

III-202

砂の詰まり方に影響を及ぼす種々の因子

岐阜工業高等専門学校 正会員 吉村優治  
岐阜 県 正会員 ○ 荻田博行

1. はじめに 砂地盤の強さは、その地盤材料である砂の種類(=一次性質:土粒子の材質,粒度組成,形など)及び状態(=二次性質:密度,含水量,骨組構造など)によって決まる<sup>1)</sup>。このうち一般に、砂の種類は粒度組成(平均粒径 $D_{50}$ ,均等係数 $U_c$ )により、状態は密度(間隙比 $e$ あるいは相対密度 $D_r$ )と含水量 $w$ (または飽和度 $S_r$ )により表すことが多い。特に砂の詰まり具合を表す相対密度 $D_r$ は、種類や状態の異なる砂の性質を比較するのに便利な指標であり非常によく用いられる。この相対密度は、 $D_r = (e_{max} - e) / (e_{max} - e_{min})$ で示されるので、分母の $(e_{max} - e_{min})$ は砂の種類によって決まる一次性質であり、分子の $(e_{max} - e)$ は砂の状態で決まる二次性質である。

本研究は、砂の一次性質である間隙比の取り得る幅( $e_{max} - e_{min}$ )に影響を及ぼす因子について検討したもので、試験に用いた試料は人工的に調整して準備した試料と木曾三川流域から採取した種々の砂である。なお、 $e_{max}$ 及び $e_{min}$ は「砂の最大密度・最小密度試験(JSF T 161-1990)」<sup>2)</sup>により求めた。

2. 検討する影響因子と基礎実験の結果 本研究で検討した因子は、粒子の大きさ,粒度分布及び粒子の形状であり、これを表す指標として平均粒径 $D_{50}$ ,均等係数 $U_c$ 及び凹凸係数 $FU$ <sup>3)</sup>を用いた。この $FU$ は、投影断面の外周長が $l$ ,断面積が $a$ の粒の形状係数 $f$ を円の形状係数 $f_c$ で除した係数で、 $FU = f/f_c = 4\pi a/l^2$ で示され、完全球の場合に1.0であり凹凸の度合いが激しくなるほど小さくなる。

基礎実験に用いた試料は、図1のように $D_{50}$ 及び $U_c$ を人工的に調整した $FU$ の異なる四種類の粒状体(Glass Beads, 豊浦標準砂, 木曾川砂, 砕砂)である。ここでは検討する三つの影響因子( $D_{50}$ ,  $U_c$ ,  $FU$ )のうち二つを統一し、一つの因子のみを変化させてその因子

が $(e_{max} - e_{min})$ に及ぼす影響を調べた。

図2は、等しい $U_c(1.32, 3.0, 0.5, 0.00)$ に対して、G.B及び砕砂の $(e_{max} - e_{min})$ と $D_{50}$ との関係を示したものである。この図より $(e_{max} - e_{min})$ は、形状による(G.Bと砕砂による)差は見られるが、 $U_c$ によらず粒子が大きくなるに伴ってほぼ直線的に小さくなっており、その減少割合は粒子形状が角張っているほど大きいことがわかる。

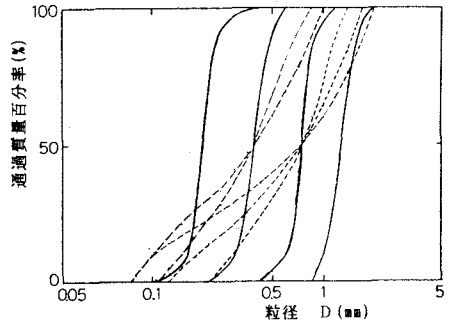


図1 粒徑加積曲線

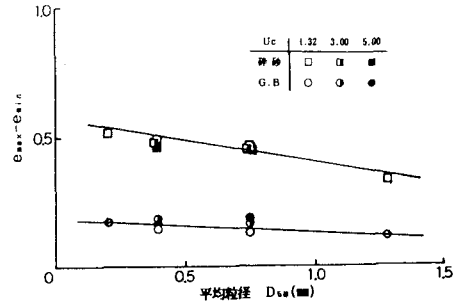


図2 基礎実験による $(e_{max} - e_{min})$ と $D_{50}$ の関係

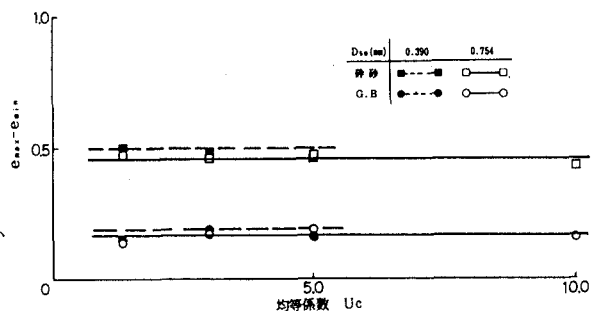


図3 基礎実験による $(e_{max} - e_{min})$ と $U_c$ の関係

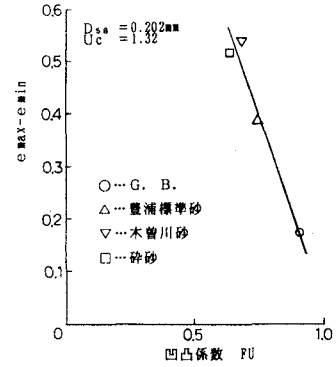


図4 基礎実験による $(e_{max} - e_{min})$ と $FU$ の関係

図3は、等しい $D_{50}$ (0.390mm, 0.745mm)に対して、G.B及び砕砂の( $e_{max}-e_{min}$ )と $U_c$ との関係を示したものである。この図より( $e_{max}-e_{min}$ )は、形状による差は見られるが、 $U_c$ すなわち粒度分布にはほとんど影響されないことがわかる。

図4は、等しい粒度組成( $D_{50}=0.202mm, U_c=1.32$ )に対して、四種類の砂の( $e_{max}-e_{min}$ )と $FU$ との関係を示したものである。この図より( $e_{max}-e_{min}$ )は、粒子形状が丸くなるに伴ってほぼ直線的に小さくなっていくことがわかる。

以上の基礎実験の結果より、間隙比の取り得る幅( $e_{max}-e_{min}$ )は、粒子の大きさや形状による影響が大きく、粒度分布の影響はほとんど受けないといえる。

3. 木曾三川砂による実験結果<sup>4)</sup> 実験に用いた砂は、木曾三川(木曾, 長良, 揖斐川)の”岩石変化の循環”により濃尾平野に堆積している自然砂を「JSF T 161-1990」<sup>2)</sup>の試験基準に合うように準備したもので、上述した三つの因子( $D_{50}, U_c, FU$ )は独立しておらず、その相互の関係は様々である。基礎実験と同様に( $e_{max}-e_{min}$ )に影響を及ぼす三つの因子について検討する。

図5~7は、基礎実験と同様に( $e_{max}-e_{min}$ )と $D_{50}, U_c$ 及び $FU$ との関係を各水系毎に記号分けして示したものである。これらの図は、ばらつきはあるものの上述した基礎実験の関係とよく一致した結果を示している。また、図5の結果については石原・渡辺<sup>5)</sup>が $D_{50}=0.11\sim 2.19mm$ の多くの砂( $U_c=1.0\sim 5.0$ )についてまとめた結果あるいは和田・板橋<sup>6)</sup>が $D_{50}=0.25\sim 4.0mm$ の均等なまさ土についてまとめた結果ともほぼ一致している。また、この図5~7の関係については、特に木曾, 長良, 揖斐川の各水系による差異は認められなかったため、集合体である砂の鉱物組成や土粒子の密度などの材質の影響は無いと言えそうである。

4. おわりに 砂の状態を表す最も基本的な指標である相対密度 $D_r$ の一次性質、すなわち分母である間隙比の取り

得る幅( $e_{max}-e_{min}$ )は、今回検討した三つの因子のうち、粒子の大きさや形状の影響を受け、粒度分布の影響はほとんど受けないことが明らかになった。今後、さらに多種の試料の実験データを蓄積して( $e_{max}-e_{min}$ )に影響する他の因子及び各因子相互の関係を明らかにしていきたい。

謝辞 本研究を実施するにあたり、貴重な御助言ならびに御指導を頂いた長岡技術科学大学建設系小川正二教授、杉本光隆助教授、北海道大学工学部三浦均也講師に対し心から謝意を表します。

参考文献 1)三笠正人:土の工学的性質の分類表とその意義,土と基礎,Vol.12, No.4, pp.17-24(1964.4)

2)土質工学会:「土質試験の方法と解説」,pp.106-114(1990.3) 3)吉村優治・土居正信・小川正二:砂の粒子形状の定量化について,第26回土質工学研究発表会発表講演集(1991.7) 4)吉村優治・菊田博行:数々の木曾三川砂の最大密度・最小密度について,平成2年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集,pp.282-283(1991.3) 5)石原研一・渡辺忠雄:飽和土の液状化に及ぼす粒度と間隙比の影響,第7回土質工学研究発表会発表講演集,pp.313-316(1972.6) 6)和田英孝・板橋一雄・立石哲郎:まさ土の粒径に伴う物理的性質の変化,平成2年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集,pp.278-279(1991.3)

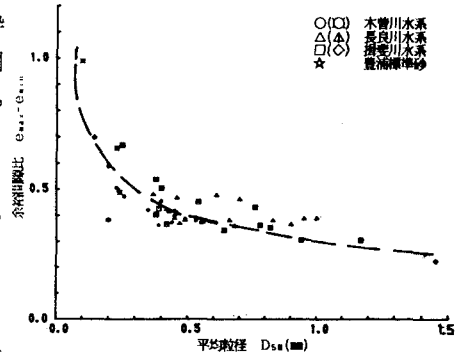


図5 木曾三川砂の余隙間隙比と平均粒径の関係

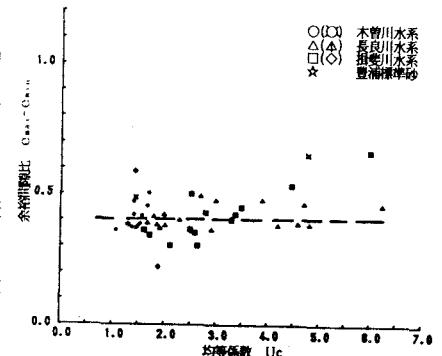


図6 木曾三川砂の余隙間隙比と均等係数の関係

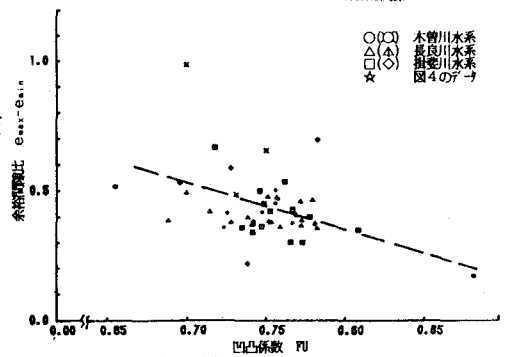


図7 木曾三川砂の余隙間隙比と凹凸係数の関係