Result of test embankment on application of geotextiles to fills with high-water content cohesive soils

Katsuyuki Kutara, Public Works Research Institute, Ministry of Construction

Noriaki Aoyama, Public Works Research Institute, Ministry of Construction

Tsutomu Obara, Tohoku Engineering Laboratory, Ministry of Construction

Sadao Sekiguchi, Civil Works Research Laboratory

Yutaka Nagano, Toyobo Co., Ltd.

Takehiko Takasago, Torey Industries Inc.

Hideo Shido, Unitika Co., Ltd.

Abstract :

The use of geotextiles is expected to ensure the trafficability of cohesive soils with high-water content and accelerate the consolidation of the embankment itself. Therefore, test embankments with polymer-grids, nets and spunbonded non-woven fabrics were constructed respectively, and various measurements during and after were carried out. This paper discusses the effects of geotextiles on the basis of the result of site investigations.

ジオテキスタイルを用いた高含水比盛土の現地試験施工

概要

高含水比粘性土盛土に、トラフィカビリティの確保と圧密排水の促進のためにジオテキスタイルを用いることが考えられる。これらの効果を確認するために、ポリマーグリッド、ネット、スパンボンド不織布を敷設した盛土の試験施工を実施して、各種の計測を行った。本報告では、計測結果をもとに高含水比粘性土盛土におけるジオテキスタイルの効果の考察を行った。

ジオテキスタイルを用いた高含水比盛土の現地試験施工

建設省土木研究所	久楽 勝行
〃	〇青山 憲明
建設省東北技術事務所	小原 務
(財)建設技術研究所	関口 定男
東洋紡績(株)	永野 豊
東レ(株)	高砂 武彦
ユニチカ(株)	志藤日出夫

1. まえがき

近年、大規模工事にともない、現地で発生するあまり良質でない土でもこれを有効に利用して、盛土を築造することが多くなってきている。特に、高含水比粘性土である場合、盛土の安定性や施工時のトラフィカビリティの確保が容易ではなく、また盛土の圧密沈下が発生することもある。それらの対策として、盛土内にジオテキスタイルを敷設して、盛土の安定性や施工時のトラフィカビリティの確保ならびに圧密促進をはかる工法が考えられる。そこで、今回、建設省東北地方建設局のパイロット事業としてジオテキスタイルを用いた高含水比粘性土の試験盛土が実施されることになり、各種の調査・計測を実施してきている。本報告は、試験盛土の概要とこれまでに得られた、各種の試験・計測の結果をとりまとめ、ジオテキスタイル敷設の効果などについての考察を加えたものである。

2. 試験施工の概要

2.1 試験施工の目的

試験盛土は、近くの切土箇所から発生する高含水比粘性土を用いて築造した。盛土材料の工学的性質を表-1に示す。盛土材料は、日本統一分類で火山灰質粘性土に属し、自然含水比は63%程度で、こね返しによって強度が著しく低下する鋭敏比の高い粘性土である。このような高含水比粘性土を用いて盛土を行う場合は、湿地ブルドーザーを用いてもまき出しが困難だけでなく、圧密による盛土の沈下や安定性が問題となる。今回の試験施工では、本施工に先立ち、盛土高さ1mの箇所、ジオテキスタイルの種類や敷設方法を変えた試験盛土を築造し、ジオテキスタイルによるトラフィカビリティの確保と圧密排水の効果について検討を加えた。

表-1 盛土に用いた材料

自然含水比	63 %
比重	2.54
粒度	レキ分 3.0 % 砂分 24.0 % シルト分 45.0 % 粘土分 28.0 %
液性限界LL	65.7 %
塑性限界PL	34.5 %
日本統一分類	火山灰質粘性土
最大乾燥密度	1.31 tf/m ²
コーン指数	0.6 kgf/cm ²
CBR	0.4 %

高さ1mの箇所、ジオテキスタイルの種類や敷設方法を変えた試験盛土を築造し、ジオテキスタイルによるトラフィカビリティの確保と圧密排水の効果について検討を加えた。

2.2 試験施工の内容

図-1 試験施工箇所の平面図

試験施工は、62年10月23日～11月3 日にかけて行った。試験施工箇所の平面図を図-1に示す。試験施工は、図に示すように調査区間 120mの中で、5工区に分けて実施した。図-2は、各工区の断面図と計測器の配置を示したものである。工区Ⅰはジオテキスタイルを敷設しない無補強工区、工区Ⅱはトラフィカビリティの確保を目的として、ポリマーグリッドを1枚敷設した工区、工区Ⅲは排水を目的としたスパンボンド不織布と補強を目的としたプラスチックネットを併用した工区、工区Ⅳはスパンボンド不織布を盛土中央に1枚敷設した工区、工区Ⅴはより排水効果を高めるためにスパンボンド不織布を2枚敷設した工区である。また、各試験工区に使用したジオテキスタイルの種類とその特性を表-2に示す。ジオテキスタイルは、施工時の支持力に必要な引張強度と間隙水圧を消散させるのに必要な透水性能を有するものを、事前解析で検討して選定した。なお、物性値は、いずれもメーカーの試験データを用いた。

計測は、盛土の圧密沈下量、盛土の変形量、ジオテキスタイルに発生するひずみ、間隙水圧、盛土材の含水量などの測定及び目視による施工性ならびに不織布の排水効果の確認などである。

3. 事前解析

盛土の施工に際しては、盛土の安定、施工時の支持力、排水などについて検討しておく必要がある。今回の盛土は、高さ1mの低盛土であり安定については問題ないので、施工時の支持力と圧密排水について検討を行った。

3.1 施工時の支持力の検討

支持力算定は、テルツァギーの支持力理論に施工機械がめり込む根入れ効果 q_2 、ジオテキスタイルの引張力による上向きの力 q_3

図-2 試験工区の断面図と計測器の設置位置

表-2 各工区のジオテキスタイルの種類とその特性

工区	ジオテキスタイルの種類	引張強度	排水性	ジオテキスタイルの物性
工区Ⅰ	無補強			ポリマーグリッド 引張強度 1.5x2.8tf/m びり伸び度 8 x 7 % 目合寸法 28 x 40 mm (縦)(横)
工区Ⅱ	ポリマーグリッド 1枚	大	無	プラスチックネット 引張強度 976 x 861kgf/m びり伸び度 7 % 目合寸法 25 x 37 mm (縦)(横)
工区Ⅲ	プラスチックネット 1枚 スパンボンド不織布 1枚	中 中	無 有	スパンボンド不織布 引張強度 190kgf/5cm びり伸び度 70 % (縦)(横) 重量 300g/m ² 厚さ 3.0mm
工区Ⅳ	スパンボンド不織布 1枚	中	有	
工区Ⅴ	スパンボンド不織布 2枚	中	有	

およびジオテキスタイルによる周辺地盤の抑え効果 q_4 を考慮した算定式(1)を用いて行った。

$$q_a = \alpha c N_o + \gamma D_f + \frac{2 T \sin \theta}{B} + \frac{T}{r} N_q \quad \text{----- (1)}$$

$$F_s = \frac{q_a}{p}$$

解析は、湿地ブルドーザー(総重量10.6t、接地圧2.8tf/m²)を用いた時の支持力を計算して、ジオテキスタイルに必要な引張力を算定した。

ここに、 q_a :許容支持力、 α :形状係数(=2/3)、 c :粘着力(乱さない試料で $q_u = 2 \sim 4 \text{tf/m}^2$ 程度あるが、こね返しの強度低下を考慮して $c = 0.5 \text{tf/m}^2$ と仮定)、 B :载荷幅($B = 0.72 \text{m}$)、 γ :盛土材の単位体積重量(=1.5tf/m³)、 D_f :めり込み深さ(=15cm)、 T :ジオテキスタイルの引張力、 θ :ジオテキスタイルとのなす水平角(=30度)、 r :地盤の盛り上がり変形の半径(=1.0 m)、 N_o :支持力係数(=5.71)、 N_q :支持力係数(=1)、 p :転圧時の接地圧(=2.8tf/m²)、 F_s :安全率(=1.2)を用いて、事前解析を行うこととした。

上式から、ジオテキスタイルに生じる引張力は0.89tf/mが算定された。

3.2 ジオテキスタイルによる圧密排水の検討

盛土中央に不織布を敷設した場合の圧密排水に必要なジオテキスタイルの透水能力は、Giroudの提案式を用いて検討した。

$$\theta > \frac{B^2 k_s}{\sqrt{C_v t_0}} \quad (10^{-6} \leq T_0 \leq 1)$$

$$\theta > \frac{B^2 k_s H_s}{C_v t_0} \quad (T_0 > 1) \quad \text{ただし、} T_0 = \frac{C_v t_0}{H_s^2} \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 θ :ジオテキスタイルの通水性(cm²/s)、 B :盛土幅(=17.0m)、 H_s :ジオテキスタイルに挟まれた土の厚さ(=25cm)、 k_s :盛土材料の透水係数(=5×10⁻⁸cm/s)、 C_v :盛土材料の圧密係数(=67cm²/day)、 t_0 :

盛立てに要する時間(=1日)とすると、ジオテキスタイルに要求される通水性は、 $\theta = 0.018 \text{cm}^2/\text{s}$ となる。一方、スパンボン織布の透水試験の結果から、重量300g/m²の製品がこれを満足する結果が得られた。

写真-1 工区Iの施工状況

4. 計測結果

無処理の盛土と盛土中央部にジオテキスタイルをいれたものについて比較検討したものを以下に示す。

4.1 施工時のトラフィカビリティ

写真-1および写真-2に、試験盛土の施工状況をそれぞれ示す。写真-1は、ジオテキスタイルを敷設しない盛土の工区Ⅰのケースで写真の施工状況から、超湿地ブルドーザーでのまき出しにもかかわらず盛土のこね返しの影響も受けて、クローラーがかなりめりこんでいることが分かる。また、写真-2は、工区Ⅲであるが、クローラーのめりこみが少なく、施工が容易に行われていることが分かる。

写真-2 工区Ⅱの施工状況

(a) 工区Ⅱの場合

(b) 工区Ⅲの場合

図-3 施工機械の走行によるジオテキスタイルのひずみの分布

次に、ジオテキスタイル上に25cmまき出した後に、施工機械(超湿地ブルドーザー、総重量4.65tf、接地圧0.1kgf/cm²)を走行させたときのジオテキスタイルのひずみの分布を示したのが、図-3である。ひずみは工区Ⅱのポリマーグリッド敷設箇所で最大0.3%(引張力に換算すると0.23tf/m)、またネットと不織布を併用した工区Ⅲのネットのひずみは、0.5%(引張力に換算すると0.28tf/m)のひずみが計測された。

次に、図-4は、施工直後の各工区の盛土の強度をポータブルコーンペネトロメーターで測定した結果である。始めに、工区Ⅰのコーン貫入指数は、0.5kgf/cm²以下と大変小さな値となっており、ブルドーザーによる施工が非常に困難な状況である。また、ジオテキスタイルを敷設している工区は、工区Ⅰに比べてコーン貫入指数が大きくなっている。この原因として、工区Ⅰの施工時の天候がやや悪かったこともあるが、ジオテキスタイルを敷設して施工すると、施工時のこね返しの影響が少なく、強度の低下が少なくなったからと考えられる。また、ジオテキスタイルを敷設した工区の中でも、ポリマーグリッドを敷設した工区Ⅱの

コーン貫入抵抗が大きくなっている。これは、引張強度の大きく、インターロッキング効果のあるネット状のジオテキスタイルがこね返しを少なくすると考えられる。以上のことから、トラフィカビリティの確保は、ジオテキスタイルの引張力によって支持力の増加を期待できること、ジオテキスタイルを敷設することでこね返しが少なくなり、盛土の強度低下が少なくなることの双方の効果によることが認められた。

4.2 盛土強度の経時変化と含水比の経時変化

図-5 (a) は、ポータブルコーンペネトrometerによるコーン貫入抵抗の経時変化を示したものである。また、図-5 (b) は、盛土内の深さごとの平均含水比の経時変化を示したものである。始めに、コーン貫入抵抗についてみると、工

図-4 施工直後のコーン貫入抵抗の分布

(a) コーン貫入抵抗の経時変化

(b) 含水比の経時変化

図-5 コーン貫入抵抗と含水比の経時変化

区Ⅰでは、日数が経過してもほとんど強度の増加は認められない。工区Ⅱも同様で、施工直後と比べて貫入抵抗の増加はわずかである。次に、不織布を敷設した工区Ⅲ、Ⅳは、施工直後と比較すると貫入抵抗の増加が認められ、 $q_c = 1 \sim 2 \text{ kgf/cm}^2$ 程度増加している。次に、含水量の経時変化をみると、施工直後の含水比はいずれの工区も52~56%程度の値にあるが、11/27の測定では、降雨や積雪の影響でいずれの工区でも含水比が上昇している。その後、工区Ⅰ、Ⅱでは含水比はほとんど変化しないが、不織布を敷設した工区Ⅲ、Ⅳは含水比が減少している。コーン貫入抵抗と含水比の経時変化を関連ずけて考察すると、施工後に降雨や降雪の影響で盛土内の含水比が上昇するが、不織布を敷設した工区では、その後不織布の排水効果で含水比が減少し、またこれにともない盛土の強度も、不織布を敷設していない工区と比べて増加することが認められた。

4.3 間隙水圧の経時変化

ポリマーグリッドを敷設した工区Ⅱと不織布を敷設した工区Ⅳに図-2に示す位置に間隙水圧計を入れ、不織布による間隙水圧の消散の効果をみたのが、図-6である。いずれの工区とも、間隙水圧は測定開始直後から間隙水圧の上昇がみられ、不織布を入れている工区Ⅳと不織布を入れていない工区Ⅱの違いは認められない。また、その後の計測でも間隙水圧の上昇傾向にあり、特に盛土天端に近い箇所ほど間隙水圧が高くなっている。これは、施工後は降雨や降雪の多い時期となるため、盛土内に天端から浸透水が入ったためと考えられる。間隙水圧の経時変化からは、不織布の排水効果があったかどうか判明しないが、施工時には、のり面に出ている不織布からかなりの量のしずくがしたたり落ちているのが観測された。

5. まとめ

現地試験施工から、トラフィカビリティーの確保およびスパンボンド不織布による排水効果とそれに伴う盛土強度の増加が認められ、高含水比粘性土を用いた盛土にジオテキスタイルが適用できることが判明した。さらに、63年度も引き続き調査を実施しており、63年度の調査結果を取りまとめ次第、報告する予定である。

最後に、試験施工を実施された東北地方建設局湯沢工事事務所の関係各位に深く謝意を表します。