

金沢工業大学大学院 学生員 ○ 山田幹雄
金沢工業大学 正会員 小野一良

まえがき 鉄道線路における噴泥発生過程を検討するために、物理的性質から見て噴泥の発生が予測された粘土を使用して、種々の条件のもとに静荷重または繰り返し荷重を加えて道床砂利の圧入過程を測定し、その成果について数回の発表を行なった^{1), 2), 3)}。本稿においては、その後の測定において得られた道床面沈下の進行と繰り返し回数、または粘土層の含水比との関連を報告し、砂利の圧入に関する理論的考察を加える。

実験方法および結果 実験試料としては、石川県辰口産および羽咋産粘土を用いた。それぞれの物理的性質を表-1に示した。実験に当たっては直径50cm、高さ40cmの円筒容器の中に、ある含水比となるように練り混ぜた粘土を20cmの高さに詰め、その上に碎石を20cmの厚さに置いた。そのときの砂利層の間げき率は43%になっていた。この上から最初に3tまたは5tの静荷重を加え、続いて0.6~3tまたは0.6~5tの繰り返し荷重を加えた。円筒容器の底部に配置した土圧計によれば、このときの粘土層中

	Tatunokuti clay	Hakui clay
Specific gravity	2.68	2.66
Dry density	1.13g/cm ³	1.01g/cm ³
Void ratio	1.3~1.4	1.6~1.7
Uniformity coefficient	20.0	19.6
Liquid limit	53%	75%
Plastic limit	36%	42%
Coefficient of permeability	4.76×10^{-7} cm/s	4.49×10^{-7} cm/s

表-1 試料の物理的性質

の圧力は荷重3tの場合には $0.8 \sim 1.1 \text{ kg/cm}^2$ 、5tの場合には $1.4 \sim 1.7 \text{ kg/cm}^2$ であった。この点について、実際の鉄道線路において列車が通過する際に生じる路盤圧の大きさを知るために、国鉄七尾線免田駅付近の直線区間に数個の土圧計を埋設し、圧力の変動を測定した。それぞれの土圧計は、レール中間部におけるまくらぎ下19cmの位置に埋め込み、その上に砂層を置き路盤土および道床砂利を埋めもどした。道床砂利はユニットタイタンパを用いて十分つき固めた。図-1にキハ58(軸重9.8t)、およびキハ28(軸重8.5t)のディーゼル動車通過時の記録の1例を示した。図によれば、路盤の受ける圧力の変動は1つの車輪で1個の荷重と見るより、1台車を1個の荷重と見た方が適切であることが示される。測定データを検討した結果、レール中間部における路盤圧は $0.7 \sim 1.2 \text{ kg/cm}^2$ の範囲であり、室内実験で3tの荷重を加えた場合にほぼ一致する。

図-2は種々の含水比の辰口産粘土に3tの静荷重を60分間加えたあとに、0.6~3tの繰り返し荷重を8Hzで120 000回から1 000 000回加えたときの道床面沈下の進行を示す。図より、含水比が増すにつれて沈下の進行が大きくなることが認められる。また、繰り返し回数が比較的小さい間は、繰り返し回

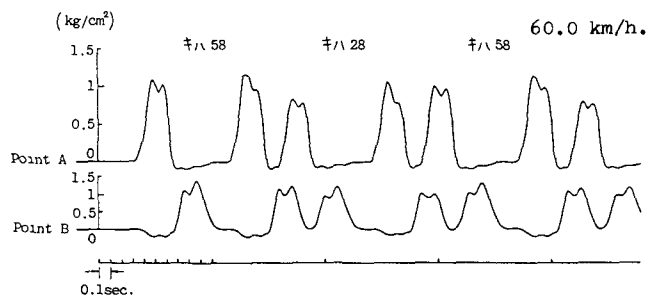


図-1 列車通過時における路盤圧の記録

数の対数と沈下量との間には直線的な関係が認められるが、回数が増すにつれて沈下はしだいに上向きの曲線となって進行する。羽咋産粘土の実験においても同様の結果が得られた。

一般に繰り返し荷重によって生じる沈下量 S は、道床砂利の圧入量 γ と粘土層の圧縮または圧密度 C よりなるが、砂利層の間げき率を n とし、粘土が砂利層中を上昇した高さを r とすれば、つぎの関係が成り立つ。

$$\gamma = n \cdot r \quad \text{-----}(1) \quad , \quad S = \gamma + C \quad \text{-----}(2)$$

繰り返し載荷終了後、粘土層に圧入された碎石を掘り出して r の概略値を測り、 $n=0.43$ として上式により γ を求めた結果 S とほぼ一致した。したがって、繰り返し荷重を加えたときに道床面が沈下する要因としては、道床砂利の粘土層への圧入ということになる。繰り返し載荷に移行して約10分後からの沈下の進行に関して実験結果を整理したところ、以下に示すように繰り返し回数 N のべき関数で近似できることが判明した。べき関数の指数と含水比との関連については、最小2乗法を用いて定めた。

辰口産粘土 荷重変動の範囲：0.6～3 t

$$S = 1.35(N/F)^{1.0} w^{-0.23} \quad \text{ただし, } 0.39 < w < 0.51 \quad \text{-----}(3)$$

羽咋産粘土 荷重変動の範囲：0.6～3 t

$$S = 2.07(N/F)^{1.0} w^{-0.39} \quad \text{ただし, } 0.49 < w < 0.62 \quad \text{-----}(4)$$

羽咋産粘土 荷重変動の範囲：0.6～5 t

$$S = 2.87(N/F)^{2.1} w^{-0.97} \quad \text{ただし, } 0.52 < w < 0.62 \quad \text{-----}(5)$$

上式中 N は繰り返し回数、 F は振動数、 w は含水比を表わす。したがって、 N/F は経過時間となる。

砂利の圧入に関する理論的考察 砂利層の間げき率を n とし、道床砂利の圧入量を γ とするとき、粘土は砂利層中を γ/n だけ上昇することを上に述べた。道床砂利と粘土との接触部の面積は γ/n に比例して増加すると考えられるので、これを $b\gamma/n$ とおく。同一の荷重に対しては、接触部の単位面積に作用するせん断力では γ に反比例すると考えられる。

$$\tau = kP/(b\gamma/n) \quad k: \text{定数, } P: \text{荷重} \quad \text{---}(6)$$

1回の荷重変動において、道床砂利が圧入される量 $\Delta\gamma$ は τ の入乗に比例すると仮定する。入の値は一般に1より大きい数になると推定される。したがって、

$$\Delta\gamma = Q(kP)^\lambda (b\gamma/n)^{-\lambda} \quad a: \text{定数} \quad \text{---}(7)$$

γ は $\Delta\gamma$ の累計であり、また荷重の繰り返し回数を N として、 $N=0$ のとき $\gamma=0$ になる

$$\text{とすれば, } \gamma = \left(\frac{k n P}{b}\right)^{\frac{\lambda}{\lambda+1}} \{(\lambda+1) a N\}^{\frac{1}{\lambda+1}} \quad \text{-----}(8)$$

$\lambda=3\sim6$ とおけば、 γ は N の0.25～0.14乗に比例して増加し、また P の0.75～0.86乗に比例して増加することになり、式(3)～(5)をほぼ説明できる。

参考文献 1) 小野・山田：鉄道線路の噴泥に関する研究，第35回年次学術講演会，Ⅲ-71，1980。2) 小野・山田：鉄道線路の噴泥に関する研究(第2報)，中部支部発表会，Ⅳ-1，1981。3) 山田・小野：鉄道線路の噴泥に関する研究(第3報)，第36回年次学術講演会，Ⅲ-36，1981。

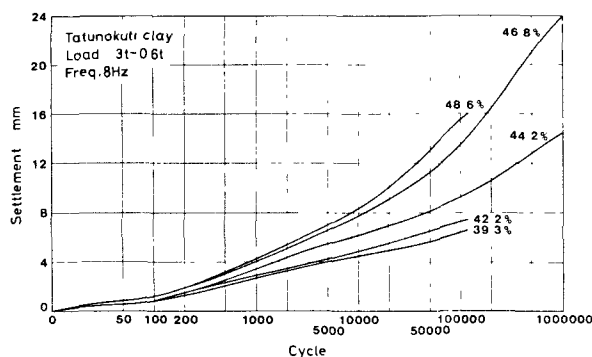


図-2 繰り返し荷重による道床面沈下