

鉛直補剛材の反り拘束効果を考慮したH梁のねじり解析

広島大学 工学部 正会員 大村 裕
 ○広島大学 工学部 正会員 藤井 堅
 広島大学 工学部 学生会員 山本 真弘

1 まえがき

著者らは、過去のH梁ねじり実験で、St. Venantのねじり変位に較べて極めて小さいねじり変位を得た。このことは、保蔵体端部に取付けられた矩形板 (Base Plate) が反りに対してかなりの拘束力を持つことに起因していると考えられ、反り拘束率の概念を導入して一応の理由づけを行った。

現在、プレートガーダーの鉛直補剛材は腹板の座屈を防止する目的で配置され、ねじり問題における補剛材の反り拘束効果は無視されている。当然、補剛材1枚のねじり剛性は、上述のBase Plateに較べれば数に足りない程小さなものである。しかしながら、補剛材は梁全体にわたってかなり密に配置されることを考えると、全体としては不完全反り拘束状態が実現され、トルクに対するねじり変位を小さくすることが可能ではないかと思われた。

本文では、このような多補剛材を有する2軸対称H梁の鉛直補剛材のねじりに対する反り拘束効果を用らかにすることを試みたものである。

2. 補剛材の反り拘束効果

図-1に示すように梁の中央部に鉛直補剛材1枚を有するH梁を考える。当然、鉛直補剛材とフランジ接合部は溶接されているものとする。この梁にトルク T が作用すると仮定し、図に示すように座標系をとる。そして、境界条件は次のように与える。

$$\theta = 0, \text{ at } z = 0, \quad (1)$$

$$\theta'' = 0, \text{ at } z = -l_1, l_2, \quad (2)$$

さらに、 $z = 0$ では、補剛材の反り拘束を考慮して、

$$EC_w \theta''(z=0) = R \theta'(z=0) \quad (3)$$

と与えられる。ここに、 R はバネ定数で補剛材のねじり剛度 G^*J^* 、および梁の桁高 h を用いて、

$$R = G^*J^*h \quad (4)$$

と表わされる。

式(1)~(3)のもとにねじりに対する支配方程式

$$-EC_w \theta'''' + GJ \theta' = T \quad (5)$$

を解けば、ねじり角 θ が求まることになる。

ここで、 $l_1 = l_2 = \frac{l}{2}$ とすると、両端部での相対ねじり角 $\Delta\theta$ は、

$$\begin{aligned} \Delta\theta &= \theta_2 - \theta_1 \\ &= \frac{T}{GJ} \left(l - \frac{2R \sinh \frac{\lambda l}{2}}{2GJ \sinh \frac{\lambda l}{2} + R \lambda \cosh \frac{\lambda l}{2}} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

となる。ここに、 $\lambda = \sqrt{GJ/EC_w}$ である。

さらに、式(6)から得られる平均ねじり率 $\Delta\theta/l$ は、無次元パラメータ $K = l \sqrt{GJ/EC_w}$ 、 $R = \sqrt{GJ/EC_w} G^*J^*h$ を用いて、

$$\frac{\Delta\theta}{l} = \frac{T}{GJ} \left(1 - \frac{2}{2KR + K \coth \frac{K}{2}} \right) \quad (7)$$

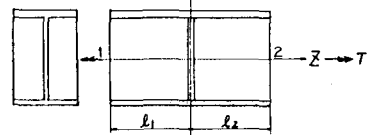


図-1 座標系

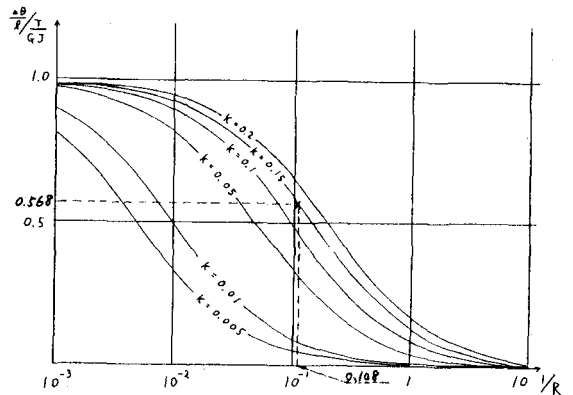


図-2 平均ねじり率 $\frac{\Delta\theta}{l}$ に与える K, R の影響

と表わすことができる。式(7)の右辺第1項は、St Venant のねじり率を示し、 $\frac{4\theta}{L}$ は、右辺第2項の値だけ、St Venantのねじり率 $\frac{T}{GJ}$ よりも小さいねじり率となることを示している。

種々の k に対し、平均ねじり率と R の関係を示せば図-2を得る。

3. 多補剛材を有するH梁のねじり解析

図-3に示すような多補剛材を有するH梁の相対ねじり角 θ は、式(6)を基本条として、

$$\theta = n \theta_0 \quad (8)$$

で現わされ、各区間の断面力は式(6)を基として導かれる。ここで n は、梁を構成する基本条の数を示す。表-1に種々のH梁に対するねじり角を示す。

同表には、図-4に示すような端補剛材を有する梁のねじり角も併せて示している。表-1から、図-3

の梁のねじり角は有限要素解析結果(式(8))による値が全く一致している。また、図-4の梁では、式(8)の値とわずかに差異があるものの実用上十分な近似が可能であるとおもわれる。ただし、図-4の場合には、バイモーメントの値が端部近傍で異なり図-5のようになる。図-5で、バイモーメントの分布は補剛材位置でその分担する値だけ急変し、図に示すようなジグザグの分布になる。そして、破線および実線は補剛材位置の左右の値をそれぞれ連ねたものである。この図から、対応する2本の曲線は平行であり、補剛材が受け持つバイモーメントの値が全て一定であることがわかる。

4. 結 語

一般に使用されているような断面、例えは図-6のような梁では、 $k=0.142$ 、 $\frac{1}{k}=0.108$ となり、図-2に示すように平均ねじり率はSt Venantのそれに較べて約半分の値となり補剛材の反り拘束効果が期待できると思われる。

また、鉛直補剛材は、梁の断面変形を防ぐ役割をもすると考えられ、この種の問題としてねじり耐荷力に関して、今後、実験的・解析的検討を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 藤井・宮田・大村：不完全な反り拘束状態にあるH型梁の曲げ・ねじり実験、第36回土木学会年次学術講演要録集第I部 1981.10
- 2) 高岡宣善：構造部材のねじり解析、丸井出版
- 3) 坪井善勝：連続体力学序説、産業図書

4) 大村・藤井：不完全反り拘束状態にあるH型鋼梁の弾塑性ねじり

表-1 多補剛材を有する梁のねじり角 ($T=10^3 \text{ Kg}\cdot\text{cm}$)

No.	GJ ($\text{Kg}\cdot\text{cm}^2$)	EC_w ($\text{Kg}\cdot\text{cm}^4$)	A ($\text{Kg}\cdot\text{cm}^2$)	L (m)	n	ねじり角 式(8) rad	ねじり角 FEM図-3	ねじり角 FEM図-4
1	4.63×10^7	1.91×10^8	8.2×10^3	15.0	60	1.8970	1.8970	1.8844
2	4.63×10^7	1.91×10^8	8.2×10^3	15.0	20	2.6222	2.6222	2.5982
3	1.03×10^8	5.04×10^8	1.09×10^4	19.8	22	1.7198	1.7198	1.7117
4	1.27×10^8	1.34×10^8	1.37×10^4	25.2	72	1.5169	1.5169	1.5120
5	1.27×10^8	1.34×10^8	1.37×10^4	25.2	36	1.7194	1.7194	1.7132

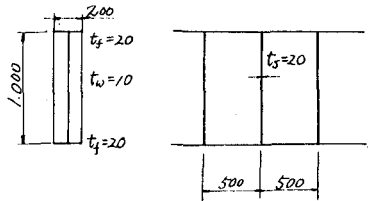


図-6 $k=0.142$ 、 $\frac{1}{k}=0.108$

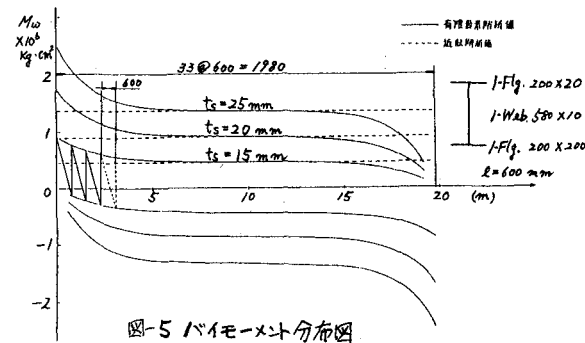


図-5 バイモーメント分布図