

横浜港大棧橋再生事業

— PCホロー桁を用いたスマートな棧橋 —

片山 忠*1・小野 憲司*2

1. 大棧橋の歴史

横浜港大棧橋地区 -12 m 棧橋は、横浜港の中で唯一の客船ターミナルを有する施設であり、通称、「大棧橋」として市民をはじめ人々に広く親しまれている。また、この地区は、山下公園と隣接するため、「ミナト・ヨコハマ」の代表的な観光ゾーンとなっており、クイーンエリザベス二世号などの大型客船が着岸する施設として横浜港の中心的存在となっている。

本施設は、明治 22 年から 29 年にかけての横浜港築港第一期工事において臨時横浜築港局の手によりスパイラ

ル杭等当時のわが国土木技術の粋を結集した鉄棧橋として建設され、大正 6 年には大蔵省臨時税関建築部の海面埋立第二期工事のなかで棧橋幅の拡幅および上屋の整備が施された（図-1 参照）。この施設は、大正 12 年の関東大震災によって拡張部の鉄筋コンクリートフレーム部を除き倒壊の憂き目に合う。橋脚が铸铁製であり、建設後 27 年経過していたため海底付近の接合箇所が老朽化、挫折し、ほとんど旧態を止めない惨状であったという。震災後速やかに、内務省横浜土木出張所が復旧工事に着手し、これを大正 14 年に完成、鉄棧橋部はほぼ震災前の姿に復旧される（図-2 参照）。昭和 11 年に山下



写真-1 大棧橋全景

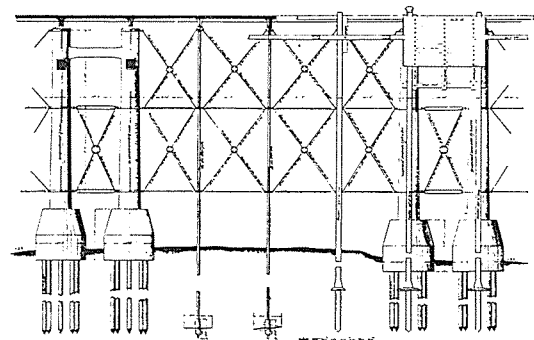
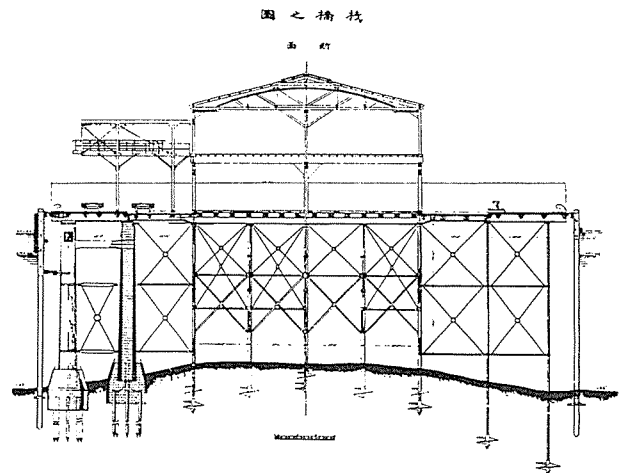
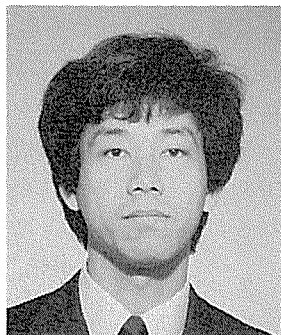


図-1 海面埋立第二期工事（明治 39 年～大正 6 年）の拡張
「横浜税関新港設備報告：大正 6 年 大蔵大臣官房臨時建築課」による

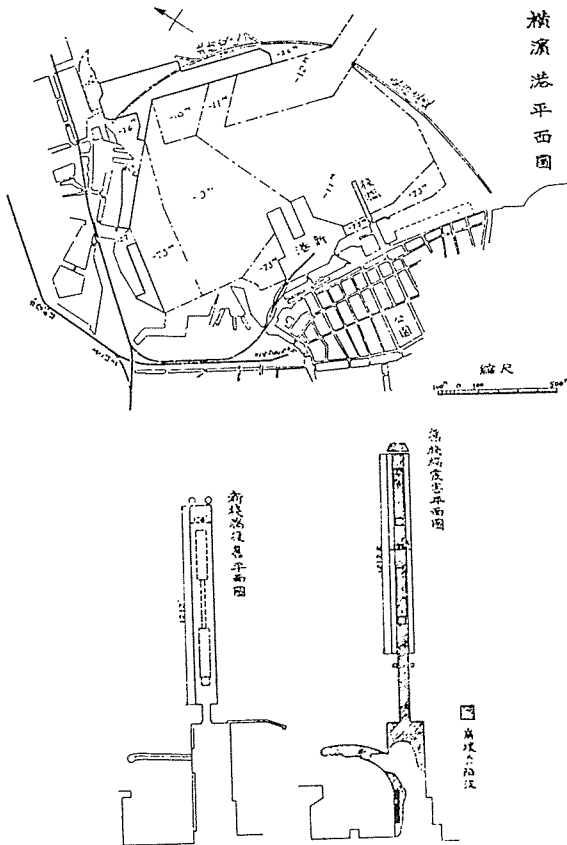


*1 Tadashi KATAYAMA
運輸省第二港湾建設局
横浜調査設計事務所所長



*2 Kenji ONO
運輸省第二港湾建設局
横浜調査設計事務所次長

(圖一第)



(圖二第)

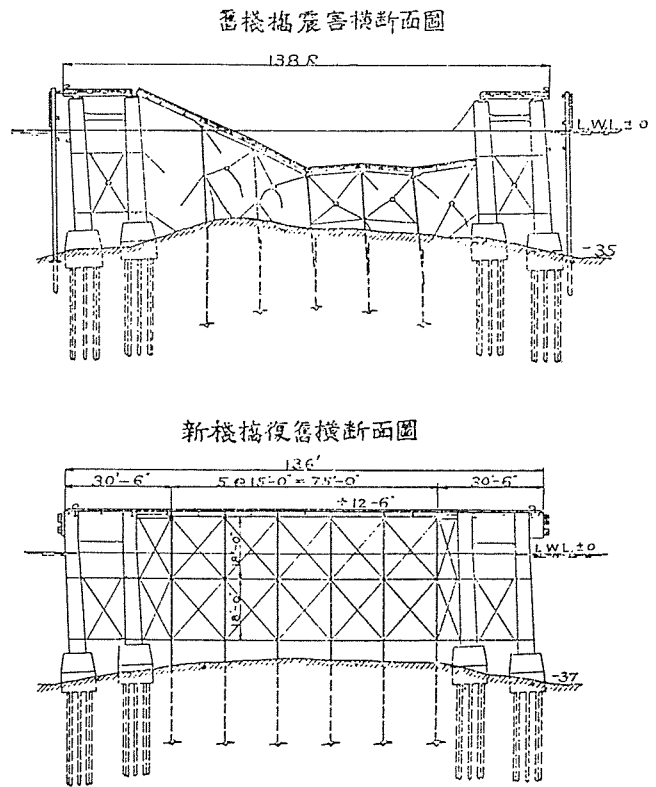


図-2 「横浜港棧橋震害復旧工事概要：大正14年 内務省横浜土木出張所」による

側の拡幅および延伸，昭和39年にはオリンピック関連工事として国際客船ターミナル施設の大改造が実施された。しかしながら，長期間にわたる鋼材腐食による劣化は港湾水質環境の劣悪化と相まって，大棧橋の老朽化を著しく進展させ，昭和39年より棧橋部材の劣化対策工事が始まるが，昭和52年以降は毎年のようにコンクリート床版・鋼材などの補修工事が実施される。このため，昭和62年に棧橋幅の大幅な拡張を含む全面改修が港湾計画決定され，運輸省第二港湾建設局の手により岸壁再生事業が着手された。客船を受け入れながら工事と同時に進めるという厳しい施工条件のもとで，現在，幅50mの既存埠頭を両サイド合わせて40m拡張し90mとする作業が始まっている。

2. 設計概要

設計を完了し，昭和63年度より施工に移っているのは，山下側の拡張工事である。当工区の工事は，現在の鉄棧橋部が将来埋め立てられた新しい国際旅客ターミナルとして生まれ変わる計画であることに鑑み，棧橋前面より10m離し新しい棧橋を建設するものであり，全延長483mの規模を有する。工区内延長200mの区間については，新造客船クリスタルハーモニー号の処女航

海寄港に間に合わせるため平成2年6月までに竣工させることが要請されたが，一方で平成元年3月～10月にかけて横浜市政100年および横浜港開港130年を記念する横浜博覧会(Yokohama Exotic Showcase; 通称YES'89)が開催され定期船の利用上と景観上の配慮から現場工事をストップする必要があったため，昭和63年度は地盤改良工事のみに止め，博覧会終了後の半年足らずの間に棧橋1バース分の整備を行うという超急速施工が要求された。このため新棧橋の構造形式は，重力式，矢板式，棧橋式などの比較検討を経て，施工速度の早さと当該地盤が層厚40mに達する軟弱地盤であることに鑑み，PC床版を用いた棧橋構造が採用された。また，大棧橋が横浜港発祥の地として長年にわたって市民に親しまれてきたことや，山下公園や氷川丸等のミナト・ヨコハマを象徴する観光スポットから眺望される施設であることに鑑み，将来に向けても横浜港のシンボルとなるよう外観デザインにも配慮した設計を行った。

3. 設計条件

3.1 計画条件

- ① 対象船舶：30 000 D/W 級貨物船およびクィーンエリザベスⅡ世号級客船(表-1)

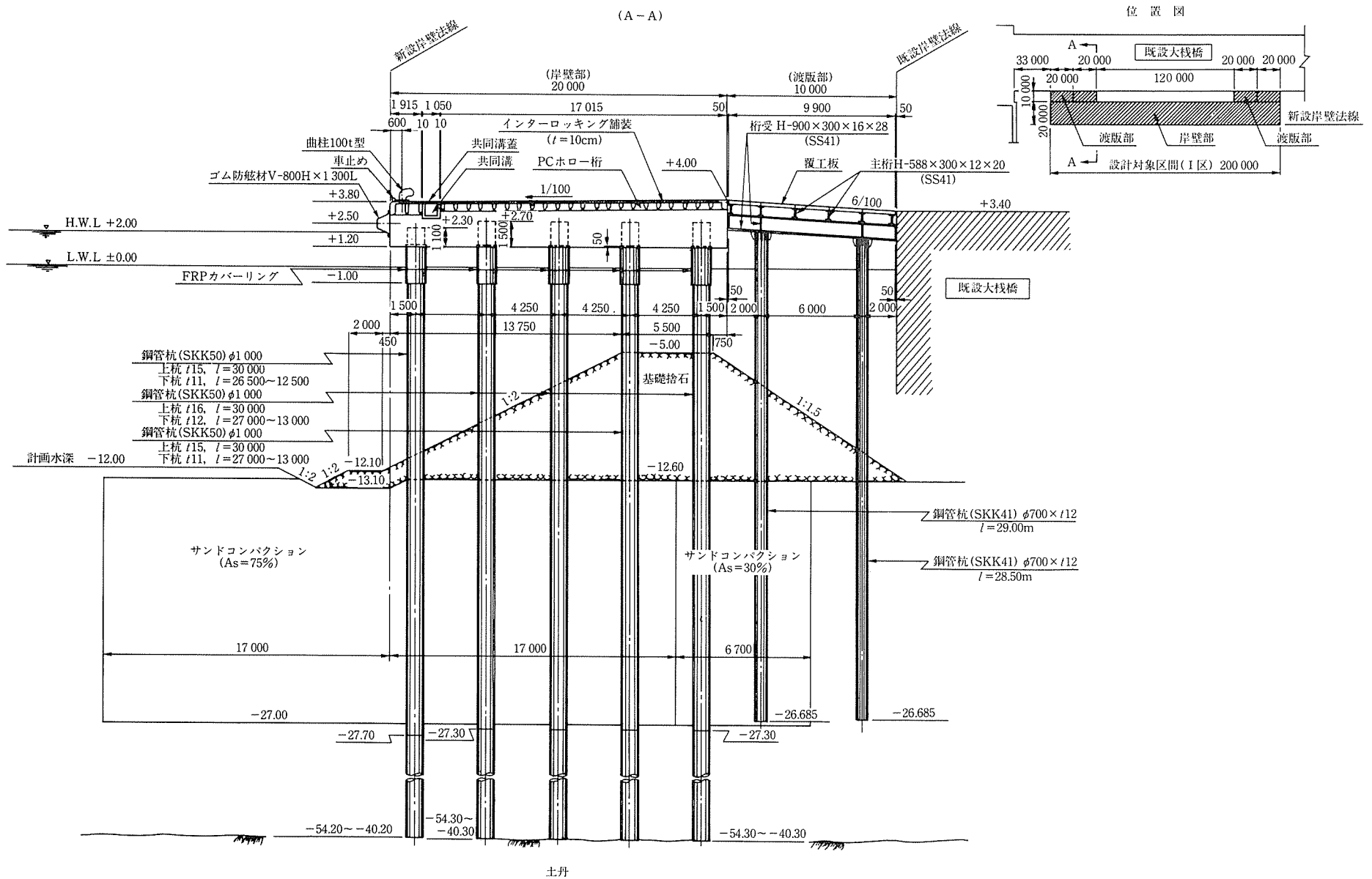


図-3 標準断面図

表-1 対象貨物船および客船の諸元

船種	船級	全長	幅	満載喫水
貨物船	30 000 DWT	186 m	27.1 m	10.9 m
客船	67 139 GT	293.5 m	31.5 m	9.91 m

(注) 接岸速度: 10 cm/s, 牽引力: 100 ton

- ② 岸壁規模: 水深 -12 m, 延長 483 m (取付け部 33 m を含む)
- ③ エプロン: 天端高さ DL+3.8 m, 幅 20 m (勾配 1/100)
- ④ 上載荷重: エプロン敷きにおいて, 常時 2 tf/m², 地震時 1 tf/m²
- ⑤ 設計震度: 0.2
- ⑥ 耐用年数: 50 年
- ⑦ その他: 供給配管/配線のための Box 型共同溝の設置

3.2 土質

大栈橋の地盤は, -25 m~50 m 間で激しい起伏を持つ基盤層 (第三紀上総層群の土丹層) 上に, 下層にはかなり締まった砂礫層, 中間層には一軸圧縮強度が 10~15 tf/m² 程度のやや硬いシルト質粘土, -35 m 以浅の最上層部には軟弱な粘土層が分布している。上部の粘土層は, 自然含水比が 100~120%, 一軸圧縮強度は 5 tf/m² 程度しかなく, 液性指数は 1.0 をわずかに下回る程度, また, 塑性指数 40~80% であることに示されるように正規圧密性が高く, 粘土粒子の界面活性度と圧縮性に富む粘土であると考えられる。一方, 中間層の粘土は塑性指数の低いどころかと言えればさばさした過圧密性の粘土である。一般的に深度が深くなればなるほど砂分の含有量が増え, 砂の薄層の狭も見受けられるため, 栈橋改良工事に際しては, もっぱら上部軟弱粘土層の支持力および圧密沈下が問題となった。

4. 栈橋構造の設計

栈橋構造の検討に当たっては, 急速施工が要求されたため, 工期短縮の観点から床版に PC 桁を採用し杭間隔を広げるなどの工夫を行い, 工期にクリティカルな杭打設本数の削減につとめた。その結果, PC ホロー桁を栈橋長手方向に 10 m 間隔で配置した RC 受梁で支え, それぞれの RC 受梁の基礎は 4.25 m ピッチの鋼管杭とした直杭式栈橋構造とすることに決定した。また, 地盤が軟弱なため, 地震時の栈橋法線直角方向の変位を抑える目的で, 鋼管杭径を経済的かつ施工性の良い ϕ 1 000 mm としたほか, サンドコンパクションパイル工法による上部軟弱層の地盤改良 および 捨石マウンド造成の必要性を検討した。栈橋構造のブロック割は 1 ブロック 40 m を基本とし, 先端部の残区間 50 m のみ 50 m を 1 ブロックとした。

港湾技術研究所所有の複合構造解析汎用プログラム (ISAP) によって 2 次元解析を行ったところ地震時の杭頭変位を 10 cm 以下に抑えるためには, 基礎杭周辺地盤に対する 75% の高置換 SCP の施工および捨石マウンドの造成が必要不可欠とわかり, また, 杭の肉厚は 15~16 mm が必要であることが判明した。これらの検討にあたっては, SCP 改良地盤は $\phi=27.5^\circ$, また, 捨石層は $\phi=40^\circ$ の砂地盤相当と評価した (図-3 参照)。

栈橋先端部における杭の設計に当たっては, 基礎捨石マウンドが法線直角方向および法線平行方向の両方向に対し勾配を持つ三次元的形状を呈しているため, 別途, 三次元モデルによる解析を行った。図-4 にマウンド形状および杭配置図を示す。ここでは, RC 受梁および鋼管杭は梁要素として取り扱うとともに, PC ホロー桁は各スパン間について 2~4 本を 1 つの合成梁とし, ま

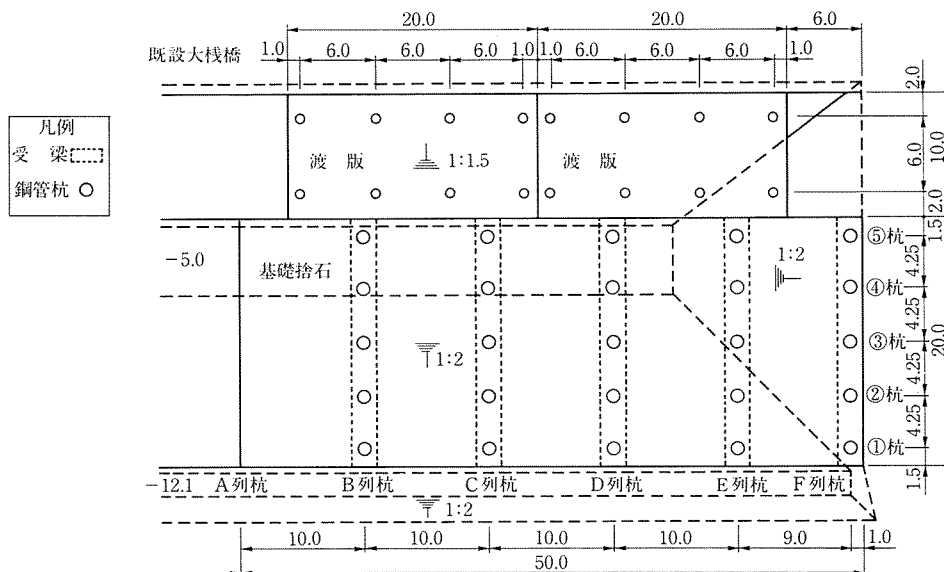


図-4 マウンド形状および杭配置図

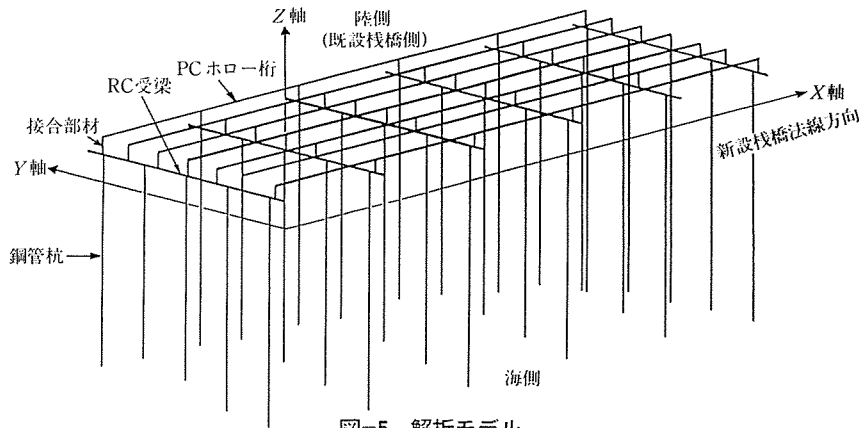


図-5 解析モデル

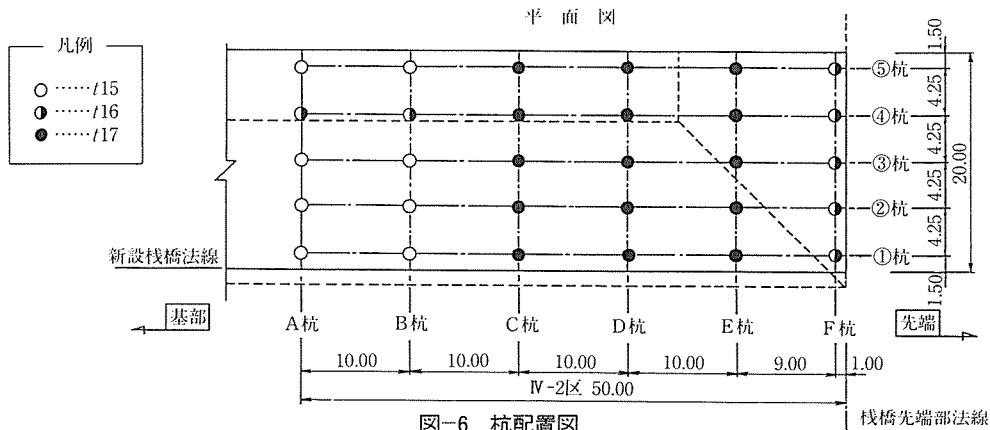


図-6 杭配置図

めて1本の梁要素として取り扱った。共同溝は、各スパン間で単純梁として取り扱うことができるため、全体構造系に対しては各RC受梁に作用する荷重（支点反力）として取り扱った。PCホロー桁とRC受軸に図心軸の高さが異なるため、両部材間に仮想の部材を設けた。舗装、間詰めコンクリート、地覆、車止めは荷重として評価し防舷材や曲柱等は無視した（図-5参照）。解析結果から、杭の肉厚は棧橋法線直角方向の地震荷重によって図-6に示す杭配列のとおりと決まり、B-④杭で応力度比が0.98、また、杭頭変位はF列杭で10cmが得られた。

5. PCホロー桁の設計

床版を構成するPCホロー桁は以下の規格の橋梁として設計した。

- ① 形式：プレテンションホロー単純桁
- ② 桁長：8.6m
- ③ 支間：8.3m
- ④ 幅員：0.70m
- ⑤ 永久荷重：主桁重量，主桁間の間詰めコンクリート重量，地覆，舗装，車止め
- ⑥ 変動荷重：積載荷重 常時 2.0 tf/m²
地震時 1.0 tf/m²

移動荷重 トラック荷重 T-20

トラックレーン荷重 20t吊り

PC鋼材としてSWPR 7 A×14本を用い150tfの初期緊張力を導入すると、永久荷重作用時のコンクリート応力度は、桁上縁で42 kgf/cm²、桁下縁で55 kgf/cm²となり、また変動荷重作用時の曲げひび割れ幅は0.02mm（<許容ひび割れ幅=0.22mm）と推定された。

エプロン部床版は、図-7に示すように共同溝外縁側はタイプI桁2基により、内側はタイプII桁22基で構成し、受梁上および梁中央部二箇所で行った。

6. 地盤改良工について

棧橋杭に対する地盤の横抵抗改善を目的として、棧橋下部および前面に75%の高置換SCPを-27mまで打設することが計画されたが、SCPによる既設大棧橋への影響が懸念されたため、既往のSCP打設結果や現地における試験施工結果に基づき、高置換SCPの打設エリアを既設大棧橋前面法線から13m程度離し、さらに30%の低置換SCPを5mの地点まで打設し緩衝地帯とした（図-3）。なお、施工に当たっても、既設大棧橋への影響を最小限とするため、大棧橋側から海に向かう方向にSCPを打設するなどの工夫を凝らすとともに挿入式傾斜計等を用いた計器観測を行った。

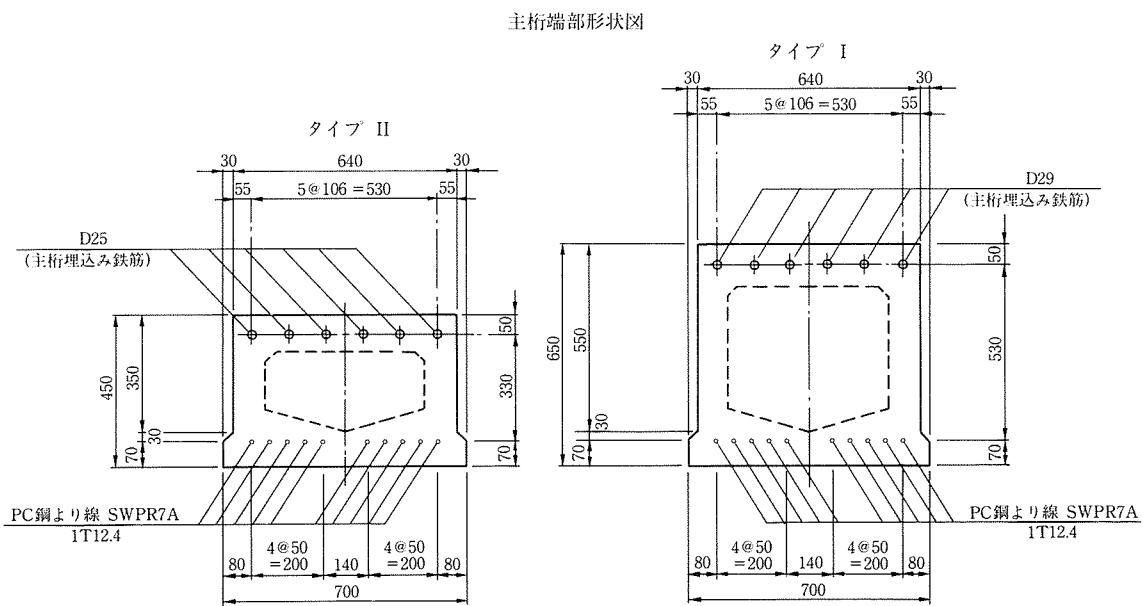
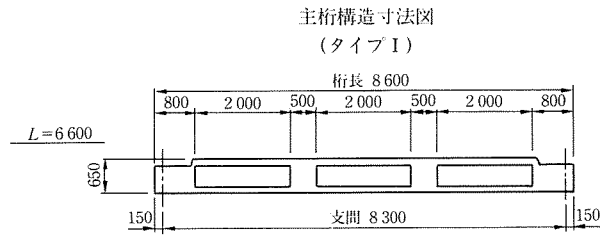
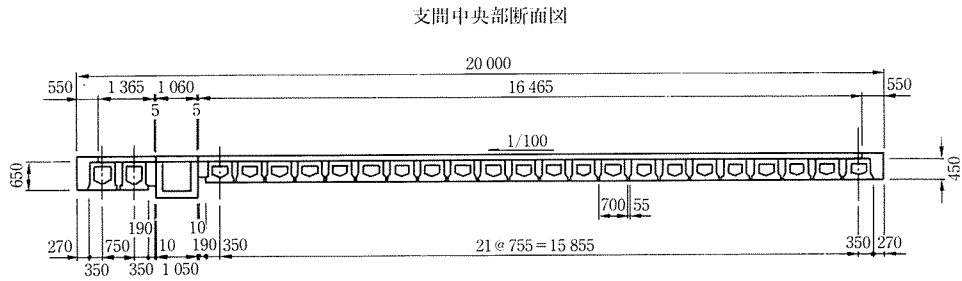
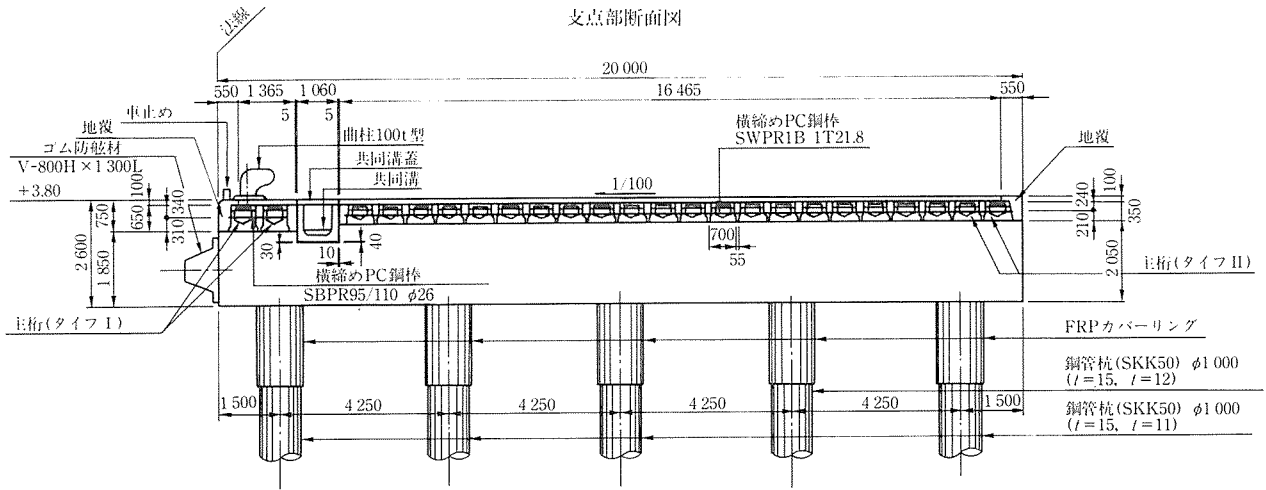


図-7 構造一般図

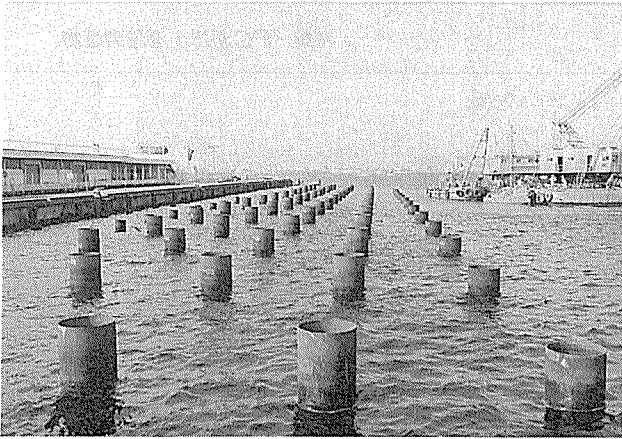


写真-2 基礎杭打設状況



写真-5 インターロッキング舗装

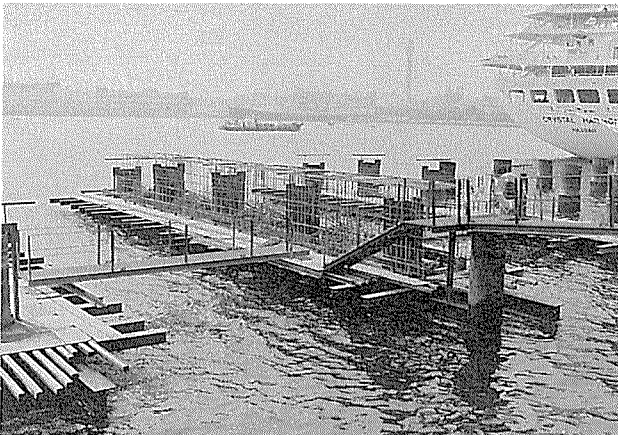


写真-3 受梁の施工状況



写真-6 入港したクリスタルハーモニー号

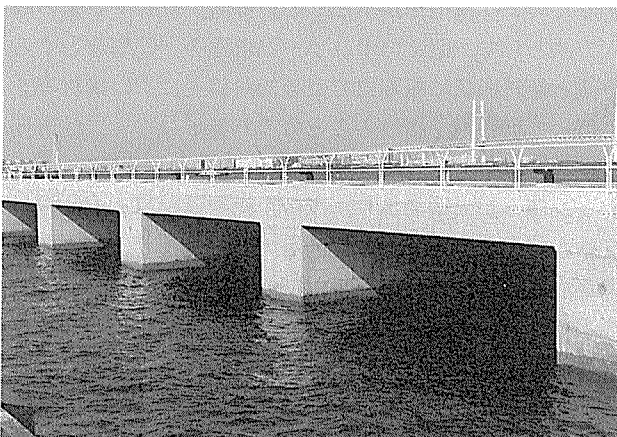


写真-4 完成した栈橋構造

7. 外観デザイン上の配慮事項

今後、大栈橋の旅客船ターミナルが再開され横浜港の新たな玄関およびシンボルとなる計画であることに鑑み、以下の点においてデザイン上の配慮を施した。

- ① 埠頭のエプロン舗装は、大栈橋背後に位置する開港広場との連続性を保ち、親しみ易い雰囲気を出すとともに、将来の新旅客船ターミナルビルとの調和を考慮し、ミナト色彩計画で位置づけられている「白」を基調として、白、淡いグレーおよびベージュを配したインターロッキングブロック梁とし

た。

- ② 車止めは、従来の黒と黄色の警戒色のマーキングに替えて、海とエプロン面との境界を引き締めるグレーに着色し、接岸燈・視認燈の機能も兼ね発光ダイオードを組み込んだ。そのため、遠く山下公園からも夜の海に延びるオレンジ色の燈列が望める。

8. おわりに

大栈橋は横浜の海の玄関口として長年にわたり市民に親しまれてきた港湾施設であるため、その改修工事にも際しても、横浜港を訪れる旅客船の利用阻害を生じないように配慮しつつ「ミナト・ヨコハマ」の新しいシンボルとしてふさわしいものにしていくことが要請されている。このような時代のニーズに応えるために、運輸省第二港湾建設局では、迅速な施工とスレンダーでスマートなスタイルをあわせ持つ係留施設としてPC栈橋に着目し大栈橋の再開事業に採用したものである。

今後この事業は、間もなく終了する山下側の改修工事に引き続き新港側の拡張に着手する計画であり、関係者のご理解の基に伝統ある大栈橋の再生を一刻も早く果たしたいと念じている次第である。

【1991年2月9日受付】