

CIM 導入指南（草案）

第1篇 共通篇

平成 29 年 3 月

國土交通省

CIM 導入推進委員會

目錄

前言	1
第 1 篇 共通篇	4
第 1 章 總則	4
1.1 CIM 導入目的及導入方針	4
1.1.1 CIM 導入目的	4
1.2 現況及未來目標	8
1.3 有效活用 CIM 的方法	9
1.3.1 導入 CIM 的效果（概要）	9
1.3.2 導入 CIM 的活用事例	10
1.4 CIM 模型的概念及詳細度	18
1.4.1 CIM 模型概念	18
1.4.2 CIM 模型分類	19
1.4.3 CIM 模型詳細度	23
1.4.4 製成 CIM 模型事前協議及交接清單	28
1.5 CIM 模型的提交形態	29
1.5.1 CIM 作業的完成品範圍	29
1.5.2 完成品的資料夾構成	30
1.6 用語定義	32
第 2 章 測量	35
2.1 設計時所要求的地形模型（精度等）	35
2.2 地形模型的製作步驟	43
2.2.1 攝影測量	43
2.2.2 雷射測量	45
2.3 CIM 模型所進行之測量方法	47
2.3.1 CIM 模型所利用的三維測量方法概念	47
2.3.2 車載攝影雷射測量	48
2.3.3 航空攝影測量	52
2.3.4 航空雷射測量	53
2.3.5 地上雷射測量	54
2.3.6 利用 UAV 所拍攝的航空照片進行三維點雲測量	56
2.3.7 UAV 雷射測量	59
2.3.8 空載測深光達（Airborne Laser Bathymetry: ALB）	61
2.3.9 多波束測深	62
2.3.10 其他新型測量方法	65

2.4	測量用語解說與注意事項	67
第 3 章	地質及土質調查	73
3.1	製成及活用地質及土質模型的相關基本概念	73
3.1.1	製成地質及土質模型的基本方針	73
3.1.2	地質及土質模型的運用概念	74
3.2	地質及土質模型的種類及概要	75
3.3	地質及土質模型的構成（範例）	79
3.3.1	資料構成（範例）	79
3.3.2	屬性資訊（範例）	80
3.4	地質及土質模型的製作步驟（範例）	84
3.4.1	處理座標時的注意事項	84
3.4.2	鑽探模型（範例）	85
3.4.3	紋理模型（範例）	89
3.4.4	準三維斷面圖（範例）	93
參考文獻		97

前言

「CIM 導入指南」(以下稱為「本指南」)是以「讓公共工程相關人員(發包者及接案者等)可順利導入 CIM (Construction Information Modeling / Management)」為目的，並依照下述定位所制定。

【本指南的定位】

- 利用至今為止在 CIM 試行工程中得到的相關知識及軟體本身的功能水準為根據，以現階段可活用 CIM 的項目作為中心，在本指南中，除了記載 CIM 模型詳細度、發包者及接案者的工作、基本作業流程、以及注意事項之外，也同時針對 CIM 模型的製成指南(基準目標)及運用方法(案例)進行說明，以供參考。
- 在 CIM 模型的製成方針及運用方法上，本書的目的並不是要求讀者完全按照記載事項進行，而是參考本指南，並依據所運用之工程的特性及狀況，經由發包者及接案者的判斷後，再進行 CIM 模型的製作及運用。
- 在公共工程中，除了需對應實行 CIM 過程中所遭遇到的問題外，也該因應軟體功能提升及相關基準整備，而持續改善並擴充本指南。

【本指南(平成 29 年版(西元 2017 年))適用對象】

透過導入 CIM，並藉由從傳統二維圖面轉為三維模型的業務變革及前期工作量(Front-Loading)，達到企業合作迅速達成共識、提高業務效率、品質、進而改善生產率之成效。

另外，本指南(平成 29 年度版)是以現行契約的二維圖面所進行的業務及工程的發包、實施、交貨為藍本，根據至今為止在 CIM 試行工程中所取得的實際成果與知識，以下述目標為運用對象所制定而成。

- 國土交通省直轄工程(土木)中設計與施工分開發包之業務、工程
- 已有運用 CIM 相關知識之領域：土工、河川、水壩、橋梁、隧道五個領域

在平成 29 年度後，透過導入 CIM 及其實施狀況，除了檢討加強有效運用 CIM 的方法之外，對於實際運用上所面臨的課題，也會進行必要措施及檢討對策，並因應對應方法，隨時修訂指南內容。此外，目前也在持續討論擴大目標領域以及適用多樣化競標方式的可能性。雖然上述提到目前是以國土交通省直轄工程作為運用首選，但關於 CIM 的概念及活用方式，今後可望也能於地方的公共團體展開。

【國土交通省中 CIM 的導入及推動相關措施系統】

國土交通省在平成 29 年度後開始導入及推動 CIM，整備其必要目標、方針、要領、基準，以及運用指南，進行系統性推廣作業。在依據本指南導入 CIM 時，建議可參照相關實施要領與各要領基準以進行相關作業。

國土交通省導入及推動 CIM 的相關措施系統

導入 CIM 所追求的全貌及未來展望（草案）	今後 CIM 追求的全貌及未來展望（※1）
• CIM 的階段性擴大方針（草案） • CIM 活用業務實施要領 • CIM 活用工程實施要領	• CIM 的階段性目標及達成時期（※2） • CIM 活用業務及工程對象（目標業務及目標工程種類、活用內容）、實施方法（發包、評分等）等（※3）
CIM 相關要領及基準	CIM 活用業務、工程實施時的規格及規定
CIM 導入指南（草案）	依 CIM 相關要領及基準，所進行之業務、工程，以及維持管理的解說與作業順序（CIM 導入目的、活用策略、製成 CIM 模型的方針（基準目標）等）

（※1）第 3 回 CIM 導入推動委員會資料 P32-P33(<http://www.mlit.go.jp/tec/it/pdf/shiryous3.pdf>)

（※2）第 3 回 CIM 導入推動委員會資料 P34-P37(<http://www.mlit.go.jp/tec/it/pdf/shiryous3.pdf>)

（※3）http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html

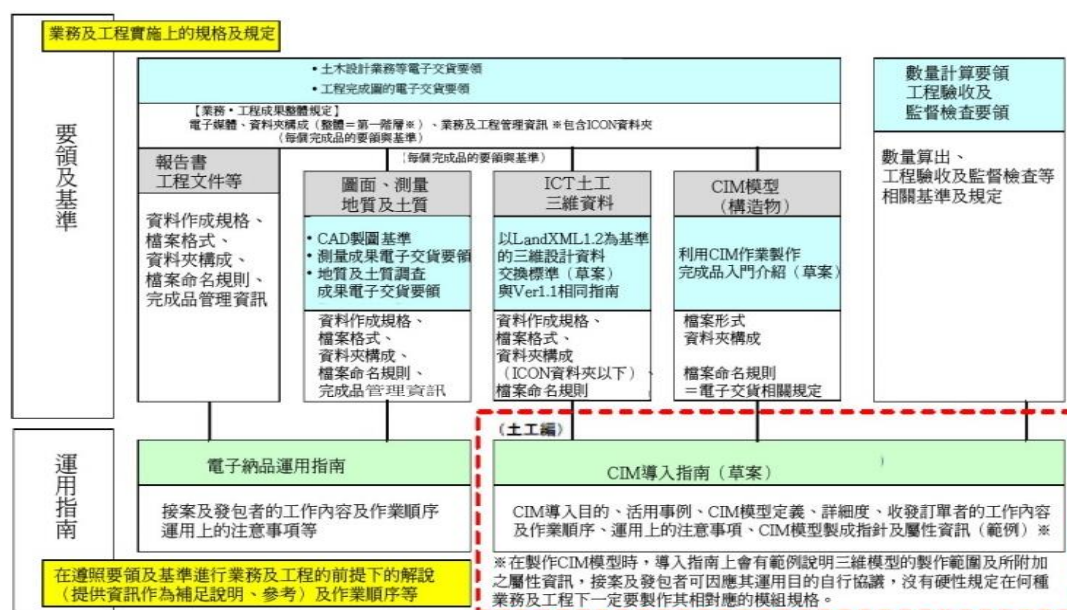


圖1 本指南的定位（與要領及基準間的關係）

【關於數字及英文字母的標記方式】

本指南中使用到包含中文的數字及英文字母時，無論參考及引用的資料或是本指南的上位階要領及基準中如何標記，在本書中均用半形英數字標記。但如必要時也可因應狀況改寫。

不過，當引用內容為圖表而無法更改內容文字時，在本書中會直接延用原始內容的標記方式。

【本指南的構成及運用】

構成		運用
第1篇 共通篇	第1章 總則	可適用於下述情形：在公共工程的各階段（調查及設計、施工、維護管理）中導入 CIM 時。
	第2章 測量	
	第3章 地質及土質	
第2篇 土工篇		適用於下述情形：以道路土工及河川土工為對象，在測量階段中使用 UAV 等進行公共測量時；在設計階段（土工的三維設計）中製成三維數據時；在施工階段（ICT 活用工程）中將三維數據運至資訊化施工時。
第3篇 河川篇		適用於下述情形：以河川堤防及構造物（水閘、水口等）為對象，在調查及設計階段利用 CIM 的概念製成模型；將製成的堤防及構造物模型運用在實際施工時；將調查、設計，以及施工時所製成的堤防及構造物模型運至維持管理方面。
第4篇 水壩篇		適用於下述情形：以堆石壩、混凝土重力壩為對象，在調查及設計階段利用 CIM 的概念製成模型；將製成的模型運用在實際施工；將調查、設計，以及施工時所製成的模型運至維持管理方面。
第5篇 橋樑篇		適用於下述情形：以橋樑的上部結構（鋼橋、PC 橋）與下部結構（RC 下部結構（橋台、橋腳））為對象，在調查及設計階段利用 CIM 的概念製成模型；將製成的模型運用在實際施工；將調查、設計，以及施工的所製成的模型運至維持管理方面。
第6篇 隧道篇		適用於下述情形：以山岳隧道構造物為對象，在調查及設計階段利用 CIM 的概念製成模型；將製成的模型運用在實際施工；將調查、設計，以及施工的所製成的模型運至維持管理方面。

在各領域篇章（第 2 篇到第 6 篇）中，將施工階段開始到三維數據（第 2 篇），與 CIM 模型（第 3 篇到第 6 篇）的製作、活用，設為適用範圍。此外，從第 3 篇到第 6 篇，也可參考上述記載以外的工程種類以及工法。

【修訂履歷】

基準名稱	內容	製成及修訂者
CIM 導入指南（草稿） 平成 28 年 8 月	制定平成 28 年度 CIM 試行業務及 工程的評估版	國土交通省 CIM 導入推進委員會
CIM 導入指南（草案）	制定平成 29 年度以後的 CIM 活用 業務及工程的適用版	國土交通省 CIM 導入推進委員會

第 1 篇 共通篇

第1章 總則

1.1 CIM 導入目的及導入方針

1.1.1 CIM 導入目的

(1) CIM 的概念

CIM (Construction Information Modeling/Management) 藉由在計畫、調查、設計階段中導入三維模型，使其在之後的施工及維護管理各階段都能與三維模型連動發展，讓整體作業的相關人員可以容易地共享資訊，最終目的就是要改善一連串的建設生產系統，並使其更有效率。

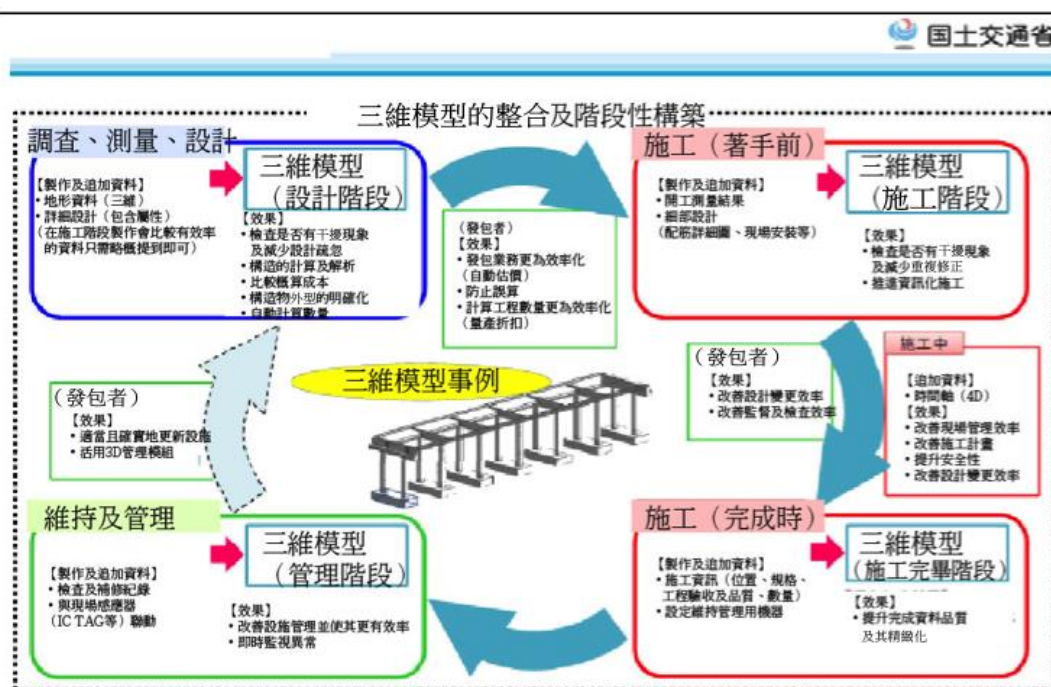


圖1-2 CIM的概念

（2）CIM 的定位

將建築領域中的”BIM”（Building Information Modeling）擴大導入至營建領域，藉由在計畫、調查，及設計階段導入三維模型，使其在之後的施工與維護管理各階段皆能與三維模型進行連動及發展，進而讓作業相關的全體人員間可以共享資訊，可望使一連串營建生產系統得以提升其效率及品質。

（3）CIM 可望達成的目標

活用最新的 ICT（Information and Communication Technology）技術，透過在建設生產系統的計畫、調查、設計、施工、管理等各階段中的資訊共享來構築更有效率且品質更高的營建生產系統。

除了可望大幅減少錯誤及重工、減輕簡易作業、縮短施工工期等可提升施工現場安全性、生產效率及經濟效果之外，也可因為公共基礎設施進行更為完善的整備及維護管理計畫，最終得以提升國民生活水準，激勵營建業界從事人員，使其在心靈上更感充實。

透過導入CIM作業提升營建生產系統的生產性

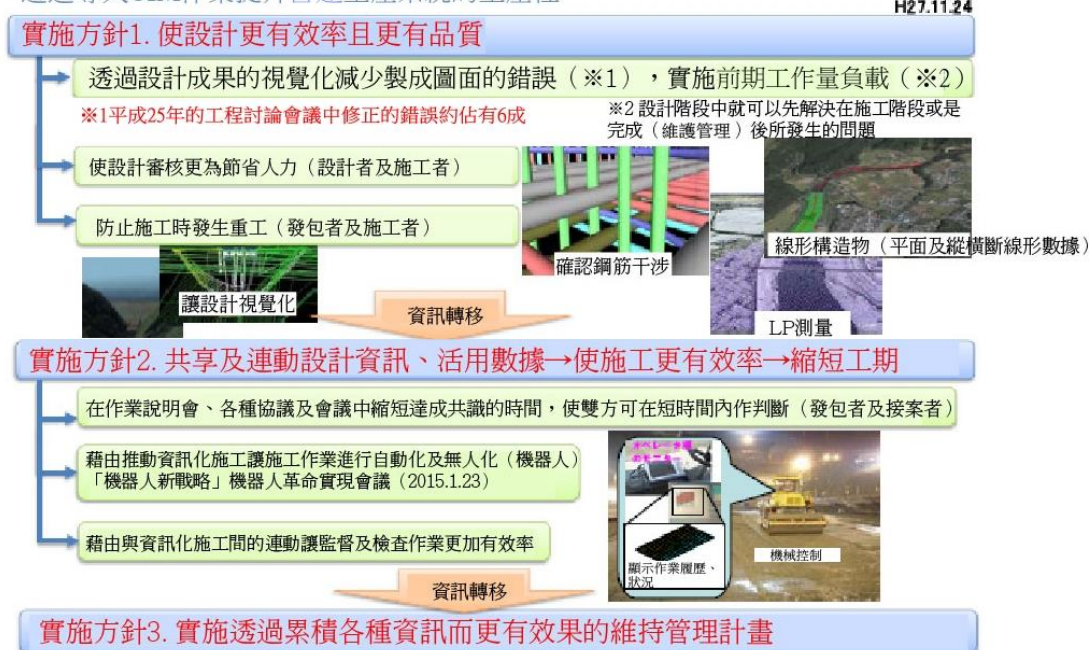


圖3 透過導入CIM作業提升營建生產系統生產性之概念圖

出處：「第8回CIM制度檢討會 資料」（CIM制度檢討會・平成27年11月24日）

(4) CIM 的導入效果

「前期工作量負載 (Front-Loading)」及「同步工程 (Concurrent Engineering)」皆為用來表示 CIM 導入效果的用語。以下將透過介紹此 2 項用語作為範例，說明 CIM 作業可望達到的效果。

1) 前期工作量負載 (Front-Loading)

所謂的前期工作量負載指的是在工程初期 (Front) 中加重工作量，於工程初期集中討論，以防範在日後工程進行時產生需要變更規格或是重工的問題，其目標為減短工期並提升品質。在 CIM 作業中預期可得到下述效果：

- 設計階段：

進行下述事項以預防施工階段中的重工作業：透過設計成果的視覺化以防止設計疏失、檢查混凝土構造物的鋼筋干涉、檢討假設工程的妥當性、檢查施工順序。

- 設計階段、施工階段：

將維護管理所需資訊事先賦予 CIM 模型，以便在進行維護管理時提升作業效率，並在發生災害時可迅速因應。

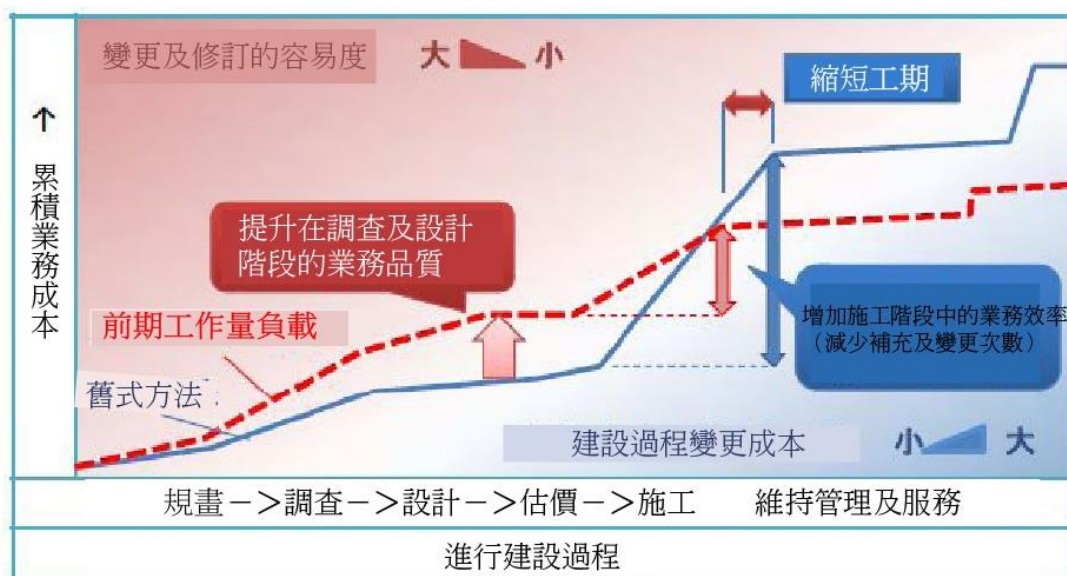


圖4 CIM作業中透過前期工作量負載所得到的效果概念圖

2) 並行工程 (Concurrent Engineering)

所謂的並行工程指的是製造業同時進行多個構成開發過程的工程，藉由各部門間進行共同作業及資訊共享，以求縮短開發期程及減少成本的方法。

在 CIM 中可預期得到下述效果：

- 在設計階段反應出施工負責人的見解以確保施工正確性及啟用後的品質，甚至也能改善景觀及增加使用設施的舒適度。

- 在設計階段反應出維護管理負責人的見解，排除在維持管理方面的疑慮（如：避免設計出材質強度不足的部位）。此外，也可以在設計及施工階段，以方便運用的形式提供日後維護管理時所需的資訊，藉此提升維持管理的效率及品質。
- 讓所有作業相關人員進行共同作業，以便迅速達成共識及縮短等待時間，進而減少工期及整體作業期間。

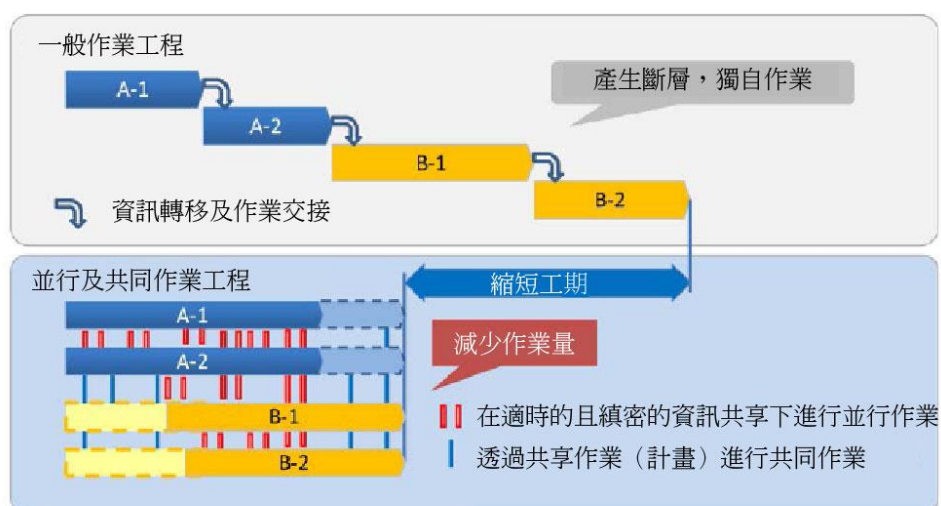


圖5 並行工程（並行作業及共同作業）的效果概念圖
出處：CIM技術檢討論資料 平成24年度報告書

1.2 現況及未來目標

自平成 24 年度便開始試行 CIM，在可適用的過程及範圍內製成及運用 CIM 模型，並對其進行驗證。今後將會在規畫、調查、設計、施工、維護管理等各階段與 CIM 模型連動，讓營建生產系統更有效率。未來的目標是讓整體過程都可共享 CIM 模型，以提升營建生產系統的品質，進而也可活用至其他領域。

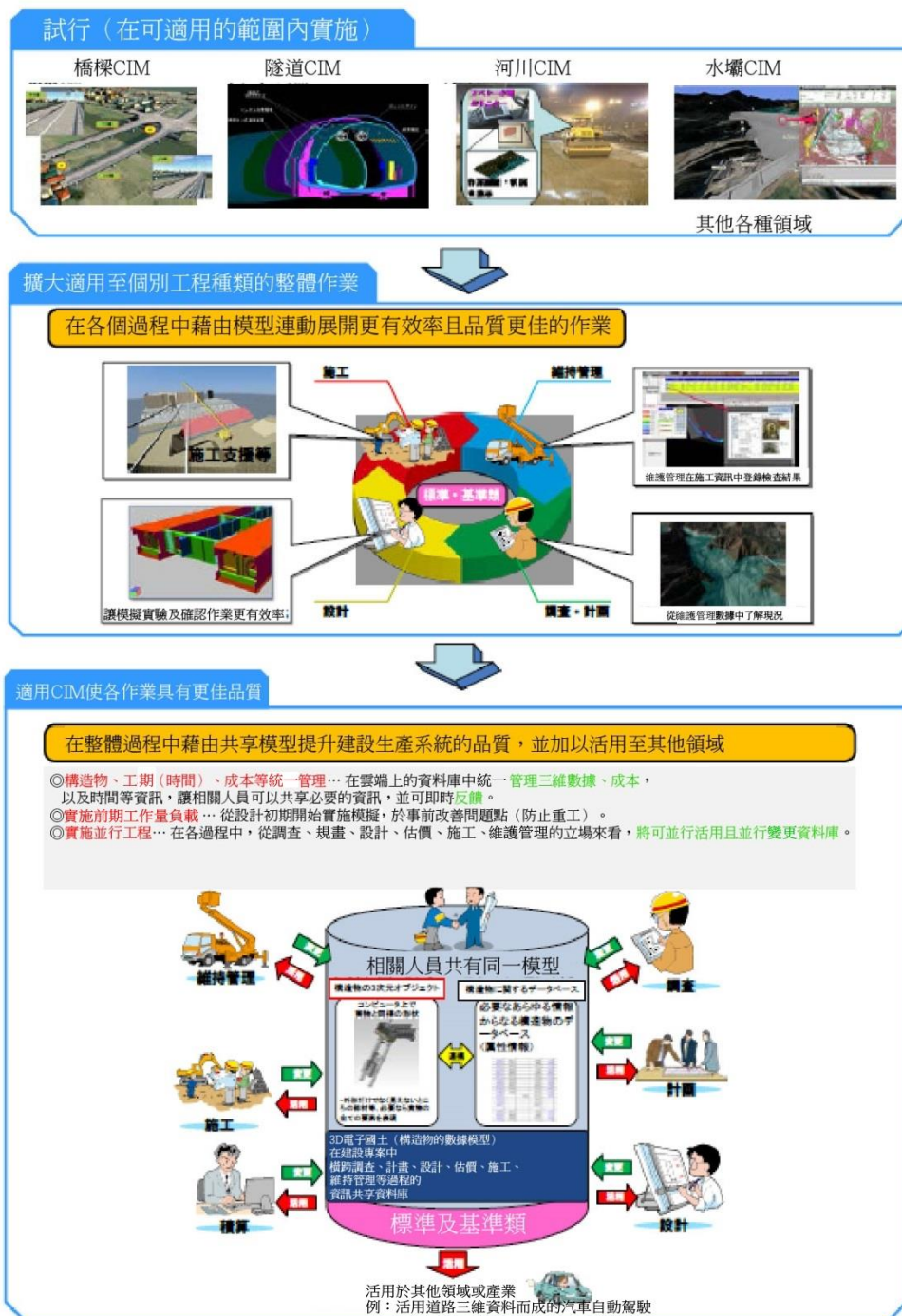


圖6 CIM的現況以及未來目標
出處：社會基盤資訊標準化委員會 特別委員會資料

1.3 有效活用 CIM 的方法

1.3.1 導入 CIM 的效果（概要）

導入 CIM 作業可望得到下述效果：

- ①利用及活用資訊（設計視覺化）
- ②設計最佳化（確保整合性）
- ③改善施工品質（資訊化施工）、判斷迅速化
- ④使維護管理作業更有效率，品質更高
- ⑤構造物資訊的統一化與統合化
- ⑥以評估環境性能及解析構造為目標

【解說】

上述效果不僅可望使發包者、接案者與相關人員可以順暢溝通，在規畫、調查、設計、施工、以及維護管理等組織內部個別作業時，也可期待得到更有效率且品質更佳的結果。此外，充分活用 CIM 的發包者（管理者）與接案者雙方都必須具備相關知識及技能，且可明確分配各自工作範圍之外，透過共享模組構築一個讓彼此都可以順利交換資訊的環境也是不可缺的要素。

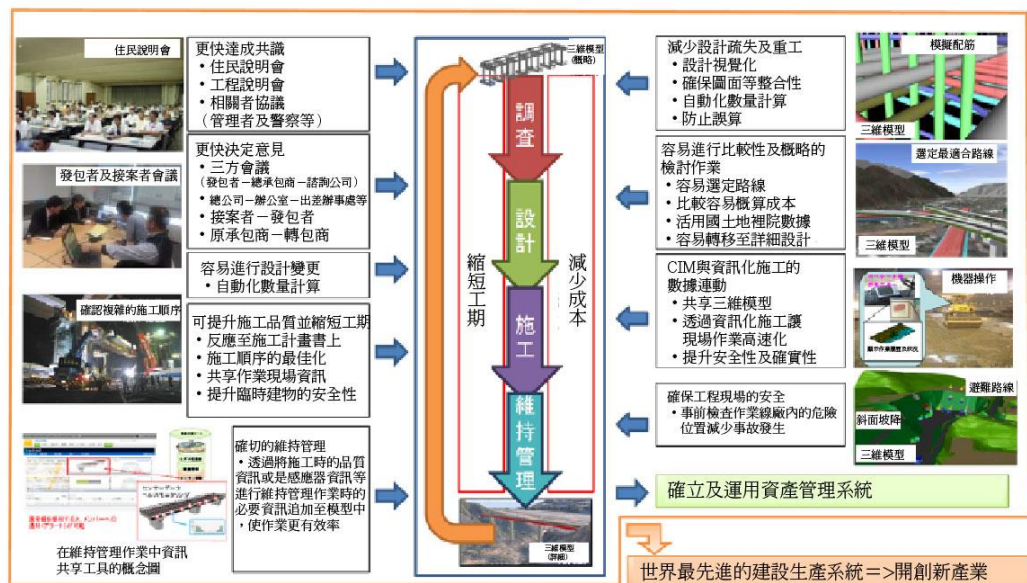


圖7 導入CIM的效果

出處：國土交通省 第7回 CIM技術檢討會資料

1.3.2 導入 CIM 的活用事例

國土交通省於平成 24 年度開始展開 CIM 試行作業，至平成 27 年度為止總共進行了 165 件業務及工程。以下將針對試行作業中效果特別顯著的運用事例進行說明。

(1) 設計階段中的運用事例

此處將說明設計階段中透過試行作業得到顯著效果的運用事例及概念圖表。

表 1 平成 27 年度 CIM 試行作業（業務）中效果顯著的運用項目及驗證內容

主要運用項目	主要驗證內容
設計會議（協議）	透過視覺化減少條件誤認等問題，並利用共享數據模型提升效率
運用於地質模型	運用於地質模型讓設計判斷的進行更為迅速
設計比較檢討	透過視覺化更快達成共識
相關機關協議	透過視覺化更快達成共識，也讓相關人員的協議更有效率
景觀設計及檢討	透過視覺化使景觀的檢討作業更有效率
現場勘查	透過作業現場的視覺化讓現場勘查更有效率
利用 3D-CAD 計算數量	改善計算數量作業的效率
設計審核	透過視覺化讓審核作業更有效率
檢討臨時建物及施工計畫	施工階段的視覺化等方式更快達成共識

出處：國土交通省 第 9 回 CIM 制度檢討會資料

1) 透過視覺化加速相關者協議，使其更快達成共識

在地方說明會等場合，利用三維模型或是立體模型說明計畫內容，促進相關人員互相理解，進而加速達成共識。

- 在地方說明會中活用3D模型說明計畫。
- 地方居民對於實際模型的反應尤其良好，可有效促進其對於計畫的理解。



一邊提出3D模型（投影PC畫面），
一邊說明計畫的變更處。



將3D模型用3D列表機輸出，活用該模型
說明道路及水路高度，並討論恢復方法。

2014.02.12 安藝津BP 地方說明會

圖8 透過視覺化使進行協商會議更為順暢的示意照

2) 使計算數量作業更有效率

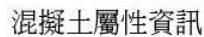
事先將地形資訊進行三維化便可自動算出施工預定區間內的挖方及填方土量。



圖9 透過三維化自動計算數量概念圖
出處：國土交通省 第7回 CIM制度檢討會資料

製成構造物的三維模型，藉由賦予每個構成部材相關資訊作為屬性資訊，
可自動計算每種部材或是材料的數量。

名稱	混擬土數量 (m3)	鋼筋數量 (kg)
沉箱	1,968	227,198
柱	1,138	108,821
内芯Co	398	—
合計	3,504	336,019



3) 透過視覺化改善檢討景觀作業的效率，並使協商會議可順暢進行

試行業務內容	道路預備設計	中央地方整備局
效果事例	在預備設計中的橋梁構造比較進行整體景觀檢討作業	
橋樑案 拉麵店鋪案 補強土案		
＜道路構造比較検討＞ 進行橋梁、連續拉麵店鋪、補強土構造間的比較検討，在確認景觀的同時選定道路構造。		

- 圖11 透過視覺化確認複數景觀概念圖
出處：國土交通省 第7回 CIM技術檢討會資料

第 1 編 12

將二維圖面轉換為三維模型可在短時間內確認到平面圖較難發現的不整合地點，藉此提升審核作業的效率。

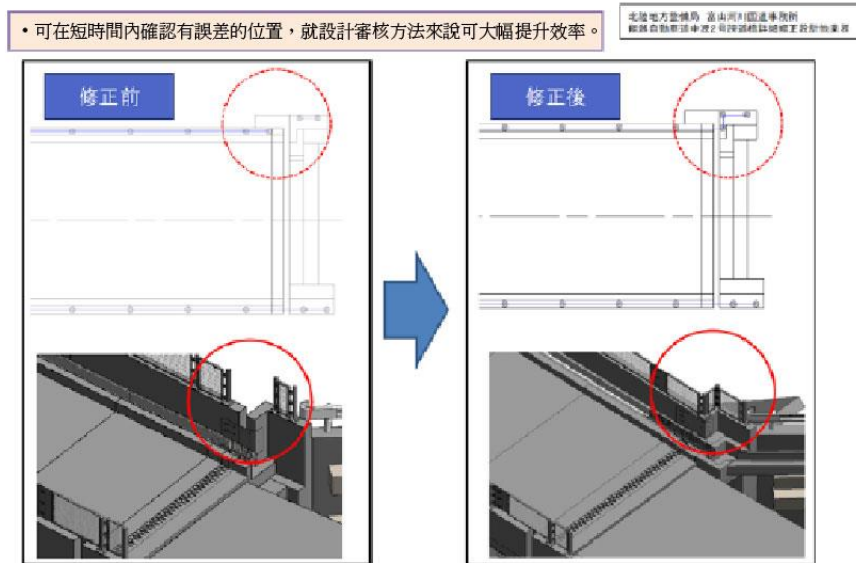


圖12 透過視覺化改善審核作業的效率概念圖
出處：國土交通省 第7回 CIM制度檢討資料

5) 檢討所想定未來檢查及補修作業檢查動線

在梁端部的位置，有時會被橫樑或是支承包圍成一個狹隘空間，如果考量到還要裝設制震阻尼器等橋樑附屬物時，將未來維護管理的檢查作業及檢查動線加以視覺化，便可在設計階段時透過補修作業的想像圖進行檢討，預防日後進行維護管理作業時發生問題，並改善其效率。

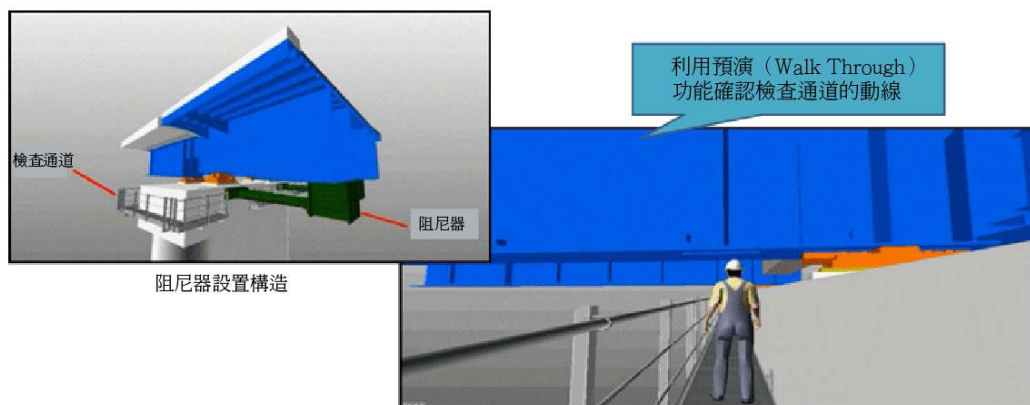


圖13 確保橋腳檢查通路的檢查動線概念圖
出處：國土交通省 第7回 CIM制度檢討會資料

(2) 施工階段中的運用案例

此處將說明在施工階段中透過試行作業得到顯著效果的運用案例及運用概念圖表。

表 1 平成 27 年度 CIM 試行作業（工程）中效果顯著的運用項目及驗證內容

運用項目	主要驗證內容
安全教育及安全管理	透過施工對象的視覺化改善預防危險行動及提升安全對策
品質管理及施工管理	藉由模型進行施工紀錄管理（屬性數據化），改善品質管理及施工管理的效率
工程驗收管理	交互利用測量機器及模型，改善測量作業的效率
檢討施工計畫	透過視覺化的施工步驟改善施工調整的效率 在視覺化階段所進行的模擬作業可改善施工步驟計畫的效率 透過視覺化的施工階段可改善進行協議及說明的效率
設計審核	鋼筋干涉檢查等審核作業效率化

出處：國土交通省 第 9 回 CIM 制度檢討會資料

1) 透過視覺化的施工對象加強安全管理

藉由視覺化的施工步驟事先確認危險作業及位置。

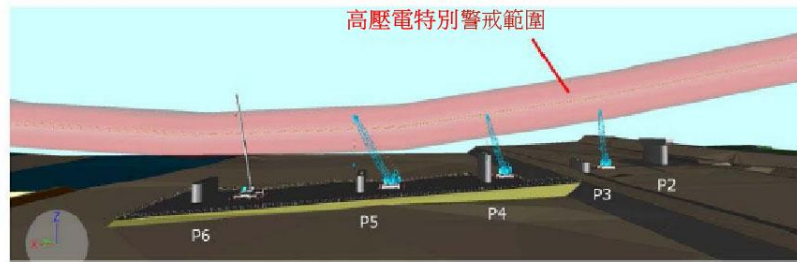


圖14 透過視覺化施工步驟所進行的KY活動概念圖
提供：株式會社大林組

在進行施工計畫時，透過三維模型可輕易了解施工對象與周邊環境的關係，因而提升其安全性。

加強安全管理

活用三維模型的特別高壓電線對策



透過三維模型可直覺性地了解高壓電特別警戒範圍與起重機間的關係
=>運用至施工計畫的立案以及合作廠商的施工前教育訓練上即可提升安全性

圖15 高壓電特別警戒範圍的確認圖

出處：前田建設工業株式會社 工表作成資料

4

2) 檢討施工計畫，改善施工步驟計畫及工期管理的效率

將設計階段所製成的三維模型用施工階段（時間軸）來表現，將可得到視覺化的施工步驟及數量，進而改善確認施工步驟或是工期管理的效率。也可連帶提升資材及器材調度的效率，進而達成最佳化。

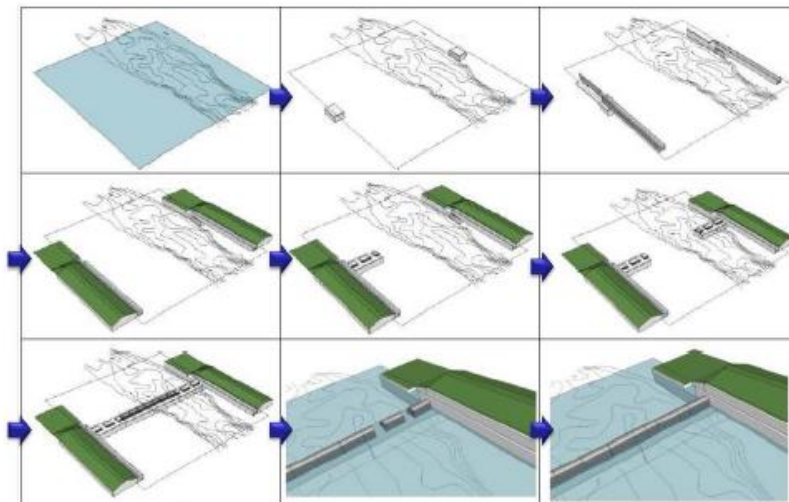


圖16 三維資料 + 時間軸的工程管理概念圖

提供：一般財團法人先端建設技術中心

3) 工程驗收管理

藉由與測量機器間的連動，將工程驗收資訊反應至三維模型上，便可利用視覺作業比較其與設計數據間的差異^一，也可望帶來迅速計算數量及因應設計變更的效果。

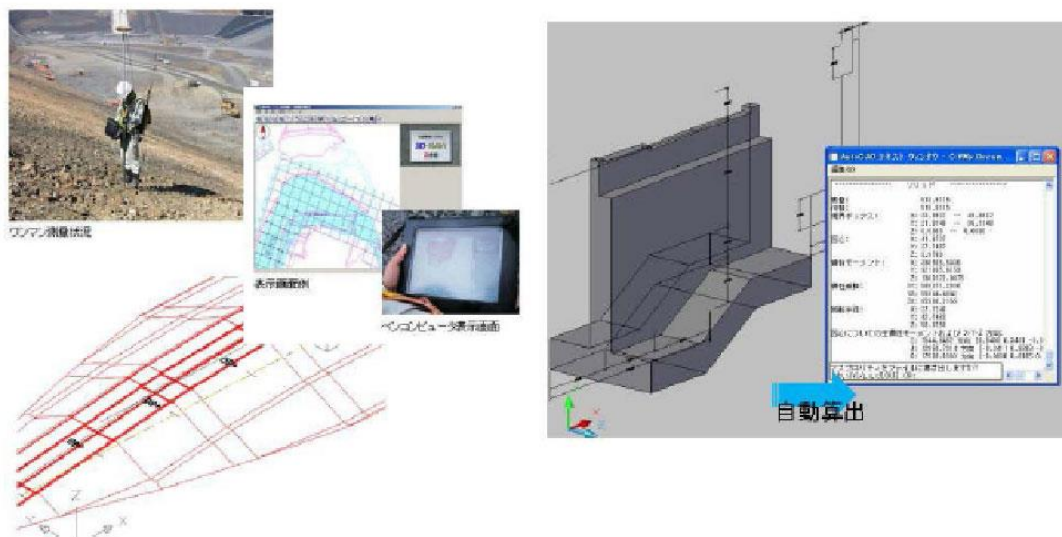


圖17 工程驗收管理及數量自動計算概念圖

4) 透過檢查鋼筋干涉改善審核設計的效率

製成鋼筋相關的三維模型可輕易確認鋼筋間是否互相干涉。

- 在二維設計圖面中不易檢查的立體干涉也變得可行

(關東地方整備局 横濱國道事務所)
H23IC及JCT主線第一橋樑詳細設計業務

■ 干涉部位：樁鋼筋與底板鋼筋的干涉

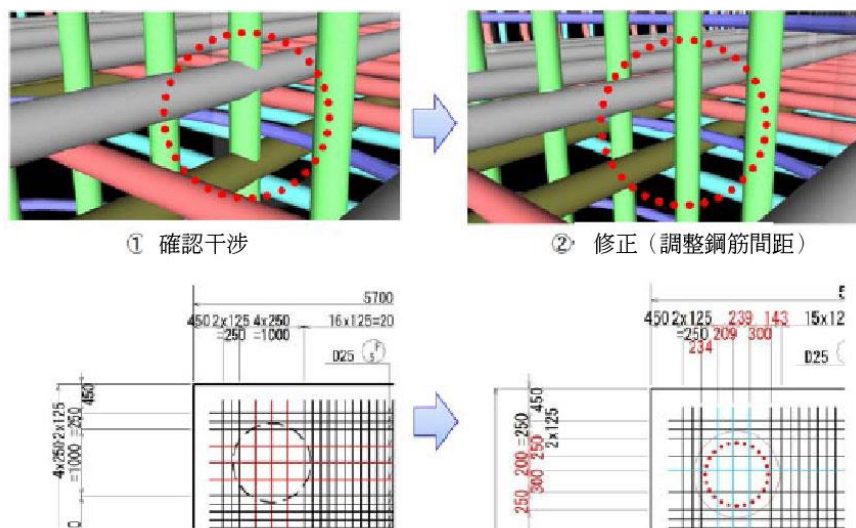


圖18 藉由視覺化確認干涉概念圖

出處：國土交通省 第7回 CIM制度検討會

(3) 維護管理階段中的運用案例

在維護管理階段中，如圖 19 所示，會利用 GID 等資訊基盤統一管理在調查、設計、施工等各階段中所製成的各種數據（三維模型、屬性資訊等），並讓相關人員皆可共享、運用所有數據。

在事務所中構築以管理路線為對象的 GIS 基底平台（圖 19 的①），接著便可以從平台上開啟各構造物的 CIM 模型，直接進行資訊檢索。

- 將設計及施工階段所製成報告書、圖面、工程記錄等必要的屬性資訊賦予在調查、設計、施工階段中所製成的各構造物 CIM 模型（圖 19 的③）上，藉此構築出維護管理階段中所運用②的各構造物 CIM 模型。
- 再者，將各構造物維護管理階段中所製成及更新的檢查紀錄，與既有的維持管理 DB（圖 19 的④）紀錄連結至 CIM 模型（圖 19 的②），藉由日常進行蒐集並統合資訊，希望能統一管理維護管理資訊以及資料檢索等方面的作業效率。
- 今後透過嶄新的 ICT 技術在檢查及診斷方面所累積的數據，或是活用三維模型所進行的 FEM 解析、劣化預測等應用面上，都能期待充分運用 CIM 所得到的效果。

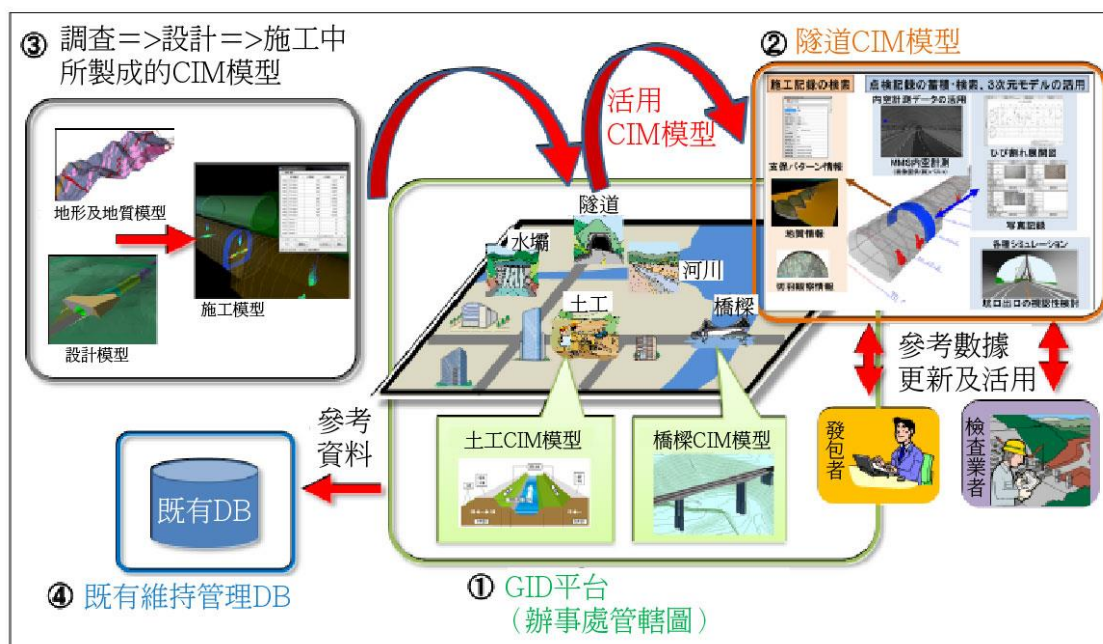


圖 19 將管轄圖作為平台的維持管理概念圖（以隧道 CIM 模型為例）

1.4 CIM 模型的概念及詳細度

1.4.1 CIM 模型概念

所謂的 CIM 模型指的是利用三維表現出目標構造物的形狀，結合「三維模型」與「屬性資訊」所得的結果。

- 三維模型：指利用三維立體的方式呈現目標構造物的形狀資訊。
- 屬性資訊：指賦予三維模型中部材（零件）的資訊（部材名稱、形狀、尺寸、物性及物性值（強度）、數量，以及其他的賦加資訊）。

此外，屬性資訊可分為兩類，其一為將構造物的部材要素及數量等數據作定型化處理後，再透過軟體功能設定成「直接賦予三維模型的屬性資訊」；其二為將文件或圖面等非定型資訊作為「外部參照檔案」的「三維模型外部參照的屬性資訊」。

此處以構造物為例作說明，其 CIM 模組將會如下圖所示。

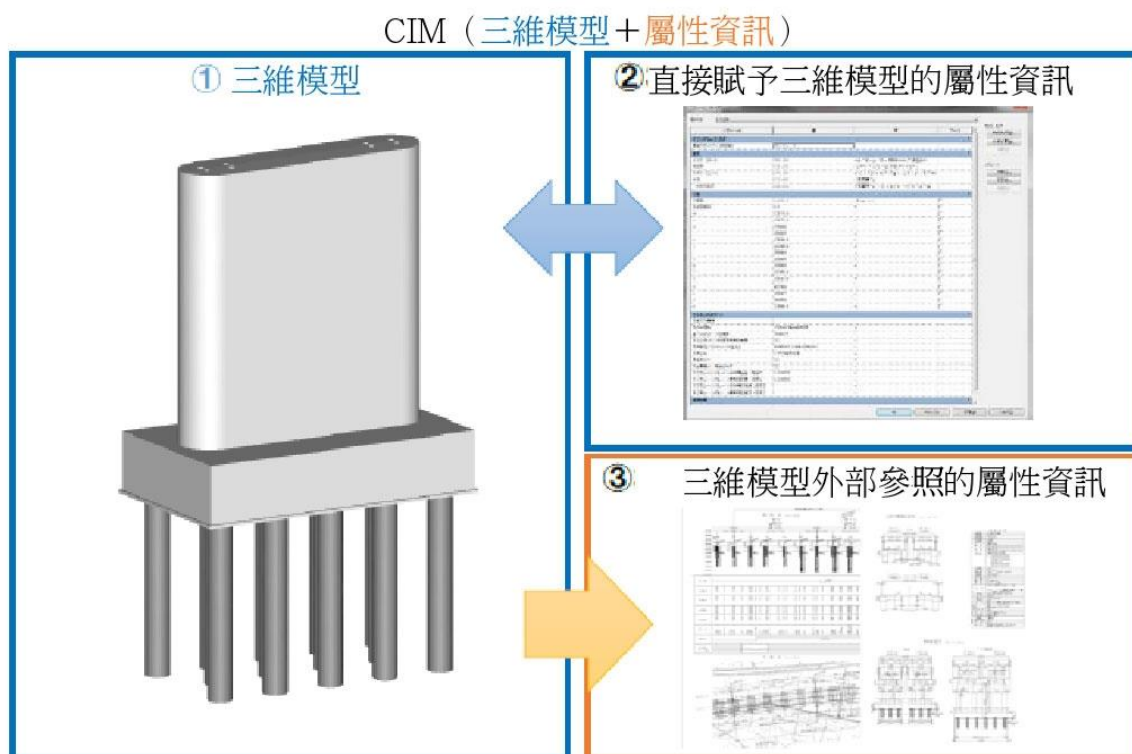


圖24 三維模型與屬性資訊的關係（以構造物為例）

1.4.2 CIM 模型分類

CIM 模型會根據每種構造物或地形的分類進行製成、更新，以及管理作業。組合各個 CIM，再因應製成用途對整體 CIM 模型進行全盤了解的方式就稱為「整合模型」

(1) 線形模型

線形模型為表現道路中心線或是構造物中心線的三維模型。

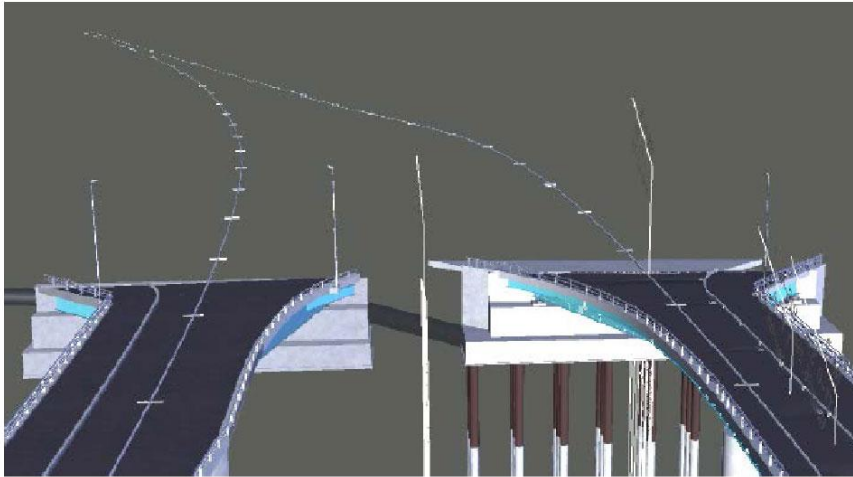


圖21 線形模型範例

(2) 土工形狀模型

土工形狀模型為用來表現填方及開挖，利用曲面模型所製成。

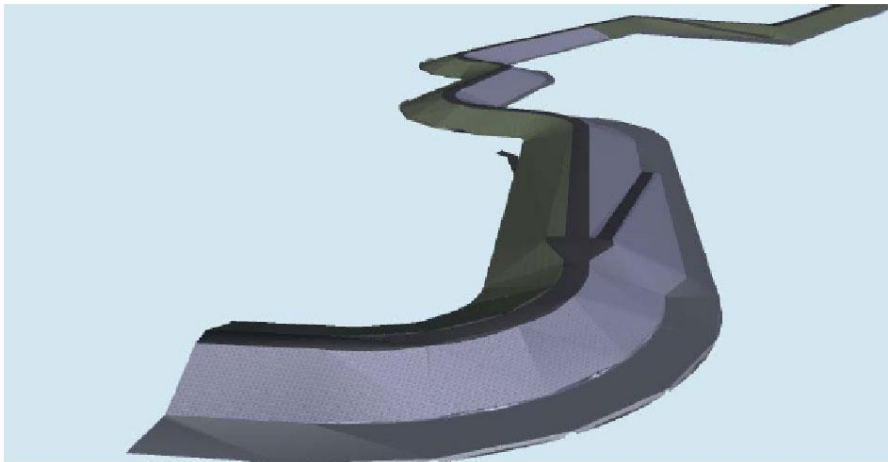


圖22 土工形狀模型範例

(3) 地形模型

一般來說，現況地形模型的製成需根據數值地圖（國土基本資訊）或是實際測量成果，再透過 TIN（Triangulated Irregular Network）或是紋理圖像作為數值高程模型來表現。有時也會利用以航空照片圖或測量結果為基礎所製成之正射影像作為紋理圖像所使用。

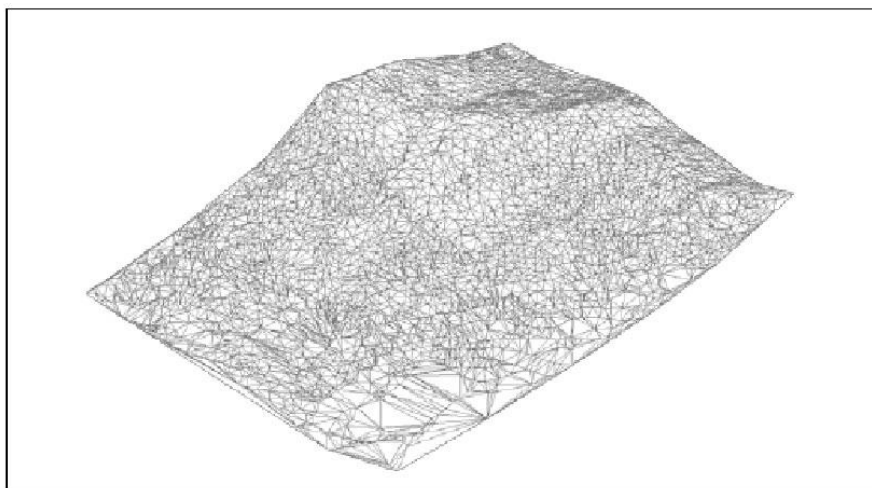


圖23 地形模型範例

(4) 構造物模型

所謂的構造物模型，指賦予屬性資訊至構造物或是假設工程建物的三維模型後所得之物。

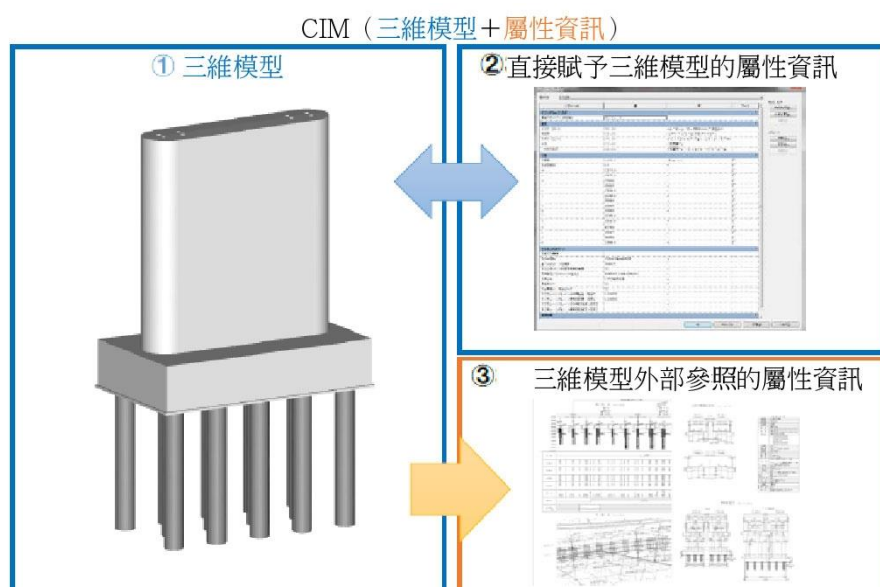


圖24 三維模型與屬性資訊的關係（以構造物為例）

a) 三維模型

「三維模型」指構造物的外部形狀，主要透過三維 CAD 等工具利用實體 (Solid) 方式呈現。

b) 屬性資訊

屬性資訊包括構造物整體和構成部材等要素 (部材名稱、形狀、尺寸，及物性、規格、數量等)、設計時的計算結果及圖面、施工時的品質記錄、維護管理時的檢查紀錄，還有補修履歷等。另外屬性資訊可分為兩類，其一為「直接賦予三維模型的屬性資訊」(如圖 24 中的②)，會直接賦予資訊至「三維模型」(如圖 24 中的①)；其二為「三維模型外部參照的屬性資訊」(如圖 24 中的③)。

(5) 地質及土質模型

地質及土質模型是將地質鑽探柱狀圖、表層地質圖、地質斷面圖等地質及土質調查成果在三維空間內以 CAD 數據的方式所配置之模型。

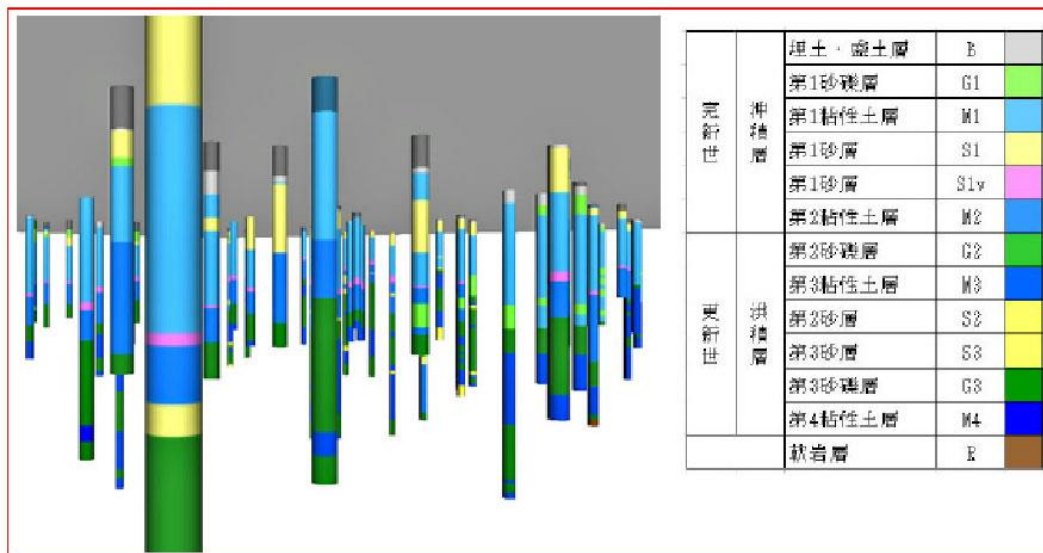


圖25 地質及土質模型範例

(6) 廣域地形模型

廣域地形模型指包含數值地圖（國土基本資訊）等目標地區的廣域範圍地形模型，及建屋等三維模型。在地表會利用 TIN (Triangulated Irregular Network) 來表現。有時也會使用航空照片圖或測量成果為基礎所作成的正射圖像作為紋理圖像。

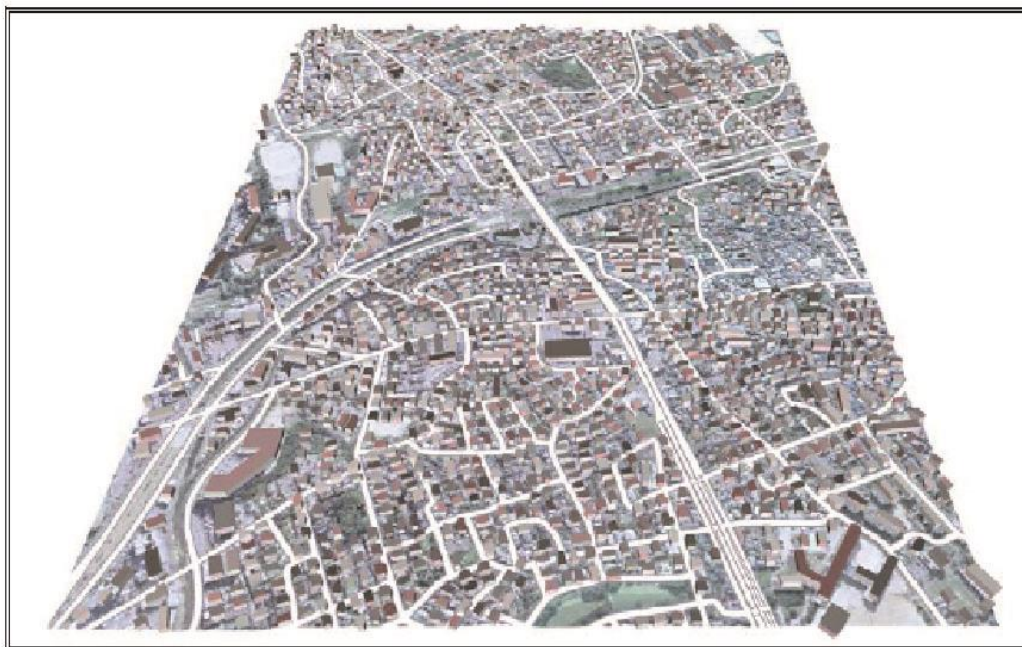


圖26 廣域地形模型範例

(7) 整合模型

整合模型為將線形模型、土工形狀模型、地形模型、構造物模型、地質及土質模型、廣域地形模型等 CIM 模型進行統整後之模型。



圖27 整合模型範例

1.4.3 CIM 模型詳細度

(1) CIM 模型詳細度的運用

- 如從發包者得到製作三維模型的指示，發包者與接案者間，欲協議製成三維模型時，可利用本指南所定義之 CIM 模型詳細度進行協商。
- 當製作及提出三維模型時，如需要表示該模型的製作程度，可利用本指南所定義的 CIM 模型詳細度（以及因應必要的補充說明）來表示。

【解說】

「CIM 模型的精密程度（詳細度）」會因 CIM 模型的製成及活用目的而有所差異。因此在製作之前需經過發包者與接案者間的確認及協商後再行決定。

當沒有指標可表現三維模型的製作程度、製作範圍時，三維模型的製作與成果，會因為每個製作者的標準不一導致模型詳細度有所差異，因此便可能發生做白工或重工，以及造成混亂等問題。

在社會基盤情報標準化委員會特別委員會*中（事務局（一財）日本建設情報總合中心）已針對 CIM 模型的詳細度進行檢討。

※社會基盤情報標準化委員會為由產學官所組成的委員會，為實現「構築順暢的電子數據流通基盤」以及「創造整合性電子數據利用環境」，力求提升整體營建領域生產性。而特別委員會是為了對特定主題進行具體檢討所設置之委員會。

【CIM 模型詳細度 設定目的】

- 在發包者與接案者間建立將目標物製成三維模型程度的共同認知
- 讓接案者委託模型製作業者製作業務時可建立三維模型程度的共同認知
- 當從設計階段橫跨到施工等階段，因轉移數據而有需要用到三維模型時，可建立所需求的三維模型程度的共同認知

出處：土木領域中的模型詳細度標準（草案）（平成 29 年 2 月 社會基盤資訊標準化委員會特別委員會）

以下說明需要用到三維模型詳細度的具體利用場合。

- ①發包者與接案者間使用到模型詳細度的場合
- ②整合多個模型製作業者所製作之模型的場合



圖28 發包者及接案者間使用到模型詳細度的場合
出處：土木領域中的模型詳細度標準（草案）（平成29年2月 社會基盤資訊標準化委員會 特別委員會）

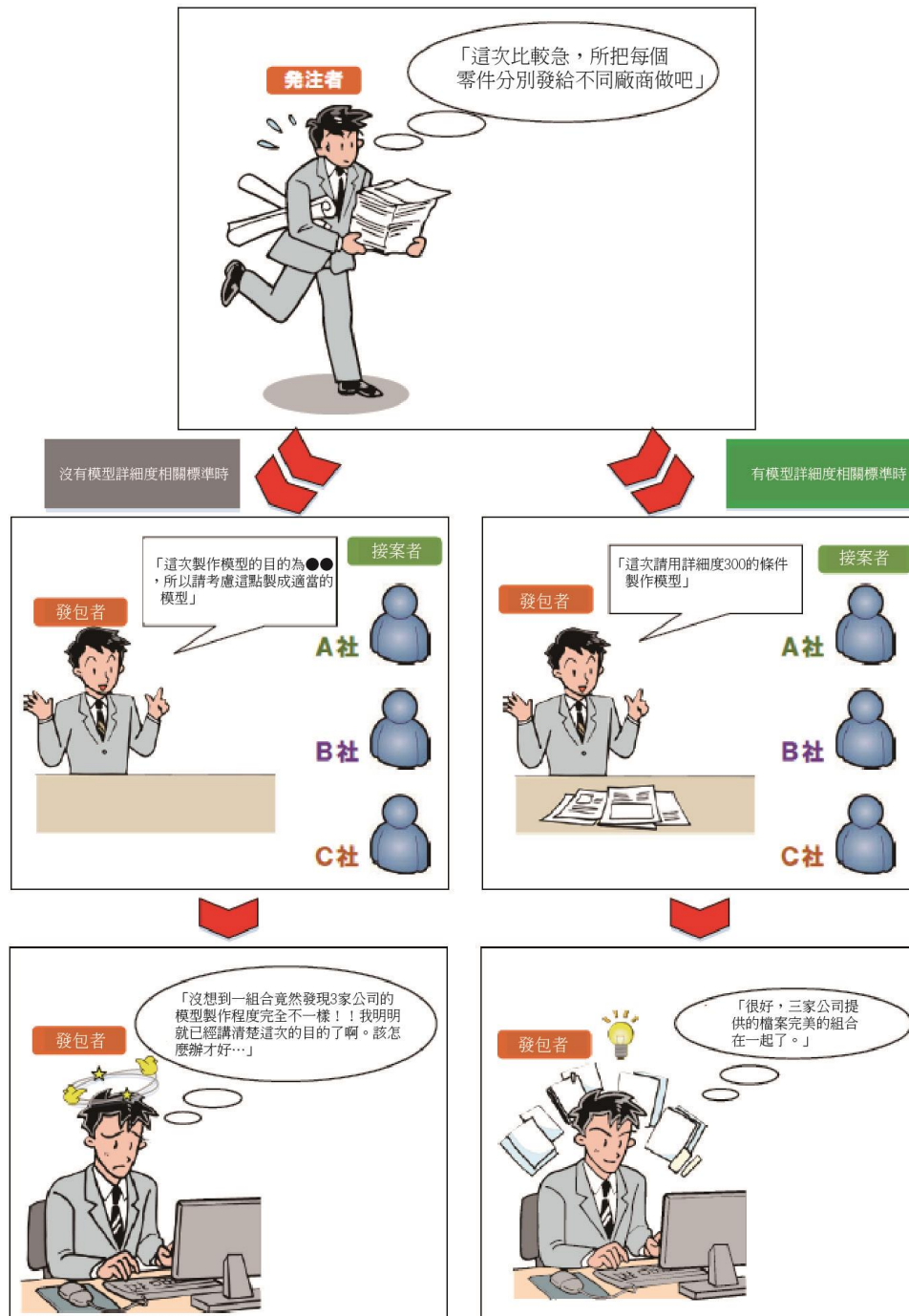
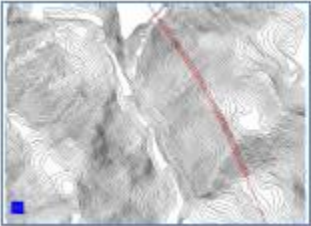
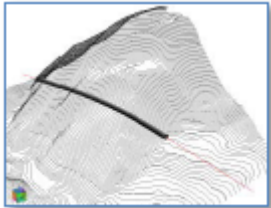
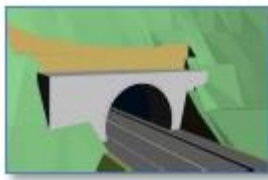


圖29 整合複數個模型製作業者所製作之模型的場合
出處：土木領域中的模型詳細度標準（草案）（平成29年2月 社會基盤資訊標準化委員會 特別委員會）

(2) CIM 模型詳細度的定義

下述為在各工種中製作 CIM 模型時共用的詳細度定義。各工程種類的詳細度記載於本指南的各領域篇章中。

表 3 CIM 模型詳細度（工種共通定義）

詳細度	共通定義	【參考】各工程種類的定義範例	
		構造物（山岳隧道）的模型化	樣品
100	將目標物用記號或線等單純形狀來表示位置的模型。	表示對象構造物位置的模型（隧道） 可了解隧道配置程度的矩形形狀或是線狀模型 	
200	在精密程度上為可了解目標物構造形式的模型。 在標準橫斷面中表現挖方及填方，或是以在各構造物一般圖面中所表示的標準橫斷面為對象範圍，使其經過 Sweep* 後再製成的模型。	在精密程度上為具有可確認構造形式之形狀的模型。 利用（隧道）計畫道路的中心線形與隧道標準橫斷面進行模型化。坑口部不製作模型，僅顯示位置。	
300	除了附屬工程等細部構造與連接部構造之外，會正確顯示目標物的外形之模型。	具有正確的主構造形狀的模型。 將（隧道）避難通道等拓寬部的形狀加以模型化。 以檢討結果為依據，將適用支保系統的範圍作為記號標註，並在輔助工法方面將目標工法設為模式記錄，用記號等方式將必要範圍進行模型化。 以正確的外觀、尺寸模型化坑口部。 模型化鋪面、排水工程等內空設備。 將預留孔位置的形狀設為模式記錄，以記號的方式在設置範圍內呈現。	
400	在詳細度 300 的模型加上附屬工程、連接部構造等細部構造，還有配筋部分都需正確模型化。	在詳細度 300 的模型加上所有模型化後的岩栓及配筋。 （隧道）將隧道本體與坑口部、預留孔部的配筋、內裝版、支保系統、輔助工法的形狀都正確進行模型化。	
500	將目標物的現實形狀完全且正確呈現的模型。	—	—

出處：土木領域中的模型詳細度標準（草案）（平成 29 年 2 月 社會基盤資訊標準化委員會 特別委員會）

※Sweep：讓描繪於平面上的圖形沿著某個基準線移動以進行三維化的技法。此處是讓隧道標準橫斷面沿著道路中心線形移動以進行三維模型化。

（3） 模型詳細度在地形上的指定方法

如需在地形上設定模型詳細度時，由於地形性質與構造物不同之故，無法套用構造物的模型詳細度定義。此時將會用下述方法進行規定。

表 4 地形模型詳細度的規定項目

項目	設定方法
測量精度	在地圖資訊等級中設定 （地圖資訊等級 250, 500, 1000, 2500, 5000, 10000, 有以上共 6 個階段）
點密度	利用每 1m 網格所必要的點數（每 1m 網格有 10 點以上時） 或是 利用每 1 點的格子間距 進行設定

※「地圖資訊等級」的定義為依據「公共測量作業規程」（國土交通省告示）第 80 條
出處：土木領域中的模型詳細度標準（草案）（平成 29 年 2 月 社會基盤資訊標準化委員會 特別委員會）

【指定範例】

- 地圖資訊等級 250，點密度為每 0.1m 網格有 1 點以上
- 地圖資訊等級 500，點密度為每 0.5m 網格有 1 點以上
- 地圖資訊等級 5000，格子間距為 5m 以內

等

1.4.4 製成 CIM 模型事前協議及交接清單

為使 CIM 模型可在規畫、調查、設計、施工、維護管理等各階段中共用及有效運用，將製成或更新 CIM 模型時的目的及想法轉移至下一階段的工程，便顯得格外重要。

＜製成或更新 CIM 模型時要轉移至下一階段工程的資訊＞

- 製成或更新 CIM 模型的目的、範圍、詳細度，以及所賦予的屬性資訊
- 製成軟體、檔案格式
- 轉移至下一個工程的交接事項、利用規約、注意事項等

因此在進行製成或更新 CIM 模型相關的事前協議與交貨時，CIM 模型製作者（接案者）會依下圖所示之「製成 CIM 模型事前協議及交接清單」中記載上述資料，並與所製成或更新的 CIM 模型一同繳交。

此外，製成及更新 CIM 模型的範圍必須透過發包者及接案者間的協議來決定，履行決定事項則是要經過發包者的「指示」後，「接案者」再執行。

製成CIM模型 事前協議及交接清單													
計畫書・標準表名稱 作業名稱等		調查		地質及土質		測量設計		詳細設計		施工		維持管理	
階段		事前協議時	交貨時	事前協議時	交貨時	事前協議時	交貨時	事前協議時	交貨時	事前協議時	交貨時	事前協議時	交貨時
登記日（年月日）													
基本資訊													
事務及工程名稱													
主辦													
發包者													
委託													
接案者													
技術員													
距離系統													
製成及更新模型的目的 （所預期的運用策略、導入效果等）													
製成數據及模型的概要													
測量數據													
地形模型													
新機 / 更新 / 未更新													
存儲資料夾名稱													
檔案名稱													
檔案格式													
單位													
土工形狀模型													
新機 / 更新 / 未更新													
存儲資料夾名稱													
檔案名稱													
檔案格式													
單位													
地形模型													
新機 / 更新 / 未更新													
存儲資料夾名稱													
檔案名稱													
檔案格式													
單位													
構造物模型													
新機 / 更新 / 未更新													
存儲資料夾名稱													
檔案名稱													
檔案格式													
單位													
地質及土質模型													
新機 / 更新 / 未更新													
存儲資料夾名稱													
檔案名稱													
檔案格式													
單位													
廣域地形模型													
新機 / 更新 / 未更新													
存儲資料夾名稱													
檔案名稱													
檔案格式													
單位													
整合模型													
新機 / 更新 / 未更新													
存儲資料夾名稱													
檔案名稱													
檔案格式													
單位													
屬性（內容、賦予方法等）													
借貨品（前工程成果）的確認結果、交接事項													
借貨品（前工程成果）的確認結果													
下一個工程的交接事項、利用規約、注意事項等													

※CIMモデルを作成・更新に関する設備（圖表、設計等）は、所屬工種や事務・工事目的別に記述して、適宜変更・追加を行うものとする。

圖30 製成CIM模型 事前協議及交接清單

1.5 CIM 模型的提交形態

表示 CIM 作業中涵括 CIM 模型的完成品提交型態。

詳細內容請參考：

- 「CIM 作業中製成完成品入門（草案）」（平成 29 年 3 月）

1.5.1 CIM 作業的完成品範圍

CIM 作業完成品的製成範圍需透過發包者及接案者間的協議決定。

此外，在 CIM 運用業務及 CIM 運用工程中的 CIM 模型完成品的製成範圍如下：

- ①審核 CIM 模型時的檢查清單[※]、製成 CIM 模型事前協議及交接清單等
- ②CIM 模型：構造物及地形等各 CIM 模型
- ③整合模型：整合各 CIM 模型的模型
- ④照片影像等：幻燈片或影像等檔案

※審核 CIM 模型是否為正確完成品時進行審核及確認並可記錄結果的清單。詳細請參照「CIM 作業中製成完成品入門（草案）」（平成 29 年 3 月）的第 5 章

1.5.2 完成品的資料夾構成

CIM 作業的完成品會存放在「土木設計業務等電子交貨要領（平成 28 年 3 月）」以及「工程完成圖書的電子交貨等要領（平成 28 年 3 月）」的「ICON 資料夾」下的「CIM 資料夾」內。

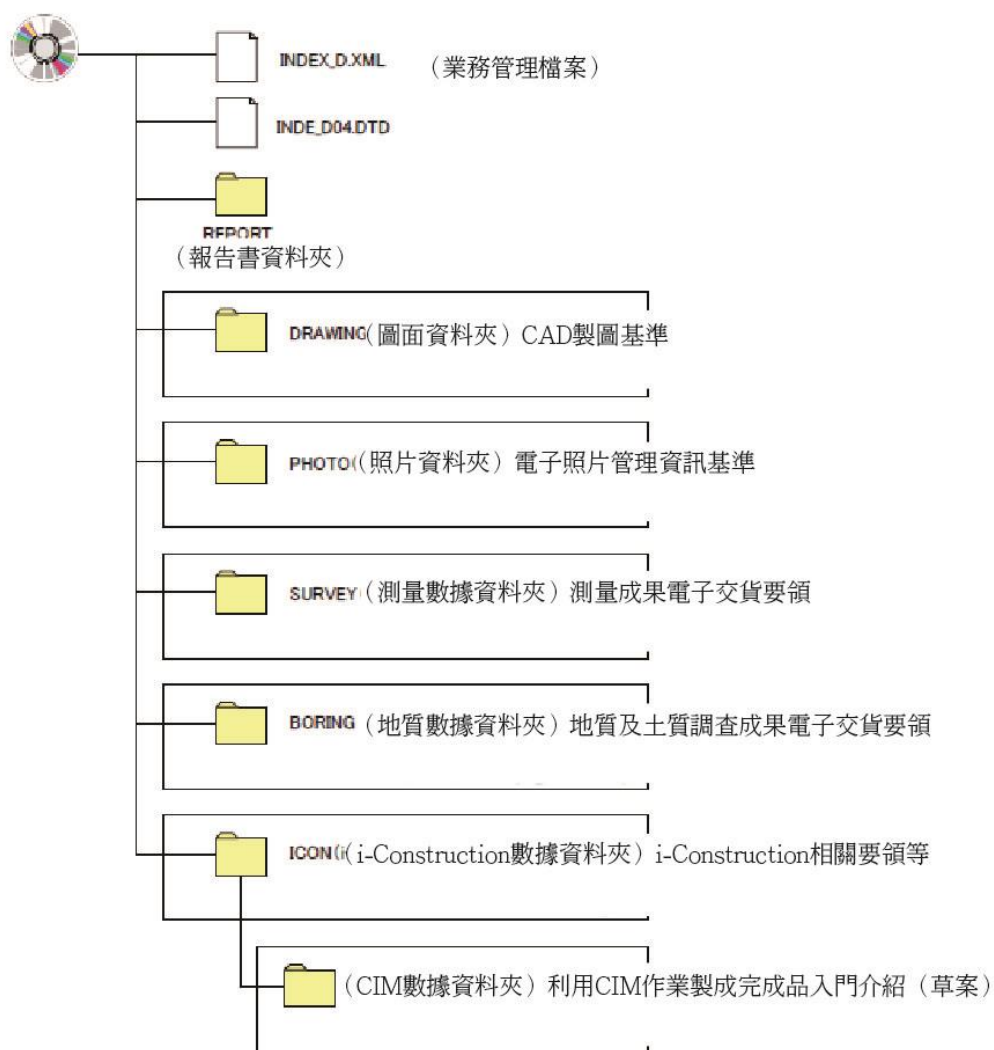


圖31 CIM資料夾的位置關係圖（繳交土木設計業務等電子完成品為例）

各資料夾中存放要繳交給發包者的 CIM 作業完成品。若無相關檔案存放時則無需新增該資料夾。

此外，資料夾名稱以及資料夾構成需以圖 32 所示為原則，但如因使用軟體的限制而無法分類時，可統整放置於其中一個資料夾，也可追加資料夾。再者，也可在各資料夾中新增子資料夾，資料夾名稱需以半形英數字命名。下圖中將資料夾內所存放的內容標記在括弧中以作參考。

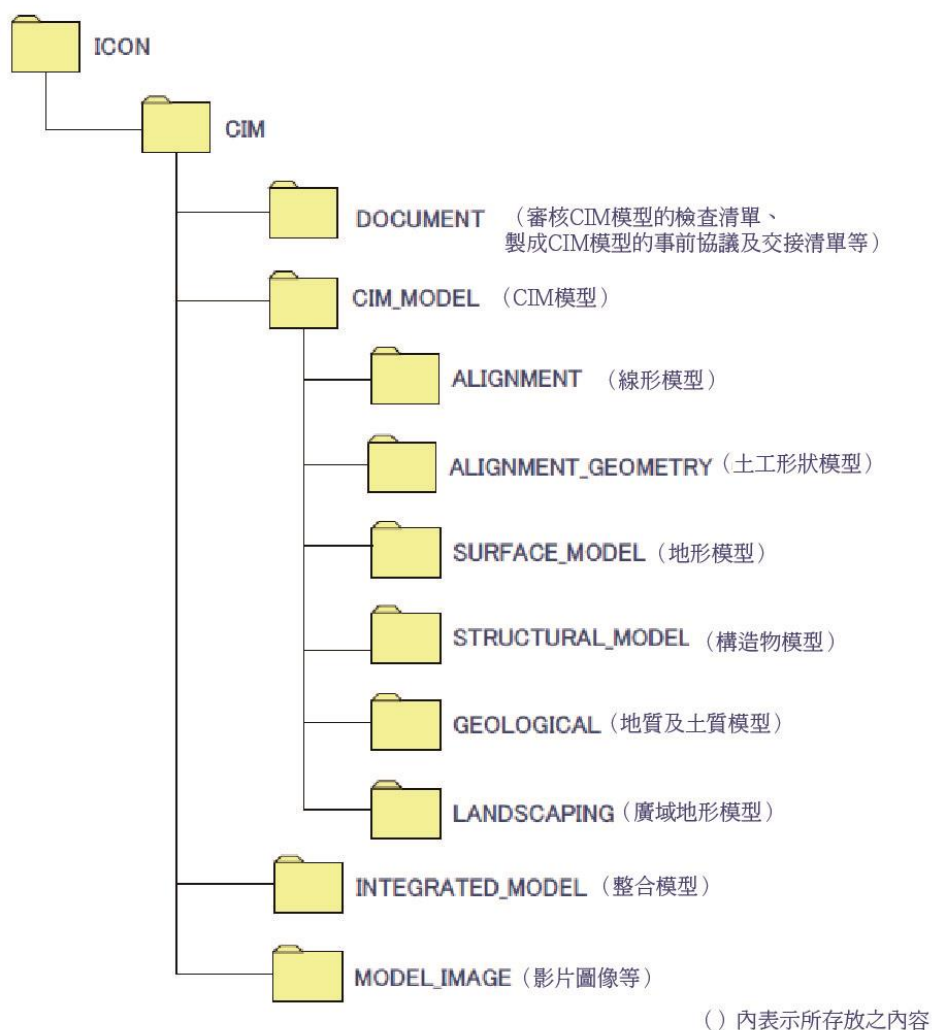


圖32 CIM資料夾內的構成

1.6 用語定義

本指南中主要使用的用語定義如下所示。

表 5 用語定義 (1)

No.	用語	定義
1	CIM(Construction Information Modeling/Management)	在規畫、調查、設計階段中導入三維模型，使其在之後的施工及維護管理各階段中都能與三維模型連動發展，讓整體作業的相關人員可以容易地共享資訊，最終目的就是要改善具有連續性的建設生產系統並使其更有效率。
2	CIM 模型	CIM 模型為將目標構造物等形狀以三維顯示的「三維模型」與「屬性資訊」結合後之模型。 關於構造物模型、地形模型、統合模型等 CIM 模型的分類可參照「1.4.2. CIM 模型的分類」
3	三維模型	指將目標構造物的形狀用三維立體方式所表現之資訊。將各種形狀以三維的方式表現的建模方法有線框(Wireframe)、曲面(Surface)、實體 (Solid) 等方式。一般來說構造物都會使用可求出體積的實體方式，而地形則會利用 TIN (Triangulated Irregular Network)。
4	屬性資訊	指在三維模型中給予部材 (零件) 的資訊 (包括部材名稱、形狀、尺寸、物理性質及物理參數值 (強度等)、數量，和其他可給予的資訊)。 (1) 三維模型中直接給予的屬性資訊 將構造物部材的各要素或數量等資料定型化，透過軟體功能直接附加資訊到部材上。 (2) 三維模型外部參照屬性資訊 將文件或是圖面等非定型資訊作為「外部參照檔案」來參照 (進行連結 Link) 的資訊。
5	數 值 高 程 模 型 (DEM, Digital Elevation Model)	數值高程模型為將地表面切成等間隔的正方形，並在各個正方形標示出其中心點的高程值之模型。是一在點陣圖(Bitmap)或是 TIN 中用數位來表現地形的的方法。 從數值地表模型 DSM (Digital Surface Model)中除去地表模型的建築物及樹木高度後，所留下的僅含地表高度之模型。

表 6 用語定義（2）

No.	用語	定義
6	TIN(Triangulated Irregular Network)	用三角形來表現一個面的方法。由於三角形的形狀並非固定之故，稱為不規則三角網（Triangulated Irregular Network）。
7	曲面（Surface）	僅表現物體表面的方法，可透過 TIN、網格等方式來表現。
8	實體（Solid）	相對於曲面僅能表現出物體的表面，實體為可同時表現出物體表面與內容的方法。
9	立體畫素（Voxel）	相對於二維圖像的最小單位－畫素（Pixel），三維座標上的最小單位稱為立體畫素（Voxel）。相對僅表現物體表面的曲面模型，大多的三維 CG 軟體中均會使用立體像素模型來表現物體的表面及內容。
10	柵狀圖（Panel Diagram）	在三維地盤模型（曲面模型、實體模型）中，依照任意設定的斷面線所切出的斷面圖（Panel）群上，附加形狀資訊（物件型）與地質資訊等屬性資訊後即成為柵狀圖。
11	CIM 模型詳細度	顯示 CIM 模型精密程度的數值。在本指南中定義為 100、200……500 等五個階段。
12	i-Construction	i-Construction 為在建設現場中舉凡調查、測量、設計、施工、檢查、維護管理、更新，在所有建設生產的過程中，從根本面開始改善產能，且同時改善整體營建生產系統產能的作業方式。 出處：「i-Construction ～建設現場的生產性革命～平成 28 年 4 月」（i-Construction 委員會）
13	資料存檔（Archive Date）	即為保存記錄。
14	數值地形圖資料	將地形及地標等地圖資訊轉為可顯示位置、形狀的座標資料或內容等屬性資訊，以使之可進行計算處理的狀態。 出處：公共測量作業規程 部分改修 平成 28 年 3 月 31 日 國土交通省告示 第 565 號
15	紋理圖	在三維電腦圖像中表現出三維物件表面的圖像
16	GIS（地理資訊系統）	GIS(Geographic Information Syatem：地理資訊系統) 為利用電腦將位置或空間的相關資訊進行交錯比對、資訊分析，進而將資訊以視覺化的方式表現之系統。 出處： http://www.gis.go.jp/contentTS/whatisgis.html

表 7 用語定義 (3)

No.	用語	定義
17	IFC	IFC (Industry Foundation Classes) 為 buildingSMART International 所制定的三維模型檔案格式。在 2013 年獲得 ISO 16739:2013 的國際標準認證。當初雖然只以建築領域的資料交換為對象，但 2013 年時在 bSI 內設置了 Infrastructure Room，用以探討將土木領域也列為使用對象的可能性。
18	LandXML	LandXML 為造地、土木工程、測量中，為了方便資料交換所用的開放式格式，是在 2000 年時由美國政府及人民所組成的聯盟 LandXML.org 開始開發及經營。為了使其可適用於日本國內工程事業，國土交通省國土技術政策總合研究所制定了「以 LandXML1.2 為基準的三維設計資料交換標準 (草案)」。
19	依據 LandXML1.2 的三維設計數據交換標準 (草案)	在國土交通省的道路工程與河川工程的設計及工程中，將 CIM 及 i-Construction 中需要交換的三維設計數據依據 LandXML 的形式來表現，並規定其內容及數據形式。和原始的 LandXML 相比，有增加部分內容。 (以 LandXML1.2 為依據的三維設計數據交換標準 (草案) Ver.1.1 平成 29 年 3 月國土交通省國土技術政策總合研究所引用部分內容)

第2章 測量

2.1 設計時所要求的地形模型（精度等）

（1）各種地形模型的製作方法

近來利用平面的點雲數據進行測量的測量技術崛起，也正式從過去利用點與線表現地形的時代，逐漸轉變為利用平面數據取得地形資訊，甚至是從二維轉變為利用三維取得資訊的時代。就利用平面數據取得資訊來說，其可在廣泛範圍中得到一致的結果，可達到高效率的目的。而就另一方面利用點與線取得資訊的方法來看，其目的則是在有限範圍內取得密集且高精度的資訊。

在構築（平面測量）CIM 中所使用的地形模型時，重點在從各種測量方法中選擇可測出與作業目的符合的精度，也就是使用最適合的方法，或者以多組方式進行測量。

1) 地形模型測量方法的使用範圍及特徵

地形模型的測量方法中，會因為方法不同或是攝影高度不同等差異，導致每次的測量及攝影時，其測量精度、平面密度，以及可測量範圍都有所差異。再者，考量到陸上交通或飛行等方式所花費的燃料或電池等經濟面上的制約，各種測量方式會有著如下圖所示的使用範圍及特徵。

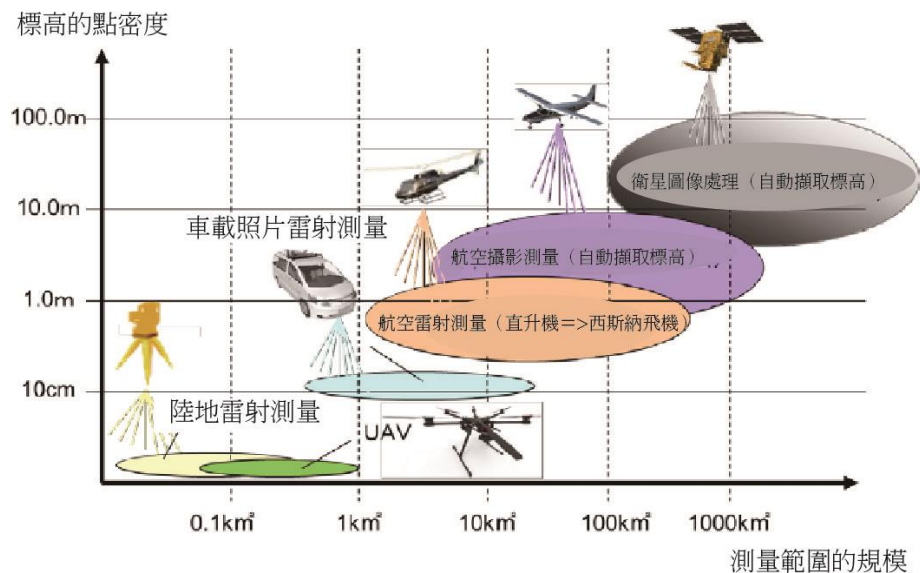


圖33 三維的平面測量方法的點密度以及測量範圍

表 8 地形模型測量方法的特徵

地形模型測量方法		適應性／點密度	測量限制等特別注意事項
陸上雷射測量		對應局部範圍 點密度 2~5cm	雖然在無法進入的區域內就不能測量，不過像是陡斜地的河川對岸部就還可取得數據資料。
UAV	攝影測量	對應局部範圍 點密度 1~2cm	在橋樑下部構造或是高架橋下皆可測量。 有強風時會影響測量結果，另也會受到太陽光的影響。 僅能取得 DSM*1，無法取得 DTM*2，根據雷射的不同，有時即使在地面上有些許草木的情況下依然可進行地面的測量，有時也可同時取得 DSM*1 與 DTM*2 兩種模型。
	雷射測量	對應局部範圍 點密度 2~10cm	在橋樑下部構造或是高架橋下皆可測量。 有強風時會影響測量結果。 即使在地面上有些許草木的情況下依然可進行地面的測量，可同時取得 DSM*1 與 DTM*2 兩種標高模型。
車載攝影雷射測量		對應路線測量範圍 點密度約 10cm	雖然在車輛無法進入的範圍就不能測量，但可取得隧道內部的道路形狀。
航空雷射測量		對應廣域範圍 點密度 50cm~1m	無法取得高架橋下及隧道內的測量資料。 可同時取得 DSM*1 與 DTM*2 兩種標高模型
航空攝影測量 (自動擷取標高)		對應廣域範圍 點密度 50cm~1m	無法取得高架橋下及隧道內的測量資料。 僅能取得 DSM，無法取得 DTM。
衛星圖像處理		對應全球的範圍 密度及精度因衛星而異	無法取得高架橋下及隧道內的測量資料。 僅能取得 DSM，不適合用於局部地區測量。

*DSM (Digital Surface Model)：數值地表模型（包含建築物及樹木高度的地表模型）

*DTM (Digital Terrain Model)：數值地形模型（除去建築物及樹木高度的地表模型）

(2) 利用地形模型時的注意事項

1) 既有圖面與地形模型的差異

至今為止在各種設計中，一般概略設計時會運用透過航空攝影測量所製成的 1/2,500~1/5,000 的地形圖，而在預備設計時則多會利用精度為 1/1,000 的地形圖。至於在詳細設計的階段中，就會使用經過實測所製作的縱橫斷圖，展開用地設計或擋土牆、坡面等計畫的平面圖。

在 CIM 作業中進行道路設計時，在概略設計中會先使用國土地理院基盤地圖資訊（數值高程模型）等既有的測量成果來製作地形模型。而在預備設計（B）及詳細設計的階段中，則會以平面式三維測量（利用 UAV 等所進行

的公共測量)或是透過實際測量來製作對應地圖資訊等級 250~500 的地形模型。

2) 在各工程中的注意事項

由於地形模型中不帶有各種地形的屬性，無法得知周邊地目或是構造物資訊，因此地形圖便成為了必要的輔助工具。

在詳細設計中如需取得構造物的邊界或是土地邊界來作為控制點時，會透過全測站儀 (TS) 來實施補充測量。舉例來說，要測量木造或是有屋頂的建築物時，就需掌握建築物壁面的位置，因為在工程中有無接觸到建築物壁面會直接影響到補償費用，在決定用地幅度時這就會是一個重要的資訊。再者，在道路改良詳細設計中處理建築物出入口高度以及交叉點的水路底部的高度時，也會需要用到高精度的資訊。

(3) 在道路設計上所需要的地形模型 (精度等)

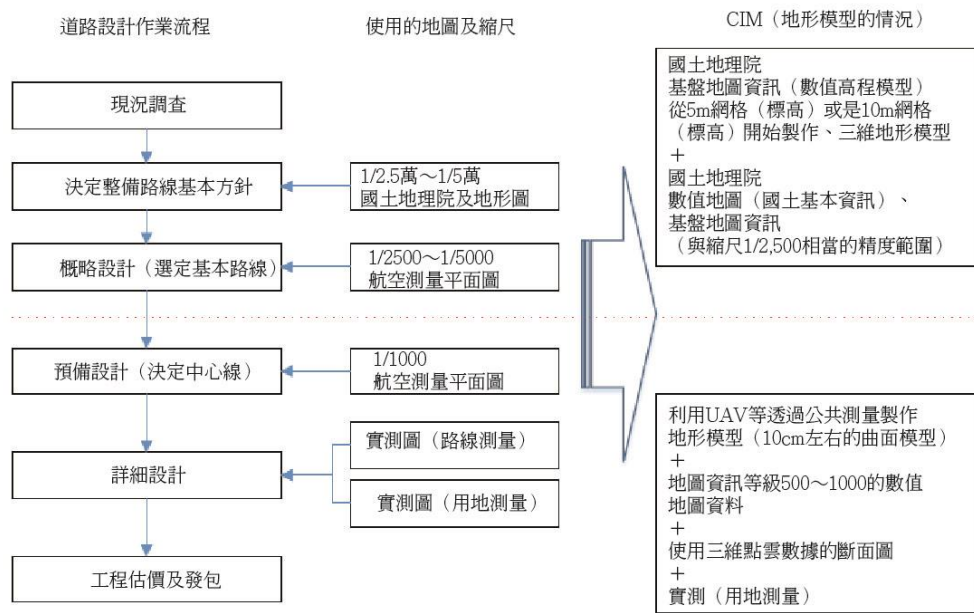
製作現況的三維地形模型時，可因應設計目的找到符合各個設計者觀點的精度測量方法。以下將針對用於道路設計的三維地形模型的製作方針進行說明。

1) 從業務流程的觀點來看既有圖面與地形模型的差異

在既有的道路設計中，一般進行概略設計時會運用航空攝影測量所製成的 1/2,500~1/5,000 的地形圖，而在預備設計時則大多會利用精度為 1/1,000 的地形圖。

至於在詳細設計的階段中，就會使用經過實測所製作的縱橫斷圖，展開用地設計或擋土牆、坡面等計畫的平面圖。將實測的結果反應至 1/1,000 的平面圖時，必須要以人工的方式來判斷因為方法不同所造成的位置精度差異及偏差並重新編輯。(由於此項作業非常費時，通常都會直接將實測成果重疊在平面圖上來作判斷。)

雖然只要將所有的地形資訊透過 TS (全測站儀) 實測方法便可滿足在設計上的要求精度，但如此一來便很難顧及到成本，因此在測量時就需要先將不需要用到高精度的地形及建物區分開來。



※在預備設計中有不需要進行實測的縱橫斷測量的情況 (預備設計A)，以及需要進行實測的縱橫斷測量的情況 (預備設計B) 兩種。在透過UAV照片測量以及地上雷射測量取得三維點雲數據時，會使用「使用三維點雲數據製作斷面圖手冊 (草案) 平成29年3月」(國土交通省國土地理院)中所說明之方法，而這種方法也可用來代替實測中的縱橫斷測量。

圖34 既有方法與透過CIM進行之方法的比較 (以道路設計為例的概要說明)

圖 34 既有方法與透過 CIM 進行之方法的比較 (以道路設計為例的概要說明)

表 9 各工程中所要求的既有測量成果與精度 (以道路設計為例)

設計種別	測量資料	地圖資訊等級 (縮尺)	關係規定及指南	既有地圖	摘要
道路概略設計	路線圖	1:2,500~ 1:50,000	測量法第 29 條、第 30 條 設計業務等共通規格書	電子國土基本圖 地理院地圖 (※)	將計畫延長及周邊地形的密度等條件列入考慮後再選擇地圖資訊等級。
	平面圖	1:2,500 或是 1:5,000	設計業務等共通規格書	—	
	縱斷圖	V=1:250,H=1:2,500 或是 V=1:500,H=1:5,000	設計業務等共通規格書	—	
	橫斷圖	1:200~1:500	設計業務等共通規格書	—	
道路預備設計 (A)	路線圖	1:2,500~ 1:50,000	測量法第 29 條、第 30 條 設計業務等共通規格書	電子國土基本圖 地理院地圖	將計畫延長及周邊地形的密度等條件列入考慮後再選擇地圖資訊等級。
	平面圖	1:1,000	公共測量作業規程 設計業務等共通規格書	—	航空攝影測量 航空雷射測量
	縱斷圖	V=1:100~200 H=1:1,000	設計業務等共通規格書	—	

	橫斷圖	1:100 或是 1:200	設計業務等共通規格書	—	
	點雲數據	1:500~1,000	公共測量作業規程	—	航空攝影測量 航空雷射測量
道路預備設計 (B)	路線圖	1:2,500~ 1:50,000	測量法第 29 條、第 30 條 設計業務等共通規格書	電子國土基本圖 地理院地圖	將計畫延長及周邊地形的密度等條件列入考慮後再選擇地圖資訊等級。
	平面圖	1:1,000	公共測量作業規程 利用 UAV 進行公共測量手冊(草案) 利用地上雷射進行公共測量手冊(草案) 利用三維點雲數據製作斷面圖手冊(草案) 設計業務等共通規格書	—	TS 測量 UAV 照片測量 地上雷射測量 車載攝影雷射測量 航空雷射測量 航空攝影測量
	縱斷圖	V=1:100~200 H=1:1,000	公共測量作業規程 利用 UAV 進行公共測量手冊(草案) 利用地上雷射進行公共測量手冊(草案) 利用三維點雲數據製作斷面圖手冊(草案) 設計業務等共通規格書	—	TS 測量 UAV 照片測量 地上雷射測量 車載攝影雷射測量 航空雷射測量 航空攝影測量
	橫斷圖	1:100 或是 1:200	公共測量作業規程 利用 UAV 進行公共測量手冊(草案) 利用地上雷射進行公共測量手冊(草案) 利用三維點雲數據製作斷面圖手冊(草案) 設計業務等共通規格書	—	TS 測量 UAV 照片測量 地上雷射測量 車載攝影雷射測量 航空雷射測量 航空攝影測量
	點雲數據	1:250~500	公共測量作業規程 利用 UAV 進行公共測量手冊(草案) 地上雷射測量手冊(暫稱)	—	UAV 照片測量 地上雷射測量 車載攝影雷射測量 航空雷射測量 航空攝影測量

			設計業務等共通規格書		
詳細設計	路線圖	1:2,500～ 1:50,000	測量法第 29 條、第 30 條	電子國土基本圖 地理院地圖	將計畫延長及周邊地形的密度等條件列入考慮後再選擇地圖資訊等級。
	平面圖	1:500 或是 1:1,000	公共測量作業規程 利用 UAV 進行公共測量手冊（草案） 利用地上雷射進行公共測量手冊（草案）	—	TS 測量 UAV 照片測量 地上雷射測量 車載攝影雷射測量 航空雷射測量 航空攝影測量
	縱斷圖	V=1:200 H=1:1,000 或是 V=1:100 H=1:500	公共測量作業規程 利用地上雷射進行公共測量手冊（草案） 利用三維點雲數據製作斷面圖手冊（草案）（※）	—	TS 測量 UAV 照片測量 地上雷射測量 車載攝影雷射測量 航空雷射測量 航空攝影測量
	橫斷圖	1:100 或是 1:200	公共測量作業規程 利用 UAV 進行公共測量手冊（草案） 利用三維點雲數據製作斷面圖手冊（草案）（※）	—	TS 測量 UAV 照片測量 地上雷射測量 車載攝影雷射測量 航空雷射測量 航空攝影測量
	點雲數據	1:250～500	公共測量作業規程 利用 UAV 進行公共測量手冊（草案） 利用地上雷射進行公共測量手冊（草案）	—	UAV 照片測量 地上雷射測量 車載攝影雷射測量 航空雷射測量 航空攝影測量

（※）在「使用三維點雲數據製作斷面圖手冊（草案） 平成 29 年 3 月」（國土交通省國土地理院）中僅對應 UAV 攝影測量以及地上雷射測量兩種方法，關於其他方法的部分，由於三維點雲數據的密度及測量精度有所差異之故，不在其適用範圍內。

2) 在各工程中選擇測量方法的注意事項

以下列舉在各工程中利用各種測量方法及地形模型時的注意事項。

- 在概略設計中使用既有的三維測量結果（存檔）在實務面上不會有問題。
- 由於在地形模型中並沒有各種地物屬性，因此無法得知地目或構造物資訊。此時便需要另外使用二維地形圖，或是建物的曲面模型及實體模型等工具進行輔助。
- 在預備及詳細設計中，精度上至少需要用到可對應地圖資訊等級*3 500~1000 的三維地形模型。而道路以外的周邊地形也需要用到同等的精度。
- 在詳細設計中除了地形模型之外，還需要用到構造物的邊界或是邊界測量成果作為控制點。另外需要用到實測平面或是實測橫斷圖的理由為，當建築物為木造或是有屋頂的情況下，必須藉由實際測量來掌握建物壁面位置，因為在工程中有無接觸到壁面會直接影響到補償費用，而這樣的資訊便成為了決定用地寬幅的重要情報。由於透過航空測量所得到的圖面無法取得建物壁面的資訊，通常會使用 TS 測量手法來滿足要求精度。
- 在道路設計的最終成果中會在平面圖上展開坡面，進行土量等數量計算。使用既有方法時，由於是使用實測的區間橫斷測量成果來推定區間內坡面的緣故，精度較差。透過 TS 在測線上測得的標高精度雖然很高，但整體上來說，在土量計算方面還是利用三維模型（雷射測量成果與平面的點雲數據）所測得的數據精度較高。

*3 地圖資訊等級：在數值地形圖等數位化的地圖中，為了區別類比地圖所使用的標準，但其在位置精度上的概念與類比地圖的比例尺概念相同。

地圖資料（擴張DM資料）



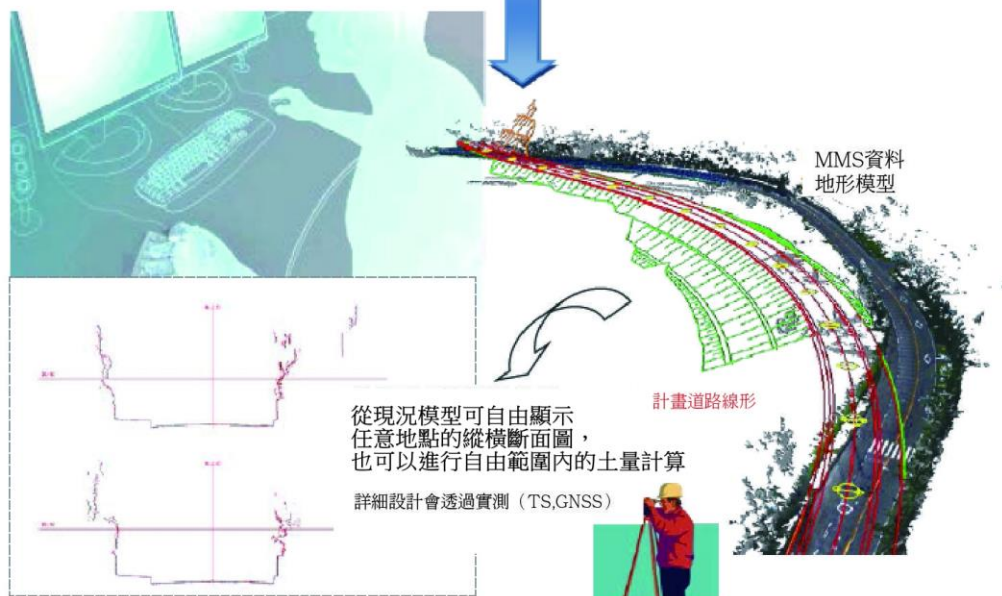
在地圖資料中只要可以辨別建物即可，所以不需用到最新的檔案也沒關係。可使用既有成果（道路台帳附圖）或國土地理院的存檔（數值地圖（國土基本資訊）或是基盤地圖資訊）等來替代使用。

雷射測量（MMS）資料



此處將雷射測量成果設為由10cm左右的網格資料所製成的三維模型。無論是利用何種測量方法所得皆可，在道路設計時會運用現況道路資料以及車載攝影雷射測量資料作為參考。而周圍的地形資訊會採用利用同等網格密度來補完的方法（例如透過直升機的螺旋槳所進行的雷射測量）。在不要求精度的情況則可利用國土地理院的存檔（基盤地圖資訊（數值高程模型）5m網格（標高）等）來補完。

可能於設計CAD中進行統一參照



在參考地形圖、地質圖、縱橫斷面圖的同時，決定中心線，並進行工程所需的縱橫斷面設計與小構造物設計。在用地測量方面則使用 TS 方法進行實測。

圖 35 活用三維地形模型進行道路預備及詳細設計的概念圖

（4）在其他領域中所要的地形模型（精度等）

在各領域中所要求的地形模型精度請參照各領域篇中的說明。

2.2 地形模型的製作步驟

利用 CIM 製作地形模型時，雖然很適合利用全站儀進行局部性的測量，但這樣的測量方法在經濟面很不划算，因此大多會利用可取得平面三維資料的測量方法。目前主要利用的方法有兩種，其一為從兩個以上的位置拍攝照片（立體圖像），藉以測量出三維形狀的「攝影測量」法，其二為利用雷射測距裝置的「雷射測量」法。

2.2.1 攝影測量

「攝影測量」為使用有人機或 UAV 所拍攝的照片，以精密的技術取得地理及地形資訊。

一般來說，人為駕駛的有人機會沿著飛行路線拍攝地表重覆 60%~80% 的垂直照片，藉此求出航空照與地面位置的詳細關係，接著再用立體且精密的方式測定照片中圖像差以確實完成三維測量，製成地形圖。

在「攝影測量」中，由拍攝位置可明顯區分為空中照與地上照。製作 CIM 所用的地形數據主要都是使用空中照。這是自 18 世紀就存在的技術，其基本方法到現在雖然都沒變，而所使用的硬體及軟體則有了大幅的進步。

從底片相機變成現代的高解析度數位相機，從類比的高度計變成目前的 GNSS^{※1}/IMU^{※2}等，科技的進步為提升攝影精度及縮短製作時間帶來了不小的貢獻。

使用航空照片一般的使用方法，目前有「航空攝影測量」與「UAV 航空照片進行三維點雲測量」。

關於利用「航空攝影測量」製作數值地形圖資料的各種工程作業區別及順序，會依照如下圖在公共測量作業規程中的定義來製作數值地形資料。

※1 詳細內容請參照「2.4（7）GNSS（Global Navigation Satellite System）/ 全球導航衛星系統」

※2 詳細內容請參照「2.4（9）IMU（Inertial Measurement Unit）/ 慣性量測裝置」



圖36 公共測量作業規程 第3篇第3章航空攝影測量中的各工程作業區分及順序
出處：「利用UAV進行公共測量手冊（草案）平成29年3月」（國土交通省）

但在「使用 UAV 的航空照片進行三維點雲測量」中，處理的方法卻有著很大的差異。其同時將調整製作數值地形模型、正射變換、馬賽克等作業階段集中在三維形狀復原的作業階段內，且以透過自動處理為前提進行三維形狀復原。

在三維形狀復原中，會從空中照片中透過 SfM (Structure from Motion) 取出特徵點來求出攝影狀態，同時根據以攝影狀態，透過 MVS (Multi View Stereo) 從空中照找出高密度的三維點雲，復原其三維形狀。



圖37 透過使用UAV所拍攝的航空照片進行三維點雲測量的各工程作業區分及順序
出處：「利用UAV進行公共測量手冊（草案）平成29年3月」（國土交通省）

在「透過使用 UAV 所拍攝的航空照片進行三維點雲測量」中，將數值地形模型與照片地圖資料合而為一的航空照片顏色設為屬性的三維座標，也就是三維點雲數據視為成果。而在其中也記載了相關規定，會視需要從三維點雲數據中製作網格形式、附有紋理圖像的不規則三角網 (Triangulated Irregular Newwork)，以及照片地圖。

2.2.2 雷射測量

所謂的「雷射測量」是指透過雷射掃描儀在短時間內測量大量照射的雷射反射波，藉此以平面的方式測量地物位置的技術，可用來製作平面式的三維點雲數據。藉由設置在地上、航空機、車輛、UAV 等裝置上使用，可進行平面式的三維點雲測量，以製成 CIM 中所需利用的地形資料。

利用雷射測量距離時，其測量方式為：測量發射的雷射光從目標地物反射回來的所需時間，再加以換算，或是同時照射多個不同頻率的雷射光線後，再藉由反射波測量每個位相，換算成距離。另外也可以根據雷射發射位置以及照射的角度算出地物座標。

在有人機上搭載雷射掃描儀進行測量的「航空雷射測量」是利用航空雷射測量系統測量地形，再製成格子狀的標高資料（以下稱為「網格資料」），也就是數值高程模型等製作數值地形圖資料檔案的作業。

此處會將利用航空雷射測量系統的 GNSS/IMU 裝置所得到的位置、姿勢解析結果，並整合雷射測量的距離資料，作成三維點雲數據。

因應必要，有時也會利用三維點雲數據製成網格形式以及附有紋理圖像的不規則三角網（TIN：Triangulated Irregular Network）。

■ 除去雜訊

雷射測量中會包含反射空中的雲或是粉塵、或是建物及樹木的漫射等影響數據精度的「雜訊數據」。

因此首先必須要除去雜訊再製成三維測量數據。

可透過處理軟體除去相對周圍地形來說標高異常高或是異常低的點。

■ 製作原始數據

利用已知點的座標進行檢查及調整，從三維測量數據中除去測量時的誤差，製成「原始數據」。

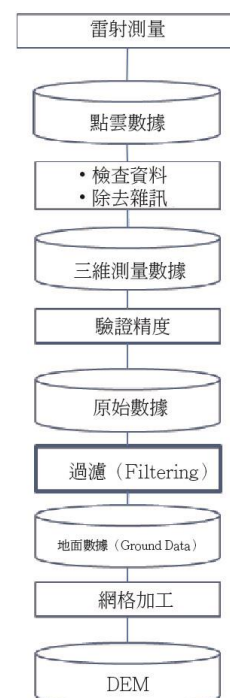


圖38 地形數據的作成流程圖

■ 過濾

在「原始數據」中除去建物／構造物，樹木／植生的高度數據，進行「篩選作業」，也就是「過濾（Filtering）」後即可得到「地面數據（Ground Data）」。

將地表面的數據進行統計解析後，電腦將會自動進行過濾。但由於無法在一次的自動處理中完全去除，之後尚須將照片圖像（正射照片）或是陰影圖與自動處理結果所產生的等高線圖重疊，經確認有錯誤的地方，進行手動式修正作業。

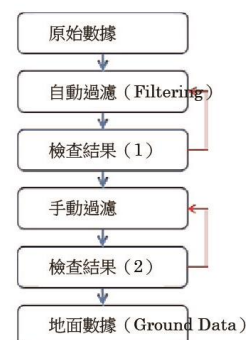


圖39 過濾流程圖

表 12 過濾對象項目（參考）

交通設施	道路設施等	道路橋（長度 5m 以上）、高架橋。天橋照明燈、信號燈、道路資訊版等
	鐵道設施	鐵道橋（長度 5m 以上）、高架橋（包含單軌列車的高架橋）、跨軌道橋、月台、月台屋頂、高壓電線支柱、信號燈支柱
	移動體	停車車輛、鐵路車輛、船舶
建物等	建物及附屬設施等	一般住宅、工廠、倉庫、公共設施、火車站、無牆建築、溫室、塑膠型溫室、比賽場地階梯式觀眾席、門、泳池（包含土台部分）、柵欄
小物體	—	紀念碑、鳥居、蓄水槽、肥料槽、供水塔、起重機、煙囪、高塔、訊號塔、燈台、燈標、輸送管（地上、空間）、供電線
水體部分	水體部分相關構造物	漂浮棧橋、水位觀測設施、河川顯示板
植生	—	樹木、竹林、綠籬 ※在地表面上盡可能只採用可判斷的部分。
其他	其他	大規模改變工程中的地域（※在地表面上僅採用判斷可長久維持的部分）、地下鐵工程的開挖部、放置資材場所等的材料及資材

出處：「公共測量作業規程 平成 28 年 3 月」（國土交通省）

■ 航空雷射測量數據的精度

航空雷射測量的標高精度除了系統本身所擁有的測量精度之外，還需整合測量密度、地形條件、GNSS（衛星數量及配置、電離層狀態等）、IMU 姿勢等精度，在平坦地形中被檢證在 $\pm 15\text{cm}$ 以內。但在被植生覆蓋的條件下則不限於此。

因此，如果要求精度比上述還高時，需透過 TS（全測站儀）或是現場測量／實測進行縱橫斷測量，組合其他高精度的方法來進行測量。

2.3 CIM 模型所進行之測量方法

2.3.1 CIM 模型所利用的三維測量方法概念

為製成用於 CIM 的新地形模型，會使用到平面式的三維測量方法。平面式的三維測量方法有很多種類，而在使用各種測量方法時，需考量到適不適合且需因應目的來組合使用不同的測量方法。

再者，最重要的是要隨時掌握最新的測量技術以及測量機器的技術開發動向、活用實績、要領、基準的整備狀況，透過積極採用新技術以求改善測量作業效率並提升測量精度。

用來製作 CIM 所用之地形模型的平面式三維測量方法大致上可分為雷射測量技術以及攝影測量兩種。

攝影測量的方法，有既存於有人航空機上設置照相機的「空中攝影測量」與在 UAV(無人飛機)上搭載照相機的「利用 UAV 的公共測量」(※)等。

利用雷射測量技術的方法有以下幾種類型：在有人機上搭載雷射測距器及照相機的「航空雷射測量」、在車輛上搭載雷射測距儀及照相機的「車載攝影雷射測量」、在 UAV 上搭載雷射測距儀的「UAV 雷射測量」(※)、將雷射測距儀設置在地表進行測量的「地上雷射測量」(※)。

使用各種測量方法時需因應位置精度、點雲密度、經濟性、樹木採伐的必要性等目的，再考量到適不適合來決定測量方法的分別使用與組合。另外，由於平面式的三維測量方法不適合用在作為控制點的邊界線、構造物的邊界等準確測定位置的測量上，所以便需要考慮配合既有的 TS 方法一併使用。

最重要的是要隨時掌握最新的測量技術以及測量機器的技術開發動向、活用實績、要領、基準的整備狀況，透過積極採用新技術以求改善測量作業效率並提升測量精度。

(※)制定本指南時，在「公共測量作業規程」尚未記載「使用 UAV 進行公共測量」「UAV 雷射測量」「地上雷射測量」。在使用新型測量技術，或是「公共測量作業規程」尚無相關規定的測量方法時，只要滿足「公共測量規程」第 17 條特例規定中的條件便可實施。

2.3.2 車載攝影雷射測量

車載攝影雷射測量為在車輛上搭載雷射掃描儀及照相機等器材，透過連續測量位置及姿勢來獲得道路周邊正確的三維資訊（座標點雲）以及可作為影像資訊的照片，藉以達到測量的目的。

在 CIM 作業中，此種測量方法適合用在進行道路改良及補修工程等可以獨自動力行走的場合，可藉此取得三維地形數據，用來與相關人員達成共識。另外也被期望能夠在詳細設計中活用此種測量方法，進行高精度的地形測量。再者，也逐漸被採用在工程完成後製作圖書的三維測量或是維護管理上，構造物檢查及巡視等廣大的領域中。

（1） 主要特徵

車載攝影雷射測量的特徵如下所述。

1) 優點

- 測量調查期間無需進行交通管制。
- 可測量到隧道內等從空中無法測量的部分。
- 測量數據在詳細設計中也可使用。（但在構造物的邊界部分需透過實測方法來補完測量）
- 可迅速作成三維鳥瞰圖（上色的點雲數據）。

2) 缺點

- 不適合山裡 GNSS 收訊較差的區域以及未有鋪面的道路。

3) 地形測量精度

L （距離）＝10m 時，測距精度＝約 10cm，取得點間隔＝約 10cm。

距離越遠精度越差，點間距離也會變寬。

可測量範圍為以道路為中心的單側 50m。

（在「公共測量作業規程 平成 28 年 3 月」（國土交通省）中將地圖資訊等級 500 及 1000 設為標準。）

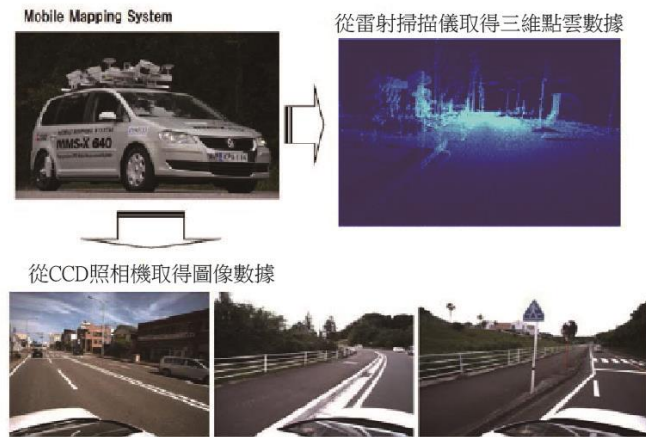


圖40 移動式車載製圖系統（MMS）

（2）車載攝影雷射測量的活用事例

為了解道路周邊構造物及製作道路台帳附圖（道路基盤資訊），還有掌握災害狀況，車載攝影雷射測量在實用面上可活用在各種領域中。

以下記載與 CIM 的適用領域關連較深的運用事例供參考。

1) 運用在道路領域上

①設計階段

利用從車載照片雷射測量中取得的道路地形模型，可作成每條車道的縱斷圖或是任意地點的橫斷圖。此外，利用道路中心線以及道路邊緣的擷取結果來復原平面線形，再設定其縱斷高後，便可將其作為道路改良設計的基礎資料加以活用。

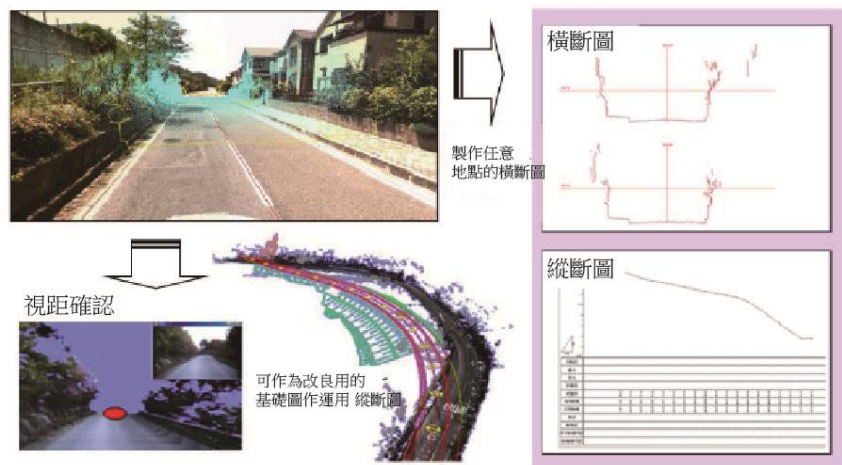


圖41 在設計階段中的運用

②維持管理階段（隧道檢查）

在交通量較大的路線中，利用車載攝影雷射測量的話，便可在不實施交通管制的情況下進行隧道老朽化的檢查。藉由比較雷射點雲測量隧道斷面的結果與計畫斷面比較其凹凸量，便可測得最小斷面的必要高度及寬度，如此一來便可望其在管理特殊車輛通行等業務上發揮作用。

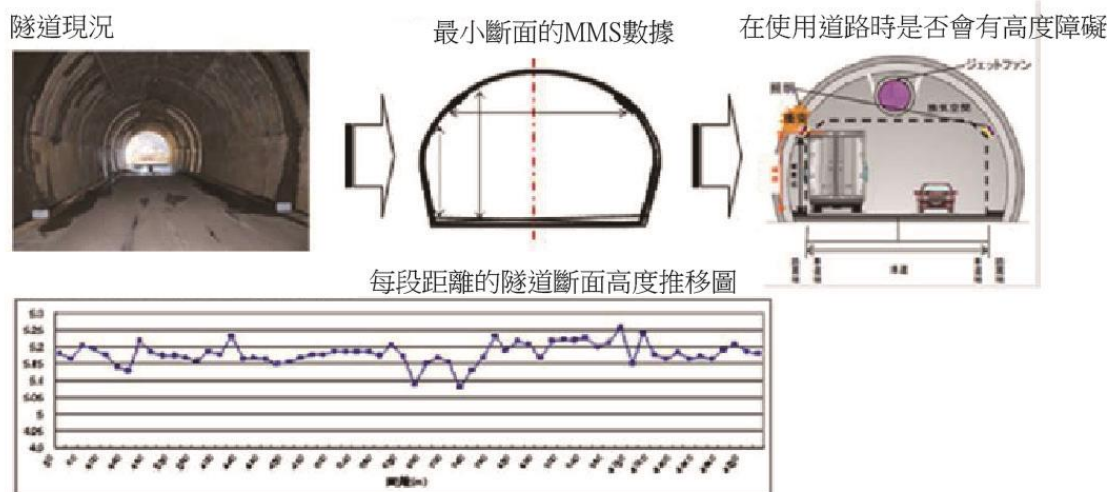


圖42 在維持管理階段中的運用

③維護管理階段（設施管理）

利用車載攝影雷射測量所得到附有位置資訊的圖像數據，便可掌握道路設施（標誌等）的正確位置，也可藉由在 GIS 上展點以進行設施台帳管理作業。

對於未來也需持續進行的檢查作業來說，此種測量方法對於防止檢查遺漏來說有很好的效果。

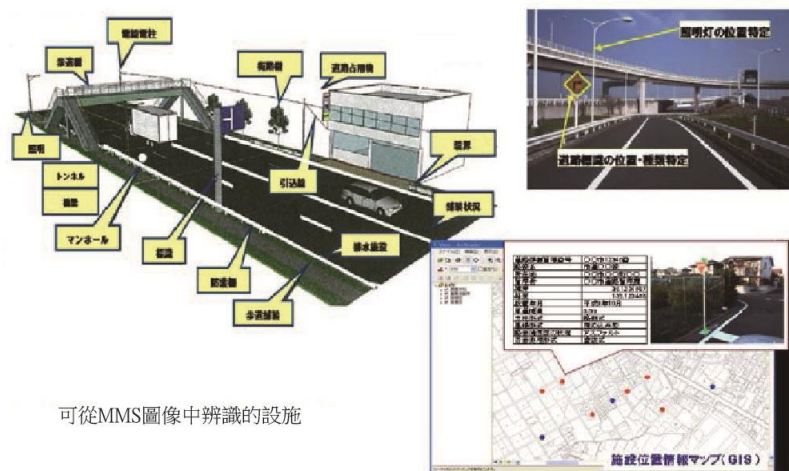


圖43 維持管理階段（設施管理）

2) 運用在河川領域上

在河川堤防的檢查領域中，利用車載攝影雷射測量的需求日漸高漲。在河川的車載攝影雷射測量方面，會採用搭載雷射距離可到達堤岸外地水部的遠距離類型的雷射測距儀(遠距離：計測最長距離為 500m)與全方位相機的系統，來實施驗證業務。

除了在任意位置皆可作成橫斷面圖之外，藉由歷年來所累積的數據也可透過對地形模型進行差分解析來捕捉堤防的異狀。



圖44 在河川領域中的運用

(3) 車載攝影雷射測量數據的整備狀況

車載攝影雷射測量數據的整備狀況會在民營企業中會整理成存檔的形式，販售國道高速道路的三維數據。

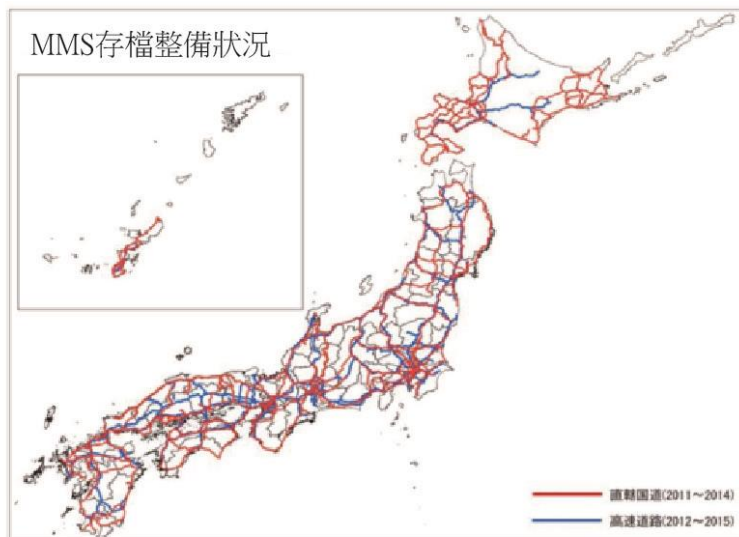


圖45 MMS存檔整備狀況

資料提供：株式會社PASCO

2.3.3 航空攝影測量

「航空攝影測量」也可以稱為「航空照片測量」，為使用有人機所拍攝的照片，再利用精密的方式擷取廣域地理及地形資訊的技術。

近年來數位方式製圖成為主流，而不僅將數據輸出至紙製地圖上，而這種方式也作為 GIS 的基盤地圖被廣泛運用。

一般來說，沿著飛行路線拍攝重複率 60%~80% 的地表垂直照片，藉此求出航空照與地上位置的詳細關係，接著再用立體且精密的方式測定照片中圖像的差異以確實完成三維測量，製成地形圖。

(1) 主要特徵

航空攝影測量的主要特徵如下所述。

1) 優點

- 因為是從空中測量，可取得陸地上無法進入的區域數據。
- 藉由航空攝影可在廣泛範圍內進行測量。

2) 缺點

- 無法從空中測量到被樹木或是構造物遮住的地方。
- 與在陸地附近攝影的技術相比，測量精度較低。

3) 地形測量精度

在航空攝影測量中，可製成的地面解析度會因基線長及對地高度（攝影高度）不同而有所差異，其地形測量精度如下所示。

表 13 測量精度

地圖資訊等級	水平位置的標準偏差	標高點的標準偏差	等高線的標準偏差
500	0.25m 以內	0.25m 以內	0.5m 以內
1000	0.70m 以內	0.33m 以內	0.5m 以內
2500	1.75m 以內	0.66m 以內	1.0m 以內
5000	3.50m 以內	1.66m 以內	2.5m 以內
10000	7.00m 以內	3.33m 以內	5.0m 以內

出處：以「公共測量作業規程 平成 28 年 3 月」（國土交通省）為依據所整理

2.3.4 航空雷射測量

航空雷射測量為在航空機上搭載雷射掃描儀、照相機等裝置，從空中取得平面式的點雲數據以及照片圖像的測量方法。可大致分為搭載在固定翼（賽斯納飛機等）上進行測量以及搭載在迴旋翼（直升機等）上進行測量兩種類。

此種測量方法已被有效運用在災害及防災領域、河川防砂領域，以及森林領域中的實用面上。



圖46 航空雷射測量

(1) 主要特徵

航空雷射測量的主要特徵如下所述。

1) 優點

- 因為是從空中測量，可取得陸地上無法進入的區域數據。

2) 缺點

- 無法從空中測量到被構造物遮住的地方（不過在樹木下的部分，由於雷射可穿透枝葉的空隙，記錄地表的反射波，因此只要利用過濾處理的話便可重現地表面。再者，在過濾處理中也會將建物或橋樑等人工建築物，還有樹木等植生從地物表面上除去）。

3) 地形測量精度

標高精度在標準偏差 25cm 以內，（機械精度約為 15cm 左右）而水平精度約為 30cm 左右。進行內差後的網格數據會因網格內是否含有測量點而使精度有所不同（網格內有測量點時：0.3m 以內，沒有時：2.0m 以內）。

4) 航空雷射測量的運用

由於既有的雷射測量機器會將雷射脈衝最後反射的地方預設為地表面之故，在森林及草地等植生顯著茂盛的地方會很難進行高精度的地形測量。現今則會利用可記錄從地表面傳出的微弱反射波的方式（波形記錄方式）來使地形測量的精度可更為準確。

2.3.5 地上雷射測量

地上雷射測量是指在陸地利用雷射掃描儀取得三維點雲數據的方法。
一般可分為近距離及遠距離兩種類型。在 CIM 作業中可有效運用於施工前的開工測量及土量的驗收管理上（非使用平均斷面法，而是正確算出土量）。



圖47 地上雷射測量

（1）主要特徵

航空雷射測量的主要特徵如下所述。

1) 優點

- 由於機器性能提升，目前在照射距離 500m 以內時可達到 2~3cm 的位置精度（地圖資訊等級 250）。
- 可減輕測量準備作業，也因為測量時間縮短的緣故，可大幅提升測量作業的效率。
- 透過三維 CAD 處理測量結果可擷取出鳥瞰圖與縱斷圖、橫斷圖等使用者所需要的數據。

2) 缺點

- 無法以定點式的方式測量所欲測量的位置。
- 取得數據的測量密度為有偏差。
- 如果太常移動器材時，由於每次都要重新測量標定點，將降低測量的作業效率。

3) 地形測量精度

雷射光徑會因照射距離產生變化，其精度也會有所改變。

可照射距離：～1000m（最大）

點密度：2～5cm、測距精度：2～10cm 左右（機械精度為 5mm～10mm）

※會因機器種類而有所差別。

※此處介紹的地上雷射掃描儀為一般製品的規格。在制定本指南時，「使用地上雷射掃描儀進行公共測量手冊（草案） 平成 29 年 3 月」（國土地理院）尚未公開發表，因此內容可能會與其有所出入。

※在驗收管理用途方面已制定有「使用地上雷射掃描儀進行工程驗收要領（土工篇）（草案） 平成 29 年 3 月」（國土地理院）供參考。當中在開工測量方面要求需達到等同於地圖資訊等級 500 的測定精度 10cm 以內。

4) 地上雷射測量的運用

大多活用於水土保持領域中的山腹工計畫、溪流保全計畫的詳細設計及施工階段中，作業時會發生掉落等危險情況時。

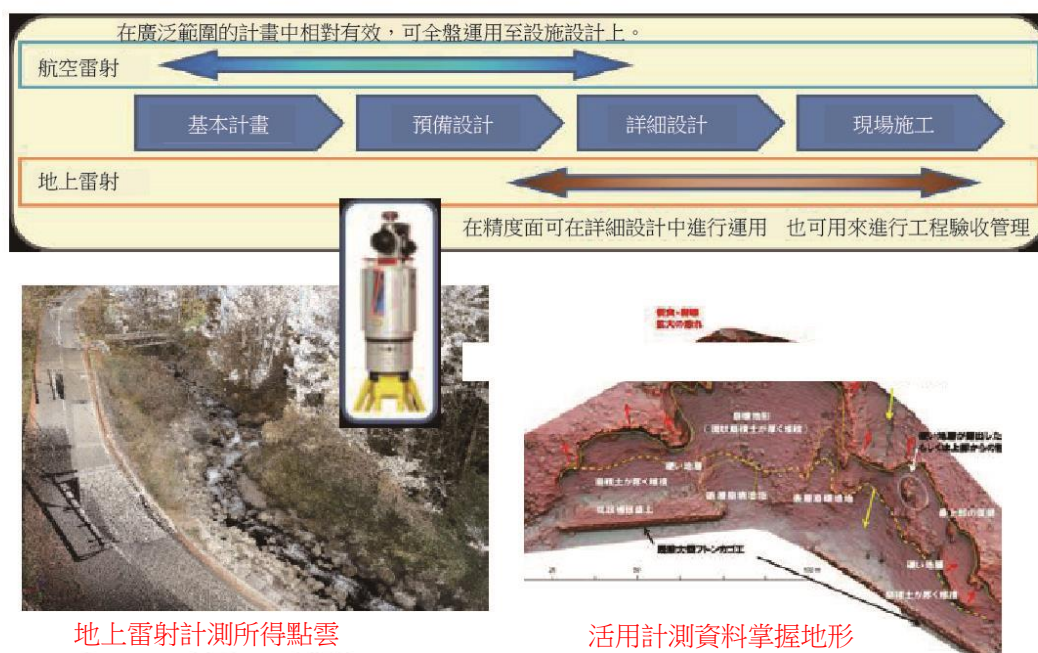


圖48 地上雷射測量的活用範圍

2.3.6 利用 UAV 所拍攝的航空照片進行三維點雲測量

目前已將 UAV (Unmanned Aerial Vehicle, 無人機) 運用在維護管理社會公共基礎設施 (檢查橋樑等) 及災害調查 (深層崩塌位置、地滑調查等)、調查禁止人員進入的區域 (火山變動調查等)、ICT 活用工程、環境調查等各種場合。

在上述狀況下, 政府公開發表了「使用 UAV 進行公共測量手冊 (草案) 平成 29 年 3 月」(國土地理院) 以便工程人員在 UAV 上搭載一般數位相機拍攝航空照片以進行測量作業。

(1) 主要特徵

利用 UAV 所拍攝的航空照片進行三維點雲測量的主要特徵如下所述。

1) 優點

- 適合用於在局部地區內製作地圖。
- 在人員無法進入的位置也可進行測量。

2) 缺點

- 需要確保排除 UAV 掉落時的安全疑慮。
- 基本上是利用航空攝影測量的技術, 所以在植生的位置時因為無法拍攝到地面的關係, 將無法取得標高。

3) 地形測量精度

在地形測量精度方面, 根據「使用 UAV 進行公共測量手冊 (草案) 平成 29 年 3 月」(國土地理院) 將地圖資訊等級 250、500 設為標準。

此外, 考慮到 UAV 在目前三維點雲測量中的適用狀況, 目前規定為 UAV 上沒有裝備 GNSS/IMU 的情形。

表 14 測量精度

地圖資訊等級	水平位置的標準偏差	標高點的標準偏差	等高線的標準偏差
250	0.12m 以內	0.25m 以內	0.5m 以內
500	0.25m 以內	0.25m 以內	0.5m 以內

出處:「使用 UAV 進行公共測量手冊 (草案) 平成 29 年 3 月」(國土地理院)」

4) UAV (Unmanned Aerial Vehicle, 無人機) 的活用範例

UAV 的種類主要可根據飛行時間的差異區分為迴旋翼型、固定翼型, 以及多軸飛行器型。上述無論何者均帶有自律飛行系統。而最近多軸飛行器在價格面及操作的簡易度上都很受到關注。



圖49 UAV（無人機）的活用狀況

舉例來說，在 CIM 的維護管理階段，可期待將 UAV 活用至橋樑檢查作業中。而其目的為掌握橋樑下部構造的狀況、了解劣化位置，以及檢查混凝土的裂縫。

而在「現場驗證階段」中，和既有的使用橋樑檢查車進行檢查相比，活用 UAV 可避免進行大規模的檢查作業，並可省下橋樑檢查車的啟用費與人事費、申請手續（向警察提出申請等）的費用，以及所花費的時間。

根據報告，在驗證搭載一般相機與紅外線相機所進行的檢查作業時，雖然可判別出因螺栓脫落或是漏水導致混凝土表面所產生的色差，但就裂痕來說，從紅外線相機的照片中並無法獲得比一般相機的照片還要多的資訊。

比起既有方法，現階段雖然已經可以利用 UAV 簡單進行檢查作業，但對於上述課題以及如何在陰暗處確保光源等問題來說，尚需改良並特化 UAV 技術以進行特殊情況的檢查作業。

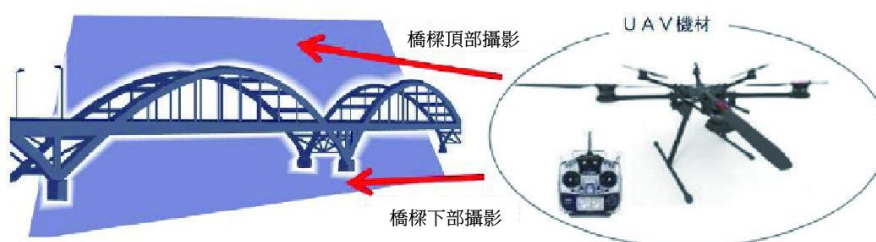


圖50 活用UAV進行橋梁檢查概念圖

在「使用 UAV 進行公共測量手冊（草案）平成 29 年 3 月」（國土地理院）」中已記載製作地形模型以作為調查階段中的設計基圖的相關事宜。而在工程驗收管理方面則是在「利用航空照片測量（無人機）進行工程驗收之管理要領（土工篇）（草案） 平成 29 年 3 月」（國土交通省）及「利用航空照片測量（無人機）進行工程驗收之監督及檢查

要領（土工篇）（草案） 平成 29 年 3 月」（國土交通省）中有制定相關規程。

5) UAV（無人機）的安全相關課題

目前 UAV 技術的普及率成長快速，因此關於制定 UAV 的安全基準及運用基準便成了當務之急。以下簡單說明已整備好的相關法規及入門。

- 「安全操作測量調查用的小型無人機入門介紹 2015 年 5 月 25 日」（一般社團法人 日本攝影測量學會）
- 「修訂部分航空法的法律」（平成 27 年）
- 「無人機飛行相關許可及同意的審查要領」（平成 27 年 11 月）
- 「安全操作無人機（空拍機、遙控飛機等）指南」（國土交通省航空局）
- 「在公共測量中使用 UAV 的安全基準（草案） 平成 28 年 3 月」（國土交通省 國土地理院）

使用 UAV 測量的安全疑慮第一為機體墜落時的危險，第二則是電池起火爆炸的危險。UAV 的重量方面就算是輕型也有 5kg 左右，加上掉落的加速度的話撞擊地面時將會產生不小的衝擊。萬一撞擊到人或是住家時會有很大的機率發生事故。

用於測量的 UAV 雖然已限定使用在測量及調查作業上，但還是有許多課題待解決，以下列舉幾樣主要課題供參考。

表 15 UAV（多軸飛行器）測量的安全相關課題

分類項目	課題內容
使用器材限制	使用器材的螺旋槳數目跟安全性並非成正比。一般來說都會以為螺旋槳越多安定性越高，不過一旦發生事故時這樣的機器較難預測墜落位置，且由於零件數較多的關係，有不良品或是發生整備不良的可能性也會變高。另一方面，雖然說有四個螺旋槳的機器較不安定，但其在墜落時可透過操作方式讓它垂直掉落。無論如何，每種器材都有其優點及缺點，因此便需要制定飛行器的螺旋槳數目及限制重量的相關基準。
飛行體制、運航限制	除了遵守航空法之外，尚需設立一個實際運行基準規定實際操作時的飛行高度及飛行範圍、操作者資格、包含保安人員的飛行體制、機器檢查等事項。 另外，UAV 多為低空飛行，在住宅區內，則必須考慮私人隱私與飛行噪音對策。
防止電池起火	電池除了會產生高電壓之外，由於其使用可燃性電解質的關係，具有容易起火的缺點。因此在利用 UAV 時，會要求其在電池的一側或是機體對應側加裝防火裝置，為了防止其墜落時起火延燒，也會要求在機體上加裝發訊器。
加入保險及補償	為了預防萬一發生事故，在保險及補償方面需有一定的基準。

2.3.7 UAV 雷射測量

「UAV 雷射測量」為在 UAV 上搭載雷射掃描儀，從空中以平面的三維方式測量地形的方​​法。有時為進行高精度的測量也會同時搭載 GNSS/IMU。

在本指南的制定時期，各機關單位都尚在進行精度驗證等作業。

目前已將 UAV（Unmanned Aerial Vehicle，無人機）運用在維護管理社會基礎設施（檢查橋樑等）及災害調查（深層崩塌位置、地滑調查等）、調查禁止人員進入的區域（火山變動調查等）、資訊化施工、環境調查等各種場合。

由於此項技術尚屬於新技術之故，尚無法充分驗證精度，另也因為其為高價系統的關係，在制定本指南時這項技術尚未普及。

不過由於 UAV 雷射測量有著「使用 UAV 拍攝的航空照片進行三維點雲測量」中沒有的優勢，因此目前正努力進行實用化作業中。另因公共測量作業規程中記載與國土地理院尚未整備好標準之故，於公共測量時必須滿足第 17 條的特例規定。

在制定本指南時，已有制定此項技術手冊的相關預定。

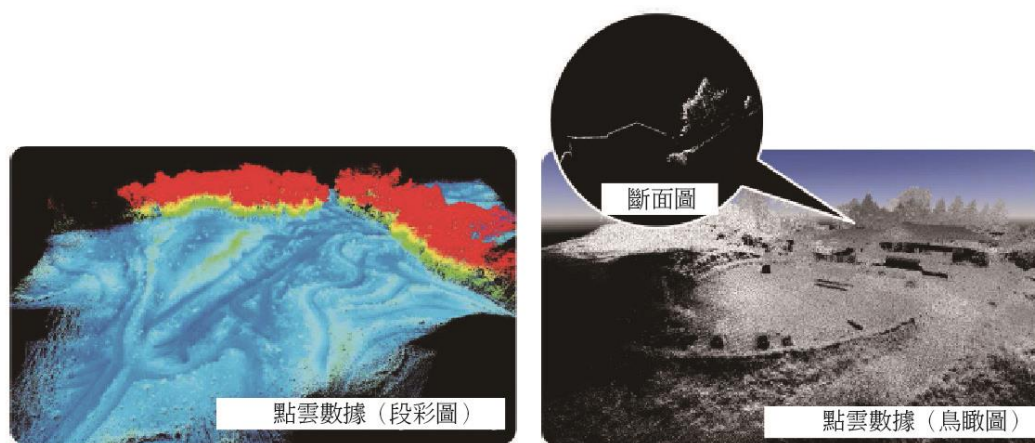


圖51 利用UAV雷射測量顯示點雲數據概念圖

提供：亞洲航測株式會社

（1）主要特徵

利用 UAV 雷射測量進行三維點雲測量的主要特徵如下所述。

1) 優點

- 由於是利用雷射測量，與過濾作業組合運用的話即使在有樹木存在的區域也可以測量到地面。
- 在沒有充分日照的地方也可測量。
- 適合用於在局部地區內製作地圖。
- 在人員無法進入的位置也可進行測量。

2) 缺點

- 需要確保排除 UAV 掉落時的安全疑慮。
- 因搭載雷射掃描儀的關係，器材非常昂貴。如再搭載 GNSS/IMU 的話就更為高價。

3) 地形測量精度

在制定本指南時，各機關單位尚在進行相關的驗證精度作業。

4) 使用事例

以下列舉使用事例。

- 地形、溪谷的製圖
- 監控建設現場

2.3.8 空載測深光達 (Airborne Laser Bathymetry: ALB)

在航空雷射測量中，除了陸地測量地形以外，還有著可測量水體內地形的測深光達。此方法會在航空機上搭載雷射掃描儀（水體的部分為使用綠光（Green）雷射），從空中取得水體內部的平面點雲數據及照片圖像。大致上可分為搭載於固定翼（希斯納飛機等）進行測量以及搭載於迴旋翼（直升機等）進行測量 2 種類。

目前已經實際活用於海岸、海洋領域，以及河川領域中。

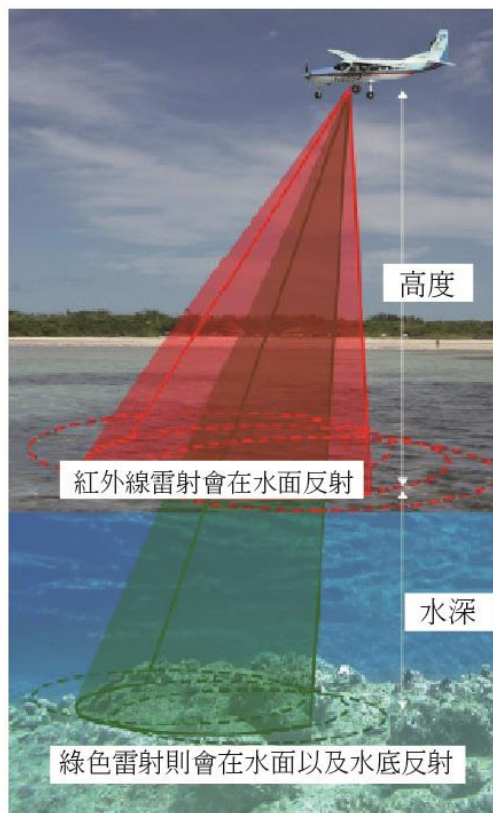


圖52 測深光達

(1) 主要特徵

空載測深光達的主要特徵如下所述。

1) 優點

- 在海域及河川區域可透過上空進行測量取得水體內的平面地形數據。特別是在淺水域中無法利用船舶進行測量的範圍也可利用空載測深光達進行測量。

2) 缺點

- 會被測量水域的水質狀況以及波浪影響，造成數據短缺。

3) 地形測量精度

水底的標高精度為標準偏差 25cm 以內。

2.3.9 多波束測深

近年來測量相關技術有著飛躍式的發展，而其中之一就是可用**多波束回聲測深技術**測量三維水底地形。透過這項技術，可掌握海岸、港灣、河川、水壩蓄水池等詳細地形，並可進行相關的深淺度測量，另外在海岸維護、港灣維持管理、河床變動、水壩淤砂、施工管理、水產等廣泛領域中也被利用來進行計畫、檢討，以及監控作業。

【解說】

以前的水中地形測量技術的基本方法是將秤砣綁在有刻度的繩索上作為測量器（紅繩），再從船上垂降繩索來測量水深。

而在 20 世紀後半之後一般都改為利用迴音測深儀（單波束迴音測深）朝水底發射超音波，再從其反射時間來計算水深。利用這種方式時，測深點僅有船舶正下方的 1 點而已，所以測量時會在船舶行進中連續測量船舶正下方的水深。而在進行測量時，會需要考慮到水溫及鹽分濃度來修正音波速度，也需要考慮到潮汐漲潮及退潮來修正潮位。

近年來，因應超音波技術的發展，多波束迴音測深儀已廣泛普及。此種技術會將超音波以扇形的方式發送，由於發送 1 次音波就可以在船舶下方及左右得到數百點水深數據之故，利用此種技術可藉由船舶行進的同時發送音波，以平面的方式取得航行範圍的水底地形。而在測量時除了必需考慮到音波速度修正及潮位修正外，另需考慮到測量時船舶搖擺及方位的修正，還有機器的安裝位置及角度的修正。此外，測深儀加上所有取得上述修正資料的周邊機器類（GNSS、搖擺及方位感應器、音波速度測量裝置、收錄 PC 等）的總稱即為「多波束測深系統」。

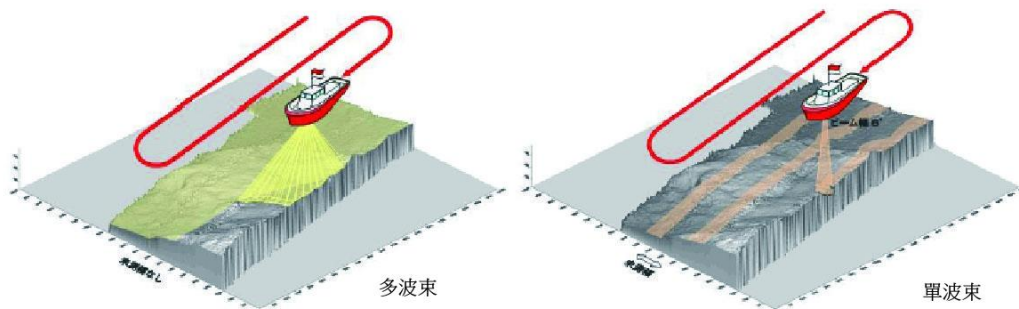


圖53 多波束迴音測深以及單波束迴音測深

(1) 主要特徵

多波束測深的主要特徵如下所述。

1) 優點

- 為目前以平面的方式可以確實測量水中地形的唯一方法。
- 因應目的不同，有非常多樣的機種可選擇。從數公尺的淺水域到數千公尺的深海域都有對應機種可使用。
- 測量結果一般都會輸出成點雲數據（txt 格式、csv 格式等），可與陸地的點雲數據合成，作為水陸一體的數據進行運用。
- 水深越深，作業效率越好。

2) 缺點

- 在水深較淺的海域作業效率較低。
- 在測量船隻難以進入的淺水域（概約水深 3m 以內）較難測得數據。
- 由於迴音的特性，扇狀型的超音波束在尾端的部分會有精度劣化的傾向，因此在評估所得到的數據時需要有足夠經驗的技術人員作判斷。
- 由於在取得數據方面沒有照片等實物可佐證之故，進行數據處理時需要有足夠經驗的技術人員作判斷。
- 測深速度為 3~6 節左右，如在廣泛範圍進行測量時會耗費許多作業時間。

3) 測深精度

多波束迴聲測深的機械精度（解析度）會因機械不同有所差異，一般廣為普及的淺海用多波束約為 6~50mm。

而系統整體的測量精度則需利用整合目標水深（測量密度）、地形條件、氣象及海象狀況、GNSS 狀況（衛星數量、配置、電離層狀態等）、搖擺及方位感應器的姿勢等精度後再作評估，其可根據作業範圍及種類如下表。

表 16 測深精度

要求精度	記載文書
深淺測量精度 ①定期橫斷、流量觀測用橫斷±15cm ②其他橫斷（急流）±30cm ③其他橫斷（緩流）±20cm ④湖及水庫 $\pm(10 + h/100)\text{cm}(\times)$ ⑤海岸 $\pm(20 + h/100)\text{cm}(\times)$ (※)h：cm 單位（深度）	「河川定期縱橫斷測量業務實施要領及解說建設省河川局治水課監修 平成 9 年 6 月」（財團法人 日本建設資訊總合中心）
測量深度的誤差限度 $\sqrt{(a^2 + (bd)^2)}\text{m}$ d 為水深(m) ①特級水域水深 a=0.25m, b=0.0075 ②1a(1b)級水域水深 a=0.5m, b=0.013 ③2 級水域水深 a=1m, b=0.023	「平成 14 年 4 月 1 日海上保安廳告示第 102 號（海上保安廳告示第 110 號部分修正）別表第 2（海上保安廳）」

4) 使用案例

a) 運用於海岸區域

在處理海濱侵蝕的侵蝕對策作業中，為了檢討基本計畫及監控設施效果，會將其運用在掌握詳細海濱地形變動上。再者，陸地海濱部也會使用航空雷射測量，藉由構築出無縫的水路一體地形數據將其運用至海岸維護事業的評估面上。

b) 運用於港灣及漁港區域

為掌握航路埋沒狀況以及岸壁與防波堤等水中基礎設施的現況，會取得三維數據後與計畫斷面進行比較來作評估。接著再將評估結果活用於製作港灣設施的維護管理計畫及港灣資產管理。

此外，在港灣設施工程及鋪設管線方面，多波束測深數據也被廣泛用於其施工管理上。

c) 運用於河川區域

在橋腳及護岸周邊的局部性河床淘刷狀況調查方面，會利用多波束測深來掌握現場三維狀況。

在檢討河川水流能力等需要廣域詳細數據的檢討作業中，由於對象為河川這種淺水深流路又長的範圍時，利用多波束測深取得數據的效率會非常低，因此今後可期待藉由空載雷射測深（ALB：Airborne Laser Bathymetry）的普及加速此種作業的效率。

d) 運用於水庫蓄水池

近年來利用多波束測深來掌握蓄水池內正確蓄水容量及淤砂量的水庫日漸增多。由於在蓄水池內主要是用 1m 格子來構築地形模型之故，對於需要透過正確的蓄水容量進行適當水位運用以及顯著淤砂的蓄水池來說，此種測量結果可望作為檢討淤砂對策的基礎資料，以及將活用於設計階段中視為詳細現況地盤數據。

5) 今後的運用

多波束測深技術目前已配合小型化（無人化）與自動化一併使用，透過融合這些技術與 i-Construction 的實施，未來可望得到現場作業省力化、效率化，以及更能確保安全等效果。

此外，在不久的未來中，此項測量技術將會與技術尚在開發中的空載雷射測深併用，藉由空載雷射測深來測量較不適用於多波束測深的淺水域，而在深水域則是利用多波束測深來補足空載雷射測深的不足，這麼一來將可期待透過組合兩種測量方式的特徵來得到更有效率、更為省力，且更能確保安全的效果。

構築三維地形模型的測量技術目前雖然是以利用雷射掃描儀進行測量為主流，但相對於這種技術，在構築三維地形模型上還有其他與雷射測量完全不同的方法。其為利用複數個立體照片進行圖像相關的配對處理後，自動產生標高數據的技術。

【解說】

(1) 傾斜式 (Oblique) 相機

傾斜式相機為在既有的垂直攝影用相機上加上複數個可攝影斜邊角度的鏡頭，一次可同時拍攝多個角度的照片。利用這種技術，可比從前利用垂直下拍照片抽取表層面標高點雲數據 (DSM) 的技術多擷取到建物的壁面等資料，自動製成更為詳細的 DSM 數據。

圖像配對技術的開發至今已經十數年的歷史，但一直到傾斜式相機的出現才給概略設計模型的製作工程帶來莫大的影響。

更甚者，對於以此種 DSM 數據為基礎所製成的 TIN*4 數據來說，只要藉由貼上攝影圖像就可以在短時間內製成更接近現實空間的三維模型。

*4 TIN：Triangulated Irregular Network 的略稱：用三角形的集合體來表現地表面及構造物等的技術。

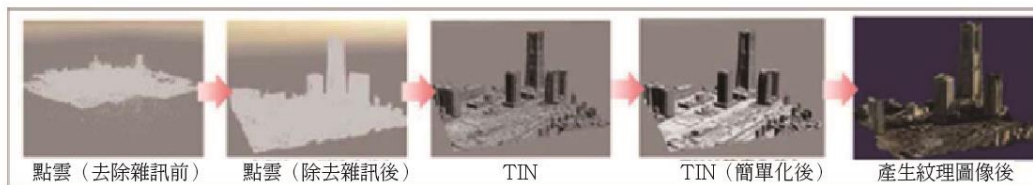
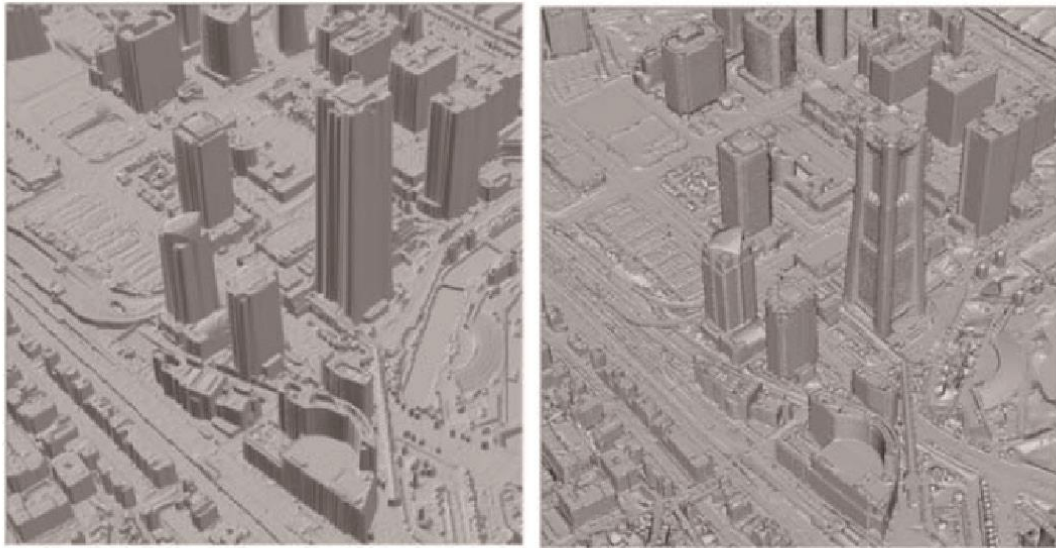


圖54 利用航空照片攝影製作鳥瞰圖的過程



僅利用垂直下拍圖像所製成的數值表層模型

利用傾斜式相機圖像所製成的數值表層模型

圖55 既有的攝影像機與傾斜式相機所製成的地形模型比較

藉由使用組合利用傾斜式相機所製成的三維鳥瞰圖、雷射測量數據，以及 UAV 圖像等所得到的鳥瞰圖，預測其今後將會在概略設計以及達成居民共識資料的精度提升上發揮效用。

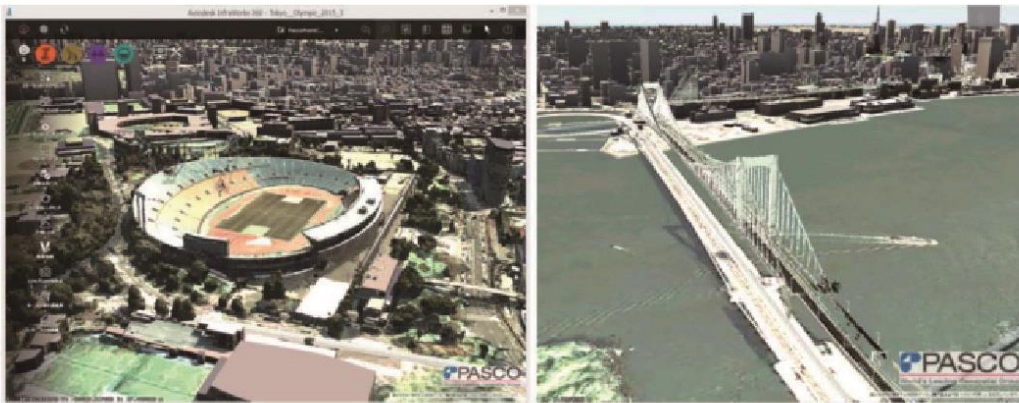


圖56 組合傾斜式相機圖像及其他圖像所製成的三維鳥瞰圖

出處：「CIM技術檢討會平成26年度 報告 平成27年5月」（CIM技術檢討會）

2.4 測量用語解說與注意事項

(1) 地圖資訊等級

圖資訊等級為規定於「公共測量作業規程 平成 28 年 3 月」(國土交通省)內，用來表示數值地形數據的地圖顯示精度，以及數值地形圖中分圖廓內數據的平均總合精度的指標。

此處將每種地圖資訊等級的精度與類比地圖的相對應比例尺間的關係整理為如下表所示。

表 17 地圖資訊等級的精度與地圖縮尺間的關係表

地圖資訊等級	水平位置的標準偏差	標高點的標準偏差	等高線的標準偏差	對應地圖比例尺
250	0.12m 以內	0.25m 以內	0.5m 以內	1/250
500	0.25m 以內	0.25m 以內	0.5m 以內	1/500
1000	0.70m 以內	0.33m 以內	0.5m 以內	1/1000
2500	1.75m 以內	0.66m 以內	1.0m 以內	1/2500
5000	3.50m 以內	1.66m 以內	2.5m 以內	1/5000
10000	7.00m 以內	3.33m 以內	5.0m 以內	1/10000

出處：「公共測量作業規程 平成 28 年 3 月」(國土地理院)在「公共測量作業規程 平成 28 年 3 月」(國土交通省)中將地圖資訊等級以及其對應的平面式三維測量方法定義為下述的標準。無論是單獨使用或是配合多種方式進行測量，均需先充分了解下表內容以及各種測量方法的特性。

表 18 地圖資訊等級及對應測量方法關係表

地圖資訊等級	現場測量(設置基準點)	現場測量(設置 TS 點)	車載攝影雷射測量	航空攝影測量	航空雷射測量	利用 UAV 所作的公共測量	地上雷射測量(參考)
250	○					○	
500	○	○	○	○	○	○	○(※1)
1000	○	○	○	○	○	△	
2500		○		○	○		
5000				○	○		
10000				○			

(※1) 在公共測量作業過程中雖然沒有規定，但在「利用地上型雷射掃描儀進行工程驗收管理要領(土工篇)(草案) 平成 29 年 3 月」(國土交通省)中要求開工測量等作業的測量精度必須要在 10cm 以內。

(2) 公共測量

公共測量為在測量法第 5 條中所規定的測量。

公共測量必須為「所有或是部分費用由國家或是公共團體負擔，甚或是透過補助所實施的測量」，且其基準點或是電子基準點需滿足「使用基本測量或是公共測量的測量結果進行測量時需由國土交通大臣進行指定」的條件，此外，「必須是『高精度』的測量」時即有可能符合「公共測量」的條件。

因此在本指南中所介紹的測量方法都有可能屬於公共測量的範圍。

當符合條件時，發包者（測量計畫機關）即需要申請及進行「公共測量」相關手續。

(3) 「日本測地系統」及「世界測地系統」

「日本測地系統」為實施平成 14 年 4 月 1 日所發布的修訂測量法之前，明治政府為了製作 1：50,000 的地圖而在全國進行基準點網的整備，以及採用白塞爾橢球體(Bessel ellipsoid)的測地基準系統。

在「世界測地系統」中，使用 VLBI（Very Long Baseline Interferometry，特長基線干涉術）及人工衛星進行觀測，再將所得到的地球正確形狀與大小作為依據，所構築出的經緯度的測定基準。具有世界共通的整合性，為國際上制訂的測地基準系統。其橢圓體採用 GRS80。

從「日本測地系統」轉為使用「世界測地系統」的變化中，除了使用的旋轉橢圓體有所改變，同時也透過進步的測量技術解決了基準點網歪斜的問題。

此外，即使所使用的軟體可從「日本測地系統」轉換為「世界測地系統」，也可對應旋轉橢圓體的變更，但還是需注意有些軟體無法對應基準點網的歪斜問題。

(4) 「測地成果 2000」及「測地成果 2011」

在明治時代由於測量機器與測量技術的制約與地殼變動的關係使基準點網產生了歪斜，而透過 VLBI 或是 GPS 等高精度測量作業來整備電子基準點後所得到結果就稱為「測地成果 2000」（JGD2000）。

平成 23 年（2011 年）的東北地方太平洋近海地震導致了巨大的地形變動，也使得多數基準點產生移動。因應這次的基準點移動所製成的測地基準點成果則稱為「測地成果 2011」（JGD2011）。自平成 23 年 10 月 21 日（五）修正了部分測量法施行命令後，所有基本測量及公共測量便以大地基準 2011 作為依據標準。

再者，在制定本指南之後如果還有發生大型地殼變動的情形時，也有可能再修訂新的大地基準。屆時可直接將「測地成果 2011」（JGD2011）替換為新的大地基準。

利用國土地理院的網站「Web 版 TKY2JGD」
(<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/tky2jgd/main.html>) 可將日本測地系統的座標轉換為測地成果 2000 的座標。

另外也可利用「Web 版 PatchJGD」
(<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/patchjgd/index.html>) 將測地成果 2000 的座標轉換為測地成果 2011 的座標。

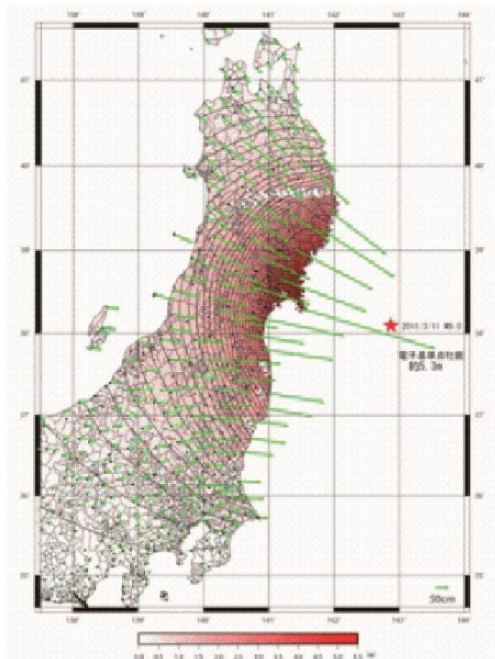


圖57 東日本大地震所造成的地殼變動
出處：國土地理院 <http://www.gsi.go.jp/sohuchikijun/jgd2000-2011.html>

(5) 平面直角座標系

平面直角座標系為一種地圖投影法，規定在測量法 11 條第十一條第一項第一號以及平成十四年國土交通省告示第九號中。

在地球上雖然可以用經緯度來表示一個點的水平位置，但如果是在狹窄範圍內將其視為一個平面來處理也不會有太大的誤差。因此在日本國內便放置了 19 個原點，以將其周邊視為平面的方式制定出了一套座標系統。以此原點為中心的南⇒北（縱軸）設為 X 座標，西⇒東（橫軸）設為 Y 座標，而其數值單位大多以 m 來標記。在 GIS 軟體與 CAD 軟體中大多都是將橫軸設為 X，縱軸設為 Y，因此必須要多加注意不要搞混縱橫軸的座標。

另外在都道府縣單位中所使用的系統編號是設定為 1 系統 2 系統...。當有橫跨多個系統時必須要選擇其中之一，統一所有模型再行製作。（參考）

(<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/patchjgd/download/Help/jpc/jpc.html>)

要將經緯度座標轉換為平面直角座標系統的座標時可利用國土地理院的網站「轉換為平面直角座標」

(<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/bl2xyf.html>) 進行轉換。

(6) 基盤地圖資訊(數值高程模型) 5m 網格(標高)/10m 網格(標高)

在基盤地圖資訊(數值高程模型)中,目前有「5m 網格(標高)」以及「10m 網格(標高)」兩種,兩者在製作方法及製作時間上都有所不同,必須注意以下事項。

1) 混用測地系統導致模型間無法整合

在 5m 網格(標高)中會混用測地成果 2000(JGD2000)與測地成果 2011(JGD2011)。而在 10m 網格中僅有 JGD2000。

大地基準混合時無法進行接合。

再者,當發生地殼變動時,有時會導致基準點的大地基準發生變動。因此在統整 CIM 模型時必須將所有模型以同一個大地基準為基準進行整合。

2) 混用測量方法導致模型間無法整合

在 5m 網格(標高)中會由於測量實施時期與測量方法的差異導致測量精度有所不同,因此在相鄰網格編碼檔案間的接合部有時就會出現落差。如果使用情況為不允許有落差時,就需要重新檢討是否要利用 10m 網格(標高)或是使用新型的雷射測量方式。

此外,當 5m 網格(標高)與 10m(網格)混合存在時,兩者的測量方法並不相同。而測量方法一旦不同,精度就會有所差異。所以當其混和存在時在接合部的標高值就有可能會出現落差或是重複部分的標高值有差異的情況。

3) 網羅性

10m 網格(標高)的範圍已網羅日本全國,但 5m 網格(標高)的部分僅以都市部分及 1 級河川為中心進行整備,並未網羅至全國。

(7) GNSS(Global Navigation Satellite System/全球導航衛星系統)

GNSS 為 GPS、GLONASS、Galileo、準天頂衛星系統等衛星導航系統的總稱。

GPS(Global Positioning System)為美國用來支援航空機及船舶的航行所開發的系統。

此系統的構成為透過管制局對上空約 2 萬 km 處的 GPS 衛星(在 6 個軌道內共配置 30 個)、追蹤與管制 GPS 的管制局,以及進行測位的使用者收訊機所構成。

在航空器及船舶等交通工具中,在透過 4 個以上的 GPS 衛星同時測得與衛星間的相隔距離來決定自己的位置。與 GPS 衛星間的距離可以從

GPS 衛星所發射的訊號抵達收訊機的時間來算出。從衛星所發射出的訊號內同時含有衛星的軌道資訊以及原子時間的正確時間資訊。

出處：國土地理院網頁 http://terras.gsi.go.jp/geo_info/GNSS.html

(8) GNSS 定位方法不同所產生誤差的相關事項

在 GNSS 中有數種定位方法（利用方法）。根據不同的定位方法，測得的經緯度也會有所差異，因此在利用時必須考慮其特性再行運用。

表 19 GNSS 中各種定位方法的概略誤差

GNSS 定位方法	概略誤差
單機定位	約 10m
DGPS 定位 (差分 GPS (假設基準點方式))	數 m
RTK-GPS 定位	數 cm
網路型 RTK-GPS 定位	數 cm

出處：國土地理院網站「使用 GNSS 進行測量的各種事項」

從 (http://terras.gsi.go.jp/geo_info/GNSS_iroiro.html) 整理所得

(9) IMU (Inertial Measurement Unit / 慣性測量單元)

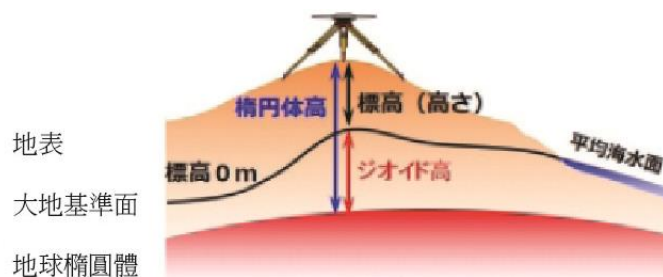
可同時觀測移動體的角度與加速度的單元。

進行航空攝影測量、航空雷射測量、車載攝影雷射測量時，可藉由 GNSS 測量位置，再利用 IMU 同時觀測姿勢傾斜及加速度來進行高精度的測量作業。IMU (Inertial Measurement Unit / 慣性測量單元)

(10) 標高與大地基準面高

由於構成地球的物質等的不同，使得其並非為一個完整的橢圓體，而是呈現一個不規則的形狀。這個形狀在與重力方向垂直的面所連結的平面中也不是一個完整的橢圓體，而是呈現一個不規則的曲面。而這裡將與重力垂直的曲面，也就是與平均海水面高一致的曲面稱為大地基準面。

基本上藉由 GNSS 所測得的高度為橢圓體起算的高度。因此在標高需要視測量的器材來進行大地基準面高度的補正。



【標高とジオイドの関係】

$$\text{標高} = \text{橢圓體高} - \text{大地基準面高}$$

圖58 標高、橢圓體高，以及大地基準面高的關係

出處：國土地理院網站「所謂的大地基準面」 (http://www.gsi.go.jp/butur_isokuchi/geoid.html)

(11) 取得構造物邊界的相關事項

本指南中主要介紹的是平面式的測量方法，藉以取得三維點雲數據。

但由於平面式的測量方法無法取得構造物的邊界資訊，即使是使用全站儀所進行的現場測量或是利用 UAV 的情況，也都需要配合航空攝影測量等圖形化方法的組合才能取得構造物的邊界資訊。

第3章 地質及土質調查

在本章中將會介紹製作與活用地質及土質模型的相關基本概念、模型種類及概要，還有其構成與製作步驟（範例）。

3.1 製成及活用地質及土質模型的相關基本概念

3.1.1 製成地質及土質模型的基本方針

地質及土質模型是以到製作模型的時間點為止所進行的地質及土質調查成果為基礎所製成。

在製成的地質及土質模型中，除了包含推斷事項之外，在「CIM 模型製成事前協議及交接清單」中也一定會要求記錄會轉移至設計及施工階段的地質風險，並確實交接至下一個工程階段。

再者，以活用地質及土質模型的目的與用途為依據，為了要提升模型精度並減少地質風險，須留意在進行追加的地質及土質調查作業中要因應需求實施相關計畫。

由於在地盤中斷層、風化層、軟弱層，以及地下水的分布極為複雜，僅靠著規畫及設計階段中在有限地區與斷面所進行的調查很難將其正確製為模型。在填方等經由人造的部分也是一樣。因此無論三維圖像顯示技術再怎麼進步，判斷規畫及設計階段的地盤資訊時還是要注意當中通常都會含有預測及推定的資訊在內。

在各個作業階段中都會預測在之後的階段及工程中的風險，並實施補充調查以追加或是更新地盤調查資訊。在施工階段中也會隨著施工的進行，將挖掘中所確認到的露頭、挖掘面的圖像、地盤改良後所確認的支持層深度等精確度較高的資訊直接反映至施工條件上。

製作地質及土質模型時，除了必須要確實了解並交接上述這種「直接確認到的事實」之外，以下也整理了其他須知的基本方針及注意事項。

本章將「地質及土質調查共通規格書 平成 28 年度版」（國土交通省各地方整備局）中所示之成果作為依據，以製作地質及土質模型為基本概念，針對利用鑽探柱狀圖製成「鑽探模型、將地質平面圖貼至三維地形模型的「紋理模型」，還有考慮到地層等三維空間分布所製成的「準三維斷面圖模型」等模型的處理方面，記載了各模型的構成及製作步驟（範例）。

將這些模型配置於三維空間後就能以立體的方式了解本體構造物與地質構成的位置關係，而相關人員便能藉此輕易地共享調查成果的概念圖以及地質風險等資訊，因此在以調查成果為基礎欲進行追加及補充調查的檢討作業及立案時，便可期待其發揮效果，讓作業可進行得更為順利。

不過這些模型都是依照到製作時期為止，由有限區域及斷面針對地質及土質進行調查所得到的資訊所製成，與固定的構造物不同，帶有不確定性存在。因此在後續作業階段中進行構造物的設計及施工作業時，務必要將模組本身帶有預測成分的資訊，以及可能發生的地質風險等事項都記錄在「CIM 模型製成 事前協議及交接清單」內，並交接清楚。

再者，於「3.2 地質及土質模型的種類與概要」中所介紹的曲面模型、立體畫素模型與柱狀體模型是因應在地下水浸透流解析、斷層、脆弱層等對近接施工的影響預測以及地震動解析等目的所製作的模型。在製成這些模型時，為了確保可達到解析及考察目的，還有因應用途所需求的精度，在製作及運用模型上必須注意所有必要的調查方法以及調查數量。

此外，所使用的地質資訊及模型製成方法（建模種類或地層內插演算等）需記錄在「CIM 模型製成 事前協議及交接清單」內，並交接清楚。

3.1.2 地質及土質模型的運用概念

在規畫、調查、施工，以及維護管理等各階段中地質及土質模型的製作以及使用上，要交接至下一個階段時，必須要多加留意模型中推斷部分的交接，以及必須因應調查目的與調查數量來選擇模型。

地質及土質模型在各階段中的使用流程如圖 59 所示。

在各個作業階段中，當製作、追加、更新，或是使用完模型後，交接至下一個階段的流程雖然和其他構造物模型都相同，但要遵照上一節中所提到的基本方針，並且必須注意以下事項。

- 各作業階段中承接土質模型時，必須注意對於模型中包含了什麼樣的推斷，以及經過了什麼樣的內插演算與預測等記錄都必須確實交接至下一個階段。

此外，交接這些推測事項時需確認「3.3.1 資料構成（範例）」中的記載內容。

- 地質及土質模型的使用目的及要求性能會因目標構造物及作業階段的不同而產生差異，而一般在作業階段持續往下推進時，模型中所處理的地質及土質資訊種類會跟著增加，精度也會隨之提升。以上述情況為前提，在製作、追加，或是利用地質及土質模型時必須要多加注意，不要製作出不需要或是精度過低的模型。

- 目前地質及土質調查的相關 CIM 活用實績並不多，此處將全國地質調查業協會聯合會等相關機關的研究成果作為基礎，記載了地質及土質調查模型的構成，以及其製作步驟（範例）。另外，在製作、追加、更新，以及交接地質及土質模型時，由於現場驗證以及相關機關的檢討作業都尚未成熟之故，在平成 29 年以後開始整理 CIM 的導入以及實施狀況中所遇到的課題並檢討其對策，必要時隨時都會進行修訂。

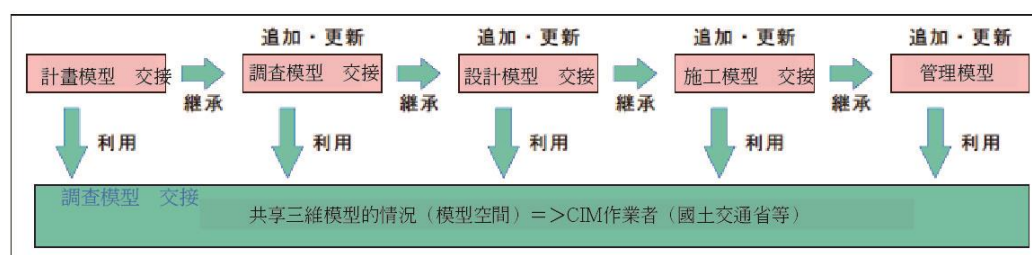
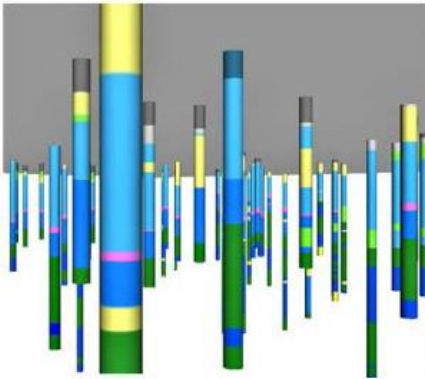
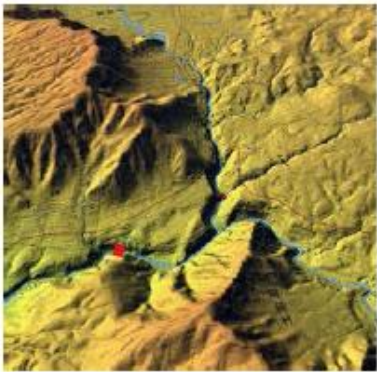
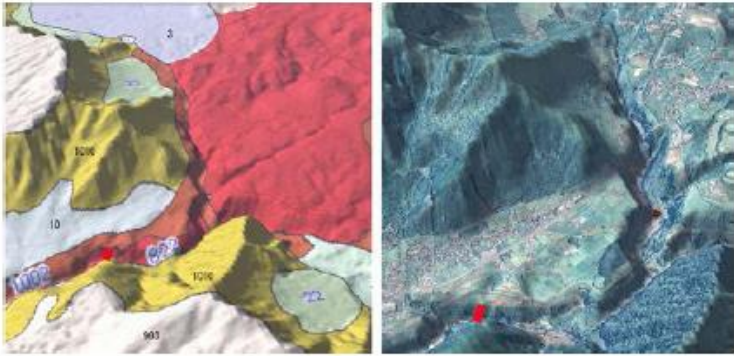


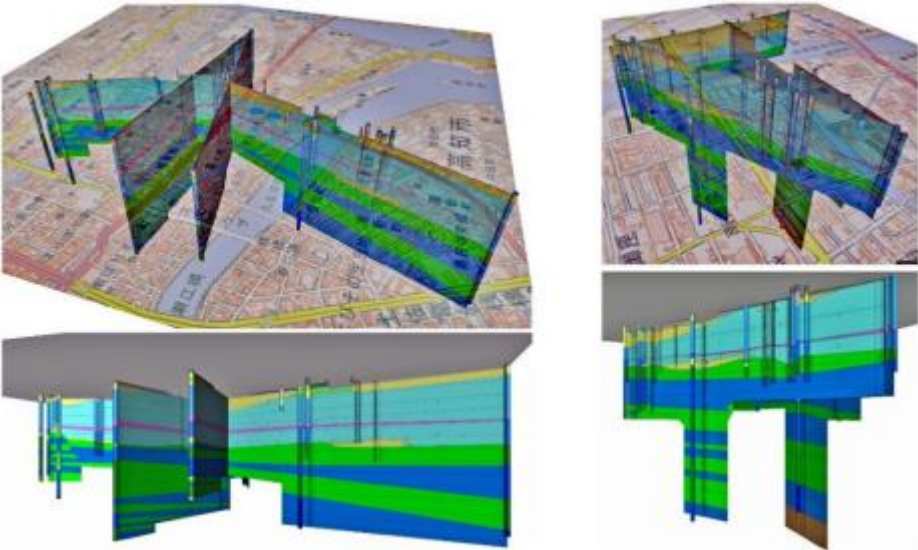
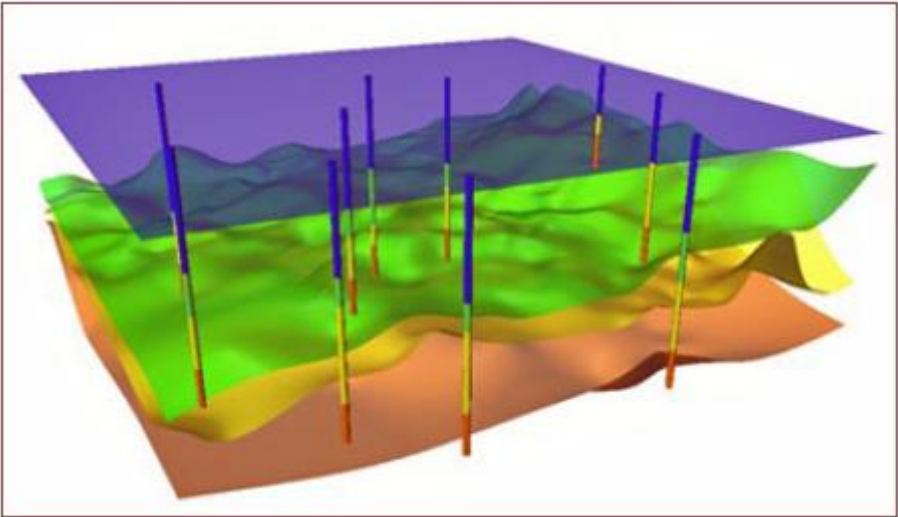
圖59 CIM的各個階段以及三維地盤模型數據

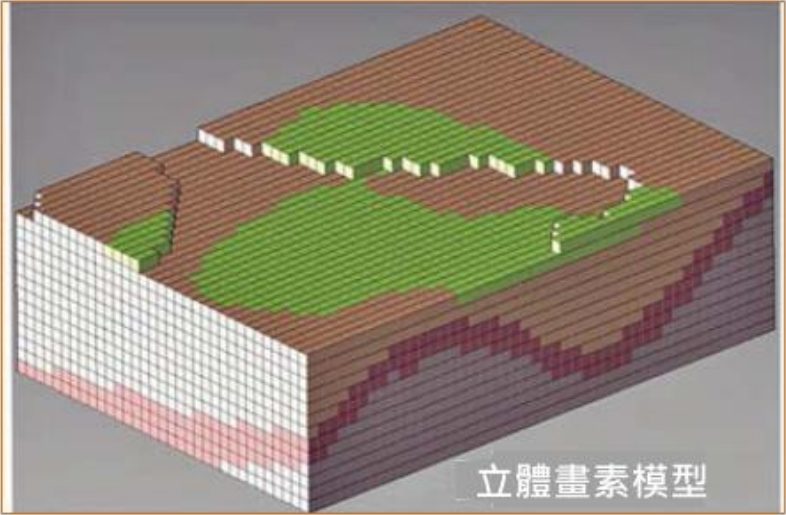
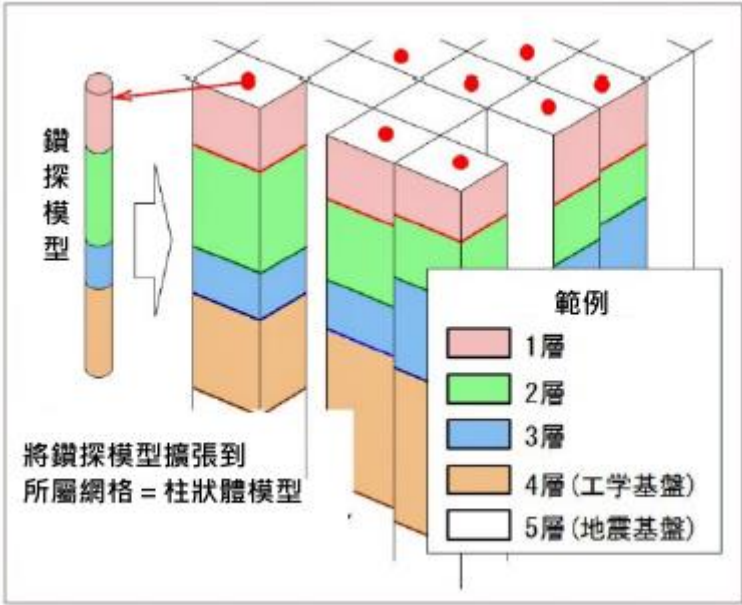
3.2 地質及土質模型的種類及概要

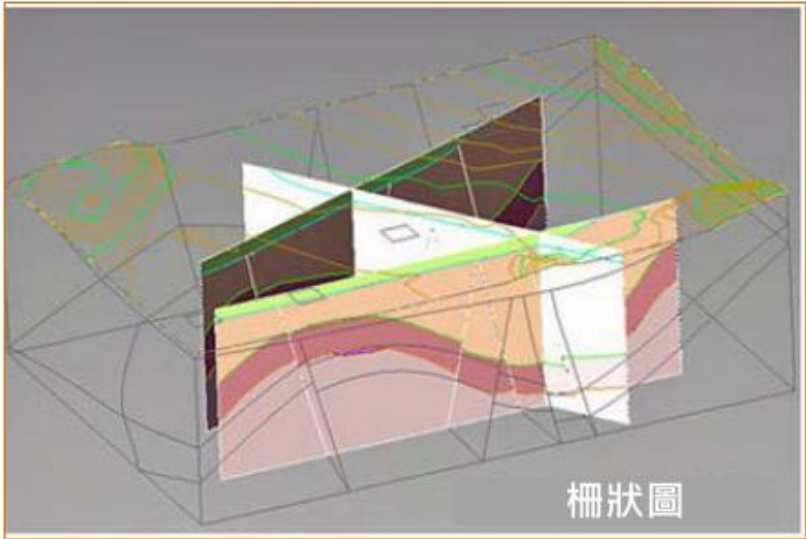
此處將本指南中所述帶有三維位置資訊的地質及土質模型種類與概要整理為如下表所示。

表 20 地質及土質模型的種類與概要

種類	概要	注意事項等
鑽探模型（一維地盤模型）	將地質及土質調查作業中所製作的地質鑽探柱狀圖成果配置到三維位置中，接著再擷取出必要的屬性資訊進行製作。 	為從鑽探柱狀圖中擷取出層序的模型。
紋理模型（準三維模型）	將地質及土質調查作業中所製作的地質平面圖及經過正射處理的航空照片貼到三維地形表面（地形模型）所製成。  國土地理院以顏色所區別的標高圖  國立研究開發法人產業技術總合研究院 國土地理院國土基本圖 無縫地圖	貼至地形模型上的紋理圖像在現階段中僅限使用影像數據。

準三維 斷面圖	依地質及土質調查要領中所記載的地質斷面圖、速度層斷面圖，還有自然土層條件調查結果圖為基礎所製成。在三維空間資訊上附加形狀資訊（物件型）及地質資訊等附加的屬性資訊所構成。 	• 沿著考慮到鑽探柱狀圖地層構成的斷面測線所推測出的模型。
曲面模 型	一般而言是指將紋理圖像貼到表面形狀的曲面模型後所得到的模型，但在此處是將地層等邊界面模型稱為曲面模型。 構成曲面模型的邊界面有「地層（層序）邊界面」、「彈性波速度層邊界面」、「比電阻層邊界面」、「岩盤等級區分邊界面」、「岩盤分類邊界面」、「侖琴(Lugeon)透水值邊界面」等。 預定是使用在早期檢查地質風險以及掌握周邊部地質概要的場合。 	• 在確保精度方面，須在充分採取必要調查方法及調查數量後，再檢討其活用方法。 • 所使用的地質資訊或是模型製作方法（建模種類或地層內插演算等）都需記錄並交接。

實體模型	立體畫素模型 以小立方體的集合體來表現模型整體，一般來說在製作模型時會將曲面模型(地層等邊界面模型)的形狀與邊界面間的屬性資訊賦予在微小立方體上。此處的屬性資訊除了有「地層名(層序)」外，還包括了「彈性波速度資訊」、「比電阻資訊」、「岩盤等級區分資訊」、「岩盤分類資訊」、「侖琴(Lugeon)透水值資訊」等。  立體畫素模型	• 在確保精度面上，必須充分採取必要的調查方法以及調查數量後，再檢討其活用方法。 • 所使用的地質資訊或是模型製作方法(建模種類或地層內插演算等)都需記錄並交接。
柱狀體模型	從曲面模型(地層等邊界面模型)正上方俯視的話可以將其區分為微小格子(網格)，藉由將網格內的邊界面間屬性資訊互相作連結而製成的模型。將代表網格的鑽探模型擴張到網格整體後，其在地震預測領域中被稱為「垂直一維地盤柱狀體模型」。  鑽探模型 將鑽探模型擴張到所屬網格 = 柱狀體模型 範例 1層 2層 3層 4層(工学基盤) 5層(地震基盤)	• 在確保精度面上，必須充分採取必要的調查方法以及調查數量，再檢討其活用方法。 • 所使用的地質資訊或是模型製作方法(建模種類或地層內插演算等)都需記錄並交接。

柵狀圖	其定義為用三維方式表示在曲面模型及實體模型中，由任意設定的多條斷面線所切出的斷面圖。 藉由形狀資訊（物件圖）與地質資訊附加屬性資料的方式所構成。 	• 在確保精度面上，必須充分採取必要的調查方法以及調查數量後，再檢討其活用方法。 • 所使用的地質資訊或是模型製作方法（建模種類或地層內插演算等）都需記錄並交接。
------------	---	--

3.3.2 屬性資訊（範例）

在地層的屬性資訊在營建工程整個過程中需要處理大量的資訊，如透水係數、地盤強度相關常數、施工時所判斷的地質觀察結果等。因此理想的方式是將形狀資訊與屬性資訊區分開來，個別進行管理。

（1）屬性資訊的處理

地層屬性資訊的理想處理方式如下圖所示。

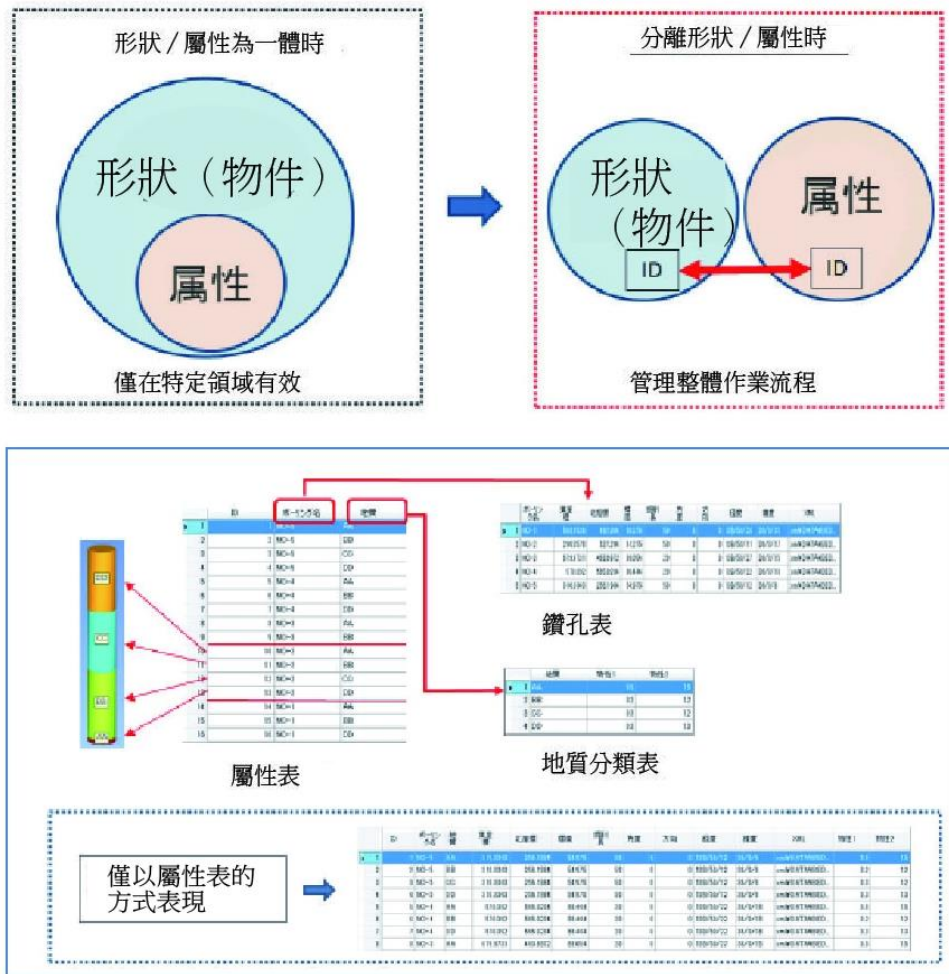


圖61 三維地盤模型的屬性資訊

出處：關於CIM中三維模型的屬性利用
(情報地質學會SYMPOSIUM2013演講論文集)

(2) 屬性資訊（範例）

理想的地質及土質共通屬性資訊的處理方式如下所述。

可因應需求追加隧道領域及階段中個別的屬性資訊。使用檔案格式為容易流通的 CSV 格式。

表 22 屬性資訊製作方針

製作對象	屬性	為進行概略設計所作之調查	為進行預備設計所作之調查	為進行詳細設計所作之調查	施工中	維護管理	備註
地質平面圖模型	ID 碼	○	○	○			必須
	地質資訊名稱	○	○	○			地層及岩體區分名稱、地質構造、風化帶區分、變質帶區分及地質學屬性等
	色碼 (Color Code)	○	○	○			
	特記資訊等	○	○	○			
鑽探模型	ID 碼		○	○	○	○	必須
	深度		○	○	○	○	必須
	地質資訊名稱		○	○	○	○	地層及岩體區分名稱、風化帶區分、變質帶區分、自然地層等級、地下水位、湧水狀況及地質學方面的注意事項（風險資訊）等
	堆積（優先）資訊		○	○	○	○	
	特記資訊等		○	○	○	○	
地質縱斷圖模型	ID 碼		○	○	○	○	必須
	地質資訊名稱		○	○	○	○	地層及岩體區分名稱、地質構造、風化帶區分、變質帶區分、自然地層等級、自然地層彈性波速度層區分、地下水位、湧水狀況及地質學方面的注意事項（風險資訊）等
	堆積（優先）資訊		○	○	○	○	
	特記資訊等		○	○	○	○	
地質橫斷圖模型	ID 碼						必須
	地質資訊名稱						地層及岩體區分名稱、地質構造、風化帶區分、變質帶區分、自然地層等級、自然地層彈性波速度層區分、地下水位、湧水狀況及地質學方面的注意事項（風險資訊）等
	堆積（優先）資訊						
	特記資訊等						

1) ID 碼

對於利用 CAD 工具所製成的物件來說，以 1 行屬性資訊代表 1 個物件，而直列的部分則為屬性項目，以這種方式來製作表格。其中將 ID 碼設定為可對應物件及其屬性資訊的屬性。

2) 深度

在鑽探模型中從地表面開始測量的地質資訊的上界深度(upper boundary depth)，以 m 為單位記載。

3) 色碼 (Color Code)

在地質平面圖中將描繪地質資訊的顏色用 RGB 的方式指定。另外也會標註所使用的定義碼。下表所示為附加色碼後的屬性表概念圖。

表 23 地質平面圖の属性情報イメージ

ID	堆積 順位	地質時代			地層・岩体区分		記号	カラーコード
Gmap-001	7	新生代	第四紀			崖錐堆積物	tl	D9D9D9
Gmap-002	6	新生代	新第三紀	中新世	湯長谷層群	水野谷層	Ya	FFFF99
Gmap-003	5	新生代	新第三紀	中新世	湯長谷層群	五安層	Ys	FF99FF
Gmap-004	4	新生代	古第三紀	漸新世	白水層群	白坂層	Sm	3399FF
Gmap-005	3	新生代	古第三紀	漸新世	白水層群	石城挾炭層	Ss	339933
Gmap-006	2	中生代	白堊紀	後期	雙葉層群	足沢層	Fg	009900
Gmap-007	1	中生代	白堊紀	前期		花崗岩	Gr	996633

表 23 地質平面圖の属性資訊概念圖

ID	堆積 順位	地質時代			地層及岩體區分		記號	色碼
Gmap-001	7	新生代	第四紀			崖錐堆積物	tl	D9D9D9
Gmap-002	6	新生代	新第三紀	中新世	湯長谷層群	水野古層	Ya	FFFF99
Gmap-003	5	新生代	新第三紀	中新世	湯長谷層群	五安層	Ys	FF99FF
Gmap-004	4	新生代	古第三紀	漸新世	白水層群	白坂層	Sm	3399FF
Gmap-005	3	新生代	古第三紀	漸新世	白水層群	石城挾炭層	Ss	339933
Gmap-006	2	中生代	白堊紀	後期	雙葉層群	足澤層	Fg	009900
Gmap-007	1	中生代	白堊紀	前期		花崗岩	Gr	996633

4) 地質資訊名稱

描繪及製作各地質模型時所使用的地質資訊。基本上是用文字記載地層及岩體區分名稱與土質區分名稱，但有時也會因應調查目的而使用數值來對應測量值及

判斷結果等。在表 22 的備註欄中已有敘述對應各模型的地質資訊名稱具體案例。此外，圖 62 所示為將鑽探模型的地質資訊名稱設定為地質名稱時的概念圖。

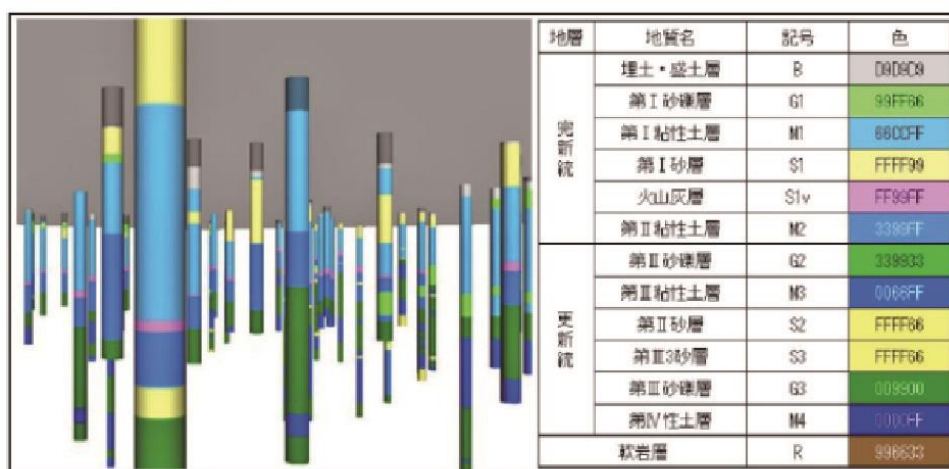


圖62 鑽孔模型與屬性資訊概念圖

5) 堆積（優先）資訊

表示自地層及岩體區分等地面算起的堆積順位（現況中雖然沒有使用，但此為將來在構築曲面模型等場合時所必要的參數：參考圖 63）。

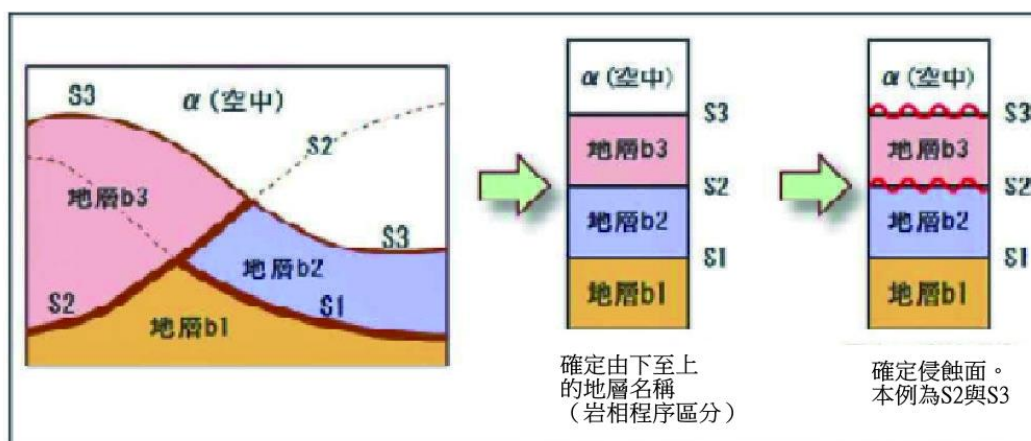


圖63 地質理論模型中堆積順位的概念圖（參考）

6) 特殊資訊等

其他因應需求所記載的資訊。

3.4 地質及土質模型的製作步驟（範例）

此章節中將會介紹實施地質及土質調查作業中，或是實施設計作業中，所製成的各種地質及土質模型的製作步驟，以及其在未來的定位。

3.4.1 處理座標時的注意事項

以下將以「製成三維地盤模型入門 平成 28 年 11 月」（（一財）全國地質調查業協會連合會（一財）日本建設情報總合中心）為基礎，介紹製成地質及土質模型時的座標系統與位置精度相關的注意事項。

- ①座標系統採用「平面直角座標系統」。
- ②使用鑽探交換用數據時，由於孔口位置資訊為經、緯度，要製成三維地盤模型時需轉換成平面直角座標系統。
- ③製作鑽探模型與地質斷面圖（準三維地盤模型）時，目標為將位置座標的讀取精度以 0.3m（以秒為單位的話為 1/100 秒以內）以內為目標。
- ④如果是曲面模型等三維地盤模型時，需勘查目標範圍、地盤模型的實施階段，還有使用目的後確保最適合的精度。

圖 64 為概略說明讀取精度所產生的位置差異之圖示。綠色標記為 1 秒精度僅能顯示 4 孔中的 3 孔，咖啡色標記的精度則為 10 秒，僅能顯示 1 孔。

這代表了多孔的位置座標在各自的位數（精度）中，可能變成相同數值。如同 CIM 作業一般，此案例代表在下游工程作業需要再利用（Reuse）鑽探數據，或是構築地盤資訊數據資料庫時會變成的一個嚴重的障礙。

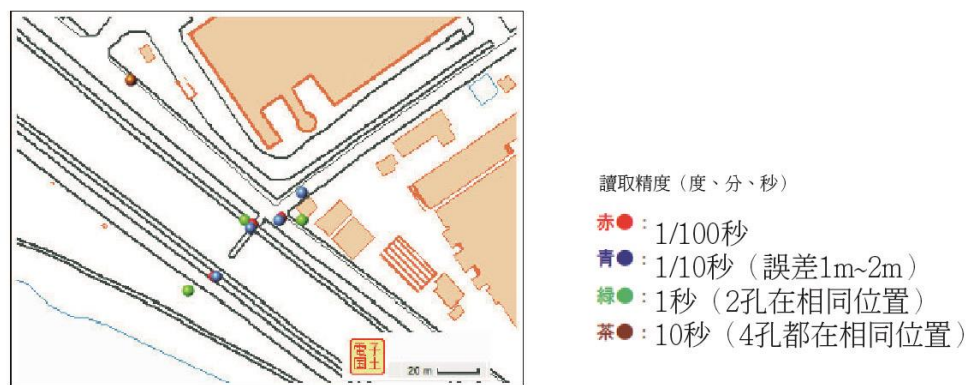


圖64 關於經緯度的讀取精度（概略圖）

出處：「製成三維地盤模型入門 平成28年11月」

（（一財）全國地質調查業協會連合會（一財）日本建設情報總合中心）

3.4.2 鑽探模型（範例）

藉由從地質及土質調查作業中所實施的鑽探成果中，擷取出必要資訊所製成的模型。因應調查目的，以下針對簡易版及詳細版兩種範例作說明。

依照『地質及土質調查成果電子交貨要領第4篇 3-3-6 地質資訊』製作地質斷面圖。而為了製作地質斷面圖所使用的所有鑽探柱狀圖，都是利用以下所記載的「屬性資訊」為基礎來製成鑽探模型。

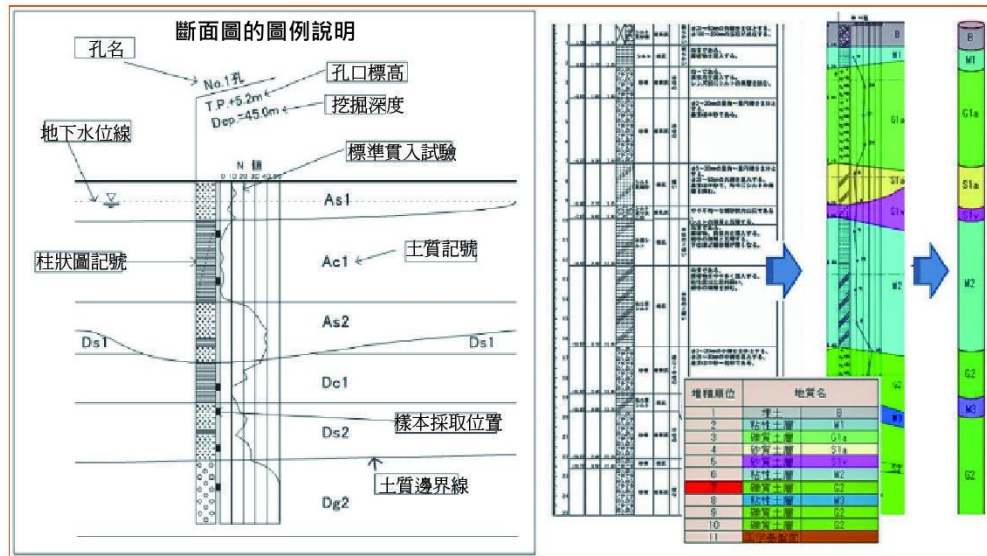


圖65 以「屬性資訊」為基礎所製成的鑽孔模型

(1) 簡易版的屬性資訊（草案）

原則上是以「地質及土質調查成果電子交貨要領」所規定的數據基準為準則。

將前項中所區分的層序記錄於鑽探交換用數據（XML）的「<地層岩體區分>分頁」中。

將所參照的地層區分表（屬性表格）以及引用資料的資訊等記錄在「<自由（FREE）資訊>分頁中」。

<地層岩體區分>
 <地層岩體區分_上端深度>35.30</地層岩體區分_上端深度>
 <地層岩體區分_下端深度>39.70</地層岩體區分_下端深度>
 <地層岩體區分_地層岩體名稱>G4</地層岩體區分_地層岩體名稱>
 </地層岩體區分>
 <自由資訊>地層岩體區分登錄公司：****(株)。同登錄人員：管理技術人員 ****。同登錄日：2016年**月**日。
 層序表（屬性表格）檔案：Class.xls。</自由資訊>

年代	地層	地層名	記号	色	堆積順位
完新世	沖積層	埋土・盛土層	B	D8D8D8	1
		沖積上部層	AV	FFFF99	2
		沖積火山灰層	AV	FF99FF	3
		沖積下部層	AD	9999FF	4
更新世	洪積層	洪積上部層	DU	999999	5
		洪積下部層	DD	999999	6
古生代		軟岩層	R	999999	7

圖66 以Class.xls為例

（2）詳細版的屬性資訊（草案）

詳細版的屬性資訊如下表所示。

表 24 詳細版的屬性資訊（草案）

資訊名稱	內容
標題資訊	作業名稱、調查名稱、調查者姓名、調查負責人員姓名、調查開始日期、調查結束日期、鑽探交換用數據名稱、經度、緯度、平面直角座標系統的座標值、坑口標高、挖掘方向、挖掘角度、地質資訊碼 ¹⁾ 、原始檔連結 ²⁾ 、修訂履歷（實施日期、理由、實施者姓名等）
地質資訊	共通 ID 碼 ³⁾ 、深度、地質資訊名稱 ⁴⁾ 、堆積（優先）順位 ⁵⁾ 、特記事項

1) 地質資訊碼：記載於「地質資訊名稱」項目的名稱（種類）。

2) 原始檔案連結：從地質資訊管理檔案（BORING.XML）等中所擷取出的管理資訊。

3) 共通 ID 碼：考慮到 CIM 所有階段中使用「屬性資訊表格」的代碼。

4) 地質資訊名稱：描繪地質斷面圖的斷面線時所使用的地質資訊。

在初級階段中登錄地層、岩體區分名稱、岩盤等級區分名稱、土質區分名稱或 N 值。

隨著調查進行，會適當追加彈性波速度值、密度或衰減常數等必要的地質資訊。

5) 堆積（優先）順位：顯示從地層及岩體區分等地面算起的堆積順位號碼。

表25 鑽探模型 詳細版的屬性資訊 (草案)

ID	堆積 順位	深度 (m)	地層・岩体区分		記号	実測N値	Vs (m/s)	Vp (m/s)	減衰常数 h	湿潤密度 (kgf/cm ³)	非線形 特 性
BEDmn1-01	1	1.5	埋土	B	As	2.0	119	607	0.03	1.8	②
BEDmn1-02	2	2.6	粘性土層	M1	Ac	4.0	161	821	0.05	1.7	①
BEDmn1-03	3	7.5	礫質土層	G1a	Ag	23.0	226	1,152	0.02	2.0	③
BEDmn1-04	4	9.7	砂質土層	S1a	As	7.5	167	852	0.03	1.9	②
BEDmn1-05	5	10.7	砂質土層	S1v	As	9.0	175	892	0.03	1.5	②
BEDmn1-06	6	17.2	粘性土層	M2	Ac	8.0	192	979	0.03	1.8	①
BEDmn1-07	7	19.6	礫質土層	G2	Dg	31.0	299	1,525	0.02	2.0	③
BEDmn1-08	8	20.8	粘性土層	M3	Dc	12.0	280	1,328	0.03	1.8	①
BEDmn1-09	9	27.0	礫質土層	G2	Dg	36.8	312	1,691	0.02	2.0	③
BEDmn1-10	10	43.2	礫質土層	G2	Dg	50.0	338	1,722	0.02	2.1	③
BEDmn1-11	11	—	基盤面		RW	—	700	2,100	0.01	2.1	—

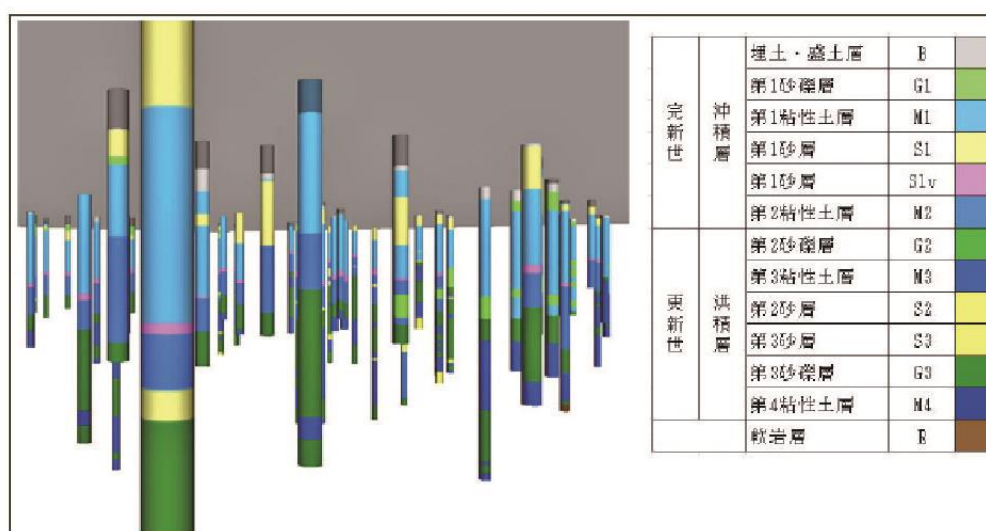


圖67 鑽孔模型地質資訊的相關屬性資訊表格 (完成例)

【參考】鑽探模型的製成以及表現方法

- ①確定層序表 (從下層開始依堆積順序記錄)。
- ②參考鑽探柱狀圖的記載確定層序。
- ③依照層序的色碼製作層序圖。
- ④利用三維可視化工具準備挖掘深度×口徑 1~2m 的圓筒，將柱狀圖影像以圓周方向貼上 (紋理)，接著再依照孔口的位置座標配置圓筒。

※因應 HTML + JS 的環境，目前正在開發用 CSV 格式的層序檔案在瀏覽器的 CANVAS 上描繪柱狀圖影像的工具 (預定公開工具)。

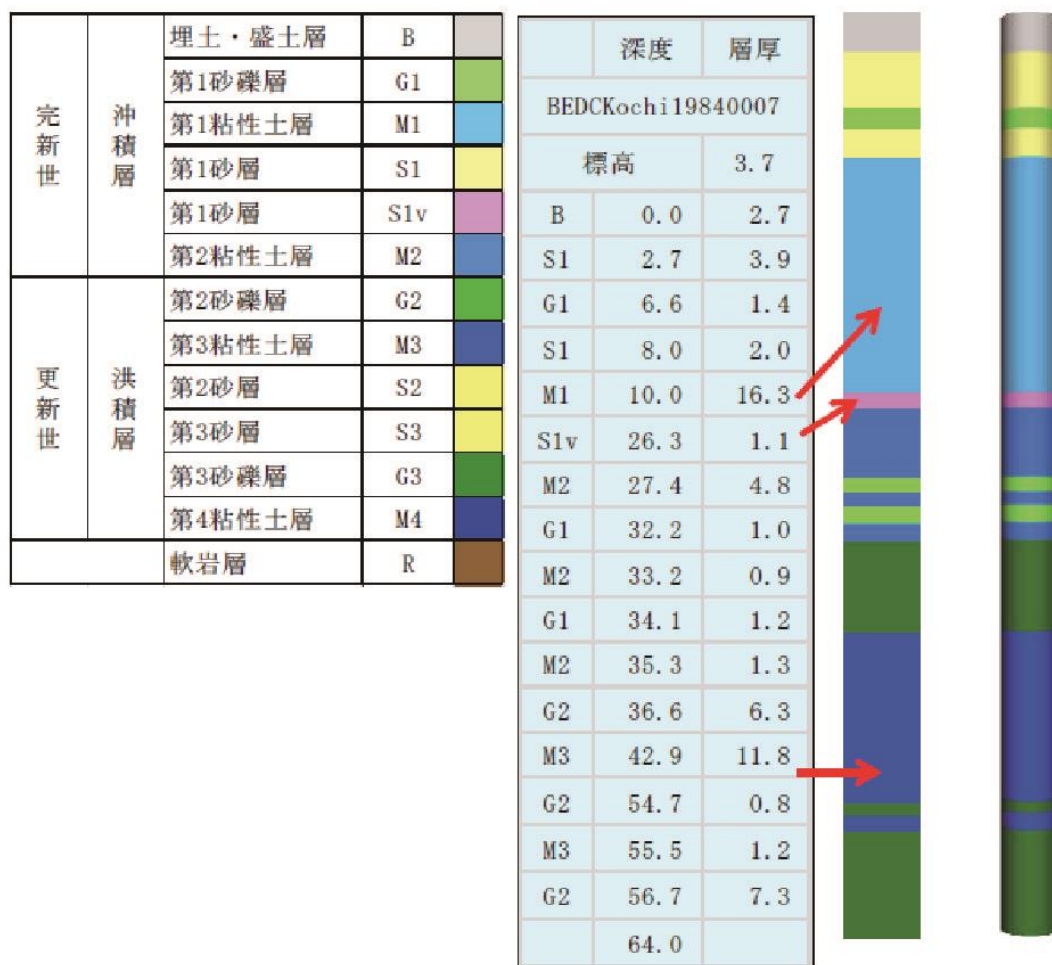


圖68 工具圖

3.4.3 紋理模型（範例）

此章節中將舉例說明紋理模型的製作方法。

紋理模型指將地質平面圖等圖像貼至三維地形表面後所得到的模型，具體來說就是在地表面的曲面模型貼上地質平面圖（進行紋理製圖）、經過正射處理的航空照片、傾斜照片、草圖或是路線地圖等圖像後所得到的模型。

下表為對象圖面的主要範例，範本在前述中的「表 20 地質及土質模型的種類與概要」中已作過介紹。

表 26 紋理模型的主要對象圖面

種類	特記事項
圖面類	地質平面圖、航空照片、斜面草圖、SAR（Synthetic Aperture Radar：合成口徑雷達）等變動圖、防災地圖（測量震度、土壤液狀危險度、洪水、海嘯、土砂災害警告區域、火山）等

（1）資料構成（範例）

下表為資料構成（範例）。

表 27 紋理的資料構成（範例）

資訊名稱	說明
管理資料	• 管理形狀資訊及屬性資訊的資料 • 與紋理圖像模型整體形狀相關的資訊、與座標系統相關的資訊或是檔案格式等。 • 製作紋理模型時所參照的地質圖與現地調查結果相關資訊等。
形狀資訊	• 由曲面以及所貼上的紋理數據的各個形狀所構成。 • 紋理數據在此處僅視為影像數據處理。 • 此處的曲面和後述的曲面模型以相同處理，這裡就不多加說明。
屬性資訊	• 與形狀資訊連結的地質資訊。 • 由於形狀資訊為影像數據，會盡可能保存對應所使用色碼（RGB 形式）的屬性資訊。

(2) 管理資料 (範例)

由於所需要的管理資料會因 CIM 目標作業的目的與種類而有所差異，因此不用備齊所有列出的資料也沒關係。

表 28 管理資料 (範例)

資訊名稱 (範例)	內容
管理資訊	作業名稱、調查名稱、調查人員姓名、調查負責人員姓名、調查開始日期、調查結束日期、平面圖等邊界座標 ¹⁾ 、地質資訊名稱 ²⁾ 、原始檔連結 ³⁾ 、形狀資訊檔案名稱、屬性資訊檔案名稱、聯合數據檔案名稱、 <u>修訂履歷 (實施日期、原因、實施者姓名等)</u>

備註事項

- 1) 座標：經、緯度、平面直角座標系統的系統編號與 X (南北) Y (東西) 座標
- 2) 地質資訊名稱：地層岩體區分等，與屬性資訊的地質資訊名稱相同內容
- 3) 原始檔連結：從以下各個管理檔案中所擷取出的管理資料。地質資訊管理檔案 (BORING.XML)、鑽探岩心照片管理檔案 (COREPIC.XML)、土質試驗以及地盤調查管理檔案 (GRNDTST.XML)、其他管理檔案 (OTHERFLS.XML)、報告書管理檔案 (REPORT.XML)、圖面管理檔案 (DRAWING.XML)

(3) 形狀資訊 (範例)

由於在本項目中敘述的對象僅為貼至曲面模型上的紋理圖像資料組 (參照圖 74)，只要是屬於平面圖類別的全部都可以處理。

在形狀資訊方面，只要有紋理圖 (平面圖) 的東西及南北各座標即可 (曲面模型本身即帶有標高資料)。

關於 CAD 或是瀏覽器的規格，可以利用「西北角座標—東南角座標的組合」或是「西南角座標—東北角座標的組合」。

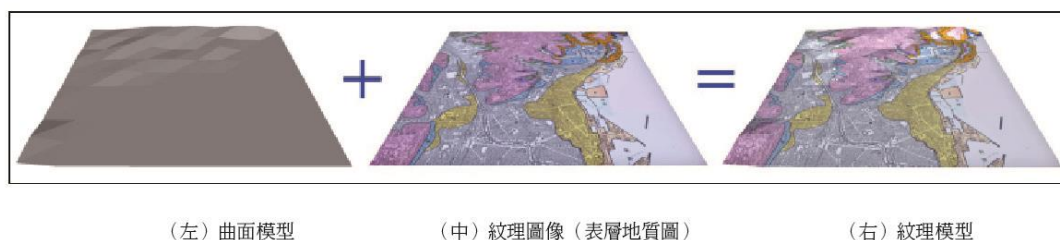


圖69 製作紋理模型的概念圖

(4) 屬性資訊（範例）

下表為屬性資訊（範例）說明。

表 29 屬性資訊（範例）

資訊名稱（範例）	內容
地質資訊	共通 ID 碼 ¹⁾ 、深度、地質資訊名稱 ²⁾ 、色碼—地質資訊對比數據 ³⁾ 、特記事項

備註事項

- 1) 共通 ID 碼：可預設為使用在 CIM 的所有階段。
- 2) 地質資訊名稱：為記載在地質平斷面圖例說明的地質資訊。具體來說包含地層及岩體區分名稱、地質構造、風化帶區分、變質帶區分以及地質學屬性等。再者，僅把紋理模型視為介紹圖、概觀圖或參考圖利用時，可從地質平面圖的所有圖例說明中擷取出必要的部分即可。以下將地質平面圖的圖例說明作為範本說明。
- 3) 色碼—地質資訊對比數據：當在紋理模型上使用的地質圖只塗單色區分時，只要瀏覽器可以讀取到每個點的色碼便可以透過對比表判斷出屬性值。

地質時代	地層・岩體名		記號	岩石名稱及備註
新生代	第四紀 全新世		崖錐堆積物	以粉土混砂為基質的未凝固角～亞角礫
	新第三紀 中新世	湯長谷層群	水野谷層	砂泥岩互層
			五安層	由石英粒組成的中粒塊狀砂岩
	古第三紀 漸新世	白水層群	白坂層	塊狀泥岩
			石城挾炭層	暗灰色中粒砂岩
中生代	後期	双層群	足沢層	礫岩 (上部為細粒砂岩)
	白堊紀 前期		花崗岩	中粒的黑雲母 花崗閃綠岩

圖70 地質平面圖例說明（範本）

紋理模型（地質平面圖）的屬性資訊完成範本如下表所示。此外，此範本將鑽探柱狀圖預設為三維 CAD 工具的必要屬性資訊之匯入資料。

表 30 屬性資訊（範例）

ID	堆積 順位	地質時代			地層及岩體區分	記號	色碼
Gmap-007	7	新生代	第四紀		崖錐堆積物	Tl	D9D9D9
Gmap-006	6	新生代	新第三紀	中新世	水野古層	Ya	FFFF99
Gmap-005	5	新生代	新第三紀	中新世	五安層	Ys	FF99FF
Gmap-004	4	新生代	古第三紀	漸新世	白坂層	Sm	3399FF
Gmap-003	3	新生代	古第三紀	漸新世	石城挾炭層	Ss	339933
Gmap-002	2	中生代	白堊紀	後期	足澤層	Fg	009900
Gmap-001	1	中生代	白堊紀	前期	花崗岩	Gr	996633

（5）檔案形式（範例）

檔案形式（範例）如下表所示。

表 31 檔案形式（範例）

資料種類	檔案形式	備註
管理資料	CSV、EXCEL	
形狀資訊	DWG、DXF、CSV	根據三維建模工具或瀏覽器規格決定
紋理資料	JPEG、PNG、TIFF	影像資料
屬性資訊	CSV、EXCEL	根據屬性管理工具規格決定

3.4.4 準三維斷面圖（範例）

準三維斷面圖是以既有的地質斷面圖、速度層斷面圖，或是自然地層條件調查結果圖為基礎，再附加上對應 CIM 時必要的三維空間資訊的形狀資訊（物件型），以及附加地質資訊等屬性資訊後所構成。

以下將說明準三維斷面圖的製成範例。

表 32 作為準三維斷面圖的處理內容（範例）

種類	特記事項
圖面類（共通）	- 以地質及土質調查成果電子交貨要領為準則製成地質斷面圖等資料。 - 使用三維 CAD 工具或瀏覽器，賦予在三維顯示上所需要的空間資訊。
地質斷面圖	- 以層序為基礎的斷面圖。 - 包含土質斷面圖或鑽探集合柱狀圖。
物性值斷面圖	速度層斷面圖或比電阻斷面圖等。
綜合解析斷面圖	對地質區分、岩盤分級區分、地下水面、侖琴(Lugeon)透水值及速度值等項目進行整體評估後所製成的斷面圖。

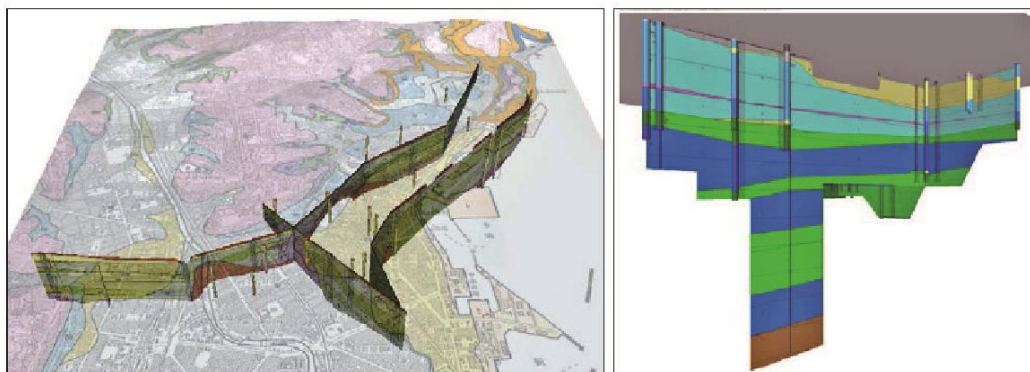


圖71 準三維斷面圖（範例）

(1) 資料構成（範例）

下表為資料構成（範例）說明。

表 33 準三維斷面圖的資料構成（範例）

資訊名稱	說明
管理資料	- 管理形狀資訊與屬性資訊的資料。 - 準三維斷面圖整體形狀的相關資訊、座標系統的相關資訊或檔案格式等資訊。 - 製作準三維斷面圖時所參照的鑽探數據或現場調查結果（數據）等相關資訊。
形狀資訊（CAD）	- 利用三維 CAD 所製成的地質斷面圖數據。 - 若是利用二維 CAD 製成地質斷面圖資料（SXF 等）時，需透過三維 CAD 賦予平面直角座標系統的座標值。此時會需要用到與下述項目相關的資料：斷面線的起點、終點，所有彎曲點的平面直角座標值、與二維 CAD 的局部座標。
形狀資訊（影像）	在紋理資料中，透過成像技術用像是貼壁紙一樣的方式貼到斷面圖框（曲面）上的圖面資料。
屬性資訊	- 與形狀資訊作連結後的地質資訊等 - 如為 CAD 資料，賦予多邊形、折線與點三維座標的屬性後，將其整理為一個表格。 - 形狀資訊為影像資料時，盡可能保存使用色碼（RGB 形式）所對應的屬性資訊。

(2) 管理資料（範例）

下表為管理資料（範例）說明。

由於需要的管理資料會因 CIM 目標作業的目的與種類而有所差異，因此不用備齊所有列出的資料也沒關係。

表 34 管理資料（範例）

資訊名稱（範例）	內容
管理資訊	作業名稱、調查名稱、調查人員姓名、調查負責人員姓名、調查開始日期、調查結束日期、斷面圖等起點座標 ¹⁾ 、斷面圖等終點座標 ¹⁾ 、斷面圖等彎取點座標 ¹⁾ 、地質資訊名稱 ²⁾ 、原始檔連結 ³⁾ 、形狀資訊檔案名稱、屬性資訊檔案名稱、聯合數據檔案名稱、 <u>修訂履歷（實施日期、原因、實施者姓名等）</u>

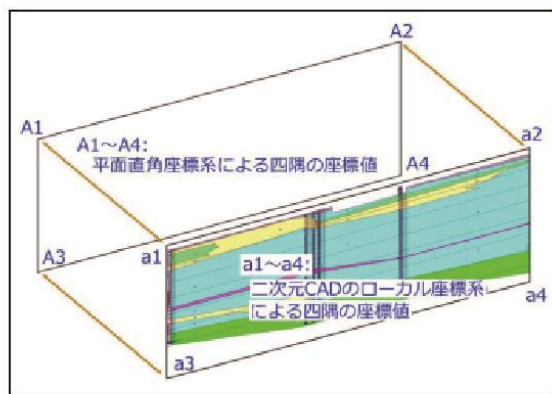
備註事項

- 1) 座標：經、緯度、平面直角座標系統的系統編號與 X（南北）Y（東西）座標
- 2) 地質資訊名稱：地層岩體區分等，與屬性資訊的地質資訊名稱相同的內容
- 3) 原始檔連結：從以下各個管理檔案中所擷取出的管理資料。地質資訊管理檔案（BORING.XML）、鑽探岩心照片管理檔案（COREPIC.XML）、土質試驗以及地盤調查管理檔案（GRNDTST.XML）、其他管理檔案（OTHERFLS.XML）、報告書管理檔案（REPORT.XML）、圖面管理檔案（DRAWING.XML）

(3) 形狀資訊（範例）

此處舉以下兩種類型作為範例，說明本指南中的準三維斷面圖的形狀資訊。

- 三維 CAD：使用三維座標（平面直角座標）製成準三維斷面圖。
- 二維 CAD：使用既有的 2 維局部座標值製成斷面圖。再另外製作其與實際空間座標值(平面直角座標值)間的關係表，將兩者間的關係另外存成 CSV 檔案。(參照下圖)



A1~A4：平面直角座標系統
中斷面圖四個角落的座標值
(包含斷面圖的留白部分)
a1~a4：二維CAD的局部
座標值(包含留白部分)
備註：如為影像時可將留白
作為透明狀

圖72 二維斷面圖與準三維斷面圖的關係（概念圖）

(4) 屬性資訊（範例）

由於需要的屬性資訊會因 CIM 目標作業的目的與種類而有所差異，因此不用備齊所有列出的資料也沒關係。

下表所記載的地質資訊名稱以及堆積（優先）順位與紋理模型中所記載的項目有許多共通點，此處便不再多加說明。

表 35 屬性資訊（範例）

資訊名稱 (範例)	內容
地質資訊	共通 ID 碼 ¹⁾ 、深度、地質資訊名稱 ²⁾ 、堆積（優先）順位 ³⁾ 、特記事項

備註事項

- 1) 共通 ID 碼：可預設為使用在 CIM 的所有階段。
- 2) 地質資訊名稱：描繪準三維斷面圖的斷面線時所使用的地質資訊，具體來說包含地層及岩體區分名稱、地質構造、風化帶區分、變質帶區分、自然地層等級、自然地層彈性波速度層區分、地下水位、湧水狀況及地質學的注意事項（風險資訊）等。再者，僅把準三維斷面圖視為介紹圖、概觀圖或參考圖利用時，可從使用在原始地質斷面圖中的所有圖例說明中擷取出必要的部分使用即可。
- 3) 堆積（優先）順位：顯示地層及岩體區分中從最下層算起的堆積順位的號碼等。

(5) 檔案形式（範例）

檔案形式（範例）如下表所示。

表 36 檔案形式（範例）

資料種類	檔案形式	備註
管理資料	CSV、EXCEL	
形狀資訊	DWG、DXF、CSV	根據三維建模工具或瀏覽器規格決定
紋理資料	JPEG、PNG、TIFF	影像資料
屬性資訊	CSV、EXCEL	根據屬性管理工具規格決定

参考文献

1. 国土交通省「公共測量作業規程」,2016-3
2. 国土交通省 国土地理院 HP
3. 国土交通省 国土地理院「UAV を用いた公共測量マニュアル(案)」,2017-3
4. 国土交通省 国土地理院「3 次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)」,2017-3
5. 国土交通省「i-Construction における「ICT の全面的な活用」の実施について」,2017-3
6. CIM 技術検討会「第 8 回 CIM 制度検討会資料」,2015-3
7. CIM 技術検討会「平成 27 年度 報告」,2016-6
8. CIM 技術検討会「平成 26 年度 報告」,2015-5
9. CIM 技術検討会「平成 24 年度 報告」,2013-4
10. 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会「改訂 3 版 地質調査要領」,2015-9
11. 国土交通省「地質・土質調査成果電子納品要領」,2016-10
12. 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会「土木分野におけるモデル詳細度標準(案)」,2017-2
13. 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会 資料
14. 国土交通省 CIM 制度検討会「第 7 回 CIM 制度検討会 資料」,2015-3
15. i-Construction 委員会「i-Construction ~建設現場の生産性革命~」,2016-4
16. 山根裕之・椎葉航・新良子・小林一郎,「情報地質学会シンポジウム 2013 講演論文集 CIM における 3D モデルの属性利用について」,2013-11
17. 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会,一般社団法人 日本建設情報総合センター「3 次元地盤モデル作成の手引き」,2016-11

編譯：水土保持局技術研究發展小組

Research and Technology Development Team, SWCB, COA

December 2017

本文件之翻譯及轉載，均符合日本著作權法相關規定。