

# 変断面位置のずれ止めの水平せん断挙動に着目した実験及び解析検討

宇都宮大学 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  
 川田工業(株) 正会員 溝江慶久

## 1. はじめに

合成桁あるいは非合成桁などの桁橋では、荷重によって生じる橋軸方向の曲げモーメントの大きさに合わせて、支間中央から桁端部付近に向かって鋼桁のフランジ断面を減少させた変断面構造とするのが一般的である。一方、合成桁の設計においては、ずれ止めに作用する水平せん断力は、鉛直方向のせん断力と断面諸量に基づいて算定されるため、変断面位置では階段状に変化するとされている。しかし、変断面構造を有する合成桁の解析においては、変断面位置の左右で水平せん断力が急激に増減する結果<sup>1)</sup>が示されており、設計で想定されているずれ止めの挙動とは異なることが予想される。

そこで、変断面構造を有する単純支持条件の合成梁模型試験体を作製して載荷試験を行い、特に変断面位置付近のずれ止めの挙動を確認した。また、剛体ばねモデルを用いた弾塑性解析により、模型試験体の挙動を再現し、変断面位置におけるずれ止めの特異な挙動について検討した。

## 2. 実験概要

本実験では、変断面構造を有する合成梁模型試験体を用い、漸増繰り返し載荷試験を行った。試験体の側面図を図-1に示す。試験体の全長は4200mm、支間長は4000mmである。また、合成梁は一般的に鋼桁部分に変断面構造となるため、鋼梁断面はフランジ厚が22mmと9mmの変断面構成とした。フランジ厚が22mmの断面をSection1、9mmの断面をSection2とし、ウェブ厚は9mm、鋼梁高は400mmとした。また、RC床版は高さ120mm、幅400mmで、内部にはD13の軸方向鉄筋を4本ずつ2段で配置し、スターループにはD10の鉄筋を用いて、長手方向に100mm間隔で配置した。スタッドは軸径16mm、全高90mmで、上フランジ上に100mm間隔で2列に配置した。

実験では、載荷点の左右で変断面構造の有無による挙動を比較できるように載荷点を支間中央として荷重を載荷し、載荷点のたわみ、床版と鋼梁のずれ変位、各部のひずみを計測した。

## 3. 解析モデルと解析方法

ここでは、合成構造の解析に適した剛体ばねモデルを用いて弾塑性解析<sup>1)</sup>を行った。RC床版、鋼梁は軸ばねとせん断ばねを用いて再現した。また、RC床版と鋼梁の間に鉛直ばねと水平ばねを設けることでずれ止めを再現した。その際、水平ばね特性には、複合構造標準示方書<sup>2)</sup>に記載されているスタッドのせん断力-ずれ変位関係を用いた。なお、せん断耐力には並行して行った押抜き試験によって得られた値を代入している。

## 4. 実験結果と解析結果の比較

### (1) 荷重-たわみ関係

荷重と載荷点のたわみの関係の包絡線を図-2に示す。縦軸が荷重、横軸が載荷点のたわみである。この図から、最大荷重時のたわみの大きさは異なるが、たわみ30mm程度までは、解析結果は実験結果を概ね再現できていると考えられる。

### (2) ずれ変位分布

橋軸方向のずれ変位分布を荷重が400、500、600kN時について図-3に示す。縦軸をRC床版と鋼梁の相対ずれ変位、横軸を左側支点からの距離とした。丸印が実験値、点線が解析値で、黒色、赤色、青色が荷重400、500、600kN時の結果を示している。載荷荷重が小さい範囲では、ずれ変位が非常に小さいため、図には示していない。図-3に示す荷重段階では、左側支点より2900mmの断面変化位置において、ずれ変位がその両側の値より減少しており、解析結果は実験結果をある程度再現していることがわかる。

### (3) 鋼梁上下フランジのひずみ分布

変断面位置の左右に着目して、橋軸方向の鋼フランジ上下縁のひずみ分布を図-4、図-5に示す。縦軸はひずみを、横軸は左支点から計測位置までの距離を表している。また、丸印が実験値、点線が解析値で、黒色、赤色、青色が荷重400、500、600kN時の結果を示している。これらの図から、上縁、下縁とも変断面位置においてフランジの板厚9mmの位置(変断面位置の右側)よりもフランジの板厚22mmの位置(変断面位置の左側)のひずみの大きさが小さくなっている。実験結果と解析結果で絶対値は異なるがこのような傾向は再現できている。

## 5. 変断面位置における変位

変断面位置における水平せん断挙動を、解析結果を用いて考察する。鋼梁とRC床版との間で生じるずれ止め位置の相対ずれ変位は、RC床版と鋼梁それぞれの軸方向変位と回転による変位によって決まる。ここで、回転による変位とは、たわみによって生じる回転角に梁高の1/2を乗じた橋軸方向の変位を示している。なお、ここには示さないが、RC床版の軸方向変位、回転による変位については、変断面位置において特異な挙動は確認されなかった。

鋼梁の軸方向変位と回転による変位を載荷点左右で比較したものを図-6に示す。縦軸はそれぞれの変位、横軸は左右の支点からの距離とした。2000mmの位置は載荷点を示し、0mmの位置は左右の支点を示している。赤線が回転による変位、黒線が軸方向変位を示し、実線が載荷点左側、点線が載荷点右側を示している。また、図中の縦線は変断面位置を示している。軸方向変位は、変断面位置において大きく変化していない。しかし、回転による変位は、丸をつけた変断面位置において変断面側の方が小さくなっている。

**Key Words:** 合成梁, 変断面, ずれ止め, ずれ変位, ひずみ挙動

〒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

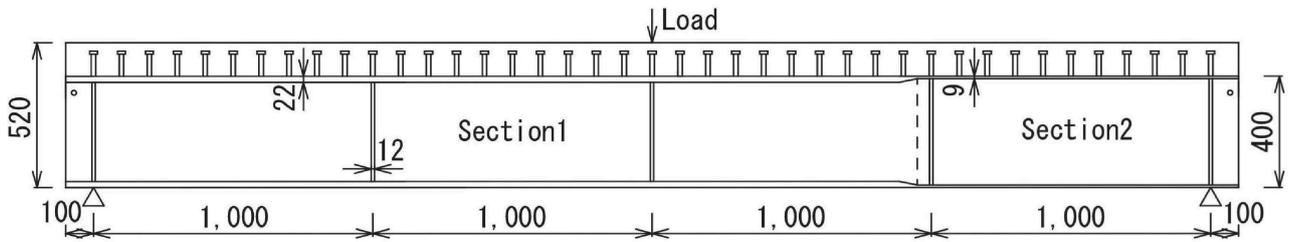


図-1 試験体側面図

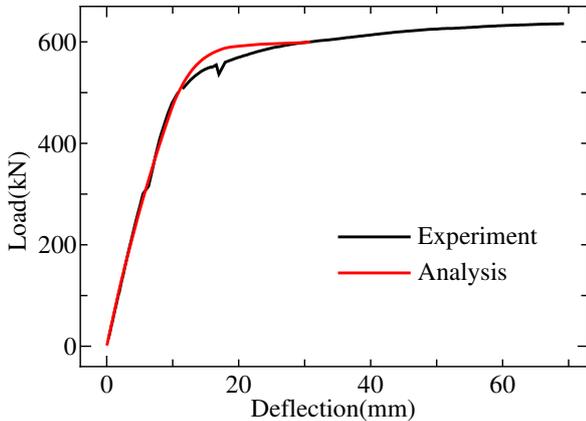


図-2 荷重-たわみ関係

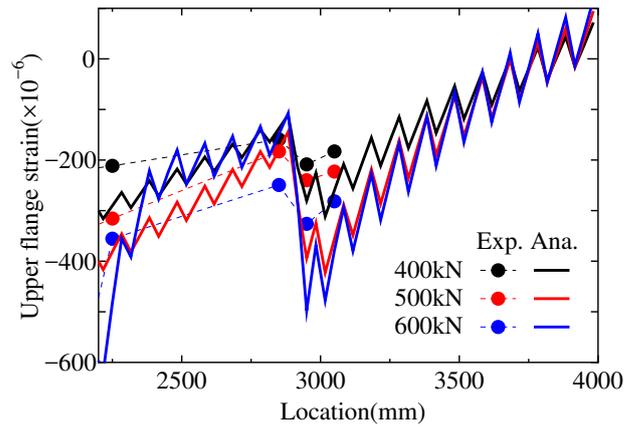


図-4 鋼フランジ上縁のひずみ分布

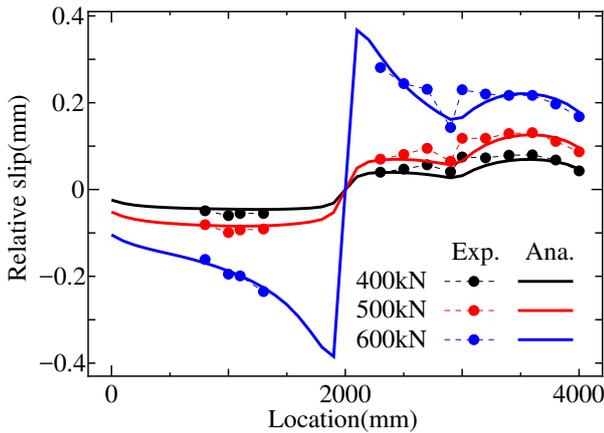


図-3 ずれ変位分布

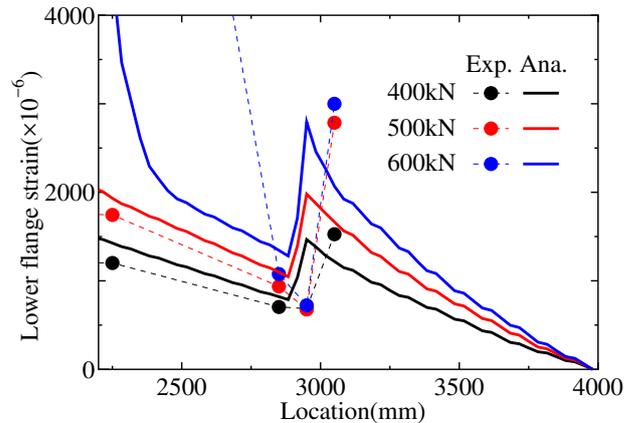


図-5 鋼フランジ下縁のひずみ分布

このため、変断面位置において鋼梁とRC床版間で生じる  
ずれ止め位置の相対ずれ変位は小さくなったと考えられる。

## 6. まとめ

実験結果から、変断面位置においてずれ変位が左右の位置よりも減少することが確認された。また、その位置付近において鋼梁のひずみが増減する現象も確認された。それらの挙動は解析において定性的にはもちろん定量的にもある程度再現された。

変断面位置における軸方向変位、回転による変位を解析を用いて確認すると、特に鋼梁の回転による変位が変断面位置において小さくなっており、それによって変断面位置で特異な水平せん断挙動を示していることが確認できた。

### 参考文献

- 1) 溝江慶久, 中島章典: 合成はりの諸因子がその耐荷挙動に及ぼす影響に関する解析検討, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.74, No.5, pp.II 81-II 99, 2018.6.
- 2) 土木学会複合構造委員会: 複合構造標準示方書 2014 年制定, 2015.5.

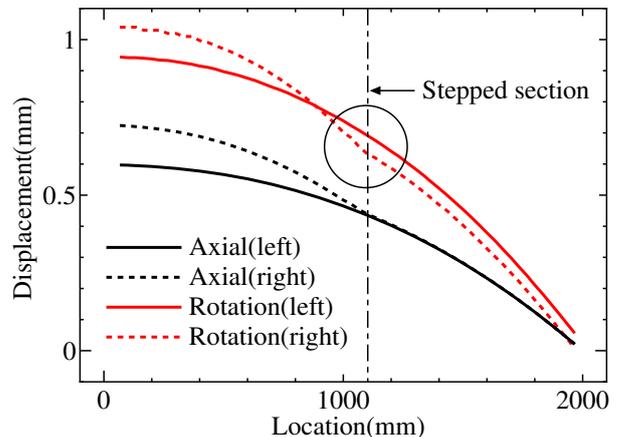


図-6 鋼梁の軸方向変位, 回転による変位