

Ⅱ-13 ゆるい砂の変形における不連続的な動きについて

法政大学工学部 正員 ○湯浅敏史
東京大学学生 学生員 中村 晃

はじめに 乾燥砂中におけるたけみ性円管の力学的性質を研究中(論文集No.99参照)、砂が不連続的に動くことが認められた。円管を軸と直交方向に砂に押し入れていくと、砂がゆるやかに変位しながら管のたけみが進行する過程と、急激に砂が変位すると同時に管のたけみが戻る過程とがくりかえされていく。ここでは、実験結果の現象的説明を中心に報告する。なお、この研究において、東京大学最上武雄教授の御指導をいただき、また、土質工学会ゴルダートパイプ研究委員会の至情的援助を受けたことを記し、感謝の意を表する次第である。

実験の装置と方法 ひずみリンクとジヤッキを介して地面に支えられたロッドの上端に固定した 10×39.5 cmの鋼製底板を木箱の底に設ける。その上に肉厚2mm、長さ39.5cmの鋼製円管をおき、その頂部に沈下板をのせて砂を所定の高さまでつめる。円管には中央断面の内外周に中心角 45° の interval に計16枚のストレインゲージをはり、また直径の変化を知るため管内部に変位計を設置してある。ジヤッキを用い、木箱の底に対し 0.5 mm/min の一定速度で底板を押し上げながら、押上量 0.2 mm 毎、および急激な変化の起る直前と直後に各計器の読みをとったが、直前の読みはとれないこともあった。

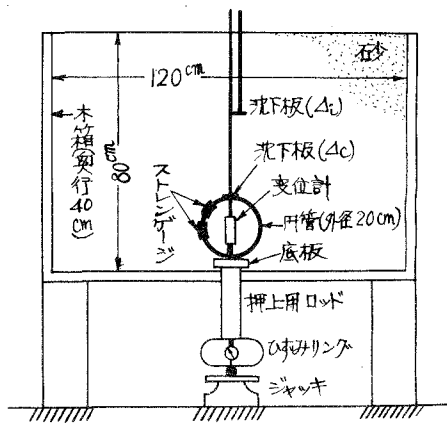


図-1 実験装置一般図

測定結果の一般的傾向 砂高60cmの場合の測定結果の一例を図示する。横軸は底板の押上量(Δ)で、縦軸にはひずみリンクの読み(P :校正係数 263 kg/mm)、管頂の内外ストレインゲージの差($2\epsilon_c$)、および管頂の上方への変位量(Δ_c)と砂中沈下板の下方への沈下量(Δ_i)である。図はいずれも11本の線分のつらなりをなすが、線分と線分の間が急激な“跳び”の過程に相当する。そのとき底板は急上昇するので、各線分始端の Δ の値は一つ前の線分終端の Δ より大きい。また、「ガサッ」という音が

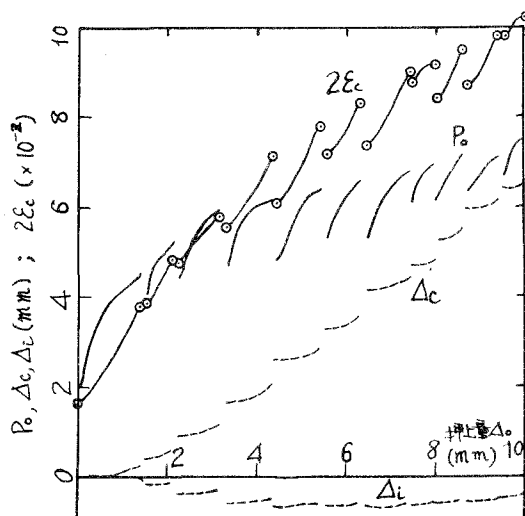


図-2 測定結果の例

きこえ、箱に微かな振動が感じられることから、 Δt の示す階段状の沈下は管の上部を占める砂のしめ込みたまりによるものであろう。 P_0 と $2E_0$ の図を見較べてみると、 P_0 の各線分は上に凸で全体としては傾斜がゆるやかになっていくが、 $2E_0$ では下に凸で P_0 より直に近い変化をする。跳びのときの突りの巾（解放量）は前者の方が大きい。全般に、ロッドから砂に力（や変形）が伝わるのに、おくれがあるような現象を示している。

“跳び”の周期と振巾 この現象を定量化する試みの出発点として、相続く二つの跳びの間に要する押上量（周期 Δt ）と、跳びにおいて示される各測定値のギャップ（振巾 A ）に注目してみよう。両者の間には Δt が長くなると A が大きくなるという関係がある。周期とか振巾とかいう言い方は単なる比喩にすぎず、振動現象とは全く無関係な意味をもってゐることは当然である。次に、いくつかの因子が Δt や A に及ぼす影響を調べる。

i) 砂の相対密度——この現象は砂粒子の動き易さに敏感で、わずかなしめ固まりで Δt が短くなり、 A が小さくなる。振動を与えながら砂をつめて単位体積重量を約10%増加させると、極めて細かいリップルをもった連続曲線として図-2が表わされる。ゆるい砂の場合に変位が進むと跳びが小さくなるのは、管周囲の砂が跳びの度にしめ固まるためと思われる。

ii) 砂高——図-3, 4からわかるように、砂高が $3D = 60\text{cm}$ より小さくなると、急に跳びが弱くなる。 $D = 20\text{cm}$ の場合は実験してないが、自記装置がないと測定できないほど小さな跳びが頻繁に生じると鬼てよい。変形を蓄積する能力は砂高の一次以上に関係するようである。

iii) ひずみリングのバネ効果——この現象が【ひずみリング $\leftrightarrow$ 円管 $\leftrightarrow$ 砂】からなる力学系の特性を表わすものとするれば、ひずみリングを外して直接ジャッキで円管を押し上げた場合、異なった結果になるのではないかと考えたが、今回の実験からは明らかな差が認められない。

砂の変形機構について この現象を説明するものとしては、①砂中に変形エネルギーが貯えられ、放出される ②円管上方の砂中のアーチ形成とその崩壊 ③砂の内部マサツの動的値と静的値の差異、などが考えられる。砂粒子（または逆に素空隙）の配列のされ方・位置移動の拘束条件などのミクロな機構、および *negative dilatancy* や塑性領域の形成と伝播などのマクロな機構の両面から、研究が必要であらう。この現象は本質的に *stochastic* な process なので、“変形”に焦点を合せて、前者から後者への解明が有効であらう。砂高 60cm のゆるめ砂の場合、管の曲げモーメントによるひずみエネルギーが、ジャッキがなした仕事の約20%の一定値を各周期にもつこと●は興味深い。

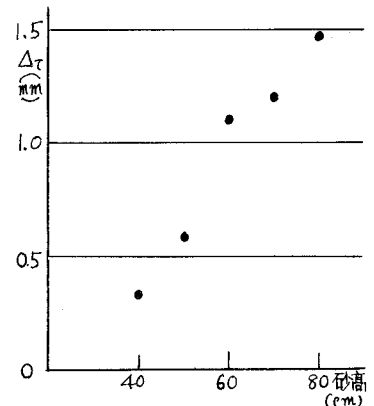


図-3 砂高と跳びの周期との関係

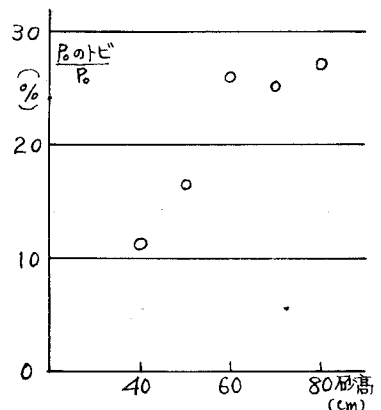


図-4 砂高と P_0 の比との関係