

I-113

折板構造ウェブの座屈強度設計について

電源開発(株) 正員 小野寺 一元
 東北 大学 正員 倉西 茂
 東北 大学 正員 岩熊 哲夫

1. はじめに

プレートガーダーの設計において、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って、従来の強度特性を損わないで補剛材等を省略した形式のプレートガーダーが可能になれば、設計における自由度が広がり、しかも、人の目に最も触れる機会の多いウェブの景観という点から新しい設計が生まれる可能性が出て来る。このような新しい形式のウェブ強度特性を解析するために、解析手法としてスプライン有限帯板法を用いて、ウェブの線形座屈解析を行なった。

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ガーダ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幅 H の5分の1点である。

図1の(b)は、たとえば、連続橋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、それぞれ、圧縮及び引張フランジより、全ウェブ幅の5分の1点である。解析モデルのウェブと圧縮引張フランジの面積比は共に2対1とする。本報告の解析対象は、垂直補剛材間の1パネルを取り出したものに対応するものであるため、解析モデルの境界条件は、両端単純支持条件としている。せん断力のみが載荷される場合には、フランジにはせん断力が載荷されないとして、ウェブを4辺単純支持板として解析を行なった。

3. 解析結果

図2は、折れ角度 θ とウェブの縦横比 α を1.0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 θ が0度のときの降伏曲げモーメントである。

幅厚比 b/t は、全ウェブ幅に対するウェブ厚の比である。

曲げ座屈モーメントは、折れ角度の増加に対し、7度付近まで、直線的に増加し、それ以降はだんだん曲線を描いている。このように曲線が変化するのは、座屈モードの違いによるものである。図から明らかなように、 M_{cr}/M_{y0} が最大となる折れ角度は、一段折板ウェブ、二段折板ウェブの場合共に、15度である。したがって、曲げに対して最も有効な折れ

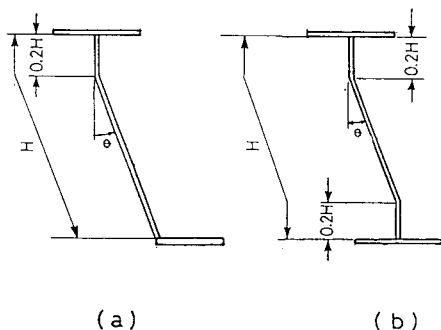


図1 折板構造ウェブ

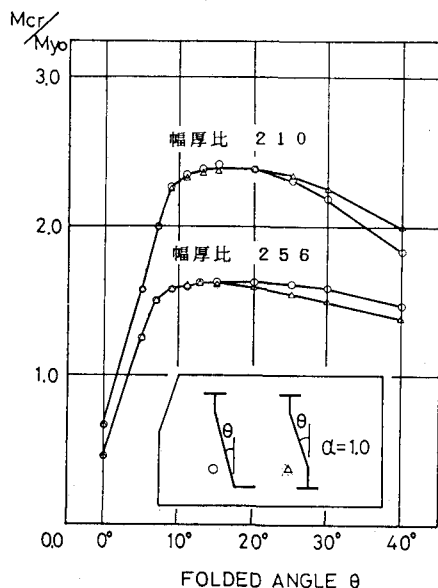


図2 折れ角度-曲げ強度曲線

角度は15度である。

図3は、ウェブの縦横比 α を1.0、折れ角度 θ を15度とした時の曲げ座屈モーメントとウェブの幅厚比の関係を示した図である。この図の縦軸は、降伏応力 σ_y を2400 kg/cm²として無次元化している。 σ_{cr} は座屈時のウェブの緑応力である。材料の降伏に対する安全率を2.0とすれば、一段折板ウェブの場合、 $\sigma_y=2400, 3200, 3600$ kg/cm² に対して、ウェブの幅厚比は、237, 205, 192以下となる。又、二段折板ウェブの場合、降伏応力 $\sigma_y=2400, 3200, 3600$ kg/cm² の材料に対して、ウェブの幅厚比は、233, 201, 189以下となる。

図4は、折れ角度 θ とせん断座屈応力の関係を示した図である。曲げモーメントによる座屈と異なり、折れ角度 θ の変化に対するせん断座屈応力の変化は小さい。つまり、せん断座屈に対する折れ角の影響は大きくない。このことは、モード図を見て明らかな様に、ウェブが全体で、折れ角に関係なく座屈を起こしていることによるものである。

図5は、ウェブの幅厚比を192とし、折れ角度を15度とした時の曲げモーメントとせん断力が同時に載荷された時の座屈応力を示したものである。 M_{cr}, τ_{cr} は、それぞれ純曲げ、純せん断状態での座屈応力である。縦横比の増加に伴い、曲げとせん断の組み合わせによる座屈応力は、 M_{cr}, τ_{cr} に対して相対的に増加する。せん断応力の比率の高い部分では、純せん断状態より高い座屈荷重を示している。これは、曲げが加わることによるモード形の変化によるものである。

4. 結論

純曲げを受ける場合には、折板構造のウェブの折れ角度は15度とし、一段折板ウェブの幅厚比は、材料の降伏応力 $\sigma_y=2400, 3200, 3600$ kg/cm² の場合に対して、それぞれ237, 205, 192以下とし、二段折板ウェブの場合は、それぞれ233, 201, 189以下とすれば、設計に用いることができる。

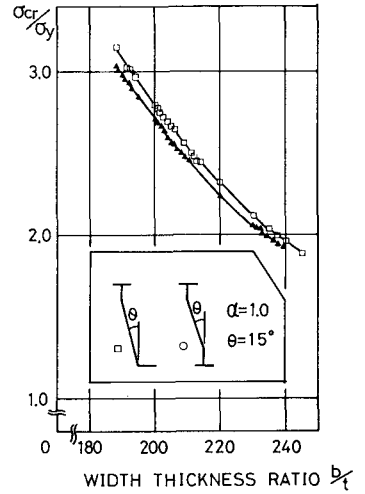


図3 幅厚比-曲げ強度曲線

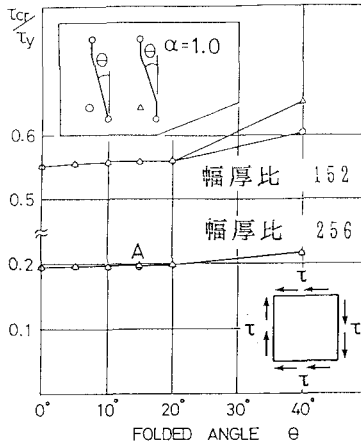
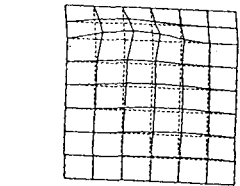
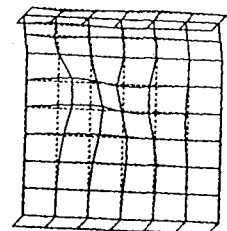
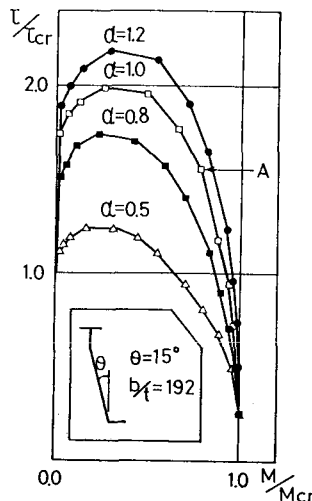


図4 折れ角度-せん断強度曲線



A点でのせん断座屈モード



A点での座屈モード

図5 曲げとせん断の組合せ荷重