

補強材を併用したサンドイッチ補強盛土の補強効果と安定性に関する研究

長崎大学大学院 学生会員〇辻 賢時 長崎大学工学部 フェロー 棚橋由彦
 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静 長崎大学工学部 正会員 杉本知史

1. 研究の背景と目的

近年、都市開発の活発化や地下利用の増大等に伴って、建設現場から発生する土砂の増加が問題になっており、特に土工や浚渫工事などの建設現場から発生する低品質な軟弱な粘性土は、増加の一途をたどっている。このような建設発生土は、処分適地を確保することが困難な状況にあり、処分費用も急騰しているため、発生土の有効利用の促進が強く求められている。一方、ジオテキスタイルなどの補強材を用いて、盛土や地盤を補強・強化する補強土工法が急速に発達しており、多くの実績に基づき、低コストで耐久性のある盛土を構築するために有力な工法として考えられている。

本研究では、盛土材として低品質土とりわけ粘性土を対象とし、実盛土設計への適用を念頭に置いた施工可能な条件を数値解析により予測する方法を提案することを目的とする。

2. 研究概要

2.1 解析手法・解析モデル・解析条件

本研究では、補強材敷設、砂層敷設、盛土高、勾配、圧密期間の違いによる撒き出し厚毎の強度定数変化を考慮した数値解析を行い、実盛土の挙動の予測に関する、補強材を併用したサンドイッチ補強粘性土盛土の設計法への提案する。

この数値解析では、大変形挙動を取り扱うことができ、またインターフェース要素を考慮できる有限差分法解析コード FLAC3D を用いる。

解析条件は表 - 1 のように設定し、無補強盛土と各排水補強盛土の安定性を数値解析により推定し、比較を行う。計算手順は、盛土を換算圧密時間¹⁾で各層を構築し、盛土を盛り立てる。次に、盛土天端幅全体にフーチング荷重を 10kPa～5kPa 毎に载荷させ、盛土の変形挙動を再現する。

盛土材、砂質土と補強材のパラメータを表 - 2 に示す。盛土材は含水比 98% の木更津産関東ロームを対象とした。

ジオグリッド要素には、実際のジオグリッド(以下G (品名SR-35))に対応するよう、曲げに対する抵抗を持たない膜要素(メンブレン要素)を選択した。また、供用時におけるクリープの影響を考慮し、引張強度を 0.4 倍¹⁾として解析物性値に用いた。解析モデルを図-1 に示す。また、関東ロームの内部摩擦角 ϕ_{cu} について、式(1)に示すように、次項の換算圧密時間の考え方を用いて算出した。

表-1 解析条件

盛土撒き出し厚 30cm (90cm を同圧密度)	
補強状態	無補強・排水補強
盛土高 (m)	8, 12, 16
勾配	1 : 0.6
施工期間 (時間)	240, 480, 720, 960

表-2 解析物性値

関東ロームの物性値	
項目	値
体積弾性係数 K (kPa)	500
粘着力 c (kPa)	19.6
質量密度 ρ (g/cm^3)	1.363
内部摩擦角 ϕ_{cu} (deg)	式(1)
ダイレタンシー角 ϕ (deg)	0
せん断弾性係数 G (kPa)	136.3
引張強度 σ' (kPa)	1.96
砂質土の物性値	
体積弾性係数 K (kPa)	5556
粘着力 c (kPa)	8.0
質量密度 ρ (g/cm^3)	1.499
内部摩擦角 ϕ_{cu} (deg)	35.8
ダイレタンシー角 ϕ (deg)	0
せん断弾性係数 G (kPa)	1470
引張強度 σ' (kPa)	11.1
補強材と砂のインターフェース物性値	
粘着力(kPa)	0.82
摩擦角 ϕ_{cus} (deg)	14.4
ジオグリッドの物性値	
接線弾性係数(MPa)	20
厚さ (m)	0.003

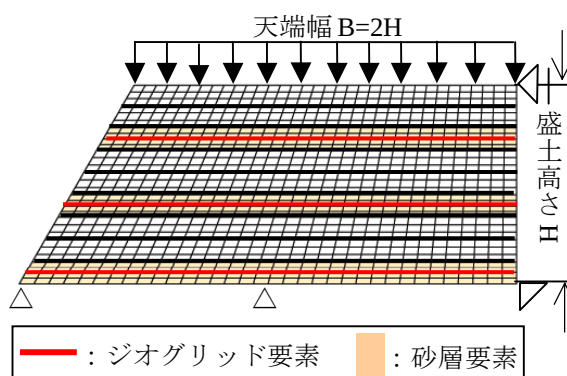


図-1 解析モデル

2.2 盛土圧密時間の換算

盛土内の圧密状態を層毎に異なるものとして取り扱うため、換算圧密時間を導入し、90cm/層毎に異なる圧密係数及び圧密時間を設定し、関東ロームの内部摩擦角を決定した。①層には、②～⑥層（図-2 参照）を同時に盛り立てたと仮定して実際の圧密時間を算出した。他の層についても、上層をすべて同時に盛り立てたと仮定して、各層ごとに換算し、異なる圧密時間として解析に用い、盛土材の内部摩擦角 ϕ_{cu} は次式より求める。

$$\phi_{cu}(t_c) = 20.1923 - \frac{1}{\exp(-3.0051 + 0.9413\sqrt{t_c})} \quad (1)$$

ただし、 t_c は圧密時間である。

3. 解析結果と考察

図-3 に各ケース（無補強(以下 N)，サンドイッチ補強(以下 S)，ジオグリッド補強(以下 G)，補強材を併用したサンドイッチ補強(以下 SG)）480 時間の荷重強度 - 天端沈下量関係を示す。ケース N に関しては、施工期間 240 時間を同時に示す。ケース N について比べると、施工期間を長くすることで、盛土の圧密による強度増加が確認できる。ケース S では、沈下量は抑制されているが砂層だけではせん断力に対する抵抗が弱いため、ケース N と同じ荷重強度で崩壊している。ケース G では、沈下量はケース N とほぼ変わらないが、荷重強度に対する抵抗が強くなっている。ケース SG では、沈下量を抑制しなおかつ荷重強度に対する抵抗も強くなっており、補強材と砂層を併用することで安定した盛土が構築できることが、解析結果より推測される。

図-4 に盛土高 8m、勾配 1:0.6、施工期間 480 時間での各ケースの荷重強度-法面水平変位の関係を、図-5 に各ケース施工期間 480 時間の法面中央部の荷重強度-法面変位量の関係を示す。荷重強度 10kPa 時には各ケース大きな法面変形が確認されないが、ケース N、G の両ケースでは、50kPa 時に大きな変形を生じていることが分かり、また図-5 からケース N、G の傾きが急であり変形量が多いことが分かる。補強ケース S、SG では 50kPa 時でも大きな変形が見られないが、上記で述べたように、ケース S は 50kPa 以降盛土が崩壊している。ケース SG は、両図から変形量も少なく、荷重強度に対する抵抗にも強いことが分かり、安定した盛土の構築が可能であることを示唆している。

4. 終わりに

本研究より、補強材を併用したサンドイッチ補強粘性土盛土の補強効果を確認できた。講演時には残りの解析ケースとともに報告を行う予定である。

参考文献：

- 河東立・棚橋由彦他：粘性土を用いたジオシンセティックス補強盛土の安定性に関する解析的評価，平成 18 年度地盤工学会研究発表会講演概要集，pp. 651-652，2006，

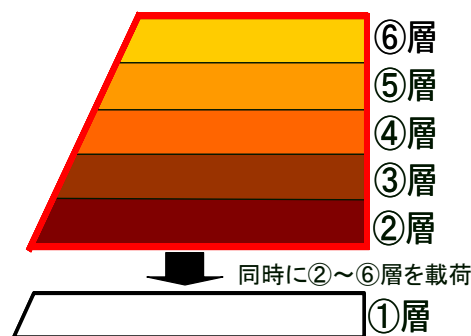


図-2 第①層の盛土圧密時間算出の考え方

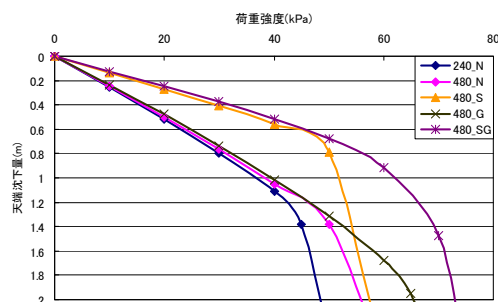


図-3 荷重強度 - 天端沈下量の関係

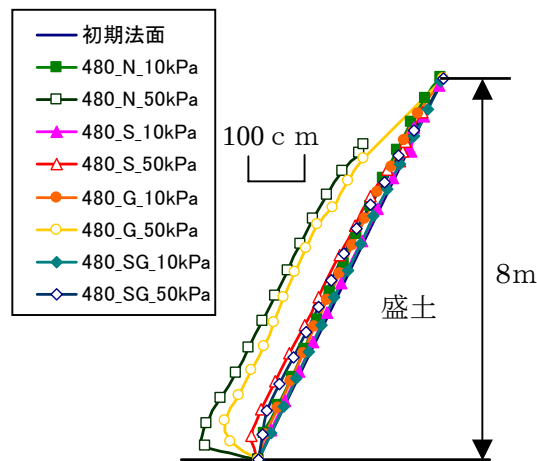


図-4 荷重強度 - 法面水平変位の関係

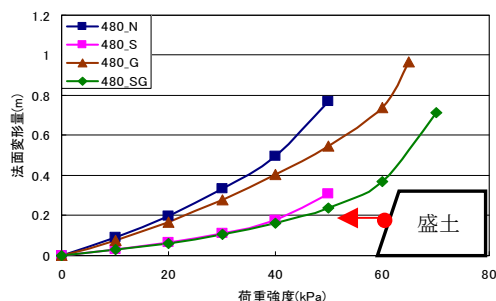


図-5 荷重強度 - 法面中央部の水平変位量の関係
(施工期間 480 時間)