

補強土壁工法を適用した盛土構造物の耐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 宮本圭 ○小宮聡
九州工業大学大学院 正会員 永瀬英生 廣岡明彦
ヒロセ株式会社 正会員 佐原邦朋 高尾浩司郎

1.はじめに

2011年3月11日、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。この地震が引き起こした最大9.3m以上の非常に大きな津波は太平洋沿岸の広範囲に來襲して、我が国に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、津波により道路盛土が被災していた個所を示しており、極めて広い範囲で被害が生じたことがわかる。既往の研究¹⁾によれば、本地震において、コンクリート壁面を有する補強土壁工法を適用した盛土構造物の中で津波により被災したものは全調査数29件中2件であった。これより、本工法を適用した盛土構造物は耐津波性能を有することが予想されるが、その津波に対する抵抗メカニズムは明らかにされておらず、まして崩壊に至るプロセスも現状では十分に理解されていない。そこで本研究では補強土壁工法を適用した盛土構造物の耐津波性能の評価並びに抵抗メカニズムを明らかにすることを目的とし、遠心模型実験を実施したのでここに報告する。



図-1 主な道路盛土の被災箇所

2.実験方法

本実験は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。土槽内部に遡上台及び電磁弁制御のシリンダーを伸縮させることで開閉する吐出口を有した水槽を設置する。そのシリンダーを遠心運転中に遠隔操作で縮めることによって吐出口を開き、水槽に貯留した水を一気に放出することによって疑似津波を発生させる。この時の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疑似津波の高さ及び流速を調節する。そして予め土槽内部に構築しておいた模型盛土の損傷程度を疑似津波の越流水深と模型盛土高の変化の点より検証する。模型盛土は無補強タイプ、両法面に張工模型を設置した張工タイプ及び補強土壁工法を適用した直壁TAタイプの3種類を使用し実験を行った。図-3にそれぞれの寸法を示す。また、模型盛土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と豊浦珪砂を混合したものを使用した。無補強及び張工タイプでは乾燥重量比でシルト:豊浦砂=1:1、直壁TAタイプでは設計基準を満足させるため乾燥重量比でシルト:豊浦砂=1:1.75の割合で混合したものを用いた。



図-2 実験土槽

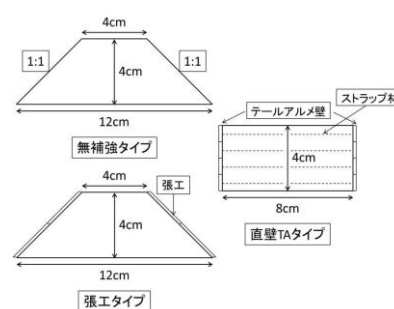


図-3 模型盛土寸法

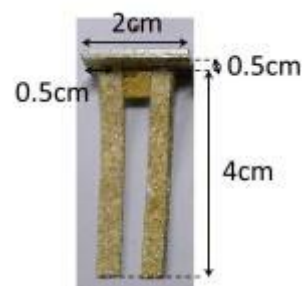


写真-1 模型に使用したスキンと補強材

補強土壁工法を適用した盛土構造物ではスキン1枚当たり4か所で1か所当たり2本の補強材が敷設されているものを実物として想定し、その補強材の寸法は幅49.5mm、厚さ4.5mm、長さ4mである。これより、100Gの遠心加速度場において壁面1枚当たりで実物の補強材と相似な引張及び摩擦力を再現できる模型補強材を作成した。一本の補強材が細くなりすぎることを防ぐために、実物とは異なり、模型ではスキン1枚当たり2か所で1か所当たり1本の補強材を敷設することとした。実際に模型に使用したスキンと補強材を写真-1にその寸法とともに示す。

3.盛土の破壊評価基準

盛土の損傷度評価については、藤井ら²⁾により式(1)が提案されている。

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

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する。

4.実験結果及び考察

本研究では現在のところ直壁 TA タイプの模型盛土に対して、水槽内水位を 16.5cm、19.5cm と変化させて 2 ケースの実験を実施している。水槽内水位 16.5cm のケースでは、写真-2 に示すように実験後では天端に軽微な洗掘が確認されたものの壁面には変形は観察されず、水槽内水位 19.5cm のケースでも同様の結果を示した。このように直壁 TA タイプでは実験前後で壁面に変形が観察されなかったことから、この 2 ケースで $P = 0(\%)$ と判断した。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-5 によれば無補強タイプでは越流水深が高いと損傷程度が大きくなる傾向が窺えた。張工タイプでは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、無補強タイプで見られた越流水深と損傷程度との関係とは明らかに異なる結果を示した。また、直壁 TA タイプでは他の盛土タイプと比べて水槽内水位を高く設定したため結果として越流水深も高くなったが、顕著な損傷は観察されず、他の盛土タイプよりも耐津波性能が高いことが窺える。図-6 に越流水深と平均すべり高割合の関係を、図-7 に流速と平均すべり高割合の関係を示す。図-6 によれば、張工タイプは無補強タイプと同等の越流水深であっても平均すべり高割合は低い値を示す傾向を読み取ることができ、その補強効果は明らかである。その張工タイプよりも、直壁 TA タイプの越流水深は高い値を示しているが目立った損傷が観察されなかったことより、張工タイプよりも耐津波性能が高いことが示唆される。図-7 によると、無補強及び張工タイプでは流速が速くなるほど平均すべり高割合は高い値を示す傾向があり、明らかに流速は損傷程度に影響を及ぼしており、各盛土タイプにおいて流速と平均すべり高割合の強い相関性が窺える。これに対して直壁 TA タイプでは 2 ケースの流速の差が小さいためその損傷程度への影響を確認することは難しいが、張工タイプと同じ流速であれば直壁 TA タイプの損傷は小さいという傾向は明らかである。

5.まとめ

無補強タイプに張工を設置することで耐津波性能が得られることが確認でき、補強土壁工法を用いることで更なる補強効果が得られ、盛土の耐津波性能が向上することが判明した。まだ、現段階ではデータ数が不足しているため、今後より多く実験を行い耐津波性能の評価並びにその抵抗メカニズムについての検討を行う予定である。

6.参考文献

- 1)佐原ら:東日本大震災における鋼製帯状補強土壁の被災度調査結果と今後の課題,第 6 回土砂災害に関するシンポジウム論文集,2012
- 2)藤井ら:遠心模型実験装置を用いた津波による盛土構造物の被災度評価実験,平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会公演概要集,2008

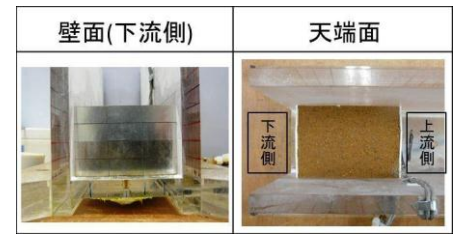


写真-2 水槽内水位 16.5cm の
模型盛土の写真(実験後)

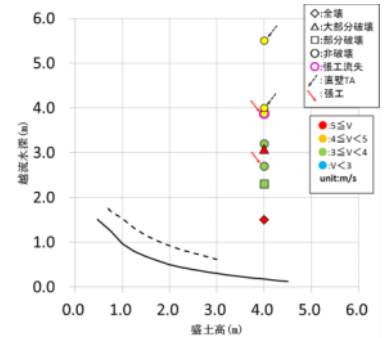


図-5 盛土高・越流水深の関係

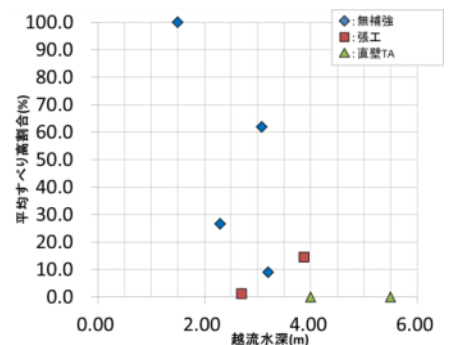


図-6 越流水深・平均すべり高割合の関係

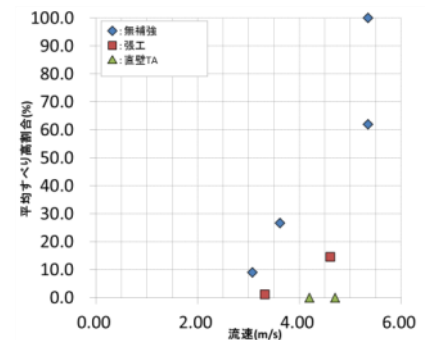


図-7 流速・平均すべり高割合の関係