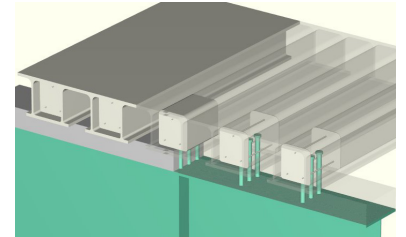


アルミニウム床版の有効幅

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○高木 眞広
大阪大学大学院工学研究科 正会員 大倉 一郎

1. はじめに

アルミニウム床版を有する鋼桁橋の設計を行なうとき、アルミニウム床版と鋼桁に生じる応力および鋼桁のたわみは、有効幅を用いたアルミニウム床版－鋼桁に生じる応力およびたわみによって評価される。図－1に示すように、アルミニウム床版はスタッドによって鋼桁に連結されるため、アルミニウム床版と鋼桁との間には合成作用が生じる。この合成作用は弾性合成理論を用いて評価できることが既往の研究で明らかにされている¹⁾。そこで、本研究では、鋼桁に対して不完全合成であるアルミニウム床版の有効幅を明らかにする。



図－1 アルミニウム床版と鋼桁の連結構造

2. アルミニウム床版－鋼桁

道路橋示方書に規定される、単純桁に対するフランジの片側有効幅 b_e は次式で与えられる。

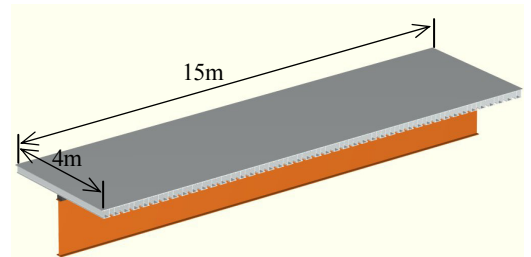
$$b_e = \begin{cases} b & (b/L \leq 0.05) \\ \{1.1 - 2(b/L)\}b & (0.05 < b/L \leq 0.30) \\ 0.15b & (0.30 < b/L) \end{cases} \quad (1)$$

道路橋示方書で規定される有効幅は完全合成桁に対するものであり、RC 床板と鋼桁が合成桁として設計される場合、RC 床版の有効幅として使用される。

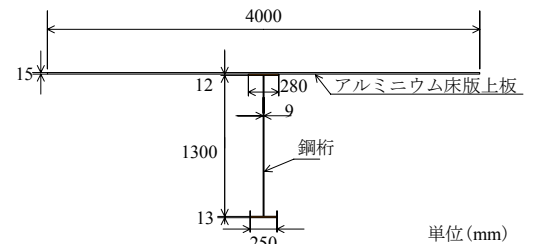
アルミニウム床版－鋼桁に関して一つのモデル桁を設定し、式(1)で与える有効幅を用いたアルミニウム床版－鋼桁に対して弾性合成理論によって算出される応力と、モデル桁全体に対して FEM 解析によって算出される応力を比較することにより、アルミニウム床版の有効幅として式(1)が使用できるか否かを調べる。

モデル桁を図－2 に示す。式(1)から、片側有効幅 b_e はフランジの片幅 b を支間長 L で割った b/L に依存し、 b/L が大きくなるに従って片側有効幅 b_e は小さくなる。したがって、アルミニウム床版の片幅 b を 2m、アルミニウム床版－鋼桁の支間長を 15m とした。

アルミニウム床版－鋼桁の断面形状を図－3 に示す。アルミニウム床版は、橋軸方向に連続している上板のみを断面として考慮して、鋼桁にアルミニウム床版上板が結合された両端単純支持桁とした。荷重として、支間中央に 100kN の集中荷重載荷および 10kN/m の等分布荷重載荷の 2 種類を考慮した。アルミニウム床版と鋼桁のヤング率をそれぞれ 70GPa、200GPa、ポアソン比を両者とも 0.3 とする。



図－2 モデル桁



図－3 モデル桁の断面形状

3. 弾性合成理論

図－3 に示すアルミニウム床版－鋼桁に対するアルミニウム床版の片側有効幅 b_e は、アルミニウム床版と鋼桁の合成作用を完全合成と仮定した場合、式(1)より 1584mm となり、全有効幅 B_e は片側有効幅 b_e の 2 倍に鋼桁上フランジの幅 280mm を加えた 3448mm となる。

アルミニウム床版と鋼桁の合成度は、次式で定義される ϕ で評価される¹⁾。

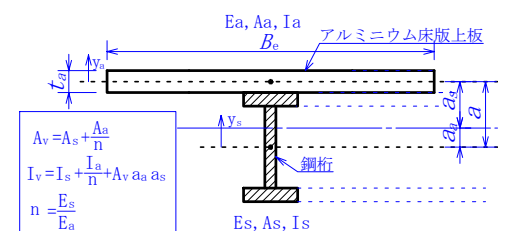
$$\phi = \frac{v_0 - v}{v_0 - v_\infty} = 1 - \frac{3}{(\lambda L/2)^2} \left\{ 1 - \frac{\tanh(\lambda L/2)}{(\lambda L/2)} \right\} \quad (0 \leq \phi \leq 1) \quad (2)$$

ここに、 ϕ : 合成度、 v : 弾性合成桁のたわみ、

v_∞ : 完全合成桁のたわみ、 v_0 : 非合成桁のたわみ

$$\lambda = \sqrt{\frac{kaI_v}{a_s E_s A_s (I_s + I_a/n)}} \quad (3)$$

$I_v, I_a, I_s, E_a, E_s, A_v, A_a, A_s, a, a_a, a_s, n$ は、図－4 に示すように、有



図－4 断面量

キーワード アルミニウム床版 鋼桁 弾性合成 有効幅

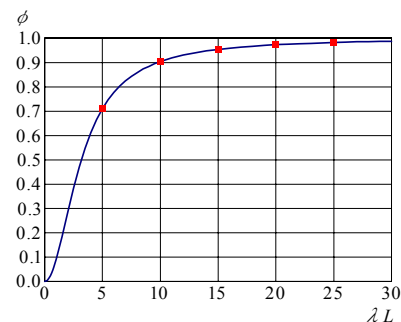
連絡先 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL 06-6879-7618

有効幅をもつアルミニウム床版－鋼桁に対する断面量である． $\phi=0$ のとき非合成であり， $\phi=1$ のとき完全合成である．式(2)で与えられる合成度 ϕ と λL の関係を図－5に示す．

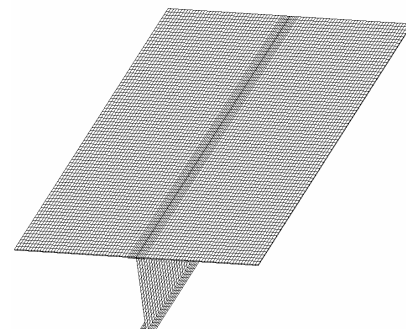
式(3)から，ばね定数 k は次式で表される．

$$k = \frac{a_s E_s A_s (I_s + I_a/n)}{a I_v} \lambda^2 \quad (4)$$

式(4)から， λL が5, 10, 15, 20, 25, ∞ に対するばね定数 k は，それぞれ0.107kN/mm², 0.427kN/mm², 0.960kN/mm², 1.707kN/mm², 2.667kN/mm², ∞ kN/mm²となる．



図－5 ϕ と λL の関係



図－6 要素分割

4. FEM 解析

図－2に示すアルミニウム床版－鋼桁のFEM解析は，汎用有限解析プログラムMARC²⁾によって行なった．要素分割を図－6に示す．アルミニウム床版－鋼桁は，支間中央に関する対称性より1/2モデルとした．FEM解析の要素構成は，アルミニウム床版および鋼桁上フランジを20節点立体要素(MARCの要素タイプ21)，鋼桁ウェブおよび下フランジを8節点厚肉曲面シェル要素(MARCの要素タイプ22)とした．

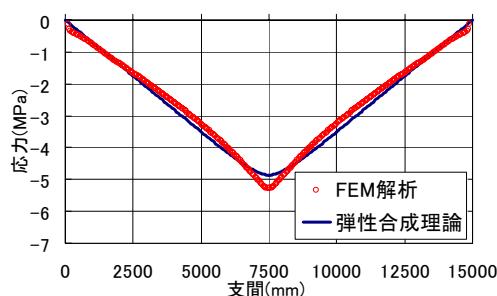
アルミニウム床版下面と鋼桁上フランジ上面に2重節点を設け，アルミニウム床版下面と鋼桁上フランジ上面の鉛直方向および桁直角方向の変位を同一にした．さらに，鋼桁上フランジの両端の2重節点に対しては，桁方向をばね要素で結合した．FEM解析におけるばね定数の入力値は，各ばね定数 k の値の半分に，節点間の距離を乗じた値とした．

荷重は，集中荷重では，支間中央の鋼桁ウェブのウェブ高の1/2の位置，等分布荷重では，鋼桁ウェブのウェブ高の1/2の位置に載荷した．

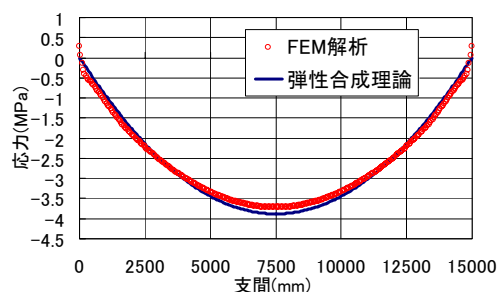
5. 弾性合成理論による応力とFEM解析による応力の比較

$\lambda L=25$ に対する，アルミニウム床版上板の弾性合成理論による応力とFEM解析による応力の比較を図－7に示す．支間中央における，弾性合成理論による応力に対するFEM解析による応力の比を表－1に示す．図－7および表－1から次のことが分かる．

- 1) 集中荷重に対して，支間中央付近のアルミニウム床版上板の応力に関して，弾性合成理論値がFEM解析値より小さくなるが，これ以外の領域では両者の値はほぼ一致している．鋼桁上フランジおよび鋼桁下フランジの各応力に関しては，全領域で弾性合成理論値とFEM解析値はほぼ一致している．



(a) 集中荷重



(b) 等分布荷重

図－7 $\lambda L=25$ に対するアルミニウム床版上板の応力

表－1 弾性合成理論による応力に対するFEM解析による応力の比

λL			5	10	15	20	25	∞
k (kN/mm ²)			0.107	0.427	0.96	1.707	2.667	∞
集中荷重	アルミニウム床版上板		1.08	1.07	1.08	1.08	1.09	1.15
	鋼桁	上フランジ	1.00	0.99	1.00	1.01	1.02	1.13
		下フランジ	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02
等分布荷重	アルミニウム床版上板		0.99	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96
	鋼桁	上フランジ	1.01	0.99	0.97	0.97	0.97	0.97
		下フランジ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

- 2) 等分布荷重に関して，アルミニウム床版上板，鋼桁上フランジおよび鋼桁下フランジの各応力に関して，全領域で弾性合成理論値とFEM解析値はほぼ一致している．

したがって，アルミニウム床版の有効幅として，道路橋示方書に規定される有効幅を用いることができる．

【参考文献】

- 1) 石川敏之，高木眞広，大倉一郎，武野正和：アルミニウム床版－鋼桁橋の合成度および温度変化応力，第7回複合構造の活用に関するシンポジウム，No.63，2007．
- 2) 日本エムエスシー：MSC. MARC2005 日本語オンラインマニュアル，日本エムエスシー，2005．