

砂の圧縮沈下に伴う砂粒子の移動について

京大名誉教授 正員 村山朔郎

摂南大学 " 井上 治

近畿測量専門学校 " つ小林和夫

1. まえがき

地盤の変形問題を取り扱う場合、 K_0 圧密に関する応力-変形問題は重要な課題の一つである。砂の構成特性は砂粒子の挙動に支配されるので、砂の粒子の挙動を測ることが重要である。これまでの報告¹では砂粒子の移動方向に注目して、砂のせん断時のせん断・垂直応力比 τ / σ_n (τ : せん断応力, σ_n : 垂直応力) と砂粒子の移動方向角 θ_{si} の関係について、砂が弾塑性状態にあるときの τ / σ_n と θ_{si} との関係と、砂が異方圧縮を受けたときの砂粒子の移動方向角 θ_{ci} を観測し、その分布状況を示してきた。今回は引き続き、異方圧縮を受けた砂が等方圧縮状態と左右への対称なせん断状態に分けられるものと考えたとき、このせん断成分とみなされる平均移動方向角 $\bar{\theta}_c$ とせん断時の砂の弾塑性状態での砂粒子の平均移動方向角 $\bar{\theta}_s$ との相関性を調べるため、圧縮後その状態でせん断試験のできる透明せん断箱を製作し、それぞれの移動方向角を測定した。この結果から圧縮時の $\bar{\theta}_c$ とせん断時の $\bar{\theta}_s$ の分布状況を検討した。

2. カメロン効果による測定: この測定法は、これまで報告¹してきた測定法と同様に、砂が変形中の各時点で砂の状態を一台のカメラで撮影し、互いに続く2つの時点で撮影した2枚の写真を実体視し、カメロン効果を利用して、それら撮影時点間に生じた砂粒子の水平移動量および鉛直移動量を測定した。

3. 実験概要: 実験装置は側面が透明なせん断箱 (上・下とも100mm × 100mm × 30mm) で、圧縮試験時に上下の箱が移動しないよう上下の箱を固定する装置を取りつけ、また実体観測時の基準のためピアノ線により10mm間隔の互いに直角な格子目の枠を製作した。砂は淀川産で粒度分布は図-1のとおりで、比重は2.64の乾燥砂であった。圧縮試験の手順は箱に砂を充填した後圧縮荷重を載荷・除荷と繰り返し、荷重を与え圧縮沈下が一定値に達するまで行なった。その後その状態からせん断試験を行なった。砂の状況の撮影は、圧縮時は沈下が一定値に達した各時点で、せん断時はせん断中の各区分で行なった。

4. 実験結果と考察: (1) $e - \log p$ 曲線: 図-2は各圧縮荷重段階における繰り返し回数 N と沈下量 δ との関係を示し、 $N=20$ 付近で一定値に達している。この砂の最終間隙比 e と荷重 p との関係を表わすと図-3となり、初期部分を除けばほぼ直線勾配を示している。

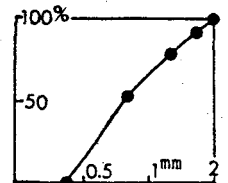


図-1 粒度曲線

(2) 砂粒子の測定区間: 圧縮時とせん断時とも両側壁の影響を少な

Sakurō MURAYAMA, Osamu INOUE, Kazuo KOBAYASHI

くするため、上下せん断箱中央付近で中央部から左右30mm区間に30個の砂粒子を選んだ。

(3) 砂粒子の移動方向角(θ_{ci} と θ_{si})の分布：図-4に示すように砂粒子は、圧縮時はA→Bへと動き、またせん断時にはB→Cへと動くことが測定されたとする、 θ_{ci} は図-4に示すように、ある砂粒子の圧縮時の鉛直面に対する移動方向

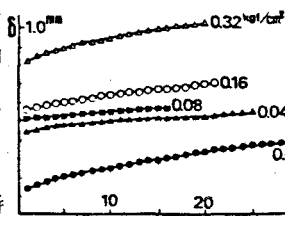


図-2 δ -N 曲線

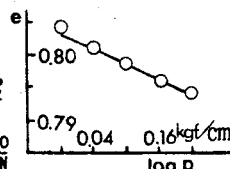


図-3 e -log p 曲線

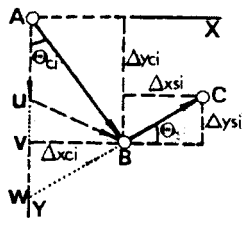


図-4 移動方向角

角で、 θ_{si} はある砂粒子のせん断時の移動方向角を表わす。 $\bar{\theta}_c$ は e -log pで示した各荷重段階における各砂粒子の移動方向角 θ_{ci} の平均値で、 $\bar{\theta}_s$ は各荷重段階におけるせん断時の移動方向角 θ_{si} の平均値(ここでは砂の水平せん断変位間は全せん断変位中の初期部分の1mmから2mm区間であった)である。図-5(a)は0.02, 0.04, ..., 0.32 kgf/cm²の圧縮応力で圧縮試験を行なったときの θ_{ci} の分布状況を示している。各応力段階でほぼ左右対称の分布で、圧縮応力の大きいほど $\bar{\theta}_c$ が大きくなっている。図-5(b)は各圧縮応力で圧縮後せん断を行なったときの θ_{si} の分布状況を示し、圧縮応力の増加に伴って $\bar{\theta}_s$ が増加している。このことは砂の圧縮ひずみの増加に伴い $\bar{\theta}_s$ が増加することを示している。そこでここではせん断成分とみなされる $\bar{\theta}_c$ と $\bar{\theta}_s$ との相関性をみるために図-6に示すように各圧縮応力において $\bar{\theta}_c$ と $\bar{\theta}_s$ の値をプロットした。 $\bar{\theta}_c$ と $\bar{\theta}_s$ ともほぼ同じ直線勾配で、 $\bar{\theta}_c$ の成分は砂のせん断時のせん断成分 $\bar{\theta}_s$ と類似の傾向が認められる。

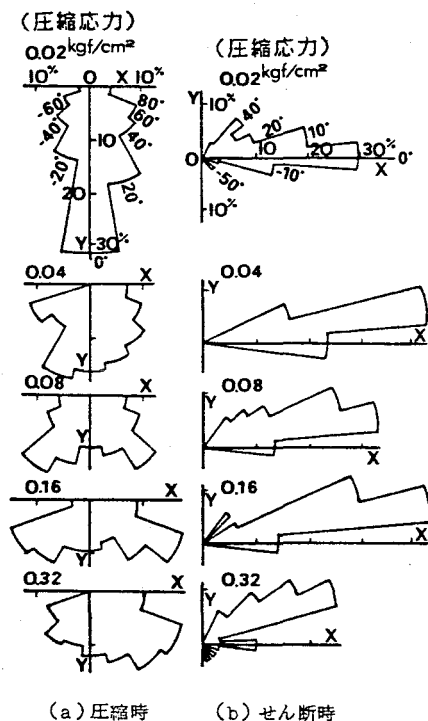


図-5 砂粒子の移動方向角の分布

5. あとがき： 異方圧縮とせん断試験を同時に行ない、この結果 $\bar{\theta}_c$ は砂のせん断時の $\bar{\theta}_s$ と類似性が認められた。このことは、異方圧縮時の応力比 K ($\sigma_3 / \sigma_1 = K$)をパラメータとして、各種の e -log p 曲線を描いたとき、これらの曲線の差の要因は K の変化に応じて $\bar{\theta}_c$ が変化すると考え今後検討する。

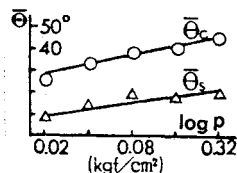


図-6 $\bar{\theta}$ -log p 曲線

参考文献1)村山・井上、砂のせん断時における砂粒子の移動特性、土木学会論文集、1981