

80 000 D.W.T. 製品岸壁の建設

INNOVATIVE TECHNOLOGY UTILIZED FOR INDUSTRIAL BERTH CONSTRUCTION

富永眞生*・劔持叡**・木村保***・奥村一郎****

By *Masanari TOMINAGA, Satoru KENMOCHI, Tamotsu KIMURA
and Ichiro OKUMURA*

The New Products Berth was designed to accommodate vessels up to 80 000 D.W.T. larger than previously, thus providing cost savings in ocean freight charges. The Berth is a quay type wharf structure supported on steel pipe piles. A 300 m long by 41 m wide structure was designed, with a dredge depth of -15.5 meters. The project has three Innovative Technological Features, the KST cantilevered pile driving system for marine structures, polyethylene film coated steel pipe piles, pile driving control using wave equation analysis and frictionmeter.

Keywords : steelpipe piles, cantilevered pile driving system, polyethylene film coat, wave equation analysis, frictionmeter

1. まえがき

本報告は1984～1985年に川崎製鉄（株）千葉製鉄所に建設した80 000 D.W.T.の船舶を対象とする鉄鋼製品の輸出用桟橋の設計、施工に関するものであり、桟橋構造、設計条件、工事内容、工事工程等の概要と新技術として積極的に導入した重防食被覆鋼管杭、新しい臨海杭打工法（以下KST工法と称す）、波動方程式を用いた杭の支持力管理について述べるものである。

千葉製鉄所では鉄鋼製品（钢管、コイル、厚板等）の所内物流コストを低減するために、物流分野における省力化、機械化、大型化、自動化が推進されている。また鉄鋼製品に対するユーザーニーズも多様化、高品質化しており、保管ヤードの確保および搬送荷役設備の改善は急務である。他方、海上輸送費用を低減するために、船舶は大型化する傾向にあり80 000 D.W.T.船舶を対象とする製品岸壁と付随する荷役設備の建設が急務な要件となった。

2. 桟橋および工事の概要

（1）桟橋諸元および構造

当桟橋は図-1に示すように東京湾の東部、千葉県の主航路に北面している。岸壁諸元は表-1に示すとおりである。写真-1は操業中の岸壁の航空写真であり、大



図-1 位置図

表-1 岸壁諸元

延長	300m	対象船舶	80,000 D.W.T.
幅員	41m	取扱品目	鉄鋼製品
計画水深	A.P.-15.5m	荷役設備	50t吊2基

* 正会員 工修 川崎製鉄（株）千葉製鉄所土建部長
(〒260 千葉市川崎町1)

** 正会員 同部土建工事課長（同上）

*** 正会員 同部土建技術室主任（同上）

**** 正会員 川崎製鉄（株）エンジニアリング事業部土木技術部
(〒100 千代田区内幸町 2-2-3 日比谷国際ビル)

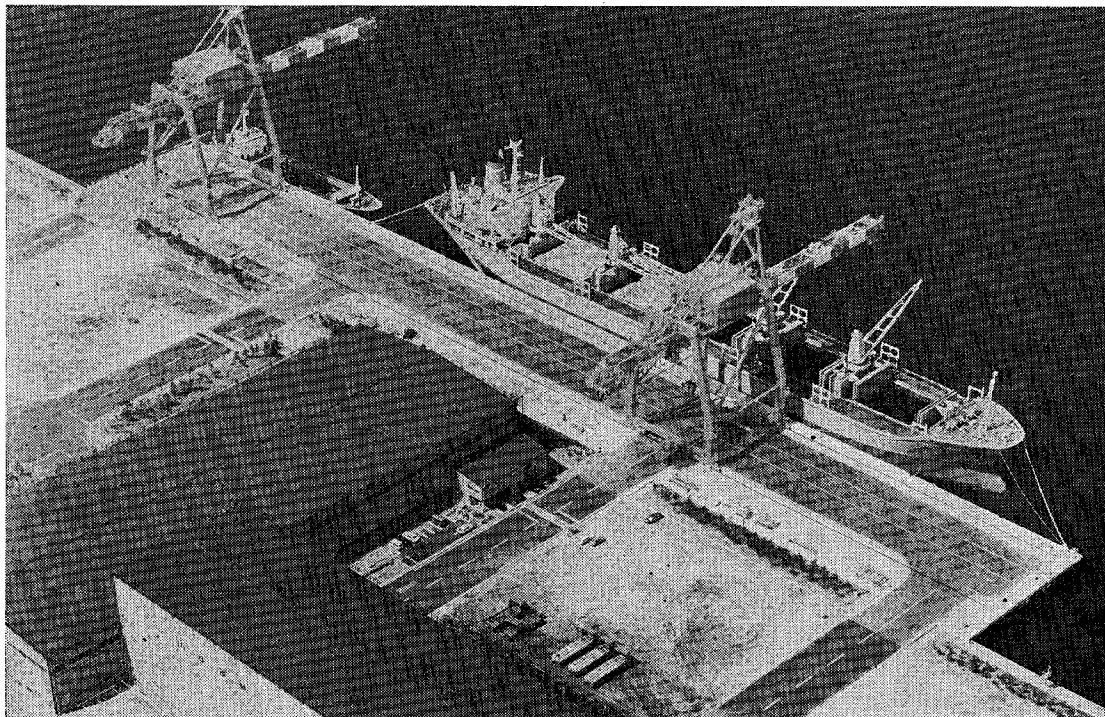


写真-1 操業中の 80 000 D.W.T. 製品岸壁

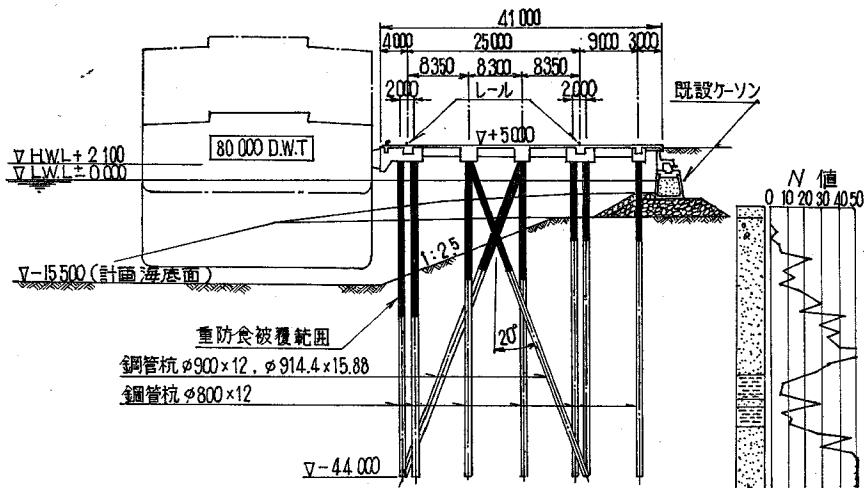


図-2 標 準 断 面 図

型と小型の船舶が接岸している。当桟橋は図-2に示す標準断面を有する鋼管杭によって支持された杭式横桟橋構造であり、既存のケーソン護岸から40m海側に張り出し、計画水深を確保している。鋼管杭には重防食被覆鋼管杭を、上部工の主桁にはI形鋼を使用した。

(2) 設計条件

a) 土質条件

当地盤は砂地盤を中心とする土層で構成されており

A.P. -25 m付近にN値50以上の洪積世の砂層が2m~8m分布し、洪積粘性土層を挟んでA.P. -40 m以深にN値50以上の砂層が存在している。

本構造物では、原則としてA.P. -40 m以深の砂層を支持層としたが東側60mの範囲では、中間砂層が厚く支持力を確保できるために、中間砂層を支持層とした。

b) 海象条件

表-2 工事工程表

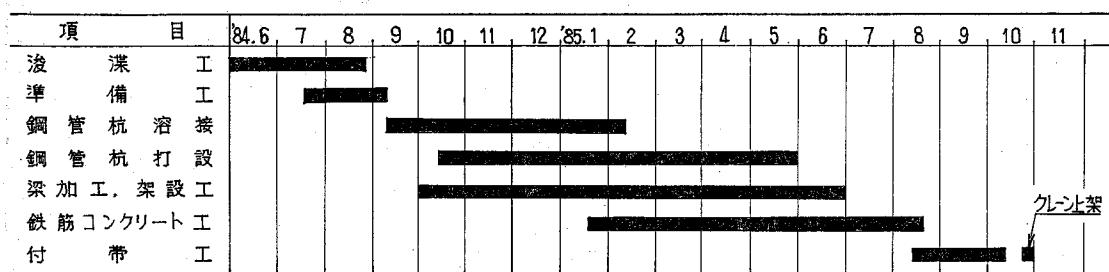


表-3 主要工事数量

項目	仕様	数量
浚渫土量	—	209 000 m ³
钢管杭	Ø 800, t12	363本
	Ø 900~914, t12~t5.88	100本
コンクリート	fc = 300 kgf/cm ²	13 600 m ³
	スランプ 8cm	
鉄筋	SD 30	1 360 ton
型枠	鋼製, 木製含む	25 500 m ²
その他 鋼材	I形鋼, 仮設材	2 400 ton

当桟橋は東京湾東部に位置し, 千葉港本航路に北面しているために, 台風等の暴風による波高や潮流も比較的小さく設計波高 1.9 m, 周期 4 s, 潮流は 0.05 m/s 程度である。

c) 荷重条件

取扱品目が鉄鋼製品であるために荷役設備の重量は大きい。2基の 50 tf 吊岸壁クレーンの自重は 610 tf であり, 岸壁クレーンの軌条間は 150 tf 積のトラクタートレーラが3台並走可能, バックリーチ部分は許容上載荷重 4 tf/m² の仮置場として設計されている。

(3) 工事内容および工程

主要工事工程を表-2 に, 主要工事数量を表-3 に示す。1984 年 6 月に浚渫工事を開始, 同年 10 月杭打設開始, 翌 1985 年にコンクリート工事に着手, 同年 10 月に防舷材設置等の付帯工事を完了し, 11 月より使用開始した。工事期間は浚渫工事から付帯工事完了まで延べ 17 か月間であった。以下に各工事の概要を記す。

a) 浚渫工

既存のケーソンの捨石マウンドの下端レベルからのり面勾配を 1:2.5, 桟橋前面において計画水深を確保する図-2 に示す浚渫断面とし, 浚渫土量は 209 000 m³ であった。浚渫工事では, 既存のケーソン護岸の安定に留意し, 傾斜計等を用いて地盤の挙動を計測し, 既設構造物の安全性を確認しながら施工した。浚渫工期は 1984 年 6 月から 8 月までの 3 か月間であった。

b) 準備工

測量, ヤード造成, 仮設事務所設置等の準備工事は, 1984 年 7 月から着手し, 鋼管杭, 鉄筋, はり等の加工・製作・製品ヤードとして約 50 000 m² を造成した。桟橋両端から 60 m 外側に測量台を設置し, 杭やはり位置等の法線方向を視準するものとした。

c) 鋼管杭溶接工

钢管杭は, 12~17 m の単管を溶接して 31~51 m の 1 本ものの钢管杭として打設した。溶接は全自動サブマージ溶接により実施し, 1984 年 9 月から翌年 2 月までに載荷試験杭を含む 451 本の钢管杭を製作した。歴日当たりの出来高は 3 本/日, 稼働日当たりの出来高は 4 本/日であった。溶接部の品質管理は X 線検査によるものとし検査基準を JIS 2 級以上と設定した。

d) 鋼管杭打設工

当桟橋の杭伏図を図-3 に示す。桟橋進入路の既存護岸背面の 12 本の杭を陸上から, 451 本の杭を杭打船と KST 工法を用いて打設した。KST 工法については後述するものとし, 本項では杭打船による杭打設について

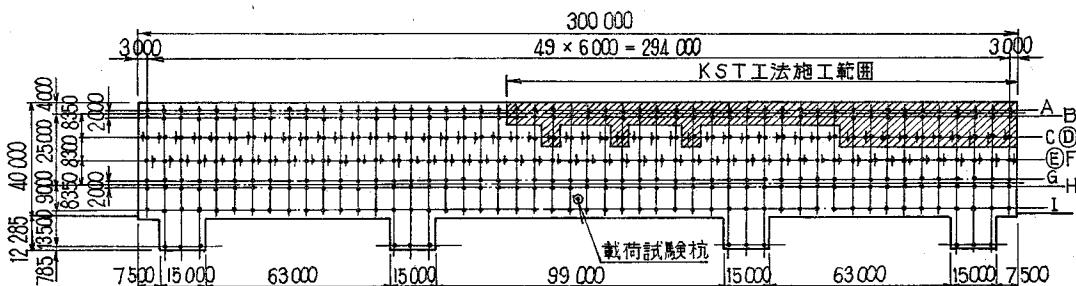


図-3 杭伏図

述べる。1984年10月から翌年2月までに369本の鋼管杭を、KB 70およびMH 72Bのディーゼルハンマを搭載した杭打船を用いて打設した。歴日当たりの出来高は2.7本/日、稼働日当たりの出来高は4.1本/日であった。

既存のケーン護岸の捨石部を貫通する杭の打設に先行して、オレンジピールバケットで張石を撤去した後オーガ掘削機でケーシングを建込み捨石を除去することにより、杭打設時のケーン護岸マウンドへの振動影響の軽減と重防食被覆部の損傷防止を図るものとした。

法線方向に5本間隔で10本の杭を打設することにより、支持層の再確認をして沓やフリクションカッタの必要な範囲を設定した後に本格的に杭打設を開始した。

e) 主ぱり加工、主ぱり架設工

主ぱりにはI形鋼(900×300)を主材として使用し、防食のためにコンクリート被覆、もしくは膜厚700μmのガラスフレーク層を有するエポキシ樹脂塗料の被覆を施した。クレーン軌条受けぱり、防舷材設置部の法線直角方向のはり、ユーティリティ配管を設置したはり等はコンクリート被覆のはりを、その他のはりにエポキシ樹脂被覆のはりを配している。はり加工は1984年10月に着手し翌年6月にはり架設を完了した。コンクリート被覆ぱりは原則としてプレキャストぱりとし、陸上での施工により品質の向上を図った。

f) 鉄筋コンクリート工

鉄筋の材料はSD 30を用い、かぶり厚を床版部分でも最小7cmとした。海水による鉄筋の腐食を防止するために密実なコンクリートとなるように配合設計を行い、設計強度300kgf/cm²、スランプ8cmと設定しセメントには高炉セメントを、骨材には高炉スラグを用いている。コンクリート打設時には施工性を向上するために流動化剤を添加し、ポンプ車による施工を可能にした。コンクリート表面のトラクタートレーラー走行範囲は耐摩耗性を向上するために2.5mm厚のセメント系耐摩耗材を施している。この耐摩耗材には緑色の顔料を添加、着色し千葉港ポートタワーや船舶からの景観に対して配慮した。杭頭部の鉄筋コンクリート工事は1985年1月に着手し、同年8月に床版のコンクリートの打設を完了した。

g) 付帯工

船舶の接岸を容易にするために防舷材を12m間隔で配し、局部的に内航船等1000D.W.T.以下の船舶が接岸できるように防舷材緩衝板の下端レベルを下げている。手摺やタラップにはステンレス鋼を用いた。トレーラ走行範囲の構造目地部分には、橋梁の縫目に用いるゴム製の伸縮目地を使用して走行性の向上を図った。

3. 重防食被覆鋼管杭¹⁾

(1) 設計仕様と適用範囲

当工事で使用した重防食被覆鋼管杭とは、ショットブラストにより下地処理した钢管表面に溶融ポリエチレンシートをゲートル状に巻き立てて、耐腐食性、耐海水性等を保有させたものであり図-4に断面を示す。防食ポリエチレンはスパイラルビード部で膜厚2.5mm以上とし、耐用年数を40年と設定している。

ポリエチレン被覆範囲は図-2に示すように上部工のコンクリート下端から海底面下3~4mまでであり、飛沫帶、干満滞、海水中部分の防食を目的としている。図-5に示すように重防食被覆鋼管杭を使用することによってコンクリートの下端レベルをH.W.L.以上としても杭の腐食を懸念する必要がなくなり、上部工に鋼材を使用できることとあわせて上部工の軽量化が可能となつた。上部工の軽量化は地震時の自重による水平力の軽減にもつながり、杭数量、杭断面の軽減に寄与することになる。他方、潮間作業が不要となり工程管理が容易になるとともに上部構造物の品質管理も容易になった。

重防食被覆鋼管杭とコンクリートの摩擦抵抗力については図-6に示すような関係を得た。初期の摩擦抵抗力は2種ケレン鋼面に対して60~70%に低下するが、ポリエチレン被覆の場合、変形追従特性があることを確認

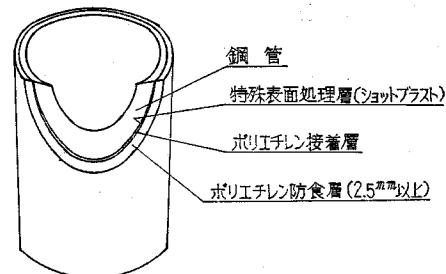
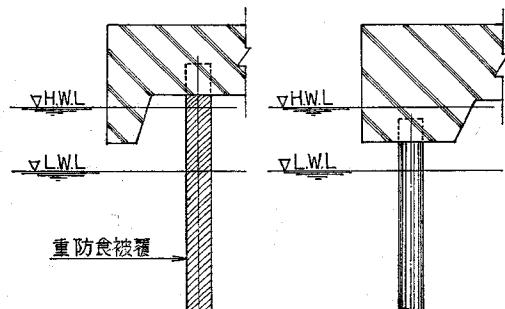


図-4 重防食被覆鋼管杭の仕様



(a) 重防食被覆鋼管杭やFRP (b) コンクリート被覆により鋼管杭の防食を施した場合の岸壁

図-5 重防食被覆鋼管杭の利点

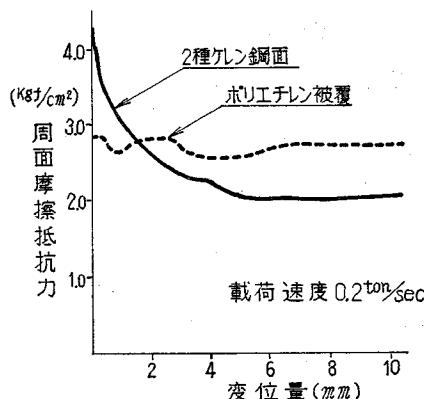


図-6 鋼管杭とコンクリートの変位量～周面摩擦抵抗力

できた。

(2) 重防食钢管杭施工上の注意

a) 運搬・仮置き

運搬・仮置き時の損傷を防止するためにゴム板や木板を敷き養生するとともに、吊込みにはナイロンスリングを使用するものとした。

b) 鋼管杭溶接

2本継ぎ、3本継ぎの溶接作業は杭を支持するターニングローラ上で回転させて行うが鋼製のローラ端部が防食ポリエチレンに接触するおそれがあるために、ウレタン製のローラ（写真-2 参照）を作製した。

溶接継手部分は溶接時の熱影響を考慮して、管端から150 mm の範囲には防食ポリエチレン被覆を施していない。そのため溶接継手部分の防食は、溶接完了後に钢管表面をケレン、予熱してポリエチレン製の熱収縮チューブ（写真-3）を加熱して被覆することで対応した。

c) 鋼管杭打設

杭打設時に杭打船などのアンカーワイヤがすでに打設した杭（写真-4 参照）を損傷するのを防止するため、打設した杭を防護管で覆う方法やアンカーワイヤを補助クレーンで吊り上げる方法を用いた。

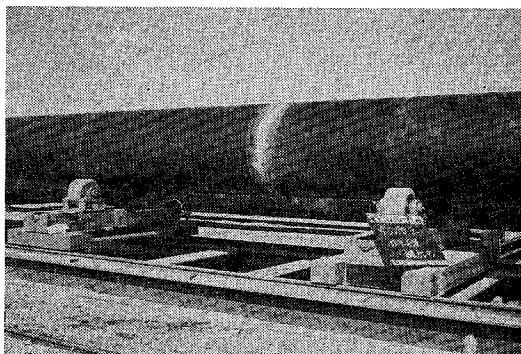


写真-2 ウレタン製ターニングローラ

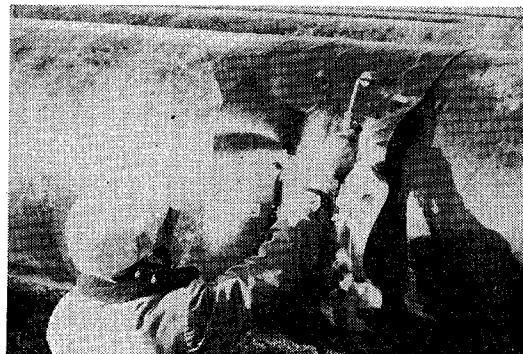


写真-3 溶接部の被覆



写真-4 重防食被覆钢管杭打設状況

d) 鉄筋コンクリート工事

杭頭部のコンクリート打設における支保工の取付けでは、重防食被覆部の損傷を回避するために、I形鋼の本設ばりから吊ボルト形式で支持するものとした。

e) 重防食被覆钢管杭の補修

重防食被覆部に発生した微少な傷は、ポリエチレン製の棒を熱風により溶融圧着させて損傷部分を閉塞させ小型研磨機で仕上げるものとした。損傷の大きさが 50cm²以上のものは、損傷部周辺を面取りした後に溶接部分と同様の方法で熱収縮チューブを用いて損傷部分を閉塞させるものとした。

4. 新しい臨海杭打工法 (KST 工法)²⁾

(1) 工法の概要

KST 工法とは、打設した杭の頭部に設置したはり上を順次移動しながら杭を連続打設していく工法であり、任意の方向に 20°まで回転自在なパイルホルダとフライングハンマを用いて直杭、斜杭を打設することを特長としている。なお、本工法は直径 800 mm～1 200 mm、最大長 50 m 程度の杭を対象とする。今回の工事に際して図-3 に示す区域において KST 工法の開発研究を実施する機会を得た。杭打作業手順を図-7 に示す。本工法の開発目標としては、

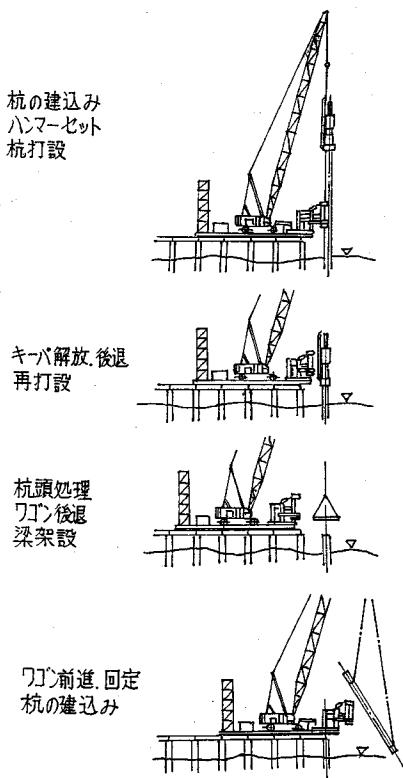


図-7 KST 工法による杭打作業手順

- ① 波浪等の海象条件の影響を受けにくいこと。
- ② 斜杭も任意の方向に打設できること。
- ③ 大口径・長尺杭にも対応できること。
- ④ 施工精度と施工の均一性が確保できること。
- ⑤ 杭打装置の価格が従来より安いこと。
- ⑥ 組立・解体が容易で回航輸送費が安いこと。

等を設定した。なお、本工法は川崎製鉄、清水建設、東亜建設工業の三社の共同開発によるもので、昭和 60 年度土木学会技術開発賞受賞の対象となった。

(2) 装置の概要

当工事に使用した杭打装置を図-8 に示す。パイルホルダは横行台車とパイルキー部からなり、杭を所定の位置に保持する装置で最大斜角 20° まで傾動可能であり進行方向と直角に約 10 m 移動可能である。なおパイルキー部の杭と接する部分にはゴム被覆したローラを用い重防食被覆の損傷を防止する。可動アームはパイルホルダを支持する装置で、進行方向に微調整のための移動が可能である。フライングハンマはロープ吊り下げ式でディーゼルハンマ KB-45 を装着できる。トラベリングワゴンは上記装置のほか 150 tf 吊クローラクレーン、油圧ユニット等の機器を搭載し、杭と杭を連結する本設鋼製ばり上移動の母体をなす。移動装置は本設鋼製ばりからの反力をトラベリングワゴンを推進する装置で、前後

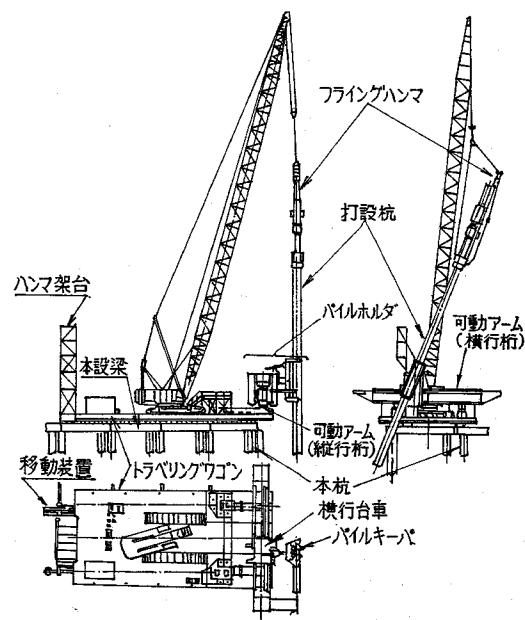


図-8 KST 杭打装置

進用に油圧シリンダ (100 tf) を各 2 基装着させている。

(3) 施工実績

表-4 および図-3 に示す 84 本の杭を KST 工法にて打設した。杭打作業のサイクルタイムを表-5 に示す。杭打設のみに要する時間は 1 本当たり約 2 時間である。杭打設の所要日数は 34 日であり、1 日当たり 2.47 本であった。波高 0.8~1.2 m の荒天時でも杭打作業等に支障はなく、稼働率は 74% であり、海象条件の影響を受けにくいことが実証された。直杭 3 本、斜杭 1 本を

表-4 KST 工法による杭仕様

	杭 径 (mm)	肉 厚 (mm)	杭 長 (m)	杭 数 (本)	合 計 (本)
直 杭	800.0	12.0	48.0	41	84
	800.0	12.0	31.0	30	
斜 杭	914.4	15.88	49.0	3	
	914.4	15.88	34.0	10	

表-5 杭打設作業サイクルタイム

	直 杭 (48m)	直 杭 (31m)	斜 杭 (34m)
杭建込み・位置決め	25 分	19 分	25 分
台付ワイヤ外し	18 分	11 分	9 分
ハンマセット	12 分	9 分	16 分
打 設	35 分	19 分	64 分
ハンマ格納	6 分	5 分	11 分
ヤットコセッタ・取外	—	24 分	—
合 計	96 分	87 分	125 分

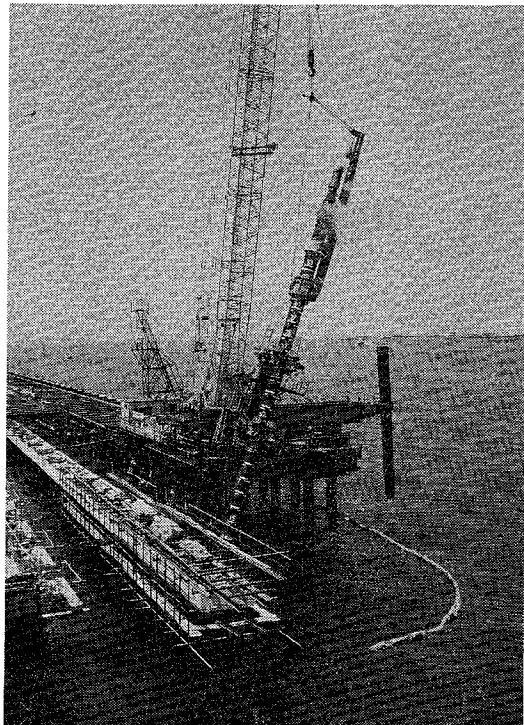


写真-5 KST工法による斜杭打設

1サイクルとする杭打設、本設鋼製ばり架設等を含む施工速度は1サイクル4日間であり、ほぼ計画どおりの成果であった。

KST工法によって打設した杭の打設精度は装置の進行方向およびその直角方向ともに75%の杭が所定の位置から5cm以内にあり、すべての杭が10cm以内と杭打船に比較して精度良く施工できたといえる。

(4) 現場計測

本工法の実用性を確認するために、杭打設時、ワゴン移動時の本装置の加速度、部材応力等の現場計測を実施した。ワゴン全体の動的特性を示す加速度は杭打設時に最大値を示し、鉛直方向400Gal、このときの卓越周波数は260Hz以上であった。杭打設の周波数は0.5~1回であり、杭打設時に共振する可能性は低い。

杭打設時にはワゴン部材、パイルホルダシャフト、支持杭とともに動的応力はほとんど発生していない。オペレータの熟練によって杭軸とハンマ軸が一致したために装置に外力が発生しなかったものと考えられる。

ワゴン移動時のワゴン部材や支持杭、杭傾動時のパイルホルダシャフトに発生する応力は設計値とほぼ一致した値を示した。

5. 杭の支持力管理

(1) 杭の支持力管理の考え方

海上構造物では、杭打設時の情報に基づき、杭の支持

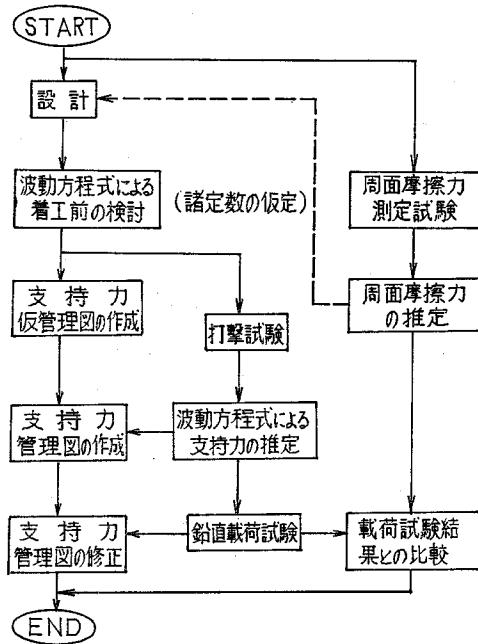


図-9 支持力管理フロー

力を適正に推定することは、杭打工事の品質管理上重要なことである。当工事では図-9に示す波動方程式による方法を主体とするフローで支持力管理を実施した。

波動方程式を用いた支持力管理³⁾⁴⁾は、波動方程式による応力分布が打撃試験から得られた打止め時の応力分布に整合するように妥当な範囲でパラメーター（周面摩擦力分布、先端支持力比）を設定し、ラム落下高別に貫入量と支持力の関係を示す支持力管理図を作成することから始まり、静的鉛直載荷試験の結果得られた静的極限支持力と波動方程式による動的極限支持力の関係から杭打設後の周辺地盤の拘束力の回復を考慮して支持力管理図を修正することで終わる。つまり、周面摩擦力測定と鉛直載荷試験によって波動方程式による支持力管理図を補強しながら支持力管理を実施した。

(2) 載荷試験

杭径800mm、肉厚12mm、杭長48m、土中の長さ40.5mの鋼管杭を試験杭として使用した。試験杭にはひずみゲージを取り付け、杭打撃時、静的鉛直載荷試験時の深度別応力度を測定するとともに、沈下ロッドを取り付け、深度別の沈下量を測定した。静的鉛直載荷試験は土質工学会「クイの鉛直載荷試験基準」多サイクルA載荷法に準ずるものとし、設計支持力250tfに対して試験最大荷重を850tfと設定した。杭打設にはMH72Bディーゼルハンマを使用し、光波変位測定機を用いて杭の貫入量およびリバウンド量を測定した。

N 値により算定した杭の極限支持力と打撃時に求め

た杭の応力分布から波動方程式を用いて算定した推定値を表-6に示す。波動方程式により算定した動的極限支持力は550tfであり、N値により算定した静的極限支持力より小さい値を示しており、動的な場合には周面摩擦力の方が大きいのに比較してN値による算定値では先端支持力の方が大きくなることがわかる。

静的鉛直載荷試験における荷重～沈下曲線を図-10に軸力分布の変化を図-11に降伏時極限時の支持力を表-7に示す。降伏支持力は $\log S \sim \log P$ 曲線等から総合的に判断して600tfと考えられる。極限支持力は最大載荷荷重では極限に至らなかったために宇都の方法⁵⁾にて推定した。測定計器保護金具取付けによる周長等の増分を差し引いて実施杭に換算した値を表-7に併記する。図-11において上部砂層(③～⑤層)の摩擦強度は降伏荷重600tfのときに最大値を示し、載荷重の増加に伴い減少しているが、下部土層(⑥～⑩層)の摩擦強度は最大荷重載荷時においても降伏には至っておらず増加段階にあることが軸力の傾きからわかる。

静的鉛直載荷試験による先端支持力比はN値による算定値よりも波動方程式による推定値に近いものであった。

(3) 支持力管理図

当工事に用いた支持力管理図を図-12に示す。杭打設終了時に得られた応力分布に波動方程式による応力分布が整合するように各パラメーター(動的支持力、先端支持力比)等を妥当な範囲で変化させて動的極限支持力

表-6 打設試験結果

	N値による算定値	波動方程式による推定値
極限支持力	740 kN	550 tf
先端支持力	493 kN	258 tf
周面摩擦力	247 kN	292 tf
先端支持力比	0.67	0.47

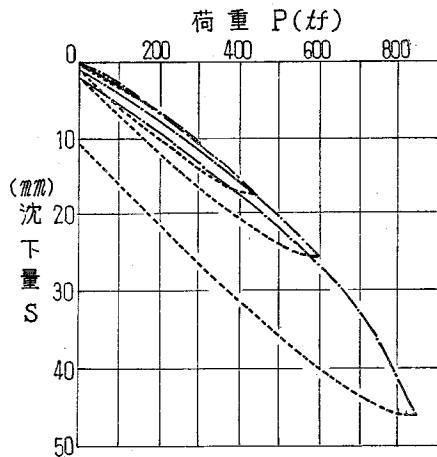


図-10 荷重～沈下曲線

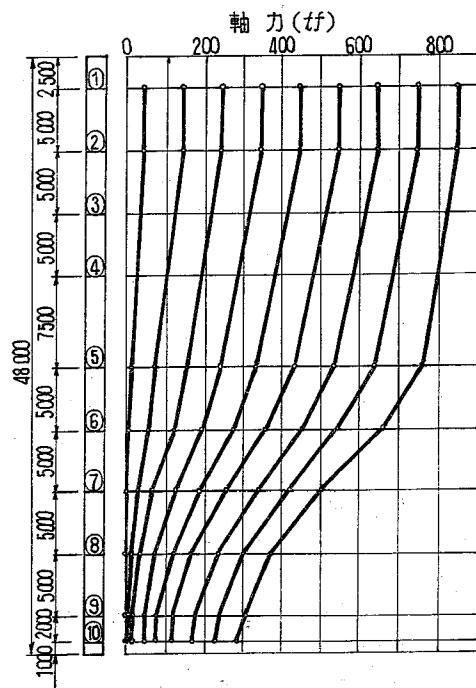


図-11 軸力分布曲線

表-7 鉛直載荷試験結果

	試験杭	実施杭
降伏時	降伏支持力	600 tf
	先端支持力	140 tf
	周面摩擦力	460 tf
	先端支持力比	0.23
極限時	極限支持力	1000 tf
	先端支持力	392 tf
	周面摩擦力	608 tf
	先端支持力比	0.39

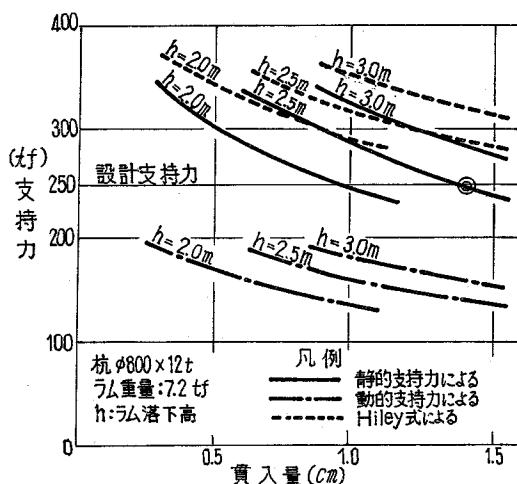


図-12 支持力管理図

を求める。このときのパラメーター（先端支持力比、周面摩擦力分布等）を固定し、動的極限支持力のみを変化させてラム落下高別に支持力管理曲線（貫入量～支持力）を作成した。図-12 の一点鎖線は動的極限支持力を安全率3で除した値である。実線は鉛直載荷試験による静的極限支持力と波動方程式により算定した動的極限支持力の比(1000/550)を動的許容支持力に乗じたものであり、周辺地盤の回復を考慮した値といえる。破線は動的貫入量とリバウンド量を Hiley 式に代入したものである。

当工事における支持力管理は図-12に基づいており、ラム落下高が 2.5 m の場合に貫入量が 1.4 cm 以下であれば設計支持力が得られたものとする手法を用いた。

(4) 周面摩擦力の測定

周面摩擦力を測定するにあたり、図-13 に示す新しく開発されたフリクションメーター^⑥を使用した。フリクションメーターを径 116 mm で掘削したボーリング孔に設置し、測定部を圧入あるいは打撃によりボーリング孔底面の土中に挿入した後、ケーシングパイプ上端に設置したトルクリングを介して測定部を回転させ回転に要するトルクと回転角を読み取る。測定は極限強度が得られた後も残留強度が得られるまで継続し、測定値はロッドのねじれや測定部の表面粗度に対して補正した。

周面摩擦測定試験による杭の周面摩擦力と載荷試験結果および N 値による周面摩擦力の関係を表-8 に示す。

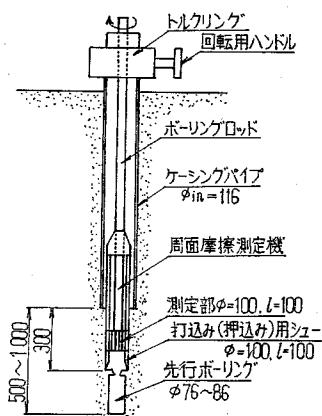


図-13 フリクションメーター

表-8 周面摩擦力の比較

	周面摩擦力	比率
周面摩擦測定試験	688 kN	1.00
載荷試験(宇都の方法)	511 kN	0.74
載荷試験(Van Der Veenの方法)	663 kN	0.96
N 値による算定値	470 kN	0.68

す。フリクションメーターによる周面摩擦力は A.P.-38 m 以浅の土層の極限強度と以深の残留強度を用いて求めたものである。周面摩擦測定試験の結果は N 値による算定値の 1.5 倍であり、Van der Veen の方法⁷⁾による載荷試験結果に良く近似している。より精度が高い周面摩擦力の推定には、数多くの載荷試験の結果に基づいて測定値の取扱い方を検討していく必要があるが、当フリクションメーターは従来の方法よりも精度の高い方法であると考えられる。また、N 値による算定式では当現場のような砂地盤を主体とする土層の場合、過少な周面摩擦力が得られることがわかる。

6. まとめ

以上、80 000 D.W.T. 製品岸壁の建設にあたり、積極的に導入した新技術について述べてきたが、これらをまとめると下記のようになる。

(1) 重防食被覆鋼管杭を使用したことの利点として維持管理の軽減、鉄筋コンクリート工事における潮間作業の解消、上部工の軽量化、杭数量の減少等が挙げられる。運搬・仮置き時や打設した杭の養生は入念に実施する必要があるが、施工効率についても支障はなかった。

(2) KST 工法は突堤式の桟橋や波浪等の海象条件が厳しい海域の構造物において、より優位性を發揮できるものであり、当現場は必ずしも最適の現場ではなかつたが、当工事における実証実験でその適用性を確認することができた。今後は装置自体の軽量化や測定機器の自動化を実践し、ロボット化を目指した検討を加える所存である。

(3) 杭の支持力管理では、波動方程式と載荷試験をあわせた手法を用いたが、杭打設後の地盤の回復度の考え方等について多くの試験結果に基づいた統計的解析を実施し、さらに検討していく必要があると考えている。フリクションメーターについても同様であり、測定値の適用方法についてのより具体的な検討が必要である。

当桟橋の建設では、機能的で高品質の美しい構造物をいかに経済的に短工期で安全に完成させるかを念頭に置き、種々の新技術導入に前向きに取り組んだ。今後も同様の姿勢で港湾構造物の建設技術向上に努力したいと考えている。

おわりに、杭の支持力管理についてさまざまご指導をいただいた名古屋大学 松尾 稔教授、名城大学 堀内 孝英教授、当建設工事を担当していただいた西工場北側製品岸壁建設工事共同企業体の松尾宏秋所長はじめとする清水建設、大林組、大成建設、東亜建設工業の関係各位に心より感謝します。

参考文献

- 片瀬貴文ほか：新しい土木技術にみる最近の話題、土木

- 学会誌, Vol. 69, pp. 24~31, 1984.
- 2) 富永眞生ほか: 臨海杭打工法 (KST 工法) の開発, 建設の機械化, No. 432, pp. 21~26, 1986.
 - 3) Smith, E.A.L.: Pile Driving Analysis by the Wave Equation, A.S.C.E. Vol. 86, SM 4, 1960.
 - 4) 富永眞生ほか: 波動方程式を利用した杭の支持力管理方法について, 第 20 回土質工学研究発表会昭和 60 年度発表講演集, pp. 1135~1138, 1985.
 - 5) 宇都一馬ほか: 杭の載荷試験結果の整理方法, 基礎工, 1982-9, pp. 21~30, 1982.
 - 6) 劍持 叡ほか: 原位置摩擦測定試験より得られた杭の周面摩擦力, 土と基礎, Vol. 34, No. 41, pp. 13~20, 1986.
 - 7) C. Van der Veen : The Bearing Capacity of a Pile, Prod. 3 rd, ICSMFE Vol. 21, pp. 84~90, 1953.

(1986.6.9・受付)

14年ぶりの全面改訂版・水のバイブル

水理公式集 昭和 60 年 改訂 版

B5判 642ページ上製・ビニールケース入り 14 000 円 会員特価 12 000 円 (税込)

- 主要目次●第1編 基礎水理編 1. 水理の基礎 2. 開水路の水理 3. 管水路の水理 4. 浸透流 5. 渦 6. 扩散 7. 噴流 8. 密度流 9. 流体力および流力弹性振動 10. 波 11. 環境水理 12. 資料解析 13. 数値解析 第2編 水文編 1. 水文統計 2. 流域と流出過程 3. 流出解析 4. 水文予測 5. 水資源計画 第3編 河川編 1. 流れと観測 2. 河川の不等流 3. 局部流 4. 洪水流 5. 流砂 6. 土砂生産と流出 7. 河床変動 8. 河川構造物の水理 第4編 発電編 1. せきと越流頂 2. ゲートおよびバルブ 3. 跳水と減勢工 4. 水撃作用 5. サージタンク 6. 地震時動水圧 7. 貯水池の環境水理 8. 冷却水取放水 第5編 上下水道・水質保全編 1. 地下取水とその保全 2. 送配水と下水の集水 3. 流量計およびポンプ 4. 水処理 5. 市街地雨水流出・汚濁流出 6. 汚泥の運動と脱水 7. 水域の水質環境 第6編 海岸・港湾編 1. 波浪 2. 波浪推算と波浪の長期統計 3. 波の変形 4. 波と構造物 5. 漂砂および海浜過程 6. 潮汐・潮流および長周期水位変動と流れ 7. 津波および高潮 8. 沿岸域における密度流現象 9. 沿岸における水質拡散

● お申込みは土木学会または全国主要書店へ ●