

Ⅳ-190 スラブ軌道の温度変化時における荷重変形特性

国鉄 鉄道技術研究所 正会員 安藤勝敏

1. まえがき

スラブ軌道は山陽新幹線岡山～博多間における本格採用以来、高架橋等の剛性路盤上における標準構造として実用化されたが、開発から採用に至る期間が比較的短かったこと等から、未解決な問題点が残されている。例えば、スラブ軌道に関する従来の実車走行試験において、日中の温度変化によると思われる応力、変位の時間的変化が見られることがあり、その理由として、温度変化により軌道スラブ版がそることが考えられている。本研究の目的は、このような軌道スラブの温度変化による変形の特性と変形時の荷重に対する応答特性を明らかにするとともに、今後の設計にこれを反映させることにある。

2. 試験

2.1 試験方法

鉄道技術研究所の材料耐候性試験装置を用いて実物大のスラブ軌道に $+50^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ の範囲の温度変化を与え、そのときのスラブ軌道各部の温度、変位およびひずみを測定するとともに、新幹線の輪重に相当する荷重としてスラブ軌道中央部に80kN、端部に40kNまで載荷し、同様の測定を行った。この試験装置は装置内に各種実物軌道を敷設して、現地で想定される気象条件のうち温度、湿度、降雨および日射を適宜組み合わせ供試軌道に負荷するとともに、必要に応じて静的、動的荷重を加えることで軌道全体の耐久性を確認する装置である。今回の供試軌道は上から60kgレール、直結8形レール締結装置、軌道スラブ(4.93×2.34×0.19m)、スラブマット(厚さ25mm)、セメントアスファルト(CA)モルタル(厚さ50mm)、定盤コンクリート(400mm)から成る新幹線用防振A型スラブ軌道である。図1は端部載荷の場合の測点位置を示す。

2.2 試験結果

図2は $+50^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ の範囲で試験室内の温度を急激に変化させた場合の測定例で、T0は試験室温度、Z4はスラブ上下変位、F2は軌道スラブ表面ひずみを示す。Z4とF2に関して、実線は温度変化のみによるそれぞれの挙動を示し、破線はその時刻に輪重 $P=39.2\text{kN}$ を載荷したときの測定値を示す。この図から明らかに温度変化によるそりが認められ、これに起因した支持条件の変等化により、軌道スラブ表面ひずみに大幅な増加が認められる。これらの値は輪重のみによる測定値と比較して無視できないものであることが明らかである。

図3は荷重による軌道スラブ上下変位および軌道スラブ表面

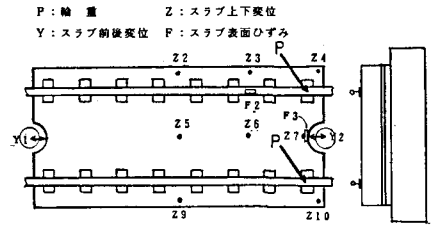


図1 端部載荷の場合の測点位置

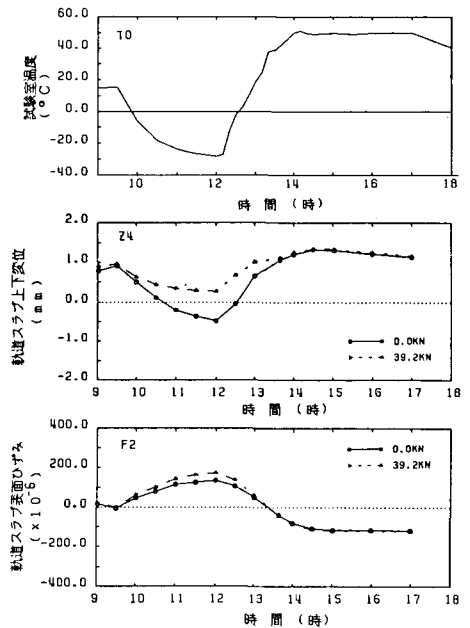


図2 温度と荷重による測定値の時間変化

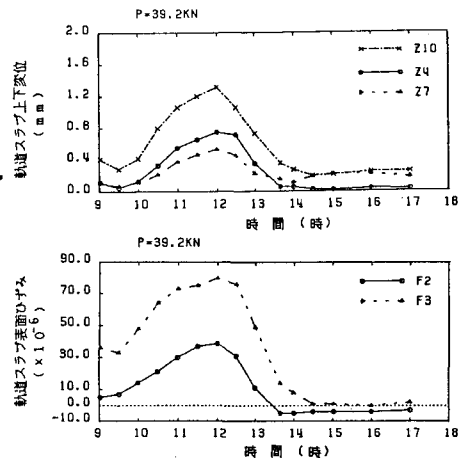


図3 荷重のみによる測定値の時間変化

ひずみの測定値を時間とともに図化したもので、試験室温度が最も下がった12時頃、いずれも最大値を示しており、9時頃の測定値と比べて2～数倍となっている。このことは、温度変化時に列車走行試験が行われた場合、スラブ軌道変位およびひずみ測定値が変動することを意味しており、例えば秋季の一日の温度差の大きい時期には、温度の高い昼過ぎに小さい測定値が温度の低下とともに夕方大きくなるのが想定される。

図4は図3に示した軌道スラブ上下変位のうち最も大きいZ10について荷重との関係を図化したもので、荷重～変位曲線の傾き(見掛けのばね係数)が時刻とともに大幅に変化することが明らかとなった。

3. 理論解析

3.1 支持条件を考慮したスラブ軌道の弾性応力解析

国鉄のスラブ軌道の設計においては、レールを梁、625mm間隔でレールを支えるレール締結装置の軌道パッドを独立した線形ばね、軌道スラブが平板、スラブと路盤の間の支持層(スラブマットおよびCAモルタル)を全面支承の線形ばねと考え、軌道スラブを2枚並べた形で有限要素法により断面力を算定している。今回の試験では、この支持条件が全面支承でなく、時々刻々支持条件が変化している状態で輪重が載荷されたものであることから、図5に示す支持条件下(軌道スラブ1枚)でのスラブ軌道の弾性応力解析を試みた。その結果は図6に示す通りで、実際には荷重載荷によって支持面積が増加したり、摩擦の影響が入ることから、非線形ばねとして扱う必要があるが、この方法でも変位およびひずみは定性的にはよく一致した。

3.2 軌道スラブの熱伝導解析

スラブ軌道に温度変化を与えた場合の挙動および荷重による変形挙動を把握するためには、軌道スラブの温度分布を知ることが必要で、ここでは、有限要素法による3次元非定常熱伝導解析を試みた。図7は、計算結果の1例で、分割モデル、計算条件とともに軌道スラブ隅角部で版の中央の温度測定値と計算結果の比較を行ったものである。計算モデルは対称性を考慮して全体の1/4に分割し、要素は8接点立体要素を用いた。図に見られるように、分割がかなり粗いにもかかわらず、計算結果は測定値とかなりよく一致した。

4. まとめ

以上の結果、一日の温度変化が軌道スラブの変位やひずみに与える影響は明らかに認められ、荷重変形特性も大きく変動することが明らかとなった。また、これに関する理論解析の結果、定性的にはよく一致したので、現象の明確化に対する見通しが得られた。

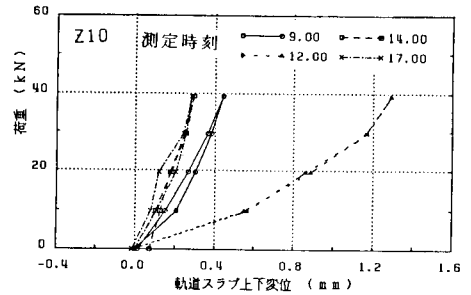


図4 荷重～変位曲線

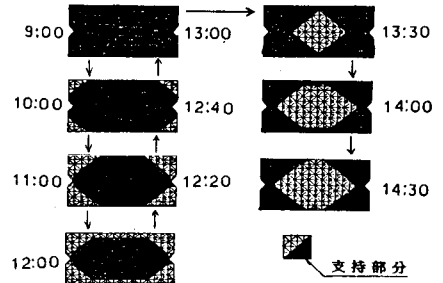


図5 そりを想定したスラブ版の支持条件

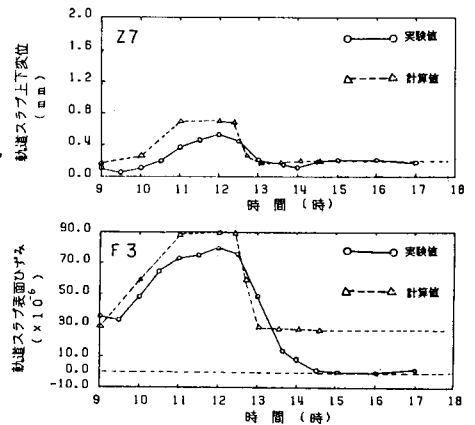


図6 軌道スラブの弾性応力解析結果(P=39.2kN)

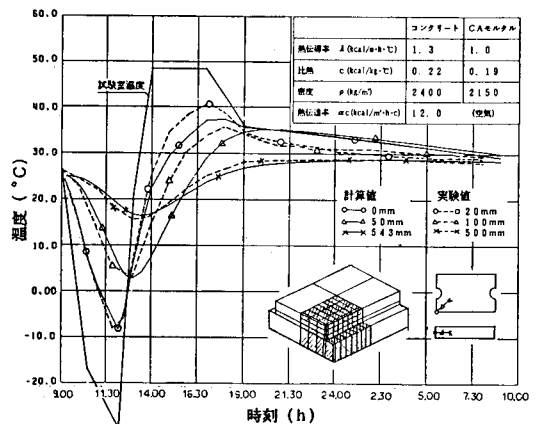


図7 スラブ軌道の非定常熱伝導解析結果