

不均等スパンを有する連続合成桁におけるフランジ有効幅算定式の適用性に関する検討

鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 復建エンジニアリング

正会員 藤原 良憲
 正会員○秋山 慎一郎, 桧山 剛, 平 暁

1. はじめに

近年、鉄道における連続桁は、交差道路等により桁下空頭や橋脚位置等が制限され不均等スパン化が進む傾向にある。鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物¹⁾(以下、鋼・合成標準とする)においてフランジ有効幅算出時に用いる等価支間長 l_i は、側径間支間中央部で $0.8 \times L_1$ 、中央径間支間中央部で $0.6 \times L_2$ 、中間支点部で $0.2 \times (L_1 + L_2)$ とされている(図1)。ここで、 L_1 : 側径間長、 L_2 : 中央径間長である。しかし、これらは一般的な径間比を有する連続桁の曲げモーメント分布に基づき設定されたものである²⁾。不均等スパンを有する連続桁の曲げモーメント分布は、側径間部において極端に正曲げ範囲が小さく、負曲げ範囲が大きいため、一般的な径間比を有する連続桁の曲げモーメント分布とは明らかに異なることが既往の検討³⁾により報告されている。本稿では、不均等スパンを有する連続桁におけるフランジ有効幅を試算し、フランジ有効幅算定式および等価支間長の適用性についての検討する。

2. フランジ有効幅算定式

鋼・合成標準において、フランジ有効幅 b_e は、(1)式により求める。

$$b_e = \lambda_1 + \lambda_2 \quad (1)$$

ここで、 λ_i : フランジ片側有効幅で一般に部材の支持状態や区間に応じて(2)式または(3)式により算定する ($\lambda_i \leq 0.15l_i$)。

・支間中央部: $\lambda_i = b_i$ (全幅有効) ($b_i / l_i \leq 0.05$)
 $= \{1.1 - 2.0(b_i / l_i)\} b_i$ ($b_i / l_i > 0.05$) (2)

・中間支点部: $\lambda_i = b_i$ (全幅有効) ($b_i / l_i \leq 0.05$)
 $= \{1.06 - 3.2(b_i / l_i) + 3.2(b_i / l_i)^2\} b_i$ ($b_i / l_i > 0.05$) (3)

ここで、 l_i : 等価支間長、 b_i : 腹板中心間隔の1/2(張出し部ではフランジ突出幅)である(図2)。

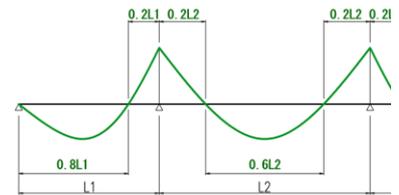


図1 鋼・合成標準における等価支間長

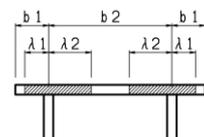


図2 フランジ有効幅

3. 不均等スパンを有する連続桁合成桁におけるフランジ有効幅の試算

検討対象橋梁は、支間長 161.2m (45.1+71.0+45.1m) の不均等スパンを有する3径間連続合成桁(径間比: 1:1.57:1)である。一般図および標準断面図を図3に示す。ここでは、【Case1】: 鋼・合成標準による等価支間長、【Case2】: 正曲げ

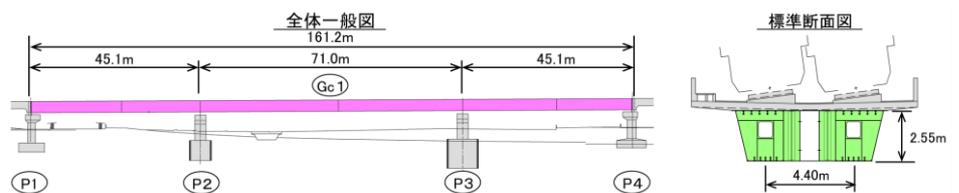


図3 一般図および標準断面図

最大時の実曲モーメント分布による等価支間長、【Case3】: 負曲げ最大時の実曲モーメント分布による等価支間長、【Case4】: 死荷重時の実曲モーメント分布による等価支間長の計4Caseの等価支間長を用いてフランジ有効幅を試算した。なお、列車荷重は標準列車荷重P-16を考慮し、断面力の算出には平面骨組解析モデルを用いた。各Caseにおける等価支間長を表1に示す。また、【Case2~4】において考慮した実曲げモーメント分布を図4に示す。有効幅算出断面は、①側径間支間中央部、②中間支点部、③中央径間支間中

表1 等価支間長

	【Case1】	【Case2】	【Case3】	【Case4】
側径間 径間中央部	36080 (0.8L1)	31570 (0.7L1)	22550 (0.5L1)	27060 (0.6L1)
中間支点部	23220 (0.2(L1+L2))	36750 (0.3L1+0.2L2)	23220 (0.5L1+0.2L2)	36750 (0.4L1+0.2L2)
中央径間 径間中央部	42600 (0.6L2)	42600 (0.6L2)	42600 (0.6L2)	42600 (0.6L2)

中央部とし、各断面において上フランジ、下フランジ、床版の有効幅を算出した。有効幅算出結果を表2に示す。【Case3】側径間支間中央部の有効幅の減少率が大きいことがわかる。これは、負曲げ最大時に側径間の負曲げ範囲が拡大し、等価支間長が減少したことにより(2)式における (b_i/l_i) が増加したためである。

【Case1】および【Case3】側径間支間中央部の断面照査結果を図5に示す。両者を比較した場合、【Case3】の照査値は【Case1】に対して最大で2%程度大きくなる。

4. 各種パラメータがフランジ有効幅に及ぼす影響

検討対象橋梁の解析モデルを用いて、径間比および活荷重をパラメータとして設定し、フランジ有効幅を試算した。有効幅は先に示した4Caseの等価支間長を用いて算出し、有効幅算出断面は側径間支間中央部とした。径間比および活荷重をパラメータとした場合の有効幅算出結果を表3に示す。径間比を変化させた場合、径間比に比例して有効幅の減少率が大きくなる傾向があることがわかる。これは、中央径間長に対し側径間長が短くなることで側径間の負曲げ範囲が拡大していくためである。活荷重をパラメータとした場合については、活荷重が列車荷重(P-16荷重)と自動車荷重(L荷重, B活荷重)の場合について有効幅を算出した。活荷重が自動車荷重の場合、側径間の負曲げ範囲が縮小し有効幅が1%程度広がる傾向がある。

5. まとめ

不均等スパンを有する連続桁の曲げモーメント分布は、側径間部において正曲げ範囲が小さくなり、負曲げ範囲が大きくなるため、実曲げモーメント分布による等価支間長を用いてフランジ有効幅を算出した場合、側径間支間中央部においてフランジ有効幅が減少する。

径間比を高くした場合、側径間の負曲げ範囲の拡大に伴い側径間支間中央部の等価支間長が減少するため、フランジ有効幅が減少していく傾向がある。そのため、径間比が高い連続桁における有効幅の取扱いには留意が必要と言える。また、活荷重を自動車荷重とした場合、側径間の負曲げ範囲が縮小し、有効幅が広がる傾向がある。現在、鋼・合成標準におけるフランジ有効幅算定式および等価支間長は、道路橋示方書⁴⁾と同一式を適用しているが、活荷重特性の差異も考慮する必要があると言える。

参考文献

- 1) 国土交通省監修, 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.
- 2) 日本道路協会: 道路, 381号, pp69-76, 1972.11.
- 3) 藤原良憲, 杉浦忠治, 保坂鐵矢, 久保武明, 堤英康: 変則スパンを有した連続合成桁のフランジの有効幅に関する考察: 土木学会第63回年次学術講演会, 2008.9.
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書(鋼橋編), 2012.3.

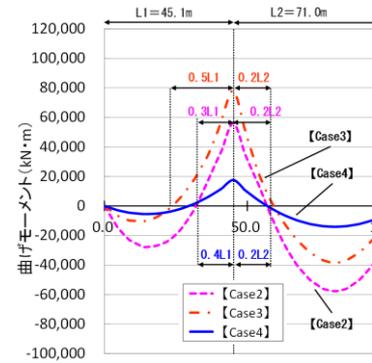
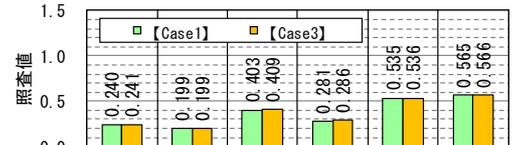


図4 実曲げモーメント分布

表2 有効幅算出結果 (mm)

		【Case1】	【Case2】	【Case3】	【Case4】
上フランジ	側径間	2800	2800	2785	2800
	径間中央部	(-)	(1.000)	(0.995)	(1.000)
	中間支間部	2576	2632	2705	2673
下フランジ	側径間	1860	1860	1860	1860
	径間中央部	(-)	(1.000)	(1.000)	(1.000)
	中間支間部	1757	1790	1832	1814
床版	側径間	5702	5673	5581	5635
	径間中央部	(-)	(0.995)	(0.979)	(0.988)
	中間支間部	5713	5213	5713	5713

※()内の値は【Case1】に対する比率



照査箇所	合成前死荷重		合成後死荷重			
	鋼桁		鋼桁		スラブ	
	上線	下線	上線	下線	上線	下線
【Case3】/【Case1】	1.004	1.000	1.015	1.018	1.002	1.002

図5 断面照査結果

表3 有効幅算出結果(径間比・活荷重) (mm)

		径間比			活荷重		
		①1:1.57:1	②1:2:1	③1:2.25:1	①列車荷重	②自動車荷重	
フランジ有効幅(側径間)	【Case1】	上フランジ	2800 (-)	2800 (-)	2800 (-)	2800 (-)	2800 (-)
		下フランジ	1860 (-)	1860 (-)	1860 (-)	1860 (-)	1860 (-)
		床版	5702 (-)	5677 (-)	5664 (-)	5702 (-)	5702 (-)
	【Case2】	上フランジ	2800 (1.000)	2800 (1.000)	2736 (0.977)	2800 (-)	2800 (1.000)
		下フランジ	1860 (1.000)	1860 (1.000)	1860 (1.000)	1860 (-)	1860 (1.000)
		床版	5673 (0.995)	5602 (0.987)	5541 (0.978)	5673 (-)	5673 (1.000)
	【Case3】	上フランジ	2785 (0.995)	2322 (0.829)	- (-)	2785 (-)	2800 (1.005)
		下フランジ	1860 (1.000)	1636 (0.880)	- (-)	1860 (-)	1860 (1.000)
		床版	5581 (0.979)	4845 (0.853)	- (-)	5581 (-)	5635 (1.010)
	【Case4】	上フランジ	2800 (1.000)	2753 (0.983)	2533 (0.905)	2800 (-)	2800 (1.000)
		下フランジ	1860 (1.000)	1860 (1.000)	1755 (0.944)	1860 (-)	1860 (1.000)
		床版	5635 (0.988)	5541 (0.976)	5187 (0.916)	5635 (-)	5635 (1.000)

※()内の値は【Case1】に対する比率