

砂礫の最大密度に及ぼす影響因子の検討

中央大学理工学部

正会員

原 忠

國生剛治

学生会員

○ 前田和伸

村端敬太

鈴木一義

1. はじめに

非塑性材料の力学特性を評価する上で相対密度は有用であるが、その基礎的パラメータである最小・最大密度を決める試験法により結果は大きく影響される。わが国では砂の最小・最大密度試験法はすでに規格化 (JIS A 1224) されているのに対し、粒径が 2mm を超える礫の最小・最大密度試験法は定まっておらず¹⁾、現在地盤工学会において基準化に向けた準備が進められている^{2, 3)}。本研究ではその一環として、バイブレーターの上載圧・加振時間及び計測方法を変化させることが砂礫の最大密度に及ぼす影響について検討した。

2. 試験器具及び試験試料

図-1 に試験装置を、表-1 にバイブレーターの概要を示す。モールドは内径 20cm、高さが 20cm の鋼製円筒形で、カラーが装着可能である。バイブレーターはプレートの枚数を増減させることで、上載圧を 2.5 ~ 5.0 (kPa) まで変更ができる。高さの測定器具は、鋼尺は 0.5mm まで、ノギスは 0.05mm まで計測できるものを使用した。

図-2 に試料の粒径加積曲線を示す。試料は豊浦砂、及び堅硬で丸い形状の粒子を有する利根川砂礫から人工配合したもの(以下、砂礫試料と称する)を使用した。

3. 最大密度の試験方法

予め 5 等分した試料をモールドに 1 層ずつ投入し、そのつど設定時間までバイブレーターで締め固める。上載圧及び加振時間は各条件で変化させた。加振終了後、カラー上端部からの距離を 20 点計測する⁴⁾。測定はノギス計測を基本とし、砂礫試料については上端面のバラツキを考慮し鋼尺計測も行った。試料の体積を平均高さでモールド内径より求め、密度を求めた。なお、1 ケースの試験回数を 3 回とし、その変動係数を求めた。

4. 豊浦砂の最大密度試験の結果

図-3 に豊浦砂の、上載圧 σ_v と最大乾燥密度 ρ_{dmax} 及び変動係数の関係を加振時間ごとにまとめる。図中に JIS 規格の最大密度試験(以下、JIS 法と称する)に基づいた試験結果 ($\rho_{dmax}=1.625$ (g/cm³)) も併せて示す。

JIS 法の傾向と異なり⁵⁾、上載圧の増加に伴い最大密度が増加した。加振時間が 15 秒の場合は JIS 法による結果の値に到達しないが、加振時間が 180 秒の場合、4.0 ~ 4.5 (kPa) の間で JIS 法による結果に近い値を示している。加振時間が 180 秒で上載圧が 5.0 (kPa) の場合、最大密度は低下しているが、上載圧が大きいと加振時に上端面が傾く傾向が表れ、均一に締め固めできなかったためと考えられる。変動係数は、全ての試験で 1% 以下の結果が得られ、上載圧が 4.0 (kPa) で最小値を示した後、再び増加傾向を示す。以上の結果から、上載圧が 4.0 kPa 程度でバラツキも小さく JIS 法に近い最大密度が得られることがわかる。

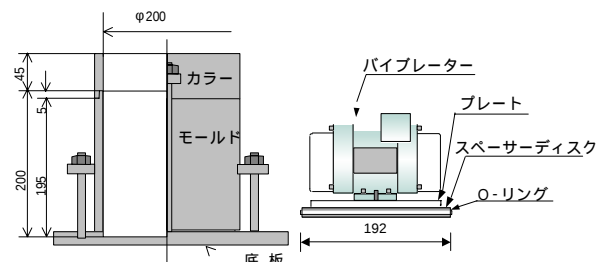


図-1 最大密度試験装置⁴⁾

表-1 バイブレーターの概要

質量	4.5 (kg)
バイブレーター本体	4.3 (kg)
プレート質量	1.6 (kg/枚)
定格電流	0.25 (A)
出力	0.04 (kw)
最大加振力	490 (N)

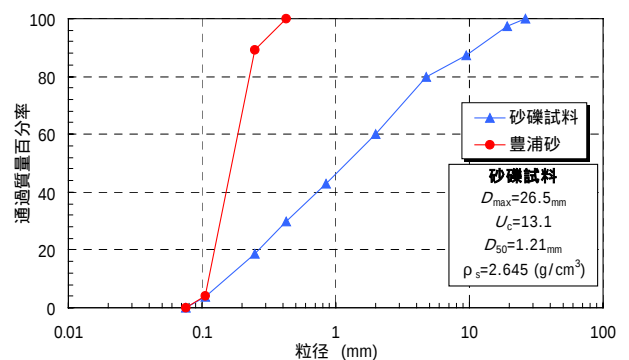


図-2 試料の粒径加積曲線

キーワード 砂礫 最大密度 上載圧 キャリブレーション

連絡先：中央大学理工学部土木工学科土質研究室 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel: 03-3817-1799

5. 砂礫試料の最大密度試験の結果

図-4に砂礫試料の上載圧 σ_v と最大乾燥密度 ρ_{dmax} 及び変動係数の関係を計測方法ごとにまとめる。図中には、本研究とほぼ同一条件で行った既往の研究⁴⁾による最大密度試験結果($\rho_{dmax}=2.038$ (g/cm³))も併せて示す。加振時間は180秒に統一した。

最大密度については豊浦砂と同様、上載圧の増加に伴い最大密度も増加し、上載圧が4.5(kPa)で既往の研究結果にほぼ等しい値を示す。変動係数は、全ての試験で変動係数が1%以下の結果が得られた。また、上載圧の増加に伴い変動係数が小さくなり、上載圧が4.5～5.0(kPa)の間で最も低下する。これらより、砂礫ではある程度の上載圧を与えることで、加振時の振動によるぶれを抑え、結果のバラツキを小さくすると考えられる。計測方法では、ノギス計測は鋼尺計測に比べ最大密度が大きく変動係数が小さい値を示している。

6. 最大密度試験における粒子破碎の影響

図-5に豊浦砂の、図-6に砂礫試料の上載圧 σ_v と最大密度試験前後の粒子破碎率 B_M ⁶⁾ の関係をそれぞれ示す。

図-5では上載圧が増加しても粒子破碎率はほぼ同じ値を示している。これより、豊浦砂では上載圧変化による破碎の影響が小さいと考えられる。一方、図-6では上載圧が増加するにつれ粒子破碎率が低下している。この原因として、上載圧が増加するにつれ、バイブレーターが押え荷重として作用し、試料の跳ね上がりが小さくなり粒子破碎率を低減させると考えられる。

7. まとめ

- ・ 豊浦砂は、上載圧の増加に伴い最大密度が増加するが、加振時間が短い場合は加振が不十分でJIS法の値に到達しない。JIS法に近い値は4.0kPa程度で得られ、かつ変動係数も小さい。
- ・ 砂礫試料は、豊浦砂と同様に、上載圧の増加に伴い最大密度が増加する。ノギスの場合、鋼尺に比べ密度測定値が大きく、変動係数が小さい。
- ・ 豊浦砂では上載圧による粒子破碎の違いは小さいが、砂礫試料では上載圧が大きくなるとバイブレーターが安定し、粒子破碎を低減させる。

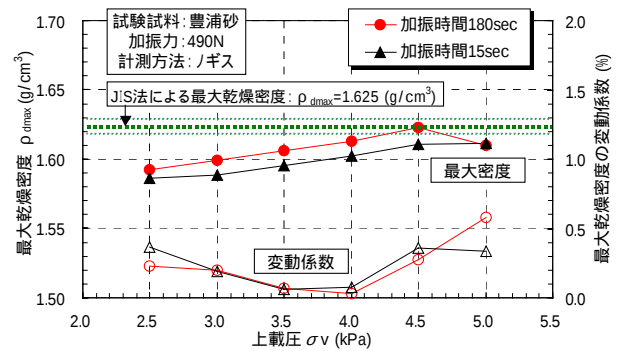


図-3 最大密度試験結果(豊浦砂)

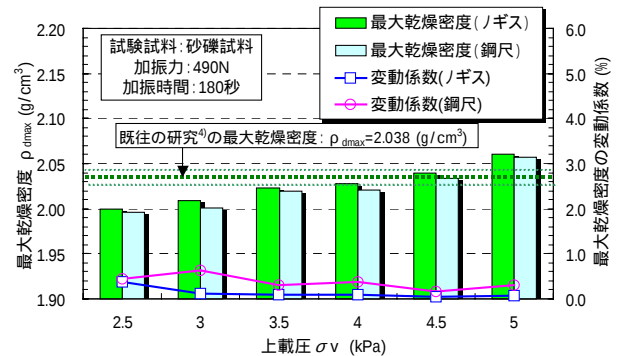


図-4 最大密度試験結果(砂礫試料)

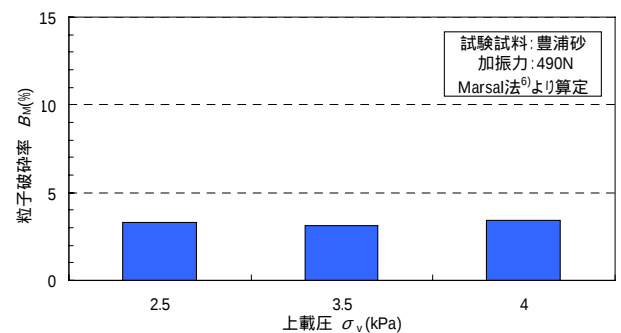


図-5 豊浦砂の上載圧と粒子破碎率の関係

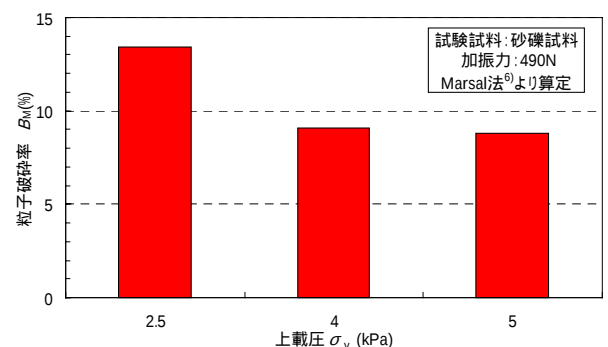


図-6 砂礫試料の上載圧と粒子破碎率の関係

参考文献 1) (社)地盤工学会：土質試験の方法と解説 砂の最小・最大密度試験，pp. 136-145，2001. 2) (社)地盤工学会：礫質土の力学特性に関する研究委員会：砂礫の最小・最大密度の一斉試験報告，礫質土の力学特性に関するシンポジウム論文集，pp. 151-164，2001. 3) (社)地盤工学会：砂礫の最小・最大密度試験方法検討委員会報告書(1～5)，2003. 4) 原 忠，國生剛治：砂礫の最小・最大密度に及ぼす影響因子の分析，土木学会論文集，No. 778/ -6，pp. 151-162，2004. 5) (社)土質工学会 砂の相対密度試験法基準化委員会：砂の相対密度と工学的性質に関するシンポジウム論文集，pp. 2-14，1981. 6) Marsal, R.J.: Large Scale Triaxial Test of Rockfill Materials, *Proc. ASCE*, Vol. 93, SM 2, pp. 27-43, 1967.