

締固めたまさ土の材料定数と礫混入率との関係

山口大学大学院 学生員 ○HAM, Tae Gew
 山口大学工学部 正会員 中田幸男 兵動正幸
 山口大学工学部 正会員 村田秀一 吉本憲正

1. まえがき 室内の要素実験においては試験機の都合上、土の粒径の許容範囲を決め室内実験を行い、現場において用いる地盤材料の材料定数を調べている。しかし、実際の締固め施工などでは、その許容範囲を超える粗粒分を含むことが多く、砂を用いた室内実験で求めた値を粗粒分の混合割合によって補正し、地盤材料定数を調べている現状である。礫補正の方法としては一般的に Walker-Holtz¹⁾の方法がよく作用されており、混合材料の圧縮指数や膨張指数などの材料定数を概略推定できる。しかし、圧縮応力が大きくなるほど補正值と実測値が離れていく傾向があることや推定できる礫分の混合割合は 30~40%以下という規定があるため、礫分の割合が 40%を超える地盤材料には適用できないことが指摘されている。本研究では礫分の割合を 0%~100%にいたるまで変えた試料を作製、大型一次元圧縮試験を実施し、礫分の割合と材料特性との関係について調べた。また、実測値と補正值との関係について検討を行った。

2. 用いた試料の一次的性質 本研究では、山口県下関市で採集したまさ土を試料として用いている。その物性値を表 1 に示している。本研究では礫率補正を実施するため、砂分の比重と礫分の比重を調べている。その結果、礫のみの比重 G_g は 2.650 であり、砂のみの比重 G_s は 2.685 である。これより礫の比重は砂より 0.035 小さいことがわかる。

3. 試験および試験方法 締固め試験は、JIS A 1210 B-b に示される方法に準じて 2mm ふるい通過分を試料として行った。その結果、最適含水比 (W_{opt}) は 13% であり、最大乾燥密度 (ρ_{dmax}) は 1.785g/cm^3 であることがわかる。一次元圧縮試験は直径 150mm、高さ 150mm のリングを用いて、載荷速度 0.5mm/min で鉛直荷重を増加させることによって最大圧縮応力 10MPa まで実施した。一次元圧縮試験に用いる供試体は礫混入率 P が 0、20、30、40、50、80、100% になるように砂と礫を混合し、含水比 13% において 2.5kg のランマーを用い締固めエネルギー 187.469kJ/m^3 で締固めた。ここで礫混入率 P とは砂と礫の乾燥質量比であり次式により計算される。

$$P = \frac{m_{s2}}{m_{s1} + m_{s2}} \times 100 \quad (1)$$

ここで、 m_{s1} は砂のみの乾燥質量であり、

m_{s2} は礫の乾燥質量である。今回用いた供試体の含水比と締固めエネルギーはまさ土の 2mm ふるい通過分の最適含水比と締固め度 $D_c=90\%$ に相当するエネルギーである。

4. 試験結果および考察 図 1 に全試料においての大型一次元圧縮試験結果を示す。図より礫混入率 P が異なると同じ含水比において同等な締固めエネルギーで締固めても初期間隙比と圧縮指数が異なることがわかる。礫混入率 P による初期間隙比の変化を明らかにするために図 2 に礫混入率 P と初期乾燥密度 ($\rho_{d\text{ initial}}$) の関係を示している。図中に Walker-Holtz¹⁾の礫率補正法と福本式^{2),3)}によって 2mm ふるいの通過分の乾燥密度を補正し求めた補正值も比較のために載せている。Walker-Holtz の式は以下のように表される。

表 1 用いた試料の物性値

Sample	Grain size (mm)	G_s	G_g	Ignition loss (%)	I_p
Shimonoseki	~9.52	2.685	2.650	1.8275	N.P.

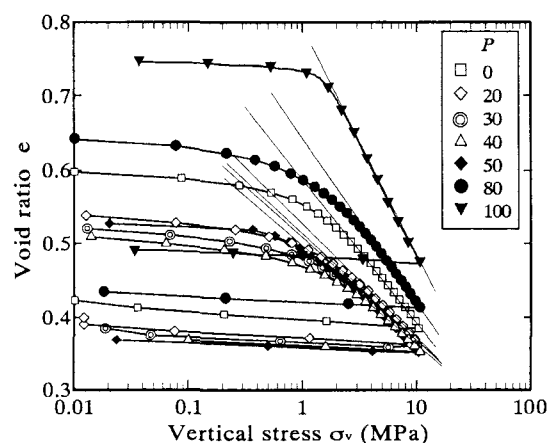


図 1 一次元圧縮曲線

$$\rho_d = \frac{\rho_{d1}\rho_{d2}}{P\rho_{d1} + (1-P)\rho_{d2}} \quad (2)$$

ρ_{d1} は砂のみの乾燥密度、 ρ_{d2} は礫のみの場合のゼロ空気間隙状態の乾燥密度である。また、 ρ_{d2} は次式より求まる。

$$\rho_{d2} = \frac{\rho_{s2}}{(1+w_2 \cdot \frac{\rho_{s2}}{\rho_w})} \quad (3)$$

ここで w_2 は礫の含水比であり、 ρ_{s2} は礫のみの乾燥密度である。また、 ρ_w は水の密度である。図より礫混入率 P が 40%～50%以下においては礫の混入量が増加するに従い初期乾燥密度が増加しているが、礫混入率が 40%～50%以上においては礫混入率が増加するに従い初期乾燥密度が低下していることが分かる。また実測値と補正值を比較してみると、Walker-Holtz 式による補正值は P が 40%以下においては実測値と正確に一致しているが P が 50%以上においては礫混入率 P が大きくなるに従い補正值と実測値が離れていく傾向が確認された。一方、福本^{2),3)}により補正された乾燥密度はほぼ実測値に近い値を示している。Walker-Holtz 方法は砂と礫の混合物を締め固めた場合、礫の間隙が砂で満たされ、間隙中の土がその締め固め仕事量で砂のみを締め固めた場合の密度になっていると仮定してから出発している。 P が小さい間は砂の密度の増加が混礫材料の密度増加になるため妥当な結果となるが、 P が大きくなるほど、間隙を満たす砂の密度が減少するため実測値と隔たりが大きくなっていく。そこで本研究では礫の混入率の増加に伴い密度が増加傾向から減少傾向に転じる礫混入率を P_i とした。今回用いたまさ土の P_i は 40%～50%といえる。さらにまさ土の 2mm ふるいの通過分を用いて行った一次元圧縮試験のデータを Walker-Holtz 式により補正し、 P が異なる混礫材料の一次元圧縮曲線を作成し、圧縮指数 C_c と膨張指数 C_s を求めた。福本式は礫のみの場合の実測乾燥密度を式に用いるため、礫のみの一次元圧縮曲線の実測値が必要となる。その結果を図 3 に示す。図より膨張指数は全試料において 0.005～0.01 のほぼ同等の値をしめしており、実測値と補正值がほぼ一致している。また、圧縮指数の実測値は礫混入率が P_i となる領域で最も小さい値を示している。その補正值は P_i 以下においては実測値とほぼ正確に一致しており、 P_i 以上においては礫混入量が大きくなるに従い補正值と実測値が離れていく傾向が確認された。以上のことより Walker-Holtz 式を用いて補正する混礫材料の材料定数は礫分の混入量が P_i 以下の混礫材料にしか適用できないことが確認された。

5. 結論 本論文では礫分の混合割合を変えた試料を用い大型一次元圧縮試験を実施し、礫分の割合と材料特性との関係について調べた。その結果、今回用いたまさ土は礫分の混入率が 40%～50%において圧縮指数 C_c が最も小さい値を示し、これ以上の混合率の圧縮指数 C_c を、Walker-Holtz 法では予測できないことを再確認した。

《参考文献》

- 1) Walker, F.C. & Holtz, W.G. (1951): "Control of Embankment Material by Laboratory Testing", Proc. ASCE, Vol.77, No.108, pp.1-25.
- 2) 福本武明・増井久・松田裕光(1998): "締め固められた粗粒土の密度補正式", 第 33 回地盤工学研究発表会講演集, pp.403-404.
- 3) 増井久・福本武明(2003): "粗粒土の締め固め密度推定式の比較", 土木論文集 No.701/Ⅲ-58, pp.135-143

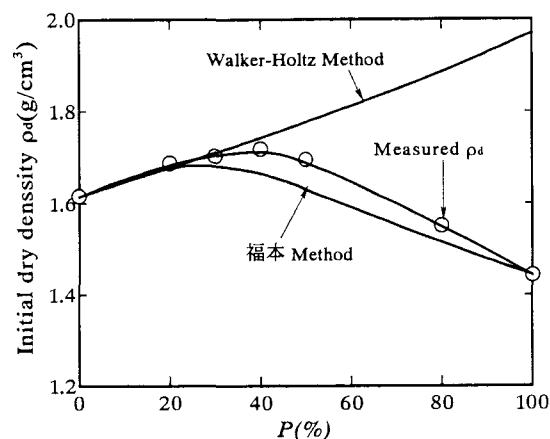


図 2 礫混入率と初期乾燥密度の関係

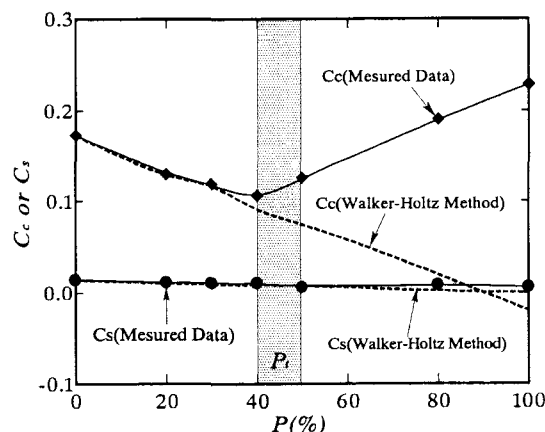


図 3 実測値と補正值の比較