

国鉄 鉄道技術研究所 正会員 渡辺 恒年
 国鉄 中央鉄道学園 正会員 安藤 勝敏
 国鉄 鉄道技術研究所 吉岡 修

1. まえがき

青函トンネル内の軌道構造については、当初から普通スラブ軌道とする方向で検討が進められてきたが、山陽新幹線の新開門トンネルにおいて開業後に海水の漏水が見られ、スラブ軌道に被害が発生し、補修に余儀なくされたことから海底トンネル内の厳しい条件が提言された。さらに、青函トンネルでは長い勾配のため制動荷重が初ることや保守作業が困難であることを考慮し、昭和53年以降耐海水性を考慮した防振枠型スラブ軌道の開発が進められた。一方、トンネル内の振動及び漏水の変化と列車振動の関係についてはほとんどデータがなく、また、地山の特性、湧水の状況はトンネル毎に異なるものとされ、未知点が多い。そこで、青函トンネルに実用が考え得る種類の3線式スラブ軌道を試験敷設し、軌道構造別の比較を行うとともに振動による地山劣化と漏水変化の実態を把握するための動的試験を実施したので、以下にその結果について報告する。

2. 軌道構造別比較試験

試験軌道の種別は普通スラブ軌道、防振G型スラブ軌道及び防振枠型スラブ軌道とし、海底部の比較的湧水の多い注入区間に各15m敷設した。動的試験としては繰返衝撃試験の前後に輪軸落下試験を実施し、繰返衝撃試験による各軌道の変化を調査した。

(1) 輪軸落下試験

輪軸落下試験は試験軌道のレール踏面に輪軸を落下させ、レールにおける衝撃力及び軌道各部の振動加速度を測定するとともに、軌道の動特性を表わす指標としての軌道ばね係数及び軌道減衰係数を求めるものである。

繰返衝撃試験前の試験の結果、レール衝撃力は普通スラブ、枠型スラブ、G型スラブ軌道の順に大きかった。普通スラブ軌道の加速度は両防振スラブ軌道と比べてレールでは小さいがほぼ同等で、スラブでは小さく、路盤では大きかった。衝撃試験後では、両防振スラブ軌道がほとんど変化がなかったのに対し、普通スラブは全般に減少した。

軌道ばね係数と軌道減衰係数の関係は図1に示すとおりで、衝撃試験前の軌道ばね係数は普通スラブ、枠型スラブ、G型スラブ軌道の順に大きく、

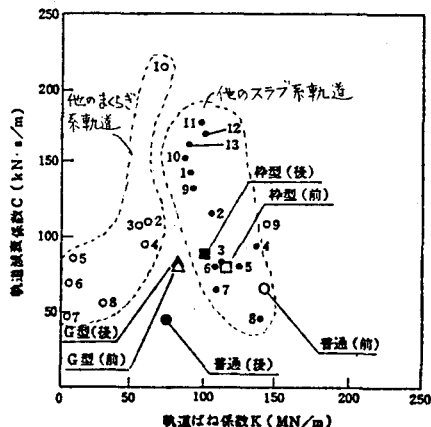
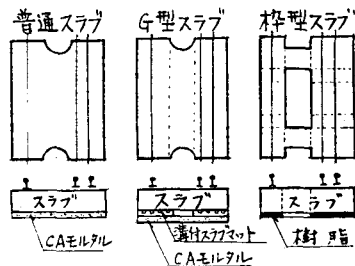


図1 各軌道における軌道ばね係数と軌道減衰係数

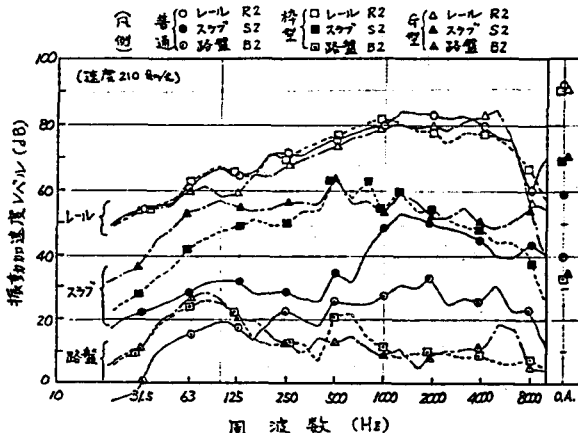


図2 輪軸落下試験による列車走行時周波数解析結果(2本レール間)

軌道減衰係数は両防振スラブ軌道が同程度で普通スラブ軌道は若干小さかった。衝撃試験後では、両防振スラブ軌道がほとんど変化なかったのに対し、普通スラブ軌道は大幅に変化した。

軸落下試験の結果を同表数分析し、列車走行時の振動を予測した結果の例は図2に示すとおりで、普通スラブ軌道と両防振スラブ軌道とは軌道スラブと路盤において差が認められる。すなわち、列車速度が210 km/hの場合の振動加速度オールパスレバブル予測値は、レールにおいては各軌道とも88~92 dBで余り差はないが、軌道スラブにおいては普通スラブ軌道は59~63 dBで両防振スラブ軌道の66~70 dBより低く、また路盤においては逆に普通スラブ軌道の40~46 dBに対し両防振スラブ軌道は33~38 dBで振動低減効果が認められた。

(2) 軌道繰返衝撃試験

軌道繰返衝撃試験は二軸貨車の一軸に不平衡質量からなる振動発生装置を取付けた試験車を試験軌道中央に設置し、軌道の動特性を経時的に測定するとともに、衝撃荷重による軌道の次下区が変状、劣化の有無を確認した。なお、試験車の回転数は1500 rpm近くで共振するため1400 rpmで行った。

軌道各部の振動加速度の経時変化は図3に示すとおりで、両防振スラブ軌道の測定値がほぼ一定であったのに対し、普通スラブ軌道は1時間後に増加したのちほぼ一定となったが、15時間後に大幅に減少した。同時に測定したレール衝撃力についても同様な傾向が見られた。この原因については、試験車の運搬量軌によって可変パッドと軌道パッドが発熱、劣化し、レールが滑いた状態となって軌道の特性値に変化をもたらしたものと考えられた。

従って、軌道特性値の比較としては、12時間以前によることとすれば、路盤への振動低減効果はG型スラブ、枠型スラブ、普通スラブ軌道の順となるが、前二者の差は少ない。また、各軌道の次下についてはレールとスラブで若干見られたが、路盤ではなかった。

3. 振動による地山劣化、湧水変化

繰返衝撃試験の前後で軸落下試験時にトンネル躯体と地山の振動を測定しスペクトルを比較した結果、両防振スラブ軌道ではほとんど変化がないのに対し、普通スラブ軌道では試験後の方が小さくなった。しかし、加振点直下の地中①を基準に地中②、地中③の測点のスペクトル比で示した図4によれば、顕著な変化は認められなかった。従って、振動の伝播性状に変化はなく単に入力が減じたものと考えられる。また、繰返衝撃試験の進行に伴う地山の弾性波(P波)速度、地山変位、水圧、湧水量及び水質等を調査したが、繰返衝撃試験の前後でいずれも有意味変化は認められなかった。

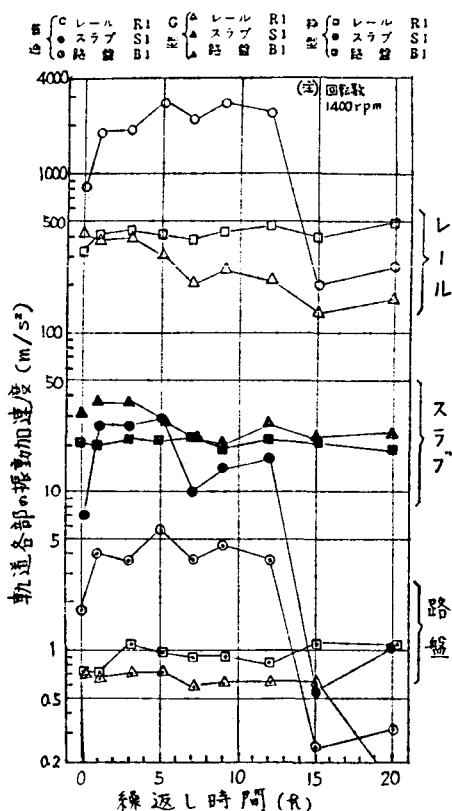


図3 軌道各部の振動加速度の経時変化(1本レール間)

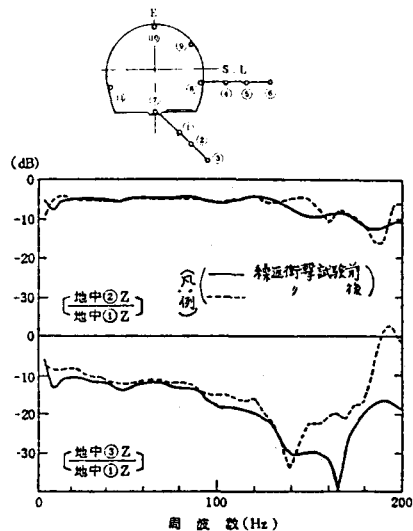


図4 普通スラブ区間斜坑内の上下動加速度スペクトルから求めた伝達関数(①が路盤に近い方)