

## I-201

## 薄肉開断面梁における横つなぎ材の補剛効果

早稲田大学大学院 ○学生員 細谷 功  
 早稲田大学理工学部 正 員 平嶋 政治  
 早稲田大学理工学部 正 員 依田 照彦

## 1. まえがき

横つなぎ材を有する薄肉開断面梁の解析には通常、有限要素法等が用いられているが、解析に大型コンピュータを必要とすることから多大な経費がかかるとの指摘がある。そのため梁全体の挙動を少ないパラメータで解析する手法が望まれ、この種の考え方の一つに一次元棒理論を用いた薄肉弾性梁の解析法があり、その有効性もすでに実証されている<sup>1)</sup>。本報告は薄肉弾性梁理論によって、横つなぎ材の梁に対する補剛効果を検討するものである。

## 2. 座標系と面内変位モード

解析の対象は図1に示す断面をもつ梁である。ここでは、座標系として断面図心Oを原点とし対称軸をy軸とする直交デカルト座標系(x, y, z)と直交曲線座標系(s, n, z)の2つを用いる。断面変形に対する自由度はこの断面では2であるが、単純化のため、図2d)の断面変形のみを考える。

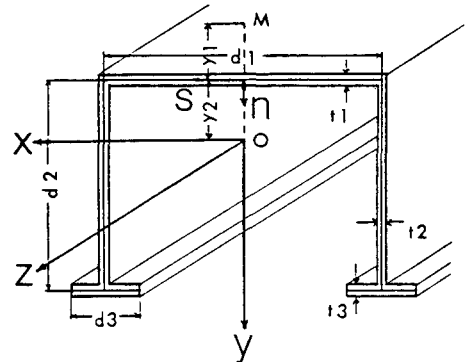


図1 断面形状と座標系

表1 解析モデル諸元寸法

| d1  | d2 | d3 | t1  | t2  | t3  | L    |
|-----|----|----|-----|-----|-----|------|
| 120 | 90 | 30 | 1.2 | 0.9 | 1.2 | 2000 |

(単位: cm)

## 3. 伝達マトリックスと横つなぎ材の換算バイモーメント

断面変形に関する支配方程式を誘導するため、比較的妥当なひずみ場の仮定<sup>2)</sup>と図2のモードを用い仮想仕事式をたて、断面変形に関する変位表示の釣り合い方程式を求めた。

$$E I_{w1w1} \chi'' - G J_s \chi'' + E I_{\alpha} \chi = m_0 + m_{w1}' \quad (1)$$

ここに  $I_{w1w1}$ ,  $J_s$ ,  $I_{\alpha}$  は断面形状によって決まる定数、 $E$  はヤング係数、 $G$  はせん断弾性係数、 $m_0$ ,  $m_{w1}'$  は梁に作用する外力の項であり、 $(\cdot)$  は  $z$  に関する微分を意味する。

式(1)を初期パラメータ  $\chi_0$ ,  $\chi'_0$ ,  $B_0$ ,  $H_0$  (ただし、 $B$ ,  $H$  は縦方向及び横方向のバイモーメント) を用いて解くと表2のような伝達マトリックスが得られる。

次に横つなぎ材の影響を一次元棒理論で考慮するため、横つなぎ材が梁に及ぼす影響を等価なバイモーメントにおきかえる。

図3のような対傾構・横構については次式で表せる。

$$\left. \begin{aligned} H_{T1} &= \frac{2d_2^2 E F \cos^2 \theta}{\ell_T} \left( 1 + \frac{2d_2 J_1}{3d_1 J_2} \right)^2 \chi(z_T) \\ H_{V1} &= \frac{d_2^2 E F \cos^2 \theta}{\ell_V} \left( 1 + \frac{2d_2 J_1}{3d_1 J_2} \right)^2 \chi(z_V) \\ H_{V2} &= \frac{2d_2^2 E F \cos^2 \theta}{\ell_V} \left( 1 + \frac{2d_2 J_1}{3d_1 J_2} \right)^2 \chi(z_V) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

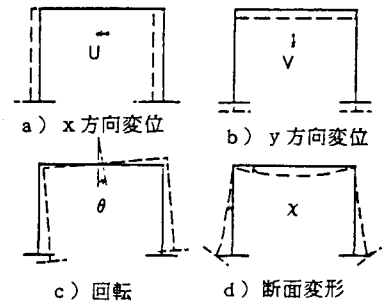


図2 面内変位モード

表2 伝達マトリックス

|         | $\chi_0$        | $\chi'_0$        | $B_0$         | $H_0$         |
|---------|-----------------|------------------|---------------|---------------|
| $\chi$  | $K_{\chi\chi}$  | $K_{\chi\chi'}$  | $K_{\chi B}$  | $K_{\chi H}$  |
| $\chi'$ | $K_{\chi'\chi}$ | $K_{\chi'\chi'}$ | $K_{\chi' B}$ | $K_{\chi' H}$ |
| $B$     | $K_{B\chi}$     | $K_{B\chi'}$     | $K_{BB}$      | $K_{BH}$      |
| $H$     | $K_{H\chi}$     | $K_{H\chi'}$     | $K_{HB}$      | $K_{HH}$      |

ここに $H_T^*$ ,  $H_{V1}^*$ ,  $H_{V2}^*$ は対傾構、横構（端）、横構（中間）が梁に及ぼす影響と等価なバイモーメント、 $F_T$ ,  $F_V$ は対傾構・横構の断面積、 $J_1$ ,  $J_2$ は単位幅当たりの断面2次モーメントである。

式（2）の換算バイモーメントと表2の伝達マトリックスを用いて梁全体を解くことが可能となる。

#### 4. 横つなぎ材の補剛効果

図1に示す解析対象（断面寸法は表1）に断面積 $9[\text{cm}^2]$ の対傾構・横構をそれぞれ本数 $K$ を $K=0\sim5$ まで変化させて配置する。境界条件は端部における横つなぎ材の剛性を極めて大きいと仮定し、両端剛とした。梁全体に渡って等分布横方向バイモーメント $2.1 \times 10^8 [\text{kg} \cdot \text{cm}]$ をかけたときの結果を図4, 5に示す。これらを比較すると明らかなように、横構も対傾構も同じ傾向を示し、最大変形量を生じる箇所も共に端部と初めの横つなぎ材の接合点とのほぼ中間となっている。以上の事と使用される部材の量を考え合わせると、短スパンの薄肉開断面梁においては横構よりも対傾構の方が断面変形に対して大きな影響を与えていることがわかる。ちなみに、対傾構の配置間隔と最大断面変形量の関係を図示すると、図6のようになる。

次に横つなぎ材の剛度と断面変形量の関係について図7に示す。5本の対傾構を配置し、上と同じ断面寸法及び境界条件・荷重で断面積のみを変化させ梁の最大断面変形量の変化をみた。この図からは横つなぎ材の剛度は断面変形量にはそれ程大きな影響を与えていないことがわかる。図6, 7より横つなぎ材の剛度より配置間隔の方が影響が大きいことがわかる。

#### 5. まとめ

横つなぎ材を有する薄肉開断面梁を伝達マトリックスを用いた一次元棒理論で解析し、定性的に次のことがわかった。

- 1) 短いスパンの薄肉開断面梁の横つなぎ材としては、対傾構が有効である。
- 2) 横つなぎ材の設計には、配置間隔を最優先させることが望ましい。

#### <参考文献>

- 1) Vlasov, V. Z. 著(奥村他外訳)：  
薄肉弾性梁の理論，技報堂，1967.
- 2) 西野・長谷川・名取：  
断面変形とせん断変形を考慮した長方形薄肉梁の理論，  
土木学会論文報告集，No.248，1976.4.

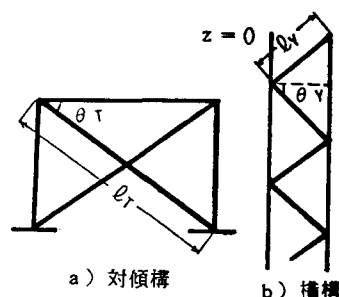


図3 横つなぎ材の配置形状

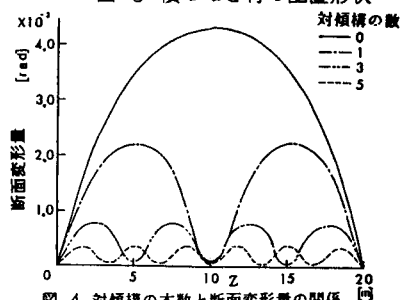


図4 対傾構の本数と断面変形量の関係

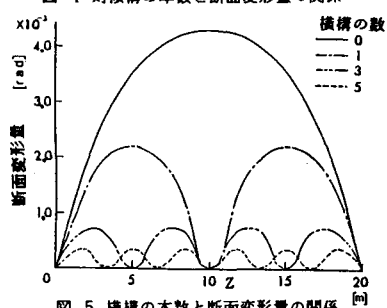


図5 横構の本数と断面変形量の関係

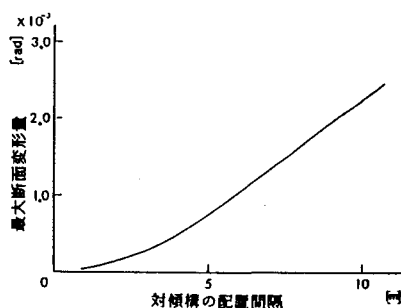


図6 対傾構の配置間隔と最大断面変形量の関係

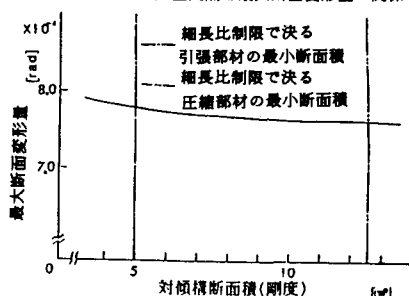


図7 対傾構の断面積(剛度)と最大断面変形量の関係