

デジタル社会の形成に向けたICTの活用による 漁港施設維持管理の3次元モデルの適用性

一般社団法人水産土木建設技術センター

○松本 力
武田真典
完山 暢
藤田孝康

1. はじめに
2. 漁港施設における維持管理の現状
3. 適用性の検証
 - 3-1 対象施設
 - 3-2 陸上部のデータ取得における設定条件(UAV)
 - 3-3 水中部のデータ取得における設定条件(ナローマルチビーム)
 - 3-4 3次元モデル
4. まとめ
5. おわりに

1. はじめに

■背景

- 我が国の目指す未来社会として、Society5.0が提唱
- 国土交通省ではi-Constructionを推進し、建設生産・管理システム全体を3次元データ等でつなぐBIM/CIM導入の検討が進められ、R5年度原則適用
- 水産庁では新たな長期計画における共通課題として、デジタル社会の形成を掲げ、漁港・漁場の利用や施設の施工・維持管理にあたって効率化・省力化を推進
- 現状の漁港施設、特に維持管理における3次元データの活用は乏しく、将来的な課題となることに懸念

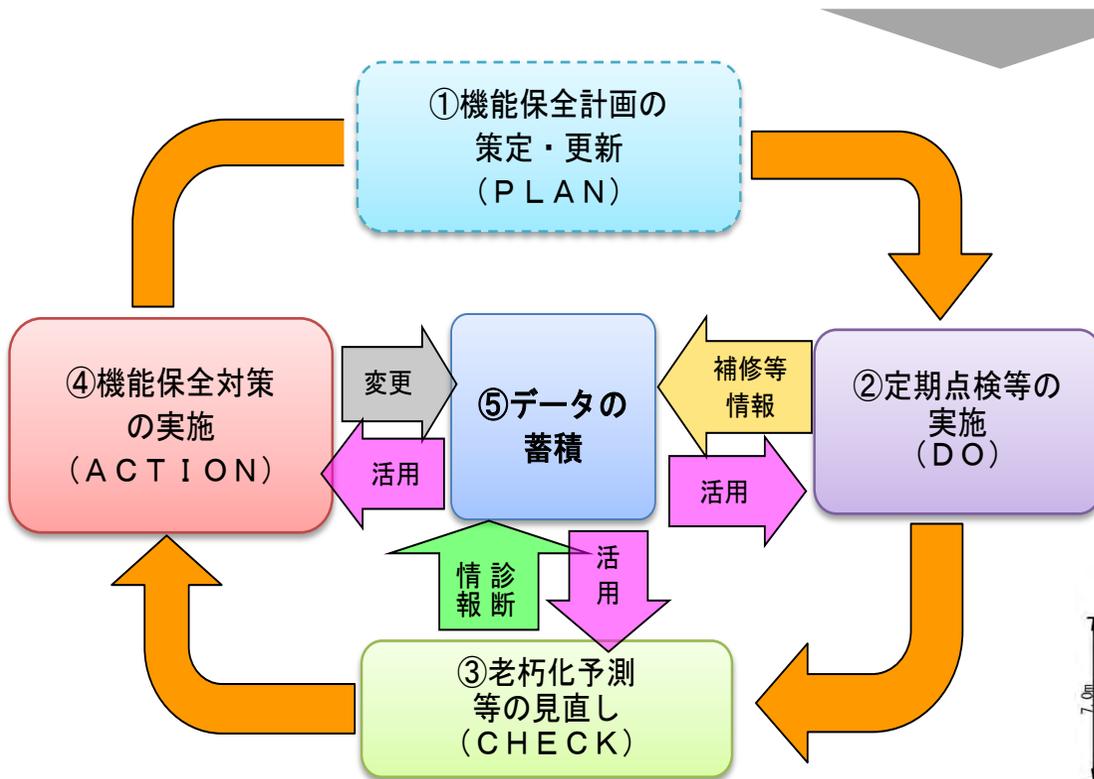
■目的

- 将来的な漁港施設へのBIM/CIM導入を見据え、維持管理の段階における3次元モデルの適用性について、先行事例や既存データ、現地試験にて確認・検証

2. 漁港施設における維持管理の現状

■各種基準、マニュアル等

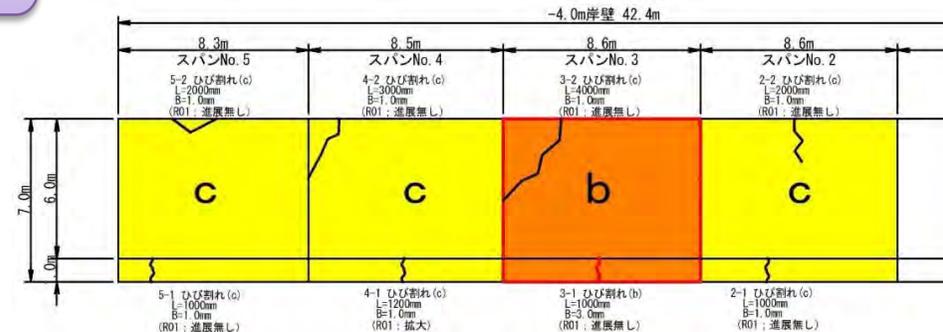
- 水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン(H27.5改訂)
- 水産基盤施設機能保全計画策定の手引き(H27.5改訂)
- 水産基盤施設の維持管理点検マニュアル(R2.9策定)



■PDCAサイクルによる機能保全のイメージ
→標準10年間隔→2巡目の見直し・更新時期

■老朽化度評価基準(重力式防波堤の一例)

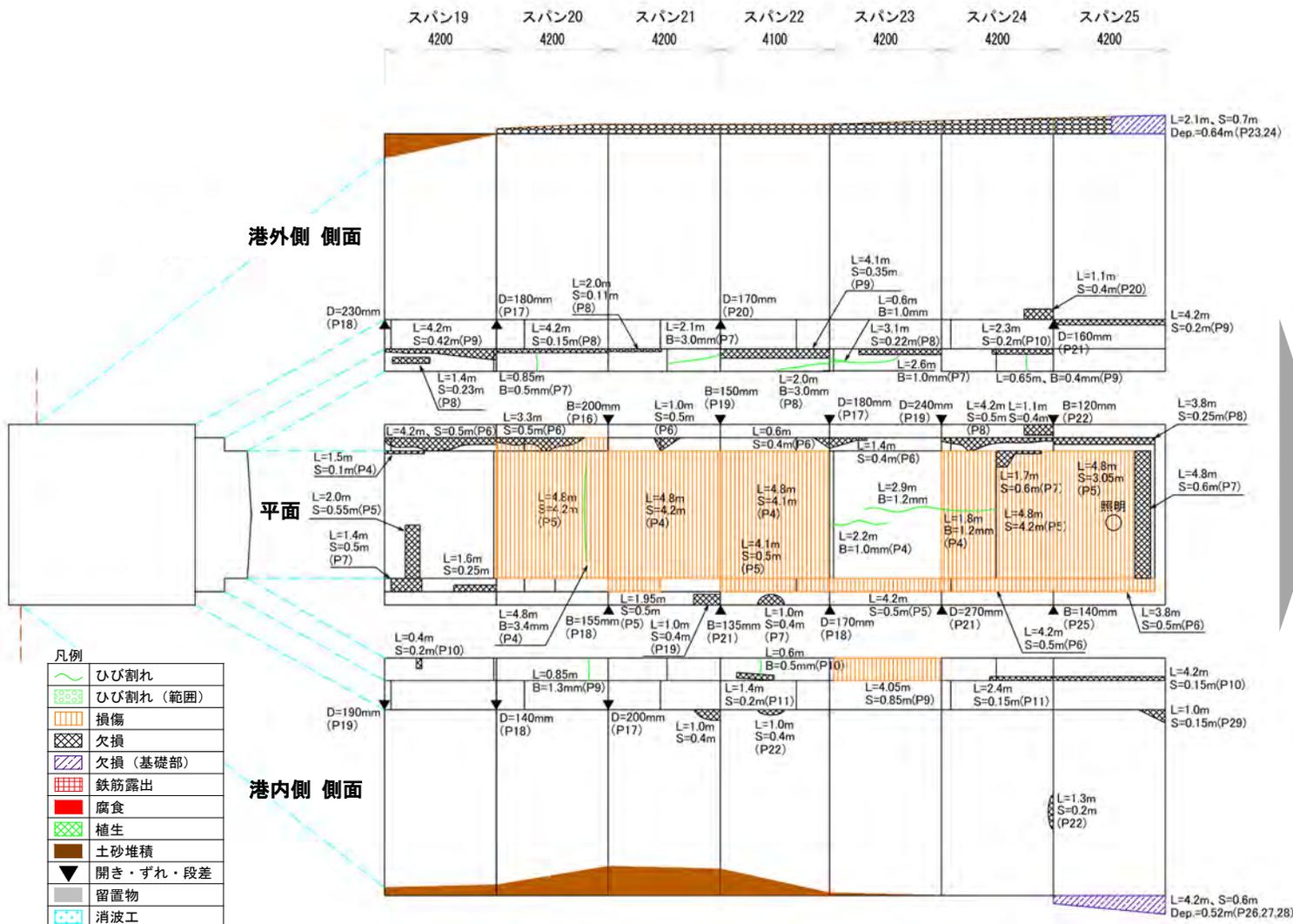
ランク	老朽化度の評価基準
a	性能に影響を及ぼす程度の欠損がある。
b1	部材背面に達する幅1cm以上のひび割れがある。
	大規模(10%以上)の欠損がある。
b2	幅1cm以上のひび割れがあるが、部材背面までは達していない。
	小規模(10%未満)の欠損がある。
c	幅1cm未満のひび割れがある。
d	老朽化なし。



■変状図のイメージ

3. 適用性の検証

■ 変状図の一例



■ 問題点

- 展開図として2次元で表記され情報が複雑化
- 特に専門技術者が不足の管理者には難解
- 記載ミスや確認漏れの要因・・・など

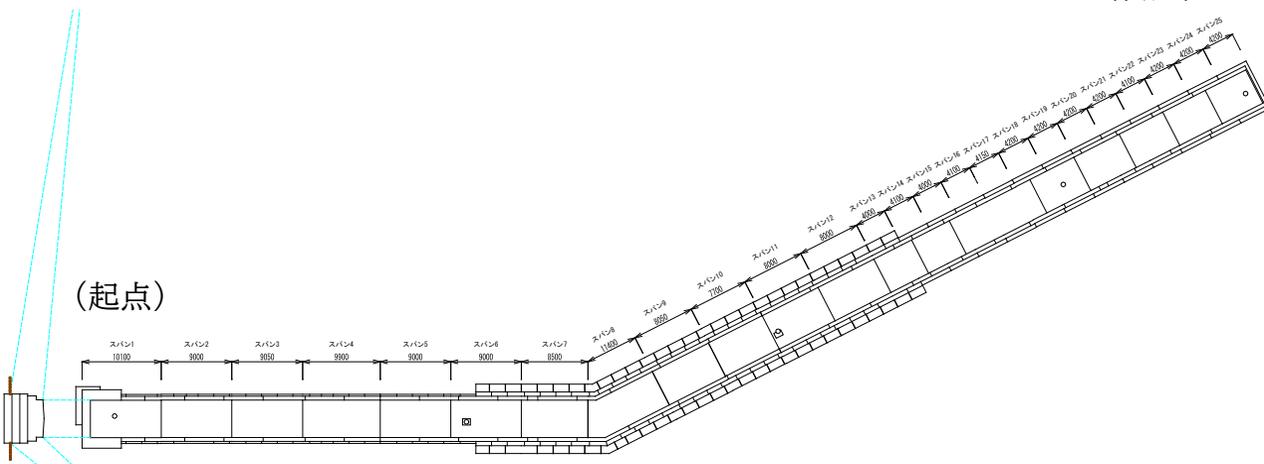
3次元モデル化することによって・・・

- わかりやすく利便性は向上するのか？
- 簡便性は問題ないか？
- 漁港施設の維持管理に適用性はあるのか？・・・など

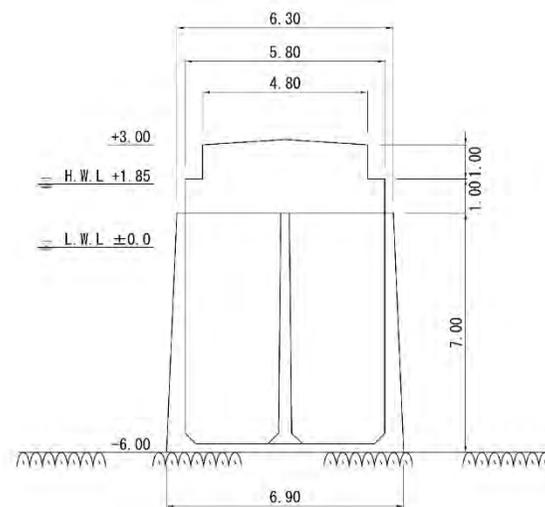
■三崎漁港～西口南防波堤～

(終点)

(起点)



■全体平面



■標準断面(終点側ケーソン)

■対象施設構造物諸元

漁港の種類	特定第3種
所在地(市町村)	神奈川県三浦市
施設管理者	東部漁港事務所
施設建設年月日	昭11年度
様式または形式	ケーソン式直立堤
延長(m)	159.00m
幅員(m)	4.80m
天端高(m)	+3.00m
潮位	H.W.L+1.86m, L.W.L+0.15m



■全景(起点→終点方向)

3-2 陸上部のデータ取得における設定条件 ~UAV~

■使用したUAVの設定条件

項目	諸元
センサーサイズ	6.4×4.8(mm)
画素数	4000×3000(pix)
焦点距離(mm)	4(mm)



■対象とする取得データ規模

<重力式防波堤の上部工>

調査方法	老朽化度の評価基準
目視 ・ひび割れ、 損傷、欠損 ・劣化の兆 候など	a 性能に影響を及ぼす程度の欠損がある。
	b1 部材背面に達する幅1cm以上のひび割れがある。 大規模（10%以上）の欠損がある。
	b2 幅1cm以上のひび割れがあるが、部材背面までは達していない。 小規模（10%未満）の欠損がある。
	c 幅1cm未満のひび割れがある。
	d 老朽化なし。

■素子サイズ cz の算出は、式(1)に示す。

$$cz = c / pix \quad \dots(1)$$

ここに、

c : センサーサイズ(横or縦)(mm)

pix : 画素数(横or縦)(pix)



■対象画素サイズスケール sk の算出は、式(2)に示す。

$$sk = d / cz \quad \dots(2)$$

ここに、

d : 対象画素寸法 ※画像合成による画質低下を考慮し
対象幅1cmの半分の5mmにて算出

■撮影距離 le の算出は、式(3)に示す。

$$le = sk \times f \quad \dots(3)$$

ここに、

f : 焦点距離



■UAVによるデータ取得状況

3-3 水中部のデータ取得における設定条件 ～ナローマルチビーム～

■使用するナローマルチの設定条件

基本性能	設定条件
分解能	1.25cm
ビーム角	0.5°
スワス角	100°
発振ビーム数	256本
発振ピングレート	50Hz
観測時の船速	3ノット

■フットプリント fp の算出は、式(4)に示す。

$$fp = Z \tan \theta \quad \dots (4)$$

ここに、
 Z : 水深(m)
 θ : ビーム角(°)

■点群の測定間隔(左右方向) lr の算出は、式(5)に示す。

$$lr = Z \tan(\theta/2) \times 2 \quad \dots (5)$$

ここに、
 Z : 水深(m)
 θ : スワス角(°)

■点群の測定間隔(前後方向) fr の算出は、式(6)に示す。

$$fr = D/S \quad \dots (6)$$

ここに、
 D : 船速より算出した1秒間に進む距離
 S : 1秒間に発信するピングレート式(4)～(6)

■対象とする取得データ規模

<重力式防波堤の施設全体>

調査項目	老朽化度の評価基準	
移動	b	本体の一部がマウンドから外れている。
	b	隣接ケーソンとの間に側壁厚程度(40～50cm)のずれがある。
	c	小規模な移動がある。
	d	老朽化なし。
沈下	a	目視でも著しい沈下(1m程度)が確認できる。
	b	隣接ケーソンとの間に数十cm程度の段差がある。
	c	隣接ケーソンとの間に数cm程度の段差がある。
	d	老朽化なし。

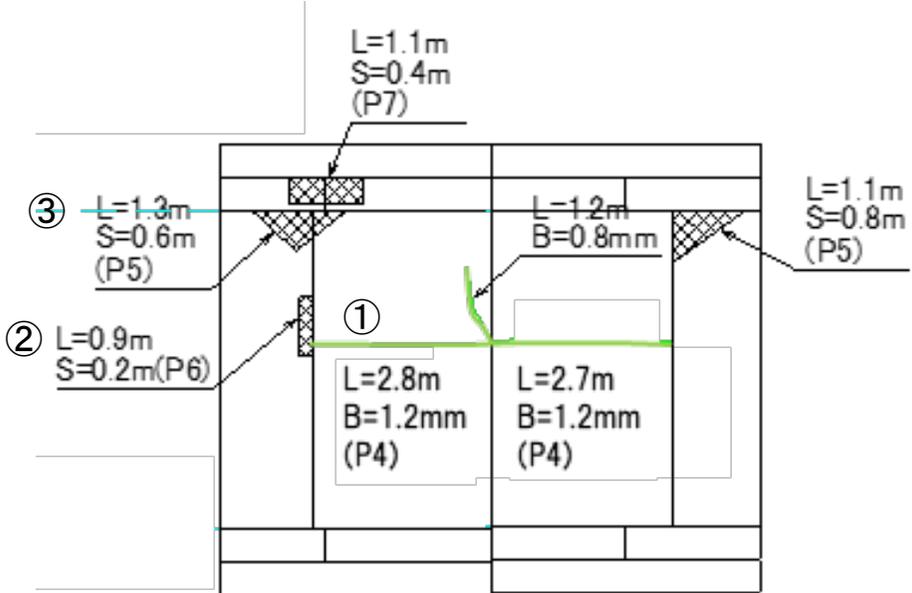


仮定ランク	老朽化規模
a	1m以上
b	10cm以上～1m未満
c	10cm未満
d	老朽化なし

■算出した測定間隔

仮定ランク	適用可能な水深 (15m以浅を対象)	点群の取得点密度(目安)	点群の測点間隔(目安)		ビーム角(0.5°)フットプリント
			左右方向	前後方向	
aおよびb	～15m	約230点/㎡	14cm	3cm	13.1cm
c	～5m	約690点/㎡	5cm	3cm	4.4cm

■点群モデル ~陸上部~



■過年度変状図(平面)



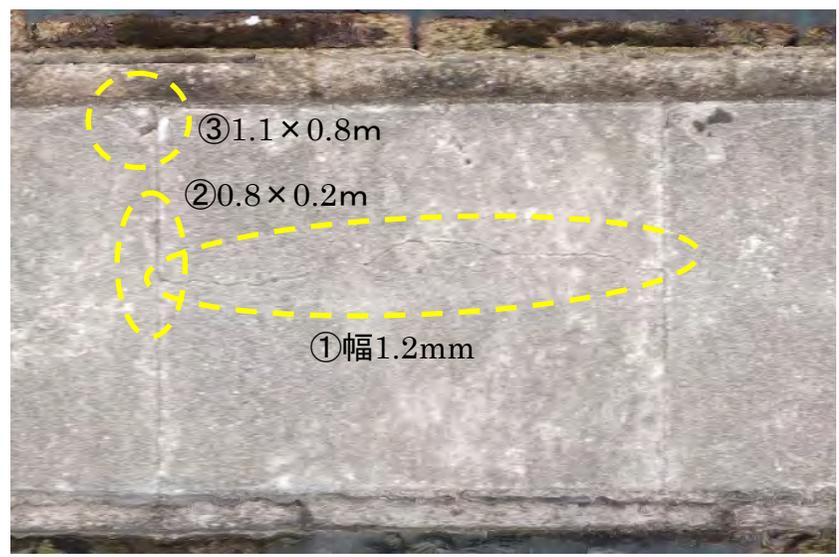
①ひび割れ(P4)



②欠損(P6)

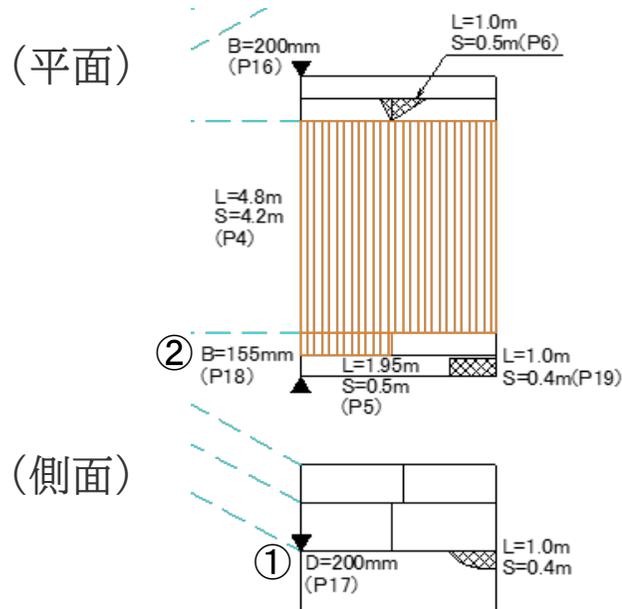
■過年度点検写真

- 設定条件から算出した結果検証
- ひび割れ幅1cmの設定規模に対し 1.2mmを確認。ただし計測は不可
 - 二値化処理で計測可能
 - 幅0.8mmは確認・計測不可
 - 欠損規模の計測は可能で、過年度サイズとほぼ一致



■点群モデル(平面)

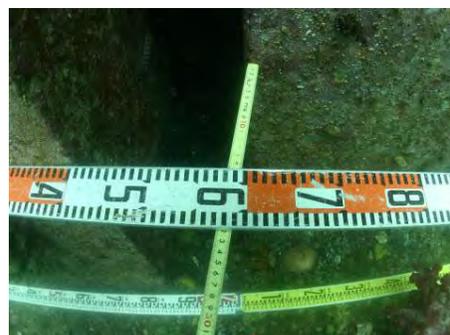
■点群モデル ～水中部～



■過年度変状図



①目地開き(P17)

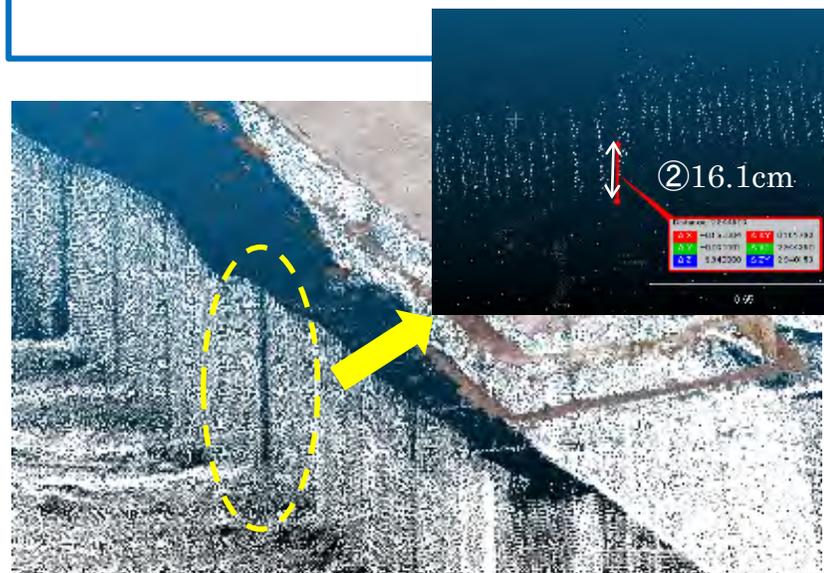


②目地ずれ(P18)

■過年度点検写真

設定条件から算出した結果検証

- 水深5m以深のため、仮定ランクcの10cm未満は計測不可
- 目地ずれ、開きは仮定ランクbの10cm以上の確認・計測可能で、過年度サイズとほぼ一致
- 欠損規模1.3×0.2mは目地開き14cmと同化したデータとなり確認不可

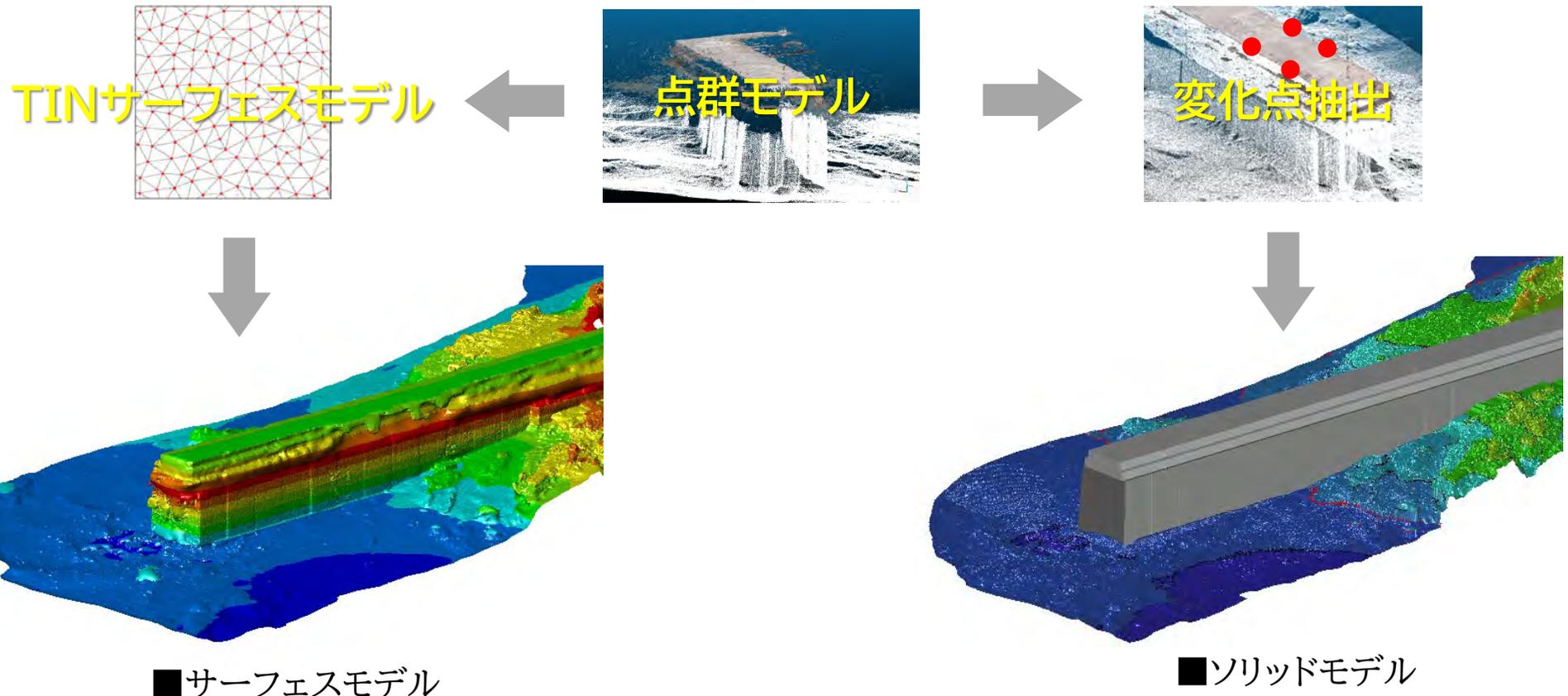


■点群モデル②ずれ(下:側面 上:平面)

■点群モデル⇒“動画”

■(参考基準類)BIM/CIM活用ガイドライン(案)港湾編(R3.3)

- BIM/CIM モデルの作成指針(共通編)による作成モデルは以下のとおり
- 「構造物モデル」は、CIM ツールや 3 次元 CAD ソフト等を用い、ソリッドモデル、またはサーフェスモデルにて作成
- 「地形モデル」はサーフェスモデルにて作成



■詳細度

■BIM/CIMモデルの詳細度(案) 港湾編: 棧橋(例)

詳細度	共通定義	工種別の定義 構造物(棧橋)のモデル化
100	・対象を記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル。	・対象構造物の位置を示すモデル。 ・棧橋の配置が分かる程度の矩形形状もしくは線状のモデル。
200	・対象の構造形式が分かる程度のモデル。 ・標準断面で切土・盛土を表現、又は各構造物一般図に示される標準横断面を対象範囲でスワイプさせて作成する程度の表現。	・構造形式が確認できる程度の形状を有したモデル。 ・棧橋では、棧橋の構造形式わかる程度のモデル。モデル化対象は主構造程度で部材厚の情報は持たない。地形との高さ関係から概ねの規模を想定してモデル化する。
300	・附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形形状を正確に表現したモデル。	・主構造の形式が正確なモデル(棧橋)計算結果を基に主構造をモデル化する。主構造は本体工(鋼杭)及び上部工を指す。 ・外形形状及び配置を正確にモデル化。
400	・詳細度300に加えて、附帯工、接続構造等の細部構造及び配筋も含めて、正確に表現したモデル。	・詳細度300に加えて接続部構造や配筋を含めてモデル化(棧橋)する。また、主な附属工(防舷材、係船柱)の配置と外形を含めてモデル化する。
500	・対象の現実の形状を表現したモデル。	—

<詳細度200>

- 構造形式が確認できる程度
- 部材厚の情報なし
- 断面をスワイプ

不足

<詳細度300>

- 主構造の形式が正確
- 配置が正確

適当

<詳細度400>

- 接続構造の細部が正確
- 配筋が正確

過剰

■属性情報

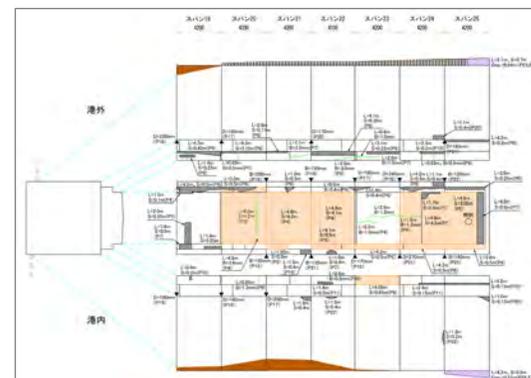
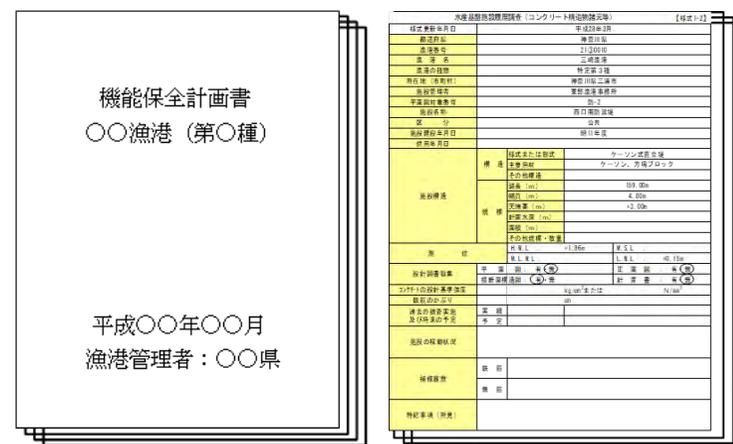
■BIM/CIMモデルの維持管理
における属性情報
<港湾編: 棧橋(例)>

属性種別	属性名称
棧橋基本情報	棧橋管理情報
点検履歴情報	点検時期
	点検業務名
	点検業者
	点検区分
	点検対象部材
損傷種別情報	損傷の種類
	損傷程度
	対策区分の判定
	健全度の診断
損傷状況情報	損傷箇所
	損傷写真
補修・補強履歴情報	補修時期
	補修対象部材
	補修工法
	備考
点検台帳等添付	ファイルリンク

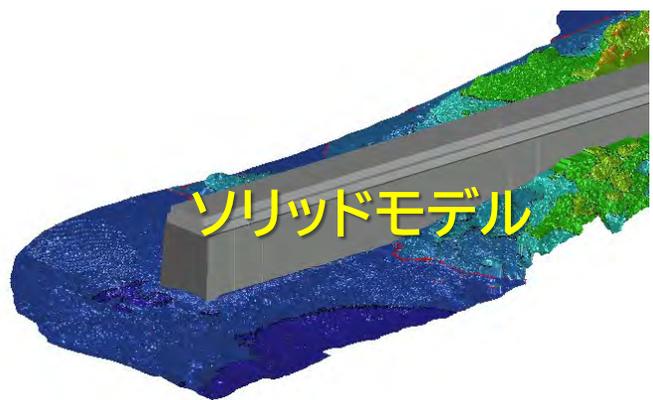
■漁港施設のBIM/CIM
モデルにおける維持管理
の属性情報(案)

現行の点検結果等	
○	様式1
○	様式1、5、7
○	報告書
○	様式1、5~9
○	定期(日常・臨時)
○	様式5~9
○	様式7
○	様式7、8、変状図
○	機能保全計画書
○	様式9
○	変状図
○	様式8
△	様式1
△	様式1
△	様式1
—	—
△	様式2

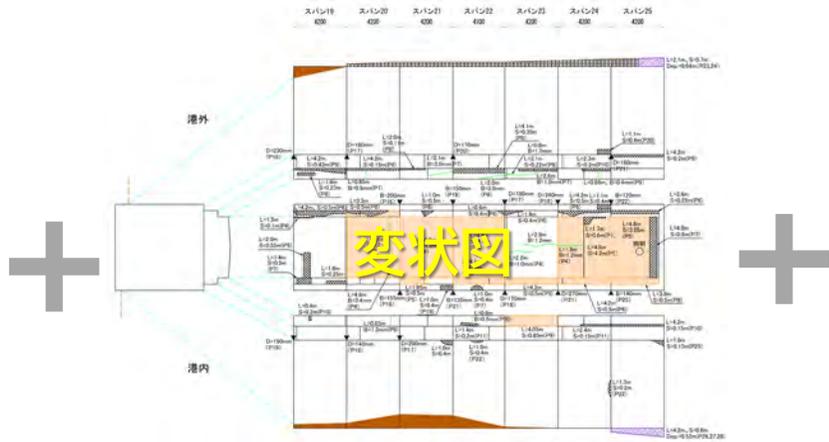
【報告書一式】(現行の点検結果等)
= 機能保全計画書 + 点検調書(様式) + 変状図



■維持管理モデル(案)



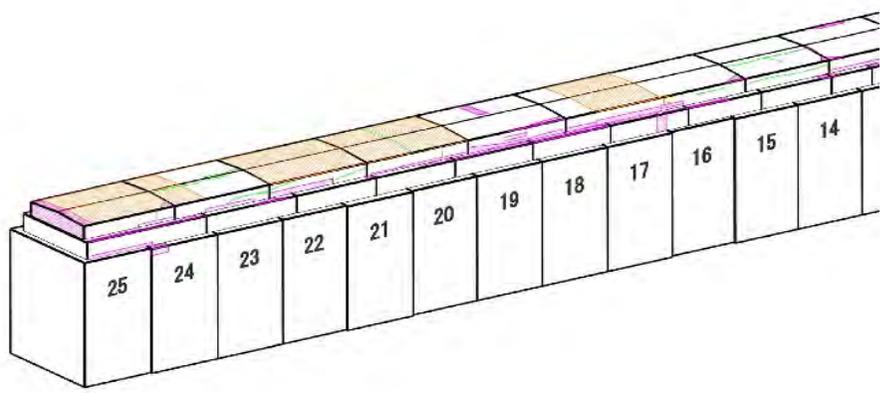
■詳細度300で作成



■変状図(CAD)をソリッドモデルに合成



■属性情報をソリッドモデルに付与



凡例

	ひび割れ
	ひび割れ (範囲)
	損傷
	欠損
	欠損 (基礎部)
	鉄筋露出

■維持管理モデル(案)

■維持管理モデル(案)⇒“動画”

4. まとめ

- 「変状検出」において、データ取得における設定条件のとおり、UAVでは無筋コンクリートの最小規模のひび割れ1cm、ナローマルチビームでは10cm程度の移動・沈下(目地ずれ、段差)に適用可能であった。
- 「詳細度」は、先行する港湾の定義でいう“300”が適当と考えられる。「属性情報」は、現行の点検データで十分満足でき容易に付与可能である。
- 「3次元モデル」は、港湾の作成指針にあるソリッドモデル、サーフェスモデルともに適用可能である。変状図を合成した維持管理モデル(案)などの工夫をすることで、より“わかりやすく”有効な手段と成り得る。

漁港施設における重力式防波堤の3次元化モデルを構築した結果、変状位置と規模の正確性や、わかりやすさの観点からも、維持管理での適用が可能であり、利便性の向上にも寄与できる可能性が示唆され、デジタル社会の形成への一助となることが期待できる。

5. おわりに

- 3次元モデルにUAVや水中ドローン等の撮影画像を結合させることで、より“リアル”で効果的な維持管理モデルとなる可能性
- 3次元モデルを「漁港施設の維持管理情報プラットフォーム」や「漁港情報クラウドシステム」等のデータベースと組み合わせることで、より効率的・効果的で総合的な維持管理として活用の可能性
- 漁港版のBIM/CIMガイドラインの必要性
- 今後も先行する港湾の事例を横目で確認しながら、より漁港施設に適した3次元モデルについて調査・研究を継続

ご清聴ありがとうございました

本稿は、水産基盤整備調査委託事業「漁港漁場分野における長寿命化対策検討調査」で実施した調査内容の一部を活用し、自主研究としてとりまとめたものです。現地試験にあたり、神奈川県東部漁港事務所ならびに三和漁業協同組合に多大なご協力をいただきました。データ計測・解析等にあたり、いであ株式会社、国際航業株式会社、日本ミクニヤ株式会社に多大なご協力をいただきました。すべての関係各位には、ここに記して謝意を表します。