

III-115 締固めた土の吸水による土性の变化について

中央大学工学部 正員 久野 悟郎
本州四国連絡橋公団 正員 阿部 和智
中央大学大学院 学生員 ○ 並木 宏之

締固めた土の性質の適否を論ずる場合には、締固められた土が吸水によってどのような性質の変化を示すかを注視することが必要である。この報告の内容は、土の締固め度の合理的決定を期する一連の実験として、稻城砂を種々の状態に締固め、その吸水前後のせん断特性も三軸圧縮試験によって対比にしている。締固めの手法はランマーによる突固めであり、それが土の締固め状態としての一般性があるか否かが不明であること、および、供試体を吸水させる方法として装置の都合上、供試体内の気圧を下げた状態で給水するといった手段しかとり得なかったことが問題として残されているが傾向的には上記の目的も達し得たと思われる。なお、当報告に引用した実験結果は、日本住宅公団の委託研究のため実施した実験の一部であることも付記しておく。

1. 試料および実験方法

試料は東京都南多摩郡多摩町、および稲城町から採取した通常、稻城砂とよばれている凝灰質砂であり、観察上、細かいと判断されるもの（以下細試料と略称する）と、相対的に粗いもの（以下粗試料と略称する）の2種をえらんだ。試料の粒径加積曲線、自然含水比、比重、および分類結果を図-1に示した。試料の初期含水比も気乾により粗で約5%、細で約10%に調整し、小型突固め装置（ランマー重量1.4kg、落下高約20cm、モールド径5cm、高さ12.5cm）により5層に突固めた、突固め回数としては5、10、25、50回をえらんだ（モールド体積当り締固め仕事量と比較すると10回の突固めは、ほぼJIS A 1210 のオ1方法に対応する）。締固められた供試体につき直ちに三軸圧縮試験機により非排水条件でせん断した試験（不飽和条件による）と、真空ポンプで供試体内の気圧を下げた後、給水して飽和させるべくつとめた後、非排水条件でせん断した試験（飽和条件による）を側圧0.5、1.0、2.0、3.0 kg/cm²について実施した。

2. 吸水による含水量の変化

締固め時の含水比も w 、吸水後の含水比も w' とすれば、含水比の増加 $\Delta w = (w' - w)$ の等値線も、 $w' \sim w$ 図上に示すと図-2～図-5に例示しげようになる。一方、土と土粒子部分、水部分、空気間隙部分の三相に分

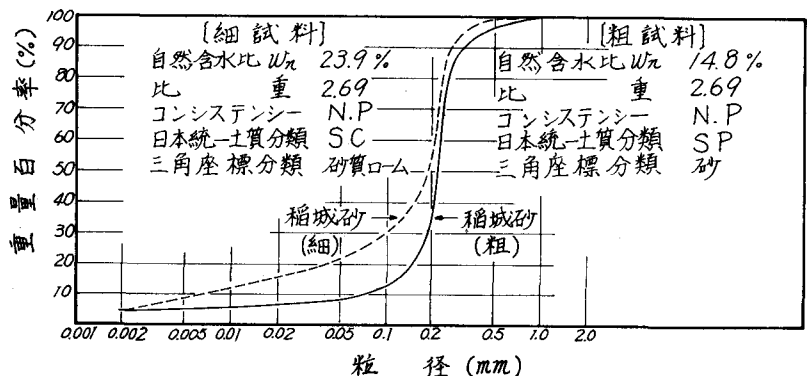


図-1 試料の土性

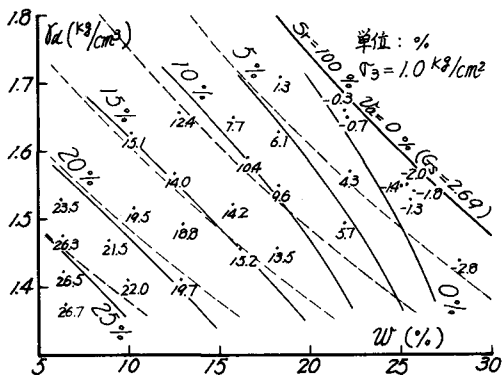


図-2 吸水による含水比の増加 ΔW (細試料)

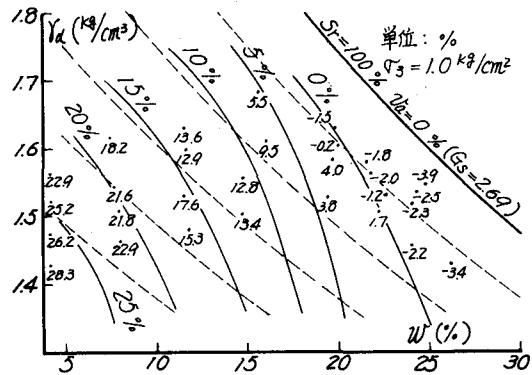


図-4 吸水による含水比の増加 ΔW (粗試料)

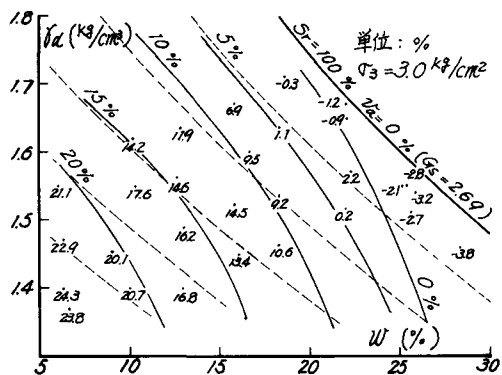


図-3 吸水による含水比の増加 ΔW (細試料)

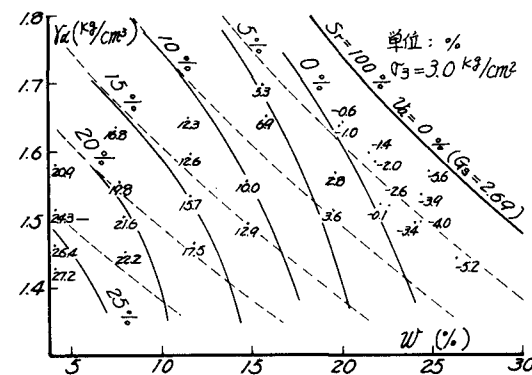


図-5 吸水による含水比の増加 ΔW (粗試料)

けて、締固められた土の空気間隙のみに水が浸入し、体積変化がなすことなく含水比が増加するものと仮定すると

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{\frac{1}{100}(W + \Delta W) + \frac{1}{G_s}}$$

という関係式がみちびかれる。図-2～図-5には、 ΔW をパラメーターとして、この関係が実線によって画かれている。実線の実測にもとづく等値線と、実線の上記の式による曲線を比較すると、いずれも γ_d が低く、 W が高い領域において両者のずれが大きく、側圧が高くなるほど、そのへだたりが大きくなっている。これらの事実から、箱成形においては、計算上の飽和にいたる前に、等方的に圧縮されることにより、含水比が減ずるといふ、いわば“実質上の飽和状態”があるということ、および乾燥密度が低い部分で吸水させると、おそらく体積減少が所行して、理論より少ない水量で飽和状態に達するということが想像される。一方、細の側圧が低く、 γ_d の高い領域では、実測値の方が計算値を上まわっている部分もあるが、これは吸水膨張による現象と理解されよう。また特に注目すべきことは、 $\Delta W=0\%$ 線が細の場合ほどゼロ空気間隙の曲線に近く、粗の方がそれからへだたっていることである。一般的にいて、吸水によって土の状態は悪化するはずであるから、それに対応するためには、細ほど飽和度を高くしておくことが必要で、粗であると、その状態が相対的に飽和度の低い方に移行すべきであることと理解できる。

3. セン断特性の変化

セン断破壊時の軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ の値を $\gamma_a \sim W$ 図上にプロットし、等値線も画いた例が図-6 ~ 図-9 である。飽和条件の図-8, 9 は、吸水後の $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ の値を吸水前の $\gamma_a \sim W$ 図上に画いて、不飽和条件のそれとの対比も容易にしている英に注意されたい。(粗についても同様の試験も実施した。傾向が細のそれと類似してゐるにため省略した)。

$\gamma_a \sim W$ 図上の等値線の形状は、締固め直後(不飽和条件)と吸水後(飽和条件)とで、いちじろしい変化を示している。これは、締固め直後の飽和度の低い締固め状態は、吸水によりいちじろしく強度低下を示すという既知の事実も明示しているものであり、吸水後の土の強度を示す指標としては最適領域 ($\gamma_a \max$ と W_{opt} の両も含む領域) における γ_a と強度との関係が目安になることがわかる。これらの図から $\gamma_a = 5\%$ 、 15% における $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ の値と含水比 W との関係もよみとり、細、粗両試料について曲線も画いたものが図-10 (a), (b) 及び図-11 (a), (b) である。不飽和条件の曲線と飽和条件の曲線がよく合致しているのが、細試料では図-10 (a) の $\gamma_a = 5\%$ の場合であり、一方粗試料では図-11 (b) の $\gamma_a = 15\%$ の場合であることに注目されよう。飽和、不飽和両者の値が一致する場合の方が土構造物としてのぞましい安定した強さをもつ条件であるとすれば、細の場合の方が粗より飽和度の高い領域もねらい、粗の場合は、むしろ空気間ギャクの多めの状態もろずりのがよいということになり、これと、2 にのべた実質上の飽和状態の関連がよく対応していることがわかる。

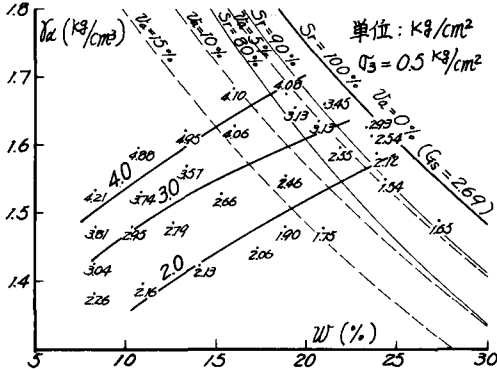


図-6 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ の等値線例 (細試料・不飽和条件)

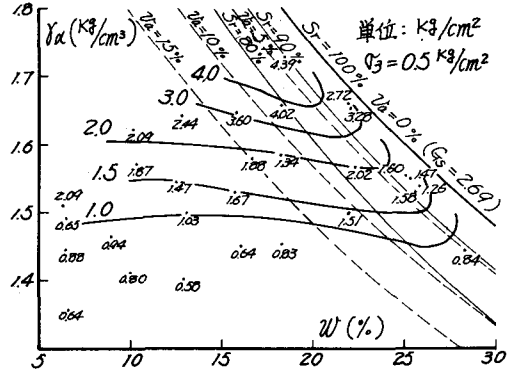


図-8 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ の等値線例 (細試料・飽和条件)

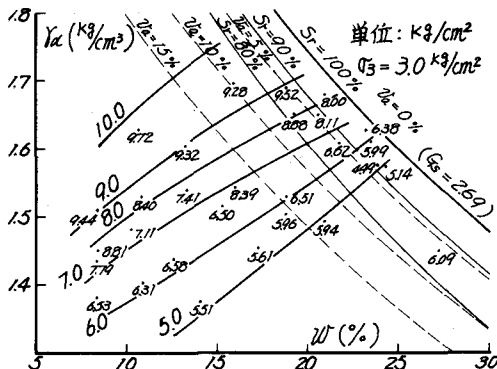


図-7 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ の等値線例 (細試料・不飽和条件)

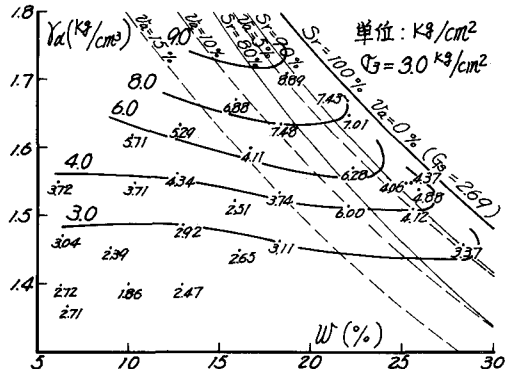
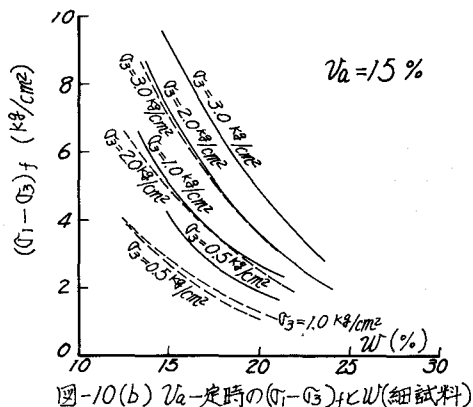
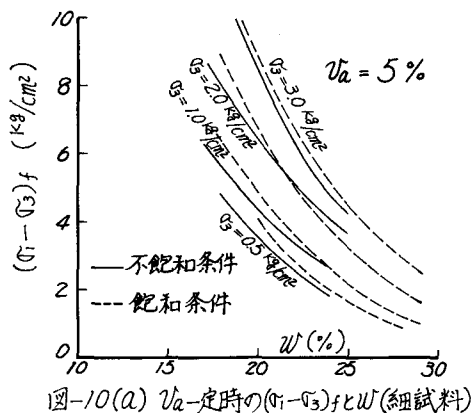


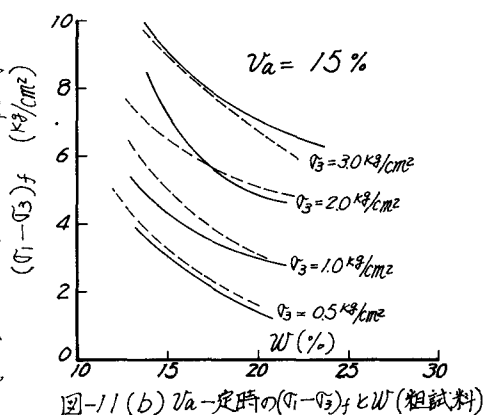
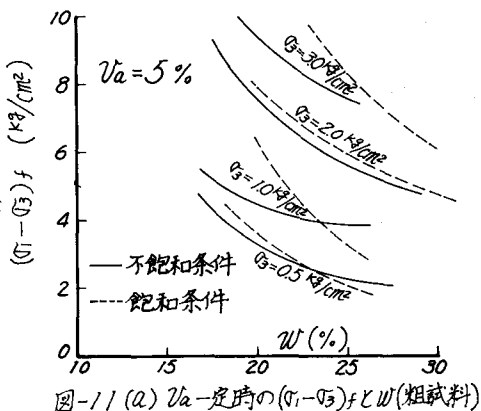
図-9 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ の等値線例 (細試料・飽和条件)



試験結果も有効能力的に整理し、 C' 、 ϕ を求め、それ
それにつき図-10、図-11と同様曲線も書いてみた。
測定し得た範囲において、 C' と ϕ も含水比の低下に伴
って増加する同じような曲線となった。飽和、不飽和内
条件に対する ν_a との関係は、 C' においては図-10、11と
同じ傾向も示したが、 ϕ においては、その差に傾向性
が見出せなかった。

4. おとがき

以上、箱城砂について吸水前後のせん断特性の変化に
ついての実験結果を述べた。最近では安定した土の状態を
規定するために飽和度規定(例えば $S_r = 85\%$ 以上、 95%
以下)あるいは空気間ゲキ率規定(例えば $\nu_a = 10\%$ 以下
2%以上)がとられることが多くなった。これらの状態
の指定と強度特性などの $\sigma_3 \sim W$ 図上における等価線の組
合せが、最終的に要求する土の締固め規定となりうるこ
とは当然考えられることであり、この研究もその一助と
して行なわれているものである。しかし、土全般につ
いて画一的に上記の規定も適用することに無理があるこ
とは、先に指摘したとおりであるが、⁽¹⁾これが今回の吸水
過程において、理論上の飽和より先に実質上の飽和状態
に到達すること、一つの裏付けが得られに思っている。



(1) 久野悟郎：道路盛土の締固め度規定の妥当性について、第9回日本道路会議一般論文集
昭和44年 P59