

動的有効応力解析法による河川堤防の液状化対策工法の検討

高知工業高等専門学校 学生会員 ○橋村元気 高知工業高等専門学校 正会員 岡林宏二郎
 高知工業高等専門学校専攻科 学生会員 吉門大輔

1. 序論

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、東北地方から関東地方の広い範囲で液状化が発生し、それに伴い多数の河川堤防が被災した。そのため、河川堤防に沈下が生じ、河川を遡上した津波が越流して被害が拡大した。近い将来、南海トラフ巨大地震は必ず発生するといわれており、高知県にも甚大な被害を及ぼす恐れがある。したがって、地震時に河川堤防としての機能を維持するための対策工が必要である。

本研究では、河川堤防の液状化対策工法について、有効応力解析法(LIQCA)を用いて液状化解析を行う。また、解析結果を本校所有の遠心力模型実験での実験結果と比較し、相応性を確認する。

2. 解析方法

2.1 検討モデル

本研究では、矢板を用いた工法と木杭を用いた工法について、打設位置や打設長さを変更し、検討を行った。図1に未対策盛土地盤モデル(CASE1)、図2に対策効果の高かった2つのケース(CASE3、CASE6)、表1に検討ケースを示す。

2.2 解析方法

有効応力解析法に基づいた液状化解析手法として開発された液状化解析プログラム(SoilWorks for LIQCA)を用いて行う。図3に解析手順を示す。

2.3 入力地震波

盛土地盤で液状化を発生させるために必要な加速度を道路橋示方書¹⁾の簡易判定法に基づいて算出し、地震波を設定する。遠心相似則より、解析では遠心力模型実験で加振した地震波の加振時間を40倍、加速度の大きさを1/40にしたもの(図4)を用いた。最大加速度は141galである。

3. 結果及び考察

3.1 水平変位および鉛直変位

表2にそれぞれのケースの水平変位および鉛直変位を示し、図5にCASE1の解析結果(合成変位および過剰間隙水圧比分布)を示す。盛土天端部の鉛直変位はCASE3がもっとも小さかったが、盛土法尻部の水平変位および鉛直変位はCASE6が最も小さくなった。

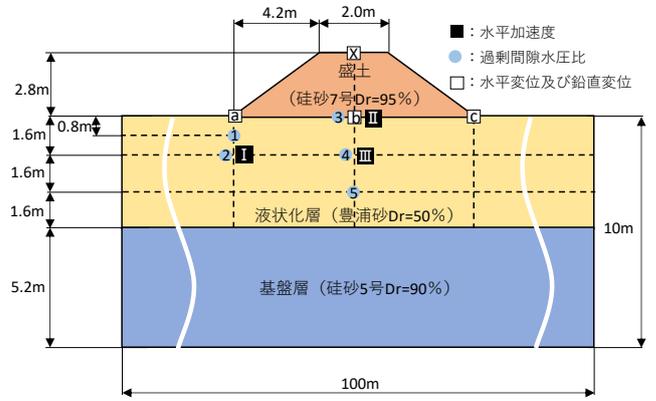


図1 結果抽出地点(CASE1)

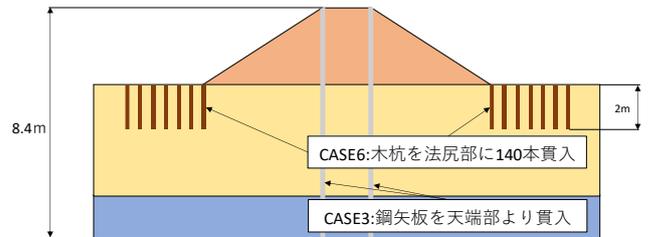


図2 モデル概略図(CASE3, CASE6)

表1 検討ケース

	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5	CASE6	CASE7
対策工	未対策	鋼矢板		木杭			
打設位置		盛土法尻	盛土天端	盛土直下	盛土法尻	盛土法尻	盛土法尻
打設本数		2	2	66	48	140	48
打設長さ(m)		5.6	8.4	2.0	2.0	2.0	4.0
打設間隔(m)		10.4	2.0	1.0	1.0	0.6	1.0

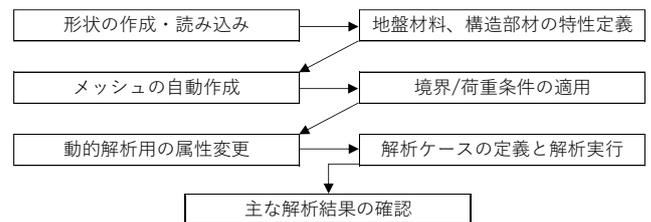


図3 解析手順

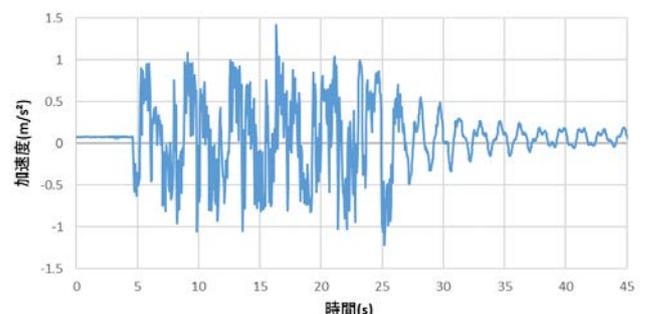


図4 入力地震波

3.2 過剰間隙水圧比

図5より、盛土直下部は液状化が発生していない。盛土法尻から水平地盤にかけて液状化が発生したことで側方流動が生じ、盛土による荷重を支えきれなくなったため、盛土の沈下が生じたと考えられる。

図6に過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。1、2、3、4地点でCASE6が最も小さい値となった。CASE6は盛土法尻部および盛土直下部の過剰間隙水圧比を低減させる効果が確認された。これは、木杭を貫入したことによって土層の相対密度が大きくなり、過剰間隙水圧が発生しにくくなったためと考えられる。一方で、地点5ではCASE3が最も小さい値となっている。鋼矢板によって地下水の流入がせき止められ、間隙水圧の上昇が抑制されたためと考えられる。

3.3 実験結果との比較

図7にCASE1の実験結果(加振後)を示す。図5と図7を比較すると、変位量は解析結果よりも実験結果の方が小さくなっている。これは、実験土層は容器の寸法の制約により水平および垂直の変形が抑制されたと考えられる。また、実験結果では盛土は形状を維持しているのに対し、解析結果では盛土は大きく破損している。実験では盛土を冷凍して作製し、液状化層の上に打設した後に解凍を行う。そのため、自然状態の盛土より強固になっていると考えられる。

4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1)液状化解析より、未対策の場合盛土直下部は液状化が発生していないが、盛土法尻部から水平地盤にかけて完全液状化し側方流動が発生したことで盛土が沈下したと考えられる。
- (2)木杭を用いた対策工は地盤の相対密度を大きくし、過剰間隙水圧比の上昇を抑制する効果が認められた。しかし、盛土法尻部の液状化を防ぐことはできなかった。
- (3)CASE3は盛土天端部の沈下を抑制する効果が、CASE6は盛土法尻部の変形を抑制する効果が認められた。

今後の課題について述べる。本研究の液状化解析で用いた地震波は、主要動が終了した後も小さい振動が続いている。主要動が終了した後も、液状化地盤の変形は継続する場合がある。したがって、地震終了後までを解析対象とし、地震動終了後の変形も検討する必要がある。

参考文献

- 1)地盤工学会：地盤工学ハンドブック, 1999. 3, p1309

表2 水平変位および鉛直変位

	水平変位				鉛直変位			
	X	a	b	c	X	a	b	c
CASE1	-0.189	-1.279	-0.144	0.713	-1.045	-0.613	-0.838	-0.227
CASE3	-0.233	-1.026	-0.003	0.746	-0.811	-0.725	-0.497	-0.326
CASE6	-0.055	-0.637	-0.145	0.366	-0.851	-0.367	-0.605	-0.343

単位：m

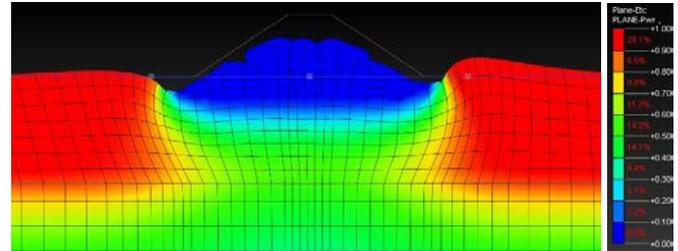


図5 CASE1 最終の変形および過剰間隙水圧比

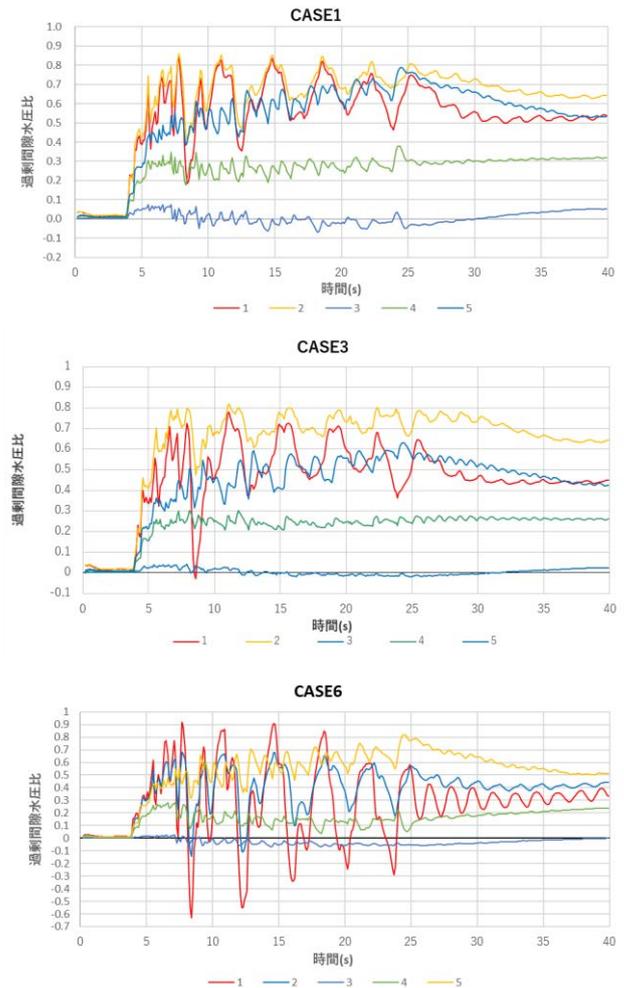


図6 過剰間隙水圧比時刻歴(解析結果)



図7 CASE1 実験結果(加振後)