

鋼鉄道橋合成桁におけるコンパクト断面の適用に関する検討

(株)トーニチコンサルタント 正会員 ○久保 武明
鉄道・運輸機構 正会員 藤原 良憲

前橋工科大学 正会員 谷口 望

1. はじめに

鉄道橋の設計基準においては、許容応力度設計法¹⁾から平成4年に限界状態設計法、平成21年に性能照査型設計体系²⁾が導入され、設計手法の合理化が図られているが、近年、更なるコスト縮減が求められている。そこで、鋼・合成標準示方書³⁾において採用されている AASHTO や Eurocode による断面分類（コンパクト断面、ノンコンパクト断面、スレンダー断面）を行い断面強度を算定する設計手法（以下、コンパクト断面とする）を鋼鉄道橋合成桁に用いた場合について検討を行った。

2. 検討対象橋梁

検討には、最近の施工実績から以下に示す2橋を用いた。A橋は支間長59.8mの単純合成桁（複線1主箱桁形式、腹板中心間隔6.3m、腹板高2.7m、新幹線荷重）である。B橋は総支間長118.4m（39.2m+40.0m+39.2m）の3径間連続合成桁（複線2主I桁形式、腹板中心間隔4.6m、腹板高2.35m、在来線電車荷重）であるが、側径間の端支点側半分を単純桁として再計算し、支間長38.4mの単純合成桁（複線2主I桁形式、腹板中心間隔4.6m、腹板高2.8m）とした。断面図を図-1、2に示す。

なお、A橋は鉄道橋で一般的に用いられている断面であること、B橋は道路橋で検討されている事例に近いことから、それぞれ選定した。

本検討においては、①許容応力度設計法¹⁾、②限界状態設計法²⁾、③コンパクト断面³⁾、の3手法により単純桁の支間中央の断面検討を行うものとした。

3. 計算結果

断面計算結果を表-1、2に示す。計算でははじめに、現行の鉄道橋の設計基準である②限界状態設計法により断面を決定し、それを基に①許容応力度法および③コンパクト断面による断面算定を行った。A橋、B橋ともに、限界状態設計法により設計されているため、②限界状態設計法を基本とすることとした。

A橋は比較的長スパンでたわみ制限の厳しい新幹線荷重を採用していることから、限界状態設計法における断面決定要因は耐荷性および走行安全性（たわみ）となっている。許容応力度法では、限界状態設計法により求められた断面構成では応力度とたわみ共に許容値を満足出来なかったため、FLG厚を変更せずそれらを満足する腹板高を求めるものとした。

B橋の限界状態設計法における断面決定要因は耐荷性となっているが、A橋とは異なりたわみには余裕がある。そのため、許容応力度法では腹板高は同じとし、FLG厚を増厚して許容値を満足する断面構成を求めた。

コンパクト断面は終局限界状態において塑性化を許容した設計手法のため、架設時（鋼桁架設後、コンクリート打設時）や使用頻度の高い単線載荷時は、弾性範囲内を担保するために限界状態設計法を満足させるものとした。コンパクト断面の検討結果で灰色で示している数値は、コンパクト断面として得られた断面諸元を用いて限界状態設計法で計算した結果であり、照査上OUTの場合でもあえて表示している。

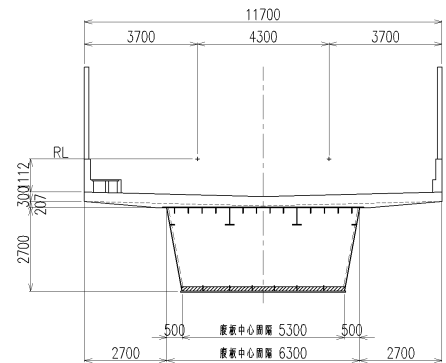


図-1 断面図（A橋）

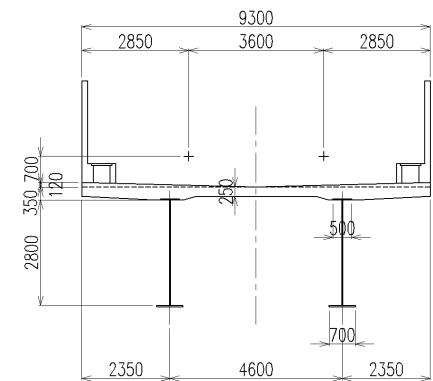


図-2 断面図（B橋）

キーワード：鉄道橋，合成桁，コンパクト断面，コスト縮減

連絡先：〒151-0071 東京都渋谷区本町 1-13-3 Tel:03-3374-4084 Fax:03-3374-4744

表－1 A 橋（箱断面）の断面検討結果

				② 限界状態設計法	① 許容応力度	③ コンパクト断面
断面形状	断面形状	床版	合成後	1- 11700 × 300	1- 11700 × 300	1- 11700 × 300
			U.FLG	1- 6600 × 19	1- 6600 × 19	1- 6600 × 17
			U.RIB	12- 180 × 19	12- 180 × 19	12- 180 × 19
			ST.WEB	2- 540 × 10	2- 540 × 10	2- 540 × 10
			ST.FLG	2- 250 × 12	2- 250 × 12	2- 250 × 12
			WEB	2- 2700 × 19	2- 3800 × 16	2- 2700 × 19
			L.RIB	6- 180 × 16	6- 180 × 16	6- 180 × 16
			L.FLG	1- 5420 × 47	1- 5420 × 47	1- 5420 × 40
			As	557860	576860	506720
使用材料	使用材料	床版	合成後	$f_{ck} = 40\text{N/mm}^2$	$f_{ck} = 40\text{N/mm}^2$	$f_{ck} = 40\text{N/mm}^2$
			鋼材	SM570	SM570	SM570
照査結果	耐荷性	鋼桁	合成後 上縁	0.993 < 1.0	9.2 < 11.4	1.030 > 1.0
			合成前 上縁	0.531 < 1.0	105.9 < 260	0.615 < 1.0
			下縁	0.379 < 1.0	77.1 < 260	0.435 < 1.0
			合成後 上縁	0.924 < 1.0	210.8 < 260	0.977 < 1.0
			下縁	0.952 < 1.0	203.2 < 260	1.088 > 1.0
	耐疲労性	鋼桁	合成後 下縁	0.367 < 1.0	検討省略	0.420 < 1.0
			走行安全性	0.990 < 1.0	0.960 < 1.0	1.111 > 1.0
	たわみ		使用性	0.467 < 1.0	—	0.516 < 1.0
			曲げ	—	—	0.970 < 1.0
	コンパクト断面での照査結果		せん断	—	—	0.100 < 1.0
			曲げ+せん断	—	—	0.850 < 1.0
Asの比	Asの比		限界状態法を1.0	1.000	1.034	0.908
			許容応力度法を1.0	0.967	1.000	0.878

表－2 B 橋（I 断面）の断面検討結果

				② 限界状態設計法	① 許容応力度	③ コンパクト断面
断面形状	断面形状	床版	合成後	1- 4650 × 250	1- 4650 × 250	1- 4650 × 250
			U.FLG	1- 500 × 30	1- 500 × 39	1- 500 × 25
			WEB	1- 2800 × 13	1- 2800 × 13	1- 2800 × 13
			L.FLG	1- 700 × 40	1- 700 × 51	1- 700 × 35
			As	79400	91600	73400
使用材料	使用材料	床版	合成後	$f_{ck} = 30\text{N/mm}^2$	$f_{ck} = 30\text{N/mm}^2$	$f_{ck} = 30\text{N/mm}^2$
			鋼材	SM570	SM570	SM570
照査結果	耐荷性	鋼桁	合成後 上縁	0.621 < 1.0	5.4 < 8.6	0.640 < 1.0
			合成前 上縁	0.882 < 1.0	178.8 < 260	0.996 < 1.0
			下縁	0.489 < 1.0	126.6 < 260	0.549 < 1.0
			合成後 上縁	0.987 < 1.0	257.6 < 260	1.080 > 1.0
			下縁	0.975 < 1.0	257.8 < 260	1.082 > 1.0
	耐疲労性	鋼桁	合成後 下縁	0.743 < 1.0	検討省略	0.850 < 1.0
			走行安全性	0.267 < 1.0	0.290 < 1.0	0.288 < 1.0
	たわみ		使用性	0.321 < 1.0	—	0.347 < 1.0
			曲げ	—	—	0.820 < 1.0
	コンパクト断面での照査結果		せん断	—	—	0.050 < 1.0
			曲げ+せん断	—	—	0.450 < 1.0
Asの比	Asの比		限界状態法を1.0	1.000	1.154	0.924
			許容応力度法を1.0	0.867	1.000	0.801

4. まとめ

コンパクト断面を採用した場合の経済性（鋼重，鋼断面積）は限界状態設計法と比較し，A 橋では約 10%，B 橋では約 8%となった。ただし，A 橋においてはコンパクト断面採用時にたわみによる走行安全性が NG の結果となっているため，そのまま用いることができず，鉄道設計基準²⁾の適用に対する検討が必要である。そのため，本検討によりある程度の断面縮小が可能であるとの方向性は見えたが，採用に至るまでには今後課題の抽出や検討の深度化など，さらなる検討が必要であると考えている。

5. 謝辞

本検討にあたり，埼玉大学・奥井教授，NEXCO 東日本・関東支社の皆様にご指導ご協力を頂きました。記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1)土木学会，国鉄建造物設計標準 鋼鉄道橋 鋼とコンクリートの合成鉄道橋，昭和 58 年 5 月。
- 2)国土交通省鉄道局監修，財団法人鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，丸善，2009.7。
- 3)土木学会，鋼・合成構造標準示方書，平成 19 年 3 月。