

III-12 繰返し荷重による粒状体の構造変化について

信州大学工学部 正会員 小西 純一

1. まえがき

砂、れきのような粒状地盤は、構造物からの繰返し荷重を受けると、塑性的な変形と重ね、構造物は次第に沈下してゆく。最も単純な構造物の例としては、鉄道線路がある。列車通過による衝撃的な繰返し荷重を受けて、道床バラストは少しずつ変形し、その結果まくらぎの残留沈下が生じるが、その一例を図-1に示す。道床はかなりの自由表面を持ち、まくらぎ直下部分を考えても、かなりの不完全拘束状態となっており、残留沈下は継続的に増加する。

初期に残留沈下が大きく、その後、定常的な変形に移行する過程を、統一的に把握しようとする試みは、山内ら(1970)によってなされている。すなわち、粒状体の変形を、初期圧縮変形過程と定常過程を考え、両過程の連続性を、間げき比と粒子移動方向に着目して論じている。また、最上による粒状体力学の統計的理論(Mogami, 1965, 1966, 1967など)では、粒状体の間げき比と間げき比の偏差に着目して、変形と破壊を論じている。

筆者は、既に、繰返し荷重を受ける粒状体の変形が、初期の圧縮過程とそれに続く流動過程から成ることなどを、鋼棒積層体を用いた2次元モデル実験により、間げき比の変化に基づいて指摘した(後藤・小西, 1969)。

ここでは、繰返し荷重を受ける粒状体の変形過程と、その構造変化と関連させながら考察する。

2. 実験方法

図-2に示したような、幅500mmの木枠の中に、直径9mmと3mmの鋼棒(混合の割合は本数比で約1:2)と、配列ができるだけ不規則となるよう留意しながら積み上げ、初期層厚が約150mmの鋼棒積層体をつくる。この上に載荷板を置き、これに落錘による衝撃荷重を加え、各回ごとに、載荷板残留沈下量を測定し、正面から写真撮影し、引伸ばした印画より、間げき比、粒子の移動方向、粒子接触角を求めた。

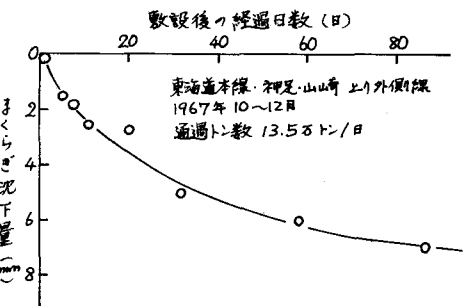


図-1 残留沈下の実測例

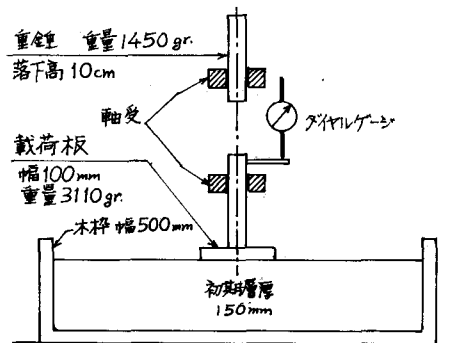


図-2 実験装置

3. 実験結果とその考察

載荷板残留沈下量の経過は図-3にその1例を示したようになる。これは図-1に示した実例と同様の傾向を示しており、ここで用いた積層体モデルによって、少なくとも定性的には、粒状体特有の挙動を再現できるものと期待される。

粒子の移動方向の頻度分布および粒子接触角の分布を載荷板直下の幅100mm、底面から20mm~載荷板の領域について求めた。図-4に移動方向の頻度分布を5°ごとに求めたものを示す。確率は15°

ごとの分布に直したものを示す。0～5回目の移動方向とは初期位置から5回目の載荷終了時の位置へ引いた矢印の方向である。各回ごとの移動を求めようとしたが、移動量が小さく、困難であったので、0～5回目、10～30回目の2例を示すにとどめた。

図-5は各載荷段階における接子相互の接触点における接触線が水平に対してなす角の分布を求めたものであって、上半分は5°ごと、下半分は15°ごとの分布に直したものである。また、下半分の7点を結ぶ楕円を最小自乗法により求めた。

Wiendieck (19))に於れば、この楕円の0°方向の径を a 、90°方向の径を b とすると、この粒状体の幾何学的非等方性 A_g は $A_g = (a-b)/(a+b)$ で表わされる。この実験の例では粒径が3種類でかつ円形粒子であるので、規則配列の影響がかなり現われ、楕円のあてはめには難点があるが、一応の目安として求めてみた。粒子形状が不規則になるか、粒径が多様になるか、分布は楕円に近くなる。

粒状体が荷重を受けると、各荷重段階に応じて、粒子の集合状態すなわち構造が変化するが、図-4からわかるように初期においては粒子は下向きに移動するものが多い。この過程で間げさ比は減少し、粒子接触角は0°付近のものが卓越するようになる(図-5b)。

A_g の値は初期に0.002であったものが0.192となって水平方向の接触面が増加したことを示している。さらに載荷除荷を繰返すと、移動方向分布は、ピークが低くなり平均化されて、横方向への移動も増加する(図-4b)。これに伴って、横の粒子との接触が増して接触角分布は、 A_g が符号が変わって、10回目では-0.018、30回目では-0.055となる。なお30回目では規則配列の影響が顕著に現われている。ここに述べたような接子接触角の分布の変化と間げさ比の変化を考慮することにより、圧縮からせん断への移行の過程を統一的に記述できるのではないかと期待される。

1) 後藤・小西 (1969) 土木学会年次講演会 III-19 2) Mogami (1965, 66, 67等): 最上編著土質力学, 1に於て述べられている。 3) 山内・青原 (1970) 土木学会年次講演会 III-37 4) Wiendieck (1967): Bautech. 44, 5.

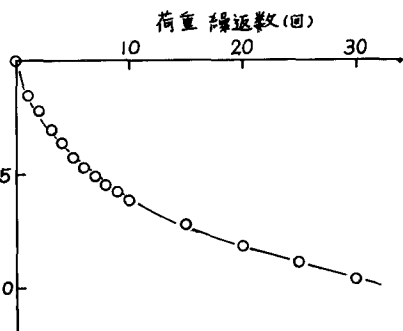


図-3 載荷板の残留沈下量

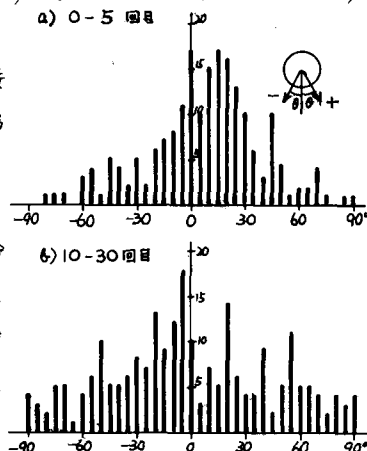
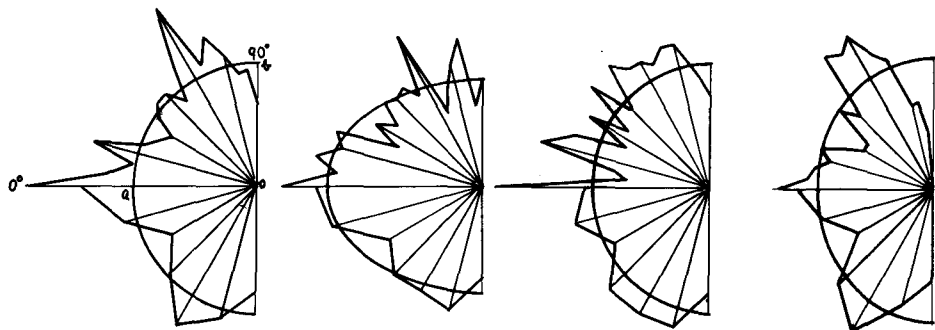


図-4 粒子の移動方向の頻度分布



a) 初期状態 $A_g = 0.002$ b) 5回目 $A_g = 0.192$ c) 10回目 $A_g = -0.018$ d) 30回目 $A_g = -0.055$

図-5 接触角の分布の変化