

ジオテキスタイル補強防潮堤の形状と安定性に関する津波水理実験

八戸工業大学 学生会員 ○小山 直輝
八戸工業大学大学院 学生会員 野添 重晃
八戸工業大学 正会員 橋詰 豊・金子 賢治

1. はじめに

防潮堤は津波防災において最も重要な構造物であり、津波のエネルギーを低減する事が第一の機能である。しかし、2011年東北地方太平洋沖地震では大きな津波被害をうけた¹⁾。北東北太平洋側の津波防潮堤の多くは、緩勾配盛土表面を洗掘防止のためのコンクリートで被覆した構造であり、波力や洗掘で破壊されたものも少なくない。本研究では、ジオテキスタイルを用いた新しい防潮堤開発のために、基礎地盤および防潮堤を剛体と仮定した津波水理実験を実施し、越流津波に対して防潮堤形状（主に法面勾配）がエネルギー低減に与える影響について検討する。次に、基礎地盤は剛体としたまま防潮堤を砂質土を用いて構築して越流津波に対する検討を行う。盛土による防潮堤モデルとしては従来形式の盛土に加えて、ジオテキスタイル補強土をモデル化し、前者と同様に、越流津波のエネルギー低減効果に着目して実験を行う。

2. 津波水理実験の概要

津波水理実験装置の概要図を図-1に示す。本装置は、水路長 $L=10.0\text{m}$ 、水路幅 $W=0.6\text{m}$ 、水路深 $H=0.8\text{m}$ である。海底地盤の一定水深の部分で水位 0.1m （水深 10cm ）を初期状態とした。実験に際しては、防潮堤モデル付近の状況をデジタルビデオで撮影すると共に、図-1中に示した h_1 から h_4 の4カ所で波高計により水位の変化を測定した。また、防潮堤の背後は約 8° の勾配を付け、防潮堤を越流した津波の遡上高を計測した。防潮堤越流直後の津波のエネルギーを計測する必要があるが、複雑な流れ場となるため計測が難しい。したがって、背後の傾斜板における遡上高を計測し位置エネルギーに換算することで、防潮堤越流後の津波エネルギーとした。なお、基礎地盤は滑らかなステンレスで作成しており、基礎地盤と水との摩擦は無いものと仮定した。

防潮堤の海側勾配と陸側勾配の津波エネルギー低減に与える影響を調べることが主目的であるため、剛体モデルはステンレスで作成し、基礎地盤と剛結しており、防潮堤自身の变形や変位はないものとした。剛体モデルの勾配のケースを図-2に示す。防潮堤高さ 8m を想定して $1/100$ のスケ-

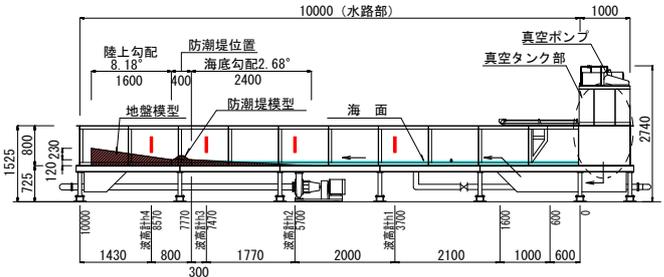


図-1 造波装置付開水路水槽概要図

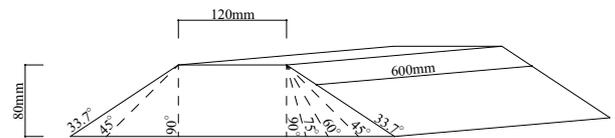


図-2 剛体モデル概要図

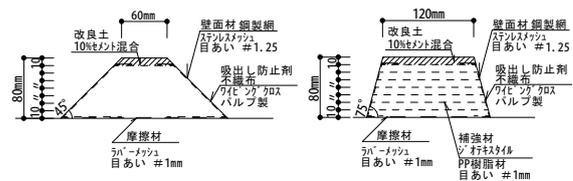


図-3 防潮堤モデルの概要図

ルでモデル化し、防潮堤モデルの高さを 80mm で再現した。ジオテキスタイル補強土モデルの概要を図-3に示す。ジオテキスタイル補強土モデルは、盛土材に珪砂5号を使用し、壁高 8cm とし 1cm 毎の8層に分けて施工を行った。ジオテキスタイル補強土は7層目までは締固め度 95% となるように締固めて補強土を作成した。ジオテキスタイルの模型として網戸用の網を使用した。8層目は、天端の洗掘防止のためにセメント改良土を使用した。また、実際の現場で施工されている伸縮目地については構造上の強度及び変形抵抗性等はほとんどないため無視することとした。

入力波については、すべての実験ケースにおいて実際の津波に最も近い形である段波を作用波として採用する。地盤模型のみ設置した時の入力波を4つの波高計で計測した結果を図-4に示す。同図は、同条件で5回の波を発生させた結果を示している。波高計 h_1 h_3 は水面を初期状態として計測し、 h_4 は地表面を基準としている。図より、5回のデータがほぼ一樣と重なっており、作用波の再現性が非常に良いことがわかる。波高計から流速を測定した結果約 1.4m/s であった。その結果をフルードの相似則により実物の流速を計算した結果、 50.4km/h であり、実際の津波に比べると

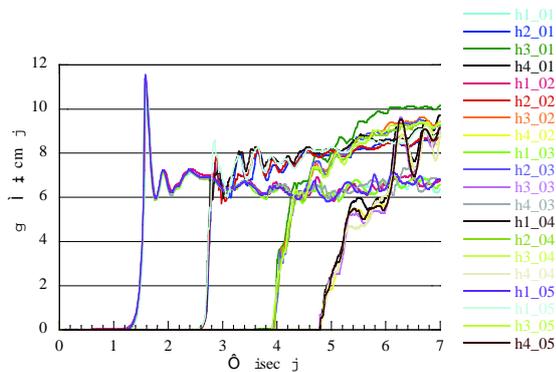


図-4 防潮堤が無いときの波の様子

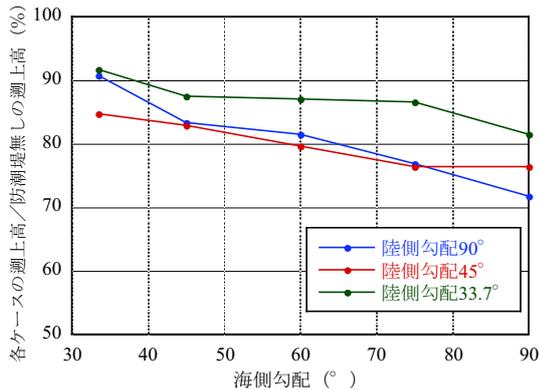


図-5 エネルギーの低減率

若干遅い可能性がある。また、定常的な段波部分の波高は約70mmであり、実物大では約7mとなる。

3. 剛体モデルによる防潮堤勾配の影響の検討

防潮堤の勾配を変化させた剛体モデルの結果を図-5に示す。同図の縦軸は、防潮堤が無い場合の遡上高で各ケースの遡上高を正規化して表しており、防潮堤による津波エネルギーの低減率と考えることができる。同図より、海側及び陸側勾配共、急勾配にするほど津波エネルギーを低減できることがわかる。通常の盛土と異なり、ジオテキスタイル補強土により急勾配盛土を構築する事が可能であり、補強土が有効となると言える。

4. ジオテキスタイル補強防潮堤と従来の防潮堤の比較

図-6に剛体モデルの背面勾配が90°のケースとジオテキスタイル補強土および従来防潮堤における防潮堤に津波が到達してから2秒後の防潮堤周りの様子を示す。同図より、剛体モデルは海側勾配が急になるほど鉛直上向きに跳ね上がる様子が観察できる。また、勾配が急なジオテキスタイル防潮堤も津波が当たった際に上方に跳ね上がる様子がわかる。海側勾配45°の場合には津波がスムーズに防潮堤を乗り越えているのがわかる。この結果から、海側勾配が急な程津波を押し返す効果が考えられ、津波エネルギーを低減できると考えられる。

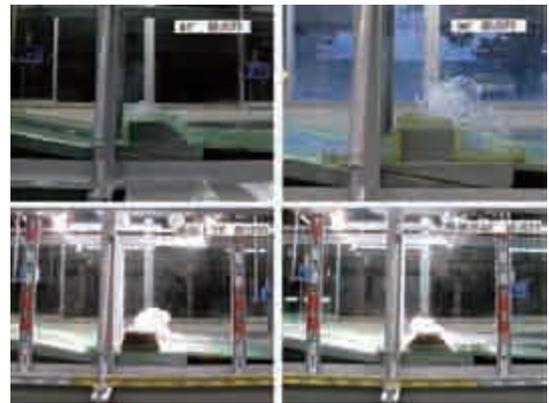


図-6 剛体モデルおよびジオテキスタイル防潮堤、従来防潮堤の越流時の様子

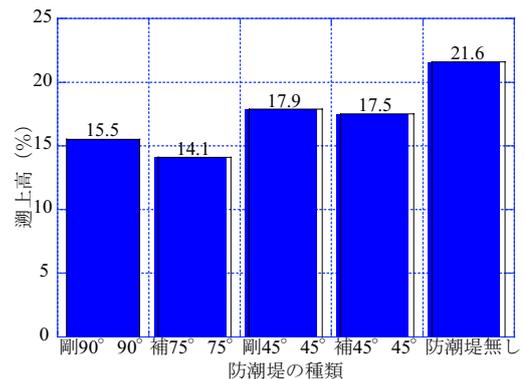


図-7 ジオテキスタイル防潮堤および従来型防潮堤の遡上高

図-7に防潮堤の種類と遡上高の関係を示す。同図より、ジオテキスタイル補強土を使用した防潮堤75°は、剛体モデルの90°よりも津波エネルギーを低減していることがわかる。これは、勾配と堤体自体の若干の変形の相互作用が影響したためだと考えられる。無補強は、海側・陸側勾配ともに45°であるが、剛体モデルの45°よりも津波エネルギーが減勢できていることがわかった。これは、盛土堤体が若干変形し、それに津波エネルギーが消費されたからだと考えられる。剛体に近い防潮堤よりも、数百年に一度の津波に対しては若干の変形を許容すれば土構造物の方が津波エネルギーを低減できる可能性がある。

5. おわりに

本研究では、ジオテキスタイル補強防潮堤の形状と安定性に関する津波水理実験を行った。まず、剛体モデルを作成し、海側・陸側勾配の勾配が津波エネルギーの低減に与える影響を調べた。また、ジオテキスタイル補強土を使用した補強土の安定性と津波エネルギーの低減に与える影響を調べた。その結果、急勾配になるにつれて津波エネルギーが減勢できることがわかった。また、ジオテキスタイル補強土が最も津波エネルギーを減勢させることができた。現在、補強土に関する実験を実施しており、当日発表したい。

参考文献

- 1) 八戸工業大学：2011年東北地方太平洋沖地震災害調査報告書，2011。