日の出岸壁改良工事における問題点と対策・工夫について

【 工 事 概 要 】

〈 工 事 名 〉　　平成28年度　清水港日の出岸壁(-12m)改良工事

〈 発 注 者 〉　　国土交通省 中部地方整備局 清水港湾事務所

〈 施 工 箇 所 〉　　静岡市清水区日の出地区岸壁(-12m)4号岸壁及び5号岸壁

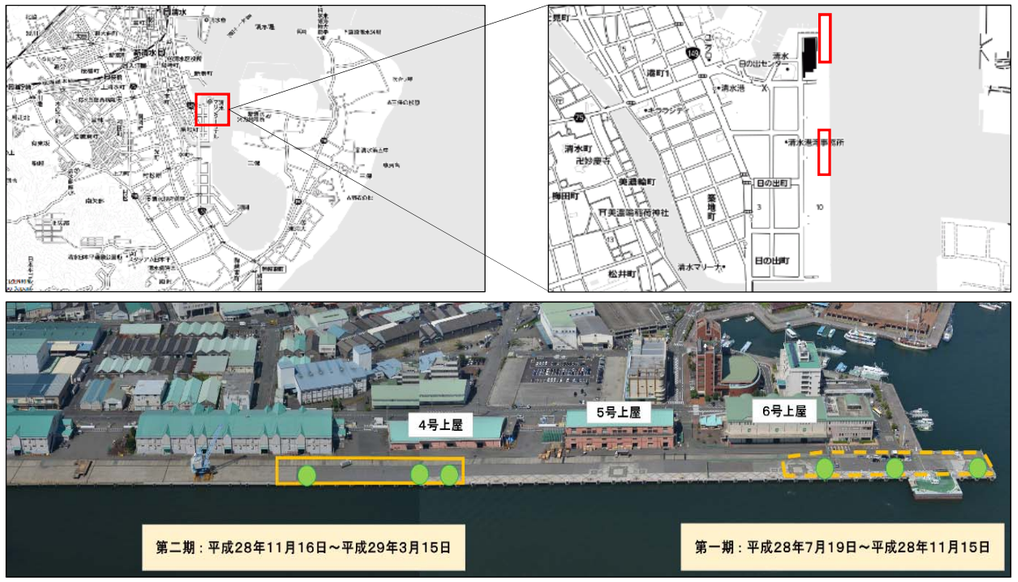


図.1　施工箇所位置図

〈 工 期 〉　　自 平成 28年 5月 19日 ～ 至 平成 29年 3月 15日
第一期施工　　平成 28年 7月 19日 ～ 平成 28年 11月 15日
第二期施工　　平成 28年 11月 16日 ～ 平成 29年 3月 15日

〈 請 負 金 額 〉　　￥139.320.000.

〈 工 事 内 容 〉

仮設工	(立入禁止防止柵設置・撤去)	352 m
構造物撤去工	(上部コンクリート取壊し)	69 m3
上部工	(上部コンクリート築造)	138 m3
付属工	(200t型係船曲柱取付け)	6 基
舗装工	(石張り舗装、半たわみ性舗装)	1 式
電気防食工	(流電陽極方式)	226 m2
表面塗装工	(防食塗装)	38 m2

〈工事の目的①〉　国際拠点港として指定されている清水港は、貿易港の役割に加え観光港としても一役を担う特定港である。平成25年 6月に富士山が世界文化遺産に登録されて以降、海外からの観光需要に拍車がかかり、大型クルーズ船等の寄港が年々増加傾向にあった。本工事は、清水港にある日の出埠頭において、約22万t級(世界最大級) の大型クルーズ船に対応できる岸壁整備及び寄港時における岸壁機能の改良を目的に35t・70t型係船柱を撤去し、200t型係船柱を2バースに渡って6箇所設置する工事である。

写真-1　着手前(左)及び完成写真(右)

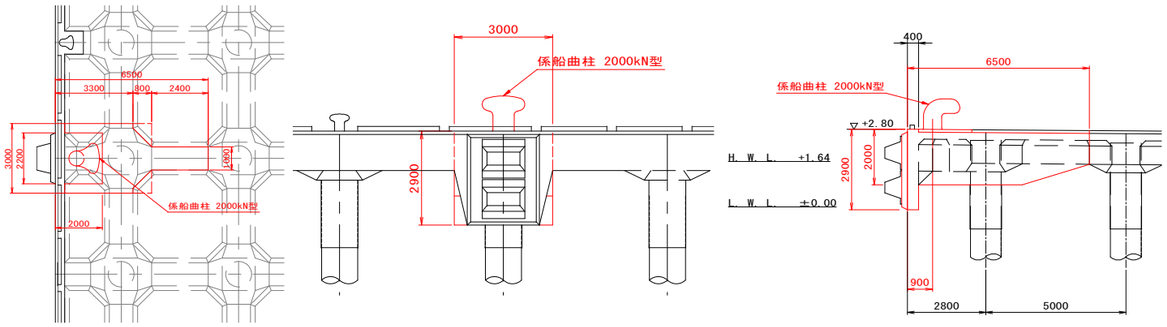


図.2　平面図(左)、正面図(中)、側面図(右)

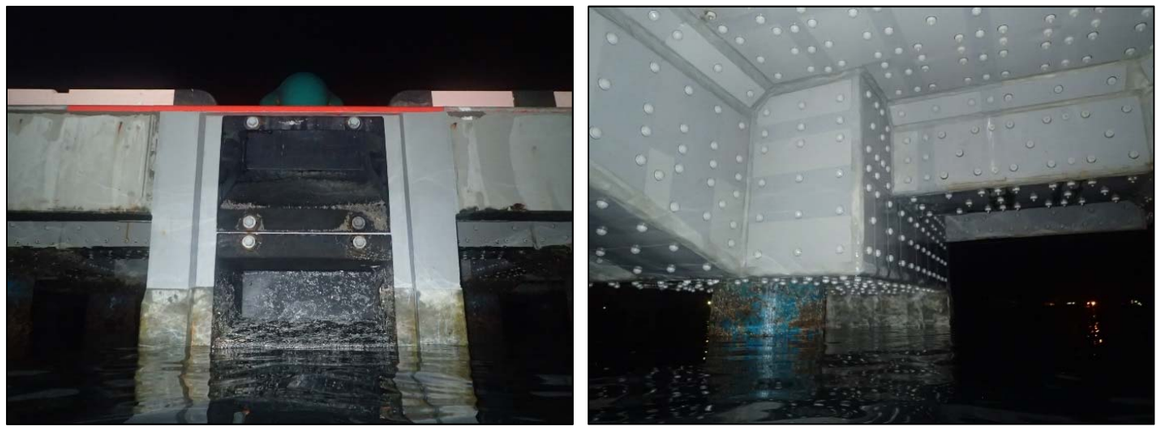


写真-2　完成写真(左：正面、右：岸壁下面(側面))

〈工事の目的②〉　先述のように大型クルーズ船等の寄港が年々増加する反面（図.3参照）、大型船が寄港できる岸壁は限られており、高まる観光需要を満たす体制が整っていなかった。また平成28年度は、国土交通省によって「生産性革命元年」として位置づけられており、生産性向上の取組みとして「生産性革命プロジェクト20」が選定されている。 このプロジェクトの1つに「クルーズ新時代の実現」があり、これは既存のストックを活用してクルーズ船の受入れ環境整備を図ろうとしていくものである。今回、清水港で施工した係船柱の大型化は、当プロジェクトを先駆けて行われた事例の工事である。

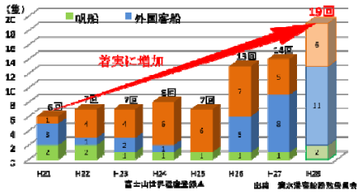


図.3　清水港の客船等入港状況

【係船曲柱大型化の施工方法（フロー）と実施工

＜施工フロー写真＞

仮設工:立入禁止防止柵設置(1)

1

構造物撤去工：車止め撤去

2

構造物撤去工：舗装版撤去

3

構造物撤去工：既設係船柱撤去

4

足場工:吊足場設置

5

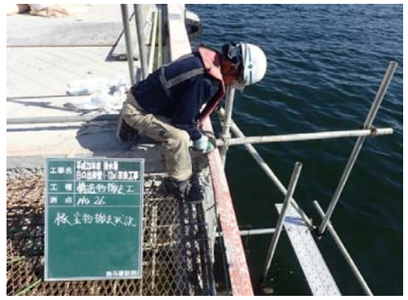
構造物撤去工：亜鉛防食板撤去

6

構造物撤去工：上部コンクリート撤去

7

構造物撤去工：縁金物撤去



8

構造物撤去工：被覆防食撤去

9

構造物撤去工：鋼管切断

10

上部工：吊支保設置状況

11

上部工：吊支保設置完了

12

上部工：鉄筋切断

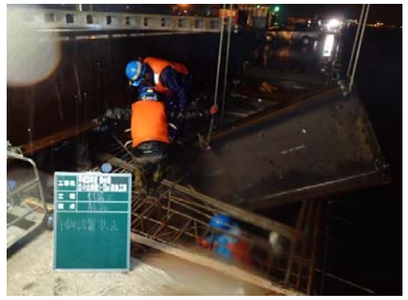
13

上部工：底版型枠組立（吊支保構造）

14

次項へ続く

上部工：H型鋼係船柱架台



15

上部工：係船柱架台

16

付属工：係船柱設置

17

付属工：係船柱アンカー設置

18

上部工：鉄筋組立

19

上部工：コンクリート打設

20

電気防食工：亜鉛防食板設置

21

舗装工：石張り工

22

舗装工：支持層充填

23

舗装工：石張舗装完了

24

付属工：係船柱塗装(下塗り：ﾌﾟﾗｲﾏｰ)

25

付属工：係船柱塗装(中塗り：CVｽﾌﾟﾚｰ)

26

付属工：係船柱塗装(上塗り：ﾚｼﾞﾄｯﾌﾟ)

27

付属工：係船柱塗装完了

28

付属工：車止め設置

29

施工完了

30

＜ 実 施 工 程 表 ＞

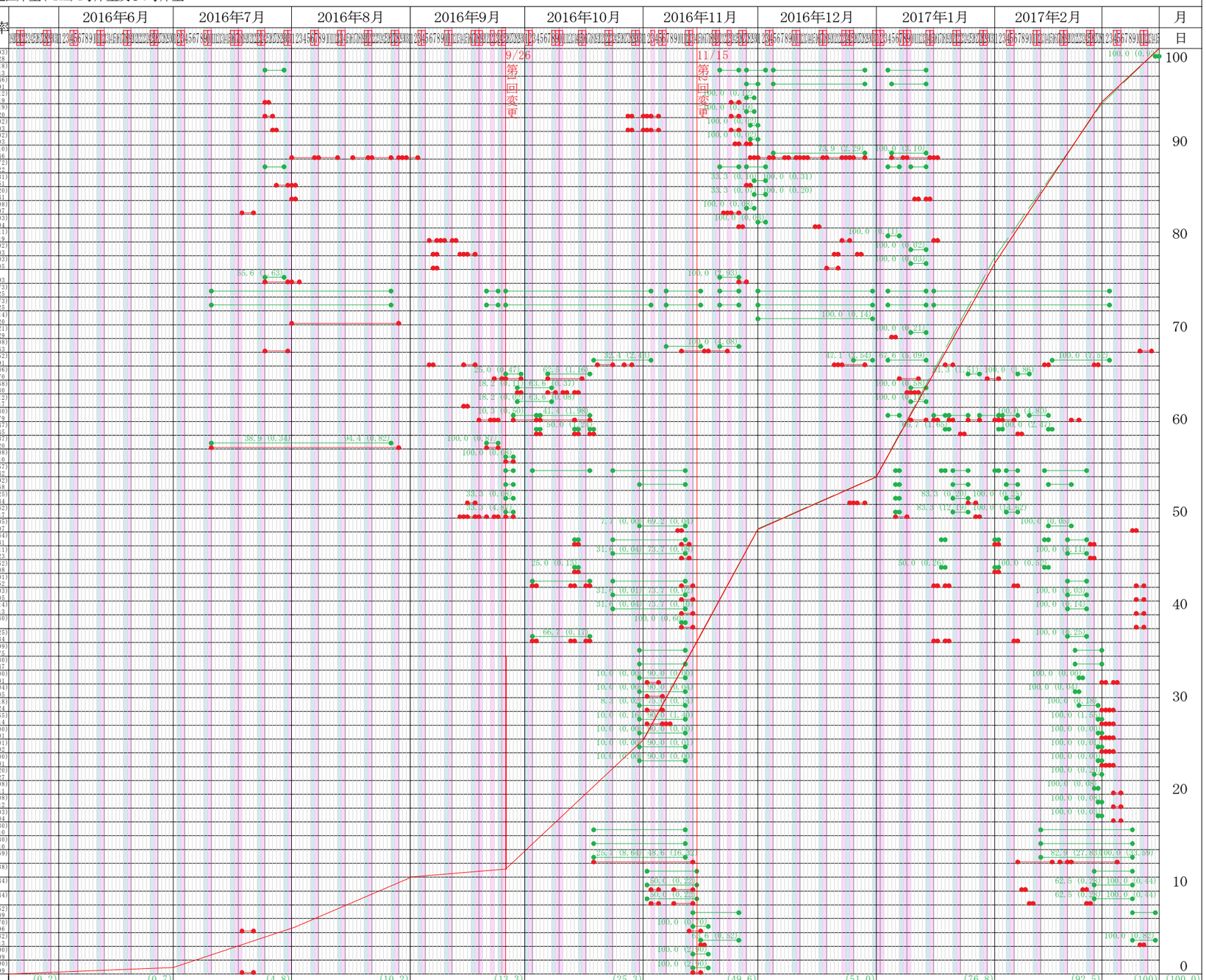
工事名：平成28年度　清水港日の出岸壁(-12m)改良工事

工期　着工　2016年　5月19日
　　完成　2017年　3月15日

鈴与建設㈱

静岡市清水区日の出地区岸壁(-12m)4号岸壁及び5号岸壁

工　種	種　別	細　別	数　量	構成比率
準備工				(0.93) 1.28
構造物撤去工				(7.18) 9.13
	取壊し工			(3.46) 4.91
		舗装版切断	(103.0m) 115.0m	(0.12) 0.19
		石張り舗装撤去	(84.0㎡) 1.0式	(0.19) 0.20
		支持層撤去	2.0m3	(0.02) 0.03
		舗装版撤去	30.0m2	(0.02) 0.03
		上部工取り壊し工	(69.0m3) 72.0m3	(3.10) 4.46
	撤去工			(3.72) 4.22
		係船柱撤去	(5.0基) 6.0基	(0.31) 0.51
		防舷材撤去	(4.0基) 6.0基	(0.20) 0.41
		車止め撤去	(43.0m) 26.0m	(0.08) 0.07
		縁金物撤去	18.0m	(0.03) 0.04
		杭頭処理　鋼管杭	(22.0m) 26.0m	(0.11) 0.19
		鉄筋切断	(558.0本) 588.0本	(0.02) 0.03
		被覆防食撤去	(8.0m2) 9.0m2	(0.03) 0.05
		防食板撤去	(95.0m2) 69.0m2	2.93
上部工				(22.73) 32.25
	杭頭補強工			(22.73) 32.25
		鋼板製作	1.0式	(0.14) 0.20
		鋼板溶接	20.0m	(0.21) 0.29
		足場設置撤去	(246.0m2) 291.0m2	(4.08) 6.63
		支保組立組外	72.0m2	(7.52) 9.91
		鉄筋組立	(9,119.0kg) 9,626.0kg	(1.86) 2.70
		溶接	41.0m	(0.58) 0.80
		削孔	60.0本	(0.12) 0.17
		型枠	(235.0m2) 242.0m2	(4.80) 6.79
		コンクリート	(138.0m3) 140.0m3	(2.47) 3.45
		H型鋼製作	1.0式	(0.87) 1.20
		H型鋼鋼板溶接	4.0m	(0.08) 0.10
付属工				(16.57) 32.42
	係船柱工			(14.92) 30.58
		架台取付	4.0基	(0.25) 0.34
		係船柱取付	(4.0基) 6.0基	(14.62) 30.17
		係船柱塗装	24.0m2	(0.05) 0.07
	防舷材工			(0.64) 1.31
		防舷材取付	(4.0基) 6.0基	(0.11) 0.22
		埋込栓取付	(4.0基) 6.0基	(0.52) 1.08
	車止・縁金物工			(1.01) 0.52
		ボルト取付	(22.0式) 30.0式	(0.03) 0.05
		車止取付	(18.0m) 26.0m	(0.14) 0.13
		車止取付	(5.0m)	(0.60)
		縁金物取付	18.0m	(0.25) 0.34
舗装工				(1.99) 2.75
	石張舗装工			(1.80) 2.47
		ﾀｯｸｺｰﾄ	(72.0m2) 67.0m2	(0.00) 0.01
		路盤材敷均し転圧(人力)	(72.0m2) 67.0m2	(0.04) 0.05
		平石張工	(70.0m2) 67.0m2	(0.18) 0.24
		支持層充填剤注入	2.0m3	(1.55) 2.14
		流止めｼｰﾄ	(4.5m2) 9.0m2	(0.00) 0.01
		瀝青質目地	(3.0m2) 6.0m2	(0.01) 0.02
		弾性目地	(4.5L) 9.0L	(0.00) 0.01
	半たわみ舗装			(0.20) 0.27
		基層舗設	30.0m2	(0.08) 0.11
		表層舗設	30.0m2	(0.08) 0.12
		ｾﾒﾝﾄﾐﾙｸ浸透工	30.0m2	(0.03) 0.04
防食工				(45.30) 16.10
	電気防食			(45.30) 16.10
		防食板取付	(198.0m2)	(33.59)
表面塗装工				(0.88)
	下塗り工		(38.0m2)	(0.44)
	上塗り工		(38.0m2)	(0.44)
仮設工				(1.52) 2.09
	仮囲い①		162.0m	(0.70) 0.96
	仮囲い②		190.0m	(0.82) 1.13
雑工				(2.90) 3.99
	電源接続端子移設・復旧		324.0m	(2.90) 3.99



全体（出来高）工程	(0.2)	(0.7)	(4.8)	(10.2)	(13.3)	(25.3)	(49.6)	(51.0)	(76.8)	(92.5)	(100)	(100.0)
	0.2	0.7	4.8	10.2	13.3	25.3	49.5	50.7	75.5	93.0	100.0	100.0

記　事
（指示・検討・是正事項）

【施工上の課題と対策】

当初設計で具体的な工法明示がされていない中、施工を行う上で解決しなければならない主要な課題は以下の通りであった。

1)　工程管理について

1-1)　課題

クルーズ船寄港スケジュールや竣工後の記念式典日まで決定している状況、かつ施工対象岸壁が供用中のため、施工可能期間が指定されていた。

当現場では、工程の制約が非常に厳しく、全体日数120日で3基の係船柱製作を第1期と第2期の2回に渡り施工しなければならなかった。 全体の稼働日数から最終の仕上げである電気防食や吊足場撤去の工程を加味すると、上部コンクリート撤去から躯体築造までを約75日間で施工する必要があった。また、現場特性として、干潮帯に施工(以下、潮待ち作業)をすることが求められ、1日の施工サイクルも日々変化(作業開始、終了時刻が日々異なる)するような状況であった。(図.4参照)

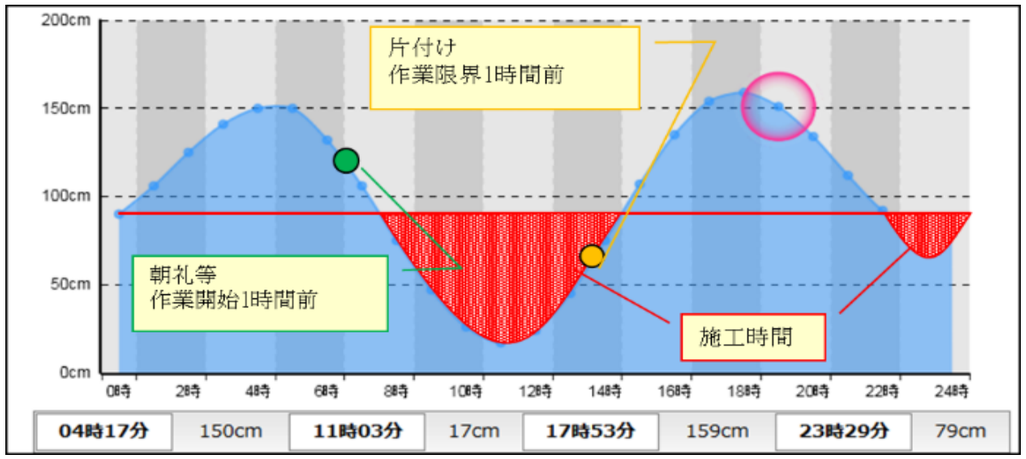


図.4　潮待ち作業における作業可能時間例

写真-3　干潮帯における施工状況写真

1-2)　対応策と結果

第一期について、当初は通常作業(8時～17時)+昼夜間のどちらか一方の潮待ち作業を併用して工程を組立てていたが、試行錯誤しながらの施工に加え、躯体築造工程の9月、10月は1年の中でも潮の満ち引きの差が少ない(潮位が下がらない)時期であり、台風や波浪の影響により思うように工程が進捗しなかった。そこで、工程を回復させるため、通常作業、昼間の潮待ち作業、夜間潮待ち作業の3部構成で工程表を作成し、潮位に見合った作業を工程表に反映させた。結果、引渡し最終日の夜間まで現場が稼動したが、11月15日までの工期は厳守した。

第二期は、第一期で施工方法が確立できたこと、冬期のため潮の満ち引きの差が大きくなった(潮位が下がる時間が増加)ことで吊足場の作業床の高さを低く設置でき、作業スペースの改善が図れたことで15日間の工期短縮を実現できた。

表-1に第一期と第二期の比較したものを示す。

表-1　第一期と第二期の比較表

	第１期	第２期
施工時期	７月１９日～１１月１５日	１１月１６日～３月１５日
作業状態	通常作業、昼間の潮待ち作業、夜間潮待ち作業の３部構成	通常作業、夜間潮待ち作業の２部構成
潮待ち作業時の作業時間	３～４時間	４～６時間
工程短縮日数	０日	１５日
要因	・施工実績の積上げがない ・潮位が下がらない ・足場の作業床を高く設置→作業スペースが狭い	・第１期の施工実績により施工方法が確立 ・潮位が下がる ・足場の作業床を低く設置→作業スペースが確保
要因のビジュアル	足場が高いため、作業スペースが狭い 	足場が低いため、作業スペースが広い

2)　係船柱の設置方法について

2-1)　課題

1基あたり約5.5t(アンカーボルト重量含む)ある係船柱の設置について､架台の組立てや構造を慎重に検討しなければならなかった。

今回の吊支保の条件下で行う係船柱の設置においては、特に底版型枠に作用する局部的な集中荷重は避け、出来形確保の観点から応力をできるだけ広範囲に分散させることが望まれた。

係船柱の構造図を以下に示す。(図.5、写真-4参照)

本体重量：4.5t
アンカーボルト関係重量：1.1ｔ

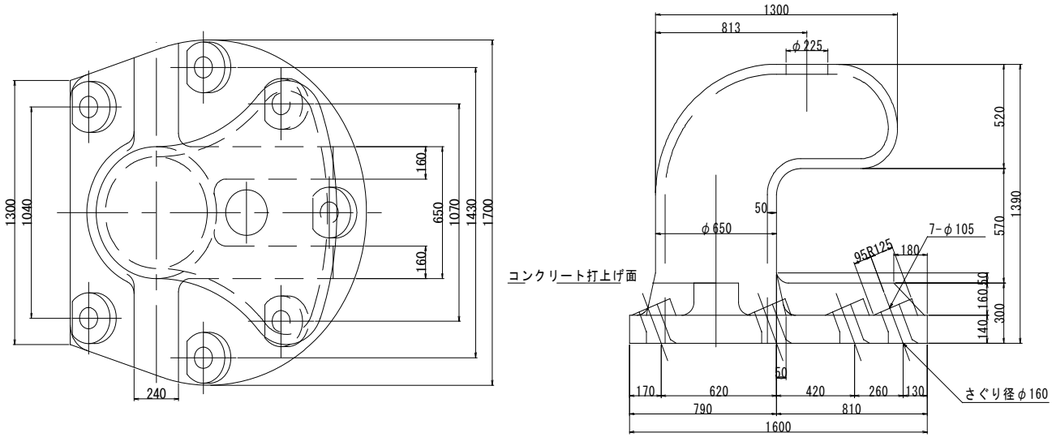


図.5　係船柱構造図(左：平面図、右：断面図)

写真-4　係船柱写真(左：入荷前、右：設置完了後)

2-2)　対応策と結果

係船柱設置を行うにあたり、係船柱架台(以下、架台)の組立てを行うが、組立に際し、底版型枠に配置するスペーサーに地先境界ブロック(150*150*600)を発注者の承諾を得て使用した。これは、底版型枠に作用する係船柱(約5 t/基)の荷重を面的に受け持たせることで集中荷重を分散させるためである。また、架台には、溝型鋼(150*75)を使用し、外部の応力に耐えられる構造とした。(表-2参照)

表-2　係船柱架台受けスペーサー配置に伴うメリット、デメリット

No.	メリット	デメリット	備　考
1	架台の設置に伴う破損・われがない	□150の材質を使用するため、配筋(下かぶり)が乱れる	スペーサー配置に伴う
2	係船柱の重量について、架台脚部を面で受けられるため型枠への負担が少ない	長さ600mmであるため、配筋ピッチが乱れる	同上

また、表-2に示したデメリットに対する対策は､①かぶり厚さを乱さず配筋(水平方向にずらす)、②配筋ピッチが乱れた部分は、ひび割れ防止目的にひび割れ防止鉄筋を配置、の以上2点より対応した。(図.6参照)

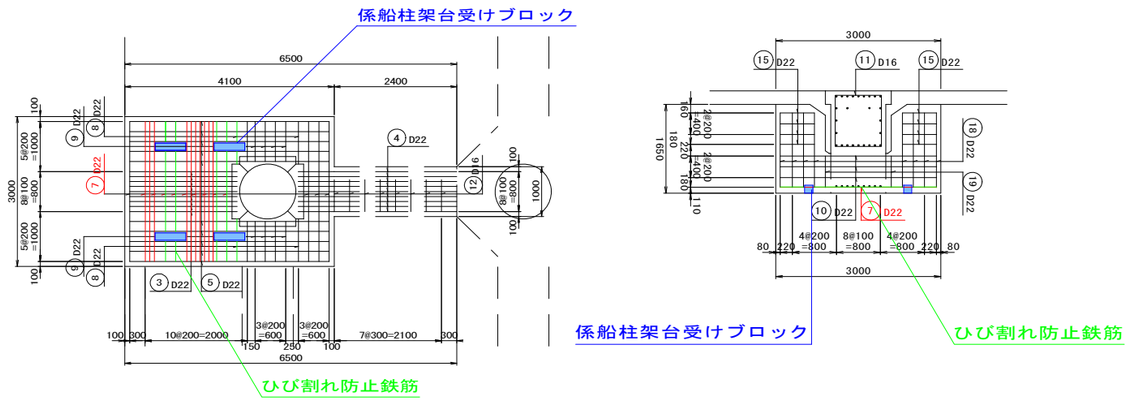


図.6　係船柱架台受けスペーサー配置図(左：正面図、右：平面図)

結果として、係船柱の重量による型枠への影響も分散でき、躯体の出来形精度向上に繋がったと考えられる。

また、スペーサーブロック設置に伴って生じた配筋ピッチの乱れは、ひび割れ防止鉄筋を組立図の通り所定の寸法で配筋したため、ひび割れは発生させることなく躯体の構築ができた。

3)　躯体築造工法の選定について

3-1)　課題

躯体築造について、工期内で迅速かつ安全に納めるための工法を検討するに当たり、上部コンクリート撤去後の存置された両側の梁は、片持ち梁状態（自重＋周辺の床版重量も受け持つ状態）となるため、コンクリート圧縮応力や鉄筋引張応力の安定計算を踏まえた工法を選定する必要があった。

安定計算の結果、コンクリート自重以外の荷重は構造上危険であることが分かり、図.7に示した範囲において立入制限区域を設けざるを得なかった。(図.7参照)

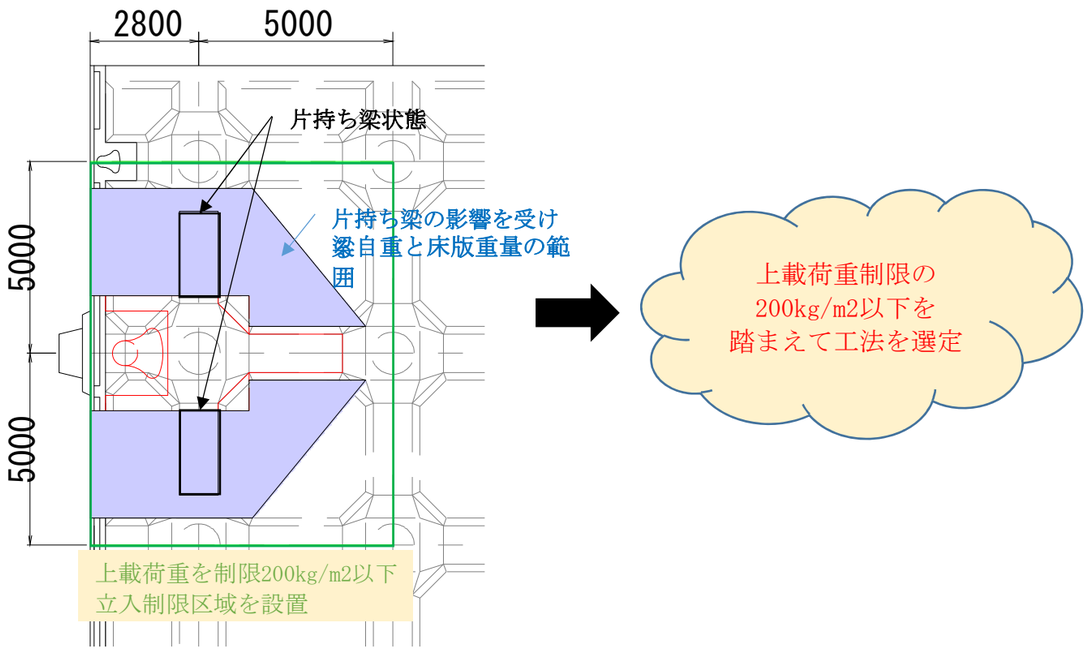


図.7　施工区域設置範囲

3-2)　対応策と工法選定の結果

安定計算の結果を下に、立入制限区域内に上載荷重を与えない工法の選定をするため2つの工法を比較検討した。

①「ブラケット足場及び支保」

この工法は、既設鋼管の水中部にブラケットを溶接し、その上にH300のH鋼や鋼管等を設置して足場や支保とするものである。(図.8参照)

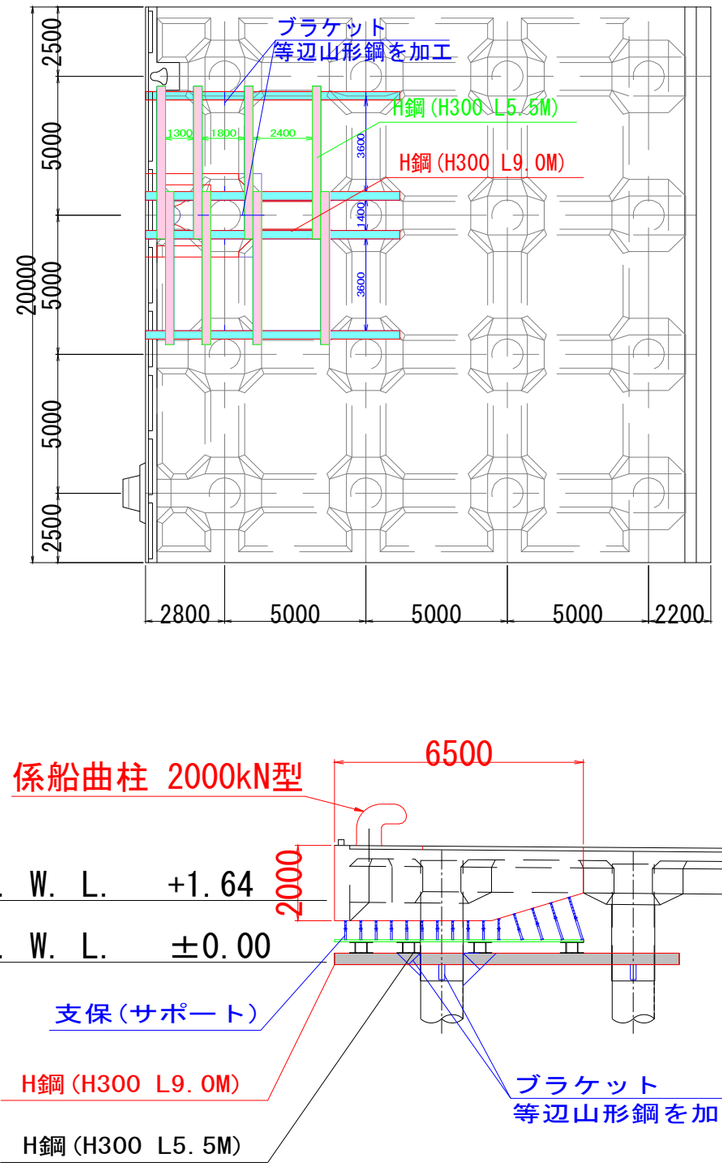


図.8　ブラケット足場及び支保の平面図(上)、側面図(下)　検討案

②「吊足場及び吊支保」の併用

吊足場は、上部コンクリート撤去や型枠組立等の作業足場。吊支保は、地上にH300×L6.0m×2本（受台のH鋼）、H900×11.0m×4本のH鋼を設置し、ワイドパネルビームを組立て、5/8のセパレータで、型枠を吊るものである。(図.9参照)

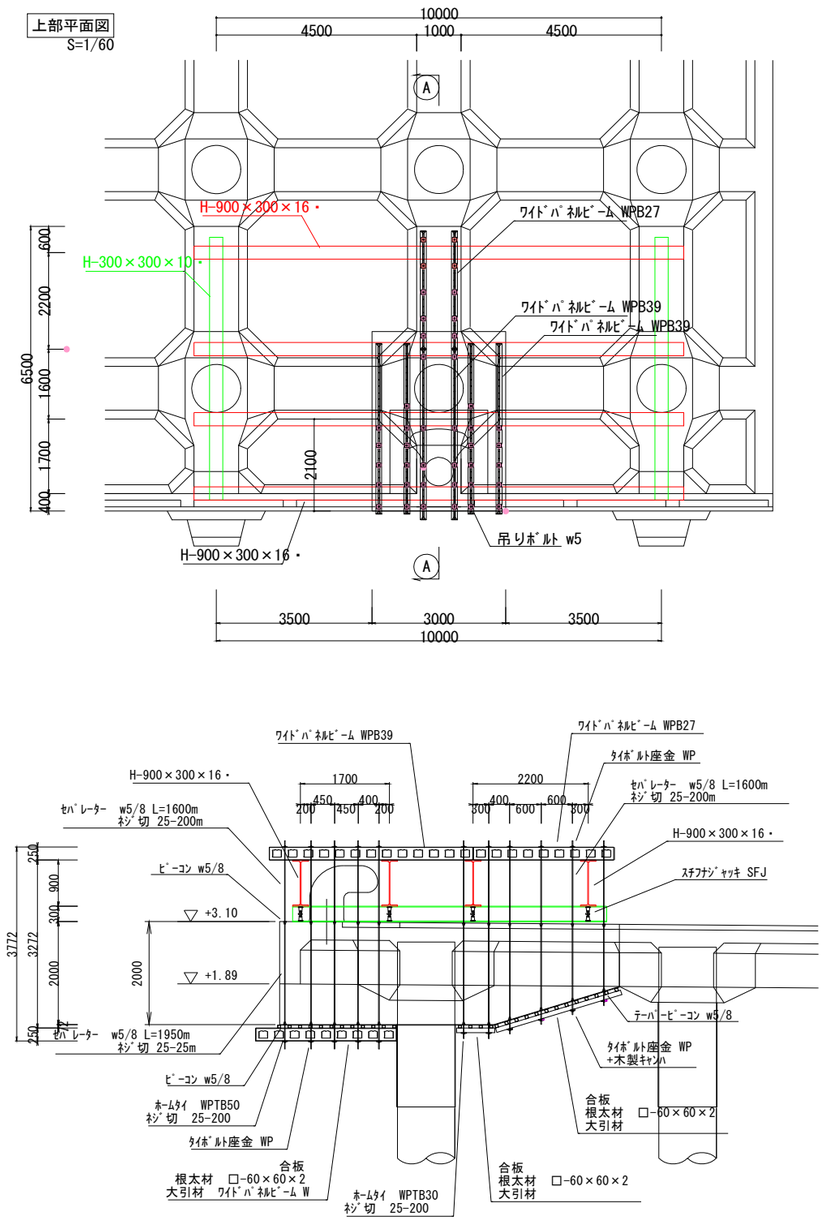


図.9　吊足場及び吊支保の平面図(上)、側面図(下)　検討案

この2つの工法を施工、工程、安全、コストの面で比較検討したものを表-3に示す。

表-3　工法比較検討表

項　　目	案1 ブラケット足場及び支保	案2 吊り足場及び吊り支保	評　価
施　　工	地上および潮待ちでの作業で、メンテナンス等も比較的容易	地上および潮待ちでの作業で、メンテナンス等も容易	案1：○ 案2：○
工　　程	足場と支保一体構造となるため、全体的に堅固な構造となる。しかし、悪天候時の波浪等や潮位等の影響に対策を講じ難く、工程が不安定	悪天候時の波浪等や潮位が及ぼす影響に対策を講じ易く、工程が安定	案1：△ 案2：◎
安　　全	適用基準があるが、既設鋼管の肉厚に左右され、腐食等により肉厚が薄いと構造上不安全	適用基準があり、構造上の安全も確保できる	案1：△ 案2：◎
コ ス ト （概算単価）	H鋼等の仮設材が買取となるため高価 (足場: 10,000円/m2) (支保:100,000円/m2)	岸壁下面および地上から吊る構造となるため高価 (足場: 16,000円/m2) (支保:123,000円/m2)	案1：△ 案2：×
総合評価	△	○	

上記検討により「ブラケット足場及び支保」は、ブラケット溶接をする既設鋼管の肉厚が新設時と同じ厚さと想定して構造計算を行うが、肉厚確認を行うには、上部コンクリートを撤去するかモルタルライニング工法で施工された防食被覆を撤去する他無い。そのため、経年劣化等による肉厚不足や上部コンクリートあるいは被覆防食撤去後からの支保工計画の立案では、工程遅延のリスクが大きい。

一方で「吊足場及び吊支保」は、適用できる構造計算上の基準が立案時から想定できるため、安全性の確保が可能なことや悪天候時の波浪等や潮位が及ぼす影響に対策を講じ易いため工程が安定する等、安全面と工程面を特に重視した結果、「吊足場及び吊支保」を選定した。

写真-5　吊支保設置状況写真(左：側面から望む、右：上部から望む)

次項へ続く

「吊足場及び吊支保工法」を施工した結果、工程とコストについて当初想定と実施で比較したものを以下に示す。

表-4　工程とコストについて当初想定と実施の比較表

項　　目	摘要工法 吊り足場及び吊り支保	
	当初想定	実　　施
工　　程	工期短縮日数：0日 （検討段階では不透明であった）	躯体築造工程において30日の工期短縮 （全体工程では15日の工期短縮）
コ　ス　ト （概算単価）	足場：16,000円/m2 支保：123,000円/m2	足場：16,000円/m2 支保：105,429円/m2 （躯体築造工程30日短縮に伴って 仮設資材のリース料が縮減）

【現場で実施した工夫】

1)　品質向上及び工期短縮に関する工夫

・ＣＶスプレー工法を用いた係船曲柱の塗装について

これまでの係船柱に施工されている塗装は、係船ロープによる摩擦によって剥がれることがあり、やがて経年的に鋼材腐食等の劣化に繋がった結果、品質低下や景観等を損うケースは少なくない。本工事で設置した係船曲柱は200t型であり、主に大型客船の係船ロープの固縛に用いられることが想定され、その摩擦力も大きくなることは容易に想像できた。また、従来のエポキシ樹脂による塗装では、塗装工程上、最短でも3日間を要してしまう。本工事は、 工程管理が非常に難しい現場であり、1日でも多くの工程確保に努める必要があった。以上、2点の課題を克服すべくＣＶスプレー工法を採用した。

写真-6　係船柱塗装前と塗装後の写真

また、従来塗装仕様と本工法の塗装仕様の比較を右記に示す。

塗装工程	当　初　計　画	承　諾　案
さび止め	エポキシ樹脂塗料下塗り エピコンプライマーHB 塗布量：200g/m2 塗装厚：0.060mm 塗装回数：1回	エポキシ樹脂塗料下塗り エピコンプライマーHB 塗布量：200g/m2 塗装厚：0.060mm 塗装回数：1回
下塗り	エポキシ樹脂塗料中塗り エピコンプライマーHB 塗布量：140g/m2 塗装厚：0.030mm 塗装回数：1回 乾燥時間：3.5時間	エポキシ系プライマー レジプライマーPW-F 塗布量：200g/m2 塗装厚：適用なし 塗装回数：1回 乾燥時間：塗装完了時
上塗り	エポキシ樹脂塗料上塗り エピコン上塗りHB 塗布量：150g/m2 塗装厚：0.040mm 塗装回数：2回 乾燥時間：3.5時間	超速硬化ポリウレタン樹脂材 CVスプレー 塗布量：2,550g/m2 塗装厚：2.0mm以上 塗装回数：1回 乾燥時間：塗装完了時
累計塗装厚	0.060+0.030+0.040×2=0.170mm	0.060+2.0=2.060mm
累計塗装間隔	3.5+3.5+3.5=10.5時間	加味しない （設定外気温5℃）
	エポキシ樹脂塗料	超速硬化ポリウレタン樹脂材
施工用途	金属、ガラス、木材 コンクリート	金属、プラスチック コンクリート　下地材を選ばない
接着性	高い	高い
弾性	低い	高い
硬化速度	低温下では遅い	速い
紫外線	弱い　白く劣化する	やや弱い
耐熱性	高い	高い
耐薬品性	高い	高い

ＣＶスプレー工法で使用される材料特性は「ポリウレタン樹脂」で、靭性に富み、耐摩耗性に優れている点から、係船ロープによる摩擦によって剥がれるリスクが低減した。さらに、累計塗装厚さが、当初設計では0.17㎜に対し、2.06㎜と約12倍以上の厚さを確保できることにより、品質確保や景観維持期間が向上することが期待できる。また、工期短縮については「超速硬化」が特徴の工法のため、 1日で施工を完了させることが可能となり、工程リスクの低減が図れた。

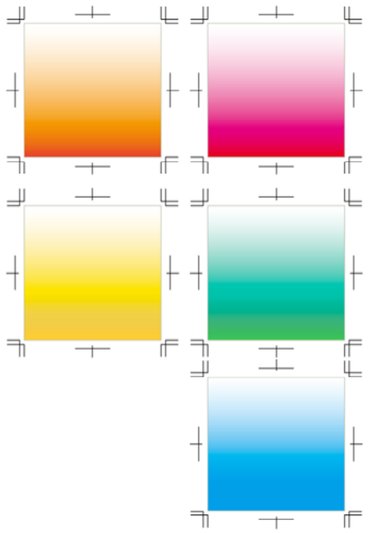
2)　地域とのコミュニケーションや調和に関する工夫

・清水港色彩計画25周年事業「清水港未来を創るアートプロジェクト」への積極的な係わり

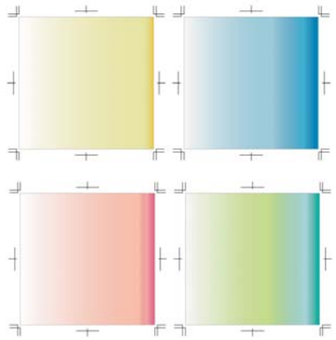
　発注者及び静岡市、東海大学海洋学部が清水港色彩計画25周年事業一環として企画した「清水港未来を創るアートプロジェクト」の実施内容の提案等を積極的に行い、地域との交流や国際交流を図った。
　主に、大型客船で寄港された方々を対象に、国籍・性別問わず「清水港への思い」と題し、様々な思いをマグネットシートに綴って頂いた。

① グラーデーション化したマグネットシートの提供

10cm×10cm　5色　3000枚



15cm×15cm　4色　2000枚



② マグネットシートに思いを綴る

③ 思いが綴られたマグネットシートを現場の仮囲いへの掲示

【 お わ り に 】

　今回の工事は、工法選定から工程管理に至るまで自然環境に合わせた様々な視点から施工計画の立案が求められる工事であった。一番勉強になったことは、当初計画したことを第一期で施工し、そこで見つかった新たな課題を第二期で改善できたことだ。 工事の基本である「計画(P)→実行(D)→評価(C)→改善(A)」 を繰り返し実践したことで、無事に竣工できたと考える。現場条件が厳しい時こそ基本動作を大切にし、今後の現場管理に努めていきたい。

　最後に、工事にご協力頂いた発注者を始め、関係機関や協力業者の皆様方に心より感謝申し上げます。