

## 未改良部のばらつきに着目した地盤の支持力特性

九州大学大学院 学生会員○加藤 拓朗 フェロー会員 善 功企  
九州大学大学院 正会員 陳 光斉 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を目的とした事前混合処理工法などの固化処理工法は、近年大幅な技術的進歩を続けている。しかしながら、固化処理地盤の特徴として、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原因により、地盤内の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。このせん断強度のばらつきは、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が、両者の関係は未解明な点が多い。

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未改良部としてモデル化し、アルミ棒積層地盤を用いて未改良部の割合や位置に着目して地盤の支持力特性を評価した。

## 2. 内容

## 2.1 実験概要

図-1 に実験概略図を示す。本実験の模型地盤は、改良部と未改良部の 2 種類の強度を持つ地盤状態を想定し作製した。改良部は直径 1.0mm と 1.6mm のアルミ棒を重量比 3:2 で混合したアルミ棒積層地盤とし、未改良部は市販の海绵状のスポンジを用いてモデル化した。スポンジをアルミ棒積層地盤中に混合し、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、本文ではスポンジの混合割合を未改良率、スポンジの大きさを単位面積と定義する。スポンジの配置は、乱数を用いて鉛直方向と水平方向の座標をそれぞれランダムに決定した。模型基礎は、基礎幅 100mm 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、沈下量 50mm までの載荷重と鉛直変位を測定した。未改良率、単位面積を表-1 のように変化させ、未改良部を持たないケースと合わせて計 13 ケースを行った。各ケースは 3 回ずつ行い、各 3 回分の未改良部の配置は異なる地盤を作製した。

## 2.2 実験結果および考察

図-2 に単位面積が 1600mm<sup>2</sup>における、未改良率によって比較した荷重-沈下曲線を示す。図-3 より、未改良率が増加するにつれてグラフは全体として左側にシフトする傾向がある。つまり、同じ正規化沈下量における載荷応力は減少する。単位面積によらずこの傾向は見られた。

図-3 に各 3 回分より得られた支持力低減率の平均値と未改良率の関係を示す。ここで、支持力低減率とは、各ケースの地盤の支持力を未改良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。つまり、低減率が 100% のときに支持力がゼロになることを意味する。図-3 より、単位面積に関わらず、未改良率が増加するにつれて支持力低減率は増加傾向となる。本実験では未改良率が 20% のときに支持力低減率は約 50% となり、支持力は約半分に低減した。

図-4 に支持力低減率の全データをプロットした図を示す。図-4 より、未改良率が小さい領域では データのばらつきが大きい。未改良率が増加するにつれてそのばらつきが小さくなる。これは未改良率が増加するにつれ、地盤は均一に近づくためだと考えられる。

未改良部の配置と支持力の関係を明らかにするために、未改良部の配置を表す指標として、*PUI*(Partially Unimproved Index)という指標を提案する。図-5 に *PUI* の考え方を示す。まず、基礎近辺の側方部に存在する未改良部の影響は少ないと考えたため、図-5 のような有効領域を考え、有効領域中に存

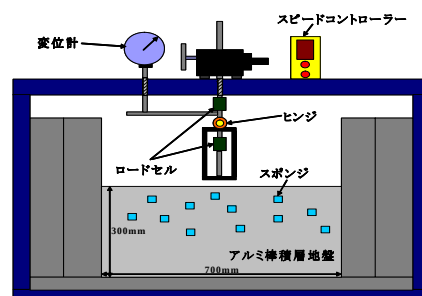


図-1 実験概略図

表-1 実験条件

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| 未改良率(%)                   | 0, 2.5, 5, 10, 20 |
| 単位面積(mm <sup>2</sup> )    | 100, 400, 1600    |
| 弾性係数(kN/cm <sup>2</sup> ) | 1.78              |
| 未改良部の形状                   | 正方形               |

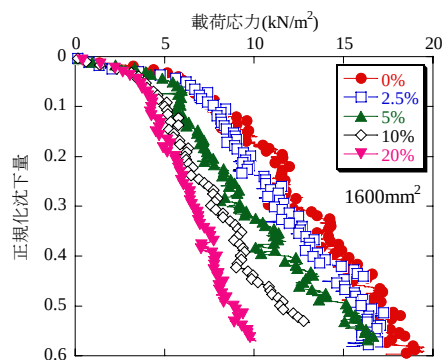


図-2 荷重-沈下曲線

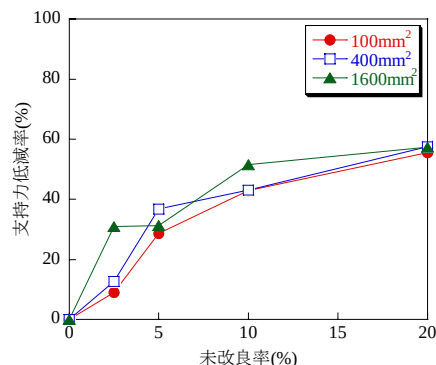


図-3 支持力低減率 (平均値)

在する未改良部のみを考える。次に、未改良部が基礎付近に存在するほど支持力に大きな影響を与えると仮定したため、重み関数  $w(z)=10-0.5z$  を考え、それに単位面積を掛けたものを有効領域中に存在する全ての未改良部について計算し、その全ての和を  $PUI$  とする。つまり、 $PUI$  は次式で表される。

$$PUI = \sum_n \omega_{(z)} \cdot S$$

上式で、 $n$  は有効領域中に存在する未改良部の個数、 $\omega(z)$  は重み関数、 $S$  は単位面積である。つまり、 $PUI$  が大きな値をとるほど未改良部は基礎付近に存在するということを意味する。

図-6 に  $PUI$  と極限支持力の関係を示す。横軸は各ケースで算出された  $PUI$  を、有効領域中のすべてが未改良部のときの  $PUI$  で正規化した。図-6 より、 $PUI$  が増加するにつれて支持力は減少傾向にある。つまり、未改良部が基礎付近に存在するほど、支持力は減少傾向にあることを意味する。

未改良部の有無による地盤の破壊メカニズムを考察する。図-7 に未改良部がない地盤の鉛直沈下量 50mm におけるひずみ分布図とベクトル図を示す。図-7 より、基礎は鉛直下向きに貫入せず、回転しながら沈下し、左側の地盤全体において大きな変位が生じている。また、図-7.a) より、基礎下部に主働領域とせん断ひずみが集中するすべり線を確認できる。よって、地盤に未改良部がない場合は、地盤は全般せん断破壊が生じていると考えられる。

図-8 に未改良率 10%、単位面積 1600mm<sup>2</sup> におけるひずみ分布図とベクトル図を示す。図-8 より、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-8.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-8.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、地盤が未改良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生じると考えられる。また、この傾向は未改良率が大きくなるにつれて顕著になる。

### 3. 結論

本文より得られた結論をまとめると以下ようになる。

(1)荷重-沈下曲線は、未改良率が増加するにつれて全体的に左側にシフトし、

同じ正規化沈下量における載荷応力は小さくなる。(2)未改良率が増加するにつれて、地盤の支持力低減率は増加する。例えば、地盤の 20% が未改良部の場合、支持力は約半分になる。

(3)未改良部の配置位置を表す指標として  $PUI$  を提案し、 $PUI$  が増加するにつれて極限支持力は減少する。(4)地盤中の未改良部は破壊モードに影響し、未改良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。

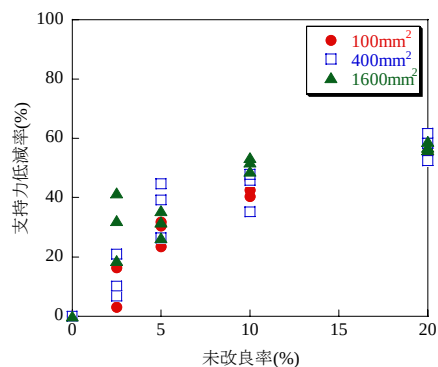


図-4 支持力低減率（全データ）

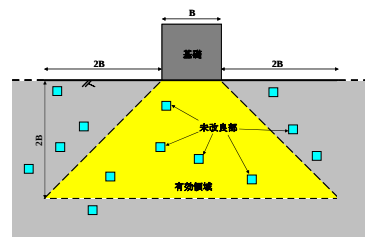


図-5  $PUI$  の考え方

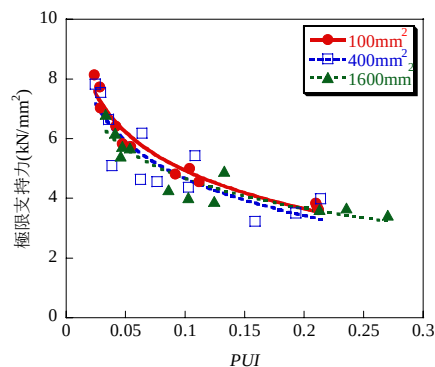


図-6  $PUI$  と支持力の関係

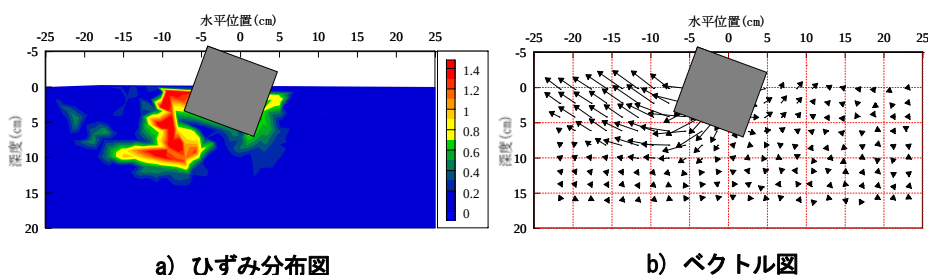


図-7 未改良率 0% の地盤

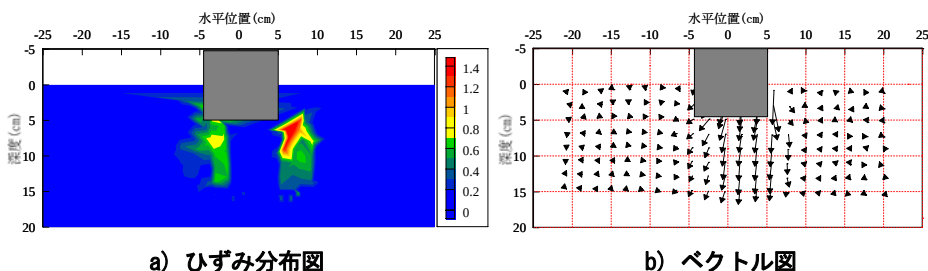


図-8 未改良率 10%、単位面積 1600mm<sup>2</sup> の地盤