

ジオテキスタイル補強土の強度異方性を考慮した斜面安定解析と評価

法政大学 学生会員 ○碓 裕子

法政大学 国際会員 草深守人

正会員 橋本 保

1. 研究目的

近年、補強盛土の分野ではジオグリッドのようなジオテキスタイルを用いた新工法が急速に施工量を拡大している。そこで本研究では、ジオテキスタイルを用いた補強土工法の設計法に着目し、補強盛土構造の安定解析法に焦点を絞った。具体的には、方向性をもって敷設される補強材の補強効果を力学的に説明可能な方法で斜面安定解析に取り入れることを目的としている。

2. 研究方法

実際のジオグリッドに代わる材料として防虫網を用いることとした。試験は、せん断面の方向と補強方向との関係でせん断強度を測定することを目的としているため、直接せん断試験を採用した。試験供試体は、無補強を含めて補強材を 15° 間隔で、 $15^\circ \sim 165^\circ$ までの 11 方向に挿入した供試体を製作し、各挿入角に対してそれぞれ 3 種類の拘束圧で一面せん断試験を実施した。供試体は補強材を所定の角度で挿入した $\phi = 6 \text{ cm}$, $H = 2 \text{ cm}$ の供試体を製作する。所定の角度で補強材を敷設した供試体の製作方法については、試行錯誤の結果、所定の角度のアルミ型枠をはめ込んだモールド内に乾燥砂を流し込み（写真 1）→吸水→冷凍庫内で完全凍結→アルミ型の脱型→補強材の敷設→乾燥砂の流し込み→再吸水→冷凍・保管する手順を採用した。脱型した凍結供試体は、試験機せん断箱内にセットした後、自然解凍（写真 2）した。



写真 1 アルミ型枠入りモールドと砂

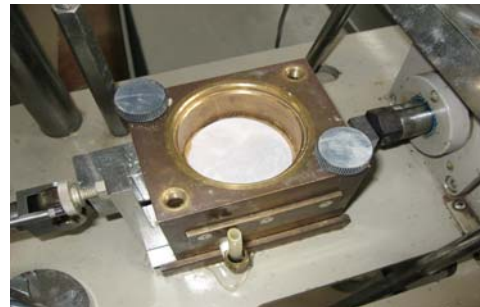


写真 2 供試体の解凍・飽和

試験結果の整理では、補強材挿入角毎に、各拘束圧に対する最大せん断応力をプロット・整理し、Mohr-Coulomb の破壊基準に従って粘着力と内部摩擦角を決定した。図 1 と図 2 は、それらの結果をせん断面に対する補強材の挿入角をパラメータとして整理したものである。

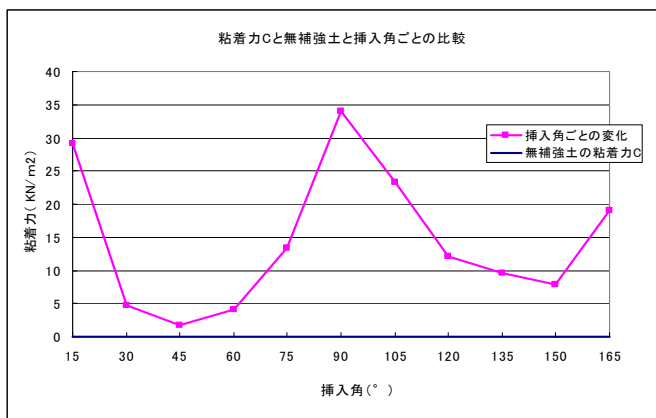


図 1 ジオネットの挿入角と粘着力 C

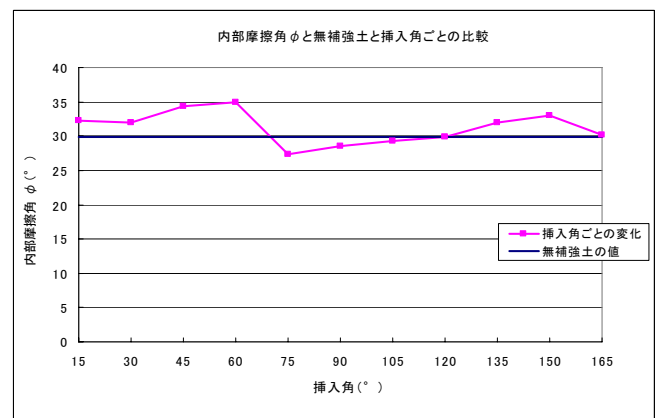


図 2 ジオネットの挿入角と内部摩擦角 φ

キーワード：ジオテキスタイル、補強盛土、斜面安定解析、せん断試験

連絡先：〒184-0002 小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学研究科建設工学専攻 TEL：042-387-6291

斜面安定解析では、比較対象としてジオテキスタイルによる補強土工法の設計指針等で推奨されている解析法と、本研究で提案する解析法の二通りの解析を実施した。前者は、現在広く一般的に利用されている解析法で、補強材の引張り抵抗力と引抜き抵抗力を滑りに対する抵抗力として安全率の算出に考慮する方法である。また、後者の今回提案する解法は、無補強土の斜面安定解析で従来から広く利用されている分割法をそのまま利用し、各分割片の滑り面方向に対するジオテキスタイルの敷設角に対応させて補強土の強度を割り当てる方法である。

3. 結果と考察

(1) せん断試験：図1に示す試験結果によると、補強土の粘着力 C は無補強土に比較して、大きな値を示しており、補強材による補強効果が粘着力の改善に大きく寄与していることが分かる。また、この補強効果はせん断面の方向を基準とした補強材の敷設角によって極めて大きく変化し、最も大きな効果を示す敷設角は 90° 、補強効果がもっとも低い敷設角は 45° 付近であった。また、粘着力 C と補強材敷設角の関係は 45° 付近を頂点とする下に凸な放物線に近いが、敷設角 90° を境とする左右対称形にはならない。すなわち、敷設方向がせん断方向に対して刺し目となる $0^\circ \sim 90^\circ$ の区間は、流れ目となる $90^\circ \sim 180^\circ$ 区間に比べて全体的に低い粘着力を与え、しかも敷設角に対する変化率も大きいようである。一方、図2に示すように補強材の敷設方向に対する内部摩擦角 ϕ の変化は数度と小さく、無補強土の内部摩擦角付近を平均値としたバラツキを見せている程度である。

(2) 斜面安定解析：図3は、無補強土を含めた補強土の安定解析から得られた最小安全率を補強材の敷設角で整理したものである。この図は、解析方法毎に法面傾斜角によって安全率がどのように推移するかを示したものである。粘着力の異方性を反映した提案する解法は補強材の引張り力を導入する従来の解法に比べて $0.1 \sim 0.5$ ほど高い安全率を与えている。この安全率の差は、法面の設計における安全率がおおむね $F_s = 1.1 \sim 1.3$ の範囲にあることを考えると無視できる差ではない。特に、両者の安全率の差は図3によると斜面勾配が 40° 以上の急勾配法面において大きく、補強材の引張り力による補強効果の導入は、斜面勾配 40° 以降において安全率の減少率が大きい。一方、粘着力の異方性により補強効果を表現する解法では、斜面勾配の増加に伴う安全率の減少率が緩やかとなっている。

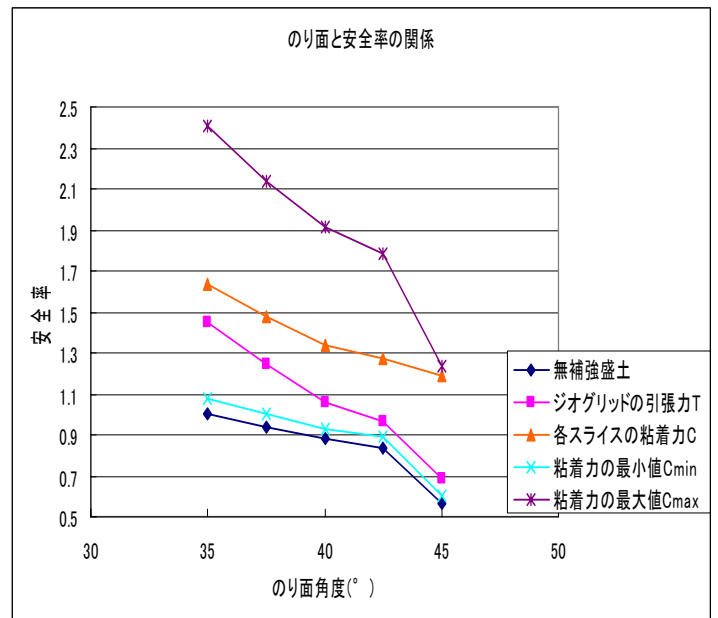


図3 解法の違いによる法面傾斜角と安全率の関係

4. 結論

- (1) ジオテキスタイル補強土では、滑り面方向に対する補強材の挿入角によって、変形に対する補強材の力学的抵抗機構が変化する。基本的には、補強材が引張り側に作用する敷設方向を選択すべきである。
- (2) 試験の結果、砂の場合、内部摩擦角 ϕ は補強材の敷設方向とは無関係に無補強土の内部摩擦角にほぼ等しいと仮定できる。一方、砂のみかけの粘着力は補強材によって大幅に改善される。
- (3) 引張り力を導入する従来の解法は、急勾配の盛土斜面では滑り面も全体的に急勾配となり鉛直に近づくため、水平敷設した補強材の引張り力の水平成分は急減する。その結果、急斜面に対する補強材の効果はほとんど反映されなくなるという避けがたい問題点を残している。一方、補強土を巨視的に強度異方性材料として扱う本研究の解法は、盛土の幾何学形状や法面勾配等によって矛盾を生じることなく安定性の評価を行うことが可能である。