

■調査・報告■

耐久性の優れたコンクリート構造物

——港湾構造物——

STUDIES ON THE DURABILITY OF OLD CONCRETE STRUCTURES AT PORT & HARBOUR

大即信明*・鈴木慎也**

By Nobuaki OTSUKI and Shinya SUZUKI

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の劣化が話題となることが多くなってきている。港湾のコンクリート構造物においても、いわゆる塩害という問題がある。

劣化が認められる構造物は、全体からみれば一部であるのかかわらず、ほとんどの港湾のコンクリート構造物が劣化していると誤解されている方もおられる。残念なことである。

日本の港湾およびその建設の歴史は、横浜港および神戸港よりはじまった。この両港には、建設後50年以上を経た多くのコンクリート構造物があり、現在でも十分に使用されている。

本稿の目的は、上記の事情を踏まえつつ、次の3点である。

- ① 港湾のコンクリート構造物全搬についての調査より、これらの構造物の耐久性がどの程度のものであるかを示す。
- ② 横浜港および神戸港における耐久性の優れたコンクリート構造物を示す。
- ③ 耐久性の優れた港湾のコンクリート構造物を建設する要点を示す。特に、要点として港湾構造物特有の問題点および材料の価格についても著者の考えを述べる。

2. 港湾コンクリート構造物の劣化状況

コンクリートは港湾構造物の主要材料の1つであり、数多くの施設に用いられている。港湾の最も主要な施設

は防波堤と係船岸であるが、防波堤については問題となるようなコンクリートの劣化の報告がないのに対し、係船岸については過去数例の報告がみられる。そこで、以下では係船岸に絞って現況を分析することとする。

まず、全国の港湾の係船岸の規模であるが、その全延長を構造形式別に整理すると図-1のとおりとなる。図からわかるように、係船岸の主要な構造形式は重力式、矢板式、栈橋式の3種類で、この3種で全体の8割を占めている。各形式で使用されているコンクリート部材は以下のとおりである。重力式はコンクリートケーソン、L形ブロック、セルラブロック等を壁体とする係船岸で、壁体そのものがコンクリートである。矢板式は主に鋼製矢板で壁体を構成し、コンクリートは主に矢板の上部工として矢板の一体化を図るため打設される。栈橋式は主に鋼管杭を支柱とし、この上にコンクリートの桁をわたし、床版をはる構造である。

このように、いずれの構造形式においてもコンクリートが使用され、海洋環境という厳しい自然条件下にさらされていることから、その耐久性についての現状を把握するため、運輸省港湾局では昭和59年度にこれらの係船岸を対象とした目視調査を全国的に行っている。対象としたのは直轄施工の係船岸等の約500施設で、構造形式別には矢板式が309施設、栈橋式が95施設、その他(セルシ係船岸等)89施設である。対象から重力式が除かれているが、重力式に使用されているコンクリートは主に海中部に位置し塩害による劣化は生じにくいと考えられ、また、劣化の事例も従来みられないこと等を考慮して対象としていない。調査ではコンクリートのひびわれの発生状況、錆汁の溶出状況、剝離状況等を観察しこれらの結果はひびわれの発生状況を3段階、錆汁の溶出状

* 正会員 工修 運輸省港湾技術研究所構造部材料施工研究室長 (〒239 横須賀市長瀬3-1-1)

** 工修 運輸省港湾技術研究所設計基準部主任研究員 (同上)

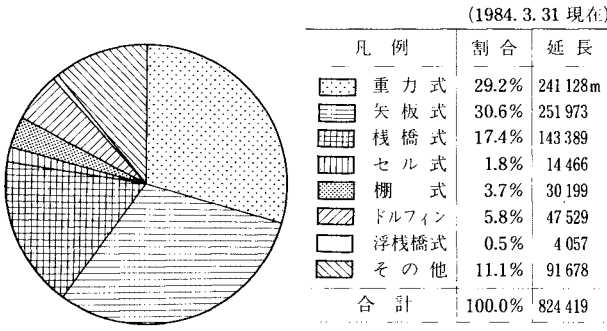


図-1 全国の構造形式別係船岸延長

ランク1：錆汁が出ていない施設
 ランク2：錆汁が少ない(10mに1か所未満)施設
 ランク3：錆汁が多い(10mに1か所以上)施設

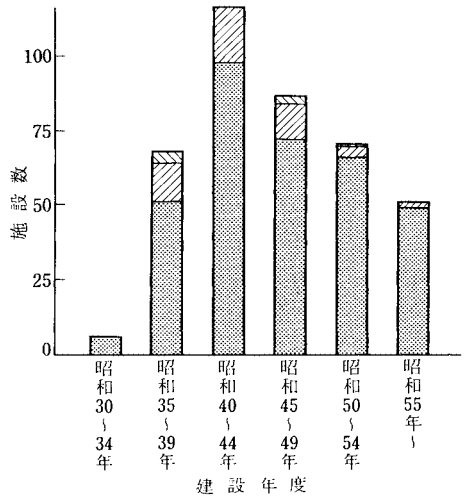


図-3 その他施設の錆汁溶出状況

ランク1：ひびわれがない施設
 ランク2：ひびわれが少ない(10mに1か所未満)施設
 ランク3：ひびわれが多い(10mに1か所以上)施設

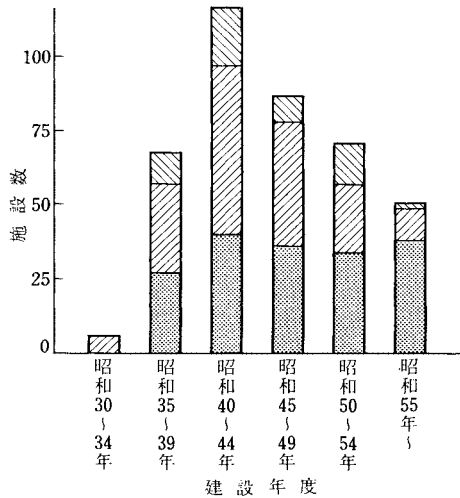


図-2 その他施設のひびわれ発生状況

ランク1：ひびわれがない施設
 ランク2：ひびわれが少ない(1ブロックに数か所未満)施設
 ランク3：ひびわれが多い(1ブロックに数か所以上)施設

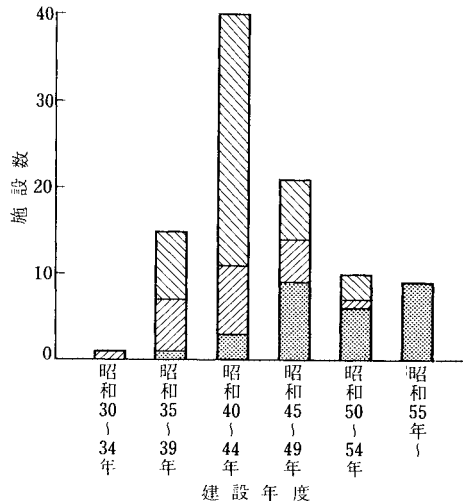


図-4 栈橋のひびわれ発生状況

況を3段階、総合的な劣化度を6段階に分類して整理している。

調査結果をみると栈橋式とそれ以外の施設(以下、その他施設という。)では大きくコンクリートの劣化状況が異なる。そこで、2つに区分して劣化状況を述べることとする。

まず、その他施設については使用されているコンクリートの大部分が矢板やセルの上部工であるが、これらにはひびわれが発生している施設がかなりみられる(図-2)。しかし、その方向は部材直角方向のものが大部分を占め、幅も大きなものは少ない。これらのひびわれの発生原因としては、乾燥収縮、岸壁の不等沈下による外力や漂流物等の衝突といった力学的な要因によるものが大部分を占めていると考えられ、錆汁の溶出状況を見てもほとんど溶出してない施設が多い(図-3)。これらの上部工のコンクリートは岸壁法線方向の曲げに抗し、

矢板等との一体化を図るため鉄筋が入っているが、その量は比較的少なく、また、作用しているモーメントもあまり大きくないため、調査結果のように塩害を受けた施設が少ないものと考えられる。

一方、栈橋式については、ひびわれはその他施設と同様にかなり生じており、ランク3以上の施設が多い(図-4)。ここで注意を要するのは、栈橋式の場合にはコンクリートの表面積がその他施設と比べて桁違いに大きいため、ひびわれの評価をその他施設と変えている点であ

ランク1: 錆汁が出ていない施設
 ランク2: 錆汁が少ない(1ブロックに数か所未満)施設
 ランク3: 錆汁が多い(1ブロックに数か所以上)施設

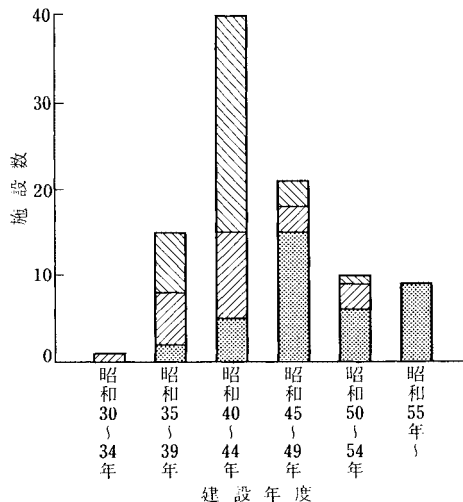


図-5 栈橋の錆汁溶出状況

栈橋では1ブロックに数か所以上のひびわれがある施設をランク3としたが、これでひびわれが多いとは必ずしもいえない。しかしながら、錆汁の溶出状況を見ると、ランク3の施設もかなりみられることから、一部の栈橋式は塩害による劣化が生じていると考えられる。データをさらに部材別にみても、部材ごとに劣化状況は若干違っている。栈橋式の主要なコンクリート部材は桁と床版に大別できる。桁については、平均海面上1

表-1 栈橋の部材別劣化状況 (単位: 施設数)

劣化状況	劣 化 施 設				
	無劣化施設	鉄筋の腐食		コンクリート自体の劣化	外力による損傷
		塩害	明らかに被り不足		
桁	22	27	8	41	31
床版	45	6	16	32	4

(注) 施設数は全体で95施設である。
 劣化施設については、その原因が複数個ある場合にはおのおのに計上されており、累計は95にならない。

表-2 栈橋の総合劣化評価 (単位: 施設数)

経過年数	総合劣化評価							施設数
	0	1	2	3	4	5	平均	
5年未満	6	0	1	1	0	0	0.6	8
5~14年	9	6	8	6	6	0	1.8	35
15~24年	0	6	9	20	7	2	2.8	44
25年以上	0	0	1	1	1	4	4.1	7

*) ただし6施設は50年経過。

から2m程度に位置し、絶えず波しぶきにさらされている。また、応力的にも自重および岸壁上の荷物等の上乗荷重によってかなり大きな曲げモーメントを受けている。こうした厳しい条件下にあるため、他の部材に比べ塩害による劣化を受けやすい状態にある。調査結果では、やはり桁が一番塩害を受けており、約3割の施設で桁に何らかの塩害がみられる(表-1)。桁のひびわれの方向は部材直角方向、すなわち主鉄筋方向となっているものもあり、これらは主鉄筋にまで塩害が及んでいると考えられる。一方、床版は桁に比べてさらに1から2m程度上方に位置し、また作用する曲げモーメントも小さい。このため調査結果でもほとんど塩害による劣化は進んでいない。こうした劣化状況を総合的に評価した結果を表-2に示す。総合評価は6段階で、数が大きくなるに従って劣化程度は大きくなる。評価基準は主観的要素を含んでいるが、おおむねランク0, 1は劣化なし、ランク2, 3は若干劣化がある程度、ランク4, 5は劣化があり今後補修等を行うことが望ましいものと区分される。表をみると当然のことながら経過年数が増えるに従い劣化評価が大きいランクにシフトしていくことがわかる。しかし、15から25年経過しても大部分の施設は依然として軽微な劣化にとどまっているものが多い。25年以上経過するとかかなり劣化が進んでいるが、25年以上経過した7施設のうち、6施設までが昭和初期に建設され、すでに50年程度経過しており、耐用年数が通常50年と考えられることから、この程度の劣化が進んでもやむを得ないと考えられる。

以上みてきたように、栈橋において比較的軽い塩害を受けてはいるものの、港湾コンクリート構造物は海洋環境という厳しい環境下において全体的には良好な耐久性を有しているといえる。

3. 横浜港における耐久性の優れたコンクリート構造物

(1) 概 要

1853年6月、アメリカ合衆国の提督ペリーは、軍艦4隻を率いて浦賀に来航し、開国を求めた。翌年、幕府は和親条約を結び、ついで通商条約が調印されて、1859年6月、横浜は開港した。

無名の一漁村にすぎなかった横浜は、初期には港の設備が少なかったため、貿易および海運の飛躍的な発展にとって、港湾の拡充と近代化が是非とも必要であった。そのため、1889年を皮きりに、政府は数度にわたる港湾施設の整備、拡張工事にのりだし、横浜港は日本の表玄関となった。

その後、関東大震災による被災および第二次大戦といった大事件があったが、横浜港の整備、拡張は進み、

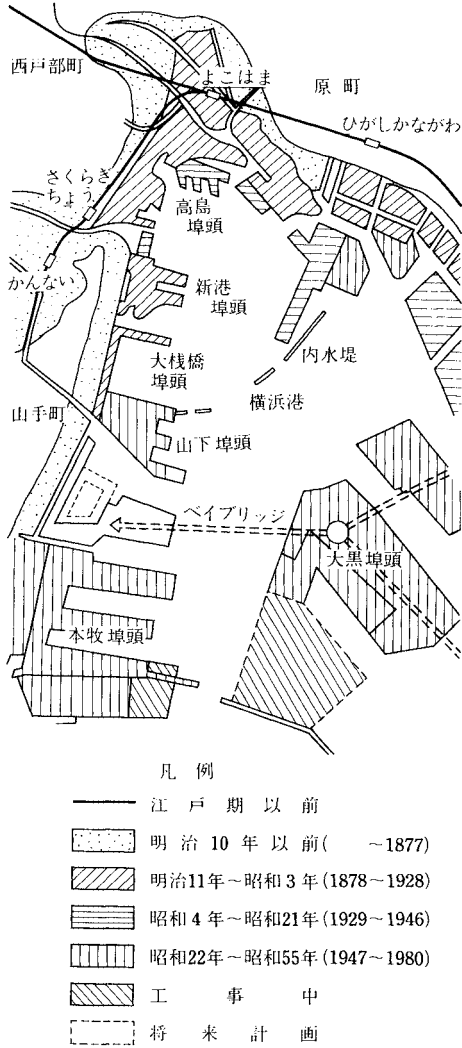


図-6 横浜港略図

表-3 横浜港の主な施設の年表

1853年	米国ペリー提督浦賀に来航し開港求む
1858年	日米修好通商条約により神奈川開港決定
1859年	横浜開港
1864年	東波止場増設
1896年	第1期工事完成(内防波堤・大黒橋)(1889~)
1906年	新港埠頭埋立完成(1900~)
1917年	新港埠頭陸上施設完成
1923年	関東大震災でほとんどの施設壊滅
1930年	高島1号栈橋, 山下公園完成
1932年	山の内埠頭完成
1933年	高島2号栈橋, 貯木場完成
1935年	大黒橋延長完成
1940年	瑞穂埠頭完成

注：◎現存，○現存（改修）なお，高島栈橋はMM21のため取り壊すものである。

現在にいたっている。表-3に、横浜港の主な施設の年表を戦前まで示す。また、図-6に本稿で紹介する施設位置を示す。

(2) 内防波堤 (1889~1896年建設)

a) 概 要

この防波堤の基本設計は次のようであった。

① 防波堤基礎の軟弱地盤の流動化を防いだ。これには、防波堤基礎の下端やや内側に親杭を打設し、これらの親杭を横幹で連結し、横幹に沿って柵材を打ち込むという工法を採用した。

② 捨石基礎を施工し、この基礎の上に袋詰めコンクリートを敷きつめた。

③ 袋詰めコンクリート上に、コンクリートブロックの中詰割石の本体工を置き、上部工を場所打ちコンクリートにて打設した。

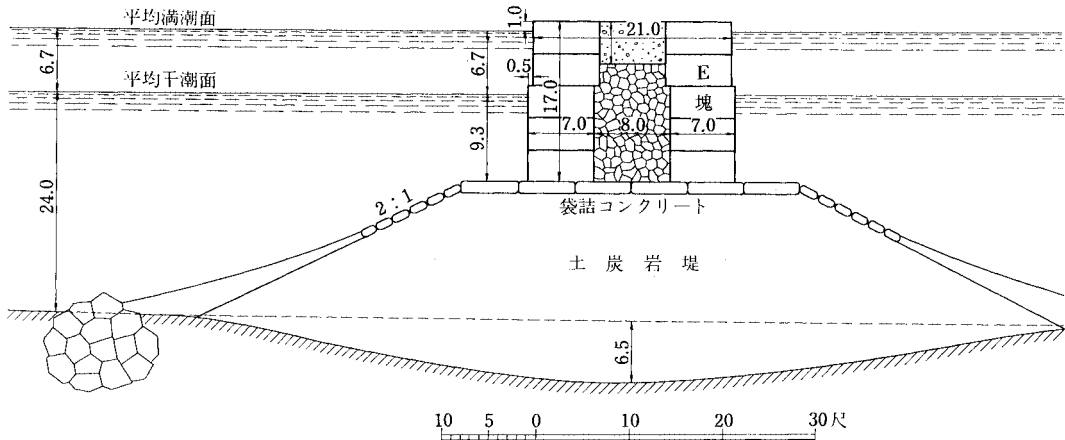


図-7 横浜港内水堤断面図 (一部の区間)



写真—1 横浜港北内水堤 (1986年5月)

この断面を図—7に示す。

b) 現 状

横浜港の最古の施設の1つであり、大棧橋、高島棧橋等の静穏度を保ちつづけてきている。この間、台風、関東大震災により被災を受けたが、現在でも写真—1に示すように健全なコンクリート構造物である。

(3) コンクリートブロック築造法

内防波堤工事等の海中工事に用いる大量のコンクリートブロックの製作は、わが国で初めてのものであった。このため、経験不足から生ずる種々の失敗があり、一部にコンクリートブロックの亀裂が発生した。これらの経験をもとに、1894年より以下のようなコンクリートブロック築造法を用いるに至った。

- ① 配合は、セメント、砂、砂利、小割栗石を1:2:2:3(容積配合)とした。これに若干の仮定を加えて現在の重量配合に直すと表—4のようである。
- ② 突き固めは、職工・人夫を増し、杵も重量約4貫(15kgf)のもので十分に行った。
- ③ 監督を厳密にし、ミキサーには1台に1人の技手をつけた。
- ④ ブロック据付けは製作後約2か月後とした。

(4) 新港埠頭

a) 概 要

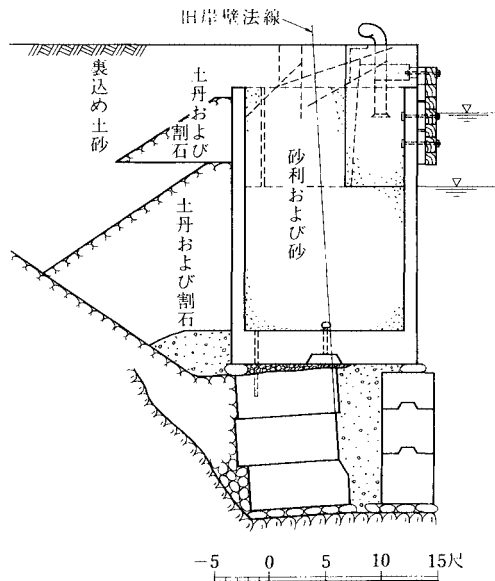
新港埠頭は、1900~1911年にかけて建設された13

表—4 コンクリートブロックの配合推定

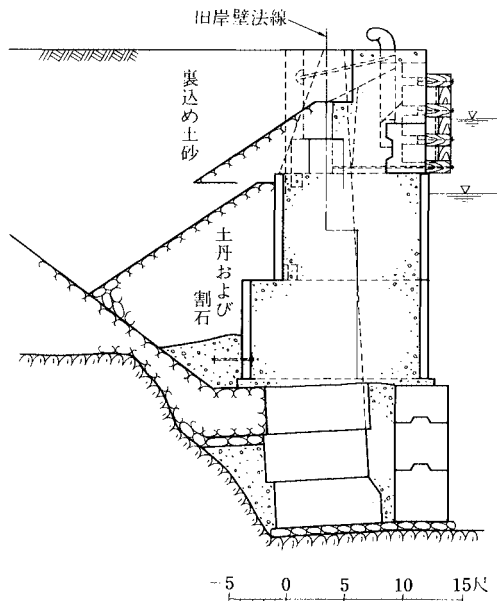
粗骨材 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単体量 (kg/m ³)			
					W	C	S	G
150	6-7	4.5	55	38	115	215	800	1300

パースを有するブロック積岸壁(-6.1~-9.7m)である。構造は、砕岩浚渫の後不陸を均し、裏込めに割栗石を入れ、上部工としては、内部に場所打ちコンクリート、外面は切石積を用い、天端高は3.8mであった。

この埠頭は、1923年の関東大震災まで何ら支障なく用いられていたが、震災で大部分が崩壊した。復旧工事(1924年、3号岸壁)に際しては、4つのパースに鉄筋コンクリートケーソンが用いられた。これらのパースは現在も稼動している。



図—8 3号岸壁断面図(ケーソン部)



図—9 3号岸壁断面図(無底函部)

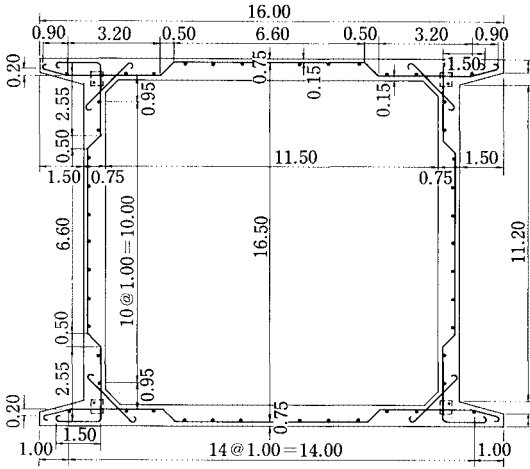


図-10 新港埠頭震災復旧上部無底函鉄筋配筋図(単位:尺)

b) 鉄筋コンクリートケーソン (3号岸壁)

震災による倒壊物を撤去し、旧岸壁基礎の前面に方塊および水中コンクリートを施工し、8~10尺(2.4~3.0m)押し出し、その上にケーソンを据え付けた。耐震構造とするため、鉄筋コンクリートケーソン(底のないものもある、無底函と称した)が使用されることとなり、浅野ドックにて製作された。

図-8および図-9に新港埠頭第3岸壁の断面図を示す。ケーソンを用いた断面と無底函を用いた断面とがある。図-10は、無底函の配筋図である。この図より、鉄筋のかぶり厚が約4cmであることもわかる。また、写真-2に当時の無底函製造の有様を示す。

これらの岸壁は現在稼働中であり、表面はうす茶色に変色しているが、錆等の発生は認められず、約60年間問題なく用いられてきた。

(5) 高島埠頭2号栈橋 (1928~32年建設)

高島埠頭栈橋は、地盤が軟弱のため米松杭を打ち込んで基礎とした。この基礎に、ケーソンヤードで製作した鉄筋コンクリート製の円筒構を据え付けた。この円筒構の浮上曳航には鋼製フロートをを用いた。さらに、円筒構相互を場所打ちの鉄筋コンクリートの桁で結合させ、桁の上面にプレキャスト床版を吊り込んで栈橋を完成させた。施工概要を表-5に、栈橋構造の概要を図-11に示す。

円筒構は写真-3に示すもので、高さ11.5m、重量180tf/個であった。また、かぶり厚はパコメーターで測定した結果5~8cmであった。

当栈橋は、横浜みなとみらい21計画のために撤去されることとなり、50余年の社会的寿命を全うすることとなった。なお、撤去直前の当栈橋

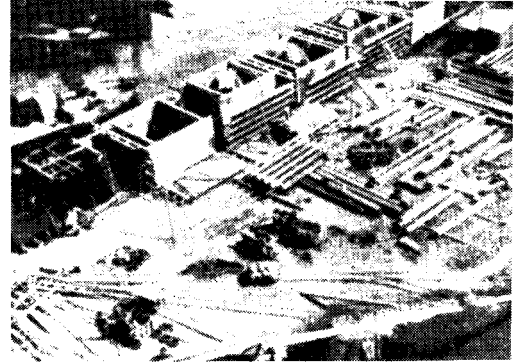


写真-2 7号岸壁上屋跡での無底函製造(昭和初期)

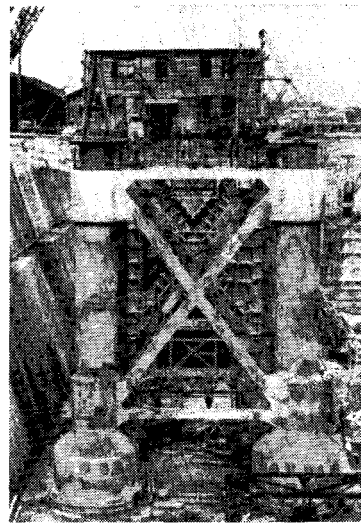
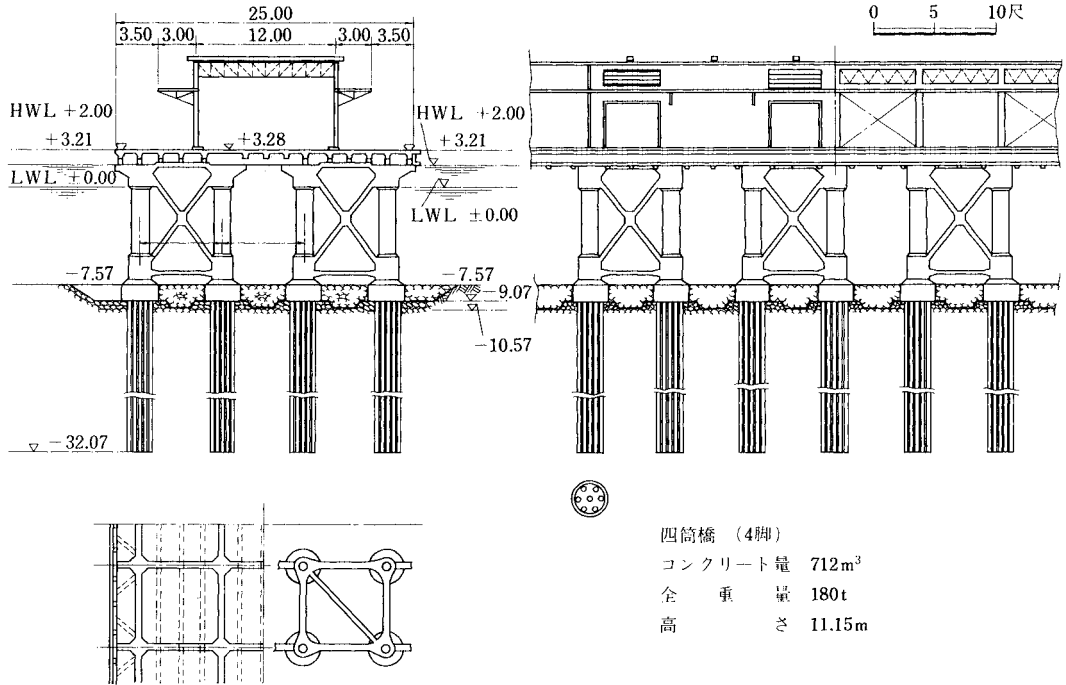


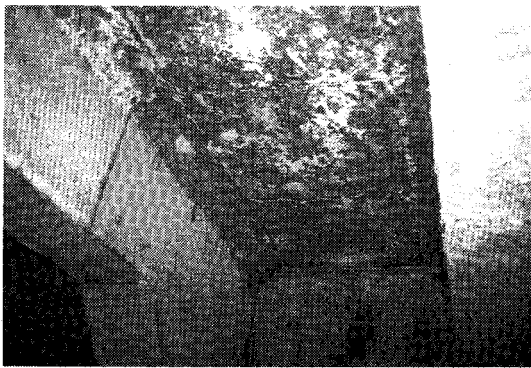
写真-3 浅野ドックにて建設中の鉄筋コンクリート製円筒構

表-5 高島埠頭栈橋の施工概要

工事年度: 昭和3~4年		施工: 内務省横浜土木出張所直管		
栈橋の構造	栈橋寸法	水深-7.30m, 栈橋天端高+3.50m 潮差2.00m, 全延長135.40m		
	基礎	杭打: 杭長21m~25m, 末口0.22m, 4.2本/m		
	柱	材料: 鉄筋コンクリート、断面および長さ、下部(内径2.70m, 外径2.70m)上部(内径1.20m, 外径1.50m)、高さ11.15m, 重量: 1本45t, 1組180t		
	その他	材料: 鉄筋コンクリート、配合1:2:4 柱4本を鉄筋コンクリートによって締結せる円筒構を使用した。		
工費	材料費	労力費	計	材料費の割合
	210,468円	133,262円	343,730円	61.2%
材料単価	砂利5.5円/m³, 砂3.0円/m³, セメント1.50円/袋, 鉄筋102円/t, 木材45円/m³, 人夫賃2.00円/日			



図一11 横浜港高島埠頭2号栈橋図



写真一4 高島埠頭2号栈橋上部工 (水面より撮影)

の上部工を水面より写したものを写真一4に示す。一部に若干の劣化は認められたが、栈橋として社会的な役割を十分に果たしたのである。

以上、横浜港の3施設について紹介したが、歴史的記述は、文献1)によった。

4. 神戸港における耐久性の優れたコンクリート構造物

(1) 概要 (文献2)を参考とした)

神戸港の歴史は古く、その歴史は平清盛の「経ヶ島」築造工事さらには神代までさかのぼるとさえいわれている。近代での神戸港発展は、慶応3年12月7日(1868年

1月1日)に、網屋吉兵衛の築造による船だて場(2波止場)を当地の開港場に指定したことにはじまる。この年波止場を2か所増設した。その中の1つは、メリケン波止場と称し、その後改修を加えられて現在に至っている。

これ以後、外国貿易が活発となり港湾施設拡充の気運が高まった。ついに、1907年から神戸港第一期修築工事が着工された。つづいて第二期修築工事、第二期追加修築工事と次々と大規模な港湾建設が行われ、第1~3防波堤、新港1~6突堤をはじめ、物揚場、上屋等の施設が整備され、横浜港とならぶ国際港湾となった。表一6に、神戸港の主な施設の年表を戦前まで示す。また、

表一6 神戸港の主な施設の年表

1173年	平清盛「経ヶ島」築造工事を始める(約3年で造成)
1858年	日米修好通商条約
1867年	兵庫開港
1868年	波止場2か所増設(メリケン波止場を含む)
1907年	和田岬防波堤工事竣工(1901~)
1913年	新港第1突堤竣工(1909~)
	”第4” (1910~)
1914年	”第3” (1912~)
1936年	”第6” (1925~)
1937年	第4防波堤竣工(1930~)

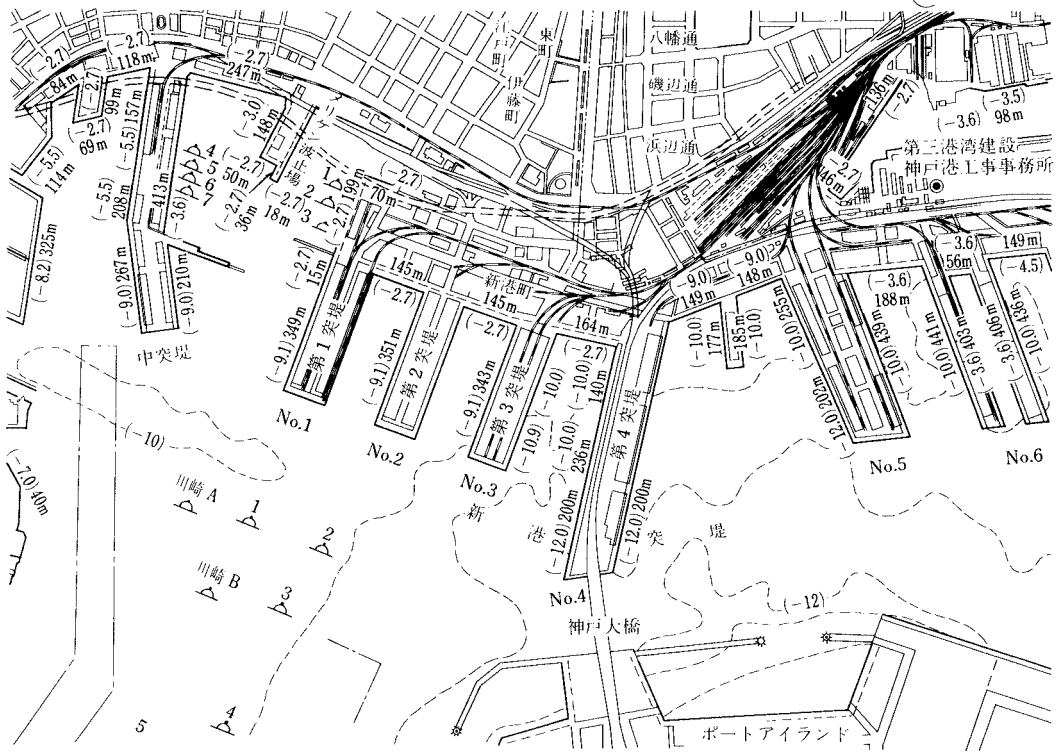


図-12 神戸港新港地区の第1~4突堤位置図

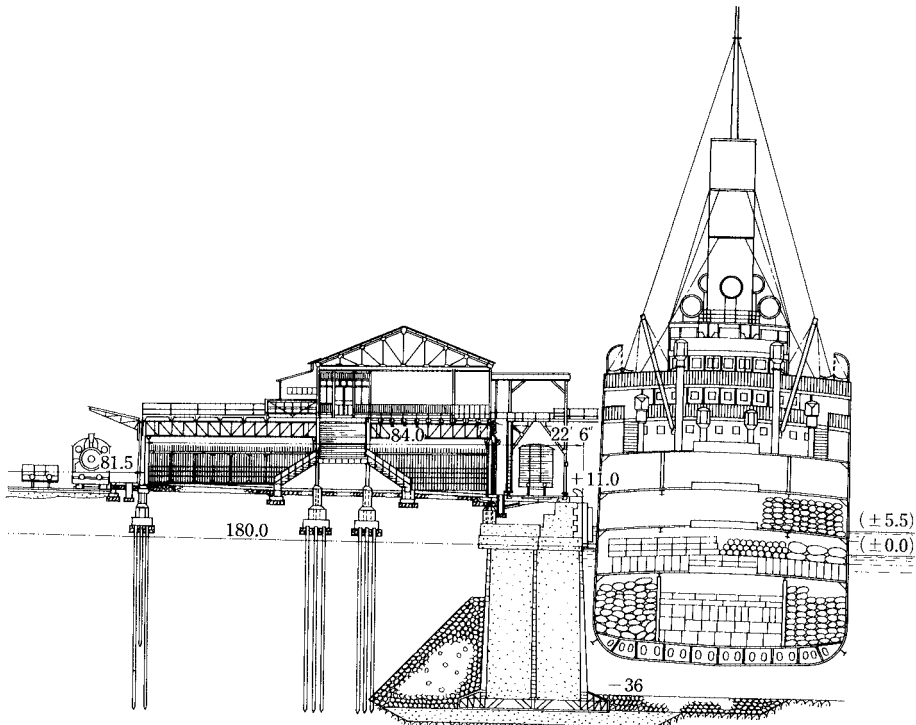


図-13 神戸第1突堤断面図 (単位：尺)

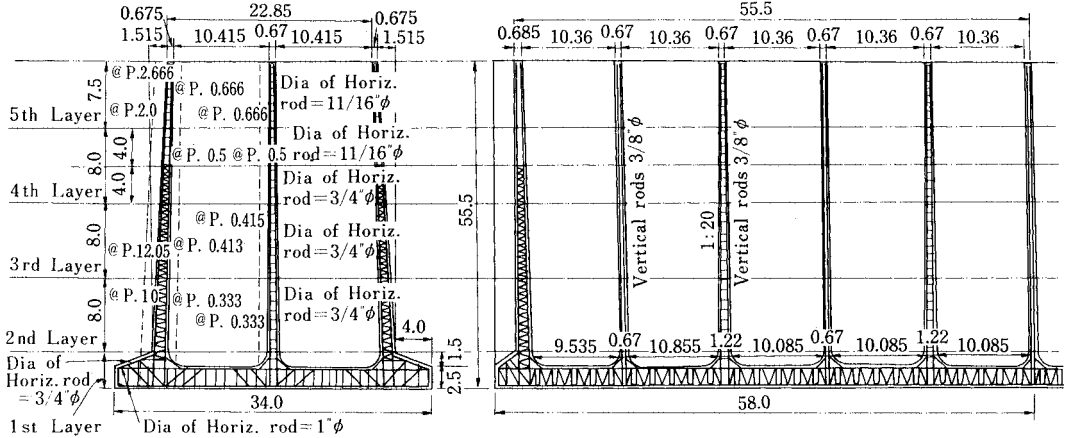


図-14 神戸港第1~4突堤に用いた鉄筋コンクリートケーソンの断面図 (単位: 尺)

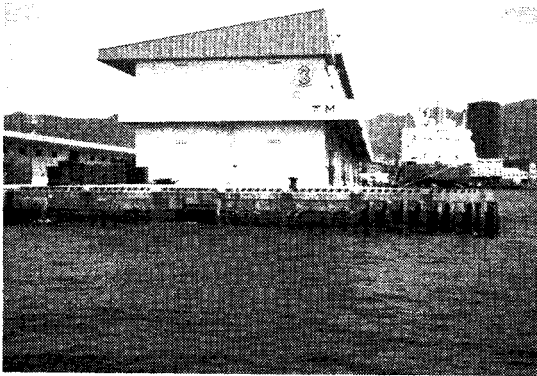


写真-5 神戸第3突堤先端部の現状 (86年5月)

図-12に本稿で紹介する新港第1~4突堤の位置を示す。

(2) 新港第1~4突堤の概要(文献2)を参考とした)

1907年(明治40年),現在の第4突堤基部の小野浜埋立地で神戸築港起工式が行われ,これより第1期修築工事が始まった。第1期工事の中心は,第1~4突堤の建設であった。また,この建設には,わが国で初めて鉄筋コンクリートケーソンが用いられた。

第1~4突堤建設の概要は次のようであった。

栈橋上で製造したケーソンは,1か月近い養生期間を経て,浮遊曳航の後に沈設して,前方の各室にはコンクリートを,背面の各室には砂を充填した。ケーソンは突堤の陸地に接する部分の両側から逐次沖合に向かって据え付け,これらを土留壁としてケーソン背後に土砂を埋め,突堤を建設した。このようにして建設した第1突堤断面図を図-13に示す⁴⁾。

写真-5に,第3突堤の現状を示す。特に劣化の報告はない。

(3) 鉄筋コンクリートケーソンの製作(主として文

献3)を参考とした)

第1~4突堤の建設には総数80個のケーソンが用いられた。これらのケーソンは,長さ約34m,幅約7mであり,高さは水深によって変化するものであった。断面の一例を図-14に示す。かぶりはおよそ5~7cmと推定される。

以下に製作の詳細を示す。

底版として,栈橋上の既定の位置にある函蓋を用いた。その函蓋の表面に重油を塗布し,さらに毛紙を一面に敷き,底版と毛紙の間にはあらかじめ粗砂を散敷し,函体浮遊の際に分離が容易となるようにした。

鉄筋の組立ては5段階に分けて行った。

コンクリート工は,鉄筋工および型枠工と同じく,5層に分けて行った。コンクリートの練りませには方形式混合機3台を用い,運搬には軽便軌道上の運搬車を用いた。配合は,セメント1,砂2,砂利3を標準としたが底版の施工は比較的容易なため,砂利を1割増とした。

コンクリートの打設は,通常はシュートを用いて流入したのみであったが,コンクリートの充填が不完全と思われる箇所は軽く突き固めを行った。

製作工程は,鉄筋組立31日(鍛冶職人夫40数名/日),型枠組立22日(大工職,人夫90名/日)およびコンクリート打設6日(実日数,人夫745名/日)であった。

5. 耐久性の優れたコンクリートに関する私見

耐久性の優れたコンクリート構造物を建設するには,従来からいわれている事項が重要である。すなわち,文献5)に示されているように,①練りませ水が少なく, W/Cが小さいコンクリートを十分突き固める。②湿潤養生を十分行っている。等の事項が十分である必要がある。

しかしながら,著者はやや異なる観点から,耐久性の

優れたコンクリートに関する私見を2点述べる。

(1) 自然条件および関連する構造形式について

著者は、港湾あるいは海洋では、海という自然条件を無視しては、耐久性の優れたコンクリートは存在しないと考えている。すなわち、波しぶきの状態、乾湿の条件、波力の条件あるいは気温等は、コンクリートの耐久性に非常に大きな影響を及ぼす。このため、よく波しぶきを受け、乾湿の繰り返しも多く、さらに、常時大きな曲げを受ける鉄筋コンクリートはりでは、最高のコンクリート技術で製作したとしても、20~30年で顕著な劣化を受けると考えている。

したがって、耐久性の優れた港湾のコンクリート構造物を建設するための最も重要な事項の1つとして「耐久性を考えた構造設計」を挙げることができる。

この例証として、波しぶきが耐久性に及ぼす影響を示す。

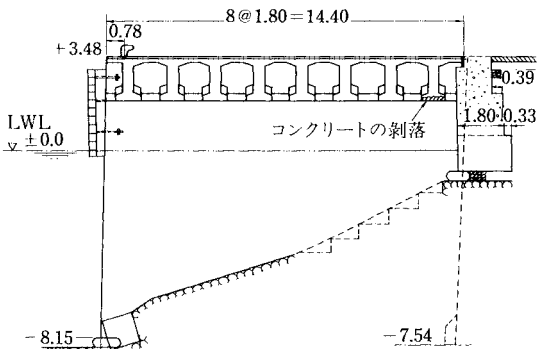
写真一6に、建設後ほぼ70年を経過したチリ国V港の栈橋床版を下方より撮影したものを示す。はり部のかぶりコンクリートがほぼ全長にわたって剥落しているの



写真一6 チリ国V港の栈橋劣化の例 (はり下部の被りコンクリートは剥落しているが壁部は比較的健全)



写真一7 Y港S栈橋劣化状況(旧岸壁に近い後方はりのコンクリートが剥落している)



図一15 Y港S栈橋断面図(単位:m)

が認められる。これに対して、壁面は若干錆が滲み出しているのが認められる程度である。

はり部と壁面の劣化程度の差は、はり部が立体的に波しぶきの影響を受けるのに対し、壁面が平面的にしか波しぶきの影響を受けないことにもよると考えた。

なお、この床版コンクリートをコア抜きして圧縮強度を測定した結果は390 kg/cm²であり、十分な圧縮強度を有していた。

さらに一例を紹介する。建設後数十年を経たプレストレストコンクリートプレキャスト部材を用いた栈橋上部工である。

図一15および写真一7に、断面図および水面より撮影した状況を示す。劣化が著しくかぶりコンクリートが剥落しているのは最も旧岸壁に近いはりである。このはりの位置は、波がはね返る位置で、常時波しぶきを受けている状況である。また、他のはりは、一部のものの端部に劣化が認められたが、大部分は健全であった。

以上2例に示すように、波しぶきの状況はコンクリート部材の劣化に大きな影響を有する。

(2) コンクリートおよびセメントの値段

コンクリートの施工は、耐久性に大きな影響を及ぼす。

表一7 材料費の比率

(1) 過去と現在

指 標	昭和3~4年	現 在
セメント1袋 労 賃(日当)	0.75程度	0.05~0.10

(注：セメント1袋の重量はやや異なる)

(2) チリとの比較

指 標	チ リ	日 本
コンクリート1m ³ 日 当	10以上	1程度

施工の良し悪しは、精神論を除くと、材料および労賃にどれだけ資金を投入するかが大きな比重を占める。この点に関して、わが国の現在と過去、わが国と南米（チリ）の比較を、材料の値段と人件費という指標で考察する（表一7）。

わが国の現在と昭和3～4年の（セメント1袋/日当）を比較すると約10倍の相違がある。また、わが国とチリとの（コンクリート1m³/日当）を比較すると同じく約10倍の相違がある。単純に考えると、60年前の日本あるいはチリでは、人件費に比較して材料費は現在の日本の約10倍ということになる。逆に考えると、現在の日本で考えると、1m³十数万円のコンクリートを打設している感覚となる。

このため、チリおよび明治～昭和初期のわが国でのコンクリートの取り扱い是非常に丁寧であった。わが国の明治のコンクリート施工については、3.、4. で述べた。さらにチリの例を述べると、生コン車1台に十人程度の作業員と監督員が必ず1人いるようであるし、生コン工場の社会的地位もわが国と比べ高いようであった。また、コンクリートの施工に関する限り、チリの方がよいという印象を受けた。

日当に対する材料費の比率だけでは根拠として乏しいが、コンクリートが1m³十数万円という感覚で施工を行えば、資材および人材の投入も増え、施工の質もよくなるかと推察される。

以上（1）、（2）とやや観点のずれた事項を述べたが、要点は次のようである。すなわち、耐久性の優れた港湾のコンクリート構造物を定期的に建設するには、耐久性のための構造設計（構造形式の選定等）、耐久性のための資材および人材の投入等、それ相応の対策が必要である。

6. おわりに

耐久性の優れた港湾のコンクリート構造物を建設するには、それ相応の考慮が必要である。考慮すべき点は大きく分けて2点ある。1つは、コンクリートを性能を最高に引き出すための設計施工であり、1つは、厳しい腐食環境に適した構造形式を選定することである。

本稿に紹介した横浜港および神戸港の構造物は、上記2点を満たすものである。

しかしながら、定常的に、かついかなる条件下においても耐久性の優れた港湾のコンクリート構造物を建設することは困難なことであるのもまた事実である。本稿が少しでもこれらの構造物の建設に役立つことがあれば望外の喜びである。

最後に資料の収集にご協力いただいた運輸省各建設局の方々、特に第2港湾建設局京浜港工事事務所 加藤調査課長ならびに第3港湾建設局神戸調査設計事務所 広瀬次長に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 横浜港修築史—明治・大正・昭和初期、運輸省第二港湾建設局京浜港工事事務所、781 p.、昭和58年3月。
- 2) 神戸港工事事務所のあゆみ、運輸省第三港湾建設局神戸港工事事務所、477 p.、昭和60年1月。
- 3) 森垣亀一郎：神戸税関海陸運輸連絡設備概要、土木学会誌、第8巻、第4号、pp.1～82、大正11年8月。
- 4) 神戸税関新設備報告、大蔵大臣官房臨時建築課、558 p.、大正12年3月。
- 5) 太田利隆・関野高志：耐久性の優れたコンクリート構造物——寒冷地における構造物——、土木学会論文集、第366号/V-4、pp.27～42、1986年2月。

(1986.6.24・受付)