

盛土構造物における種々の法面保護工の対津波性能に関する遠心模型実験

九州工業大学大学院 学生会員 金村拓也
 九州工業大学大学院 正会員 廣岡明彦 永瀬英生
 九州工業大学大学院 非会員 趙偉華

1.はじめに：島国である日本では東北地方太平洋沖地震のような大きな海溝型地震が発生すると津波による甚大な被害に見舞われることが少なくない。しかし、津波による盛土構造物の損傷メカニズムについての解明は未だ十分ではなく、過去における盛土構造物の被災事例から求められた判定基準を用いて津波による盛土の被害が予測されている現状にある。そこで本研究では、種々の法面保護工を施すことによる損傷程度の差異やそれぞれの法面保護工における効果について知見を得ることを目的として、遠心模型実験装置を用いた津波による盛土構造物の破壊評価実験を実施した。

2.実験方法：本研究では遠心加速度場 100G にて実験を行った。図-1 に実験模型装置に用いる実験土槽を示す。土槽内部に、電磁弁制御のシリンダーを伸縮させる事で開閉する吐出口を有した水槽を設置し、そのシリンダーを遠心装置運転中に遠隔操作で縮める事で吐出口を開き、水を放出して擬似津波を発生させる。この際、水槽内の水位及びバルブの制御圧力を変化させる事により、発生する擬似津波の高さ・流速を変化させる。土槽内部には、層厚が1層当り 5mm になる様突き固める作業を所定の模型高さになるまで繰り返す事で盛土模型を構築し、擬似津波の越流水深及び流速等の変化による盛土模型の損傷程度の変化を検証する。盛土模型には単に土を盛った台形盛土及び、それにジオテキスタイルまたは張工模型を設置したものをそれぞれ用いた。模型のモデルを図-2, 3, 4 に示す。試料は九州工業大学戸畑キャンパス内で採取したシルトと豊浦砂を乾燥重量においてシルト：豊浦砂=1:1 になるように混合したものを使用した。

3.盛土の破壊評価基準：本実験で検証した実験ケースにおいて、盛土模型の損傷は主に法面で観察された。一方天端では法面に比べほぼ損傷がないことが確認された。そこで破壊評価を定量的に行うために図-5 に示す実験前の盛土模型高さに対する実験後の盛土模型法面の平均すべり高さとの割合を用いて損傷を評価する式(1)を提案する。 $P(\text{平均すべり高割合, \%}) = h_{\text{mean}} / h \times 100 \dots (1)$
 損傷程度は、 $0 \leq P < 20$ ：非破壊(軽微な損傷を含む)、 $20 \leq P < 50$ ：部分破壊、 $50 \leq P < 100$ ：大部分破壊、 $P=100$ ：全壊とし総合判定は上流側並びに下流側法面において損傷程度が大きい方を採用した。ここで各層毎にジオテキスタイルを巻き込んだ補強盛土(以下、ジオテキタイプと呼ぶ)においては構築上、実験後に盛土法面の損傷が発生しても、平均すべり高さを測定する事は困難であった。そこで、このタイプに関しては道路震災対策便覧¹⁾に示されている盛土本体の安定性と道路の走行性から評価される被災度を参考にして、盛土模型の損傷判定を行う。その判定方法をまとめたものを表-1 に示す。

キーワード：津波、盛土、法面保護工、遠心模型実験
 連絡先：福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 電話番号 093-884-3111

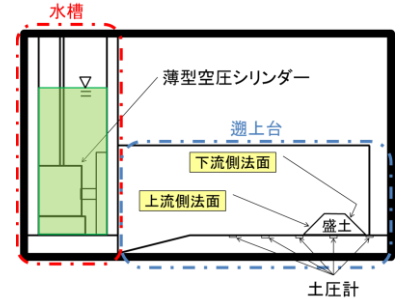


図-1 実験土槽

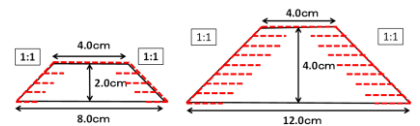


図-2 ジオテキタイプ

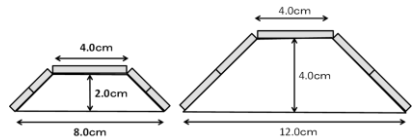


図-3 三面張工タイプ

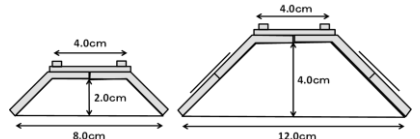


図-4 三面一体型張工タイプ
 左：Aタイプ 右：Bタイプ

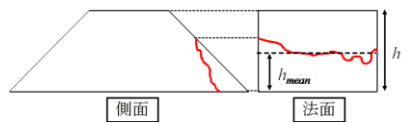


図-5 盛土模型高とすべり高割合

表-1 盛土の安定性、道路の走行性による損傷判定

損傷判定	盛土の安定性	道路の走行性
全壊	盛土が全面的に崩壊	損傷規模が道路車線の大半に及び走行が不可能
大部分破壊	盛土が大きく部分的に崩壊	道路車線の片側で走行が不可能
部分破壊	盛土が部分的に崩壊	道路車線の一部に走行の支障がある
非破壊	盛土の極一部に変状或いは特に異常が認められない	走行性に支障がない

4.実験結果及び考察：本実験における実験結果を表-2

に示す。実験結果より、法面保護工を施すことで盛土の損傷程度を軽減させる傾向が窺えた。以下に各補強盛土の対津波性能について示す。

i) ジオテキスタイル補強盛土の対津波性能

ジオテキタイプは盛土タイプと比較して損傷程度が明らかに小さくなった。このことからジオテキスタイルを敷設することで、盛土の流出を防ぎ損傷を軽減させる効果があると考えられる。唯一 case6 で上流側最上層がジオテキスタイルごと捲れる形状変化が損傷として見られた。上流側の最上層においてこのような被害が発生した原因としては、以下の3つが考えられる。①ジオテキスタイルの敷設により層の継目に隙間が形成されるので、そこに水の浸入を許し、層が持ち上がり易い構造となっていた②ジオテキスタイルの敷設により層同士の摩擦力が土粒子による摩擦より若干低下することで、上層と下層のせん断力に対する抵抗力が小さくなり、層間にずれが生じた③疑似津波通過時に盛土下流側法面のジオテキスタイルには引張力が、上流側法面では圧縮力が作用し、引張力と比較して圧縮力に対する抵抗力が小さいジオテキスタイルでの補強のため、ジオテキタイプでは上流側法面において変状が見られた。

ii) 三面張工補強盛土の対津波性能

三面張工タイプは盛土タイプと比較すると損傷程度が小さくなった。このことから三面張工を設置することで擬似津波による掃流を盛土法面ではなく張工が受ける為、盛土の被害拡大を防ぐ事ができると言える。しかし case9 においては下流側法面で張工の流失及び盛土法面の損傷が見られた。この原因として下流側法面の区間を越流する時の擬似津波の流速が他ケースと比べ速くなっていた為、下流側法面の張工の表裏における水圧の差が大きくなり、揚力が発生した事が考えられる。以上より三面張工には被害軽減効果が期待出来るものの、張工流失等の被害が見られるケースもあり、未だ改善の余地があると言える。

iii) 三面一体型張工補強盛土の対津波性能

三面一体型張工タイプの損傷は下流側法尻において僅かに見られる程度であり、盛土タイプと比較すると大幅に損傷が軽減された。この為三面張工タイプと同様に掃流を張工が受けている為盛土の被害の拡大を防ぐ事ができると言える。しかし三面張工タイプとは異なり張工の流失は見られなかった。この原因としては三面一体型張工は三面が剛結されている事による自重及び抵抗モーメントの増加が考えられる。

5.まとめ：本実験で用いたジオテキスタイルと三面張工及び三面一体型張工による補強盛土は其々損傷を抑制する効果が見られた。しかし、ジオテキスタイルは上流側、三面張工では下流側で被害が見られるケースがあったため、被害の見られなかった三面一体型張工補強盛土の対津波性能が3タイプの中では一番高いという結果を得た。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路震災対策便覧(震災復旧編)、平成18年改訂版

表-2 実験結果

case	タイプ	水槽水位 (cm)	実物越流水深 (m)	流速 (m/s)	越流時間 (s)	平均すべり高割合(%)	損傷判定
1	盛土A	11.5	3.08	5.71	20.0	100.0	破壊
2		14.5	3.53	5.80	30.5	100.0	破壊
3	盛土B	13.5	1.50	4.92	19.0	73.7	大部分破壊
4		16.5	2.73	5.35	21.5	98.7	大部分破壊
5	ジオテキA	11.5	3.24	5.00	19.0	-	部分破壊
6		14.5	3.52	5.33	33.0	-	破壊
7	ジオテキB	13.5	1.32	3.62	6.5	-	非破壊
8		16.5	2.37	4.56	15.0	-	非破壊
9	三面張工A	14.5	4.13	4.62	25.0	100.0	破壊(張工流失)
10	三面張工B	16.5	2.88	4.47	13.5	3.9	非破壊
11	三面一体型張工A	14.5	3.74	4.52	26.5	5.7	非破壊
12	三面一体型張工B	16.5	2.63	4.44	18.0	4.6	非破壊

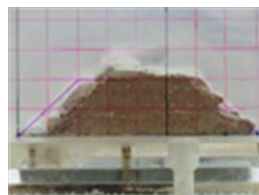


写真1 case6の形状変化(左：正面、右：天端)

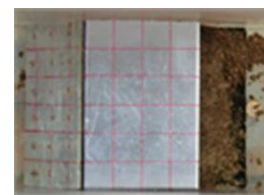
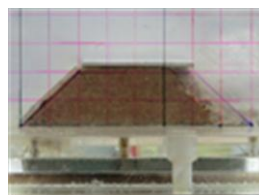


写真2 case9の下流側張工流失(左：正面、右：天端)

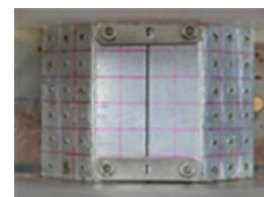
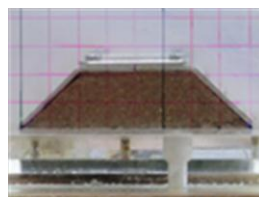


写真3 case11の損傷程度(左：正面、右：天端)