

コンクリートによる中間支点域圧縮フランジの耐荷力向上に関する研究

日本工営(株)	正会員	○大村	浩平
大阪工業大学大学院	学生員	岡山	尚輝
日本ファブテック(株)	正会員	柳尾	唯
大阪工業大学	正会員	今川	雄亮
大阪工業大学	正会員	大山	理

1. はじめに

近年、複合構造をはじめ、新形式の構造に対する研究・開発が積極的に行われている。その中で二重合成桁橋は、連続桁の負曲げ域における鋼桁圧縮域にコンクリート床版を設置させることで、桁の剛性を合理的に増加させることができる。また、二重合成桁橋は欧州を中心に採用事例が増えている橋梁形式で、近年では、下床版のコンクリートの使用量を抑えるために、写真-1に示すような二重合成桁橋が施工された¹⁾。この橋梁形式を参考にし、鉸桁の桁間隔を1.2mとし、負曲げ域に二重合成構造を適用させることで、桁間隔が同等である



写真-1 新形式の二重合成桁橋

細幅箱桁橋をさらに合理化させた橋梁形式(以下、提案橋梁とする)となる。しかし、提案橋梁の下フランジ自由突出部の片側では下床版で合成されていないため、局部座屈の影響が懸念される。そこで本研究では、下フランジ自由突出部の片側を模擬した供試体を製作し、コンクリートの有無が圧縮フランジ突出部の片側の局部座屈に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、静的4点曲げ試験を実施した結果について報告する。

2. 要素試験の概要

本学が所有する2000kN長柱万能試験機を用いて、支間長3000mmの供試体のスパン中央400mmに静的4点曲げ試験を実施した。本試験で用いる各供試体の寸法および圧縮フランジの幅厚比による断面区分を表-1に示す。ここで、表-1の断面区分では、供試体の鋼材にSM400材を用いて、降伏応力 $f_{yk}=235\text{ N/mm}^2$ 、ヤング係数 $E_s=2.05\times 10^5\text{ N/mm}^2$ とした。また、主鉄筋はD13、スターラップはD10のSD295を使用し、スタッドの寸法は $\phi 13\times 80\text{ mm}$ とした。各供試体の寸法は圧縮フランジ厚をパラメータとしてコンパクト断面($t=16\text{ mm}$)およびスレンダー断面($t=10\text{ mm}$)の鋼を各断面2つ製作し、フランジ片側にコンクリートを合成したものを二重合成モデルおよび合成していないものを鋼モデルとし、計4つの供試体を製作した。一例として、二重合成モデルのスレンダー断面をU10-DCとし、図-1にスパン中央部におけるU10-DCの横断面およびひずみ計測位置を示す。なお、中間支点域の負曲げモーメントの応力状態を再現した载荷試験を行うが、本試験は単純支持で行うため実橋の配置とは上下反転して設置した。

表-1 複合構造標準示方書に基づく断面分類²⁾

断面区分	判別式	結果	
コンパクト断面	$\frac{b}{2t} \leq 0.37 \sqrt{\frac{E_s}{f_{yk}}}$	$\frac{350}{2 \cdot 16} = 10.9 \leq 0.37 \sqrt{\frac{205000}{235}} = 10.9$	
スレンダー断面	$\frac{b}{2t} > 0.45 \sqrt{\frac{E_s}{f_{yk}}}$	$\frac{350}{2 \cdot 10} = 17.5 > 0.45 \sqrt{\frac{205000}{235}} = 13.3$	

キーワード：二重合成桁橋，コンパクト断面，自由突出部，局部座屈

連絡先：〒812-0007 福岡県福岡市博多区東比恵1丁目2番12号 Tel：(092)475-7131

3. 試験結果

本研究では、汎用解析プログラム DIANA を用いて鋼およびコンクリートの材料非線形性を考慮した有限要素解析を実施した。なお、解析で用いた鋼の降伏強度は、ミルシートより、 $t=10\text{mm}$ で $f_y=279\text{N/mm}^2$ 、 $t=22\text{mm}$ で $f_y=284\text{N/mm}^2$ とし、仮定として、塑性ひずみが 0.01 まで増加する完全弾塑性モデルを採用した。また、材料試験より、コンクリートの圧縮強度は $f'_c=43.6\text{N/mm}^2$ 、ヤング係数は $E_c=2.80 \times 10^4\text{N/mm}^2$ 、ポアソン比は $\nu_c=0.18$ とした。なお、解析では引張強度を無視し、鋼とコンクリートの付着およびずれ止めはモデル化していない。

降伏時の荷重荷重位置近傍における鋼部材側およびコンクリート打込み側の圧縮フランジ縁端部のひずみを表-2 にまとめる。表-2 より、解析値においてコンクリート打込み側が鋼部材側より約 30%ひずみが増加し、実験値においても約 24%増加する傾向が確認された。以上より、鋼とコンクリートを合成することで、コンクリート打込み側の荷重分担が鋼部材側よりも大きくなるため、圧縮フランジ突出部における局部座屈の発生を遅延させることができると考えられる。

つぎに、降伏時における U10-DC のスパン中央部のひずみ分布を図-2、荷重-変位曲線を図-3 にそれぞれ示す。なお、降伏ひずみとなる 1361μ は、曲げモーメントおよびせん断力が同時に作用する荷重点位置で達したため、曲げモーメントのみが作用するスパン中央部のひずみは同値より小さい値となっている。図-2 および図-3 より、弾性範囲内に着目すると、U10-DC では実験値が解析値と概ね一致しており、弾性範囲内での解析の妥当性が確認された。また、図-3 より、実験値の最大荷重が 812kN に対し、解析値は 850kN とほぼ同等の値となった。なお、降伏荷重 P_y 近傍から実験値と解析値の変位に相違が生じているのは、コンクリートにひび割れが進展したことで、剛性が低下したと考えられる。以上より、圧縮フランジ突出部がスレンダー断面に分類される鋼の自由突出部片側をコンクリートで合成させると、コンパクト断面まで達することが確認された。

4. まとめ

圧縮フランジがスレンダー断面に分類される鋼の片側をコンクリートで合成させることで、コンクリート打込み側の応力分担が鋼部材側よりも大きくなるため、圧縮フランジ突出部における局部座屈の発生が遅延され、コンパクト断面まで達することが可能であるとの知見が得られた。今後は、実橋への適用を目指し、実物大の供試体を製作、荷重試験を行う予定である。

【参考文献】

- 1) Dennis Rademacher, Wojciech Ochojski, Wojciech Lorenc, Maciej Kozuch : Advanced solutions with hot-rolled sections for economical and durable bridges, Steel Construction, 2018.8.
- 2) (公社)土木学会 複合構造委員会 : 2014 年制定 複合構造標準示方書 原則編・設計編, 2015.5.

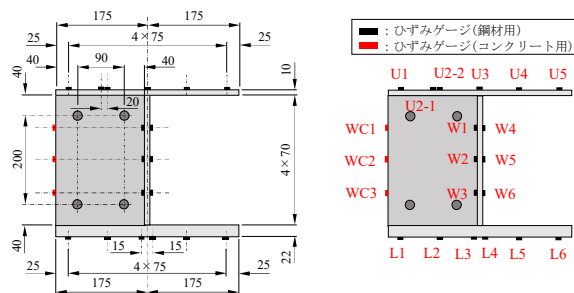


図-1 横断面とひずみ計測位置 (単位: mm)

表-2 圧縮フランジ縁端部のひずみ ($\times 10^{-6}$)

	鋼部材側	コンクリート側
解析値	-725 (1.00)	-940 (1.30)
実験値	-787 (1.00)	-972 (1.24)

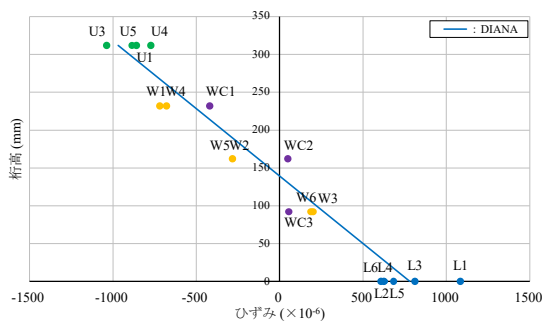


図-2 降伏時の U10-DC のひずみ分布

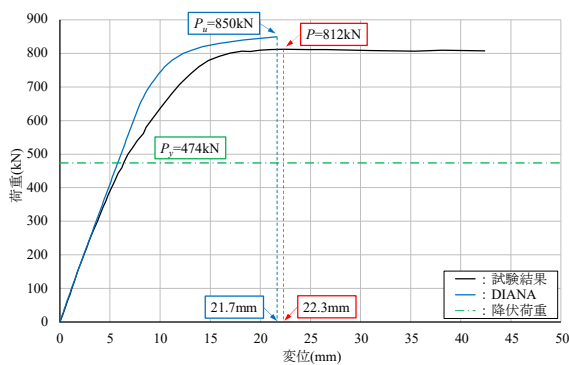


図-3 U10-DC の荷重-変位関係