

横方向曲げを受ける I 桁のせん断耐力について

呉 高専 正会員 中野修治
徳山高専 正会員 重松恒美
徳山高専 正会員 田村隆弘

1. まえがき 箱桁において、横方向曲げモーメントは断面の変形により床版に現れるのみならず、強いせん断力を受けるウェブにも現れる。このとき、横方向曲げモーメントがせん断そしてねじり抵抗に及ぼす影響が問題になる。そこで、せん断力と横方向曲げの組み合わせを受けるウェブの応力状態を調べるために、鉄筋コンクリート I 桁の実験を行った。そして、横方向曲げモーメントがスターラップ及びウェブの応力状態に及ぼす影響について検討を行った。

2. 载荷方法及び供試体 実験は9個の供試体について行った。図1に、载荷方法を示す。ここにPは万能試験機によって生じる主荷重、 $\bar{P}$ はフランジ端に20cm 間隔の点状の分布荷重を生じさせるために40cm 間隔で配置したジャッキによる横荷重である。ここで、横荷重 $\bar{P}$ によって引張られる側を横方向曲げ引張側、圧縮される側を横方向曲げ圧縮側とする。図2に、供試体Z5の断面の大きさ及び配筋を示す。フランジ外側の横方向鉄筋は、スターラップをフランジ端まで延ばした。さらにその内側にも、横方向曲げ圧縮側のフランジ外側の横方向鉄筋と同じ間隔で配置した。また表1にそれぞれの供試体のパラメータを示す。ここに m_a 、 m_D はそれぞれ横方向曲げ作用及び抵抗モーメント、 μ_o 、 μ_o' はそれぞれ横方向曲げ引張側及び圧縮側のスターラップ比である。他のパラメータは、全て同じとした。

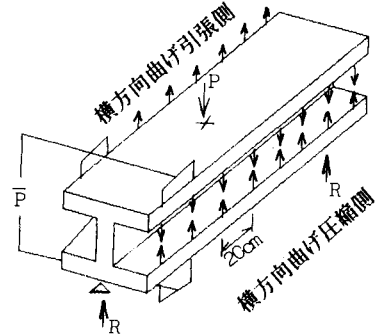


図1 载荷方法

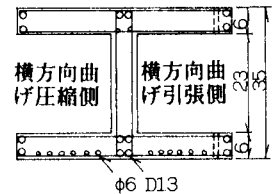
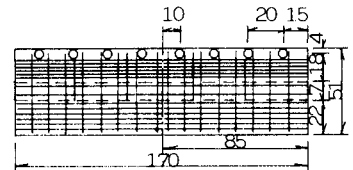


図2 供試体Z5の断面及び配筋

3. 荷重段階 载荷は、最初に主荷重のみを $Q_D/1.8$ に達するまで载荷し、次に主荷重を一定に保って横荷重を $\bar{P}_o$ に達するまで増加させた。そしてこれ以後、横荷重を一定にして主荷重のみを供試体破壊まで増加させた。ここに Q_D 、 $\bar{P}_o$ は、せん断力そして横荷重が相互に影響を及ぼさないとして求めた、純粋なせん断力そして横方向曲げ作用モーメント m_a 、作用時の横荷重である。

4. 理論解析 せん断と横方向曲げの組み合わせを受けるスターラップの設計に重ね合わせの原理を用いることは、コンクリートにひびわれ発生後内力の転移が生じるため有効ではない。

主荷重によってフランジ/ウェブ接合面に生じる軸方向せん断力は、ウェブのコンクリート対角圧縮力の水平成分と一致する。さらに横方向曲げモーメントが作用する場合、ウェブの横方向曲げ圧縮領域は、主荷重によるコンクリート対角圧縮力の作用位置と一致する。し

表1 供試体のパラメータ

供 試 体	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9
横 方 向 鉄 筋 間 隔 (cm)	引張側	8.0	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	圧縮側	8.0	12.0	16.0	10.0	15.0	20.0	10.0	15.0
m_a/m_D		0.70	0.70	0.70	0.25	0.25	0.25	0.35	0.35
$\mu_B = \mu_o + \mu_o' (\%)$		8.50	7.08	6.38	6.79	5.66	5.09	6.79	5.66

たがって、ウエップの応力状態は主荷重と横荷重を同時に考慮しなければならない。そこでフランジ／ウエップ接合面のウエップの単位長さにおける、主荷重と横方向曲げモーメントにより生ずる断面力の釣り合いより、コンクリート対角圧縮力の方向が破壊の下限値となる、横方向曲げモーメントの最大値を求めた¹⁾。

5. 実験結果 図3に、供試体Z5の、主荷重—引張側そして圧縮側スターラップひずみの関係を示す。引張側スターラップのひずみは、主荷重一定（ $P=8.6$ t）で横荷重のみ増加させることにより急激に増大し、次に横荷重一定（ $P_0=0.09$ t）で主荷重のみ増加させることによって、測定点20を除いて降伏点ひずみに達している。これに対して圧縮側スターラップひずみは、横荷重のみ増加させた段階で増大しているが、引張側のそれと比べると小さい。また横荷重一定で主荷重のみ増加させた荷重段階では、その増加の割合は引張側のそれと比較して大きく、横方向曲げ引張側のひずみ測定点25、21、20と、供試体軸方向にほぼ同じ位置の横方向曲げ圧縮側のひずみ測定点29、27、26の比較では、いずれも供試体破壊時に圧縮側の方が大きくなっている。これは明らかに、フランジ／ウエップ接合面に横方向曲げによって生じた曲げひびわれ発生以後、主荷重はウエップの横方向曲げ圧縮領域によってほとんど負担され、せん断力の転移が生じたことを示している。

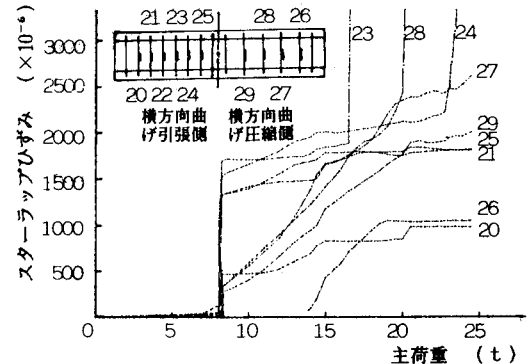
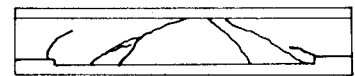
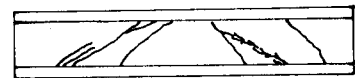


図3 供試体Z5の主荷重—スターラップひずみ図



横方向曲げ引張側



横方向曲げ圧縮側

図4 供試体Z5のひびわれ図

図4に、供試体Z5のウエップのひびわれ図を示す。この供試体のスターラップ間隔は、横方向曲げ引張側が10cm、圧縮側が15cmである。最初のせん断ひびわれは、横方向曲げ引張側そして圧縮側に同時に生じた。そして横荷重一定として主荷重のみ増加させた段階で、横方向曲げ引張側の横荷重によって生じたゆるやかな勾配のひびわれ幅の拡大、そして圧縮側の既に発生しているせん断ひびわれの回りに生じた多数のせん断ひびわれによってせん断破壊した。

なお、破壊は、万能試験機の荷重減少時とした。

6. 実験値と理論値の比較・検討 表2に、せん断耐力と横方向曲げモーメントの実験値と理論値の比較を示す。これより、横方向曲げ引張側そして圧縮側のスターラップ量の違いによるせん断耐力への影響は明確ではない。しかしながら、横方向曲げモーメント比（ $m_a(\text{実})/m_D$ ）が小さい場合、せん断耐力は実験値の方が大きくなる結果が得られた。横方向曲げ作用モーメント m_a の実験値と理論値は一致しなかった。

またウエップのコンクリート対角圧縮力の方向の計算結果は、平均 24° であった。これは主荷重のみが働く場合の 31° と比べて、小さい値である。

〈参考文献〉1) Gert Ewald: Überlagerung von Scheiben- und Plattentragswirkung am Beispiel stark profilierter Stahlbeton- ..., DTUM, 1977

表2 実験値と理論値の比較

供試体	せん断耐力 (Kg)			横方向曲げモーメント	
	実験値	理論値	実/理	$m_a(\text{実})/m_D$	$m_a(\text{実/理})$
Z 1	11310	17095	0.662	0.752	1.474
Z 2	12675	14417	0.879	0.702	0.908
Z 3	11955	12769	0.936	0.738	0.946
Z 4	9175	8693	1.055	0.251	0.474
Z 5	12250	7054	1.737	0.222	0.580
Z 6	10885	6520	1.669	0.244	0.494
Z 7	10635	8516	1.249	0.362	0.838
Z 8	8920	7223	1.235	0.161	1.012
Z 9	10245	6482	1.581	0.188	0.394