

強度のばらつきを有する地盤の支持力特性に関する模型実験

九州大学工学部 学生会員○加藤 拓朗 九州大学大学院 フェロー会員 善 功企
九州大学大学院 正会員 陳 光斉 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸

1. 背景および目的

軟弱地盤の強度増加を目的とした深層混合処理工法や液状化対策としての事前混合処理工法などの地盤改良工法は、近年大幅に技術的進歩を続けている。これらは早期に強度が発現するため、工期の短縮にも貢献している。しかしながら、固化強度が不十分もしくは固化材の混合の不均一性および対象地盤の土質の不均質性などの理由により、せん断強度に空間的なばらつきを有してしまうという問題がある。この強度のばらつきは、地盤の支持力や破壊モードに影響を及ぼす可能性がある。そこで、本文では、ばらつきによって生じるせん断強度の小さい部分を地盤の弱部としてモデル化し、アルミ棒積層地盤を用いて弱部の割合や大きさの違いに着目して地盤の支持力特性を評価した。

2. 実験概要

図-1 に実験装置図を示す。本実験の模型地盤には、縦が 400mm、横が 700mm、奥行き 50mm のアルミ棒積層地盤を用いた。地盤の弱部を表現するために、弾性係数が 17.8kN/m^2 の市販のスポンジを混合し、スポンジの混合割合と大きさを変化させることによって地盤の強度にばらつきを与えた。以降、スポンジの混合割合のことを弱部率、スポンジの大きさのことを弱部単位と呼ぶこととする。スポンジの配置は、乱数を用いてランダムに決定した。実験に用いたアルミ棒積層地盤は、直径 1.0mm と 1.6mm のアルミ棒を重量比 3:2 で混合し作製した。模型基礎は、断面積 5000mm^2 のものを用い、模型の回転を拘束しないように、基礎上部にヒンジを設置した。基礎を 1mm/min で鉛直載荷し、50mm までの載荷重と鉛直変位を測定した。また、アルミ棒積層地盤の載荷点中心から左右横方向に 25cm、縦方向に 20cm の領域に縦横 2cm 間隔でメッシュを書き、載荷前後のメッシュ図の変化からひずみ分布図とベクトル図を作成した。

表-1 に実験ケース表を示す。弱部率を 5%、10%、20%、弱部単位を $10\times 10\text{mm}$ 、 $20\times 20\text{mm}$ 、 $40\times 40\text{mm}$ と変化させ、弱部を持たないケースと合わせて計 10 ケースを行った。各ケースは 3 回ずつ行い、各回で算定した極限支持力を平均したものを各ケースの極限支持力とした。極限支持力の算定法は、得られた荷重-沈下曲線から荷重軸に対して対数変換を行い、そこから得られた片対数グラフのピーク値を極限支持力とした。

3. 実験結果および考察

図-2 に支持力低減率と弱部率の関係を示す。ここで、支持力低減率とは、各ケースの地盤の支持力を弱部がない地盤の支持力で除して百分率を求め、その値から 100 を引いたものである。図-2 によると、弱部単位に関わらず、弱部率が増えるにつれて支持力低減率は増加する。これは地盤中の弱部が増えることで、支持力

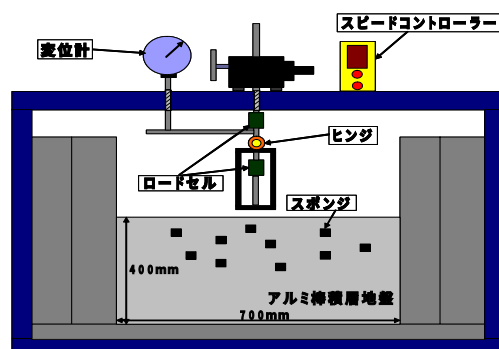


図-1 実験装置

表-1 実験ケース

弱部率 (%)	0, 5, 10, 20
弱部単位 (mm)	10×10 , 20×20 , 40×40

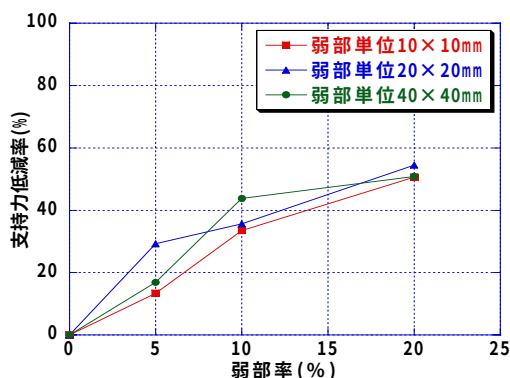


図-2 支持力低減率と弱部率

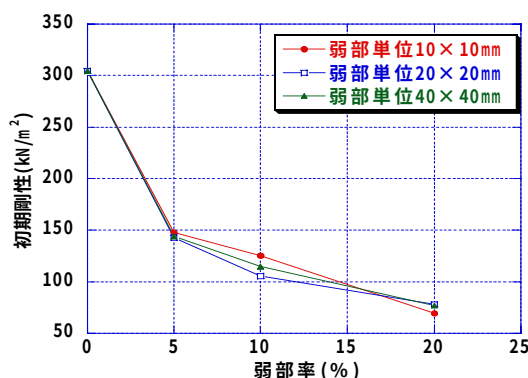


図-3 初期剛性と弱部率

低減率が増加するというを示している。例えば、今回の実験からは弱部率 20% で支持力は約半分になる。

図-3 に初期剛性と弱部率の関係を示す。ここで初期剛性とは、荷重-沈下曲線の初期の傾きである。図-3 によると、すべての弱部単位において、弱部率が増えるにつれて初期剛性は減少した。よって、同じ荷重を載荷させた時の基礎の鉛直変位量は増加するといえる。

図-4 に極限支持力時の基礎の沈下量と弱部単位の関係を示す。図-4 より、弱部率が 5%、10% の時は弱部単位が大きくなるにつれて沈下量は増加するが、弱部率が 20% の時は弱部単位が 40×40mm になると若干低減した。これは弱部単位の配置が影響したためと思われる。しかし、その他のケースでは全て上昇しているため、弱部単位が増加するにつれて極限支持力を発揮するまでの基礎の鉛直沈下量は概ね増加するといえる。

図-5 に弱部が無い地盤でのひずみ分布図とベクトル図を示す。図-5 によると、基礎は鉛直方向に貫入せず、回転しながら沈下し、地盤全体が左方向に大きなせん断が生じた。また、ひずみ分布図より基礎下部に主働領域を確認することができる。したがって、地盤に弱部がない場合には、全般せん断破壊が生じていると考えられる。

図-6 に弱部率 20%、弱部単位 10×10mm におけるひずみ分布図とベクトル図を示す。図-6 によると、基礎はほぼ鉛直下向きに沈下しており、地盤全体に大きなせん断は見られない。図-5.a) ではひずみは基礎の両端から下方に大きく伸びており、くさびを確認できない。また、図-6.b) では基礎の左右の地盤において水平方向の変位は少なく、地盤表面での膨れ上がりは少ない。したがって、地盤が弱部を有する場合には、基礎直下の地盤にパンチング破壊が起きていると考えられる。

4. まとめ

(1) 地盤中の弱部率が増加するにつれて地盤の初期剛性は減少し、地盤の支持力低減率は増加する。例えば、地盤の 20% が弱部の場合、支持力は約半分になる。(2) 弱部単位が増加するにつれて、地盤が極限支持力を発現するまでの基礎の鉛直変位量は増加する。(3) 地盤中の弱部は破壊モードに影響し、弱部率が増加するにつれて、破壊モードは全般せん断破壊からパンチング破壊へと移行する。

<参考文献>

出口信太郎・善功企・陳光齊・笠間清伸：サクシオン基礎の支持力特性

に関する実験的並びに理論的考察，土木学会西部支部研究発表会講演概要集，ppA-246-247, 2004

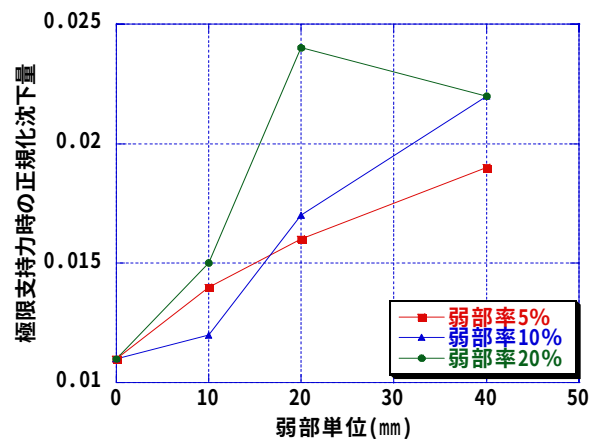
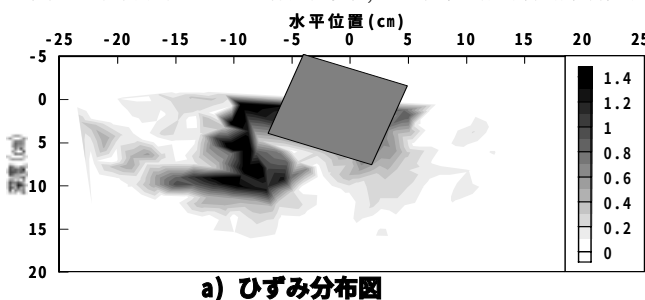
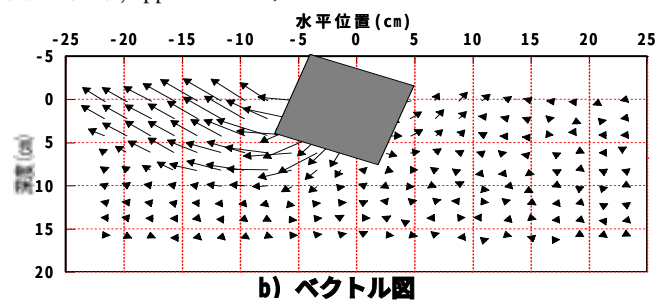


図-4 極限支持力時の沈下量と弱部単位

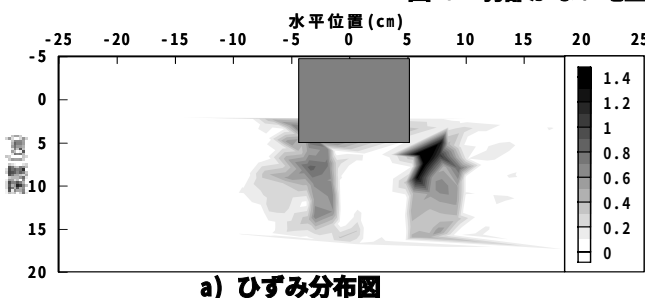


a) ひずみ分布図

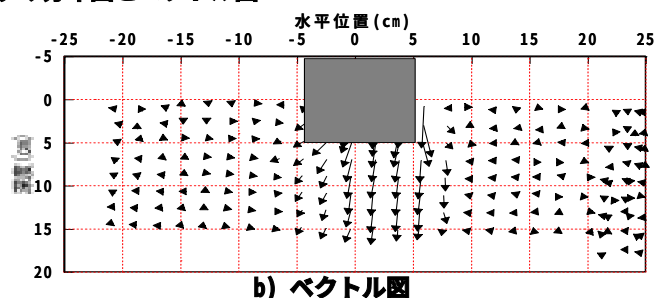


b) ベクトル図

図-5 弱部がない地盤のひずみ分布図とベクトル図



a) ひずみ分布図



b) ベクトル図

図-6 弱部を有する地盤のひずみ分布図とベクトル図 (弱部率 20%、弱部単位 10×10mm)