

津波を受ける盛土構造物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 ○西谷亮広 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

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃、東北地方太平洋沖においてマグニチュード 9.0 の巨大地震が発生した。この地震は最大 9.3m 以上¹⁾の非常に大きな津波を引き起こし、我が国の太平洋沿岸の広範囲に來襲し甚大な被害を齎した。図-1 は主に国道 45 号線を実際に調査し、津波により橋台背面盛土流失(写真-1)などの道路盛土が被災していた個所を示している。この図より極めて広い範囲でこの種の被害が生じたことがわかる。

現在津波による盛土構造物の損傷判定法は、過去の被災事例から得られた判定基準に基づき評価する方法²⁾が提案されているのみである。具体的には盛土高と越流水深の組み合わせによる評価手法であり、津波の流速や越流時間などの破壊要因は含まれていない。したがって、まずはこの破壊判定基準の検証を目的とし、遠心模型実験装置を用いて盛土高と越流水深の組み合わせを変更し小型模型への破壊評価実験を試みる。更に盛土構造物の破壊要因として考えられる流速や越流時間が損傷状況にどのように影響するかを検証する。

2.実験方法

本実験は 50G, 70G, 75G, 100G の遠心加速度場で行った。図-2 に遠心模型実験装置に用いる実験土槽を示す。土槽内部に遡上台と、電磁弁制御のシリンダーで開閉する開放口を有した水槽を設置する。遠心運転中にそのシリンダーを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。このとき水の貯留量及び空圧シリンダーの制御圧力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。そして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を検証する。盛土模型は単に土を盛っただけの盛土 A, B, その両法面に張工模型を設置した張工 A, B 及び改良張工 B, 擁壁を持つ護岸タイプの 6 種類を使用し実験を行った。図-3 にその寸法をまとめて示す。また盛土模型に使用する土質試料は、九州工業大学戸畑キャンパス内で採取したシルト質砂に豊浦珪砂を乾燥重量比でシルト:豊浦砂=1:1 の割合で混合したものを用いた。

3.盛土の破壊評価基準

本実験で検証した一連の実験において、盛土模型の損傷は主に法面で観察され、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なう為、図-4 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)を提案し、破壊状況の定量的評価を試みた。

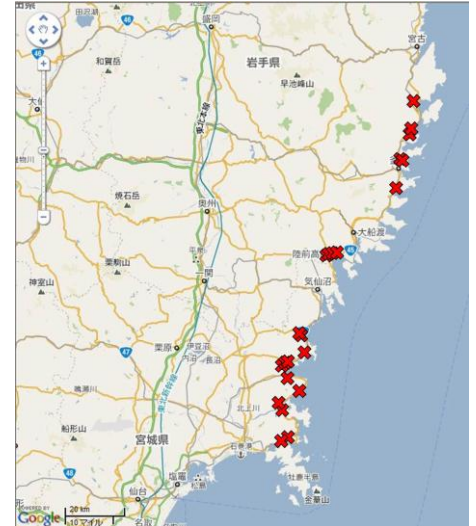


図-1 主な道路盛土の被災箇所



写真-1 橋台背面盛土流失

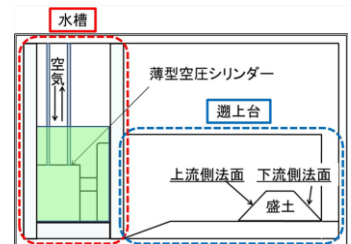


図-2 実験土槽

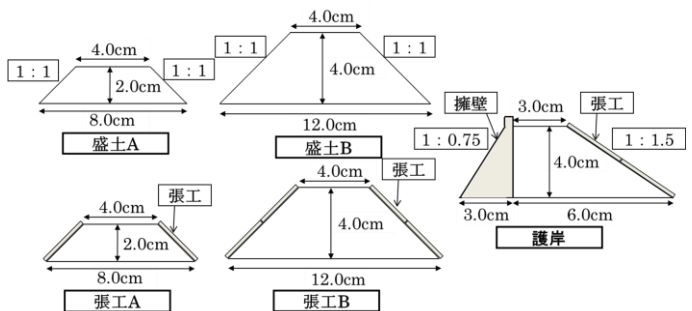


図-3 盛土模型寸法

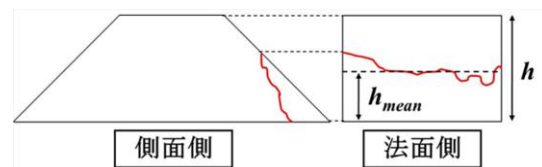


図-4 盛土模型高と平均すべり高の関係

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

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、 $P=100$ ：破壊とし、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。

4.実験結果及び考察

本研究では6種類の模型を使用し全37ケースの実験を行った。既往の破壊判定基準図に全実験結果をプロットしたものを図-5に示す。図を見てみると盛土A、Bタイプでは越流水深及び盛土高が高くなる程、損傷程度が大きくなる傾向が窺え、実験結果と過去の被災事例は概ね一致している事が分った。盛土構造物の法面に保護工を有した4タイプでは、盛土高および越流水深が高いにも関わらず非破壊(軽微な損傷)と判定されており、盛土A、Bタイプでの越流水深と損傷程度の傾向とは明らかに異なる結果を示した。この事から既存の破壊判定基準では全ての盛土構造物の破壊評価を精度良く表せているとは明言し難い。

図-6に越流水深と平均すべり高割合との関係図を示す。この図を見てみると、盛土A、B及び張工A、Bタイプにおいて越流水深が大きくなる程平均すべり高割合の値(以降P値)が大きくなっていることから、越流水深は損傷程度に明らかに影響を及ぼしている事が分かる。しかし改良張工B及び護岸タイプにおいては、越流水深が高くなってもP値は増大せず、5%未満と極めて低い値となった事からこの2タイプが有する保護工は、盛土構造物の被害軽減効果が高いと言える。

図-7に流速と平均すべり高割合との関係図を示す。図を見てみると、被害軽減効果の高い改良張工B、及び護岸タイプを除く4タイプにおいては、流速が増加するほどP値も大きくなっていることが分かる。また、盛土タイプごとではあるが、流速とP値とは直線的に右肩上がりになっており、強い相関性がある事が窺える。この事より流速が盛土構造物の損傷状況に与える影響は非常に大きいと考えられる。

図-8に越流時間と平均すべり高割合との関係図を示す。越流水深も流速と同様に改良張工B、護岸タイプ以外の4タイプにおいて、越流時間が増大するほどP値も大きくなっている事が窺え、越流時間とP値との間にも強い相関性が見て取れる。この事から、越流時間も損傷程度に非常に大きな影響を与えると考えられる。

5.まとめ

- ・既往の破壊判定基準図に関して、単に土を盛っただけの台形盛土においては判定手法のひとつとして有用性があるが、保護工を施した盛土構造物に対しては検討の余地がある。
- ・越流水深、流速、越流時間は損傷程度に影響を及ぼし、特に流速及び越流時間は損傷程度と強い相関性を示す。

参考文献

- 1)災害情報東日本大震災(第98報)、国土交通省 <http://www.mlit.go.jp/>
- 2)首藤伸夫:津波による海岸堤防・護岸の被災-昭和8年三陸大津波から昭和35年チリ津波まで-、津波工学研究報告、Vol.16,1-37.1999

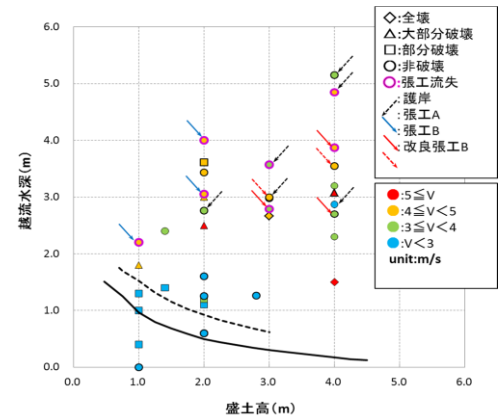


図-5 盛土高-越流水深の関係

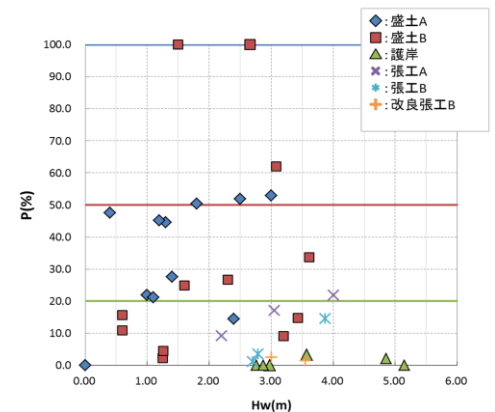


図-6 越流水深-平均すべり高割合の関係

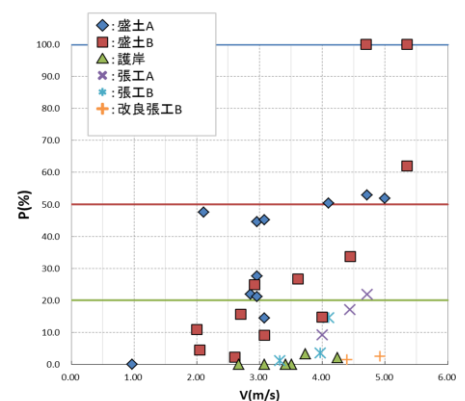


図-7 流速-平均すべり高割合の関係

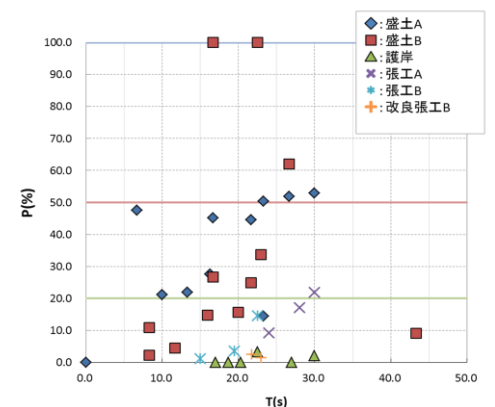


図-8 越流時間-平均すべり高割合の関係