

I - A65

鉛直局部荷重が作用する腹板のフランジを考慮した座屈係数算出式の提案

川崎重工業 正員 作川 孝一 大垣 賀津雄 山本 晃久
日本道路公団 正員 田村 陽司 川尻 克利

1. はじめに

近年、我が国の道路橋建設においては、建設費の削減を図るために合理化桁や少数主桁橋梁が採用されている。この種の橋梁では、材片数の削減を目的に水平補剛材を従来の2段から1段もしくは無しを設計条件としている。そのため、腹板が厚くなり鋼重増という点で不合理な面も生じている。

一方、日本道路公団・千鳥の沢川橋（PC床版連続合成2主桁橋）は支間部の腹板設計において、水平補剛材をなくしてアスペクト比3まで垂直補剛材間隔を広げるとともに、床版による圧縮フランジの拘束効果を考慮することにより、従来の道示に比べ薄い腹板を採用した設計を行った¹⁾。

しかしながら、本橋のように送出し工法により架設される場合、腹板には曲げ・せん断応力の他、支点部において多大な鉛直応力が作用する。このような応力状態に対して、従来通り、腹板を四辺単純支持された板として座屈照査を行った場合²⁾、本橋のような無補剛設計された腹板には著しく補剛箇所が多くなる。

ところが、少数主桁構造の腹板は従来の多主桁より剛なフランジと接合されており、この接合辺において腹板のX軸まわりの回転変位はフランジのねじり剛性によってかなり拘束され、鉛直荷重に対する座屈係数が大きくなることが考えられる³⁾。

本研究では、鉛直局部荷重が作用する際の腹板の弾性座屈解析を少数主桁橋に採用されるような厚いフランジのねじり剛性を考慮して行い、設計実務で用いられるアスペクト比、鉛直局部荷重の載荷幅比、腹板とフランジの剛比をパラメータとして整理し、鉛直局部荷重が作用する腹板の座屈係数の簡易算出式を提案するものである。

2. 計算モデルおよび境界条件

図-1に示すI型断面のプレートガーダを図-2に示すように腹板は薄板要素でフランジは梁要素でモデル化した。本解析では表-1に示す3種類の境界条件を持つモデルを採用することとした。

3. 上下辺境界条件と座屈係数

フランジのねじり剛性が座屈係数に与える影響を調べるため、先の3つのモデルに対して弾性座屈係数を計算し比較した。鉛直局部荷重の載荷幅比を $c/a=0.1$ とした時の各モデルの座屈係数を図-3に示す。同図から上下フランジのねじり剛性を考慮した弾性固定モデルでは、単純支持モデルよりも座屈係数が大きくなるが、上下辺を完全に固定支持したモデルほどは座屈係数が大きくならないことがわかる。

キーワード：鉛直局部荷重、フランジの剛性、座屈係数、送出し架設

連絡先：〒136 東京都江東区南砂2丁目6番5号 TEL:03-3615-5135 FAX:03-3615-6988

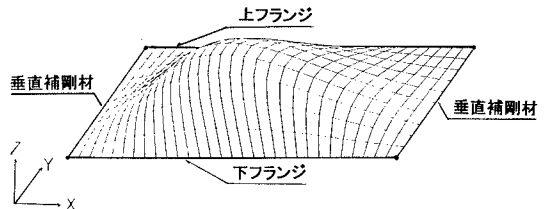


図-1 対象構造

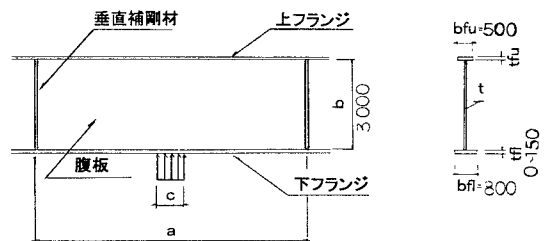


図-2 解析モデル

表-1 境界条件

解析モデル		X	Y	Z	θX	θY	θZ	備考
単純支持 モデル	フランジ	0	0	1	0	0	0	
	垂直補剛材	0	1	1	0	0	0	
	四隅	1	1	1	0	0	0	
弾性固定 モデル	フランジ	0	0	1	E	0	0	*
	垂直補剛材	0	1	1	0	0	0	
	四隅	1	1	1	0	0	0	
固定支持 モデル	フランジ	0	0	1	1	0	0	
	垂直補剛材	0	1	1	0	0	0	
	四隅	1	1	1	0	0	0	

0:自由 1:固定 E:弾性固定

*:フランジを梁要素として考慮

4. パラメータの選定

別途、検討した結果、上フランジのねじり剛性が座屈係数に与える影響は小さく、下フランジのねじり剛性が座屈係数に与える影響が大きいことがわかった。そこで、フランジのねじり剛性を考慮した座屈係数算定式のパラメータとして、腹板の曲げ剛性に対する下フランジのねじり剛性の比 $\gamma = J/D$ （以下、単に剛比 γ と呼ぶ）に着目し、アスペクト比、載荷幅および剛比 γ を選択するものとした。

5. 座屈係数算出式

弾性固定モデルに対して、フランジ幅 800mm の下フランジの板厚を 0mm から 150mm まで変化させることにより、剛比 γ を変化させた。図-4 に、載荷幅比を $c/a=0.1$ とした時の剛比 γ と座屈係数の関係を示す。参考のために、腹板厚 25mm、下フランジ幅 800mm とした場合の剛比 γ に相当する下フランジ厚を括弧書きで示した。今回、提案した回帰式(1),(2)による座屈係数を線で、座屈解析によって計算された座屈係数を点で表示した。同図から、提案した回帰式により座屈係数をほぼ近似可能であることがわかる。ここで、回帰分析により定式化したときの係数を表-2 に示す。

$$K = a_0 + a_1 \gamma + a_2 \gamma^2 + a_3 \gamma^3 \quad (\gamma < \gamma^*) \quad (1)$$

$$K = b_0 \gamma + b_1 \quad (\gamma \geq \gamma^*) \quad (2)$$

フランジのねじり剛性：

$$J = b_f \cdot t_f^3 \left\{ \frac{16}{3} - 336 \frac{t_f}{b_f} \left(1 - \frac{t_f^4}{12b_f^4} \right) \right\}$$

ただし、 b_f ：フランジ幅の 1/2

t_f ：フランジ厚の 1/2

$$\text{腹板の曲げ剛性：} \quad D = \frac{b \cdot t^3}{12(1 - \mu^2)}$$

γ ： $\gamma = J/D$ （フランジと腹板の剛比 γ ）

6. まとめ

1. フランジのねじり剛性を考慮した場合の鉛直局部荷重によるパネルの座屈係数は、上下辺を単純支持とした場合より大きい、固定支持とした場合よりも小さい。そのため、フランジのねじり剛性を適切に評価する必要がある。
2. 本研究で提案した鉛直局部荷重による座屈係数を用いることにより、載荷辺のフランジの剛性を考慮した腹板座屈照査が可能となる。

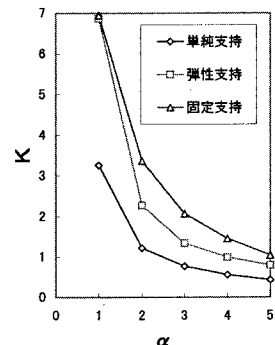


図-3 境界条件と座屈係数

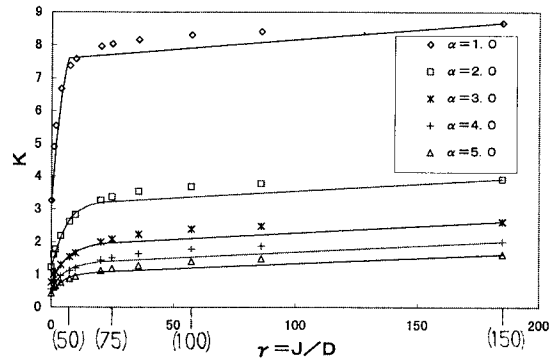


図-4 剛比と座屈係数

表-2 回帰式の係数

c/a	α	曲線近似式(1)					直線近似式(2)		判別条件
		a_0	a_1	a_2	a_3	b_0	b_1		
0.0	0.0	12.55	5.133E+00	-3.943E-01	8.961E-03	5.187E-02	2.922E+01	5	7
0.0	1.0	3.21	1.064E+00	-7.543E-02	1.638E-03	5.979E-03	7.483E+00	7	
0.0	2.0	1.19	2.938E-01	-1.602E-02	3.090E-04	4.236E-04	3.048E+00	20	
0.0	3.0	0.74	1.535E-01	-7.993E-03	1.570E-04	4.091E-04	1.780E+00	20	
0.0	4.0	0.52	1.222E-01	-7.060E-03	1.470E-04	3.445E-04	1.250E+00	20	
0.0	5.0	0.39	1.034E-01	-6.385E-03	1.380E-04	2.946E-04	9.453E-01	20	5
0.1	0.5	12.72	5.169E+00	-3.971E-01	9.021E-03	5.180E-02	2.951E+01	5	
0.1	1.0	3.26	1.070E+00	-7.568E-02	1.642E-03	5.989E-03	7.500E+00	7	
0.1	2.0	1.22	2.969E-01	-1.805E-02	3.080E-04	4.280E-04	3.117E+00	20	
0.1	3.0	0.77	1.625E-01	-8.585E-03	1.700E-04	4.060E-04	1.802E+00	20	
0.1	4.0	0.56	1.237E-01	-7.027E-03	1.490E-04	3.677E-04	1.319E+00	20	20
0.1	5.0	0.43	1.041E-01	-6.278E-03	1.350E-04	3.214E-04	1.014E+00	20	
0.2	0.5	13.04	5.249E+00	-4.033E-01	9.160E-03	5.167E-02	3.008E+01	5	
0.2	1.0	3.34	1.089E+00	-7.705E-02	1.672E-03	5.985E-03	7.717E+00	7	
0.2	2.0	1.28	3.036E-01	-1.829E-02	3.120E-04	4.388E-04	3.244E+00	20	
0.2	3.0	0.85	1.663E-01	-8.423E-03	1.630E-04	4.467E-04	2.025E+00	20	20
0.2	4.0	0.65	1.241E-01	-6.689E-03	1.380E-04	4.287E-04	1.472E+00	20	
0.2	5.0	0.53	1.080E-01	-6.025E-03	1.270E-04	4.082E-04	1.176E+00	20	
0.3	0.5	15.20	5.843E+00	-4.495E-01	1.020E-02	5.174E-02	3.420E+01	5	7
0.3	1.0	3.90	1.221E+00	-8.651E-02	1.879E-03	6.125E-03	8.807E+00	7	
0.3	2.0	1.59	3.583E-01	-1.851E-02	3.470E-04	5.234E-04	3.987E+00	20	
0.3	3.0	1.21	1.887E-01	-8.153E-03	1.480E-04	4.831E-04	2.771E+00	20	
0.3	4.0	1.06	1.246E-01	-5.042E-03	9.500E-05	7.775E-05	2.140E+00	20	20
0.3	5.0	0.82	1.130E-01	-4.788E-03	9.000E-05	8.123E-05	1.724E+00	20	
0.4	0.5	19.41	7.098E+00	-5.475E-01	1.243E-02	5.483E-02	4.249E+01	5	7
0.4	1.0	4.59	1.490E+00	-1.063E-01	2.313E-03	6.492E-03	1.100E+01	7	
0.4	2.0	2.10	4.542E-01	-2.341E-02	4.370E-04	6.600E-04	5.178E+00	20	
0.4	3.0	1.69	2.320E-01	-8.946E-03	1.500E-04	5.544E-04	3.762E+00	20	
0.4	4.0	1.53	1.242E-01	-2.794E-03	2.900E-05	9.274E-05	2.943E+00	20	20
0.4	5.0	1.05	1.131E-01	-4.332E-03	6.400E-05	7.554E-05	2.308E+00	20	
1.0	0.5	23.56	8.488E+00	-6.558E-01	1.488E-02	6.263E-02	5.116E+01	5	7
1.0	1.0	6.06	1.795E+00	-1.277E-01	2.778E-03	7.304E-03	1.327E+01	7	
1.0	2.0	2.56	5.530E-01	-2.871E-02	5.380E-04	7.871E-04	8.283E+00	20	
1.0	3.0	2.07	2.815E-01	-1.081E-02	1.790E-04	1.101E-02	4.589E+00	20	
1.0	4.0	1.85	1.574E-01	-3.953E-03	4.600E-05	9.267E-05	3.800E+00	20	20
1.0	5.0	1.27	1.545E-01	-4.799E-03	6.300E-05	7.482E-05	2.793E+00	20	

【参考文献】1)大垣賀津雄, 川口喜史, 磯江暁, 高橋昭一, 川尻克利, 長井正嗣: 合成2主桁橋の鋼主桁補剛設計に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.44A, pp.1229~1239, 1998.3

2)伊藤敏一: 鉛直局部荷重を受けるプレートガーダー腹板の $DAS \leq 0.12$ による座屈照査例, 橋梁と基礎, pp.32~39, 1984.3

3)渡辺秀貴, 西脇威男, 増田陳紀: 局部荷重を受けるプレートガーダーパネルの弾性座屈荷重, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集 I-A61, 1997.9

4)山田忠信, 高尾孝二, 中村貞次: 局部荷重が作用する補剛された腹板の座屈問題, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集 I-A86, 1997.9