液状化地盤流動防護壁の応答変位法による設計

鹿島　土木設計本部　正会員　○高原 秀夫　浜田 友康　平尾 謙一

1．はじめに

既設護岸背後地盤の液状化に伴う流動の対策工として、護岸と背後の構造物との間に、地盤流動変位を抑制する防護壁を設置する方法が考えられる。この防護壁には、多少変形しつつも、背後の地盤の土水圧に耐え得ることが要求される。

本稿では、図１に示すアンカー控え式鋼管矢板による防護壁の設計事例を報告する。

2．地盤条件

護岸近傍の地盤のＮ値、及び、レベル２地震動に対し道路橋示方書の方法で算定したF_L値を図２に示す。深度22mまでの平均F_L値は0.3程度となり、地盤は液状化すると判定される。

無対策の場合の液状化による地盤の流動変形量を安田らの提案するALID[1)]を用いて予測した結果、護岸法線の水平変位は約2.7m、鋼管矢板位置で約2.3mとなり、背後の構造物に大きな影響を与えることが懸念された。

3．設計の考え方

液状化時に、流動防護壁に作用する荷重を図３に示す。防護壁の前面及び背面には、液状化土圧（ρ=2.0t/m³の泥水の静水圧）の他、地震時慣性力による動水圧が作用する。ここで、防護壁が剛でほとんど変形しない構造形式であれば、動水圧はWestergaadの式で求められる値相当となり、防護壁は、液状化土圧に加えて、この動水圧にも耐え得ることが要求される。しかし、防護壁にある程度の変形を許容すれば、動水圧は大きく低減すると考えられ、必要な耐力も小さくなる。このような観点から、防護壁の構造形式はたわみ性があるアンカー控え式鋼管矢板を計画することにした。また、動水圧の評価手法は、防護壁の変形により荷重が低減する効果を表現できる応答変位法を用いることとした。

解析モデル及び解析ステップを図４に示す。鋼管矢板には道路橋示方書に示されるＭ－φ関係を与えた。また、鋼管矢板の支持層部分には、受動土圧強度を地盤反力度の上限値とする地盤バネを考慮した。STEP2の動水圧作用時は、以下の考え方に従い、動水圧を応答変位法で評価した。

①支持層と液状化層との相対変位δを、兵庫県南部地震におけるポートアイランド基盤での変位軌跡[2)]を参考に20cmと仮定する。

②防護壁が仮に支持層と共に変位する場合、防護壁と液状化層

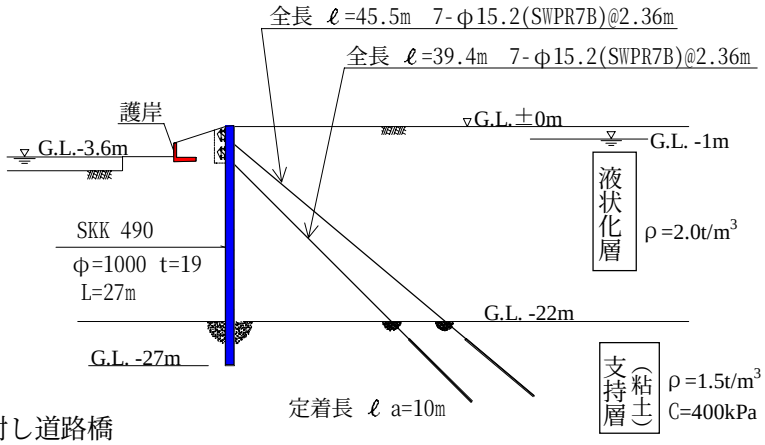


図１　護岸及びアンカー控え式鋼管矢板

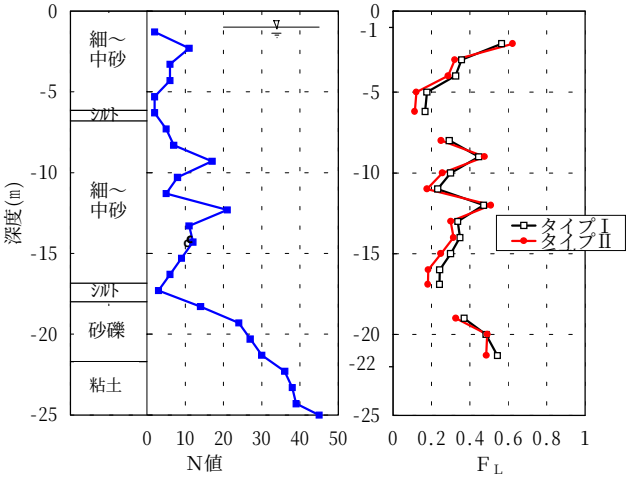


図２　Ｎ値及びF_L値分布図

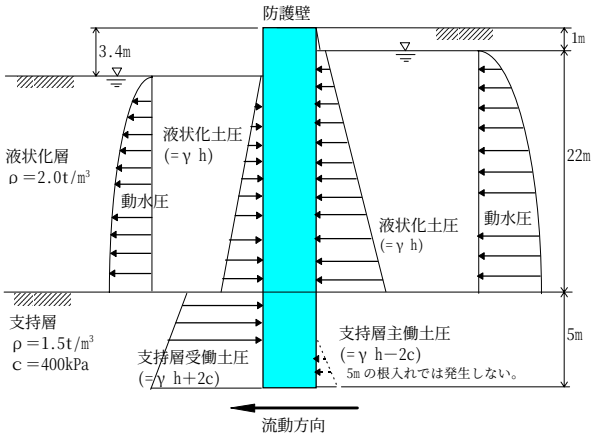


図３　液状化時に防護壁に作用する荷重

表１　部材照査の考え方

照査状態	荷重	矢板	アンカー
液状化時	液状化土圧（ρ=2t/m³の静水圧）	弾性範囲	弾性範囲
	液状化土圧＋動水圧（応答変位法）	若干の塑性変形範囲	弾性範囲

キーワード：　液状化、流動化、対策工、応答変位法、アンカー控え式鋼管矢板
〒107-8502　東京都港区赤坂6-5-30 鹿島土木設計本部　Tel．03-5561-2111　Fax．03-5561-2152

の相対変位が20cmとなるときに、Westergaadの動水圧相当の荷重が作用すると考え、地盤バネ値を下式で設定する。

$$k_h = p_{dw} / \delta$$

k_h：地盤バネ値、δ：20cm、

p_{dw}：Westergaad の動水圧

③この地盤バネを鋼管矢板の液状化層部分に付加し、地盤バネを介して20cmの強制変位を与える。

このような考え方で、液状化時の地盤変位に対し、アンカーは常に弾性範囲で、鋼管矢板は液状化土圧に対しては弾性範囲、更に動水圧が作用した状態では過度の塑性変形が生じないよう設計した（表１参照）。

4．設計計算結果

各ステップで鋼管矢板に発生する最大水平変位、及びアンカー張力を表２に示す。また、STEP2での、鋼管矢板の曲げモーメント図、水平変位図、地盤バネ反力図を図５に示す。

鋼管矢板の曲げモーメントはSTEP2で全塑性モーメントに達するが、STEP1では弾性範囲内となっている。また、アンカー張力は全ステップで弾性範囲内となっている。鋼管矢板が降伏するSTEP2での応答塑性率は1.2となり、過度な塑性変形は生じていない。この時の鋼管矢板の最大水平変位は0.31mであり、無対策の場合の矢板位置での流動変位（約2.3m）と比較して、流動変形が抑制できている。

5．まとめ

液状化時に防護壁に作用する荷重には、静的な液状化土圧と動水圧がある。動水圧は防護壁に多少の塑性変形を認め、たわみ性を生かすことで荷重を低減できると考えられる。動水圧の大きさは防護壁と地盤との相対運動に依存すると考えられるが、この点を本設計では相対変位に比例する荷重と考え、応答変位法を用いて評価した。これにより、流動防護壁の合理的な設計が可能である。

［参考文献］

1)安田他，「液状化に伴う地盤の大変形の簡易予測方法」，土と基礎，Vol.47，No.6，pp.29～32，1999

2)日本地震学会，土木学会，「阪神・淡路大震災調査報告　共通編-2 1編地震・地震動」，p214，1998

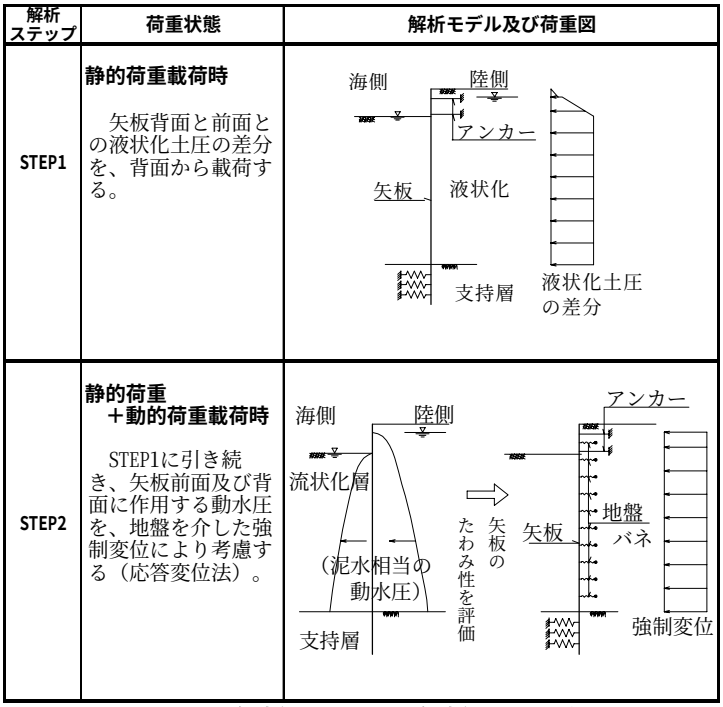
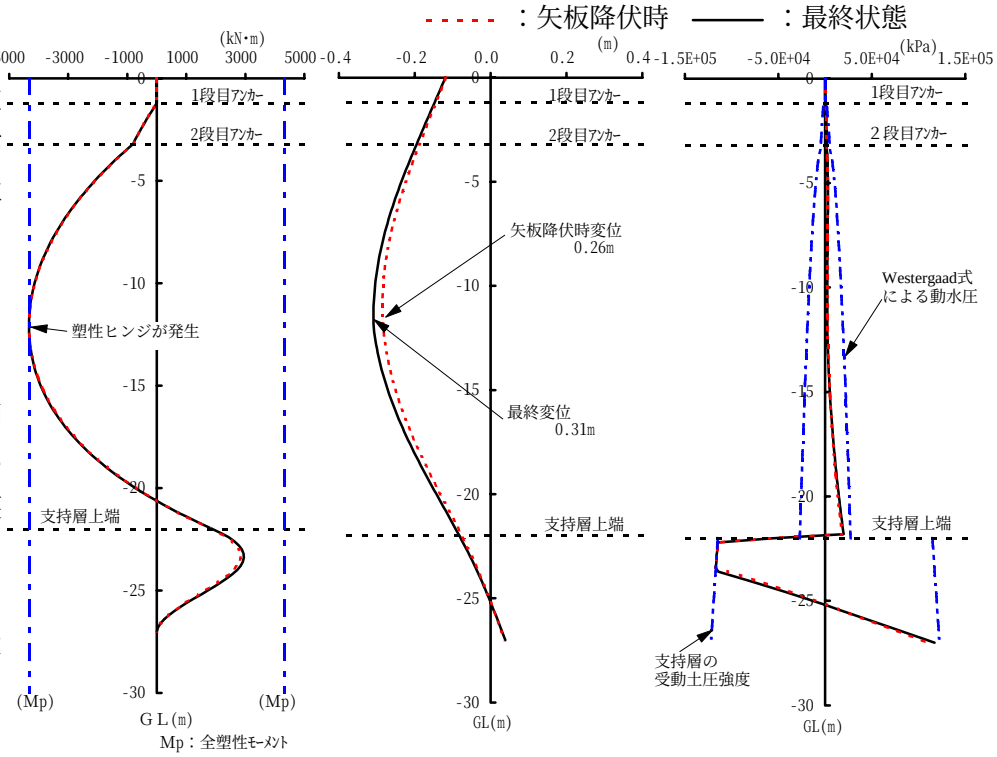


図４　解析モデル及び解析ステップ

表２　各ステップの解析結果一覧表

解析ステップ			STEP1	STEP2
鋼管矢板	照査位置(最終変位最大深度)(m)		GL-11.2	GL-12.0
	変位	常時変位(m)	0.01	0.01
		降伏時変位(m)	弾性範囲	0.26
		最終変位(m)	0.13	0.31
	応答塑性率		1.0	1.2
アンカー	１段目張力(kN)		970.2	1412.2
	２段目張力(kN)		951.6	1531.7
	降伏張力(kN)		1550.4	



(a)曲げモーメント図　(b)水平変位図　(c)地盤バネ反力図

図５　STEP2 の解析結果図