

鋼補剛箱桁のせん断遅れ効果に関する解析的研究

九州工業大学大学院 学生員 ○橘鷹直人

KMUTNB

Buchit Maho

九州工業大学大学院 正会員 山口栄輝

1. はじめに

初等梁理論では、桁に生じる橋軸方向直応力は中立軸からの距離に比例し、フランジ内で一定である。しかしながら、フランジ幅が広くなると、フランジ内での橋軸方向直応力の変化は無視出来なくなり、フランジとウェブの接合部で最大となる。この現象はせん断遅れと呼ばれ、多くの研究者により研究されているが、既存の報告では、結果にかなりのばらつきが見られる。そこで、Lertsima¹⁾らはマルチメッシュ外挿法を用いて無補剛箱桁を対象に、せん断遅れを複数の载荷条件で検討し、応力集中に関する算定式を提案した。この研究を拡張し、本研究では補剛箱桁における応力集中を検討し、応力集中係数 K_c に関する算定式を提案する。解析には MSC.Nastran²⁾を用いる。

2. 解析モデル

本研究では、図-1 に示す単純支持された補剛箱桁の解析モデルを用い、縦リブを含む箱桁全体をシェル要素でモデル化する。なお、縦リブは道路橋示方書・同解説³⁾の規定を満たす断面形状と縦リブ本数とする。また、パラメトリック解析に用いるパラメータは、 $H/L=0.025, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20$, $B/H=0.5, 1.0, 1.5, 2.0$, $T_f/T_w=1.0, 1.5, 2.0$, $A_s/A_f=0.0, 0.25, 0.5$ (A_s : 補剛材断面の総面積, A_f : 補剛板断面積) とする。

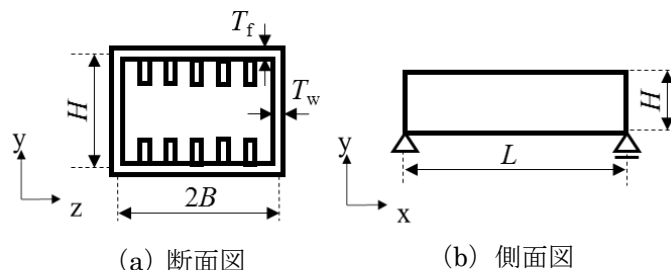


図-1 解析モデル

载荷条件として、スパン中央集中荷重と等分布荷重を考える。具体的には、図-2 に示すように集中荷重として Load C-1, C-2, 等分布荷重として Load D-1, D-2

の4種類を考慮する。

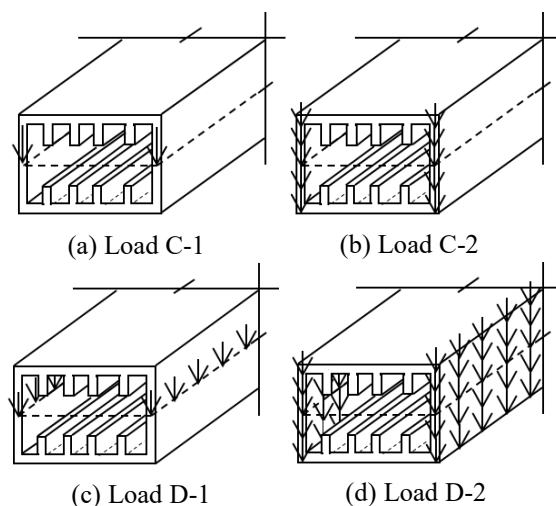


図-2 载荷条件

3. 応力集中係数 K_c

本研究では、箱桁フランジにおける橋軸方向最大直応力 σ_{FEA} と初等梁理論から得られる橋軸方向直応力 σ_{beam} の比 $\sigma_{FEA}/\sigma_{beam}$ (応力集中係数 K_c) を求める。応力算定の誤差が要素代表長 Δ に線形依存する⁴⁾ことから、Lertsima¹⁾らにならい、図-3 に示すマルチメッシュ外挿法を用いて、要素代表長 Δ が0の場合の K_c を評価する。なお、本研究で用いる要素分割は Mesh A, B, C の3種類とする。Mesh A, B, C の要素代表長 Δ はそれぞれ3.125, 6.25, 12.5 mm である。

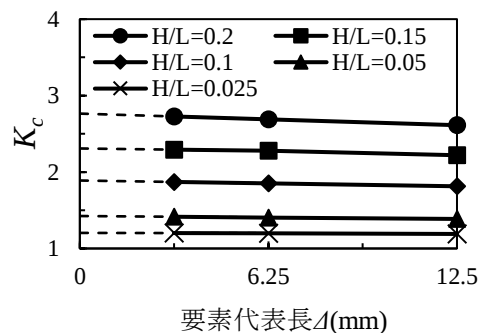


図-3 マルチメッシュ外挿法

キーワード：せん断遅れ、補剛箱桁、応力集中係数、マルチメッシュ外挿法

連絡先：〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL 093-884-3110 FAX 093-884-3100

4. 解析結果

解析結果の一例として、 $B/H = 1.0$ 、 $T_f/T_w = 1.0$ の解析モデルについて、 A_s/A_f 、 H/L と K_c の関係を図-4 に示す。解析結果から、 K_c に関して以下のような傾向が認められた。

- (1) A_s/A_f 、 H/L 、 B/H 、 T_f/T_w の値が大きくなるのに伴い、 K_c も大きくなる。
- (2) K_c は、Load D-1、D-2 の K_c よりも Load C-1、C-2 の方が大きい。
- (3) Load D-1、D-2 の K_c はほぼ等しい。

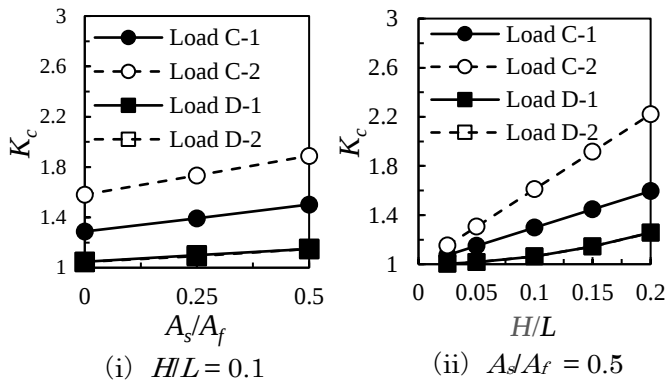


図-4 A_s/A_f 、 H/L と K_c の関係

5. K_c 算定式

Lertsima ら¹⁾は、せん断遅れに起因する無補剛箱桁の応力集中係数 K_c の算定式を提案している。本研究では、補剛材の影響を加え、重回帰分析により、以下の(1)～(6)の算定式を求めた。

$$K_c = F \cdot \left[1 + \left\{ a \cdot \left(\frac{H}{L} \right) + b \cdot \left(\frac{B}{H} \right) \right\} \times \left(\frac{A_s}{A_f} \right) \right] \tag{1}$$

Load C-1, C-2 : $F = (\alpha) \cdot \left(\frac{H}{L} \right) + 1 \tag{2}$

Load D-1, D-2 : $F = (\alpha) \cdot \left(\frac{H}{L} \right)^2 + 1 \tag{3}$

$$\alpha = (\beta) \cdot \left(\frac{B}{H} \right)^{\gamma} \tag{4}$$

$$\beta = c \cdot \left(\frac{T_f}{T_w} \right) + d \tag{5}$$

$$\gamma = e \cdot \left(\frac{T_f}{T_w} \right) + f \tag{6}$$

表-1 算定式の係数

	Load C-1	Load C-2	Load D-1	Load D-2
a	1.916	2.198	1.253	1.192
b	0.061	0.087	0.021	0.026
c	0.436	0.926	0.173	0.127
d	2.539	5.189	6.268	6.275
e	0.014	0.047	-	0.063
f	1.706	1.051	2.368	2.235

6. Eurocode 3 と K_c 算定式の比較

各载荷条件下において、Eurocode 3⁵⁾ と本研究で提案した K_c 算定式の比較を図-5 に示す。無補剛箱桁では、等分布荷重の場合、Eurocode 3 と K_c 算定式はよく一致している。集中荷重の場合、Load C-1 と Load C-2 で K_c に差があり、Eurocode 3 は Load C-1 とよく一致している。補剛箱桁では、いずれの载荷条件においても、Eurocode 3 は応力集中を過大評価する傾向が見られる。

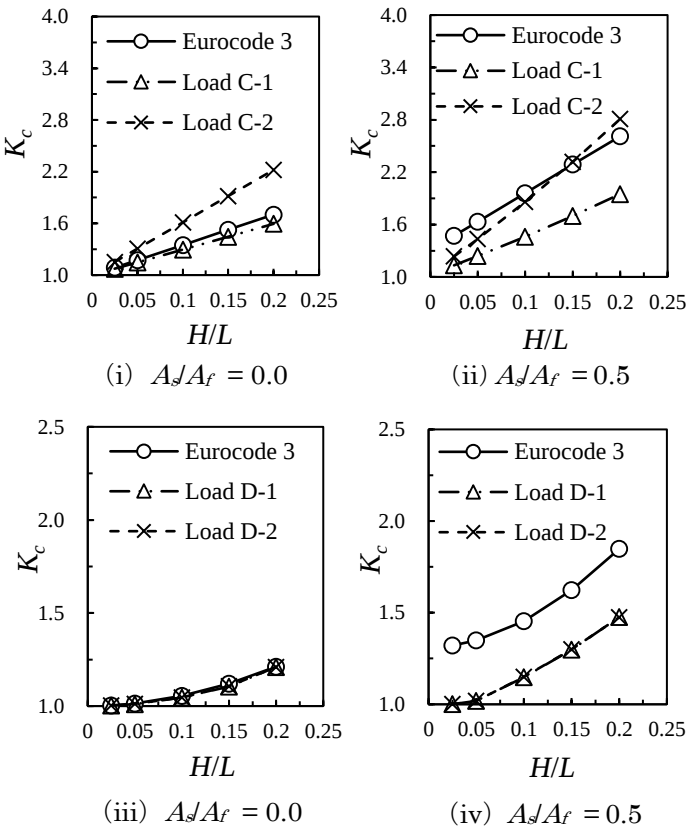


図-5 Eurocode 3 と K_c 算定式の比較
($B/H = 1.0$ 、 $T_f/T_w = 1.0$)

参考文献

- 1) C. Lertsima, T. Chaisomphob, E. Yamaguchi: Stress concentration due to shear lag in simply supported box girders, Engineering Structures, Vol. 26, No.8, 2004.
- 2) MSC SOFTWARE: MSC.Nastran for Windows 2004 リースガイド, 2004.
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, 丸善, 2012.
- 4) Cook, R.D.et al.: Concepts and Applications of Finite Element Analysis, John Wiley & Sons, 2007.
- 5) European committee for standardization: Eurocode 3- Design of Steel Structures-Part 1-5, 2006.