

敷設幅に着目したアルミ棒積層体で模擬したマットレス補強地盤の支持力特性

九州大学工学部 学 ○草野 陸

九州大学大学院 正 石蔵 良平 F 安福 規之

前田工織株式会社 正 横田 善弘 正 辻 慎一朗

1. はじめに

日本の地盤に多く見られる問題点として、許容支持力が小さく、不同沈下の生じやすい軟弱地盤が多いことや、構造物を造成する際に利用可能な土地面積が限られていることなどが挙げられる。それらを解決するための手段として近年では、碎石等をジオテキスタイルで包み込んだマットレス状の補強地盤を用いた工法が広く採用されている。このマットレス補強地盤は敷設を容易かつ安価に行うことができ、軟弱地盤上に構造物を建設する際の支持力増強や不同沈下の抑制において十分な効果を発揮し、利用可能な土地面積の拡大に貢献している。

しかし、マットレスの支持力発現機構については未解明な点が多く、経験則に基づく設計から脱却できていない現状がある。特に、敷設幅を合理的に決定する方法が確立されておらず、図-1に示すような施工事例において、支持力を効果的に発揮させるための最適な敷設幅を決定することができない。

既往の研究ではアルミ棒積層体の載荷実験を通して、一定のマットレス敷設幅に対する載荷幅と支持力特性の関係から、最も大きな支持力を得られる最適な敷設幅の存在が示唆されている²⁾。本研究では、載荷幅を一定にした上でマットレス敷設幅を変化させた条件の下、載荷実験を実施し、最適な敷設幅と支持力特性とを関連付ける手段について検討した。

2. 既往の支持力評価式

現在、マットレスの設計に用いられている支持力評価式は以下の式(1)の通りである¹⁾。図-2に示したように単位体積重量 γ_1 の地盤中に、地表面からの深さ D_f で設置されたマットレスに対し、上載圧 q が幅 B_p で作用するとき、単位体積重量 γ_2 、内部摩擦角 ϕ_2 の中詰め材によるせん断効果 S と、 θ 方向に作用するジオテキスタイルの引張強度 T_D に基づく引張効果 T によって、上載圧が図に示すように分散角 α で幅 B_D に分散し、支持地盤に p の分布圧が作用するものとしている。 M_E はマットレス効果で S と T の和として表される。

$$qB_p = p(B_p + 2H \tan \alpha) + M_E \quad \cdots (1)$$

$$M_E = S + T = \left(\gamma_1 D_f H + \frac{1}{3} \gamma_2 H^2 \right) K_p \tan \phi_2 + 2T_D \sin \theta$$

この設計式にマットレス厚 H 以外のパラメータを入力した上で、分散圧 p が地盤の許容支持力を下回るように H が決定される。しかし、先述した通り敷設幅には一切言及されておらず、載荷幅に対する適切な敷設幅を合理的に決定することができないのが現状である。

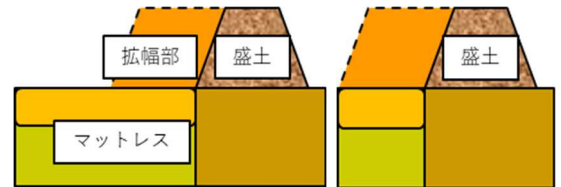


図-1 マットレス敷設の施工イメージ

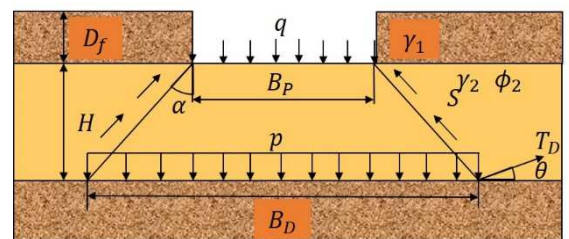


図-2 マットレス設計式の各諸元

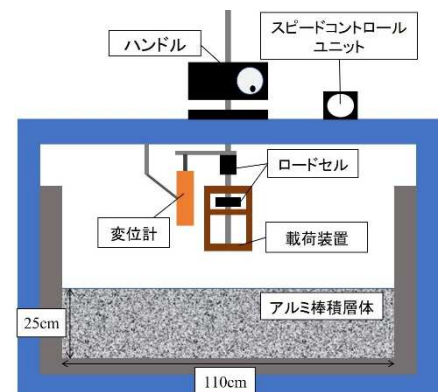


図-3 アルミ棒積層体概略図

3. 実験概要

本研究では実際のマットレスの 1/50 スケールを想定して実験を行っている。マットレスの中詰め材として碎石の代わりに長さ 50mm、直径 2mm のアルミ棒を使用し、周りのジオテキスタイルには寒冷紗を用いた。また、図-3 に示すアルミ棒積層体を使用し、積層体の上にマットレスを設置したうえで速度 0.1mm/秒で上部から鉛直荷重をかけ、鉛直荷重と変位の関係を考察した。積層体のアルミ棒は長さ 50mm、直径 1mm と長さ 50mm、直径 1.6mm のものが重量比で 3:2 になるように配分した。載荷装置とマットレス設置の概略図は図-4 に示すとおりである。マットレス幅 B_M およびマットレス厚 H を変化させた際に、支持力がどのような影響を受けるのか、表-1 に示す 6 パターンの条件で載荷試験を行っていく。

4. 実験結果と考察

本実験を行う前に既往の研究²⁾と同一の条件下で実験を行い、再現性を確認している。図-5 に載荷試験により得られた Case1 および Case3 の荷重強度と鉛直変位の関係を示す。鉛直変位は図-3 に示したように載荷装置の鉛直変位を変位計で測定し、マットレスおよび支持地盤を模したアルミ棒積層体の鉛直変位量としている。荷重強度も同様に載荷装置に取り付けたロードセルが受ける荷重を測定し、それをマットレスおよび支持地盤の発揮する支持力とした上で、さらに載荷板の面積($0.16 \times 0.05 \text{m}^2$)で除したものを荷重強度としている。鉛直変位が 10mm に達した時点での応力値またはそれまでのピーク値を極限支持力として比較した。アルミ棒や載荷装置の噛み合わせがずれることで支持力が急低下する部分があるものの、総じて B_P/B_M の Case1 より 0.8 の Case3 の方が大きな支持力を発揮していると言える。特に鉛直変位が 8~12mm の区間では両方の場合でピーク応力値を示し、連続して 5kN/m^2 程度の支持力差が見られることから、敷設幅が支持力の発現に影響を及ぼしていることは明らかである。さらに、既往の研究²⁾の結果と比較すると本実験の結果は $B_P/B_M=1.0$ の場合よりも 0.8 の場合の方が大きな支持力を発揮するという点が一致しており、載荷幅と敷設幅の比 B_P/B_M が、敷設幅に着目した際のマットレス補強地盤の支持力特性を表す指標の一つであることが示唆された。これらを踏まえて既往の設計式を見ていくと、これまで簡単のために $\alpha = 45^\circ$ とされていた¹⁾荷重の分散角 α について、分散圧の幅 B_D と敷設幅 B_M が一致するとき最も大きな支持力が発揮されるとすると、マットレス厚 2.5cm(実スケール 1.25m)の場合、図-2 中の上載圧の幅 B_P と分散圧の幅 B_D の比が 0.8 程度になるように α が決定されることが考えられる。今後、マットレス厚が 5.0cm に設定された Case2 や Case4 の結果も踏まえて分散角 α と B_P/B_M の関係についても考察し、支持力発現メカニズムの解明と最適な敷設幅の算定方法の提案につなげていきたい。

5. まとめ

アルミ棒積層体を用いた模型実験を通して、マットレス補強地盤の敷設幅が支持力の発現に影響を及ぼすことが確認された。また、その支持力特性を表す指標の一つとして載荷幅と敷設幅の比 B_P/B_M が示唆された。まだ実験が終了していない Case の結果と合わせて、マットレス補強地盤の支持力発現と敷設幅の関係性や、指標としての B_P/B_M の役割について検討していくことを今後の課題としたい。

【参考文献】1) 落合英俊, 松下博通, 林重徳: 硫酸イオンを含む地盤における住宅基礎, 土と基礎, 第 34 巻, 第 6 号, pp.45-50, 1986 2) 石蔵良平, 安福規之, 横田善弘, 辻慎一朗: 載荷幅に着目した新たなジオグリッドマットレス補強地盤の支持力特性とその評価, ジオシンセティクス論文集, 第 35 巻, pp1-6, 2020

【謝辞】本研究は九州大学地盤工学研究室技術協力スタッフの中島通夫氏より実験装置作成を、特任助教 Adel Alowaisy 氏より助言を賜り、実施された。

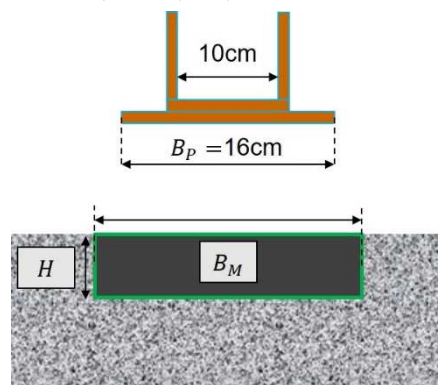


図-4 載荷装置・マットレス概略図

表-1 実験条件

Case	マットレス幅 B_M (cm)	B_P/B_M	マットレス厚 H (cm)
1	16	1.0	2.5
2	16	1.0	5.0
3	20	0.8	2.5
4	20	0.8	5.0
5	32	0.5	2.5
6	32	0.5	5.0

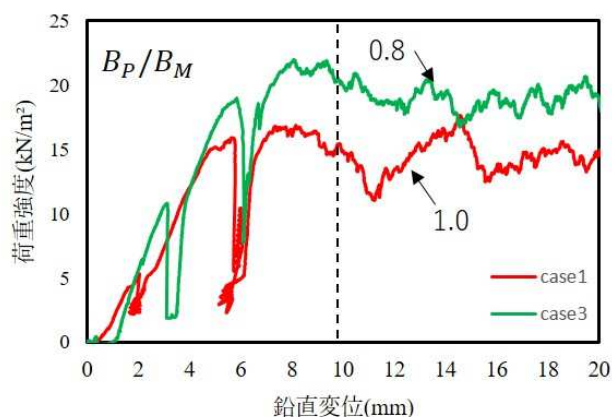


図-5 本実験の結果