

# 海上の大規模“鋼管矢板基礎” 仮締切り（トラス支保工）の設計施工

-国道45号 気仙沼湾横断橋小々汐地区下部工工事-



完成予想図



## 目次



### I. 工事概要

### II. 工事の特徴 および 原設計の課題

### III. 仮締切り計画の 設計変更提案

### IV. トラス支保工 仮締切りの設計

### V. 施工実績

- 井筒内掘削
- トラス支保工一括架設
- 間詰めコンクリート（水中）

### VI. 今後の課題

### VII. ドライアップ後の施工



気仙沼市観光キャラクター  
「海の子 ホヤほーや」

# I. 工事概要 (1) 工事諸元および橋梁全体図



発注者 国土交通省 東北地方整備局

工期 2015年04月06日～2018年03月30日 (36ヵ月)

**延期予定** 2018年秋頃 P12橋脚完成



## ■CONCEPT

気仙沼と言えば『**フカヒレ** = サメ』  
ということで『J』の部分**をサメ**のシル  
エットで作成。

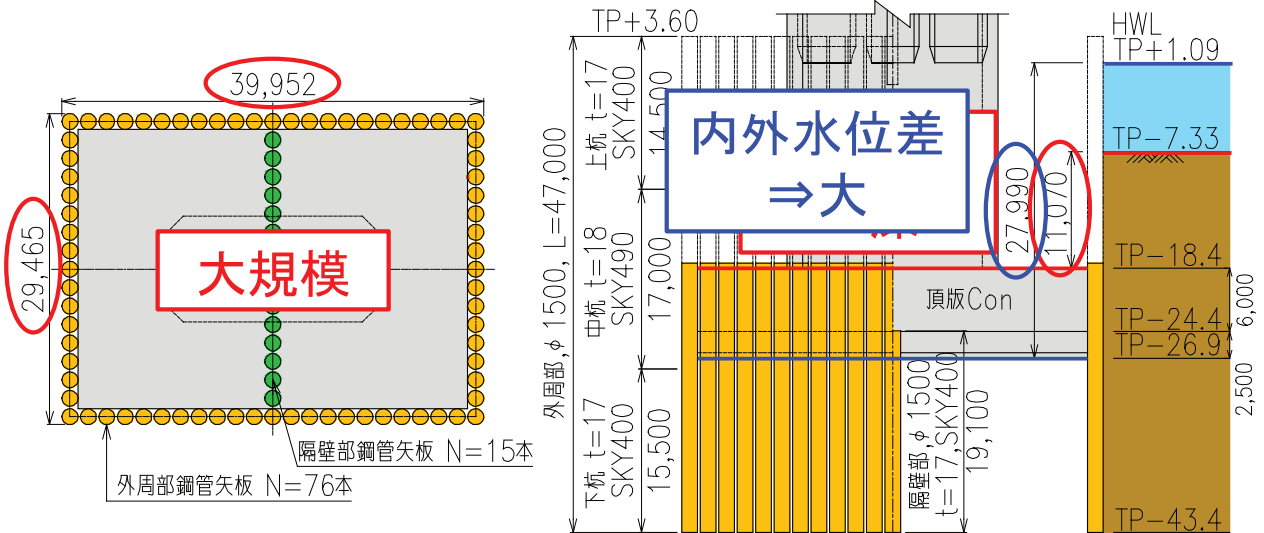
また、『V』の部分は『気仙沼 =  
**海のまち**』ということで**海と波をモ  
チーフ**して作成。

全体では海からサメが飛び出すイ  
メージで作成することで、『**気仙沼  
が復興して、再び大きく飛び  
上がる**』という想いを込めました。

# I. 工事概要 (2) P12橋脚構造



- ◆ 構造：鋼管矢板井筒基礎（隔壁あり），平面寸法：約30m × 40m
- ◆ 鋼管矢板直径：φ 1500mm
  - 外周部（76本）：L=47.0m, t=17・18mm, SKY400・490
  - 隔壁部（15本）：L=45.5m, t=17mm, SKY400



# II. 工事の特徴および原設計の課題



- ◆ P12橋脚（海上部，部分工期：2018年3月末までに橋脚躯体完成）  
仮締切支保工構造図（原設計）

**品質：長期耐久性確保**

**支保工と躯体が干渉**

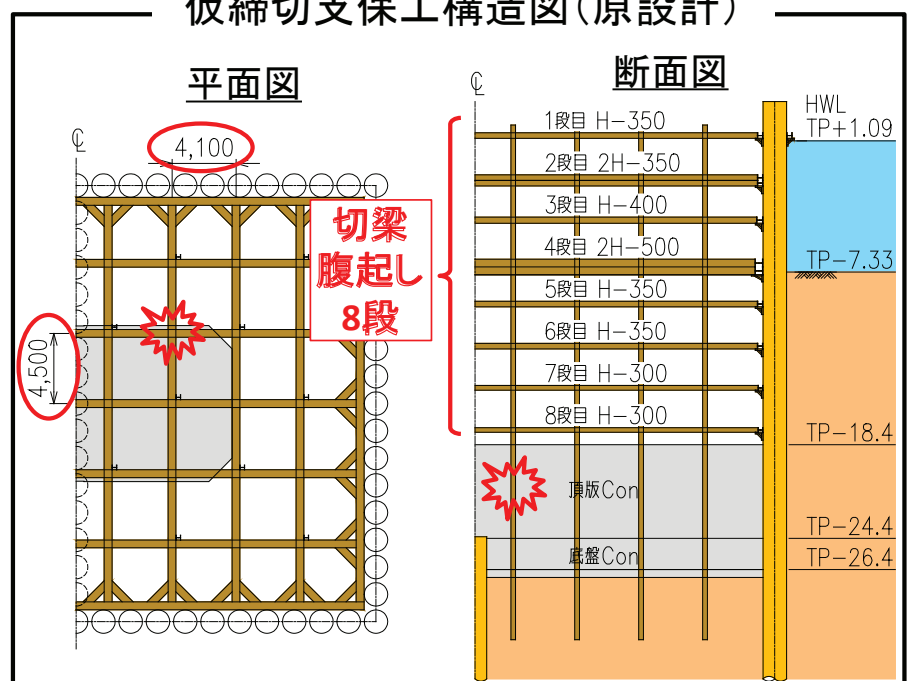
⇒ 開口部 **品質上の問題** の  
充填性低下

⇒ 断面補修部が耐久性  
上の弱点（リスク）

**工程：工程逼迫**

**開口：狭い，段数：多い**

⇒ 井筒内 **工程上の問題** の構築  
作業の効率低下



# Ⅲ.仮締切り計画の設計変更提案



◆P12橋脚(海上部, 部分工期:2018年3月末までに橋脚躯体完成)

## 品質: 長期耐久性確保

- ① 開口寸法の大型化
  - ② 中間杭の省略
- ⇒支保工と躯体の干渉問題が解決可能

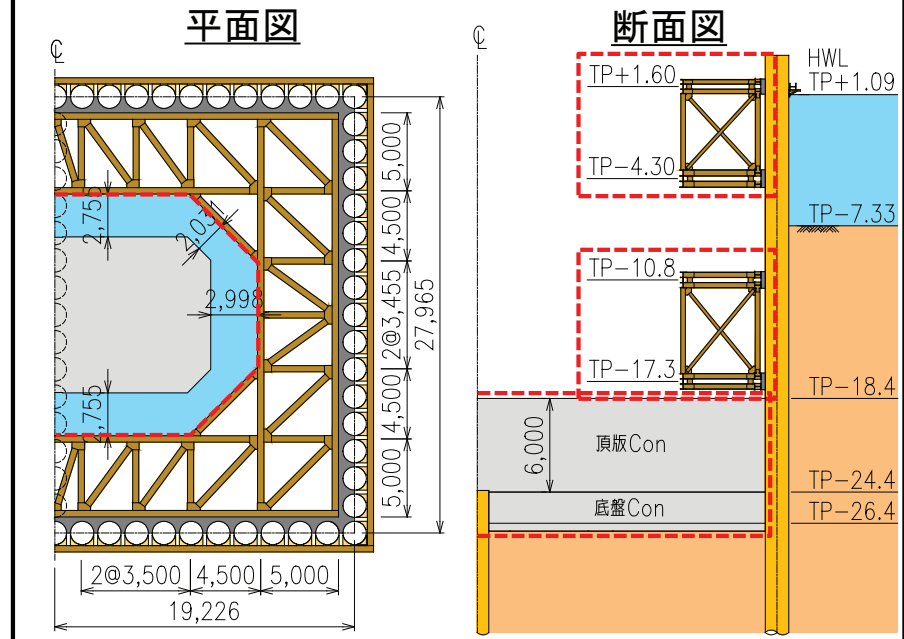
**品質向上**

## 工程: 工程逼迫

- ① 開口寸法の大型化
  - ② 支保工の一括架設
- ⇒作業効率改善

**工程短縮**

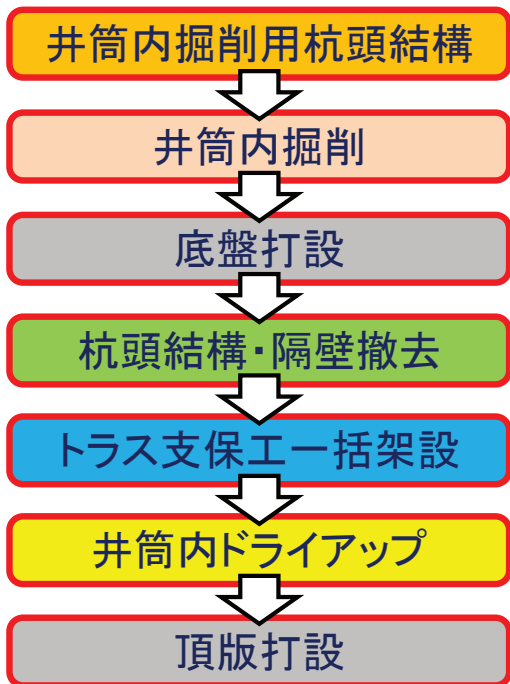
## ◆トラス支保工構造図(変更提案)



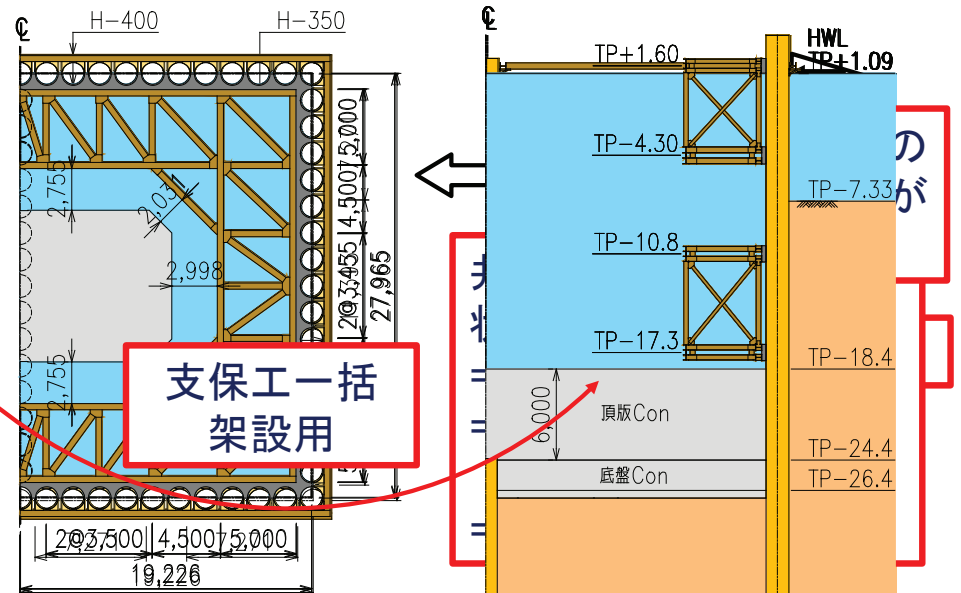
# Ⅲ.仮締切り計画の設計変更提案



◆支保工構造の変更に伴う施工ステップの変更



トラス架設構造(腹起し・大火打ち構造)  
 ⇒井筒内井筒内掘削時の鋼管矢板壁安定用





# Ⅲ. 仮締切り計画の設計変更提案



## 起重機船による一括架設

1,600t吊全旋回式  
起重機船

トラス支保工

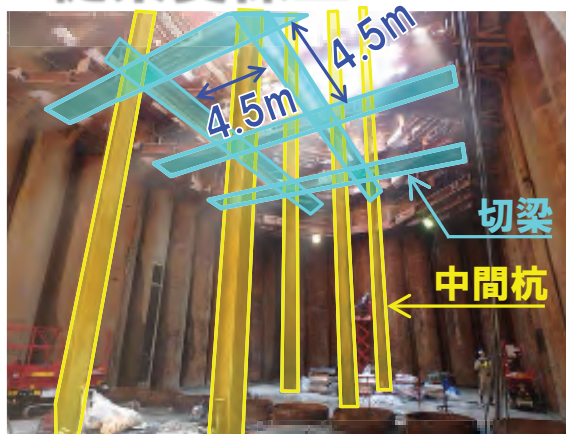


## トラス化構造の利点

## 品質 Quality



従来支保工 (P11橋脚)



トラス支保工 (P12橋脚)



- 躯体を貫通する**中間杭の省略**
- 切梁と橋脚主筋の干渉を回避

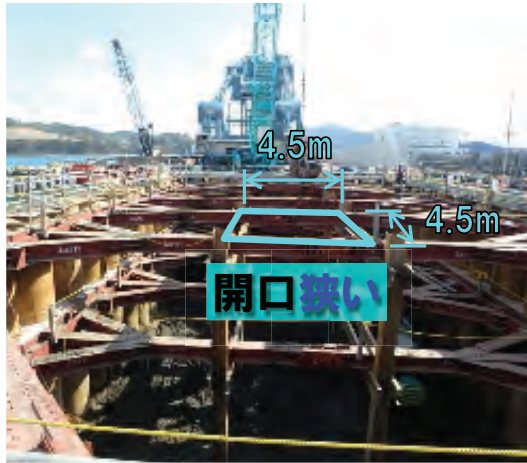
品質向上

# トラス化構造の利点

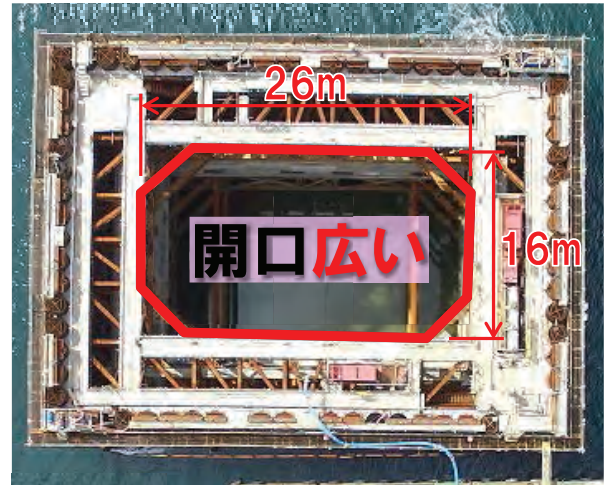
# 工程 Delivery



## 従来支保工 (P11橋脚)



## トラス支保工 (P12橋脚)

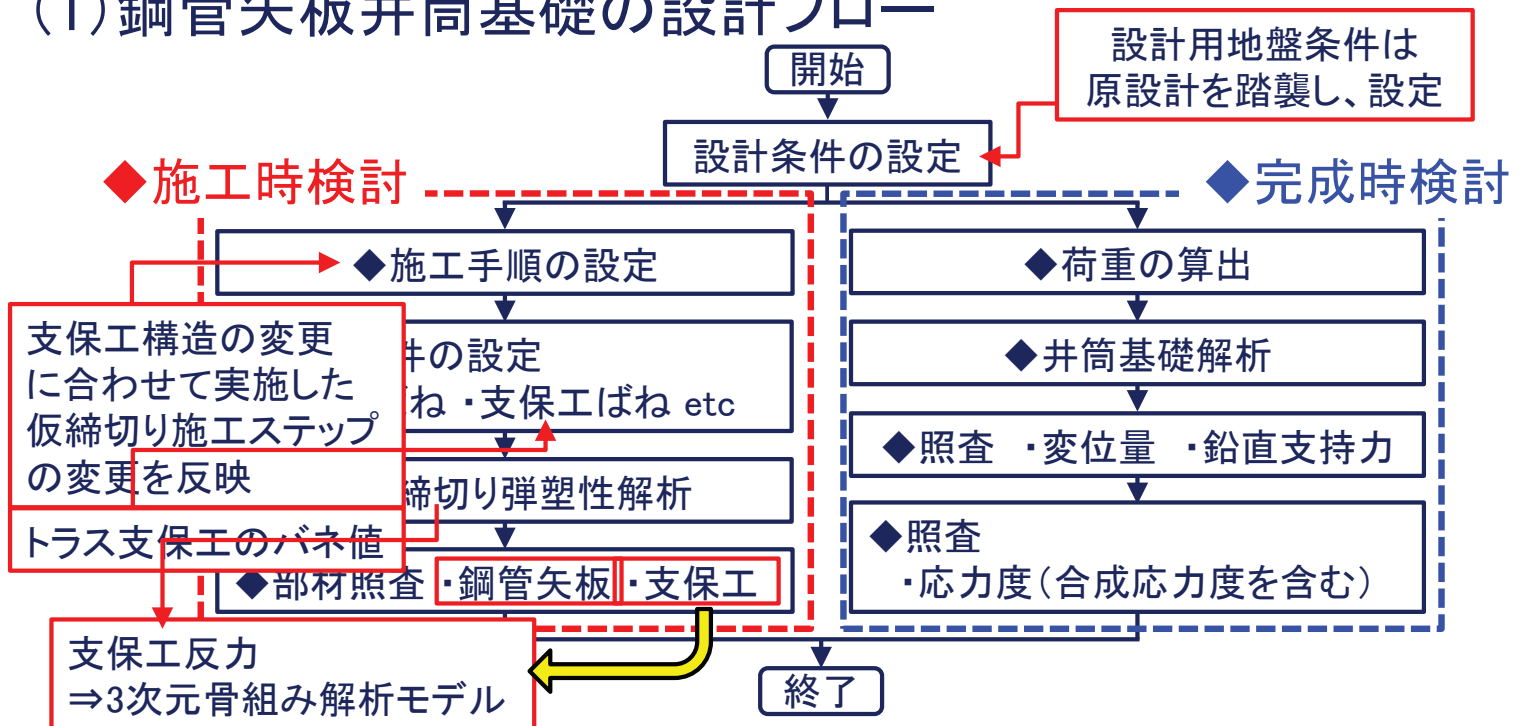


- プレキャスト化による **現場作業の軽減** (工場製作、一括架設)
- 開口寸法の大型化による **工程短縮** (鉄筋、型枠の大組・投入)
- // **掘削効率向上** (大型機械使用)

# IV. トラス支保工仮締切りの設計



## (1) 鋼管矢板井筒基礎の設計フロー





# IV. トラス支保工仮締切りの設計



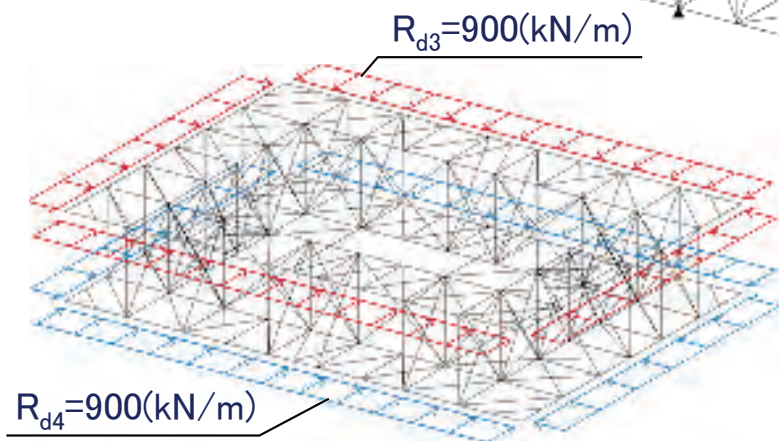
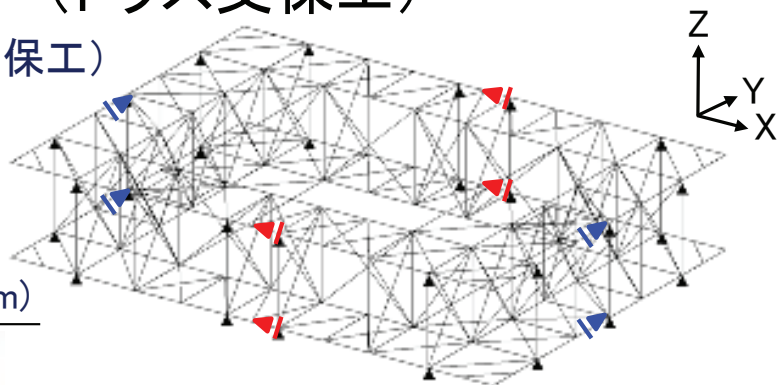
## (2) 仮締切り施工時の設計 (トラス支保工)

◆ 解析モデル図 (ex.3-4段目支保工)

▲: Z方向変位固定位置

▲: X方向変位固定位置

▲: Y方向変位固定位置

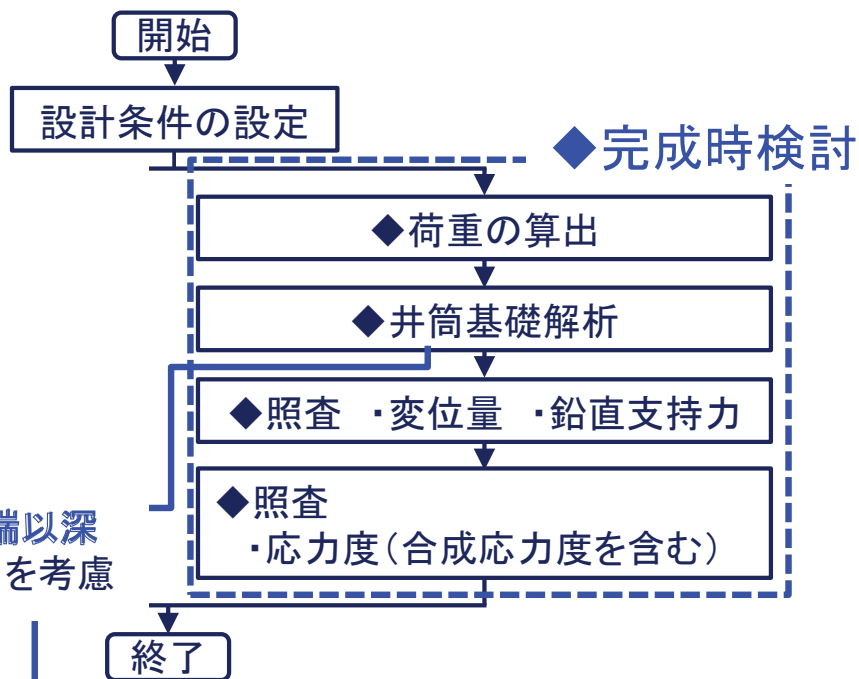
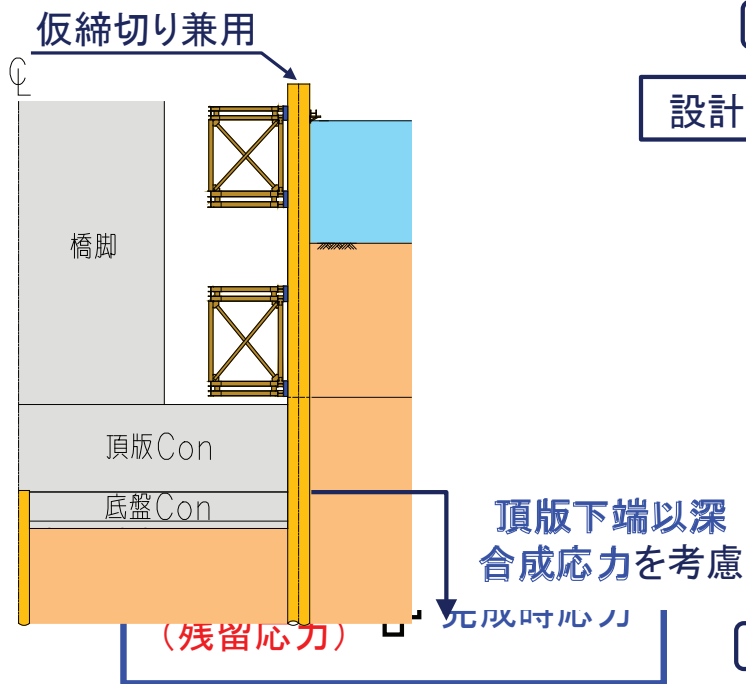


◆ 荷重図 (ex.3-4段目支保工)  
 仮締切り時の弾塑性逐次ステップ解析より得られた支保工反力の最大値を荷重  
 ⇒ 算出された各部材に発生する断面力を用いて照査を行う。

# IV. トラス支保工仮締切りの設計



## (3) 完成時の設計



# IV. トラス支保工仮締切りの設計



## (3) 完成時の設計 ～施工時応力(残留応力)～

	中杭 (t=18, SKY490)	下杭 (t=17, SKY400)
断面力図 曲げ モーメント M(kNm)		
発生断面力	M=-2,146 kNm/m (-487 kNm/m)	M=1,745 kNm/m (-919 kNm/m)
残留応力	$\sigma_2=122$ N/mm <sup>2</sup> (26 N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_2=105$ N/mm <sup>2</sup> (55 N/mm <sup>2</sup> )

# IV. トラス支保工仮締切りの設計



## (3) 完成時の設計 ～合成応力に対する照査～

Case	照査対象	標高	完成時 応力度	施工時 応力度	合計 応力度	許容 応力度	判定	
		TP(m)	$\sigma_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_a$ (N/mm <sup>2</sup> )		
1	常時	中杭	-25.4	61.4	121.9	183.3	185	OK (0.99)
		下杭	-34.4	65.1	105.1	170.2	140	NG (1.22)
2	常時	中杭	-25.4	62.0	121.9	183.9	185	OK (0.99)
		下杭	-34.4	65.7	105.1	170.8	140	NG (1.22)
3	常時+温度	中杭	-25.4	63.4	121.9	185.3	213	OK (0.87)
		下杭	-34.4	67.1	105.1	172.2	161	NG (1.07)

**残留応力を考慮した合成応力度照査**  
 => “下杭”において許容値を超える結果  
 ↓  
 “下杭”で発生する施工時応力(残留応力)  
 を減少させる**対策(補強)が必要**  
 ※鋼管矢板発注済のため、部材仕様変更×



# IV. トラス支保工仮締切りの設計



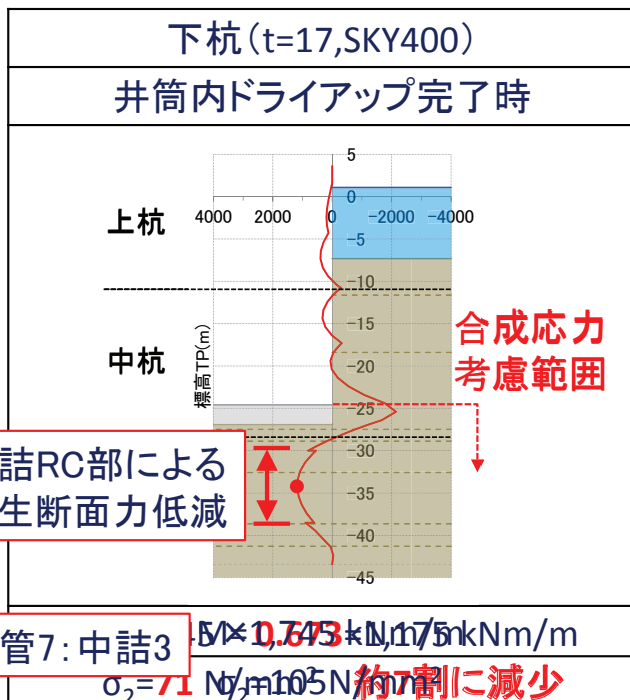
## (3) 完成時の設計 ～鋼管矢板補強検討～

### ◆中詰RC構造(鋼管矢板内)



- ・鋼管矢板との一体化は考慮しない  
⇒重ね梁として、発生断面力を曲げ剛性比率で鋼管矢板と中詰RC部に分担させる。

項目	曲げ剛性 kNm <sup>2</sup> /本	分担比率
鋼管矢板	EI <sub>S</sub> 4,360,000	0.673
中詰RC部	EI <sub>RC</sub> 2,116,921	0.327



# IV. トラス支保工仮締切りの設計



## (3) 完成時の設計 ～鋼管矢板補強検討～

Case	照査対象	標高	完成時応力度	施工時応力度	合計応力度	許容応力度	判定	
		TP(m)	σ <sub>1</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>2</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>a</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>a</sub> (N/mm <sup>2</sup> )		
1	常時	中杭	-25.4	61.4	121.9	183.4	185	OK (0.99)
		下杭	-34.4	65.1	70.8	135.9	140	OK (0.97)
2	常時	中杭	-25.4	62.0	121.9	183.9	185	OK (0.99)
		下杭	-34.4	65.7	70.8	136.5	140	OK (0.97)
3	常時+温度	中杭	-25.4	63.4	121.9	185.3	213	OK (0.87)
		下杭	-34.4	67.1	70.8	137.9	161	OK (0.86)

中詰RC補強により、“下杭”で発生する  
施工時応力(残留応力)が減少



完成時の合成応力度照査結果も  
許容応力度を満足する結果

※中詰RC構造のCon、鉄筋も問題ないことを確認

# V. 施工実績



◆井筒内掘削

◆トラス支保工一括架設

◆間詰コンクリート（水中）

# V. 井筒内掘削 掘削機械



## 井筒内掘削状況



210t吊起重機船  
10m<sup>3</sup>クラムシェル

120t吊クレーン吊台船  
3m<sup>3</sup>クラムシェル



10m<sup>3</sup>クラムシェル

大開口を活かした  
大型機械による掘削



掘削効率改善



# V. 施工実績



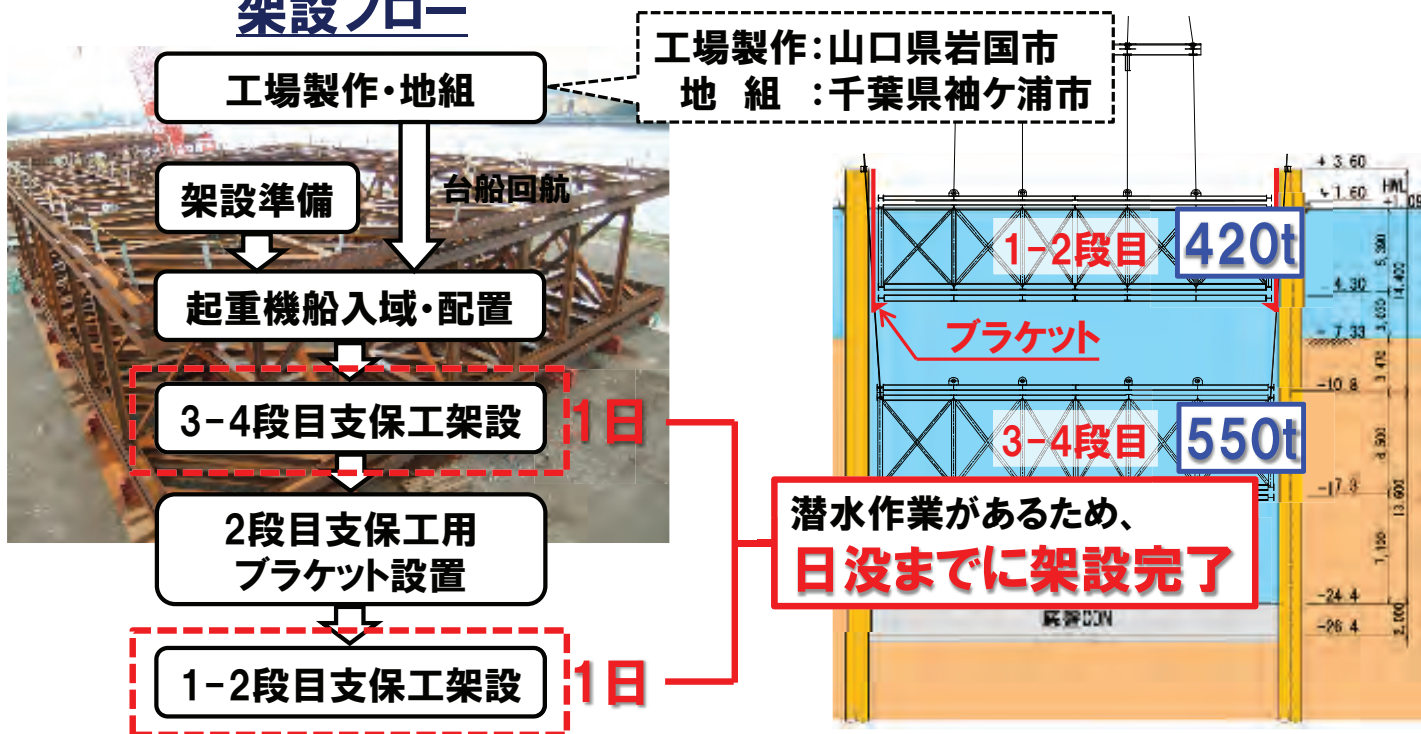
- ◆ 井筒内掘削
- ◆ トラス支保工一括架設
- ◆ 間詰コンクリート（水中）



# V. トラス支保工一括架設 架設フロー



## 架設フロー

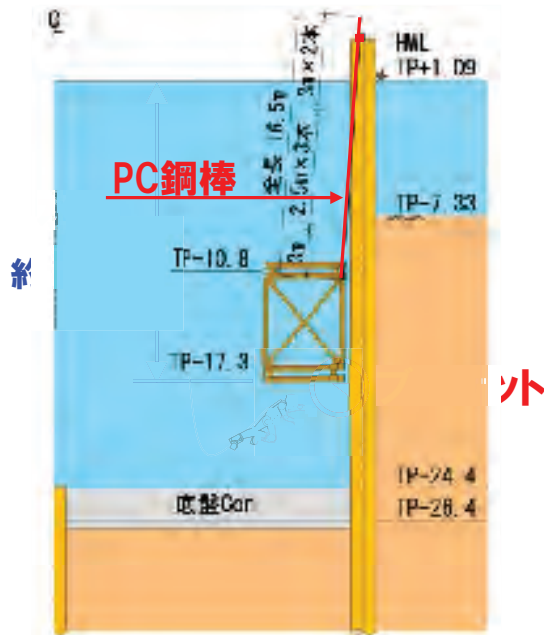




# V. トラス支保工一括架設 3-4段目支保工架設



## 3-4段目支保工構造

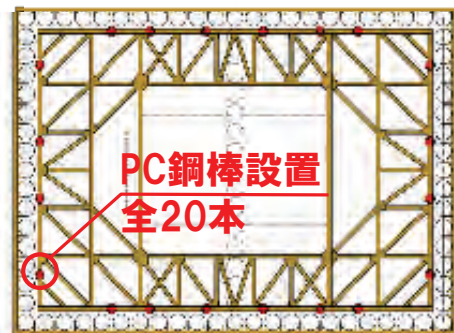


## 大水深への設置

**課題** 支保工の受け方どうするか？

水中での作業を軽減できる方法はないか？

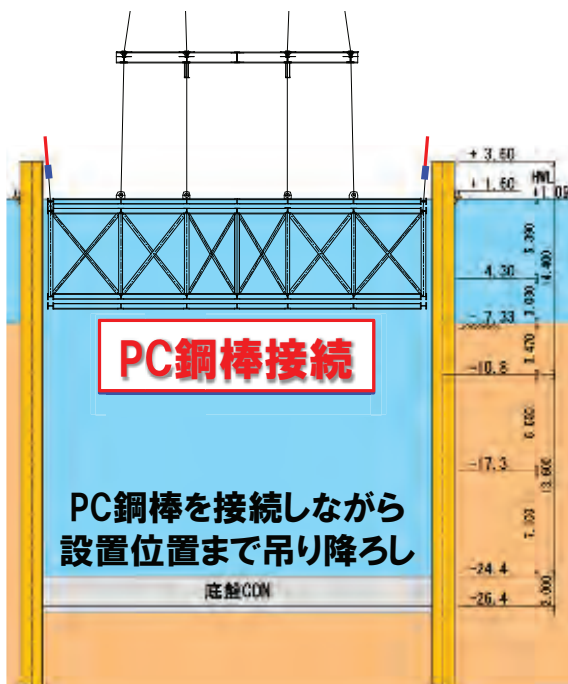
**PC鋼棒による吊下げ構造**



# V. トラス支保工一括架設 3-4段目支保工架設



## 吊り降ろし方法

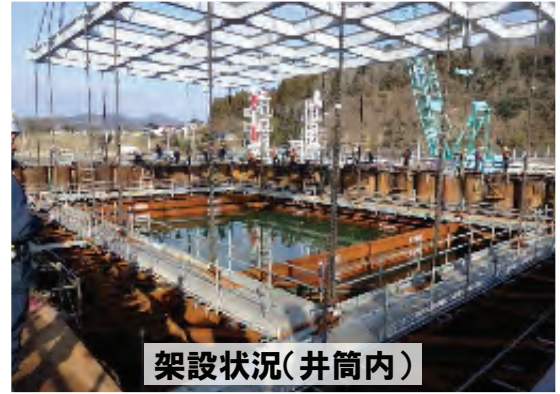
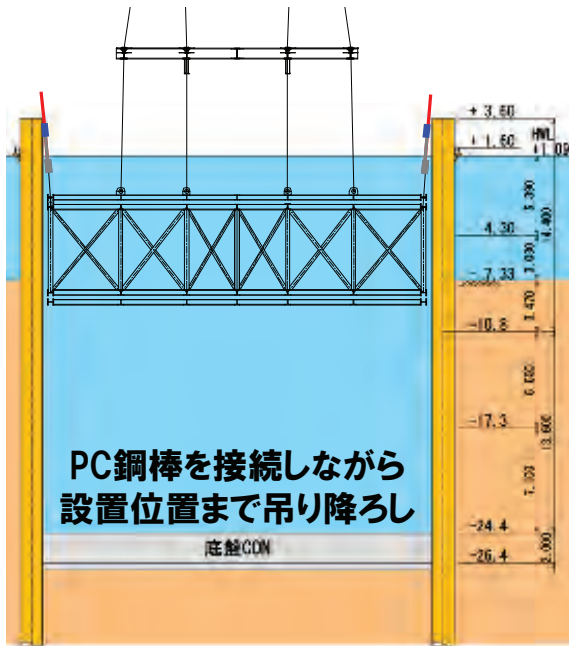


2人1組で継ぎ足し作業

# V. トラス支保工一括架設 3-4段目支保工架設



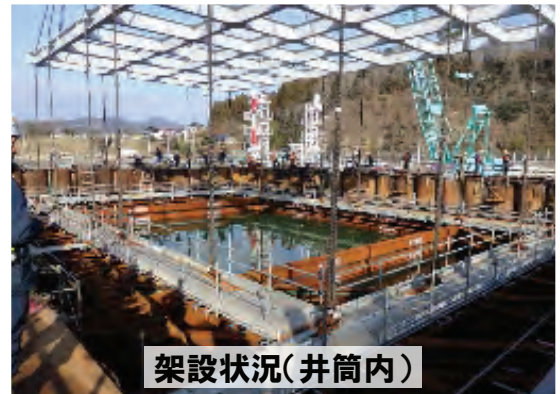
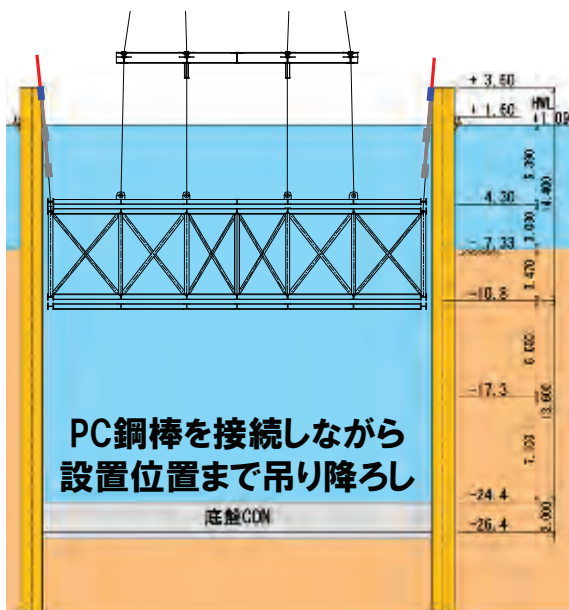
## 吊り降ろし方法



# V. トラス支保工一括架設 3-4段目支保工架設



## 吊り降ろし方法

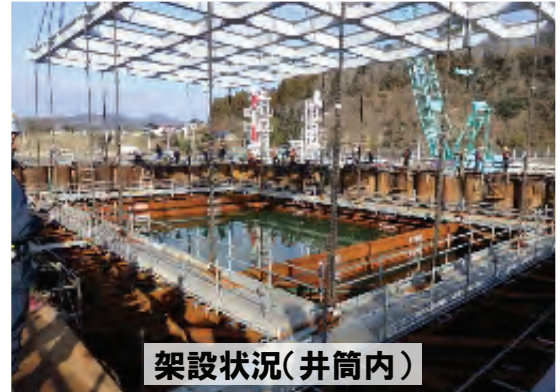
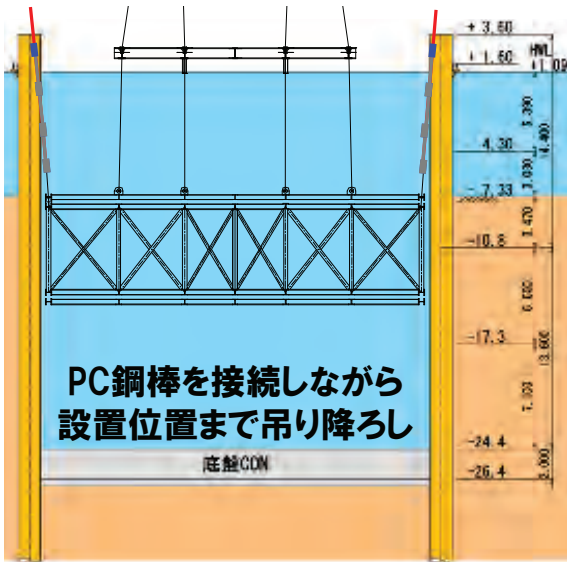




# V. トラス支保工一括架設 3-4段目支保工架設



## 吊り降ろし方法



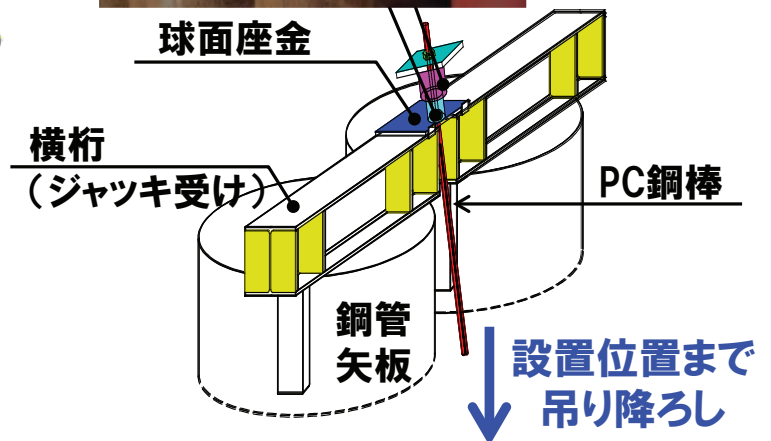
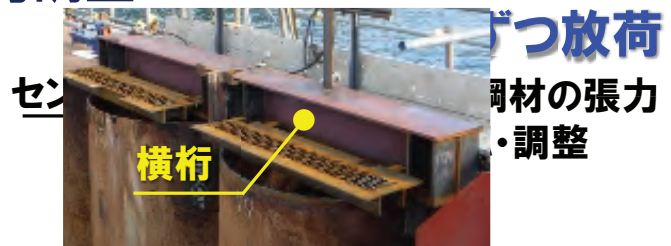
# V. トラス支保工一括架設 3-4段目支保工架設



## ◆杭頭部構造およびPC鋼棒張力調整



張力は1箇所  
集中管理 (20本)

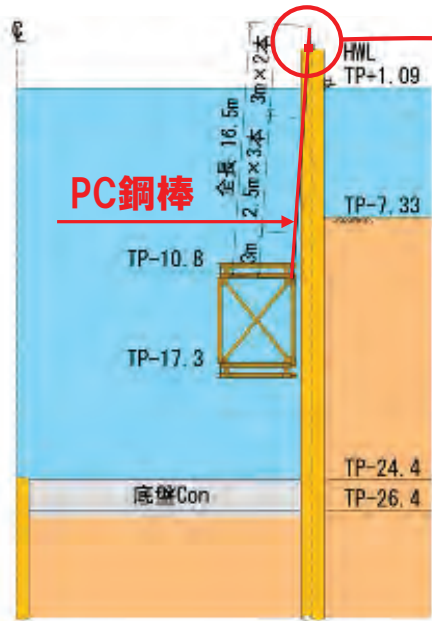




# V. トラス支保工一括架設 3-4段目支保工架設



## ◆杭頭部構造およびPC鋼棒張力調整

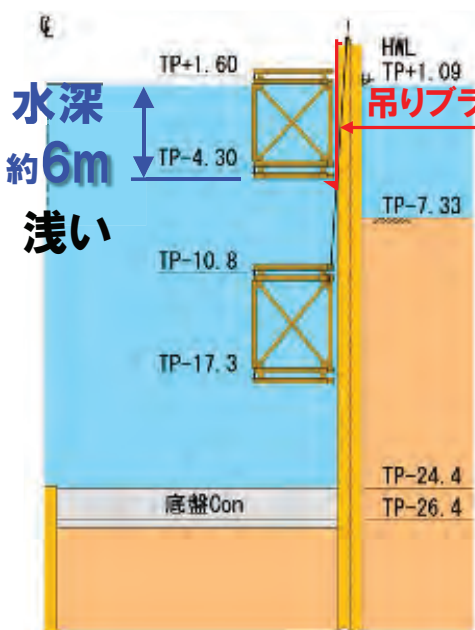


# V. トラス支保工一括架設 1-2段目支保工架設



## 1-2段目支保工構造

## 吊りブラケット構造

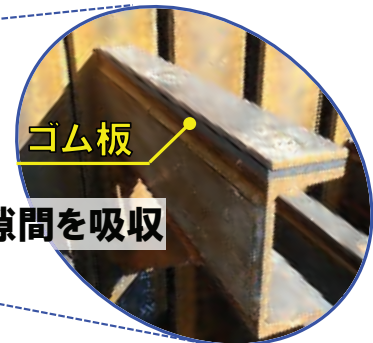


杭頭部

気中溶接

ブラケット部

水中溶接





## V. トラス支保工一括架設 **ドライアップ完了**



潜水作業があるため、夜間作業できないという条件の中、  
**詳細な計画と入念な準備により、日没までに架設完了**



支保工全景(ドライアップ後)

## V. 施工実績



- ◆ 井筒内掘削
- ◆ トラス支保工一括架設
- ◆ **間詰コンクリート (水中)**

プロジェクト  
不届の挑戦者たち  
ORIS LEBERS  
J&P

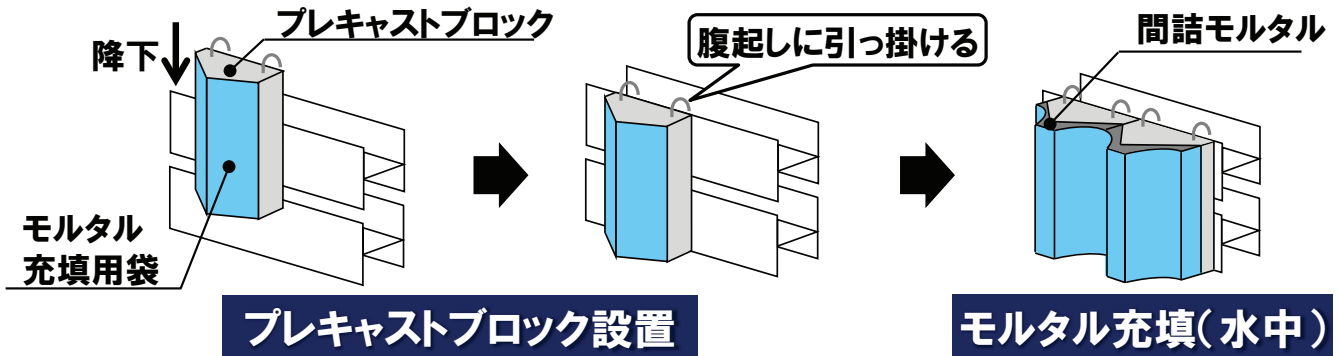
気仙沼湾に  
驚天動地の  
大空間を造れ!



# V. 間詰コンクリート(水中) 間詰方法



◆ 水中での間詰方法 ⇒ 水中での作業を軽減できる施工



ブロック製作状況



ブロック構造



# V. 間詰コンクリート(水中) ブロック設置方法



クレ ⇒ 航跡波の影響を受けない設置方法 → 荷振れ発生

- ⇒ 杭頭に電動チェーンブロックをセット
- ⇒ ブロックを鋼管矢板に預けてから降下





## V. 間詰コンクリート(水中) **ドライアップ後**

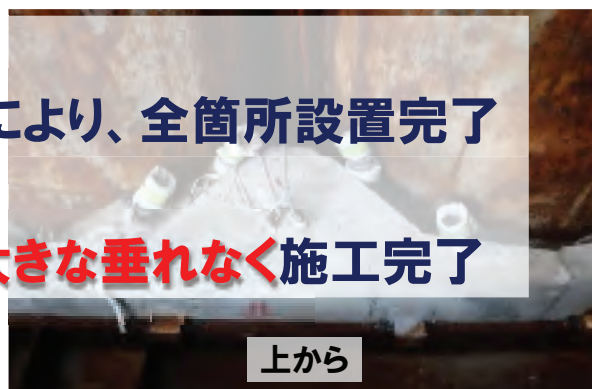


### ◆ブロック設置

鋼管矢板と腹起し間の**離隔確保**により、全箇所設置完了

### ◆モルタル充填

鋼管矢板との隙間、袋の破損や**大きな垂れなく**施工完了



上から



下から

## VI. 今後の課題



### 現場における課題

型枠大判化、鉄筋(足場)地組・一括架設 等

- ・躯体構築時、大開口を活かした**生産性向上のための取り組みを実現させる**

### トラス支保工の課題

- ・**トラス支保工の認知度が広まり、基本設計となっている**

ことが望ましい ※過去の実績: 1件 第二名神高速道路 揖斐川橋下部工(西)工事 1998年

⇒受注後の設計変更では、支保工製作が間に合わない場合あり  
今回: 構想~施工まで1年半

⇒例えば、鋼管矢板の肉厚増により、間詰コンクリートを気中で施工可  
(水中ではなく) 今回: 受注後すぐに鋼管矢板発注



## VII. ドライアップ後の施工 頂版結合工



大空間を活かした **施工性向上**

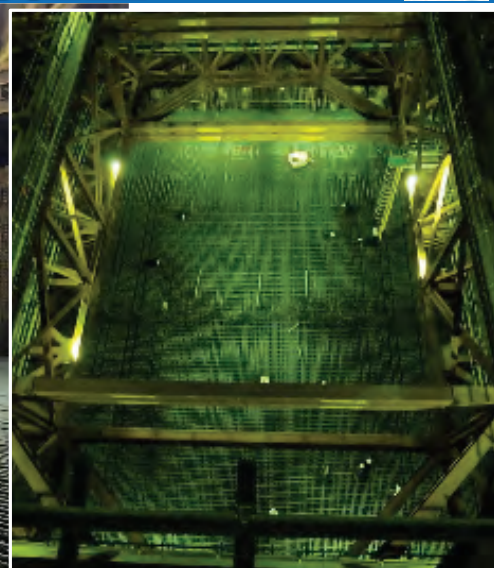


スタッド溶殖状況

## VII. ドライアップ後の施工 頂版鉄筋組立



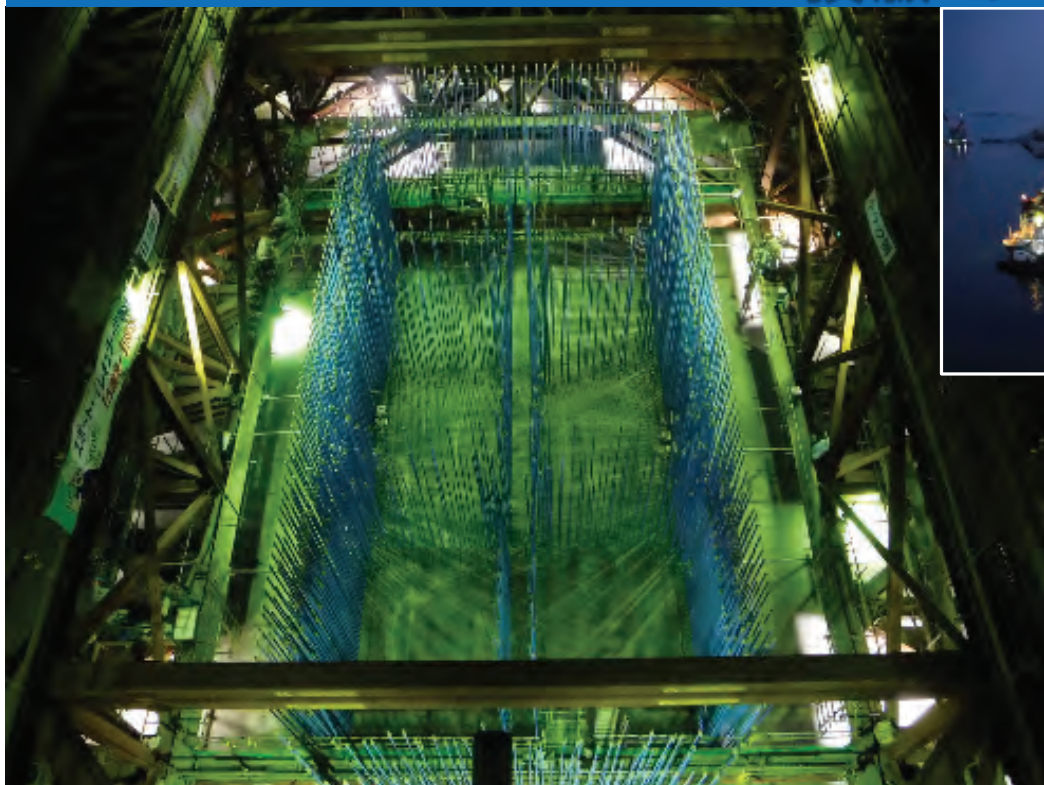
大空間を活かした **施工性向上**



頂版工  
鉄筋組立(昼夜施工)



## VII. ドライアップ後の施工 頂版コンクリート



### 頂版コンクリート打設

- 6,100m<sup>3</sup>, 3リフト
- CP船(3.5m<sup>3</sup>バッチ), F/C(120t吊、150t吊)

## VII. 現在の施工 橋脚躯体施工中



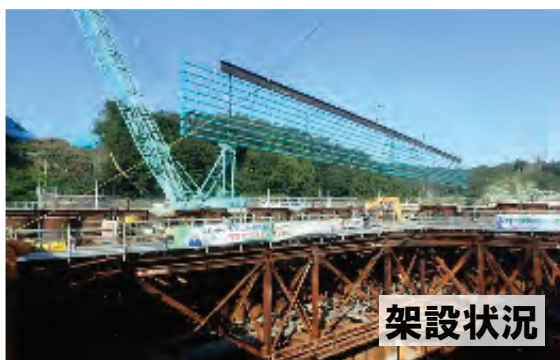
大開口を活かした **生産性向上のための取り組み**

### 鉄筋地組・一括架設

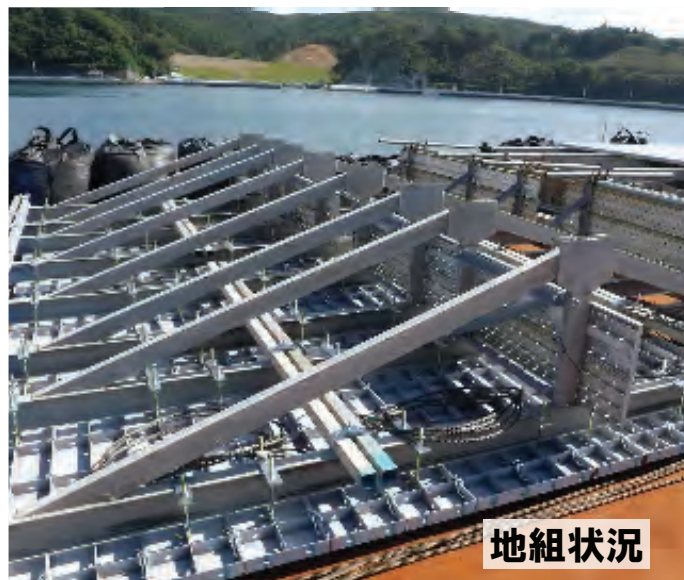
### 型枠大判化



地組状況



架設状況



地組状況





橋 一陸道筑前国高橋新設下部工事(宮崎県)

## トラス支保で日本一の鋼管矢板基礎

筑前沼津の海中に、斜張橋の主塔を支える日本最大級の鋼管矢板井筒基礎を築く。当初案の切り梁支保工を見直し、工場製作して一括架設できるトラス支保工を採用。施工手順を入れ替えて効率を一気に引き上げ、工程を3カ月短縮した。(大村 新也=フリーライター)

### 若手の意見も取り入れて創意工夫



鹿島・東亜建設工業JV  
所長  
合樂 将三

鋼管矢板の打設に半年ほどを要したので、その間にトラス支保工を一から計画できた。過去にトラス支保工を採用した揖斐川橋の工事には自分自身も携わっていたが、今回は規模が3倍で水深も大きい。未知の領域だったものの、キャリアや立場の垣根を越えて意見を出し合い、個人の経験をアイデアとして発展させることができた。特に30歳代の若手社員には、良い経験になったはずだ。(談)



ご清聴ありがとうございました