

Ⅲ-386 粒状土の密度に及ぼす粗粒子の影響

立命館大学大学院 学生員 ○増井 久

立命館大学理工学部 正会員 福本武明

1. まえがき 実際に多くの粗粒子を含む粒状土を扱う場合、室内試験時の許容最大粒径よりも粗い粒子の混入率 P に応じて試験結果の補正を行うことが必要で、Walker-Holtzの方法が従来よく用いられてきた。しかし、この方法では適用範囲が $P < 30 \sim 40\%$ と狭い¹⁾ことから、もっと広い範囲に適用し得る補正方法の開発が、その後、色々と試みられている。^{2) 3)}そこで本報では、従来の各種補正式についてはほぼ歴史的出現の順に簡潔に解説したのち、著者の一人が過去に提案した補正式を今回公表し、その適合性を諸家の実験データ^{2) ~7)}に基づいて詳しく検証したので以下に報告する。

2. 従来の研究 (1) Walker-Holtzの方法(1951)¹⁾ 粗粒子間の間隙が土によって満たされ、かつ間隙内の土の密度が土のみを締固めた場合に得られる乾燥密度 ρ_{d1} に等しいという仮定に基づくもので、粗粒子を含む試料全体の乾燥密度 ρ_d を①式から求める。式中の ρ_{d2} は粗粒子のみの場合のゼロ空気間隙状態の乾燥密度に相当する。

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

$$\rho_d = \frac{0.9 \rho_{d1} \rho_{d2}}{P \rho_{d1} + 0.9(1-P) \rho_{d2}} \quad \text{②}$$

$$\rho_d = (1-P) \rho_{d1} + 0.9P \rho_{d2} \quad \text{③}$$

(2) Ostermayerの方法(1979)²⁾ これは①式をより実測値に近づけるために、式中の ρ_{d2} を $0.9 \rho_{d2}$ と置き換えたもので、②式で表される。

$$\rho_d = \frac{1}{(1+e)\{P/(G_s \gamma_w) + (1-P)/(G_s \gamma_w)\}} \quad \text{④}$$

$$e = e_0 + AP^4 BP^2 + CP^3 + DP^4 \quad \text{⑤}$$

(3) DINの方法(1990)²⁾ これはドイツの方法で、③式で表される。

$$\Delta V_a = aP^\beta \quad \text{⑥}$$

(4) Hsu-Saxenaの方法(1991)³⁾ 全材料の間隙比を e 、礫の比重を G_s 、土の比重を G_s 、水の密度を γ_w とすると、④式で表される。④式中の e は⑤式で表され、定数 A, B, C, D を実験的に決めなければならない。

$$\rho_d = \frac{\rho_{d1} \rho_{d2}}{P \rho_{d1} + (1-P) \rho_{d2}} (1 - aP^\beta) \quad \text{⑦}$$

(5) 福本の方法(1984)⁸⁾ 上述したWalker-Holtzの式に含まれる不合理な点を改善したもので (Fig.1参照)、土と礫の各部分における空気間隙の増加分 (図中、斜線部分) に相当する体積率 ΔV_a を P の関数と考え、⑥式に従うものとする。ただし、 α, β は係数である。このことから⑦式が得られる。なお、式中の係数 α, β の求め方については、 $P=1$ のとき $\rho_d = \rho_{d2}$ (ρ_{d2} は礫のみの乾燥密度の実測値) という条件から、 α の値を⑧式のように定め、次に β の値を今回は実測値に基づき計算によって求めることにした。

$$\alpha = 1 - \frac{\rho_{d2}}{\rho_{d2}} \quad \text{⑧}$$

3. 各補正式の比較

上記の各補正式を比較して模式的に描くとFig.2のようになる。この図より、それぞれの式の特徴がよくわかる。

4. ⑦式の妥当性について

福本の式の妥当性を検証するために、今回用いた実験データはTable 1に示す通りである。当てはめ結果の代表例をFig.3(a)~(f)に示す。

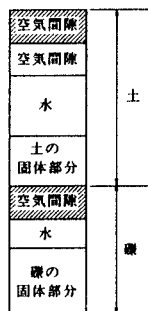


Fig.1 混礫土の構造モデル

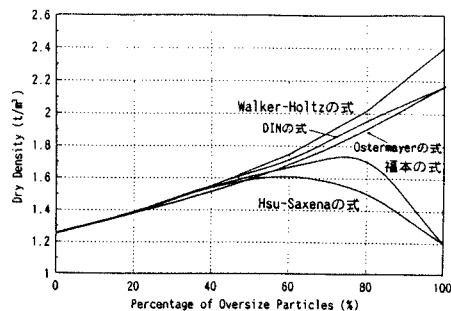


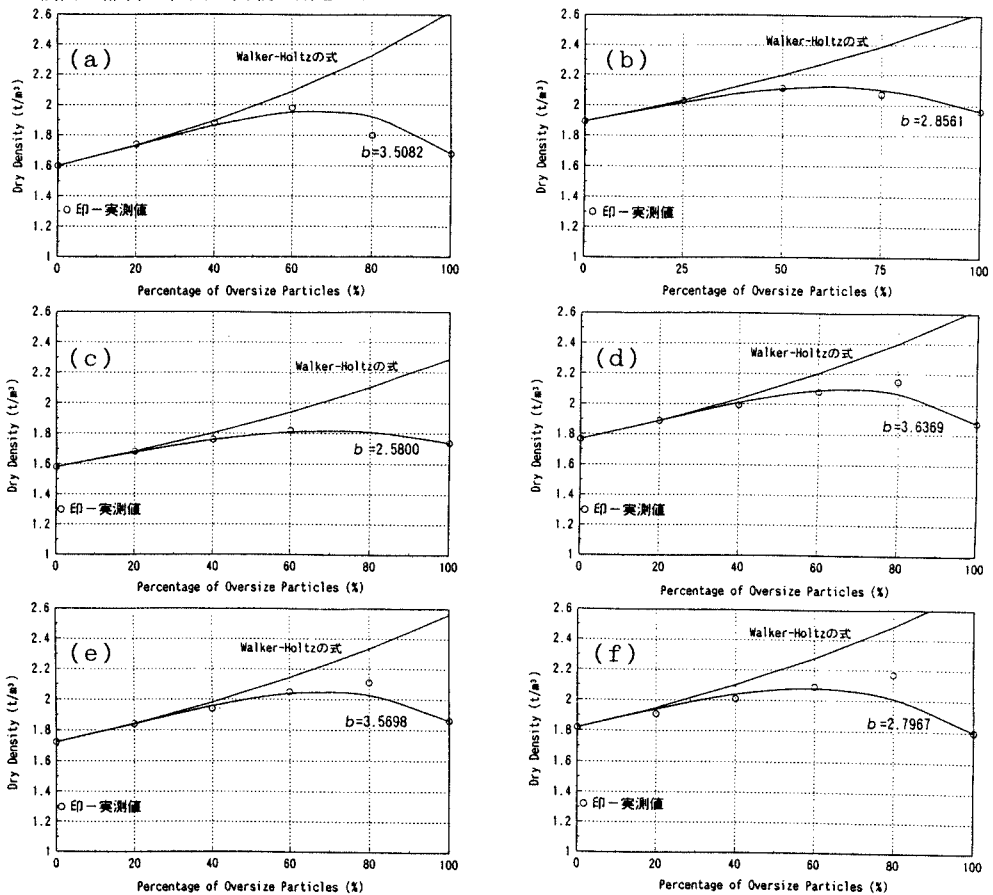
Fig.2 各補正式の比較 (模式図)

図から、粗粒子混入率 P の全範囲にわたって、⑦式の適合性はほぼ良好であるといえる。

Table 1 実験データ

No.	研究対象	補正式に用いる乾燥密度(測定値)			備考
		$\rho_{d1}(\text{t/m}^3)$	$\rho_{d2}(\text{t/m}^3)$	$\rho_{d3}(\text{t/m}^3)$	
1	礫混入ベントナイト混合土 ⁴⁾	1.600	2.620	1.680	Fig.3(a)
2	Large Scale Test ³⁾	1.929	2.620	2.071	*
3		2.041	2.620	2.066	*
4		1.730	2.620	1.954	*
5		1.893	2.620	1.964	Fig.3(b)
6	名神高速道路盛土材 ⁵⁾	1.890	2.210	1.670	*
7		1.600	2.260	1.710	*
8		1.580	2.290	1.740	Fig.3(c)
9	フィルダム材	1.767	2.630	1.878	Fig.3(d)
10		1.490	2.750	1.900	*
11		1.722	2.560	1.863	Fig.3(e)
12	Mixtures of clay with various gravels ¹⁾	1.820	2.740	1.690	Fig.3(f)
13		1.820	2.740	1.800	*
14		1.820	2.740	2.140	*

*紙面の都合上、図の掲載を断念した。

Fig.3 粗粒子混じり土の乾燥密度 ρ_d と混入率 P との関係

5. 結び 以上より、他者の実験データに基づく検証の結果、⑦式の適合性の良いことが判明した。今後は、自らの実験結果に基づき⑦式の妥当性についてさらに深く検討していきたい。

【参考文献】 1)土質試験法(土質工学会編), pp.291-293, 1979 2)H.H.Schwab: A contribution to the examination of hydraulic stability of earth and rock filters in Geotechnical and Hydraulic Engineering, pp.307-308, 1993 3)T.Hsu and K.Saxena: A GENERAL FORMULA FOR DETERMINING DENSITY OF COMPACTED SOILS WITH OVERSIZE PARTICLES, SOILS AND FOUNDATIONS Vol. 31, No. 3, pp.91-96, 1991 4)田中ほか: 礫混入ベントナイト混合土の締固め特性について, 第29回土質工学研究発表会, pp.2143-2144, 1994 5)試験所報告(名神高速道路編), pp.302-307, 1965 6)山口・大根: フィルダムの設計および施工, 技報堂, pp.57-60, 1973 7)建設工事における土質工学の実用例(土質工学会編), pp.299-300, 1969 8)福本: 新しい補正式の提案, 立命館大学地盤研究室発表会資料, pp.1-5, 1984