遠心模型実験装置を用いた津波の再現による盛土構造物の破壊評価実験

九州工業大学工学部　学生会員　○藤井　啓史
九州工業大学工学部　正会員　　廣岡　明彦　永瀬　英生

1. はじめに

わが国は世界でも有数の地震多発国であり，津波の脅威を感じる機会は多い．津波災害時に被害を軽減するためには被害想定を行なう必要があるが，津波による被害例は少なくその損傷メカニズムについて十分には解明されていない．そこで，2004 年 12 月 26 日に発生したスマトラ島沖地震・インド洋津波で被災した橋梁盛土を被害例として調査を行なった．この調査をもとに津波による橋梁盛土の損傷メカニズムの検証と**図-1** に示す被災度判定基準[1)]の精度を向上させることを目的として，一連の遠心模型実験を実施したのでここに報告する．

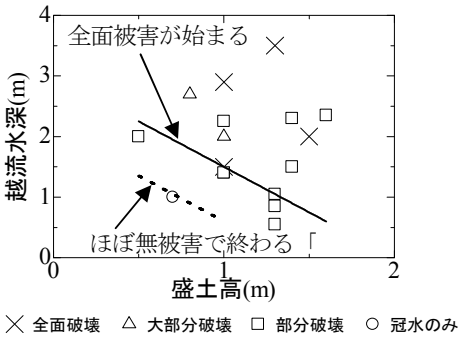

図-1　被災度判定基準（1997　首藤らによる）

2. 調査概要

スマトラ島における調査(**図-2**)で橋台裏込め土を中心として試料採取し，その工学的分類を試みた(**表-1**)．この調査の具体例として No.5(**図-3**)を挙げる．この道路橋は調査地域の中でも，最も高い津波高が観測された場所であった．この場所の被害状況は，津波によりトラスが上流側に流され横転したというものであり，橋台や橋脚の損傷は軽微なものであるものの，橋台背面土は大きく洗掘していた．現在では，仮設の橋桁が架けられている．この場所で採取された裏込め土は，その自然含水比は低く，粒径 2mm 以下の低塑性な土質材料で構成されているものであった．

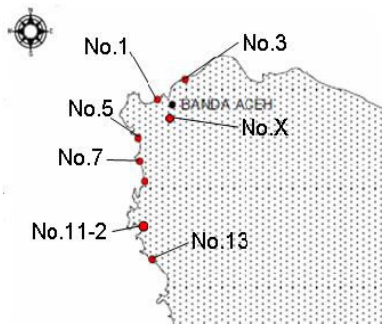

図-2　調査場所

図-3 No. 5 橋梁

調査対象の複数の橋台盛土地盤で採取された試料を用いて工学的分類を実施した結果，砂質土が最も多く，次いで礫質土が多かった．

表-1　調査橋台地盤まとめ

橋梁No.	採取地盤部位	工学的分類
1	右岸橋台まわり護岸　中込土	砂まじり細粒分質礫
	左岸護岸　中込土	細粒分質礫
3	左岸海側	細粒分質砂
X	盛土　右岸橋台そば	細粒分質砂質礫
5	右岸山側　裏込め	シルト(低塑性限界)
	右岸海側　裏込め	細粒分質砂
7	左岸橋台下	細粒分まじり砂
11 - 2	左岸橋台　裏込め	細粒分質砂
13	右岸橋台下	細粒分質砂

3. 実験試料

実験の盛土模型を作成するにあって，盛土模型に使用する土質材料を決定するためにインドネシア・スマトラ島における橋梁被害調査より得られた 9 種類の土質試料の工学的分類の結果を参照した．今回の橋梁調査で最も種類が多く見られた細粒分質砂(S-F)に近い粒度分布の土質試料を実験用の試料として用いることとした．また，細粒分質砂(S-F)に近い土質材料を用意するにあたって，九州工業大学戸畑キャンパスより採取されたシルトと豊浦砂を乾燥重量比で 1：1 の割合で混合し，粒度調整を行なった．

4. 実験方法

図-4 に遠心模型実験装置に用いる実験システムを示す．本実験の模型縮尺は 1/50，1/70 および 1/100 である．

キーワード　津波，遠心模型実験装置，盛土，被災度評価
連絡先　〒804-8550　北九州市戸畑区仙水町 1-1　TEL093-884-3101　FAX093-884-3100

本実験システムでは，土槽内部に，電磁弁制御の薄型シリンダーで開閉する吐出口を有する水タンクを設置している．その水タンク内の薄型空圧シリンダーを遠心運転中に縮めることにより吐出口を瞬間的に開放し，急激に水を放出することにより造波し津波を模した流れを発生させる(図-5)．このとき，水タンクに入れる水の量を変化させることによって，発生する波の高さを変化させることを試みる．土槽内部に盛土模型を構築し，波の越流水深と盛土高の変化による盛土の被災状況の変化を検証する．

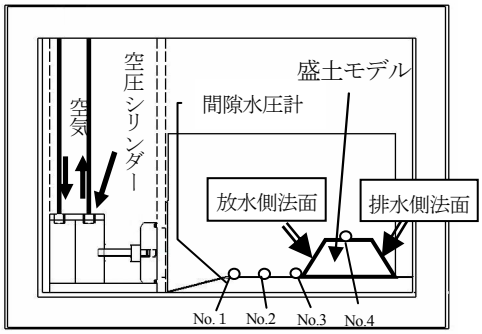

図-4　実験システム図

5. 実験結果および考察

本研究では，複数の越流水深と遠心加速度を変えて実現した複数の盛土高を組み合わせた 11 のケースについて実験を実施した結果，case1 を除く 10 の実験ケースにおいて法面破壊が観察され(図-6)，天端はほぼ損傷がなく，法面の状況に比べれば軽微であることが確認された．そこで法面破壊に着目して，破壊評価基準を定量的に行うために，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下の式(1)で破壊評価をすることとした．

図-5　放水時の実験システム

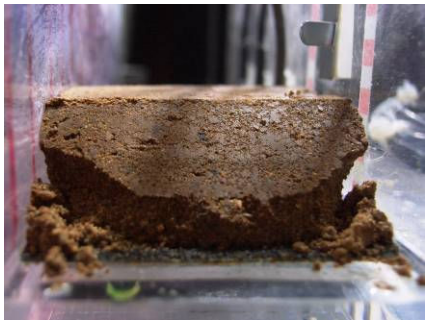

図-6　case11 実験後排水側法面

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

表-2 に各 case の損傷判定を示す．本研究で実施した実験条件においては，ほとんどのケースで 5≦P<50 の部分破壊および P≧50 の大部分破壊が確認された．損傷程度の特徴として，排水側法面でのすべりが放水側法面でのすべりよりも大きく，また，越流させる水量を増加させることで排水側法面へのダメージがより顕著となることが確認できた．また case5，11 においては，盛土模型下部の排水側法面の一部が流出する破壊が観察された．

表-2　損傷判定

case	判定	平均越流水深(m)	実寸盛土高(m)
case1	冠水のみ	-	1.0
case2	部分破壊	0.6	1.0
case3	部分破壊	1.4	1.0
case4	部分破壊	1.6	1.0
case5	大部分破壊	1.8	1.0
case6	部分破壊	1.8	1.4
case7	部分破壊	2.7	1.4
case8	部分破壊	1.1	2.0
case9	部分破壊	1.0	2.0
case10	大部分破壊	2.7	2.0
case11	大部分破壊	3.2	2.0

今回の実験データを加えた判定基準図を図-7 に示す．盛土高が 1.5m に満たない範囲では，既存の被害の境界線を越えると部分破壊または大部分破壊に至っていることが再確認された．今回の実験では，盛土高 1.6m 以上の範囲においても，結果が得られており，そこで部分破壊および大部分破壊が確認されている．この結果より，図-7 に示すような盛土高が 1m を超える範囲で新しい全面被害が始まる境界線を提案できよう．

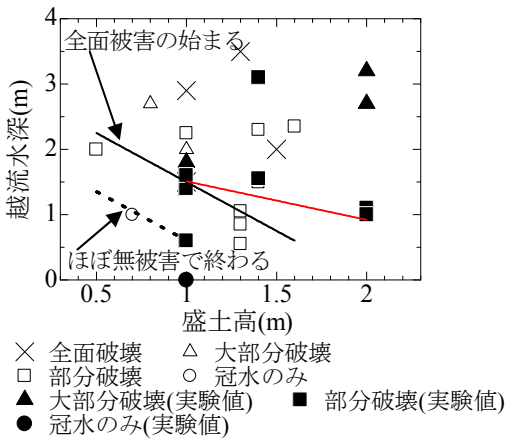

図-7　実験データを加えた被災度判定基準

《参考文献》　1)首藤伸夫：津波来襲直後の陸上交通障害について 津波工学研究報告，Vol.14 pp.1-31，1997　2）片岡正次郎・鶴田舞・長屋和宏・日下部毅明・小路泰広：道路施設の地震・津波被害想定と対策検討への活用方針　2007