

ストライプパネル桁の提案

大阪大学大学院 学生員 ○佐藤 純
 大阪大学大学院 正会員 大倉 一郎
 大阪大学大学院 正会員 石川 敏之

1. 研究背景

近年，世界中で環境問題が大きく議論されており，省エネルギー化，省資源化，CO₂の削減が主な課題となっている．建設業においては，多くの材料を使って部材を製作し，施工や部材の運搬に多くのエネルギーを使い，CO₂を排出している．部材を軽量化することができれば，施工や運搬に必要なエネルギーや排出ガスの量を減らすことができ，同時に省資源化にもつながる．他方，近年の日本は少子高齢化社会になりつつあり，建設現場の労働者の高齢化が進んでおり，作業効率や安全性の低下が考えられる．部材が軽量化されれば，人力での運搬作業や設置作業が容易になるので，作業効率や安全性が向上することが期待できる．防災においても，軽量化は有益であり，既存の構造物を軽量部材で置き換えることにより，地震時の慣性力を低減し，耐震性を高めることができる．このような背景から本研究では，部材を軽量化する手法について考える．

2. ストライプパネルの着想

桁が大きな曲げを受けると，上フランジが横倒れ座屈を起こす．しかし，ウェブが薄いと，上フランジが横倒れ座屈を生じる前にウェブが曲げ座屈を起こす．そこでウェブを薄肉化する際，従来はウェブの圧縮側に水平リブを設けることにより，ウェブの座屈強度を高めていた．この場合，ウェブが座屈するとき，水平リブが節となって変形する．本研究では水平リブに比べて小さな突起を設ける．突起は水平リブに比べて剛性が小さいので，節とならずにウェブの変形に合わせて移動する．しかし小さな突起を一つ設けただけでは，水平リブほどの座屈強度を高める効果はない．そこで複数の突起を等間隔に設けることにより，水平リブと同等以上の効果が期待できる．このパネルを正面から見るとストライプ柄に見えるので，これをストライプパネルと呼ぶ．

従来の補剛桁には水平リブと垂直リブが設けられており，それぞれウェブの曲げ座屈，せん断座屈に抵抗している．図-1に示すストライプパネル桁では，突起によってウェブが小さく区切られることにより，せん断座屈にも抵抗することが期待できるので，垂直補剛材を省略することが考えられる．そのため，鋼桁では溶接の自動化が容易となり，アルミニウム桁では強度の高い6000系アルミニウム合金の使用が可能となる¹⁾．次に，このストライプパネルによって，桁の断面積を減らせる可能性を明らかにする．

3. ストライプパネルの理論

曲げを受ける突起無し長方形板の座屈強度および図-2に示すストライプパネルの座屈強度はそれぞれ次式で与えられる．

$$\sigma = k_0 \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\beta_0^2} \quad (1)$$

$$\sigma = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\beta^2} \quad (2)$$

ここに， $k_0 = 23.9$ ：突起無し長方形板の座屈係数， $\beta_0 = b/T$ ， T ：突起無し長方形板の板厚， μ ：ポアソン比， E ：ヤング率， k ：ストライプパネルの座屈係数， $\beta = b/t$ ：ストライプパネルの幅厚比．

キーワード 桁，軽量化，突起，ストライプパネル

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 TEL06-6879-7618

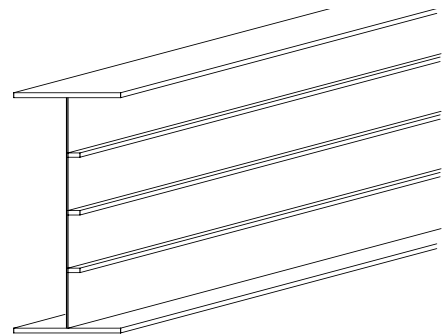


図-1 ストライプパネル桁



図-2 曲げを受けるストライプパネル

ストライプパネルの座屈係数 k は次式で与えられる²⁾。

$$k = 10.62 \frac{1 + 1.25 \sqrt{1 + \frac{4(1 - \mu^2)s\beta_r^3\xi^4}{\beta}}}{1 + \frac{s\beta_r\xi^2}{\beta}} \quad (3)$$

ここに, $s = b/b_1$: 突起によって区切られた板要素の総数, $\beta_r = b_r/t_r$: 突起の幅厚比, $\xi = t_r/t$.

式(1)と式(2)を等しく置いて, ストライプパネルが, 突起無し長方形板と同じ座屈強度を持つようにすることにより, ξ がストライプパネルの幅厚比 β の関数で表される。

突起無し長方形板の断面積に対するストライプパネルの断面積の比 η が次式で与えられる。

$$\eta = \left\{ 1 + \frac{(s-1)\beta_r\xi^2}{\beta} \right\} \frac{2.25 \left(1 + \frac{s\beta_r\xi^2}{\beta} \right)}{1 + 1.25 \sqrt{1 + \frac{4(1 - \mu^2)s\beta_r^3\xi^4}{\beta}}} \quad (4)$$

例として, 鋼種 SM490Y で $\beta_0 = 123$ の, 突起無し長方形板にストライプパネルを適用した場合の, 断面積比 η と幅厚比 β の関係を図-3 に示す。ストライプパネルの突起の幅厚比は $\beta_r = 14$ である。この図からわかるように, ストライプパネルは, 突起無し長方形板に比べて断面積を小さくできる。

4. 桁への適用

ストライプパネルをウェブに適用すると, ウェブの断面積が減るので桁全体の断面二次モーメントが小さくなる。そこで, フランジ幅を大きくすることにより, ストライプパネル桁の断面二次モーメントを突起無し桁の断面二次モーメントと等しくする必要がある。この場合, ストライプパネル桁の断面積が突起無し桁の断面積より小さくなるか否かを調べる。

突起無し桁の断面積 A_0 とストライプパネル桁の断面積 A は, それぞれ次式で与えられる。

$$A_0 = bT + 2b_f t_f \quad (5)$$

$$A = bt + 2b_f t_f + (s-1)b_r t_r \quad (6)$$

鋼種が SM490Y で, 図-4(a)に示す突起無し桁と図-4(b)に示すストライプパネル桁の断面二次モーメントを等しく置いた場合の, 断面積比 $\phi = A/A_0$ とストライプパネル桁のウェブの幅厚比 β の関係を図-5 に示す。ストライプパネルの突起の幅厚比は $\beta_r = 14$ である。この図からわかるように, ストライプパネル桁は突起無し桁より断面積を小さくできる。

参考文献

- 1) 大倉一郎・萩澤亘保・花崎昌幸：アルミニウム構造学入門, 東洋書店, pp.31 ~ 57, 2006.
- 2) 大倉一郎・北村幸嗣・赤崎圭輔・卯瀧高久・ビッグラズロ ゲルゲリ・三河克己：新しいアルミニウム合金製補剛桁の提案, 構造工学論文集Vol.51A, pp.203 ~ 210, 2005.

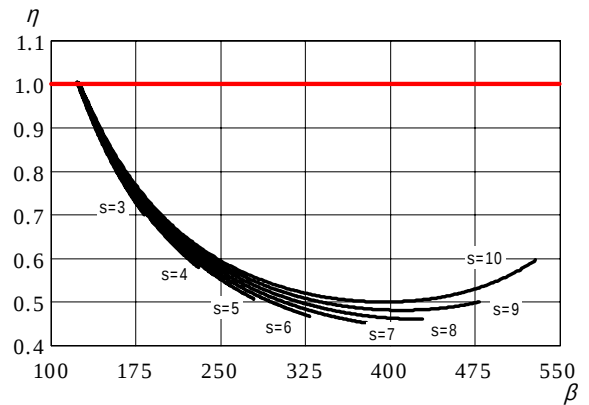
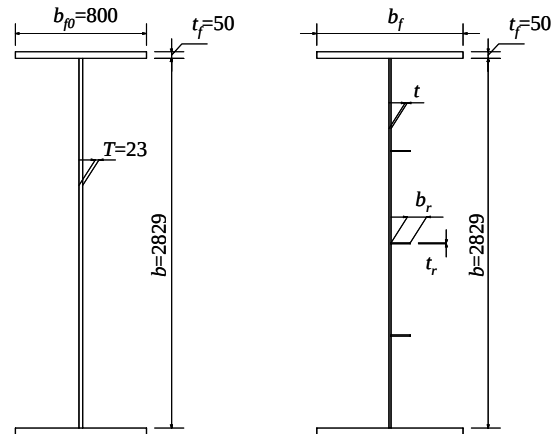


図-3 $\eta - \beta$ 関係



(a) 突起無し桁 (b) ストライプパネル桁

図-4 桁の寸法

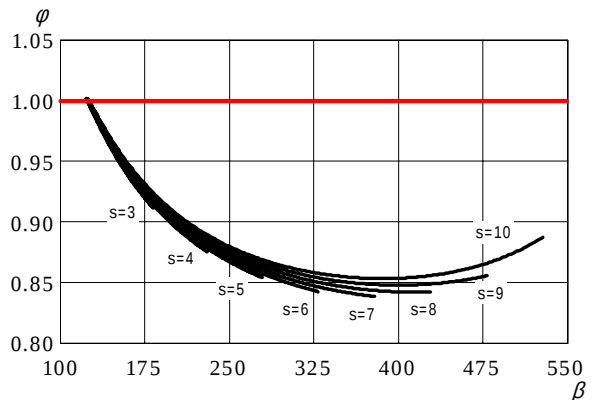


図-5 $\phi - \beta$ 関係