VI—23 スラブ軌道に関する研究（II）
—— スラブ軌道の走行応答解析 ——

九州大学 正会員 樗木 武
〃 学生員 ○江藤 隆

(1) 序言　スラブ軌道に関しては，前回までの報告でスラブ軌道の解析モデルの提案及び静的荷重下にあるスラブ軌道構成要素の諸検討を行なってきたが，本報告はこれらの結果を踏まえて，スラブ軌道の動的解析を行ない，その特性を把握せんとするものである。すなわち図1のスラブ軌道解析モデルに対して，固有振動数，固有ベクトルを求め，さらに単一走行荷重に対するレール及びスラブの応答を振動形解析法によって求めるものである。

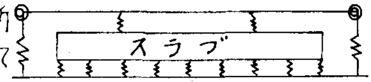

図1　スラブ軌道解析モデル

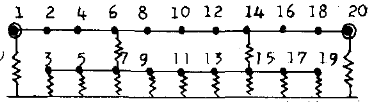

図2　スラブ軌道の動的解析モデル

(2) 固有振動数及び振動形の計算　固有値問題の計算においては，系の構造が複雑なために，連続な弾性体として微分方程式を立てることが困難である。従って，ここでは図1のモデルを2重ばり構造と考え，さらに図2のように有限個の自由度を持つ多自由度系に置換した。そしてこのモデルに対する振動数方程式を解けば，固有振動数，固有ベクトルが求まることになる。

計算結果より，6次までの固有円振動数 ω の値を示せば表1のとおりである。なおこれらの値より，最低固有振動数は 60.2 c/s である。また3次までの固有振動形を示せば図3のとおりである。この図より明らかなように，スラブはほぼ直線的形状を示しているが，5次と8次において曲線形状を示した。

N	OMEGA(RAD/S)
1	378.3
2	500.5
3	1485.8
4	1526.8
5	2641.5
6	2724.7

表1　固有円振動数

(3) 応答解析　$P(t)$ による構造物の運動方程式は

$$\mathbb{M}\ddot{\mathbb{D}} + \mathbb{K}\mathbb{D} + \mathbb{C}\dot{\mathbb{D}} = \mathbb{P}(t) \quad (1)$$

ここで $\mathbb{M}$：質量マトリックス　$\mathbb{K}$：剛性マトリックス
$\mathbb{C}$：減衰マトリックス（ここでは $\mathbb{C}=[0]$ とおく）

式(1)の変位ベクトル $\mathbb{D}$ を m 次のモードベクトル ϕ_m の1次結合として次のように表わすことができる。

$$\mathbb{D} = \sum_{m=1}^{n} \phi_m \cdot q_m \quad (2)$$

ここで ϕ_m：m 次のモードベクトル　q_m：m 次の時間関数

式(2)を式(1)に代入して，モードを正規化し，さらにモードの直交条件を使えば式(1)は次のようになる。

$$\ddot{w}_{im} + \omega_m^2 w_{im} = \phi_m(x_i)\cdot\phi_m(x_j)\, P_j(t) \quad (3)$$

ここで w_{im}：着目点 i の m 次のたわみ　$\phi_m(x_i)$：着目点 i のモード
$\phi_m(x_j)$：荷重点 j のモード（ただし，$x_j = V_0 t$）

この微分方程式を解けば，$w_i = \sum_{m=1}^{n} w_{im}$ より i 点の動的たわみが求まる。なおこの微分方程式の解法として Runge-Kutta-Gill 法を使った。

本計算で用いた各定数は，質点数20，荷重値 $P_j(t)=10.4t$，荷重速度 $V_0=50$ km/h であるが，まず最初に n を何次まで取ればよいかについて検討すれば次のとおりである。すなわち，4次，6次，8次までとったときの着目点 $i=6$ について，その動的たわみを求めプロットすれば，図4に示すごとき比較図がえられ，

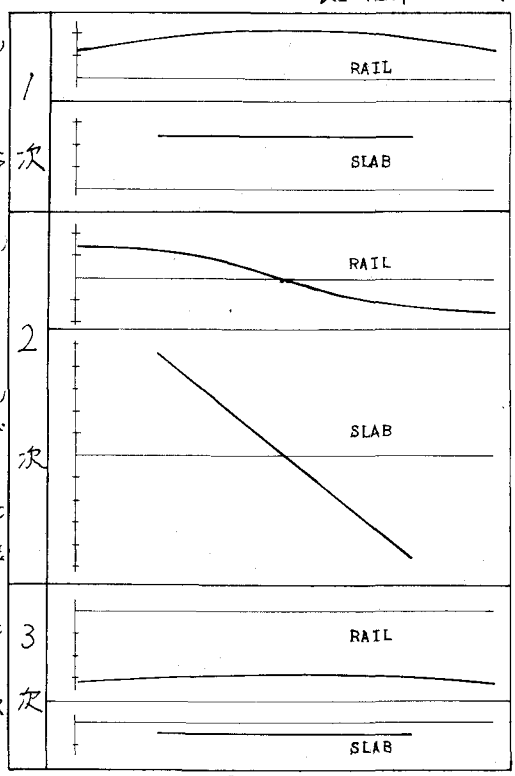

図3　固有振動形

これより，6次まで取れば十分であることがわかるであろう。

次に Runge-Kutta-Gill 法の精度として，きざみをどれくらい取ればよいかについて検討するために，500，1000，1500 の分割数をとって，着目点6の動的たわみを求めれば，図5のとおりである。図より明らかなように，1000分割にいたれば十分な精度がえられることがわかる。

以上の検討より，モードを6次まで取りかつ時間きざみを1000分割にした場合について，着目点6の動的たわみ，静的たわみ，および動的増加たわみを求めれば図6に示す結果がえられた。

図4

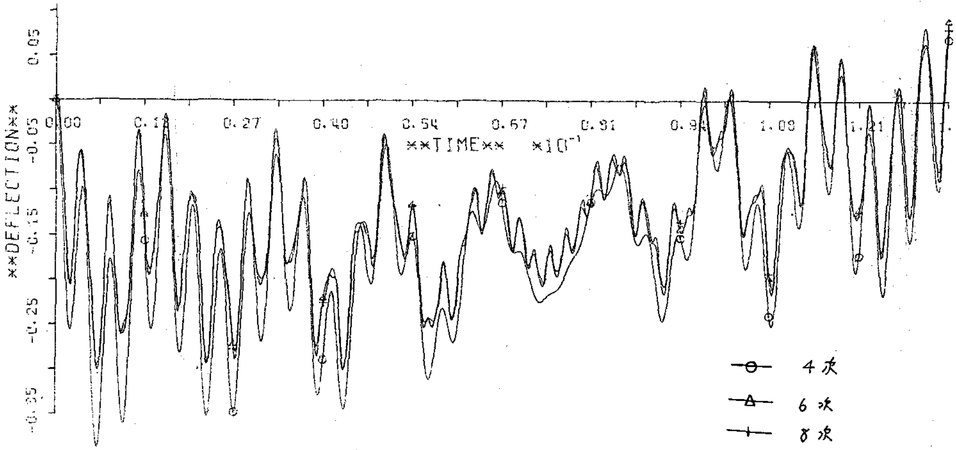

図5

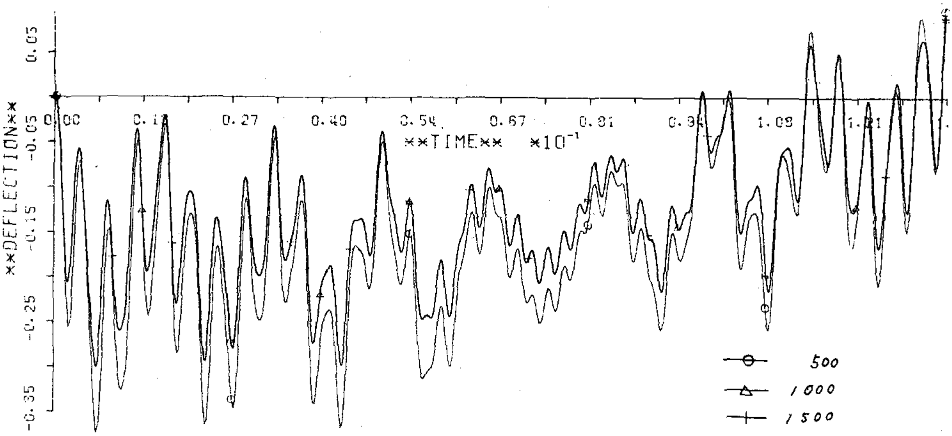

図6