

津波による道路盛土の被災度評価に関する遠心模型実験

九州工業大学大学院 学生会員 ○藤井啓史 田中耕輔
九州工業大学大学院 正会員 廣岡明彦 永瀬英生
九州工業大学工学部 非会員 西谷亮広

1.はじめに

南海，東南海地震の発生が危惧されており，それに伴う大津波の来襲も懸念されている．津波被災時に，沿岸部の道路施設は避難や救助などの緊急活動を支える交通基盤としての機能が期待される．そこで，津波被災時に起こり得る現象を考慮した上で，予め災害発生からどの程度の時間，どの区間が通行可能であるかなどを把握しておくことが必要とされる．現段階での道路盛土の津波による被災状況の判定手法としては，過去の被災事例に基づく判定基準が提案されているにすぎない．具体的には，越流水深と盛土高の組み合わせに対する過去の被災状況から被災状況を判定するものである．そこで，まずは既往の被災判定基準の検証も兼ね，遠心模型実験装置を用いて，模擬津波による道路盛土の損傷評価を試みることを目的として，小型模型実験を実施する．

2.実験概要

図1に遠心模型実験装置に用いる実験土槽を示す．実験は50G，70G，75G，100Gの遠心加速度場で行った．土槽内部に，電磁弁制御のシリンダーで開閉する開放口を有する水槽を設置し，そのシリンダーを遠心運転中に遠隔操作することにより開放口を開き，水槽に貯留した水を一気に放出することで擬似津波を発生させる．このとき，水槽内の水位を変化させることにより，発生する擬似津波の高さ・速度を調節する．盛土模型を土槽内部に構築し，擬似津波の越流水深と盛土模型高の変化による盛土模型の損傷程度の検証をする．盛土模型は台形盛土であり，その模型高さは2cmおよび4cm，法面勾配は1:1とした．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．試料の選定は，スマトラ島での津波被害調査で採取された土質試料の工学的分類の結果を参考にして行なった．

3.盛土の損傷評価

越流水深と盛土高を組み合わせた実験を行い，損傷状況を確認した結果，天端ではほぼ損傷がみられなかったため，法面の損傷に着目し，損傷評価を実施した．損傷評価を定量的に行なうために，図2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．

$$P(\text{平均すべり高割合, \%}) = h_{\text{mean}} / h \times 100 \quad (1)$$

損傷程度は， $0 \leq P < 30$ ：非破壊（軽微な損傷を含む）， $30 \leq P < 50$ ：部分破壊， $50 \leq P < 100$ ：大部分破壊， $P = 100$ ：全面破壊とする．また，海側ならびに陸側法面の各法面で損傷を評価し，損傷程度が大きい方を採用することとした．

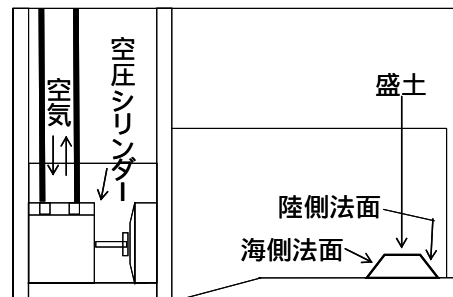


図1 実験システム

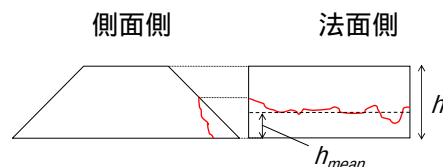


図2 模型盛土高 h と平均すべり高 h_{mean}

表1 実験結果

損傷程度	実物盛土高(m)	実物越流水深(m)
非破壊	1.0	0.0
	2.0	0.6
部分破壊	1.0	0.6
		1.0
		1.4
	1.4	1.4
		1.2
		2.4
	2.0	1.1
		1.2
大部分破壊	1.0	1.4
	2.0	2.5
	2.0	3.0
	4.0	2.46
破壊	3.0	1.20
	4.0	1.88

盛土高，越流水深ともに遠心加速度による実物換算したもの

4.実験結果

表 1 は、式(1)を用いて損傷を評価した結果である。損傷の形態は、盛土法面のすべりとして観察された。さらに、各法面部の特徴的な損傷は、海側法面部では、法尻の欠損と確認でき、非破壊と分類されるものがほとんどを占めていた。一方で、陸側法面部はすべりを生じており、部分破壊、大部分破壊と分類される結果が多くみられた。

疑似津波の流速は、小型圧力センサー（ ）と模型高さ 4cm の石膏盛土を図 3 のように設置し、各圧力センサーの応答に基づいて S1 から S4 の区間で算出した。図 4 は算出した流速を圧力センサー

から模型盛土方向への距離で組み合わせたものである。ここで、遠心加速度 100G 場にて、水槽の水位を $H_t = 11.0, 13.5, 16.5\text{cm}$ と変化させて各センサーの応答を測定し、算出を行った結果である。盛土に入射する流速 (S1) は、海側法尻部から天端に達するまでに減速し (S2)、さらに、天端部分を越流する間に減速している (S3)。そして、陸側の天端付近で減速のピークを迎えた後、陸側の天端から法尻部までの間に流速は加速している (S4)。また、疑似津波の流速は、海側法尻部よりも陸側法尻部の $H_t = 11.0\text{cm}$ の場合を除き加速していることが窺え、法面を侵食する掃流力が増加すると推測される。よって陸側法面で流速が加速することは、高い掃流力を発生させ、損傷を増加させることが考えられる。

図 5 は越流水深と越流時間の関係を示し、流速による色分けを行った。損傷程度は、越流水深が高くなるほど、越流時間が長くなるほどを高くする傾向にあり、流速も増加していることが窺える。

一連の実験結果と既往の被災判定基準図を図 6 に示す。この被災判定基準図とデータは、越流水深が高くなるほど、また盛土高が高いほど損傷程度が大きくなることを示している。

式(1)を用いて判定した実験結果と被災事例のプロットを比較すると、概ね一致する損傷程度であることが確認され、盛土高と越流水深が高くなるほど損傷程度が大規模になる傾向を示した。また、流速が増加することで損傷程度が拡大する傾向にある。

5.結論

- ・盛土の損傷は、越流により先ず盛土法面にすべりとして現れ、陸側法面の損傷が卓越する。
- ・疑似津波の流速は、陸側天端付近から法面部で加速され、陸側法面で高い掃流力を発生させることが示唆される。
- ・一連の遠心模型実験は、既往の被災判定基準図と概ね一致する傾向が見られ、越流水深と盛土高の組み合わせに対する被災状況の被災判定は、判定手法の 1 つとして有効といえる。

参考文献：1)首藤伸夫：津波による海岸堤防・護岸の被災 津波工学研究報告, Vol.16 pp.1-37,19992)中島秀雄：図説 河川堤防 技報堂出版 pp77-86

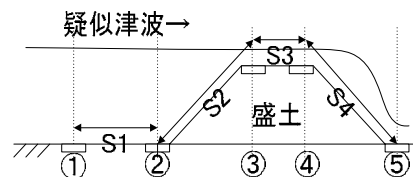
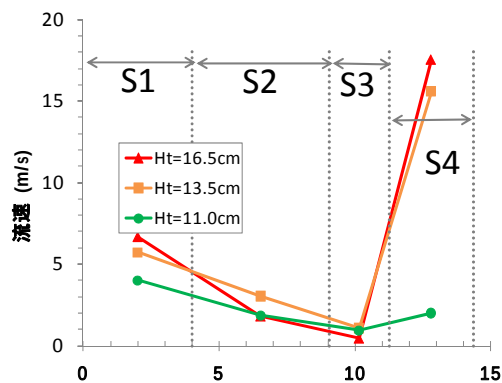


図3 センサーの設置箇所



S1 から S4 の距離

図4 模擬津波の流速変化

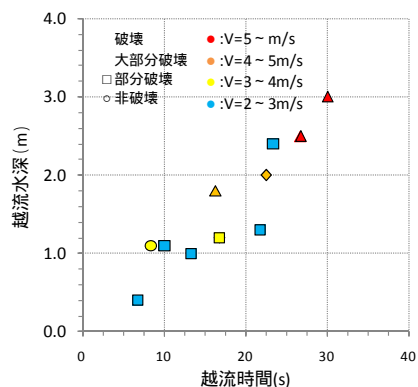


図5 越流水深と越流時間の関係

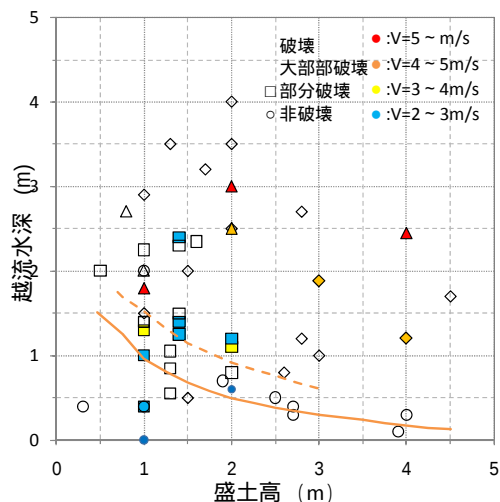


図6 実験結果を含む既往の被災判定基準図¹⁾

実線：無被害で終わる境界線

破線：全面被害が始まる境界線