

- 土のうと棒状補強材を用いた盛土の強化復旧対策工法の設計方法に関する検討 -

(株)複合技術研究所 正会員 ○矢崎 澄雄
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 小島 謙一
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 坂本 寛章

1. はじめに

大規模な降雨や地震などの自然災害により盛土が被災した際の早期復旧対策として、図1に示す大型土のうと地山補強材による構造の開発を進めている。開発に当たっては、模型振動実験により大地震時の破壊・変形モード、補強効果の確認を実施するとともに、その結果を基に設計項目の検討、設計方法の確立を実施した^{1)~3)}。

本論文では、開発している対策工法の設計方法の概要と試設計例について報告する。

2. 設計方法の概要

本工法の設計方法の検討は、模型振動実験^{1)~2)}の結果から想定される破壊・変形モードに適合した設計計算方法を適用することとして、表1の方法を選定した。

図2に模型振動実験結果の破壊状況の例を示す。実験模型は、棒状補強材が盛土内に配置されており、補強材頭部は腹起しにより水平方向に土のうと一体化されている。加振による破壊は図2に示すように円弧すべり破壊であった。

同実験の再現解析を、鉄道基準⁴⁾で標準化されている盛土の変形計算法(ニューマーク法を適用した円弧すべり変形計算法)により実施した結果³⁾、本計算法の適用は妥当と判断された。

このことから、設計方法として円弧すべり計算法を適用することとした。

また、模型振動実験では、土のうを一体のブロックとして見た場合、前面に滑動する挙動も確認されたことから、土のうブロックを擬似擁壁と考え、擬似擁壁の滑動・転倒モード(図3)についても、切土補強土壁⁴⁾の設計計算法である内的安定・変形計算法を適用して試計算を実施した。その結果、滑動モードは円弧すべりモードの降伏震度とほぼ同程度であり、転倒モードは滑動・円弧すべりモードの3~4倍程度の降伏震度であった。

このことから、本構造の設計としては、円弧すべり計算および土のうブロック体の滑動計算を実施することが現実的であると判断した。転倒モードについては、実質的には安定計算を実施する必要はないと考えられるが、試計算では全ての形状や補強材仕様を網羅できていないことから、設計項目として扱うこととした。

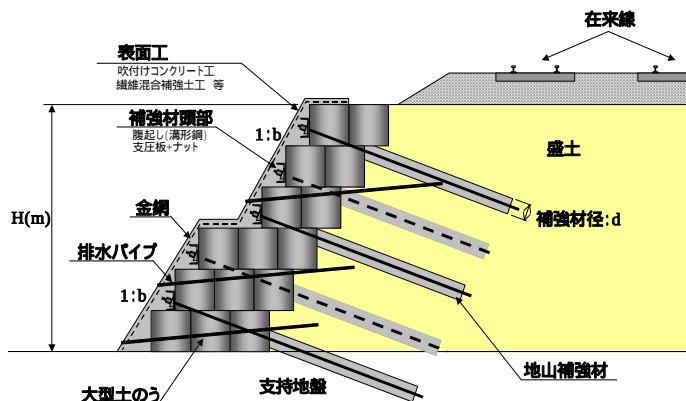


図1 本研究における盛土の早期復旧工法

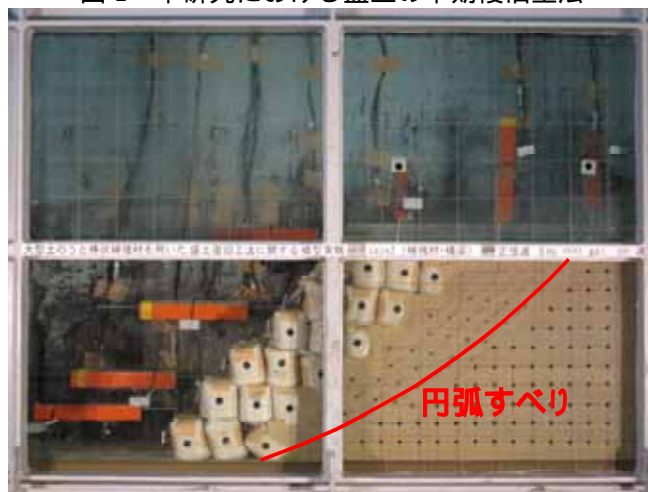


図2 模型振動実験による円弧すべり破壊

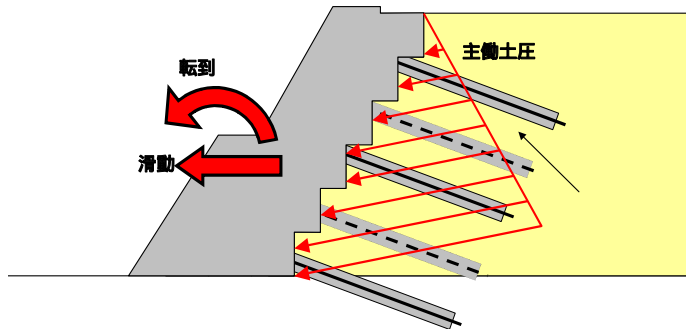


図3 土のうブロック体の滑動・転倒モード

表1 適用した設計計算法

破壊・変形モード	安定・変形計算法
円弧すべり	円弧すべり計算法
土のうブロック体の滑動	2 ウェッジ法による滑動計算法
土のうブロック体の転倒	2 ウェッジ法による転倒計算法

キーワード：盛土, 土のう, 復旧, 設計

連絡先：〒102-0072 千代田区飯田橋 4-6-9 TEL:03-5276-5276/FAX:03-5276-5309

3. 試設計結果

試設計は、被災盛土および復旧計画を想定したモデル断面に対して実施した。

モデル断面は、一般的な鉄道の盛土形状として、図4のように被災したものと想定した。また、復旧断面は図5の形状を計画し、表1の設計計算法により、所要の要求性能を満足するように補強材仕様を決定することとした。

試設計では、復旧後の要求性能を性能ランク⁴⁾として、L2地震時の変形量の限界値を500mm以下となるように設計を行うこととした。設計計算モデルを図6に示す。同図の補強材仕様にて、すべての安全性・復旧性を満足する結果となった。

(1) 施工時安全性の照査

復旧にあたっては、すべり破壊面を段切り処理するため、段切り勾配を適切に定める必要がある。本試設計では、所要の施工時安全性(円弧すべり安全率 F_s 1.2 相当)を確保できる段切り形状とした。

(2) 安全性の照査

安全性の照査は、円弧すべり安定、滑動・転倒安定に対して、常時、列車載荷時(終局状態)、L1地震時に対して実施した。

表2に照査結果を示す。ここで、表中の f_{ts} は所要安全率 F_s の逆数に相当する。

安全性の照査の結果、最も決定的となるのは、円弧すべり安定の作用ケースであった。

(3) 復旧性の照査

復旧性の照査は、円弧すべり変形、滑動・転倒変形のL2地震作用時の変形性能に対して実施した。入力地震波は、地表面最大加速度が最も大きいG2地盤用⁴⁾とした。

表3に照査結果を示す。各変形計算の結果、降伏震度、変形量(沈下量)とも円弧すべりモードで卓越する結果となった。このことから、実設計では円弧すべりモードと滑動・転倒モードでの降伏震度を比較して、卓越するモードでの変形性照査を実施すればよいと考えられる。

4. おわりに

鉄道盛土の復旧対策として、土のうと棒状補強材による復旧工法の設計方法に対する検討を実施した。その結果、想定される破壊・変形モードに対して、鉄道基準⁴⁾で標準化されている安定・変形計算法を適用した設計を行うことが妥当であることが確認された。

<参考文献>

1)小島ら：土のうと棒状補強材による盛土の強化復旧対策に関する模型振動実験～盛土の勾配と補強材量～、第45回地盤工学研究発表会、2010。 2)坂本ら：模型実験による土のうと棒状補強材を用いた盛土の強化復旧対策に関する評価、第45回地盤工学研究発表会、2010。 3)矢崎ら：土のうと棒状補強材を用いた盛土の強化復旧対策に関する模型振動実験の再現解析、第45回地盤工学研究発表会、2010。 4)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物、平成19年1月

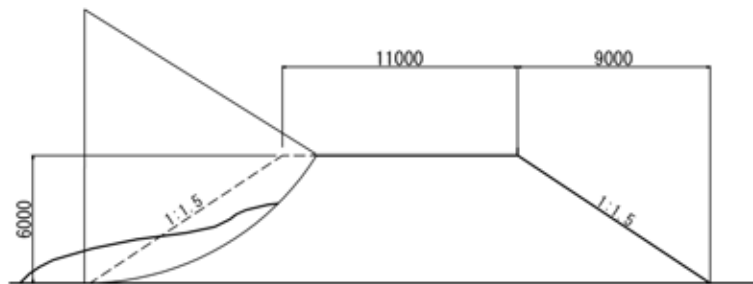


図4 想定被災盛土

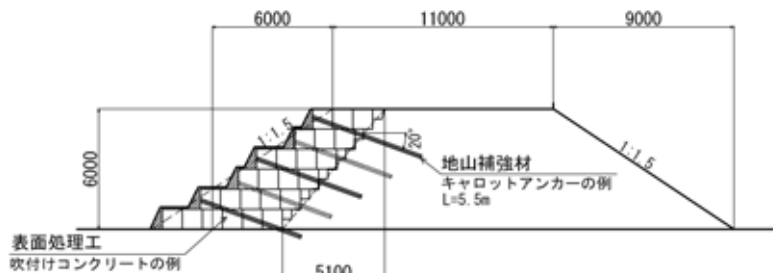


図5 復旧計画断面

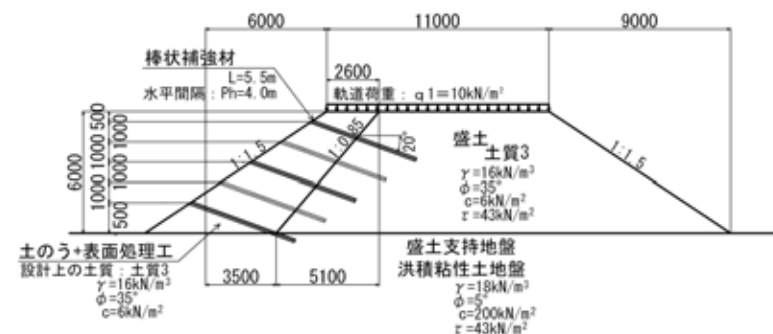


図6 設計計算モデル

表2 安全性の照査結果(安定性)

照査項目	作用ケース	応答値 I_{Rd} (kN・m)(kN)	限界値 M_{Ld}		照査値		判定
			f_{ts}	抵抗力 $I_{W'}$ (kN・m) (kN)	γ_i	$\frac{M_{Rd}}{M_{Ld}}$	
円弧すべり安定		1839.0	0.83	3343.7	0.663	1.0	OK
		2276.2	0.76	3660.5	0.818	1.0	OK
		2521.3	0.76	3934.9	0.843	1.0	OK
		4548.3	0.91	5544.3	0.820	1.0	OK
滑動安定		24.12	0.5	300.28	0.161	1.0	OK
		33.16	0.67	310.90	0.159	1.0	OK
		36.85	0.67	341.42	0.161	1.0	OK
		175.95	0.8	315.25	0.698	1.0	OK
転倒安定		146.77	0.5	3204.46	0.092	1.0	OK
		206.29	0.67	3281.90	0.094	1.0	OK
		230.04	0.67	3606.37	0.095	1.0	OK
		771.55	0.8	3341.71	0.289	1.0	OK

表3 復旧性の照査結果(変形性)

変形モード	降伏震度 K_y	沈下量 δ_D (mm)	限界値 δ_L (mm)	構造物 係数 γ_i	照査値 $\gamma_i \cdot \delta_D / \delta_L$	判定
円弧すべり	0.352	471.9	500	1.0	0.944	OK
滑動・転倒	0.555	436.6	500	1.0	0.873	OK