

静的締固め砂杭工法における周辺地盤の挙動について

○ 日本大学大学院理工学研究科 学生会員 長谷川裕史
日本大学理工学部社会交通工学科教授 正会員 宮森 建樹
国土総合建設(株) 正会員 池上 成洋
国土総合建設(株) 正会員 森 正和

1. まえがき

軟弱地盤改良工法には、サンドコンパクションパイル工法等の砂杭造成工法がある。この工法は、砂または砂利を地盤中に圧入し、圧縮された砂杭を造成し、地盤の改良を図るものである。

砂杭は地盤中で動的あるいは静的に締固められる。その際、周辺地盤は砂杭径の拡大によって側方に変形し、締固められる。このような周辺地盤の締固め効果は十分に解明されているとはいえない。本研究では既往の円孔拡大理論¹⁾を用いて、室内模型実験²⁾の結果を説明し、締固めのメカニズムを解明することを目的とする。

2. 円孔拡大理論

Yu と Houlsby¹⁾は円孔拡大理論で、図 - 1 のように平面ひずみ条件下で初期状態が内圧 p_0 、半径 a_0 の円孔において、内圧が p に増大したときの応力、変形を解析した。弾性域の変形は弾性係数 E とポアソン比 ν を用いて求められる。塑性域の解析では、降伏条件としてモール・クーロンの破壊基準(粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ)を、変形には非関連流れ則(ダイレイタンシー角 ψ)を採用している。図中の a は内圧が p に増大した時の円孔半径を示し、 b は塑性域の半径を示している。

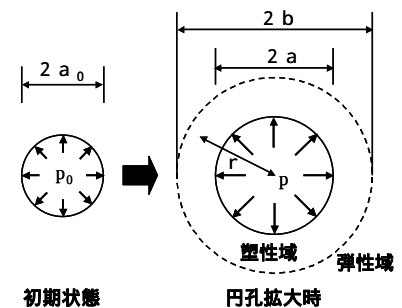


図 - 1 円孔拡大概念図

2. 室内模型実験の概要

新谷と善²⁾による室内模型実験は、側方への静的圧入による砂地盤の締固め効果を調べるために行われたもので、実験装置は図 - 2 に示すようなものである。実験は試料として豊浦砂を用い、上載圧は 30、60 および 90kPa の三種類、相対密度は 45、70% の二種類で行なわれた。砂中に挿入された直径 2 cm の円筒膨張杭に圧力を加え、その圧力と膨張量、周辺地盤の土圧、変形を測定している。

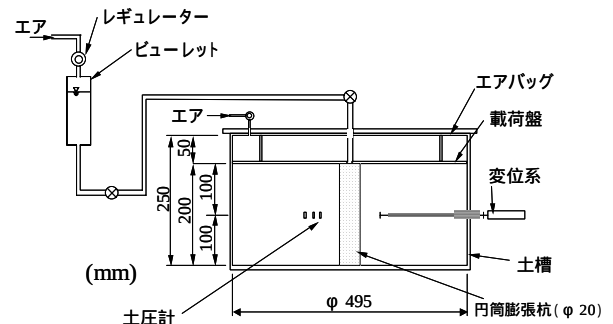


図 - 2 実験装置

3. 計算結果

圧力比 (p/p_0) と円孔膨張比 (a/a_0) の関係を図 - 3 に、また体積ひずみ ε_v (正が圧縮) と距離の関係を図 - 4 に示す。

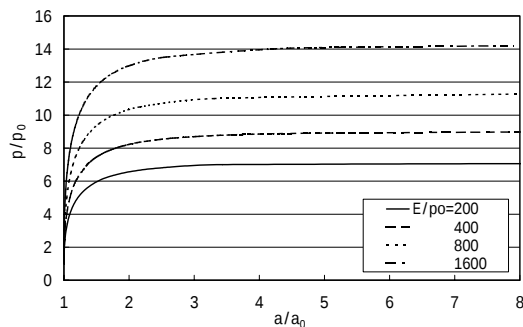


図 - 3 p/p_0 と a/a_0 の関係

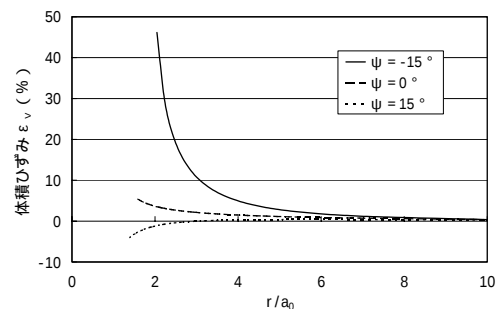


図 - 4 体積ひずみと距離の関係

キーワード：締固め砂杭・円孔拡大・砂地盤

連絡先：千葉県船橋市習志野台 7 - 24 - 1 047-469-5228

図 - 3 より、 a/a_0 がある値 (4 ~ 5) 以上になると圧力はほぼ一定となっており、円孔の拡大には限界圧力が存在するといえる。図 - 4 では、 ψ が正のとき、体積ひずみ ε_v は中心付近では膨張となっている。これは、密な砂ではせん断により膨張を生ずるためである。 ψ が負のとき、杭周辺では圧縮が著しくなっている。また、杭から離れると ψ に関わりなく圧縮となっているが、その値は非常に小さい。

4．実験値と理論値の比較

理論値と模型実験の結果を比較するため、解析に用いる条件は、相対密度 $Dr=45\%$ 、 70% に対応する内部摩擦角 $\phi=38^\circ$ 、 41° 、ポアソン比 $\mu=0.25$ 、静止土圧係数 $K_0=0.6$ とし、上載圧と静止土圧係数の積を p_0 とした。

図 - 5 に p/p_0 と a/a_0 の関係 ($E/p_0=400$ 、 $\psi=0^\circ$) を、図 - 6 に体積ひずみ ε_v と距離の関係 ($\phi=35^\circ$ 、 $E/p_0=200$) を示した。また、図 - 7 に距離と半径方向応力の関係を示した。

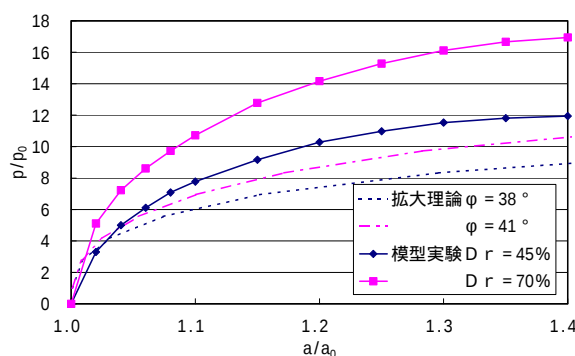


図 - 5 p/p_0 と a/a_0 の関係 (実験値と理論値)

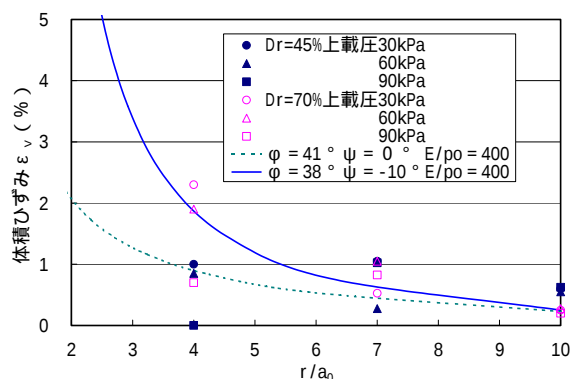


図 - 6 体積ひずみと距離の関係 (実験値と理論値)

図 - 5 において、 a/a_0 の増大と共に p/p_0 は同じような傾向で増大し、限界圧力が共に存在する。実験値のほうが大きくその値は、1.5 倍ほど大きくなっている。図 - 6 より、体積ひずみについては実験値と理論値は同じような傾向となり、周辺地盤の状態を説明できるものと考えられる。また、図 - 7 より、半径方向応力については実験値と計算値はほぼ同じような値となり、円孔拡大理論を用いて応力状態を説明できるものとする。

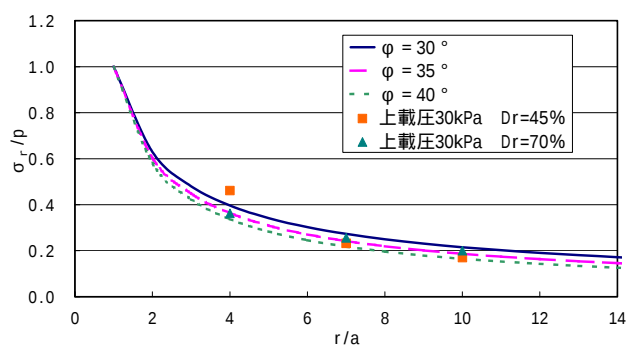


図 - 7 距離と半径方向応力

5．締固め効果について

緩い砂においては、 $r/a_0=2.5 \sim 3$ の範囲では図 - 6 から $\varepsilon_v=3 \sim 5\%$ の体積ひずみが読み取れる。この値を実験に用いた緩い豊浦砂 ($Dr=45\%$) に適用すると $Dr=46 \sim 48\%$ に増大することになる。

6．まとめ

実験値と理論値は、値そのものが異なるものの、傾向は同じようなものとなり、円孔拡大理論を用いて、実験の結果を説明できそうである。今後は入力定数を適切に決定することにより、周辺地盤の応力状態や締固め効果についてさらに説明していきたい。

【参考文献】1) H.S.Yu and T.Houlsby: Finite cavity expansion in dilatant soils, loading analysis, Geotechnique, Vol.41, No2, pp.173-293, 1991

2) 新坂孝志、善功企：静的圧入による砂地盤の締固め効果に関する基礎的研究、土木学会論文集 No.764, pp183-192, 2004 年 6 月