

## 合成床版の耐力評価算定法の紹介（鋼合成鉄道橋の例）

(株) 横河ブリッジ 正会員 ○水口 知樹<sup>\*1</sup>  
 (株) 横河ブリッジ 正会員 春日井 俊博<sup>\*1</sup>  
 株式会社 REC 正会員 保坂 鐵矢<sup>\*2</sup>

## 1. まえがき

橋梁のライフサイクルコストを最小限に抑えることを目的として、橋梁の合理化や床版等各部材の耐久性向上が図られ、種々の研究、および開発が行われている。その開発の一つに合成床版が上げられる。合成床版は主桁と同等の耐久性を有しているのでライフサイクルコストの面から経済性に優れている。さらに、RC床版より薄く軽いことから桁断面のスリム化を図ることができる。これらの理由により最近道路橋で急激に実績が増えてきている。道路橋に適用する合成床版は種類も多くそれぞれについて研究、および開発が進められている。鉄道橋では当社で開発した図-1に示す孔あき鋼板ジベルタイプが数件、他社1タイプと実績が限られているのが現状である。ここでは、これまでの各種試験結果を踏まえて構築した合成床版の設計法を紹介する。

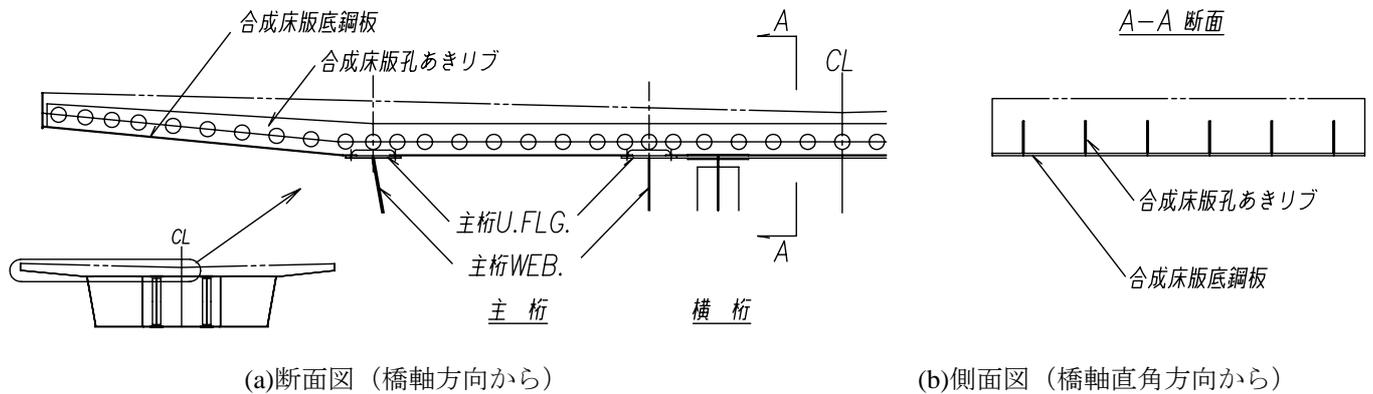


図-1 合成床版（鋼合成開断面2箱桁鉄道橋の例）

## 2. 限界状態設計法の提案

今後、性能照査型設計が主流となることに鑑み、限界状態設計法を提案し、その設計方針を整備した。

まず、合成床版の構造の概要を以下に述べる。合成前は、合成前死荷重に対して孔あきリブと有効幅を考慮した底鋼板による鋼パネルで抵抗する。底鋼板は板厚 6mm でスタッドジベルの溶着がなく、合成後のコンクリートとの応力の伝達は孔あきリブを介して行う。孔あきリブは板厚 12mm から 19mm とし、リブ間隔は合成前死荷重を受けて過大な変形が起きない剛性を確保するため 500mm 以内とする。

コンクリートが硬化した合成後は合成後死荷重、活荷重、およびその他荷重に対して鋼パネルと鉄筋、および引張を無視したコンクリートの合成断面で抵抗する。孔あきリブは有効断面の一部であり、かつ鋼パネルとコンクリートとを合成させるジベルの機能を兼ねた構造である。

終局限界状態は合成桁の場合と同様に合成前と合成後それぞれの照査、およびそれらの足し合わせの照査を行う。

$$\text{曲げ耐力の照査: } \frac{M_1}{M_{U1}} + \frac{M_2}{M_{U2}} \leq 1 \quad \text{せん断耐力の照査: } \frac{S_1}{S_{U1}} + \frac{S_2}{S_{U2}} \leq 1$$

ここで、 $M_1$ ：合成前の作用曲げモーメント、 $M_{U1}$ ：合成前の終局曲げ耐力、 $M_2$ ：合成後の作用曲げモーメント、 $M_{U2}$ ：合成後の終局曲げ耐力、 $S_1$ ：合成前の作用せん断力、 $S_{U1}$ ：合成前の終局せん断耐力、 $S_2$ ：合成後の作用せん断力、 $S_{U2}$ ：合成後の終局せん断耐力である。

合成前は鋼パネルの縁応力が、設計圧縮強度もしくは設計引張強度に達する曲げモーメントを終局曲げ耐力とした。終局せん断耐力は、孔あきリブが設計せん断強度に達するせん断力とした。

合成後は、コンクリートの圧縮縁応力度が設計圧縮強度に達したとき、鋼材縁応力度が設計圧縮強度もしくは設計引張強度に達したときのいずれかの状態の曲げモーメントを終局曲げ耐力とした。終局せん断耐力は、鋼材の設計せん断降伏強度とコンクリートのせん断補強材を用いない場合の設計せん断強度の和とした。それぞれの耐力式は以下のとおりである。

キーワード 合成床版, 限界状態設計法, 終局曲げ耐力, 終局せん断耐力, 鉄道橋

連絡先 ※1 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 番地 横河テクノビル TEL047-435-6161

※2 〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 横浜アイランドタワー27階 TEL045-222-9083

<終局曲げ耐力> 合成前： $M_{U1} = \frac{I_s f_U}{y \gamma_m}$ , 合成後： $M_{U2} = \frac{I_v f_U}{y \gamma_m}$

ここで、 $f_U$ ：照査位置の強度（次のもの）、 $f'_{CD}$ ：コンクリートの設計圧縮強度、 $f_{SY}$ ：鋼材の降伏強度の特性値、 $f_{RY}$ ：鉄筋の降伏強度の特性値）、 $I_s$ ：合成前の鋼パネルの断面2次モーメント、 $I_v$ ：合成後の合成断面の断面2次モーメント、 $y$ ：中立軸から照査位置までの距離、 $\gamma_m$ ：材料係数（次のもの）、 $\gamma_{ms}$ ：鋼材、 $\gamma_{mc}$ ：コンクリート、 $\gamma_{mr}$ ：鉄筋

<終局せん断耐力> 合成前： $S_{U2} = A_s \frac{\tau_U}{\gamma_{ms}}$ , 合成後： $S_{U2} = A_s \frac{\tau_U}{\gamma_{ms}} + \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f'_{vcd} \cdot b_w \cdot d$

ここで、 $A_s$ ：孔あきリブの断面積、 $\tau_U$ ：リブのせん断降伏強度の特性値、 $\gamma_{ms}$ ：鋼材の材料係数、 $\beta_d, \beta_p, \beta_n \cdot f'_{vcd}$ ：せん断補強材を用いないコンクリートの設計せん断耐力に関する諸係数、 $b_w$ ：コンクリートの幅、 $d$ ：有効高さである。

3. 提案式と実験結果との比較

文献1)では、図-1と同形式の合成床版に対して静的載荷実験を行い、終局曲げ耐力  $M_U$ （正曲げモーメント、および負曲げモーメント）、および終局せん断耐力  $S_U$ （正曲げモーメント部）を求めている。試験体の諸元、試験体への載荷方法を表-1、図-2にそれぞれ示す。

これらと2章で提案した方針による設計耐力との比較を表-2、3に示す。部材係数  $\gamma_b$  を 1.15 に設定すると、曲げ耐力の実験値/計算値は 1.10、および 1.05 であり、せん断耐力の実験値/計算値は、1.13 である。

さらに、ほかの実験結果も含めた異なるコンクリートの設計基準強度における実験値/計算値のばらつきを図-3に示す。実験値が計算値に対して全て上回っており、提案した設計方針は安全側であることが確認できる。

表-1 試験体の諸元

試験体名	HB2Y
鉄筋径, 間隔	D16, 500
鉄筋比 (%)	0.13
孔あきリブの高さ×板厚	205×10
孔あきリブ間隔 (mm)	500
孔間隔 (mm)	300
コンクリート厚 (mm)	300
底鋼板厚 (mm)	6

表-2 実験と計算値の曲げ耐力の比較

供試体		実験値		計算値		比較
		Mu <sup>EXP</sup> (kNm)		Mu <sup>CNT</sup> (kNm)		
HB2Y	M	+	359.6	327.9	1.10	
		-	68.2	64.8	1.05	

表-3 実験と計算値のせん断耐力の比較

供試体		実験値		計算値		比較
		Su <sup>EXP</sup> (kN)		Su <sup>CNT</sup> (kN)		
HB2Y	S	+	595.5	525.7	1.13	

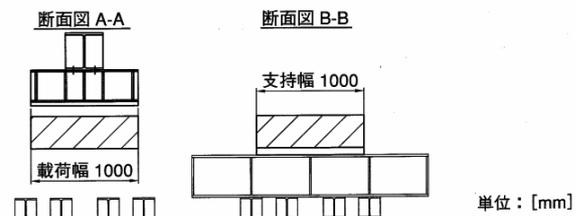
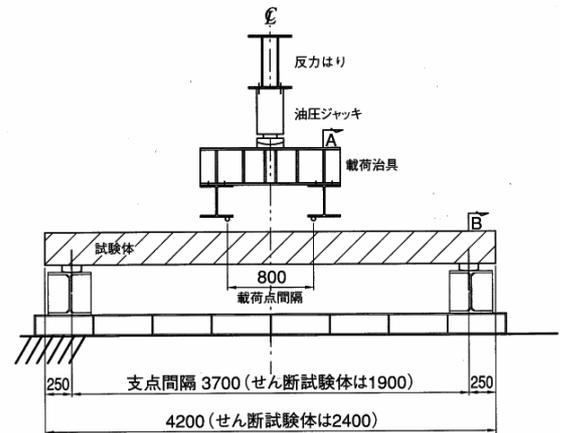


図-2 試験体の載荷方法

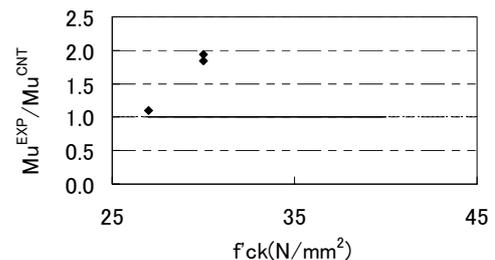


図-3 実験と設計値の（正）曲げ耐力の比較

4. まとめ

合成床版の限界状態設計法を紹介し、提案した設計方針の妥当性を実験により確認した。

なお、使用限界状態のひび割れに関する曲げ耐力については文献2), 3)により RC 床版と同様の照査式で問題ないことを確認している。疲労限界状態については、輪荷重走行試験により合成床版の耐力、および構造詳細に弱点がないことを確認し、疲労等級を考慮した照査を行っている。

今後の課題として、合成桁において底鋼板に桁作用断面力の一部を負担させることで桁の経済性や耐久性の向上を図り、より合理的な構造とすることが考えられる。

参考文献

- 1)永田 他：孔あき鋼板合成版を用いたハイブリッドケーソンに関する基礎的実験，横河ブリッジグループ技報 No.32, 2003.1.
- 2)木水 他：連続合成桁における合成床版のひび割れ性状に関する実験，構造工学論文集 Vol.48A, 2002.3.
- 3)春日井 他：合成床版のリブ位置における応力集中に関する FEM 解析，土木学会第 59 回年次学術講演会，2004.9.