

模型道床における碎石粒度分布の実験的研究

岐阜高専 ○渡部 卓郎
岐阜高専 鎌田 相互

1. はじめに

列車荷重をレール・まくら木を介して支えている道床・路盤は、軌道の性質を支配する大きな要素であり、その力学的性質は、軌道に破壊を生ぜさせる振動や沈下の性状を左右するものといわれる。したがって軌道の動的現象を論ずるに当たっては、道床・路盤の強度や硬さなどの力学的性質を知って、これらを道床・路盤の振動加速度値や振動数と結びつけて、動的な傾向を知ることが軌道力学研究の一手法として有効であろう。本研究では上記の観点から、まず問題を道床における碎石の振動性状を知ることにより、縮小模型軌道によって振動沈下実験を行なって検討するとともに、これらより道床碎石の適正な粒度組成を知るための資料を求めようとした。

2. 室内模型実験の概要

(a) 供試碎石 主として道床碎石の集合体としての性質を表現するに有効と判断されるものを選び、原寸の $1/4$ 寸法の粒度別6種であって、それらの明細は表-1 に掲げたとおりである。

(b) 実験項目と実験方法 室内に $1/4$ 縮小寸法の模型軌道をつくり、これに表-1 の6種の碎石を供して、小型起振器による碎石表面の振動沈下進み実験を実施した。すなわち道床碎石の粒度が碎石全体としての動的支持機構に及ぼす影響を把握することに重点をおいて、室内で模型実験を行なう方針をとった。この場合、碎石の動的支持機構に関する相似条件は不詳であるので、一応幾何学的相似条件のみに着目して、原寸碎石の $1/4$ 縮小のものを供試することにした。この縮小碎石としては表-1 に掲げた岐阜県養老産の硬砂岩で、その形状はインペラ・クラッシャ方式による比較的立体的と思われるものである。

模型軌道は図-1 に示したように実験室内のコンクリート床の上に、厚さ 10 mm のゴム板2枚を敷いてこれを路盤とみなし、その上に供試碎石を敷いて、図-1 内に示した寸法 ($60 \times 60 \times 500\text{ mm}$) を有する木まくら木2本を置いて一体とし、その上に小型起振器を設置した。ここで沈下進み実験に使用した小型起振器は不平衡重錘型で、自重 5.2 kg 、

表-1 供試碎石の種別一覧

産地名	サイズ	粒度区分	粒径(mm)	呼称	数
岐阜県 養老 (大硬砂岩)	実寸法 の $1/4$	単一粒度	5~10	S5~10	3
			10~15	S10~15	
			15~20	S15~20	
硬砂岩		混合粒度	5~15	M5~15	3
			10~20	M10~20	
			5~20	M5~20	

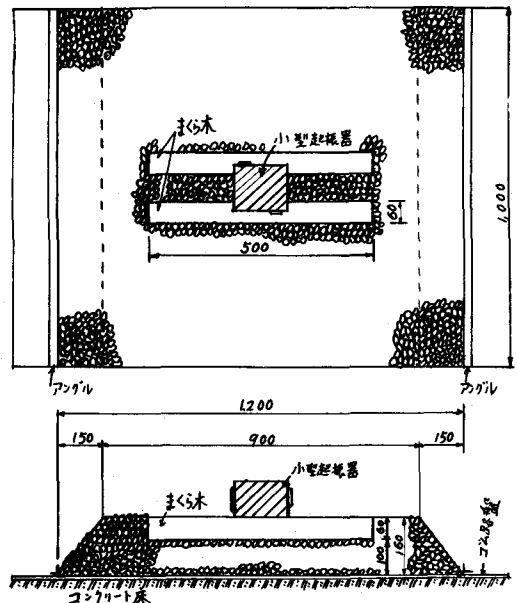


図-1 縮小模型軌道 (単位: mm)

1/4 馬力のモーター駆動で、フレキシブル・シャフト伝達方式をとっている。また加振時に 2 本 1 組のまくら木が浮き上がらないように付加重量 (50 kg) を付けた。

3. 沈下進み実験の結果

振動数 1,800 r. p. m. (30 C. p. s., $T = 3.33 \times 10^{-2}$ sec, このときの加振力は小型起振器の加振力曲線より 30 kg) で連続的に振動を与え、一定時間ごとに起振器の回転を止め、2 本のまくら木の両端における 4 点の沈下量を測定し、その平均値をもって道床面の沈下量とした。このような繰返数 x と沈下量 y との関係については、佐藤裕氏 による次の実験式が提示されていることはよく知られている。

$$y = \gamma(1 - e^{-\alpha x}) + \beta x$$

ここに、 α , β , γ は実験により決まる定数。周知のとおり上式右辺の第 1 項は、バラスト粒子の間隙が密に詰まる過程を示し、また第 2 項は、バラストが側面に移動する過程を表わしている。上式で当然 γ は小、 α は大、 β は小なることが望ましいことはいうまでもない。

実験結果よりほぼ上記の実験式で表わされる傾向にあることがわかったので、これらの各実験曲線から α , β , γ を求めて一括したのが表-2 である。

いま碎石の密に詰まる過程を表わす係数 α の大なる順位 (詰まり過程から望ましい順位)、また流動過程を表わす係数 β の小なる順位 (流動過程から望ましい順位)、さらに道床の突き固め度合を表わす係数 γ の小なる順位 (突き固め度合の上から望ましい順位) は、それぞれ表-3 に示すとおりである。

現地に敷設された実験道において実験式の第 1 項に当たる初期的な沈下は、列車の通過トン数にもよるが 1 級線程度では 2 週間前後で終了するといわれる。かかることより実際には係数 β が最重要と考えられるので、表-3 より M10-20 なる粒度がある程度適当に分布して

いるものが動的な支持上、良好であろうことがわかる。すなわち粒径を 4 倍して、40 ~ 80 mm 程度のものが流動沈下が小さかろうということになる。なお初期における x - y 曲線の変化が急激であるのでこれを $\log x$ - y 曲線に書き換え、これより圧密度 100 % なる点に相当する値を $\chi(100)$ として表-3 に示した。この値は小さい方が碎石が速く最大密度に近づき、道床の安定上好ましいことはいうまでもない。

表-2 振動沈下実験結果

バラスト種類	No.	実験式の係数値			$\chi(100)$ ($x=1000$ 時)
		α (1/分回)	β (mm/1000回)	γ (mm)	
S5-10	1	2.2	0.40	1.18	1.44
	2	3.0	0.56	0.22	2.88
	平均	2.6	0.48	0.70	2.16
S10-15	1	2.0	0.46	0.17	3.24
	2	3.0	0.24	0.26	5.40
	平均	2.5	0.35	0.22	4.32
S15-20	1	3.0	0.25	1.22	6.03
	2	3.1	0.13	1.09	9.40
	3	3.7	0.35	0.24	4.68
	4	4.8	0.34	0.16	5.76
	5	2.0	0.42	0.85	3.51
	6	3.1	0.40	0.31	7.65
	平均	3.3	0.32	0.65	6.17
M5-15	1	1.7	0.36	0.44	3.78
	2	2.8	0.36	0.17	4.32
	3	2.5	0.30	0.27	2.07
	4	2.6	0.35	0.41	3.42
	平均	2.4	0.34	0.32	3.40
M5-20	1	3.8	0.39	0.42	2.05
	2	2.0	0.38	0.57	1.42
	平均	2.9	0.39	0.50	1.74
M10-20	1	6.0	0.25	0.20	2.88
	2	4.6	0.08	1.06	1.98
	3	2.6	0.27	0.18	2.38
	平均	4.4	0.20	0.48	2.42

表-3 各係数値および $\chi(100)$ の粒度別順位

項目 順位	α	β	γ	$\chi(100)$
1	M10-20	M10-20	S10-15	M5-20
2	S15-20	S15-20	M5-15	S5-10
3	M5-20	M5-15	M10-20	M10-20
4	S5-10	S10-15	M5-20	M5-15
5	S10-15	M5-20	S15-20	S10-15
6	M5-15	S5-10	S5-10	S15-20