

速度場法を用いた補強土基礎地盤の支持力評価

熊本大学大学院 学生員 山本健太郎
 熊本大学工学部 正会員 大谷 順
 熊本大学大学院 学生員 楠田 弘治

1. はじめに

地盤の破壊メカニズムは、Terzaghi の研究以来、現在までかなり明らかにされているが、補強土基礎地盤のような複合地盤の破壊メカニズム解明についての報告は少ない。また、近年、破壊の前兆である変形の局所化やせん断帯の発生メカニズムを明らかにすることが、地盤の破壊メカニズムの解明に重要であると考えられている¹⁾。そこで、筆者らは、補強土基礎地盤の進行性破壊の解明を目的に、アルミ棒積層体模型地盤を用いた支持力試験を実施してきている。本報告では、補強土基礎地盤における設計法での支持力算定法の提案を目的として、極限解析法の一つである速度場法(上界法)を用い、補強土基礎地盤の支持力評価を行う。そして、実験結果との比較により、本提案手法の適用性について検討するものである。

2. 実験概要²⁾

この実験の詳細は参考文献 2) にゆずる。本報告では、以下に示す地盤条件の結果について述べる。

CASE 1: 無補強地盤

CASE 2: 補強土地盤(補強材: 紙、敷設条件: $b/B=1.0$, $z/B=0.4$)

CASE 3: 補強土地盤(補強材: 紙、敷設条件: $b/B=2.0$, $z/B=0.4$)

ここで、 B : 載荷板幅(=10cm)、 b, z : 補強材の敷設長と敷設深さ、 S : 載荷板の沈下量である。なお、標点とするアルミ棒群は、アルミ棒積層体上部中央から左側の地盤に上下約 2cm 間隔で縦 10、横 16 の計 160 本挿入している(Fig. 1 参照)。

3. 上界値計算

今回の報告では、一層敷設補強土基礎地盤を対象として、その敷設長を変化させたケースについて述べる。なお、補強材としては市販の紙(引張り強度 $T_{\max}=2.4$ kN/m)を用いている。Figure 2 には、実験により得られた破壊形状を参考にした補強土基礎地盤に対する破壊メカニズムを示す。本研究では、アルミ棒積層体模型地盤($\gamma=21.85$ kN/m³, $\phi=25^\circ$)を用いているため、 $c=0$ と仮定する。このメカニズムでは、補強材敷設による破壊域拡大の効果が、一つのパラメータ、土くさび角 ξ (rad) が変化するものとして評価される。過渡領域は円弧で表し、受働領域では、ランキン場を想定し、 45° のすべり線に沿って動くものとする。そして、速度場法に基づき、支持力の上界値は、 $c=0$ の仮定により、内部消散が生じないことにより、アルミ棒自重による外力仕事に、基礎によってなされる仕事を加え、0 と等しいとおくことによって、次のように与えられる。

$$q = \frac{\gamma B}{2} N_r = \frac{\gamma B}{2} \left[-\frac{\tan \xi}{2} + \frac{\cos(\xi - \phi)}{2 \cos^2 \xi \cos 2\phi (1 + \tan^2 2\phi)} \right. \\ \times \left\{ (\tan 2\phi \cos(\pi/4 - \phi) - \sin(\pi/4 - \phi)) \exp\{(\pi - \xi - \pi/4) \tan 2\phi\} + \tan 2\phi \cos(\xi + \phi) + \sin(\xi + \phi) \right\} \\ \left. + \frac{\tan \pi/4 \cos(\pi/4 - \phi) \cos(\xi - \phi)}{2 \cos^2 \xi \cos 2\phi} \exp\{(\pi - \xi - \pi/4) \tan 2\phi\} \right]$$

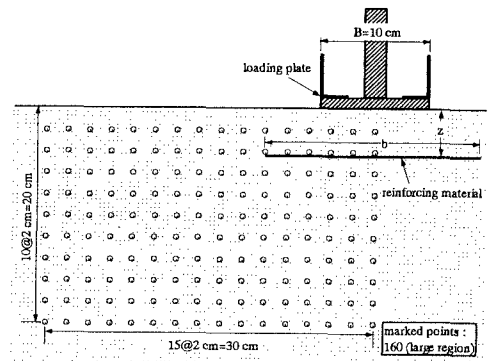


Fig. 1 Arrangement of marked points of aluminum rods.

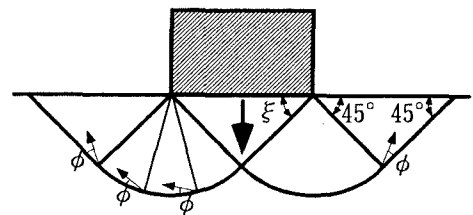


Fig. 2 Proposed failure mechanism used in upper bound calculation.

次に、Fig. 3 には $S/B=0.44$ における観察結果と提案した破壊メカニズムとの比較を示す。これらの図において、白丸は $S/B=0.0$ 、黒丸は $S/B=0.44$ における標点の位置を示し、載荷板の 2 mm の沈下を 1 step とし、それらの点を連ねた標点の軌跡を示す。なお、これらの図において、太い実線は、実験結果から観測されたすべり面を表し、太い破線は、上界値計算で用いられた破壊メカニズムを表す。また、CASE 2, 3 での右端に位置する太い曲線、細い破線は、 $S/B=0.44$ における補強材、載荷板の位置を示す。これらを見ると、土くさび角のみをパラメータとする、本研究で提案する破壊メカニズムでも、実験結果と良い対応を示すことがわかる。さらに、このメカニズムの特徴としては、補強材の敷設長の増加とともに、実験結果と同じように、破壊メカニズムが深さ方向よりも横方向に広がることを表せられることにある。なお、 $S/B=0.44$ を選んだのは、この沈下レベルに到達すると、どのケースにおいても、すでに大きなすべり面の存在が確認されたからである。

Figure 4 には、破壊メカニズムを設定した上界値計算から算出された上界値と実験結果との比較を示す。この図の凡例においては、実験結果とそれに対応する上界値とが並べて示されている。これを見ると、CASE 2 においてのみ、少し上界値の方が実験結果よりも大きくなっているが、それ以外は精度よく、上界値と実験結果とは対応していることがわかる。

以上の結果より、本研究で提案する速度場法に基づく補強土基礎地盤の支持力評価は、支持力、破壊メカニズムともに工学的には十分正しい精度で実験結果と対応することがわかった。

4. 終わりに

本報告では、実験により得られた破壊形状を参考に、補強土基礎地盤に対する破壊メカニズムを設定した上界値計算を行い、実験結果との比較を行った。今後は、異なる補強材を用いた場合や補強材の敷設条件を変化させた場合の結果にも、本報告で提案する支持力評価式を適用することによって、より詳細な考察を行いたい。

【参考文献】 1) 地盤の破壊とひずみの局所化に関する研究委員会：地盤の破壊とひずみの局所化に関するシンポジウム発表論文集，土質工学会，1994. 2) 大谷他：補強土基礎地盤における進行性破壊の解明，土木構造・材料論文集，第 13 号，pp.93-102，1997. 3) Chen, W.F.: Limit Analysis and Soil Plasticity, Elsevier Scientific Publishing Company, 1975.

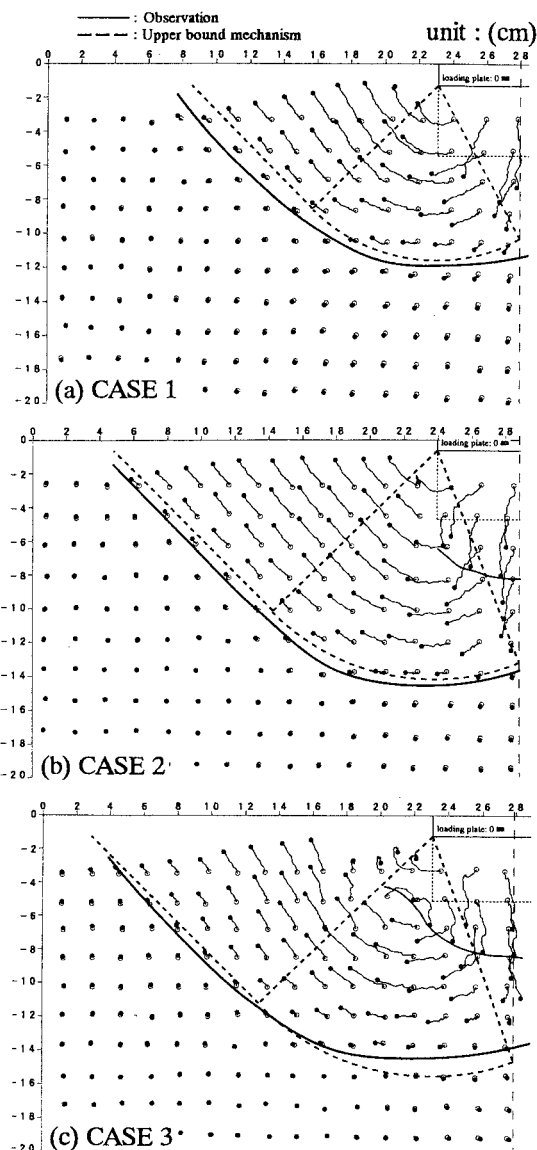


Fig. 3 Comparison between observations and proposed mechanism at $S/B=0.44$.

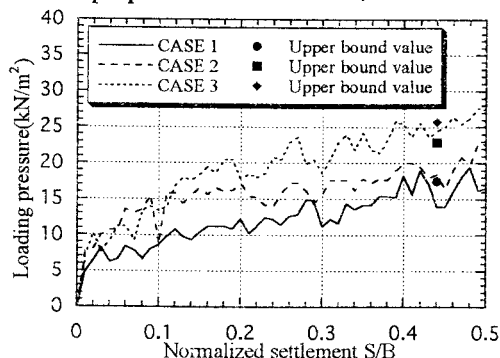


Fig. 4 Comparison of upper bound values with test results.