

ジオシンセティックス補強防潮堤の
越流時の転倒・滑動安定性の検討

八戸工業大学
八戸工業大学大学院
八戸工業大学
八戸工業大学大学院

学生会員
学生会員
正会員
正会員

○小笠原 亮介
盛 健太郎
橋詰 豊
金子 賢治

1. はじめに

東日本大震災を契機に、津波が越流しても崩壊しない堤防構造についての研究が進められている。本研究グループでは、ジオシンセティックス材料を用いた堤防構造の開発を進めている。基礎地盤を不透水とした場合には、水中単位体積重量を用いて転倒・滑動の安全率が1を上回るように設計した場合、安定性が確保されることが確認されている¹⁾。しかしながら、基礎地盤を透水性として実施した水理実験では、同様の設計方法にも関わらず安全率が1を上回る場合にも滑動する結果となった。このことから、防潮堤基礎地盤中の浸透流が防潮堤の安定性に影響を与えることが考えられる。本研究では、防潮堤基礎地盤の条件が透水性の場合と不透水性の場合の防潮堤の安定性に与える影響を実験的に検討することを目的とした。

2. 実験の概要

本研究では縮尺1/100を想定し作用波として段波を用いる。段波の波高および波速は5cm, 1.5m/sである。盛土は、高さ8.4cmを想定し密度の大きい徐冷フェロニッケルスラグを最適含水比に調整し、締固め度95%となるように作成する。透水性の基礎地盤は、十和田産の川砂を用い、締固め度90%で作成後、飽和させることとした。不透水性地盤のケースではステンレス製の剛体底盤を使用し、防潮堤部分には摩擦を確保するために底盤に川砂を接着させたものを使用する。実験で使った川砂の基本的性質を表-1に示す。盛土の勾配は海側・陸側ともに75度として、1層1.2cmごとに7層に分けて締固めを行い、ジオグリッド模型も同様に1.2cm間隔で敷設し防潮堤盛土を作成し、自立可能な条件とした。壁面は吸出し・浸食を防止するため不織布と壁面材で盛土全体を覆っている。不織布としてパルプ製のワイピングクロス、ジオグリッド・壁面材の模型にはポリプロピレン製の目合1mm×1.03mmの網戸を用いる。透水性地盤では防潮堤陸側の法尻部の

表-1 使用した土の基本的性質

試験項目	川砂	フェロニッケルスラグ
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.715	3.207
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.776	2.377
最適含水比 (%)	17.89	8.521
最大粒径 (mm)	4.75	2.00
内部摩擦角 (°)	37	40

表-2 各ケースの安全率

ケース No.	天端幅 (cm)	基礎地盤 の条件	安全率Ⅰ		安全率Ⅱ	
			F_S	F_M	F'_S	F'_M
1	5.5	不透水性 地盤	1.430	2.711	0.907	1.719
2	6.5		1.614	3.366	1.024	2.135
3	7.5		1.799	4.092	1.141	2.595
4	8.5		1.983	4.888	1.257	3.099
5	5.5	透水性 地盤	1.430	2.711	0.907	1.719
6	6.5		1.614	3.366	1.024	2.135
7	7.5		1.799	4.092	1.141	2.595
8	8.5		1.983	4.888	1.257	3.099

洗掘防止対策としてジオセル模型などを用いて補強した²⁾。基礎地盤の条件を不透水性地盤、透水性地盤とした場合について安全率を変化させ、実験的検討を行う。実験ケースを表-2に示す。

3. 滑動・転倒安定性の検討

(1) 波圧の測定

盛土に直接、波圧計を設置して圧力を測定することは非常に困難であり、破損リスクも高いため、高さ8cm, 幅12cmの直方体剛体モデルを不透水性地盤に設置して水平力の測定を行った。波圧計は高さの異なる3ヶ所に設置した。図-1に基礎地盤からの高さとして作用する水平圧力の関係を示す。図中には線形近似した直線も合わせて示している。ほぼ線形で近似できることから、同図の近似した台形分布より、圧力を積分して単位奥行あたりの水平荷重を求めると、実物大換算で819.9kN/m, 作用高さは3.47mとなった。この水平荷重より設計外力を825kN/mと設定した。

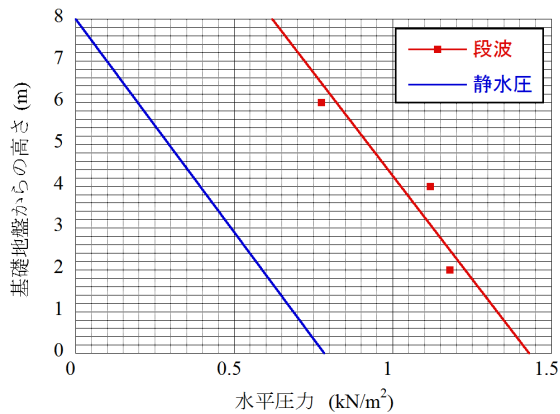


図-1 波圧の線形近似

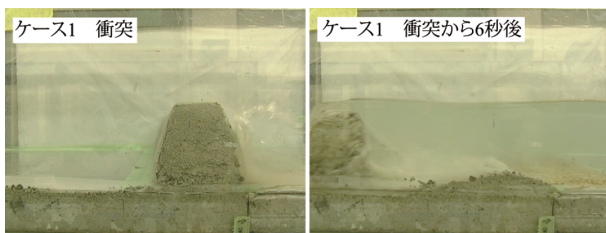


図-2 ジオシンセティックス補強防潮堤越流時の様子

(2) 安全率

各実験ケースについて、湿潤単位体積重量を用いた場合（安全率Ⅰ）と水中単位体積重量（安全率Ⅱ）を用いた場合について、転倒と滑動の安全率をそれぞれ求めた。外力としては前節で求めた水平荷重 F とし、作用点は底面からの高さ $l=3.47\text{m}$ とした。陸側法尻における転倒モーメントを $M = Fl$ とした。

安全率Ⅰの場合の抵抗力としては、 $R = \tan \phi_d \gamma_t A$ を盛土底面における摩擦抵抗力、 $M_r = \gamma_t AB/2$ を陸側法尻における抵抗モーメントとして算出した。ここで、 γ_t は湿潤単位体積重量、 ϕ_d は内部摩擦角、 A は盛土底面積、 B は底面幅である。安全率Ⅱの場合には湿潤単位体積重量の部分置き換えて算出した。

算出したそれぞれの安全率は表-2 に示している。全てのケースで安全率Ⅰについては1を超えているが、ケース1, 5の場合には安全率Ⅱの滑動安全率が0.9となっている。ケース2, 6は安全率Ⅱの滑動安全率がほぼ1であり、その他のケースは1を上回っている。なお、全ての場合において滑動モードの方が転倒モードよりも安全率が低く、破壊形態としては滑動モードが予想される。

4. 実験結果

表-3 に各ケースの実験結果を整理して示す。ケース

表-3 実験結果

	ケース No.	1	2	3	4
不透水性地盤	安定性	×	○	○	○
	破壊形態	滑動	-	-	-
	崩壊時間	5 秒	-	-	-
	破壊開始時	定常時	-	-	-
	ケース No.	5	6	7	8
透水性地盤	安定性	×	○	○	○
	破壊形態	滑動	-	-	-
	崩壊時間	5 秒	-	-	-
	破壊開始時	定常時	-	-	-

1 とケース5については、津波衝突時ではなくどちらも越流してから約5秒後には滑動し始めた。図-2 にケース1の補強防潮堤の越流時の様子を示す。一方、全ての安全率が1を上回るその他のケースにおいては定常的になっても滑動することなく安定していた。したがって、今回の実験条件においては、基礎地盤の透水性に関係ない結果となり、水中単位体積重量に基づく設計をしておけば安定性は確保される結果となった。ただし、越流時の越流水深が大きくなったり、基礎地盤の透水性が大きい場合には、浸透流の速度が上昇することが考えられる。浸透流の流速の影響については、もう少し検討する必要がある、今後の課題とする。また、文献1)と同様に転倒・滑動安定性については、水中単位体積重量を用いることが必要であることが確認された。

5. おわりに

本研究においては、越流津波による防潮堤の安定性について基礎地盤の透水性の影響について検討したが、透水性の場合も不透水の場合と比較してほとんど変化が無く、水中単位体積重量を用いた安全率を設定することで崩壊しない結果となった。しかし、過去の検討においては透水性の基礎地盤の場合には本研究と同様の方法で算出した安全率が1を超える場合にも滑動するような例があった。浸透流が本研究よりも速い場合の影響や基礎地盤の飽和度の影響なども考えられるため、今後検討する予定である。

参考文献

- 1) 小山直輝ほか：越流津波に対するジオテキスタイル補強防潮堤の転倒・滑動安定性の検討，ジオシンセティックス論文集，Vol. 29，pp.103-110，2014.
- 2) 小山直輝ほか：ジオセルを用いた防潮堤基礎地盤の洗掘対策に関する実験的検討，ジオシンセティックス論文集，Vol. 30，pp.75-80，2015.