

## 実大ジオシンセティックス補強盛土における補強材張力計測事例の収集と考察

(国研) 土木研究所	正会員	○藤田 智弘	宮武 裕昭
Royal Military College of Canada		Richard Bathurst	
防衛大学校	正会員	宮田 喜壽	

## 1. はじめに

一般的に、土工構造物は、設計段階では盛土材料が未定であること、施工品質に多くのばらつきを有することや安定のメカニズムが十分に解明されていないこと等から、土工構造物の性能は大きな不確実性を有すると考える。道路では、その不確実性への主な対応として、設計で大きな安全率を設定して照査し、施工で転圧した盛土の密度管理を行うことが行われてきた。

土工構造物の中でも補強土は、盛土内に敷設したジオシンセティックス補強材の摩擦抵抗によって盛土の安定性を高めるため、急勾配の道路盛土を構築する際に採用されることが多い。著者らは、信頼性理論を用いた部分係数化等による設計法の合理化の検討を行っている。のり面勾配が 1 : 0.6 よりも急な補強土壁については、現行の設計法と国内外の実大補強土壁の補強材のひずみを計測した事例の比較が行われている。その結果、現行設計法で示している推定式で算出される補強材張力は、実大補強土の実測値よりも大きく、推定精度のばらつきが大きいことが示されるとともに、実測値をベースとした予測精度の高い補強材張力の推定式が提案された<sup>1)</sup>。一方で、のり面勾配が 1 : 0.6 よりも緩やかな補強盛土については、事例解析をもとに、補強材張力の設計値と実測値を定量的に比較する試みは実施されていない。そこで、本論文では補強材張力の設計値と実測値を定量的に比較する試みの一環として、補強材のひずみが計測された実大規模の補強盛土を 11 ケース収集し、補強材張力の算出とその分布形状を現行の設計法と比較し考察を行ったので報告する。

## 2. 現行設計法の補強材張力の計算式

土木研究センター (2013)<sup>2)</sup>による現行設計法の補強材張力の最大値 ( $T_{\max}$ ) の計算式は以下の通りである。

$$T_{\max} = 2S_v z \Sigma T_{\text{req}}/H^2 \quad (1 : 0.6 \sim 1 : 1.0 \text{ の勾配}) \quad (1)$$

$$T_{\max} = \Sigma T_{\text{req}}/n \quad (1 : 1.0 \text{ よりも緩い勾配}) \quad (2)$$

ここで、 $z$  は盛土天端から補強材までの深さ (m)、 $H$  は盛土高 (m)、 $n$  は補強材の敷設段数、 $\Sigma T_{\text{req}}$  は以下に示す必要引張力 (kN) を示す。

$$\Sigma T_{\text{req}} = \frac{F_s \Sigma (W \sin \theta) - \Sigma (cL + W \cos \theta \tan \phi)}{\Sigma \left\{ \frac{z}{H^2} \tan \theta (\cos \theta + \sin \theta \tan \phi) \right\}} \quad (3)$$

ここで、 $c$  は粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)、 $\phi$  はせん断抵抗角 (°)、他のパラメータは、図 2 に示す円弧すべりの安定計算に必要なパラメータである。

式 (1) (2) より、補強盛土の現行設計ではのり面勾配が 1 : 1 よりも急勾配の補強盛土は、補強材張力が深さ方向に対して線形に増加する三角形分布を仮定しており、のり面勾配が 1 : 1 よりも緩勾配の補強盛土は、補強材張力が深さ方向に変化しない長方形分布を仮定している。

## 3. 補強盛土のデータベースと補強材張力

本研究では、それぞれ補強材の配置、盛土の勾配、盛土高、盛土材等が異なる全 11 ケースの補強盛土の実験等計測データを収集した。11 ケース全てにおいて、のり面等の変状は確認されておらず、安定したパフォーマンスを示したものである。表 1 にデータベースの概要を示す。補強材張力は、Walters et.al. (2002)<sup>3)</sup> にならない、計測された補強材のひずみから換算した。換算には、クリープ試験から求まる 1,000 時間載荷時の 2 % ひずみ時の剛性  $J_{2\%}$  を用いた。表 1 に盛土内の補強材張力の最大値 ( $T_{\max\max}$ ) を示す。実測データより、

キーワード 補強土、補強材張力、実大模型実験

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 (国研) 土木研究所 地質・地盤研究グループ TEL 029-879-6759

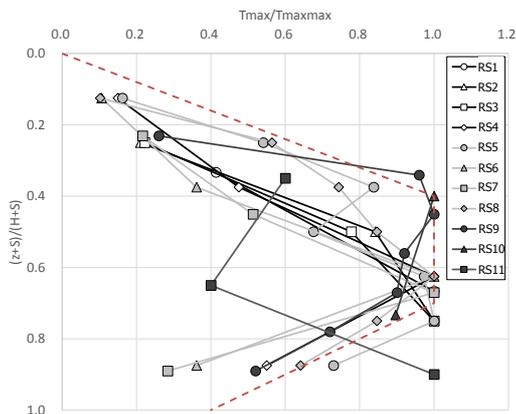


図1 補強材張力の最大値の分布

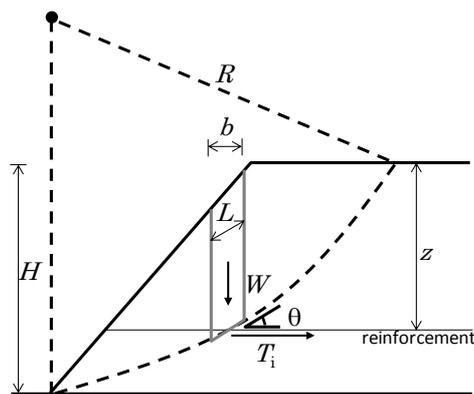


図2 円弧すべりの安定計算に必要なパラメータ

表1 データベースの概要

	壁高(m)	のり面傾斜角(°)	上載荷重(kN/m)	盛土			補強材敷設数(枚)	$T_{maxmax}$ (kN/m)	$T_{maxmax}/T_{ult}$ (%)
				単位体積重量(kN/m <sup>3</sup> )	粘着力(kN/m)	せん断抵抗角(°)			
RS1	3.0	50	0	16.9	10.8	11	2	0.3	1.4
RS2	3.0	50	0	16.9	10.8	11	3	0.2	0.9
RS3	3.0	50	0	16.9	10.8	11	3	0.1	0.5
RS4	6.0	42	0	16.7	10.8	11	4	0.4	1.8
RS5	6.0	42	0	16.7	10.8	11	7	0.4	1.8
RS6	6.0	45	0	17.2	2.0	20	4	0.5	2.3
RS7	6.0	45	14.2	17.2	2.0	20	4	0.8	3.7
RS8	6.0	45	0	17.2	2.0	20	7	0.4	1.8
RS9	6.0	45	14.2	17.2	2.0	20	7	0.6	2.7
RS10	15.0	45	0	18.3	9.8	36	14	1.0	1.5
RS11	20.0	45	0	18.3	9.8	36	19	1.0	1.5

$T_{maxmax}$  は 0.1~1.0kN という値で、補強材の引張強度 ( $T_{ult}$ ) と比べて 0.5~3.7%程度 の値を示している。また、図1に層毎の補強材張力の最大値 ( $T_{max}$ ) の分布を示す。 $T_{maxmax}$  が観測された補強材の高さは、盛土の底面ではなく盛土の中腹であるケースがほとんどである。つまり、 $T_{max}$  の分布形状は現行の設計法で仮定しているような三角形分布や長方形分布ではなく、台形分布に近い形状を仮定した方が良い整合性を示す。これらの傾向は、実大補強土壁の補強材のひずみを計測した事例の解析の結果と整合する。

4. まとめ

本研究では、11 ケースの補強盛土の実験計測データを収集し補強材張力を算出した。算出した補強材張力より得られた知見は以下のとおりである。

- ・ 収集した事例では、補強材張力は補強材の引張強度に比べて 4%以下の極めて小さな値を示していた。
- ・ 補強盛土の補強材張力の最大値の分布形状は、補強土壁と同様、台形分布に近い形状を設計で仮定した方が実測値と良い整合を示すものが多い。

以上より、補強盛土の現行設計法には補強材張力の推定式や分布形状の点で合理化の可能性があると考えられる。ただし、現行の設計法では盛土材や施工品質のばらつきなどを考慮した安全裕度がとられている。この安全裕度の合理化にあたっては、これらのばらつきや不確実性の影響を考慮して、慎重に検討する必要がある。例えば、ばらつきを与える要因の感度分析を行う必要がある。

参考文献

1) Bathurst, R. J., Miyata, Y., Nernheim, A., and Allen, T. M. (2008). "Refinement of K-stiffness method for geosynthetic reinforced soil walls." *Geosynthetics International*, 15(4), 269-295. 2) 一般財団法人土木研究センター(2013). ジオテキスタイル用いた補強土の設計・施工マニュアル (第二回改訂版). 3) Walters, D.L., Allen, T.M., and Bathurst, R.J. (2002). Conversion of geosynthetic strain to load using reinforcement stiffness. *Geosynthetics International*, 9: 483-523