

3 径間連続合成桁橋の日米設計比較

北海学園大学工学部社会環境工学科 ○フェロー 当麻 庄司 (Shouji Toma)

JIP テクノサイエンス (株) 正会員 吉田 宏朗 (Hiroaki Yoshida)

California Department of Transportation, Division of Structures design Lian Duan

1. まえがき

我が国では鋼道路橋の設計示方書がよく整備されており、設計者は示方書に従って設計することを“正しい”こととして受け入れてきた。しかし、鋼道路橋の設計は時代と共に変化しており、最近では合理化橋等道路橋示方書の規定の範疇に入らないような新しい形式の橋が出てきている。その様な状況に対応するためには、橋梁設計の原点に戻って設計手法の合理化を常に考えていかなければならない。そこで、同種の構造物に対して、異なる各国間の設計基準を用いて設計比較をすることは、その国の構造設計の考え方が分かり、非常に興味深い。筆者らは、前に単純合成桁橋についての日米比較を示した¹⁾。ここでは、3径間連続合成桁橋について、アメリカのAASHTO LRFD (Load and Resistance Factor Design)²⁾ およびカリフォルニア交通局の設計荷重に基づいた設計と同じ設計条件を用いたわが国の道路橋示方書³⁾による設計とを比較する。

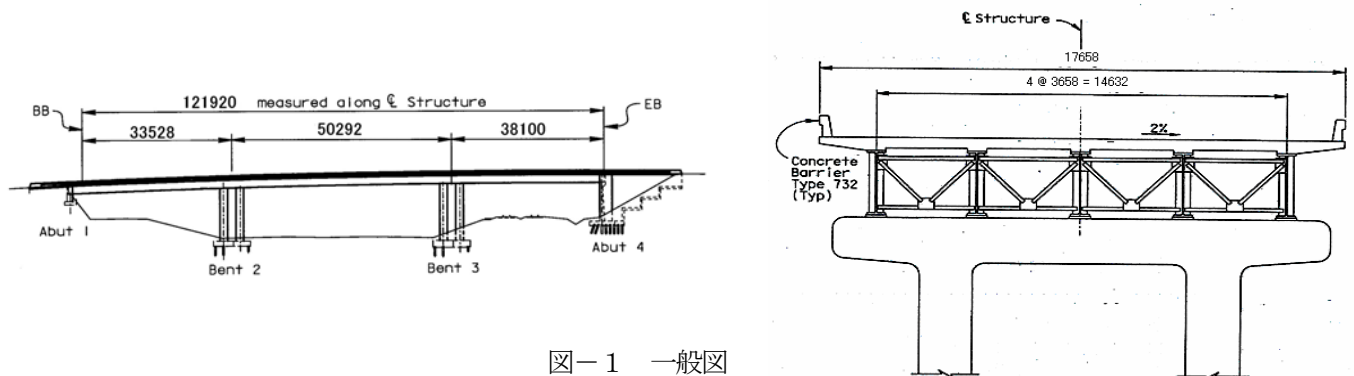


図-1 一般図

2. 基本設計の比較

2.1 設計条件

日米の設計結果を比較するための橋の構造形式は、図-1の一般図に示すように、左右非対称の3径間連続活荷重合成桁橋である。本設計例は、最初カリフォルニア交通局（以下、Caltrans）で設計されたものであり、これを日本の道路橋示方書で設計した。その際、合成桁の概略自動設計プログラム JSP-4W (JIP テクノサイエンス (株)) を使用した。

2.2 主桁間隔

主桁間隔は、広い方が主桁数も少なくなり経済的であるが、広すぎると床版の支間が大きくなって、床版の厚さが大きくなる。アメリカでは、主桁間隔は2.44～4.88m 内でなければならない。Caltrans では、支間に応じて次のような主桁間隔を目安としている。

支間長<42.6m の場合：主桁間隔 3.05m～3.66m 支間長>42.6m の場合：主桁間隔 3.35m～4.27m

ここでは、3支間 33.5m+50.3m+38.1m、総幅員 17.7m に対して、図-1に示すように5主桁、主桁間隔 3.66m を採用している。

3. 主桁断面の比較

3.1 合成断面と非合成断面

図-2は、Caltrans と道路橋示方書 (JSHB) によって設計した主桁断面の比較を示す。第1段目はLRFDのHL-93とCaltransのP-15特殊荷重を用いて設計したものであるが、P-15が支配的な荷重となっている。P-15は、カリフォルニア州において認可が必要な特殊荷重で15軸を有するトレーラーであり、AASHTOにはない荷重である。第2、3段目は道路橋示方書により設計した結果で、第2段目はCaltransと同じ桁高さとし、第3段目は日本で通常経済的とされる桁高さとした場合の結果である。

本設計例は活荷重合成桁橋であるので、正モーメント部分 (Section 1, 3, 5) は合成断面で、中間支点をまたぐ負モーメント部分 (Section 2, 4) は非合成断面で設計されている。負モーメント部分の非合成断面では床版の鉄筋を考慮した鋼桁断面を有効とし、特に圧縮力を受ける下フランジの横倒れ座屈に配慮しなければならないことに注意を要する。フランジに腹板よりも高強度の鋼材を用いたハイブリッド桁はフランジの断面を小さくできるのでCaltransでは推奨しているが、本設計例には適用していない。

合成断面では、全断面が降伏応力度にまで到達するコンパクト断面を用い、非合成断面では縁端応力度が降伏応力度に到達する非

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条西1丁目 北海学園大学工学部 TEL011-841-1161

コンパクト断面を用いるのが一般的である。コンパクト断面は大きな変形性能を有しているが、スレンダー断面は変形性能が小さいので、AASHTO では用いてはならない。

3.2 腹板の断面

腹板は高さとし、補剛材を省略できるサイズにするのが望ましい。特に、水平補剛材は部材数が増えるので省略するのがよい。Caltrans では腹板厚の選択は 3.2mm 毎にし、本設計例では水平補剛材の不要な 16mm を採用している。本設計例の腹板高さは 1981mm であり、中央支間に対して 1/25.4 である。LRFD の腹板高さの制限値は、以下の通りである。

単純橋：1/30.3 < 連続橋：1/37 <

道路橋示方書にはこの制限値はなく、日本では腹板高さ／支間の比は 1/18～1/20 が経済的として、この間を採用することが多い。本設計例では道路橋示方書を用いた場合、経済高さの中央支間比 1/20 である 2500mm とした。

また、LRFD では合成桁の総高さ（床版を含めた総桁高さ）／支間の比の制限値も設けており、それは以下の通りである。

単純橋：1/25 < 連続橋：1/31.3 <

LRFD の推奨値は単純橋 1/22、連続橋 1/25 であり、本設計例は中央支間に対して 1/21.2 である。合成桁の総高さに対する制限は、限界状態設計法をとっている場合塑性モーメントに対する影響が大きいと思われる。もちろん、道示ではこの規定がない。

次に、本設計で用いられている SM490Y 級の鋼材に対して、LRFD の腹板の高さ／厚さの比の制限値は以下の通りである。

水平補剛材がない場合：< 150（道示は 123）

LRFD の本設計例では 1/124.8 である。LRFD ではこの制限値がかなり緩いことが、腹板の高さと厚さの選択に大きく影響している。すなわち、日本ではアメリカに比べこの規定が厳しいために、腹板厚さが厚くなる。

また、腹板高さと厚さは補剛材との必要性とも密接に関係しており、アメリカでは水平補剛材を不要とすることを優先して高さを小さく厚さを大きくとっているのに対し、日本では高さを大きくとり厚さを薄くして水平補剛材の取り付けを厭わない。すなわち、アメリカではより単純な構造とすることを優先するのに対し、日本では鋼重を小さくすることを優先する設計になっている。

中間垂直補剛材は、各支点近くでは対傾構間隔を 3 等分、その他は 2 等分して配置されている。

3.3 フランジの断面

図-2 の比較を見ると、フランジの断面は道路橋示方書による設計の方がかなり大きいことがわかる。アメリカでは、フランジ幅はできるだけ一定幅が望ましいとして、本設計例でも一定にとっている。フランジの最小幅は 305mm であり、また下横構が省略できる大きさにするのがよい。フランジ厚さの変化は現場継ぎ手位置で行い、その差は 1/2 以下にする。この 1/2 の考慮は、道路橋示方書を用いた設計では無視した。図-2 の主桁断面比較で注目すべき点は、負モーメント部で下フランジ幅が道路橋示方書の設計では Caltrans よりは大きくなっているが、これは Caltrans と同じ幅をとると厚さが厚くなりすぎるためである。このことは、道路橋示方書の横倒れ座屈に対する規定が厳しいことからくる。横倒れ座屈に抵抗するためにはフランジ幅を大きくするのが有効であり、厚さを増すだけでは限界がある。

4. コンクリートの乾燥収縮とクリープ応力

LRFD の強度限界状態には、コンクリートの乾燥収縮やクリープの影響を含まなければならないが、Caltrans ではコンクリート橋では考慮しても合成桁に対してはこれらの影響は小さいとして、無視している。ただし、キャンバーの算定においては影響が大きいので、床版荷重を 10% 増しすることによって考慮するという簡略化する方法を用いている。

5. 対傾構と横構について

アメリカでは対傾構の間隔を従来 7.6 m 以下とされていたが、現在の LRFD では合理的な理由があればこの制限値以上であってもよいとしている。しかし、推奨値としては直線橋で 7.6m、曲線橋で 4.6～5.5m である。一方、道路橋示方書では対傾構の間隔は 6 m 以下にとっている。LRFD の本設計例では、第 1、2 支間を 8.38m、第 3 支間を 7.62m としている。

対傾構を取り付けるための垂直補剛材は、腹板の変形を拘束し、力をフランジに伝達するため、下部を下フランジにボルトで接続するようにしている。下横構は出来るだけ不要とする構造が望ましく、本設計例でも取り付けしていない。

参考文献

- 1) TOMA, Shouji, and Duan, Lian : Comparative Study of Highway Steel Girder Bridge between Japan and USA, International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE), Weimar, Paper ID 118, September 19-21, 2007.
- 2) AASHTO : LRFD Bridge Design Specifications, 3rd ed., 2004. 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，平成 14 年 3 月。

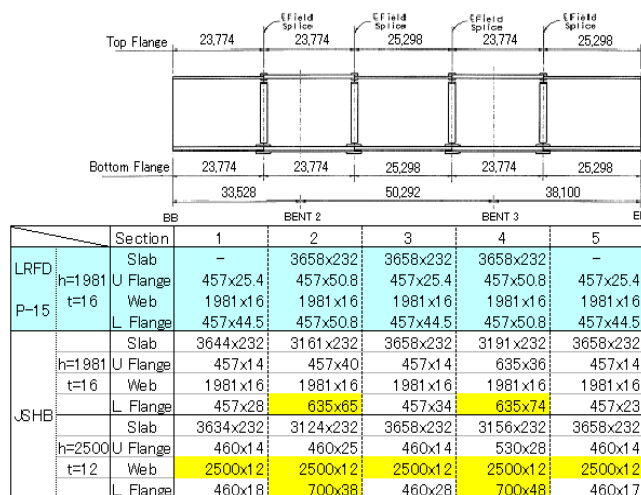


図-2 中主桁の断面比較