

第 I 部門

コンクリートによる圧縮フランジの耐荷力向上に関する基礎的研究

大阪工業大学院工学研究科 学生員 ○岡山 尚輝
 大阪工業大学院工学研究科 学生員 大村 浩平
 大阪工業大学工学部 正会員 今川 雄亮
 大阪工業大学工学部 正会員 大山 理

1. はじめに

橋梁分野では、複合構造をはじめとした新形式の橋梁の開発・研究が盛んに行われている。その中で、著者らは、連続細幅箱桁橋の負曲げ領域の鋼桁圧縮部にコンクリート床版を合成した二重合成構造に注目した。しかし、箱桁は製作コストが高価で時間を要することが課題として挙げられる。そのため、より合理的な構造を目指すため、図-1に示す二重合成 I 桁橋を提案した。二重合成 I 桁橋を適用する上で、圧縮フランジの自由突出部(図-1)がノンコンパクトやスレンダー断面に分類される断面であってもコンクリートで補剛されることで全塑性状態(コンパクト断面)に達すれば、さらなる合理化を図ることが出来ると考えられる。そこで、本研究では、コンクリートの合成効果による圧縮フランジ自由突出部の局部座屈発生の有無を確認することを目的として、フランジ片側にコンクリートを充填し、二重合成 I 桁橋の自由突出部を再現したスレンダー断面の供試体など 4 つの供試体を製作し、静的 4 点曲げ試験を行った結果について報告する。

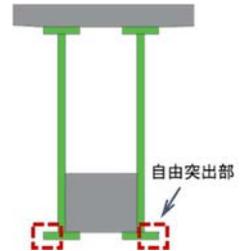


図-1 二重合成桁断面

2. 試験概要

(1) 試験供試体

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、一例として本試験で使用した U10-DC の諸元を図-2 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 $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ および静弾性係数 $E_s = 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ として断面区分を行った。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およびスレンダー断面の鋼桁を各断面 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。ここで、コンパクト断面は断面の最大モーメントが終局モーメントに達する断面、ノンコンパクト断面は鋼桁の一部は降伏するが、断面の最大モーメントが降伏モーメントに達する断面およびスレンダー断面は局部座屈により断面の最大モーメントが降伏モーメントに達しない断面のことである。また、中間支点領域における負曲げモーメントの応力状態を再現した載荷試験を行うが、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。つまり、供試体の上フランジが実橋の下フランジを表している。

表-1 供試体概要および断面区分¹⁾

供試体名		b_f (mm)	t_f (mm)	$b_f/2t_f$	条件式(負曲げ)	断面区分
二重合成モデル	U10-DC	350	10	17.5	$b_f/2t_f \geq 0.45\sqrt{E_s/f_y} = 13.3$	スレンダー断面
	U16-DC		16	10.9	$b_f/2t_f \leq 0.37\sqrt{E_s/f_y} = 10.9$	コンパクト断面
鋼モデル	U10-S		10	17.5	$b_f/2t_f \geq 0.45\sqrt{E_s/f_y} = 13.3$	スレンダー断面
	U16-S		16	10.9	$b_f/2t_f \leq 0.37\sqrt{E_s/f_y} = 10.9$	コンパクト断面

(2) 試験方法

本学が所有する 2000kN 長柱万能試験機を用いて、各供試体のスパン中央 400mm に静的 4 点曲げ試験を実施した。載荷方法は解析値を参考に決定し、サイクル載荷を行った。なお、本試験ではロードセルで載荷荷重、変位計で供試体の鉛直変位を測定した。

Naoki OKAYAMA, Kohei OHMURA, Yusuke IMAGAWA and Osamu OHYAMA
 naoki.okayama110@gmail.com

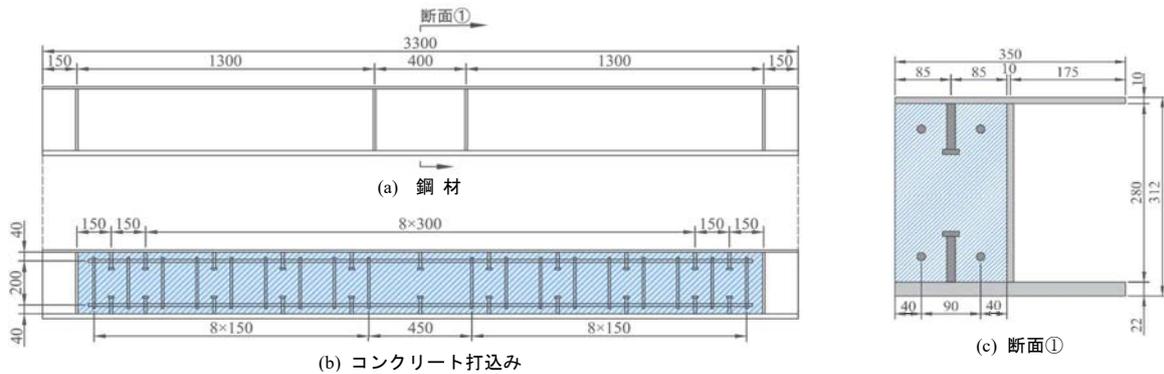


図-2 U10-DC 供試体(寸法単位:mm)

3. 試験結果

各供試体の最大荷重を表-2 に、U10-DC のスパン中央部の荷重-変位関係を図-3 に示す。ここで、荷重-変位関係に示す各解析値は、載荷位置で曲げモーメントとせん断力が同時に作用する影響を考慮するため M-Q 相関式²⁾ を用いて算定を行った。一方、曲げひび割れ発生荷重は、コンクリートの下縁にコンクリートの引張強度と等しい応力が作用するときの荷重とした。なお、解析に用いた U10-DC の材料特性値についてミルシートより鋼材の降伏強度は、圧縮フランジ $f_{yu} = 279 \text{ N/mm}^2$ 、ウェブ $f_{yw} = 279 \text{ N/mm}^2$ および引張フランジ $f_{yt} = 284 \text{ N/mm}^2$ を用いた。また、コンクリートの材料特性は材料試験より、圧縮強度 $f_c = 43.6 \text{ N/mm}^2$ 、引張強度 $f_{ct} = 3.5 \text{ N/mm}^2$ および静弾性係数 $E_c = 2.81 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ を用いた。

表-2 の各供試体の最大荷重より、コンパクト断面に分類される U16-DC および U16-S は、想定通り、全塑性状態まで達し、U16-DC の最大荷重が 1036.2kN および U16-S の最大荷重が 843.2kN となった。以上より、コンクリートを合成したことによる耐荷力の増加率が 22.8%であることがわかった。

図-3 の荷重-変位関係より、解析において載荷荷重が降伏荷重となる際、実験値が曲げモーメントとせん断力を考慮した解析値(曲げモーメントの影響：78%，せん断力の影響：22%)とほぼ同等の値となった。また、降伏荷重以後に、実験値の傾きが緩やかになっていることが確認できる。そのため、解析値の降伏荷重付近で部材が降伏していることが確認された。そして、実験での最大荷重 P_{max} が 812.1kN および解析値の終局荷重 P_p が 813.9kN であるため、 $P_{max}/P_p = 1.00$ となり U10-DC はスレンダー断面に分類されるがコンパクト断面に達することが確認された。

4. まとめ

本試験より、スレンダー断面として分類される断面が、コンクリートの合成効果により、コンパクト断面に達することが確認された。

今後の課題としては、圧縮フランジ幅をパラメータとした供試体を用いて試験を行う必要がある。そして、実橋規模の供試体を用いて試験を行う必要がある。また、FE 解析を行い詳細な検討を行う必要がある。

【謝辞】

試験実施に際し、供試体の製作にご協力を頂きました日本ファブテック株式会社 に心より感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) (公社)土木学会：2014 年制定 複合構造標準示方書 原則編 設計編，丸善(株)，2015.5.
- 2) 西岡文吾，今川雄亮，大山 理：二重合成 I 桁橋の N-M-Q 相関曲線に関する検討，第 12 回 複合・合成構造の活用に関するシンポジウム，pp.37-1-37-7，2017.11.

表-2 各供試体の最大荷重

供試体	U10-DC	U10-S	U16-DC	U16-S
最大荷重 (kN)	812.1	581.5	1036.2	843.2

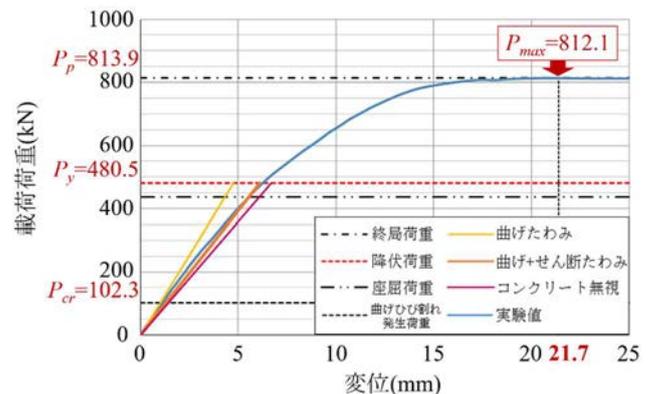


図-3 U10-DC の荷重-変位曲線(スパン中央部)