

一次元圧縮下における砂の粒子破碎

徳山工業高等専門学校 正会員 藤原東雄 正会員 上俊二

正会員 桑嶋啓治 学生会員 ○林一智

1. はじめに

杭基礎直下では、数十MPaにも及ぶような高い圧力レベルにあり、著しい砂の粒子破碎が生じることが知られている。そしてこの粒子破碎により、杭基礎を用いた構造物の設計や施工に、多大な影響を及ぼすことがある。そこで本研究では、杭直下での砂の粒子破碎に着目し、異なる二種類の砂（シリカ系、カーボネイト系）を用いて一次元圧縮試験を行った。そして試験後の粒子破碎と、模型実験による杭直下での粒子破碎の様子を比較検討した。

2. 実験概要

(1) 試料及び供試体作成法

本研究で用いた試料は、シリカ系の砂である山口県秋穂町採取砂（以後秋穂砂と呼ぶ）と、カーボネイト系の砂である沖縄県チイビシ採取砂（以後チイビシ砂と呼ぶ）である。秋穂砂は、主に石英、長石などからなり、炭酸カルシウム成分は含まれていない。そのため、比較的堅固な粒子により構成されている。そしてチイビシ砂は、炭酸カルシウム成分を多く含み、珊瑚礁などの海洋生物の遺骸などからなるため、破片上の角張った粒子や筒上の粒子が多く多孔質である。そのため破碎性が高い。この二種類の砂の粒径を、あらかじめ2.0mm以下74 μ m以上に粒度調整を行った。ここでその物理的性質を表-1に示す。この試料を、高さ15cm、直径10cmで相対密度Dr=90%を目標として供試体を作成し、一層の高さ3cmの全五層に分けた。

表-1 試料の物理的性質

	ρ s(g/cm ³)	e_{max}	e_{min}	CaCO ₃
シリカ砂 (秋穂砂)	2.63	0.96	0.58	0
カーボネイト砂 (チイビシ砂)	2.83	1.57	0.98	96

(2) 実験方法

a) 一次元圧縮試験

実験は、図-1の一次元圧縮試験装置を用いて行った。供試体の側方は、完全拘束であり、この供試体の上から圧縮荷重をかけ、圧縮量と圧縮荷重を測定した。そして載荷終了後、除荷試験も行った。

b) ふるい分け試験

砂の粒子破碎を評価するために、試験終了後の試料を採取し、各層を5個のふるいを用いて、電動ふるい分け試験器で15分間振とうさせることにより、ふるい分け試験を行った。

3. 実験結果及び考察

(1) 一次元圧縮試験

図-2は、圧縮荷重27MPaを載荷した一次元圧縮試験の結果をもとにして得られたe-log p曲線である。この図より、圧縮荷重pの増加に伴い間隙比eが減少しており、その傾向は破碎性土であるチイビシ砂の方が顕著である。間隙比eの減少は、チイビシ砂では3MPa付近の降伏点Pyを、秋穂砂では7MPa付近の降伏点Pyを過ぎると顕著になり、その傾きはチイビシ砂の方が顕著で、二倍以上もある。これらのことにより、チイビシ砂の圧縮性の高さがわかる。またこれは、破碎した砂が砂の間隙に入り込むことにより生じたもので、明らかに粒子破碎に起因するものである。

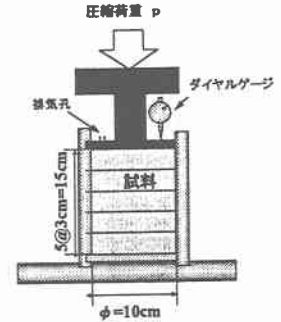


図-1 一次元圧縮試験装置

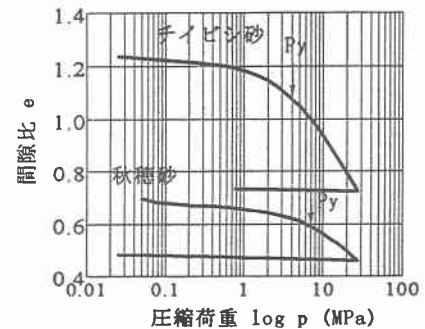


図-2 e-log p 曲線

(2)ふるい分け試験

図-3は、秋穂砂とチイビシ砂の圧縮荷重 27MPa での供試体上方一層目の加積通過率差である。この図より、粒子破砕率 B_M は両試料とも大きく、特にチイビシ砂では $B_M=27\%$ を越える極めて高い値となっている。これより、チイビシ砂の破砕性の高さがわかる。

秋穂砂、チイビシ砂の供試体上層から下層までの粒子破砕率をそれぞれの圧縮荷重においてまとめると、図-4 のようになる。これより、チイビシ砂の圧縮荷重 27MPa での粒子破砕率は、各層とも $B_M=20\%$ を越える高い値となっており、全ての層で粒子破砕が顕著に起きていることが読みとれる。秋穂砂に着目すると、供試体上層では $B_M=16\%$ と高い粒子破砕率となっているが、下層に行くにつれて粒子破砕率はだんだんと下がっていき、五層目では粒子破砕率が比較的に低くなっている。圧縮荷重 3MPa では、両試料とも粒子破砕の量はほぼ同等で $B_M=0\sim4\%$ 程度であり、比較的に粒子破砕が生じていないことがわかる。

(3)杭貫入によるカーボネイト砂の粒子破砕

図-5は、拘束圧 400kPa、先端支持力 25MPa における模型杭載荷実験により得られた、杭貫入によるチイビシ砂の粒子破砕の様子を示しており、詳しくは参考文献 9) に示している。概略を説明すると、破線は杭貫入による砂地盤の移動の様子を示している。この図より、粒子破砕は、杭直下及びその周辺でのみ顕著であり、杭先端より、円弧状に遠ざかるにつれて値は小さくなっていく。この粒子破砕率 B_M の等しい等粒子破砕線に、本実験で得られた一次元圧縮下での粒子破砕率 $B_M=27\%$ の線を太線で示している。この図より、杭直下では、一次元圧縮試験における粒子破砕量とほぼ同等の評価が得られることがわかった。

4. 結論

本研究では、チイビシ砂と秋穂砂を比較しながら、一次元圧縮試験、ふるい分け試験を行うことにより杭直下での砂の粒子破砕について考察した。その結果、以下の知見が得られた。

- 1)一次元圧縮試験による砂の粒子破砕は、チイビシ砂の方が顕著であり、これよりチイビシ砂は、圧縮性が高いと言える。
- 2)杭貫入による等粒子破砕は、一次元圧縮試験による粒子破砕とほぼ同量に生じていると言える。

参考文献

- 1)桑嶋啓治:カーボネイト砂中における杭の先端支持及び周面摩擦特性, 山口大学修士論文, 1997
- 2)山下りょう:カーボネイト砂の力学特性と粒子破砕に関する研究, 山口大学修士論文, 1998

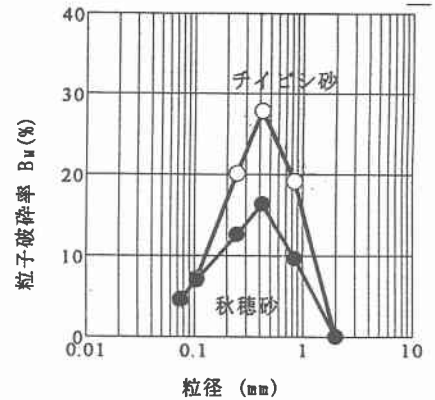


図-3 加積通過率差

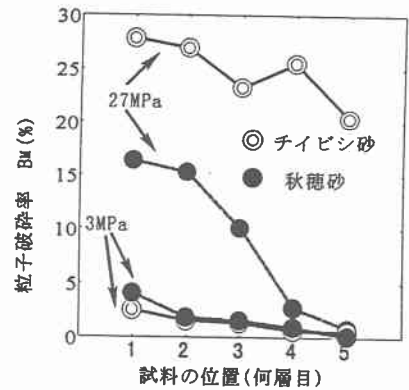


図-4 粒子破砕の様子

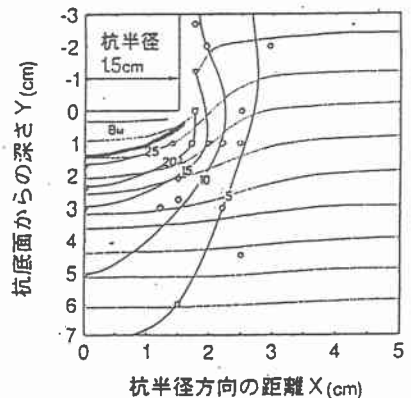


図-5 等粒子破砕線