

川田工業 正会員 溝江 慶久  
宇都宮大学 正会員 中島 章典

1. はじめに

鋼桁上縁にスラブ止めを配置してコンクリート床版と結合した非合成桁橋は、実際にはかなりの合成効果を有していることが予想される。

そこで本研究では、連続桁橋において問題視されている中間支点付近のコンクリート床版のひび割れをはじめとして、活荷重レベルにおける連続非合成桁橋の実挙動を解明する目的で、スラブ止めの合成効果を考慮した連続非合成桁橋の非線形解析を行った。

2. 剛体ばねモデルを用いた解析

本解析で用いた解析モデルを図-1に示す。モデルは1スパン30mの2径間連続非合成変断面桁橋である。また、コンクリート床版内には鉄筋を上下2段に配置したが、中間支点付近のひび割れを制御するため、床版上縁側の鉄筋比(0.91%)を下縁側の鉄筋比の2倍とした。また支承は中間部を固定とし、両端部を可動とした。荷重は道路橋示方書・同解説I共通編<sup>1)</sup>に従い、活荷重として、等分布荷重8.2kN/mおよび31.8kN/mを図-1に示すように載荷させた。

ここで、非合成桁橋のコンクリート床版と鋼桁を橋軸方向に分割し(要素分割数60)、剛体要素とそれぞれを結合するばねにモデル化した。剛体要素間に配置するばね要素を図-2に示す。コンクリート床版と鋼桁の同一部材の剛体要素間には、橋軸方向の軸力に抵抗する複数の軸ばねとせん断力に抵抗する1本のせん断ばねを設けた。また、コンクリート床版と鋼桁の剛体要素間には、上下方向の力に抵抗する鉛直ばねと橋軸方向のずれに抵抗する水平ばねを設けた。支承要素は実橋に即して、鋼桁下フランジ下面と地面との間に設け、水平ばねと鉛直ばねでモデル化した。

鉄筋と鋼桁の軸ばね特性は、完全弾塑性型の応力-ひずみ関係で、またコンクリート床版の軸ばね特性は、図-3に示すようなコンクリートの応力-ひずみ関係で表した。一方、コンクリートおよび鋼材のせん断ばね特性は、せん断による降伏を認めず、弾性域内の挙動としたが、鋼桁のせん断に対する形状係数の考慮は行った。

図-4はコンクリート床版と鋼桁間の鉛直ばね特性であり、圧縮側と引張側の力の伝達を考えている<sup>2)</sup>。一方、スラブ止めの水平ばね特性には、図-5に示すような力-変位関係<sup>3)</sup>を用いた。この曲線は、ずれ変位量 $\delta$ (mm)が増加するにつれ、せん断力 $Q$ がせん断強度 $Q_u$ に漸近する形になっている。ここで、既往<sup>4)</sup>の $\phi 16$ スラブ止めの押し抜き試験結果に、この曲線を適応させたところ、 $Q_u$ を195kNとしたときに、

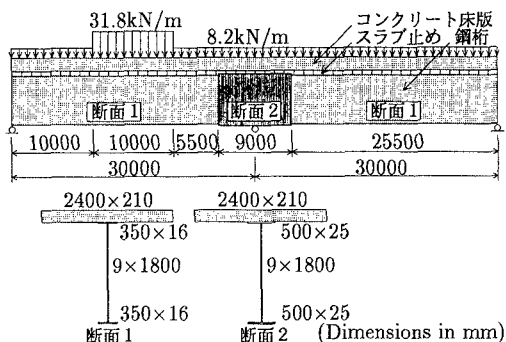


図-1 解析モデル

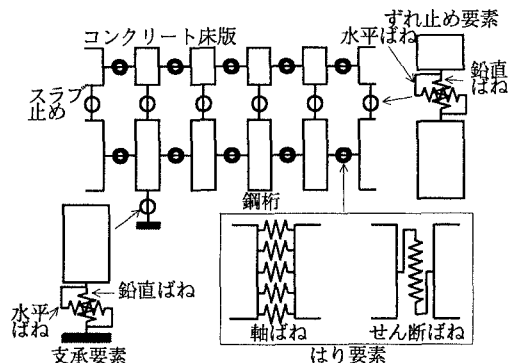


図-2 剛体ばねモデル解析に用いたばね要素

押し抜き試験結果とこの曲線は初期の段階でよく一致した。同様に、軸径19mmのスタッドの押し抜き試験から推定されたスタッド1本のせん断強度は105kNであった。そこで、以後に示す解析では、実寸大スラブ止めおよび軸径19mmスタッドのせん断強度 $Q_u$ をそれぞれ、195kN、105kNとした。

支承の水平ばねおよび鉛直ばねの構成関係は線形弾性関係とし、水平ばね定数の大きさをもって、支承の可動および固定をモデル化した。

3. 解析結果

図-6に橋軸方向たわみ分布を示す。縦軸が桁のたわみであり、横軸が橋軸方向位置である。図中に示す"Stud1"および"Slab Clamp1"はコンクリートの引張強度を図-3に示すように考慮した連続合成桁橋および連続非合成桁橋の解析結果であり、"Stud2"および"Slab Clamp2"がコンクリートの引張強度を無視した連続合成桁橋および連続非合成桁橋の解析結果である。ここで連続合成桁橋の場合には、ずれ止め要素の水平ばねに、スタッドを橋軸方向1mあたり

連続非合成桁、スラブ止め、活荷重レベル、ひび割れ、剛体ばねモデル

〒321 宇都宮市石井町 2753 TEL 028-689-6208 FAX 028-662-6367

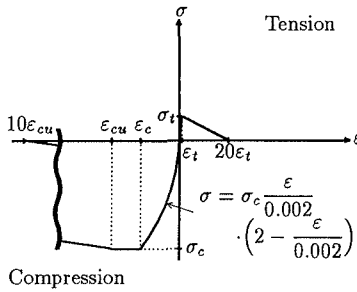


図-3 コンクリートの軸ばね特性

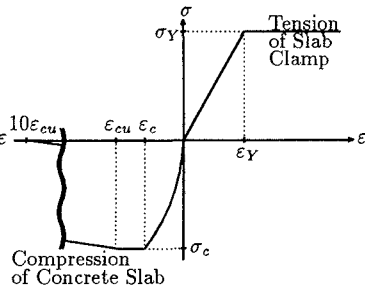


図-4 スラブ止めの鉛直ばね特性

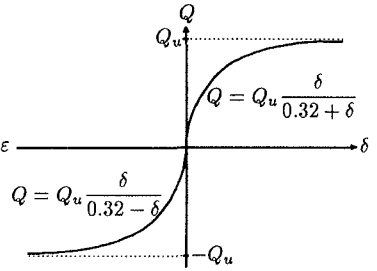


図-5 スラブ止めの水平ばね特性

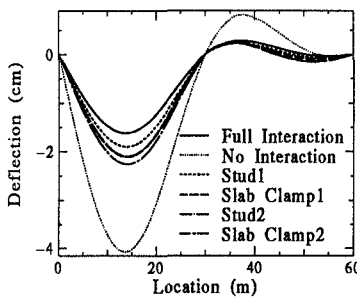


図-6 橋軸方向たわみ分布

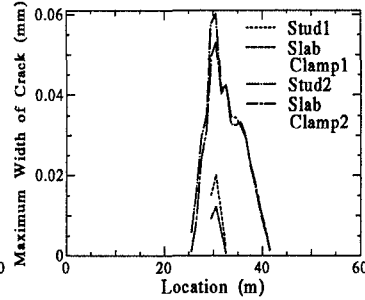


図-7 橋軸方向最大ひびわれ幅分布

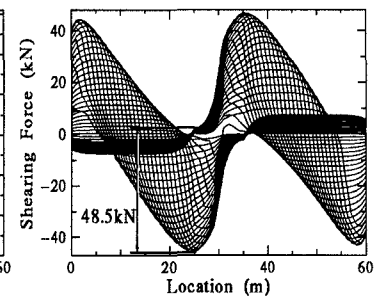


図-8 橋軸方向せん断力分布

12本配置するのと同程度のせん断強度を与え、連続非合成桁橋の場合には、スラブ止めを橋軸方向1mあたり1本配置するのと同程度のせん断強度を水平ばねに与えた。また図中の”Full Interaction”は、道路橋示方書・同解説II鋼橋編<sup>1)</sup>に従い、完全合成を仮定し、コンクリートの引張強度を考慮して求めた連続合成桁橋の設計値であり、”No Interaction”は合成効果を見捨て、荷重は鋼桁のみで受け持つものと考えて求めた連続非合成桁橋の設計値である。この図より、スラブ止めの合成効果を考慮した連続非合成桁橋の解析結果は、コンクリートの引張強度を考慮した場合も、しない場合も、非合成桁橋の設計値よりかなり小さく、その大きさは約半分であることがわかる。したがって、スラブ止めの合成効果はたわみ制限(制限値4.5cm<sup>1)</sup>)の観点からは、非常に有用であると考えられる。

図-7に最大ひび割れ幅の橋軸方向分布を示す。縦軸の最大ひび割れ幅は、コンクリートの軸ばね1本に生じるひび割れ幅を、そのばねに生じると考えられるひび割れの最小本数<sup>5)</sup>で除して求めた。これより、確かにスラブ止めの合成効果によって、非合成桁橋においても、コンクリート床版の中間支点付近にはひび割れが生じることがわかる。しかしその最大幅は、コンクリートの引張強度を見捨てた場合でも約0.06mmであり、このモデルの許容値0.2mm<sup>5)</sup>よりも十分小さいことがわかる。

図-8にコンクリートの引張強度を考慮した連続非合成桁橋(”Slab Clamp1”)の橋軸方向水平せん断力分布を示す。この図は、走行車両をモデル化した4mの間隔を有する2つの集中荷重(前輪24.5kN、後輪98kN)が、桁の端から端まで載荷点を変えた際に得

られる複数の水平せん断力分布を重ねたものである。これより、車両走行によりこの連続非合成桁橋に最も大きな水平せん断力が生じるのは、正曲げ、負曲げ領域の境界上であり、その大きさは48.5kNであることがわかる。これは実寸大スラブ止めの疲労押し抜き試験結果<sup>4)</sup>より、十分な疲労寿命を期待できるせん断力範囲である。

#### 4. おわりに

剛体ばねモデルを用いてスラブ止めの合成効果を考慮した連続非合成桁橋の非線形解析を活荷重レベルで行った。その結果、スラブ止めの合成効果を考慮することによって、連続非合成桁橋には中間支点付近におけるコンクリート床版のひび割れやスラブ止め作用する繰り返しの水平せん断力などの問題が考えられるが、その程度は低く、一方、たわみ制限の観点からは、非常に有用であることがわかった。

この研究の一部は、鋼材倶楽部およびスタッド協会からの補助を受けたことを付記し、関係方々に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説I 共通編II 鋼橋編，丸善，1996.12.
- 2) 中島章典他：ずれ止めの非線形挙動を考慮した...，土木学会論文集，No.537/I-35，pp.97-106，1996.4.
- 3) 園田恵一郎他：鋼板・コンクリート合成床版の静的耐荷力と破壊モード，土木学会論文集，No.471/I-24，pp.85-94，1993.7.
- 4) 中島章典他：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...，pp.197-201，1995.11.
- 5) 土木学会：平成3年版コンクリート標準示方書設計編，土木学会，1995.3.