

# 砂利層の振動沈下に関する一実験

— 路盤強固な場合 —

正員 工学博士 村 山 朔 郎\*  
正員 最 上 幸 夫\*\*

## AN EXPERIMENT ON THE DEPRESSION OF GRAVEL LAYERS UNDER THE VIBRATING LOAD

— When The Roadbed Is Inflexible —

Dr. Eng., Sakurō Murayama, C.E. Member, Sachio Mogami, C.E. Member

**Synopsis** This paper is a report of the laboratory model tests on the depression of gravel layers which are not fully settled when the vibrating load acts on them.

**要旨** 突き固めが十分行われていない初期の砂利層が振動荷重の作用をうけて生ずる沈下状態につき路盤が強固な場合の室内におけるモデル実験を行つた結果を報告したものである。

### 1. ま え が き

各種構造物基礎として広く用いられる砂利層の振動荷重に対する特性を明らかにすることはきわめて重要な問題である。さきに著者らは砂利層の振動荷重に対する動的強度について実験を行つたが、鉄道の道床などでは実際問題として線路保守の立場からは沈下の問題もまた重要である。振動荷重による砂利層沈下の機構についてはまだ十分解明されたとはいえない。そこで著者らはその機構解明の第一段階として室内のモデル実験を行つた。実験は目下統行中であるが、とりあえずその一部として砂利層基礎が岩盤のように堅固な場合の実験結果について述べる。

### 2. 実験要領

本実験に用いたおもな設備はまえに発表した報文<sup>1)</sup>に記したものをそのまま用いた。前回の実験では砂利粒径の影響はあまり明らかではなかつたので、今回砂利粒径を 10 mm 以下と 10~20 mm の 2 種とし、沈下に対して安定性の大きい砕石砂利のみを試料として用いた。

また砂利層についてはその下部に路盤として厚さ 10 cm の赤土層をコンクリート床面上に敷き十分乾燥せしめ、きわめて含水量の低い固結状態のものを用いた。したがつてこの路盤は小さい加振機の振動に対しては岩盤と同様の性質を示し、その上に直接加振機をおき振動を与えて沈下量を測定したが、本実験に用いた光学的挺子ではほとんど沈下が認められなかつた。

\* 京都大学教授，工学部土木教室

\*\* 山口大学助教授，工学部土木教室

つぎに砂利層は四辺自由の自然状態とし（自由斜面の安息角は大体 37~38°），表面積，厚さなどを種々変化せしめた。なお加振機の重量がごく小さいので砂利層はあらかじめ全然突き固めを行わないこととした。本実験に用いた砂利層の種類は表-1 のとおりである。

表-1

砂利粒径 10mm以下	
砂利層厚さ	砂利層表面積
5 cm	14 x 16 cm
	20 x 24
	30 x 36
10	14 x 16
	20 x 24
	30 x 36
15	14 x 16
	20 x 24
	30 x 36

砂利粒径 10~20mm の場合も同様に区分す。

これらの砂利層上加振機をのせ一定の振動（上下動）を与え一定の時間ごとにその沈下量を測定した。本研究は鉄道道床，道路路床，工場の振動機械基礎，

波圧作用をうける防波堤基礎のほか地震動をうける一般構造物基礎としての砂利層などきわめてその応用範囲は広いが、ここでは主として鉄道道床の研究を対象としているので、一走行列車が道床に振動を与える時間は大体 2 分以内程度であるから本実験では加振機の作用時間を 120 sec とし、その途中の沈下進行状況をみるため最初の 30 sec 間は 5 sec ごと、それ以後は 10 sec ごとに加振を停止して沈下を測定した。発振停止の際には多少振動数が乱されるのをまぬかれなかつたが、各実験ともほとんど同一状態となるようにつとめたから定性的な実験比較にはほぼ支障ないものと思われる。なお同一状態の砂利層については 4~5 回の測定を行い、かなり信頼度は落ちるが一応その平均値をもつてその砂利層の沈下量を代表せしめた。ただし各回の実験中、特にはなほだしい相異を生じた場合はさらに数回同じ実験を繰り返した。このような実験によつて敷設初期の道床が列車荷重によつて生ずる沈下状態がある程度推定されるのではないかと思われる。砂利層の沈下量は加振機底面重心部によつて測定した。またある深さの点に

おける沈下については特殊の光凝子を工夫して二、三の砂利層につき測定したが、これを正確に測定するためには測定装置についてさらに検討の余地がある。なお加振機は本実験の途中から故障を生じ修理を行つたが、初めの状態と調子が違うので実験結果については修理後のものについて記載し、共振点附近の振動による沈下現象については修理前行つた実験にもとづいて

結論の項において少しくふれておいた。また比較参考のため静荷重による沈下も同時に測定した。

以下これらの測定結果について述べる。

3. 実験結果とその考察

前述の要領によつて行つた実験結果の一例を图示すると、図-1~11 のとおりである。

図-1 全沈下と振動時間との関係

(砂利厚 5 cm, 粒径 10~20 mm, 表面積 14×16 cm)

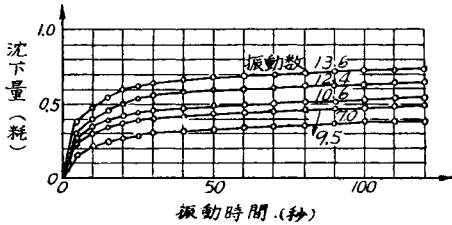


図-2 全沈下と振動時間との関係

(砂利厚 10 cm, 粒径 10~20 mm, 表面積 14×16 cm)

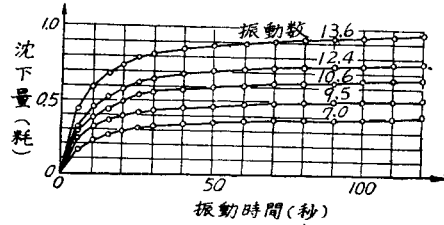


図-3 全沈下と振動数との関係

(砂利粒径 10~20 mm)

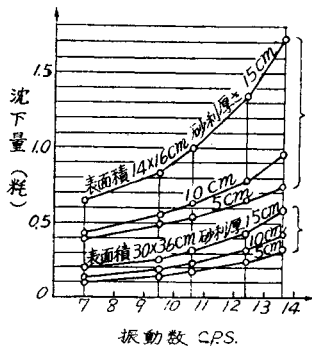


図-4 全沈下と振動数との関係

(砂利粒径 10~20 mm, 表面積 20×24 cm)

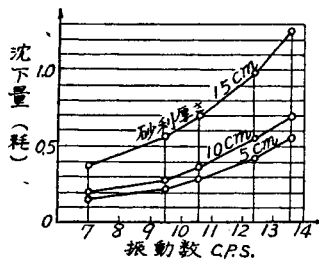


図-5 全沈下と砂利厚さとの関係

(粒径 10~20 mm, 表面積 14×16 cm)

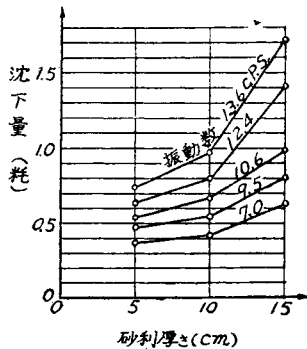


図-6 全沈下と砂利厚さとの関係

(粒径 10~20 mm, 表面積 30×36 cm)

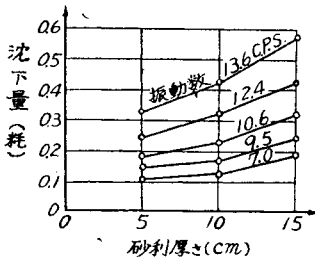


図-7 全沈下と砂利表面積との関係

(砂利厚 5 cm, 粒径 10~20 mm)

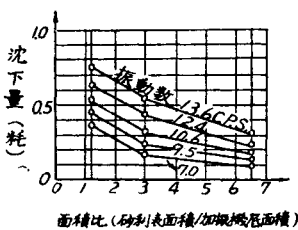
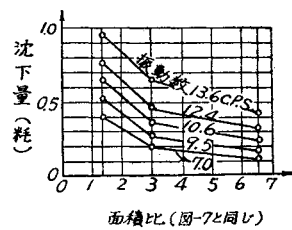


図-8 全沈下と砂利表面積との関係

(砂利厚 10 cm, 粒径 10~20 mm)



これらの結果について若干の説明と考察を加える。図-1 および 図-2 によれば、突き固め不十分な砂利層では振動が加えられた瞬間の数秒間において全沈下の大部分が完了し、それ以後は振動数に関係なくほぼ同一の直線的増加割合で沈下が行進する傾向が認めら

れる。ただし振動初期に生ずる大きい沈下は振動数, したがって強制力が大きいほどいちじるしいことがわかる。それゆえ 120 sec 後の全沈下は振動数によつて相当の相違を生ずる。その関係を 図-3 および 図-4 に示した。ただしこの図に示した振動数は強制力の振動

図-9 静荷重一沈下曲線  
(砂利粒径 10~20 mm)

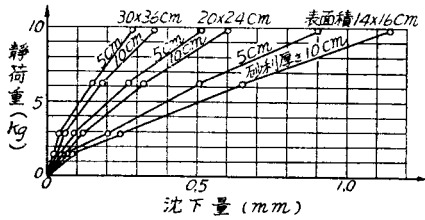


図-10 静荷重一沈下曲線  
(砂利粒径 10~20 mm)

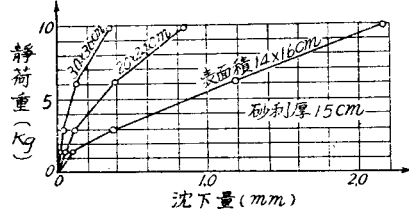
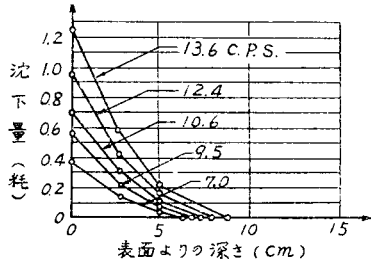


図-11 加振機底面重心位置における全沈下の深さ方向における分布の測定例  
(表面積 20×24 cm, 砂利厚 15 cm, 粒径10~20 mm)



数であつて加振機底面の振動数は一部測定したところでは振動数の大きいこまかい波が認められたが、測定装置が不完全なためはつきり求められなかつたので省略した。つきに図-5、図-6によつて全沈下(120 sec後の沈下)と砂利層厚さとの関係を見ると、砂利層の厚さが大なるほど全沈下量も増大する。したがつて線路保守などの立場からいへば、本実験結果によるとすれば、砂利層下部の路盤が十分堅固な場合は砂利層の厚さをあまり大きくすることはかえつて沈下量を増大せしめ得策とはいへないことになる。しかし軌道のごとく同時に横方向の外力が作用する場合は、砂利の厚さをあまり薄くすると横移動に対する抵抗力を減少するため、砂利粒子は側方流動を生じやすく砂利層は次第に拡散する傾向によつて沈下はますます促進することになると考えられるから、このような場合には最も適当した厚さの限界が存在するように思われる。垂直水平面方向の外力が同時に作用した場合については今後の検討にまたねばならない。結局垂直方向外力のみの場合路盤強固な砂利層ではなるべく薄くした方が有利なことになる。さらに全沈下と砂利層表面積との関係を図-7,8によつてみると、表面積を増大すれば全沈下は減少するから表面積を大きくした方が砂利層の安定度を増すことになる。しかし実験結果によると、これにも一定の限度があるようであり、それ以上いくら表面積を増しても沈下は減少しなくなる。本実験にお

いては一定の加振機(偏心重量=37.43g,底面積=117×140 mm, 自重=3.107 kg)を用い、振動数=13.6 cps, 一定時間(120 sec)作用せしめた場合全沈下がminとなるために最も経済的と考えられる砂利層の形状寸法は実験結果を検討した結果、粒径10 mm以下、10~20 mm いずれの場合も30×36×5 cmとなつた、図-9,10には参考資料として静荷重一沈下曲線の例を示した。この図によると振動荷重が上述の状態の場合、砂利表面積が14×16 cmのとき同一の沈下を生ずる静荷重は砂利厚5~15 cmに対し大体8.1~8.4 kgとなる。もちろんこのような相当静荷重(振動荷重によつて生ずる沈下と同一の沈下を生ずる静荷重を仮称する)の値は偏心重力の大小そのほかの条件によつてかなり変化することが予想される。いずれにしても砂利の場合も振動によつて相当大きい影響をうけることがわかる。最後に加振機底面重心位置における深さ方向の全沈下の分布状態について二、三の場合につき測定を行つたが、その一例を図-11に示した。この図によると、表面附近の沈下量に対し深さ5 cmの箇所沈下量は約18%程度に激減し、深さ10 cmの箇所ではほとんど沈下が認められない程度であつた。この測定例によれば、沈下の影響する範囲は割合に小さいことになる。しかしこれは本実験に用いた加振機の荷重強度がきわめて小さいためとも解され、また測定に用いた光挺子の精度にも疑問があるのでさらに今後検討しなければならない。

4. むすび

紙数の関係で実験の詳細を省いたので説明不十分となつたことは遺憾であるが、本研究の結果えた結論を要約するとおおよそ次のとおりである。

1) 強固な路盤上にある突き固め不十分な砂利層では振動荷重が作用した場合、初期の短時間において全沈下の大部分が完了し、それ以後の時間的経過ではほぼ直線的増加の傾向を示し、その増加率は振動数(ただし共振振動数附近を除く)にはあまり関係なく比較的小さい。しかし実際にはある瞬間には全然沈下が進

行せず、またある瞬間に割合大きい沈下が生ずるといつた不規則性も認められた。

2) 強固な路盤上の砂利層では上下振動のみの場合には厚さはむしろ小とし、撒布面積をある程度増大した方が沈下に対して安定な砂利基礎がえられる。そのかわり砂利層または路盤に生ずる圧力は当然大きくなるが、線路保守の立場からは移動沈下の小さいことが望ましいわけである。

3) 砂利粒径の影響は静荷重試験ではあまり差異が認められなかつたが、振動荷重では粒径の大きい方が一般に一層の安定性を示し全沈下が小さい傾向が認められた。しかし沈下に対しては砂利層の空隙率や砂利粒子相互の配列状態などが大きい要素と考えられ、沈下の機構に対しては今後さらに詳細な実験的検討を要すると思われる。

4) 加振機修理前行つた一部の測定によれば、振動荷重が共振現象を生ずる状態では全沈下はきわめていちじるしくかつ不規則性を示し、ほとんど停止する

ところがない。これははなはだしい砂利粒子の側方流動などのためと解され、砂利層の破壊とよぶべきものであろう。実際問題としてはこのような共振動数を確かめることも重要と考えられる。

以上が今回行つた定性的実験の結果であるが、砂利層のごとく一粒ごとに粒子の形状大きさなどの異なるものが集積された場合は、相当注意を払つても各回の実験結果に相当大きな相違を生じ、変動の巾が大きいので沈下の機構を究明するためには今後さらに多数実験を繰り返す必要があり、解析的方法はその後に検討すべき問題のように思われる。路盤が軟弱化した場合についてはさらに実験を進める予定である。終りにのぞみ本実験に終始協力された山口大学工学部学生熊野拓、河野宏両君に深謝の意を表する次第である。

参考文献その他

- 1) 村山朔郎・最上幸夫：“砂利層の振動性状について”，土木学会誌 38 巻 6 号 pp. 237~240

(昭.29.2.17)

## コンクリート壁体中に薬液注入を行い、トンネル覆工からの漏水どめを行つた施工例

正員 工学博士 丸 安 隆 和\*  
正員 黒 崎 達 二\*\*

### SEEPAGE-STOP BY CHEMICAL INJECTION INTO THE CONCRETE WALL

(JSCE June 1954)

*Dr. Eng., Takakazu Maruyasu, C. E. Member, Tatsuji Kurosaki, C. E. Member*

**Synopsis** Considerable amount of water have seepaged out through the concrete lining wall of the subway recently constructed. For the purpose of checking this seepage, the injection of chemicals was attempted. This procedure of injection is the new method which was proposed by authors and Sodium Silicate and Sodium Aluminate are used as chemicals.

The lining made from reinforced concrete and shielded by two waterproofing layers of asphalt and gunite. It appeared that these proofing layers were damaged during construction.

Several injection holes were drilled 20 cm deep, and pipes were bedded and calked around them by concrete. Chemicals were injected through each pipe.

The result of injection is a remarkable success and seepage was completely sealed. In this work, we consider, it can be sufficiently emphasized that the chemicals were injected into the concrete wall of lining without breaking the waterproofing layers and accelarating the seepage, and thus the complete checking could attained.

**要旨** トンネルからの漏水をとめる方法として、従来から覆工の裏面にセメント注入を行う方法は広く利用されていたが、著者等は、コンクリート壁中に薬液注入を行つて、覆工からの漏水をとめることに成功し

た。本文はその概略を報告するものである。

#### 1. ま え が き

従来よりトンネルから漏水がある場合には、これをとめるために裏込めの中にセメント注入を行つて、漏水どめを行う方法が広く用いられてきた。しかし、漏水の量が非常に多かつたり、激しい場合には、セメン

\* 東京大学教授，生産技術研究所

\*\* 電力中央研究所