

## 非合成桁ずれ止めに作用する水平せん断力振幅と疲労強度の比較検討

宇都宮大学 学生員 ○ 桑原伸太郎 フェロー会員 中島章典

## 1. はじめに

コンクリート床版と鋼桁との合成効果を期待しない非合成桁においても、地震や風荷重に対して床版と鋼桁間に大きなずれが生じないように、相対的な位置の確保を目的とし、鋼桁上にずれ止めを設ける必要がある。このずれ止めは一般に柔なずれ止めとされ、設計上は鋼桁とコンクリート床版間に働く水平せん断力を伝達しないとされている。しかし実際には、非合成桁に用いられるずれ止めもずれに対して大きく抵抗していることが明らかにされており<sup>1)</sup>、車両の走行に伴って水平せん断力を伝達していると考えられる。

大型車両1台が非合成桁実橋梁モデル上を走行した場合にスラブ止めに作用する水平せん断力振幅と疲労強度の関係を比較した既往の研究において、スラブ止めは200万回以上の十分な疲労強度を有していることが確認されている<sup>2)</sup>。しかし、非合成桁のずれ止めとしてスラブ止めではなく、施工性や経済性を考慮し、頭付きスタッドを使用する場合も見られる。

そこで本研究では、2, 3の非合成桁実橋梁モデル上を大型車両が走行する際に、スラブ止めあるいはスタッドに作用する水平せん断力振幅の大きさを明らかにし、それぞれの疲労強度と比較し検討を行う。

## 2. 実橋梁解析

## (1) 解析概要

大型車両の走行により非合成桁橋モデルのずれ止めが伝達する水平せん断力を算定するため、剛体ばねモデルを用いた線形解析を行った。ここでは、図-1に示すように非合成桁のコンクリート床版及び鋼桁を橋軸方向に分割し、それぞれの要素は軸ばね、せん断ばね、回転ばねによって結合されているものとする。また、コンクリート床版と鋼桁間には、ずれ止めを模擬し、鉛直ばねと水平ばねを設定する。ここで、ずれ止めは1m間隔で設置されているものとし、ずれ止めには軸径16mmのスラブ止めまたは軸径19mm高さ120mmの頭付きスタッドを用いた。それらの水平ばね定数は、既往の押抜き試験の結果<sup>1)</sup>から得られた荷重-ずれ変位関係より求められる初期勾配の値を用い、スラブ止めでは $4.905 \times 10^5 \text{ kN/m}$ 、頭付きスタッドでは $3.237 \times 10^5 \text{ kN/m}$ とした。1m当たりの水平ばね定数の値がスラブ止めと近くなるよう、スタッドは1m当たり2本ずつの配置とし、解析においては1か所に2本分のばね定数を設定することで水平せん断力を算出した。

解析では、非合成桁道路橋の1本の主桁のみを対象とし、重量245kNの大型車両1台の1/2の荷重が桁上を走行する場合を考える。ここで、車両重量は図-2に示すように、前輪24.5kN、後輪98kNの2点集中荷重とし、この2つの集中荷重の間隔は4mとした。このように定義した車両重量を桁上に静的に載荷させ、その載荷位置を移動させることにより車両の走行を模擬し、ずれ止めに作用する水平せん断力を算出した。着目するずれ止めにおいて、上記のようにして求めた正側の最大水平せん断力と負側の最大水平せん断力の差を、ずれ止めに作用する水平せん断力の振幅とし、その振幅の大きさとずれ止めの疲労強度とを比較する。

ここで、スラブ止め及びスタッドの疲労強度200万回における値を基準として用いた。

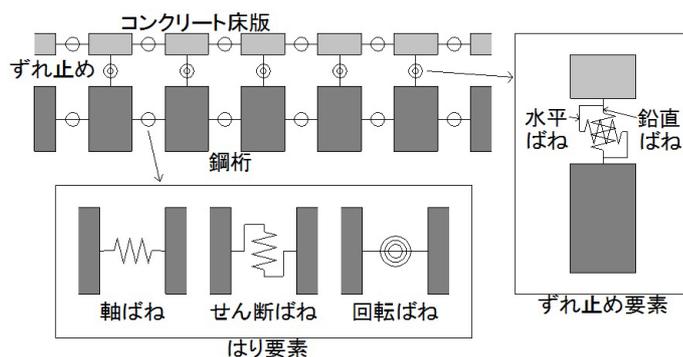


図-1 非合成桁橋の剛体ばねモデル

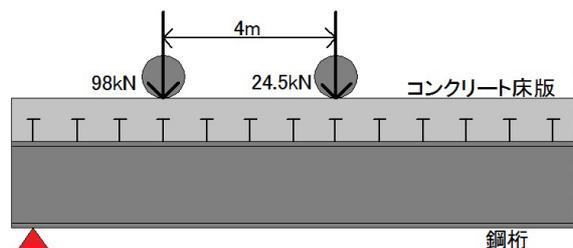


図-2 車両走行モデル

## (2) スパン30m単純非合成桁実橋梁モデル

ここでは、スパン30m、2車線4本主桁を有する単純非合成桁橋の1つの主桁をモデル化した。解析モデルの概要を図-3に示す。鋼桁は桁端部に向けて断面が小さくなる変断面構成としている。

まず、スパン中央部の断面構成からなる等断面の場合と変断面の場合の比較を行う。ここではずれ止めとしてスラブ止めを設置した。上述のように車両を走行させた際にスラブ止めに作用する水平せん断力振幅とずれ止め位置の関係を図-5-aに示す。縦軸は水平せん断力の振幅を、横軸はスラブ止めの位置を表している。図中の黒線は、過去に行われたスラブ止めの疲労試験の結果<sup>2)</sup>より求められる、疲労強度200万回に対応するスラブ止めの水平せん断力振幅を示している。図より、変断面、等断面ともに桁端部付近の水平せん断力振幅が大きくなっている。また、変断面構成の場合には等断面構成の場合に比べ支点付近の振幅がより大きくなる傾向が確認できる。ここで、車両の走行によりスラブ止めに作用する水平せん断力振幅と疲労強度200万回に対応する水平せん断力振幅を比較すると、変断面構成、等断面構成ともにスラブ止めは十分な疲労寿命を有していると言える。

次に、スタッドが配置されている場合を考える。このとき、車両の走行によりスタッド1本に作用する水平せん断力振幅の長手方向分布を図-5-bに示す。ここで、複合構造標準示方書において定められたスタッドの設計疲労耐力式<sup>3)</sup>より、今回の条件において、スタッドの疲労強度200万回に対応する水平せん断力振幅を算出し、その値を図-5-b中に黒線で示す。このとき、支点付近の水平せん断力振幅は最大で32kNであり、疲労強度200万回に対応する水平せん断力振幅より大きくなっていることが確認できる。以上のことから、スパン30mの非合成桁実橋梁モデルにおいて、1m当たり軸径19mmスタッド2本ずつの配置は疲労強度の面から望ましくないことがわかる。

**Key Words:** 非合成桁, 剛体ばねモデル解析, 頭付きスタッド, スラブ止め, 疲労強度

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6208

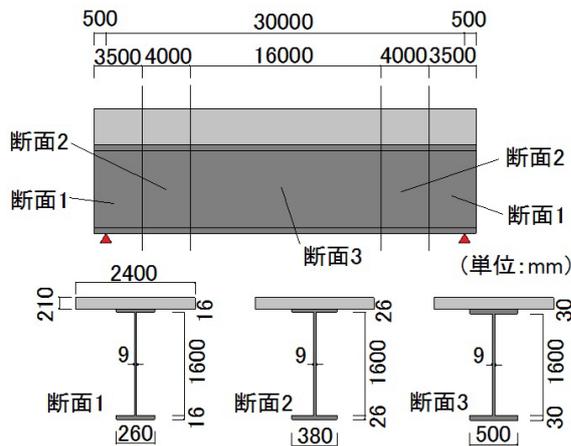


図-3 スパン 30m 単純桁モデル

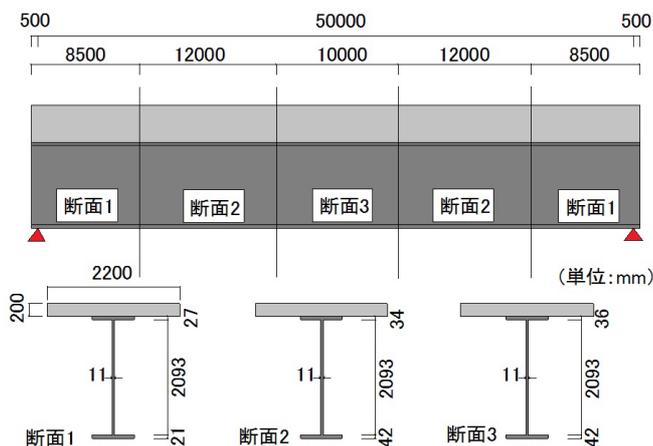


図-4 スパン 50m 単純桁モデル

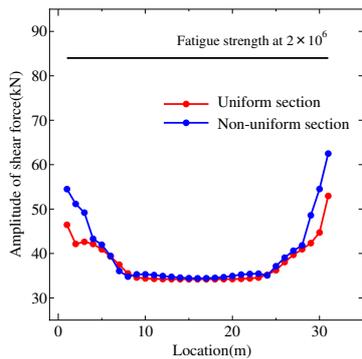


図-5-a 30m 単純桁スラブ止め配置

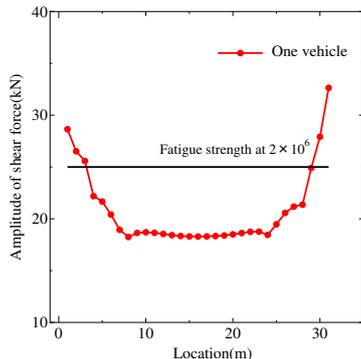


図-5-b 30m 単純桁スタッド配置

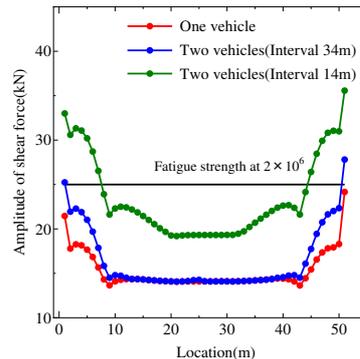


図-5-c 50m 単純桁スタッド配置

図-5 水平せん断力振幅の長手方向分布

(3) スパン 50m 単純非合成桁実橋梁モデル

スパン 50m の単純桁モデルについて検討する。このモデルは図-4 に示すような変断面構成を有している。ずれ止めとして軸径 19mm スタッドを配置している。スパンの長い桁の場合、桁上を複数の車両が走行することも想定されるため、大型車両 1 台が走行する場合に加え、複数の車両が走行する場合についても検討を行った。複数の車両が走行する場合として、間隔の広い車頭間隔 34m と間隔の狭い車頭間隔 14m の 2 つのパターンで 2 台の大型車両が走行する場合を考える。このように実橋梁モデル上を大型車両が走行する際にスタッド 1 本に作用する水平せん断力の振幅とスタッド位置の関係を図-5-c に示す。図中の黒線は疲労強度 200 万回に対応する水平せん断力振幅を示している。

大型車両 1 台の走行を考えた場合、図より、桁上の全てのスタッドに作用する水平せん断力振幅は 200 万回疲労強度よりも小さい。また、スパン 30m の場合と比較すると全体的に 25%ほど小さくなっていることが確認できる。つまり、スパンが短くなるほど水平せん断力振幅は大きくなることから、スパンの短い桁ほどスタッドの疲労破壊が起きる可能性が高いと考えられる。

車頭間隔 34m で 2 台の車両が走行することを想定した場合、図より、車両 1 台が走行した場合に比べ、支点付近の水平せん断力振幅が増大していることが確認できる。しかし、支点付近以外の場所においては振幅の大きさは車両 1 台の場合とほぼ等しい結果となった。一方、車頭間隔 14m で 2 台の車両が走行する場合、車両 1 台の走行を想定したもの に比べ、桁上のスタッドに作用する水平せん断力の振幅が大きくなる結果となった。以上のように、複数車両の間隔が広がれば、その影響は支点付近のスタッドにのみ表れるが、間隔が狭ければ桁上全体のスタッドに影響する傾向が確認された。しかし、実際には車両が車頭間隔 14m のよう

な狭い間隔で走行する機会は少ないと考えられるため、複数の車両走行が想定される場合には、疲労の観点から、支点付近のスタッドの配置数に注意する必要があると言える。

3. まとめ

本研究では、剛体ばねモデルを用いた線形解析により、大型車両が非合成桁実橋梁モデル上を走行した際にずれ止めに作用する水平せん断力振幅の大きさを求め、これを対応する疲労強度と比較検討した。得られた結果をまとめると以下ようになる。

1. 単純非合成桁実橋梁モデル上を大型車両が走行する場合、支点付近のずれ止めに作用する水平せん断力振幅が支間中央部より大きくなる。
2. 単純非合成桁橋において、スパンの短い実橋梁モデルはスパンの長いモデルよりもずれ止めに作用する水平せん断力振幅は大きくなる。
3. 単純非合成桁実橋梁モデル上を複数の車両が走行する場合、特に支点付近の振幅が増大する。

本研究では、疲労強度 200 万回を基準として検討を行い、スラブ止めは十分な疲労寿命を有している一方で、1m 当たり軸径 19mm スタッド 2 本ずつの配置は疲労強度の面から望ましくない場合もあることがわかった。したがって、非合成桁実橋梁でずれ止めにスタッドを用いる場合には、疲労強度に配慮した配置にする必要があると言える。

また、連続非合成桁についても今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) 中島 他：非合成桁橋スラブ止めの水平せん断ずれ性状と疲労強度について、第 3 回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.197-201, 1995.11.
- 2) 中島 他：非合成桁橋スラブ止めの動的水平せん断伝達性状と疲労強度、鋼構造年次論文報告集, 第 2 巻, pp.683-690, 1994.11.
- 3) 土木学会：複合構造標準示方書 2014 年制定, 2015.5.