

新幹線スラブ軌道の構成要素と動的挙動

福山大学 工学部 正会員 岡田 清
福山大学 工学部 正会員 ○西頭 常彦

1. 本研究の目的

スラブ軌道は、動力学的にはレール、レール支持ばね、軌道スラブ、軌道スラブの支持ばねであるセメントアスファルト及び高架橋などで構成される。このうち、軌道スラブは、RC及びPRCのプレキャスト製品であり、現在、使用中のものは5mである。これらのうち、軌道の動的特性に比較的大きい影響を与えるものは、軌道スラブとその支持ばねであると考えられるが、ここでは軌道スラブの長さについて検討を加える。新幹線の高架橋1ブロックの標準長さは35mであるので、プレキャスト製品として、3.5m, 5m, 7mなどの長さの軌道スラブが構成上、敷設可能である。ここでは、新幹線軌道の省力化等を展望して7mの長さの軌道スラブの場合について、軌道スラブの支持ばねを変えて解析し、軌道の安定、耐久性及び新幹線車両との関連について考察する。

2. 解析条件及び解析項目

2. 1 解析条件

新幹線車両の輪重は9tf、輪重変動率45%、60kgレール、軌道パッドのばねは60tf/cm、軌道スラブ厚は19cmで、コンクリートの有効応力が10kgf/cm²で締め付けたPRC構造、軌道スラブの下側に防振ゴムを接着し、その下に厚さ40mmのセメントアスファルト(CA)をてん充している。なお、疲労検討のさいの繰返回数、耐用命数を50年、1日150本の新幹線ダイヤ、16両編成とした。また、新幹線の速度は250, 300, 350km/hとした。例えば、C1-8-350は図-1に示すcase1の解析モデルで軌道スラブの支持ばね $K_p = 8 \text{ kgf/cm}^3$ 、速度350km/hの場合である。なお、図2, 3, 4, 5, 6, 及び7は1台車の通過によって生じる現象の解析結果である。

2. 2 解析項目

解析は軌道の安定と耐久性とに分かれ、軌道の安定は軌道スラブの振動によって生じる軌道スラブのアップリフト、軌道スラブ支承体の圧縮量、軌道パッドの無負荷時間、軌道スラブの浮遊時間、ロッキング振動数、上下振動数などであり、軌道の耐久性は、軌道スラブ鉄筋の疲労及びセメントアスファルト(CA)層の疲労などである。なお、動的解析¹⁾は、有限要素法によって行った。この場合、高架橋はヒンジ構造と考え、レールは7要素、軌道スラブは1枚当たり3~4要素、高架橋は3径間12要素に分割した。動的解析のうち、軌道スラブのロッキング振動が比較的顕著と考えられ節点、すなわちレールは節点5、軌道スラブは節点13及び高架橋は節点24を取り上げた。

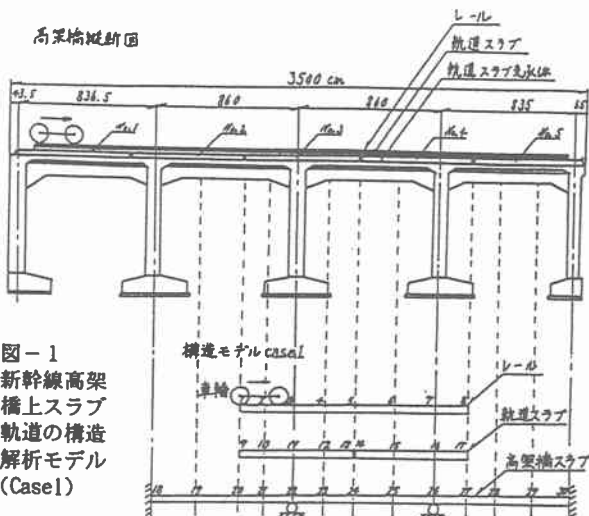


図-1
新幹線高架
橋上スラブ
軌道の構造
解析モデル
(Case1)

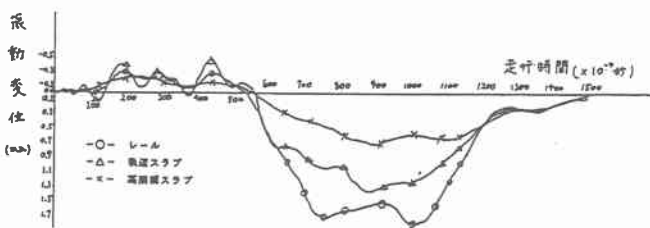


図-2
構造モデルCase1において軌道スラブの支持ばね $k_p = 8 \text{ kgf/cm}^3$ 、速度 $v = 350 \text{ km/h}$ の時のレール(節点5)、軌道スラブ(節点13)、高架橋スラブ(節点24)の振動変位

3. 解析結果

3. 1 軌道の安定

軌道スラブのアップリフト及び軌道スラブ支承体の圧縮量は、図-3、4に見るように、C1-2構造の方が大きい。軌道スラブの浮遊（軌道スラブが高架橋より離れる現象）時間 T_s 及び軌道パッドの無負荷（軌道スラブがレールから離れる現象）時間 T_r を図-5に示す。軌道スラブの上下振動数は、C1-2構造の場合、図6-1に示す。また、軌道スラブのロッキング振動数はC1-2構造の場合、図7-1から、その平均値は4.1 Hzで、C1-8構造の場合、図7-2から、その平均値は7.9 Hz、C1-24構造の場合、図7-3から、11.3 Hzとなっている。これらの比較的高周波の振動は、山陽新幹線姫路駅構内の走行試験のさいに、軌道スラブの端部の鉄筋にも見られた。これらの振動のため軌道スラブに加えられる繰返し疲労回数は単純な繰返し回数をはるかに超えていることに注意を要する。

3. 2 軌道の耐久性

3. 2. 1 軌道スラブ鉄筋の疲労

軌道スラブの変位とコンクリートの引張ひずみの実測結果が文献1)に示されていて、これを用いて軌道スラブの変位から鉄筋の応力度を計算し、これにマイナー則を適用するとC1-8構造及びC1-24構造の場合 $\Sigma n_i/N_i < 1$ となるが、C1-2構造は $\Sigma n_i/N_i > 1$ となった。これは今後、検討を必要とする。

3. 2. 2 セメントアスファルト(CA)層の疲労

C1-2構造の場合CA層の圧縮応力度 $\sigma_c = 0.55 \text{ kgf/cm}^2$ 、C1-8構造の場合 0.55 kgf/cm^2 、C1-24構造の場合の $\sigma_c = 0.624 \text{ kgf/cm}^2$ となった。CAについては圧縮応力度 $\sigma_c = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ で5千万回の繰返し試験を実施したが、実際の繰返し回数はこの試験を越えている。

4. 結言

文献2)から新幹線車両の卓越周波数は1 Hzと6 Hzとされているので、軌道のロッキング及び上下動の振動とは共振状態になることはないと考えられる。CA層の疲労及びC1-2構造の鉄筋の疲労強度については、今後の検討が必要である。また、 T_s 、 T_r は線路のメンテナンスに関係する量であり今後の研究を必要とする。

参考文献

- 1) 2) 西頭 常彦：コンクリートスラブ式直結軌道の構造解析とその設計に関する研究，鉄道研究報告第1047号，昭和52年8月

