

# ( I - 47)      スラブ止めに着目した連続非合成桁橋の弾塑性解析

宇都宮大学 学生員 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。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桁の挙動を把握し、合理的な合成桁の構造系を検討する目的で、スラブ止めの合成効果およびコンクリート床版のひび割れを考慮した剛体ばねモデルによる連続非合成桁橋の弾塑性解析を行った。

## 2. 剛体ばねモデル (RBSM) 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段に配置している。ここで、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)、剛体要素とそれとを結合するばねにモデル化した<sup>1)</sup>。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。

鉄筋と鋼桁の軸ばね特性には、完全弾塑性型の応力-ひずみ関係を、またコンクリートの軸ばね特性には、図-3に示すような応力-ひずみ関係を用いた。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-5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-4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 $\delta(\text{mm})$ が増加するにつれ、せん断力 $Q$ がせん断耐力 $Q_u$ に漸近する形になっている。

本解析では実橋に即し、支承要素として、水平および鉛直ばねを鋼桁下面と地面との間に設けた。支承の水平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

本解析では設計荷重として、活荷重と衝撃を考慮し、図-1に示すように等分布荷重10.3kN/mを全長に、さらに線荷重147kNを支間中央部に載荷した。

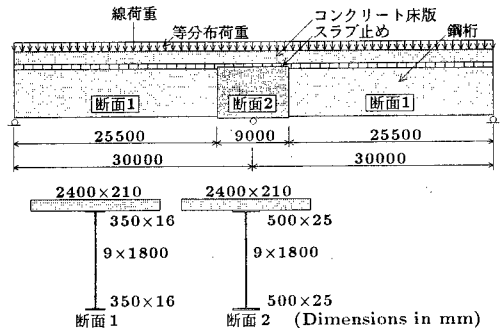


図-1 解析モデル

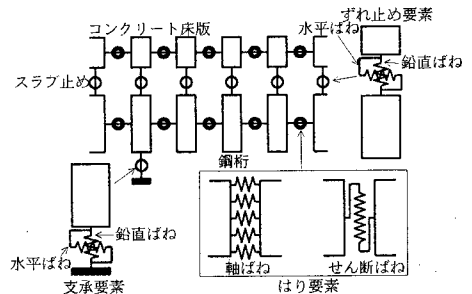


図-2 剛体ばねモデル解析に用いたばね形状

図-6、図-7にRBSM解析より得られた合成桁実橋 (Stud) およびスラブ止めの合成効果を考慮した非合成桁実橋 (Slab Clamp), また設計上考えられる完全合成桁橋 (Full Interaction) と非合成桁橋 (No Interaction) の中間支点部での桁高方向ひずみ分布および橋軸方向たわみ分布を示す。両図より非合成桁実橋の挙動は、設計上考えられている非合成桁橋の挙動よりも完全合成桁橋の挙動に近く、スラブ止めにもスタッドと同様、かなりの合成効果があることがわかる。同時にこのことは、最大たわみの低減を図れる一方で、中間支点付近のコンクリート床版のひび割れ問題を示唆している。

また本研究では、ずれ止めの配置間隔に着目して、正の曲げ領域を完全合成とし、負の曲げ領域を非合成とする断続合成桁橋について検討した。図-8および図-9に、正曲げ領域に十分なスタッドを、また負曲げ領域に柔なずれ止めを配置し、その柔なずれ止めをスラブ止めと同程度(100%)からその0%まで変化した場合の桁高方向ひずみ分布と橋軸方向たわみ分布を示す。図中には比較のために、先に示した合成桁実橋と非合成桁実橋の結果も示した。両図より、負曲げ領域のずれ止め剛度を低減させることは、最大たわみ

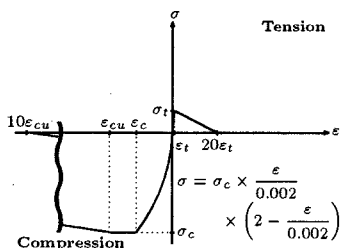


図-3 コンクリートの軸ばね特性

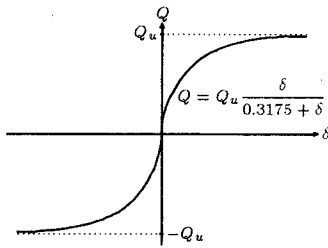


図-4 スラブ止めの水平ばね特性

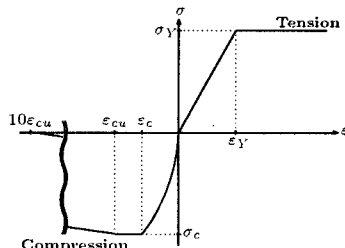


図-5 鋼材の軸ばね特性

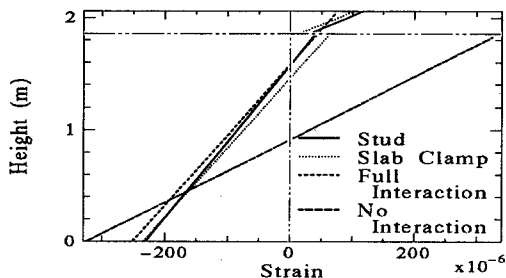


図-6 桁高方向ひずみ分布（設計と実橋の比較）

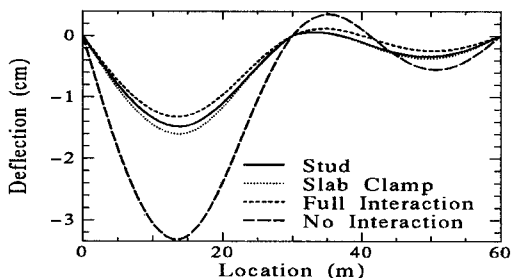


図-7 橋軸方向たわみ分布（設計と実橋の比較）

量に大きな相違を与えずに、コンクリート床版上縁のひずみを低減させることができるので、非常に有効なことであると考えられる。しかし、橋軸方向にずれ止め剛度を不連続に変化させることは、水平せん断力を局部的に増加させる恐れがあるので、疲労の観点からも検討が必要であると考えられる。

さらに本解析では、図-10に示すような最大ひびわれ幅の算出も試みた。最大ひび割れ幅は、1本のばね要素あたりのひび割れ幅を最大ひび割れ間隔で除すことにより求めた。ここでひび割れ幅は、図-3中の引張強度 $\sigma_t$ に対応するひずみ $\varepsilon_t$ から超越した分のひずみ $(\varepsilon - \varepsilon_t)$ にばね要素長を乗じたものとした。

#### 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弾塑性解析を行った。その結果、中間支点部付近のずれ止め剛度を低減することにより、最大たわみ量を大きくすることなく、コンクリート床版に生じる引張ひずみを低減できることがわかった。

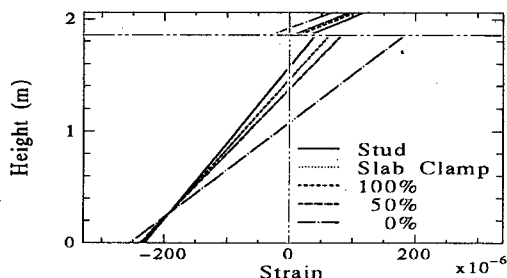


図-8 桁高方向ひずみ分布（断続合成桁）

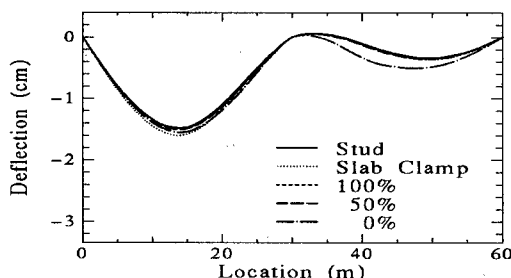


図-9 橋軸方向たわみ分布（断続合成桁）

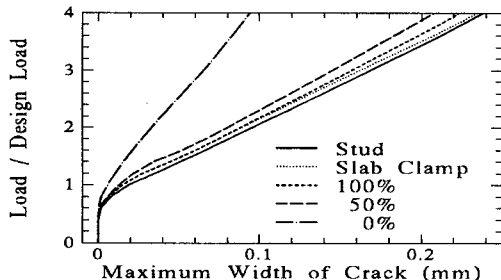


図-10 荷重と最大ひび割れ幅の関係（断続合成桁）

また、本解析では最大ひび割れ幅の算出も試みたが、荷重を桁が塑性変形するまで載荷すれば、耐力を求めることも可能である。

#### 参考文献

- 1) 川井忠彦・竹内則雄：離散化極限解析プログラミング、培風館、1990
- 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力と破壊モード、土木学会論文集、No.471/I-24、pp.85-94、1993.7.