

9	0.7	soil	0
10		sand	5



図4 映像による施工現場

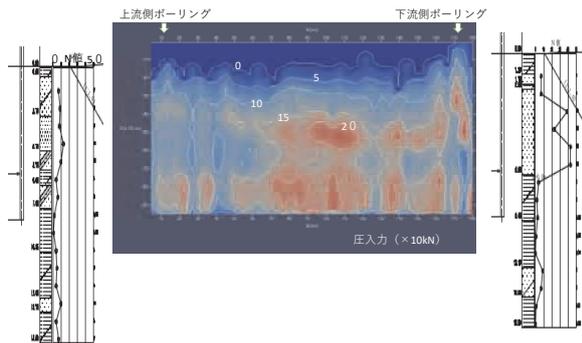


図5 圧入圧分布図

4. 情報化施工内容

情報化施工で採用したモニタリング項目およびその目的を表2に示す。鋼矢板の安定性管理は、主に鋼矢板頭部の変位計測にて行い、補助的に鋼矢板（縦方向）に生じるひずみ量の計測から部材に作用する荷重を推定するものとした。また鋼矢板の一体化を狙って鋼矢板頂部の連結を行っている。

表2 モニタリング項目

計測管理項目	計測箇所	計測目的	許容変位量(管理値)
鋼矢板 水平変位	鋼矢板頭部 3ヶ所 (上中下流)	鋼矢板の安定性確認	120mm
鋼矢板 ひずみ	鉛直方向 1側線	鋼矢板に作用する荷重	—
連結鋼材 ひずみ	水平方向 1側線	鋼鋼矢板に作用する荷重	—
水位	仮締切内外 計2ヶ所	作用水圧の確認(水位変動)	—

5. 管理方法

動態観測は、レーザー変位計（図4参照）による自動計測による24時間連続観測とした。施工中は、随時計測値（図5参照）を確認するとともに、計測

値に対する基準値を設定し、基準値を超過した場合には警報を発するシステムにしている。なお、夜間および休日については自動記録および自動警報により管理する。また、計測データの確認およびデータ分析の遠隔操作が可能なシステムを用い、作業ヤード以外からも随時監視を行っている。



図6 レーザー測距器

100mm Model: DT 500・A 511
Measurement range: 0.2 to 70 m
Output: 4 to 20 mA
Measurement accuracy: ± 3 mm
Spot diameter (70 □) 100 mm



図7 自動計測モニター画面

6. 映像管理

自動計測と共にネットワークカメラを設置して、遠隔からの現場臨場を映像で補完し、PCや携帯電話でのコミュニケーション環境（図8参照）を構築している。また、計測データの異常が確認された時の現地の模様を記録された映像で振り返りを容易にし、工事トラブルが発生する前に対策を講じ事故予防を可能している。



Networkカメラ ウェアラブルカメラ ドローン



タイムラプス映像化



オンライン接続

図8 映像活用システム構成



図9 映像収録管理DB (映像 CIM)

7. 情報化施工

a. 水圧変化

水位計測結果と映像 (図11参照) による振り返り臨場により、鋼矢板の両面の水位差 $\Delta h \approx 2.0\text{m}$ が、大潮の影響を受け、周期的 (図10参照) に最大変位が発生する (図12参照) ことが確認された。また、水位履歴では、3月初旬に2mを超え、最小水位差が $\Delta h \approx 0\text{m}$ で推移している。更に大雨の出水時に0.5m程度の水位上昇が計測された

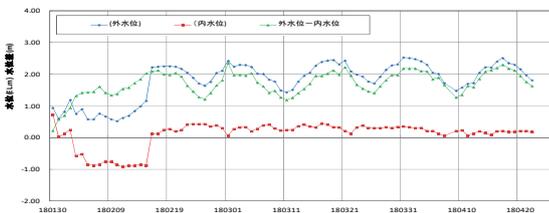


図10 鋼矢板水位差経緯



図11 水替えにより水位低下の臨場

b. 鋼矢板頂部の変位

鋼矢板頂部の変位については、最大、最小の両水位差で上流側が下流側に比べて3倍に近い変位 (図12参照) を計測され、上流側は3月に入ってから管理基準の120mmに達している。また、3月初旬の大雨時の水位上昇時に、急激に変位量を大きくするなど水圧の増加に敏感に反応していることが観察された。

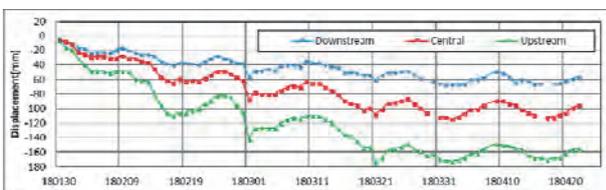


図12 日最大変位測定図 (上流、中間、下流)

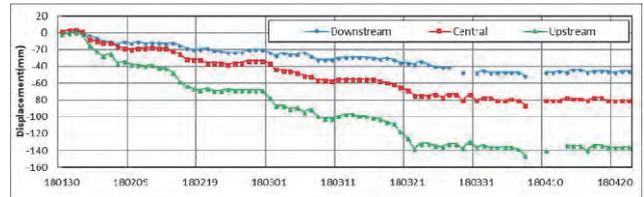


図13 日最小変位測定図 (上流、中間、下流)



図14 内水部の掘削状況の臨場

c. 水圧—変位履歴

干満の影響、特に大潮の周期で頂部変位 (図15, 16参照) が最大になり、かつ一回目の大潮時に比べ2回目以降3回目までは、大潮時の鋼矢板頂部の水位差 $\Delta h = 1.25\text{m}$ での残留変位 $\delta 1 \approx 40\text{mm}$, $\delta 2 \approx 30\text{mm}$, $\delta 3 \approx 40\text{mm}$, 累積残留変位 $\Sigma \delta \approx 110\text{mm}$ と塑性化の傾向が確認された。また、地盤が比較的に良い下流と、地盤が脆弱な上流での頂部変位を比べると、下流に比べ上流が大きくなることが確認された。例えば50mmの変位 δ を引き起こす水位差 Δh_{50} (図17参照) は、地盤が弱いほど大きくなり、上流側は $\Delta h_{50} = 1.25\text{m}$, 中間点 $\Delta h_{50} = 1.50\text{m}$, 下流側 $\Delta h_{50} = 1.85\text{m}$ と、上流側が下流側に比べ7割程度の地盤剛性であることが考察できる。ただし、大潮4回目以降は、地盤改良の効果により累積変位が110mmで固定され、残留変位 δ もほぼ発生していないことが確認された。

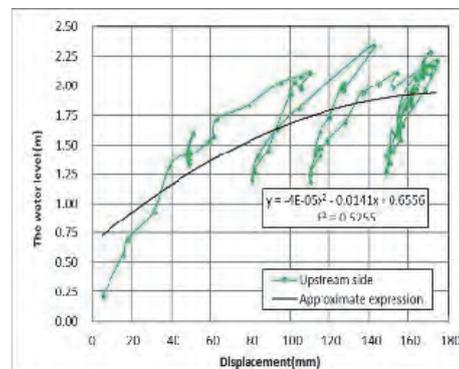


図15 上流側鋼矢板の水圧—頂部変位曲線

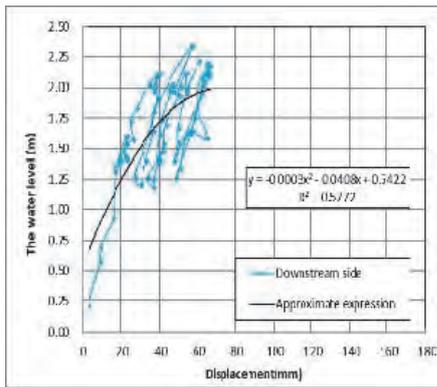


図16 下流側鋼矢板の水圧-頂部変位曲線

8. まとめ

本工事で実施した映像による仮想臨場を活用した情報化施工の効果は、現場、発注者およびコンサルタントが、リアルタイムに日常的に臨場を共有できたことで、計測データの評価を容易にし、それに従い対策工法の選定を早めることができたことで、現場の進捗を妨げることなく施工を進めることが出来たことである。

その結果、大潮の影響を受けた周期的な水圧の変動による根入れ部の緩み、河床部の掘削による応力開放が影響した地盤の緩み、および根入れ部近傍に設置した水替え工の釜場（図19参照）による土粒子の流出などの影響を評価（図18参照）しながら実施した対策工の効果について以下にまとめる。

- a) 根入れ部の変位を拘束するために掘削部の深部はセメント、浅部は石灰による地盤改良を実施、大潮の4周期以降の塑性化を防止した。
- b) 鋼矢板根入れ部に設置した大型土嚢による鉛直荷重を増加させたが、著しい効果は確認できなかった。
- c) ポンプ釜場による土粒子の引き込みが確認されたことで、根入れ部の地盤を維持するうえで釜場の位置変更は有効であった。

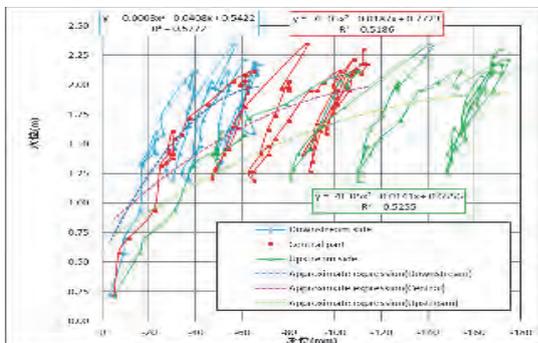


図17 上中下流3地点での鋼矢板の水圧-頂部変位曲線



図18 映像による振り返りでの上流側の臨場



図19 周辺の地盤の変状を矢板で仮押さした釜場の設置状況

9. 最後に

今回の映像を活用した情報化施工により鋼矢板構造物の挙動を観察、適宜、対策工の有効性を評価しながら施工管理が実施できた点、早朝や休日で現場不在時でも、降雨や出水など鋼矢板の異常値の発生を適宜映像で遠隔監視できたことが、迅速なリスク判断に繋がり最大リスクを回避できたと考えられる。中小建設業のように一人現場が多い作業条件において、IoTによる仮想臨場が可能になることは、安全性の面で、その効果は大きいと確信している。

参考文献

- 1) 河川構造物設計要領 h 28. II 中部地方整備局 p4 -1-19・自立式鋼矢板(仮設)
- 2) 須田他「中小零細建設業を対象にする映像を活用したCIMの開発」日本機械化協会 平成27年度建設施工と建設機械シンポジウム