

シャイベ理論による I 形梁のウェブの応力解析

広島大学工学部 学生会員 ○ティーハ
呉工業高等専門学校 正会員 中野修治
長崎大学工学部 岡谷まり子

1. まえがき

せん断力と横方向曲げを受ける鉄筋コンクリート箱桁または I 形梁スターラップの設計は、コンクリートにひび割れが発生した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、せん断力と横方向曲げを重ね合わせて応力状態を考えることはできない。したがって、せん断力そして横方向曲げに対する釣合いは、同時に考慮すべきである。

本研究では、Kupfer¹⁾ が求めた立体的な力の釣合いについての概念モデル及び Baumann²⁾ が求めたシャイベ理論を用い、せん断力と横方向曲げを受ける I 形梁のウェブの横方向曲げ圧縮域の応力状態を調べた。

2. 実験方法

載荷方法は両端支持、中央 1 点載荷とし、さらにフランジ端に横荷重を 20cm 間隔で作用させた。これにより、I 形梁のウェブには、せん断力そして横方向曲げを生じる。実験は、供試体の横方向曲げ引張側そして圧縮側のスターラップ量及び横方向曲げモーメントを変えて行った。

3. 理論解析

曲げを受ける平面構造は、曲げ引張領域そして曲げ圧縮領域の 2 層要素とみなすことができる。せん断力そして横方向曲げを受ける I 形梁のウェブも同様に、2 層要素と考えることができる。しかしながら、せん断力そして横方向曲げを組み合わせた応力のもとでの鉄筋コンクリート構造部材に対してどの程度まで平面構造を層要素に分解できるか、明らかではない。

スターラップはウェブのせん断力を負担するのみならず、フランジの応力状態に影響を及ぼす。ウェブのコンクリートには圧縮斜材力が生じるというトラス相似で確認された仮定によって、ウェブの応力状態は圧縮力とせん断力が同時に働くこととみなすことができる。

以下でシャイベ理論及び力の釣合いより、横方向曲げ圧縮側スターラップ力の求め方について述べる。

図.1 にひびわれが生じた、横方向曲げを受けるウェブを表す。ここに、 Z_x 、 D_b そして H は、横方向曲げ圧縮側のスターラップ力、コンクリート圧縮斜材力そしてひびわれに沿って働くせん断力である。また N_1 、 N_2 は主引張力そして主圧縮力である。

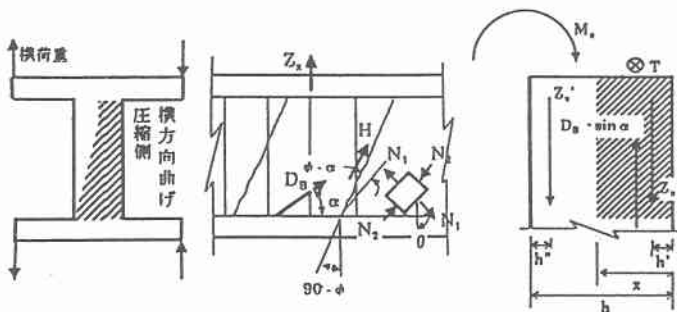


図.1 横方向曲げ圧縮側ウェブの応力状態

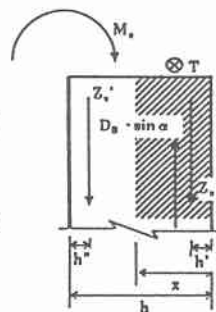


図.2 ウェブに働く内力と外力

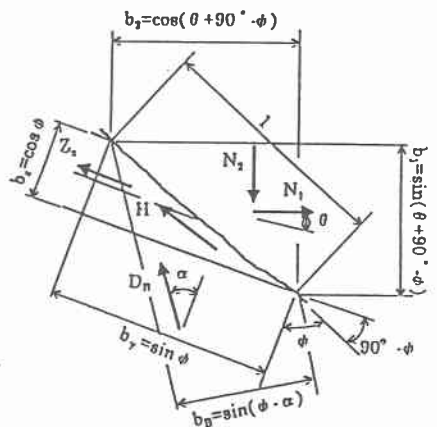


図.3 N_1, N_2 が働くウェブの横方向曲げ圧縮側の内力と外力

図. 2 のウェブに働く内力と外力の曲げモーメントの釣合いと垂直方向の力の釣合いより：

$$D_B \sin \alpha \left(h - \frac{x}{2} \right) - Z_X (h - h') - Z_X' h' - Me = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$Z_X + Z_X' - D_B \sin \alpha = 0 \dots\dots\dots (2)$$

図. 3 のスターラップ方向 (x) の釣合いより

$$Z_X \cos \varphi - D_B \sin(\varphi - \alpha) \sin \alpha + H \cos(90^\circ - \varphi) - N_1 \sin(\theta + 90^\circ - \varphi) \cos \theta + N_2 \cos(\theta + 90^\circ - \varphi) \sin \theta = 0 \dots\dots\dots (3)$$

また、スターラップに垂直な軸方向 (y) の釣合いより

$$Z_Y \sin \varphi - D_B \sin(\varphi - \alpha) \cos \alpha - H \sin(90^\circ - \varphi) - N_1 \sin(\theta + 90^\circ - \varphi) \sin \theta + N_2 \cos(\theta + 90^\circ - \varphi) \cos \theta = 0 \dots\dots\dots (4)$$

さらに、内力の合力の方向と外力の合力の方向が一致することにより、 $k = N_1 / N_2$ において、

$$k \tan(\varphi - \alpha) = \frac{D_B \sin(\varphi - \alpha) \sin(90^\circ + \alpha - \theta) + Z_X \cos \varphi \sin \theta + H \sin(90^\circ - \varphi + \theta)}{D_B \sin(\varphi - \alpha) \cos(90^\circ + \alpha - \theta) - Z_X \cos \varphi \cos \theta - H \cos(90^\circ - \varphi + \theta)} \dots\dots\dots (5)$$

以上の5式より、横方向曲げ圧縮側スターラップ力 Z_X を求めた。ここに、ひび割れに沿って働くせん断力 H は小さいとして無視した。

4. 解析結果

供試体 Z3 について 3.理論解析で述べた理論を用いて、横方向曲げ圧縮側スターラップ力を求めた結果を図. 4 に示す。スターラップ力の実験値と理論値は一致した。図. 5 には Z3 のひずみゲージの位置を示す。

横方向曲げモーメントを一定して、せん断力を増加させ圧縮斜材応力 σ_D を計算した結果、 σ_D は増加することが分かった。また、せん断力が一定の時、横方向曲げモーメントを増やし、そのときの圧縮斜材応力 σ_D を求めた。その結果、横方向曲げモーメントが増加することによって σ_D も増えることが分かった。

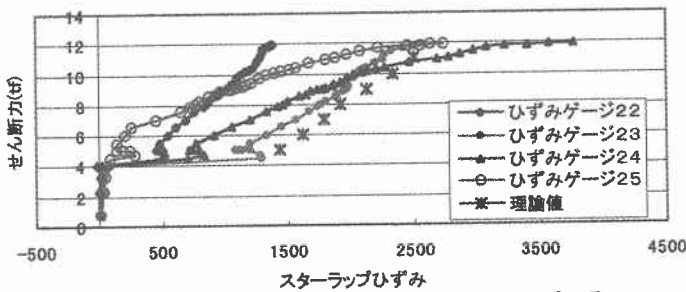


図4-Z3: せん断力-横方向曲げ圧縮側スターラップひずみ関係(理論値との比較)

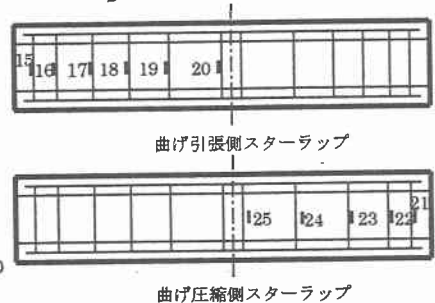


図5 Z3 のひずみゲージの位置

5. まとめ

3.理論解析を用いて圧縮側スターラップ応力を計算した結果、実験値は理論値と一致した。横方向曲げ圧縮領域の応力状態を2つの要素とみなして調べた。これより、圧縮斜材力とその方向及び、スターラップ力を求めた。この結果、せん断力の増大とともに横方向曲げ圧縮側スターラップ力そしてコンクリート圧縮斜材力とも増加し、スターラップが降伏することによって破壊に至ることが分かった。また、横方向曲げモーメントが増えることによって横方向曲げ圧縮領域幅が小さくなり、圧縮斜材応力が大きくなっている。

参考文献

- 1) Kupfer, H., Gedanken aus Forschung und Praxis zur Neubearbeitung der Spannbeton-Richt-linien, Deutscher Beton-Verein e.V.
- 2) Jungwirth, D., Baumann, T., Finsterwalder, Schubmessung mit dem Dywidag-Spannverfahren, 50 Jahre für Dywidag, München, Dyckerhoff & Widman AG, 1973.