

VI-230

根固め矢板による重力式岸壁の耐震補強工法の設計計算法

鹿島建設 正会員 ○ 秋山義信, 沿岸開発技術研究センター 正会員 北澤壮介, 真鍋昌司
 五洋建設 正会員 三藤正明, 鋼管杭協会 正会員 龍田昌毅

1. はじめに

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震による港湾施設の被災より、全国の港湾で耐震強化施設の整備が従前にも増し促進される状況にある。今後、耐震強化岸壁の新設とともに、既設岸壁の補強の必要性が増すと考え、施工性、経済性に優れ、かつ、岸壁法線の変更が不要な図-1に示す根固め矢板式耐震補強法を開発した。

兵庫県南部地震で被災した岸壁は、既設ケーソンとは別に、図-2に示す控え杭式鋼管矢板岸壁の新設により大部分の復旧が行われた。一方、根固め矢板式も、軽微被災の岸壁に対し採用されたが、件数は一件であった。これは、本補強法の信頼性や汎用化に対し、補強効果の評価、設計計算法の確立、に課題が残されているためである。

そこで、別論文りとなるが、振動台実験、及び、動的解析（FLIP：二次元地震応答解析）により補強効果を確認したので、本論文では、実験、解析の結果を反映した、簡便かつ補強メカニズムを考慮した、設計計算法の提案を行う。また、施工検討の結果についても示す。

2. 根固め矢板式耐震補強法

根固め矢板式耐震補強法は、設計震度で0.05程度の耐震性の向上を目標とし、地震時滑動抵抗力が不足する既設重力式岸壁に対し、図-1の様にケーソン前面に矢板を打設し、矢板頭部とケーソン前趾を接合し耐震補強を行うものである。構造形式は、重力式（剛体構造）と矢板式（たわみ構造）の複合構造となる。図-1は、設置水深-10mで設計震度0.15の既設岸壁を、設計震度0.20とする場合の耐震補強例で、根固め矢板として、以下に示す設計計算法により、 $\phi 900$, $t=14$ の鋼管矢板が必要となる。

3. 設計計算法の提案

設計計算法は、根固め矢板はケーソン及び周辺地盤より荷重が作用し変位が生じることにより機能すると考え、矢板頭部変位及びケーソンの滑動を許容量まで許す設計法とした。設計計算法の概略フローを図-3に示す。

はじめに、無対策時の検討を行い、滑動抵抗力が不足する場合に耐震補強の設計、すなわち、根固め矢板の設計を行うとした。矢板の検討は、作用力評価、応力検討、変位照査の順序で行う。根固め矢板に作用する力として、実験、解析の結果を反映し、①頭部作用力（ケーソン前趾より頭部へ直接的に作用する力、滑動抵抗不足分で評価）、②側面作用力（ケーソン端趾圧・せん断力が地盤を介し側面へ間接的に作用する力、地震時増分土中応力で評価）の2種類を考慮する。根固め矢板の発生応力は弾塑性床上の梁の解析（抵抗側反力は受働土圧を上限）、根入れ長さは抵抗及び転

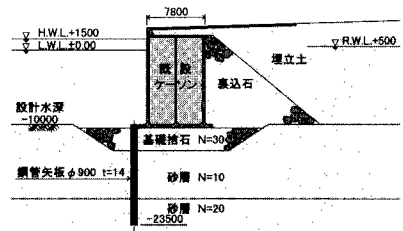


図-1 根固め矢板式耐震補強法

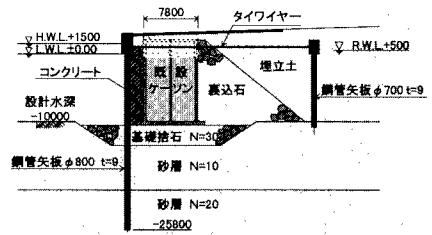


図-2 控え杭式鋼管矢板岸壁

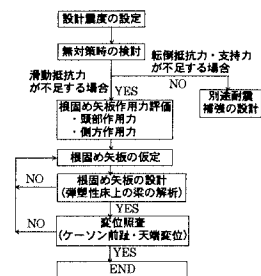


図-3 設計計算フロー

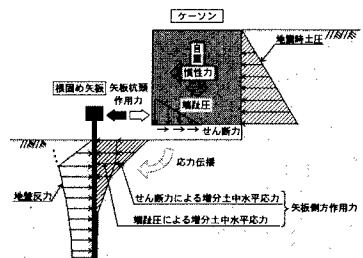


図-4 根固め矢板に作用する力

キーワード：岸壁、護岸、耐震補強、根固め、鋼管矢板

連絡先：鹿島建設株式会社土木設計本部・〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30・TEL:03-5561-2111・FAX:03-5561-2049

倒モーメントの釣合いにより求めた。ケーソン天端の水平変位は弾塑性床上の梁の解析で得られる矢板頭部水平変位に矢板頭部傾き分の水平変位を足したものとした。

4. 設計計算法の検証とケーススタディ

設計計算法の妥当性の把握を目的とし、図-1 の諸元で、動的解析と設計計算の比較を行った結果を、表-1 及び図-5 に示す。比較の結果、設計計算が大きい側の安全側の結果となるが、両者は概ね一致することを確認した。

ケーススタディとして、設置水深、設計震度を変化させ、耐震補強に必要な矢板の諸元を検討した。結果を表-2 に示す。表中、各欄は上から、ケーソンの諸元、ケーソン作用力、矢板作用力（側面作用力は分布荷重の積分値）、矢板の必要諸元（径、板厚、矢板長）である。鋼管矢板の鋼種はSKY50 とした。検討の結果、通常条件を有する岸壁であれば根固め矢板による耐震補強が適用可能であることを確認した。

5. 施工法の検討

根固め矢板式耐震補強法は既設ケーソンを利用し、撤去が不要なため、工期短縮、コスト縮減が可能である。また、撤去のための切り作業が無く、安全環境面にも優れた工法である。施工は各種方法が可能で、海側からの施工では、陸上部（後背地）の利用状況、構築物や障害物の存在等に関係なく実施できる。また、走行式張出架台（片持ち型、神戸港岸壁の災害復旧工事で実績があるハーバ・ステージパイル工法²⁾、等）を用いれば、陸上からの作業のみでの施工も可能である。

根固め矢板式耐震補強法の施工性確認のために、試しに、提案補強法の他に控え杭式矢板岸壁も考え、陸上及び海上施工した場合の工期の検討を行った。検討は、施工延長 400m とし、2 組の施工設備、地盤改良無し等の仮定を設けて行った。表-3 の結果より、根固め矢板式耐震補強法と波浪等の外力の影響を受けない陸上施工の組合せにより、最も工期が短くなることを確認した。なお、工費については、海上施工に比べ 2~3 割程度削減できることを確認した。

6. おわりに

根固め矢板式耐震補強に対し、設計計算法の提案を行い、動的解析との比較により妥当性の把握を行った。合わせて施工検討より、走行式張出架台等を用いた陸上側からの施工で、工期・工費面で提案補強法が有利となることを確認した。最後に、本研究は、1997 年度に四者の共同研究として実施したものであることを記すとともに、「複合構造物専門委員会」（委員長：運輸省港湾技術研究所岩上前構造部長）の指導・助言を頂いたことを記して謝意を表します。

参考文献：1) 北澤ら(1999)：根固め矢板による重力式岸壁の耐震補強工法の開発，海洋研究論文集，vol.15（投稿中）。

2) 藤岡ら(1997)：作業船を使わず陸上から栈橋・岸壁工事の施工を可能とした地震被災岸壁の復旧工法—神戸ポートアイランド L6，7 パース岸壁復旧工事—，海洋研究論文集，vol.13，pp.411-416

表-1 動的解析と設計計算の比較

	動的解析結果	設計計算結果
矢板頭部変位	0.209 m	0.137 cm
矢板頭部作用力	389 kN	368 kN
矢板ヘッド最大値	1770 kN・m/m	2492 kN・m/m
ケーソン天端水平変位	0.545 m	0.554 m

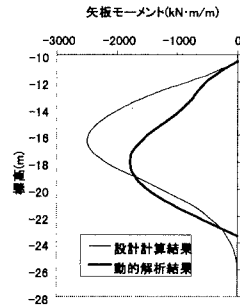


図-5 矢板曲げモーメント鉛直分布

表-2 設計計算例

水深		-7.5m	-10.0m	-12.0m
$k_s = 0.10 \rightarrow 0.15$	ケーソン諸元	幅：4.2m 高さ：10.0m	幅：5.7m 高さ：12.5m	幅：7.0m 高さ：14.5m
	ケーソン作用力	水平：582kN 鉛直：837kN	水平：859kN 鉛直：1310kN	水平：1118kN 鉛直：1732kN
	矢板作用力	頭部：163kN 側面：304kN	頭部：204kN 側面：421kN	頭部：250kN 側面：502kN
	必要矢板諸元	$\phi 800, t=9$ $L=8.9m$	$\phi 800, t=12$ $L=10.9m$	$\phi 900, t=14$ $L=11.2m$
	ケーソン諸元	幅：5.5m 高さ：10.0m	幅：7.8m 高さ：12.5m	幅：9.7m 高さ：14.5m
$k_s = 0.15 \rightarrow 0.20$	ケーソン作用力	水平：817kN 鉛直：1092kN	水平：1219kN 鉛直：1704kN	水平：1606kN 鉛直：2291kN
	矢板作用力	頭部：288kN 側面：281kN	頭部：387kN 側面：443kN	頭部：461kN 側面：581kN
	必要矢板諸元	$\phi 800, t=9$ $L=10.9m$	$\phi 900, t=14$ $L=13.5m$	$\phi 1100, t=18$ $L=15.5m$

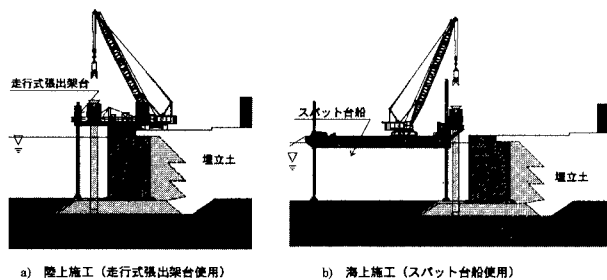


図-6 施工法の検討

表-3 工期比率

	根固め矢板式耐震補強法	控え杭式矢板岸壁
陸上施工	0.65	1.30
海上施工	1.00	1.75