

三軸試験による粗骨材の挙動に関する検討

新潟大学大学院 学生会員 吹井 知成
 新潟大学工学部 正会員 大川 秀雄

1. はじめに

粗骨材料を用いた構造物の一つに蛇籠がある。蛇籠は、玉石やぐり石を鋼製枠と鋼線で作られた籠に入れて、それを斜面裾部や河川の水衝部に積み上げたものである。特徴は地下にあっては作用する水圧を逃がして、水中にあっては水の出入りがある程度許容する方法で、護岸などには明治以前から使われてきた先人の知恵である。ところが古くからの実績があるにもかかわらず経験に基づいて施工されており蛇籠の変形、強度特性を的確に評価できずにいるのが現状である。本研究では、蛇籠を実物スケールで実験することが困難なため、粒径の小さな砂利を用いて実験することにした。砂利を4種類の粒径に分級し、それぞれに対して4つの側圧を与えて、三軸圧縮試験を行った。砂利と玉石の粒径の比、すなわち相似比を用いて蛇籠の力学的解析が出来るかどうかは疑問であるが、少なくとも何らかの手掛かりにはなるはずである。

2. 実験概要

2.1 供試体作成方法

- (1) 試料は平均粒子密度 2.65 g/cm^3 のものをふるい分けによって、1.2 ~ 2.5mm、2.5 ~ 5mm に分級したものと、平均粒子密度 2.60 g/cm^3 のものを5 ~ 9.5mm、9.5 ~ 15mm に分級したものの4種類である。直径5cm、高さ10cmの円柱供試体は、粒径1.2 ~ 9.5mmまでのものの三つの粒径に対して使用した。また大型三軸試験機用の直径15cm、高さ30cmの円柱供試体は、粒径9.5 ~ 15mmのものに対して使用した。いずれの試料も角のある粒子は除外した。
- (2) 鋼製モールドを木槌で叩きながら密に詰めたものと、叩かないでゆるく詰めたものをそれぞれの粒径について用意する。供試体の平均密度と間隙比は表1である。
- (3) 三軸圧縮試験機にセットするためモールドに脱気水を入れてそのまま冷凍する。凍らせた供試体を試験機にセットした後、標準三軸試験では脱気水を注水しながら、大型三軸試験では20度で一時間放置し完全に氷が溶けてから試験を開始する。

表1 供試体の平均密度 (g/cm^3) 間隙比

粒径(mm)	密づめ	間隙比
1.2~2.5	1.57	0.69
2.5~5	1.58	0.68
5~9.5	1.59	0.67
9.5~15	1.69	0.55
粒径(mm)	ゆるづめ	間隙比
1.2~2.5	1.43	0.83
2.5~5	1.45	0.83
5~9	1.47	0.83
9.5~15	1.56	0.67

2.2 試験方法

標準三軸圧縮試験は載荷速度 1 mm/min 、大型三軸試験は載荷速度 10 mm/min で側圧条件 $\sigma_3=55, 80, 105, 130 \text{ kPa}$ のそれぞれの条件について排水試験を行い、主応力差、体積ひずみなどを測定した。図1は標準三軸試験の粒径5 ~ 9.5mmに対して、図2は大型三軸試験の粒径9.5 ~ 15mmに対する主応力差最大時のモールドである。

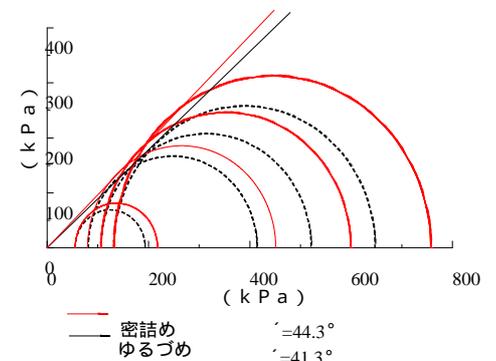
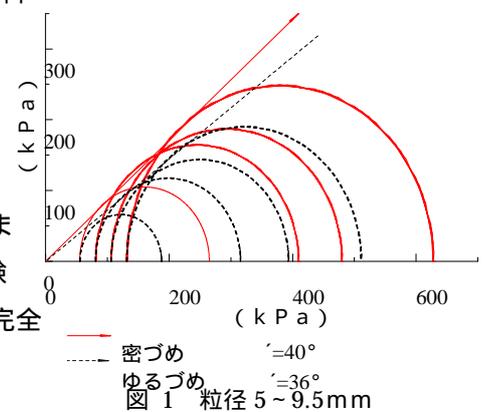
3. 実験結果と考察

3.1 詰め方の違いによる影響

密度が小さくなるにつれてひずみ - 主応力差の曲線が実験ごとに異なりやすく、

キーワード：主応力差・軸ひずみ・大型三軸試験・間隙比・密度

連絡先：〒950-2181 新潟県新潟市五十嵐2の町8050 番地 TEL025-262-7032 FAX025-262-7021



密度が粗粒材料の力学挙動に及ぼす影響は大きいといえる。図3は粒径5~9.5mmの側圧130kPaにおける軸ひずみと主応力差、体積ひずみの関係である。図より最大主応力差は密づめの方が大きな値を示し、膨張しやすいことがわかる。この結果を蛇籠にあてはめてみるならば、玉石を密に詰めたほうがより大きな力に耐え得るが、体積膨張のために籠の応力負担が大きなものになると考えられる。

3.2 粒径による影響

本実験に用いた1.2~15mmの骨材において、粒径の違いは軸ひずみと主応力差関係の曲線形状に顕著にあらわれた。粒径が大きくなるにつれて、図の各所で凹凸が激しくみられる。同様に密度が小さくなるほど凹凸は大きくなる。この凹凸は載荷時に供試体内で粒子がずれることにより生じるものである。粒子の大小に関わらず粒子のずれは起るものの、粒径がより大きなものほど凹凸が激しい理由としては、ずれた時に載荷面に大きな影響を及ぼすためであると考えられる。同一の供試体寸法で粒径が異なれば載荷面に接触する粒子の数は粒径が大きいほど少ない。つまり1つの粒子にかかる荷重が大きくなるためずれたときの影響が大きくなるのである。また密度が小さければ粒子の数が少なく、やはり凹凸が激しくなる。

また最大主応力差に関しては値にばらつきがあるが、粒径の影響はほとんどない。ただし図5に示す側圧55kPaのものでは、粒径9.5~15mmのみが小さめである。

また間隙比が等しく同じ場所から採石した石であれば、粒径が異なっても同一側圧に対しては主応力差のピークがほぼ等しくなる。

今回は粒径がほぼ均一になるような条件を設けて実験を行った1.2mm~9.5mmものは図5に示すようにわずかではあるが粒径が大きくなるにつれて主応力差の上昇のしかたが緩やかになりピークが遅れて出てきている。これをそれぞれの代表的な粒径で軸ひずみを割り込んで補正してみた(図6)。具体的には代表粒径を2mm、3.8mm、7mmとして、その1/2の平方根でそれぞれ一般化できそうであるが、粒径9.5~15mmのデータについては外れてしまう。また様々な径の粒子からなる粗粒材料については言及できていない。しかし、今後この一般化の方法を突き詰めていけば、玉石の力学挙動の解析につながっていくものと思われる。

4. まとめ

- ・粗粒材料の力学挙動には密度が大きく影響する。
- ・粒径が均一な粗粒材料は粒径のパラメータを用いることにより一般化できそうであるが今後の検討が必要である。
- ・間隙比が等しく同じ場所から採石した石であれば、粒径が異なっても同一側圧に対しては主応力差のピークがほぼ等しくなる。

[参考文献](1)(社)土質工学会：粗粒材料の変形と強度，1986

主応力差関係の曲線形状に顕著にあらわれた

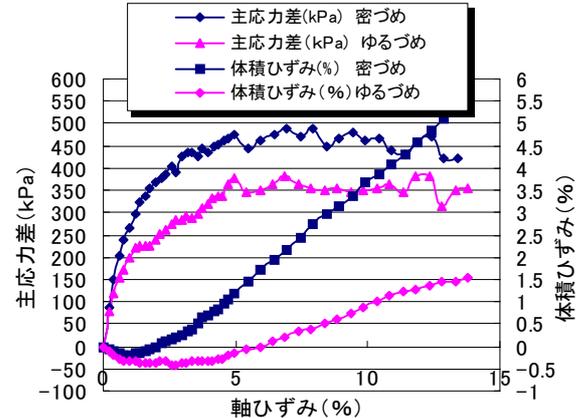


図3 密づめとゆるづめの比較 (130 kPa)

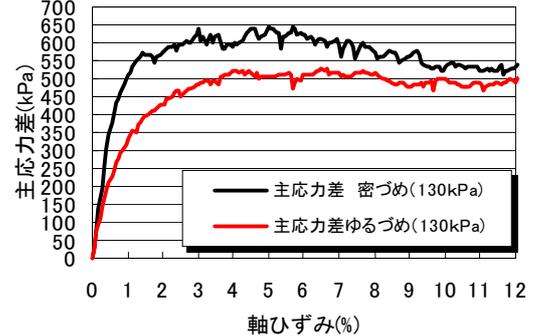


図4 大型三軸試験機による密づめとゆるづめの比較

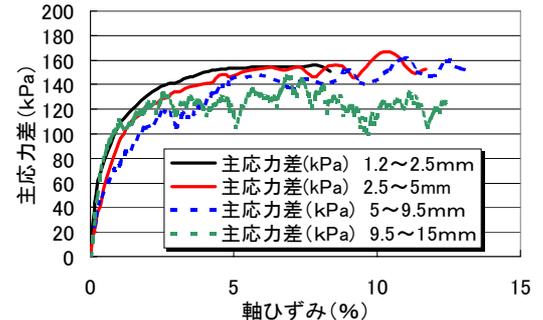


図5 各粒径における主応力差 (55 kPa)

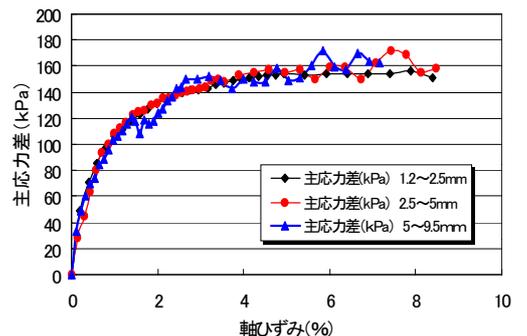


図6 軸ひずみ - 主応力差の関係の一般化 (粒径 1.2 ~ 9.5mm)