

地盤改良工事における問題点と対策

工事概要

工事名 令和4年度[第33-W6651-01号]清水港緑地等施設整備工事(新興津暗渠工)

発注者 静岡県 清水港管理局

工事箇所 静岡県静岡市清水区興津中町地先



図1 施工箇所位置図

工期 令和4年5月25日 ~ 令和5年1月31日

受注金額 ¥211,596,000 (税込)

| | | |
|------|---------------|----|
| 工事内容 | 地盤改良工 | |
| | 中層混合処理 | 1式 |
| | 作業土工 | |
| | 床掘・基面整正・埋戻 | 1式 |
| | 暗渠工 | |
| | 基礎工 | |
| | 均しコンクリート | 1式 |
| | PCボックスカルバート据付 | 1式 |
| | 仮設工 | |
| | 仮設道路工 | 1式 |

工事の目的 新興津地区においては埋立が進んでおり、将来的にしらす漁の船溜り及び人工海浜などを有した緑地施設になる予定である。本工事では埋立地に流入する沢端川を延伸するため、その一部の区間のみ施工するものである。施工後のボックスカルバート沈下が無いように適正地盤改良を行ったうえで、漏水が無いボックスカルバートの据付を行うことが本工事の目的である。

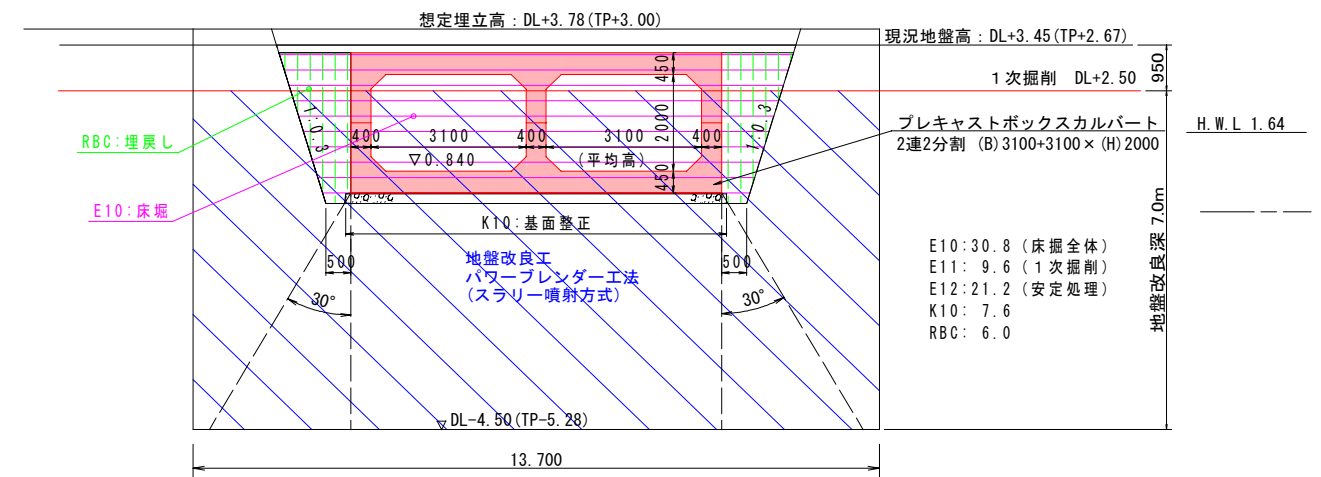


図3 標準断面図

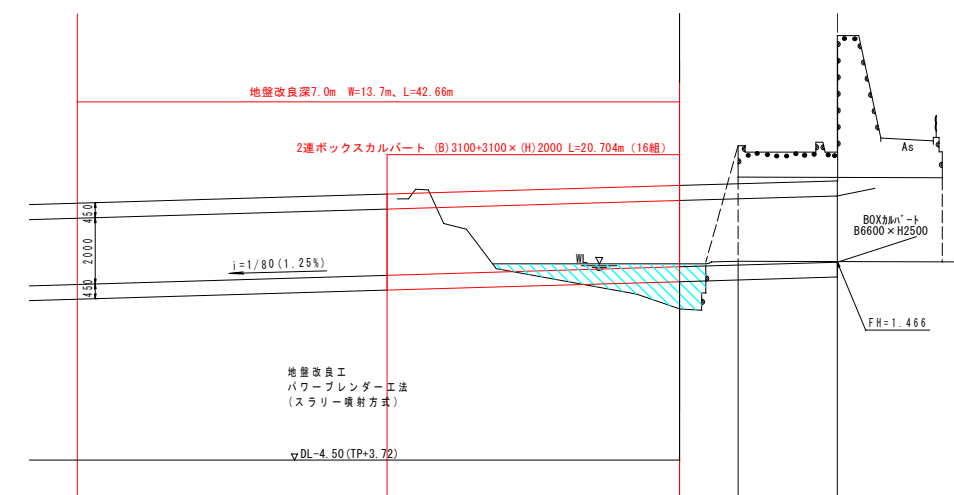
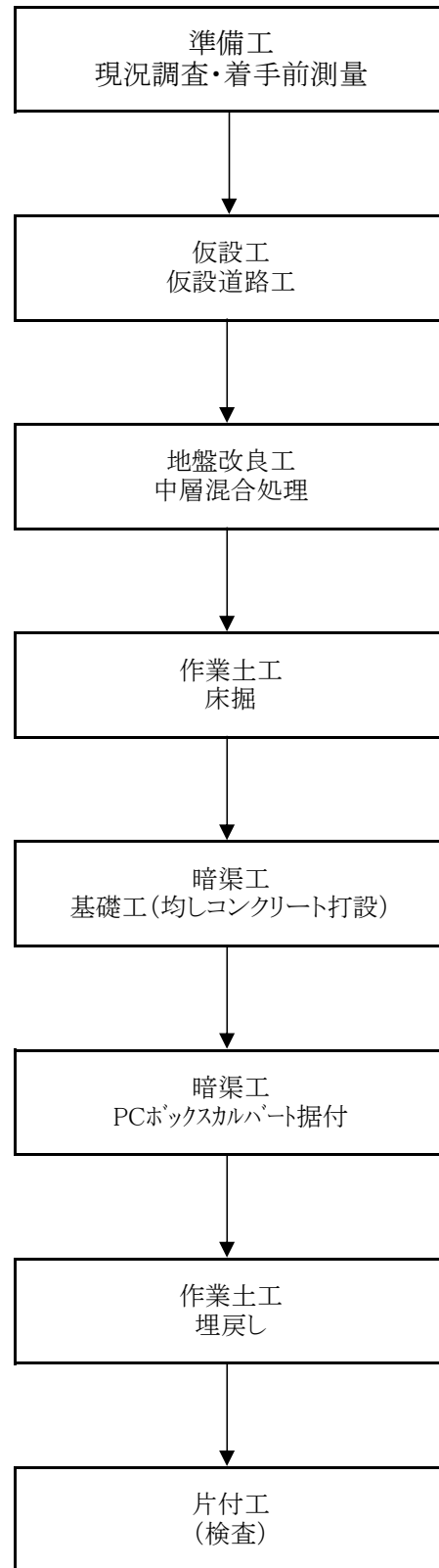


図4 縦断面図

本工事の施工方法

施工フローを下記に示す



① 着手前 (ドローン写真)



①' 着手前



② 仮設道路工



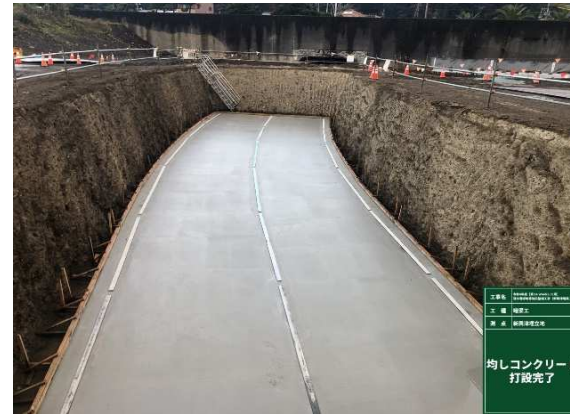
③ 地盤改良状況



④ 床掘状況



⑤ 均しコンクリート打設完了



⑥ ボックスカルバート据付 下部材



⑦ ボックスカルバート据付 上部材



⑧ ボックスカルバート据付完了



⑨ 埋戻し状況



⑩ 完成 (ドローン写真)



⑩' 完成



問題点と対応策

1. 潮位の影響

(1) 問題点

本工事は埋立地であり潮位の影響を受けることが懸念された。断面図より横断方向については地盤改良による固結工(止水壁)は確認できたが、縦断方向の止水の方法が設計時に検討されていなかったため、床掘の施工中及び施工後に潮位が一定以上の高さになると上下流から海水が流入することが想定できた。その場合、床掘時の水替え工等の仮設費用が発生し、工期への影響が懸念された。また次工程で均しコンクリートに勾配をつけて打設、ボックスカルバート据付時の高さ調整に敷モルタルを敷設の施工工程があり、施工中は施工範囲をドライにすることは必須条件である。

また、施工範囲の上流側は現状、沢端川の仮排水路になっているため、河川断面の阻害をせずに上流側の止水方法を考えなければならなかった。

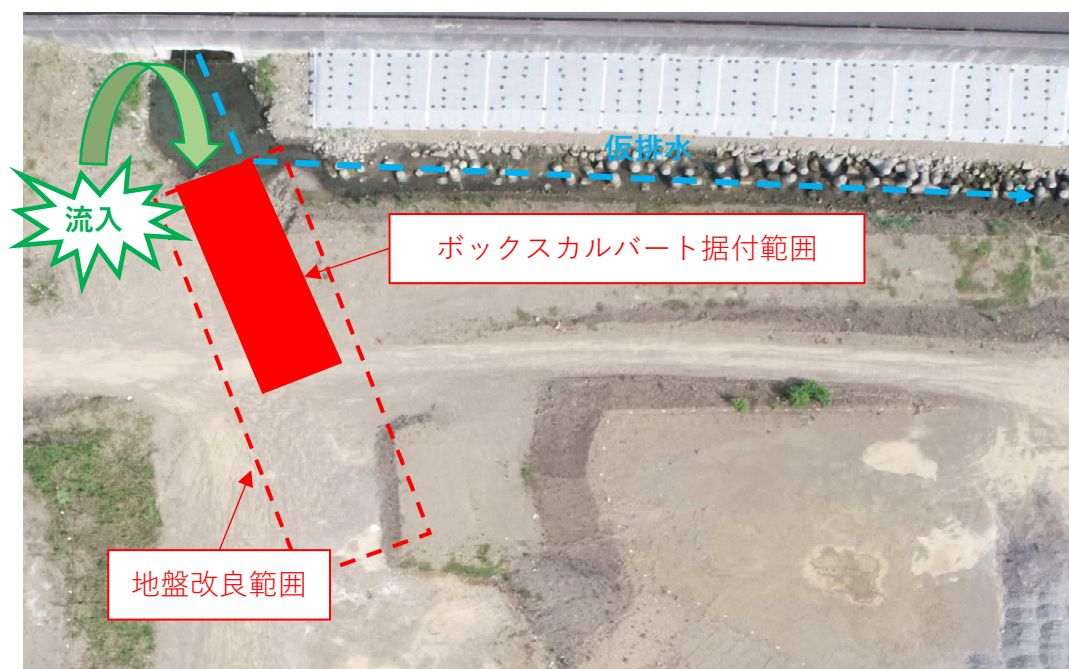


図5 仮排水との干渉(ドローン写真)

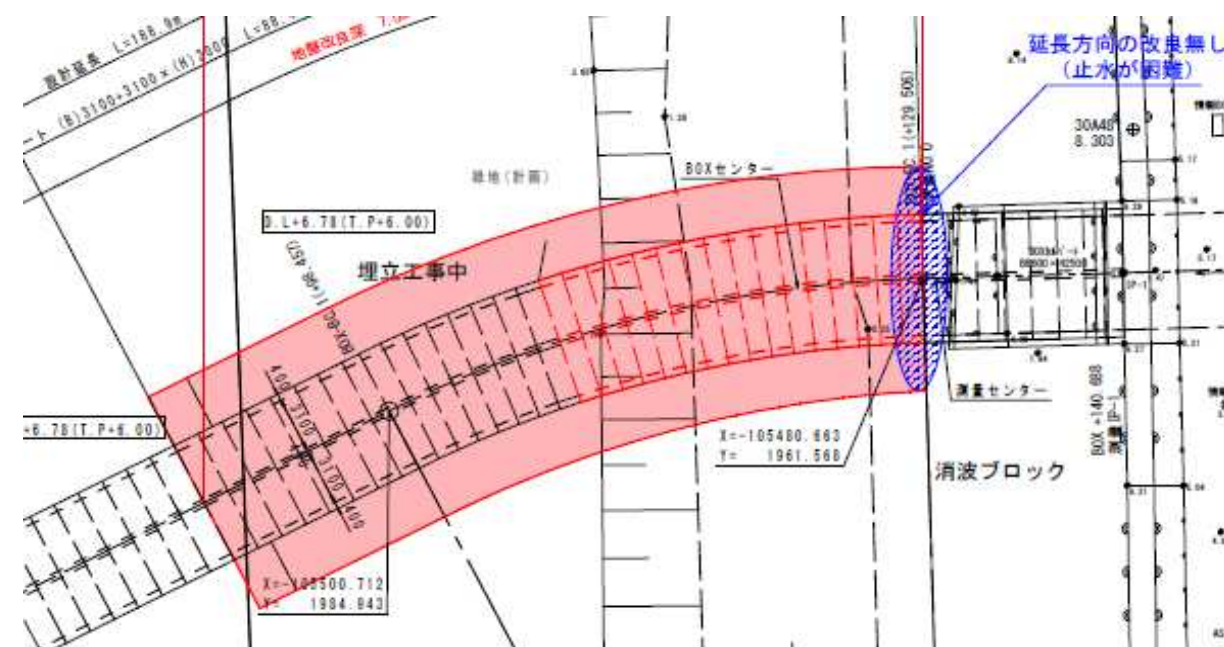


図6 仮排水との干渉(平面図)

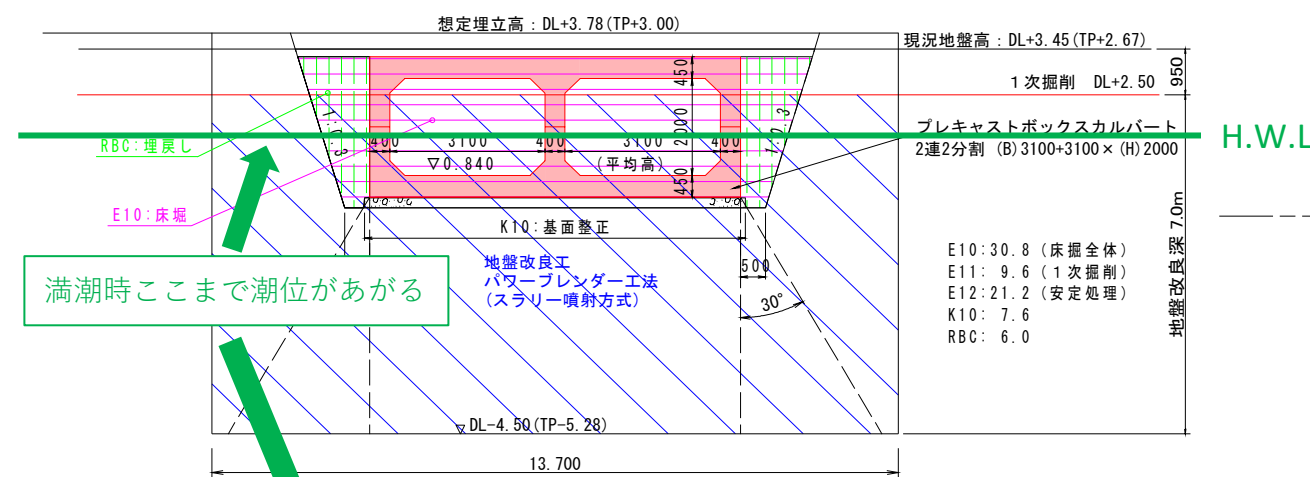


図7 潮位による影響(断面図)

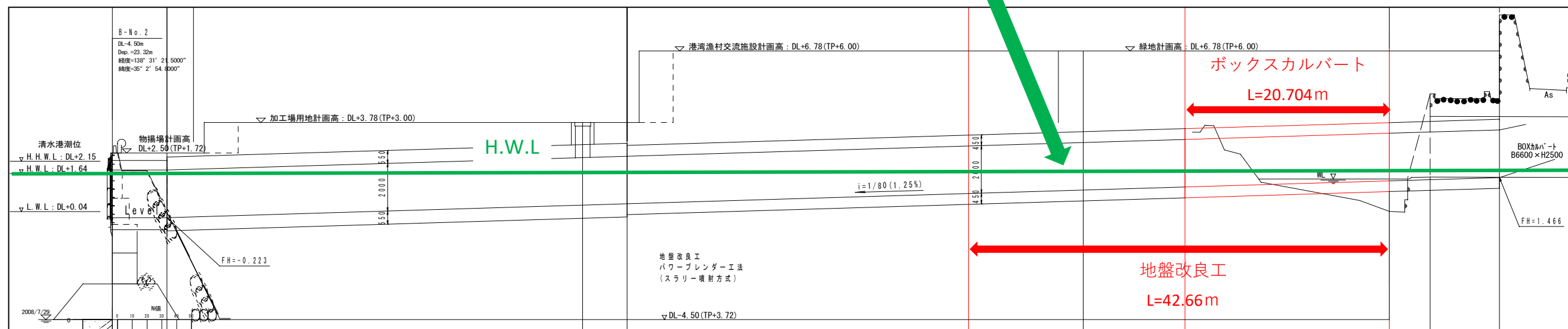


図8 潮位による影響(縦断図)

問題点と対応策

1. 潮位の影響

(2) 対応策

① 工事範囲の変更

本工事の施工範囲より上流側は施工方法が確立されていないため、検討中の状況であった。沢端川の仮排水に影響がない箇所から下流に向かって施工するように施工位置の変更を提案。

② 縦断方向止水壁の追加

施工端部から縦断方向に3mの厚さで地盤改良による止水壁の追加を行う。

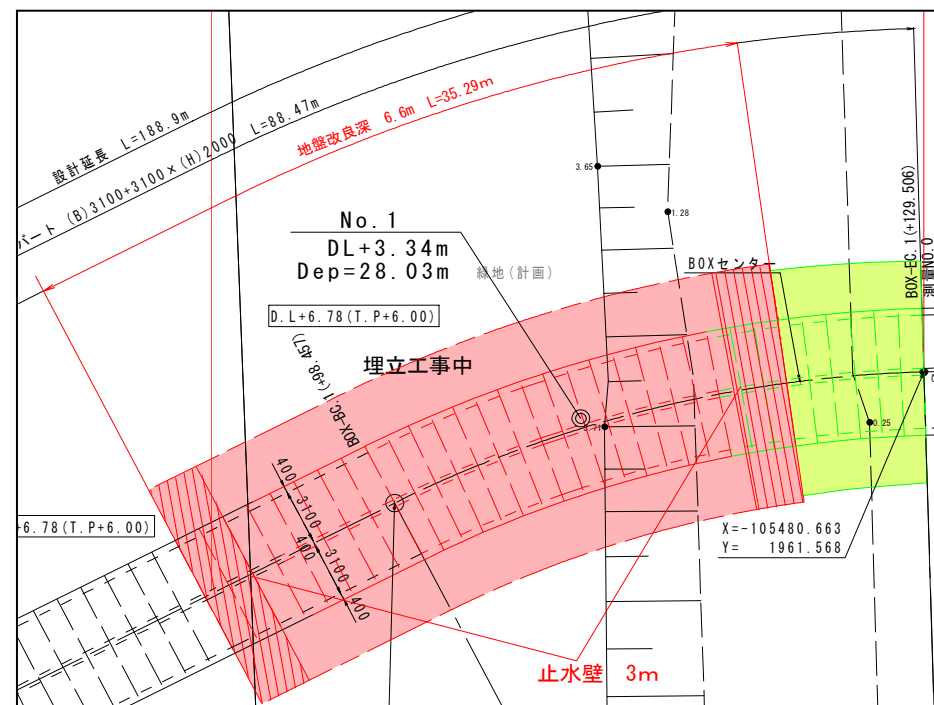


図9 平面図(変更後)

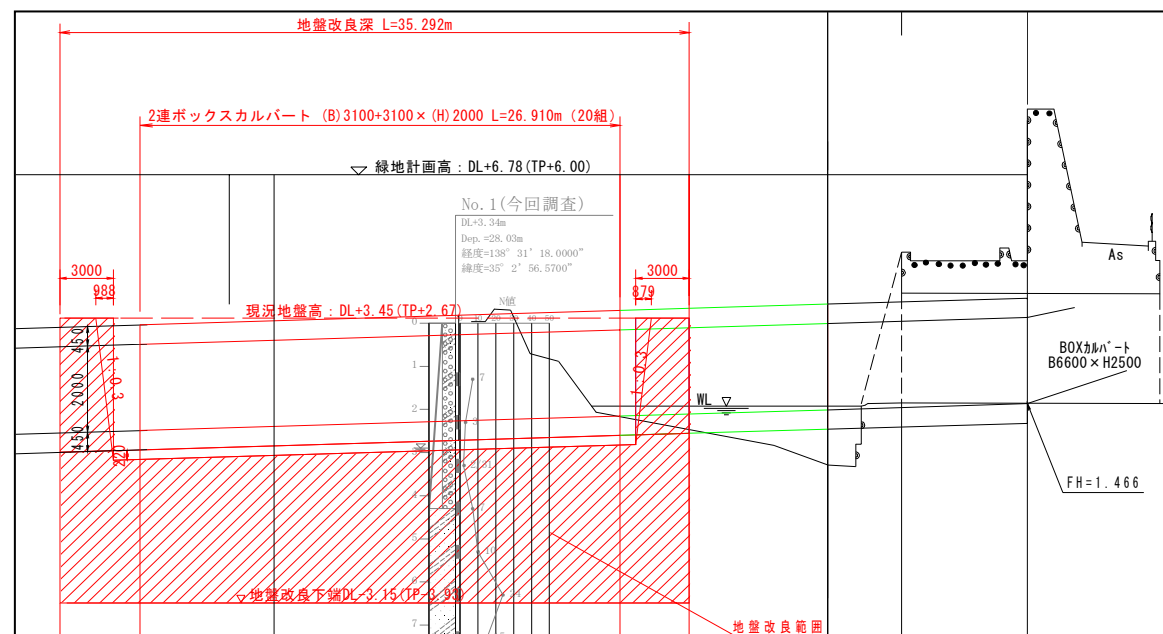


図10 縦断図(変更後)

(3) 結果

床掘中及び施工後の施工箇所をドライとすることができた。工事完了まで潮位の影響を受けることなく、全てドライな状態で施工することができた。



床付完了 潮位の影響無し



均しコンクリート打設完了 潮位の影響無し

問題点と対応策

2.地盤改良の工法について

(1) 問題点

本工事の地盤改良はパワーブレンダー工法をもとに設計されていた。地盤改良によりボックスカルバート直下を改良し、ボックスカルバート据付後の沈下が生じないようにするものであった。しかしながらパワーブレンダー工法の特長上、ボックスカルバートより下層を改良するために、ボックスカルバート据付箇所も地盤改良を行わなければならない、その後の床掘を想定すると、標準的なバックホウ掘削では施工が困難になる可能性があった。

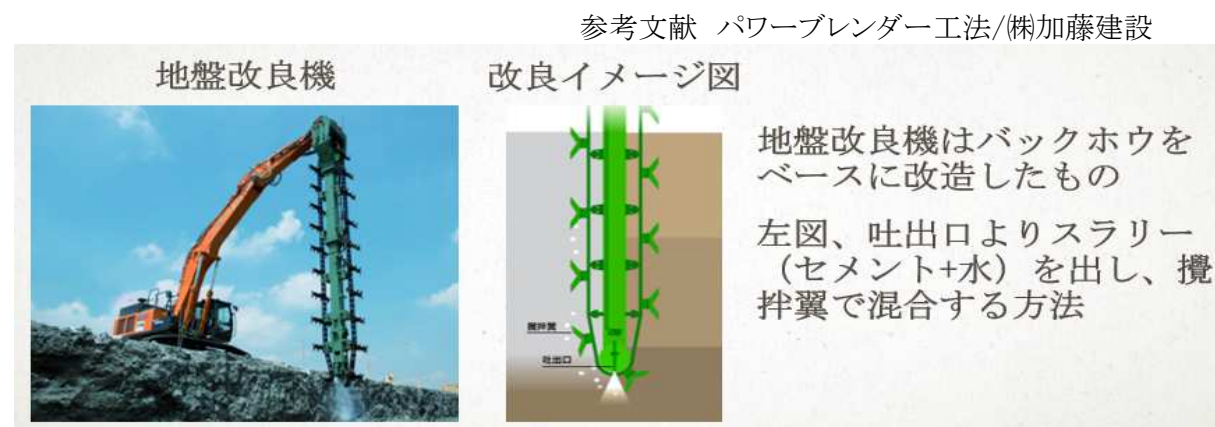


図11 パワーブレンダー工法の概要

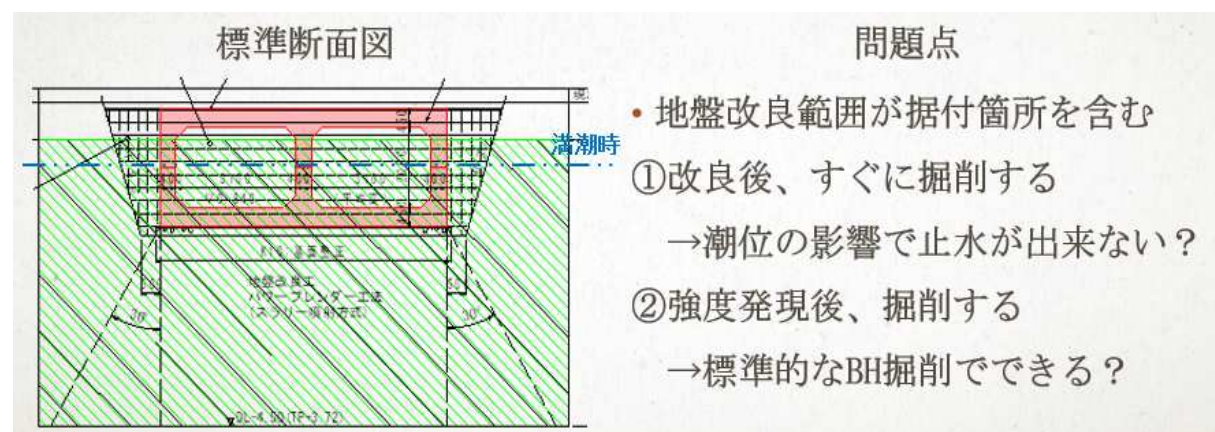


図12 パワーブレンダー工法の断面図及び問題点

対策として地盤改良強度発現前に掘削する方法や強度発現後にブレーカー併用による掘削も検討したが、次工程で床掘する箇所を地盤改良する必要が無いと考え、別の方法について検討することとした。

(2) 対応策

地盤改良の工法をパワーブレンダー工法からWILL工法に変更

WILL工法はパワーブレンダー工法と同じ、中層混合処理工法の1つ。パワーブレンダー工法と比較すると日当り施工量が少ないため、WILL工法の方が1m³当りの単価が高い。しかしながら、パワーブレンダー工法と異なり、空掘を行うことができ、これによりセメントを噴出せずに掘進し、必要深さから所定の深さまでを改良することができる工法である。



図13 WILL工法の概要

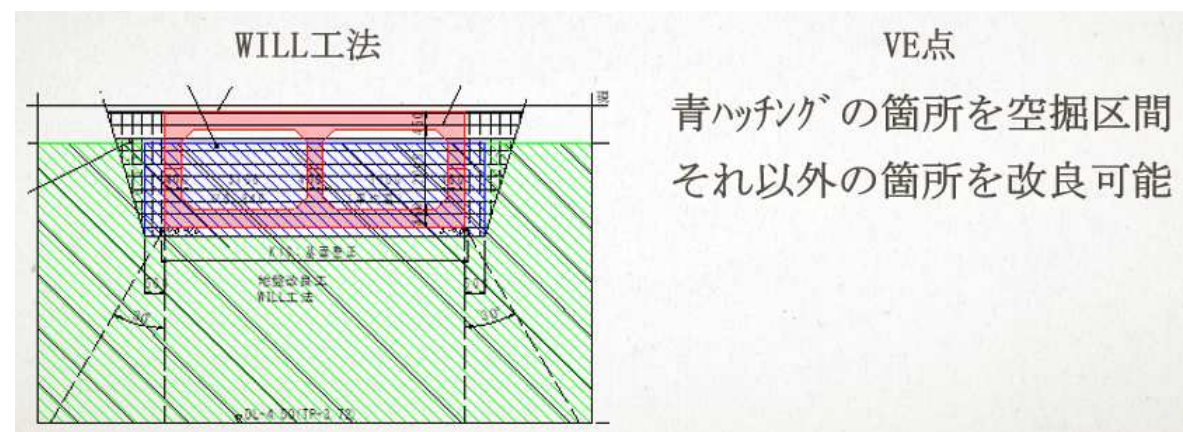


図14 WILL工法にて施工した場合の断面図

図14の断面図のとおり、WILL工法の場合は青色の箇所が空掘となるため、図12の全範囲を改良するパワーブレンダー工法と比較すると、空掘分だけ改良範囲が減る。この工法の採用することで、後に床掘する箇所を改良せずに必要な箇所のみを改良することができる。

問題点と対応策

2.地盤改良の工法について

(3) 工法変更に伴う金額の比較

①施工前の経済比較

施工前にパワーブレンダー工法とWILL工法にて経済比較を行った。内容については下記のとおりとなり、WILL工法の方が安く施工できることが想定された。

※パワーブレンダー工法をPB工法と省略して記載

| | | 施工費 | | | 固化材 | | | 合計 |
|--------------|------------|------------------|----------------|------------|-------------------|--------|------------|------------|
| | | 施工単価 | 改良体積 | 小計 | 添加量 | 単価 | 小計 | |
| | | 円/m ³ | m ³ | 円 | kg/m ³ | 円/t | 円 | |
| VE提案(WILL工法) | ①空掘部 | 2,145 | 964.525 | 2,068,906 | | | 0 | |
| | ②改良部 | 3,758 | 3126.575 | 11,749,669 | 120 | 14,100 | 5,607,575 | |
| | 合計 | | 4091.100 | 13,818,575 | | | 5,607,575 | 19,426,150 |
| 当初設計(PB工法) | 中層混合(全改良) | 3,030 | 4091.100 | 12,396,033 | 120 | 14,100 | 7,337,470 | 19,733,503 |
| | 差(WILL-PB) | | | 1,422,542 | | | -1,729,895 | -307,353 |

表1 施工前の経済比較

②施工後の経済比較

施工後のパワーブレンダー工法とWILL工法にて経済比較を行った。内容については下記のとおりとなる。当初想定よりも1m³当りのセメント添加量が大きく減ったため、WILL工法の方が高くなった。

| | | 施工費 | | | 固化材 | | | 合計 |
|--------------|------------|------------------|----------------|------------|-------------------|--------|-----------|------------|
| | | 施工単価 | 改良体積 | 小計 | 添加量 | 単価 | 小計 | |
| | | 円/m ³ | m ³ | 円 | kg/m ³ | 円/t | 円 | |
| VE提案(WILL工法) | ①空掘部 | 2,145 | 724.120 | 1,553,237 | | | 0 | |
| | ②改良部 | 3,758 | 2366.890 | 8,894,773 | 80 | 14,100 | 2,830,043 | |
| | 合計 | | 3091.010 | 10,448,010 | | | 2,830,043 | 13,278,053 |
| 当初設計(PB工法) | 中層混合(全改良) | 3,030 | 3091.010 | 9,365,760 | 80 | 14,100 | 3,695,859 | 13,061,619 |
| | 差(WILL-PB) | | | 1,082,250 | | | -865,816 | 216,434 |

表2 施工後の経済比較

(4) 結果

実際にWILL工法への変更協議をし施工を行った。地盤改良後に強度発現を確認してから、空掘箇所の掘削を行ったところ、当初設計のとおり標準的なバックホウ掘削にてスムーズに施工することができた。これにより、空掘箇所が改良されていた場合に発生する協議が不要となった。当初のパワーブレンダー工法で施工が進んでいた場合、ボックスカルバート据付箇所の掘削は、おそらく変更協議の対象となり、増額の変更となっていたことが想定される。その際の協議内容によっては、ボックスカルバート据付を減らす可能性もあり、事業全体の遅れが生じる可能性がある。結果として、空掘部は当初設計通りに床掘を行い施工することができ、WILL工法への変更は非常に良かったと言える。

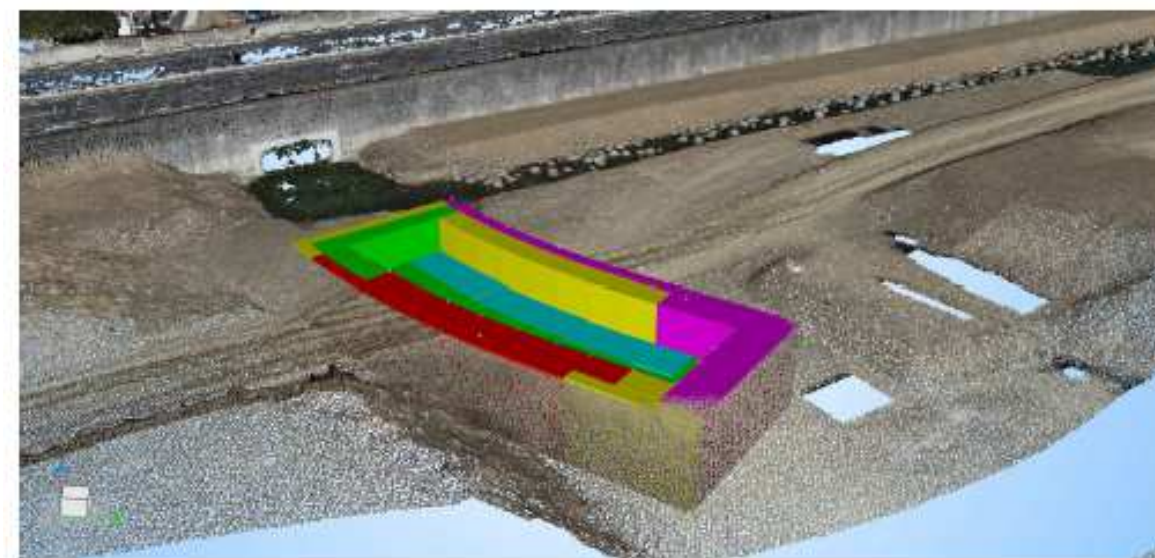


図15 地盤改良の3Dモデル全景

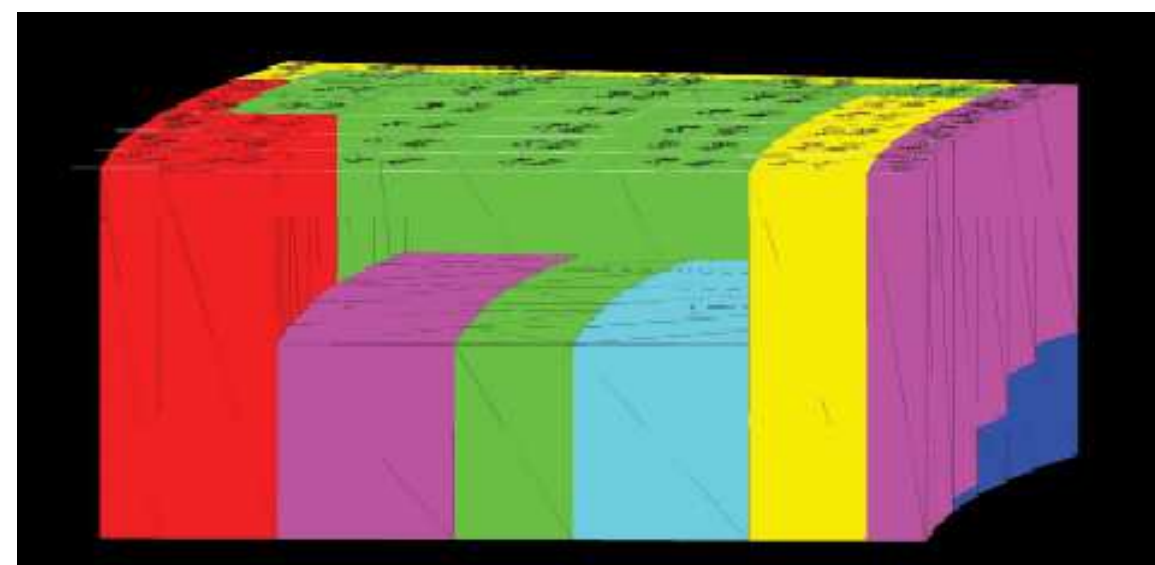


図16 地盤改良の3Dモデル断面

現場で実施した工夫

(1) ICTを活用した土工について

本工事の仮設道路工及び床掘形状は曲線区間が含まれているが、線形から面データを作成しICT施工を行ったことで、出来栄良く施工することができ、土工の精度向上及び丁張不要による省力化、加えて手元作業員不要による挟まれ巻き込まれ事故の発生予防につながった。



バックホウオペレーター用モニター



設計モデル 上;床掘 下;仮設道路

(2) 3Dプリンターにてボックスカルバートの模型の製作

本工事におけるボックスカルバートは2断面2分割の特殊なボックスカルバートである。関係者の共通認識を図るため、3Dプリンターにて模型を作成し受発注者及び下請業者との打ち合わせ資料として活用する。当社所有の3Dプリンターにて作成した1/50の模型により、2分割ボックスカルバートの施工方法など一目で確認することが可能となり、関係者の共通認識を図ることができた。



3D模型による打ち合わせ



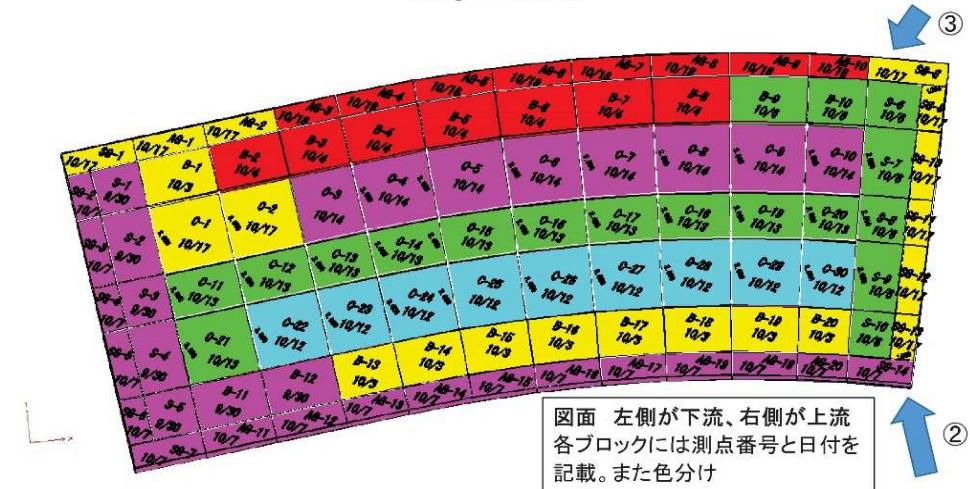
3D模型

(3) ICTを活用した地盤改良工について

地盤改良工は不可視部分となるため、施工した箇所が分かるようにICT施工を活用する。ICT活用工事を行うことで、ICT活用にご貢献することができた。また、本工事施工中に高止まりが発生したが、ICTにより3Dモデルとし協議することで受発注者間の共通認識の向上に繋がった。

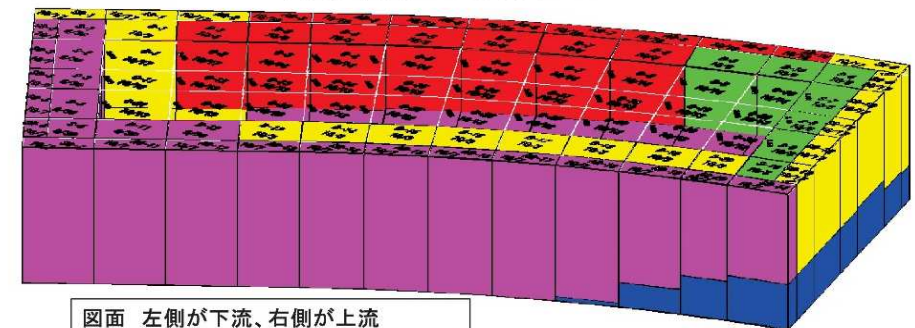
高止まり位置3Dモデル

図面① ブロック割図



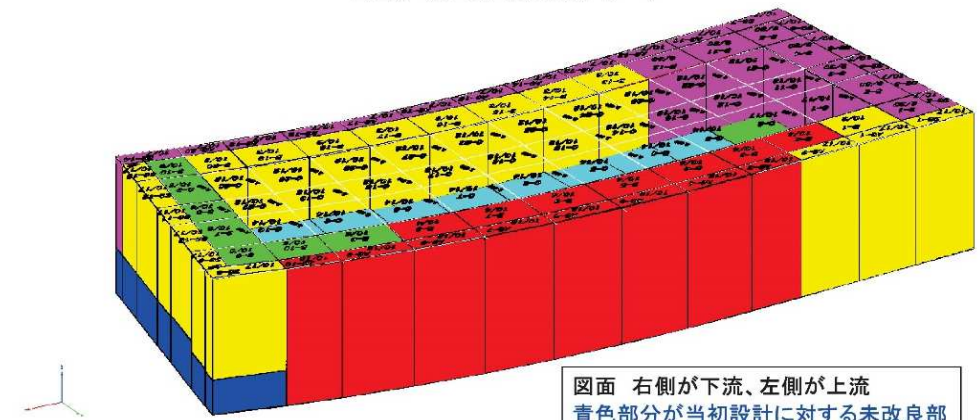
図面 左側が下流、右側が上流
各ブロックには測点番号と日付を記載。また色分け

図面② 矢印②から望む地中イメージ



図面 左側が下流、右側が上流
青色部分が当初設計に対する未改良部

図面③ 矢印③から望む地中イメージ



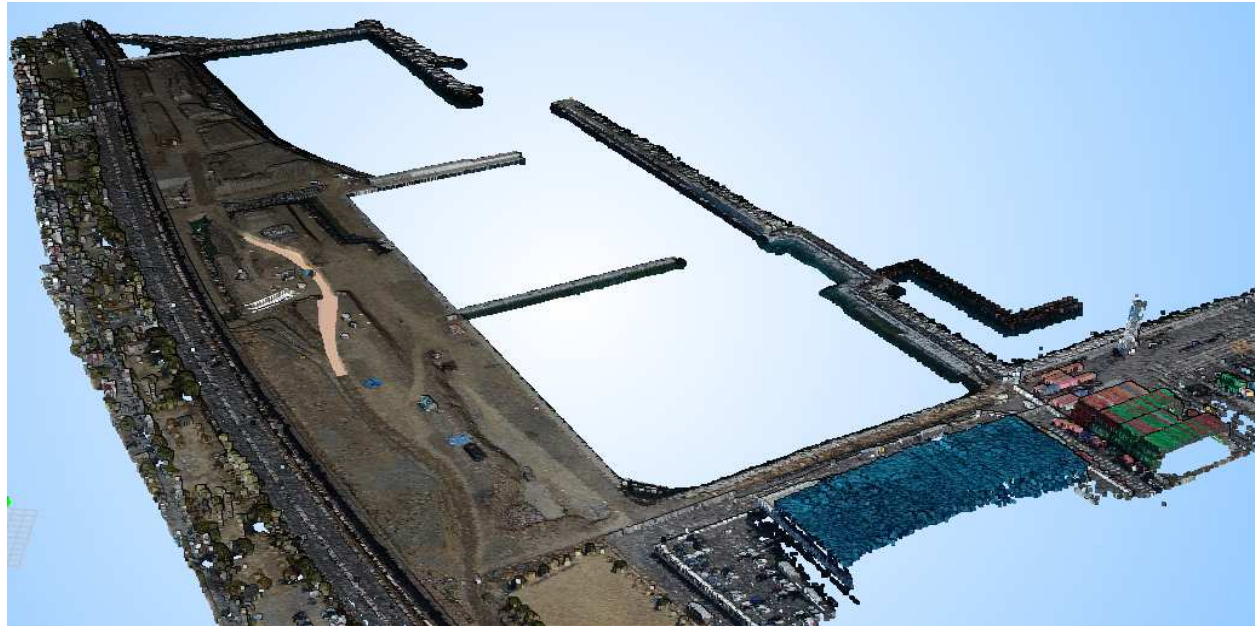
図面 右側が下流、左側が上流
青色部分が当初設計に対する未改良部

本工事協議書より抜粋(高止まりの協議)

現場で実施した工夫

(4) 工事完成時の施工箇所全域の点群データの提供

本工事の背後地は埋立て土砂搬入が進められている。また、今後もボックスカルバートの施工など工事の幅員が予想される。そこで、工事完了後に3Dスキャナーおよびドローンを用いて観測を行い点群化し、「VIRTUAL SHIZUOKA」にデータの提供を行う。点群データの提供により静岡のICTの推進に貢献できた。



点群データ 新興津全体

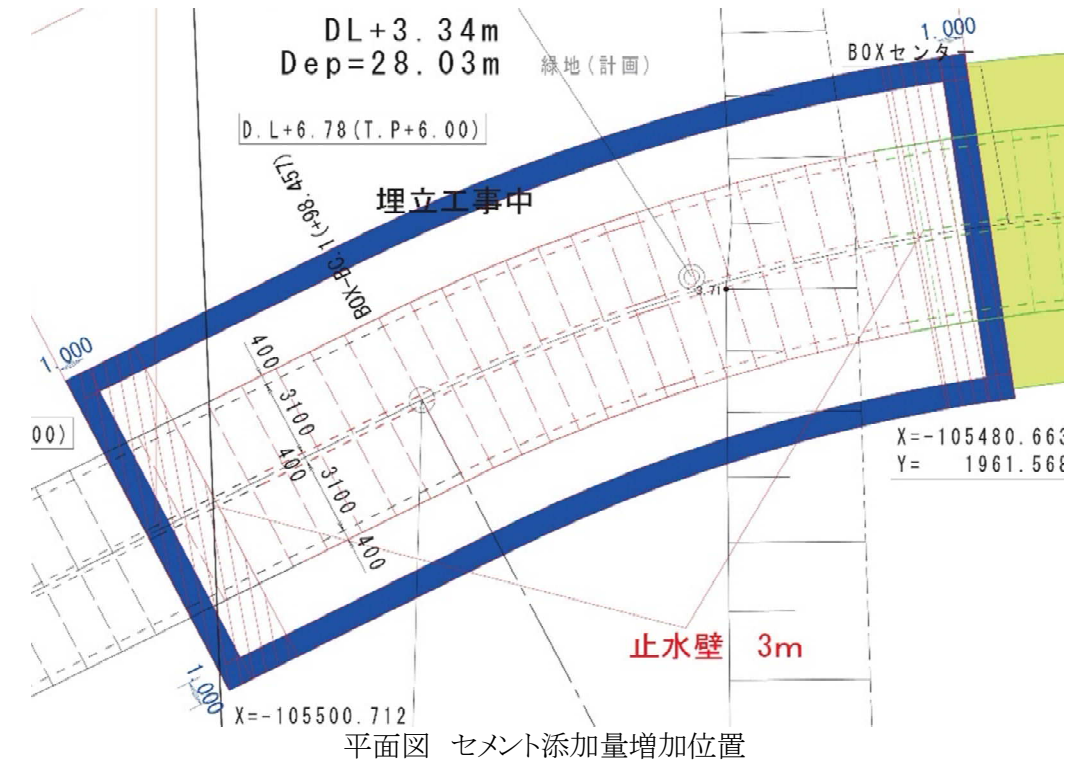


航空写真 新興津全体

(5) 地盤改良工(固結工)の止水性の向上

本工事は地盤改良工後に掘削を行い、その後、均しコンクリート打設、ボックスカルバートの据付を行う工事である。掘削後の床面は潮位の影響を受けるため、地盤改良における止水は必須であった。そこで地盤改良工(固結工)の止水性を向上させるため、改良範囲の端部より内側1mの範囲において、承諾にてセメント添加量を増やし、地盤改良を行う。

結果として、固結工が十分に効いていたため、潮位の影響は受けなかった。このことから床面及び均しコンクリートにおいても、気中での作業を行うことができ、品質向上につながった。



断面図(セメント添加量:青 100kg/m³、赤 80kg/m³)

室内配合試験の結果、必要なセメント添加量は1m³当り80kgとなったが、承諾にて1m³当り100kgとして、青色の箇所の施工を実施した。

現場で実施した工夫

(6) 地元小学生を対象とした稚魚放流体験の実施

浜田地区青少年育成推進委員会、清水漁業協同組合、(株)古川組静岡支店と当社含め共催で「稚魚放流体験」を開催する。(対象 清水浜田小学校5年生 25名)

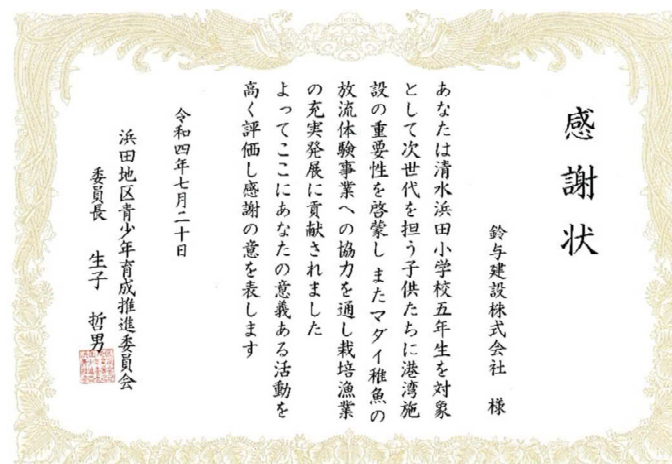
稚魚2000匹を準備し、参加した小学生に清水港の概要説明、港の整備、生息する魚の説明を行った。地元小学生に海に親しみをもって頂き、建設工事についても理解を深めて頂いた。



稚魚放流体験 実施状況



集合写真



感謝状

(7) 現場見学会の実施

建設現場のイメージアップや担い手確保に繋がるよう現場見学会の積極的な受入を行う。令和4年8月20日に親子見学会、令和4年12月1日に興津小学校の現場見学会を行った。地域とのコミュニケーションの向上、担い手の確保につながった。



親子見学会 工事概要説明



親子見学会 空中ドローン体験



親子見学会 水中ドローン体験



興津小学校 現場見学会 概要説明



興津小学校 現場見学会 液状化実験



興津小学校 現場見学会 寄贈品 サイコロカレンダー

おわりに

まずは本工事が無事故無災害にて終わることができ、発注者様、協力業者の皆様、諸先輩方のご指導・ご鞭撻・ご協力あつてのものだと思います。この場を借り、皆様に感謝・御礼申し上げます。

本工事は契約後、設計変更非常に時間を要したものの、設計が決まってからは順調に施工を進めることができました。特に地盤改良の工法変更については、今後の事業にも貢献できた内容だと思っています。今後も様々な工法、知識を身に付け、より良い施工方法を実施できるような技術者を目指し精進していきたいと思っています。