

青海埠頭棧橋補強および補修工事の施工 — 外ケーブル補強と予防保全補修による棧橋の機能向上 —

長内 誠*1・萩野 玲*2・宮脇 裕明*3・宮崎 宗守*4

1. はじめに

東京港は、首都東京を中心に広く首都圏の生活・消費活動を支える物流基地として重要な役割を担っている。

青海コンテナ埠頭第3バースは、大型化が進むコンテナ船に対応した大水深大規模コンテナバースとして平成6年に供用を開始して以来、現在では東京港の中核をなす物流基地である。

本工事は、現在供用中のこの棧橋をコンテナクレーンの大型化に伴い梁部材の補強を行い機能向上を図ったものである。補強は増加荷重による梁の曲げとせん断に対して、プレストレス導入による外ケーブル工法を主体に一部で、鋼板接着工法を採用した。PC 構造物の機能向上の観点からは、PC を用いた補強に分類される。また、塩害の影響が大きい港湾構造物では、早い段階における対策でライフサイクルコストを低減できると推定されるため、予防保全の観点から梁および床版の劣化対策を行った。棧橋下の狭小でつねに潮位の影響を受ける厳しい施工環境のなかで、コンテナターミナルの荷役作業への影響を最小限に抑えることが求められた。このため、(財)東京港埠頭公社では、さまざまな分野で進展の著しい新工法や新材料を採用するなど民間の技術力を広く活用することが必要であり、民間の提案を募集し、開発技術を積極的に活用して、これらを総合的に評価して落札者を決定する落札方式(入札時 VE [技術提案型総合評価方式])を採用した。

2. 工事概要

- (1) 件名：平成15年度
青海埠頭第3バース棧橋補強および補修工事
- (2) 工事場所：東京都江東区青海2丁目青海埠頭第3

バース内

- (3) 工事概要：1) 補強工事：外ケーブル工・鋼板接着工
2) 補修工事：表面塗装工・床版補修工
- (4) 工期：平成15年12月2日～平成16年6月21日
- (5) 施工規模：法線直角方向35.0m、法線方向25m×14BL=350m



図-1 位置図

3. 設計の概要

3.1 既設構造物の概要

今回報告を行う青海コンテナ埠頭第3バースの棧橋は、図-2に示すとおり延長350m、水深-14mの直杭鋼管上にRC構造の梁と床版を構築した構造で、梁と床版の直下には海面が迫っており、もっとも低いクレーン載荷梁(図



*1 Makoto OSANAI

(財)東京港埠頭公社 埠頭建設部
施設第一課



*2 Akira HAGINO

(財)東京港埠頭公社 埠頭建設部
施設第一課 土木係



*3 Hiroaki MIYAWAKI

(株)ピーエス三菱 東京土木支店
PC 工事部



*4 Soshu MIYAZAKI

(株)ピーエス三菱 東京土木支店
PC 工事部 PC 工事グループ

- 2 中の ↓ 印直下の梁) は、1 日二回海中に浸かる。

また、本バースには週に 10 隻のコンテナ船が着岸し、棧橋上では、昼夜問わずコンテナクレーン、シャーシが頻繁に走行している状況である (写真 - 1・図 - 2 参照)。

3.2 補強工法の要件

補強工法の必要な要件は下記のとおりである。

(1) 梁補強工法は、梁補強部の曲げモーメントおよびせ

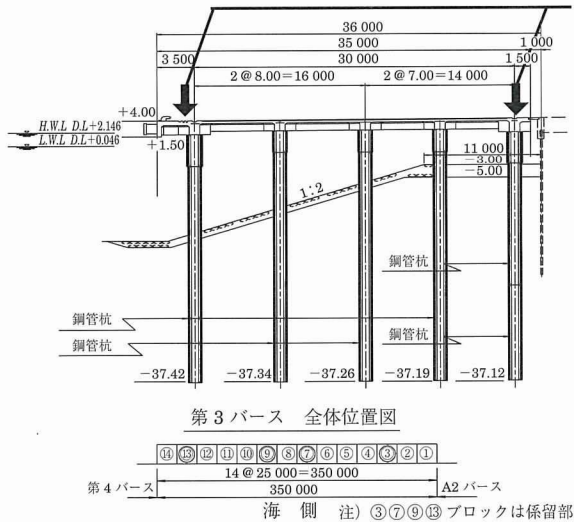


図 - 2 棧橋断面図



写真 - 1 青海埠頭棧橋現況

ん断力に対する不足耐力の照査を行うこと。

- (2) 棧橋を供用しながら施工することが可能であること。
- (3) 現場条件を把握し、万全の安全対策を立て、施工すること。

3.3 補強工法選定の留意点

(1) 作業所、資機材保管スペースの確保

棧橋上面では埠頭利用者が荷役作業を行っており棧橋上面よりの作業が不可能である。このため、棧橋上面に設ける工事のためのヤード内スペースは必要最小限とした。棧橋下面の作業のため資機材の搬入出口 (開口部) を 1 箇所のみとし、荷役作業への影響を最小限にした。

(2) 塩害への対処

本工事は、塩害の影響を大きく受ける環境下であり、機能向上の效果に大きな影響を与える。当工事では塩害への対処策として、海側梁を補強すべく遮塩性の良いポリエチレン被覆した外ケーブルによる補強をおこない、定着部は防錆仕様とした。陸側梁では鋼板接着により補強を行い、遮塩性の高い重防食塗装を施すこととした。

(3) 構造補強の検証

棧橋の構造断面が大きく、格子構造になっており補強時の検証として、外ケーブルのプレストレス導入時のひずみ測定による FEM 解析との比較を行い応力導入の検証を行った。

(4) 補強後の維持管理

補強が継続的に維持されているかの定期的な点検を行う必要があり、(株)ピーエス三菱では、補強後の維持管理として外ケーブルのプレストレス導入時の振動法による緊張力の確認方法 (定期的な振動法による残留緊張力の確認により、性能維持の検証が行える) を提案実施した。

3.4 補強内容

コンテナクレーンが大型化することにより、作業時における荷重が 1 輪あたり 490 kN/輪から 570 kN/輪に増加する。レールは海側梁と陸側梁のそれぞれ中心上に配置されており、この梁に対して増加する荷重に対する曲げとせん断による検討を行った。海側梁では外ケーブルにより緊張力を導入して、陸側梁では外ケーブル配置スペースが無いため、鋼板接着により補強を行った。補強後の補強図と梁耐力検討結果を図 - 3、表 - 1 に示す。

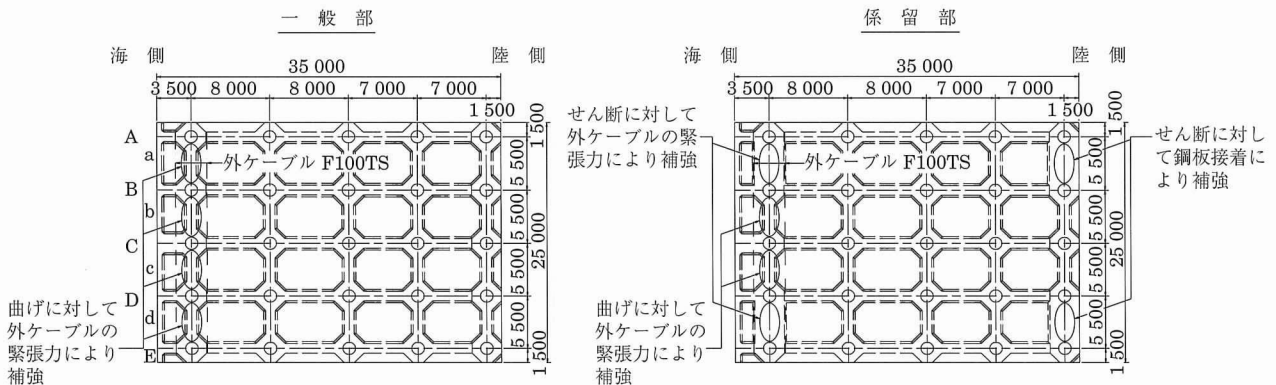


図 - 3 補強図

表 - 1 梁耐力検討結果

補強前 (一般部)						補強後			
位置		補強必要ケース	状態	終局限界状態に対する安全率		不足耐力	終局限界状態に対する安全率		
海側 クレーン 梁 (G5)	支間 a (d)	下側引張	曲げモーメントに対して	作業時	$\frac{1.2 \times 4809.0}{5650.1} = 1.021$	120.7 kN・m	$\frac{1.2 \times 4809.0}{7566.3} = 0.763$		耐力 OK
		上側引張	曲げモーメントに対して	作業時	$\frac{1.2 \times 3734.6}{4046.8} = 1.107$	434.0 kN・m	$\frac{1.2 \times 3734.6}{6094.2} = 0.735$		
	支間 b (c)	下側引張	曲げモーメントに対して	作業時	$\frac{1.2 \times 5704.5}{5968.4} = 1.147$	877.0 kN・m	$\frac{1.2 \times 5704.5}{7871.1} = 0.870$		
係留部									
位置		補強必要ケース	状態	終局限界状態に対する安全率		不足耐力	終局限界状態に対する安全率		
海側 クレーン 梁 (G5)	支間 A 右 (E 左)	上側引張	せん断に対して	作業時	$\frac{1.2 \times 3060.4}{3298.0} = 1.114$	374.5 kN	$\frac{1.2 \times 3060.4}{3744.0} = 0.981$		耐力 OK
			せん断に対して	地震時	$\frac{1.0 \times 3437.4}{3298.0} = 1.042$	139.4 kN	$\frac{1.0 \times 3437.4}{3518.0} = 0.977$		
	支間 a (d)	下側引張	せん断に対して	作業時	$\frac{1.2 \times 2233.4}{2475.0} = 1.083$	205.1 kN	$\frac{1.2 \times 2233.4}{3428.0} = 0.782$		耐力 OK
	支間 B 左 (D 右)	下側引張	せん断に対して	作業時	$\frac{1.2 \times 2969.8}{3479.0} = 1.024$	84.8 kN	$\frac{1.2 \times 2969.8}{3704.0} = 0.962$		
	支間 b (c)	上側引張	曲げモーメントに対して	作業時	$\frac{1.2 \times 3734.6}{4046.8} = 1.107$	434.0 kN・m	$\frac{1.2 \times 3734.6}{6097.9} = 0.735$		耐力 OK
		下側引張	曲げモーメントに対して	作業時	$\frac{1.2 \times 5704.5}{6283.5} = 1.089$	561.9 kN・m	$\frac{1.2 \times 5704.5}{8170.6} = 0.838$		
陸側 クレーン 梁 (G1)	支間 A 右 (E 左)	上側引張	せん断に対して	作業時	$\frac{1.0 \times 3444.0}{3352.0} = 1.027$	92.0 kN			耐力 OK
	支間 a (d)	下側引張	せん断に対して	作業時	$\frac{1.2 \times 2309.1}{2475.0} = 1.120$	295.9 kN	Vsd (kN)	不足耐力 (kN)	
	支間 B 右 (D 左)	下側引張	せん断に対して	地震時	$\frac{1.0 \times 3983.0}{3479.0} = 1.145$	504.0 kN	4 158.9	≥ 92.0	
							4 136.8	≥ 295.9	
							4 136.8	≥ 504.0	

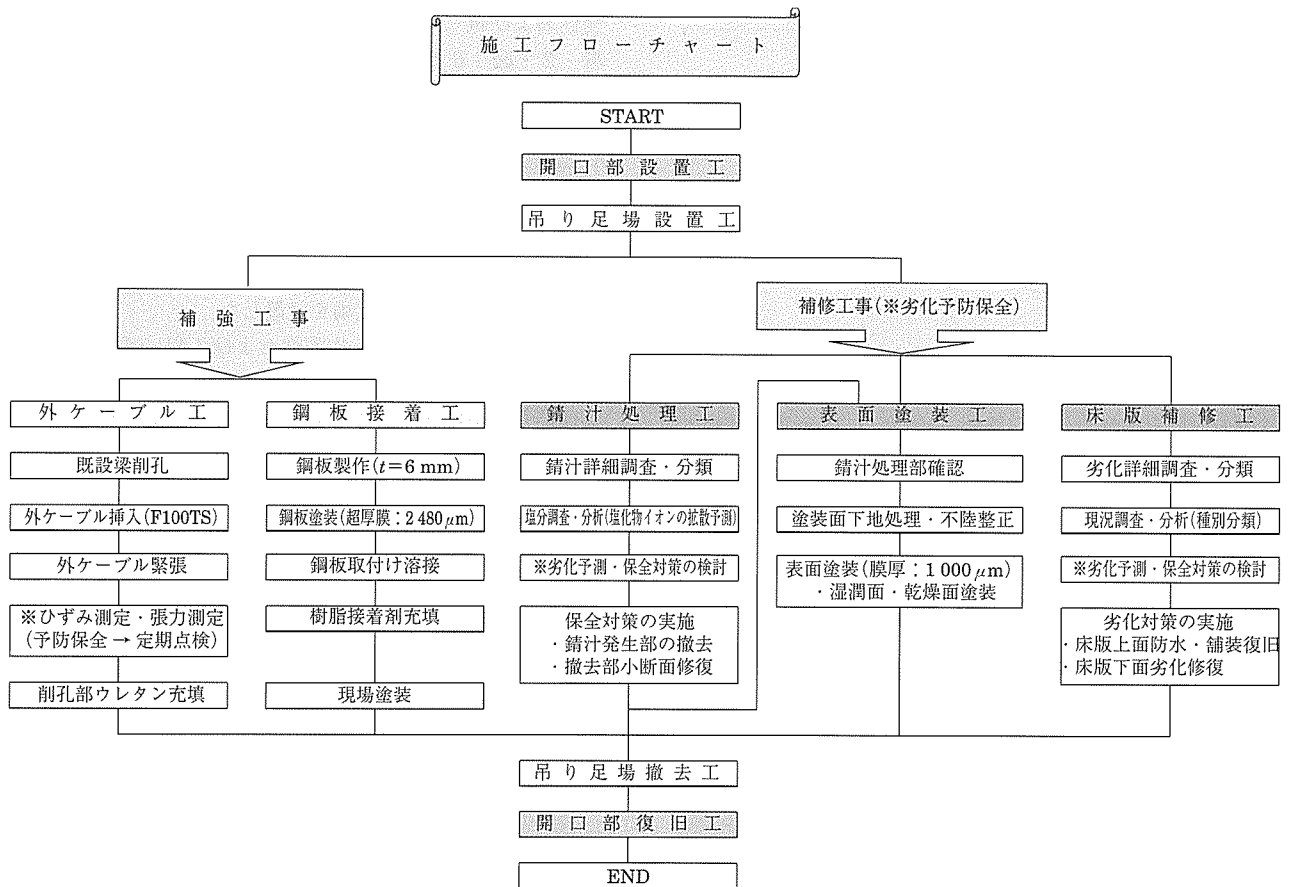


図 - 4 フローチャート図 (※印: 予防保全)

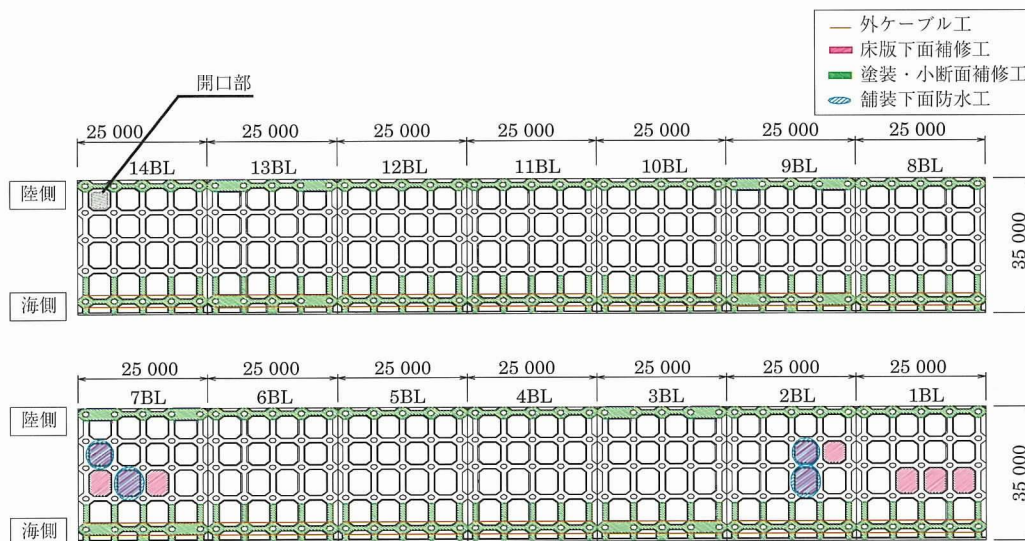


図 - 5 工事範囲図

4. 施工の概要

4.1 本工事の全体施工フロー

本工事における施工フローチャートおよび工事範囲を示す(図-4, 図-5 参照)。

表 - 2 施工数量

工種	数量	単位	備考
開口部設置工	1	箇所	□ 3 m × 4 m
足場設置工	5 250	m ²	W = 15 m × 350 m
外ケーブル工	208	m	L = 23 m × 56 ケーブル, SEEE F 100 TS
銅板接着工	140	m ²	A = 35m ² × 4 ブロック, SM 490, t = 6 mm
錆汁処理工	6 200	箇所	62 m ²
表面塗装工	4 541	m ²	乾燥面 3 022 m ² + 湿潤面 1 519 m ²
床版補修工	100	m ²	防水・舗装復旧
	82	m	Uカットシーリング

4.2 施工内容

(1) 開口部(資機材搬入口)設置工

筏および資機材等の開口部を、350 m × 35 m ある栈橋上に□ 3 m × 4 m (筏+昇降階段)の形状で、荷役作業およ



写真 - 2 吊り足場 設置状況

び船舶係留にもっとも影響の少ない栈橋端部(14 BL)に設けた。これよりの荷役への影響を最小限にし、および安全な作業が可能となった。

また、外国船籍の船舶が入り出しているため、安全表示等の掲示板は、英文を併記し安全管理を行った。

(2) 足場設置工(照明設備設置)

すべての作業が栈橋下面での潮位を相手にした作業になるため、足場の構造が作業性に大きく関わる。

栈橋下面での全工種への作業性の向上、波の影響への安全性および組立解体の省力化を図り、足場を設置した(写真-2・図-6 参照)。杭頭側面の保護を行い、支持金具によりPC網より線(φ 15.2)を杭周りに配置した。杭頭側面に配置した定着金具によりPC鋼材の緊張(スパン L = 75 m)を行い、それを足場の支持材とし足場材を組み立てた。作業床にはエクスパンドメタルを採用することにより波の影響を受けづらい構造とした。なお、資材の運搬等で筏が足場(作業用通路)の下を頻繁に移動するため、作業用通路部には開閉式の足場を設置した。

作業床の設置高さは、作業性および工程に重要な影響を与える。潮位の干満を相手にしての作業となるため、施工最低高さ(海側梁下)より 60 cm 下げ(最低の作業高さ)、作業床高(足場設置高さ)を設定した。(図-6 参照:足場

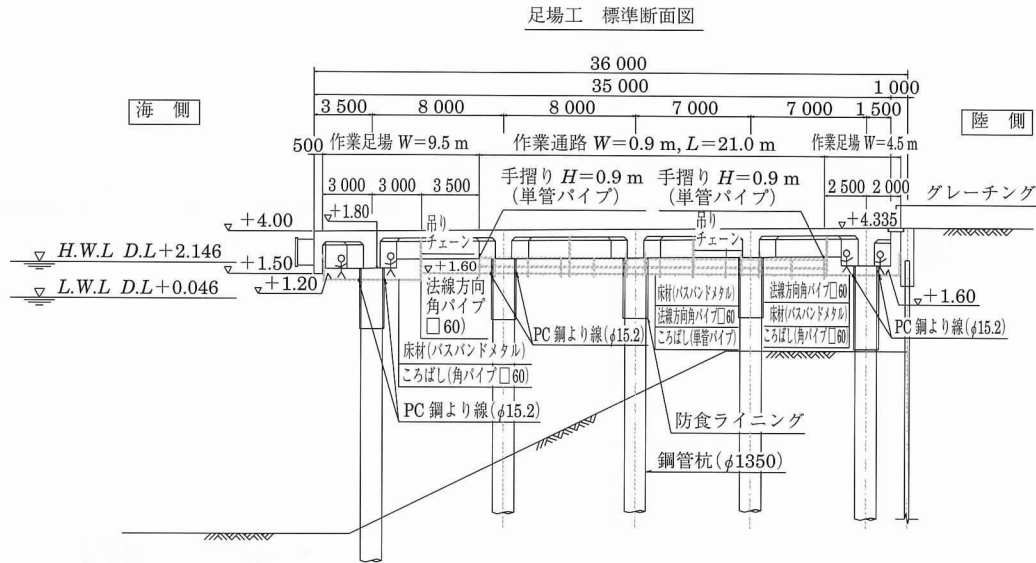


図 - 6 吊り足場 断面図

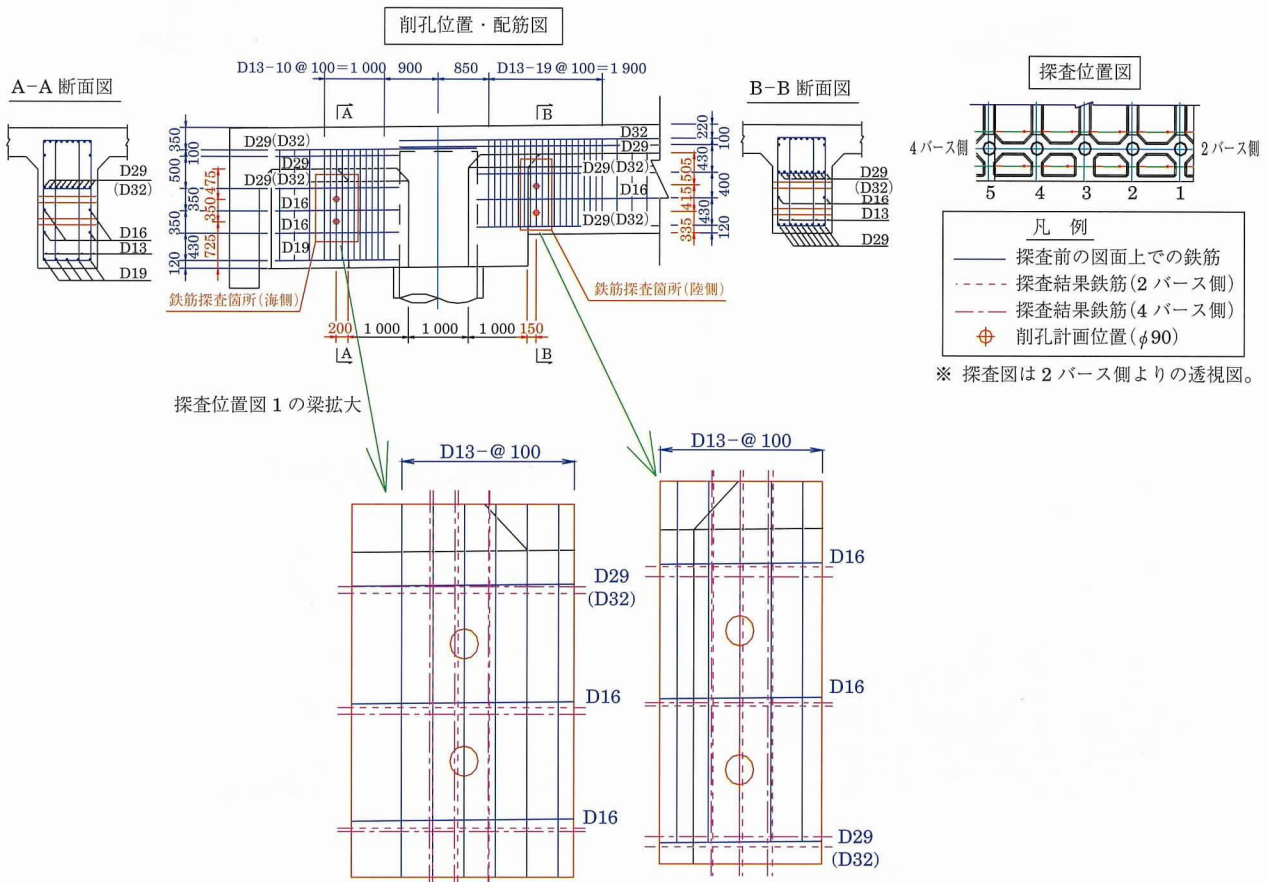


図 - 7 鉄筋調査結果図

の設置高さ：海側前栈橋 AP + 1.20，陸側後栈橋 AP + 1.60)

栈橋下面での作業は終日暗いため，栈橋下面の足場全域に照明設備を設けた。

(3) 外ケーブル工

外ケーブルは，クレーン梁の鉄筋に対する終局限界時の曲げモーメントおよびせん断に対する耐力不足を補うもの

である。

外ケーブルは，各ブロックの海側クレーン載荷梁に配置するが，法線直角方向に配置された既設梁に外ケーブル配置用の $\phi 90$ ($L = 1 \sim 2$ m) の削孔を行う前作業として，外ケーブルの位置をマーキングし，主筋およびスターラップ筋に損傷を与えないように電磁波による鉄筋探査 (図-7 参照) を行い，鉄筋およびケーブル位置関係の検討を行

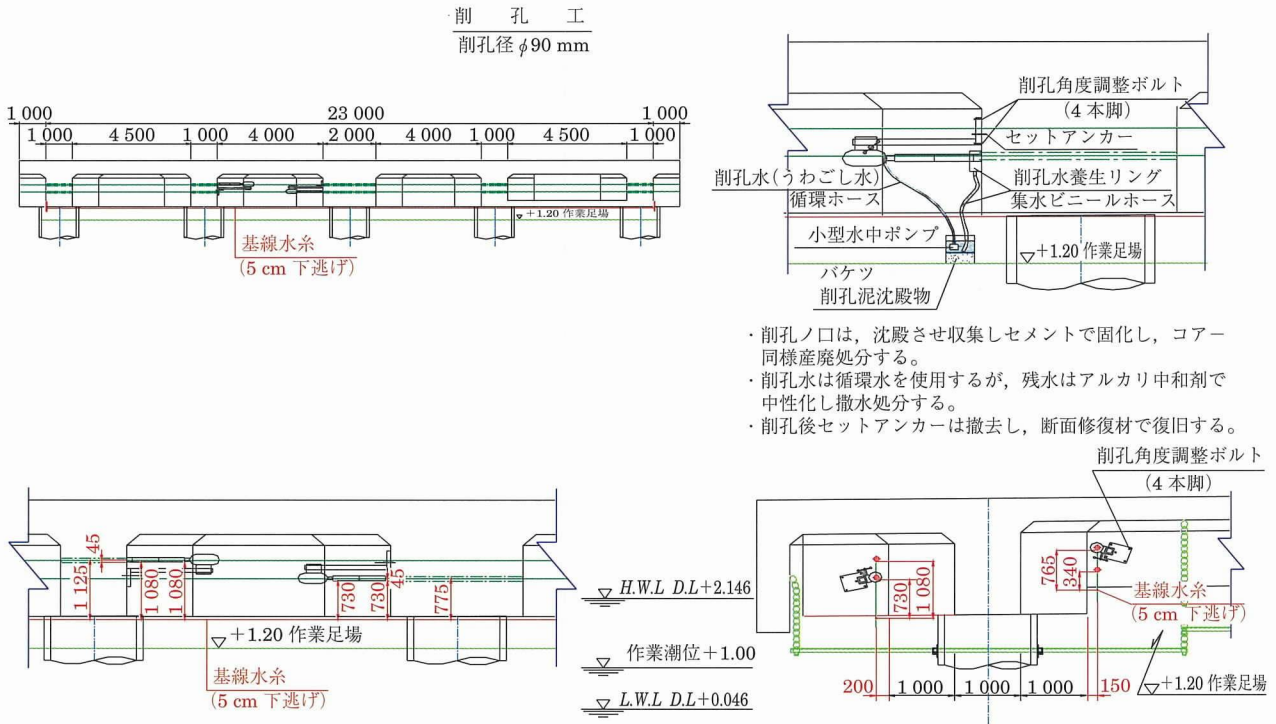


図 - 8 削 孔

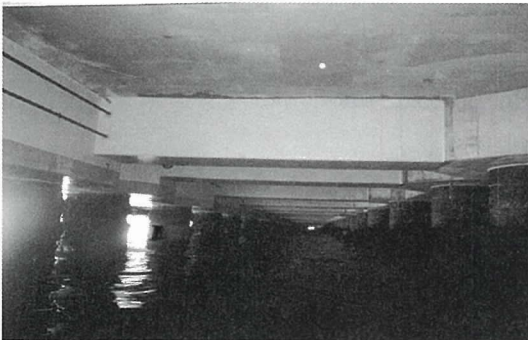
い削孔位置を確認し削孔 $\phi 90$ mm (削孔誤差 ± 10 mm) を行った (図 - 8 参照)。

また、維持管理の継続性から削孔後のデータ処理を鉄筋探査結果図 (図 - 7 参照) として残した。

外ケーブルは、耐塩害および衝撃性 (流木対策) に優れ、なおかつ、類似した環境に施工実績のある SEEE 工法とし、

採用にあたり各種の事前検証を行い、外ケーブル本体の耐塩害性はもちろん PC ケーブルの重要箇所である定着部においても、二重三重の防錆処置を施した。緊張後の定着部 (アンカープレートには亜鉛メッキ・タールエポ塗装, マンション部には溶解亜鉛アルミ溶射, ナットは亜鉛メッキ) に防錆テープを巻き付け、アルミ鋳物の防錆キャップを取

<海側クレーン梁 外ケーブル設置状況>



<定着部保護キャップ設置状況>



<定着部防錆テープ処理状況>



写真 - 3 外ケーブル (F100TS) 設置

り付けた (写真 - 3 参照)。

PC ケーブルの配置は、棧橋下面を筏で運搬し、狭いスペースにおいてケーブル本体 (被覆材) に損傷を与えないよう養生を行い、人力により慎重に挿入を行った。

緊張作業するにあたり、補強対象となるクレーン梁にクレーンの載荷荷重による残留応力が無い状態での緊張作業とするため、①緊張対象梁直上でのコンテナクレーンによる荷役作業の無いこと、②作業ができる潮位 (AP + 1.20 以下) になっており緊張作業の時間が確保できること、などの諸条件を考慮した。緊張作業は片引きとし、梁本体に偏芯がかからないよう緊張ジャッキ (110 ton) を 2 台使用し、梁本体海・陸両側のケーブルを 2 本同時に緊張を行った (緊張力; $P_t = 0.6 P_u = 580 \text{ KN}$)。

緊張の際、既設梁の削孔部に PC ケーブルが接触しないように、初期緊張荷重時には細心の注意をはらいケーブルの配置調整を行った。

最後に削孔 ($\phi 90$) と外ケーブル ($\phi 43.3$) との空隙部に発砲ウレタンを充填、両端部にはシリコンを充填し、端部処理を施した。

外ケーブルの施工管理および今後の維持管理を目的として下記測定を行った。詳細は、「末項 (7) 測定」に記載した。

イ. ひずみ測定……緊張力による梁へのプレストレス導入を確認する。

ロ. 外ケーブル固有振動数測定……固有振動数を測定しておき、将来その固有振動数を測定することで経年の緊張力を管理する。

(4) 鋼板接着工

鋼板接着の必要性はクレーン梁の鉄筋に対する終局限界時のせん断に対する耐力不足を補うものである。鋼板の防食塗装の選定にあたり、重要港湾構造物等に使用実績のある「超厚膜形エポキシ樹脂+ふっ素樹脂」の超重防食塗装材 (総合膜厚: $2480 \mu\text{m}$ ・期待耐用年数: 40 年以上) を採用した。

鋼板を配置する前作業として、取付箇所ごとに形状が若干異なるため、現地寸法を詳細に測定し鋼板加工を行った。鋼板の形状決定にあたっては、棧橋下面での溶接作業を減

らし、かつ棧橋下面の狭い箇所を運搬するため、人力による台車での運搬可能な重量 (100 kg/枚 以下) に分割を行った。取付け方法は、既設コンクリート面の下地処理を施した後、アンカーボルト (M 12) にて固定、コンクリートとの空隙部 ($t = 5 \text{ mm}$) にエポキシ樹脂を注入充填した。エポキシ樹脂接着剤の選定にあたり、湿潤面对応のエポキシ樹脂とし、あらかじめ性能を確認できる試験 (引張強さ・曲げ強さ・圧縮降伏強さ・圧縮弾性係数・引張接着強さ) を実施確認の上決定した (写真 - 4 参照)。

(5) 錆汁処理工 (小断面修復工) および表面塗装工

工事を着手するにあたり、足場組立完了後に予防保全の観点から、錆汁発生現況調査および含有塩化物イオン量調査を行い、塩化物イオン量の拡散予測を行った。錆汁発生部を除去処理することにより、局所的な塩化物イオン量を減らし、鉄筋の腐食を防止する効果があるとともに、予防保全対策としての表面塗装による機能維持にも大きな効果がある (本既設棧橋は、平成 4 年施工完了)。

下記に錆汁発生位置での塩化物イオン量調査結果を示す (表 - 3 参照)。

表 - 3 塩化物イオン量調査結果 (参考値)

調査位置	処理方法	調査時塩化物イオン量	16 年後	30 年後	50 年後
海側クレーン梁	今回施工箇所: 処理前	1.112	—	(2.275)	(3.164)
同上	今回錆汁処理塗装後	1.112	—	1.308	1.239

凡例 発錆限界 (1.88 kg/m^2 以上) (参考文献 2) より 単位: kg/m^2

なお、錆汁発生箇所については、既調査報告の数量から大きな数量増があり、これは既調査時の調査方法でボート等を使用しての調査・照明の不足・調査面の貝殻の付着 (海面付近) 等々による制約が有り、大幅な数量の違いが出たものと推測される。なお、海洋構造物の錆汁発生の要因である施工時の P コン・仮設用埋込インサート・その他の埋め込み材のかぶり不足等々による錆汁の発生は経年進行しているのが現状である。

錆汁処理工は、錆汁発生箇所 (1 箇所当り: $\square 100 \times h$

<陸側クレーン梁 (陸側) 鋼板設置状況>

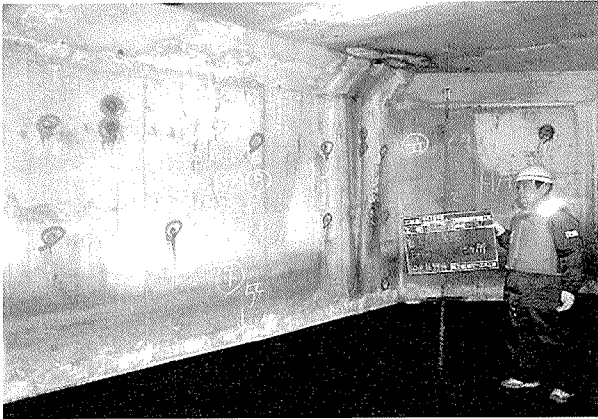


<陸側クレーン梁 (海側) 鋼板設置状況>



写真 - 4 鋼板 (接着) 設置状況

< 錆汁処理 着手前状況 >



< 錆汁処理 完了 (表面塗装前) 状況 >



写真 - 5 錆汁処理着手前後状況

< 表面塗装 着手前状況 >



< 表面塗装 完了状況 >

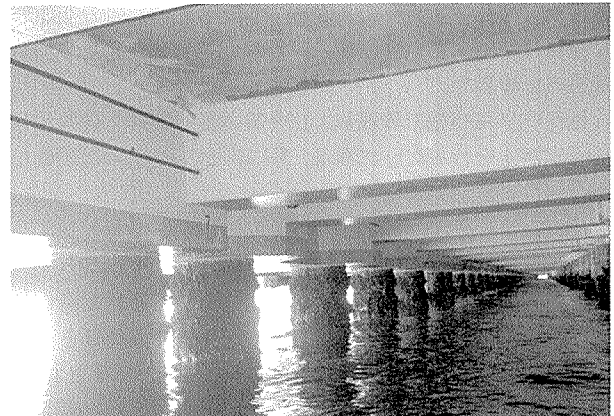


写真 - 6 表面塗装着手前後状況

30 ~ 50) 撤去後、鉄筋等の防食塗装を行い、付着性の良い無収縮モルタルを充填した (写真 - 5 参照)。

このように錆汁発生部を根源より撤去処理し、コンクリート中の含有塩化物イオン量が少なくなった箇所に表面塗装を行うことで表面よりの塩分供給の遮断効果がより大きくなる。

本工事は栈橋下面での塗装となり、港湾施設補修工事で施工実績のある材料として下記仕様にて管理した。

・ AP + 2.1 > 塗装面：乾燥面塗装 (厚膜形アクリルゴム系塗料, 総合膜厚 1060 μ m)

・ AP + 2.1 \leq 塗装面：湿潤面塗装 (水中硬化形エポキシ樹脂塗料, 総合膜厚 1000 μ m)

現場における施工管理基準として、気温 5℃ 以上、湿度 85% 以下、表面含水率 10% 以下とした。

(6) 床版補修工

工事を着手するにあたり、足場組立完了後、ひび割れ、剥離、その他劣化を対象とし現況調査を行った。とくに床版舗装面よりの貫通クラックが発生している箇所については、長期間雨水が供給された石灰 (エフロレッセンス) がつらら状になっていた。貫通ひび割れ部については、半たわみ性舗装をはがし、水抜きパイプを配置し、橋面塗布防水を施し半たわみ舗装 (超速硬セメントミルク使用) で復

旧した。床版下面のひびわれ・遊離石灰 (エフロレッセンス) 発生箇所は、舗装復旧完了後 U カット (□ 50 mm) を行い、止水・断面修復 (無収縮) 材にて充填を行った。打継部よりのひび割れ発生も考慮し打継部表面にポリマー系モルタルを塗布した。

(7) 測 定

1) ひずみ測定

外ケーブルにより緊張・補強する海側梁において、緊張力による梁のプレストレス導入力を確認するために、梁下縁のひずみ測定を行った (写真 - 7 参照)。

測定は梁最下段の主鉄筋をはつり出し、ひずみゲージを配置し、外ケーブルの緊張前後でその鉄筋ひずみを計測することで行った。結果は図 - 10 の S 6 が 37 μ であり、FEM 解析の圧縮応力度から算出されたひずみと一致した (図 - 9・図 - 10 参照)。図 - 9 はクレーン載荷梁の外ケーブルによる導入応力度のコンター図は、最大圧縮応力度は -1.03 N/mm² である。

$$\epsilon = \sigma / E = \{ 1.03 \text{ (N/mm}^2\text{)} \} / \{ 2.8 \times 10^4 \text{ (N/mm}^2\text{)} \} \approx 37 \times 10^{-6}$$

2) 外ケーブル固有振動数測定

外ケーブルの緊張力が低下すると、設計荷重に対する構造物の耐力が小さくなる。そのため外ケーブルの固有振動

<ひずみ測定状況>



<外ケーブル固有振動数測定状況>

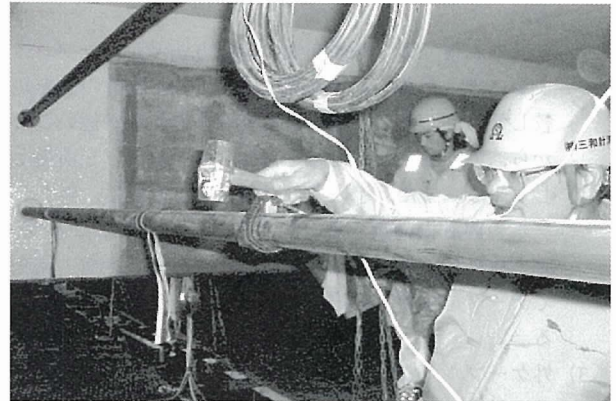


写真 - 7 ひずみ測定・固有振動数測定状況

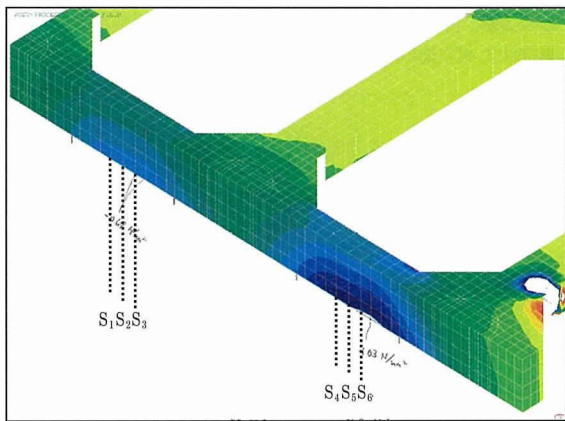


図 - 9 FEM解析結果

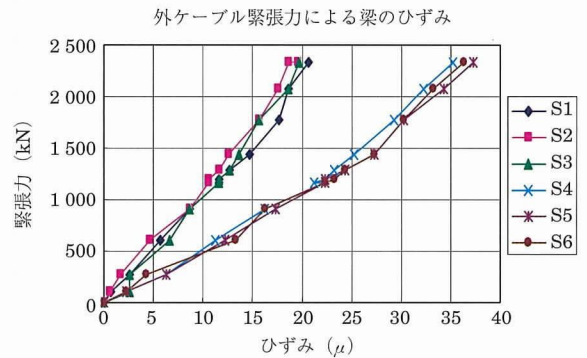


図 - 10 ひずみ測定結果

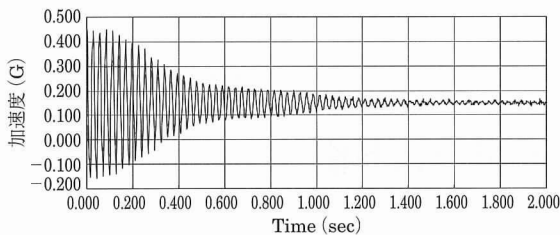


図 - 11 振幅波形測定結果 (638.1 kN 時)

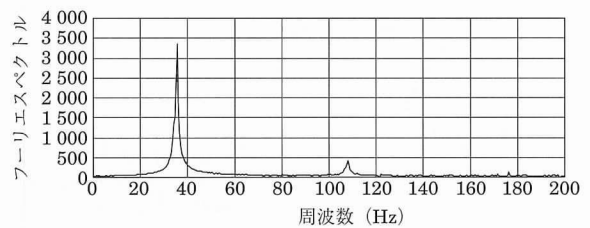


図 - 12 周波数分析グラフ結果 (35.6445Hz)

数を測定しておき、将来その固有振動数を測定することで緊張力を管理することとした。

外ケーブルに加速度計を取り付け、ハンマーで打撃、振動を与え、その値をパソコンに取り込み、振動数を測定した。振動数を測定する外ケーブル緊張力は、設計緊張力 (580.4 kN ; 0.6 Pu) よりも 10 % 高い値と 20 % 小さい値とした (図 - 11・12・写真 - 7 参照)。

せん断に対する設計計算から、緊張力が 483 kN^{※1} を下回れば補強効果は期待できなくなる。緊張力 +10% と -20% の振動数から、緊張力 483 kN 時の振動数 (31.2212 Hz^{※2}) を計算し、将来振動数を測定した際に、この値以下であれば、再緊張等の対策が必要となる (表 - 4 参照)。

この測定において、今後の定期的な残留緊張力の確認

表 - 4 振動数測定結果

緊張力 (ロードセル値) (kN)	振動数 (Hz)
638.1 (+10% 時)	35.6445
466.9 (-20% 時)	30.7620
※1 483.0	※2 31.2212

(振動数測定) により、栈橋補強効果の検証・確認が可能となる。

4. おわりに

施工時および今後の留意点として以下の点を挙げる。

- 1) 既設構造物の機能向上を図る工事では、施設を供用しながらの施工が多くなると考えられる。工事にともなう経済的損失である外部コストを低減する工法が、ラ

ライフサイクルコストと利用者サービスの向上に寄与する。

- 2) 今回の工事では、機能向上の確認方法として、プレストレス導入前後のひずみ増加量と FEM 解析の値を比較して検証したが、既設構造物が経過年数が短いことから、当初設計の耐荷力を保持していることを前提としている。また、導入力の経年による確認は、外ケーブルの固有振動数をキャリブレーションすることで、将来振動数の判断基準としている。今後の点検・調査でデータを蓄積し維持管理技術の向上を図る必要がある。
- 3) 外ケーブル工では、既設梁の削孔にあたり鉄筋の検討や、外ケーブル配置・緊張・振動測定時に削孔穴に接触しないことが管理上のポイントである。また、鋼板接着や表面塗装においては、材料の特性を熟知し施工時の使用環境における留意点を守ることが耐久性上重要である。今後、性能規定型の発注方式で新材料・新工法を提案する場合、受注前・施工計画および施工時の各段階において、関係技術者の協議・協力の基に最

適な施工管理が行われることが、不具合防止や長寿命化に寄与すると考える。

1960年代の高度経済成長期以降に建造された港湾構造物は、1990年換算で約21兆円に達しているようである。今後維持管理費の急増が予想されるが、一方では低成長の時代を迎えた港湾施設管理者の財政はきわめて逼迫している状況である。

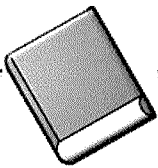
国際競争力強化に向けた港湾施設の機能向上が引き続き求められており、今回のような改良工事や、施設の更新費用を縮減するための施設の長寿命化の取り組みは、今後広く需要が高まっていくものと考えられる。

本報告が、その一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 山田俊一,長内誠,萩野玲,宮崎宗守:青海埠頭第3バース棧橋補強および補修工事について,プレストレストコンクリート第13回シンポジウム集,PP633~636,2004/10
- 2) 財団法人 東京港埠頭公社:土木施設維持管理マニュアル

【2005年2月7日受付】



● 刊行物案内

- PC斜張橋・エクストラドーズド橋設計施工規準(案)
- PC吊床版橋設計施工規準(案)
- PC橋の耐久性向上マニュアル

(平成12年11月)

頒布価格:3点セット 会員特価 6 000 円〈非会員価格 7 200 円〉(税込み・送料はいづれも 600 円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会