

横方向曲げを受ける I 形梁のウェブの応力状態について

呉高専 正会員 ○中野 修治
呉高専 専攻科 学生会員 櫛木 治

1. まえがき

せん断と横方向曲げを組み合わせた作用に対するスターラップの設計は、コンクリートのひび割れ発生後について行われている。コンクリートにひび割れが発生することによって内力の転移が生じるために、せん断力と横方向曲げによって生じる力の重ね合わせは有効ではない。そこで本研究では、せん断力と横方向曲げを受ける I 形梁の実験を行い、さらにウェブの応力状態を有限要素法による数値解析により調べた。この数値解析結果を用いて、引張版と板の伝達作用の重ね合わせの考え方¹⁾に基づき、ウェブの横方向曲げ圧縮領域の斜め圧縮材応力の大きさそしてその方向を求めた。

2. 実験

図-1 に荷重方法を示す。表-1 に各供試体の断面寸法を示す。横方向曲げモーメントに対する荷重装置の原理は、フランジ端に 20 cm 間隔で点状の分布荷重を生じさせるために、40 cm 間隔でジャッキを計 4 個配置した。

図-2 に、供試体 Z6 のひび割れ図を示す。供試体 Z6 の場合、横方向曲げモーメントを荷重することによって主荷重のみによって生じたせん断ひび割れを結ぶように、緩やかな勾配でひび割れが生じた。一般に、横方向曲げ引張側のひび割れの方が、横方向曲げ圧縮側より緩やかである。この供試体の場合、横方向曲げ圧縮側スターラップが降伏後、コンクリートが圧壊することによって破壊した。

3. 理論解析

図-3 は、横方向曲げモーメントが生じている鉄筋コンクリート箱桁を示す。波線で示すウェブ断面には、図-4 に示す断面力が働く。ここに、 M_e は単位幅あたりに働く横方向曲げモーメント、 D_e, Z_e, Z'_e そして T はそれぞれ斜め圧縮材力、横方向曲げ引張領域のスターラップ引張力、横方

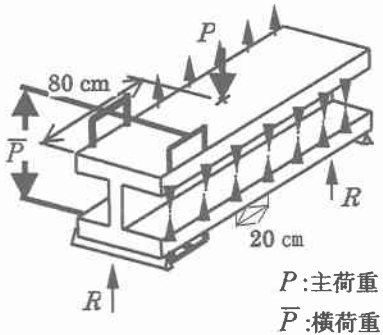
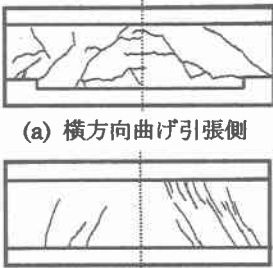


図-1 荷重方法



(a) 横方向曲げ引張側
(b) 横方向曲げ圧縮側
図-2 供試体 Z6 のひび割れ図

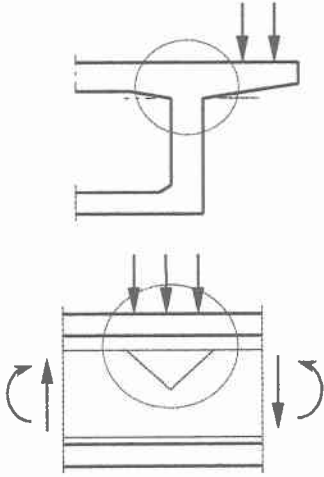


図-3 横方向曲げを受けるウェブ

表-1 供試体の断面寸法

供試体	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9
スパン (cm)	160	160	160	160	160	160	160	160	160
幅 (cm)	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0
高さ (cm)	35.0	35.2	35.0	35.5	35.5	35.7	30.0	30.0	30.0
ウェブ幅 (cm)	7.0	7.0	7.0	6.8	6.8	6.8	7.0	7.0	7.0
フランジ 厚さ (cm)	上側	5.0	5.2	5.0	6.3	6.3	6.3	6.0	6.0
	下側	5.0	5.0	5.0	6.0	5.6	6.4	6.0	6.0

向曲げ圧縮領域のスターラップ引張力そしてウェブに梁軸方向に働くせん断力である。

力の流れより、引張版そして板の伝達作用を分けて考えることにより生じる引張力の和は、実際の伝達挙動に一致する。内力 D_B, Z_e, Z_e' 、及び外力 M_e, T の釣り合いより、横方向曲げ圧縮側スターラップ力 Z_e' が求まる：

$$Z_e' = \frac{1}{b_0 - h' - h''} \left\{ D_B \cdot \sin \alpha \cdot \left(b_0 - \frac{\bar{x}}{2} \right) - D_B \cdot \sin \alpha \cdot h'' + M_e \right\} \quad (1)$$

ここに、 b_0 はウェブ幅、 h' そして h'' はコンクリートかぶりである。

実験を行った供試体について、横方向曲げモーメントの大きさ、コンクリート圧縮強度そしてスターラップ比を変えて有限要素法による数値解析を行い、斜め圧縮材方向及び応力について検討を行った。

ウェブの斜め圧縮材方向は、ひび割れ方向、すなわち主応力の方向とは異なる。したがって、斜め圧縮材は数値解析結果より直接求めることはできない。そこで、斜め圧縮材応力を近似的に数値解析より求まる有効応力 σ_0 と見なし、これとコンクリート圧縮強度 f_c' との比較を行った。

横方向曲げモーメントの大きさが斜め圧縮材力に及ぼす影響を調べるために、横方向曲げモーメントの大きさを変えて数値解析を行った。この結果に基づき、図-5 に、横方向曲げ圧縮側コンクリートが圧壊前の圧縮応力比 σ_r ($= \sigma_0 / f_c'$) と横方向曲げモーメント比 m_r ($(\text{横方向曲げ作用モーメント } m_q) / (\text{横方向曲げ抵抗モーメント } m_u)$) の関係を示す。この図より梁終局時の圧縮応力比 σ_r は、横方向曲げモーメントの大きさ及び載荷方法に関わらず、0.3～0.4 の間となった。また、コンクリート圧縮強度 f_c' としてスターラップ比を変数とした場合も、圧縮応力比 σ_r は 0.3～0.4 の間となった。

以上の結果より、斜め圧縮材応力 $\sigma_D = 0.4 \cdot f_c'$ として、引張版と板の応力状態の重ね合わせより、斜め圧縮材の方向 α を次式のように求めた。

$$\alpha = 25 + 2.5 \cdot f_c' - 1.5 \cdot f_c'^2 + 0.15 \cdot f_c'^3 + 24 \cdot m_r \quad (2)$$

4. 考察

式(1)に式(2)を代入して、横方向曲げ圧縮側スターラップ応力が求まる。実験を行った5個の供試体について、横方向曲げ引張側スターラップが降伏後のスターラップ応力を求めた。図-6 に、実験値との比較を示す。これより、理論値と実験値はほぼ一致していると言える。

参考文献

- 1) G. Ewald: Überlagerung von Scheiben- und Plattentragwirkung am Beispiel stark profilierter Stahlbeton- und Spannbetonträger bei hoher Schub- und begrenzter Querbiegebeanspruchung, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Massivbau der Technischen Universität München, 1977

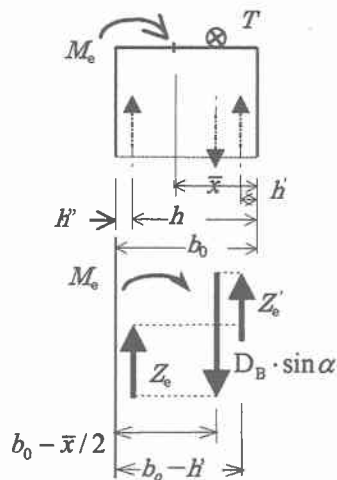


図-4 ウェブに働く力

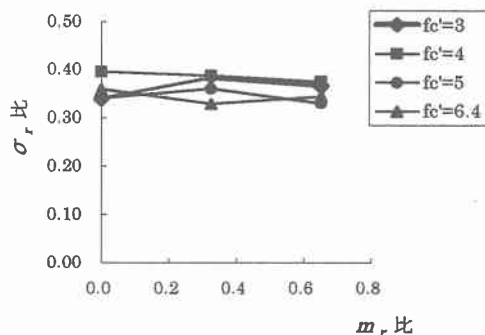


図-5 σ_r 比と m_r 比の関係 (f_c' [kN/cm²] は変数)

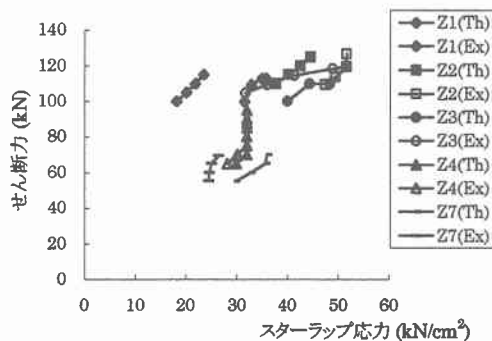


図-6 スターラップ応力の実験値と理論値の比較