

金沢大学工学部 正会員 小野 一 良

" " " 伊藤 義 男

従来建設された多数の長大トンネルにはコンクリート道床が施工されている。これは軌道の保守作業の大半を占める道床つき固め作業が不要となるためである。しかしコンクリート道床は軌道の弾性が乏しく、レールに波状磨耗の発生するのはこのためであると称されている。北陸線深坂トンネルにおいてはタイプレートと枕木の間に厚さ 5 mm の軌道パッドが挿入されており、北陸トンネルにおいては厚さ 12 mm の軌道パッドが挿入されている。深坂トンネルにおいてはレール交換後 4～5 年において波状磨耗が発生するが、北陸トンネルでは開業後 7 年になるがいまだ波状磨耗が発生していない。これは軌道パッドの軟いことが有効であったと考えられる。それでは軌道パッドの硬さと衝撃の吸収能力との間にはどのような関係があるかと云うことについては従来研究されたものが少ない。従来の研究はパッドだけの圧縮試験に限られている。よってこの際コンクリート道床を持つ試験軌道に種々の軌道パッドを挿入して軌道に加えられた衝撃の吸収能力を比較することとした。軌道パッドの効果を比較するには試験軌道に振動を加える方法と試験軌道に重錘を落下する方法とがあり、今回は後者の方法を採用することとした。この理由としては次に述べるごとく実際の軌道においては列車通過時に非常に高い周波数の振動が生じ、振動発生機としてはこのような周波数の振動が発生することが不可能なためである。しかるに落重試験においては軌道に錘があたるときに現場で見られるような高周波が観察され、軌道パッドの効果を比較するのに適していると考えられる。

列車通過時にコンクリート道床軌道に生ずる振動または衝撃の性質を知るため北陸線深坂トンネル上り線においてレール、枕木および道床に振動計を取付けて振動の測定を行った。測定当時には図-1 に示すごとくレールに深さ 0.3～0.4 mm、波長 30～40 cm の波状磨耗が発生していた。深坂トンネル上り線においては木短枕木がコンクリート道床中に埋込まれているが、測定当時にはコンクリート道床より縁が切れて浮いているものが多数認められた。測定記録の 1 例を図-2 に示した。レールおよび枕木には車輪通過時に波状磨耗の波長に一致した大きな振動が認められるが、この上に振動数 300 1/sec 以上の高周波が重なっている。道床には波状磨耗の波長に一致した振動は認められず、400～500 1/sec の振動が生じている。各車輪通過時に道床に生ずる最大の振動速度はレールに生ずる最大の振動速度の  $1/30 \sim 1/50$  となっている。

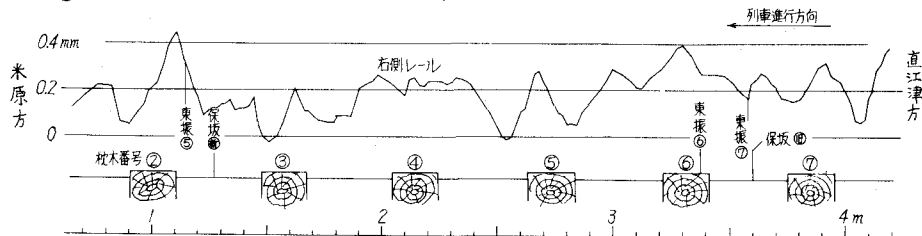


図-1 深坂トンネル(上り線)内測定箇所付近レールに発生した波状磨耗

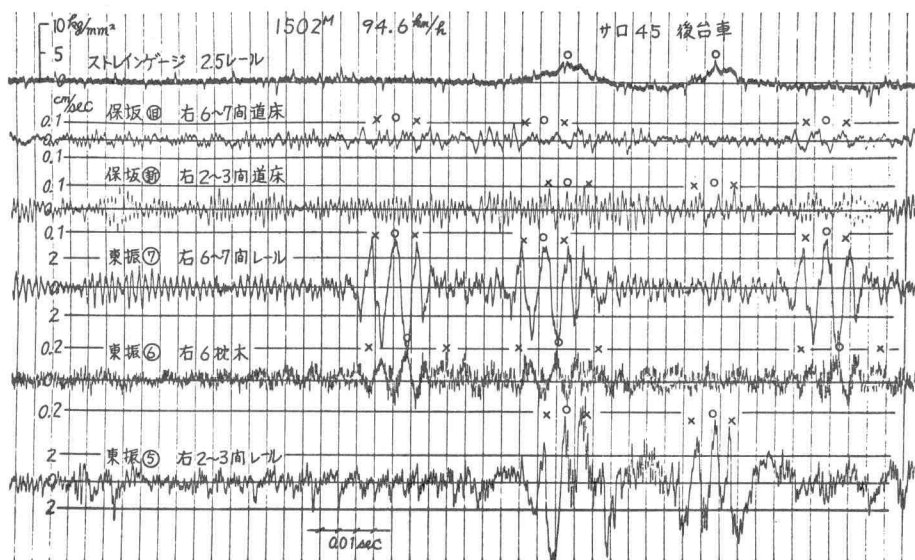


図-2 深坂トンネルにおける振動測定記録

このような高周波の振動に対する軌道パッドの性質を調査するため図-3に示すごとくコンクリート道床を有する長さ6mの試験軌道を作った。写真-1に試験軌道に使用されたタイププレート、軌道パッドおよびコンクリートブロック枕木を示した。レールとタイププレートとの間に挿入するパッドをレールパッドと呼び、タイププレートと枕木との間に挿入するパッドをタイプパッドと呼ぶことにする。

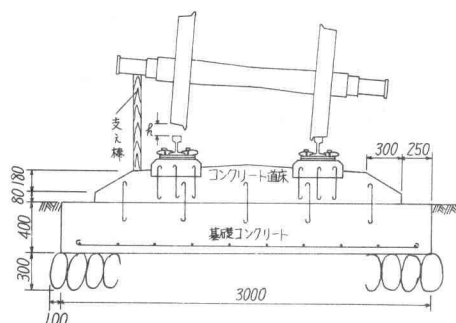


図-3 試験軌道および車輪落下実験装置

表-1に示すごとく種々の品質および厚さを持つ軌道パッドをレールとタイププレートの間およびタイププレートとコンクリートブロック枕木との間に挿入してレールの上に種々の高さから車輪を落してこのときにレールおよび道床に生ずる振動速度を測定した。表-1に示したばね定数はレール、レールパッド、タイププレート、タイプパッドを重ねて試験機械で圧縮して荷重とたわみとの関係を測定し、1~4枚の間に直線で結んで求めた値である。締結圧縮試験とはレールパッドは800 kg·cmの締結力でボルトを緊締し、タイプパッドに関しては1000 kg·cmの緊締力でボルトを締結した場合であり、このときにはレールパッドは1.75 tの圧力で圧縮され、タイプパッドは4.9 tの圧力で圧縮されたことになる。非締結圧縮試験とはボルトを全然締結せ

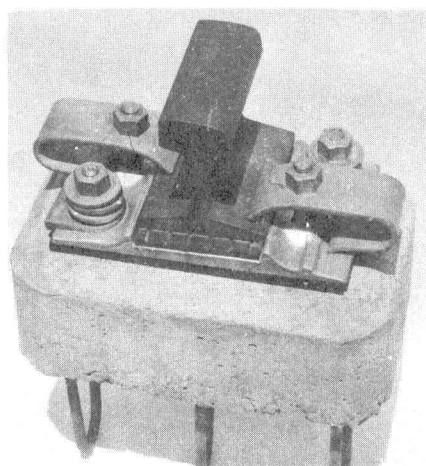


写真-1 締結装置

表-1 各種軌道パッドの品質形状およびばね定数

| 軌道名称     | レールパッド<br>幅125mm, 長さ180mm | タイパッド<br>幅300mm, 長さ180mm | ばね定数      |           |
|----------|---------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
|          |                           |                          | 締結圧縮試験    | 非締結圧縮試験   |
| 2種12mm軌道 | 2種6mm(溝あり)                | 2種12mm(溝あり)              | 35.6 t/cm | 29.8 t/cm |
| 2種6mm軌道  | 2種6mm(溝あり)                | 2種6mm(溝あり)               | 72.6      | 56.1      |
| 1種15mm軌道 | 1種6mm(溝なし)                | 1種15mm(溝なし)              | 121.1     | 104.3     |
| 1種6mm軌道  | 1種6mm(溝なし)                | 1種6mm(溝なし)               | 136.1     | 90.4      |

ず, 単に重ねただけで圧縮試験を行った結果である。予想に反して圧縮試験および非締結圧縮試験におけるばね定数の間に大きな差があらわれないが, この理由はレールパッド, タイパッドともにボルトの締結によってパッドの両縁付近のみが多く圧縮され, 中央部分はあまり圧縮されないためと考えられる。

試験軌道の中央に図-3に示すごとき12寸長軸の車軸を置き, 片側車輪を押上げて一旦棒で支え, この棒を急に取外してレールの上に衝撃を加えた。車輪の落下高さは25, 50, 100mmの3種類とし, 落下速度は落下高さより計算で求めた。車輪落下地点の近くにおいてレールおよび道床に振動速度計を取付けて車輪落下時に軌道に生ずる振動速度を記録した。この記録によれば車輪はレール上に落下した後跳ね上り, 硬い軌道パッドを使用した場合には数回跳ね上ることが認められた。図-4に車輪の落下速度とレールに生ずる上向きの振動速度との関係を示した。この図によればレールの上向きの振動速度は車輪の落下速度に比例することおよび硬い軌道パッドを使用する程振動速度が大きくなることが認められる。なお車輪がレール面をはなれて跳ね上り, 2回目に落下するまでの時間より車輪の跳ね上りの速度が求められ, 車輪落下速度との関係を図-5に示した。この場合にも車輪の跳ね上りの速度は車輪の落下速度に比例することおよび硬い軌道パッドを使用する程跳ね上りの速度が大きくなることが認められる。図-4と図-5とを比較すれば車輪の跳ね上り速度はレールに

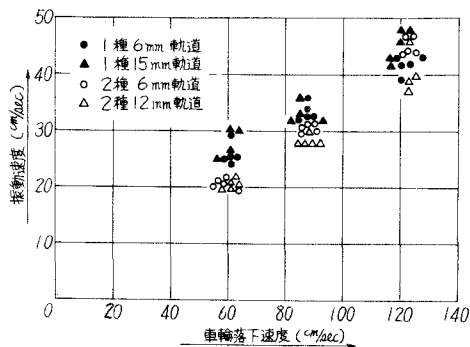


図-4 レールに生ずる上向きの振動速度

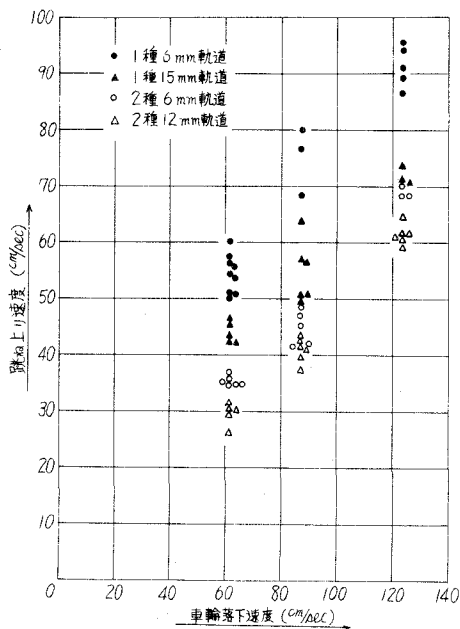


図-5 車輪の跳ね上り時より求めた車輪の跳ね上り速度

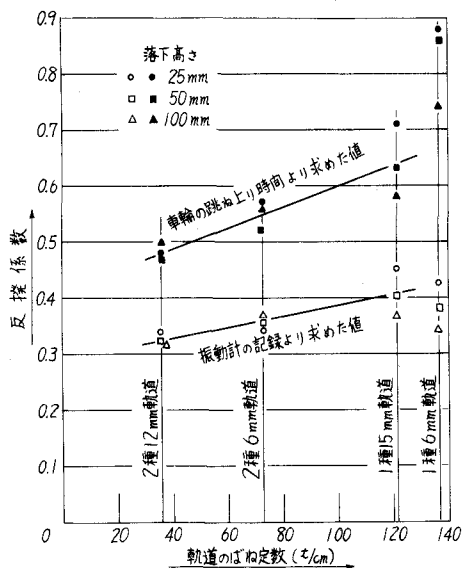


図-6 各種軌道の反撥係数

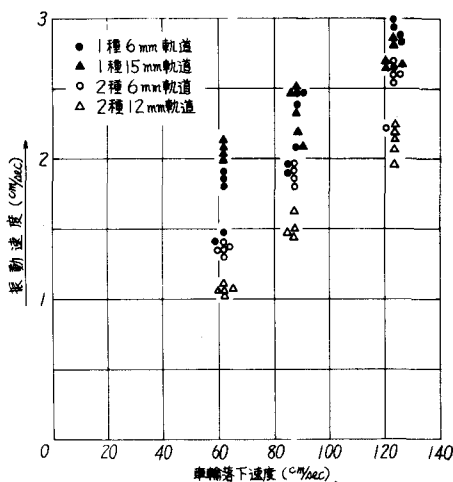


図-7 コンクリート道床に生ずる下向きの振動速度

生ずる上向きの振動速度の 1.5～2 倍程度となっているが、車輪の跳ね上りは軌道パッドの弾性圧縮の回復だけでなく、車輪とレールとの接触面における車輪およびレール踏面の弾性変形の回復によっても生ずるのでこのような差が出たと考えられる。

レールの上向きの振動速度と車輪の落下速度との比または車輪の跳ね上り速度と車輪の落下速度との比を反撥係数として軌道のばね定数との関係を図-6 に示した。軌道のばね定数と反撥係数との間には直線的の関係が認められるが、その増加率は比較的少ない。かりに反撥係数が軌道のばね定数に関係せず一定であるとしても、衝撃時にレールと車輪との間に生ずる最大接触圧力は軌道のばね定数の平方根に比例することが容易に証明されるので波状磨耗の防止上軟かい軌道パッドも使用することが推奨される。

車輪落下時にコンクリート道床に生ずる下向きの振動速度と車輪落下速度との関係を図-7 に示した。この図によればコンクリート道床に生ずる振動速度は車輪落下速度に比例し、車輪落下速度の  $1/30 \sim 1/60$  となることが認められる。軟かい軌道パッドを使用する程度道床に生ずる振動速度が軽減されることが明らかに示されている。コンクリートブロック枕木はコンクリート道床中に埋込まれ、かつ鉄筋によって連絡が保たれているので枕木に生ずる振動は道床に生ずる振動にほぼ等しいと想像される。従って軟かい軌道パッドを使用した場合には浮き枕木の発生を防止する上にも大きな効果があると考えられる。