

ハイブリッドサンドイッチ補強土工法による靱性改善効果

三井化学産資（株） 正 会 員 ○山崎 真司
 茨城大学工学部 フェロー会員 安原 一哉
 住友林業（株） 佐藤 智剛

1. 研究の背景と目的

近年、良質な盛土材料の不足、建設用地の確保が困難であるなどの理由から、建設現場から発生する高含水比粘性土の有効利用が求められている。そこで、高含水比粘性土を使用するための有効な工法として、図-1 に示すように、ジオシンセティックス（以下 GS）と粒状層（砂層）を組み合わせたハイブリッドサンドイッチ補強土（以下 HBS）工法が提案されている¹⁾。HBS 工法は粒状層を併用することによって、不織布の目詰まりを防止するだけでなく、GS との相互作用（摩擦）に起因して支持力改善（靱性改善）効果を示した²⁾。そこで、靱性（粘り強さ）の改善効果に着目して、砂、GS などの補強条件を変化させた模型実験を行ったので報告する。

2. 実験概要と靱性値の算定

火山灰質粘性土の関東ローム（土粒子密度 2.722g/cm^3 ）を用いて、法面勾配 1:0.6、高さ 40.5cm、奥行 19.5cm の盛土（含水比 63.7%、乾燥密度 0.84g/cm^3 、間隙比 2.25、飽和度 76.9%）を作成し、載荷速度 0.20mm/min にて載荷実験を行った。図-2 に実験概要、表-1 に実験ケースを示す。計測項目は、天端の沈下量、法面の変位量である。また、GS は、最大引張強度 5.8kN/m （破断時 110%）の不織布と最大引張強度 3.6kN （破断時 10.6%）のジオネットを使用した。次に、図-3 に示すように靱性値（TI）は、実験から得られる荷重-沈下曲線から算出し³⁾、次式（式-1）

$$\text{靱性改善率} = \frac{E_{sr}}{E_{sn}} = \frac{\frac{TI_{ssr}/TI_{ysr}}{TI_{ssn}/TI_{ysn}} = \frac{\int_0^s f(S)_{sr} ds / \int_0^{s_y} f(S)_{sr} ds}{\int_0^s f(S)_{sn} ds / \int_0^{s_y} f(S)_{sn} ds} \quad (\text{式-1})$$

によって与えられる靱性改善率 E_{sr}/E_{sn} から評価を行った。ここで、 E_{sr} ：補強時の靱性増加比、 E_{sn} ：無補強時の靱性増加比、である。

3. 実験結果

3.1 ハイブリッドサンドイッチ工法の効果

図-4 は、case1～case4 の盛土表面への載荷に伴う、法面水平変位（載荷 240kN 時）を示したものである。case1（無補強）では、盛土上部が大きな変形をしており、最大変位量が約 30mm であった。また、case2（不織布＋砂：HBS 工法）では、最大変位量が約 8mm で、HBS 工法を適用することによって、case1（無補強）に比べて変形を抑制していることが分かる。次に図-5 より、沈下量 40mm での case1（無補強）の靱性改善率が 1.0 であるのに対して、case2（不織布＋砂：HBS 工法）の靱性改善率は 1.8 と、HBS 工法を適用することによって、2 倍近い靱性改善率を得た。これより、HBS 工法は不織布の排水性能低下を抑制するだけでなく、

ハイブリッドサンドイッチ工法

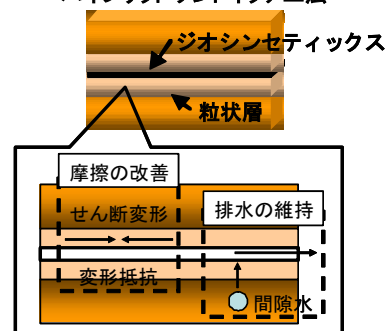


図-1 HBS 工法概略

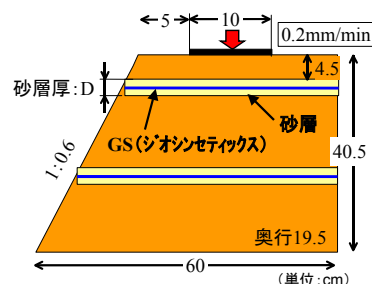
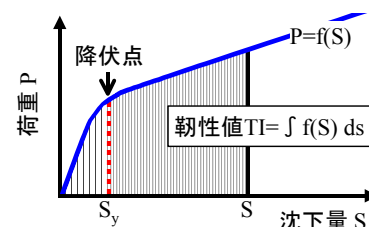


図-2 実験概要

表-1 実験ケース

case	補強方法	ジオシンセティックス	砂層厚さ D(cm)	補強層(層)
case 1	無補強	—	—	—
case 2	不織布＋砂	不織布	1	1(上部)
case 3	砂単独	—	1	1(上部)
case 4	不織布単独	不織布	1	1(上部)
case 5	砂単独	—	3	1(上部)
case 6	不織布＋砂	不織布	3	1(上部)
case 7	ジオネット単独	ジオネット	×	1(上部)
case 8	ジオネット＋砂	ジオネット	3	1(上部)
case 9	不織布＋砂	不織布	1	2

■ : HBS 工法



$$\begin{aligned} \text{降伏点 } S_y \text{ までの靱性値} : TI_y &= \int_0^{S_y} f(S) ds \\ \text{沈下量 } S \text{ までの靱性値} : TI_s &= \int_0^S f(S) ds \\ \text{靱性増加率} : E_s &= \frac{TI_s}{TI_y} \end{aligned}$$

図-3 靱性値算定方法

キーワード：不織布、サンドイッチ工法、靱性

連絡先：〒346-0028 埼玉県久喜市河原井町 9 番地 TEL 0480(28)2071 FAX 0480(28)2072

靱性の点からも有効であることがわかる。

3.2 砂層厚さの影響

図-6 より, case3,5 の砂単独, case2,6 の不織布+砂の HBS 工法とともに, 砂の厚さ D による靱性改善率の増加は無く, ほぼ同等であった。よって, HBS 工法では GS と砂との設置面積が変わらなければ, 摩擦特性は砂の厚さに依存しないと考えられる。しかし, 不織布の排水性能（目詰り防止）を維持するための粒状層厚を確保する必要がある。

3.3 ジオシンセティックスの種類の影響

図-7 より, case8（ジオネット+砂）の靱性改善率が 1.6 に対して, case2（不織布+砂）の靱性改善率は 1.8 と, より大きい靱性改善効果を示した。これは, 粒状材と GS の相互作用（摩擦）による影響と考えられる。そのため, 使用する粒状材によっては, ジオネットの方がより大きい支持力を発揮する可能性があるが, 高含水比粘性土を有効利用するために, 圧密を促進させて強度増加を図ることから, 不織布や複合布を使用する方法が適していると考えられる。

3.4 補強層数の検討

図-7 より, case2 と case9 の靱性改善率は 1.8 であり, 補強層数を 1 層増やしても, 靱性値（支持力）の増加はみられなかった。これは, 図-8 に示すように, 2 層目の敷設位置が円弧すべりの生じる位置よりも下に位置しているために, 補強効果が発揮できなかったと考えられる。今後は, 補強（支持力）機能と排水機能の両面から, 最適な補強層数, 敷設位置を検討する必要がある。

4. まとめ

- 1) 高含水比粘性土の盛土地盤において, HBS 工法の靱性改善効果が確認できた。
- 2) HBS 工法の靱性改善効果は, 砂層の厚さに依存しないため, 不織布の排水性能を低下させない必要最小限の厚みを確保すれば良い。
- 3) HBS 工法を適用することによって, 不織布単独の場合に比べ, 大きな靱性改善効果が得られ, 少ない補強層数での施工が可能となる。
- 4) HBS 工法を適用した実物大レベルの実験を行い, 現場への普及を目的として研究を進めていく予定である。

参考・引用文献 1)安原一哉,小峯秀雄,棚橋由彦,村上哲,宮田喜壽,平井貴雄:繰り返し荷重を受ける土構造物をジオコンポジットによって高規格化する補強方法,平成12年度~平成14年度科学研究費補助金研究成果報告書,pp.1-3,2003. 2)安原一哉,Chandan Ghosh,榊原務,村上哲,小峯秀雄:不織布によるハイブリッド・サンドイッチ補強土の有効性と多機能化,ジオシンセティックス論文集 vol.19,pp.139-146,2004. 3)榊原務,安原一哉,村上哲,小峯秀雄:ジオシンセティックスによるハイブリッドサンドイッチ補強土の靱性改善,ジオシンセティックス論文集 vol.20,pp.81-89,2005.

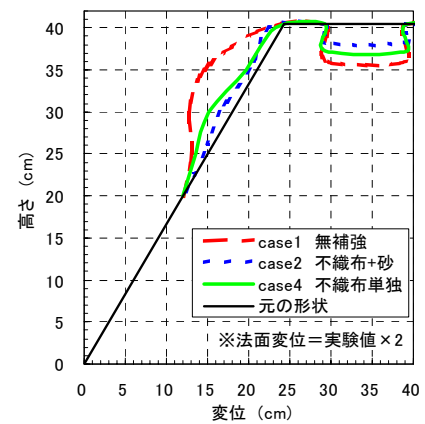


図-4 変位図 (HBS 工法の効果)

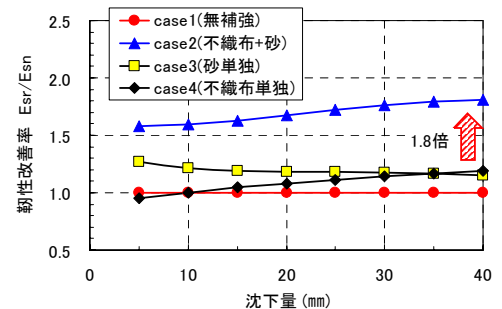


図-5 靱性改善率 (HBS 工法の効果)

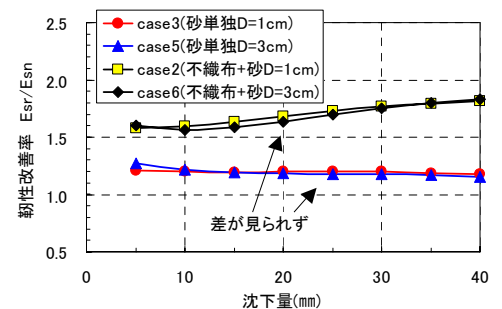


図-6 靱性改善率 (砂層厚さの影響)

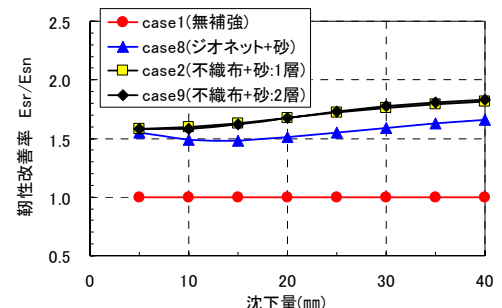


図-7 靱性改善率
(GS の種類, 補強層数の効果)

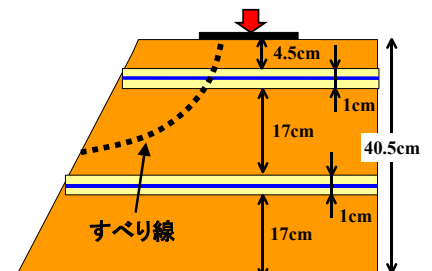


図-8 すべり線 (case9)