

交通部技術標準規範鐵路類鐵路工程

# 鐵路邊坡維護與管理規範



交通部頒布

中華民國 113 年 12 月



交通部技術標準規範鐵路類鐵路工程

# 鐵路邊坡維護與管理規範

交通部頒布

中華民國 113 年 12 月



# 交通技術標準規範

類：鐵路類

部：鐵路工程部

規範：鐵路邊坡維護與管理規範

## 複審作業小組

召集人：張垂龍

複審委員：王景平、王瑞麟、江政恩、林銘郎、林錫宏、李嶸泰、  
何泰源、何樹根、周功台、邱家吉、范嘉程、徐滙源、  
翁孟嘉、董家鈞、楊國鑫、楊賢德、鐘志忠

工作人員：江明益、吳奕廷、洪家翔、高嘉莉、陳柏序、曾翊涵

(人名依姓氏筆劃為序)

## 草案編訂小組

執行單位：社團法人中華民國大地工程學會

計劃主持人：王泰典

共同主持人：李佳翰、陳昭維、楊國鑫

顧問：周功台、趙紹錚、魏倫瑋

研究人員：王國隆、吳博凱、陳天健、郭安妮、李紫彤、  
許珮筠、黃詠智、羅百喬



# 前言

我國鐵路發展已逾百年歷史，歷經數度的路線改善更新、電氣化，以及納入高速鐵路等新世代幹線，展現多元的軌道運輸特性。實體路網建設遍及全國之際，更需要強化鐵路系統的韌性，透過全生命週期安全、穩定、優質的運營服務，提供社會經濟發展不可或缺的基礎，兼顧軌道事業的永續經營。然而基礎設施建成後自然地逐漸老化，在全球氣候變遷日益顯著、極端氣候事件規模與頻度加據趨勢下，鐵路沿線邊坡穩定的考驗升高，亟需妥適的維護管理。交通部爰指示鐵道局辦理「鐵路邊坡維護與管理規範(草案)」相關條文制訂研擬工作，俾為鐵路邊坡維護管理的指引。

鐵道局於民國111年委託社團法人中華民國大地工程學會辦理草案條文制訂研擬工作，期間蒐集各國鐵路單位邊坡相關維護管理作業與因應氣候變遷對策，訪談國內各鐵路機構與主管機關、從業人員，並辦理多次諮詢會議及座談會，秉具體、務實、可行的核心架構於民國112年12月完成條文草案。為使規範內容能符合實需，本部續於民國113年4月請鐵道局協辦複審作業，邀集國內學者、專家組成審查委員會進行複審工作，期間歷經十一次審查會議，逐條討論規範草案條文後獲致共識，始克定案。

本規範包括「總則」、「邊坡單元與維護管理關注範圍」、「維護管理關注範圍觀測」、「邊坡單元檢查」、「邊坡單元檢測」、「邊坡穩定與行車安全監測」、「邊坡維護管理分級」、「安全管理」等八章節及相關解說。

本規範編訂原則如下：

1. 本規範適用於「鐵路法」所界定鐵路的沿線邊坡維護與管理作業。
2. 本規範適用對象包括國營臺灣鐵路股份有限公司、台灣高速鐵路股份有限公司及農業部林業與自然保育署阿里山林業鐵路及文化資產管理處等三家鐵路機構。
3. 本規範提供各鐵路機構施行邊坡維護與管理作業之依循，以維持鐵路邊坡穩定與行車安全。
4. 本規範採原則性規定，鐵路機構應考量其鐵路特性及邊坡維護與管理需求，編訂適用的鐵路邊坡養護手冊，其作業標準以不低於本規範規定為原則。本規範未規定者宜依其他相關規範或參考最新技術辦理。





## 目錄

### 規範主文

<b>第一章 總則</b> .....	1
1.1 說明.....	1
1.2 適用範圍.....	1
1.3 邊坡單元與維護管理關注範圍.....	1
1.4 邊坡大地工程設施與監測設施.....	1
1.5 觀測、檢查、檢測與監測.....	1
1.6 邊坡維護管理分級.....	2
1.7 基本資料.....	2
1.8 名詞闡釋.....	2
<b>第二章 邊坡單元與維護管理關注範圍</b> .....	4
2.1 說明.....	4
2.2 邊坡單元編定.....	4
2.3 維護管理關注範圍劃設.....	4
<b>第三章 維護管理關注範圍觀測</b> .....	5
3.1 說明.....	5
3.1.1 觀測目的.....	5
3.1.2 觀測類別及辦理方式.....	5
3.1.3 觀測頻率.....	5
3.2 觀測項目.....	5
3.2.1 觀測項目、計畫及流程.....	5
3.2.2 觀測方法及記錄.....	6
3.3 觀測結果評估與邊坡維護管理分級.....	6

<b>第四章 邊坡單元檢查</b> .....	7
4.1 說明.....	7
4.1.1 檢查目的.....	7
4.1.2 檢查類別及辦理方式.....	7
4.1.3 檢查頻率.....	7
4.2 檢查項目.....	8
4.2.1 自然邊坡.....	8
4.2.2 坡面保護設施.....	8
4.2.3 坡體穩定設施.....	8
4.2.4 落石防治設施.....	8
4.2.5 邊坡排水設施(包括地表水排水設施及地下水排水設施)..	8
4.2.6 邊坡穩定與行車安全監測設施.....	8
4.2.7 檢查方法與記錄.....	8
4.3 檢查結果評估與邊坡維護管理分級.....	9
<b>第五章 邊坡單元檢測</b> .....	10
5.1 說明.....	10
5.1.1 檢測目的.....	10
5.1.2 檢測類別及辦理方式.....	10
5.1.3 檢測頻率.....	10
5.2 檢測項目.....	10
5.2.1 檢測項目、計畫及流程.....	10
5.2.2 檢測方法及記錄.....	11
5.3 檢測結果評估與邊坡維護管理分級.....	11
<b>第六章 邊坡穩定與行車安全監測</b> .....	12
6.1 說明.....	12
6.2 監測目的與監測計畫.....	12

6.3	監測布設原則與系統規劃、設計.....	12
6.3.1	監測布設原則.....	12
6.3.2	監測系統規劃.....	12
6.3.3	監測系統設計.....	13
6.4	監測頻率.....	13
6.5	監測資料處理與判釋.....	13
6.6	監測管理值與應變措施.....	13
6.7	監測系統維護.....	14
<b>第七章</b>	<b>邊坡維護管理分級.....</b>	<b>15</b>
7.1	說明.....	15
7.2	邊坡維護管理分級原則.....	15
7.3	邊坡維護管理分級對應措施.....	15
7.4	邊坡維護管理分級調整時機.....	15
<b>第八章</b>	<b>安全管理.....</b>	<b>16</b>
8.1	說明.....	16
8.2	邊坡安全管理作業程序.....	16
8.2.1	邊坡大地工程設施維護策略.....	16
8.2.2	行車安全告警.....	17
8.3	邊坡維護管理系統.....	17

## 解說目錄

<b>第一章 總則</b> .....	C-1
C1.1 說明.....	C-1
C1.2 適用範圍.....	C-1
C1.3 邊坡單元與維護管理關注範圍.....	C-1
C1.4 邊坡大地工程設施與監測設施.....	C-2
C1.5 觀測、檢查、檢測與監測.....	C-3
C1.6 邊坡維護管理分級.....	C-4
C1.7 基本資料.....	C-4
C1.8 名詞闡釋.....	C-5
<b>第二章 邊坡單元與維護管理關注範圍</b> .....	C-6
C2.1 說明.....	C-6
C2.2 邊坡單元編定.....	C-6
C2.3 維護管理關注範圍劃設.....	C-6
<b>第三章 維護管理關注範圍觀測</b> .....	C-8
C3.1 說明.....	C-8
C3.1.1 觀測目的.....	C-8
C3.1.2 觀測類別及辦理方式.....	C-8
C3.1.3 觀測頻率.....	C-9
C3.2 觀測項目.....	C-9
C3.2.1 觀測項目、計畫及流程.....	C-9
C3.2.2 觀測方法及記錄.....	C-10
C3.3 觀測結果評估與邊坡維護管理分級.....	C-10
<b>第四章 邊坡檢查</b> .....	C-12

C4.1	說明.....	C-12
C4.1.1	檢查目的.....	C-12
C4.1.2	檢查類別及辦理方式.....	C-13
C4.1.3	檢查頻率.....	C-13
C4.2	檢查項目.....	C-13
C4.2.1	自然邊坡檢查項目.....	C-14
C4.2.2	坡面保護設施檢查項目.....	C-15
C4.2.3	坡體穩定設施檢查項目.....	C-16
C4.2.4	落石防治設施檢查項目.....	C-17
C4.2.5	邊坡排水設施檢查項目(包括地表水排水設施及地下水排水設施).....	C-18
C4.2.6	邊坡穩定與行車安全監測設施.....	C-18
C4.2.7	檢查方法與記錄.....	C-19
C4.3	檢查結果評估與邊坡維護管理分級.....	C-19
<b>第五章</b>	<b>邊坡檢測.....</b>	<b>C-20</b>
C5.1	說明.....	C-20
C5.1.1	檢測目的.....	C-20
C5.1.2	檢測類別及辦理方式.....	C-20
C5.1.3	檢測頻率.....	C-21
C5.2	檢測項目.....	C-21
C5.2.1	檢測項目、計畫及流程.....	C-21
C5.2.2	檢測方法及記錄.....	C-22
C5.3	檢測結果評估與邊坡維護管理分級.....	C-22
<b>第六章</b>	<b>邊坡穩定與行車安全監測.....</b>	<b>C-23</b>
C6.1	說明.....	C-23
C6.2	監測目的與監測計畫.....	C-23
C6.3	監測布設原則與系統規劃、設計.....	C-24

C6.3.1 監測布設原則 .....	C-24
C6.3.2 監測系統規劃 .....	C-25
C6.3.3 監測系統設計 .....	C-26
C6.4 監測頻率.....	C-27
C6.5 監測資料處理與判釋.....	C-27
C6.6 監測管理值與應變措施.....	C-28
C6.7 監測系統維護.....	C-29
<b>第七章 邊坡維護管理分級.....</b>	<b>C-31</b>
C7.1 說明.....	C-31
C7.2 邊坡維護管理分級原則.....	C-31
C7.3 邊坡維護管理分級對應措施.....	C-32
C7.4 邊坡維護管理分級調整時機.....	C-32
<b>第八章 安全管理.....</b>	<b>C-34</b>
C8.1 說明.....	C-34
C8.2 邊坡安全管理作業程序.....	C-34
C8.2.1 邊坡大地工程設施維護策略.....	C-34
C8.2.2 行車安全告警.....	C-40
C8.3 邊坡維護管理系統.....	C-41
<b>參考文獻.....</b>	<b>C-42</b>

# 鐵路邊坡維護與管理規範

## 條文





# 第一章 總則

## 1.1 說明

本規範目的在於提供各鐵路機構施行邊坡維護與管理作業之依循，以維持鐵路邊坡穩定與行車安全。

## 1.2 適用範圍

本規範適用於「鐵路法」所界定鐵路的沿線邊坡維護與管理作業。

鐵路機構應考量其鐵路特性及邊坡維護與管理需求，編訂適用的鐵路邊坡養護手冊，其作業標準以不低於本規範規定為原則。本規範未規定者宜依其他相關規範或參考最新技術辦理。

## 1.3 邊坡單元與維護管理關注範圍

邊坡單元為施行維護與管理之基本單位。

邊坡維護管理關注範圍為可能影響行車安全之邊坡範圍，包含布置邊坡大地工程設施與監測設施的人工邊坡，以及部分的自然邊坡，不以鐵路用地或路權範圍為限。

## 1.4 邊坡大地工程設施與監測設施

邊坡大地工程設施依其類別分為坡面保護設施、坡體穩定設施、落石防治設施、邊坡排水設施等四類邊坡工程設施。

監測設施為邊坡穩定與行車安全之防避災監測、預警、告警設施。

## 1.5 觀測、檢查、檢測與監測

邊坡單元及邊坡維護管理關注範圍應透過觀測、檢查、檢測或監測方法，瞭解其狀態的變化，據以檢視及評析邊坡大地工程設施與監測設施之性能及邊坡穩定狀態，作為採行對應的養護或實施緊急措施之重要參考。

觀測、檢查、檢測或監測應定期及特別實施；養護手冊應訂定實施的範圍、項目、頻率及時機。

觀測以及早發現邊坡維護管理關注範圍內土地利用變化或是地表顯露的異常狀況為主要目的。邊坡維護管理關注範圍於可及性低於邊坡大地工程設施的位置，或是超出路權甚至難於接近的範圍，除現地目視觀測外，得應用遙測技術進行觀測。

檢查以及早發現邊坡異常狀況，瞭解設施健全情況或性能現況為主要目的。檢查於平時、設定期間或於颱風、豪雨、地震、洪水、火災或其他重大事件後，以目視或輔以可應用的適當器具實施。

檢測以掌握邊坡異常或損壞狀態，據以檢視設施健全度及評估邊坡穩定狀態為主要目的。檢測於設定期間或於颱風、豪雨、地震、洪水、火災或其他重大事件後採用儀器實施，並以非破壞性檢測為原則。

監測係透過各項監測儀器或設備量測各種物理量變化，以掌握邊坡大地工程設施性能與穩定程度，或是影響行車安全情事，提供預警、告警、修復、補強或採取緊急應變措施的依據。監測按監測計畫實施。

## 1.6 邊坡維護管理分級

邊坡單元應依據觀測、檢查、檢測及監測等結果，並依路線與邊坡特性、潛在災損規模及安全性要求，評估維護與管理需求進行分級，訂定各等級對應的觀測、檢查、檢測及監測作業規定。

## 1.7 基本資料

各邊坡單元應建置基本資料，並應保存觀測、檢查、檢測及監測等各項作業，以及修復與補強工程紀錄。

基本資料與維護管理紀錄以數位化保存為原則。

## 1.8 名詞闡釋

人工邊坡：經人為挖填整地，或於邊坡上構築必要大地工程設施的邊坡。

自然邊坡：未經人為挖填整地、構築大地工程設施的邊坡。

邊坡單元：邊坡維護與管理基本單位，對應特定的維護管理關注範圍。

維護管理關注範圍：土地利用或是地表水逕流、入滲可能影響邊坡單元穩定的範圍；

包含布置邊坡大地工程設施與監測設施的人工邊坡，及部分的自然邊坡。

觀測：針對邊坡維護管理關注範圍的觀察。

檢查：針對邊坡採用目視或輔以可應用適當器具進行的巡視與必要的檢視。

檢測：針對邊坡採用儀器進行量測，並記載各類異狀情形。

監測：針對邊坡大地工程設施或邊坡穩定性建置監測系統，量測邊坡各項監測物理量變化，研判其性能及邊坡穩定性。針對邊坡穩定與行車安全建置監測系統的預警、告警作為亦屬之。

維護：為維持邊坡穩定、大地工程設施與監測設施原有性能健全，所採行的各種措施。

預警：邊坡穩定狀態或是大地工程設施損壞程度已達需警戒狀態，或是監測物理量變化達到影響邊坡穩定狀態的管理值，適時在危險出現前發布的警報。

告警：依據行車安全遭致危險之情事已發生，即時發布的警報。

養護手冊：鐵路機構就其所轄管鐵路特性及邊坡維護與管理需求，編訂適用其鐵路邊坡維護與管理作業依循的制度、規章、專章或養護手冊，本規範採養護手冊泛稱之。

## 第二章 邊坡單元與維護管理關注範圍

### 2.1 說明

各鐵路機構應對路權範圍內之鐵路沿線邊坡編定邊坡單元，並劃設對應的維護管理關注範圍，據以實施維護與管理作業。

### 2.2 邊坡單元編定

鐵路沿線邊坡應依據地形及地質條件、大地工程設施布置、邊坡位移特徵、潛在破壞模式與規模，綜整審酌後編定邊坡單元，做為實施觀測、檢查、檢測、監測，以及必要的養護工程等維護與管理作業的基本單位。

### 2.3 維護管理關注範圍劃設

鐵路沿線邊坡單元對應的維護管理關注範圍為可能影響行車安全之邊坡範圍，包括布置邊坡大地工程設施與監測設施的人工邊坡，以及集水區土地利用變化、地表顯露異常(邊坡崩塌裸露、侵蝕溝發育等)或其他工程等行為造成邊坡加載或開挖、地表水流路徑改變或增加逕流入滲等，可能影響行車安全的部分自然邊坡，即使超出鐵路用地或是路權範圍仍應予以涵括在內。

維護管理關注範圍之劃設應考慮鐵路邊坡單元之沿線地形、地質、地表及地下水流等因素，並得依觀測成果檢討修訂。

## 第三章 維護管理關注範圍觀測

### 3.1 說明

鐵路邊坡維護管理關注範圍之土地利用變化、地表位移、地盤變形、崩塌裸露、地表水逕流、入滲、坡面地下水滲出、危岩風化及浮石鬆動等現象，其長期作用可能影響大地工程設施與監測設施性能以及邊坡穩定，因此須透過觀測以掌握維護管理關注範圍內之異常狀況，研判其變化對鐵路邊坡穩定與行車安全的影響，適時查明原因並採取適當措施，以避免災害發生。

#### 3.1.1 觀測目的

維護管理關注範圍觀測的目的以及早發現邊坡維護管理關注範圍內土地利用、地貌狀況改變等現象，俾利掌握鐵路邊坡單元周遭環境特性資料，提供檢查、檢測、監測及邊坡維護管理分級作業參考。

#### 3.1.2 觀測類別及辦理方式

鐵路機構應對各邊坡單元與對應的維護管理關注範圍，進行定期觀測及特別觀測，考量觀測成果及維護與管理需求，採用適當方式進行觀測，觀測採目視或輔以遙測技術實施。

#### 3.1.3 觀測頻率

鐵路機構應於養護手冊訂定觀測類別及頻率，原則上定期觀測的頻率依據邊坡維護管理分級的等級訂定，特別觀測得於以下情形時辦理，包含於極端氣候事件、大地震後，或是各類檢查、檢測、或監測後，發現邊坡大地工程設施損害、土地利用變化、地表位移、地盤變形、崩塌裸露、地表水逕流、入滲、坡面地下水滲出、危岩風化及浮石鬆動等可能影響邊坡穩定。觀測頻率可依據邊坡維護管理分級結果適時調整。

### 3.2 觀測項目

#### 3.2.1 觀測項目、計畫及流程

觀測作業以掌握維護管理關注範圍內土地利用變化、地表位移、地盤變形、崩塌裸露、地表水逕流、入滲、坡面地下水滲出、危岩風化及浮石鬆動狀況為主要項目。觀測

前應事先蒐集關注範圍之土地利用、地形、地質及水系等基本資料，充分了解鐵路邊坡單元周遭環境特性，並綜合各類大地工程設施與監測設施檢查、檢測與監測成果，訂定觀測計畫及作業流程或相關專案的工作計畫書，俾利有系統及有效率地執行。

### **3.2.2 觀測方法及記錄**

觀測方法應基於維護管理關注範圍之土地利用、地形、地質及水系等現地環境條件，採用目視觀測或輔以遙測技術，並考量維護管理關注範圍內之大地工程設施與監測設施性能與邊坡維護管理分級評估準則，選擇適當方法進行。觀測結果應留存詳細紀錄，並由鐵路機構長期保存，以作為邊坡單元維護與管理的參考。

### **3.3 觀測結果評估與邊坡維護管理分級**

維護管理關注範圍觀測結果應採適當方式圈繪，標註已發現之土地利用變化、地表位移、地盤變形、崩塌裸露或是地表水逕流、入滲、坡面地下水滲出、危岩風化及浮石鬆動等現象，進行各現象交叉比對，以評估可靠程度，併同各類檢查、檢測、監測作業進行邊坡大地工程設施性能健全或是自然邊坡穩定評估的結果，作為邊坡維護管理分級的綜合性考量依據。

## 第四章 邊坡單元檢查

### 4.1 說明

鐵路邊坡單元之坡面保護設施係防止坡面遭受沖蝕或緩解風化、坡體穩定設施係提高邊坡穩定程度、落石防治設施係避免落石發生或擊中通行列車、邊坡排水設施係防治地表水與地下水對邊坡穩定的影響、以及邊坡穩定與行車安全監測設施係量測各項監測物理量等情況，研議提供邊坡穩定程度變化的預警或行車安全防避災的告警設施。

邊坡於災損發生前，邊坡常顯露異常出水、沖刷或變形等現象，坡面保護設施常較先發現徵兆，坡體穩定設施往往亦會伴隨產生異狀，透過檢查可預先察覺各類邊坡大地工程設施性能減損或邊坡呈現不穩定的異常狀況，適時查明原因並予妥善修補加固，以減少災害發生。

監測設備之妥善性，有賴透過檢查予以確認功能正常，可發揮預警或行車安全防避災之告警。

#### 4.1.1 檢查目的

邊坡單元檢查以及早發現自然邊坡及大地工程設施與監測設施是否有異常狀況，瞭解其健全情況或性能現況為主要目的。倘發現自然邊坡與各類設施有任何異樣，除研判其發生原因外，應採行適當的修復、補強或維護措施，以維持設施性能健全，防止災害發生。

#### 4.1.2 檢查類別及辦理方式

鐵路機構應對轄管各邊坡單元之大地工程設施與監測設施，進行定期檢查及特別檢查，考量檢查成果及維護與管理需求，採用適當方式進行檢查。檢查以目視方式為原則，亦可輔以適當器具實施。

#### 4.1.3 檢查頻率

鐵路機構應於養護手冊訂定邊坡檢查類別、頻率及辦理時機，原則上定期檢查頻率依據邊坡維護管理分級的等級訂定，特別檢查得於以下情形時辦理，包含於極端氣候事件、大地震後，或是發現可能影響邊坡穩定之情形。檢查頻率可依據邊坡維護管理分級

結果適時調整。

## 4.2 檢查項目

自然邊坡及大地工程設施與監測設施檢查項目如下：

### 4.2.1 自然邊坡

自然邊坡檢查項目包含植生流失、蝕溝產生、外突岩體風化、岩屑堆積、風搖危木等，並得參考坡面保護設施，適當調整辦理。

### 4.2.2 坡面保護設施

檢查時應對坡面變形、滲水、植生生長型態異常等情形，以及其他可能造成坡面保護設施性能降低的項目進行檢查。

### 4.2.3 坡體穩定設施

檢查時應對裂縫、龜裂、沉陷、傾斜、移位、淘空、鏽蝕、劣化等異常情形，以及其他可能造成坡體穩定設施性能降低的項目進行檢查。

### 4.2.4 落石防治設施

檢查時除應包括設施沉陷、傾斜、移位、淘空、破損、斷裂、變形及落石堆積情形等項目外，亦需檢查邊坡浮石鬆動或岩體破碎情形，評估是否對行車安全造成影響。

### 4.2.5 邊坡排水設施(包括地表水排水設施及地下水排水設施)

檢查時應對排水設施斷裂、破損、淤積、阻塞、溢流、沖蝕或流末銜接情形及其他可能造成邊坡排水設施性能降低的現象進行檢查。

### 4.2.6 邊坡穩定與行車安全監測設施

檢查時應包括影響正常量測、資料傳輸的現象。

### 4.2.7 檢查方法與記錄

檢查以目視方式為原則，亦可輔以適當器具實施。

檢查時應依檢查項目定性記錄檢查結果，若發現設施異狀應採拍照或錄影方式予以



記錄。檢查結果應留存詳細紀錄，並由鐵路機構長期保存，以作為維護與管理的參考。

### **4.3 檢查結果評估與邊坡維護管理分級**

自然邊坡及大地工程設施與監測設施應依據檢查結果進行整體性能評估，併同各類觀測、檢測、監測作業結果作為邊坡維護管理分級的綜合性考量依據。

# 第五章 邊坡單元檢測

## 5.1 說明

鐵路邊坡單元除各項檢查外，可進一步針對自然邊坡與大地工程設施採用儀器實施檢測，並記載其損壞情形，以研判其性能健全及邊坡穩定狀況，進而施作適當的修復補強，以維持邊坡穩定與行車安全。

### 5.1.1 檢測目的

邊坡單元檢測的目的以掌握自然邊坡的異常狀態與大地工程設施的損壞狀態，據以檢視設施的健全度及邊坡的穩定狀況，俾利後續維護或邊坡維護管理分級作業。

### 5.1.2 檢測類別及辦理方式

鐵路機構可對各邊坡單元之大地工程設施進行定期檢測及特別檢測，考量檢查成果及維護與管理需求，採用適當方式進行檢測。檢測採用儀器實施，並以非破壞性檢測為原則。

### 5.1.3 檢測頻率

鐵路機構應於養護手冊訂定檢測類別及頻率，原則上定期檢測必要性及頻率依據邊坡維護管理分級的等級訂定。特別檢測得於以下情形時辦理，包含各類檢查或監測結果發現設施損害情況可能影響邊坡穩定。檢測頻率可依據邊坡維護管理分級結果適時調整。

地錨應辦理定期檢測及特別檢測。

## 5.2 檢測項目

### 5.2.1 檢測項目、計畫及流程

檢測作業以取得足供大地工程設施性能評估或邊坡穩定分析所需資料。自然邊坡檢測以異常現象或其徵兆為對象，大地工程設施檢測係以可能發生設施性能降低的項目為主。檢測前應事先蒐集邊坡基本資料，充分瞭解大地工程設施的功能及性能特性，並綜合檢查成果，訂定檢測計畫，俾利有系統及有效率地執行。

### **5.2.2 檢測方法及記錄**

檢測方法應依據自然邊坡與大地工程設施的種類、設計原則及現況，採用儀器實施，並以非破壞性檢測為原則，並考量設施性能評估準則，選擇適當方法進行。檢測結果應留存詳細紀錄，並由鐵路機構長期保存，以作為邊坡單元維護與管理的參考。

## **5.3 檢測結果評估與邊坡維護管理分級**

自然邊坡與大地工程設施應依據檢測結果進行整體性能評估，併同各類觀測、檢查、監測作業結果作為邊坡維護管理分級的綜合性考量依據。

## 第六章 邊坡穩定與行車安全監測

### 6.1 說明

鐵路邊坡穩定與行車安全監測係透過適當的系統性設施，依監測計畫監測邊坡單元地表或地層位移、孔隙水壓、大地工程設施位移與受力等各項物理量，或是影響行車安全的崩塌、落石、異物入侵等異常情況，提供鐵路機構採行預警、告警、修復、補強或採取緊急應變措施的依據，並維持大地工程設施應有的功能完妥性、性能健全度及行車安全。

### 6.2 監測目的與監測計畫

為掌握邊坡單元穩定程度及確保行車安全的防避災需求，鐵路機構得對邊坡單元辦理監測作業。

監測作業應考量維護管理關注範圍之土地利用、地形、地質、水系等現地環境條件，配合現場環境調查、量測與以往監測結果，提出監測計畫書，載明監測目的、監測系統與布設原則、監測頻率、管理值、管理應變措施與系統維護等，據以實施。

### 6.3 監測布設原則與系統規劃、設計

#### 6.3.1 監測布設原則

鐵路邊坡穩定與行車安全監測，得依據邊坡維護管理分級結果，考量維護管理關注範圍觀測、大地工程設施檢查或檢測成果，由鐵路機構視需求布設監測系統。

#### 6.3.2 監測系統規劃

為掌握邊坡穩定程度而設置的監測系統，應依據鐵路邊坡維護與管理需求，考量大地工程設施保護範圍、邊坡土地利用、地形、地質、水系、既有監測項目、大地工程設施的結構型式等因素，進行妥善規劃。

為確保行車安全防避災告警系統需求而設置的監測系統，應依據防避災需求、邊坡特性與潛在破壞模式，綜合研析行車安全風險以及採行監測作業的經濟性等因素，進行妥善規劃。

### 6.3.3 監測系統設計

監測系統設置前應依據前節規劃成果，取得充足的邊坡地形、地質、環境條件、大地工程設施設計條件以及影響邊坡穩定與行車安全之各項風險因子等資料，依監測目的研擬監測類別與項目，配置監測設施的種類、精度、數量、位置及深度等，進行監測系統設計。

監測系統採用自動化量測方式時，監測計畫書應包括系統主體架構、儀器、電力供給、系統控制、數據傳輸以及保養維護與管理等章節；行車安全告警監測系統的監測計畫書應另包括監測資料檢核、告警流程規劃等章節。

## 6.4 監測頻率

監測項目應依據監測目的及鐵路機構需求，訂定適當的監測頻率。監測頻率應符合一般大地工程學理及經驗分析研判邊坡穩定的需求。為確保行車安全防避災需求而設置的監測系統，應依其告警或其他特殊用途與目的，訂定監測頻率，並宜採全自動化監測方式辦理。

監測頻率可依據邊坡維護管理分級結果適時調整。

## 6.5 監測資料處理與判釋

監測資料宜採適當方式呈現與綜合判釋，並擷取與邊坡穩定相關資訊，作為邊坡維護管理分級參考，監測資料應妥適保存。

## 6.6 監測管理值與應變措施

監測計畫書應依據邊坡特性及既有維護與管理紀錄，訂定能合理反映邊坡變化趨於不穩定、或是已達到危及行車安全，甚至是已發生危險的監測管理值。

監測計畫書應針對各監測物理量達到管理值情境，訂定採行預警、告警或緊急應變措施的程序。

監測管理值應依據累積監測資料適度檢討調整。

## 6.7 監測系統維護

為確保監測系統維持正常運作，監測計畫書應敘明保養維護作業項目，以及設備檢核規定與校正頻率。

監測系統的一部分或其全部，得依據鐵路邊坡單元修復、補強作業的成效，或是邊坡維護管理分級結果、檢查、檢測與監測的成果，因應監測需求變化進行調整。

# 第七章 邊坡維護管理分級

## 7.1 說明

為妥適規劃鐵路邊坡單元觀測、檢查、檢測與監測作業及辦理必要的預防性修復或補強措施，鐵路機構應於養護手冊訂定邊坡維護管理分級的方法，並載明各邊坡等級相應的維護與管理對策及優先處理順序。

## 7.2 邊坡維護管理分級原則

邊坡維護管理分級以邊坡單元為單位，依據邊坡單元對應之維護管理關注範圍觀測、邊坡單元檢查、邊坡單元檢測及監測設施監測結果，評估邊坡大地工程設施性能健全與邊坡穩定狀態，並依路線與邊坡特性、潛在災損規模及安全性要求等維護與管理需求，進行邊坡維護管理分級評估作業。

分級類別級數宜適中，同一等級不宜有過大差別，以利鐵路機構依據邊坡維護管理分級的等級建立對應的維護與管理之執行架構。

## 7.3 邊坡維護管理分級對應措施

鐵路機構應於養護手冊就各邊坡維護管理分級的等級，訂定應採行的觀測、檢查、檢測、監測、以及邊坡單元必要時的修復、補強等維護與管理作為。

## 7.4 邊坡維護管理分級調整時機

維護與管理為週期性的工作，鐵路機構應於養護手冊中訂定邊坡維護管理分級調整時機，並得適時調整及採取對應的維護與管理作為。

## 第八章 安全管理

### 8.1 說明

為確實掌握邊坡狀況，效率化邊坡維護與管理，維持鐵路邊坡穩定，鐵路機構應於養護手冊訂定邊坡安全管理作業程序，並建立邊坡維護管理系統。

### 8.2 邊坡安全管理作業程序

邊坡安全管理作業程序包含觀測、檢查、檢測及監測作業規定，以及預警、告警、緊急應變措施、鐵路邊坡穩定的減災、整備、復原等維護與管理策略。

預警主要的發布對象為涉及邊坡穩定之相關管理單位；告警主要發布對象為涉及邊坡穩定與行車安全之相關管理單位。

#### 8.2.1 邊坡大地工程設施維護策略

坡面保護設施的維護策略以針對裂縫、崩落、植生生長型態異常、滑動、沖刷等異狀進行修復，適時截導引坡面逕流水，及時敷蓋已被沖刷坡面，修復既有設施，必要時增設坡面保護設施，以避免影響邊坡穩定。

坡體穩定設施的維護策略以維持既有設施功能，必要時補強坡體穩定設施性能，以維持邊坡穩定。

落石防治設施的維護策略以落石堆積清理、防治設施修復或增設，以避免落石災害影響行車及鐵路設施安全為原則。

邊坡排水設施的維護策略，以維持排水性能正常為原則。

邊坡穩定與行車安全監測設施的維護策略，以維持其正常量測，並確保其資料紀錄或傳輸性能。

已實施修復、補強或其他維護與管理對策的鐵路邊坡單元，應確認邊坡大地工程設施功能完妥、性能健全與邊坡穩定狀態符合需求。



### **8.2.2 行車安全告警**

邊坡安全管理作業程序應對危及行車安全的情境，依據觸發條件、監測影像或監測物理量訂定發布告警的時機、發布後之相關緊急應變措施、以及解除告警程序。

## **8.3 邊坡維護管理系統**

鐵路機構應建置邊坡維護管理系統，保存觀測、檢查、檢測、監測、修復與補強等各項作業紀錄、設計階段與施工階段相關紀錄或圖說等，並納入維護與管理作業程序及邊坡安全管理機制。

維護管理系統得視需要運用網際網路、地理資訊系統與資料庫系統等，以空間資訊方式輔助邊坡維護與管理作業有效執行，及掌握邊坡大地工程設施、監測設施、維護管理關注範圍現況。



# 鐵路邊坡維護與管理規範

## 解說



# 第一章 總則

## C1.1 說明

鐵路邊坡單元維護與管理的目的在使邊坡維持穩定狀態，以提供鐵路可靠服務品質的需求。

鐵路機構要依據轄管鐵路沿線邊坡單元現況及實際需要，訂定相關維護與管理計畫，利用人力及機具辦理各項養護工作，維護邊坡處於穩定狀態。復因鐵路邊坡遭受颱風、地震、豪雨的侵襲，甚至人為的破壞，可能致使邊坡崩塌、滑動，甚至造成災害，鐵路機構應適時查察、通報、搶修或修復，維持邊坡穩定狀態與行車安全。

## C1.2 適用範圍

本規範所稱鐵路，係指「鐵路法」所界定、以軌道導引動力車輛行駛的運輸系統及其有關設施，包括列車營運速度達每小時二百公里以上的高速鐵路及營運速度較低的鐵路，但不包括「大眾捷運系統」所界定以密集班次、大量快速輸送都市及鄰近地區旅客的公共運輸系統。

為有效率地管理鐵路邊坡單元及其大地工程設施與監測設施，鐵路邊坡單元應進行邊坡維護管理分級。

鐵路機構為健全邊坡養護制度，應自行或指定其所轄養護管理單位，就其所轄管鐵路特性及邊坡維護與管理需求，編訂適用的鐵路邊坡養護手冊，並參照本規範內容，於養護手冊中就各邊坡維護管理分級的等級，訂定應採行的觀測、檢查、檢測及監測等養護作業項目及頻率。原則上，重要性高的鐵路邊坡或其大地工程設施一旦發生災害所造成人員傷亡或經濟損失的風險相對較高，因此其養護作業相對採用較高標準。

## C1.3 邊坡單元與維護管理關注範圍

鐵路邊坡單元為實施觀測、檢查、檢測、監測與對應的記錄，以及必要的養護工程等維護與管理作業的基本單位，其編定應考慮大地工程設施與監測設施布

置、邊坡潛在運動、變形類型等條件，並以單元內地形、地質、地表水流等環境條件具有相似性，單元之間具有差異性為原則。

鐵路沿線邊坡單元對應的維護管理關注範圍包括邊坡大地工程設施與監測設施布置的人工邊坡，以及路權外邊坡崩塌裸露、集水區土地利用有造成邊坡加載或其排水入滲邊坡致影響行車安全的部分自然邊坡，即使可能超出鐵路用地或是路權範圍仍應予以涵括在內。

## C1.4 邊坡大地工程設施與監測設施

本規範依據邊坡大地工程設施設置的目的與性能要求，分為：(1)坡面保護設施、(2)坡體穩定設施、(3)落石防治設施、(4)邊坡排水設施等四類邊坡大地工程設施，以及(5)邊坡穩定與行車安全之防避災預警、告警監測設施等，說明如下：

- (1) 坡面保護設施目的在於防止坡面遭受沖蝕或發生風化等情況，常見坡面保護設施有噴凝土護坡、型框護坡、噴植草籽、客土袋植生、掛網植生、萌芽樁或其他等。
- (2) 坡體穩定設施係為防止邊坡的坡體滑動而破壞鄰近人工構造物（如鐵路）、或為已呈現不穩定的邊坡增進其穩定程度、或改善已破壞鐵路的損壞狀況等所實施的防治、修復、補強或改善等穩定設施。常見的坡體穩定設施有重力式擋土牆、懸臂式擋土牆、扶壁式擋土牆、格框式擋土牆、加勁擋土牆、擋土排樁、地錨、土/岩釘或其他等。
- (3) 落石防治設施係為防止發生落石或避免落石擊中通行列車，所採取抑制落石運動的預防措施；在落石發生地點下方或鐵路兩側所實施的落石防護措施，統稱為落石防治設施。常見的落石防治設施有落石防護網、落石防護棚、明隧道、落石防護欄（柵）、落石防護牆或其他等。
- (4) 邊坡排水設施可分為地表排水設施及地下排水設施，地表排水目的係為減少降雨入滲坡面及地表逕流造成坡面沖蝕，以維持邊坡穩定；地下排水設施則針對坡體內部的水體，利用排水設施降低坡體地下水位或滲流壓力，減少坡體負荷，達到邊坡穩定的目標。常見的邊坡排水設施有平台溝、縱向溝、坡頂截水溝、集水井、水平排水管、集排水盲溝、排水

廊道/隧道、洩水孔及其他等。

- (5) 邊坡穩定與行車安全之防避災預警、告警監測設施設置目的係利用安裝於現地的各類型感測器，以人工手動監測或自動監測記載方式取得與邊坡穩定安全相關的物理量，如邊坡降雨量、地下水狀況、可能滑動深度等，以研判邊坡可能發生的災害原因、災害型態及機制，作為預警、修復、補強的依據。常見的監測設施有地中傾度管、水位觀測井、水壓計、傾斜計、地錨荷重計等儀器。鐵路邊坡單元鄰近偵測異物入侵影響行車安全的告警設施，亦屬監測設施的一種。

## C1.5 觀測、檢查、檢測與監測

觀測、檢查、檢測或監測等方法為瞭解鐵路邊坡維護管理關注範圍及其涵蓋的自然邊坡、大地工程設施與監測設施狀態是否出現變化的直接方法，其結果亦為檢視邊坡大地工程設施性能、研析邊坡穩定狀態以及進行邊坡維護管理分級的依據，並可提供研擬採行對應的養護工作或實施緊急措施的重要參考。

觀測、檢查、檢測或監測方法各有其特性與適用場域，養護手冊應考量鐵路路線特性、列車通過負荷量、經濟價值、行車安全暴露度等，並依沿線各邊坡單元的維護管理分級結果，於一般條件下邊坡狀態可能發生足以改變其穩定程度的期程內，訂定定期實施的頻率，以及實施的範圍與項目；並考量可能影響邊坡狀態的颱風、豪雨、地震、洪水、火災或其他重大事件，訂定事件達特定規模條件下特別觀測、檢查、檢測或監測方法的時機、範圍與項目。

觀測係指針對邊坡進行觀察，其主要目的為及早發現邊坡維護管理關注範圍內土地利用變化、崩塌裸露，或其他工程等行為有造成邊坡加載或其排水入滲邊坡等異常狀況。邊坡維護管理關注範圍可能超出路權，其可及性低於邊坡大地工程設施設置位置，並常因地形限制，位處難於接近的範圍，觀測除於現地目視實施外，亦得應用遙測技術輔助作業。

檢查係指鐵路機構就轄區內自然邊坡以及坡面保護設施、坡體穩定設施、落石防治設施、排水設施等大地工程設施與監測設施的巡視與必要的檢視。檢查通常以目視實施，或輔以可應用的適當器具。

檢測採用儀器實施，並以非破壞性檢測為原則，自然邊坡及大地工程設施與監測設施檢測的範圍、項目與精細程度一般高於檢查作業。地錨設施的檢測得依其他相關規範辦理。

監測作業按監測計畫書實施，量測邊坡各項監測設施物理量變化，以掌握邊坡大地工程設施性能與穩定程度，或是影響鐵路行車安全之情事，提供預警、修復、補強、告警或採取緊急應變措施的依據。監測作業本規範未規定者，亦得參考相關規範辦理，如社團法人中華民國大地工程學會編定最新版本的山坡地監測準則。

鐵路邊坡的安全性宜整體性考量，必要時，維護管理關注範圍內如有土地利用改變、邊坡出現地表位移或地盤變形徵兆、甚至崩塌裸露而對鐵路邊坡穩定造成疑慮者，於檢查或檢測時建議亦須一併記載其異狀情形，爾後再檢附完整資料通知或函告土地權屬主管機關協調採行管制、修復或補強措施。

## C1.6 邊坡維護管理分級

邊坡單元應依據維護管理關注範圍是否出現土地利用變化、顯露地表位移或地盤變形特徵甚至是發生崩塌裸露現象、邊坡大地工程設施是否有不穩定徵兆、邊坡穩定與行車安全防避災預警告警設施量測物理量變化等資料綜合分析，按需處理程度、維護與管理作業需求等，進行邊坡維護管理分級。

邊坡等級除於特別狀況(颱風、豪雨、地震、洪水、火災或其他重大事件後)、補強工程完成、或辦理安全總體檢評估作業後或專案評估等時機進行調整外，鐵路機構亦得於各邊坡單元進行定期的檢查、檢測作業後，配合邊坡維護管理關注範圍觀測作業以及邊坡穩定與行車安全監測成果，適時檢討之。

## C1.7 基本資料

臺灣地質條件複雜，每處邊坡均有其獨特性，邊坡「基本資料」是維護與管理重要一環，相關電子資料的完整性對邊坡維護與管理作業效率、成本等有顯著影響，其基本資料宜包括：

- (1) 邊坡位置：包括管理單位、鐵路路線、邊坡單元與對應的維護管理關注



範圍、里程範圍、坐標或地點、邊坡等級等。

- (2) 地形、地質及水文條件：相關環境資料，包括坐標、高程、鄰近氣象站名、鄰近地震站名、地形（主要坡向、坡形、坡度、區位）、邊坡地質條件（土岩層類別與分布、地質構造及不連續面特性等等）及邊坡水文條件（地面排水狀況、地下水位分布及集水面積範圍）等。
- (3) 歷史紀錄：除歷次檢查、檢測及監測報告外，歷次災害的災害調查紀錄與相關資料，包括災害位置、災害時間、災害規模與類型、發生當時天候、災害前累積雨量、降雨延時、不同延時降雨強度、地震規模與震度、崩塌照片與描述、坡體位移情形、裂縫分布、可能原因(含可能滑動面)、災害照片與描述，及維護與災損修復照片等。
- (4) 工程資料：歷次工程地質調查報告、室內試驗及現地試驗結果、地形測量及設計計算書、施工階段竣工圖說、歷次養護的緊急搶修、修復或補強工程等設計與施工資料。

## C1.8 名詞闡釋

無。

## 第二章 邊坡單元與維護管理關注範圍

### C2.1 說明

邊坡為土壤或岩石構成的斜坡面，在鐵路沿線經常呈現面狀連續分布的特性。基於邊坡實施觀測、檢查、檢測、監測與對應的記錄，以及必要的養護工程等維護與管理作業需求，各鐵路機構應對路權範圍內之鐵路沿線邊坡編定邊坡單元；並考慮沿線邊坡大地工程設施與監測設施布置，地形、地質、地表及地下水流等環境特性因素，以及土地利用情況等，劃設對應的維護管理關注範圍。

### C2.2 邊坡單元編定

鐵路沿線邊坡單元的編定以單元範圍內邊坡具有相似性，單元之間具有相異性為原則。鐵路沿線地形、地質、地表及地下水流等環境條件，以及邊坡大地工程設施布設，皆為考慮邊坡特性異同的因素，例如河流或山溝與鐵路交會處、人工構築邊坡大地工程設施的分布邊界或是幾何情況變化處、路堤路塹邊坡分界位置等，可做為編定邊坡單元的參考。可能產生相互影響的大地工程設施以及連續性的邊坡大地工程設施，除延續過長外，宜編屬於同一邊坡單元；然而同一邊坡單元內可設置有不同類別或是同一類別不同結構型式的大地工程設施。

邊坡潛在位移特徵或是變形型態的差異亦可做為邊坡單元劃分的依據，例如順向坡潛在平面型滑動與斜交坡或順向坡背側具落石潛能範圍的邊界處。

鐵路沿線邊坡單元編定後，要明訂里程範圍、代表位置坐標、單元內大地工程設施與監測設施的類別、型式、幾何形狀與尺寸，是否鄰近甚至重疊地質敏感區、崩塌地或是其他環境敏感區域。

於各邊坡單元內實施的各項維護與管理作業內容，應妥為記錄，以為後續作業的參考。

### C2.3 維護管理關注範圍劃設

邊坡大地工程設施與監測設施通常布置於路權範圍內，以維持邊坡穩定性，然而設施所在的集水區地表逕流或其排水入滲可能造成邊坡穩定狀態變化，土地

利用改變可能形成邊坡額外加載或開挖，或是集、排水路變化，進而影響邊坡穩定狀態，未設置大地工程設施的自然邊坡亦可能因環境或人為因素衍生地​​表位移或地盤變形特徵，甚至發生崩塌裸露，此外亦可能大量集中逕流水造成軌道道床土壤流失，或是土石流災害，因此，維護管理關注範圍劃設，除考慮路權範圍內的邊坡大地工程設施與監測設施外，亦應考慮地形、地質、地表及地下水流等環境特性因素，以及土地利用等潛在人為因素的影響。

集水區為區內地表逕流皆流向特定位置的範圍，通常由地形輪廓線界定，為邊坡排水設施設計的重要考量因子。維護管理關注範圍的劃設，原則以範圍內土地利用改變、邊坡地表位移或地盤變形、裸露崩塌、地表逕流路徑改變或是地表水流入滲邊坡可能造成鐵路邊坡出現額外加載，甚或影響邊坡穩定的區域為界。集水區範圍較大時，維護管理關注範圍可能為鐵路邊坡單元所在集水區的一部分，集水區範圍較小或是其外有地表逕流入滲邊坡的可能時，維護管理關注範圍可能超出鐵路邊坡單元所在的集水區外。

高精度地形圖可提供地形輪廓及地表水系分析用途，可為鐵路邊坡單元維護管理關注範圍劃設的參考。

維護管理關注範圍其鄰近土地利用變化而可能影響邊坡穩定時，關注範圍得調整之。

## 第三章 維護管理關注範圍觀測

### C3.1 說明

鐵路邊坡大地工程設施與監測設施一般設置於路權範圍內，檢查、檢測作業或是必要的養護工程通常在鐵路用地或是路權範圍內執行。邊坡大地工程設施通常亦有其設置的目的，可透過其變形、變位、裂縫、崩落、沉陷、淘空、滲水、淤塞、地錨預力異常增損量或是滑動等異狀，提供邊坡穩定狀態變化研判的依據。然而邊坡大地工程設施布置的人工邊坡以外區域，通常為自然邊坡，其土地利用變化可能造成邊坡地層應力變化，或是其排水入滲邊坡，造成地表位移或地盤變形、甚至崩塌裸露，以及地震或豪雨事件造成危岩風化或浮石鬆動等現象，繼而影響邊坡大地工程設施或整體邊坡的穩定性與行車安全，亦為邊坡維護與管理應關注的範圍。

維護管理關注範圍的一部分可能屬可及性較差區域，觀測作業可依據本章規定採用目視觀測為原則，得輔以遙測技術或是科技巡檢方式辦理；路權範圍內的大地工程設施與監測設施檢查，可依據本規範相關章節規定辦理。

#### C3.1.1 觀測目的

維護管理關注範圍觀測的目的在於透過坡面地表變動狀況觀察，及早發現鐵路邊坡單元鄰近土地利用、地貌狀況變化，提供邊坡穩定安全評估、邊坡大地工程設施性能評估及鐵道安全管理更全面的資料。後續結合邊坡檢查、檢測、監測及維護管理分級作業，以利充分掌握影響邊坡穩定變化的因素。

#### C3.1.2 觀測類別及辦理方式

維護管理關注範圍的觀測作業，主要目的係及早掌握影響鐵路邊坡大地工程設施服務性能及整體邊坡穩定狀態或是環境、人為開發因素的改變，繼而視需要觀測其變化，俾利評估透過進一步檢測或調查作業以取得量化資料的必要性。

維護管理關注範圍可及性較差的區域，可以透過遙測技術或是科技巡檢取得的高精度地形或是影像，以利判釋地形與地貌的變化。

維護管理關注範圍的觀測作業可概分為定期觀測以及特別觀測兩類別。定期觀測與特別觀測採用遙測技術或是科技巡檢執行時，要注意高精度地形或是影像的取得時間，並視需要進行現地查核作業。

### C3.1.3 觀測頻率

鐵路機構應於養護手冊訂定邊坡維護管理關注範圍觀測的類別及頻率。觀測頻率可依據邊坡維護管理分級結果適時調整。原則上地表變形特徵愈明顯、變化速率愈快、或是土地利用改變進行中的關注範圍，觀測頻率應愈高。

維護管理關注範圍未發現土地利用改變、地表位移或地盤變形特徵、或地表逕流、入滲變化的鐵路邊坡單元，其觀測作業得與邊坡檢查作業同期辦理，俾利提供充分資料進行邊坡維護管理分級作業。

## C3.2 觀測項目

### C3.2.1 觀測項目、計畫及流程

鐵路邊坡大地工程設施通常依據一定的需求而設置，具特定的結構特性或服務性能，可透過其變形、位移、裂縫、崩落、沉陷、淘空、滲水、淤塞、地錨預力異常增損量或滑動等異狀，提供邊坡穩定狀態變化研判的依據。然而維護管理關注範圍內、設置邊坡大地工程設施與監測設施以外的自然邊坡區域，其地表位移、地盤變形或是水流路徑為常年累積或是特定事件所致，並可能影響邊坡大地工程設施或整體邊坡的穩定性，因此，關注範圍內自然邊坡部分的觀測項目包括土地利用變化、地表位移或地盤變形、崩塌裸露、危岩與浮石變化情形、以及地表水逕流、入滲、坡面地下水滲出等現況及其變化。

當維護管理關注範圍與地質敏感區重疊、關注範圍內崩塌重覆發生、裸露面積較大或增加快速、地表水逕流沖刷逐漸形成侵蝕溝等對邊坡不穩定徵兆顯著時，觀測計畫要考慮維護管理關注範圍內地形、地質、地表水流等環境特性，視需要建立邊坡工程地質模型，提供訂定觀測項目與觀測結果評估的參考依據。

觀測前要事先蒐集維護管理關注範圍內多時間遙測影像資料，充分瞭解邊坡大地工程設施與自然邊坡土地利用狀況、地表位移或地盤變形特徵顯露或是崩塌

裸露分布範圍，地表水的流逕或入滲位置，以及是否出現地下水流出現象等，並綜合前期邊坡大地工程設施檢查、檢測成果，訂定觀測計畫或相關專案的工作計畫，包括觀測範圍、種類、項目及該項目對應的觀測內容及目的、觀測方式、資料記錄及呈現方式，並擬定觀測作業流程，俾利有系統及有效率地執行。

為掌握維護管理關注範圍內自然邊坡部分的觀測作業，觀測計畫宜包括觀測方法、必要的遙測影像或科技巡檢技術地面控制或比對點位、觀察所得須進一步實施測定的現象或內容、以及現地查核或複檢的作業流程。

### **C3.2.2 觀測方法及記錄**

維護管理關注範圍可及性較差的區域，可以運用目視、遙測影像、數值高程模型或數值地表模型，判釋關注範圍內土地利用、地表位移或地盤變形、崩塌裸露、危岩與浮石變化情形、以及地表水逕流、入滲等狀況，據以比對前期觀測成果，及早發現鐵路邊坡單元不穩定之地形特徵與鄰近土地利用、地貌狀況的變化。數值高程模型或數值地表模型可以透過遙測技術取得，例如利用定翼飛機或旋翼飛機搭載空載光達測繪高精度地形，據以產製數值高程模型或數值地表模型；或是運用科技巡檢技術，如：無人機進行空中攝影據以產製數值地表模型、無人機搭載光達掃描設備測繪數值高程模型及數值地表模型。

維護管理關注範圍內發現土地利用或是地貌出現變化處，應採適當方式圈繪及標註，並妥善保存檔案，提供後續觀測作業參考。若為目視應註明觀測位置與觀測方向，採用影像亦應註明是否經正射化。圈繪位置所採用影像或圖資的時間以及解析度或比例尺，包括科技巡檢的地面控制或比對點位坐標等資料，應一併記錄保存。

### **C3.3 觀測結果評估與邊坡維護管理分級**

觀測結果得依據維護管理關注範圍內土地利用變化、地表位移或地盤變形、崩塌裸露、危岩與浮石變化情形、以及地表水逕流、入滲、坡面地下水滲出等現象的位置，比較前期觀測成果判釋其變異速率，或由多個觀測現象綜合比較研判變異程度。進行邊坡整體性能評估時，應適度考量邊坡維護管理關注範圍觀測結果。各觀測項目可給予不同的權重，併同各類檢查、檢測、監測作業對於邊坡大

地工程設施性能或是自然邊坡落石評估的結果，作為各邊坡單元維護管理分級的參考依據。

## 第四章 邊坡檢查

### C4.1 說明

鐵路修築時配合地形變化，包含自然邊坡、局部開挖形成的路塹邊坡或填築土方形成的路堤邊坡，若該邊坡無穩定安全疑慮，僅需考量自然風化及沖蝕問題時，常保留其原狀，或是採用坡面保護設施處理。

坡面保護設施的目的主要在於降低地表水入滲、防止坡面沖蝕與小規模崩壞等，並調和邊坡周邊環境。邊坡穩定性如仍有不足，常另採用坡體穩定設施、排水設施或落石防治設施等，以增加邊坡穩定性，確保行車安全。

基於邊坡大地工程設施在設計服務年期的性能可能出現減降，或因建成年代久遠而顯露老化、劣化現象，透過檢查發現性能減降或老、劣化現象，適時採行修復、補強，實屬必要。另因大地材料空間分佈與工程特性常具變異性，邊坡穩定性量化實屬不易，因此設置行車安全監測設施，監測各項物理量變化，據以實施防避災預警、告警作業，或是必要的行車管制措施，可提高行車之安全性，因此，監測設備之妥善性，亦有賴透過檢查予以確認功能正常，可發揮預警或行車安全防避災之告警。

邊坡發生變形、運動，甚至造成災損前，坡面保護設施常較先發現徵兆，坡體穩定設施往往亦會伴隨產生異狀，透過經常性檢查作業，及早察覺設施性能減損或呈現不穩定之異常狀況，適時查明原因，並進行妥善的導排水、修補、加固等維護管理措施，可以減少災害發生。

#### C4.1.1 檢查目的

邊坡單元檢查的目的為及早發現自然邊坡及大地工程設施與監測設施異常狀況，瞭解其健全情況或性能現況。倘若設施出現異常狀況或其性能有減損情事發生時，應儘速通報並適時修復補強，確認邊坡大地工程設施性能符合需求，避免邊坡穩定性減降；同時，確認邊坡穩定與行車安全監測設施性能，可以確保防避災預警、告警正常作業，確保行車的安全性。



### C4.1.2 檢查類別及辦理方式

基於檢查以及早發現自然邊坡與設施異常狀況的主要目的，對轄管各邊坡單元之檢查作業應經常性實施，並以效率較高的目視檢查，配合適當器具如相機、或攝影器材等輔助記錄，便於通報與後續比較。

經常性檢查原則上由可通視地點，以目視檢視自然邊坡、大地工程設施與監測設施的各種狀況，若發現有可疑之處，宜靠近異狀處檢查。如難於接近，得採望遠器材或適當器具輔助檢查作業。

經常性檢查作業得定期或按特定條件辦理。鐵路機構應於養護手冊訂定檢查類別，規定各類檢查實施頻率、項目、辦理方式、紀錄格式，以及發現設施異狀的通報與處置程序，以維持設施的功能性。

### C4.1.3 檢查頻率

鐵路機構應於養護手冊訂定各類邊坡單元檢查的類別及頻率。檢查作業得定期或按特定條件辦理。檢查頻率得考量鐵路路線特性、邊坡特性，並依沿線各邊坡單元的維護管理分級結果，於一般條件下邊坡狀態可能發生足以改變其穩定程度的期程內，妥適研訂檢查實施的頻率。

定期實施的檢查作業在邊坡大地工程設施與監測設施無異狀、維護管理分級較安全的邊坡，檢查頻率較低。對於設施發現異狀、或異狀存在變異、維護管理分級出現邊坡穩定不確定性較高的邊坡，檢查頻率宜較高；原則上，此類邊坡的定期檢查宜每年實施至少一次。

按特定條件辦理的檢查作業，得考量不同維護管理分級邊坡受颱風、豪雨、地震、洪水、火災或其他重大事件的可能影響程度，訂定事件規模達特定條件下特別檢查的啟動時機；此類檢查作業完成時限宜合理適當，且需考慮作業人員可安全作業及往返邊坡現場的時間。

## C4.2 檢查項目

邊坡單元維護與管理的檢查對象主要為轄管自然邊坡，以及坡面保護設施、坡體穩定設施、落石防治設施、邊坡排水設施等邊坡大地工程設施；另亦包括邊

坡穩定與行車安全監測設施，以確保其防避災預警、告警功能得以正常發揮，說明如后：

#### C4.2.1 自然邊坡檢查項目

自然邊坡受風化或沖蝕影響隱含危害，常見的異狀包含植生流失、蝕溝產生、外突岩體風化、岩屑堆積、風搖危木等。檢查的重點項目及要點說明如下：

- (1) 植生流失：植生具有減緩降雨及地表逕流對地表衝擊，減少表土層流失的功效。邊坡植生流失可能代表其穩定性逐漸減降。樹木枯損、傾倒、雜草異常茂密為植生流失前常見的徵兆，隨之可能出現樹冠孔隙、坡面陷落、裂縫，或是伴隨地表沖刷、侵蝕等現象。
- (2) 蝕溝產生：邊坡表面常因地表逕流集中或是地下水流出而形成特定的流路，繼而下刷坡面產生蝕溝。蝕溝發生後匯集更大範圍的水流，侵蝕下刷或往兩側面擴大的發展速度可能提高。蝕溝可能透過地形的局部差異，或是地表逕流集中現象觀察，且因流量不穩定，可能出現土石岩屑堆積，或雜草叢生狀。
- (3) 外突岩體風化：坡面幾何形狀與坡體材料力學特性影響邊坡穩定性，幾何形狀可以透過外凸、平直、內凹等方式描述；而坡體材料力學特性則與其風化程度有關。外突岩體可能因為地層中的軟弱層或是不連續面較快速的風化作用而出現局部內凹，甚至倒懸現象。
- (4) 岩屑堆積：岩屑堆積是邊坡上方岩土風化、崩塌或崩滑後，在邊坡表面或下部形成的堆積體。岩屑堆積常出現在地形坡度變化處，可能雜散分布，亦可能呈落石堆狀，或是遭地表逕流沖刷而出現局部流路。
- (5) 風搖危木：樹木因根部不穩定或土壤流失等因素，在風力作用下可能搖晃、甚至傾倒而影響邊坡穩定，甚至危及行車安全。對於出現枯損、折斷、根部面積出露的樹木，除紀錄之外要適時移除。
- (6) 其他：如邊坡坡頂裂縫或陷落、坡趾龜裂或局部陷落及隆起、坡面鼓出、滑移、坍塌或崩落、坡面異常滲水（如泥水或因受壓而異常噴濺之水）、超載堆積物（含垃圾）、路權內耕作或佔有、路權外土地利用改變或加載及河（海）岸侵蝕。

#### C4.2.2 坡面保護設施檢查項目

坡面保護設施受風化或沖蝕影響，經年累月後易造成損壞，常見的異狀包含邊坡張力裂縫、路基頂面龜裂或局部陷落、隆起、坡面鼓出、滑移、坍塌或崩落、坡面侵蝕、沖刷、回填材料流失、坡面異常滲水、超載堆積物（含垃圾）、樹木傾倒、植生枯損、雜草異常茂盛、路權內耕作或占有。檢查的重點項目及要點說明如下：

- (1) 邊坡張力裂縫：為滑移前最常見的徵兆，特別是隱藏在繁茂雜草中的小崩坍和裂縫等跡象，易引致更大災害的發生。
- (2) 路基頂面龜裂或局部陷落、隆起：邊坡滑移面如低於鐵路路基頂面時，其徵兆通常會伴隨路基頂面龜裂不平整、鐵路側溝隆起、斷裂等現象。
- (3) 坡面鼓出、滑移、坍塌或崩落：邊坡運動如為淺層滑移型態或滑動面位於坡面，其徵兆通常會伴隨坡面鼓出、滑移、坍塌或崩落現象。
- (4) 坡面侵蝕、沖刷、回填材料流失：邊坡表面常因風化、侵蝕或剝落，產生回填材料流失等現象。表土剝落與回填材料流失一旦發生，將擴大其侵蝕範圍，故在易受沖蝕破壞的邊坡，應注意檢查坡面風化程度、侵蝕、沖刷及回填材料流失與周圍排水設施的排水情形。
- (5) 坡面異常滲水：發現坡面如有異常滲水，或滲水情況發生變化，要嘗試了解其發生原因，如地下水位是否過高，必要時增設排水設施以降低地下水位。
- (6) 超載堆積物（含垃圾）：邊坡平台或坡面上若有土砂堆積時，可能因載重增加而影響其穩定性，或因土砂轉落至鐵路路線內進而影響交通，須予以清除。坡面的垃圾破壞邊坡景觀，甚或增加邊坡的載重，須予以清除。
- (7) 樹木傾倒、植生枯損、雜草異常茂盛：天然林木、人工栽植木等傾斜、倒下或雜草過於茂盛等現象，可能代表邊坡有滑動跡象或地下水位有變化，進而影響其穩定性，故應適當記錄並予適時維護。
- (8) 路權內耕作或占有：非法的耕作經常破壞坡面的防護與原來的景觀，如發現有非法的耕作或占有，須予復舊。
- (9) 路權外土地利用改變或加載：路權外土地利用改變或加載可能影響邊坡的穩定，應予以記載，初步評估其影響程度，必要時通知其所有人或管

理機關處理。

### C4.2.3 坡體穩定設施檢查項目

坡體穩定設施檢查項目應儘可能包括所有顯露該設施性能不足的徵兆，如裂縫、龜裂、沉陷、傾斜、移位、淘空、鼓出、凹陷、接縫異樣、開裂分離、劣化、銹蝕等，經常檢查項目及要點說明如下：

- (1) 混凝土（噴凝土）裂縫、龜裂：顯示混凝土（噴凝土）結構可能受到外力作用及引致變形、變位，造成過應力現象，邊坡有崩坍之虞，須及早處理以防止其擴大。
- (2) 擋土設施沉陷、傾斜、移位或基礎淘空：擋土設施若出現沉陷、傾斜、移位或基礎淘空等現象，邊坡很可能崩坍，須及早處理以防止其擴大。邊坡擋土設施由於基礎所在地盤、填土區或鄰近開挖等造成的變形，設施結構體易發生沉陷、傾斜或移位等，故檢查時宜就設施構造物所在位置及周邊環境合併調查。
- (3) 擋土或護坡設施鼓出或凹陷：擋土或護坡設施出現變形、鼓出或凹陷等現象，邊坡很可能發生崩坍情事，須及早處理以防止其擴大。
- (4) 設施接縫異樣、開裂分離或劣化：設施若有接縫異樣、開裂分離等狀況，後續可能產生更大的變形，檢查時應予以記載，俾供維護、補強與整治的參考。
- (5) 石籠、加勁擋土牆面破損、土石外露：石籠、加勁擋土牆的牆面如有破損情形，將造成土石外露流失，影響石籠或加勁擋土牆的穩定功能，且將隨時間更加劣化，須予以修復。
- (6) 混凝土材料劣化、剝落或其他異狀：混凝土材料因使用時間增加，可能發生材料劣化、老化，造成剝落或其他異狀，須適時予以維護。
- (7) 鋼筋（鋼線網）外露銹蝕：穩定設施的鋼筋因混凝土保護層剝落造成外露時，易產生銹蝕情形，若長時間未進行維護，可能造成鋼筋斷裂或銹蝕範圍擴大等情形，影響設施性能，故須適時予以維護。
- (8) 框梁、格梁周圍沖刷及淘空：框梁、格梁周圍的土岩材料常因風化、侵蝕及淘空而剝落。沖刷及淘空一旦發生將可能影響框梁及格梁的性能，

故易受沖刷及淘空破壞的邊坡，須注意檢查侵蝕狀況以及周圍排水設施的排水情形。

- (9) 設施表面異常滲水：設施表面如有異常滲水情形，須注意地下水位是否過高，必要時增設排水設施以降低地下水位。
- (10) 錨頭保護座（蓋）破損、掉落、鋼腱外露或防銹脂外洩、異常滲水（白華）：錨頭保護座（蓋）如有破損、掉落或鋼腱外露或防銹脂外洩等情形，可能損及地錨功能性的發揮，應於檢查時進行記載。
- (11) 地錨承壓結構體周圍沖蝕及淘空：地錨承壓結構體與坡體接觸面周圍可能因地表逕流造成沖蝕或淘空的情形，造成地錨預力下降，應於檢查時進行記載。
- (12) 地錨承壓結構體破損掉落：地錨承壓結構體如因淘空、材料老劣化或邊坡滑移造成破損掉落，可能損及地錨功能性的發揮，應於檢查時進行記載。

#### C4.2.4 落石防治設施檢查項目

落石防治設施檢查除設施的沉陷、傾斜、移位、淘空、破損、斷裂及變形等異狀外，亦應包括所防護的坡面浮石鬆動或岩體破碎加劇等現象，各檢查項目及要點說明如下：

- (1) 明隧道或落石防護棚沉陷、傾斜、移位、基礎淘空：明隧道或落石防護棚可能因邊坡不穩定而產生沉陷、傾斜、移位，或因下方河岸沖刷、向源侵蝕作用導致其基礎淘空等現象。
- (2) 明隧道結構凹陷或損壞：明隧道頂板、梁柱等因受巨大落石撞擊，可能會有凹陷、裂縫等損壞致使防護功能下降。
- (3) 明隧道頂板覆蓋不足或覆土過多：明隧道頂板覆蓋不足會降低落石撞擊緩衝功能；覆土過多則可能超過其結構容許承载力。
- (4) 上邊坡浮石鬆動、岩體破碎或岩塊掉落路面：設置落石防治設施的鐵路區段，須注意上邊坡是否浮石鬆動、岩體節理面增多、岩塊掉落軌道或路基、地表水及地下水流出量變大等異常現象。
- (5) 落石防護網破損、斷裂：注意坡面防護網是否發生破損、斷裂、落石或

砂土堆積、錨部鬆弛、地層的風化狀況。

- (6) 落石防護欄（牆）變形、斷裂：注意柵欄或支柱是否發生折斷、彎曲、銹蝕狀況、落石堆積情形、防撞材受損以及基礎部分的風化及損壞情形。

#### C4.2.5 邊坡排水設施檢查項目(包括地表水排水設施及地下水排水設施)

邊坡排水設施檢查要針對地表排水及地下水排水設施二部分，前者如截水溝、平台溝、坡趾排水溝、豎溝（吊溝）、集水井及滯洪沉砂池等，後者如水平排（集）水管、擋土結構洩水管、排水盲溝、排水廊道及深層集水井，另外坡面滲水狀況亦應注意。檢查項目包括排水設施銜接不良、斷裂、破損、變形、堵塞、淤積、細粒料流失、沖刷、下陷、鋼筋外露銹蝕等。各檢查項目及要點說明如下：

- (1) 排水溝（井）銜接不良、斷裂、破損、變形：排水溝（井）有銜接不良、斷裂、破損、變形等情形時，可能降低排水效能，以致過多地表逕流造成坡面沖蝕及入滲等現象。
- (2) 排水溝（井）堵塞、淤積：排水溝（井）可能因雜草、垃圾、土石等堆積造成堵塞或淤積，導致水流溢流至排水溝外。
- (3) 水平排（集）水管、洩水孔堵塞或細粒料流失：水平排（集）水管、洩水孔堵塞將不利於地下水排出，可能導致地下水上升。水平排（集）水管、洩水孔細粒料流失可能造成邊坡坡體內孔洞的形成，進而影響邊坡穩定。
- (4) 排水溝（井）外側或底部沖刷、下陷：沖刷及下陷一旦發生於排水溝（井）外側或底部，可能影響排水溝（井）的功能，故在易受沖刷及淘空破壞的邊坡，須注意檢查排水設施的排水情形。
- (5) 排水溝（井）混凝土裂縫、剝落、鋼筋（網）外露銹蝕：混凝土材料因使用時間增加，可能出現材料劣化、裂縫、剝落，排水溝（井）的鋼筋若因混凝土保護層剝落造成外露時，易產生銹蝕情形。

#### C4.2.6 邊坡穩定與行車安全監測設施

- (1) 監測設施外觀損傷：監測設施如有外觀損傷，應記錄並通知專業廠商確認監測儀器性能正常。
- (2) 監測設施遭遮蔽或破壞：如雨量計遭遮蔽或破壞，可能造成觀測誤差，

或是量測以及數據傳輸所需電力、訊號傳輸設備遭破壞或無線傳輸訊號不佳，或太陽能板遭植被遮蔽，或遭強風轉向而造成電力提供不足，可能影響監測儀器正常發揮。

#### **C4.2.7 檢查方法與記錄**

檢查以目視方式為原則，亦可輔以適當器具實施。檢查時應依檢查項目定性記錄檢查結果，若發現設施異狀應採拍照或錄影方式予以記錄。檢查結果宜以數位化方式保存，鐵路機構宜於養護手冊訂定檢查結果保存時間，以供維護與管理作業參考。

### **C4.3 檢查結果評估與邊坡維護管理分級**

檢查結果宜依據自然邊坡穩定及大地工程設施與監測設施設計原則或設計條件，考量其整體的性能進行評估，以作為邊坡分級之重要參考。

各檢查項目可給予不同的權重，併同各類觀測、檢測、監測作業對於邊坡大地工程設施性能或是自然邊坡穩定評估的結果，作為各邊坡單元整體維護管理分級的參考依據。

## 第五章 邊坡檢測

### C5.1 說明

檢測係針對邊坡單元採用儀器進行量測，並記載各類異狀情形，以掌握邊坡異常或損壞狀態，據以檢視設施健全度及評估邊坡穩定狀態。

檢查結果有時無法滿足自然邊坡與大地工程設施進行量化或半量化評估的精度需求，可進一步採用儀器實施檢測，針對設施的位置、地質、形態、種類或特性，量測並記錄其崩落、變形、沉陷、淘空、滲水、淤塞、裂縫、地錨預力異常增損量或是地表滑動等，取得與邊坡穩定性關係更密切、多元的量化資料，提供邊坡穩定性分析、維護管理分級、異狀肇因探討以及必要的修復補強的依據。

#### C5.1.1 檢測目的

檢測的目的在於掌握自然邊坡的異常狀態與大地工程設施的損壞狀態，透過更精細的檢視、量測及調查，取得相較於檢查成果量化程度更高的資料，提供邊坡穩定分析以及邊坡大地工程設施性能評估更充分的依據，並使後續維護或維護管理分級作業能夠更準確有效。

#### C5.1.2 檢測類別及辦理方式

鐵路邊坡單元檢測作業常需取得足供邊坡大地工程設施性能評估或是邊坡穩定分析所需資料，如設施變形或受力程度、異狀程度與變異速率等，因而檢測作業需詳細瞭解各項邊坡大地工程設施的性能、特性與設計條件等，研擬適當的量測或是調查項目，審慎規劃辦理。

檢測類別可概分為定期檢測或特別檢測兩類：

- (1) 定期檢測：定期對鐵路邊坡大地工程設施實施量測，並記錄各項檢測成果。
- (2) 特別檢測：邊坡檢查、監測後發現明顯的異常現象，以及豪雨、地震或其他重大事故經檢查後認為有必要進一步瞭解邊坡大地工程設施性能現況而辦理者。



考量檢查成果及維護與管理需求，採用適當方式進行檢測。檢測採用儀器實施，並以非破壞性檢測為原則。

### **C5.1.3 檢測頻率**

鐵路機構應於養護手冊訂定邊坡檢測類別及頻率。檢測頻率得考量鐵路路線特性、邊坡類別，並依沿線各邊坡單元的維護管理分級結果，於一般條件下邊坡狀態可能發生足以改變其穩定程度的期程內，妥適研訂檢測實施的頻率。

定期檢測作業對於自然邊坡與大地工程設施無異狀、維護管理分級較安全的邊坡，可採較低的頻率辦理。對於發現異狀、或異狀存在且出現變異、維護管理分級出現邊坡穩定不確定性較高的邊坡，檢測頻率宜較高。原則上，定期檢測頻率低於定期檢查，養護手冊應針對不同邊坡等級，訂定定期檢測頻率，並可依據邊坡維護管理分級結果適時調整。

地錨的檢測頻率，得參考相關規定辦理。

## **C5.2 檢測項目**

### **C5.2.1 檢測項目、計畫及流程**

檢測項目以轄管自然邊坡與大地工程設施性能涉及鐵路邊坡穩定且影響性較大者為主，如緊臨路線的自然邊坡、格梁、框梁、擋土牆、地錨等；並依檢查結果視需要訂定，考慮時效及經濟性，檢測項目宜選擇設施性能降低時，可能影響邊坡穩定或行車安全的設施，檢測項目宜考慮該設施特性，並以該設施性能降低時可能出現的徵兆為檢測項目選擇之主要考量。

檢測前應事先蒐集自然邊坡與大地工程設施基本資料，經充分瞭解設施的性能、特性及設計條件後，綜合檢查成果，訂定檢測計畫，包括檢測範圍、種類、項目及該項目對應的檢測內容及目的、檢測方式、資料記錄及呈現方式，並擬定檢測作業流程，俾利有系統及有效率地執行。為確定設施性能辦理的檢測作業，檢測計畫宜包括檢測方法、檢測儀器設備校正、評估及分級內容或危害可接受準則、以及查核或複檢的作業流程。

### **C5.2.2 檢測方法及記錄**

檢測的方法及建議的檢測數量宜具代表性。檢測方法應依據邊坡大地工程設施的種類、設計原則及設計條件，並考慮設施的現況，選擇足以量測、描述設施性能降低過程，徵兆或物理量變化的方法或儀器實施。檢測的數量宜考量檢測作業代表的範圍，依據學理或設施損壞的維護與管理經驗，選擇一定的比例進行檢測作業。

檢測結果宜採用適當的方式呈現，反映邊坡大地工程設施性能出現變異的位置及變異程度，具量化數據者宜採圖形方式呈現，並數位化留存詳細紀錄，以作為邊坡單元維護與管理的參考。

### **C5.3 檢測結果評估與邊坡維護管理分級**

檢測結果應依據自然邊坡穩定與各項大地工程設施設計原則或設計條件，考量其整體的性能進行評估，以作為邊坡維護管理分級之重要參考。大地工程設施由多個構件組成、或性能由多個構件共同發揮、可能包含多種檢測項目時，該工程設施整體性能評估時可給予各檢測項目不同的權重再予加總。

各檢測項目可給予不同的權重，併同各類觀測、檢查、監測作業對於邊坡大地工程設施性能或是自然邊坡穩定評估的結果，作為各邊坡單元整體維護管理分級的參考依據。

## 第六章 邊坡穩定與行車安全監測

### C6.1 說明

鐵路邊坡維護與管理階段邊坡穩定與行車安全監測的目的主要包括：

- (1) 提早發現邊坡不穩定徵兆：藉由監測設施儀器的長期觀測，可掌握孔隙水壓的變化是否超出設計條件、邊坡變形（含地表與地層）是否呈現不穩定狀況、以及邊坡大地工程設施變形及受力等行為的變化是否異常，依據監測物理量變化，並綜合評估後據以發佈預警，適時採取必要的修復、補強措施，維持邊坡大地工程設施在其生命週期內發揮應有的性能。此外，長期的觀測追蹤結果，亦可作為研析影響邊坡穩定因素及邊坡破壞機制等參考。
- (2) 行車安全的確保：邊坡維護與管理過程中，監測設施儀器可以隨時反應其邊坡大地工程設施行為變化的訊息，當崩塌、落石、異物入侵等現象導致監測物理量變化達到危及邊坡穩定與行車安全時，及時發布防避災告警，作為採取緊急應變措施的依據，確保行車的安全。

為達成前述目的，邊坡穩定與行車安全監測需透過監測計畫書，規劃設置系統性監測設施，俾利妥適辦理監測作業。

### C6.2 監測目的與監測計畫

針對所有鐵路邊坡進行安全監測，易造成風險控管重點失焦、維護與管理資源分散、人力物力運用不當，甚或導致預警、告警等防避災功效折降之情事。因此，鐵路邊坡辦理邊坡穩定與行車安全監測，首需釐清監測目的。

監測計畫書應載明監測目的，視邊坡防避災需求，考量維護管理關注範圍內土地利用、地形、地質、水系等現地環境條件，配合現場環境調查、觀測、量測與以往監測結果，規劃與設計監測系統、布設原則、監測頻率、管理值、管理應變措施與系統維護等，俾利監測作業能發揮防患於未然的功能，確實符合防避災需求並達成風險管理效果。

監測計畫書的內容除監測目的外，至少應包括以下項目：

(1) 權責單位、監測執行機構

敘明監測目的、權責單位及負責人員、監測執行機構及相關工作人員資料等。

(2) 監測布設原則、系統規劃與設計

敘明布設原則、系統規劃與設計等，並包括系統安裝說明。監測系統布置得以圖形方式呈現，標示監測儀器的種類、精度、數量、位置及深度等，參考 C6.3 節說明。

(3) 監測頻率

各監測項目應依據監測目的及防避災需求訂定監測頻率，參考 C6.4 節說明。

(4) 監測資料處理

監測資料宜採適當方式呈現、分析與判釋，並妥適保存，參考 C6.5 節說明。

(5) 監測管理值與應變措施

監測數據管理值，以及監測數據達預警管理值時，應適時通知的相關權責單位，參考 C6.6 節說明。

(6) 監測系統維護

為確保監測系統維持正常運作，監測計畫書應載明監測期程內系統保養維護方式，參考 C6.7 節說明。

## C6.3 監測布設原則與系統規劃、設計

### C6.3.1 監測布設原則

當邊坡具有複雜地質、低穩定性、高不確定性潛在促崩因素時，設計階段不易應用學理分析掌握邊坡穩定性的可能變異情況，以致邊坡存在潛在破壞的風險，諸如：邊坡地層條件不佳、地表水流匯集、曾發生災害、經大規模挖填以致難以明確研判潛在破壞型態，以及可能肇致其破壞的原因者，鐵路邊坡維護與管理階段須視防避災需求，監測邊坡大地工程設施性能的變化，並適時預警，提供掌握

邊坡特性、以及必要的修復、補強或緊急處置措施的依據。

上邊坡高處存在崩塌、裸露、危岩、浮石、或是向源侵蝕發育旺盛等潛在落石發生來源，坡面保護設施難於有效治理，行車可能受落石影響路段，得視防避災需求設置行車安全監測系統，俾於落石發生或是危及行車安全時發佈告警。

檢查作業發現邊坡大地工程設施有變位或變形現象，路線或鄰近位置有落石掉落、或是設施遭落石擊損等異常現象者，亦為評估設置監測系統的路段。為有效管理邊坡，監測系統的布設可參考邊坡維護管理分級結果，配合檢討維護管理關注範圍內邊坡穩定或是行車安全的防避災需求而布置。

### C6.3.2 監測系統規劃

邊坡監測系統的規劃，除考量維護管理關注範圍內土地利用、地形、地質、水系等現地環境條件外，尚需視邊坡大地工程設施布置範圍、結構型式，配合監測系統設置區域地形，研析邊坡潛在運動型態，按監測目的與對應的監測項目，妥善規劃監測系統。具備告警性能的監測系統規劃，宜考量其準確度及驗證方式。近期常發生土石流淹沒軌道之情形，宜於監測系統規劃時納入考量。

常見的邊坡監測項目可分為氣候、水文、邊坡變位、以及既有構造物受力或變形等類別，依據量測方式劃分，亦有人工手動、半自動化或全自動化等類型；若需要地下監測時，宜視現地作業情況進行鑽探取樣及岩心判釋，以滿足監測資料後續判讀、解釋所需。

不同的監測目的，監測的類別與項目不同，適用的儀器種類、感測器型式以及量測類型亦有差異，因此監測系統的規劃應依據維護與管理的防避災需求，基於對邊坡特性與潛在破壞模式的瞭解，綜合研析邊坡地形、地質與邊坡大地工程設施特性、行車安全風險、以及實施邊坡保護對策或採行監測作業的經濟性等因素，規劃監測物理量、類別及項目，以及適當的量測方式。

全自動化監測方式的監測系統架構包括感測器、資料擷取設備、資料傳輸設備以及監測成果整合軟硬體等四部分。現場設置感測器透過資料擷取設備及傳輸設備，自儀器量測、記錄、傳輸、彙整、繪圖、管理值研判等一系列運作，均採自動化方式，遠距即可透過監測成果整合軟硬體系統性地蒐集大量資料，並可即

時彙整呈現監測成果，瞭解現場狀況。系統規劃時須納入有關系統主體架構、感測儀、資料擷取及傳輸設備、電力供給及控制、開放式通訊協定與數據傳輸格式、長期維護考量、以及必要的資訊安全管理機制。原則上，基於行車安全防避災需求而設置的監測系統，宜採全自動化監測方式辦理，其傳輸設備應使信息發報、告警性能及時傳達涉及行車安全、管理、以及邊坡穩定之相關單位。

### C6.3.3 監測系統設計

依據監測系統規劃的監測物理量、類別及項目，可進一步考量鐵路邊坡的邊坡地形、地質、環境條件、邊坡大地工程設施設計條件及現況，選擇適用的儀器種類、精度、型式，配置感測器的數量、位置及深度，擬定監測計畫書循序實施。

邊坡變形行為預測以及待測物理量可能變化範圍的研判結果，為考慮監測類別與項目、以及選用監測儀器種類、型式、量測範圍以及精度的主要依據。監測儀器布設的位置、方向、數量與深度宜詳加考量，以獲得有效且具有工程意義的數據，俾作為訂定合理的監測管理值及有效應對方案的依據。

監測儀器與設備的選擇，宜以值得信賴、單純或不複雜、在監測環境中具耐久性，且須考慮其材料及零件在鄰近機具運作、水、塵土或其他化學作用的影響下，能夠正常運作者為佳。

相同監測儀器種類，其精度、重複性、量測範圍、適用溫度條件等可能有所差異。監測系統設計應依據邊坡特性，研判邊坡環境及各項監測物理量可能分布範圍，選擇適當的儀器規格。採用自動化監測系統時，須考量電子式儀器的感測器、資料擷取設備、數據傳輸設備的耗電量，以及配合的電力供給、數據傳輸以及成果彙整及展示平台等。

監測系統設計宜涵蓋整體系統說明、採用的儀器及設備的廠牌、型號、規格、操作原理、量測精度與誤差值範圍，安裝方法、監測方法、監測頻率，並說明儀器檢核、校正、維護、故障檢測及排除方法等。特殊的監測設施宜載明詳細的使用指引、維修步驟、異常狀況可能原因及處理方式表以及技術支援的聯絡資料等。

## C6.4 監測頻率

鐵路邊坡維護與管理階段為掌握邊坡穩定程度而設置的監測系統，常以監測邊坡穩定性為主要目標，監測計畫書應說明監測期程與監測頻率。鐵路營運階段的監測頻率一般低於設計及施工階段，但對於異常項目或有危險徵兆的邊坡，則宜密集重點觀測。

監測計畫書應說明各種監測項目或儀器的監測頻率，採用半自動化或全自動化量測方式者，得視邊坡潛在運動型態，評估監測目的與對應的監測項目，訂定最低監測頻率；採用人工量測方式可參考下列原則訂定：

- (1) 測系統剛設置完成時，監測頻率宜較密集。
- (2) 監測一定期間，確定物理量變化較小的項目，可適度調整降低監測頻率，變化較大的項目則加強監測頻率。
- (3) 經長期監測且確定物理量變化已呈穩定的項目，可適度調整降低監測頻率，以節省有限人力、資源，免於虛耗。
- (4) 監測結果有異常現象，或遭遇豪雨、地震後，宜儘速量測。量測結果如異常，宜加強監測頻率，以有效監控物理量的變化趨勢。

原則上變形徵兆愈明顯的邊坡單元，其監測頻率宜愈高。

鐵路邊坡維護與管理階段基於行車安全防避災需求而設置的監測系統，除依據維護管理關注範圍土地利用、地形、地質、水系等現地環境條件，考量邊坡大地工程設施保護範圍，探討影響邊坡穩定與行車安全風險因子，並納入鐵路路線特性、監測系統設置位置線形、行車速率等因素，詳細檢討防避災作為之反應時間需求，依其告警或其他特殊用途的目的，特別訂定監測頻率。

監測頻率可依據一定期間各監測物理量的變化，配合邊坡維護管理分級結果適時調整。

## C6.5 監測資料處理與判釋

監測系統設置完成後應予測試，並進行初始值設定與記錄。數據傳輸、預警、告警等性能亦應一併測試之。

監測資料宜以圖形呈現為主，或配合表格方式突顯監測物理量的空間分布特

徵以及隨時間的變化。監測資料處理與判釋得參考監測邊坡工程地質模型，或是考量邊坡維護管理關注範圍土地利用、地形、地質、水系等現地環境條件，綜合監測期間降雨、地震或可能引致邊坡物理量變化因素的影響，評估邊坡穩定特性及影響因素，以提供邊坡維護與管理作業參考。

監測資料均應留存詳細紀錄，並由鐵路機構長期保存，以作為邊坡維護與管理的參考。

## C6.6 監測管理值與應變措施

監測管理值為邊坡狀態即將出現異常或危及行車安全之監測門檻值。可提供邊坡穩定分析、緊急應變措施啟動，或使自動化告警系統發揮即時通報的功能並作為後續修復補強的依據。

為掌握邊坡穩定程度而設置監測系統的監測管理值一般可分成不同等級，如注意值、警戒值及行動值。鐵路機構可視其需求，分別訂定不同等級的監測管理值，或僅就警戒值及行動值訂定邊坡監測管理值。

研訂監測管理值時須考慮各量值代表的意義以及應採取措施處理的程度。例如注意值常指監測物理量在設計預期範圍；警戒值常為監測物理量大於設計值，但為安全界限內可接受的變化量；行動值則表示監測物理量大於設計值且瀕臨破壞的情況。監測物理量在注意值範圍內，通常執行正常管理維護與監測作業；達到警戒值常加強監測，研判安全性、探討原因並研定補強措施計畫；達到行動值時，則加強維護管理的積極作為，採行補強措施計畫，以及密集監測。

國內的地質環境複雜，邊坡的變形位移量受地層材料差異的影響大，較難以訂出通用的管理標準。鐵路機構應依各邊坡的現地地質條件、邊坡大地工程設施、設計條件、及潛在破壞模式等加以檢討後訂定。而監測管理值不應一成不變，得依據所累積觀測資料，回饋檢討，適度調整其管理值。鐵路機構得於養護手冊敘明監測管理值制定、檢討及調整的流程。

邊坡大地工程設施性能可能隨時間增加而緩慢降低，並進一步影響整體邊坡的穩定性。邊坡大地工程設施性能仍高於設計預期範圍時，不至於發生破壞情形。若邊坡大地工程設施出現異常情況，表示其性能可能快速下降，故須擬定相應的



處理應變措施。鐵路機構應就不同邊坡的風險忍受程度，擬定應變措施辦理項目及次序，並以確保行車安全為原則。

為確保行車安全防避災需求而設置的監測系統，其監測管理值須反應邊坡出現異常狀況並可能危及行車安全的情境，應變措施需評估列車緊急停駛或路線封閉等的必要性，以及防避災告警解除的條件；因涉及行車安全、管理、以及邊坡穩定之相關單位，鐵路機構應於養護手冊訂定相關的監測管理值與應變程序。監測計畫書亦應詳列此類監測執行機構及相關工作人員資料、並詳細探討監測管理值啟動條件、發報對象、緊急處置措施、告警解除程序，以及誤報與漏報的處理對策。必要時監測執行機構及相關工作人員須進行告警緊急處置措施的演練。

## C6.7 監測系統維護

邊坡穩定與行車安全監測系統宜設置保護裝置，配合妥善的維護及保養，確保監測系統長久維持正常運作。監測系統應定期進行例行性系統維護及檢查工作，包括儀器外觀及零件保養、維護、檢查以及系統維護測試等，電子式儀器應定期進行校正。一旦系統發生故障等情事，應儘速檢測及並予修復。監測計畫書應載明監測系統維護方式，監測作業達監測計畫書規劃的監測期程時，得檢討監測作業成果並視需要維護監測系統，或重新修訂監測計畫書。

### (1) 定期維護及檢查

現場儀器及設備應定期維護及檢查，採自動化量測的監測系統，定期維護及檢查項目應包括數據傳輸設備及後端的資料處理伺服器。現場設備檢查目的乃為確保儀器可正常讀取監測值，同時檢視監測對象周邊環境是否有不利於監測對象安全或系統運作的因素；數據傳輸設備及伺服器性能檢查目的則為確保監測資料可正常傳回伺服器儲存，且即時呈現於系統平台，供查詢及分析。

### (2) 設備使用年限

監測儀器因個別差異性大，且多數安裝於環境條件較為惡劣的邊坡，性能易受溫度變異、環境濕度、動植物擾動等因素影響，故使用年限變異較大。當監測設施達使用年限或有異常訊號出現時，應予修復、汰換或重新設置。

### (3) 校正頻率

手動監測儀器，因感測器的精確度影響監測成果甚大，故應定期進行校正。若感測器使用頻率較高、或監測結果有異常且無法解釋的現象時，可儘速或加密校正頻率。

為掌握邊坡穩定程度而設置的監測系統，宜於監測達一定時間後依據量測結果，配合邊坡維護管理關注範圍觀測、邊坡大地工程設施檢查與檢測結果，檢討監測系統設置邊坡的穩定程度。邊坡於新設或增設邊坡大地工程設施，或量測資料經一定時間呈現穩定狀態，得檢討邊坡整體的穩定性，並經確認邊坡穩定監測系統原設置監測目的消除而不再維護該系統。

監測系統量測達一定時間後，其中一部分儀器損壞，若量測資料數足夠且呈現穩定狀態，得經檢討邊坡整體的穩定性，以及既有運作中監測儀器可取代其監測的目的，而不再維護該損壞的儀器。

自動化或半自動化量測的監測儀器損壞，若量測資料數足夠且呈現穩定狀態，得經檢討邊坡整體的穩定性以及監測物理量變化速率，採取人工量測方式配合適當監測頻率取代之。

為確保行車安全防避災需求而設置的監測系統，於新設或增設邊坡大地工程設施後，亦得檢討邊坡整體的穩定性，並經確認邊坡大地工程設施符合防避災需求後，監測系統原設置監測目的消除而不再維護。

## 第七章 邊坡維護管理分級

### C7.1 說明

鐵路邊坡養護工程需臨軌作業，施工安全防護要求高，復因鐵路路線封閉、替代性低，養護工程施工動線可能需穿越軌道或是利用營運中路線接近邊坡，致作業規劃複雜與難度大，工率低於一般邊坡養護工程。

鐵路邊坡觀測、檢查、檢測與監測等維護管理作業主要目的在掌握沿線邊坡狀況，依邊坡現況需要進行邊坡大地工程設施的預防性修復，或將補強工程定出優先處理的次序。對於不需優先處理的鐵路邊坡維護管理關注範圍，宜採取定期觀測或必要的檢測，確保設施不致劣化至需要採取緊急行動的狀況。基於邊坡風險管理並為邊坡及設施維護管理資源與量能運用之效率化，鐵路機構應於養護手冊訂定鐵路邊坡維護管理分級的方法與原則，載明各邊坡等級相應的觀測、檢查、檢測、監測、以及必要的修復、補強措施等維護管理對策及優先處理事項。

### C7.2 邊坡維護管理分級原則

邊坡維護管理分級以邊坡單元為單位，分級時要充分蒐集各邊坡單元對應的維護管理關注範圍觀測、邊坡單元檢查、邊坡單元檢測以及監測設施監測結果，並考慮邊坡破壞歷史災害紀錄、邊坡大地工程設施性能現況與邊坡穩定狀態，據以進行邊坡維護管理分級作業。

前述觀測、檢查、檢測與監測紀錄的蒐集，要至少回溯至該邊坡前一次分級採用的資料，俾利研判該邊坡穩定狀態的變化。

邊坡維護管理分級要足以提供效率化邊坡及設施維護與管理資源與量能運用相關規劃。分級類別不宜過多或過少，以利維護與管理作業可依據邊坡等級建立具體可執行的對應架構。

邊坡維護管理分級原則得依路線與邊坡特性、潛在災損規模及安全性要求等維護與管理需求，考量維護管理關注範圍觀測的土地利用、地表位移、地盤變形、崩塌裸露、以及地表水逕流、入滲等狀況變化速率，以及各項邊坡大地工程設施檢測所得性能變化的幅度與速率，並納入檢查所得設施異狀出現頻率，以及邊坡

監測設施各項監測物理量變化速率，綜合評估各單元邊坡整體的穩定狀態。

鐵路沿線邊坡土地利用、地形、地質、水系變化大，邊坡大地工程設施種類多元，邊坡維護管理分級作業要深入瞭解各邊坡單元特性，以及各項邊坡大地工程設施設計原則或設計條件，考量觀測、檢查、檢測與監測項目與結果，必要時給予不同權重或分級，以進行整體邊坡性能評估與分級作業。

同一等級邊坡，邊坡大地工程設施以及整體邊坡穩定性不宜有過大的差別，在一般條件下其穩定狀態的變化速率不宜差異過大，俾利觀測、檢查、檢測及監測等維護與管理對策擬定適當的定期作業頻率。

### **C7.3 邊坡維護管理分級對應措施**

鐵路機構應於養護手冊訂定經分級後不同等級邊坡的維護與管理對策。

對於穩定性不足、已危及行車安全、分級屬不穩定的邊坡，宜立即進行必要的列車通行管制，採行修復或補強措施，回復邊坡穩定以確保行車安全。

對於維護管理關注範圍出現土地利用變化、地表位移、地盤變形、崩塌裸露、地表水逕流、入滲、坡面地下水滲出、危岩風化及浮石鬆動等可能影響鐵路沿線邊坡穩定之狀況，或是路權內邊坡大地工程設施異狀嚴重、或出現範圍大、已影響邊坡穩定，甚至危及行車安全的邊坡，宜儘速通知土地權屬主管機關協調採行管制、修復或補強措施，確保邊坡穩定與行車安全。

對於維護管理關注範圍或邊坡大地工程設施發現異狀、或異狀出現變異、分級屬於邊坡穩定不確定性較高的邊坡，宜評估異狀變異速率，以及針對邊坡大地工程設施採行異狀修復，或是進行補強措施的必要性及時機；另宜評估維護與管理的觀測、檢查、檢測及監測作業是否可在一般條件下可能發生足以改變其穩定安全程度的期程內再次實施，及時掌握其變異。

對於維護管理關注範圍大地工程與監測設施無異狀，分級為較穩定的邊坡，得透過實施定期的觀測、檢查、檢測等措施，持續維護與管理。

### **C7.4 邊坡維護管理分級調整時機**

邊坡的維護與管理為週期性的工作項目，鐵路機構於養護手冊中應明訂鐵路

邊坡維護管理分級的調整時機，並依據調整後的邊坡等級採取對應的維護與管理作為。一般而言，於下列時機得進行例行性鐵路邊坡維護管理分級的檢討作業。

- (1) 邊坡補強工程完成後；
- (2) 定期檢查作業完成後；
- (3) 檢測作業完成後；
- (4) 監測作業結果完成檢討後；
- (5) 特別狀況，例如颱風、豪雨、地震等災害後；
- (6) 其他，如邊坡安全總體檢或專案評估作業後。

# 第八章 安全管理

## C8.1 說明

鐵路機構應於養護手冊訂定邊坡安全管理作業程序，載明觀測、檢查、檢測及監測作業規定，以及發現可能於短時間擴大或是造成災損的異常狀況，或是監測物理量超過管理值時，應採行之預警、告警或緊急應變措施，以及邊坡穩定相關的減災、整備及復原等維護與管理對策。

## C8.2 邊坡安全管理作業程序

邊坡安全管理作業程序包含觀測、檢查、檢測及監測作業規定，以及前述作業發現可能於短時間擴大或是造成災損的異常狀況，或是各項監測物理量超過管理值時，鐵路邊坡養護人員應採行之預警、告警或緊急應變措施。

為掌握邊坡安全穩定程度而設置的監測系統各項監測物理量超過監測管理值時，表示邊坡穩定狀態達到將出現變化的門檻值，應針對涉及邊坡穩定相關單位發布預警，以供其採用必要應變措施。

為確保行車安全防避災需求而設置的監測系統，依據觸發條件、監測影像或監測物理量，已確認危及列車通行安全，應針對涉及邊坡穩定與行車安全之相關管理單位發布告警，以供其決策列車慢行、緊急停駛或路線封閉等的必要性，並採用必要對應措施。

### C8.2.1 邊坡大地工程設施維護策略

對於具災害潛勢的鐵路邊坡安全管理作業，可參考邊坡歷年災害資料，評估災害風險，平時採用維護管理或修復、補強等減災方式，以工程手段提高設施耐受力；必要時得視需要採用路線封閉的調適手段，予以降低災害風險。

鐵路邊坡大地工程相關設施的維護管理策略與方法，說明如下：

坡面保護設施：

邊坡的坡面應保持原有形狀、堅實無沖刷、侵蝕溝。如因遭受豪雨、地震、地下水滲流或其他原因，而發生開裂、滑落或坍方，影響行車安全，甚或阻斷交

通時，要立即採取適當緊急措施，儘速修復通車。維護時其注意事項如下：

- (1) 邊坡坡面構築完成不久，若植生尚未定根，保護效果不佳，遇雨容易沖刷形成侵蝕溝，或因颱風、豪雨的強降水超過邊坡的承受度而發生坡面沖蝕，又或排水系統不良以致雨水或地下水溢流沖蝕坡面，故應定期檢視邊坡植生狀態是否良好，排水系統是否通暢，以減低邊坡材料流失的可能性。
- (2) 地層弱面平行坡面時，或軟弱岩層因風化作用而鬆軟化，或填築於邊坡最外層的土壤因夯壓不易而形成軟弱帶，一旦地表水入滲，將降低坡體材料抗剪強度，造成坡面滑動。維護作業須注意排水系統的暢通以及地下水的疏導。
- (3) 邊坡地層當遇水入滲逐漸飽和，導致孔隙水壓累積，土壤有效應力下降，易於坡面或坡趾範圍發生滑動，維護作業須注意排水系統的暢通以及地下水的疏導。
- (4) 路塹邊坡因地層開挖解壓，易有張力裂縫發展；當地表水入滲或地下水升高時，側向推力增加，易發生崩落破壞。巡查時須注意邊坡是否發育張力裂縫，並注意排水系統的暢通以及地下水的疏導。
- (5) 上邊坡坍塌於軌道或路肩的土石雜物，均須完全清除。
- (6) 有表土剝落或蝕溝現象時，須檢查坡面風化程度、侵蝕狀況，並將坡面整平、加強植生，另須檢查周圍排水設施的排水情形，必要時改善或加設截排水設施。
- (7) 坡趾巡查及相關工作人員，須注意落石及崩坍。
- (8) 邊坡巡查作業前要先規劃路徑，視需要進行除草作業、施設步道（梯）維護，以確保巡查人員安全。無通達道路時，可使用空拍機或利用爬梯與其他攀爬工具攀升至坡面，填寫巡查紀錄並拍照備查。每階坡面過大時，須評估另行施作檢修通道，以確保巡查作業的可及性。
- (9) 各項維護措施及穩定工法，宜避免景觀上的突兀。

有關邊坡坡面保護設施維護方法，擇要說明如下：

- (1) 崩落土石須予清除。

- (2) 坡面發生裂縫、突出或坍塌時，須予整平及裂縫填補，以防雨水入滲。  
必要時先於坡面鋪設臨時性覆蓋物（如帆布），以防止沖刷。
- (3) 有表土剝落或蝕溝現象時，須檢查坡面風化程度、侵蝕狀況，並將坡面整平、加強植生；另須檢查周圍排水設施的排水情形，必要時改善或加設截排水設施。
- (4) 平台上堆積物或垃圾加以清除。
- (5) 發現坡面湧水須予改善或加設截排水設施。
- (6) 樹木傾倒及雜草異常茂盛時，須清除傾木及雜草，以免影響坡面目視檢查及鐵路行車的安全視距。
- (7) 植生枯損可採用再植生、追肥或其他方法維護。植生的種類頗多，施工方法亦有多種方式，應視土質、地形及氣候選用適當的種類及方法，當土壤酸鹼度不適植生者，可採改良土壤或加用客土。
- (8) 為防止種子及土壤流失，種植後應有適當保護措施，例如覆蓋草蓆，且應注意經常保持適當水分，使發芽生根，惟颱風季節應避免種植。
- (9) 鬆動浮石、滾石予以挖除，並視需要設置落石防護設施。
- (10) 邊坡的截排水設施應適時進行裂縫修補、受損修復，並定期清理淤塞。
- (11) 發現有深層地滑現象的疑慮時，可透過地質調查研判可能的滑動範圍，視需要設置監測系統並持續監測，推估滑動規模及破壞機制，進行整治。
- (12) 非法耕作及佔有應予以制止，以免耕作行為影響邊坡安全穩定。

#### 坡體穩定設施：

坡體穩定設施有損壞或滲水、湧水現象時，宜儘速採取填補整修或疏導逕流等適當方法處理，以免惡化；若有變形、裂縫、鬆動、移動、傾倒或沈陷跡象，宜即詳細檢查，確實探討其發生原因，採取適當工法修復或補強。維護時其注意事項如下：

- (1) 保持設施的兩端與相鄰邊坡連接處密接。
- (2) 經常勘查設施的坡趾，如發現坡趾遭受沖刷或淘空，宜儘早修復。
- (3) 擋土牆必須保持完整，背填土石如有沖失，須予填實。
- (4) 水孔須保持暢通，以減少水壓力。洩水孔如有堵塞，應及時疏通，如無



法疏通，須另行選擇適當位置增設洩水孔，或於牆背後沿擋土牆增作牆後排水設施，以防止牆後積水引起側向壓力增加。

- (5) 擋土牆基腳易遭受雨水及溪流沖刷，導致基礎淘空而滑動坍塌，須注意檢查，適時保護。颱風、地震及豪雨後，尤須加強檢查。
- (6) 擋土牆常因其頂部荷重變化、排水不良以及邊坡位移等因素，使擋土牆發生沉陷或龜裂，須注意檢查，並針對破壞因素設法改善加固。
- (7) 擋土牆因土壓力增加而有倒塌之虞時，若背後有穩定地層，可用預力地錨錨碇法加固；如有良好的承載地盤，亦可加築混凝土撐柱（或撐牆）加固；如牆趾前方地形較為平緩時，可在牆趾處填土，以增加其穩定性；如牆趾前方呈斜坡時，可在牆趾前打樁並加築混凝土護牆，以防止滑動。
- (8) 除前述方法外，亦可在牆後換填透水材料，降低地下水位，以減少牆背側向壓力。前述方法配合一併實施，更可增加擋土牆的安全。
- (9) 原擋土牆損壞嚴重，若採用前述加固方法仍不能達到設計強度要求時，宜考慮將損壞部分拆除重建。
- (10) 為防止不均勻沉陷，新舊擋土牆間應設置施工縫，並須注意新舊擋土牆接頭平順。
- (11) 位於鐵路下邊坡側擋土設施，其鋪面、路肩的集水須妥善處理排放，不致滲入設施與路面的間隙或被阻滯。
- (12) 坡體穩定設施得適度配合植生美化。

坡體穩定設施發生損壞的原因，大致可分為設施本體老化及邊坡變位所致。設施本體老化造成設施受損或變形，經評估後若無邊坡穩定性問題者，通常可採用部分修補恢復其功能性；若是設施損壞係因邊坡變位所造成，則須充分調查其發生原因，重新評估邊坡整體穩定性後加以修補或改善，維持邊坡安全穩定。

維護方法包括：

- (1) 更換老化、斷裂、腐蝕及損壞的材料。
- (2) 發生變位處須加以填補換修，並考慮加設監測系統及進行地質調查，確定滑動規模及破壞機制。
- (3) 本體結構發生損壞須加以整修或拆除更換，並考慮加設監測系統及進行地質調查，確定滑動規模及破壞機制。

- (4) 附屬結構物損壞須加以換修或拆除更換。
- (5) 基礎損壞須查明原因，並整修或拆除重建基礎。
- (6) 移除坡體穩定設施背面的堆積土及超載，以減少土壓力及可能下滑的坡體土石。
- (7) 空洞須加以填補整平，以防雨水入滲。
- (8) 混凝土表面剝落須加以填補整修，以防雨水入滲。
- (9) 框梁鬆脫、填敷材料突出或下沉須加以填補整修，並考慮加設監測系統及進行地質調查，確定滑動規模及破壞機制。

#### 落石防治設施：

邊坡可能因地震、豪雨等因素發生位移，或是坡面經年累月劣化，造成落石防治設施發生變形或受損情況。因此，落石災害的防治，不僅包含設施本身，也應針對設施所在坡面，進行維護與管理方面的巡查、檢測及必要的調查等作業，掌握浮石或破碎岩體變動狀況，必要時，採取相關補強的因應措施。落石防治設施維護策略，以維持設施性能正常，避免落石災害擊中行車及鐵路設施，影響其安全為原則。隧道洞口邊坡如存在落石風險時，得參考辦理。

#### 落石防治設施維護的重點如下：

- (1) 落石防治設施出現變形、受損情況，宜調查落石預防及防護設施機能降低的原因。尤其是落石防護措施可能承受落石運動的動能，發生落石時出現變形或損傷的可能性很高。宜定期、或在發生巨大落石後，詳細觀察落石防治設施的變形或損傷情況、及其機能是否受影響。即使其機能未降低，但因受損導致鋼材出現銹蝕、發生劣化的情況，均須加以修復及必要的補強及加固。
- (2) 落石造成岩屑堆積，可能會降低落石防治設施機能，或是造成落石緩衝材受損或流失等，宜進行調查，必要時應清除堆積岩屑以及補充緩衝材。
- (3) 落石防治設施的基礎是否因坡面龜裂、沖刷造成變形或不穩、甚至影響其機能等，亦宜進行調查，必要時應予補強、加固。
- (4) 落石防治設施受損時，落石尺寸、重量、落下高度、落下路徑、受害情況及氣象條件等資料，須予以記載留存。落石紀錄對於後續的落石對策

選用相當重要，必須詳細調查並完整記錄。

- (5) 坡面出現滾石或浮石且可能發生落石時，宜儘速除去滾石或浮石。如果無法去除時，宜予以監視，並儘速設置落石防治設施。
- (6) 為避免隧道洞口及邊坡路段落石坍方，導致列車出軌造成大量傷亡，除加強上述措施外，得另設置適當安全防護設施(如洞口延伸假隧道、脫軌防護牆等)，以維鐵路營運安全。

邊坡排水設施：

邊坡排水設施維護策略以維持排水性能正常為原則。設於路塹邊坡上方的排水設施於養護時，一般較易被忽略，一旦淤積亦不易清理，故須特別記載，以利巡查養護。邊坡滲水或湧水，倘不妥善處理，易引起邊坡的崩坍或滑動。擋土牆的排水設施主要在防止雨水滲入牆背蓄積水壓超出設計標準，故其排水設施須能迅速排除聚集於牆背的積水。

邊坡排水設施維護清淤頻率依降雨情況、排水設施狀況及排水設施種類決定。豪雨後視邊坡的需求，進行巡查與維護，避免發生堵塞、淤積情形。結構物破損部份應儘速修補，如持續性破損可委由專業單位進行評估。

排水設施的養護重點如后：

- (1) 瞭解各種排水設施功用及其構造，並依據各項排水設施的性能，分別訂定維護原則。
- (2) 排水設施改善設計，須考慮區域性排水系統、水災及降雨量等特性。
- (3) 排水系統的末端要儘可能引至現有水路排放，出口若無水路可供銜接或與草溝、土溝等水路銜接時，視流速、落差及下游水路特性，宜維持消能構造或護床等處理設施。
- (4) 鐵路邊溝旁的地下排水溝上方應以不透水或低透水性材料回填，以避免地表水滲入。
- (5) 截水溝、平台溝及縱向溝等排水設施如有破裂，除進行修補外，宜瞭解破壞原因，進一步處理。
- (6) 管涵如有破損應立即修補，如有淤塞須定期清理。

- (7) 坡面噴漿處理後如有局部湧水現象，宜先將湧水部分適當處理。湧水如為深處滲出者，須檢查既有的洩水孔是否受阻。
- (8) 整平擋土牆的牆頂與邊坡相接處，不使邊坡的水流入擋土牆背部分。擋土牆背後積水及滲水嚴重者，宜查明滲水源。經常勘查擋土牆坡趾，如發現基腳沖刷或淘空，宜盡早修復。

鐵路沿線路權範圍內自然邊坡發生開裂、滑落、坍方、異常出水、沖刷、或坡面明顯變形，致影響行車安全，甚或阻斷交通時，應立即採取適當緊急措施，儘速修復通車；其處理措施得參考坡面保護措施，或適當調查辦理。維護管理關注範圍內土地利用有造成邊坡加載或其排水入滲影響邊坡至影響邊坡穩定者，得請土地權屬主管機關協調土地所有人、行為人或管理人，採行必要之措施。

### **C8.2.2 行車安全告警**

鐵路因邊坡因素影響行車安全，而需考慮列車慢行、停駛等交通管理、甚至路線封閉等程序，牽涉問題複雜程度極高，各種鐵路系統（高鐵、臺鐵、阿里山林業鐵路）不同路線（幹線、支線）各邊坡因重要性不同、實施監測的目的（邊坡穩定、行車安全、或是調查、施工安全維護等）、環境條件（包括地形、地質、氣候...）、破壞模式、發生速率、破壞規模及影響範圍皆不相同，對於行車安全告警與對應的緊急處理措施的訂定考量亦不同。

鐵路機構應於邊坡安全管理作業程序敘明危及行車安全的邊坡滑動、崩塌、落石、土石流等情境，依據觸發條件、監測影像或監測物理量訂定發布告警的時機、發布後之相關緊急應變措施、解除告警程序，以及對應的邊坡穩定與行車安全告警之監測管理對策，提供監測計畫書(含告警系統)之指引與參考。

基於危及行車安全的告警發布具有時效性，發布對象除邊坡穩定之相關管理單位外，亦需包括行車安全之相關管理單位，甚至是列車駕駛，或可將告警發布與列車行駛所需的電力供應、行車號誌等系統相互連動。儘管邊坡穩定與行車安全監測系統具有提高行車安全的優勢，然而其穩定度與精度可能影響鐵路服務水準，一旦發布尚需特定程序解除告警，因此監測計畫書宜詳細評估設置告警系統的必要性，確認需布置的位置，並載明告警系統發布後查核確認影響行車安全情事，以及告警解除的程序。

### C8.3 邊坡維護管理系統

各類觀測、檢查、檢測、監測以及修復、補強資料皆為鐵路邊坡全生命週期歷程的紀錄，可提供邊坡穩定維護與管理最直接參考。鐵路機構應建立邊坡維護管理系統，妥適保存觀測、檢查、檢測及監測等作業，以及修復與補強相關紀錄。邊坡維護管理系統可併同鐵路邊坡設計階段相關地質調查、設計圖說、施工過程的補充調查、監測及施工與竣工紀錄等，建立完整的鐵路邊坡全生命週期紀錄。

鐵路邊坡維護管理系統應納入維護與管理作業規劃及邊坡安全管理機制，透過全生命週期概念，將鐵路邊坡自規劃、調查、設計、新建施工、觀測、檢查、檢測、監測、修復、補強等生命週期維護與管理資料，以系統化方式進行邊坡維護與管理作業。

建構邊坡維護管理系統後可針對邊坡資料分布特性與資料內容進行研析，修訂完善邊坡安全管理作業程序，並提供減災、應變、整備、復原等災害管理流程相關分析與決策參考，具體而言，可作為規劃邊坡養護重點及養護工程適用工法等應用的依據。

邊坡維護管理系統得視需要運用網際網路、地理資訊系統與資料庫系統等，以空間資訊方式輔助邊坡維護與管理作業有效執行。

## 參考文獻

- [1] 交通部臺灣鐵路管理局(2019)，鐵路行車安全改善六年計畫－邊坡全生命週期維護管理:主線邊坡及擋土設施安全分析與評估報告書。
- [2] 交通部臺灣鐵路管理局(2019)，鐵路行車安全改善六年計畫－邊坡全生命週期維護管理:支線邊坡及擋土設施安全分析與評估報告書。
- [3] 交通部臺灣鐵路管理局(2019)，鐵路行車安全改善六年計畫－邊坡全生命週期維護管理(委託制度訂定技術服務)鐵路邊坡養護手冊(草案定稿版)。
- [4] 國營臺灣鐵路股份有限公司(2023)，鐵路邊坡養護手冊(修訂二版)。
- [5] 行政院農業委員會林務局阿里山林業鐵路及文化資產管理處(2020)，邊坡調查監測作業及路線改善規劃成果報告。
- [6] 經濟部地質調查及礦業管理中心，<https://www.gsmma.gov.tw/nss/p/index>。
- [7] 香港土木工程署土力工程處(1998)，斜坡岩土工程手冊，香港，308 頁。
- [8] 國道高速公路局(2011)，高速公路養護手冊。
- [9] 交通部台灣區國道新建工程局(2014)，公路邊坡工程設計與施工規範(草案)。
- [10] 交通部台灣區國道新建工程局(2014)，公路邊坡大地工程設施維護與管理規範(草案)。
- [11] 交通部鐵道局(2021)，高速鐵路營運定期檢查報告。
- [12] 中國土木水利工程學會(2001)，地錨設計與施工準則暨解說(三版)。
- [13] 台灣高速鐵路公司(2018)，台灣高鐵企業社會責任報告書。
- [14] 楊恒偉、謝致德(2007)，高鐵大地工程設計特殊考量與沿線地質災害之處理，土工技術，第 113 期，第 5-16 頁。
- [15] 楊恒偉、吳思毅(2021)，高鐵邊坡安全管理、監測與告警系統，地質，第 40 卷第 3-4 期，第 54-59 頁。
- [16] 黃立遠(2014)，臺北市人工邊坡分級管理制度介紹，技師期刊 64、65 合輯，第 42-49 頁。
- [17] 黃立遠、林士淵(2015)，臺北市之人工邊坡調查與維護管理，土木水利，第 42 卷第 1 期，第 48-53 頁。
- [18] 陳進發(2018)，落石災害評分系統於省道邊坡分級管理之應用，臺灣公路工

程，第 44 卷第 10 期，第 2-19 頁。

- [19] 交通部(2017)，鐵路修建養護規則。
- [20] 日本道路協會(2017)，附屬物（標識・照明）点檢必携～標識・照明施設の点檢に関する参考資料～。
- [21] 日本道路協會(2017)，落石対策便覧（H29 改訂版）。
- [22] 日本道路協會(2017)，道路土工構造物技術基準・同解説。
- [23] 日本道路協會(2018)，道路の維持管理。
- [24] Pierson, L.A.; Davis, S.A.; van Vickle, R. (1990), Rockfall Hazard Rating System: Implementation Manual; Federal Highway Administration: Washington, DC, USA,.
- [25] Department for Transport (2014), Transport Resilience Review: A review of the resilience of the transport network to extreme weather events.
- [26] Ferrari, F.; Giacomini, A.; Thoeni, K. (2016), Qualitative rockfall hazard assessment: A comprehensive review of current practices. Rock Mech. Rock Eng., 49, 2865–2922.
- [27] Geotechnical Engineering Office (2005), Landslide Potential Index (Information Note 3/2005).
- [28] Geotechnical Engineering Office (2021), Landslide Potential Index (Information Note 15/2021).
- [29] Geotechnical Engineering Office (2017), Highway Slope Manual.
- [30] Geotechnical Engineering Office (2020), Slope Safety Technical Review Board.
- [31] Huntley, D., Bobrowsky, Rotheram-Clarke, D., MacLeod, R., Cocking, R., Joseph, J., Holmes, J., Donohue, S., et al. (2020), “Protecting Canada’s railway network using remote sensing technologies.” Advances in Remote Sensing for Infrastructure, Springer Remote Sensing/Photogrammetry, Springer International Publishing, 26 p.
- [32] Huntley, David, Peter Bobrowsky, Roger MacLeod, Drew Rotheram-Clarke, Robert Cocking, Jamel Joseph, Jessica Holmes, et al. (2023), “IPL Project 202: Landslide Monitoring Best Practices for Climate-Resilient Railway Transportation

- Corridors in Southwestern British Columbia, Canada.” In *Progress in Landslide Research and Technology*, Volume 1 Issue 1, 2022, edited by Kyoji Sassa, Kazuo Konagai, Binod Tiwari, Željko Arbanas, and Shinji Sassa, 249–265. Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-16898-7\_18.
- [33] Japanese Railways Railway Bureau Ministry of Land (2018), *Technical Regulatory Standards on Japanese Railways*.
- [34] Japan Society of Civil Engineers (2021), *Japan’s Infrastructure Grades 2020 & Introduction of Maintenance Technologies*.
- [35] Network Rail Limited (2018), *Earthworks Technical Strategy*.
- [36] Network Rail Limited (2018), *Experiences of Earthwork Management*.
- [37] New York State DOT (2007), *Rock slope rating procedure*. Geotechnical Engineering Manual, 15, revision no. 1. Geotechnical Engineering Bureau, Albany.
- [38] ODOT. (2001), *Landslide and Rockfall Pilot Study (Final Report)*: Oregon Department of Transportation Geo-Hydro Section.
- [39] Pecoraro G, Foria F, Villa F, Tamburini A, Pantaneschi S, Calicchio M, et al. (2023), *Landslide Early Warning Systems as Climate Change Adaptation Measures for Rail Infrastructure*. In: Ferrari A, Rosone M, Zicarelli M, Gottardi G, editors. *Geotechnical Engineering in the Digital and Technological Innovation Era*, Cham: Springer Nature Switzerland, p. 724–31.
- [40] Pierson, L.A.; Davis, S.A.; van Vickle, R. (1990), *Rockfall Hazard Rating System: Implementation Manual*; Federal Highway Administration: Washington, DC, USA.