

## 土粒子の形状に着目した破砕性地盤の支持力特性

徳山工業高等専門学校 正会員 桑嶋啓治 正 藤原東雄  
正会員 上 俊二

### 1. はじめに

地盤の支持力を考えるとき、地盤を構成している土粒子は様々であり、土粒子の形状や硬度、脆弱さも異なっているため、設計などを行うときに注意すべき点として挙げられる。特に土粒子の破砕が顕著な破砕性地盤では支持力メカニズムの解明が必要となっている。また、破砕性地盤における土粒子は複雑な形を形成していることが特徴として挙げられるため、本研究では、土粒子の形状に着目して顕微鏡による観察と模型基礎載荷試験を行った。

### 2. 土粒子の形状

本研究で用いた試料は、主に石英、長英からなるシリカ系の砂である山口県秋穂町採取砂（以後秋穂砂）と、沖縄県チイビシ採取砂（以後チイビシ砂）である。チイビシ砂は、珊瑚礁などの海洋生物の遺骸などからなり、破片状の角張った粒子や筒状の粒子が多く、多孔質カーボネイト系の砂で炭酸カルシウム成分を多く含んでおり、破砕性地盤として位置付けられている。写真 1(a), (b)は、それぞれチイビシ砂と秋穂砂を電子顕微鏡を用いて撮影した写真である。これらの写真に示すように、それぞれの土粒子の形状は異なっており、また複雑であることがわかる。粒子形状の複雑さは、見た目だけでも判断できるが、複雑さを数字で表現するため、本研究では、土粒子を1つずつ電子顕微鏡で3方向より観察を行った。図-1に示すように1つの土粒子に対し3方向（X, Y, Z方向）から撮影し、画像処理ソフトを用いて土粒子の周長面積、長軸、短軸を計測した。



(a) チイビシ砂 (b) 秋穂砂  
写真-1 試料の顕微鏡写真

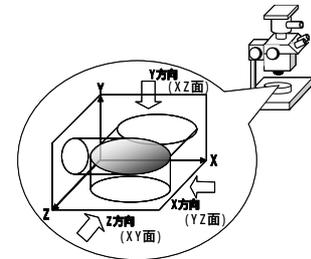


図 1 粒子形状の方向

次に粒子形状を評価する指標として以下に示す真円度および縦横比を用いる。真円度の値  $R_c$  は次式で表される。

$$R_c = \frac{L^2}{4\pi A} \quad (1)$$

ここで、 $L$ : 粒子を上から見た状態での周囲長、 $A$ : 粒子の断面積である。また、縦横比  $A_r$  を次式に示す。

$$A_r = \frac{b}{a} \quad (b \geq a) \quad (2)$$

ここで、 $b$ : 投影粒子の長軸長さ、 $a$ : 短軸長さである。土粒子の画像から真円度と縦横比を求め、整理したものを図2と図3に示している。これらの図の分布状況より、チイビシ砂は比較的円に近い粒子から、極めて複雑な表面形状の粒子まで様々な形状の粒子が存在していること、より複雑な粒子表面形状を有している粒子が多いことが見てとれる。

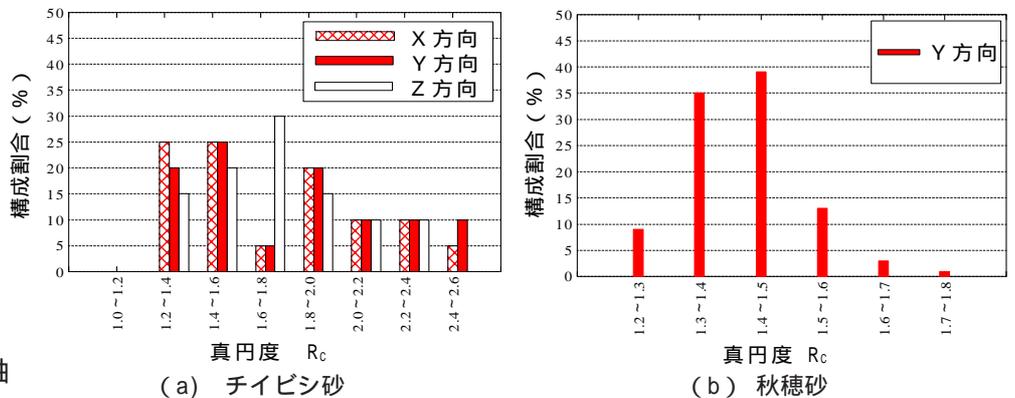


図-2 真円度構成割合

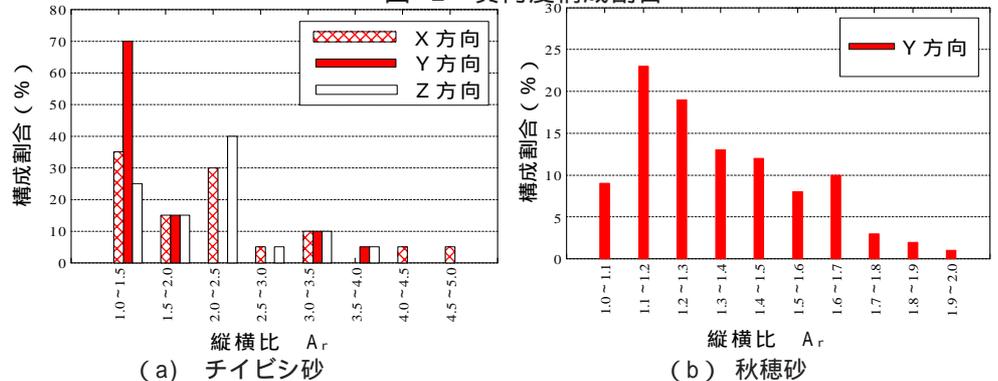


図-3 縦横比と構成割合

キーワード 粒子破砕 模型基礎載荷試験 電子顕微鏡

連絡先 〒745-8585 山口県周南市久米高城 3538 徳山工業高等専門学校 TEL 0834-29-6338

### 3. 模型基礎載荷試験

#### (1) 模型地盤

模型地盤の大きさは幅60cm×高さ50cm×奥行き6cmである。その側面には厚さ1cmのアクリル板を用いており、容易に地盤を観察することが出来る。地盤の変形の様子を観察するために、赤色に着色した色砂を用いた。一層ごとの間隔は、高さが28cmになるまでは水平方向の間隔を4cmとし、それを超えると2cm間隔である。地盤に用いた砂は秋穂砂とチイビシ砂である。相対密度50%の緩詰め地盤を目標に地盤を作成した結果、秋穂砂では密度 $14.1\text{kN/m}^3$ 、チイビシ砂では $10.5\text{kN/m}^3$ の地盤となり秋穂砂よりもチイビシ砂の方が密度の小さな地盤となった。



写真-2 試験装置

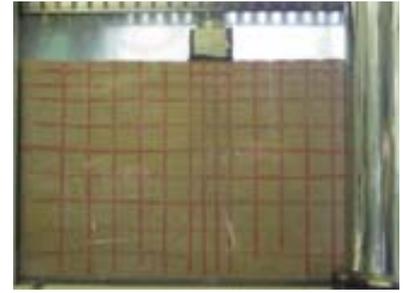
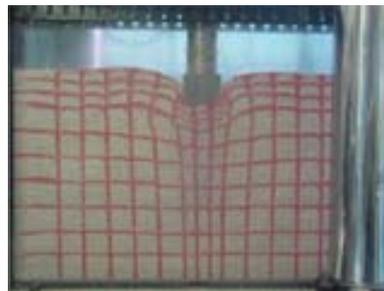


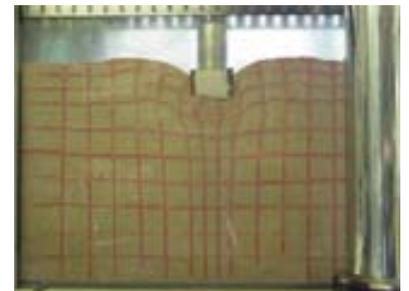
写真-3 模型地盤

#### (2) 模型基礎載荷試験結果

試験終了後に、地盤の断面を示した写真を、写真-4(a),(b)に示している。



(a) チイビシ砂



(b) 秋穂砂

写真-4 模型基礎載荷試験

図-4は、2種類の砂を用いて行った模型基礎載荷試験の荷重沈下曲線を示している。縦軸に沈下量を基礎直径(6cm)で正規化した正規化沈下量を、横軸に基礎支持力を示している。この図より、いずれの試料を用いて行った模型基礎載荷試験でも貫入量の増加とともに、支持力の値も増加していることが示されている。また、秋穂砂とチイビシ砂の支持力の値を同じ正規化沈下量で比較すると、上載圧のないときは、チイビシ砂が秋穂砂の2倍以上の支持力を発現していることが伺える。これは、土粒子の形状と関係しており、チイビシ砂の粒子形状のほうが複雑であり、土粒子間のインターロッキング効果によって結合力が発現されるためである。この様に、地盤の密度は小さくても、土粒子の形状が複雑である場合、インターロッキング効果によって、高い支持力が得られることがわかる。

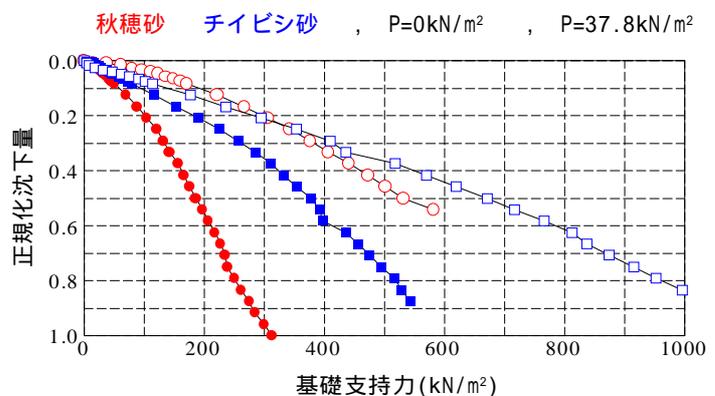


図-4 支持力曲線

次に、上載圧( $p=37.8\text{kN/m}^2$ )を載荷した場合、わずかにチイビシ砂の方が、高い支持力の値を示しているがその差は近づいていると言える。上載圧による支持力の増加割合は、秋穂砂の方が大きく、チイビシ砂の場合、土粒子の破碎が進行し、先ほど述べたインターロッキング効果が低下したためであると考えられる。

写真-4に示すように、上載圧が無いときは、基礎周辺の地盤変形が基礎の貫入によって上方に盛り上がっている様子が伺える。また、その様子は、チイビシ砂よりも秋穂砂の方が良く現れている。これは、地盤内の滑りの問題と関わっており、秋穂砂の方が地盤内に滑りを生じやすいということが分かる。逆に、土粒子の形状が複雑なチイビシ砂の方は、インターロッキング効果により地盤の変形が抑制されていると考察される。

### 4. 結論

土粒子の形状が複雑な地盤ではインターロッキング効果が発現され、地盤の支持力は高い値を得る。しかしながら、地盤内の応力状態が増加することにより、その効果は減少する。

### 5. 参考文献

加登文学, 中田幸男, 兵動正幸, 村田秀一: 破碎性材料の粒子特性と一次元圧縮特性, No.701/ -58, pp.343-355, 2002.3.