

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—

(株) 地震工学研究所 正会員 ○細尾 敦
大阪産業大学 正会員 飯田 毅
(株) 地震工学研究所 正会員 大島 快仁
(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ており、従来以上に既設河川堤防の耐震補強が重要視されている。そこで、筆者の一人は既設河川堤防の耐震補強法の一つとして鋼矢板を用いた対策法及びその応用工法について考案し、対策効果について振動台を用いた模型実験により検討を進めている^{1~4)}。

ここでは、それら模型実験の2、3のケースについて二次元有効応力解析コード FLIPver7.1.9 を用いて再現解析を実施し、対策工の補強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。本解析は、気乾支持地盤における無対策盛土 1 種類、飽和支持地盤における①無対策盛土、②2重矢板締め切り対策盛土、③矢板+根入れセル式対策盛土(根入れ長 H=100mm)、④矢板+根入れセル式対策盛土(根入れ長 H=200mm) 4 種類の計 5 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¹⁾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、気乾支持地盤では加振レベル 100gal、200gal、400gal、

600gal、800gal の 5 段階累積加振である。飽和支持地盤では、本解析は非排水条件の為、単発加振の加振レベル 400gal の結果を主に採用した。地震動の入力データは実際に振動台で計測した値を使用した。

表1 解析ケース及びFEMモデル

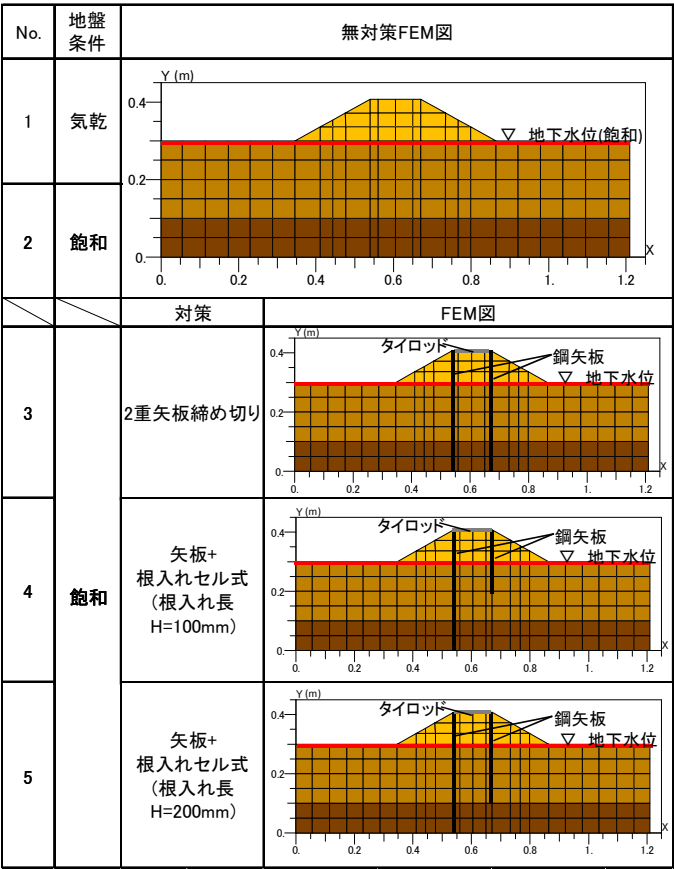


表2 材料パラメーター一覧

(a) 地盤(動的変形特性)

パラメータ	気乾支持			飽和支持		
	盛土	上部地盤	下部地盤	盛土※2	上部地盤※1	下部地盤
密度(g/cm3)	1.413	1.401	1.447	1.535	1.920	1.951
基準拘束圧 σ _{ma} (kN/m2)	2.112	2.112	2.112	2.112	1.821	1.821
せん断弾性係数 G _{ma} (kN/m2)※3	6507	6507	6507	6507	2050	2050
体積弾性係数 K _{ma} (kN/m2)	16970	16970	16970	16970	5346	5346
ポアソン比 ν	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
間隙率 n	0.44	0.44	0.43	0.45	0.43	0.41
粘着力 c	0	0	0	4※4	0.0	0.0
内部摩擦角 φ	38	38	38	28.8※4	38.0	38.0

※1 飽和地盤では上部地盤のみ液状化パラメータ設定⇒①変相角: 28.0° ②S1: 0.005 ③w1: 5.0 ④p1: 0.5 ⑤p2: 1.0 ⑥c1: 1.0
※2 盛土は珪砂5号+カオリンを5:1
※3 板たきよりせん断波速度Vsを測定し算定
※4 一面せん断試験より算定

(b) 鋼矢板

ヤング係数 E(kN/m2)	2.000E+08
ポアソン比 ν(kN/m2)	3.000E-01
せん断弾性係数 G	7.692E+07
断面二次モーメント I(m4/m)	3.413E-10
密度 ρ(g/cm3)	7.9

(c) タイロッド

径 φ(mm)	3.0
ヤング係数 E(kN/m2)	2.074E+08
断面積 A(m2/m)	5.437E-05
ばね剛性 K0(kN/m2)	86800

キーワード 堤防、鋼矢板補強、模型実験、有効応力解析、地震応答解析

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 03-3226-8735

3. 解析結果

3.1 残留変形

気乾支持地盤では 800gal、飽和支持地盤では 400gal 加振後の各ケースにおける残留変形を図 1、2 に示す。両図より、①気乾、飽和支持地盤ともに無対策盛土は崩壊状態にあり実験結果^{1)~4)}に近い。②鋼矢板補強のケースは法尻部の沈下変状がみられるものの盛土初期形状を概ね保っている。③2重矢板締め切り対策盛土は補強効果が大きい事が確認できた。

3.2 盛土天端部残留沈下量

気乾支持地盤での盛土天端部残留沈下量を図 3 に示す。図 3 より、沈下量は加振レベル 800gal 時で実験値 41.0mm、解析値 42.9mm と概ね整合している。

飽和支持地盤での盛土天端部沈下量の時刻歴を図 4 に示す。400gal 単発加振での実験は無対策盛土のみの実施であるため、その他のケースについては参考までに 5 段階加振の 400gal の結果を残留数値のみ示す事とする。図 4 より、①無対策盛土の沈下量は実験値 50.2mm、解析値 58.3mm と概ね整合している。②鋼矢板補強のケースは実験結果と差がみられるものの、2重矢板締め切りが一番効果的で、次いで、矢板+根入れセル式(H=200mm)、矢板+根入れセル式(H=100mm)の順で補強効果を発揮しており、実験結果⁴⁾と同様の傾向を示した。

3.3 過剰間隙水圧

盛土直下下部⁴⁾における過剰間隙水圧の時刻歴を図 5 に示す。実験結果については無対策盛土のみ示す事とする。図 5 より、無対策盛土については実験結果⁴⁾と概ね一致する。しかしながら、鋼矢板補強のケースについては無対策盛土の場合と同様の傾向にあり、過剰間隙水圧の観点からは補強効果を確認する事ができなかった。このことから、本解析では液状化パラメータを過剰間隙水圧のみで設定しているため、今後、液状化強度曲線や室内試験結果等から詳細に設定する事が必要であると考えられる。

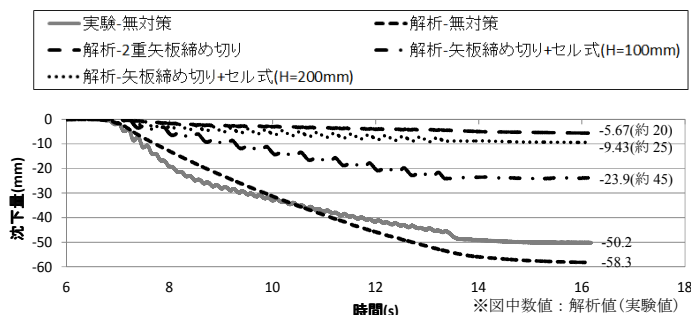


図 4 盛土天端部残留沈下量の時刻歴(飽和地盤-400gal)

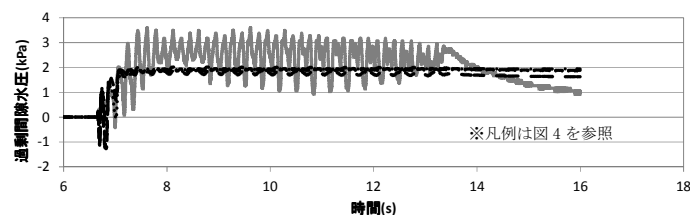


図 5 盛土直下下部過剰間隙水圧の時刻歴(400gal)

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-盛土の変形状態に関する比較より、定性的ではあるが鋼矢板の補強効果を確認する事ができた。

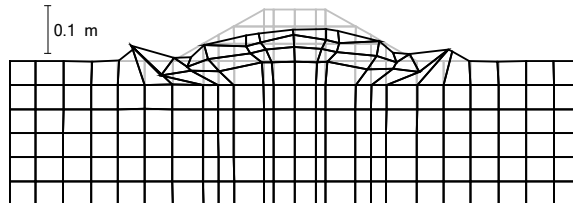
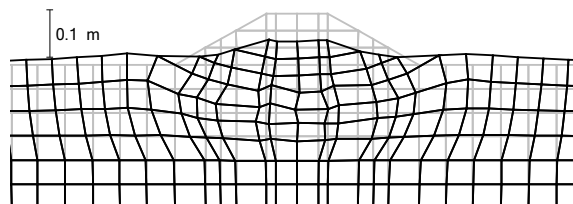
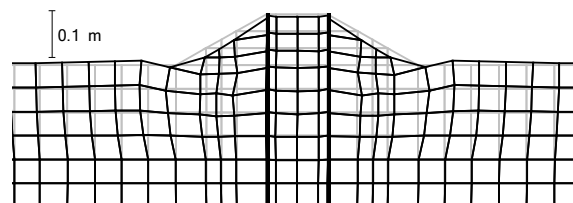


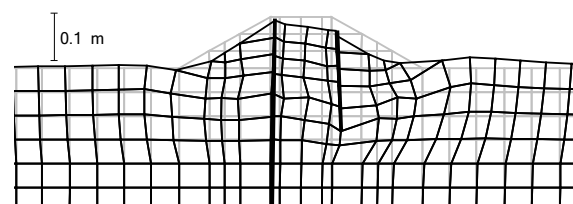
図 1 残留変形(気乾地盤-800gal 加振後)



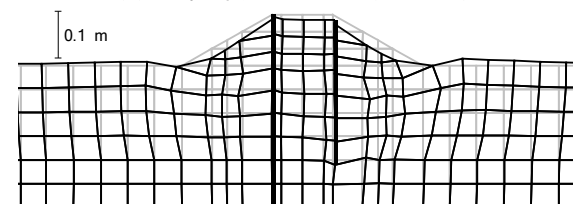
(a) 無対策



(b) 2重矢板締め切り



(c) 矢板+根入れセル式(H=100mm)



(d) 矢板+根入れセル式(H=200mm)

図 2 残留変形(飽和地盤-400gal 加振後)

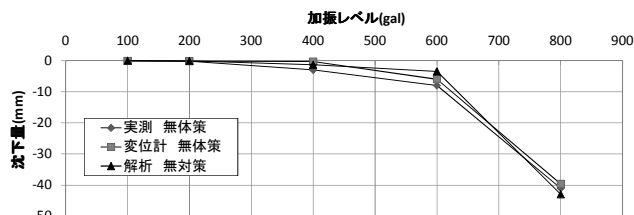


図 3 盛土天端部残留沈下量(気乾地盤)

[参考文献]

- 1) 鈴木: 鋼矢板による河川堤防の耐震補強に関する基礎的研究、平成23年度大阪産業大学修士論文
- 2) 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
- 3) 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
- 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(投稿中)