

真空吸水と振動源を分離した砂の振動締固め工法に関する基礎実験

五洋建設(株) 正○新舎 博
五洋建設(株) 正 海野寿康

1. はじめに

ゆるい砂地盤の締固め工法として、吸水型振動締固め工法があり、現場で適用されている¹⁾。この工法は振動棒を地盤内に挿入して、縦振動あるいは横振動で砂層を液状化させると同時に、発生した過剰間隙水圧を振動棒の先端に取り付けた吸水口からの吸水によって消失させ、高い締固め効果を得るものである。しかしながら、現場で適用すると²⁾、吸水口に砂が塊状に吸い付いて吸水効率が低下する場合があります、かつ締固めの終了時期を適切に判断できないなどの課題があった。そこで、吸水口と振動源を分離した締固め方法を考案し(図1参照)、室内実験で締固め効果を把握した。吸水方法としてはキャップ付プラスチックボードドレーン(以下、PBD)を利用した真空吸引を用いた。

2. 砂の締固め実験

2.1 実験方法

実験に用いた砂の物理特性を表1 粒度組成を図2に示す。

試料は珪砂5号を単独で用いたもの(K試料)、珪砂5号70%と工業用非塑性シルト30%を混合したもの(KF試料)、数種類の珪砂を合計70%と工業用非塑性シルト30%を混合して、粒径加積曲線をなだらかに調整したもの(KF試料)の3種類である。最大・最小乾燥密度試験(JIS A 1224:2009)は原則シルト分5%以下の砂に適用可能であるが、ここではシルト分30%の砂質土にも、参考として実施した。

実験装置を図3に示す。実験は次のように実施した。直径30cm×高さ100cmの円筒容器の中に、中央から1/4の平面位置に2箇所、コンクリート用振動棒(日立工機UV32M)を吊り下げた。砂を水中落下方式で、65cmの高さで

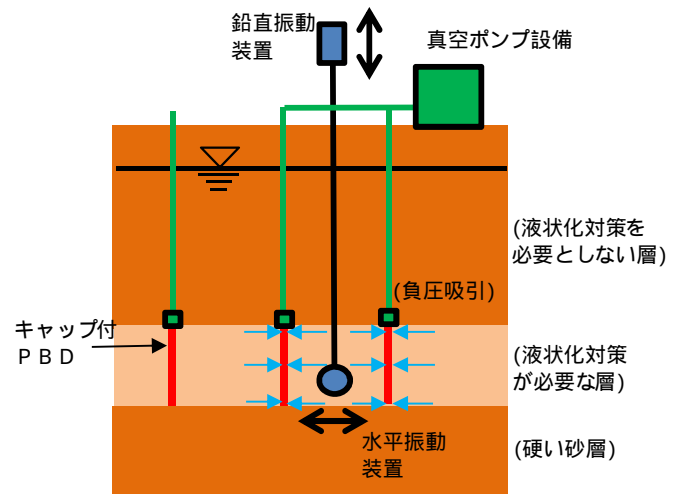


図1 振動締固め工法の概念図

表1 砂の物理特性

試料	土粒子密度	粒度組成		最大・最小乾燥密度		$D_r=70\%$ の透水係数
	g/cm^3	シルト分(%)	砂分(%)	$\rho_{d\max}(\text{g/cm}^3)$	$\rho_{d\min}(\text{g/cm}^3)$	m/s
K試料	2.645	2	98	1.794	1.470	5.32×10^{-4}
Kf 試料	2.640	30	70	2.002	1.457	7.31×10^{-8}
KF 試料	2.640	36	63	1.893	1.312	6.89×10^{-8}

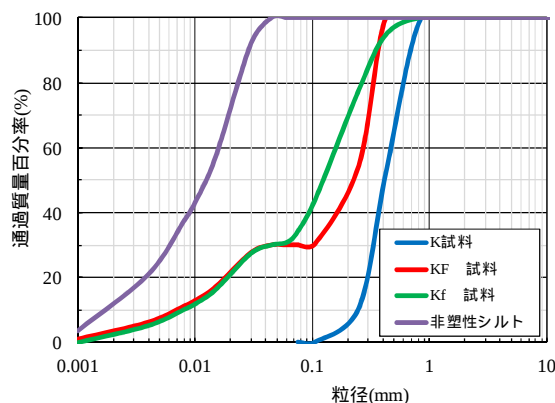


図2 粒度分布

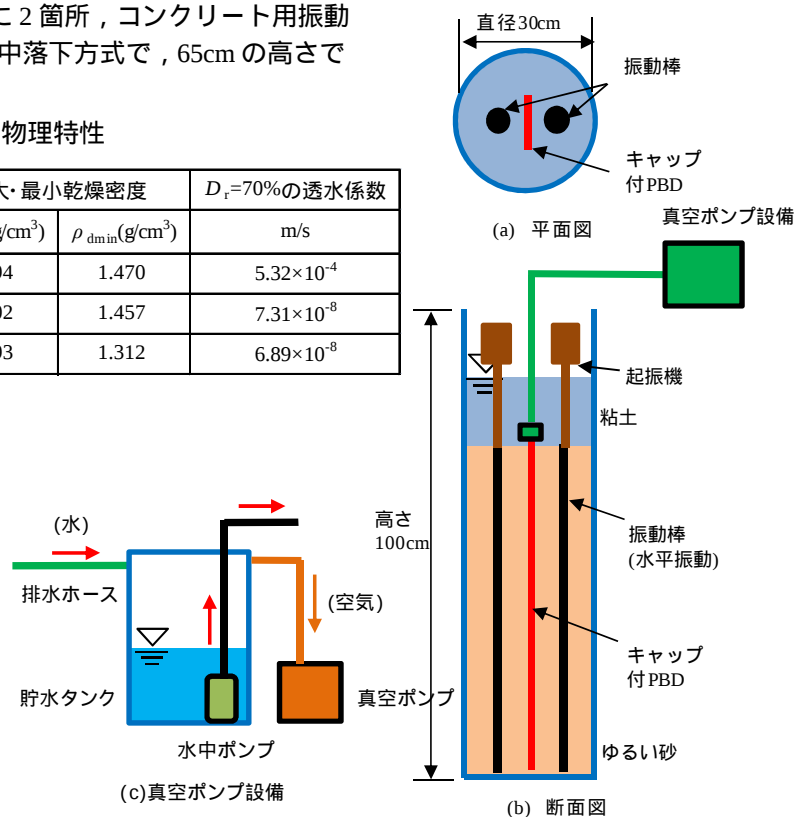


図3 実験装置

キーワード：締固め、真空吸水、振動棒

連絡先：〒320-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設(株)技術研究所 TEL0287-39-2116

作製した。キャップ付 PBD を砂層の平面中央位置にジェット水を利用して打設した。上水を排出し、砂層の上部に負圧シール層(厚さ 10cm の海成粘土層、透水係数は 10^{-8}m/s 以下)を設置した。PBD を通じて、砂層に -60kN/m^2 の負圧を作用させて砂を締めた。次に、負圧を作用させた状態で振動棒を移動し、砂を締め固めた。

試料作成時の乾燥密度 γ_d と相対密度 D_r は、K 試料が 1.62g/cm^3 、51%、KF 試料が 1.84g/cm^3 、76% および KF 試料が 1.61g/cm^3 、60% であった。

2.2 実験結果

地表面沈下量から、体積ひずみ ε_{v1} を計算で求めた。図 4 は、PBD 打設から負圧作用までの期間の ε_{v1} を示している。PBD を打設すると、K 試料および KF 試料は盛り上がりを生じたが、KF 試料には変化がなかった。 -60kN/m^2 の負圧を作用させると、K 試料は 0.5% の ε_{v1} が生じ、KF 試料と KF 試料はそれぞれ 2.0% および 6.5% の ε_{v1} が生じた。 ε_{v1} の時間過程を見ると、 ε_{v1} は 1~2 分程度で収束する傾向がある。

次に、負圧を作用させた状態で振動を与えた。その際の ε_{v1} を図 5 に示す。K 試料は 1 分ほどで、8% の ε_{v1} が生じた。負圧のみだと 0.5% であったので、7.5% の増加である。このことは砂の初期構造を振動によって破壊した影響と考えられる。一方、KF 試料と KF 試料は、振動時間の増加とともに ε_{v1} が増加し、双曲線法で最終 ε_{v1} を求めると、KF 試料で 15.2%、および KF 試料で 13.0% となった。この結果、振動を与えることにより、KF 試料で 13.2% (PBD のフィルターを通過して、細粒分の抜け出しが認められた)、および KF 試料で 6.7% の増加があることがわかる。また、負圧停止時の乾燥密度 γ_d と D_r は、K 試料がそれぞれ 1.83g/cm^3 、108%、KF 試料が 2.18g/cm^3 、121% および KF 試料が 1.95g/cm^3 、109% であった。 D_r が 100% を超えるのは、シルト分が多いと、最大・最小乾燥密度試験で求めた最大乾燥密度 γ_{dmax} が小さいためと、誤差も含まれているためと考えられる。

図 6 は、負圧作用と振動を与えた際の、排水量から求めた体積ひずみ ε_{v2} の時間経過を示している。 ε_{v1} と同様、KF 試料と KF 試料は時間経過とともに排水が継続し、双曲線法で最終 ε_{v2} を求めると、KF 試料で 14.9%、および KF 試料で 12.1% となり、沈下量から求めた体積ひずみ量とほぼ同じ程度となった。KF 試料と KF 試料で排水が継続するのは、透水係数が K 試料よりも小さいためである。

3. まとめ

細粒分を含む、ゆるい砂質土を締め固める目的で、砂質土に負圧を作用させ、次に負圧を作用させながら振動を与えた。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 負圧作用のみでは、大きな締め固め効果を得ることは困難と考えられる。
- (2) 負圧作用と共に振動を与えると、大きな締め固め効果を得ることが可能であり、K 試料では体積ひずみ 8%、KF 試料と KF 試料では、それぞれ 15.2% と 13.0% の体積ひずみを得ることができた。
- (3) シルト分を 30% 程度含む砂質土の締め固め管理方法としては、排水量を測定することが有効である。また、排水量挙動に双曲線法を適用すると、負圧停止時期を決定することが可能と考えられる。

本手法を用いて締め固められた試料の液状化強度については、今後繰り返し三軸試験などで確認する予定である。

参考文献 1) 吸水型振動締め固め工法パンフレット：吸水型振動締め固め工法協会，2001。 2) 大久保泰宏ら：吸水型振動締め固め工法の開発と現場実験，第 35 回地盤工学研究発表会，pp1447-1448，2000。

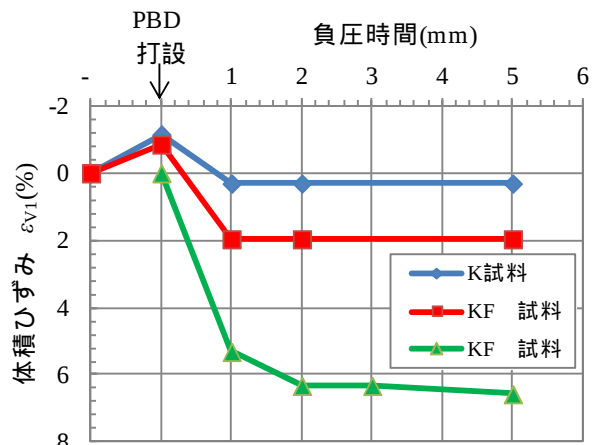


図 4 体積ひずみ(負圧作用のみ)

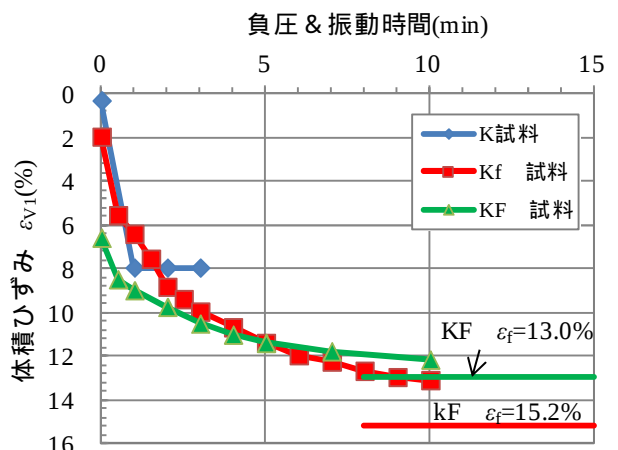


図 5 沈下量から求めた体積ひずみ
(負圧作用 + 振動)

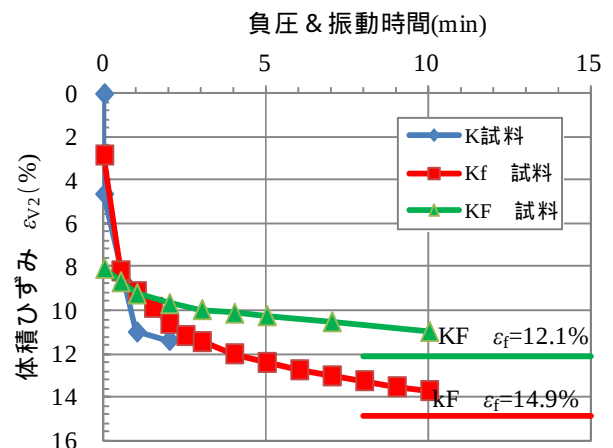


図 6 排水量から求めた体積ひずみ
(負圧作用 + 振動)