

鋼鉄道橋のSBHSの適用による鋼重低減効果に関する検討

鉄道・運輸機構 正会員 藤原 良憲, 横山 秀喜, 南 邦明
 鉄道総研 正会員 ○秋山 慎一郎, 齊藤 雅充, 池田 学

1. はじめに

橋梁用高降伏点鋼板(以下, SBHS)は, 鋼橋の建設コスト削減のために開発された高性能鋼材で, 東京ゲートブリッジにおいて本格的に導入され, 2008年に「JIS G3140」として規格化された。鉄道橋では, JIS化および既往の検討¹⁾²⁾を受けて「鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物)」(以下, 鋼標準)³⁾にSBHSが記載されたが, 実橋梁への採用に至っていないのが現状である。既往の検討²⁾⁴⁾においては, 鉄道に用いる一般的な合成桁として, 支間40~80mの複線単純2主箱桁形式, 支間80mの複線単純1主箱桁形式, および支間100+120+100mの複線連続1主箱桁形式を対象に, SM570をSBHS500に置換えた試設計を行い, 4~7%の鋼重低減効果が確認された。

本検討では, 一般的な形状の合成桁以外の構造形式におけるSBHSの適用による鋼重低減効果が高い条件の抽出を目的として2径間連続下路トラスおよび2径間連続馬桁付合成桁を対象として試設計を行った。

2. 検討対象橋梁および試設計条件

検討対象橋梁は, 一般にSM570等の高強度材料を適用した部材が多く用いられている構造形式を選定し, 既設計の2径間連続下路トラス(Case1), および2径間連続馬桁付合成桁(Case2,3)とした。馬桁付合成桁については, 主桁支間長に対する馬桁支間長の比(以下, 主桁馬桁支間比)が異なるCase2(主桁馬桁支間比=0.91)とCase3(主桁馬桁支間比=0.25)の2橋を対象とした。検討対象橋梁を図-1に示す。試設計は, 既設計においてSM570が適用された部材を対象に適用材料がSM570の場合とSBHS500の場合に対して行い, 鋼標準を用いて既設計の作用に対して照査を満足する断面を算定した。試設計条件として考慮した適用材料の強度と安全係数を表-1に示す。表中のSBHS500の部材係数は, SBHS500の降伏比を考慮して設定した。

3. 試設計結果

各ケースのSM570適用時とSBHS500適用時の照査結果を図-2に示す。図には, Case1は上弦材, Case2, 3は主桁馬桁交差部における主桁と馬桁の照査結果をそれぞれ示した。連続トラス(Case1)については, SM570とSBHS500の両材料とも, 主に軸方向力を受ける部材の照査が断面の決定ケースであり, 部材断面寸法が小さいため板要素の耐荷性の照査に対しては3~5割程度の余裕を有していた。馬桁付合成桁(Case2,3)の主桁断面については, SM570適用時は両者とも二軸応力状態の照査で断面が決定していた。SBHS500適用時の主桁断面は, Case2は材料強度の増加により板要素の最大幅厚比が低下したことが原因で板要素の耐荷性の照査が, Case3はSBHSの適用により板厚が減少し主桁の断面剛性が低下したため曲げひび割れの照査がそれぞれ断面決定ケースとなった。

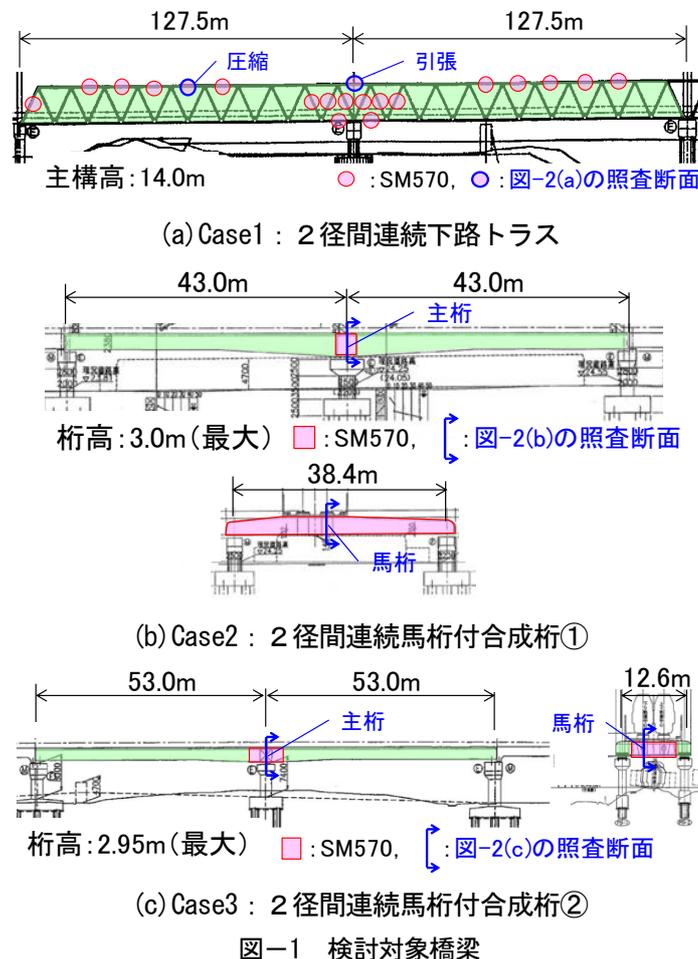


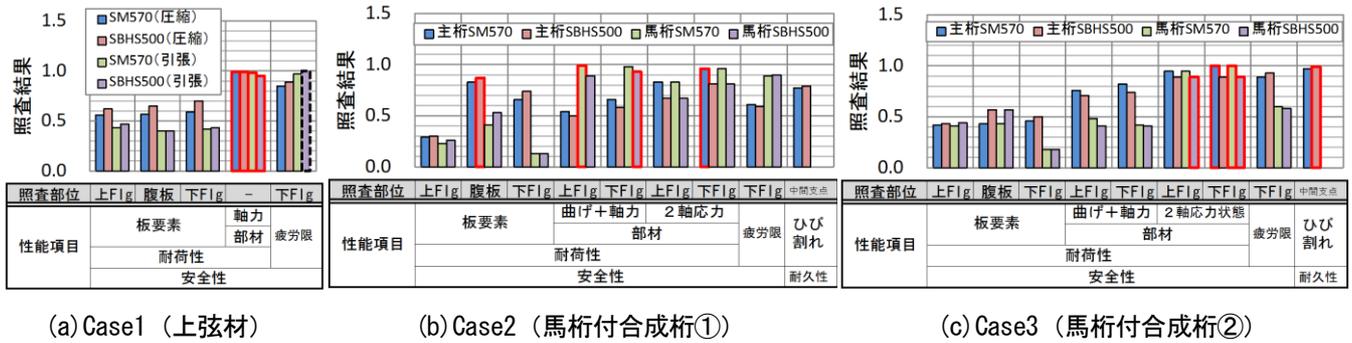
図-1 検討対象橋梁

表-1 材料強度と安全係数

	適用材料	
	SM570	SBHS500
引張降伏強度 (N/mm ²)	430~460	500
せん断降伏強度 (N/mm ²)	250~265	285
材料係数(安全性・疲労除く)	1.05	1.05
部材係数	引張・せん断	1.1
	圧縮	1.1

キーワード: 鋼鉄道橋, 橋梁用高降伏点鋼板(SBHS), 連続トラス, 馬桁付合成桁, 鋼重低減効果

連絡先: 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel:042-573-7280 Fax:042-573-7369



(a) Case1 (上弦材)

(b) Case2 (馬桁付合成桁①)

(c) Case3 (馬桁付合成桁②)

図-2 照査結果

表-2 SBHS適用による部材断面積と鋼重の低減率

検討ケース	検討断面(抜粋)	部材断面積低減率	1橋梁当り鋼重低減率	既設計SM570適用率
Case1 連続トラス	上弦材(圧縮)	7.1%	2.4%	28.2%
	上弦材(引張)	3.3%		
	斜材(圧縮)	7.1%		
	斜材(引張)	4.8%		
Case2 馬桁付合成桁①	主桁(馬桁交差部)	2.6%	2.9%	41.2%
	馬桁(主桁交差部)	6.6%		
Case3 馬桁付合成桁②	主桁(馬桁交差部)	8.9%	0.5%	9.6%
	馬桁(主桁交差部)	5.9%		

表-3 部材断面積の影響因子

影響因子	SM570	SBHS500	断面積変化率(SM570/SBHS500)
①材料降伏強度(N/mm ²)	450	500	0.90(減)
②部材係数(引張)	1 / 1.1	1 / 1.15	1.05(増)
③部材係数(圧縮)	1/1.1	1 / 1.1	1.00(不変)
④全体座屈の低減係数*	1 / 0.634*	1 / 0.611*	1.03(増)

*低減係数は表-1のトラス上弦材の場合を例として示す。
 <部材断面積変化率>
 引張部材: ①×② = 0.95 (5%低減)
 圧縮部材: ①×③ = 0.90 (10%低減)
 : ①×③×④ = 0.93 (7%低減) *

4. SBHSの適用による鋼重低減効果

試設計の結果から求めたSBHSの適用による部材断面積低減率と1橋梁当りの鋼重低減率を表-2に示す。部材断面積低減率(=部材単位での鋼重低減効果)は、連続トラス(Case1)では、圧縮部材が最大7.1%で引張部材よりも高かった。ここで、SBHSの適用による部材断面積の変化率に寄与する影響因子を表-3に示す。圧縮部材はSBHSの部材係数の影響を受けないため引張部材よりも部材断面積低減率が高いことが分かる。また、Case1の圧縮部材の座屈強度と細長比の関係を図-3に示す。なお、図中のSBHSの耐荷力曲線は、鋼標準と同じ耐荷力曲線を用いた場合の曲線である。本ケースの圧縮部材は座屈強度が低い領域の部材のため、部材断面積低減率が7%程度であったが、例えば、主構高さが制約された連続トラス等、細長比がより小さい部材であれば表-3に示したように最大で10%程度部材断面積を低減できる可能性がある。馬桁付合成桁については、Case2は断面の決定要因となった馬桁の部材断面積低減率が高く、Case3はその逆であり主桁馬桁支間比によることが確認できた。

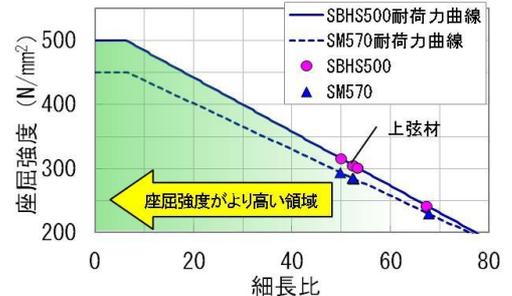


図-3 座屈強度と細長比の関係 (Case1)

1橋梁当りの鋼重低減率(=橋梁単位での鋼重低減効果)は、既設計の橋梁全体の鋼材量に対するSM570の適用率が最も高い馬桁付合成桁①(Case2)で最大の2.9%であった。ここで、表-2の1橋梁当りの鋼重低減率を既設計のSM570適用率で除した値に着目すると連続トラス(Case1)の値が比較的高い。これは、トラス橋に対するSBHSの適用による1橋梁当りの鋼重低減効率が低いことを意味しており、要因としては、トラス橋はSBHSの部材係数の影響を受けない圧縮部材が比較的多いこと、部材断面寸法が小さく板要素の幅厚比の制限を受けにくいこと、および桁剛性が非常に高い構造形式であり部材の断面剛性が断面の決定ケースにならないことが考えられる。

5. まとめ
 本検討では、今回対象とした2径間連続下路トラスと2径間連続馬桁付合成桁においては、SBHSの適用により橋梁全体で最大2.9%の鋼重低減効果が得られ、橋梁全体に対するSM570等の高強度鋼材の適用率が高い橋梁ほどこの効果が高まる可能性があること示した。また、1橋梁当りの鋼重低減効率は、板要素の幅厚比の制限に対して余裕があるトラス橋が比較的高いことを示した。

【参考文献】

- 1) 三木ほか、橋梁用高性能鋼材(BHS500, BHS700)の提案, 土木学会論文集, No.728/I-64, pp.1-10, 2003.7
- 2) 北ほか、高耐候性鋼材・高性能鋼材(BHS)の鉄道橋への適用性評価, 鉄道総研報告, Vol.23, No.5, 2009
- 3) 国交省鉄道局監修, 鉄道総研編: 鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物, 丸善, 2009.7
- 4) 藤原ほか、SBHS鋼材の鉄道橋への適用に関する研究, 土木学会第71回年次学術講演会概要集, I-537, pp.1073-1074, 2016.9