

津波越流時に形成される落堀に及ぼす法先保護工の効果に関する遠心模型実験

九州工業大学大学院 学生会員 ○船倉 玖彬

九州工業大学 非会員 井上 雄太 杉朋 裕

九州工業大学大学院 正会員 廣岡 明彦 永瀬 英生

1. はじめに

我が国はプレートの境界に位置している島国であるために過去幾度となく巨大地震と、それに伴う津波によって甚大な被害に見舞われている。津波被害については多数の被災事例が報告されており、その中には災害復旧時に重要な役割を担う道路盛土が含まれている。道路盛土の下流側法尻付近の基礎地盤が津波の越流によって洗掘され生じる「落堀」が形成され、その影響により盛土破壊に至ると考えられる。

国土交通省より「粘り強い海岸保全施設の構造」として下流側法尻付近への保護工設置が提言されており、落堀形成抑制の効果に関して知見は得られているが、被災時の経験を基に設計を行っているため明確な設計基準があるとは言えない。そこで本研究では津波シミュレータにより発生させた擬似津波に対して、張工及び法先保護工の形状が落堀形成に与える影響について知見を得るために遠心模型実験を実施した。

2. 実験方法

本研究では、図-1に示す津波シミュレータシステムを遠心模型実験装置内に設置し、遠心加速度場 100G において実験を行った。遡上台内部に基礎地盤及び盛土模型を所定の位置に作成し、各測定位置にセンサーを取り付け、土槽内部に設置する。その後遠心模型実験装置運転中に、電磁弁制御のシリンダーにより開閉する吐出口を有した水槽から、遠隔操作により水を放出して擬似津波を発生させ、擬似津波による基礎地盤および盛土模型の損傷の形態や規模を観察する。基礎地盤は、全長 490mm、高さ 30mm、幅 60mm の寸法で作成し、「混合試料のみ」(図-2)と「混合試料+豊浦砂」(図-3)の場合の 2 ケースで行い、盛土法先に長さ 30mm、幅 60mm、厚さ 3.0mm の保護工を設置している。盛土模型は全長 200mm、幅 90mm、高さ 40mm で法面勾配 1:1.5 の台形盛土を使用した(図-4)。また、耐津波対策として張工及び基礎工の設置を採用している。国土交通省により提言されている張工の設計案を基に張工どうしが噛み合うように厚さ 5.0mm の張工を横幅が 1mm と 2mm の 2 種類作成し、また法尻部に基礎工を設置した。配置図を図-5 に示す。完成後を写真-1 に示す。張工法肩部は、津波の衝突による効力が働かないように天端に合わせて斜めに切断した。実験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。

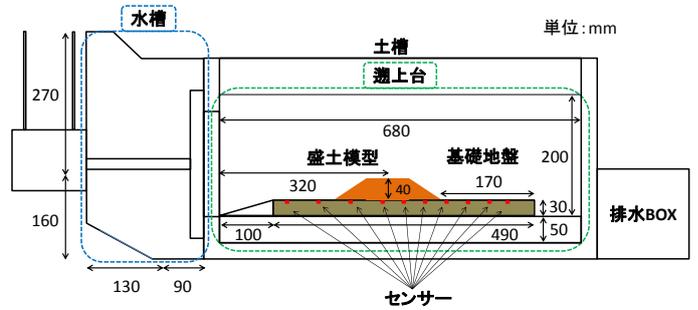


図-1 津波シミュレータシステム

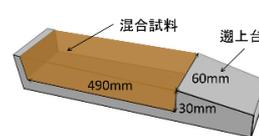


図-2 基礎地盤寸法 (混合試料のみ)

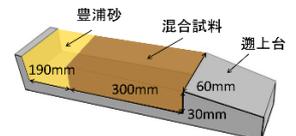


図-3 基礎地盤寸法 (混合試料+豊浦砂)

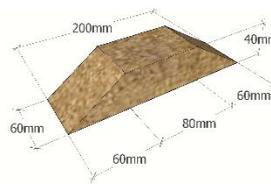


図-4 盛土寸法

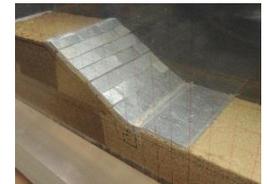


写真-1 実験模型

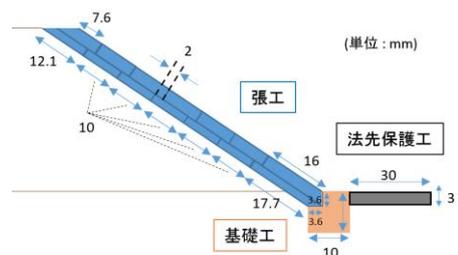


図-5 張工, 基礎工, 法先保護工 配置図及び寸法

3. 実験結果及び考察

本実験では津波越流時に法先保護工の有無及び基礎地盤タイプが落堀形成に与える影響について検討することを目的として3ケースの実験を行った。本実験の条件・結果を表-1に示す。

ここで表中のTは越流時間、Vは先端流速、Hwは越流高さ、Dは最大落堀深さをそれぞれ示している。また、遠心加速度は100G、実物盛土高は4m、水槽水位は15.5cm、空圧シリンダーの制御圧力は0.5Mpaの同一条件のもとで行っている。

実験を行った3ケース全てにおいて盛土法面に設置した張工の自重増加および噛み合うように設置したことで張工流失の要因である揚力による浮き上がりの流失を抑止することが出来たと考えられる。本実験における下流側法先の基礎地盤の損傷について写真-2~4に示す。基礎地盤タイプが混合試料のみのcase1と混合試料+豊浦砂のcase2を比較すると、case2の方が広い範囲で洗掘されており、落堀がより深く形成されていることが分かる。これは混合試料よりも豊浦砂の方が透水係数は高いことで越流した津波が浸透し地盤内の間隙水圧が上昇したために土粒子間を拘束する有効応力が低くなったことと豊浦砂に粘着力がほぼないために洗掘に対するせん断抵抗が小さいことが影響していると考えられる。またcase1, case2の洗掘開始位置は法先保護工の端であるが、case2に関しては基礎地盤が豊浦砂であることが影響して、越流が進むことで法先保護工下の基礎地盤も洗掘されていることが分かる。これより第2波以降が来た際に法先保護工下の基礎地盤の吸出しが加速し、保護工の流失および盛土構造物までの影響が及ぼされる可能性が考えられる。法先保護工を設置しているcase2と張工のみのcase3を比較すると、最大落堀深さは同程度であるが、case3の方が最大落堀深さは盛土構造物に近い位置で形成されており、基礎工は洗掘の影響を受けて設置場所よりズレが生じていることが分かる。case2およびcase3は共に第2波と津波の越流が続くことで落堀が盛土構造物の法尻付近まで拡大し、盛土構造物の大きなすべり破壊を誘発し盛土構造物の原型を留めない程の破壊に至る可能性がある。しかしながら、法先保護工を設置しているcase2は、落堀形成位置が盛土構造物より遠くなるため盛土破壊までの到達時間は遅いのではないかと推測できる。

4. まとめ

本研究より法先保護工の有無及び基礎地盤タイプが落堀形成に与える影響について以下の知見が得られた。

- ・法先保護工を設置したことにより、落堀形成位置を盛土構造物から遠ざけることが出来、その有用性は検証できた。透水係数が高く、粘着力の小さい基礎地盤のタイプのほうが落堀形成への影響を大きく与える。
- ・本実験では、同程度の擬似津波を発生させた場合でしか行えていないため水槽水位を変更して越流水深が高い場合と法先保護工の寸法を変えることで落堀形成位置やスケールに与える影響については今後検証する予定である。

<参考文献>

国土交通省：粘り強い構造の海岸堤防について

表-1 実験条件・結果一覧

case	基礎地盤タイプ	保護工幅(cm)	T(s)	V(m/s)	Hw(m)	D(m)
1	混合試料のみ	3	13.3	4.40	3.70	0.36
2	混合試料+豊浦砂	3	10.0	4.20	4.50	0.99
3	混合試料+豊浦砂	無	13.3	4.32	4.05	1.10



写真-2 case1 実験後

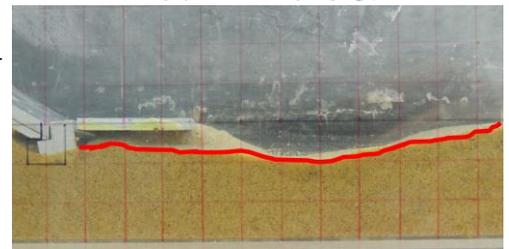


写真-3 case2 実験後

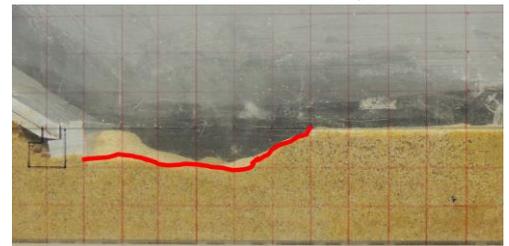


写真-4 case3 実験後

(備考:擬似津波の進行方向は左から右とする)