

# 兵庫県南部地震による 港湾施設等の被害

正会員 工博 運輸省港湾技術研究所構造部地震防災研究室長 **上部 達生** Tatsuo UWABE

## 概要

兵庫県南部地震において兵庫県、大阪府、徳島県の24港の港湾施設で大きな被害が発生した。特に、わが国の外貿コンテナ貨物の3割を取り扱う神戸港において、耐震強化岸壁（摩耶埠頭地区3バース）を除く大半の施設が被災し、わが国のみならず、アジアの経済活動に深刻な影響を与えている。現在（2月末）、神戸港の港湾施設の被害状況の詳細、被害原因等の調査はまだ完全には終了していないので、ここでは神戸港の港湾施設等の被害状況の概要を記述する。

## 港湾地域の強震記録

日本全国の主要な港湾を対象として港湾地域強震観測網が整備されているが、この観測網で得られた今回の地震の観測記録を図-1に示す。図-1に示されている記録の最大値は、2種類の強震計の観測結果であるので、各地点の観測値を相互に比較する場合は注意が必要である。神戸港の強震計は従来から使用されているSMAC型強震計であり、その最大値は502 Gal (N 43 W)、205 Gal (E 43 N)、283 Gal (UD) である。この最大値はSMAC型強震計の記録としては非常に大きな値である。図-2には神戸港で得られた記録を示す。主要動の継続時間は短く5~10秒となっている。図中の水平成分 (N 43 W) の約6秒以降の波形の状況はそれまでのものと異なっており、

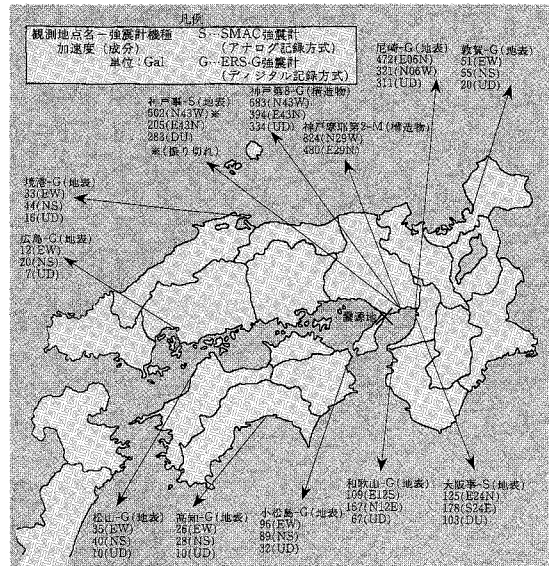


図-1 港湾地域強震観測結果

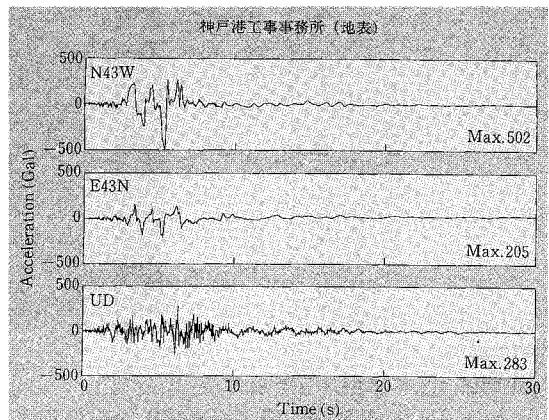


図-2 神戸港工事事務所の強震記録の時刻歴波形

これは液状化現象の影響を受けている可能性がある  
と推察されている。

### 神戸港の被害

古くからのわが国の要港である神戸港は1907年頃から本格的な修築工事が開始され、第二次世界大戦までに新港第1～6突堤、兵庫第1, 2突堤、中突堤等が整備されている。第二次世界大戦で神戸港も大きな被害を受けたが、戦災復旧を図るとともに新港第7, 8突堤、灘埠頭、兵庫第3突堤、摩耶埠頭等を整備してきた。その後、昭和41年にはポートアイランド、昭和47年には六甲アイランドの建設が着手され、それぞれ昭和56年、平成2年に完成している。このように約90年をかけて整備されてきた港湾施設が今回の地震で一瞬にしてほとんど被災したわけだが、この被災の状況を以下に、図-3の神戸港の平面図に示す施設を中心に記述する。

#### (1) 岸壁等の被害

神戸港の岸壁の構造はほとんどがケーソンを用いた重力式構造であり、他の構造形式の岸壁は非常に少ない。

兵庫突堤では写真-1に示すように第2突堤の先端が完全に水没し、上屋も倒壊した。第2突堤から第3突堤の背後では大規模な液状化の発生の跡が確認されている。第3突堤では南西部の岸壁が海側に移動するとともに前傾し、その背後が大きく沈下していた。この被害は重力式岸壁の典型的な被害である。第3突堤の一部は矢板式岸壁で

あるが、この構造の部分の被害は他の岸壁よりも被災の程度は軽微であった。

栈橋形式の高浜旅客フェリーターミナルは、海側に少し移動し、エプロンも沈下していたが、緊急復旧工事により旅客船バースとして供用されている。中突堤の付け根の国産波止場のブロック式の物揚場は完全に水没した(写真-2)。中突堤の



写真-1 兵庫突堤先端



写真-2 中突堤国産波止場の物揚場



図-3 神戸港平面図



写真-3 メリケンパーク護岸

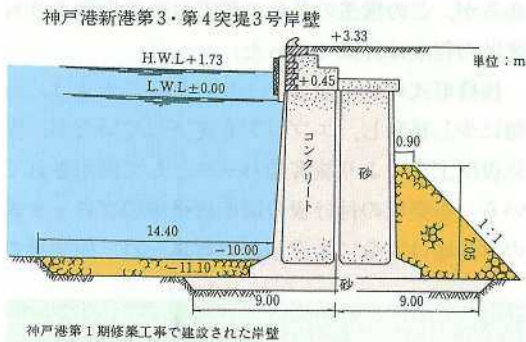


図-4 新港突堤岸壁標準断面図

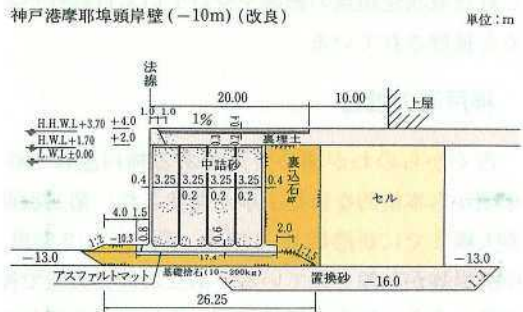


図-5 摩耶埠頭耐震強化岸壁標準断面図



写真-4 新港第8突堤



写真-5 摩耶埠頭コンテナバース

先端側の岸壁は前傾し、背後が大きく陥没していたが、付け根側の栈橋の被害は比較的軽微であった。中突堤に隣接するメリケンパークでは全面的に液状化が発生した跡がみられ、階段式の親水護岸が倒壊し、水没した(写真-3)。

新港突堤の岸壁の標準断面図の一例を図-4に示す。この重力式岸壁が海側に移動するとともに、前傾し、ケーソンの背後が大きく沈下するような重力式岸壁の典型的な被災形態がここでもみられた。第7, 8突堤は橋脚式栈橋で、岸壁本体には大きな変化が見られなかったが、突堤の上屋は写真-4に示すように、大きな損傷を受けている。

摩耶埠頭の第1突堤の西側の3バースは耐震強化岸壁で、その構造は付け根側の1バースが栈橋、先端側の2バースが図-5に示すような重力式岸壁である。この耐震強化岸壁の被害は軽微であり、特に栈橋の被害はほとんどなかった。摩耶埠頭のコンテナバースの南側は重力式岸壁で、写真-

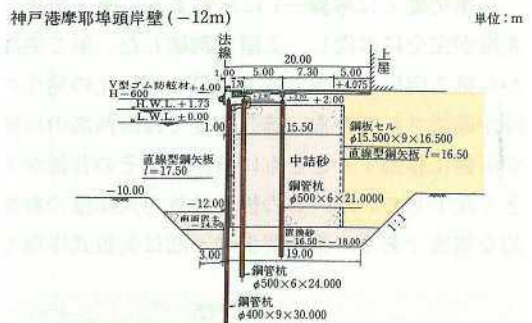


図-6 摩耶埠頭コンテナバース東側岸壁

5に示すように、ケーソンが海側に大きく移動するとともに前傾し、背後が大きく沈下した。ただ、岸壁の法線の凹凸はなく、ほぼ直線となっていた。東側の岸壁は図-6に示すようにセル式構造で、その被害はケーソン式の岸壁に比較して軽微な被害となっていた。この摩耶埠頭でも液状化の発生痕跡が確認されている。



写真-6 ポートアイランド東側 内航フィダーバース岸壁



写真-7 六甲アイランドのコンテナクレーン

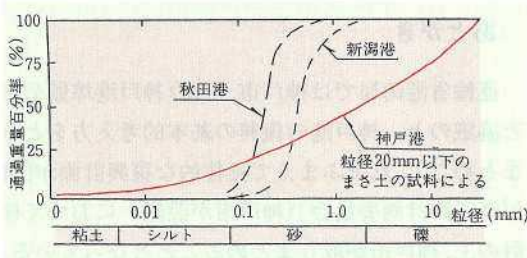


図-7 まさ土の粒径分布

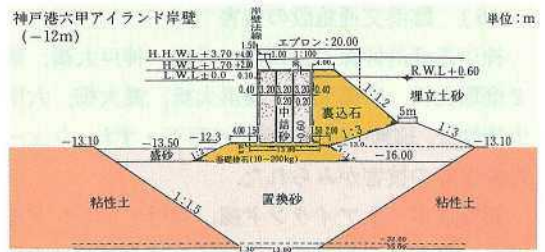


図-8 六甲アイランド岸壁標準断面図

ポートアイランドではほとんど全域にわたって液状化の発生の痕跡が確認されている。ポートアイランドおよび六甲アイランドの埋立はまさ土（六甲山系の風化花崗岩）が使用されたが、このまさ土の粒径分布の一例を図-7に示す。ポートアイランドの各バースの岸壁はほとんどすべてケーソンを用いた重力式構造であり、これまでに示した重力式岸壁と同様な被災形態を示していた（写真-6）。

六甲アイランドでも液状化の発生の痕跡が確認されているが、この痕跡のある地域はポートアイランドより狭い範囲にとどまっていた。図-8は六甲アイランドの岸壁の標準断面図を示すが、ここでも岸壁の構造はほとんどがケーソンを用いた重力式構造である。各バースの岸壁は重力式岸壁の特徴的な被災形態を示した。六甲アイランドの南側と、東側と西側のバースの岸壁の被害の程度を比較すると、南側のバースの岸壁（東西方向に並んだ岸壁）は東側と西側の岸壁（南北方向に並んだ岸壁）に比べ大きな被害を示していた。

## (2) 防波堤の被害

防波堤の被災形態は沈下がほとんどであり、防波堤の個々のケーソンの出入り、ケーソンの傾斜はそれほど大きな値を示していなかった。沈下量は大きな部分で1~2m程度と推定されている。

## (3) 海岸保全施設

防潮堤等が被災しており、苅藻島では防潮堤のバラベットの傾斜、移動等の被害が発生した。

## (4) 荷役機械の被害

神戸港にはコンテナクレーンが55機、ジブクレーンが5機の合計60機の荷役機械があったが、ほとんどすべての荷役機械で被害が発生した。典型的な被害形態では、岸壁が南側に移動したことにより、クレーンのレールの間が拡大し、クレーンが「股裂き状態」になり、クレーンの脚が座屈したり、脱輪していた。ただし、倒壊したのは六甲アイランドの1機のみであった。写真-7にはクレーンの「股裂き状態」を示す。

## (5) 上屋等の被害

兵庫県内の港湾には上屋が約100棟設置されて

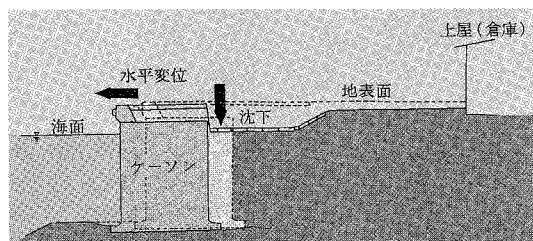


図-9 ケーソン式岸壁の被災形態

いたが、このうち31棟で被害が発生した。倒壊が6棟、沈下および傾斜が12棟、外壁および床の亀裂等が13棟であった。

#### (6) 臨港交通施設の被害

神戸港港湾幹線道路においては、神戸大橋、第2摩耶大橋、摩耶大橋、灘浜大橋、灘大橋、六甲大橋等で、橋脚の破壊、橋桁の落下・ずれ、シユアの損傷等の被害がみられた。

新交通ポートアイランド線、六甲アイランド線でも被害が発生した。六甲アイランド線では六甲アイランド内で落橋している。

#### (7) 被害状況のまとめ

- ほとんどの岸壁が被災したが、耐震強化岸壁の被害は軽微であり、その利用には支障は生じない程度であった。
- 神戸港の大部分を占めるケーソン式岸壁の被災形態はほぼ同じであり、図-9に示すように、岸壁本体のケーソンが海側に変位し、その背後のエプロン、ヤードが沈下している。岸壁の法線の直線性はかなり保持されていた。
- 防波堤は、法線の凹凸や天端の段差がほとんどみられなかったが、堤体が最大で2m程度沈下したと推定されている。

- コンテナークレーンは、岸壁の海側への移動、前傾等で「股裂き状態」になり、クレーンの脚の座屈や脱輪が発生した。
- 神戸港の約3割の上屋、倉庫で、柱の座屈や外壁の損傷、沈下等が発生した。
- 橋梁、高架臨港道路、新交通システムでは、脚部の圧壊破損、基礎工の変形等が生じた。
- 新・旧埋立地で噴砂等の液状化の発生の痕跡が広範囲にみられた。六甲アイランドは、ポートアイランドに比較すると液状化の発生の痕跡は少なかった。

#### あとがき

運輸省港湾局では神戸市、(財)神戸港埠頭公社と協議の上、神戸港の復興の基本的考え方をとりまとめた。これをふまえて具体的な復興計画が「神戸港復興計画委員会」(神戸市が設置)において検討の上、神戸市が取りまとめることとなっている。

港湾地域の強震記録に関するデータは港湾技術研究所地盤震動研究室・井合進室長、櫻井博孝技官の成果を利用しており、写真の一部は設計技術研究室・横田弘室長、構造部・田中祐人主任研究官が撮影したものである。また、一部の図面は地震防災研究室高野剛光技官が作成した。

神戸港等の港湾施設等の現地調査、資料収集では運輸省第三港湾建設局、神戸港工事事務所、神戸調査設計事務所、兵庫県、神戸市、(財)神戸港埠頭公社に多大のご協力をいただいた。最後ではありますが心からの謝意を表するとともに、今後の神戸港等の復旧に際してのご健闘を祈念いたします。

土木学会刊行物

コンクリート標準示方書

〈規 準 編〉 平成6年版発売中 B5判 552頁

会員特価：5,000円 定価：5,500円 〒400円

お申込みはFAXまたは文書にて「土木学会刊行物販売係」まで

FAX 03-5379-2769