

# 鋼コンクリート合成床版を用いた連続合成桁における中間支点部有効幅の検討

法政大学 ○学生会員 南波謙太 正会員 藤山知加子  
 (一社) 日本橋梁建設協会 正会員 熊野拓志 和田均 松村寿男 山本将士

## 1. 研究目的

現在、鋼コンクリート合成床版（以下、合成床版と記す）を用いた連続合成桁が多く設計されている。連続合成桁に関する設計基準は道路橋示方書<sup>1)</sup>（以下、道示と記す）が基本となるが、現行の道示には合成床版を対象とした規定がない。本研究では合成床版を用いた連続合成少数鉸桁橋を対象とし、負曲げモーメントが作用する中間支点部における床版有効幅について解析的なアプローチを行い、道示による有効幅の設計式（以下、道示式と記す）の適用性を検討した。

## 2. 解析モデルの検討

解析モデルを設定するため、合成床版を用いた連続合成桁として標準的な支間長 50m の 3 径間連続桁（図 1）を試設計した。解析モデルは、有効幅の算出に用いる等価支間長  $l$  が 20m（図 2）となるため、解析モデルの橋軸方向を 20m とし、橋軸直角方向は 1/2 モデルとした（図 3）。

解析には 3 次元非線形有限要素解析ソフト「COM3D」を用い、既往の研究成果<sup>2)</sup>により負曲げ載荷試験との整合が確認されている解析モデルを実橋サイズに拡張した。解析モデルの構築に当たり、コンクリートと底鋼板との境界面要素や配力筋のモデル化等について検討を行い、実現象をよく再現できると考えられるモデル<sup>2)</sup>を採用した。また、コンクリートの圧縮強度は  $30\text{N/mm}^2$ 、初期剛性は  $29,000\text{ N/mm}^2$  とし、鋼材の材質は SS400, SM490YB, SM520C-H 等とした。

## 3. 負曲げ載荷解析

解析により中間支点部の負曲げ状態を表現するため、床版上面の両端部を拘束し、主桁支間中央の下フランジ下面から荷重を載荷した。荷重は中間支点の反力を想定して最大荷重  $3,000\text{kN}$  までとし、 $100\text{kN}$  ピッチで行った。

解析結果のうち、載荷点位置における載荷荷重とたわみの関係を図 4 に示す。なお、コンクリートがひび割れていない状態における設計値（全断面有効）と、コンクリートに貫通ひび割れが発生し鋼桁と底鋼板および配力筋のみを抵抗断面とした場合の設計値（鋼断面のみ有効）をあわせて示す。同図より、 $1,700\text{kN}$  載荷時に載荷点直上の床版上面の橋軸方向ひずみがひび割れ相当量に達し、これ以降たわみの増加傾向が大きくなった。ひび割れひずみに到達した領域の広がりとともに全体の剛性がわずかに低下したと思われる。ひび割れ発生後のたわみ量は、鋼断面のみを有効とした設計値に漸近する結果であった。

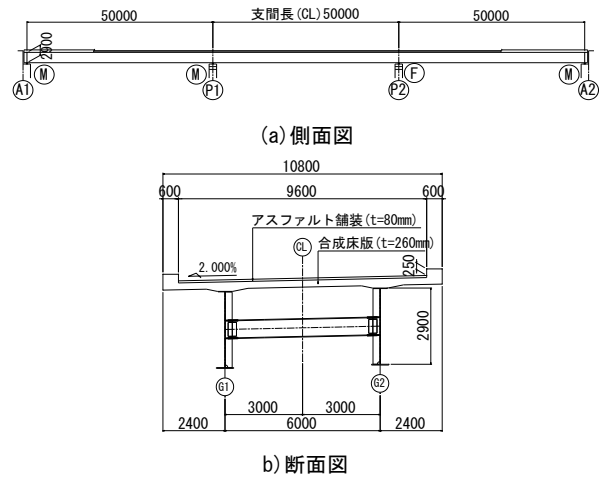


図 1 対象橋梁モデル(単位:mm)

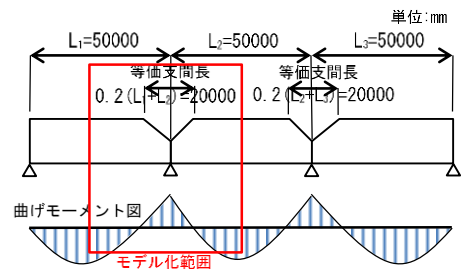


図 2 等価支間長の概要

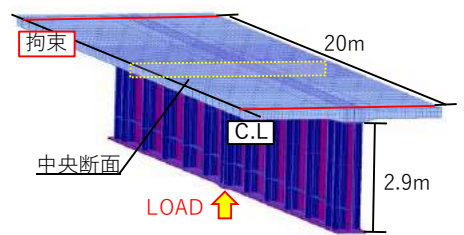


図 3 解析モデル概要

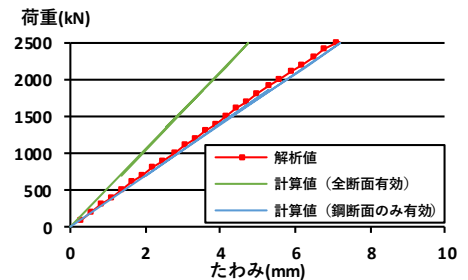


図 4 載荷荷重-たわみ関係

図 5 に荷重載荷点近傍の合成床版内リブ間の断面におけるコンクリートと鋼桁の橋軸方向ひずみ分布図を示す。1,000kN 載荷時はひび割れ発生前のため中立軸位置は全断面有効とした設計値に近い状態にあり、2,000kN 載荷時ではひび割れ発生後となるため、中立軸の低下がみられた。今回の載荷レベルでは引張側のコンクリートにまだ有効断面が残っていることから鋼断面のみ有効とした設計値まで中立軸は低下しなかった。中立軸位置の推移が設計値と概ね一致することから解析結果は概ね妥当であると考えられる。

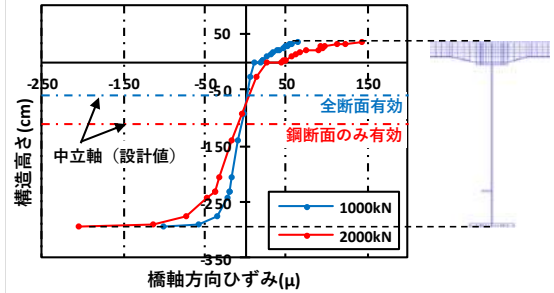
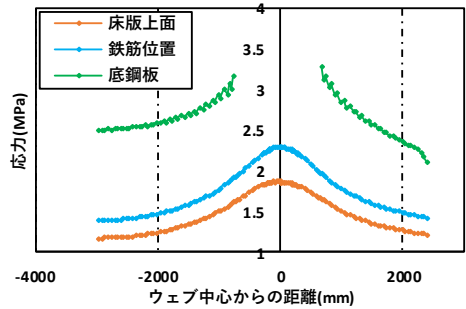


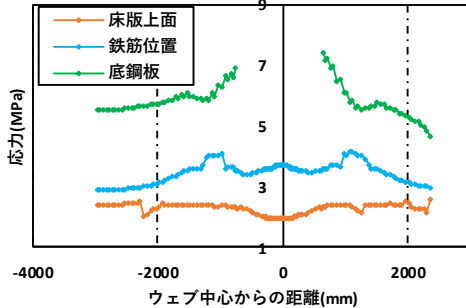
図 5 橋軸方向ひずみ分布

4. 有効幅の検討

床版コンクリートの 1,000kN (ひび割れ前) と 2,000kN (ひび割れ後) の載荷時における、図 5 と同じ断面での合成床版の橋軸方向応力分布は図 6 に示すとおりである。1,000kN 載荷時には、床版上面、配力鉄筋および底鋼板 (主桁下フランジとハンチ部を除く) の橋軸方向応力分布よりせん断遅れ現象が生じていることが確認できる。また、ひび割れ後となる 2,000kN 載荷時には主桁ウェブ上における床版上面と配力鉄筋の応力が減少し、顕著なせん断遅れ現象がみられない。これはひび割れ発生によりコンクリートの応力分担が減少したためと推察される。



(a) 1000kN 載荷時



(b) 2000kN 載荷時

図 6 橋軸方向応力分布図 (リブ間)

次に、図 6 の橋軸方向応力分布を用いて有効幅を算出した。有効幅の算出には道示 (解 11.3.1) に示される式 (1) を用いた。

$$\lambda = \frac{\int_0^b \sigma(x) dx}{\sigma_0} \dots \text{式 (1)}$$

ここに、 $\lambda$ : 片側有効幅、 $b$ : 主桁間隔 1/2 もしくは片持部のフランジの突出幅、 $\sigma(x)$ : 橋軸直角方向分布における橋軸方向応力、 $\sigma_0$ : ウェブ上における床版の橋軸方向応力である。

上式より算出した有効幅と、道示式により算出した値を表 1 に合わせて示す。ひび割れ前 (1,000kN) の解析値は、各着目部位において道示式の値と概ね一致する結果であった。また、ひび割れ後 (2,000kN) においては解析値が道示式による算出値の 1.5 倍以上となった。これは、主桁ウェブ上で見られるせん断遅れの影響が減少したためと考えられる。以上より、本研究の設計条件における道示式の適用性を確認した。

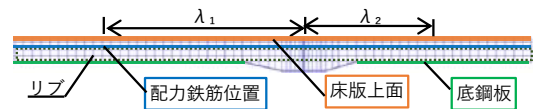


図 7 有効幅算出位置

表 1 有効幅算出結果 (単位: mm)

	道示式	解析結果					
		床版上面		配力鉄筋		底鋼板	
		ひび前	ひび後	ひび前	ひび後	ひび前	ひび後
$\lambda 1$	1883	1900	3104	1825	2320	2191	2197
$\lambda 2$	1584	1536	2381	1473	1888	1598	1563

5. 結論

本研究では、合成床版を用いた連続合成少数鈹桁橋の中間支点部における床版有効幅に関し、道示式の適用性を解析的に検討した。その結果、解析より算出した有効幅は道示式で算出した値と概ね一致しており、本研究の設計条件において、道示式は合成床版にも適用可能であることが確認された。今後の課題として、 $b/l$  を変化させたケースによる検証が必要と考えている。

参考文献

- 1) 公益社団法人 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (I 共通編 II 鋼橋編) 2012.3
- 2) 高須賀丈広, 松村寿男, 荻山陽太郎, 藤山知加子: 鋼・コンクリート合成床版を有する合成桁の COM3D 解析モデルの検証, 土木学会第 68 回年次学術講演会論文集 I-428, pp855~856, 2013.9