

大地震および長時間の津波越流に強い盛土構造を開発しました

平成26年 9月2日

公益財団法人鉄道総合技術研究所

公益財団法人鉄道総合技術研究所（以下、鉄道総研）では、大地震に対する耐震性に加えて、長時間の津波越流（津波が盛土を越えて流れる現象）が発生しても破壊しにくい鉄道盛土構造を開発しました。

2011年の東北地方太平洋沖地震では、鉄道盛土が津波により甚大な被害（流出、侵食）を受け、長期に渡り運休を余儀なくされました。鉄道総研では、2011年12月に「鉄道の震災復旧・復興に向けた技術提案」を取りまとめ、これに基づいて鉄道の震災復旧・復興を支援してまいりました。一方、今回の津波被害の経験から、巨大な津波が防潮堤を越えてきた場合に、鉄道や道路等の盛土構造が2番堤として地域の被害を低減する役割が期待されています。このような背景から、津波到達が予想される地域の鉄道盛土には、津波に対する耐性を考慮する必要が生じてまいりました。鉄道総研では、現地調査や波浪模型実験等によって、盛土構造物が津波によって破壊するメカニズムについて検討を進め、従来型の盛土が津波越流によって破壊するプロセスを明らかにしました。

このたび、鉄道総研は、「RRR工法」等のジオテキスタイル補強土構造物（高分子材料系地盤補強材を用いた補強土構造物、以下、補強土構造物）を発展させて、耐震性に加えて長時間の津波越流にも耐える新しい補強土構造物（以下、「新構造」）を提案いたします。

鉄道総研が主体となって開発した「RRR工法」は、兵庫県南部地震の激震にも耐える高い耐震性が実証されています。この技術を応用し、近年、重い橋桁を支持できる耐震性の高い補強土構造物として、（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構と共同で「補強土橋台」や「GRS一体橋梁」を開発し、整備新幹線等に適用されています。

今回、地震動を加えた後に長時間の津波越流を再現できる実験装置を製作し、「新構造」を含めた各種盛土構造物の津波越流に対する耐性を検証した結果、以下のことがわかりました。

- ① 補強土構造でない従来型の盛土構造物は、地震動に対して十分な耐力を有していた場合でも、津波越流によって侵食・崩壊しやすい。
- ② 一般的な補強土構造物は、盛土本体が津波越流による侵食に対して十分な耐性を持つ。ただし、長時間の津波越流によって盛土を支持する地盤が侵食されると不安定化する可能性がある。
- ③ 「新構造」は、高い耐震性に加え、長時間の津波越流で支持地盤が侵食されても盛土本体が不安定化しにくい。

また、近年、集中豪雨により鉄道盛土が越流により多く被災していますが、上記の結果から、「新構造」を含めた補強土構造物は、このような豪雨による越流に対しても有効であるといえます。今後は「新構造」を「RRR工法」のバリエーションの一つとするため、設計法の確立を進めてまいります。

本研究においては、平成24年～25年度の共同研究「津波に対して壊れない粘り強い盛土構造物の構築技術の開発」を通じ、東京理科大学、（独）農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所、（株）複合技術研究所から技術的な助言・指導をいただきました。

長時間の津波越流に強い盛土構造の概要

2011年の東北地方太平洋沖地震では、鉄道盛土が津波により甚大な被害（流出、侵食）を受け、長期に渡り運休を余儀なくされました。鉄道総研では、これまでに実施した波浪模型実験等での結果を踏まえ、盛土構造物は主として以下のメカニズムで破壊に至ったと結論付けました。

- ① 津波来襲前の地震動により、鉄道盛土の本体（堤体）やのり面工に損傷が生じる。
- ② この状態で津波が来襲し、津波が鉄道盛土を越えて長時間流れることにより、盛土が侵食される。
- ③ さらに、盛土を越えた水（越流水）が山側（内陸側）の盛土のり面下部（のり尻）付近の支持地盤を侵食し（落堀）、それによって盛土がさらに不安定化する。

上記の結果を踏まえ、鉄道総研では、耐震性に加えて長時間の津波越流にも耐える新しい補強土構造物（図1、以下、新構造）を提案いたします。新構造は、鉄道総研が開発した補強土工法（RRR工法）を発展させたものであり、津波越流により侵食されやすい盛土上層・下層に長いジオテキスタイル（面状の高分子材料系地盤補強材）を配置し、さらに盛土底面はセメント改良礫土層で構築するものです。このセメント改良礫土層はジオテキスタイルを配置することによって剛性が大きく向上するため、津波越流によって盛土のり先部の支持地盤が侵食されても、盛土本体が不安定化して変形・破壊するのが防止されます。

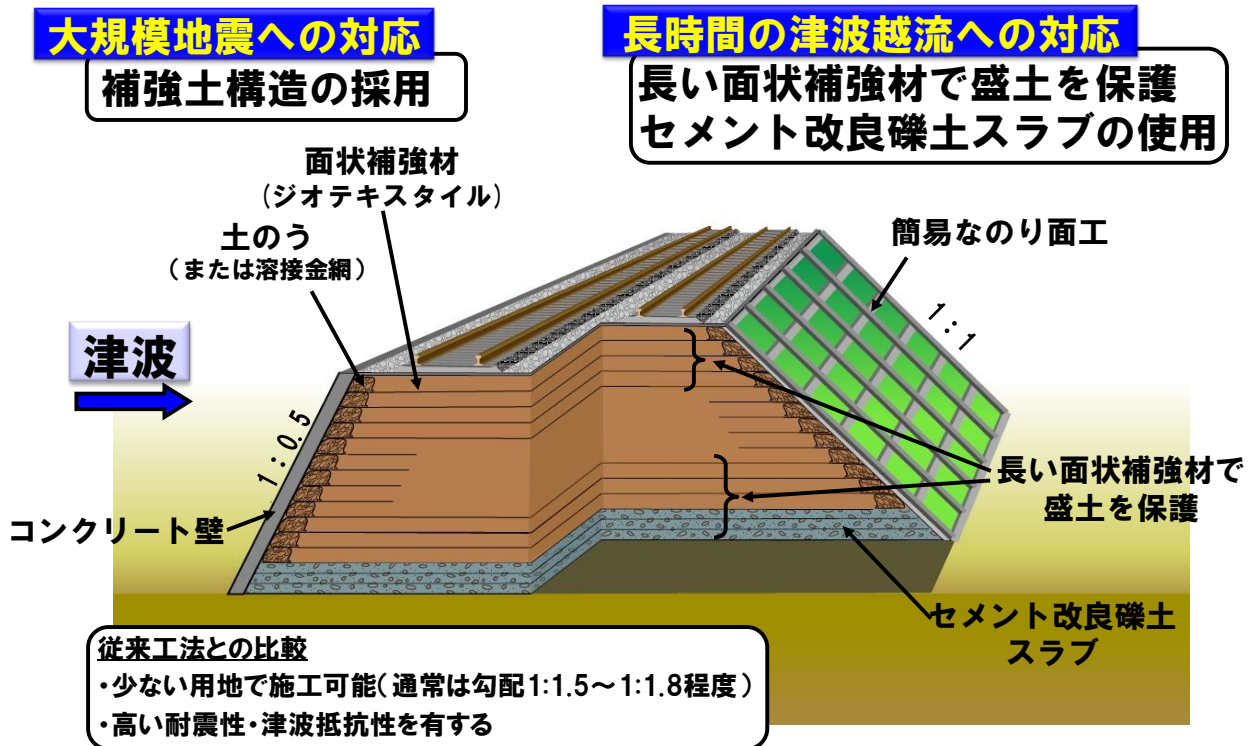


図1 新しい補強土構造物の概要

今回、地震動を加えた後に長時間の津波越流を再現できる実験装置を用いて、各種盛土構造物の津波越流に対する耐性を検証しました（図2、図3）。その結果、補強土構造ではない従来型の盛土構造は、地震動に対して十分な耐力を有していても、津波越流によって容易に崩壊する（図4）のに対して、新構造は長時間の津波越流で支持地盤が侵食されても盛土本体が崩壊しにくい（図5）ことが実証されました。

参考資料

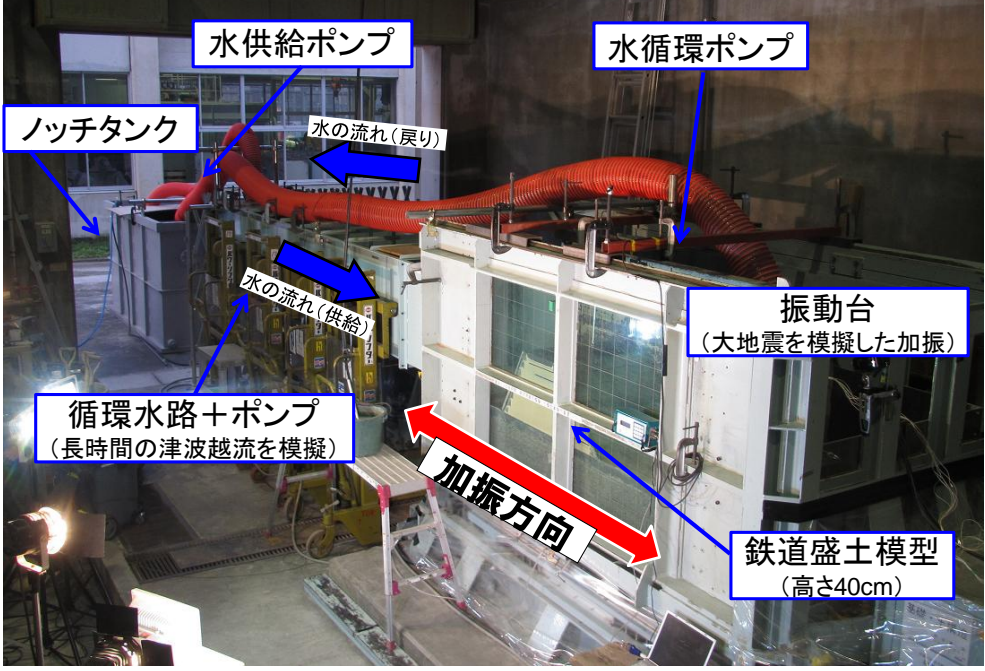


図2 実験装置の概観
(大規模地震動および長時間の津波越流を再現可能)

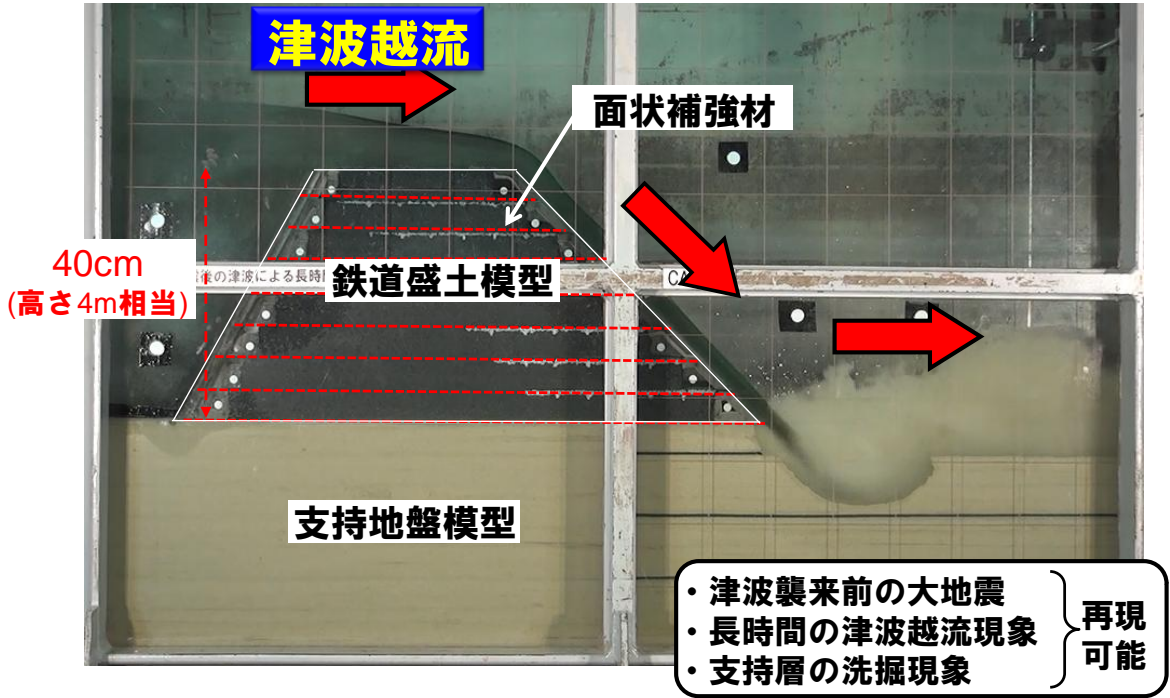


図3 津波越流実験の様子

参考資料

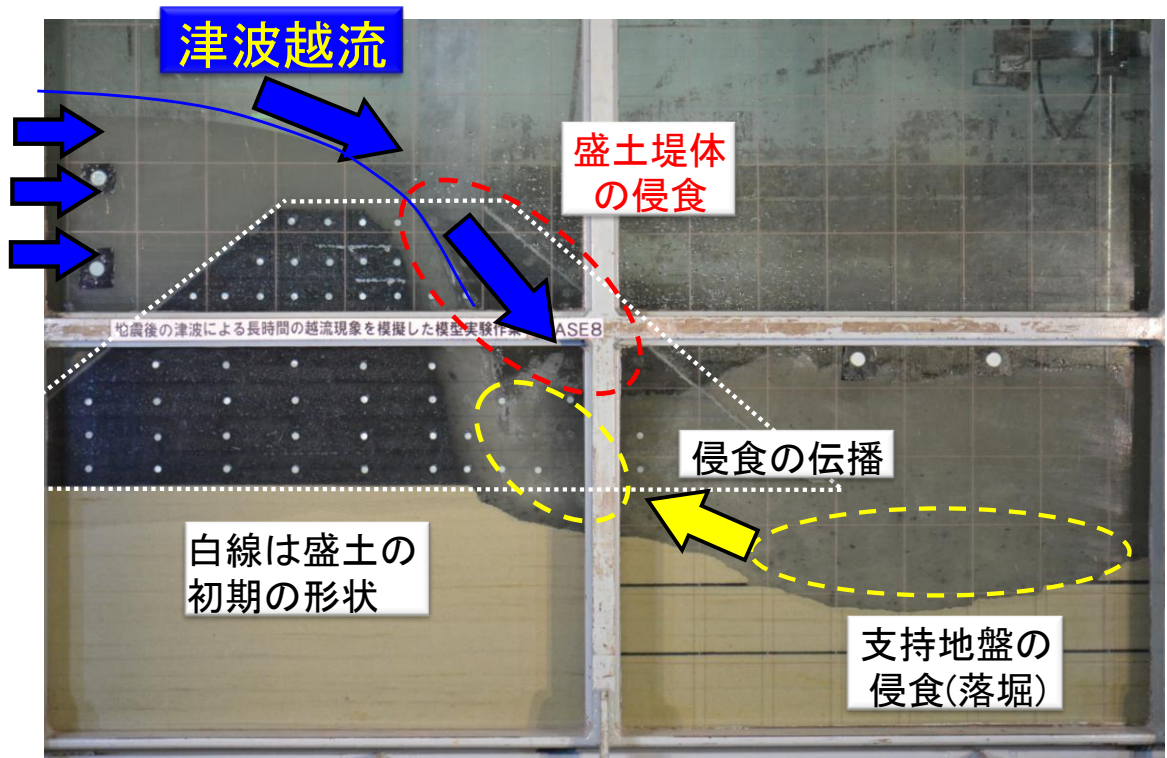


図4 従来型盛土の状況（開始2分後：実時間6分経過相当）

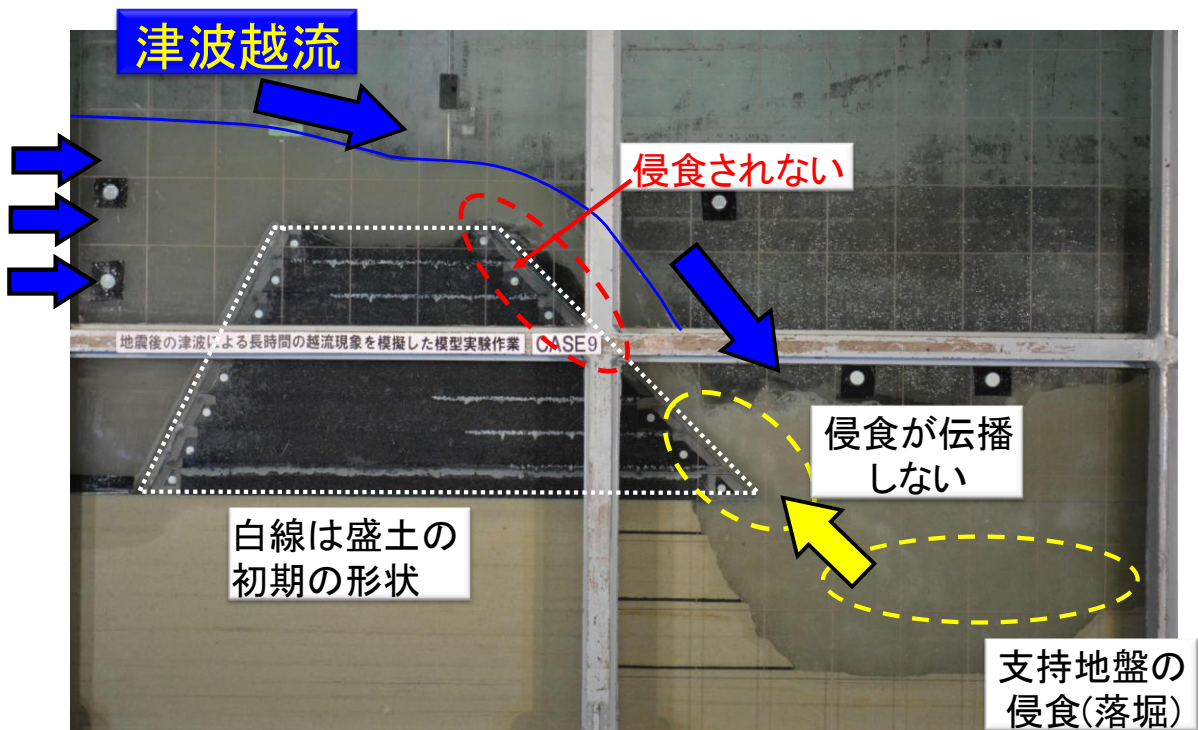


図5 新しい補強土構造の状況（開始2分後：実時間6分経過相当）