

## ジオグリッド補強土における拘束効果パラメータの評価

九州大学大学院 学 金重 正浩 F 落合 英俊  
九州大学大学院 正 安福 規之 正 大嶺 聖

## 1.はじめに

これまで、補強土における拘束効果を考慮したより合理的な設計法の確立を目指して研究が行われている。拘束効果は補強材を敷設することで周辺地盤の自由な変形を拘束し見掛けの拘束圧を増加させる効果と考えている。その効果を土の内部摩擦角や補強材の形状などに依存する拘束効果パラメータを導入し評価している<sup>1)</sup>。現在、地盤物性値と拘束効果パラメータを適切に関連づけるための検討を行っている。本研究では、拘束効果パラメータを限界状態における土の内部摩擦角とダイレタンシー角の関数として表現し、その特色を示す<sup>2)3)</sup>。そして、補強土を対象にした二軸圧縮試験を行いモール・クーロンの破壊基準より拘束効果パラメータを求め、両者を比較することで、この考え方の妥当性を検証する。

2.拘束効果パラメータについて<sup>1)</sup>

著者らは、図-1に示す補強土構造物の一部分を想定した特殊なせん断試験を行い、補強効果を評価してきた。この実験は、ジオグリッドに作用する引張力を一定に制御した条件下で、豊浦標準砂で作製した補強土の一部を強制的にせん断するものである。そのせん断面上の垂直応力 $\sigma_n$ とせん断応力 $\tau$ の代表的な結果を模式的に示したものが、図-1の破壊包絡線(実線)である。これによると、無補強土の $\tau$ - $\sigma_n$ 関係は、原点を通り傾きが $\tan\phi$ の直線となる。一方、補強した場合は、引張補強効果による粘着力成分 $c_T$ を有し、無補強の場合よりも傾きが増加した直

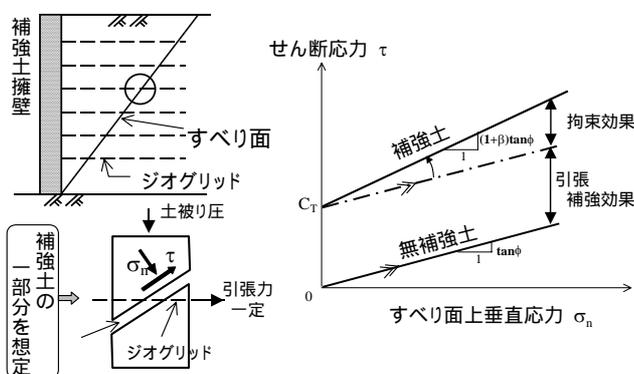


図-1 想定地盤と実験結果の模式図

線となっている。この傾きの増加分 $\beta\sigma_n\tan\phi$ が拘束効果と考えることができる。著者らは、拘束効果を設計に導入するために次の考え方を提案した<sup>1)</sup>。無補強土のせん断強度を $\tau_0 = \sigma_n\tan\phi$ 、補強土のせん断強度を $\tau_R$ とすると、次のように表される。

$$\tau_R = \tau_0 + c_T + (\beta\sigma_n)\tan\phi \quad (1)$$

ここで、 $\beta$ が拘束効果パラメータである。ここに、式(1)右辺第3項が、拘束効果を表した項である。この項には、見かけ上の拘束圧の増加分 $\beta\sigma_n$ が存在すると考えることができる。

3.ダイレタンシーを考慮した拘束効果パラメータ<sup>2)3)</sup>

上記のように、これまで拘束効果は補強材を土中に敷設することで周辺地盤の自由な変形を拘束し見掛け上の拘束圧を増加させる効果と考えている。これは地盤のせん断過程におけるダイレタンシーと深く関係しているものと想起される。そこで、拘束効果の一つの考え方として、補強土の平均化した要素に対して外的及び内的になされる仕事を考察することで拘束効果パラメータを、限界状態における土の内部摩擦角とダイレタンシー角の関数として、

$$\beta = \sqrt{1 + \left( \frac{\tan\psi}{\tan\phi_c'} \right)^2} - 1 \quad (2)$$

と表現した<sup>2)3)</sup>。ここに、 $\psi$ はダイレタンシー角、 $\phi_c'$ は限界状態における土の内部摩擦角を示している。ここで $\psi$ と $\phi_c'$ がとり得る範囲として、 $\psi = 10 \sim 20^\circ$ 、 $\phi_c' = 10 \sim 40^\circ$ と考える。これらを式(2)に代入して拘束効果パラメータ $\beta$ を求めた。その計算結果を図-2の実線で示す。 $\beta$ は、 $\phi_c'$ の増加によって減少傾向を示し、 $\psi$ の増加によって増加傾向を示す。

## 3.二軸圧縮試験における拘束効果パラメータ

ここでは、拘束効果が周辺地盤の拘束圧を増加させる効果という点に着目して、異なった間隙比の供試体を作成し拘束圧一定の条件のもと二軸圧縮試験を行う。実験結果をモール・クーロンの破壊基準を用いて整理し、拘束効果パラメータを求めた。

キーワード 拘束効果、補強土、拘束圧、拘束効果パラメータ、ダイレタンシー

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院 TEL092 - 642 - 3284

二軸圧縮試験結果を整理すると補強効果を引張補強効果と拘束効果に分けて考えることができる<sup>4)</sup>。つまり、図-3に示す無補強土のモール円（軸差応力  $q_n$ ）と拘束効果のみ考慮したモール円（軸差応力  $q_n + \Delta\sigma_c$ ）を描くことができる。拘束効果は周辺地盤の拘束圧を増加させる効果と考えているので、拘束効果のみ考慮したモール円を無補強土のモール円の破壊包絡線に接するまで  $\Delta\sigma_1 (= \Delta\sigma_3)$  だけ平行移動する。このときの、 $\sigma_{1x}$ 、 $\sigma_{3x}$  が拘束効果を考慮した場合の見かけ上の応力状態である。そして、すべり面

上の垂直応力を  $\sigma_n'$ 、せん断強度を  $\tau_c'$  とすると、せん断強度は、

$$\tau_c' = \sigma_n' \tan \phi \tag{3}$$

と表現できる。ここで、拘束効果パラメータを考慮した式(1)に無補強土の応力状態におけるすべり面上の垂直応力  $\sigma_n$  を代入すると、式(1)の  $\tau_R$  と式(3)の  $\tau_c'$  は等価になる。これを拘束効果パラメータ  $\beta$  について整理すると、

$$\beta = \frac{\sigma_n'}{\sigma_n} - 1 \tag{4}$$

と表すことができる。実験結果を式(4)に代入すると、図-2のプロットになる。その値は間隙比  $e = 0.26$  の供試体では  $\beta = 0.16$ 、間隙比  $e = 0.20$  の供試体では  $\beta = 0.10$  となっている。なお、限界状態における土の内部摩擦角は、現段階では概ね  $\phi_c' = 20 \sim 25^\circ$  の範囲となるものと思われる。また、間隙比  $e = 0.26$  と  $e = 0.20$  の両方の供試体において、画像解析により体積ひずみを算出し、ダイランシー角  $\psi'$  をそれぞれ求めた。その結果を図-4に示す。これによると、軸ひずみ  $\epsilon_a = 15(\%)$  を基準に考えると、ダイランシー角は、 $\psi' = 10 \sim 20^\circ$  の範囲内になると考えられる。

また、図-2において提案式(式(2))から求めたダイランシー角  $\psi$  を考察すると、実験から得られたプロットの範囲は概略  $\psi = 10 \sim 20^\circ$  の範囲内に入っていることが分かる。つまり、提案式は実験結果を比較的良好に表現できていると考える。

5.まとめ

- 異なった間隙比の供試体を用いて二軸圧縮試験を行った。このときの拘束効果パラメータ  $\beta$  をモール・クーロンの破壊基準を用いて求めた。その値は間隙比  $e = 0.26$  の供試体では  $\beta = 0.16$ 、間隙比  $e = 0.20$  の供試体では  $\beta = 0.10$  となった。このときのダイランシー角  $\psi'$  と提案式から求めたダイランシー角  $\psi$  は良い対応にあり、提案式は実験結果を比較的良好に表現できることを示した。

【参考文献】1) 河村ら：ジオグリッド補強土の拘束効果と補強材形状について、ジオシンセティクス論文集第13巻、pp.306-315、1998、2) N.Yasufuku et al.: Confining Effect in Geogrid-Reinforced Soil related to Soil Dilatancy, Geo Asia 2004 in Korea (投稿中)、3) 金重ら：ダイランシー特性を考慮したジオグリッド補強土の拘束効果の評価、第39回地盤工学研究発表会(投稿中)、4) 金重ら：二軸圧縮条件下におけるジオグリッド補強土の拘束効果の発現特性、ジオシンセティクス論文集第18巻、pp161~166、2003

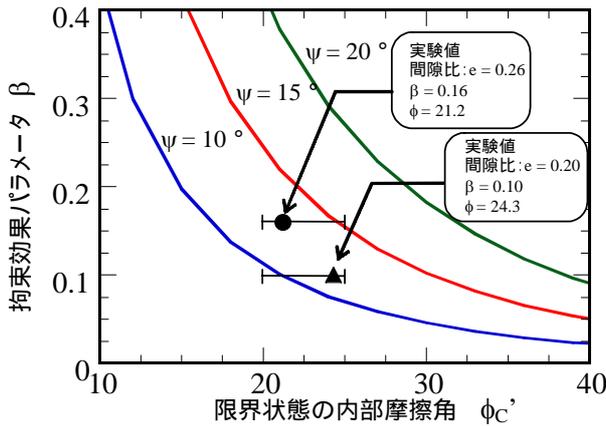


図-2 拘束効果パラメータと限界状態における内部摩擦角

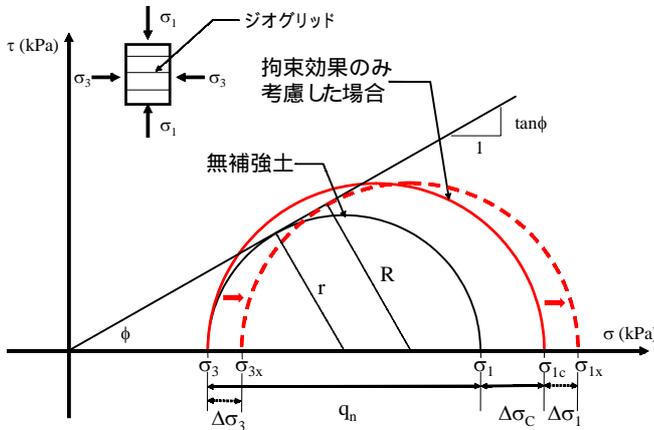


図-3 拘束効果の考え方

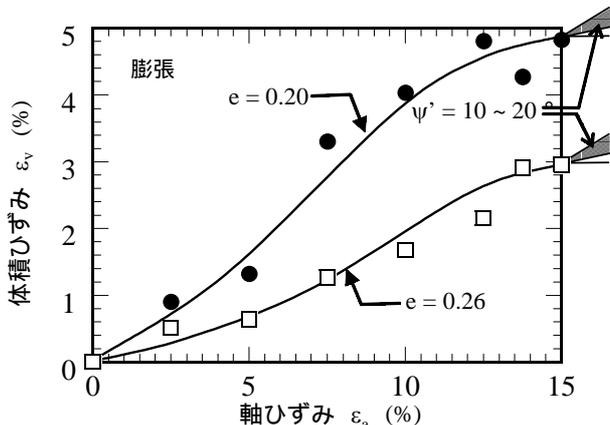


図-4 体積ひずみと軸ひずみの関係