

III-58 各種路盤の繰返し載荷試験

日本国有鉄道 鉄道技術研究所 正会員 須長 誠
同 施設局 正会員 伊能 忠敏
同 鉄道技術研究所 正会員 伊東 孝之

1. まえがき

路盤は、軌道を十分強固に支持するとともに軌道に対して適当な弾性を与え、かつ路床の軟弱化を防止し、また路床の耐圧強度以下に荷重を分散伝達する機能を必要とする。ここでは鉄道における強化路盤、砂置換路盤などに対する沈下特性試験について述べる。

2. 試験概要

(1) 試験装置：試験装置は実物軌道の載荷が可能であり、静的最大荷重 $30\frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$ 、動的最大荷重 $25\frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$ 、動的最大周波数 40Hz の性能をもち長時間連続運転ができる。路盤は強化路盤としてA、B路盤、砂置換路盤としてC路盤、普通路盤として荒木田土を用いたD路盤と4種の路盤を構築した。図-1には試験装置略図を、表-1には使用材の諸元、表-2には路盤の締固め程度を示す。この各路盤上に道床バラスト、6本のPCマクラギ、50Nレールの軌道構造を敷設した。また載荷は両レールにそれぞれ同じ荷重が載荷されるようになっている。

(2) 載荷条件および測定：試験は最初静的に $0.8\frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$ と載荷と除荷を繰返し計2回行い、それぞれのレール面、路盤の沈下、路盤圧力を測定した。一方、動的繰返し載荷試験は静的載荷試験後に一定の周波数(11Hz)で繰返し、荷重は正弦波で $45\pm 3.5\frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$ に設定し、200万回まで行った。なお200万回の繰返しは通トン換算で1級線の1~1.5年に相当する。レール面沈下は固定梁を用い、一方、路盤の沈下は層別沈下計を用い、それぞれダイヤルゲージで測定した。また路盤圧力は電磁オシログラフに記録させた。なお繰返し載荷試験での測定は途中所定の繰返し回数において試験装置を止め、($4.5\frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$ 載荷時および荷重除荷時)沈下、圧力を測定した。

3. 試験結果

(1) 静的試験結果：一例としてA路盤における載荷点直下のレール面(左右レール面沈下の平均値)沈下と荷重の関係を図-2に、路盤表面の沈下と荷重の関係を図-3に示し、その時の路盤表面圧力と荷重の関係を図-4に示す。その他の路盤の沈下量は表-3に示す。結果は各路盤とも、荷重と沈下量、荷重と路盤面圧力ともに1次比例することが判明した。

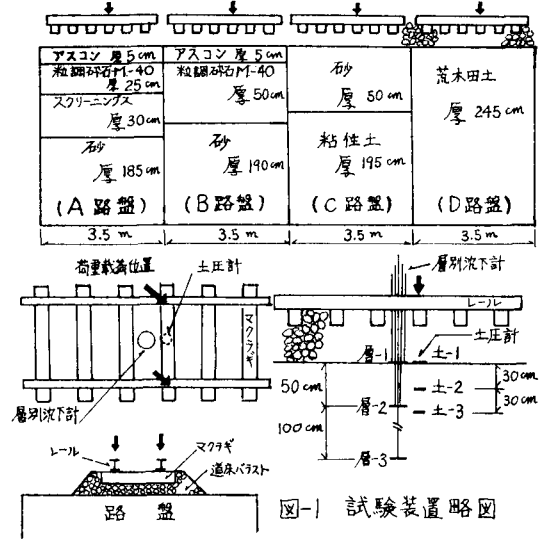


表-1 使用材料諸元

表-2 締固め程度

諸元 材料	比重	最大粒径 mm	最大含水率 %	最大乾燥 密度 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$	土質記号	アスコン密度 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$
粒調砕石	2.612	40	5.1	2.218	Gr-W	A 2.519
スクリーンパス	2.590	2.5	12.5	1.872	S-F	B 2.614
石砂	2.710	2.0	11.4	1.834	S-M	A 26.0
粘性土	2.717	2.0	16.1	1.761	CL	B 26.2
荒木田土	2.738	2.0	16.8	1.777	CL	C 16.4
						D 1.1

表-3 路盤別静的1回目載荷の沈下量

沈下量(mm)	路盤	A	B	C	D
8トン載荷時レール面沈下量		1.77	3.34	3.15	5.35
載荷除荷時レール面沈下量		0.44	0.76	0.62	2.70
8トン載荷時路盤面沈下量		0.88	0.62	1.15	2.27
載荷除荷時路盤面沈下量		0.37	0.33	0.47	1.59

表-4 バネ係数

項目	路盤	A	B	C	D
静的軌道バネ支持係数 $\frac{\text{tonf}}{\text{cm}}$		55	45	33	32
路盤バネ係数 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^3}$		25.5	14.8	6.7	3.4

沈下量はD路盤がレール面沈下、路盤面沈下とも一番大きくA,B強化路盤は少ない。軌道のバネという考え方で、最終載荷荷重を最終レール沈下量で割った値を静的軌道バネ支持係数とすれば表-4の値になる。ただし実際の測定値にはバラツキがあるため2回目の載荷試験の値から回帰直線式を求め、その直線の傾きを静的軌道バネ支持係数とする。また路盤のバネという考え方より、路盤表面の圧力を路盤面沈下量で割ったものを路盤バネ係数とすれば、同じく表-4の値となる。

(2) 動的試験結果：各路盤の繰返し回数とレール面沈下、路盤面沈下の関係を図-5に示す。また一例としてA路盤の層別路盤沈下と繰返し回数、層別路盤圧力と繰返し回数との関係を図-6,7に示す。図-5によれば、A,B両路盤の沈下はレール面、路盤面ともに小さくC路盤は大きい。その値は最終沈下量の200万回で比較すると、A,B強化路盤の路盤面沈下よりもC路盤で3.9~5.4倍と大きく、D路盤では1.7~2.4倍となっている。次に図-6,7より層別の沈下と層別の圧力は繰返し回数とともに層別沈下が大きくなるのに反して層別圧力は小さくなっていく。この関係は他の路盤でも同様な傾向が見られた。これは繰返し回数が増すにつれて、載荷点直下のマクラギ下面と道床バラストとの間に空隙ができることにより荷重の支持が載荷点直下のマクラギから他のマクラギへ移行していくため、載荷点直下の路盤圧力が減ると考えられる。また図-6より強化路盤においては層-3以下の路床部に与える動荷重の影響は少ないということがわかる。

4. 考察

(1) 静的軌道バネ支持係数は一般有道床軌道の値が20~30 tonf/cm であり、これからいけばA,B路盤とも硬めであり、C,D路盤は一般的であると言えよう。

(2) 繰返し載荷試験においてC路盤が、静的試験に比べて一番沈下しており、これは均等係数1.95の粒径のそろった砂を使用したため、動的繰返しとともに支持力が低下し沈下が大きくなったと思われる。

(3) D路盤は平板載荷 $K_{30}=1.1 \text{ kgf/cm}^2$ と低い値にもかかわらず路盤面沈下が少ないのは繰返し回数が增大するに従い、路盤表面に道床バラストがくい込み、レール面沈下すなわち絶対沈下量は大きくなるが、その反面路盤面沈下は少なくなるためと考えられる。なお絶対沈下量は道床バラスト部の沈下量と路盤部の沈下量との和であらわす。また当研究所の研究によれば、荒木田土は路盤噴泥を生じやすい土のため、路盤材としてはあまり適してはいないとされている。

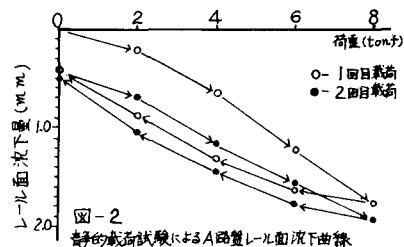


図-2 静的載荷試験によるA路盤レール面沈下曲線

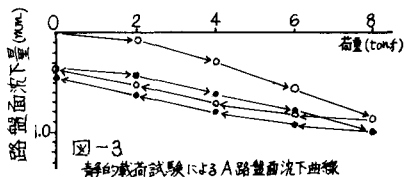


図-3 静的載荷試験によるA路盤面沈下曲線

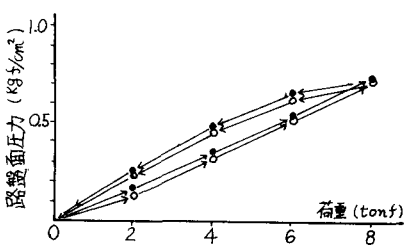


図-4 静的載荷試験によるA路盤面圧力曲線

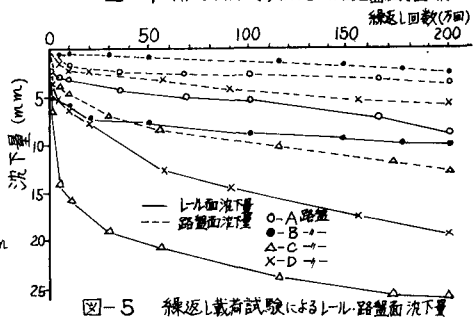


図-5 繰返し載荷試験によるレール路盤面沈下量

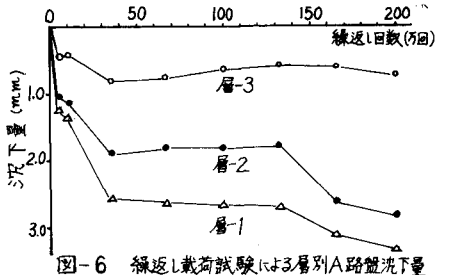


図-6 繰返し載荷試験による層別A路盤沈下量

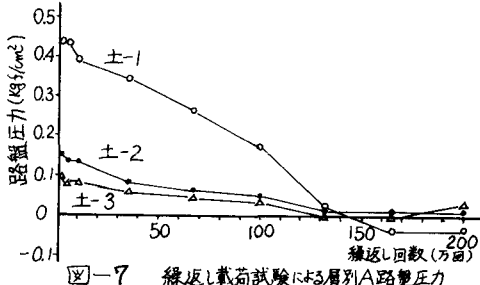


図-7 繰返し載荷試験による層別A路盤圧力