

(1) 序言 新幹線軌道において、軌道保守の省力化の一形式として、従来の道床軌道に変えて無道床軌道とするわらスラブ軌道が採用され、さらに在来線においても採用される方向にある。しかしスラブ軌道に関しては文献(1,2)においてスラブ自体の曲げ解析はおこなわれているものの、スラブ軌道の種々の構成要素に関する検討及びそれらの一体構造としての解析が十分なされているとはいえず、したがって、その力学的挙動についての解明は未だ不十分であるように思われる。そこで、本研究では

スラブ軌道解析の力学モデルに関する種々の検討を加え、

その結果から合理的な解析モデルを求め、爾後のスラブ軌道の諸問題に関する研究に資せんとするものである。する

わら、本報告では、土路盤、締結装置の支持モデルに関する検討と構造解析上のモデルの相違にともなう応力及び変

位の検討をへて、スラブ軌道解析モデルの提案を行なうものである。解析は、有限要素法によることとし、解析対象ス

ラブ軌道構成要素に対してエネルギーを算出し、変分原理を適用のうえ変位応力等を計算した。なおスラブは図1の

ようにレール片側半分に割って三角形要素に分割した。

(2) 路盤支持に関する検討 ここでは、解析モデルとして図2の

ようにスラブと土路盤のみを対象として、スラブの締結装置直上に輪重が作用するものとし、その奥に0.6E(但しEは設計輪重)、隣接

締結装置奥に0.2Eの荷重をかいた。従来土路盤は線形バネとして取り扱われているが、より厳密には非線形バネとなるもので、図3のよ

うな土路盤の平板載荷試験による荷重沈下曲線と2本の折線で近似して解析を行なった。計算結果は表1のとおりで最大たわみ及び最

大曲げモーメントについて、線形バネを仮定する場合と折線近似による非線形バネの両者を比較対照している。表より明らかなように

非線形バネの場合は $k=5\%$ の線形バネの場合より最大たわみが0.6%ぐらゐ小さくなっている。またスラブの沈下形状は図4に示すとおり

で、線形バネの場合も非線形バネの場合も変化が見られず、ほぼ直線的な形状を示している。これは土路盤の剛性に比しスラブの曲

げ剛性が非常に大きい為、スラブが剛体として挙動している事を示している。また曲げモーメントについては、その最大値は同じ値を

示しているが、図5のようにスラブ中央部では絶対値が20~30%程度の差異を生じている。しかし負の曲げモーメントの値自体が小さいので実用上はさほど問題とするには当らぬ。以上の考察の結果

から、線形バネと非線形バネの場合とではたわみ量に多少の差異は

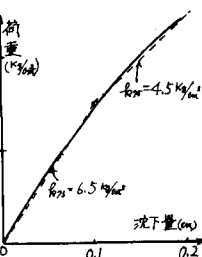
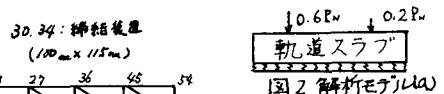


図1 スラブの要素分割

図3 路盤の荷重沈下曲線

$k(kg/cm)$	$w(mm)$	$M_x(kg\cdot cm)$	$M_y(kg\cdot cm)$
6.5	2.01 (28)	1.30 (30)	1.29 (30)
		-0.61 (1)	-0.17 (32)
5.0 ^{a)}	2.58 (28)	1.30 (30)	1.29 (30)
		-0.61 (1)	-0.17 (32)
4.5	2.89 (28)	1.30 (30)	1.29 (30)
		-0.61 (1)	-0.18 (32)
非線形バネ	2.35 (28)	1.29 (30)	1.27 (30)
6.5+4.5		-0.62 (1)	-0.20 (32)

表1 k値による最大たわみ、モーメント (a)は台頭締結装置

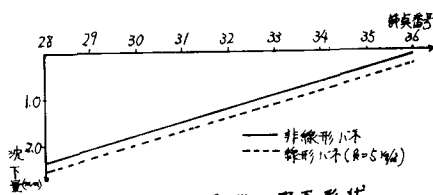
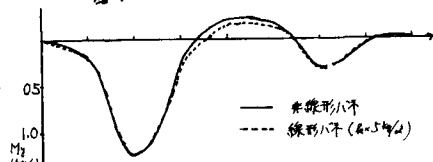


図4 スラブの沈下形状

図5 スラブの曲げモーメント M_x

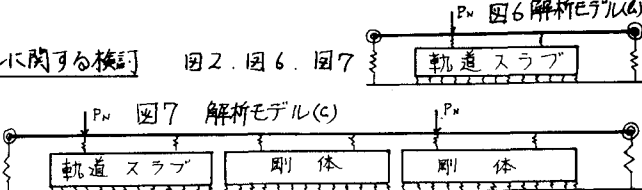
あるが、スラブの応力解析に際しては、土路盤の力学モデルとして線形バネと仮定しても十分であると思われる。また地盤支持力の不均一分布については、仮定を50~65%ぐらいの間で変化させて計算してもスラブの内部応力に大きな影響がないこと、また前述のようにスラブの変形が剛体のそれに近いことから均一分布と仮定しても十分であると思われる。

③ レールと軌道スラブの一体構造解析モデルに関する検討 図2、図6、図7

の解析モデル(a)、(b)、(c)を想定し比較検討する。

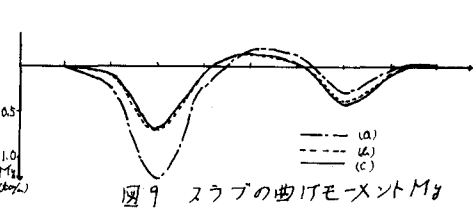
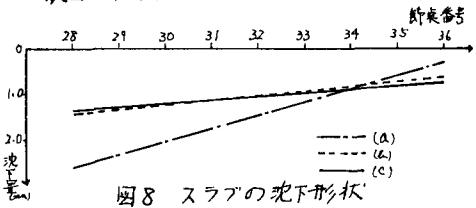
すなわち(a)はスラブに荷重を直接載荷した場合で、これが従来のスラブの解析モデルである。

(b)は軌道スラバー上にレールを介して単一荷重をかり、境界条件として回転バネ、垂直バネを導入する事によって解析領域外のレールおよびスラブの剛性の影響を加味する。(c)は(b)のモデルに剛体としてのスラブを2枚追加し、走行荷重を載荷した場合の解析モデルである。さらに(d)として(c)のモデルの左端の境界条件をフリーにし、いわゆるレール柱目がある場合を想定した。以上の4つのモデルに対して締結装置の直上に輪重がある場合のためみ及び曲げモーメントを求めれば表2に示すとおりである。またスラブの沈下形状については図8に示し、曲げモーメント M_y については図9に示した。これらの計算結果で明らかのように、(b)(d)のレールを加味したモデルでは(a)のスラブのみのモデルに対してためみ、曲げモーメントともに最大値において約60%程度の差異があり、レールの折れによる効果が意外に大きく表われる事がわかった。従って一般的に軌道スラブの解析は、(b)(c)のモデルによる解析がより実状に即していると思われる。さらに(b)と(c)のモデルと比較すれば沈下形状および曲げモーメントともほぼ同一であり、スラブ自体の応力解析においては(b)のモデルで十分であると思われる。しかし、スラブの相対変位やレールの沈下形状の検討に際しては、(c)のよう



	(a)	(b)	(c)	(d)
W_{max}	2.108	1.249	1.223	2.753
%	100	59.3	58.0	130.6
$M_{y, max}$	1.30	0.74	0.72	1.63
%	100	57	55	125
$M_{y, min}$	1.29	0.72	0.69	1.64
%	100	56	53	127

表2 荷重のたわみ、曲げモーメント



なスラブを連ねたモデルを想定しなければならないが、その際スラブのすべてを剛体として処理して差し支えない。またレール柱目を想定する場合には、また検討の余地はあるがだいたい(b)のモデルから対応するバネを除去したものを解析対象としても十分であると思われる。

④ 結論 以上の考察をまとめると、①スラブ軌道の解析モデルにおいては、土路盤を均一な線形バネとして十分である。②スラブ軌道の一体構造解析モデルを提案したわけであるが、スラブの応力解析においては(b)のモデルが適当であり、スラブ軌道の全体的な挙動を検討する際には(c)のように剛体スラブを連ねたモデルによる一体構造モデルを想定することである。なお前述の計算においては締結装置のタイプは線形バネとして解析した。しかし実際には非線形バネとしての挙動を示すものであるから、それに対する検討が必要であり現在計算中であるので結果を得て報告したい。

⑤ 参考文献

- 1) 鉄道技術報告 46837 北沢秀勝・鉄道技研
- 2) 直結軌道スラブの設計 西頭幸彦 鉄道技研
- 3) スラブ軌道の設計施工 日本鉄道施設協会