

ジオグリッド補強土壁における拘束効果と設計への適用

九州大学大学院 学 ○ 河村 隆 F 落合英俊 正 大野司郎
三井石化産資(株) 正 平井貴雄

1. はじめに

ジオグリッド補強土の補強効果は、ジオグリッドの引張力に起因する効果と拘束効果の和で表される。著者らは拘束効果を実験的に検討し、その評価式を提案したり。

そこで本報では、拘束効果を考慮した合理的な設計法を提案するために、拘束効果を補強土壁工法の設計²⁾に導入する方法について述べ、①拘束効果を考慮した場合と、②考慮しない場合について比較した設計例を示す。

2. ジョグリッド補強土壁の補強効果

補強土のせん断強度の増加分 s_R は次式で表される。

$$s_R = c + \tan \phi \cdot \sigma_n + \frac{T}{A} (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \tan \phi) + \beta \cdot \tan \phi \cdot \sigma_n \quad (1)$$

ここで、 T : ジョグリッドの引張力、 σ_n : すべり面上の垂直応力、 A : すべり面面積、 α : すべり面角度である。(1)式中の第4項 $\beta \cdot \tan \phi \cdot \sigma_n$ が拘束効果である。拘束効果は、補強材が土中に敷設されることによって土の自由な変形が拘束され、すべり面上の拘束圧が増加し、その結果土塊の強度を増加させる効果である。 β は拘束効果パラメータで拘束効果発現の度合いを表している。

拘束効果は、ジオグリッドの形状及び土の密度に依存する。 β と相対密度 D_r の関係を図-1 に示す。図中の R は形状係数で、形状の違いを表す指標である³⁾。図より実際の施工に用いられるような密な砂に対する β の取りうる範囲は 0.2~0.3 であり、設計にはこの程度の値を用いるのが妥当である。図-1 の β の値は、高さ 38cm の供試体を用いた実験から得られた結果である。

3. 設計への適用

安全率算定の基本式は、補強土塊内に円弧すべりを仮定することにより次式のように表される(図-2 参照)²⁾。

$$F_s = \frac{r \Sigma \{c \cdot l + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi + T (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \tan \phi)\}}{r \Sigma (W \cdot \sin \alpha)} \quad (2)$$

(1)式で表されるせん断強度 s_R を(2)式の分子に導入すると、拘束効果を考慮した安全率算定式は次式で表される。

$$F_s = \frac{r \Sigma \{c \cdot l + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi \cdot (1 + \beta) + T (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \tan \phi)\}}{r \Sigma (W \cdot \sin \alpha)} \quad (3)$$

釣り合いに必要な引張力は、図-2 に示すように土被り圧に比例して増加すると仮定²⁾して、次のように得られる。

$$\Sigma T_{\text{req}} = \frac{F_s \cdot \Sigma (W \sin \alpha) - \Sigma \{c \cdot l + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi (1 + \beta)\}}{\Sigma \left\{ \frac{2}{H^2} z \cdot b \cdot \tan \alpha \cdot (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \tan \phi) \right\}} \quad (4)$$

上式において拘束効果の項は、分子第2項中の $W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi \cdot \beta$ として考慮されている。拘束効果は、補強材を土中に敷設することにより、図-3(a)に示すようにすべり面上の拘束圧が $\beta \cdot \sigma_n$ 増加する効果である。実際の拘束圧増加の分布は、図-3(b)に示すように曲線分布していると考えられる。曲線分布で設計計算を行うと計算が複雑になり、分割片の影響も受けると考えられるため図-3(a)の様な直線分布で計算を行った。

拘束効果によってすべり面上の拘束圧が図-3(b)の様に曲線分布に増加すると考えると、補強材の敷設間隔が広がるほど拘束効果は小さくな

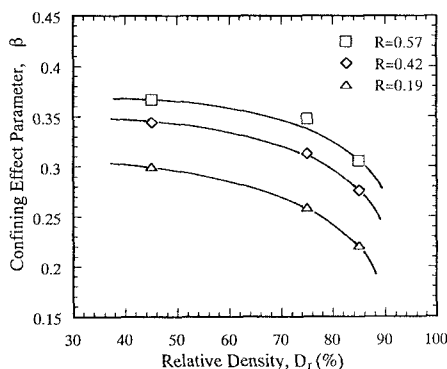


図-1 β と相対密度 D_r の関係

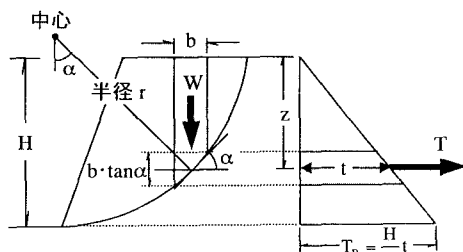


図-2 (1)式の記号の説明及び引張力分布の仮定

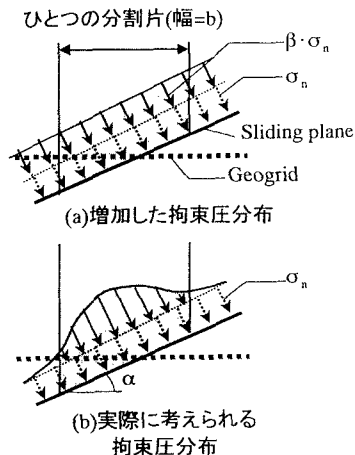


図-3 すべり面上の拘束圧増加分布

と考えられる。そこで安全を考えて、図-4 に示すように敷設間隔が広がるほど拘束効果パラメータが小さくすると仮定した。

4. 設計手順及び設計結果

設計断面及び設計条件を図-5 に示す。安全率 $F_s=1.2$ 、分割片の幅 $b=0.5\text{m}$ として計算を行った。敷設する補強材間隔は施工上から2種類(1.0m, 0.5m)とし、拘束効果パラメータ β は、実験で得られた値の最小値 $\beta=0.2$ を基準に、敷設間隔の影響を考慮して安全側の仮定として、間隔 1.0m で $\beta=0.1$ 、0.5m で $\beta=0.2$ とした(図-4 参照)。

(1) 必要引張力の算出

(4)式を用いて必要引張力の算出を行った。拘束効果は、補強材が配置された場合に発揮される効果である。必要引張力を算出する際には、補強材配置位置は決まっていないため拘束効果を考慮するためには補強材敷設位置を仮定する必要がある。ここでは補強材が盛土最下層から 1m 等間隔で敷設されていると仮定し、拘束効果パラメータ β は 0.1 を用いた(図-6 参照)。なお、この仮定は本文では敷設間隔を 1.0m, 0.5m の2種類としており、その広い方の値を用いているため安全側の仮定である。

ΣT_{req} が最大となる円弧を求めた結果を図-6 に示す。必要引張力の最大値

ΣT_{req} は、①拘束効果を考慮した場合の方が②考慮していない場合に比べて7%程度小さくなった。

(2) 敷設間隔及び敷設長の決定

文献 2)の方法を参考に敷設間隔及び敷設長を決定する。実際に敷設する補強材間隔は施工上から2種類(1.0m, 0.5m)とした(図-6 参照)。敷設長は、 ΣT_{req} が最大となる円弧に対して、補強材が引き抜かれずに必要引張力が発揮されるように決定した。

(3) 全体安定の検討

決定した補強材配置は、補強領域内を通るあらゆるすべりに対して所定の安全率を満足しなければならない。このため(3)式を用いて検討を行った。図-7 は、得られた補強材配置である。補強材の比(①/②)は 0.79 となり、補強材料は約2割削減される。

5. 結論

拘束効果は、土中にジオグリッドが敷設されることによって土の自由な変形が拘束され、すべり面上の拘束圧が増加し、その結果土塊の強度が増加する効果である。

本文では、この拘束効果を補強土壁の設計に適用する方法を示した。この効果を設計に取り入れることにより、考慮しない場合と比較して補強材量が約2割削減できることが明らかになった。

【参考文献】 1)河村ら、ジオグリッド補強土構造物の拘束効果と補強材形状について、第13回ジオシンセティックシンポジウム, pp. 306-315, 1998, 2)財団法人土木研究センター、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, 1992

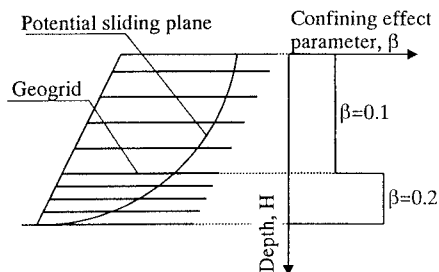


図-4 敷設間隔を考慮した拘束効果パラメータ

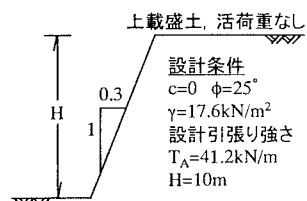


図-5 設計断面及び条件

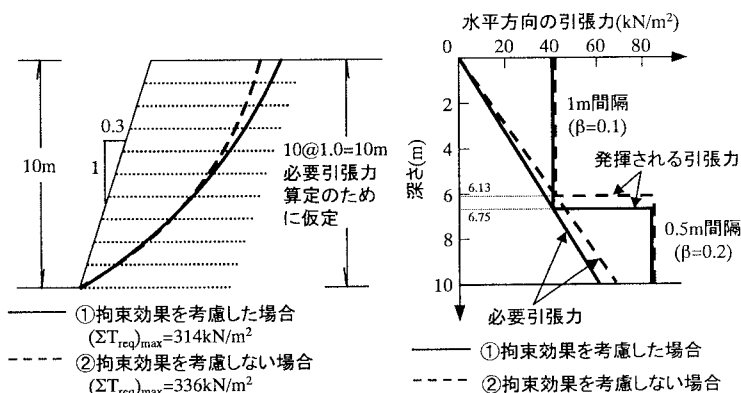


図-6 必要引張力が最大となるすべり円弧と引張力分布

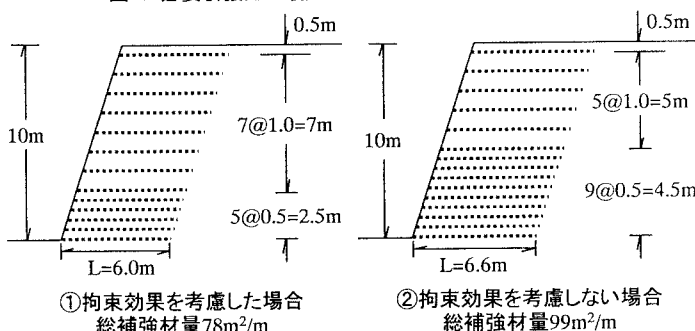


図-7 設計結果