

Information Collection and Confirmation Survey on Digital Transformation (DX) Promotion in JICA ODA Projects in the Republic of the Philippines



March 2021

Table of Contents

1. Background and Objectives of the Survey
2. Political Framework of Digital Transformation (DX) in the Construction Sector in the Philippines
3. Current Status and Challenges of Digital Transformation (DX) in JICA's ODA Projects in the Philippines
4. Applicable Digital Technologies for JICA's ODA Projects in the Philippines
5. Recommendations

1. Background and Objectives of the Survey

Background

"Build, Build, Build"

- Under the slogan "Build, Build, Build", the Republic of the Philippines (hereinafter referred to as "the Philippines") has continued to achieve annual economic growth of approximately 6%, with a focus on infrastructure investment to promote economic growth.
- However, COVID-19 is still spreading in the Philippines and many of the ODA projects planned and being implemented by JICA have been delayed or suspended, requiring immediate action to be taken.

Objectives of the Survey

- The Survey aims to promote Digital Transformation (DX) in JICA's ODA projects in the fields of civil engineering and construction in the Philippines by examining the possibilities of introducing applicable Digital Technologies.

Survey Target Projects

DPWH

Project	Year
Arterial Road Bypass Project (III)	2018-2022
Davao City Bypass Construction Project	2015-2022
Dalton Pass East Alignment Alternative Road Project	2019-2020
Central Mindanao Road Project	2020-2021
Cebu-Mactan Bridge and Coastal Road Construction Project	2020-2029
Road Network Development Project in Conflict Affected Areas in Mindanao	2019-2021

DOTr

Project	Year
Metro Manila Subway Phase 1 (MMSP)	2018-2027
Technical Assistance Project to Establish of the Philippine Railway Institute (PRI)	2018-2023
North - South Commuter Railway Project (Clark-Malolos-Tutuban) (NSCR)	2015-2021
Capacity Enhancement of Mass Transit Systems in Metro Manila	2015-2022
Metro Rail Transit Line 3 Rehabilitation Project	2019-2022

2. Political Framework of Digital Transformation (DX) in the Construction Sector in the Philippines



7

The Philippine Digital Transformation Strategy (PDTS) 2022:

- **PDTS 2022** summarizes the Philippine government's plan as it pursues its digital transformation goals. It builds on previous and existing plans, such as the Philippine Digital Strategy of 2011-2016, the Government Information Systems Plan, the Philippine Strategic ICT (Information and Communications Technology) Roadmap of 2006-2010, and the E-Government Master Plan of 2012 of the Department of Information and Communications Technology (DICT).
- **Intentions of PDTS 2022:**
 - Develop user-generated content and encourage the use of open source technologies
 - Promote openness by providing online access to information and services
 - Encourage collaboration among stakeholders in developing DT-related content
 - Support the anti-corruption drive of the government and recognize the importance of data privacy and cybersecurity in creating a digital society

8

E-Government Master Plan (EGMP) 2022:

- In 17 June 2019, the Department of Information and Communications Technology (DICT), in fulfilling its mission to establish a one digitized government, launched the E-Government Master Plan (EGMP) 2022.
- EGMP 2022 is the successor of EGMP 2013-2016, which was also built upon previous ICT/digital plans, and is consistent with the strategy to continue to enhance the country's e-government system as a vital tool for good governance under the Philippine Development Plan (PDP) 2022.
- EGMP 2022 is likewise aligned with the ASEAN ICT Masterplan (AIM) 2020 which envisions a digitally-enabled economy to enable an innovative, inclusive and integrated ASEAN Community.

9

Satellite Positioning System in the Philippines

Geodetic system and satellite positioning in the Philippines

Adjusting to PRS92

- According to "Executive Order No. 45, 1993", the geodetic reference system in the Philippines is defined as "PRS92", which is managed by the National Mapping and Resource Information Authority (NAMRIA). According to the 2011 Administrative Order No. 16, all investigations conducted by each ministry and agency should be coordinated with NAMRIA.
- In June 2015, the 69th General Assembly of the United Nations resolved for member nations to shift to a global geodetic reference frame (Japan in 2000). NAMRIA drafted a revision of "Executive Order No. 45" and announced plans to install 163 CORS (Continuously Observation Reference Station) and move to world geodetic frame. As of April 2020, 54 points have been installed in the CORS network named PageNET (Philippines Active Geodetic Network).
- Since the PRS92 is not a coordinate system based on a satellite positioning system, it is necessary to always correct the position, which can shift as much as 83mm/year, with measurement values using a global navigation satellite system (GNSS using WGS84 reference system) during construction work.



Fig. PageNet (NAMRIA Geoportal (2021.1))

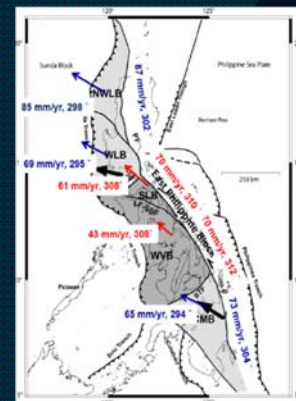


Fig. Crustal Movement (NAMRIA (2016.10))

10

Building Information Management (BIM) Framework in the Philippines:

DOTr's BIM Manual

The BIM Manual is a product of the ADB-funded Infrastructure Preparation and Innovation Facility (IPIF), Output 3 Sub-project: Digital Management Pilot Study for DOTr's Rail Sector.

(1) BIM Mandate

- The DOTr mandated the use of Building Information Management (BIM) throughout the design, construction and operational stages of rail sector projects to realize potential cost savings.
- The projects must achieve BIM Maturity Level 2 as defined in the ISO 19650 suite and supporting standards.
- The purpose of the BIM Manual is to define the minimum information requirements for BIM to be achieved by the lead contractors on the projects to achieve the DOTr's overall BIM objectives.

Building Information Management (BIM) Framework in the Philippines:

(2) BIM Objectives

- To establish a collaborative design and review process using a Common Data Environment (CDE) for all design disciplines and the relevant stakeholders for use throughout the assets lifecycle.
- To standardize the production process and to ensure that all deliverables and information (2D, 3D CAD models, BIM models and data schedules) are produced and issued in a uniform manner to the specified DOTr CAD Manuals, BIM standards and other specific requirements.
- To define the structure of proposed and potential data embedded within the digital BIM Models so that the data is suitable for future as built records, operations and maintenance.
- To eliminate waste by creating virtual building processes and simulations from which the design, construction, performance and operations can be visualized and simulated, resulting in:
 - Potential cost savings by the elimination of rework,
 - Improved coordination,
 - Clash analysis and detection, and
 - Long-term benefits for the post-construction operation and maintenance phase (which the contractor must assist to establish and fully define).
- To provide open source as-built BIM Models which can be used by the DOTr's Operation and Maintenance Team.

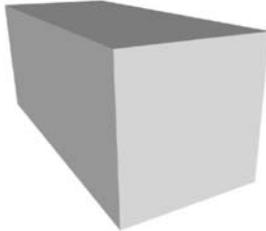
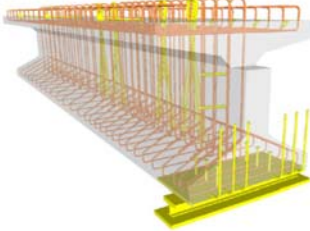
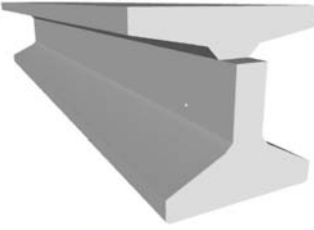
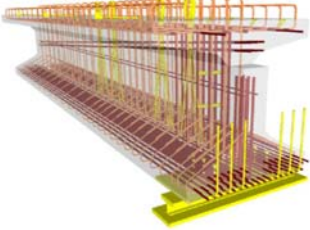
3) Project Information Management Process

Specific Information Production Methods and Procedures

ITEMS	GENERAL CONSULTANTS (GC)	LEAD CONTRACTORS																
A) File/Document Naming Structure	The GC shall define the models and documents to be submitted for coordination and uploaded to the Common Data Environment following the file naming structure and numbering in accordance with the DOTr's Document Management System Manual prior to the design phase.																	
B) CAD	The GC shall define the 2D CAD drawings that shall be produced or based on the requirements of the DOTr's CAD Manual prior to the design phase.																	
C) 3D Models	The 3D BIM Models shall be produced to the requirements of DOTr's BIM Manual or as defined by the GC in their BIM Execution Plan (BEP) prior to the design phase.	Ensure that the BIM models incorporate each element precisely in accordance with its quantity, size, shape, location and orientation.																
		Ensure that all disciplines and their supporting supply chain maintain their live models on the CDE for coordination at any																
D) 3D BIM Model Level of Development (LOD) Provisional LOD provided as a general rule for each design stage. To be provided by GC: Orange; by Contractor: Blue	The GC shall approve the BIM Execution Plan submitted by the Lead Contractor, which includes the table, prior to the commencement of any design authoring.	Provide a complete and exact level of development (LOD) in accordance with the requirements of AIA E203-2013, and BIM Forum LOD Specification Part I and Commentary for Building Information Models and Data (2019).																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Level of Development (LOD)</th> <th>Engineer's Design Project</th> <th>Design & Build Project</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100 (Concept)</td> <td>Inception Stage</td> <td>Inception Stage</td> </tr> <tr> <td>200 (Approximate Geometry)</td> <td rowspan="2">Technical Design</td> <td>Technical Design</td> </tr> <tr> <td>300 / 350 (Precise Geometry)</td> <td>Construction Design</td> </tr> <tr> <td>400 (Fabrication and Assembly)</td> <td>Construction Design</td> <td rowspan="2">As-built</td> </tr> <tr> <td>500 (As-built)</td> <td>As-built</td> </tr> </tbody> </table>		Level of Development (LOD)	Engineer's Design Project	Design & Build Project	100 (Concept)	Inception Stage	Inception Stage	200 (Approximate Geometry)	Technical Design	Technical Design	300 / 350 (Precise Geometry)	Construction Design	400 (Fabrication and Assembly)	Construction Design	As-built	500 (As-built)	As-built	Describe the level of development (LOD) required for each and component, for each design stage, and designate the responsible for design authoring of models.
Level of Development (LOD)		Engineer's Design Project	Design & Build Project															
100 (Concept)		Inception Stage	Inception Stage															
200 (Approximate Geometry)	Technical Design	Technical Design																
300 / 350 (Precise Geometry)		Construction Design																
400 (Fabrication and Assembly)	Construction Design	As-built																
500 (As-built)	As-built																	
	The table must be included in the BIM Execution Plan and submitted to the GC for approval prior to the commencement of any design authoring.																	
E) Clash Detection	Clash analysis shall be carried out and reports prepared in a log to be maintained by the BIM Team during the project lifecycle. clash analysis reports shall be submitted to DOTr and GC to confirm the coordination between the various disciplines. The parameters and requirements for the clash analysis shall be agreed with DOTr and GC.																	

4) Level of Development (LOD)

Railroad Bridges Precast Structural I Girder (Concrete)

200	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Type of structural concrete system Approximate geometry (e.g. depth) of structural elements 	 <p>LOD 200 Railroad Bridges Precast Structural I Girder (Concrete) , From kerd.com</p>	350	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reinforcing Post-tension profiles and strand locations Reinforcement called out, modeled if required by the BXP, typically only in congested areas Pour joints and sequences to help identify reinforcing lap splice locations, scheduling, etc. Chamfer Expansion Joints Lifting devices Embeds and anchor rods Post-tension profile and strands modeled if required by the BXP Penetrations for items such as MEP Any permanent forming or shoring components 	 <p>LOD 350 Railroad Bridges Precast Structural I Girder (Concrete) , From kerd.com</p>
300	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Specific sizes and locations of main concrete structural members modeled per defined structural grid with correct orientation Concrete defined per spec (strength, air entrainment, aggregate size, etc.) All sloping surfaces included in model element with exception of elements affected by manufacturer selection 	 <p>LOD 300 Railroad Bridges Precast Structural I Girder (Concrete) , From kerd.com</p>	400	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> All reinforcement including post tension elements detailed and modeled Finishes 	 <p>LOD 400 Railroad Bridges Precast Structural I Girder (Concrete) , From kerd.com</p>

3. Current Status and Challenges of Digital Transformation (DX) in JICA's ODA Projects in the Philippines



Current Status of Digital Transformation (DX) in ODA projects

DPWH Projects

Project	Year	Current status of JICA's ODA projects		Application of Digital Technologies		Availability of Public Network Services			BIM usage
		Impacts from COVID-19	Project Delays	Current Status	Planned	Internet	Cell Phone	Electricity	
Arterial Road Bypass Project (III)	2018-2022	✓	10 months	<ul style="list-style-type: none"> • Online-meetings • SNS • Wearable Camera 			✓		
Davao City Bypass Construction Project	2015-2022	✓		<ul style="list-style-type: none"> • Online-meetings 				✓	
Dalton Pass East Alignment Alternative Road Project	2019-2020	✓	More than 6 months	<ul style="list-style-type: none"> • Online-meetings • UAV LiDAR • BIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Tunnel boring system • Inspection 				
Central Mindanao Road Project	2020-2021	✓		<ul style="list-style-type: none"> • Online-meetings • UAV LiDAR 				✓	✓
Cebu-Mactan Bridge and Coastal Road Construction Project	2020-2029	✓		<ul style="list-style-type: none"> • Online-meetings 	<ul style="list-style-type: none"> • UAV LiDAR 		✓	✓	✓
Road Network Development Project in Conflict Affected Areas in Mindanao	2019-2021	✓	5 months	<ul style="list-style-type: none"> • Online-meetings • UAV LiDAR 				✓	

Current Status of Digital Transformation (DX) in ODA projects

DOTr Projects

Project	Year	Current status of JICA's ODA projects		Application of Digital Technologies		Availability of Public Network Services			BIM usage
		Impacts from COVID-19	Project Delays	Current Status	Planned	Internet	Cell Phone	Electricity	
Metro Manila Subway Phase 1 (MMSP)	2018-2027	✓	More than 1 year	• Online-meetings • GIS, BIM • CDE ※ (Bentley ProjectWise 365)		✓	✓	✓	✓
Technical Assistance Project to Establish of the Philippine Railway Institute (PRI)	2018-2023	✓	Cancelation of training in Japan	• Online-meetings	• XR • MMS	✓	✓	✓	
North - South Commuter Railway Project (Clark-Malolos-Tutuban) (NSCR)	2015-2021	✓	More than 3 months	• Online-meetings • GIS, BIM • CDE ※ (Oracle Aconex)	• Video chat system	✓	✓	✓	✓
Capacity Enhancement of Mass Transit Systems in Metro Manila	2015-2022	✓	More than 6 months	• Online-meetings		✓	✓	✓	
Metro Rail Transit Line 3 Rehabilitation Project	2019-2022	✓	More than 6 months	• Online-meetings		✓	✓	✓	

※ CDE: Common Data Environment

17

Current Status of Utilization of Digital Technologies in JICA's ODA Projects

Utilization of digital technologies in JICA's ODA projects are currently limited.

Utilization of digital technologies

- All projects have been greatly affected by COVID-19, such as the inability of engineers to travel to the Philippines.
- Since face-to-face meetings and construction management are difficult, remote communication has been established utilizing communication tools such as Zoom, Microsoft Teams and Google Meet.
- Other than the online conferencing systems, the digital technologies used are limited to topographical surveys using UAV LiDAR (drone).

18

Current Status of Public Network Services on Project Sites

Project construction sites in rural area are not covered by service networks.

Infrastructure

- Regarding information and communication infrastructure, urban areas are mostly covered by the Internet and cell phone services, even on the islands of Mindanao and Cebu.
- However, except for the railway project sites in the Manila metropolitan area, construction sites are not covered by the service areas, particularly the projects of DPWH in rural areas.
- Consequently, applicable remote communication technologies are limited.

19

BIM Usage in JICA's ODA Projects

Creation of a BIM model as a project information management system is not required in the DPWH projects.

DPWH projects

- Creation of BIM models as a project information management system is not required and is not actually applied by the general consultants (GCs) or contractors of the projects.
- Although JICA's preparatory surveys require the creation of BIM models as a presentation tool, it is not expected that the BIM models will be deliverables (submitted products) of the design and construction stages.

20

BIM Usage in JICA's ODA Projects

Currently, BIM is applied only to the construction stages of railway projects carried out by DOTr.

DOTr projects

- DOTr issued a BIM Manual in 2019, which is in accordance with the international standard ISO19650, and this manual has been applied to two railway projects (MMSP and NSCR) .
- DOTr also established their Common Data Environment (CDE) to manage project information and to exchange digital data with general consultants (GCs) and contractors of the projects.
- Currently, the BIM Manual and the CDE have been partly utilized from the detailed design and construction stages.

21

Challenges of Digital Transformation (DX) in JICA's ODA Projects in the Philippines

Toward the utilization of digital technologies with a view to applying BIM in the stages throughout the asset management lifecycle, including the operation and maintenance stage:

Infrastructure and public services

- Applicable digital technologies are highly dependent on the availability of information and communication infrastructure and services.

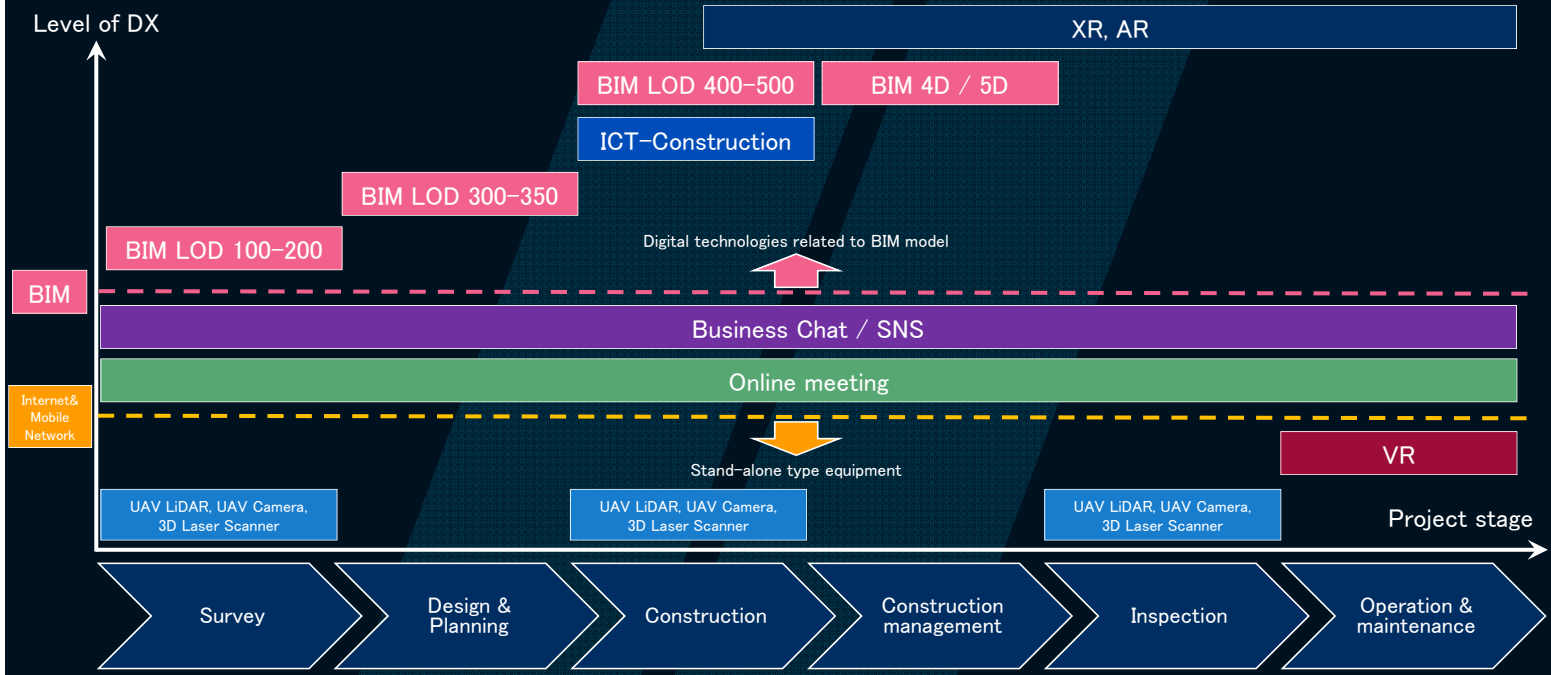
BIM

- The area of applicable digital technologies in the stages throughout the asset management lifecycle, including the operation and maintenance stage, mainly depends on the quality and quantity of information included in "as-built models" (asset information models) produced by BIM during the delivery phase.

22

4. Applicable Digital Technologies in JICA's ODA Projects in the Philippines

Map of Digital Technologies



Digital Technologies for Surveying

- SVY-UAV-01: UAV LiDAR
- SVY-UAV-02: UAV Optical Camera
- SVY-TER-01: 3D Laser Scanner

UAV LiDAR

Code: SVY-UAV-01

General Description

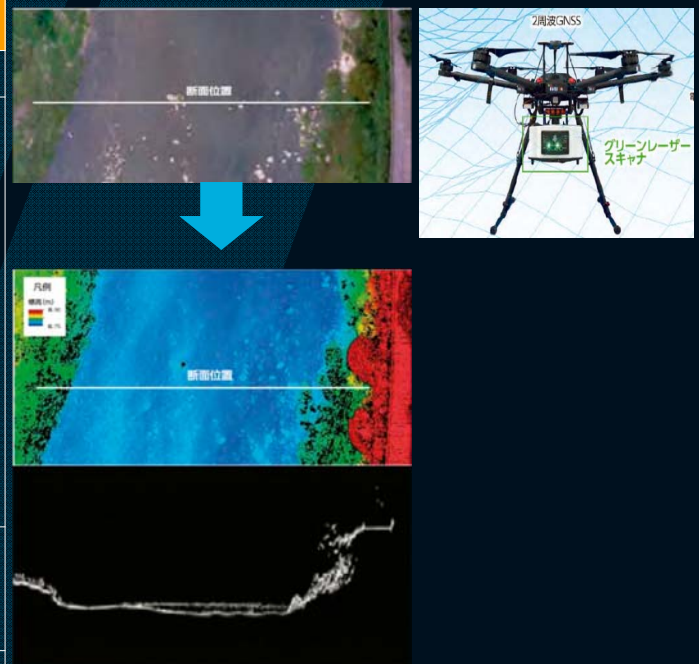
UAV (Unmanned Aerial Vehicle) LIDAR (Light Detecting and Ranging) is a drone equipped with Laser Scanner and GNSS / IMU. We can also measure the riverbed by changing the wavelength of the laser to green. GNSS (Global Navigation Satellite System) is corrected with GNSS ground reference data, and laser emission positions are accurately identified using 3-axis tilt data measured by IMU. The ground surface (DSM) is measured as point cloud by the reflected distance of the laser. We can generate digital elevation model (DEM) by extracting and modeling the points that passed through the leaves and trunks of the vegetation and reached the ground by filtering processing.

Applicable Conditions

To use the drone wirelessly, we need to apply to NTC. RPA pilot certificate from the Civil Aviation Authority of the Philippines (CAAP).

Cost Effectiveness

Capital Investment Cost (CAPEX)	50,000 USD
Operational Cost (OPEX)	10,000 USD/Year



Pasco (technical sheet)

UAV Optical Camera

Code: SVY-UAV-02

General Description

Using a technology called SfM (Structure from Motion), you can create a 3D model from the pictures taken by the camera mounted on the UAV. Suitable for surveying during earthwork without vegetation. Accuracy depends on reference point, anti-aircraft sign installation, camera lens, altitude, etc. As similar as aerial photogrammetry with an aircraft, you can perform aerial triangulation and map from overlapping photographs. It can also be used for inspection of pavement and bridges.

Applicable Conditions	To use the drone wirelessly, we need to apply to NTC. RPA pilot certificate from the Civil Aviation Authority of the Philippines (CAAP).	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	10,000 USD
	Operational Cost (OPEX)	5,000 USD/Year



Digital 3D survey by UAV

CAD designing

Topcon (brochure)



UAV field Survey

3D Reconstruction (3D Cloud)

Kokusai Kogyo Co, Ltd. (brochure)

27

3D Laser Scanner

Code: SVY-TER-01

General Description

3D laser scanners on the ground can provide progress information on buildings and civil engineering works. Acquiring point cloud data improves reproducibility and accuracy, makes it easier to visually grasp the situation, and improves work efficiency. It is also used for inspection of completed works and collation with BIM data. There is also a mobile laser scanner that automatically tracks with TS (Total Station). It can contribute to the efficiency of pre-start surveying of pavement work.

Applicable Conditions	Useful for collation of BIM data. Equipment rental or purchase is required.	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	Depends on the situation
	Operational Cost (OPEX)	Depends on the situation



Topcon and Nishio-rental (brochure)

28

Digital Technologies for Design and Planning

- DGN-BIM-01: BIM360 series
- DGN-BIM-02: BIM360 Docs, Design, Coordinate
- DGN-BIM-03: Dynamo / Grasshopper
- DGN-TRA-01: UC-win / Road

BIM360 series

Code: DGN-BIM-01

General Description

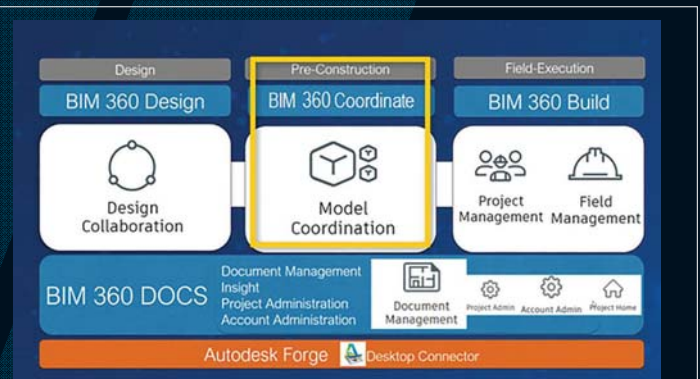
BIM 360 is a cloud collaboration tool that allows teams of Autodesk users to work with each other in real time. BIM 360 is very similar to document collaboration tools, such as Google Drive or OneDrive. The main difference is that BIM 360 can host and view CAD files from the cloud. In addition, it may be able to leverage other tools available on the Autodesk platform to enhance construction productivity. BIM 360 Design, Coordinate, and Build are built on top of BIM 360 Docs.

Applicable Conditions

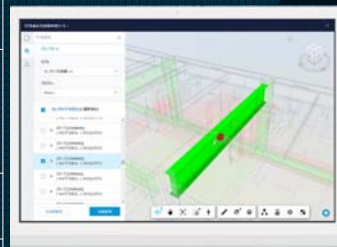
Browser: Google Chrome, Firefox, Safari, Edge, Internet Explorer 11
 Device: iPhone5S+, iPad Air, Pro, Mini2 Subsequent models
 OS: Windows10 (Latest)

Cost Effectiveness

Capital Investment Cost (CAPEX)	730 USD ~ 1,440 USD
Operational Cost (OPEX)	—



BIM 360 series and functions



Check the interference position



Review of MS Office files

BIM360 Docs, Design, Coordinate

Code: DGN-BIM-02

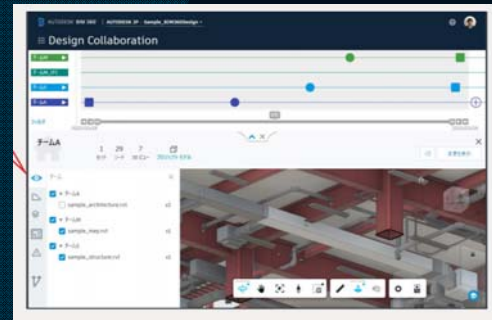
General Description

BIM 360 Docs is a cloud-based document management solution that provides teams with the ability to publish, manage, review and approve project information in a common data platform with unlimited storage. BIM 360 Design provides features such as change tracking, version history, and monitoring tools for ensuring that new changes have been viewed by project teams. Its objective is to enable work-sharing in real time. BIM 360 Coordinate allows users to merge local project files to the master model in the cloud and manage clashes in the process. BIM 360 build hasn't been released in Japan.

Applicable Conditions	Browser: Google Chrome, Firefox, Safari, Edge, Internet Explorer 11 Device: iPhone5S+, iPad Air, Pro, Mini2 Subsequent models OS: Windows10 (Latest)	
	Capital Investment Cost (CAPEX)	730 USD~1,440 USD
Cost Effectiveness	Operational Cost (OPEX)	—



Check the crash position from BIM 360 Coordinate



Design collaboration from BIM 360 Design

31

Dynamo / Grasshopper

Code: DGN-BIM-03

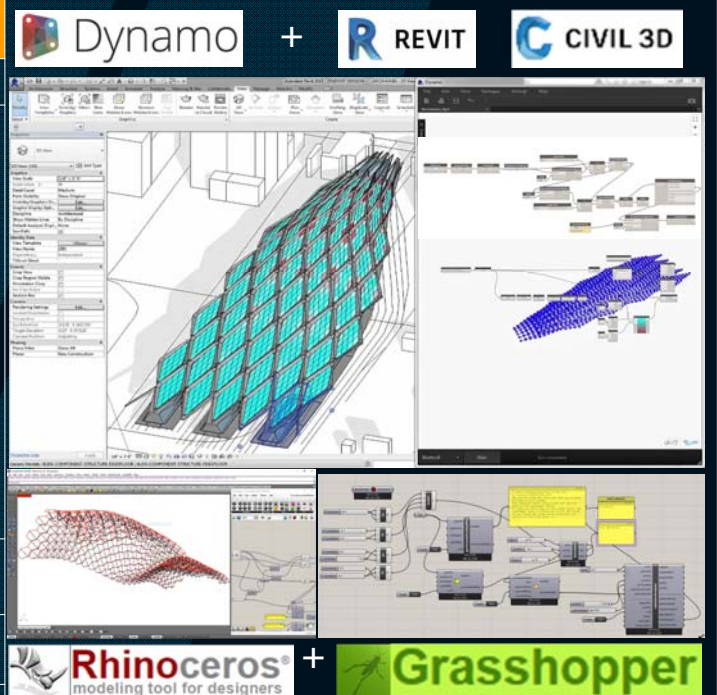
General Description

Dynamo is a visual programming tool for automating design tasks provided by Autodesk.

- Rather than writing code, programming is done by connecting functions (nodes) with wires.
- No need to build or load, just press the run button.
- Use alone or extend Revit and Civil 3D functionality.

Algorithm design utilizing parametric design has made it possible to make more complicated and organic designs and streamline workflows. In architectural design, Grasshopper is a plug-in for Rhinoceros software that has similar functions to Dynamo.

Applicable Conditions	PC capability that does not interfere with the operation of each software is recommended.	
	Capital Investment Cost (CAPEX)	3,900 USD (Revit2021 with Dynamo)
Cost Effectiveness	Operational Cost (OPEX)	3,900 USD/Year (Revit2021 with Dynamo)



32

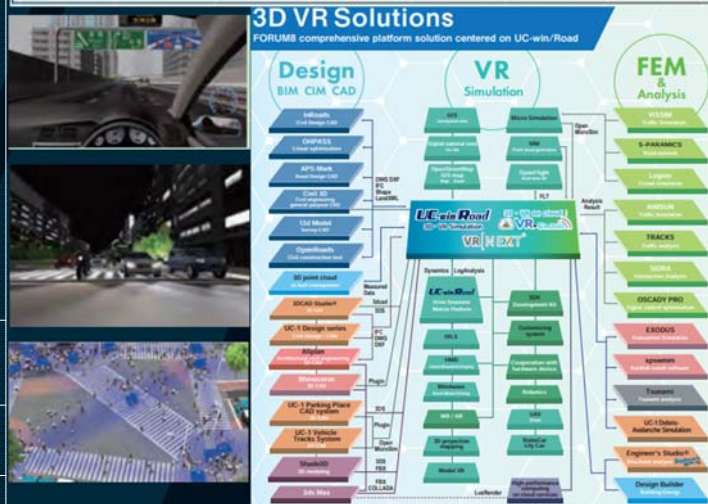
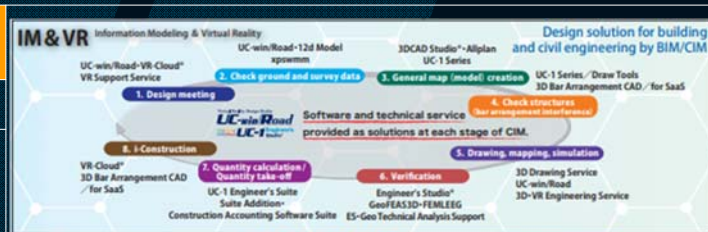
UC-win / Road

Code: DGN-TRA-01

General Description

Forum8 software company has been developing solutions for information modeling (IM) and virtual reality (VR) for 20 years. This software can combine the creation of an integrated model with a VR platform. By using a drive simulator that makes use of a precise 3D model, it is possible to perform various road design evaluations such as collection of viewpoint measurement logs with high accuracy. It can also be linked with Civil 3D, and various in-house plug-ins allow you to perform various abundant simulations in a highly compatible environment. It can also be customized.

Applicable Conditions	PC capability that does not interfere with the operation of each software is recommended.	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	18,300 USD (Ultimate Ver.)
	Operational Cost (OPEX)	7,300 USD/Year (Ultimate Ver.)



Digital Technologies for Construction

- CON-BIM-01: Navisworks Manage
- CON-BIM-02: Navis+
- CON-TBM-01: C-Shield
- CON-TBM-02: ARiGATAYA
- CON-TBM-03: Segment tracing system
- CON-ICN-01: MG (Machine Guidance)
- CON-ICN-02: MC (Machine Control)

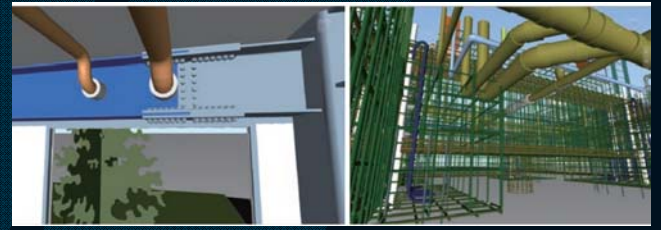
NavisWorks Manage

Code: CON-BIM-01

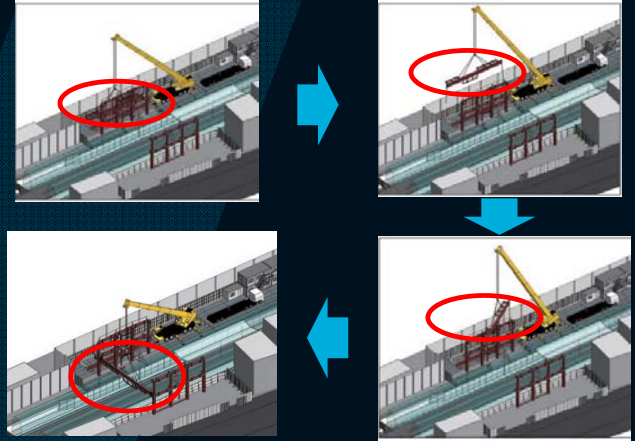
General Description

NavisWorks is a design review product from Autodesk to improve BIM coordination. It allows users to combine 3D models and navigate around them in real-time and review the model using a set of tools including comments, viewpoint and measurements. In attached function, users can carry out interference (clash) detection, 4D time simulation so that field workers can easily understand construction process and they can reduce expensive delays and rework.

Applicable Conditions	CPU: Intel® Pentium® 4 or AMD Athlon™ 3.0 GHz or more over	
	MEMORY: 2GB	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	1,500 USD
	Operational Cost (OPEX)	—



Interference detection by Navisworks



4D time simulation by Navisworks

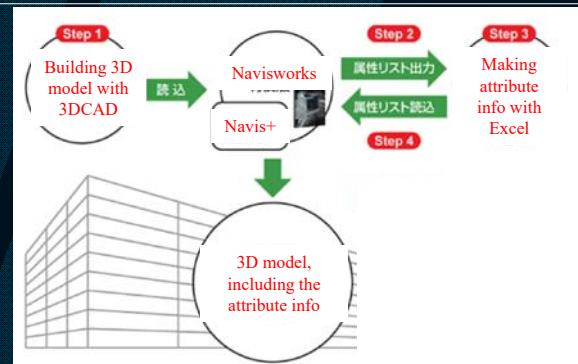
Navis+

Code: CON-BIM-02

General Description

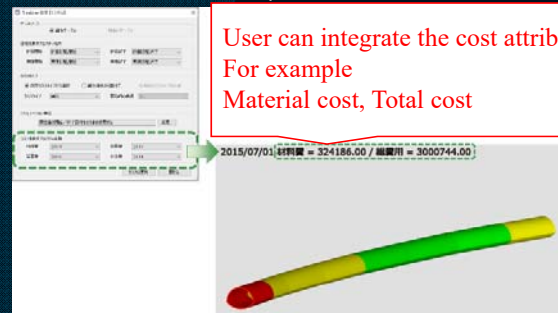
Navis+ is an attribute management software which combines with NavisWorks from Autodesk. This software can manage attribute information, such as segment information, measurement information, construction date and time for 3D models. Users can prepare attribute information using in a spreadsheet, which users are familiar with. In addition, Timeliner, which contains Navis+, has a function of construction process control and cost information management, such as material cost and labour costs, so that 5D planning can be achieved.

Applicable Conditions	CPU: Intel® Pentium® 4 or AMD Athlon™ 3.0GHz more over	
	Memory: 8GB HDD: 15GB more over	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	1,500 USD
	Operational Cost (OPEX)	—



Concept of Navis+

User can integrate the cost attribute
For example
Material cost, Total cost



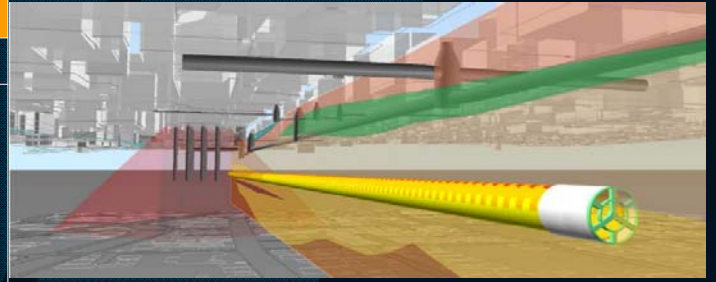
Cost attribute function (5D)

C-Shield

Code: CON-TBM-01

General Description

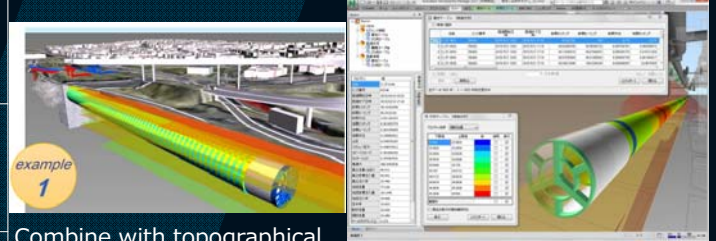
C-Shield is a BIM solution software for Shield tunneling project. This solution must be combined with NavisWorks. This software automatically builds 3D model of shield tunnel and shield machine position during the construction process with low requirements for user skill levels. Based on the positioning information from the shield machine, this software can visualize the machine's model and assembled segments with accurate positioning in a 3D model. Plus, combining with topographical and existing structural information, experts can grasp overburden conditions and positioning between the structure and the machine.



Automatically builds 3D model

Applicable Conditions	CPU: Inter® Pentium® 4 or AMD Athlon™ 3.0GHz more over Memory: 8GB HDD: 15GB more over	
	OS: 64bit Japanese ver. Windows10 Windows8.1 Windows7 Software: Autodesk Navisworks Manage or Simulate Adobe® Acrobat® Reader DC	

Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	1,000 USD~
	Operational Cost (OPEX)	—



Combine with topographical and structural information

Progress of shield machine

ARiGATAYA

Code: CON-TBM-02

General Description

ARiGATAYA is a shield machine monitoring system that collects and manages surveying and measurement data from excavation work and shield tunneling method. This system estimates the condition of the ground, excavated soil and the load conditions of the shield machine through statistical processing of construction measurement data. Additionally, the system calculates the position of machines and segments to obtain the deviation from the baseline. This system can facilitate safe construction and reduce workload to improve construction efficiency.

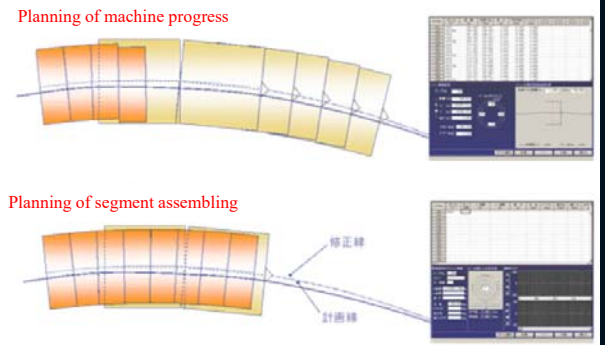
Applicable Conditions	This system is a lease product and PC with Display Monitor include this package. The user doesn't need to prepare PC and around tools.	
-----------------------	--	--

Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	120,000 USD
	Operational Cost (OPEX)	—



Progress of shield machine

Result of analysis in the system



Planning of machine progress

Planning of segment assembling

Planning machine progress and segment assembly

Segment Tracing System

Code: CON-TBM-03

General Description

Segment tracing system is a segment management system using QR codes. The QR codes are attached to each segment that will be assembled on a tunnel project site. First, users check the QR code of each segment at the stockyard. Next, segments are transported to the construction site and again the QR code is checked. Finally, the segments are set in their designated position. The QR code system includes significant information about the production date of each segment, factory location, material types and setting position.



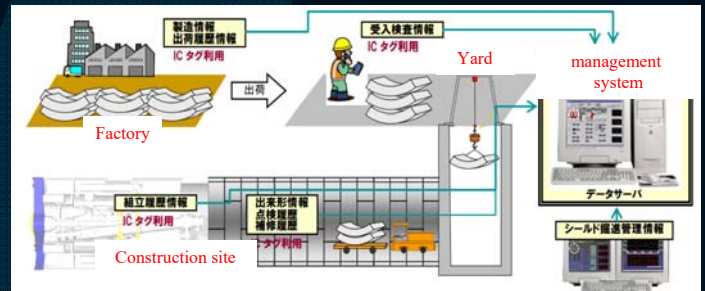
Reading segment QR code at stockyard



Reading segment QR code at construction site

Applicable Conditions	Internet connection environment shall be prepared by customers.	
------------------------------	---	--

Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	27,000 USD
	Operational Cost (OPEX)	33,000 USD / Year



The concept of segment tracing system

Machine Guidance (MG)

Code: CON-ICN-01

General Description

Machine Guidance (MG) displays the design surface (CAD data) for operators of excavators during manual operation. The CAD data along with excavator position and survey data is displayed for operators to facilitate the operability of construction machinery and achievement of excavation works in accordance with instructions. It allows for slope excavation without having to survey the piles.

Applicable Conditions	Since machine control is performed by GNSS, CAD data must also be created in the same datum.	
------------------------------	--	--

Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	—
	Operational Cost (OPEX)	—

Bucket Angle Retention



With bucket angle retention mode, easy to finish a slope work based on the target design

Overcut Protection Function



Following the design and using the semi-automated control, the bucket will not over-dig the target design

The bucket tooth position can be monitored on a display

⇒ Operators can follow site's target level while working (guidance)



Hitachi Construction Machinery Brochure

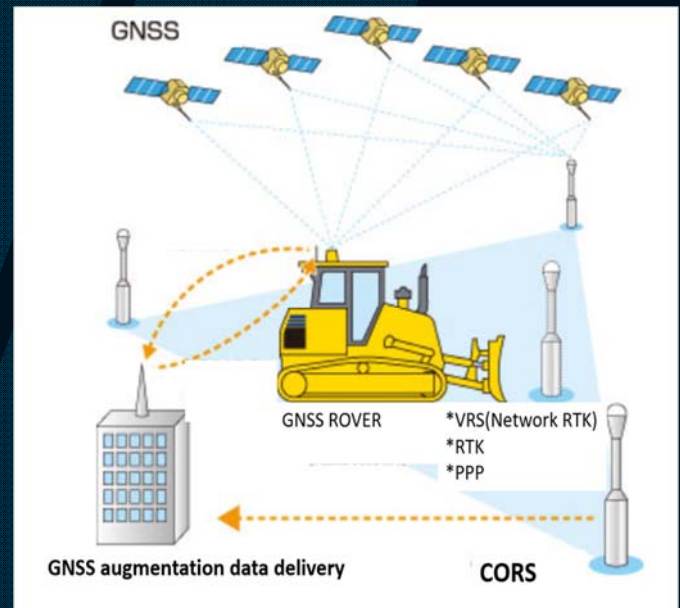
Machine Control (MC)

Code: CON-ICN-02

General Description

Machine Control (MC) automatically controls construction equipment to achieve the target design surface in accordance with CAD data. It is a type of autonomous operation technology. It can be applied to a variety of construction equipment, including bulldozers, motor graders, compactors and backhoes. The equipment are controlled using 3D position information from GNSS and 3-axis orientation information from the on-board IMU. There is also a control system that can be retrofitted to equipment already in use.

Applicable Conditions	Since machine control is performed by GNSS, CAD data must also be created in the same datum.	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	—
	Operational Cost (OPEX)	—



Komatsu (Brochure)

41

Digital Technologies for Construction Management

- SPV-RMS-01: Digital Progress Monitoring
- SPV-XRS-01: VR/AR (with AR marker)

42

Digital Progress Monitoring

General Description

It can streamline a process from reporting at site through monitoring at office.

- ✓ Progress and test results can be reported at site using various mobile devices.
- ✓ Reported information can be shared with engineers working at office.
- ✓ Documents/Drawings stored in the server can be share with people smoothly.

Applicable Conditions	Internet connection is required. (Mobile-app can be activated without internet connection. After site work, data can be sent through internet.)	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	500 USD
	Operational Cost (OPEX)	5,000 USD/ 5 user /Year 22,000 USD/50 user /Year

Changing your handwriting reports directly into tablet

Your accustomed Excel forms can be changed directly into an electronic form for an iPad or a Windows tablet without losing any convenience of handwriting paper reports.



VR/AR (with AR marker)

Code: SPV-XRS-01

General Description

Virtual Reality (VR): Simulation of immersion in a virtual space.

Augmented Reality (AR): Merged view of a real-world environment enhanced by a virtual model.

It is used for consensus building by sharing the completed image with clients, promoting understanding among design personnel and construction personnel, and improving the efficiency of meetings. It is also possible to give position information to a 3D model with an AR marker and visualise it in real space.

Applicable Conditions	Contents: Creation of 3D model data with modeling software / 3D model display application and data storage linked with the device . Device: VR headset, PC, Tablet etc.	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	8,200 USD (Hololens2 + Revit + Unity Reflect)
	Operational Cost (OPEX)	4,700 USD/Year (Revit + Unity Reflect)



Digital Technologies for Inspection

- ISP-CRT-01: Crack detection
- ISP-CRT-02: Bridge substructure washing moat survey by sonar
- ISP-CRT-03: Dynamic Response Intelligent Monitoring System (DRIMS)
- ISP-CRT-04: Monitoring system using equipment such as bridge inspection robot cameras
- ISP-LND-01: Slope collapse detection sensor

Crack detection

Code: ISP-CRT-01

General Description

This crack measurement system uses a light wave surveyor to measure and plot the width, shape and three-dimensional position coordinates of a crack from a remote location. By measuring the shape of the structure and its accessories, it is possible to create a plan view under the girder, an elevation view of a building and a developed view of an arched structure. This technology has a track record of implementation in Thailand.

Applicable Conditions

When inspecting a dark conditions, a lighting vehicle or a floodlights must be used to illuminate the cracked area.
(Restrictions on inspection range)

Cost Effectiveness

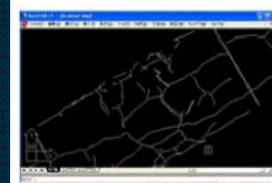
Capital Investment Cost (CAPEX)	30,000 USD ~65,000USD
Operational Cost (OPEX)	N/A



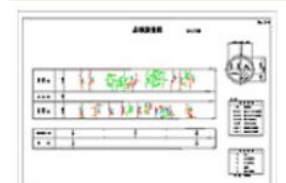
Start screen



Calculation processing screen



Self-operation diagram to CAD



Reference product

Bridge substructure scouring survey by sonar

Code: ISP-CRT-02

General Description

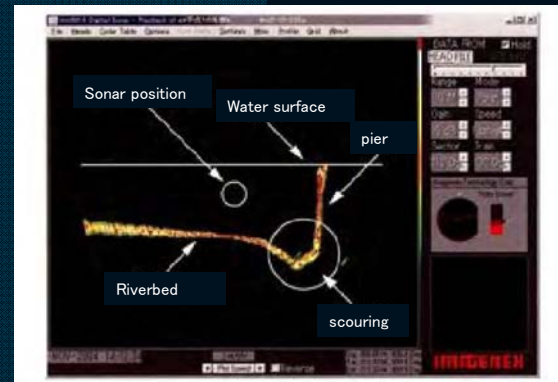
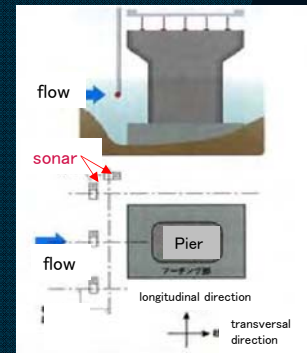
This technology uses sonar with ultrasonic waves to produce color imaging of underwater conditions. The shape of the riverbed and pier base can be displayed in real time. The condition of scouring of bridge substructures, such as piers underwater, can be investigated from above the bridge without conducting shallow surveys or diving surveys.

Applicable Conditions

- The water depth at the survey site must be 1 m or more
- Since the rod that supports the sonar is attached to the balustrade of the bridge, there are restrictions on the site conditions such as the height difference to the water surface and the viewing width.

Cost Effectiveness

Capital Investment Cost (CAPEX)	48,000 USD
Operational Cost (OPEX)	N/A



47

Dynamic Response Intelligent Monitoring System (DRIMS)

Code: ISP-CRT-03

General Description

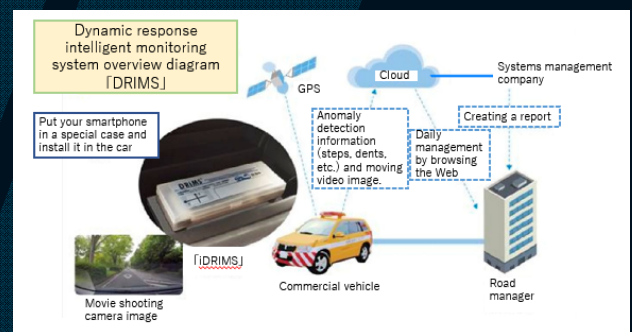
DRIMS uses vertical acceleration to measure the dynamic response of a typical vehicle from sensors (accelerometer, gyro sensor and GPS receiver) built into an equipped smartphone while traveling at a constant speed. The technology evaluates the road surface according to the International Roughness Index (IRI). It has been implemented in multiple countries, including Kenya and Cambodia.

Applicable Conditions

- Not applicable to sidewalks where vehicles cannot pass.
- Limited to places where a rover (vehicle width 2.2m) can travel.
- Working time is limited to daytime.

Cost Effectiveness

Capital Investment Cost (CAPEX)	4,800USD/set (Excluding PC)
Operational Cost (OPEX)	—



48

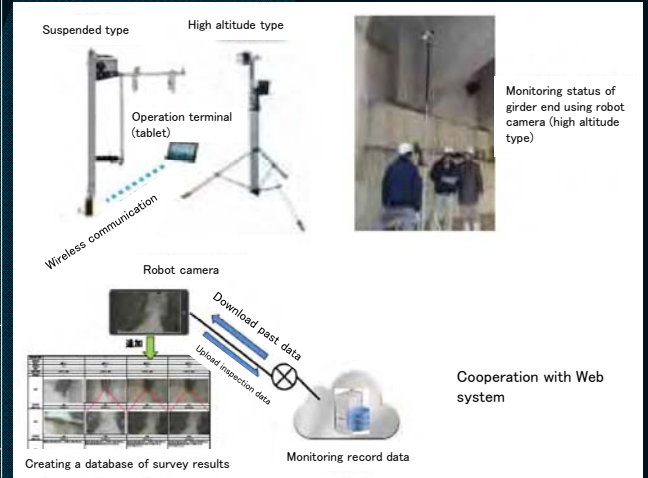
Monitoring system using equipment such as bridge inspection robot cameras

Code: ISP-CRT-04

General Description

This periodic monitoring system acquires secular change data for parts such as bearings and girder ends of concrete bridges that are difficult to access and inspect visually. It is possible to ensure continuity of equipment installation locations by monitoring using a bridge inspection robot camera, digital camera and laser scanner with connected GNSS equipment, which was previously difficult with conventional periodic monitoring. This technology has a track record of implementation in Bangladesh.

Applicable Conditions	Use only in a work environment where a workspace can be secured and where there is not interference for image capture.	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	30,000 USD ~95,000 USD
	Operational Cost (OPEX)	N/A



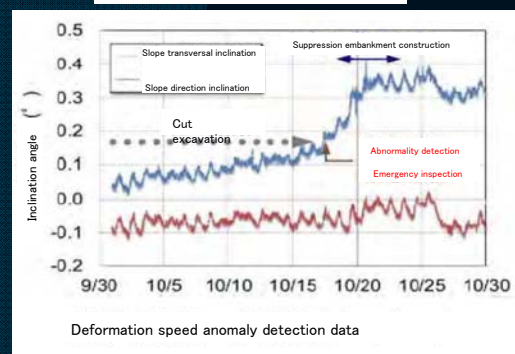
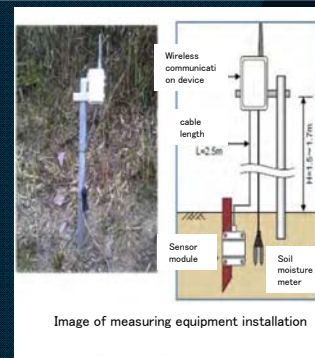
Slope collapse detection sensor

Code: ISP-LND-01

General Description

A sensor module is embedded at a position about 10 cm underground, and a wireless communication device is installed above ground. Since the ground surface tilts during ground movements, the tilt angle is measured over time (standard 10-minute intervals). The data is sent to the server via the FOMA line. It is a compact, lightweight, power-saving and low-priced tilt sensor that can be installed anywhere.

Applicable Conditions	Sensor maintenance is required.	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	Slope collapse detection sensor: 810 USD/sensor
	Operational Cost (OPEX)	N/A



Digital Technologies for Operation & Maintenance

- OPE-XRS-01: VR Safety Training

VR Safety Training

Code: OPE-XRS-01

General Description

Virtual reality (VR) technology provides effective and flexible safety training.

- Critical situation like falling can be experienced.
- Training can be conducted anytime and anywhere, even if target assets are still under operational.
- Training can be easily repeated without time-consuming preparation.



Applicable Conditions	Standalone type: NO condition	
	Subscription type: Broadband is required.	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	Standalone type: 400~700k USD + VR gear
	Operational Cost (OPEX)	Subscription type: 800k USD / Year

5. Recommendations



List of Applicable Digital technologies DPWH projects

Project	Project stage	Surveying ※			Design & Planning			Construction						Construction Management		Inspection					O&M	
		UAV LIDAR	UAV Camera	3D Scanner	BIM 360	Dynamo Grasshopper	UC-win / Road	Navisworks	Navis+	O-Shield	ARIGATAY A	Segment tracing system	MG	MC	Digital Progress Monitoring	VR/AR	Crack detection	Bridge survey sonar	DRIMS	bridge inspection robot cameras	Slope collapse detection sensor	VR Safety Training
Arterial Road Bypass Project (III)	Construction	⊙	⊙	⊙	○			○	○				○	○	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○
Davao City Bypass Construction Project	Construction	⊙	⊙	⊙	○			○	○				○	○	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○
Dalton Pass East Alignment Alternative Road Project	Outline Design (Basic Design)	⊙	⊙	⊙	○			○	○				○	○	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○
Central Mindanao Road Project	Detailed Design	⊙	⊙	⊙	○			○	○				○	○	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○
Cebu-Mactan Bridge and Coastal Road Construction Project	Detailed Design	⊙	⊙	⊙	○			○	○				○	○	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○
Road Network Development Project in Conflict Affected Areas in Mindanao	Detailed Design	⊙	⊙	⊙	○			○	○				○	○	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○

※ Surveying: These technologies can be applied to topographic survey, inspection and monitoring from survey stage to O&M stage.

⊙ Applicable in the short term

○ Applicable in the mid-long term

List of Applicable Digital technologies DOTr projects

Project	Project stage	Surveying ※			Design & Planning			Construction						Construction Management		Inspection					O&M	
		UAV LIDAR	UAV Camera	3D Scanner	BIM 360	Dynamo Grasshopper	UC-win / Road	Navisworks	Navis+	C-Shield	ARIGATAY A	Segment tracing system	MG	MC	Digital Progress Monitoring	VR/AR	Crack detection	Bridge survey sonar	DRIMS	bridge inspection robot cameras	Slope collapse detection sensor	VR Safety Training
Metro Manila Subway Phase 1 (MMSP)	Construction	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○
Technical Assistance Project to Establish of the Philippine Railway Institute (PRI)	Training course on-going														⊙							⊙
North - South Commuter Railway Project (Clark-Malolos-Tutuban) (NSCR)	Construction	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙				○	○	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○
Capacity Enhancement of Mass Transit Systems in Metro Manila	Construction	⊙	⊙	⊙	○	○		○	○				○	○	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○
Metro Rail Transit Line 3 Rehabilitation Project	Construction														⊙							○

※ Surveying: These technologies can be applied to topographic survey, inspection and monitoring from survey stage to O&M stage.

- ⊙ Applicable in the short term
- Applicable in the mid-long term

Recommendations

Digital technologies applicable in the short term

Recommendations to the Executing Agencies (DPWH and DOTr)

- In the short term, especially in situations where COVID-19 infection is widely spreading, it is recommended to introduce stand-alone surveying equipment (UAV, etc.) and inspection equipment (inspection robot, remote sensing, etc.) that can reduce on-site works and improve personnel efficiency without the need for additional infrastructure or BIM design data and information.
- When introducing additional equipment and software that requires a certain amount of additional costs, such as tunnel inspection systems (ISP-CRT-03) and VR training system (OPE-XRS-01), it is also recommended to modify the project components and to consider the necessary costs as a part of the project cost.

Recommendations

Digital technologies applicable in the short term

Recommendations to GCs and Contractors

- When introducing a digital technologies applicable in the short term, not only the purchase cost of the equipment but also the availability of the skilled operators (UAV licensed pilot, etc.) and licensing procedures (UAV flight permit, etc.) required must be taken into consideration.
- Among the projects surveyed where tele-communication services such as 4G/5G mobile networks are available at construction sites, some projects have already applied on-site technologies such as construction management platform (SPV-RMS-01) and tunnel inspection systems (ISP-CRT-03) .
- If tele-communication services are available at construction sites, it is recommended to apply technologies like the above to improve work efficiency at the sites.

57

Recommendations

Digital technologies applicable in the mid-long term

Satellite Positioning System and digital coordination in the Philippines:

- In modern surveys, a global datum based on one Earth ellipsoid and the Earth's center of gravity is defined, and it is recommended that NAMRIA lead the transition to the International Terrestrial Reference System (ITRF) as soon as possible.
- PRS92 is a unique Philippine geodetic coordinate system based on the Clark ellipsoid and center coordinates of the Earth defined in 1927.
- In the Philippines, there are many earthquakes and faults, the movement of the plate is complicated, and the crustal displacement is large (max. 83 mm/Year), and the direction of the displacement is different.
- Therefore, if you use the results of past PRS92 surveys, you will not be able to align them when creating long objects such as roads and railroads.

58

Recommendations

Digital technologies applicable in the mid-long term

Satellite Positioning System and digital coordination in the Philippines:

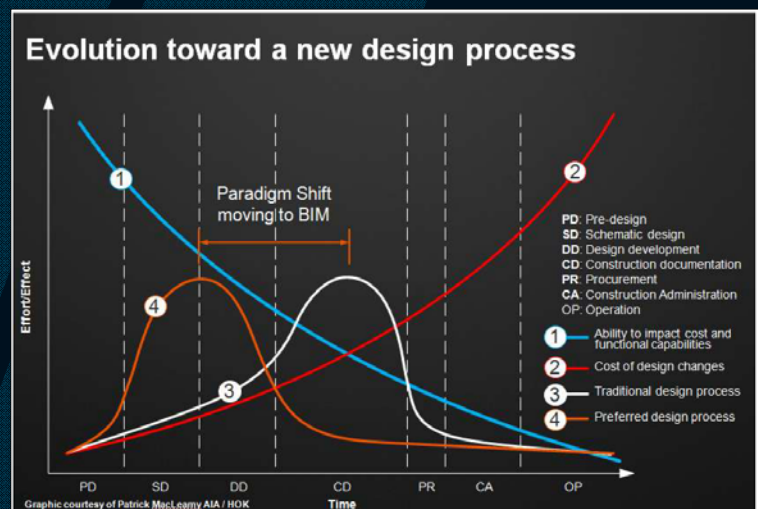
- GNSS is also used for general surveying, drone, aircraft, automobile, and general mobile phone to acquire location information. There is a big difference between the GNSS coordinate system and PRS92, the conversion is complicate (the conversion parameters vary from place to place) and can be misleading.
- For DPWH and DOTr, it is recommended to set the survey specification to WGS84, which is the reference coordinate for satellite positioning, convert it to PRS92, and finally have two survey results. If the Philippines has defined a new geodetic system that complies with the International Terrestrial Reference System (ITRF), the transition from WGS84 is almost the same and easy. Also, if the construction coordinate system is unified with WGS84, there will be no difference in coordinates in a short period of time and 59 available to use MC (Machine Control) for construction.

Recommendations

Digital technologies applicable in the mid-long term

Toward early implementation of the digital transformation in JICA's ODA projects in the Philippines:

- BIM is a key conceptual technology for digital transformation aimed at improving productivity in the construction sector and improving the efficiency of asset management.
- When introducing BIM, it is more effective to introduce it from an early stage of a project.



Recommendations

Recommendations to the Executing Agencies (DPWH and DOTr)

- When introducing BIM, it is necessary to clarify the information requirements (PIR, EIR and AIR) of the “Appointing Party” before the tender stage and to include detailed conditions in the tender documents in compliance with ISO 19650.
- When introducing BIM after the contract was signed, the necessary additional costs for establishing BIM shall be considered in order to ensure the additional resources required by consultants and/or contractors.

Recommendations

Recommendations to JICA

- Most of the ODA projects in the Philippines are implemented in the framework of the STEP condition. Consequently, design stages, from Feasibility Study (F/S) to Detailed Design (D/D), are mostly covered with JICA’s grant scheme.
- Under the STEP condition, the TOR of the consultant who implements F/S and D/D will be subject to the contract with JICA, and if the contract with JICA does not include BIM requirements, the consultant will not have any contractual obligations to create a BIM model.
- When introducing BIM from early stage of the project, JICA shall include the requirements of BIM in the tender document to procure the consultant for F/S and D/D according to the ISO 19650, in order to comply with the requirements from the Philippines side.

Recommendations

Recommendations to GCs and Contractors


- GCs and contractors shall understand requirements provided by the ISO 19650, especially the GCs and contractors engaged in the MMSP and NSCR which DOTr's BIM manual has already been applied.
- ISO 19650 is an international standard with which GCs and contractors must comply, when information management including BIM according to the ISO 19650 is required.
- ISO 19650 accredited agencies now provides services for training courses and certification of ISO 19650 in Japan.
- It is highly recommended that Japanese consultant companies and contractors will obtain the certification of ISO 19650, in order to compete International Competitive Bidding (ICB), because this ISO is required in several projects not only in Europe but also in ODA target countries in Asia, such as Turkey, India, Malaysia, Philippines, etc.

63

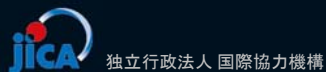


Thank you for your attention

INGÉROSEC Corporation
Katahira & Engineers International
Kokusai Kogyo Co., Ltd.



フィリピン国 ODA事業（土木・建築工事）における デジタルトランスフォーメーション（DX）推進にかかる 情報収集・確認調査



2021年3月

目次

1. 調査の背景・目的
2. フィリピンの建設分野のデジタル化推進に向けた政策
3. フィリピンで実施中の我が国のODA事業におけるデジタル化推進の現状と課題
4. フィリピンで実施中の我が国のODA事業に適用可能なデジタル技術の提案
5. フィリピンの建設分野のODA事業のデジタル化推進に向けた提言

1. 調査の背景・目的

3

本調査の背景

"Build, Build, Build"

- フィリピン共和国（は、「Build, Build, Build」のスローガンの下、インフラ投資を中心とした経済成長の促進を掲げ、毎年6 %台の経済成長を続けてきた。
- 他方、フィリピンでは、依然としてCOVID-19の感染が拡大しており、貴機構が計画・実施中のODA事業の多くが遅延・中断しており、速やかに対策を講じることが求められている。

4

本調査の目的

- 本調査は、フィリピンで計画・実施中のODA事業におけるデジタルトランスフォーメーション（DX）推進に向け、デジタル技術活用の可能性を検討し、ODA事業の実施機関に提言することで、デジタル技術の導入を促進することを目的とする。

調査対象事業

公共事業道路省（DPWH）案件

名称	実施期間
幹線道路バイパス事業（III）	2018-2022
ダバオ市バイパス建設事業	2015-2022
ダルトンパス東代替道路建設事業	2019-2020
中央ミンダナオ高規格道路整備事業（協力準備調査）	2020-2021
セブーマクタン橋（第四橋）及び沿岸道路建設計画（詳細設計）	2020-2029
ミンダナオ紛争影響地域道路ネットワーク整備事業（詳細設計）	2019-2021

運輸省（DOTr）案件

名称	実施期間
マニラ首都圏地下鉄事業（フェーズ1）	2018-2027
フィリピン鉄道訓練センター（PRI）設立・運営能力強化支援プロジェクト	2018-2023
南北通勤鉄道事業（マクロスツツパン）	2015-2021
南北通勤鉄道延伸事業（マクロススークラーク）	2015-2022
マニラ首都圏大量旅客輸送システム拡張事業	2019-2022

2. フィリピンの建設分野のデジタル化 推進に向けた政策



7

フィリピンDX戦略 The Philippine Digital Transformation Strategy (PDTS) 2022:

PDTS 2022 :

PDTS 2022は、デジタルトランスフォーメーションの目標を追求するフィリピン政府の計画をまとめたものである。2011-2016年のフィリピンデジタル戦略、政府情報システム計画、2006-2010年のフィリピン戦略的ICT（情報通信技術）ロードマップ、情報通信技術省（DICT）の2012年の電子政府マスタープランなど、これまでの計画や既存の計画を基にしている。

PDTS 2022の主な政策 :

- ユーザーが作成したコンテンツを開発し、オープンソース技術の使用を奨励する。
- 情報やサービスへのオンラインアクセスを提供することで、オープン性を促進する。
- DT関連コンテンツの開発において、ステークホルダー間の連携を促進する。
- 政府の腐敗防止運動を支持し、デジタル社会の実現に向けたデータプライバシーとサイバーセキュリティの重要性を認識する。

8

電子政府マスタープラン (E-Government Master Plan :EGMP) 2022

- 2019年6月、情報通信技術省（DICT）は、1つのデジタル化された政府を構築するという使命を果たす中で、「電子政府マスタープラン（EGMP）2022」を発表した。
- EGMP 2022は、以前のICT/デジタル計画に基づいて策定されたEGMP 2013-2016の後継計画であり、フィリピン開発計画(PDP)2022の下で、良い統治のための重要なツールとして国の電子政府システムを継続的に強化していくという戦略と一致する。
- EGMP 2022は、革新的・包括的に統合されたASEAN共同体を可能にするために、デジタル化経済を構想しているASEAN ICTマスタープラン（AIM）2020にも合致している。

9

フィリピンにおける衛星測位インフラ

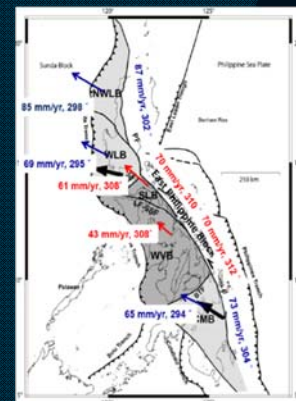
測地系と電子基準点網

フィリピン測地系PRS92に準拠

- 1927年に定めたルソン測地系をもとに1992年に現在の測地系PRS92を決定した。
- 大統領令No.45により各省庁はPRS92に準じて測量を行わなければならない。
- 一方電子基準点は現在54点設置(日本は約1300点)されており、2021年1月時点でポータルで公開されているのは37点である。
- 所管するNAMRIAは、衛星測位にもとづく世界測地系への移行（日本は2001年に移行）を準備しているが、まだ実施に至っていない（電子基準点163点を予定）
- フィリピンの地殻変動は複雑で変位の大きさや方向がまちまちであり、GNSSで計測した座標のPRS92座標への変換は場所場所によって異なる係数を用いることになる。
- フィリピンには約37,000の標石基準点がありそれぞれのGNSSの計測により変換係数を決定するが、地震も多く正確性にかける場合がある。



Fig. PageNet (NAMRIA Geoportal (2021.1))



10

Fig. Crustal Movement (NAMRIA (2016.10))

フィリピンにおけるBIMフレームワーク

DOTrの BIM マニュアル

BIMマニュアルは、ADBが資金提供したインフラストラクチャ準備・イノベーションファシリティ（IPIF）のサブプロジェクトの成果物、DOTrの鉄道セクターのためのデジタル管理パイロットスタディからなる。

(1) BIM の要求事項

- DOTrは、潜在的なコスト削減を実現するために、鉄道プロジェクトの設計、建設、運用の各段階で建物情報管理（BIM）を使用することを義務付けた。
- DOTrのアセットマネジメントに向けた総合的な目標を達成するため、コントラクターが達成すべき発注者のBIMに関わる要求事項が定義されている。
- プロジェクトは、ISO19650に準拠すると共に、BIMレベル2（BIMを含むデータによる設計情報、資産情報の管理）を達成しなければならない。

11

フィリピンにおけるBIMフレームワーク

(2) BIM の目的

- アセットマネジメントのライフサイクル全体で使用するためのデータ共有環境（CDE）を構築し、関係者間の協調的な設計とレビューのプロセスを確立すること。生産工程を標準化し、すべての成果物と情報（2D、3D CADモデル、BIMモデル、データスケジュール）が、指定されたDOTr CADマニュアル、BIM標準、およびその他の特定の要件に合わせて、統一された手法で生産されること。
- BIMモデルのデータ構造を定義し、そのデータが将来の施工記録、運用、保守に適したものにすること。
- 設計・施工・性能・運用を可視化し、工程や施工シミュレーションによりムダを省くこと。
 - 手戻りの解消によるコスト削減の可能性
 - 各種調整の改善
 - 建設材料の衝突検出・解析
 - 建設後の運用・保守段階における長期的利益
- DOTrの運用保守チームが使用できるオープンソースのAs-built BIMモデルを提供すること。

12

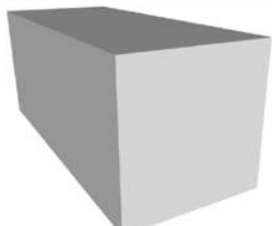

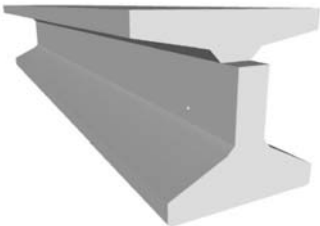

(3) プロジェクト情報管理プロセス

情報作成の方法と手順

項目	コンサルタント	コントラクター																
A) ファイル・文書命名構造	コンサルタントは、設計段階に先立ち、DOTr の文書管理システムマニュアルに従って、共通データ環境にアップロードされるモデルと文書のファイルの命名と番号付けのルールを定義するものとする。																	
B) CAD	コンサルタントは、設計段階に先立ち、DOTr の CAD マニュアルの要求事項に基づいて作成される 2 次元 CAD 図面を定義するものとする。																	
C) 3Dモデル	BIM モデルは、DOTr の BIM マニュアルの要求事項、または、設計段階に先立ちコンサルタントが作成した BIM 実施計画書 (BIM Execution Plan: BEP) に則り、作成されなければならない。	BIMモデルには、各要素がその量、サイズ、形状、位置、方向に従って正確に組み込まれていることを確認する。 全ての分野とそれをサポートするサプライチェーンが、いつでも調整可能なようにCDE上のBIMモデルを維持管理する。																
D) 3DBIMモデルの詳細度(LOD) 各設計段階の原則として提供される暫定的な LOD	コンサルタントは、設計構築の開始前に、LODの仕様表を含む、BEPをリードコントラクターから受領し、承認しなければならない。	AIA E203-2013の要件、およびBIMフォーラムの詳細度 (LOD) 仕様パート1と建築情報モデルとデータの解説 (2019年) に準拠したBIMモデルを作成する。																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>詳細度(LOD)</th> <th>エンジニアデザインプロジェクト</th> <th>デザイン&ビルドプロジェクト</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100 (コンセプト)</td> <td>事前調査段階</td> <td>事前調査段階</td> </tr> <tr> <td>200 近似幾何学</td> <td rowspan="2">基本・詳細設計</td> <td>基本・詳細設計</td> </tr> <tr> <td>300 / 350 (精密幾何学)</td> <td>設計施工</td> </tr> <tr> <td>400 (製作・組立)</td> <td>設計施工</td> <td>設計施工</td> </tr> <tr> <td>500 (As-built)</td> <td>As-built</td> <td>As-built</td> </tr> </tbody> </table>		詳細度(LOD)	エンジニアデザインプロジェクト	デザイン&ビルドプロジェクト	100 (コンセプト)	事前調査段階	事前調査段階	200 近似幾何学	基本・詳細設計	基本・詳細設計	300 / 350 (精密幾何学)	設計施工	400 (製作・組立)	設計施工	設計施工	500 (As-built)	As-built	As-built
詳細度(LOD)	エンジニアデザインプロジェクト	デザイン&ビルドプロジェクト																
100 (コンセプト)	事前調査段階	事前調査段階																
200 近似幾何学	基本・詳細設計	基本・詳細設計																
300 / 350 (精密幾何学)		設計施工																
400 (製作・組立)	設計施工	設計施工																
500 (As-built)	As-built	As-built																
E) 干渉チェック	異なる工種間の工事や部材の調整に関わる干渉チェックを事前に実施し、報告書を作成する。また、プロジェクトのライフサイクル中に BIM チームが干渉チェックを更新・記録する。 干渉チェックの詳細報告書は、様々な分野間の調整を確認するために、DOTr とコンサルタント に提出されなければならない。干渉チェックに必要なパラメータ及び要件は、事前にDOTr 及び コンサルタントと合意するものとする。																	

4) 詳細度 (LOD)

例) プレキャストコンクリート I 桁 (鉄道橋)

200	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Type of structural concrete system Approximate geometry (e.g. depth) of structural elements 	 <p>LOD 200 Railroad Bridges Precast Structural I Girder (Concrete), From kerd.com</p>	350	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reinforcing Post-tension profiles and strand locations Reinforcement called out, modeled if required by the BXP, typically only in congested areas Four joints and sequences to help identify reinforcing lap splice locations, scheduling, etc. Chamfer Expansion Joints Lifting devices Embeds and anchor rods Post-tension profile and strands modeled if required by the BXP Penetrations for items such as MEP Any permanent forming or shoring components 	 <p>LOD 350 Railroad Bridges Precast Structural I Girder (Concrete), From kerd.com</p>
300	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Specific sizes and locations of main concrete structural members modeled per defined structural grid with correct orientation Concrete defined per spec (strength, air entrainment, aggregate size, etc.) All sloping surfaces included in model element with exception of elements affected by manufacturer selection 	 <p>LOD 300 Railroad Bridges Precast Structural I Girder (Concrete), From kerd.com</p>	400	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> All reinforcement including post tension elements detailed and modeled Finishes 	 <p>LOD 400 Railroad Bridges Precast Structural I Girder (Concrete), From kerd.com</p>

3. フィリピンで実施中の我が国のODA事業におけるデジタル化推進の現状と課題



フィリピンで実施中の我が国のODA事業におけるデジタル化推進の現状

DPWH案件

名称	実施期間	ODA事業の現状		デジタル技術の導入状況		公共インフラ			BIMの使用状況
		COVID-19の影響	事業の遅延状況	現状	計画	インターネット	携帯電話	電力	
幹線道路バイパス事業 (III)	2018-2022	✓	10ヵ月	<ul style="list-style-type: none"> オンライン会議 SNS ウェアラブルカメラ 			✓		
ダバオ市バイパス建設事業	2015-2022	✓		<ul style="list-style-type: none"> オンライン会議 				✓	
ダルトンバス東代替道路建設事業	2019-2020	✓	6ヵ月以上	<ul style="list-style-type: none"> オンライン会議 UAV LiDAR BIM 	<ul style="list-style-type: none"> トンネル前方探査システム 車両搭載型検査機器 				
中央ミンダナオ高規格道路整備事業 (協力準備調査)	2020-2021	✓		<ul style="list-style-type: none"> オンライン会議 UAV LiDAR 				✓	✓
セブーマクタン橋 (第四橋) 及び沿岸道路設計画 (詳細設計)	2020-2029	✓		<ul style="list-style-type: none"> オンライン会議 	<ul style="list-style-type: none"> UAV LiDAR 		✓	✓	✓
ミンダナオ紛争影響地域道路ネットワーク整備事業 (詳細設計)	2019-2021	✓	5ヵ月	<ul style="list-style-type: none"> オンライン会議 UAV LiDAR 				✓	

フィリピンで実施中の我が国のODA事業におけるデジタル化推進の現状

DOTr案件

名称	実施期間	ODA事業の現状		デジタル技術の導入状況		公共インフラ			BIMの使用状況
		COVID-19の影響	事業の遅延状況	現状	計画	インターネット	携帯電話	電力	
マニラ首都圏地下鉄事業 (フェーズ1)	2018-2027	✓	1年以上	・ オンライン会議 ・ GIS, BIM ・ CDE ※ (Bentley ProjectWise 365)		✓	✓	✓	✓
フィリピン鉄道訓練センター (PRI) 設立・運営能力強化支援プロジェクト	2018-2023	✓	本邦研修の中止	・ オンライン会議	・ 複合現実 (XR) ・ 保守管理システム (MMS)	✓	✓	✓	
南北通勤鉄道事業 (マクロスーツツパン)	2015-2021	✓	3か月以上	・ オンライン会議 ・ GIS, BIM ・ CDE ※ (Oracle Aconex)	・ SNS (ビデオチャット)	✓	✓	✓	✓
南北通勤鉄道延伸事業 (マクロスークラーク)	2015-2022	✓	6か月以上	・ オンライン会議		✓	✓	✓	
マニラ首都圏大量旅客輸送システム 拡張事業	2019-2022	✓	6か月以上	・ オンライン会議		✓	✓	✓	

※ CDE: Common Data Environment (データ共有環境)

フィリピンで実施中の我が国のODA事業におけるデジタル化推進の現状

フィリピンで実施中の我が国のODA事業において適用されているデジタル技術は、限定的な範囲に留まる。

デジタル技術の適用状況

- フィリピンで実施中の我が国のODA事業のいずれにおいても、施行監理技術者や工事員のフィリピンへの渡航制限や外出制限など、COVID-19から何らかの影響を受けている。
- 対面での会議の開催が大幅に制限される中、多くの事業において、Zoom, Microsoft Teams, Google Meetなどのオンライン会議システムを用いたコミュニケーションが一般的になりつつある。
- 他方、オンライン会議システム以外で既に導入されているデジタル技術は、ドローンによる地形測量などに限られている。

フィリピンで実施中の我が国のODA事業における デジタル化推進の現状

フィリピンで実施中の我が国のODA事業の地方部の施工現場の多くが、情報通信サービスの圏外にある。

情報通信インフラの現状

- 首都のマニラだけでなく、ミンダナオ島やセブ島の地方都市の市街地においても、概ねインターネットや携帯電話等の情報通信インフラが整備されている。
- 他方、マニラ首都圏で実施中の地下鉄建設事業の施工現場を除き、施工現場の多くが、情報通信インフラの圏外にあり、特に、DPWH案件の地方道路案件の施工現場には、電力インフラも整備されていないものもある。
- その結果、遠隔管理のためのコミュニケーションツール等を使用する際の条件面の制約が多く、適用可能なデジタル技術にも限りがある。

19

フィリピンで実施中の我が国のODA事業における BIMの適用状況

現状、DPWH案件では、BIMモデルの作成を含む情報管理システムの運用は、要求されていない。

DPWH案件

- DPWH案件では、BIMモデルの作成を含む情報管理システムの運用は、要求されておらず、施行監理コンサルタント、及び施工会社に対する発注者の要求事項にも含まれていない。
- JICAの有償資金協力事業の準備調査の一部には、BIMによる三次元モデルの作成が、仕様書に含まれているものの、あくまでプレゼンテーションのためのCGの作成を目的としたものであり、後続の設計や施工に活用可能な設計モデルの作成は、成果品としても想定されていない。

20

フィリピンで実施中の我が国のODA事業における BIMの適用状況

フィリピンで実施中の我が国のODA事業のうち、DOTrの鉄道案件の施工段階においては、既にBIMの適用が義務付けられている。

DOTr案件

- DOTrでは、2019年に ISO 19650に準拠したBIM マニュアルを作成しており、本マニュアルは、既に、「マニラ首都圏地下鉄事業（MMSP）」、及び「南北通勤鉄道事業（NSCR）」の二つの鉄道事業に適用されている。
- また、DOTr では、プロジェクトの情報管理と、施行監理コンサルタント及び施工会社との間で情報交換を行うためのデジタルプラットフォームとして、ISO 19650に準拠したクラウドを用いたデータ共有環境（Common Data Environment: CDE）を整備している。
- 現状、上記のDOTrのBIMマニュアル及びCDEは、詳細設計及び施工の段階において、部分的に運用が始まっている。

21

フィリピンで実施中の我が国のODA事業における デジタル化推進の課題

BIMの活用を視野に入れた運営・維持管理までを含むアセットマネジメントのライフサイクル全体にわたるデジタル技術の活用に向けて

情報通信インフラ

- 適用可能なデジタル技術の領域は、情報通信に関わるインフラとサービスの整備状況に大きく依存する。

BIM

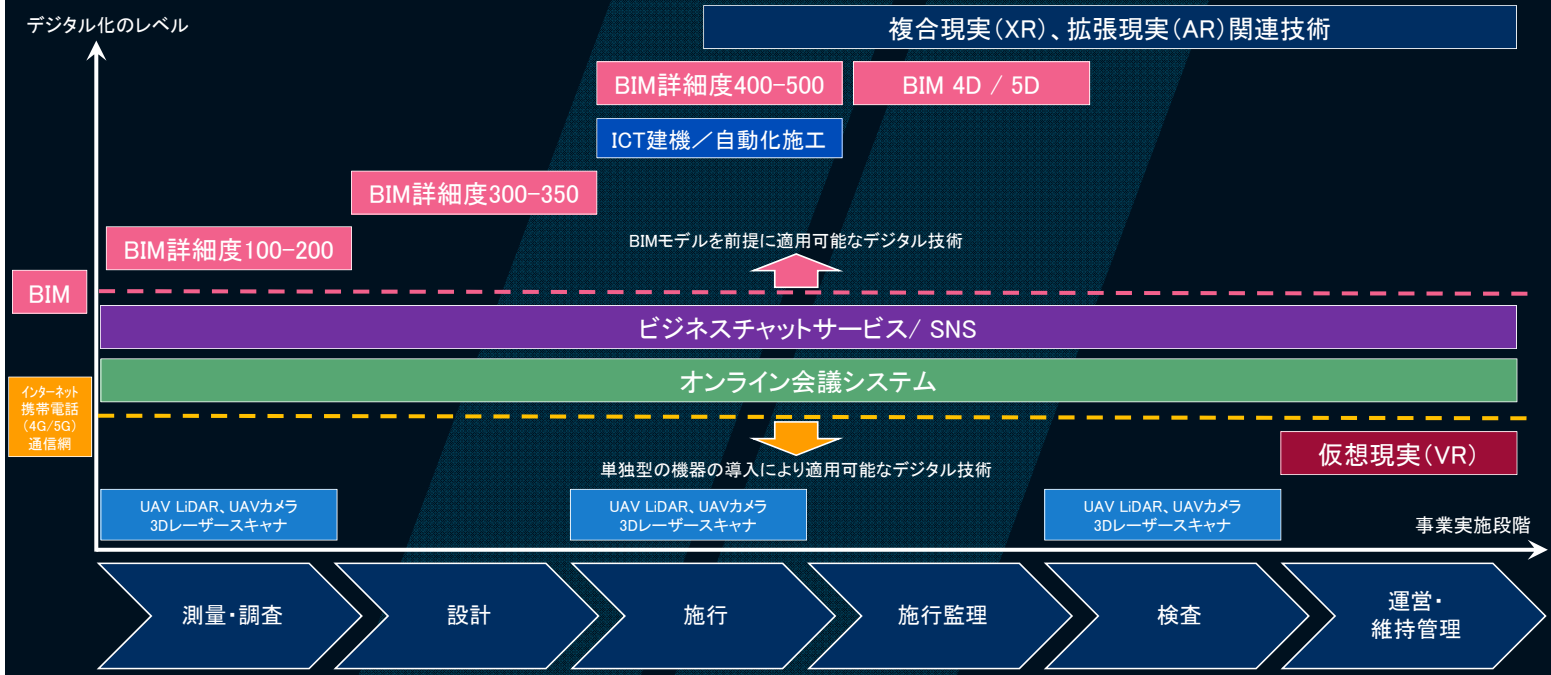
- 運営・維持管理までを含むアセットマネジメントのライフサイクル全体に対し適用可能なデジタル技術の領域は、設計・施工段階（delivery phase）で作成される竣工モデル（as-built model / Asset Information Model: AIM）の情報の量と質に大きく依存する。

22

4. フィリピンで実施中の我が国のODA事業に適用可能なデジタル技術の提案



デジタル化のレベルと適用可能なデジタル技術の関係



調査・測量関連のデジタル技術

- SVY-UAV-01: UAV LiDAR
- SVY-UAV-02 UAV 光学カメラ
- SVY-TER-01: 3D レーザースキャナ

UAV LiDAR

Code: SVY-UAV-01

技術概要

*LIDAR (Light Detecting and Ranging) とはLaser Scanner と発出位置を決定する GNSS / IMUからなる光による測量用センサー装置である。UAV: 主にドローンに搭載して、地形を計測することができる。

* 左図のように光の波長をグリーンに変えることで河床を計測することもできる。

* レーザーの反射は植生を含む表層で反射する(DSM)が、発出点数が多いため、木々の葉や幹をすり抜けて地表に到達した点を基にフィルタリングをかけて高さ情報(DEM)とすることができる。

* 低空を飛行できフィリピンのような気候でも撮影が可能

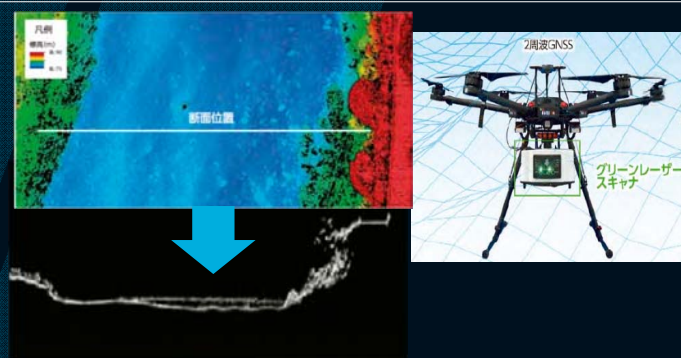


Fig. Pasco (technical sheet)

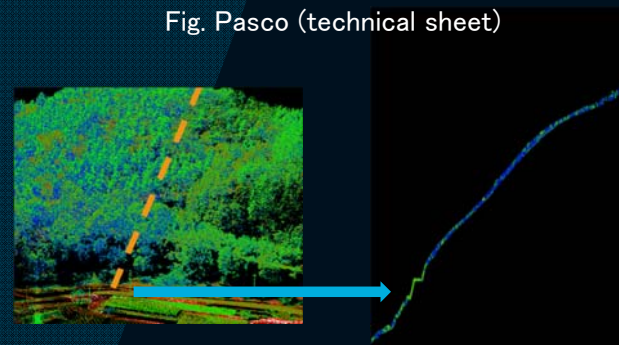


Fig. Reisui (brochure)

適用条件	無線の周波数、出力についてはNTCIに要確認。CAAによるRPAドローン操作ライセンスがあることが望ましい。	
導入費用	初期費用 (CAPEX)	機材は3~4千万円
	運営・維持管理費用 /年(OPEX)	現地外注が可能

UAV 光学カメラ

Code: SVY-UAV-02

技術概要

* UAV(ドローン)に光学カメラを搭載した機材である。高額なレーザーやGNSS/IMUの搭載はなく市販カメラを搭載したドローンは安い。

* SfM (Structure from Motion)技術により多重画像から3次元モデルを生成できる。植生のある場合には標高モデル (DEM)にはならない。橋梁の背面の検査や出来形の検査等にも有用である。

* 地上座標系との関係は、対空標識により定める。ドローン搭載カメラの仕様、対空標識の置き方、高度等で精度が変わる。

* 通常の航空写真と同様にオーバーラップした写真を用いて人的に図化を行い地形測量を行うこともできる。



Fig.Topcon (brochure)



Fig.Kokusai Kogyo Co, Ltd. (brochure)

適用条件	UAV-LiDARと同じ。無線周波数、出力はNTCに確認。CAPPによるサーティフィケーションがあることが望ましい。	
	初期費用 (CAPEX)	ドローン機材は30万円～
導入費用	運営・維持管理費用/年(OPEX)	SfMはクラウドサービス有

3D レーザースキャナ

Code: SVY-TER-01

技術概要

* 地上レーザースキャナは、地上に設置したレーザー装置 (レーザーの反射計測により反射点との距離を算出)により近接の地形地物の3次元計測を行う測量機材である。

* 図のように手押し車にのせて道路の出来形検査に使用することもできる。図の例では、台車の位置は追尾型のトータルステーションで決定する。車両搭載型のレーザースキャナはMMSといい、道路データの作成に使う。

* 地形測量 (裸地)、工事進捗管理、出来形の検査等に有効



Fig.Topcon and Nishio-rentall (brochure)

適用条件	出来形検査で使用する場合には設計CADデータ (BIM)が必要である。	
導入費用	初期費用 (CAPEX)	精度、設置環境で機材が異なる
	運営・維持管理費用/年(OPEX)	現地レンタルが可能

設計関連のデジタル技術

- DGN-BIM-01: BIM360 series
- DGN-BIM-02: BIM360 Docs, Design, Coordinate
- DGN-BIM-03: Dynamo / Grasshopper
- DGN-TRA-01: UC-win / Road

BIM360 series

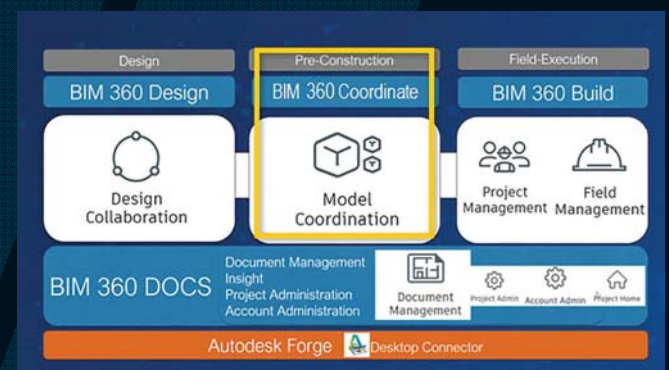
Code: DGN-BIM-01

技術概要

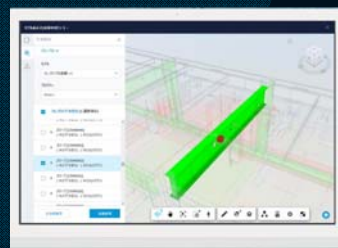
「BIM 360」は3次元モデル作成ツール「Revit」、「Civil 3D」のデータ保存に対応したクラウドシステム。データ容量が大きくなる3次元モデルの保存に対応している点が他のクラウドソフトウェアとの違いである。

BIM 360は主に4つのコンテンツで構成されている。(BIM 360 Docs、BIM 360 Design、BIM360 Coordinate、BIM 360 Build)ドキュメント管理機能などが各コンテンツのベースとなるモジュールとして搭載されており、クラウド上でレビューや承認等を行うことができる。

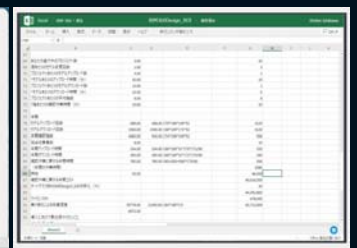
適用条件	Browser: Google Chrome, Firefox, Safari, Edge, Internet Explorer 11 Device: iPhone5S+, iPad Air, Pro, Mini2 Subsequent models OS: Windows10 (Latest)	
	初期費用 (CAPEX)	73,000～144,000円／年
導入費用	運営・維持管理費用/年(OPEX)	—



BIM 360 シリーズおよび機能



干渉チェック



データ保存一例

BIM360 Docs, Design, Coordinate

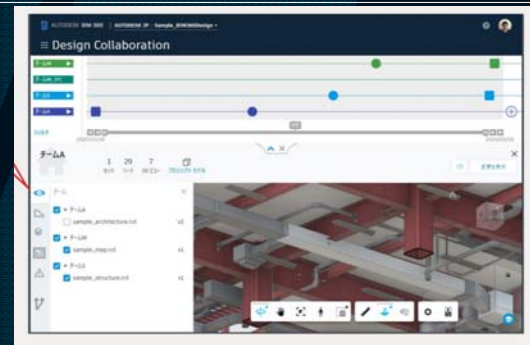
Code: DGN-BIM-02

技術概要

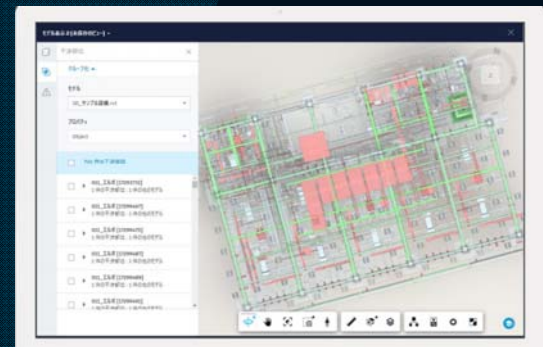
「BIM 360 Docs」はドキュメント管理モジュールなどの基礎的な機能を有するクラウド製品パッケージ。他の2パッケージは上記機能に加え、追加機能が備わっている。

「BIM 360 Design」にはクラウドシェアリング機能を有し、一つのBIMモデルを複数人が協働で作業することを可能にしている。(コラボレーション機能)

「BIM 360 Coordinate」は各3次元モデルデータを統合し、干渉部分を特定する機能を有している。



デザインコラボレーション機能



干渉ポイントのチェック機能

適用条件	Browser: Google Chrome, Firefox, Safari, Edge, Internet Explorer 11 Device: iPhone5S+, iPad Air, Pro, Mini2 Subsequent models OS: Windows10 (Latest)	
導入費用	初期費用 (CAPEX)	73,000~144,000円/年
	運営・維持管理費用/年(OPEX)	—

31

Dynamo / Grasshopper

General Description

“ダイナモ(Dynamo)”とはAutodeskが提供する”ビジュアルプログラミングツール”である。

- コードを書くのではなく、関数(ノード)を線(ワイヤ)でつないでプログラミング
 - ビルドもロードも必要なく、実行ボタンを押すだけで実行可能
 - Revit やCivil3D の機能の拡張も、単独での使用も可能
- パラメトリックデザインを活用したアルゴリズム設計により、より複雑で有機的な設計のワークフローの効率化が実現した。建築ではライノセラス(Rhinoceros)のプラグインとしてグラスホッパー(Grasshopper)が同様の役割のソフトウェアとして知られている。ダイナモはRevitやCivil3Dとの連携により、インフラの設計で使われ始めている。

Applicable Conditions	ソフトの動作に支障のない能力のPC環境が推奨される。	
Cost Effectiveness	Capital Investment Cost (CAPEX)	407,000円 (Revit2021 with Dynamo)
	Operational Cost (OPEX)	407,000円 / Year (Revit2021 with Dynamo)

+
+

+

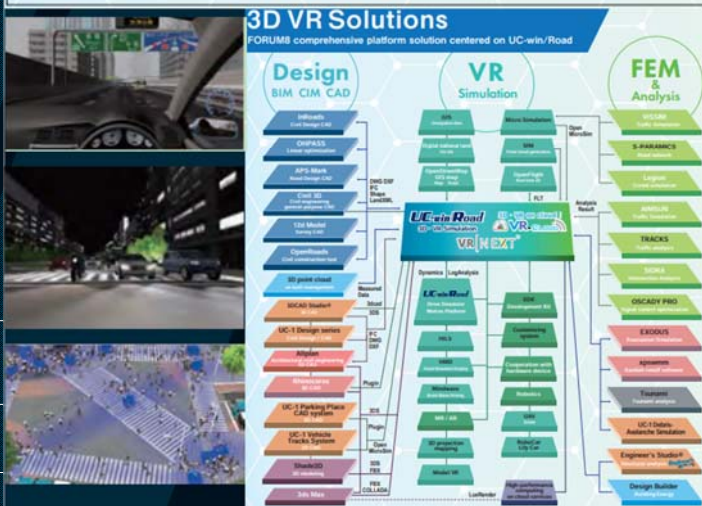
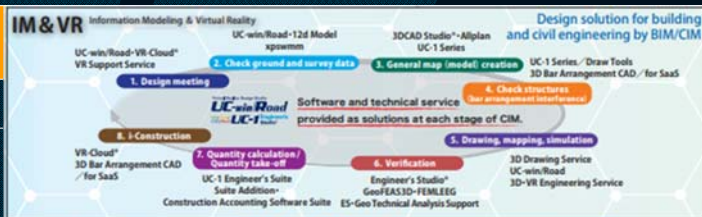
32

UC-win / Road

技術概要

フォーラムエイトはIM (Information Modeling) とVR (Virtual Reality) のソリューションを20年にわたって開発、展開してきた会社である。このソフトウェアは、作成した統合モデルをVRプラットフォームとしてダイレクトに利用することができ、正確な3Dモデルとドライブシミュレーターを使用することで、視点測定ログの収集など、様々な道路設計評価を高精度で実行することが可能である。またCivil3Dとリンク可能であり、様々なプラグインを使用して互換性の高い環境で豊富なシミュレーションや解析、カスタマイズにも柔軟に対応することが可能である。オープンソースとの連携により短時間でVR環境の整備ができ、各種シミュレータとの連携も充実している。

適用条件	ソフトの動作に支障のない能力のPC環境が推奨される。	
導入費用	初期費用 (CAPEX)	1,920,000円 (Ultimate Ver.)
	運営・維持管理費用 /年(OPEX)	上記の約4割/Year (Ultimate Ver.)



施行関連のデジタル技術

- CON-BIM-01: Navisworks Manage
- CON-BIM-02: Navis+
- CON-TBM-01: C-Shield
- CON-TBM-02: ARiGATAYA
- CON-TBM-03:セグメント管理システム
- CON-ICN-01:マシンガイドンス (MG)
- CON-ICN-02:マシンコントロール (MC)

NavisWorks Manage

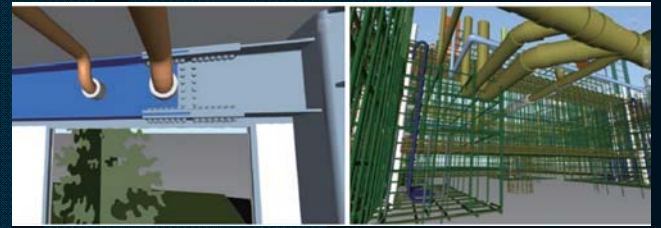
Code: CON-BIM-01

技術概要

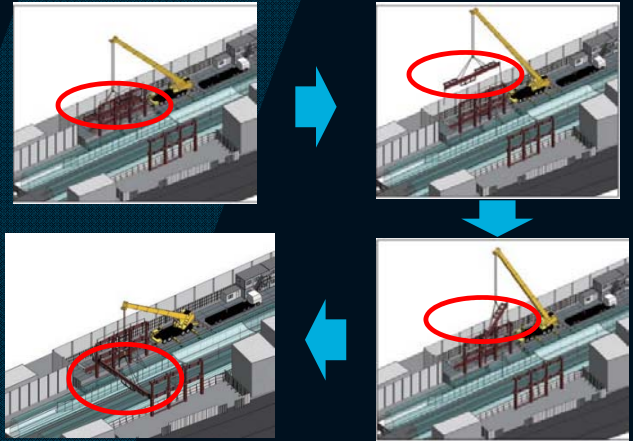
「NavisWorks」はAutodesk社によって開発されたインフラプロジェクト3次元モデルのレビューソフトウェアである。Revitで作成した構造物モデルやCivil 3Dで作成した3次元地形モデル等のデータを統合し、プロジェクト全体のレビュー、配筋などの干渉チェックに利用可能。また、3次元モデルと工程データを結合させることで施工シミュレーションを行うことも可能。

これらの機能を活用することにより、現場作業員の施工ステップの理解や工程の遅れ、後戻り防止に寄与。

適用条件	CPU: Intel® Pentium® 4 or AMD Athlon™ 3.0 GHz 以上 MEMORY: RAM 2GB HDD: 15GB以上 OS: Windows (latest ver. 64bit)	
	初期費用 (CAPEX)	155,000円/年
導入費用	運営・維持管理費用/年(OPEX)	—



Navisworksによる干渉チェックの様子



施工ステップシミュレーションの様子

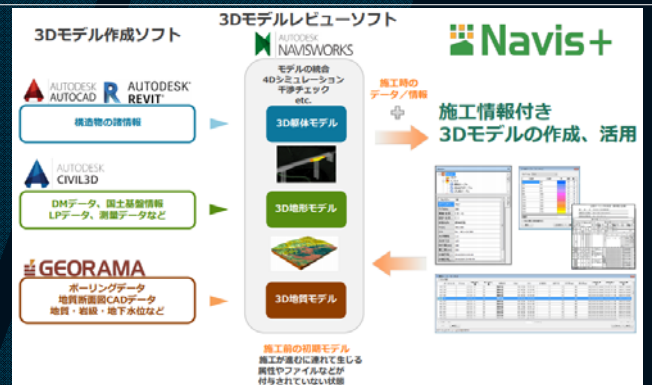
Navis+

Code: CON-BIM-02

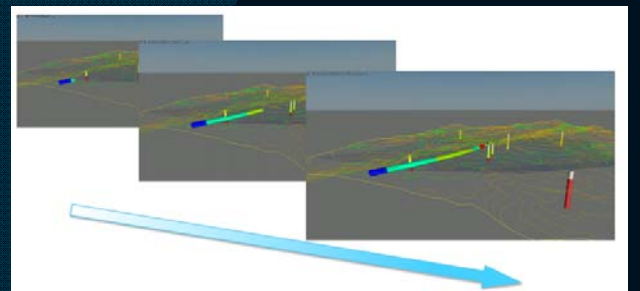
技術概要

「Navis+」はNavisworksのアドオンツールで、3次元モデルに様々な属性を付与し、維持管理段階まで属性付3次元モデルの活用を可能とする。属性情報はExcelやCSVで管理可能なため、モデルを形状(オブジェクト)と属性データに分けて管理でき、継承・編集が容易となる。また、Navisworksのタイムライナー機能(4Dシミュレーション)に対応しており、属性テーブルの時刻履歴情報を基にタスク生成を行い、施工手順等の4Dシミュレーションを行うことが可能。

適用条件	CPU: Intel® Pentium® 4 or AMD Athlon™ 3.0GHz more over Memory: 8GB HDD: 15GB more over OS: 64bit Japanese ver. Windows10 Windows8.1 Windows7 Software: Autodesk Navisworks Manage or Simulate Adobe® Acrobat® Reader DC	
	初期費用 (CAPEX)	600,000円/年
導入費用	運営・維持管理費用/年(OPEX)	—



Navis+のイメージ例



タイムライナー機能による4Dシミュレーション

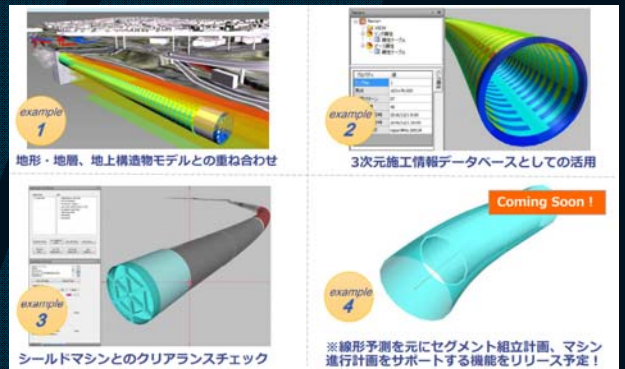
C-Shield

Code: CON-TBM-01

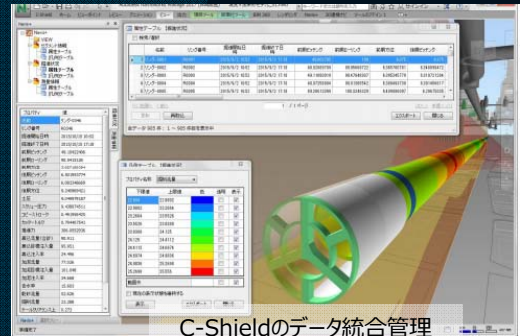
技術概要

「C-Shield」はNavis+と同様、Navisworksのアドオンツールである。シールドトンネル工事向けのソリューションソフトで、工事進捗に合わせた3次元モデルを自動生成することができる。自動出来形生成機能では、掘進管理システムの出力等を基にシールドマシンの現在位置を3次元モデル化でき、現場周辺の地盤状況や施設構造物との位置関係も視覚的に確認できる。また、セグメントの出来形モデルも自動生成でき、計画モデルとのずれの比較やシールドマシンとの干渉チェックの確認に用いることもできる。

適用条件	CPU:Inter® Pentium® 4 or AMD Athlon™ 3.0GHz more over Memory:8GB HDD:15GB more over OS:64bit Japanese ver. Windows10 Windows8.1 Windows7 Software:Autodesk Navisworks Manage or Simulate Adobe® Acrobat® Reader DC	
	初期費用 (CAPEX)	100,000円~/年
導入費用	運営・維持管理費用/年(OPEX)	—



C-Shieldの代表的な機能



C-Shieldのデータ統合管理

ARiGATAYA

Code: CON-TBM-02

技術概要

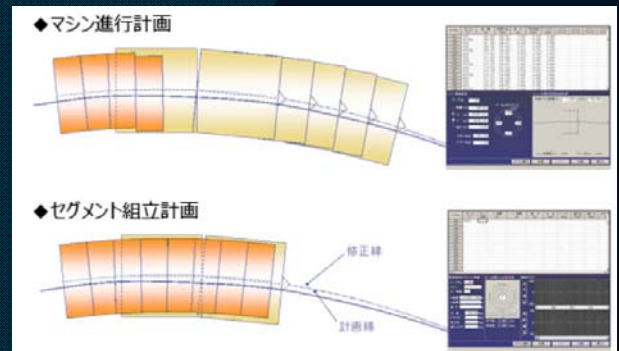
「ARiGATAYA」はシールドトンネル工事で導入するシールドマシンの掘削工事の測量・計測データの収集・管理を行い、シールド工事の一元管理を担うシステム。施工計測データの経時変化や統計処理の結果をもとに地山や掘削土砂の状況、シールドマシン本体の負荷状況の推測が可能。また、ソフト上での統計解析では掘削状況が適切か否かを評価し、目標値との偏差を分析することも可能である。

適用条件	ソフトウェアを搭載したPCとともにレンタルとなる。インターネット環境のみ整備が必要。	
導入費用	初期費用 (CAPEX)	12,000,000円/年
	運営・維持管理費用/年(OPEX)	—



シールドマシンの掘進管理

システム上での計測結果分析



マシン進行計画とセグメント組立計画

セグメント管理システム

Code: CON-TBM-03

技術概要

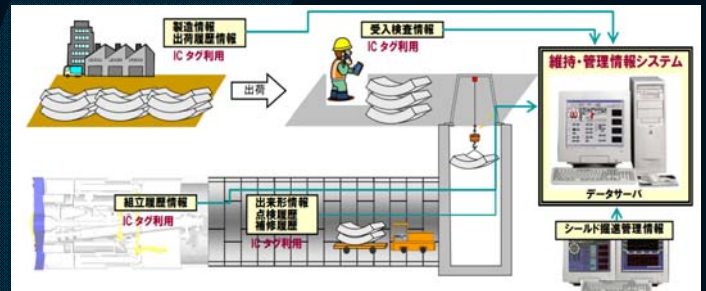
「セグメント管理システム」はシールドトンネルなどで使われるセグメントピースの製造履歴などをデータ管理するシステム。製造工場やストックヤード、建設現場の各段階でQRコードを読み取り、セグメントピースの工程状況、組立位置を製造履歴と紐づけるようにしてデータを蓄積していく。一連の工程を経ることでセグメントピースの追跡が可能になるほか、供用後の維持管理も視野に入れたトンネル情報のデータベース化が図られる。



ストックヤードでの読取り



現場での読取り



セグメント管理の一連プロセス

適用条件	ソフトウェアを搭載したPCとともにレンタルとなる。インターネット環境のみ整備が必要。	
導入費用	初期費用 (CAPEX)	2,700,000円
	運営・維持管理費用/年(OPEX)	3,300,000円/年

マシンガイダンス(MG)

Code: CON-ICN-01

技術概要

* マシンガイダンス(MG)は、掘削機オペレーターに設計面(CADデータ)を表示し、効率的に掘削をサポートする技術である。掘削機の位置と測量データとともにオペレーターに表示され、建設機械の操作性と指示に従った掘削作業を容易にする。

* 丁張りせずに斜面を掘削することが可能になる。2Dを実行するシンプルなシステムと3Dを実行するフルスペックシステムの2つのタイプがある。

Bucket Angle Retention



With bucket angle retention mode, easy to finish a slope work based on the target design

Overcut Protection Function



Following the design and using the semi-automated control, the bucket will not over-dig the target design

The bucket tooth position can be monitored on a display

⇒ Operators can follow site's target level while working (guidance)



出典: 日立建機資料

適用条件	CADデータ、測量データ、MGのセンサーであるGNSSの位置座標系が同一であること	
導入費用	初期費用 (CAPEX)	—
	運営・維持管理費用/年(OPEX)	—

マシンコントロール(MC)

Code: CON-ICN-02

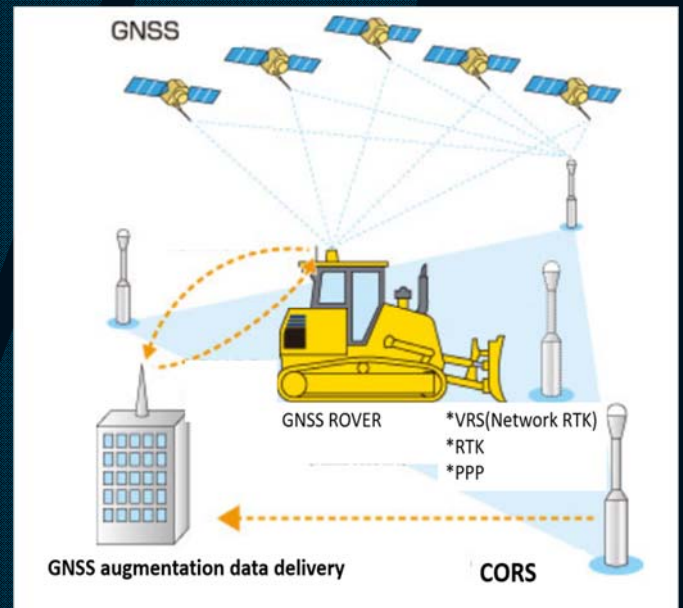
技術概要

* 目標設計面(CADデータ)となるように機材およびブレード、バケット等を自動制御する。いわゆる自動運転に該当する技術となりブルドーザ、モータグレーダ、転圧機、バックホウに適用が可能である。GNSSの3Dの位置座標をインディケータとして3軸の傾きをIMUで計測し排土板(ブレード)を自動制御する。

* すでに使用されている機器に後付けできるレトロフィットと呼ばれる後付け制御システムもある。

* 国土交通省の土木工事はほぼすべてi-Construction仕様に変更された。この結果、効率が30%向上したという発表もある。

適用条件	MGと同様にCADデータ、測量データと整合が取れていること。排ガス規制TIER4対応の燃料は比国では入手が困難	
導入費用	初期費用 (CAPEX)	—
	運営・維持管理費用/年(OPEX)	—



出典:コマツ資料

41

施工監理関連のデジタル技術

- SPV-RMS-01: 「現場帳票」ソリューション
- SPV-XRS-01: VR/AR (with AR marker)

42

「現場帳票」ソリューション

技術概要

現場報告から遠隔からのモニタリングに至る一連の流れを円滑化

- ✓ モバイルデバイスを活用し、現場からダイレクトに施工進捗・点検結果を報告可能
- ✓ 報告した情報は、サーバ接続を介して遠隔にいるエンジニアと連携可能
- ✓ 同様にサーバ内に格納した図書・図面を円滑に連携可能

適用条件	要ネット接続（ただし、オフライン下でアプリへデータ登録を行い、ネット環境下になった際にデータをサーバへアップロードすることが可能）	
導入費用	初期費用（設備投資）（CAPEX）	5万円（初期設定費用）
	運営・維持管理費用/年（OPEX）	5ユーザ単位での設定 例：50万円/5ユーザ 220万円/50ユーザ

お使いの手書き帳票をそのままタブレット帳票に

使い慣れたExcel帳票がそのままiPadやWindowsタブレットの電子帳票に。手書き紙帳票の良さを変えることなく、ペーパーレス化。

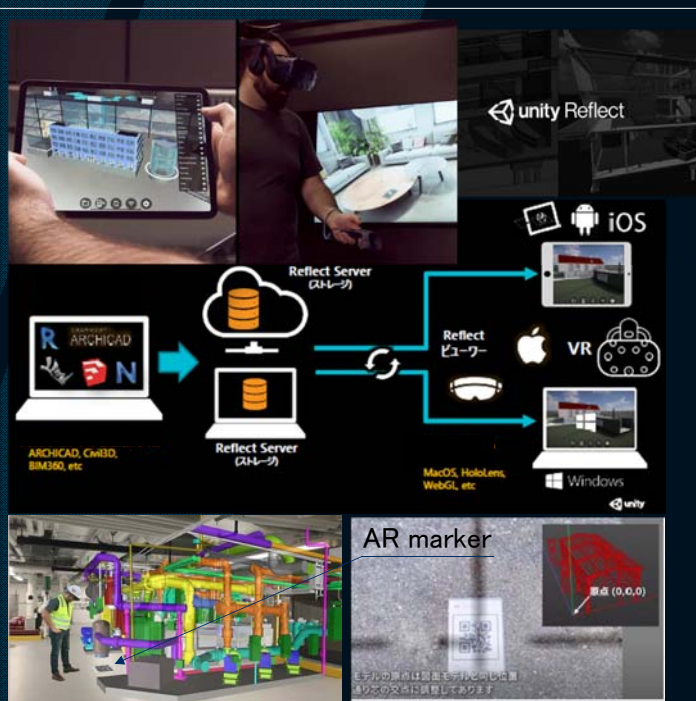


VR/AR (with AR marker)

技術概要

VR (Virtual Reality/仮想現実): 体験者は仮想世界に没入。空間全体が仮想モデル。
AR (Augmented Reality/拡張現実): 現実空間に仮想モデルを投影。
 完成イメージの共有による施主との合意形成、設計や施工関係者間の理解の促進や打合せの効率化などに活用されている。また仮想モデルに「ARマーカー」を使い位置情報を与え、実空間に投影することも可能である。この技術により、より再現性の高い仮想モデルの合意形成や打合せ、シミュレーション等における活用や、現場における精度確認など、利活用の可能性が広がっているところである。

適用条件	Contents: 3Dモデリングソフトウェアと3Dモデル表示アプリケーションおよびデバイスとリンクしたデータストレージ Device: VR ヘッドセット、PC、タブレット etc.	
導入費用	初期費用（CAPEX）	979,600円 (Hololens2 + Revit + Unity Reflect)
	運営・維持管理費用/年(OPEX)	489,900円/年 (Revit + Unity Reflect)



検査関連のデジタル技術

- ISP-CRT-01: ひび割れ検出システム (KUMONOS)
- ISP-CRT-02: 橋梁洗堀検出システム (ソナーによる橋梁下部工洗堀調査)
- ISP-CRT-03: 路面性状検出システム (DRIMS)
- ISP-CRT-04: 点検/診断補助技術 (橋梁点検ロボットカメラ)
- ISP-LND-01: 緊急対策補助技術 (斜面崩壊検知センサー)

ひび割れ検出システム (KUMONOS)

Code: ISP-CRT-01

技術概要

橋梁等のコンクリート構造物のひび割れを光波測量器を用いて計測するシステムで、離れた場所からひび割れの幅・形状・3次元位置座標を測定できる。
 ノンプリズム光波測量器を通して目視で確認できるひび割れと焦点鏡に付けられたクラックスケールの目盛りを重ね合わせ、幅が一致するクラックスケールの番号を確認。この番号と器械設置点からひび割れまでの距離・角度の関係から、測定対象ひび割れ幅を計算プログラムにより算出。
 100m先の0.4mm幅のひび割れを計測可能。
 測定データを専用アプリケーションソフトにより、自動的にCADデータに変換し、高精度の展開図の自動描画が可能。

適用条件

- 暗所の点検においては照明車・投光器等を使用しひび割れ箇所を照らさなければならない。
- レーザー製品を使用するため、作業エリア内への第三者の立ち入りを防ぐため、交通規制(路肩規制等)を行う必要がある。

導入費用

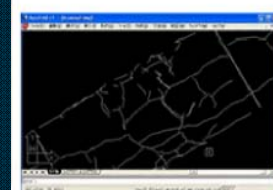
初期費用 (CAPEX)	販売費: 300万円~700万円 計測サービス: 2万9千円/日 (除く人件費)
運営・維持管理費用 (OPEX)	N/A



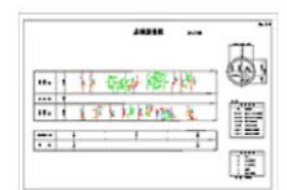
スタート画面



計算処理画面



CADへの自動作図



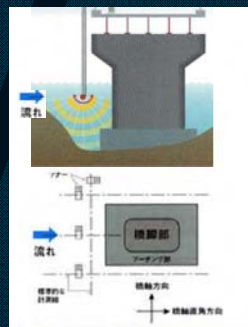
参考成果品

橋梁洗堀検出システム (ソナーによる橋梁下部 工洗堀調査)

Code: ISP-CRT-02

技術概要

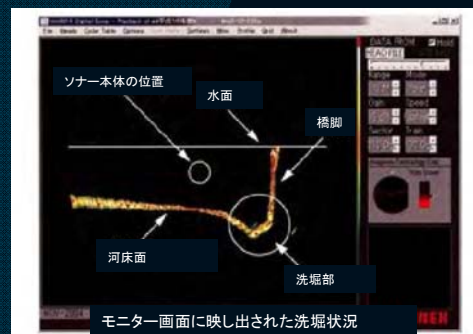
水中にある橋脚等橋梁下部工の洗堀等の状況を、深淺測量や潜水調査を行わずに橋梁上から超音波を利用したカラーイメージングソナーにより調査可能となる。河床や橋脚基部の形状をその場で、リアルタイムでディスプレイ上に表示可能で、パソコン内に測定データを記録保存し、必要に応じて、河床形状・洗堀状況等の測定画面の出力が可能。



ソナー設置作業



超音波発信部



モニター画面に映し出された洗堀状況

適用条件

- 調査箇所における水深が1m以上必要。
- 橋梁の高欄にソナーを支えるロッドを取り付けるため、水面までの高低差や高覧幅等の現場条件の制限がある。歩道がない場合は、簡易な交通規制が必要となる。

導入費用

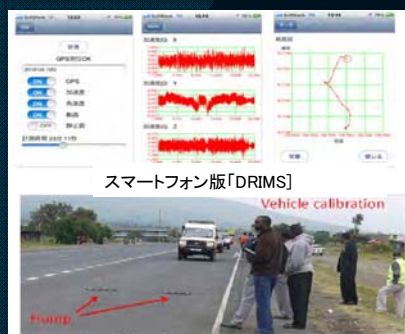
初期費用 (CAPEX)	500万円
運営・維持管理費用 (OPEX)	N/A

路面性状検出システム (DRIMS)

Code: ISP-CRT-03

技術概要

車内にスマートフォンを固定するのみで舗装路面のラフネスをスマートフォンに内蔵されているセンサ(加速度・角速度・GPS)を用いて、独自の技術を組み合わせることにより、路面の凸凹を国際指標であるIRI(国際ラフネス指数=舗装の乗り心地を客観的に評価する指数)に高精度で変換し、地図上に可視化し、評価するシステム。使用車両、走行速度の違いを補正してIRIを推定可能。計測データをクラウド上のサーバーに送信することにより、測定結果は電子地図上に可視化が可能となる。市販のカメラを設置し、画像と連動することで、より精度の高い調査が可能になる。



スマートフォン版「DRIMS」



車両キャリブレーションの様子

適用条件

- 車両が通行できない歩道などは適用不可。
- 悪天候時(大雨・大雪・台風)、計測不可。
- 夜間・トンネル区間は計測不可。
- データ送信時に事務所にWi-Fi環境が必要。

導入費用

初期費用 (CAPEX)	50万円(スマートフォン代を除く)
運営・維持管理費用 (OPEX)	N/A

点検/診断補助技術(橋梁点検ロボットカメラ)

Code: ISP-CRT-04

技術概要

コンクリート橋の支承部・桁端部等、近接目視が困難な箇所を対象に、点検カメラをタブレットPCから遠隔操作することにより、部材に生じている損傷について、点検・測定・映像記録採取を行うシステム。橋梁点検ロボットカメラ、デジタルカメラ、レーザースキャナを用いてモニタリングを行い、GPS 機器に接続することによって従来の定期監視型モニタリングでは困難であった機器設置箇所の連続性を確保することができ、前回と同じ位置に設置可能である。

Webシステム(クラウド)との連携により、現場でデータの出し入れが可能であり、橋面または地上面から実施できるため、点検専用車両などが不要となる。

光学 30 倍ズームにより距離が離れていても小さな損傷まで視認可能。

適用条件

- ・ 気温0~40℃、湿度75%以下、雨天時の作業不可。
- ・ 人力による作業スペース(1~2㎡)の確保、撮影操作に支障のない作業環境が必要。
- ・ 桁高3m以上の桁下面、橋脚高30m以上の橋梁では適用不可。
- ・ 作業が3時間を超える場合には交換バッテリーが必要。

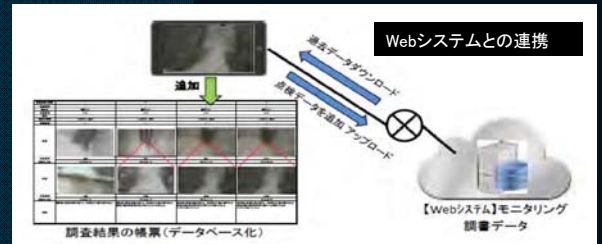
導入費用

初期費用 (CAPEX)	販売費:300万円~1000万円 技術サービス:0~300万円
運営・維持管理費用 (OPEX)	N/A



橋梁点検ロボットカメラ

点検の様子



緊急対策補助技術(斜面崩壊検知センサー)

Code: ISP-LND-01

技術概要

地中10cm程度の位置にセンサーモジュールを埋め込み、地上部に無線通信機を設置することで、地盤変動の際に地表面の傾き、その傾斜角(θ)を経時的(標準10分間隔)に測定するシステム。

(データは FOMA 回線でサーバに送信)

自動観測システムと組み合わせることで、リアルタイム監視が可能となる。

分析評価手段は、管理基準値を指標に近隣集落の避難・道路の通行止等、早期な応急対策が可能となる。

切土掘削に伴う傾斜変動の観測を行い、変状速度の上昇を察知。緊急点検の上、抑え盛土施工を行うことで、切土法面の崩壊を未然に防ぐことができる。

適用条件

- ・ GPS センサが雪に埋められると計測に支障があるため、基礎・支柱の設置や、受信機のレドーム装着など、積雪対策が必要となる。
- ・ センサーの保守管理が必要になる。

導入費用

初期費用 (CAPEX)	販売費:斜面崩壊感知センサー 85,000 円/台
運営・維持管理費用 (OPEX)	N/A

●設置概要

地上に無線モジュールを建て、地中に固定治具を利用してセンサーモジュールを埋設して設置します。

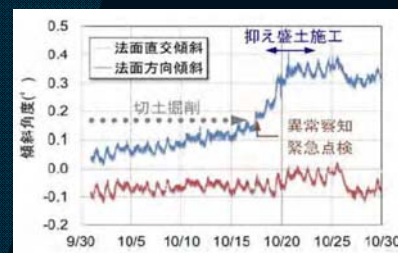
●計測概念

センサーモジュールに内蔵された傾斜計によって、急激な傾斜角の累積や、傾斜角速度の増加といった変動の兆兆を把握し、警戒・避難等の評価を行います。

災害予兆を感知!

防災減災の実現!

警戒レベル	傾斜角速度	崩壊または再安定化までの残余時間	対応	備考
3	1.0° / 1h	最短36分	即避難	いずれのレベルも瞬間的な速度ではなく、明瞭な累積が確認された場合にのみ。
2	0.1° / 1h	最短1時間	避難準備	
1	0.05° / 5h	最短5時間	注意警戒	



変状速度の異常検知データ

運転・維持管理関連のデジタル技術

- OPE-XRS-01: VR 安全トレーニング

VR 安全トレーニング

技術概要

VR技術により効果的かつ自由度の高い安全トレーニングが提供可能となります。

- ✓ 高所からの落下など困難な局面を体験可能
- ✓ 対象設備が稼働中でも、適時かつ任意の場所でトレーニングが実施可能
- ✓ 時間のかかる準備を要せずに繰り返し実施可能

適用条件	スタンドアローン型: なし サブスクリプション型: ブロードバンド	
導入費用	初期費用(設備投資) (CAPEX)	40~65万円 (ソフトウェア購入代)※VR機材(ゴーグルなどはユーザー側で市販品を用意。機材セットでの提供も可)
	運営・維持管理費用/年 (OPEX)	サブスクリプション型: 80万円/年~



5. フィリピンの建設分野のODA事業のデジタル化推進に向けた提言



適用可能なデジタル技術の提案

DPWH案件

名称	実施段階	調査 ※			設計			施行						施行監理		検査				O&M		
		UAV LIDAR	UAV カメラ	3D レーザースキャナ	BIM 360	Dynamo Grasshopper	UC-win / Road	Navisworks	Navis+	O-Shield	ARIGATAY A	セグメント管理システム	マンガイダンスMG	マシンコントロールMC	「現場構築」のソリューション	VR/AR	ひび割れ検出システム	橋梁劣化検出システム	路面性状検出システム (DRIMS)		橋梁点検口ポットカメラ	斜面崩壊検知センサー
幹線道路バイパス事業 (III)	施行中	◎	◎	◎	○			○	○							◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
ダバオ市バイパス建設事業	施行中	◎	◎	◎	○			○	○							◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
ダルトンパス東代替道路建設事業	概念設計 (準備調査)	◎	◎	◎	○			○	○							◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
中央ミンダナオ高規格道路整備事業 (協力準備調査)	詳細設計	◎	◎	◎	○			○	○							◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
セプーマクタン橋 (第四橋) 及び沿岸道路建設計画 (詳細設計)	詳細設計	◎	◎	◎	○			○	○							◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
ミンダナオ紛争影響地域道路ネットワーク整備事業 (詳細設計)	詳細設計	◎	◎	◎	○			○	○							◎	◎	◎	◎	◎	◎	○

※ 調査: 調査から運営・維持管理段階における測量調査、検査、モニタリング全般に適用可能

- ◎ 短期的に適用可能な技術
- 中・長期的に適用可能な技術

名称	実施段階	調査 ※			設計			施行						施行監理		検査				O&M		
		UAV LIDAR	UAV カメラ	3D レーザースキャナ	BIM 360	Dynamo Grasshopper	UC-win / Road	Navisworks	Navis+	C-Shield	ARIGATAY A	セグメント管理システム	マシンガイドダンスMG	マシンコントロールMC	「現場検査」リソリューション	VR/AR	ひび割れ検出システム	橋梁洗堀検出システム	路面性状検出システム (DRIMS)		橋梁点検口ポットカメラ	斜面崩壊検知センサー
マニラ首都圏地下鉄事業 (フェーズ1)	施行中	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	○
フィリピン鉄道訓練センター (PRI) 設立・運営能力強化支援プロジェクト	実施中 (技術協カプロジェクト)														◎							◎
南北通勤鉄道事業 (マクロスーツパン)	施行中	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎							◎	○	◎	◎	◎	◎	◎
南北通勤鉄道延伸事業 (マクロスークラーク)	施行中	◎	◎	◎	○	○		○	○								◎	◎	◎	◎	◎	◎
マニラ首都圏大量旅客輸送システム拡張事業	施行中														◎							○

※ 調査: 調査から運営・維持管理段階における測量調査、検査、モニタリング全般に適用可能

- ◎ 短期的に適用可能な技術
- 中・長期的に適用可能な技術

フィリピンの建設分野のODA事業のデジタル化推進に向けた提言

短期的に適用可能なデジタル技術

実施機関 (DPWH、DOTr) に向けた提言

- 短期、特に、COVID-19の感染が終息するまでの様々な制約がある条件下においては、追加的なインフラの整備やBIMモデルの作成を必要とせず、施行現場での作業量や人工の削減や、効率化に資する単独型の測量機器 (UAV、等) や、検査機器 (検査ロボット、リモートセンシング技術、等) の導入が推奨される。
- 一定規模の追加的なコストを要する機器 (トンネル検査システム: ISP-CRT-03、VRによる研修システム: OPE-XRS-01、等) を追加的に導入する場合は、事業コンポーネントを見直し、必要なコストを事業費の一部として検討することが求められる。

フィリピンの建設分野のODA事業のデジタル化推進に向けた提言

短期的に適用可能なデジタル技術

施行監理コンサルタント及びコントラクター（施行会社）に向けた提言

- 短期的に適用可能なデジタル技術の導入に際しては、機材の購入費の他に、操作技術者（当該国の免許を有したUAVの操作技術者、等）の入手可能性や、機材の購入や使用に関わる許認可手続き（機材の輸出入、UAVの飛行、等の許認可）についても、事前に確認しておく必要がある。
- 調査対象事業のうち、施行現場において、携帯電話サービス（4G/5G）が利用可能なプロジェクトでは、既に、タブレット端末用の施行管理アプリケーション（SPV-RMS-01）や、トンネル検査システム（ISP-CRT-03）等を導入することを予定している現場もある。
- 施行現場において、携帯電話サービス（4G/5G）が利用可能な場合は、特に、上記のような現場の作業効率を高めるためのデジタル技術の導入が推奨される。

フィリピンの建設分野のODA事業のデジタル化推進に向けた提言

中・長期的に適用可能なデジタル技術

衛星測位と測地系

- 2015年に国連総会で加盟国のすみやかな世界測地系への移行が決議された。世界中が同じ衛星測位で規定される一つの楕円体、一つの地球重心を使うということである。
- フィリピンで現在使用しているPRS92という測地系は、1927年に定義されたルソン測地系を基にしており、世界測地系とは異なる地球重心、楕円体である。すみやかに世界測地系への移行を行う必要がある。
- フィリピンは地震や断層も多く、地殻変動の大きさlarge (max. 83 mm/Year)や向きが場所によってことなる。PRS92を維持するためには、約37,000の地上基準点を常に計測しておく必要がある。
- このため、道路や鉄道などの長物の工事にあたっては、過年度の測量結果と齟齬を起こすことがある。

フィリピンの建設分野のODA事業のデジタル化推進に向けた提言

中・長期的に適用可能なデジタル技術

衛星測位と測地系

- GNSSは、一般的な測量、ドローン、航空機、自動車、および一般的な携帯電話で位置情報を取得するためにも使用されている。GNSS座標系とPRS92の間には大きな違いがあり、変換は複雑であり（変換パラメーターは場所によって異なる）、PRS92の測量結果に誤解を生じる可能性がある。
- DPWHとDOTrの場合、測量仕様を衛星測位の基準座標であるWGS84に設定し、法律にもとづいて測量成果をPRS92に変換して、最終的に2つの測量成果をもつことを推奨する。
- フィリピンが世界測地系に準拠する新しい測地システムに移行した場合、WGS84からの移行は容易にできる。また、各建設工事サイトの座標系を地殻変動補正なしにWGS84で統一的に運用しても短期間であれば誤差は少ない。

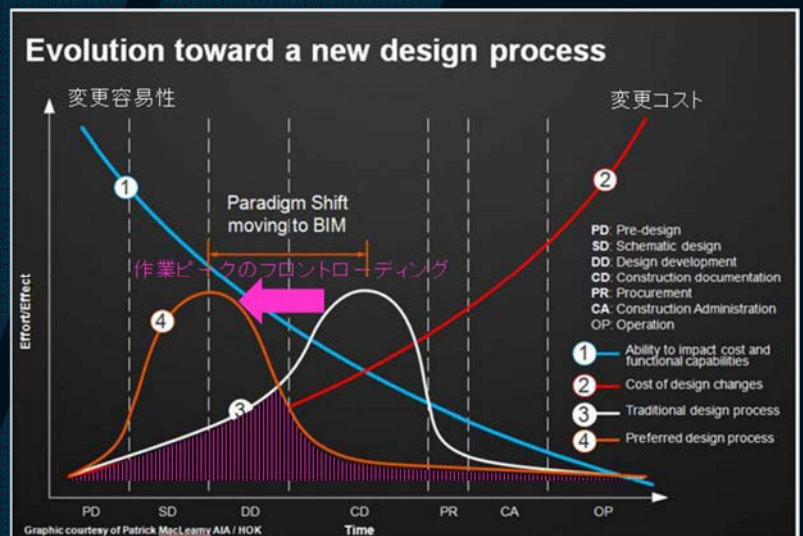
59

フィリピンの建設分野のODA事業のデジタル化推進に向けた提言

中・長期的に適用可能なデジタル技術

フィリピンの建設分野のODA事業における効率的なデジタル化の推進に向けて

- BIMは、将来的な建設分野の生産性向上とアセットマネジメントの効率性の向上に向けたデジタル化の推進にとって、不可欠な技術である。
- BIMを導入する場合は、事業実施の早い段階から導入した方が、より費用対効果が高い。



出典: マクリーミー曲線
(Patrick MacLeamy, HOK (Hellmuth-Obata-Kassebaum) AIA, 2005年)

60

フィリピンの建設分野のODA事業のデジタル化推進に向けた提言

中・長期的に適用可能なデジタル技術

実施機関（DPWH、DOTr）に向けた提言

- BIMを導入する場合は、ISO 19650に準拠し、施工監理コンサルタントやコントラクターの入札前の段階で発注者の情報管理のための要求事項（PIR、EIR 及び AIR）を明確にし、必要な要件を入札図書に明記する必要がある。
- 施工監理コンサルタントやコントラクターの調達、契約後にBIMを導入する場合は、施工監理コンサルタントやコントラクターのBIMの作成にかかる作業に必要な費用を賄うための追加的なコストを考慮に入れる必要がある。

フィリピンの建設分野のODA事業のデジタル化推進に向けた提言

中・長期的に適用可能なデジタル技術

JICAに向けた提言

- フィリピンで実施中のODA事業の多くがSTEP条件の下で実施されており、その結果、F/Sから詳細設計（D/D）までの設計に要する費用の多くが、（連携D/D等のスキームの下）JICAにより賄われている。
- こうしたSTEP条件の下では、F/Sから詳細設計（D/D）までの設計に従事するコンサルタント業務のTOR（仕様書）は、JICAの契約に基づくものとなり、JICAとの契約業務にBIMの作成が含まれない場合、コンサルタントは、契約上、（DOTrのBIMマニュアル等のフィリピン側のBIMの作成に関わる要求事項に準拠した）BIMの作成に関わる義務を負わない。
- 事業の早い段階からBIMの導入を進め、フィリピンの建設分野のODA事業のデジタル化の推進を図るのであれば、F/Sから詳細設計（D/D）までの設計に従事するコンサルタントの調達に関わる入札図書において、フィリピン側の要求事項であるISO 19650に準拠したBIMの仕様を含める必要がある。

フィリピンの建設分野のODA事業のデジタル化推進に向けた提言

中・長期的に適用可能なデジタル技術

施行監理コンサルタント及びコントラクター（施行会社）に向けた提言


- フィリピンのODA事業に従事する施工監理コンサルタントやコントラクターのうち、特に、既にDOTrのBIMマニュアルの適用が求められている「マニラ首都圏地下鉄事業（MMSP）」、及び「南北通勤鉄道事業（NSCR）」の二つの鉄道事業に従事する施工監理コンサルタントやコントラクターについては、ISO 19650の要求事項を理解しておく必要がある。
- ISO 19650は、既に我が国も批准しているISOが定める国際規格であり、プロジェクトにおいてISO 19650に準拠したBIMを含む情報管理が求められている場合は、施工監理コンサルタントやコントラクターは、かかる国際規格に準拠して業務を実施する必要がある。
- ISOの認証機関の中には、既に日本国内において、ISO 19650の研修や、認定証の発行といったサービスを提供しているところもある。
- ISO 19650は、既に、フィリピンをはじめ、トルコ、インド、マレーシア等の我が国のODA対象国のプロジェクトにも導入され始めており、今後、海外工事に従事する我が国の施工監理コンサルタントやコントラクターが国際競争入札（ICB）において競争力を高めるためには、⁶³ ISO 19650の認証を得ておくことが、推奨される。

海外工事におけるBIMの導入状況

- 既に、トルコ、インド、マレーシア等の日本のODA対象国の公共工事（主として鉄道事業）においても、BIMが導入され始めている。
- 今後、海外の公共工事にコントラクターやコンサルタントとして参入する場合、BIM及びISO19650が義務付けられる。



出典：アジア開発銀行（ADB）資料（2019年5月21日）より抜粋



ご清聴
ありがとう
ございました

株式会社アンジェロセック
株式会社片平エンジニアリング・インターナショナル
国際航業株式会社