

## 角鋼ジベルを用いた鋼コンクリート合成床版橋の連続桁化のための負曲げ部ひび割れ制御(その1)

川田工業株式会社 正会員 ○西井 大樹 川田工業株式会社 岡本 裕  
 川田工業株式会社 八戸 翔平 川田工業株式会社 畑 千晴  
 川田工業株式会社 正会員 段下 義典 大阪工業大学 正会員 大山 理

### 1. はじめに

合成床版橋は現場工程が短期であり、架替等に適する橋梁形式である。なかでも、鋼とコンクリートとのずれ止め構造として一般部に角鋼ジベル、橋梁端部に孔あき鋼板ジベルを用いた合成床版橋(図-1, 図-2, 以降, SCスラブ橋<sup>1)</sup>と称す)は支間長Lに対する構造高Hの割合H/Lを1/40まで低くできる特長を有し、構造高の制約が厳しい場合に適する。2004年から単純桁の実橋に採用されてきているが、連続桁への適用を図るには、中間橋脚上の負曲げ領域における引張力による床版コンクリート部材のひび割れ幅を制御することが課題であった。

そこで、SCスラブ橋を連続桁化した際に中間橋脚上の桁作用による床版部材への引張に対して適切にひび割れを制御するための配筋や支点部の構造を確立させることを目的として負曲げ静的載荷試験を行うこととした。本稿では鉄筋比2%を確保した試験体での結果を示し、(その2)稿においては鉄筋比を減じた場合における試験体での結果について報告する。

### 2. 試験概要

本研究では連続SCスラブ橋の縦リブ1本分相当の幅を対象とし、図-3, 図-4に示す試験体を製作した。これを天地逆に設置して支間長10mの単純支持状態で、支間中央に油圧ジャッキで鉛直下向きの載荷をすることで、中間支点部の負曲げモーメントを再現した。中間橋脚上に該当する載荷点では、床版から下鋼板までコンクリートを打ち下ろし、断面の急変を避けるためにハンチを設けた(図-5)。また、載荷台を用いて面載荷とすることで、曲げモーメントが実橋の中間支点部に近い分布となるよう配慮した。

SCスラブ橋の縦リブ間隔は1m程度だが、床版内に配置された鋼材周辺のコンクリートの充填性を考慮してRC床版厚260mmが標準であり、鋼フランジの下側には配力鉄筋を配置していない。また、道路橋示方書<sup>2)</sup>(以下「道示」と称す)では引張力を受けるコンクリート断面を無視した設計を行う場合、鉄筋比2%、

周長率 $0.0045\text{mm}/\text{mm}^2$ の規定があるが、鋼フランジが床版内に配置される特長が桁橋と異なるため、この規定を参考にしつつ、ひび割れ性状を確認することとした。

表-1に試験体の概要および使用材料テストピースの試験結果を示し、本稿ではType-1における結果について述べ、Type-2については(その2)稿で示す。ひび割れ幅の実測値とコンクリート標準示方書<sup>3)</sup>の算定式による計算値を比較してひび割れ制御設計の妥当性を検証し、ひずみ計測値から算出される作用応力度と設計値の比較から中間支点部における合成構造の挙動を確認することとした。

載荷荷重を計画するにあたり、中間支点上での鉄筋の作用応力度に着目して表-2に示す6ステップを設定し、各ス

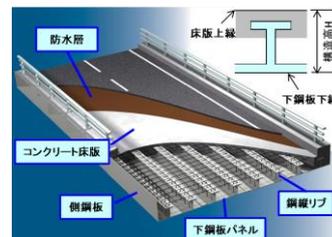


図-1 SCスラブ橋概念図

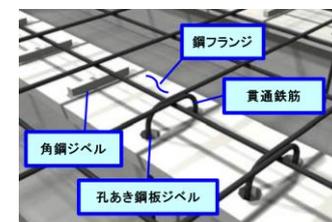


図-2 ずれ止め構造詳細

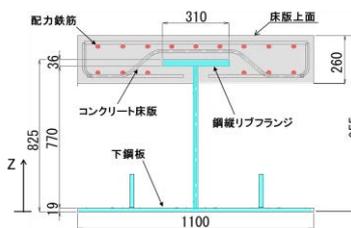


図-3 試験体断面(単位: mm)

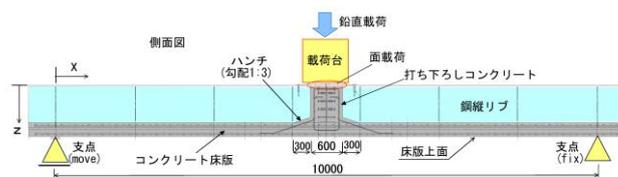


図-4 試験体・載荷システム(単位: mm)

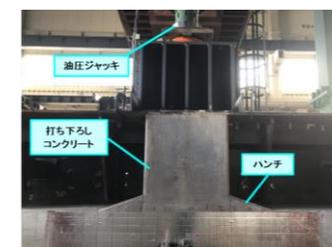


図-5 中間支点・載荷位置構造

キーワード: 合成床版橋, 連続桁化, 負曲げ, コンクリート床版, ひび割れ制御  
 連絡先: 〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11 Tel: (03)3915-3411

テップで載荷と除荷の繰り返し載荷を行った。なお、実橋を想定した試験計では設計荷重時の配力鉄筋作用応力度が 100N/mm<sup>2</sup> と算出され、この状態を step-3 と設定した。

3. 試験結果・考察

計算上のひび割れ発生荷重（コンクリート引張応力度 3N/mm<sup>2</sup>）の 86kN 以上を載荷しても床版にひび割れは発生せず、段階的に荷重を増やしていった結果、161kN で最初のひび割れが発生した。最初の床版ひび割れは図-6 のA部（ハンチ始端）付近で発生し、これ以降の載荷荷重に対してA部がひび割れ幅最大の箇所となった。ハンチ始端付近（①）、ハンチ終端付近（②）、中間支点付近（③）における配力鉄筋の作用応力度および床版上面のひび割れ幅に着目し、その結果を表-3 に示す。なお、鉄筋作用応力度に関して、ひずみゲージ設置箇所はひずみ実測値から求め、ひずみゲージ非設置箇所は道示Ⅲ<sup>4)</sup> 10.5.2 で示される中間支点上の設計曲げモーメント分布を考慮して算出した。また、床版のひび割れ幅はクラックスケールを用いた近接目視によって計測した。

最大ひび割れ幅が、作用応力度の最大となる載荷位置直下ではなくハンチ始端付近で生じたのは、打ち下ろしコンクリートによって剛性が変化している影響と考えられる。このハンチ始端付近で初期のひび割れが観察された後は、荷重の増加とともに周囲で新たなひび割れが生じて分散し、step-3 以降は最大ひび割れ幅が 0.15mm から増大しなかった。

また、図-7 に示す、床版上面に設置した π ゲージによる水平方向の伸びの推移から、載荷初期はハンチ始端付近で水平方向の伸びが先行していたが、その後はハンチ終端付近での増加がより顕著であることがわかる。他の箇所の π ゲージでの計測値および目視による観察からも、初期にひび割れが発生した後、その周囲に発生したひび割れによって分散されていたことが確認できた。

図-8 に設計荷重相当の step-3 における載荷点付近断面の鉄筋および鋼縦リブの作用応力度を示す。ひずみの実測値から算出される作用応力度分布は平面保持を示しており、抵抗断面を鋼縦リブと配力鉄筋のみとした場合の設計作用応力度と近い値となっている。

以上より、鉄筋の作用応力度は計算によって求められ、その結果に基づいて鉄筋量を決定することで、ひび割れ幅を制御できることが確認された。

4. まとめ

SCスラブ橋を連続桁に適用することを想定した載荷試験結果から、計算によって鉄筋応力度を算出して照査し、適切にひび割れ幅を制御する構造が実現可能であることが明らかになった。ここに、中間支点上ではコンクリートを無視して鋼部材のみを有効と考えれば安全側となる。（その2）稿においては、配力鉄筋量を減じた場合における載荷試験結果および検討を示す。

【参考文献】

- 1) 田中一夫, 米田達則, 枝元勝哉, 他: 孔あき鋼板ジベルの合成床版橋への適用について, 第6回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム講演集, pp.37-1-37-8, 2005.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (Ⅱ鋼橋・鋼部材編), 2017.11.
- 3) 土木学会: コンクリート標準示方書 (設計編), 2018.3.
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (Ⅲコンクリート橋・コンクリート部材編), 2017.11.

表-1 試験体概要・テストピース試験結果

	Type-1	Type-2	備考
配力鉄筋 呼び径 (mm)	D22	D19	
鉄筋比 (%)	2.03	1.50	参考: 道示Ⅱ 14.3.3 2.0%以上
周長率 (mm/mm <sup>2</sup> )	0.0037	0.0031	参考: 道示Ⅱ 14.3.3 0.0045mm <sup>2</sup> /mm <sup>2</sup> 以上
配力鉄筋降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	386.9	390.5	材質: SD345
鋼筋降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	424.9		材質: SM490
試験前コンクリート圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	38.9	43.1	設計基準強度: 30N/mm <sup>2</sup>

表-2 目標とする鉄筋作用応力度と載荷荷重

載荷ステップ	step1	step2	step3	step4	step5	step6
配力鉄筋作用応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	35.3	70.0	100.0	121.5	140.0	345.0
載荷荷重 (kN)	86	229	353	441	518	1342
備考	ひび割れ発生		設計荷重相当	ひび割れ幅 0.2mm		鉄筋降伏

表-3 配力鉄筋作用応力度とひび割れ幅

載荷ステップ	載荷荷重 (kN)	ハンチ始端付近 (最大ひび割れ発生箇所) 測点①		ハンチ終端付近 測点②		中間支点付近 測点③	
		配力鉄筋作用応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	ひび割れ幅 (mm)	配力鉄筋作用応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	ひび割れ幅 (mm)	配力鉄筋作用応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	ひび割れ幅 (mm)
step-1	161	63.6	0.03未測	0.12	69.5	68.8	
step-2	232	83.8	0.08	0.15	91.6	92.3	
step-3	370	108.9	0.15	0.18	119.0	121.5	
step-4	452	122.5	0.15	0.20	133.9	137.3	
step-5	520	135.5	0.15	0.22	148.1	152.4	
step-6	1501	307.2			335.7	352.0	

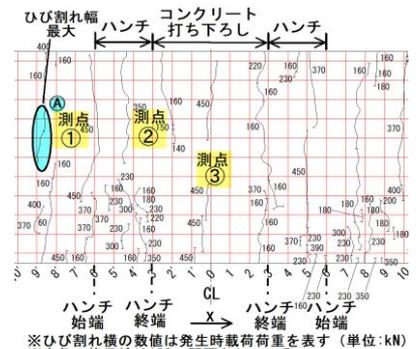


図-6 床版上面のひび割れ分布

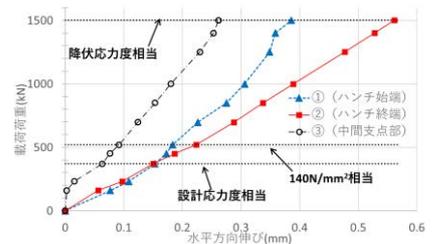


図-7 水平方向伸び推移

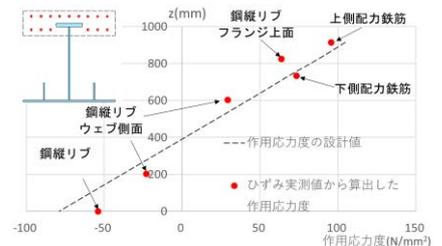


図-8 鉄筋・鋼縦リブ作用応力度分布