坡面崩塌造成之勞動災害
防止對策

2010 年 3 月

坡面崩塌造成之勞動災害防止對策

獨立行政法人　勞動安全衛生綜合研究所

前言

土砂崩塌造成之勞動災害，主要發生在邊坡開挖或側溝開挖等開挖工程，每年約造成 20～30 件死亡災害。這些土砂崩塌造成之的勞動災害，目前主要都是⑴側溝開挖時側溝的崩塌，以及⑵邊坡開挖工程中所發生的坡面崩塌。側溝開挖工程近年來因為「擋土先行工法」等的普及，對於減少土砂崩塌造成之災害，發揮了一定的效果。但土砂崩塌之中特別是坡面崩塌造成之的勞動災害案例並未明顯減少，因此需進一步強化坡面崩塌造成之勞動災害的防止措施。

鑑此，獨立行政法人勞動安全衛生綜合研究所於 2009 年 3 月舉辦「坡面崩塌造成之勞動災害防止對策調查研究會」，在有效強化坡面崩塌造成之勞動災害防止對策目標下，調查坡面崩塌造成之勞動災害的防止措施現況，以及坡面崩塌防止工法普及狀況與問題點等，進行實況分析與同種災害防止對策相關的檢討。

本調查研究會已舉辦 4 次調查研究會，針對具體對策的檢討，進行 4 次工作小組（working group，WG）會議。本調查報告書係根據調查研究會檢討結果，以及坡面崩塌造成之勞動災害防止對策之彙整。

此外，本調查研究會的運作與報告書製作過程，承蒙日下部主席以及本調查研究會各位委員、工作小組竹村組長及各委員大力協助，在此謹致上最大的謝意。

2010 年 3 月

（獨立行政法人）勞動安全衛生綜合研究所

目錄

1. 調查研究會的概要.....1
1.1. 調查研究會設置宗旨.....1
1.2. 調查研究會等的成員.....2
1.3. 調查研究會的活動.....4
2. 坡面崩塌造成之勞動災害現況.....5
2.1. 坡面崩塌造成之勞動災害的調查與分析.....5
2.1.1. 發包機構別的災害發生狀況.....5
2.1.2. 工程規模別的災害發生狀況.....6
2.1.3. 工程種類別的災害發生狀況.....8
2.1.4. 崩塌邊坡相關的分析.....9
2.1.5. 綜合整理.....12
2.2. 坡面崩塌造成之勞動災害崩塌型態與崩塌原因之分類方法..... 12
2.2.1. 分類方法.....12
2.2.2. 崩塌形態與崩塌原因之內涵與狀況.....14
第 2 章參考文獻.....16
3. 本調查研究會的檢討事項.....17
3.1. 本調查研究會的立場.....17
3.2. 目的.....17
3.2.1. 目的.....17
3.2.2. 適用對象.....17
4. 邊坡下方的安全施工方法.....18
4.1. 發包者、設計者與施工者三方坡面崩塌危險資訊之分享..... 18
4.2. 設計與施工階段別的維護檢查表（表-4.1）.....21
4.3. 日常維護檢查表（表-4.2）.....23
4.4. 異常時對應表格（表-4.3）.....26
第 4 章參考文獻.....27
5.安全性檢討時的硬體對策概念.....28
5.1. 硬體對策概念.....28
5.2. 作業時作業員可不必進入挖方下方或只需短時間進入即可的方法……..... 30
5.2.1.設置套裝式構件施築構造物的方法.....30
5.2.2. 以無人化施工施築構造物的方法.....30
5.3. 邊坡（殘坡與挖方部分）的補強方法（含出現異狀時也能確保避難時間、儘量不讓崩塌土砂擴散的方法）.....31
5.3.1. 邊坡補強的方法～邊坡補強土工法.....31
5.3.2. 容許變形的相對簡易方法～簡易坡面保護工.....33
5.3.3. 搭配感測變形與應變的感測儀器之方法... 36
第 5 章參考文獻.....36
6. 今後的課題（責任分擔、資格、成本負擔、教育）.....37
6.1. 教育的實施等.....37
6.2. 發包者應注意事項等.....37
6.3. 今後的課題.....37
資料集　安全性檢討時的硬體對策.....38

1. 調查研究會的概要

1.1. 調查研究會設置宗旨

設置於獨立行政法人勞動安全衛生綜合研究所所的本調查研究會，其設置宗旨如下。

「坡面崩塌造成之勞動災害的防止對策調查研究會」設立宗旨

1　宗旨與目的

側溝開挖工程近年來因為「擋土先行工法」等防止對策的普及，對於減少土砂崩塌造成之災害，發揮了一定的效果。但土砂崩塌之中特別是坡面崩塌造成之的勞動災害案例未明顯減少，因此需進一步強化坡面崩塌造成之勞動災害的防止措施。所以，獨立行政法人勞動安全衛生綜合研究所成立調查研究會，對於坡面崩塌造成之勞動災害的防止措施的現況、坡面崩塌防止工法普及狀況與問題點等進行調查，分析實際狀況，推動與同種災害防止對策相關的檢討。

2　檢討項目

⑴　坡面崩塌造成之勞動災害的防止新措施

引進足以對應側溝開挖工程的「擋土先行工法」等工法，檢討先進技術的坡面崩塌防止措施。

⑵　量測施工法與坡面下方作業方法的改良等

為強化坡面崩塌造成之勞動災害的防止對策，應檢討先進技術相對應的量測施工法，以及可不必在邊坡下方實施作業的施工方法。

3　調查研究會的會務規劃

以每個月舉行 1～2 次會議的頻率，預定舉行 4～5 次。

必要時應舉行專業部門（以下稱為「工作小組」）特別會議。

4　設置日期

2009 年 3 月 24 日

5　設置期間

2009 年 3 月 24 日～2010 年 3 月 31 日

1.2. 調查研究會等的成員

本調查研究會與工作小組成員如下。

調查研究會成員名冊

主　席	日下部　治	東京工業大學　大學院理工學研究科　土木工學專攻　教授
委　員	竹村　次郎	東京工業大學　大學院理工學研究科　土木工學專攻　副教授
	末政　直晃	東京都市大學　大學院工學研究科　都市工學專攻　教授
	藤澤　和範	獨立行政法人土木研究所　土砂管理研究小組　地滑小組高等研究員
	梅田　修史	獨立行政法人森林綜合研究所　林業工學研究領域　森林路網研究室室長
	館山　勝	財團法人鐵道綜合技術研究所　構造物技術研究部　部長
	菊池　秀二	東日本高速道路株式會社　技術部　技術管理課　課長輔佐（2009 年 5 月起）
	加藤　孝夫	東日本高速道路株式會社　技術部　技術管理課　調查人員（2009 年 5 月止）
	川合　康文	東京都　土木技術中心　所長
	扇原　博	橫濱市　都市整備局　公共事業調查室　室長
	桧皮　政輝	大成建設株式會社　安全、環境本部　安全部長（2009 年 5 月起）
	前川　邦男	大成建設株式會社　安全、環境本部安全部長（2009 年 4 月止）
	野中　格	株式會社熊谷組　顧問
	片桐　雅明	株式會社日建設計 Civil　技術開發部　技術長
	高橋　元	建設業勞動災害防止協會　技術管理部　部長
	別木　　孝	國土交通省　大臣官房（秘書）　技術調查課　課長輔佐（2009 年 4 月起）
	森田　宏	國土交通省　大臣官房（秘書）　技術調查課　課長輔佐（2009 年 3 月止）
	高　　忠敏	農林水產省　林野廳　林政部　經營課　林業勞動對策室　課長輔佐
	田中　敏章	厚生勞動省　勞動基準局　安全衛生部　安全課　建設安全對策室長
觀察員	吉田　哲	厚生勞動省　勞動基準局　安全衛生部　安全課　建設安全對策室　主任技術審查官（2009 年 7 月起）
	本山　謙治	厚生勞動省　勞動基準局　安全衛生部　安全課　建設安全對策室　主任技術審查官（2009 年 6 月止）
	船井雄一郎	厚生勞動省　勞動基準局　安全衛生部　安全課　建設安全對策室　技術審查官（2009 年 4 月起）
	大村　倫久	厚生勞動省　勞動基準局　安全衛生部　安全課　建設安全對策室　技術審查官（2009 年 3 月止）
(秘書處) 事務局	豐澤　康男	獨立行政法人勞動安全衛生綜合研究所　研究企劃調整部　部長
	玉手　聰	獨立行政法人勞動安全衛生綜合研究所　建設安全研究小組　高等研究員
	高木　元也	獨立行政法人勞動安全衛生綜合研究所　人體工學、風險管理研究小組　主任研究員
	伊藤　和也	獨立行政法人勞動安全衛生綜合研究所　建設安全研究小組　研究員

工作小組成員名冊

組　長	竹村　次郎	東京工業大學　大學院理工學研究科　土木工學專攻　副教授
委　員	末政　直晃	東京都市大學　大學院工學研究科　都市工學專攻　教授
	藤澤　和範	獨立行政法人土木研究所　土砂管理研究小組　地滑小組高等研究員
	中島　高志	橫濱市　環境創造局　施設整備部　公園綠地整備課　課長輔佐
	村上　隆博	財團法人神奈川縣都市整備技術中心　縣央支所　所長
	高柳　剛	財團法人鐵道綜合技術研究所　防災技術研究部　地盤防災研究室　研究員
	緒方　明彥	株式會社熊谷組　土木設計部　建築工、開挖小組　部長
	兒島　郁男	多摩火藥機工株式會社　代表取締役（董事長）
	岩佐　直人	日鐵住金建材株式會社　商品開發中心開發企劃部
	林　豪人	岡三 LIVIC 株式會社　技術部技術企劃室　課長代理
	藤井　俊逸	藤井基礎設計事務所　技術部　部長
委員兼(秘書處)事務局	豐澤　康男	獨立行政法人勞動安全衛生綜合研究所　研究企劃調整部　部長
	玉手　聰	獨立行政法人勞動安全衛生綜合研究所　建設安全研究小組　高等研究員
	高木　元也	獨立行政法人勞動安全衛生綜合研究所　人體工學、風險管理研究小組　主任研究員
	伊藤　和也	獨立行政法人勞動安全衛生綜合研究所　建設安全研究小組　研究員
觀察員	吉田　哲	厚生勞動省　勞動基準局　安全衛生部　安全課　建設安全對策室　主任技術審查官（2009 年 7 月起）
	船井　雄一郎	厚生勞動省　勞動基準局　安全衛生部　安全課　建設安全對策室　技術審查官（2009 年 4 月起）
	高橋　元	建設業勞動災害防止協會　技術管理部　部長

1.3 調查研究會的活動

本調查研究會與工作小組的活動依下列日期與議題進行。

第 1 次調查研究會
　　舉辦日期　2009 年 3 月 24 日
　　議　　題　⑴ 調查研究會成立的宗旨
　　⑵ 坡面崩塌造成之勞動災害的狀況
　　⑶ 坡面崩塌造成之勞動災害的防止對策相關意見交換

第 2 次調查研究會
　　舉辦日期　2009 年 5 月 18 日
　　議　　題　⑴ 坡面崩塌造成之勞動災害防止對策相關話題的呈現
　　a. 安全教育與安全管理
　　b. 坡面崩塌的前兆現象
　　⑵ 工作小組（WG）的設置與 WG 內部討論

第 1 次工作小組會議
　　舉辦日期　2009 年 7 月 2 日
　　議　　題　⑴ 坡面崩塌造成之勞動災害的防止新措施之檢討以及工作小組成立綱領
　　⑵ 坡面崩塌造成之勞動災害的狀況
　　⑶ 本委員會的議題討論方向與 WG 檢討內容

第 2 次工作小組會議
　　舉辦日期　2009 年 7 月 29 日
　　議　　題　⑴ 軟體對策的檢討
　　⑵ 硬體對策的檢討

第 3 次工作小組會議
　　舉辦日期　2009 年 9 月 1 日
　　議　　題　⑴ 軟體對策的檢討
　　⑵ 硬體對策的檢討

第 3 次調查研究會
　　舉辦日期　2009 年 9 月 28 日
　　議　　題　⑴ 工作小組報告書（案）的檢討

第 4 次工作小組會議
　　舉辦日期　2009 年 10 月 15 日
　　議　　題　⑴ 第 3 次本委員會會議進度報告
　　⑵ 工作小組報告書的要點

第 4 次調查研究會
　　舉辦日期　2009 年 12 月 21 日
　　議　　題　⑴ 工作小組報告書（案）的檢討
　　⑵ 調查委員會報告書的討論

2. 坡面崩塌造成之勞動災害的現況

2.1 坡面崩塌造成之勞動災害的調查與分析

本節說明坡面崩塌造成之勞動災害案例調查分析所呈現之特徵與問題點。此外，本節的內容在文獻[1)~2)]有詳細記載。本調查係針對 1989 年到 2002 年 14 年之間的營建業界死亡災害案例與重大災害案例，選出其中道路工程、建築整地工程等邊坡開挖工程所發生的坡面崩塌，調查其造成之的勞動災害。本報告針對這類 180 個案例中，129 件掌握詳細狀況的死亡災害、20 件重大災害（其中 18 件與死亡災害重複），計 131 件，進行調查、分析。

2.1.1 發包機構別的災害發生狀況

圖-2.1 為發包機構別的災害發生件數。此外，同圖一併顯示工程種類別。首先，就工程種類別而言，道路工程所發生的災害，約災害全體的 7 成，由此可知道路工程進行中因事故而發生的災害較多。發包機構別則顯示，就調查標的的工程屬性而言，中央政府以及都道府縣、市町村所發包，即所謂公共工程勞動災害件數居多。特別是地方公共團體（都道府縣、市町村）發包工程造成之的勞動災害，約占全體 8 成。但若只限定公共工程，則 9 成勞動災害出現在地方公共團體所發包工程；中央政府所發包工程不到 1 成。有關公共工程開工件數統計方面，則以國土交通省的公共工程開工統計調查(1999 年度結束)[3)]進行歸納。圖-2.2 即 1989 年到 1999 年的歷年公共工程開工統計表。就機關別來看，地方公共團體所發包工程金額占整體 70～75%。搭配工程金額進行勞動災害件數的比較則顯示，地方發包工程災害較多。但一般而言中央政府所發包工程金額多大於地方所發包者，規模也比較大，因此，地方公共整體所發包工程一般就是小工程金額的小規模工程。就此而言，很難斷定地方政府所發包工程勞災發生機率較高（統計調查無法調查所有工程，因此未說明工程件數）。但地方政府所發包工程符合施工金額與災害發生件數的年度別增減變化趨勢一致，且勞災件數別占絕對多數係事實，因此，地方公共團體所發包小規模工程若能減少勞動災害，應有很大的機會降低營建工程坡面崩塌造成之勞動災害數目。

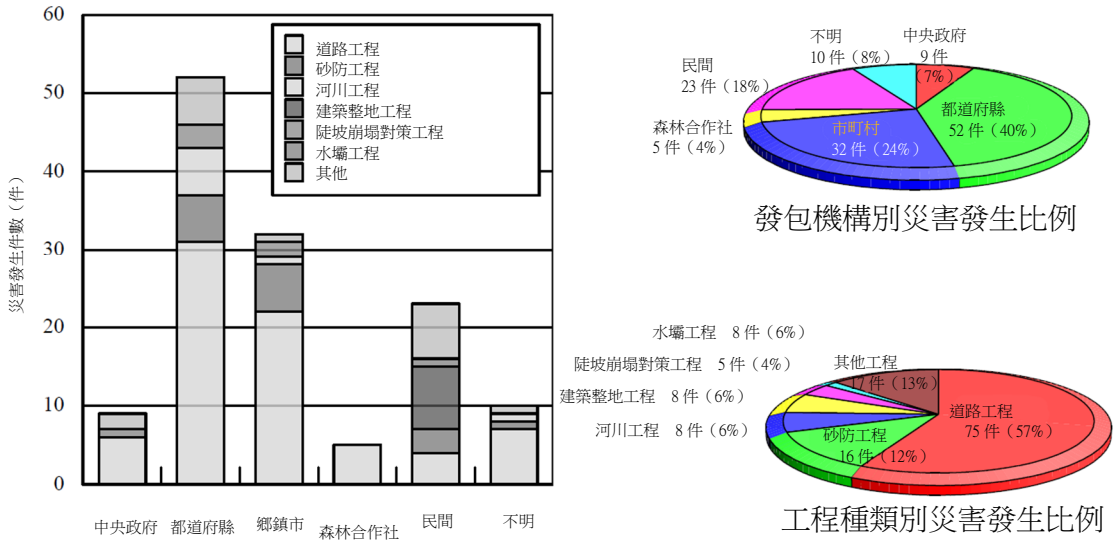


圖-2.1　發包機構別災害發生件數

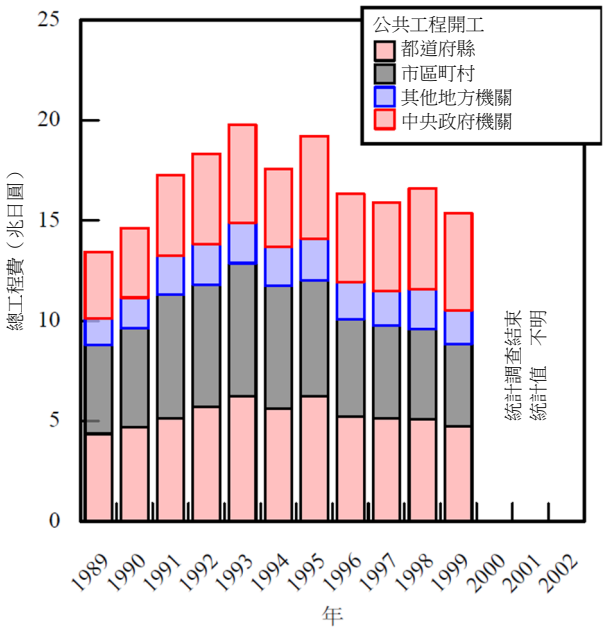


圖-2.2　公共工程開工統計

2.1.2. 工程規模別的災害發生狀況

進行災害發生之工程規模有關的項目包含承包金額、分包次數、工期、災害發生時的作業人數的相關調查。表-2.1 為承包金額與分包次數的關聯。另外，在此所謂分包次數指災害發生而受災勞動者所屬企業的分包次數。承包金額亦為該公司承包金額。首先，就承包金額別來看，未滿 2000 萬日圓的工程約占勞動災害案件 3 成。其次，2000 萬日圓～4000 萬日圓、4000 萬日圓～6000 萬日圓的順序，承包金額越高勞動災害越少。至於就分包次數來看，原始承包廠商發生勞動災害的比例約 6 成，其中又以承包金額未滿 2000 萬日圓者所導致工程災害最多。

表-2.1　發生勞動災害工程的承包金額與轉包次數之關係

分包次數 / 承包金額（日圓）	原始承包	第一次分包	第二次分包	第三次分包	第四次分包	第五次分包	不明次數的分包	計
～2000 萬	24	8	5	1		1		39
2000 萬～4000 萬	15	4						19
4000 萬～6000 萬	10	1						11
6000 萬～8000 萬	3							3
8000 萬～1 億	5							5
1 億～2 億	6							6
2 億～	1	1		1				3
不明	10	14	9	2			10	45
計	74	28	14	4	0	1	10	131

圖-2.3 為工期別的災害件數分布狀況。就工期別的分布而言，工期在半年內所發生的勞動災害 77 件，扣除工期不明的 14 件，占全體 65%。由此可概略看出，短工期工程發生較多勞動災害。

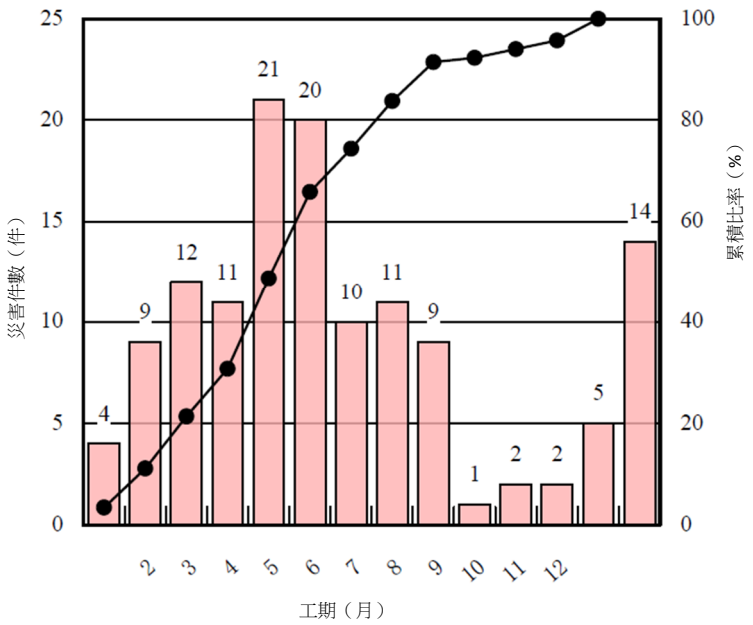


圖-2.3　工期別災害件數

圖-2.4 為災害發生時作業人數別的災害發生件數統計。依作業人數別進行分類，作業人數1～4 名的災害 47 件，占全體 36%。10 人以下作業人數的崩塌災害，占全體 90%以上，可見發生災害的工程現場規模多不大。

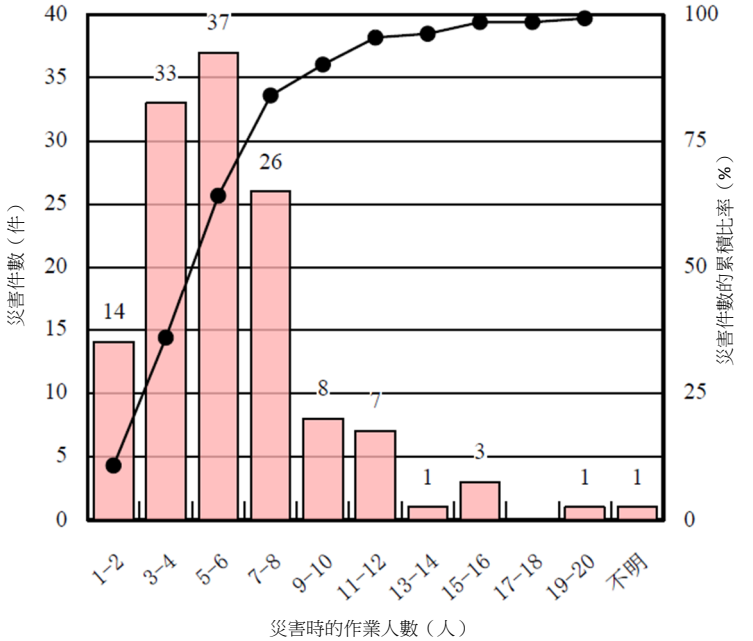


圖-2.4　災害發生時作業人數別的發生件數

由上可知，挖方開挖工程所發生的勞動災害，多半屬承包金額低、工期短且作業人數少的小規模工程。中小規模施工業者常有安全衛生管理知識與技能不足或相關專業人員不足的問題[4)]，這也是小規模工程常發生勞動災害主要原因之一。

2.1.3 工程種類別的災害發生狀況

一般邊坡安定化的對策工法主要有①擋土牆工與②坡面保護工二種。坡面崩塌災害依工程種類別分類如圖-2.5 所示。此外，災害件數總計 135 件，其中同時實施擋土牆工與坡面保護工的 4 件。此圖顯示，就工程種類別而言，擋土牆工所發生的災害約占 7 成，可見勞動災害多與擋土牆工相關工程有關。

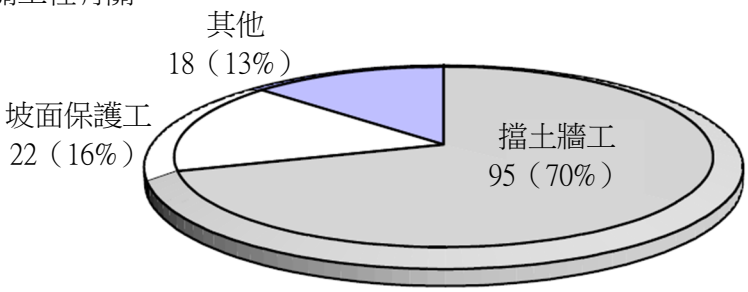


圖-2.5　災害的工程種類別比例

圖-2.6 為災害發生時受災者進行的施工作業，依個別對策工法分類。擋土牆相關工程中，實施邊坡與坡面開挖（28 件）與基礎開挖（11 件）的擋土牆施工，開挖過程發生災害較多。圖-2.7 為挖方邊坡正下方擋土牆工施工案例，圖-2.8 係針對圖-2.7 這類實施挖方開挖、施築擋土牆時的坡面崩塌危險度，按照施工步驟製作的時間序列模式圖。擋土牆設計實務上通常是考慮完工後的穩定性，並不會檢討危險度最大的基礎挖平、基礎整平時的穩定性。實際上，目前日本工程界多還未考慮這類坡面崩塌防止對策工，便實施人力作業。

圖-2.6　災害發生時受災者正在進行的作業

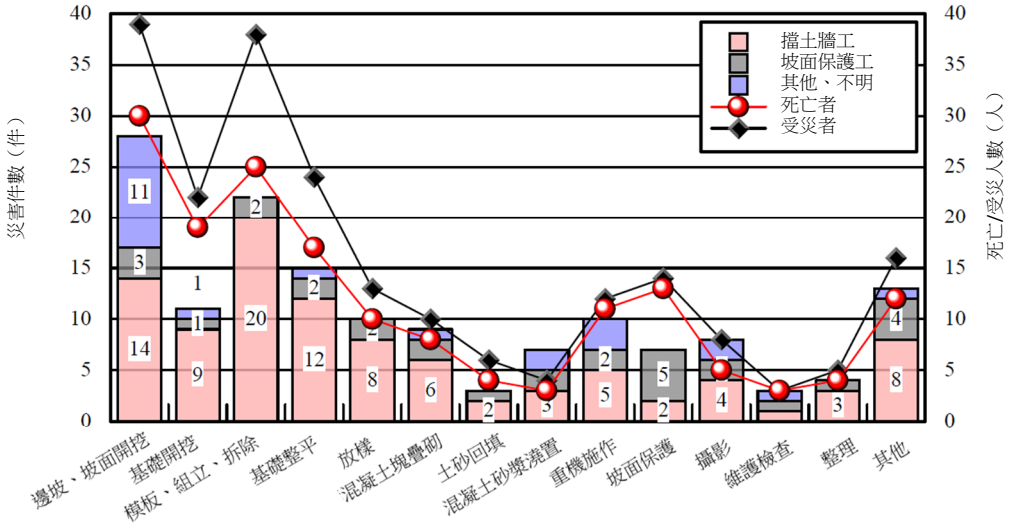




圖-2.7　挖方邊坡正下方擋土牆的施工狀況案例

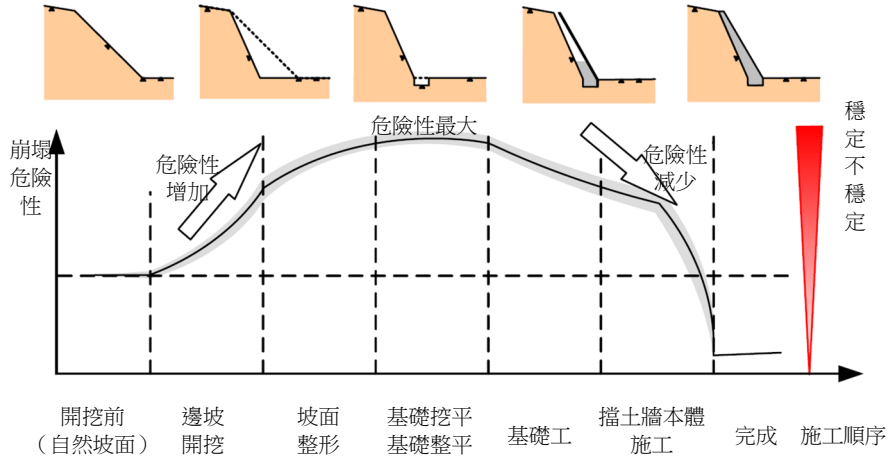


圖-2.8　擋土牆工施作時的坡面崩塌危險性時間序列模式圖

此外，擋土牆工施工過程中發生的坡面崩塌災害，與擋土牆施作有關的模板組立與拆除的 22 件、基礎整平 14 件、放樣 8 件、混凝土塊疊砌 9 件，都與地盤、坡面開挖無直接關聯，而是以挖開的坡面附近作業時發生災害較多。這是因為擋土牆興建時模板的組立與拆除作業需在擋土牆與邊坡地盤之間的狹窄空間進行、坡面崩塌逃脫不及，或需在開挖陡峭邊坡、不穩定坡面實施作業等施工缺點。擋土牆施工這類問題，1980 年代建設業勞動災害防止協會（勞動省）[5]與奧園 [6]即已指出，並提出幾種對策方案，但即使如此目前仍常出現這類災害。此外，為了製作施工管理資料呈報發包者，需進入完成基礎整平現場（最危險狀態）邊坡下方，實施拍照與尺寸量測，此時發生的災害也占坡面崩塌勞動災害 1 成左右。此類施工監督作業時發生的坡面崩塌，亦為土砂崩塌造成之勞動災害無法進一步降低重要因素。

2.1.4 崩塌邊坡地盤相關的分析

(1) 崩塌邊坡地盤的地形特徵

地形上容易誘發坡面崩塌的主要因素為邊坡坡度與邊坡坡高度。勞動安全衛生規則（以下為安衛則）第 6 章「開挖作業時危險的防止」指出，安衛則第 356 條與第 357 條有明挖作業的邊坡坡度與高度基準規範 [7]。圖-2.9 為安衛則第 356 條、第 357 條所示明挖邊坡作業的開挖面坡度基準。這項基準可適用於人力開挖（不使用動力挖土機或牽引式挖土機等開挖機具的方法）

的邊坡地盤開挖作業，且依不同邊坡地盤種類與開挖高度，坡度必須在各上限值以下。此次調查的坡面崩塌勞動災害案例，依據勞動安全衛生規則進行邊坡坡度與高度關係的分類，結果如表-2.2 所示。本次調查的災害案例中，與安衛則 357 條相關的邊坡地盤並不存在。表中灰色部分，其邊坡高度與坡度之關係違反安衛則第 356 條，「岩盤或堅硬黏土所構成邊坡地盤」違規部分為虛線，「其他邊坡地盤」的違反規則部分為雙重線。此次調查結果顯示，勞動災害發生頻率較高的坡度為 60 度以上，到 75 度未滿之間。坡面崩塌調查彙整成的「崖崩實況」顯示，日本崖崩發生頻率最多出現在 45 度到 49 度之間的坡度[8)]，可見勞動災害的發生頻率，陡坡崩塌高於自然坡面崩塌。

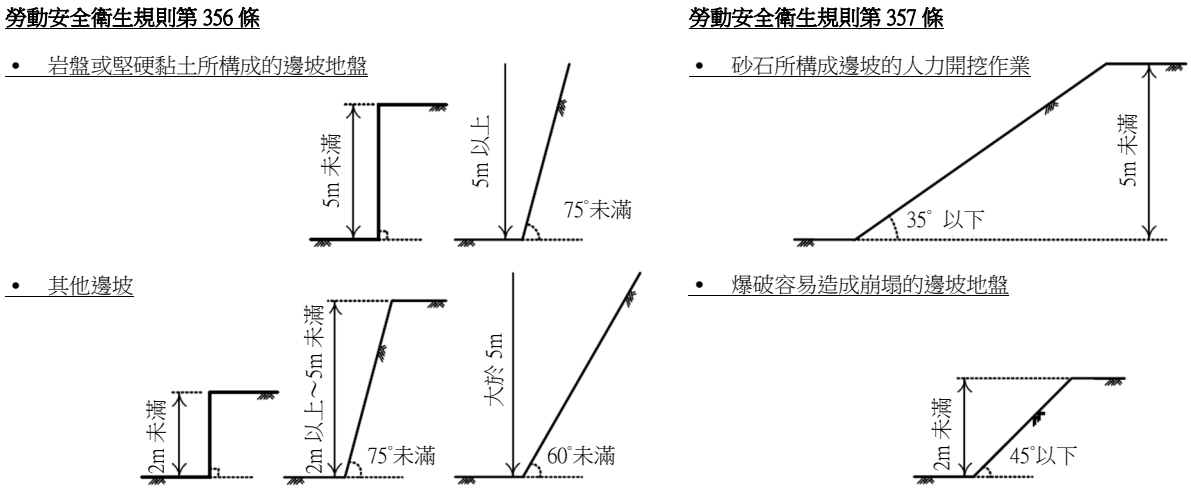


圖-2.9　勞動安全衛生規則第 356、357 條所規範之邊坡地盤高度與坡度關係

表-2.2　崩塌邊坡的高度與坡度別分類

	60° 未滿	60° 以上 75° 未滿	75° 以上 90° 未滿	90°	不明	合計
2m 未滿		1	1	2		4
2m 以上 5m 未滿	1	15	8	1		25
5m 以上 10m 未滿	8	12	3	3	1	27
10m 以上 30m 未滿	10	16	5	1	1	33
30m 以上 50m 未滿	2	1			1	4
50m 以上	1	3				4
不明	8	12	4	1	9	34
合計	30	60	21	8	12	131

安衛則第 356、357 條係說明前述人力開挖 （非使用動力挖土機或牽引挖土機等機械而實施開挖）的邊坡坡度與高度規範基準。但是，機械開挖邊坡或開挖作業之外的作業，則不受限。表-2.2 中違反規範的 53 件案例之中，僅有少數為人力開挖，大多數係機械開挖或開挖作業以外作業造成之的勞動災害。但即使以機械作業開挖所形成的坡面，最後收尾或修正時所實施的人力開挖，仍適用安衛則第 356、357 條規定。本次調查顯示，即使機械開挖，邊坡陡峭時仍發生大量勞動災害。因此，今後不論採用何種開挖方法，都應擬定適當對策。

(2) 崩塌規模

圖-2.10 係依邊坡災害的崩塌土砂量別分類。崩塌土方量未滿 50m^3 的小規模災害有 60 件，剔除不明的部分（24 件），占全部災害 6 成。由此可見，發生勞動災害的多為小規模坡面崩塌。如前述可知，邊坡小規模崩塌通常不會像大規模地滑那樣具有長期地表變形，而是在瞬間發生土體滑動，邊坡附近作業者即使察覺，亦避難不及而受災。

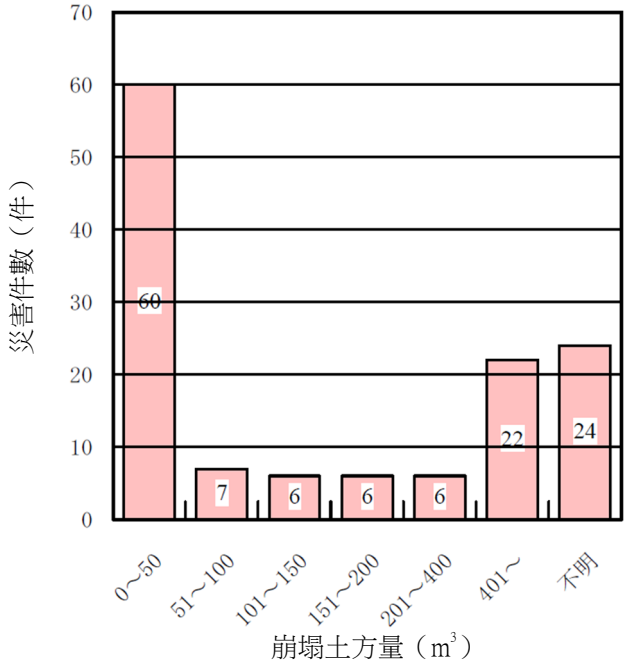


圖-2.10　崩塌土方量別分類

(3) 地盤調查

勞動安全衛生規則第 355 條「作業地點等的調查」規定，“邊坡開挖作業有導致勞動者身陷危險之虞時，必需調查作業地點及其周邊邊坡地盤”。以掌握開挖地點的地形與地質、氣象條件、埋設物種類、開挖方法等，進行 2m 以上的開挖面開挖時，原則上即符合“勞動者身陷危險之虞”[9]之規定。此外，邊坡坡度與高度部分也如前述圖-2.9 進行了邊坡地盤分類，在設計階段就需進行某種程度的地盤調查。這些災害案例有的在初始規劃只進行開挖面 2m 以下的開挖工程，但因某種理由變更設計為伴隨開挖面到 2m 以上，卻未實施作業地點的調查，因而遭受災害。此外，此次調查的 131 件之中，已某種形式掌握地盤強度者，有 18 件。不瞭解地盤強度，本就無法進行對策工設計，亦即，應進一步調查工程係在何種條件下發包、設計與施工。

2.1.5. 綜合整理

災害原因的分析結果，有以下幾個重點。

①針對坡面崩塌的前兆現象，無適當的對應

②提供充分的科學說明的調查實施不足

③未充分活用專業的技術知識與能力

④小規模工程發生較多的土砂災害

⑤施工時缺乏安全的人力配置觀念

由上述調查結果可知，應首先篩選出施工前與施工期間具體的問題點進行考察，隨後，結合大地工程專家評估崩塌型態與崩塌原因分類，並且嘗試建立資料庫，以掌握其趨勢。

2.2. 坡面崩塌造成之勞動災害的崩塌型態與崩塌原因之分類方法

邊坡開挖工程可藉由實施崩塌型態的規模別與地質別分類，以及釐清施工或自然原因所引致崩塌，而在事前調查階段就排除崩塌之因子。因此，本節針對坡面崩塌造成之勞動災害的案例，結合大地工程專家進行崩塌型態與崩塌原因的分類。

此外，本節取材自厚生勞動省科學研究費補助款（勞動安全衛生綜合研究事業　課題編號H20-勞動-一般-001、代表研究者：日下部治）的部分研究成果。

2.2.1. 分類方法

(1) 崩塌型態

參考奧園所提出的崩塌型態分類圖[10)]（圖-2.11），分別實施規模別分類與地質別分類的記載。

- 規模別分類
  - 落石、侵蝕、表面剝落（特別是無不穩定因素的陡坡）
  - 表層崩塌（有土質、岩質（物性）與地下水位等不穩定因子的坡面）
  - 大規模崩塌、地滑性崩塌（地質構造上有不穩定因子的坡面）
  - 不明
  - 其他
- 地質別分類
  - 黏土（第四紀層黏性土、火山灰質黏性土（關東壤土）、強風化泥岩、溫泉餘土、火山泥流）
  - 砂質土（山砂、砂丘、火山灰砂質土(白砂)、真砂土）
  - 崩塌土、風化表層土（崩積土（崖錐）、風化表層土、河階礫石層）
  - 少龜裂、固結度小的岩石（新第三紀層、古第三紀層、熱液變質火成岩、凝灰岩、黏土化的蛇紋岩等）
  - 固結度高、龜裂多的岩石（中古生層、火成岩）
  - 不明
  - 其他

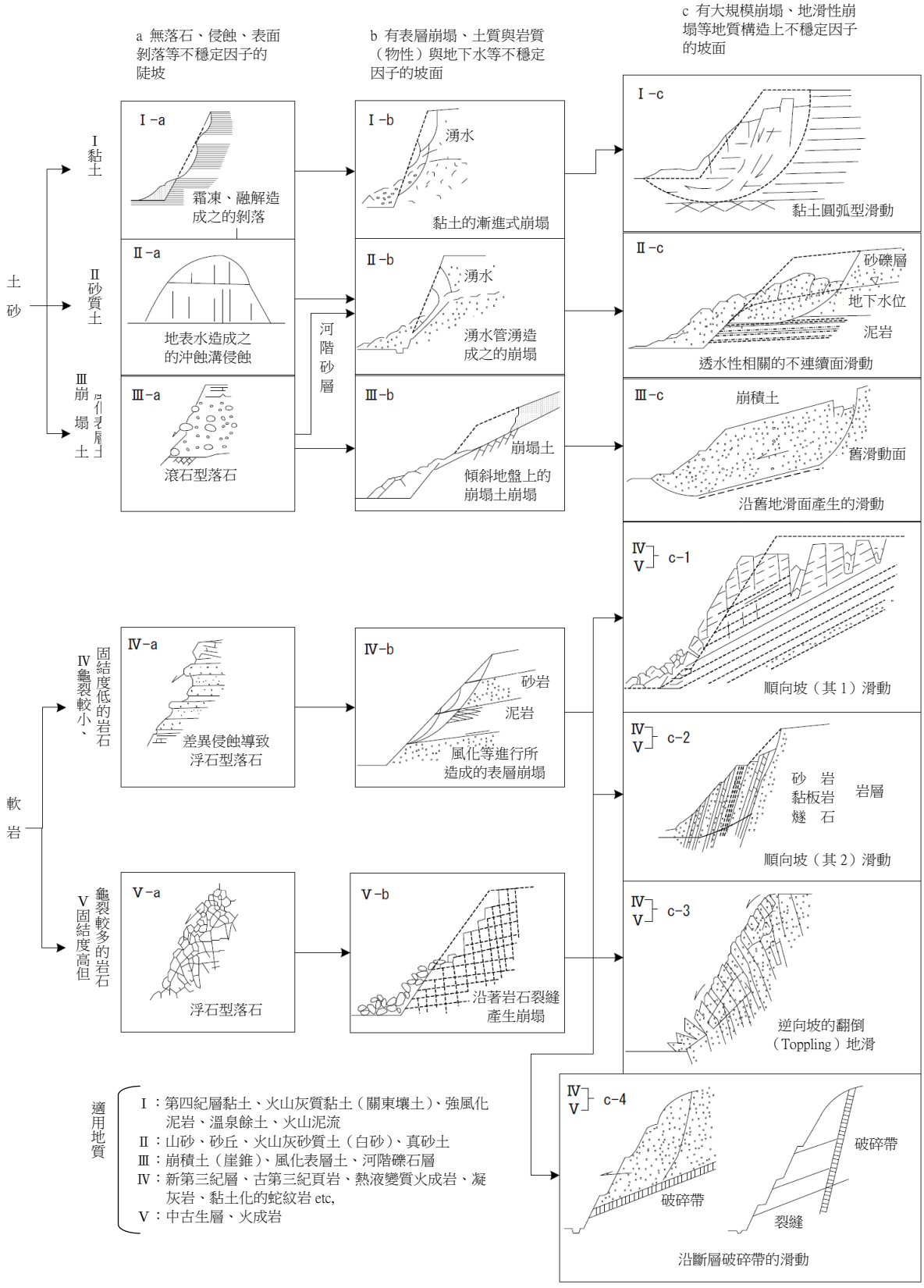


圖-2.11　崩塌型態分類圖（奧園原圖）[10)]

(2) 崩塌原因

區分施工造成之與自然原因，進行記載。

- 施工造成
  - 陡坡開挖
  - 基礎開挖
  - 載重過大（重機具等所導致的崩塌）
  - 其他
  - 不明
  - 無

自然原因

- 降雨、降雪
- 地震
- 地下水、湧水
- 其他
- 不明
- 無

(3) 崩塌之發生能否預測

專家是否預期崩塌可能發生

- 有（施工期間曾有崩塌紀錄）
- 有（數日前曾有降雨）
- 有（曾有碎石零散滾落）
- 有（坡面上方發生龜裂）
- 有（湧水以泥水型態呈現）
- 有（其他）
- 無
- 不明

2.2.2 崩塌型態與崩塌原因的傾向

本章針對到前一節為止的各種分類，針對 1989 年、1992 年～1993 年 3 年間發生的死亡災害案例 51 件之中的 37 件，實施內容詳細確認。以下為邊坡開挖工程土砂崩塌造成之勞動災害的崩塌型態，以及崩塌原因的傾向。

(1) 崩塌型態的傾向

- 規模別分類

依規模別進行分類，結果如圖-2.12 所示。表層崩塌 21 件，占全體近 60%。表層崩塌若加上落石、侵蝕、表層剝落造成之的災害則為 87%，小規模崩塌多造成的勞動災害。過去相關調查與分析結果也顯示，造成之勞動災害的崩塌規模，崩塌土方量 50m^3 未滿者，約占整體六成，符合前述的歸納結果。

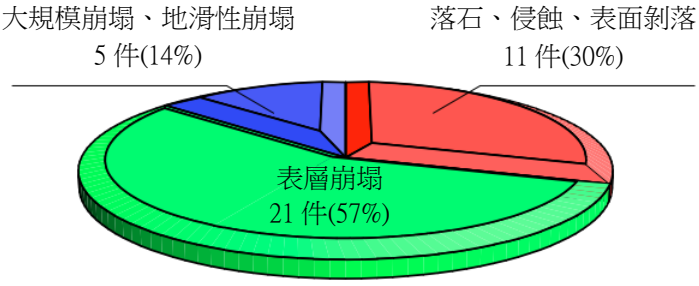


圖-2.12　崩塌型態與規模別的分類

- 地質別分類

地質別分類的結果如圖-2.13 所示。崩塌土與風化表層土占最多的 13 件，其次為砂質土與固結度高但龜裂多的岩石 4 件。崩塌土與風化表層土造成之的勞動災害案例，坡面下方多半有岩盤等基盤層，其上方堆積的土砂產生崩塌。此時若能事先進行簡易的地盤調查，很可能可以防範於未然。

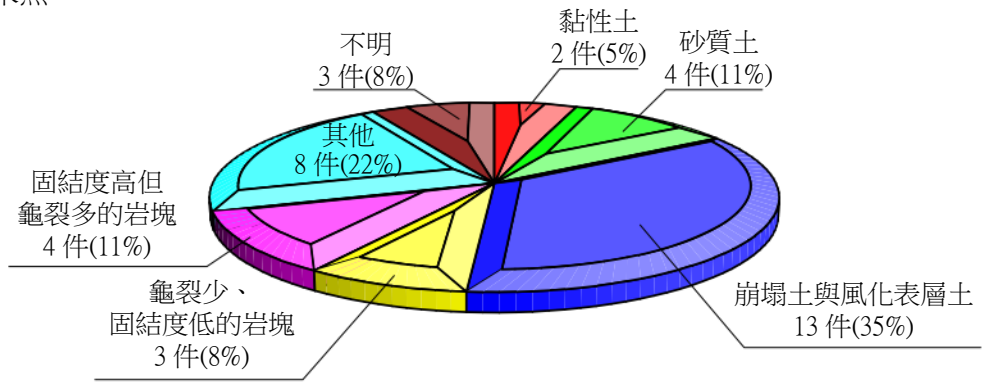


圖-2.13　崩塌型態與地質別的分類

(2)　崩塌原因的傾向

- 施工造成之的崩塌原因

施工所導致的崩塌，分類結果如圖-2.14 所示。其中，陡坡開挖 17 件，占整體 46%；基地開挖 13 件，占 35%，都是主要造成崩塌的原因。

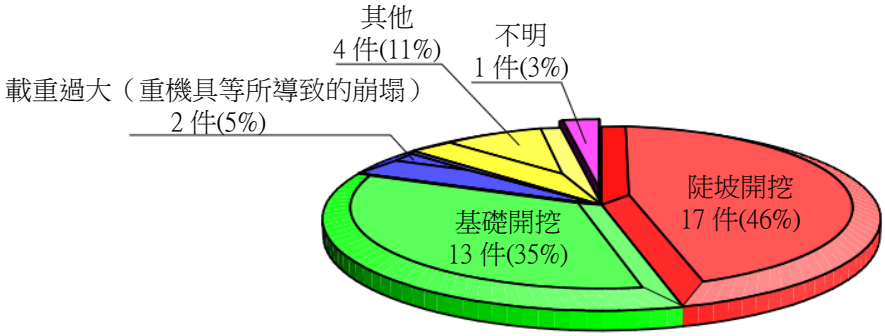


圖-2.14　施工造成之的崩塌

- 自然現象造成之的崩塌原因

自然現象造成之崩塌，分類結果如圖-2.15 所示。其中，降雨、降雪、地下水、湧水等與水有關的崩塌案例，約占整體 6 成，可見水與崩塌有很大的關聯性。

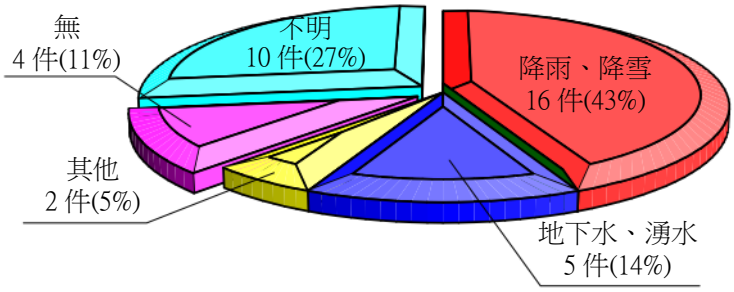


圖-2.15　自然現象造成之的崩塌

(3) 崩塌有無預測可能性

大地工程專家針對崩塌預測可能性的分類，如圖-2.16 所示。大多數崩塌無預兆或預兆不明，但相同地點曾有施工期間崩塌紀錄與崩塌前碎石零散掉落前兆現象的案例，合計 22%，因此，事前適當處置能相當程度預防崩塌發生。

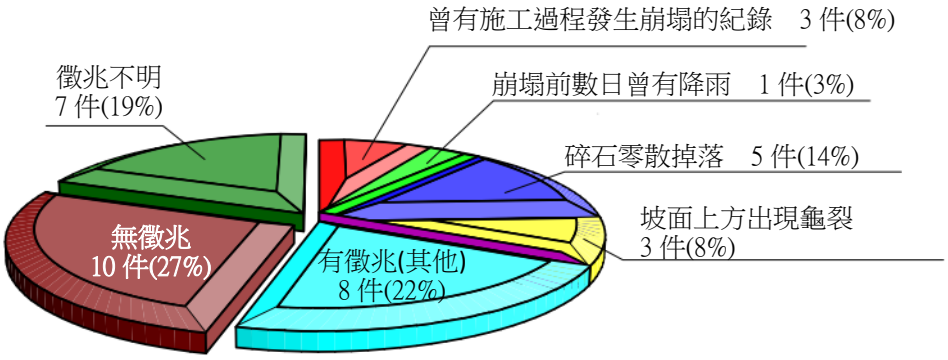


圖-2.16　崩塌有無預測可能性

第２章參考資料

1. 伊藤和也、豊澤康男、Tamrakar S. B.、堀井宣幸：建設工事中の斜面崩壊による労働災害の調査・分析（營建工程期間坡面崩塌造成之勞動災害的調查與分析）、日本地滑學會誌、Vol. 41、 No. 6、pp. 17-26、2005.
2. 伊藤和也、豊澤康男、堀井宣幸：2.切土掘削工事現場における斜面崩壊による労働災害の調査・ 分析、労働安全衛生総合研究所特別研究報告（開挖工程現場發生坡面崩塌造成之勞動災害的調查與分析、勞動安全衛生總合研究所特別研究報告）、JNIOSH-SRR-NO.35（2007）、pp. 7-18、2008.
3. 国土交通省総合政策局情報管理部：公共工事着工統計調査、基礎統計資料（公共工程施工統計資料、基礎統計資料） 、http://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/chojou/index.html
4. 労働省：第 9 次労働災害防止計画（勞動省：第九次勞動災害防止規劃）
5. 建設業労働災害防止協会(労働省監修)：切取り工事の安全（開挖工程的安全）、建設業労働災害防止協会、pp. 108-111、1979
6. 奥園誠之：擁壁裏側掘削中の安全管理の怠慢は命取りとなることがある、これだけは知っておきたい斜面防災 100 のポイント（開挖期間擋土牆內側疏忽安全管理可能致命之坡面防災100個重點）、鹿島出版会、pp. 90-93、1986
7. 厚生労働省安全衛生部編：安衛法便覧（安衛法手冊） 2004年度版(I)、労働調査会、2750p、2004.
8. 門間敬一、千田容嗣、海老原和重：がけ崩れの災害の実態（坡面崩塌的災害實況）、土木研究所資料、No. 3651、180p、 1999
9. 比如、厚生労働省安全衛生部編：安衛法便覧（安衛法手冊）2002年度版(I)、労働調査会、p. 914、2002.
10. 奥園誠之：小規模崩壊は物性（土質）に、大規模崩壊は地質構造に支配される、これだけは知っておきたい斜面防災 100 のポイント（小規模崩塌因土壤物理性質(土質)發生、大規模崩塌因地質構造發生之坡面防災100個重點）、鹿島出版会、pp. 7-9、1986.

3．本調查研究會的檢討事項

3.1. 本調查研究會的立場

本調查研究會針對坡面崩塌造成之勞動災害現況，總計舉行了 4 次調查研究會與 4 次工作小組會議。調查研究會委員針對坡面崩塌造成之勞動災害的防止對策主要共識如下 4 點。

1. 側溝開挖時土砂崩塌造成之勞動災害的防止對策與邊坡開挖時坡面崩塌造成之勞動災害的防止對策，性質頗有差異。亦即，防止側溝崩塌造成之勞動災害的「擋土先行工法」，未必能直接適用於邊坡開挖。因此，邊坡開挖崩塌造成之的勞動災害，需有新的防止對策。
2. 大規模工程幾乎不會發生中小規模工程常見的死亡災害，原因是大規模工程多半有經驗豐富的機構實施地質調查、設計與施工等避免死亡災害的安全管理。反之，中小規模工程施作構造物前多需隨著實施邊坡面開挖，即使注意重視到構造物的施工作業步驟與安全對策，但對於坡面崩塌危險性，未必有充分認識，安全管理未充分發揮機能，因而現實上一再發生災害。因此，需檢討中小規模工程相關安全管理機能對策，提出具體方案。
3. 有鑑於目前日本每年坡面崩塌造成之勞動災害死亡達 20～30 人，為了維護人命安全，有關單位在重視成本效益分析的同時，也應投入必要經費、改善邊坡工程的安全性。
4. 坡面崩塌造成之勞動災害的防止對策之中，相關人員教育也很重要，應讓參與邊坡工程全體人員充分掌握包含本報告書內容在內的邊坡開挖工程勞動災害防止對策之知識與概念。

基於上述認知，本調查研究會設定坡面崩塌造成之勞動災害防止對策的目的與適用對象如下。

3.2. 目的

3.2.1. 目的

本調查研究會**目的**在於，搭配勞動安全衛生相關法令，針對實施擋土牆等工程的中小規模開挖作業或邊坡下方之作業，實施適當的對應，以防止邊坡地盤崩塌、土石掉落，並防止擋土牆工等工程發生勞動災害。

3.2.2. 適用對象

適用對象為設置擋土牆而需伴隨實施中小規模邊坡開挖作業的工程。

在此所謂「中小規模邊坡開挖工程」，指挖方區開挖高度約在 10 公尺以下的邊坡開挖作業。開挖方法含機械開挖與人工開挖。

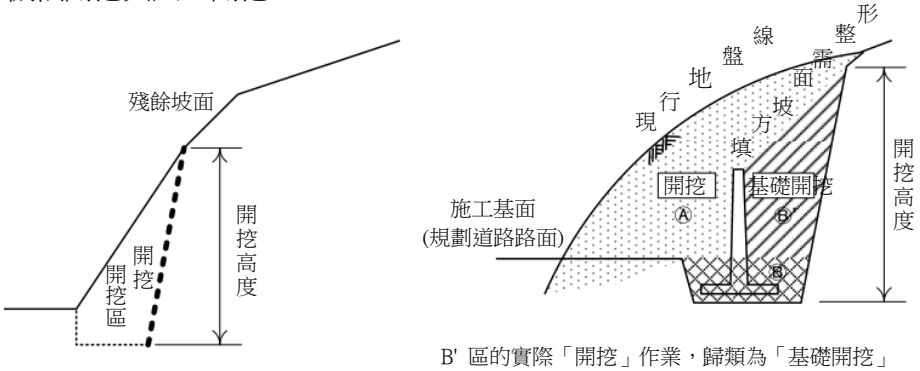


圖-3.1　用語的定義

以下為本調查研究會的檢討結果與課題。

4.邊坡下方的安全施工方法

4.1. 發包者、設計者與施工者三方的坡面崩塌危險資訊分享

開挖坡度由地質狀況與高度決定，但坡面崩塌造成較多勞動災害的小規模工程，多未事先進行鑽探等詳細地質調查，有些案例施工後才發現地質狀況異於設計內容。此時應暫時停工，進行設計變更或檢討實施對策工；但不少勞動災害案例顯示，無法正確判斷危險性、技術能力不足的施工業者，明知危險仍繼續作業而造成災害，或者發包與設計者無法精確判斷現場狀況，導致施工災害。

這些都是難以預測坡面崩塌危險性造成之，但發包者、設計者與施工者彼此溝通不足或未充分分享現場資訊，也是事故發生重要原因。

邊坡工程有多樣的施工方法與模式，若僅考量硬體措施對策可能在成本效益考量下而有很多困難，因此需在設計、規劃與施工各階段，實施適當有效的風險評估。

邊坡開挖工程實施風險評估困難點在於，很難完全掌握地盤內部狀況。為了降低地盤風險，首先需實施地盤調查、精確掌握風險，但邊坡開挖常得挖開才能清楚了解地盤的性質與狀況。地盤風險的特徵是，多半施工過程中會發現新的地盤風險，因此，各施工階段應確實判斷坡面崩塌造成之勞動災害的風險，實施適當對策以降低風險，完成有效率的安全對策。

施工階段發現設計階段未察覺的新地盤風險時，應立刻實施新的風險評估。此時發包者、設計者與施工者三方工程人員應積極聯繫、分享所掌握的坡面崩塌危險資訊。其流程之「序列化」如圖-4.1 所示。本調查研究會也依據此流程，進行了降低邊坡開挖風險的提案。

此外，本調查研究會提案下列 3 個維護檢查表，讓發包者、設計者與施工者三方可以分享調查、規劃、設計到施工完成的所有工程之中的開挖邊坡資訊，作為施工過程中發現新地盤風險的對應方法。

1. 設計與施工階段別維護檢查表（表-4.1）
2. 日常維護檢查表（表-4.2）
3. 異常時對應表格（表-4.3）

調查、規劃、設計到施工完成的一連串流程以及各維護檢查表適用的地點，如圖-4.1 所示。如下所示，工程實施的各階段，會增加更多邊坡地盤相關資訊。

①設計時	：樹木砍伐前的露頭資訊	由於草木覆蓋，許多狀況無法清楚掌握（設計者觀點）
②施工規劃時	：樹木砍伐前的露頭資訊	由於草木覆蓋，許多狀況無法清楚掌握（施工業者觀點）
③放樣設置時	：樹木砍伐後的露頭資訊	草木砍伐後露頭易見，可確認地形形狀
④開挖工程	：開挖過程的邊坡地盤狀況	已經能直接確認開挖面與邊坡異狀
⑤基礎開挖結束時	：開挖後的邊坡地盤狀況	能完全確認開挖面，並驗證包含比較開始施工前與設計時所推估地盤條件差異等等安全性檢討結果妥當性
⑥擋土牆等工程	：開挖後的邊坡地盤狀況	有時開挖面會因風吹雨打而造成持續風化的邊坡地盤變化，因而能直接確認該異狀

因此，在取得邊坡地盤新資訊的時間點，應依下列二種維護檢查表，實施邊坡地盤狀況與異狀的維護檢查。

「設計與施工階段別的維護檢查表」

①設計時，②施工規劃時，③放樣設置時，④坡面開挖工程，⑤基礎開挖完成時的各階段，都應針對需特別注意的開挖面調查項目，實施維護檢查。

「日常維護檢查表」

施工業者應在④開挖工程、⑥擋土牆等工程實施期間，於作業開始與結束時，進行開挖面的邊坡地盤狀況維護檢查。

藉由上述二種維護檢查表，可分享由調查、規劃、設計到施工結束的所有工序中開挖邊坡地盤的資訊。上述維護檢查表實施過程中，只要出現一項就應檢討安全性，提早排除坡面崩塌危險因子，達成安全性施工。此外，若「日常維護檢查表」出現異狀，應製作「異常時對應表格」，並向發包者報告，分享崩塌危險性資訊。

又，本報告書主要探討對象為坡面崩塌造成之勞動災害較多的公共團體發包工程，民間發包工程不妨參考本概念做法，進行相關的檢討。

上述各維護檢查表的使用方法如下。

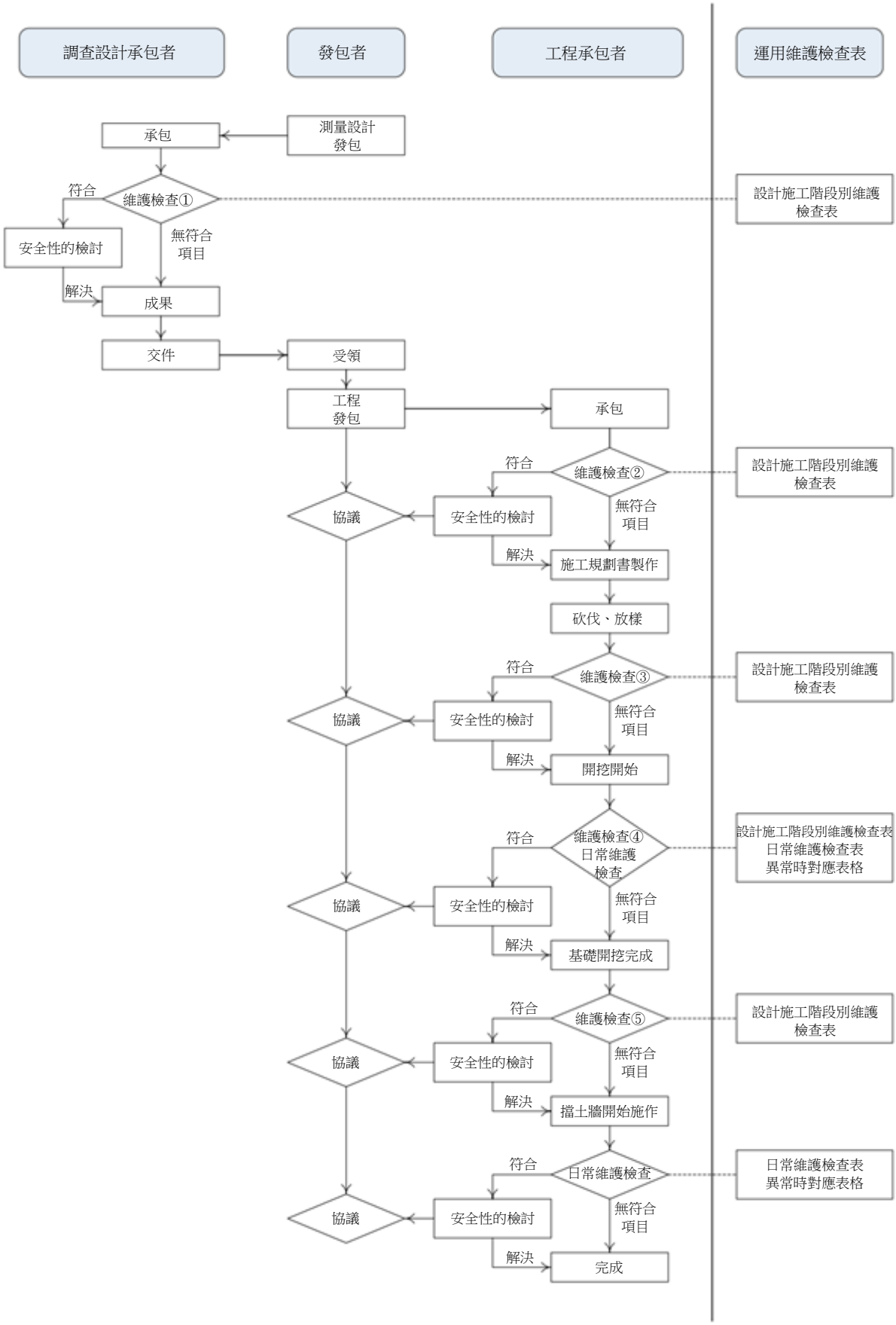


圖-4.1　調查、規劃、設計到施工完成的序列流程

4.2. 設計、施工階段別維護檢查表（表-4.1）

勞動安全衛生規則第 355 條與土木工程安全施工技術指南（第 7 章建築工工程第 1 節一般事項）規定，應事先調查邊坡地盤的形狀、地質與含水量、龜裂狀況[1)]。在此，有進行現地勘查等的目視，篩選出需特別注意的問題，在設計與施工階段維護檢查表。此外，個別維護檢查項目，製作時應參考道路土工土質調查指南的「需特別注意的挖方部位調查等」[2)]，以及道路土工坡面保護工、邊坡穩定工指南內的「需特別注意的開挖部位調查等」[3)]。

若有任何項目符合本維護檢查表內容，應實施安全性檢討，以確保施工安全。各階段的維護檢查項目與實施流程如下。

① 設計階段

發包者多將工程的調查設計發包給調查設計公司。調查設計承包者應依據設計與施工階段別維護檢查表①，確認即將開挖的邊坡地盤狀況後，才進行設計。成果交件時，應一併提出設計與施工階段別維護檢查表①。設計階段所無法確認的項目，應明記「未確認」，且清楚說明，依據何種條件而完成設計。

此外，有些工程由發包者自行實施調查設計，上述檢討應由發包者自行完成。

② 施工規劃

設計施工階段別維護檢查表②以下，應由工程承包者（施工者）填寫。

發包者發包工程時，應提供調查設計公司所交件之設計與施工階段別維護檢查表①給工程承包者，分享即將開挖的邊坡地盤狀況資訊。承包者應依據該設計與施工階段別維護檢查表①，進行再度確認（設計與施工階段別維護檢查表②），如果發現新資訊，應製作反映新資訊的施工規劃書。

③ 放樣

著手開挖前需砍伐樹木，此時應實施放樣檢查，掌握邊坡地盤表面狀況。本階段應依據設計與施工階段別維護檢查表③，實施維護檢查。

④ 開挖工程實施期間

開挖工程進行中可能出現潛在地質變化等現象。開挖工程期間確認這類變化時，應記錄在設計與施工階段別維護檢查表④之中。

開挖工程期間若無法確保設計規格的坡度，應追加實施開挖坡度的維護檢查項目。

⑤ 基礎開挖完成時

基礎開挖完成時，開挖面完全外露，此時應實施擋土牆施作前的最後維護檢查。此外，由發包者確認基礎開挖檢查時，階段確認工作應依據設計與施工階段別維護檢查表⑤，進行維護檢查。

各該階段若發現符合檢查項目的狀況，應實施「安全性檢討」。「安全性檢討」中實施鑽探等詳細的調查，推估崩塌型態並實施開挖邊坡的安定計算，但是否符合維護檢查項目基準則由負責人依經驗判斷，即使符合項目者也未必出現崩塌，因此應請教複數專家意見，判斷是要實施詳細調查、假設的硬體對策，還是需要注意施工等方法。若無法確保安全性，應進行工法變更等的檢討。工程「安全性檢討」相關流程，如圖-4.2 所示（①設計階段應依此實施，完成後列入設計成果交件）。此外，硬體對策方法方面，第 5 章將有詳細說明。

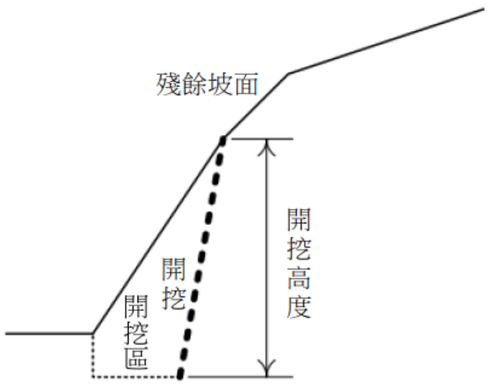
上述的檢討費用，發包後應由與發包者協商決定之（基本上以追加現場管理費中的安全費等，進行設計變更來對應）。

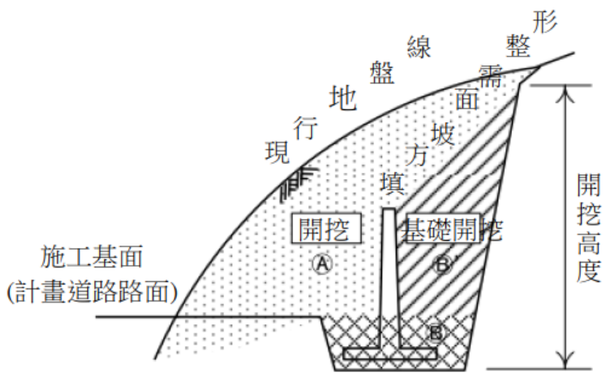
表-4.1　設計與施工階段別維護檢查表

本維護檢查表係針對可確認開挖邊坡地盤露頭（①設計、②施工規劃）、表面（③放樣）、內部（④開挖工程實施中　⑤開挖工程完了）之各階段需特別注意開挖部位調查項目，所設計的核對表格。出現任何表格所列現象。即使符合 1 個項目，即應實施安全性檢討，以安全開挖坡度等確定施工安全的之後，才進行下個施工步驟。

工程地點名稱				在“有無未”上打 0： 有=有此現象 / 無=無此現象 / 未=未確認（無法確認）是否有此現象							
位置	因子	項目	現象（確認內容）	①設計	②施工規劃	③放樣	開挖		道路土工 土質調查指南		坡面保護工、邊坡穩定工指南
							④工程中	⑤完成時	需特別注意的開挖面之調查等		
殘餘坡面	地形	地滑地	有龜裂、落差、等高線凌亂等狀況	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無	3-3-2-(3)	4-4-(7)	
		浮石、滾石	有不穩定的狀況	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無		4-4-(10)	2-3-6
		倒懸	有新鮮的崩落	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無			
開挖坡面	地質 （土、岩質）	崩積土、強風化坡面	不均質且軟弱的土壤	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無	2-3-1-(2) i	4-4-(2)	2-3-2-(3) i
		砂質土等	不耐侵蝕的土壤	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無	2-4-1-(2) ii		2-3-2-(3) ii
		容易風化的岩石	表層產生土砂化的岩石	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無	2-4-1-(2) iii		2-3-2-(3) iii
		多裂縫的岩石	龜裂多、易碎的岩石	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無	2-4-1-(2) iv		2-3-2-(3) iv
	構造	順向坡	順向坡龜裂因而容易剝離	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無	2-3-2-(6) ii		2-3-2-(3) v
		破碎帶等	有可能滑動的弱層	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無	2-3-2-(2)		2-3-2-(3) iv
	湧水	地下水	量多且濁	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無	2-4-1-(2) v	4-4-(4)	2-3-2-(3) vi
	凍結	凍結、融化(溶解)	出現明顯的凍結與融化(溶解)	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無		4-4-(3)	
	災害記錄	坡面崩塌	附近工程地點曾有崩塌記錄	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有　無	有　無	3-2-6-(1) (2)		
	開挖坡度	自立性	開挖作業無法確認、設計規格之坡度	–	–	–	有　無	–			
月／日　　維護檢查者簽名				/		/	/	/	/		
可確保施工安全性　　月/日　確認者簽名				/		/	/	/	/		

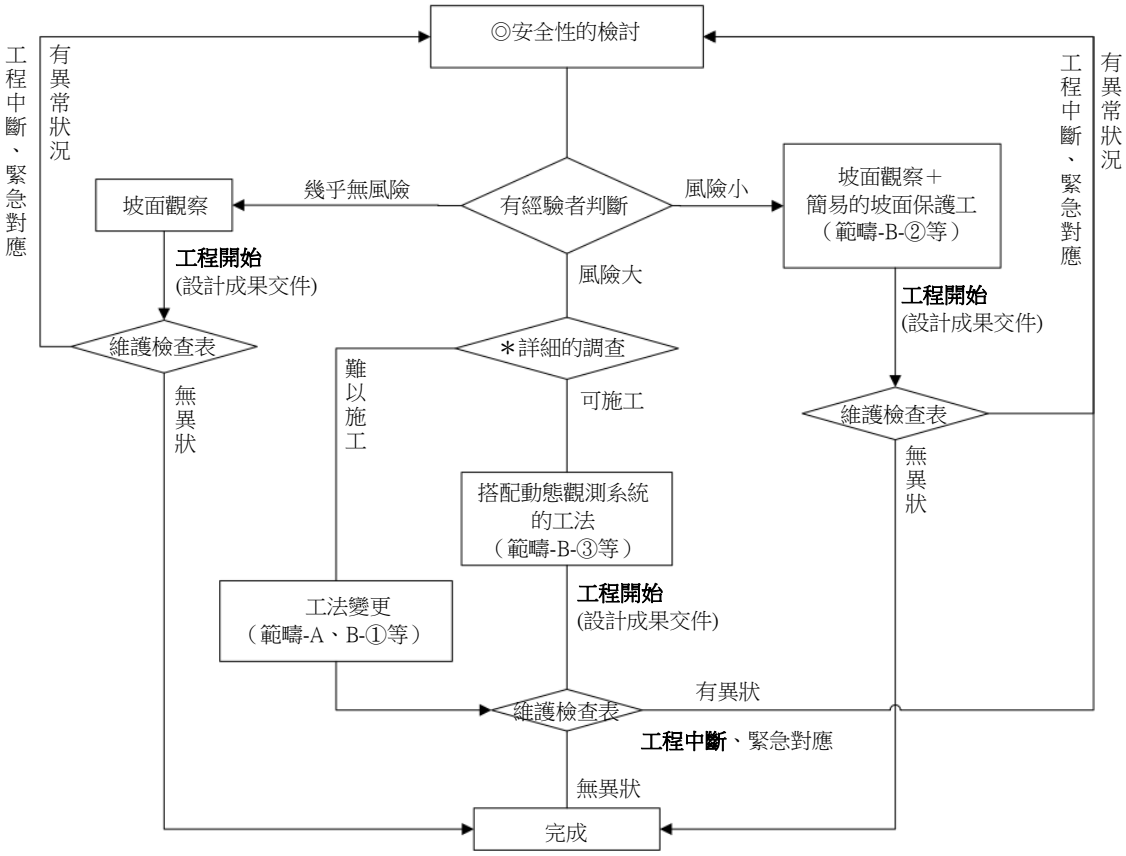
↑
開挖工程實施期間確認的現象，都予以填寫





B' 區的實際「開挖」作業，歸類為「基礎開挖」

參考資料
道路土工　（1）土質調查指南、(2）坡面保護工、邊坡穩定工指南
道路防災維護檢查要領（道路土工坡面保護工、邊坡穩定工指南附錄 3）
道路土工擋土牆指南參考資料 1）



◎①設計階段完成後，設計成果交件
＊詳細的調查指鑽探等地質調查，應參考地質專家的判斷
註：維護檢查表分為設計與施工階段別維護檢查表與日常維護檢查表（④⑥階段）

硬體對策的範疇（詳細內容參照第 5 章與表-5.1）

範疇	A						B		
目的	作業時作業人員不進入開挖方下方或短時間進入即可的方法						邊坡（殘餘坡面與開挖區）的補強方法（含即使出現異狀也能確保避難時間、盡可能避免崩塌土砂擴散的方法）		
對策方法	A-① 以套裝構件施築構造物的方法				A-② 以無人化施工施築構造物的方法		B-① 邊坡補強的方法	B-② 容許變形的較簡易方法	B-③ 搭配使用變形與應變感測器類的方法
	吊掛式箱型石籠	殘留模板	大型混凝土	以壓入機打樁等	吊掛式箱型石籠	大型混凝土塊	邊坡地盤補強土工法	簡易坡面保護工	搭配動態觀測系統的施工方法

圖-4.2　工程相關穩定性檢討流程圖

4.3. 日常維護檢查表（表-4.2）

本檢查表係實施開挖作業或在開挖面下方施作擋土牆工等作業時，用來確認作業開始或作業結束以及緊急狀況下的邊坡異狀。若確認有異狀，應終止作業、實施緊急對應，並報告監工、製作異常時對應表格（參照 4.4 表-4.3），確認安全才重新展開作業。此外，本維護檢查表不是交件之成果，而是運用於日常的維護管理工作。

表-4.2　日常維護檢查表

日常維護檢查表

本維護檢查表內容係實施④開挖工程與⑥在開挖邊坡下方施作擋土牆等作業開始、結束時（註一）邊坡異狀等的確認。

確認有異狀時，應終止作業、實施緊急對應，並報告監工、製作異常對應表格（附件），確認安全後再重新展開作業。

工程名稱		承包企業名稱	
地點名稱			

有無之處圈選：有=有列舉之現象（但剔除風與震動所導致的極微小異狀）　無=無列舉的現象

位置	項　目	月/日 現　象 *註 1（查核時期）	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)	/ (　　)
挖方開挖區	挖方坡度	與放樣不合	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	龜裂	有擴大之虞	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	隆起	有擴大之虞	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	落石	連續出現碎石掉落	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	崩塌	連續出現岩片掉落	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	湧水	量開始變化	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
		出現混濁狀況	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	浮石、滾石	出現變動	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	其他	出現異狀	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
殘餘坡面與其周邊	龜裂	有擴大之虞	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	隆起	有擴大之虞	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	崩塌、落石	有擴大掉落之虞	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	浮石、滾石	出現異狀	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	樹木	出現根部彎曲等根部的異狀	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	構造物	出現異狀	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	其他	出現異狀	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
其他	降雨時排水與坡面保護對策出現異常狀況		有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	危險地點禁止進入措施出現異常狀況		有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無	有　無
	維護檢查者簽名															

*（註 1）查核的時期

⑴開始作業前

⑵作業結束時

⑶降雨後，特別是大雨或連日乾旱之後降雨時

⑷地震後特別是震度 4 以上的地震之後

⑸其他必要之狀況

設計與施工階段別維護檢查表與日常維護檢查表的邊坡地盤調查流程，如圖-4.3 所示。各項目只要有一項目出現表列狀況，即應由專業人士進行穩定性檢討。若無法確保其穩定性，應實施假設性硬體對策以確保安全，或變更工法。

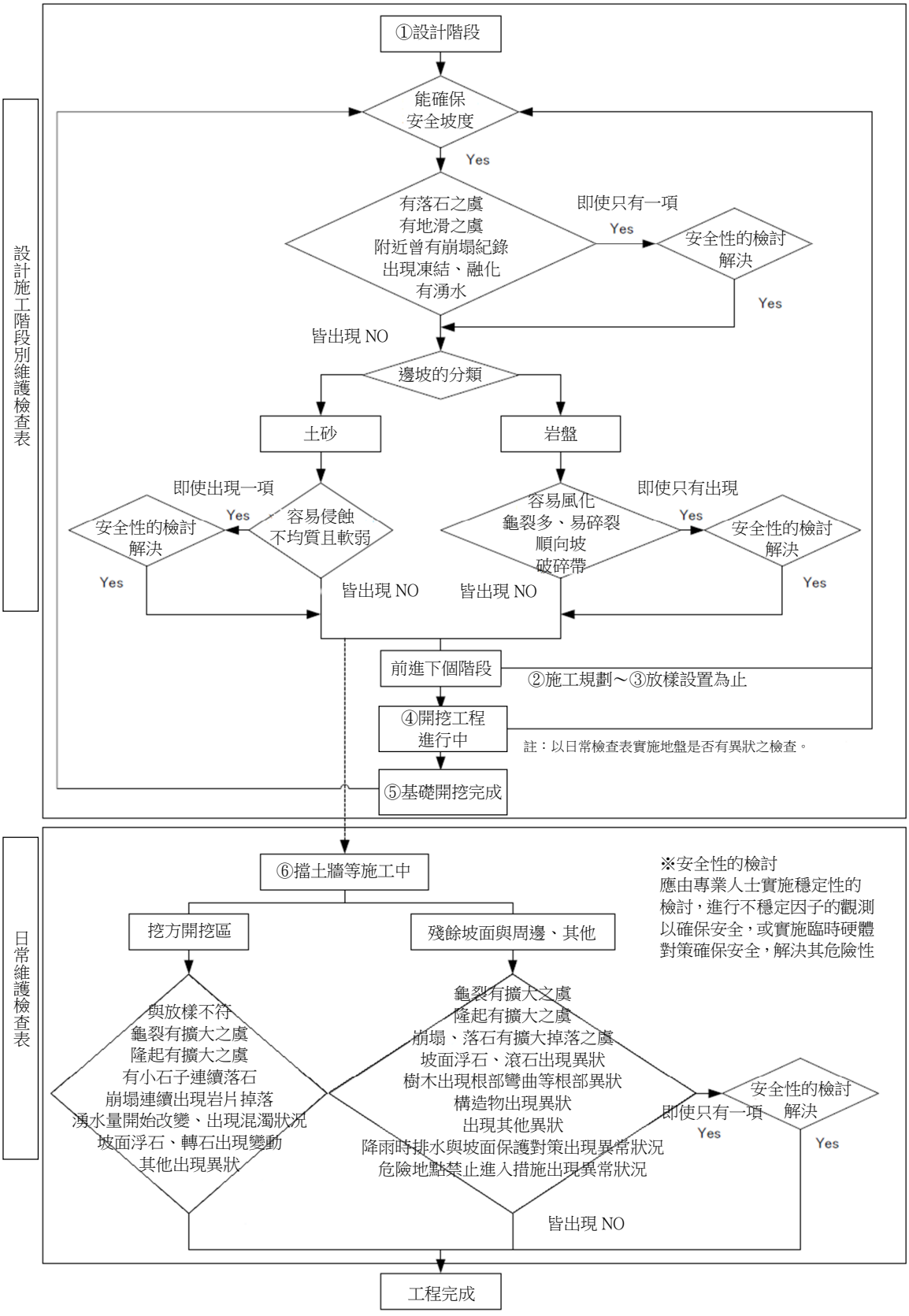


圖-4.3　邊坡地盤調查流程

4.4. 異常時對應表格（表-4.3）

異常時對應表格係為了邊坡出現異常時能無遺漏地蒐集必要資訊。異常時對應表格應以承包商向發包人提出報告的格式留下紀錄，其填寫方法如圖-4.4 所示。

表-4.3　異常時對應表格

異常時對應表格

可放在現場辦公室顯眼處
可只填寫瞭解的部分

<table>
<tr><td>1</td><td colspan="2">發生日期時間</td><td colspan="5">年　　月　　日　（星期　）</td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">記錄人</td><td colspan="3">姓名：</td><td colspan="2">所屬單位：</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2">發生時的作業</td><td>班長：</td><td colspan="2">作業員：　　人</td><td colspan="2">作業內容：</td></tr>
<tr><td rowspan="5">4</td><td rowspan="5">第一次聯絡</td><td>報告</td><td colspan="3">接收訊息者（現場負責人）:</td><td colspan="2">報告人（發現人等）:</td><td>月　日
時</td></tr>
<tr><td>作業員的安全</td><td colspan="2">作業員的安全
□確保　□受害</td><td>內容</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>異狀狀況</td><td colspan="2">□龜裂（坡頂上方、坡面）
□崩塌（全部、局部）
□落石
□構造物變形</td><td>內容</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">緊急對應</td><td colspan="2">作業中止的判斷</td><td>□中止</td><td>□續行</td><td>□其他</td><td></td></tr>
<tr><td>緊急對應</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">5</td><td rowspan="3">第二次聯絡</td><td>報告</td><td colspan="3">接收訊息者（發包人）:</td><td colspan="2">報告人（現場負責人）:</td><td>月　日
時</td></tr>
<tr><td>異狀狀況</td><td colspan="7">異狀的規模（寬、斜長、深度）、變形量（土塊移動量、龜裂寬度、落差等）
以素描或照片填寫（另件）</td></tr>
<tr><td>異狀因子誘因等</td><td colspan="2">異狀因子
□滑動面黏土
□順向坡滑動
□土質鬆軟
□湧水</td><td colspan="2">異狀誘因
□豪雨
□融雪
□土工平衡
□地震</td><td>內容</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">6</td><td rowspan="3">對應指示結果報告</td><td>今後對應相關的指示事項</td><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td>對應結果報告</td><td colspan="3">接收訊息者（發包人）:</td><td colspan="2">報告人（現場負責人）:</td><td>月　日
時</td></tr>
<tr><td>對應內容</td><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td rowspan="5">7</td><td colspan="2" rowspan="5">緊急連絡人
（事先填寫）</td><td>・發包人</td><td colspan="2"></td><td>tel</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>・承包人（總公司）</td><td colspan="2"></td><td>tel</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>・承包人（現場）</td><td colspan="2"></td><td>tel</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>・下包廠商</td><td colspan="2"></td><td>tel</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>・顧問</td><td colspan="2"></td><td>tel</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

異常時對應表格　　可放在現場辦公室顯眼處
可只填寫瞭解的部分

1	發生日期時間	2009 年 10 月 2 日 （星期五）				
2	記錄人	姓名：藤井			所屬單位：○○	
3	發生時的作業	班長：伊藤	作業員： 3 人		作業內容：開挖工程	
4	第一次聯絡 報告	接收訊息者（現場負責人）：藤井		報告人（發現人等）：伊藤		10 月 2 日 10 時
	作業員的安全	作業員的安全 ☑確保 □受害		內容	山田停止操作挖土機。 現場其他二人調往他處。	
	異狀狀況	□龜裂（坡頂上方、坡面） ☑崩塌（全部、局部） □落石 □構造物變形		內容	開挖面崩塌寬 3m，斜長 5m，深 1m	
	緊急對應	作業中止的判斷		☑中止	□續行	□其他
		緊急對應	現場維持不動、目視，崩塌未擴大			
5	第二次聯絡 報告	接收訊息者（發包人）：遠藤		報告人（現場負責人）：藤井		10 月 2 日 10 時
	異狀狀況	異狀的規模（寬、斜長、深度）、變形量（土塊移動量、龜裂寬度、落差等） 以素描或照片填寫（另件）				
	異狀因子誘因等	異狀因子：□滑動面黏土 ☑順向坡滑動 ☑土質鬆軟 □湧水	異狀誘因：☑豪雨 □融雪 □土工平衡 □地震	內容	25mm/hr 的降雨 風化部位較軟，泥岩與風化泥岩的界面易滑動	
6	對應指示結果報告 今後對應相關的指示事項	・暫時觀察（注意背面是否有往背面或周邊擴大崩塌） ・請顧問現場察看，檢查對應方法 ・到 NO.253～+10 為止，禁止人員進入				
	對應結果報告	接收訊息者（發包人）：遠藤		報告人（現場負責人）：藤井		10 月 2 日 16 時
	對應內容	・目前並未往背後或周邊擴大崩塌 ・永田顧問現場查看，判斷崩塌不太會擴大 ・10/3 針對今後之對應，與永田等商議 ・到 NO.253～+10 為止，禁止人員進入。也需通知作業員				
7	緊急連絡人（事先填寫）	・發包人	松江市土木工程處　遠藤主任	tel	○ － ○ － ○	
		・承包人（總公司）	○○建設　小林技師	tel	○ － ○ － ○	
		・承包人（現場）	○○建設　藤井	tel	○ － ○ － ○	
		・下包廠商	○○組　伊藤	tel	○ － ○ － ○	
		・顧問		tel		

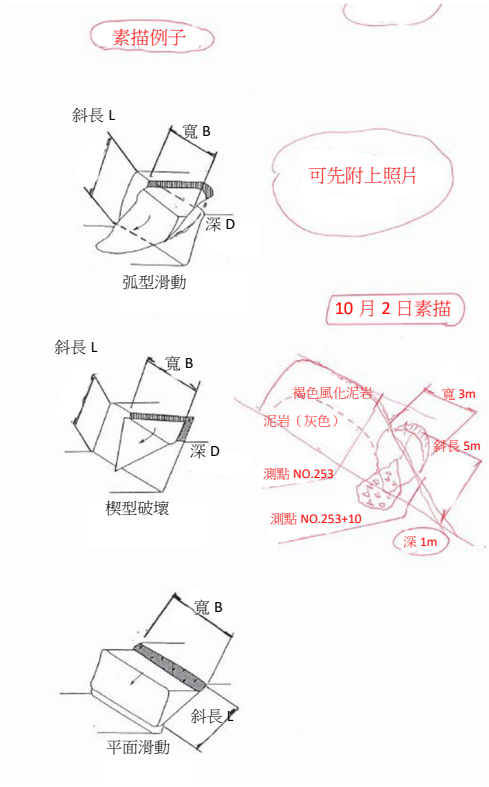


圖-4.4　異常時對應表格填寫例子

第 4 章參考文獻

1. 國土交通省大臣官房技術調查課　監修：土木工事安全施工技術指針（土木工程安全施工技術指南）—2001 年修訂版，2001
2. 日本道路協會：道路土工-土質調查指針（道路土工與土質調查指南），2007
3. 日本道路協會：道路土工-のり面工・斜面安定工指針（道路土工、坡面保護工與邊坡穩定工指南），2007

5.安全性檢討時的硬體對策概念

5.1. 硬體對策概念

側溝開挖工程的挖溝型態與作業方法幾乎相同，因此「擋土先行工法」為有效硬體對策。另一方面，此次探討的邊坡工程，各工程地點的地形、邊坡高度與湧水等地盤條件都有變化，且從成本效益分析的角度看，因應不同作業工程與擋土牆工等對策工種類也有各種開挖方法，不易有百分之百防止崩塌的硬體對策。為降低坡面崩塌造成之的勞動災害，應依據下列觀點與概念進行硬體對策整理。

A. 作業時作業員可不必進入挖方下方或只需短時間進入的方法

①套裝式構件施築構造物的方法

②以無人化施工施築構造物的方法

B. 邊坡（殘餘坡面與挖方部分）的補強方法（含出現異狀時也能確保避難時間、儘量不讓崩塌土砂擴散的方法）

①邊坡補強的方法

②容許變形的較簡易方法

③搭配使用可感測變形與應力變化的感測儀器之方法

符合上述觀念與概念的工法如下。

A-相當於①的工法

・吊掛式箱型蛇籠

・永久性(造型)模板擋土牆

・大型混凝土塊擋土牆

・壓入機打樁工法

A-相當於②的工法

・以無人化施工完成吊掛式箱型蛇籠

・以無人化施工完成大型混凝土塊擋土牆

B-相當於①的工法

・邊坡地盤補強土工法

B-相當於②的工法

・簡易坡面保護工

B-相當於③的工法

・搭配動態觀察系統的施工方法

對策方法與適用條件彙整一覽表，如表-5.1 所示。此外，本報告書所說明工法，無法完全網羅減輕坡面崩塌造成之勞動災害觀點與概念之所有工法。因此，今後應進一步開發與追加能滿足這種觀念與概念的工法與商品。

表-5.1　硬體對策比較一覽表

<table>
<tr><td>範疇</td><td colspan="6">A</td><td colspan="3">B</td></tr>
<tr><td>目的</td><td colspan="6">作業時作業員可不必進入挖方下方或只需短時間進入的方法</td><td colspan="3">邊坡（殘餘坡面與挖方部分）的補強方法（含出現異狀時也能確保避難時間、儘量不讓崩塌土砂擴散的方法）</td></tr>
<tr><td>對策方法</td><td colspan="4">A-①
套裝構件施築構造物的方法</td><td colspan="2">A-②
以無人化施工施築構造物的方法</td><td>B-①
坡面的補強方法</td><td>B-②
容許變形的較簡易方法</td><td>B-③
搭配使用可感測變形與應力變化的感測儀器之方法</td></tr>
<tr><td></td><td>吊掛式箱型石籠</td><td>殘留模板</td><td>大型混凝土塊</td><td>壓入機打樁工法</td><td>吊掛式箱型石籠</td><td>大型混凝土塊</td><td>邊坡地盤補強挖填土工法</td><td>簡易坡面保護工</td><td>搭配動態觀測系統的施工方法</td></tr>
<tr><td>永久
臨時</td><td colspan="6">永久</td><td>永久</td><td>臨時</td><td>永久、臨時</td></tr>
<tr><td rowspan="3">適用條件</td><td>需有排水機能的地點</td><td></td><td></td><td></td><td>需有排水機能的地點</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>有重機作業空間</td><td></td><td colspan="3">有重機作業空間</td><td>有重機作業空間</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">背後邊坡地盤短期內能穩定</td><td></td><td colspan="2">背後邊坡地盤短期內能穩定</td><td colspan="2">以逆打工法穩定邊坡</td><td></td></tr>
<tr><td>傳統方法</td><td>四角形箱籠</td><td>木製、鋼製模板</td><td colspan="2">現場施作擋土牆</td><td>無</td><td>無</td><td>無</td><td>噴漿法</td><td></td></tr>
</table>

5.2. 作業時作業員可不必進入挖方下方或只需短時間進入即可的方法

判斷崩塌危險性較大的邊坡，可使用①人員不必靠近危險地點也能完成的施工方法（例如可不必開挖而當作永久構造物的方法），與②擋土牆施築與擋土工程運用預鑄構件或套裝式構件，不只可縮短背面（邊坡下方）的工期，也能縮短整體工期，而使邊坡在劣化、崩壞之前，達成穩定化的目標。

5.2.1.套裝式構件施築構造物的方法

由現有工法與製品篩選出符合上述概念的下列 4 種工法。

⑴ 吊掛式箱型蛇籠

吊掛式箱型蛇籠係事先完成組立、以重機搬運填充石塊的蛇籠，設置在預定位置而完成擋土牆、護岸、固床工等的施築方法。

⑵ 殘留模板式(拋棄式模板)擋土牆

殘留模板式(拋棄式模板)工法係以模板工省力化(不需熟技術工人，不必實施拆模作業、可提高作業的安全性)為目標而研發之技術。模板種類有混凝土、鋼製、木製與廢棄輪胎。本工法沒有明顯改變工期長短，但可省略傳統做法現場施作擋土牆的拆除擋土牆背面模板模板作業。

⑶ 大型混凝土塊擋土牆、預鑄型擋土牆

可省略擋土牆背後的模板施作作業，設置完成可立刻回填，大幅減少危險狀態時間。回填可使用流動化處理土等，可減少背面作業。

⑷ 以壓入機實施打樁工法

直接以擋土壁(鋼板樁、H 型鋼、混凝土塊板樁)為擋土牆(永久構造物)的工法，背面不必開挖，可降低災害發生。

上述施工方法有時可降低成本，可參考在此所舉的參考案例，重點在於施工者應先針對材料進行成套裝處理，將挖方部位下方作業的時間儘量縮到最短。

此外，此次所篩選的成套裝施工方法，詳見附件參考資料。

5.2.2. 以無人化施工施築構造物的方法

無人化施工可運用於人員難以進入的危險施工地點，適用於災害對策工程與重建工程、復舊工程等。以下介紹吊掛式箱型蛇籠與混凝土塊擋土牆的無人化施工案例，詳見附件「參考資料」。

5.3. 邊坡（殘餘坡面與挖方部分）補強方法（含出現異狀時也能確保避難時間、儘量不讓崩塌土砂擴散的方法）

開挖坡趾並施築擋土牆等構造物時，可針對不穩定的開挖面插入鋼筋等補強材、在其冠部設置坡面保護工以穩定開挖面。此外，本法在土體產生變形之時，補強材也會伴隨著產生阻抗力，因而即使坡面產生異狀，也不易快速崩塌。利用這項特性並考量補強材長度、補強材直徑、補強材間距與坡面保護工種類等現場條件，搭配運用之後可作為永久構造物，坡面產生異狀時也能確保作業員有充足的避難時間，防止坡面崩塌土砂擴散。

5.3.1. 坡面補強的方法～邊坡地盤補強土工法

防止坡面崩塌造成之勞動災害的邊坡補強對策，邊坡補強土工法可視為最佳對策。原因是，坡面崩塌造成之的勞動災害，約 6 成是因表層崩塌發生，且這項工法費用低廉，適合小規模工程。此外，排水補強工可作為開挖邊坡地盤的地下水位較高時的輔助工程。

邊坡地盤補強工法，在施築擋土牆等構造物過程中開挖邊坡，而產生不穩定時，可發揮下列用途。

- 可取代版樁，抑制永久坡面或構造物背面邊坡滑動的永久構造物
- 可作為開挖邊坡的坡面穩定工臨時構造物

根據邊坡地盤補強工法特徵，提出二種小規模開挖工程邊坡補強對策，如表-5.2 所示。

表-5.2　邊坡補強對策提案

對策提案	預期效果	使用材料
B-① Ⅰ	抑止坡面崩塌	邊坡地盤補強材+鋼絲網+坡面保護工 （受壓板、面板連結材或噴凝土噴覆工）
B-① Ⅱ	抑止表層滑動	短的邊坡地盤補強材+鋼絲網+坡面保護工 （受壓板、面板連結材或噴凝土噴覆工）

此外，上述對策方案若能推估崩塌規模，全部以塊石疊砌擋土牆等保護前面、在能確保永久構造物安定性的前提之下，也可當作臨時設施。但坡面穩定不適合考慮短期穩定性，因此，應從經濟性與安全性的觀點充分檢討，是否與前面的擋土牆一體化、納為永久構造物，或將邊坡地盤補強材所插入範圍視為永久構造物。

對策案概要如下述。此外，上述二方案若是以防止土砂擴散造成之勞動災害為目的，評估設置鋼絲網或施作噴凝土噴覆工，則必須進行標準坡度的逆打施工。

⑴ B-①- Ⅰ 防止坡面崩塌 [邊坡地盤補強材＋鋼絲網＋坡面保護工（受壓板、面板連結材或噴凝土噴覆工）]

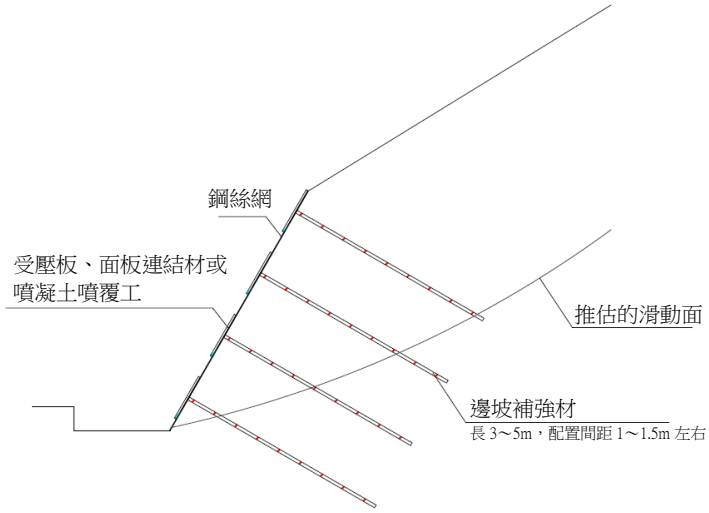


圖-5.1 B-①- Ⅰ概要圖

B-①- Ⅰ係一般邊坡地盤補強土工法的規格，係以補強材與坡面保護工達成坡面穩定效果，並以鋼絲網發揮防止土砂擴散效果（圖-5.1）。

邊坡穩定化可防止坡面崩塌，對應的對象為深度約 3m 以內的滑動。此外，萬一發生坡面崩塌，也可爭取到從邊坡變形到開始崩塌的時間。

但若所推估發生的滑動面的深度增加，補強材也必須隨之加長，施作時間也會變長，對整體工程造成越來越大的影響。另外，補強材施作時須使用鑽孔機及混凝土拌合機等機材。

⑵ B-①-Ⅱ 防止表層崩塌[短的邊坡地盤補強材＋鋼絲網＋坡面保護工（受壓板、面板連結材或噴凝土噴覆工）]

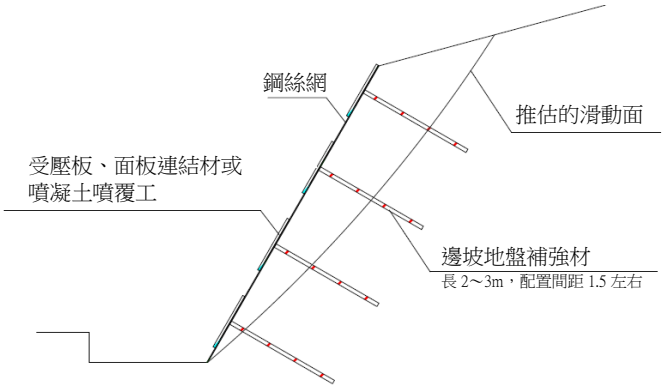


圖-5.2 B-①-Ⅱ概要圖

B-①-Ⅱ係縮短 B-①- Ⅰ之補強材，將拖延整體工程的影響降到最低（圖-5.2）。判斷表層 2m 左右以內坡面劣化狀態可能造成未來坡面崩塌時，適用這種工法。與 B-①- Ⅰ相同，可藉由邊坡穩定化防止坡面崩塌，即使發生崩塌，也可爭取到從邊坡變形到崩塌為止的時間。但邊坡補強效果只對表層崩塌有效。且補強材施作須使用鑽孔機與混凝土拌合機等機材。

5.3.2. 容許變形的相對簡易方法～簡易坡面保護工

坡面保護工旨在防止坡面風化侵蝕與表層崩塌，下列介紹臨時小規模開挖工程所使用的「鋼絲網鋪設工」或「水泥砂漿噴覆工」等的簡易坡面保護工。

簡易坡面保護工可某種程度防止坡面表層極小規模崩塌的土砂擴散，坡面損傷狀態容易判斷，因此坡面出現異狀時，可提早中斷在坡面下方的作業，讓作業員避難。但這些方法在使用上都必需有依靠經驗，且無法抑止邊坡的深層滑動，也不能定量掌握邊坡出現異狀到崩塌為止的時間，使用上必需注意。實施這項工法時希望同步進行簡易量測，參考一般性的量測管理值，判定崩塌危險度。

本報告書係小規模開挖工程的簡易坡面工，如表-5.3 所示，提出以下 2 種對策方案。

表-5.3　簡易坡面保護工的對策方案

對策方案	預期效果	使用材料
B-② Ⅰ	防止土砂擴散	固定釘＋鋼絲網
B-② Ⅱ	防止土砂擴散 （監測異狀徵兆）	固定釘＋水泥砂漿噴覆工（含鋼線網）

以下說明對策概要。上述任何對策提案都應實施標準坡度的逆打工法。此外，下列對策方案需在開挖面配置長度小於 500mm 的棒狀材料（通常使用長度小於 400mm 的固定釘），並實施鋪網工或水泥砂漿噴覆工等簡易坡面保護工。此外，網目串除了金屬製的錨釘（φ13～16mm），也可使用竹子或塑膠製材料。

此外，「坡面保護工問答集」（全國特定坡面保護協會，2000）第 4 章 砂漿、混凝土噴覆工編（p.36）指出，坡面可實施錨釘打設作業，常使用 φ13～16mm，長 200～400mm 的產品[1)]。

(1)　B-②- Ⅰ　防止土砂擴散 [固定釘＋鋼絲網]

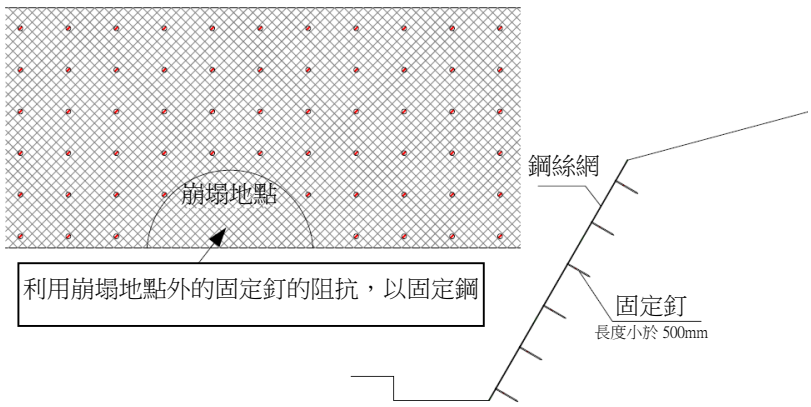


圖-5.3　B-②- Ⅰ 概要圖

B-②-Ⅰ鋼絲網可發揮防止土砂擴散的效果（圖-5.3）。每個開挖階段都以固定釘固定鋼絲網。不需特殊機材，具有經濟性，也不會影響整體工程進度。鋼絲網以固定釘固定雖無法補強邊坡，但由經驗顯示崩塌地點外的固定釘的阻抗可防止崩塌地點的土砂崩塌與擴散，爭取到從變形到崩塌為止的時間。但若配合地盤條件或開挖規模實施定量設計時，需對鋼絲網與固定釘規格進行更詳細的驗證。

⑵ B-②-Ⅱ 防止土砂擴散 [固定釘＋水泥砂漿噴覆工（含鋼線網）]

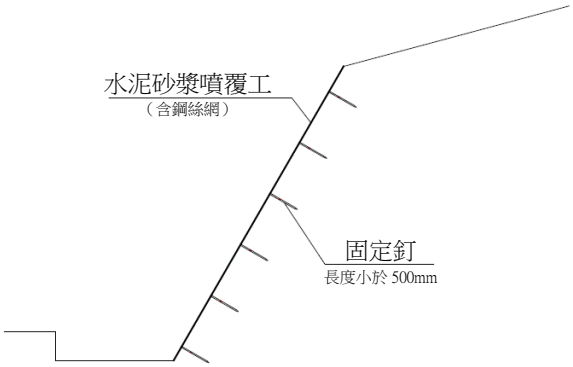
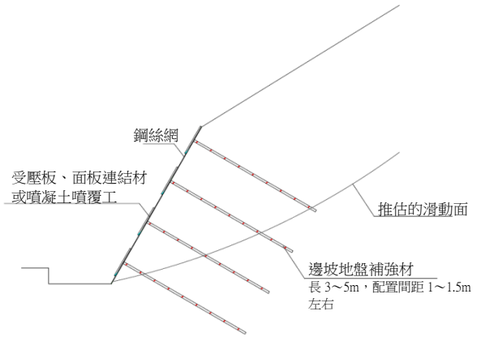
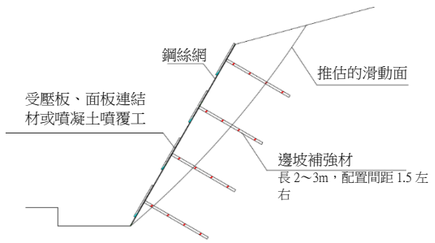
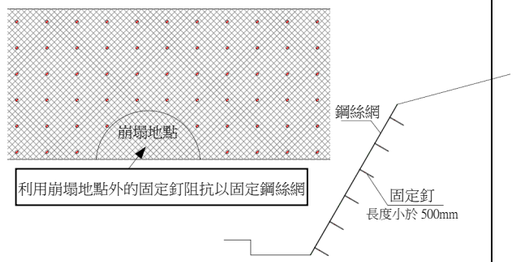
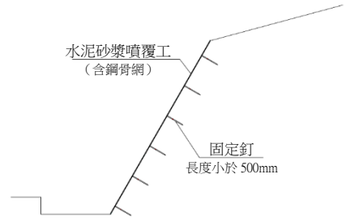


圖-5.4　B-②-Ⅱ概要圖

B-②-Ⅱ水泥砂漿噴覆工具有防止土砂擴散效果（圖-5.4）。各開挖階段分別以固定釘固定鋼線網，施作水泥砂漿噴覆工。若岩石有相當多龜裂，可將砂漿注入裂縫。工程實務上有許多以水泥砂漿噴覆工作為容易風化邊坡的臨時坡面保護工的案例，經驗上確實有效果。此外，崩塌地點之外的固定釘，其阻抗可防止崩塌地點的土砂崩塌與擴散。固定釘附帶效果還有，能更容易由裂縫發生察覺坡面異狀，並爭取到避難時間。但水泥砂漿噴覆工需使用特殊機材，且砂漿需養護期間，根據規模工程，可能會有無法忽視影響整體工程進度、造成工程費用的情況。

以上邊坡（殘餘坡面與挖方部分）補強方法以及坡面出現異狀、確保避難時間且避免崩塌土砂擴散的方法，亦即 B-①-Ⅰ～Ⅱ、B-②-Ⅰ～Ⅱ四種方法的優點與注意要點，如表-5.4 所示。

表-5.4　邊坡（殘餘坡面與挖方部分）的補強方法（含即使變形也能確保避難時間且盡量避免崩塌土砂擴散的方法）概略一覽表

對策方法[*1]	B-①		B-②	
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ
預期的效果	防止坡面崩塌	防止表層滑動	防止土砂擴散	防止土砂擴散（變形預兆的監測）
概略圖				
主要材料	• 邊坡地盤補強材 • 鋼絲網 • 受壓板、面板連結材、噴凝土	• 邊坡補強材 • 鋼絲網 • 受壓板、面板連結材、噴凝土	• 固定釘 • 鋼絲網	• 固定釘 • 水泥砂漿（含鋼線網）
對策標的的崩塌深度	最深約 3m	最深約約 2m	很表層的位置	很表層的位置
使用期間	永久構造物[*2]	永久構造物[*2]	臨時構造物	臨時構造物
優點	• 也可用來進行較深地滑的對應 • 即使坡面崩塌，也可爭取到邊坡變形到開始崩塌的時間	• 鑽孔長度比 a 方案短，可降低對整體工期的影響 • 即使萬一坡面崩塌，也可爭取爭取邊坡變形到開始崩塌的時間	• 不需特殊機材，對整體工程進度影響小，具經濟效應 • 崩塌地點之外固定釘的阻抗具有防止土砂擴散的效果，能邊坡發行變形到崩壞，爭取更多的避難時間	• 對於容易風化岩盤具有效果 • 固定釘的阻抗具有防止土砂擴散的效果，能邊坡發行變形到崩壞，爭取更多的避難時間 • 可察知坡面裂縫造成之的坡面變形
注意要點	• 若推估可能產生的滑動相當深，就須使用較長的補強材，如此就會對整體工期造成較大的影響 • 補強材打設時須使用鑽孔機及混凝土拌合機等機材	• 適用於表層 2m 左右以內坡面劣化狀態判斷未來可能產生坡面崩塌的情況 • 補強材打設時需使用鑽孔機與混凝土拌合機等機材	• 對於邊坡滑動本身無抑止效果，因此除了需注意坡面變形，一旦發現坡面變形，應中止坡面下方的作業，進行避難	• 對於邊坡滑動本身無抑止效果，因此除了須注意坡面變形，一旦發現坡面變形，應中止坡面下方的作業，進行避難 • 砂漿噴覆工需使用特殊機材，且砂漿噴覆完成需實施養護時間

*1 所有對策方案都需以標準坡度進行逆打工法施工。

*2 永久坡面或邊坡地盤性質與形狀導致需進行開挖坡面補強且只靠擋土牆無法發揮永久構造物機能的狀況。但在不同使用目的下，也可當作臨時構造物使用。

5.3.3. 搭配使用可感測變形與應變的感測儀器之方法

災害復舊工程現場等明顯伴隨崩塌危險的地點，應邊實施監測邊施工。附件資料係各機關的案例介紹。但不同邊坡規模是否能一概使用附件資料介紹的判定基準，為今後的課題，期能更多蒐集中小規模工程動態觀測案例，以確立判定基準。

第 5 章參考文獻

1. 社團法人全國特定坡面保護協會：のり面保護工に関する質疑応答集（坡面保護工相關問答集），2000

6. 今後的課題（責任分擔、資格、成本負擔、教育）

6.1. 教育的實施等

第 4 章所提出 3 個維護檢查表，係為了讓即使非地盤專業人員的作業員也能容易了解。當然，完全掌握維護檢查表的「項目、現象之內涵」，需經過教育與訓練，才能更精確判斷。此外，日常應讓作業員瞭解崩塌前兆現象，以及崩塌發生時如何對應，才能達到從崩塌等災害發生中守護人命。

從事擋土牆工程的監工與作業員，應接受如下的教育與訓練，充實安全知識、提升安全意識。實施過程中，應針對各該工程現場規模擬定教育訓練規劃，且規劃實施過程應留下紀錄。

- 參加講習會

  應參加可提升安全知識的講習會（由發包機關或防災團體等主辦）

- 公司內讀書會的實施

  1) 針對設計與施工階段別維護檢查表各種項目的認識
  2) 針對日常維護檢查表各項目的認識
  3) 針對崩塌前兆現象的認識
  4) 針對異狀時的對應方法

     不接近危險坡面

     人員不可進入危險坡面

     緊急對應案例

  這項公司內的讀書會，也應含在臨時工作業員的日常指導之中。

6.2. 發包者應注意事項等

公共團體所發包的工程，應遵循國土交通省所制定「公共工程品質確保促進相關法律」，以確保工程品質、降低成本與順利推動規劃為目標，工程著手階段與工程實施期間可設置由發包者、施工者與設計者三方參加平台，分享設計概念、協議並調整適當之設計與施工方法。此概念類似本調查研究會之提案，非國土交通省發包機關最好也進行相同的檢討。

此外，本報告書主要探討對象為發生頗多坡面崩塌造成之勞動災害的公共團體發包工程，但民間發包工程最好也依據相同的概念進行檢討。

6.3. 今後的課題

本研究委員會也討論了「責任之所在」與「資格」問題。但雖有人提出各種延伸課題、指出其重要性，仍未有明確結論。另外，除了此次所檢討的發包者、施工者與設計者三方之外，崩塌也可能影響基地邊界外的問題，也在實際運用時需解決之課題。

希望藉由本研究會報告書的公開，可讓本研究委員會針對上述課題的想法與概念加以擴散，以獲得更多的討論。

資料集　安全性檢討時的硬體對策

安全性檢討時的硬體對策

坡面崩塌造成之勞動災害的新防止對策措施檢討工作小組
硬體對策班報告書

「坡面崩塌造成之勞動災害的防止對策調查研究會」
坡面崩塌造成之勞動災害的
新防止對策措施檢討工作小組
硬體對策班

2010 年 **2** 月

1. 前言

坡面崩塌造成之的勞動災害，常於擋土牆施工前實施自然邊坡與坡面開挖作業，或在挖成陡坡的坡面附近實施作業(模板組立、拆除、基礎整平、混凝土塊疊砌)時發生機會較大。降低坡面崩塌造成之勞動災害的硬體對策，依據下列觀點整理如次。

A. 作業時作業員可不必進入挖方下方或只需短時間進入的方法

①以套裝式構件施築構造物的方法

②以無人化施工施築構造物的方法

B. 邊坡（殘餘坡面與挖方部分）的補強方法（含出現異狀時也能確保避難時間、儘量不讓崩塌土砂擴散的方法）

①邊坡補強的方法

②容許變形的較簡易方法

③搭配使用可感測變形與應變的感測儀器之方法

A-相當於①的工法

・吊掛式箱型蛇籠

・殘留模板擋土牆

・大型混凝土塊擋土牆

・壓入機打樁工法

A-相當於②的工法

・以無人化施工完成吊掛式箱型蛇籠

・以無人化施工完成大型混凝土塊擋土牆

B-相當於①的工法

・邊坡地盤補強土工法

B-相當於②的工法

・簡易坡面保護工

B-相當於③的工法

・搭配動態觀察系統的施工方法

上述工法的對策方法與適用條件所彙整而成的一覽表，如表 1.1 所示。

表-1.1　硬體對策比較一覽表

<table>
<tr><td>項目</td><td colspan="6">A</td><td colspan="3">B</td></tr>
<tr><td>目的</td><td colspan="6">作業時作業員可不必進入挖方下方或只需短時間進入的方法</td><td colspan="3">邊坡（殘餘坡面與挖方部分）的補強方法（含出現異狀時也能確保避難時間、儘量不讓崩塌土砂擴散的方法）</td></tr>
<tr><td>對策方法</td><td colspan="4">A-①
套裝式構件施築構造物的方法</td><td colspan="2">A-②
以無人化施工施築構造物的方法</td><td>B-①
邊坡補強方法</td><td>B-②
容許變形的較簡易方法</td><td>B-③
搭配使用可感測變形與應變的感測儀器之方法</td></tr>
<tr><td></td><td>吊掛式箱型蛇籠</td><td>殘留模板</td><td>大型混凝土塊</td><td>壓入機打樁工法</td><td>吊掛式箱型蛇籠</td><td>大型混凝土塊</td><td>邊坡地盤補強土工法</td><td>簡易坡面保護工</td><td>搭配動態觀測系統的施工方法</td></tr>
<tr><td>永久
臨時</td><td colspan="6">永久</td><td>永久</td><td>臨時</td><td>永久、臨時</td></tr>
<tr><td rowspan="3">適用條件</td><td>需有排水機能的地點</td><td></td><td></td><td></td><td>需有排水機能的地點</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>有重機作業空間</td><td></td><td colspan="3">有重機作業空間</td><td>有重機作業空間</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">背後邊坡地盤短期內能穩定</td><td></td><td colspan="2">背後邊坡地盤短期內能穩定</td><td colspan="2">以逆打工法、穩定邊坡地盤</td><td></td></tr>
<tr><td>傳統方法</td><td>四角型蛇籠</td><td>木製、鋼製模板</td><td colspan="2">現場打設擋土牆</td><td>無</td><td>無</td><td>無</td><td>噴漿法</td><td></td></tr>
</table>

此外，從調查、規劃、設計~發包、承包~施工為止的流程，乙降低坡面崩塌造成之勞動災害為目的的硬體對策檢討時期之整理，如圖 1.1 所示。硬體檢討的時期包含發包前的調查、規劃、設計之時間點，以及承包後業者依據現地條件評估可否依照基礎開挖規格安全施工的時間點，應掌握此次所整理的硬體對策特徵，儘早選定可降低坡面崩塌造成之勞動災害的硬體對策。

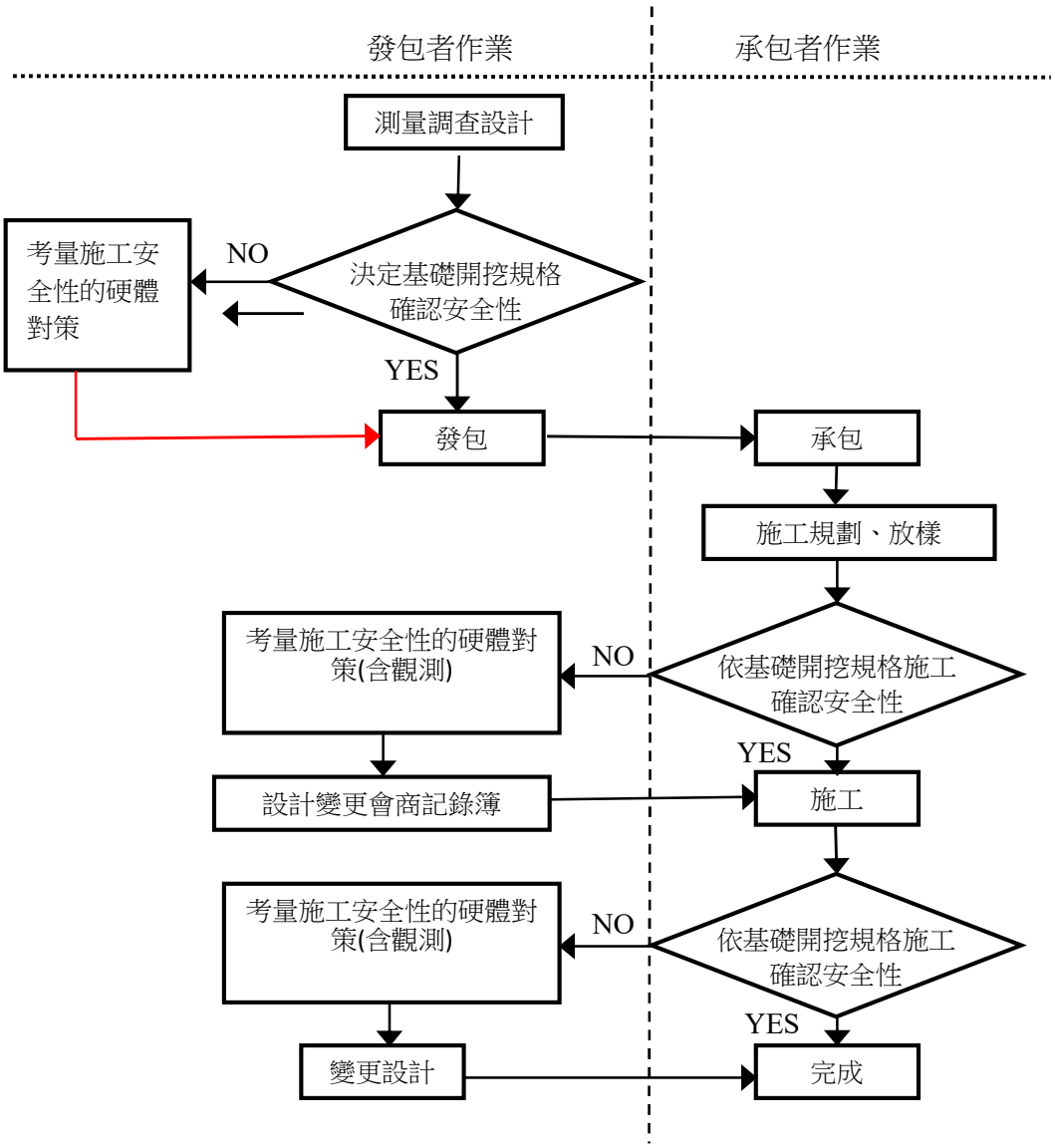


圖 1.1 到施工為止的流程

2. 作業時作業員可不必進入挖方下方或只需短時間進入的方法

以下介紹擋土牆施築與板樁擋土牆工可因使用預鑄構件或套裝化構件，不僅縮短擋土牆背面(邊坡下方)作業時間甚至整個工期，並在邊坡劣化、崩塌之前，達到穩定穩定化目標之方法。此外，判斷基礎開挖引致崩塌危險性高的邊坡，可利用不必開挖的永久構造物。

施工者若能參考下列案例，事先將所需使用構件與材料套裝化上下工夫，即可將在挖方下方實施作業所需時間縮到最短。

2.1 以套裝式構件施築構造物的方法

2.1.1 吊掛式箱型蛇籠

(1) 箱型蛇籠工概要

箱型蛇籠工如圖 2.1 所示，依外殼材的剛性可分為鉛絲網蛇籠工(四角型蛇籠、蛇籠)與焊接鋼絲網蛇籠工，但基本上都是將鵝卵石填入鋼絲或焊接鋼絲等蛇籠外殼材內，以箱狀或筒狀的狀態多層堆疊，多應用於擋土牆、護岸與固床工。其中，鉛絲網蛇籠工上下方向植入木樁，銲接鋼線網蛇籠工則本身構造上下一體化。鉛絲網蛇籠工高度多小於 2.0m，銲接鋼線網蛇籠工高度小於 8.0m。

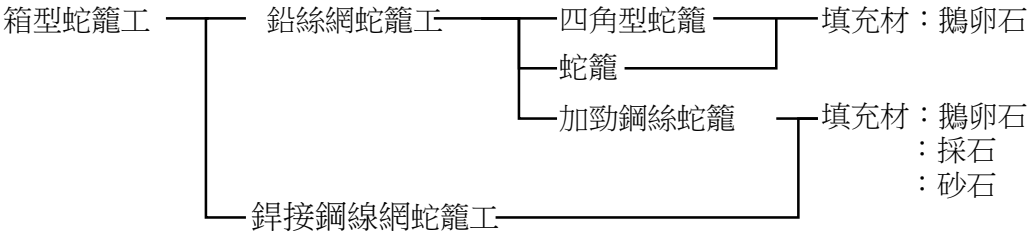


圖 2.1 箱型蛇籠工的分類



圖 2.2 四角型蛇籠



圖 2.3 蛇籠



圖 2.4 加勁鋼絲網蛇籠



圖 2.5 銲接鋼線網蛇籠

(2) 吊掛式箱型蛇籠的概要

吊掛式箱型蛇籠事先組立，然後用重機械將完成充填的蛇籠搬運到預定地完成設置，再施築擋土牆、護岸與固床工。它基本上是外殼材加固的標準類型，可應用於無人化施工。

① 吊掛式箱型蛇籠的組立與設置步驟(圖 2.6~2.9)



圖 2.6 吊掛式箱型蛇籠的組立



圖 2.7 箱型蛇籠的充填





圖 2.8 搬運

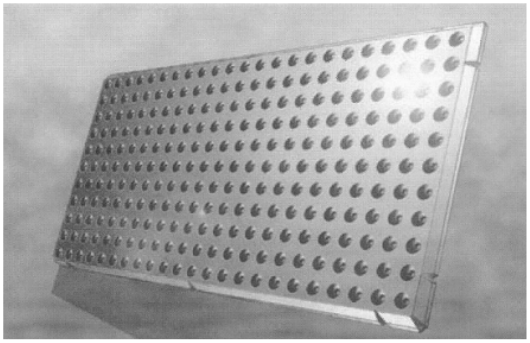


圖 2.9 於預定的位置完成設置

2.1.2 殘留模板式(拋棄模板式)工法

殘留模板式(拋棄模板式)工法係為了實現模板工省力化(不需熟練技術工人與拆模作業，且可提高作業安全性)而研發之技術。模板材料有混凝土、鋼製、木製與廢棄輪胎。

(1) 混凝土製



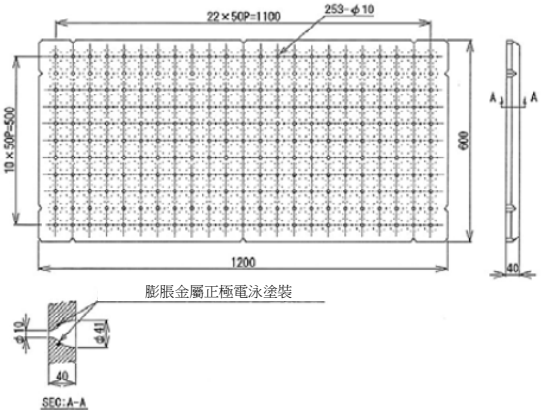


圖 2.10 混凝土製殘留模板的案例(重量 50kg/塊、迷你版 400×800 22kg/塊)





圖 2.11 施工案例(不適用於曲率半徑小於 10m 處)

直接工程費用：6,900 日圓/m^2 ~ 7,200 日圓/m^2

	傳統技術	本工法
成本	854,000 日圓/100m^2	718,000 日圓/100m^2(降低 16%)
每日施工量	32 m^2/日	50 m^2/日(提升 35%)

(2) 鋼製殘留模板

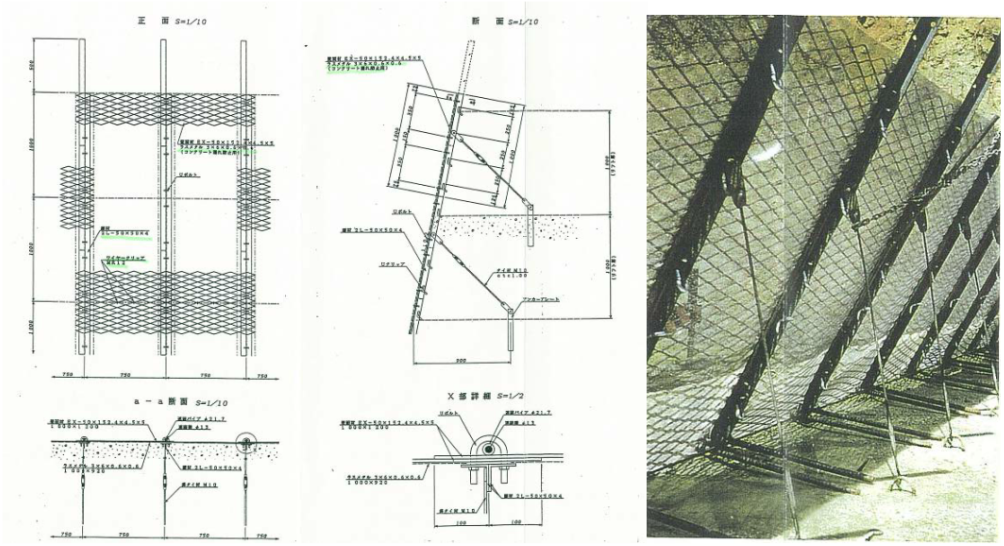


圖 2.12 鋼製殘留模板的概要

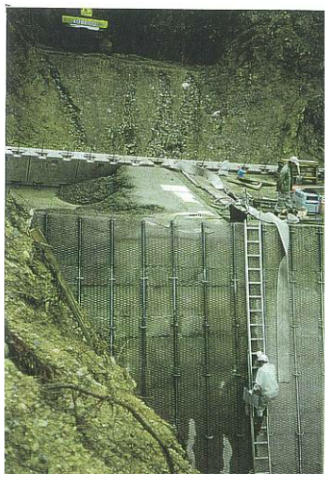


圖 2.13 施工狀況

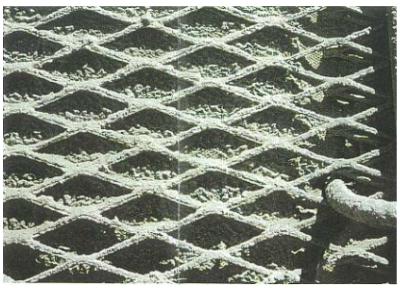


圖 2.14 混凝土澆置後的狀況

	傳統工法	殘留模板工法(電鍍)
成本比較	模板工 8,500 日圓/100m^2 鷹架工 3,000 日圓/100m^2 合計 11,500 日圓/100m^2	材料費 6,500 日圓/100m^2 組立費 1,000 日圓/100m^2 合計 7,500 日圓/100m^2(降低 35%)

〈參照〉無人化施工用套裝式鋼製殘留模板的案例





(3) 木製殘留模板

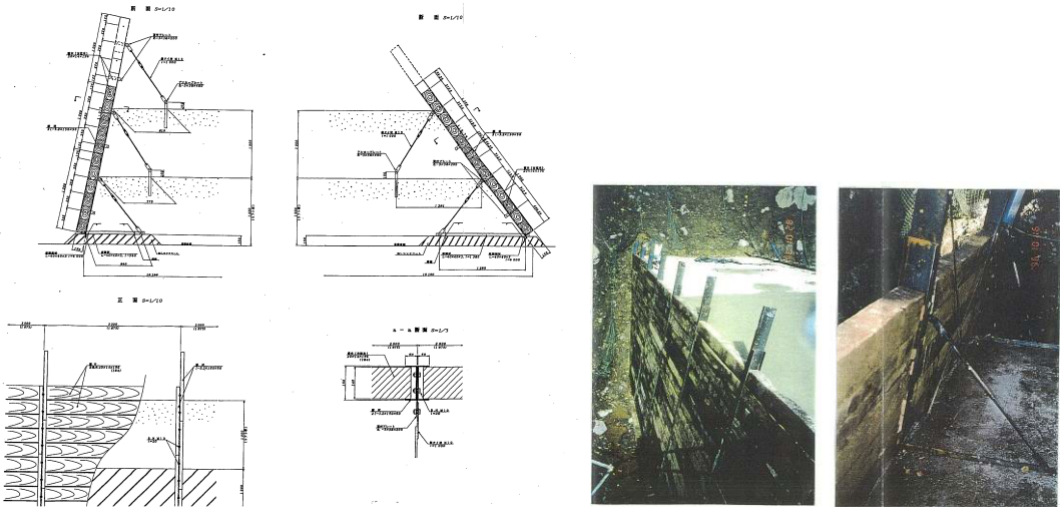


圖 2.15 木製殘留模板的概要

	傳統工法	木製殘留模板
成本比較	模板工 8,500 日圓/100m^2 鷹架工 3,000 日圓/100m^2 合計 11,500 日圓/100m^2	材料費： 8,000 日圓/100m^2 組立費： 1,200 日圓/100m^2 合計 ： 9,200 日圓/100m^2(降低 20%)

(4) 廢輪胎殘留模板

廢輪胎(日本每年總產量約 80 萬噸：1990~1992 年資料)，可當作廢材有效利用。

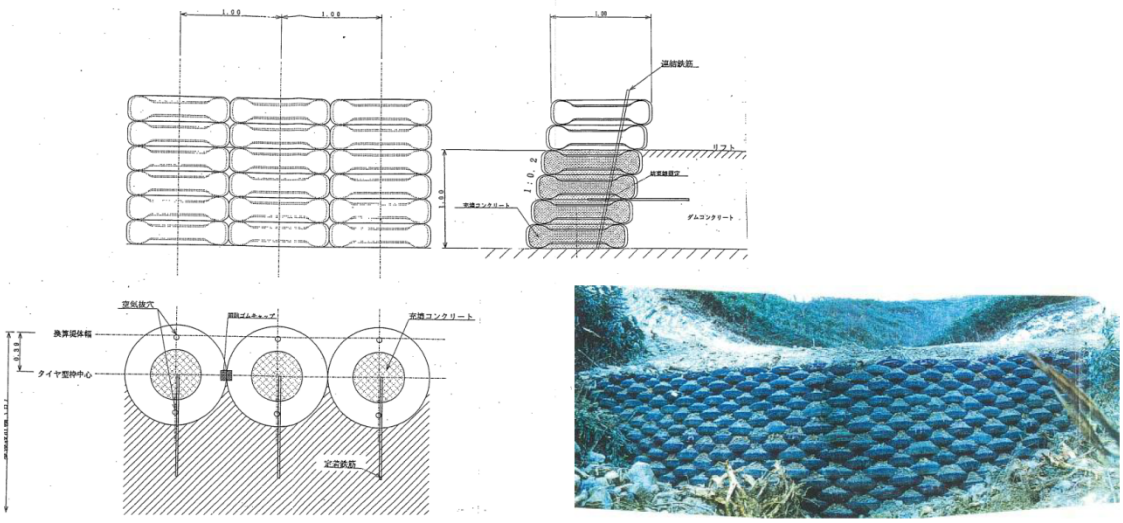


圖 2.16 廢輪胎殘留模板概要

	傳統工法	廢輪胎殘留模板
成本比較	模板工 8,500 日圓/100m^2 鷹架工 3,000 日圓/100m^2 合計 11,500 日圓/100m^2	直接材料工程費 卡車輪胎(Ø1m) 5,300 日圓/1m^2 鋼筋(D19、l=1m) 400 日圓/m^2 合計 ： 5,700 日圓/m^2(降低 50%)

2.1.3 大型混凝土塊疊砌擋土牆

- 混凝土塊體積大，施工速度快
- 各階段完成施工，擋土牆背面需回填，往上疊砌，安全率也從基礎挖平的最危險狀態，逐步提高。
- 與現場打設擋土牆相比，本工法回填時，擋土牆前方處於開放空間狀態，即使坡面崩塌也可確保避難路線。
- 擋土牆背面回填，可使用流動化處理土類不需輾壓的工法，省去擋土牆背面之作業。
- 適用的最大擋土牆高度通常為 10m 左右。(有些製品可對應到 15m 左右)

大型混凝土塊疊砌擋土牆可運用在較高的擋土牆上，靈活運用能縮短工期，降低對坡面的不良影響。

2.1.4 預鑄混凝土擋土牆

可省去擋土牆背後的模板施築作業，且設置完成可立刻回填，大幅降低危險狀態時間。回填可使用流動化處理土等，減少背面作業。

此外，也可使用逆 L 型擋土牆，減少基礎開挖。

預鑄混凝土擋土牆種類很多。若要減少擋土牆背後開挖工程，可使用逆 L 型擋土牆。但經濟性劣於現場打設擋土牆(L 型等)與重力式擋土牆。此外，其適用高度達 3.0m 左右。因此，就施工性與效率性以外、坡面安全性也需要在採用預鑄混凝土擋土牆時考慮。

2.1.5 直接以版樁壁為擋土牆的工法

直接以版樁(鋼板樁、H 型鋼、混凝土板樁)為擋土牆(永久構造物)的工法，背面不需開挖，可降低災害之發生。

混凝土板樁有可直接當作永久構造物使用以及使用鋼材(鋼板樁等)二類，後者以臨時設備材料作為永久構造物，因此需注意設計概念與使用的容許應力度等，同時因為是鋼材，長期使用需實施混凝土包覆之腐蝕對策。壁體剛性不同，各工法可自立高度(擋土牆高度)也不同，通常 3.0m～9.0m 為其適用範圍。

2.2 無人化施工

無人化施工可應用於人員難以進入地點的施工，適合災害對策工程與重建工程。以下介紹吊掛式箱型蛇籠與混凝土塊擋土牆的無人化施工案例。

2.2.1 吊掛式箱型蛇籠的案例

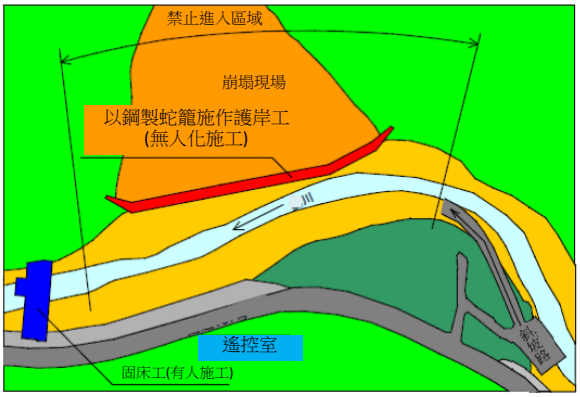


圖 2.17 工程概要

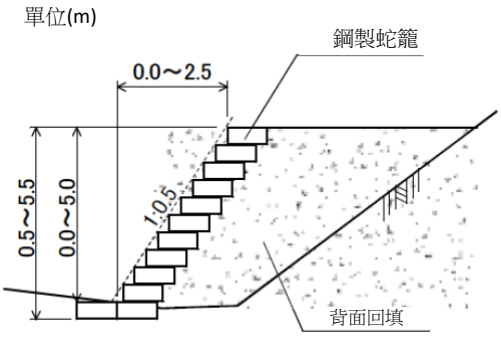


圖 2.18 護岸工斷面

無人化施工所使用的遙控式營建機械，如表 2.1 所示。

表 2.1 遙控機械一覽表

機械、裝置	規格		作業內容	備註
怪手挖土機	1.4m³ 級	標準鏟斗	除石、開挖、基礎開挖、裝車、回填	配備車載相機
		破碎機	滾石破碎	
		吊鉤裝置	蛇籠設置	
怪手挖土機	0.8m³ 級	標準鏟斗	除石、開挖、基礎開挖、裝車、回填	
		破碎機	滾石破碎	
推土機	20 噸級		開挖推土、基地整平、河床整平	
履帶式傾卸卡車	11 噸級		土砂與蛇籠搬運	
攝影機	車載式(無線) 固定式(有線)		蛇籠設置	



圖 2.19 金屬吊環



圖 2.20 全迴轉式吊鉤裝置

(1) 全迴轉式吊鉤裝置與專用金屬吊環

直接抓取護岸工所使用的鋼製蛇籠時，容易造成蛇籠變形，裝設吊鉤用的吊環可抑制材料本身變形。吊環的吊鉤形狀需往上，以便蛇籠設置完成可再度吊起，調整位置。

為了吊起有金屬吊環的鋼製蛇籠，怪手挖土機裝設全迴轉式吊鉤裝置。吊鉤裝置為 360 度迴轉型，可防止吊掛狀態的蛇籠搖擺、方便調整設置之位置。

(2) 蛇籠製作與搬運

蛇籠在無人化施工區域外製作。但判斷無人化施工難以完成吸出防止材設置，因此將原應設在蛇籠外側的吸出防止材，改裝設在蛇籠內部。

原本預定以怪手挖土機搬運蛇籠，但後來改成遙控履帶式傾卸卡車裝載蛇籠，搬到設置位置附近。履帶式傾卸卡車一次可裝載五個蛇籠，作業效率大幅提高。



圖 2.21 吸出防止材的裝設

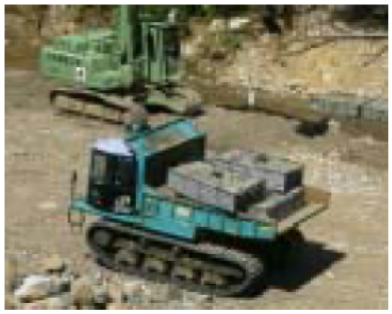


圖 2.22 箱籠搬運狀況

(3) 蛇籠的設置

為了提高蛇籠設置作業的有效性，事先做好標示，並將蛇籠排列整齊。以此蛇籠作基準，將相鄰蛇龍對齊排列，可改進蛇籠設置作業的效用。

護岸堤線的距離標記，可先填充混凝土、準備附標尺的一斗罐(18 公升罐)。以此為標記，可使用不需稜鏡的測距儀，由對岸量測距離與角度，並利用安裝在營建機械上的車載攝影機與設置在上游的固定攝影機，依設計的堤線完成護岸設置。



圖 2.23 做好標記的箱籠



圖 2.24 標記設置狀況



圖 2.25 車載攝影機



圖 2.26 固定攝影機



圖 2.27 蛇籠設置狀況

(4) 產品與品質

本工程(本護岸)的工程成品規格值如下表所示。無人化施工精度可能略低，因此只設定負規格值。使用不需稜鏡的光波測距儀，量測結果護岸沿線各測點的誤差值-17～+2mm，高-28mm～+187mm，符合規格值。品質管理原應實施填方夯實試驗與現場密度測定，但本工程作業人員無法進入現場，因此未實施品質管理試驗。

表 2.2 工程成品規格值

工種	項目	規格值
護岸工	高度	-200
	長度	-200

(5) 作業效率

無人化施工作業效率，在開挖作業、填方作業與滾石破碎分別只有一般施工的五成、三成與九成效率。填方作業效率不佳，係因護岸背面填方，從操作位置難以確認現場狀況。

無人化施工整體作業效率低，主因是施工現場未放樣，作業常得重來，且遙控難以掌握遠近感。

2.2.2 大型混凝土塊無人化施工案例

(1) 混凝土塊形狀



圖 2.28 無人化施工對應自立式模板混凝土塊

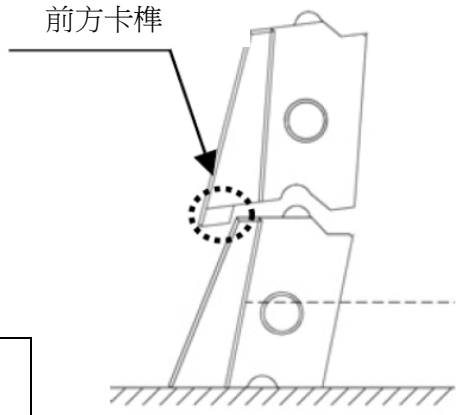


圖 2.29 設置說明圖

表 2.3 無人化施工對應自立式模板混凝土塊相關數量表

設置尺寸(mm)			體積	質量
高度	寬度	厚度	(m^3)	(t)
1,170	2,000	920	0.851	1.957

(2) 施工

①基地整平　　：挖填方工(依計畫實施基礎開挖或開挖)結束後基地整平
②混凝土塊設置：以吊車進行混擬土塊設置
③混凝土砂漿澆置　：混擬土塊背面實施混凝土砂漿澆置
④混凝土砂漿夯實　：混凝土塊背面的砂漿的夯實
⑤混凝土砂漿夯實　：實施混凝土塊背面的混凝土砂漿養護
反覆進行②~⑤的作業











圖 2.30 無人化施工完成自立式模板混凝土塊施工案例

3. 邊坡（殘餘坡面與挖方部分）的補強方法（含出現異狀也能確保避難時間、儘量不讓崩塌土砂擴散的方法）

3.1 邊坡補強方法~邊坡地盤補強土工法

3.1.1 前言

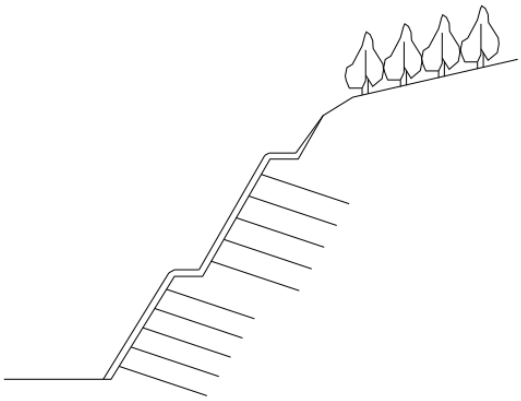
邊坡補強對策的代表性工法如下。(圖 3.1)

・邊坡地盤補強土工法(防止表層崩塌)

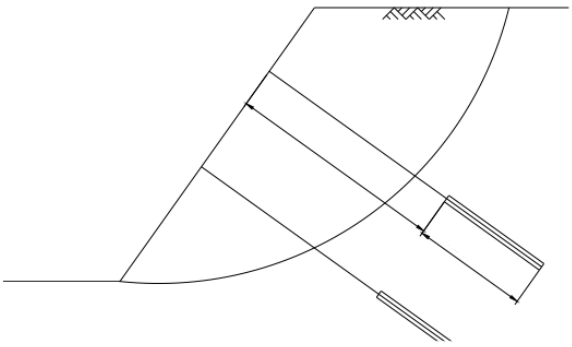
・地錨工(抑制地滑)

・坡面格籠工(防止表土風化)

・排水補強工(排除地下水)



(1) 邊坡地盤補強土工法



(2) 地錨工



(3) 坡面格框工



(4) 排水補強工

圖 3.1 代表性邊坡補強工法

上述工法之中，邊坡地盤補強土工法，是在坡面崩塌造成之勞動災害的坡面補強對策中的最佳方案。因坡面崩塌造成之勞動災害，約六成為表層崩塌所致，且邊坡地盤補強土工法費用低廉，可運用在小規模工程。此外，排水補強工可作為開挖的邊坡屬高地下水位的輔助工法。

施築擋土牆等構造物、開挖造成邊坡不穩定時，邊坡地盤補強土工法具有下列效用。

・代替版樁擋土牆構造物作為永久坡面，或成為抑止構造物背面邊坡滑動的永久構造物。

・成為開挖坡面之邊坡穩定工的臨時構造物。

3.1.2 邊坡地盤補強土工法的概要

(1) 特徵

邊坡地盤補強土工法係在邊坡地盤中大量插入鋼筋或岩錨等短棒補強材，藉由地盤與補強材的相互作用提高挖方坡面整體穩定性的工法。

邊坡地盤補強挖填土工法的優點如下 [2)]。

・補強材與施工機械皆屬輕量、小規模，施工省力化。

・可以逆打工法施工，安全施工。

・即使邊坡出現異狀，也可利用追加施工予以對應。

此外，運用本工法時需注意以下要點 [2)]。

・滑動面深的大規模坡面崩塌，無法期望獲得充分的補強效果。

・本工法容許邊坡發生些許變形以抑制坡面崩塌，但容許的變形量尚未有統一見解。

・進行逆打工法施工時，會短暫處於開挖無防護狀態，需有最少 1～2m 的自立高度。

・坡面保護工，被寄予維持坡面整體穩定性，應儘早實施。

本工法適用範圍多為滑動深度 3m 以下，滑動面長度在 30m 以下的情況(圖 3.2)

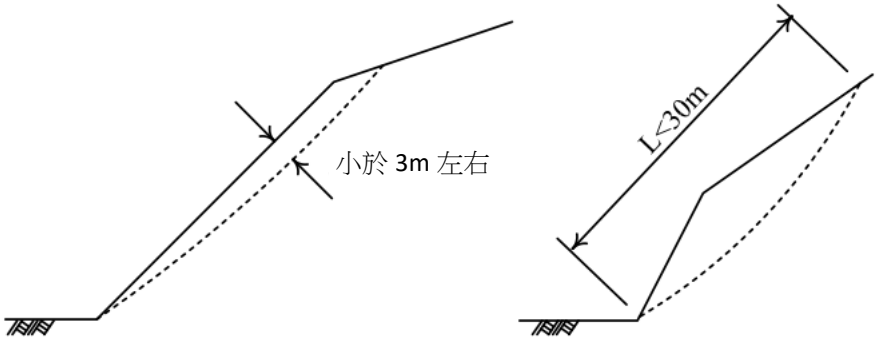


圖 3.2 邊坡地盤補強土工法的適用範圍

(2) 設計相關補強機制與穩定性評估

邊坡地盤補強土工法係新技術。以下介紹邊坡地盤補強土工法補強機制之中的極限平衡法。以及輕微崩塌時，依據過去案例決定砂防設施配置的經驗式設計法。

① 以極限平衡法實施邊坡地盤補強土工法的設計概念

常用的邊坡地盤補強土工法，設計方法主要參考道路土工 挖方與邊坡穩定工指南 [3)]、NEXCO 的設計要領 [2)]，也有的參考鐵道構造物等設計標準 [4)]。其中，鐵道構造物等設計標準主要是以有剛性壁體的永久構造物為對象，僅需臨時補牆邊坡來看，設計成本高。但若不只補強臨時邊坡，而是當永久構造物施築時，則不在此限。

設計的概念是，依照弧形滑動等地滑計算為基礎，然後推估補強材與邊坡地盤間的摩擦產生拉拔阻力，加上補強材的抗拉與鎖緊效果之合力，對預期地滑面產生阻力(圖 3.3)。補強材長度與配置應滿足對地滑面的規劃安全率。規劃安全率如表 3.1～3.2 所示。

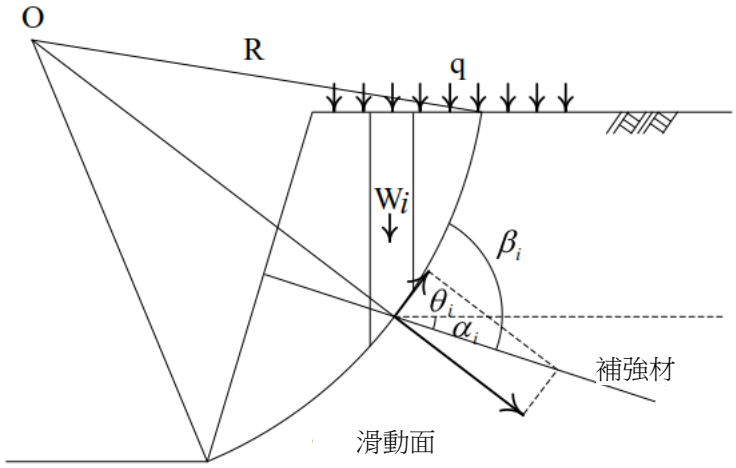


圖 3.3 抗拉效果與鎖緊效果

表 3.1 針對地滑的計畫安全率

項目	計畫安全率
永久(長期)	Fs ≧ 1.20
臨時(短期)	Fs ≧ 1.05、1.10

表 3.2 極限圓周摩擦阻力的安全率

項目	安全率
永久(長期)	Fsa = 2.0
臨時(短期)	Fsa = 1.5

*臨時的規劃安全率，①從開挖到完成最下段補強材設置為止的施工期間規劃安全率為 Fs≧1.05、②最下段補強材設置完成到回填完成前的存置期間規劃安全率為 Fs≧1.10。

② 經驗式設計法

邊坡地盤補強土工法的設計方法，由崩塌是否輕微的觀點來看、可以分為依據過去案例決定配置的經驗式設計法，以及檢討力學穩定性、決定配置的安定計算設計法。在此所謂輕微崩塌，指表層 2m 左右以內坡面劣化且將來邊坡有崩塌之虞的場合。

運用經驗設計法時，若崩塌對策採用標準坡度挖方，只適用於深度約 2m 的淺層崩塌或輕微岩塊崩落的狀況。

表 3.3 係 NEXCO 設計要領所列舉經驗式設計方法各單元 [2)]。補強材若要縮短長度或擴大間距，應實施邊坡穩定計算。

表 3.3 經驗式設計法各單元

項　　目	各單元
鑽 孔 徑	ϕ65
補強材直徑	D19 ～ D25
補強材長度	2 ～ 3m*)
施 作 密 度	約 2m² 一根
角　　度	水平向下 10 度～與坡面呈直角

*) 預估深度 1m 時，設定為 2m；預估深度 2m 時，設定為 3m。

(3) 施工

原則上進行逆打工法施工，代表性施工步驟如圖 3.4 所示。

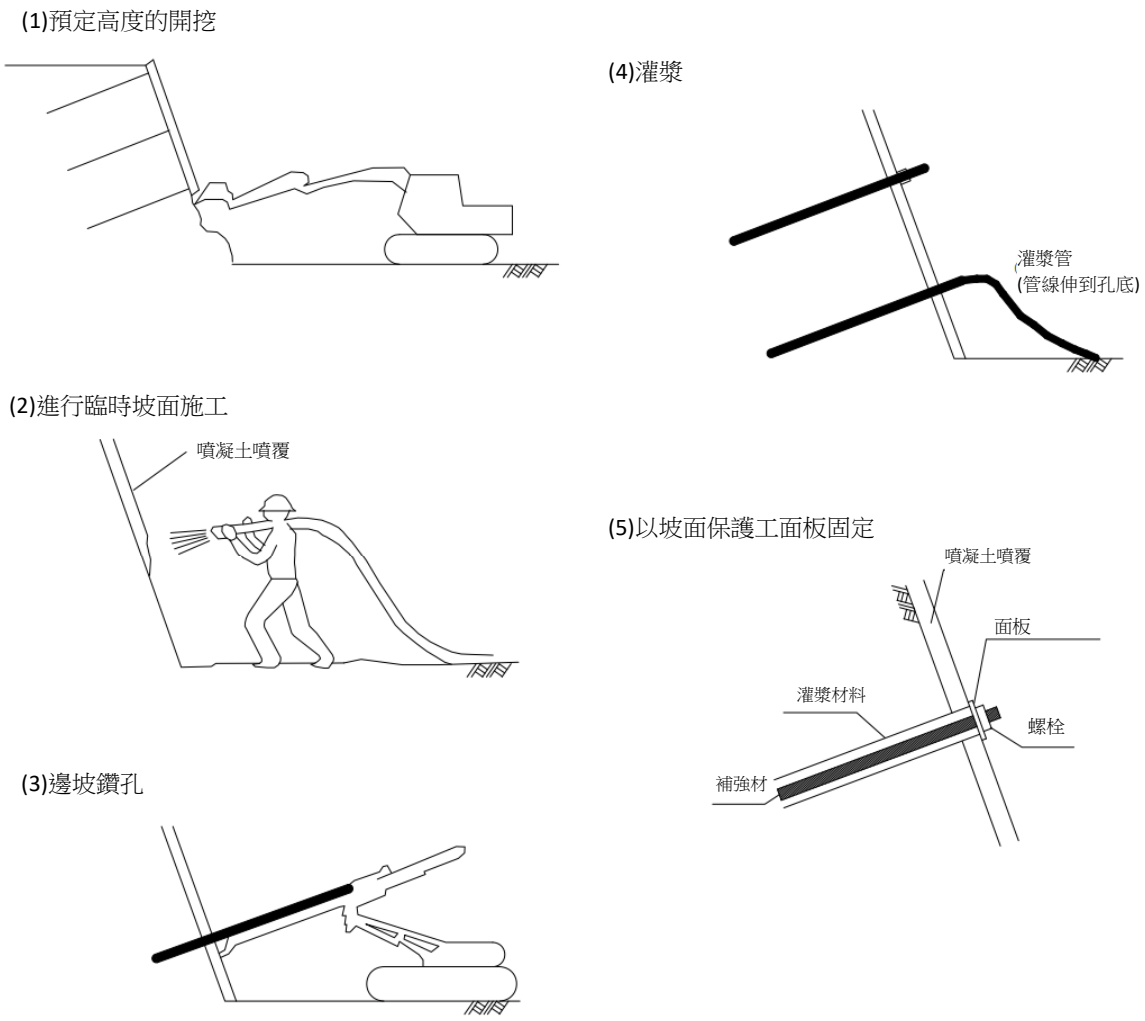


圖 3.4 施工步驟(坡面保護工噴凝土噴覆的狀況)

(4) 使用材料

① 補強材

通常使用異形鋼筋或岩錨這類廉價棒狀補強材(圖 3.5)。若為臨時設施(設置期間未滿二年)，不用防鏽蝕加工，容易孔隙崩塌的邊坡則可使用自鑽式岩栓。但若補強之坡面為永久構造物的一部分時，需實施防鏽蝕加工，自鑽式岩栓的適用性，則希望參考各領域的技術基準規範與指南。

前端擴大型補強材(圖 3.6)也可在拉拔變位較大階段發揮阻力，即使坡面變位變大，也能某種程度抑制崩塌。

此外，若以施工性為優先考量之時，可考慮使用不需灌漿材料的旋入式螺旋型補強材(圖 3.7)或打入式錨栓(圖 3.8)。



圖 3.5 岩錨

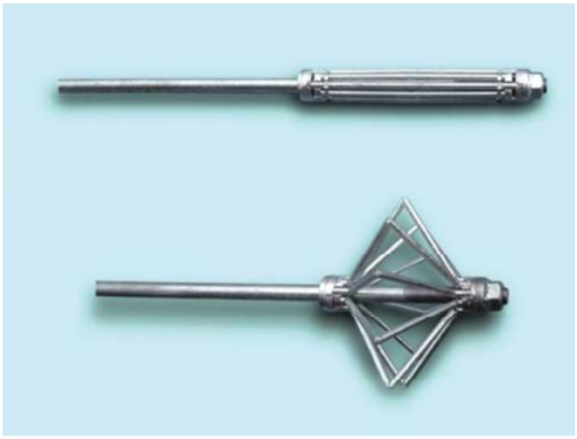


圖 3.6 前端擴大型補強材



圖 3.7 螺旋型補強材

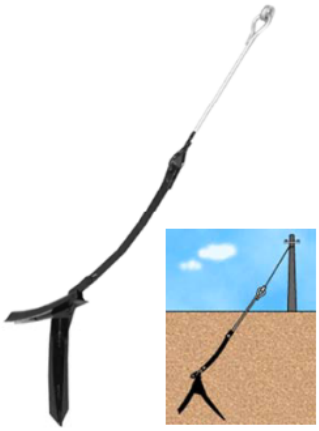


圖 3.8 打入式錨栓舉例(電線桿固定用)

② 坡面保護工

邊坡地盤補強土工法所實施的坡面保護工，不只單單確保坡面附近局部穩定，也能提高補強土坡面整體穩定性。最常坡面保護工為噴凝土噴覆工(圖 3.9)。但噴凝土噴覆後需養護１～２日才能施作補強材，且需使用專用機材，未必適合工期與費用有限的小規模開挖工程。

噴凝土噴覆工之外的坡面保護工，主要是掛網加上面板連結材(圖 3.10)或受壓板(圖 3.11)，皆可作為計畫構造物，且輕量、作業員一人即可完成設置，臨時材也可轉用到其他多個工程現場，因此也適用於小規模開挖工程。但當作臨時材使用時，應注意分階段拆除受壓板等時的坡面穩定性。



圖 3.9 噴凝土噴覆工



圖 3.10 掛網加上面板連結材
【上述為計畫構造物的案例】

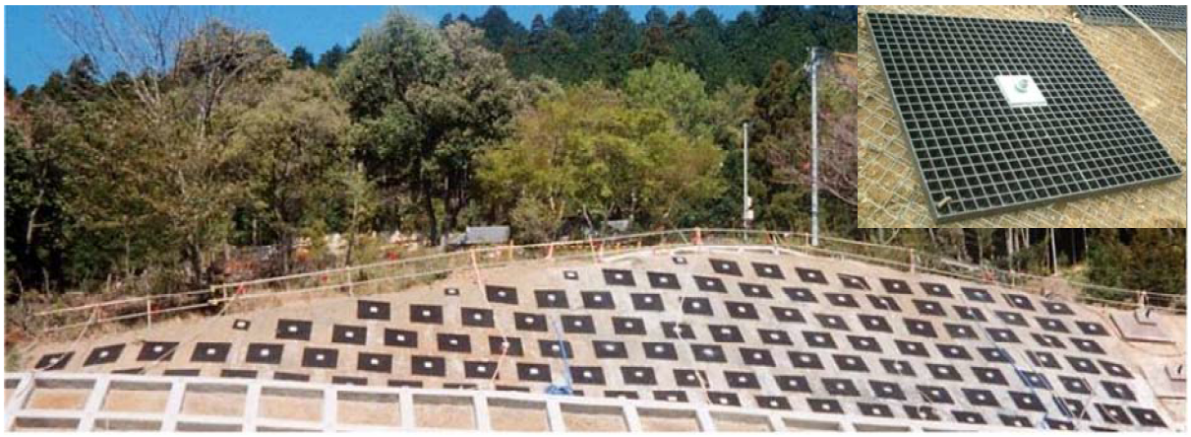


圖 3.11 受壓板
【上述為計畫構造物的案例】

3.1.3 以邊坡地盤補強土工法防止坡面崩塌案例

(1) 橋樑基礎施工發生的崩塌(圖 3.12～3.14)

砂岩開挖進入坡面高程 10～12m 階段出現地滑徵兆，實施鋪網工架設防護網並打設蓋平混凝土的緊急處置，隔天仍發生深度 1～1.5m 的坡面崩塌。

崩塌後實施下列對應，之後未再產生坡面崩塌。

①崩塌邊坡再開挖

② 實施鋼筋插入工

③ 用鋼筋進行補強材面板部的結合

④ 以噴凝土噴覆工，作為坡面保護工



圖 3.12 崩塌時的狀況



圖 3.13 開挖修正，實施鋼筋插入工＋面板連結

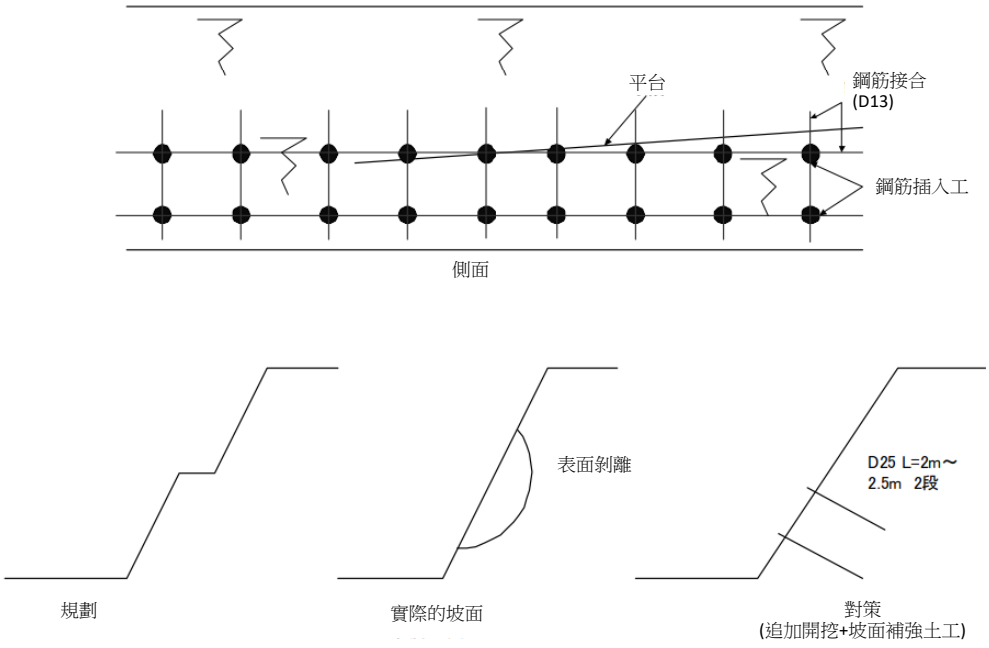


圖 3.14 對策工概要

(2) 陡坡崩塌防止事業之施工狀況Ⅰ(圖 3.15～3.17)

邊坡地盤補強土工法施工的下邊坡，進行開挖工以施築坡面格框。降雨後坡趾出現龜裂，隔日坡面崩塌。可能是降雨導致砂岩中破碎層成為弱面，因而產生地滑。崩塌深度約 1～2m。

本案例的崩塌並未到達完成邊坡補強地盤土工法的上邊坡，實際證明邊坡地盤補強土工法具備邊坡補強效果。



圖 3.15 崩塌地點全景



圖 3.16 崩塌部分

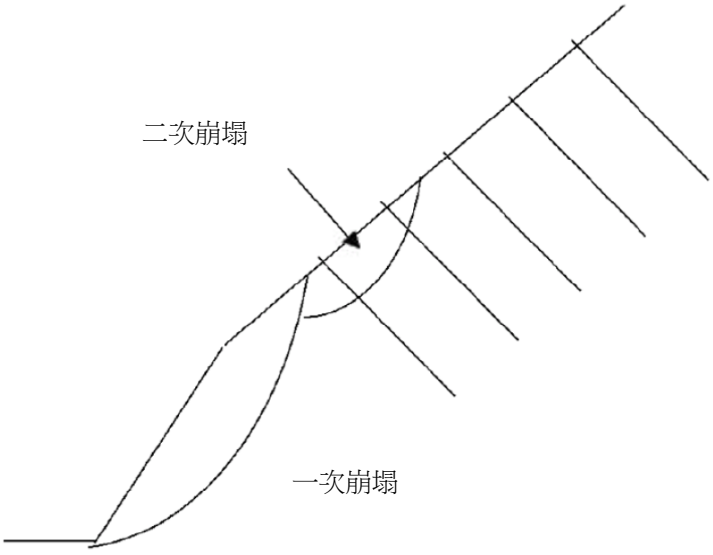


圖 3.17 崩塌地點概要

(3) 陡坡崩塌地防止事業之施工狀況Ⅱ(圖 3.18～3.20)

永久構造物之邊坡地盤補強土工法在施工後發生降雨，隔日發生小崩塌。崩塌深度約 1m，顯示邊坡地盤補強土工法可防止崩塌擴大。此外，架設鋼線網與受壓板可抑制土砂飛散。標的地盤以土砂為主、無法期待有充足的摩擦阻力，因此使用前端擴大型補強材。



圖 3.18 崩塌地點全景



圖 3.19 崩塌地點

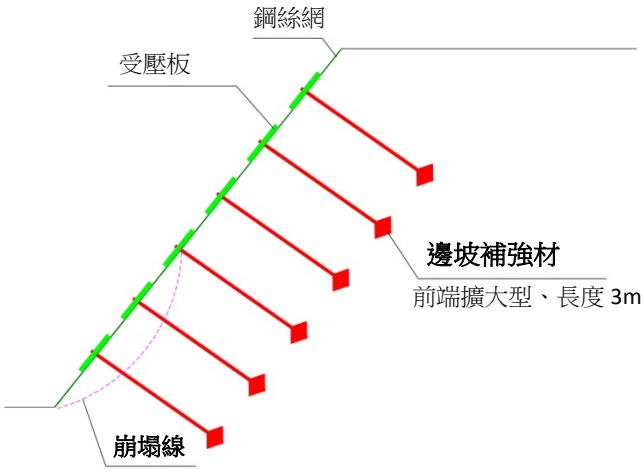


圖 3.20 崩塌地點概要

3.1.4 坡面崩塌造成之勞動災害防止對策方案

承前，小規模開挖工程的邊坡補強對策主要方案有兩種，如表 3.14 所示。

表 3.4　邊坡補強對策提案

對策提案	預期效果	使用材料
B-① Ⅰ	抑止坡面崩塌	邊坡地盤補強材+鋼絲網+坡面保護工 （受壓板、面板連結材或噴凝土噴覆工）
B① Ⅱ	抑止表層滑動	短邊坡補強材+鋼絲網+坡面保護工 （受壓板、面板連結材或噴凝土噴覆工）

此外，上述對策方案若能依推估崩塌規模，而以塊石疊砌擋土牆等保護前面、確保永久構造物之穩定時，也可當作臨時設施。但是如果不適用於邊坡短期穩定性時，應從經濟性與安全性的觀點充分檢討，應考慮與前面的擋土牆一體化、納為永久構造物，或將邊坡補強材所插入範圍視為永久構造物。

對策案概要如下述。此外，各方案都需設置鋼絲網或混凝土砂漿噴覆工，進行標準坡度的逆打工法施工以防止土砂擴散造成之勞動災害。

(1)　B-①- Ⅰ　坡面崩塌防止[邊坡地盤補強材＋鋼絲網＋坡面保護工（受壓板、面板連結材或噴凝土噴覆工）]

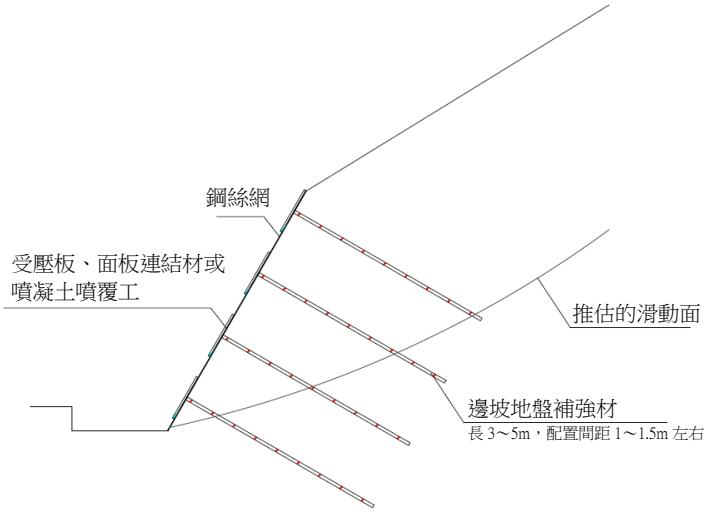


圖 3.21　B-①- Ⅰ 概要圖

B-①- Ⅰ 係一般邊坡地盤補強土工法的規格，以補強材與坡面保護工達成邊坡穩定效果，並使用鋼絲網、發揮土砂擴散防止效果。

邊坡穩定化可防止坡面崩塌，對應滑動深度約到 3m。此外，萬一發生坡面崩塌，也可爭取到從邊坡地盤變形到開始崩塌的時間。

但若所推估發生的滑動面太深，補強材得加長，施作時間變長，可能對整體工程造成嚴重影響。另外，補強材施作須使用鑽孔機及混凝土拌合機等機材。

⑵ B-①-Ⅱ 表層滑動的防止 [較短的邊坡地盤補強材＋鋼絲網＋坡面保護工（受壓板、面板連結材或噴凝土噴覆工）]

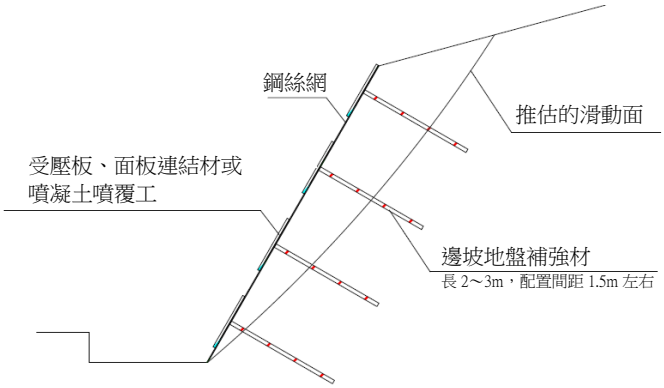


圖 3.22 B-①-Ⅱ概要圖

B-①-Ⅱ係縮短 B-①-Ⅰ之補強材，將拖延整體工程的影響降到最低（圖 3.22）。判斷表層 2m 左右以內邊坡劣化狀態可能造成未來坡面崩塌時，可適用這種工法。與 B-①-Ⅰ相同，可藉由邊坡穩定化防止坡面崩塌，即使發生崩塌，也可爭取到從邊坡地盤變形到崩塌為止的時間。但坡面補強效果只對表層崩塌有效。且補強材施作須使用鑽孔機與混凝土拌合機等機材。

3.2 容許變形的相對簡易方法～簡易坡面保護工

3.2.1 概要

坡面保護工旨在防止坡面風化侵蝕與表層崩塌，下列為臨時小規模開挖工程所使用的「鋼絲網鋪設工」或「水泥砂漿噴覆工」等的簡易坡面保護工。

簡易坡面保護工可某種程度防止坡面表層極小規模崩塌的土砂擴散，坡面損傷狀態容易判斷，因此坡面出現異狀時，可提早中斷在邊坡下方實施的作業，讓作業員採取避難措施。但這些方法多必需有經驗才能操作，且無法抑止邊坡地盤的滑動，也不能定量掌握邊坡出現異狀到崩塌為止的時間，必需注意。因此，希望參考一般性的量測管理值，實施簡易量測。

3.2.2 簡易坡面保護工的對策方案

本報告書係小規模開挖工程的簡易坡面工，如表 3.5 所示，有以下 2 種對策方案。

表 3.5　簡易坡面保護工的對策方案

對策方案	預期效果	使用材料
B-② Ⅰ	防止土砂擴散	固定釘＋鋼絲網
B-② Ⅱ	防止土砂擴散 （異常徵兆的監測）	固定釘＋水泥砂漿噴覆工（含鋼線網）

以下說明對策概要。上述任何對策提案都應實施標準坡度的逆打工法施工。此外，下列對策方案需在開挖面配置長度小於 500mm 的棒狀材料（通常使用長度小於 400mm 的固定釘），並實施鋪網工或水泥砂漿噴覆工等簡易坡面保護工。此外，固定釘除了金屬製的錨釘（φ13～16mm），可使用竹串或塑膠製材料。

此外，「坡面保護工問答集」（全國特定坡面保護協會，2000）第 4 章 砂漿混凝土噴覆工編（p.36）指出，坡面可實施錨釘打入作業，常使用φ13～16mm，長 200～400mm 的產品[5)]。

(1) B-②- Ⅰ　防止土砂擴散 [固定釘＋鋼絲網]

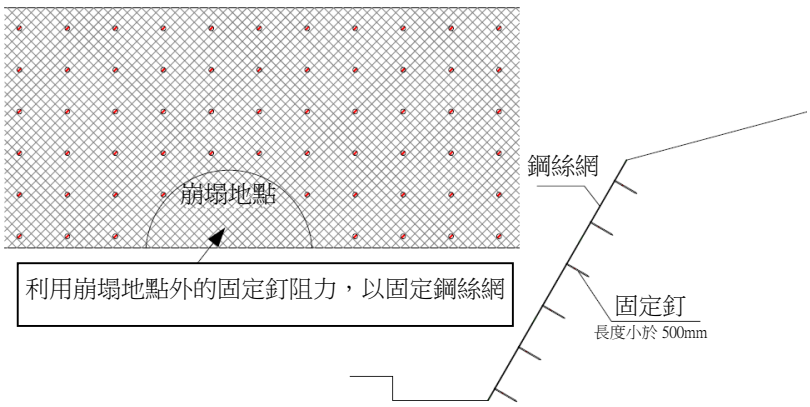


圖 3.23　B-②- Ⅰ 概要圖

B-②-Ⅰ鋼絲網可發揮防止土砂擴散的效果。每個開挖階段都以固定釘固定鋼絲網。不需特殊機材，具有經濟性，也不會影響整體工程進度。鋼絲網以固定釘固定雖無邊坡補強功效，但經驗顯示崩塌地點外的地方，固定釘本身的阻力可防止崩塌地點的土砂崩塌與擴散，爭取從變形到崩塌為止的時間。但若配合地盤條件或開挖規模實施定量設計之時，需針對鋼絲網與固定釘規格實施更詳細的驗證。

⑵ B-②-Ⅱ 防止土砂擴散 [固定釘＋水泥砂漿噴覆工（含鋼線網）]

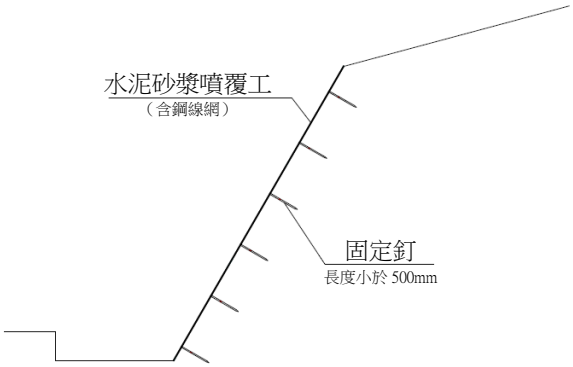


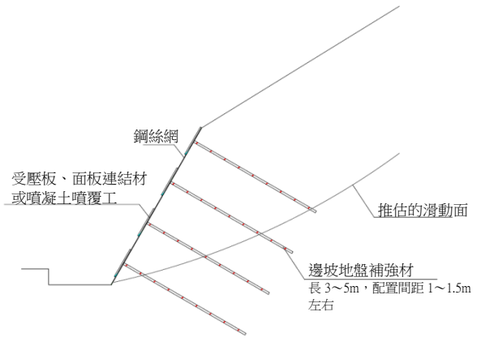
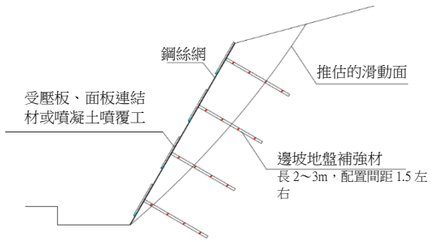
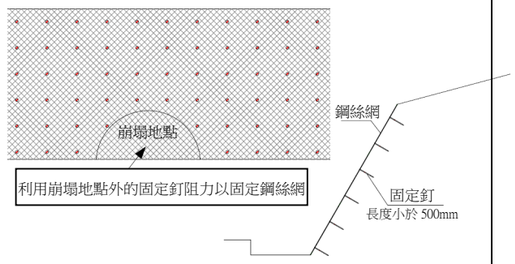
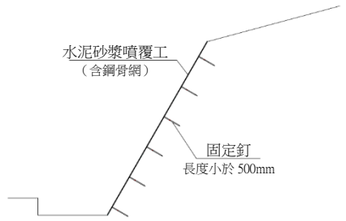
圖 3.24 B-②-Ⅱ概要圖

B-②-Ⅱ水泥砂漿噴覆工具防止土砂擴散效果（圖 3.24）。各開挖階段分別以固定釘固定鋼線網，施作水泥砂漿噴覆工。若岩石有相當多龜裂，可將砂漿注入裂縫。工程實務上以水泥砂漿噴覆工，作為容易風化邊坡地盤的臨時坡面保護工，確實有其效果。此外，崩塌地點之外的固定釘，其阻力可防止崩塌地點的土砂崩塌與擴散。附帶效果還有，能更容易由裂縫發生察覺坡面異狀，確保避難時間。但水泥砂漿噴覆工需使用特殊機材，且砂漿需養護期間，依工程規模，有些影響不可忽視實施水泥砂漿噴覆工對整體工程進度、與工程費用的影響。

3.2.3 邊坡（殘餘邊坡與挖方部分）的補強方法與出現異狀可確保避難時間、避免崩塌土砂擴散方法的彙整

以上，邊坡（殘餘邊坡與挖方部分）補強方法以及坡面出現異狀、確保避難時間且避免崩塌土砂擴散，亦即 B-①-Ⅰ～Ⅱ、B-②-Ⅰ～Ⅱ四種提案方法的優點與注意要點，如表 3.6 所示。

表 3.6　邊坡（殘餘邊坡與挖方部分）的補強方法（含即使變形也能確保避難時間且盡量避免崩塌土砂擴散的方法）概略一覽表

對策方法[*1]	B-①		B-②	
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ
預期的效果	防止坡面崩塌	防止表層滑動	防止土砂擴散	防止土砂擴散（變形徵兆的監測）
概略圖				
主要材料	・邊坡地盤補強材 ・鋼絲網 ・受壓板、面板連結材、噴凝土	・邊坡地盤補強材 ・鋼絲網 ・受壓板、面板連結材、噴凝土	・固定釘 ・鋼絲網	・固定釘 ・水泥砂漿噴覆工（含鋼線網）
對策標的的崩塌深度	約 3m	約 2m	很表層的位置	很表層的位置
使用期間	永久構造物[*2]	永久構造物[*2]	臨時構造物	臨時構造物
優點	・ 也可對應較深地滑 ・ 即使坡面崩塌，也可爭取到邊坡地盤變形到開始崩塌的時間	・ 鑽孔長度比 a 方案短，可降低對整體工期的影響 ・ 即使萬一坡面崩塌，也可爭取爭取邊坡地盤變形到開始崩塌的時間	・ 不需特殊機材，對整體工程影響小，具經濟效益 ・ 崩塌地點之外固定釘的抵抗力具有防止土砂擴散的效果，可爭取變形到崩塌發生的時間	・ 容易風化的邊坡地盤有效 ・ 固定釘抵抗力具有防止土砂擴散的效果，可爭取變形到崩塌發生的時間 ・ 可察知坡面裂縫造成之的坡面變形
注意要點	・ 若推估可能產生的滑動相當深，就須使用較長的補強材，如此就會對整體工程造成較大的影響 ・ 補強材打設時須使用鑽孔機及混凝土拌合機等機材	・ 適用於判斷未來可能發生表層 2m 左右以內邊坡劣化，產生坡面崩塌的情況 ・ 補強材打設時需使用鑽孔機與混凝土拌合機等機材	・ 對於邊坡地盤滑動本身無抑止效果，因此除了需注意坡面變形，一旦發現變形，應中止坡面下方的作業，進行避難	・ 對於邊坡地盤滑動本身無抑止效果，因此除了須注意坡面變形，一旦發現坡面變形，應中止坡面下方的作業，進行避難 ・ 水泥砂漿噴覆工需使用特殊機材，且水泥砂漿噴覆完成需養護時間

*1 各個對策方案都需以標準坡降進行逆打工法施工。

*2 永久坡面或邊坡地盤性質與形狀需進行開挖邊坡補強且只靠擋土牆無法發揮永久構造物機能的狀況。但在不同使用目的下，也可當作臨時構造物使用。

3.3 搭配使用變形與應變感測儀器的方法

坡面施工應儘早發現坡面崩塌徵兆，實施安全管理。發現徵兆主要方法是使用檢測表格，進行坡面的日常點檢或觀察施工中的坡面、發現是否異狀。也可運用量測儀器，實施坡面地盤動態觀測(地表變位量測等)，客觀的儘早發現坡面異狀。特別是陡坡開挖等坡面崩塌危險性較高的施工條件時，施工過程應同步進行動態觀測。

3.1.1 以應變量作為管理基準的方法

NEXCO 設定之基本原則為，實施構造物開挖等陡坡(1:0.0～1:0.5)挖方補強工時，原則上與開挖同時進行動態觀測。其管理體制與管理值如下。

(1) 管理體制

① 量測期間：從標的構造物開挖到回填完成的期間。

② 量測頻率：以作業開始前及作業結束後每日量測二次為準，各階段開挖作業的展開都應實施量測。

③ 量測體制：量測體制主要有以下二種。

(a) 實施一般性的動態觀測

(b) 實施嚴密的動態觀測(開挖地點靠近鐵塔、房屋等構造物)

(a) 一般動態觀測

表 3.7 一般動態觀測的項目 [2)]

量測項目	使用機器	量測配置	量測頻率
目視觀察*1	—	—	一日實施二次且於各階段開發作業展開前後實施
坡頂水平(垂直)變異*2	光波測距儀	坡頂設置 2 處	
地表變異	地表伸縮計	L=2H 左右、自動記錄式	

*1 目視觀察重點掌握壁面、開挖區上方邊坡。

*2 檢測水平變異也可用垂直變異作為參考值。

*3 坡頂設置變位樁，以地表伸縮計進行地表變位量測。

此外，必要時應追加地下水位觀測。

(b) 嚴密的動態觀測

應勘查、掌握鐵塔等鄰近構造物狀況及現場條件，有上述(a)項目之外，可斟酌增加下列項目。

表 3.8 實施嚴密動態觀測的項目 [2)]

量測項目	使用機器	量測配置	量測頻率
地中變位	孔內傾斜儀	傾斜儀長度採用 1.5H 或 H+5m 較短的部分。 H：開挖深度 量測間距 1m	一日實施二次且於各階段開發作業開始前後實施
補強材軸力	補強材軸力計	—	

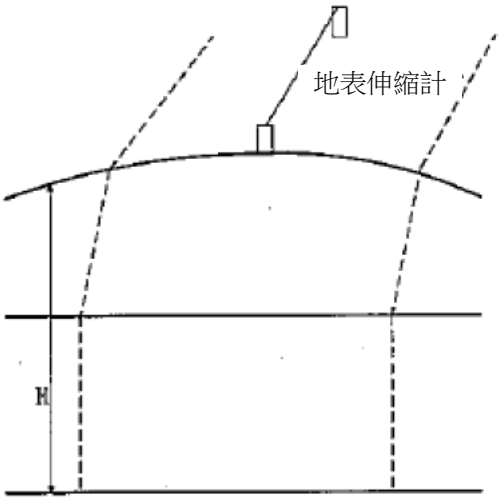


圖 3.25　動態觀測儀器配置圖例 (正面圖)[2)]

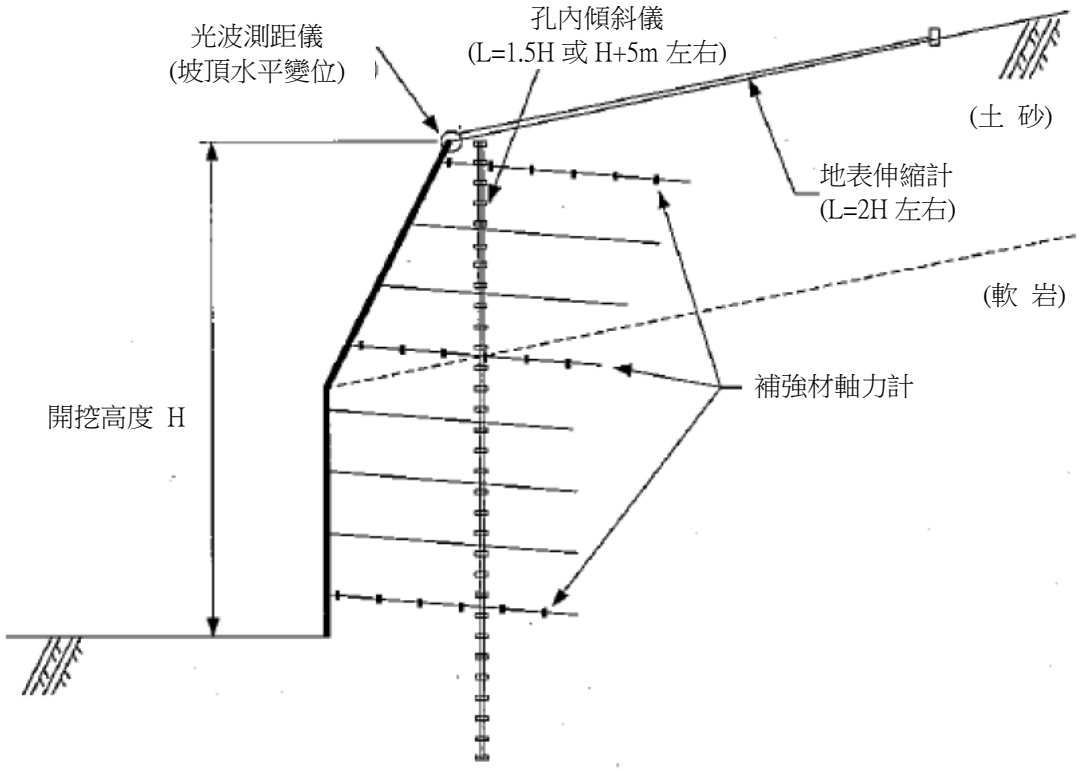


圖 3.26　動態觀測儀器配置圖例 (橫斷面圖)[2)]

(2)　管理基準(應變量)

開挖坡面陡峭(1:0.0~1:0.5)時，需更重視施工安全相關的動態觀測，因此應設定表 3.9 所示的管理基準目標值，並如圖 3.27 所示判斷過程中一面實施現場量測管理。此處管理基準指標值為從坡頂水平變位量算出的視剪應變($\gamma = \delta / H$ ： δ ＝坡頂水平變位，H＝開挖高度)。此外表 3.9 為陡坡開挖的資料，不適用於緩坡。

表 3.9　管理基準的目標值 [2)]　　(單位：%)

	土砂	軟岩	硬岩	備註
通常等級	0.2≧ γ	0.15≧ γ	0.1≧ γ	實施一般量測。但也應實施上方邊坡的異狀觀察。
警戒等級	0.2＜ γ ≦0.4	0.15＜ γ ≦0.3	0.1＜ γ ≦0.2	應增加量測頻率或實施連續量測。應特別注意開挖面與其上方邊坡發生龜裂以及隆起之異狀。此外，變位激增時，應進入中止等級，並立刻採取人員撤退體制。
中止等級	γ ＞0.4	γ ＞0.4	γ >0.2	首先應緊急實施填方等，抑制邊坡地盤變形。若無法抑制變位增加，視情況人員應儘早撤退。若變位增加狀況已控制，應從開挖面上方龜裂位置推測邊坡鬆弛擾動區域，檢討設計以及追加打樁等適度的對應。

($\gamma = \delta$ ／H： δ ＝坡頂水平變位，H＝開挖高度)

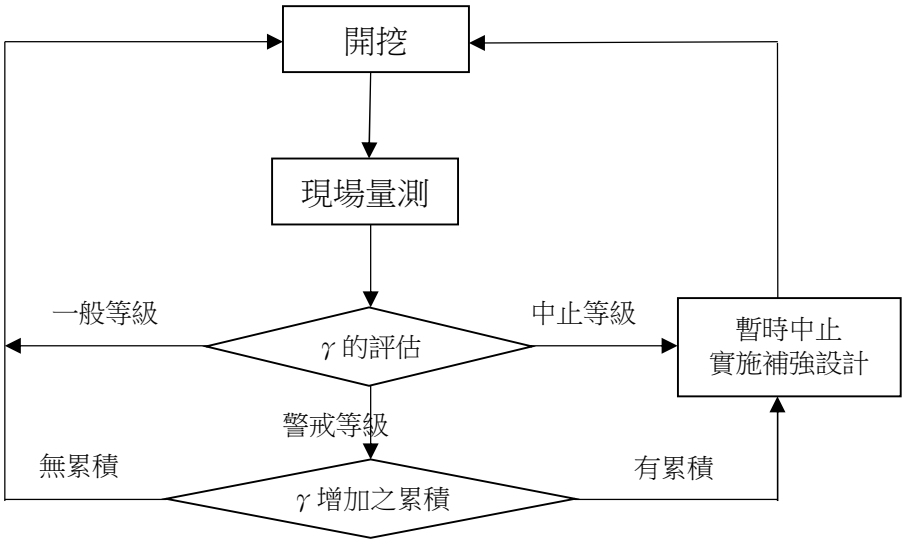


圖 3.27　管理基準的判斷流程 [2)]

3.3.2. 以應變速度作為管理基準的方法

依據邊坡動態觀測建立管理基準，有時可採用由邊坡變位所換算所得的邊坡應變速度的管理基準值。依據應變速度所設定的坡面管理基準值，主要運用於地滑等大規模邊坡災害。

(1) 應變速度與坡面崩塌的關係

JH 所實施的實物大型實驗之時間～變位、應變速度的關係，如圖-3.28 所示 [2)]。由此圖可知，正常施工方法為變位收斂之後才進行下階段的開挖。反之，崩塌的案例通常是因為變位尚未收斂就進行下階段開挖所致。這就意味著變位持續進行時就進行下一階段的開挖，崩塌危險性會提高。因此，應在確認變位收斂後，再進行下一階段的開挖。

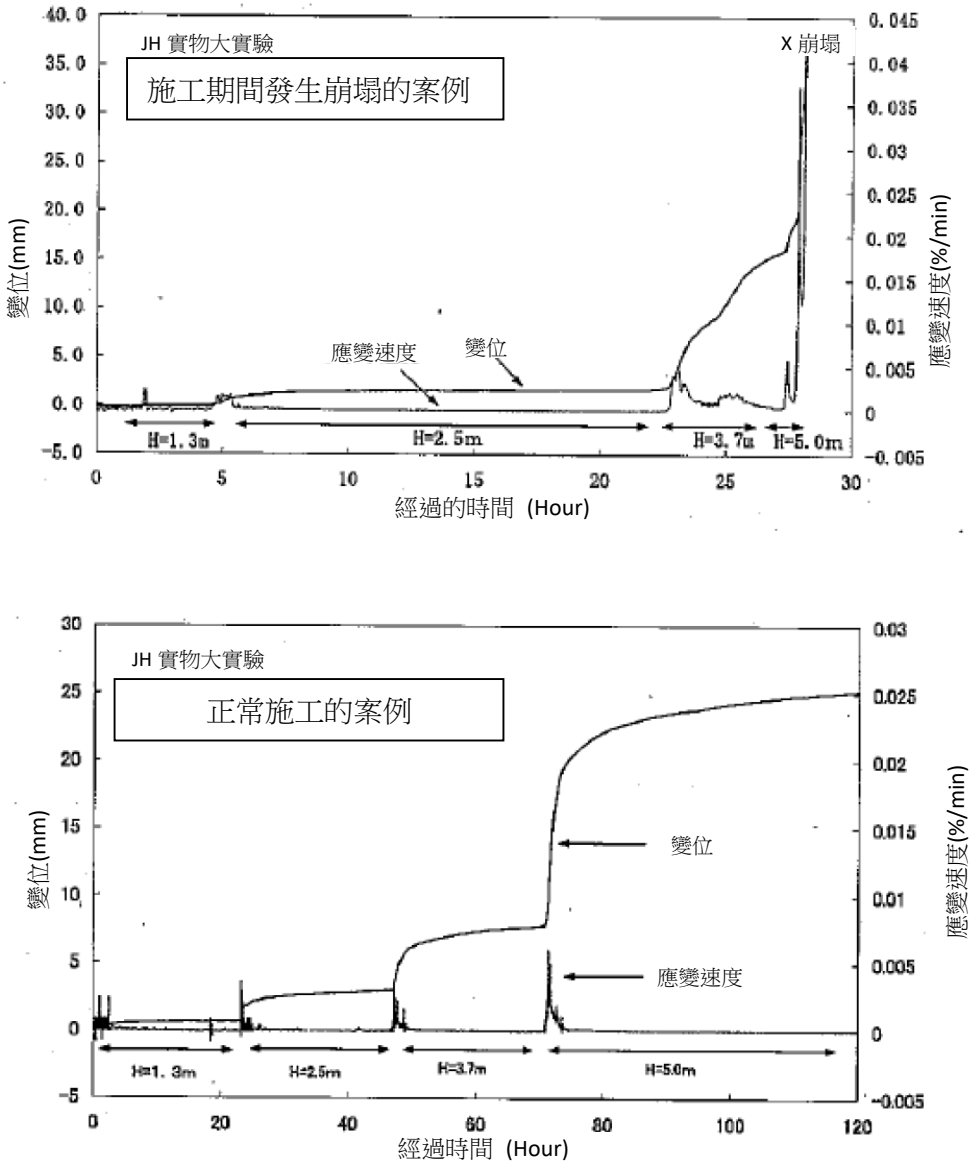


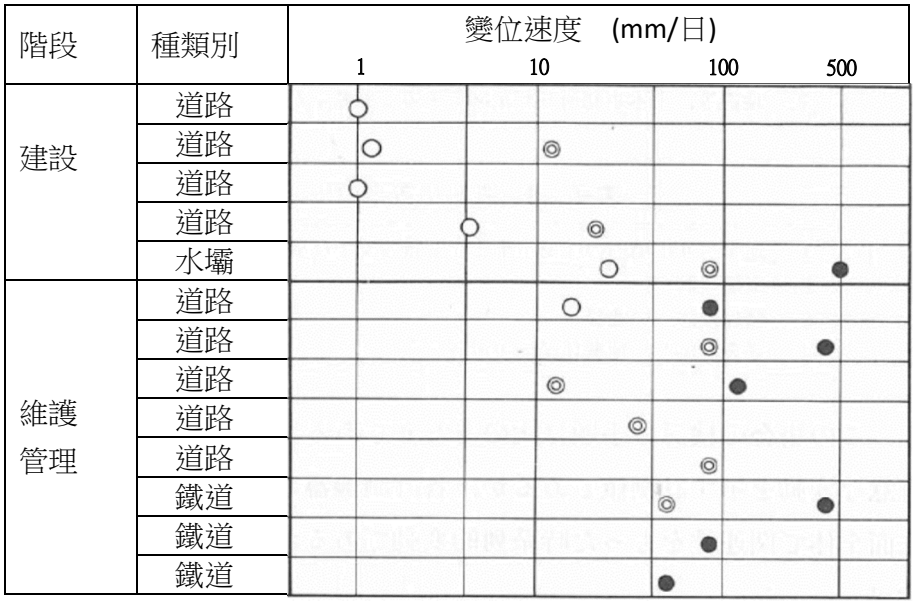
圖 3.28　時間～變位、應變的關係(JH 實物大實驗)　2)

(2) 管理基準(應變速度)

過去鐵道依據應變速度所設定的管理基準值的案例，其參考值如表-3.10、圖-3.29 所示。基準值主要係根據每小時變位量(mm)來設定。此外，齊藤 [6]指出，若應變速度大於 10^{-6}(1/min)時需警戒；大於 10^{-5}(1/min)應判斷為嚴重警戒。

表 3.10　鐵道依據地表變位設定管理基準值的案例 [7)~9)]

場所	概要	警報設定值	詳細內容	換算應變速度(伸縮計總長度 10m)
飯山線 高場山 T	1969 年 12 月 28 日 停開 1970 年 1 月 22 日 坡面崩塌	4mm/h	①列車停止（4mm/h） ②作業安全基準（60mm/d）	①$6.6\times10^{-6}$（1/min） ②$4.1\times10^{-6}$（1/min）
上越線 湯檜曽	1975 年 4 月 14 日 土石流發生 二次崩塌的監測	4mm/h	①列車管制通行 (出現 3 次變位速率 4 mm/h 的警報鳴笛) ②列車停止通行 (第 3 次警報鳴笛間隔在 10 分以內)	②$3.0\times10^{-5}$（1/min）
信越本線 小諸	1982 年 9 月 12 日 異狀持續出現 實施滑落崖附近的移動監測	3mm/h	①危險區域禁止進入（3mm/h） ②監測員常駐（5mm/h） ③列車停止（10mm/h）	①$5.0\times10^{-6}$（1/min） ②$8.3\times10^{-6}$（1/min） ②$1.6\times10^{-5}$（1/min）
信越本線 青海川駅	2007 年 7 月 16 日 中越沖地震 坡面崩塌復舊工程	2mm/h	①作業安全基準（2mm/h）	①$3.3\times10^{-6}$(1/min)



註)　○：對策檢討、實施，注意、維護檢查的強化等

◎：作業中止，暫時退避、警戒體制、禁止進入等

●：居民避難、禁止通行、停止發車、嚴重警戒等

圖 3.29　地表變位速度相關管理基準既往案例彙整 [10)]

參考文獻

1. 前田稔、中村智之：無人化施工対応自立式型枠ブロックについて(對應無人化施工的自立式模板混凝土塊)、土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集、Disk2、6-50、2007.
2. 東日本高速道路、中日本高速道路、西日本高速道路：切土補強土工法設計・施工要領(挖方補強土工法設計與施工要領)、2007.
3. 日本道路協会：道路土工-切土工・斜面安定工指針(道路土工-挖方工、邊面穩定工指南) 平成 21 年度版、2009.
4. 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物(鐵道構造物等設計標準暨說明)、2007.
5. 全国特定法面保護協会：のり面保護工に関する質疑応答集(坡面保護工相關問答集)、2000.
6. 斉藤廸孝：“斜面崩壊予測”(坡面崩塌預測)、土と基礎 Vol.29 No.5、1981 年 5 月、p77~82
7. 粕渕輝雄：“信越線小諸－滋野間の地すべり対策”(信越線小諸－滋野間的地滑對策)、鉄道土木 Vol.25 No.6、1983 年 6 月、p51~56
8. 飯野義政：“上越線湯桧曽－土合間線路埋没災害”(上越線湯檜曾－土合間鐵軌埋沒災害)、鉄道土木 Vol.18 No.6、1976 年 6 月、p47~52
9. 横井進一 他：“新潟県中越沖地震による被災と復旧工事”(新潟縣中越外海地震的災情與復舊工程)、日本鉄道施設協会誌 Vol.46 No.6、2008 年 6 月、p26～31
10. 切土法面の調査・設計から施工まで編集委員会編：“切土法面の調査・設計から施工まで”(挖方坡面的調查、設計到施工為止)、社団法人地盤工学会、1998 年 1 月、p339～470

編譯：水土保持局技術研究發展小組

Research and Technology Development Team, SWCB, COA

December 2018

本文件之翻譯及轉載，均符合日本著作權法相關規定。