

単一粒径のまさ土の圧縮試験による粒子破碎

豊橋技術科学大学 正員 河邑 眞
名城大学理工学部 正員 板橋一雄
学生員 和田英孝 岩田 賢 ○林富士男

1. まえがき 近年、人口増加による宅地造成や交通網の整備による道路拡張工事、水力発電等のためのダム建設など山岳地帯における土木工事が頻繁に行われるようになった。火成岩に含まれる花崗岩質岩石が風化したまさ土は破碎性の高い土質材料として知られている。風化の進行に伴う粒子破碎現象は、単に粒度分布の変化を意味するばかりでなく、骨格構造の変化を伴うことが多いために、強度・変形特性・透水特性の変化をもたらす。そのため、杭の支持機構の変化や構造物の沈下や崩壊を引き起こす原因となる。風化作用を受けつつある地盤の工事やこのような材料を土質材料として用いる場合には、施工前後の粒子の破碎程度を十分に把握して設計・施工・維持管理を行うことが必要となってくる。そこで本報告では、まさ土を用いて一次元圧縮試験を実施し、試験前後の粒度分布に種々の粒子破碎指標を当てはめ、粒子破碎特性を明らかにすることを目的とした。

2. 一次元圧縮試験と粒度分析試験

(1) 試料準備と試験方法

試験試料は、愛知県岡崎市で採取したまさ土を細粒分の団塊をなくすために0.25mmふるい上で水洗いし、JIS規格ふるいすべてを用い粒径別に区分した。そして、5.60~6.70mmの試料のみを供試体に用いた。試料重量約30gを約三等分し、内径4.0cm、高さ4.0cmのモールドに詰め、一層につき300回モールド側面を木づちで打撃した。三層目を作成した後、初期間隙比が一定(0.90)になるまでさらに打撃を加え、同一密度の12供試体を作成した。一次元圧縮試験は、上記の供試体を通常の圧密試験機にセットし、種々の最大圧力(1.6~28.8kgf/cm²)を段階的に加え、自動計測により変位量を求め間隙比を計算した。一次元圧縮試験終了後、試験前後の粒度分布の変化を調べるために、粒度分析試験を実施した。粒度分析試験はJIS規格ふるいすべてを用い、電動式ロータリ型振とう機で一律15分間のふるい分けを行った。

(2) 試験結果と考察

一次元圧縮試験結果の一例として図-1に圧力~間隙比関係を示す。この図より、粘土と同様に圧力の増加に伴い間隙比の減少していることがわかる。また、ある圧力を越えると間隙比が大きく減少している。粘土の圧密試験結果の整理方法と同様な方法で求めたこの曲線の圧密降伏応力は11.7kgf/cm²であった。

また、除荷段階の $e \sim \log p$ は最大圧力に関係なくほぼ平行になっていることがわかる。一次元圧縮試験後の粒径加積曲線を図-2に示す。最大圧力の増加に伴い粒径加積曲線が細粒側(左側)に移動している。また、前述した圧力~間隙比関係より得

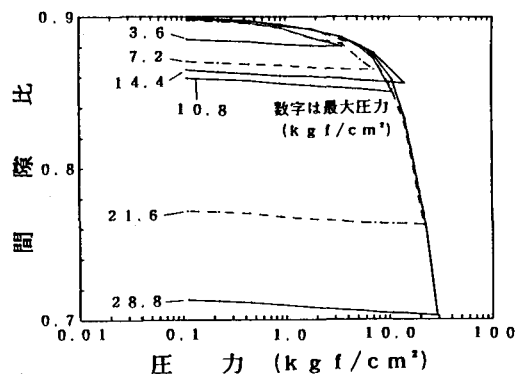


図-1 圧力~間隙比関係

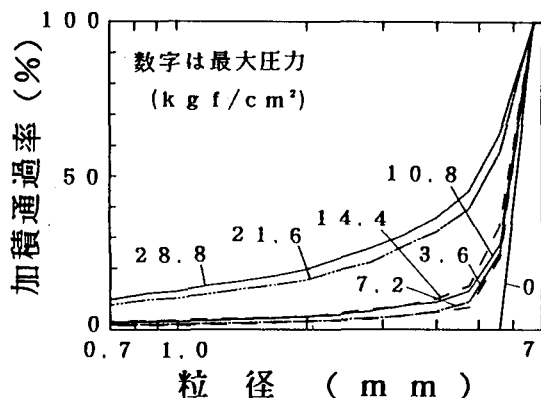


図-2 粒径加積曲線の変化

また、前述した圧力~間隙比関係より得

られた圧密降伏応力を大きく越えた圧力で粒径加積曲線が大きく移動していることは注目される点である。これらのことより、最大圧力が約15.0 kgf/cm²までの間隙比の変化は土粒子の相対的な移動による体積変化によるものが主であり、粒子破碎による体積変化は極めて少ないと考えられる。しかし、最大圧力が圧密降伏応力を大きく越えると粒子破碎が激しく進行し、粒子破碎による体積変化量も大きくなり間隙比が大きく減少する。

表-1 圧縮試験後の粒子破碎指標の変化

最大圧力 (kgf/cm ²)	50%径 (mm)	2mm 通過率 (%)	均等 係数 U _c	残留率差 絶対値総和 (%)	パラメータ	
					r	m
初期分布	6.125	0.000	1.094	0.000	—	—
3.6	5.957	2.694	1.249	47.348	0.901	0.080
7.2	5.943	2.609	1.268	50.368	0.896	0.091
10.8	5.917	4.210	1.439	55.730	0.899	0.118
14.4	5.848	4.179	1.500	68.104	0.905	0.129
21.6	5.224	15.975	6.047	115.773	0.882	0.426
28.8	4.954	19.607	7.472	128.025	0.881	0.505
3.6	5.994	2.565	1.245	38.833	0.905	0.075
7.2	5.959	2.596	1.272	49.213	0.886	0.098
10.8	5.854	5.121	1.660	67.083	0.900	0.144
14.4	5.916	4.097	1.417	55.852	0.892	0.124
21.6	5.317	13.287	4.426	112.506	0.885	0.368
28.8	5.001	18.758	7.516	122.207	0.885	0.473

次に粒径加積曲線から得られた種々の粒子破碎指標の変化を表-1に示す。この表より、供試体に加えた最大圧力の増加に伴って、50%径は減少傾向、2mm通過率・均等係数・残留率差の絶対値の総和については増加傾向を示している。したがって、これらの数値によって、圧力の増加に伴う粒子破碎の進行が数量的にも評価できることが分かる。また、負の二項分布のパラメータ(r, m)については、rは極わずかな減少傾向、mは増加傾向を示している。これは、福本が負の二項分布に当てはめた粒子破碎モデルの仮定によく似た変化をしている。この負の二項分布のパラメータ(r, m)を片対数グラフ

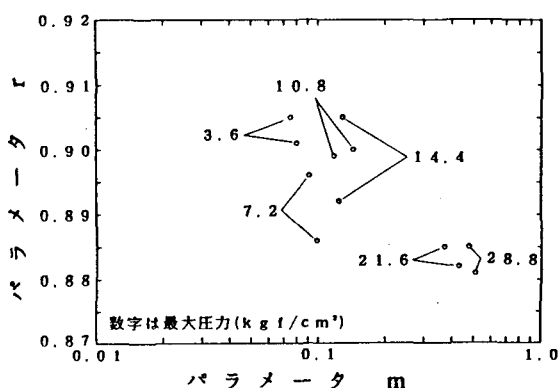


図-3 パラメータ(r, m)の変化

に示したものが図-3である。この図より、圧力の増加に伴い二つのパラメータがほぼ直線上を移動していることは非常に興味深い。この関係を利用することにより今回用いた荷重よりも大きな荷重に対する粒度分布の変化が予測できるものと思われる。

3. あとがき 本研究はまさ土を用い、次元圧縮試験を実施し、最大圧力の増加に伴う種々の粒子破碎指標の変化により、その粒子破碎特性を明らかにした。この報告で得られた結果を要約すると以下ようになる。

- ① 圧力の増加に伴い間隙比が減少し、ある圧力を越えると急激に減少する。
- ② 除荷段階の $e \sim \log p$ はほぼ直線になっており、最大圧力に関係なく平行になっている。
- ③ 最大圧力の増加(間隙比の減少)に伴い粒径加積曲線が細粒側(左側)に移動し、その移動が数量的にも確認できた。また、圧密降伏応力を大きく越えると急激な変化が見られる。これは、圧密降伏力前後の圧力までは粒子の相対的移動により間隙比が減少するが、最大圧力が圧密降伏応力を大きく越えると粒子の移動とともに粒子破碎が激しく起こるためである。

最後に本研究は文部省科学研究費(重点領域研究:研究代表者 河邑眞), 財団法人大幸財団の学芸奨励金の補助を受けた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 板橋一雄, 立石哲郎, 和田英孝: まさ土の圧縮試験に伴う粒度分布の変化, 第26回土質工学研究発表会概要集, pp. 225~256, 1991.
- 2) 初期粒度の異なるまさ土の圧縮試験と粒子破碎, 平成3年土木学会中部支部研究発表会概要集, pp. 449~450, 1992.