

SBHS400 の適用が小スパン鋼鈹桁橋の疲労設計に及ぼす影響

日本鉄鋼連盟 ○高木優任 栗原康行 松下政弘 壺岐 浩

1. はじめに

平成 29 年に改定された道路橋示方書(以下, H29 道示)では, 橋梁用高降伏点鋼板(SBHS)が新たに規定された。今後, 利用の促進が期待される場所であるが, 一般に小スパンの橋梁では, 鋼材が高強度になると疲労やたわみなど使用性への影響が懸念される。本文では, 小スパン橋梁を対象とした試算を行い, SBHS400 の適用が疲労やたわみに与える影響について検討した結果を報告する。

2. 検討方法の概要

小スパン鋼橋の一般的な構造形式として, 図-1 に示す多主(4 主)鈹桁, 2 主鈹桁の 2 種類を想定し, 支間割はそれぞれ 3@30m, 3@40m として試算を行った。桁高は, 支間に合わせた一般的な値(1500mm, 2500mm)を基準とした。設計ソフトは APOLLO((株)横河技術情報)を用い, いずれも活荷重合成桁として H29 道示によって設計, 照査を行った。

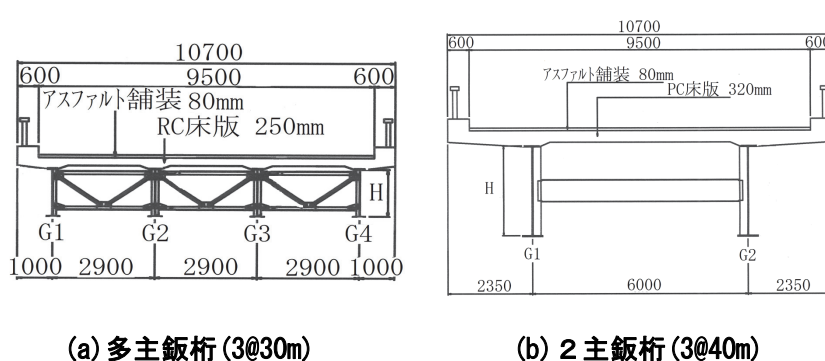


図-1 対象橋梁

表-1 検討ケース

Case-1	鋼種: SMのみ, 標準桁高
Case-2	鋼種: SM+SBHSから選択, 桁高はCase-1と同じ
Case-3	鋼種: SM+SBHSから選択, 桁高はCase-1から低減

まず, SBHS 適用による鋼重低減の効果を確認するため, 鋼種ならびに桁高をパラメータとした表-1 の 3 ケースで試設計を行った。これは, 比較的長支間の橋を対象にした過去の試算¹⁾で桁高の低減が鋼重低減に有効であるとの結果を反映したものである。次に, 疲労の照査は, 文献 2) を参考に, 図-2 に示す照査ポイントを設定して, 疲労設計荷重による応力振幅を算出した。打ち切り限界応力を超えた部位については, 以下の式により, 大型車交通量($ADTT_{SLi}$)を 1,000 台/(日・車線)として 100 年間($Y=100$)供用した場合の累積損傷度を算出した。最後に, 活荷重たわみを H29 道示の規定に従い算出して, 制限値との比較を行った。

$$\text{累積損傷度 } Di = \sum (ADTT_{SLi} \cdot \gamma_n \cdot 365 \cdot Y) / N_{i,j} \quad - (1)$$

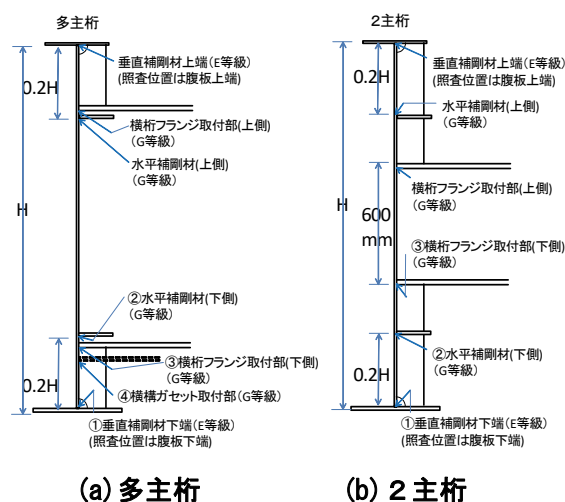
ここに, γ_n : 頻度補正係数(0.03), $N_{i,j}$: 疲労寿命

3. 検討結果と考察

(1) SBHS の適用による鋼重の削減効果

各ケースにおける断面構成を表-2 に, 鋼重の比較を図-3 にそれぞれ示す。今回の試算では, 比較的桁高であることもあり, H29 道示の最小腹板厚規定が影響せず, 桁高を低減すると, それによるフランジ厚の増加により全体鋼重が増加する結果となった。とくに, 桁高の低い多主桁においてその影響が顕著であった。

* 止端仕上げは行わない前提で疲労強度等級を設定



(a) 多主桁

(b) 2 主桁

図-2 疲労の着目点

キーワード SBHS400, 小スパン鋼鈹桁橋, 疲労設計, たわみ

連絡先 〒160-0004 東京都中央区日本橋茅場町 3-2-10 (一社) 日本鉄鋼連盟 橋梁用鋼材研究会 TEL: 03-3669-4815

表-2 断面構成 (単位:mm)

		多主桁(3@30m) : G2(中)桁			2主桁(3@40m) : G1桁		
		Case-1	Case-2	Case-3	Case-1	Case-2	Case-3
桁高		1500	1500	1300	2500	2500	2300
最小腹板厚		9	9	9	13	13	12
端径間中央断面	U-Flg	280×18	280×16	280×19	380×35	380×26	380×32
	Web	1500×9	1500×9	1300×9	2465×13	2474×13	2268×12
	L-Flg	390×21	390×17	390×27	570×37	570×31	570×36
中間支点上断面	U-Flg	280×17	280×12	280×19	380×29	380×21	380×29
	Web	1500×10	1500×10	1300×10	2471×17	2479×18	2271×17
	L-Flg	390×50	390×45	390×52	570×62	570×54	570×61
鋼種		SM490Y	SBHS400	SBHS400	SM490Y	SBHS400	SBHS400

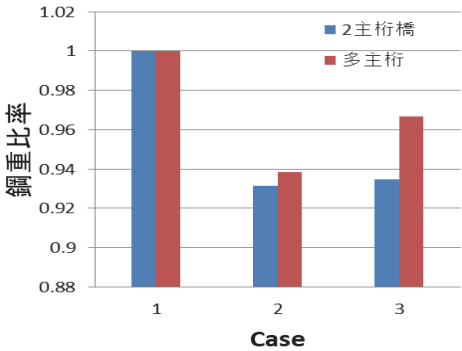


図-3 鋼重の比率

表-3 疲労照査の概要(中央径間支間中央断面, $ADTT_{SLi}=1000$ 台/日・レーン)

	多主桁(3@30m): 中桁						2主桁(3@40m)					
	ケース I		ケース II		ケース III		ケース I		ケース II		ケース III	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
照査点①:E等級	67>62	1.16	69>62	1.30	78>62	1.82	73>62	1.26	73>62	1.27	82>62	1.76
照査点②:G等級	54>32	2.48	56>32	2.79	63>32	3.94	58>32	2.67	59>32	2.70	66>32	3.76
照査点③:G等級	56>32	2.87	58>32	3.22	64>32	4.17	46>32	1.24	46>32	1.25	52>32	1.86
照査点④:G等級	57>32	2.93	59>32	3.29	65>32	4.28	—	—	—	—	—	—

A: 計算応力振幅>打ち切り限界(N/mm²), B: 累積損傷度(Di)

(2) 疲労強度への影響

疲労照査の結果を表-3 にまとめる。格子計算の各格点で断面力を算出し、断面(合成桁)の疲労照査を行った。多くの断面で打ち切り限界応力を下回ったが、多主桁では中桁、2主桁では両方の主桁の中央径間中央部で最も疲労照査が厳しくなったため、表-3 は最も厳しい断面での結果であることに注意されたい。SBHS400 の適用により、疲労設計荷重による応力振幅は大きくなるものの、桁高を変えない場合はその増加分は最大でも 2N/mm² 程度である。ただし、桁高を低減した場合は応力振幅の増分は最大で 10N/mm² 程度となり、疲労耐久性への影響が大きくなることがわかる。疲労照査を満たさない場合、止端仕上げを行って溶接継手の疲労強度等級を上げる(G 等級→F 等級)、腹板厚が厚くならない範囲で桁高を大きく取り、横桁、横構の取り付け位置をできるだけ上方にすることなどが文献 2) で提案されているが、SBHS400 を用いた場合にも同様の対策が効果的であると考えられる。

(3) たわみの照査

結果を表-4 にまとめる。今回対象としたような小スパン鋼橋では、SBHS400 を適用してもたわみは問題とならなかった。

表-4 たわみの照査結果

		多主桁	2主桁
検討ケース		Case-3	Case-3
支間割		3@30m	3@40m
たわみ計算値	最大値	26.4mm G1桁端径間	24.3mm G1桁端径間
	制限値	45.0mm	80.0mm

4. まとめ

小スパン橋梁への SBHS400 の適用性を検討した結果、今回の試算では桁高については最小腹板厚の影響を受けず、SM490Y と同じ桁高としたケースで鋼重は最小となった。また、疲労に関しては同一の桁高であれば SBHS400 の利用により若干、応力振幅が大きくなるものの、大きな問題とはならないと考えられる。ただし、疲労強度がクリティカルとなるような交通量と支間の橋梁への適用には注意が必要である。なお、今回対象としたような小スパン鋼橋では SBHS400 の利用はたわみ制限の影響を受けるようなものではなかった。

参考文献

1) 高木, 加藤, 松下, 竜崎: 鋼道路橋での橋梁用高降伏点鋼板(SBHS)の有効活用に向けた試設計, 橋梁と基礎, 2020.1 2) 日本橋梁建設協会: 鋼道路橋の疲労設計資料, H15. 10.