

コンクリート道床軌道の振動について

金沢大学工学部 正会員 ○小野 一良

伊藤 義男

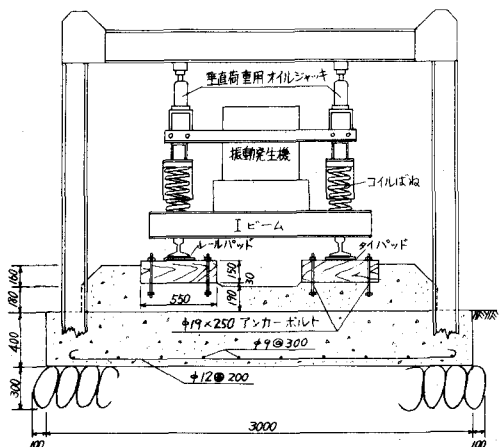
従来建設された多くの長大なる鉄道トンネルにはコンクリート道床が施工された場合が多く、今後とも益々多くの鉄道トンネルにコンクリート道床が施工され、場合によってはトンネル外の線路にもコンクリート道床が適用される場合があると考えられる。この理由としてはコンクリート道床においては道床の沈下することがなく、したがって道床つき固め作業は不要となり、その他の軌道保守作業も砕石道床に比べて軽減されるからである。しかるに砕石道床に比べてコンクリート道床は軌道の弾性が少く、コンクリート道床においてレールにしばしば波状磨耗が発生するのはこれが原因とされている。また木の短枕木を埋込んだコンクリート道床においてはしばしば枕木とコンクリート道床との間の縁が切れて枕木に浮きを生じ、特にタイプレートと枕木との間に軌道パッドが挿入されていない場合にはタイプレートが枕木表面を磨減する場合があり、これもコンクリート道床軌道における衝撃の大きいことが原因であるとされている。

最近建設されたコンクリート道床においては一般にレールとタイプレートの間およびタイプレートと枕木との間に軌道パッドが挿入されているが、これは列車通過時にレールからコンクリート道床に伝達される衝撃を吸収し、または緩和するためである。従来軌道パッドの弾性ならびに耐久性に關しては詳細に研究されているが、軌道パッドをコンクリート道床軌道の一構成材料として用いた場合にはこの軌道が振動ならびに衝撃に対してどのような性質を持つかと云うことに関して研究されたものは比較的少ない。今回はこの問題を解明するために工学部構内にコンクリート道床を有する試験軌道を敷設し、この軌道に種々の大きさまたは周波数の振動力を加えて試験軌道に生ずる応答を測定した。さらにコンクリート道床軌道の振動に関する理論式を誘導して測定結果に比較し、これらの結果を併せて軌道パッドの効果を論ずることとした。

軌道パッドにはレールとタイプレートの間に挿入するものおよびタイプレートと枕木の間に挿入するものの2種があり、正式の名称としてはレール下敷およびタイプレート下敷と云うらしいが、ここではレールパッドおよびタイパッドと呼んで区別することとする。

試験軌道の構造を図-1、2に示す。レールパッド、タイパッドについては種々の材質および厚さのものに交換して試験をなしたが、今回はレールパッド、タイパッドともに2種5mmの場合の試験結果について述べる。レールパッド、タイパッドおよび枕木を別々に圧縮試験をした結果およ

図-1 試験軌道断面図



びレール、レールパッド、
タイプレート、タイパッ
ド、枕木を重ねてはねク
リップおよびねぢ釘で十
分に締め付けた後に圧縮
試験をした結果とを図-
3に示した。この図で見
られるごとく全部を重ね
合せた場合のたわみは一
つずつのたわみの合計よ
りはるかに少ない。

試験軌道の上に振動発

生機を載せて種々の回転数で振動発生機を迴
転したときに試験軌道の中央点においてコン
クリート道床に生ずる振動速度を図-4に示
した。ここに $V=6t, 4t, 2t$ とあるの
は試験軌道片側レールに加えた垂直荷重の大
きさであり、 $\alpha=10^\circ, 20^\circ$ とあるのは振動
発生機の偏心荷重の偏心角である。 $\alpha=20^\circ$
において1800 r.p.m. のときに生ずる振動力
は1840 kg であり、これは振動発生機の自
重に相当する。この図によれば1350 r.p.m.
において試験軌道は共振点に達することが認
められる。

振動発生機の回転数を一定に保ったまま振動発生機か
らの距離と道床に生ずる振動速度との関係を測定した結
果を図-5に示した。この図に示すごとく振動発生機か
ら遠ざかるにしたがって道床の振動速度がいくらか増加
することが認められる。同様にして振動発生機の回転数を
一定に保ったまま加速度計を使ってレールと道床の振
動を比較した結果を図-6に示した。枕木および道床の
振動は軌道の中央点より軌道の端に至るほど大きくなる
ことはさきに述べた場合と同様であるが、レールに生ず
る振動は振動発生機の下で最大となり、これより離れた
ところでは枕木および道床の振動に一致する。特に垂直
荷重の小さいときにレールの振動が大きくなっている。

図-2 試験軌道平面図

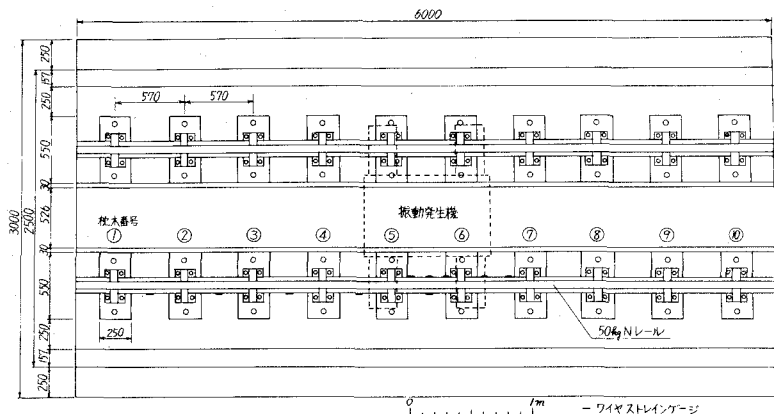


図-3 レールパッド、タイプレートおよび枕木の圧縮試験

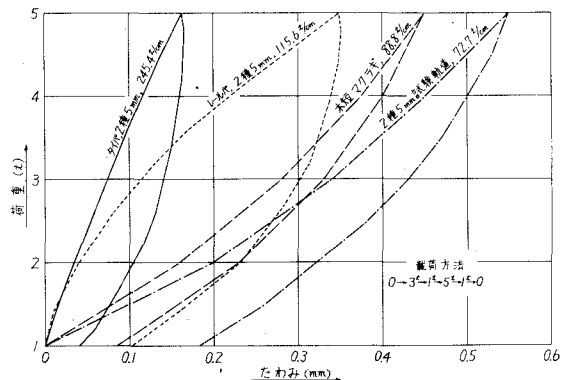


図-4 振動発生機の回転数とコンクリート
道床に生ずる振動速度との関係

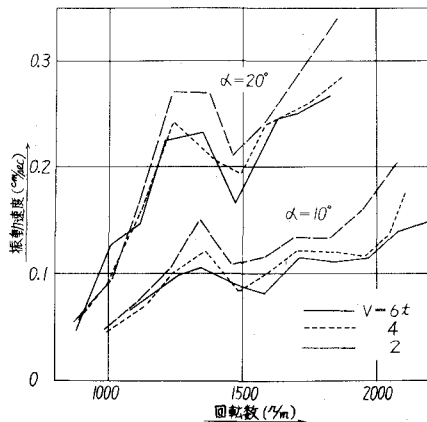
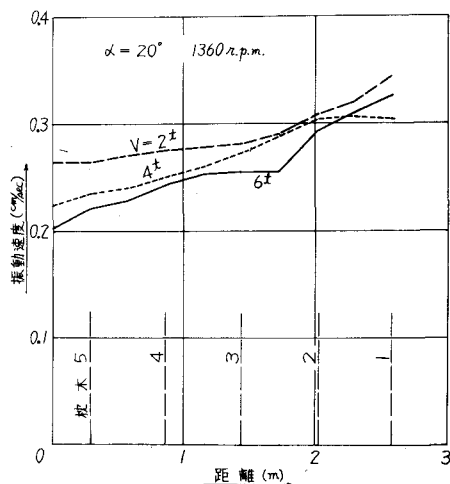


図-5 振動発生機からの距離とコンクリート道床に生ずる振動速度との関係



コンクリート道床軌道の振動に対する性質を知るために図-7に示すごとき模型によって軌道の振動解析を行った。図に示すごとくコンクリート道床を弾性床の上に支持された長さ有限の梁とし、レールはさらにこの上に弾性的に支持された梁と仮定した。なおこれらの支持はねには伸縮の速度に比例した摩擦抵抗が作用するとした。またコンクリート道床に曲げを生ずるときにも曲げの速度に比例する摩擦抵抗を考慮に入れた。軌道のばね定数その他をなるべく測定結果に一致するように選んでレールおよびコンクリート道床の振動振幅を計算した結果を図-8に示した。この図において実線は軌道の中央点におけるレールおよびコンクリート道床の振動振幅を示し、点線は軌道端においてレールおよびコンクリート道床に生ずる振動振幅を示している。この図によれば1350 r.p.m.のときに $\alpha 1$ の共振点があり、これは主として路盤の弾性によって定まる。 $\alpha 1$ の共振点を過ぎた後は軌道の中央点におけるレールの振動振幅はコンクリート道床の振動振幅よりはるかに大きくなり、これは軌道パッドの効果をあらわしている。2100 r.p.m.のときに軌道端における振動が特に大きくなり、これはコンクリート道床の曲げ振動周期に一致したため共振を生じたことを示している。

つぎに $\alpha 1$ および $\alpha 2$ の共振点の前後においてレールおよび道床に生ずる振動の形状を計算した結果を図-9, 10に示した。これらの図において実線は軌道の中央点における道床の変位が最大値に

図-6 振動発生機からの距離とレールおよび道床に生ずる振動加速度との関係

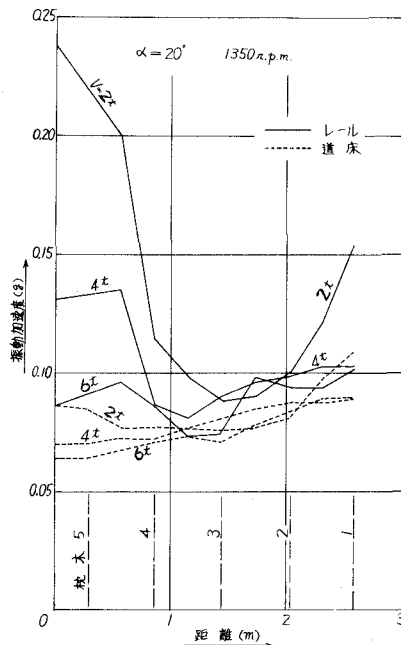
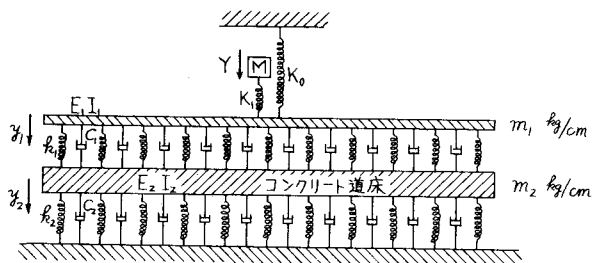


図-7 理論的計算において仮定した軌道の模型



達したときにレールおよび道床にあらわれた振動の形状を示したものであって、実線はこれより $\frac{1}{4}$ 周期前の形状を示したものである。よって各点の振幅はこれらの変位を直角をなす2成分として合成した値となる。これらの図によれば、 ω の共振点を過ぎた後にコンクリート道床は両端自由の梁としての曲げ振動をなすことが認められる。

この計算結果を実験結果と比較すれば振動の形状ならびに ω の共振周波数はほぼ一致している。共振周波数が一致することはこのように路盤の弾性係数を選んだのであるから当然の結果であるが、図-8より振動速度を計算して図-4の実験結果と比較したときには計算値は測定値よりはるかに大きい。これは理論的振動解析において振動エネルギーが路盤中に逸散することを考慮しなかったためと考えられる。この点については今後の研究によって解明したい。

図-9 レールの振動形状

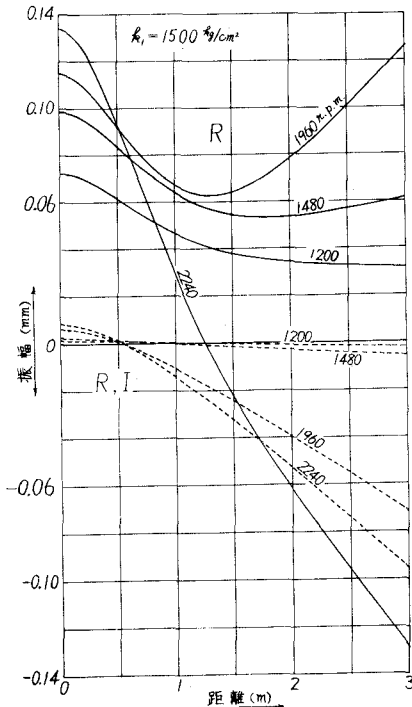


図-8 振動発生機の回転数とレールおよび道床に生ずる振動振幅との関係

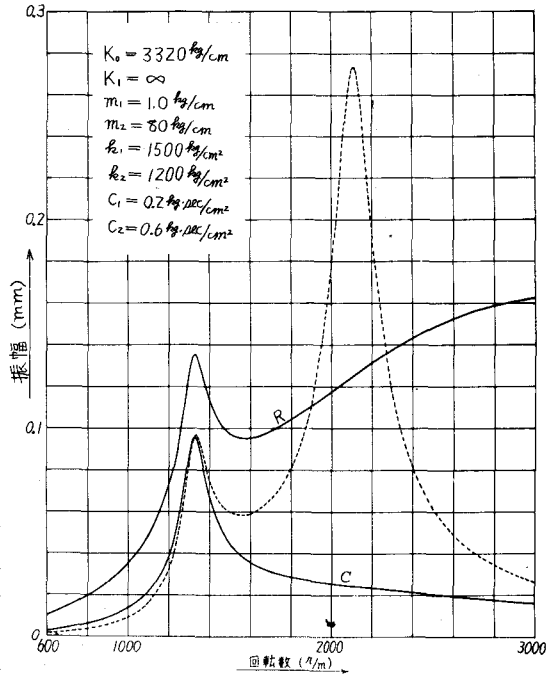


図-10 コンクリート道床の振動形状

