

(株) 福田組 Z. Ali. Chowdhury
東海大学工学部 正会員 島崎洋治 , 近藤博

1. はじめに

建設工事現場で建設機械として大きな役割をはたしているのは履帯式のブルドーザやショベルである。

現在まで履帯式の走行体の振動、騒音、操作性に関する研究は実験研究から複雑なモデルの解析研究まで数多く報告されている(例えば文献1、2、3)。走行体の一部には走行速度を時速4 kmから5 kmに高めると機械の揺れが急激に大きくなり、走行を継続することが困難になるものがある。作業効率向上の観点からさらに高速での走行安定性の検討が急務になっているにもかかわらず、この問題に関する報告はほとんどされていない。本研究は走行速度と走行体の振動の関係を簡単なモデルで置き換え、履帯に働く引張力や転輪の位置を変えるだけで高速走行の安定性を推定できるようにしようとするものである。

履帯と起動輪の関係から、履帯上部(路面に接していない部分)の振動は起動輪の歯の食い込みから発生する履帯への強制振動であると判断できる。速度が一定のとき、歯から伝えられる強制振動は、正弦波外力によるものと仮定できる。このことは外力のもつ振動数と履帯のもつ個有振動数が一致するとき、共鳴現象が起き、履帯が大きく揺れるものと考えられる。走行速度を高めても機械が大きく揺れないためには、この共鳴現象をさけるように履帯を工夫すれば良い。履帯は弦の振動方程式でモデル化する。個有振動数は3次の近似関数を使った有限要素法により求める。ここで、履帯をささえる位置や引張力による履帯の個有振動数と、走行速度が与える強制振動の振動数を比較することにより、走行体の揺れをおさえることが可能であることを示す。

2. 走行装置からの発生振動数

Fig.2.1はここで考える履帯式走行装置である。

今、走行体が速度 V km/hで走行するものとし、また履板一枚の長さを19 cmとすると1秒間における履板の数は次のように求めることができる。

$$(1000V/60/60)/0.19 = 1.46V \quad (\text{枚})$$

ここで、走行体が履帯に与える強制振動の周期は1秒間における履板の数と同じであるから1.46V Hzと考えることができる。

3 有限要素法によるモデル化

Fig3.1は有限要素法による履帯のモデルである。点 A,B,C,Dは変位 y が0となる境界である。

弦の振動方程式の固有値の解析のために各要素内の変位 y を次式によって近似する。

$$y = N_1 y_1 + N_2 \theta_1 + N_3 y_{i+1} + N_4 \theta_{i+1} = [N]\{y\} \quad (3.1)$$

ここで N は3次の形状関数、 y および θ はそれぞれ、たわみおよびたわみ角である。

4. 実際の解析と結果

Fig.4.1に示すように実際の解析モデルの全長を342 cmとし、区間長19 cmの18要素に分けた。ここで、引張力 T_0 の値を900kg, 1100kg, 1300kgとして、上転輪の位置BとCを変えながら解析した。Fig.4.2は上転輪の位置B,Cを点8と点12に固定したときの解析結果である。横軸は走行体の速度、縦軸は強制振動数と履帯の個有振動を示し、時速1kmから9kmまでの強制振動数(Hz)と引張力900kg, 1100kgと1300kgのときの履帯の個有振動数をプロットした。ここで固有振動数のモードは時速と一致するようにしてある。Fig.4.3は上転輪の位置B,Cを点8と点13に固定したときの図である

走行速度を高めても機械が大きく揺れないためには、共鳴現象をさけるように履帯を工夫すれば良い。

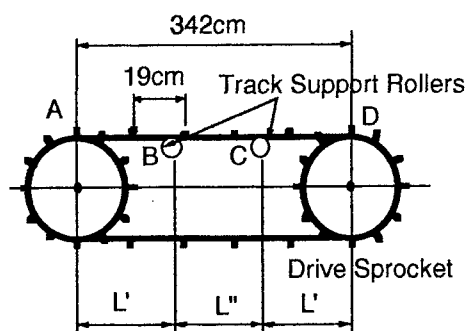


fig.2.1 Track with Two Support Rollers

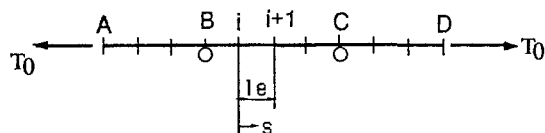


fig. 3.1 Track Model and Finite Elements

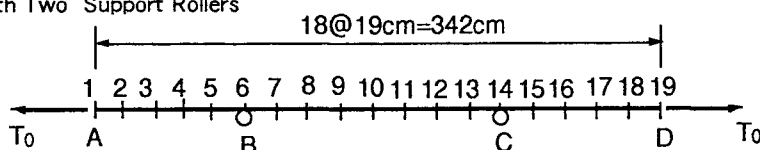


fig. 4.1 FiniteElement Model for Track

上転輪の位置を点8と点12に固定したときのFig4.2から分かるように引張力900kgのとき速度2km/hで共鳴する。また、1100kgと1300kgのときは4km/hを越えたところで共鳴現象が起きる。現在実際に使用している履帯の上転輪の位置はこれと同じで、解析からも走行体が4km/h ~ 5km/hで大きく揺れることが分かる。

上転輪の位置を点8と点13に固定したときのFig4.3を見ると 引張力1300kgのときさらに伸びて時速7kmのところまで一致する。よって、この条件で、走行体の速度7km/hまで上げて揺れないことが分かる。

路面の状態や操作の仕方により0.5km/h程度の速度の変動はあるとしても上転輪を点8と点13に固定してその引張力1300kgとすれば走行体の速度を6km/hまで上げることが可能である。

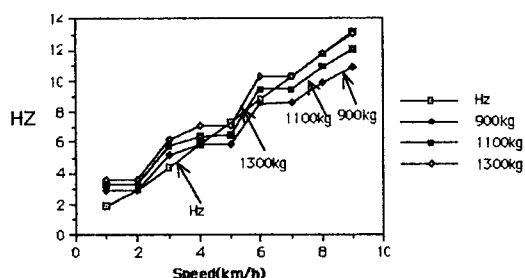


fig.4.2 Calculated result (Pts.8 and 11 are fixed)

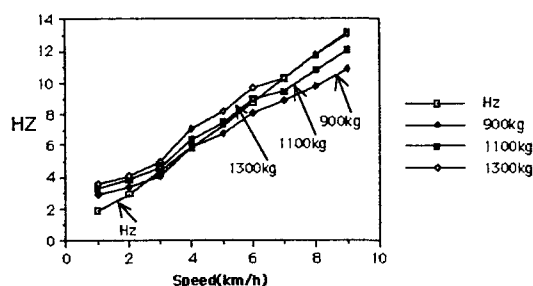


fig.4.3 Calculated result (Pts.8 and 13 are fixed)

おわりに

履帯をもつ走行体の走行速度が時速4Km~5Kmで振動する現象をモデル解析により解明することができた。履帯は弦と考えてモデル化し有限要素法により固有値を計算した。また走行時に生じる履帯への強制振動の周期を与える式を提案し、モデルの固有値と比較した。比較の結果、走行速度を時速6 km程度に速めでも安定した走行が可能な履帯に作用する引張力と2つの転輪の位置を提案することができた。

参考文献

- (1) M. Kitano, 他、 Proc. 10th International Conference of the ISTVS/Kobe, 1990.
- (2) 井上英二、坂井純、稲葉繁樹、 農業機械学会誌、52(5)、11~18、1990.
- (3) 井上英二、坂井純、稲葉繁樹、 農業機械学会誌、52(6)、19~26、1990.