

曲げとせん断を受けるアルミニウム合金桁の耐荷力

大阪大学大学院工学研究科 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．この様な状況で，床版を支える桁もアルミニウム合金材で製作することが期待される．

これまで，アルミニウム合金桁に対して曲げ耐荷力¹⁾およびせん断耐荷力²⁾について研究が行われてきた．本研究では，曲げとせん断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. 曲げとせん断の導入方法

図-1(a)に示すように，不等曲げ载荷により，支点間の桁部分に曲げとせん断を導入する．張出し部の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，張出し部の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 は次のように与えられる．

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

ここに， η : 係数 ($-1 \leq \eta \leq 1$)

桁に作用するせん断力 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)に示す等曲げ载荷と図-1(c)に示す純せん断载荷を考慮する．後者は，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²⁾．

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³⁾．

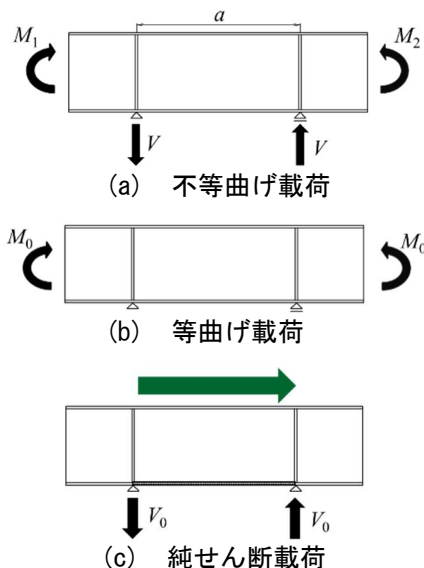
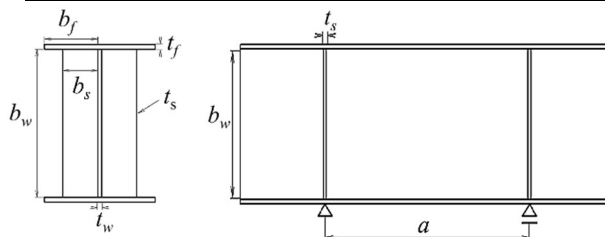


図-1 曲げとせん断の導入方法

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



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

ここに， E ($=70\text{GPa}$) はヤング係数であり，アルミニウム合金 A6061-T6 に対する 0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ とひずみ硬化パラメータ n は，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．

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

キーワード アルミニウム合金，桁，曲げ，せん断，耐荷力

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 TEL, FAX : 06-6879-7621

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

ここで、 m は、この値を変えて解析を行った結果、最少の耐荷力を与える初期たわみモード数である。

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、桁が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、桁が曲げ崩壊するので、 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を起こす。 M_{1u} と M_{0u} はともに a/b_w の増加に伴って低下するが、 M_{0u} の低下率が M_{1u} のそれより大きいので、 M_{1u}/M_{0u} は増加する。

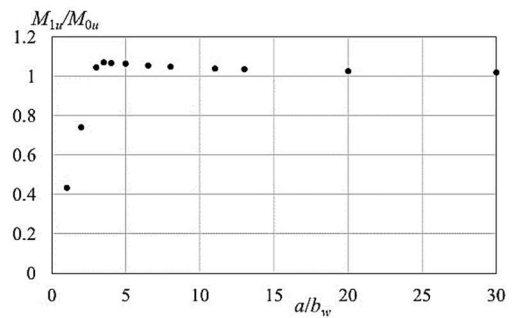
$V_u/V_{0u} - M_{1u}/M_{0u}$ 関係を図-4に示す。 $V_u/V_{0u} \geq 0.921$ では、上下フランジの横方向の拘束の有無に関らず、 $V_u/V_{0u} - M_{1u}/M_{0u}$ 関係は同じであり、ウェブのせん断崩壊によって桁は終局を迎える。 $V_u/V_{0u} \leq 0.921$ では、上下フランジの横方向の拘束の有無に依存して、 $V_u/V_{0u} - M_{1u}/M_{0u}$ 関係は異なる。

4. 結論

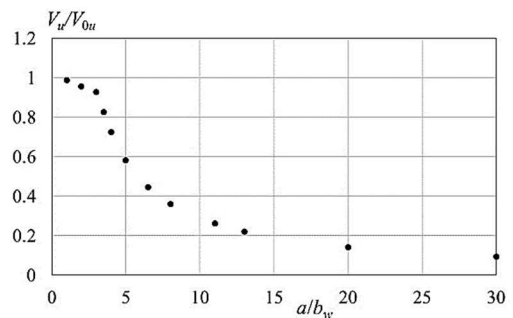
曲げとせん断を受ける桁の $V_u/V_{0u} - M_{1u}/M_{0u}$ 関係は、あるせん断比 V_u/V_{0u} 以上では横方向の拘束条件に関らず同じであるが、このせん断比以下では、横倒れ座屈の発生の有無によって両者の関係は異なる。

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，土木学会第70回年次学術講演会講演概要集，I-231，2015。
- 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。

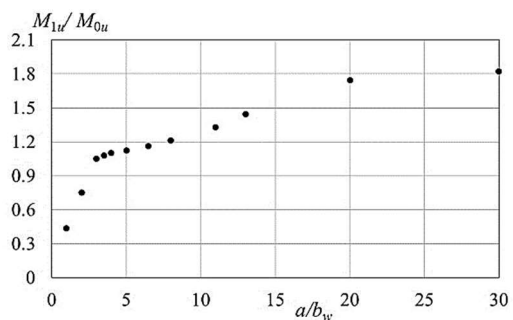


(a) $M_{1u}/M_{0u} - a/b_w$ の関係

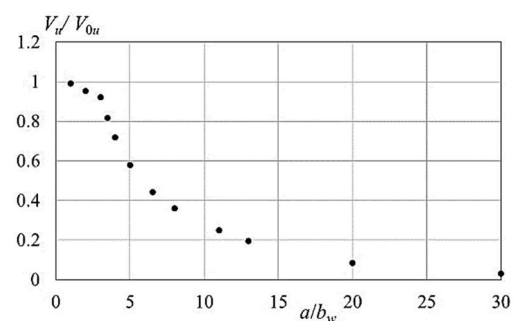


(b) $V_{1u}/V_{0u} - a/b_w$ の関係

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 ($\eta = 0$)

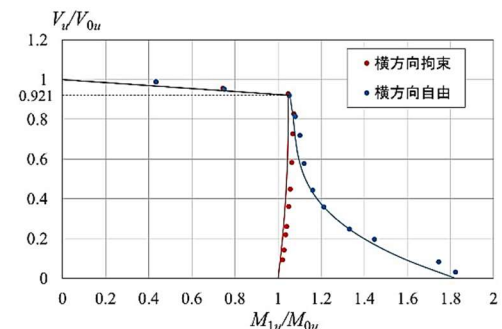


図-4 $V_u/V_{0u} - M_{1u}/M_{0u}$ の関係 ($\eta = 0$)