

公共工程採用自動化及預鑄化之規劃設計參考指引

規定	說明
<p>一、行政院公共工程委員會為鼓勵機關推動公共工程時，朝自動化及預鑄化方向辦理規劃設計，於合理預算下達到減省作業人力物力、提升施工精度、有效縮短工期、降低施工風險、促進節能減碳及環境友善之目標，特訂定本參考指引。</p>	<p>一、為解決營建業缺工，短中期除降低聘用外勞之計畫門檻、培育本土技術士外，推動營建自動化及預鑄化亦為長期方案，具體作法為研擬規劃設計參考指引供機關參辦。</p> <p>二、本參考指引之目的為減省人力物力、提升精度、縮短工期、降低施工風險、促進節能減碳及環境友善。</p>
<p>二、本參考指引用詞定義如下：</p> <p>(一) 自動化：指於工程生命週期中，就規劃設計、施工技術、施工機具、營建管理、營建材料等面向，採用代替、減輕人力或簡化程序之方式、技術或產品，以增進效率、效能，進而提升生產力。</p> <p>(二) 預鑄化：指透過事前規劃設計，將整體或部分構造拆分為個別構件，於工廠製作生產後運送至工地現場進行組裝。</p>	<p>將本參考指引自動化及預鑄化之用詞予以定義，俾使概念明確。</p>
<p>三、機關辦理公共工程，需於計畫階段評估市場工料供應條件及下列工程特性，依需求優先朝自動化及預鑄化方向辦理規劃，並據以納入設計：</p> <p>(一) 工程本體或組成構件數量多，可朝大量重複方式進行者。</p> <p>(二) 工程本體或組成構件具模組化生產特性者。</p> <p>(三) 同類型工程案量大，可整合不同區域以提升整體需求量，以降低單位成本及設計人力者。</p> <p>(四) 可朝規格化設計量產，並通案性採用之設施。</p> <p>(五) 因現場施工條件造成施工困難、動線不佳，或影響人員安全、交通、各項公共服務者。</p> <p>(六) 其他例如經檢討朝自動化及預鑄化方向辦理，有利於工程生命週期中達成減省人力、提升精度、縮短工期、保障安全者。</p>	<p>列舉可優先適用之工程特性，包括具有構件數量多且重複、可模組化生產、需求量大、產品可通案性使用、施工條件不佳等因素。</p>

<p>四、公共工程採用自動化及預鑄化，規格形式需力求單純化及標準化，機關並自計畫階段即考量整體性，依計畫目標及需求妥適訂定規格，並據以合理概估經費，落實於全案生命週期。</p>	<p>一、設計單純化及標準化目的係為避免同一工程之構件形式尺寸過於複雜導致成本提升、管理不易之情形。</p> <p>二、考量公共工程計畫執行的順序，係先有計畫再有預算，公共建設計畫全生命週期各階段均需扣合原需求定位，制定妥適之建造標準，並從預算編列、規劃設計、施工、監造到驗收各階段，均依所設定之標準落實執行。</p>
<p>五、計畫階段需考量下列事項：</p> <p>(一) 自動化及預鑄化：依個案特性，就規劃設計、施工技術、施工機具、營建管理及營建材料等，採行適當自動化及預鑄化之方式、技術或產品。</p> <p>(二) 品質及安全：考量國內相關技術之成熟度，確保工程品質、結構安全及施工安全。</p> <p>(三) 成本及期程：依個案特性及期程需求，以合理之經費完成工程。</p> <p>(四) 維護及管理：考量未來維護管理方式，確保使用年限。</p>	<p>一、計畫階段需考量事項，包括品質、安全、成本、期程、維護管理等。</p> <p>二、自動化及預鑄化工法與傳統工法具差異性，計畫經費需考量個案工程所採用之工法特性合理編列，並將機具設備資產折舊納入預算編列考量。</p>
<p>六、規劃設計階段需考量下列事項：</p> <p>(一) 就工程採行自動化及預鑄化之方式、技術或產品，檢討後續施工階段所需協同之人員、機具、設備及作業。</p> <p>(二) 依檢討需進行大量設計及施工協同作業，得考慮採統包方式辦理。</p> <p>(三) 所採用之材料，需考慮耐久性與維修及替換之方便性，並確認相關檢測規定國內有合格廠商，可落實執行。</p> <p>(四) 考量構件之製造、運輸、儲存、吊裝及揚重計畫，並編列必要費用。</p>	<p>規劃設計階段需考量事項，包括施工計畫、招標策略、材料特性等。</p>
<p>七、各工程計畫之中央目的事業主管機關，得依工程規模及性質，訂定符合機關工程特性之規劃設計階段作業指引，並得參考附表一、附表二等資料，依個案特性調整設計作法，使工程於生命週期各階段可達到所需功能效益。</p>	<p>各機關訂定各工程類別之規劃設計階段作業指引，可參考本指引附表一、附表二等資料，依個案特性調整設計作法，使工程於生命週期各階段可達到所需功能效益。</p>

<p>八、中央目的事業主管機關就所管辦理自動化及預鑄化之工程計畫，宜建立推動機制，並納入前開規劃設計階段作業指引中；作法可參考下列方式：</p> <p>(一) 常用之施工構件力求標準化、量產化。</p> <p>(二) 採取鼓勵方式，提高相關廠商朝自動化及預鑄化方向辦理之意願(如訂定適當之評選方式、由機關推薦參與相關獎項等)。</p> <p>(三) 資源共享：如將適當案例刊登於公開發行之出版品，或建立資訊平台，適時上傳規劃設計階段作業指引、規劃設計成果(如工程計畫內容、規劃設計方案、書圖預算等)、教育訓練課程資訊及教材等，呈現推動案例供其他機關參考、學習。</p> <p>(四) 舉行研討會、說明會，以利經驗交流。</p> <p>(五) 將優良案例納入員工教育訓練，以利經驗知識傳承。</p> <p>(六) 訂定檢討回饋機制，定期檢視已完工案件可再精進之項目(如設計構想、材料、工法、維護方式等面向)，並視需要將執行經驗回饋至所訂規劃設計階段作業指引。</p> <p>(七) 其他有助於推動之作法。</p>	<p>一、中央目的事業主管機關可持續就常用工程類別及工程項目，分項盤點所需施工構件，儘量將規格、尺寸標準化；並透過鼓勵方式，提高相關廠商之意願，使個別工程朝自動化及預鑄化方向辦理，以創造需求市場，促進業者量產預鑄化產品，進而於逐步供需平衡下建立成熟產業鏈。</p> <p>二、其他推動作法可朝資源共享、舉行研討會、說明會、辦理教育訓練等方向進行，以呈現推動成果供其他機關參考、學習，並達經驗交流及知識傳承之目的。</p>
<p>九、中央目的事業主管機關需督導各工程單位確實執行下列事項：</p> <p>(一) 計畫及規劃設計階段，各審查層級機關需妥為檢視下列事項：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 工程是否具有第三點所列特性。 2. 作業成果是否已參採所訂規劃設計階段作業指引。 <p>(二) 適時統計分析各工程類型之案件數量、工程效益、推動案例分享數量等資料，俾呈現執行成效。</p>	<p>中央目的事業主管機關應督導及審核各工程單位於計畫及規劃設計階段落實辦理，並適時統計分析執行成效。</p>
<p>十、直轄市、縣(市)政府得參考本指引辦理。</p>	<p>本指引得由直轄市、縣(市)政府參考辦理。</p>

附表一：各階段執行注意事項及依據

編號	類別	內容
1.	建築	<p>1.1 計畫階段 需考量適用條件： (1) 空間單元重複性高且量體大，降低模具的攤銷費用。 (2) 使用功能單純且未來較無變更使用需求。 (3) 以縮短工期為目標。 (4) 工區偏遠或交通不便、現場施工困難或在現地可施工季節受限。 (5) 位於勞動力不易獲得的地區。</p> <p>1.2 基本設計階段 需考量構件形式單純化及空間模矩化： (1) 構件形式單純化，以達大量生產、提升工率目的。 A. 依構件生產、製造、搬運、安裝等條件，檢討梁、柱、樓版各構件種類及形狀。 B. 原則同類構件重量差別小，避免未來塔吊因少數超大構件影響起吊重量之選擇。 (2) 空間模矩化設計，可用於辦公、浴廁、陽台、廚房等，注意事項如下： A. 設定基本尺寸要求，利於工業化及量化生產。 B. 單元基本尺寸需考量滿足空間功能(含主要使用需求、照明、消防、空調、廣播、電源佈線等)。 C. 考量梁柱位置、維修口、管道間、無障礙空間設計、平底盤設計、材質組合等。 D. 門窗、欄杆等需設計預鑄構件定位點，並預留預埋件。 E. 平面位置和尺寸需滿足結構受力及預鑄構件設計要求。 F. 立面分割需結合門窗開口、陽台。 G. 預鑄女兒牆板宜採用與下部牆板結構相同的分塊方式和節點做法。</p> <p>1.3 細部設計階段 需檢討性能、施工性： (1) 完成構件形狀、接頭位置、預埋鐵件、配筋等預鑄構件製作圖。 (2) 檢討預鑄構件連接節點的防水、防火、隔音設計和系統性設</p>

計。

- (3) 塔吊佈置及能力選擇，要考慮構件單件重量。
- (4) 細部設計完成後，視需要，彙整相關資料送內政部營建署進行「建築新技術新工法新設備及新材料認可申請」。
- (5) 運用建築資訊模型彙整建築、結構、機電項目設計成果，進行碰撞檢查、材料用量統計、預鑄構件詳圖設計，並應用於模擬預鑄構件運輸、吊裝及安裝方案。
- (6) 研擬自動化營建機具應用及經費，提高施工安全、精準度及降低現場需求人力：如施工機具搭載 AI 以避免碰撞，促進施工流程自動化；以無人機定期測繪施工進展 3D 地圖，提高工地掌握度；導入焊接機器人、天花板地板施工機器人或建材搬運機器人。

1.4 相關規範、規定及參考手冊

- (1) 預鑄 RC 構造
 - A. 建築法及建築技術規則建築構造編。
 - B. 建築物耐震設計規範及解說。
 - C. 建築物耐風設計規範及解說。
 - D. 混凝土結構設計規範。
- (2) 鋼構造
 - A. 建築技術規則建築構造編。
 - B. 鋼構造建築物鋼結構設計技術規範。
 - C. 行政院公共工程委員會共通性工項施工綱要規範第 05124 建築鋼結構、05125 結構用鋼材等章。
- (3) 帷幕牆
 - A. 建築技術規則建築設計施工編第 1 條第 26 款、第 79 條、第 79 條之 3、第 308 條之 2。
 - B. 含防火、耐風壓、層間位移吸收、水密性、氣密性、隔熱性、隔音性等設計。
- (4) 輕隔間牆系統
 - A. 建築技術規則設計施工編第 46 條（隔音）、第 70 條至第 74 條（防火）、建築構造編第 15 條（牆壁重量）規定。
 - B. 建築新技術新工法新設備及新材料認可申請要點。
 - C. 共通性工項施工綱要規範第 09250 石膏板、09260 石膏板組裝等章。
- (5) 預製浴廁單元
 - A. 建築技術規則建築設計施工編第 47 條至第 51 條。

	<p>B. 建築技術規則建築設備編第 2 章給水排水系統及衛生設備相關條文。</p> <p>C. 建築物給水排水設備設計技術規範。</p> <p>D. 建築物污水處理設施設計技術規範。</p> <p>E. 共通性工項施工綱要規範第 10801 浴廁附屬配件、15105 管材、15110 閥、15151 污水管路系統、15410 給排水及衛生器具、16010 基本電機規則等章。</p>
--	---

2.	橋梁	<p>2.1 計畫階段</p> <p>橋梁工程可採自動化及預鑄化之推動策略及適用條件原則說明如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 橋梁工程設計時，先綜合考量現場地形、地物及環境等條件及使用需求，選擇合適之橋型、施工方式及設計斷面(斷面形狀、尺寸)，使有利於自動化及預鑄化施工，以提升施工效率及安全。 (2) 自動化及預鑄化施工，無須架設地面支撐架，適合跨越地形、地物，於都會區跨越橋梁、道路、鐵路、河川、深谷等。 (3) 自動化及預鑄化橋梁設計，跨越現供通行道路時，應考量施工支撐架之高度，避免影響道路通行。 (4) 施工機械均採自動化作業，且施工設備能重複使用，施工周期性循環，工人熟練度高，施工速度快，進度與品質容易控制，並可節省大量人力，提升工率。另施工位置集中，可降低對地面環境之影響。 (5) 構件組裝過程，設計及施工時皆應考慮安全因素，包括地震、颱風等，避免構件掉落。 (6) 每一工程(計畫)於初設階段，宜進行橋墩型式及尺寸之種類檢討，使橋墩型式單純化，並簡化橋墩尺寸種類，以減少橋墩模板種類，提昇施工效率。 <p>2.2 設計階段</p> <p>2.2.1 自動化工法</p> <p>橋梁工程之自動化工法，國內以支撐先進工法、場鑄懸臂工法及節塊推進工法等較為成熟，除預鑄化工法於 2.2.2 說明外，各工法設計階段適用條件原則說明如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 支撐先進工法 <ol style="list-style-type: none"> A. 橋梁跨徑約 30~60 公尺，經濟跨徑為 40~50 公尺，適用橋長為 300 公尺以上，經濟橋長為 800 公尺以上。 B. 平面線形曲率半徑大於 400 公尺。 C. 箱梁斷面以等梁寬及梁深為原則。 (2) 場鑄懸臂工法 <ol style="list-style-type: none"> A. 橋梁跨徑約 60~250 公尺，經濟跨徑約 70~150 公尺。 B. 適合長跨徑變斷面箱型梁施工。 C. 無平面線形限制，曲線橋亦可。 (3) 節塊推進工法 <ol style="list-style-type: none"> A. 橋梁跨徑範圍約 30~60 公尺，經濟跨徑範圍約 40~50 公尺為原則。跨徑若超過標準跨距長度，跨徑間需設置臨時橋墩。
----	----	--

- B. 節塊推進工法對於幾何線形要求嚴格，需利用精密測量加以控制，須為直線或曲率半徑大之圓曲線。
- C. 節塊長度、預力鋼腱及橋墩等配設，需配合施工程序設計分析。

2.2.2 預鑄化工法

橋梁工程之預鑄化工法，上構工法可區分為預鑄節塊逐跨工法及預鑄節塊懸臂工法等兩種，下構工法主要則採吊裝工法，其適用條件原則分別說明如下：

2.2.2.1 上構工法

- (1) 適用於橋長 800 公尺以上，考量成本效益，經濟橋長大於 1,600 公尺以上。
- (2) 需有足夠面積之預鑄場地。
- (3) 需有合適運輸動線及起吊點。
- (4) 預鑄工法之上構鑄造可區分為長線鑄造及短線鑄造，長線鑄造以橋梁全跨內所有節塊於預鑄場密合接觸製造完成後(含線形控制)，再整跨之各節塊依序進行現場吊裝；短線鑄造以 3~5 節塊密合接觸製造完成後(含線形控制)，即依序進行現場吊裝；長線鑄造現場吊裝施工之線形控制較佳，惟所需預鑄場較大。
- (5) 節塊生產地點固定於預鑄場內，且場內應設置遮雨棚，施工不受天候影響，其品質與工期容易掌控。
- (6) 設計應考量相鄰兩節塊交界面及套管接合處之防水及耐久性。環氧樹脂可用於節塊交界面黏接除了可提供介面黏結力外，另提供耐久性保護，塗抹環氧樹脂之介面可防止水氣經由節塊交接面滲入腐蝕鋼腱，同時若預力套管需灌漿時，環氧樹脂也可避免漿料藉由節塊介面滲漏，確保壓力灌漿時漿體不會從縫隙中溢出。
- (7) 預鑄節塊逐跨工法另考量如下：
 - A. 跨徑範圍約 35~70 公尺。
 - B. 箱梁斷面以等寬為原則，梁深可為等梁深或變梁深。
 - C. 節塊長約 2~3 公尺，以控制節塊運輸及吊裝重量。
- (8) 預鑄節塊懸臂工法另考量如下：
 - A. 跨徑範圍約 70~150 公尺。
 - B. 箱梁斷面以等寬為原則，梁深可為等梁深或變梁深。
 - C. 適合長跨徑變斷面箱型梁施工。
 - D. 無線形限制，曲線橋亦可。

2.2.2.2 下構工法

- (1) 下構採預鑄工法，宜搭配上構共同採用預鑄工法，較能發揮全預鑄化工法整體效用。
- (2) 橋梁規模、預鑄場地、運輸動線及起吊點需求，同 2.2.2.1 上構工法(1)~(3)，品質及性能特性亦如 2.2.2.1 上構工法(5)~(6)。
- (3) 預鑄節塊消能效果較傳統工法差，預鑄節塊橋墩受地震力作用易產生節塊開合情形，需搭配隔震及預力系統進行設計，以降低地震力使橋墩構件受力行為在彈性範圍內。高橋墩則依預力拉力成效於橋墩上段高度採預鑄節塊工法，並於橋墩下段高度採傳統場鑄工法。
- (4) 下構預鑄節塊吊裝工法另考量如下：
 - A. 橋墩斷面以等寬為原則。
 - B. 節塊長約 2~3 公尺，以控制節塊運輸及吊裝重量。

2.3 施工、維護管理階段注意事項

- (1) 考慮用途、使用環境等因素以確保預鑄構件之耐久性。
- (2) 定期巡檢構件及接頭，以確保整體結構安全性。

2.4 相關規範、規定及參考手冊

- (1) 公路橋梁設計規範。
- (2) 公路橋梁耐震設計規範。
- (3) AASHTO Guide Specification for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges(1999)。
- (4) AASHTO LRFD Bridge Design Specifications。
- (5) AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications。
- (6) 日本道路協會「道路橋示方書」混凝土橋篇第 17 章「預鑄節塊結構」。

3. 道路	<p>3.1 計畫階段</p> <p>(1) 道路工程界面較為複雜，需依據都市計畫、道路等級、路廊範圍、路權寬度、路線規範等配合現地地形、地質、地物(如既有鄰房、電塔、水利設施等)、橫交道路/結構物等條件因地制宜予以調整。</p> <p>(2) 道路工程目前常見可預鑄化之構造物有緣石、護欄、溝蓋版、高壓凝土地磚等。至於道路排水設施則需考慮渠底坡降設計，且需配合現地橫交水路之銜接(如既有地下管線及水路之位置、高程、尺寸)，所以多採場鑄方式施工。</p> <p>3.2 基本設計階段</p> <p>(1) 道路工程於基本設計階段應依據上位計畫(如建設計畫及環境影響說明/評估報告書)決定道路橫斷面，並儘量維持其一致性，避免道路路型變化頻繁。</p> <p>(2) 設計階段需落實現地調查及測量作業，以期掌握現地條件，考慮施工效率，檢核設計成果，減少日後變更設計之發生。</p> <p>(3) 道路工程可依據實測地形成果建立數值地形模型，並配合電腦輔助設計程式等自動化設計方式提升設計效能及品質，例如道路定線規範檢核、擋土牆高度及單元分割、整地放坡及土石方挖填量計算。</p> <p>(4) 道路高程設計應考量土方挖填平衡，另鋼筋混凝土擋土設施多為場鑄，需大量人力，高路堤擋土牆施工尤為不易，主辦機關應要求設計單位就施工、經費、工期、地質等條件評估高路堤段改採橋梁段之可行性。</p> <p>3.3 細部設計階段</p> <p>(1) 同一工程標案或計畫，需力求型式規格單純化，除可提升施工工率及品質外，亦有助於施工管理。</p> <p>A. 結構物(如擋土牆、箱涵、排水溝)型式(如懸臂式擋土牆或重力式擋土牆等)及規格(如鋼筋號數、混凝土強度等)儘量單純化。</p> <p>B. 不同型式結構物若數量差異過大，低規格混凝土可以高規格混凝土替代，例如同一工程，懸臂式擋土牆混凝土強度為280kgf/cm^2，重力式擋土牆為210kgf/cm^2，但重力式擋土牆僅有零星數量，此時可考慮採用280kgf/cm^2。</p> <p>C. 結構物外型需儘量簡化，以提高模板施工效率。</p> <p>(2) 控制性低強度材料(CLSM)具高流動性、易澆置，可視為一種</p>
-------	---

自動化材料：

- A. CLSM 係由水泥、卜作嵐或無機礦物摻料、粒料及水按設定比例拌和而成，必要時得使用化學摻料。
- B. CLSM 具高流動性、易澆置之特性，可應用於擋土牆背側之回填、管線埋設之回填及路基回填等。

3.4 施工、維護管理階段注意事項

(1) 預鑄混凝土緣石：

- A. 緣石每段長度應在 1 至 1.5 公尺之間，緣石及緣石側溝之外露面應用清水模板或鋼模保持表面光整。
- B. 預鑄塊應按設計圖說所示位置及高程安置。兩端間之空隙不得超過 1 公分。接縫用 1：2 水泥砂漿徹底填滿，接縫應整齊鏟過並用勾縫工具修刮，面與頂之線型與高程應正確。

(2) 護欄：

- A. 型鋼支柱應夯打豎立，但當土壤條件將導致夯打鋼柱受損或支柱下方範圍內有地下管線通過時，則應開鑽導孔或採挖洞埋入。
- B. 金屬鋼板之裁切，應於鍍鋅前在工廠內切割、打孔及鑽孔。較特殊之孔，僅在需要或經工程司認可時，方可在現場鑽鑿。
- C. 鋼鐵五金之熱浸鍍鋅處理後之金屬鋼板其鍍鋅表面之一切開裂、鑿孔與割傷等須經整修後再塗以高鋅量漆。
- D. 鍍鋅層附著量需考量鋼材厚度、環境特性依 CNS 10007 規定於設計圖清楚標示。

(3) 溝蓋版：應於施工階段特別重視道路邊溝完成面之平整度，倘若平整度不佳，預鑄溝蓋版無法與邊溝溝牆密合，車輛通過時容易因鬆動產生噪音，並導致溝蓋版出現裂縫提早損壞。

(4) 高壓混凝土磚：

- A. 檢查待鋪設混凝土磚之基層表面是否夯實或對鋪面有不良影響之情況。
- B. 混凝土磚安裝面應予徹底清理，如未安裝之混凝土磚已破損，則應運離工地。
- C. 混凝土磚之鋪設應按工程司核可之施工圖施作。
- D. 應儘可能使用整塊混凝土磚之單元代替切割單元。
- E. 施作完成後，應立即清理鋪面表面。
- F. 已安裝完成之混凝土磚表面應保持清潔，且不得有龜裂、碎片、破損、或其他缺陷。

(5) 控制性低強度材料(CLSM)：

- A. CLSM 回填材料配合設計若經核可，其材料之來源、數量、材料級配、比例等，非經依規定程序報請工程司核准，不得擅自變更。
- B. 再生粒料具水和膨脹潛能者，應待其養生安定化完成性質穩定，並符合相關規定後方可使用。
- C. 施工前應先依設計圖說之規定完成填築範圍內雜物之清除與基地整平作業，並應確認所有埋設物已按規定裝設及固定完竣。
- D. CLSM 灌置入回填區時，應避免對結構體產生偏壓現象。
- E. CLSM 澆置完成後，需視工址環境進行養護。養護方法可使用灑水或以麻袋、塑膠布及其他適當物品覆蓋或依設計圖說規定辦理，養護時間依設計圖說規定。

3.5 相關規範、規定及參考手冊

- (1) 公路路線設計規範。
- (2) 公路橋梁設計規範。
- (3) 公路排水設計規範。
- (4) 交通工程規範。
- (5) CNS 3930(預鑄混凝土緣石)、10007(鋼鐵之熱浸鍍鋅)、13295(高壓混凝土磚)。
- (6) 公路工程施工規範。
- (7) 共通性工項施工網要規範第 02770 緣石與緣石側溝、02786 高壓混凝土磚、02843 護欄、03410 工廠預鑄混凝土構件、05081 熱浸鍍鋅處理等章。

4.	隧道	<p>4.1 計畫階段</p> <p>隧道工程可採自動化及預鑄化之推動策略、適用條件原則性說明如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 隧道工程設計時，先綜合考量現場地形、地質及環境等條件及使用需求。 (2) 選擇合適之隧道開挖支撐施工方式及設計斷面(斷面形狀、尺寸)，使有利於自動化施工(例如 TBM、潛盾、自動化鑽堡、自動化噴漿機、襯砌鋼模、仰拱棧橋等設施)。 (3) 選擇合適之預鑄構件施工(例如襯砌環片及預鑄排水溝等)，以減少施工人力、提升施工安全及工率。 <p>4.2 設計階段</p> <p>4.2.1 自動化工法</p> <p>隧道工程之自動化工法，國內以全斷面隧道鑽掘機(TBM)工法、潛盾工法及新奧工法採用之自動化機具施工(例如自動化鑽堡、自動化噴漿機、襯砌鋼模、仰拱棧橋等設施)較為成熟，除預鑄化工法於 4.2.2 說明外，其餘工法適用條件原則說明如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 全斷面隧道鑽掘機(TBM) <ol style="list-style-type: none"> A. 全斷面隧道鑽掘機係於岩石隧道施工時以機身前方之切削轉盤進行開挖，搭配出碴系統，立即將開挖碴料後送運出隧道，於機身後側可搭配支撐系統於開挖後立即架設。具有整合開挖、出碴及支撐架設等作業於自動化的機械設備中。 B. 使用 TBM 工法應考量地質狀況、經濟規模及施工條件，一般隧道長度大於 4 公里始達經濟規模，且適用於地質較均質、岩盤狀況較佳之隧道。 C. 機具需依照開挖隧道的直徑訂作，且價格昂貴，前期準備時間長，需考慮計畫之經濟規模。 D. 機具設備組裝及設置軌道需有足夠腹地施工，且應考量施工電力之供應。 (2) 潛盾機 <ol style="list-style-type: none"> A. 潛盾工法係於土質隧道施工時採用潛盾機之盾殼抵擋地下土壓及水壓之作用，在維持開挖面地層穩定之前提下，以機身前方之切削轉盤進行開挖，同時以推進千斤頂將機身向開挖面推頂，推進達一單元長度後，隨即在盾尾處組裝預鑄環片，並進行背填灌漿作業，即完成一作業循環。持續進行開挖、推進、環片組立、背填灌漿等作業而次第完成隧道之開挖施工方式。 B. 潛盾機適用於土質隧道開挖，一般而言潛盾機型式係依據地質及輔助施工措施之條件為主要選擇依據，而非開挖長度。另潛盾施工多採設置工作井開闢工作面，支撐則一般搭配預鑄環片施作。並於工作井附近地表裝設起重機具、出碴設備、
----	----	---

環片堆置場地、背填灌漿機具設備、材料儲存場、電力供應設備及其他相關之設備等，以使潛盾施工作業順利進行。

- C. 潛盾施工作業應妥善規劃包括工作井、隧道開挖及支撐、地層穩定處理措施、隧道計測等相關作業。
- D. 潛盾機主要可分為「泥水加壓式」及「土壓平衡式」，一般適合地質較均質之地層條件，且多採設置工作井(發進井、到達井)開闢工作面。
- E. 考量機具設備組裝及預鑄環片堆置場地，以及施工電力之供應。

4.2.2 預鑄化工法

(1) 預鑄環片

- A. 預鑄環片適用於採用潛盾機或 TBM 工法之隧道。
- B. 設計預鑄環片時需考慮隧道用途、隧道內環境及週邊地盤環境等因素以確保環片之耐久性。若用作永久結構，則應特別考慮其耐久性及止水性，並應持續監測。
- C. 一般地質條件及直線段，通常採用較具經濟性的混凝土環片；於特殊地質條件或急曲線段等情況則考量採用鋼環片或鑄鐵環片。
- D. 決定預鑄環片之接頭結構時，應考量具有必要之強度、組裝之確實性、施工性及止水性。

(2) 預鑄排水溝

- A. 隧道設計規劃以預鑄鋼筋混凝土或其他材料製作成標準規格化之單元構件以用於隧道排水系統。
- B. 隧道排水系統以預鑄構件方式規劃時可減少施工人力、提升施工安全及工率。
- C. 預鑄構件應考量具有必要之強度、組裝性、施工性及止水性。

4.3 施工、維護管理階段注意事項

- (1) 考慮用途、使用環境等因素以確保預鑄構件之耐久性。若用作永久結構，則需考慮其耐久性及止水性，並持續監測。

4.4 相關規範、規定及參考手冊

- (1) 交通部公路隧道設計規範。

5	水利	<p>5.1 一般原則</p> <p>預鑄化及自動化之水利工程推動策略、適用條件之原則性說明如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 進行標準化、規格化設計，建立構件單元、功能單元及空間單元尺寸標準化，以各類單元的組合運用，提高各類單元之使用率，達預鑄單元量產效果及減低成本。 (2) 適用於防洪排水之基礎防護、環境改善、防汛等工程設施。 (3) 預鑄化需考量安全層面、經濟層面、社會層面、環境及生態層面等全面性考量。 (4) 水利工程採預鑄化及自動化適用條件如下： <ol style="list-style-type: none"> A. 設計施工一元化，以水利土木、建築景觀等專業技師、營造廠、預鑄廠及其協力廠商共同組成預鑄工程團隊，充分協調統合工程界面。 B. 適用於順應地形變化量低、水密性要求低的組合構件。 C. 適用於空間單元重複性高且量體大之構造物。一般預鑄構件重複率大，得以降低開模之模具費用。 D. 以增加功率、縮短工期為目標。 E. 工區偏遠或交通不便、現場施工困難或在現地可施工受限的地方。 F. 勞動人力不易獲得的地區。 <p>5.2 計畫、規劃階段</p> <p>依計畫目標及治理保護基準，評估預鑄化、自動化工法之可行性。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 計畫、規劃作業時，依據水道治理計畫、風險評估、環境改善之需求確立計畫目標及治理保護基準，評估佈置構造物採預鑄化、自動化工法之可行性。 (2) 構造物採預鑄化、自動化工法，需符合水文水理檢算、流量斷面計算、必要之結構安全檢算。 (3) 預鑄構件依據岸坡情況、水流條件，經技術、安全、經濟比較選定。 (4) 預鑄構件需配合現況人文環境、生態維護及河川環境營造條件設計。 <p>5.3 基本設計階段</p> <p>確定預鑄構件材料、尺寸、組合體系，以及模矩化之空間單元類型。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 堤防護岸基腳易沖刷，得以預鑄化之異型塊構件保護基礎及護腳工，並視流路及河床變化情形妥為設計。 (2) 河川排水環境營造改善之堤頂及堤後段，得採預鑄化之仿木質欄杆、長型座椅等景觀設施。
---	----	--

5.4 細部設計階段

進行預鑄構件、空間模矩單元細部設計。

- (1) 針對基本設計各項細節進行詳細檢討，繪製預鑄構件標準圖及施工圖，並且記入構件形狀、接頭位置、預埋鐵件、配筋等。
- (2) 施工或材料規範之編擬。
- (3) 工程或材料數量之估算或編製。
- (4) 施工計畫及施工進度之擬訂。
- (5) 單價分析及估價。
- (6) 發包預算及招標文件之編擬。
- (7) 工程預算書圖(稿)編擬。

5.5 相關規範、規定及參考手冊

- (1) 水利工程技術規範
- (2) 混凝土塊
 - A. 經濟部水利署施工規範第 03438 章混凝土塊。
 - B. 共通性工項施工綱要規範第 03210 鋼筋、03310 結構用混凝土等章。
- (3) 仿木質欄杆
 - A. 參考水利工程基本圖庫。
 - B. 設置欄杆時需避免阻礙視野，宜為穿透性高之設計。
 - C. 以區隔空間但具視野之連續性，設置高度為 90~120 公分。
 - D. 配合地形起伏作適當調整設計。
- (4) 長型座椅
 - A. 參考水利工程基本圖庫。
 - B. 可於既有鋪面上設置，將鋪面處理平整之後並以水泥固定椅腳。
 - C. 椅腳與面層需固定並確認穩固不動搖。

6

下水道

6.1 一般原則

下水道工程預鑄及自動化設計一般原則：

- (1) 道路埋深超過 4 公尺或需穿越重要管線之污水下水道支管及主次幹管，建議採取潛盾及推進等自動化機械施工工法。
- (2) 採用自動化機械施工，可提高施作效率，減少人力需求。
- (3) 提高預鑄構件之設計比例，加強生產效能，並以節能減碳、節省人力、縮短施作期間、提升品質，作為設計考量。

6.2 計畫階段

- (1) 下水道收集系統需盡可能採重力方式蒐集，並將抽(揚)水站降至最低數量或不予設置，減低後續營運管理所需之資源與人力。
- (2) 評估包括潛盾、連動式推進、短管推進等自動化掘進工法適用範圍。



圖 6.1 密閉式推進機械

- (3) 綜合考量下水道埋設路線、覆土深度、地質條件、既有管線位置、收集水質水量、施作工法及經濟效益等因素，規劃選用管材、管徑及人孔型式，明確預鑄部位、適用之預鑄構件及材料選擇。
- (4) 評估下水道耐久性及水力計算成果，原則同一工程標案選用同一種管材預鑄品，並適度簡化管徑以增加個別管徑使用數量，使預鑄構件具足夠經濟規模。

6.3 基本設計階段

- (1) 管線設計時是否採發展成熟之自動化施工技術及工法進行設計作業。

- (2) 依據基本資料調查分析，選用合宜之掘進工法，並明訂採用推進覆土深度等基本條件。

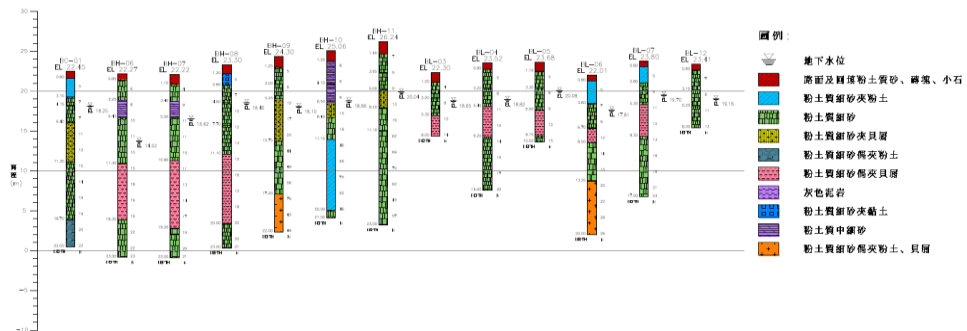


圖 6.2 地質鑽探土壤柱狀圖

- (3) 檢討管線埋設路線，各工區選用合適的施作工法，並盤點管線、人孔及工作井預鑄構件數量，建立平面配置圖、工項數量統計清單等書圖資料。

6.4 細部設計階段

- (1) 評估基本設計階段選用自動化掘進工法之推力條件，妥適設計工作井間適當推進距離。另管線推進為防止管線蛇形，需隨時自動量測其偏差量。
- (2) 針對基本設計各項細節進行詳細檢討，完成規範、水力計算書及圖面，編製預鑄構件需求數量及預算。
- (3) 預為檢討預鑄構件連接節點的防水、防蝕設計。

6.5 預鑄構件設計需符合相關規定

6.5.1 推進用鋼筋混凝土管

- (1) 鋼筋混凝土管係指短管推進用管及一般推進用管。
- (2) 內壁需進行防蝕處理，防腐蝕處理功能性區分為兩類：
 - A. 本身具有抵抗污水腐蝕之能力，以混凝土之配比設計及製作。
 - B. 以添加抗菌劑之混凝土製作。



圖 6.3 推進用鋼筋混凝土管

6.5.2 預鑄污水人孔及陰井

(1) 人孔

A. 人孔之預鑄構件分為底板、底座直管(離心式製造)、各種高度之調整直管(離心式製造)及頂部斜管(偏心大小頭)、頂部環圈等，係用於下水道，以便銜接、檢查或清理管渠，使作業人員能進出管渠之設施，其中底板及底座直管亦可合成為一個底座。

B. 預鑄人孔依材質不同分為鋼筋混凝土、聚酯樹脂混凝土等。

C. 內壁需進行防蝕處理，防腐蝕處理功能性區分為兩類：

- a. 本身具有抵抗污水腐蝕能力，以混凝土之配比設計及製作。
- b. 以添加抗菌劑之混凝土製作。

D. 附件

a. 安全繩索繫環形狀可由製造廠自行設計製造，須能符合吊掛作業規定之重物。

b. 人孔踏步之安裝分為預埋式或貫穿式，預埋式之形狀及安裝方式需符合 CNS 13206 之規定；貫穿式之形狀依照設計圖之規定辦理，並於人孔壁預留安裝孔，安裝時將踏步埋入部穿過安裝孔壁後固定，以 CNS 10141 高黏度型之環氧樹脂填縫於人孔踏步與人孔壁預留孔之間隙，確保不漏水。

(2) 預鑄污水人孔及陰井吊放時只能利用預設之吊鈎，以防破壞構件。



圖 6.4 預鑄 RC 人孔

6.5.3 明挖污水管

(1) 鋼筋混凝土管

A. 外壓(裂紋及破壞)強度需符合設計規範。

B. 內壁需進行防蝕處理，防腐蝕處理功能性區分為兩類：

- a. 本身具有抵抗污水腐蝕能力，以混凝土之配比設計及製作。
- b. 以添加抗菌劑之混凝土製作。

(2) 聚酯樹脂混凝土管

A. 外壓(裂紋及破壞)強度需符合設計規範。

6.5.4 污水工作井

(1) 鋼環擋土工作井多設於一般土層，組成構件具模組化生產特性，須以施工機械壓入土壤，再掘削鋼環內土壤，安全性高、工作效率高。假設工程完成後，需將上部鋼管抽除，可回收使用、降低單位成本。

(2) 鋼襯板工作井多設於卵礫石層，組成構件具模組化生產特性，假設工程完成後，需將上部鋼襯板抽除，可回收使用、降低單位成本。



圖 6.5 鋼襯板工作井

6.6 相關規範、規定及參考手冊

- (1) 內政部營建署下水道工程專用技術規範第 02531 章至第 02538 章。
- (2) 共通性工項施工綱要規範第 02475 章沉箱。
- (3) 公共污水下水道管線設計手冊。

附表二：可自動化或預鑄化工程項目(含可標準化說明)

類別	工程項目	設計及施工依據
建築	1. 預鑄 RC 構造 (梁、柱、室內隔間牆、外牆、樓板、樓梯、...)	1. 設計依據 (1)建築法及建築技術規則建築構造編。 (2)建築物耐震設計規範及解說。 (3)建築物耐風設計規範及解說。 (4)混凝土結構設計規範。
	2. 鋼構造	1. 設計依據 (1)建築技術規則建築構造編。 (2)鋼構造建築物鋼結構設計技術規範。 2. 施工依據 共通性工項施工綱要規範第 05124 建築鋼結構、05125 結構用鋼材等章。
	3. 帷幕牆	1. 設計依據 (1)建築技術規則建築設計施工編第 1 條第 26 款、第 79 條、第 79 條之 3、第 308 條之 2。 (2)防火、耐風壓、層間位移吸收、水密性、氣密性、隔熱性、隔音性等設計。
	4. 輕隔間牆系統	1. 設計依據 (1)建築技術規則設計施工編第 46 條(隔音)、第 70 條至第 74 條(防火)、建築構造編第 15 條(牆壁重量)規定。 (2)建築新技術新工法新設備及新材料認可申請要點。 2. 施工依據 共通性工項施工綱要規範第 09250 石膏板、09260 石膏板組裝等章。
	5. 預製浴廁單元	1. 設計依據 (1)建築技術規則建築設計施工編第 47 條至第 51 條(廁所、污水處理設施)。 (2)建築技術規則建築設備編第 2 章給水排水系統及衛生設備相關條文。 (3)建築物給水排水設備設計技術規範。 (4)建築物污水處理設施設計技術規範。 2. 施工依據 共通性工項施工綱要規範第 10801 浴廁附屬配件、15105 管材、15110 閘、15151 污水管路系統、15410 給排水及衛生器具、16010 基本電機規則等章。
橋梁	1. 預鑄箱型梁	1. 設計依據 (1)公路橋梁設計規範。 (2)公路橋梁耐震設計規範。 (3)Guide Specification for Design and Construction of

		Segmental Concrete Bridges(1999)。 (4)日本道路協會「道路橋示方書」混凝土橋篇第17章「預鑄節塊結構」。
	2. 預鑄 I 型梁	1. 設計依據 (1)公路橋梁設計規範。 (2)公路橋梁耐震設計規範。
	3. 場鑄箱型梁 (支撐先進、場鑄懸臂、節塊推進等工法)	1. 設計依據 (1)公路橋梁設計規範。 (2)公路橋梁耐震設計規範。 (3)Guide Specification for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges(1999)。
道路	1. 緣石	1. 設計依據 (1)交通工程規範。 (2)公路橋梁設計規範。 (3)CNS 10007。
	2. 護欄	2. 施工依據 共通性工項施工綱要規範第 02843 章護欄。
	3. 溝蓋版	1. 設計依據 公路橋梁設計規範。 2. 施工依據 共通性工項施工綱要規範第 03410 章工廠預鑄混凝土構件。
	4. 預鑄混凝土緣石(可標準化)	1. 設計依據 CNS 3930。 2. 施工依據 共通性工項施工綱要規範第 02770 章緣石與緣石側溝。 3. 可標準化說明 (1)預鑄混凝土緣石已有國家標準,參考尺度及相關規格詳 CNS 3930 規定。 (2)主辦機關除可依據上開國家標準辦理外,亦可視所轄工程規模,因地制宜,自行訂定相關尺寸、型式、規格之標準。
	5. 高壓混凝土地磚(可標準化)	1. 設計依據 CNS 13295。 2. 施工依據 共通性工項施工綱要規範第 02786 章高壓混凝土地磚。 3. 可標準化說明 (1)高壓混凝土地磚已有國家標準,相關規格詳 CNS 13295 規定。 (2)主辦機關除可依據上開國家標準辦理外,亦可視所轄工程規模,因地制宜,自行訂定相關尺寸、型式、規格之標準。

隧道	1. 隧道鑽掘機 (TBM)工法	1. 設計依據 公路隧道設計規範。
	2. 潛盾工法	1. 設計依據 公路隧道設計規範。
	3. 預鑄環片 (可標準化)	1. 設計依據 公路隧道設計規範。 2. 施工依據 相關檢驗標準。 3. 可標準化說明 尺寸、型式、規格須依計畫規模、計畫需求及地質條件而定。
	4. 預鑄排水溝 (可標準化)	1. 設計依據 公共污水下水道管線設計手冊。 2. 施工依據 (1) 共通性工項施工綱要規範第 02531 污水管線施工、02532 污水管線附屬工作、02533 污水管管材等章。 (2) 相關檢驗標準。 3. 可標準化說明 尺寸、型式、規格須依計畫規模、計畫需求而定。
水利	1. 護岸護坦工	1. 設計依據 (1) 水利工程技術規範。 (2) 水利工程基本圖庫。 2. 施工依據 (1) 經濟部水利署施工規範第 03438 章混凝土塊。 (2) 共通性工項施工綱要規範第 03210 鋼筋、03310 結構用混凝土等章。
	2. 堤防護坦工	1. 設計依據 (1) 水利工程技術規範。 (2) 水利工程基本圖庫。 2. 施工依據 (1) 經濟部水利署施工規範第 03438 章混凝土塊。 (2) 共通性工項施工綱要規範第 03210 鋼筋、03310 結構用混凝土等章。
	3. 混凝土異型塊 (可標準化)	1. 設計依據 (1) 水利工程技術規範。 (2) 水利工程基本圖庫。 2. 施工依據 (1) 經濟部水利署施工規範第 03438 章混凝土塊。 (2) 共通性工項施工綱要規範第 03210 鋼筋、03310 結構用混凝土等章。 3. 可標準化說明 (1) 流速 2(m/s), 坡度 1/1500~1/1000, 異型塊 2(噸/塊)。 (2) 流速 3(m/s), 坡度 1/1000~1/500, 異型塊 2~5(噸/塊)。 (3) 流速 4(m/s), 坡度 1/500~1/100, 異型塊 5~7(噸/塊)。

	4. 仿木質欄杆 (可標準化)	1. 設計依據 水利工程基本圖庫。 2. 施工依據 經濟部水利署施工規範第 03310 章結構用混凝土。 3. 可標準化說明 仿竹欄杆(長*寬*高)150*15*110(公分)。
	5. 長型座椅 (可標準化)	1. 設計依據 水利工程基本圖庫。 2. 施工依據 經濟部水利署施工規範第 03310 章結構用混凝土。 3. 可標準化說明 長型座椅(長*寬*高)160*40*40(公分)。
下水道	1. 鋼筋混凝土管(推進用) (可標準化)	1. 設計依據 (1)下水道工程設施標準。 (2)公共污水下水道管線設計手冊。 2. 施工依據 內政部營建署下水道工程專用技術規範第 02531 章及第 02533 章。 3. 可標準化說明 尺寸及規格請參考:CNS 3905 下水道用鋼筋混凝土管(推進施工法用)、CNS 15464 長距離、曲線推進用鋼筋混凝土管。
	2. 聚酯樹脂混凝土管(推進用)(可標準化)	1. 設計依據 (1)下水道工程設施標準。 (2)公共污水下水道管線設計手冊。 2. 施工依據 內政部營建署下水道工程專用技術規範第 02531 章及第 02533 章。 3. 可標準化說明 尺寸及規格請參考:CNS 14814 聚酯樹脂混凝土管(推進施工法用)。
	3. 人孔及陰井 (可標準化)	1. 設計依據 (1)下水道工程設施標準。 (2)公共污水下水道管線設計手冊。 2. 施工依據 內政部營建署下水道工程專用技術規範第 02532 章。 3. 可標準化說明 尺寸及規格請參考:CNS 15431 下水道用鋼筋混凝土預鑄人孔、CNS 15245 聚酯樹脂混凝土人孔。
	4. 工作井擋土用圓形鋼環	1. 設計依據 公共污水下水道管線設計手冊。 2. 施工依據 內政部營建署下水道工程專用技術規範第 02531 章。