

地盤定数の空間的ばらつきを考慮した浸透固化処理地盤の地震時変形解析

九州大学 学生会員 ○西田啓介 正会員 笠間清伸 古川全太郎
 五洋建設(株) 正会員 片山遥平

1. 目的

地盤改良工法の一つに浸透固化処理工法¹⁾があり、主として砂質地盤の液状化対策を目的として用いられる。この浸透固化処理した地盤には、土質の不均質性や薬液浸透の不均一性により、一軸圧縮強さや液状化強度といった地盤定数に空間的ばらつきが生じることが報告されている²⁾。

本論文では、浸透固化処理工法で背後地盤を液状化対策した岸壁を対象に、FLIP を用いて地盤定数の空間的ばらつきを考慮して地震応答解析を行った。その結果を用いて、地盤定数のばらつきが地震時の岸壁の変形に与える影響について検討した。

2. 解析概要

図1と表1に解析対象の地盤と土質材料パラメータを示す。岸壁背後の浸透固化処理地盤の空間的ばらつきを表現するために、平均強度を84kPa、変動係数0.1~0.5とした対数正規分布で一軸圧縮強さをモデル化した。ただし、設計基準強度70kPaを満たさない要素は、未改良土相当の地盤として扱った。また、地盤のばらつきを表す指標として、改良部における設計基準強度以上の空間割合を適合率と定義した。つまり、未改良地盤の適合率は0、ばらつきを考慮しない改良地盤の適合率は1.0となる。浸透固化処理地盤の各要素の粘着力、基準初期せん断弾性係数および基準体積弾性係数は、一軸圧縮強さを基に変換を行った。図2にL2地震動を想定した最大加速度740Galの入力地震動と代表的な解析結果として岸壁天端部の水平変位の経時変化を示す。各適合率で100ケースのばらつきパターンを再現し、モンテカルロシミュレーションを実施した。

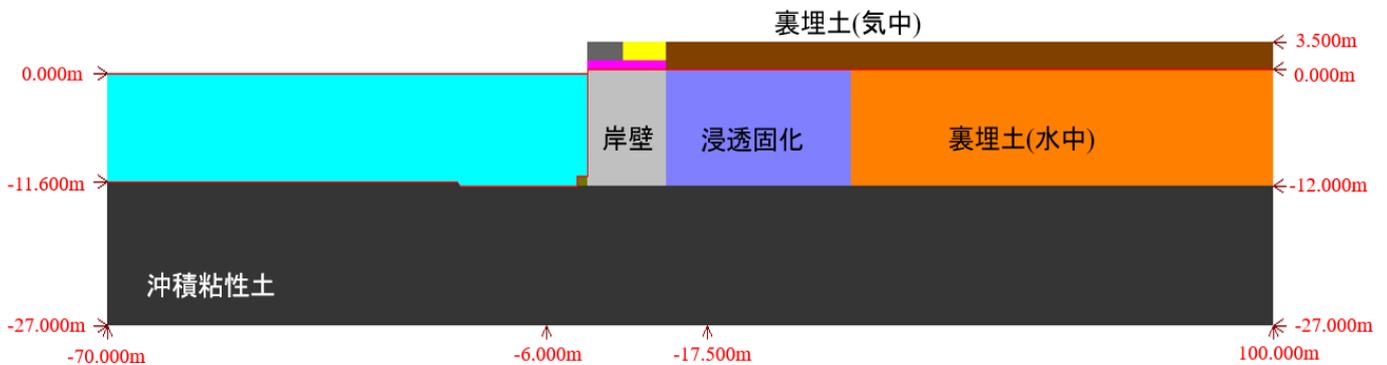


図1 解析地盤

表1 土質材料パラメータ

地盤	単位体積重量 γ (kN/m ³)	水中重量 γ' (kN/m ³)	基準初期せん断弾性係数 G_{ma} (MN/m ²)	基準体積弾性係数 K_{ma} (MN/m ²)	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ_f (°)	最大減衰定数 h_{max}	間隙率 n
洪積粘性土(海側)	17	7	49.6	129.3	146	-	0.2	0.55
裏埋土(気中)	18	-	67.2	175.2	-	39	0.24	0.45
裏埋土(水中)	18	10	49.1	128	-	38	0.24	0.45
洪積粘性土(護岸部)	17	7	49.6	129.3	146	-	0.2	0.55
洪積粘性土(陸側)	17	7	49.6	129.3	146	-	0.24	0.55
改良後	18	10	54	14.8	29.26	38	0.24	0.45

地盤	細粒分含有率 F_c (%)	変相角 ϕ_p (%)	液状化パラメータ				
			s1	w1	p1	p2	c1
改良後	-	-	-	-	-	-	-
裏埋土	10	28	0.005	4.661	0.5	1.035	1.567

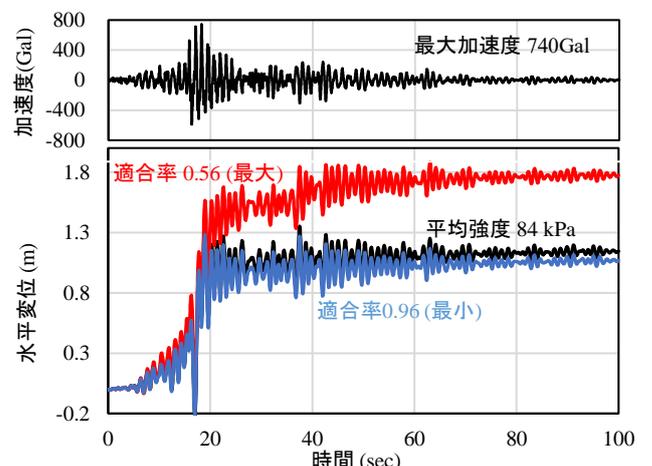


図2 入力地震動と水平変位の推移

3. 結果と考察

図3に岸壁天端部の最終水平変位の平均値と試行回数(回)の関係を示す。試行回数80回以降は全ての適合率においてほぼ一定値に収束し、試行回数は100回で十分な統計値が得られていると判断した。

図4は、各適合率における最終水平変位の頻度分布図である。カイ二乗適合度検定³⁾より有意水準5%で対数正規分布に適合した。有意水準5%で正規分布に適合するのは、適合率0.96と0.79のみであった。また、適合率0.96での最終水平変位の平均値と標準偏差はそれぞれ1.094mと0.014mであり、適合率0.56での平均値と標準偏差はそれぞれ1.441mと0.113mとなり、平均水平変位が約0.35mも大きく、標準偏差は約8倍となった。

図5は、岸壁天端部の最終水平変位と適合率の関係である。最終水平変位は、100回のモンテカルロシミュレーションの平均値、平均値±標準偏差、最大・最小値を示す。今回の解析では許容変位を1.5mで設定した。適合率が0.72を上回るとすべての地盤で許容変位1.5mを下回った。また、適合率0.61と0.68では、最大水平変位は許容変位1.5mを上回るものの、平均値+標準偏差の値は、許容変位を下回った。

図6は、最終水平変位が許容水平変位1.5mを下回る確率である。目標確率を0.9に設定すると、必要となる適合率は0.64となった。

4. 結論

本論文の結論は、次の通りである。

- (1) 強度の空間的ばらつきを考慮した浸透固化処理地盤の地震時における水平変位は、試行回数100回で十分な統計値が得られた。
- (2) 各適合率における岸壁の最終水平変位は、有意水準5%で対数正規分布に従う。
- (3) 許容水平変位を1.5mとしたとき、適合率0.72以上の浸透固化処理による改良を実施する必要がある。

5. 参考文献

- 1) 浸透固化処理工法技術マニュアル(改訂版)、一般財団法人 沿岸技術研究センター、2020。
- 2) 稲富祐太郎、善功企、陳光斉、笠間清伸：不良率に着目した改良地盤の液状化リスク分析、I_423-I_428、2011。
- 3) 能島暢呂、阿部雅人：土木・建築のための確率・統計の基礎、丸善出版、p355~p361、2007。

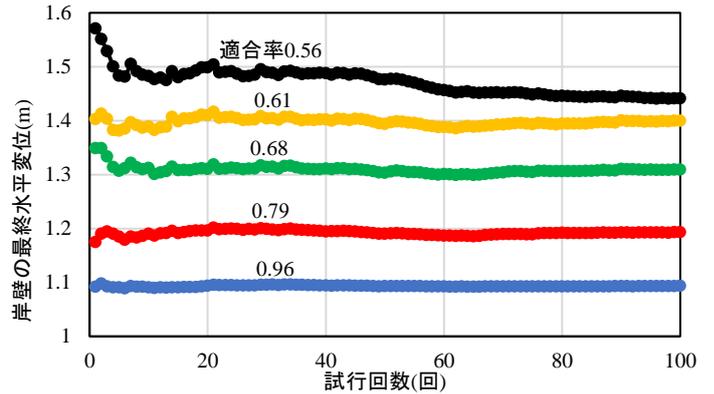


図3 試行回数に応じた水平変位の推移

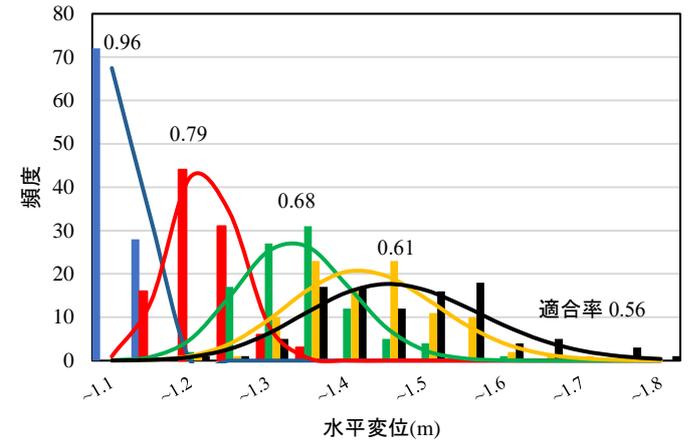


図4 水平変位の分布

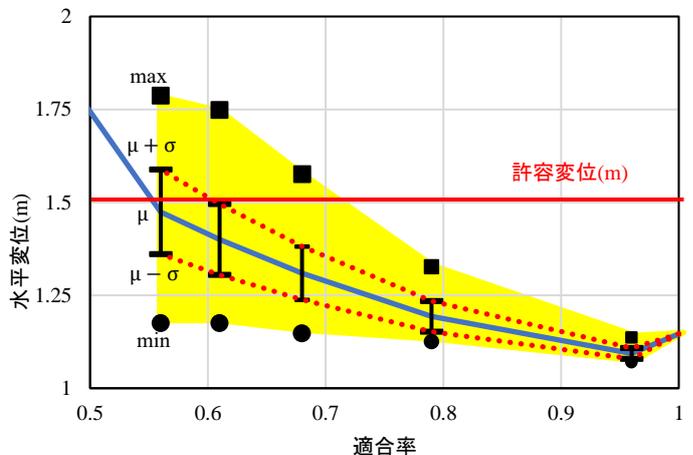


図5 水平変位 - 適合率の関係

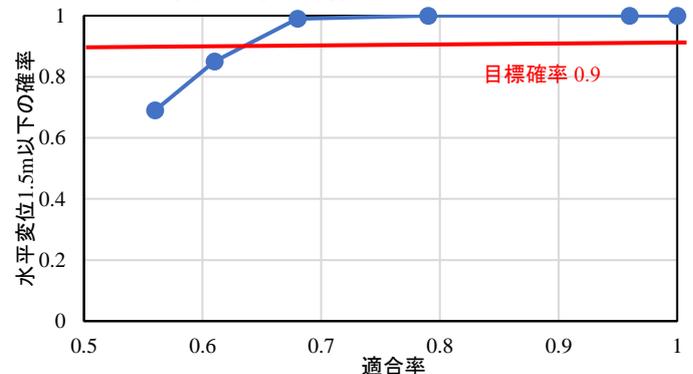


図6 水平変位 1.5m 以下の確率