

## 折板構造ウエブの座屈強度について

東北大学工学部 〇 学生員 小野寺 一元  
東北大学工学部 正 員 倉 西 茂  
東北大学工学部 正 員 岩 熊 哲夫

### 1 はじめに

プレートカーガーの設計において、ウェブ板の面内外の強度は最も重要な要因のひとつである。従来のウェブ板は薄肉構造であり、形式が単純な上に力学的にも合理的な構造であるため、広く橋梁形式のひとつとして用いられている。このようなウェブは、その強度を高めるために、水平および垂直補剛材が、適宜配置されているのが普通である。しかし、もしウェブを折板構造にすることにより、従来の強度特性を損なわずに補剛材等を省略した形式のプレートカーガーが可能になれば、設計における自由度が広がり、しかも、人の目に最も見える橋梁の多いウェブの景観という点から新しい設計がなされる可能性が出て来る。このような新しい形式のウェブの強度特性を解析するために、スプライス有限要素法をここでは解析手法として採用し、ウェブの線形座屈解析を行なった。その結果として、折板構造にすることによってせん断のみが作用する場合のウェブの強度の改善はほとんど見えないものの、曲げの作用している場合には、平板構造ウェブの強度を著しく改善できる。曲げの場合、折れ角の大きさを第1とした時最も強度改善の効果が現れるという結果を得た。

### 2 解析対象について

本報告の解析モデルを図1に示す。図1の(a)は、一段に水平補剛材がある場合のプレートカーガーに対応するモデルであり、ウェブの折れる位置は、従来の水平補剛材の位置に相当する圧縮フランジより全ウェブ長さの5分の1点である。図1のbは、たとえば、連続桁の中間支点のように、負の曲げモーメントが、作用する場合に有効となる断面であり、その折れる位置は、およそ、圧縮及び引張フランジより、全ウェブ長さの5分の1点である。解析モデルのフランジの自由突出幅厚比は、圧縮フランジ、引張フランジ共に、フランジの局部座屈を防ぐために、共に13とし、ウェブと圧縮・引張フランジの面積比は共に1とする。荷重は、解析対象がプレートカーガーウェブであることから、曲げとせん断について考慮した。又、解析モデルの境界条件は、曲げに対しては、両端単純支持条件とし、せん断に対しては、フランジには、せん断力が載荷されないとして、フランジをはずして、ウェブを4辺単純支持板として解析を行なった。

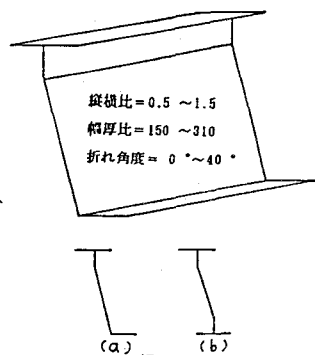


図1 折れ板構造ウェブ

### 3. 解析結果と考察

図2は、折れ角度 $\theta$ とウェブの縦横比 $b/t$ とした時の曲げ座屈モーメントとの関係を示した図である。ここで、 $M_{y0}$ は、折れ角度 $\theta$ が $0^\circ$ のときの降伏曲げモーメントである。幅厚比 $b/t$ は、ウェブ全長に対するウェブ厚の比である。図2がわかるように、折れ角度の増加とともに、 $M_{cr}/M_{y0}$ は、折れ角度が $7^\circ$ 付近まで、折れ角度に比例して増加していく。この領域においては、幅厚比が、152, 256 共に、ウェブの折れる による  $M_{cr}/M_{y0}$  の値は、ほとんど差のないものとなる。又、この領域でのモード図を見ると、一段折れウェブ、二段折れウェブの幅厚比、152, 256 のいずれの場合も、ウェブが全体座屈を起こしている。つまり、この領域での曲げ座屈モードは、折れ角度に分離されていない。したがって、この領域での曲げ座屈挙動は、平板の曲げ座屈挙動に近いものである。

次に、折れ角度が、 $M_{cr}/M_{y0}$ が最大となる折れ角度付近では、幅厚比に関係なく、ウェブの折れ段数が一段の

の場合には、引張フランジ側ウェブが局部座屈を起していることが、モード図からわかり、また、ウェブの折れ段数が二段の場合にも、幅厚比に関係なく、引張と圧縮の中間のウェブが、局部座屈している。このことは、一段の水平補剛材を有するプレートガーダーの挙動と、類似している。折れ角度 $\theta$ が $M_{cr}/M_{yo}$ より大きくなった場合であるが、幅厚比が、152の場合には、フランジのねじれ座屈による座屈が起こることが、モード図よりわかる。この領域では、ウェブの幅厚比が、ウェブの全長に対するウェブ厚の比である。ウェブの折れ段数が一段の方が、二段と比較して、フランジ間距離が実際には短いためである。又、幅厚比が256の場合には、幅厚比が152の場合と違い、ウェブの折れ段数が、一段の方が高い座屈モーメントを示すのは、曲げ座屈モードの違いによるものと考えられる。幅厚比による曲げ座屈モーメントを示したのが、図3である。

図3は、ウェブの縦横比 $\alpha$ が1.0で、折れ角度 $\theta$ を $15^\circ$ としたときの曲げ座屈モーメントである。ここで、折れ角度 $\theta$ を $15^\circ$ としたのは、折れ角度に對しての曲げ座屈モーメントが、幅厚比256のものを、大となる点が、 $15^\circ$ 付近であるからである。図3においては、幅厚比が、215で曲線が異なるが、これは、幅厚比が215以下では、圧縮フランジのねじれ座屈、幅厚比が215以下では、ウェブの局部座屈という座屈モードの違いによるものと考えられる。

図4は、折れ角度 $\theta$ とせん断座屈応力との関係を示した図である。曲げによる座屈と異なり、折れ角度 $\theta$ の変化に対するせん断座屈応力の変化は小さく、座屈に対する折れ角の影響は大きくない。これは、折れ角度に関係なく、ウェブが全体で座屈を起していることによる。

図5は、折れ角度 $\theta = 15^\circ$ で、幅厚比256とした時の、ウェブの縦横比と、せん断座屈応力の図である。ウェブの縦横比の及ぼす影響は、平板のせん断座屈とほぼ同様な座屈曲線を描くことから、折板としたということに対してはないであろう。

#### 4. 結論

ウェブの折れ角度は、曲げに對しては、強度を増加させ、その角度は、幅厚比256に対しては、 $15^\circ$ である。折れ角度は、せん断に對しては、強度増加はあまり期待することができない。

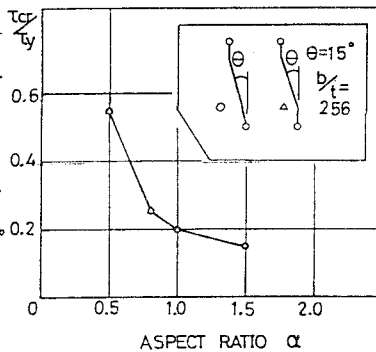


図5. 縦横比-せん断強度曲線

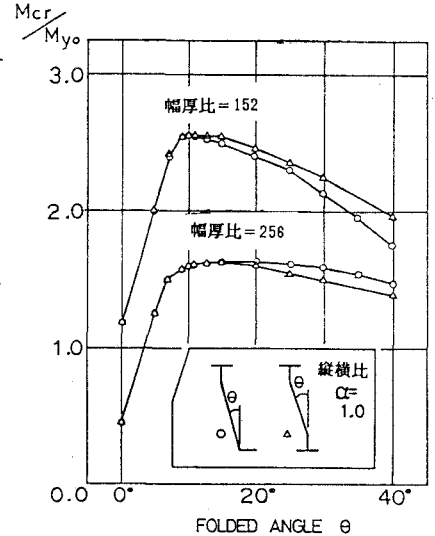


図2 折れ角度-曲げ強度曲線

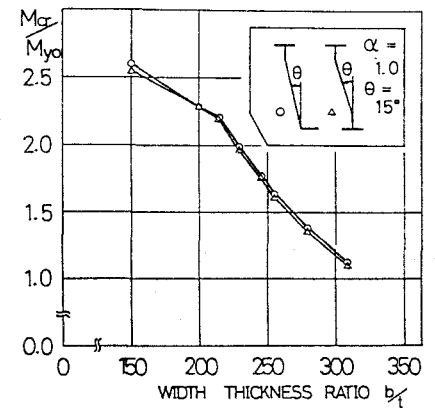


図3 幅厚比-曲げ強度曲線

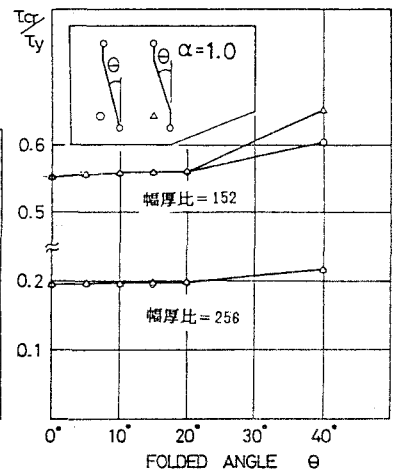


図4 折れ角度-せん断強度