

乾燥収縮の影響を考慮した活荷重合成桁のずれ止めの挙動

宇都宮大学 学生員

○ 長谷部恭一 学生員

柳沼大介

フェロー会員

中島章典

正会員

NGUYEN MINH HAI

正会員

藤倉修一

1. はじめに

合成桁は死荷重および活荷重の作用を受けるだけでなく、乾燥収縮や温度応力の影響も受けるので、合成桁を設計する場合には、それらの作用を履歴に則して適切に考慮する必要がある。道路橋示方書¹⁾（以下、道示と呼ぶ）においては、RC床版と鋼桁の間に完全合成が成り立つとして、乾燥収縮や温度応力の影響を考慮した床版コンクリートおよび鋼桁の応力算定法が提示されている。また、例えばずれ止めの照査に際しては、不利になる作用の組み合わせを別々に考慮した上で、照査することになっている。しかし、活荷重と乾燥収縮の影響などは別々に作用するものではないので、それらの作用の影響を履歴に即して適切に考慮する必要がある。さらにその際には、ずれ止めの不完全な合成効果の影響も考慮することが望ましい。

そこで本稿では、死荷重、活荷重および乾燥収縮の作用を履歴に則して考慮した単純合成桁を対象として、特に、ずれ止めに作用するせん断力の挙動を確認した。なお、このような作用を受ける合成桁の挙動を追跡する解析方法として、剛体ばねモデルによる弾塑性解析²⁾を用いた。

2. 解析モデルと解析方法

ここでは、図-1に示すようなスパン30mの単純合成桁橋の1本の主桁と対応するRC床版を解析対象とした。鋼桁断面は橋軸方向に変断面構成であるが、RC床版断面は全長に亘り一定である。なお、鋼桁は橋軸方向に左右対称なので図-1には、左側半分のみを示している。また、RC床版と鋼桁の間にはずれ止めとして、軸径22mm、高さ150mmのスタッドを2本ずつ、200mm間隔で配置している。剛体ばねモデル解析においては、鋼桁およびRC床版を複数の剛体に分割し、それぞれの剛体の間に材料の非線形の構成則をもつばねを配置している。また、ずれ止めも水平ばねと鉛直ばねにモデル化しており、水平ばねには非線形のせん断力-ずれ変位関係³⁾を考慮している。

合成桁においては活荷重の載荷を受ける前に床版コンクリートが乾燥収縮するために、床版内の鉄筋や鋼桁に圧縮応力が負荷され、床版コンクリートは引張応力状態となり、併せてずれ止めもせん断力を受ける。ここでは、一定の引張ひずみを床版コンクリートの各要素に与えた。その結果、床版コンクリートは収縮しようとするが、床版内部の鉄筋およびずれ止めを介して鋼桁がそれに抵抗しようとして圧縮応力を受け、床版コンクリートの乾燥収縮による挙動を模擬することができる。ただし、床版コンクリートの乾燥収縮が生じる前に、鋼桁は合成前死荷重を支持することになり、また、乾燥収縮の影響を考慮した後に、合成桁が活荷重を受けることになるので、そのような履歴に則して解



図-1 解析モデルの側面図

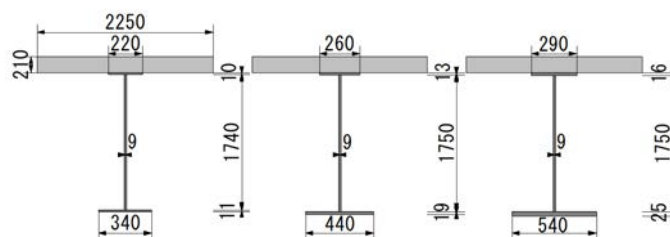


図-2 解析モデルの鋼桁断面

析を実施した。以下では特にずれ止めの挙動を確認した。

なお、解析モデルの断面の寸法を図-2に示す。使用材料の特性値は、コンクリートの引張強度 3.0N/mm^2 、コンクリートの圧縮強度 30N/mm^2 、軸方向鉄筋の降伏強度 345N/mm^2 、弾性係数 205kN/mm^2 、鋼桁フランジ部の降伏強度 315N/mm^2 、ウェブ部の降伏強度 325N/mm^2 、鋼桁の弾性係数 205kN/mm^2 、ずれ止めのせん断耐力（2本分） 304kN としている。

3. 解析結果

(1) 乾燥収縮の導入結果

上記で説明した解析モデルへの乾燥収縮導入方法の妥当性を確認するために、解析モデルに道示¹⁾に規定されている乾燥収縮ひずみ 200×10^{-6} を導入した状態における鋼桁およびRC床版のひずみの橋軸方向分布を確認した。ただし、この場合、理論式の考え方に合わせるため、床版内の鉄筋の影響は無視できるように、鉄筋の断面積は微小とした。その結果、得られたRC床版上下縁のひずみ分布を図-3-aに、鋼桁上下縁のひずみ分布を図-3-bにそれぞれ赤線で示す。縦軸がひずみを、横軸が解析モデルの左端からの位置である。なお、端部を除いてひずみ分布が橋軸方向に階段状になっているのは、鋼桁断面が変断面になっているからである。しかし、端部および変断面付近を除いてここで用いた解析法によるひずみ分布は青線で示す道示¹⁾に示される理論式に基づく値にほぼ一致しており、本解析手法による乾燥収縮導入の妥当性が確認できる。

Key Words: 活荷重合成桁, 乾燥収縮, 初期応力

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学地域デザイン科学部 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6208

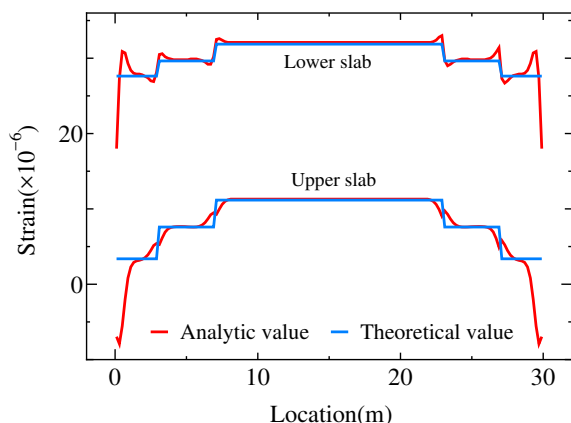


図-3-a 床版の上下縁ひずみ分布

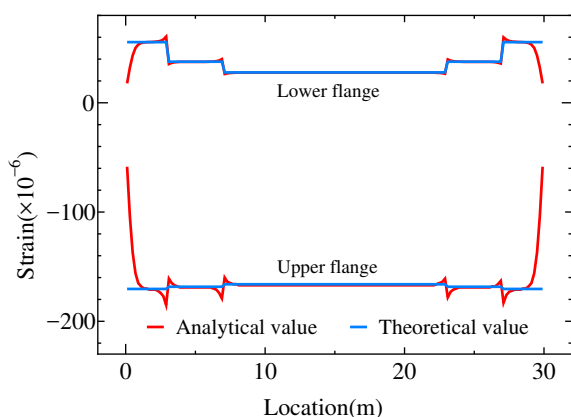


図-3-b 鋼桁の上下フランジのひずみ分布

図-3 理論値と解析値のひずみ分布

(2) 乾燥収縮によるずれ止めのせん断力

等分布荷重とした合成前死荷重による初期応力を鋼桁断面に考慮した合成桁に乾燥収縮の影響を考慮した場合のずれ止めの橋軸方向せん断力分布を図-4に示す。なお、ここでは床版内には1段8本のD16異形鉄筋を2段に配置している。図の縦軸はずれ止め1箇所当たりのせん断力を、横軸は橋軸方向位置である。また、図中の赤線は合成前死荷重および乾燥収縮の影響を考慮した場合、青線は乾燥収縮の影響を考慮しない場合のせん断力分布である。この図から、道示¹⁾などに示されるように桁端でせん断力が大きくなっているほか、変断面位置においてもせん断力が脈動している状況が認められる。しかし、支間中央部付近のずれ止めが伝達するせん断力は生じていないことが分かる。なお、この場合、左端では床版が右に移動し、右端では床版が左に移動することによるせん断力が生じている。

(3) 設計荷重時のずれ止めのせん断力

図-5には、活荷重が設計荷重に達するときのずれ止めのせん断力分布を示している。載荷する活荷重として、道示¹⁾に規定されている全長に一樣な等分布荷重と左桁端から10mに等分布荷重を載荷している。縦軸はせん断力、横軸は橋軸方向位置である。また、図中の赤線は合成前死荷重、乾燥収縮および活荷重を考慮した場合、青線は乾燥収縮の影響を考慮しない場合のせん断力分布である。乾燥収縮の影響を考慮しない場合、左端では床版が左に移動し、右

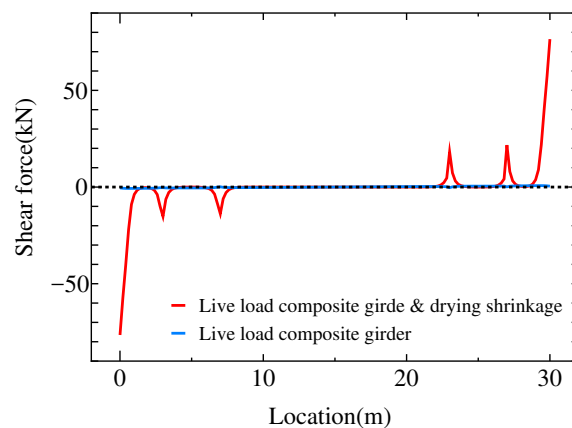


図-4 合成前死荷重時の橋軸方向せん断力分布

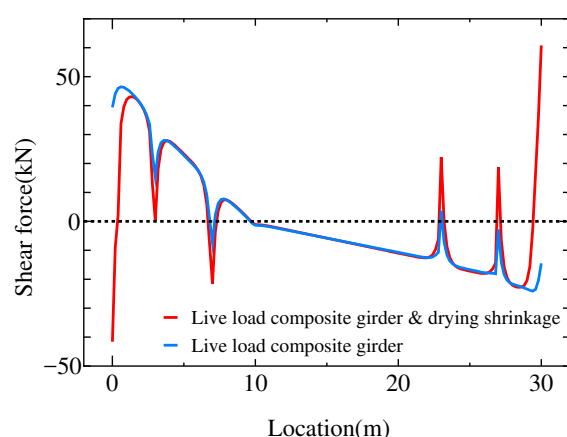


図-5 設計荷重時の橋軸方向せん断力分布

端では床版が右に移動することによるせん断力が生じている。しかし、乾燥収縮の影響を考慮した場合には、両端で乾燥収縮によるせん断力の影響が卓越している状況が認められる。ただし、図-5の端部付近は図-4に示す乾燥収縮のみの影響による端部付近のずれ止めのせん断力よりは小さい値になっている。

4. まとめ

本稿では、単純合成桁を対象として、合成前死荷重による初期応力を鋼桁に考慮した合成桁において床版コンクリートの乾燥収縮による影響を考慮した場合と考慮しない場合の解析を行い、特に、ずれ止めに生じるせん断力の挙動を確認した。

その結果、ずれ止めに生じるせん断力分布では、桁端部および変断面位置において乾燥収縮による影響が大きいことが分かった。特に、桁端部では、乾燥収縮によるずれ止めのせん断力の向きと活荷重によるせん断力の向きが逆になる。したがって、ずれ止めの配置に際しては、そのような影響を適切に考慮する必要がある。

なお、温度応力やクリープの影響の検討については今後の課題である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道示・同解説 II 鋼橋・鋼部材編，2017.
- 2) 菅原健太郎：死活荷重の載荷履歴を考慮した合成桁の挙動に関する研究，第45回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，I-73，2018.3.
- 3) 土木学会複合構造委員会：複合構造標準示方書，2015.