

# 神戸港の港湾施設の復旧・復興

運輸省第三港湾建設局 及川 研\*  
運輸省第三港湾建設局 輪湖建雄\*  
運輸省第三港湾建設局 松永康男\*  
運輸省第三港湾建設局 成瀬英治\*\*

平成 7年 1月17日早朝に発生した阪神・淡路大震災により、神戸港の港湾施設は岸壁を中心に壊滅的な被害を受けた。岸壁の大半を占めるケーソン式岸壁は、本体が海側に最大 5mはらみ出すとともに、1~2.5m沈下した。これに伴い、岸壁背後のエプロンも最大 4 m程度陥没した。本報告では、これら被害からの神戸港復興の概況として、神戸港の震災復興計画の概要、各施設の被害状況および各種制約条件を考慮した港湾施設の復旧工法、復興事業の進捗状況について報告する<sup>1), 2)</sup>。

## 1. はじめに

神戸港は全国のコンテナ貨物取扱量の 3割を占め、わが国を代表する国際貿易港であった。このため、今回の地震による港湾施設の被害は、地元神戸市だけでなく、わが国全体の経済活動に大きな影響を与えることとなった。運輸省第三港湾建設局では、神戸市、神戸港埠頭公社とともに、関係諸機関の協力を得ながら、被害状況の早期把握に努めるとともに、復旧工法の決定、応急復旧工事および本格復旧工事の実施に努めてきた。震災から 9ヶ月経過した平成 7年10月現在、応急復旧で暫定利用が可能になったコンテナ埠頭10バースでは既に荷役が開始されており、外航コンテナ船の入港船隻数は 8月の実績で昨年の 9割程度まで回復している。

現在、神戸港では応急復旧した岸壁の暫定供用を図りながら、その隣接岸壁で本格復旧を進めるといった工程で工事が進捗している。復旧工事は、運輸省第三港湾建設局、神戸市および神戸港埠頭公社の 3機関で分担して実施されており、災害復旧費の総額は約 5,500億円に達している。神戸港の本格復旧工事は、概ね 2年間を目途に実施される予定である。

本報告は、神戸港の復興計画、復旧工法、復旧工事の進捗状況について述べたものである。

## 2. 神戸港の復興計画の概要

運輸省港湾局は、平成 7年 2月に「神戸港の震災復興の基本的考え方」を発表した。同年 5月、この基本的考え方をもとに、港湾管理者である神戸市は「神戸港復興計画」をとりまとめた。以下にその概要を報告する。

### (1) 復興の基本的考え方

神戸港がアジアの拠点港としての機能を果たすため、21世紀を視野に入れつつ、次のような基本的考え方で復旧・復興を進める。

#### a) 港湾機能の早期回復

港湾機能の麻痺の影響を少しでも軽減するため、わずかな補修により利用が可能な施設については、応急復旧により早期に暫定供用を開始する(図-1)。さらに、本格復旧する施設についても段階的に供用を開始する等の対応を図る。また、高波・高潮から港湾施設の安全を確保するため、防波堤の早期機能回復を図る。

#### b) 港湾施設の耐震性の強化

被災した港湾施設については、施設の重要度に応じて耐震性を高める。岸壁の復興にあたっては、重要度に応じて設計震度の引き上げを図るとともに、地震応答の異なる構造様式を組み合わせる等、構造様式の多様性に配慮する。また、今回のような規模の地震力に対しても十分耐えられるような耐震強化岸壁をコンテナ埠頭、フェリー埠頭、在来埠頭の一部に分散配置する(図-2)。

キーワード：港湾施設、復興計画、復旧工法

- \* 震災復興建設部 078-333-2554  
\*\* 神戸調査設計事務所 078-391-3736

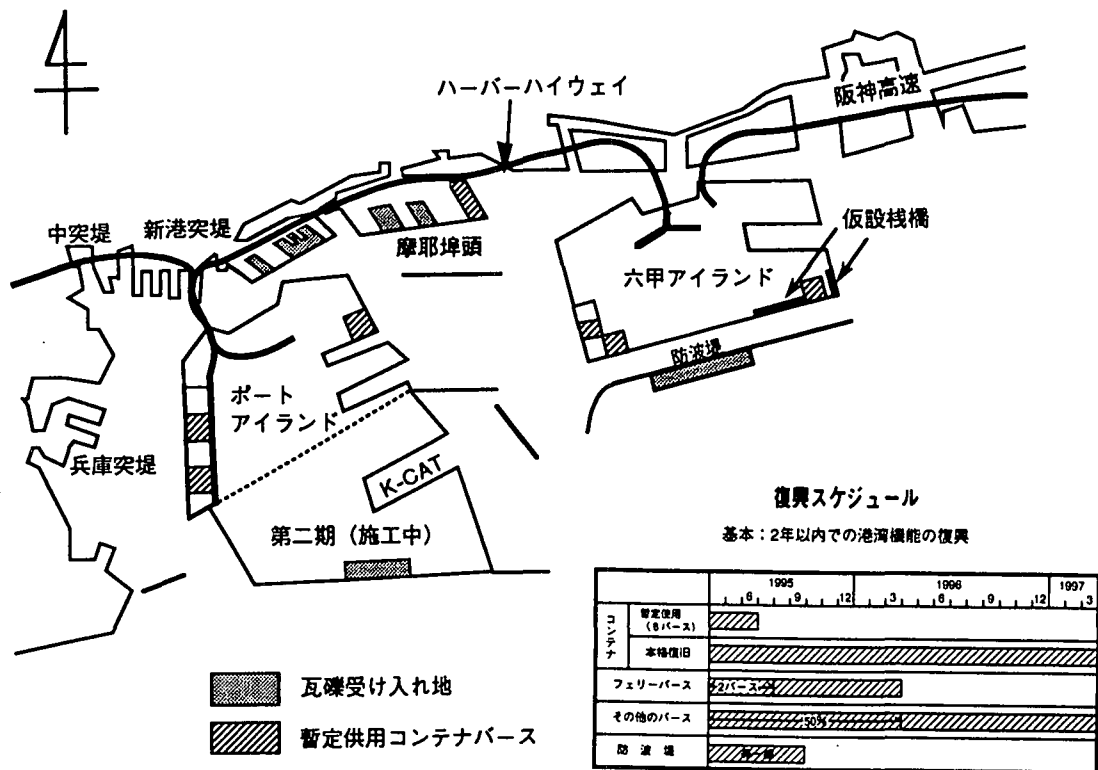


図-1 暫定供用バース、瓦礫受け入れ地および復興スケジュール

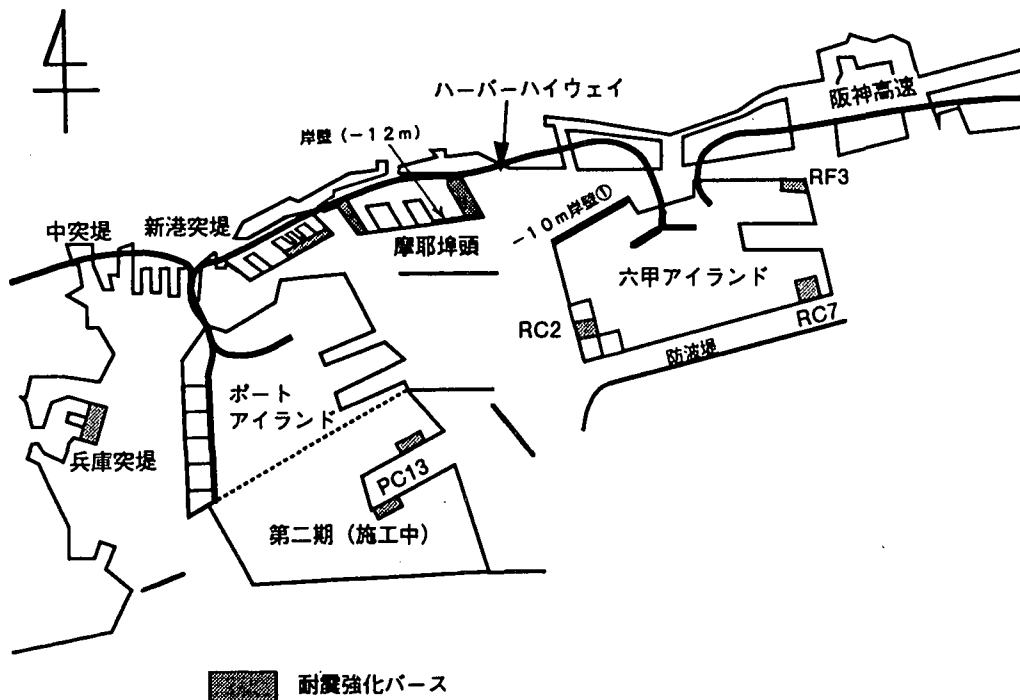


図-2 施設位置図および耐震強化岸壁の配置

c) 市街地復興との連携  
市街地の円滑な復興を支援するため、ガレキを埋立材として積極的に利用する(図-1)。

d) 国際拠点港湾としての復興  
コンテナ埠頭の大型化、陳腐化した在来埠頭の再

開発を併行して進め、より充実した国際拠点港湾として復興する。

(2) 復興のスケジュール

神戸港の港湾機能を概ね2年を目途に回復させることとする。まず、コンテナ埠頭21バースのうち、

応急的な復旧で利用が可能な 8バースについては、本年 6月末までに暫定供用を図る。コンテナ埠頭の本格復旧工事は、本年 4月から開始し 2年間で完了させる。また、この間のコンテナ取扱能力を補完するため、仮設コンテナ棧橋を六甲アイランドに緊急整備する(図-1)。

フェリー埠頭 7バースについては、本年度内にすべての供用を図り、その他の一般岸壁については、本年度内に概ね 5割を供用する。第一線の防波堤については、台風の来襲に備えるため、本年度前半までに防波機能の回復を図る。

### 3. 岸壁の復旧工法

#### (1) 設計の基本方針

被災した岸壁の復旧断面の検討では、前述したように、施設の重要度に応じて耐震性を高めるており、設計震度の引き上げを図るとともに、地震応答の異なる構造物を組み合わせる等、構造様式の多様性に配慮した。また、今回のような規模の地震力に対しても十分耐えられるような耐震強化岸壁をコンテナ埠頭、フェリー埠頭、在来埠頭の一部に分散配置している(図-2)。

岸壁の設計は震度法により行っている。一般岸壁の設計震度は、下記に示すように重要度係数の増加(1.0→1.2)を考慮し、0.15あるいは0.18から0.20へ増加させた。

$$\begin{aligned} \text{設計震度 (0.20)} &= \text{地域別震度 (0.15)} \\ &\quad \times \text{地盤種別係数 (1.2)} \\ &\quad \times \text{重要度係数 (1.0} \rightarrow \text{1.2)} \end{aligned}$$

耐震強化岸壁の設計では、今回の地震に対する摩耶埠頭の耐震強化岸壁の実績を考慮して、設計震度 0.25 (重要度係数 1.50) を採用した。また、震度法で決定した断面について想定地震に対する岸壁の変形状態についても照査を行っている。ただし、全ての耐震強化岸壁が同様の被災を受けることがないよう、地震応答特性の異なる多種多様の構造形式により耐震性の強化を図ることとした。

また、耐震強化岸壁については、岸壁背後地盤に対して適切な液状化対策工を施すとともに、下部置換砂に対しても必要に応じて対処することとした。一般岸壁 (-7.5m 以上) についても、岸壁背後地盤

の液状化に対して適切に対処することとした。

#### (2) 復旧断面の基本パターン

被災した岸壁の復旧設計に当たっては、被災状況及び施設の位置的な制約を考慮して、図-3に示す 3種類の手法を比較検討し、各施設に最も適した断面を選定した。

- ①案：被災岸壁前面に新規に岸壁を設置する案
- ②案：ケーソンを一旦浮かして撤去し、岸壁本体を築造し直す案
- ③案：被災岸壁の背後から作用する土圧を低減する案

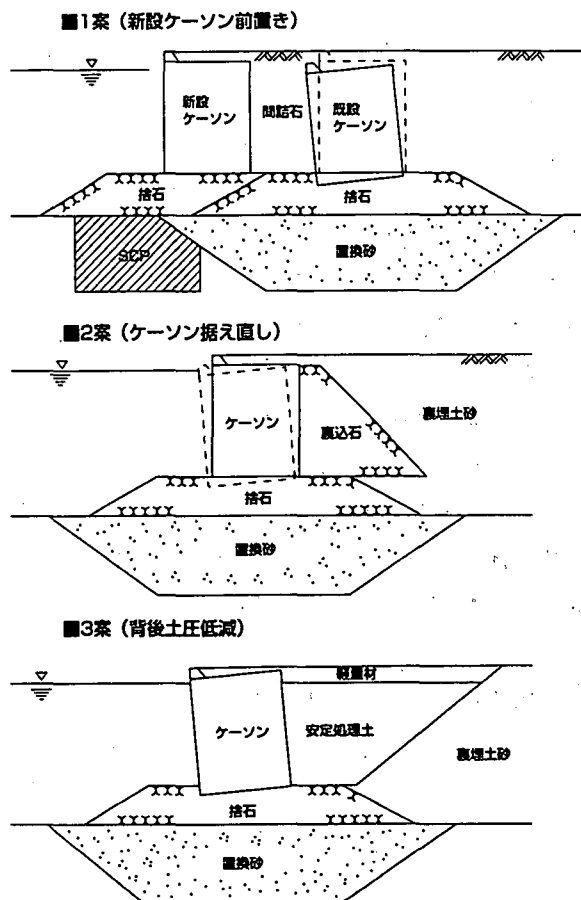


図-3 被災施設の復旧パターン

①案は、被災変形量が大きく既存施設の利用・撤去が困難で、前面の水域利用に支障がない場合に採用された。前面に新設する構造としては、棧橋、ケーソン、ブロック、矢板、ジャケット構造等が考えられる。

②案は、被災変形量が大きく、被災状態のままでは背後土圧を低減しても設計外力に対して抵抗できない場合で、かつ前面の水域に余裕がない場合に採用された。ケーソンを据直す際には、滑動抵抗を増

大きさせるため摩擦増大マット等を敷設する。

③案は、被災変形量が比較的小さく、岸壁背後からの土圧を低減するだけで設計外力に対して抵抗できる場合に採用された。背後土圧を低減する方法としては、事前混合処理工法や深層混合処理工法等により粘着力を付加する工法と、水砕スラグ等の軽量地盤材料による置換工法がある。前者は液状化対策としても有効である。この他、構造的に背後土圧を低減する方法として岸壁背後を掘削して棚式にする工法も採用されている。

防波堤に関しては、今回の被災で1~2.5m程度沈下したが、法線のはらみ出しはほとんどなく、フーチングの破損も確認されなかった。このため、防波堤の復旧においては、上部工を計画天端高さまで嵩上げするとともに、捨石を投入し地震時および高波浪時の安定性を保つようになっている。

### (3) 復旧工法の事例

復旧工法の事例として、以下に主な施設の復旧工法を紹介する。施設の位置は、図-2中に示す通りである。

#### a) 摩耶埠頭岸壁(-12m)

—— 棧橋による前出し ——

本施設の被災状況は、法線のはらみ出し3~4.5m、天端の沈下0.5~1.5m程度、ケーソンの傾斜5度程度であった。また、背後地盤にはケーソン背面において2m程度の段差が生じた。

復旧では、工期を短縮したかったこと及び前面の前出し量を小さくしたかったことから棧橋構造を採用した(図-4)。既設ケーソンの安定性を保つため、ケーソン前面に受動抵抗を増加させるための捨石を投入し、カウンターウェイトとしてケーソン後側の中詰材に銅水砕スラグを入れている。また、ケーソン背後に液状化対策を施すとともに、表層には土圧低減のための軽量材として水砕スラグ(単位体積重量 $1.3\text{tf/m}^3$ )を用いている。

#### b) 六甲アイランド-13m岸壁(RC2)

—— ケーソンによる前出し ——

本施設は、六甲アイランド西側に面する-13mのコンテナバースである。当初の設計震度は0.15であったが、耐震強化岸壁(設計震度0.25)として復旧するものである。被災状況は、法線のはらみ出し2m程度、天端の沈下0.7m程度、ケーソンの傾斜は小

さかった。また、岸壁背後に1m以上の段差が生じた。

復旧では、設計震度の増分が大きいこともあり、前面にケーソンを新設する構造とした(図-5)。また、既設ケーソンの地震時安定性に必要な受動抵抗を確保するため、ケーソン間の間詰石の天端高さを-5mとし、新設ケーソンに作用する土圧も併せて低減している。この構造形式をデタッチドケーソン構造と呼び、ポートアイランドや六甲アイランドのコンテナバースの復旧にも採用されている。

#### c) 六甲アイランドフェリーバース(RF3)

—— ケーソン据直し+土圧低減 ——

本施設は六甲アイランドフェリー岸壁の一つである。当初の設計震度は0.15であったが、耐震強化岸壁(設計震度0.25)として復旧する施設である。被災状況は、法線のはらみ出し5m程度、天端の沈下2m程度、ケーソンの傾斜7度程度と被災程度としては非常に大きかった。岸壁背後にも3m以上の段差が生じた。

復旧では、被災程度も大きく、隣接バース(RF-2)との法線調整の必要から、ケーソンの据直しが前提となった。ただし、設計震度0.15で設計されたケーソン岸壁であることから、岸壁背後土圧の大幅な低減が必要となった。岸壁背後土圧の低減手法としては、ケーソンの据え直しが行われることから、事前混合処理工法によるセメント処理土によって岸壁背後の裏埋を行うこととした(図-6)。また、耐震強化岸壁ということもあり、ケーソン下部置換砂に対して締固めによる改良も行うこととした。

#### d) 六甲アイランド-10m岸壁①

—— 土圧低減 ——

本施設の被災状況は、法線のはらみ出し2.5m程度、天端の沈下1m程度、ケーソンの傾斜3度程度であり、背後地盤の沈下により岸壁背面で2m程度の段差が生じた。被災変形量としては他の施設と比較して小さく、岸壁のはらみ出しは岸壁延長に渡って比較的一様であった。このため、現施設をそのまま利用した復旧工法が検討され、岸壁の背後土圧の低減により復旧を行うこととした。エプロン上で噴砂が激しかったことから、裏込石間への砂の流入が懸念されたため、裏込石および裏埋土の掘削後、事前混合処理工法によるセメント処理土によって岸壁背後を埋め戻す工法を採用した(図-7)。

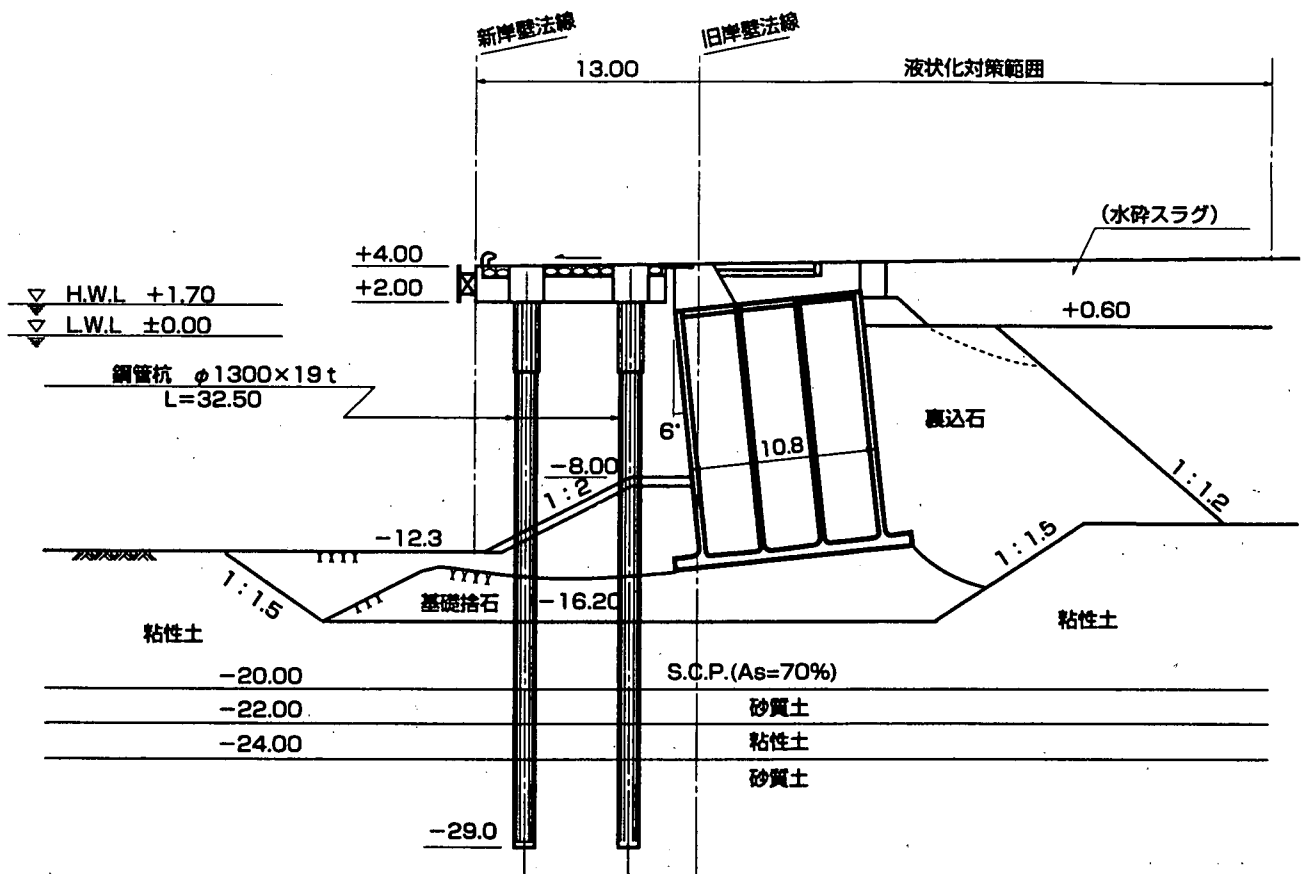


図-4 摩耶埠頭岸壁(-12m)の復旧断面

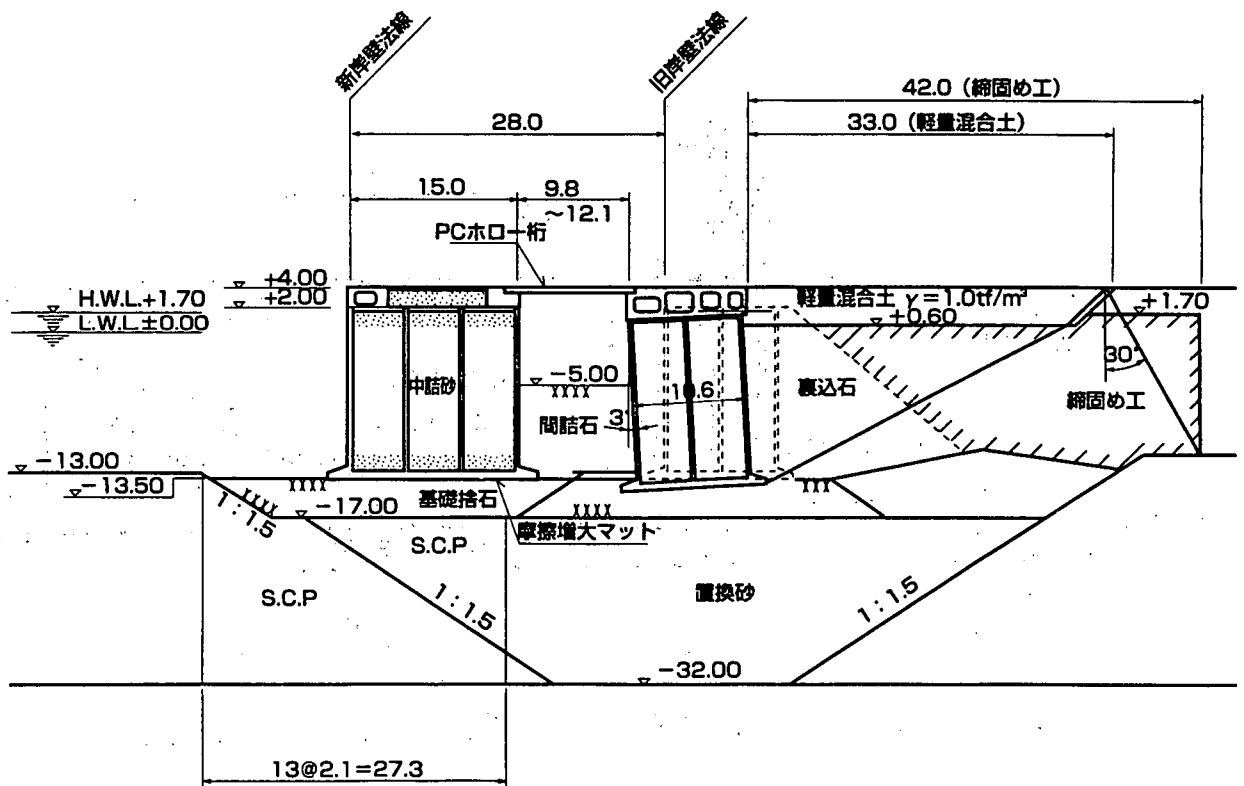


図-5 六甲アイランド-13m岸壁(RC2)の復旧断面

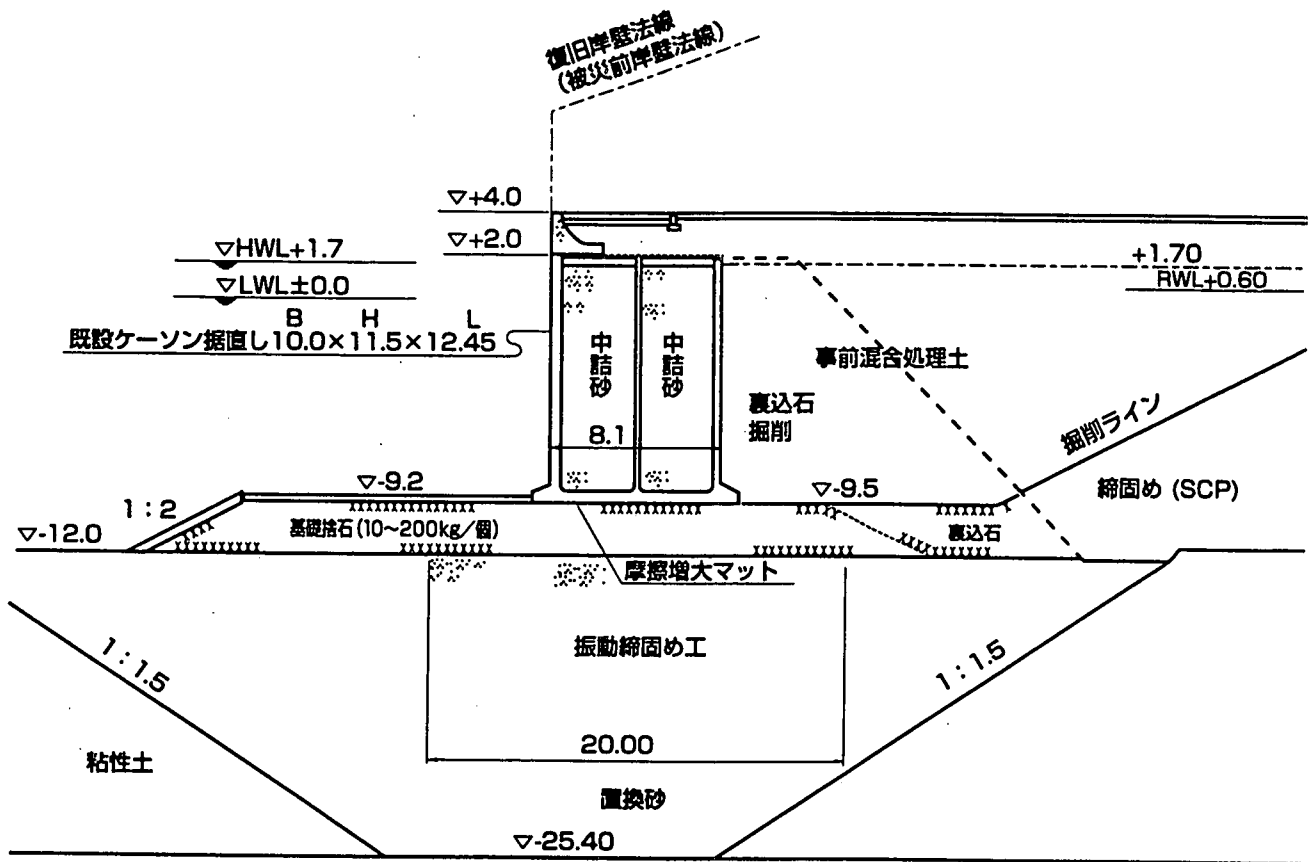


図-6 六甲アイランドフェリーバース (RF3) の復旧断面

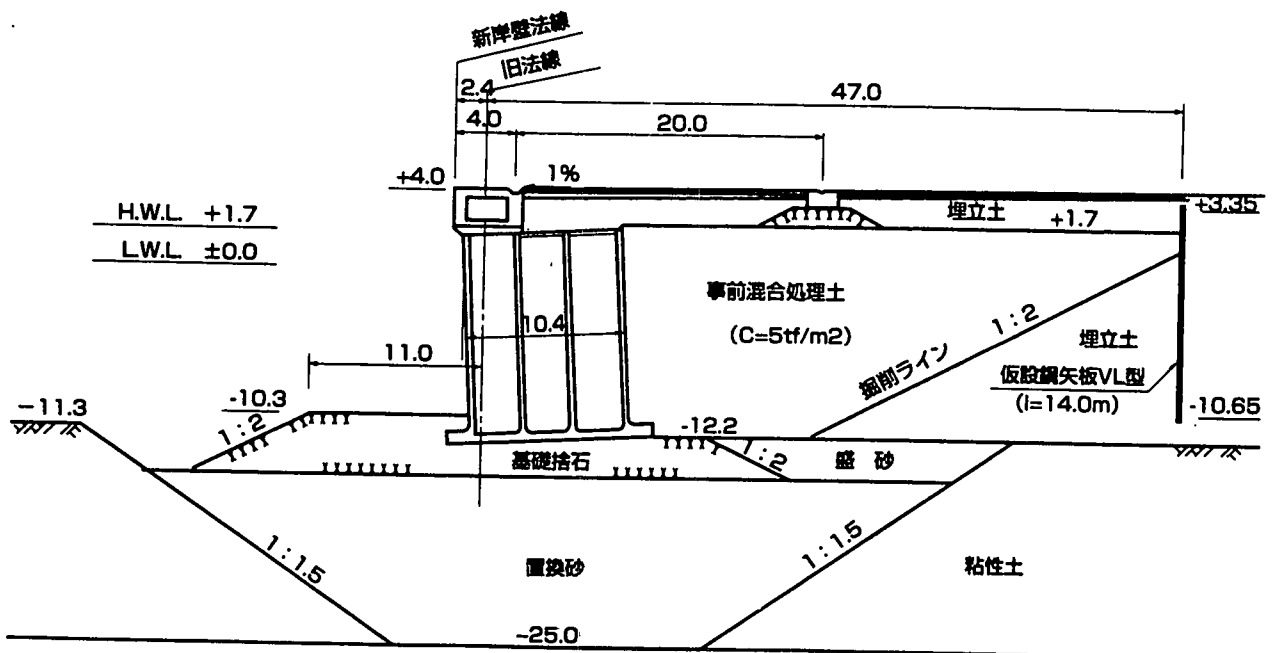


図-7 六甲アイランド-10m岸壁①の復旧断面

#### 4. 復旧復興事業の進捗状況

##### (1) 暫定供用と本格復旧

神戸港では岸壁の暫定供用と本格復旧工事とが併行して進められている。3月中旬には公共岸壁150バース中107バースが応急復旧により暫定供用され、コンテナバースでは6月末までに21バース中8バース（9月末までに10バース）が応急復旧により暫定

供用されている。また、フェリーバースでは7バース中2バースが8月から供用（内1バースは本格供用）されている。

これらの暫定供用により、震災前に201航路あった外航定期航路のうち8月までに約140航路が運航再開され、外航船の入港は8月で前年同月比の約8割まで回復した。また、全国の約3割を取り扱って

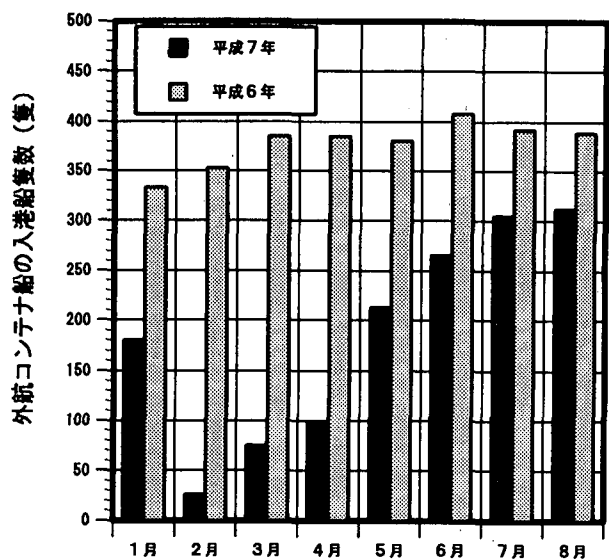


図-8 外航コンテナ船の入港船隻数の変化

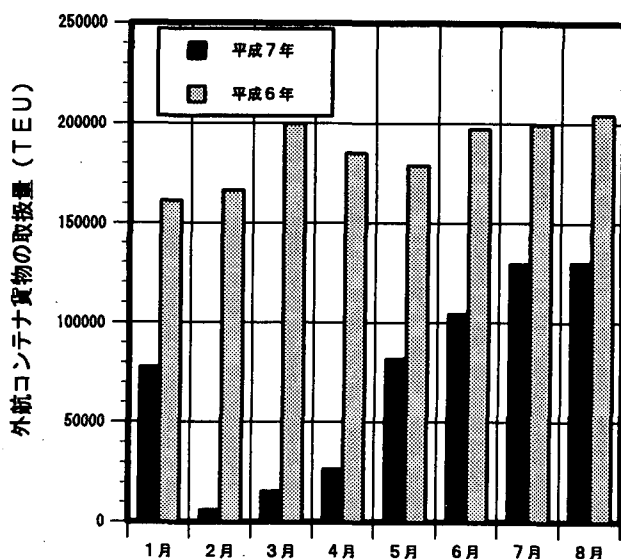


図-9 外航コンテナ貨物の取扱量の変化

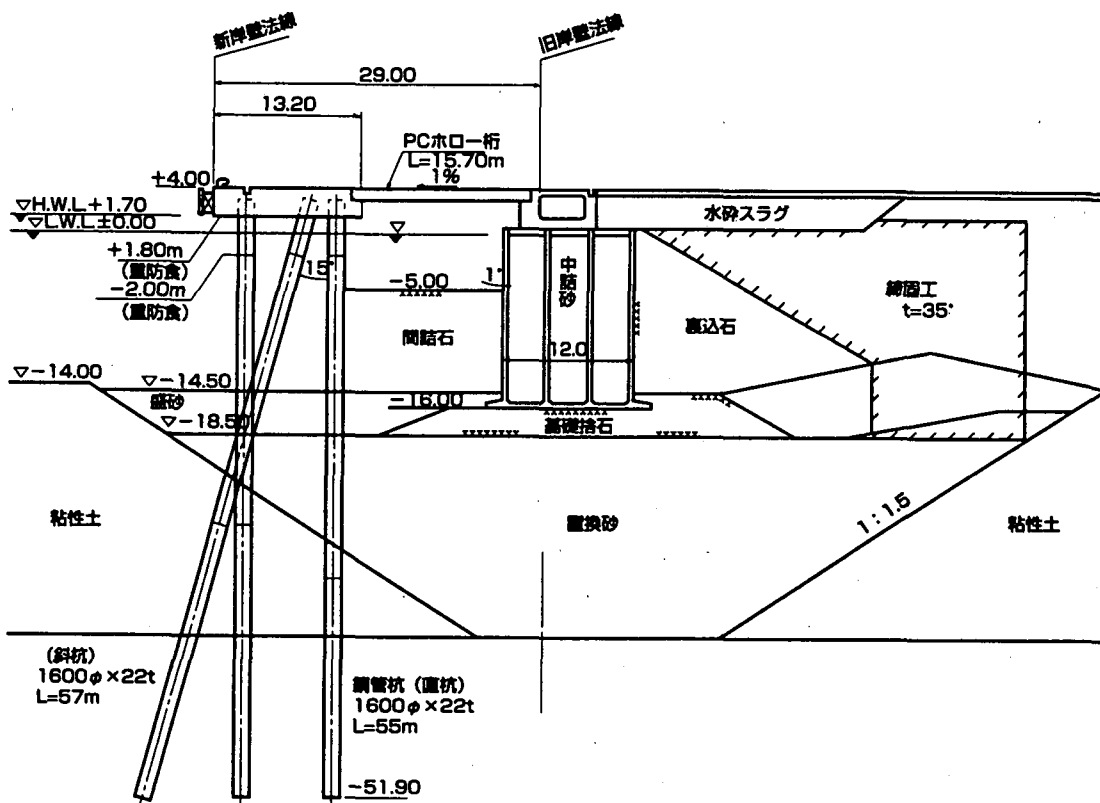


図-10 仮設コンテナ棧橋の復旧断面

いたコンテナについては、外航コンテナ船の入港が8月で前年同月比の約9割まで回復し(図-8)、外航コンテナ貨物の取扱量が8月で前年同月比の約7割まで回復した(図-9)。

## (2) 仮設コンテナ棧橋の建設

先に述べたように、神戸港の港湾施設の復旧は、主要なコンテナ埠頭の復旧を最優先として進めるが、全てが回復するまでには概ね2年を要する。この間のコンテナ貨物取扱能力を補完するために、仮設コンテナ棧橋(外貿コンテナ船用2バース:680m、フィーダー船用2バース:320mの総延長1,000m)を六甲アイランド南側に緊急整備している。

緊急性を最優先する工法を検討した結果、被災したケーソンの前面に鋼管杭を打設し、その間に間詰め石を投入し、あらかじめ工場で製作した上部コンクリートおよびPC桁を架設する工法が採用された(図-10)。岸壁としての設計震度は0.20で、既設ケーソンは地震力に対してケーソン前面の間詰め石の受働土圧で抵抗するように設計されている。一方、新設の棧橋は、間詰め石の主働土圧、海水の動水圧、棧橋上部工とPC桁の慣性力に抵抗するように設計されている。復旧工事は5月中旬から開始され、工程が順調に進捗し、神戸港コンテナ岸壁の本格復旧第1号として10月末に完成した。

## 5. 今後の課題 —— 「まとめ」に変えて

神戸港の震災復旧工事は、概ね2年という短い期間で実施されるため、多くの課題が山積している。

以下では、現場で生じている主要な課題を列挙して「まとめ」に変えたいと思う。

- 本格復旧工事を岸壁の暫定供用と調整をとりながら、概ね2年間の限られた期間で実施していかなければならないため、常に関係諸機関や港湾ユーザーとの連絡調整を図りながら進める必要がある。
- 神戸港の水域に一般航行船舶に加え、多数の作業船が集中するため、港内の安全の確保を図る必要がある。
- 神戸港に大量の工事が集中するため、セメント、石材等の資材の安定確保を図るとともに、ケーソンヤードを始めとする用地の確保が必要である。
- 短期間の、限られた範囲の調査結果により復旧工法を決定せざるを得ないため、実施の段階で設計の見直しが必要になることが少なくない。
- 神戸港震災復興事業における復旧断面の設計法、施工法等をとりまとめ、今後の耐震設計法や耐震強化技術の発展に貢献する必要がある。

## 参考文献

- 1) 地震対策に関する港湾技術セミナー講演集、(財)沿岸開発技術研究センター、1995年11月。
- 2) 輪湖建雄・及川 研・松永康男・成瀬英治: 阪神・淡路大震災による神戸港の被害とその復旧工法、土と基礎、Vol.44、No.3、1996年3月。(投稿中)

## Restoration of the Kobe Port after the 1995 Great Hanshin-Awaji Earthquake

Ken Oikawa, Tatsuo Wako, Yasuo Matsunaga and Eiji Naruse

The Third District Port Construction Bureau, Ministry of Transport

Almost all port facilities in the Kobe port suffered a great damage by the 1995 Great Hanshin-Awaji Earthquake. Many quay walls were gravity type (caisson type) and these quay walls deformed to sea side by 5m and subsided by 2m at maximum by the strong ground motion. The amount of the deformation was very large in comparison with the damage by the past disastrous earthquake.

Restoration works are now under way everywhere in the Kobe port. The restoration plan, the designs of the quay walls and the present condition of the Kobe port are presented in this report.