

砂の静的締固めメカニズムに関する研究

九州大学工学部 建設都市工学科 学生会員 ○坂本 一信
九州大学大学院工学部 建設システム工学専攻 正会員 善 功企
九州大学大学院工学部 建設システム工学専攻 正会員 笠間 清伸

1. 背景及び目的

現在、砂地盤の液状化対策として、静的締固め杭工法やコンパクショングラウチング工法と呼ばれる新しい地盤改良工法が開発されている。これらは地盤中に砂やグラウト材の杭を形成し内側からの圧力によって地盤を締固めるもので、実施工において充分なN値の増加があると報告されている。

この工法は静的であるため、SCP工法などの振動、打撃による動的締固め工法のように騒音や振動がなく、周辺環境に対する悪影響が少ないという利点を持っている。また、従来用いられてきた静的締固め工法とは異なり地盤下層部までの地盤改良が可能であり経済的、時間的に優れている場合が多い。

しかし、建設現場では施工地盤のN値増加が見られているものの、実際には地盤の締固め機構には未解明な点が多く、設計法については確立されていない。今後、より合理的な工法とするためには砂地盤の静的締固めメカニズムを解明する必要がある。本研究では空洞膨張圧の砂地盤内伝播、および繰返し载荷による過剰間隙水圧の発生と間隙比の関係を考察し、砂地盤の締固めメカニズムを解明する事を目的とする。

2. 地盤の応力分布

砂地盤中での三次元的な応力伝達を知るため空洞膨張理論²⁾を用い、応力载荷点を中心としたせん断応力伝達量と距離の関係を考察した(地盤の状態を表-1および図-1に示す)。図-2は一定の初期地盤内応力50kPaの下、空洞膨張圧 p_u を変化させた場合のせん断応力分布図である。せん断応力は距離とともに指数関数的に減少しており、空洞膨張圧が大きいくほど長距離に応力を伝えることができる。図-3は空洞膨張圧 p_u を一定とした場合で、载荷点では同じ応力状態であるが初期地盤内応力が小さいほど応力の減少が少なく長距離まで伝わっている。これらから、応力比が大きいくほど長距離に応力が伝わるのがわかる。

3. 実験

砂地盤の静的締固め工法では圧入する砂が地盤に繰返し荷重として作用している。この繰返し応力により地盤に過剰間隙水圧が発生する。本研究では、間隙水圧の上昇に起因して体積圧縮が起こると想定し繰返し三軸試験を行った。

実験方法・繰返し三軸試験による液状化試験に順ずる³⁾。

実験装置・繰返し三軸試験装置を用いた。

供試体・豊浦標準砂を用い、直径5cm、高さ10cm、相対密度45%、の供試体を作成した。

・作成方法は空中落下法を採用した。

表-1 地盤の条件

R_i (cm)	10
R_u (cm)	20
ϕ (度)	30
c (kPa)	0

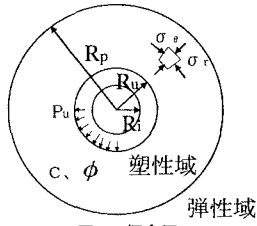


図-1 概念図

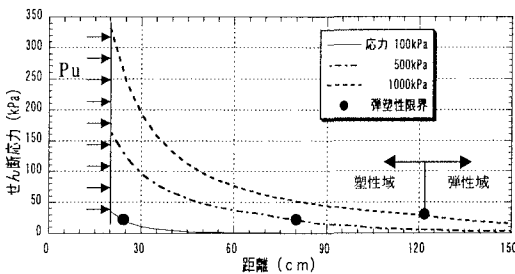


図-2 地盤内初期応力50kPaでの応力分布図

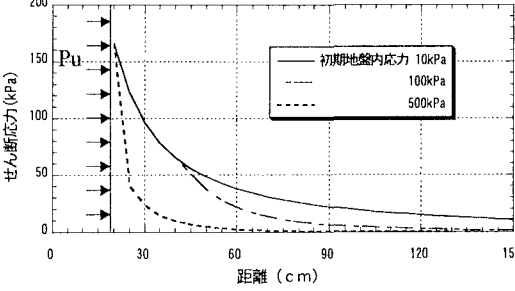


図-3 空洞膨張圧500kPaでの応力分布

実験手順・試体を等方圧密後、繰返し応力により過剰間隙水圧を発生させ所定の間隙水圧になった時点で載荷をとめる。一例とし図-4 に拘束圧 98 kPa での間隙水圧上昇のグラフを示す。図中の矢印で示した各水圧比になった時点で載荷を停止する。

・圧密排水を行い、排水量を測定する。

実験条件・表-2 に記載

4. 実験結果

表-2 実験ケース

相対密度	45%
載荷周期	10Hz
拘束圧	49、98、196kPa
繰返しせん断応力比	0.23～0.25
過剰間隙水圧比	0, 0.5, 0.6, 0.7, 1.0

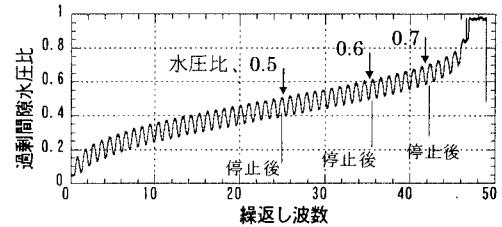


図-4 過剰間隙水圧比の増加分布

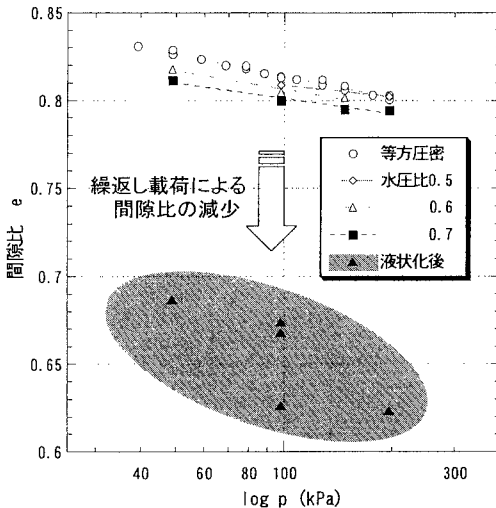


図-5 地盤内初期応力と間隙比の関係

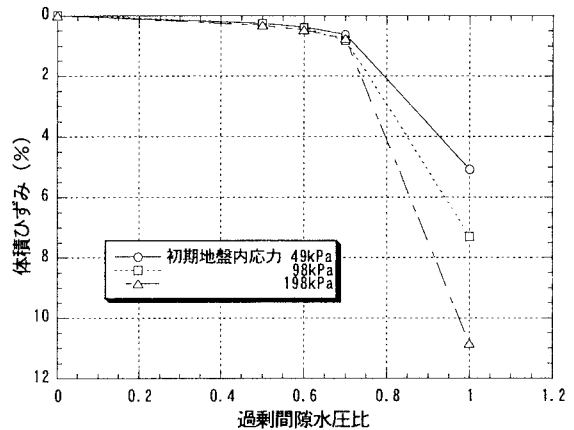


図-6 水圧比と体積ひずみの関係

5. 考察及びまとめ

図-5 は地盤内応力と間隙比の関係を示したものである。まず、地盤内応力調節のための等方圧密により間隙が減少していることから、単純に地盤を圧密することでも締固め効果があると言える。

次に、繰返し応力による過剰間隙水圧の発生と間隙比の関係をみると、水圧比が増大するほど間隙比は少量ずつ減っているが、水圧比 0.8～1.0 での液状化発生により一気に減少している。これは図-6 の水圧比と体積ひずみの関係からも見て取ることができる。液状化の前後を比較してみると体積ひずみに 5 倍以上の違いが見られ、液状化の発生が砂地盤の締固めに大きな効果を持つことがわかる。また、液状化の起こっていない水圧比 0.5～0.7 の場合にも、若干の間隙比の減少が見られるため、ある程度の地盤の締固めが期待できる。

図-3 の応力分布図から解るように、高拘束圧下ではせん断応力の伝達量が減少する。このことから、砂地盤の締固めでは、いかにして拘束圧の大きい地盤下層部に応力を伝達するかが重要となる。また、地盤が液状化を起こすと一時的に応力を支持出来ない状況に陥るため、当然地盤のせん断応力分布にも影響があると考えられる。この際の地盤の状態と、支持力を取り戻した後の周辺地盤への影響が今後の課題である。

《参考文献》

- 1) 地盤工学会：支持力入門 pp68-73, 1997.4, 地盤工学会編
- 2) 地盤工学会：地盤の液状化 pp12-15, 1997.4, 地盤工学会編