

I-107 薄肉U断面曲線桁の 大変形に関する実験的研究

北海道	正員	渡辺 亮
北海道大学工学部	正員	渡辺 昇
北海道大学工学部	正員	及川 昭夫
鶴旭鉄工所	正員	篠崎 紘一
鶴北海道土木設計	正員	大村 登喜夫

1. まえがき

橋梁における桁の座屈として全体横倒れ座屈があるが、この座屈は断面形状によって座屈荷重が大きく変わり、特にせん断中心が重心よりも下にある開断面逆 π 桁の場合小さな荷重で横倒れ座屈を起こしやすい。直線桁の横倒れ座屈理論については、過去にすぐれた研究が数多くされており、座屈荷重の計算は可能である。近年の橋梁設計においては、曲線桁が実用、景観の面から多く採用されるようになった。しかし曲線桁の横倒れ座屈に関する研究は意外に少ないように思われる。したがって、本論文では、薄肉U断面を有する直線桁と曲線桁についてスパン中央集中荷重による実験を行い、直線桁については実験値と解析値を比較し、さらに直線桁と曲線桁の実験値について考察をしたものである。

2. 実験供試体と実験方法

実験供試体は、 $H=240\text{mm}$ のU型鋼に上フランジを溶接し、 50cm 間隔にダイヤフラムを取り付けた。その構造図を図-1に示す。尚、桁は、半径が 100m 、 150m 、 200m 、 ∞ の4種類を用い、示承はGABEL示承を用いた。実験方法は、スパン中央集中荷重とし、載荷装置は鉛直荷重に対し、主桁のねじりを拘束しないヒンジの構造とした。そして 100kg ごとの変位をトランシットで測定した。

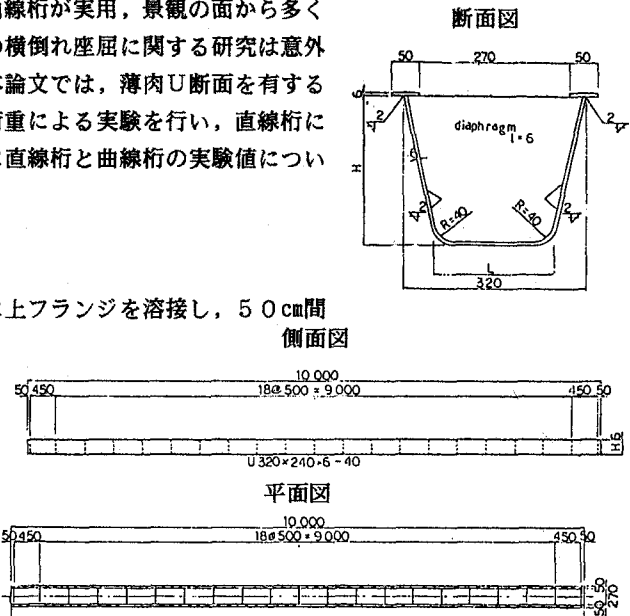


図-1 実験供試体

3. 実験結果

4本の桁のそれぞれの測定値から、荷重-水平変位、荷重-鉛直変位、荷重-ねじり角のグラフを得た。その結果を図-2、図-3、図-4に示す。尚、実線は実測値を最小2乗法で最適化したものである。実験による直線桁の全体横倒れ座屈荷重は 1370kg であった。

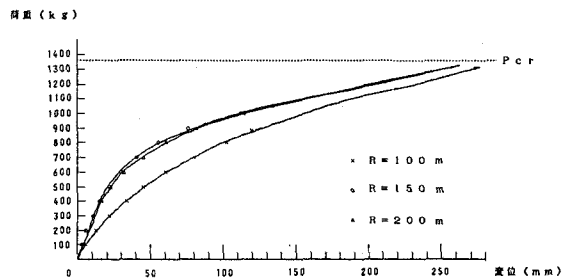


図-2 荷重-水平変位

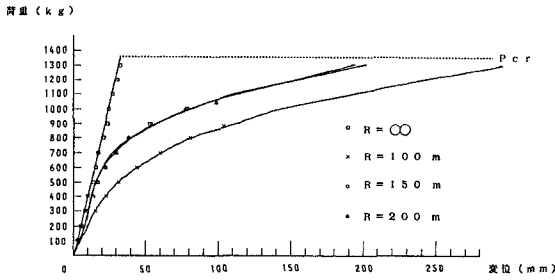


図-3 荷重-鉛直変位

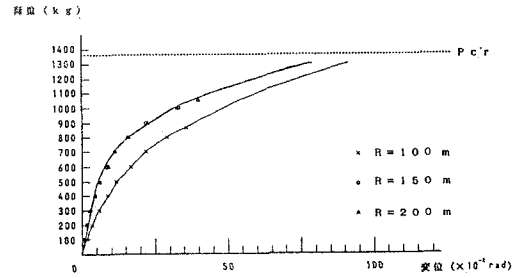


図-4 荷重-ねじり角

4. 全体横倒れ座屈荷重の理論値

一軸対称断面桁の横倒れ座屈の基本微分方程式は次のとおりである。

$$EJ_y \cdot u_s - EJ_y \cdot y_H \cdot \phi - (M_x \cdot \phi)'' + P \cdot u_s'' = 0$$

$$-EC_H \cdot \phi + GJ_D \cdot \phi'' - P \cdot i_p^2 \cdot \phi'' - r_x \cdot (M_x \cdot \phi')' + EJ_y \cdot y_H \cdot u_s$$

$$-EJ_y \cdot y_H^2 \cdot \phi + M_x \cdot u_s'' + p(Z) \cdot e^* \cdot (Z) \cdot \phi = 0$$

ここに、 E ：弾性係数、 G ：せん断弾性係数、 J_y ： y 軸まわりの断面二次モーメント、 C_H ：ねじり定数、 J_D ：純ねじり定数、 r_x ：断面二次半径、 P ：軸力、 $p(Z)$ ：等分布荷重、 M_x ：曲げモーメント、 e^* ：載荷点から重心までの距離、 y_H ：重心からせん断中心までの距離を表す。

上式より、スパン中央集中荷重の横倒れ座屈の微分方程式を解くと以下の通りである。

$$P_{CR} = \frac{B + \sqrt{B^2 + C^2}}{0.5772}$$

ただし、

$$B = \left\{ 0.5000 + \frac{1}{y_H} \left(\frac{r_x}{8} - \frac{r_x \pi^2}{32} - \frac{e^*}{4} \right) \right\} \cdot EJ_y \cdot y_H \cdot \frac{\pi^4}{4L^3}$$

$$C^2 = 0.011544 \cdot \frac{EJ_y \pi^4}{16L^4} \cdot \left(\frac{EJ_y \pi^4}{L^2} + GJ_D \pi^2 \right)$$

ここで断面諸元を示す。

$y_H = -20.7 \text{ cm}$, $J_y = 7168 \text{ cm}^2$, $r_x = 10.7 \text{ cm}$, $e^* = 17.0 \text{ cm}$

$J_D = 5.7 \text{ cm}^4$, $L = 990 \text{ cm}$, $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, $G = 0.8 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$C_W = 1.9877 \times 10^5 \text{ cm}^6$

以上の値を代入して、全体横倒れ座屈荷重 $P_{CR} = 1317 \text{ kg}$ を得た。

5. あとがき

以上の結果より、直線桁の全体横倒れ座屈荷重の実測値と理論値がほぼ一致した。曲線桁は直線桁のような全体横倒れ座屈という急激な変化は起きず、曲げねじりを受けながら変位する。そして荷重-変位曲線は、変形の進行とともに直線桁の全体横倒れ座屈曲線に漸近することが予想される。

参考文献

- 1) 渡辺 昇：橋梁工学，朝倉書店，1974
- 2) 林 義悦，渡辺 昇：薄肉断面桁橋のパソコンによるそりねじり解析
土木学会北海道支部論文報告集第45号，1989
- 3) 北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会編
北海道における鋼道路橋設計及び施工指針，1989
- 4) G.BURGERMEISTER/H.STEUP:STABILITÄTSTHEORIE，1957