

第 I 部門

曲げモーメントとせん断力を受けるアルミニウム合金桁の耐荷力

大阪大学工学部 学生会員 ○山木 陸呂宇

大阪大学大学院工学研究科 正会員 大倉 一郎

1. はじめに

2000 年頃からアルミニウム合金材が歩道橋や拡幅歩行者用床版に使用されるようになってきた。さらに 2011 年には道路橋用アルミニウム床版を用いた鋼桁橋の試験施工が開始された。桁もアルミニウム合金材で製作することにより、橋を軽量化することができる。

これまで、アルミニウム合金桁の曲げ耐荷力<sup>1)</sup>およびせん断耐荷力<sup>2)</sup>について研究が行われてきた。本研究では、曲げモーメントとせん断力を受けるアルミニウム合金桁の耐荷力を明らかにすることを目的とする。

2. 曲げモーメントとせん断力の導入方法

図-1(a)に示すように、不等曲げ荷荷により、支点間の桁部分に曲げモーメントとせん断力を導入する。張出し部は、上下フランジの板厚を支点間の桁の上下フランジのそれより厚くし、さらに、上下フランジを紙面に垂直な方向(横方向)に拘束する。

桁端の曲げモーメント  $M_1$  と  $M_2$  は次の関係をもつ。

$$M_2 = \eta M_1 \quad (1)$$

ここに、 $\eta$  : 係数 ( $-1 \leq \eta \leq 1$ )

桁に生じるせん断力  $V$  は次式で与えられる。

$$V = (M_1 - M_2) / a \quad (2)$$

ここに、 $a$  : 桁の支点間隔

他方、図-1(b)に示す等曲げ荷荷と図-1(c)に示す純せん断荷荷を考慮する。純せん断荷荷は、支点間の下フランジを水平方向に拘束し、上フランジを水平方向に強制変位させることにより、せん断力を桁に導入する<sup>2)</sup>。

3. FEM による弾塑性有限変位解析

上記の荷重を受ける桁の耐荷力を FEM による弾塑性有限変位解析によって算出する。アルミニウム合金の応力-ひずみ関係として次式を使用する<sup>3)</sup>。

$$\begin{cases} \varepsilon = \frac{\sigma}{E} + 0.002 \left( \frac{\sigma}{\sigma_{0.2}} \right)^n & (\sigma \leq \sigma_{0.2}) \\ \sigma = \sigma_{0.2} & (\sigma > \sigma_{0.2}) \end{cases} \quad (3)$$

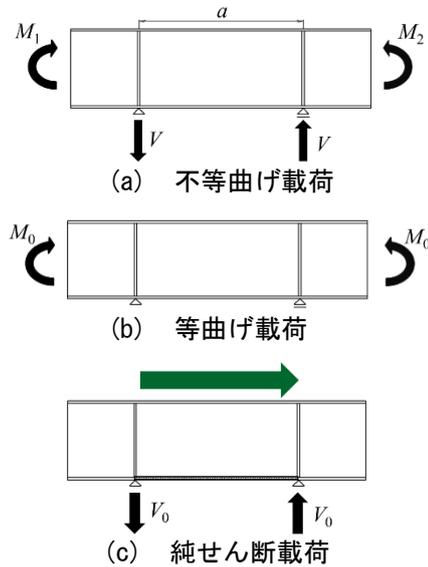
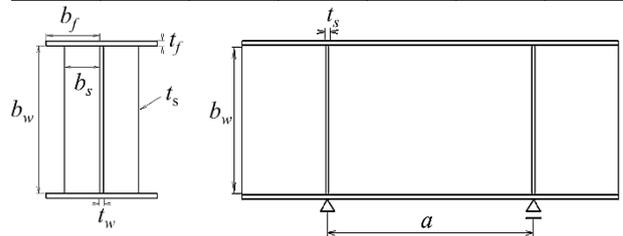


図-1 曲げモーメントとせん断力の導入方法

表-1 桁の断面寸法

$b_w/t_w$	$t_w$ (mm)	$b_w$ (mm)	$t_f$ (mm)	$b_f$ (mm)	$t_s$ (mm)	$b_s$ (mm)
73.8	10	738	24.4	146.4	18.5	111



ここに、 $E$  ( $=70\text{GPa}$ ) はヤング係数であり、0.2%耐力  $\sigma_{0.2}$  とひずみ硬化パラメータ  $n$  は、アルミニウム合金 A6061-T6 に対して、それぞれ 245MPa と 29.1 である。

解析する桁の断面寸法を表-1に示す。ウェブの縦横比  $a/b_w$  が 1, 2, 3, 3.5, 4, 5, 6.5, 8, 11, 13, 20, 30 の 12 ケースに対して解析を行う。上下フランジとウェブに対して、それぞれ次式で与えられる初期たわみを仮定する。

$$w = \frac{a}{1000} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \quad (4)$$

$$w = \frac{b_w}{250} \sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi y}{b_w + t_f}\right) \quad (5)$$

ここに、 $m$ ：耐荷力が最小となる初期たわみモード数

上下フランジが横方向に拘束された場合、すなわち上フランジに横倒れ座屈を起こさせない場合に対する解析結果を図-2に示す。ここで、 $M_{1u}$ 、 $M_{0u}$ 、 $V_u$ 、 $V_{0u}$ は、それぞれ  $M_1$ 、 $M_0$ 、 $V$ 、 $V_0$ の最大値である。 $a/b_w \leq 3$ では、桁はせん断崩壊するので、 $V_u/V_{0u}$ の変化は小さく、 $M_{1u}/M_{0u}$ は大きく変化する。 $a/b_w \geq 3$ では、桁は曲げ崩壊するので、 $M_{1u}/M_{0u}$ はほぼ一定で、 $V_u/V_{0u}$ は  $a/b_w$ の増加に伴って減少する。

上下フランジが横方向に拘束されない場合、すなわち上フランジに横倒れ座屈を許す場合に対する解析結果を図-3に示す。 $a/b_w \geq 3$ で、上フランジが横倒れ座屈によって崩壊するので、 $a/b_w$ の増加に伴って  $M_{1u}/M_{0u}$ が増加することを除いて、前述の上フランジが横方向に拘束された場合の桁と同様な傾向を示す。

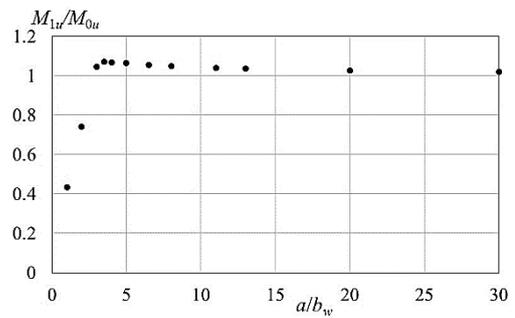
$V_u/V_{0u} - M_{1u}/M_{0u}$  関係を図-4に示す。 $V_u/V_{0u} \geq 0.921$ では、上下フランジの横方向の拘束の有無に依らず、 $V_u/V_{0u} - M_{1u}/M_{0u}$  関係は同じであり、両者ともウェブのせん断崩壊によって桁は終局を迎える。 $V_u/V_{0u} \leq 0.921$ では、上下フランジの横方向の拘束の有無に依存して、 $V_u/V_{0u} - M_{1u}/M_{0u}$  関係は異なる。上下フランジが横方向に拘束された場合には、ウェブの曲げ崩壊により桁は終局を迎え、上下フランジが横方向に拘束されない場合には、上フランジの横倒れ座屈により桁は終局を迎える。

#### 4. 結論

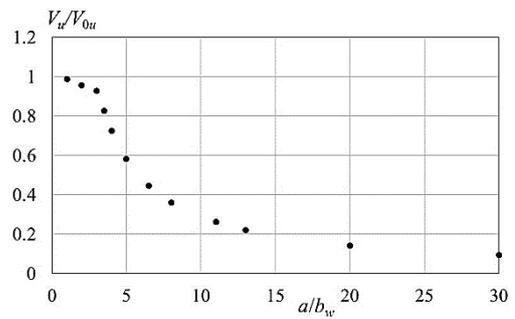
曲げモーメントとせん断力を受ける桁の  $V_u/V_{0u} - M_{1u}/M_{0u}$  関係は、せん断比  $V_u/V_{0u}$ の値および上下フランジの横方向の拘束条件によって異なる。

#### 参考文献

- 1) 鳥畑一博, 大倉一郎: 曲げを受けるアルミニウム合金桁の耐荷力, 構造工学論文集, Vol.62A, 2016.
- 2) 山中誠矢, 大倉一郎: せん断力を受けるアルミニウム合金桁の耐荷力, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, 第I部門, 2015.
- 3) 大倉一郎, 長尾隆史, 石川敏之, 萩澤亘保, 大隅心平: 構造用アルミニウム合金の応力-ひずみ関係および接合によって発生する残留応力の定式化, 土木学会論文集 A, Vol.64, No.4, pp.789-805, 2008.

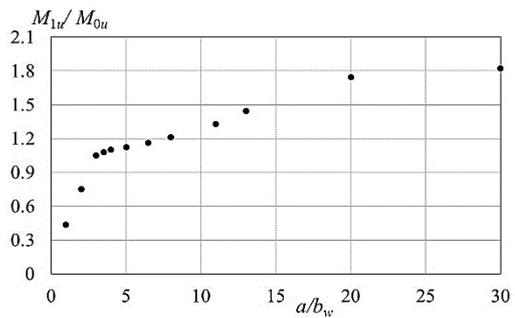


(a)  $M_{1u}/M_{0u} - a/b_w$ の関係

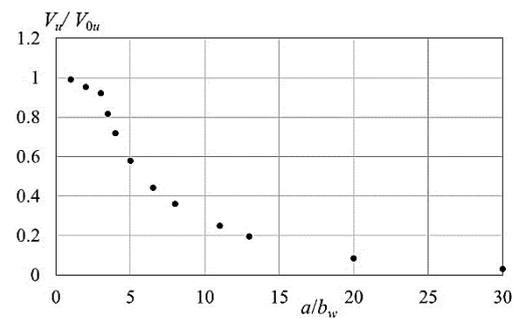


(b)  $V_{1u}/V_{0u} - a/b_w$ の関係

図-2 フランジが横方向に拘束された場合 ( $\eta = 0$ )



(a)  $M_{1u}/M_{0u} - a/b_w$ の関係



(b)  $V_{1u}/V_{0u} - a/b_w$ の関係

図-3 フランジが横方向に拘束されない場合 ( $\eta = 0$ )

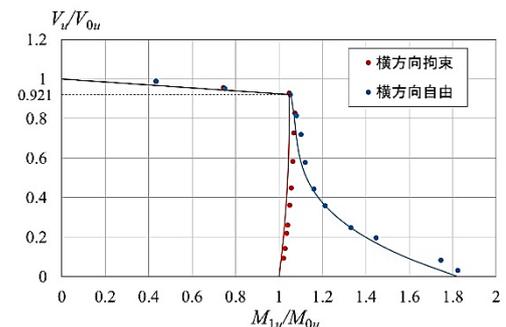


図-4  $V_u/V_{0u} - M_{1u}/M_{0u}$ の関係 ( $\eta = 0$ )