



大水深で培われた技術の応用

# ジャケット式栈橋改修工法

2019年11月14日

日鉄エンジニアリング株式会社

---

## 目次

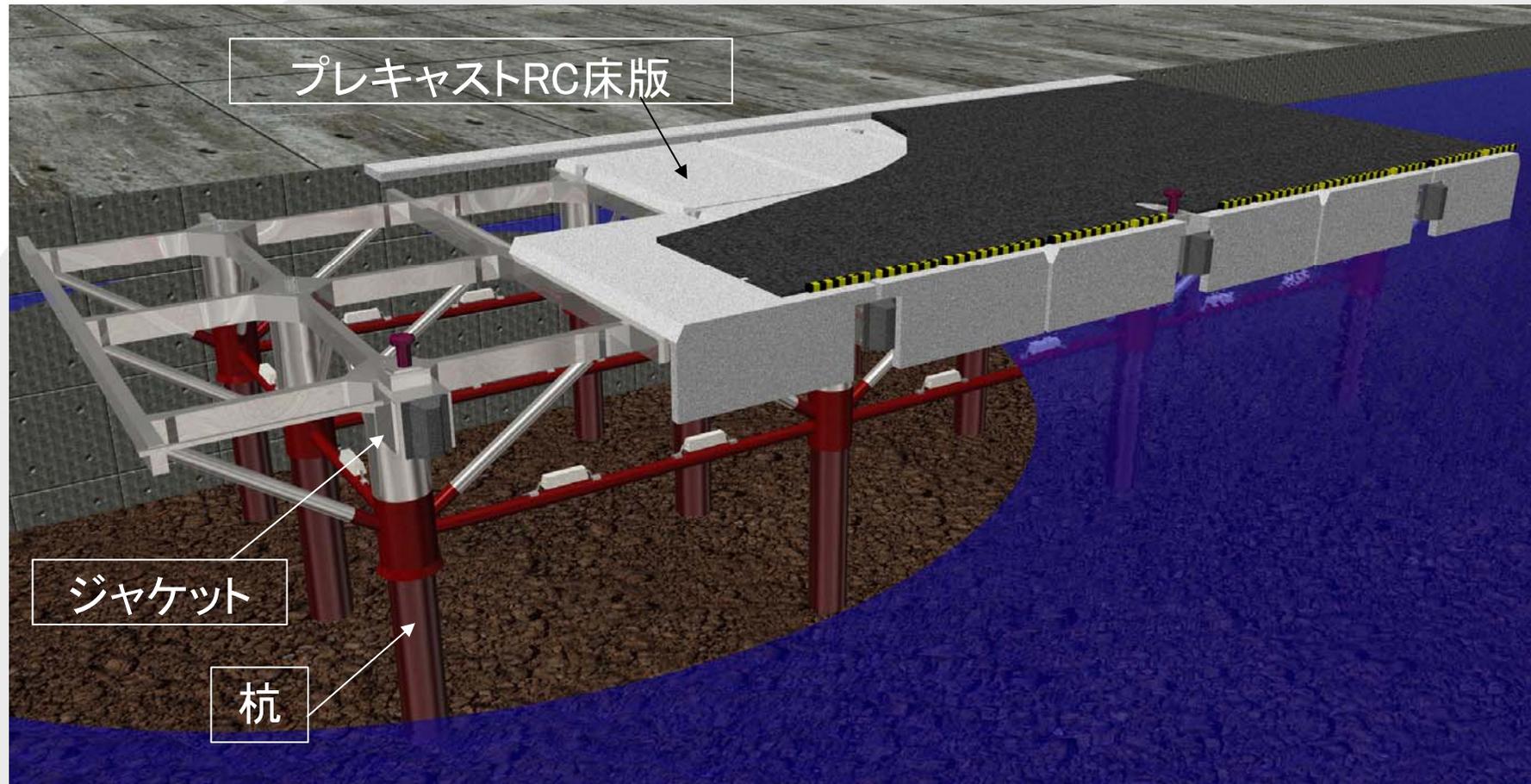
1. ジャケット工法の特徴
2. ジャケット工法発展の歴史
3. ジャケット工法の設計・製作・施工方法
4. ジャケット工法の用途・適用範囲
5. ジャケット式栈橋改修工法

# 1. ジャケット工法の特徴



## 1. ジャケット工法の特徴

ジャケット工法は、鋼管杭に工場製作の鋼製ジャケットを被せてグラウト材や溶接で一体化する工法です。プレキャストRC床版と組み合わせることで施工高度化を実現できます。



# 1. ジャケット工法の特徴

ジャケット工法の特徴は以下のとおりです。

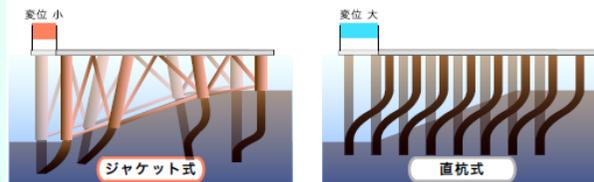


## 1 大きな水平剛性

船舶の大型化・増深や  
厚い軟弱地盤など  
適用範囲が広い構造です。

水平剛性の大きい鋼管トラス構造のため、ラーメン構造の直杭式と比較して、水平荷重作用時の発生曲げモーメントや水平変位が小さくなります。

水平変位の比較



## 2 広い杭間隔

杭本数を低減することができ、  
特に支持層深度の  
大きな箇所では  
経済性が向上します。

上部工床版を鋼管トラス構造により支持し荷重を分散させるため、直杭式に比べて杭間隔を広くできます。

杭本数の比較



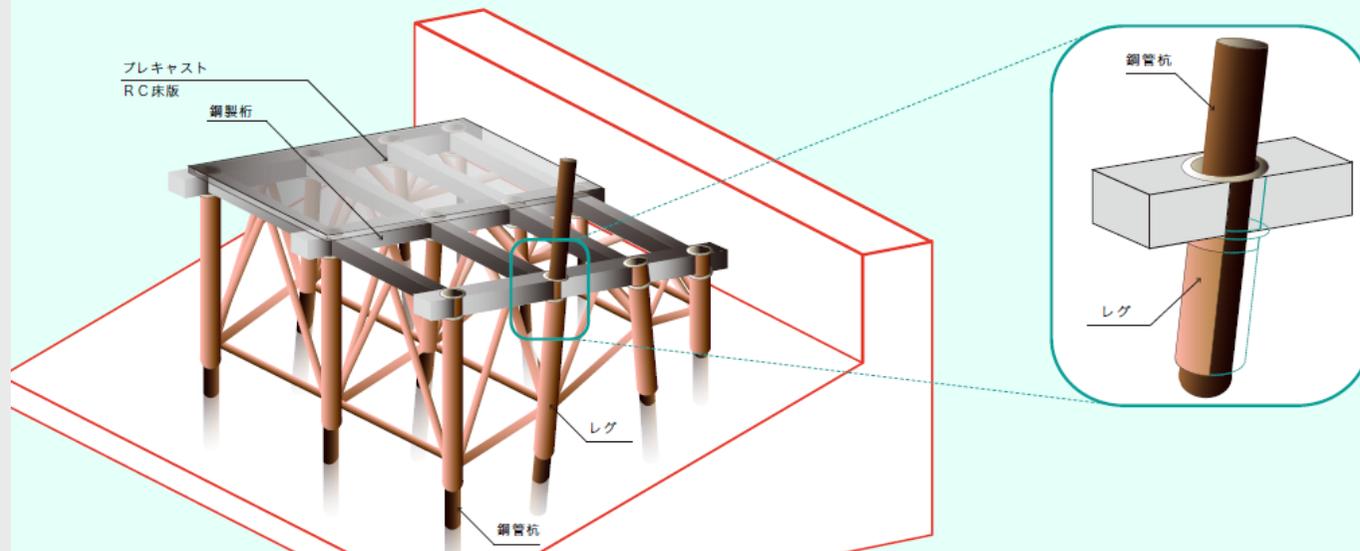
# 1. ジャケット工法の特徴



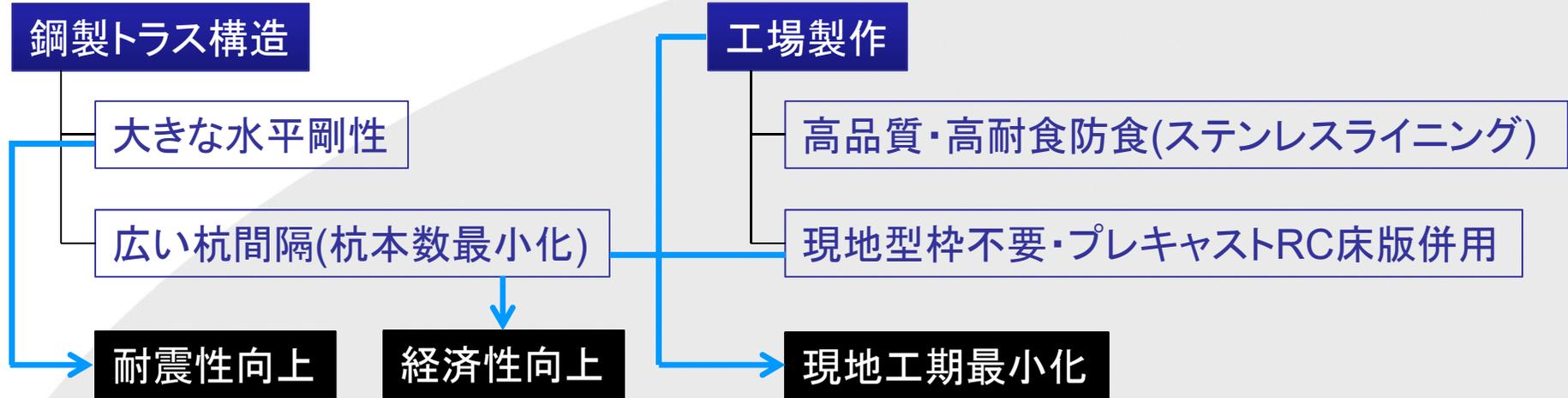
## 3 工場製作

管理の行き届いた工場で作られ、  
フローティングクレーンにより  
現地にて一括施工されます。

- 安定した品質と信頼性が確保できる
- ステンレス被覆を工場にて施せるので  
耐食性に優れる
- 海上施工期間の短縮
- 水面付近の型枠作業が不要に



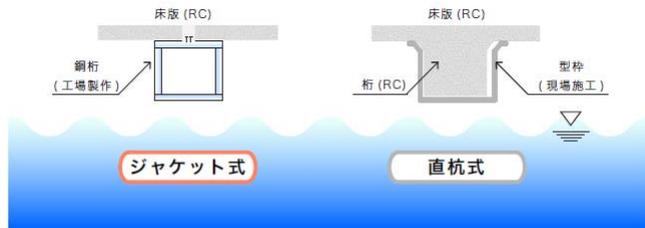
# 1. ジャケット工法の特徴



## 水面付近の作業比較



上部桁は工場にて一体製作され、水面付近の型枠作業が不要になります。



項目		月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
従来工法	鋼管杭製作		■	■	■	■								
	鋼管杭打設						■	■	■	■				
	型枠工～コンクリート打設							■	■	■	■	■		
	電気防食													
	舗装～付帯工													■
海上工事期間														
ジャケット工法	ジャケット工場製作		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	鋼管杭製作						■	■	■	■				
	鋼管杭打設									■				
	プレキャストRC床版製作							■	■	■	■			
	ジャケット据付～プレキャストRC床版設置											■		
	舗装～付帯工													■

## 2. ジャケット工法発展の歴史



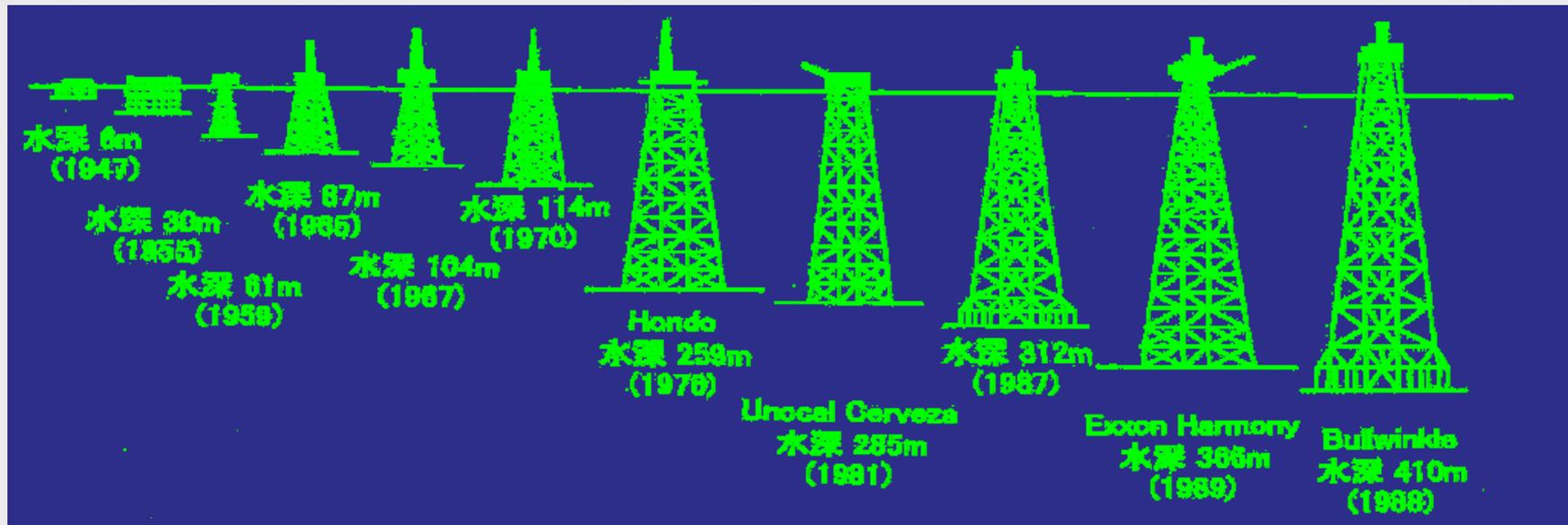
## 2. ジャケット工法発展の歴史

1890年代

米国カリフォルニア沖にて海洋石油掘削開始  
(当時の掘削用プラットフォームは木製)

1950年頃～

鋼製ジャケット式のプラットフォームが登場  
米国石油協会(API)にて設計基準RP2A制定



## 2. ジャケット工法発展の歴史



Bullwinkle Platform のジャケット (高さ1600' ≒ 488m)

## 2. ジャケット工法発展の歴史

1970年代

阿賀沖プラットフォーム(水深80m)建設  
続いて、阿賀北、岩船沖プラットフォーム建設

1980年代

磐城沖プラットフォーム(水深150m)建設



建設期間 : 1983年5~12月

生産開始 : 1984年7月

構造形式 : 鋼製ジャケット式(杭16本)

概略重量 : 上載設備約 6,000トﾝ  
ジャケット 約13,000トﾝ  
杭 約12,000トﾝ

## 2. ジャケット工法発展の歴史

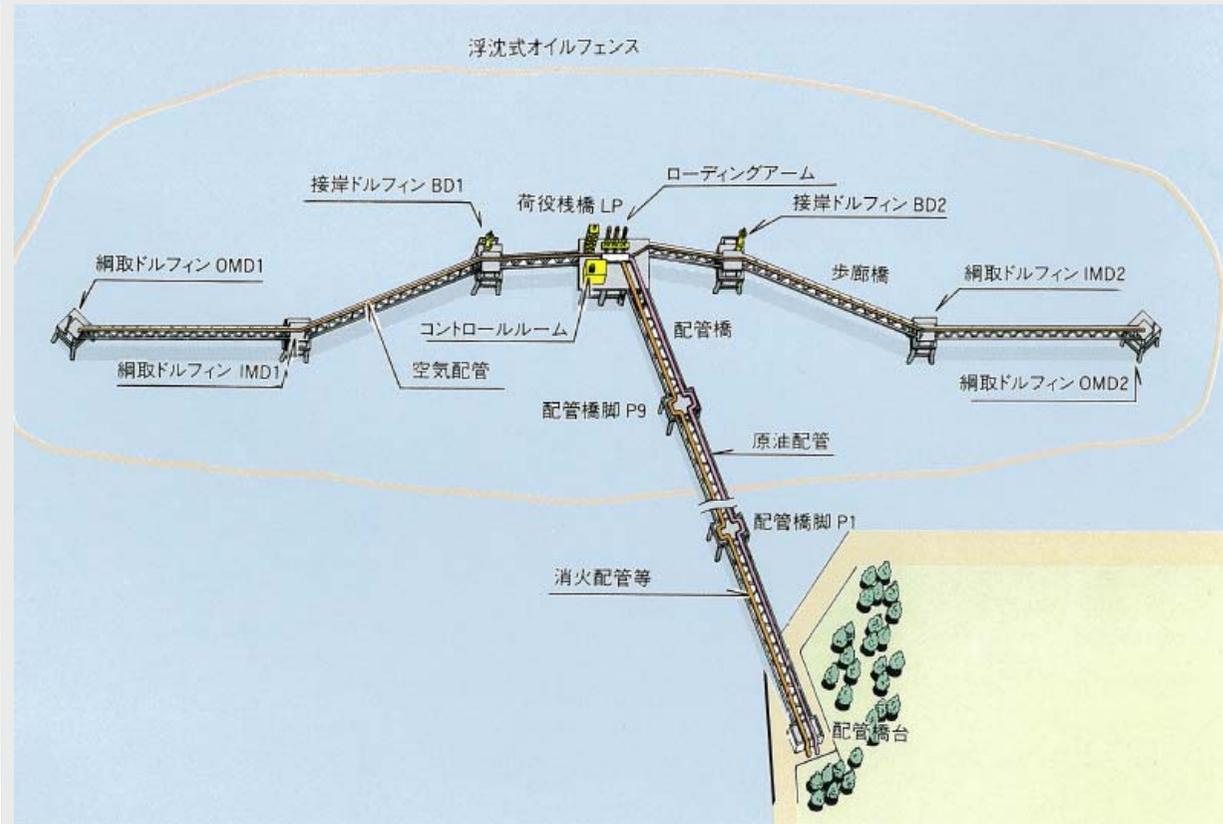


岩船沖プラットフォーム(国内唯一現役の施設)

## 2. ジャケット工法発展の歴史

1990年代

白島国家石油備蓄基地シーバース(水深約30m)建設



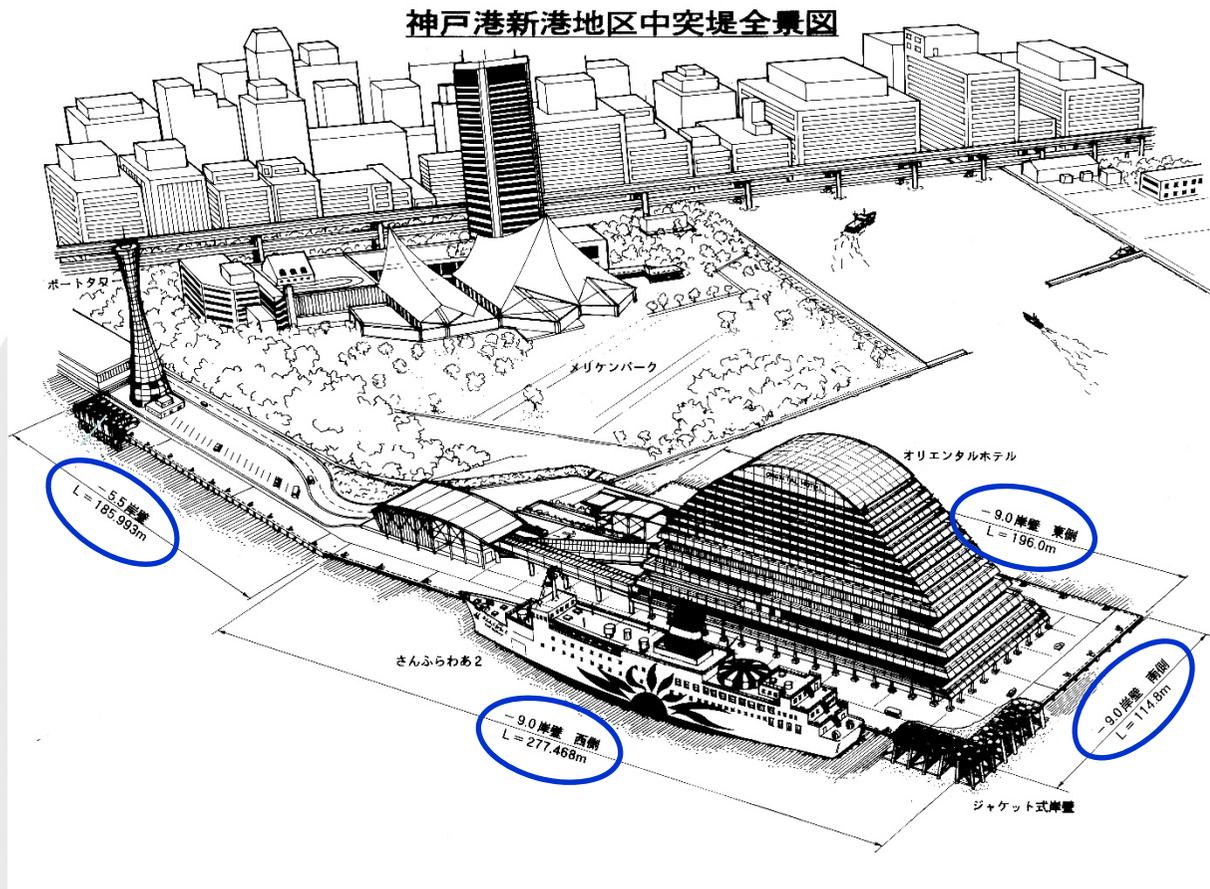
白島石油備蓄基地シーバース

## 2. ジャケット工法発展の歴史

1990年代

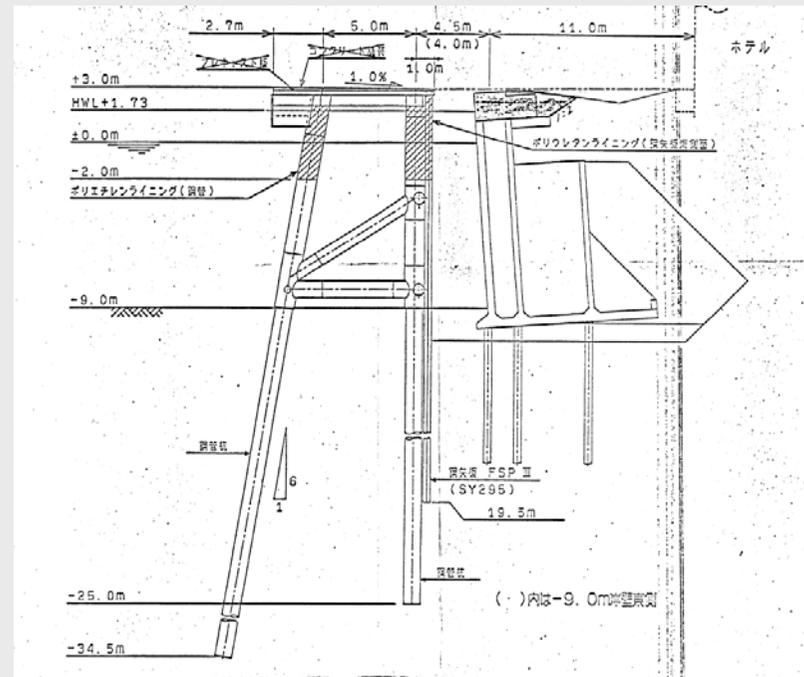
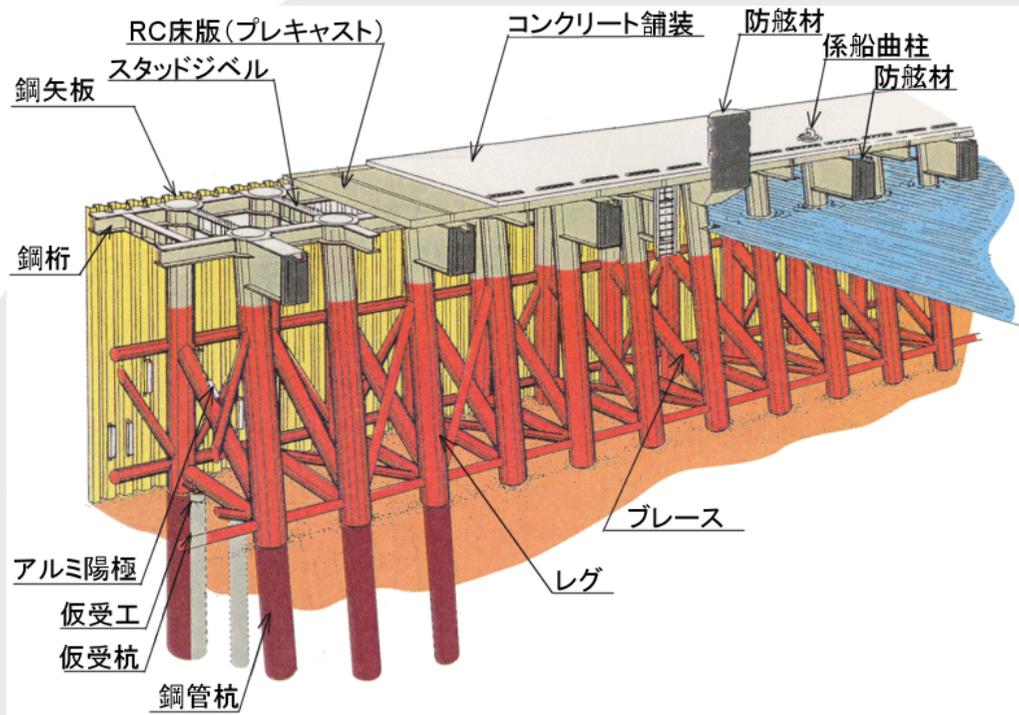
神戸港中突堤(水深9m、5.5m)建設

兵庫県南部地震後の震災復興として短工期整備要求に対応



## 2. ジャケット工法発展の歴史

被災したケーソン式岸壁を後背地に埋め、新たに土留付ジャケット式岸壁を構築。  
ジャケットゆえに幅7.7mの狭隘部にて構造成立。

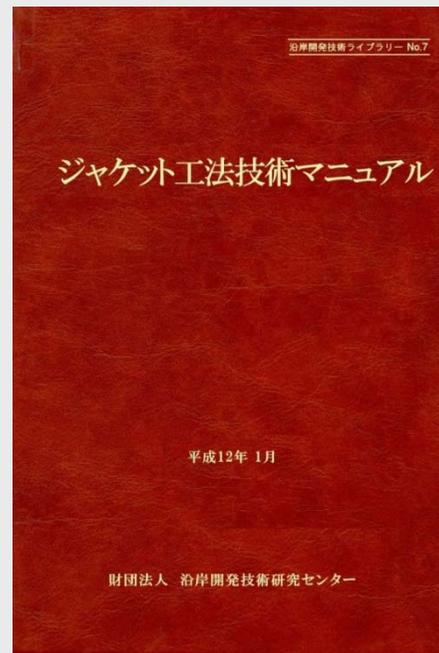
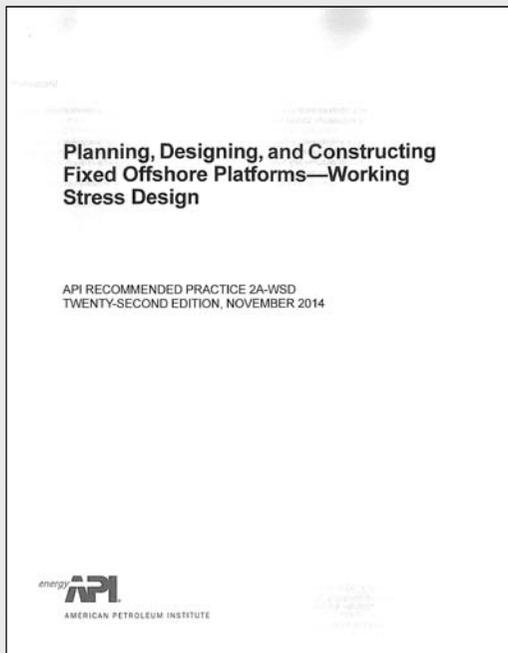


## 2. ジャケット工法発展の歴史

2000年代

ジャケット工法技術マニュアル発刊(沿岸技術研究センター)

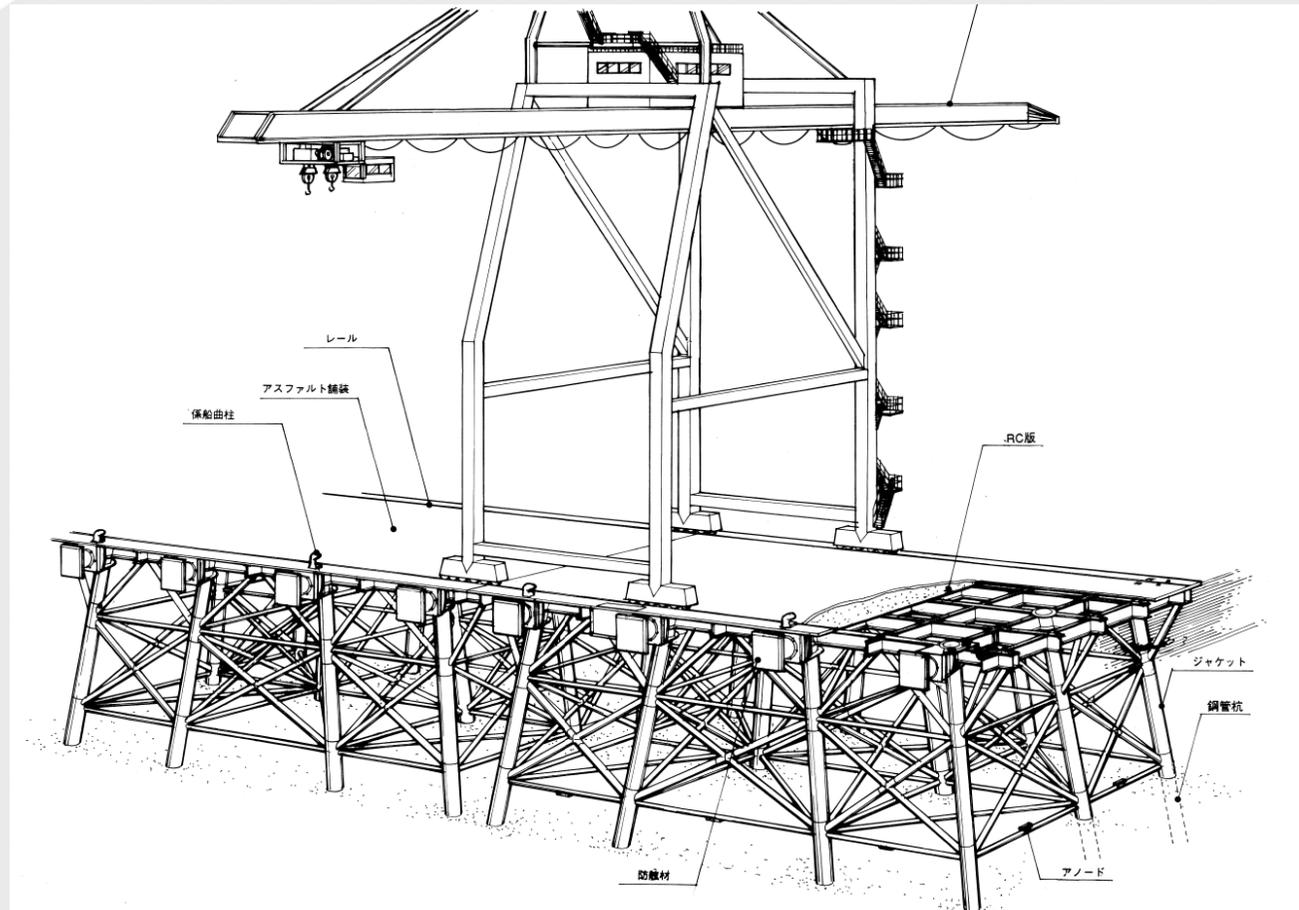
従来は、設計者が、港湾の施設の技術上の基準をベースに、米国石油協会(API)の設計基準RP2Aなどを適宜選択・引用し、設計を行う必要があり、妥当性評価や普及の足枷となっていました。2000年、沿岸技術研究センターによる有識者委員会の承認を経て設計マニュアルが発刊しました。続いて、港湾空港総合技術センターから積算基準も制定され、多くの構造比較の土俵に上がるようになりました。



## 2. ジャケット工法発展の歴史

2000年代

東京港大井ふ頭新5バース建設  
名古屋港飛島岸壁建設  
博多港アイランドシティ岸壁建設



## 2. ジャケット工法発展の歴史

2000年代

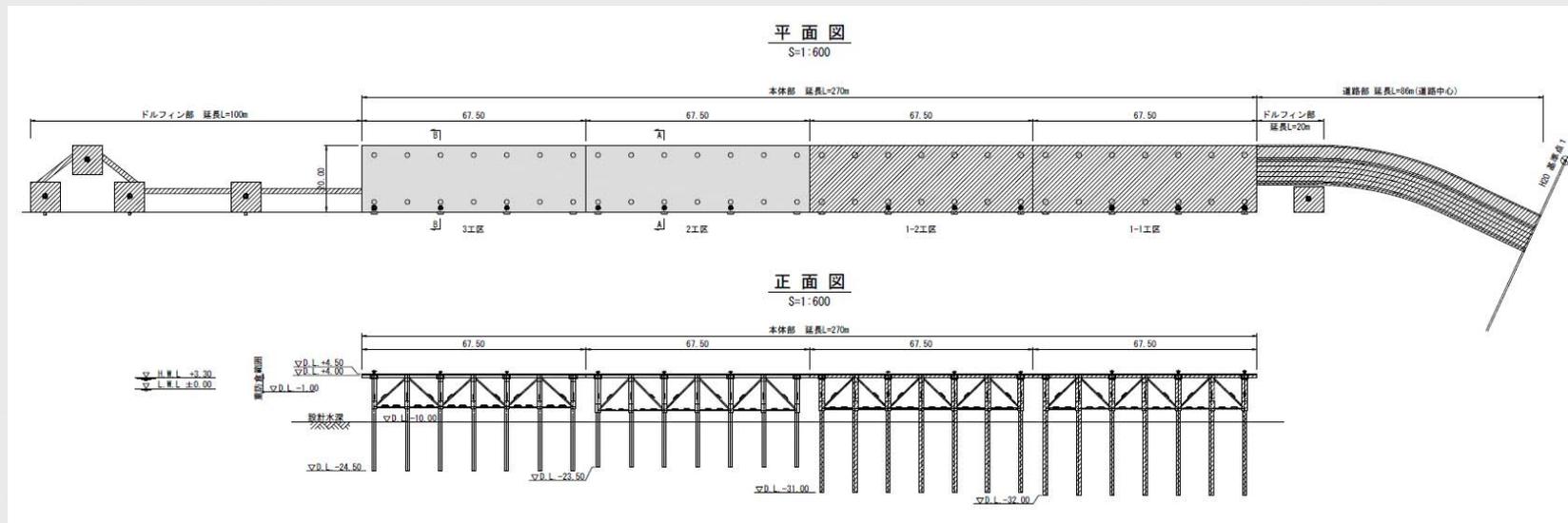
羽田空港D滑走路棧橋部・連絡誘導路部建設



## 2. ジャケット工法発展の歴史

2010年代

佐世保港浦頭地区クルーズバス建設  
水島港玉島地区岸壁建設  
徳山下松バルク棧橋建設





### 3. ジャケット工法の 設計・製作・施工方法

### 3. ジャケット工法の設計・製作・施工法

直杭式横棧橋とジャケット式棧橋の設計法は基本的に共通です。  
鋼管が結合する**鋼管格点部**、レグ(さや管)と杭の**二重管部**を有することが相違点です。

#### 作用

上載荷重  
接岸・牽引力  
地震力  
等

#### 抵抗

部材強度(応力)  
杭支持力  
変位  
等

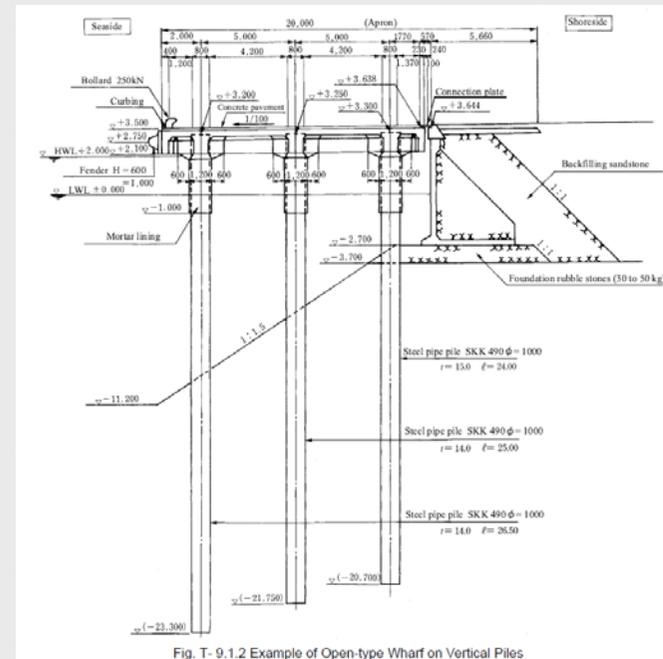
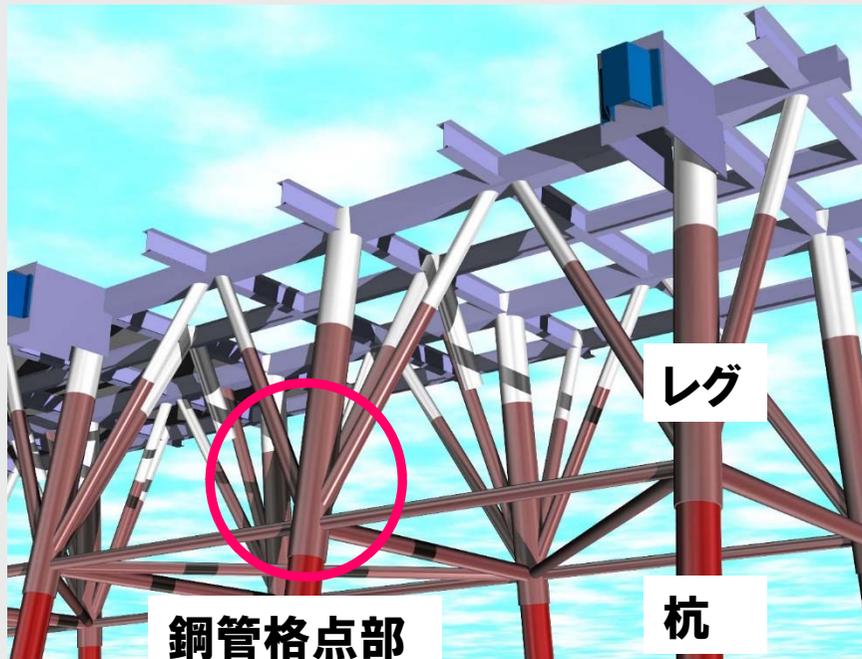


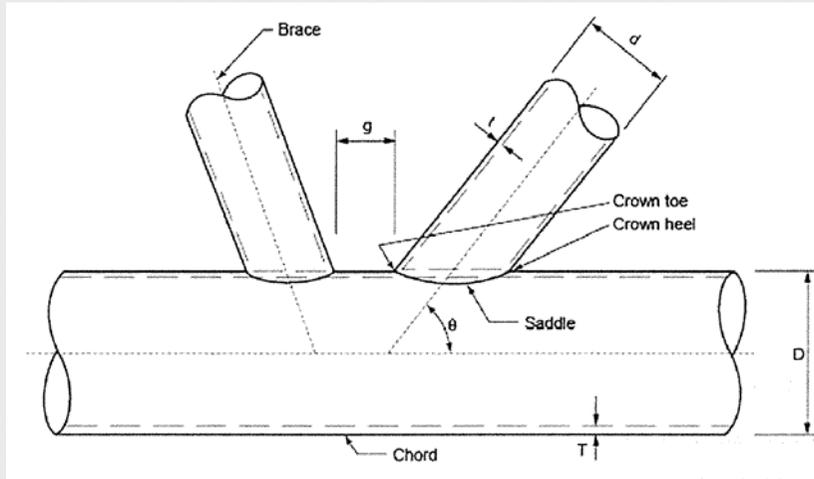
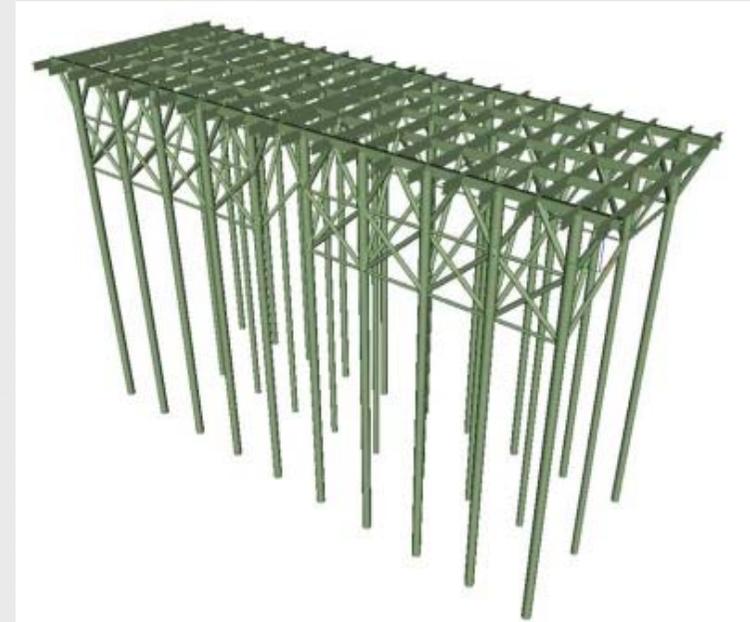
Fig. T- 9.1.2 Example of Open-type Wharf on Vertical Piles

### 3. ジャケット工法の設計・製作・施工法

#### 鋼管格点の設計

パンチングシアアの照査

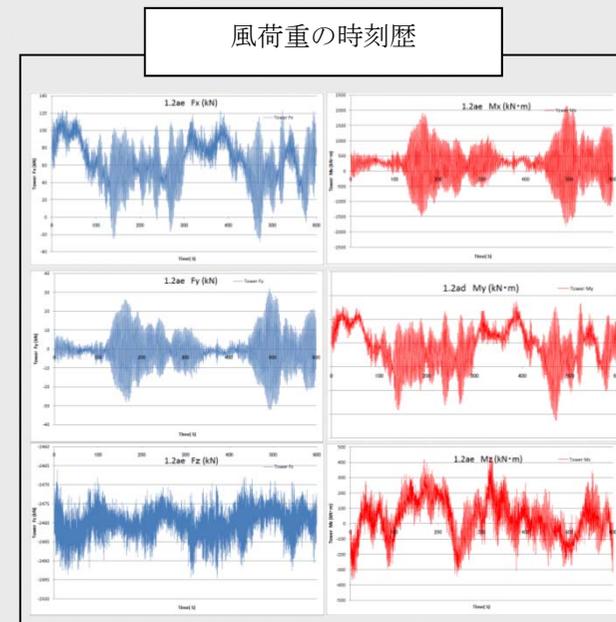
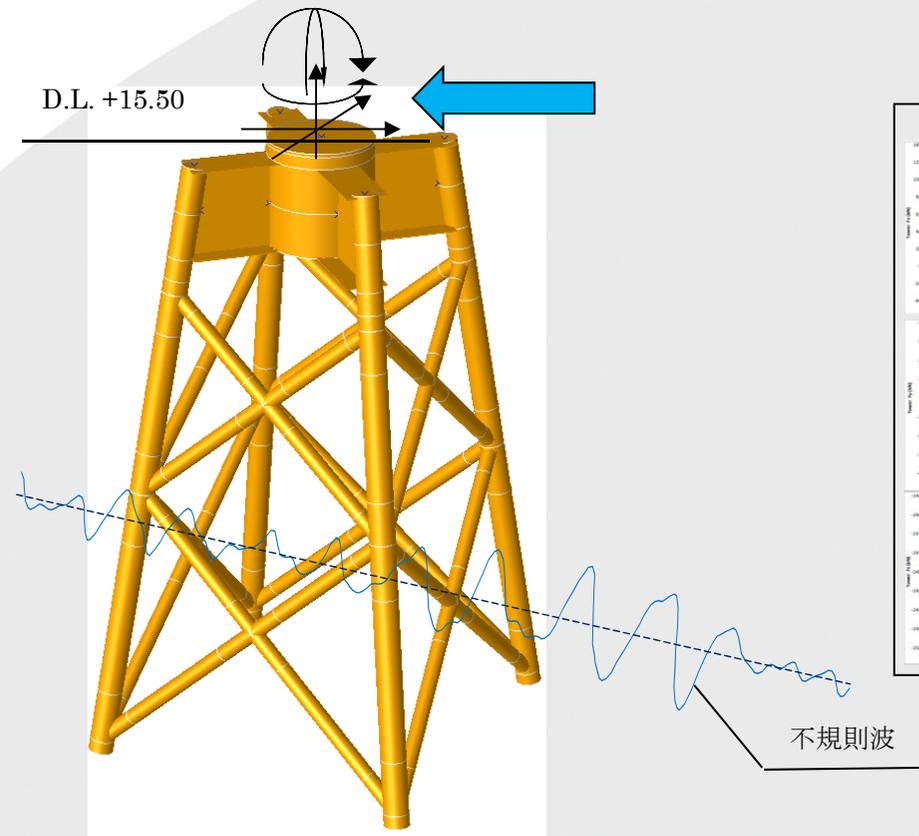
疲労損傷度の照査



$$P_a = Q_u Q_f \frac{F_{yc} T^2}{F S \sin \theta}$$

$$M_a = Q_u Q_f \frac{F_{yc} T^2 d}{F S \sin \theta}$$

### 3. ジャケット工法の設計・製作・施工法

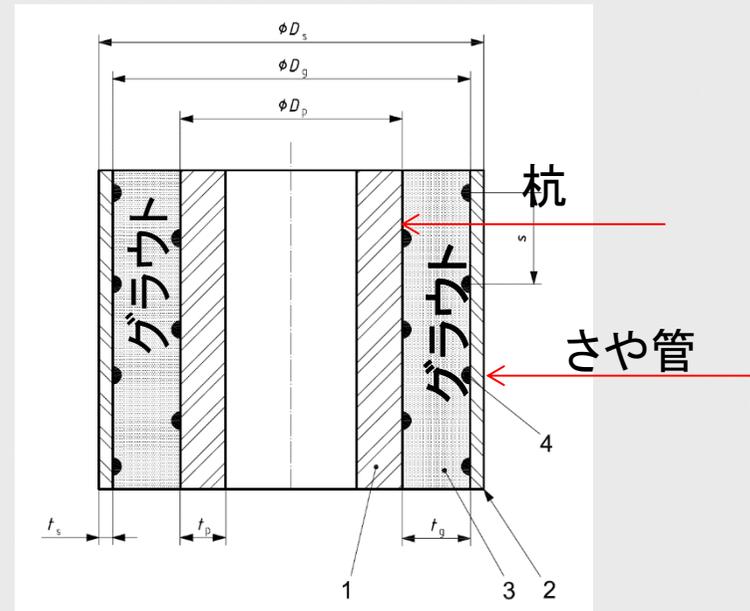


### 3. ジャケット工法の設計・製作・施工法

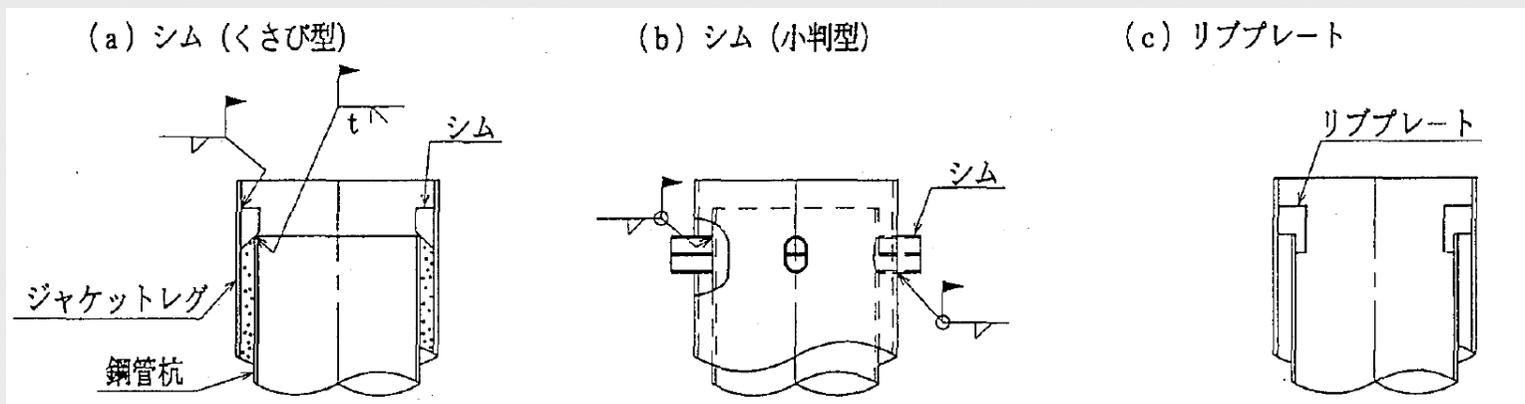
#### 二重管部の設計

グラウト接合部の照査

溶接接合部の照査



グラウト接合部



### 3. ジャケット工法の設計・製作・施工法

## 部材加工



### 3. ジャケット工法の設計・製作・施工法

## 面 組 立



### 3. ジャケット工法の設計・製作・施工法

## 面 起 し



### 3. ジャケット工法の設計・製作・施工法

## 立体組立



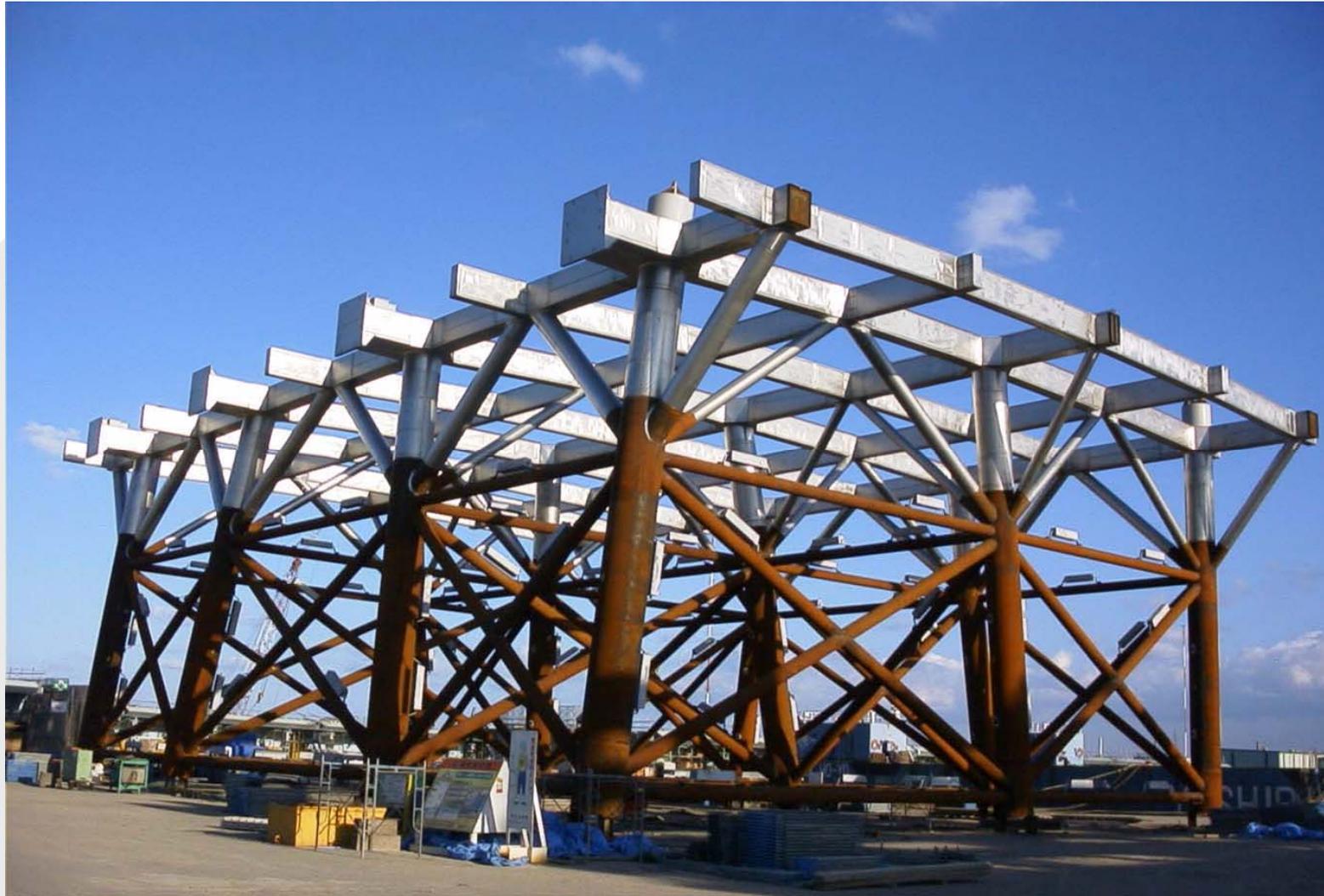
### 3. ジャケット工法の設計・製作・施工法

## 上部工取付



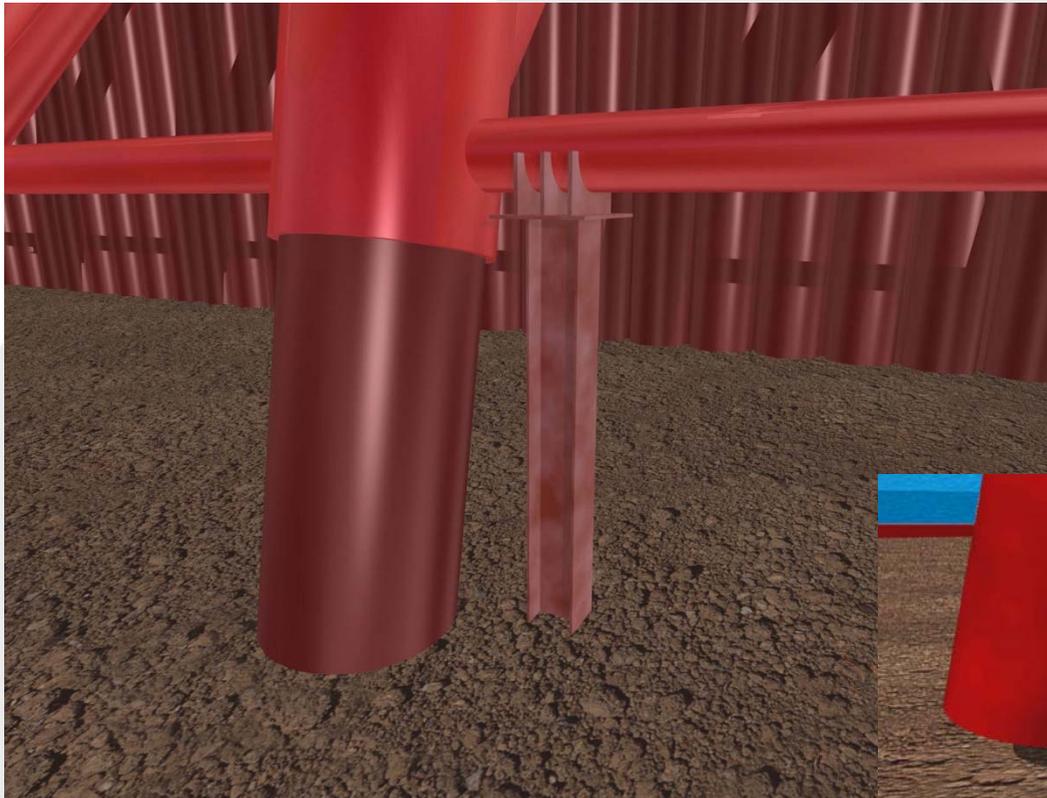
### 3. ジャケット工法の設計・製作・施工法

## 工場製作完了

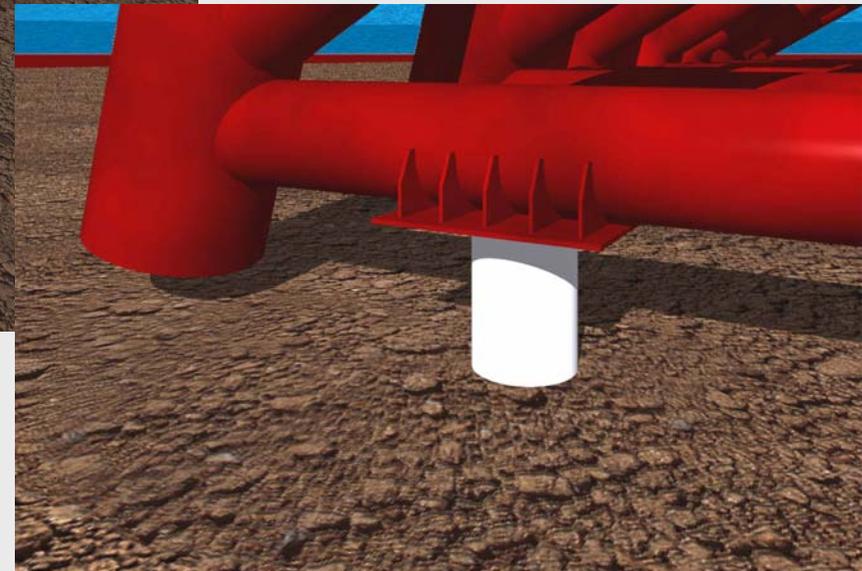


### 3. ジャケット工法の設計・製作・**施工法**

## 仮受杭打設



仮受構造概念図



### 3. ジャケット工法の設計・製作・**施工法**

## ジャケットの海上輸送



### 3. ジャケット工法の設計・製作・**施工法**

## ジャケット据付



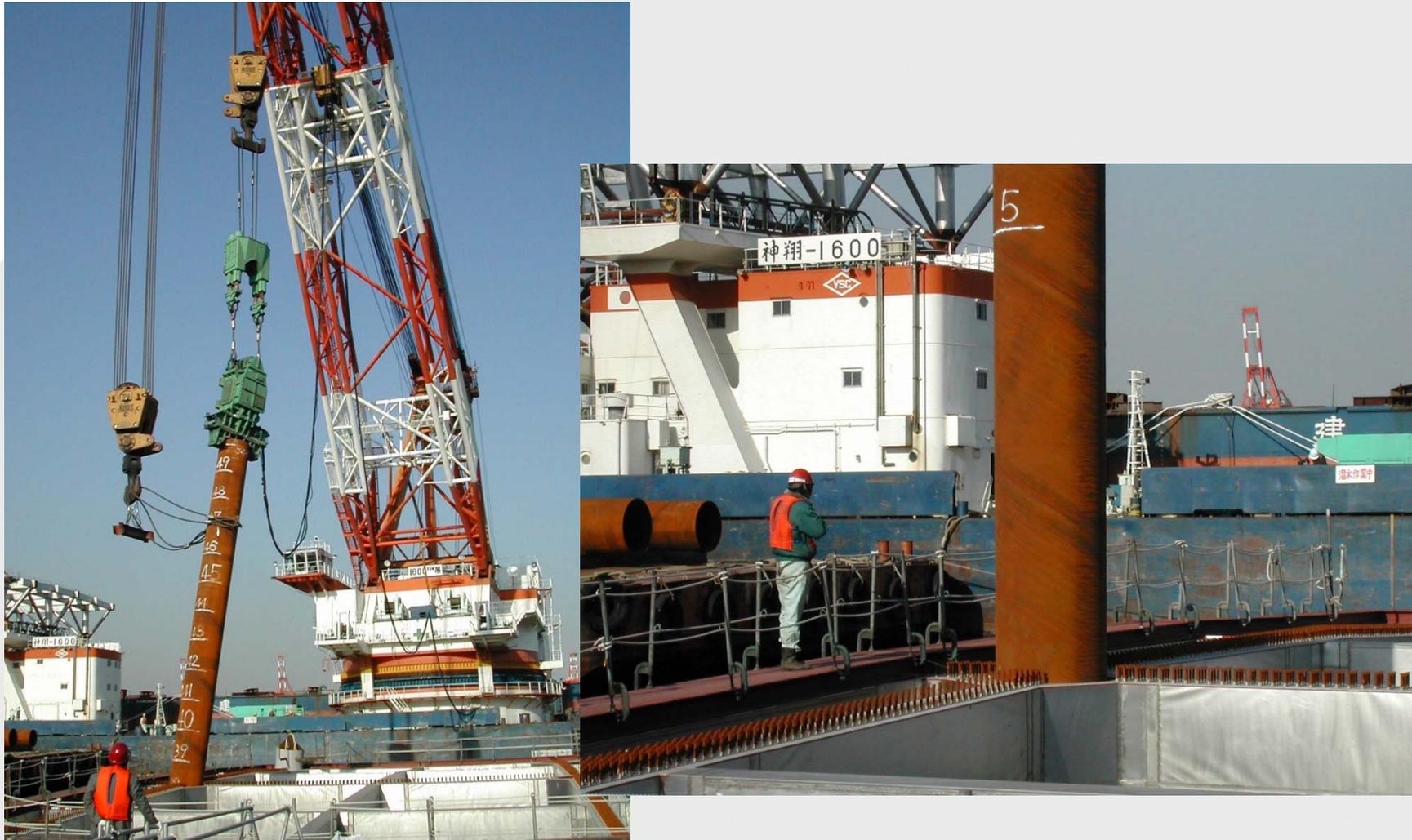
### 3. ジャケット工法の設計・製作・**施工法**

## ジャケット据付



### 3. ジャケット工法の設計・製作・施工法

## 杭 打 設



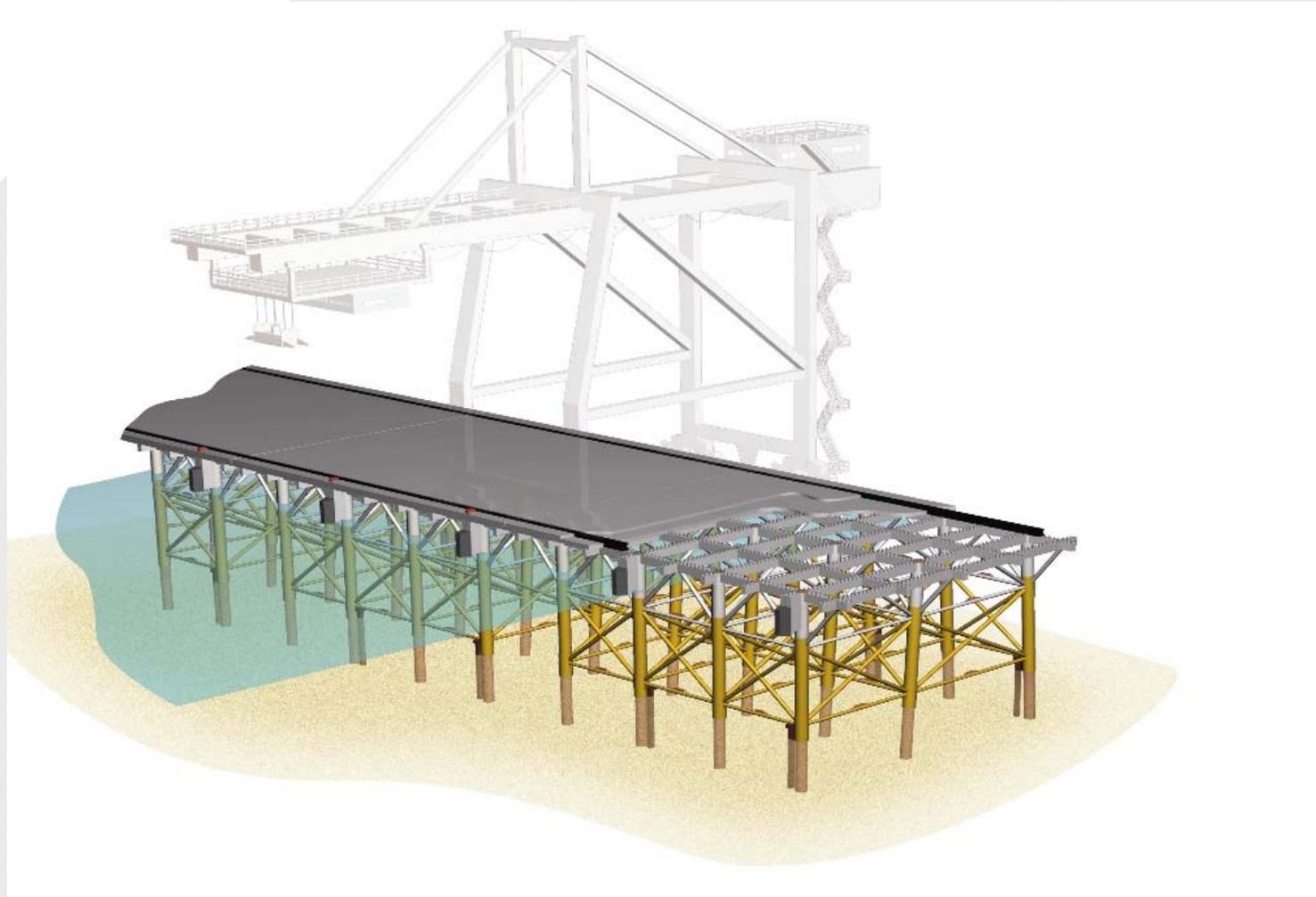
### 3. ジャケット工法の設計・製作・**施工法**

## グラウト打設



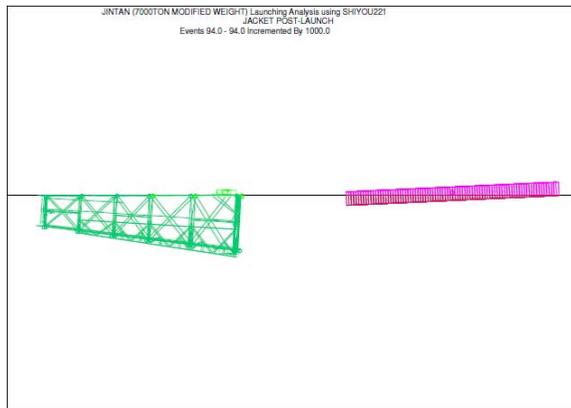
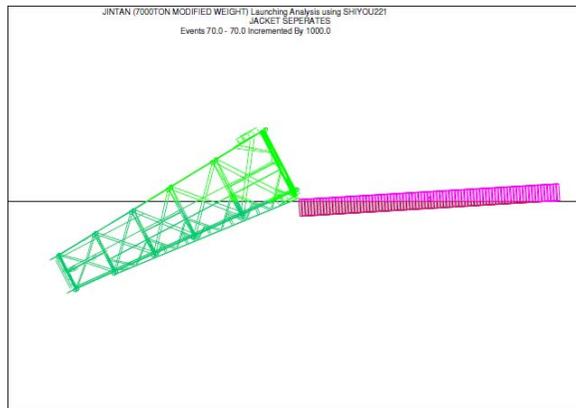
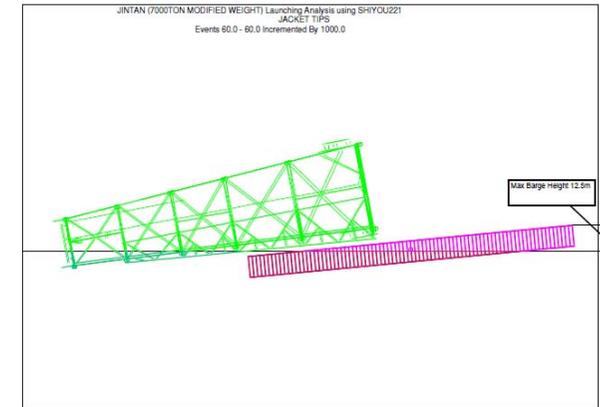
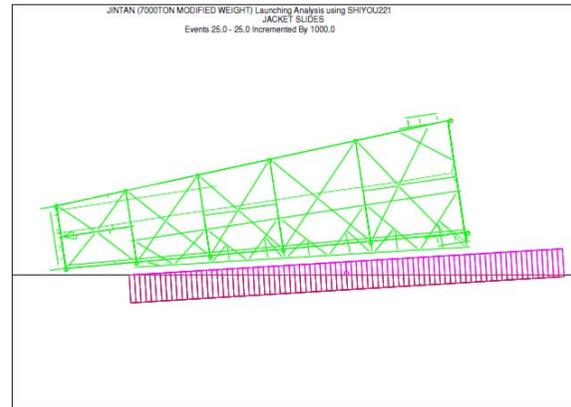
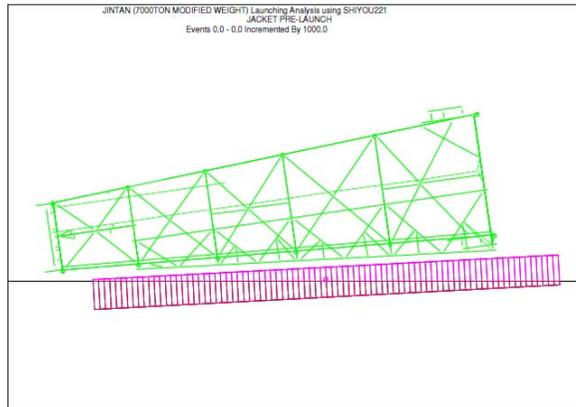
### 3. ジャケット工法の設計・製作・**施工法**

## プレキャストRC床版設置・舗装→完成



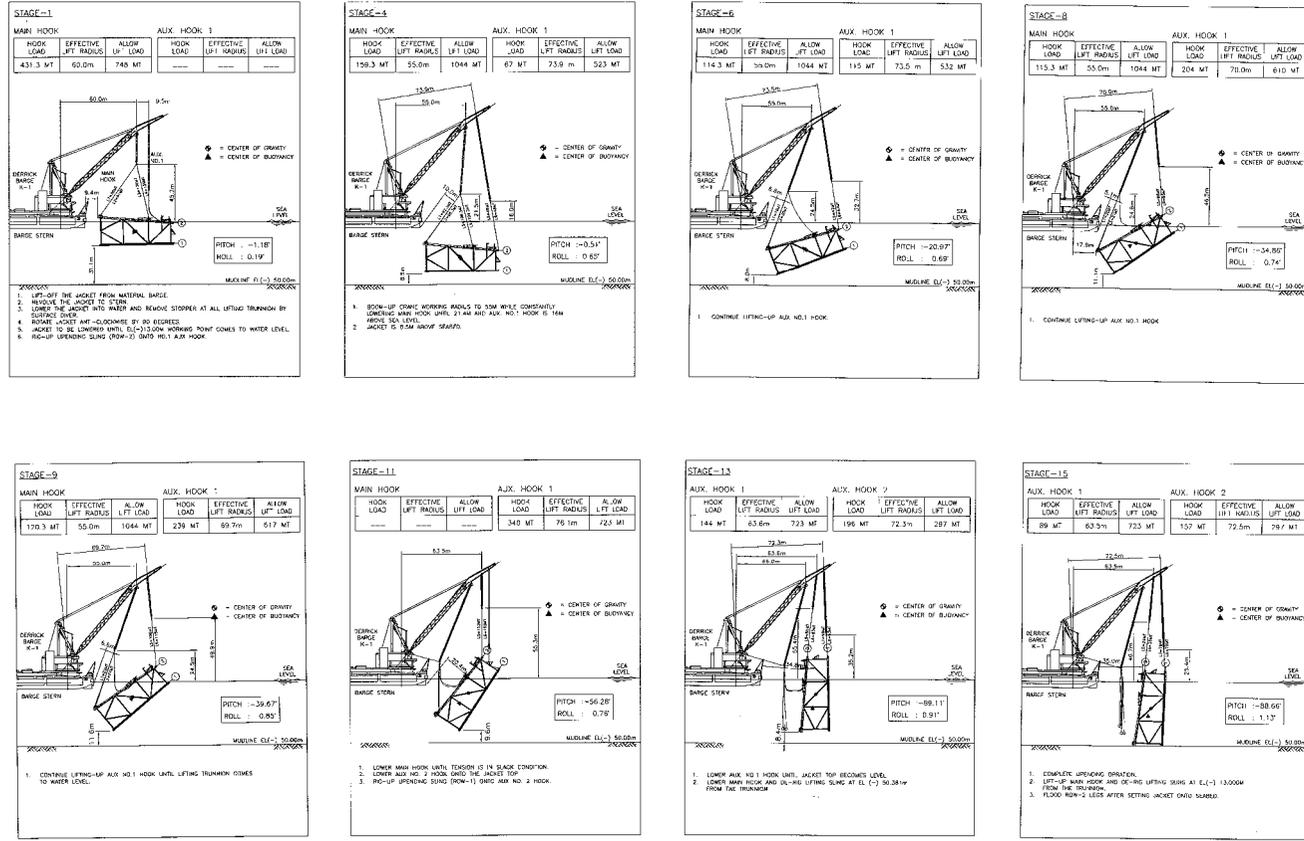
## 【参考】起重機船能力を超えるジャケットの施工

ジャケット重量がクレーン能力を超える(5,000tなど)場合はロンチング (台船を傾けてジャケットを海中に滑り落とす施工法)を行います。バラスト調整して台船を傾け、台船上のスキッドビーム上を滑らせてジャケットを着水させます。



# 【参考】起重機船能力を超えるジャケットの施工

横向きに着水したジャケットは、浮力により水中重量<<空中重量となるため、起重機船での立て起こし(アペンディング)が可能となります。



## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲



## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲

<u>ジャケット工法の用途</u>	<u>適用水深目安</u>	<u>比較工法</u>
①海洋プラットフォーム	50～400m	浮体構造など
②エネルギー受入施設	10～30m	杭式、係留ブイ等
③棧橋	10～20m	直杭式横棧橋、重力式等
④土留付岸壁	10～20m	矢板式係船岸、重力式等
⑤海上空港	10～30m	埋立等
⑥防波堤	10～30m	重力式、杭式カーテンウォール等
⑦離岸堤	10～20m	消波ブロック等
⑧橋脚	10～20m	コンクリート、鋼製柱等
⑨洋上風力基礎	30～50m	モノパイル式等
⑩仮設棧橋	10～30m	杭式、起重機船施工等

## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲

### ① 海洋プラットフォーム



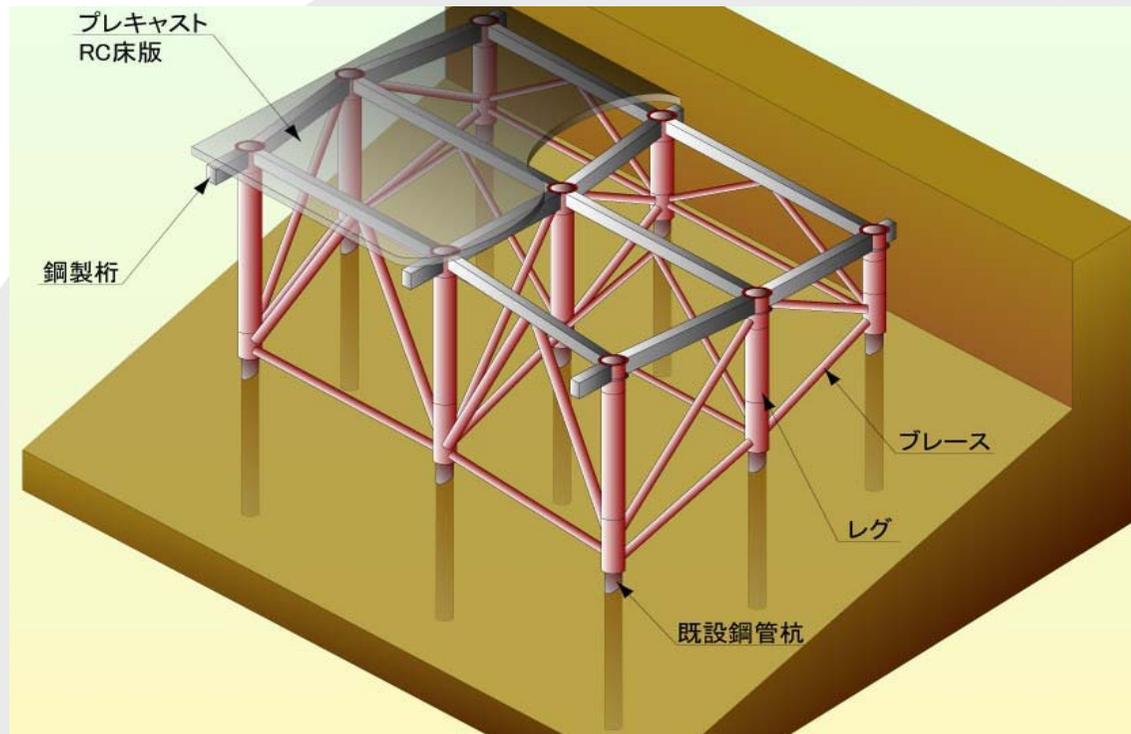
## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲

### ②エネルギー受入施設



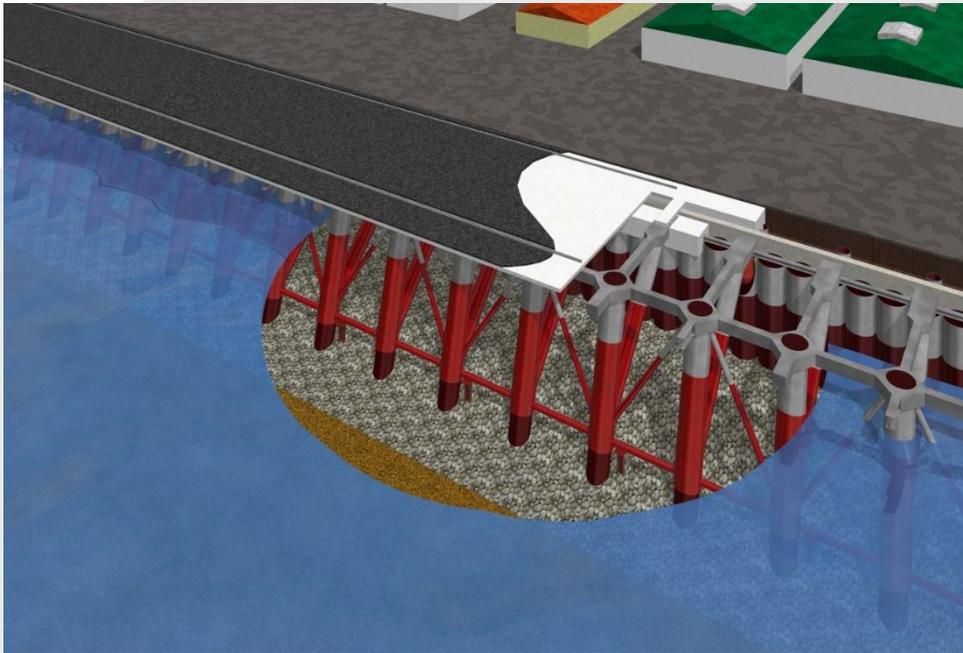
## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲

### ③ 栈橋



## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲

### ④土留付岸壁



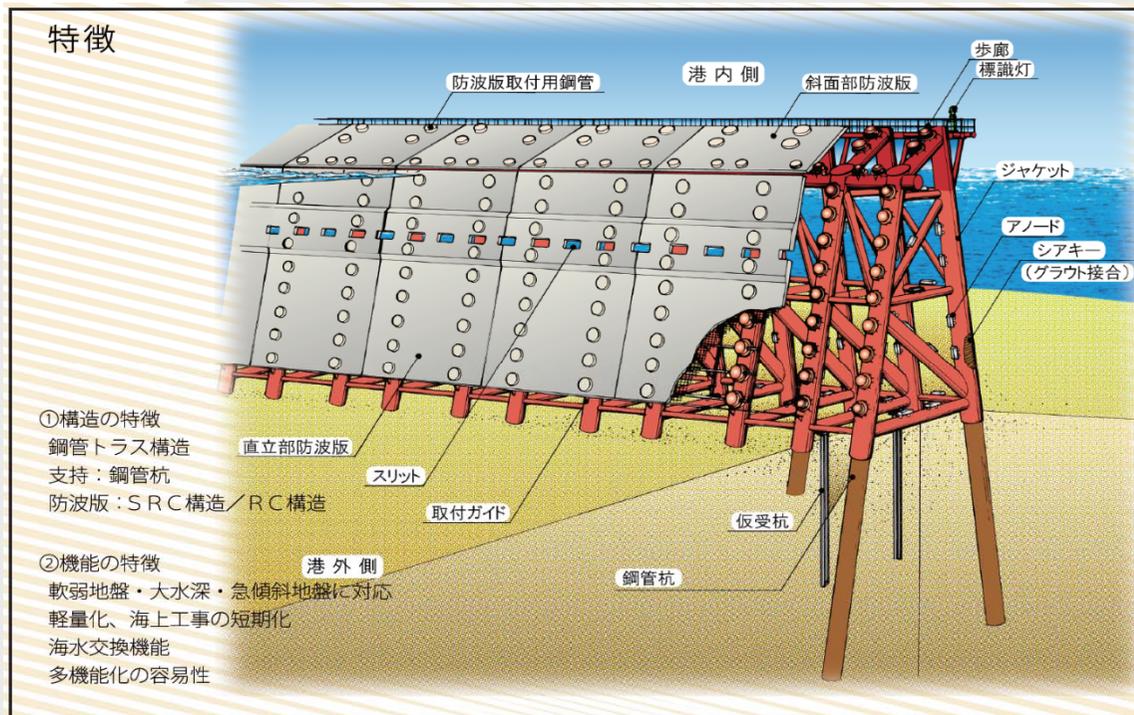
## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲

### ⑤ 海上空港



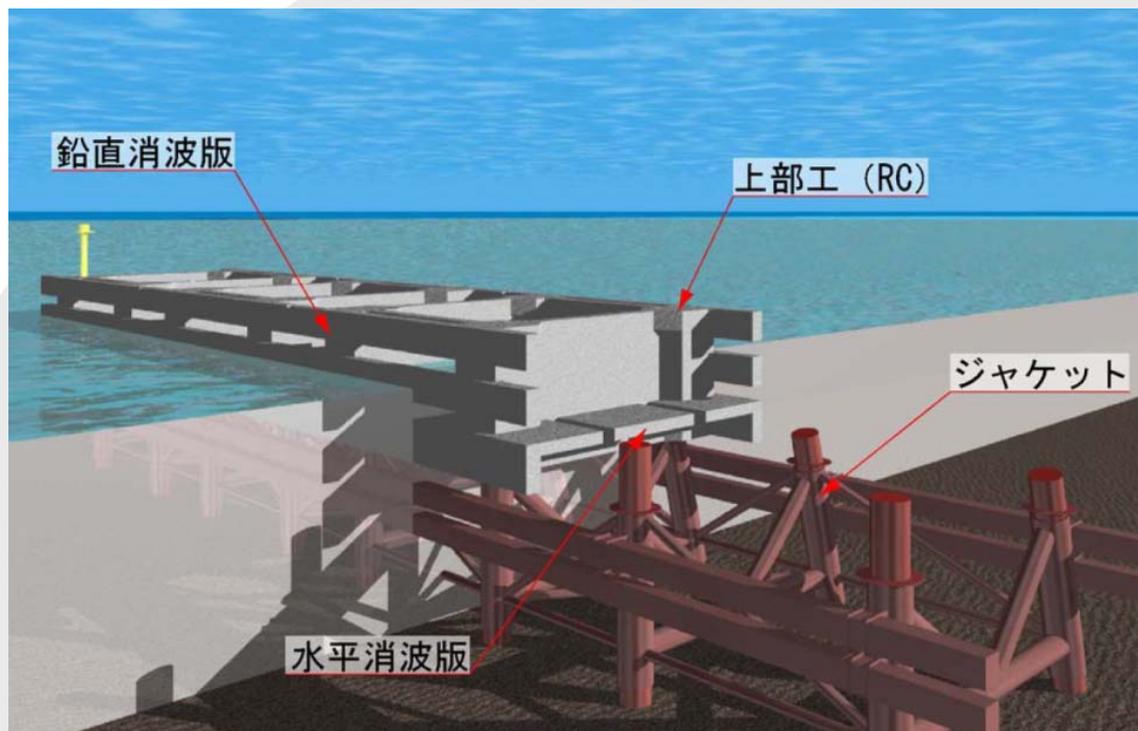
## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲

### ⑥防波堤



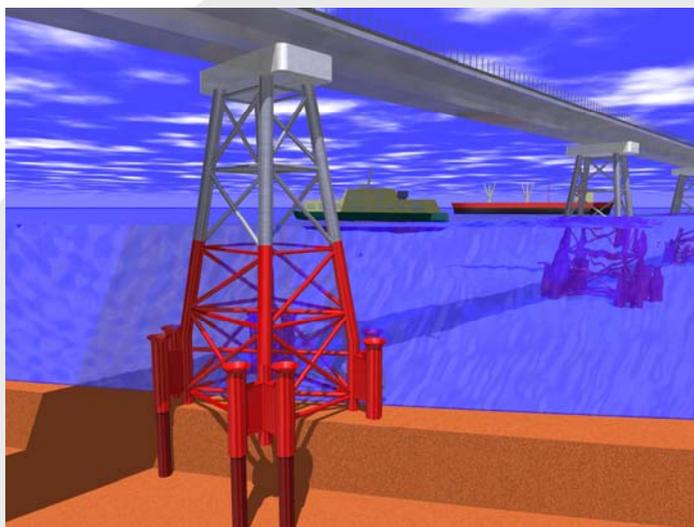
## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲

### ⑦ 離岸堤



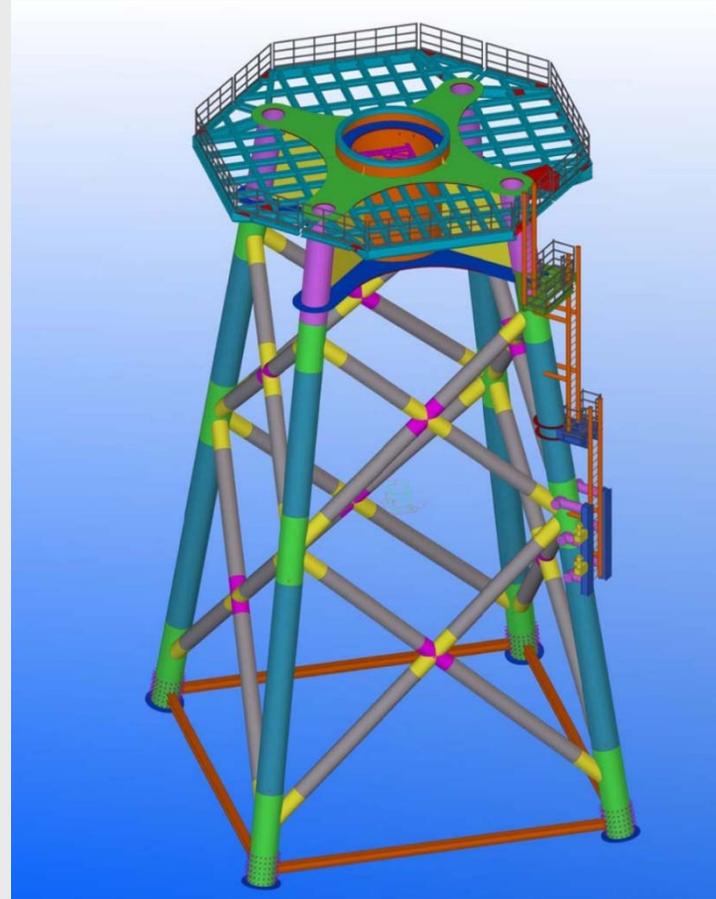
## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲

### ⑧ 橋脚



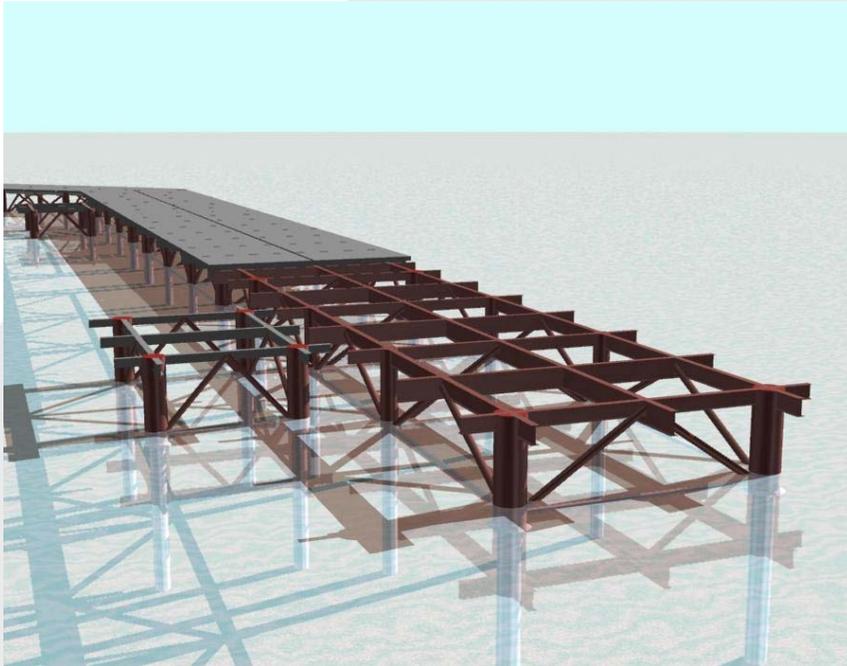
## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲

### ⑨ 洋上風力基礎



## 4. ジャケット工法の用途・適用範囲

### ⑩ 仮設栈橋



# 5. ジャケット式栈橋改修工法



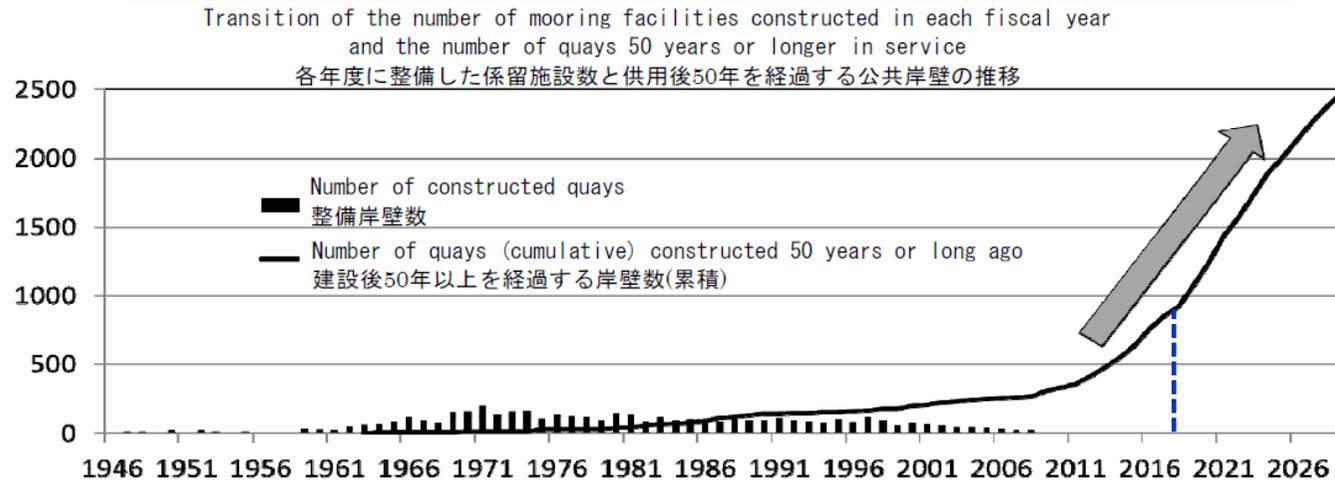
## 5. ジャケット式棧橋改修工法

### 概要

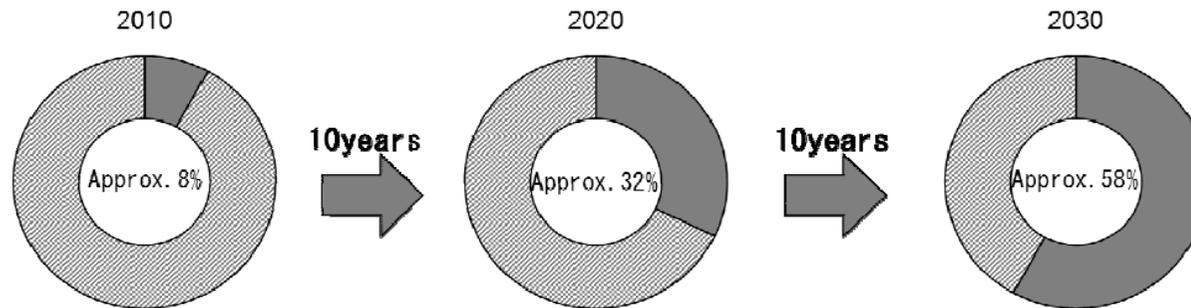
建設後30年を越える杭式棧橋では、RC上部工の劣化や鋼管杭の腐食が問題になるケースが多い。



## 5. ジャケット式棧橋改修工法



Percentage of quays in operation for more than 50 years  
供用後50年以上経過する岸壁の割合



Parameter: quays, approx. 5,000 facilities (number of public quays in regional or higher ports (depth -4.5m). Investigation by the Ports and Harbors Bureau of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism)  
母数：岸壁約 5,000施設 (地方港湾以上の公共岸壁数 (水深-4.5m以深) 国土交通省港湾局調べ

図 1.1 各年度に整備した係留施設数と供用後 50 年を経過する施設数の推移<sup>1)</sup>

## 5. ジャケット式棧橋改修工法

### 事前調査(上部工)

コンクリートの劣化調査は、調査員がボート等で棧橋下に入り梁・床版の割れ、膨れ、発錆について目視点検を行う。



## 5. ジャケット式栈橋改修工法

### 事前調査(鋼管杭)

- ・無塗装部 : 超音波板厚計により残存板厚を計測
- ・重防食被覆部 : 外観調査により膨れ、ピンホールからの発錆を検出



無塗装部



重防食被覆部

## 5. ジャケット式栈橋改修工法

### 改修方針

#### 上部工の劣化

防食被覆損傷 → エポキシ樹脂補修  
板厚不足 → 増杭  
→ 鞘管 → ジャケット工法

#### 鋼管杭の腐食

軽度 → 断面修復  
中度 → 床版打替  
重度 → 撤去改修 → ジャケット工法

## 5. ジャケット式栈橋改修工法

### 課題①

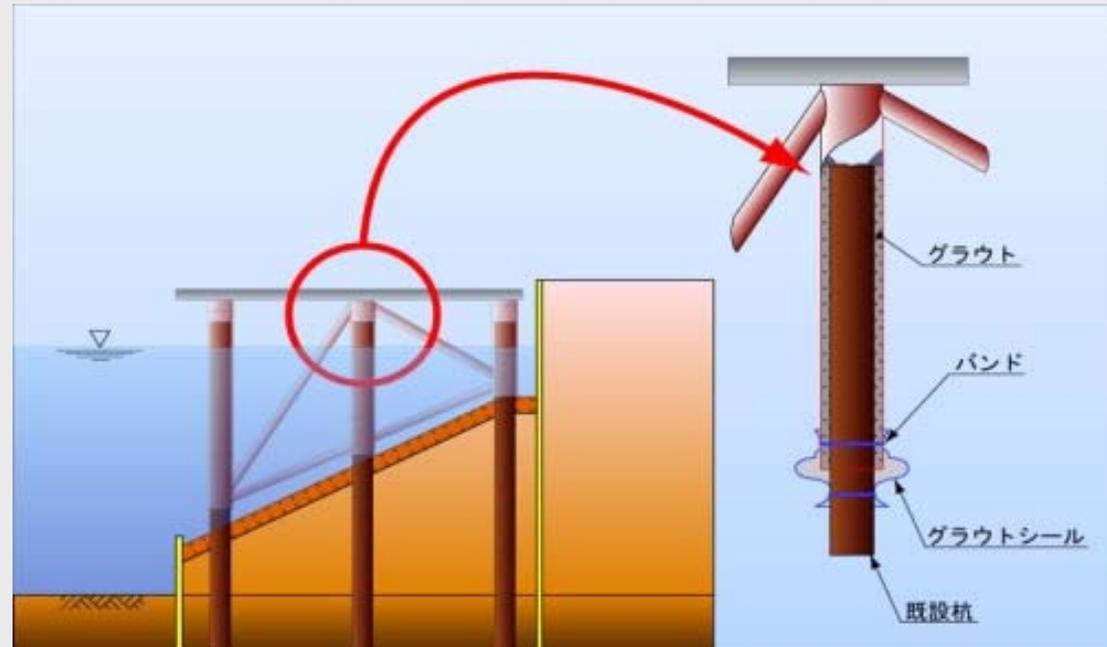
上部工コンクリートの劣化／鋼管杭の腐食・減肉に対する機能保全



## 5. ジャケット式栈橋改修工法

### 対策①

プレキャスト鉄筋コンクリート床版設置  
／ 鞘管補強による**確実な機能保全が可能**



## 5. ジャケット式棧橋改修工法

### 課題②

### 増深・耐震化等の機能強化需要への対応

対象船舶大型化に伴う増深、設計震度増加に伴う耐震化  
 に対して、既設杭が強度不足となる可能性あり

2-8-9図 コンテナ船の船型

類	型	船 型 の 分 布		
(主力となる 就航年代)	船幅(m)	船 長(m)	積載能力 (TEU)	必要岸壁 水深(m)
アンダー パナマックス (1966~1980)	17~31 	110 ~ 210 	~ 1700 	~ 12
パナマックス (1980~1990)	32 	210 ~ 270 	1900 ~ 3400 	12 ~ 14
パナマックス マックス (1980年代後半~)	32 	289 ~ 294 	3000 ~ 4300 	14 ~ 15
オーバー 注1 パナマックス (1995~)	32~ 	262 ~ 300 注2 	4100 ~ 	15 ~ 16

注 (1) オーバーパナマックスについては、計画中の船舶も含んでいる。  
 (2) 就航予定の船舶のうち、最大の船舶は、船長320m、船幅42m、積載能力  
 6700TEUである。

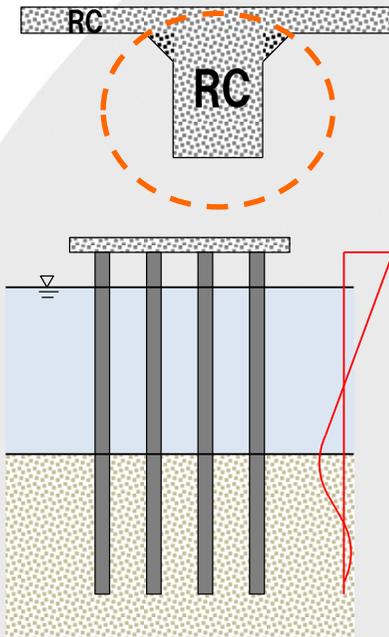
出典：<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/transport/heisei08/pt2/827203.html>

## 5. ジャケット式横棧橋改修工法

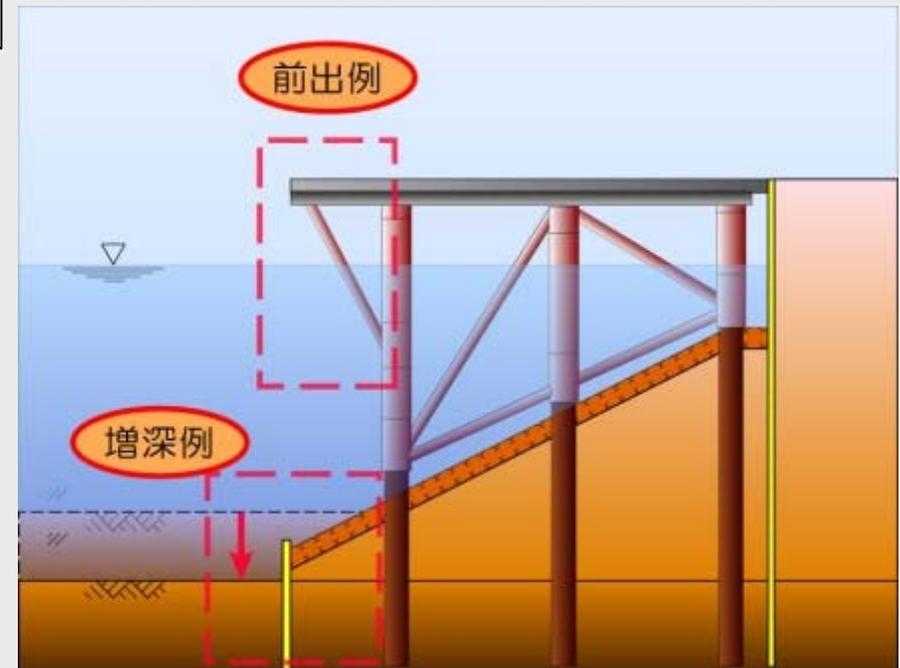
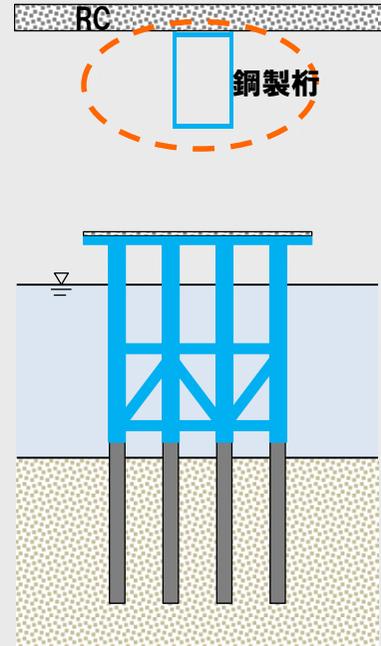
### 対策②

上部工軽量化による耐震性向上が可能  
鋼管トラス構造による補強・前出・増深が容易

#### 直杭式横棧橋



#### ジャケット式横棧橋



## 5. ジャケット式栈橋改修工法

### 課題③

#### 栈橋供用停止期間中の損失最小化/施工性・品質確保

栈橋供用停止期間中の**経済損失**が大きい

RC梁の型枠設置(水面付近)、既設杭の防食補修(水面付近)に対して、**施工性・品質確保**が困難な可能性あり



写真-3 海上での受梁施工状況

出典：<http://www.thr.mlit.go.jp/bumon/b00097/k00360/happyoukai/H30/list%205/1-3.pdf>

## 5. ジャケット式棧橋改修工法

### 対策③

工場製作による**棧橋供用停止期間大幅削減**  
 プレキャスト版使用・ステンレスライニングによる**品質確保**

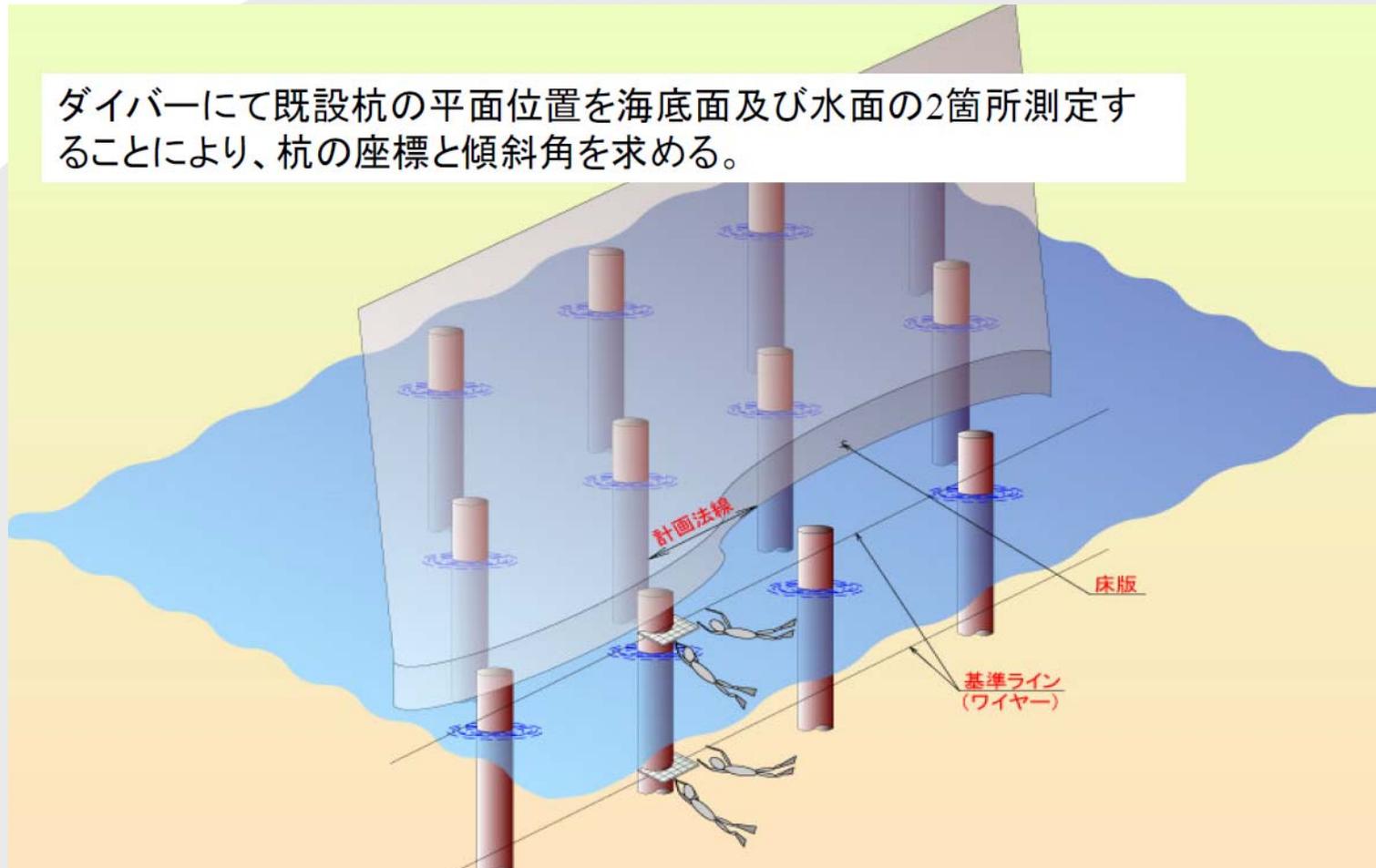
項目		月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
従来工法	上部工撤去		■	■	■									
	型枠工～コンクリート打設					■	■	■	■	■	■			
	電気防食									■	■			
	舗装～付帯工										■	■		
棧橋供用停止期間														
ジャケット工法	ジャケット工場製作							■	■	■	■			
	上部工撤去							■	■	■				
	ジャケット据付～プレキャストRC床版設置									■				
	舗装～付帯工										■	■		

## 5. ジャケット式栈橋改修工法

施工の流れ

### ① 既設杭計測

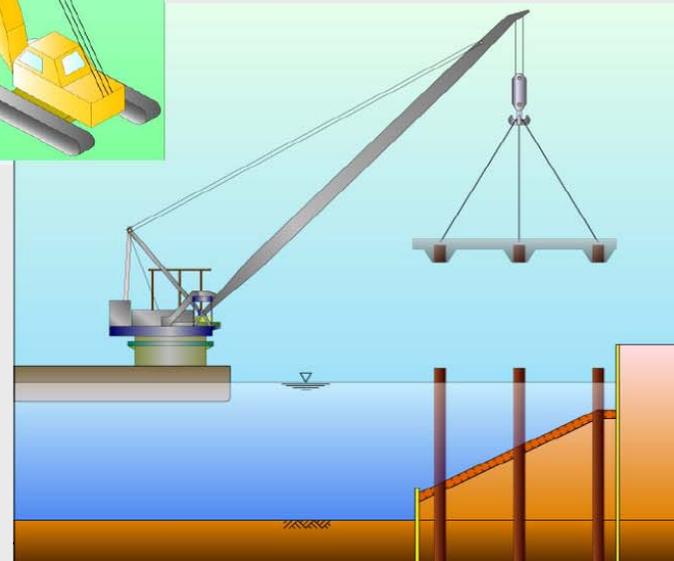
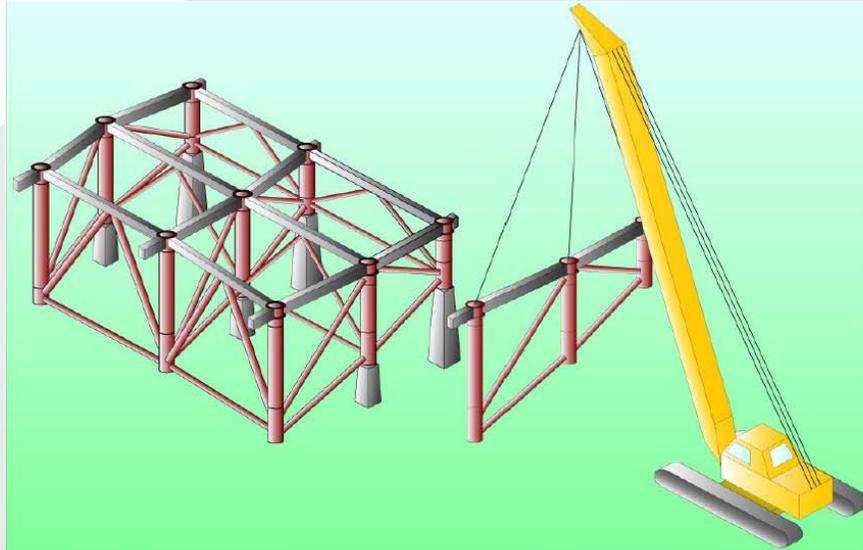
ダイバーにて既設杭の平面位置を海底面及び水面の2箇所測定することにより、杭の座標と傾斜角を求める。



## 5. ジャケット式栈橋改修工法

施工の流れ

### ② ジャケット製作・上部工撤去



## 5. ジャケット式棧橋改修工法

### 上部工撤去



## 5. ジャケット式棧橋改修工法

### 杭頭切断



ガス切断

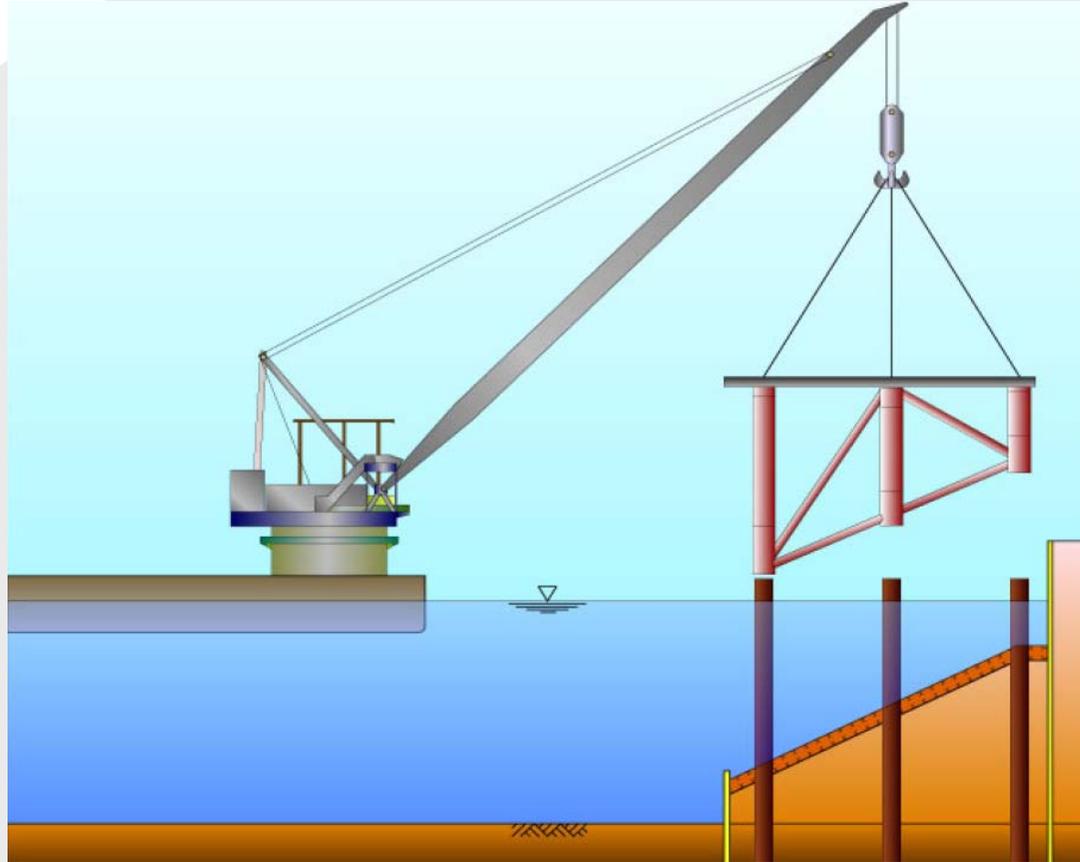


ワイヤーソー切断

## 5. ジャケット式栈橋改修工法

施工の流れ

### ③ ジャケット据付



## 5. ジャケット式栈橋改修工法

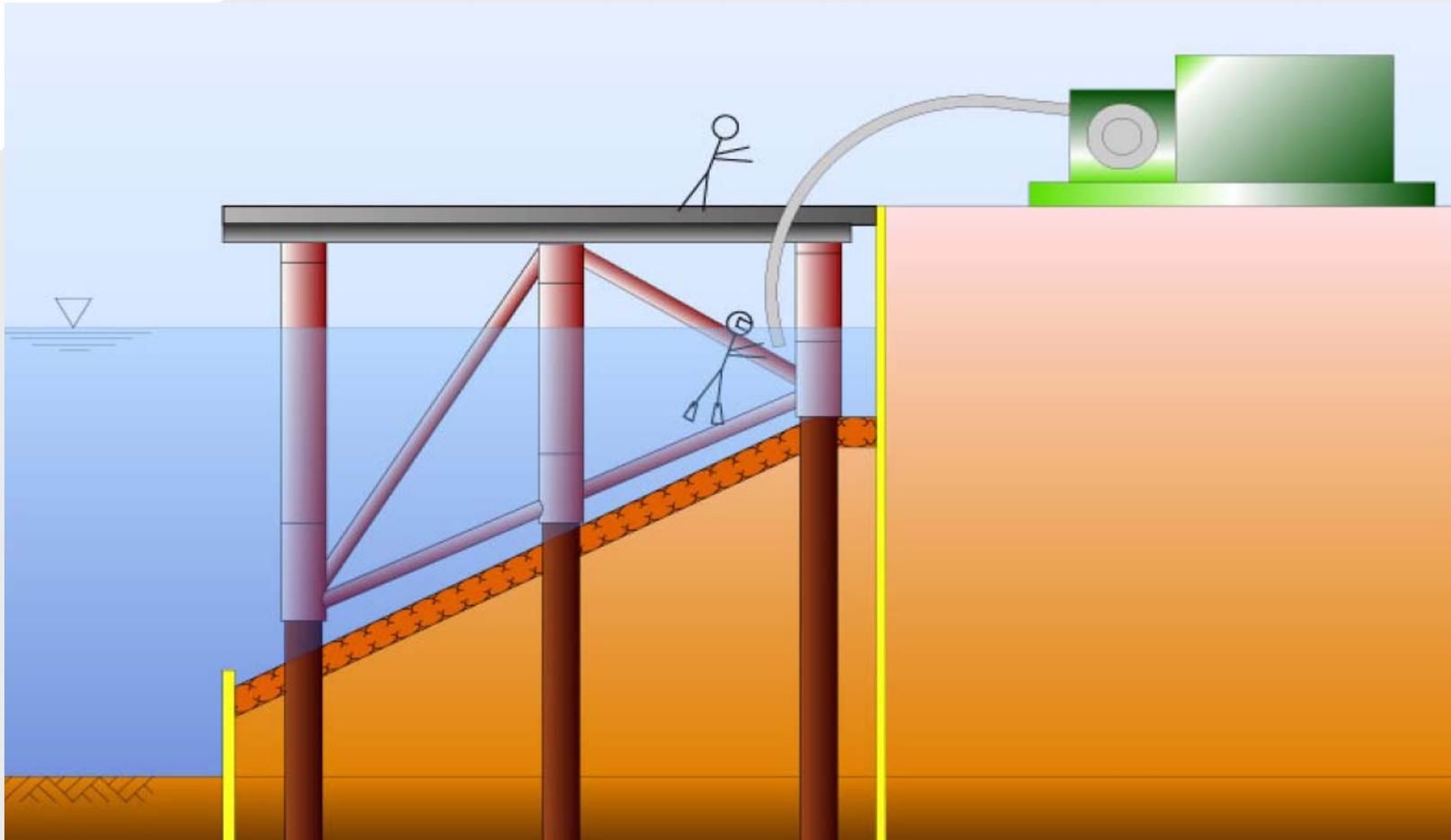
### ジャケット据付



## 5. ジャケット式栈橋改修工法

施工の流れ

### ④ グラウト打設



## 5. ジャケット式棧橋改修工法

### 帆布式グラウトシール

製品



取付状況



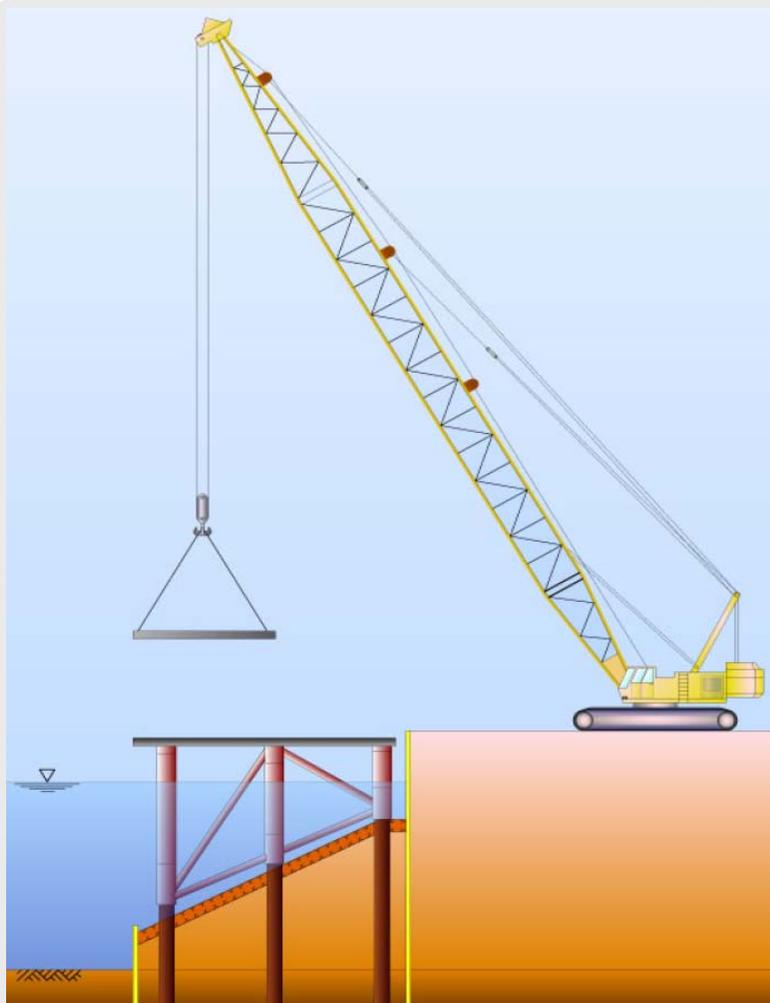
グラウト打設後



## 5. ジャケット式棧橋改修工法

施工の流れ

### ⑤プレキャスト床版設置



## 5. ジャケット式棧橋改修工法

### プレキャスト床版設置



## 5. ジャケット式栈橋改修工法

### 既往実績

既往実績を下表に示します。  
現在設計中の案件で数件の引き合いがございます。

	件名	施工時期	目的	基数	重量 tf/基	杭径 (mm)	間隙 (mm)	杭本数 本/基
1	焼津漁港岸壁 (マイナス9m)	2004年度	改修・増深	3	123	600	98.5	18
2	北九州港二島2号岸壁 (マイナス5.5m)	2002年度	改修	4	231	609.6	93.6	24
3	東京港10号地フェリー栈橋 (マイナス8.5m)	2014年度	改修・耐震化	7	250 /350	812.8 /1600	78 /81	24~34

## 5. ジャケット式栈橋改修工法

### 北九州港二島2号岸壁



## 5. ジャケット式栈橋改修工法

### 焼津漁港岸壁



## 5. ジャケット式棧橋改修工法

### 東京港10号地フェリー棧橋





御清聴有難うございました。