

国鉄・鉄道技術研究所 正員 佐藤吉彦

11. まえがき 地震時における軌道の安定の程度は、振動時における道床横抵抗力の特性を調べることによって明らかにされる。そこで、マクラギ2本の実物軌道を大型振動台(電源開発KK所有)に載せて加振し、その時の道床横抵抗力と地震時加速度と比較することにより軌道の安定の程度を調べた。

12. 試験設備 試験設備の全体を示したのが右の写真で、大型振動台の上に、高さ72cm、巾2m、長さ3.5mの鉄筋コンクリート製の実験槽を据付け、この中にマクラギ2本の実物軌道を敷設した。軌道は、これを横引きしたときに各マクラギが別々に変位することがないように支柱棒と斜材を使って一体化し、マクラギ間でレールに連結棒を取付けて横引きした。横引装置は、受梁を介して実験槽

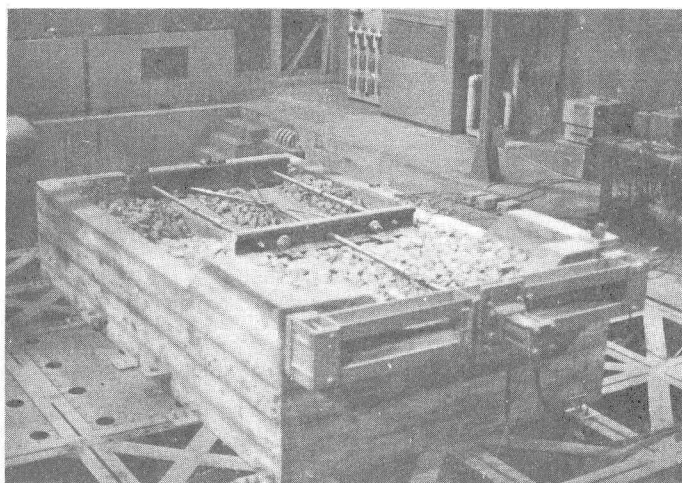


写真 試験設備

に取付けたシリンダーヒ、油圧装置からなっている。横引きは連結棒の途中に入れた張力計により測定し、横引きにより生じた軌道の変位は、連結棒と反対側のマクラギ端部の変位により測定した。加振方向は上下、左右、前後の3方向である。

13. 試験結果 測定記録として得られるのは、横引きすなわち道床横抵抗力と両マクラギの変位のほか、上下、左右、前後の加速度で、これらが記録紙上に同時に記録される。この記録において静的の場合と異なっているのは、横引きに振動成分が入ることである。ここですべて重要なのは、横引きに伴って徐々に増大し、ほぼ一定値に達したのちの道床横抵抗力の最終強度なので、この値を、その振動上限値と振動成分の全振巾について検討した。加振は5~30cpsの範囲で5cps毎に行なった。加振加速度は5cpsの場合は0.2gだけであるが、その他では0.6gまでとなった。

この道床横抵抗力の最終強度を、20cpsの場合について加振加速度に対して図示したのが図1で、短い横棒が振動上限値を、

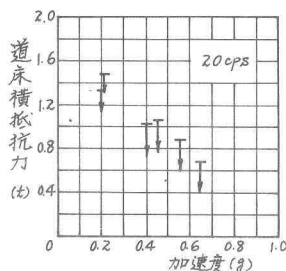


図1 道床横抵抗力の特性

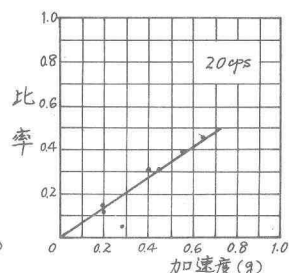


図2 振動成分(全振巾)の振動上限値に対する比率

下向きの矢印が全振巾を示している。この図から、振動上限値は振動加速度とともに減る様子を見ることができる。一方、振動数については、振動数に応じて或る程度この減る程度が強まるということが知られた。つぎに振動成分の特性を明らかにするため、振巾の振動上限値に対する比率と加振加速度に対して図示したのが図2で、この比率は加速度とともに増大する。しかし、振動数の影響はほとんど受けない。

以上のような事実から、振動時の道床横抵抗力は振動上限値から振動成分の1/2を差引いた平均的道床横抵抗力によって表わされるものとするれば、

$$F_{ij} = \bar{F}_{ij} - \frac{1}{2} \Delta F_{ij}$$

$$= D_{ij} \cdot F_{sj} \text{ ----- (1)}$$

表1 道床横抵抗力の特性を表わす係数値

	a_{ij}			b_{ij}			C_{ij}		
	左右	上下	前後	左右	上下	前後	左右	上下	前後
新幹線	0	0.6	0.4	0.02	0.01	0.02	0.8	0.7	0.3
在来線	0	0.6	0.4	0.02	0.01	0.02	1.2	1.0	0.4

ただし、 $\Delta F_{ij} = C_{ij} \alpha \cdot \bar{F}_{ij} \text{ ----- (2)}$, $D_{ij} = (1 - a_{ij} \alpha - b_{ij} \alpha f) (1 - \frac{1}{2} C_{ij} \alpha) \text{ ----- (3)}$,

F —道床横抵抗力(t), $\bar{F}$ —道床横抵抗力振動上限値(t), ΔF —振動成分(t), D —道床横抵抗力の減係数, F_s —静的道床横抵抗力(t), α —加速度係数(1/g), b —振動数効果係数(t/kgcps), C —振動比率係数(1/g), α —加振加速度(g), f —振動数(cps), i —加振方向を区別する添字, j —軌道構造を区別する添字

と表わされることになる。この式に用いられる係数 a_{ij} , b_{ij} , C_{ij} を示したのが表1である。

4. 地震時道床抵抗力 地震時に問題となる加速度としては、列車規制を行なうための加速度と、耐震設計のために用いる加速度がある。これを示したのが表2である。ただし、在来線は松代地震の際に用いた値を示している。この加速度値を用いて(1)式を計算すれば、地震時道床横抵抗力が求められる訳であるが、上下方向の加速度は震源直上以外では小さく、設計震度でも水平の1/2にとるので、まず水平加速度に対するものを求める。水平加速度に対して(1)式を小さくするのは、表1から前後方向であることがわかる。この前後方向について(3)式の減係数を求めるために、この式の f に、大部分の地震においてその加速度スペクトルの主成分が0~20cpsに入っていることを考え、15cpsを代入して、具体的に表2の地震時加速度に対する道床横抵抗力を計算したのが表3である。

表2 地震時加速度

	列車規制		設計震度	
	I	II	標準	最高
新幹線	40 gal = 0.04 g		0.2 g	
在来線	80 gal = 0.08 g	150 gal = 0.15 g	0.2 g	0.3 g

表3 道床横抵抗力の減係数

	列車規制		設計震度	
	I	II	標準	最高
新幹線	0.966		0.834	
在来線	0.929	0.868	0.826	0.743

5. 結 論 表3から次のような結論が導かれる。すなわち、道床横抵抗力は新幹線の40 galの規制では静的状態の96.6%を保って居り、線路構造物の設計震度でもなお83%を保持している。在来線のPCマフラギを用いた1.2級線の軌道は、松代地震における80 galでも静的状態の93%の道床横抵抗力を保持し、150 galでも87%を保持している。標準設計震度0.2に対しては、静的状態の83%、軟弱地盤で重要構造物を設計する際の最高震度0.3に対しても74%の値を保っている。