

砂利層の振動沈下に関する研究*

— 主として軟弱路盤の場合 —

最 上 幸 夫

1. まえがき

振動荷重をうける砂利層の沈下機構を解明する必要性は、前の報文¹⁾に述べたが、本実験では主として路盤が軟弱な粘土層の場合を取扱った。今回えた沈下曲線も前回²⁾とほぼ同様の傾向を示したが、このような振動沈下につき、実験結果をもとにして、若干の考察を加え、砂利層の振動荷重による沈下に対する特性を数式的に表わす一方法を試み、その数式に含まれる係数につき検討を加えた。

2. 実験概要

本実験に用いた主な設備は前報文³⁾とほぼ同様で、加振機のみ新しく製作したものを用いた。その主要諸元は、総重量 4kg、底面積 10×17cm、1 輪（左右各 2 輪）に附帯する偏心重量 13.25gr、その回転半径 2.85cm である。偏心輪の回転には $\frac{1}{8}$ H.P. のシリーズモーターの回転を Flexible Shaft によって伝えた。今回は路盤の軟かさが沈下に及ぼす影響をみるのが目的であったから、使用砂利は 10mm 以下の碎石一種に限ったが、軟弱路盤としては、粉末自然乾燥状態の粘土に一定量の水を加え、充分練りませた粘土層を用いた。その含水率は 25.5%、23.2% および 20.4% の 3 種である。各回の実験で含水率に僅かの不同はあったが、一応その平均値で結果を代表せ

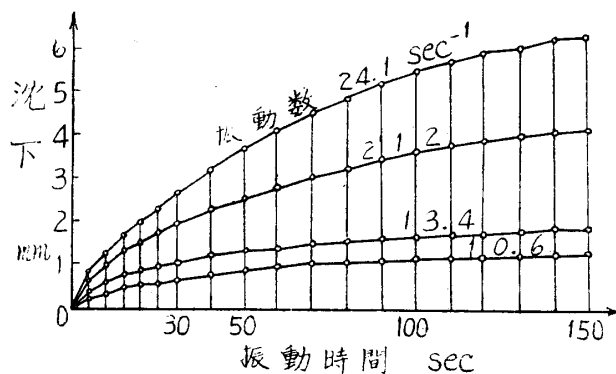
第 1 表 実験基礎種別

砂利層粗面 寸法	砂利厚さ	粘土層表面 寸法	含水粘土厚さ
15×30cm	5cm	27×43cm	5cm
同 上	10	38×53	含 水 率 A, B, C
20×40	5	32×52	
25×50	"	37×62	
15×30	"	27×43	10 含 水 率 A, B, C
20×40	"	32×52	
25×50	"	37×62	
20×40	10	42×62	

A : 25.5% B : 23.2% C : 20.4%

しめた。砂利層は前同様四辺自由（息角 $37^\circ \sim 42^\circ$ ）とし、表面積は加振機底面積と相似形に近い 1 : 2 の割合とした。実験に用いた砂利層基盤の種別は第 1 表のとおりである。

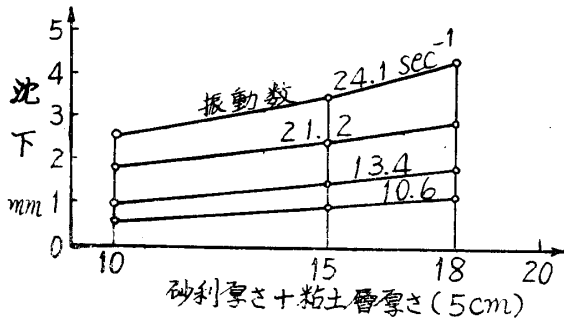
砂利層の沈下としては加振機底面重心部の沈下を測定し、加振後最初の 30 秒間は 5 秒ごと、それ以後は 10 秒ごとに加振を止めて沈下を測定した。同一砂利層の沈下としては、一応 5 回測定



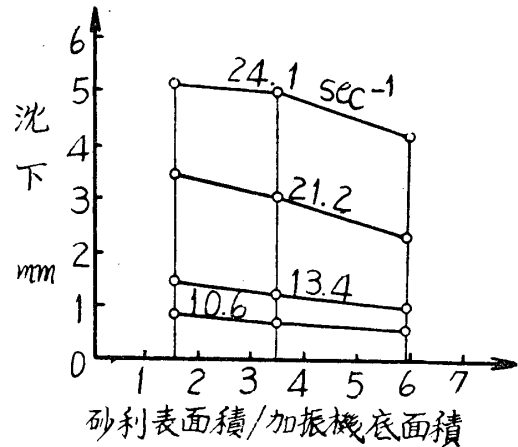
第 1 図 沈下と振動時間との関係 砂利層 15×30×5cm
粘土層 27×43×5cm, 含水率 25.5%(A)

* 本文は、日本國有鉄道部外委託研究報告書「道床及び路盤の動的強度の研究」日本保線協会編昭31年3月の研究報告の一部として提出したものを要約したものである。

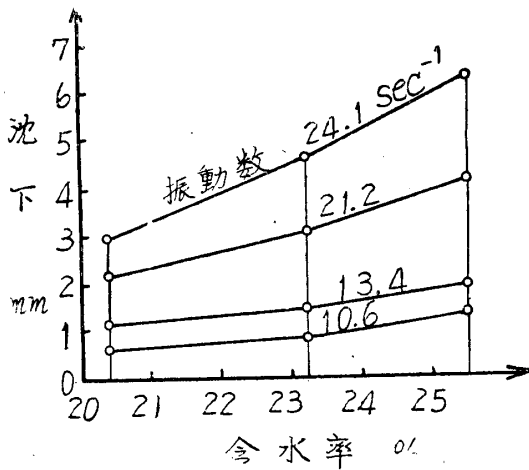
の平均値で表わした。かくしてえた実験結果の一例を示せば、第1～第6図のとおりである。



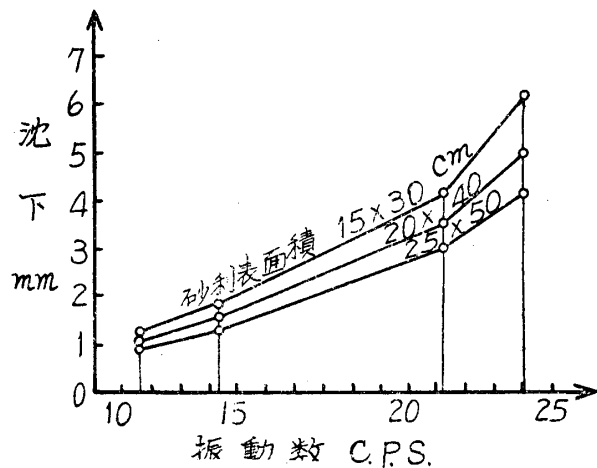
第2図 沈下と厚さとの関係 砂利層 20×40cm, 粘土層厚さ 5cm, 含水率 20.3% (C)



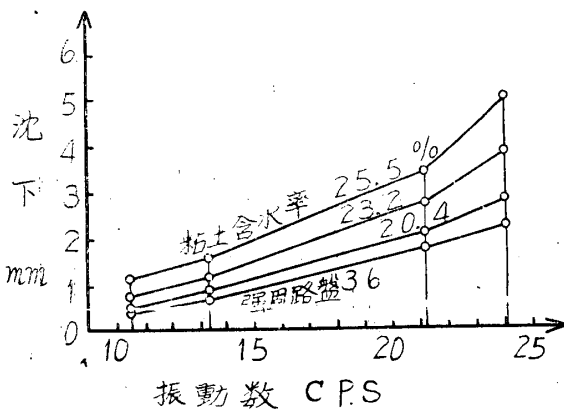
第3図 沈下と砂利表面積との関係 砂利, 粘土厚さ各 5cm, 含水率 23.2% (B)



第4図 沈下と含水率との関係 砂利, 粘土各厚さ 5cm, 砂利表面積 15×30



第5図 沈下と振動数との関係 砂利, 粘土各厚さ5cm, 含水率 25.5%



第6図 強固な路盤と軟弱路盤の沈下 砂利, 粘土各厚さ 5cm, 砂利表面積 20×40cm

3. 実験結果に対する考察

砂利層のような材料は工学的材料としてはきわめて複雑な性質を示すもので、完全弾性体ないし連続体などと性質が異なるので、沈下を純理論的な立場から説明することは困難のようである。とくに振動による沈下ではしかりである。振動沈下が主として砂利粒子の粒間摩擦力低下によって生ずることは、一応実験的に確かめられている。しかしこのような摩擦力低下に影響を与える諸因子としては、1. 強制力, 2. 振動振幅, 3. 加速度, 4. 振動数, 5. 加

振体自重, 6. 加振体底面形状寸法, 7. 砂利粒子の形状寸法, 8. 粒子の接触状態, 9. 路盤の種類性質などが考えられるから, 沈下を理論的に求めることは困難と思われる。したがってここでは, 実験結果をもとにして若干の考察を行って見る。本実験に用いた加振機では, 偏心重量を一定としているので強制力は回転数(振動数)の自乗に比例して増大するが, 実験を行った範囲では, 沈下はほぼ強制力に比例して増大する傾向が認められたので, (厳密な正比例の意味ではない。)一応この強制力 $P=mr\omega^2$, ただし, m =偏心質量, r =マスの回転半径, ω =振動数。と沈下 y との関連性をしらべることにした。つぎに第1図のごとき沈下曲線を見ると, ある時間 t_0 までは指数曲線, t_0 以後はほぼ直線形をとるようである。これは振動の初期においては, 砂利層は圧縮と流動の過程をとり, ある程度圧縮されると, それ以後は流動のみが行われるためであると解される。 t_0 を境界として沈下の状態が異なるので両者を区別し, t_0 以前の状態を振動沈下の過渡状態, t_0 以後を振動沈下の定常状態と名付け, 区別して取扱う。前述の強制力 P を Index として沈下曲線を検討すると,

過渡状態に対し,

$$y = \frac{a(P)}{\theta(P)} [1 - e^{-\theta(P)t}] \dots\dots\dots (1)$$

定常状態に対し,

$$y = b(P)t + y_0 \dots\dots\dots (2)$$

なる関係がえられる。ただし $a(P)$, $\theta(P)$, $b(P)$ は P のある函数。 y_0 は $t=t_0$ における沈下量。式(1), (2)を書き直せば, それぞれ次式をうる。

$$P = K(P)y + \eta(P)dy/dt \dots\dots\dots (3)$$

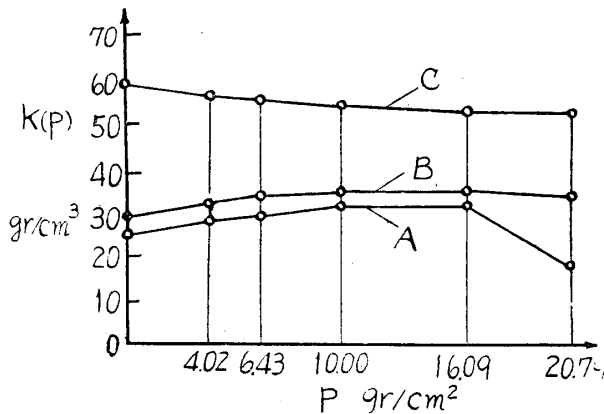
$$P = r(P)dy/dt \dots\dots\dots (4)$$

ただし,

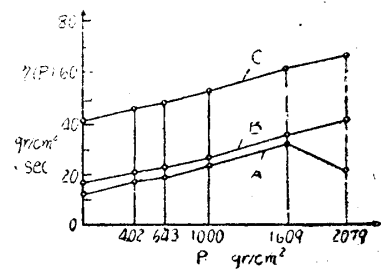
$$K(P) = P \cdot \theta(P) / a(P), \quad \eta(P) = P / a(P) \dots\dots\dots (5)$$

$$r(P) = P / b(P) \dots\dots\dots (6)$$

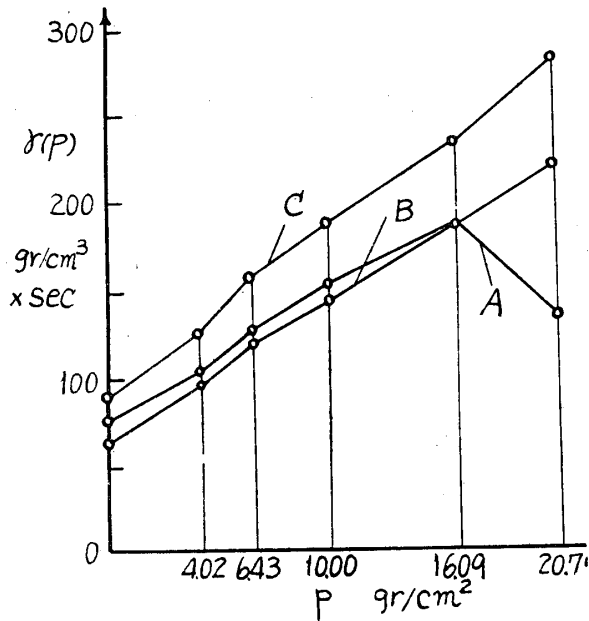
式(3), (4)を見れば, 式(3)は粘弾性体に静荷重が作用したときの関係式, 式(4)は粘性体に静荷重が作用したときの関係式に類似していることがわかる。ただしバネ常数, 粘性係数に相当するものが定数でなく, P の函数として表わされる。すでに述べたごとく, 振動沈下に影響を及ぼす因子は複雑であるから, $a(P)$, $\theta(P)$, $r(P)$ も一般には P のスムーズな連続函数



第7図 $K(P)$ と P との関係



第8図 $\eta(P)$ と P との関係



第9図 $\gamma(P)$ と P との関係

として求められないが、そのときは、それぞれの P 値に対応する a, θ, b の値を用い、 $K(P), \eta(P), r(P)$ を P に対して図示しうる。本実験の場合につき、 $K(P), \eta(P), r(P)$ を求めた一例を第7, 8, 9 図に示す。

これらの図について簡単な説明を加えると、一般に $K(P)$ は大きい程、基礎は安定。 $\eta(P)$ は小さい程早く定常状態に達し、圧縮効果が著しい。また $r(P)$ は大きい程流動による沈下は小さく、流動に対して安定な基礎といえる。三つの基礎A (含水率 25.4%), B (23.2%), C (20.4%) につき比較してみると、第7図でAは初め K 値を少しずつ増すが、 $P=16.09\text{gr/cm}^2$ あたりから減少し始め、不安定な降伏状態に移

向することがわかる。Bでは若干増大し、Cでは減少の傾向が見られるが、実験範囲では大した変化はないようである。第8図で $\eta(P)$ は、 $A > B > C$ の順でAが一番着きが良い。つぎに $r(P)$ は第9図で $A > B > C$ でCが一番安定していることがわかる。

4. むすび

今回行った実験ならびにこれに対して行った若干の考察の結果を要約すると、およそ次のとおりである。

(1) 一定の振動荷重をうけたときの沈下曲線は、強固路盤の場合⁵⁾とほぼ同様に、振動初期は指数曲線、ある時間経過後は直線的増加の傾向を示した。軟弱路盤の場合も砂利層の厚さを無暗に大きくすると、かえって沈下を増大させる結果となり、むしろある程度の厚さとし、表面積を適当に増加させた方が効果的と思われる。このことは同時に水平振動力が作用した場合一層有利ではないかと考えられる。

(2) 路盤が軟弱化した場合は、その含水率増加とともに沈下も増大するが、その関係は直線的でなく、含水率がある値に達すると、沈下も急激に増大する傾向が推定される。

(3) 振動力によって生ずる砂利層の沈下は、きわめて複雑で、沈下に影響する因子としては、1. 加振力、2. 振幅、3. 加速度、4. 振動数、5. 加振機の底面形状寸法、6. 砂利層ならびに砂利粒子の形状寸法、7. 砂利粒子の接触状態、8. 跡盤の種類性質などが考えられる。したがって沈下の理論的解析法を見出すことは困難であって、実験的事実を根拠としてある近似的な関係式を見出しうるにすぎない。本実験では、加振力 P を Index として沈下 y と P の間にはほぼ次式の関係が成立つことがわかった。

$$P = K(P)y + \eta(P) \frac{dy}{dt} \quad \dots\dots\dots \text{過渡状態}$$

$$P = r(P) \frac{dy}{dt} \quad \dots\dots\dots \text{定常状態}$$

これら $K(P), \eta(P), r(P)$ の変化をしらべると、ある程度その砂利基礎の状態を判定しうる。また一方他の実験⁶⁾によれば、沈下と振動の加速度との間にきわめて密接な関係があるこ

とが見出されている。したがって前記 P の代りに加速度を Index として沈下 δ との関係をしらべ、諸係数をきめるのも一つの方法と考えられる。

以上が今回えられた主な結論であるが、上述のごとく振動沈下に影響をおよぼす諸因子は複雑多岐にわたるので、これらの因子の一つずつについて今後さらに研究を進める必要がある。終りにのぞみ終始御指導と御支援をいただいた京大教授村山朔郎博士に深謝の意を表わす次第である。

参 考 文 献

- 1) 村山朔郎, 最上幸夫: “砂利層の振動沈下に関する一実験 一路盤強固の場合” 土木学会誌第39巻第6号 PP 26~29
- 2) 同上 1) の文献
- 3) 村山, 最上: “砂利層の振動性状について” 土木学会誌第38巻第6号 PP 237~240
- 4) 佐藤 裕: “石質物体の摩擦に与える振動の効果” 土木学会誌第39巻第6号 PP 20~25 または日本保線協会編 “路盤の動的強度に関する研究” 昭30年3月
- 5) 同上 1) の文献
- 6) 同上 4) の文献