

內政部建築研究所專題研究計畫成果報告

研究案：建築技術規則構造編條文研修與設計規範之研定

研究案編號：MOIS 881013-2

計畫名稱：山坡地社區開發邊坡穩定工法技術現況調查與分析

執行期間：87年9月1日至88年6月30日

山坡地社區開發邊坡穩定工法技術現況調查與分析

計畫主持人：林美聆 教授

共同主持人：秦中天 博士

主辦單位：內政部建築研究所

執行單位：中華民國大地工程學會

中華民國八十八年六月

統一編號

000041000500

目 錄

第一章 前 言.....	1
第二章 邊坡穩定工法及國內常用工法概述	3
2.1 邊坡穩定工法概述	3
2.2 國內常用工法詳述	11
2.3 國內邊坡法規及相關規範	27
第三章 日本及香港邊坡穩定工法及規範	49
3.1 日本之邊坡管理制度及相關規範	49
3.2 日本常用邊坡穩定工法	54
3.3 香港之邊坡管理制度及相關規範	57
3.4 香港常用邊坡穩定工法	61
第四章 國內坡地社區邊坡穩定工法現況調查	62
4.1 邊坡穩定工法現況初訪	62
4.2 邊坡穩定工法現況調查表	72
4.3 既有邊坡案例資料	75
4.4 案例調查表整理	79
第五章 案例分析與課題研擬	82
5.1 邊坡穩定疑義案例分析	82

5.2 部分案例現地調查	84
5.3 案例分析與課題擬定	90
第六章 課題檢討與對策研擬	92
6.1 邊坡穩定工法課題擬定	92
6.2 與課題相關之國內規範	95
6.3 與課題相關之國外規範	98
6.4 課題檢討與對策研擬	109
第七章 結論與建議	116
參考文獻	119
附錄一 建築技術規則建築設計施工篇第十三章山坡地建築 之有關條文	121
附錄二 內政部建築研究所書函	129
附錄三 行政院公共工程委員會函	132
附錄四 案例整理表	134

附錄五 山坡地社區開發邊坡穩定工法技術現況調查與分析 座談會會錄紀錄	158
附錄六 山坡地社區開發邊坡穩定工法技術現況調查與分析 期初諮詢審查會議紀錄及意見辦理說明	167
附錄七 山坡地社區開發邊坡穩定工法技術現況調查與分析 期中審查會議紀錄及意見辦理說明	171
附錄八 內政部研究所函、山坡地社區開發邊坡穩定工法技 術現況調查與分析聯合研討會會議紀錄及意見辦理 說明	178

表 目 錄

表 2.1 重力式擋土牆分類表	13
表 2.2 懸臂式擋土牆分類表	15
表 2.3 加勁式擋土牆分類表	17
表 2.4 歷史地震規模與不得開發建築範圍之關係	28

表 2.5	建築基礎面下之坑道頂覆蓋層禁建範圍	29
表 2.6	河岸邊坡角度、地質與禁建範圍之關係	30
表 2.7	邊坡穩定處理規劃	33
表 2.8	填方邊坡之合理坡度	34
表 2.9	挖方邊坡之合理坡度	34
表 2.10	混凝土與土壤之摩擦係數	36
表 2.11	土壤允許承载力	37
表 3.1	陡坡地崩坍防治工程一覽表	56
表 3.2	邊坡維護檢視頻率建議表	61
表 4.1	坡地社區穩定工法案例調查表	73
表 4.2	各地區案例代碼表	77
表 4.3	A - VII 案例之整理表	78
表 4.4	新店、汐止鎮、基隆市案例邊坡穩定狀況	81
表 5.1	不穩定邊坡之案例狀況	83
表 6.1	抗張材每公尺長之摩擦係數	96
表 6.2	地錨監測頻率導則.....	101
表 6.3	防鏽油之標準性質 (GEO , 1989)	102
表 6.4	必須進行詳細環境腐蝕特性調查之條件一覽表 (GEO , 1989)	103
表 6.5	地錨破壞事故調查結果 (FIP , 1986)	105

圖 目 錄

圖 2.1 各式擋土牆示意圖	10
圖 2.2 地錨構造示意圖	19
圖 2.3 地錨施工流程圖	21
圖 2.4 紀錄中曾發生地震規模與不得開發建築範圍關係示意圖	29
圖 3.1 陡坡地崩坍危險區域之指定範圍基準	50
圖 3.2 參與斜坡安全之主要部門及機構	58
圖 4.1 中央社區地錨—格梁擋土系統及噴凝土護坡	64
圖 4.2 中央社區背填土掏空現象	65
圖 4.3 緊鄰建築之錨碇式擋土牆，景美地區	66
圖 4.4 排樁、錨碇與繫梁之搭配使用，景美地區	67
圖 4.5 疑似模組加勁式擋土系統，新店地區	69
圖 4.6 北宜路文山國小，緊鄰地錨—格梁擋土系統	70
圖 4.7 北宜路旁民宅，緊鄰地錨—格梁擋土系統	71
圖 5.1 A-IV社區緊佈錨頭的牆面	88
圖 5.2 A-IV社區疊式擋土牆上的位移計	88
圖 5.3 A-I 社區之三階擋土牆與錨頭滲水	89
圖 5.4 B-IV社區裸露土溝	89
圖 6.1 代表性地錨結構示意圖	104
圖 6.2 加勁擋土結構之排水標準配置圖	107

圖 6.3 擋土牆排水詳細設計	108
-----------------------	-----

謝 誌

本研究計畫之進行，承蒙內政部建築研究所大力協助案例調查表之發送，行政院公共工程委員會提供二十六件坡地社區複勘報告，及中興工程顧問股份有限公司、林同棧工程顧問公司、長碩工程顧問有限公司、亞新工程顧問有限公司及一梅達工程顧問有限公司提供相關案例與資料；並有林四川先生、周功台先生、陳斗生博士、陳宗禮先生、張森源先生、蔡瑞河先生、潘國樑博士、廖洪鈞教授等多位學者專家提供寶貴意見，特此誌謝。

摘 要

國內現有坡地社區所採用之各項邊坡穩定工法，在不同地質環境下之適用情形，及其有效性及長期可靠性影響坡地社區之安全甚鉅，而邊坡穩定之各項擋土設施於設置後，亦可能受到後續建築開發之影響，導致其有效性降低。本研究收集國內外相關文獻，並調查國內山坡地社區開發，所採用之各類邊坡穩定工法之技術現況。由國內外各項技術工法資料，分析國內所收集之案例，針對邊坡穩定各項工法之有效性及長期可靠性加以討論，規劃未來相關於坡地社區建築開發時邊坡穩定可能遭遇之課題，並研擬初步對策，以提供未來提昇山坡地社區安全性後續研究之重要參考。

關鍵詞：坡地社區、邊坡穩定工法、案例分析

Abstract

The effectiveness and reliability of measures for slope stability affect the safety of the community on slopeland significantly. On the other hand, the development of community also affects the retaining structures already installed. The objective of this study is to investigate the current status of the slope stability measures used in Taiwan. Case studies will be conducted to evaluate the effectiveness and reliability of these measures, from which the possible problems will be identified. Finally, the suggestions for preliminary solutions to the problems will be made to provide the bases for future study to promote the safety of the community on slopeland.

Keyword : Community development on slopeland, Measures for slope stability, Case studies

第一章 前言

台灣地區地狹人稠，而區內多山地，平地僅佔全地區總面積約 26%，山坡地約佔 74%，在平地建築用地價格高昂且不易取得之情形下，在山坡地開發大型社區遂開始盛行。而自民國 60 年代以來，山坡地社區之開發有越來越多之趨勢，然而每在颱風豪雨後，時有坡地災害之發生，其中尤以民國 86 年 8 月 18 日溫妮颱風引起之林肯大郡災變，造成重大之人命傷亡及財物損失。故山坡地在開發時，於社區內之邊坡穩定工程所設置之各項擋土設施，其有效性及可靠性影響居民之生命財產甚鉅。因此對於現有之邊坡穩定工程之各項工法與技術之適用情形，實有加以調查及探討之需要。

目前國內於社區開發時所採用之邊坡穩定工法技術，其於不同地質、地形、水文條件下之穩定成效可能有所不同，且其長期之可靠性亦不確定。而於邊坡及整地工程後之各項後續建築開挖工程，可能對

於各項邊坡穩定措施亦造成不利之影響，進而降低其有效性。針對這些工法技術在不同地質條件下之適用性，與後續建築工程之相互作用，及在邊坡穩定和坡地社區安全上可能產生之後續影響，國內尚無有系統之整理與探討。

在國外方面，日本及香港之情形均為平地少而人稠，坡地社區開發相當普遍，與我國較相近。其中香港於 1970 年代以前，坡地社區發生災害之情形，多有所聞。其後香港乃設置大地工程署，對於各山坡地社區之邊坡安定情形加以管理，並研提多項工法及法規措施加以改善，具有良好之成效。其中對於技術工法方面，出版有邊坡安定手冊，可提供為本研究之重要參考。

本研究蒐集國內外相關邊坡穩定技術工法文獻及規範，加以整理歸納，以了解最新發展現況，並做為後續分析之評估準則與根據。同時針對國內現有坡地社區開發所採用之邊坡穩定技術工法加以調查，

並依不同工法加以分類。針對所能收集到之各類案例，整理各項相關之地質、地形、土壤等基本資料，以為後續分析之用。進而根據所收集整理之工法案例資料，進行工法有效性及長期可靠性之分析與評估，並考慮在不同階段時所遭遇之問題。由案例分析所得結果，擬定坡地社區開發邊坡穩定各類工法之相關課題，邀請專家學者對於所研擬各項課題加以討論，並提出初步對策建議，以做為將來提昇坡地社區邊坡穩定工法安全性之後續研究參考。

第二章 邊坡穩定工法及國內常用工法概述

在進行國內邊坡穩定工法之現況檢討之前，為能對邊坡穩定所使用之各類工法，其適用範圍及各項優劣情形有所瞭解，本章對於目前國內外一般所使用之各類邊坡穩定工法進行文獻回顧，並針對國內經常使用之工法做較詳細之整理。此外對於國內相關於邊坡穩定之法規及工法規範亦將做一介紹。

2.1 邊坡穩定工法概述

邊坡之穩定工法主要包括有：排水、挖方、填方、護坡及擋土等五種工法型態，此亦為處理邊坡最常用之手段。穩定工法之選用，需依現地條件及用地規劃之需求，針對邊坡穩定狀況之不足處，適切地進行改善或補強。以下分別將這五種工法做一概略性之介紹。

2.1.1 排水工程

由於水對於邊坡之穩定可產生孔隙水壓升高、剪力強度降低及含水量增加等不利影響，故設置排水系統之目的為攔截地表水或地下水並加以誘導排除，避免邊坡因水的影響而破壞。由於水對於邊坡之不良影響相當顯著，故排水工法在一般邊坡穩定工程中均宜配合其他邊坡穩定措施，一併加以設置。

1.地表排水工程

地表水可由雨水的滲透、湧水或池水等的再滲透誘發地滑，且大部分地滑均與降雨量有密切之關連。一般所採用之地表水排除工法主要為截洩溝及縱向溝之明渠工法，以及用在多裂隙及窪地等區域之滲透防止工法。

2.地下水排除工程

地下水之排除，可以降低邊坡潛在滑動體之含水比及孔隙水壓，降低土體滑動之潛能。所採用之工法包括：

(1)暗渠—主要用於排除淺層之地下水。

(2)橫向排水孔—用於深度大於 2 公尺之地下水。

(3)集水井—僅以橫向排水孔仍無法發揮排水功效時，可考慮規劃集水井。

(4)排水廊道—大規模的地滑以橫向排水孔及集水井均無法奏效時，或欲排除深層地下水時，可施以排水廊道。

(5)立體排水工程—地滑區內之地下水若具多層產狀時，需以立體系統方式加以排除。

(6)地下水截斷工程—用於攔截地滑區外圍的淺層地下水之流入。

2.1.2 挖方工程

挖方工程係根據整地規劃及可能之滑動規模及滑動面位置，配合

穩定分析之結果求取挖方量。在挖方作業中之每一階段,邊坡均應維持於某一程度之穩定,並儘量減少對岩石及土體之擾動。對於岩石邊坡,可利用剝除法除去坡面上有掉落之虞的岩塊,並可去除坡面風化層或表淺之崩積層,以便於其它工法之實施,及避免因人工引發規模較小之落石,造成大規模不可控制之落石事件發生。

2.1.3 填方工程

填方工程係根據整地規劃及配合邊坡穩定措施進行,於進行填方工程時,填土處之原地表面應將植被表土及雜物清除,並儘可能將填方嵌入原有坡內,同時填方應分層確實夯實。

2.1.4 護坡工程

護坡工程與擋土工程相較其厚度較薄，其構造目的不在於承受土壓力，而是用以防止雨水沖刷、浸蝕坍落及自行崩陷的坡面保護工程。以下介紹各種類之護坡工程。

1.石砌護坡

一般用於挖方的上邊坡，防止邊坡受侵蝕、風化，施工容易迅速，分別有卵石以及塊石護坡兩種。

(1)卵石護坡：價格便宜、施工方便，兩石之間空隙可由混凝土澆置，強度較佳，可細分為漿砌卵石護坡與乾砌卵石護坡兩種。

(2)塊石護坡：價格貴、外觀較佳，多用在工地已有石材挖鬆後，利用人工鑿打成塊，可用乾砌或是 1：3 的水泥漿砌，亦可分為漿砌塊石護坡、乾砌塊石護坡兩種。

2.堡嵌磚護坡

為廣泛被使用，工廠預鑄之混凝土成品，種類繁多、搬運方便且造價低廉，可配合各種地形與地質作適當的選擇使用。堡嵌磚以長方形較佳，為增強抗剪作用，以斜砌法施工方式更佳。而一般砌法分為以下四種：

- a.乾 砌 法—牆後全部襯填卵石，作為一般護坡之用。
- b.半漿砌法—牆後襯填以卵石及混凝土，作為護坡用。
- c.全漿砌法—牆後全填混凝土，用作擋土牆。
- d.補強砌法—牆後填襯以混凝土與排列鋼筋，用作擋土牆。

3.混凝土格床護坡

適用在坡面容易被沖刷、滲水、湧水、面積較大以及不適植草皮的坡面。使用混凝土構造方格，格內填以卵石或碎石，部分亦有填充植生包者。

4.噴凝土護坡

為防止開挖坡面遭受雨水沖刷及風化侵蝕，或者是無法植生之岩石以及礫石層面，一般常使用此方法。原理是藉由壓縮空氣之力將混凝土噴佈於原地層表面，因混凝土本身之特種性能以及高壓噴射之作用，故其黏著力強、密度高、強度大及防水性強，不易龜裂，可補強防水及防風化，並可填補裂縫等。

5.噴漿護坡

用在道路邊坡防水，堤岸、圳渠坡面以及底面的噴漿襯砌之底層，岩盤面噴漿前鬆軟凹陷部分之填補等。噴漿護坡施工法有以下兩種：

- (1) 塑性乳劑瀝青砂漿噴佈工法 (P.L.M.工法) —可不經搗實與滾壓即可均勻形成均質及密緻的覆面，達到防塌及防水的目的。
- (2) 塑性土壤泥漿噴佈工法 (P.S.C.工法) —與砂土密結性好、具有塑性不易龜裂、可加入良質土壤減少水泥成本，其工作

度高施工方便。

6.綠化工法

使用普通植草法、挖穴施肥鋪網噴植法、預鑄格子框植生工法、自由型格子框植生工法以及塑膠袋育苗移植配合種子播法植生護坡等等。

7.蛇籠工程

籠身以鉛網組成，具有撓曲性，適合各種地形；內填卵石，透水性佳，作為護坡可減低坡內靜水壓力，不需透水孔設施。成本低廉、景觀佳、施工迅速，同時亦適用在搶險工程。

8.岩釘與岩筍(dowel)

常用於表層破碎岩塊之固定及支撐小至大型岩塊，主要功能防止岩塊掉落，或節理及裂縫之張開及延伸。

9. 岩柱

其功能除可增加節理面或滑動面上之抗剪力，防止岩塊或岩層沿節理或潛在滑動面破壞或繼續滑動，因岩柱本身施有預力，會對岩層產生一正向壓力，可增加岩體之強度。主要用於巨大不穩定岩塊、表層及表層附近不穩定岩盤、底部有差異侵蝕之岩塊、軟弱岩盤之補強、束制解壓節理之繼續張裂、開裂岩塊原位固定及補強等。如配合鏈式網使用，一方面可提供深層之穩定力量，亦可同時穩定表層剝落岩塊。

2.1.5 擋土工程

為維持兩高低不同的地面，防止高處土壤之崩落、穩定邊坡及抵抗土壓，需建構擋土工程。依承受土壓力之機制，其型式可分以下六種：

1.重力式—以牆自身來抵抗土壓力，比其他型式穩健，但牆高超過 3 公尺以上則不經濟。

2.半重力式—類似重力式擋土牆而牆身減薄，並於牆背與牆趾內放少量鋼筋以抵抗彎矩，佔地面積少。

3.懸臂(版)式—利用底版上方之土體自重抵抗土壓力，可減少牆身斷面，增加鋼筋量的配置，以達到結構穩定，牆身高度較高時較重力式經濟。

4.後撐扶壁式—將懸臂式擋土牆的牆背加建撐牆以承受剪力及彎矩，其穩定性更高。通常高差較大者，大致使用此方法。

5.前撐扶壁式—將撐牆設置在牆前，穩定性比後撐式差，且減少牆正面的土地利用，很少用。

若依擋土牆種類來區分，如圖 2.1 之擋土牆示意圖，大致可分成

下列十四種：

1.三明治式擋土牆

造價低廉與工期短是此種擋土牆的優點。一般使用在產業道路之山坡地工程無載重擋土牆設施，但高度最好不超過 5 公尺。

2.卵石混凝土擋土牆

施工快以及經濟是此工法的優點。適用在災害搶修工程，牆身高度過高時則有不穩定現象。

3.漿砌卵石（塊石）擋土牆

此種擋土牆上方有載重，可作為攔砂填體，利用牆背凹凸不平，有消能作用，增加結構穩定。

4.場鑄混凝土重力式擋土牆

此種型式擋土牆的優點是在於混凝土在許多環境下都非常耐久，並且可以被造型、組織或著色，以符合美觀上的要求，對牆高低於 3 公尺時是經濟的。

5.鋼筋混凝土懸臂（版）式擋土牆

在牆高超過 2.5 公尺時比上列四種擋土牆方式較為美觀、經濟。

在基礎施工時，易因開挖發生坍方，但施工單純。

6.鋼筋混凝土扶壁式擋土牆

在超過 6 公尺以上的擋土牆大都使用此種方式，較為穩定、安全以及經濟。

7.鋼筋混凝土框式擋土牆

其特性為不必開挖很深之基礎，施工容易、工期短以及排水性良好，適用在地下水位高、滲水量大之情況。

8.預鑄扶壁式擋土牆（S.P.工法）

為扶壁式之預鑄單元，以逐層疊砌完成牆身工法。其優點為穩定性佳、排水性佳、可縮小施工範圍、簡化現場作業及管理、節省大量挖填方、施工效率高、可縮短工期、牆片可設計整齊美觀以及預鑄材料可重複使用。適用在搶修工程、一般道路之路堤、路塹坡面保護以及大型溝渠兩岸擋土，並可作為緊急災難搶修工程。

9.加勁土壤式擋土牆

利用填埋在回填料中之條片，與回填料所產生之摩擦力，來平衡土壤側壓力而達到對土壤邊坡穩定的功用。加勁擋土牆包括四個基本組件：回填料、加勁材、牆面構件、加勁材與牆面之接合。加勁土壤結構可承受極大水平或垂直變形，因而解決不少軟弱基礎土壤上建築擋土牆之難題，施工簡易、造價便宜、牆底之基礎僅需稍加處理即可，且容許較大之不均勻沉陷，結構可建造成特殊的形狀，以適應地形地勢所需，材料取得較其他結構材料容易。

10. 錨碇式擋土牆

可分為兩種錨碇系統，一種是埋設鋼腱或錨桿，加以灌漿固定；另一種為設置錨座。在開挖面積大、開挖平面之形狀不整齊以及傾斜地開挖且土壓為單側壓時皆適用，對地盤條件限制少，支撐架構狀態簡單，易掌握應力狀態。

11. 沉箱式擋土牆

當修坡的範圍受到限制或採用一般擋土牆在施工時，因基礎開挖而可能引起坍方時，可採用此結構來處理，此方式並可配合岩錨以增加穩定效果。可穩定較深之滑動面，施工所需空間甚小，不需大型施工機械，可於陡峭邊坡施工，施工時開挖回填少，可避免施工時邊坡不穩定，對垂直開挖的邊坡尤具成效。工程費用較一般擋土牆為高，但在其他方法無法使用時，卻不失為可行方法之一。唯設計時，土壓力的分佈，岩錨拉力的選擇，貫入深度的決定，仍有待進一步研究。

12. 格梁式擋土牆

框條包含了縱橫交互排列的水平梁，每一組框條裡填滿了夯壓土壤。建造迅速且不需專門勞工或裝備，擋土牆元件在規模上相對很小，建造時不需重裝備。

13. 錨碇—格梁式擋土牆

以預力地錨將格梁錨碇在良好的地層上之擋土牆，在框條交叉處設置地錨，為錨碇式擋土牆及格梁式擋土牆的搭配使用，適用在土壓力及水壓力過大以及需較高之擋土牆者。

14. 排樁式擋土牆

為成排之基樁設置而成的擋土牆，在不穩定之地層且坡趾不適合開挖者皆適合使用此種擋土牆型式。

2.2 國內常用工法詳述

在前節所概述的各項邊坡穩定工法之處理原則中，排水工程於一般之邊坡施工中均會配合使用，挖方及填方則視整地規劃之需求，及現地之狀況加以配合，而國內一般使用於穩定邊坡之結構工法主要為各類擋土結構系統及地錨系統。本節中即針對各類型常見之擋土結構及地錨系統工法及特性做一較詳細之整理。

2.2.1 擋土系統 (ERS—Earth Retaining System) 總覽

擋土系統之型式包羅萬象，其施工方式及優缺點亦有所不同。在本單元中，依擋土系統抵抗土壓力之不同機制，大致將擋土結構分為重力式、懸臂式及加勁式三種類型，並將大部分的擋土系統依其特性加以歸類討論，以提供有關於擋土系統選擇與使用的一般性概念。

1. 重力式擋土牆

共同特性 - 皆以自重或填入物之重量來抵抗牆後土壤之傾倒與滑動。

背填土應能完全排水，以避免產生作用於牆後的水壓。凡

屬重力式之各種型式擋土牆，其設計方法皆相類似。

優點 - 牆高低於 3 公尺時相當經濟，且建造不需專門勞工或裝備即可建造。

缺點 - 如果在工址附近無法找到背填土來源，擋土牆的建造費用將會顯著地增加，如需開挖來建造擋土牆，則也許並不經濟，因為需有臨時挖掘支撐以提供構築擋土牆之足夠基地寬度，將會增加建造的費用。

各類型之重力式擋土牆，其名稱與特性詳如表 2.1 所列。

2. 懸臂式擋土牆

共同特性 - 以牆前土壤的被動土壓力、牆底板上方土體之自重及牆體本身的抗彎矩強度，來抵抗牆後土壤的側向土壓力造成的

滑動與傾倒。可配合錨碇使用。

錨碇 - 錨碇是用來將拉力傳遞到可能滑動面後方之土壤的結構系統。

錨碇擋土牆是利用一層或多層地錨（有或無施拉預力）來增加側向支撐，任何類型之懸臂式擋土牆都可與錨碇配合使用。錨碇牆能蓋得更高，且偏斜量比沒有錨碇的要少。

各種類型之懸臂式擋土牆名稱與特性，詳如表 2.2 所列。

3.加勁式擋土牆

共同特性 - 加勁物置於顆粒狀回填土層間，每層回填土須夯壓。以條狀金屬作為加勁物的擋土牆，其載重會從背填土中，經由背填土與加勁條之表面的剪動傳遞到加勁條中；以突起加勁物作為加勁材的、伸展較小的金屬加勁物，與土工織物和低模數的土工格網相比，需要較少的變形來產生剪力強度。為了使擋土牆系統有適當的性能，需要完全排水無塑性的回填土。而土工合成物之容許載重會因潛變、耐久性

與結構損壞而減少。另一方面，使用金屬加勁材必須要求背填土有最小的電化學需求以防止腐蝕。

各種類型加勁式擋土牆其名稱與特性，詳如表 2.3 所列。

表 2.1 各類型重力式擋土牆及其特性

分類	名稱	特性
場鑄類	場鑄混凝土重力式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一般外型為梯形的混凝土塊體構造，是具有完備設計過程與特性的傳統擋土牆系統。 2. 背填土應能完全排水，以避免產生作用於牆背的水壓。 3. 混凝土在許多環境下都非常耐久，且可以被造型、組織或著色，以符合美觀上的要求。 4. 在背填負載可以施加到牆上之前，需要一段相當長的建造時間，因為要先豎立

		<p>模版、灌注與養護混凝土。</p> <p>5.本型擋土牆為剛性的，對總體沈陷與差異沈陷很敏感。</p>
預鑄模組類	框條式	<p>1.由預製的鋼筋或無鋼筋混凝土元件互鎖組合而成。</p> <p>2.這些框條包含了縱橫交互排列的水平梁，每一組框條裡填滿夯壓的粗粒土壤。</p> <p>3.建造迅速且擋土牆元件在規模上相對很小。</p> <p>4.建造此類擋土牆不需重裝備。</p> <p>5.由於元件為預鑄式，在現地很難有所變化。</p> <p>6.在遭遇水平向彎曲時元件或許需要修改。</p> <p>7.框條內空間有限，必須使用手動夯壓。</p> <p>8.本型擋土牆只適用於較小的差異沈陷。</p>

表 2.1(續) 各類型重力式擋土牆及其特性

分類	名稱	特性
----	----	----

預鑄模組類	箱櫃式	<p>1.金屬箱櫃式擋土牆的每個單元是在現地由輕質鋼鐵組件組合而成的；混凝土箱櫃式擋土牆的每個單元則是將互鎖的預製鋼筋混凝土模塊堆置組合而成的，每個箱櫃單元裡填滿了夯壓粗粒土壤。</p> <p>2.本擋土系統不需太多的維修。</p> <p>3.封閉面型箱櫃能避免背填土的漏失，開放面型箱櫃則會發生土壤沖蝕。</p> <p>4.只能適用於較小的差異沈陷。金屬箱櫃式擋土牆易受侵蝕性土壤(aggressive) 的腐蝕。</p>
	蛇籠	<p>1.蛇籠擋土牆是由填滿大小為 100 到 200 mm 卵石的、像小房間一樣的單元，組合而成的擋土牆。</p> <p>2.每個單元都是一個鍍鋅鐵、大地人造柵、或塗上 PVC 的鐵絲網所製成的方框，在現地繫緊且填入選定的卵石。</p> <p>3.本型擋土牆是柔性的，能適應大量總沈陷與差異沈陷，且非常適合應用在高地震頻率的地區。</p> <p>4.對於現地環境，具有良好的適應性，且可透水，因此非常適合應用於堤岸穩定方面。</p> <p>5.鐵絲網框籠易受侵蝕性土壤的腐蝕。</p>

表 2.2 各類型懸臂式擋土牆及其特性

分類	名稱	特性
場鑄類	場鑄混凝土懸臂/扶壁式	<ol style="list-style-type: none"> 1.懸臂式擋土牆包含了鋼筋混凝土牆面版與基礎版兩部分，連結而成外型為倒 T 字形的擋土牆；扶壁式擋土牆則是在沿牆長方向等間距設置三角形支撐以提供額外的側向抵抗力之懸臂式擋土牆。 2.懸臂與扶壁式擋土牆在結構設計上皆假設牆面版與基礎版兩者接合處為固定，且如同懸臂梁一般地運動。 3.扶壁式擋土牆的側向位移比懸臂式擋土牆為少。
	連續壁	<ol style="list-style-type: none"> 1.是一個混凝土連續壁體，由在開挖壕溝中構築的場鑄或預鑄鋼筋混凝土牆板所構成。 2.經由埋入來建立對土壓與彎矩的抵抗力，一般都會使用錨碇。 3.本類型擋土牆滲透性低，適合於各類型土壤中構築。 4.與更柔性的擋土系統比較，它引起的側向位移相對較少。 5.本擋土系統構築不會製造明顯的噪音或震動，能被用來作為垂直載重的永久支撐，但很難獲得一個平滑的完成牆面。

	排樁/間隔樁	<ol style="list-style-type: none"> 1.排樁擋土牆，是由單排相接觸的鑽掘混凝土樁所構成，樁內擺設鋼梁、或一個鋼筋加勁材。 2.間隔樁是由單列間隔的鑽掘混凝土樁所組成。 3.本擋土系統能適用於不規則面的排列方式，在明顯水平曲線之下也能與牆工程準線配合良好。 4.構築此系統需要特殊承包商與裝備。由於樁間可能存在小縫隙，難以構築不漏水的排樁擋土牆。
--	--------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

表 2.2(續) 各類型懸臂式擋土牆及其特性

分類	名稱	特性
場鑄類 (續)	土壤攪拌式	<ol style="list-style-type: none"> 1.是由重疊的土壤—水泥柱所組成，這些柱是由現場土壤與水泥漿或其他硬化藥劑混合製成的。 2.與連續壁相比較，它能減少開挖造成的淤泥，且能適應不規則面的排列方式。 3.設計步驟並未建立完備，需要特殊承包商與裝備。 4.當暴露在冰凍—融化的反覆作用下，土壤—水泥表面會生成層狀而自表面剝落。 5.品質控制方法與滲漏水問題仍待解決。

預鑄類	板 樁 式	<ol style="list-style-type: none"> 1.是由互鎖的鋼板或混凝土鋼板樁部分組合而成。 2.基於「牆前土壤被動抵抗力加上板樁的抗彎強度能抵抗牆後土壤的側向推力」的假設，容許最小埋入深度（也就是挖泥線以下的板樁長度）可以經由計算而得。 3.適合應用於需要穿透到地下水位以下的情形。 4.不需要牆內面的工作空間，適合臨時性的應用。 5.建構此系統需要特殊施工機械，推進板樁的過程非常吵雜，也可能引致對鄰近建築物有害的震動。 6.板樁難以推入堅硬或緊密土壤，也難以推進粒狀土層中。
	工 字 樁 與 防 護 版	<ol style="list-style-type: none"> 1.由垂直牆元件（工字樁）得到側向抵抗力與彎矩承載力，牆後的土壤則由防護版擋住。 2.垂直元件是鑽入或推進的鋼樁或混凝土樁，這些元件由防護版撐開。 3.防護版可以是木質、鋼筋混凝土、預鑄或場鑄混凝土鑲版、或是加勁噴凝土。 4.從被擋住的土壤而來的部分載重，經由拱效應傳遞到垂直元件上。 5.防護版的作用在於防止被擋住的土壤受到侵蝕，而造成拱效應的破壞。 6.本擋土系統適合臨時性的應用，建造此擋土系統需要技術性的勞工與特殊施工機械。

表 2.3 各類型加勁式擋土牆及其特性

分	名稱	特性
---	----	----

類		
平版牆面類	節段預鑄面版力學式穩定牆	<ol style="list-style-type: none"> 1. 斷節預鑄面版機械式穩定擋土牆，使用連接在預鑄混凝土或預製金屬面鑲版之加勁物，來創造加勁土體。 2. 典型的面鑲版外型有正方形、矩形、六角形或十字形等數種。 3. 它是柔性的，且能輕鬆地適應大量總沈陷與差異沈陷，只需最少量的基礎準備工作。 4. 混凝土面鑲版在選擇面版與建築加工上，容許更大的靈活度。
	預製模塊牆面力學式穩定牆	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由垂直堆成的、乾的混凝土塊狀鑄件組成，能夠預先設計將地工格網、金屬格網、或地工織物等加勁物固定在塊體間。 2. 這些加勁物可經由相鄰塊體間的摩擦力或特殊接頭的使用，來連接牆面。 3. 混凝土塊體是實心或中空的，在建造期間中空塊體會以碎石或砂填充。 4. 模塊重量輕且易於控制，在尺寸、形狀、重量、組織與顏色的選擇上，容許很大的靈活度，能適應相當彎曲的曲線。

	土釘擋土牆	<ol style="list-style-type: none"> 1.土釘是一種現地土壤加勁技術，以相對較密的間距被置入天然地面中，以增加土體的強度。 2.構築時由上往下逐階進行，在每階開挖之後置入土釘、建造排水系統，且將噴凝土應用於開挖面上。 3.可以經由置入較多的土釘，或將較上層土釘應力降低使其承受較少的工作應力，而減少表面位移，能適應變化的現地情況，在有限淨空處構築也適應良好，且不需要埋入。 4.構築土釘或許需要地下地權。 5.在地下水位之下構築本擋土系統，需要使坡面永遠不透水。 6.在某些凝聚性土壤中，土釘的承載力或許難以建立。
--	-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

表 2.3(續) 各類型加勁式擋土牆及其特性

分類	名稱	特性
柔性牆面類	地工織物 / 地工格網 / 鐵絲網焊接面	<ol style="list-style-type: none"> 1.由連續或半連續性成層的地工織物、地工格網或鐵絲網焊接網格，與水平層狀的壓實背填土交錯地組成。 2.牆面是由在每一層背填土上的加勁物包裹而構成，並且將加勁物末端再塞入背填土中。 3.這些地工織物會增進背填黏土的排水性。 4.表面植生能提供聚合物材料加勁物對紫外線的防護。 5.本擋土系統適合於臨時性的應用。

		6.地工織物與地工格網的使用年限也許會因為暴露在紫外線的照射下而減短。
自然坡面類	土壤加勁系統	<p>1.這些土壤加勁系統混合了典型的地工織物或地工格網等平面的加勁物，置於表面傾斜度小於 70 度的邊坡之內。</p> <p>2.使用低品質的背填土也能與其他填方擋土系統相匹敵。</p> <p>3.本擋土系統可用以建造非常高（30 m）的堤防與邊坡。</p> <p>4.表面植生的加勁土壤邊坡或許需要明顯的保養費用。</p>
	微型樁擋土牆	<p>1.由鑽掘與灌漿微型樁群組成，並穿透到可能滑動破壞面以下。</p> <p>2.微型樁群在地表面處由一個鋼筋混凝土帽梁加以結合。</p> <p>3.在設計上，如根狀分佈之微型樁擋土牆形成三度空間網絡將土壤「接合」，成為一個塊體，以使其行為類似於重力式擋土結構。</p> <p>4.這些方法非常適合用於地滑（邊坡）穩定，因為它們不需要開挖，而開挖會引致不穩定或臨界穩定邊坡產生位移。</p>

2.2.2 地錨工法詳述

本節將針對國內社區已完成之擋土牆中，常見的地錨穩定系統詳加介紹，並配合地錨之耐久性設計及其相關施工步驟說明其特性，及未來可能產生的問題。

2.2.2.1 地錨系統之基本構造

地錨系統使用於邊坡穩定上，係以高張力鋼材穿過可能產生滑動之土體或岩體，將其錨碇於穩定之地盤內，並對鋼材施加預力，使其能牢繫可能滑動之土體或岩體。地錨之錨頭端一般配合面版承載於坡面並分散其荷載，或配合格梁系統以承載於坡面並使荷載均勻分佈。

一般地錨之構造剖面大致如圖 2.2。

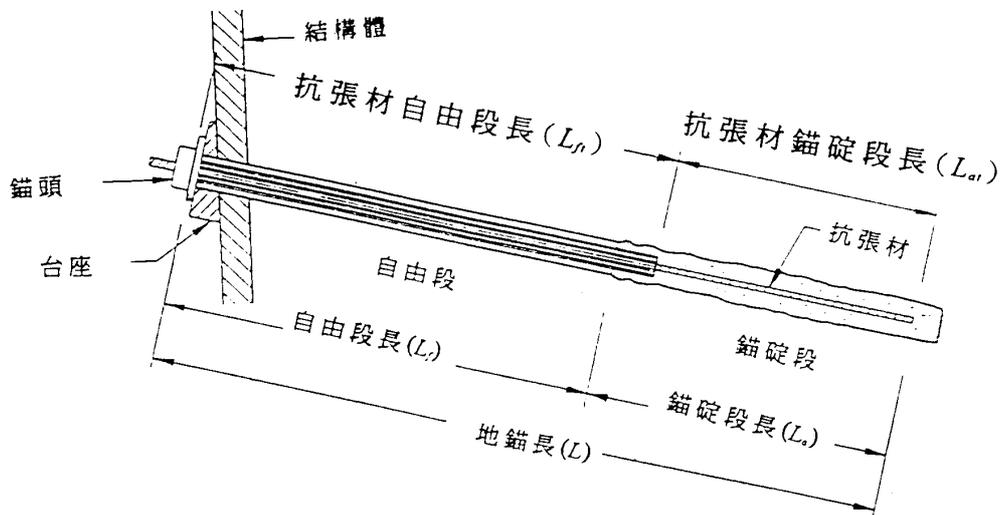


圖 2.2 地錨構造示意圖

由圖 2.2, 一般地錨之構造大致可分為：

1. 鋼腱：為傳遞拉力之元件, 係以數根鋼線, 鋼棒或鋼絞線所組成。
2. 固定端或稱錨碇端：以水泥漿或樹脂將插入孔底的鋼腱膠結固定, 並與孔底周圍之地層緊密結合在一起, 發揮錨碇的作用。此段灌漿稱為主要灌漿。

- 3.自由端：在鑽孔的前端以保護鞘將鋼腱與地盤隔開,使鋼腱受力後能自由伸長。為保護地錨不致受腐蝕及鬆動,通常以次要灌漿封孔。有些自由端是以抗蝕的塑膠套管隔離地盤,套管內填充抗蝕材料,以確保自由端能自由伸長及抗侵蝕。
- 4.錨頭及錨座：錨頭為施加預力之處,並固定於承壓板及錨座上。

2.2.2.2 地錨之施工流程

地錨施工之流程如圖 2.3 所示,其步驟及說明如下:

1.施工準備

施工前應依施工計畫書及施工進度,備妥材料、施工場地,和其他相關設施如給水、用電、灌漿、鋼腱組立、鑽孔泥水收集處理及材料貯存等。

2.鑽孔

鑽孔應按地盤條件及地錨設計要求，選擇適當之鑽孔方法，以滿足設計圖說所規定之孔徑、深度和方位等，並使該地層之錨碇力能充分發揮。鑽孔應依設計圖所示之孔位、孔徑、方向、和深度等施工，其誤差應在容許範圍內。鑽孔過程之所有地層變化、地下水位、鑽孔速率、迴水損失或增加、以及停止鑽孔等項目均應詳細記錄。

3.孔壁清洗

鑽孔完成後,應清洗附著於孔壁之淤泥,以免影響地錨錨碇力。

4. 錨腱組立與安裝

錨腱組立

- (1) 錨腱除應按設計圖示之抗張材數目、自由段、錨碇段長度以及防蝕規定等組立外，尚需預留適當抗張材長度以供施加預力之用。
- (2) 封漿器應確實填塞止水材料，以免漿液流入自由段護管內。

(3) 錨腱組立應使用適當之中心器及間隔器以確保抗張材間有足夠之保護層及適當間距。

(4) 錨腱抗張材之裁切以機械切割為原則，以免損及材質。

(5) 錨腱安裝應以穩定速率推入孔中，並固定直至灌漿液硬固為止。

5. 主要灌漿

地錨主要灌漿之目的在形成錨碇段，其主要步驟為攪拌與注入，灌漿須從鑽孔之最低處開始，且孔內之水與空氣應確實排出，並且注意每一階段之灌漿應一次且不中斷地完成。

6. 預力施拉

預力施拉應準備千斤頂、加壓泵、荷重及變位量測設備等，而預力施拉之目的在拉伸抗張材使之產生預力並將地錨鎖定於鎖定荷重。

7. 錨頭處理

永久性地錨錨頭應加防銹處理，以防錨頭生銹失去功能且錨頭處抗張材之切除以機械切割為原則，以免損及材質。

而在施工過程中應注意的事項有：

1. 鑽孔：

- (1)採用旋轉式或衝擊式鑽孔，會使孔壁產生不同之粗糙度。
- (2)鑽孔過程中或鑽孔完成後應以適當的方法將孔壁確實洗淨。
- (3)鑽孔另須特別注意的是，鑽孔完成後須確保錨腱於安裝過程中不沾到污泥。因此，鑽孔時套管必須下至覆蓋層下方之岩盤。若套管未下至岩盤，則錨腱安裝時可能於未下套管之覆蓋層處沾染污泥。

在鑽孔過程中其可能產生的問題包括：

- (1)孔壁穩定：鑽孔孔壁穩定是地錨施工成敗之一重要關鍵，

在含泥量低之砂土層，一般須用套管施鑽以保護孔壁，防止崩坍。通常在節理發達或含大裂隙之岩層會有因嚴重漏水而無法繼續施鑽之情形，此時可考慮採用預灌措施。預灌可先採用水泥砂漿施灌，若尚無法堵住漏水，則可改用瞬結型化學漿液或其他材料堵住裂隙。預灌後應繼續施鑽，以較深處之完整岩盤做為地錨錨碇層。

- (2)地盤擾動：鑽孔難免會擾動地盤，在鄰房下方鑽孔或錨碇於淺層時，為減少鑽孔周圍地層之擾動，鑽孔不宜採用高壓沖洗方式，而且應保持鑽孔暢通，以防鑽孔水壓無法宣洩，造成周圍地層之過量變位。在含泥量低、地下水位高之砂土地層，最好採用內外雙套管並進方式施鑽，讓迴水由內外套管間流出，以免土壤在鑽孔過程中過度

沖洗，淘空地層造成地表之沉陷。

2. 錨腱組立與安裝：

- (1)錨腱組立前，應小心檢查組件及防蝕措施是否受損以及有無有害物質附著，扭曲或彎曲之錨腱應予退回。錨腱組立應在有遮篷之工作檯，由受過訓練之人員為之。組立及儲存時，應有墊物避免與地面接觸。組立過程中及完成時，應檢查錨腱以確定尺寸正確。
- (2)封漿器之止水填塞可使用水泥漿或其他止水材料，施作時最好將自由段之錨腱提高以使封漿器成半直立狀態。一般而言，以水泥漿做為止水材料即可得良好之止水效果，但需較長時間以待其硬固。若使用高塑性止水材料時(如環氧樹脂等)可在組立完成後立即使用，但其費用較高。
- (3)錨腱組立及安裝時，塑膠或鐵製之中心固定器及間隔器均需確定其保持原先的位置。錨碇段其淨保護層在有中心固定器處為

10 公釐，相鄰兩中心器間為 5 公釐。若錨腱由多股鋼絞線組立而成，則間隔器應使鋼絞線最少有 5 公釐之淨間距。

- (4)錨腱抗張材之裁切最好是採用砂輪片，如採用氧氣乙炔切斷抗張材時，應根據製造商建議方法從事之。運送到工地之錨腱不得加熱處理及電焊，錨腱應保護免受熔渣或焊接或切割過程影響。切割後之錨腱應去除銳利面。

在本過程中,其可能產生的問題為在施工的過程中,若沒有依照適當的施工步驟,則日後可能產生錨腱銹蝕、夾片鬆脫的現象。

3. 灌漿：

- (1)灌漿材料之拌合配比一般以重量計算,應以機械式攪拌至漿液顏色或質地均勻為止。使用機械式旋轉翼片來攪拌灌漿材料時，應防止氣泡攪入，降低漿液之強度及延展性。
- (2)灌漿前，灌漿機及送漿管內之空氣應予排出，灌漿管口應封閉以防空氣進入。

(3)若灌漿中斷或延遲時間超過初凝時間，則應立即將錨腱從孔中拔出，並將已注入漿液之鑽孔清洗或重鑽後，再安裝錨腱。

灌漿完成後，所有設備均應以水清洗乾淨。

(4)地錨主要灌漿之目的除形成錨碇段外，尚有下列優點：

- 保護錨腱抵抗腐蝕。
- 砂質土、礫石層或破碎岩盤等，可藉加壓灌漿提高地盤強度及錨碇力。
- 封固緊臨錨碇段周遭地層，可減少灌漿損失，唯本功能須經地層調查或預灌及透水試驗結果判斷。在某些情況下，局部地層改良可經初步預灌或錨碇段之單階或多階灌漿方式達成。

在灌漿的過程中，其可能產生的問題有在加壓灌漿時，若壓力過高可能會破壞地層與鄰近結構物。

4.錨頭處理：

(1)鋼腱之切除最好以砂輪片切割器為之，其距鎖定器之夾片至少

有一倍鋼絞線直徑，如採氧氣乙炔，則應距鎖定器之夾片至少

兩倍鋼絞線直徑。

(2)永久性地錨自由段抗張材與護管間之空隙需以水泥漿或防銹

油灌滿，以增加自由段之防銹功能。臨時性地錨一般不做二次

灌漿。如果位於土層錨碇段有繼續潛變或鬆弛之可能時，自由

段之二次灌漿水泥漿應至錨頭下方 1~2 公釐即停止，而改以

強度較低之防銹材料填實，以免自由段抗張材因往後位移而遭

受過大之拉力。

(3)為能於使用壹年內調整地錨預力，一般錨頭除採用防銹油防銹

外，應以可活動式護蓋保護。不需調整預力者，錨頭可用混凝

土保護。臨時性地錨錨頭仍應視周遭環境決定錨頭是否需採防

蝕保護措施。

在錨頭處理中其可能產生的問題，如永久性地錨施預力完成

後，若沒有進行二次灌漿，則自由段抗張材可能產生腐蝕。而永久性地錨之孔口若於鋪設承壓板之前沒有妥善處理，則有可能產生銹蝕。

在前述各項地錨施工中之應注意事項，如於施工中未能妥善加以處理則可能產生：地錨與地層間之膠結減弱、抗張材銹蝕強度降低，預力損失，地盤承载力降低，錨頭銹蝕等不良後果，嚴重影響錨碇系統之長、短期強度及穩定性。

2.2.2.3 地錨之耐久性設計

地錨耐久性的目標係使地錨在使用期限內，不致因腐蝕而喪失地錨之功能。防蝕保護應檢討錨碇段、自由段、錨頭的狀況及防蝕材料的效果以決定其方式。永久性地錨除充分考慮施工及完工後的腐蝕環境外，還需考慮地錨全部使用期間最不利的腐蝕條件來決定防蝕保護對策。另外，永久性地錨必需以雙重防蝕保護為原則來考慮。而防蝕

材料除應符合防蝕需求外,也應考慮其耐久性及穩定性。

地錨的耐久性設計應在設計階段即予考慮。國內之地錨應經常使用在地下水充沛的地區,所以防蝕的問題必須特別加以重視。以下分別就地錨之錨碇段、自由段及錨頭等三部份之防蝕保護加以說明：

自由段防蝕保護

1. 永久性地錨之自由段抗張材需加塑膠護管並以防蝕材料填充或包覆,以達到與腐蝕環境完全隔離的效果。
2. 使用期間需再複拉之地錨,其防蝕材料需不得妨礙抗張材料之自由伸張。
3. 永久性地錨自由段護管的強度應能承受灌漿壓力而不破損。
4. 自由段和錨碇段的介面腐蝕性較高,必須特別注意防蝕。
5. 在環境條件有腐蝕之虞時,臨時性地錨應採用與永久性地錨相同之防護措施。
6. 臨時性地錨之抗張材應加護管或包覆防蝕材料以達防蝕效果。

錨碇段防蝕保護

1. 永久性地錨之錨碇段抗張材應以防蝕護管包覆,護管內部以水泥漿填充為原則,護管外部應有適當之保護層。
2. 臨時性地錨錨碇段在以水泥漿填充的情形下,其錨碇段之抗張材與孔壁間應有 10mm 以上之覆蓋。抗張材在環境條件有腐蝕之虞時,臨時性地錨應採用與永久性地錨相同的防蝕措施。

錨頭防蝕保護

1. 地錨錨頭背部容易腐蝕應特別注意。
2. 需再複拉之地錨錨頭應選擇適當的防蝕方式。
3. 在環境條件有腐蝕之虞時,臨時性地錨之錨頭應採用與永久性地錨相同之防蝕措施。

2.3 國內邊坡法規及相關規範

國內與邊坡穩定相關的法規及技術規範主要為建築技術規則、建築設計施工篇第十三章山坡地專章及水土保持技術規範。以下分別就

該法規及技術規範中,相關於邊坡穩定之部份加以說明,詳細條文則列於附錄中,以便參考。

2.3.1 建築技術規則建築設計施工篇第十三章山坡地建築之 有關條文(節錄)

建築技術規則建築設計施工篇第十三章之山坡地專章係自條文第兩百六十條至兩百六十八條,共計九條條文,主要係針對坡地之建築開發加以規範,條文中包括了不可開發坡地、建物與擋土牆之距離、建物退縮距離及樓地板面積等相關規定,其中部份條文係基於建築及建管的考量,直接與邊坡穩定相關者為第兩百六十二及兩百六十四條,分別條列於下,完整的條文則列於附錄一中。

第二百六十二條 山坡地有下列各款情形之一者,不得開發建築。但穿過性之道路、通路或公共設施管溝,經適當邊坡穩

定之處理者，不在此限：

一、坡度陡峭者：所開發地區之原始地形應依坵塊

圖上之平均坡度之分布狀態，區

劃成若干平均值區。在坵塊圖上

其平均坡度超過百分之五十五

者。但區內最高點最低點間之坡

度小於百分之五，且區內不含顯

著之獨立山頭或跨越主稜線

者，不在此限。

二、地質結構不良、地層破碎或順向坡有滑動之虞

者：

(一)順向坡傾角大於二十度，且有自由端，基地面在

最低潛在滑動面外側地區。

(二)自滑動面透空處算之平面型地滑波及範圍，且無

適當擋土設施者。其公式：

$$D \leq \frac{H}{2 \tan \theta}$$

D：自滑動面透空處起算之波及距離
(m)。

θ ：岩層坡度。

H：滑動面透空處高度 (m)。

(三)在預定基礎面下，有效應力深度內，地質鑽探岩心之岩石品質指標(RQD)小於百分之二十五，且其下坡原地形坡度超過百分之五十五，坡長三十公尺者，距坡緣距離等於坡長之範圍，原地形呈明顯階梯狀者，坡長自下段階地之上坡腳起算。

三、活動斷層：依歷史上大地震規模 (M) 劃定在

下表範圍內者：

表 2.4 歷史地震規模與不得開發建築範圍之關係

歷史地震規模	不得開發建築範圍
$M \geq 7$	斷層帶二外側邊各一百公尺
$7 > M \geq 6$	斷層帶二外側邊各五十公尺
$M < 6$ 或無記錄者	斷層帶二外側邊各三十公尺

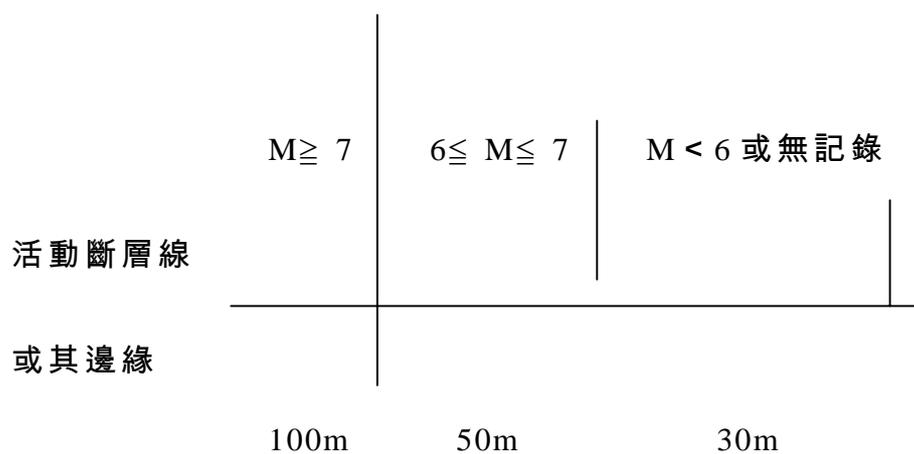


圖 2.4 歷史地震規模與不得開發建築範圍關係示意圖

四、有危害安全之礦場或坑道：

(一)在地下坑道頂部之地面，有與坑道關連之裂隙或

沈陷現象者，其分布寬度二側各一倍之範圍。

(二)建築基礎(含樁基)面下之坑道頂覆蓋層在下表

範圍者：

表 2.5 建築基礎面下之坑道頂覆蓋層禁建範圍

岩盤健全度	坑道頂至建築基礎面之厚度
$RQD \geq 75\%$	$< 10 \times$ 坑道最大內徑 (m)
$50\% \leq RQD < 75\%$	$< 20 \times$ 坑道最大內徑 (m)
$RQD < 50\%$	$< 30 \times$ 坑道最大內徑 (m)

五、廢土堆：廢土堆區內不得開發為建築用地。但

建築物基礎穿越廢土堆者，不在此限。

六、河岸或向源侵蝕：

(一)自然河岸高度超過五公尺範圍者：

表 2.6 河岸邊坡角度、地質與禁建範圍之關係

河岸邊坡之角度 (θ)	地質	不得開發建築範圍 (自河岸頂緣內計之範圍)
$\theta \geq 60^\circ$	砂礫層	岸高 (m) $\times 1$
	岩盤	岸高 (m) $\times 2/3$
$45^\circ \leq \theta < 60^\circ$	砂礫層	岸高 (m) $\times 2/3$
	岩盤	岸高 (m) $\times 1/2$
$\theta < 45^\circ$	砂礫層	岸高 (m) $\times 1/2$
	岩盤	岸高 (m) $\times 1/3$

(二)在前目表列範圍內已有平行於河岸之裂隙出現者，則自裂隙之內緣起算。

七、洪患：河床二岸低地，過去洪水災害記錄顯示其周期小於十年之範圍。但已有妥善之防洪工程設施並經當地主管建築機關認為無礙安全者,不在此限。

八、斷崖：斷崖上下各二倍於斷崖高度之水平距離範圍內。但地質上或設有適當之擋土牆設施並經當地主管建築機關認為安全無礙者，不在此限。

前項第六款河岸包括海崖、河階地崖及台地崖。

第二百六十四條 山坡地地面上之建築物至擋土牆坡腳間之退縮距離，應依左列公式計算：

一、擋土牆上方無構造物載重者：

$$D_1 \geq \frac{H}{2} (1 + \tan \theta)$$

二、擋土牆上方有構造物載重者：

$$D_2 \geq \frac{H}{2} \left(1 + \tan \theta + \frac{2Q}{r_1} \right)$$

三、擋土牆後方為順向坡者：

$$D_3 \geq \frac{H}{2} \left(1 + \tan \theta + \frac{2Q}{r_1 H^2} \right) + \frac{3L}{H} \left(\frac{2H \tan \theta}{\sqrt{1 + \tan^2 \theta}} - C \right)$$

D_1 、 D_2 、 D_3 ：建築物外牆各點與擋土牆坡腳間
之水平距離 (m)

H：第一進擋土牆坡頂至坡腳之高度 (m)

θ ：第一進擋土牆上方邊坡坡度

Q：擋土牆上方 D_1 範圍內淺基礎構造物單位長
度載重 (t / m)

γ_1 ：擋土牆背填土單位重量 (t / m³)

C：順向坡滑動界面之抗剪強度
(t / m²)

L：順向坡長度 (m)

上述第兩百六十二條主要係規定了陡坡、順向坡、平面破壞坡及範圍，破碎地層、活斷層等之不得開發坡地，但經適當坡地穩定處理者不在此限。第兩百六十四條則規定了建物與擋土牆之距離。但對於相關於坡地穩定之技術工法，則並未加以規定。

2.3.2 水土保持技術規範—規劃設計

依據水土保持法第八條之規定，於山坡地開發建築應依水土保持技術規範實施水土處理與維護。而在水土保持技術規範中，與邊坡穩定直接相關者，主要為第三章規劃設計及第七章水土保持技術審議。由於在此二章中所規定之內容及範圍均相當廣泛，故在本小節主要說明第三章規劃設計中相關於邊坡之部分，第七章水土保持技術審議之相關部份於下一小節中說明，其餘相關技術規範條文由於相當繁多，詳細內容請參閱「水土保持技術規範」。

於水土保持技術規範，第三章規劃設計中與邊坡相關之條文，主要包括了第十三節邊坡穩定，主要規範了邊坡規劃治理之原則及坡度；第二十七節擋土牆則規範了擋土牆之形式及適用範圍及穩定分析；第二十九節排水設施則規範了排水系統之設置。

第十三節 邊坡穩定

(邊坡穩定分析)

第一百七十三條 邊坡之穩定性應就其組成材料本身的特性、幾何形狀、及外力作用等項目進行分析。

(分類)

第一百七十四條 邊坡穩定處理規劃可參考下表 2.7，就各式邊坡引致破壞之可能原因及其破壞形式與後果，做出不安定型研判，並選擇適當之治理工法。

(安全性分析)

第一百七十五條 邊坡安定分析之目的，在於確定崩塌發生之機制與規模，並可進而提供處理時工程安定程度之推算，應按邊坡本身之分類及崩塌地的類型，選擇適當的安定分析方法進行。

(邊坡穩定分析)

第一百七十六條 邊坡穩定之設計，應按其安定型分析結果實施，

先就其現況或開發所需之幾何形狀，以其材料特性、載重分佈情況、地震及地下水儲存狀況等作分析。如計算結果不符安定設計需求時，可以考慮變更設計之幾何形狀或增加排水及擋土等相關穩定的設施，參照本章第十一節崩場地之處理手段實施，再重新計算設計至安定性足夠為止。安全設計參考坡度之邊坡坡面，應力求其符合安定所需，若欠缺詳細之調查與分析，可參考下列挖、填方邊坡

之合理坡度表 2.8 及表 2.9。但應能注意排水系統及邊坡保護工程的實施。

表 2.8 填方邊坡之合理坡度表

填方材料	填方高度 (公尺)	邊坡坡度 (直：橫)	土質分類
良好級配之砂礫或 礫石、砂之混和料	0~6	1:1.25~1:1.5	GW、SW
	6~15	1:1.5~1:2	GM、GC
不良級配之礫石	0~10	1:1.5~1:2	GP

岩石破碎之礫石	0~10 10~20	1:1.25~1:1.5 1:1.5~1:2	GW、GP、GM
砂質土、硬性黏質土、沈泥質砂	0~6 6~10	1:1.25~1:1.5 1:1.5~1:2	SM、SC、CL、OL
軟性黏質土	0~6	1:1.5~1:1.2	CH、MH

表 2.9 挖方邊坡之合理坡度

地質情況		挖方高度 (公尺)	邊坡坡度 (直：橫)	土質分類
硬岩			1：0~1:0.5	
軟岩			1:0.25~1:0.8	
砂			1:1.5 或更平緩	SW、SP
砂質土	緊密	0~5	1:0.8	SW、SC
		5~10	1:0.8~1:1.0	
	疏鬆	0~5	1:1.0~1:1.2	
		5~10	1:1.2~1:1.5	
礫石或含細料之礫質土	緊密或級配良好	0~10	1:0.5~1:0.8	GW、GM GC、GP
		10~15	1:0.8~1:1.0	
	疏鬆或級配不良	0~10	1:0.8~1:1.0	
		10~15	1:1.0~1:1.5	
黏土及黏性土		0~10	1:0.8~1:1.2	ML、MH、CL、 CH、OL、OH
夾岩或礫石之黏性土		0~5 5~10	1:1.0~1:1.2 1:1.2~1:1.5	

備註：土質分類符號表示 -

G：礫石 C：黏土 S：砂 O：有機質 M：沈泥

W：級配良好 P：級配不良

L：液性限度 50 以下，壓縮性低

H：液性限度 50 以上，壓縮性高

第二十七節 擋土牆

(擋土牆)

第二百五十八條 所稱擋土牆，係指為阻擋天然或填築之土石、砂礫及類似的粒狀物質所構築之構造物。

(擋土牆種類及適用範圍)

第二百五十九條 擋土牆之種類及適用範圍如下：

一、 三明治式擋土牆：如設於開挖坡面，其高度在六公尺以下；如設於填方坡面，其高度在四公尺以下為原則。

二、 重力式擋土牆：適用於挖填坡面，其高度在六公尺以下為原則。

三、 半重力式擋土牆：適用於挖填坡面，其高度在三至八公尺為原則。

四、 懸臂式擋土牆：適用於填方坡面，其高度在五至八公尺為原則。

五、 扶壁式擋土牆：適用於挖填坡面，其高度在五至十公尺為原則。

六、 疊式擋土牆：

(一) 蛇籠擋土牆：適用於多滲透水坡面或基礎軟弱較不穩定地區，其高度在四公尺以下為原則。

(二) 格籠擋土牆:適用於多滲透水坡面,其每層高度三公尺以下,總高度不得超過六公尺。

(三) 加勁土壤構造物:適用於基礎較不穩定之填土地區,其高度在八公尺以下為宜。

七、板樁式擋土牆:

(一) 扶壁板樁擋土牆:適用於五公尺以下之挖土坡面施工護牆。

(二) 錨繫板樁擋土牆:適用於五至十公尺深之挖土施工護牆。

八、錨碇擋土牆:適用於岩層破碎帶、節理發達或地滑地區

(擋土牆之作用力)

第二百六十條 擋土牆所受作用力之計算應包括:牆身自重、土壓力、加載荷重、水壓、基礎的垂直壓力及水平壓力等

作用力。視工程目的之需要，得考慮地震力。

(擋土牆安定條件)

第二百六十一條 擋土牆設計應依照下列準則設計。

一、滑動：安全係數採用 1.1 至 1.5。混凝土與基礎

土壤之摩擦係數如下表：

表 2.10 混凝土與土壤之摩擦係數

物料	混凝土在土壤上之摩擦係數
堅硬岩盤	0.70
卵石或粗砂	0.55~0.60
乾砂	0.45~0.55
被圍濕細砂	0.30~0.40
砂與黏土混合物	0.40~0.50
黏土	0.30

二、傾倒：穩定力矩必須大於傾倒力矩，合力作用

點須合於下列之規定 -

1.岩盤基礎：合力作用點必須在基礎底寬的二分之一中段內。即 $e \leq 1/4d$ (d 為基礎底寬)。

2.堅實土層基礎：合力作用點必須在基礎底寬的三分之一中段內。即 $e \leq 1/6d$ 。

3.容易壓縮的土層基礎:合力作用點必須在基礎底寬的中點與牆踵之間。

三、基礎壓力合力的偏心距 (e)，必須在第二款限度內。

四、基礎趾端的土壤壓力 P_t 及踵端應力 P_h ，必須在容許限度以內。各種土壤允許承載力如下表：

表 2.11 土壤允許承載力

物料	允許承載力 t/m^2
軟黏土	10
普通黏土	20

硬黏土	40
鬆細砂	10
壓實細砂	30
鬆粗砂	30
鬆砂石混合物與卵石	40
壓實砂石混合物與卵石	50
硬岩	100
強固頁岩	100

五、牆身所受各種應力，必須在各種材料容許應力

範圍內 (依據 ACI 規範)。

第二十九節 排水設施

(排水設施)

第二百六十五條 所稱排水設施，係指為將地面逕流導至安全地點

而施設之構造物。

(排水溝)

第二百六十六條 所稱排水溝，係指為宣洩逕流，順山坡方向用各

種材料襯砌溝面，以保護溝身安全的縱向構造物。

其種類及適用範圍如下：

一、草溝：係指種植草類於土築溝面內以防止沖蝕

者，其適用於流速不超過每秒一點五公

尺、溝長三十公尺以內之土築溝。但在

砂礫地及含石量較多之地區不適用之。

二、砌石溝：係指以塊石襯砌溝面。以保護溝身安

全者。其適用於流速大及土壤易沖蝕

之處。

三、混凝土溝：係指用混凝土或鋼筋混凝土襯砌面，

以保護溝身安全者。其適用地點同砌

石溝。

四、預鑄溝：係指依預定規格，預先鑄造之製品。

於工作地點困難之地，宜採用預鑄溝。但預鑄溝用於路邊溝時應考慮側壓力。

(跌水)

第二百六十七條 所稱跌水，係指於溝渠坡度過陡，水流速度超過限制流速之處，為減緩流速，消除能量，所建造控制落差之構造物。其設計原則如下：

- 一、跌水高度以三公尺為限，其超過三公尺者，應另行設計。
- 二、急彎處跌水之入口及出口方向，應與上、下游流向一致。

(涵管)

第二百六十八條 排水系統與道路系統交叉處，應埋設涵管，以利

於宣洩逕流，並利於車輛通行。其設置原則如下：

- 一、最大設計荷重限制：普通混凝土管為 H—10，
離心式混凝土管為 H—
20。
- 二、埋設深度：普通混凝土管至少五十公分以上，
離心式混凝土管為二十公分以上，
且不大於六公尺為原則。
- 三、涵管應儘量避免埋設於填土區上；如位於填土
區上，應注意土壤夯實情形並加強涵管銜接部
份，以防止涵管脫節。
- 四、涵管底座應確實整平；如土質較佳地區使用混凝
土管時，底座得鋪設一比三比六混凝土加強。
- 五、涵管入口為防止阻塞，宜設置攔污柵。
- 六、涵管出口應設消能設施或銜接排水溝。
- 七、涵管接頭部份宜採用一比三水泥砂漿或填縫膠

填縫。

2.3.3 水土保持規範—水土保持技術之審議

水土保持技術規範中之第七章水土保持技術之審議，其中之第一節一般水土保持技術及第二節開發建築用地之條文與坡地社區開發之邊坡穩定具有相關性，故在本小節中將分別說明第一節一般水土保持技術，及第二節開發建築用地之條文規範。第一節之一般水土保持技術規範了地質調查及限制、開挖整地、邊坡及限制、排水系統、擋土工程及滯洪等事項，與邊坡穩定具有直接之關連性。第二節開發建築用地規範了基地使用、排水系統、開挖整地及道路與植生等，與邊坡穩定之關連性較低。

第一節 一般水土保持技術

(地質調查分析及限制)

第三百三十條 基地開發之地質調查分析有關規定如下：

- 一、應作環境地質及基地地質之調查分析。
- 二、主要脊谷縱橫剖面及挖、填方高度超過五公尺或可能影響相鄰地區安全者，應做邊坡穩定分析。
如有潛性地質災害且有影響相鄰地區及基地安全之可能性者，其影響範圍內限制或禁止開發。
但經相關專業技術之技師根據實際數據分析，確認安全無妨礙公共安全之虞者，不在此限。經調查有地層破碎帶、地層滑動帶及礦渣堆積之地區應避免作建築之用。

(開挖整地)

第三百三十一條 開挖整地應儘量維持原有之自然地形、地貌，以減少對環境之不利影響：

一、開挖整地工程除保護路基、地基外，其餘以自然邊坡處理為原則。

二、開挖整地須注意坡面安全。

三、基地優良林相應儘量保留。

四、挖填方應求最小及避免產生對外棄土或取土之需求。

五、基地內除建築物、道路、滯洪池及沉砂池等人工設施外，應全面綠化。

六、整地應儘量自然化，依其不同之狀況，分下列

一般開挖整地及景觀開挖整地等處理方式：

1.一般開挖整地方式：開挖整地後之坡面，應處理成和緩的曲面，避免形成過高、過陡之坡面，以及造形僵硬刻板之平面或線條。

2.景觀開挖整地方式：開挖整地後之坡面上方及底部均呈曲線狀，以模擬自然地形之方式配合

自然環境。凡暴露於公眾視野之坡面或與自然地形相接之坡面，應採用此方式開挖整地。

七、邊坡高度超過五公尺，宜設計階段式邊坡及縱向排水，其坡度應求最穩定的傾角。如為填方邊坡，應依填方材料性質，並參酌地質、地形及氣象等因素；挖方邊坡則須視地質狀況、地層構造及挖方高度等因素。

八、開挖整地工程以分期分區施工為原則，不得作全坡面之開挖整地工程。

(邊坡之限制)

第三百三十二條 人工坡面之邊坡，原則上不得陡於第一百七十六條挖、填方邊坡之合理坡度表之規定。但經專業技師分析判定不影響邊坡之穩定性，或經利用適當且合於本規範之擋土措施增加坡面穩定性者，不在此

限。坡度超過百分之五十五之坡面，其面積之百分之八十應維持原地貌，不作任何開發。

(填方之地下排水)

第三百三十三條 填方區應設置地下排水系統，以排除地下水，避免發生不規則沉陷或邊坡穩定問題。

(邊坡高度限制)

第三百三十四條 人工邊坡高度超過五公尺者，以階段式開挖為原則，每垂直距離五公尺高度，設置寬度不得小於一點五公尺之平台，平台之降坡以百分之一至百分之三為原則，且每五個平台中，至少有一平台寬度不得小於三公尺。但農路之邊坡，如省（市）主管機關另有規定者，從其規定。

(排水系統之配合)

第三百三十五條 基地如需開挖整地而改變集水區範圍者，應以改變後之集水區為審議基本單位。其排水系統應與開挖整地工程、道路設施、建築物配置及公共設施等作有效配合設計。

(排水功能)

第三百三十六條 排水系統之規劃，儘量利用天然坑溝作為排洪之用，不宜任意填平。基地開發並不得妨礙上、下游地區原有水路之集、排水功能。

(排洪設計)

第三百三十七條 排水、截水溝渠斷面設計，應足敷排洪需要，排水至基地外之天然坑溝或既有排水設施，應對其承

受能力及安全條件審慎檢討，且其排放流量不得大於開發前之逕流量。

(截水系統)

第三百三十八條 開發地區以外之逕流，如流入基地內，為免增加開發地區本身排水系統負擔，應在開發地區內地勢較高處，設截水系統，將上游之漫流水截引至附近天然排水系統或排水幹線內。但不得增加或超過該天然排水系統或排水幹線之排水功能。

(逕流及污水分別排除)

第三百三十九條 依現代化基地設計之趨勢及水污染防治之觀念，基地內逕流及污水應各設管渠分別排除。

(排水與道路側溝之配合)

第三百四十條 排水系統之分區排水儘量與道路排水側溝系統相配合，其排水側溝或幹線以重力流設計。

(污水排放)

第三百四十一條 未經處理之工、礦廢水或家庭污水不得排入一般排水系統中；經處理過之排放水，應符合法定之排放標準。

(洪峰流量之設計)

第三百四十二條 對外排放之洪峰流量以不低於二十五年一次頻率之降雨強度計算，且不得超出開發前之洪峰流量。

(鄰近排水系統之配合)

第三百四十三條 坡地排水系統出口應與鄰近相關地區之排水系統相配合。如鄰近地區公共排水系統尚未建立時，

應依主管機關核定之排水系統規劃到設計案埋設涵管(渠),接通至下游已完成之系統內。其完成後,應供公共使用,如政府需改建時,應無條件提供改建。

(排水消能設施)

第三百四十四條 凡管渠或明渠之出口有落差或沖蝕之虞者,應設置消能設施以免下游產生沖刷現象。

(排水系統要件)

第三百四十五條 為利於山坡地基地開發排水系統之審查,其規劃或設計之圖說,應檢附下列資料:

一、環境水系圖(比例尺不得小於五千分之一):標

示排水分區及面積、天然水系流況等。

二、基地排水系統配置圖 (比例尺不得小於一千二

百分之一): 標示基地內排水分區及其面積、流向等。

三、相關之排水出入口現況及計畫之高程。

四、水理計算：若有調節池者應附水力計算。

五、道路現況及計畫之高程。

六、高程須註明引用點之資料。

(護坡工程之排水)

第三百四十六條 護坡工程應有通常之排水設施，足以宣洩該計畫地區之逕流並與現有排水系統適當銜接。邊坡最頂部應設置截水溝或相關設施，以減少坡面沖蝕。

(擋土工程)

第三百四十七條 擋土牆除透水性較佳之疊式擋土牆外，應設置洩水孔（至少直徑五十公釐），其數量不得少於每二平方公尺一孔，並須有防止阻塞之設施。

不得使用坡側之建築物外牆同時做為擋土設施。但經專業技師特別分析設計者，不在此限。

擋土牆之背填需有良好透水性之材料。擋土牆高度不得高於邊坡之高度，牆後邊坡必要時應加以整修，並加強植生綠化。

（沉砂池設施）

第三百四十八條 沉砂池之大小，應依據集水區特性、設計洪峰流量、推移質粒徑分布及沉砂池入口處之溪床坡度等決定，其有關規定如下：

一、永久性沉砂池：泥砂生產量採用通用土壤流失

公式估算值。但每公頃不得小於五十立

方公尺。沉砂池之容量以泥砂生產量之一點五倍估算，設計清除之次數為一年一次。

二、施工中臨時性沉砂池：泥砂生產量採用通用土

壤流失公式估算值之二分之一。但未開挖整地部分，每公頃不得小於二十五立方公尺；開挖整地部分，每公頃不得小於二百五十立方公尺。沉砂池之容量以泥砂生產量之一點五倍計算，每次暴雨後清除一次。

(滯洪設施)

第三百四十九條 滯洪池容量應為估算滯洪量之一點二倍以上。滯

洪後排出之洪峰流量不得大於滯洪前之洪峰流量。

滯洪設施應經常加以維護，保存應有功能，不得變

更用途。

(設置緩衝帶)

第三百五十條 開挖邊坡之坡頂或填方邊坡之底部至毗連之界址，應留緩衝帶，並加強植生覆蓋。緩衝帶之寬度，以水平距離十公尺以上或人工邊坡高度一點五倍以上水平距離為原則。緩衝帶如考慮防火目的時，其寬度以水平距離十公尺以上為原則，並應選擇種植防火性植物。

第二節 開發建築用地

(開發建築用地之基地使用)

第三百五十一條 開發建築用地之基地內，其原始地形在坵塊圖上之平均坡度超過百分之五十五之地區，其面積百分

之八十之土地，應維持原始之地形地貌，為不可開發區。但省(市)主管機關因轄區環境特性或需要，有更嚴格之規定者，從其規定。

基地內須設置保育區，其面積不得小於扣除不可開發基地面積後之剩餘基地面積之百分之三十。保育區面積百分之七十以上之土地，應維持原始之地形地貌。

建築基地避免位於地面水、伏流水、地下水等水量過多之地區。

(開發建築用地之排水系統)

第三百五十二條 開發建築用地之基地內對外排放之洪峰流量，以二十五年一次頻率之降雨強度計算。其開發中及開發後之排放流量，不得超過開發前之洪峰流量，並應以五十年一次頻率之降雨強度計算其滯洪設施。

基地內位於二十五年洪泛區之設施，應依水利法有關行水區之規定辦理。

計算基地之逕流量時，開發中之逕流係數設定為一。開發後不透水面積在百分之四十以下者，其逕流係數設定為零點八五；不透水面積超過百分之四十者，其逕流係數設定為零點九零。

地表水排水系統之規劃設計，應與開挖整地、道路設施、建築物、公共設施等有效配合，並儘量配合利用天然坑溝。

(開發建築用地之開挖整地)

第三百五十三條 開發建築用地之開挖整地，其挖方總量以不得超過其申請基地總面積乘以每公頃二萬立方公尺之最高範圍之內為之，並儘量分期分區施工，減少土壤裸露面積，加強植生綠化。

填方地區應分層滾壓，每層以三十至五十公分為限，並以修正式夯實試驗之相對夯實度達百分之九十以上為準。

(開發建築用地之道路系統)

第三百五十四條 道路選線應儘量避免使用保育區，其挖填方之需求亦應儘量減至最低，以維護基地之自然景觀。

(開發建築用地之植生綠化)

第三百五十五條 基地內除建築物、道路等人工設施外，應進行植生綠化，其植生方法以能快速達到水土保持及坡地防災目的之植生群落為主。坡面之保護及坡腳安定工程之規劃、設計與施工，應同時考慮工程構造物之安定及相關植生配合處理方法。基地內與基地外之土地使用有不相容或有負面影響時，應設置水平

距離至少十公尺寬之緩衝帶;若與區外公園、綠地鄰接時，可減縮為至少五公尺。基地內季節風之上風處，應設置防風林帶，並得與緩衝帶配合配置，其寬度至少水平距離十公尺。基地之植生綠化，應包括機能植栽(如緩衝、遮蔽、隔離、綠蔭、防音、防風、防火及地被等機能)、景觀植栽及人工地面植栽等，以喬木、灌木及地被植生等組合之複層林為主。

在水土保持技術規範中，對於邊坡之坡度、高度、開挖整地及排水方面等，均有較為詳細之規範，大致上仍屬於原則性規範。而於邊坡穩定擋土系統方面，則僅有各型擋土設施大致上之適用範圍原則，工法上則並無規範加以限制。

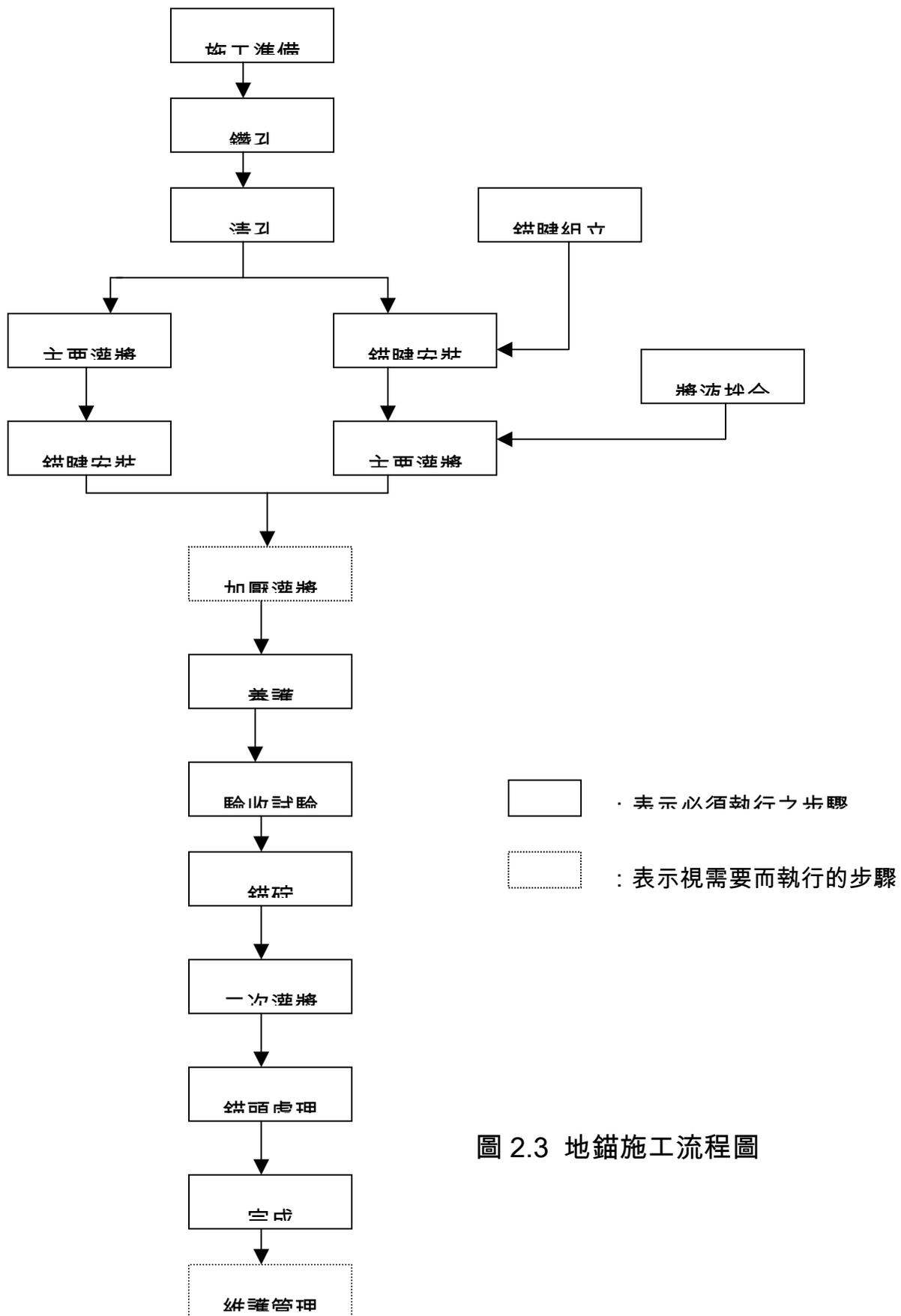


圖 2.3 地錨施工流程圖

表 2.7 邊坡穩定處理規劃

邊坡之分類	引致破壞之可能原因	破壞型式及後果	治理原則
開發區上游之自然岩石邊坡	地震、降雨、風化、坡趾切除、採礦等。	山崩、平面形或楔形滑動、崩落等，埋沒道路、阻塞河流。	整坡、擋土、岩栓、錨碇等
開發區上游之自然土壤邊坡	地震、坡趾切除、採礦、降雨。	泥石流、土石流、地滑等破壞產物埋沒村莊，阻塞河流。	擋土、排水等
開發區內之岩石邊坡	地震、強降雨、坡趾切除、長期風化等。	山崩、順向坡破壞、落石等，埋沒道路社區、阻礙排水。	整坡、擋土、岩栓、錨碇等
開發區內之自然土壤邊坡	坡趾切除、不穩定邊坡之填方，供水或排水線之泥水，草地之噴灑水等。	通常為慢、蠕動式之破壞，會造成水管、排水系統破壞或道路之損毀。	排水、植生
水庫、蓄水池之邊坡	增加土壤及岩石之含水飽和度，提高地下水位，增加浮力（上揚力），急速下降水位。	快或慢的邊坡破壞，損毀鐵路，阻塞溢流口，引致壩體之傾倒，造成洪水以及生命之損失。	排水、擋土
公路及鐵路之挖填式邊坡	過量之雨水，不穩定邊坡之填方，坡趾切除，地下水排水受阻。	挖方破壞阻礙道路，基礎移動引致路面破壞，產物之破壞及生命之損失。	排水、擋土、岩錨
土石壩、堤防、水庫壩體之邊坡	滲流壓力過大，地震波動。	突然之下陷滑動造成整體之破壞，淹沒下游地區造成人員財產之損失。	整體設計
填方整地	填方分層夯實不良，以及降雨作用下排水系統不確實。	陷落、地滑及土石流造成整體之破壞，土石移動淹沒下游地區。	夯實作業、排水系統
開挖面及填方坡	坡面設計不穩定，過高之	邊坡破壞或開挖面底部	抽水、擋土排水

面	地下水位，不良之地下水控制，抽排水系統之中斷等。	的隆起，嚴重的影響工程進度，機具的損壞，財物的損失等。	
---	--------------------------	-----------------------------	--

第三章 日本及香港邊坡穩定工法技術及相關規範

他山之石，可以攻錯。鄰近國家如日本與香港因地狹人稠之故，對於山坡地社區之開發亦相當頻繁，因此其關於社區旁邊坡穩定之管理制度與工法技術均值得參考，以下將分別加以簡要介紹。

3.1 日本之邊坡管理制度及相關規範

日本地形陡峻，平地狹小，人口稠密，由於受到自然環境之影響，崩塌災害頻繁，常造成百姓傷亡，且因多數崩塌發生在鄰近住宅區，崩落速度甚快，致居民難以預測或避難。因此，日本政府當局對於邊坡崩塌災害防止工作相當重視，於 1967 年即已制定「急傾斜地崩塌災害防治法」，針對潛在災害危險地區，全面調查並編定公告標示，同時亦制定一套危險住宅區移轉補助制度以及防災救難措施，以減少或避免此類災害，保障居民生命財產安全。

3.1.1 陡坡危險地區之調查

陡坡地崩坍災害防治對策之實施，首重危險區之分佈及現況瞭解。調查對象包括崩坍、地滑及土石流發生之災害區以及可能遭受危害之地區，其採用之標準如后：

(1)山坡地地表平均坡度在 30 度以上 (陡坡地)，且高度在 5 公尺以上者。

(2)陡坡地發生崩坍後具有危害下側民房 5 戶以上，或對下側學校、辦公廳舍、公路、醫院、旅館等公眾建築有危害者。

圖 3.1 所示即為陡坡地崩坍危險區域之指定範圍基準示意圖。

圖 3.1 陡坡地崩坍危險區域之指定範圍基準

危險區之調查工作由建設省主持，各級地方政府配合實施，進行全國性之調查。其主要工作項目包括地形、地質及土壤等，以瞭解坡面之潛在相關因素。再以調查結果與以往之經驗為基礎，假想降雨與地震對於斜坡面之影響，預測坡面崩坍危險程度及其崩坍型態，進而

探討治理工程，提供力學判斷資料，以供決定治理工作之依據。亦即需研判崩坍之原因並預測崩坍之型態，並做工程地質之調查。

3.1.2 坡地崩坍災害防止實施要領

有關防止山坡地崩坍災害之實施要領摘述如下：

1.法令依據

急傾斜地崩坍災害防治法。

2.陡坡地崩坍災害防治指定

依前述之陡坡地崩坍災害之防治地區指定標準進行指定區編定，其後依調查、徵求地方意見及公告之程序而生效，並通知縣級首長，其廢止程序亦同。

3.指定區之限制行為

凡在指定區從事下列各項行為者必須獲得縣級（都道府縣）政府首長之許可。

- a.任意排水、蓄水或有助長滲水之行為。
- b.增設治理措施以外之蓄水池、排水路及其他工程或工程之改善等。
- c.開挖斜坡、挖填土方。
- d.伐採竹木。
- e.在地面上滑運木材。
- f.採取或堆積土石。
- g.其他有助長崩坍發生之行為，經行政命令規定者。

4.防災措施之實施

由縣級政府負責施工及維護，並由中央(國庫)、縣級政府及受益人(團體)共同分擔費用。

5.命令改善

在指定區內從事已獲得許可之各項活動，若忽略應有之防災措施，其程度足以發生危害者，主管機關得命令其土地所有人、管理人或

佔用人實施改善措施。

6. 防災勸導

縣級政府主管機關於高度潛在危險地區可能危害居民安全時，得向土地所有人、使用人以及居民提出避難、移居或實施必要之防災措施等勸導，同時移居民眾得向政府申請公庫融資。

7. 警戒避難制度

由鄉鎮市（市町村）防災會主辦，進行災害警告標準之訂定及發佈，避難救援制度及有關措施之訂定及實施。凡情報之搜集、傳達方式、氣象警報之傳達通知方法、避難實施方法、負責人員等均需在避難救援制度中有明確之規定。並對降雨量之記錄監視，警告之發佈亦需有具體之規定。

上述「陡坡地崩坍災害防治指定」之規定，在我國目前已通過之水土保持法暨相關法規中，有關於特定水土保持區之劃定、廢止與管

理，亦有類似精神之規定，而目前特定水土保持區之劃定與公告工作，仍在省（直轄市）進行劃定之階段，尚未進入公告及管理程序。

3.1.3 坡地建築之管制

坡地建築用地之開闢，日本並無專門的法規予以管理，目前管理之依據係以都市計畫法及建築基準法為主，其他有關之法規包括國土利用計畫法、新住宅市街開發法、土地區劃整理法、新都市基盤整備法、大都市區域之住宅地等供給之促進有關特別措置法、文化財保護法、農地法、森林法以及對於坡地及地質不良地區加以管制之宅地造成等規制法。各種法規相互交錯運用，若有重複之處，則從較嚴格規定之法規辦理（李三畏，1982），各項相關規定整理如下：

1. 主管單位

縣級政府（都道府縣）。

2. 建地整地之開發許可

建地整地超過下列規定者須申請開發許可：

- (1) 於地表坡度超過 30 度之坡地開挖高度超過 2 公尺（含 2 公尺）以上者。
- (2) 於地表坡度超過 30 度之坡地填土高度超過 1 公尺者。
- (3) 挖填土同時實施，其挖填土連續高度超過 2 公尺者。
- (4) 挖填土雖未超過上項規定，但開挖面積超過 500 平方公尺者。

3. 開發許可之審查

由縣級政府（縣廳）都市計畫課負責，會同有關單位進行審查，審查之內容包括：開發區之土地利用現況、公共設施管理單位之同意書、開發施工同意書、鄰近土地所有權人同意書、須增設公共設施管理單位之協議書、開發者財務證明與工程經驗、設計者之身份證明、土地謄本、附圖及其他法令有關規定事項，主管機關首長認為需具備

者。

4.許可通知

審議及審查合格者通知申請人，並可開始按申請計畫施工；不許可者則登錄於開發登錄簿後退回申請。

5.完工檢查

申請許可之建地整地工程完工後必須接受主管機關之檢查，檢查合格者發給檢查合格證，始得申請建造執照。

6.監督與處分

(1)使用造假等不當手段獲取開發許可或違反許可之規定事項者，取消開發許可。

(2)無許可之工程，違反許可規定之工程或不合技術水準之工程予以停工。

(3)無許可施工之建地，檢查未完或不合格者，禁止使用、限制使

用、或加設擋土工程、排水設施或其他防災措施。

(4)監督處分前應先聽取申訴。

(5)明顯之違規且情況緊急時，得逕予停止其施工或作業。

3.2 日本常用邊坡穩定工法

日本對於邊坡崩坍防治工程種類之選擇與設計，係依坡地之地形及地質因子，推測崩坍之原因及型態，並考慮其安全性、經濟性、耐久性、施工性以及與四周環境調和程度，選擇最適當之工程方法組合而成。一般而言，以採用下述方式較多：

- 1.有限度移除不安定土塊。
- 2.坡面整坡工程。
- 3.設置適當之擋土設施。
- 4.有地下水影響者配合鑽孔排水工程。
- 5.坡面保護，以防止地表水沖蝕、風化及局部性崩落。

為配合不同之坡地特性所需，各種崩坍防治方法常需搭配使用，

其對策工法可概分為：

1.抑制工程：

(1)防止雨水侵蝕：

a.排水—地表水排除工程、地下水排除工程。

b.護坡：

(a)植生護坡 - 打樁編柵、植生。

(b)噴漿 - 噴水泥砂漿或混凝土。

(c)砌石 - 砌混凝土塊或卵石塊。

(d)水泥框 - 預鑄或現場澆灌混凝土框。

(e)其他 - 自由樑工法、不織布土袋法等。

(2)除去崩坍土方一切土工。

2.抗阻工程：增加抗阻力、防止崩坍。

(1)整坡工程一切土工。

(2)擋土工程：

- a.砌石 - 混凝土塊。
- b.重力式混凝土牆。
- c.格籠、蛇籠、鋼籠。
- d.懸臂式、扶壁式鋼筋混凝土牆。

(3)打樁工程—打樁、混凝土樁、鋼樁。

(4)錨碇工程—地錨、岩錨。

3.其他安全設施

(1)崩坍防災工程：蓄留式擋土牆，攔砂壩。

(2)落石防護工程：預防及防止落石工程。

(3)施工安全防護工程。

各防治工程之分類、目的及效果詳表 3.1 所示。

表 3.1 陡坡地崩坍防治工程一覽表

分 類	目 的 及 效 果	分 類	工 程	
抑制工程	防止雨水侵蝕	排 水	地下水排除 地表水排除	
		植 生 護 坡	植生	
		護 坡 工 程	噴 漿	水泥砂漿 混凝土
			護 坡	砌石、混凝土塊 混凝土護坡
		水 泥 框	預鑄混凝土框 現場施工混凝土框	
	其 他	其他坡面保護工程		
	除去因降雨易發生崩坍土方	不安定土塊之移除	切土石	
抗阻工程	增加抗阻力防止降雨時之崩坍	整坡工程	切土石	
		擋土工程	砌石、混凝土塊格籠、蛇籠、鋼籠 重力式混凝土牆 懸臂式與扶壁式鋼筋混凝土牆	
		打樁工程	木樁、混凝土樁、鋼樁	
		錨碇工程	地錨、岩錨	
其他安全設施		崩坍防災工程	蓄留式擋土牆	
		落石防護工程	落石預防工程 落石防止工程	
		施工安全防護工程	臨時性安全防護工程	

前述之各項穩定工法及適用情形大致與本研究第二章所整理歸納之各項工法情形相符，並無明顯相異之處。

3.3 香港之邊坡管理制度及相關規範

與國內之情況類似，香港坡地災害之所以受到重視，係因一連串發生之嚴重事故所致，於是在由國際專家組成之事故調查小組提議下，香港政府成立了一個岩土工程監督機構 - 土力工程處 (Geotechnical Engineering Office, GEO)，全權處理香港包括調查、設計、施工、監測及維護等所有作業程序之坡地工程。目前香港即在土力工程處之主導與執行下，擁有一套相當健全之「坡地安全制度」，使山坡地崩坍 (港稱 - 山泥傾瀉，Landslip) 之風險及其所造成之死亡人數明顯減少，進一步確保斜坡之安全。

3.3.1 坡地安全制度

香港坡地安全制度中，土力工程處為斜坡安全之管理部門，而負責實際行動之機關及有關人士，則是負責建造土工及維持斜坡穩定性之私人業主與政府代理人，如圖 3.2 所示。其中土力工程處於坡地安全制度中之主要職責，即香港坡地安全之管理，摘述如下：

1. 監督斜坡安全

- (1) 登記人造斜坡 - 目前斜坡紀錄冊內只包含 10,840 個人造斜坡，預計新紀錄冊內之斜坡總數將達 60,000 個左右，以作為「防止山泥傾瀉計畫 (Landslip Prevention Measures, LPM)」研究之根據。
- (2) 篩選及審查舊斜坡安全情況並跟進鞏固 - 任何屬私人擁有不合乎安全標準之斜坡，透過屋宇署向業主發出「危險斜坡修葺令」，命業主進行勘查或鞏固工程。

圖 3.2 參與斜坡安全之主要部門及機構 (陳嘉正 , 1997)

(3) 審查新斜坡工程設計 - 土力工程處約有三分之一專業人員負責

審查新斜坡岩土工程之設計工作。

(4)審核政府部門之斜坡維修工作。

(5)視察寮屋區斜坡安全並建議清拆。

(6)詳細調查山泥傾瀉事件，以編寫專家報告 - 紀錄事實以確定事件成因，所作專家証人報告會為死因裁判方之審訊提供證據。

(7)為土地用途之規劃提供資料及意見 - 審查土地發展方案所涵蓋之整個範圍，由策略性之地區研究至個別建築基地，並提供意見。目前已發表多輯「區域岩土研究計畫報告」(比例尺 1 : 20,000)及「地區岩土研究計畫報告」(比例尺 1 : 2,500)，供市民參考。

2.釐定安全標準

(1)進行岩土工程研究 - 針對防止山泥傾瀉計畫進行相關工程項目之應用研究及發展工作，包括風險管理、改善設計及施工方法等。

(2)擬備專業指引 - 制定「斜坡岩土工程手冊」及有關擋土牆設計、

現場調查、岩石與土壤描述、岩洞工程及斜坡維修之指南文件。

3.執行岩土工程計畫

(1)實施為期五年之加速「防止山泥傾瀉計畫」—為已登記人造斜坡進行詳細之岩土工程研究。

(2)調查天然山坡 - 對天然山坡之潛在風險進行深入研究。

(3)勘察廢置之隧道並加以處理。

4.提供公眾教育及協助

(1)有關斜坡安全之公眾教育 - 推行「斜坡維修運動」，宣導斜坡需要定期檢查與維修及業主之責任，其目標有二：(a)透過推廣斜坡之維修，減少發生山泥傾瀉之機會；(b)教育市民於豪雨期間採取預防措施，減輕山泥傾瀉之影響。

(2)資訊服務 - 為市民提供斜坡維修自動化電話熱線，制定維修指南，並舉行研討會，目前正發展電腦化斜坡資訊系統，方便市民從

網際網路上取得所需之斜坡資料。

- (3) 坍方警告及緊急服務 - 由土力工程處與天文台共同決定是否發佈「山泥傾瀉警告」，透過傳媒提醒市民提高警覺。於山泥傾瀉危險期間，土力工程處更提供 24 小時服務，為各政府部門提供岩土工程方面之意見，包括封閉道路，疏散受影響居民，並進行緊急搶修工程等。

3.3.2 邊坡管理相關法規與規範

香港關於私人擁有斜坡之岩土工程管制事宜，主要係依據香港法例第 123 章之「建築物條例」，該條例曾於 1980 及 1982 年修訂增加岩土工程管制條文；而對於政府斜坡之審查，則係遵照工務局 (Works Bureau) 所發出技術通告之規定。有關專業技術方面之規範主要包括手冊、指南及說明書，分別為：

1. Geotechnical Manual for Slopes (1984)

2. 斜坡岩土工程手冊 (1998) - 1984 年英文版之中文譯本。
3. Guide to Retaining Wall Design (1993)
4. Guide to Site Investigation (1987)
5. Guide to Rock and Soil Descriptions (1988)
6. Guide to Cavern Engineering (1992)
7. Guide to Slope Maintenance (1995)
8. 斜坡維修指南 (1995)
9. Model Specification for Prestressed Ground Anchors (1989)
10. Model Specification for Reinforced Fill Structures (1989)

另外尚有 57 份研究報告書及 14 份刊物可供參考。

3.4 香港常用邊坡穩定工法

香港自 1984 年起設置坡地災害之中央檔案，開始有計畫地紀錄所發生之山坡坍塌事故，作為分析研究之基本依據。經分析後歸納坡地

災害之成因幾乎都是由暴雨所引致，因此其邊坡穩定工法特別重視地表水與地下水之調查與排除。

有關香港常用之邊坡穩定工法，大致上與日本及國內類似，概分成排水、植生、護坡、整坡、擋土、打樁、錨碇及落石防護等工程，可單獨採用或搭配使用，全視邊坡地形與地質情況、施工條件與用地及工程預算等因子而定。特別值得一提的是，香港政府認為無論採用何種穩定工法，經常性之邊坡現場檢視與維護，為邊坡安全相當重要之一環。土力工程處於邊坡岩土工程手冊 (Geotechnical Manual for Slopes) 中規定，設計者於邊坡擁有者完成開發後應提供與此邊坡相關之資料，作為邊坡維護紀錄之依據與參考，並建議一套包括邊坡維護與監測儀器量測指南及結構體於正常情況下儀器量測值可能變動範圍之完整邊坡維護計畫予邊坡擁有者；惟此計畫並不包括地錨之監測及利用邊坡狀況之監測結果來檢核原設計條件。而邊坡擁有者則須指定一個邊坡維護單位，以確保現場檢視與監測儀器量測及所建議之補

救措施等工作能確實執行。土力工程處所建議之檢視與監測頻率如表

3.2 所示。

表 3.2 邊坡維護檢視頻率建議表 (譯自 GEO , 1994)

檢視人員	建議頻率	
	高風險之邊坡	低風險或可忽略風險之邊坡
技術人員	6 個月	1 年
工程師	2 年	5 年

說明：

1. 高、低風險或可忽略風險邊坡定義示於邊坡岩土工程手冊第五章。
2. 若為高風險之情況時，應徵詢大地工程師之建議。

第四章 國內坡地社區邊坡穩定工法現況調查

為對於國內目前坡地社區所採用之邊坡穩定工法有所瞭解，並進一步檢討工法之長短期安全性及穩定性，乃對現有之坡地社區邊坡穩定工法進行現地調查。調查進行之方式，係對現有之坡地社區既有及施工中之社區邊坡進行初步訪視，以明瞭目前一般所採用之邊坡工法與趨勢。其次根據訪視情形，參考前人研究擬定調查表，發送給相關私人業務單位，並根據所獲得之回收資料進行分析檢討。此外，針對近年既有的邊坡穩定案例進行整理與分析，藉以釐定相關課題。

4.1 邊坡穩定工法現況初訪

為對於一般坡地社區所採用之邊坡穩定工法及趨勢，能有初步瞭解，乃選擇大台北地區內數處不同地點之坡地社區進行初步之訪視。於訪視中發現較早期之社區，受到地工技術的限制，設計與施工方法

都較為保守，在基地選址方面，大致選擇較平緩的山坡地，所使用的邊坡穩定工法大致有砌石、混凝土格床、噴混凝土、噴漿等護坡方式，主要用在防止雨水沖刷、侵蝕坍塌、避免自行崩陷，而不是用來承受土壓力。隨著地工技術的提昇，可選擇基地型式增多，在近期一些坡地社區可以看出，所使用的工法不只是消極地使用護坡工程，更積極的利用擋土工程，來增加基地面積、提高坡地的使用率。初步訪視結果，目前國內所使用的擋土方式有：卵石混凝土擋土牆、漿砌卵石(塊石)擋土牆、鋼筋混凝土框式擋土牆、扶壁式擋土牆、懸臂式擋土牆、錨碇式(加格梁)擋土牆、擋土柱式擋土牆，其中以懸臂式擋土牆、錨碇式(加格梁)擋土牆、排樁式擋土牆三者較常使用。

以下就初步訪視大台北地區附近之山坡地社區，所使用邊坡穩定工法，來大致說明國內工法使用的現況趨勢：

(1) 外雙溪中央社區

在中央社區中，有些地區是利用階梯狀建築設計，順著坡面修建；有些地區則對鄰近的坡面做技術上的修整，直接對坡面使用噴漿、混凝土格床處理；或者利用框式擋土牆、懸臂式擋土牆，對較陡以及距離建築物較近的坡面做處理。在中央社區第 98 棟側邊邊坡做地錨—格梁擋土系統，下方採用噴凝土護坡工程，如圖 4.1 所示。此外，在某一區住家為增加生活空間，私自增建，未做邊坡穩定的處理，可看到增建部份已懸空，邊坡產生向內掏空現象。在道路兩邊可發現擋土設施有龜裂的現象，土石崩落、樹木略傾倒一方，擋土設施的背填土掏空現象，維護情形不良，如圖 4.2 所示。

(2) 景美地區

在景美地區，共訪視了四個社區，其中 A、B、C 均為新建社區，D 社區則為老舊之小型社區。在 A 社區內，住屋後頭緊鄰約三層樓高的擋土牆，採用錨碇—格梁式擋土牆，在擋土牆表面掛上植生網，如圖 4.3 所示。在 B 社區為一新建社區，此社區利用削坡方式，使基地

面積增大。在邊坡穩定工法上，則使用錨碇、繫梁與排樁互相搭配使用，高度約二層樓高，單一使用排樁時，則高度約為一層樓高，如圖 4.4 所示。在 C 社區，使用牆身較高的扶壁式擋土牆，高度約為二至三層樓高，並緊鄰建築物約一公尺。在 D 社區，位在山頂平台上，側邊坡面使用漿砌卵石擋土牆。此外，在靠近山坡附近的小區域建築，以懸臂式擋土牆、漿砌卵石擋土牆、格梁式擋土牆；在坡度較緩者，則使用格梁式護坡工程為最常見。

(3) 新店地區

在新店的部份坡地社區，係利用坡頂的平台建築，或者是順坡面修建而成。在 E 社區正前下方的坡面，上部坡面處理使用錨碇—格梁擋土牆，下部坡面為噴漿護坡工程處理，其他地方則未做任何邊坡穩定處理。在 F 社區的建築物後方極接近擋土設施，此擋土設施採用扶壁式擋土牆方式，高度約一層半樓高。在 G 社區中，該社區為大樓

建築，側邊坡面上疑似為模組加勁式擋土牆措施配合噴凝土護坡及排

水，如圖 4.5 所示，詳細擋土系統尚待進一步確認。沿北宜路上可發現一些較早期之錨碇—格梁形式之擋土系統，如圖 4.6 及 4.7 所示，常有部份建築緊鄰擋土系統，且錨碇設施有混凝土帽及錨頭掉落之現象，維護情形不良。

(4) 陽明山地區

在進行中的 H 社區，使用的邊坡穩定方法為使用排樁式擋土牆，高度為一層樓高。在 I 社區利用將坡度切得平緩，採用階梯式的坡面，將建築物修建在坡面上，無法看出擋土設施。在 J 社區緊鄰陽明山主要道路，以削坡增加住家用地，採用扶壁式擋土牆，高度二至三層樓高。其他一些小型坡地建築，則大都在平緩邊坡、或在平緩地勢建築，無擋土設施或護坡工程的施作。

(5) 汐止地區

在汐止地方有許多處正在興建的坡地社區，大致使用高度較高的

扶壁式擋土牆以及排樁式擋土牆。

在訪視過程中發現，在稍早期的社區，雖然對邊坡有相當的處理，但經年累月未做維護工作，擋土設施均有龜裂、鋼筋外露、錨頭露出等等現象，使擋土工程穩定性降低的情況發生；或者只在鄰近地區大致上施作擋土工程，而真正潛在滑動地區未見任何邊坡處理，所以仍可見崩落的土壤。另外，排水設施在早期坡地社區的邊坡設施上，早已破壞、阻塞，或者有些坡面雖重新處理，卻把原先的排水孔封住，也沒有新的排水系統設置。在近期的社區尚可發現有填方不實的現象；也有因工程過程的碰撞，使錨頭露出，卻未馬上施作補救，使得錨頭銹蝕之不良情形。

在本次初訪中，發現這些訪視社區所使用的邊坡穩定技術中，大致上排水設施皆與擋土工法一同使用，可見到排水孔、排水溝分佈

在這些擋土設施上。而在擋土工法技術上，稍早期者大致以漿砌卵石

擋土牆工法、懸臂式擋土牆工法及地錨—格梁式擋土系統工法為主；近期新建或建築中之社區，採用排樁作為擋土設施之情形，則有增加的趨勢。

4.2 邊坡穩定工法現況調查表

為對於國內所採用之邊坡工法現況有一較廣泛之調查，本研究擬定了坡地社區邊坡穩定工法案例調查表，如表 4.1 所示，商請內政部建築研究所協助函請相關工程公司、技師事務所及水土保持技師協助填寫及提供資料，俾使研究內容能涵蓋較廣泛之各類邊坡型態及技術工法（詳附錄二）。

該一調查表內容之擬定，主要係根據初訪及參考多項前人研究【王鑫（1988）、張石角（1995）】及技術規範，其內容包括邊坡在開發前之狀況及開發後狀況。在開發前之狀況，包含的項目有邊坡之地形，

包括坡度、坡高及坡長等項目；地質方面則有地層、岩性、節理性質及坡型等項目；坡型方面係參考水土保持技術規範及王鑫（1988）之坡型分類，考慮坡向與岩層走向之相對關係，破碎帶及崩積土之影響，及凸坡、凹坡及平直坡之不同，大致將其分為表中所列之順向坡與破碎帶等各種類型。對於潛在坡地穩定問題，考慮平面地滑、弧形地滑、楔型地滑、土石崩落以及土石流等之不同破壞型態，同時對於災害歷史亦一併加以調查。

對於開發後坡地狀況之調查項目，主要係考慮開發後邊坡之地形改變情形及所採用之穩定工法。穩定工法中所列之項目，係根據目前已有之資料及初步訪視之結果，歸納出國內較常使用之工法，包括修坡（挖、填方）、擋土牆系統、錨碇系統及止滑樁等項目。此外排水系統之設置亦為重要之調查項目。在調查各項工法之同時，亦請其自評各項工法之成效優良與否，以便提供進一步整理之參考依據。該調

查表總計回收五件案例，由中興工程顧問股份有限公司提供三件案

例，林同棧工程顧問股份有限公司及長碩工程顧問股份有限公司各提供一件案例，另外亞新工程以及一梅達工程顧問有限公司亦提供一些相關案例資料及照片，作為分析之參考。

除以調查表方式進行案例調查外，本研究亦函請公共工程委員會提供該會委託台北市大地工程技師公會所辦理之坡地社區複勘報告計二十六件（詳見附錄三），並進行資料整理。

4.3 既有邊坡案例資料

針對前述所收集之『坡地社區邊坡穩定工法案例調查表』案例、公共工程委員會提供之坡地社區複勘報告、及自行蒐集勘察之案例資料加以整理如下：

1. 資料來源

經過資料回收統計，總件數共計有 42 件案例，其中包括公共工程委員會寄發 26 筆資料，29 件案例；工程公司提供調查表 5 件案例；自行蒐集勘察案例共 8 件。

2. 資料統計

經過統計之後，發現回收資料中，台北縣市共占 33 件包括：新店市 8 件，汐止鎮 8 件，基隆市 7 件，及其他地區共 10 件；外縣市則共有 9 件，總共 42 件。從這些數字來看，其案例有地區性的趨向，大致以新店市、汐止鎮、以及基隆市案例較多，其原因可能是新店地區鄰近台北都會區，汐止地區因交通地緣關係且亦鄰近台北都會區，基隆市則因地形以山地較多，故案例較為集中。因此後續研究擬以該三地區做為主要案例分析的對象。

3. 資料整理

由於大部份案例來源為公共工程委會所提供，資料所提供的內容大多以敘述性文字，描述現況概述（包括位置及地形、地質概況、邊坡概況、擋土構造物概況、邊坡與排水系統概況、建築物狀況）、開發整地之規劃設計概況及建議事項等，其以文字敘述較不利於進行統計及比較，並且為測試『坡地社區邊坡穩定工法案例調查表』之適用性，故將公共工程委員會所提供之文字資料，試轉填入調查表。

將每一案例轉填至調查表之後，為清楚查核各資料內容以及調查表狀況，故將案例以地區性編碼，製作為代碼表見表 4.2，其中：新店市代碼為『A』，汐止鎮代碼為『B』，基隆市代碼為『C』，台北縣市其他案例代碼為『D』，以及其他縣市案例代碼為『E』，各地區個案則以希臘數字表之，例如新店市花園路案例，則利用代碼查得為 A—VII，往後只需再在調查表、案例詳表以及比較表找出 A—VII 即為欲找之案例。表 4.2 並列出各地區資料之來源及邊坡安全評述。

完成前述調查表轉填及編碼後，為求清楚每一案例邊坡穩定工程，就調查表內資料，在表格當中所列出項目，可將邊坡穩定工法使用狀況分為：排水工程、挖方工程、填土工程、護坡工程以及擋土工程，另外加上業主是否設有監測系統等項目。邊坡破壞因素項目的決定，是利用現有資料，將造成邊坡不穩定的工程以及因素找出，其項目包括：排水工程、挖方工程、填方工程、護坡工程、擋土工程、地質條件以及其他。在「其他」項目是指以上原因除外因素，或者非基地本身因素所造成之破壞者皆是。例如：人為不當開墾、種植行為所造成土石崩落；或者是住家自行加蓋，所造成額外荷重以至於產生之裂縫者等等。該整理表如表 4.3 所示，即為 A—VII 案例資料表，另外在表中還列有備註，其內容包括案例之地質狀況、狀況描述以及使用之穩定工法之詳述。地質狀況內容與案例調查表相似，以條列說明方式列之。狀況描述試將公共工程委員會所提供的案例、工程公司提供的

案例調查表以及現地勘察情形，將有問題處加以描述之。而使用的穩

定工法，比照案例調查表方式，將其使用工法、位置、高度、深度等等，將不同工法所使用狀況一一列出，個別案例均分別以該表填列，各案例資料表詳附錄四。

將以上步驟所做出的案例表整理之後，則可清楚看出該案例各種狀況，為針對本研究之議題，所以以邊坡穩定與否分出『邊坡穩定』以及『邊坡不穩定』兩種。同時，為求比較方便，除之前詳細的資料表外，對於案例有『邊坡不穩定』之虞者以地區分類、破壞形式精簡表列各案例的狀況，以使其更明確能加以比較，如表 4.4。

4.4 案例調查表整理

經過案例整理之後，根據表 4.4，將主要案例分析地區以邊坡穩定情形分列為『邊坡穩定』與『邊坡不穩定』者案例編號，按地區分列如下所述：

1. 新店市

(1) 邊坡穩定 : A — II 、 A — V 、 A — VIII。

(2) 邊坡不穩定 : A — I 、 A — III 、 A — IV 、 A — VI 、 A — VII。

2. 汐止鎮

(1) 邊坡穩定 : B — V 、 B — VII。

(2) 邊坡不穩定 : B — I 、 B — II 、 B — III 、 B — IV 、 B — VI。

(3) 不明者 : B — VIII。

3. 基隆市

(1) 邊坡穩定 : C — IV 、 C — VII。

(2) 邊坡不穩定 : C — I 、 C — II 、 C — III。

(3) 不明者 : C — V 、 C — VI。

上述案例中，有『邊坡不穩定』之虞案例新店市 5 處、汐止鎮 5 處以及基隆市 3 處共計 13 件。

編碼	地址	資料來源	安全性評述	編碼	地址	資料來源
A—	台北縣新店市車子路	公共工程委員會		D—	北投公館路	公共工程委員會
A—	台北縣新店市車子路	公共工程委員會		D—	土城鎮四海工專南方	公共工程委員會
A—	台北縣新店市車子路	公共工程委員會		D—	土城鎮南天母路	公共工程委員會
A—	台北縣新店市車子路	公共工程委員會		D—	台北市信義區	公共工程委員會
A—	新店市頂城附近	自行勘查		D—	中和市中正路	公共工程委員會
A—	新店市北宜路	公共工程委員會		D—	台北市士林區東北方	公共工程委員會
A—	新店市花園路	公共工程委員會		D—	台北市木柵	工程單位
A—	新店市長春路	公共工程委員會	ok	D—	德行東路	自行勘查
				D—	金山鄉	自行勘查
汐止 B				D—	中和市中坑段	自行勘查
編碼	地址	資料來源	安全性	外縣市 E		
B—	汐止鎮長青路	公共工程委員會		編碼	地址	資料來源
B—	汐止鎮長青路	公共工程委員會		E—	新竹縣新豐鄉	公共工程委員會
B—	汐止鎮汐萬路	自行勘查		E—	新竹市	工程單位
B—	汐止鎮汐萬路	公共工程委員會		E—	新竹市東香里富群街	公共工程委員會
B—	汐止鎮橫崙附近	公共工程委員會	ok	E—	高雄市鼓山區壽山東北側	公共工程委員會
B—	汐止鎮車坪寮	公共工程委員會	ok	E—	台南縣山上鄉	公共工程委員會
B—	汐止鎮公所附近	工程單位	ok	E—	彰化市八卦山台地	公共工程委員會
B—	汐止鎮	自行勘查	不明	E—	彰化縣田中鎮東北方	公共工程委員會
基隆市 C				E—	台中市東山路	公共工程委員會
編碼	地址	資料來源	安全性	E—	宜蘭市	工程單位
C—	基隆市德安路	工程單位		『 』 表示坡地不穩定		
C—	基隆市安樂區大武崙	公共工程委員會				
C—	基隆市深澳坑路	自行勘查				
C—	基隆市信義區崇法街	公共工程委員會	ok			
C—	基隆市暖暖區東勢街	自行勘查	不明			
C—	基隆市信義區崇法街	公共工程委員會	不明			
C—	基隆市安樂區樂利街	公共工程委員會	ok			

表 4.2 各地區案例代碼表

表 4.4 新店、汐止鎮、基隆市案例邊坡穩定狀況

案例	邊坡穩定工法使用狀況						坡地破壞因素							備註	
	排水工程	挖方工程	填方工程	護坡工程	擋土工程	監測系統	排水工程	挖方工程	填方工程	護坡工程	擋土工程	地質因素	其他	穩定工法	排水工程
A-I	√	√	√	√	√		√		√		√			錨碇、格床護坡	不明
A-II	√				√									不明	不明
A-III	√				√							√	√	懸臂式	不明
A-IV	√		√		√	√	√		√		√			錨碇、岩錨幕牆	坡面排水孔、坡趾集水
A-V	√	√	√	√	√									懸臂式、錨碇、框式擋土牆加排樁、止滑樁	地下盲溝系統
A-VI	√				√		√				√	√		錨碇	不明
A-VII	√				√	×	√				√	√		重力式	不明
B-I	√	√	√		√		√		√		√			重力式、懸臂式、排樁	地下排水系統
B-II	√			√	√	×	√				√	√		懸臂式、錨碇、蛇籠、格床植生	排水箱涵、沈砂池、滯洪設施
B-III	√	√			√	×	√				√	√	√	懸臂式、錨碇、格樑	坡頂截水
B-IV	√	√			√		√				√	√	√	懸臂式	縱向排水孔及涵管接至地面排水溝
B-V		√	√		√									不明	不明
B-VI	√				√		√							懸臂式	明溝方式
B-VII	√	√		√	√	√								錨碇、止滑樁、格樑加岩釘	坡頂截水、集水區、排水溝、滯洪池
B-VIII	√	√			√	√								錨碇、排樁	坡頂截水、橫向排水管
C-I	√	√		√	√					√	√	√		錨碇、框架式格樑護坡	坡面排水孔

C-II	√	√	√		√	√	√		√		√			懸臂式、錨碇、石籠	尚未建立
C-III		√	√		√	√		√	√		√	√		錨碇、排樁	
C-IV	為本身結構體因加蓋而產生破壞，與邊坡方面較無直接關係														
C-V	√	√			√	×								懸臂式、錨碇	坡面排水孔
C-VI		√	√		√									重力式	不明
C-VII	√				√									錨碇、排樁	不明

第五章 案例分析與課題研擬

本章中將既有之案例整理之後，列出各案例所採用之穩定工法，並將案例依其穩定情形分為尚屬安定及宜注意或改善二大類，並且根據後者案例整理對坡地破壞的可能因素及工法之問題，以期找出對坡地社區之安全造成威脅之原因，並且提出目前所使用的坡地穩定工法之問題點以及爭議處，作為擬定後續研究課題之根據。

5.1 邊坡穩定疑義案例分析

將前章中有邊坡不穩定疑義案例資料重新整理為總表，以利後續之檢討與分析，總表如表 5.1 所示。值得注意的，在表 5.1 中有邊坡穩定之虞 13 件案例中，約有三分之二（8 件）具有地質上之邊坡不穩定因素，表示這些案例在地質上原即有潛在之不穩定因素，且未加妥適之處理。故未來在開發坡地之先期，現地地質之調查及潛在不穩定

因素應更加深入加以考量。

由表 5.1 以及比照附錄四，發現這些案例有一些共同趨向，如下所述：

幾乎每一個坡地社區在邊坡穩定工法上，都有施作排水工程以及擋土工程，並依照地形，進行挖方工程或者填方工程，至於護坡工程的設置，資料中並沒有詳細記載。但依現地勘察的經驗，大規模的社區，在坡地較緩的地方，大都會使用護坡工程，並搭配美化工程。至於監測系統使用情形較不普遍，大致以新建社區較為常見，早期坡地社區則較為少見。

根據表 5.1 中，有邊坡穩定之虞的案例統計中，造成坡地破壞的工程因素，發生機率最高者為排水工程，其包括：排水設施設計以及

施作不當、洩水孔功能未發揮、排水孔阻塞以及地表水無法經由完善

排水設施排除，以致沖刷土壤表面及掏空擋土基礎等等問題。由於水對於邊坡及擋土設施之穩定，有非常不良之影響，故如何維持有效而長期之邊坡及擋土牆排水，實為一值得重視之課題。

至於擋土工程所產生的坡地穩定問題，是擋土牆施工品質以及長期維護方面，其問題包括：擋土結構出現裂縫、牆版接縫處滲水以及並無鋼筋連接、擋土牆移位及傾倒、因地層的差異沈陷導致擋土牆龜裂、下層基座施作引起上層擋土設施崩坍等，地錨施工品質不良、錨頭掉落、滲水、老化嚴重以及鏽蝕，擋土牆與房屋結構距離過近，以至於無法對擋土設施做維護工程等。此外，以上這些問題，在坡面排水不良的擋土牆所發生的狀況，相較一般排水良好之擋土牆更為頻繁、嚴重。

在填方工程方面，坡地建築在填方處遭受破壞者也佔不少，包括：結構物因填方施工不良而引起差異沈陷、路面產生裂縫以及填土材料

遭受地表水掏空、堵塞排水孔而排水不良等等問題也是需要重視的。

在地質方面，有問題的案例，大致社區本身就處於順向坡滑動面，易引起擋土結構整體滑動，或者處於廢煤渣堆積以及風化岩層，其潛在坡地問題在於本身承载力不足，以及穩定性不夠而引起擋土牆沈陷等。另外人為在上邊坡的不當開墾導致坡面破壞、落石者也有發生之案例。

5.2 部份案例現地調查

由前節中邊坡穩定需進一步考量之案例中，歸納整理，並選擇部分較具代表性之案例，進行現地調查。現地調查之目的在於對於案例之實際狀況有所瞭解，並針對所收集資料中列出之需改善項目進行勘查。所選定進行現地調查之案例為 A-IV、A-I、A-III、B-IV 等共四件案例。

(1) A-IV 社區

A-IV 社區建築主要為地上十五層之大樓所組成，為階梯狀向上構築之社區。本案基地位於新店斷層之下盤，其岩層屬較年輕之中新世至上新世桂竹林層，出露之桂竹林層屬關刀山砂岩段 (Mk)，主要為塊狀砂岩組成，局部偶夾有鈣質砂岩。本區之最主要地質構造為新店斷層，其為一逆斷層，為台北盆地南緣之一大斷層。

建築物緊鄰社區聯外道路，並未將大樓本體視為擋土結構，而是另有垂直牆面之瓷磚砌牆抵擋後方建物與路基，無法直接觀察出其使用何種擋土工法。接近山頂處幾幢大樓，因其上並無另一階建築物，其擋土牆形式與社區內其他部份之擋土結構頗不相同，為一格樑地錨擋土牆。

根據所蒐集民國八十六年間之資料顯示，此擋土牆毗鄰另一 A-I 社區，原為一高約 8 公尺之岩錨幕牆，其上陡坡約 50°，與牆前建物最近之距離僅約 2 公尺，幕牆由目視即可見施工不良之狀況，離地面

約 1 公尺處可見鋼筋露出且已生鏽，部份且有裂縫可看出已有牆背掏空之狀況。另擋土牆之牆頂及牆背排水不良，幕牆有往基地內傾斜之現象。至於岩錨方面，部份錨頭有混凝土剝落之現象，夾片及鋼鍵等鏽蝕嚴重。

而根據現場觀察發現，該社區已針對資料中所述各部份缺失，進行各項補救工程。由牆左側觀察，牆頂部明顯有新舊兩層擋土牆露出；由牆面上之錨頭觀察，亦發現顏色不同的兩種，色深者錨頭較小，色淺者錨頭較大，並未再發現混凝土剝落之錨頭；在較新牆面的覆蓋之下，已不見鋼筋露出、牆背掏空之情況，牆面裂縫亦不復見，取而代之的是密集施打的地錨，在某一長寬各約 1.5 公尺之牆面上，滿佈著五個大大小小的錨頭，如圖 5.1 所示；而牆面上完全不見露出之排水孔，而是將各排水孔口以接管的方式，向下導至遠離牆趾之處排除，並不直接排入牆趾前之明溝，亦封閉幾處排水孔口並設置水壓計；而於牆趾處亦發現明顯之混凝土填補痕跡。此外在較下方之疊式護坡上

可看到有明顯裂縫修補，並設置了位移計進行觀測，如圖 5.2 所示。

(2) A-I 社區

A-I 社區主要為地上 15 層以上之大樓及部分為地上 5 層之建築物，建物大致按階梯狀建造於山坡之上。本案基地係位於新店斷層之上盤，岩層屬漸新世之五指山層及中新世之木山層下段。出露之五指山層為台灣西部麓山帶出露之最老地層，主要係由薄層之砂岩、頁岩互層 (Ow1) 及頁岩夾少量之薄層砂岩 (Ow2) 所組成；而出露之木山層下段 (Mml) 主要由厚至中層的砂岩夾薄層頁岩所組成。本區附近亦有新店斷層通過。

於社區入口處右側有一大面積邊坡，以地錨擋土牆加以穩定，約分為 3-4 階，總高度甚高。在此擋土結構上，牆面上的排水孔數目不多；其次，排水孔外大部分並無水痕，這有兩種可能性，一是排水孔

早已阻塞，其功能無法發揮，或者是牆後水量甚少；再其次，錨頭下方不但有水痕，還有水流正在流動，如圖 5.3 所示，表示牆後水量頗豐，但可能排水孔已阻塞，便由錨頭處滲漏而出。而地錨中含有鋼鍵，若成為水流管路，則可能鋼鍵鏽蝕的情況加劇，使地錨的功能喪失，擋土結構的安全性令人懷疑。故其排水措施之維護及地錨長期有效性應進一步加以考量。

(3) A-III 社區

本社區內實際上包括數個不同時間興建之社區，社區建物並無整體之規劃，其地質狀況與 A-IV 社區相同。根據所蒐集之資料顯示，該社區內有一擋土牆位於一排 5 層建築物後方，牆高約 9 公尺，牆腳與下方建物之水平距離僅約 3 公尺，牆頂後方不遠處即為另一棟建築物。該牆之厚度僅約 30 公分，且牆頂有一磚砌花台，約半公尺寬，懸空突出於牆頂之外，該花台有龜裂狀況。

現地調查發現，該牆厚度的確明顯偏薄，於建議後並無改善之跡象，亦不見監測系統等。而牆頂磚砌花台懸於半空中，受自重造成之彎矩作用，且於花台本身結構脆弱之情形下，開裂可說是預料中事，但應注意是否會落下造成危險。

(4) B-IV 社區

位於汐止鎮之 B-IV 社區，其社區內地勢大致南高北低，高程由 80 公尺呈階梯方式降至 50 公尺，唯在北側地界為一較陡峭邊坡。本工址基地所在地層為更新世南港層暖暖砂岩段 (Mm2)，南港砂岩層於此分為下、中、上三部，層中化石甚多，有時成為化石密集帶。

根據蒐集之八十七年資料顯示，本社區內擋土結構物大部份為 RC 擋土牆，其穩定安全性尚稱良好，唯擋土牆洩水孔功能並未能有

效發揮。本社區建物採階梯狀設計，各階建築後方未直接與邊坡接觸，但仍緊鄰擋土牆無退縮距離。邊坡皆有構築擋土牆，成為每戶正面之道路下邊坡與屋後之上邊坡皆具擋土牆之情形。各建築物外觀尚稱良好，唯最上一階曾遭後側山坡之崩坍土石衝進屋內，造成災變，需慎防豪雨、地震再度造成災害。且因屋舍與上邊坡間並無適當之退縮距離，如有崩坍產生可能造成災害。當時研判土石坍落之可能原因，為邊坡未設橫向截水及縱向排水設施，豪雨浸泡覆蓋之表土，且部份砂頁岩間差異風化而造成土石崩坍流潰。

此次現場勘察發現，當地居民大部份已搬遷，大部分房屋均無人居住維護，唯最上一階建物仍有住戶居住，房屋後方擋土設施整治情形無法勘察。此排建物右側有一曾用以運除崩塌土石之縱向土溝，如圖 5.4 所示，僅於一側鋪設不透水之帆布，雖可保護該溝側，但無法

阻止水分經由溝底滲入土體中。且該土溝下方、連接路面排水溝之涵管，管口處堆置相當多的廢棄大口徑藍色輸送管（曾用以輸送土石），

造成雨水排除效果不佳。

除最後一階建物後方之擋土牆外，其餘擋土牆都已由原建設公司新建之其他建案所取代，該公司將原有擋土牆除去，興建垂直牆面之磁磚砌牆，無法由外觀判斷出其為何種擋土牆。雖然牆面與新建物間留有約 1 至 2 公尺之退縮距離，但二者間仍以垂直扶壁相連，如此新建物將隨牆體一同變形，此種設計並不恰當。由牆面排水孔水不停溢流的水量看來，牆後水壓恐怕是相當可觀。且該區道路發現有下陷、積水情形，其穩定情形尚待調查。

5.3 案例分析與課題擬定

由所收集案例資料之整理分析，工法現況初勘及部分案例之現地調查，大致上發現地錨使用於社區邊坡之穩定上相當普遍，並且亦有一些潛在之問題出現：

(1) 在某些鬆軟土層、破碎帶及礦渣等地層中，地錨之功能不彰，甚或有破壞之情形出現，故在此類軟弱地盤中使用地錨為邊坡穩定工法，值得進一步探討。

(2) 在多處現地案例中，發現地錨之錨頭下方有明顯滲水跡象，代表地錨處之孔位已成為地下水滲出之途徑，此一情形常使錨頭部位易於鏽蝕，出現鏽痕，且造成錨頭混凝土塊快速老化，其老化情形有異於牆面版，如圖 5.3 所示即為一例。案例中亦有地錨鏽蝕或損失預力者，嚴重影響邊坡之長期穩定性。因此地錨之防鏽蝕及預力損耗即成為重要之課題。

此外邊坡是否能充分排水影響邊坡之穩定至劇，然而在案例資料現地初勘及案例調查中，常發現有排水孔之設置數量不足、排水孔未能有效排水或長期後出現堵塞、地下水直接由牆面或地錨處滲出（如圖 5.1 及 5.3 所示即是）、牆底未設排水設施、排水不足產生沖蝕、淘

刷等各種影響邊坡穩定之現象，排水工法所需之經費低，而於邊坡穩定之效果宏大，故對於目前邊坡排水工法之現況及有效性實有進一步討論之必要。

民國八十七年十月由於連續二次颱風之侵襲，降下豪雨，分別導致了兩處加勁式擋土牆之破壞，造成了生命與財產之重大損失。這兩處加勁式擋土牆均係採用現地土壤做為回填材料，其性質與一般嚴格要求之回填材料有所不同。有鑑於目前加勁式擋土牆工法之使用有越來越普及之現象，而良好回填材料之取得不易及考慮坡地挖、填方平衡之前提下，使用現地土壤做為回填材料實為未來之趨勢，故對於加勁式擋土牆不同回填材料之影響，實為一重要之研究課題。

除了上述由案例分析與現地調查所擬定之課題外，由國外文獻中發現目前在香港使用土釘做為邊坡穩定工法有越來越廣泛之趨勢，而其較地錨明顯之優點為不需施加預力，因此無預力損耗之問題，其長期有效性將較可預期，故擬一併納入課題中加以檢討。

整理上述之案例分析後，初步擬定以下五項討論課題，並將進一步加以分析檢討：

課題一：地錨使用於不同地層狀況之考量

課題二：地錨之長期安全性考量

課題三：加勁擋土結構回填材料之考量

課題四：邊坡排水及其有效性考量

課題五：應用土釘 (Soil Nails) 於填土邊坡之可行性

表 5.1 不穩定邊坡之案例狀況

案例	邊坡穩定工法使用狀況						坡地破壞因素							備註	
	排水工程	挖方工程	填方工程	護坡工程	擋土工程	監測系統	排水工程	挖方工程	填方工程	護坡工程	擋土工程	地質因素	其他	穩定工法	排水工程
A-I	√	√	√	√	√		√		√		√			錨碇、格床護坡	不明
A-III	√				√							√	√	懸臂式	不明
A-IV	√		√		√	√	√		√		√			錨碇、岩錨幕牆	坡面排水孔、坡趾集水
A-VI	√				√		√				√	√		錨碇	不明
A-VII	√				√	×	√				√	√		重力式	不明
B-I	√	√	√		√		√		√		√			重力式、懸臂式、排樁	地下排水系統
B-II	√			√	√	×	√				√	√		懸臂式、錨碇、蛇籠、格床植生	排水箱涵、沈砂池、滯洪設施
B-III	√	√			√	×	√				√	√	√	懸臂式、錨碇、格樑	坡頂截水
B-IV	√	√			√		√				√	√	√	懸臂式	縱向排水孔及涵管接至地面排水溝
B-VI	√				√		√							懸臂式	明溝方式

C-I	√	√		√	√					√	√	√		錨碇、框架式 格樑護坡	坡面排水孔
C-II	√	√	√		√	√	√		√		√			懸臂式、錨 碇、石籠	尚未建立
C-III		√	√		√	√		√	√		√	√		錨碇、排樁	

第六章 課題檢討與對策研擬

經過前章中對既有的邊坡案例進行整理及分析後，提出了五項邊坡穩定工法上之課題，在本章中，除了對這些課題進行檢討外，並對逐一課題提出初步對策，以做為將來提升坡地社區邊坡穩定工法安全性之後續研究參考。

6.1 邊坡穩定工法課題擬定

根據前章案例分析及現地勘查結果所歸納出之五個課題，以下分別就各課題及其涵義進行說明。

課題一：地錨使用於不同地層狀況之考量

根據案例分析及現地調查結果發現，地錨於下述地層之使用情形

較不理想：鬆軟地層、破碎帶、及礦渣地層。主要原因可能是錨碇抵抗力於上述地層較不容易發揮，再者可能是鬆軟地盤容易產生壓密造成預力損失。

課題二：地錨之長期安全性考量

- 1.由於國內之地錨經常使用在地下水充沛的地區，所以地錨構件常因銹蝕的問題而影響其耐久性。因此防蝕的問題必需於地錨耐久性設計中加以考量。地錨之防蝕保護應確保地錨在使用期間內功能不會喪失，故抗張材的防蝕一定要確實施工，尤其是地錨下方之拉力構件的防蝕應特別注意。根據本次現場案例調查結果顯示地錨的錨頭常有滲水與銹蝕等現象，因此錨頭的防蝕保護相當重要。
- 2.有關地錨長期有效性需考慮材料防蝕性、潛變、錨碇段長期穩定性及維護與管理等。其中地錨之材料除須具有潛變量小及耐久性外，尚須以防蝕材料加強其防蝕功能。防蝕材料包括防銹油、自由段護

管與錨碇段防蝕護管，其中防銹油的成份應避免含有一些會影響其他材料性質與防銹能力之有害物質。

- 3.地錨與被錨碇結構物間的固定或接合方式關係力量的傳遞也非常重要，地錨的鋼腱與環境中如土壤、地下水等的化學物質，如硫酸鹽等，長期作用後將漸漸腐蝕，使地錨失去效用，規劃時亦需考慮。
- 4.有關錨碇段之長期穩定性主要係考量地錨之預力損失，使其不致對結構物之長期安全性產生不利的影響。

課題三：加勁擋土結構回填材料之考量

- 1.目前國內加勁擋土結構回填材料常就地取材，採用黏土或粉土回填，與一般規範之標準有所出入；但亦因國內山坡地非常高陡，由外運回填材進入較為困難。
- 2.水對加勁擋土結構之影響：加勁牆體之適當排水設計，水由表面入滲所產生之土壤浸潤效應問題，回填材料滲透係數之控制，土壤與

加勁材間行為表現對設計之影響，及設計上究應視為完全排水或完全不排水或無法充分排水，及其應採之設計安全係數均有進一步考慮之必要。

3. 國內案例：包括台北縣五股灰渣掩埋場及三芝棄土場。兩項案例均於 87 年 10 月發生破壞，兩者均係採用現地土壤做為回填材料之加勁式擋土牆，現地土壤分別為紅土及火山碎屑岩之風化材料。

課題四：邊坡排水及其有效性之考量

1. 擋土牆常在豪雨期間由於牆背水壓渲洩不及而產生破壞，因此降低牆後地下水位可顯著的減少總側向推力。目前常見降低牆後地下水位的排水方法有下列三種，可採用其中一種或多種方法同時使用。

(1) 牆身排水

(2) 牆後背填透水料排水

(3) 地盤內排水

2.前章中國內案例：

在數處案例中，均發現部份擋土結構牆面上的排水孔外並無水痕，可能是排水孔早已阻塞，或其功能無法發揮，或者是牆後水量甚少；然而在牆面上常有滲水跡象，或於地錨之錨頭下方出現水痕，甚或水流正在流動，表示牆後水量頗豐，但排水孔早已阻塞或未發揮截水功能，便由牆面或錨頭處滲漏而出，同時滲水處及錨頭之混凝土出現老化現象，並有銹痕出現。而地錨中含有鋼腱，若成為水流管路，則鋼腱鏽蝕的情況可能會加劇，使地錨的有效性降低，使擋土結構的安全性發生問題。故排水措施之適宜性、維護及長期有效性應進一步加以考量。

課題五：應用土釘 (Soil Nails) 於疏鬆填土邊坡之考量

土釘係於 80 年代中期開始應用於開挖邊坡之穩定，主要作為臨時開挖之支撐，後來配合混凝土面版之施作，即可成為永久性之穩定

設施。其主要優點包括：

- (1)確保施工期間之邊坡安全
- (2)不需臨時性之開挖與支撐
- (3)不受天候之影響
- (4)對於鄰近填土坡道路之交通影響相當小
- (5)能保留原有高大植生 (mature trees)
- (6)施工快速

此外因土釘不需施加預力，故無預力損耗之問題，長期之有效性較可預期。由於土釘應用於開挖坡之穩定效果良好，且具有上述優點，因此目前香港部分工程師認為，只要能防止水分進入坡體，並設置坡趾或橫向排水等 (toe or horizontal drains)，土釘亦能作為填土邊坡之穩定工法。

6.2 與課題相關之國內規範

國內與課題相關的技術規範主要有地錨設計與施工規範暨解說 (20)、水土保持技術規範 (21)、加勁擋土結構設計及施工手冊 (22)。以下分別就各項技術規範中，與課題相關的部分加以說明。

課題一：地錨使用於不同地層狀況之考量

地錨設計與施工規範暨解說 (第三章 規劃與調查 P.3-3) 指出地層特性將影響錨碇段的錨碇能力，一般注意事項為：

- 1.岩層錨碇段：錨碇段握裹力受該岩體性質的影響極大，必須特別注意岩層風化程度，岩層的弱面及地錨施工中引致之岩性變化。為確保安全，摩擦阻抗型地錨之錨碇段長度一般不小於 3 公尺。泥岩、頁岩因遇水容易軟化、膨脹，其考慮事項類同於黏土層錨碇段。
- 2.砂土層錨碇段：設置於砂土層中之錨碇段，因受灌漿壓力、土層孔隙率等影響，漿液滲流範圍常不規則，因此錨碇段並無規則形狀，

實際之破壞面亦無特定軌跡，故其極限荷重受施工影響極大，較難估算。

- 3.設置於黏土層中之錨碇段，因受潛變及施工擾動影響，地錨可靠性仍有疑問，因此應特別注意現場作業，並應以試驗證實其可靠性。
軟弱黏土層中之地錨應用案例有限，可靠性亦低，堅硬黏土層中之地錨則常採用擴座地錨。

課題二：地錨之長期安全性考量

- 1.有關錨頭的防蝕保護，國內出版之地錨設計與施工準則暨解說（20）建議大都採用保護蓋加以保護，保護蓋內部需填水泥漿體或防銹油等防蝕材料，若為不需調整預力之地錨，則可用混凝土將錨頭全部包覆。但因錨頭處之防蝕油脂常會因處理不善而有滲漏之情形，影響錨頭之防蝕保護，因此目前國內已有以 PU 樹脂處理地錨錨頭滲水問題之實例。

2.可能造成地錨預力損失之相關因素包括(20)：

(1)地層潛變行為 - 包含地錨的整體結構物之地層潛變與錨碇體之周邊地層潛變。若先行施拉抗張材至設計載重之 1.2~1.3 倍拉力，經一段時間復鬆散至設計載重即可減少潛變量，必要時宜進行潛變試驗加以確認。

(2)抗張材之鬆弛：抗張材鬆弛所產生之變位量小時，預力損失率亦少。

(3)護管與抗張材之摩擦損失：有關護管與抗張材之摩擦損失，可由下式獲得一近似解。

$$P = P_0(1 + \lambda \cdot L_f)$$

其中 P：抗張材於千斤頂位置的拉力

P_0 ：設計斷面內之抗張材拉力

λ ：抗張材每公尺長之摩擦係數 (m^{-1})

L_f ：自由段長度 (m)

表 6.1 抗張材每公尺長之摩擦係數

鋼線	鋼棒	鋼絞線
$\lambda = 0.004$	$\lambda = 0.003$	$\lambda = 0.004$

(4)地層之壓密：地錨經錨碇後，地層內土層承受新的應力而產生壓密。

(5)預力鋼材錨碇時之預力損失：抗張材錨碇時需考慮各種錨碇工法在施拉時之特定損失量。

課題三：加勁擋土結構回填材料之考量

國內現行之相關規範與手冊之相關規定如下：

1. 「水土保持技術規範」第七章 水土保持技術之審議

第一節 一般水土保持技術

(擋土工程)

第三百四十七條 擋土牆除透水性較佳之疊式擋土牆外，應設置洩

水孔(至少直徑五十公釐),其數量不得少於每二平方公尺一孔,並需有防止堵塞之設施。不得使用坡側之建築物外牆同時作為擋土設施。但經專業技師特別分析設計者,不在此限。擋土牆之背填需有良好透水性之材料。擋土牆高度不得高於邊坡之高度,牆後邊坡必要時應加以整修,並加以綠化。

註:「水土保持技術規範」中,將加勁土壤構造物歸類於疊式擋土牆(第二百五十九條)。

2. 「加勁擋土結構設計及施工手冊」,1998,台北市土木技師工會。

4.2 回填土壤性質之要求(節錄)

回填材料以凝聚性低、透水性良好之粒狀土壤為佳,此種材料除易於夯實外,亦無潛變及吸水軟化的問題。然而加勁式擋土牆構築需要大量之土方,一般施工時大多以現地土壤或岩塊為回填材料。現地的土壤使用上如經適當的設計、施工與優良的

品質管理，一般均可合乎實際的需求。不過對於含大量有機質的腐植土（泥炭土）、高壓縮性之黏土、膨脹性土壤等無法確保工程品質的土壤，則不適用於加勁式擋土牆之回填材料。尺寸過大的岩塊亦有可能磨損加勁材及不易夯實的問題產生。當使用金屬材料作為加勁材時，還需特別注意到回填材料之酸鹼值（pH 值）及導電性，以防止過度鏽蝕之發生。

4.7.1 加勁擋土牆排水措施（節錄）

(1)加勁土壤的排水設施：

- A.位於挖方處之加勁擋土牆，應於開挖面上設置排水盲溝。若開挖面有湧水的可能時，須於交界處設置排水層，此排水層需延伸至加勁土體外部。
- B.若使用黏土等細粒料作為回填材料時，為避免強度軟化，及施工時之含水量過高，必須於適當間隔設置水平排水措施。
- C.加勁牆壁面基礎下方應設置排水層，以防止牆基礎地盤孔隙水壓之升高導致承载力降低。

D.加勁牆壁面與土壤交界處應選擇適合該面板型式之排水方式設置排水層。

E.不論地下排水溝或水平排水設施均需將水引導至壁體外。除一般使用之粗砂或礫石級配料外，土工織物亦可作為地中之排水材。

(2)擋土牆外部之排水措施

回填土上方以及挖填交界附近之坡頂應鋪設不透水面層並設置地表排水溝，以防止雨水滲入下方之擋土牆中，並防止地表面之漫流。

課題四：邊坡排水及其有效性之考量

對於邊坡排水，國內相關規範主要為水土保持技術規範第三章及第七章，已說明於第二章中，在此不再贅述。

6.3 與課題相關之國外規範

國外與所列課題相關的技術規範主要有德國 DIN 規範、日本建築學會規範、香港 GEO 規範、國際混凝土協會 (FIP)、美國聯邦公路局 (Federal Highway Administration)、英國 BSI 規範等。以下分別就以上技術規範中，與課題相關的部分加以說明。

課題一：地錨使用於不同地層狀況之考量

1. 德國規範 DIN (1972) (間接引自「地錨設計與施工規範暨解說」)

指出，下列地層不適用於設置永久性地錨。

(1) 有機質土

(2) 稠度指數 ($= (LL - W_n) / (LL - PI)$) 小於 0.9 之黏土 (LL : 液性限度

， W_n : 自然含水比， PI : 塑性指數)

(3) 液性限度 (LL) 大於 50% 之黏土

(4) 相對密度小於 30% 之疏鬆砂

2. 譯自日本建築學會 (建築地盤地錨設計施工指針)

為確保地錨之抗拉拔力能充份發揮，應使地錨能錨碇於良質地盤中為原則。所謂良質地盤係指：

(1) 對於臨時性地錨而言

標準貫入打擊數 $N \geq 35$ 之砂性土壤或單壓強度 $q_u \geq 2.5 \text{kg/cm}^2$ 之黏性土壤。

(2) 對於永久性地錨而言

標準貫入打擊數 $N \geq 50$ 之砂性土壤或強度較高之軟岩。

可使用為地錨之錨碇地盤其限制條件為：標準貫入打擊數 $N \geq 20$ 之砂性土壤或 $N \geq 7$ (或 $q_u \geq 2 \text{kg/cm}^2$) 之黏性土壤。

對於不同之現地狀況應進行地錨拉拔試驗。對於沖積黏土層而言，應檢討上述良質地盤之長期安全性。

(1) 做為永久性地錨使用時，應利用長期抗拉試驗求得地盤之潛變係數。

(2) 做為臨時性地錨使用時，則應估算錨碇地盤之摩擦抵抗安全性，

同時應進行監測管理。

除前述德國與日本之相關規範外，香港土力工程處（GEO）雖未對地錨之地層限制條件作出規範，卻針對須進行詳細環境腐蝕特性調查之地層條件特別列表說明（詳見表 6.4），此部份將於課題二中詳述。

課題二：地錨之長期安全性考量

1.香港 GEO 規範

(1)為確保地錨之長期有效性，各國相關規範均明訂地錨於其使用期間需進行定期的檢查及維護，且其檢查項目與頻率應於設計階段即加以訂定。以香港為例，GEO 建議之檢查項目包括（GEO,1989）：

- A.目視檢查錨碇之結構物，邊坡及附近之地表。
- B.目視檢查地錨之外露部份
- C.調查錨頭之狀況

D.量測地錨之荷重

E.量測地下水位面及其成份

F.量測錨碇結構物或邊坡之變位量

檢查頻率則如表 6.2 所示，此外，GEO 亦建議維護工作之進行應包括：

A.常態性維護 - 如清除錨頭週邊之雜草及油漆錨頭保護蓋與其他外露之金屬表面等。

B.特殊工作 - 指經監測結果分析後需特別進行之工作，如地錨台座 (Pad)之修復、防銹油與橡膠封口(seal)之更換、地錨荷重之再施拉及地錨之更換與增設等。

由於監測的費用通常較高，因此設計者於選擇支撐方法或形式時，應將此部分之之成本納入整體考量。

(2)香港土力工程處 (GEO) 將對防蝕油中有害物質之限制列表加以規定，如表 6.3 所示。另外，GEO 亦建議應考慮週遭環境 (如土壤與地下水) 之化學特性對地錨材料之腐蝕性與影響性，表 6.4 即為其

建議須進行詳細環境腐蝕特性調查之條件一覽表。

(3)有關錨頭的保護方面，香港土力工程處建議利用防蝕油作為防蝕保護層，並填滿承壓版下方之喇叭型薄管及其上方之保護蓋中 (GEO,1998)，其示意圖如圖 6.1 所示。前述喇叭型薄管與保護蓋便形成第二道防蝕保護層，其中尚有一相當重要之構件 - 灌漿 / 油脂封口 (Grout / grease seal)，能有效避免防蝕油之漏失並阻止地下水之滲流，頗值得國內參考借鏡。

根據前述 GEO 對於地錨長期安全性檢討之規定概述，顯示香港雖未禁止地錨之使用或懷疑其長期有效性，卻因要求事項繁多且嚴格，導致地錨於香港地區之應用情形並不普遍，此點頗值得於後續研究案中加以深入探討。

2. 國際混凝土協會 (FIP) (間接引自 「地錨設計與施工規範暨解說」)

在國際混凝土協會 (1986) 針對 35 個地錨破壞事故案例的報告

中指出，抗張材斷裂的位置大都在錨頭附近及自由段為多，如表 6.5 所示。

表 6.5 地錨破壞事故調查結果 (FIP,1986)

調查項目		比例 (%)
分類	永久性地錨	69
	臨時性地錨	31
抗張材種類	PC 鋼線	53
	PC 鋼棒	25
	PC 鋼絞線	22
使用期間	6 個月以內	24
	6 個月 ~ 2 年	26
	2 年以上 (最長 31 年)	50
斷裂位置	錨頭附近 (含其下方 1m 內之抗張材)	45
	自由段	50
	錨碇段	5

課題三：加勁擋土結構回填材料之考量

有關加勁回填材之考量，主要參考規範如下 (間接引自「加勁擋

土結構設計及施工手冊」):

- 1.“Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes, Design and Construction Guidelines”, 1997, Federal Highway Administration, FHWA-SA-96-071.
- 2.“BS 8006, Code of Practice for Strengthened / reinforced Soils and Other Fills”, 1995, BRITISH STANDARD INSTITUTE(BSI).

課題四：邊坡排水及其有效性之考量

有關邊坡排水之有效性考量主要參考香港 GEO 規範，其中圖 6.2

為加勁擋土結構的排水層配置，圖 6.3 為擋土牆排水詳細設計。

課題五：應用土釘 (Soil Nails) 於疏鬆填土邊坡之考量

土釘亦能應用於填土邊坡之穩定工法目前在香港引起廣泛之討論，部分工程師認為土釘之鑽孔過程中，可能引起細粒土壤之流失與穴蝕 (caving in) 現象之產生而對邊坡產生擾動；若是應用於填土邊坡，亦可能因填土強度之變異性及坡體中之孔隙，導致土釘之穩定效果不彰。另外有部分人士認為土釘於填土邊坡之適用性與填土夯實之緊密程度有關，因此建議應調查或研究土釘適用於多少夯實度或填土密度之「填土邊坡」；若將於疏鬆填土坡中設置土釘，於設計時應注意下列事項：

- (1)最近是否有成功或失敗案例
- (2)需考慮地下水之影響
- (3)考慮土釘與土釘之間土壤之拱效應作用
- (4)較標準圖更仔細地考慮土釘頭部與結構面版之設計
- (5)瞭解荷重傳遞至土釘之力學機制

(6)設置坡趾擋土牆 (toe wall) 使滑動破壞面更深

(7)設置地表下排水層 (subsurface drainage)

根據前述之討論，土釘於填土邊坡之應用情形尚無一致之定論，
因此香港土力工程處仍是以個別案例審查之方式決定是否可行。

表 6.2 地錨監測頻率導則

Anchor Class (See Table A1)	Frequency of Visual Survey	Monitoring of Individual Anchors		
		Number of Anchors for Monitoring to Nearest Whole Anchor Number ⁽¹⁾	Frequency of Anchor Inspection and Residual Load Measurements after Locking-off	Extent and Frequency of Special Grease Checks ⁽²⁾
1 4	Monthly, up to The end of the Maintenance Period, then yearly thereafter	7% of first 50 anchors 3% of additional anchors	2 weeks,1 month,3 months 6 months,1year,18 months, 2 years,5 years, then every 5 years thereafter	One anchors every 5 years
2 5	Fortnightly, up to the end Of the Maintenance Period, then yearly thereafter	10% of first 50 anchors 7% of second 50 anchors 5% of additional anchors	2 weeks,1 month,3 months, 6 months,9 months, 1 year, 18 months,2 years, then every 2 years thereafter	Two anchors 2 years,5 years then every 5 years
3 6	Weekly, up to the end of the Maintenance Period, then every 6 months thereafter	15% of first 50 anchors 12% of second 50 anchors 10% of additional anchors	2 weeks,1 month,3 months, 6 months, 9 months,1 years, 18 months,2 years, then every year thereafter	Three anchors 2 years, 5 years then every 5 years thereafter
<p>Notes: (1) The same anchors are to be monitored each time. The number may have to be increased if necessary to provide a Representative sample. (2) Different anchors are to be selected each time for special grease checks so that original undisturbed grease can be sampled. (3) Monitoring of piezometers is not included and should be specified separately. (4) Circumstances requiring the frequency of monitoring to be increased are described in Section A.17.2.</p>				

表 6.3 防鏽油之標準性質 (GEO , 1989)

Property	Test Method	Acceptance Criterion
Base number	ASTM D 974-85 (modified)	0.5 min
Water content	ASTM D 95-83	0.1% by mass max.
Chloride ion content	ASTM D 4327-84	5 ppm by mass max.
Nitrate ion content	ASTM D 4327-84	5 ppm by mass max.
Sulphide ion content	APHA:Part 427:1985	5 ppm by mass max.
Cone penetration (worked at 25° C)	ASTM D 217-86	175-340 units (1 unit = 0.1 mm)
Corrosion prevention (45 hrs at 52° C & 100% relative humidity)	ASTM D 1743-73 (1981)	No corrosion is tated 1. Incipient corrosion (no more than 3 spots of visible size) is rated 2. Max. rating = 2.
Oil separation	ASTM D 1743-83	3% by mass max.
Evaporation loss	ASTM D 972-86	0.5% by mass max.
Flash point	ASTM D 93-85	150° C min
Drop point	ASTM D 566-76 (1982)	60° C min
Oxidation stability: 100 hrs 400hrs 1000hrs	ASTM D 942-78 (1984)	Max. loss: 70 kPa 140 kPa 210 kPa
Effect of salt spray testing (1mm thick layer 500hrs)	ASTM B 117-85	No corrosion

表 6.4 必須進行詳細環境腐蝕特性調查之條件一覽表

(GEO , 1989)

Property	Value
Soil resistivity	< 50 ohm m
Soil redox potential Corrected to pH = 7	< 0.40 volts < 0.43 volts for clay soils
pH of soil or groundwater	< 5
Chloride ion content in soil	> 0.2 g / litre
Total sulphate content in soil	> 0.2 % by weight
Sulphate ion content in soil	>1.0 g / litre
Sulphate ion content in groundwater	> 0.3 g / litre
Note: (1) Based on insitu tests. (2) Based on 2:1 water / soil extract. (3) Concentration of sulphates expressed as SO ₃ .	

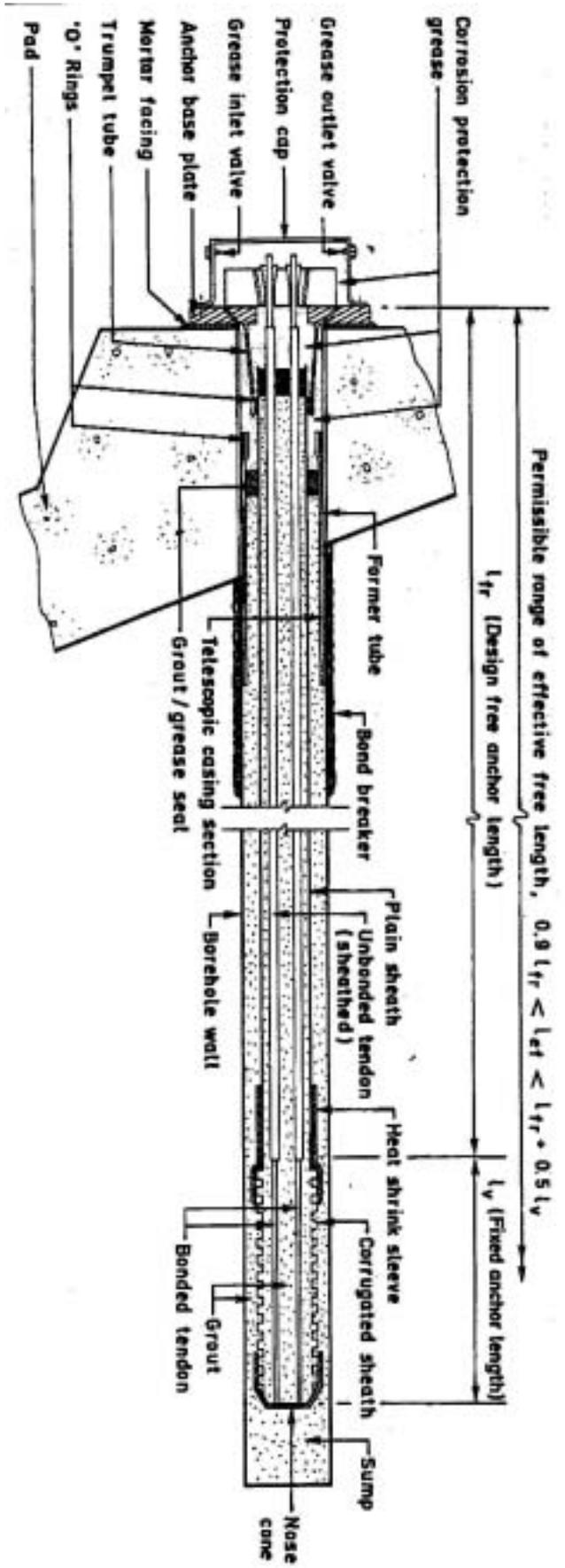


圖 6.1 代表性地錨結構示意圖 (GEO, 1989)

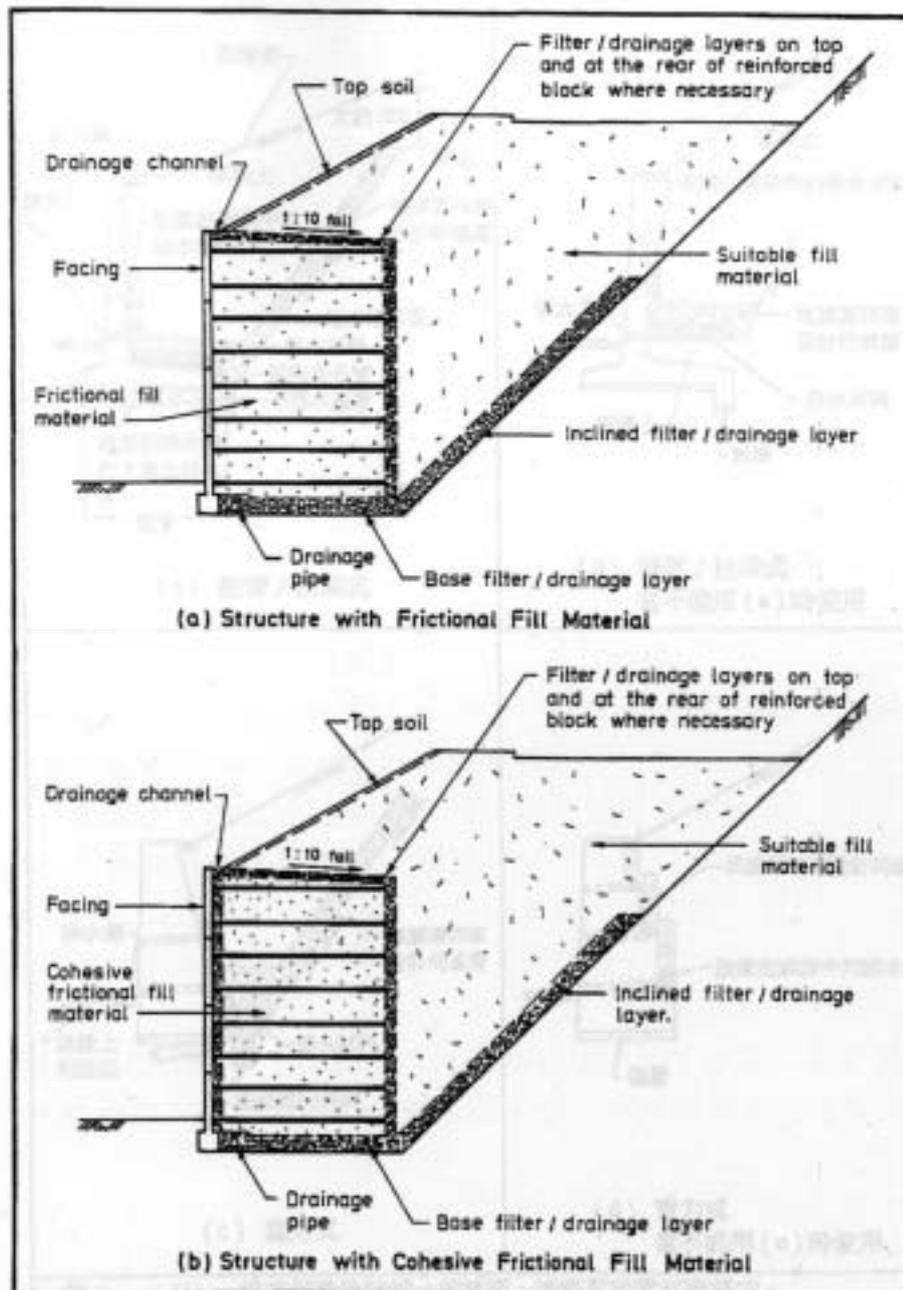


圖 6.2 加勁擋土結構之排水標準配置圖

(取自 Model Specification for Reinforced Fill Structures, GEO, 1989)

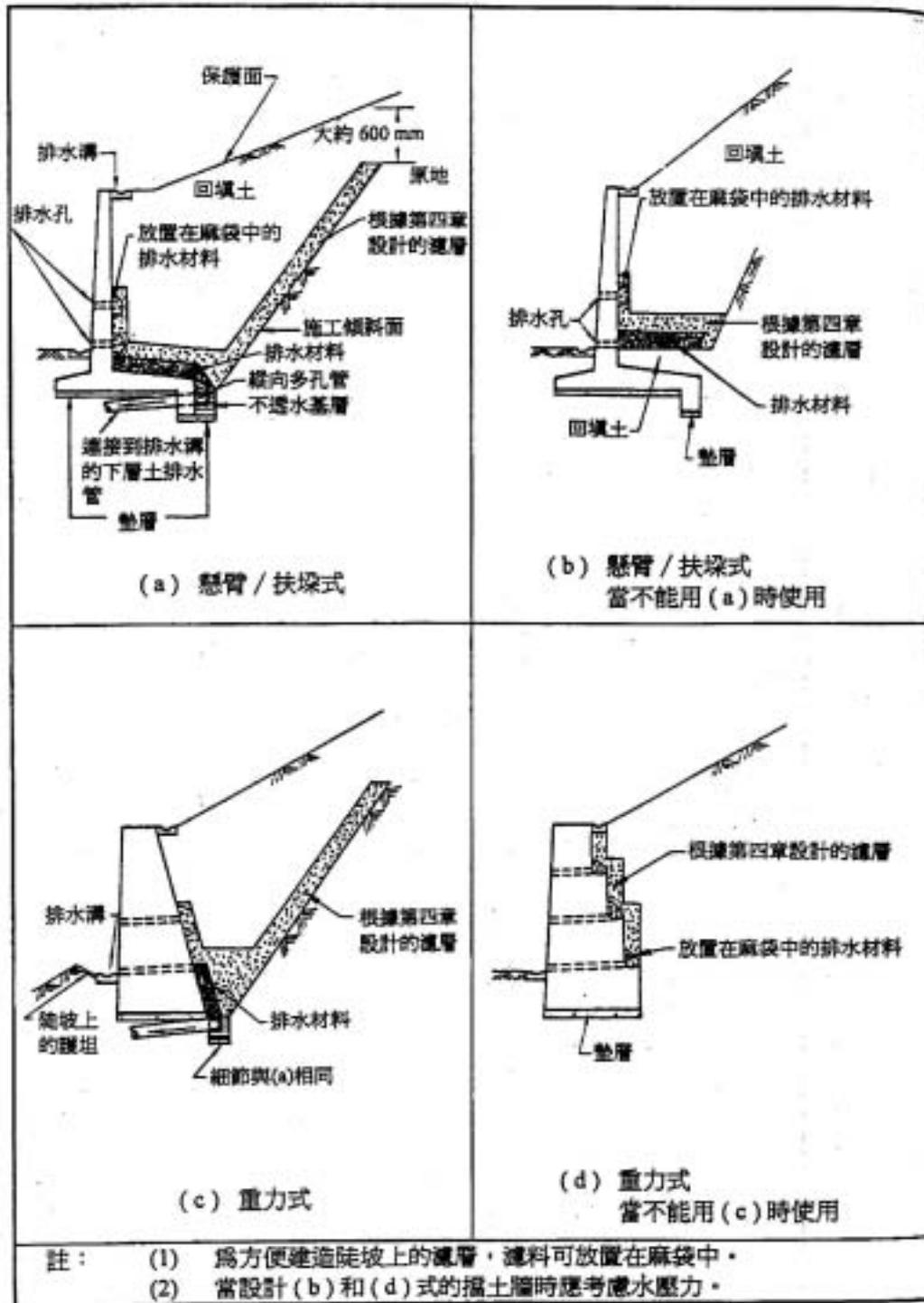


圖 6.3 擋土牆排水詳細設計 (取自斜坡岩土工程手冊, GEO, 1998)

6.4 課題檢討與對策研擬

為對於前節所擬定之邊坡穩定工法之各項課題加以檢討，並提出初步之對策，故邀請多位相關領域之學者專家進行座談（詳附件五），對於所擬定之課題說明、國內外相關規範等資料，進行討論並尋求初步之對策。會中討論之內容依各擬定之課題整理如下：

課題一：地錨使用於不同地層狀況之考量

(1) 規範中有關「泥岩、頁岩因遇水容易軟化、膨脹」一項，若泥岩、頁岩岩層較厚，其本身就不透水，雖然理論上說「遇水容易軟化」，但事實上內部是乾的，除非是薄層才有軟化的狀況。如果真的如此看待泥岩、頁岩，那麼有許多工程就無法進行了。

(2) 地錨使用於鬆軟地層、破碎帶、礦渣地層可能存在之問題應分為兩個層面：

A. 錨碇段之錨碇功能，其強度阻抗因相關設計考量、施工掌握等等而

受到影響。事實上此問題可以經由在鑽孔、灌漿而後的相關實驗來掌控其品質。如進行拉拔試驗、潛變分析、鏽蝕處理、灌漿材添加物估計等，加以驗證錨碇段之錨碇能力。

B. 因此類地層軟弱破碎，施加預力之後，地層會產生壓密變形，造成其預力損失或因變形所引起構造物之龜裂。在設計上應考量是否應施加過大之預力，應設計為主動型或被動型等問題，並應依需要而施加預力。

這兩項問題中，影響較大的應為前者，這關係到對於環境情況的考量是否能做好。

(3) 地錨使用於某些地層狀況下，主要考慮應為調查、設計考量、及施工控制之問題，課題應定位為提醒設計者如遇此類較不良之施工條件，應以更嚴謹的程序來處理。

(4) 國內地錨問題主要在於施工與品質控制，當然也有許多設計考量並沒有經過一定的調查等合理程序，所以充分的提醒可能較為重要，

尤其在地層狀況較為不良之下，充分的調查、設計考量與施工控制，加以適當的觀測，應該是較為重要的，這部份也是國內做得較差的一部份。

課題二：地錨之長期安全性檢討

(1) 有關錨碇的預力損失：

A. 地錨自由段過短，造成錨碇時一定會滑動，故自由段應滿足一最短距離。

B. 台灣地區的地錨錨頭夾具不佳，容易鏽蝕，造成漸漸滑脫。國產夾片品質堪慮，應儘速改進。

C. 錨頭設計不佳，使得空氣得以進入，地下水滲出，錨頭恰為兩者交會之處，更需加強設計。

D. 台灣地區地錨設計皆未達理論上最適之需求。

(2) 水常由灌漿部份之裂縫進入，較難防範。一般使用浪型管使灌漿

部份不易因拉力而出現裂縫，但浪型管常遭鑽孔，以利漿體充分流動、填充，反而造成水由這些鑽孔直接進入，或浪型管強度喪失，灌漿部份受拉開裂造成裂縫。當水由此處進入時並不會在此處造成鏽蝕，因此處並無足夠之空氣；而是當水流至錨頭附近時，有充分的空氣作用，才容易造成鏽蝕。地錨應分兩次灌漿，如此才不會有在浪型管上鑽孔之情形。有關錨頭出水問題，建議可考慮在錨頭下方打設出水孔，也許較能改善此問題。

(3) 地錨使用壽命頗受爭議，一般施工良好的情況下，地錨可以使用二、三十年。但事實上其有效期限仍較一般建築物之使用期間為短，故於建築物使用期間內，仍有更新之必要。而目前一般之設計及使用上均未考慮到此一問題。故更重要的是「地錨合理維護空間」的問題，常發現建築物離擋土牆只有一公尺半、兩公尺，難以進行維修或更新，此為非常嚴重之問題。而目前已老舊之地錨更新問題亦為一大隱憂。

(4) 地錨長期安全性受質疑，其問題出在早期對於防蝕處理的不重

視，對其瞭解不足所致。但也不應因此而對地錨工法產生懷疑，而不去使用。畢竟此工法在某些條件、某些工程環境下仍然是最好的選擇，否則有些情況下根本沒有辦法處理與克服。故防鏽上仍然需要加以要求。

(5) 地錨工法具有「功能隨時間而衰減」之特性，故其監測或檢測（維護管理）的工作要做得比一般重力式擋土牆更仔細。

(6) 地錨提供抗力之來源來自於土體內部，故其補強非常困難。而當監測或檢測上發現有安全上的顧慮時，應建立一適當之補強方式與補強空間。

(7) 防蝕層塗佈設備不足，國內非常嚴重。另外也可考慮以特殊材質取代鋼腱，避免鏽蝕問題。國外如德國、英國均已採用環氧樹脂塗佈鋼腱，以達到防鏽蝕之目的，而此一防蝕工作應於工廠內進行，較能達到良好之品質。

課題三：加勁擋土結構回填材料之考量

(1) 回填使用之土壤透水係數應加以控制，如遭遇透水係數中等的土壤，反而容易蓄積水分。但未來直接使用現地原有土壤回填仍為一經濟因素上的趨勢，故應考慮如何使其充分排水。目前已有加勁材料廠商試圖由加勁材本身加以排水。

(2) 排水問題應依加勁擋土牆之使用目的及特性而不同，如路堤、邊坡、谷地等皆有不同之要求。

(3) 加勁擋土結構上部一定要有不透水材加以覆蓋。牆背側可以加入一層垂直排水層，可用砂或不織布，以保持加勁體內是乾的。

(4) 水土保持技術規範中，將加勁構造物歸類於疊式擋土牆，非常不恰當，加勁擋土結構物之力學機制與疊式擋土牆完全不同，建議有關單位儘速改善。

(5) 有關加勁牆回填材料控制之問題，國外一般對於回填材料之要求（如日本、美國等）皆相當嚴格，國內台灣高鐵要求甚至更為嚴格。但在一般條件之下，工程都傾向於達到土方挖填平衡的目標，是故常就地取材，而造成難以符合規範中之規定。建議在回填材料條件較差的情形下，應在施工與設計上加強考慮，並使加勁土體中透過不同之方式，將水分排除。

課題四：邊坡排水及其有效性考量

(1) 擋土牆排水孔之數量不應以數字硬性規定之，牆趾處之排水孔才是最有效用的。而牆背垂直排水層之佈設更是重要，佈設後不容易再次發生排水之問題，效果非常好。同時牆上方土體表面應以不透水面加以保護。排水應因地制宜，在需要排水處多打設排水孔，而非硬性規定的固定數目之排水孔。

(2) 地下水並非如一般所瞭解，在地下水位面以下鑽孔，水分都會均

勻的漏出。尤其在岩盤地層，或紅土台地等黏土含量較多之地層條件下，地下水具有特定之水路與水脈，並不會均勻滲出。甚至於在現場施工時，於出水處附近打設排水管，不見水由排水管滲出，該出水處卻依然不斷出水。其改善方式應以「面的排水」觀念，取代點的、線的排水。

(3) 一般於設計施工時用於處理排水問題之工程花費，在擋土設施工程經費中所佔之比例並不高，可是真正發生狀況又常是排水的問題。

建議應加強宣導「透過多重排水之方式來處理擋土結構」之觀念，因其代價甚低，又屬於擋土結構工程中較難掌握之因子，而水一進入土體時，包括土壤強度、擋土牆可靠性等都會降低，實在非常不利。而規範中以數字硬性規定排水孔數目之情形，其實有其必要性，若不提供一量化之規定，恐怕設計、施工單位會更不注重排水之處理。而於特殊地質地區（如破碎帶）則應再加設排水設施，如此應可獲得較為良好之效果。

(4) 牆底排水設施之效果甚佳，但一般擋土設計施工並無對此多所著墨，往往認為地下水會自行由牆底排出，事實上仍須以牆底排水設施排出。而牆背排水配合牆底橫向排水，並在土體上方加覆不透水層，效果更佳，花費卻不高昂。

課題五：應用土釘於填土邊坡之可行性

疏鬆填土邊坡使用加勁擋土即可，不需再去研究是否要以土釘來穩定疏鬆填土邊坡。其意義應在於疏鬆填土邊坡完成後，如發現有不穩定之現象，可否使用土釘來加強。

課題六：其他邊坡相關課題

(1) 水土保持技術規範，一般工程業界使用上非常困擾。例如其中建議若沒有進行邊坡穩定分析，可參考其所附圖表加以設計，但事實上其所附之參考圖表常為不安全，反而可能產生誤導。且有些單位於審查時，嚴格要求符合該規範，造成設計單位之困擾。建議規範中不應

加諸過多數字化之規定，使其失去彈性，應逐漸將規範引導至依賴專業性鑑定與判斷之境地。

(2) 對於擋土牆與建築物間退縮距離之決定，除安全上之考慮外，亦應將各項長期維護及補強時所需之空間納入考慮。而在順向坡開發之相關規定等，亦可經由設計上加強考慮達到妥適之處理。

(3) 在谷地中施作工程，填土無可避免，也因此高填方區常出現於谷地。其地下排水非常重要，土體邊界水分應儘速導開，上方亦需設置不透水層。目前台灣山坡地上存在一嚴重之問題，即於高填方區中，建築物座落其上，必須有較高之擋土結構物加以穩定。而高填方區沈陷情況嚴重，建物常因差異沈陷而龜裂破壞，例如構築於牆體後方填土上之排水溝，便常因差異沈陷而破裂，導致雨水由此處滲入填土區中，造成土壤流失、掏空等現象，進而發生災害，此於台灣地區屢見不鮮。甚至有些案例在水溝、路面等出現裂隙之後，將整體以混凝土重鋪，反而造成沒有排水管之窘況。

(4) 使用者經常將排水管口以磁磚鑲貼或其他方式加以封死，以為如此就能夠達到美觀之效果，避免牆面骯髒，但實際上卻大大影響了擋土牆的功能。有些更在建物與擋土牆間違規加蓋，將屋頂橫跨至擋土牆上，將擋土牆視為其室內牆。未來要推動所謂的「公共安全檢查」，構造物是否違規使用建議應納入檢查的項目。

(5) 擋土結構之設計者若有特殊之設計考量，應充分告知使用者，務必讓使用者有所遵從，以避免誤用而造成無可彌補的破壞與損失。建議工程完工後應建立「使用手冊」與「長期維護手冊」等相關參考資料或規範，主管機關於適當時機，依長期維護手冊所述，對建物施以檢查；使用者依使用手冊中之規定使用建物，或可簡單檢視牆體狀況等。目前有此一觀念，已有部分專家學者從事初步研究當中（如參考文獻 4、19、22）。

(6) 建議日後立法規定擋土設施於完工後，應於牆體附近設置告示

牌，其上應標明擋土結構原始設計類型、高度、寬度、材料種類、地質概況、設計目的、牆體簡圖等，可供日後檢視是否遭到違規使用，或於破壞時判斷其可能之破壞因素。

(7) 工程與建物的使用安全觀念之宣導與教育非常重要，倘若人民無此觀念，工程人員即使大聲疾呼，所獲得的回應也相當有限。社區組織對於社區建物的管理也應加強，以配合工程人員與主管機關之稽核與檢查，進而保障社區安全。

第七章 結論與建議

根據前章中之各項討論加以綜合整理，可歸納出以下九項課題，並針對各項課題及初步對策加以說明。

(1) 地錨使用於鬆軟地層、破碎帶及礫渣地層等不良地盤狀況之設計及施工等，宜進一步加以考量。

地錨於此類地盤中之使用，主要在於錨碇功能掌控，及地層壓密產生之預力損耗之考量，可藉由設計、施工及品質控制等方式加以掌控，並配合拉拔試驗、後續觀測等工作以確保其功能。

(2) 對於地錨之長期有效性，其耐蝕保護及長期預力損耗問題應加以考量。

耐蝕保護方面：地錨之錨頭設計不良、夾具品質不佳、易鏽蝕，地下水自錨頭附近滲出等，均易導致錨頭鏽蝕老

化，錨頭之防蝕宜尋求更佳之設計。

預力損耗方面：地錨之自由段過短，地盤之壓密、抗張材之鬆弛

等均可導致預力之損耗，降低地錨之效能。

此兩項問題在地錨設計上均宜進一步加以更完善之考量，並均應

配合以長期維護之方式以達成防蝕及防止預力損耗，確保地錨之

效能。

(3) 地錨之功能維護、補強與更新，宜建立適當之方法。

地錨即使施工良好，其使用期限均較一般建築物之使用期限為短

，故有更新之必要。而地錨工法具有「功能隨時間衰減」之特性

，其提供之抗力來自於土體內部，補強困難，故在安全上有顧慮

時，宜建立一適當之補強方式。

(4) 加勁擋土牆使用不同回填材料時，其設計方法宜詳細加以考量。

加勁擋土牆回填材料常為就地取材，其材料性質未能符合一般規範之要求情形，為未來之趨勢，故對於性質較不理想之回填材料，在設計方法上應加以進一步之考量。

(5) 邊坡之排水宜有更詳盡之考量。

目前於排水之相關規範係規定擋土牆排水孔之數量，與現地實際對於排水孔之需求及其有效性方面常不能符合，而牆底排水對於降低牆背水壓之功能顯著，亦未被強調。同時考量水流之特性，應以「面的排水」觀念，取代點及線之排水。排水工法之工程經費低而對於邊坡穩定之效果宏大，故應予強調。而長期之有效性可藉由定期檢查及維護加以確保。

(6) 部分規範之圖表及數字之規定宜加以檢討。

部分規範中之圖表及數字規定並不一定能確保擋土結構之安全，反而有誤導之嫌，未來宜逐漸將規範引導至依賴專業性判斷之境

地。

- (7) 擋土設施於完工後宜建立「使用手冊」及「維護手冊」等相關資料及規範，並考慮於現地設置告示牌。

擋土結構於設計之考量應充分告知使用者，以避免誤用而造成擋土設施之破壞，同時對於擋土設施之長期維護及檢查等，則宜建立並遵循維護手冊進行。相關項目及內容目前國內有部分學者專家進行初步研究中。

- (8) 對於擋土設施與建築物之間之退縮距離宜考慮其安全性，並兼顧未來維護及補強所需空間。

- (9) 針對高填方區差異沈陷、順向坡等特定問題均宜進一步加以研究。

以上之各項課題，可提供未來邊坡穩定後續研究之參考，而部分

研究課題，於國外之相關技術規範中已有考量，可提供將來研究及對策之重要參考之依據。

參 考 文 獻

- 1.Geotechnical Engineering Office(1989), Model Specification for Prestressed Ground Anchors, Hong Kong.
- 2.Mitchell K., and C.B. Villet(1987), REINFORCEMENT OF EARTH SLOPES AND EMBANKMENTS, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
- 3.Sabatini P.J., V. Elias, and G.R. Schmertmann, R.Bonaparte (1997), GEOTECHNICAL ENGINEERING CIRCULAR NO.2 Earth Retaining Systems, Office of Technology Application.
- 4.丁育群、郭斯傑，民國八十八年，山坡地災害防救基金與保險制度之研究，內政部建築研究所研究報告。
- 5.山地顧問有限公司，山坡地開發專輯一、二，詹氏書局。
- 6.水土保持法相關法規暨水土保持技術規範，民國八十五年九月，中華水土保持學會。

7. 日本建築學會 (1991) , 建築地盤地錨設計施工指針。
8. 王鑫、李光中 (1988) , 新開挖道路邊坡之穩定性預測及追蹤查證 , 國科會防災科技研究報告 77-21 號。
9. 台北市土木技師公會 , 加勁擋土結構設計及施工手冊 (1998) 。
10. 地錨設計與施工規範暨解說 (1998) , 中國土木水利工程學會。
11. 李三畏 (1982) , 「台灣山坡地防災問題 - 從日本之防砂工程談起」 , 他山之石 - 水土保持系列 (1) , 中華水土保持學會編印。
12. 吳輝龍 , 鍾弘遠 , 吳清民 , 郭炳燦 , 廖連吉 (1982) , 「日本坡地社區保持及坡地災害防治」 , 他山之石 - 水土保持系列 (1) , 中華水土保持學會編印。
13. 香港土力工程處 (1997) , 香港斜坡安全。
14. 香港土力工程處 (1998) , 斜坡岩土工程手冊。
15. 施國欽 (1996) , 大地工程學 (二) 基礎工程篇。

16. 建築技術規則建築設計施工篇，第十三章山坡地建築專章。
17. 姚錫齡等（1998），山坡地開發技術，台灣營建研究院。
18. 現代營建雜誌社，民國八十二年，山坡地規劃設計及開發，現代營建雜誌社。
19. 陳建忠、陳明竺，民國八十八年，山坡地建築規劃設計階段安全防災技術手冊之研究，內政部建築研究所研究報告。
20. 陳嘉正（1997），「香港坡地災害之控制與預防」，山坡地建築開發工程研討會論文集，台灣營建研究院。
21. 張石角（1996），維護山坡地公共安全之檢查與危險標示，行政院農業委員會水土保持科，編號 85 農建-9.7-林-011，pp.1-33。
22. 張俊哲，民國八十八年，坡地住宅社區安檢、監測管理制度之研究，內政部建築研究所研究報告。
23. 趙子澤，林文章（1998），台灣地滑重大案例之探討，高立圖書有限公司。

24. 潘國樑，民國八十年，坡地開發與調查，詹氏書局。
25. 顏清連，羅俊雄（1997），天然災害與防治 教材大綱，台灣大學土木系。

附錄一

附錄二

附錄三

附錄四

附錄五

附錄五

山坡地社區開發邊坡穩定工法技術現況調查與分析座談會

日期：中華民國八十八年四月十三日（星期二）14：00 - 16：00

主持人：林美聆教授

出席人員：陳榮河教授、秦中天博士（出國）、內政部建築研究所葉祥海組長、曹暉源先生、陳俊樺先生、田永銘教授（請假）、周功台先生、林四川先生、張森源先生、黃鎮臺博士（請假）、廖洪鈞教授（請假）、潘國樑博士、陳宏杰同學、林聖琪同學、張光仁同學

會議記錄

1. 主持人報告

2. 邊坡穩定工法課題討論

課題一：地錨使用於不同地層狀況之考量

課題二：地錨之長期安全性考量

課題三：加勁擋土結構回填材料之考量

課題四：邊坡排水及其有效性考量

課題五：應用土釘（Soil Nails）於填土邊坡之可行性

3. 綜合討論

課題一：地錨使用於不同地層狀況之考量

張森源先生：地錨設計與施工準則中曾提及「泥岩、頁岩因遇水容易軟化、膨脹」。若泥岩、頁岩較大（厚），其本身就不透水，雖然理論上說「遇水容易軟化」，但事實上內部（大部份）是乾的；除非是薄層才有軟化的狀況。如果真的如此看待泥岩、頁岩，那麼工程就無法進行了。

周功台先生：地錨使用於鬆軟地層、破碎帶、礦渣地層可能存在之問題應分為兩個層面：

(1) 錨碇段之錨碇功能，其強度阻抗因相關設計考量、施工掌握等等而受到影響。事實上此問題可以經由在鑽孔、灌漿而後的相關實驗來掌控其品質。如拉拔試驗、潛變分析、鏽蝕處理、灌漿材添加物估計，意即錨碇段之驗證或實驗是可以做到的。

(2) 因此類地層軟弱破碎，施加預力之後，地層會有壓密之變形量，造成其預力損失或變形所引起構造物之龜裂。設計上應考量是否應需施加過大之預力？應設計為主動型或被動型？應依需要而施加，並非一味施加預力。而問題較大者應為前者，這關係到對於環境情況的考量是否能做好。

林四川先生：(1) 本課題是否隱含著希望我們找出某些地層條件，建議不適用地錨？此應為調查、設計考量、施工控制之問題，應定位為提醒設計者如遇此類較不良之施工條件，應以更嚴謹的程序來處理。

(2) 國內地錨問題主要出在施工與品質控制，當然也有許多設計考量並沒有經過一定的調查等合理程序，所以充分的提醒可能較為重要，尤其在地層狀況較為不良之下，充分的調查、設計考量與施工控制，加以適當的觀測，應該是較為重要的，這部份也是國內做得較差的一部份。

課題二：地錨之長期安全性考量

張森源先生：有關錨碇的預力損失：

- (1) 自由段過短，造成錨碇時一定會滑動，故自由段一定要有一最短距離。
- (2) 台灣地區的夾具不佳，容易鏽蝕，造成漸漸滑脫。國產夾片品質堪慮，應儘速改進。
- (3) 錨頭設計不佳，空氣會進入，地下水會滲出，此恰為兩者交會之處，更需加強設計。
- (4) 台灣地區地錨設計皆未達理論上最適之需求。

周功台先生：水常由灌漿部份之裂縫進入，較難防範。一般使用浪型管使灌漿部份不易因拉力而出現裂縫，但浪型管常遭鑽孔，以利漿體充分流動、填充，反而造成水由這些鑽孔直接進入，或浪型管強度喪失，灌漿部份受拉依舊開裂造成裂縫。當水由此處進入時並不會在此處造成鏽蝕，因此處並無足夠之空氣；而是當水流至錨頭附近時，有充分的空氣作用，才容易造成鏽蝕。

張森源先生：地錨應分兩次灌漿，如此才不會有在浪型管上鑽孔之情形。

林四川先生：有關錨頭出水問題，建議在錨頭下方打設出水孔，也許較能改善此問題。

林四川先生：地錨使用壽命頗受爭議，常有人問「地錨有效期為多久？」。一般施工良好的情況下，地錨可以使用二、三十年。但事實上其有效期限仍較一般建築物之使用期間為短，故於建築物使用期間內，仍有更新之必要。而目前一般之設計及使用上均未考慮到此一問題。故更重要的是「地錨合理維護空間」的問題，常發現建築物離擋土

牆只有一米半、兩米，根本無法進行維修，此為非常嚴重之問題。而目前已老舊之地錨更新問題亦為一大隱憂。

周功台先生：地錨長期安全性受質疑，其問題出在早期對於防蝕處理的不重視，對其瞭解不足所致。但也不應因此而對地錨工法產生懷疑，而不去使用。畢竟此工法在某些條件、某些工程環境下仍然是最好的選擇，否則有些情況下根本沒有辦法處理與克服。故防鏽上仍然需要加以要求。地錨工法具有「功能隨時間而衰減」之特性，故其監測或檢測（維護管理）的工作要做得比一般重力式擋土牆更仔細。

林四川先生：地錨提供抗力之來源來自於土體內部，故其補強非常困難。而當監測或檢測上發現有安全上的顧慮時，應建立一適當之補強方式與補強空間。

張森源先生：防蝕層塗佈設備不足，國內非常嚴重。也可以特殊材質取代鋼腱，避免鏽蝕問題。國外如德國、英國均已採用環氧樹脂塗佈鋼腱，以達到防鏽蝕之目的，而此一防蝕工作應於工廠內進行，較能達到良好之品質。

課題三：加勁擋土結構回填材料之考量

陳榮河教授：土壤透水係數應加以控制，如遭遇到透水係數中等的土壤，反而容易蓄積水分。但未來直接使用原土回填仍為一經濟因素上的趨勢，故應考慮如何使其充分排水。目前已有加勁材料廠商試圖由加勁材本身加以排水。

周功台先生：排水問題應依加勁擋土牆之使用性質而不同，如路堤、邊坡、谷地等皆不相同。

張森源先生：(1) 加勁擋土結構上部一定要有不透水材加以覆蓋。牆

背側可以加入一層垂直排水層，可用砂或不織布。必定要保持加勁體內是乾的！

(2) 水土保持技術規範中，將加勁構造物歸類於疊式擋土牆，實在是非常的不恰當，加勁擋土結構物之力學機制與疊式擋土牆完全不同，建議有關單位儘速改善。

林四川先生：有關加勁材料控制之問題，國外一般對於回填材料之要求（如日本、美國等）皆相當嚴格，國內台灣高鐵要求甚至更為嚴格。但在一般條件之下，工程都傾向於達到土方挖填平衡的目標，是故常就地取材，而造成難以符合規範中之規定。建議在材料條件較差的情形下，應在施工與設計上多多加強。加勁土體中應透過各種不同之方式，將水分排除。

課題四：邊坡排水及其有效性考量

張森源先生：擋土牆排水孔不應以數字硬性規定之，牆趾處之排水孔才是最有功用的。而牆背垂直排水層之佈設更是重要，佈設後不容易再次發生排水之問題，效果非常好。同時牆上方土體表面應以不透水面加以保護。排水應因地制宜，在需要排水處多打設排水孔，而非硬性規定的固定數目之排水孔。

周功台先生：地下水並非如一般所瞭解，在地下水位面以下鑽孔，水分都會均勻的漏出。尤其在岩盤地層，或紅土台地等黏土含量較多之地層條件下，地下水具有特定之水路與水脈，並不會均勻滲出。甚至於在現場施工時，於出水處附近打設排水管，不見一滴水由排水管滲出，該出水處卻依然不斷出水。其改善方式應以「面的排水」觀念，取代點的、線的排水。

林四川先生：一般於設計施工時用於處理排水問題之工程花費，在擋

土設工程經費中所佔之比例並不高，可是真正發生狀況又常是排水的問題。建議應加強宣導「透過多重排水之方式來處理擋土結構」之觀念，因其代價甚低，又屬於擋土結構工程中較難掌握之因子，而水一進入土體時，包括強度、可靠性等都會降低，實在非常不利。而規範中以數字硬性規定排水孔數目之情形，其實有其必要性，若不提供一量化之規定，恐怕設計、施工單位會更不注重排水之處理。而於特殊地質地帶（如破碎帶）則應再加設排水設施，如此應可獲得較為良好之效果。

張森源先生：牆底排水設施之效果甚佳，但一般擋土設計施工並無對此多所著墨，往往認為地下水會自行由牆底排出，事實上仍須以牆底排水設施排出。而牆背排水配合牆底橫向排水，並在土體上方加覆不透水層，效果更佳，花費卻不高昂。

課題五：應用土釘於填土邊坡之可行性

陳榮河教授：疏鬆填土邊坡使用加勁擋土即可，不需再去研究是否要以土釘來穩定疏鬆填土邊坡。其意義應在於疏鬆填土邊坡完成後，如發現有不穩定之現象，可否使用土釘來加強。

課題六：其他邊坡相關課題

林四川先生：(1) 水土保持技術規範，一般業界使用上非常困擾。例如其中建議若沒有進行邊坡穩定分析，可參考其所附圖表加以設計，但事實上其所附之參考圖表皆屬不安全，反而有誤導設計之嫌。且有些單位每每於審查時，緊繞著該不合宜之規範打轉，讓設計單位感到痛苦萬分。規範中不應加諸過多數字化之規定，使其失去彈性，應逐漸將規範引導至依賴專業性鑑定與判斷之境地。

(2) 對於擋土牆與建築物間退縮距離之決定，除安全上之考慮外，亦應將各項長期維護及補強時所需之空間納入考慮。而在順向坡開發之相關規定等，亦可經由設計上加強考慮達到妥適之處理。

(3) 在谷地中施作工程，填土無可避免，也因此高填方區常出現於谷地。其地下排水非常重要，土體邊界水分應儘速導開，上方亦需設置不透水層。目前台灣山坡地上存在一嚴重之問題，即於高填方區中，建築物座落其上，必須有較高之擋土結構物加以穩定。而高填方區沈陷情況嚴重，建物常因差異沈陷而龜裂破壞，例如構築於牆體後方填土上之排水溝，便常因差異沈陷而破裂，導致雨水由此處滲入填土區中，造成土壤流失、掏空等現象，進而發生災害，此於台灣地區屢見不鮮。甚至有些案例在水溝、路面等出現裂隙之後，將整體以混凝土重鋪，反而造成沒有排水管之窘況。

(4) 使用者經常將排水管口以磁磚鑲貼或其他方式加以封死，以為如此就能夠達到美觀之效果，避免牆面骯髒，但實際上卻大大影響了擋土牆的功能。有些更在建物與擋土牆間違規加蓋，將屋頂橫跨至擋土牆上，將擋土牆視為其室內牆。未來要推動所謂的「公共安全檢查」，構造物是否違規都應納入檢查的項目。

林美聆教授：設計者若有特殊之設計考量，應充分告知使用者，務必讓使用者有所遵從，以避免誤用而造成無可彌補的破壞與損失。建議工程應建立「使用手冊」與「長期維護手冊」等相關參考資料或規範，主管機關於適當時機，依長期維護手冊所述，對建物施以檢查；使用者依使用手冊中之規定使用建物，或可簡單檢視牆體狀況等。

曹暉源先生：建議日後立法規定擋土設施於完工後，應於牆體附近設置告示牌，其上應標明擋土結構原始設計類型、高度、

寬度、材料種類、地質概況、設計目的、牆體簡圖等，可供日後檢視是否遭到違規使用，或於破壞時判斷其可能之破壞因素。

林四川先生：工程與建物的使用安全觀念之宣導與教育非常重要，倘若人民無此觀念，工程人員即使大聲疾呼，所獲得的回應也相當有限。社區組織對於社區建物的管理也應加強，以配合工程人員與主管機關之稽核與檢查，進而保障社區安全。

附錄六

「山坡地社區開發邊坡穩定工法技術現況調查與分析」研究計畫

期初諮詢審查會議意見辦理說明

意見一：商品化護坡或擋土牆之安全性，主要由工程設計及施工情況決定，難以由案例分析中直接決定。

意見二：本研究係以工法調查分析為主，「設計程序」並非本研究之主旨。

意見三：穩定工法之相關規範等，已於本研究案例中列入考量。

意見四：相關工法之研選原則，一般均已列入相關規範中，其他項目於本研究中已納入研討分析。

意見五：坡度與擋土坡度之比例關係，於坡度部分較難定義，且與本研究較無直接關連，其他項目已納入本研究研討分析。

意見六：與課題相關之各國規範均已納入討論。

意見七：危險程度評估非屬本研究範圍。

意見八：以納入本研究之討論分析中。

結論與相關意見，以根據本研究計畫之目的及內容，納入參酌，
並進行研討分析。

附錄七

「山坡地社區開發邊坡穩定工法技術現況調查與分析」研究計畫

期中審查會議意見辦理說明

本研究計畫已根據研究目的並參酌審查委員之意見進行調查與修正。

1. 張森源委員意見：

有關邊坡排水及加勁擋土結構之問題，均已納入研究課題中加以探討。

2. 蔡瑞河委員意見：

「坡度陡峭」之原定義係指 55%，而有關地錨部份，已參酌日本建築學會之相關規範；穩定工法之設計亦已將「水土保持技術規範」列為參酌對象。至於地盤支持力之評估則不屬本研究計畫範圍。

3. 陳宗禮委員意見：

由於本研究係以工法現況課題為目標，「規劃方式」之原始資料亦困難取得，故仍以工法檢討為主要對象，其他意見已於文獻及檢討中加以反映。

4. 廖洪鈞委員意見：

相關參考文獻已更新，而案例方面，邊坡安定及不安定兩類均有收集整理。

5. 中華民國建築師公會全聯會：

坡地破壞原因已彙整於案例分析中。

6. 中華民國土木技師公會全聯會：

各種邊坡形式適合使用之工法於「水土保持技術規範」中已有建議，塊石之方式應視同重力式擋土牆加以討論即可。

7. 台灣省大地技師公會：

有監測之案例數，目前所收集到資料極少，難以分析。

8. 陳斗生委員意見：

由於所收集到工程公司之案例較少，故目前未擬進行此一工作。

附錄八

「山坡地社區開發邊坡穩定工法技術現況調查與分析」研究計畫

聯合研討會會議意見辦理說明

本研究計畫期末報告已根據研究目的並參酌與談人之意見，進行內容增補及修正，其中有關坡地社區之相關管理維護項目，非屬本計畫研究主旨，並已有部分研究持續進行中。本項說明請參閱第六章及第七章其他課題部分，及本報告所列之相關文獻。