

I-B14 直杭式棧橋模型振動実験における地震応答解析

三井共同建設コンサルタント（株） 正会員 中村充裕
運輸省港湾技術研究所 正会員 上部達生

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂
五洋建設（株） 正会員 三藤正明

1. 緒言

1995 年 1 月に発生した兵庫県南部地震による神戸港周辺の港湾構造物の被害は当初予想されていたよりも大きく、また、その被災形態も設計時に予測されたものとも異なっていた。被災原因の検討においては、鋼構造物である棧橋とコンクリート構造物であるブロック式護岸からなる高浜棧橋は、その両者の動的挙動の違いが棧橋と護岸の間の渡版を介して伝達されたことから海側への変位及び杭の座屈の増大という結果を招いたといわれている。また、杭支持地盤及び裏埋土の液状化を原因とする杭横抵抗力の低下、捨石マウンドの変位、土圧の増大も被災原因に含まれることが既往の研究から報告されている。本研究は、高浜棧橋の被災原因を解明するため行われた模型振動実験¹⁾を、地震応答解析プログラム BEAD III を用いて解析し、直杭式棧橋の破壊メカニズムを把握しようとするものである。

2. 模型振動実験結果

模型振動実験を行うにあたって被災形態の特徴として以下の 2 点に着目した。1 つは、「(1) 杭頭及び地中部で鋼管杭に座屈が生じており、その発生状況は海側杭で著しい。」という点と、もう 1 つは「(2) 岸壁が一様に海側に変位し、設計で想定した以上の変位量である。」というものである。(1) の理由として陸側杭頭部のコンクリートに亀裂が発生していたことから、この接合部において構造的にヒンジとな

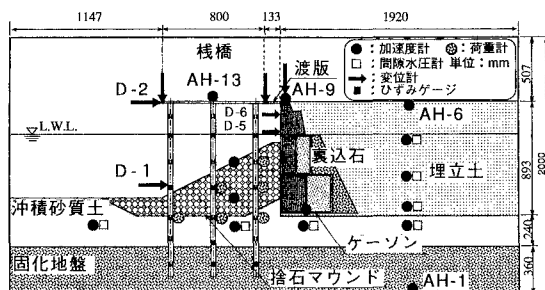


図-1 模型断面図

っていたため海側杭への影響が大きかったと仮定し、陸側杭頭部がヒンジのもの (CASE2) とそうでないもの (CASE1) の比較を再現実験で行った。(2) の理由として、構造形式及び動的挙動の異なる棧橋とブロック式護岸が渡版を介して水平力を伝達し、両者の動的挙動の差が棧橋を大きく海側へ変位させたと推察される。このような想定の下、渡版が有る場合 (CASE1) とない場合 (CASE3) の比較を模型振動実験により行った。模型断面図を図-1に示す。前者の着目点に関する実験結果では、変位こそ実際のものよりも若干小さいが、CASE2 の海側杭及び中間杭に曲げモーメントが集中する状態を再現できた。また、実際の棧橋の座屈位置との比較的よい対応も見られた。また、後者の着目点に関する実験結果から CASE3 に比較して CASE1 の方が、明らかに大きな変位量及び曲げモーメントを示した。このケースでも実際の被害に比べ変位量は若干小さめではあるが、曲げモーメント分布については、実際の座屈発生位置と比較的良好な対応が見られた。

3. 地震応答解析

本解析では、上述の被災に関する 2 つの着目点のうち、(2) の点に関する渡版あり (CASE1) 及び渡版なし (CASE3) についての模型振動実験結果と地震応答計算結果との比較検討を行った。

3.1 解析条件

(1) 実験模型及び解析メッシュ図

解析メッシュ図を図-2に示す。杭の梁要素と地盤のソリッド要素とはバネで接続している。

キーワード：地震応答解析，棧橋，模型振動実験，有限要素法

連絡先：〒 239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1

運輸省 港湾技術研究所 構造部 地震防災研究室 TEL0468-44-5030

(2)パルス波による地盤強度の設定

実験では本加振に先だってパルス波加振が行われており、この結果に基づいてせん断波速度から地盤の剛性を求めることとした。表-1に解析に用いた地盤定数を示す。

(3)入力波

実験と同様の兵庫県南部地震時のポートアイランドの鉛直アレー観測の K.P.-28m の記録波形を用いた。

3.2 解析結果

実験では栈橋前面及び埋立土内に過剰間隙水圧の発生が確認されていた。そこで本解析においてはこの過剰間隙水圧の発生によるせん断抵抗力の低下を表現するため強度の低減を行っている。この結果は当初の強度の 1/4 と仮定した。

(1)振動特性における比較

図-3に実験における周波数伝達関数を埋立天端 (A-6/A-1)、ケーソン天端 (A-9/A-1)、栈橋天端 (A-13/A-1) について点線で示す。渡版なしの実験 (CASE3) においては、5.0Hz 以下ではほぼ一体となった挙動、それ以上の周波数域では地盤・ケーソン・栈橋それぞれの固有振動数での挙動、お互いに影響し合いながらの挙動が分かる。一方、渡版ありの実験 (CASE1) では、ケーソンと栈橋が 5.0Hz 以上の高振動数においても一体となって挙動している様子が分かる。図-3には、計算結果も実線で示している。CASE3 及び CASE1 とともに、計算結果は前出の実験結果を良く表している。

(2)加速度波形における比較

図-4に加速度波形における解析結果と実験結果の比較を示す。CASE1 及び CASE3 とともに良い一致が見られる。

4. 結言

(1)渡版がある場合は、栈橋とケーソンの振動特性が一致することから、両者はほぼ一体となった挙動を示していたことが推察される。

(2)今回の地震応答解析により模型栈橋の振動特性を実験をある程度再現する事ができた。

今後、変位・曲げモーメントについても検討を進めていく予定である。

参考文献 1) 上田茂ほか：模型実験による鋼直杭栈橋の地震被害の検討，第 53 回土木学会年次講演会講演概要集 I -B263

上田茂ほか：土留め構造が栈橋の地震応答に及ぼす減衰影響，第 53 回土木学会年次講演会講演概要集 I -B261

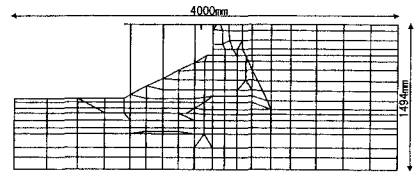


図-2 解析メッシュ図

表-1 地盤定数

土層	CASE1		CASE3	
	湿潤単位体積重量 (tf/m^3)	せん断弾性係数 (tf/m^2)	湿潤単位体積重量 (tf/m^3)	せん断弾性係数 (tf/m^2)
埋立土	1.8	950	1.8	760
沖積砂質土	1.8	1000	1.8	1000
捨石マウンド	1.9	2000	1.9	1390
裏込石	1.9	2000	1.9	2000

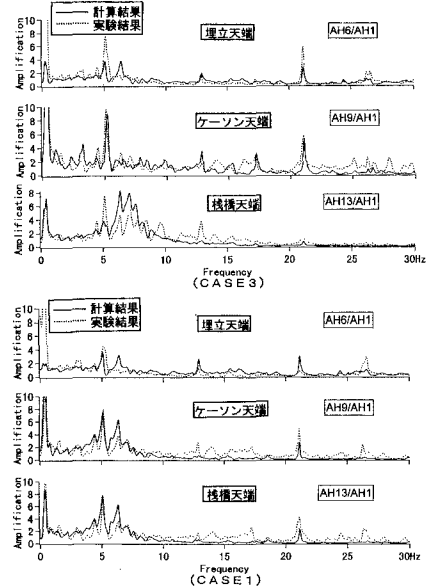


図-3 周波数伝達関数

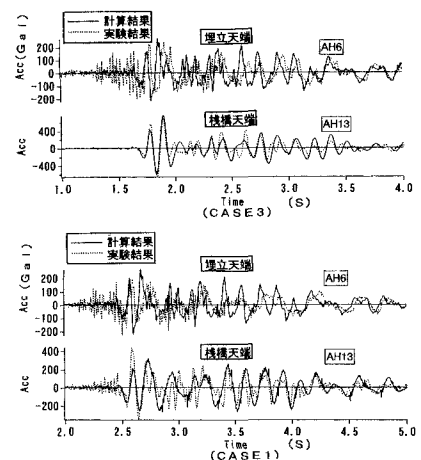


図-4 加速度波形