

## Ⅲ-A27 相似粒度に調整した石灰岩の強度および粒子破碎特性について

東洋建設(株) 正 鶴崎 和 博  
同 上 正 佐 藤 毅  
同 上 正 三 宅 達 夫

1. はじめに：著者らはこれまでに石灰岩の基礎捨石材料としての適用性についての調査を行ってきた<sup>1)</sup>。その結果、海水への長期浸水（2ヶ年）あるいは乾湿繰返し履歴等に対しても一応の耐久性を有していることを確認している。この石灰岩の捨石材料としての適性調査については現在でも継続中であり、明確に結論づけることはできないが、今回は、これまでに実施した大型三軸試験（直径30cm×高さ60cm）および中型三軸試験（直径15cm×高さ30cm）に加え、さらに大粒径の試料を用いて、超大型三軸試験（直径60cm×高さ120cm）を実施し、その強度特性に関する相似性および粒子破碎性について調査を行った。

2. 試料の物性：試料は、青森県下北郡東通尻屋産の石灰岩を用いた。表-1に使用した石灰岩の物性値を概略的に示すとともに、図-1にその粒径加積曲線を示す。なお、同図には実際の現場にて使用された基礎捨石材の推定粒度分布<sup>2)</sup>も併せて示しており、その粒度を参考に超大型、大型、中型ともにほぼ相似粒度になるよう試料を調整している。また、粒子形状については、超大型用の試料に関しては特に何も施していないが、大型、中型試験用のより小さい粒径の試料に関しては、Zinggの分類法<sup>3)</sup>において、あらかじめ塊状に近い粒子を選別している。これは粒子が小さくなるほど、同一間隙比に調整した場合の強度特性が異なると予想したからである<sup>4)</sup>。

3. 試験およびその結果：表-2に超大型、大型および中型三軸試験の試験条件について示す。各供試体サイズは超大型が直径60cm、高さ120cm、大型が直径30cm、高さ60cm、中型が直径15cm、高さ30cmである。試験は地盤工学会編「土質試験の方法と解説<sup>5)</sup>」に準拠して行い、有効拘束圧を1～4kgf/cm<sup>2</sup>に設定して行った。なお、供試体の飽和化促進のために全てのケースについて背圧1.0kgf/cm<sup>2</sup>を作用させており、試験時の初期間隙比は超大型および大型試験は1種類、中型試験は各3種類に調整している。図-2～図-4に各試験より求められた応力～軸ひずみ～体積ひずみ関係の一例を示す。図は初期間隙比 $e_0=0.75$ の結果をそれぞれ示している。これより、どのケースとも拘束圧が上がるにつれ、軸差応力に関してそのピークが明瞭でなくなるとともに、体積変化挙動についても、圧縮→膨張傾向から圧縮傾向しか示さなくなる。図-5にそれぞれの試験において求められるせん断抵抗角 $\phi_0$ と拘束圧の関係を示す。これより、拘束圧の増加に伴う $\phi_0$ の低下が認められるが、供試体のサイズに関しては、試料の調整の際に粒子形状をそろえたことにより、同一の初期間隙比および有効拘束圧に対して、ほぼ同程度の強度が発揮されている。

4. 粒子破碎特性：礫材のせん断強度はそれ自身の強度とも関係があり、破碎性の高い材料はそのせん断強度は小さくなるものと予想される。図-6は試験終了後の粒子破碎特性について、粒度調整の際に用いた最小のふるい目を通した試料について拘束圧との関係で整理したものである。つまり、試験前には存在しなかつ

表-1 石灰岩の物性値

| 絶対比重  | 最大粒径(mm)   | 最小粒径(mm)  | 均等係数 |
|-------|------------|-----------|------|
| 2.671 | 超大型試験用:100 | 超大型試験用:20 | 1.85 |
|       | 大型試験用:50   | 大型試験用:10  |      |
|       | 中型試験用:20   | 中型試験用:3   |      |

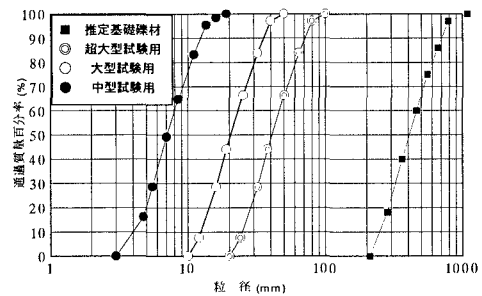


図-1 試料の粒径加積曲線

表-2 試験条件

| 試験装置  | 目標拘束圧(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 試験時目標初期間隙比   |
|-------|-----------------------------|--------------|
| 超大型試験 | 1.2                         | 0.75         |
| 大型試験  | 1.2,4                       | 0.75         |
| 中型試験  | 1.2,4                       | 0.7,0.75,0.8 |

石灰岩、せん断強度、粒子破碎、相似性、三軸試験

兵庫県西宮市鳴尾浜 3-17-6 TEL:0798-43-5903 FAX:0798-43-5916

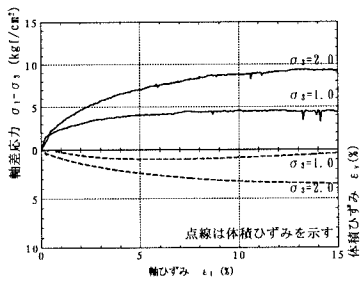


図-2 応力～ひずみ関係(超大型)

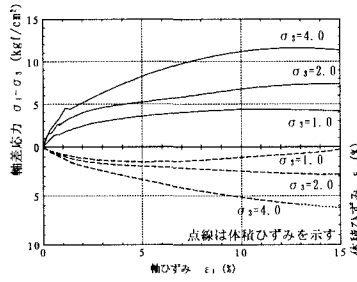


図-3 応力～ひずみ関係(大型)

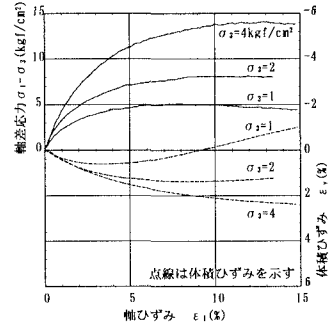


図-4 応力～ひずみ関係(中型)

た微小な粒子の割合を求めたものである。これらの図より、拘束圧の増大に伴う破碎率の増加傾向が認められ、この傾向が図-5に示すような $\phi_0$ の低下をもたらしたものと考えられる。これに関して検証するために、破壊時のダイレイタンス特性について検討してみた。

**5. 破壊時のダイレイタンス特性：**図-7は、各試験における破壊時の応力比 $M$ （軸差応力:  $q$ /平均主応力:  $p$ ）とひずみ増分比（体積ひずみ増分:  $d\varepsilon_v$ /せん断ひずみ増分:  $d\varepsilon_s$ ）の関係をまとめたものである。これより、初期間隙比、および拘束圧に関係なく、両者はほぼ様な関係を示しており、今回の拘束圧レベルの範囲内であれば、強度特性に対する破碎の影響は少ないものと考えられる。また、供試体サイズに関しても、大きくなるほど上方へプロットされるようであるが、その影響は小さいものと考えられる。

**6. まとめ：**今回、石灰岩の強度特性に関して、より実際の粒径に近い材料を用いて超大型三軸圧縮試験を実施し、その相似性の確認を行うとともに、せん断中に発生する粒子破碎の強度への影響について調べた。その結果、同一間隙比および拘束圧であれば、供試体のサイズに影響されず、従来までとほぼ同等の結果を得ることが確認された。また、粒子破碎性に関しては、今回の拘束圧レベルの範囲内であれば、強度特性に対しての影響は少ないことを確認した。

この石灰岩の捨石材としての適性確認については、今後、更に材料の劣化あるいは風化の問題に関して、試験方法を含め、調査する予定である。

#### 参考文献

- 1) 例えば、佐藤、鶴崎ら：基礎捨石材に石灰岩を用いた場合の耐久性について、第32回地盤工学研究発表会講演集、pp655-656、1997
- 2) 荘司喜博：大型三軸圧縮試験による捨石材のせん断特性に関する考察、港湾技術研究所報告、pp59-120、1983
- 3) (社)地盤工学会編：粗粒材料の変形と強度、1983
- 4) 鶴崎、坂井、山口、徳田、軽部：粗粒材料のせん断強度特性に及ぼす試験条件の影響（粒子形状の影響）、第30回地盤工学研究発表会講演集、pp737-738、1995
- 5) (社)地盤工学会編：土質試験の方法と解説、1990

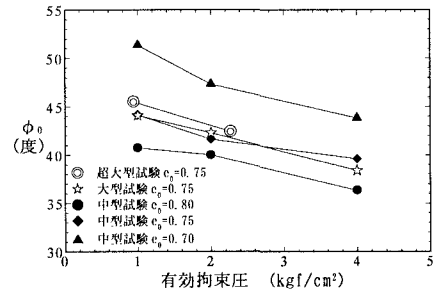


図-5 拘束圧とせん断抵抗角 $\phi_0$ の関係

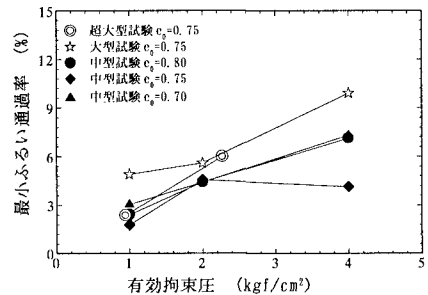


図-6 拘束圧と最小ふりい通過率の関係

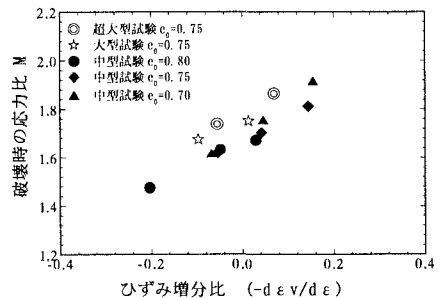


図-7 破壊時の応力比とひずみ増分比の関係