

松尾橋梁 K.K. 正員 阪野 雅則
 松尾橋梁 K.K. 正員 総田 完治
 大阪市立大学工学部 正員 中井 博

1 まえがき

プレートガーダーの端支点上補剛材は、わが国の道路橋示方書(JSHB とよぶ)によると、支点から伝達される軸方向圧縮力のみを受ける柱として設計されている。しかしながら、後座屈強度を期待した設計を行う場合、図-1(a)に示す張力場の発生に伴い、端支点上補剛材は軸方向圧縮力のほか張力場による分力としての著しい曲げ作用も同時に受ける。そのため、端支点上補剛材の耐荷力を正しく評価しておく必要がある。英国の鋼橋設計指針(BS5400とよぶ)では、端支点上補剛材を図-1(b)に示すはり一柱として取扱う設計法が提示されている。本研究は、JSHB および BS5400 の設計方法に従って製作された供試体で耐荷力実験を行い、それらの崩壊挙動および終局強度を明らかにするものである。

2 実験供試体の製作

BS5400 において腹板のせん断力 $\tau = P/btw$ (1)

が座屈強度 τ_{cr} の 80 %、すなわち

$$\tau_0 = 0.8 \tau_{cr} = 0.8 \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{tw}{b} \right)^2 k$$

$$k = 5.34 + \frac{4.00}{\alpha^2} \quad (\alpha \geq 1), \quad k = 4.00 + \frac{5.34}{\alpha^2} \quad (\alpha < 1) \quad \dots\dots(2) \quad a, b$$

P:作用荷重, Aw = btw:腹板の断面積, E:ヤング係数

a:垂直補剛材間隔, $\alpha = a/b$:アスペクト比

を越えたとき、張力場の発生に伴う横荷重 q

$$q = bt_w \sigma_t \cos \theta \quad \dots\dots(3)$$

による曲げモーメント M

$$M = \frac{q b^2}{10} = \frac{\sigma_t tw \cos^2 \theta b^2}{10} = \frac{(\tau - \tau_0) tw b^2 \cot \theta}{10} \quad \dots\dots(4)$$

が作用するものとしている。ここに、 θ は張力場のフランジに対する角度である。

以上の考え方に基づいて JSHB と BS5400 とに従い、アスペクト比 $\alpha = 1.0$ の供試体 2 体について、それぞれ限度一杯の試設計をした。実験供試体は載荷装置の制約のため、スパン 30 ~ 40 m ぐらいの I 桁実橋を 1/2 に縮小した。表-1 には、実験供試体の寸法諸元を示す。

3 実験方法

実験橋は、図-2に示すように両端を単純支持し、中間を油圧ジャッキ 1 台により点載荷し、その反力がローラーとソールプレートとを通して端支点上補剛材に作用するようにした。

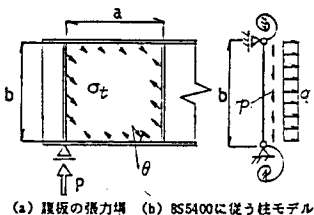


図-1 腹板の張力場の柱モデル

表-1 実験供試体の寸法諸元

寸法諸元 供試体	腹板高 b(mm)	補剛材 間隔 a(mm)	腹板厚 tw(mm)	フランジ 板幅×板厚 bf(mm)×tf(mm)	端支点上補剛材 板幅×板厚 bs(mm)×ts(mm)
No.1 (JSHB)	800	800	4.5	280 X 14	55 X 9
No.2 (BS5400)	800	800	4.5	280 X 14	65 X 6
備考					
No.1桁 (JSHB type) No.2桁 (BS 5400 type)					

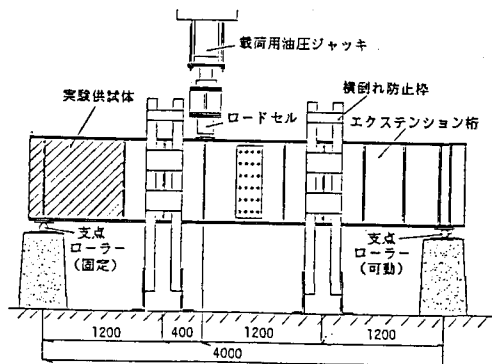


図-2 載荷装置 (mm)

4 実験結果と考察

図-3にNo.1桁端支点上補剛材の各荷重段階における圧縮ひずみ分布と曲げひずみ分布とを示す。圧縮ひずみ ϵ_c は、終局状態に至るまでほぼ三角形分布を示している。ところが、曲げひずみ ϵ_b は、低荷重段階ではほとんど発生していないが、終局荷重近くに至ると張力場により著しく増大し、端支点上補剛材の中央付近において最大となっていることがわかる。

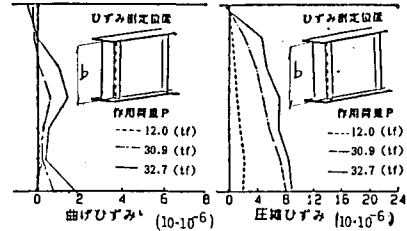


図-3 支点上補剛材のひずみ分布

表-2に、腹板のせん断座屈荷重および端腹板パネルのせん断耐荷力の実験値と計算値とを示す。ここで、せん断座屈荷重の計算値は式(2)に示す平板理論により、 $V_{cr} = \tau_{cr} \cdot b \cdot t_w$ として求めせん断耐荷力 V_{ult} はRokeyによる張力場理論を用いて算定した。座屈荷重の実験値は

表-2 腹板の座屈荷重および耐荷力の実験値と計算値

供試体	計算値		実験値		実験値/計算値	
	V_{ult} (ton)	V_{cr} (ton)	V_{ult} (ton)	V_{cr}^* (ton)	$\frac{V_{ult}^*}{V_{ult}}$	$\frac{V_{cr}^*}{V_{cr}}$
No. 1 (JSNB)	31.2	18.7	32.7	21.5	1.048	1.15
No. 2 (BS5400)	34.8	17.9	33.6	21.0	0.966	1.17

No.1桁およびNo.2桁では計算値より15%程度高かった。一方、端腹板パネルのせん断耐荷力の実験値はNo.1桁およびNo.2桁とも計算値とほぼ一致している。

上述の端支点上補剛材の圧縮ひずみが三角形分布をすることから、はり-柱モデルが軸方向圧縮力 $P(y)$ 、すなわち

$$P(y) = p(b-y) \quad \dots\dots(5)$$

のみを受ける場合の有効座屈長を図-4に示すモデルと境界条件と

を考へて、Galerkin法によって解析した。その結果、有効座屈長は

$$l = 0.707b \quad \dots\dots(6)$$

となり、Sia (スイスの鋼橋設計指針) とほぼ一致した。

つぎに、はり-柱モデルが、軸方向圧縮力 P と曲げモーメント M を受ける場合、一般に

$$\frac{P}{A_{eff}\sigma_u} + \frac{M}{W_{eff}\sigma_y(1-\frac{P}{P_{cr}})} \leq 1 \quad \dots\dots(7)$$

ここに、

A_{eff} : はり-柱の有効断面積、 σ_u : 非弾性座屈応力、

W_{eff} : はり-柱の有効断面に関する断面係数

また、

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(0.707b)^2} \quad \text{: 柱モデルの座屈荷重} \quad \dots\dots(8)$$

を満足すべきである。 P と M とは、実験による端腹板パネルの終局強度 V_{ult} および腹板の座屈強度 V_{cr} を用い、式(4)に従い計算した。そして、実験値を整理して終局状態における腹板の有効幅 (No.1桁に対し15, No.2桁に対し6)を用い、はり-柱の有効断面積および断面係数を算出した。また、前述の有効座屈長 l を用いて柱の耐荷力 $A_{eff} \cdot \sigma_u$ を求めた。以上の数値を用いて、端補剛材上端、中央、下端における実験値を図-5の相関曲線上にプロットしてみた。この図から、No.2桁は終局状態においてこの相関式の内側に位置して安全側の設計となっているが、No.1桁は危険側になっていることがわかる。したがって、後座屈強度を期待した限界状態設計法を、今後、検討していく場合、この点を十分に配慮する必要がある。

参考文献

- 1)道路橋示方書、S.55.2, 2) BS1: BS5400 part 3, Apr.1982, 3) Rokey, H.R.: The influence of end post rigidity on the collapse behaviour of plate girders, Proc. ICE, June, 1979, 4) SIA: Swiss Design Code for Steel Structures, 1979

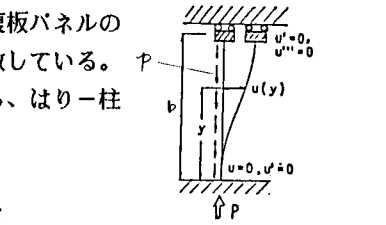


図-4 はり-柱モデルが軸方向圧縮力 $P(y)$ を受けるときの座屈モード

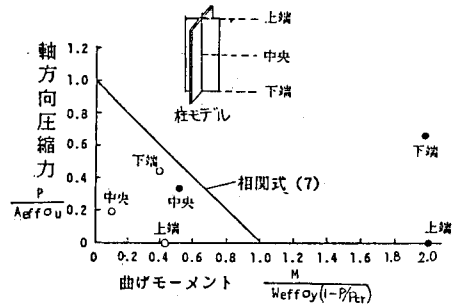


図-5 設計相関図
●: No.1桁 (JSNB type)
○: No.2桁 (BS 5400 type)