

捨石と相似な粒径砕石の変形特性

東洋建設(株)技術研究所 正員○三宅達夫
正員 赤本弘文

1. まえがき

遠心力模型実験により捨石マウンドの地盤反力係数を求める際、粒径寸法を幾何学的に縮小しても、内部摩擦角やひずみについては実物に対して1:1の対応をする¹⁾。しかし、粗粒材料に関する多くの研究結果によれば²⁾³⁾、同一粒径試料においてさえも試験装置寸法の違いや供試体の縦横比の違いにより、変形係数や強度特性に差異が生ずると言われている。したがって、実物の捨石材と同材質であっても、相似な粒度分布を有する砕石を使用する場合には、圧縮性や強度特性に差異を生ずることは容易に想像できる。本報告では、遠心力場における載荷試験に先立ち、2種の幾何学的相似粒径材料に対して、三軸CD-テスト、一次元圧縮試験、締固め試験を実施して、縮尺比の変形特性に及ぼす影響を検討した。なお、三軸CD-テストによる繰返し載荷試験の結果は別報⁴⁾に譲る。

2. 実験方法と結果

2.1 試料

試験に用いた砕石は東京湾近傍で比較的大量採取が可能な硬質砂岩であり、実物粒度と幾何学的に相似である。縮尺は遠心力模型実験で計画しているものと同一とした。その物理特性を表-1に、粒径加積曲線を図-1に示す。均等係数は $U_c = 2.4$ である。絶対乾比重・表乾比重は粒径が大きい方が大きく、真比重・吸水率はその逆となっているので、同一の乾燥密度(自重応力)に対して間隙比(圧縮率)が異なることになる。

表-1 砕石の物理的性質

砕石の縮尺比	真比重 G_s	絶対乾比重 G_b	表乾比重 G_a	吸水率 $Q(\%)$
$\zeta=1/30$	2.766	1.920	2.226	15.93
$\zeta=1/80$	2.786	1.877	2.203	17.39

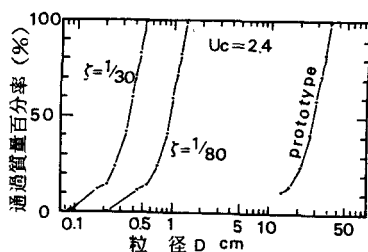


図-1 試料の粒径加積曲線

2.2 締固め試験

現場粒度に対して縮尺比 $\zeta=1/30$, $1/80$ となるようにふるい分けた試料をC・B・R用モールドを用いて、締固め条件、

①モールド天端から投入(無転圧)、②3層10回(ランマー質量4.5kg, 落下高さ45cm)、③3層30回、④3層60回、⑤3層120回、の下で実施した。締固め試験の結果を図-2に、破砕率 B_L を図-3に示す。図-2より粒径の大きい方($\zeta=1/30$)が同一の締固めエネルギーに対して大きな乾燥密度を与える。このことは、破砕率と考え併せると、粒径の大きい方が破砕し易く、破砕した粒子が間隙を埋めるためと考えられる。

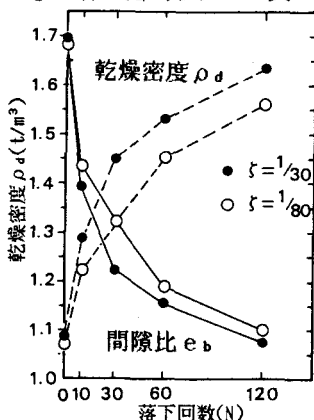


図-2 締固め試験結果

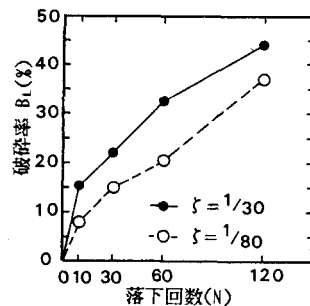


図-3 落下回数(N)と破砕率(B_L)

2.3 一次元圧縮試験

一次元圧縮試験は内径15cm、高さ10cmのモールドを用いて、荷重増加率 $\Delta p_n / p_{n-1} = 1$, スタ

Michio MIYAKE, Hirohumi AKAMOTO

一の荷重を $p_o = 0.1 \text{ kgf/cm}^2$, 最終荷重を $p_r = 12.8 \text{ kgf/cm}^2$, 1 段階荷重当り 24 時間載荷として実施した。

また、長時間載荷時の傾向を見るため、圧縮圧力 $p = 0.4, 6.4 \text{ kgf/cm}^2$ の時点で 96 時間載荷としたケースも実施した。締め固め条件は方法①(緩詰め)である。締め固めた場合(方法②)の圧縮試験は現在実施中である。図-4 に体積圧縮係数 (m_v) ~ 平均圧縮圧力 ($\bar{p}$) の関係を示す。初期間隙比のバラツキにより $\bar{p} = 0.05 \text{ kgf/cm}^2$ 付近では m_v のバラツキが認められるものの、 $0.15 \text{ kgf/cm}^2 \leq \bar{p} \leq 5.0 \text{ kgf/cm}^2$ の領域では、 $m_v = a \cdot \bar{p}^{-b}$ の関係において、 $\zeta = 1/30$ で $a = 0.013$, $b = 0.238$, $\zeta = 1/80$ で $a = 0.0424$, $b = 0.238$ の平行な直線関係となっている。

一方、 $\bar{p} = 10 \text{ kgf/cm}^2$ 付近では両者はほとんど同じ値となる。図-5 に間隙比 (e_b) ~ 圧縮圧力 ($\log p$) の関係を示す。 $\zeta = 1/30$ の間隙比は $\zeta = 1/80$ の場合より初期には大きい、 $p \geq 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ では逆転して小さくなっている。つまり、図-4, 5 は粒径が大きい方がより圧縮性が高くなることを示している。図-6 は圧縮圧力 $p = 0.4, 6.4 \text{ kgf/cm}^2$ の下での 96 時間載荷時の経過時間 ($\log t$) ~ 圧縮ひずみ (ε) の関係を示す。 $p = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$ の場合、圧縮ひずみは $\zeta = 1/30, 1/80$ いずれにおいても初期にはほとんど同じであるが、時間の経過と共にわずかつつ $\zeta = 1/30$ の方が大きくなる傾向にある。圧縮ひずみの時間経過はほとんど直線的に進行する。 $p = 6.4 \text{ kgf/cm}^2$ の場合、初期圧縮ひずみにおいても $\zeta = 1/30$ の場合の方が大きく、時間の経過と共にその差は大きくなっている。この場合には、載荷後 1 分経過時に変曲点が見られ、それ以降はほぼ直線的にひずみは進行し、96 時間経過時でもその勾配は変わらない。図-7 は $\varepsilon \sim \log t$ 関係の直線部分の勾配 $\varepsilon / \Delta(\log t)$ ~ 圧縮圧力 ($\log p$) の関係を示す。この関係において、 $\zeta = 1/30, 1/80$ いずれも 2 本の直線関係にあり、 $\zeta = 1/30$ では $p = 0.8 \text{ kgf/cm}^2$ 付近、 $\zeta = 1/80$ では $p = 1.2 \text{ kgf/cm}^2$ 付近にそれぞれ変曲点が見られる。変曲点の前後で、各曲線は平行関係にある。ひずみ速度は $\zeta = 1/30$ の方が大きい。

3. まとめ

使用材料の粒径の違いによる変形特性を一次元圧縮試験から検討した結果、粒径が大きい方が変形量が大きくなる傾向を示した。定量的検討は幾つかの縮尺を変えた遠心力模型実験と併せて行なう予定である。

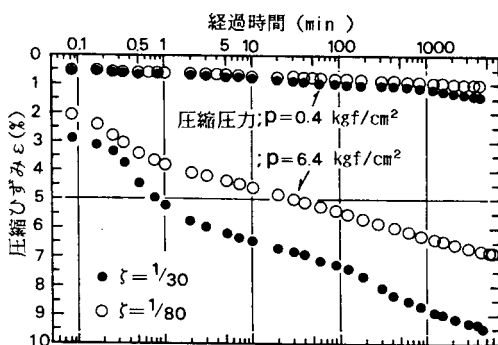


図-6 $\varepsilon \sim \log t$

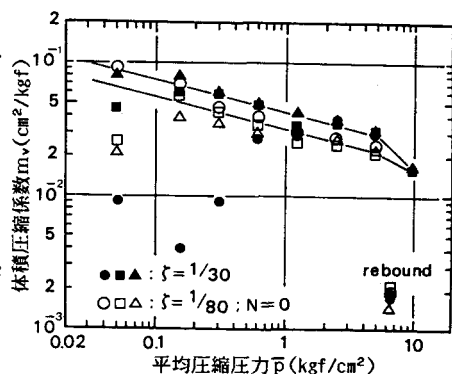


図-4 $\log m_v \sim \log \bar{p}$

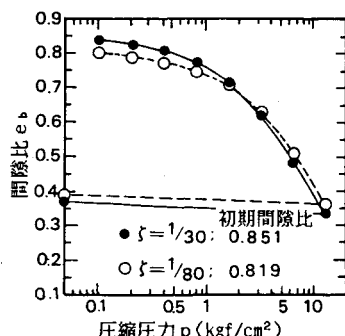


図-5 $e_b \sim \log p$

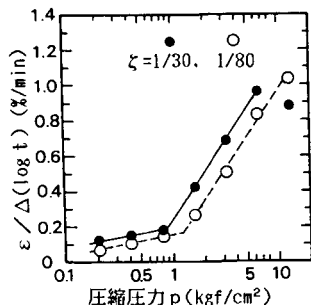


図-7 $\varepsilon / \Delta(\log t) \sim \log p$

参考文献1)Ovesen, Proc. 11th. ICSMFE, 2)ロックフィルダム材料～; 土質工学会編 3)粗粒材料～シンボ; 土質工学会編, 4) 三宅, 赤本; 第24回土質工研究発表会(投稿中)