

第Ⅲ部門

盛土の耐津波侵食性の向上に関する実験的検証

大阪大学大学院 正会員 ○常田賢一 大阪大学大学院 学生会員 谷本隆介
明石市 鈴木啓祐 前田工織（株） 正 会 員 竜田尚希

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震では津波により甚大な被害を受けたが、著者らの被害調査^{1), 2)}によれば、盛土の耐津波性、言い換えれば、粘り強さが指摘できる。中央防災会議の復興戦略では平野部での多重防御が謳われているが、その基本は盛土構造である。ここで、盛土が防潮堤と同様な防潮機能を保有しているのであれば、防潮堤を代替するあるいは補完する構造としての活用が考えられる。そのため、本文は、津波の越流に対する耐侵食性の向上策（3 方法）に関する越流水路実験を実施し、その有効性を報告する。なお、実験方法の詳細は、参考文献 3)を参照されたい。

2. 実験方法

実験水路に盛土模型を設置し、水路（幅 1m，延長 55m）の片側端部の造波板を押し出し、造波板の前の貯水の水位を上昇させた段波を、盛土模型に入力して越流させる。盛土模型の諸元を図 1 に示す。盛土材は桐生砂の購入土であるが、2mm のフルイにかけている（ $D_{50} : 0.55\text{mm}$ ，最適含水比：11.4%，最大乾燥密度： 1.98g/cm^3 ）。盛土模型は Wet あるいは Dry の含水状態で作製したが、前者は最適含水比付近（13.0%），後者は最適含水比より低い含水比（4.6～6.7%）で締め固めた。なお、盛土模型の裏法先地盤の侵食が無い固定床の実験である。盛土模型は、以下の無補強の基本形と 3 種類の補強構造である。

- ・基本形 2 割（Dry）：基本寸法（天端幅 14cm，底面幅 46cm，表法・裏法勾配 1:2，高さ 8cm）で Dry の盛土。
- ・全面補強（Wet）：基本形の法および天端の下 1cm の位置で全面にジオテキスタイルを敷設し、覆土した Wet の盛土。
- ・部分補強（Dry）：基本形において天端の下部を包み込むようにジオテキスタイルを部分的に敷設した Dry の盛土。天端の覆土厚は 1cm。
- ・天端補強（Dry）：基本形において天端に不透水のアクリル板（幅 120mm，板厚 2mm）を設置した Dry の盛土。

用いたジオテキスタイルは 30g/m^2 であり、透水係数は概ね $4.25 \times 10^{-1} \text{ (cm/s)}$ ，引張強力は 54，39N/5cm である。また、アクリル板の両側の法肩 1cm を覆土部とし、表法側の幅 20mm は浸透防止のため板厚 5mm とし、接着した 8 本のプラスチック棒（ $\phi 3\text{mm}$ ，長さ 40mm）で盛土内に貫入し、固定した。なお、入力波は、表法前の水深が 12cm 程度、越流深が 3～4cm 程度、越流時間が 10 秒程度を目標とした。

3. 実験結果と考察

実験時の盛土の表法前の水深は 11.1，11.3cm，表法肩の越流深は 2.0～2.9cm，越流時間は 12.13～12.63 秒であった。レーザーにより越流の前後の盛土の断面積を計測して、断面積の低減率、つまり侵食率を算出した結果を表 1 に示す。

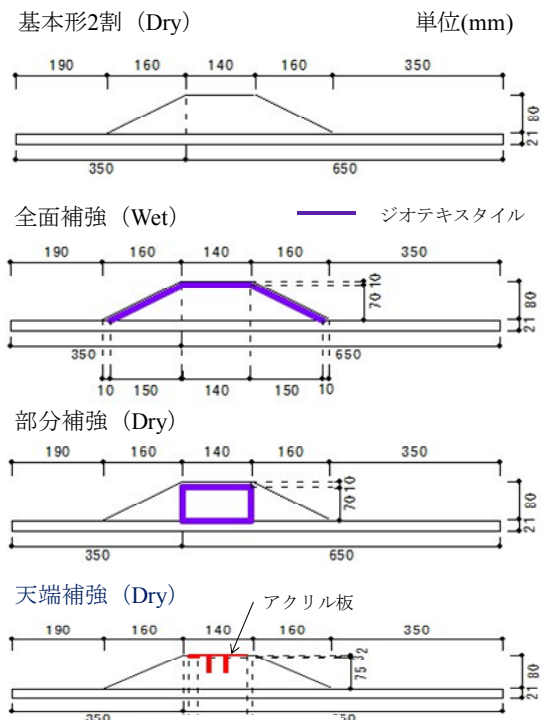


図 1 盛土模型

表 1 越流による盛土断面の侵食率

盛土模型	全断面(cm^2)			侵食率(%)			
	設計	越流前	越流後	全断面	表法	天端	裏法
基本形2割Dry	240.0	244.2	155.1	36.5	1.7	14.7	20.1
全面補強Wet	240.0	246.7	215.3	12.7	0.9	6.1	5.7
部分補強Dry	240.0	240.8	191.3	20.6	1.2	4.1	15.3
天端補強Dry	240.0	245.2	202.4	17.5	1.4	0.7	15.4

同表から、基本形を含めて、表法の侵食は僅か（1～2%程度）であり、実堤防でも同様な現象が見られている^{1), 2)}。よって、主たる侵食部位は天端ある裏法であり、基本形では天端の侵食が顕著であるが、ジオテキスタイルによる全面補強、天端下部の部分補強およびアクリル板による天端補強のいずれも、天端の侵食は限定的であり、侵食率は無補強の基本形2割（Dry）の半分強以下である。ここで、各盛土模型間の耐侵食性は、相対的な侵食率の差異から考察できるが、侵食率は後述の“粘り強い”の度合いを示す指標として位置づけられる。

基本形および各補強構造の越流時の特性は、以下の通りである。

- 1) 基本形2割（Dry, 写真1）：越流により、まず裏法の侵食が進行し、天端にも侵食が拡大した。侵食率は36.5%と大きく、越流時間がさらに継続すると、侵食は表法に至り破堤に繋がると思われる。
- 2) 全面補強（Wet, 写真2）：ジオテキスタイルの下方の内部の盛土体は侵食されていない。そのため、侵食は裏法と天端の一部の表層1cmのゾーンだけであり、侵食率は無補強の1/3程度（12.7%）である。侵食は覆土部1cmの山側天端の一部および裏法であるが、補強領域の形状および高さは保持されている。なお、越流時間が長いと、天端全面の侵食が予想されるが、補強領域は維持できると思われる。
- 3) 部分補強（Dry, 写真3）：ジオテキスタイルの内部の盛土体は侵食されていない。そのため、侵食は裏法と天端の覆土の一部だけであり、侵食率は無補強の1/2強（20.6%）である。侵食率が全面補強より大きいのは、裏法部の侵食の進行のためであるが、全面補強と同様に、補強領域の形状および高さは保持されている(写真5)。ここで、越流が長時間に渡る場合も、全面補強と同様に補強領域は維持できる。
- 4) 天端補強（Dry, 写真4）：侵食は裏法から裏法肩止まりであるため、侵食率は無補強の1/2程度（17.5%）であり、天端の高さは完全に保持された。侵食率が部分補強よりも天端補強で小さいのは、天端の侵食が裏法肩部だけで、裏法侵食が抑制されたためである。なお、表法肩の侵食は皆無である。

なお、越流時の盛土内浸透について、無補強の場合でも浸透は少ないが、ジオテキスタイルの補強により補強領域内への浸透はさらに抑制され、アクリル板の天端補強の場合は、天端下の盛土下部への浸透は全く見られない。

4. まとめ

本文では、越流時間、越流深が限られた越流実験ではあるが、無補強および補強構造間の相対的な耐侵食性の差異が明らかになり、3種類の補強構造は、文献4による“構造の主要な部位が欠損せずに、防潮堤の高さが安定的に保持される“粘り強い”構造として、耐侵食性を確保、向上できる技術的有効性が明らかになった。

謝辞：盛土の越流実験では東洋建設（株）鳴尾研究所の御協力を得ている。また、津波対策に関する研究では、（社）近畿建設協会の御支援を頂いている。ここに、関係各位に深く感謝を申し上げる。

参考文献：1) 常田・谷本：津波に対する土盛構造の抑制効果と耐侵食性の事例，第47回地盤工学研究発表会，

No.931, pp.1853-1854, 2012, 2) 常田・谷本：2011年東北地方太平洋沖地震における土盛構造の耐津波特性および落堀の形成特性，土木学会論文集 A1（構造・地震工学）Vol.68(2012)No.4, 地震工学論文集第31-b巻, pp.1091-1112, 2012, 3) 鈴木・常田・谷本・秋田：越流による盛土の侵食特性に関する実験，第48回地盤工学研究発表会，2013, 4) 常田：津波における“粘り強い”の考察，第48回地盤工学研究発表会，2013。



写真1 基本形2割（Dry）の越流後



写真2 全面補強（Wet）の越流後



写真3 部分補強（Dry）の越流後



写真4 天端補強（Dry）の越流後



写真5 補強領域の形状・高さの保持