

これれやすい粒子のせん断時の 粒子移動について

摂南大学工学部 正員 井上 治
近畿測量専門学校 正員 小林和夫

1. はじめに

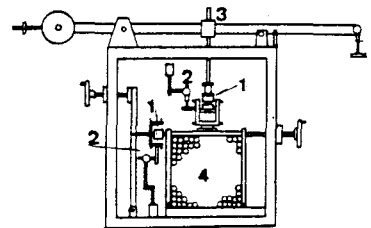
マサ土など特殊土の構成式に関する研究は、従来から行われているが、室内実験などではそのマサ土の風化の度合や試料の取り扱いの違いなどによって試験材料を選ぶことが難しく、また試験毎に材料が異なることがあり、一般化された試料が得られにくい。そこで、これらの材料に類似性を示す試験材料があれば、要素実験等に都合がよいように思われる。これまで、砂の代わりにアルミ丸棒を用いた研究などで砂とアルミ丸棒がある程度類似性を示していることから、ここではこれれやすい特殊な土の代わりに強度の異なるチョーク丸棒を用いることにした。この実験では、強度の異なる三種類のチョーク丸棒粒子を試料として、単純せん断試験を行った。そのせん断時にチョーク粒子がどのように移動するかを、カメロン効果を利用した写真計測法により観測した。せん断に伴う粒子移動の結果を、X-成分および移動方向角の分布で表し、 τ/σ と粒子移動の平均方向角の関係を実験的に調べてみた。

2. 測定法

ここに用いた測定法の原理は、これまでに報告¹⁾してきたカメロン効果を利用した写真計測法である。撮影フィルムには、赤、黄および白の三色の異なるチョーク材料を用いることから、カラーフィルムを使用した。測定の基準となる基準線(メッシュ)には、網ふるいのように外枠をもつピアノ線を格子状に張ったものを試作した。この枠をせん断箱の前面に少し離して固定した。撮影用カメラは、シャッター巻き上げ操作が自動的に行えるContax RTSを使用した。写真は、せん断時に伴う各移動区間毎で撮影した。この写真を用いて各移動区間毎での各粒子の移動量のX-成分、Y-成分と移動方向角とを測定した。

3. 実験概要

実験装置としては図1に示すような単純せん断装置を試作した。この装置のせん断箱形式は、側面摩擦の除去と粒子を直接撮影するという観点から側面板をなくし、また両側の板はピン結合とした。せん断力と垂直荷重はロードセルで、また水平および垂直変位は変位計を用いて、それぞれ自動計測した。これれやすい試験材料として三種類(直径11.1mm, 長さ63.7mm)の強さの異なるチョーク丸棒($\sigma_{red}=42.9$, $\sigma_{yellow}=40.4$, $\sigma_{white}=45.5\text{kg/cm}^2$)を用いた。試料の作成は、応力分布の伝達をよくすることから、せん断箱の周辺には細いアルミの丸棒($\phi=1.2\text{mm}$)を約5mmほど並べて、その内側に同じ割合のチョーク丸棒をアトランダムに積み上げた。せん断試験は垂直荷重を加えた後、



1: ロードセル 2: 変位計
3: 網面板 4: チョーク丸棒粒子

図1 実験装置の概要

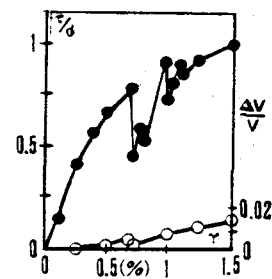


図2 τ/σ , $\Delta V/V$ と γ との関係

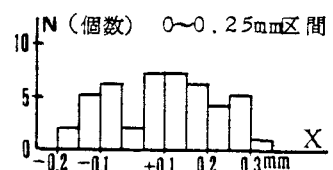


図3 X成分の分布

せん断速度約1mm/minの一定値でせん断力を加えた。写真は、せん断箱の鉛直な側面に対しカメラ軸が直交しその箱から1.0mの近接距離にカメラを固定して、水平せん断変位0.25mm毎に撮影した。これらの写真から2枚1組を1対の実体写真として、せん断箱の側面の中央付近の45個のチョーク粒子の移動量をカメロン効果によって写真計測した。

4. 実験結果と検討

(1) τ/σ , $\Delta V/V$ および γ の関係

図2は、応力比(τ/σ)、体積変化率($\Delta V/V$)とせん断ひずみ(γ)との関係を示している。この図における τ/σ - γ 曲線を見ると、 $\gamma=0.7\%$ で τ/σ が急減しているから、ここから粒子破壊が行われていることが分かる。このことはまた、 $\Delta V/V$ - γ 曲線からも、この付近が変曲していることでそれが確かめられる。

(2) X-成分の分布

粒子の移動量の測定区間は最初から0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 1.75および2.0mmの区間とした。これらの測定結果でせん断力を加えた方向をX成分として、各区間のX-成分の分布の一部を図示すれば、図3, 4, 5および6である。この分布を破壊に至るまでの分布形状でみると、粒子破壊するまではほぼ左右対称な分布を示している。破壊付近からその形が崩れている。この各区間のX-成分の平均値($\bar{X}$)を示せば図7のとおりである。この $\bar{X}$ の量はせん断に伴い減少するが、粒子の破壊した1.5mm付近から一定値になっている。このことはダイレイタンスーに関係するものと予想されるのでY-成分を含んだ粒子移動方向角($dY/dX = \tan \theta \approx \theta$)がダイレイタンスー特性を示すものと考え各区間の粒子方向角の平均値 $\bar{\theta}$ と τ/σ との関係で整理すれば図8である。この図は、これまで報告されている実験結果¹⁾と比較してみると $\tau/\sigma = \tan \phi_{\mu} + \lambda \bar{\theta}$ と類似の傾向を示している。破壊区間をみると粒子破壊によりエネルギーが解放されることから τ/σ は減少し、破壊によりダイレイタンスーに寄与した部分が小さくなるようである。

5. おわりに

これれやすい土粒子材の代わりにチョーク材を選んだが、この材料は破壊に至るまでの過程で、各粒子のスリヘリが生じたり、粒子間摩擦が変化するなどいろいろな要素が入り、今後の課題が多いように思われる。

謝辞

実験に協力頂いた元摂南大学学生中崎隆司、林義則の諸君に謝意を表す。

参考文献

1) 村山朔郎・井上治：ステレオ写真による砂のせん断時の変位測定、第13回土質工学研究発表会

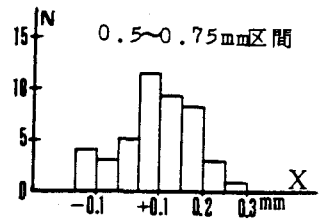


図4 X成分の分布

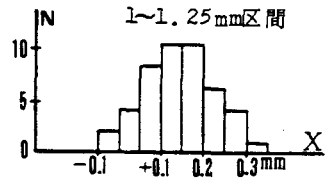


図5 X成分の分布

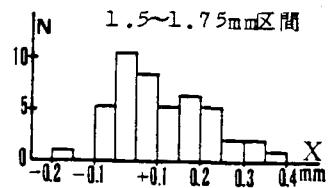


図6 X成分の分布

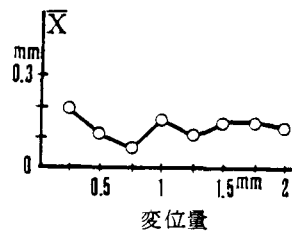


図7 $\bar{X}$ と変位量との関係

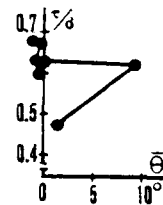


図8 τ/σ と $\bar{\theta}$ との関係