

ジオシンセティック補強土防潮堤の小型模型による長時間越流実験

東京大学大学院	学生会員	○青柳悠大
農村工学研究所	正会員	川邊翔平
東京理科大学	フェロー会員	菊池喜昭・龍岡文夫
鉄道総合技術研究所	正会員	藤井公博・渡辺健治・野中隆博
複合技術研究所	正会員	飯島正敏

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震では、津波によって多数の防潮堤が崩壊し後背地に大被害をもたらした。盛土式の防潮堤が強振動とともに長時間の深い越流津波に対して粘り強く抵抗できるためには、①盛土の安定化、②コンクリート法面工の打ち継ぎ目の補強・コンクリートパネル間の連結、③コンクリート被覆工と盛土の一体化、④法尻地盤の洗掘防止が必要となる。これら達成のために被覆コンクリートと補強土工法で安定化した盛土を一体構造にした新形式の GRS(Geosynthetic-Reinforced Soil)防潮堤が提案された(図 1)¹⁾。

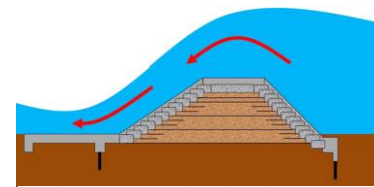


図 1 GRS 防潮堤

2. 長時間越流実験概要

循環型の模型水路(内寸法、長さ 1900mm×高さ 350 mm×幅 300 mm)を用いて重力場(1G)で小型模型実験を実施して、GRS 防潮堤の長時間越流時の侵食に対する抵抗性を検討した(図 2)。本論文では以下の 6 種類の模型の挙動を報告する(表 1)。(case15) 海側法面を遮水性のあるセメントスプレーで強化した盛土式の従来型防潮堤、(case20) 土嚢を被覆工とした防潮堤、(case22) case20 の盛土天端を改良して安定化した防潮堤、(case21) 盛土をジオシンセティックで補強し各層の土嚢は補強材を巻き付けた GRS 防潮堤、(case23) case21 の盛土天端を安定化した GRS 防潮堤、(case24) 補強材を全層敷きとせず、海側と陸側でそれぞれ独立させて配置した補強材長さを短くした GRS 防潮堤。

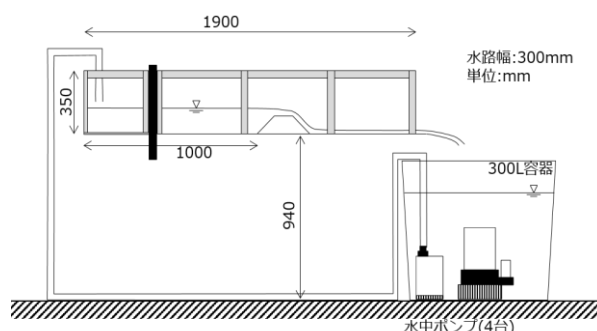


図 2 実験装置の概要

表 1 越流実験ケース

Case	堤防模型	補強材	被覆工		
			海側	陸側	天端改良
15	従来型防潮堤	-	セメント スプレー	-	-
20	土嚢被覆防潮堤		台形 土嚢模型	台形 土嚢模型	-
22	天端改良 土嚢被覆防潮堤				○
21	GRS防潮堤	-			
23	天端改良 GRS防潮堤 (全層敷)	○			
24	天端改良 GRS防潮堤 (補強材長さ35mm)	○ (長さ35mm)			○



図 3 補強材の巻き返し

すべての模型は、縮尺を 1/40 を目安として高さを 100mm、天端幅を 75mm とした。奥行は、水路幅と同じで 300mm である。法面勾配は海側、陸側ともに 1 割とした。盛土材は、東北硅砂 6 号、東北硅砂 8 号を乾燥質量比 1:1、それらに対してベントナイトを乾燥質量で 1%の割合で混合したものである²⁾。含水比 15%になるように水を加え均一に混合し、乾燥密度 1.57g/cm³で締固めて作製した。GRS 防潮堤の模型では補強材の上流側と下流側の法面位置には土嚢模型を配置した。実施工を模擬して、両側の土嚢を巻きこむようにして補強材を設置した。補強材の巻き返し長さは 30mm とした(図 3)。補強材を短くしたケースでは、補強材の長さを 35mm とした(図 4)。土嚢模型は、実際の土嚢程度の十分

キーワード 津波, 越流, 侵食, ジオシンセティックス, 防潮堤

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 Ce-202 TEL 03-5452-6422

な透水性を有するために、鹿島硅砂、無収縮モルタルで水セメント比が 40%となるように作製した。また、土嚢模型の断面形状は、三角形の場合は上下の土嚢-土嚢間の隙間から盛土材が流失しやすいことを確認し、土嚢同士の接触面積が大きくなる台形とした。盛土天端

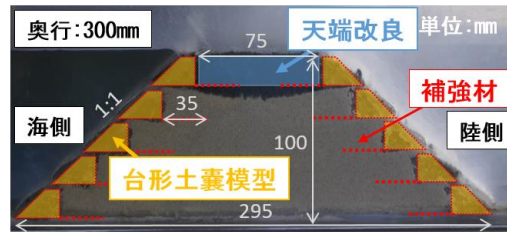


図 4 補強材を短くしたケース(case24)

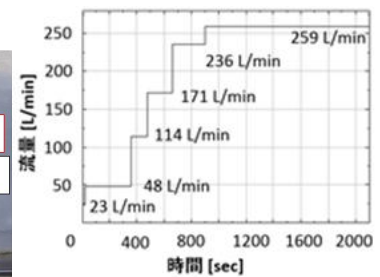


図 5 流量の段階的増加

を改良したケースでは、最大粒径 4.75mm に粒度調整した碎石の一層を 20mm 厚、 $\rho_d=2.0\text{g/cm}^3$ に転圧して安定化した。越流した水はタンクに入り、4 台の水中ポンプを用いて水を汲み上げることで循環させて長時間の越流実験を行った。それぞれの実験では、流量は 23L/min から 259L/min まで段階的に増加させた(図 5)。

3. 実験結果

図 6 に実験結果をまとめる。各種防潮堤の耐津波性能を破壊メカニズムと補強材と天端改良が耐津波性能に与える影響について、以下のことが判明した。

1) 従来型防潮堤(case15)では、越流とともに盛土の侵食が始まり、時間経過とともに盛土材は流失した(流量 23L/min 時)。2) 盛土法面を土嚢模型で被覆した case20 では、従来型防潮堤(case15)よりも若干粘り強かった。しかし、盛土材は徐々に内部から流失し、一度土嚢模型が流失すると、比較的短時間で一気に崩壊した(流量 23L/min 時)。3) 上記の模型の天端を改良した(case22)では、土嚢模型が流失するまでは盛土材の流失が防がれていた。しかし、経過時間 400 秒で下段土嚢模型の変位をきっかけに土嚢模型全体が一気に崩壊した(流量 48L/min 時)。

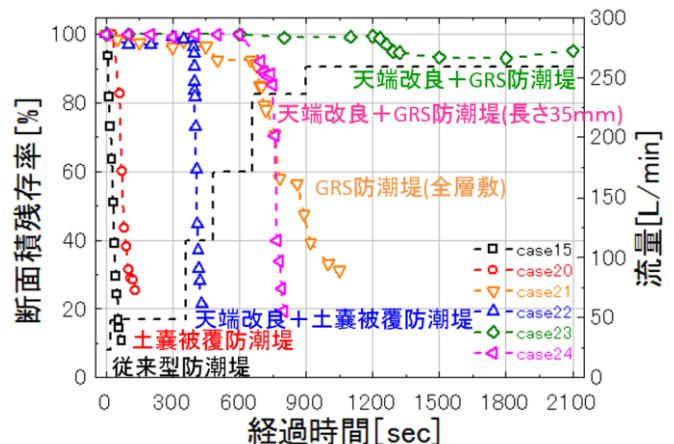


図 6 経過時間・断面残存率のグラフ

4) GRS 防潮堤(case21)では侵食速度が抑えられ、従来型防潮堤と比較すると崩壊までに遥かに長い時間を要し、抵抗性が非常に高くなった。崩壊は、盛土材が流失し易い天端から侵食が生じて、盛土上方から順次流失していったことによって生じた(流量 171L/min 時)。5) GRS 防潮堤の天端を改良した case23 では、越流に対してさらに強くなった。6) case24 の短尺補強材を用いた GRS 防潮堤は、天端が改良されてあっても、補強材が全層敷き込みの GRS 防潮堤(case21、23)と比較すると、崩壊までにかかる時間が短かった。崩壊は、陸側上段から順次補強材と土嚢模型が流失していき、陸側の土嚢模型がすべて流失した後、海側の上段から順次流失していった(流量 171L/min 時)。

4. まとめ

今回の実験結果から、長時間越流に対して GRS 防潮堤は、各層ごとに順次侵食が進行していくので耐侵食性が高くなり崩壊速度が遅くことが分かった。また、盛土天端を改良して安定化すると、盛土天端からの侵食に対する耐力が向上した。しかし、その場合でも、防潮堤の法尻から崩壊が開始されると比較的短時間で全体崩壊に至る危険性がある。したがって、盛土天端を改良すると同時に法尻を補強する必要がある。GRS 防潮堤では、法尻補強を効果的に実施できる。しかし、短尺補強材を用いると崩壊までの時間が全層敷きの場合と比べて早かった。補強材は全層敷きにして、海側・陸側の土嚢同士を補強材で繋ぎ止めることが重要である。

参考文献

- 1) 山口晋平, 柳沢舞美, 川邊翔平, 龍岡文夫, 二瓶泰雄: 小型模型実験による各種防潮堤の越流津波に対する安定性の評価, ジオシンセティックス論文集 第 27 巻 61-68 頁, 2012
- 2) 藤井公博, 渡辺健治, 野中隆博, 松浦光佑, 工藤敦弘, 青柳悠大, 山口晋平, 古川大祐, 川邊翔平, 菊池喜昭: 長時間の越流現象を模擬した津波実験のための地盤材料選定, 第 49 回地盤工学研究発表会, 2014