

ハイブリッド桁の腹板補剛設計法に関する一提案

福井工業大学 正会員 中井 博 佐藤鉄工(株) 正会員 中田 知志
信州大学 正会員 清水 茂 (株)宮地鐵工所 正会員 田中 伸尚

1. はじめに

本研究で述べるハイブリッド桁とは、同一の断面内においてフランジに降伏点の高い鋼板を使用し、ウェブに降伏点の低い鋼板を使用した異種鋼材混用桁である。わが国の道路橋示方書¹⁾には、この種のハイブリッド桁に関する設計基準がないこと、また従来どおりの全断面に同種類の鋼材を使用した桁（以下、ホモジニアス桁という）に比べ、より合理的なプレート・ガーダーを設計・製作できるハイブリッド桁の設計基準を作成する（(社)日本鋼構造協会の一小委員会の研究業務）ことを目的として研究を行っている。本文では、このうち腹板の補剛法について検討を行った結果を報告する。

2. 腹板厚の決定手法

ハイブリッド桁では、ウェブがフランジに比べて低材質のため、フランジより腹板が先に降伏を生じる。その降伏により、桁が不安定に至らならないように、腹板の板厚を、決定する必要がある。

a. 無補剛（垂直・水平補剛材を全く設けない）の場合

ハイブリッド桁は、著者らが行ったFEM解析や実験より、若干の後座屈強度を有していることがわかった²⁾。しかしながら、せん断力のもとでの終局限界状態に対する実安全率 $U = 1.5$ を確保するためには、圧縮力を受ける板などと同様に、安全側に考えて、せん断座屈に対する見掛けの安全率 $B = 1.5$ を取ることにする²⁾。

無補剛な腹板 b と t との比 b/t は、次の基本式で決めることができる²⁾。

$$b/t \leq 430R / \sqrt{(B/u)(w_y/k)} = 430R / \sqrt{w_y/k} \quad (1)$$

ここで、現行の道示と同様に、せん断座屈係数 $k = 5.34$ 、座屈パラメータ $R = 0.7$ を用いるものとする。

表 - 1 は、各種の腹板鋼材に対して式 (1) より得られた b/t 値を示したものである。

表 - 1 無補剛の腹板に対する b/t の値

| 鋼材 | 降伏応力度 w_y (N/mm ²) | 降伏せん断応力度 w_y (N/mm ²) | b/t の 計算値 | 道路橋示 方書の値 |
|--------|-------------------------------------|--|----------------|--------------|
| SM400 | 235 | 135 | 59.9 | 70 |
| SM490 | 315 | 181 | 51.7 | 60 |
| SM490Y | 355 | 205 | 48.6 | 57 |

b. 垂直補剛材のみを設ける場合

曲げの終局限界状態に対する実安全率 $U = 1.5$ を、確保するためには、圧縮力を受ける板などと同様に、安全側に考えて、曲げ座屈に対する見掛けの安全率 $B = 1.5$ を取ることにする²⁾。

腹板の曲げに対する座屈係数 k は、AASHTO の示方書³⁾ に倣い、

$$k = 32.0 \quad (2)$$

を適用する。これは、周辺単純支持された平板の座屈係数 $k = 23.9$ と 3 辺単純支持、一边固定された平板の座屈係数 $k = 39.6$ との平均値で与えられるものである。

一方、座屈パラメータ R は、図 - 1 に示したように、純曲げの $R = 1.0$ と純圧縮の $R = 0.7$ との場合の平均値 $R = 0.85$ を取ることにする。補剛された腹板 b と t との比 b/t は、次の基本式で決めることができる²⁾。

キーワード：ハイブリッド桁、補剛法、座屈パラメータ、最小腹板厚、垂直補剛材間隔

連絡先：〒290-8580 千葉県市原市八幡海岸通3番地 Tel.0436-43-8515 Fax.0436-43-7338

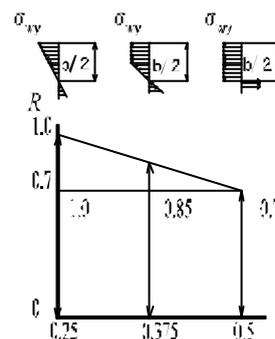


図 - 1 腹板圧縮側の面積率 ρ による R の取り方

$$b/t \leq 430 R / \sqrt{(B/u)(w_y/k)} = 430 R / \sqrt{w_y/k} \quad (3)$$

表 - 2 は、各種の腹板に対して式 (3) より得られた b/t 値を示したものである。

表 - 2 曲げに対する b/t の値

| 鋼材 | 降伏応力度 w_y (N/mm ²) | b/t の計算 値 | 道路橋示方書 の値 |
|--------|-------------------------------------|----------------|--------------|
| SM400 | 235 | 134.9 | 152 |
| SM490 | 315 | 116.5 | 130 |
| SM490Y | 355 | 109.7 | 123 |

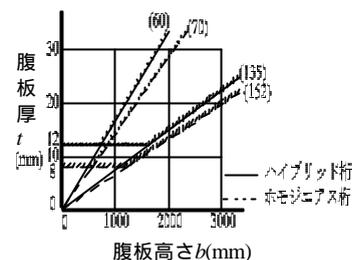


図 - 2 腹板高さ b と腹板厚 t との関係

図 - 2 は、ハイブリッド桁（腹板には SM400 を、またフランジには SM570 を使用）とホモジニアス桁（腹板、フランジとも SM400 を使用）それぞれについて、腹板高さ b と腹板厚 t との関係を示したものである。ハイブリッド桁では、実験桁の崩壊挙動より、腹板の最低板厚 $t_{w \min}$ を

$$t_{w \min} = 12 \text{ mm} \quad (4)$$

と決定することとした²⁾。

3. 水平補剛材、および中間垂直補剛材

ハイブリッド桁では、原則として腹板に水平補剛材を用いないこととする。これは、腹板厚が現行のホモジニアス桁に比べて 11% ~ 16% 程度厚くなっており、座屈はもちろんのこと製作、維持管理に対しても有効であると判断したからである。

垂直補剛材に関する剛度、鋼種、板厚、および取付け方法は、現行の道路橋示方書の規定どおりで問題ないと実験結果²⁾より判断した。また、ハイブリッド桁では、水平補剛材を省略し、すなわち、腹板厚を厚くしたことより、垂直補剛材の最大間隔 a_{\max} を、腹板の板幅 b の 3 倍まで許すこととする。

$$a_{\max} = 3b \quad (5)$$

しかし、垂直補剛材間隔 a は、曲げとせん断との組み合わせ応力のもとにおける座屈照査より決定しなければならない。

4. 中間支点上補剛材

中間支点上補剛材は、実験結果²⁾より、補剛材と腹板の板厚 t_w の 24 倍を有する有効幅からなる十字断面の柱とみなして耐荷力の照査を行っても問題ないことがわかった。また、その場合の柱の有効座屈長は、桁高 b の 0.7 をとることとした⁴⁾。

5. おわりに

ハイブリッド桁は、腹板を従来のホモジニアス桁より、若干、厚く設定している。しかし、水平補剛材を、一切、設置しないことを前提としているので、製作、架設補強、および塗装等の維持管理を考慮すれば、従来のホモジニアス桁に比べて低価格な鋼構造物を製作できると考えられる。なお、本研究を遂行するに当たり御支援を賜った（社）日本鋼構造協会の関係各位には、深謝の意を表す。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 鋼橋編，平成 8 年 1 2 月
- 2) 第 4 回独日鋼・合成橋梁コロキウム：Study on Ultimate Strength of Steel Hybrid Girders, Poster Session, TU-München, 2001 年 4 月
- 3) AASHTO：Standard Specifications for Highway Bridges, 1994 年
- 4) 土木学会：鋼構造物の終局強度と設計，平成 6 年 7 月