土地区画整理事業における設計・施工段階での DX の活用

戸田建設㈱　正会員　○尾上　瑞希
戸田建設㈱　正会員　岩永　祐治
戸田建設㈱　正会員　今井　均
戸田建設㈱　正会員　岩谷　隆文

１．はじめに

近年，建設現場では ICT や AI 等のデジタル技術を活用した施工が各工種において幅広く展開されている．また，建設業界における将来的な人手不足に適切に対応するため，設計・施工および維持管理の各段階において DX の活用を推進し，生産性の向上を図ることが建設業界の大きな命題となっている．このような中，令和 7 年 6 月に策定された「国土交通省 DX ビジョン」では，データを最大限に活用した既存の仕組みの変革と，新たな価値創出の加速が示されている．

本稿ではこれらの背景を踏まえ，設計および施工段階における生産性向上および新たな企業価値の創出を見据え，土地区画整理事業工事の設計・施工案件を対象として，DX を用いた新たな取り組みについて報告する．

２．工事概要（現地条件）

本工事の土地利用計画を**図-1**，現況を**図-2** に示す．本工事は，住宅地および商業施設を中心とした約 24ha の土地区画整理事業である．現況の土地利用は山林および農地が大部分を占めている．地形の高低差は約 30m におよび，**図-3** の A-A 断面に示すとおり，軟弱な粘性土層が最大約 17m 堆積する地質条件である．

本工事では，高低差を解消して住宅および商業施設用地を造成するため，最大約 11m の盛土を計画しており，これに伴い最大約 2m の圧密沈下が発生すると想定されている．さらに，大規模な造成工事に加え，調整池や宅地擁壁などの重要構造物を施工する．

そのため，施工品質および施工精度の確保を目的として，現況地形を精緻に把握するとともに，地盤改良体の品質確保および支持層への確実な着底を図る施工管理が必要となる．また，円滑な事業推進を目的として，事業計画の理解促進や盛土施工に伴う高精度な圧密沈下管理が必要となる．これらの課題に対し，本工事では設計・施工の各段階で DX を活用し解決を図ることとした．

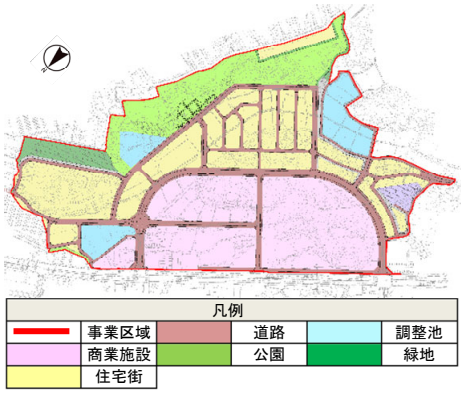


図-1　土地利用計画図

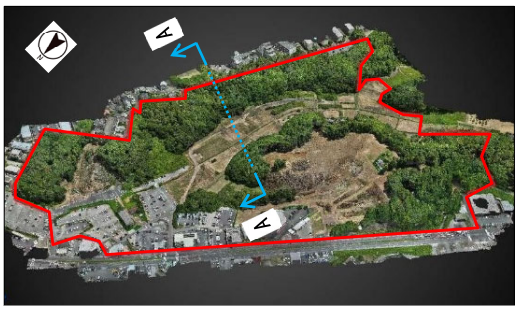


図-2　対象工事の着手前状況（点群）

３．DX の全体的な取り組み

本工事で展開する予定の DX の取り組み概要を**図-4** に示す．なお，本稿では設計および施工段階で対応した具体的内容の一部（**図-4** の朱書き箇所）を紹介する．

(1) 設計段階

全体の完成形 3D モデルを作成するとともに，本工事の主要工種である土工を対象とした 3D 地層モデル，重要構造物の支持力確保を目的とした地盤改良の施工モデル，および現場打ちコンク

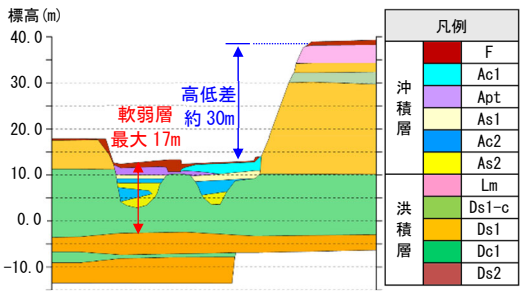


図-3　A-A 断面

キーワード　土地区画整理事業, DX, 地盤改良, 圧密沈下, 3D モデル
連絡先　〒104-0031 東京都中央区京橋 1-7-1　戸田建設株式会社　TEL 0570-0027-05

リート構造である調整池の配筋モデルを作成する計画とした．さらに，これらの 3D モデルを活用し，軟弱地盤による圧密沈下解析や施工ステップごとの仮設排水施設（沈砂池や土側溝など）を対象とした流向解析や，高盛土による周辺道路，地下埋設物などへ及ぼす影響を評価する縁切り解析など，広域を対象とした各種解析を実施する計画とした．

(2) 施工段階

圧密沈下量を確実に把握するため，自動計測システムによる沈下計測管理を実施する計画とした．また，現場測量にはドローンや GNSS を用いた地形測量を採用した．さらに，土工事では ICT 施工を導入するとともに，地盤改良工ではマシンガイダンスを活用し，BIM/CIM による出来形管理を実施する計画とした．加えて，各工種の施工計画に時間軸を付与した 4D 工程表を作成し，施工進捗を一元管理する計画とした．

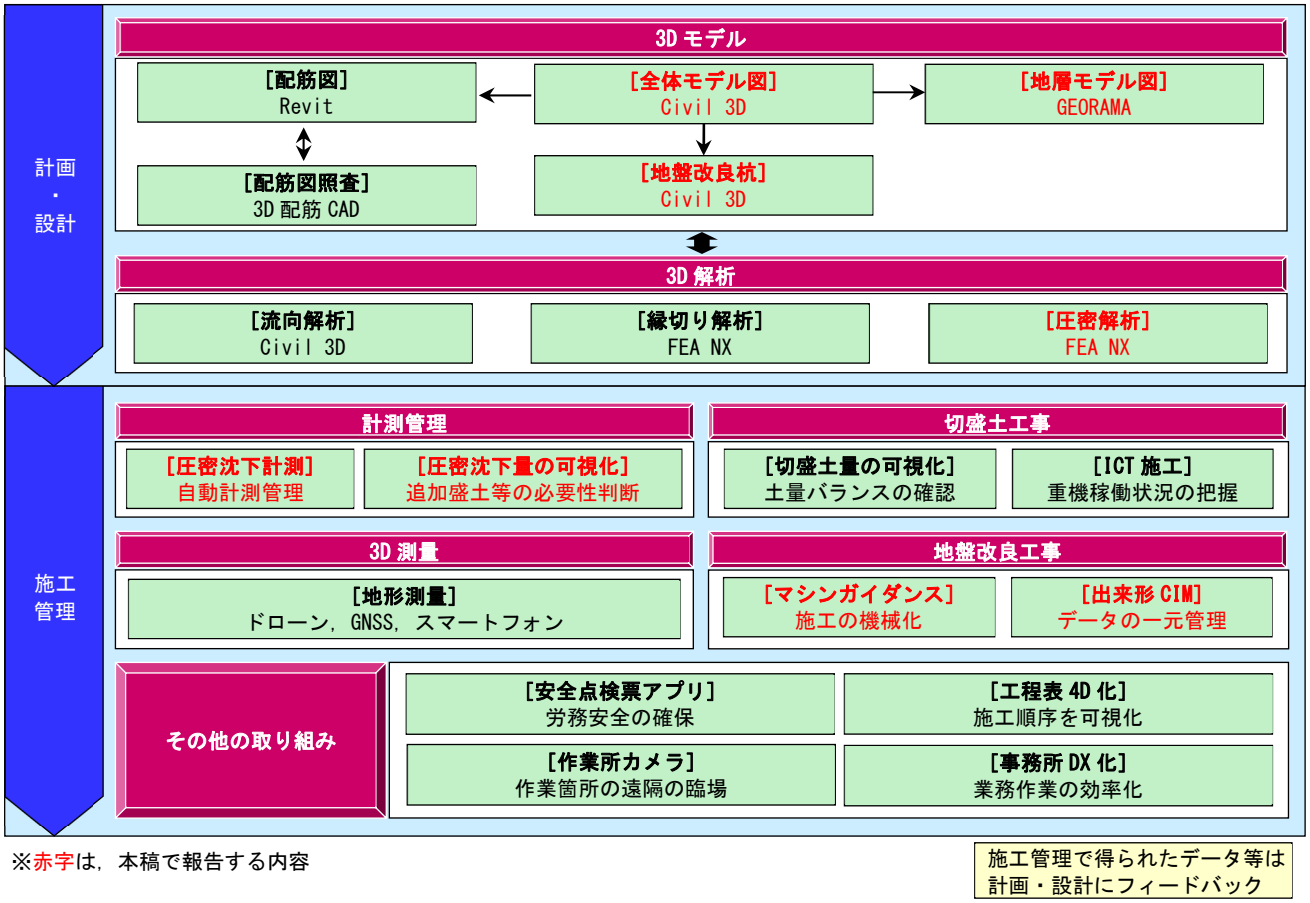


図-4　DX への取り組みの全体概要

4．設計～施工段階での DX 紹介（具体的な取り組み）

(1) 全体 3D モデル

対象地区全体の完成形を 3D モデルとして作成した（図-5）．作成にあたり，汎用ソフトである「Autodesk Civil 3D」[1)]を用いて，3D モデルでは，道路や宅地に加え，本地区の特徴であるラウンドアバウト（環状交差点）や境界ブロック，道路標識，道路照明などの道路附属施設や地下埋設物についてもモデル化することで，各施設の位置関係等を視覚的に把握できるようにした（図-6）．

これらの 3D モデルにより，完成後の景観や施設配置を確認できるだけでなく，設計段階における地下埋設物相互の干渉確認が可能となった．また，ラウンドアバウトを走行する車両の挙動を可視化し，導入後の交通流を直感的に理解できる動画を作成した（図-7）．これらの 3D モデルや動画は道路管理者等の関係機関との協議資料として活用することで，計画内容に対する理解が深まり，円滑な合意形成につながることが期待される．

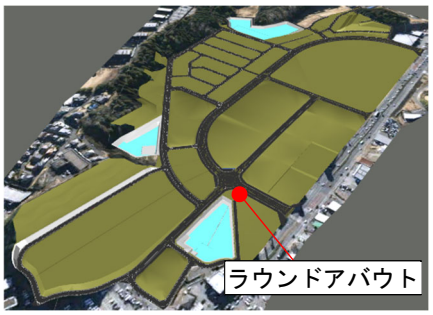


図-5　全体 3D モデル

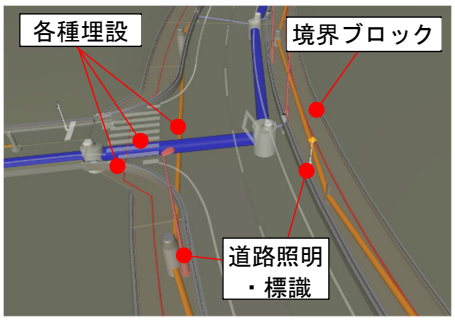


図-6　道路付属施設・埋設物モデル

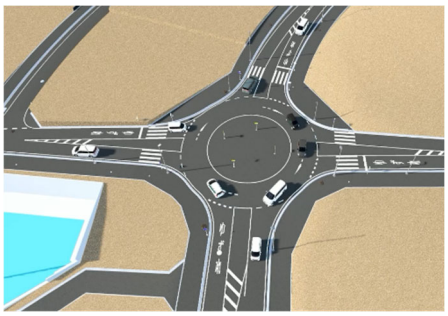


図-7　ラウンドアバウト拡大図

(2) 3D 地盤モデルによる地盤改良の設計・施工

a)　3D 地層モデルの作成(設計段階)

本工事は地表面の高低差が大きく複数の地層で複雑な地層構成となっているため 3D 地層モデル[2)]を作成した（図-8）．モデル作成においては，既往の調査ボーリングの結果および地質縦断図などの断片的なデータを基に，各データ間の整合性が取れたモデルとなるよう留意した．これにより，現地の複雑な地層構成が可視化され，圧密沈下の検討や構造物の沈下対策において重要となる軟弱層（主に沖積粘性土層等）の堆積状況を工事関係者が容易に把握することが可能となった．また当該モデルは，以降で示す各種設計・検討を行う際のベースモデルとして活用した．

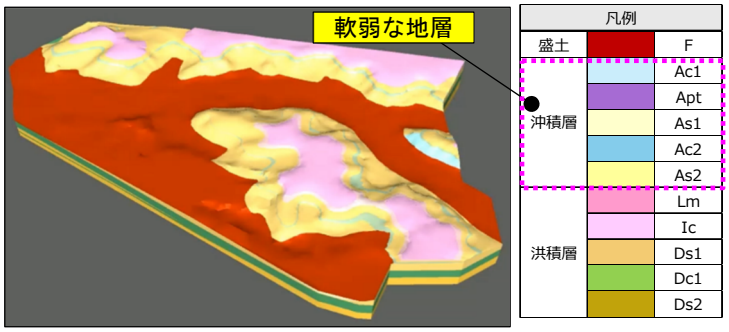


図-8　3D 地層モデルの作成例

b)　3D 地盤改良施工図の作成（設計段階）

計画 3D モデルの中に，計画した地盤改良の仕様（平面位置，高さ，改良深さ等）を反映し，前述の 3D 地層モデルを重ね合わせることで，3D 地盤改良施工図を作成した（図-9，図-10 参照）．地層の傾斜が大きく，かつ地層構成が複雑な本現場において，従来の 2D 図面では把握することが困難な地盤改良体の支持層への着底状況を，全数にわたり正確に把握することが可能となった．設計時に着底状況を反映することで，重要構造物である調整池の不同沈下等の発生を防止するなどの観点から，当該施工図による検証は非常に有効であった．

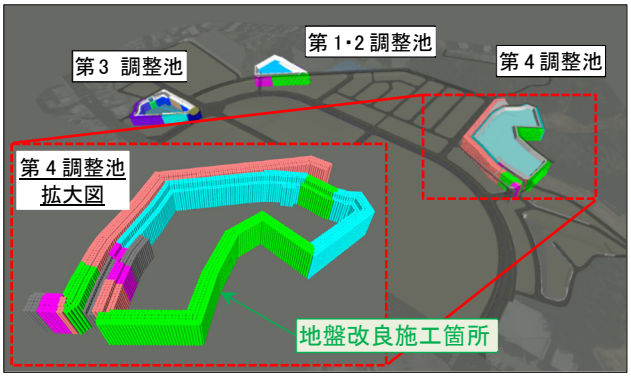


図-9　3D 地盤改良モデル

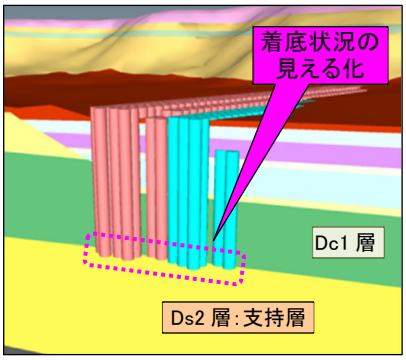


図-10　3D 地盤改良施工図の作成例

c)　マシンガイダンス・出来形管理(施工段階)

深層混合処理工法による地盤改良に対して，情報化施工と施工管理技術を統合システム[3)]を適用した．本システムは，GNSS により施工計画位置へ施工機械を高精度に誘導するマシンガイダンス機能，施工管理項目をリアルタイムで表示・記録する施工管理機能，および品質情報や施工位置などの施工情報を一元的に集約し，3 次元で表示する情報管理機能を備えたシステムである（図-11）．

本システムの適用により，地盤改良機を施工計画位置へ高精度に誘導できるため，地盤改良の施工位置精度が向上するとともに，誘導員が不要となることで施工時の安全性を確保した．また、施工管理項目をリア

ルタイムで確認・記録することで施工状況を適切に把握でき，地盤改良体の品質確保に寄与した．さらに，施工情報を 3 次元的に可視化することで，施工の進捗状況や出来形を視覚的に把握することが可能となり，関係者間での情報共有の円滑化および施工管理の効率化に寄与した．

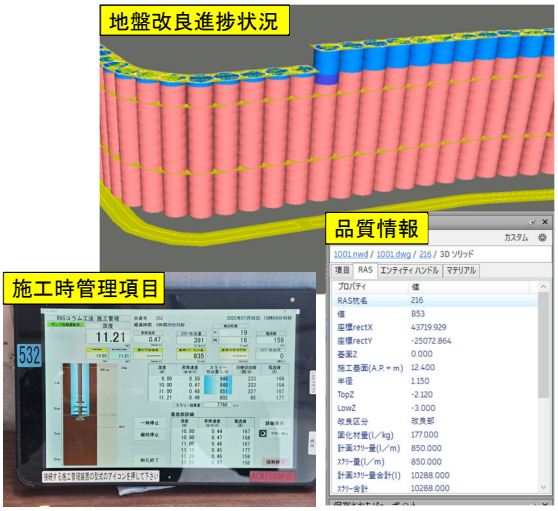


図-11　マシンガイダンス・出来形管理

(3) 3D 圧密沈下管理の設計・施工

a)　3D 圧密解析（設計段階）

前述の3D地層モデルを用いて，軟弱層が厚く堆積する宅地1エリアを対象に，弾塑性FEM解析による3次元圧密解析を実施した（図-12，図-13）．圧密沈下を考慮する粘性土には関口・太田モデルを適用し，その他の地層は変形が微小であると判断して弾性体としてモデル化した．なお，解析には「FEA NX」[4]を使用した．3次元圧密解析では，前述の3D地層モデルを解析モデルに反映することで，地層の起伏や軟弱層の空間的な分布を考慮した解析が可能となり，従来の1次元圧密解析では評価が困難な3次元的な沈下挙動を把握することができた．

今後は，工事の進捗に伴い解析結果と実測値との整合性を検証し，解析精度の向上を図る予定である．また，解析結果を継続的に検証・更新することで，土配計画や搬入・搬出土量の算定などへの活用を進める．

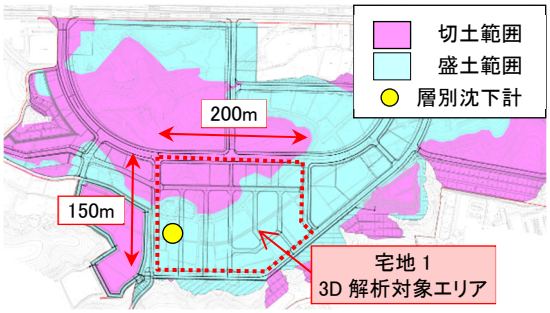


図-12　解析対象範囲

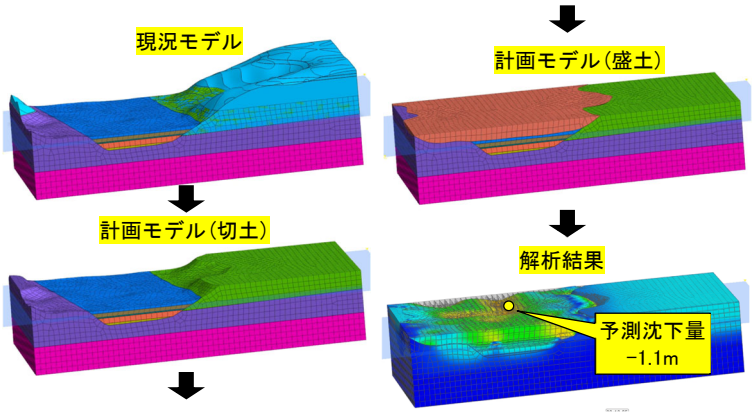


図-13　3 次元解析モデル・結果

b)　圧密沈下の自動計測管理（施工段階）

施工段階では，圧密沈下の管理に自動計測システムを導入した（図-14）．現場に表面沈下計および層別沈下計を設置し，取得した計測データをクラウドへ自動送信することで，事務所で一元管理できる体制を構築した．関係者は場所を問わず，PC やタブレットのダッシュボードから最新の沈下状況を確認できる．

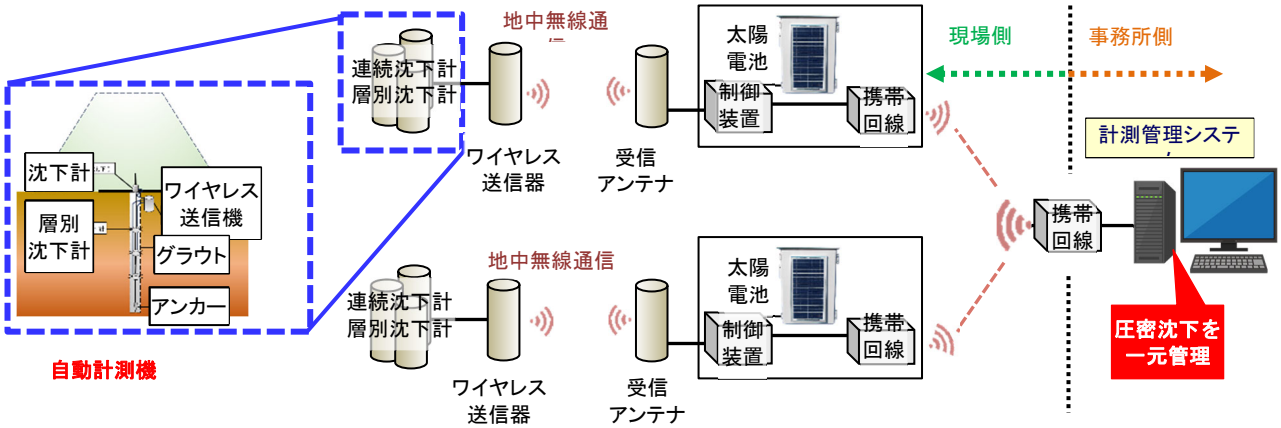


図-14　圧密沈下の自動計測管理の概要

計測データは自動で取得・蓄積されるため，従来必要であった現地での計測作業が不要となり，現場作業の効率化および職員の負担を軽減できた．また，取得した計測データはダッシュボード上で可視化され，本社・支店・現場でリアルタイムに共有することが可能となった（図-15）．

さらに，層別沈下計を併用することで，各深度における沈下量や圧密の進行状況を把握できるため，軟弱層ごとの圧密挙動を詳細に評価できた．これにより，圧密沈下管理の高度化に加え，施工の妥当性の検証や設計への迅速なフィードバックが可能となり，設計・施工の品質が向上した．今後は，計測結果を 3 次元圧密解析結果と比較・検証することで解析精度の向上を図るとともに，解析結果を更新し，土配計画や搬入・搬出土量の算定に反映することで，設計・施工のさらなる高度化を目指す．

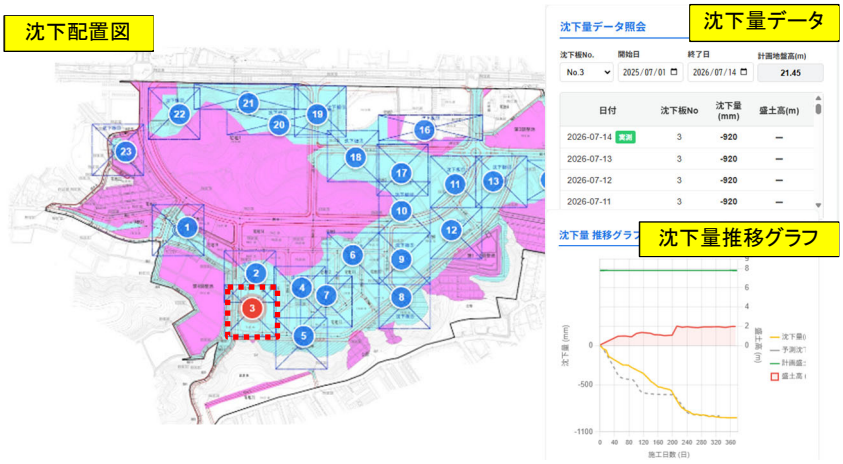


図-15　圧密沈下一元管理システム

5.　まとめ

本稿では，軟弱地盤を有する土地区画整理事業を対象に，設計・施工段階における DX の活用事例について報告した．設計段階では，3D モデルを活用することで，完成形や地下構造物の可視化，地盤改良計画の最適化を図るとともに，3 次元圧密解析により軟弱地盤の沈下挙動を事前に評価した．また，施工段階では，マシンガイダンスや自動計測システムを導入することで，施工品質の確保，施工管理の効率化および関係者間の情報共有の高度化を実現した．本取り組みは，設計・施工段階の生産性向上だけでなく，将来的な維持管理段階におけるデータ活用にもつながり，建設事業全体の高度化に寄与するものと考える．今後は，今回得られた知見を全国の類似案件へ積極的に展開するとともに，DX を活用した設計・施工・維持管理の一層の連携を図り，建設事業全体の生産性向上と品質向上を目指していく．

参考文献

1）Autodesk , Inc, Autodesk Civil 3D, https://bim-design.com/infra/product/civil3d/
2）伊藤忠テクノソリューションズ株式会社,GEORAMA for Civil3D, https://www.engineering-eye.com/GEORAMA_CIVIL3D/
3）ライト工業株式会社,3D-ViMa システム, https://www.raito.co.jp/project/doboku/method/jiban/kikai/3d-vima/
4）マイダスジャパン,FEA NX, https://www.midasuser.com/ja/product/fea-nx/