合成箱桁スラブの有効幅について

山口大学　正会員○浜田　純夫
琉球大学　正会員　有住　康則
山口大学　学生員　中村　秀明
山口大学　正会員　日野　伸一

1. まえがき

不完全合成桁のスラブの有効幅に関する最近行われた研究にはMoffattらのもの[2]と有住らのもの[1]がある。有住らの研究は応力関数を用い，鋼桁にはI型断面を対象に解析したもので，箱桁には及んでいない。一方、Moffattらの研究は有限要素法を用いての解析で，箱断面を中心に解析している。箱断面の有限要素解析は極めて未知数が多くなるため　有効幅を調べるには不適切と考えられる。

したがって、Moffattは幅員とスパンの比を0.05と0.2のときのみに関して計算し、他の場合は内挿して求めることを提案している。英国での設計法ではMoffattらの提案が適用されており、我国では道路橋示方書には定められてなく，鋼断面のフランジ幅がそのまま準用されている。

また，Moffattらは鋼断面の上フランジとスラブの有効幅は異なることを示している。この様な観点から著者らは先に提案した解析法に基づき、合成箱桁に適用した結果を示す。

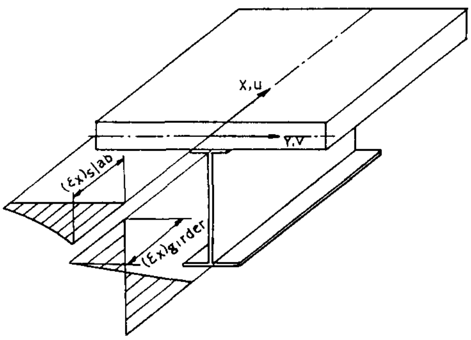


図-1　合成断面のひずみ分布

2. 解析の仮定と計算法

図-1に示す様な構造系および荷重が断面方向に対称なとき，不完全合成桁の有効幅を次式で定義する。

$$\lambda = \int_0^B \sigma_x \, dy / \sigma_{x,g}$$

ここで，σ_xはスラブの橋軸方向応力であり、$\sigma_{x,g}$は鋼桁上フランジひずみをコンクリートスラブ応力に換算した応力である。この解析にあたり、次の仮定を設ける。(1) コンクリートスラブおよび鋼桁は桁長さ方向等断面であり、左右対称である。(2) スラブの曲げ応力は考慮しない。(3) ずれ止めはウェブ上のみに配置され，コンクリートスラブと鋼桁の間に密に連続で等分布に配置された結合ばね要素とする。(4) 荷重はウェブ上のみに作用する。(5) スラブの張出し長は鋼箱桁ウェブ間隔の1/2とする。(図-2参照)

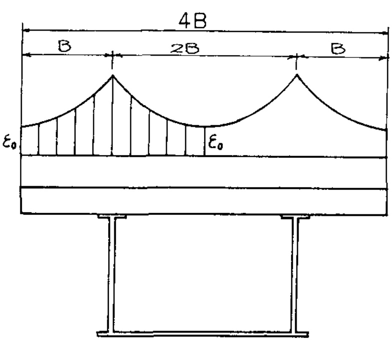


図-2　合成箱桁の仮定断面とスラブのひずみ分布

図-1においてコンクリートスラブを等方性の平板(Scheibe)と仮定すると，これを支配する微分方程式は

$$\partial^4 F/\partial x^4 + 2\partial^4 F/\partial x^2 \partial y^2 + \partial^4 F/\partial y^4 = 0$$

である。ここで，FはAiryの応力関数であり、この式を満足する応力関数は次の様に与えられる。

$$F(x,y) = \sum_{m=1}^{\infty} \bar{A}(e^{-ky} + \bar{B}e^{ky} + \bar{C}ye^{-ky} + \bar{D}ye^{ky}) \sin kx$$

ここで，$\bar{A}$，$\bar{B}$，$\bar{C}$，および$\bar{D}$は積分定数である。また $k = m\pi/L$である。このうち、$\bar{B}$，$\bar{C}$ および$\bar{D}$は構造の境界条件

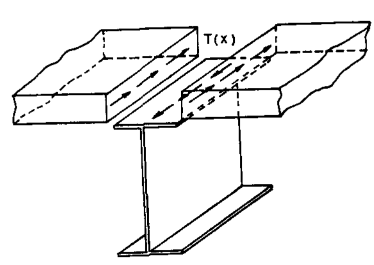


図-3　合成部分のせん断力

により、一義的に決定できる。

$$\bar{B}=\{\delta(e^{-2kB}-1)+2kB(kB-\delta)\}/\bar{Y}$$

$$\bar{C}=-k\{2(kB+\delta)+1+e^{2kB}\}/\bar{Y}$$

$$\bar{D}=k\{e^{-2kB}+1-2(kB-\delta)\}/\bar{Y}$$

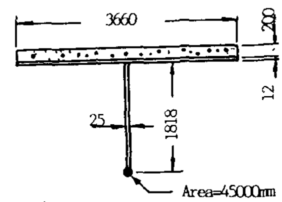
ここで, $\delta=(1-\nu)/(1+\nu)$, $\bar{Y}=\delta(e^{2kB}-1)+2kB(kB+\delta)$ である。$\bar{A}$は鋼桁とスラブのずれの関係から求められる。

$$\bar{A}=M_m/\{2tk^2E_sI_s\bar{H}/Qa+4t(a^2+I_s/A_s)\bar{H}/a-E_sI_s\bar{R}/E_ca\}$$

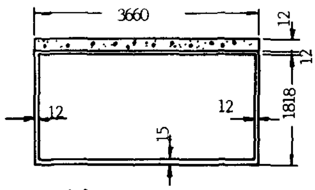
となり、tはスラブ厚 Qは単位長さ当りのジベル剛性、aは鋼断面重心から上フランジまでの距離であり、$\bar{H}$および$\bar{R}$は次式で与えられる。

$$\bar{H}=k\bar{B}-k+\bar{C}+\bar{D}$$

$$\bar{R}=k^2(1+\nu)(1+\bar{B})+2k(\bar{D}-\bar{C})$$



(a)



(b)

図-4 Moffattの用いた断面

さらに, M_mは曲げモーメントを三角級数で表わしたものであり、等分布荷重の場合は,

$$M_m=4qL^2/m^3\pi^3 \quad (m=1,3,5\cdots)$$

三角形分布では

$$M_m=(-1)^{(m-1)/2}\,2PL/m^2\pi^2 \quad (m=1,3,5,\cdots)$$

である。結局, 有効幅は$K_1=nA_s/2bt$, $K_2=I_s/A_sa^2$, $K_3=Q/E_c$とおき, $f_1=2tBk^2/K_3-\bar{R}B/\bar{H}$, $f_2=(1+K_2)/K_1K_2$とおけば,

$$\frac{\lambda}{b}=\frac{\sum_{m=1}^{\infty}\{M_m/(f_1+f_2)\}\sin kx}{\sum_{m=1}^{\infty}\{M_mf_1/(f_1+f_2)\}\sin kx}$$

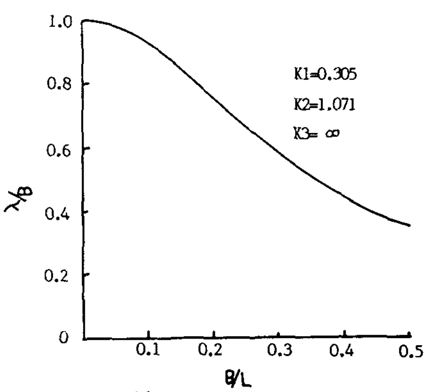
で表わされる。

3. 計算結果

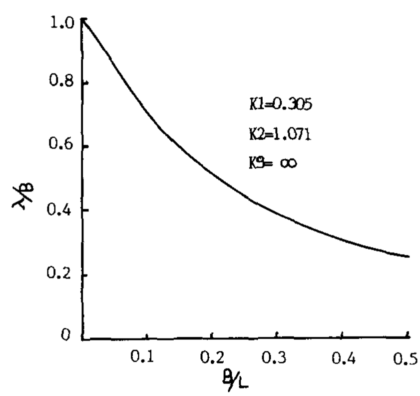
Moffattらの計算は有限要素法を用いたため、断面には比較的単純なものを選んでいる。彼らの対象とした断面を図-3に示す。図-3の(b)は一般的な箱断面であるが, それを(a)の形にして解析している。有限要素法のため, B/Lは0.05と0.2のみについて計算を行っている。その結果を表-1に示す。また, 本研究による同断面の計算結果を表-1中の( )内に, さらに詳しく図-4に示す。両者の結果はよく一致している。Moffattらはジベルの配置法, つまりウェブ上のみに配置した場合と全体的に配置した場合とを示しているが, 表-1の様によく一致している。

表-1 Moffattの計算結果 ( )内は本研究による.

	B/L	ジベル配置	
		ウェブ上のみ	上フランジ全体
等分布荷重	0.05 0.20	0.98(0.98) 0.81(0.76)	0.98 0.86
集中荷重	0.05 0.20	0.85(0.85) 0.53(0.51)	0.87 0.56



(a)等分布荷重



(b)集中荷重

図-5 本研究による有効幅

参考文献 1). 有住, 浜田, 梶田「不完全合成桁の有効幅」論文集273号, 1978年5月, 2). Moffatt, K.R. etal "Finite Element Analysis of Composite Box Girder Bridges" Proc. Instn. Civil Engrs, Vol.61 Part2, 1976, Feb.