

鋼橋に関する AASHTO LRFD と道示の試設計比較

株式会社横河ブリッジ 正会員 ○水口 知樹
株式会社横河ブリッジ 石川 晋介
株式会社横河ブリッジ 小長井 翔

株式会社横河技術情報 中島 慎二
株式会社横河ブリッジ 石部 智之

1. まえがき

社会基盤の整備が今後大いに期待されるアジアやアフリカの途上国では米国 AASHTO (全米州政府道路運輸協会) の設計基準 (以下, 「LRFD (Load and Resistance Factor Design)」という.) が採用されている事例が多い. これに対して(株)横河技術情報では鋼橋の詳細設計ソフトである APOLLO の LRFD 版 (以下, 「APOLLO LRFD 版」という.) を開発した. 設計基準によって設計の前提条件である製作, 施工の品質管理の規格値, あるいは設計供用年数等が異なるものの, 設計基準の違いによって設計成果がどの程度変わるのかを知ることは, 設計基準そのものの理解と共に重要と考えられる. そこで本論文では, APOLLO LRFD 版を用いた LRFD の試設計結果を, 道示による試設計結果と比較して示す. 本論文における道示は英語版の最新である H24 道示とし, LRFD は検討時の最新版である 2012 年の 6 版¹⁾とする.

2. LRFD の概要

LRFD では限界状態設計法が導入されている. 本論文では極限限界状態を除いた強度限界状態, 使用限界状態, 疲労限界状態の 3 つの限界状態を試設計対象とする. 基本となる照査式は次式で表わされる.

$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r \tag{式 1}$$

ここで, η_i : 荷重補正係数 (試設計では 1.0 とする)
 $= \eta_D \eta_R \eta_I \geq 0.95$ 荷重係数が最大値の場合
 $1/(\eta_D \eta_R \eta_I) \leq 1.0$ 荷重係数が最小値の場合
 η_D : じん性に関する係数 (0.95~1.05), η_R : 冗長性に関する係数 (0.95~1.05), η_I : 構造物の重要性に関する係数 (0.95~1.05), γ_i : 荷重係数, Q_i : 各荷重による荷重効果, ϕ : 抵抗係数, R_n : 公称抵抗強度, R_r : 抵抗強度

次に, 各限界状態における荷重の組合せと荷重係数を表-1 に示す. ここで, DC: 構造部材, 非構造付属物の死荷重, DW: 舗装, 添架物の死荷重, EL: 架設時の荷重 (供用後も応力が残る場合), LL: 自動車による活

荷重, IM: 衝撃荷重 (疲労以外 33%, 疲労 15%) である. 土圧等の鋼橋の設計で通常考慮しない荷重のほか, 風荷重, 温度変化の影響は本論文では考慮しない.

表-1 LRFD の各限界状態における荷重の組合せと荷重係数

限界状態	荷重の組合せと荷重係数			
	DC	DW	EL	LL+IM
強度 I	0.90~1.25	0.65~1.50	1.00	1.75
使用 II	1.00	1.00	1.00	1.30
疲労	-	-	-	1.50 (疲労 I), 0.75 (疲労 II)

3. 試設計対象橋梁の諸元と試算条件

本論文における試設計対象橋梁は, 図-1 にそれぞれ示す連続合成 I 桁, および連続合成箱桁である.

試算条件は以下の通りである.

- ・使用材料は日本の材料とし, 主桁断面に SM490Y 材を用いることを基本とする.
- ・床版, 舗装, 高欄の死荷重強度は同様の桁配置に関する LRFD の設計計算例²⁾を参考にする.
- ・活荷重の載荷方法, 荷重の組合せと荷重係数は LRFD および H24 道示にそれぞれ準拠する.

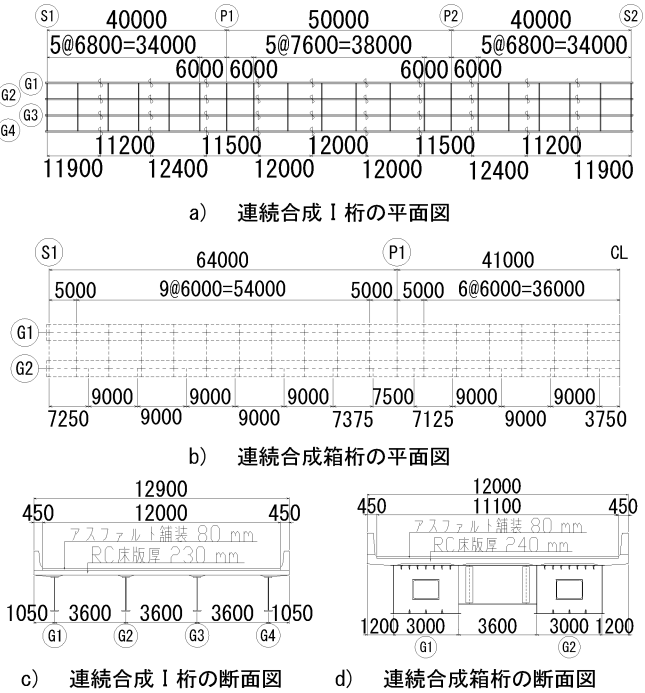


図-1 試設計対象橋の構造一般図

キーワード AASHTO LRFD, 鋼橋, 概略設計, APOLLO

連絡先 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 番地 株式会社横河ブリッジ TEL 047-435-6277

4. 試設計結果

(1) 連続合成 I 桁の試設計

主桁の桁高、断面をパラメータとして整理した試設計による主桁の鋼重比率を図-2 に示す。鋼重比率は H24 道示の最も鋼重の小さい桁高 1800mm の値を 1.0 とした。LRFD の設計計算例 2) に示されている桁高 1700mm を基本として 100mm ずつ変化させた結果、LRFD では 1600mm, H24 道示では 1800mm がそれぞれ最も鋼重の小さい桁高となった。LRFD, H24 道示ともに水平補剛材を配置しない条件で試設計を行ったところ、本論文の試設計範囲では LRFD は H24 道示に対して約 12%の鋼重減となった。支間中央および中間支点部の断面図を表-2 に示す。LRFD ではいずれの桁高においても、支間中央がコンパクト断面、中間支点部はスレンダー断面が最も鋼重の小さい断面となった。

(2) 連続合成箱桁の試設計

主桁の桁高、断面をパラメータとして整理した試設計による主桁の鋼重比率を図-3 に示す。桁高は、支間長/30 程度を目安とした 2200mm を基本に 200mm ずつ変化させた。箱桁では水平補剛材を 1 段として試設計を行った結果、LRFD では桁高 2400mm, H24 道示では 2200mm がそれぞれ最も鋼重の小さい桁高となった。本論文の試設計範囲では LRFD は H24 道示に対して約 7%の鋼重減となった。支間中央および中間支点部の断面図を表-3 に示す。LRFD ではいずれの桁高においても、支間中央がノンコンパクト断面、中間支点部はスレンダー断面が最も鋼重の小さい断面となった。

LRFD では水平補剛材を配置しない場合も試設計を行ったところ、桁高が小さくなるに従い鋼重が小さくなった。これは I 桁の場合と同じ傾向であり、水平補剛材の有無によってウェブの最低板厚の規定が異なることが原因と考えられる。支間中央の断面区分はコンパクト断面であるものの、上フランジは合成前死荷重による鋼桁断面の作用応力が決定要因となった。設計基準が異なる場合、水平補剛材の配置もパラメータとして最適な桁高、および断面区分を設定する必要があることが明らかとなった。

5. まとめ

LRFD に基づいて鋼橋の設計を行う場合、本論文の試設計範囲では道示より鋼重が小さくなった。最適な断面を決定するためには、少なくとも桁高、水平補剛材の有無、断面区分の適切な設定が必要と考えられる。

参考文献

1) AASHTO : LRFD Bridge Design Specification, 6th Edition, 2012.
2) U.S.Department of Transportation Federal Highway Administration : Steel Bridge Design Handbook, Design Example1, 4, 2012.

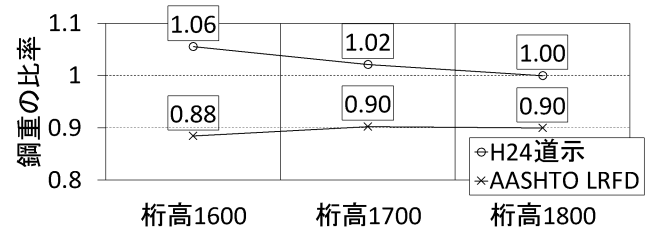


図-2 連続合成 I 桁の桁高と鋼重

表-2 連続合成 I 桁の断面

対象断面	支間中央（正曲げ最大）		中間支点（負曲げ最大）	
基準	AASHTO LRFD	H24道示	AASHTO LRFD	H24道示
桁高	1600	1800	1600	1800
材質	(SM490Y)	(SM490Y)	(SM490Y)	(SM490Y)
上フランジ	370 × 23	450 × 15	370 × 64	450 × 54
ウェブ	[決定]強度限界	[決定]圧縮応力度	[決定]強度限界	[決定]引張応力度
下フランジ	1577 × 11	1785 × 15	1536 × 20	1746 × 19
ウェブ	[決定]最低板厚	[決定]最低板厚	[決定]強度限界	[決定]合成応力度
下フランジ	410 × 26	670 × 25	410 × 68	670 × 60
断面区分	コンパクト	—	スレンダー	—

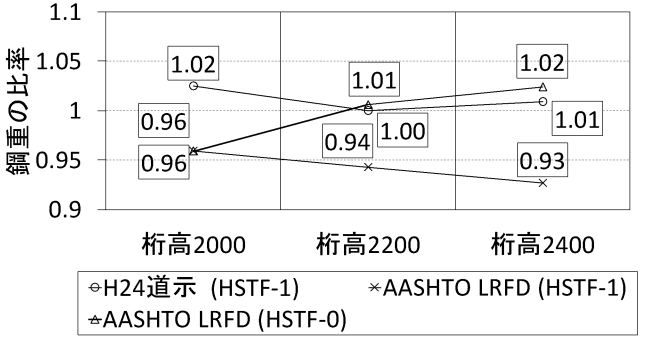


図-3 連続合成箱桁の桁高と鋼重

表-3 連続合成箱桁の断面

対象断面	支間中央（正曲げ最大）		中間支点（負曲げ最大）	
基準	AASHTO LRFD	H24道示	AASHTO LRFD	H24道示
桁高	2400	2200	2400	2200
水平補剛材	1段	1段	1段	1段
材質	(SM490Y)	(SM490Y)	(SM490Y)	(SM490Y)
上フランジ	3240 × 22	3240 × 11	3240 × 27	3240 × 38
ウェブ	[決定]強度限界	[決定]圧縮応力度	[決定]強度限界	[決定]引張応力度
下フランジ	190 × 19	190 × 19	260 × 25	260 × 25
ウェブ	2400 × 9	2200 × 11	2400 × 11	2200 × 17
下フランジ	[決定]強度限界	[決定]最低板厚	[決定]強度限界	[決定]合成応力度
縦リブ	3240 × 15	3240 × 17	3240 × 38	3240 × 35
縦リブ	[決定]強度限界	[決定]引張応力度	[決定]強度限界	[決定]圧縮応力度
縦リブ	190 × 19	190 × 19	260 × 25	260 × 25
断面区分	ノンコンパクト	—	スレンダー	—