

矢板により水平土圧を増加させた河川堤防液状化対策の数値解析

愛媛大学 正会員 ○陣内尚子
愛媛大学大学院 正会員 岡村未対

1. はじめに

河川堤防の液状化対策では、法尻直下地盤に対策工を設けて堤体直下の液状化した土の側方流動を抑制し、これにより堤体の沈下を軽減する工法が用いられている。対策工法には地盤改良や鋼矢板打設工法があり、法尻に十分な用地がない場合などでは鋼矢板が多用されている。現在の設計法¹⁾によると、矢板による天端沈下量低減効果は地盤改良による対策工に比べて小さく²⁾、矢板の型式を上げるなどしても許容沈下量以内に収まらないこともあり得る。そのため、より沈下抑制効果の大きい鋼矢板工法が望まれている。

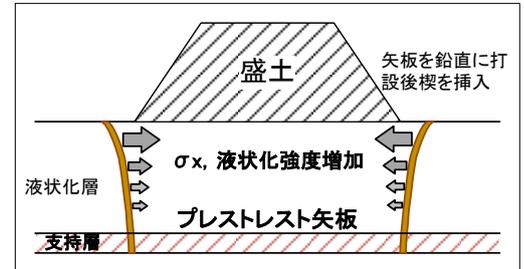


図1 プレストレスト矢板工法

矢板を法尻に打設した対策工では、地震時に堤体法尻部直下（矢板の内側の液状化層浅部）の箇所で土の液状化安全率 FL が小さく、この部分が弱部となって堤体直下の液状化した土が流動し堤体の沈下が抑制されにくい。この部分の土の強度を上げることでより有効な対策となり得るものと考えられる。

そこで本研究では、矢板の弾性を生かし、打設時に堤体直下地盤に水平方向のプレストレスを与える工法（以下、プレストレスト矢板工法）を考案した。プレストレスト矢板工法は、鉛直に打設した後に矢板の堤体側に楔を打ち込む等して、矢板の弾性力により堤体直下地盤の水平応力を増加させ、それによって液状化強度の増加と天端沈下量の減少を期待するものである（図1）。本研究では、河川堤防液状化対策設計手法の地盤モデルを対象として液状化流動解析を行い、プレストレスが堤防の地震時沈下挙動に及ぼす影響を解析的に検討した。使用した解析プログラムは ALID/win Version5.3 の改良版である。

2. 解析条件

解析の対象は、CASE1 及び CASE2 の地盤モデルで、図2に示す。堤体高さ5m、法面勾配1:2、地下水位は、CASE1でGL-1.0m、CASE2でGL-1.5mである。CASE1は液状化層厚が薄いケース、CASE2は液状化層の中間に非液状化層（粘性土）を挟むケースである。各ケースの地盤定数を表1に示す。使用した鋼矢板は、10H型、IV_w型、VI_L型で、解析において、矢板頭部に堤体側に水平荷重をかけ、変位させた。荷重は、単位奥行きあたりに50kN/m、250kN/m、500kN/mの3種類のプレストレスをかけた。本研究では、CASE1及びCASE2の2ケースについて、プレストレスを与えない普通矢板（P=0）と3種類のプレストレスト矢板（P=50kN/m、250kN/m、500kN/m）の4種類を鋼矢板（10H型、IV_w型、VI_L型）の3型式を用いて、レベル2（地震動タイプI）を想定した最大加速度A_{max}450galを用い解析を行った。

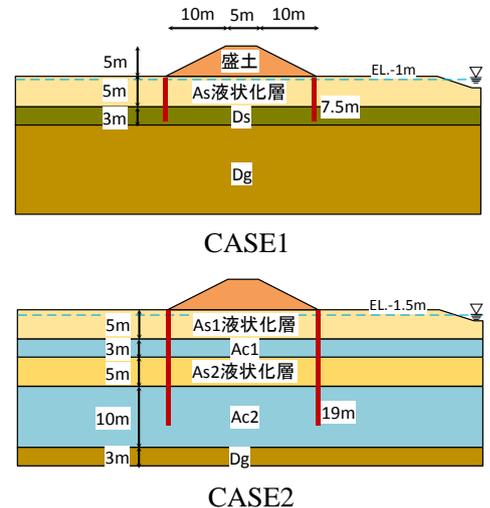


図2 地盤モデル

表1 地盤定数

	土層区分	γ_t (kN/m ³)	G (kN/m ²)	ν	FC (%)	C (kN/m ²)	ϕ (°)
CASE1	盛土	18.0	5,250	0.33	35	0	30
	As	18.0	5,250	0.33	14	0	30
	Ds	20.0	44,850	0.33	3	0	40
	Dg	21.0	52,500	0.33	-	0	40
CASE2	盛土	18.0	5,250	0.33	35	0	30
	As1	18.0	3,680	0.33	22	0	30
	Ac1	17.0	2,150	0.33	65	45	0
	As2	19.0	11,100	0.33	18	0	30
	Ac2	17.0	2,640	0.33	87	60	0
	Dg	21.0	52,500	0.33	-	0	40

3. 結果と考察

図3は、CASE2鋼矢板IV_w型の場合の普通矢板と2種類のプレストレスト矢板導入後の水平応力の分布である。プレストレスによる水平応力増加は矢板の頭部近傍で大きく、P=500kN/mのケースでは水平応力が大幅に増加している。堤体天端直下領域においても、矢板頭部の荷重Pの増加とともに土圧は増加し、

P=500kN/m のケースでは天端直下の平均的な地盤深度で水平応力が 30kPa から 80kPa まで増加している。図 4 は FL 分布図である。矢板の水平地盤側では、矢板頭部の変位により水平土圧が低下し、FL 値も小さくなっていくことから液状化強度も減少している一方、堤体直下地盤の FL 値は、矢板頭部近傍で増加している。さらに対策工法の弱点である法尻直下の液状化層浅部の FL は、本プレストレスト工法で意図したとおり顕著に増加している。図 5 は液状化により生じた地盤の変形図である。プレストレスの導入により全体的に変形が抑制されていることがわかる。特に法尻部分の流動変形及び堤体中央部分の沈下が抑えられ、天端沈下量が低減されている。図 6 は解析より求めた天端沈下量と鋼矢板の型式を水平荷重の大きさと比較したものである。両ケースにおいて、プレストレスを増加させることにより沈下低減効果が現れていることがわかる。

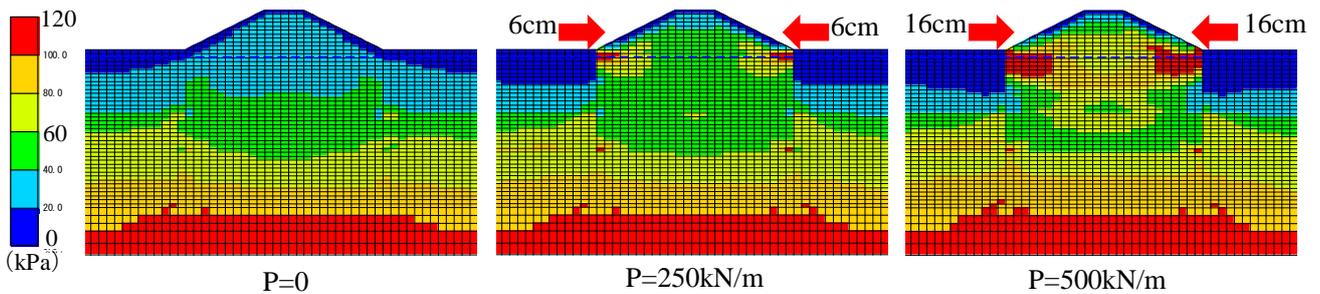


図 3 水平応力の分布 (CASE2, IV_w型)

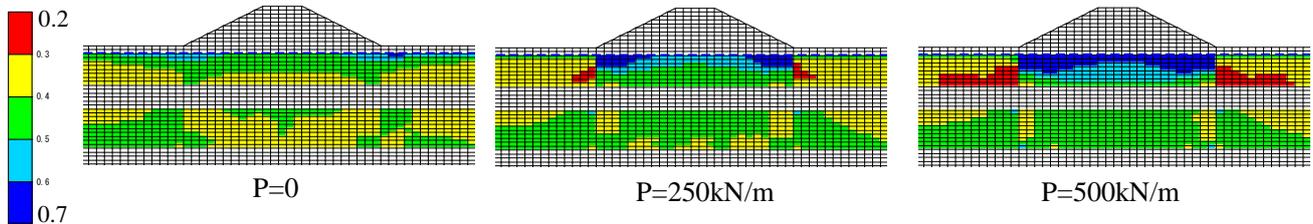


図 4 FL 分布図 (CASE2, IV_w型)

4. まとめ

堤体法尻に打設する矢板の液状化対策の効果をより向上させるために、水平応力を増加させ液状化強度を増大させるプレストレスト矢板工法を考案し対策効果を検討した。その結果、プレストレスの導入による水平土圧の増加率及び FL の増加は、FL 値が小さく大きな変形が生じやすい堤体法尻直下部で特に顕著であること、またこれにより液状化による堤体の沈下を改善できることがわかった。本プレストレスト矢板は施工後にある程度の地盤の変形が生じても、矢板にたわみが残っている限りプレストレスが作用し続ける特徴があり、また矢板頭部の変位をモニタリングすることによりプレストレスの経時変化を容易に知ることが出来る長所も有する。

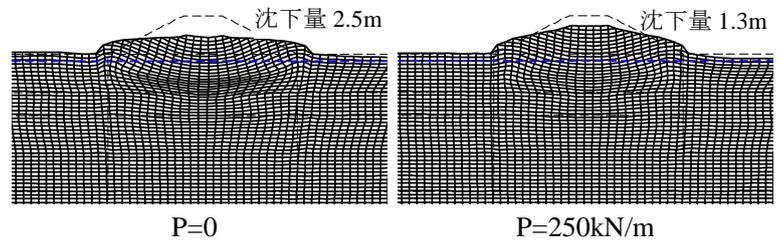


図 5 変形図 (CASE2, IV_w型)

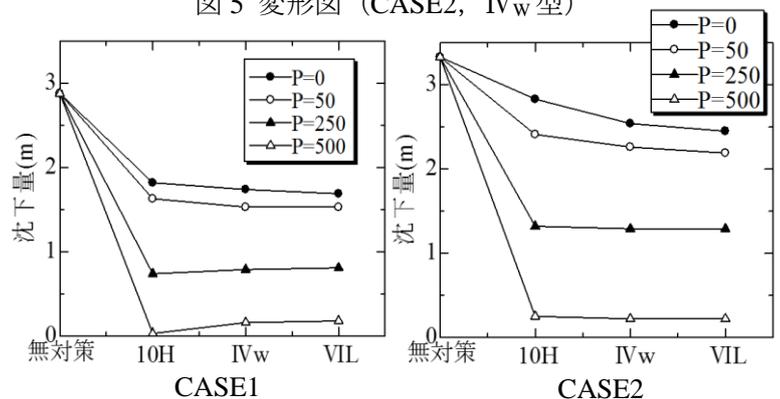


図 6 天端沈下量と鋼矢板型式の関係

謝辞：解析プログラム ALID/win Version5.3 の修正に関して、株式会社地盤ソフト工房安達健司氏にご尽力頂いた。記して謝意を表す。

5. 参考文献

- 1) 佐々木・石原 (2016)：河川堤防の液状化対策の手引き，土木研究所資料，No. 4332.
- 2) 土木研究所土質振動チーム (2016)：河川堤防の液状化対策の手引きの計算例
<http://www.pwri.go.jp/team/smd/topics-eki.jyouka.html>.