一個切實可行的高度安全水平。

個案：屯門第19區

1990年的青山泥石流，從源頭開始時的泥石滑移體積約350立方米。在經過顯著沖刷和沿途挾帶輸送鬆散的坡積物的山澗後，泥石流在山腳停下時，所涉及的體積已增至20,000立方米(相等於約八個奧運標準游泳池大小)和長達一公里伸展距離。這宗泥石流發生後，原定在青山山腳興建的住宅項目被改為興建高爾夫球練習場，以盡量減低風險。在2000年，另一個體積約1,600立方米的泥石流在相鄰的山澗發生，並引致泥石湧至高爾夫球練習場內。這正好說明了在控制山泥傾瀉風險範疇，適當的土地用途和發展規劃的重要性。



1990年發生大規模泥石流

建議住宅發展用地

行人天橋

新屯門中心



山腳鐵道

高爾夫球練習場



行人天橋

新屯門中心

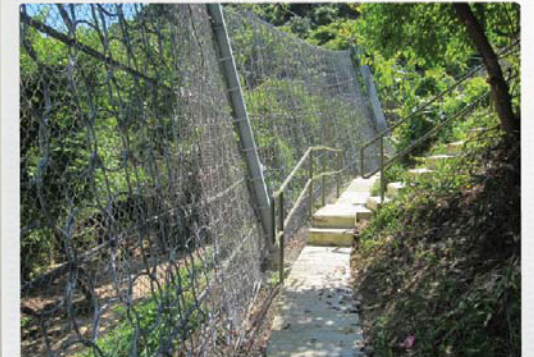
緩減工程

運用大規模的斜坡鞏固工程以防止在大面積的天然山坡上發生山泥傾瀉，往往是不實際、昂貴又不環保；因此緩減措施是相對的較佳選擇。香港經常使用的緩減措施分別為剛性或柔性泥石防護屏障。剛性屏障的設計方法是採用已預計的泥石撞擊力，而柔性屏障則是用半實證方法，以釐定不同抵受能量等級的。在某些情況下，可加建抵擋柱於防護屏障對上的山坡以卸減衝力。

緩減工程例子



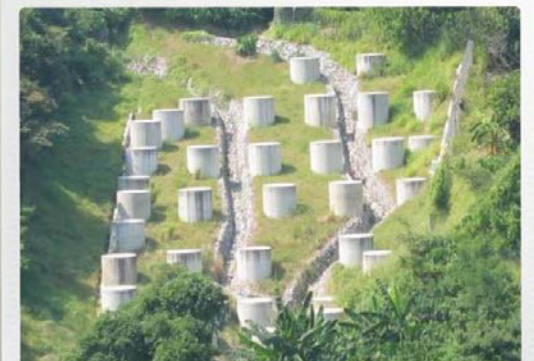
以石籠網建造的剛性屏障



柔性屏障



以鋼筋混凝土建造的剛性屏障



混凝土抵擋柱



北大嶼山的剛性屏障



西大嶼山剛性屏障

在不同地形和環境下分別選用剛性或柔性屏障：

- 剛性屏障有較大的容量和攔截泥石流的能力，但相對地對環境造成較大影響。適合用於山洞以緩減泥石流災害。
- 柔性屏障的容量較小，但亦相對地對環境造成較小影響。適合用於攔截孤石下墜、山坡塌滑及小型泥石流；或於某些因受環境限制而不能興建較大結構物的地方。



寶雲道附近的柔性屏障



沙田醫院後面的柔性屏障

海外緩減措施例子

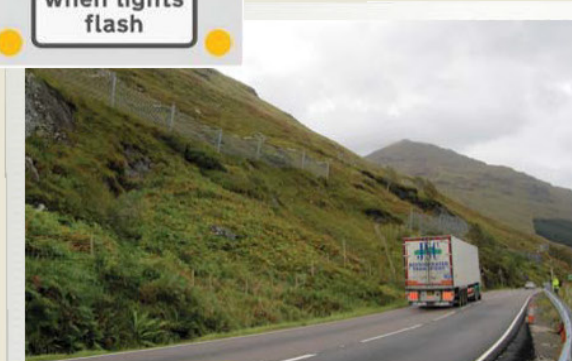
蘇格蘭 (歐洲)

蘇格蘭運輸署採用「減低機率」及「減低災害」兩種措施，當中以前者為主。「減低機率」涉及公眾教育、警報牌、提示牌及封路，而「減低災害」則用於道路改建或工程項目。

由「偵測 - 通知 - 行動」三部曲組成的管理方法有助減低道路使用者暴露在山泥傾瀉的風險。「偵測」是監察地面移動或以即時雨量數據來預測山泥傾瀉。在預測到或已發生山泥傾瀉時，有關當局及部門會接到通知，以便他們可以作出即時緩減風險的行動，如封路或改道。



在蘇格蘭所使用的閃動路牌 (在山泥傾瀉風險增加時，如持續降雨後，路牌會不停地閃爍以警告道路使用者) - 來自蘇格蘭運輸署網站 <http://www.transportscotland.gov.uk>



在蘇格蘭所採用的柔性屏障以緩減山泥傾瀉災害

瑞士 (歐洲)

瑞士成功地運用柔性屏障阻擋泥石流。瑞士採用的屏障一般最闊30米，最高6米。由於個別屏障容量有限，所以需要使用多重屏障。



瑞士所運用的柔性屏障以阻擋泥石 - 相片由布魯克提供*



在瑞士的多重柔性屏障 - 相片由布魯克提供*

* 來自布魯克 Geobrugg (2009) "Flexible Ring Net Barriers for Debris Flow Protection: The Economic Solution"

海外緩減措施例子

意大利 (歐洲)

泥石流是意大利最常發生的災難性山泥傾瀉，但是滾石、岩石滑動及岩石崩塌也很常見。意大利採用多種防禦和緩減山泥傾瀉措施。緩減措施會使用在一些由於鞏固措施費用太高、地形複雜或其他限制而導致不適合採取鞏固工程的地方，當中包括泥石防護屏障(柔性屏障或剛性屏障)和泥石「滯洪區」等。



意大利的混凝土泥石壩 - 相片由亨格教授提供



加拿大的泥石防護屏障(蓋上混凝土面板的土壤) - 相片由亨格教授提供

加拿大 (北美洲)

滾石經常對加拿大西部省份山區的道路構成危險，更造成無數人命傷亡。而泥石流問題則嚴重影響卑詩省南部一帶，當地於是築有大量防禦結構物，以保障房屋及道路安全。泥石防護屏障在加拿大很普遍，通常是蓋上混凝土面板或鋼製面板的土堤或土壩。

海外緩減措施例子

日本 (亞太區)

由於季節性暴雨、地震和火山活動，日本每年發生多宗山泥傾瀉，包括泥石流、淺層及深層山泥傾瀉等。對於位處受山泥傾瀉威脅地區的現有發展項目，當地普遍會採用風險緩減措施，如泥石過濾結構、撈度結構、泥石輸送溝、泥石壩及泥石防護屏障等。



日本採用防護屏障以防止泥石影響道路



日本的泥石過濾結構(網架結構) - 相片由神戶製鋼所提供

鞏固工程

在某些特有環境下，在局部地區採用鞏固措施仍是預防天然山坡山泥傾瀉的有效方法。例如，在近年的崩塌痕跡和有嚴重山泥傾瀉跡象的山坡，便可使用泥釘等結構性支撐來穩定山坡。另外，使用岩層螺栓/岩釘和混凝土扶牆等原地鞏固工程亦可有效防止個別岩崩或孤石墜下。

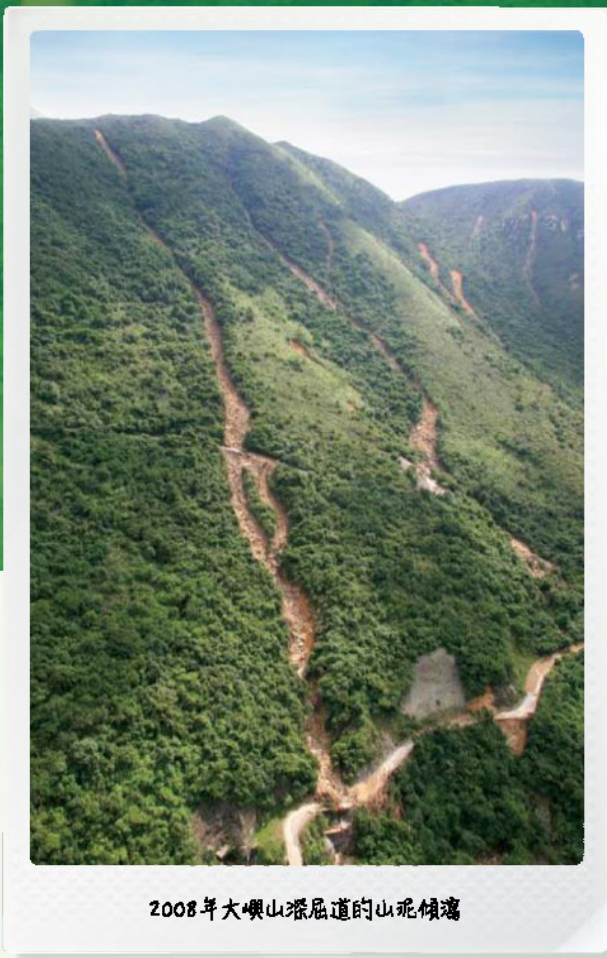
鞏固措施例子



泥釘



混凝土扶牆



2008年大嶼山深屈道的山泥傾瀉

香港的天然山坡山泥傾瀉風險管理

政府對天然山坡的政策是在新建及現有發展項目兩個關鍵範疇內，把山泥傾瀉風險保持在「合理可行的低限度」的水平。

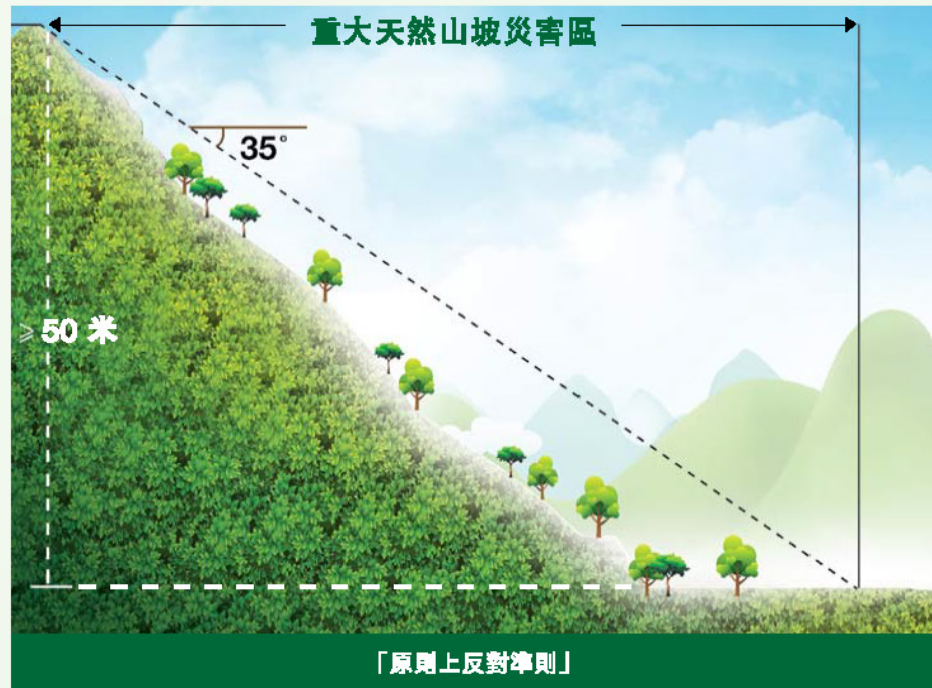
對於新發展項目

政府透過以下政策盡量控制及避免天然山坡山泥傾瀉風險過度增加：仔細篩選批地及土地發展建議；審慎規劃用地和工程項目以避開高危地區；規定在可能受天然山坡災害影響的發展項目進行天然山坡山泥傾瀉災害評估和採取緩減措施。

土力工程處制定了一套簡單的「納入」指引，以協助規劃者、土地管理者和項目經理去評估個別發展項目是否需要進行天然山坡山泥傾瀉災害篩查。指引包括以下兩項條件：

- 1 建議發展項目涉及較高「人命後果」的設施(如：樓宇、主要基礎設施及高使用率的遊樂場等)。
- 2 在發展範圍的100米水平範圍內，有斜度超過15°的天然山坡位於上方。

若發展項目符合以上兩項條件，土力工程處會根據保守估算山泥傾瀉崩瀉距離所得出下列兩項技術準則，以篩選建議發展項目。



「原則上反對準則」：用以識別面對重大天然山坡災害的發展地點。該發展項目的可行性會受影響，原因是可能要進行廣泛而昂貴的緩減工程。



「警戒準則」：用以識別存有潛在天然山坡災害的發展項目，符合此準則的發展項目必須實施天然山坡災害研究及所需的災害緩減措施。

對於現有發展

政府會按「知危而行」的原則，對影響現有發展區並有明顯危險的天然山坡進行山泥傾瀉風險研究和採取緩減措施。原則內容包括：

- 面對「即時及明顯危險」時，必須緊急採取緩減災害行動 — 例如：當天然山坡出現山泥傾瀉跡象，持續的不利移動或開始失穩，而且一旦當山泥傾瀉發生時，會導致人命傷亡及財物損失等嚴重後果。
- 在「有理由相信危險情況可能發生」的情況下，應該進行天然山坡災害研究，並採取必需的緩減行動 — 例如：在過往曾持續發生山泥傾瀉的天然山坡，而若將來再次發生，便會構成人命傷亡及財物損失，土力工程處一般以山泥傾瀉勘察、審查記錄和進行清拆寮屋研究等方法識別這些個案。

土力工程處採用量化風險評估來評定歷史性山泥傾瀉天然山坡的風險水平和制定以風險為基礎的排序系統，以便確立先後次序，於2010年開展的長遠防治山泥傾瀉計劃有系統地跟進。在該計劃下，土力工程處每年會為30幅過往有崩塌記錄並對現有建築物或交通要道構成威脅的天然山坡進行研究和所需的風險緩減工程。工程亦包括了合適的斜坡環境美化措施及/或土壤生物工程措施，以減低斜坡鞏固及風險緩減措施所帶來的視覺影響，使其融入周圍環境。

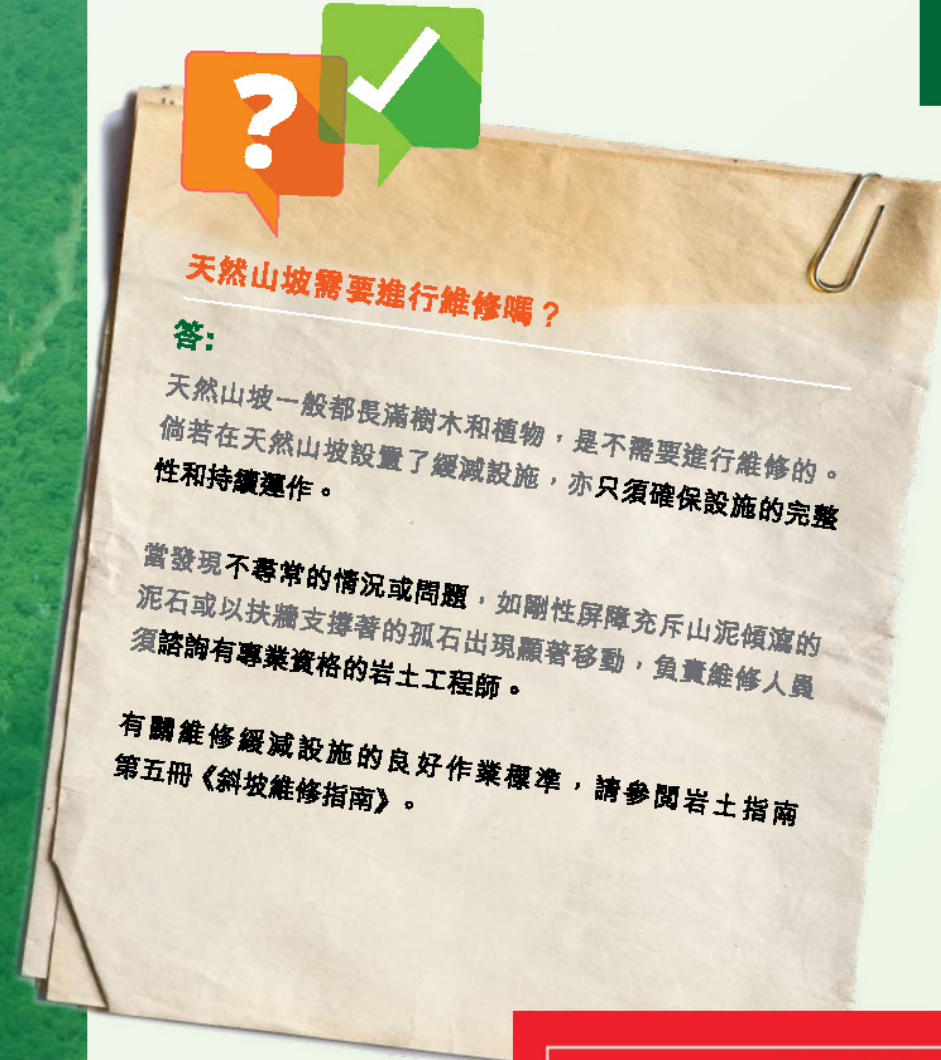
緩減措施未必足以阻擋因罕見的大規模山泥傾瀉所引致的泥石流，但這些措施仍然有助減少破壞和給予更多時間以供逃生或疏散。



土力工程師正視察在長遠防治山泥傾瀉計劃下建造的柔性屏障



保護北大嶼山公路及樓宇的刚性屏障





香港山多平地少，在天然山坡上發展可行嗎？

答：

隨著房屋需求增加，在天然山坡上開闢土地是值得考慮的。

若有適當的策劃和設計(加上避免有潛在危險的地點)，在天然山坡上安全而符合經濟效益地發展是可行的。

根據香港的經驗，在山坡發展大致可分為四種模式。視乎於個別地形因素，採用不同組合的模式，可充分發揮在山坡上開拓土地的潛力。

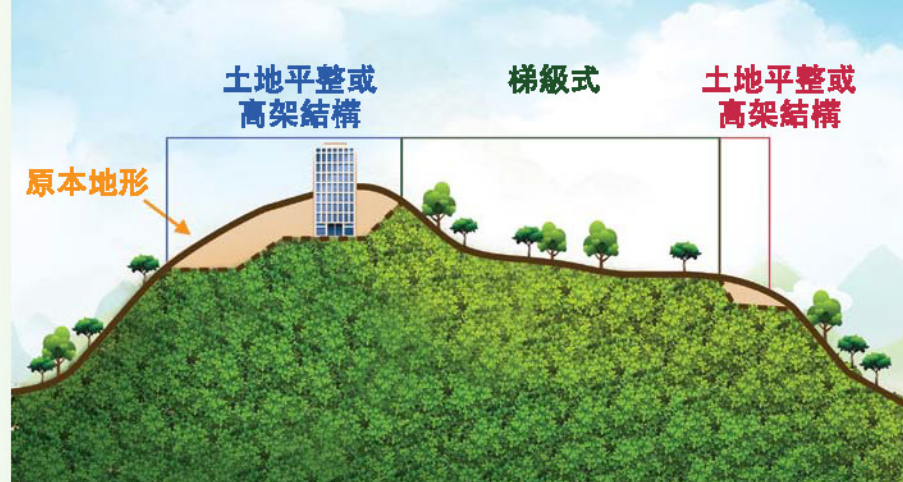
高架結構上興建大廈平台

此模式需要的土地平整工程最少。此模式為個別用地的規模和選址提供彈性，更可用於受巖土因素限制的地方。



座落在山頂上的發展模式

此模式須要在山頂上平坦或斜度較少的位置移除山頂部分以形成平台位置，為用地的發展範圍和設計布局提供彈性。



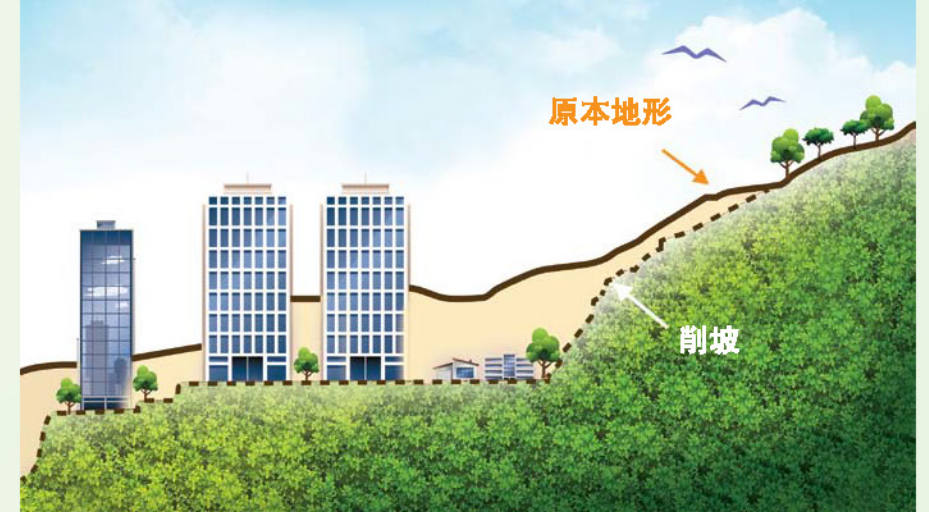
梯級式發展模式

此模式須把中度斜坡(一般而言約15°以內)改造成梯級狀平台。這工程涉及建造多個一級的平台、人造斜坡和擋土牆。



大規模明挖土地平整工程

此模式包括大面積開挖山坡及在山坡下方填土，興建大型建築平台。此模式涉及龐大規模的土地平整工程，所以只適合於個別岩土工程上可行及對環保水平要求較低的地方。



- 原本地形
- 平整後地形
- 移除部分

何人 誰應行動?



我們每一個人!



香港的天然山坡在大多數時間很幽靜，天然美景大眾共享。然而，天然山坡山泥傾瀉是一種地形演變的自然過程，而其相關的風險即使在實施緩減措施後也不能完全消除。

因此，政府和市民大眾須齊心合力以應付山泥傾瀉風險。在暴雨或山泥傾瀉警報生效時，應盡量遠離斜坡及保持警覺。

在氣候變化引致暴雨日益頻繁和加大的情況下，公眾參與變得更為重要。土力工程處一直在進行公眾教育並舉辦多種推廣活動以提高市民大眾對山泥傾瀉風險的警覺性和加強社區的抗災能力。



公眾講座



學校講座



「會見市民」活動



學校展覽

山泥傾瀉警報不容忽視！在過去20年中，本港絕大多數因山泥傾瀉引起的死亡事故都發生在山泥傾瀉警報生效期間。若市民能依從政府所發出的有關對應建議，有些意外是可能避免的。當山泥傾瀉警報生效時，市民應遠離斜坡，亦應取消非必要的約會，盡量留在家中或其他安全地方及依從下圖所示的安全指引。如接獲疏散指示，市民應配合政府的緊急行動迅速離開。

遠離斜坡
KEEP AWAY FROM SLOPES

在暴雨或山泥傾瀉警報生效期間
when the landslide warning is in force or during heavy rainfall

應遠離斜坡和擋土牆 keep away from slopes and retaining walls

- 須使用曾經發生山泥傾瀉繁忙路段的人士
Users of Busy Roads with a History of Landslides
- 受山泥傾瀉威脅的寮屋居民
Residents of Squatter Structures Vulnerable to Landslides
- 家居可能受到不穩固的斜坡/擋土牆或懸崖的大石所威脅的居民
Residents of Houses Possibly Threatened by Distressed Slopes/Retaining Walls or Unstable Boulders
- 須靠近斜坡/擋土牆等候的人士
People Waiting in Close Proximity to Slopes/Retaining Walls
- 遇到有山泥傾瀉跡象的斜坡/擋土牆的人士
People Encountering Slopes/Retaining Walls with Signs of Distress

山泥傾瀉警報
Landslip Warning

CEDD 土力工程處
1823 查詢電話 Enquiry: 1823
民政事務總署 Home Affairs Department: 2635 1473
香港斜坡安全網頁 Hong Kong Slope Safety Website: http://hksa.cedd.gov.hk

「遠離斜坡」海報展示暴雨或山泥傾瀉警報生效期間市民應採取的預防措施

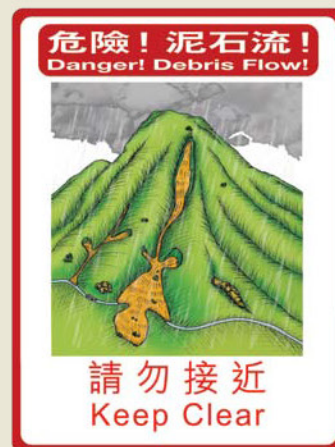
土力工程處緊急控制中心就山泥傾瀉的應變行動為各政府部門提供岩土方面建議



土力工程處設有全年24小時的緊急服務，一旦發生山泥傾瀉而出現危險時，可為各政府部門提供岩土方面的建議，以採取有效的應變行動。是項服務包括評估現場情況作出封閉道路、疏散受影響樓宇的居民及緊急的維修工程建議。提供緊急服務的首要目的是保障公眾安全，免受山泥傾瀉威脅，以及協助各政府部門儘快恢復因山泥傾瀉而受影響的公眾服務。

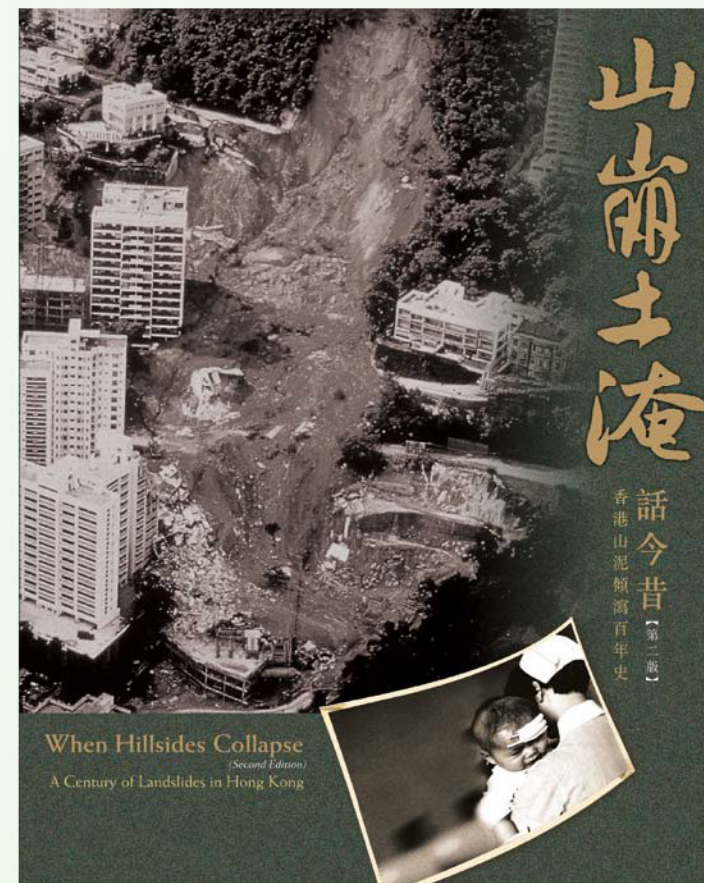
不同種類山泥傾瀉警報牌豎立在不同位置，例如曾經發生多次山泥傾瀉的繁忙路段、影響寮屋居民的斜坡以及在計劃中、進行中和已完成的天然山坡防治工程附近等等。市民應在暴雨時遠離這些地方。

山泥傾瀉警報牌



註：有關詳情，請瀏覽http://hkss.cedd.gov.hk/hkss/chi/landslip_sign.aspx

延伸閱讀



《山崩土淹話今昔 - 香港山泥傾瀉百年史》第二版一書以主要年代劃分，並利用250多張珍貴的歷史照片，以記錄香港自1889至2008年裡百多年的山泥傾瀉歷史。

此書於政府新聞處刊物銷售小組有售，訂價HK\$221。同時亦提供電子版本，下載詳情請瀏覽http://hkss.cedd.gov.hk/hkss/chi/when_hillsides_collapse_2nd.aspx。

其他資料

另外，請瀏覽土木工程拓展署網站<http://www.cedd.gov.hk/index.html>或本署香港斜坡安全網站<http://hkss.cedd.gov.hk/hkss/chi/index.aspx>。

鳴謝

我們感謝以下機構 / 人士提供本書所輯錄的照片：

台灣行政院農業委員會水土保持局

航空照片由地政總署提供 © 香港特別行政區政府 參考編號G26/2014

法新社

布魯克

神戶製鋼所

亨格教授

栢尼教授

我們感謝以下人士提供的語錄：

沈祖堯教授

汪明荃女士

褚簡寧先生

葉建源議員

盧偉國議員

蘭卡斯博士

亨格教授

栢尼教授

侯智恒博士

對天然山坡山泥傾瀉的看法



褚簡寧先生
電視主持及專欄作家

「香港崎嶇的山勢構成了山泥傾瀉的風險。已往山泥傾瀉的慘況歷歷在目。許多科學家現時都同意全球氣候變化，不單是學術理論而是迫在眉睫的威脅。氣候變化造成極端的天氣，而極端天氣導致山泥傾瀉的風險上升。提高公眾意識是對付風險的最佳防衛。諺語有云：「預防勝於治療。」了解問題，確保安全，認識山泥傾瀉的潛在危險可保家居安全。」

蘭卡斯博士
挪威岩土工程學院技術總監

「當山泥傾瀉發生時，往往因為大眾未準備好應對方法和如何處理事故而釀成災難。單靠土力工程處並不能解決山泥傾瀉問題，大眾應積極參與並準備好，以輔助政府去解決問題。」



亨格教授
加拿大英屬哥倫比亞大學工程地質學教授

「陡峭地形、高度風化、高雨量以及人口密集是香港獨有的。因此保護人命免受山泥傾瀉影響是重要的。香港的斜坡安全達世界一流水平，但我們不能就此認定我們已擊敗了山泥傾瀉這條「巨龍」。香港的人口正不斷上升以致城市發展越來越接近陡峭山坡，加上越來越大的雨量，香港應堅守崗位以防範有朝一日沉睡中的山泥傾瀉「巨龍」會甦醒過來。」

栢尼教授
英國東英吉利亞大學副校長

「亞洲是世界上最受山泥傾瀉影響的地方之一。減少山泥傾瀉的傷亡是極其艱鉅的工作，而土力工程處在這方面的工作是世界知名的。雨量與山泥傾瀉的關係很密切。在氣候變化和最大雨量的上升趨勢的影響下，香港市民應不忘斜坡的危險性，留意政府於極端暴雨發生時發出的警告及疏散指引。」



侯智恒博士
香港大學生物科學學院首席講師 長春社副主席

「各界已廣泛認同世界的氣候正在轉變，根據香港天文台的預測，香港未來將會有更頻密的暴雨。儘管土木工程拓展署已在治理香港斜坡方面不遺餘力，但有鑑於氣候變化，山泥傾瀉的風險仍然頗高。我們不應低估改善香港斜坡安全的需要，特別是對於天然山坡。」

香港的天然山坡山泥傾瀉災害



土木工程拓展署
土力工程處



沈祖堯教授
香港中文大學校長



汪明荃女士
歌影視紅星



葉建源議員
立法會議員



盧偉國議員
立法會議員 博士 工程師

「香港天文台預測，氣候變化很可能會增加極端降雨的頻率和強度。因此，極端天氣所引致嚴重山泥傾瀉災難的機會有增無減。市民必須居安思危，對山泥傾瀉保持高度警覺，時刻準備應對極端天氣所帶來的嚴重後果。」

「雖然極端天氣引致的山泥傾瀉無法避免，但如政府與市民齊心協力，提高對抗山泥傾瀉災害的能力，生命及財產損失必能減至最低。」

「近年，極端天氣在世界各地均釀成有重大傷亡和經濟損失的災難。香港地形多山、人口稠密，一旦遇上特大降雨，發生嚴重天然山坡山泥傾瀉的風險會極大。土力工程處持續採用國際最佳的處理方法和最先進的技術，以緩減天然山坡山泥傾瀉風險。」

「香港斜坡安全系統大幅降低了香港山泥傾瀉風險，在國際享譽盛名。然而，香港氣候多雨、地形多山、人口稠密，而且不斷發展，人造斜坡和天然山坡的山泥傾瀉風險始終存在。因此，政府持續致力改善斜坡安全，並將天然山坡納入「長遠防治山泥傾瀉計劃」，是正確及具有遠見的決定。」