I―45 砂利層の振動沈下に関する一考察

山口大学　　最上幸夫

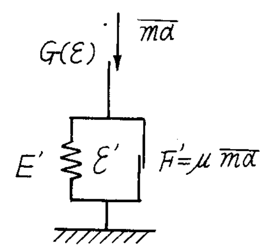
1. 緒言

砂利層が振動荷重をうけて生ずる永久沈下（振動沈下）は，振動によって粒間摩擦力が低下することが主因と考えられているが，振動沈下は加速度と密接な関連のあることが，ある程度実験的に明らかにされている。しかしながら，振動沈下の現象を理論的に解明した例はほとんど見当らないし，また問題がはなはだ複雑であって，厳密な理論的考察を行うことは困難であるから，著者は比較的簡単な仮定のもとに振動沈下の現象を解析することを試みた。すなわち振動沈下は振動時の振動体の加速力 $\overline{m\alpha}$（m＝振動体質量，α＝振動体の加速度）が繰り返して砂利層に作用するものと仮定し，繰り返しによる沈下の機構を用いることによって，かなりよく実際の沈下の傾向を説明しうることを明らかにした。

2. 振動沈下に関する一解析

振動沈下は振動時の振動体の加速力 $\overline{m\alpha}$ が下向きに繰り返して作用したときに生ずるものと仮定すれば，あたかも外力 $\overline{m\alpha}$ が繰り返して作用するときの繰り返し沈下として求められる。したがって図－1に示すような力学的モデルを仮定することにする。この場合普通の外力 $\overline{\sigma}$ の繰り返しとは異なるからモデルの E'，F' は静的繰り返しの E F とは異なるものであるが，いずれにしても，E'，F' は復元量に関係する項であるから，振動沈下（振動による永久沈下）には無関係となり，構造抵抗 $G(\varepsilon)$ のみが振動沈下に関係する。ここで $G(\varepsilon)$ としては，一般に次の形を仮定する。

図－1



$$G(\varepsilon)=A\frac{\varepsilon-\varepsilon_0}{B+\varepsilon_m-\varepsilon} \quad \text{----------} (1)$$

ここに，A，B は与えられた基礎の係数を表わす。式(1)に仮定した構造抵抗の意味について説明すると，繰り返しによって生ずる沈下 ε がある値 ε_m に達すると，それ以後の繰り返しでは，分母の項は B となり，構造抵抗は一定値に達し，ε は繰り返し回数に比例して直線的に増大していくことになる。すなわち m 回以後の繰り返しでは，ε は繰り返し回数に比例して直線的に増大する。したがって式(1)の関係をさらに書きかえると，ある繰り返し回数 m を境として，

$$\left.\begin{aligned} G_1(\varepsilon)&=A\frac{\varepsilon-\varepsilon_0}{B+\varepsilon_m-\varepsilon} \quad (\varepsilon_0\leqq\varepsilon<\varepsilon_m)\\ G_m(\varepsilon)&=A\frac{\varepsilon-\varepsilon_{m-1}}{B+\varepsilon_m-\varepsilon} \quad (\varepsilon_{m-1}\leqq\varepsilon\leqq\varepsilon_m)\end{aligned}\right\} \text{------}(2)$$

m 回以後では

$$\left.\begin{aligned} G_{m+1}(\varepsilon)&=\frac{A}{B}(\varepsilon-\varepsilon_m) \qquad \varepsilon_m\leqq\varepsilon\\ G_n(\varepsilon)&=\frac{A}{B}(\varepsilon-\varepsilon_{n-1}) \qquad \varepsilon_{n-1}\leqq\varepsilon\end{aligned}\right\} \text{------}(3)$$

しかして構造抵抗 $G_i(\varepsilon)$ は加速力 $\overline{m\alpha}$ と釣合うから，一般に

$$G_i(\varepsilon)=\overline{m\alpha} \text{ ---------- } (4)$$

以上の諸式を用いると，初期状態を基準にとり，$\varepsilon_0=0$ とおいて，m回の繰り返し過程までに生ずる沈下 ε_i は，

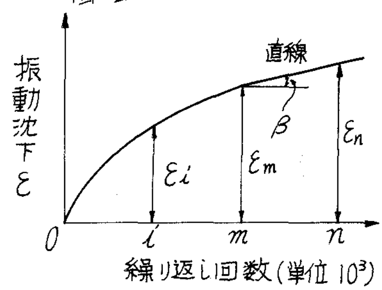
$$\varepsilon_i=(B+\varepsilon_m)\left\{1-\left(\frac{A}{\overline{m\alpha}+A}\right)^i\right\}\ (i\leqq m) \text{ -------- } (5)$$

m回以後の繰り返しによって生ずる沈下 ε_n は，

$$\varepsilon_n=(B+\varepsilon_m)\left\{1-\left(\frac{A}{\overline{m\alpha}+A}\right)^m\right\}+(n-m)\frac{B}{A}\overline{m\alpha}=\varepsilon_m+(n-m)\frac{B}{A}\overline{m\alpha}\quad(n\geqq m) \text{ ---- } (6)$$

式(5)，(6)の関係を図示すれば，一般に振動沈下 ε は，図-2によって示される。m回までの沈下では，砂利アは圧縮と流動の状態が共存し，m以後では，圧縮は完了し，単に流動による沈下のみが生ずるものと考えられる。実際道床の振動実験の結果[1]によれば，振動沈下曲線は，ほぼ図-2のような形を示している。流動による沈下曲線のこう配を実験結果から求めると，（図-2の $\tan\beta$）

図-2



$$B/A=\tan\beta/\overline{m\alpha}=S \text{ ------- } (7)$$

となるから，式(5)，(6)は，

$$\varepsilon_i=(AS+\varepsilon_m)\left\{1-\left(\frac{A}{\overline{m\alpha}+A}\right)^i\right\}\quad i\leqq m \text{ --------- } (8)$$

$$\varepsilon_n=(AS+\varepsilon_m)\left\{1-\left(\frac{A}{\overline{m\alpha}+A}\right)^i\right\}+(n-m)S\,\overline{m\alpha}\quad(n\geqq m) \text{ ------ } (9)$$

実験曲線により，式(8)の関係を用い，最小自乗法によって，$AS+\varepsilon_m$，Aの最確値を求められるから，これより ε_m を（したがって m も）決定することができる。式(7)によれば，

$$\tan\beta=\overline{m\alpha}\cdot S \text{ --------- } (10)$$

β の小さい範囲では，$\tan\beta\fallingdotseq\beta$ とおけるから，

$$\beta=\overline{m\alpha}\cdot S \text{ ----------- } (11)$$

式(11)は，流動こう配と振動加速度との関係を示すことになるが，実験結果によれば，$B/A=S$ の値は振動数をかえると，（したがって $\overline{m\alpha}$ の値をかえると）変化し，一定値とはならないから，β と α の関係はかなり複雑であり，必ずしも明確な関係とはいえないようである。これらの点については，さらに検討を要するものと考えられる。従来振動沈下について求められている実験式[2]

$$y=C_1-C_2e^{-\alpha x}+\beta x \text{ ------ } (12)$$

は著者の提案する式(9)によって，十分な精度で表わすことができ，式(12)は実験式であって振動要素がなんら考慮されていないが，式(9)では，振動要素として $\overline{m\alpha}$ なる量を考え，これと振動沈下との関係を明らかにした点において，かなり合理的であると考えられる。

参考文献，その他　1) 佐藤裕：繰返荷重による道床沈下の実験，鉄道技術研究報告，No 65，Apr. 1959.
2) 各種サブバラストの品質形状の研究報告書，日本保線協会，昭35.3.31.