

丸太杭打設による河川盛土の液状化対策に関する研究

高知高専 学生会員 ○近藤知輝 高知高専 正会員 岡林宏二郎
高知高専専攻科 学生会員 橋村元気

1. 研究目的

東北地方太平洋沖地震により、東北地方から関東地方の広域にわたって 2000 か所以上の堤防で、地盤等の液状化による被害が報告された。そのため今後は、海洋型の継続時間が長い地震波に対して粘り強い堤防への液状化対策を行っていくことが重要である。現在、丸太杭を用いた液状化対策工法が宅地盛土、漁港岸壁などに適用されており、森林資源の有効活用による経済効果、炭素貯蔵効果などから環境保全への貢献が期待できる¹⁾。本研究では、丸太杭打設による河川盛土の液状化対策工法について、丸太杭の挿入深度及び打設位置や地盤内の相対密度(Dr)の増加と液状化対策効果の関連性を検討する。

2. 解析方法

2.1 解析モデル

解析モデルは、本研究の盛土の動的遠心力模型実験で用いる盛土モデルのスケールを参考に、相似則を考慮して作成する。図1にCase5の解析モデルを示す。解析モデルでは、盛土を珪砂7号(Dr=95%)、液状化層を豊浦砂(Dr=50%)、基盤層を珪砂5号(Dr=90%)とする。

2.2 解析ケース

本研究では、有効応力解析ソフト Soilworks for LIQCA (2015) を用いて二次元地震応答解析を行い液状化対策効果の検討を行う。解析ケースは、相対密度、丸太杭の杭長及び打設位置を以下の様に変化させる。

- (1) 相対密度 (50%, 70%, 90%) の変化
- (2) 丸太杭の杭長 (2m, 4m, 6m) の変化
- (3) 丸太杭の打設位置 (盛土法尻部, 盛土下部, 盛土法尻部+盛土下部) の変化

これらの解析結果より、河川堤防の液状化対策工法設計をもとに盛土天端部の許容沈下量 0.8m と液状化抑制を満たすように検討を行う。表1に本研究で行った解析ケースを示す。

2.3 解析に用いるパラメータ

本解析では、斎藤の遠心力模型実験結果²⁾を参考に材料パラメータを設定した。また解析の入力地震波は、

本研究の盛土を用いた遠心力模型実験から得られた地震波を使用する。図2に入力地震波を示す。入力地震波は、レベル1地震動を想定しており、最大加速度が 1.41m/sec^2 である。

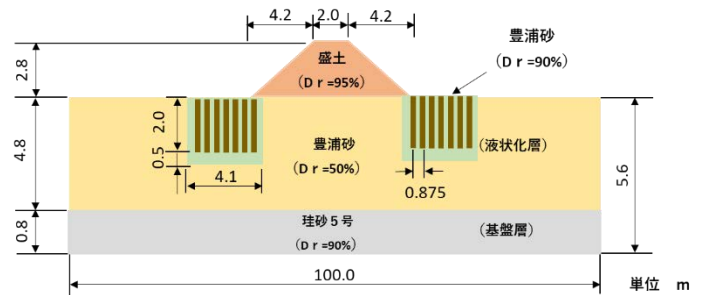


図1 Case5の解析モデル

表1 解析ケース

	相対密度 (%)	杭長 (m)		打設位置
		盛土下部	盛土法尻部	
Case1	50			盛土法尻部
Case2			2	
Case3	70		4	
Case4			6	
Case5			2	
Case6	90		4	
Case7			6	
Case8	70		4	盛土下部
Case9	90			盛土下部+法尻部
Case10	70			
Case11	90	4	6	

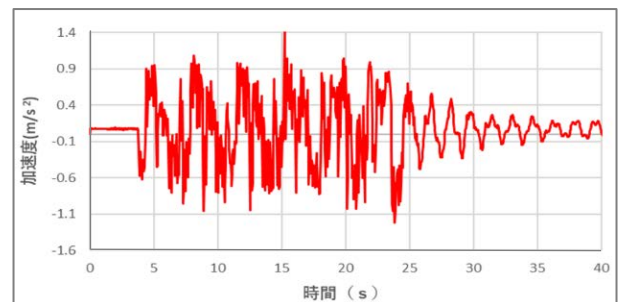


図2 入力地震波

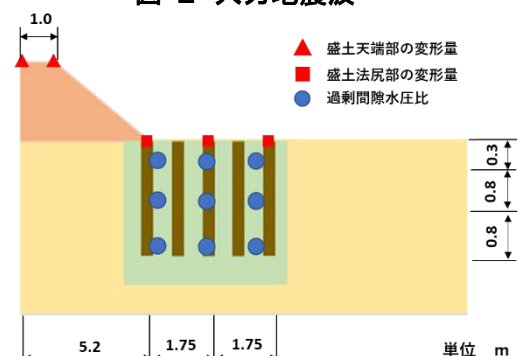


図3 解析結果のデータ抽出位置

3. 解析結果

3.1 解析結果のデータ抽出位置

図3に盛土天端部及び法尻部の変形量, 過剰間隙水圧比の解析結果データの抽出位置を示す。

3.2 盛土の変形抑制効果の検討

盛土天端部及び法尻部の変形量を表2, 表3に示す。表2より, Case9, Case11で本解析モデルの許容沈下量を満たしている。このことから, 盛土下部に丸太杭を打設することで盛土天端部の変形量を大幅に抑制できる。これは, 盛土下部の丸太杭が盛土の自重沈下を防いだからである。表2, 表3より, 相対密度及び丸太杭の杭長の変化から盛土法尻部の変形抑制が確認できる。しかし, 盛土法尻部のみ丸太杭を打設したCase4~Case7では, 対策をしていない水平地盤が液状化することで地盤内の支持力を失うため, 盛土天端部の変形は抑制できない。

3.3 液状化抑制効果の検討

図4に相対密度と過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。相対密度50%, 70%では過剰間隙水圧比が1.0に達していることから, 完全液状化が発生している。相対密度90%の時に過剰間隙水圧比が最大0.6程度と液状化抑制効果が確認できる。これは地盤内が密となり, 地震動が加わっても体積が収縮せず, 間隙水圧が上昇しないからである。図5に丸太杭の杭長と過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。杭長は2m, 4mで過剰間隙水圧比が1.0を超えていることから, 完全液状化が発生している。杭長の長さは6mで過剰間隙水圧比が最大0.6程度に抑制ができていることから, 液状化抑制効果が確認できる。図6に丸太杭の打設位置と過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。未対策の盛土と盛土下部に丸太杭を打設したケースでは, 盛土法尻部の過剰間隙水圧比は1.0に達しているため完全液状化が発生している。盛土法尻部へ丸太杭を打設したケースでは, 過剰間隙水圧比が最大0.6程度と液状化抑制効果が確認できる。

4. まとめ

本研究より, 以下の点が明確となった。

- (1) 液状化層の相対密度が上昇することで盛土法尻部の変形及び過剰間隙水圧比の上昇を抑制できる。
- (2) 盛土法尻部に丸太杭を打設することで法尻部の過剰間隙水圧比の上昇を抑えられる。
- (3) 盛土下部に丸太杭を打設することで盛土天端部の変形量を大幅に抑制できる。

表2 盛土天端部の変形量

	杭長(m)		相対密度(%)	最終変形量(m)		打設位置
	盛土下部	盛土法尻部		盛土天端部		
Case1			50%	1.1556		盛土法尻部
Case4	6		70%	1.1881		
Case5	2		90%	1.1391		
Case6	4			1.1558		
Case7	6			1.0832		
Case9	4			0.6495		
Case11	4	6		0.7666		

表3 盛土法尻部の変形量

	杭長(m)		相対密度(%)	最終変形量(m)			打設位置
	盛土下部	盛土法尻部		法尻部	丸太杭中央	縁部	
Case1			50%	1.4178	1.4493	1.6119	盛土法尻部
Case4	6		70%	1.1928	1.7301	1.7146	
Case5	2		90%	0.8010	0.9608	0.9974	
Case6	4			1.1636	1.4192	1.5048	
Case7	6			1.1419	1.2714	1.1561	
Case9	4			0.8362	0.4245	0.5951	
Case11	4	6		0.8586	0.9934	1.0291	

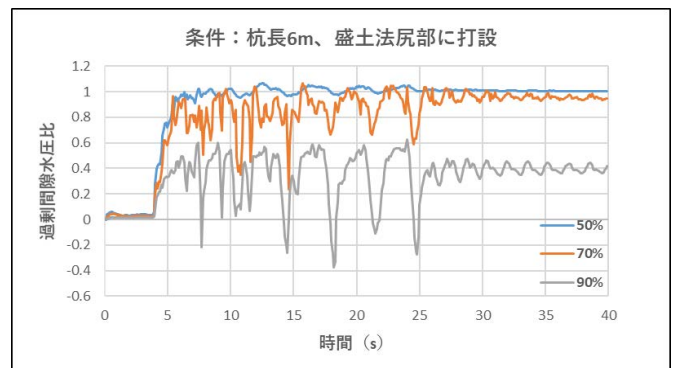


図4 相対密度と過剰間隙水圧比の時刻歴

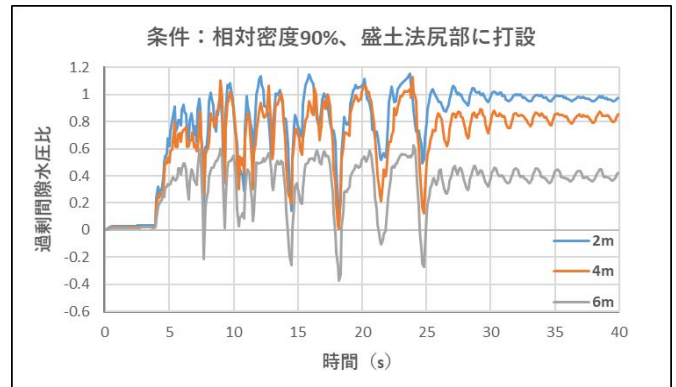


図5 丸太杭の杭長と過剰間隙水圧比の時刻歴

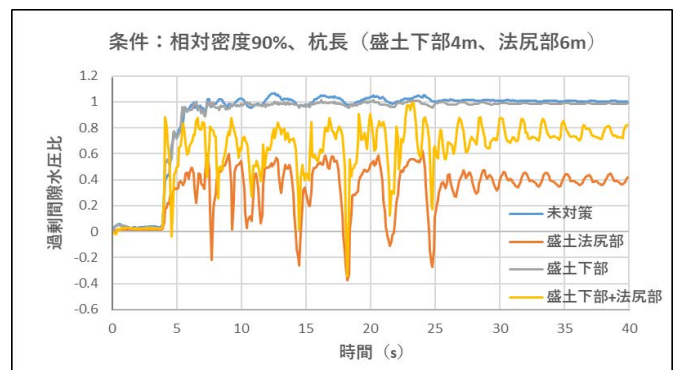


図6 丸太杭の打設位置と過剰間隙水圧比の時刻歴

参考文献

- 1) 沼田淳紀, 丸太打設&カーボンストック (LP-LiC) 工法の開発, (2014)
- 2) (株)四電技術コンサルタント 斎藤, 液状化解析プログラム LIQCA を用いた遠心模型実験のシミュレーション解析について, 2016.12, p 14