

道路橋合成桁の最小断面積と最適桁高に関する検討

Study of the Minimum Sectional Area and the Optimum Girder Height for Highway Composite Girder Bridge

北海学園大学工学部

○フェロー

当麻庄司 (Shouji Toma)

北海学園大学大学院 工学研究科

前田淳哉 (Jun-ya Maeda)

1. はじめに

筆者らは前に、道路橋合成桁橋についてベンチマークによる世界各国の設計比較を行った¹⁾。その結果、諸外国では我が国より桁高を低くとり、補剛材を用いない傾向の設計が多いということが判明した。それに関連して、補剛材を省略しつつ主桁の腹板高さを変えることで主桁断面を決定し、それらを比較検討して最適な主桁高さについての考察を行った²⁾。

本研究では、さらに支間長を変えた場合の最適桁高について検討する。なお、本論文における最適桁高とは、鋼桁断面が最小となるときの桁高と定義している。

2. 設計条件

基本的な設計条件は、文献¹⁾のベンチマーク設計に準拠する。すなわち、支間長=20m, 30mおよび40m, 道路幅員=8.5m, 主桁本数=4本, 主桁間隔=2.6m等である。また、死荷重は比較をしやすくするために一定とし、鋼重のみ支間長L=20mでは2.0kN/m, L=30mでは3.3kN/m, L=40mでは4.0kN/mとした。これは、実橋のデータを元にした鋼重の近似式³⁾を参考に決定している。なお、本論文での設計にあたっては道路橋示方書を適用した。また、横桁による分配は考慮するものとし、格子剛度Zが約10になるように横桁寸法を決定した。

3. 支間長と補剛材の条件

今回、検討した支間長と補剛材の使用条件、桁高を表1に示す。表1に示すように、ここでの検討において支間長20mに対しては、道路橋示方書における鋼材の最小板厚の規定を考慮した結果、水平補剛材は用いない方が合理的な設計であると判断した。支間長30mに対しては、水平補剛材を省略した場合と水平・垂直の両補剛材を省略した場合の過去の研究²⁾に加え、水平・垂直の両補剛材を使用した場合について検討する。支間長40mに対しては、垂直補剛材のみ使用した場合と水平・垂直の両補剛材を使用した場合について検討する。支間長40mでは、垂直補剛材を用いないと腹板厚が大きくなりすぎて、合理的ではない。

主桁の断面決定に当っては、上下フランジの最大幅を700mmまでとし、最小フランジ断面を160×8mmと設定した。最小断面については、道路橋示方書での規定範囲内である。設計結果は、表2に支間長20mの水平補剛材を省略した場合について、中主桁の中央断面のみを示している。その他の条件に対する設計結果については、文献²⁾に示している。設計断面を比較すると、桁高が高くなると腹板の断面積は増すが、フラ

表1 検討条件

Span	Stiffener		Horizontal		Vertical	
	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
20m	×	×	×	○	○	○
30m	1/18.7 800~1300 mm		1/16.7 800~1400 mm		1/16.6 1400~2000 mm	
40m	(1/23.3) 900~1600 mm		(1/19.8) 1200~1700 mm		1/19.7 1800~2300 mm	

×:補剛材なし, ○:補剛材あり

表2 支間長20mの場合の設計結果(水平補剛材を省略)

Interior Girder	Web Height (mm)	Span (mm)						
		800	900	1000	1100	1200	1300	1400
Top-Flange	320*16	320*14	310*12	290*11	260*11	230*13	220*13	
(Sectional area cm ²)	(51)	(45)	(37)	(32)	(29)	(30)	(29)	
Web	800*9	900*9	1000*9	1100*10	1200*10	1300*10	1400*11	
(Sectional area cm ²)	(72)	(81)	(90)	(99)	(120)	(130)	(154)	
Bottom-Flange	520*30	510*27	470*26	470*23	470*20	400*22	360*19	
(Sectional area cm ²)	(156)	(138)	(122)	(108)	(94)	(88)	(68)	
Sectional area (cm ²)	279	264	249	239	243	248	251	
Is (cm ⁴)	323,600	372,800	424,500	461,800	543,000	636,600	706,700	
Iv (cm ⁴)	1,552,000	1,730,000	1,916,000	2,091,000	2,319,000	2,597,000	2,715,000	
Deflection δ_1 (mm)	15.8	14.1	12.8	11.7	10.6	10.4	8.8	
Deflection δ_4 (mm)	59.3	51.9	45.9	40.4	35.7	31.4	28.8	
Total sectional area (cm ²)	1124	1051	998	965	970	971	1001	

ンジの断面積は徐々に減少していき、そのバランスから最小の断面が決定される。

4. 水平・垂直の両補剛材を使用した場合

まず、一般的な教科書^{4) 5)}などで設計例に用いられている水平・垂直補剛材を両方使用した場合について考察していく。なお、水平補剛材については、1段のみとしている。

この場合の検討結果から得られた最適桁高は、支間長に対して、L=30m:1/16.6, L=40m:1/19.7となった。これは、一般的に言われている経済的桁高の範囲(1/15~1/20)に収まっており、この範囲は水平・垂直両補剛材を使用した場合を前提としていると推測できる。そして、支間長が短いほど最適桁高は大きくなる。

5. 水平補剛材を省略した場合

次に、水平補剛材を省略し、垂直補剛材のみを使用した場合についての考察を行う。

図1に、表1で示した支間長20mの場合の設計断面積をグラフで示す。図1では、横軸に桁高をとり、左縦軸に外・中主桁各1本の断面積、右縦軸に主桁4本の総断面積をとっている。また、総断面積には近似曲線を示している。今回、全ての設計条件の場合について同様のグラフを用いた比較を行った。図1から、主桁の総断面積は桁高に対して2次曲線でよく近似され

キーワード: 橋梁設計, 合成桁橋, 設計比較, ベンチマーク設計, 鋼道路橋

連絡先: 〒064-0926 札幌市中央区南26条西11丁目1-1 北海学園大学工学部 TEL 011-841-1161

ることがわかる。また、最小断面積付近において、桁高にかかわらず断面積が近い値を示している。今回の設計例では、最適桁高はこの範囲内にあると考えられる。

図1の検討結果から得られた最適桁高は、それぞれ支間長に対して、 $L=20m: 1/16.7$, $L=30m: 1/19.8$, $L=40m: 1/22.1$ となった。支間長が比較的長い $L=40m$ では、一般的に言われている経済的桁高の範囲 ($1/15 \sim 1/20$) と比較して若干低い結果となったが、支間長が短い $L=20m, 30m$ ではこの範囲内に収まっている。

6. 水平・垂直の両補剛材を省略した場合

最後に、水平・垂直補剛材の両方を省略した設計の比較を行う。この場合の検討結果から得られた最適桁高は、それぞれ支間長に対して、 $L=20m: 1/18.7$, $L=30m: 1/23.3$ となった。

水平・垂直補剛材の両方を省略した設計での最適桁

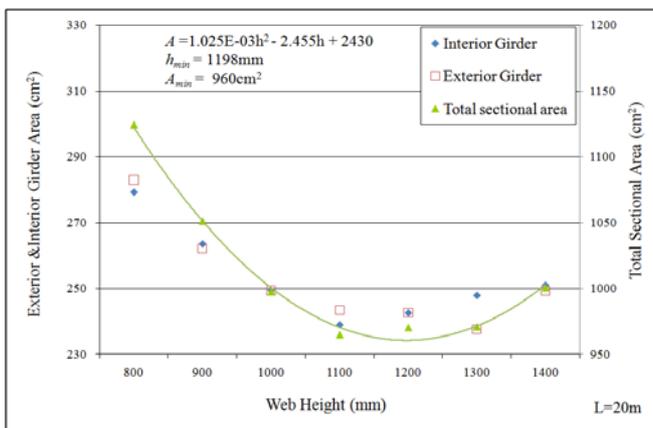


図1 支間長 20m の場合(水平補剛材省略)

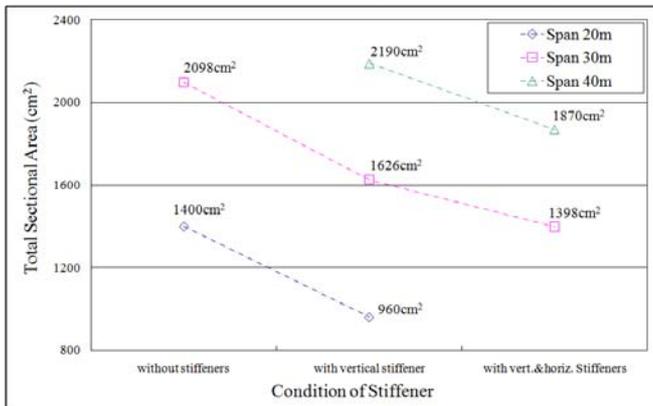


図2 最小設計断面積の検討結果

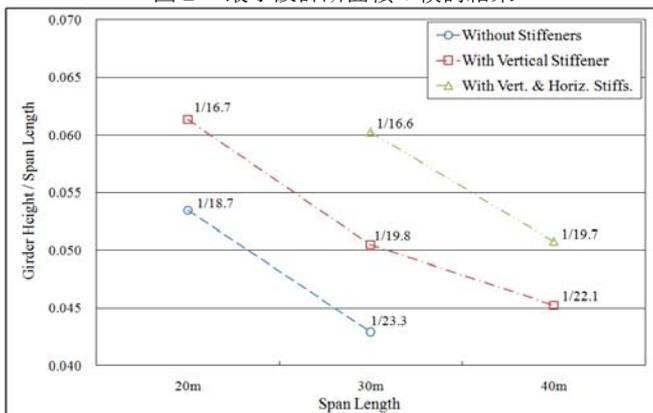


図3 最適桁高の検討結果

高は、支間長 $L=20m, 30m$ のどちらも水平補剛材のみを省略した場合よりもさらに桁高が低くなるという結果となった。また、水平補剛材のみを省略した場合と同様に支間長 $20m$ の場合については一般的に言われている経済的桁高の範囲に収まっている。

7. まとめ

ここでは、道路橋合成桁に対して、腹板高さを変化させた場合の最小断面を検討し、その時の最適桁高についての検討を行った。

図2に最小設計断面積の検討結果を示した。図2より、補剛材を省略することで腹板が厚くなり、断面積の増大が見られる。具体的には、水平・垂直両補剛材を使用した場合と水平補剛材を省略した場合では約1.2倍、水平補剛材のみ省略した場合と両補剛材を使用しない場合では1.3~1.5倍の増加がみられた。

図3に最適桁高の検討結果をまとめて示す。支間長 $L=30 \sim 40m$ に対する最適桁高比は、水平・垂直の両補剛材使用時は一般的な経済的桁高比の範囲内 ($1/15 \sim 1/20$) となった。水平補剛材を省略して垂直補剛材のみを使用した場合の経済的桁高比は、支間長に対して $1/16 \sim 1/22$ 程度となった。また、水平・垂直の両補剛材を省略した場合には $1/19 \sim 1/24$ となった。このように、最適桁高は支間長や補剛材の使用条件によって大きく異なり、補剛材条件が同じであれば支間長が長くなるほど最適桁高は低くなる。

水平・垂直補剛材を用いた設計での最適桁高の結果は、一般的に言われている経済的桁高の範囲内であったことから、この経済的桁高とは基本的に水平・垂直補剛材を使用することを前提としていることが推測できる。

水平補剛材を省略した設計での最適桁高は、水平補剛材を使用した場合よりも若干低くなった。さらに、水平・垂直補剛材の両方を省略した設計では、水平補剛材省略時よりもさらに最適桁高が低くなった。これは、補剛材を省略するにつれて腹板の必要厚が大きくなるので、桁高を低くする方が桁全体の断面を小さくすることができるためである。また、支間長が短い場合には、桁高が低く腹板が薄い設計であっても必要な腹板の剛性を保てるため、補剛材を必要としない。

備考：本論文の作成において、主桁断面の決定にはJSP-4W 単純合成桁の概略自動設計 (JIP テクノサイエンス(株)) を使用した。

参考文献

1) 当麻庄司, 他: 単純合成桁橋のベンチマークによる諸外国設計の比較, 第17回鋼構造年次論文報告集, 2009年11月. 2) 前田淳哉, 他: 道路橋合成桁の最適断面に関する検討, 平成21年度年次技術研究発表会, 土木学会北海道支部, 2010年2月. 3) 当麻庄司: 鋼道路橋の鋼重実績と推定式, 構造工学論文集, Vol.52A, 2006年3月. 4) 中井博, 他: 新編橋梁工学, 共立出版, p. 198, 2003年12月. 5) 林川俊郎, : 橋梁工学, 朝倉書店, p. 157, 2000年4月.