第Ⅰ部門　　アルミニウム床版－鋼桁橋の合成度および温度変化応力

大阪大学大学院工学研究科　学生員　○武野　正和
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

鉄筋コンクリート床版を有する橋に補強が必要となる場合，鉄筋コンクリート床版をアルミニウム合金製の軽量な床版に取り替え，床版自身の死荷重を減らすことによって対処することが提案されている．アルミニウム床版は軽量であるため，地震時に橋に生じる負荷の低減，高い耐食性によるライフサイクルコストの削減および小型重機の使用による工期の短縮などの利点がある．

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)]．本研究では，弾性合成理論によって，アルミニウム床版－鋼桁橋の合成度および温度変化応力を明らかにする．

２．弾性合成桁の合成度

アルミニウム床版と鋼桁から成る弾性合成桁の合成度を次式で定義する．

$$\phi = \frac{v_0 - v}{v_0 - v_\infty} \qquad (0 \le \phi \le 1) \qquad (1)$$

ここに，ϕ：弾性合成桁の合成度，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

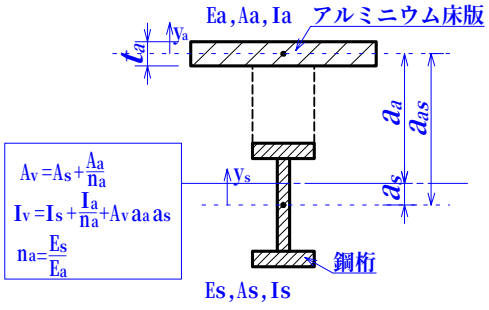
$\phi = 0$ のとき非合成であり，$\phi = 1$ のとき完全合成を表す．

両端単純支持された弾性合成桁の支間中央に集中荷重が載荷された場合について，弾性合成理論を適用して，支間中央のたわみが次式で与えられる．

$$v = \frac{PL^3}{48E_sI_v} + \frac{P}{2(E_sI_s + E_aI_a)} \cdot \frac{A_v a_s a_a}{I_v} \left\{ \frac{L}{2\lambda^2} - \frac{1}{\lambda^3} \tanh\left(\frac{\lambda L}{2}\right) \right\} \qquad (2)$$

ここに，

$$\lambda = \sqrt{\frac{kaI_v}{a_sE_sA_s\left(I_s + \frac{I_a}{n}\right)}} \qquad (3)$$



図－1　断面量

P は集中荷重，L は支間長であり，$I_v, I_a, I_s, E_a, E_s, A_v, A_a, A_s, a_{as}, a_a, a_s, n_a$ は図－1 に示す断面量である．さらに式(3)の k は，アルミニウム床版と鋼桁との連結の強さを表す定数である．本研究では，k に対して既往の研究[1)]で求められた 0.304kN/mm^2 を用いる．

式(2)から，完全合成時のたわみ v_∞ および非合成時のたわみ v_0 がそれぞれ次式で与えられる．

$$v_\infty = \frac{PL^3}{48E_sI_v} \qquad (4) \qquad\qquad v_0 = \frac{PL^3}{48(E_sI_z + E_aI_a)} \qquad (5)$$

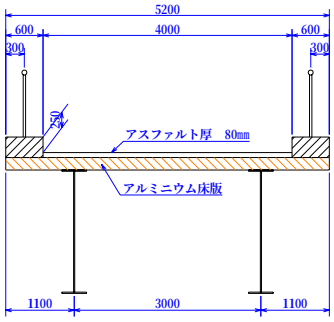
式(3)，(4)，(5)を式(1)に代入して，弾性合成桁の合成度 ϕ が次式で与えられる．

Masakazu TAKENO，Masahiro TAKAGI，Ichiro OKURA

$$\phi = 1 - \frac{3}{\left(\frac{\lambda L}{2}\right)^2}\left\{1 - \frac{\tanh\left(\frac{\lambda L}{2}\right)}{\left(\frac{\lambda L}{2}\right)}\right\} \qquad (6)$$

3．アルミニウム床版－鋼桁橋

図－2 に示す断面のアルミニウム床版－鋼桁橋に対して，その合成度および温度変化応力を試算した．アルミニウム床版と鋼桁は非合成とし，1 車線 B 活荷重に対して鋼桁を設計した．支間長 15m，20m，30m，40m に対する鋼桁断面を表－1 に示す．鋼桁断面は長さ方向に一定としている．アルミニウム床版の有効幅は，道路橋示方書の合成桁の有効幅の規定に従っている．



図－2 アルミニウム床版－鋼桁橋

表－1 アルミニウム床版－鋼桁橋の鋼桁断面

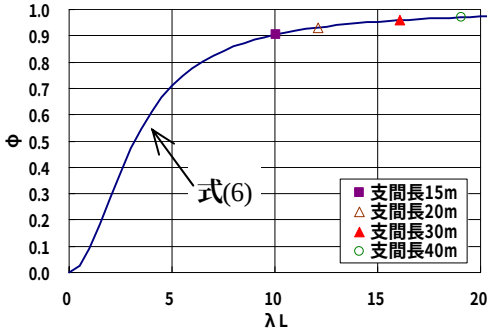
支間長 L (m)		15	20	30	40
上フランジ	幅(mm)	280	280	280	290
	厚さ(mm)	12	14	16	32
下フランジ	幅(mm)	250	260	260	280
	厚さ(mm)	13	14	17	33
ウェブ	高さ(mm)	1300	1700	2500	2600
	厚さ(mm)	9	9	9	9
アルミニウム床版の有効幅(mm)		2278	2368	2467	2519

表－1 の各支間長に対して，式(3)で算出される λ を式(6)に代入して，図－3 に示す ϕ と λL の関係を得る．いずれの支間長も ϕ の値は 1 に近いので，アルミニウム床版－鋼桁橋の合成度は完全合成に近い．

4．温度変化応力

弾性合成理論から，温度変化によってアルミニウム床版および鋼桁に生じる軸力は次式で与えられる．

$$N = N_\infty\left(1 - \frac{\cosh\left\{\lambda\left(\frac{L}{2} - x\right)\right\}}{\cosh\left(\frac{\lambda L}{2}\right)}\right) \qquad (7)$$



図－3 アルミニウム床版－鋼桁橋の合成度

ここに，

$$N_\infty = -\frac{a_s E_s A_s\left(I_s + \frac{I_a}{n_a}\right)}{a_{as} I_v}\Delta_t \qquad (8)$$

N_∞ は完全合成時の軸力であり，Δ_t はアルミニウム床版と鋼桁との温度変化ひずみ差である．

表－2 アルミニウム床版－鋼桁橋の温度変化応力

	弾性合成時				完全合成時			
支間長 L (m)	15	20	30	40	15	20	30	40
アルミニウム床版上板上面(MPa)	-6.7	-7.9	-9.6	-12.0	-6.8	-8.0	-9.6	-12.0
アルミニウム床版上板下面(MPa)	-7.0	-8.1	-9.7	-12.1	-7.1	-8.1	-9.7	-12.1
鋼桁上フランジ上面(MPa)	43.4	42.8	40.8	35.1	44.0	43.0	40.8	35.1
鋼桁下フランジ下面(MPa)	-17.3	-16.9	-15.7	-10.8	-17.6	-17.0	-15.7	-10.8

30℃の温度上昇に対する，アルミニウム床版および鋼桁に生じる応力を表－2 に示す．弾性合成時の応力は完全合成時の応力に近いことが分かる．アルミニウム床版に生じる応力は小さいが，鋼桁上フランジには大きな応力が生じている．温度が 30℃低下する場合には，鋼桁上フランジに約 40MPa の圧縮応力が発生する．したがって，アルミニウム床版－鋼桁橋の設計では，鋼桁上フランジの局部座屈に対して注意を払う必要がある．

【参考文献】

1) 武野正和，高木眞広，大倉一郎：アルミニウム床版と鋼桁の合成作用，土木学会，第 61 回年次学術講演概要，I-142，2006.