

波型腹板桁の静的挙動に関する実験的研究

金沢工業大学 正員○西田 進

1. まえがき

鋼の薄板を溶接して製作する板桁は一般に曲げに対して上下フランジが、せん断に対してウェブが抵抗するため、その断面設計において、桁高を高く、ウェブを薄くした方がより経済的となる。この前提条件として、板桁の横倒れ座屈とウェブのせん断座屈を拘束する必要がある。このため、一般に横倒れ座屈に対しては中間対傾構を、せん断座屈に対しては垂直補剛材を適切に配置するのが原則である。この原則に変わるものとして、ウェブを波型に加工した波型腹板桁(波桁)が考案され、この波型ウェブを有するはりや桁は補剛材の溶接の必要が無いので製作や疲労寿命の面から有利である¹⁾。この波桁の力学特性を活かすための基礎的研究を行なったので以下に報告する。

2. 供試体および実験方法

軟鋼(材質 SS400)の薄板を溶接して標準断面I-41 2x80x4x6mm、長さ6.2mの板桁1体、波桁2体を製作し(図-1参照)、スパン長L=6mの単純はりとして、曲げ試験を行なうものである。試験桁の断面寸法を測定した後、静的試験用骨組内にセットし、圧縮フランジ上に5tジャッキを用いて2点集中荷重を作用させた。桁の変位およびヒズミは荷重約50kg増分ごとに変位計、ダイヤルゲージおよびストレインゲージを用いて測定した。なお、試験桁の端部の支持方法は鉛直変位vおよび水平変位uに対して単純支持とし、端部でのねじり角φを拘束し、そりは自由とした。

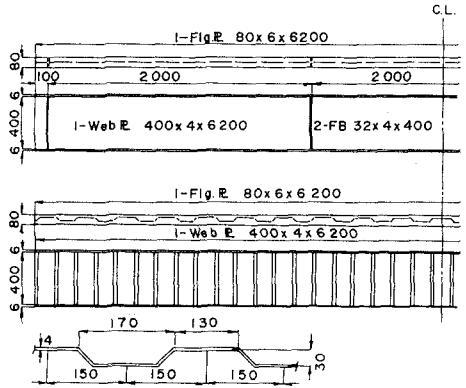


図-1 板桁および波桁供試体の断面寸法

図-2はウェブより切り出したW2試験片の応力とヒズミ(弾性ヒズミはヒズミゲージを、塑性ヒズミは大きいダイヤルゲージを用いて測定した)の関係を示し、図中にフランジおよびウェブに使用した鋼材から切り出したJIS2号試験片の引張試験結果を示してある。なお、数値計算にはフランジ部の値(F1およびF2)の平均値を用いるものとする。

3. 板桁および波桁の曲げおよびねじり試験

使用荷重状態での弾性変形挙動を調査するために、板桁では補剛位置に、波桁ではウェブがフランジ幅中心となる位置に2点集中荷重を作用させた曲げ試験およびe=2cmの偏心を与えたねじり試験を行なった。なお、荷重は最大ヒズミが約500μ程度となるまで50kgづつ作用させた。図-3は板桁の図-4は波桁の作用荷重Pと載荷点の鉛直変位vおよびねじり角φの関係を示すものである。また、ねじり角φを表わす図中のF(a)式は次式にて与えられる。

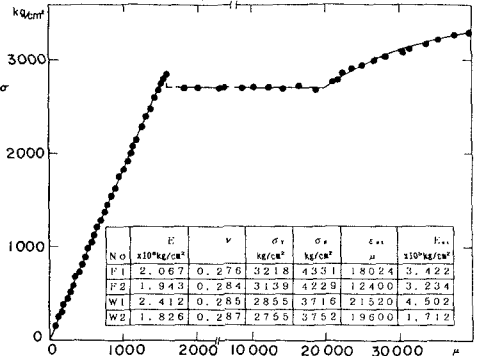


図-2 使用鋼材(SS400)の引張試験結果

$$F(a) = \frac{a}{L} - \frac{\sinh \alpha a (\sinh \alpha a + \sinh \alpha (L-a))}{\alpha L \sinh \alpha L}, \quad \alpha = \sqrt{\frac{GJ}{EC_u}} \quad (1)$$

ここに、Jはサンブナンのねじり定数、C_uはそり2次モーメント、aは支点と載荷点間の距離である。

図より、板桁の鉛直変位vはほぼ線形理論に一致し、波桁の鉛直変位は実験値の方がやや大きな値となっている。これは波型ウェブを溶接する際の残留ひずみにより、フランジに凹凸が生じ、波桁の曲げ剛性が低下したためと思われる。一方、ねじり角φは理論値の半分弱の値となってい

る。これは面外方向の曲げ剛性が面内方向のそれに比べて極端に小さいため、ねじりより面外変位が卓越したためと思われる、その原因については検討中である。

図-5は作用荷重が500kgの場合の板桁および波桁ウェブの応力分布を表わすものである。波桁の σ_x 分布は、ウェブが波型のため3次元的な変形が生じ、上下フランジ近傍を除くと曲げ理論と大きく異なる分布となる。一方、板桁ではせん断応力 τ_{xy} に若干乱れがあるもののほぼ理論値と一致している。

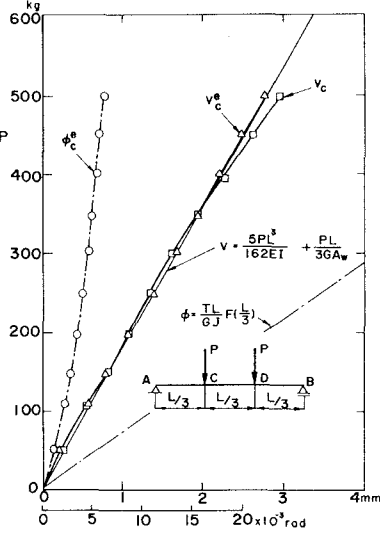


図-3 板桁供試体の荷重・変形関係

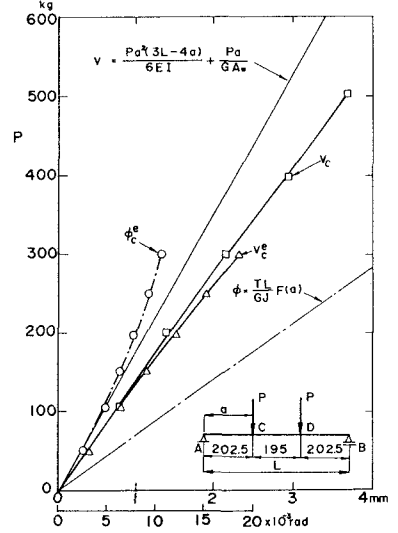


図-4 波桁供試体の荷重・変形関係

4. 横倒れ座屈実験

板桁および波桁の横倒れ座屈実験を行なったが、荷重・変形挙動上明確な座屈点を見出すことができなかつたため、Meckの方法²⁾により座屈荷重を求めるものとする(図6、7および式2参照)。

$$P_{cr} = \frac{1}{\sqrt{\alpha \beta}} \quad (2)$$

図-6および7は作用荷重と水平変位およびねじり角の関係をMeckの方法によりプロットしたものである。各図の実験値を直線近似し、それぞれの直線の勾配の逆

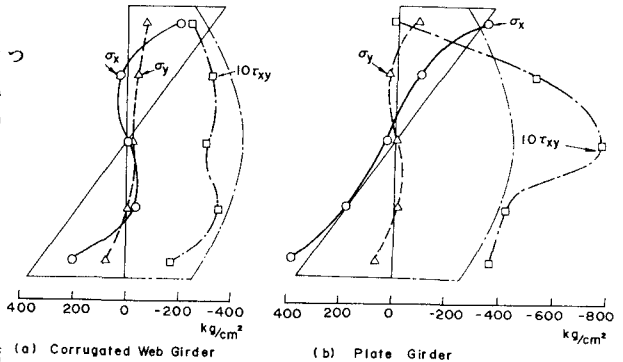


図-5 板桁および波桁供試体ウェブの応力分布

数の積のルートとして座屈荷重を求める。板桁の理論座屈荷重325kgに対して板桁の実験座屈荷重は290kg、波桁の実験座屈荷重は688kgとなり、波桁の P_{cr} は板桁の P_{cr} の約2倍という結果をえた。

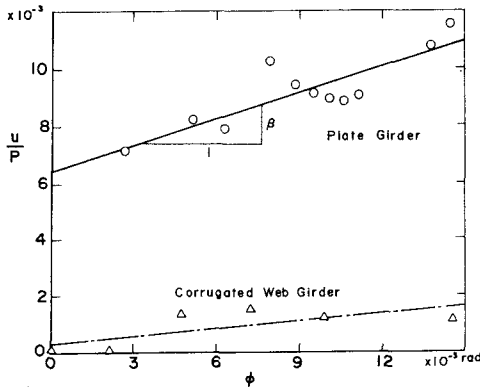


図-6 u/Pとphiの関係

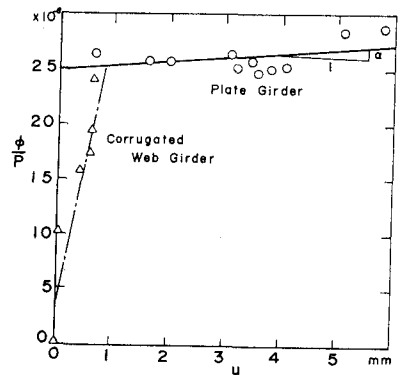


図-7 phi/Pとuの関係

参考文献 1) Elgaaly, M. and Dagher, H.: Beams and Girders with Corrugated Webs, Stab. Bridge, pp.37~53, 1990. 2) Meck, H.R.: Experimental Evaluation of Lateral Buckling Loads, Jour. of Eng. Meck. Div., Proc. ASCE, Vol.103, No.EM2, pp.331~337, 1977.