

I-92 補剛U形孔リブを有するはりの極限強度について

立命館大学理工学部
(株)横河橋梁製作所

正員 伊藤 清
正員○光田 浩

1. まえがき

腹板上部に開孔を有する鋼床版横リブ断面は、通常の桁の腹板にはみられない複雑な応力が開孔部周辺に生ずる。本研究は、鋼床版横リブ断面をU形孔閉じリブで補剛された孔を有する単純ばりと考え、純曲げ載荷実験、せん断載荷実験を行い、孔あき腹板断面の強度特性を調べた。また、極限強度解析を行い、実験結果との比較検討を行った。

2. 実験概要

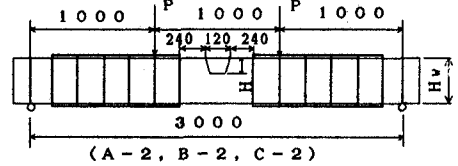
図-1、表-1は、実験供試体の標準寸法を示したものである。材質はすべてSS41とした。腹板に設けられた補剛U形孔の寸法は、鋼床版用U形鋼のJSS規格¹⁾の中から、呼び名300×200のU形鋼閉じリブを選び、縮尺を1/2.5とした。実験は、主として腹板高さ(Hw)と補剛U形孔高さ(H)の違いによる強度特性を調べるため、補剛U形孔高さを一定とし腹板高さを変化させたHw/H=3.3(Aタイプ)、Hw/H=2.6(Bタイプ)、Hw/H=1.8(Cタイプ)の3種類の供試体を用いた。

3. 極限解析

塑性ヒンジは、図-2(a)に示すように補剛U形孔コーナー部のA-A断面及びA'-A'断面に形成されるものと仮定した。したがって、塑性ヒンジは、補剛U形孔コーナー部の逆T形断面と上フランジ断面に計4箇所形成される。また、せん断載荷実験によって鉛直方向に大きな垂直応力が逆T形断面の腹板に作用することが明らかになった。²⁾ A-A断面における応力分布は、鉛直方向に作用する垂直応力³⁾、フィーレンデル作用によって生ずる水平方向の垂直応力及びせん断力を考えて図-2(b)(中立軸が腹板内にある場合)のように仮定した。また、せん断力Qは腹板内に一様に分布するせん断応力により受け持つものとし、垂直応力 σ_x 、せん断応力 τ_w 、鉛直方向に作用する垂直応力 σ_y の組合せ応力による降伏条件はVon Misesの条件を満たすものとした。図-2(b)の曲げモーメント、せん断力のつりあいよりそれぞれ次式をうる。

$$M = Y_{uf} \cdot B_{uf} \cdot T_{uf} (H_u - 0.5 T_{uf}) + Y_{sf} \cdot B_{uf} \cdot T_{sf} (H_u - T_{uf} - H - 0.5 T_{sf}) + 0.5 \sigma_x \cdot T_w \{ (H_u - T_{uf} - D)^2 + (H_1 - T_{lf} - K_2 B_w) (H_1 - T_{lf} + K_2 B_w) \} + Y_{lf} \cdot B_{lf} \cdot T_{lf} (1 - K_1) \{ H_1 - H_u - 0.5 T_{lf} (K_1 + 1) \}, \quad Q = \tau_w \cdot T_w \cdot B_w$$

(1) 純曲げ供試体



(2) セン断供試体

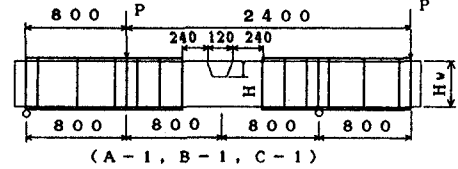
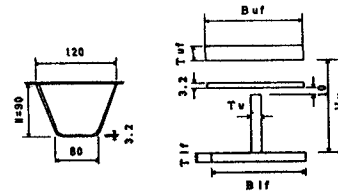


図-1 供試体およびその載荷状態



		Buf	Tuf	Blf	Tlf	Hw	Tw	Bsf	Hw/H
純曲げ	A-2	130	12	120	8	300	6	130	3.3
	B-2	110	12	110	8	230	4.5	110	2.6
	C-2	100	10	92	8	180	3.2	100	1.8
せん断	A-1	150	8	100	4.5	300	4.5	150	3.3
	B-1	130	8	100	4.5	230	4.5	130	2.6
	C-1	110	8	100	4.5	180	4.5	110	1.8

表-1 供試体標準寸法

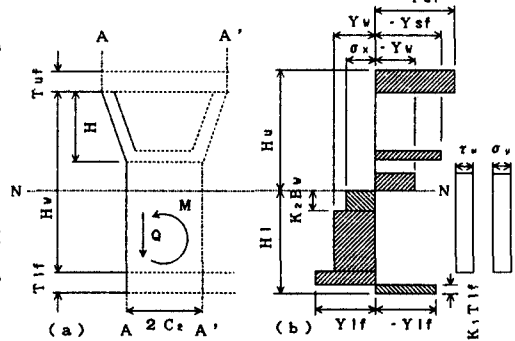


図-2

また、フィレンデル作用の力のつりあいより、 $Y_{lf} \cdot B_{lf} \cdot K_1 T_{lf} = \sigma_x \cdot T_w \cdot K_2 B_w$, $Q \cdot C_2 = Y_{lf} \cdot B_{lf} \cdot K_1 T_{lf}$ ($H_1 - 0.5 T_{lf} - 0.5 K_2 B_w$)をうる。ただし、 $Y_w^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \tau_w^2$, $0 \leq K_1 \leq 1$, $0 \leq K_2 \leq 1$, ここに Y_{lf} , Y_{sf} , Y_w , Y_{uf} は、それぞれ、下フランジ、ウリブ、腹板、上フランジの各断面の降伏応力である。

4. 実験結果と考察

図-3はそれぞれ純曲げ供試体、せん断供試体に対する解析結果に実験値をプロットしたものを示す。解法2が図-2の応力分布に相当する解析値を示し、解法1が鉛直方向の応力を考慮していない場合の解析値を示す。実験値と解析値を比較してみると、純曲げ供試体は各解析方法が同じ結果を与え、補剛U形孔ばりの極限強度を本解析方法により予測することができると考えられる。また、せん断供試体は解法2の解析結果が実験値に非常に近い値を示している。以上のことより補剛U形孔ばりの極限強度を、せん断応力、フィレンデル作用による垂直応力、鉛直方向に作用する垂直応力の3種類の応力を考慮することにより推定することが可能であると考えられる。

5. せん断耐力の低下率

図-4は縦軸にせん断耐力の低下率、横軸に腹板高さ H_w と補剛U形孔高さ H_o の比の関係を示す。この図においての強度の低下率は、 $(H_w - H_o)$ を腹板高さ H_w と仮定した場合の無孔ばりにおける全塑性せん断力 Q_p' で無次元化して示している。通常の解析によると (H_w/H_o) が大きくなるほど強度の低下率は小さくなるが、 (H_w/H_o) が2.5倍をこえる頃から、その比が大きくなるほど強度の低下率が逆に大きくなっている。このようなことより死荷重、及び強度を考慮すると、補剛U形孔ばりの場合、腹板高さ H_w と補剛孔の高さ H_o の比を2.5倍程度にすることが望ましいものと思われる。

6. あとがき

腹板最上部に補剛U形孔を有するはり純曲げ・せん断をうける場合について実験的に検討し、極限強度解析との比較を行った。なお、供試体の製作には、富士車輛(株)に多大なるご協力を得た。ここに深謝する次第である。

参考文献 1)日本鋼構造協会標準委員会、ウリブ規格作成委員会「鋼床版U型鋼のJSS規格」橋梁と基礎 1980年7月 2)光田、伊藤「純曲げ、せん断をうける補剛U形孔ばりの耐荷力実験」関西支部年次講演会 1991年6月 3)藤原、伊藤「U形孔ばりの耐荷力に及ぼすせん断力の影響について」土木学会第43回年次学術講演会 1988年10月 pp.240~241

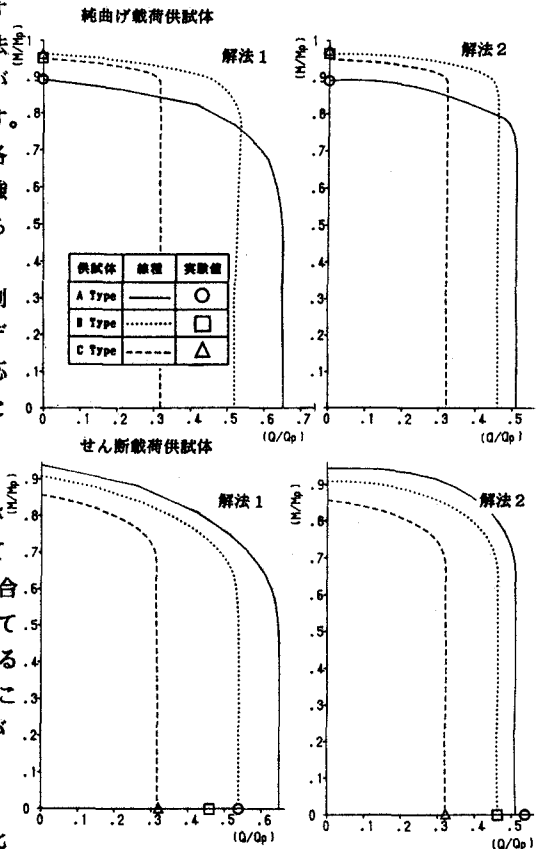


図-3 曲げモーメント～せん断耐力相関曲線

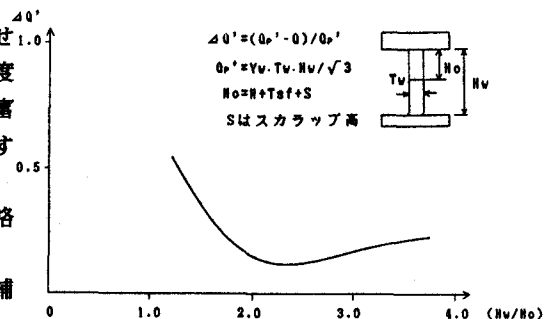


図-4 せん断耐力の低下率～孔高比