

走行荷重を受ける橋梁スラブの動的応答に与える車両の制動の影響

大同工業大学工学部 ○宇佐美千恵、正員 近藤八重、正員 水澤富作

1. はじめに 最近、コスト削減を目指し、床版に PC 床版を取り入れた PC 床版少主桁橋が多数架設されている。主桁間の増大に伴い、比較的大型のスラブが用いられるので、走行車両による振動や音響放射が、設計上および維持管理上重要な課題になっている。これまでに、車走行面を受ける橋梁スラブの動的応答に関する研究¹⁾は古くから多数報告されており、車両モデルや平板理論による相違やスラブ表面の凹凸を考慮した研究も多く公表されている。しかしながら、スラブの動的応答に与える走行車両の減速走行や加速走行に見られる制動の影響について検討した研究が比較的少なく、その影響を明確にする必要があると思われる。

本論文では、有限要素法と Newmark の β 法を用いて、走行荷重を受けるスラブの動的応答に与える車両の加速走行や減速走行などの制動の影響について検討を行っている。

2. 式の定式化 以下の仮定に基づき、式の定式化を行っている。(1) スラブは、直交異方性薄板で理想化し、長方形板要素で離散化する。また、スラブ表面は滑らかであると仮定する。(2) 単一走行車両には、走行外力モデルと走行質量モデルを適用する。(3) スラブおよび車両の減衰の影響は無視する。16 自由度の 4 節点適合板要素および Newmark の β 法を用いたスラブ・車両の運動方程式の解法は、水澤らの論文²⁾に基づいて定式化を行っている。紙面の制約のため、その詳細は省略する。

3. 数値計算例および考察 ここでは、走行外力モデルと走行質量モデルを用いて、2つの相対する 2 辺が、それぞれ単純支持と自由辺のスラブの動的応答に与える車両の制動の影響について検討した。対象とするコンクリートスラブの幾何寸法と材料値は、表-1 に示してある。また、固有値解析で求めた振動

表-1 コンクリートスラブの材料特性値および振動数(Hz)

スパン長	幅	厚さ	E	ν	ρ
10m	10m	0.3m	$2.5 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$	0.15	2500 kg/m^3
振動数(Hz)					
1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
13.69	23.85	52.81	54.95	66.97	100.9

数も参考のために示してある。走行車両の質量は 1000kg とし、車両の初期速度 v_0 を一定にして、加速走行や減速走行に伴う制動は、加速度 α で評価している。なお、スラブの要素分割は、10×10 分割である。

図-1 と図-2 は、それぞれ走行外力モデルと走行質量モデルによるセンターライン走行($y_0=5\text{m}$)を受けるスラブの中央断面での動たわみ曲線に与える制動の影響を示している。ここで、たわみ曲線は、通過時間 T_0 で正規化している。また、加速走行は、初期速度 v_0 を 20km/h、スラブ通過速度 v_1 を 80km/h とし、減速走行の v_0 と v_1 は、それぞれ 80km/h と 20km/h である。比較のために等速走行($v_0=80\text{km/h}$)の結果も示してある。これより、車両の制動を受けるスラブの動たわみ応答に与える走行車両モデルの影響は、非常に小さい。

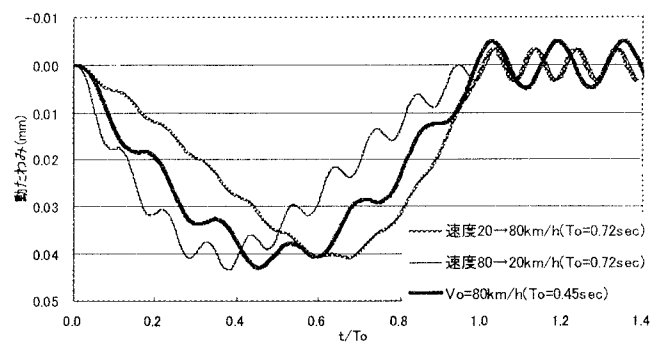


図-1 走行外力モデルによるスラブの中央点での動たわみ曲線

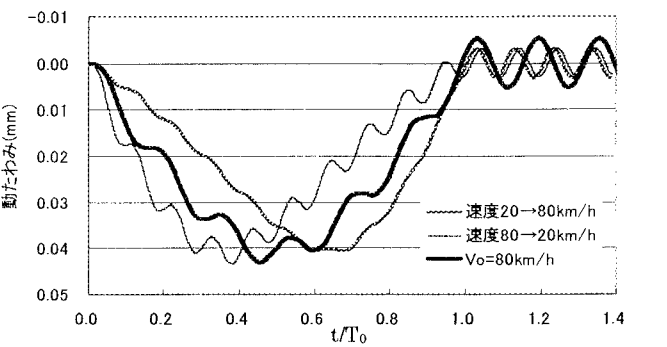


図-2 走行質量モデルによるスラブの中央点での動たわみ曲線

加速走行や一定速度走行と比較して、減速走行の動たわみ応答には比較的高次の波が現れており、減速走行による動たわみの最大値が最も大きな値を示している。加速走行による動たわみ曲線は、比較的滑らかな性状を示し、その最大値は、車両の通過時間 T_0 の半分を過ぎてから生じている。一方、車両の通過後の自由

振動応答は、表-1に示す1次の振動数で振動していることが分かる。なお、走行荷重モデルによる差が小さいので、以後の計算では、走行外力モデルを用いる。

図-3と図-4には、それぞれセンターライン走行と偏心走行（自由辺から1m内側のライン）を受けるスラブの最大動たわみに与える走行荷重の加速制動の影響が示してある。ここで、走行荷重の初期速度 v_0 は40km/hとして、車両の加速度を0 m/sec²から50 m/sec²まで変化させている。これより、図-3に示すようにセンターライン走行によるスラブの中央点での最大動たわみの値は、加速度の増大とともに周期的な山を描きながら増大する傾向を示している。一方、偏心走行を受けるスラブの中央断面での自由辺の値は同様な傾向を示すが、加速度で30 m/sec²までは、最大たわみが漸減している。

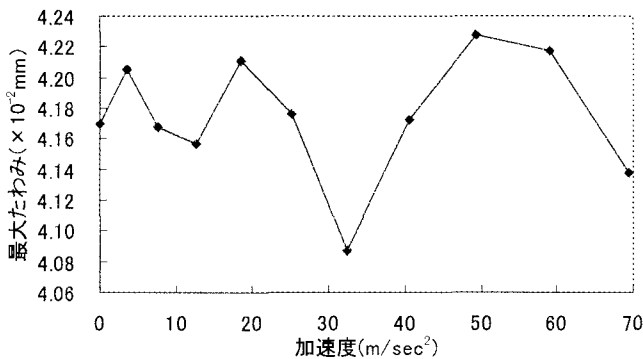


図-3 センターライン走行を受けるスラブの最大たわみに与える加速の影響

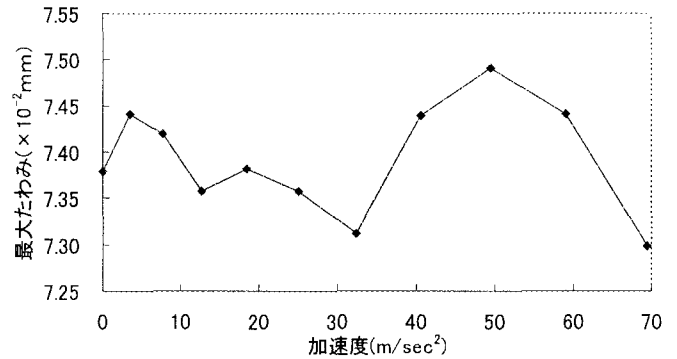


図-4 偏心走行を受けるスラブの最大たわみに与える加速の影響

図-5と図-6には、それぞれセンターライン走行と偏心走行を受けるスラブの最大動たわみに与える走行荷重の減速制動の影響が示してある。ここで、走行荷重の初期速度 v_0 は120km/hとして、車両の減速する加速度を0 m/sec²から-50 m/sec²まで変化させている。

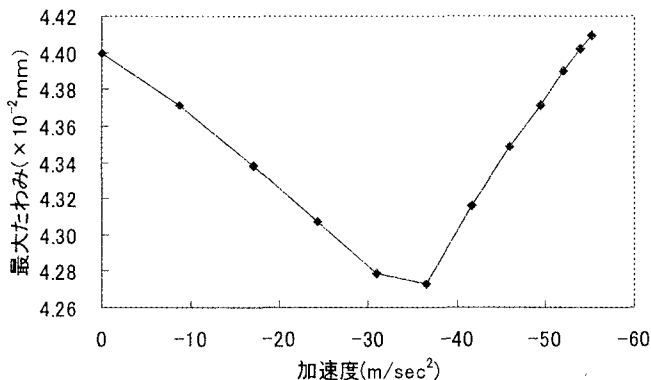


図-5 センターライン走行を受けるスラブの最大たわみに与える減速の影響

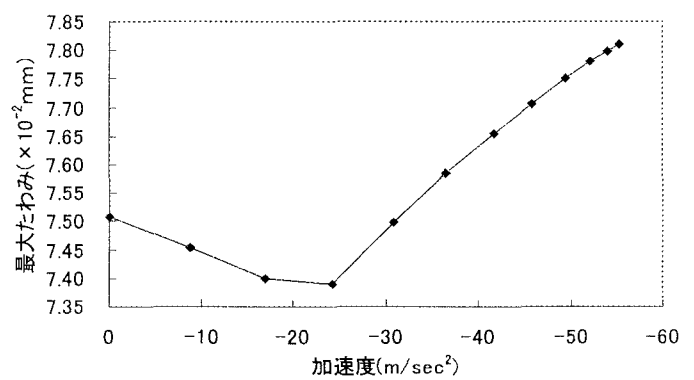


図-6 偏心走行を受けるスラブの最大たわみに与える減速の影響

これより、図-5に示すようにセンターライン走行によるスラブの中央点での最大動たわみの値は、走行荷重の減速が大きくなると、-30 m/sec²までは、減速に比例して減少しているが、その値を超えると、直線的に増加している。また、偏心走行を受けるスラブの中央断面での自由辺の値も同様な傾向を示すことが分かる。

4. まとめ

本文で得られた結果を示すと、以下の通りである。

- (1)スラブの動たわみに与える制動の影響は、加速走行より、減速走行が大きな動たわみを生じさせる。
- (2)減速走行は、高次の振動モードを誘発し、複雑な応答性状を示す。(3)動たわみと車両の加速度の関係は、加速走行及び減速走行を問わず、ある区間で動たわみは漸減するが、それを超えると、線形的に急増する。
- (4)車両モデルによる動たわみに与える制動の相違は、さほど大きくない。

参考文献 1) 橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析，技法堂，1993. 2) 水澤他：走行車両による斜スラブの動力学的性状について，土木学会論文報告集，No. 326，pp. 167-170，1982.