

## 合成桁橋の設計例による日米の比較 - 支間 49mの場合 -

北海学園大学 フェロー会員 ○当麻 庄司  
菅原 洵

### 1. まえがき

本論文は、アメリカの橋梁設計基準である AASHTO LRFD<sup>1)</sup>に基づいて設計された単純支持合成桁橋を、同じ設計条件を用いて、道路橋示方書<sup>2)</sup>により設計して主桁断面を比較する。ただし、日本における単純支持桁橋の設計では、通常格子桁によって荷重分配を行うが、ここでは単純に 1 - 0 法によって算定する。また、LRFD では当然ながら荷重や断面力は最終的に荷重係数倍されて安全照査されることになるが、ここでは道示（許容応力度設計法）との比較であるので、これらの係数倍される前の数値で比較する。

### 2. LRFD 設計基準について

我が国の道示は、現在まだ許容応力度設計法によっている。一方、アメリカの AASHTO の設計基準は 2 種類から成り、それらは Standard<sup>3)</sup> (Allowable Stress Design および Load Factor Design) および LRFD (Limit States Design) である。LRFD の特徴は、荷重と抵抗の間に確率論を導入して安全性により統一性をもたせたことにある。そこでは、時代とともに変化する荷重や材料の強度の実情に追従できる合理性を備えている。現在設計基準は LRFD しか維持されていなく、Standard は廃止の方向にある。

LRFD では標準的な橋には近似的な構造解析法が適用することができ、一方複雑な橋には格子桁解析法を含めたより高度な解析法が求められる。標準的な橋では、例えば高欄、舗装等の合成後死荷重は各主桁に均等に作用するとしてよい。また、活荷重の算定においても、外桁と中桁へ荷重分配するための近似式が示されており、本設計例ではこの近似解析法を適用している。

### 3. 設計例の概要

本論文では、文献<sup>4)</sup>に掲載されている設計例を取り上げる。図 - 1、2 に平面図と断面図を示す。本橋は 35 度の斜角をもっているが、これを道示では簡単のため直橋とみなして設計する。斜角の影響は比較的小さいと思われ、ここで導かれた結論には本質的な影響を与えないと考えられる。この LRFD の設計例に対して道示を適用して設計する際に、文献<sup>5)</sup>に掲載されている橋梁設計プログラムを用いる。

### 4. 荷重の比較

表 - 1 に主桁の死荷重強度の比較を示す。合成前死荷重は両者に大差はないが、合成後死荷重の高欄荷重に大きな相違があることがわかる。アメリカの一般的な高欄はバリアーと呼ばれ、車の墜落防止壁の役割を負っているので、コンクリート製の重量の大きい構造物である。アメリカではこの高欄や舗装の死荷重は、標準的な橋の条件をもつ場合通常各主桁全体で均等に受け持つとして設計するので、外桁と中桁に負担の差が生じない。

一方、ここで用いた道示の設計では荷重分配を簡単な 1 - 0 法によっている。1 - 0 法では単純な反力影響線を用いて算出するので、高欄を含む合成後死荷重は外桁の負担が中桁よりかなり大きくなる。

本論文では、道示の A、B 荷重の両方に対して検討する。LRFD では、衝撃係数はトラック荷重の車軸荷重である集中荷重にのみ適用し、車線荷重の等分布荷重には適用しない。LRFD の衝撃係数は耐力限界状態に対しては 33% の一定値としており、道示で考慮しているようなスパンの影響は考慮していない。道示による本設計例の衝撃係数は 0.202 であり、スパンが 49m と長いことから一定値 (0.33) をとる LRFD に比べてかなり小さくなる。

表 - 1 荷重強度の比較 (kN/m)

| 荷重の種類          |      | 道路橋示方書 |        | AASHTO LRFD |        |
|----------------|------|--------|--------|-------------|--------|
|                |      | 外桁     | 中桁     | 外桁          | 中桁     |
| 合成<br>前死<br>荷重 | 床版   | 21.999 | 24.843 | 19.827      | 23.866 |
|                | 鋼桁自重 | 5.424  | 5.424  | 5.424       | 5.424  |
|                | ハンチ他 | 1.637  | 1.859  | 1.637       | 1.859  |
|                | 合計   | 29.060 | 32.126 | 26.888      | 31.149 |
| 合成<br>後死<br>荷重 | 舗装   | 3.306  | 4.651  | 3.952       |        |
|                | 高欄   | 9.303  | 0      | 3.686       |        |
|                | 合計   | 12.609 | 4.651  | 7.638       |        |

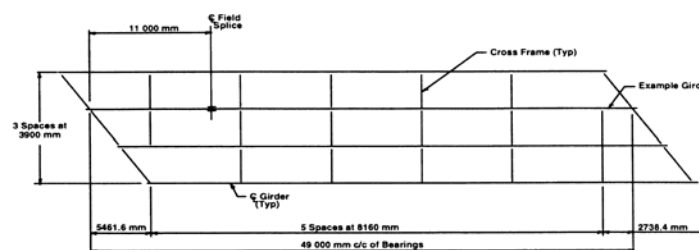


図 - 1 平面図 (支間=49m、4本主桁)

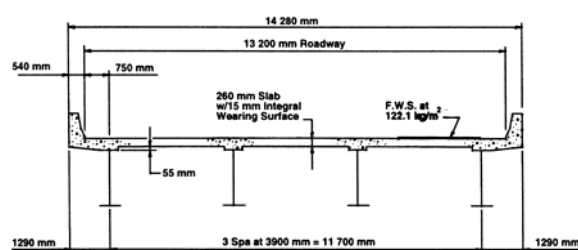


図 - 2 断面図 (幅員=13.2m)

キーワード 合成桁橋、鋼道路橋、設計比較、道路橋示方書、LRFD

連絡先 〒064-0926 札幌市中央区南 2 6 条西 1 1 丁目 北海学園大学工学部 TEL 011-841-1161

表 - 2 断面力の比較

曲げモーメント (kN・m)

| 道路橋示方書     |          |         |       |       |       | AASHTO LRFD |       |       |
|------------|----------|---------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| 荷重の種類      |          | A活荷重    |       | B活荷重  |       | 荷重の種類       | 外桁    | 中桁    |
|            |          | 外桁      | 中桁    | 外桁    | 中桁    |             |       |       |
| 死荷重        | 合成前死荷重   | 8788    | 9642  | 8788  | 9642  | DC1         | 8070  | 9349  |
|            | 合成後死荷重   | 高欄      | 2792  | 0     | 2792  | DC2         | 1106  |       |
|            |          | 舗装      | 992   | 1396  | 992   | DW          | 1186  |       |
|            |          | 高欄 + 舗装 | 3784  | 1396  | 3784  | DC2 + DW    | 2292  |       |
|            | 小計       | 12573   | 11038 | 12573 | 11038 | 合計          | 10362 | 11641 |
| 活荷重        | P1 × AP1 | 2299    | 3094  | 3655  | 4932  | LL+IM       | 7632  | 6299  |
|            | P2 × AP2 | 3500    | 4710  | 3500  | 4710  |             |       |       |
|            | 小計       | 5799    | 7803  | 7155  | 9641  |             |       |       |
| 合計 (死 + 活) |          | 18372   | 18841 | 19728 | 20679 | 合計          | 17994 | 17940 |

## 5. 主桁断面力の比較

表 - 1 に示した死荷重強度および活荷重を用いて曲げモーメントを計算すると、表 - 2 に示すようになる。道示の死荷重による断面力は、当然ながら A、B 荷重で違いはない。LRFD の死荷重 DC1 は床版と鋼桁、DC2 は高欄（バリアー）、DW は舗装のそれぞれ荷重である。これによれば、日本では高欄の影響のため、外桁の死荷重モーメントが中桁に比べて大きく、LRFD では逆に床版荷重のために中桁の方が大きいことがわかる。しかし、死荷重曲げモーメントの合計でみると、道示と LRFD では大差はないと言える。

活荷重は各主桁への作用が異なるので、外桁と中桁ではかなり値が違う。いずれも衝撃を含んだ値である。日本の設計では、 $p_1$ 、 $p_2$  荷重を用いて設計しているが、中桁の活荷重モーメントが外桁よりはかなり大きい。しかし、中主桁は死荷重モーメントが小さかったので死、活荷重の合計としてはバランスがとれた結果となっている。また、A、B 荷重の比較でみると、A 荷重による曲げモーメントは B 荷重の約 80% であるが、死活荷重の合計モーメントは約 90% 強となっている。

一方、LRFD の活荷重モーメントは外桁の方が大きく、道示とは逆である。これは、ここでは道示の設計は 1 - 0 法で行い、LRFD は荷重分配を考慮していることによる影響と思われる。LRFD では外桁の断面は中桁よりも小さくしてはならないとされており、その理由としてここでみたように外桁の活荷重モーメントが大きいことにあるのではないかと推測される。

道示の B 荷重と LRFD の曲げモーメントの比較では、死活荷重の合計でみると外桁は差が少ないが、中桁は LRFD よりも道示の方がかなり大きく、このことが主桁断面の違いに結びついている。

## 6. 断面の比較

LRFD による設計と道示による主桁断面の設計結果を表 - 3 に示す。鋼材は両設計共に HT-500 クラスを用いている。これをみると、両者に大きな相違があることが分かり、LRFD の設計断面は道示の設計断面よりはかなり小さい。主桁高さで見ると、道示はスパン比で 1/18.8 であるのに対し、LRFD では 1/27.6 とかなり低い。LRFD では鋼桁の場合、最小ウェブ高さを  $L/30$  としているので、この制限値はクリアしている。

上フランジの比較で見ると、LRFD の方が道示よりも断面が大きい。これは、LRFD では限界状態設計法で塑性モーメントを抵抗値として設計しているため、コンクリート床版がひずみ硬化を起こす前に座屈しないだけの幅圧比制限をもたせていることからきている。ただし、このとき中立軸は上フランジ近くにあるので、上フランジにはコンパクトセクションとしての幅圧比は必要としていない。一方、道示では圧縮フランジの自由突出幅の制限により、局部座屈が起らないように配慮している。

道示の A、B 荷重の比較では、両者にあまり差はないが、下フランジの方がやや差が大きい。

なお、断面決定には床版の有効幅も関係するが、これについては道示と LRFD で大差がなかった。また、鋼とコンクリートのヤング係数比は LRFD では  $n = 8$ （道示では 7）を用いている。

## 7. 結語

ここでは、日米の鋼道路橋の設計基準の相違を、合成桁橋の設計例に基づいて検討した。その結果、アメリカの設計は日本の設計に比べ主桁断面がかなり小さいことが判明した。

**謝辞：**本論文では、北海学園大学工学部社会環境工学科（旧土木工学科）の卒研究生であった伊藤寛造君および庄司覚紀君の計算結果を一部用いたので、ここに謝意を表します。

**参考文献：**1) AASHTO: LRFD Bridge Design Specifications, 1994. 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説、平成 14 年 3 月。  
3) AASHTO: Standard Specifications for Highway Bridges, 1992. 4) American Iron and Steel Institute; Four LRFD Design Examples of Steel Highway Bridges SI units Vol. II, Chap. 1A Highway Structures Design Handbook, May 1996. 5) 中井 博、当麻庄司、丹羽量久: 対話形式による橋梁設計シミュレーション、共立出版、2005。