

鋼矢板とカゴ枠を用いた河川堤防の耐震補強に関する二次元有効応力解析

(株)地震工学研究所 正会員 ○細尾 敦
飯田技術士事務所 正会員 飯田 毅
(株)地震工学研究所 正会員 宇高 竹和

1. はじめに

近年、地球規模において大規模地震や集中豪雨の発生頻度が増加し、都市化の進展に伴うリスクポテンシャルの変化もあり、既設河川堤防の耐震補強が重要視されている。基盤部の液状化に伴う盛土沈下対策工の1つとして鋼矢板を用いた対策法及びその応用工法があり、重力場での振動台を用いた模型実験により、効果が確認されている^{1)~4)}

ここでは、効果が確認された「鋼矢板複合構造対策(カゴ枠、アンカー工、短杭、タイロッド)」について、二次元有効応力解析コードFLIP⁵⁾ver7.1.9を用いて再現解析を実施し、対策工による盛土沈下抑制効果を確認したので報告する。

2. 解析諸元

解析ケース及びFEMモデルを表1に示す。解析は、飽和支持地盤における①無対策盛土、②矢板+カゴ枠(タイロッド付き)、③矢板+カゴ枠(アンカー長100mm)、④矢板+カゴ枠(アンカー長200mm)の計4種類について実施した。

地盤部はマルチスプリング要素、鋼矢板、アンカー、及び短杭は線形はり要素、タイロッドは線形バネ要素、地盤と鋼矢板の間にはジョイント要素を用いてモデル化した。また、支持地盤は上部地盤、下部地盤の2層に分類し、飽和支持地盤での上部地盤を液状化層とした。境界条件は、側方、底面境界ともに固定とした。各材料パラメータを表2に示す。本解析における材料パラメータは実験における計測記録²⁾を基に算定し、液状化パラメータは簡易的ではあるが実験で得られた過剰間隙水圧にフィッティングするように設定した。入力地震動は、振動数3Hzの正弦波20波であり、400gal単発加振として検討を行った。

表1 解析ケース及びFEMモデル

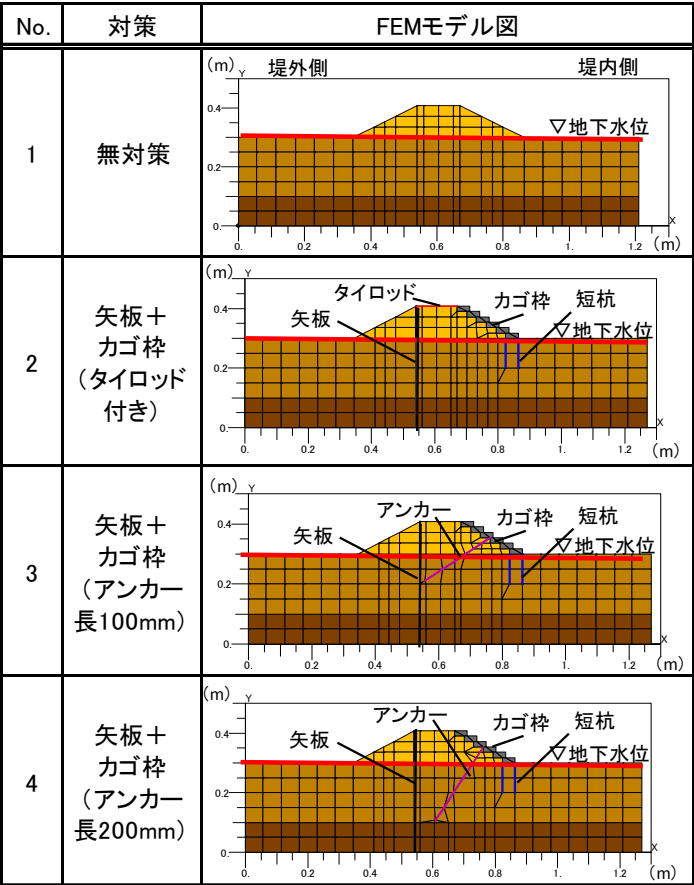


表2 材料パラメータ

(a) 地盤 (動的変形特性)					(b) 鋼矢板、カゴ枠、アンカー、短杭、タイロッド				
動的変形特性	パラメータ	盛土※1	上部地盤※2	下部地盤	パラメータ	矢板	カゴ枠	アンカー	短杭
	密度(g/cm3)	1.535	1.920	1.951	ヤング係数E(kN/m2)	2.E+08	2.E+07	2.E+08	2.E+08
	基準拘束圧σ _{ma'} (kN/m2)	2.112	1.821	1.821	ポアソン比ν(kN/m2)	0.3	0.17	0.3	0.3
	せん断弾性係数G _{ma} (kN/m2)※3	6507	2050	2050	せん断弾性係数G	8.E+07	-	8.E+07	8.E+07
	体積弾性係数K _{ma} (kN/m2)	16970	5346	5346	断面二次モーメントI(m4/m)	3.413E-10	-	3.059E-11	5.098E-11
	ポアソン比ν	0.33	0.33	0.33	密度ρ(g/cm3)	7.9	2.3	7.9	7.9
	間隙率n	0.45	0.43	0.41					
	内部摩擦角φ	28.8※4	38.0	38.0	パラメータ	タイロッド			
					ヤング係数E(kN/m2)	2.E+08			
					径φ(mm)	3.E+00			
					断面積A(m2/m)	5.E-05			
					ばね剛性K0(kN/m2)	86800			

※1 盛土は珪砂5号+カオリンを5:1
※2 上部地盤のみ液状化パラメータ設定⇒①変相角:28.0° ②S1:0.005③w1:5.0
④p1:1.0 ⑥c1:1.0
※3 板たたき法よりせん断波速度Vsを測定し算定
※4 一面せん断試験より算定

キーワード 堤防、鋼矢板補強、カゴ枠、アンカー、模型実験、有効応力解析

連絡先 〒160-0004 東京都新宿区四谷 4-27-2 新宿Yビル3階 (株)地震工学研究所 TEL 03-3226-8733

3. 解析結果

3.1 残留変形

飽和支持地盤での各ケースにおける 400gal 加振後の残留変形を図 1(a)~(d)に示す。図 1 より、①無対策盛土では支持地盤で液状化が発生したことにより、盛土直下地盤が盛土荷重の存在で、両法面下地盤を堤外・堤内へ水平に押し出す形で崩壊状態にあり実験結果に近い^{1)~4)}。②鋼矢板+カゴ枠系対策では、堤内側にカゴ枠を設置したことにより堤内側法面部の沈下抑制効果がみられる。③鋼矢板+カゴ枠系対策の各ケースでも基礎地盤内の液状化により法尻下部の地盤に水平方向への変状がみられるものの盛土初期形状をほぼ保ち、概ね模型実験結果と対応しており、解析的にも補強効果が確認できた。

3.2 盛土天端部残留沈下量

各ケースでの盛土天端部残留沈下量について実験結果との比較を図 2 に示す。図 2 より、①Case-1 無対策での沈下量は加振レベル 400gal 時で実験値 50.2mm、解析値 58.3mm と概ね整合している。②各ケースにおける沈下量の傾向は、実験結果と整合しており、いずれの対策工でも無対策より沈下量は少なくなる。③Case-2 のように、矢板とカゴ枠をタイロッドで連結するよりも、Case-3,4 のようにアンカーを支持地盤に打設した方が沈下量は少ない。④Case-3,4 でアンカー長を変化させても沈下抑制効果はあまり変わらなかった。

3.3 過剰間隙水圧比及び最大せん断歪

過剰間隙水圧比について、いずれのケースでも支持地盤上層部全域においてほぼ 1 となり、液状化が発生している。

最大せん断歪について、Case-1 の無対策に比べ、Case-2~4 の各対策工ではせん断歪の大きな範囲が減少し、特に Case-3,4 のアンカーを組合せた対策工でその範囲は小さい。地盤内のせん断歪の傾向は実験結果と一致しなかったが、カゴ枠とアンカーを組合せた場合、定性的にはその範囲が小さくなることは言えた。

4. まとめ

模型実験^{1)~4)}について二次元有効応力解析コード FLIP ver7.1.9 を用いて再現解析を実施した。

その結果、地盤—盛土の変形状態、盛土天端沈下量に関しては、鋼矢板とカゴ枠の補強効果を解析的に確認する事ができた。

今後の課題として、過剰間隙水圧比などを合わせるための適切なパラメータ設定が挙げられる。

本検討では日鐵住金建材江守良介様に多大なご協力を頂きました。末筆ながら謝意を表します。

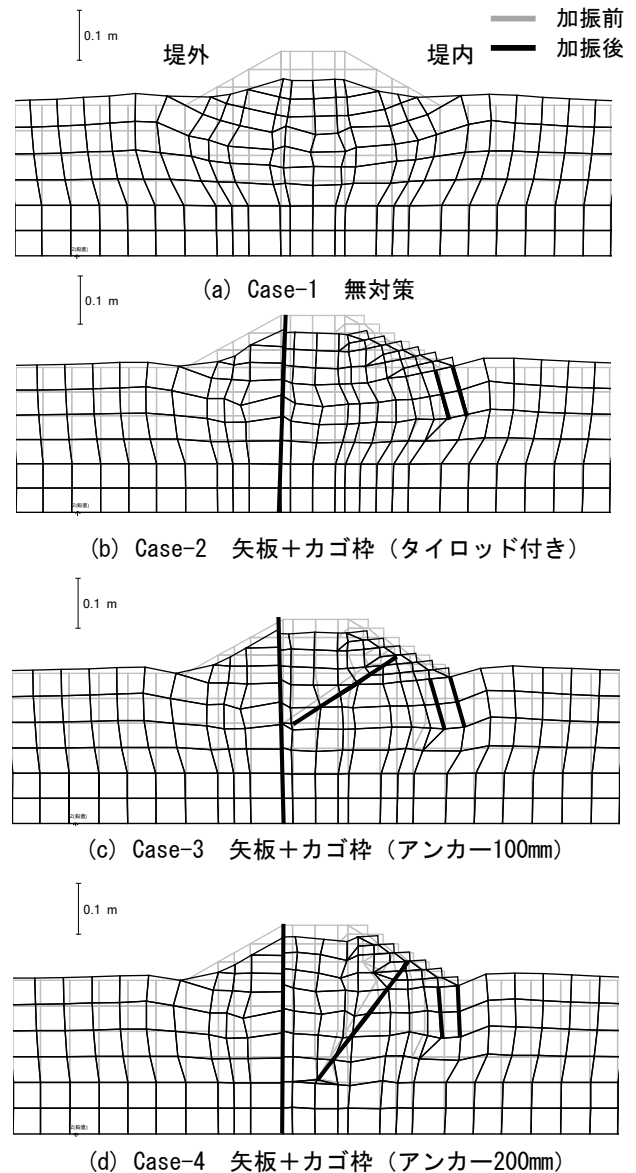


図 1 残留変形(飽和地盤-400gal 加振後)

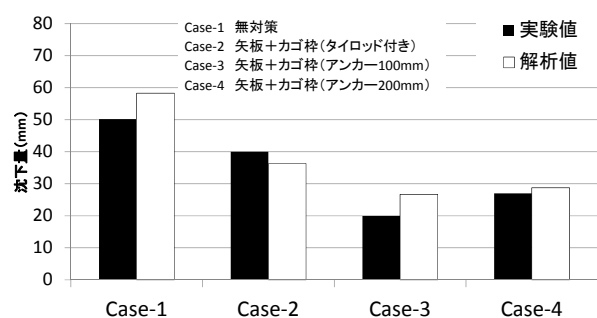


図 2 各ケースにおける加振後の盛土天端沈下量

[参考文献]

- 1) 鈴木、飯田、太田、住田、田中、乙志：鋼矢板による河川堤防の耐震補強に関する模型実験(その1)、土木学会第67回年次学術講演会、2012
- 2) 太田、飯田、鈴木、住田、田中、乙志：鋼矢板による河川堤防の耐震補強に関する模型実験(その2)、土木学会第67回年次学術講演会、2012
- 3) 細尾、飯田、大島、宇高：鋼矢板による河川堤防の耐震補強に関する基礎的研究—二次元有効応力解析—、土木学会第68回年次学術講演会、2013
- 4) 住田、飯田、太田、乙志、藤原：鋼矢板による河川堤防の耐震補強に関する模型実験、土木学会第68回年次学術講演会、2013
- 5) Iai, Matsunaga, Kameoka: Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.32, No.2, pp.1-15, 1992.