

# 浜松防潮堤工事における保護コンクリート区間の施工について

株式会社 林工組  
高橋 正也

## 1、はじめに

本工事は、平成23年に発生した東日本大震災による被害状況に鑑み、甚大な津波被害が予想される南海トラフ巨大地震に備え、天竜川河口から浜名湖今切口までの17.5kmにかけて防潮堤を整備する事業の中の一つの工事である。  
基本構造は堤体をセメント(C)+砂(S)+岩石質材料(G)を混ぜたCSG堤体を中央部に配置し、その両側をCSG堤体の保護のため、盛土またはコンクリートで保護する構造体の工事であり、平成25年度より本格的に開始した本工事は全て盛土でCSG堤体を保護していたが、本工事では初のコンクリートにおけるCSG堤体の保護区間であり、施工方法、品質、工程、安全管理すべての提案が求められ、様々な提案、試験施工を繰り返し、施工方法を確立し、無事故で完成した工事である。

## 2、工事概要

- 工事名 : 平成27年度[第27-K5601-01号]  
浜松市沿岸域津波対策施設等整備事業(海岸)工事(舞阪工区本体施工その1)
- 工事箇所 : 浜松市 西区 馬郡町 地先
- 工期 : 平成27年12月22日 ~ 平成29年12月16日
- 発注者 : 静岡県浜松土木事務所 沿岸整備課
- 受注者 : 林工・植松鈴木・伊藤 特定建設工事共同事業体
- 工事内容 : 施工延長 1,650m  
掘削工 154,400m<sup>3</sup>  
盛土工 127,800m<sup>3</sup>  
地盤改良工 1式  
CSG工 195,400m<sup>3</sup>  
保護コンクリート工 5,721m<sup>3</sup>

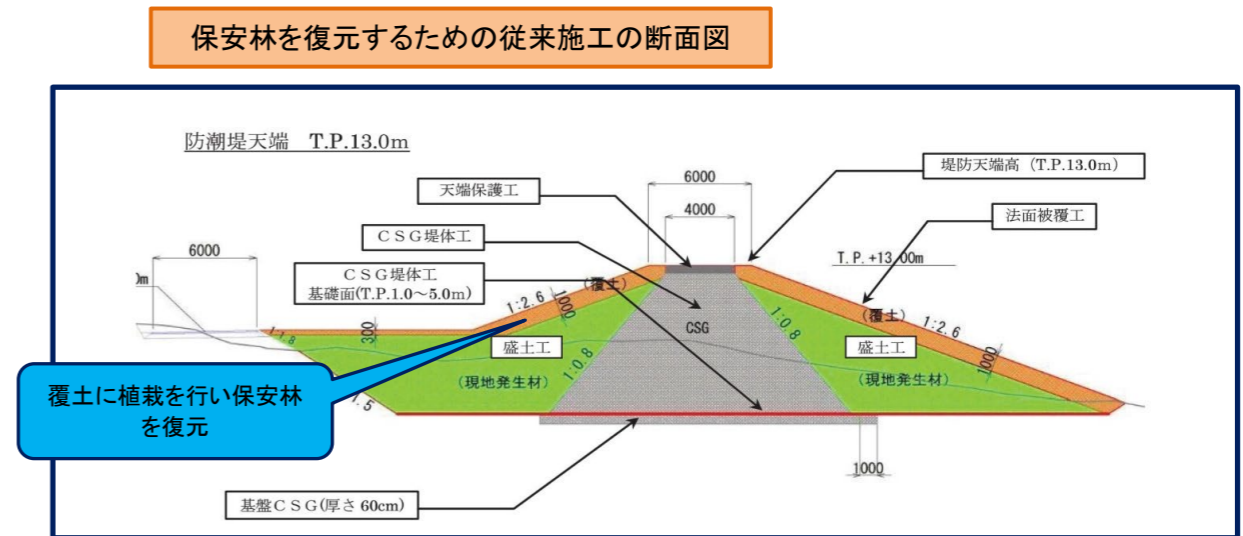
## 工事位置図



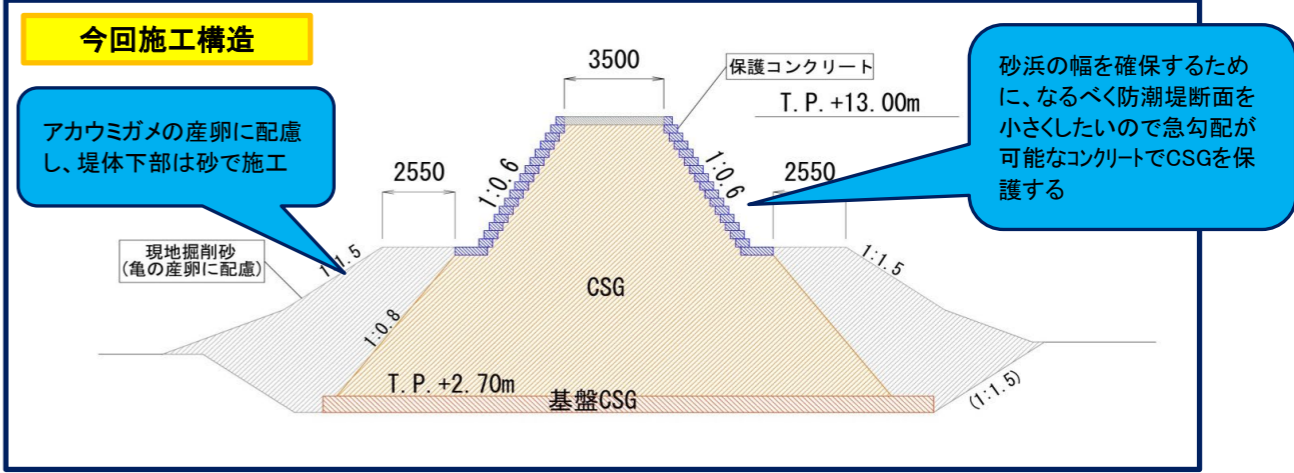
## 工事平面図



## 工事断面図



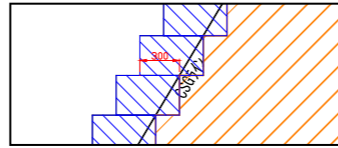
既設農林堤、保安林が無く、海からバイパスまでが全て砂であり、なるべく砂浜の幅を確保したい断面



### 3、問題点及び施工条件等

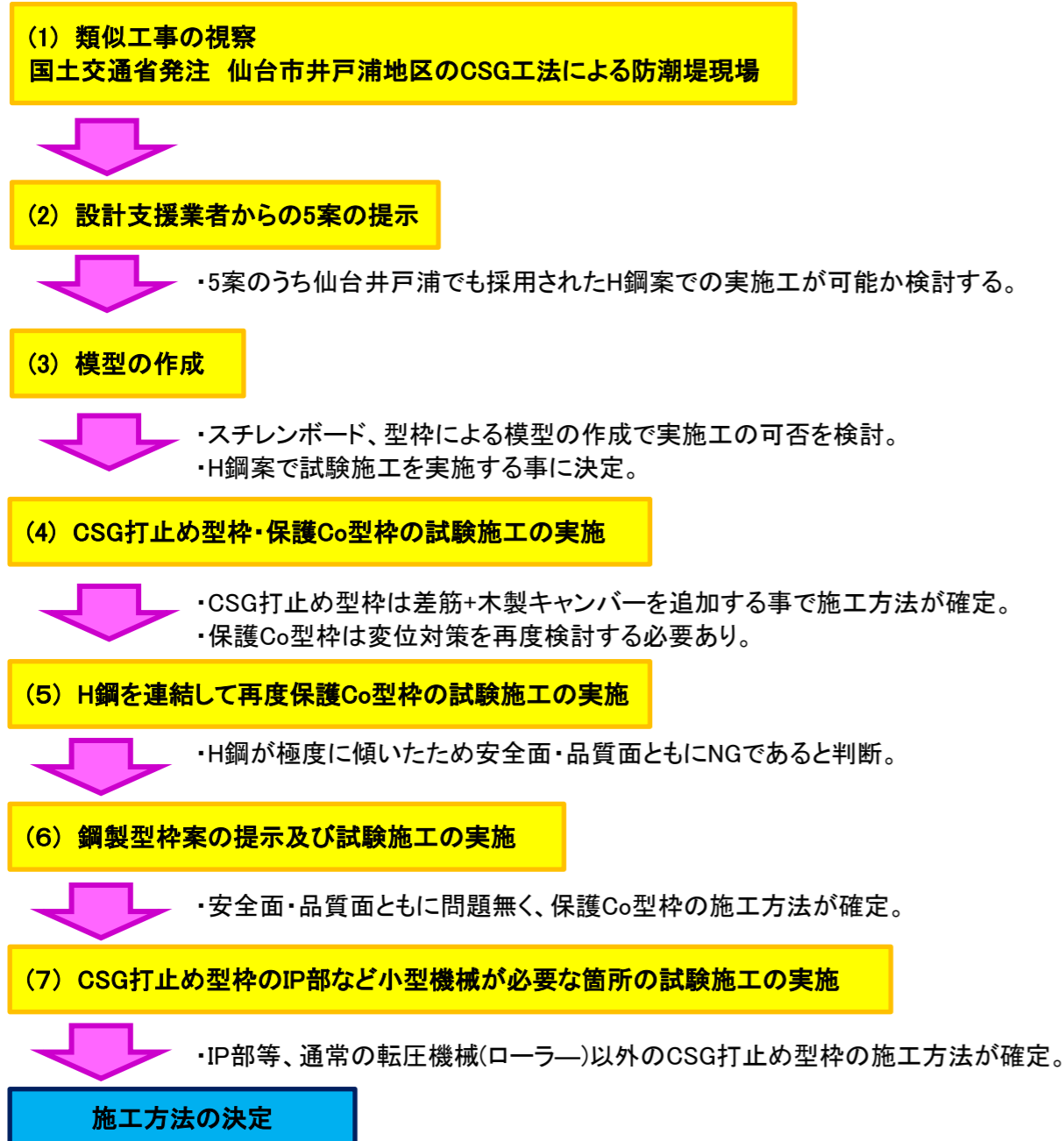
現場開始に先立ち下記の問題点、施工条件があった。

- ① 既設農林堤が無く、海からバイパスまでが全て砂浜であり、アカウミガメの産卵地域である。
- ② アカウミガメの産卵地域をなるべく広く残すため、防潮堤の構造をなるべく小さくする必要があり、CSG保護を在来の盛土保護からコンクリート保護にし、急勾配での構造を可能にし、全体構造を小さくした設計になっていたが、浜松防潮堤において施工実績がなかった。
- ③ CSGの連続施工が可能である施工方法を検討しなければいけなかった。
- ④ CSGと保護コンクリートまでの距離を最低30cm確保しなければいけなかった。
- ⑤ 堤体の主構造であるCSGが特殊工法であり、施工方法全てにおいて外部団体の承認が必要であった。



### 4、施工方法決定の流れ

問題点、施工条件をもとに下記のフローチャートにて施工方法を確立していった。



・施工方法決定の流れについてフローチャートの1つずつ詳細説明を記載する。

#### 4-(1) 類似工事の視察の詳細

国土交通省発注仙台市井戸浦地区のCSG工法による防潮堤現場  
浜松防潮堤との相違点

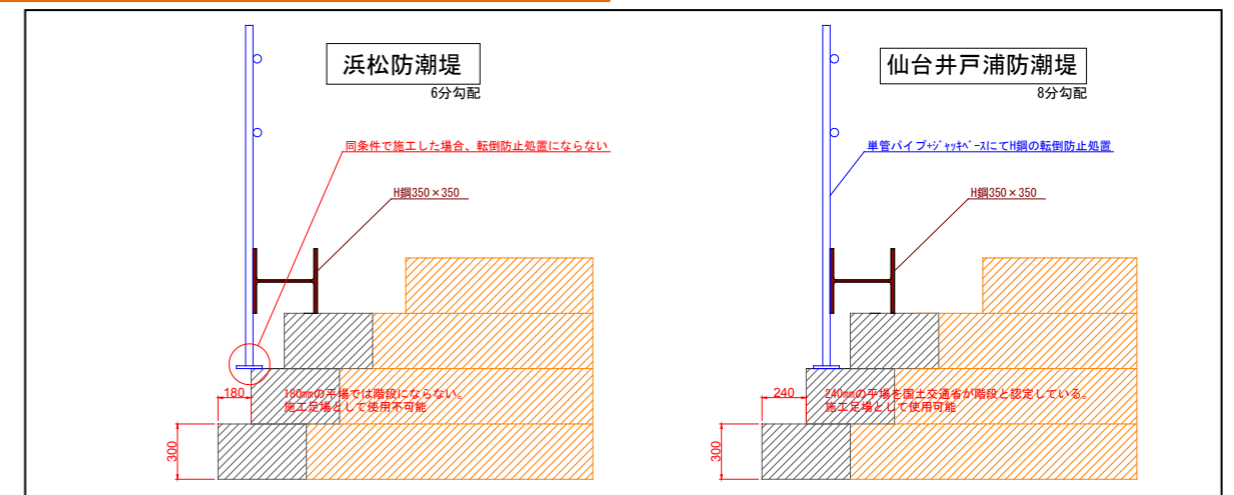
- ・保護コンクリートの勾配が浜松が6分なのに対して仙台は8分であった。  
1層高さ300mmは同じであるため、1段の平場が浜松が180mmに対して仙台は240mmであった。
- ・浜松はCSGの両側が保護コンクリートであるのに対して仙台は片側が保護コンクリートであり、もう片側は盛土による保護であり、施工性が仙台の方が優れていた。

#### 仙台井戸浦の保護Co型枠

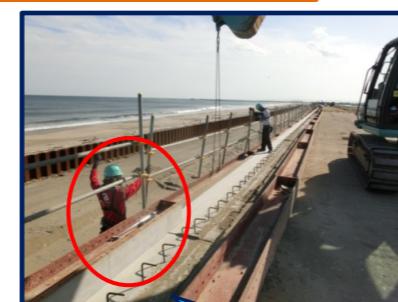


仙台は8分勾配のため、H鋼の70%程度が保護コンクリートの上に乗る重心が保護コンクリートの上にくるため、ほとんど安定していた。浜松は50%程度であるため、同じ方法の場合ではH鋼が転げ落ちる可能性が大きかった。

#### 仙台井戸浦防潮堤の施工を浜松防潮堤に適用した場合



#### 仙台井戸浦防潮堤の施工状況

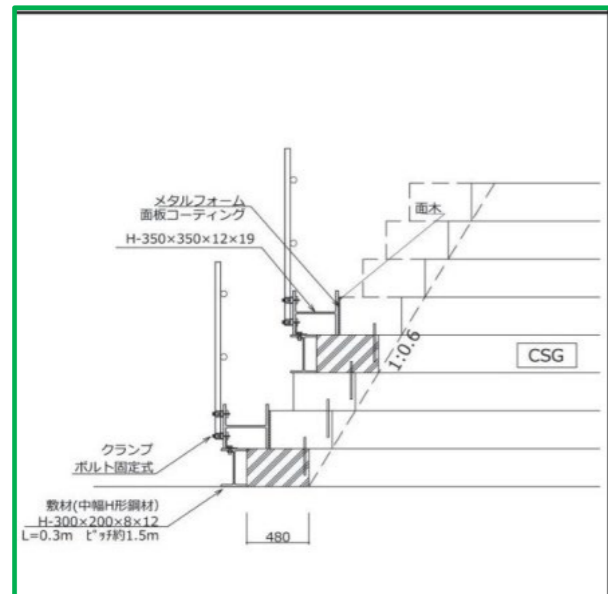
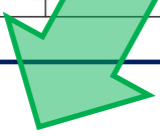


外側からの施工が可能

仙台はCSGの勾配が8分であり、保護コンクリート1段の外側の平場が240mmあり、階段としての機能も兼ねていたため、外側からの施工が可能であり、安全面及び施工性で優れていた。浜松の場合は平場が180mmであり、外側からの施工が出来ないため、打ち側からだけの施工方法を検討する必要があった。

4-(2) 設計支援業者からの5案の提示の詳細

提示された5案					
CSG 保護コンクリート型枠の工法比較					
平成28年3月28日					
略図	工法No1	工法No2	工法No3	工法No4	工法No5
工法の概要	型枠形式:メタルフォーム 型枠材の固定:フォームタイ・セバ・溶接による CSG型枠としての転用:不可	型枠形式:メタルフォーム 型枠材の固定:H型钢による H型钢の固定:支保材・キャッチクランプによる CSG型枠としての転用:可能も手間多	型枠形式:メタルフォーム 型枠材の固定:H型钢による H型钢の固定:中幅H型钢材による CSG型枠としての転用:可能	型枠形式:メタルフォーム 型枠材の固定:支保材による CSG型枠としての転用:不可	型枠形式:メタルフォーム 型枠材の固定:H型钢による H型钢の固定:ブラケット型加工品による CSG型枠としての転用:可能
材料調達	材料はごく一般的な型枠材であるため、調達は容易である	材料調達 H型钢の固定具は一般的な型枠材であるため、調達は容易である	材料調達 H型钢の固定具の加工が必要である	材料調達 材料はごく一般的な型枠材であるため、調達は容易である	材料調達 H型钢の固定具およびメタルフォームの加工が必要である
施工性	施工速さ 各リフトごとに型枠の建込み・溶接・固めの行程が伴い、やや時間を要する	施工速さ 型枠移動はクレーンにて施工が可能であり、セッティングに時間を要さない	施工速さ 型枠移動はクレーンにて施工が可能であり、セッティングに時間を要さない	施工速さ 各リフトごとに型枠の建込み・固めを必要とするが、溶接の必要がなくあまり時間を要さない	施工速さ 型枠移動はクレーンにて施工が可能であり、セッティングに時間を要さない
コスト面	材料費 材料はごく一般的な型枠材であるため、安価である	材料費 H型钢の固定具・メタルフォームの加工費が必要である ただし施工初期に作成すれば、繰り返し使用が可能である。	材料費 H型钢の固定具・メタルフォームの加工費が必要である ただし施工初期に作成すれば、繰り返し使用が可能である。	材料費 材料はごく一般的な型枠材であるため、安価である	材料費 H型钢の固定具・メタルフォームの加工費が必要である ただし施工初期に作成すれば、繰り返し使用が可能である。
安全性	※1 脱型、Pコン処理等作業の多い少ないはあるが、法面作業が発生する。これにかかる安全設備コストは大きくなる可能性を有する	※2 →あと工期工区への転用が可能となればなおコスト削減につながる	※3 ⇒CSG止め型枠と共用できるためコスト削減につながる	※1	※1 ※2 ※3
安全性	メタルフォームを採用することで、法面作業の頻度は減少するが、法面作業を無くすことはできないため足場ほかの安全設備の設置が必要と考える	設置時、妻側において設置補助の作業が発生するが、法面作業はほとんど発生しないため安全性に優れている ジャッキ等の脚部(脚部)の摩擦抵抗にH型钢・打設するコンクリートの重量をかける形となるため転倒に對する検討が必要	設置時、妻側において設置補助の作業が発生するが、法面作業はほとんど発生しないため安全性に優れている (妻側の作業時は安全帯使用)	メタルフォームを採用することで、法面作業の頻度は減少するが、法面作業を無くすことはできないため足場ほかの安全設備の設置が必要と考える	ブラケット受け台設置時およびブラケット取付時に法面付近の作業が発生する(上部からの覗き込み作業) H型钢設置時は妻側のみ設置補助作業が発生する ブラケットの取り付け位置・方法を考慮すれば比較的安全である



工法No.3の採用理由

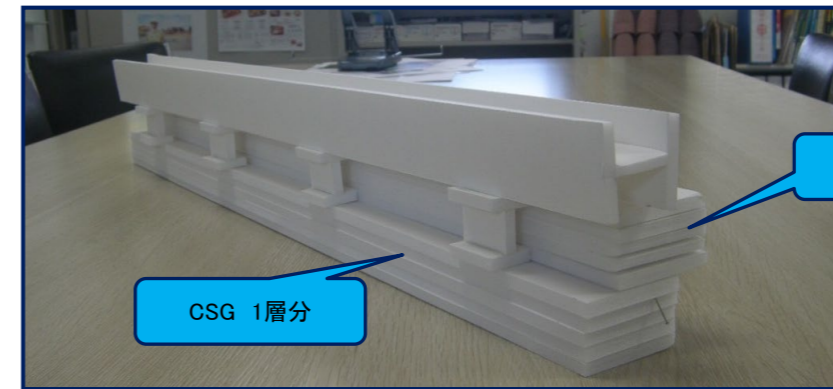
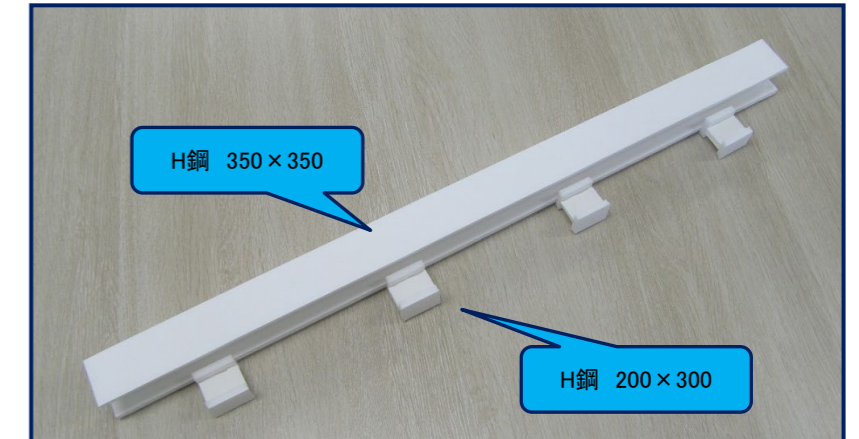
- 施工性** 型枠移動はクレーンにて施工が可能であり、セッティングに時間を要さない。
- コスト** 材料費、加工費はかかるが、施工量が多く、繰り返しの施工が可能である。
- 安全性** 型枠内側からだけの施工が可能であり、安全である。

上記より、工法No.3で検討を開始する。

4-(3) 模型の作成の詳細

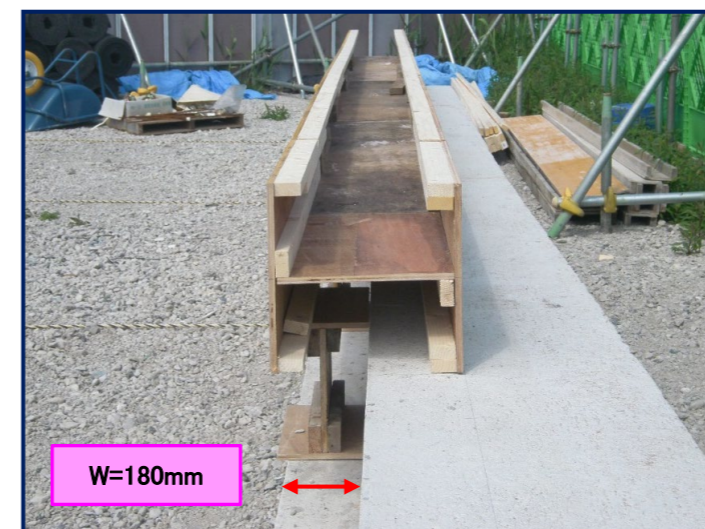
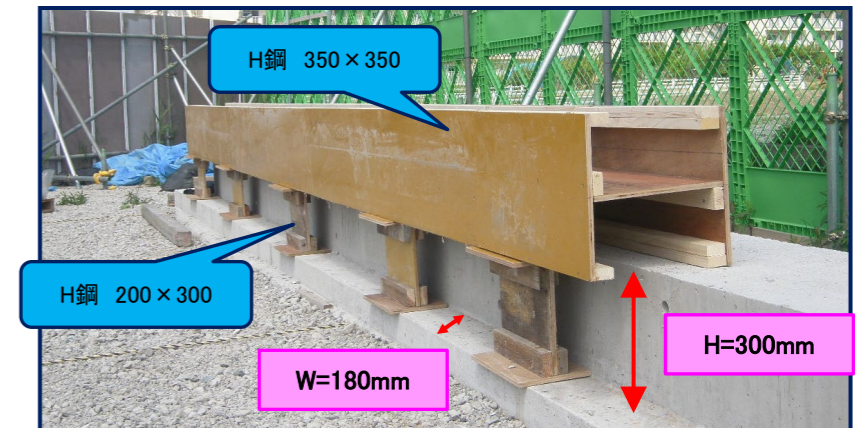
STEP1 スチレンボードによる模型

スチレンボードによる模型を作成し、実物のイメージがわくようにした。



STEP2 型枠材による模型

実際の2層分のコンクリートを打設し、その上に型枠材で模型を作製し、実施工が可能かどうかを判断した。



型枠材による模型をコンクリートの上に設置した結果、安定していたため、試験施工で試す事にした。

H鋼案で試験施工をすることに決定

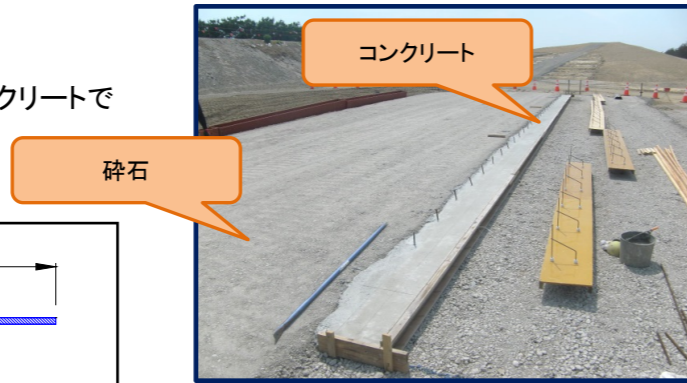
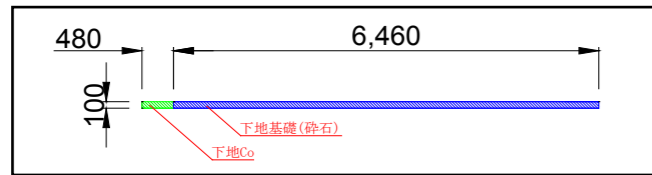
4-(4) CSG打止め型枠・保護Co型枠の試験施工の実施の詳細

CSGを施工する型枠と保護コンクリートを施工する型枠は兼用できないため、まずはCSGを施工するためのCSG打止め型枠の試験施工を実施した。

CSG打止め型枠試験施工フローチャート

① 基盤整正

・1層目の施工を可能にするように砕石とコンクリートで基盤を整正する。



② 1層目CSG打止め型枠据付及び1層目CSG打設

- ・コンクリートにCSG打止め型枠の設置位置の墨出しを行う。
- ・CSG打止め型枠を0.4m3BH(クレーン付)にて所定の位置に据付ける。
- ・据付後、がたつきが無い事を確認し、ガタツキがある場合は、キャンバーにてガタツキを無くす。
- ・据付完了後、コンクリートに変位測定用のマーキングを設置する。
- ・定められたCSGの施工方法で1層目のCSGを打設する。
- ・転圧完了後、湿潤密度及びCSG打止め型枠の変位を計測する。湿潤密度はCSG打止め型枠と近接している箇所と離れた箇所を測定し、数値の差で判断する。



③ 1層目保護コンクリート打設

- ・1層目のCSGの保護コンクリートを打設する。
- ・保護コンクリートの施工方法が定まっていないため通常の型枠で施工する。



④ 2層目CSG打止め型枠据付及び2層目CSG打設

- ・1層目同様に施工及び計測を実施する。



CSG打止め型枠試験施工結果

CSG試験施工結果一覧表

-CSG打止め型枠変位測定-		ポイントA				ポイントB				ポイントC				
	打設前	1層目敷均し後	2層目敷均し後	無振動2回転圧後	打設後	差(2層目敷均し後-打設後)	差(打設前-打設後)	打設前	1層目敷均し後	2層目敷均し後	無振動2回転圧後	打設後	差(2層目敷均し後-打設後)	差(打設前-打設後)
1層目	200	200	200	199	194	6	6	200	200	200	200	192	8	8
2層目	200	192	185	183	176	9	24	200	195	190	189	179	11	21

-CSG湿潤密度測定-		ポイントA		ポイントB		ポイントC		平均	
層目	測定箇所	No.	値	No.	値	No.	値	差	平均
1層目	H鋼近接箇所	No.1	2.203	No.2	2.156	No.3	2.172		2.177
		No.4	2.222	No.5	2.173	No.6	2.211		2.202
	通常箇所	差	0.019	差	0.017	差	0.039	差	0.025
		平均							
2層目	H鋼近接箇所	No.1	2.152	No.2	2.152	No.3	2.205		2.157
		No.6	2.196	No.7	2.168	No.8	2.147		2.176
	通常箇所	差	0.044	差	0.016	差	0.048	差	0.005
		平均							

《CSG打止め型枠の変位について》

- ・最大24mmの変位を計測した。
- ・変位が大きい箇所はCSGの端部がH鋼から外れている箇所が発生しているため、H鋼の範囲内でCSGを施工すれば大きな変位は発生しない事が解った。

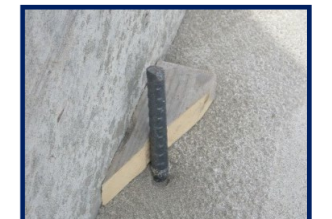
《湿潤密度について》

- ・H鋼近接部及びH鋼から離れた箇所を比較してもH鋼近接部の密度が低くなる事がなかったため、施工の品質は問題ないと判断できる。

《統括》

- ・湿潤密度の数値を見てもH鋼が多少変動しても品質に影響が出ない事が解ったが、保護コンクリートの上下一体化及びCSG打止め型枠の変位防止を目的に差筋(D13)を3.0mピッチに施工する事とする。また鉄筋とH鋼の間にくさびを設置する。

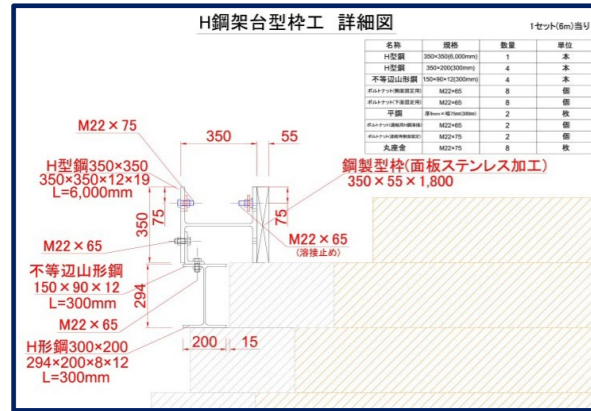
CSG打止め型枠は、H鋼設置およびH鋼の背面に差筋+キャンバーの施工で決定とした。



CSG打止め型枠の施工方法が前述で決定したため、保護コンクリート型枠の施工方法について試験施工を行う。保護コンクリート型枠の試験施工はCSG打止め型枠の2層目で実施する。

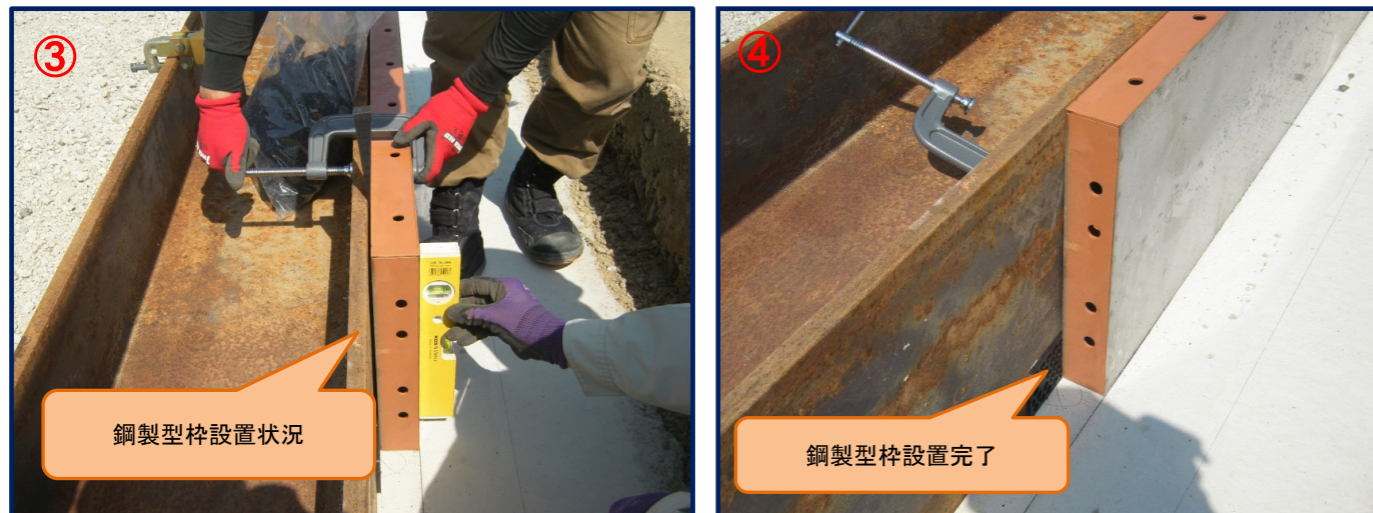
保護コンクリート型枠試験施工フローチャート

① 設計支援業者からの5案及び模型作成より決定した形状の詳細部材・寸法の決定



② 保護コンクリート打設

- 鋼製型枠の前面の設置位置の墨出しを行う。
- 保護コンクリート型枠のH鋼を0.4m3BH(クレーン付)にて所定の位置に据付ける。
- H鋼同士を隙間なく設置する事は困難であるため、H鋼と鋼製型枠を分解し、スペーサー、キャンバーで位置、傾きを調整しながら墨に合わせて設置する。
- コンクリート打設前、打設中、打設後と型枠の変位を計測する。



・最大21mmの変位を計測

鋼製型枠の脱型

型枠の変位によるジャンカ発生

コンクリート打設時による側圧により型枠の変位が原因で品質を満足するコンクリート打設が出来なかった。

対策が必要と判断。

4-(5) H鋼を連結して再度保護Co型枠の試験施工の実施の詳細



H鋼が極度に傾いたため安全面・品質面ともにNGであると判断。他案の検討に移行する。

4-(6) 鋼製型枠の提示及び試験施工の実施の詳細

H鋼を使用しての保護Co型枠の試験施工が失敗したため、他案の提示及び試験施工を実施する。

一般的な型枠



木製型枠を使用すると単管や栈木等が大量に必要となり、外側からの作業が主となる

◀検討結果▶

外側からの作業となり足場等が必要となるため、安全面でNGである。  
日当り施工が片面100m、両面で200mの施工量が可能でないといけなため、施工性としてNGである。

鋼製型枠の型枠



◀検討結果▶

鋼製型枠の剛性を利用することにより、単管などの材料設置の手間が省略できる。  
材料が少なく、重量も軽く施工性が良い。  
鋼製型枠を用いての施工方法で検討する。

鋼製型枠による試験施工の実施



◀試験施工の結果▶

- 下部Coに900mmピッチで差筋を設置し、上下2段のセパを差筋に溶接する。
- 生Coを打設しても鋼製型枠の変位が見られないため、セパ設置のピッチを妥当と判断した。
- 外側に出る作業がないため安全面においても問題ないと判断した。

保護Co型枠は鋼製型枠+セパの溶接で決定とした。

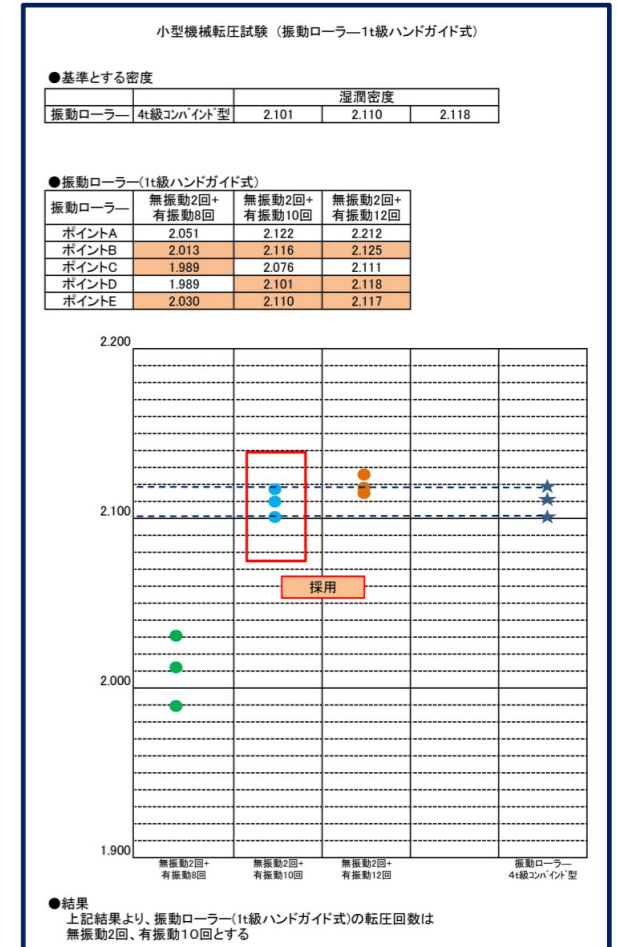
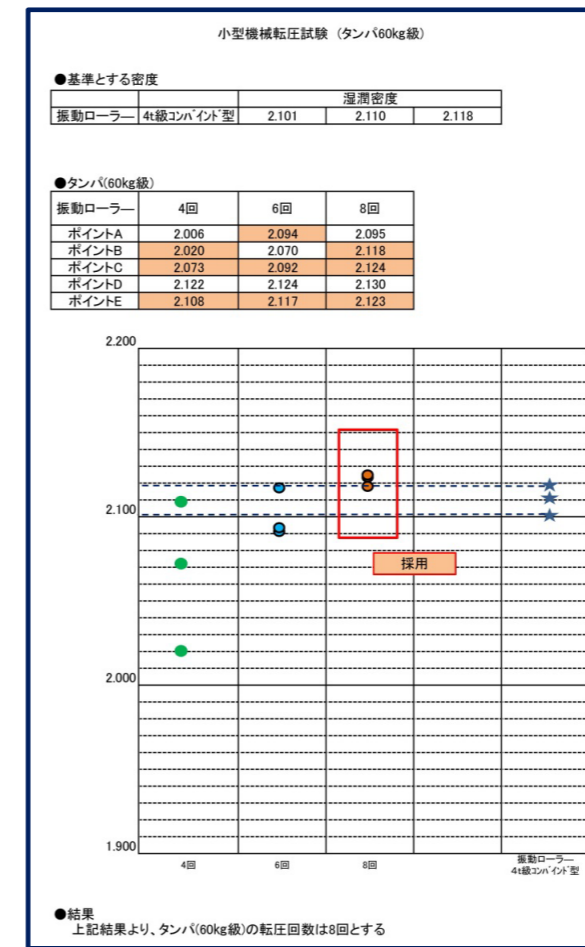
4-(7) CSG打止め型枠のIP部など小型機械が必要な箇所の試験施工の実施の詳細

詳細な検討として、IP部等の折れ点においてCSGの打設に使用する4tローラーが施工不可能な箇所において、小型機械で品質が確保できるか試験施工を実施する。

◀ タンパ 60kg級 ▶



◀ 振動ローラー 1t級ハンドガイド式 ▶



上記より

タンパ(60kg級)の転圧回数は8回  
振動ローラー(1t級ハンドガイド式)の転圧回数は無振動2回、有振動10回とする

以上ですべての施工方法が以上で決定した

## 5. 施工方法

### CSGの施工

- ・CSGの打止め型枠としてH鋼を使用する。
- ・H鋼は6m/本を基本とし、調整材として、1m、2m、3mをそれぞれ用意する。
- ・H鋼の設置は移動式クレーン仕様バックホウ(0.25m3級)で設置する。
- ・H鋼同士はボルトにて連結する。



H鋼設置状況

ボルト連結状況

H鋼設置完了

- ・試験施工よりH鋼の滑動がみられたため、下層保護Coに@3.0mで差筋(D13)を配置し、H鋼と差筋との間に木製キャンバーを設置する事によって滑動が発生しないようにする。



@3.0m

H鋼設置状況

木製キャンバー

木製キャンバー

- ・打設前清掃としてバイパスへの粉塵を配慮し吸引が可能な清掃車で清掃を行う。



路面清掃車 真空還流式路面清掃車HA75mini

バイパスと隣接しているので粉塵を発生させない環境対策

- ・セメントペースト敷設前に区割り、目地の明示及び打継目の湿潤状態の確保を行う。



区割り・目地の明示

散水状況

- ・セメントペーストは現場の進行に合わせて常にフレッシュな状態を保つため、車上プラント型とし、現場の進行に合わせて製造・散布を行う。
- ・セメントペーストの配合は、C:W=1:0.6とし、配合管理は比重にて確認する。



車上型プラント

配合管理:比重測定

- ・H鋼端部までセメントペーストがしっかりと敷設できるようにまた、H鋼にペーストが張り付かないようにコンパネにて当て板をして敷設する。



H鋼端部敷設状況

H鋼端部敷設状況

- ・CSGの敷均し・転圧は盛土区間と同様に行う。
- ・進入路及びダンプ同士の離合が不可能であるため、CSG搬入ペースが盛土部と比べて格段と落ちるため、セメントペースト及びCSGの乾きに留意しながら施工する。



CSG敷均し・セメントペースト敷設状況

CSG敷均し・噴霧状況

CSG転圧状況

- ・CSG転圧完了箇所からブルーシートにて養生を行う。
- ・作業の流れからシート養生が不可能な場合は、散水車にて随時CSG面が乾かないように散水養生を実施する。



ブルーシート状況

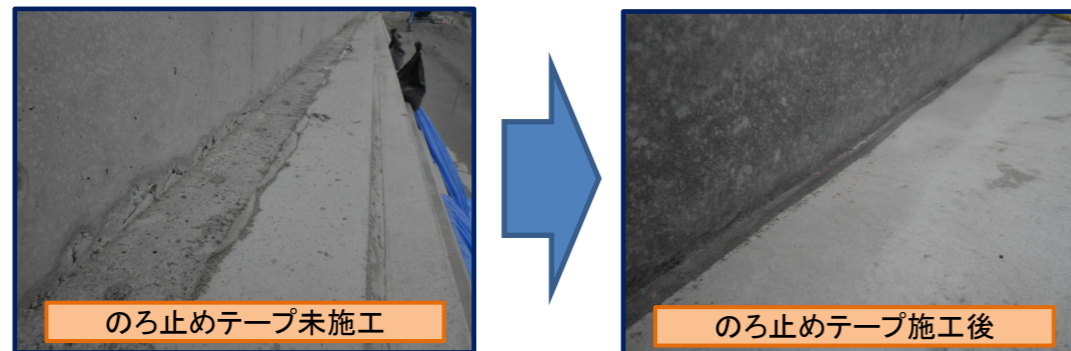
散水養生

## 保護コンクリートの施工

- ・型枠材として鋼製型枠(1800mm×350mm×72mm)を使用する。
- ・型枠材は5枚/セットの場合、吊り上げ時の型枠の反りが大きいため、3枚/セットを基本とする。
- ・型枠は脱型・組立を同じ箇所で実施するものとし、下層から上層に脱型・組立を基本とする。
- ・型枠の脱型は移動式クレーン仕様バックホウ(0.15m3級)で設置する。
- ・脱型した鋼製型枠は研磨機にて打設面を清掃する。



- ・型枠組立前にコンクリート打設時のノロの発生を抑えるため、ノロ止めテープを設置する。
- ・ノロが出ない事によって型枠脱型後の研り作業が無くなり、安全面及び見栄えが向上する。



- ・型枠の組立は移動式クレーン仕様バックホウ(0.15m3級)で設置する。
- ・鋼製型枠(3枚/セット)同士はボルトにて接続する。高所作業時はCSG側からの施工とする。



- ・鋼製型枠にPコン、セパを取り付ける。Pコンは軸が無いPコンを使用し、ボルト接続とする。軸が無いPコンを使用する事によって脱形時に軸が型枠に引っかからないように考慮した。軸有りの場合は、型枠を外す時にバールや手で型枠を煽ったりするが、軸無しの場合はボルトを外す事だけで型枠の脱型が可能になりや型枠の脱型がスムーズかつ安全な施工となる。



- ・型枠は通りを確認しながらセパと差筋を溶接する。



- ・目地として40mに1箇所、瀝青質系目地材を設置し、10mに1箇所縦面木(マグネット型)及びコンクリート打設翌日にコンクリート上面にカッターで2cm切り込みを入れる。
- ・天端の面取りにはマグネット面木を使用する。





- ・コンクリート打設前にCSGや下層のコンクリートの緩んだ骨材粒、品質の悪いコンクリート、雑物などを除去する。
- ・鋼製型枠の剥離剤に水性剥離剤、フォームリリースFA-100(NETIS:KT-100064-VE)を使用する。海岸であり、アカウミガメ、コアジサシ等の生態に影響を及ぼさない環境に十分配慮する必要があるため、一般的な油性剥離剤ではなく、生分解性が高い水性剥離剤を使用する。



水性剥離剤を使用し、海岸動物に影響を与えない環境対策

- ・コンクリート打設前に打継目箇所のコンクリート・CSGに十分吸水する。
- ・コンクリートの打込み高さは保護コンクリート1層の30cmとし、パイプレーターに下端から30cmの箇所にテープでマーキングを行い、締固め深さの確認を行う。
- ・締固め完了後、鋼製型枠及びH鋼の差筋を施す。
- ・差筋は切断面が錆びやすいため、防錆剤、スーパーサビコン(NETIS:QS-160012-A)を使用する。塗布方法は完全に鉄筋を防錆剤で塗膜するため、防錆剤の液体の中に鉄筋を漬け込んで完全に塗膜する。
- ・コンクリート打継面のレイタンスの除去は一般的に高圧水による水洗いであるが、現場がバイパスに近接しており、水洗いによるバイパスへの影響を避けるためコンクリート打継面処理剤、ジョイントエースJA-10(NETIS:KT-010204-VE)を使用する。打継面処理剤は木鍍仕上げ完了後に散布する。



- ・コンクリートの養生方法は養生マットで検討した場合、差筋、型枠、手摺、H鋼等との干渉及び工程的な面から長期的に養生マット、散水養生等が困難であるため、膜養生を選択する。
- ・金鍍仕上げ完了後、表面に水分の光沢がみられなくなった時、打継部以外に被膜養生剤、エムキュアリング(NETIS:KT-160044-A)を使用する。

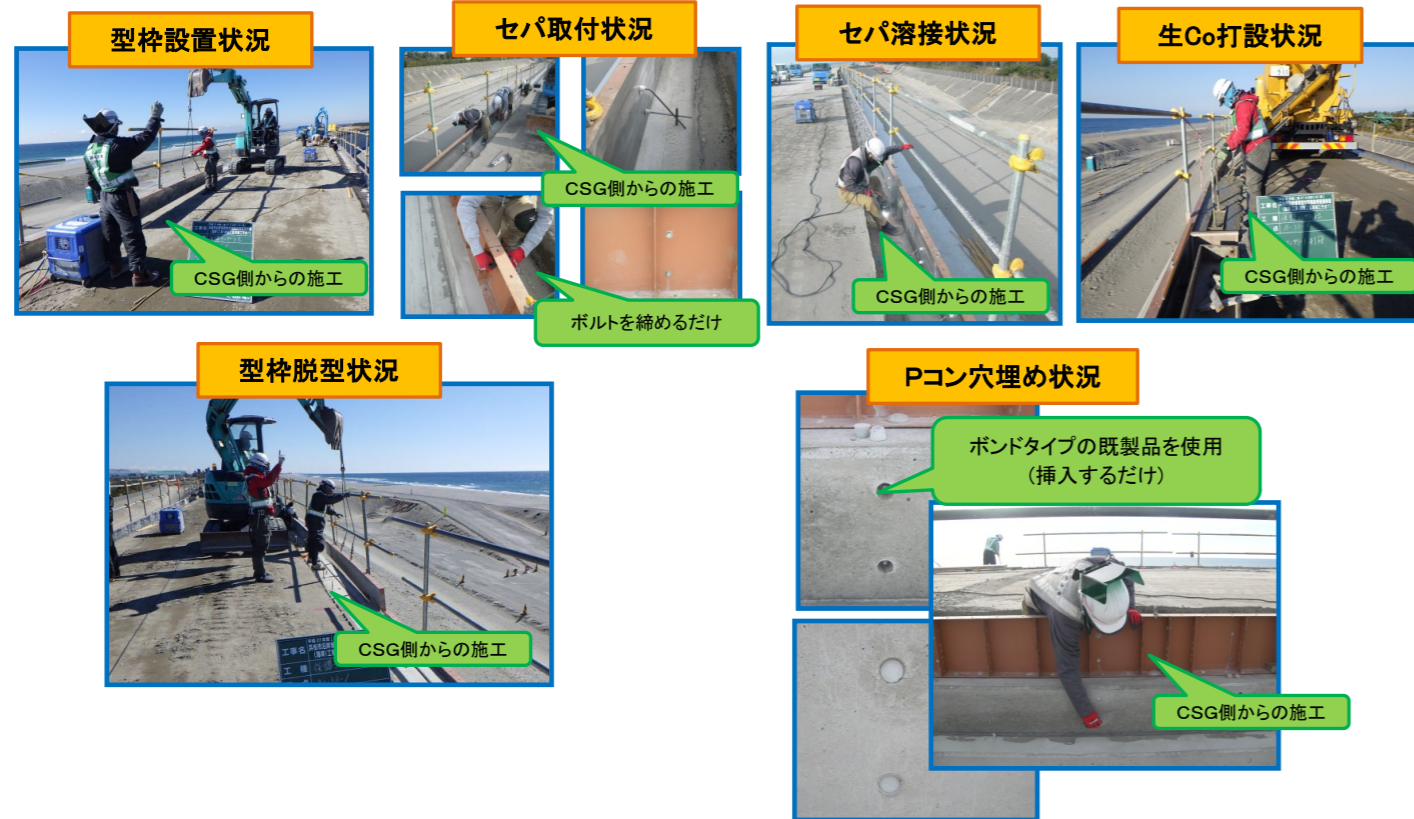


- ・型枠の取り外しはコンクリート標準示方書より圧縮強度3.5N/mm<sup>2</sup>以上で取り外す事とする。脱型強度の確認は月1回脱型強度用の圧縮強度試験を実施し、確認する。
- ・脱型後Pコンの穴埋めには高所作業時のCSG外側からの施工を避けるため、CSG側からでも施工可能な製品のPコン穴埋め剤を使用する。

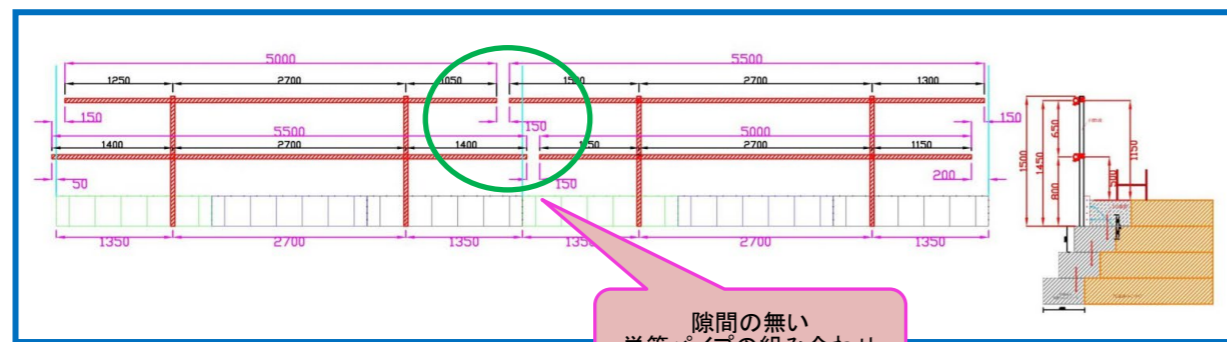


## 6、安全管理

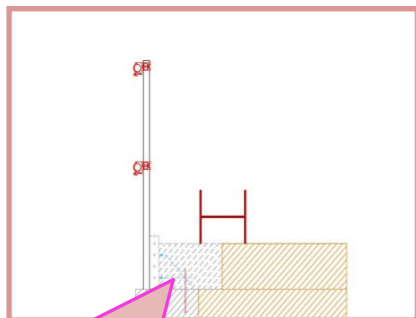
保護コンクリートの施工は高所であるため、施工方法の様々な工夫で全て内側(CSG側)からの作業での施工を可能にした。



保護コンクリートに手摺を設置し、施工性と安全性を向上させた。



隙間の無い  
単管パイプの組み合わせ



隙間組み合わせ状況



手摺設置状況

コンクリートの壁圧0.72t/m<sup>2</sup>。  
生Coを打設しても型枠が崩壊する事がないので人がよさりかかっても問題無い

## 7、まとめ

浜松防潮堤工事において初のCSG保護をコンクリートで施工する区間であり、施工方法が確立するまでに非常に長い期間を要したが、発注者、関係者と綿密な打ち合わせを何回も繰り返した結果、品質、工程、安全において満足な提案をする事ができ、最終的に2年間と長い工事期間であったが、無事故で工事を完了することが出来た。

新しい工法に取り組む時に様々な壁や難題にぶつかったが、経験豊富な協力会社の皆様や、共に工事を進めた監督皆の知恵を振り絞って、今回の施工方法の提案をまとめあげることができた。

最後に今回の工事に関わったすべての皆様に心より感謝を申し上げます。  
また今回の経験をもとにさらなる技術、品質の向上に努めていきたいと思っております。



防潮堤完成(終点側より起点側)



防潮堤完成(中央付近)