

隧道施工技術規範



交通部高速公路局
FREEWAY BUREAU, MOTC

中華民國 113 年 10 月

隧道施工技術規範總目次

項目	章 碼	章 名	頁 數
1	0240A	隧道施工管理·····	共 3 頁
2	02402	隧道施工通則·····	共 3 頁
3	02403	岩體分類與開挖支撐類型·····	共 3 頁
4	02411	隧道洞口開挖及邊坡保護·····	共 5 頁
5	02412	隧道鑽炸法及非全斷面機械開挖·····	共 9 頁
6	02421	先進支撐·····	共 5 頁
7	02422	鋼支撐架·····	共 7 頁
8	02423	隧道用岩栓·····	共 5 頁
9	02424	隧道噴凝土·····	共 12 頁
10	02425	隧道襯砌·····	共 7 頁
11	02432	隧道鑽孔及灌漿·····	共 11 頁
12	02447	隧道計測及儀器·····	共 10 頁
13	02448	隧道防水層·····	共 7 頁
14	02449	隧道其他工作·····	共 5 頁

※ 交通部高速公路局隧道施工技術規範共計 14 章

第 0240A 章 隧道施工管理

1. 通則

1.1 本章概要

本章說明隧道施工管理一般規定。

1.2 工作範圍

承包商應依據本章、設計圖及工程司核准之施工計畫進行施工管理。

1.3 相關章節

(空白)

1.4 相關準則

(空白)

2. 產品

(空白)

3. 施工

3.1 工地安全

承包商應依本章規定採取一切合理適當之措施，以維護工地安全，若發生任何事故，承包商應立即通報工程司及相關單位，並採取適當緊急處理及善後措施，以確保公共及施工安全。

3.2 爆炸物管理及使用

爆炸物由承包商自理。承包商應切實遵照「事業用爆炸物管理條例」相關規定負責管理。

3.3 承包商除依本規範辦理外，並應遵照政府頒布之職業安全衛生法及其施行細則、勞動檢查法及其施行細則等相關法令辦理。

3.4 醫療設備：承包商應準備緊急醫療藥品備用。

3.5 施工協調：本工程如須和其他承包商或工程同時進行時，承包商應互相協調工作，以期工程順利。如有爭議時，應依照工程司之安排與調度，承包商不得異議。

3.6 出入管制：未經核准人員不得進入隧道，隧道洞口須設置名牌或出入紀錄，隨時確定停留洞內之人員。洞內正進行中之作業(如鑽孔、開炸、出碴、支撐安裝等)應標示於洞口，以維進出人員與機具之安全。

3.7 法規及標準：本施工技術規範及其他契約文件各章節引用之法規及標準，以投標日前有效之最新版本為準。

3.8 施工計畫：承包商應依一般條款規定提送「整體施工計畫」及本規範相關規定提送各項計畫文件，其內容尚包括隧道開挖計畫及緊急應變計畫等，其中涉及相關法令者，並應將計畫文件轉送主管機關核可（備）。

3.9 施工水土保持計畫：承包商應依設計階段核定之水土保持計畫，研擬施工階段之水土保持計畫書，經工程司核可後，據以施工。

4. 計量與計價

本章工作費用已包含於相關工作項目之單價內，不另計量與計價。

〈本章結束〉

第 02402 章 隧道施工通則

1. 通則

1.1 本章概要

本章說明隧道施工觀念、施工方法及施工紀錄相關規定。

1.2 工作範圍

承包商應依據本章、設計圖及工程司核准之施工計畫進行施工。

2. 產品

(空白)

3. 施工

3.1 施工概念

隧道施工應採用變形控制觀念施工。變形控制之基本觀念為利用岩體本身具有自持能力之特性而發展成功之施工觀念，以噴凝土、岩栓、鋼支保等支撐達到隧道開挖後應力平衡之目的，並利用計測隨時觀察岩體行為，作為回饋設計調整支撐系統之依據，以符合安全經濟之原則。

3.2 施工方法

3.2.1 隧道施工方法基本上可區分為鑽炸法與機械開挖法兩種，施工時須嚴格遵守各工法之作業原則。本規範雖已規定各工法有關之施工注意事項，但並非承包商不必熟悉一般施工概念，施工後承包商並不免除為施工成果所應負之責任。

3.2.2 全能作業班

(1) 隧道開挖及支撐作業等工作，承包商應以全能作業班輪班作業為原

則，即每一作業班應具備隧道開挖及支撐作業所有工作之能力。

- (2) 每一工作面承包商均應有足夠人力之全能作業班及所需之一切機具設備、材料等，俾使隧道開挖及支撐作業等工作能持續不斷地進行，避免作業中斷或延遲。

3.2.3 前進探查

- (1) 隧道於開挖前，應以適當機具辦理前進探查，探查方式以衝擊式施做不取心探查孔為原則(每次至少 1 孔，鑽孔尺寸至少 E 級以上)，施做時應由有經驗且固定之施工人員為之，探查深度須維持在開挖面前方至少 5 公尺為原則，並可依地質狀況及機具能量予以加長。探查過程應詳細紀錄鑽機扭矩或推力、鑽進速率、迴水顏色及水量。如有異常狀況，承包商應立即回報，及研判是否需加強探查或研擬後續處理方式。
- (2) 上述不取心探查孔所需之費用包含在開挖單價內，不另給付。
- (3) 經工程司核可另外施作 N 級以上之取岩心或不取岩心探查孔時，則依施工技術規範第 02432 章「隧道鑽孔及灌漿」規定辦理。

- 3.3 地質調查資料：設計圖說提供之地質調查資料為設計階段根據調查所得之判釋結果，僅作為施工參考，承包商仍應於施工中善盡辨識、確認及了解地質之作為，並採取因應之措施。

3.4 施工記錄

- (1) 承包商應每日記錄有關每輪開挖時間、炸藥用量及開炸布孔圖、開挖斷面大小、開挖長度、樁號及支撐系統構材位置、施作時間、數量等資料，於次日上午 10 時前送交工程司代表。
- (2) 隧道開挖過程中，承包商須設專職地質記錄人員會同工程司代表，詳細記錄隧道開挖全程所觀測到之地質情況，繪製地質圖（包含隧道展開圖及剖面圖），及附開挖裸露面之地質照片，承包商應定期將地質記錄提送工程司存參。

- (3) 開挖後實際地質情形與預期者有所出入或有急劇變化時，承包商應立即通知工程司代表。
- (4) 如工程司作地質紀錄查核時，承包商應予以必要之協助，提供所需之人力及機具。

4. 計量與計價

本章工作所需之費用，除另有規定者外，已包含於開挖單價內，不另計量與計價。

〈本章結束〉

第 02403 章 岩體分類與開挖支撐類型

1. 通則

1.1 本章概要

本章為隧道岩體分類與開挖支撐類型之一般規定。

1.2 工作範圍

1.2.1 本章規定岩體分類、支撐類型之評定及支撐施工注意事項。承包商應依據本章、設計圖及工程司核准之施工計畫進行岩體分類及選定開挖支撐類型，進行施工。

1.2.2 採用鑽炸法及非全斷面機械開挖法施工時，開挖程序及支撐類型均應依本章規定予以選定。

2. 產品

(空白)

3. 施工

3.1 岩體分類

3.1.1 岩體分類係就隧道開挖中所遭遇之岩體力學特性，加以評估分類，作為訂定開挖程序與輪進長度之用，並供選定支撐類型之參考。

3.1.2 岩體分類主要在反應開挖後之岩體行為。分類時除考慮岩體本身之特性外，亦包括覆蓋層厚度等外在因素。岩體分類結果用以決定開挖支撐類型。決定開挖支撐類型時，尚須考慮開挖跨度、輪進長度、洞口、交叉段、擴挖段、大地應力及其改變狀況、斷層破碎帶及施工方法等因素。

3.1.3 岩體分類之應用

(1) 岩體分類係依上半斷面剛開挖暴露之岩體情況決定。各類岩體所需

不同之工作斷面如設計圖所示，上半斷面岩體分類在台階及仰拱依然適用。

- (2) 岩體類別既經評定，施工中若台階、仰拱所遭遇之岩體情況與上半斷面不同，或經計測結果顯示有差異時，可經工程司代表同意，得依實際情況調整支撐設施，惟本項支撐調整均不改變當輪之岩體類別。
- (3) 岩體分類可參考公共工程委員會「台灣岩體分類與隧道支撐系統（PCCR 系統）」、RMR 值、NGI (Norwegian Geotechnical Institute) - Q 值或 Rabcewicz-pacher 所建議之岩體分類法予以評定。

3.2 開挖支撐類型

3.2.1 開挖支撐類型應依據岩體性質、地下滲水、地質構造、大地應力、斷層破碎帶、覆土厚度、計測結果及其他岩體行為等因素，以及隧道之重要性（如永久性公路隧道、維修用隧道、探查性隧道等），及岩體類別予以評定。各類型岩體開挖及支撐型式如設計圖所示。

3.2.2 開挖支撐類型之評定

每輪開挖面之開挖支撐類型，根據首次開挖出露岩盤面（不論採分階開挖、全斷面或導坑先進），由工程司代表會同承包商依據岩體分類結果及相關工程因素評定，並於紀錄表內共同簽認。當該項評定有爭議時，應由工程司代表當場裁定，下輪開挖時，由工程司會同於現場裁定。

3.3 開挖支撐注意事項

3.3.1 承包商可因施工機械或安全因素提出調整開挖順序之要求，經工程司核可後施工，惟支撐亦須視需要調整之。

3.3.2 台階、仰拱開挖輪進長度之調整應經工程司代表同意。

3.3.3 支撐施工時機依設計圖所示辦理，承包商亦可依實況提出調整要求，經工程司代表同意後，據以施工。

3.3.4 承包商施工中得依現地施工狀況及計測結果提出調整支撐要求，經工程司代表同意，據以施工。

4. 計量與計價

本章內容包含在相關工作項目之單價內，不另計量與計價。

〈本章結束〉

第 02411 章 隧道洞口開挖及邊坡保護

1. 通則

1.1 本章概要

本章規定包括隧道洞口開挖、洞口邊坡保護措施及明挖隧道回填等施工相關事宜。

1.2 工作範圍

1.2.1 本章規定包括隧道洞口（含明挖隧道）開挖、洞口邊坡保護措施以及明挖隧道之回填相關施工事宜。洞口整地及邊坡保護之範圍依設計圖所示，承包商於洞口開挖前應繪製工作圖，依工程司指示、設計圖及本規範之規定進行開挖、邊坡保護及回填工作。

1.2.2 本章所稱明挖隧道係指隧道洞外採用明挖回填方式施工之延伸段隧道；屬於單一全段使用明挖回填方式施工之明挖隧道不在本章規範範圍。

1.3 相關章節

1.3.1 第 02231 章—清除與掘除

1.3.2 第 02292 章—邊坡穩定監測工法

1.3.3 第 02316 章—構造物開挖

1.3.4 第 02317 章—構造物回填

1.3.5 第 02321 章—基地及路幅開挖

1.3.6 第 02376 章—格梁護坡

1.3.7 第 02377 章—邊坡穩定水平排水管

1.3.8 第 02378 章—岩栓

1.3.9 第 02379 章—灌漿錨筋

1.3.10 第 02492 章—預力地錨

1.3.11 第 03372 章—噴凝土

2. 產品

(空白)

3. 施工

3.1 準備工作

承包商應於洞口開挖前，對工程範圍內進行施工測量，依規定作成原地面測繪紀錄，並根據設計圖示之原則與說明，繪製符合現場狀況之工作圖，提送工程司審核同意後方得進行施工。

3.2 施工規定

3.2.1 洞口開挖

- (1) 清除與掘除應按第 02231 章「清除及掘除」規定辦理。
- (2) 洞口開挖屬路基頂面以上之開挖依第 02321 章「基地及路幅開挖」之規定辦理；屬於路基頂面以下之開挖依第 02316 章「構造物開挖」之規定辦理。
- (3) 洞口上方若有不規則地形、可能鬆落之岩塊、需移除之房屋或水路改道等現場狀況，承包商應主動處理或依照工程司指示處理。
- (4) 除工程司另有指示外，開挖工作應由上而下逐階施工，每階所需之邊坡保護工作應於下階開挖前完成。
- (5) 開挖方式應採機械開挖，惟堅硬岩層需開炸時，應採用預裂法(Presplitting)或其他工程司認可之平滑開炸法，以獲得平整坡面。開炸施工方式與步驟由承包商提出，經工程司同意後施工。
- (6) 隧道洞口開挖鄰近邊坡時，工程司得依據地層性質及實際穩定狀況，視需要調整邊坡坡度、階寬、保護措施、明挖隧道長度及洞口里程等。本項因地質因素造成之變更，不論工程數量之增減，均依照核定之實作數量，按契約計量計價。
- (7) 承包商為方便施工或其他原因所施作未經核准之開（超）挖均不予

計價。

(8) 洞口開挖應不可損及開挖範圍外之地盤或建物。

(9) 開挖面局部超出設計線之未擾動突岩少於 10cm 者，經工程司核可得
不必挖除。

3.2.2 洞口邊坡保護應依設計圖及下列各章相關規定辦理：

(1) 第 02292 章—邊坡穩定監測工法

(2) 第 02376 章—格梁護坡

(3) 第 02377 章—邊坡穩定水平排水管

(4) 第 02378 章—岩栓

(5) 第 02379 章—灌漿錨筋

(6) 第 02492 章—預力地錨

(7) 第 03372 章—噴凝土

3.2.3 明挖隧道之回填應按第 02317 章「構造物回填」規定辦理。

3.3 開挖安全

3.3.1 開挖期間或開挖後，承包商應採取一切適當措施以確保所有開挖面均處於穩定狀態。

3.3.2 承包商應於施工中設置必要之抽排水措施，以防止開挖處及其鄰近區域發生積水或水流集中之現象，導致邊坡不穩定。

3.3.3 承包商不得在開挖邊坡之坡頂堆放棄土或其他施工機具材料，以免增加坡頂超載。

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 洞口開挖屬於路基頂面以上之開挖按設計圖示或工程司核准斷面，依實作數量以立方公尺（自然方）為單位計量。

4.1.2 洞口開挖屬於路基頂面以下之開挖按設計圖示或工程司核准斷面，依實作數量以立方公尺（自然方）為單位計量。

- 4.1.3 洞口部分之清除與掘除依第 02231 章「清除與掘除」之規定計量。
- 4.1.4 洞口邊坡穩定措施之計量依下列相關規定辦理：
- (1) 邊坡穩定監測系統依據第 02292 章「邊坡穩定監測工法」之規定辦理。
 - (2) 格梁護坡依據第 02376 章「格梁護坡」之規定辦理。
 - (3) 邊坡穩定水平排水管依據第 02377 章「邊坡穩定水平排水管」之規定辦理。
 - (4) 岩栓依據第 02378 章「岩栓」之規定辦理。
 - (5) 灌漿錨筋依據第 02379 章「灌漿錨筋」之規定辦理。
 - (6) 地錨及岩錨依據第 02492 章「預力地錨」之規定辦理。
 - (7) 噴凝土依據第 03372 章「噴凝土」之規定辦理。
- 4.1.5 明挖隧道回填數量依設計圖說或工程司核准斷面按實作數量以立方公尺（壓實方）為單位計量。
- 4.2 計價
- 4.2.1 洞口開挖屬路基頂面以上之開挖按契約詳細價目表「洞口開挖及近運利用」及「洞口開挖及剩餘土石方處理（註明運距）」項目計價。「洞口開挖及近運利用」契約單價包括開挖、裝運至填方區以備填築利用或其他利用及完成本項工作之所有人工、機具、工具與附屬設備等一切費用在內。「洞口開挖及剩餘土石方處理（註明運距）」契約單價包括開挖、裝運至棄土地點及完成本工作項目所需人工、工具、機具設備等一切費用。
- 4.2.2 洞口開挖屬路基頂面以下之開挖依第 02316 章「構造物開挖」之規定計價。
- 4.2.3 洞口部分之清除與掘除依第 02231 章「清除與掘除」之規定計價。
- 4.2.4 洞口邊坡穩定措施之計價依下列相關規定辦理：
- (1) 邊坡穩定監測系統依據第 02292 章「邊坡穩定監測工法」之規定辦理。
 - (2) 格梁護坡依據第 02376 章「格梁護坡」之規定辦理。

(3) 邊坡穩定水平排水管依據第 02377 章「邊坡穩定水平排水管」之規定辦理。

(4) 岩栓依據第 02378 章「岩栓」之規定辦理。

(5) 灌漿錨筋依據第 02379 章「灌漿錨筋」之規定辦理。

(6) 地錨及岩錨依據第 02492 章「預力地錨」之規定辦理。

(7) 噴凝土依據第 03372 章「噴凝土」之規定辦理。

4.2.5 明挖隧道回填按契約詳細價目表「明挖隧道回填」項目計價。契約單價包括人工、工具、材料、機具設備及完成本工作項目所需一切費用。

<u>工作項目名稱</u>	<u>計價單位</u>
洞口開挖及近運利用	立方公尺
洞口開挖及剩餘土石方處理（註明運距）	立方公尺
明挖隧道回填	立方公尺

〈本章結束〉

第 02412 章 隧道鑽炸法及非全斷面機械開挖

1. 通則

1.1 本章概要

本章係說明隧道鑽炸法及非全斷面機械開挖施工之一般規定。

1.2 工作範圍

本章適用於所有關於岩石、土壤之地下開挖。原則上，承包商應依照設計圖所示之程序與方法開挖，但若實際地質狀況需要時，得按相關規定調整，以符合彈性施工原則。

1.3 相關章節

1.3.1 第 02403 章—岩體分類與開挖支撐類型。

1.3.2 第 02432 章—隧道鑽孔及灌漿。

1.4 定義

1.4.1 非全斷面開挖機械包含挖溝機（Backhoe）、破碎機、旋臂式掘削機（Roadheader）等，其開挖亦應依本章相關規定辦理。

1.4.2 隧道開挖斷面之定義如圖一所示。

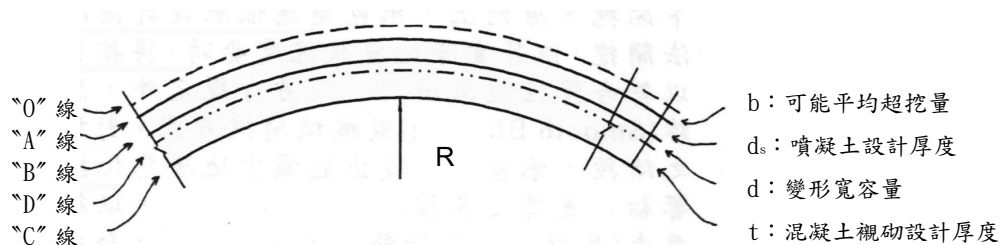
(1) A 線為最小開挖線，除支撐系統構材及局部堅硬岩塊之稜角（其凸入量未超過 3cm 或未超過噴凝土設計厚度之 1/3）允許存在外，A 線內不得有任何雜物。根據設計圖所示，依不同開挖支撐類型設計之混凝土襯砌與噴凝土厚度並加變形寬容量（仰拱部份則不計變形寬容量），而定之開挖線謂之 A 線。

(2) O 線為可能平均超挖線。

(3) b 為可能平均超挖量。

(4) B 線為噴凝土內緣線。

- (5) D 線為混凝土襯砌外緣設計線。混凝土襯砌前除岩栓頭及防水層外，D 線內不得留有任何雜物。
- (6) d 為變形寬容量，包括地質預估變形量與施工寬容量，其值如特訂條款或設計圖之規定。該值僅供隧道淨空斷面控制、工程數量及預算編列之參考；承包商應採取適當措施俾以控制地層變形在此範圍內。變形寬容量之修正，工程司得視計測結果，並參考地質情況及施工因素等經分析研判其變形趨勢後，於適當時機予以修正。A 線與 B 線應隨之變動，承包商應依照辦理，不得異議。
- (7) C 線為混凝土襯砌內面設計線。



圖一

- 1.4.3 仰拱開挖範圍定義為 PG 點投影至路基頂面之水平線以下部分，該線以上部份及無仰拱斷面之開挖皆屬隧道開挖。PG 點為路線縱坡基點。無 PG 點之路段如人行聯絡隧道、車行聯絡隧道等之仰拱開挖範圍依設計圖說辦理。

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

承包商應依契約規定將相關品質計畫送請工程司核可。

- 1.5.2 承包商應參照第 0240A 章「隧道施工管理」所述施工計畫相關規定，並研提詳細之開挖計畫書，於開挖工作開始至少 30 天前提送工程司審核，經工程司同意後實施。惟工程司對承包商開挖計畫之同意並不免除承包商對開挖之正確性、適應性、安全性所應負之責任。對於承包商不稱職之工作人員，工程司有權要求撤換。隧道開挖計畫書應附完整的說明及

附圖，其內容至少應包含：

- (1) 施工預定進度表。
- (2) 開挖方法（包括使用開挖工法、開挖順序、輪進、斷面布設或鑽炸計畫等）。
- (3) 出碴計畫（包括出碴方式、運碴車輛、運輸動線及棄碴計畫）。
- (4) 計測執行計畫。
- (5) 施工機具及設備（包括施工機具及設備之型式、規格、配置等）。
- (6) 各階層施工負責人（含地質記錄人員及計測工程師）之學經歷及人員組織表。
- (7) 工地現況之研判
- (8) 測量計畫
- (9) 施工通風、照明及排水計畫
- (10) 通訊

2. 產品

（空白）

3. 施工

3.1 準備工作

- 3.1.1 承包商應負開挖安全衛生及環境保護之責任，並應符合政府頒布之有關法令規章。於開挖施工前提出安全衛生及環境保護實施計畫，包括施工通風、排水、照明、安全及衛生監測（不含設計圖規定之計測）、剩餘土石方及排放水處理等，經工程司同意後實施。
- 3.1.2 不論利用何種開挖方式作業，承包商應有良好、確實之工作方法及適當設備以控制塵埃、氣味、煙霧及有害氣體等，期能符合安全衛生規定。照明和通風應符合隧道作業標準，並有效控制有毒害及爆炸性之氣體。基於工作人員生命、財產安全之需要或對環境噪音、振動等之限制，工程司有權調節、限制或禁止開炸，若歸責於承包商，承包商不得要求補

償或展期。

3.2 施工規定

- 3.2.1 採用鑽炸法及非全斷面機械隧道開挖施作時，承包商應按第 02403 章「岩體分類與開挖支撐類型」之規定評定開挖支撐類型，依設計圖所示之開挖順序及進度施工。
- 3.2.2 設計圖所示之輪進長度與支撐時限均係指上半斷面而言，該處開挖後應在規定時限內完成支撐，且支撐不得中斷或延遲；所示之上半斷面開挖高度為建議值，承包商可視實際需要提出調整開挖高度之要求，經工程司同意後據以施工，惟支撐亦應視需要調整之。
- 3.2.3 台階之開挖計畫得由承包商提出，經工程司核可後據以施工；台階開挖若採用開炸方式，鑽孔布設以減少超挖為原則。
- 3.2.4 開挖面之臨時支撐應依設計圖所示辦理，承包商並可依實況提出調整之要求，經工程司核可後據以施工。
- 3.2.5 聯絡隧道及凹槽開挖前，應依據設計圖或工程司指示提出主隧道及交接面之支撐補強計畫，經工程司核可後施工。補強支撐完成後，始可進行支撐拆除及開挖工作。
- 3.2.6 承包商採用鑽炸法開挖時，應採勻滑開炸（Smooth Blasting），以減少超挖及對岩盤之擾動。承包商應依據現地地質狀況採用適當之炸藥種類、藥量及開炸孔配置。周邊孔應採適當之間距，並應視現地超挖情況適度減小，必要時亦可以在孔間酌設空孔之方式辦理。
- 3.2.7 每次開挖後承包商應小心清理鬆落之岩塊。支撐構件須足以保持隧道穩定。先前開挖部份，經持續觀察，若有立刻安裝支撐以維持穩定之必要時，承包商應先行完成支撐系統後，再進行後續作業。
- 3.2.8 對於地質惡劣之地段，承包商應提出能減少地層惡化擾動、超挖和影響初期支撐之各種開挖方法與步驟，以符合設計及施工要求，此計畫應先行報請工程司核可。屬於特殊狀況需採特殊方法施工者，依第 3.4 項之規定辦理。
- 3.2.9 當開挖接近預估之地質破碎帶、剪裂帶、煤層等路段時，工程司得視需

要指示承包商按第 02432 章「隧道鑽孔及灌漿」規定進行地質鑽探，並按契約相關項目計價，承包商不得拒絕。

3.2.10 隧道施工排水

- (1) 施工期間，承包商應裝設、運轉與維護所有臨時抽水站與排水機具、設備，並採取適當之抽排水措施，以避免積水，造成泥濘而影響施工及支撐效果。
- (2) 承包商應在適當位置設置沉砂池及設置簡易油水分離設施，將來自開挖面之地下水排入沉砂池中，以除去油、砂、污泥及其他懸浮物質。承包商亦可採用機械設備處理泥水以代替沉砂池，惟不得要求額外給付。
- (3) 施工中經處理而排放之水質應符合環保法規及當地環保主管機關之規定，沉澱物之清除並應依相關法規處理。

3.2.11 隧道施工通風

- (1) 施工期間，承包商應裝設、運轉及維護通風系統，並於施工現場應備有監測儀器，依相關法令規定量測有害氣體(含 CO, NO, CO₂)、可燃性氣體、粉塵與氧氣之濃度。
- (2) 工作現場有人時，其能見度應達通視安全距離。
- (3) 工作現場所裝設之通風系統需能確保工作人員所吸入之空氣在施工機械設備運轉中，均能達到下列標準：
 - A. 含氧量不得少於 19%，
 - B. 受瓦斯煙霧與鑽孔及噴凝土產生之灰塵污染之濃度不得大於有礙健康之程度，且應慮及時間、溫度、濕度以及多種污染之相乘效果。
- (4) 對於有毒性及可燃性氣體應建立可遙控之監測系統及警報系統。
- (5) 施工中若有產生粉塵之虞者，承包商應依粉塵成份及數量等因素設置適當之集塵設備。

3.2.12 隧道施工照明

- (1) 施工期間，承包商應依職業安全衛生法、勞動檢查法、營造安全衛生設施標準等法令及作業特性裝設、運轉及維護照明設施。所有隧

道照明應至少於每 100 公尺設置一具停電緊急照明燈，及每 20 公尺設置一具 80W 日光燈或等照度燈具(發光效率 100 流明/瓦以上)，每一工作面至少設置兩盞 500W 或一盞等照度可移式照明燈，其照度應足以提供開挖工作之需。

(2) 為便於施工中進行試驗或檢查，承包商亦應提供適當之可移式高亮度照明設施，並於沿線每 50 公尺設防濕型插座一處，供測量、計測時照明所需。

(3) 各項照明設備應考量開挖有無可燃氣體發生之可能性，設置防水或防爆照明設備。

3.2.13 承包商於施工時如須使用炸藥，應經工程司認可，並確實依照「事業用爆炸物管理條例」規定，負責申請、運輸、儲存、管理及使用。施工時使用炸藥而致發生一切損害，均由承包商負責賠償及負擔一切責任。

3.2.14 施工通訊

承包商應設置有線通訊系統供隧道內外及施工房舍連絡之用，並負責管理、維護以確保該系統經常有效。該通訊系統應符合現場使用需求，通訊品質應達清晰、可靠。承包商須依法規向相關單位申請核可後始可使用。地下通訊站(電話插座附電鈴及顯示燈)應沿已開挖隧道約每 100 公尺處設置。隧道完工後，所有通訊系統歸承包商所有，承包商應負責拆除及復舊工作。

3.3 施工方法及程序變更

3.3.1 開挖作業中，承包商認為需要改變開挖方法或開挖程序時，應提送相關施工計畫，經工程司核可後，據以施工，因此所增加之費用須由承包商承擔，不另給付。

3.3.2 承包商所採用之開挖方法或開挖程序，不能達到要求之開挖進度，或工作之水準，或無法維持人員及工程之充分安全，或造成環境污染無法改善時，承包商應提出修正施工計畫，包括變更開挖方法或開挖程序所需之設備或材料之改變，經工程司核可後，據以施工，因此所增加之費用須由承包商承擔，不另給付。

3.3.3 承包商基於本身之需要，或因上述原因，經工程司核可後，更改開挖方法或開挖程序，不論是否增加工作，所增加之費用須由承包商承擔，不另給付。

3.4 特殊狀況

隧道開挖如遭遇下列任何一種情況時，承包商除立即報請工程司會勘外，應先採緊急處理措施（如人員疏散等），並採取經工程司同意之特殊方法個案處理之，其工作項目與契約工作項目相同者應按契約單價計價，屬於新增之工作項目之計價由工程司與承包商另行協議。

- (1) 隧道穿越流砂層或流泥層，使用設計圖所示之支撐類型無法抵抗其異常壓力者。
- (2) 工作面滲出之流量大於每秒 35 公升，連續 24 小時，導致工作無法正常進行者。
- (3) 隧道內自地層散發可燃性、有毒性之氣體，其濃度無法以通風之方式沖淡，或經地熱區其現地溫度雖經處理仍超過人體體溫（37℃），足以嚴重危害工作人員之健康者。
- (4) 無法按原核定設計圖說施工之特殊地質情況，如廢礦坑、天然洞穴等。

4. 計量與計價

4.1 計量

- 4.1.1 隧道開挖依開挖岩體類別，分別以工程司核定各類完成長度乘以各類開挖斷面積（計至 A 線），以立方公尺為單位計量。
- 4.1.2 仰拱開挖不分開挖岩體類別，以工程司核定完成長度乘以仰拱開挖斷面積（計至 A 線，不含變形寬容量），以立方公尺為單位計量。
- 4.1.3 聯絡隧道及隧道凹槽開挖無論開挖岩體類別均依設計圖示斷面尺寸及長度，以體積立方公尺為單位計量。

- 4.1.4 前進開挖面臨時支撐按工程司核定之數量，依契約相關項目計量計價，其拆除工作已包含於開挖單價內，不另計量。
- 4.1.5 碴料近運利用以工程司核定之隧道開挖自然方數量，以立方公尺計量。另碴料利用及剩餘碴料處理按運距遠近，以工程司核定之隧道開挖自然方數量，以立方公尺計量。
- 4.1.6 隧道支撐拆除係指設計圖說明示需二次施工，且經工程司核可者，而必須拆除已完成隧道支撐之工作，如主隧道內開挖聯絡隧道、凹槽、導坑臨時壁體以及其他擴挖處等，本項拆除工作依設計圖所示各種斷面尺寸及工程司核定之完成拆除面積，以平方公尺為單位計量。原施工完成之支撐（含補強支撐）依契約相關項目計量。

4.2 計價

- 4.2.1 各式開挖依契約詳細價目表「隧道開挖（註明岩體類別）」、「仰拱開挖」、「聯絡隧道開挖」、「隧道凹槽開挖」等項目計價。各單價包括所有人工、材料、設備、可能平均超挖量、開挖面臨時支撐拆除、施工期間之通風排水照明通訊（含設備及其設置、運轉操作、移設、電費、設備維護、故障修復及完工後拆除復舊等）、出碴至洞口及為完成本項工作所需之一切費用。為施工測量、安全計測、現場地質觀測與調查所造成之施工延誤，不另給價。
- 4.2.2 碴料近運利用依契約詳細價目表「碴料近運利用」項目計價，其單價包括碴料自洞口裝載及運輸至本標需求地點堆置以備填築或其他利用及完成本項工作之所有人工、機具、工具與附屬設備等一切費用在內。
- 4.2.3 碴料利用依契約詳細價目表「碴料利用（註明運距）」項目計價，其單價包括碴料自洞口裝載及運輸至指定需求（非本標）地點堆置以備填築或其他利用及完成本項工作之所有人工、機具、工具與附屬設備等一切費用在內。
- 4.2.4 剩餘碴料處理依契約詳細價目表「剩餘碴料處理（註明運距）」項目計價，其單價包括碴料自洞口裝載、運輸至棄置地點及完成本項工作之所有人工、機具、工具與附屬設備等一切費用在內。

- 4.2.5 隧道支撐拆除以契約詳細價目表「隧道支撐拆除」項目計價，契約單價包含所有拆除、清理、及拆除所需必要之零星工料等一切為完成本工作所須之一切費用在內。

<u>工作項目名稱</u>	<u>計價單位</u>
隧道開挖（註明岩體類別）	立方公尺
仰拱開挖	立方公尺
聯絡隧道開挖	立方公尺
隧道凹槽開挖	立方公尺
碴料近運利用	立方公尺
碴料利用（註明運距）	立方公尺
剩餘碴料處理（註明運距）	立方公尺
隧道支撐拆除	平方公尺

〈本章結束〉

第 02421 章 先進支撐

1. 通則

1.1 本章概要

本章為隧道開挖中為保護開挖面或頂拱，於開挖面上方施作先進支撐之相關規定。

1.2 工作範圍

本章包含先撐鋼管、先撐鋼棒、鋼護板及先撐管幕。承包商應依據本章、設計圖及核定之施工計畫施工。

1.3 相關章節

1.3.1 第 02432 章—隧道鑽孔及灌漿

1.4 相關準則

1.4.1 中國國家標準（CNS）

- (1) CNS 560 A2006 鋼筋混凝土用鋼筋
- (2) CNS 4626 G3111 壓力配管用碳鋼鋼管
- (3) CNS 2473 G3039 一般結構用軋鋼料

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

承包商應依契約規定將相關品質計畫送請工程司核可。

1.5.2 承包商使用先撐管幕應於施工前至少 30 天將管幕工法所需應用之施工機具、圖說、灌漿材料、灌漿封罩、排氣配件、灌漿方式、配比及施工程序與方法等，提出詳細施工計畫書送請工程司認可。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 先撐鋼管材質須符合 CNS 4626 鋼管種類 STPG 370，及其標稱厚度號數 Sch40 以上等級之規定。

2.1.2 先撐鋼棒須符合 CNS 560 SD420W 之規定。

2.1.3 鋼護板材質須符合 CNS 2473 SS400 之規定。

2.1.4 先撐管幕

(1) 管幕鋼管材質需符合 CNS 4626 鋼管種類 STPG 370，及其標稱厚度號數 Sch40 以上等級之規定，鋼管尺寸長度如設計圖所示，鋼管表面依設計圖或工程司指示鑽設灌漿孔，並視實際需要，於灌漿孔上裝設逆止閥或橡皮緊圈，以確保灌漿品質。

(2) 灌漿材料之漿液主要由水泥及水混合而成，必要時得另加細粒料、化學藥劑及其它添加劑。漿液配比須視各孔段所遭遇之實際情況而定。漿液之基本成份、配比、稠度、膠凝時間，以及所應添加之其它物料或附加劑，應符合第 02432 章「隧道鑽孔及灌漿」相關規定。

3. 施工

3.1 準備工作

承包商採用先撐管幕施工期間內，須聘僱具有實際操作本工程採用之先撐管幕施工機具之專業工程師，負責工程籌劃、人員安排調度、施工技術資訊支援、施工作業改進、特殊情況應變處理及其他相關事項之指導。承包商施工計畫內須提出該專業工程師實際資歷證明文件經工程司認可。有關該工程師聘僱費用已包含在本工程工作項目單價內，不另計價給付。

3.2 施工方法

3.2.1 先撐鋼管

- (1) 先撐鋼管之型式、長度、安裝間距、角度和位置均應依設計圖所示或工程司指示辦理。
- (2) 先撐鋼管之安裝依岩體情況，打入或插入預先鑽好之孔內，除工程司另有指示外，所有鋼管均應以水泥砂漿低壓灌注，填充於安裝過程造成之所有空隙。

3.2.2 先撐鋼棒

- (1) 先撐鋼棒係鑽孔後灌漿並插入鋼棒，鋼棒插入後不需再進行灌漿。
- (2) 若遇鑽孔困難、破碎帶或夾有礫石之土層等地層，經工程司認可後，鋼棒係以擊入式替代鑽孔。擊入式先撐鋼棒於鋼棒擊入地層後不需再進行灌漿。

3.2.3 鋼護板

- (1) 鋼護板之型式、厚度、長度、安裝間距和位置均應依設計圖所示或工程司指示辦理。
- (2) 鋼護板以每片相接或適當間隔打入前方未開挖之岩體內，打入深度須大於預定開挖長度，使開挖後，該鋼護板具有足夠承载力以防止岩塊坍落，板後之空隙和空間應填塞噴凝土或灌滿合於規定之水泥砂漿。

3.2.4 先撐管幕

- (1) 先撐管幕鑽孔時須用管幕鑽機鑽入未開挖之地層，承包商可自行選擇鑽孔之技術工法及適宜之鑽頭外徑及型式，不論何種鑽孔方式，必需能精確控制管幕鋼管外擴角度及置放位置之精度。
- (2) 鑽孔同時將符合規定長度之鋼管隨鑽頭前進而置入孔內，鋼管原則上須一次置入，鋼管鑽入規定深度後，須用壓縮空氣或水清除管內岩屑，管幕鋼管之型式、長度、螺紋接頭、間距、方向和位置均應依設計圖所示，或依工程司指示辦理。
- (3) 每環工作面上之所有鋼管安裝完成後，應於每支鋼管內裝設灌漿管及排氣管，且鋼管外端裝設封塞及閥門，以進行灌漿。每支鋼管之各段灌漿工作應一次完成。灌漿前隧道開挖面須噴凝土封面，厚度

及範圍依設計圖或工程司指示辦理，以確保施灌品質控制。本項封面噴凝土依噴凝土相關項目計價。

- (4) 灌漿順序原則上由低處往高處逐管施灌，水泥灌漿配比依核定之配比，原則上自水灰比為 1：1 開始施灌，視吃漿情況逐漸加稠，調整為濃漿。當排氣管迴漿後，保持灌漿壓力達於工程司核定之壓力值，並維持穩壓符合第 02432 章「隧道鑽孔及灌漿」3.2.2(5)A 之規定，視為施灌完成。施工中若遭遇湧水或其他特殊狀況，承包商可視需要建議依據第 02432 章「隧道鑽孔及灌漿」之規定，採用化學漿液灌漿，經工程司同意後，據以施工。
- (5) 施工先撐管幕所導致之圍岩鬆脫，導致後續作業包括開挖、噴凝土、鋼支保、防水層、襯砌混凝土等須配合增加之工作，仍應依各工作項目之相關規範施工。

4. 計量與計價

4.1 計量

- 4.1.1 先撐鋼管及先撐鋼棒依設計圖及工程司指示之直徑及認可之安裝長度以公尺為單位計量，突出鋼支保後緣 10cm 以外之鋼管不予計量。
- 4.1.2 鋼護板按工程司認可之安裝片數及長度乘以鋼護板之標準重量，以公斤為單位計量。鋼護板突出鋼支保後緣 10cm 以外部分不予計量。
- 4.1.3 先撐管幕依管幕鋼管及管幕灌漿分別計量。
 - (1) 管幕鋼管依設計圖所示或工程司指示之鋼管管徑及認可安裝長度以公尺為單位計量，突出鋼支保後緣 10cm 以外之鋼管不予計量。
 - (2) 水泥漿液管幕灌漿依工程司核可實際施灌所用水泥量，以包為單位（每包 50 公斤）計量。

4.2 計價

- 4.2.1 先撐鋼管、先撐鋼棒及鋼護板依契約詳細價目表「先撐鋼管（註明管徑）」

「先撐鋼棒（註明管徑）」「鋼護板」項目計價，契約單價包括鑽孔、打設安裝、灌漿等所需之人工、材料、設備及為完成本項工作所需之一切費用。

4.2.2 先撐鋼管、先撐鋼棒及鋼護板所需要之水泥灌漿已包含於相關單價內，不另計價。

4.2.3 先撐管幕依契約詳細價目表「管幕鋼管（註明管徑）」及「管幕灌漿（註明漿液）」項目計價。

(1) 管幕鋼管契約單價包括鑽孔、鋼管、接頭、封罩、閥門及所有人工、材料、設備、加工、安裝所需一切費用，並包括先撐鋼管施工外擴角所衍生增加之開挖、噴凝土、鋼支保、防水層、襯砌混凝土等及其他一切增加之費用。採用管幕鋼管斷面之各項開挖、支撐及襯砌工作，仍按該類岩體標準斷面計量與計價。

(2) 管幕灌漿契約單價包括所有人工、材料、設備及施灌所需一切費用。

<u>工作項目名稱</u>	<u>計價單位</u>
先撐鋼管（註明管徑）	公尺
先撐鋼棒（註明管徑）	公尺
鋼護板	公斤
管幕鋼管（註明管徑）	公尺
管幕灌漿（水泥漿液）	包

〈本章結束〉

第 02422 章 鋼支撐架

1. 通則

1.1 本章概要

本章適用於地下開挖時所使用鋼支保（含 H 型、U 型及桁型鋼支保）之製作和安裝。鋼支保應於開挖後立即安裝，作為開挖初期支撐，並於噴凝土完成後，作為支撐系統之一部分，共同承擔外在壓力。本章之各項規定，除特別說明外，均適用於各類型鋼支保。

1.2 工作範圍

本章規定各式鋼支保之材料、安裝等相關規定，承包商應依據本章、設計圖及工程司核定之施工計畫施工。

1.3 相關章節

1.3.1 第 05091 章—銲接

1.4 相關準則

1.4.1 中國國家標準（CNS）

- (1) CNS 560 A2006 鋼筋混凝土用鋼筋
- (2) CNS 4626 G3111 壓力配管用碳鋼鋼管
- (3) CNS 2473 G3039 一般結構用軋鋼料
- (4) CNS 2947 G3057 銲接結構用軋鋼料
- (5) CNS 3124 B2123 六角頭螺栓
- (6) CNS 4236 B2170 鋼結構用六角螺帽

1.4.2 美國材料試驗協會（ASTM）

- (1) ASTM 307 Standard Specification for Carbon Steel Bolts and Studs
- (2) ASTM A36/A36M Standard Specification for Carbon Structural Steel
- (3) ASTM A194/A194M Standard Specification for Corbon and Alloy stell Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both

(4) ASTM A615/A615M Standard Specification for Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete

1.4.3 美國銲接學會（AWS）

(1) AWS D1.4 Structural Welding Code—Reinforcing Steel

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

承包商應依契約規定將相關品質計畫送請工程司核可。

1.5.2 使用桁型鋼支保時，除品質計畫外，另應提送下列文件送審：

(1) 材料產品出產證明、材質檢驗報告

(2) 施工計畫書、人員組織表、施工製造圖

(3) 銲接程序表及試驗報告、銲工名冊及證件

(4) 檢驗報告

1.6 承包商除另有規定外可依設計圖，採用桁型鋼支保或 H 型鋼支保作為隧道支撐，相同等級之桁型鋼支保或 H 型鋼支保均採相同之單價，並以相同之工作項目計價。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 鋼支保之組成構件及鋼板應為新料。

2.1.2 結構型鋼、鋼板應符合 CNS 2473 SS400 或 CNS 2947 SM400（H 型或桁型），CNS 2473 SS490（U 型）之規定。

2.1.3 桁型鋼支保依設計圖示以三桿或四桿具可銲性之高拉力鋼筋或鋼棒為主體材料，並配合足夠勁度連接筋銲接成為三角型或四角型斷面之良好穿透性鋼支保，以作為隧道開挖之支撐構件，可與噴凝土包裹成一體，發揮複合構材之良好支撐抗力。承包商應於施工前 30 天提出符合設計圖及

規範規定之施工計畫書，經工程司核可同意後據以施工。施工計畫書應包括各種類型桁型鋼支保之尺寸、材料強度、銲接、相關配件之詳細施工圖。

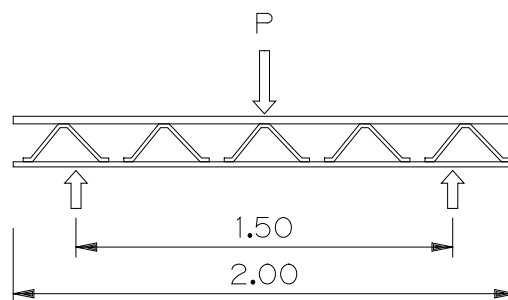
- 2.1.4 桁型鋼支保之主筋及連接筋為光面鋼筋或鋼棒，其材質應符合 ASTM A615/A615M 之規定，降伏強度應分別達到 480 MPa 及 420 MPa 以上，惟其材質之可銲性亦需符合 AWS D1.4 之規定。連接筋之直徑應不小於 10mm，連接筋之間距不得大於桁型鋼支保斷面高度之 3 倍，以防挫曲變形。在相鄰之連接筋間，連接筋之平均慣性矩應達到主筋慣性矩之 5 % 以上。
- 2.1.5 桁型鋼支保之單位長度重量、斷面高度、主筋極限承載力及主筋極限塑性彎矩應符合設計圖之規定。
- 2.1.6 螺栓應符合 CNS 4236 或 ASTM A307 之規定。
- 2.1.7 螺帽應符合 CNS 4236 或 ASTM A194 之規定。
- 2.1.8 繫桿應符合 CNS 560 之規定。
- 2.1.9 套管應符合 CNS 4626 鋼管種類 STPG 410，及其標稱厚度號數 Sch60 以上等級之規定。

3. 施工

3.1 準備工作

- 3.1.1 鋼支保應按設計圖或經工程司核定之施工圖，以規定之鋼料冷彎製成，不得熱彎，亦不得以片段鋼料拼接使用。
- 3.1.2 若因地質條件需要分割斷面開挖時，承包商必須將鋼支保分段銜接，若須改變原設計與鋼支保型式時，承包商應依設計圖有關之標準提送工作圖，送請工程司認可。
- 3.1.3 鋼支保之銲接應依第 05091 章「銲接」規定辦理。
- 3.1.4 鋼支保之彎製須有適當設備，俾使彎製後之鋼支保無皺曲或扭曲現象，凡加工發生皺曲或扭曲之鋼支保均不得使用。

- 3.1.5 鋼支保之製作容許誤差，剪切與裝配為 2mm，冷彎後之半徑方向為 10mm。
- 3.1.6 詳細價目表所列之鋼支保數量係根據地質資料所作之估計，承包商應依其經驗及施工進度辦理進料，不得因備料不足或不及而造成岩盤劣化或延誤工期，但剩餘而未安裝之鋼料不予計量。
- 3.1.7 桁型鋼支保銲接施工應符合美國電銲協會（AWS）公布之 CO₂ 銲接標準規則並依規範第 05091 章規定辦理。銲接完成之桁型鋼支保應依下列規定取樣進行銲接點可靠性試驗，確認其製作品質符合要求後方得使用。
- (1) 每批產品進場取樣頻率：同型之桁型鋼支保每 250 組檢驗一次，不足 250 組者檢驗一次。隧道每個開挖單元同一環採用之鋼支保視為 1 組。
 - (2) 試驗方法：單組桁型鋼支保成品中任取完整一段（可為直線或曲線段，其長度大於 2.0 公尺，無端板）利用抗彎試驗機進行單點抗彎試驗，將試樣簡支在 1.5 公尺跨距之兩支點上，於兩支點中心持續加壓至試驗機油壓表讀數不再上升為止。如測試三桿式桁型鋼支保時，一桿在上，兩桿在下。
 - (3) 試驗要求：各種類型桁型鋼支保試樣受壓縮至連接筋挫曲變形後，各銲接點原則上不可脫落或開裂，若銲接點脫落則該型式之桁型鋼支保應再任取 5 組送試，且試驗結果不得有 1 組以上之試樣發生銲接點脫落或開裂。



鋼支保示意圖(實際形狀依現場取樣為準)

- 3.1.8 桁型鋼支保除經許可之點銲外，所有銲接應沿接觸線連續電銲，所有銲接長度不得少於 2.54cm，銲接位置應設計適當配置，使銲接引起之變形

及殘留應力減至最小。

- 3.1.9 桁型鋼支保鉸接時應設置頂棚等設施使作業環境不受天候因素影響，且所有電鉸外露部分、鉸珠及鉸渣應磨平，鋼筋溫度低於 10°C 時，若無適當預熱不得電鉸。
- 3.1.10 桁型鋼支保各處之鉸接應由經驗豐富之合格電鉸工鉸牢（鉸工須具有優良技術，其於最近 2 年內曾從事鋼結構工程鉸接作業，並於最近半年內曾從事與本工程同類性質之鉸接工作之資歷；其資歷、檢定合格證書或電鉸技術合格證明應提報工程司備查）。
- 3.1.11 桁型鋼支保製作前，承包商應將鉸接使用之鉸藥、鉸蕊及鉸條種類以及鉸接設備、鉸接程序、接頭開槽形狀、鉸接方法、鉸接引起之變形對策及鉸接實驗計畫等，連同電鉸工名冊送請工程司審查核定後，始可施工。

3.2 安裝

- 3.2.1 鋼支保應依設計圖所示之高程和位置組立，組立時得以適當材料墊襯，使鋼支保組立時能達所需之高程，而於施噴噴凝土前用繫桿固定所組立之鋼支保。繫桿如設計圖所示，如設計圖未予註明，則依工程司指示使用鋼條或鋼管。任何組立不當之鋼支保，經工程司通知後，承包商應立即調整正確。
- 3.2.2 需加裝鋼護板或支撐鋼管之處，鋼支保應組立在正確位置和高程；不需要特別採開挖面處理或加裝鋼護板或支撐鋼管之處，鋼支保組立應完全貼緊岩盤或只留少許間隙。所有鋼支保應完全沒入噴凝土中，並以噴凝土填充空隙，使岩面、噴凝土及鋼支保完全結合為一體。
- 3.2.3 鋼支保安裝容許誤差
 - (1) 頂部中心位置之偏移為 2cm，底寬為向外 10cm，向內為 0cm。
 - (2) 可高於設計高度，但不可超出 O 線（依第 02412 章「隧道鑽炸法及非全斷面機械開挖」之定義，O 線以外以噴凝土回填）。
 - (3) 縱向間距 $\pm 5\text{cm}$

4. 計量與計價

4.1 計量

- 4.1.1 H 型、U 型及桁型鋼支保之計量，其型式與設計圖相同者，依標稱尺度及實際安裝並經檢驗合格之數量，以斷面中心線長度公尺為單位計量。
- 4.1.2 H 型、U 型及桁型鋼支保，其型式與設計圖不相同，依工程司核定實際安裝並經檢驗合格之鋼支保重量，以公斤為單位計量。臨時支撐採用之鋼支保亦依工程司核定實際安裝並經檢驗合格之鋼支保重量，以採用之鋼支保型式以公斤為單位計量。

4.2 計價

- 4.2.1 H 型或桁型鋼支保分別依契約詳細價目表「H 型鋼支保/桁型鋼支保(註明標稱尺度)」、「H 型鋼支保」或「桁型鋼支保」項目計價。H 型鋼支保契約單價包括結構鋼件、接頭、墊板、螺栓、螺帽、套管、繫桿等及其他明示於設計圖上或雖未明示於設計圖上，但為施工所必須之附屬零件；桁型鋼支保契約單價包括桁型鋼支保主筋及連接筋、連接承板、底板、螺栓、螺帽、套管、繫桿及其他必要之附屬零件；此外，各型鋼支保契約單價亦包含加工、檢（試）驗、運輸、安裝、臨時支撐及維護等所需之人工、材料、機具及為完成本項工作所需之一切費用。
- 4.2.2 U 型鋼支保依契約詳細價目表「U 型鋼支保（註明標稱尺度）」或「U 型鋼支保」計價。契約單價包括結構鋼件、接頭、墊板、螺栓、螺帽、套管、繫桿等及其他明示於設計圖上或雖未明示於設計圖上，但為施工所必須之附屬零件；此外，亦包含加工、檢（試）驗、運輸、安裝、臨時支撐及維護所需之人工、材料、機具及為完成本項工作所需之一切費用。

工作項目名稱

計價單位

H 型鋼支保/桁型鋼支保(註明標稱尺度)公尺

U 型鋼支保(註明標稱尺度)	公尺
H 型鋼支保(註明標稱尺度)	公尺
桁型鋼支保(註明標稱尺度)	公尺
H 型鋼支保	公斤
U 型鋼支保	公斤
桁型鋼支保	公斤

<本章結束>

第 02423 章 隧道用岩栓

1.1 本章概要

本章為隧道開挖中，於頂拱、側壁及仰拱處局部或系統化安裝之各式岩栓施工相關規定。岩栓與噴凝土在隧道支撐中共同作用形成岩拱，產生承载力，作為隧道支撐之一部分。岩栓亦可能使用在開挖面作為臨時支撐用。

1.2 工作範圍

1.2.1 本章包含灌漿岩栓、自鑽式岩栓及摩擦式岩栓之材料、施工、檢驗等相關規定，承包商應依據本章、設計圖及工程司核准之施工計畫施工。

1.2.2 摩擦式岩栓係指無膠結材料、依靠全周式摩擦力提供握裹力之岩栓，如膨脹管式或開縫管式岩栓。

1.3 相關章節

1.3.1 第 02432 章—隧道鑽孔及灌漿

1.3.2 第 03052 章—卜特蘭水泥

1.3.3 第 03053 章—水泥混凝土之一般要求

1.3.4 第 03210 章—鋼筋

1.4 相關準則

1.4.1 中國國家標準（CNS）

(1) CNS 560 A2006 鋼筋混凝土用鋼筋

(2) CNS 2473 G3039 一般結構用軋鋼料

1.4.2 美國材料試驗協會（ASTM）

(1) ASTM A307 Standard Specification for Carbon Steel Bolts and Studs

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

承包商應依契約規定將相關品質計畫送請工程司核可。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 灌漿岩栓

- (1) 錨桿應符合 CNS 560 SD420W 之竹節或螺紋節鋼筋製成，錨桿外端螺紋應為左旋，長度至少為 20cm，加工後以油脂塗敷，並以塑膠包紮保護，以免受損。
- (2) 承鈹、螺帽及墊圈：承鈹材質應符合 CNS 2473 SS400 之規定；螺帽及墊圈應符合 ASTM A307 規定，其尺寸依設計圖所定。
- (3) 水泥、砂、水及附加劑之品質應符合第 03052 章「卜特蘭水泥」及第 03053 章「水泥混凝土之一般要求」之規定。
- (4) 瞬結劑由承包商提供製造廠資料，並經試驗合格。其氯化物之含量不得超過自重之 1%。
- (5) 灌漿用水泥砂漿應以 1 份水泥與 1 份砂及適當之水拌和而成，水灰比在 0.35 至 0.45 之間，5cm 立方試體之 3 天齡期抗壓強度應達 300kgf/cm^2 ，其稠度應不致發生垂流。條形包裝之水泥砂漿亦可使用，其使用方法應依製造廠說明，並經工程司認可。

- 2.1.2 自鑽式岩栓及摩擦式岩栓：承包商應於施工前提出建議採用岩栓產品之型式、長度、配件、鑽孔直徑及安裝程序與方法之詳細圖樣送請工程司核可後才可使用。

3. 施工

3.1 準備工作

岩栓之型式應依設計圖規定或工程司指示使用。承包商應在各式岩栓使

用前提出製造廠商試驗合格證明，詳述岩栓施工方法、安裝細節，並經工地在具代表性之岩盤內辦理岩栓拉拔試驗至少 3 支，證明破壞載重符合下列規定：

灌漿岩栓直徑 25mm > 16t，直徑 29mm > 20t

自鑽式岩栓及摩擦式岩栓 > 15t 或工程司核定值

如因地質因素未達規定之破壞載重者，由承包商及工程司代表研判其破壞原因後，再依工程司指示辦理。

3.2 施工方法

3.2.1 灌漿岩栓

- (1) 本章所用之岩栓整支長度均須為水泥砂漿包裹，使岩栓完全錨碇在岩石或土壤中，錨桿由高拉力鋼筋製成，螺牙為滾壓成型或反牙製成。
- (2) 岩栓孔之鑽孔長度應達規定深度，孔徑約為岩栓直徑之 1.5 倍，但不大於瞬結劑管徑與岩栓直徑之和。孔內所有浮土、岩屑應清理乾淨。
- (3) 預力岩栓所使用之瞬結劑，須按工程司指示使用。瞬結劑應包裝於適當容器內（如玻璃管等），以方便施工。
- (4) 預力岩栓灌漿時先將灌漿用軟管伸入孔底，由裡往外灌填一段長約 50cm，隨即抽出軟管並迅速將瞬結劑（包裝於容器內）插至孔底，再繼續由裡向外灌注砂漿，至孔內確實灌滿為止，並即將岩栓插入孔內（用力穿破瞬結劑容器）直至孔底，使瞬結劑與砂漿完全混合，且有砂漿溢出孔口。非預力岩栓灌漿時，將灌漿材料從孔底開始灌注直至孔內完全灌滿為止，灌漿材料填滿後應立即將岩栓推入孔內。岩栓安裝動作必須連續進行，並儘速完成。
- (5) 預力岩栓在安裝完成 2 小時以內即應以氣動或手動扭力扳手施預力，直徑 25mm 者施加預力至 6t，直徑 29mm 者施加預力至 8t。施預力時須通知工程司到場監視，扭力扳手須送請有關單位校正，並附有證明。非預力岩栓由承包商提出安裝計畫，經工程司核可後辦理；

原則上在安裝後約 24 小時應將螺帽和承鈎旋緊 3t 至 5t。

(6) 承鈎須在噴凝土面或岩石面呈不規則形狀處亦能將錨碇力均勻傳遞至錨桿，而不會使錨桿產生彎曲應力。

3.2.2 自鑽式岩栓及摩擦式岩栓之尺寸及安裝之位置、方向、間距及深度均應按設計圖之規定或依照工程司之指示辦理，或依承包商建議選定，並經工程司認可。自鑽式岩栓之灌漿施工要求應依設計圖或工程司指示辦理。

3.3 檢驗

3.3.1 安裝岩栓過程中，如有坍孔、錨桿無法插入孔底、鑽孔過深、瞬結劑容器中途破裂、無法達到規定之預力及其他工程司認為不合規定之情形時，該岩栓應予廢除，並依工程司指示之位置重新裝設。

3.3.2 安裝完成之各式岩栓，工程司得於每 100 支任意指定 1 支辦理拉拔試驗，灌漿岩栓其試驗荷重直徑 25mm 者應達 13t，直徑 29mm 者應達 16t，自鑽式岩栓及摩擦式岩栓其試驗荷重應不得小於 10t 或工程司指定值。工程司得視施工品質穩定度，酌量調整試驗頻率。

3.3.3 若上述抽驗結果不合格時，由工程司再任意指定 2 支作拉拔試驗，如 2 支均合格，則除原抽驗不合格之岩栓需由承包商無償補設外，該批岩栓均視為合格；如 2 支中有任何 1 支不合格，承商應儘速提出補救計畫，並經工程司核可後辦理。

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 灌漿岩栓依設計圖所示或工程司核可安裝並檢驗合格之各類及不同直徑、長度之岩栓以支為單位計量。

4.1.2 自鑽式岩栓及摩擦式岩栓依設計圖所示或工程司核可安裝並檢驗合格之不同長度及直徑之岩栓以支為單位計量。

4.1.3 各式岩栓因施工需要採用非設計圖示之長度施工時，應先經工程司同意後施工，施工完成後經檢驗合格，以實際安裝之長度以公尺為單位計量。

4.1.4 抽驗不合格之岩栓及未經簽認之岩栓應依本章第 3.3 節之規定處理後，再按規定計量。

4.2 計價

4.2.1 灌漿岩栓分為預力及非預力二類，依契約詳細價目表「灌漿岩栓（註明類別、直徑及長度）」、「灌漿岩栓（註明類別、直徑）」項目計價，契約單價包含鑽孔、岩栓之供給、安裝、灌漿、滲水或湧水處理、施預力（視需要）、拉拔試驗及施工檢驗等工作所需之人工、材料、機具、工作架及其他為完成本項工作所需之一切費用。

4.2.2 自鑽式岩栓及摩擦式岩栓依契約詳細價目表「自鑽式岩栓（註明直徑及長度）」「摩擦式岩栓（註明直徑及長度）」「自鑽式岩栓（註明直徑）」「摩擦式岩栓（註明直徑）」項目計價。契約單價包含鑽孔、岩栓之供給、安裝、灌漿、滲水或湧水處理、拉拔試驗及施工檢驗等工作所需之人工、材料、機具、工作架及其他為完成本項工作所需之一切費用。

<u>工作項目名稱</u>	<u>計價單位</u>
灌漿岩栓（預力，註明直徑及長度）	支
灌漿岩栓（非預力，註明直徑及長度）	支
灌漿岩栓（預力，註明直徑）	公尺
灌漿岩栓（非預力，註明直徑）	公尺
自鑽式岩栓（註明直徑及長度）	支
自鑽式岩栓（註明直徑）	公尺
摩擦式岩栓（註明直徑及長度）	支
摩擦式岩栓（註明直徑）	公尺

〈本章結束〉

第 02424 章 隧道噴凝土

1. 通則

1.1 本章概要

噴凝土為水泥、粗細粒料、水與附加劑等材料依規定拌和後，以噴泵機具及特殊噴嘴，藉壓縮空氣噴布緊貼於施工面之混凝土；鋼纖維噴凝土則另加鋼纖維、矽灰等材料拌合噴射而成。噴凝土之施工方法無論採用乾拌法(Dry Mix Process)或濕拌法(Wet Mix Process)其成果皆須符合本規範之要求。

1.2 工作範圍

1.2.1 本章規定噴凝土及鋼纖維噴凝土施工之配比、拌和工作、施噴工作、養護工作、檢驗相關事宜，承包商應依據本章、設計圖及工程司核准之施工計畫進行施工。

1.2.2 本章除另有說明外，噴凝土包含一般噴凝土（不含鋼纖維）及鋼纖維噴凝土。

1.3 相關章節

1.3.1 第 03052 章—卜特蘭水泥

1.3.2 第 03053 章—水泥混凝土之一般要求

1.3.3 第 03220 章—銲接鋼線網

1.4 相關準則

1.4.1 中華民國國家標準（CNS）

(1) CNS 61 R2001 卜特蘭水泥

(2) CNS 1078 R3039 水硬性水泥化學分析法

(3) CNS 1232 A3045 混凝土圓柱試體抗壓強度檢驗法

- (4) CNS 1233 A3046 混凝土抗彎強度試驗法(三分點載重法)
- (5) CNS 1238 A3051 混凝土鑽心試體及鋸切長條試體取樣法
- (6) CNS 9208 A3167 混凝土用輸氣附加劑檢驗法
- (7) CNS 12283 A2219 混凝土用化學摻料
- (8) CNS 12892 A2247 纖維混凝土用鋼纖維
- (9) CNS 13618 A3354 粒料之潛在鹼質與二氧化矽反應性試驗法
- (10) CNS 13619 A3355 水泥與粒料組合之潛在鹼性試驗法 (水泥砂漿棒法)
- (11) CNS 13620 A3356 碳酸鹽質岩石用作混凝土粒料之潛在鹼性試驗法 (岩石圓柱試驗法)
- (12) CNS 13961 A2269 混凝土拌和用水
- (13) CNS 14688 A2280 噴凝土用材料
- (14) CNS 14689 A2281 噴凝土用摻料
- (15) CNS 14917 A3402 噴凝試驗格板樣品之準備與測試法

1.4.2 美國混凝土學會 (ACI)

- (1) ACI 506 Recommended Practice For Shotcreting

1.4.3 美國材料及試驗協會 (ASTM)

- (1) ASTM C494 Specification for Chemical Admixtures for Concrete
- (2) ASTM C1240 Specification for Silica Fume for Use In Hydraulic Cement Concrete And Mortar
- (3) ASTM C1398 Standard Test Method for Laboratory Determination of Time Setting of Hydraulic-Cement Mortars Containing Additives for Shotcrete by the Use of Gillmore Needles
- (4) ASTM C1604 Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores of Shotcrete
- (5) ASTM C1550 Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel)

1.4.4 日本土木工程學會 (JSCE)

- (1) JSCE G561 Test Method for Early Strength of Sprayed Concrete (Mortar) by Pull-out Method.

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

承包商應依契約規定將相關品質計畫送請工程司核可。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 水泥品質應符合第 03052 章「卜特蘭水泥」之規定。

2.1.2 粒料須符合第 03053 章「水泥混凝土之一般要求」規定，且細粒料通過 #200 篩之有害物質含量不得大於 3%，粗粒料之組成至少應有 90% 之重量比為碎石顆粒，每顆碎石顆粒至少應有 2 個破碎面。混合級配需求由下表所列 3 種級配選用。

噴凝土混合粒料之級配需求

篩檢尺寸(mm)	通過重量百分率(%)		
	I	II	III
19.0mm (3/4 吋)	—	—	100
12.5mm (1/2 吋)	—	100	80-95
9.5mm (3/8 吋)	100	90-100	70-90
4.75mm (No. 4)	95-100	70-85	50-70
2.36mm (No. 8)	80-100	50-70	35-55
1.18mm (No. 16)	50-85	35-55	20-40
0.6mm (No. 30)	25-60	20-35	10-30
0.3mm (No. 50)	10-30	8-20	5-17
0.15mm (No. 100)	2-10	2-10	2-10

2.1.3 使用速凝劑應避免環境污染、地下水和水源污染的產生。速凝劑品質需

符合以下規定。

(1) 氯化物含量不得超過自重之 1%。

(2) Na_2O 鹼當量($\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$)不得超過自重之 1%。

2.1.4 拌和水應符合第 03053 章「水泥混凝土之一般要求」之規定。

2.1.5 鋼纖維噴凝土採用之水泥、粗細粒料、水、速凝劑須依據第 2.1.1~2.1.4 節之規定辦理，惟必要時得依據配比試驗結果予以調整。

2.1.6 鋼纖維噴凝土之每批鋼纖維之品質應符合 CNS 12892 第一類之規定，其型式及尺寸應避免結球，適用於噴凝土施工及達到加強噴凝土強度要求者，並經工程司認可後方得使用。鋼纖維應符合下列要求：

(1) 尺寸：長約 2.5~4.0cm，直徑 0.5~0.8mm 之圓形斷面或等面積之他種斷面，長度與等值直徑比為 40~80。

(2) 抗拉強度：大於 3,520kgf/cm²。

(3) 抗彎強度：在不低於 16°C 溫度下可沿內半徑 3.18mm 之圓弧彎曲 90° 而不會折斷。

2.1.7 鋼纖維噴凝土所添加矽灰，其為提煉矽元素或鐵矽合金之副產品，具有非結晶狀球體構造，與水泥混合後會產生膠凝作用，增加鋼纖維噴凝土之黏著性與強度，每批矽灰成品依 ASTM C1240，應符合下列要求：

(1) 細度：通過#325 篩之重量百分比大於 90%。

(2) 強度活性指數：與水泥混合 7 天後大於 105%。

(3) 化學成份：二氧化矽(SiO_2)含量大於 85%；燒失量小於 6%。

2.1.8 鋼纖維噴凝土附加之減水劑(Water Reducing Admixture)及強塑劑(Superplasticizer)，其品質應符合 CNS 12283 之規定。輸氣劑應符合 CNS 9208 之規定。

2.1.9 鋼線網材質須符合第 03220 章「鉚接鋼線網」之規定。

2.1.10 噴凝土不得添加飛灰及高爐石粉等導致緩凝之添加料。

2.2 設備

2.2.1 噴凝土施工可採用濕拌法或乾拌法施工，其噴凝土施工設備包括機械臂噴凝土機、噴凝土泵浦、速凝劑計量設備、輸送設備及一般空壓機等，

應經工程司認可後方可使用。

- 2.2.2 噴凝土施工必須使用速凝劑計量設備，以便控制速凝劑添加量，避免超用而影響品質。施工人員需每輪記錄噴凝土及速凝劑用量。

3. 施工

3.1 準備工作

- 3.1.1 承包商應於施工前，依其機具設備能量，提出適當配比，經工程司會同辦理速凝劑凝結試驗及工地試噴均符合規定後，始得採用。所使用之各項材料，均須經事先證明或試驗符合規定。

- 3.1.2 承包商施作鋼纖維噴凝土須雇用對鋼纖維噴凝土工作有經驗之技術人員操作施工，施工期間如工程司認為施噴機具及技術人員不稱職時，得要求更換，承包商應即照辦。

- 3.1.3 承包商應以擬採用之水泥與速凝劑辦理速凝劑凝結試驗，並依 CNS 14689 及 ASTM C1398 規定測定其凝結時間，且達到下列凝結時間要求：

(1) 初凝時間：1~3 分鐘

(2) 終凝時間：12 分鐘以內

- 3.1.4 各式噴凝土之配比承包商應依據工地試噴結果決定之，並送請工程司核可，核可之配比於施工期間除工程司另有許可外，不得變更。各式噴凝土工地試噴之參考配比如下：

(1) 噴凝土之水泥參考使用量為 400kg/m^3 ，並得於 5% 範圍內調整。

(2) 鋼纖維噴凝土之水泥參考使用量為 420kg/m^3 ，並得於 5% 範圍內調整。

(3) 鋼纖維噴凝土除砂灰外之其他附加劑(不含速凝劑)，每一種附加劑使用量不超過水泥用量之 5%。

(4) 鋼纖維噴凝土粒料總重量與水泥重量比不超過 5：1。

(5) 鋼纖維噴凝土之鋼纖維最小摻入量為 45kg/m^3 ，承包商應依照製造廠商之說明書、鋼纖維長度與等值直徑比及施工前承包商應依照試驗

成果，擬定其用量經工程司認可後使用。

(6) 鋼纖維噴凝土砂灰之參考用量為水泥用量之 7~12%，承包商應依照製造廠商之說明書及施工前試驗成果，擬定其用量經工程司認可後使用。

(7) 速凝劑之使用量除工程司核可外不得超過下列規定：

A. 採用粉狀速凝劑(powder accelerators)，速凝劑使用量不得超過水泥用量之 8%。

B. 採用液狀速凝劑(liquid accelerators)，速凝劑使用量不得超過水泥用量之 10%。

3.1.5 各式噴凝土之工地試噴應依 CNS 14917 規定之格板試驗(Panel Test)辦理。格板施噴時應分垂直及倒懸兩種情形施噴，試噴後應在每一格板參考 ASTM C900 辦理拉拔試驗以評估 8 小時齡期之抗壓強度，並依 CNS 1238 規定從每一格板中鑽取直徑 7.5cm 之試體 2 組（每組至少 3 個），分別試驗其 3 天及 28 天齡期之抗壓強度。鑽心試體之長度小於直徑 2 倍時，應依 CNS 1232 修正為標準圓柱試體之抗壓強度。各齡期試體之平均強度均應符合下列規定：

(1) 噴凝土

8 小時抗壓強度 $\geq 50\text{kgf/cm}^2$

3 天之抗壓強度 $\geq 140\text{kgf/cm}^2$

28 天之抗壓強度 $\geq 210\text{kgf/cm}^2$

(2) 鋼纖維噴凝土

8 小時抗壓強度 $\geq 50\text{kgf/cm}^2$

3 天之抗壓強度 $\geq 170\text{kgf/cm}^2$

28 天之抗壓強度 $\geq 255\text{kgf/cm}^2$

3.1.6 鋼纖維噴凝土工地試噴除依第 3.1.5 款之規定辦理格板試驗外，並依 CNS 1233 及 CNS 1238 之規定製作抗彎試驗試體，辦理 28 天齡期抗彎試驗，其抗彎強度應大於 50kgf/cm^2 ，及依 ASTM C1550 之規定辦理 7 天齡期抗彎韌性試驗，其韌性能量(Energy Absorption)應大於 280 焦耳(Joules)。抗彎韌性試驗試體施噴角度建議採與水平面夾角 45 度辦理。

3.1.7 各項施工前試驗應於正式使用至少 30 天前完成並試驗合格。不同廠牌之水泥與附加劑強度發展過程不相同，施工時應採用與配比設計相同廠牌之水泥及附加劑。如須換用水泥或附加劑廠牌，承包商應重作配比設計，在重作配比未獲工程司認可前，不得更換。

3.2 施工方法

3.2.1 拌和工作：

(1) 水泥與粒料應符合規定，依重量比作為配比設計標準，施工單位應提供拌和與計量設備，使各項材料能依照規定按正確配比拌和。在任何情況下，概不允許以體積比方式作為配比設計標準。拌和時，所有粒料應為面乾內飽和或已經祛水使其成為僅為濕潤含水量，無肉眼可見之游離水在粒料表面。水泥與粒料應以機械拌和，其拌和時間不得少於 2 分鐘。

(2) 噴凝土拌和料有下列任一種情形均應予廢棄，不得使用，惟如使用長效水化控制添加劑者，經工地試噴符合 3.1.5、3.1.6 節規定之強度與規定者，經工程司代表同意後，得以延長噴凝土拌和料使用時間：

A. 水泥加入粒料後超過 30 分鐘仍未拌和者。

B. 自水泥投入拌和機，未維持連續攪拌超過 60 分鐘，或維持連續攪拌超過 90 分鐘者。

3.2.2 鋼線網鋪設時應儘可能貼近開挖面安裝，其空隙不得超過 20cm。鋼線網安裝以達實際可用最長之長度為佳，其搭接長度至少 20cm。鋪設鋼線網時，應確實固定，以防施噴噴凝土時鬆動，其固定點之間距應依工程司之指示或不大於 1.0m。

3.2.3 施噴工作：

(1) 在噴凝土工作開始前，應將岩石表面之鬆離碎片、污穢、油污或其他有礙噴凝土與岩石面黏結之有害物徹底清除乾淨，經工程司認可後方可進行噴凝土工作。

(2) 噴凝土及鋼纖維噴凝土之最小厚度，除設計圖另有規定或工程司另

有指示外，分別為 5cm 及 4cm。任何一處之完成厚度，均不得小於規定之厚度。施噴時，應每隔 2m 或工程司核可之間距安裝測釘並留存查核紀錄，以控制噴凝土層之厚度。

- (3) 施噴時，噴嘴須垂直於噴射面，噴嘴應控制在距離噴射面約 80 至 100cm，如受地形之限制，施噴時與噴射面之夾角亦不得小於 80 度，或依照工程司之指示辦理。承包商施噴時並應先將容易被反彈料堆積之低處或角隅處先噴滿。
- (4) 如施噴之噴凝土厚度超過 15cm，則須分多層施噴，以達所需之最終厚度，次層之施噴須俟先前施噴層達到足夠強度可支撐所增加之施噴層後，應儘快開始施噴。鋼支保、頂拱繫條、鋼線網和其他補強構件，應如設計圖上所示完全沒入噴凝土內，所有鋼材之噴凝土保護層最少須達 2cm，噴凝土應與岩石表面凹處和角隅處完全密合。兩鋼支保間之噴凝土面可允許呈凹面，惟高低差不得大於 10cm。
- (5) 每一次噴凝土工作完成後，所有回彈材料應立刻予以清除，特別是水平搭接處之噴凝土，由於分層、開挖順序不同，在施噴更低區域處之噴凝土前，所有回彈料必須清除，如有必要可用氣動鎚打除。
- (6) 施噴噴凝土時，應先將施噴表面潤濕，表面若有滲水，則應先以適宜方式排水，以解除水壓力。
- (7) 接觸防水層之噴凝土面須充分平滑、均勻，俾保持防水層之完整，不致在防水層施工時或施工後損傷防水層，如以 150cm 直規測量時，表面高低差不得大於 10cm，且表面之凸凹半徑均須大於 30cm。如上述要求未能符合時，應加噴噴凝土至能符合上述要求為止。
- (8) L 型接縫筋應按設計圖之規定，垂直段錨固於上階第 1 層噴凝土表面，水平段平置於台階面並覆以塑膠布，其可加強鋼支保基礎之穩定性。俟下階段開挖及第 1 層噴凝土完成後將接縫鋼筋拉直，撕掉塑膠布，再噴後續之噴凝土。

3.3 檢驗

3.3.1 各式噴凝土施工中之檢驗依下列規定辦理。工程司得視試驗結果之穩定

度酌量調整試驗採樣頻率。

- (1) 鑽心試驗：每班或每噴 40m^3 或 500m^2 之噴凝土或鋼纖維噴凝土，至少須由其表面鑽取試體 1 組（每組有鑽心試體 3 個），辦理 28 天齡期之抗壓試驗，作為判斷合格與否之依據。鑽心試驗須依 CNS 1238 規定辦理，試體須在試驗前浸水 40 小時以上。鑽心試體之長度小於直徑 2 倍時，應依 CNS 1232 修正其抗壓強度，並以修正後之數值作為正式壓驗結果。
- (2) 格板試驗：每班或每噴 40m^3 或 500m^2 之噴凝土或鋼纖維噴凝土至少取樣 1 格板，格板之最小尺寸為 $46\text{cm}\times 46\text{cm}\times 20\text{cm}$ ，其設置、施噴與養護均應與現場施噴者相同。試驗前至少浸水 40 小時，然後依 CNS 1238 之規定從格板中鑽取 3 個直徑為 7.5cm 之圓柱試體，進行 3 天齡期之抗壓試驗，以作為施工品管之參考。
- (3) 抗彎試驗及抗彎韌性試驗：鋼纖維噴凝土施工中檢驗，除依上述規定辦理抗壓試驗外，每班或每噴 40m^3 或 500m^2 之鋼纖維噴凝土，應依 CNS 1233 及 CNS 1238 之規定於格板中切割 3 個試體，辦理 28 天齡期之抗彎試驗。鋼纖維噴凝土每噴 120m^3 ，應依第 3.1.6 款及 ASTM C1550 之規定製作試體一組 3 個，辦理 7 天齡期之抗彎韌性試驗。若任一試體經證明確有取樣、製造或試驗不當時，則該試體應拋棄不計，其強度試驗應以其他試體為依據。
- (4) 抽驗鋼纖維噴凝土之鋼纖維摻入量不得低於核定配比設計用量之 97%。

3.3.2 各式噴凝土試驗結果均符合下列條件方為合格。

(1) 噴凝土

抗壓試驗 3 個試體平均強度須等於大於 178 kgf/cm^2 ，且無任一試體強度低於 157 kgf/cm^2 。

(2) 鋼纖維噴凝土：

A. 抗壓試驗：3 個試體平均強度須等於大於 216 kgf/cm^2 ，且無任一試體強度低於 191 kgf/cm^2 。

B. 抗彎試驗：3 個試體平均強度大於 50 kgf/cm^2 ，且無任何一個試體

強度小於 42kgf/cm^2 。

C. 抗彎韌性試驗：3 個試體平均韌性能量大於 280 焦耳，且無任何一個試體韌性能量小於 238 焦耳。

3.3.3 各式噴凝土試驗結果具有下列情形，但經工程司研析結果並不影響結構安全而予接受時，則該批噴凝土謂之「次品質噴凝土」。

(1) 噴凝土

1 個或多個抗壓試體強度低於 157 kgf/cm^2 ，但 3 個試體之平均強度大於 178 kgf/cm^2 。

(2) 鋼纖維噴凝土

A. 1 個或多個抗壓試體強度低於 191 kgf/cm^2 ，但 3 個試體之平均強度大於 216 kgf/cm^2 。

B. 1 個或多個抗彎試體強度低於 42 kgf/cm^2 ，但 3 個試體之平均強度大於 50 kgf/cm^2 。

C. 1 個或多個抗彎韌性試驗韌性能量小於 238 焦耳，但 3 個試體平均之韌性能量大於 280 焦耳。

3.3.4 各式噴凝土試驗結果符合 3.3.3 款試驗要求，但經工程司研析結果，影響結構安全而決定不予接受時，或試驗結果不符合 3.3.3 款試驗要求時，承包商應無償打除重噴或以工程司核可之方法補強，該補強支撐或重噴之噴凝土經檢驗合格以契約相關項目計價，原噴不合格之噴凝土不予計價。

3.3.5 噴凝土施工如發現有裂隙、缺乏水密性或以鐵鎚敲打產生空洞聲等品質不良情況，工程司有權指示承包商打除重噴。

4. 計量與計價：

4.1 計量

4.1.1 隧道各式噴凝土依開挖支撐類型不同厚度，以各類完成長度乘以各類斷面噴凝土範圍之弧長（半徑= $R+t+d+ds/2$ ，依第 02412 章「隧道鑽炸法及

非全斷面機械開挖」之定義），所得面積以平方公尺為單位計量。

- 4.1.2 除設計圖所示之計價範圍，凡超挖所回填之噴凝土、填不平整表面之噴凝土所需之費用均已包含在單價內，不另計量。
- 4.1.3 品質符合規定之各式噴凝土，若經由計測或觀察結果有必要增加厚度補強時，該加噴之噴凝土依工程司所核定之施噴面積與厚度，以體積立方公尺為單位計量，其中頂拱及側壁之噴凝土加計 15% 之回彈損耗量，仰拱不計回彈損耗量。
- 4.1.4 作為臨時支撐或補強之各式噴凝土依工程司核定之施噴面積與厚度，以體積立方公尺為單位計量，其中前進開挖面、頂拱、側壁之噴凝土加計 15% 回彈損耗量，台階（平台部份）及仰拱不計回彈損耗量。
- 4.1.5 L 型接縫筋依實際安裝並經檢驗合格之接縫筋數量，以公斤為單位計量。
- 4.1.6 每層鋼線網依工程司核定之噴凝土面積，以平方公尺為單位計量。

4.2 計價

- 4.2.1 隧道噴凝土及鋼纖維噴凝土依契約詳細價目表「噴凝土（註明厚度）」、「鋼纖維噴凝土（註明厚度）」、「仰拱噴凝土（註明厚度）」、「仰拱鋼纖維噴凝土（註明厚度）」項目計價。契約單價包括施工面處理（如湧水或排水處理）、為達設計線之施噴量（含超挖及不平整面回填）、損耗（含 15%回彈損耗，仰拱除外）、搭架、養護、人員防護、試驗等工作所需之人工、材料、機具、動力及其他為完成本項工作所需之一切費用。
- 4.2.2 依 4.1.3 及 4.1.4 款規定施噴之各式噴凝土依契約詳細價目表「噴凝土」、「仰拱噴凝土」或「鋼纖維噴凝土」、「仰拱鋼纖維噴凝土」項目計價。契約單價包括施工面處理（如湧水或排水處理）、搭架、養護、人員防護、試驗等工作所需之人工、材料、機具、動力及其他為完成本項工作所需之一切費用。
- 4.2.3 各式噴凝土符合 3.3.3 款次品質噴凝土規定者，以契約相關項目單價以 7 折計價。其他不論任何原因，不合格或廢棄之噴凝土，均不予計價。
- 4.2.4 L 型接縫筋依契約詳細價目表「L 型接縫筋」項目計價。契約單價包括 L

型接縫筋材料、加工、安裝、塑膠布、錨碇及完成本項工作所需之一切費用。

- 4.2.5 鋼線網依契約詳細價目表「鋼線網（註明尺寸）」項目計價。契約單價包括鋼線網之供給及鋪設、錨碇之裝設、搭接及損耗等工作所需之人工、材料、機具及其他為完成本項工作所需之一切費用。

<u>工作項目名稱</u>	<u>計價單位</u>
噴凝土（註明厚度）	平方公尺
仰拱噴凝土（註明厚度）	平方公尺
噴凝土	立方公尺
仰拱噴凝土	立方公尺
鋼纖維噴凝土（註明厚度）	平方公尺
仰拱鋼纖維噴凝土（註明厚度）	平方公尺
鋼纖維噴凝土	立方公尺
仰拱鋼纖維噴凝土	立方公尺
L 型接縫筋	公斤
鋼線網（註明尺寸）	平方公尺

<本章結束>

第 02425 章 隧道襯砌

1. 通則

1.1 本章概要

本章為隧道及豎井襯砌施工之一般規定。隧道襯砌混凝土包括內襯砌、基礎、凹槽、聯絡隧道及明挖隧道之襯砌混凝土。仰拱混凝土係指隧道襯砌基礎以下之仰拱混凝土。

1.2 工作範圍

本章規定隧道及豎井襯砌之模板、混凝土、鋼筋之材料及施工等相關規定。承包商應依據本章、設計圖及工程司核定之施工計畫施工。

1.3 相關章節

1.3.1 第 02412 章—隧道鑽炸法及非全斷面機械開挖

1.3.2 第 02432 章—隧道鑽孔及灌漿

1.3.3 第 03052 章—卜特蘭水泥

1.3.4 第 03053 章—水泥混凝土之一般要求

1.3.5 第 03054 章—水泥混凝土構造物

1.3.6 第 03110 章—場鑄混凝土結構用模板

1.3.7 第 03150 章—混凝土附屬品

1.3.8 第 03210 章—鋼筋

1.4 相關準則

1.4.1 美國混凝土協會 (ACI)

(1) ACI 308 Standard Practice for Curing Concrete

(2) ACI 347 Guide to Formwork for Concrete

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

承包商應依契約規定將相關品質計畫送請工程司核可。

1.5.2 承包商應於襯砌模板製造 60 天前，將鋼模施工圖及結構計算書送請工程司認可，在工程司未認可前不得製造。惟此項認可不免除承包商對該模板之安全性及適用性所應負之一切責任。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 混凝土材料應符合第 03052 章「卜特蘭水泥」及第 03053 章「水泥混凝土之一般要求」之規定。

2.1.2 襯砌鋼筋應符合第 03210 章「鋼筋」之規定。

2.1.3 隧道伸縮縫及收縮縫內之填縫料，其產品應符合第 03150 章「混凝土附屬品」之填縫劑相關材料之規定。

2.1.4 襯砌混凝土為增加工作度及減少施工時間，採用高坍流混凝土時，其在現場澆置以坍流度為準，坍流度為 50cm±4cm 之間。

2.2 設備

2.2.1 隧道及豎井須採用活動鋼模，置於鋼軌上移動以方便拆移，位置之調整須採用油壓調整系統，定位後須能以螺桿鎖定，以免澆置混凝土時發生移動。

2.2.2 鋼模設計應符合 ACI 347 及 AISC 鋼結構設計之規定，在設計荷重下之最大變形量不得大於下表所列數值。

鋼模最大容許變形量

鋼 模	最大變形量(mm)
面板	$< \ell/360$ ，最大不得超過 1.6
其他構材， $< 1.5\text{m}$	$< \ell/360$ ，最大不得超過 3.2
其他構材， $> 1.5\text{m}$	$< \ell/360$ ，最大不得超過 6

註： ℓ 為鋼模面板或構材兩支點之中心距。

- 2.2.3 鋼模面板應以整片鋼板製成，接縫需平整而無任何突變，模板面之銲道須磨平。面板厚度除依結構計算外，應考慮因重覆使用次數頻繁之磨損而酌予加厚。
- 2.2.4 隧道鋼模須沿兩側壁及頂拱設置檢驗窗，以利檢驗及澆置混凝土，檢驗窗位置應相互交錯，其間距不得大於3公尺。
- 2.2.5 隧道鋼模須附有外模振動機，其振動頻率應能達到施工品質要求；採用電動型式者，須設置漏電控制設施，以維施工安全。
- 2.2.6 為確保灌滿頂拱混凝土，鋼模頂拱部份輸送設備應採垂直式。
- 2.2.7 隧道鋼模製造後應於工場假組立，並會同工程司檢驗各部分之線型及模面平整度，合乎規定後方可拆解送至工地組裝。

3. 施工

3.1 準備工作

- 3.1.1 混凝土澆置前所有準備工作經工程司檢驗合格簽認後，方可開始澆置。
- 3.1.2 混凝土澆置前檢驗項目如下：
 - (1) 襯砌厚度。
 - (2) 鋼筋數量、位置及保護層厚度。
 - (3) 鋼模（模板）定位、高程及中心位置。
 - (4) 防水膜是否完整，無破裂脫落。
 - (5) 埋設物數量及位置。
 - (6) 混凝土輸送設備。
 - (7) 封頭模檢查。
 - (8) 其他。
- 3.1.3 除特殊情況並經工程司核可外，襯砌混凝土應俟隧道變形穩定，且經工程司核可始得澆置，以免襯砌混凝土受過大應力。混凝土澆置前所有準備工作經工程司檢驗合格簽認後，方可開始澆置。

3.2 施工方法

3.2.1 襯砌模板

- (1) 模板組立前，將模板表面附有之污物、泥砂、水泥漿或其他足以污染混凝土之雜物清除，並塗敷工程司同意之脫模劑。
- (2) 模板須照設計圖所示之位置、形狀及尺寸正確安裝。安裝前須將中心線及高程控制點放樣於工地，並請工程司檢測。經檢測之控制點應妥善保護，以供模板組立後作為檢測結構位置之基線及基點。
- (3) 明挖隧道、聯絡隧道、緊急停車彎、凹槽得採用清水木模，其施工應符合第 03110 章「場鑄混凝土結構用模板」之規定。
- (4) 模板之拆除須於混凝土有充分強度並經工程司同意後儘速進行，以免影響混凝土之養護，並使混凝土表面之整修工作得以儘早實施。
- (5) 隧道混凝土襯砌之拆模時間原則規定如下，其中拱部鋼模至少須達到襯砌混凝土設計強度之 15%始可拆模。各項拆模時間得經配比試驗確認強度，並經工程司同意後，酌予調整。

A. 側牆（使用木模單獨澆置者）	24 小時
B. 拱部鋼模	16 小時
C. 聯絡隧道及凹槽	24 小時
D. 明挖隧道拱部	7 天

3.2.2 襯砌鋼筋之施工應符合第 03210 章「鋼筋」之相關規定。

3.2.3 襯砌混凝土

- (1) 澆置工作必須在工程司監督下進行。
- (2) 澆置混凝土須由熟練技工依序進行。施工中不得衝擊模板、鋼筋、埋設物或使結構物受到劇烈震動。若混凝土自由落下之高度超過 1.5 公尺時，必須使用工程司認可之漏斗導管或導槽引入，以避免混凝土發生分離。
- (3) 襯砌混凝土以採用混凝土泵澆置為原則。澆置時應使左右兩側壁之混凝土同速升高，以防鋼模走動或變形。如鋼模位於超高路段，應考慮側壁之澆置高度，避免產生偏壓，使鋼模變位或不穩。
- (4) 襯砌混凝土之澆置，每一模均需連續完成，不得有中斷而形成冷縫之情形。所有澆置機具包括混凝土泵均須有備用品，以備於故障時

能迅速替換，維持澆置工作不致中斷。

- (5) 襯砌混凝土模與模之環向接縫應依設計圖示或工程司指示慎重處理，以維持襯砌混凝土面之平整與美觀。
- (6) 隧道頂拱部分應確實澆置充滿，避免有空隙存在，惟承包商仍應按第 02432 章「隧道鑽孔及灌漿」實施回填灌漿。工程司並得視需要要求承包商對施工完成之襯砌混凝土進行非破壞性檢測，確認頂拱部份無殘留空隙，檢測費用依「一般條款」J.3「額外試驗」之規定辦理。
- (7) 養護方法應依第 03053 章「水泥混凝土之一般要求」中噴水規定辦理。襯砌混凝土面需另予裝飾部分，不得使用化學劑養護法。若混凝土澆置之環境條件符合 ACI 308 之條件時，則可不採行養護工作。

4. 計量與計價

4.1 計量

- 4.1.1 主隧道襯砌模板（包含明挖隧道內模）及緊急停車彎襯砌模板依設計圖所示之 PG 線為丈量基準，以長度公尺為單位計量。
- 4.1.2 聯絡隧道模板依其類別及依設計圖所示之斷面頂拱中心線與至主隧道側壁交點間之長度以公尺為單位計量。
- 4.1.3 明挖隧道外模依第 03110 章「場鑄混凝土結構用模板」之軀體模板相關規定辦理。
- 4.1.4 主隧道襯砌混凝土（含緊急停車彎襯砌混凝土）依開挖支撐類型，以各類完成長度乘以各類型斷面積以立方公尺為單位計量。各類型斷面積依設計圖所示斷面（不含仰拱），加上該開挖支撐類型 B-D 線間（依第 02412 章「隧道鑽炸法及非全斷面機械開挖」之定義）斷面積之 40%計量。
- 4.1.5 聯絡隧道、明挖隧道之襯砌混凝土及凹槽、基礎混凝土均按設計圖所示斷面（不含仰拱），以立方公尺為單位計量。
- 4.1.6 仰拱混凝土依工程司指示完成之開挖支撐類型長度，乘以設計圖所示仰拱斷面積以立方公尺為單位計量。

4.1.7 隧道襯砌鋼筋依第 03210 章「鋼筋」規定計量，惟其組立鋼筋所採用之支撐架或輔助支撐鋼筋費用已包含於單價內，不另計量。

4.2 計價

4.2.1 隧道襯砌模板分為主隧道、緊急停車彎、車行及人行聯絡隧道襯砌模板 4 類，依契約詳細價目表「隧道襯砌模板（註明類別）」項目計價，契約單價包括襯砌鋼模（聯絡隧道、明挖隧道、緊急停車彎可用清水木模）、凹槽、基礎模板、端模之製造、安裝、組立、拆除、清理、整理及工作架等所需之人工、材料、運輸及為完成本項工作所需之一切費用。

4.2.2 明挖隧道外模依第 03110 章「場鑄混凝土結構用模板」之軀體模板規定計價。

4.2.3 主隧道襯砌混凝土、聯絡隧道襯砌混凝土、明挖隧道混凝土、基礎混凝土依契約詳細價目表「襯砌混凝土（註明強度）」項目計價，契約單價包括設計圖、施工技術規範之規定以及工程司之指示，在混凝土施工中為完成本項工作所需之一切直接與間接人工、材料、工具、設備、動力、養護、回填灌漿及臨時設施等費用在內。

4.2.4 仰拱混凝土依契約詳細價目表「仰拱混凝土」項目計價，契約單價包括設計圖、施工技術規範之規定以及工程司之指示，在混凝土施工中為完成本項工作所需之一切直接與間接人工、材料、工具、設備、動力、養護、模板或型條費用及臨時設施等費用在內。

4.2.5 可能超挖量之回填及施工中之管路損失等混凝土（包含水泥）費用均已包含於相關單價中，不另計價。

4.2.6 接縫填縫板、填縫劑、施工縫模板及養治劑等均已包括於契約單價中，不另計價。

4.2.7 鋼筋依契約詳細價目表「隧道襯砌鋼筋」項目計價，契約單價包含鋼筋材料、彎紮、組立、工作架、支撐架或輔助支撐鋼筋及為完成本項工作所需之一切直接與間接人工、材料、機具、設備、損耗及臨時設施等費用在內。

<u>工作項目名稱</u>	<u>計價單位</u>
隧道襯砌模板（主隧道）	公尺
隧道襯砌模板（緊急停車彎）	公尺
隧道襯砌模板（車行聯絡隧道）	公尺
隧道襯砌模板（人行聯絡隧道）	公尺
軀體模板	平方公尺
隧道襯砌混凝土（註明強度）	立方公尺
仰拱混凝土（註明強度）	立方公尺
隧道襯砌鋼筋（註明強度）	公噸（或公斤）

<本章結束>

第 02432 章 隧道鑽孔及灌漿

1. 通則

1.1 本章概要

本章為提高地層強度、降低透水性達到止水效能或實施地質調查，滿足地層長期或設計需求及施工階段地盤強化、止水改良所進行之鑽孔及灌漿有關作業之相關規定。

1.2 工作範圍

本章規定鑽孔及灌漿施工作業要求，包括計畫之擬定、材料性質、設備規格、作業方法及程序等。承包商辦理各式灌漿，其施灌範圍及方式，應由承包商提出作業計畫經工程司認可或依工程司之指示辦理，灌漿之效果由承包商負責，工程司之認可並不免除承包商該項責任。

1.3 相關章節

1.3.1 第 02425 章—隧道襯砌

1.3.2 第 02447 章—隧道計測及儀器

1.3.3 第 03053 章—水泥混凝土之一般要求

1.4 相關準則

1.4.1 中國國家標準(CNS)

(1) CNS 61 R2001 卜特蘭水泥

(2) CNS 1240 A2029 混凝土粒料

(3) CNS 2238 K1082 矽酸鈉

(4) CNS 3036 A2040 混凝土用燃煤飛灰及未煅燒或煅燒卜作嵐材料

1.4.2 美國材料試驗協會(ASTM)

(1) ASTM C227 粒料配比潛在鹼性反應

(2) ASTM C289 粒料潛能化學性質試驗

(3) ASTM C618 飛灰品質

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

承包商應依契約規定將相關品質計畫送請工程司核可。

1.5.2 承包商應於灌漿作業開始 30 天前提出施工計畫書，送經工程司核可後施工。計畫書內容應至少包含以下各項（含相關施工圖）：

- (1) 灌漿作業施工範圍
- (2) 灌漿施作目的
- (3) 施工方法
- (4) 施工所用機具或設備之規格及其相關管線配設說明。
- (5) 施工材料（含灌漿材料種類、性質、配比及材料之運送與保存等）
- (6) 施工作業（含施工場地布置、鑽孔位置、鑽孔孔徑、鑽孔角度、鑽孔深度、鑽機種類、灌漿深度、灌漿程序、灌漿分段、灌漿壓力、灌漿量等）
- (7) 灌漿紀錄格式
- (8) 灌漿成效檢驗與評估方式

1.5.3 承包商應於鑽孔探查施工前提送鑽探調查計畫書，完整詳述預定鑽孔位置、角度、深度、鑽探方法、使用機具、取樣方式及現場與室內試驗等，送工程司核可後辦理。

1.5.4 若承包商採用之機具材料係屬專利品時，應按相關規定辦理。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 水泥漿液

- (1) 漿液係由水泥與水混合而成，必要時得另加細粒料、礦物質填料、飛灰、化學藥液及其它附加劑等。漿液混合物之基本成份、組成與稠度以及任何其它添加物或附加劑等之使用，應經工程司核可或指

定，且除工程司核可外，凡經拌和後之漿液不論原因如未能於 2 小時內施灌者，須將其廢棄。

(2) 拌漿之用水應符合第 03053 章「水泥混凝土之一般要求」之規定。

(3) 水泥之品質除工程司另有指示外，應符合 CNS 61 第 I 型水泥之規定。
拌妥之漿液須通過美國 12 號標準篩板濕濾之。

(4) 細粒料應符合第 03053 章「水泥混凝土之一般要求」之相關規定。
其級配及細度模數應符合下列之要求：

A. 級配

篩 號	通過百分率%
NO. 8	100
NO. 16	95~100
NO. 30	60~85
NO. 50	20~50
NO. 100	10~30
NO. 200	0~5

B. 細度模數：砂之細度模數應在 1.4 至 2.1 之間。

(5) 附加劑

A. 水泥漿液得依工程司之指示加入附加劑。特定附加劑之使用依初期灌漿成果及試驗作基本漿液試驗所獲結果決定之。

B. 速凝劑之耐久性應無劣化現象，且硬化時應為中性反應。

C. 若含著色劑則應具備抵抗光線、氣候及水份侵蝕之功能，在水泥中尤應安定。

D. 皂土（Bentonite）應為粉末狀，且應符合細度（通過美國標準篩板 200 號篩）90%以上；液限 200%~500%；塑限 50%~80%；塑性指數 150%~420%。除工程司核准外，皂土應於使用漿液前 24 小時水化。

E. 飛灰應符合 CNS 3036 或 ASTM C618 之規定。

2.1.2 化學藥液

(1) 採溶液型化學藥液，由 3 號水玻璃為主之主劑及硬化劑兩種混合而

成，主劑為非有機化合物，其品質須符合 CNS 2238 #3 號種類，硬化劑於凝結後為中性。其規格如下：

比重(15°CBe)	40 以上
二氧化矽(SiO ₂)(%)	28-30
氧化鈉(Na ₂ O)(%)	9-10
鐵(Fe)(%)	0.02 以下
水不溶物(%)	0.2 以下

(2) 化學藥劑使用前，承包商應將該劑之完整規範如組成材料、成分、配比、凝結時間、固結後力學性質與詳細灌注方法及有關詳細資料，包括物理及化學特性、試驗成果及灌注實例等提請工程司核可。化學藥劑並應符合下列要求：

- A. 灌入地盤之化學漿液應為無毒性，且應妥善設計，使其於預期時間內保持有效。
- B. 化學灌漿不得污染地下水之物性或化性，所採用之灌漿液種類應先取得工程司之核准。
- C. 使用之藥液應能配合灌漿方法，達成所需之凝結時間。藥液之種類、拌和溫度及拌和方法等皆應使灌漿液之凝結時間維持規定值。
- D. 化學漿液於凝結前，其黏度應維持為最小。
- E. 化學灌漿材料拌和方式應為連續性均勻加料拌和，不得分批次攪拌。

2.2 設備

2.2.1 鑽孔設備

應視工作需要，分別選用衝擊式或旋轉式鑽機，若需鑽取岩心時應使用旋轉式鑽機及不小於 N 級尺寸鑽孔之鑽頭和三套管。

2.2.2 灌漿設備

(1) 灌漿設備於泵送作業持續進行之狀態下，應具有可依各種不同速率量配、拌和及泵送漿液之能力。

- (2) 工程進行前，所有必要之機具及設備均應進駐工地，並保持良好之工作狀態。灌漿使用之壓力錶與流量計使用前應抽樣送經政府或學術單位校核其精準度。工程司並得於必要時抽驗使用中之儀錶，送至試驗室檢查其精準度。
- (3) 準備充份之備用零件，以避免因機具及設備故障導致灌漿作業中斷。
- (4) 拌合機應具備足夠之容量，以配合灌漿作業之所需，並應附設精確之流量計，以量計添加於漿液中之拌合水量。
- (5) 機械式攪拌槽應裝置適當之濾篩，並具有足夠之容量，以應最高速率下之連續泵送。
- (6) 除自動壓力流量記錄器外，必要時需提供 2 只壓力錶，1 只裝置於灌漿泵上，另 1 只裝置於漿液泵送歧管與灌漿孔套管之連接處。壓力錶之壓力指示範圍應能符合灌漿作業計畫中每一部份工作之所需。
- (7) 裝置逆止閥，以防止灌漿管內漿液回流，並裝設栓塞以便自攪拌點之下游取樣。
- (8) 應於灌漿管適當位置裝設流量計，精確測定漿液注入量。
- (9) 用於壓力灌漿之管路，應足以承受作業時之最大水壓及灌漿壓力。
- (10) 灌漿設備與管路應藉漿液之持續流動及定期用清水沖洗，保持其清潔。

3. 施工

3.1 準備工作

灌漿工作開始前，承包商應依經工程司核可之施工計畫書完成所有準備工作，如水、水泥、砂、飛灰、化學藥劑及附加劑等材料之檢驗工作及機具設施布設。

3.2 施工方法

3.2.1 鑽孔

- (1) 鑽孔包含鑽探查孔及鑽灌漿孔 2 種。鑽孔之方式、位置、深度、角

度、數量及施工要求等，均需依設計圖示或承包商建議並經工程司代表同意後辦理。探查孔之鑽孔尺寸應為 N 級以上，並分為取岩心探查孔及不取岩心探查孔。灌漿孔為不取岩心鑽孔，其鑽孔尺寸應大於 E 級以上。各式鑽孔最大深度為自孔口量起 100m。

- (2) 探查孔岩心鑽取工作須由有經驗人員謹慎施作，並儘可能自各孔中獲致良好之岩心。岩心之鑽取以儘量收取軟碎岩層最為重要，承包商應使用裝有鑽石鑽頭及標準三層岩心管鑽取岩心，如因地質特殊無法以三層岩心管鑽取岩心時，應以書面報請工程司同意後，改以其他方式施作。
- (3) 承包商應供給岩心箱，將所鑽得之岩心按序盛入岩心箱。各孔岩心應分別放置，每一岩心箱限僅裝盛一孔之岩心。岩心箱之蓋板應妥為固定於箱上。每一岩心箱標記其孔號及深度後，連同鑽孔記錄、彩色照片一併送至工程司指定地點。
- (4) 承包商應提供所有探查孔之正確鑽探紀錄，其內容應包括施鑽期間所遭遇各種岩層之詳細描述、所遇特殊地質情況，如層縫、裂隙開口、軟碎岩層、發生不正常漏水及湧水之處，以及其他與探查孔施鑽目的有關之事項。
- (5) 如屬需要，探查孔得於施鑽完成後施行壓力灌漿回填，該項灌漿工作須一次完成。除工程司另有指示外，未經灌漿之探查孔應以乾砂漿回填。

3.2.2 固結灌漿

(1) 洗孔

各孔段施灌前或因故停頓時，須用壓縮空氣或高壓水徹底沖洗灌漿孔，使灌漿管路暢通，方可進行灌漿。

(2) 灌漿方法

除工程司另有指示外，採從孔口向孔底或從孔底向孔口分段灌漿。凡須使用緊圈灌漿處，應依規定之壓力及順序逐步施灌，直至該孔灌漿完成為止。

(3) 漿液配比及灌漿壓力

漿液配比須經工程司認可，工程司得按各灌孔之各別地質情況隨時變更漿液配比，漿液可為水泥漿或溶液型化學藥液，並視需要酌加附加劑。水泥漿液之水灰比（以重量計）應介於 0.4~4 之間，孔口灌漿淨壓力介於 2~20kgf/cm² 間或水壓的 3 倍，工程司可視實際情況調整之。溶液型化學藥液之配比及灌漿壓力應先經工程司之認可，並視灌漿效果及灌入量做適當的調整。

(4) 漏漿控制

在灌漿進行中，發現漿液由臨近孔或相通處流出時，應設法堵漏或將該孔或相通處暫時封塞。在相通孔中漿液未凝結前，可由灌漿泵以規定壓力施灌該孔。若灌漿過程中發現漿液由山脊、混凝土構造物或其他地點流出時，承包商應即確實堵漏。

(5) 灌漿完成之壓力和時間

A. 水泥灌漿在下表規定壓力及時間下，其吃漿量低於 5 公升時，可視為施灌完成。

灌漿完成壓力與時間估量表

壓 力	時 間
3.0 kgf/cm ² 以下	15 分
3.0~8.0 kgf/cm ²	10 分
8.0~15.0 kgf/cm ²	5 分
大於 15 kgf/cm ²	3 分

B. 施灌過程中之灌漿壓力以維持最大容許壓力為原則，但為防止岩盤或噴凝土擠動，或為控制漿流及堵漏，工程司得要求降低灌漿壓力及速度或暫停施灌。當吃漿量甚大時，承包商應採間歇施灌，待岩盤之漿液凝固後，恢復施灌或改以砂漿施灌。施灌完成之孔須以活栓或閘栓緊以保持壓力，直至漿液凝固。

3.2.3 回填灌漿

(1) 除工程司另有指示外，回填灌漿應以水泥砂漿施灌，其水灰比應介於 0.4 至 2.0 之間，視各孔吃漿情形及壓力變化隨時調整；施灌時，

灌漿泵及孔口均應裝設壓力錶，以控制灌漿壓力。孔口最大施灌淨壓力為 2kgf/cm^2 而不致阻塞管路為原則。正常情況之進漿率在每分鐘 10 至 30 公升之間。如因改變配比而使漿路過早阻塞，則應以水將漿路沖開，改為較稀之漿液繼續施灌，直至進漿率每分鐘少於 2 公升時即可結束。

(2) 填充襯砌混凝土與防水層間隙之回填灌漿，應依下列規定辦理：

- A. 灌漿工作應俟內襯砌混凝土強度具 15 天之齡期後，始得於工程司在場監督下進行，並應在重要地點裝設測微錶 (Dial Gauge) 且在灌漿過程中指派專人記錄變形情形，凡變形嚴重時應立即停止，俟工程司之指示作必要之處理。
- B. 灌漿作業須沿隧道方向由低處往高處依序進行，不得跳灌，凡 1 次連續之施灌中，灌至某一排氣管回漿，且該排氣管下方之各灌漿孔，亦經排除稀漿，即可認為已排除稀漿之灌漿孔附近業已完成灌漿，而該灌漿孔即可免灌。凡工程司認定已完成之孔，應關閉孔口閥並保持壓力。
- C. 灌漿一旦開始，即應連續完成，不得中斷。灌漿過程中，如因表面漏漿，應即進行堵漏及降低施灌壓力間歇施灌，若不得已必須中斷灌漿時，應立即以人力或其他動力抽水沖洗，保持活孔俾可恢復施灌。

3.3 現場品質管制

3.3.1 灌漿完成後應依不同的灌漿目的，並按工程司代表指示施鑽檢查孔鑽取岩心，或進行試水，或其他經工程司代表認可方法，以檢驗灌漿成果。

3.3.2 灌漿工作全程承包商均應有工程師會同工程司代表在現場督導，並作成紀錄。灌漿紀錄應包含：

(1) 灌漿材料（水泥、砂、飛灰、附加劑、化學藥液）之進、出場數量應有詳細記錄及管制。

(2) 灌漿過程之紀錄表（如壓力與流量紀錄表…等）均應有完整之記錄。

3.3.3 各孔於鑽孔完成後，依指示利用鑽桿或沖管洗孔，若與鄰近孔相通情形，

須交互沖洗。各孔依工程司指示在灌漿前或洗孔後進行試水，每次試水時間係自壓力和流量穩定後起算 10 分鐘，記錄注入壓力和水量。試水壓力不大於灌漿壓力。

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 鑽孔分取岩心探查孔、不取岩心探查孔及灌漿孔，均依設計圖或工程司核可之實際鑽探長度以「公尺」為單位計量。

4.1.2 試水之計量依據實際所施作並經工程司核可之試驗次數核計。

4.1.3 固結灌漿

(1) 水泥漿液以工程司核可實際注入於灌漿孔內所有之水泥用量，以「包」為單位計量（每包 50 公斤）。

(2) 水泥皂土漿液分別依工程司核可實際注入於灌漿孔內所有之皂土及水泥用量，分別以「公斤」及「包」為單位計量（每包 50 公斤）；惟若皂土數量僅為水泥數量之 4.5%（含）以下時，則視其為附加劑，包含於固結灌漿（水泥漿液）工作項目內，不另計量計價。

(3) 溶液型化學藥液以工程司核可實際注入於灌漿孔內所有漿液體積，以立方公尺為單位計量。

(4) 採用 L.W. 漿液時，分別依工程司核可實際注入於灌漿孔內所有之水玻璃及水泥用量，分別以「公升」及「包」為單位計量（每包 50 公斤）。

4.1.4 回填灌漿

回填灌漿以工程司核可實際注入於灌漿孔內所有之水泥用量以包為單位計量（每包 50 公斤）。為填充襯砌混凝土與防水層間隙之回填灌漿已包含於襯砌混凝土單價中，不另計量。

4.2 計價

- 4.2.1 取岩心探查孔、不取岩心探查孔及灌漿孔依契約詳細價目表「鑽孔（註明類別）」項目計價。契約單價包含所有人工、材料、機具、設備、用水、用地補償及其他為完成本項工作所需之一切費用。取岩心探查孔之計價規定如下表，惟遭遇斷層破碎帶等不易提取之岩層或地層，得經工程司同意後不受上述提取率之限制，依進尺數計價。

岩心提取率	計價百分比
≥90%	100
70~90%	70
50~70%	50
<50%	0

- 4.2.2 試水依契約詳細價目表「試水」項目計價，契約單價包含所需之人工、材料、機具、設備及其他為完成本工作所需之一切費用。
- 4.2.3 固結灌漿依契約詳細價目表「固結灌漿（註明漿液）」項目計價。契約單價包括灌漿、堵漏及洗孔等工作所需之人工、材料、機具、設備（包括通信器材）及其他為完成本項工作所需之一切費用。
- (1) 水泥漿液按「固結灌漿（水泥漿液）」項目計價。
 - (2) 水泥皂土漿液按「固結灌漿（水泥漿液）」與「皂土」項目計價。
 - (3) 溶液型化學藥液按「固結灌漿（溶液型化學藥液）」項目計價。
 - (4) L.W. 漿液按「固結灌漿（水泥漿液）」與「水玻璃」項目計價。
- 4.2.4 以契約詳細價目表「皂土」、「水玻璃」項目計價者，其契約單價僅包括材料費用。完成水泥皂土灌漿及 L.W. 漿液灌漿之相關灌漿、堵漏及洗孔等工作所需之人工、材料、機具、設備（包括通信器材），已包含於「固結灌漿（水泥漿液）」中，不另計價。
- 4.2.5 回填灌漿依契約詳細價目表「回填灌漿」項目計價。契約單價包括灌漿、堵漏等工作所需之人工、材料、機具、設備（包括通信器材）及其他為完成本項工作所需之一切費用。

<u>工作項目名稱</u>	<u>計價單位</u>
鑽孔（取岩心探查孔）	公尺
鑽孔（不取岩心探查孔）	公尺
鑽孔（灌漿孔）	公尺
試水	次
固結灌漿（水泥漿液）	包
固結灌漿（溶液型化學藥液）	立方公尺
皂土	公斤
水玻璃	公升
回填灌漿	包

〈本章結束〉

第 02447 章 隧道計測及儀器

1. 通則

1.1 本章概要

本章為隧道施工各項計測儀器安裝量測相關規定。

1.2 工作範圍

本章規定收斂岩釘、伸縮儀、沉陷觀測釘、應力計、計測岩栓、圓盤荷重計、應變計、光達（LiDAR）掃描監測、地表沉陷點及量水堰等各項計測儀器設備之產品要求、計測計畫、準備工作、安裝、觀測及記錄等相關事宜。承包商應依據設計圖、本規範及工程司之指示，於隧道地表及隧道內埋(裝)設計測儀器、量測、記錄整理、分析隧道開挖前後地層及支撐系統應力分布等，作為研判隧道穩定及選用支撐系統或回饋調整支撐系統之依據。

1.3 相關章節

（空白）

1.4 資料送審

1.4.1 品質計畫

承包商應依契約規定將相關品質計畫送請工程司核可。

1.4.2 承包商應於計測儀器安裝開始 30 天前提送計測計畫書送請工程司核可，計畫書內容包含：

(1) 計測器材之品牌、型號、規格、紀錄格式、說明書、規範、安裝方法及有經驗之計測督導人員（包含儀器供應商或原廠售後服務工程師）資格及經歷等。

(2) 工作圖

- (3) 廠商資料
- (4) 實績證明文件
- (5) 緊急應變作業程序。
- (6) 計測方式、頻率及管理值。

2. 產品

2.1 功能

- 2.1.1 承包商須保證其埋設之計測儀器能維持其準確性，可供契約期間有效使用。為確保計測儀器之功能、品質及售後服務，承包商採購之儀器限已廣泛引用且實績良好之廠牌，若為進口之儀器須具有國外原廠在台代理銷售或授權製造之證明，且應有國外原廠派員辦理售後服務之能力者。
- 2.1.2 收斂岩釘材料得為耐候或鍍鋅鋼製品或鋁製品，一端為錨固端，另一端則附螺紋並以塑膠帽保護，最小直徑為 20mm，長度至少 25cm，能適合所使用收斂儀量測者；收斂儀測讀精密度達 0.01mm 以內。若採 3D 光學觀測者，所採反光規標在任何時間旋轉之中心位置應保持固定不變，其反光有效距離應大於 100m。測距儀器須具高精密度，其水平及垂直角度須達 1"（含）以下，距離精密度須達 1.0mm（含）以內。
- 2.1.3 伸縮儀應能防腐蝕，可為單點式或多點式。整支長度不可以短桿續接而成，伸縮桿調整範圍至少為 $\pm 50\text{mm}$ 。伸縮儀應以機械式或電子式測微錶量測之，測微錶之精確度至少為 0.01mm。
- 2.1.4 沉陷觀測釘材料同本章第 2.1.2 款收斂岩釘之規定，觀測儀器之精度應在 1mm 以內。
- 2.1.5 應力計應為液壓平衡閥式，具有消除溫度和乾縮影響之功能，且能配合使用手動液體壓力測定儀。徑向應力計可直接讀取達 50kgf/cm^2 以上，精確度在 0.05kgf/cm^2 以內；切向應力計可直接讀取達 200kgf/cm^2 以上，精確度在 0.1kgf/cm^2 以內。
- 2.1.6 計測岩栓應為機械式，且具 4 測點。量測間距 0.75m 至 1.5m，荷重可達

25t 以上，計測岩栓應以機械式或電子式測微表量測之，測微錶精確度 0.01mm 以內。

- 2.1.7 圓盤荷重計工作荷重為 25t 以上，利用機械或液體受壓可傳導壓力之原理製成，精確度應至量測值之 $\pm 2\%$ 以內。中空內徑為 30mm 以上，且易於安裝者。
- 2.1.8 應變計應不受溫度、彎曲影響，且防潮避震，包括管線、接線箱與測讀設備，其精度在 $\pm 1\%$ 以內，量測範圍最少 3000 $\mu\text{m}/\text{m}$ (Micro-Strain)，測讀設備可直接讀定。
- 2.1.9 光達 (LiDAR) 掃描監測：包含控制測量之全測站經緯儀，其測距精度須 $\leq 1.0\text{mm} + 1.5\text{ppm} \times \text{實際量測距離 (km)}$ ；GPS 衛星接收儀 (雙頻) 之接收記錄頻率須達 1Hz；隧道三維掃描之 3D 雷射掃描儀應能配合分析軟體，解算隧道三維變形量及判釋寬度 1mm 以上、長度 50mm 以上之裂縫變化。施工前需提送隧道圍岩變位監測計畫，包含掃描方式、資料處理流程、隧道三維變位分析、異常變位預警及相關儀器之精度與規格，經工程司審查核可後辦理監測工作。
- 2.1.10 地表沉陷點為安裝於地表上之水泥樁或鋼筋樁，一端為錨固端，應深入地表 30cm 以上，觀測之精度應在 1mm 以內。
- 2.1.11 量水堰或其他量水設施：量水設施可為量水堰 (混凝土結構或鋼構) 或其他經工程司核可 (具水量量測功能) 之型式。
- 2.1.12 上述各項計測量測方式可採用人工量測或自動化監測系統之機具儀器材料進行計測。
- 2.1.13 所有量測設備均應在使用前，由工程司代表會同進行校正。每一類量測設備經校正合格後，應予編號紀錄。

3. 施工

3.1 準備工作

- 3.1.1 承包商應於安裝前提供符合本規範規定型式之計測儀器經工程司核可後，依製造廠商提出並經工程司核定之方法安裝計測儀器。

- 3.1.2 隧道開挖後，初期支撐應於最短時間內完成，以便計測儀器能於開挖後 12 小時內安裝。
- 3.1.3 承包商應指派足以勝任之地工專業工程師（Geotechnical Engineer）及工程人員（其中地工專業工程師須具專科或大學以上學歷且具隧道相關觀測儀器之計測及分析，有現場實際經驗；工程師及工程人員兩者之學經歷均須報請工程司認可）於施工期間長駐工地，負責全部計測儀器之安裝、督導以及分析研判與報告撰寫等工作。
- 3.1.4 承包商執行計測儀器之安裝工作時，應參考現場開挖後之地質變化情況（如頂拱崩落、節理等）、施工異常、滲水現象，會同現場地質師與工程司決定計測斷面、位置，並根據現場地質師提供之地質資料及各項計測儀器量測成果進行分析，如計測分析結果有任何異常現象發生時，應立即採取緊急因應措施，並立即通知工程司。

3.2 安裝

3.2.1 收斂岩釘

安裝位置由工程司視地質情況指定，以儘量靠近開挖面為原則，收斂岩釘埋設後應避免碰撞，並裝有顏色之螺帽以資識別及保護。以 3D 光學觀測所採反光規標應牢固不易掉落為原則。

3.2.2 伸縮儀

- (1) 安裝位置應儘量靠近隧道開挖面。工程司選定安裝位置後，承包商應即清除破碎鬆動之岩石，以確保安裝及量測人員之安全。
- (2) 伸縮儀若採單點式，每一計測位置應分別埋設如設計圖所示各種不同長度伸縮儀各 1 支，伸縮儀應間隔約 30cm，安裝時應予適當排列。
- (3) 安裝伸縮儀之鑽孔孔徑應按製造廠商之規定，並經工程司之認可，承包商不可任意變更。各孔施鑽長度如設計圖所示，鑽孔方向應保持筆直避免彎曲。若採用鑽炸法，承包商並應詳加記錄鑽孔附近開炸使用之炸藥量、孔數、配置及地質情況等，並將資料提送工程司備查。鑽孔完成後應將孔內之岩屑清理乾淨，始可安裝伸縮儀。
- (4) 伸縮儀應先行於孔外裝妥，經工程司檢視認可後，由工程司同意之

熟練技術人員埋設，其操作應謹慎小心，若有損壞應更換新品，其費用概由承包商自理。

- (5) 伸縮儀應依工程司指示或製造商之規定安裝，惟承包商仍應負責保證可供量測使用及保持應有之精確性。
- (6) 安裝用之水泥砂漿配比須經工程司認可。
- (7) 伸縮儀安裝完成且砂漿固結後，承包商應隨即調整量測桿，並讀取初始讀數，並將結果提送工程司記錄。

3.2.3 沉陷觀測釘

其安裝應符合第 3.2.1 款收斂岩釘之安裝規定。

3.2.4 應力計

應力計每組包含切向及徑向應力計各 1 支。安裝時，現場須由有經驗人員指導（該員資歷應先送審），並通知工程司至現場監督，工程司不在場不得安裝。待一切安裝妥當，確認應力計在噴凝土施噴時不致改變原有位置及方向時，方可進行施噴。

3.2.5 計測岩栓

依據設計圖所示位置或在隧道開挖期間視地質情況由工程司指定適當位置埋設。埋設長度、方向由工程司決定。

3.2.6 圓盤荷重計

依據設計圖所示位置或工程司視現場地質狀況指定適當位置安裝。

3.2.7 應變計

- (1) 應變計每組包含埋設於噴凝土內外兩側之應變計各 1 支，埋設時應確定應變計均勻包容於噴凝土中，且依量測方向及位置確實固定，使其不致於噴凝土作業中受衝擊而改變方向。
- (2) 應變計不可安裝於大超挖處，且不可太靠近鋼肋、岩栓處。
- (3) 應變計安裝位置及距岩盤、噴凝土表面之距離應予詳細紀錄標示清楚。
- (4) 每一計測斷面上所有應變計電纜線 (Cable) 應集中放置於左右兩側壁上，以方便測讀且集中保護，避免於施工中受損。

3.2.8 光達 (LiDAR) 掃描監測

辦理光達（LiDAR）掃描監測，承包商應指派專業測量工程師（或大地工程師）及工程員（兩者之學經歷均須報經工程司核可），於施工期間負責辦理隧道掃描、資料處理與分析等工作。

3.2.9 地表沉陷點

依據設計圖所示位置或視隧道洞口地質及淺覆蓋分布區段，由承包商提出安裝計畫經工程司核可後埋設。

3.2.10 量水堰或其他量水設施

承包商應於發生滲湧水之開挖面附近、隧道洞口處或現地有水量觀測需求處，選擇適合位置設置量水設施，以獲得隧道開挖面排水量及隧道已開挖路段之總排水量。

3.2.11 各式安裝完成之計測儀器，承包商應註明編號、樁號、位置、長度、安裝時間等，並量測初始讀數。

3.3 量測方法

3.3.1 測讀及記錄工作由承包商辦理，若有工程司會同測讀時，承包商應予必要之協助，提供所需之人力及設備，承包商應指派技術員並提供工作架以協助工程司進行量測工作。

3.3.2 採 3D 光學觀測收斂岩釘及沉陷觀測者，須於計測後可透過有（無）線傳輸或儲存裝置將原始量測數據載入操作軟體中，並可立即計算顯示、列印收斂、沉陷量測結果、以及各項歷時曲線及分布曲線；於量測作業過程中工程司得隨時查核此系統運作之正確性，並取回量測成果報表。

3.3.3 光達（LiDAR）掃描監測前，須於圍岩變位穩定處，且無碰撞或掩蔽疑慮位置布設掃描控制點，及辦理導線測量以提供掃描成果套疊分析與比對依據，賦予掃描成果與地圖座標系統一致性。不同時期掃描或同時期不同測站掃描點雲拼接過程至少需有 4 個不共面共軛點，拼接採用之共軛點最大誤差須小於 5mm。

3.3.4 隧道滲湧水量量測頻率原則上每日至少 1 次，並整理出水量歷時變化曲線於每月計測報告中提出。工程司並得視地質情況、區段特性、距開挖面距離及量測分析結果調整量測位置、頻率及期限，承包商須配合辦理。

- 3.3.5 計測之量測讀數須經過計算後轉化為工程用量測值，且對測讀紀錄及初步成果進行研判，將資料整理使成一系統化資料庫，並應於 24 小時內或按工程司指定更新資料庫內容，傳輸至工程司代表備查，以為承包商施工及工程司檢討設計之依據；另應依工程司指示之頻率更新傳輸資料庫內容傳輸至工程司指定之單位以為經驗回饋之參考。
- 3.3.6 隧道量測頻率原則上為安裝後 7 天內，每 1 天測讀 1 次；自第 8 天起，每 3 天測讀 1 次，經 1 個月後，每 1 週測讀 1 次至收斂變形趨近於穩定，並經工程司核准為止。工程司並得視地質情況、區段特性、距開挖面距離及量測分析結果調整量測頻率及期限，承包商不得據此要求調整價格及工期。
- 3.4 計測資料研判分析
- 3.4.1 承包商應於隧道開挖支撐作業期間辦理計測，除依 3.3.2 節規定，按工程司指定時間提送各項已計測項目之測讀紀錄及初步成果圖示外；並應定期辦理隧道各計測儀器所量測資料整理、計測系統化資料庫更新、分析研判、成果圖示、及報告撰寫，配合每個月施工月報另行提送計測報告 3 份；並於全部計測工作完成後，將全部計測工作結果彙整做成計測總報告 5 份送工程司備查。
- 3.4.2 計測報告至少包括（但不限於）以下各項資料：
- (1) 計測安裝及觀測日期及時間。
 - (2) 氣候(包括溫度、相對濕度、雨量等)
 - (3) 計測儀器及計測設備之編號、規格或型式。
 - (4) 計測儀器埋設位置及數量。
 - (5) 地質（包括每輪岩體分類、地質展開圖、滲湧水情形及相關地質紀錄）及覆蓋厚度描述
 - (6) 計測儀器測讀資料及運作情形。
 - (7) 成果整理及研判（含各計測項目之歷時變化曲線圖、依掘進方向沿隧道縱軸之頂拱及側壁變位累計趨勢圖）
 - (8) 在儀器四周之施工載重情形及特殊之施工活動情形。(必要時以照片

及圖示說明之)

(9) 計測儀器遭破壞或不能測讀時，承包商採取之各種補救措施。

- 3.4.3 光達 (LiDAR) 掃描後，應立即進行掃描點雲資料下載、共軛點或控制點選定比對、資料接合、雜訊濾除處理，並比較前期取得成果，於現場掃描作業完成後 3 日內提供隧道圍岩變位監測研判成果。隧道掃描施測範圍、頻率、報告內容及計量計價標準，承包商應依據設計圖說或視現場實際需求，提送隧道圍岩變位監測計畫，經工程司核可後辦理。

4. 計量與計價

4.1 計量

- 4.1.1 收斂岩釘安裝及觀測、伸縮儀安裝及觀測、沉陷觀測釘安裝及觀測、計測岩栓安裝及觀測、地表沉陷點安裝及觀測以支為單位計量；應力計安裝及觀測、應變計安裝及觀測以組為單位計量；圓盤荷重計安裝及觀測以個為單位計量；量水堰安裝及觀測以處為單位計量；計測資料研判分析以 1 式為單位計量。
- 4.1.2 收斂岩釘及沉陷觀測釘如以 3D 光學儀器進行量測，仍依「收斂岩釘安裝及觀測」、「沉陷觀測釘安裝及觀測」項目，以支為單位計量及計價。
- 4.1.3 光達 (LiDAR) 掃描監測以「次/處」為單位計量。每次每處掃描範圍依規定辦理。

4.2 計價

- 4.2.1 各式計測工作按契約詳細價目表「收斂岩釘安裝及觀測」、「伸縮儀安裝及觀測（註明型式、長度）」、「沉陷觀測釘安裝及觀測」、「計測岩栓安裝及觀測（註明長度）」、「應力計安裝及觀測」、「應變計安裝及觀測」、「圓盤荷重計安裝及觀測」、「光達 (LiDAR) 掃描監測」、「地表沉陷點安裝及觀測」、「量水堰安裝及觀測」項目計價，於儀器安裝後及第 1 次成功測讀後給付該計測工作項目之 50%，於計測分析變

化趨於穩定後給付 40%，於計測總報告經工程司同意備查後，給付餘款。

- 4.2.2 計測資料研判分析按契約詳細價目表「計測資料研判分析」項目計價，其中 80%依工程進度比例按月給付，餘 20%於全部計測工作完成後，將全部計測工作結果彙整做成計測總報告經工程司備查後給付。契約單價包括計測儀器所量測資料整理、計測系統化資料庫更新與傳輸、分析研判、成果圖示、及報告撰寫印製等所需之人工、材料、設備及其他為完成本項工作之一切費用。
- 4.2.3 各式工作項目之契約單價包括所埋設之計測儀器設備及其附件、量測儀器之使用、鑽孔、安裝、岩面處理、工作架、器材搬運、量測及記錄等所需之人工、材料、設備及其他為完成本項工作之一切費用。
- 4.2.4 隧道施工計測儀器安裝及觀測期間，承包商應善盡保護責任，若計測儀器遭到非自然損毀而致失效時，計測儀器應予作廢，作廢之計測儀器之安裝與觀測皆不予計價（已給付之部分價款應予扣回）。另同一種計測儀器在同一計測斷面上如有二分之一（含）以上計測點經工程司判斷測讀數據不準確，或遭到非自然損壞時，則該斷面之該種計測儀器之安裝與觀測皆不予計價（已給付之部分價款應予扣回）。
- 4.2.5 「光達（LiDAR）掃描監測」依契約詳細價目表所列項目單價計價，該項單價已包括所需之人工、材料、機具、設備、運輸、動力、紀錄、成果整理、分析研判及報告撰寫與印製等，以及其他為完成本項工作所必需之一切費用在內，另無其他給付。

<u>工作項目名稱</u>	<u>計價單位</u>
收斂岩釘安裝及觀測	支
伸縮儀安裝及觀測（單點式、註明長度）	支
伸縮儀安裝及觀測（多點式、註明長度）	支
沉陷觀測釘安裝及觀測	支
應力計安裝及觀測	組
計測岩栓安裝及觀測（註明長度）	支
圓盤荷重計安裝及觀測	個

應變計安裝及觀測	組
光達（LiDAR）掃描監測	次/處
地表沉陷點安裝及觀測	支
量水堰安裝及觀測	處
計測資料研判分析	式

〈本章結束〉

第 02448 章 隧道防水層

1. 通則

1.1 本章概要

本章為隧道為防止地下水滲入以確保設施功能所鋪設之防水層施工之相關規定。

1.2 工作範圍

防水層分為二層，外層為非織物(Non-woven Geotextile)，內層為防水膜(Waterproofing Membrane)，鋪設於噴凝土與混凝土襯砌之間。本章規定防水層之材料、施工及檢驗等之相關規定。承包商應依據本章、設計圖及工程司核定之施工計畫施工。

1.3 相關章節

(空白)

1.4 相關準則

1.4.1 美國材料及試驗協會 (ASTM)

(1) ASTM D4716 Standard Test Method For Constant Head Hydraulic Transmissivity (In-Plane Flow) of Geotextiles and Geotextile Related Products

1.4.2 德國標準協會 (DIN)

(1) DIN 4102/1 Fire Behaviour of Building Materials and Building Components; Building Materials Concepts, Requirements and Tests

(2) DIN 16726 Plastic Roofing Felt and Waterproofing Sheet, Testing

- (3) DIN EN 29073/1 Textiles; test method for nonwovens; part 1: determination of mass per unit area (ISO 9073-1:1989)
- (4) DIN EN 29073/3 Textile; Test Methods for Nonwovens; part 3: Determination of Tensile Strength and Elongation (ISO 9073-3:1989)
- (5) DIN 53363 Testing of Plastics Films; Tear Propagation Test on Trapezoidal Specimens with a Slit
- (6) DIN 53370 Testing of Plastics Film; Determination of the Thickness by Mechanical Feeling
- (7) DIN 53454 Testing of Plastics Compression Test
- (8) DIN 53455 Testing of Plastics Tensile Test
- (9) DIN 53495 Testing of Plastics; Determination of Water Absorption
- (10) DIN 53855/3 Testing of Textiles; Determination of Thickness of Textile Fabrics, Floor Coverings

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

承包商應依契約規定將相關品質計畫送請工程司核可。

1.5.2 承包商應於施工前至少 90 天將下列圖說及資料各 3 份送請工程司認可：

- (1) 施工詳圖：非織物及防水膜之安裝方式、搭接處理、修補方法、洞口段處理、錨定及對鋼筋支架、岩栓頭、凸出物、穿管處等處理之詳細圖說及施工步驟。
- (2) 製造廠商資料：
 - A. 產品之型錄、型號及相關資料。
 - B. 材料性質及其接縫強度之試驗報告（試驗報告須為最近 6 個月內產地國政府認定之檢驗機構所出具，若為國外進口產品者，須再經我國駐該地代表簽認）。

1.6 運送儲運

1.6.1 包裝及運送

- (1) 所有材料必須由原廠原封包裝妥當，並加以適當保護，使在運送途中不致受損變質。
- (2) 包裝外層須清楚標示尺寸、製造廠商名稱、型號、批號、製造日期等。

1.6.2 儲存

- (1) 所有材料須儲存於乾燥且通風良好之倉庫內，倉庫及堆積方式須經工程司認可。
- (2) 材料如須暫存戶外時，必須加以適當覆蓋保護，俾免受損或變質。任何材料如已受損或變質者，應即運離工地不得使用，其損失概由承包商負擔。

1.6.3 為防非織物於運送途中在紫外線下暴露過久而受損，每批非織物均須以黑色或深色塑膠布包裝。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 防水膜：

- (1) 材料：防水膜材質可為瀝青烯(ECB)或聚氯乙烯(PVC)或其他材質防水膜（如乙烯醋酸酯(EVA)、低密度聚乙烯(LDPE)等）其物理性質及化學性質能完全符合表一全部或表二全部標準者。其單面應有破裂顯示層(Signal Layer)，且顏色與防水膜呈顯著對比可於施工中輕易以肉眼察覺破孔處。
- (2) 尺寸：每卷防水膜長度，應配合隧道周長裁切，除交叉口或設計需要外不得有縱向接縫。
- (3) 材質要求及試驗標準：如表一、二所示。

表一、ECB 防水膜材質要求及試驗標準

性 質	規 定 值	標 準
1. 厚度	2.0 mm (含)以上	DIN 53370
2. 抗拉強度	8 N/mm ² (含)以上	DIN 53455
3. 破壞伸長率	500% (含)以上	DIN 53455
4. 抗壓強度 (20%應變量)	2.5 N/mm ² (含)以上 (疊成邊長 10mm 立方體試樣)	DIN 53454
5. 抗裂強度	150 N/mm (含)以上	DIN 53363
6. 防水性	良好 (10 bar /10 hours)	DIN 16726
7. 接縫抗拉強度	7.2 N/mm ² (含)以上	DIN 16726
8. 耐熱尺寸穩定性	±2% (含)以下	DIN 16726
9. 吸水率	1% (含)以下	DIN 53495
10. 耐酸鹼 (28 日)	抗拉強度損失：±20% (含)以下 破壞伸長率：±20% (含)以下	DIN 16726
11. 耐火性	B2 級(含)以上	DIN 4102/1

表二、PVC 防水膜材質要求及試驗標準

性 質	規 定 值	標 準
1. 厚度	2.0 mm (含)以上	DIN 53370
2. 抗拉強度	15 N/mm ² (含)以上	DIN 53455
3. 破壞伸長率	250% (含)以上	DIN 53455
4. 抗壓強度 (20%應變量)	2.5 N/mm ² (含)以上 (疊成邊長 10mm 立方體試樣)	DIN 53454
5. 抗裂強度	100 N/mm (含)以上	DIN 53363
6. 防水性	良好 (10 bar /10 hours)	DIN 16726
7. 接縫抗拉強度	13.5 N/mm ² (含)以上	DIN 16726
8. 耐熱尺寸穩定性	±2% (含)以下	DIN 16726
9. 吸水率	1% (含)以下	DIN 53495
10. 耐酸鹼(28 日)	抗拉強度損失：±20% (含)以下 破壞伸長率：±20% (含)以下	DIN 16726
11. 耐火性	B2 級(含)以上	DIN 4102/1

2.1.2 非織物：

(1) 材料：非織物材料應為聚丙烯(Polypropylene)纖維以針軋法製成之土木工程用非織物。

(2) 材質要求及試驗標準：如表三所示。

表三、非織物材質要求及試驗標準

性 質	規 定 值	試驗標準
1. 單位重	500 g/m ² (含)以上	DIN EN 29073/1
2. 厚度 at 0.02 kgf/cm ² at 2.0 kgf/cm ²	3.9 mm (含)以上 1.9 mm (含)以上	DIN 53855/3
3. 抗拉強度	1000 N/5cm (含)以上	DIN EN 29073/3
4. 伸長率 (破裂前)	40% (含)以上	DIN EN 29073/3
5. 伸長率 (30% 抗拉強度)	20% (含)以上	DIN EN 29073/3
6. 橫向透水性 at 0.02 kgf/cm ² at 2.0 kgf/cm ²	5×10 ⁻¹ cm/s (含)以上 5×10 ⁻² cm/s (含)以上	ASTM D4716
7. 耐酸鹼性	抗拉強度損失： 10% (含)以下	SN 640 550 DIN EN 29073/3

2.1.3 檢驗：

每批材料進場時均應附原製造廠商之出廠證明文件，且經工程司抽樣(每批材料至少取樣 1 組)試驗合格方可使用。

3. 施工

3.1 準備工作

防水層鋪設前工作面須乾淨，無鬆動物質、雜物或鐵釘。所有岩栓頭、管件、鋼筋等尖銳物均須修整平順，並依工程司認可之施工詳圖施工。

3.2 施工方法

3.2.1 非織物：

- (1) 非織物應以適當固定塊固定於噴凝土凹面上，2 固定塊間非織物鋪設時並應預留適當之餘裕量。固定點間距不得大於 60 公分，且每平方公尺不得少於 4 塊。
- (2) 非織物之搭接長度至少應有 10cm，鋪設時應緊貼噴凝土面不得加力拉扯，以免澆置混凝土時破裂或留空隙。

3.2.2 防水膜：

- (1) 所有工作均須由熟練技工施工，並視需要由原製造廠商提供技術指導。
- (2) 防水膜之搭接長度至少為 8cm，以雙道(Double seam)熱熔接方式連接之。防水膜安裝除交叉口或設計需要外，不得有縱向接縫，且所有接縫均須依第 3.3.1 款規定辦理氣壓檢驗。
- (3) 施工時，除自重外不得拉扯使防水膜受力。
- (4) 凡破裂或刺穿而需修補之處，其四周至少重疊 15cm，且須依第 3.3.2 款規定辦理真空罩檢驗。
- (5) 防水膜應以熱熔接方式固定於固定塊上。固定時應使防水膜預留適當之餘裕量，避免混凝土澆置時受噴凝土凹凸面影響，致防水膜固定點受到拉扯而發生撕裂情形。
- (6) 施工中每 1,000m 長接縫抽樣 1 組，每座隧道至少 1 組，送檢驗單位按表一及表二之標準辦理接縫抗拉強度試驗，俟試驗合格後，始可進行內襯砌混凝土澆置作業。該試驗頻率，工程司得視施工品質之穩定度，酌量調整之。
- (7) 內襯砌鋼筋組立時，應有防止穿刺防水膜之措施，並謹慎施工以免損傷防水膜。

3.3 檢驗

3.3.1 氣壓檢驗：

於接縫之一端焊入通氣插梢，利用空壓機打入 $1.0 \sim 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ 之空氣壓力，另一端則予密封，維持 5 分鐘，如壓力下降在 20% 以內時，則表示

接縫完全密封。

3.3.2 真空罩檢驗(Vacuum Test)：

將真空罩置於欲測試之部分，然後以 $0.2 \sim 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ 之壓力抽出空氣，如儀錶指針不動，則表示有破損。此法可加肥皂水於欲測試之部份上，觀察肥皂水發泡與否，相互印證。

3.3.3 防水層施工除應符合各項檢驗規定外，並應確保襯砌混凝土施工完成後防水層之防水效果，若發現襯砌面有滲水情形，承包商應提出改善措施，經工程司同意後施工。其改善所須之費用概由承包商負擔，不另計付。

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 防水層依設計圖示之尺寸（隧道按 D 線，假隧道及明挖隧道按襯砌外緣線）及經檢驗合格之鋪設面積以平方公尺為單位計量。

4.2 計價

4.2.1 防水層依契約詳細價目表「防水層」、「防水層(含兩層非織物)」項目計價，契約單價包括為完成本項工作所需之一切人工、材料、搭接損耗、機具設備、工作架、試驗、檢驗、技術指導、動力、儲存、搬運、鋪設面整修及其他相關費用在內。

4.2.2 檢驗不合格之防水層，應依隧道環向整幅切除後，重新熔接測試，其費用均由承包商自行負擔，不得要求任何補償。

<u>工作項目名稱</u>	<u>計價單位</u>
防水層	平方公尺
防水層(含兩層非織物)	平方公尺

<本章結束>

第 02449 章 隧道其他工作

1. 通則

1.1 本章概要

本章為隧道內附屬工程之施工相關規定。

1.2 工作範圍

本章規定預鑄緣石、鋼筋混凝土預鑄蓋板、清水排水系統、鋼筋混凝土地下排水管及排水人孔之材料、施工相關規定。承包商應依據本章、設計圖及工程司核准之施工計畫進行施工。

1.3 相關章節

1.3.1 第 01450 章—品質管理

1.3.2 第 02602 章—混凝土管涵

1.3.3 第 02620 章—地下排水

1.3.4 第 03210 章—鋼筋

1.3.5 第 03053 章—水泥混凝土之一般要求

1.4 相關準則

1.4.1 中國國家標準 (CNS)

(1) CNS 1247 熱浸法鍍鋅檢驗法

(2) CNS 1298 K3004 聚氯乙烯塑膠硬質管

(3) CNS 3930 A2053 預鑄混凝土緣石

(4) CNS 2456-1 K3012-1 壓力下給水、排水及排污用塑膠配管系統—
聚乙烯(PE)—第 1 部：通則

(5) CNS 2456-2 K3012-2 壓力下給水、排水及排污用塑膠配管系統—
聚乙烯(PE)—第 2 部：管

- (6) CNS 2473 一般結構用軋鋼料
- (7) CNS 10007 鋼鐵之熱浸法鍍鋅
- (8) CNS 14572 K3118 聚乙烯波紋管
- (9) CNS 13333-1 K61012-1 塑膠－非發泡塑膠之密度測定法
- (10)CNS 15606-1 K61183-1 塑膠－抗拉性能測定法
- (11)CNS 4392 K6419 塑膠－彎曲性能測定法預鑄混凝土緣石
- (12)CNS 11609 K6878 玻璃纖維強化塑膠加強聚氯乙烯塑膠硬質管檢驗法

1.5 定義

- 1.5.1 預鑄緣石：設置於隧道維修步道外側及其他設計圖所示之鋼筋混凝土預鑄緣石。
- 1.5.2 鋼筋混凝土預鑄蓋板：設置於維修步道、電氣導線管溝及其他設計圖所示之鋼筋混凝土預鑄蓋板。
- 1.5.3 清水排水系統：設置於隧道內縱向透水管及橫向集水管。
- 1.5.4 鋼筋混凝土地下排水管：設置於隧道路面下鋼筋混凝土排水管。
- 1.5.5 排水人孔：係指連接隧道鋼筋混凝土地下排水管及橫向截水管之排水人孔。

1.6 資料送審

1.6.1 品質計畫

承包商應依契約規定將相關品質計畫送請工程司核可。

- 1.6.2 若承包商採用之機具材料係屬專利品時，應按相關規定辦理。

2. 產品

2.1 材料

- 2.2.1 水泥混凝土材料應符合第 03053 章「水泥混凝土之一般要求」之規定。
- 2.2.2 鋼筋應依第 03210 章「鋼筋」之規定。
- 2.2.3 預鑄混凝土緣石應符合 CNS 3930 A2053「預鑄混凝土緣石」之規定。

- 2.2.4 格柵鋼使用鋼料除設計圖說另有規定外，鋼材材質須符合 CNS 2473 之 SS400 規定，並依 CNS 10007 規定作熱浸鍍鋅防銹處理，鍍鋅量應符合 CNS 1247 之規定。
- 2.2.5 清水排水系統縱向透水管及橫向集水管得採用 PVC 管(聚氯乙烯管)或 HDPE 管(高密度聚乙烯管)，PVC 管應符合 CNS 1298 排水 B 級管之規定，HDPE 浪型管應符合 CNS 14572 規定，HDPE 平滑管應符合 CNS 2456-1、CNS 2456-2 規定，HDPE 網管應符合 CNS 13333-1、CNS15606-1、CNS 4392、CNS 11609 之規定。所有塑膠彎管、接頭應與塑膠管相配之同等級品。
- 2.2.6 清水排水系統之多孔隙混凝土骨材應為 3/4 吋~2 吋之非石灰質類、且潔淨堅硬耐磨之礫石或碎石，使用前應篩洗，不得含有機物、黏土塊及其他有害物質。
- 2.2.7 鋼筋混凝土地下排水管材質應符合第 02602 章「混凝土管涵」之規定。
- 2.2.8 有孔鋼筋混凝土地下排水管材質應符合第 02602 章「混凝土管涵」及 02620 章「地下排水」之規定。

3. 施工

3.1 預鑄緣石及鋼筋混凝土預鑄蓋板施工

- 3.1.1 預鑄緣石及鋼筋混凝土預鑄蓋板之尺寸應依照設計圖所示，所有外露面應用鋼模保持表面光整，鑄造時應控制其厚度一致，以便利安放作業。
- 3.1.2 預鑄結構物接縫內應採 1:2 水泥砂漿填塞，水平縫上應預加適當高度之墊塊或鋼釘，藉以控制安放蓋板之高程，水平及垂直接縫均應完全填滿砂漿，接縫外露面應以勾縫工具修刮整齊。

3.2 清水排水系統施工

- 3.2.1 承包商於施工前應提出多孔隙混凝土試驗及工地透水率試驗之計畫，經工程司核可後進行試驗。試驗結果符合要求後，方得以施工。
- 3.2.2 多孔隙混凝土應採用適量水灰比之水泥漿拌合，並符合下列要求：
- (1) 6" x 12" 圓柱試體之 7 天抗壓強度應不少於 70kgf/cm²。

(2) 10cm 定水頭下，30cm 立方體之透水率應大於 35ℓ/min。

3.2.3 承包商應以核定之配比拌合多孔隙混凝土，依設計圖示之尺寸及條件模擬埋設一段透水管，並經工地透水試驗，於 10cm 之定水頭下，水管之出水量應超過 12 ℓ/min/每公尺管長。

3.2.4 透水管之埋設應依照設計圖示之位置、高程及坡度施工，任何變更均應徵得工程司之同意。

3.2.5 承包商於防水層施工之前，應先檢核透水管設置位置，若有不符坡度之情況，應先加以修正，所有檢測及現況均應經工程司認可，始得進行防水層安裝。

3.3 鋼筋混凝土地下排水管施工
安裝及施工依設計圖所示或工程司指示辦理。

3.4 排水人孔施工
安裝及施工依設計圖所示或工程司指示辦理。

4. 計價與計量：

4.1 計量

4.1.1 預鑄緣石按設計圖所示及工程司指示施作安裝完成之長度，以公尺為單位計量。

4.1.2 鋼筋混凝土預鑄蓋板按設計圖所示及工程司指示施作安裝完成之長度，以公尺為單位計量。

4.1.5 清水排水系統依設計圖所示及工程司指示施作埋設隧道縱向透水管長度以公尺為單位計量。

4.1.6 鋼筋混凝土地下排水管按設計圖所示及工程司指示施作埋設完成，依不同管徑以長度公尺為單位分別計量。

4.1.7 排水人孔按設計圖所示及工程司指示施作埋設完成以座為單位計量。

4.2 計價

- 4.2.1 預鑄緣石依契約詳細價目表「預鑄緣石」項目計價。契約單價包括預鑄緣石製作與安裝所需之材料、人工、工具、設備及搬運等一切費用。
- 4.2.2 鋼筋混凝土預鑄蓋板依契約詳細價目表「鋼筋混凝土預鑄蓋板」項目計價。契約單價包括鋼筋混凝土預鑄蓋板及格柵製作與安裝所需之材料、人工、工具、設備及搬運等一切費用。
- 4.2.3 清水排水系統依契約詳細價目表「清水排水系統（註明管徑）」項目計價。契約單價包括開挖、縱向透水管及橫向集水管供給與埋設、檢測、透水試驗、附件組裝、回填（含透水料）、混凝土（或多孔隙混凝土）等工作所需之人工、材料、工具、設備、搬運及完成本工作項目之一切費用。
- 4.2.4 鋼筋混凝土地下排水管依契約詳細價目表「鋼筋混凝土地下排水管（註明管徑）」項目計價。契約單價包含所有人工、材料、槽溝開挖、回填、管周圍之透水材料或混凝土及附屬為完成本工作所需之一切費用。
- 4.2.5 排水人孔依契約詳細價目表「排水人孔（註明型式）」項目計價。契約單價包含所有人工、材料、模板、機具設備、開挖、回填、夯實、框架與蓋板及其他為完成本項工作所需之一切費用。

<u>工作項目名稱</u>	<u>計價單位</u>
預鑄緣石	公尺
鋼筋混凝土預鑄蓋板	公尺
清水排水系統（註明管徑）	公尺
鋼筋混凝土地下排水管（註明管徑）	公尺
排水人孔（註明型式）	座

〈本章結束〉