

立命館大学 学生会員 ○山戸 貴嗣
立命館大学 学生会員 大矢 綾香
立命館大学 学生会員 飯田 悟

立命館大学 正会員 藤本 将光
立命館大学 フェロー 深川 良一

1. はじめに

ベトナム・ホーチミン市を流れるサイゴン川の流域では、近年、河岸斜面の崩壊により付近の家屋や構造物に甚大な被害が生じている。現在は、コンクリート等で順次護岸対策がなされているが、対象とする河岸の延長距離が長い為、効果的で経済的な対策が求められている。

本研究では、現地発生材をイメージして構成された改良土の三軸圧縮試験を行い、力学特性と強度定数を求めた。また、得られた強度定数を用いて、数値シミュレーションを行い、軟弱地盤に対する地盤対策工の効果を検証した。

2. 改良土の三軸圧縮試験

改良土の配合比を表1に示す。本研究では、まず粉殻灰の強度と破壊ひずみに及ぼす影響を調べるために、試験1と試験2を行った。その後、強度を上げるために生石灰の配合量を増やした試験3を行った。ここで、強度を大幅に上げることに成功したが、破壊ひずみが著しく低下したため、さらに改善するために稲わらを加えた試験4を行った。三軸圧縮試験としてはCU試験を実施させた。試験1から4の圧密圧力を表2に示す。また一例として試験4に対する応力-ひずみ曲線と有効応力経路図を図2、図3にそれぞれ示す。

三軸圧縮試験の結果より、試験1と試験2、試験4のいずれにおいても、なだらかに増加していき、試験終了条件である圧縮ひずみ15%を超えても降伏点を確認することができなかった。試験3は主応力差が最も大きい結果となったが、破壊ひずみが著しく低いという結果となった。そのため脆性破壊を引き起こしていると考えられる。その試験3の配合比に稲わらを加えた試験4は4つの試験の中で最もバランスのとれた結果となり、生石灰と稲わらによって強度が増加していることを示している。

表1 配合条件

	粉殻灰(%)	生石灰(%)	藤森粘土(%)	含水比(%)	稲わら(%)
試験1	10	4	100	55	—
試験2	5	4	100	55	—
試験3	10	5	100	55	—
試験4	10	5	100	55	1

表2 CU試験における圧密圧力

	試験1			試験2,3,4		
圧密圧力 σ_c (kN/m ²)	35	100	165	50	100	150

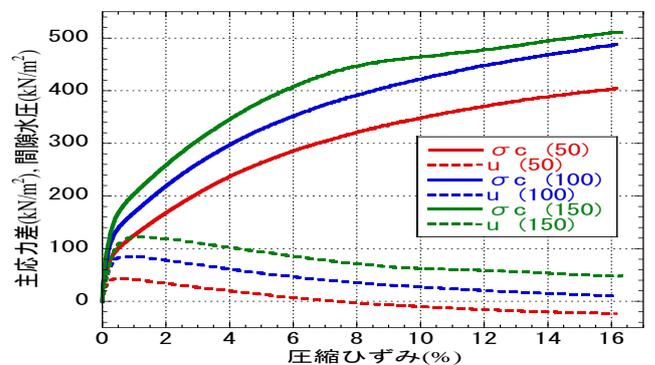


図2 応力-ひずみ曲線(試験4)

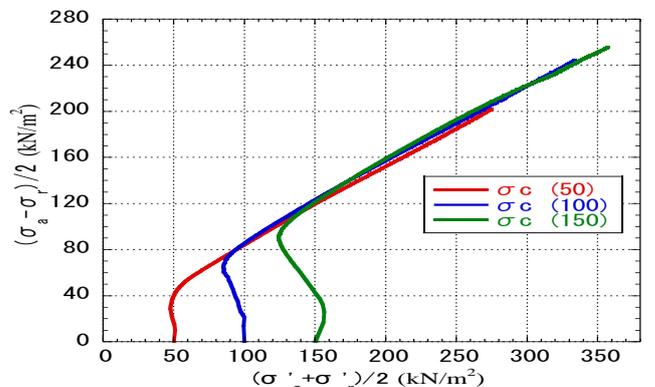


図3 有効応力経路図(試験4)

3. FEMによる解析について

本研究ではFEM(PLAXIS)¹⁾を用い、現地の地盤をモデル化し、地盤改良の効果を検証した。構成則は弾完全塑性、降伏基準はMohr-Coulombモデルとし、せん断強度低減法により安全率を推定した。また、今回は、静水圧分布で解析を行うため、水の流れの影響を考慮しないこととする。モデル斜面を図4に、解析パ

ラメータを表3にそれぞれ示す。解析パラメータは現地調査と改良土の三軸圧縮試験に基づき設定した。

解析は、施工過程に追従するように実施した。すなわち、図5に示すように第1層を4m、6m、8m、10mと徐々に大きくしていきながら30°に切り取る。その後、切り取った斜面と同等の厚さの改良土を被せるように覆い、改良斜面の安全率の変化を検討する。斜面を切り取る角度は、モデル斜面に近い形で改良するため30°とした。改良による安全率の変化を表4に示す。

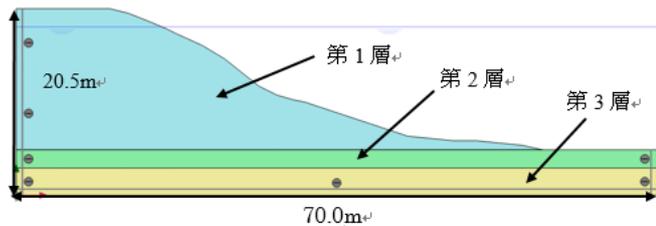


図4 モデル斜面

表3 解析パラメータ

パラメータ	第1層	第2層	第3層	試験1	試験2	試験3	試験4
湿潤単位体積重量 γ_{sat} (kN/m ³)	14.7	20.7	20.7	15.778	15.876	16.17	15.778
飽和単位体積重量 γ_{sat} (kN/m ³)	15.7	20.7	21.1	16.003	15.983	16.23	15.943
ヤング係数 E (MN/m ²)	36.3	64.4	64.4	5.962	4.021	18.077	28.197
ポアソン比	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
粘着力 c' (kN/m ²)	10.8	36.3	9.81	10.909	7.297	1.5361	17.879
内部摩擦角 ϕ' (deg)	4.38	15.7	28.1	31.839	32.213	35.715	33.877
ダイレイタンス角 ψ (deg)	0	0	0	0	0	0	0

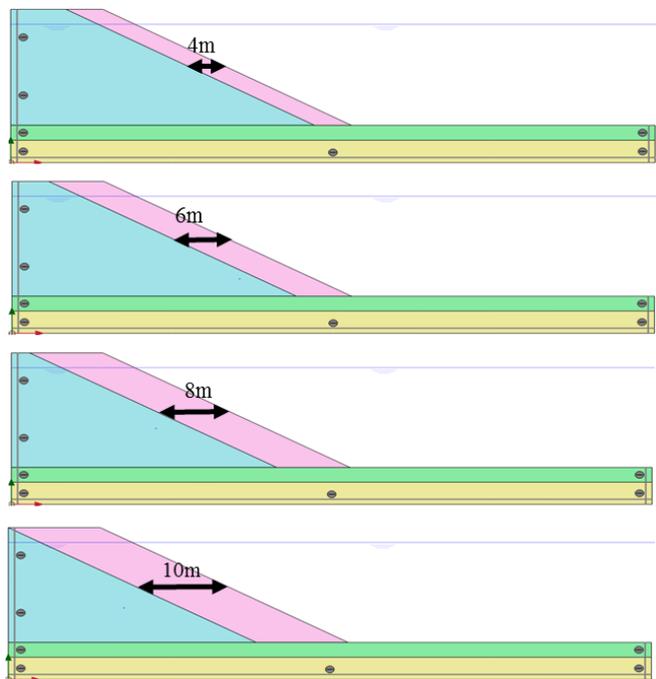


図5 改良土の厚さ (4m~10m)

表4 安全率の変化

		改良範囲(m)			
		4	6	8	10
安全率	試験1	0.991	1.012	1.038	1.070
	試験2	崩壊	崩壊	0.984	1.015
	試験3	崩壊			
	試験4	1.053	1.100	1.148	1.199

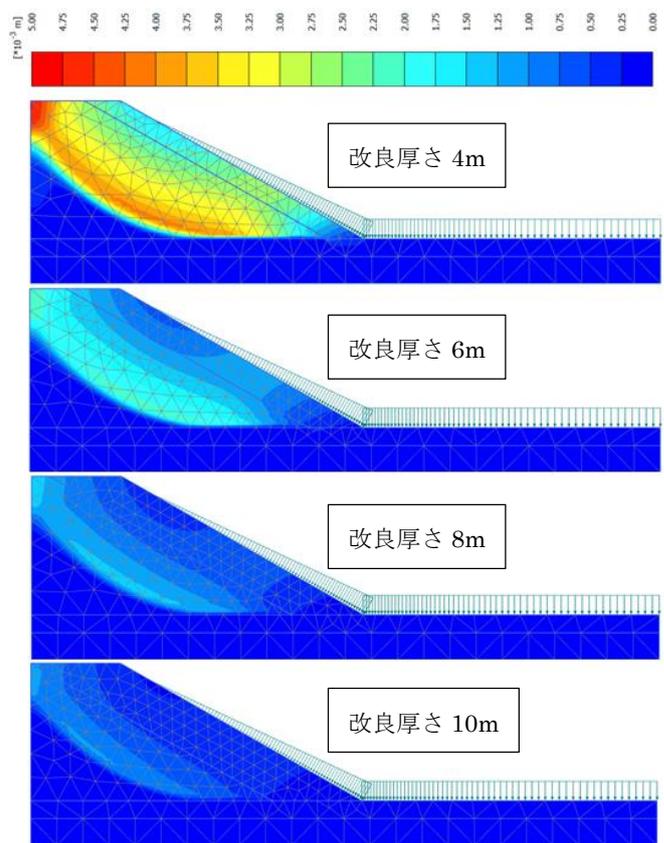


図6 解析結果 (試験4)

ちなみに、改良する前の安全率は1.047となった。また、試験4の変位の解析結果を図6に示す。

解析結果より、改良前に比べると試験4で少しであるが安全率が上昇した。また試験2の一部と試験3の全てのパターンにおいて改良を行った際に自立することができず、重力荷の段階で崩壊した。解析パラメータに着目すると、三軸圧縮試験で得られた内部摩擦角は4つの試験とも大きな差は見られなかったが、粘着力には差が見られた。そのため、粘着力の低い試験2と試験3が崩壊していることから、今回の解析結果は粘着力に、より依存していると考えられる。

4. おわりに

本研究では、改良土の三軸圧縮試験により強度定数を求め、実地盤に適用した際の改良効果の検証を行った。しかし、現地で適用するには実際の河川の流れや水位変動等を考慮しなければならない。今後は、改良土の乾湿繰り返し試験や、さらに実地盤を意識した解析を行っていきたい。

参考文献

- 1) Plaxis : Plaxis 2D Reference manual.