

株式会社調査事務所 正員・今野 政志
東大 生産技術研究所 正員 龍岡 文夫

砂の締り具合を表すパラメーターとして相対密度Drが用いられている。Drは、原位置での標準貫入試験より得られるN値から推定する場合の他に最近、原位置から採取(Sand sampling)された試料から求められる事が多く成ってきた。今回は、同一試料について、N値、Drの両値を求めたデータが体系的に得られたので、それを用いて、N値からDrを推定する精度について調査した。

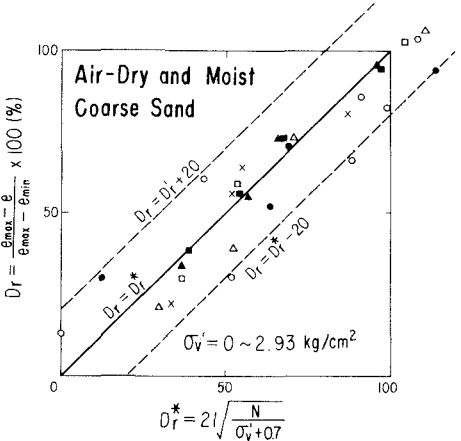
相対密度は、
$$Dr = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100 (\%) \text{----- (1)}$$

と定義される。ここに、 e_{max}, e_{min} : 最緩、最密との間ガキ比、 e : 現在の間ガキ比である。

一方、N値からDrを求める推定式については、これまで、いくつかの提案がされているが、ほとんどN値あるいは、N値と有効土圧 σ'_v とDrを相関させた場合が多く、他のパラメーター、たとえば、静止土圧係数 K_0 、細粒含有率 $F.C(\%)$ 、平均粒径 D_{50} 等の影響を総合的に研究したものは、まだないようである。本報告に用いたDrの算定は、このうち、次に示すGibbs and Holtzの実験を基にしたMeyerhofの式を用いた。

$$Dr^* = 21 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_v + 0.7}} \quad (\sigma'_v: \text{kg/cm}^2) (\%) \text{----- (2)}$$

表-1は、検討に用いた試料の諸条件を示したものである。また、図-1は、空気乾燥および飽和状態の相対密度におけるGibbs and Holtzの実験結果であり、 σ'_v の違いにかならず(2)式はよくあてはまる事が分かる。同様に、新宮市川岸町および東京湾岸地区の試料について求めたのが図-2~4である。川岸町の中砂のデータは、 $F.C$ が5%以下のものについては、 $Dr = Dr^* \pm 15\%$ と関係を示し(2)式は妥当と言える。しかし、図-3の $F.C$ が5%以上のもの、図-4の細砂のデータでは、バラツキが大きく、全体として、 $Dr = Dr^*$ の一義的な関係は見られないようである。



- LEGEND
- Air-Dry, $\sigma'_v = 0 \text{ kg/cm}^2$
 - Moist, $\sigma'_v = 0 \text{ kg/cm}^2$
 - × Air-Dry, $\sigma'_v = 0.67 \text{ kg/cm}^2$
 - △ Air-Dry, $\sigma'_v = 1.73 \text{ kg/cm}^2$
 - ▲ Moist, $\sigma'_v = 1.73 \text{ kg/cm}^2$
 - Air-Dry, $\sigma'_v = 2.93 \text{ kg/cm}^2$
 - Moist, $\sigma'_v = 2.93 \text{ kg/cm}^2$
- $\mu \text{ of } (Dr - Dr^*) = -2.3$
 $\sigma \text{ of } (Dr - Dr^*) = 9.3$

(after Fig. 4 of Gibbs and Holtz (1957))

Fig.1 $Dr \sim Dr^*$

Table I List of Relative Density Measurements

(See NOTE)						
No	Site	Moist Condition	Void Ratio Measurement	e_{min} Measurement	e_{max} Measurement	References
1	Artificial in tank, compacted by vibrating	Air-Dry, Moist and Saturated	by direct density determination	by vibrating or hammering container with saturated material	by lightly pouring dry material into container	Gibbs and Holtz (1957)
2	Hameda etc. (Alluvial and Reclaimed)	Under water	by sand sampling with the liner of 53cm ϕ and 65cm L, $e = e_0$; average void ratio in the liner	by tamping mold with air-dry sand (0.64)	by lightly pouring air-dry sand into mold (0.96)	This Investigation
3	Ban-nasu, (Alluvial and Reclaimed)	Under water	by sand sampling with the liner of 7cm ϕ and 30cm L, $e = e_0$ of unconsolidated specimen of 7cm ϕ and 14cm L	The Yoshimi-Tokno Method (1973)		n) Fukuda and Hanzawa (1976) ** OYO-report (1977)
4	Kawagishi-cho, Niigata (Alluvial and Reclaimed)	Under water	Identical to No. 2			
5	Niigata, (Alluvial and Reclaimed)	Under water	by sand sampling with the liner of 20cm ϕ and 100cm L, $e = e_0$ of unconsolidated specimen of 5cm ϕ and 10cm L	by tamping mold with air-dry sand and apply -ing pressure of 1 kg/cm ² (0.66)	average of two methods by Koluszewski (1968) by Tanimoto (1975) (0.94)	JSSMFE (1976)
6	Oh-gishima (Reclaimed)	Underwater	Identical to No. 2	by vibrating a mold with air-dry sand on shaking table (0.81)	by spooning air-dry sand into mold (0.96)	Ishihara (1976)
				Identical to No. 4 (0.60)	Identical to No. 4 (0.94)	Saito (1977)

NOTE: Figures in () represent maximum and minimum void ratios of Toyoura Sand determined by each method.

平均粒径 D_{50} の違いによ
り D_r に影響を及ぼすかどう
か調べたのが図-5、6であ
る。図のように、かなりの
バラツキがあり良い相関は
見られないが、 D_r^* を用い
ると D_{50} が大きくなる程 D_r
を過大評価し、逆に D_{50}
が小さくなる程、 D_r は過
小評価する傾向がある。

以上のように、 N 値と D_r

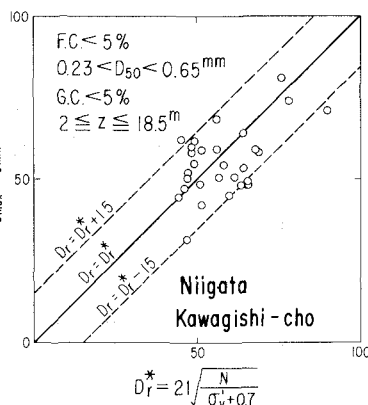


Fig. 2 $D_r \sim D_r^*$

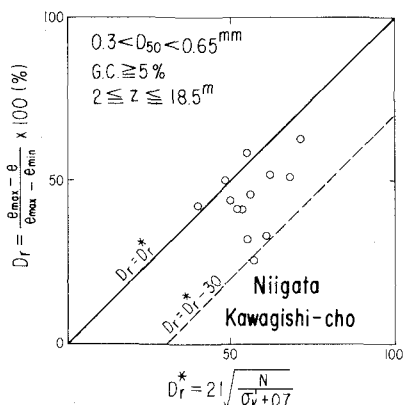


Fig. 3 $D_r \sim D_r^*$

には、粒度特性(細粒分、砂分含有率、 D_{50})などによって多少異なるが、一義的な関係はないようである。その主な要因は、(1) e_{max} , e_{min} の測定方法が統一されていない事、(2) 同一 D_r に対しても、平均粒径 D_{50} により N 値が異なる事等があげられる。したがって、 N 値と D_r の関係をうまく結びつけるには、先の要因も含めて、他のパラメーターも考え合わせて検討する必要があるように思われる。

謝辞

本論文のまとめは、建設省土木研究所地震研究室で行なったもので、岩崎敏男室長、常田賢一氏に多大の御協力を得た。未筆ながら感謝の意を表します。

参考文献

- Gibbs and Holtz, W.G. (1957) "Research on Determining the density of sands by spoon Penetration Testing" Proc. of 4th ICFMFE, Vol. 1 PP.35~39
Yoshimi, Y. and Tohno, I. (1973) "Statistical Significance of the Relative Density" ASTM, STP No. 253
Kolbuszewski, J.J. (1948) "An Experimental Study of the Maximum and Minimum Porosities of sand," Proc. 2nd ICSMFE, Vol. IIb, PP.158~165
福田正夫、半沢清郎(1976)「サンドランパーによる埋立地盤の相対密度測定結果」土木技術4月号, Vol. 24, No. 4
谷本喜一、岩崎照昌(1975)「砂の最小密度測定法」
オ10回 土壌工学シンポジウム発表論文集, PP.11~14
石原研而(1976)「信濃川水門4号の堤における改良化試験報告」
建設省土木研究所地震研究室報告書
有藤彰彰(1977)「軟弱地盤地盤上の大規模埋立工事における土質基礎工学的研究」東京大学工学部論文
土壌工学学会(1976)「地下街および地下工作物の地震被害に関する研究報告書」
建設省土木研究所地震研究室報告書

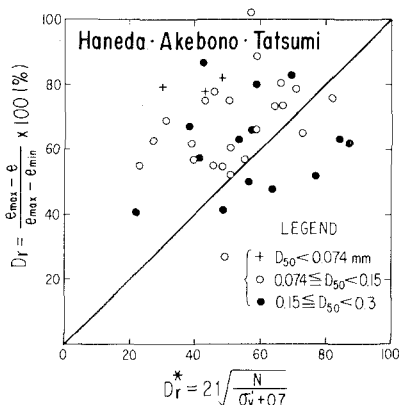


Fig. 4 $D_r \sim D_r^*$

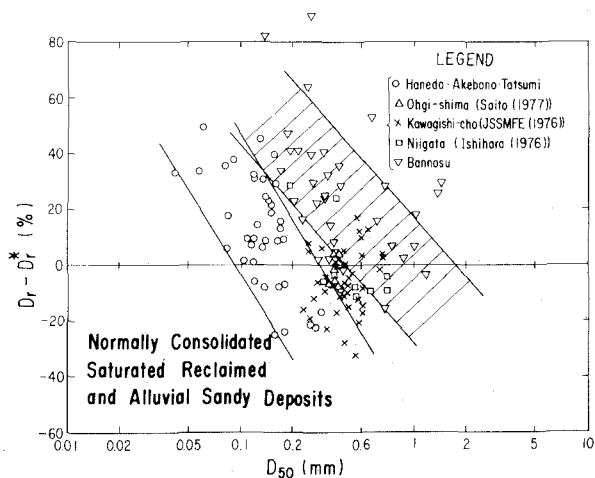


Fig. 5 $D_r - D_r^* \sim D_{50}$

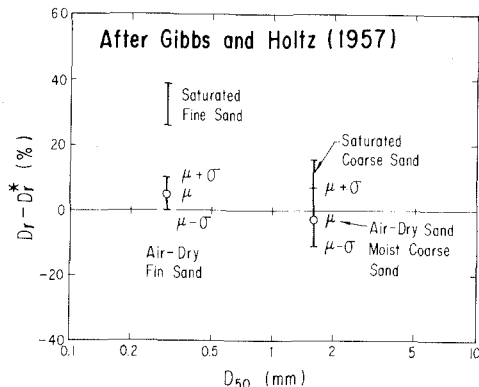


Fig. 6 $D_r - D_r^* \sim D_{50}$