

IV-183

地震時の橋台裏盛土沈下箇所における
車両走行特性解析

国鉄 鉄道技術研究所 正会員 古賀 徹志

国鉄 鉄道技術研究所 正会員 三浦 重

1. はじめに

過去の鉄道における地震被害には、盛土が沈下し、橋台裏の部分の路盤面に大きな高低差を生じる現象が多くみられる。この区間を通過する列車の走行安全性を検討することは、地震対策における基本的事項のひとつである。この報告では、上記に関して理論的な検討を行った結果について述べる。

2. 解析概要

2.1 軌道変形モデル

地震時の橋台裏盛土の沈下に伴う軌道の変形についてはすでに静的な輪重に対する解析が行われている¹⁾。以下の解析においては、軌道の解析モデルについては基本的にこれを踏襲することとし、図1に示すモデルを用いた。

この図に見られるように、橋梁と盛土の高低差により、一部に軌框の浮き上がりおよび吊り下がりを生じるが、この区間については、軌框重量のみが作用する梁、その他の区間については弾性床土上の梁として解析を行った。この場合、これらの境界部の位置およびこれらと車輪の位置関係が車両の走行に伴って変化することから微分方程式はそれ自体が輪重の位置に依存した非線形方程式となる。

2.2 車両モデル

車両モデルには上下方向の解析に関して必要十分の精度をもつと考えられる図2の半車体モデルを用いた。このモデルに対する運動方程式において、車輪の上下変位ならびに輪重値を前項の軌道変形方程式の、車輪直下におけるレール変位ならびにこれに対応した輪重値と等値することにより、連立微分方程式とし、これを、Runge-Kutta-Gill法により数値積分することにより車両走行特性ならびに軌道変形特性を求めた。

解析のフローは図3に示す通りである。

3. 計算結果

3.1 計算条件

計算に用いた諸定数は、東海道新幹線の標準的な軌道構造(60kgレール、3T a型まくらぎ43本/25m) および営業車両(0系電車)を想定して定めた。解析は高低差Hと速度Vの各種の組み合わせ(H=2cm~10cm、V=30~160km/h)について行った。また、車両の走行方向についても橋梁→盛土および盛土→橋梁の双方向について計算を行った。この解析プログラムは、輪重減少率が100%(輪重値0)に達した時点で計算を打ち切るようにプログラミングしてあるため、以下の計算結果はすべて輪重減少率100%以下のものである。

3.2 レール曲げ応力

各解析ケース毎に求めた最大レール曲げ応力を高低差Hをパラメータとし、走行速度に対してプロットしたのが図4である。

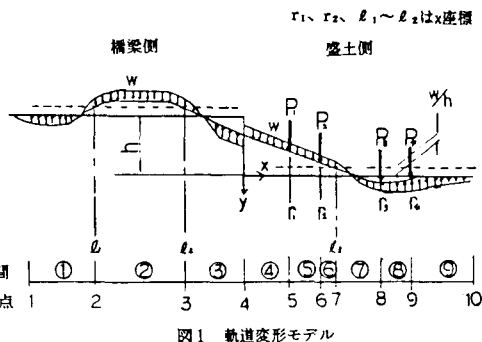


図1 軌道変形モデル

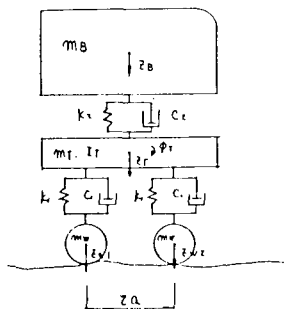


図2 半車体車両モデル

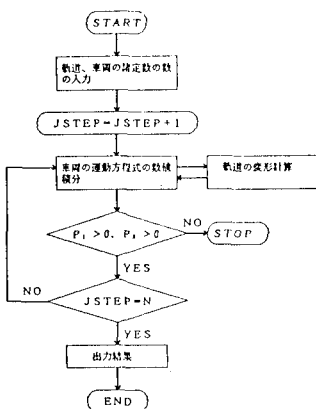


図3 橋台裏沈下箇所の車両走行特性の解析フロー

この図より明らかなように、最大レール曲げ応力は高低差とともに増加するが、列車速度による変化は小さい。輪重減少率を100%以下としたこの解析の範囲では、レール曲げ応力の最大値は約300Mpaで、レール鋼の降伏応力の約80% となっている。

3.3 軌框の浮き上がりおよび吊り下がり

橋梁と盛土の境界部では、両者の高低差により橋梁側では軌框が浮き上がり、盛土側では吊り下がりが生じ、まわき底面における支持力が失われる。吊り下がりが区間についてその長さの変化を示したのが図5である。この図より明らかなように、この区間長さは高低差Hとともに増加し、H=10cmの場合には約10mとなる。浮き上がり区間長さについては同様となった。

3.3 輪重変動

橋台裏盛土沈下箇所を列車が走行した場合の輪重変動を図6に示す。これらの図から車両の走行安全性に関わる輪重減少率 $(P_{st}-P)/P_{st}$ (P_{st} は静止輪重) を求めたものが図7である。この図から、輪重変動率は高低差が大きくなるほど、また速度が大きくなるほど大きくなる。この輪重減少率が、従来地震時における走行安全限度値²⁾とされている値(0.67)に達する条件を求めると、図8のようになる。この図から明らかなようにH=10cmでは約75km/hで、H=5cmでは約45km/hでこの値に達する。

4. 結 び

以上、地震時の橋台裏盛土沈下箇所における車両の走行特性解析ならびに軌道の変形および応力についての解析を行った結果各々の特性が明らかとなり、今後の構造上の対策ならびに地震時運転規制に対する資料が得られた。

(参考文献)

- 1) 柳下 尚道 : "橋台裏盛土の沈下による軌道変形に関する理論計算" 土木学会第40回年次学術講演会
- 2) 佐藤 吉彦、三浦 重 : "走行安全ならびに乗心地を考慮した線路構造物の折れ角限度"、鉄道技術研究報告NO.820、1972-8

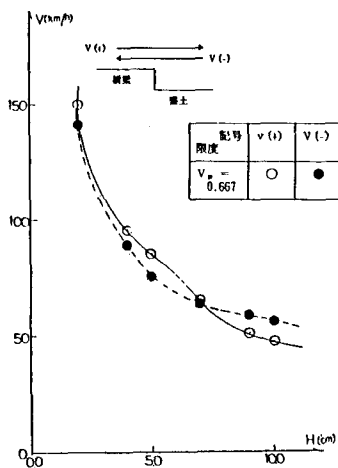


図8 各限度値に対する速度と段差の変化

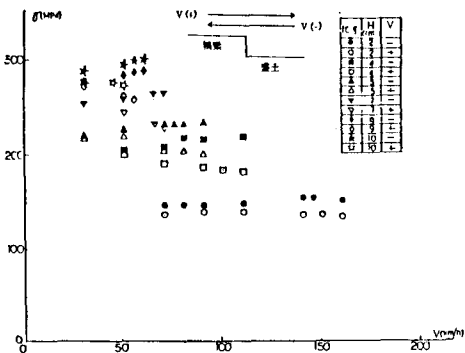


図4 最大レール曲げ応力の速度に対する変化

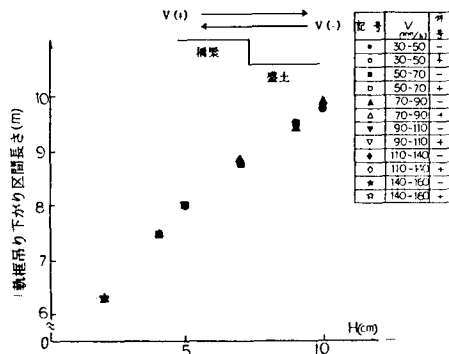


図5 軌框吊り下がり区間長さの段差に対する変化

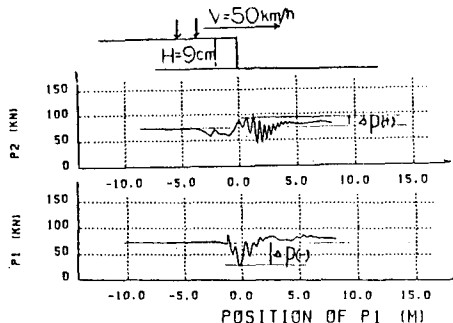


図6 橋台裏盛土沈下箇所走行時の輪重変動の変化

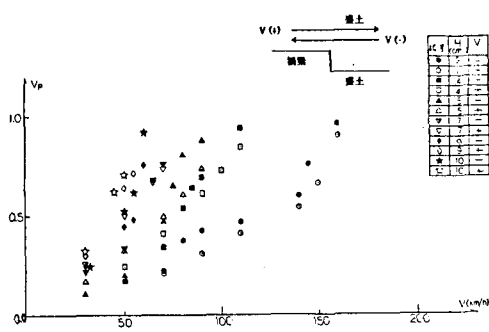


図7 負の輪重変動の変化