

# SBHS 700 を用いた新しい橋梁形式の検討

岐阜大学 学生会員 ○小野友暉

岐阜大学 正会員 木下幸治

## 1. はじめに

橋梁の軽量化は、製作面において極めて大きな効果が期待できる。従来の鋼材よりも高強度である 780MPa 級の橋梁用高性能鋼材 SBHS700 を適用することで、桁の鋼重低減が見込まれる。その一方で、SBHS700 を適用する上でネックとなる重大な課題は、薄肉化に伴う作用応力範囲の増大にも関わらず、鋼材の降伏強度が高くなっても変化しない溶接部の疲労強度である。そのため、疲労上の問題をできる限り軽減するとともに軽量の橋梁形式の提案が必要であると考える。

そこで、本研究は、SBHS700 を用いた鋼重低減を目的とした橋梁形式の検討を行い、その鋼重低減効果を試設計により検討する。

## 2. 提案する橋梁形式

ここでは、現行の橋梁形式の 1 つである I 桁断面を有する合成プレートガーダー橋を対象とする。合成桁では、図-1(a)に示すように中立軸は床版の近くまで上がる。そのため、下フランジに高い引張応力が作用することから、図-1(b)に示す下フランジに高強度鋼材を用いたハイブリット I 桁は効果的である。しかし、ウェブと下フランジの縦方向溶接継手(すみ肉溶接)は、高い引張応力状態にあることから、設計上溶接部の疲労強度により断面が決定する可能性が高い。

そこで、図-1(c)に提案桁の断面を示す。曲げ応力の影響が小さい中立軸付近に縦方向溶接継手を移動することを考える。さらに、底面を曲げることで、母材の高い疲労強度を見込むことが可能となる。縦方向溶接継手より上側の鋼材には普通鋼材を用い、ハイブリット桁とする。

## 3. 試設計

本検討では、市町村の橋梁を想定し、地方部 D 地域の標準・2 車線道路<sup>1)</sup>を対象とした。構造形式は、図-

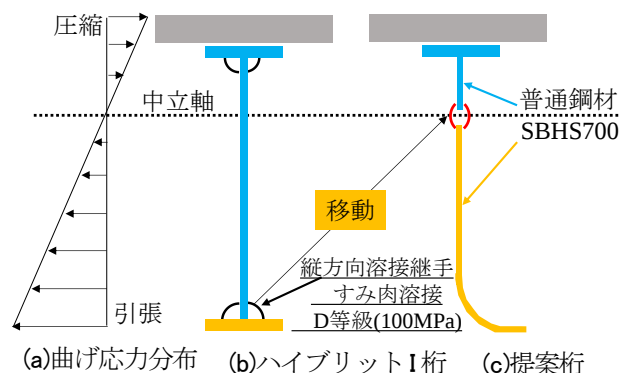


図-1 曲げ応力分布と桁断面

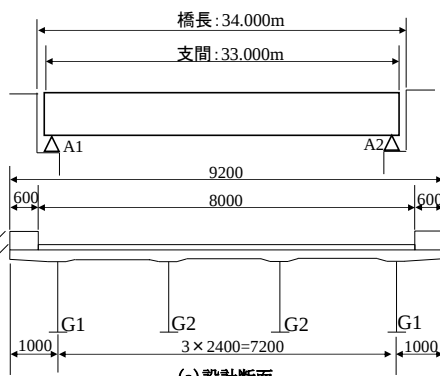
2(a)に示す。支間長は 33m のモデルとした。使用材料は SM400, 490, 520, 570 材, SBHS500, SBHS700 を使用し、検討ケースは図-2(b), 図-3(c)に示す。また、設計法は現行の橋梁に使用される許容応力度設計法 (ASD)を用いた。

設計荷重には、合成前の死荷重 (床版, ハンチ, 鋼桁, 型枠), 合成後の死荷重 (舗装, 地覆, 防護柵, 添加物, 型枠撤去), 活荷重 (L 荷重, 衝撃含む), クリープ, 乾燥収縮, RC 床版と鋼桁との温度差 (10℃) を考慮した。

設計断面は、G2 桁の正曲げモーメント最大の点についてのみ対象としている。また、最小重量になるような最適断面ではないが、すべての照査をクリアするようにしている。主荷重による引張応力において、ノンハイブリット桁では、下フランジ底面、ハイブリット桁ではウェブ最下を主な断面決定項目とし、許容曲げ引張応力度に近い値になるように設計した。断面照査は、道路橋示方書<sup>2)</sup>に従い、許容応力度の割増を考慮した荷重の組み合わせに対して発生する応力を照査した。SBHS500, SBHS700 の許容応力度は、道路橋示方書に組みこまれていないため、文献<sup>3)</sup>を参考にした。また、活荷重たわみ、疲労に対する照査も行った。なお、疲労照査については、T 荷重を作用させ、縦方向溶接継手 (すみ肉溶接) D 等級を対象とした。断面照査の一例を、図-3 に示す。

## 一般条件

形式：単純活荷重合成桁橋  
 荷重：B活荷重  
 橋長：34.000m  
 支間長：33.000m  
 有効幅員：8.000m  
 舗装(アスファルト)：75mm厚  
 床版(RC)：200mm厚  
 ハンチ高：60mm  
 固定間距離：5500mm  
 ウェブ高：1700mm  
 ウェブ厚：9mm  
 A1: 固定支承、A2: 移動支承  
 使用鋼材：SM400 SM490  
 SM520 SM570  
 SBHS500 SBHS700  
 適用図書：文献2)4)5)



(a) 設計断面

|          | 上フランジ   | ウェブ     | 下フランジ   |        | 上フランジ   | ウェブ     | 下フランジ   |
|----------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| ノンハイブリット | SM400   | SM400   | SM400   | ハイブリット | SM400   | SM400   | SBHS700 |
|          | SM490   | SM490   | SM490   |        | SM490   | SM490   | SBHS700 |
|          | SM520   | SM520   | SM520   |        | SM520   | SM520   | SBHS700 |
|          | SM570   | SM570   | SM570   |        | SM570   | SM570   | SBHS700 |
|          | SBHS500 | SBHS500 | SBHS500 |        | SBHS500 | SBHS500 | SBHS700 |
|          | SBHS700 | SBHS700 | SBHS700 |        | SBHS500 | SBHS500 | SBHS700 |

(b) ノンハイブリット鋼材

(c) ハイブリット鋼材

| 応力度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 上フランジ(圧縮) | 下フランジ(引張) |
|--------------------------|-----------|-----------|
| 1. 合成前                   | 154       | 89        |
| 2. 合成後                   | 19        | 90        |
| 3. 乾燥収縮                  | 27        | 5         |
| 4. クリープ                  | 3         | 0.5       |
| 5. 温度差                   | 19        | 3         |
| 1                        | 154       | <160      |
| 1+2                      | 173       | <185      |
| 1+2+3+4                  | 204       | <213      |
| 1+2+3+4+5                | 223       | <241      |

(a) 応力度照査

|                                    | たわみ(m)  |
|------------------------------------|---------|
| たわみ制限 $\delta L$                   | 0.05445 |
| L荷重 $p_1$ によるたわみ $\delta_{p1}$     | 0.01865 |
| L荷重 $p_2$ によるたわみ $\delta_{p2}$     | 0.01406 |
| 活荷重たわみ $\delta_{p1} + \delta_{p2}$ | 0.03272 |

(b) たわみ照査

| 縦方向溶接継手（すみ肉溶接）D等級          |                                                            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|
| 最大応力度 $\sigma_{max}$       | 132                                                        |
| 最小応力度 $\sigma_{min}$       | 96                                                         |
| 応力範囲 $\Delta\sigma_{max}$  | 36                                                         |
| 応力比R                       | 0.72                                                       |
| 平均応力補正係数 $C_R$             | 1.0                                                        |
| 板厚効果補正係数 $C_t$             | 1.0                                                        |
| 打ち切り限界 $\Delta\sigma_{ce}$ | 84                                                         |
| 照査                         | $\Delta\sigma_{max} = 36 < \Delta\sigma_{ce} C_R C_t = 84$ |

(c) 疲労照査

図-2 設計条件

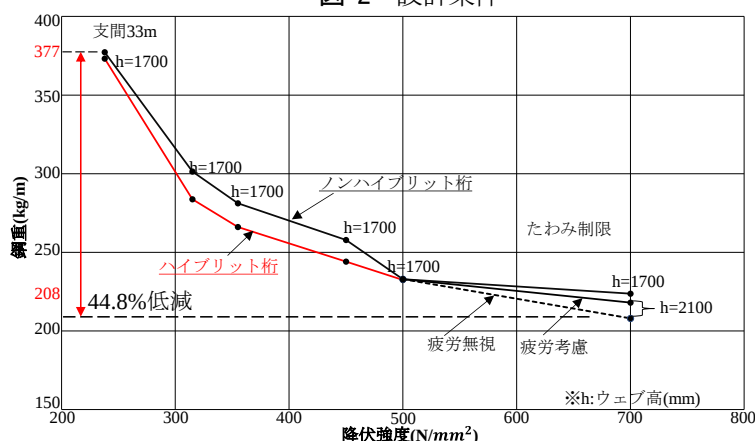


図-4 降伏強度と鋼重の関係

図-3 SM490 ノンハイブリット桁断面照査

<参考文献>

## 4. 結果と考察

図-4 に降伏強度と鋼重の関係を示す。鋼材の降伏強度が増加するに伴い、鋼重低減可能であることが確認された。しかし、降伏強度 500 (N/mm<sup>2</sup>) を越えたとたわみ制限が支配的となるため、ウェブ高を増加させた。その後、溶接継手の疲労が支配的となるため、降伏強度 500 (N/mm<sup>2</sup>) 以降は SBHS700 の性能を活かしきれない。しかし、溶接継手の疲労強度を無視可能であれば、SM400 に比べ 44.8% の鋼重低減となる。

SM400-SBHS700, SBHS500-SBHS700 のハイブリット桁の鋼重低減が著しく低いことが確認できる。これは、ウェブ最下が断面決定項目となっているためと考える。以上より、溶接継手の疲労強度に依存せず、ウェブ最下が断面決定項目となることを解決した新しい橋梁形式図-1(c) は効果的であるといえる。

- 1) '11 Design Date Book デザインデータブック 社団法人 日本橋梁建設協会 3 プレートガーダー P95
- 2) 道路橋示方書・同解説 平成 24 年 3 月 公益社団法人 日本道路協会
- 3) 岡田淳, 村上琢哉, 川畑篤敬: 橋梁用高性能鋼材の活用による連続合成 2 主 I 桁橋の長支間化に関する検討 土木学会論文集 F Vol.63 No2, 141-155, 2007.4
- 4) 合成桁の設計例と解説 平成 17 年 1 月 社団法人 日本橋梁建設協会
- 5) 対話形式による橋梁設計シミュレーション, 中井博, 当麻庄司, 丹羽量久 著 共立出版