

微視的観察における砂の初期構造異方性

山口大学工学部 正 員 中田幸男 兵動正幸 村田秀一
山口大学大学院 学生員 ○板倉志保美 山田泰弘
清水建設(株) 正 員 吉村正芳

1. まえがき 砂、れきなどの非粘性性材料である粒状体は、ばらばらの粒子が外的拘束や摩擦によって集合体として形をなし、強度を発揮するものである。そのような粒状体の力学特性は、粒子の材質・粒度組成・粒子形状を支配する粒子自体の性質や、粒子の組成状態が関係していると予想される¹⁾²⁾。本報では、粒子の組成状態に関係すると考えられる粒子の長軸方向と重心間を結ぶ枝の方向について、空中落下法により作成された砂供試体を用いて偏光顕微鏡により微視的観察を行い、考察を行ったものである。

2. 観察方法 用いた試料は、秋穂砂と豊浦砂である。両試料とも、石英と長石を主成分としているが、秋穂砂は、豊浦砂に比べて角張った粒子や扁平な粒子が多く、粒度分布の良い試料である。供試体は、空中落下法により、秋穂砂の緩・密詰め($Dr=40\%, 70\%$)、豊浦砂の緩・密詰め($Dr=40\%, 90\%$)の4種類を作成した。供試体作成後、水ガラス硬化剤を浸透させ、自然乾燥・炉乾燥によって供試体を固化させる。図-1(a)に示すように、鉛直方向(V-sections)および水平方向(H-sections)の断面を切り出し、各断面の観察用試料を得る。その後、倍率7.5倍で偏光顕微鏡により顕微鏡写真を撮影し、粒子の長軸方向

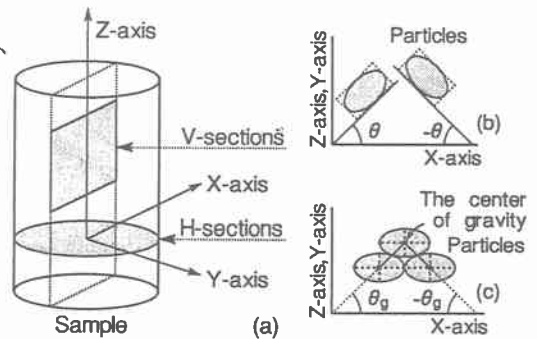


図-1 構造観察断面

と重心間を結ぶ枝の方向を読み取った。粒子の長軸方向は、顕微鏡写真から200個の粒子を選定し測定する。粒子の重心間を結ぶ枝の方向は、顕微鏡写真から約320個の粒子を選定し、粒子の重心点(長軸と短軸の交点)を求めた後、接触している粒子間のみに枝を設けて測定する。粒子の長軸方向の分布は図-1(b)に、重心間を結ぶ枝の方向の分布は図-1(c)に示される基準軸X軸(供試体の水平軸)とのなす角 θ, θ_g を用いてそれぞれ整理を行う。結果の整理は、度数分布図を用いて行い、頻度は θ, θ_g ともに 10° 間隔の度数を表している。粒子の長軸方向の定量的な評価は、Curry³⁾の提案した卓越方向 θ' と卓越強度V.M.により行う。ここで、 θ' は粒子の長軸方向が最も卓越している方向を示している。V.M.は、長軸方向の集中度を表す指標で、V.M.=100%はすべての粒子の長軸方向が一方向に配列していることを意味し、V.M.=0%は完全にランダムな配列を呈していることを意味している。

3. 観察結果と考察 図-2(a)は、秋穂砂のV-sectionsにおける粒子の長軸方向の度数分布図を表している。秋穂砂の密詰め(Dense)供試体において、頻度が $\theta=30^\circ \sim 10^\circ$ に最も卓越し、 $\theta'=13^\circ$, V.M.=39.6%となっていることから、粒子の長軸方向は水平方向付近に卓越して配列していることがわかる。秋穂砂の緩詰め(Loose)供試体では、 $\theta'=7^\circ$, V.M.=23.8%と、密詰め供試体と同様に粒子の長軸方向は水平方向付近に卓越して配列する傾向を示しているが、集中度は密詰め供試体と比べると低くなっていることがわかる。図-2(b)は、秋穂砂のH-sectionsにおける粒子の長軸方向の度数分布図を表している。密度の違いによらずV.M.の値は低い値を示しており、粒子の長軸方向はランダムに配列していることがわかる。

図-3は、V-sectionsとH-sectionsのV.M.の差と相対密度との関係を示したもので、本研究で得られた秋穂砂と豊浦砂の結果と、廣重ら⁴⁾の結果も表している。いずれの結果も、相対密度の増加とともにV-sectionsとH-sectionsのV.M.の差が大きくなっていることがわかる。また、秋穂砂と海砂は同様の傾向を示しているが、これはどちらの試料も海砂であり、粒子の形状や粒度分布が類似していたためと考えられる。

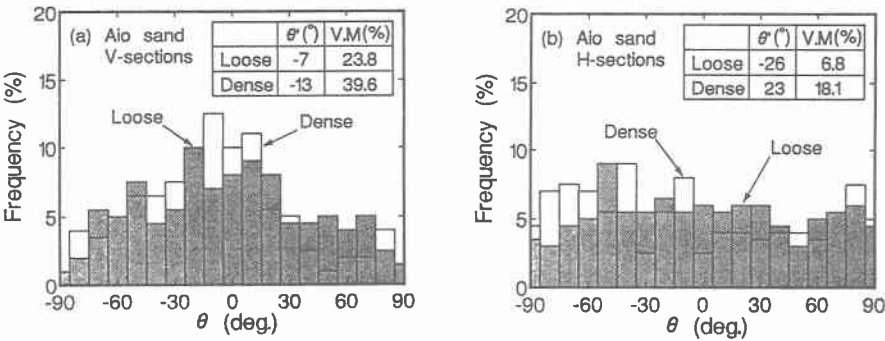


図-2 長軸方向の度数分布図(秋穂砂) (a)V-sections (b)H-sections

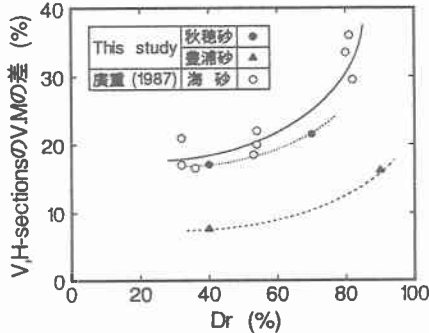


図-3 V-sections と H-sections の V.M の差と相対密度の関係

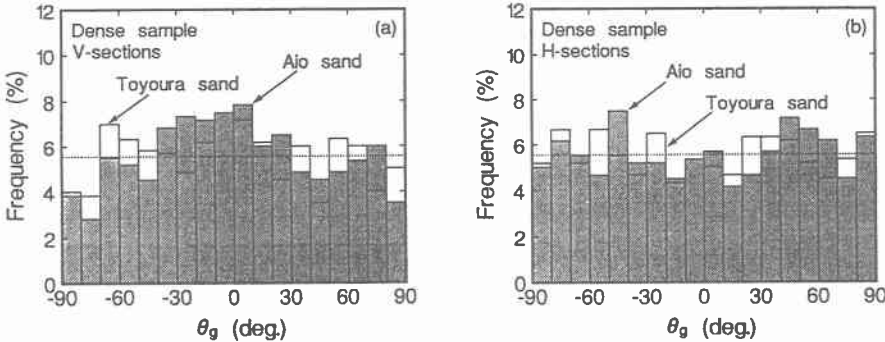


図-4 重心間を結ぶ枝の方向の度数分布図(密詰め供試体) (a)V-sections (b)H-sections

図-4 は、重心間を結ぶ枝の方向の度数分布図を示したもので、秋穂砂と豊浦砂の密詰め供試体の結果である。また、図中の点線は頻度の平均値を示している。(a)図は V-sections を示しているが、いずれの試料においても、頻度は $\theta_g = 0^\circ$ 付近で最大値を示し、 $\theta_g = 60^\circ, -60^\circ$ 付近で平均値よりも若干大きめの値を、 90° および -90° 付近で低い値を示していることがわかる。この結果は、概ね粒子が千鳥配列していることを示唆している。(b)図は H-sections を示しているが、いずれの試料においても、頻度は平均値付近に分布しており、枝の特定の卓越方向は認められず、粒子の重心間の位置関係はランダムであると言える。

4.まとめ 空中落下法で作成された試料の粒子の長軸方向および重心の配列分布に着目して微視的考察を行った。その結果、1)長軸方向は水平方向付近に卓越して配列し、密度の増加とともに卓越強度も高くなる、2)粒子の重心を結んだ枝の方向は、水平方向付近と水平軸からおおよそ 60° の方向へ卓越することがわかった。
<参考文献> 1)小西純一(1978); 京都大学博士論文, 2)最上武雄(1969); 「粒状体の力学」, 3)Curry, J.R.(1956); Journal of Geology, Vol.64, pp117-131, 4)廣重ら(1987); 第22回土質工学研究発表会講演概要集, pp327-330