

コンパクト・ノンコンパクト断面区分の判定に関する一考察

東日本高速道路(株) ○正会員 高久 英彰 正会員 本間 淳史 非会員 長谷川 正幸
 (株)高速道路総合技術研究所 正会員 藤野 和雄 (株)東京鉄骨橋梁 非会員 佐々木 力

1. はじめに

NEXCOでは鋼連続合成桁の限界状態設計法を用いた設計法について試案(以下、設計案という)を取りまとめており、上記設計案等を参考に実橋レベルで具体的な検討に取り組んでいる¹⁾。

本稿は詳細設計において発生した断面区分の判定に関する問題点と見解について報告を行うものである。

2. 断面判定における問題点

実橋での詳細設計を実施するにあたり、荷重組合せによる照査を行うことになる。この際、荷重組合せごとに断面判定を実施すると、コンパクト断面と想定していた支間中央断面においてノンコンパクト断面やスレンダー断面と判定され、ノンコンパクト断面と想定していた支点上断面においてスレンダー断面に判定されるケースが存在することが判明した。

断面区分の判定はウェブの圧縮領域がパラメータとなり、圧縮領域算出にあつては最大の荷重作用条件を想定している。具体的には支間中央部においては正曲げが卓越し床版コンクリートを有効とした断面にて圧縮領域を算出し、支点上においては負曲げが卓越し床版コンクリートはひび割れを生じ、これを考慮せず鉄筋と鋼桁のみの断面にて圧縮領域を算出する。

断面区分の判定が想定した断面区分と異なる原因は、荷重組合せによっては圧縮領域算出に想定する荷重作用条件と差異が生じることに起因している。

3. AASHTOに準拠した断面区分

断面区分の定義と判定についてはAASHTOに準じた。部材の断面は、圧縮または曲げ、あるいはその両者を受ける断面要素の局部座屈に対する抵抗能力によって、以下のように分類される。

- (1) コンパクト断面：全塑性モーメントに到達することができる断面
- (2) ノンコンパクト断面：圧縮域の最縁端で降伏ひずみに到達するが、局部座屈の発生により全塑性には至

らない断面

- (3) スレンダー断面：局部座屈により圧縮状態で降伏に至らない断面

コンパクト・ノンコンパクトの断面判定は下記に示すAASHTOの規定により判定する。

- 1) コンパクト断面の判定

$$\text{腹板の幅厚比規定：} \frac{2 \cdot D_{cp}}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}$$

- 2) ノンコンパクト断面の判定

$$\text{腹板の幅厚比規定：} \frac{2 \cdot D_c}{t_w} < 5.7 \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}$$

- 3) スレンダー断面の判定

腹板の幅厚比規定：上記以外

ここで、 D_{cp} はコンパクト断面における終局時の圧縮フランジ縁端から塑性中立軸までの距離をいい、 D_c はノンコンパクト断面における圧縮フランジ縁端から塑性中立軸までの距離をいう。つまり、断面区分の判定は各断面におけるウェブの圧縮領域がパラメータとなる。

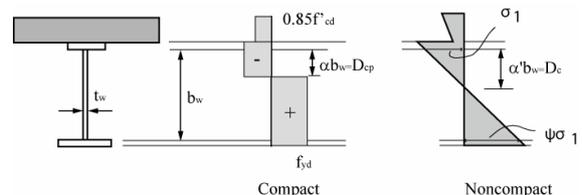


図1 断面区分と応力状態

4. 照査荷重の組合せによる断面判定

終局限界状態における荷重係数は、道路橋示方書の降伏に対する安全度の照査に規定される荷重組合せを参考に、死荷重(D)は1.3倍、衝撃を含む活荷重(L)は2.0倍とし、断面区分に応じた終局強度に対して照査している。

荷重の組合せを整理すると、下記の4ケースとなる。

- ① 1.3D+2.0L_{max}
- ② 1.3D+2.0L_{max}+C+S
- ③ 1.3D+2.0L_{min}
- ④ 1.3D+2.0L_{min}+C+S

ここに、C：クリープ、S：乾燥収縮

キーワード：鋼橋 設計 限界状態設計法 コンパクト断面 ノンコンパクト断面

連絡先：〒110-0014 東京都台東区北上野 1-10-14 Tel:03-5828-8723 Fax:03-5828-8194

文献1) に示す対象橋梁のP1 支点上断面にあたる断面4 を具体例として確認する。表-1 に各荷重組合せにおける断面4 の応力状態を示す。なお、本設計では床版に引張応力を生じて、許容引張応力度以下、つまりひび割れの発生限界まで床版コンクリートを有効とした断面(以下、合成断面)としている。

表-1 断面4 (P1 支点上) の発生応力 (N/mm²)

荷重組合せ	床版		許容引張応力度	床版
	上縁	下縁		
①	0. 14	0. 07	2. 50	有効
②	0. 99	0. 61		有効
③	8. 75	3. 84		考慮しない
④	9. 60	4. 38		考慮しない

次に荷重組合せごとの断面区分の判定を示す。

1) 荷重組合せ① $1.3D+2.0L_{max}$

床版には引張応力が発生しているが、許容引張応力度以下であるため合成断面を対象として断面区分が判定され、スレンダー断面と判定された。

2) 荷重組合せ② $1.3D+2.0L_{max}+C+S$

上記1) と同様にスレンダー断面と判定された。

3) 荷重組合せ③ $1.3D+2.0L_{min}$

床版応力が許容引張応力度以上であるため鉄筋と鋼桁のみの断面を対象とした断面区分が判定されてノンコンパクト断面と判定される。

4) 荷重組合せ④ $1.3D+2.0L_{min}+C+S$

上記3) と同様にノンコンパクト断面と判定される。

荷重組合せ③、④は圧縮領域算出に想定する最大の荷重作用条件であり、床版の応力が許容引張応力度を超過して鉄筋と鋼桁のみの断面となる。

しかし荷重組合せ①、②は圧縮領域算出に想定する最大の荷重作用条件と異なり、負曲げ作用時においても床版にひび割れは発生せず、合成断面に負曲げが作用するため断面判定が異なる結果となった。

5. 考察

断面判定が異なる原因は、床版に許容引張応力度以下の引張応力が発生している場合、床版有効として合成断面とする設計条件の設定に起因している。設計条件により断面区分の判定、ひいては抵抗能力の評価が変化することは奇異に感じられる。あくまで断面の抵抗能力は一義的に決定されるべきである。従って、本設計において

は荷重組合せごとに断面区分の判定は行わず、支間中央部においては正曲げが卓越し、支点上においては負曲げが卓越する条件を与える荷重組合せにおいてのみ、断面区分の判定を行うものとした。

ここで、JSSC²⁾ や土木学会の設計計算例³⁾ では断面区分を判定する際の荷重状態について明記されていないことから、今後においては断面区分の判定について明確なルール化が必要と考える。

6. 支間中央部の課題

断面区分の判定とは別に、想定する最大の荷重作用条件と異なる荷重組合せの作用という観点では、支間中央部において懸念事項が考えられた。本橋は活荷重合成桁のため架設時には支間中央部においてウェブ上縁側には圧縮応力が発生し、荷重組合せによっては終局時においてもウェブ内に圧縮応力が残存する可能性がある。この影響により予期せぬウェブ座屈によるせん断耐力低下の危険性について検証の必要があると考え、ノンコンパクト断面と同様にせん断耐力照査を実施した。照査結果より発生せん断力が終局せん断耐力以下であることを確認している。

7. まとめ

新たな鋼橋の合理化として、限界状態設計法を用いて高速道路橋の詳細設計を実施し、その検討過程において以下の事項が確認された。

- ① 断面区分の判定は荷重組合せごとに実施すると判定が異なる結果となるが、最大の荷重条件において行うことが妥当である。
- ② 但し、荷重の組合せによっては座屈等の予期せぬ現象を招く危険性があると思われるため、断面の応力状態を考慮し照査の必要性を検討すべきである。

本検討にあたっては、早稲田大学 依田照彦教授、長岡技術科学大学 長井正嗣教授、埼玉大学 奥井義昭教授にご指導頂いた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 高久・本間・及川・酒井・佐々木：高速道路橋における鋼連続合成桁の限界状態設計法の適用に関する検討報告，平成21年度全国大会第64回年次学術講演会
- 2) 社団法人 日本鋼構造協会：JSSC テクニカルレポート 合成桁の限界状態設計法試案，平成18年10月
- 3) 土木学会：鋼・合成構造標準示方書に基づく新たな設計，2009年9月