

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 林 健二

大阪大学大学院 フェロー 松井 保

大阪大学大学院 正会員 小田和広

大阪大学大学院 学生会員○宮本仁志

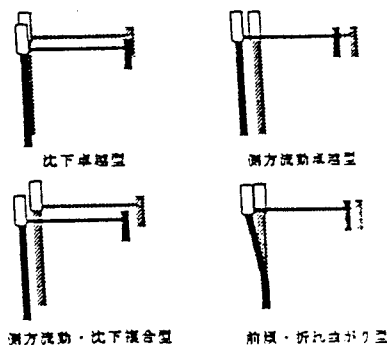
1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震により、阪神・淡路地域を中心とする、多くの水際構造物に甚大な被害が発生した。これは、この地震による地震動が従来の想定地震動を遙かに上回ったためである。この教訓を踏まえ、兵庫県南部地震に相当する大地震に対応した水際構造物の耐震性評価手法の確立が望まれている。

本報告では、被災した矢板式岸壁を検討対象として、その被災パターンについて考察すると共に、その地震時挙動に対して著者らが提案する簡易予測手法を用いた解析的評価を試みる。また、液状化や側方流動が矢板式岸壁の地震時挙動に与える影響についても考察する。

2. 矢板式岸壁の被災原因

矢板式岸壁の被災パターンは、図—1に示すとおり、沈下卓越型、側方流動卓越型、沈下・側方流動複合型、前傾・折れ曲がり型の4種類に分類することが出来る。それぞれの被災原因は、表—1に示すとおりであり、いずれの場合も矢板の背後及び根入れ地盤の液状化の影響が大きいものと考えられる。



図—1 矢板式岸壁の被災パターン

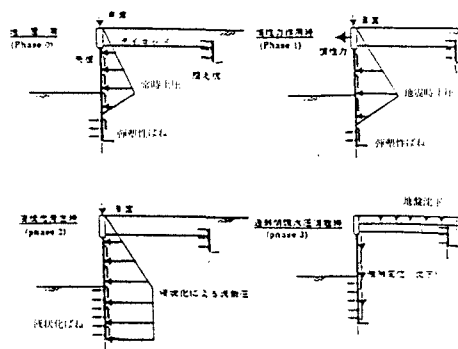
3. 矢板式岸壁の地震時挙動に関する解析的評価

本報告で使用した簡易予測手法は、水際構造物の残留変形量に着目し、レベル2地震動に対応した耐震性評価手法である¹⁾。解析では、矢板を弾塑性梁部材、その周辺地盤を地盤ばねによって表現した骨組解析モデルを用いた。

矢板式岸壁の地震時挙動を慣性力作用時（フェーズ1）、液状化発生時（フェーズ2）、過剰間隙水圧消散時（フェーズ3）の3つ段階に分けて考え、各フェーズ毎に外力及び地盤ばねの条件を決定し変形量を計算した。そして、それらを足し合わせて最終的な残留変形量とした。図—2は各フェーズ毎の解析モデルを示している。表—2は各フェーズ毎の解析条件を示している。水平及び鉛直方向に設置された地盤ばねの剛性は、地盤反力係数から決定される。また、背後地盤の液状化の有無により、地盤ばねの特性は変化する。つまり、地盤ばねは、弾塑性ばねと液状化ばねの2種類を用いている。図—3は地盤ばねの荷重—変位関係を表している。背後地盤が液状化していない場合、地盤反力は、バイリニア型の弾塑性挙動を起こすものと仮定している。また、背後地盤が液状化した場合、地盤の剛性低下をばね

表—1 矢板式岸壁の被災原因

被災パターン	原因
沈下卓越型	・基礎地盤の液状化による矢板の沈下 ・液状化に伴う背後地盤全体の変位
側方流動卓越型	・背後地盤の上圧の増加 ・液状化に伴う背後地盤全体の変位
沈下・側方流動複合型	・基礎地盤の液状化による矢板の沈下 ・背後地盤の上圧の増加 ・液状化に伴う背後地盤全体の変位
前傾・折れ曲がり型	・地震動による慣性力 ・背後地盤の上圧の増加



図—2 解析モデル

定数の低減により考慮する。水平方向のばねは、地震前及び慣性力作用時では、受働土圧が主働土圧に勝る部分のみに分布させる。一方、液状化時には、矢板根入れ地盤部分全てに分布させる。

フェーズ3では、背後地盤の過剰間隙水圧消散に伴う地盤沈下が構造物に及ぼす影響を、地盤ばねを介して構造物に強制変位として与える。地盤沈下量は地表面において液状化層厚の2%²⁾としている。

今回の検討対象は兵庫県南部地震で被災した神戸市長田港の杭式鋼矢板岸壁³⁾とした。地震により、矢板天端では水平変位1.48m、鉛直変位0.30mの残留変形⁴⁾が生じた。

図—4は、対象構造物の解析モデルを示している。表—3は解析パラメータを示している。なお、液状化時の地盤剛性低減率は不確定であり、本解析では被災時の構造物の水平変位に対して逆解析を行い、この低減率の推定を行った。

4. 解析結果

表—4は解析により得られた残留変形量を示している。また、図—5は残留変形状態を示している。これらから、解析結果は実測値をやや下回っているが、被災モードは良く一致している。なお、矢板に働く断面力は各フェーズにおいて鋼矢板の許容応力を下回っていた。また、各フェーズ毎の変位量を比較すると、液状化発生時の変形量がもっとも大きく、対象構造物の残留変位に大きな影響を与えていることがわかる。

5. おわりに

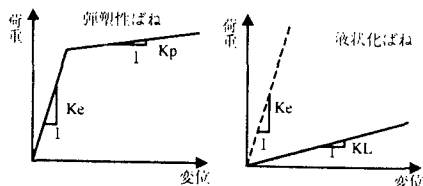
解析結果より、筆者らが提案する解析手法の矢板式岸壁への適用性が確認された。ただし、逆解析により求められた液状化時の地盤剛性低減率は約0.00047であり、これは同手法によりケーソン岸壁を対象に実施した逆解析の同低減率が0.0076であったことと比較して非常に小さい。また、この低減率は液状化時の解析値に大きく影響するため、低減率に対する評価方法は今後の課題である。

参考文献

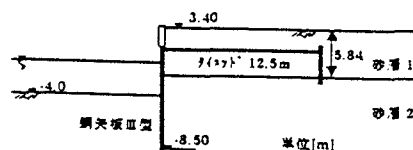
- 1) 林健二、松井保、小田和広、松村光佑：重力式構造物の耐震性評価手法、第33回地盤工学会発表会、pp1093-1094、1998
- 2) 林健二、米川友則、Hameed Mydin：兵庫県南部地震による液状化発生地域の地盤工学的特性、第32回地盤工学会発表会、pp790-710、1997
- 3) 運輸省港湾局、港湾技術研究所、第3港湾建設局：1995年兵庫県南部地震による港湾施設等の被害報告書、1997
- 4) 財団法人地震予知総合研究振興会：1995年兵庫県南部地震 液状化、地盤変位及び地盤条件、1995

表—2 解析条件

	外力	地盤ばね
初期応力状態 (phase0)	・自重 ・常時土圧	・弾塑性ばね
慣性力作用時 (phase1)	・自重 ・慣性力 ・地震時土圧	・弾塑性ばね
液状化発生時 (phase2)	・自重 ・流動圧	・液状化ばね
過剰間隙水圧消散時 (phase3)	・強制変位 (沈下)	・液状化ばね ・弾塑性ばね



図—3 地盤ばねの特性



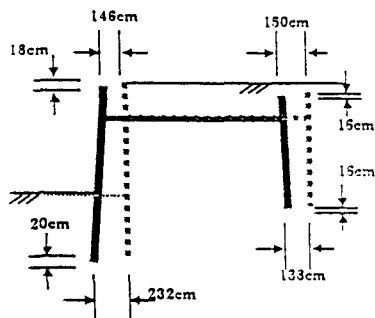
図—4 解析対象構造物のモデル

表—3 解析定数

	砂層1	砂層2
土の単位体積重量 γ [tf/m ³]	1.8	2.0
平均N値	10	39
土の粘着力 c [tf/m ²]	0	0
土の内部摩擦角 ϕ [deg.]	27	39
地盤ばね定数[tf/m] (鉛直・集中ばね)	—	17
地盤ばね定数[tf/m] (鉛直・集中ばね)	—	5.7
地盤ばね定数[tf/m] (鉛直・集中ばね)	4920	1230
地盤ばね定数[tf/m] (鉛直・集中ばね)	14800	3690

表—4 解析による矢板天端の残留変位量

	矢板天端	
	水平変位[cm]	鉛直変位[cm]
慣性力作用時 (phase 1)	2.3	0.0
液状化発生時 (phase 2)	148.2	17.3
過剰間隙水圧消散時 (phase 3)	-4.1	0.9
残留変位合計	146.4	18.1
実測値	148	30



図—5 解析結果による残留変位図