

衝撃荷重による粒状体の沈下について

京都大学工学部 正員 後藤尚男
 京都大学大学院 学生員 ○ 小西純一
 京阪神急行電鉄 正員 角道正士

1. まえがき

軌道における道床バラストはまくらぎからの衝撃的な荷重を繰返し受けて、永久変形を重ね、その結果、まくらぎは次第に沈下し、繰返回数と沈下量との関係は一般に図-1のようになり、それがいわゆる軌道破壊の主原因となっていることは周知のとおりである。なお、図-1の道床沈下曲線に関しては

$$y = \gamma(1 - \exp(-\alpha x)) + \beta x$$

ここに y : 沈下量, x : 荷重繰返数, α, β, γ : 実験定数なる実験式が提案されており、図の a 区間は主として間隙の圧縮による沈下、 b 区間は主として粒子の側方流動による沈下であろうと説明されている¹⁾。しかしながら、その機構の解明は十分とはいえない。そこでわれわれは解明への一段階として、二次元粒状体に衝撃荷重がかかる場合の載荷板沈下量と間隙比の関係、粒子の移動などを実験により調べた。

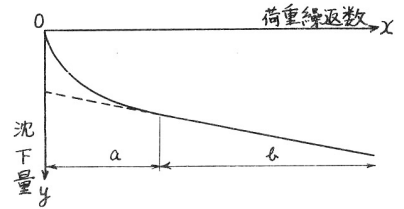


図-1 道床の沈下曲線

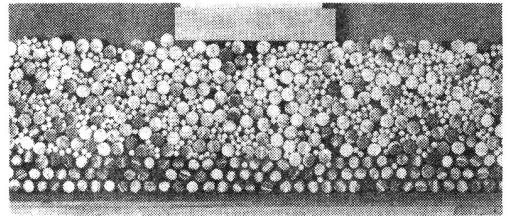
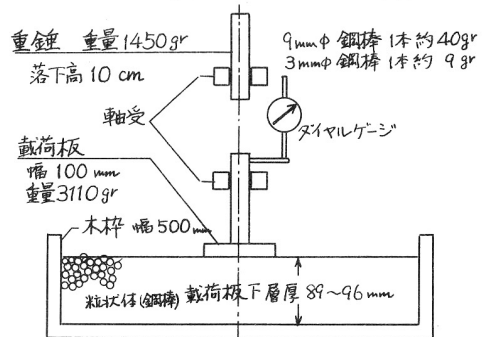


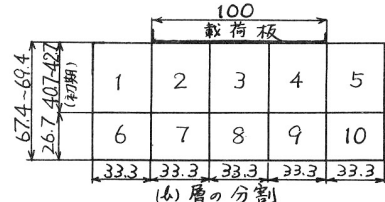
写真-1 粒状体層(9mmφ+3mmφ鋼棒)

2. 実験の概要

実験装置を図-2(a)に示す。粒子として直径9mmと3mmの鋼棒を使用し、適度に間隙ができるよう留意しながら、初期層厚約9cmとなるように鋼棒を不規則に積み上げた(写真-1)。この上に幅10cmの載荷板(上下方向にのみ可動)を置き、これに落錘による衝撃荷重を与え、一回ごとに載荷板の沈下量をダイヤルゲージによって測定し、主要部を写真撮影した。大きく引伸ばした印画をトレースし、重ね合わせることによって、各粒子の移動を追跡し、図上から移動量を求めた。また図-2(b)のように載荷板付近を10部分に分割し、各部分の面積とその中にある粒子部分の面積を求め、間隙比を計算した。



(a) 実験装置概要



(b) 層の分割

図-2 実験装置, 層の分割

3. 粒子の移動について

粒状体内の粒子は衝撃荷重を受けて移動するが、
 1) 佐藤 裕: 軌道力学 (金道現業社, 1964) 44~50ページ。

その移動量、移動方向は位置によって異なっている。図-3には45点の粒子の衝撃回数5,15,30回目の鉛直(a)および水平移動量(b)の1例(9mmφ鋼棒のみ)を示した。移動量は層の上部の方が下部より大きく、また載荷板の下では鉛直方向の下降が、両側では上昇を伴う外方への移動が主として生じていることは従来の定説に反するものではないが、間隙の存在や粒子のかみ合い方の相違などによって、個々の粒子の移動の仕方はまちまちであり、図のような各点を運んだ線の形は実験ごとに異なってくる。

4. 間隙比の変化と沈下の機構について

図-4は衝撃回数に対して沈下量および各部分(図-2(b))の間隙比をプロットしたものの1例(9mmφ鋼棒のみ)である。載荷板は1~3回で急激に沈下し、その後沈下量は漸次少なくなって、10回目以後はほぼ一定の割合で沈下する。これは図-1に示した曲線と同じ傾向にある。次に各部分の間隙比はどう変化するか。図-4(b)に図-2(b)の1~5部分、(c)に6~10部分の間隙比とそれぞれの平均値を示した。載荷板に近い層(上層)では、最初間隙比が急に小さくなって、3回目付近で最小となり、その後やや大きくなって、10回目あたりからほぼ一定となるような傾向がみられる。これはまず間隙が圧縮され、密になり、その後流動(すべり)が生じていることを示している。下層においてもほぼ同様な傾向がみられるが、上層より圧縮完了が遅れる。これは圧縮が上層から下層へと伝播するためと考えられ、このような粒状体内部における過程が重なり合って層表面(載荷板)の沈下が図-4(a)のような傾向を示すものと考えられる。なお2種の大きさの粒子を混合した場合については講演時に譲る。

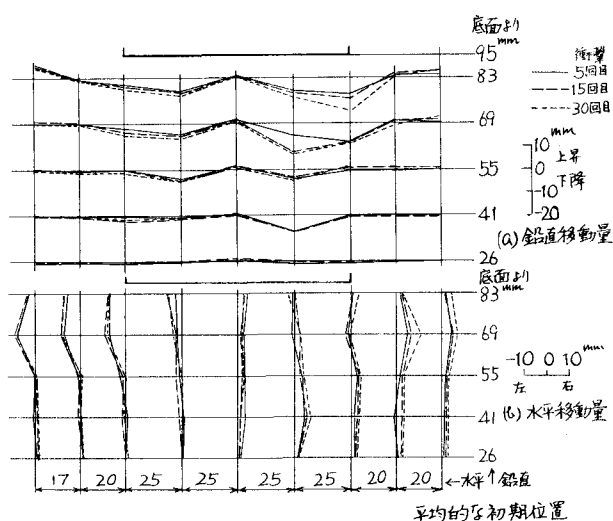


図-3 粒子移動量

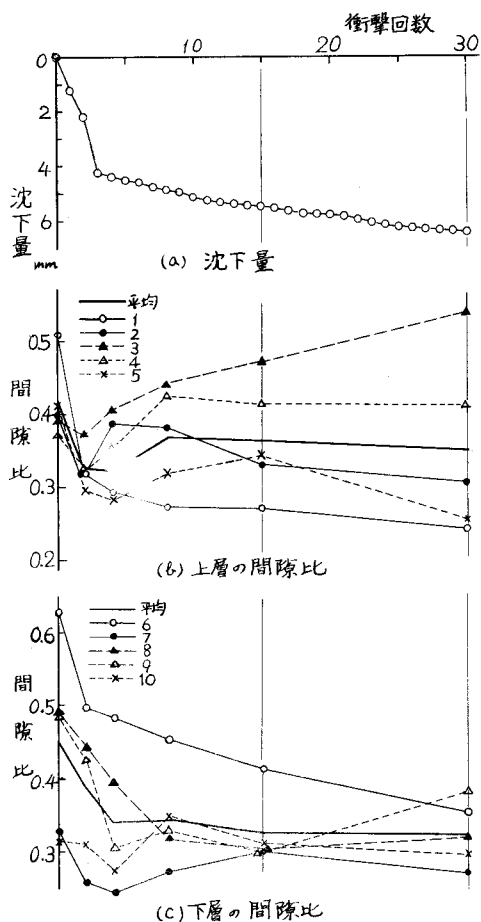


図-4 沈下量および間隙比