

ジオグリッド補強土構造物における拘束効果の評価と設計への導入

九州大学大学院 学〇二宮 庸平 F 落合英俊 正 安福規之 正 大嶺聖 福岡大学工学部 学 金重正治

1. はじめに

ジオグリッド補強土構造物の現行設計法は、補強効果として引張り補強効果のみで評価されることが多い。しかし、実際の施工例や実寸大の動態観測結果から引張り補強効果以外の補強効果が存在することが指摘されている。そこで、このような効果を定量的に評価することができればより合理的な設計法を確立することが可能である。本報では、補強土擁壁を想定した二次元積層体モデル実験およびせん断試験から得られている結果より、拘束効果を補強土構造物の安定性の評価法へ導入する方法を検討した。

2. 全補強効果にしめる拘束効果の割合及び拘束効果によるせん断強度増加

まず、二次元積層体モデル実験においてジオグリッド補強土擁壁の補強効果を土圧軽減効果として評価した¹⁾。この実験から、補強効果として引張り補強効果以外の効果が存在していることが確認された。本研究は、引張り補強効果以外の効果を拘束効果ととらえており、この拘束効果とはジオグリッドを土中に敷設することにより周辺地盤の自由な変形が拘束され、その結果として周辺土塊の拘束圧が見かけ上増加し、土塊の平均化した強度が増す効果であると考えている。また、モデル実験より得られた全補強効果にしめる拘束効果の割合は図-1 のようになる。これより、正規化した敷設間隔に関わらず拘束効果は 20%~30%存在しているという結果を得た。

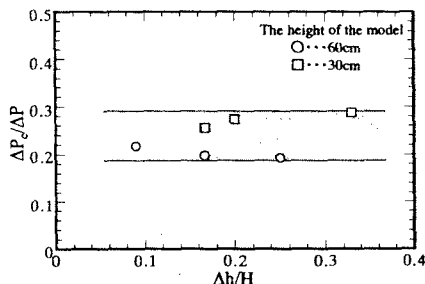


図-1 全補強効果にしめる拘束効果の割合

次に、ジオグリッド補強土構造物の一部分を想定したせん断試験装置を用いて得られた代表的な結果を図-2 に示す²⁾。これより、無補強土の場合は原点を通り傾きが $\tan\phi$ の直線となり、補強土の場合は切片を持ち傾きが増加した直線となっている。この傾きの増加は拘束効果によるものと考えられ、拘束効果パラメータ β を用いて $\beta\tan\phi$ と表している。つまり、 $\beta\sigma_h\tan\phi$ が拘束効果発現の度合いを表している。

3. 拘束効果としての土圧軽減と拘束効果パラメータ

二次元積層体モデル実験より得られた土圧軽減効果としての補強効果は、補強土擁壁全体で平均化した効果として認識できる。そこで、この擁壁にかかる全土圧がまず、1)ランキン土圧に従うとすると、無補強時の任意の深さ z での水平応力 σ_{h0} は、主働土圧係数 K_a を用いて $\sigma_{h0}=K_a\gamma z$ で与えられる。次に2)壁に作用する水平応力が拘束効果により $\Delta\sigma_{hc}$ だけ平均的に軽減されるとし、この $\Delta\sigma_{hc}$ が $\Delta\sigma_{hc}=\chi K_a\gamma z$ で与えられると仮定すると、全土圧で表した平均化して求められた土圧軽減としての拘束効果 $\Delta P_c/P_0$ と $\Delta\sigma_{hc}/\sigma_{h0}$ の間には、

$$\frac{\Delta P_c}{P_0} = \frac{\Delta\sigma_{hc}}{\sigma_{h0}} = \chi \quad (1)$$

の関係が存在する。一方、この水平応力 σ_{h0} と $\Delta\sigma_{hc}$ を含む平均化した土圧軽減効果をモール・クーロンの破壊包絡線と関連づけて表現すると図-3 のように描ける。

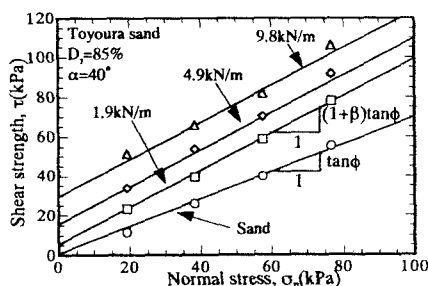


図-2 σ_n - τ 関係

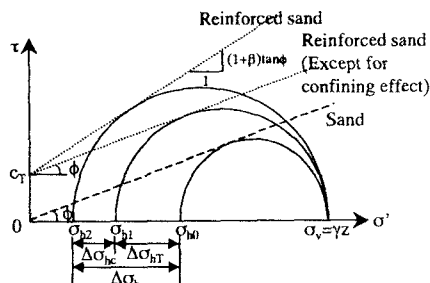


図-3 拘束効果を表現したモール・クーロン

この図で、 $\Delta\sigma_{hc}=\sigma_{h1}-\sigma_{h2}$ が任意の深さにおける拘束効果としての土圧軽減量、 $\Delta\sigma_{ht}=\sigma_{h0}-\sigma_{h1}$ が補強材張力による土圧軽減量、 $\Delta\sigma_h=\sigma_{h0}-\sigma_{h2}$ が全補強効果としての土圧軽減量である。これらには、 $\Delta\sigma_{hc}=\Delta\sigma_h-\Delta\sigma_{ht}$ の関係が成り立っている。図に示すように、拘束効果を含むモールの円が拘束効果パラメータ β を導入した破壊包絡線（図-2参照）に接すると仮定すると、拘束効果によってもたらされる平均化した土圧軽減量 $\Delta\sigma_{hc}$ は β 、土の内部摩擦角 ϕ 及び水平応力 σ_{h0} を介して幾何学的に次の関係が存在する。

$$\frac{\Delta\sigma_{hc}}{\sigma_{h0}} = \frac{\Delta P_c}{P_0} = F(\beta, \phi) = \frac{(B+1)A + B - 1}{(B+1)A} \quad (2)$$

$$\text{ここに、} A = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \quad B = \frac{(1 + \beta) \tan \phi}{\sqrt{\{(1 + \beta) \tan \phi\}^2 + 1}}$$

この関係があると、図-4に示すように拘束効果としての土圧軽減の程度と拘束効果パラメータ β が土の内部摩擦角 ϕ を介して直接結びつけられる。例えば、正規化した敷設間隔 $\Delta h/H=0.1$ の場合、図中の矢印が示しているように拘束効果パラメータ β は0.3程度であることが分かる。

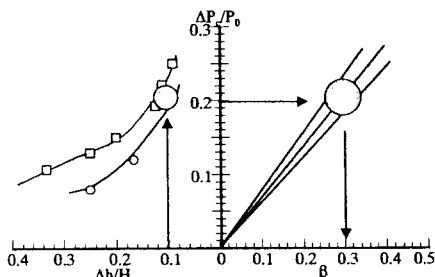


図-4 拘束効果パラメータ β の求め方

4. 拘束効果の設計への導入

これまでの一連の研究より補強効果は引張り補強効果と拘束効果の和で表され、せん断強度は式(3)で表されることを示している。なお、式中の第2項は引張り補強効果、第3項が拘束効果を表している。

$$s = s_0 + T'(\cos \theta + \sin \theta \tan \phi) + \beta \sigma_n \tan \phi \quad (3)$$

$s_0(=\sigma_n \tan \phi)$: 無補強時のせん断強度 T' : 補強材張力
 ϕ : 土の内部摩擦角 θ : 補強材とすべり面のなす角度
 σ_n : すべり面上の垂直応力 β : 拘束効果パラメータ

急勾配補強盛土における現行の安定計算は、一般に式(4)に示す円弧すべり面を仮定した分割法を用いる³⁾。

$$F_s = \frac{M_R + \Delta M_R}{M_D} \quad (4)$$

ここに、 M_R : 無補強時の抵抗モーメント ΔM_R : 補強

時の抵抗モーメントの増分 M_D : 無補強時の起動モーメント

現行設計法における ΔM_R は引張り補強効果のみを考慮して式(5)で表されている。

$$\Delta M_R = R \sum (T \cos \theta + T \sin \theta \tan \phi) \quad (5)$$

ここに、 R : 滑り円弧の半径

ここで、著者らの考える拘束効果を考慮して ΔM_R を表すと式(5)は式(6)のようになる。

$$\Delta M_R = R \sum \{ \beta W \cos \theta \tan \phi + (T \cos \theta + T \sin \theta \tan \phi) \} \quad (6)$$

ここに、 W : 分割片の土塊重量

この拘束効果を導入した安定計算を概念的に図にかくと図-5のようになる。このように拘束効果を安定計算に導入すると、現行設計法に比べ必要となる補強材総量を削減することが期待でき、より経済的で合理的な設計法を確立することができると思われる。

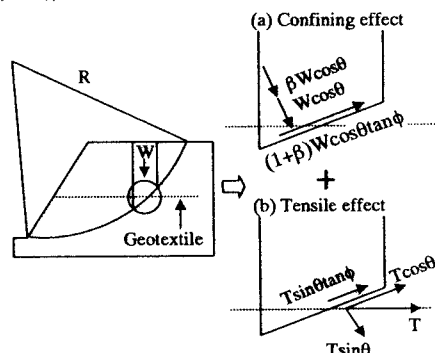


図-5 安定計算への拘束効果の導入

5. まとめ

二次元積層体モデル実験及びせん断試験の結果から拘束効果の設計への導入の検討を行った。まとめると次のようになる。1)補強土擁壁の補強効果による平均化した土圧軽減効果と拘束効果によるせん断強度の増加を表現する拘束効果パラメータはモール・クーロンの破壊基準を介して関係づけられることを示した。2)急勾配補強盛土における安定計算に拘束効果を導入する方法を示した。また今後の課題として、拘束効果パラメータ β をより高い精度で求める方法を検討する必要がある。

【参考文献】1)金重ら、補強材敷設間隔に着目したジオグリッド補強土擁壁における拘束効果発現特性、平成13年度土木学会西部支部研究発表会（投稿中）2)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.306-305,1998. 3)財)土木研究センター、ジオテキスタイルを用いた補強土の設計施工マニュアル、1993.