

第一章 緒論

1.1 動機與目的

山坡地開發的主要目的乃在滿足都市發展及對土地使用的需求，同時也希望讓土地資源能夠被充份有效的利用。因此，在山坡地開發不可避免的狀況下，正確的調查分析與設計，選擇適當山坡地開發施工技術與流程，為山坡地開發過程中必備之要件。然一般坡地開發，除具有堅持品質及永續經營理念之開發業者外，往往忽略開發過程中對品質等各項要求之重要環節，致開發過程中或開發完成後，屢屢造成災害，甚至造成嚴重之生命財產重大損失，本所著手編擬本施工作業準則，使開發業者進行開發時，對開挖過程之事項及建築施工，能有一掌控品質等主要環節之作業依循原則，以確保有良好之工程品質掌控減少災害之產生，間接確保山坡地開發之安全性，此乃為編擬本準則之主要動機。

1.2 手冊適用對象與範疇

本山坡地建築開發施工作業準則主要為建立一套良好之山坡地開挖作業流程及施工中注意之事項，使工程人員易於瞭解各項作業之要領所在，並配合以表格之方式建立其相互關係，以期工程人員在施工過程中對各項作業相關間之作業事項，能有通盤性之提醒與因應。本施工作業準則適用對象是山坡地開發之工程相關人員及現地工程師，提供坡地建築開挖施工完整之施作流程，各項作業施工應注意事項，及可能面臨問題與解決對策。本手冊編擬其適用於一般情況開發時之參考標準，對於地形變化

大、地質情況不良及地下水位高等之特殊開發情況下，宜透過妥善之規劃、調查與監測等周全事宜，以能在成本、工期、品質與安全等各方面能臻於至善。

1.3 開挖施工作業程序之研訂

山坡地建築開發程序包含土地取得、申請開發許可、雜項執照申請、雜項工程設計施工、申請雜項使用執照、辦理土地變更編定、申請建築執照、房屋建築施工、申請建築使用執照、完工交屋與維護等，見圖 1.1。

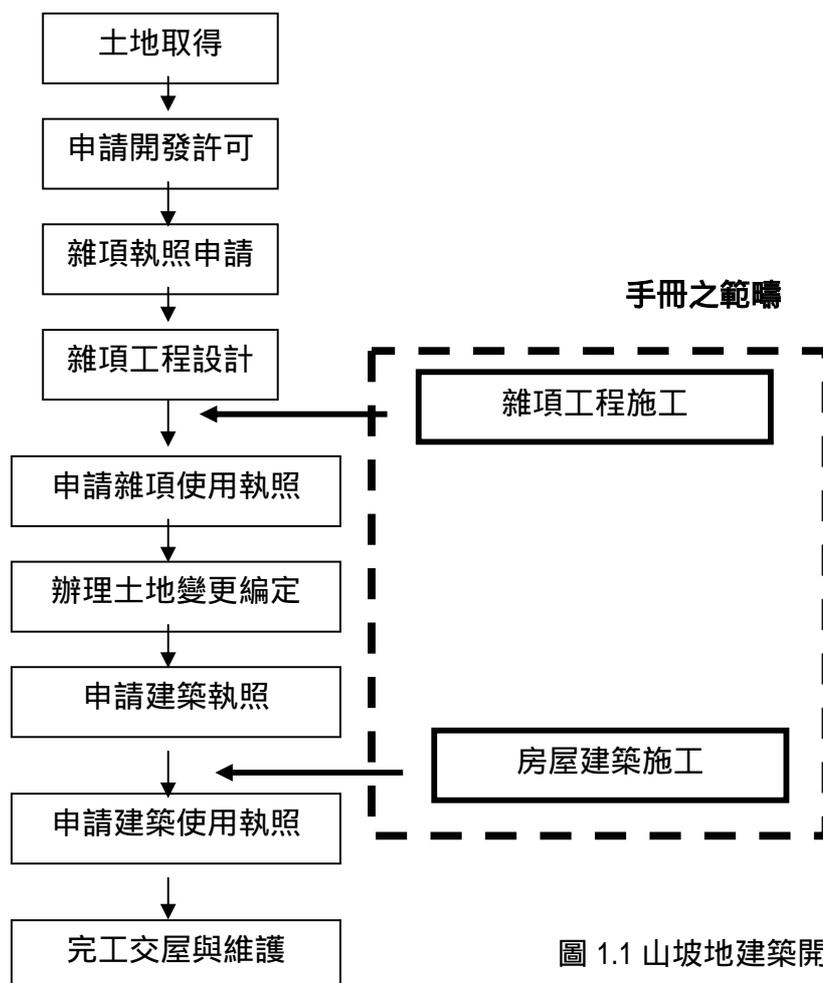


圖 1.1 山坡地建築開發程序

其中山坡地建築開挖主要施工作業內容大略可分成坡地開挖前置作業、整地與回填、排水工程、擋土工程、施工中之防災措施、山坡地監測與建築構造開挖與回填等等，如圖 1.2。說明如下：

1. 調查工作

- A. 地形測量—進行坡地建築開挖施工前應先針對地形與設計圖是否大致相符，及整地週圍之環境作一概要性之勘查，如有疑慮需要再進行補充地形測量。
- B. 地質鑽探—若建築開挖基地之地質情況與設計圖有出入或開挖過程中發現地質變化超過預期時，得視需要再進行補充鑽探工作。
- C. 其他調查—其他諸如開發基地附近之車輛動線和河溝、取棄土壤位置、建築物、廢棄物等之調查處理，這些調查工作應事先完成。

2. 表面清除

山坡地開發整地施工前，應先將開發區內之樹木、雜草及既有之建築物等清除，但清除工作不能漫無章法地一次全部清除，應按開發區及配合開挖整地施工計劃分期分區進行，並應注意天候之影響及梅雨季節之來臨，且配合水土保持工作，尚未進行整地施工部份，於樹木砍除宜暫將樹根保留，以能確保在未整地開挖部份之涵養，避免水土流失，造成下游地區災害。

3. 攔沙壩、沉沙池及地下盲溝之施作

施作攔沙壩及沉沙池等設施，主要作為阻緩雨水之快速宣洩，避免造成沖刷及攔沙功能；若開發面積大河溝狹長，則宜視情況再予加

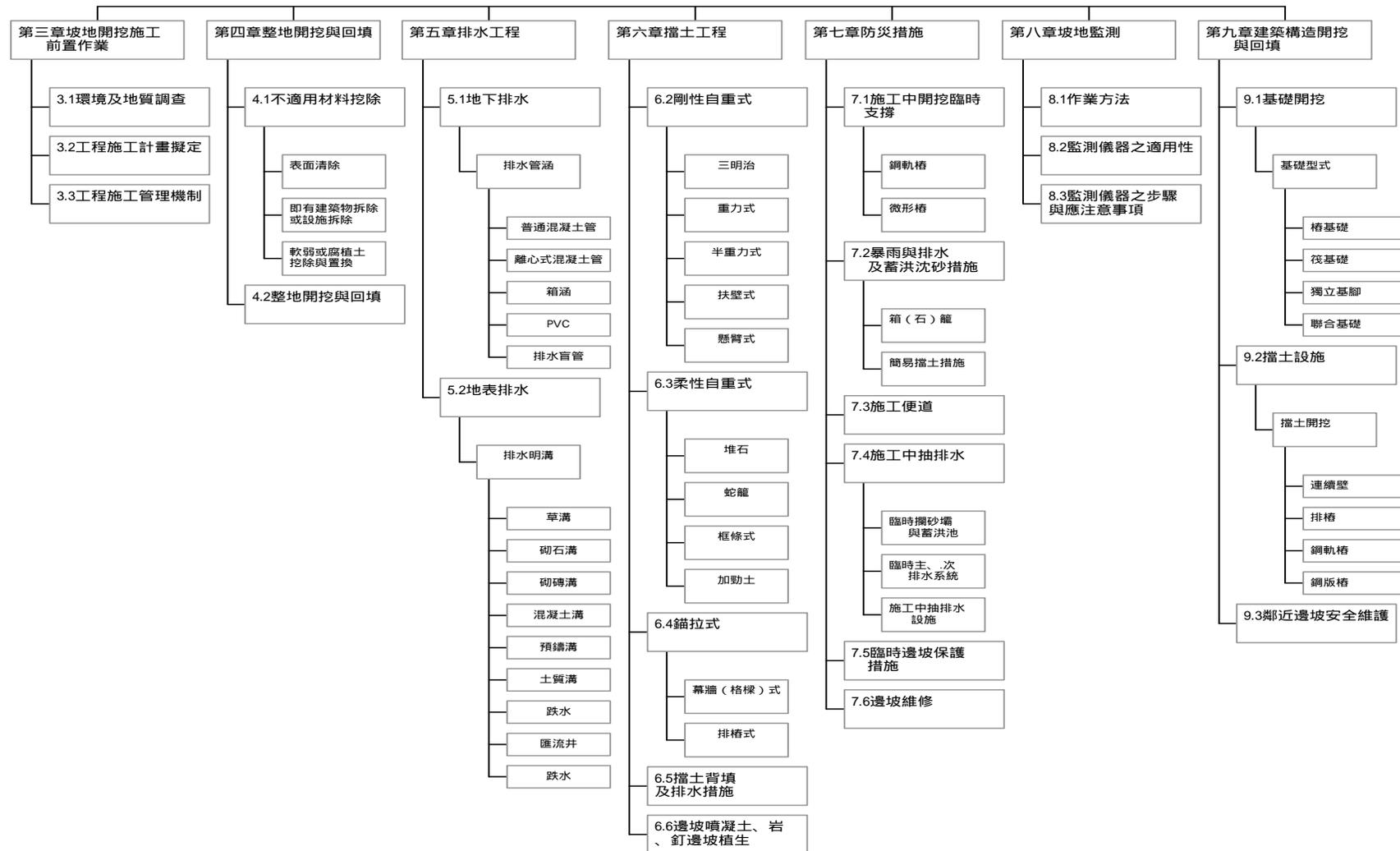


圖 1.2 山坡地開挖施工作業內容

亦需確實。

4. 擋土牆與整地回填夯實

山坡地開發無可避免的是擋土牆之施作，應以順應地形，避免大挖大填之方式，擋土之型式隨地質、開挖或回填情況而有不同施作方式，如在回填區之擋土牆配合整地構築柔性擋土牆等。

5. 地表植生

為防止雨水沖刷影響水土保持，在開挖、回填之完成面及邊坡必須及時進行草種噴植或掛網植生，以避免地表土石流失，影響坡面穩定安全。植生為最經濟有效之覆蓋方法，可防止逕流及雨水之侵蝕，保護坡面表土，不致流失，增加邊坡之穩定，且可美化環境。

6. 構築地表溝

山坡地在基地開挖回填等整地工作完成後，即需施作地表主要逕流溝，以宣洩地表水。開發如果完善地將水的問題處理好，則開發基地穩定安全，不會產生雨水隨處流竄，可說開發已成功了一半。

7. 全區道路建立

完成整地開挖與回填、排水及擋土設施後，即開始建立全區主次要道路系統，唯埋設於道路地下之公共管線系統於道路施作時儘量配合同時施作。

8. 基礎工程

坡地開發整地過程中如有挖有填，需以擋土措施或修坡方式處理，而在基地建築前如前所述需先行鑽探調查，在填方地帶如為高填土，建築物則需考慮沈陷或位移問題而施作基礎工程或其他預防沈陷之基礎措施等。

9. 水土保持措施

在雜項工程階段中重要之水保措施如地下水收集，攔砂蓄洪填及地表逕流溝等設施已完成，但在房屋建築階段亦需針對建築基地檢討其水保措施是否需再加強，及私設道路之排水房屋構築後之排水系統是否完善，擋土牆之背填排水及如何將建築基地地下及地表之排水導入已完成之水保系統內等。

10. 公共設施

在雜項工程階段公共設施如污水處理廠，污水之幹線，自來水管線、電力、電信、瓦斯等管線系統均已埋設完成，但在房屋建築階段則需考量基地建築各項管線措施與已鋪設之公共設施系統連結及未來維護，清理之人孔設置，變換措施等。

11. 房屋建築基礎施工

山坡地開發於雜項施工完成後即進行房屋建築基礎施工，其施作方式與一般建築施工並無太大之差異，以下即為施工期間所應考量之因素及注意項目：

- A. 房屋基礎之施作如基樁、地盤改良措施、擋土牆、整地開挖回填等。
- B. 棄土問題，建築整地開挖多餘之土方運棄，土方棄土場位置，防災措施，運距等之考量。
- C. 施工暴雨來臨，防災措施之準備，避免使下游產生污染，河道堵塞等，必隨時注意維護，清理等。
- D. 施工及材料進出道路，工作場及清洗設備之規劃。
- E. 施工順序及工程進度，品質管控，人員調配材料選用與檢驗儲存，及施工檢驗等。
- F. 安全監測系統建立如回填土之沈陷及擋土牆之穩定，地下水

位之監測等。

G. 施工中或客戶變更設計之處理。

12. 完工坡地維護

竣工後之整地區域，更需要維護管理，諸如：加強邊坡穩定及保護，植生綠化等水土保持設施。並確實維護道路鋪面、路基穩固及安全，於豪雨期間更加強巡查路基穩固，加強巡視排水系統，維持通水斷面，並於豪雨過後清除淤積。坡地維護應查驗擋土設施監測系統是否異常變位及洩水狀況是否良好，提早發現問題，加強防護。其中應加強注意事項如下：

- A. 既有房屋建築階段完成之道路、排水、景觀、房屋建築等之維護。
- B. 安全監測系統之繼續觀測並作記錄。
- C. 公共設施如污水處理廠之運轉操作，受配水池管線及機電系統之維護等。

山坡地建築開挖時，各項工程在施作期間難免會產生些許的關聯，本表的目的是在於使現場施作人員，能事先對於工程相關作業有概略之瞭解，並能於工程施作時能加以注意相關作業，以確保工程施工之安全與品質。見表 1.1。

表 1.1 山坡地開發相關作業關聯表

	整地工程	排水工程	擋土工程	坡地監測	防災措施
整地工程					
排水工程					
擋土工程					
坡地監測					
防災措施					

相關程度 : 高 : 中 : 低

第二章 坡地建築開發作業程序

2.1 山坡地開發之特性

山坡地開發建築與一般平地建築方式不同，其由土地取得後歷經申領開發許可，雜項執照、設計與施工，取得土地變更編定(丙建)核可，以至房屋建築完成，往往約需經過數年甚達十多年才能完成，其間需投入大量之資本，時間、人力、物力等，雖說其在土地取得單價可能較平地便宜，但往後要從無到有，往往需要大量難以估計之土地改良費用，況且坡地開發，其建築區位係位處於坡地，所需加強，預防災害發生之處理措施如擋土牆，水土保持措施，地質較弱破碎改良等方面補強措施等，是與一般平地房屋建築不同之地方，若稍有處理不當或疏忽，即可能為造成人員傷亡，財產損失或無法彌補之重大災害。故山坡地開發在雜項工程及建築工程之規劃、設計及施工階段，每一環節均需仔細計劃、檢討並確實執行，勿將山坡地開發當平地施工，才能避免因某一環節之疏忽而導致大災害之發生。

2.2 文獻回顧

近年來，大規模之山坡地持續開發，為落實山坡地施工安全與完工之維護，相關專家學者發表相當多之文章與書籍，以因應坡地工程的日趨複雜，並進一步提升施工品質與安全。於此分三階段來作為文獻回顧說明：

(一) 規劃設計階段

內政部建研所「山坡地建築規劃設計階段安全防災技術手冊之研

究」，對於坡地建築現況與災害案例、國內外相關規劃設計法令規範與防災制度有深入之檢討，並且對於安全防災之規劃設計規範策略與系統架構做一闡述。另有台灣省土木技師公會【廖瑞堂 1998】「山坡地護坡工程設計」，其中對於常見的坡地災害、水文特性、護坡之種類與設計理念及原則與完整的設計流程有深入的說明。

（二）工程施工階段

內政部建研所「山坡地社區開發邊坡穩定工法技術現況調查與分析」，對於國內常用之邊坡穩定工法與現況做一概述，文中並針對日本及香港之邊坡穩定之工法及規範做相關之探討【潘國樑 1991】「坡地開發與調查」書中對於基地調查、工址調查與監測、整地工程之整地排水、挖填方處理與邊坡穩定等有詳細闡述，文中對於坡地防災與管理體系亦有相關章節說明。另外台灣營建研究院「山坡地開發技術」對山坡地開發法規之探討、施工安全措施、施工之營建管理、預警系統之規劃及評估、監測技術與既有山坡地社區安全評估等，有概略的說明。

（三）完工維護階段

台北市土木技師公會「邊坡維修手冊」介紹維修管理的步驟，以及指導維修邊坡及擋土牆必須採取的措施，並提供有關例行維修檢查的範圍，與建議進行檢查之頻率。進一步界定專業技師維修檢查之範圍，最後針對台灣特殊地質邊坡維修檢查之建議。內政部營建署「坡地社區開發安全監測手冊」對於山坡地安全之防範、問題之查知及危險預警等功能之安全監測系統有詳細之述明，文中並對安全監測系統之規劃、儀器及裝設、觀測及判讀，以及管理維護等皆有詳細述明。內政部建研所「山坡地社區住宅安全檢查、維修管理與監測制度之研究」對山

坡地社區安全檢查、維修管理與定期監測、擋土設施安全檢查與維修管理準則等有詳細之闡述，並整合了山坡地社區住宅安全檢查項目表以供一般民眾或專業人員作為檢測之依據。此外台北縣政府工務局「臺北縣山坡地開發建築管理手冊」亦整合了相關文獻與法令，其涵蓋範疇係從山坡地開發許可、什項執照、建照執照、施工管理及使用管理等層面說明其各階段申請作業流程及書圖文件等相關規定。

本手冊乃針對設計者與施工人員對坡地建築開發之施工須知，彙整了坡地工程施工相關之文獻，諸如雜項工程施工中之整地、排水、擋土牆、防災措施與坡地監測等山坡地開發流程與施工程序，並對其各項目適用情形及優缺點加以描述，最後提供各作業之應注意事項，以作為山坡地開發安全與維護之參考。

2.3 坡地建築開發相關法令

目前國內山坡地建築開發相關法令包含了土地開發規劃方面、建築設計方面、水土保持方面、環境影響評估方面等，相關法令之架構可見圖 2.1。由於本手冊乃定義於已取得雜項執照後之建築開發行為，故不對規劃設計與環境影響評估等方面多加說明，茲將其山坡地建築開發施工相關之法令規範整理如下：

一、山坡地建築方面：

主要由「山坡地開發建築管理辦法」及「建築技術規則建築設計施工篇-第十三章山坡地建築」為管制依據，尚有「公共工程施工綱要規範」、「建築技術規則建築構造篇-第二章基礎構造」等相關規定，作為坡地建築工程相關之土方、排水、擋土工程與基礎施工之參考依據。

「山坡地開發建築管理辦法」之相關章節如第三章雜項執照，述明山坡地開發建築申領雜項執照規定。第四章施工管理，述明施工管理之相關規定、雜項工程發現地形地質與實際工程設計不符之相關規定與雜項工程之安全防護措施相關規定。「公共工程施工綱要規範」之相關章節如第 02231 章 清除與掘除、第 02235 章 表土之保存及回填、第 02255 章 臨時擋土樁設施、第 02256 章 臨時擋土支撐系統、第 02309 章 路幅整修、第 02316 章 構造物開挖、第 02317 章 構造物回填、第 02318 章 渠道開挖、第 02319 章 選擇材料回填、第 02320 章 不適用材料、第 02321 章 整地及路幅開挖、第 02322 章 借土、第 02323 章 棄土、第 02491 章 地錨、第 02610 章 排水管涵、第 02620 章 地下排水、第 02635 章 雨水排水、第 02830 章 擋土牆、第 02920 章 植草 等皆對於施工有相關規定。

二、水土保持方面：

主要由「水土保持法及其施行細則」、「水土保持技術規範」構成土地開發在水土保持方面之管制，另有「特定水土保持區劃定及廢止準則」、「水土保持計畫審核及監督要點」亦輔助管制開發。其中以「水土保持技術規範」對於施工、維護與防災措施有較深入之說明，相關章節如下：第四章 工程施工與維護，第五章 防災措施等。

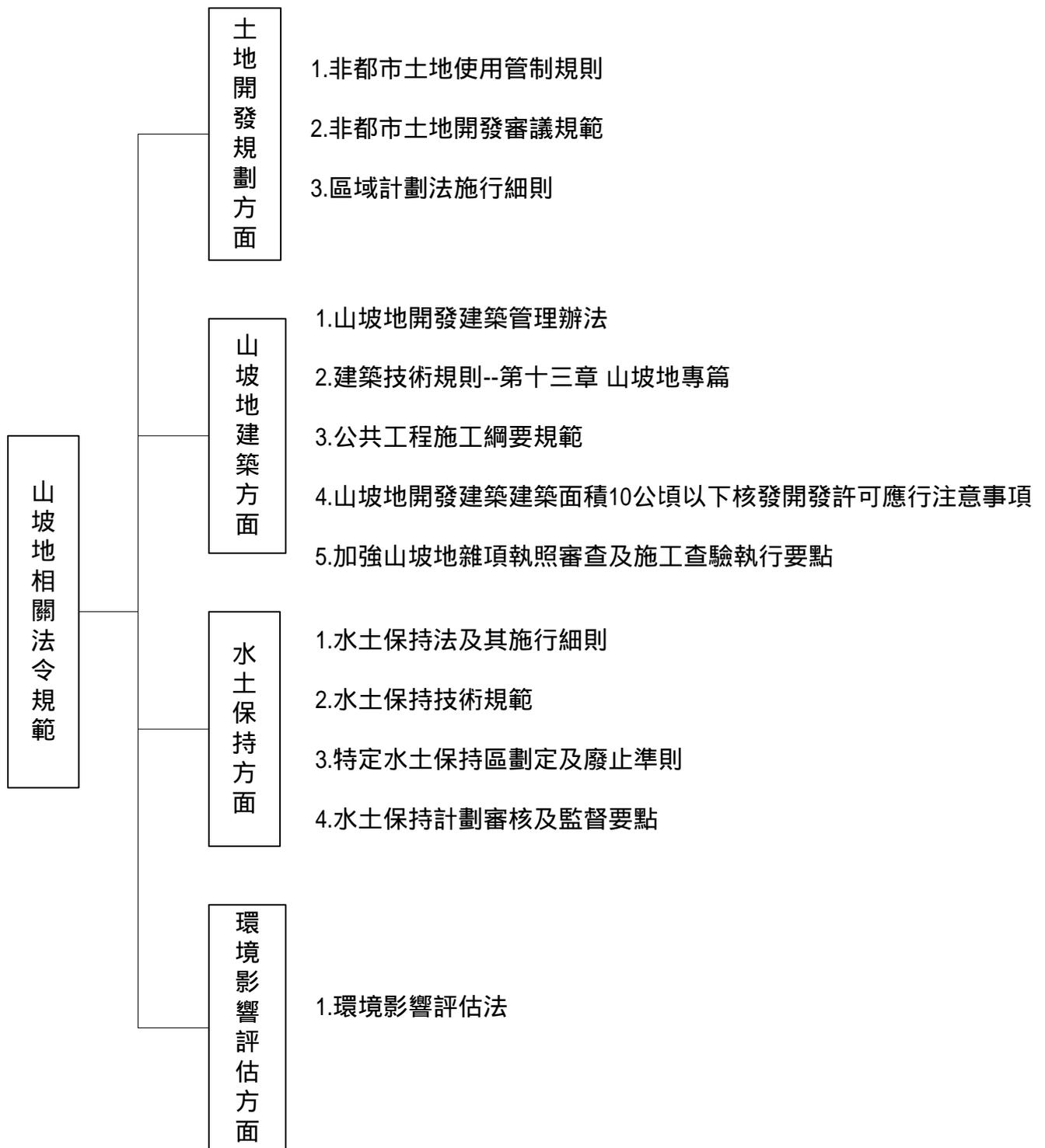


圖 2.1 山坡地建築相關法令規範

2.4 雜項工程規劃設計

山坡地開發是一門綜合技術，需結合大地工程師、土木工程師、結構工程師等人員，所以嚴謹的山坡地開發案須經過開發許可、雜項執照和建造執照三階段的審查通過，才可以完成開發建築計劃。坡地開發之基礎工程即是雜項工程之規劃、設計與施工，而雜項工程之規劃與設計又是主導未來開發安全、成功與否之重要關鍵，其成果之良窳，影響未來建築開發之施工之難易、成品之品質、投入之成本及未來之維護管理等，故其工作首先必須緊密配合整體建築開發理念、平面構想與配置，規劃出幾個整地方案，經過仔細檢討修正，篩選出最佳之規劃方案後，即開始進行細部設計工作。規劃設計工作之內容包括地質調查、整地、道路、水土保持措施、擋土及排水措施、監測系統及公用設備等。雜項工程規劃設計為山坡地開發之初期作業，也是山坡地之重點要項。設計時應以順應原來之地形、地勢及自然環境為原則。

2.5 雜項工程施工與完工後維護

有良好雜項工程之規劃、設計，亦必須要有妥善之工程施工與完工後之維護配合，坡地開發之基礎工程才能達於至善。而雜項工程在施工前，必須依據細部設計圖說及施工規範等文件，作好周全之施工計劃。開挖施工時，應由專業大地工程師於現場配合實際開挖之地質狀況，並且適時提出支撐及基礎建議，才可能在施工時達到安全之目的，因此，雜項工程施工與完工後維護為山坡地開發另一重要階段。

施工中應避免大挖大填，應配合原始地貌與高程，保持原有地形高程及排水地形，順應地形以階梯式或自然坡面整地反應地貌。邊坡

之穩定、回填之夯實。施工中之防災措施為施工中一重要項目，開挖臨時支撐工法應具備有「簡便」且「快速」之特性。適當的排水設施，不僅可將地表水排除，並且可達到穩定坡面防止沖刷的效果。利用適當的排水設施，將地下水予以排除，以防止坡面滑動或擋土之破壞。擋土措施、取棄土等每一項工作，均須確實去執行與完成。

完工後亦須配合建築之開發，作好完善之維護，諸如水溝及攔砂壩、沈砂池之淤泥及雜物清理、邊坡或道路崩塌之處理，完工後應適時維護，以維持邊坡之良好狀況。邊坡常受到自然與人為因素之影響而破壞，、監測系統之持續觀察與維護，並適時適地的規劃各種坡地監測儀器，進而在施工中獲得各項觀測結果，並校核該觀測結果是否有異常行為發生，如有超出原設計之異常行為則需進一步分析及評估是否需做補強或變更設計。擋土措施之裂縫、移位之因應與處理、地表植生、以及公用設備之維護等。

2.6 研究範圍

本手冊之研究範圍乃針對於坡地建築開發階段，依據施工作業探討與坡地建築施工開挖時應注意之事項及檢核表之建立，進而將兩者結合，以建立一坡地開挖施工準則：

1. 收集坡地開挖施工作業流程，及相關施工技術資訊與經驗。
2. 整體性應注意事項。
3. 彙整坡地開挖各階段之作業要因與其關鍵性作業之處置對策及應注意事項。
4. 建立坡地開挖施工之作業要因與管制對策。
5. 結合作業流程與作業要因及對策，建立坡地開挖施工準則。

期望透過本研究所建立之坡地施工準則，可提供相關人員及單位
得以更具體、有效地掌握坡地開發施工過程中所應注意之事項及相關
應變對策，以期提升坡地工程之品質、安全與績效；更且確保坡工程
地長期營運與使用之零災害。

第三章 坡地開發施工前置作業

3.1 環境及地質調查

山坡地建築開挖施工雖然業主於合法取得雜項執照前已初步之地形測量及地質調查，但因業主委任之顧問公司以請照作業為主，無法考量整體施工狀況，且各顧問公司之規劃設計圖品質良莠不齊，如以申請得之雜照書圖辦理施工，圖說及資料尚嫌不足，甚至無法施工，也容易造成施工危險。因為雜項工程完成而進行建築開挖，因為地形及地質調查為工程之前期項目，所以應事先完成。於工程之初期先予以確認，若與之前不相同則更正之，若有不相同處，則應告知業主或其代表，不可強行施工。而為確保施工安全，施工者對開發基地之地形及地質之掌握為首要任務，茲提供以下建議供參考。

(一) 地形測量：坡地之地形高低起伏變化大，且因樹木及雜草叢生，測量高程與實際高程常有誤差，故於規劃設計階段前，即應需進行實地大比例之地形測量，再依測量成果進行規劃設計作業，復於施工前樹木及雜草清除後再予進行基地高程檢測作業，如發現地形圖高程與實際差異過大處應即進行補測作業或即通知設計單位進行配合修正，以免造成施工困難及危險。

(二) 地質調查：施工單位於施工前應深入了解基地地質狀況，如發現現地地質與先前規劃設計之調查報告或施工圖說有差異時，或與先前之地行地貌不同時，應進行補充地質調查或現地試驗，切勿不予重視，以免施工後

埋下日後災害潛因，造成重大災害之情形，尤其大面積坡地範圍內常有斷層經過或不同之地質結構及崩場地等存在，調查更應詳實。

其他如開發基地範圍內及鄰近之水系、地下水位、地下水壓之調查與了解亦可做為施工之掌控或參考。總而言之，對基地之特性掌握度愈高，愈能確保日後施工之安全。

山坡地開發具有相當之工程技術性，尤以台灣現實地質環境更為建築上重要性，山坡地開發工程地質調查之目的，在調查基地山坡地地質之穩定狀況，表 3.1 山坡地開發工程地質調查之內容即包含施工前及施工中所調查之項目，未來地質變數趨勢，以及應採取之防治方法。穩定山坡地平衡狀態方法很多，水土保持即是其中方法的一種，然而地質特性，影響工程規劃與施工。良好之工程施工，主要條件為資料的可靠，收集完善之資料和地質資訊有助於施工之順利，對山坡地充分之了解，山坡地開發工程地質之調查相當複雜，包括：工地地質結構，區域地質演變，土壤與岩石分類特性，因此山坡地開發與大地工程師、地質工程師密切配合，互相瞭解，益顯其重要性。

山坡地開挖施工前置作業在環境及地質調查方面，現地地質與先前規劃設計之調查報告或施工圖說有差異時，應再次確認地形、調查當初所規劃與設計是否與現場有所不同，其中要注意之事項為，地形確認、對圖、高程之確定、檢測地質條件，開挖前先確定環境及工地周圍之相關情況。坡地開挖施工前置作業在環境及地質調查事項：

(1) 山坡地開挖施工前應確認地形。

- (2) 對圖 (現地地形是否與施工圖相同)。
- (3) 山坡地高程之確定。
- (4) 檢測地質。

表 3.1 山坡地開發工程地質調查之內容

調查項目	工作內容
一般資料之蒐集	1. 基地附近範圍內地質文獻蒐集。
	2. 類似專案報告蒐集。
	3. 蒐集人文資料。
地形之測量	1. 坡度調查。
	2. 坡向分析。
	3. 等高線地形圖繪製。
航照之地質調查 (遙測技術)	1. 廣域地形、地質構造、交通系統等。
	2. 地質、水系、植生。
	3. 工址的定點調查。
地質之調查	1. 土層或岩層之種類分析與厚度。
	2. 土層或岩層。
	3. 地質軟硬程度。
地下水調查	1. 水系與地形之關係。
	2. 地下水與地質之關係。
	3. 水量或水位之時間性變化。
鑽探之調查	1. 深度、土壤組織、強度。
	2. 岩石強度、土壤稠度。
試驗室 土壤與岩石之試驗	1. 標準貫入試驗(SPT)。
	2. 直剪試驗。
	3. 三軸試驗。
	4. 單軸抗壓試驗。

3.1.1 環境調查

坡地環境調查之原則以瞭解計劃範圍內及鄰近地區可能影響計劃區之重要氣象、水文、地質或其他相關問題。坡地環境調查之方法與一般工程地質調查之手段相同，工址調查常用的方法與功能如下：

1. 基本資料收集

(1) 氣象資料

雨量、颱風路徑統計、風向及地震活動等記錄。

(2) 相關地質文獻

參照各級政府機構出版之地質評估資料，如經濟部中央地質調查所出版的區域地質圖幅及「台灣坡地社區工程地質調查與探勘報告」，工研院能資所出版的「台灣都會區環境地質資料庫」均能提供坡地開發利用的基本地質評估資料。此外各級政府機構所主辦的重大工程地質調查報告亦可借閱參考。上述報告通常至少提供區域地質、坡度分析及潛在崩塌等開發利用評估之基本工程地質資料。

2. 航照判釋

航照能提供迅速而廣域的面狀判釋，尤其對崩場地範圍或線形地質構造的辨識提供最佳工具，此外比較不同時期的航空照片，可確認崩場地的活動性及滑動方向與崩塌範圍之變化。

3. 野外地質調查

調查工址內之地層岩性、地質構造與不連續面位態、間距、延續性及其性質外，對各崩場地之範圍，植生或地表沖刷之狀況，工址內排水與積水（天然調節池）之現況，老舊崩場地活動情形之現地查訪均為野外調查之重點。

4. 地形測量

配合作業階段的適當比例尺之地形測量，可提供工址內的地形地物資料，為穩定分析之基本資料並可比對早期的地形資料。可研判崩場地活動的情形。此外地形坡度的差異也常為地質變化的指標。

5. 地球物理探測

常用之地球物理探測有震波探測及電阻探測，折射震波探測可藉由速度剖面瞭解低速帶的分佈及範圍、土岩之界面及開挖工法數量之評估。電阻探測則常用以調查地下水之分佈。

6. 地質鑽探

可瞭解工址內的地下地質，對於土岩界面之判定，岩性及位態及可能滑動位置之確認，地質及滑動面的地質材料取樣以配合辦理室內試驗，地下水位、水壓變化及受壓含水層之探查均可藉由確實的鑽探工作得知。

7. 現地試驗及室內試驗

配合鑽探取樣可辦理現場試驗如標準貫入試驗，水壓計或水位觀測井之安裝。以概略瞭解土層之力學特性及地下水文特性。此外如地形條件許可，現地直接剪力試驗亦可瞭解地質材料或滑動面物質之抗剪特

性，此外邊坡監測系統如傾斜儀之設置亦常為之。室內試驗多用以瞭解地質材料之物理性及工程特性。

3.2 工程施工計劃之擬定

山坡地建築專案在進行整體開挖施工前，需有周詳之施工計劃，以能控制整體施工之流程。其計畫主要為整體工程施工方法及施工程式之詳述，列出所需人員、機料及品質管制之方法，輔助以時程網圖控制，以確保工程施工能使妥善的計畫執行各項作業。其中工程施工計劃包含地下水、地表水、整地、土方，及臨時排水。

計畫內容包含如下，提供參考：

1. 施工作業計畫：

工作組織及人力需求（包含人、機、料）施工機具之使用設備、動力之充分、水源及用地：主要工程材料、料源（借土場）。於施工前進行施工作業計畫，使工程進行順利及預先防範突發事件之情況。

2. 工程預定進度之排定：

施工計畫在山坡地開發整地階段，應特別注意工期進度與氣象因素之配合。在雨季及颱風期間，應避免開挖工程之進行，且應有完善之防災措施。工程預定進度之排定主要事先加強工程進度之管理，及確保工程成本及品質，應考慮天候之因素及進度排定之合理性，避免預定進度與實際工程產生落差。

3. 施工程序及施工方法：

如開挖整地應由上而下，避免崩坍分區整地，避免全面性開挖，減少土壤流失，及注意臨時排水、施工便道、土方...等。施工程序之考量主要注意安全之因素，而其中盡量使用較安全之方法。

4. 施工場所安全防範：

預防施工對從事人員及事物災害之發生，避免工程因意外而延誤。施工場所之安全防範，如此可以增加工程之進度，亦可避免不必要之工程金費。

5. 公共設施及鄰房之保護：

對整地範圍鄰近之公共設施，如電塔及房舍需有妥善之安全措施。公共設施若處理的妥當，則可以增加工程之進度，而鄰房之保護，可減少不必要之困擾。

6. 緊急防災計畫：

緊急防災計畫安全措施，將可降低施工期間因意外造成之損失及可能之危害，如此可確保並維護人員之安全。緊急防災計畫應於事先安排完成，並於適當時間演練。

7. 工程保險範疇確立：

為預防工程災害損及業者利益、施工人員及事物，且與公共安全有關，應有保險制度，以確保工程順利進行。完善之施工計畫執行下，有關山坡地開發施工諸行為，將可得到更安全的防護網。

3.3 工程施工管理組織架構

山坡地為有效執行工程監造、應擬訂健全組織架構，設立監造工程處及工務所、並選擇具有豐富學經歷及山坡地施工經驗之專長工程師參與。加強營建管理，提高工程品質，工程管理組織架構包含工程之運作及管理方面等。

山坡地各方面專業的人才對於山坡地開發是很重要的，包括整地工程、大地工程、水利工程、土木結構工程、地質、水土保持、監測系統、景觀等方面。

一般山坡地工程施工管理組織及負責項目包含：

- 1、 建築工程：社區建築。
- 2、 結構工程：山坡地檔土牆及整體安全之考量。
- 3、 土方工程：負責整地、挖方與填方及監測等。
- 4、 排水工程：包含地下排水及地表排水。
- 5、 景觀工程：山坡地及社區整體景觀。

第四章 整地開挖與回填

4.1 不適用材料挖除

開發基地內所有圍籬、樹幹、農作物、樹根、亂草、垃圾、碎片，以及一切廢物損料及有機物等，經工程師認為該清除者，必須負責運離工地廢棄，惟若不妨礙房屋興建或道路之樹木，應給予保留，並應妥加保護。為避免填土施工後形成原地形與新填土間弱面之產生，造成弱面化動，整地施工前應將表土、樹木雜草事先清除運棄，並做好水土保持。

山坡地不適用材料挖除應注意(1)山坡地開發之順序(開發面積過大時採分區分段實施)。(2)山坡地開發時挖除不適用材料應注意水土保持，避免災害之發生。(3)還未開發之山坡地區域應保留其樹木，不得任意砍伐(若考量施工之便利性必保留其樹根)。(4)山坡地不適用材料挖除之深度，應遵照工程師或地質師(專業技師)之指示。(5)山坡地開發時挖除不適用材料應注意挖除方向。

山坡地開發之基地，無論應挖或應填，表面浮爛泥土及雜物均應挖除，其深度應遵照工程師或地質師(專業技師)之指示。

4.2 整地開挖與回填

山坡地整地期間之開挖與回填，應避免大挖或大填，儘可能地配合原始地貌與高程，保持原有地形高程及排水地形，順應地形以階梯式或自然坡面整地反應地貌。控制單點挖填深度及單位面積挖填土方量，開發基地

整體挖填土方平衡以確保山坡地開發期間之安全，圖 4.1 為進行整地回填之圖片。



圖 4.1 整地回填

整地開挖與回填應注意事項：

- (1) 開挖之範圍應予確認。
- (2) 開挖以自然坡度之露天開挖為原則，保留其原有地貌。
- (3) 山坡地開挖與回填應注意開挖順序及方向。
- (4) 山坡地回填之高度應遵照工程師之指示（考量排水設施）。
- (5) 山坡地回填後壓實應達一定標準。
- (6) 山坡地土壤含水量增加時，可能產生強度降低及濕陷之問題。
- (7) 開挖與回填時應注意地表水及地下水之情形。

4.2.1 開挖或回填邊坡穩定

邊坡地處理係利用工程與植生方法，將邊坡地加以整治使之達到安全穩定之目的。再根據地形、地質及土壤之特性，進行穩定之分析，並採取適當之保護措施。山坡地開挖或回填邊坡穩定方面開挖時若無法避開，則可考量將不穩定的部份全部或部份挖除。保持邊坡穩定主要是使減輕崩塌發生之可能，排水工程處理的好是邊坡穩定最常用的方法。另一重要方法是使用擋土牆結構，這是次於排水的最常用之方法。見效最快，但常與坡形改變與排水等工程共同配合。開挖與回填時亦須加入監測設施，確保施工時之安全。

路基及邊坡之穩定在使路基、路肩、邊坡、擋土牆及其他保護路基設施，經常能保持穩定安全及完整。邊坡如遭受豪雨、地震或其他原因，發生開裂、滑落、沉陷、坍方或坡腳淘空，導致影響邊坡安全，應立即採取適當緊急措施，其注意事項如下：

1. 坡地如有沉陷，起伏不平或被雨水沖刷，形成坑槽，應隨時用適當材料填補夯實至原有地貌。
2. 山坡地缺口，如填土困難，應修築擋土牆，上邊坡易坍落之處，應以護坡穩定法保護之。
3. 路基彎道處，其超高及加寬，如不符合規定標準，應予修正。
4. 路基縱坡，如有起伏不平，應予整修使縱坡適宜。
5. 坍方堵塞邊溝，易造成溢流沖刷，須隨坍隨清，保持邊溝暢通。
6. 連接道路兩側之便道或其他道路，應在本路之路肩外側相連接不得影響本路設施，以免路肩形成凹凸不平現象，影響交通。

7. 應注意防止路基被他人侵佔，如有被侵佔時應予清丈收回。
8. 山區道路上下線在同一邊坡上，其排水系統必須維持完整。

常見的擋土措施有護坡、格牆、蛇籠、擋土牆、加勁擋土結構、結構框等，詳見於本手冊第六章。

4.2.2 整地回填滾壓與夯實

山坡地回填滾壓與夯實，有其一定之標準，依施工規範或圖樣完成。若現場情形，則經工程師認為填高之處，並以核子密度儀（圖 4.2 核子密度儀）加以確認以下分回填和滾壓與夯實兩部份。

（一）回填：

填方土質（良質土）不得含有最大粒徑 15 cm 以上之岩石或土塊，且粒徑在 60 cm 以上之岩石或土塊，其含量亦不得超過 15% 以上。填料必須分層填實，每層鬆土厚度不得超過 15 cm，碎石、砂、卵石及級配沙石厚度為 30 cm 初步整平後，用水均勻澆灌經 8 小時後，以震動式夯實機往覆夯實，至 90% 密度。（AASHTO T180 之標準）

滾壓與夯實：

填土應該在最佳含水量時滾壓，如填土材料所含水份與最佳含水量不等時，應採用下列措施：

- （1）土質過濕，應在取土處設法排除積水，或等蒸發曬乾後取用。
- （2）如土質太乾，應灑水使其濕潤，至最佳含水量。
- （3）每日填土宜當日滾壓堅實，若因天雨，致未經滾壓之填土因過份潮濕變成爛泥者應除去重填。
- （4）填土時含水量過多時應進行翻晒，再予滾壓確認是否通過標準。

(二) 壓實度：

(1) 結構部份之回填土，須壓實至 90% 以上之乾密度。

(2) 道路鋪層其填粒料之壓實須達 95% 以上乾密度。

(3) 建築物及鋪面之基層部份之填土。

a、黏性土壤壓實度須 90% 以上。

b、道路鋪層部份壓實度須 95% 以上。

無黏性土壤之回填壓實依美國材料試驗學會 ASTM D2049 規定最小相對夯密度須 70% 以上。



圖 4.2 核子密度儀

4.2.3 邊坡保護與植生

邊坡防護工程(以下簡稱護坡)係為防護坡面之風化、沖蝕等，包括乾砌或漿砌卵石、片石、塊石或琢製石塊護坡、堆石護坡、堆石填漿護坡、袋裝混凝土護坡、串混凝土塊護坡、混凝土護坡、噴凝土護坡及蛇籠護坡等。護坡應依設計圖所示之位置、式樣、尺寸、線向及高程，或依工程師之指示施工。

路基邊坡因坍塌或其他原因而致表土裸露，其坡面應盡量設法保護或覆蓋，植生為最經濟有效之覆蓋方法，可防止逕流及雨水之侵蝕，保護坡面表土，不致流失，增加邊坡之穩定，且可美化環境。山坡地基地開發過程當中會短期或長期地影響到植物之生長。例如在開發中，開挖會切斷部份根系，地下水不斷滲流或抽汲地下水會降低地下水面，改變地形增加侵蝕，開發完成後影響更為深遠。植生前期作業係指邊坡播種或栽植植物前所作之坡面基礎安定設施及其相關作業，俾造成適合植物生長、繁殖與演替之立地環境。其目的有下列幾項：

1. 利用簡易設施，穩定坡面，改變坡度，安定風化土層減低沖蝕。
2. 改善硬質土或無土壤岩石地等不良生育基盤，或排除不利植物生育之土層，造成有利植物生長。
3. 緩和及防止風害、土壤凍結等影響植物生長之應力環境。

目前的山坡地邊坡保護與植生有下列幾種：植草苗法(圖 4.3)、植生帶法、噴植法(圖 4.4)、挖穴施肥鋪網客土噴植法、掛立體網噴基材工法(圖 4.5)、打樁編柵法等。



圖 4.3 植草苗法



圖 4.4 坡面覆蓋噴植情形



圖 4.5 掛立體網噴基材工法施作情形

植生施工時期應了解，立地條件及土壤硬度選擇適當植生方法，以春秋為宜。植生完成後填土坡原地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。施工中如發現設計深度之基礎土質鬆軟應即追加深度或補強之，並且填方應分層確實夯實。植生調查時須特別注意樹木枯萎，樹幹裂開或彎曲、傾倒等異常現象。當開挖裸露之岩層面若極易風化，應儘速處理。如考慮生態綠花草花之美化效果，可酌量增加植物種子之種類及數量。完工後應適時維護，以維持邊坡之良好狀況。邊坡常受到自然與人為因素之影響而遭受破壞，破壞發生之原因大致上可歸納為驅動力之增加及抵抗力之減少兩種原因。邊坡穩定綠化宜因地制宜，採用工程、植生方法或二者相互配合方式處理，一般依現場之需要，在坡腳以工程方法穩固之，並配合縱橫向排水溝排水，再實施坡面植生綠化，並需有妥善的管

理維護。一般邊坡穩定綠化的施工方法依現場所需，可略分為以下數種。

表 4.1 邊坡穩定綠化的施工方法

工法種類	工法種類	分類
植生方法	噴植法	1. 直接噴植 2. 鋪網噴植 3. 挖穴鋪網噴植
	植生帶法	1. 稻草植生帶法 2. 棉織植生帶法 3. 纖維植生帶法
	植草苗法	1. 等高現值草苗法 2. 育苗袋育苗穴植法
工程方法	打樁編柵法	1. 萌芽樁法 2. 不萌芽樁法
	固定框法	1. 預鑄式水泥框法 2. 塑膠預鑄框法 3. 鐵製框法 4. 自由樑框法

而「完善的基礎工程」、「適當的植生方法」及「妥善的管理維護」，為邊坡穩定之三項重要工作，而基礎工程之良窳為影響坡面穩定綠化成敗之主因。

4.2.3.1 植生工法之優點

表 4.2 植生工法之優點

工法種類	優點
植生方法	1. 施工方便，節省經費及時間。 2. 適於復原為自然性、多樣性的植物群落。 3. 適於廣大面積之快速綠化與美化。 4. 改善不良生育環境，促使形成表層土壤。 5. 植生種子之獲得、貯藏與運搬容易。
工程方法	1. 短期間覆蓋地面，對表層土壤之保育極為有效。 2. 可利用各式框桁進行排水與阻滯逕流，減少坡面土壤沖刷流失。 3. 可促進植物生長，加速邊坡穩定與綠化。

4.2.3.2 施工作業流程

坡面穩定的方法宜因地制宜，其分類也因使用的材料而有所不同。一般而言，植生方法均較為單純且簡單，因此在此我們僅舉「預鑄式水泥框法」作詳細敘述。

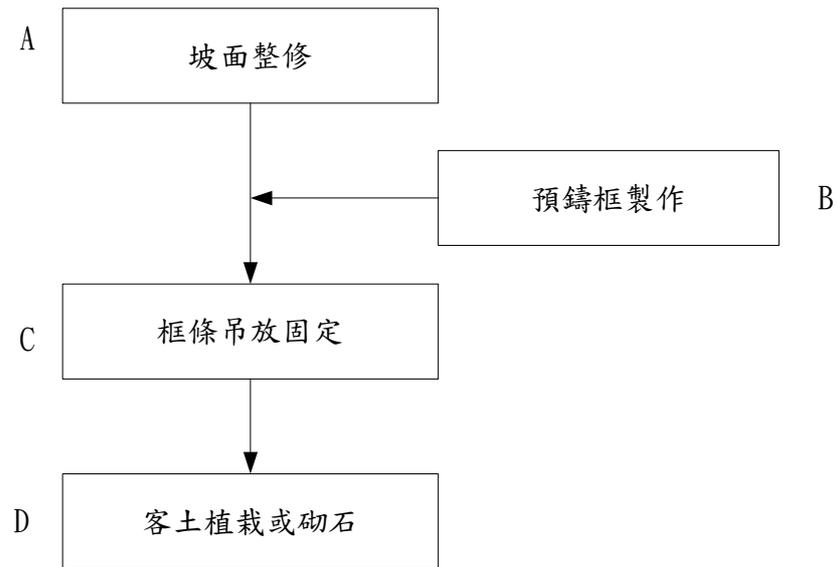


圖 4.6 預鑄式水泥框工法作業流程

4.2.3.3 關鍵作業分析與應注意事項

表 4.3 預鑄式水泥框工法關鍵作業與應注意事項

工作步驟	應注意事項	施作基準
坡面整修	1. 修整坡面之坡度	修整之坡度需緩於 1:0.8
	2. 修整之坡面平整度	修整之坡面需平順，使框條與坡面接合
預鑄框製作	1. 預鑄框之尺寸	依規範規定
	2. 預鑄框型式之確定	依規範規定
框條吊放固定	1. 基盤間隔	依規範規定
	2. 錨件與坡面之方向	錨件應以與坡面垂直
客土植栽與砌石	1. 回填客土之夯實整平	回填客土應充分固定、夯實整平，其程度依規範規定
	2. 客土材料	客土材料以砂質壤土、堆肥及台肥五號復合材料
	3. 植草之草種	植草應以當地最適當草種 2~3 種混和種植為原則

4.2.3.4 預鑄式水泥框工法可能問題與可行對策

表 4.4 預鑄式水泥框工法可能問題與可行對策

工作步驟	可能問題	可行對策
坡面整修	坡度過陡（坡度大於 1:1）	1. 角度差距不大時，再次修整。 2. 角度差距大時，重新評估工法之適用性。
	坡面不平整，凹凸過大	重新評估工法之適用性。
預鑄框製作	尺寸大小不合	事先確定尺寸
	型式無法確定	至現場確定
框條吊放固定	間距不當	確實放樣與量測
	錨件與坡面不垂直	確實放樣與量測
客土植栽與砌石	夯實不足	加強夯實
	材料沒達到標準	予以更換
	草種選擇錯誤	確實調查

4.2.3.5 施工作業流程與應注意事項之結合

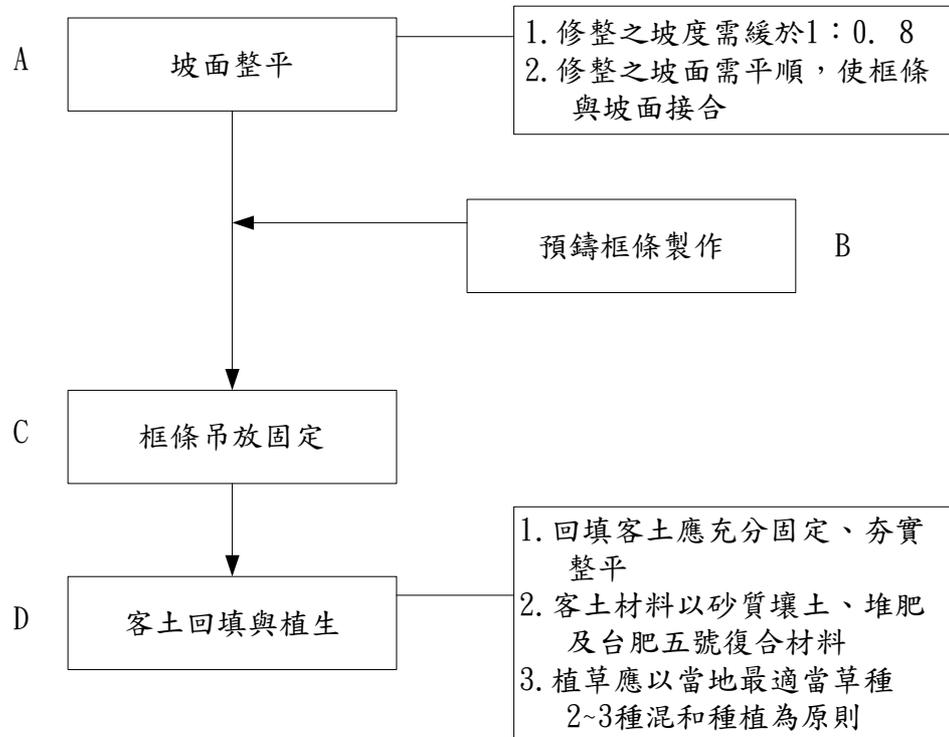


圖 4.7 預鑄式水泥框作業流程與應注意事項之結合

第五章 排水工程

近年來，由於可資利用之平地，隨著經濟的日益發展而日漸減少，山坡地之開發利用乃勢之所趨，而排水系統關係者坡地開發之成敗。不過由於台灣本島地勢陡峻且地質特殊，加以雨量充沛且集中，每當颱風季節常因充沛雨量無法即時排除，對於一些未妥善處理之山坡地建築常造成重大災害，追究其主要肇因，除了對地質不夠了解外，就是對於水沒有作妥善處理。適時將地表水排除，以防止經由滲透作用，造成土壤中或岩盤層縫中之孔隙水壓增加，而造成坡面之崩塌或滑動。避免因地表水之大量滑動，對裸露地表面產生沖蝕，因其不僅造成土壤沖蝕和土地敗壞，甚至會導致下坡面之災害。適當的排水設施，不僅可將地表水排除，亦可達到穩定坡面防止沖刷的效果。且可將地下充沛的孔隙水予以排除，以防止坡面滑動或構造體之崩塌。

如果排水的處理不當，終將影響到侵蝕的加劇、邊坡的不穩定、及不平等沉陷。故排水是坡地開發中非常重要的工作，排水處理的好，坡地安全性可以提高很多。排水工程之目的在攔截地表或地下水，並加以誘導排除，避免邊坡因水的影響（如孔隙水壓升高、抗剪強度降低、含水量增加）而破壞，故排水工程應依據地形、地下水或岩盤面分佈狀況之調查後，再選擇最有效而經濟之方法。使眾多坡地原地形之自然水路或湖泊，均有長遠調節排水之功能，勿輕易改變或廢棄，在開發後之排水容量均應遠較原自然地貌為大，否則水路之阻塞常迅速造成邊坡之崩塌。如上可見排水是坡地開發中非常重要的工作，排水若處理妥當，坡地開發可以說已成功一

半，相對地坡地安全性可以提高很多。下面將針對地表排水及地下排水予以敘述說明。

5.1 地下排水

坡地開發整地時在填方部份常因原地下水及表面滲水，易造成新舊地層軟弱坍塌，或因滲水造成岩盤潛在滑動之虞。故在填方區宜事先做地下水收集排除工作，其施作方式說明如下。

1. 施工前於原山谷地形處理設魚骨狀之地下盲管主線，藉以能收集原排水路逕流及高地下水位之滲水，於下游處排入幹渠或沉沙池中。
2. 再於填土區分層埋設盲管支線，藉以收集地下水及表面滲透水，且於區內設有豎井做為施工中臨時排水及清理之用。【余壬癸 1998】

地下水排除工程有暗渠、排水孔、集水井(圖 5.1)、地下截水工程等。通常依據地下水調查狀況，配置集水井。地下截水工程常利用版樁或灌漿，將淺層地下水加以攔截，再利用暗渠將其誘導至地表排除之。山坡地地下排水有多項工法(排水管涵：排水盲管、透水管、RC 管、PE、HDPE 或 PVC 管、箱涵)(圖 5.2、5.3、5.4、5.5)，地下排水放置地點應予考量縱向與橫向盲溝所設置之方向與順序，地下排水以自然坡度為原則，保留其原有地貌，同時並考慮截水器或集排水管設置之位置。



圖 5.1 集水井



圖 5.2 地下排水盲管



圖 5.3 排水盲溝施作前清理情形



圖 5.4 排水盲溝施工情形



圖 5.5 地下盲溝施工情形

本手冊以較常用之工法（涵管）予以說明，並探討其施工流程及注意事項。

5.1.1 概述

涵管為山坡地地下排水佈設方式之一，其可分為普通混凝土管、離心式混凝土管、及箱涵。施工方式為先將溝槽開挖至設計圖或施工規範所規定之寬度、深度及坡度。將不穩定或不適用之材料或岩石層挖除，墊層材料鋪築於涵管兩側，溝槽及築妥之基礎經工程師認可後，始可安裝涵管。於安裝前，涵管兩端應清理乾淨，安裝時避免在基礎上做不必要之操作，各管應相互接合及配置妥當，具有平順及均勻仰拱之涵管。涵管安裝妥善後，應立即以設計圖或施工規範所規定之材料回填至設計高程。溝槽經回填後應於任何荷重通過管頂以前徹底壓實之。所需之覆蓋層，應足以承受

在管頂上操作或通過之機具設計之最大荷重。

5.1.2 工法之適用性

一般涵管可分為普通混凝土管、離心式混凝土管及箱涵。其各用途與功能如下：

1. 普通混凝土管：一般規格為長 60CM，管徑 20~120CM，以鋼筋混凝土鑄成。適用農地排水系統，道路最大負荷重限制為 H-10。
2. 離心式混凝土管：一般規格管徑 20~120CM，有效管長為 2.5M，鋼筋混凝土製品，以離心力法製造。適用於各種排水系統，道路最大負荷重限制為 H-20。
3. 箱 涵：鋼筋混凝土構造，一般為正方形或長方形，大小為 1M×1M~3M×3M，每 50CM 為一級，適用於各種排水系統，道路最大負荷重限制為 HS-20，箱涵頂填土高自 0~7M。

工法之優點：

地下排水之目的在於將坡面地表下之多餘孔隙水排除，避免地表水過多造成沖刷而產生災害，或是將地下水位予以降低，以及遮斷來自鄰近或岩層中流動或滲透過來之水，而予以排除。地下水之排除不僅可保護路基，受益更大的是對擋土牆、邊坡之破壞與滑動之阻止。涵管施工之優點：

1. 降低地下水位
2. 保護路基及擋土牆，防止破壞與滑動
3. 穩定邊坡
4. 引導水流防止災害
5. 可引導大量之水流。

5.1.3 施工作業流程

地下排水工程有暗渠、排水孔、集水井、地下截水工程等，但一般有三種型式（普通混凝土管、離心式混凝土管及箱涵），地下排水施工作業流程如下：(圖 5.2)

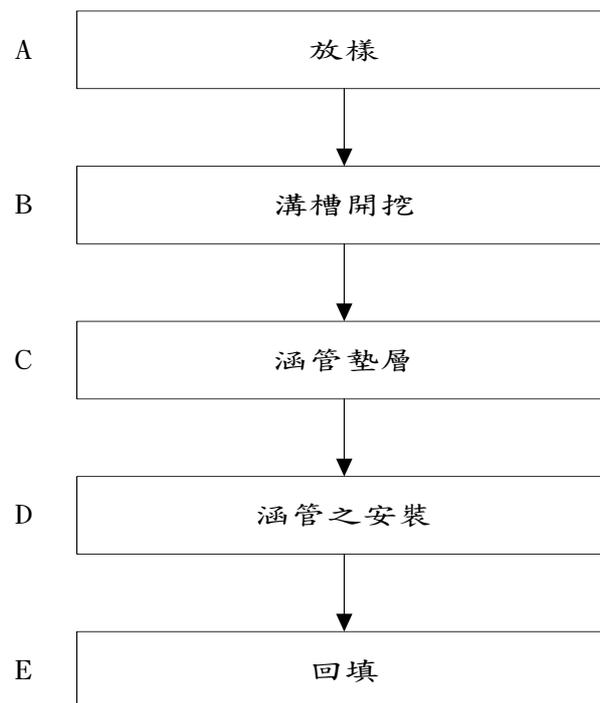


圖 5.6 地下排水施工順序

5.1.4 關鍵性作業與應注意事項

表 5.1 涵管關鍵性作業與應注意事項

工作步驟	關鍵性作業	應注意事項	施作基準
1. 放樣	1.放樣點 2.儀器之架設	1.放樣精度	依設計圖或施工規範
		2.控制點測設	依設計圖或施工規範
		3.溝槽開挖點位測設	依設計圖或施工規範
2. 溝槽開挖	1. 溝槽開挖之時機	1. 溝槽寬度	參照 CNS 483A1001 之規定依設計圖或施工規範
		2. 溝槽深度	依設計圖或施工規範
		3. 溝槽坡度	依設計圖或施工規範
		4. 不穩定或不適用材料挖除	使用良質土置換軟弱或腐敗物
		5. 確時夯實，確保基礎不致沈陷	依施工規範
3. 涵管墊層	1. 涵管墊層之材料	1. 墊層平整	使水流正常
		2. 不透水材料鋪設	不透水材料
		3. 涵管與道路邊溝連接之靜水池	連接靜水池宜留適當之缺口
		4. 涵管入口處	入口宜設攔污柵

表 5.1 涵管關鍵性作業與應注意事項 (續)

工作步驟	關鍵性作業	應注意事項	施作基準
4. 涵管之安裝		4. 靜水池	以預鑄混凝土版鑄成
		5. 離心式混凝土管 接頭	按需要裝置接頭，使其密封不漏水
		6. 涵管接頭	參照 AASHTOM 198 之規定應以 1:3 水泥沙漿填縫或參照施工規範規定
		7. 涵管底座應確實 整平	土質較差地區應鋪混凝土加強
5. 回填	1. 回填方式 2. 回填標準	1. 回填土之顆粒性及材料	參照公共工程施工綱要規範 02635 章，不含大塊石，兩側平均回填或參照施工規範規定
		2. 回填之高度	參照公共工程施工綱要規範 02635 章，分層夯實回填或參照施工規範規定
		3. 覆蓋層應足夠承受 受機具荷重	參照公共工程施工綱要規範 02635 章，管頂應加築至少 30CM 厚
		4 是否徹底夯實	每層逐一壓實
		5. 涵管兩端，防止滲 水。	涵管兩端各以 1 公尺不透水材料 (混凝土) 回填

5.1.5 施工作業可能問題與可行對策

表 5.2 涵管施工作業可能問題與可行對策

工作步驟	可能問題	可行對策
1. 放樣	控制點偏誤	以多個控制點互相重覆查核
	埋設點位偏誤	再行檢測
	開挖偏離	校正
2. 溝槽開挖	溝槽寬度不足	依施工規範
	深度過淺或過深	依施工規範、埋設管不同而有差異
	坡度不足	依施工規範、應大於 0.3%，小於 26% 為原則
	挖除不足	回填料合格
	夯實不確實	繼續夯實
3. 涵管墊層	涵管墊層不平	整平
	鋪設不均勻	材料鋪設均勻
4. 涵管之安裝	造成不均勻沈陷	檢驗回填料是否合格
	沒有預留孔	宜留適當之缺口
	產生污泥	設攔汙柵
	離心式混凝土管接頭採用不當	膠圈接頭、平口接頭或大頭型承插式膠圈接頭
4. 涵管之安裝	涵管出口設施	應設消能設施或銜接排水溝
	溝槽底部不平	整平
	接頭處不密實	以 1：3 水泥沙漿填縫
	涵管兩側寬度不夠	挖至混凝土管兩側各加 30CM 之寬度(建築技術規則 3.4.2 回填)
5. 回填	回填材料不良	不含大塊石之裸粒性材料(置換)
	回填量不足	回填量補足，每層 10CM 鋪放並壓實(參 AASHTO T180)
	無法承受機具荷重	回填材料壓實至設計標準
	壓實不足	每層逐一壓實(參建築技術 3.4.3 壓實)

5.1.6 施工作業流程與應注意事項結合

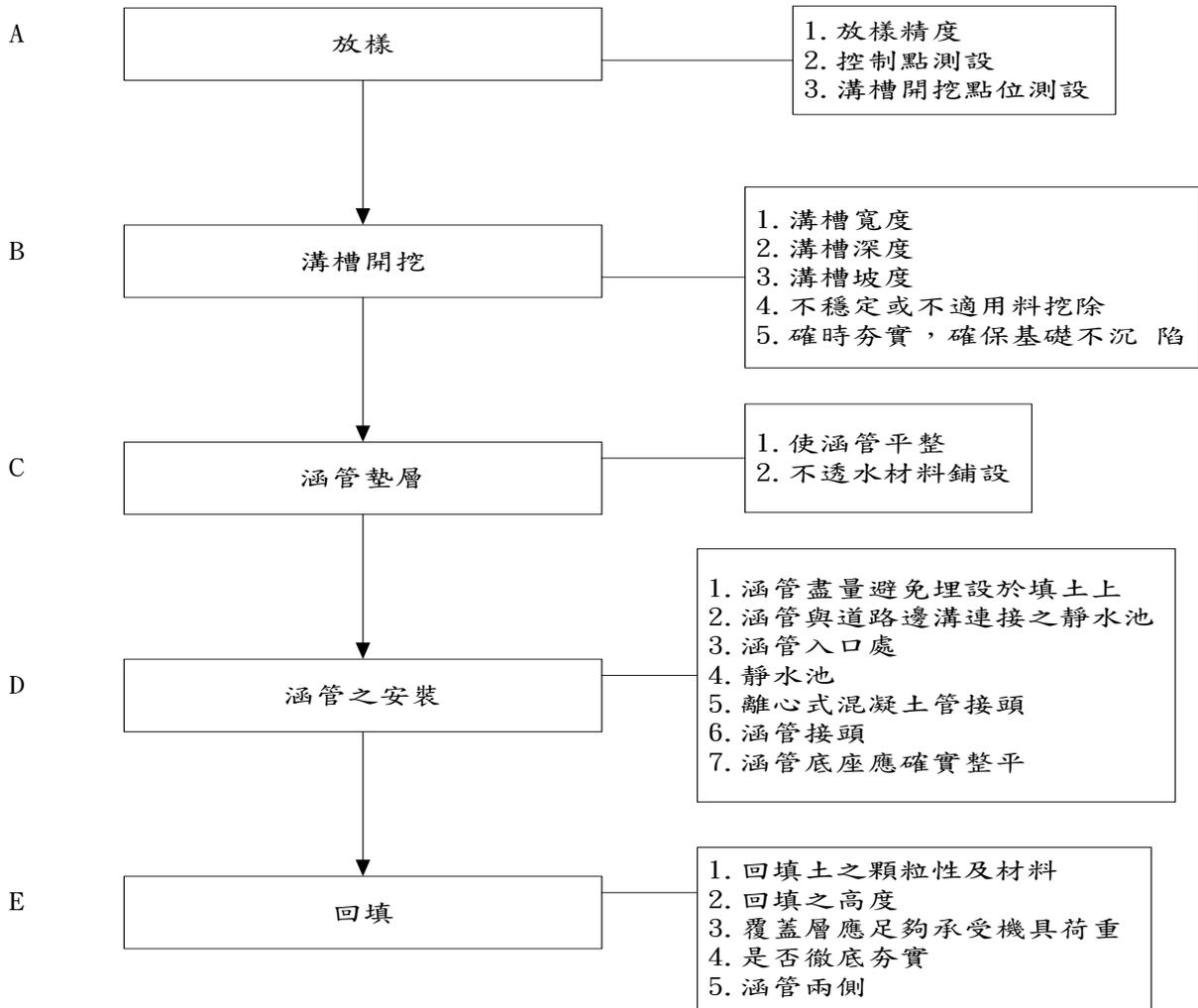


圖 5.7 涵管施工作業流程與應注意事項結合

5.2 地表排水

坡地上若遇連續性降雨或颱風豪雨時，除部份雨水被蒸發及為地表植被吸收和入滲地表土壤中外，其餘則形成地表逕流侵蝕開發中之裸露坡地，而於坡面形成大小沖蝕溝渠，進而各溝谷再因逕流匯集後，形成較大沖刷能量，造型沖蝕破壞力，而危及坡地安全。故坡地排水乃成為坡地施工過程中防災重要因素。地表排水乃是在坡地開發工程完成整地後，在地表施作排水系統，亦即依開發原有水路部份再予佈設排水路，收集道路及各坡面之地表逕流水，而地表排水有多項工法（排水明溝：混凝土溝、砌石溝、預鑄溝、匯流井。），地表排水以自然坡度為原則，保留其原有地貌。因地表排水其坡度限制，所以多加考量，以免坡度過大造成災害。在施工之前必須實地調查山坡地之地形、地貌、地質及土壤等基本資料的特性。並選擇適當的排水設施，如路邊測溝、邊溝及中央分隔島三角形溝，使路面逕流得以迅速宣洩，降低地下水位，以維護邊坡之穩定，並確保山坡地施工之安全。臨時排水設施及永久排水設施之運用應於施工期間確定。注意山坡地排水設施其新建順序及方向。

地表排水工程排水系統之配置，應依改善區域內部的地形及土地利用狀況而定，出水口位置之選定，以地區之水容易集中為首要條件，通常設置於區域內之最低處，或現有排水口處。對區域外而言，排水出口之設置地點，應為鄰近地區排水良好地點處，該處之水位可當作排水出口設置之基準高層。排水路線之配置，以能將區域內部過剩之水量迅速導置至排水出口為原則。其路線之選定則應配合土地使用計畫來設置，有必要時則可

藉助地形之小整地來達到排水效果。對於大幹線排水路，建議以利用現有排水路為佳。

本手冊以較常用之工法（排水溝）予以說明，並探討其施工流程、注意事項及可行對策。

5.2.1 排水溝概述

排水溝為山坡地地表排水之一重要方式，其可分為草溝、砌石溝、砌磚溝、混凝土溝、預鑄溝及土質溝等。可能影響坡地排水設施之因素有：地形、地勢、土壤、地質、覆坡度、降雨量與降雨強度、集水區面積大小與形狀等。本次以混凝土溝為例探討之，施工方式為將不穩定或不適用之材料或岩石層挖除再放樣、基礎整理及混凝土鋪設（卵石或緣石）。排水溝之寬度、深度及坡度應滿足設計圖或施工規範。排水工程之規劃、設計與施工，因受工程規模大小、時程緩急、工址環境之條件等不同而有技術程度需求上之差異，排水溝為山坡地地表排水之常用方法。

5.2.2 工法之適用性

地表排水之目的在於將徑流有效地引導至下游安全地區，使其破壞力減至最低限度，以減輕或避免災害之發生。與其他地表排水之施工方法容易，利於徑流防止沖蝕，經濟安全，截泄上方徑流，以免損壞坡地土壤，引導地表水流防止災害，對於穩定坡地邊坡亦有幫助，防止地表水滲入土層滑動。

排水溝設置是將地面徑流導至安全地點而施設之構造物以作用分：

- (1) 截水溝：沿近似等高方向，橫跨於土地或保護物之上方，以攔截徑流導致安全地點者。凡需要攔截上方徑流，以免發生沖蝕或災害時運用。
- (2) 縱向溝：順地面坡度構築以安全泄流者。一般於坡度大，流速快而在襯砌材料允許流速範圍內均適用。

一般排水溝其可分為草溝、砌石溝、砌磚溝、混凝土溝、預鑄溝及土質溝等。其各用途與功能如下：

- (1) 草溝：種植草類於土築溝面，以防止沖蝕者。一般農地排水系統時間短暫，坡度在 30% 以內，流速不超過 1.5m/sec，溝長 30m 以內適用。
- (2) 砌石溝：用塊石襯砌溝面，以保護溝身安全者。農地排水系統、農塘溢洪道、道路邊溝、坡地社區排水等速度較大、土壤易蝕之處適用。
- (3) 砌磚溝：用紅磚襯砌溝面，以保護溝身安全者。農地排水系統地形複雜、溝底坡度變化較大者及缺少塊石地區適用。
- (4) 混凝土溝：用混凝土或鋼筋混凝土襯砌溝面，以保護溝身安全者。農塘溢洪道、道路邊溝、坡地社區排水等速度較大、土壤易蝕之處適用。
- (5) 預鑄溝：按既定之規格，預先鑄造之混凝土製品，搬運至現場襯砌溝面，以保護溝身安全者。農地排水系統，施工缺水、搬

運不便，工作困難之處適用。

(6) 土質溝：原地面開挖整修成溝。土質佳之緩坡適用。

5.2.3 施工作業流程

地表排水工法雖然有六種型式（可分為草溝、砌石溝、砌磚溝、混凝土溝、預鑄溝及土質溝等），但其基本之施工順序並無太大之差別，僅襯砌溝面材料不同，以下即介紹混凝土溝施工順序：

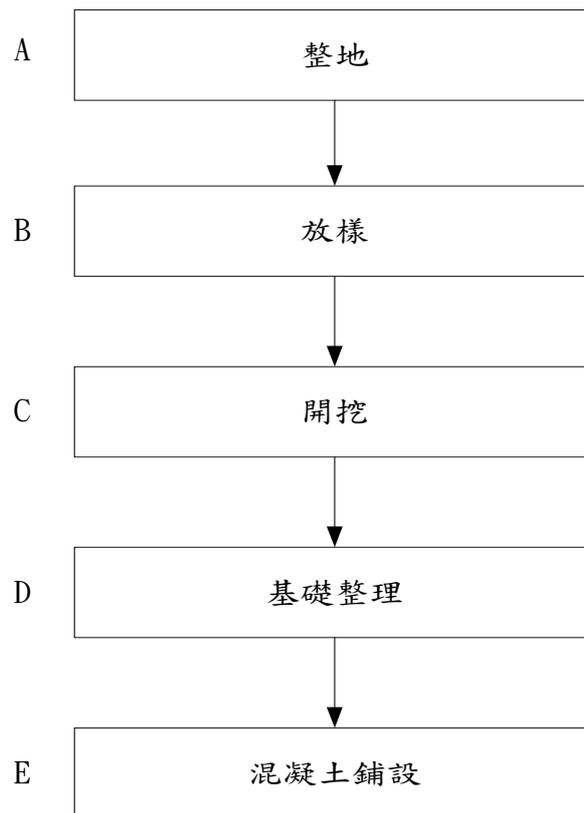


圖 5.8 地表排水施工順序

5.2.4 關鍵性作業與應注意事項

表 5.3 混凝土溝關鍵性作業與應注意事項

工作步驟	關鍵性作業	應注意事項	施作基準
1. 整地	1. 整地之順序與方向	1. 不穩定及不適用之材料挖除	開挖至實方
	2. 土方之處理	2. 整地順序	未施工之樹木、草皮先不剷除，以利水土保持
2. 放樣	1. 放樣點 2. 放樣結果	1. 放樣精度	依施工規範
		2. 控制點測設	依施工規範
		3. 樣板應為不變形木材	依施工規範
		4. 盡可能選在區內低窪處	區內低窪處
		5. 盡可能直線設計	直線設計
		6. 開挖點位測設	位於區內較低處
3. 開挖	1. 開挖之步驟	1. 避免設置在填土上	填方鬆軟避免設排水溝(不得已時應加強基礎處理)
		2. 縱坡	縱坡力求平順
		3. 排水溝段面	由上游至下游宜分段隨流量增加而加大
4. 基礎整理	1. 混凝土溝基礎整平	1. 邊坡與渠底	依施工規範
		2. 設置截牆	依現場實際情況決定
		3. 設置伸縮縫	依施工規範
		4. 設置樣板	依施工規範
5. 混凝土鋪設	1. 混凝土管吊裝	1. 鋪設方向	自上游往下游鋪設
		2. 邊坡鋪設	由下至上
		3. 溝頂高度	避免溝頂高出地面影響排水

5.1.5 施工可能問題與可行對策

表 5.4 混凝土溝施工可能問題與可行對策

工作步驟	可能問題	可行對策
1. 整地	構築排水溝後易生沈陷之情況	整地時挖至實方
	水土未保持，易生災害	未施工所至之地點樹木草皮先不剷除
2. 放樣	放樣不準確	依施工規範
	控制點不精確	依施工規範
	樣板變形	依施工規範
	不易排水	開挖至低挖處
	不易排水	開挖排水溝使其較具流線
	開挖點誤差	依施工規範
3. 開挖	構造變形，沈陷	不得已時加強基礎處理
	坡度過大或不足	開挖力求平順避免變化過大
	斷面過小	斷面隨流量增加而加大
4. 基礎整理	邊坡渠底不平整	整平
	造成流速過快	設置多個截牆
	排水溝產生縫隙	利用 Epoxy 加強
	造成排水溝斷面不一致	依施工規範設置樣板
5. 混凝土鋪設	混凝土鋪設不易	自上游往下游
	混凝土鋪設不易	由下至上
	溝頂高度超過兩側高度（不易排水）	溝頂開挖至低於兩側

5.2.6 施工作業流程與應注意事項結合

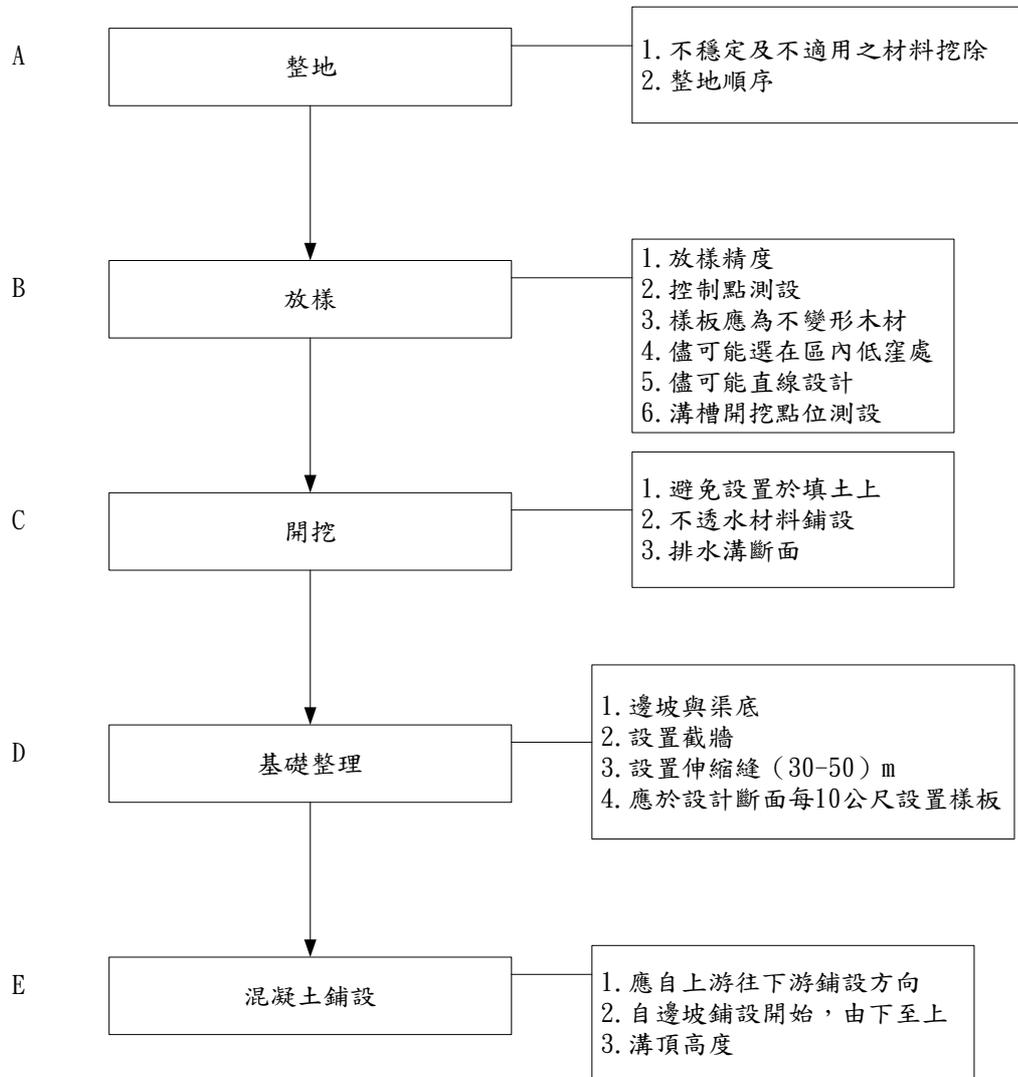


圖 5.9 混凝土溝施工作業流程與應注意事項結合

第六章 擋土工程

坡地開發之大規模建築開挖工程，因坡地高程變化大，整地時需仰賴不同的擋土措施來保持其坡地穩定。設置擋土措施之目的為（1）維持兩高低不同地面的安定。（2）防止填土或開挖坡面之崩塌。（3）穩定邊坡，減少挖填土石方。擋土穩定效用欠佳之失敗案例，屢見不鮮，係由多項因素之綜合影響所致，但其中以擋土牆型式選用與施工不當為主因者，為數亦不少。擋土牆施工時之作業應注意要項如下：【台灣營建研究院 1998】

1. 擋土牆施工時基礎或基樁需開挖或鑽掘至指定深度，以確保基礎承载力足夠。如發現基礎開挖或鑽掘至指定深度地盤尚屬軟弱，應通知設計單位會勘並妥善處理，以避免將來結構體不均勻沈陷而產生龜裂。
2. 基礎開挖須在無積水或流水狀態下進行，必要時於構造物四周挖掘渠道，並用抽水機將坑內匯集之水排至施工區外。
3. 擋土牆之背填土應接填土施工規範確實滾壓回填，且背填土之透水濾料及排水管應依設計圖確實做，以免牆後水壓升高，造成牆體破壞；如地下水滲出量多，設計圖之導排水設施不足時，亦應通知設計單位會勘並妥善處理。
4. 對傳統扶臂式或懸臂式擋土牆施工，於後址基礎開挖時應特別注意邊坡之穩定，切勿高估開挖土方之自立高度，應視土質狀況及達坡之穩定情形，必要時加設臨時擋土措施。
5. 如因地質不良，開挖設計採行由上而下且跳島式施工，並配合地

錨施做之擋土措施,施工時切勿因趕工而未施做地錨即再進行開挖,如此容易造成危險。

6.1 擋土型式

坡地開發一般採用之擋土措施型式大概可分成三種類型,即為剛性自重式、柔性自重式、錨拉式。其中剛性自重式包括三明治式擋土牆、重力式擋土牆、半重力式擋土牆、扶壁式擋土牆、懸臂式擋土牆。柔性自重式包括堆石擋土牆、蛇(箱)籠擋土牆、框條式擋土牆、加勁式擋土牆。錨拉式擋土牆包括幕牆(格樑)排樁式。表 6.1 為各種擋土護坡工程之適用性與優缺點比較。【廖瑞堂 1998】

表 6.1 擋土護坡工程之適用性與優缺點

護坡種類	較佳使用坡高(m)	依剛性分類	優點	缺點	建議使用時機
砌石擋土牆或重力式擋土牆	5m 以下	剛性	施工方便簡單	體積龐大,而需較多混凝土及砂石材料	1. 適合較低矮之邊坡 2. 缺乏技術工時
懸壁式 RC 擋土牆	3~8m	剛性	施工簡單,不需太多砂石級配料	容易受基礎不均勻沈陷	適用一般邊坡
扶壁式 RC 擋土牆	5~15m	剛性	在坡高較高處,可有效減少擋土牆之斷面	1. 施工略為複雜 2. 施工中臨時開挖面較大	適用較高邊坡,坡高超過 10m,則較懸壁式擋土牆為經濟
蛇籠	2~8m	柔性	不易受基礎不均勻沈陷影響	耐久性略差	1. 適用於基礎土壤較為軟弱時 2. 透水性佳
格床式擋土牆	2~12m	半剛性	對不均勻沈陷之忍受度,較一般剛性擋土牆為大	施工複雜,工資成本偏高	1. 需規則美之邊坡 2. 透水性佳

表 6.1 擋土護坡工程之適用性與優缺點（續）

加勁擋土牆	3~20m	柔性	施工快速,可忍受較大不均勻沈陷	變形偏大,需注意坡面失火或撞擊之破壞	1.適合高填方邊坡 2.坡面可植生綠化
錨拉式擋土牆	不受限制	半剛性	可提供較大之下滑抵抗力	成本較高	1.已發生災害之邊坡 2.高挖方邊坡
抗滑樁	10m 以上	剛性	對於深層滑動提供抵抗力	1.陡坡上不易施工 2.成本偏高	深層滑動時需採大口徑或配合岩錨工法
土釘工法	3~12m	半剛性	由上而下施工,施工中安全性高	當坡高太大時,其造價偏高	適用於挖方邊坡
輕量回填土工法	不受限制	半剛性	回填土之單位重有效減少,土壓力亦同時減輕	揮發性溶劑可能對某些發泡劑有不利影響	用於軟弱地盤或急斜地之填方邊坡

6.2 剛性自重力式

(1) 砌石（三明治）擋土牆

此型式之擋土牆，牆身係由卵石或塊石疊砌而成，並於牆背填置一適當厚度之透水濾料，一般稱之為空砌卵(塊)石擋土牆。倘另於卵(塊)石間之空隙，以水泥砂漿填充，則稱之為漿砌卵(塊)石擋土牆。

(2) 重力式擋土牆

構身以無筋混凝土或卵(塊)石混凝土澆置而成，藉其厚重之牆身抵抗土、水壓力，稱之為重力式擋土牆。

(3) 半重力式擋土牆

擋土原理與重力式相同，亦係由自重所生之穩定抗力，以抵抗土、

水壓力。其擋土高度，如考慮經濟原則，於承受較大彎矩之斷面(受拉應力部位)，即牆背下段與牆基趾端下緣，排組少量鋼筋增強抗拉強度，使牆體減薄。

(4) 懸臂式擋土牆

本型式擋土牆屬於 RC 擋土牆，係由牆之自重與牆基正上方之土重，提供其擋土抗力，由於所需之混凝土量，較半重力式擋土牆為少，牆基地盤條件受限亦較小，且其經濟性及施工性皆甚佳，故廣被採用。旋臂懸 RC 擋土牆 之經濟高度為六公尺。

(5) 扶壁式擋土牆

其擋土原理與懸臂式擋土牆相同，牆體構造亦類似，亦是屬於 RC 擋土牆，僅較懸臂式多設置一垂直於牆面版與牆基版之扶壁版，以減少牆面版反牆基版所受之應力，並可提高牆身之剛度，當擋土高度愈高時，此型式擋土牆之經濟性愈佳。以下就扶壁式擋土牆為例作細部之探討：

6.2.1 扶壁式擋土牆概述

扶壁式擋土牆以鋼筋混凝土鑄造，係因牆身倚躺於土(岩)面上而命名之。雖在結構上較複雜，施工較慢，然在超過 6M 高以上之擋土牆，使用此類型其穩定性、安全性較佳，亦較為經濟。應注意基礎應特別加強，通常做 1M 後以上之卵石混凝土，以承受底版傳來之土壓力。

6.2.2 工法之適用性

適用較高邊坡，坡高超過 10m，則較懸壁式擋土牆為經濟，在坡高較高處，可有效減少擋土牆之斷面。然而施工時較複雜，施工中臨時開挖

面較大是其缺點，較佳使用坡度為 5~10M。【廖瑞堂 1998】

6.2.3 施工作業流程

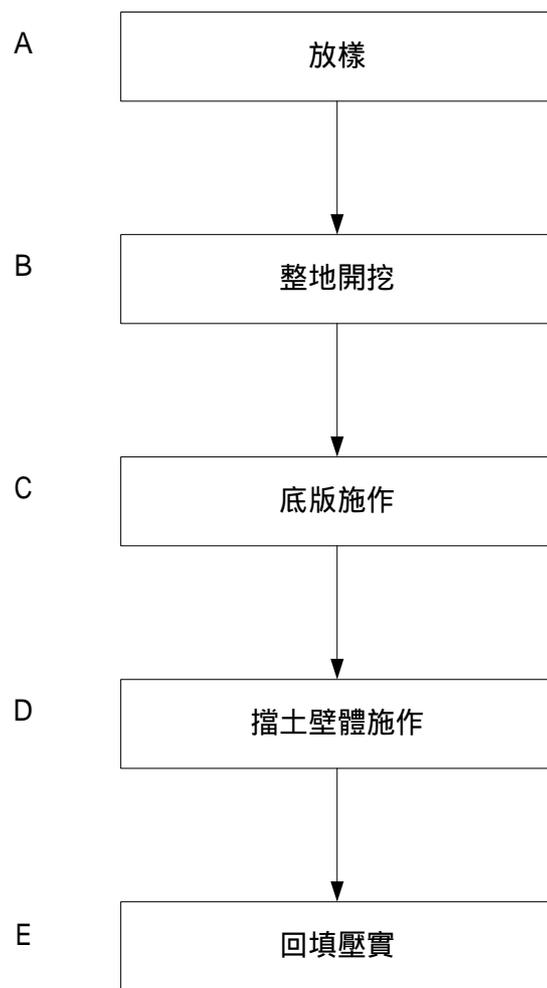


圖 6.1 扶壁式擋土牆作業流程

6.2.4 關鍵性作業與應注意事項

表 6.2 扶壁式擋土牆關鍵性作業與應注意事項

工作步驟	關鍵性作業	應注意事項	施作基準
放樣	1. 放樣成果	1. 放樣位置確認	參照設計圖說
		2. 長寬高度尺寸確認	參照設計圖說
整地開挖	1. 整地	1. 基地內障礙物清理確認	參照施工規範規定
		2. 整地後高程確認	參照設計圖說標定高度
	2. 開挖	1. 開挖方式、流程確認	參照土方與擋土工程施工規範 3.3.1.4 或施工規範
		2. 開挖位置、長度高度、確認	參照土方與擋土工程施工規範 3.3.1.4 或設計圖說
		3. 邊坡開挖穩定措施確認	參照土方與擋土工程施工規範 3.3.1.7 或依施工規範規定
	3. 棄土處理	4. 排水措施是否完備	參照土方與擋土工程施工規範 3.3.4.4 或參照施工規範規定
		1. 運棄動線確認	參照土方與擋土工程施工規範 3.3.2.2 或依施工規範之規定。
	4. PC 打底	2. 堆置處理確認	參照土方與擋土工程施工規範 3.3.3.3 或依施工規範之規定。
		1. PC 澆置厚度確認	依施工規範之規定。
	底板施作	1. 鋼筋綁紮	2. PC 面高程確認
1. 鋼筋材料確認			依施工規範之規定。
1. 鋼筋尺寸、間距確認			依設計圖說之規定。
2. 模板組裝		2. 鋼筋綁紮位置確認	依設計圖說之規定
		3. 鋼筋搭接位置、長度確認	參照混凝土工程施工規範搭接與續接相關規定或依設計圖說之規定。
		1. 模板材料確認	參照施工規範規定
		2. 模板尺寸、形狀、位置確認	參照設計圖說規定
3. 模板支撐確認	依施工規範之規定		

表 6.2 扶壁式擋土牆關鍵性作業與應注意事項 (續)

工作步驟	關鍵性作業	應注意事項	施作基準
底板施作	3. 灌漿作業	1. 坍度確認	依施工規範之規定
擋土壁體施作	1. 鋼筋綁紮	1. 鋼筋尺寸、間距確認	依施工規範之規定
		2. 鋼筋綁紮位置確認	依設計圖說之規定
		3. 鋼筋搭接長度確認	參照混凝土工程施工規範搭接與續接相關規定。或依設計圖說之規定。
	2. 模板組裝	1. 模板材料確認	依施工規範之規定
		2. 模板尺寸、形狀、位置確認	依設計圖說之規定
		3. 模板支撐確認	依施工規範之規定
	3. 灌漿作業	1. 坍度確認	依施工規範之規定
		2. 澆置分層厚度確認	依施工圖說規定
	4. 施工縫作業	1. 伸縮縫 施工縫位置確認	參照土方與擋土工程施工規範 3.5.7.6 或依施工規範或設計圖說之規定
		2. 填縫工料之確認	依施工規範或設計圖說之規定
5. 洩水管施作	1. 洩水管之間距、尺寸、材質確認	依施工規範或設計圖說之規定	
	2. 洩水管之材料確認	依施工規範規定或參照土方與擋土工程施工規範 3.5.7.5 規定辦理： 聚氯乙稀管—符合 CNS1298 K3004 B 級硬質管	
回填壓實	1. 背填透水濾料	1. 透水濾料確認	參照土方與擋土工程施工規範 3.5.7.4 或參照施工規範規定
		2. 背填透水濾料分層厚度確認	參照施工規範規定或每層不得超過 30 公分。
	2. 回填施作	1. 回填材料確認	參照施工圖說之規定
		2. 回填厚度確認	參照施工圖說或依據材料最大粒徑與所用之輾壓機具能力而定。
	3. 滾壓夯實作業	1. 輾壓次數確認	參照施工圖說之規定
		2. 壓實密度確認	參照施工圖說之規定
		3. 每層壓實厚度確認	參照施工圖說之規定

6.2.5 施工可能問題與可行對策

表 6.3 扶壁式擋土牆施工可能問題與可行對策

工作步驟	可能問題	可行對策
放樣	放樣位置、長寬、高度產生誤差	檢查基準點、修正基準點
整地開挖	基地範圍內存在影響工程施 工之障礙物	確認清除。
	整地後高程不符合設計高程	依設計圖說規定進行修正。
	開挖順序、流程不正確	應自上部逐步向下順序進行 開挖，坡面開挖每階應修整平 順。
	開挖位置、長度、高度不符合設 計圖	依設計圖說或施工規範規定 進行修正
	邊坡面有地下水滲流現象	設置排截水設施
	邊坡不穩定	設置穩定措施
	卡車行駛之路線、棄置之位置未 完善規劃	確實規劃處理
	堆置之土方未加以覆蓋防護	應有防止沖失之措施
底板施作	鋼筋尺寸、間距不正確	依設計圖說規定更正
	鋼筋綁紮位置不正確	依設計圖說規定更正
	鋼筋搭接位置、長度不正確	修正為施工規範規定
	模板表面缺陷、損毀不堪使用	立即更換
	模板尺寸、形狀、位置不正確	應按設計圖說 施工規範修正
	模板支撐位置錯誤、支撐數量不 正確	應按施工規範規定，正確且牢 固裝置
	坍度太大或太小	若坍度超過施工規範，不得澆 置
擋土壁體施作	鋼筋尺寸、間距不正確	依施工圖說規定更正
	鋼筋綁紮位置不正確	依施工圖說規定更正

表 6.3 扶壁式擋土牆施工可能問題與可行對策(續)

工作步驟	可能問題	可行對策
擋土壁體施作	鋼筋搭接位置、長度不正確	依施工圖說規定更正或接頭重疊長度 搭接位置應為鋼筋直徑之 30 倍以上
	模板表面缺陷、損毀不堪使用	立即更換
	模板尺寸、形狀、位置不正確	應符合設計圖說、施工規範
	模板支撐位置錯誤、支撐數量不正確	應按施工規範或設計圖說所示正確且牢固裝置
	坍塌度太大或太小	若坍塌度超過施工規範，不得澆置
	伸縮縫、施工縫位置與施工圖說不符。	依施工圖說規定進行修正。
	填縫材料、填塞或灌入不確實。	施工前應確實檢查止水帶或其他填縫材料裝置正確且牢固。
	洩水管之位置間距不正確或管與預留孔隙施工不確實	依施工規範規定進行修正，管與預留孔隙施工應以水泥砂漿填實。
	洩水管之材料不符規定	洩水管之材料品應依施工規範規定更換。
回填壓實	透水濾料不潔、級配不良	透水濾料應為潔淨、堅硬耐磨之砂石級配，不得含有有機物、黏土或其他有害物質。
	透水濾料填築厚度未控制恰當	依施工規範規定施作。
	回填不適當材料	填築之材料可為岩屑、礫石、砂質土壤或黏土質土壤。除特別規定外，不得含有有機物或可能產生有害物質之成分。
	回填厚度不符合規定	普通回填之分層厚度，應依據材料最大粒徑與所用之碾壓機具能力而定，避免材料分離。
	壓實度過大	土方壓實應至規定之密度後即停止壓實。
	壓實厚度	每層壓實厚度應按施工圖說規定，以免因厚度過厚造成壓實能量不足之問題。

6.2.6 施工作業流程與應注意事項之結合

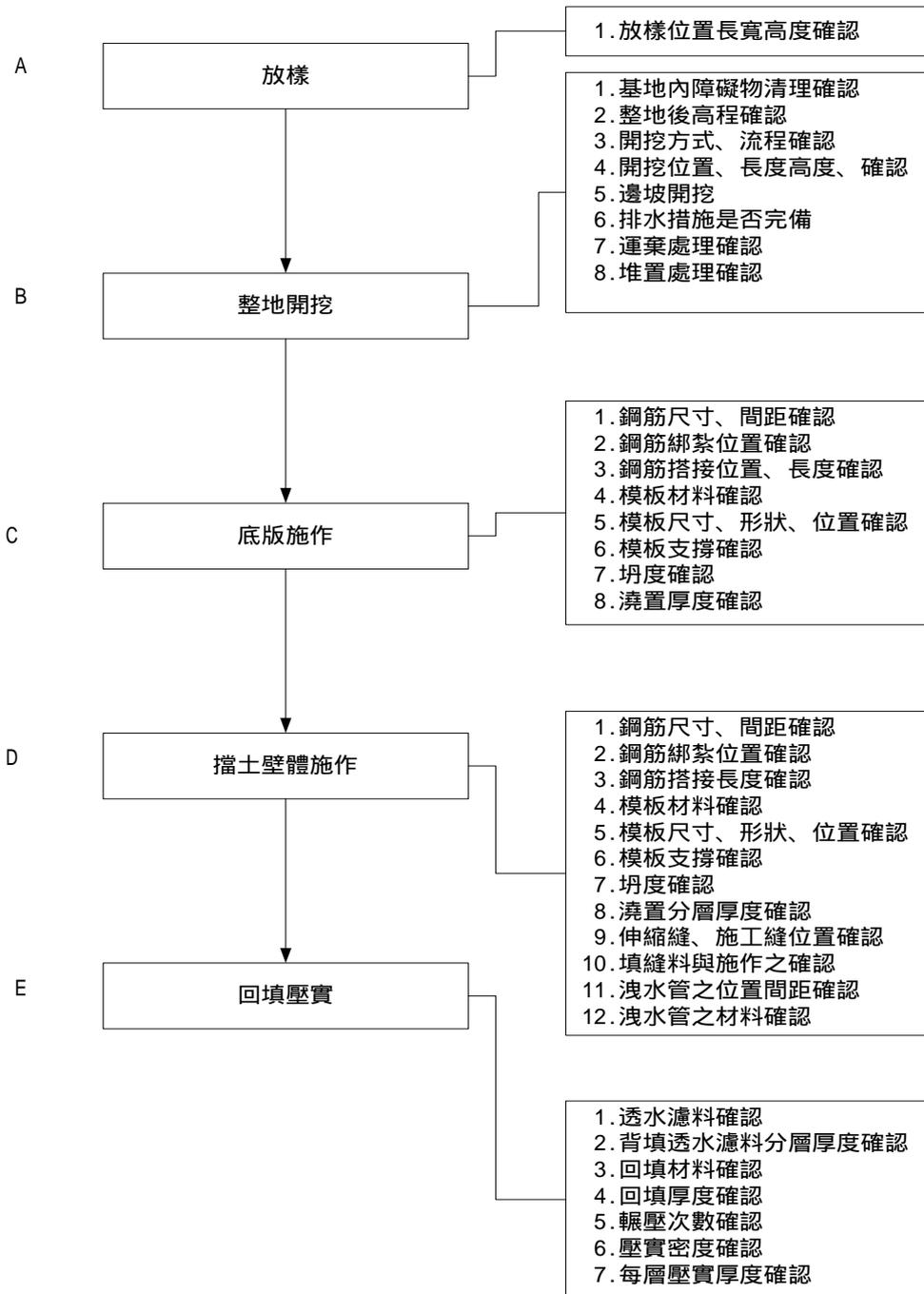


圖 6.2 扶壁式擋土牆施工作業流程與應注意事項之結合

6.3 柔性自重式

柔性自重式擋土牆適用於工址之地下水較豐富，或地層條件較差，易生較大沉陷現象時，此類擋土牆可分為下列幾種：

(1) 堆石擋土牆

係以巨積卵礫石堆砌而成，皆用於已呈不穩現象，且具大量地下水之鬆軟邊坡坡趾，合宜之擋土高度為 5 公尺以下。惟牆體之堆砌底面較大，若無用地受限之慮，且安全要求不高時，則不失為一種頗經濟有效之擋土牆。

(2) 蛇籠擋土牆

此型式擋土牆之蛇籠係以鐵絲或其他化學聚合材料編織成籠狀，籠中則以 10~15 公分粒徑之卵(塊)石填砌而成。數條蛇籠採平行或直交方式堆置而成牆體，其擋土效能係由卵(塊)石之重量及卵(塊)石之互鎖、摩擦抗力所提供，一般採用之牆面傾度較 0.3:1 (水平:垂直)為緩，擋土高度以 4 公尺以下較宜。

(3) 框條式擋土牆

係由木條、預鑄混凝土條或金屬條疊砌成框形體，其框中則再以卵(塊)石或粗粒料填築而成。一般採用之牆面傾度為 1:6(水平:垂直)，牆身高度不得高於牆底寬度之兩倍。由於此型擋土牆過高時，對於橫向差異沉陷較敏感，易發生丁條斷裂情事，故一般合宜之擋土高度以不超過 3 公尺為佳。

(4) 加勁土擋土牆

通常係以預鑄牆面版、橫向加勁材及回填土石料所構成。牆面版可採混凝土製或鋼製，加勁材可採用棒狀、片狀、帶狀或網狀之鋼製品或

化學聚合物。此型式之擋土牆係藉助加勁材，將牆面版與回填土結合為一體，以其重量發揮擋土功能。以下以加勁擋土牆為例作詳細之說明。

6.3.1 加勁擋土牆概述

加勁擋土牆係利用特殊加工程序製成之加勁格網，與選擇性之填料，於施工時隨著填土的鋪填滾壓，分層鋪設加勁格網，堆砌網帶土包，並利用加勁格網回包及張拉錨定的方式，循序施工，藉由格網與土料之間之契合力，增加擋土牆斜坡內土料的抗剪強度，以達到穩定邊坡土體的目的。圖 6.3，圖 6.4 與圖 6.5 為加勁擋土牆施作情形。

6.3.2 工法之適用性

加勁擋土牆施作簡單而且快速，可抗拒巨大的土壓力，植生容易並且可構築於軟弱地盤，而其造價遠低於一般剛性結構。在各地被廣泛地被使用，可當作道路路堤、邊坡護坡、防坡護堤、橋台、擋土牆等等。



圖6.3 加勁擋土牆施作情形

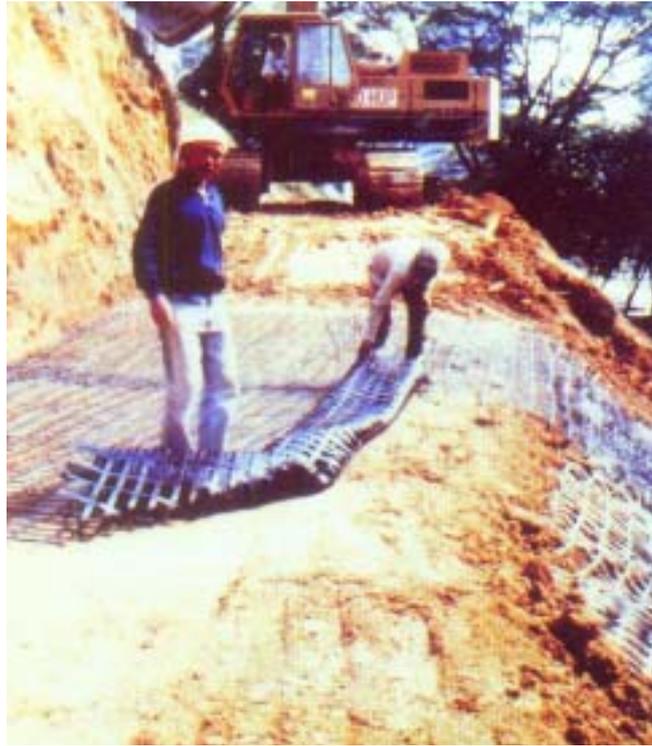


圖6.4 加勁擋土牆施作情形



圖6.5 加勁擋土牆

6.3.3 施工作業流程

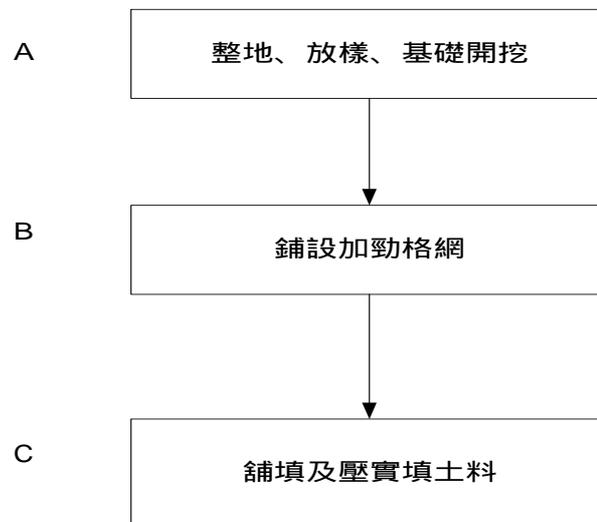


圖 6.6 加勁擋土牆作業流程

6.3.4 關鍵性作業與應注意事項

表 6.4 加勁擋土牆關鍵性作業與應注意事項

工作步驟	關鍵性作業	應注意事項	施作基準
整地、放樣、基礎開挖	1.基礎面	1.開挖位置、高程之確認	參照土方與擋土施工規範 3.5.8.5 或設計圖說規定
		2.土體基礎面之平整度	依施工規範規定
		3.窪地或孔隙處理之確認	依施工規範規定
鋪設加勁格網	1.加勁格網相關檢查	1.加勁材料、鋪設間距、高度、長度、連接及固定確認	參照土方與擋土施工規範 3.5.8.3 或施工規範規定
		2.加勁格網下方平整確認	依施工規範規定
		3.格網鋪設後之保護確認	依施工規範規定
		4.背填土料之鋪填及滾壓之確認	參照土方與擋土施工規範 3.5.8.2 或依施工規範規定
		5.加勁格網剪裁、結合、回包檢查確認	依施工規範規定
鋪填及壓實填土料	1.填築土壤	1.加勁區土壤填築分層確認	依施工規範規定或每層鬆方厚度不超過 30CM。
		2.面版附近之填築土壤夯實	在距面版 1.5M 內填築土壤應以人工夯實。
		3.加勁土壤填築達設計高度之標示確認	應在最上層加勁材上方埋設標示帶。
		4.填土料之堆置、鋪灑、整平及壓實確認	參照土方與擋土施工規範 3.5.8.7 或依施工規範規定
		5.填土料鋪填及夯實機具選用	依施工規範規定

6.3.5 施工可能問題與可行對策

表 6.5 加勁擋土牆施工可能問題與可行對策

工作步驟	可能問題	可行對策
整地、放樣、基礎開挖	1.基礎面之位置、高程與設計圖不符	按設計圖說規定整平
	2.土體基礎面之平整度不符合規範	基礎整平後應禁止任何車輛或機具在上面行走,以認可之土料填平。
	3.窪地或孔洞處理措施不當	必須以認可之土料填平,並依駐地工程師之指示將其夯實至與現有基礎土壤相同之狀態。
鋪設加勁格網	1.加勁材鋪設間距、高度、長度、連接及固定不符施工規範。	依施工規範規定施作,且應全面或條狀間格鋪設。若採用較原設計強度為高之材料,其材質及配置應先經設計工程師之同意。
	2.加勁格網鋪設於不平整之基礎或壓實不足之填土料上	加勁格網應鋪設於平整之基礎或壓實之填土料上鋪設時應平貼地面,不得有波紋或綳摺產生,且應以錨釘將格網拉襯釘固於地面。
	3.格網鋪設後之保護不足,車輛機具行走於格網上。	格網鋪設中,應禁止車輛機具直接在格網上行走。如係必要時,須經工程師允許。
	4.背填土料之鋪填及滾壓時破壞格網。	若有損壞時,將損壞之格網整張抽換,不得修補。
	5.加勁格網剪裁工具及方法不適當	應以核可之剪裁工具及方法進行,且裁剪時不得損傷加勁格網的性能。
	6.加勁格網結合方法不當	應依施工規範指定之標準方式。
	7.加勁格網回包處理不當	加勁格網回包段回包後,應與上一層加勁格網以結合桿結合,並拉緊上一層格網,使回包處之格網平整美觀。

表 6.5 加勁擋土牆施工可能問題與可行對策（續）

工作步驟	可能問題	可行對策
鋪填及壓實填土料	1. 加勁區土壤填築分層不符規範規定	依施工規範規定或每層鬆方厚度不超過 30CM。
	2. 加勁土壤填築達設計高度之標示不明確，產生不必要之問題。	應在最上層加勁材上方 50CM 處埋設標示帶，帶上說明加勁土壤區之範圍、材料型式。
	3. 填土料之堆置、鋪灑、整平及壓實不適當。	一般規定由牆體坡面附近沿平行坡面方向漸向內側進行，施工時格外注意，不得擾動加勁格網的鋪設定位。
	4. 填土料鋪填及夯實機具選用不當造成土壤結構變形。	填土料鋪填及夯實，應斟酌土料強度及工地現況，選用可行之機具。

6.3.6 施工作業流程與應注意事項之結合

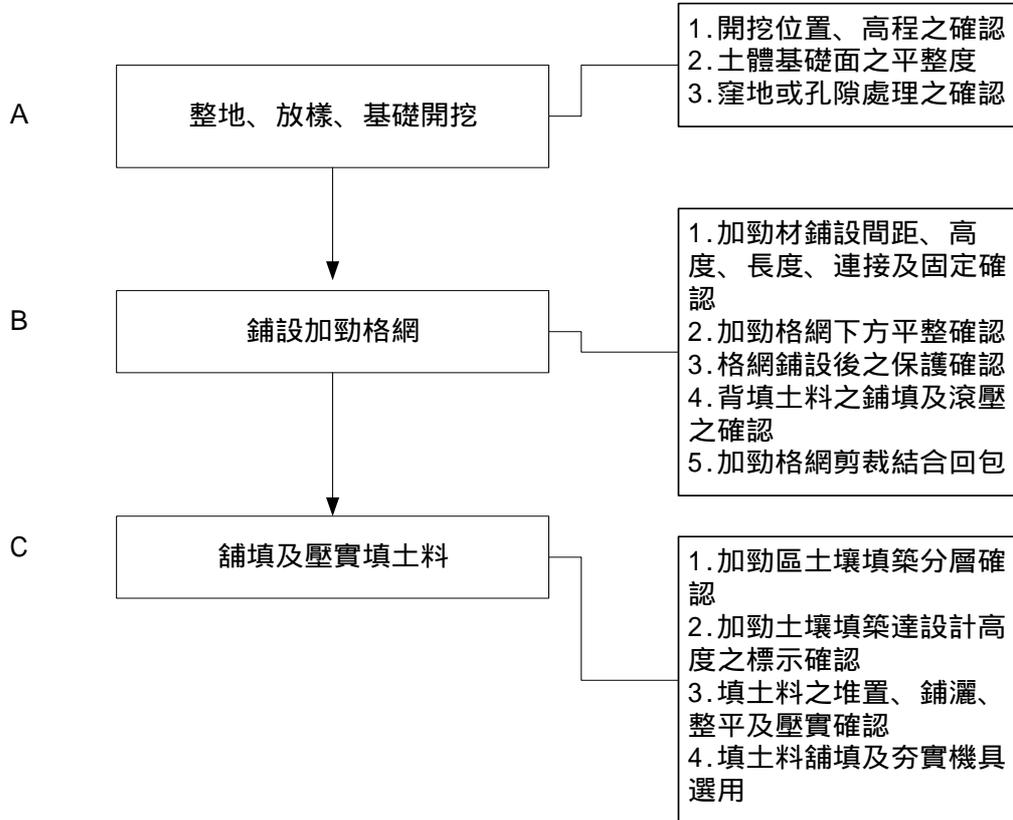


圖 6.7 加勁擋土牆施工作業流程與應注意事項之結合

6.4 錨拉式

錨拉式擋土牆與前述兩類擋土牆截然不同，擋土效能係藉地(岩)錨之助，源自牆背內側一相當距離之土(岩)體，所提供之穩定抗力。見圖 6.8。



圖 6.8 錨定式擋土牆

可分為下列兩種：

(1) 錨拉式幕牆(或格樑)擋土牆：

此型式擋土牆係由場鑄或預鑄鋼筋混凝土幕牆(或格樑)與錨定於較堅實地層之地(岩)錨所組成。可承受極大之土、水壓力，適於較高之擋土高度，尤其開挖坡之擋土，可採由上而下之施工法，對於開挖時之施工安全較易確保。見圖 6.9。



圖 6.9 格梁擋土牆

(2) 錨拉式排樁擋土牆：

錨拉式排樁擋土牆與錨拉式幕牆擋土牆頗為相似，係以打設成排之鋼樁、預力混凝土樁或場鑄混凝土樁替代幕牆而成，此型式擋土牆較適用於已呈不穩現象或穩定性不佳，且坡趾不適於先行開挖之軟弱土坡或極風化岩坡。以下就錨拉式擋土牆為例作細部之探討：

6.4.1 錨拉式擋土牆概述

於坡地工程中，坡地工程之工作面積均較大，且其工作面也常為形狀不整齊的坡地，利用地錨工法可提供較大之下滑抵抗力，因此對邊坡之檔土可得到較佳之結果，採用錨碇工法是極為合理且有利的選擇。地錨係一使用鋼腱作為抗張材，將拉力傳遞至特定地層的裝置，此種裝置通常係由錨頭、自由段與錨定段等三大部分所組成。

6.4.2 工法之適用性

於坡地工程中使用地錨工法，在施工效率及安全性上均有相當顯著

得效果。使用地錨工法時，其地錨可當假設構造物用亦可當永久構造物用。當假設構造物時，可利用於坡面擋土用，並可擴大作業空間進行機械化施工，縮短工期。當永久構造物時，利用地錨配合擋土牆結構吸取擋土牆之土壓，減少擋土牆之彎曲力矩，而達到經濟性與安全性之效用。其他方面，可用來防止地盤之滑動，擋土結構基礎之上浮...等。

6.4.3 岩錨施工作業流程

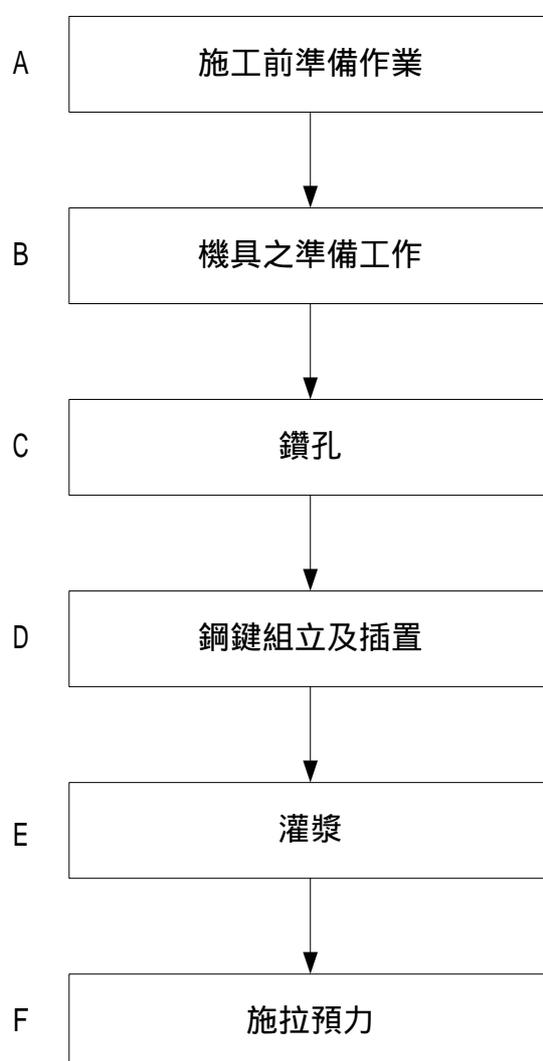


圖 6.10 岩錨施工作業流程

6.4.4 關鍵性作業與應注意事項

表 6.6 岩錨關鍵性作業與應注意事項

工作步驟	關鍵性作業	應注意事項	施作基準
施工前準備作業	作業準備	1. 應注意地基之整平、鋪設平台、設置臨時排水溝	依施工規範
機具之準備工作	機具校正	1. 注意油壓泵、千斤頂之校正	依施工規範
		2. 應注意機械之功率及性能	依施工規範
鑽孔	鑽孔	1. 應注意鑽孔位置以及標記	參照土方與擋土工程施工規範3.6.4.6或依施工規範規定
		2. 應注意鑽孔角度與方向	依設計圖說
鋼鍵組立及插置	鋼鍵檢驗	1. 應注意鋼鍵之固定端長度	參照土方與擋土工程施工規範3.6.4.7或依設計圖說規定
		2. 應注意鋼鍵之自由端長度	依設計圖說
		3. 應注意鋼鍵孔外長度	依設計圖說
灌漿	灌漿檢驗	1. 應注意水泥漿之拌和、添加劑、水灰比、流動性、浮水量、強度	參照土方與擋土工程施工規範3.6.4.9或依施工規範
施拉預力	地錨施拉	1. 應注意地錨之抗拔能力	參照土方與擋土工程施工規範3.6.4.10或依施工規範規定
		2. 應注意地錨之鎖定能力	依設計圖說
移機	移機	1 注意移機之施作程序	依施工規範

6.4.5 施工可能問題與對策

表 6.7 岩錨施工可能問題與對策

工作步驟	可能問題	可行對策
施工前準備作業	1. 施工前未確實整平地基、鋪設平台、設置臨時排水溝，影響到後續作業未能順利進行	1. 確實執行地基之整平、鋪設平台、設置臨時排水溝等等
機具之準備工作	1. 油壓泵、千斤頂未校正，致使施工數據與設計值不正確	1. 校正油壓泵、千斤頂以免錯誤情事發生
	2. 機械之功率及性能不良，導致後續施作不符設計標準	2. 確實檢查機械之功率及性能
鑽孔	1. 擋土牆上標記不明，導致鑽孔位置不正確	1. 確認鑽孔位置，並依設計高程於擋土壁上標記
	2. 鑽孔角度與方向不正確	2. 確認鑽孔角度與方向與設計圖說相符
鋼鍵組立及插置	1. 鋼鍵之固定端長度不符設計規範	1. 依設計規範確認鋼鍵之固定端長度
	2. 鋼鍵之自由端長度不符設計規範	2. 依設計規範確認鋼鍵之自由端長度
	3. 鋼鍵孔外長度不符設計規範	3. 依設計規範確認鋼鍵孔外長度
灌漿	1. 水泥漿之拌和、添加劑、水灰比、流動性、浮水量、強度等等不符合規範	1. 確認水泥漿之拌和、添加劑、水灰比、流動性、浮水量、強度，符合規範
施拉預力	1. 地錨之抗拔能力不符規範要求	1. 確認地錨之抗拔能力達規範之要求
	2. 地錨之鎖定能力不符規範之要求	2. 確認地錨之鎖定能力達規範之要求
移機	1. 移機時未按施工計畫書之編號施作而導致錯誤	1. 移機時應按施工計畫書之編號施作

6.4.6 施工作業流程與應注意事項結合

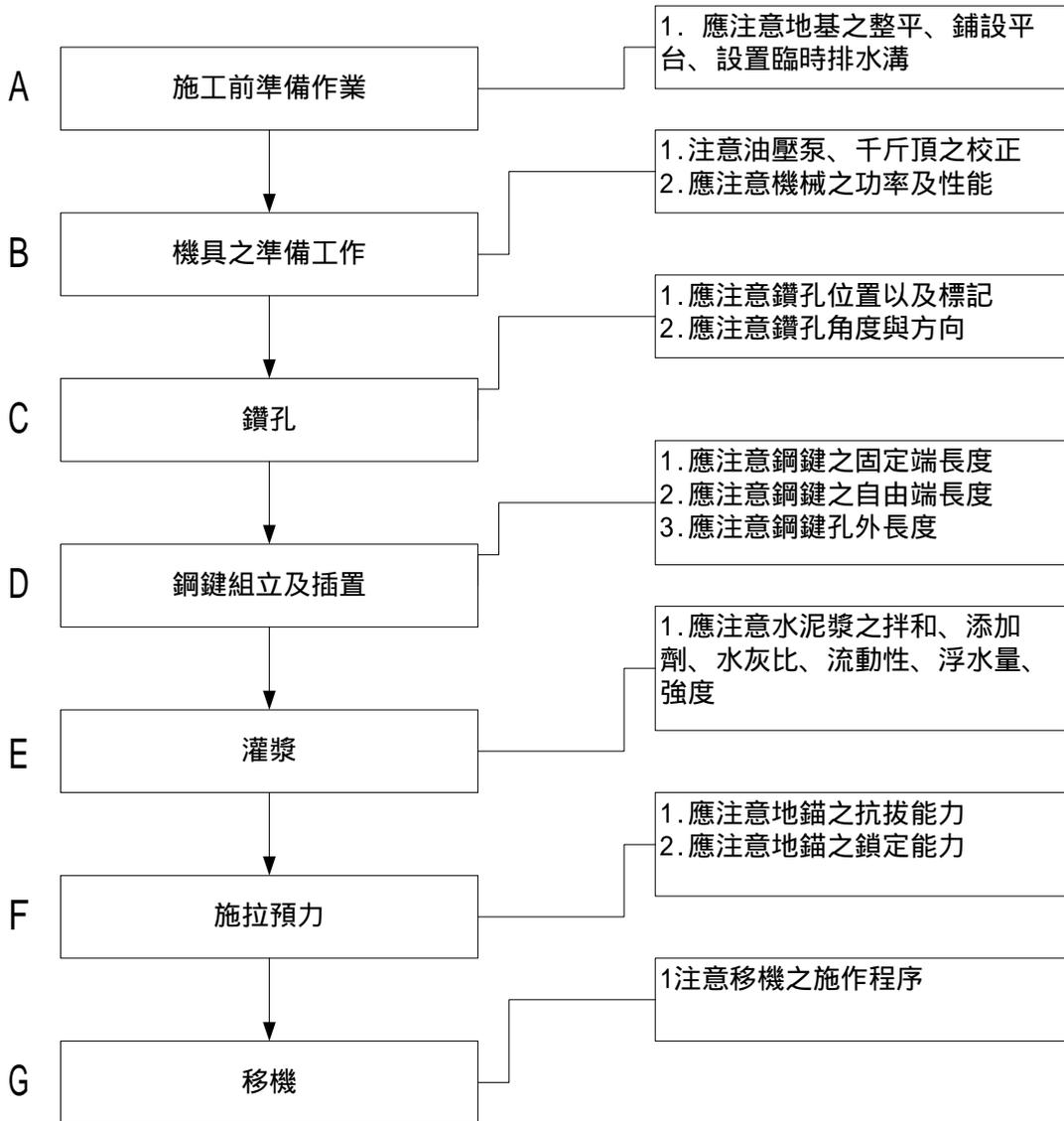


圖 6.11 岩錨施工作業流程與應注意事項結合

6.5 擋土背填及排水措施

擋土設施之背後應須小心回填。填築材料可為岩層、礫石、砂質土壤等。除特別規定者外，不得含有機物或可能產生有害物質之成份。回填材料最好能在當地區取用，一般以砂與礫最常用。使用前，填築材料均應試驗其物理性質、化學性質及力學性質，試驗項目至少應包括：

- (1) 土壤一般物理性質試驗。
- (2) 土壤粒度分佈試驗。
- (3) 土壤指數性質試驗。
- (4) 夯實試驗。
- (5) 有機物含量試驗。
- (6) 其他特殊試驗。

其細粒部分（小於 200 號篩）不得多於 20%，而且不得有木頭、磚塊等物，怕發生下陷；也不能有膨脹性黏土。回填應依施工圖說或監造工程師指示分層填實。夯實的填土會給予擋土牆側向推力，使它發生傾斜，設計時應考慮 6 至 12MM 之偏斜。壓實作業應分層辦理，以使土方密度均勻。所有土方工程均應壓實至施工圖說規定之密度。黏性土壤應先以土壤材料依夯實試驗求得其最佳含水量及最大乾密度後依據施工圖規定之壓實度，壓實之。建築物下回填土之夯實度一般應大於 95%，一般結構回填須夯壓至最大乾密度之 90%，道路鋪層須達最大乾密度之 95%，建築物及鋪面之路基部份填土須達最大乾密度之 90%。對非黏性土壤而言，一般回填壓實度應在相對密度之 70%以上。大規模重要工程之土方壓實作業應辦理大型現場輾壓試驗，依其結果訂定壓實作業條件。

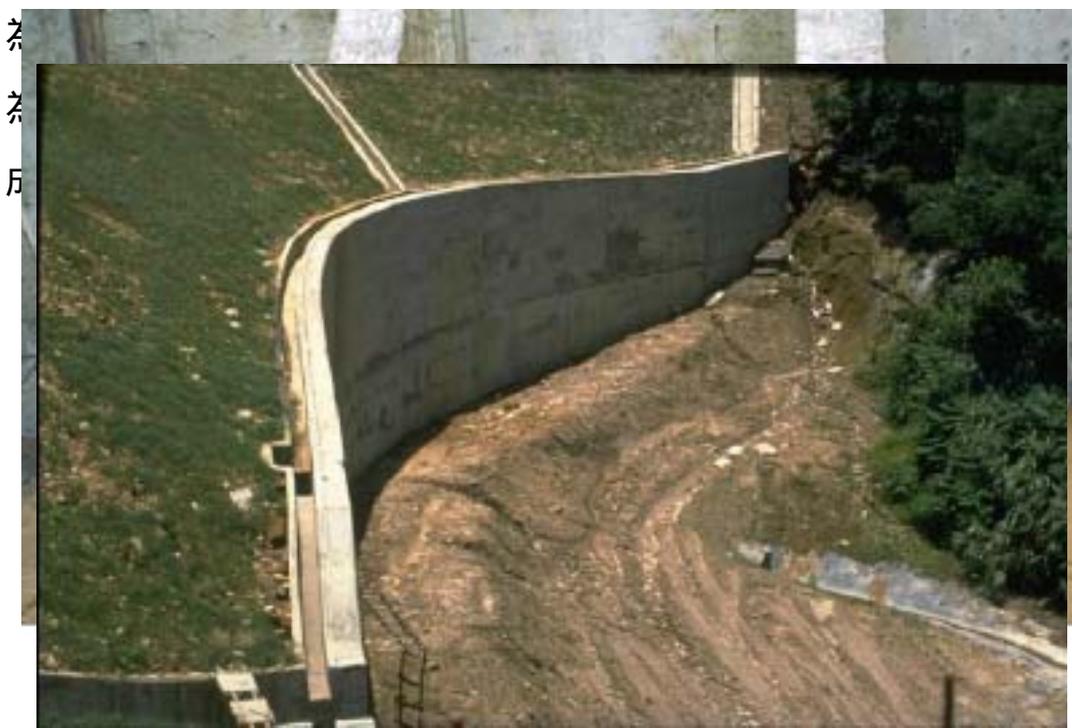
擋土牆之排水設施是確保坡地安全的主因，如何維持擋土牆排水功能，以確保擋土牆之安全是為山坡地工程的重要目標。降低擋土牆背後地下水方法，視所擋土壤性質與地下水量而異，一般均利用擋土牆前後之水位高差，以重力式排水之方式達到降低地下水位之目的。降低地下水位之基本方法可概分為下列三種，應用上可僅採用一種方法，亦可同時採用數種併行。

1. 埋設排水管

由預埋於牆身之排水管構成，所用之排水管依施工時受力情形而定，管身須有朝外之坡度，以利排水，其進水端應設濾水設施，防止土壤流失。汲水孔即為牆身排水之方法，其為費用最低且常用之擋土牆排水設施。其施工檢驗重點，為澆置混凝土或疊砌石塊時防止預置之排水管不致異位、破裂或水泥砂漿液堵塞管身。施工後若不幸發生汲水管堵塞、異位或破裂時，只有採取鑽孔方法補救之。

2. 利用牆背透水填料排水

利用牆背透水填料進行排水時，施作時應防止材料分離、濾料流入集水管之透水孔或接頭及內部細粒料流動。一般若依濾料規範訂製濾料，非但配置不易且費用昂貴，故常以符合規範之混凝土用骨材調配成



6.12
牆完



圖 6.13 填方地區擋土牆完成

圖 6.14 挖方地區擋土牆施作情形

6.6 邊坡噴凝土、岩釘、邊坡植生（自然邊坡）

山坡地工程的施工不論挖方或填方均會產生邊坡之問題，為了防止雨水沖刷、侵蝕崩落，及自行崩坍，一般常用邊坡穩定之處理方法有噴凝土、錨固（岩釘）及邊坡植生。

1. 噴凝土護坡：

為防開挖坡面遭雨水沖刷或風化侵蝕作用，或是無法植生之岩

石、礫石層面，一般常用此法來保護坡面。若地質條件差時，可加置鐵絲網製成而後吹噴，以加強噴凝土強度。於含水層或破碎帶湧水量特多時，可於吹噴的同時，加設排水設施。施作時應注意下列事項：

- (1) 在噴射工作開始前應將岩石表面之鬆離殘土、岩塊完全清除、污穢、油污或其他有礙噴凝土與岩石面黏結之有害物質徹底清除乾淨，並保持表面有適度之濕潤。
- (2) 鐵絲網之鋪設，須以錨定確實固定，以防噴射時鬆動，鐵絲網裝設應距岩面至少 3 公分，距完工面至少 2 公分。
- (3) 塑膠管之埋設須牢固，噴漿前，外端應以塑膠布包紮，以防水泥砂漿堵塞。俟澆滿兩天後，包紮物拆除。
- (4) 必要時噴凝土須分層噴佈。
- (5) 施作時，噴嘴應垂直於噴射面，與噴射面之距離約為 80 100 公分。如受地形限制，噴嘴與噴射面夾角不的小於 80 度。
- (6) 雨天不得施工。
- (7) 如有湧水或滲漏水時，應先以特種速凝水泥漿止漏或埋設導引湧水之管後再噴佈之。
- (8) 凡有地下水滲出，而可能在岩石與噴凝土間產生靜水壓之處，應施鑽排水孔深入岩盤至少 10 公分，以減除壓力，約 2 4M² 設置一處。

2. 錨固（岩釘）：

有時邊坡因受地形或其他因素之限制，無法用有效地整坡或做排水設施，在此情況下，可利用擋土牆或岩釘來增強平衡所需之力量。擋土

牆之施作應注意其排水之能力，可參閱本章內容。利用岩釘穩固邊坡之技術，對提高邊坡之穩定性，有明顯之成效。在處理邊坡穩定之工程時，由於岩性、構造不同及經濟利益、安全係數之要求，岩釘安裝之方向，及其所施之預力，常需謹慎考慮。

2. 邊坡植生（自然邊坡）：

邊坡植生之目的在於穩定邊坡，減少或防止坍方之發生，進而綠化邊坡，使環境景觀調和。邊坡穩定之綠化宜因地制宜，採用工程、植生方法或兩者相互配合方式處理。一般依現場之需要在坡腳以工程方法，如擋土牆、格籠、蛇籠等基礎工程來穩定坡腳，再施行坡面綠化，其方法依現場需要分為植草苗法，打樁埋枝、噴植法、塑膠袋穴植法、植生帶法、打樁編柵配合植生帶等方法。施工整地時之裸露表土易遭受雨水之沖蝕，造成水土流失，或完成坡面因雨水滲入而坍塌，故應注意植生未完成前，需暫以稻草蓆予以覆蓋，一可保護裸露土面，二則有利噴植草種生長。若無法單靠根系之固結力來保持坡地安定，則必須加設基礎穩定工程，邊坡植生務必配合完善之排水，才能達到理想之境界。

第七章 防災措施

7.1 施工中開挖臨時支撐

坡地地形常因高低不平或設計需求而需作局部的開挖整平，當開挖面高差過大時，為求開挖面施工時之安全，此時應實施開挖面臨時支撐工法作為擋土措施以穩定坡面。在坡地施工現場，開挖臨時支撐工法應具備有「簡便」且「快速」之特性，一般常用的工法有鋼軌樁檔土法及微型樁工法，此兩種工法均具備有簡便且快速之特性，以下便對此兩種工法作說明。

7.1.1 鋼軌排樁工法

鋼軌排樁工法其作業方法為將一定長之鋼軌每隔一相等距離垂直打入地層中，隨著基礎土方開挖作業之進行，於兩支主樁間嵌入橫向襯版，並填土於板條背後空隙而成。其工法優點如下：一、使用材料採購容易。二、施工簡單迅速。三、成本便宜。四、拔樁作業簡單，主樁可再行使用。五、拔樁後地盤之沉陷較板樁工法為少。鋼軌排樁工法之工法適用性、作業步驟、作業要點及作業注意事項...等，均於〈9.2.2.1〉節有詳敘，在此便簡略不多作說明，各位讀者請自行參閱該節之說明。

7.1.2 微形樁工法

微形樁工法適用於各式地形及各類地質，不受作業場地大小之影響。其施工較一般基樁為容易，雖口徑小但土壤摩擦面積大，因此在一定範圍內宜採用愈小口徑與愈多樁數處理，其效果較口徑大數量少為佳。於工作面狹窄，其他工法無法施作時，本工法多半可以克服。施工時可避免振動

及坡趾開挖，利用本身土石為擋土體，不增加荷重。

7.1.2.1 微形樁工法概述

微形樁的施工方式係利用套管與可行之鑽孔方式鑽至預定深度，以壓力灌漿方式注入水泥(砂)漿，再置入適當（單支或雙支）鋼筋，而後抽出套管即完成。其主要功用係利用其與土壤間的磨擦力及其剪力強度作為阻斷土壤破壞線、阻擋土壓、承載荷重與土壤結合為一體以穩定地層。微型樁其作用、施工構造等均介於高壓噴射灌漿與基樁之間，一般口徑在10-30cm左右，類似鋼筋混凝土可作為擋土牆用。

7.1.2.2 工法之適用性

微形樁工法適用於各式地形及各類地質，不受作業場地大小之影響。其施工較一般基樁為容易，雖口徑小但土壤摩擦面積大，因此在一定範圍內宜採用愈小口徑與愈多樁數處理，其效果較口徑大數量少為佳。於工作面狹窄，其他工法無法施作時，本工法多半可以克服。施工時可避免振動及坡趾開挖，利用本身土石為擋土體，不增加荷重。施作時應注意下列事項：

1. 無論單列或多列式，樁與樁之間宜考慮斜角5-15度交錯配置，其目的在於形成類似樹根交錯盤疊之狀。
2. 樁距宜視土壤強度決定，多在3-5倍樁距之間。
3. 樁長宜考量施工之可行性，愈往下愈不經濟。

7.1.2.3 施工作業流程

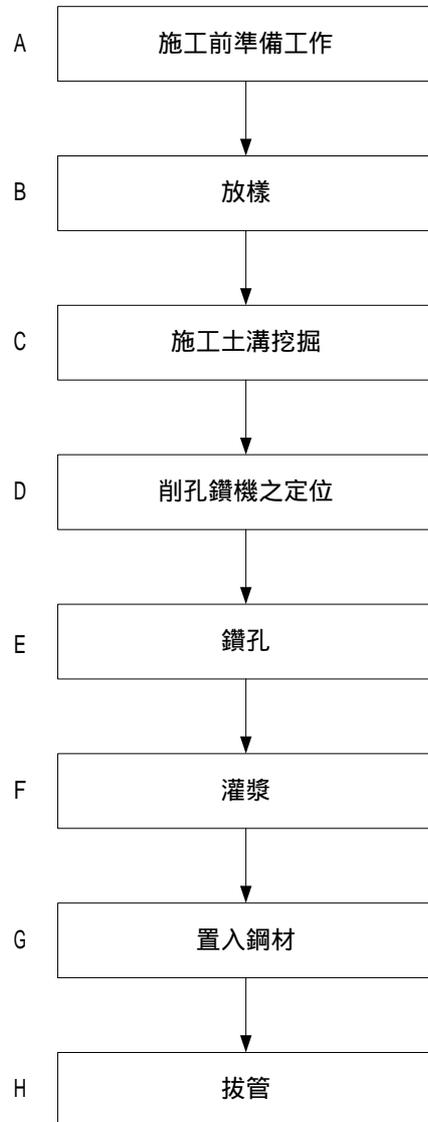


圖7.1 微形樁工法作業流程

7.1.2.4 關鍵性作業與應注意事項

表7.1 微型樁之關鍵性作業與應注意事項

工作步驟	關鍵性作業	應注意事項	施作基準
1. 施工前準備作業	施工前檢查	1. 應注意施工之順序	參照施工計畫
		2. 檢查作業區內是否有障礙物	參照施工規範
		3. 鑽機行進之路線檢查	參照施工規範
2. 放樣	放樣位置	1. 應注意設計圖示點位與間距	參照設計圖說
3. 施工土溝挖掘	土溝挖掘	1. 應注意導溝之挖掘大小	參照施工規範
4. 削孔鑽機之定位	鑽桿傾斜度檢驗	1. 應注意校正鑽桿之正確傾斜度	參照設計圖說
5. 鑽孔	削孔長度檢驗	1. 應注意削孔長是否符合設計規定	參照設計圖說
6. 灌漿	水泥漿澆置	1. 應注意水泥漿之水灰比是否符合設計要求	參照設計圖說
置入鋼材	鋼材檢驗	1. 應注意插入之鋼筋尺寸之號數與長度	參照施工規範
		2. 應注意鋼管之型式、材質、標稱直徑、最大外徑、管壁厚、長度及接頭車牙	參照施工規範或設計圖說
8. 拔管	拔管作業	1. 應注意漿液流失狀況，判斷套管是否需留置	參照施工規範

7.1.2.5 施工可能問題與可行對策

表7.2 微型樁之施工可能問題與可行對策

工作步驟	可能問題	可行對策
1. 施工前準備作業	施工之順序未正確，導致錯誤發生。	施工前詳讀施工計畫書
	鑽孔位置有障礙物導致施作困難	施工前檢查作業區內之是否有障礙物
	未事前勘查機具動線，導致移機困難或其他	施工前檢查作業區內之機具動線是否有障礙物
2. 放樣	放樣點位與間距不符設計圖說	應確認設計圖示點位與間距
3. 施工土溝挖掘	導溝之挖掘太大或太小	應先預估殘漿量以挖掘適當大小之導溝
4. 削孔鑽機之定位	校正鑽桿之傾斜度不正確	應依設計規定校正鑽桿之正確傾斜度
5. 鑽孔	削孔長度太長或太短導致施工錯誤	削孔長需符合設計規定
6. 灌漿	水泥漿之水灰比不符設計要求，可能造成強度之不足	水泥漿之水灰比應符合設計要求
7. 置入鋼材	插入之鋼筋尺寸之號數與長度不符設計要求	應確認插入之鋼筋尺寸之號數與長度
	鋼管之型式、材質、標稱直徑、最大外徑、管壁厚、長度及接頭車牙不符設計要求	應確認鋼管之型式、材質、標稱直徑、最大外徑、管壁厚、長度及接頭車牙
8. 拔管	拔管時漿液流失嚴重	應注意漿液流失狀況，判斷套管是否需留置

7.1.2.6 施工作業流程與應注意事項之結合

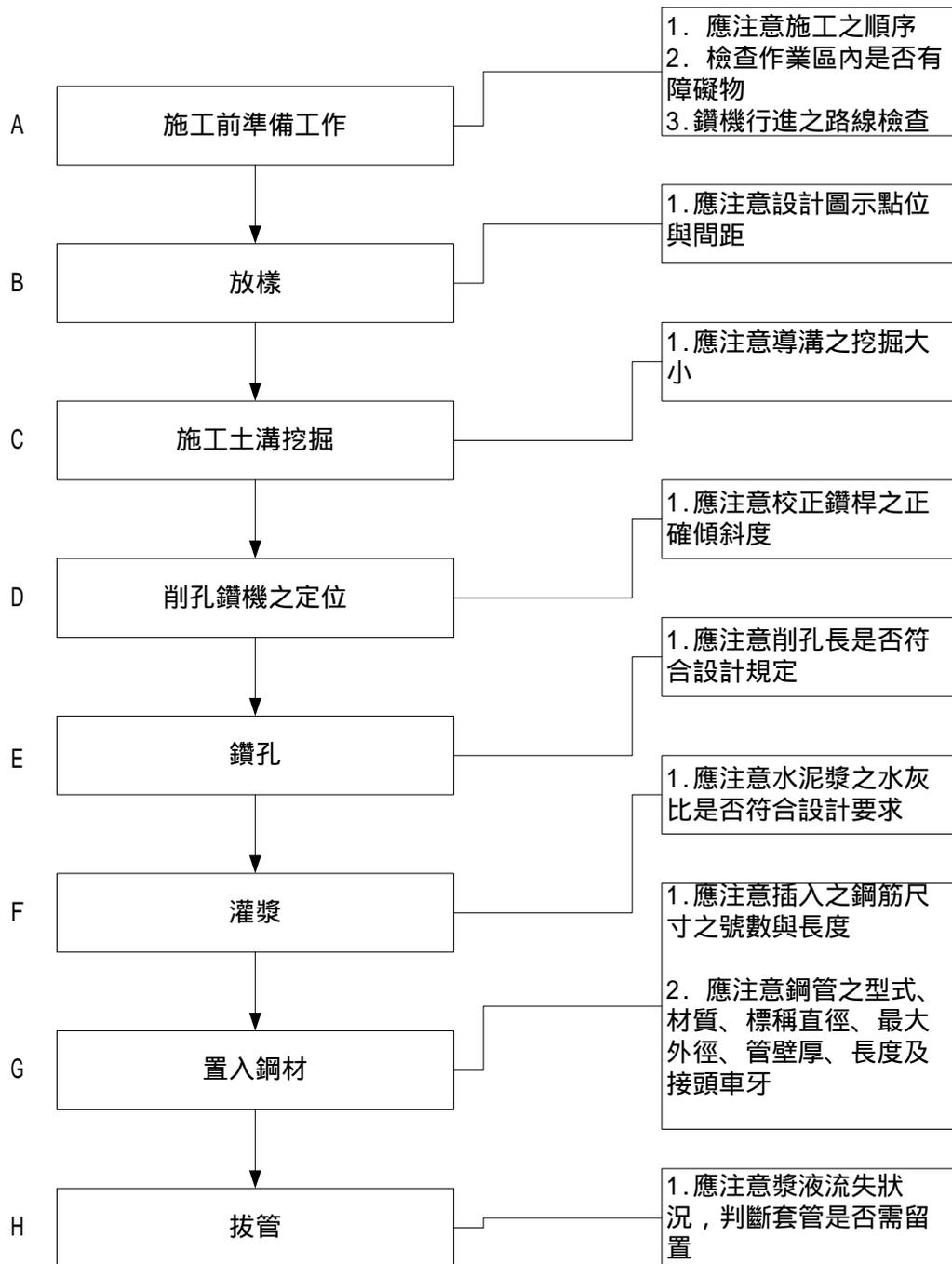


圖 7.2 微型樁之施工作業流程與應注意事項之結合
7.2 臨時擋土措施

坡地開發於開挖過程中，常需採取額外措施以確保開挖工程及鄰近構造物之穩定。一般而言，若利用攔砂壩作為臨時擋土措施，則會將臨時攔砂壩變成永久性存在基地內。臨時擋土支撐系統的功能除需具備安全性及經濟性外，另外支撐系統的施工速度亦為一項重要考量。

7.2.1 蛇（石）籠

蛇籠籠身具撓屈性，適合各種之地形，又因籠內填充卵石，透水性佳，作為擋土措施時能減低背後靜水壓力而不需透水孔設施，除此外蛇籠成本低廉、完成時景觀佳且施工迅速，最適合坡地臨時的擋土工程。見圖 7.3。



圖7.3 蛇籠

7.2.2 簡易擋土措施

簡易擋土措施的施作動機是為工程施作時，為防止因開挖或其他因素導致現場坡地的不穩定，而臨時用簡單的擋土措施（如利用砂袋或塊石）

填補孔洞以平衡穩定邊坡，俟工程施作到某一階段時，再將臨時放置的擋土砂袋、塊石取出，重新灌入混凝土或施築其他措施，見圖7.4。



圖7.4 簡易擋土措施

7.3 施工便道

施工便道為坡地開發施工期間利用現有道路或修築臨時便道，做為施工現場對外交通之用。利用現有道路做為施工便道，應注意其維護，路旁排水溝應時常清理。若為臨時修築之施工便道，則應注意路床整填滾壓之壓實度、最大乾密度以及相關排水問題。

7.3.1 便道開挖回填

施築施工便道應注意邊坡穩定、排水、棄土處理及施工中之防災措施

等。如在山坡或斜坡上施築時，應將斜坡挖成台階狀，挖出的材料視其適用的程度，應用於填方填築並按規定壓實，填方坡面雜物應事先清除，並做成階梯狀後再行填土並夯實。階段式邊坡應配合坡面排水，以保坡面之穩定。坡頂如有鬆危石及危樹時，應於施工時一併清除。施築山區便道造成之水土保持問題較明顯者有下列幾項：

1. 邊坡裸露、沖蝕及崩塌

地形及地質不佳地段，開挖常造成邊坡裸露、崩塌、滑動及沖蝕。施工方法不當，導致日後邊坡崩塌及落石。此時應立即於裸露邊坡採取適當的邊坡穩定措施，選擇適當的邊坡擋土方法，以防止沖蝕或崩塌。邊坡擋土型式可參考本手冊第六章。邊坡保護與植生請參考第四章。

2. 不當的棄土

不可就地推落廢棄之土石，易導致下坡面崩壞、破壞原有植被、加速土壤沖蝕。剩餘土石方任意傾倒未妥善堆置，則遇雨下流、淤積水庫、污染水源、埋沒農田房舍、阻塞河道橋涵甚或迫使溪流改道，造成嚴重災害。應運棄至設計圖指定之地點，且運棄之地點應不阻礙排水或不妨礙其他工程施工。棄土場應有完善之水土保持設施。

3. 排水設施不足

不可阻斷原有天然排水系統，施設足夠之排水設施以防止邊坡的沖蝕或崩塌。橫向排水不足、涵管斷面太小易造成路面沖蝕及邊坡崩塌。

7.3.2 便道路基

便道路基施築應注意其整地、開挖、回填滾壓以及邊坡穩定，施築前

應先清除原地面上所有雜草，腐敗植物及樹根，整地完成後進行開挖，開挖時應注意臨時排水、邊坡穩定與棄土之處理，相關內容可參考本手冊第四章。若於斜坡開挖時，應將坡面上所有殘渣及鬆散材料全部移除，完成之斜坡面應符合設計圖所示之坡度。便道路基基層之鋪築應注意砂石料級配品質，應為一均勻的混合物，不得有粒料分離或粗細骨材集中之現象，每一層的鋪設與壓實工作應符合規範之要求。道路隅角、路肩等處，撒鋪或滾壓機械難以充分發揮作業能力之處，可使用經上級同意之方法作業，但必須獲得符合規定之效果。

使用碎石級配作為底層時，其骨材應符合級配之規定及品質之要求，施作前所需之設備如平路機、滾壓機、灑水車等築路機械，應先備妥於工地以便隨時配合工作進行。使用地瀝青混凝土當面層時，各底層在鋪



圖7.5 道路路基施築

築面層時，需乾燥無積水現象並應清掃其上所有疏鬆或外來雜物，地瀝青混合料之鋪築，面層之壓實、接縫之壓實邊緣與路肩之滾壓應符合施工規

範。見圖7.5道路路基施築。

7.3.3 道路排水

施築道路時，應同時施築排水系統如邊坡溝、兩旁排水溝等，施築時應注意設計圖之排水管線安放位置，避免因滾壓或其他作業破壞排水管線，或其他因素導致管線必須重新挖除，破壞已完成之路面。

道路排水設施應該注意下列事項：

(一) 邊溝：

1. 縱坡較大，土壤不良有沖刷之虞者採用襯砌溝。
2. 路基潮濕，排水不良路段設襯砌溝。
3. 最小坡度0.5%以上。
4. 配合護坡設施處應設襯砌溝。
5. 迴頭彎處應設襯砌溝。
6. 岩質或土質良好無沖刷之虞者施設土溝。
7. 坡面不穩定、土石易掉落阻塞、清除不易之路段採用L型(淺寬三角形)溝 其餘採用梯形或矩形，惟寬度及深最小應在30公分以上。

(二) 橫向排水：

1. 凡有天然溝或渠道橫越道路之處均應施設。
2. 路線縱向之凹處施設。

- 3.除1.及2.項外，間距以150公尺設置一處為原則。
- 4.橫向排水出口處，應有適當之保護及消能設施如靜水池等；並設置排水溝引導至下游安全地帶，以防路基及下游坡面沖蝕。
- 5.排水管涵縱坡以3%以上為原則。上游泥砂來源較多或有被雜木樹枝葉阻塞之虞者，管涵之排水斷面應視實地情形予以加大30%
50%。

7.4 施工中臨時抽排水措施

由於水為坡地穩定的主要因素之一，大面積的工程施工中要如何減低因為水所帶來的影響，是一個重要的課題。而在坡地工程施工中，施工中設置臨時的抽排水設施，一可順利施工，一則可降低坡地災害。

7.4.1 臨時攔砂壩與蓄洪池

坡地開發整地開挖工程，在排水系統尚未完成前，於陡坡下游低窪地區構築臨時攔砂壩與蓄洪池，以攔蓄河道泥砂、調節泥砂輸送、穩定河床及兩岸崩塌、防止侵蝕、沖蝕、抑止土石流，避免造成坡地災害。一般於山坡地開發所使用之攔砂壩，因其現地狀況施作其適用之型式，常見有下列幾種：

- (1)土壩 適用於流域面積小、逕流量小、壩址地質條件較差、現場或附近有豐富可利用之土石材料者。
- (2)木壩 林木豐富、交通不便、逕流量小、臨時搶修之小型構造物適用之。
- (3)石籠壩 適用於荒廢小侵蝕溪流、交通不便或地滑地區、臨時搶修等。

- (4)堆石壩 適用於現場或附近有豐富之可利用塊石材料、臨時搶修等。
- (5)混凝土壩 適用於逕流或規模較大，且具永久性治理效能之構造物。
- (6)鋼筋混凝土壩(含半重力式鋼筋混凝土壩) 利用鋼筋拉力特性以節省費用，增加效能之構造物適用之。
- (7)卵石混凝土壩 適用現場或附近有豐富之可利用卵石材料者。
- (8)格籠壩 適用於逕流量不大、地質條件較差、施工期間短、為透水型之永久性構造物。
- (9)梳子壩 適用於發生土石流溪流，利用其透過性，經常保持貯砂容量，以備攔阻土石流之快速流動及粗大粒徑砂石。

7.4.2 臨時主、次排水系統

坡地臨時主、次排水系統的設置，主要為提供坡地工程施工時，排洩雨水或其他原因所積存之水，以免影響施工，損毀材料機具等。因坡地工程一般施作時面積皆非常大，施工時應有一套完整有規劃性的排水系統，包括縱向與橫向的排水。臨時主、次排水系統的建立，應視其現地狀況選擇合適的施作方式。施作臨時排水工程有幾個應注意之要項：【台灣營建研究院1998】

1. 於原主排水路段設置多處之臨時沈砂池與攔砂壩，經消能及匯流後，始排放出基地，避免表面逕流過度集中，造成嚴重沖蝕。
2. 依據工區集水區特性及地形現況，於適當地點先行建造主要截流溝，以避免逕流侵入施工區。
3. 每台階開挖整地皆應設置平臺溝，材質可用塑膠布，並以錨釘固定，做為臨時排水，避免雨水自邊坡流下沖蝕坡面，垂直坡面是

則有漿砌卵石之吊溝收集，排放至主要排水路。

4. 天然溝或渠道橫越道路之處及路線縱坡凹處，均設置橫向排水，且其出口設置有石籠等保護及消能設施，以防止沖刷。
5. 豪雨來臨前，未完成之坡面及餘土暫置區需以塑膠布全面被覆於裸土上，防止沖蝕。
6. 排水溝、沉砂地及攔砂壩之淤砂應定期清除，維持其應有之排水功能，尤其颱風及暴雨過後應增多清除頻率。
7. 各主要水路下游設有滯洪攔砂壩，做為沉砂、蓄洪功用；而若有人工湖之設置，在施工中亦發揮調洪蓄水之功能。

坡地臨時排水溝其型式包括混凝土溝、預鑄溝、簡易土溝外鋪PE布、排水管涵（透水管、盲管、RC排水管）。開挖時下游應盡量設置沉砂池，以免開挖擾動污染整條河川。其中混凝土溝、預鑄溝、簡易土溝外鋪PE



圖7.6 簡易土溝外鋪PE布

布、排水管涵（透水管、盲管、RC排水管）等排水溝位置儘可能選在區內之低窪處，施作方法及內容可參考本手冊第五章。圖7.6為簡易土溝外鋪

PE布。

7.4.3 施工中抽排水設施（地下室或低窪處）

如平地開挖地下室一般，坡地進行地下室開挖或其他較深開挖時，施工中的抽排水系統亦不可欠缺，對於所抽出的地下水應有一套完整排水計畫，例如周邊排水溝的建立、排水的方式等等。於施工同時應隨時注意抽排水對周邊坡地的影響，避免抽排水造成基礎沈陷或地盤下陷等邊坡災害。

7.5 臨時邊坡保護措施

坡地工程於工程施作前，常需要一些臨時邊坡保護措施，使得主要工程施作能順利進行，其作用大致在保護坡面，防止因下雨沖刷或開挖



圖7.7 噴凝土護坡

等因素導致崩塌而影響到主體工程。臨時邊坡保護因坡地現況而有不同的方法與措施，大致上可分為噴凝土護坡、岩釘護坡、邊坡植生等，配合工

程的類型與需要使用不同的邊坡保護措施。圖7.7 噴凝土護坡。

7.6 邊坡維修

坡地邊坡或擋土牆施作完成後到整個坡地工程完成期間，應定期對邊坡或擋土牆進行維修檢查，以確定整個坡地工程之安全性，一般基本的維修工作應至少包括下列幾項：

1. 清理積存在排水溝內及邊坡上的雜物。
2. 修護破裂或已損毀的排水溝及路面。
3. 修補或更換破裂或已損毀的邊坡護面。
4. 清理淤塞的排水孔及出水管。
5. 清理邊坡表面引致嚴重裂縫之植物。
6. 在光禿之土坡面重新種草。
7. 清除岩坡上或弧石附近的植物與碎石。
8. 修復砌石牆的勾縫。

此外，應該定期檢查已完成之邊坡或擋土牆附近的地下排水管道。若發現地下排水管滲漏，例如當邊坡表面濕度顯著增加，或從擋土牆的排水孔或砌石塊之間的接縫滲出的水量有所增加時，應立刻安排檢查及修補管道，見表7.3。【台北市土木技師公會1999】

表7.3 邊坡及擋土牆一般例行維修工程

維修項目	一般維修	工程說明
地面排水系統（如排水溝及陰）井	<ul style="list-style-type: none"> (1) 清除雜物，雜草及其他障礙物。 (2) 使用水泥或「軟質」防水填料修理小裂縫。 (3) 重修嚴重破裂排水溝。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 工程可能涉及場地以外的排水系統，以防泥石阻塞。 (2) 如大樹根已損毀排水溝，可適當地除去影響水溝的根，但小心不要危害樹的穩定性。
排水孔與地面水管	<ul style="list-style-type: none"> (1) 清除洩水孔和排水管出水部位的阻塞物（如雜草和泥石）。 (2) 用竹竿探查較深的阻礙物。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 在邊坡上，不宜用排水管，因為水管容易阻塞。現存的排水管，若發現漏水或嚴重淤積，應改用排水溝。
「剛性」邊坡護面（噴混凝土）	<ul style="list-style-type: none"> (1) 清除雜草。 (2) 修補受侵蝕的部分。 (3) 更換與泥土剝離的邊坡護面。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 出現裂縫的「剛性」邊坡護面，應予以修補，作法是沿著裂縫開挖一槽，並以類似的邊坡護面物料或軟性防水層料填補。如大樹根已損壞護面，該護面應予以更換，並裝植樹圈。
植生護面	<ul style="list-style-type: none"> (1) 用壓實的泥土修護侵蝕的部位，然後在重新種植。 (2) 在植物已枯萎的地方重新種植。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 淺層侵蝕如不影響現有地面排水溝性能，只須把受侵蝕的部分削去，無須回填。
岩坡及孤石	<ul style="list-style-type: none"> (1) 封密開離的節理或在局部地方加上護面，以防止雨水滲入。 (2) 清除鬆動的碎石。 (3) 清除雜草。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 不加選擇地除去所有植物，可能不適宜，但導致岩石節理擴張的樹根，則應除去。

表7.3 邊坡及擋土牆一般例行維修工程（續）

結構性護面	<ul style="list-style-type: none"> (1) 修護坡面受損的水泥漿接縫。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 牆出現持續的損毀情況時（例如不斷擴大的裂
-------	---	--

	(2) 修護已破裂和剝落的混凝土表層，並更換接縫上損壞的填料和防水填料。	縫),應向負責工程維修檢查的專業技師報告。
--	--------------------------------------	-----------------------

第八章 坡地監測

8.1 作業方法概述

山坡地開發中由於地層之多變性、複雜性和不確定性較多，使得坡地工程之災害頻傳，為確保山坡地施工之安全，監測系統之運用也日益普遍，監測系統的運用就大方向而言，必須充分瞭解設置監測系統的目的，監測的主要的目的在計測或監測現場的變形、位移及現場的應力或水壓狀況。並適時適地的規劃各種監測儀器，進而在施工中獲得各項觀測結果，並校核該觀測結果是否有異常行為發生，如有超出原設計之異常行為則需進一步分析及評估是否需做補強或變更其設計。從整地、邊坡、開路、水土、建築到景觀等施工作業，必要依各類細部設計的圖說，擬定施工計畫，為了施工之安全，必需建立監測系統，隨時注意工地之狀況。尤其山坡地受天候之影響，容易發生災難；甚至危及鄰地，更應小心防治。

其監測儀器可分為（1）水位觀測井（2）水壓計（3）傾斜觀測管（圖 8.1）（4）地表沈陷點（5）地表伸縮計（6）裂縫計（7）結構物傾度盤（8）地錨荷重計等，其中影響邊坡穩定性最大的儀器，如水位觀測井、水壓計及傾斜觀測管使用最為普遍，因此本施工作業準則僅介紹此三種監測儀器。一般監測中所使用的工具主要有鑽孔機、各種儀器架設設備及滑輪組件等。有效運用監測系統於坡地工程之設計及施工，以確保邊坡之安全。

山坡地監測重點要項：

- （1） 山坡地監測應確定設置監測設施之種類與地點。

- (2) 選擇適當監測儀器與設備。
- (3) 監測設備裝設時機之確定。
- (4) 監測儀器之校正及維護。
- (5) 監測紀錄及觀測頻率。



圖 8.1 填土區傾斜觀測管

8.2 監測儀器之適用性

坡地的變動及行為能充份掌握時，坡地的安全才能獲得確保，與坡地安全關係較大的監測分類包含：

(一) 水的監測（水位觀測井、水壓計）

山坡地地下水之分佈、變化，對於邊坡之穩定性影響甚大，裝設水位

觀測井或水壓計，以觀測地層中地下水分佈、與變化狀況及水壓力大小，以做為後續施工管理及長期維護之重要依據。

(二) 地層穩定性監測 (傾斜觀測管)

山坡地有不穩定狀況時，其地層反應最顯著的現象，就是滑動塊體向坡址之水平位移，如此可瞭解邊坡之穩定情形。

一般儀器可分為 (1) 水位觀測井 (2) 水壓計 (3) 傾斜觀測管 (4) 地表沈陷點 (5) 地表伸縮計 (6) 裂縫計 (7) 結構物傾度盤 (8) 地錨荷重計。其各用途與功能如下：

表 8.1 監測儀器用途與功能

8.3 監測儀器之步驟與注意事項

傾斜觀測管監測儀器雖然有八種型式(水位觀測井、水壓計、傾斜觀測管、

使用狀況	用途與功能
水位觀測井	為監測擋土背土側之實際水位，可衡量擋土設施之水壓力，並可研判地下水位是否超過原設計假設
水壓計	主要觀測邊坡中地下水位變化之情形及土體內孔隙水壓力。
傾斜觀測管	埋設於坡地或擋土牆外側，監測土層滑動位移，檢討地滑對鄰近結構物或擋土牆措施之影響，作為坡地滑動或潛移之重要依據。
地表沈陷點	通常裝設於擋土設施上或坡地適當位置，已觀察地表下陷之情形，此種下陷量需要精密之水準儀長期量測，記錄及判讀，並且配合其他觀測系統，做工程上之判斷。
地表伸縮計	於邊坡適當位置鑽一水平鑽孔，以裝設伸縮計，由伸縮計之測桿測出伸縮量，計算該測點之位移，以觀測邊坡是否滑動。
裂縫計	針對坡地鄰近結構物或擋土設施既有裂縫之觀測，坡地滑動時，可能對鄰近結構造成不均勻沈陷而產生裂縫，觀測裂縫計變化情形。
結構物傾度盤	裝設於擋土設施或附近鄰房上，監測其因外力引致沈陷變化及傾斜程度，作為結構物安全性之判定。
地錨荷重計	監測擋土設施地錨之荷重變化行為，藉以分析荷重是否在安全範圍內，確保擋土結構之穩定性。

地表沈陷點、地表伸縮計、裂縫計、結構物傾度盤、地錨荷重計)，但其基本之施工方式並無太大之差別，僅型式及用途等之差異，以下僅介紹較常用之主要監測儀器（水位觀測井、水壓計、傾斜觀測管）之埋設步驟與注意事項。

8.3.1 水位觀測井：

水位觀測井主要是觀測地下水位之變化情況，山坡地若水之流量控制的好，即山坡地之開發較為安全，而水位觀測井是告知施工人員地下水位之變化情形，可於水位變化時採取必要之措施，期望達到施工安全之目的。以下即介紹水位觀測井施工之一般概念及示意圖（圖 8.2 水位觀測井）：

表 8.2 水位觀測井

水位觀測井	
觀測目的	觀測目的在瞭解開挖過程中，完工後地下水位變化情形。
埋設步驟	<ol style="list-style-type: none"> 1. 於水位觀測井預定埋設位置，利用水洗式沖洗鑽孔至預定埋設深度下 50 cm。 2. 將套管提升約 60 cm 後於孔底以充填法回填砂料封住鑽孔底部。 3. 將已鑽孔之塑膠管包覆尼龍網埋入鑽孔。 4. 取適當之砂回填，使砂面位於預計埋設深度以上約 2.5m。 5. 以類同於該處土層之土壤回填其餘部份至地表為止。

表 8.2 水位觀測井（續）

注意事項	儀器架設中	<ol style="list-style-type: none"> 1. 於水位觀測井埋設位置處，以鑽機鑽至預定埋設深度下 50 cm。 2. 將水位觀測井開孔部與塑膠管接後置入孔中，使水位觀測井底部位於設計深度處，再回填砂料。 3. 在靠近表土處回填皂土丸，以防地表水入滲。 4. 皂土回填完成後，以土壤回填其餘部份。 5. 頂部作一明顯標示之保護措施。 6. 於基地開挖前測定初始水位。 7. 詳細填寫裝設紀錄。
	儀器使用中	利用具刻度之電線、三用電錶或水位指示儀測出 PVC 管內水柱之高度，可直接換算成水位高。

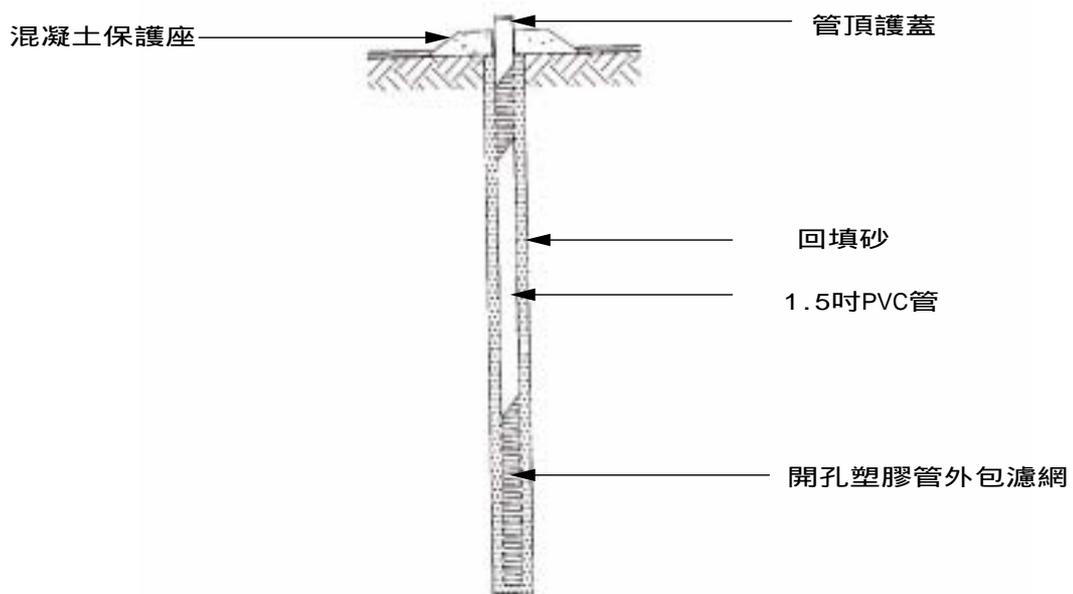


圖 8.2 水位觀測井

8.3.2 水壓計

水位及水壓量測是最普遍且常見的監測系統。它對於基礎的選擇、排

水問題、邊坡穩定性、及施工的安全等具有很重要的影響。山坡地中水壓之變化直接影響邊坡穩定之安全，設置水壓計可長期間監測地下水的變化，確保邊坡及擋土結構之安全性。以下即介紹水壓計施工之一般概念及示意圖（圖 8.3 水壓計）：

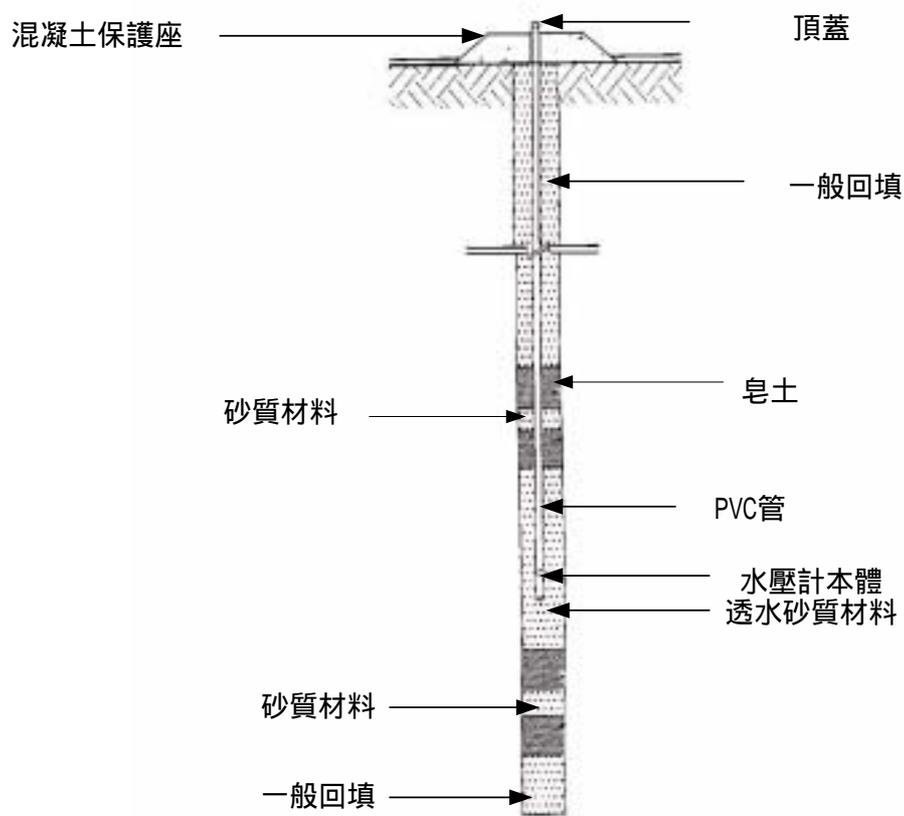


圖 8.3 水壓計

表 8.3 水壓計

水壓計		
觀測目的	其目的在瞭解不同深度、不同土層、土壤孔隙水壓力、地下水位在開挖工程進行時之分佈情況以及變化情形，並可以分析土層之穩定度，對開挖工程施工方法、步驟之選擇，以及工期之掌握，具有相當重要的價值。	
埋設步驟	<ol style="list-style-type: none"> 1. 先將水壓計本體與塑膠管接受，接受後於塑膠管內試水，每節塑膠管接頭不可有漏水現象。 2. 於水壓計埋設位置，利用水沖法以直徑為 10 cm 之套管進行鑽孔至計劃埋設水壓計深度上 60 cm 處，採取劈管土樣一支以檢核水壓計埋設深度之土壤種類，再將套管鑽至計劃埋設深度下 50 cm 處。 3. 清孔後，於孔底回填 40 cm 之砂料。 4. 將水壓計本體中心點位於埋設深度處，再回填 60 cm 之砂料。 5. 以回填法分二次置入皂土球，注意皂土球數量之控制，使每次填入鑽孔內深度約 30 cm，皂土球之直徑約 2 cm，於每次回填後，以一前端接一半月形鐵片之鋁管壓實皂土球，緊密接合，並以鋁管量其高。 6. 以砂料或類同該處層之土壤回填至預定埋設深度下 125 cm。 7. 重複 5. 所述方法。 8. 重複 4. 及 5. 之方法，完成第二水壓計之埋設。 <p>以砂料或類同該處層之土壤回填其於部份至地表面為止，水壓計埋設完成後，須作適當之防護措施，以避免遭破壞。</p>	
注意事項	儀器架設中	<ol style="list-style-type: none"> 1. 定位點之確定。 2. 塑膠管接頭不可有漏水現象。 3. 水壓計中心點埋設深度確定。
	儀器使用中	利用具刻度之電線、三用電錶或水位指示儀測出 PVC 管內水柱之高度，可直接換算成水位高。

8.3.3 傾斜觀測管

傾斜觀測管主要是觀測構造物之傾斜狀況，以利施工人員於施工中了解構造物之變化，方便事前處置及突發事故之預測，以研判建築物之安全性。此為山坡地之重要觀測計，以下即介紹傾斜觀測管施工之一般概念：

表 8.4 傾斜觀測管

傾斜觀測管

觀測目的	目的在量測隨著開挖過程中，由於擋土結構受力變形及基地抽水造成周圍建築物沈變化及不均勻沈陷造成建築物傾斜，以研判建築物之安全性。	
埋設步驟	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依圖面所示裝置傾斜觀測管，依平面位置圖，並會同現場工程師代表，以決定裝設之實際位置和可行性。 2. 架設鑽機以確保機具之水平，以免後續鑽孔之傾斜。 3. 首先查明此地點下是否有管線經過，或對地下前數米小心緩慢探鑽。 4. 鑽探約數米，代以側衝式水洗方式（若為岩層則以鑽頭直接施鑽），鑽取一直徑約 100 mm之鑽孔（視所採用管徑而定）至預定深度，如有孔壁坍塌情況，則進行套管保護或使用皂土液。 5. 將觀測管徐徐放置孔中，放置須小心，且須保持套管之垂直。 6. 在放置觀測管同時，將觀測管內某一凹槽須依現場工程師代表指示之方向對正。 7. 於放置觀測管後，須對觀測管灌進清水，以保持觀測管內之清潔和避免污泥之滲入。 8. 重覆上述第 6~8 動作，須注意每節套管及套管間之各接頭之溝槽須對正，使觀測管之溝槽能予連續而不偏斜。 9. 當套管底端到達孔底，預定埋設深度時，須進行深度之檢核。 10. 深度檢核無誤後即進行灌漿作業。 	
注意事項	儀器架設中	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意所有接頭應固定好。 2. 底部須用保護蓋完全止封。 3. 將灌漿管於最下支觀側管之底部，並以鐵線固繫之。
	儀器使用中	<p>在基地開挖以前於建築物外側以固定架傾斜計固定盤固定於建築物上，觀測時傾斜感應器納入傾斜計固定盤以電纜連接傾斜感應器及傾度讀數器，即可量測出建築物的傾斜度。</p>

8.3.4 觀測頻率

山坡地之觀測頻率可依施工前（開發許可階段）施工中（雜項執照及建造執照階段）及施工後（使用管理維護階段）為三個主要階段，其不同階段有各不同之觀測頻率，原則如下：

1. 施工前（開發許可階段）：一般較適中之觀測頻率，以獲得足夠資料供作分析設計及建立基地原狀初始數據之用。
2. 施工中（雜項執照及建造執照階段）：採較密集觀測頻率，配合施工進度，以施工控制參考為主，以配合施工作業及回饋設計之需求為要。
3. 施工後（使用管理維護階段）：採較寬鬆觀測頻率，以長期監測坡地穩定性為主，但對於異常項目或有危險徵兆之坡地，則宜密集重點觀測。以下即為觀測頻率表：

表 8.5 觀測頻率

觀測儀器	施工前 (開發許可階段)	施工中 (雜項執照及建造執照階段)	施工後 (使用管理維護階段)	備註
水位觀測井	每週一次~ 每月一次	1. 每週一次。 2. 暴雨、地震後加測一次。	1. 視風險等級而定。 2. 暴雨、地震或異常狀況後應觀測。 3. 應配合目視檢查有無異常狀況。	1. 觀測初期依本表建議執行。 2. 經一定期間之量測，確定部份項目變化較小可適度放寬其頻率，並對變化較大之項目加強頻率，以達到重點之量測及節省有限人力。
水壓計	每週一次~ 每月一次	1. 每週一次。 2. 暴雨、地震後加測一次。		
傾斜觀測管	每月一次	1. 每兩週一次。 2. 開挖、整地及大規模土方作業前後各測一次。 3. 暴雨、地震後加測一次。		

8.3.5 管理標準

管理標準即山坡地深開挖工程中所稱之「安全管理值」，於本手冊稱作管理值，該等管理值有其下列工程意義：

一、對於部份項目涉及材料之強度者，其管理值往往反映其設計時所採用的理念及安全之係數，故管理值往往以設計值之某種百分比為設定依據，以反映設計者之理念。

二、對於以穩定性為主之項目，由於一般大地工程之穩定性分析以安全係數表示，但是安全係數之高低並無法直接反應其中各觀測項目之大小（如位移、水壓等），故該等項目之管理值並不能直接反應確實之穩定性，僅為定性之顯示其穩定性。

三、管理直係設計者對該工程設計的一個預期標準，大部份設計者均希望該等工程之變化（行為）落入預期標準或容許標準中，而觀測系統正好提供客觀之數值以供評估。

訂定管理標準之目的在於 便於執行及 讓現場非專業 工程師易於了解坡地之移動及變化管理，同時管理標準可配合自動化警報系統之使用及設定。但由於山坡地之穩定性（安全性）取決於山坡地之平衡，對部份項目有明確之設計值或材料強度較容易訂出，及每日安全監測觀測日報表於（表 10.10），對於位移量、地層沉陷量之變化較難以一定值訂出管理標準，故管理標準建議採用類似預警值、警戒值、行動值方式以涵蓋較多之情況，並於觀測值達到不同管理值賦予不同程度之意義，表 8.6 為建議之管理標準值 表 8.7 為各管理值之代表意義及相對之處理行動，【廖洪鈞 廖瑞堂 1998】。

表 8.6 山坡地工程監測參考管理值

觀測項目	需考量之因素	預警值	警戒值	行動值
地層移動	1. 位移量	2.0mm/月	2.0~10.0mm/月	> 10.0mm/月
	2. 位移速率	有一定位移傾向	有一定位移傾向	有一定位移傾向
地下水位	設計地下水位	設計水位		
地下水壓	設計地下水壓	設計水壓		
建物傾斜管	容許傾斜量	1/500	1/360	1/250
裂縫增量	容許裂縫寬度	1mm	-	-
地面沉陷	容許沉陷量	沉陷量不影響 結構之使用性	-	-
建物沉陷	1. 容許沉陷量	沉陷量不影響 結構之使用性	-	-
	2. 差異沉陷量	1/500	1/360	1/250
擋土牆變位	位移量	-	-	-
地錨荷重	1. 設計拉力	設計拉力	±設計拉力×1.2	鋼鍵容許拉力
	2. 鋼鍵容許拉力			
擋土牆鋼筋應力	1. 鋼筋降伏應力	設計應力	容許應力	降伏應力
	2. 鋼筋容許應力			
<p>註：1. 不同之山坡地依其特性訂定管理值。</p> <p>2. 各觀測值必須已排除誤差及干擾因素後再作判讀。</p>				

表 8.7 各管理值之意義及相對行動

項目	預警值	警戒值	行動值
概括之意義	1. 在設計預期範圍內。 2. 可接受之變化量。	1. 大於設計值但在容許範圍。	1. 大於設計值且接近降伏或不容許

	3. 應該是安全之範圍。	2. 可接受之變化量，但可能接近臨界值。	之情況。 2. 有發生山坡滑動之可能性。
應採取之處理	1. 正常施工與監測。 2. 注意後續之變化。	1. 正常施工，密集觀測。 2. 召開檢討會議，研。判安全性，尋找原因並研擬補救措施，並決定補救措施之執行時間。	1 暫停施工，密集觀測。 2. 於達行動值前執行補救措施。

第九章 建築構造開挖與回填

在坡地雜項工程施作完成後，基礎開挖作業是建物施工所必要的先行工作，由於作業對象是涵蓋未知因素相當多的地層，事前預測困難，為最易產生事故的施工作業。一旦施工不當，輕者造成道路路面塌陷，重者造成擋土設施崩塌，造成以施築完成之建物傾斜損壞等情事，對整個工程之影響甚鉅。以下我們將對坡地基礎型式、基礎開挖、擋土工法等作一說明。

9.1 基礎開挖

坡地建築工程之基礎開挖施工，一般與平地建築相似，作法也相同，唯獨坡地因受限於規範規定，其建築之基礎之開挖深度亦不會太深，亦即坡地建築之基礎一般皆為淺基礎型式。基礎開挖由下列等作業所構成：1. 基地整平 2. 挖掘 3. 擋土開挖 4. 棄土處理(開挖土處理) 5. 回填、填方。此等作業不僅在工作之安排上不容易而且與基礎工程、本體工程及其他關連作業均有密切之關係。說明如下： 【林耀煌 1997】

1. 基地整平：

基地之地表面通常並非平坦均一，多少具有高低差，並且基地內往往存在有殘留基礎、雜草、雜木、樹幹等之障礙物，故工程之施工上第一步應將基地整平，實施鏟除與填挖，整平面積廣潤時，可採用機械施工，利用推土機推土集土，用蛤形挖土機、裝載機、鏟土機等抓取，以卡車等裝載搬出場外。殘留基礎若是木造房屋者，可用推土機或人工處理，若為大型者或其他混凝土工作物時，則用手鑿或鑿岩機、施爆等方

法加以處理。

2. 挖掘：

基礎工程上之挖掘形狀可分類為下列三種 1. 坑挖 2. 溝挖 3. 全挖。在某地內挖掘一定尺寸之圓形或角形之坑穴，類如獨立基礎之構築開挖即稱為坑挖。在某地內挖掘細長溝狀，類如地中梁或連續基礎之構築開挖，即稱為溝挖。在基地整佃地域內實施心大型挖掘，類如筏式基礎與地下室之構築開挖即稱為全挖。

3. 擋土開挖：

依照建築技術規則第 154 條規定：「挖土深度在 1.5 公尺以上者，除地質好，不致發生崩塌或其周圍狀況無安全之虞者外，應有適當之擋土設備」。

擋土壁目前最常用有下列幾種：

- 1 木版樁擋土壁
- 2 主樁橫板條擋土壁
- 3 鋼板樁擋土壁
- 4 排樁式擋土壁
- 5 地下連續壁

在實施以上各種工法時，經常須併用下列等補助工法。

- 1 排水工法
- 2 地盤改良工法

4. 棄土處理(開挖土處理)：

現場上所挖取之土砂如何搬出、如何處理，乃是基礎開挖上重要項目之一，倘若在擬定開挖計劃時，僅考慮如何挖掘，而不顧及到日後開挖土砂之處理，則此種計劃不能稱之為完備之施工計劃。一般最困擾的問題係開挖土砂是應該全部當作棄土而搬出廢棄或保留一部分當作日後回填之用。基地面積廣闊，有作業空間時，則可保存某些回填土，若基地狹窄，則通常是將開挖土全部搬出。如果將回填土強置於現場內，往往形成作業空間之缺乏，場內混亂之現象，易造成施工作業上之不便。

5. 回填及填方：

回填土之採取須視現場之景況，而決定出是使用保存在現場之開挖土或另行購買之良質土。基地通路狹窄時，回填作業宜採用帶運機處理，若通路寬闊則直接用傾卸卡車卸除，每鋪一定厚度(通常 0.3m)後，灌水壓實。

基礎開挖前必須就開挖面積大小、深淺、土質、地下水為、四周地物地形等加以詳細調查，再決定詳細之施工方法。同時為增進施工效率，對挖掘方式與挖出土之搬運作適當調配，切勿有挖掘與搬運間相互牽制之情形。與基礎施工有關之開挖方法大略可分為下列三種：

(1) 全挖式開挖工法：

A. 斜坡明塹開挖工法：

於開挖周圍，保留著穩定之坡面而進行開挖之工法，其設計重點在於坡面穩定之計算。

B. 支撐名塹開挖工法：

係利用擋土壁及支撐設施防止土砂之崩坍而進行開挖

之工法，其設計重點在於土壓之計算。

(2) 島區式開挖工法

在開挖前先保留擋土壁及其內側之坡面，在將基地內部開挖，開挖至預定深度後，構築中央之基礎部分，並利用此基礎部分之反力架設支撐，而後再開挖周圍部分之保留土，而構築殘留部分構造物。這種工法並不限於先行構築基礎部分，亦可先行構築建築物上部構體而後作為水平支撐之用。此工法擷取了全挖式工法中斜坡開挖法與支撐開挖法之優點。

(3) 壕溝式開挖工法：

在欲構築之建築物中，先將外圍部分一面施以擋土作業，一面作壕溝狀開挖。先構築建築物外圍部分，而後利用已完成之外為部分作為擋土之用進行內部之開挖。

表 9.1 各開挖工法之特徵

開挖工法	優點	缺點
斜坡明塹開挖工法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不需擋土支撐設施，較為經濟。 2. 因無支撐設施，故開挖所需時間較短。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 需有廣闊空間。 2. 不適用於軟弱土盤。 3. 需要大量之回填土。 4. 在地下水多之地區，易造成坡面坍塌危險。
支撐名塹開挖工法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 構築建築物幾乎可達到全部基地。 2. 適用於軟弱土盤。 3. 無需超餘之開挖，故回填土量少。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 因需架設支撐，故工期長，成本高。 2. 支撐設施縱橫交錯阻礙作業施工。 3. 開挖面廣闊時，易造成支撐作業施作之困難。

表 9.1 各開挖工法之特徵(續)

島區式開挖工法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建築物可構築到整個基地。 2. 可使用較少之支撐材料。 3. 於廣闊基地開挖，因支撐長度較短，故支撐材料之鬆弛與收縮現象少。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不適用於軟弱土盤。 2. 工程分兩次進行，工期較長。 3. 施工作業空間少，作業性不良。 4. 開挖深度越深則中央先行部分之範圍越小。 5. 在地下軀體上形成水平接縫，故需另行處理。
壕溝式開挖工法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適用於軟弱土盤。 2. 雖在廣闊基地開挖，但支撐材料鬆弛收縮均小。 3. 建築物能構築到整個基地。 4. 可利用中央部分作為作業空間。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 必須有多餘之內側擋土設施。 2. 需分兩次構築，有損工期，工程複雜。 3. 開挖面積小時，作業性不良。 4. 擋土壁為二重構築，不經濟。 5. 地下軀體形成水平接縫，需另行處理。

9.2 基礎型式

基礎的型式，可分為淺基礎和深基礎，淺基礎包括獨立基腳、連梁基腳、聯合基礎和筏式基礎，一般其挖掘基礎 D_f 與基礎寬 B 之比小於 1 者，即 $D_f/B < 1$ ，反之則稱為深基礎。深基礎包括樁基礎、沈箱基礎、深墩等。基礎工程竣工後埋設於地面下，故其修補、加強、改良等均困難。為了整個結構物的安全，基礎工程在設計以前務必詳盡調查工地地形與地質、地下水位等。

9.2.1 淺基礎

坡地建築工程之基礎開挖施工，一般與平地建築相似，作法也相同，唯獨坡地因受限於規範規定，其建築之基礎之開挖深度亦不會太深，亦即坡地建築之基礎一般習用淺基礎型式。淺基礎開挖以前必須就

開挖面積大小、深淺、土質、地下水位、四周地形地物加以調查，再決定詳細之施工方法。同時為增進施工效率，對挖掘方式與出土之搬運應做適當之調配，淺基礎大都採用全開挖方式施工。

淺基礎應用於山坡地建築應注意事項如表 9.2 所示：

表 9.2 淺基礎應用於山坡地建築應注意下列事項

基礎型式	應注意事項
<p>獨立基腳 連樑基腳 聯合基礎</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢驗基地土壤之實際狀況，若發現實際的土壤情況比設計時所假定者差時，則須作下列兩項修正： <ol style="list-style-type: none"> A 降低基腳位置至承載層。 B 擴大基腳底面積以減低基底壓力。 C 置換良質土或挖除不良之土壤再澆置混凝土。 2. 基腳之相對深度： <p>任何相鄰基腳之間，其相對深度應滿足下列條件：</p> <ol style="list-style-type: none"> A 使下方基腳之施工，不致擾動上方基腳之基礎土壤。 B 上方基腳之壓力，對於下方基礎之土壤，不使發生過大的附加壓力。 C 二基腳之間之高度差，在土層上時，不得超過二基腳之淨水平距離之半；在岩盤上時，則不得超過該淨水平距離。 3. 施工時開挖期間之排水： <p>在基礎施工期間，應保持開挖底面及斜面乾燥。</p> 4. 施工時，要特別注意連樑本身即其與兩端基腳接合處之配筋以及混凝土之澆置，不僅使連樑成為一剛性樑，並且與基腳構築成一體。
<p>筏式基礎</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意施工縫之位置。 2. 鄰近地區之二次混凝土澆注之間，至少應經過 24 小時。 3. 施工時開挖期間之排水。

以下我們針對淺基礎中獨立基腳之施工做一詳述。

9.2.1.1 獨立基腳概述

獨立基腳係由上面結構物傳遞載重至支柱，經支柱之底面向四周

擴展，將所有結構物載重與自重傳至地盤面上，又稱個別基腳。獨立基腳擴展後之單位面積載重量不得超出該支承土壤之容許支承載重。

9.2.1.2 工法之適用性：

獨立基腳適用於荷重小而土質良好（或岩層）之情形，因施工簡便及費用低廉，為小型山坡地建築常用之基礎型式。

9.2.1.3 施工作業流程

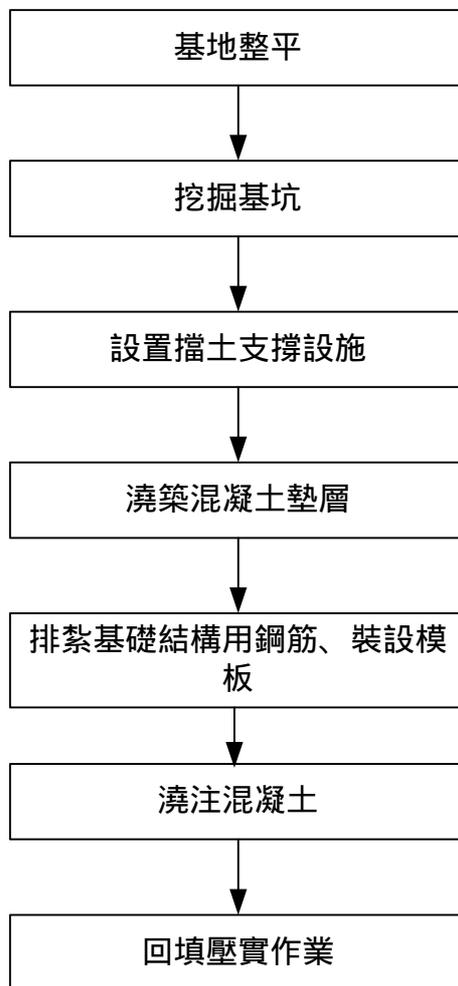


圖 9.1 獨立基腳作業流程

9.2.1.4 關鍵性作業與應注意事項

表 9.3 獨立基礎關鍵性作業與應注意事項

工作步驟	關鍵性作業	應注意事項	施作基準
1. 基地整平	障礙物去除	1. 樹木、雜草、等障礙物去除確認。	參照施工規範
2. 挖掘基坑	土方挖運	1. 挖掘深度控制	參照施工規範
3. 設置擋土支撐設施	擋土及支撐架設	1. 是否配合適當之排水方法或地盤穩定法。	參照施工規範
		2. 確認擋土設施是否穩固	參照施工規範
		3. 確認支撐是否應補強	參照施工規範
4. 澆置混凝土墊層	澆置厚度	1. 開挖底面是否清潔且無鬆土存在。	參照施工規範
		2. 底層澆築厚度確認。	參照施工規範或底層澆築厚度 > 7.5CM
5. 排紮基礎結構用鋼筋、裝設模板	鋼筋與模板檢查	1. 柱筋、基礎版筋置放、模板設立位置確認。	參照施工規範
6. 澆置混凝土	混凝土品管	1. 確認坍度、強度養護是否確實	參照施工規範
7. 回填壓實作業	回填與壓實方式	1. 回填分層厚度確認。	參照施工規範
		2. 壓實確認	參照施工規範

9.2.1.5 施工可能問題與可行對策

表 9.4 獨立基礎施工可能問題與可行對策

工作步驟	可能問題	可行對策
1. 基地整平	1. 樹木、雜草等障礙物未完全去除，影響基礎施工。	樹根、雜草等障礙物確實去除。
2. 挖掘基坑	1. 挖掘坡度不合標準。	確實修正挖掘坡度至規範規定。
	2. 挖掘深度控制不當。	確實修正挖掘深度至規範規定。
3. 設置擋土支撐設施	1. 未能有效消除地下水之影響而致基礎開挖面不穩定。	根據土壤調查結果，選用適當的排水方法或地盤穩定法，消除地下水之影響，並增大基礎開挖面之穩定。
	2. 擋土支撐設施未能確實穩固。	施工前與施工中應確實檢查擋土設施是否穩固，以防坍塌情事發生。
4. 澆築混凝土墊層	1. 開挖底面不潔或有鬆土留存。	開挖底面不潔或有鬆土留存應予以清除，以利開挖坑的硬土層或岩層與基腳保持密切接合，並可避免混凝土受污染，影響混凝土品質。
	2. 底層澆築厚度不足。	底層厚度應依施工規範修正。
5. 排紮基礎結構用鋼筋、裝設模板	1. 鋼筋尺寸、綁紮位置以及模板材料與施工規範不符。	依施工規範更換或修正。
6. 澆注混凝土	1. 未確實注意品質控制而影響強度。	若不符施工規範應打掉重新施作，並確實執行混凝土輸送、澆置、搗實、養護之動作。
	2. 忽視試體製作與坍度檢查。	確實執行混凝土管制作業。
7. 回填壓實作業	1. 未確實分層回填及壓實。	應依施工規範規定分層灑水充分壓實，以確保其穩定性。

9.2.1.6 施工作業流程與應注意事項結合

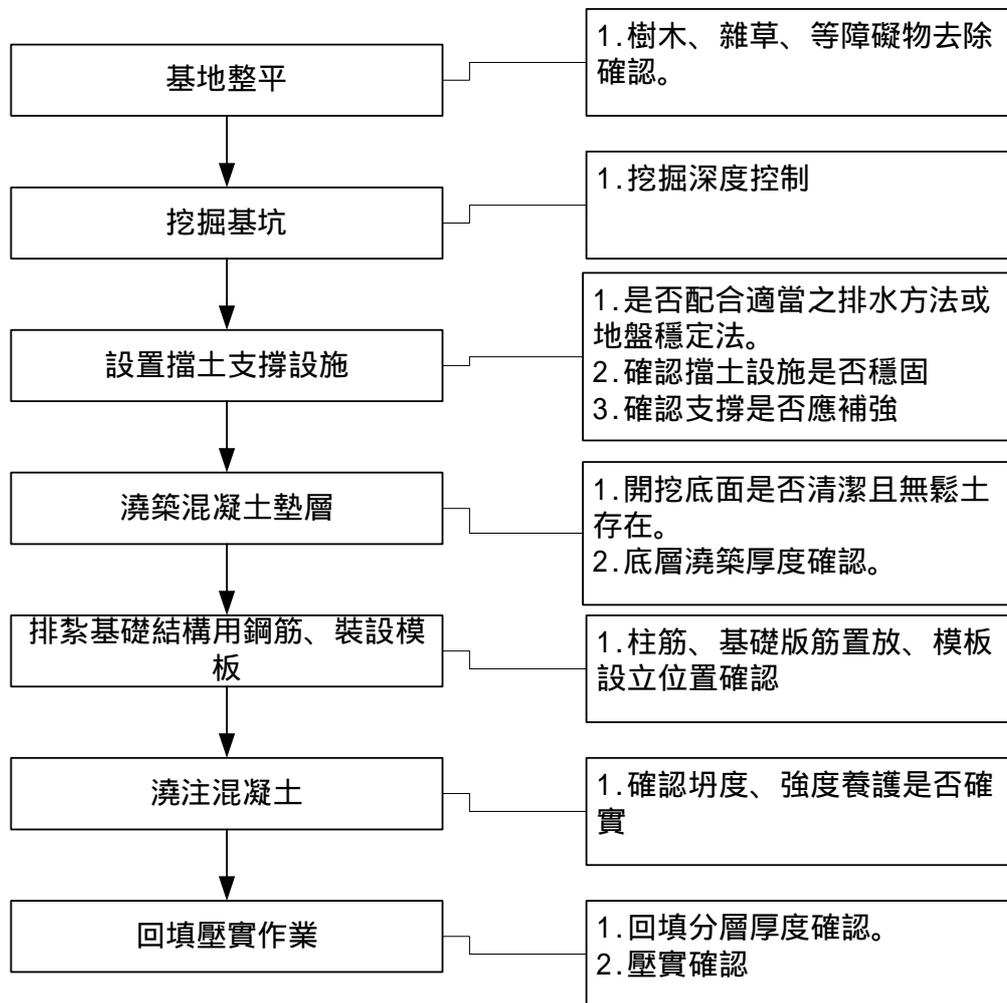


圖 9.2 獨立基礎施工作業流程與應注意事項結合

9.2.2 深基礎

在山坡地建築中，幾乎房屋之興建都設有地下室，因此雖是小型的建築構造也經常從事地下室的開挖，其所用的基礎型式依地質情況而有所不同。在進行深開挖時，常因施工不完備而導致失敗的原因可歸納為下列幾項：

1. 擋土壁體施工不良造成周圍地盤下陷。

- (1) 擋土壁體之施工品質不良，產生缺陷漏水。
- (2) 擋土壁體入土部份不足，產生變形或造成隆起、砂湧'。
- (3) 接縫處理不良，產生漏水，土砂流出。
- (4) 嵌板時背面回填工作不完善，造成土砂崩落。
- (5) 擋土樁抽拔後之回填不良。
- (6) 打樁機之振動。

2. 擋土支撐設施施工不確實，造成架構變形。

- (1) 支撐安裝精度不良，產生鬆動。
- (2) 使用材料不當，勁度不足，發生彎曲變形。
- (3) 支撐間隔過大，致使壁體變形。
- (4) 接頭、接合部補強方式不佳，產生挫屈。
- (5) 支撐架設時機不當，造成擋土壁體變形。
- (6) 漫無計畫之開挖或超挖，致使架構不穩定。
- (7) 支撐荷載荷重過大，產生挫屈。
- (8) 重型機械等加載荷重過大，造成架構不穩。

3. 地下水、雨水處理不當引發災害

(1) 抽水不當，造成地盤壓密沉陷導致臨房傾斜式龜裂。

(2) 雨水處理不當，致使水壓力上昇。

開挖時常伴隨各種擋土支撐來使基地穩定，就目前國內常使用之擋土支撐而言，擋土壁體依其工法及使用材料之不同可分為鋼軌木板條壁體、鋼版樁、排樁以及連續壁等，支撐種類可分為 H 型鋼支撐與預力地錨支撐等。其中各種工法本身均有其優劣點，因此適當之擋土壁體之選用，除了施工本身需求外，還需考慮經濟性與基礎型式。常用之擋土工法有下列幾種：

(一) 鋼軌木板條壁體

鋼軌木板條擋土壁體之所以成為國內最普遍之開挖擋土設施，主要是因其施工機具簡單，而且擔任主樁之鋼軌可以重複使用。基本上其施工步驟是將鋼軌以適當間距(約為 30~60 公分左右)沿開挖面之外圍以打擊或振動之方式打入，然後隨開挖之進行架設 H 型鋼支撐並嵌入 6 分之木板條於鋼軌間，將木板條外側與土壤間之空隙用砂土回填，以防止開挖四周的土壤剝落和內擠。但因為木板條間留有空隙，故壁體本身並不具止水功能，因此必須降低壁體外之地下水位，使得地下水不致經由壁體流入開挖面，因此若抽水管理不當，很容易造成開挖底面之砂湧、壁體漏水和土砂流等現象。使得周圍之結構物產生快速之不均勻沉陷。此外，開挖周圍之土壤因地下水位下降而產生之壓密沉陷，也會引起臨近結構物之龜裂損壞。

鋼軌木板條壁體在開挖面底下之貫入部份，因鋼軌間無法放置木板條，故對針抵抗開挖底部隆起之能力很小，幾乎全靠土壤本身之強度來

抵抗開挖面外側土壤往開挖底面擠入之趨勢，所以對開挖面周圍土壤之變位控制效果不好。

當地下室結構體完成後，若土壤為粘性土，則在鋼軌拔除過程中會有部份土壤被鋼軌帶出而在地中形成孔穴，因此建築技術規則建築設計施工編第 154 條(擋土設施)有規定，拔取板樁時應採取適當之措施以防止周圍地盤之沉陷，通常拔樁所留下之孔穴均以砂土填塞，但若填塞不夠確實，也會造成鄰近結構物之位移。

綜合上述，目前國內最常用之鋼軌木板條擋土設施，雖然在適當之設計及施工條件下可以保持開挖面之穩定，使其本身封開挖面周圍之地盤位移控制效果較其它幾種擋土壁體為差，因此大多數之鄰房損害糾紛中均和鋼軌木板條之擋土設施有關。雖是如此，因鋼軌木板條具有價廉及施工簡便等優點。一般而言，若地下室深度不超過四公尺，而且地質良好的話，鋼軌木板條擋土工法，是既經濟又實用之擋土工法，所以在可見的未來，其普逸程度將不會被他種工法所取代，但為減少此類工法所造成之工程糾紛問題是有必要針對其特性擬訂一套管理辦法與設計準則。

(二)鋼版樁壁體

鋼版樁壁體也是經常被使用在小規模之淺局開挖作業的一種擋土設施，主要是因其為鋼製品，可重復使用，縱使於打設過程中受到變形損壞也可修理後再始使用。然而就像鋼軌木板條壁體之鋼軌的打設和拔除一樣，必須留意於打樁時所引起之震動和拔樁時在地盤中所留下之空隙，不致造成鄰房之損壞。

理論上，因各鋼版樁間之接縫處均有卡榫之裝置，用來確保鋼版間

之緊密接合並提高水密性，但實際上之水密性得視打設過程中，鋼版樁之接合情形而定。開挖兩以下之鋼版樁壁體，可以抵抗開挖周圍之土壤經由開挖底面向內擠入之趨勢，但因為鋼軌木板條壁體的勁度並不高，所以只可有限地減低開挖底面隆起之可能性。雖然鋼版樁之勁度較鋼軌木板條壁體好，但因壁體受擠壓產生之撓度與預壘排樁和地下連續壁相比仍是相當大，因此若就減少開挖周圍之地盤位移而言，鋼版樁壁體並不是理想之選擇。

(三) 排樁（或排樁加錨定）

雖然鋼軌木板條壁體和鋼版樁壁體還仍被使用在較淺層的開挖擋土設施上，但因其勁度不高，若開挖滿度較深而且地質狀況不良時，因壁體本身之撓度變形就會導致相當大的周圍地盤沉陷，因此為配合軟弱地層之深開挖工程需求，排樁（加錨定）壁體便成為山坡地常用之擋土設施，見圖 9.3。因為此種壁體之勁度及施工上之彈性均較鋼軌木板條和鋼版樁為佳，例如，壁體之勁度可藉配筋量和壁體之厚度來調整，壁體之深度可視現場之實際狀況而變化，尤其是壁體之深度在三、四十公尺以上時，更是需要用到這種場鑄壁體，但因壁體是在現場以混凝土澆置，而且使用皂土或其它黏土液來穩定混凝土澆置前之孔壁。所以現場的施工管理關係著爾後擋土壁體的品質，若施工不注意，很容易使得局部之壁體有缺陷或是各單元間接合處有皂土夾夾層等問題，當壁體在開挖過程中向開挖面內移時，壁體的缺陷便會顯現出來，使得壁體產生不等程度之漏水，所以為避免開挖的過程中產生漏水及土砂流，除了在澆灌混凝土前、確實清理各單元壁體之接合處外，還可以在接合處做特殊的止水處理、或是在開挖之前於各單元樁體或壁體之接合處外側先做止水灌漿。因排樁壁體止水性良好，所以不需降低壁體外側之地下水位，

可以避免因壁體外側抽水而導致的周圍地盤壓密沉陷和鄰房受損的情形。但是施加於壁體之額外靜水壓力在設計支撐系統時，必須予以考慮。



圖 9.3 排樁加地錨擋土設施

9.2.2.1 鋼軌木板條壁體概述

鋼軌木板條壁體是目前國內常看到的擋土工法，其利用主樁（通常採用軌條、I 型鋼或 H 型鋼等材料）在施工預定擋土設施線上，每隔一定之間隔（50 150CM）將軌條、I 型鋼或 H 型鋼等材料打入地層內部當作主樁，然後進行開挖，並隨著開挖作業之進行，於主樁間嵌入木製橫板條，並填土於背後而構成一擋土壁。見圖 9.4。



圖 9.4 鋼軌木板條壁體

9.2.2.2 工法之適用性

鋼軌木板條壁體由於材料採購容易、施工迅速簡單且成本較低，是目前開挖擋土最常用之工法，一般而言，若地下室深度不超過四公尺，而且地質良好的話，最適於使用鋼軌木板條壁體擋土工法。但是在地下水豐富之地盤，因為鋼軌木板條壁體止水性欠佳，故需另外考慮配合排水工法，且主樁後之背填土若填築不實，則易導致地盤沈陷或變形。

9.2.2.3 施工作業流程

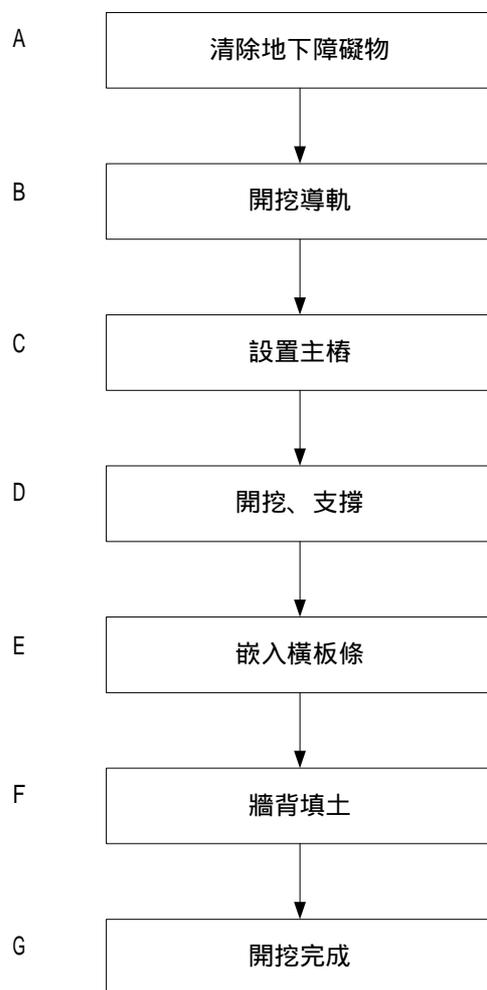


圖 9.5 鋼軌木板條擋土壁體作業流程

9.2.2.4 關鍵性作業與應注意事項

表 9.5 鋼軌木板條擋土壁體關鍵性作業與應注意事項

工作步驟	關鍵性作業	應注意事項	施作基準
清除地下障礙物	障礙物清除	1. 地下障礙物調查	參照土方與擋土施工規範 3.5.1.3 或施工規範
開挖導軌	導軌施作	1. 開挖之寬度與深度	參照施工規範、設計圖說
		2. 導軌施作之精度	參照施工規範
		3. 導軌固定鐵件是否牢固	參照施工規範
設置主樁	主樁打設	1. 主樁間隔、位置確認	參照施工規範
		2. 主樁施打精度控制	參照土方與擋土施工規範 3.5.1.5 或施工規範
		3. 遇到打拔困難之地層。	
		4. 注意打入深度與時間	參照施工規範
開挖、支撐	開挖作業	1. 每層開挖深度	參照施工規範
		2. 開挖後地質條件確認	參照土方與擋土施工規範 3.5.1.5 或施工規範
		3. 開挖時機械挖掘與主樁距離確認	參照施工規範
嵌入橫板條	橫板條嵌置	1. 橫板條材料確認	參照土方與擋土施工規範 3.5.1.2 或施工規範。
		2. 確認嵌置完成之橫板條是否脫落	參照施工規範。
		3. 橫板條背後是否有空隙	參照土方與擋土施工規範 3.5.1.5 或施工規範。
		4. 是否有後續開挖作業引起先前開挖之背填土落下。	參照施工規範。
牆背填土	填土	1. 是否有積水、湧水之情形	參照施工規範。
		2. 牆背填土作業確認	參照施工規範。
開挖完成	鋼軌木板條壁體拔除	1. 鋼軌木板條壁體之拔除確認	參照土方與擋土施工規範 3.5.1.5 或施工規範。

9.2.2.5 施工可能問題與可行對策

表 9.6 鋼軌木板條擋土壁體施工可能問題與可行對策

工作步驟	可能問題	可行對策
清除地下障礙物	地下障礙物調查未確實。	確實調查地下有無埋設物或障礙物。
開挖導軌	開挖之寬度與深度未控制而超挖。	開挖前參照施工規範、設計圖說，避免超挖。
	導軌施作之精度不良，影響主樁施打精度。	導軌施作時以經緯儀進行監測，以控制精度
	導軌固定鐵件不牢固，而影響主樁施打精度	確實檢查導軌固定鐵件是否有鬆脫之現象。
設置主樁	間隔及接續位置未充分考量而產生災變。	確實確認主樁間隔、位置。
	主樁施打精度控制不良。	剛軌樁以垂直打入為原則，其垂直偏斜率應小於 1/100 或依施工規範規定。
	遇到打拔困難之地層，費時及成為危害源。	應事先研擬對策。
	因未注意打擊深度與時間而造成樁頭折損。	若以打擊方式應注意是否有充足之打擊能力、打擊時間及深度之確認。 若以振動方式貫入時，當長時間無法貫入時，要即停止檢討或改變施工方式。
開挖、支撐	開挖深度過深招致土層鬆動崩壞之危險。	開挖深度需與施工規範契合，不可超挖。
	開挖後地質條件比原設計所推估差或擋土變形過大。	應立即補強擋土壁。
	機械挖掘與主樁距離保持不當。	依施工規範規定或挖至主樁面前 20CM 為限。
嵌入橫板條	橫板條使用不適當之材料。	一般使用毛櫟、櫟木等為材料，應照施工規範規定使用。
	嵌置完成之橫板條脫落。	使用楔子塞緊並加釘角材、撐桿等防止脫落。
	橫板條背後有空隙存在。	定期檢查，如有應採取填補措施。
	後續開挖作業引起先前開挖之背填土落下。	打入楔子，或將最下段之橫板條採用嵌置雙層板條。

表 9.6 鋼軌木板條擋土壁體施工可能問題與可行對策（續）

工作步驟	可能問題	可行對策
牆背填土	有積水、湧水之情形。	在橫板條背後裝設麻袋，以防止土砂流失、或在背後填土內混入水泥，使變成堅固。
牆背填土	牆背填土作業不確實。	隨開挖作業之進行，一面嵌入襯板作業並於內側空隙處確實填充土砂。
開挖完成	鋼軌木板條壁體拔除之孔隙造成地層下陷。	應隨拔隨灌砂以防空隙造成土壤移動。

9.2.2.6 施工作業流程與應注意事項之結合

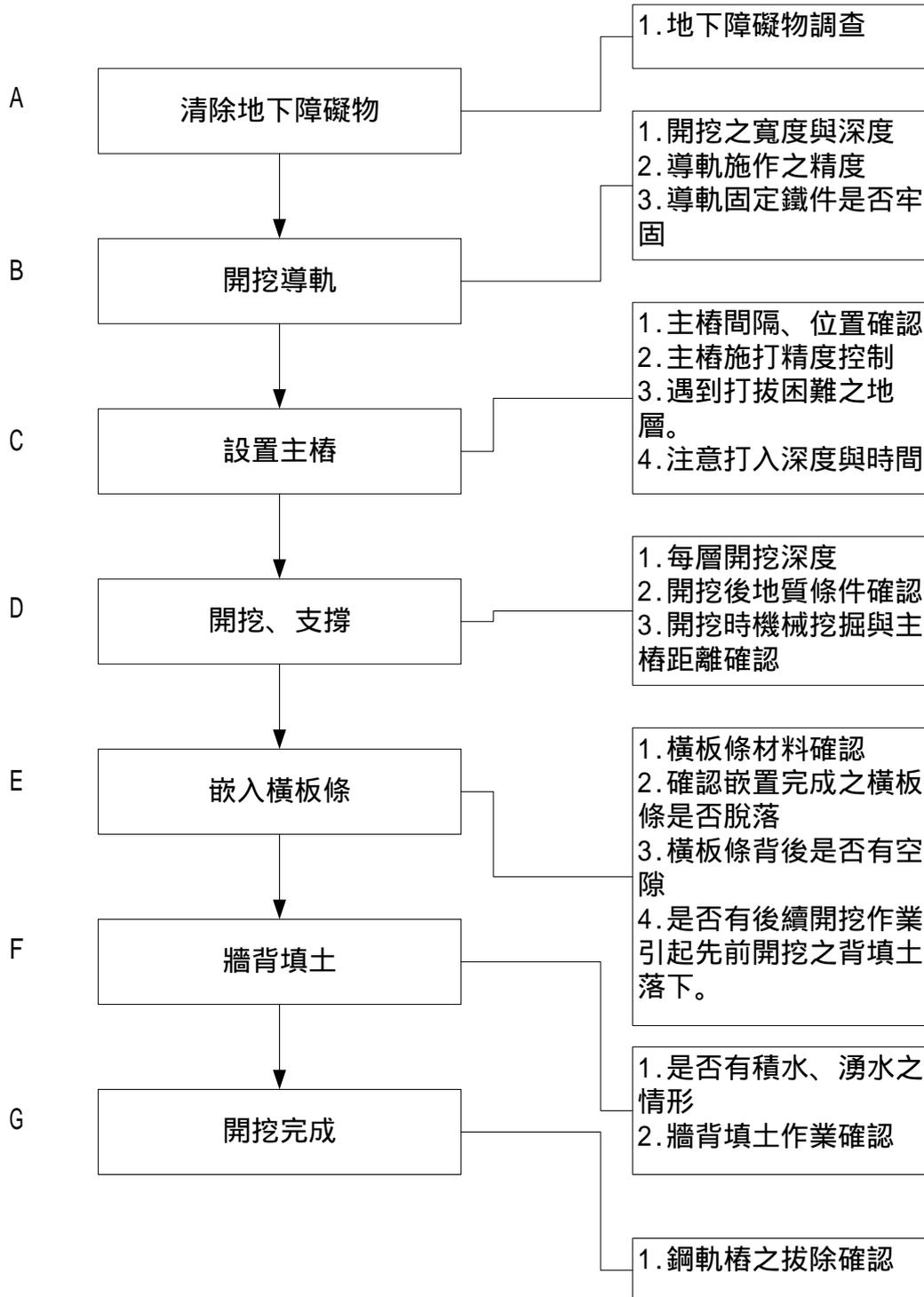


圖 9.6 鋼軌木板條擋土壁體施工作業流程與應注意事項之結合

9.3 鄰近邊坡安全維護

坡地基礎的地下開挖前應注意基地周圍邊坡的穩定措施，以及邊坡與開挖基地之安全距離，避免因地下開挖造成邊坡塌陷及其他災害。開挖時的抽排水設施往往決定基礎開挖的順利與安全，開挖前應妥善規劃開挖之抽排水設施。開挖時應配合適當之擋土措施，開挖土之搬運路線以及棄土之處理應妥善規劃，避免遭雨水沖蝕造成土石流或堵塞排水溝造成災害。

此外，坡地住宅之開發型態隨著早期的二層獨棟、雙併型式，漸漸發展成連棟式、階梯式，現在更出現高層集合住宅、斜坡電梯式套房等型態之建築物。隨著人口之增加，機電設施、電信設施、給水污水系統、自來水廠等公共設施之設置也隨之重要，此類相關設施之開挖亦應注意水土之保持與邊坡安全開挖距離。至於各類相關設施開挖及擋土各項工法之應注意事項可參閱本章相關章節。

第十章 開挖作業檢驗

10.1 檢查流程與方法

山坡地開發最容易發生災害的時機是整地及施工的時候，尤其是在挖、填方工程。

(1) 初步勘驗

在清除草木及整地之前，政府主管人員應召集地主、開發者、工程師、地質師、施工者等至現場，討論整地時應注意事項、可能有危險的地方，以及如何採取對策等。沉沙池應放置的位置，以及下游地區可能會受到的影響等均應在當場討論與決定。

(2) 挖方與填方檢查

(a) 山谷清理

在填方放置之前，檢查山谷的草木及不適宜的物質是否已被清除，邊坡是否挖成台階狀，基礎是否挖到堅強的岩盤。

(b) 開挖

挖方的檢查時機定於開挖開始之後，但其垂直高度達到但未超過 3 公尺之時實施。檢查項目包括坡度、地質情況、地下水情形、不連續面是否露出。坡上方的開挖線是否超過規定得界線。(超過時將影響到鄰近土地的安全)，是否存在潛在危險。

(c) 填土

填土的檢查時機定於填土開始之後，但是填土的垂直高度達到但未超過 3 公尺之時為之。填土的檢查是很重要的一項工作。是否有明顯的沖刷現象、是否設置臨時控制侵蝕的設施、填方邊坡是否設橫向及縱向排水溝等。

(3) 排水系統檢查

(a) 山谷盲管排水

山谷本來就是排水的管道，故填土前應設盲管。盲管設好之後，經過檢查合格方能開始填土。注意谷底的橫向傾斜是否合格，盲管周圍的濾層厚度是否足夠等。

(b) 橫向與縱向排水

檢查之時機定於排水溝的雛形已經具備，而水泥襯砌還未澆灌的時候。檢查項目包括排水溝的尺寸、斜度、間隔等，必須無誤之後，才能加襯。

(c) 沉沙池

檢查項目包括設置的位置、容積及洩水設施等。

(4) 特別項目之檢查

(a) 基腳檢查

在放置基腳之前即應對開挖結果加以檢驗。注意寬度與深度是否與原設計一樣，並且檢查其深度是否達到堅強的岩盤。注意是否存在有膨脹性黏土，如果有應先用水予以飽和或置換良質材料。

(b) 工程基礎

對於沉箱、基樁、就地澆鑄或其他工程的基礎檢驗其是否達到堅強的岩盤。

(c) 擋土牆

擋土牆基礎需穿過表土，而達到比較堅強的岩盤，擋土牆的洩水孔是保證擋土牆能發揮功能的一個重要部份。要檢查是否設置及是否有效。同時要注意牆後的回填，接近擋土牆部份能否透水。

(d) 地下水平排水管

地下水平排水管在排除斜坡內部的地下水，以增加斜坡的穩定度，故其設置深度必需達到含水層。

現場檢查只是針對重要點的檢查。當整地完成後應該再作一次總的檢查，看整地結果是否與原設計一樣，是否有什麼缺陷需要改進的地方。尤其應予下雨後不久再度前往現場，加強檢查。對於檢查之項目於下節將有表格說明。

10.2 自主檢查表

表 10.1 排水溝施工作業查核表

工作專案	檢查重點	檢查結果		後續處置措施
		是	否	
1. 整地	1. 不穩定及不適用之材料挖除			
	2. 整地順序			
2. 放樣	1. 放樣精度			
	2. 控制點測設			
	3. 樣板應為不變形木材			
	4. 盡可能選在區內低窪處			
	5. 盡可能直線設計			
	6. 溝槽開挖點位測設			
3. 開挖	1. 避免設置在填土上			
	2. 縱坡應力求平順，避免變化過大			
	3. 排水溝段面			
4. 基礎整理	1. 邊坡與渠底			
	2. 設置截牆			
	3. 設置伸縮縫（30-50）m			
	5. 應於設計斷面每 10 公尺設置樣板			
5. 混凝土鋪設	1. 應自上游往下游鋪設方向			
	2. 自邊坡鋪設開始，由下至上			
	3 溝頂高度			

表 10.2 涵管施工作業查核表

工作專案	檢查重點	檢查結果		後續處置措施
		是	否	
放樣	1. 放樣精度			
	2. 控制點測設			
	3. 溝槽開挖點位測設			
溝槽開挖	1. 寬度			
	2. 深度			
	3. 坡度			
	4. 不穩定或不適用材料挖除			
	5. 確時壓實，確保基礎不致沈陷			
涵管墊層	1. 使涵管平整			
	2. 不透水材料鋪設			
涵管之安裝	1. 涵管儘量避免埋設於填土上			
	2. 涵管與道路邊溝連接之靜水池			
	3. 涵管入口處			
	4. 排水坡度			
	5. 離心式混凝土管接頭			
	6. 涵管接頭			
	7. 涵管底座應確實整平			
回填	1. 回填土之顆粒性及材料			
	2. 回填之深度			
	3. 覆蓋層應足夠承受機具荷重			
	4. 是否徹底夯實			
	5. 涵管兩端			

表 10.3 獨立基腳施工作業查核表

工作步驟	應注意事項	檢查結果		後續處置措施
		是	否	
1. 整平建築基地	1. 樹木、雜草、等障礙物去除確認。			
2. 挖掘基坑	1. 挖掘深度控制			
3. 設置擋土支撐設施	1. 是否配合適當之排水方法或地盤穩定法。			
4. 澆築基坑混凝土	1. 開挖底面是否清潔且無鬆土存在。			
	2. 底層澆築厚度確認。			
5. 排紮基礎結構用鋼筋、裝設模板	1. 鋼筋排紮 裝設模板位置確認。			
6. 澆注混凝土	1. 混凝土品質控制之事項			
7. 回填及填土作業	1. 回填分層厚度確認。			

表 10.4 鋼軌樁施工作業查核表

工作步驟	應注意事項	檢查結果		後續處置措施
		是	否	
清除地下障礙物	1. 地下障礙物調查。			
開挖導軌	1. 開挖之寬度與深度。			
	2. 導軌施作之精度。			
	3. 導軌固定鐵件是否牢固。			
設置主樁	1. 主樁間隔、位置確認。			
	2. 主樁施打精度控制。			
	3. 遇到打拔困難之地層。			
	4. 注意打入深度與時間。			
開挖、支撐	1. 每層開挖深度。			
	2. 開挖後地質條件確認。			
	3. 開挖時機械挖掘與主樁距離確認			
嵌入橫板條	1. 橫板條材料確認。			
	2. 確認嵌置完成之橫板條是否脫落。			
	3. 橫板條背後是否有空隙。			
	4. 是否有後續開挖作業引起先前開挖之背填土落下。			
牆背填土	1. 是否有積水、湧水之情形。			
	2. 牆背填土作業確認。			
開挖完成	1. 鋼軌樁之拔除確認。			

表 10.5 扶壁式擋土牆施工作業查核表

工作步驟	應注意事項	檢查結果		後續處置措施
		是	否	
放樣	1. 放樣位置確認			
	2. 長寬高度尺寸確認			
整地開挖	1. 基地內障礙物清理確認			
	2. 整地後高程確認			
	3. 開挖方式、流程確認			
	4. 開挖位置、長度高度、確認			
	5. 邊坡開挖穩定措施確認			
	6. 排水措施是否完備			
	7. 運棄動線確認			
	8. 堆置處理確認			
底板施作	1. PC 澆置厚度確認			
	2. PC 面高程確認			
	3. 鋼筋材料確認			
	4. 鋼筋尺寸、間距確認			
	5. 鋼筋綁紮位置確認			
	6. 筋搭接位置、長度確認			
	7. 模板材料確認			
	8. 模板尺寸、形狀、位置確認			
	9. 模板支撐確認			
	10. 坍度確認			
擋土壁體施作	1. 鋼筋尺寸、間距確認			
	2. 鋼筋綁紮位置確認			
	3. 鋼筋搭接長度確認			
	4. 模板材料確認			
	5. 模板尺寸、形狀、位置確認			
	6. 模板支撐確認			
	7. 坍度確認			
	8. 澆置分層厚度確認			
	9. 伸縮縫、施工縫位置確認			
	10. 填縫工料之確認			
	11. 洩水管之間距、尺寸、材質確認			

表 10.5 扶壁式擋土牆施工作業查核表 (續)

工作步驟	應注意事項	檢查結果		後續處置措施
		是	否	
擋土壁體施作	12. 洩水管之材料確認			
回填	1. 透水濾料確認			
	2. 背填透水濾料分層厚度確認			
	3. 回填材料確認			
	4. 回填厚度確認			
	5. 輾壓次數確認			
	6. 壓實密度確認			
	7. 每層壓實厚度確認			

表 10.6 加勁式擋土牆施工作業查核表

工作步驟	應注意事項	檢查結果		後續處置措施
		是	否	
整地、放樣、基礎開挖	1.開挖位置、高程之確認			
	2.土體基礎面之平整度			
	3.窪地或孔隙處理之確認			
鋪設加勁格網	1.加勁材鋪設間距、高度、長度、連接及固定確認			
	2.加勁格網下方平整確認			
	3.格網鋪設後之保護確認			
	4.背填土料之鋪填及滾壓之確認			
	5.加勁格網剪裁、結合、回包檢查確認			
鋪填及壓實填土料	1.加勁區土壤填築分層確認			
	2.面版附近之填築土壤夯實			
	3.加勁土壤填築達設計高度之標示確認			
	4.填土料之堆置、鋪灑、整平及壓實確認			
	5.填土料鋪填及夯實機具選用			

表 10.7 錨拉式擋土牆施工作業查核表

工作步驟	應注意事項	檢查結果		後續處置措施
		是	否	
1. 施工前準備作業	1. 應注意地基之整平、鋪設平台、設置臨時排水溝			
2. 機具之準備工作	1. 注意油壓泵、千斤頂之校正			
	2. 應注意機械之功率及性能			
3. 鑽孔	1. 應注意鑽孔位置以及標記			
	2. 應注意鑽孔角度與方向			
4. 鋼鍵組立及插置	1. 應注意鋼鍵之固定端長度			
	2. 應注意鋼鍵之自由端長度			
	3. 應注意鋼鍵孔外長度			
5. 灌漿	1. 應注意水泥漿之拌和、添加劑、水灰比、流動性、浮水量、強度			
6. 施拉預力	1. 應注意地錨之抗拔能力			
	2. 應注意地錨之鎖定能力			
7. 移機	1 注意移機之施作程序			

表 10.8 擋土排樁施工作業查核表

工作步驟	應注意事項	檢查結果		後續處置措施
		是	否	
1. 施工前準備	1. 考慮材料堆置場地及機具之動線			
	2. 確認地下埋設物或障礙物之位置，並排除之。			
2. 放樣及定樁位	1. 應依設計圖說標示排樁位置及高程。			
3. 鑽機定位及垂直校正	1. 應確保鑽機機座之穩固。			
4. 開始鑽掘	1. 掘進時應注意地層變化及掘進速度			
5. 提昇鑽桿	1. 應控制提昇速率			
6. 砂漿灌注	1. 考量輸送泵之能量，鑽桿之提昇速率及砂漿配比。			
	2. 注意砂漿配比及核對灌漿數量。			
7. 吊放鋼筋籠	1. 鋼筋籠吊放時應緩慢放入以避免孔壁崩塌。			
	2. 鋼筋籠需續接時，應注意主筋之焊接及該筋端尾之固定。			
8. 砂漿補注	1. 砂漿配比需符合設計需求。			
9. 拔管移機	1. 拔管移機時應注意施工順序，應依原規劃之樁號跳樁鑽掘。			
10. 繫樑安裝	1. 確認樑頂高程，以符合設計要求。			

表10.9 微型樁施工作業查核表

工作步驟	應注意事項	檢查結果	後續處置措施
------	-------	------	--------

		是	否	
1. 施工前準備作業	1. 注意施工之順序			
	2. 作業區內障礙物是否排除			
	3. 鑽機行進之路線檢查			
2. 放樣	1. 設計圖示點位與間距是否正確			
3. 施工土溝挖掘	1. 導溝之挖掘大小是否正確			
4. 削孔鑽機之定位	1. 校正鑽桿之傾斜度是否正確			
5. 鑽孔	1. 削孔長是否符合設計規定			
6. 灌漿	1. 水泥漿之水灰比是否符合設計要求			
置入鋼材	1. 插入之鋼筋尺寸之號數與長度是否正確			
	2. 應注意鋼管之型式、材質、標稱直徑、最大外徑、管壁厚、長度及接頭車牙			
8. 拔管	1. 注意漿液流失狀況並判斷套管需不需留置			

表 10.10 安全監測觀測日報表

第十一章 結論與建議

本坡地社區開發施工作業手冊主要為建立一套良好之山坡地開挖作業流程及施工中注意之事項，使施工人員易於瞭解各項作業之要領所在，並配合以表格之方式建立其相互關係，以期施工人員在施工過程中對各項作業相關間之作業事項，能有通盤性之提醒與因應。本施工作業準則適用對象是山坡地開發業者執行人員及實際施作人員，提供山坡地建築開挖施工完整之施作流程，各項作業施工應注意事項，及可能面臨問題與解決對策，使業者執行人員及實際施作人員對施工流程與注意事項有一定的了解與重視，並且作為施工安全與品質的基準。進而透過施工手冊之建立與推廣，以作為相關設計、施工人員及作業主管之參考依據，並且提昇相關人員對坡地開發之認知，達到坡地安全與品質之目的。

對於坡地社區開發施工作業手冊的建立，建議如下：

(一) 山坡地開發工程從雜項工程開始到房屋建築完成，其間所須涉及和處理之事項繁多，其中任一環節對開發成本與工期、穩定與安全、開發成功與否等，均有程度上之影響力，本手冊之編擬是定義於雜項整地完成後，於房屋建築階段建築開挖施工之各項工程在程序、安全措施及應注意事項等事項之探討；雖開發之基礎工程(雜項工程)已大部完成，但此階段應視如同進行較小規模之雜項整地工作一樣，亦是不容忽視的。如前所述，其有許多重要施作環節且是環環相扣的。而對於各項工程施作環節間其可能產生之界面問題及處理之探討，似有再深入研究了解之空間。

(二) 本手冊編擬其適用於一般情況開發時之參考標準，對於地形變化

大、地質情況不良及地下水位高等之特殊開發情況下，宜透過妥善之規劃、調查與監測等周全事宜，以能在成本、工期、品質與安全等各方面能臻於至善。

參考文獻

- 【1】台北縣政府工務局，"山坡地開發建築管理手冊"，民國 89 年 4 月。
- 【2】行政院農委會，"水土保持技術規範"，1996。
- 【3】內政部營建署，"坡地社區安全居住手冊"，民國 87 年 6 月。
- 【4】台北市土木技師公會，"邊坡維修手冊"，民國 88 年 3 月。
- 【5】台灣省土木技師公會，"山坡地開發技術實務研討會"，民國 87 年。
- 【6】台灣營建研究院，"山坡地開發技術"，民國八十七年八月。
- 【7】廖洪鈞、廖瑞堂，"坡地社區開發安全監測手冊"，1999 年。
- 【8】張吉佐、張森源，"土方與擋土工程施工規範（含解說）"，內政部建研所，民國 81 年 10 月。
- 【9】林耀煌，"高層建築基礎開挖施工法與設計實例"，長松出版社，民國 79 年修訂六版。
- 【10】汪燮之，"土木工程施工學"，大中國圖書公司，民國 76 年修訂版。
- 【11】交通部台灣區國道高速公路局，"施工技術規範"，民國 76 年 3 月。
- 【12】沈進發等，"混凝土工程施工規範與解說"，內政部，民國 88 年。
- 【13】內政部，"建築技術規則"，1983。
- 【14】中華民國建築協會，"建築技術規則建築構造篇基礎構造設計規範"，1988。
- 【15】地工技術雜誌第 14 期，"地錨設計與施工專集"，1986。
- 【16】中國土木水利工程工程學會，"建築工程施工規範"，1986。

- 【17】廖洪鈞、歐晉德，“預力地錨錨碇行為之現場檢測”，土工雜誌第 24 期，81~91 頁。
- 【18】葉基凍、吳卓夫，“營造法與施工”，茂榮圖書，1977。
- 【19】張劍潭等，“加勁土壤結構工程設計與施工”，第六次道路工程技術系列研習會講義，國立中興大學土木工程研究所。
- 【20】林耀煌、陳堯中、廖洪鈞，“基礎開挖之品質管制”，內政部營建署建研所，1989。
- 【21】張石角，“台灣山坡地建築區地質災害個案研究計劃”，內政部營建署建研所，民國 77 年。
- 【22】張俊哲、吳建忠，“山坡地社區住宅安全檢查、維修管理與監測制度之研究”，內政部營建署建研所，民國 87 年。
- 【23】林美聆、秦中天，“山坡地社區開發邊坡穩定工法技術現況調查與分析”，內政部營建署建研所，民國 88 年 6 月。
- 【24】陳建忠、陳明竺，“山坡地建築規劃設計階段安全防災技術手冊之研究”，內政部營建署建研所，民國 87 年 12 月。
- 【25】廖瑞堂，“山坡地護坡工程設計”，台灣省土木技師公會，民國 87 年 2 月。
- 【26】郭哲明、吳毓勳，“建築工程施工界面整合之研究”，內政部營建署建研所，民國 88 年 6 月。
- 【27】行政院公共工程委員會，“公共工程施工綱要規範（第二輯）”，民國 88 年 6 月。
- 【28】營建自動化專案計畫，“預力地錨工作手冊”，內政部營建署，民國八十七年六月。
- 【29】余壬癸、李夢哲、陳春錦，“山坡地開發施工之安全措施-以大陸

- 工程公司青山鎮社區開發案為例”，山坡地開發技術，台灣營建研究院，民國八十七年八月。
- 【30】周筑昆，”既有山坡地社區安全評估”，山坡地開發技術，台灣營建研究院，民國八十七年八月。
- 【31】財團法人台灣營建研究中心，”山坡地建築開發工程-規劃”，民國七十九年元月。
- 【32】營建世界雜誌社，”山坡地開發專輯(一)”，詹氏圖書有限公司。
- 【33】營建世界雜誌社，”山坡地開發專輯(二)”，詹氏圖書有限公司。
- 【34】營建世界雜誌社，”山坡地開發專輯(三)”，詹氏圖書有限公司。
- 【35】石正義，”山坡地開發設計與施工實務(上)”，詹式圖書有限公司。
- 【36】石正義，”山坡地開發設計與施工實務(下)”，詹式圖書有限公司。
- 【37】周公台、趙基勝，”擋土牆形式之選擇與設計之考慮”，地工技術雜誌 17 期，民國七十六年一月。
- 【38】台北市土木技師公會，”加勁擋土結構設計及施工手冊”，民國八十七年三月。
- 【39】行政院公共工程委員會，”公共工程法令彙編”，民國八十七年六月。
- 【40】陳國興，”山坡地開發建築工程實務”，民國七十二年。
- 【41】潘國梁，”坡地開發與調查”，詹氏書局，民國八十年 12 月。
- 【42】陳政雄，”山坡地計劃”，博遠出版有限公司，民國八十四年九月。
- 【43】李咸亨，”坡地社區安全居住手冊”，內政部營建署，八十七年。

- 【44】陳煥南、龍沙平，" 山坡地開發技術之建立 "，台灣省畜產試驗所新竹分所(TLHC)，民國七十五年六月。
- 【45】創興出版社彙編，" 山坡地工程施工規範 "，民國七十八年。
- 【46】潘國樑，" 坡地開發與調查：調查技術、開發準則與防災管理 "，詹氏圖書公司，民國八十年。