

横浜市 正員 青木 治
 長岡技術科学大学 正員 池田 俊雄
 同上 正員 小川 正二

1 まえがき

鉄道路盤には、軌道の健全な機能を害する噴泥問題がある。噴泥とは、降雨水や地下水および練返し荷重によて軟化した路盤土が道床の間隙中を上昇し、列車通過の際に道床表面に噴出する現象およびその物質をいう。噴泥が発生すると道床狂いが生じ、多大な保守労力を必要とし、著しい噴泥箇所では激しい列車動搖をきたし、高速運転の確保と困難な状態になってしまい。現在までの噴泥に関する報文は、物理的性質・計算工法についての研究が多く、噴泥発生機構についての報告は非常に少ない。特に、土の動力学的挙動と噴泥との関係についての研究は全くなされていないといえる。筆者らは、飽和粘性土の振動三軸試験・動荷重をうける鉄道路盤の模型実験を行い、土の動的性質と噴泥との関係について検討したので、その結果をここに報告する。

2 実験方法

実験に用いた試料土の物理的性質は、 $W_L = 20.2\%$ 、 $W_s = 44.1\%$ 、 $G_s = 2.85$ で粘土に分類される。振動三軸試験では、この試料を高さ 125mm、直径 50mm の円筒形供試体に作成し、非排水試験で側圧を一定とし、軸差応力比・載荷振動数を変化させた実験を行った。また鉄道路盤の模型実験では、図-1 に示すように、路床として川砂を厚さ 10cm に播種め、その上に路盤材として上記の試料を厚さ 20cm に圧密し、さらに厚さ 10cm の道床を設け、1 本のレールと 2 本のまくらぎを設置し、起振機により練り返し載荷を行なった。振動三軸試験に用いた供試体の R 係数は $R = 0.98$ であり、模型路盤の飽和度 $S_f = 98\%$ でほぼ飽和状態にあるといえる。

3 実験結果と考察

飽和粘性土に練返し荷重が作用すると、動態時、間隙水圧は、載荷回数とともに増加する(図-2)。輪ひずみ振幅 ϵ_a をパラメータとして最大間隙水圧と軸差応力比との関係を示しており、図-3 は ϵ_a をパラメータとして最大間隙水圧と載荷振動数との関係を示したものである。これらの図から小川らの述べているように、練返し載荷時に発生する間隙水圧は、輪差応力レベル・載荷振動数には無関係で輪ひずみ振幅に一義的に依存すると考えられる。

図-4 は模型実験の結果であり、水位が道床より 5cm 高く載荷振動数 1Hz、練返し荷重 10.8 kN(まくらぎ底面では、108 kPa)の条件で模型路盤に練返し載荷を行った時のレール加速度振幅、

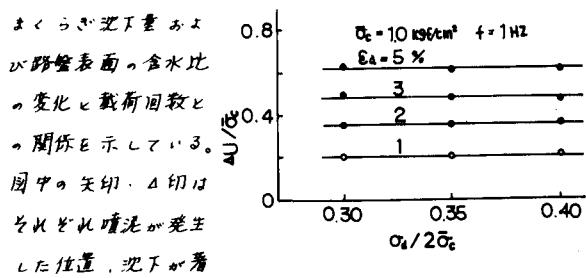
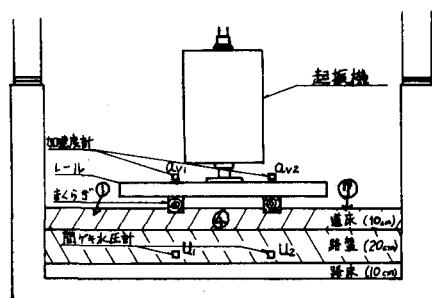
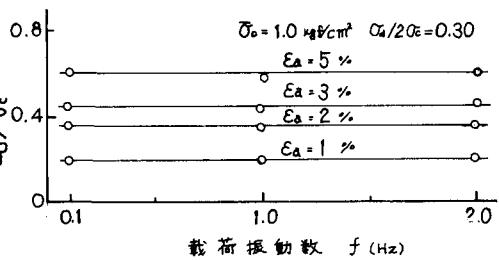
図-2 $\delta U / \delta c - \epsilon_a / 2G_c$ 関係

図-1 噴泥発生模型地盤の概要

図-3 $\delta U / \delta c$ と載荷振動数の関係

トを補充し軌道整正した位置を示している。また添字1, 2は、まくらぎの番号を示している。また図-4(a)より載荷開始から加重度振幅が急激に増加して著しい沈下を生じることがわかる。これは図-3から推定されるように、路盤の間隙水圧が上昇したために、土の有効応力が減少し、せん断強度が低下して軌道が沈下したものと考えられる。また図-4(c)より繰返し載荷中に道床の含水比が載荷回数とともに漸増し、繰返し載荷によって路盤表面の土が次第に軟化していくことがわかる。また飽和状態の土の含水比が高くほどと間隙比が増加することになりますので、一定の繰返し荷重が作用する場合、ひずみはさらに増大する。

図-5は、練りし薪荷役の道床パラストのめり込み状態を示したものである。このパラストめり込み領域(ballast pocket)と路盤の境界面の土は、練り返し荷重によって練り返されると、粘性土が練り返されると転圧や堆積時に形成された土粒子の構造が破壊されてせん断強度が減少する。また練り返された土の含水比が高い場合には土は容易に流動化すると考えられる。

図-6は、埴泥土の粒径加積曲線を示したものであり、これと路盤上の粒度分布を比較すると明らかに埴泥土の方が細粒分が多く含んでいることがわかる。この結果は、東海道貨物線における現地調査結果⁽²⁾と一致する。路盤土は埴泥土の細粒分のみが液体状を呈して道床表面に見える。

4.まとめ

路盤の地下水位が上昇している状態で列車荷重が作用すると、土中の間隙水圧が上昇してせん断抵抗は減少する。そのため列車荷重に対する路盤の支持力が低下し、バラストが路盤にめり込むために、軌道は沈下する。またバラストのめり込みにより ballast pocket が形成され、ここにさらに降雨水や列車荷重によって下方から排水された水が滞留し土の軟化を促進する。さらに含水比の高い状態で粘土路盤が複数回載荷によって繰り返されると転圧や推進時に形成された土粒子の構造が破壊され、粗粒分が分離して泥ねい化する。この状態で列車荷重が作用すると、まくらぎの上下動によるダンピング作用により、泥ねい化した土が道床表面に噴出するといえど。

5. 参考文献

- 1) 小川、山口 "繰返し応力を受ける飽和粘土中の間ゲキ水压" 第10回 土質工学研究発表会, pp. 337 ~ 340, 1975

2) 伊能、大井、野口 "鉄道路盤噴泥の現地調査分析", 第16回土質工学研究発表会, pp. 1613 ~ 1616, 1981

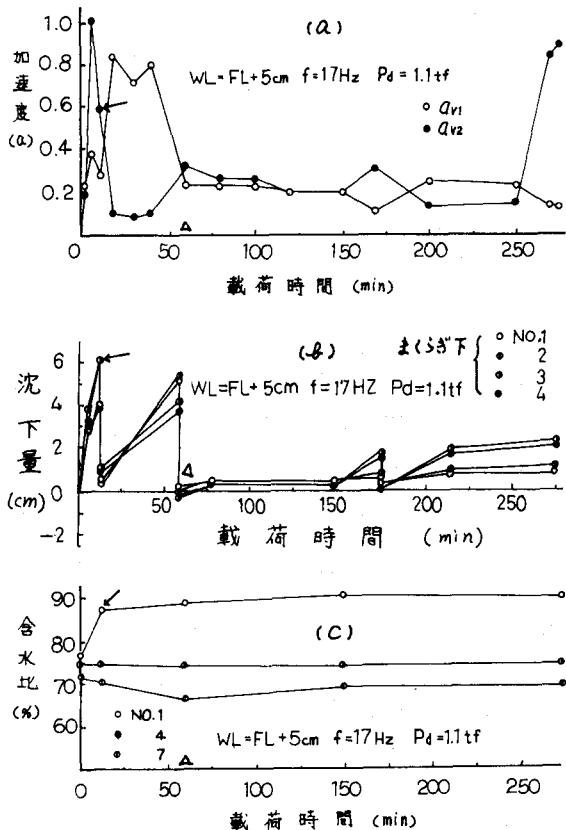


圖-4 模型實驗之結果

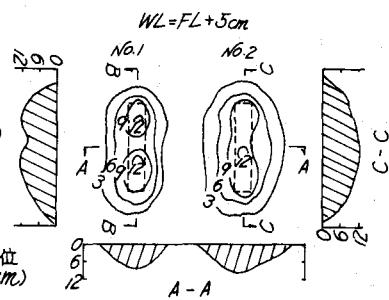


図-5 バラスト脱れり込み方法

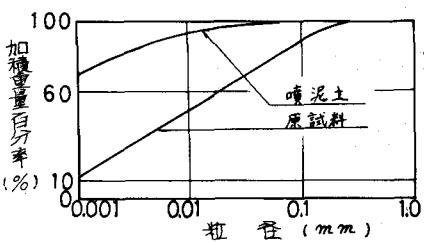


圖-6 粒徑加積曲線