

ウェブ座屈が支配的なプレートガーダーの曲げ強度について

大阪大学大学院 学生員○石井 晃

大阪大学工学部 学生員 松村達生

大阪大学工学部 正 員 西村宣男

1. まえがき プレートガーダーの曲げ強度はBasler以来、圧縮フランジに生ずる卓越変位によりねじれ座屈、横座屈、垂直座屈の古典的区分で論じられてきたが、実際には大なり小なり3つの変位モードの連成した崩壊パターンを呈すると考えられる。そこで、薄板と骨組との結合モデルを考え、水平補剛材のないプレートガーダーおよび水平補剛材を片側に1本配置したプレートガーダーの包括的変形を考慮した曲げ解析を行い、終局状態での強度特性を明らかにする。

2. 解析モデル 初期不整として平均値相当強度を与える残留応力と初期たわみ量を考慮した。初期たわみについては、部材全体にはり部材としての正弦半波を与えた。さらに板要素ブロックには断面内に図-1に示すような1次モードと2次モードの波形を考え、この初期たわみを終局強度に対して最も不利となるような波長と波数の正弦波で部材軸方向に減衰させた。また、モデルの寸法は目的とする強度特性が明らかになるように、適宜パラメトリックに変化させた。

3. 終局強度特性

(a) 実験値¹⁾⁻⁵⁾と解析値の比較 図-2に既往の実験とそのモデルに対する解析の終局強度の比較を示す。実験値と解析値が離れているものは、実験の終局強度が降伏応力を大きく上まわっているもので、これを除くと10%程度の強度差に収まり、解析は実験のほぼ平均値を与えている。

(b) 水平補剛材のないプレートガーダー 終局強度を降伏モーメントで除したものを縦軸に、圧縮フランジの横座屈に関するパラメータ α ⁶⁾を横軸にとって解析結果をプロットしたものを、はりの横倒れ座屈強度を与える福本式⁶⁾と比較して図-3に示す。ウェブの幅厚比パラメータが $\bar{\lambda}_{pw}=1.5$ の場合は、 $0.2 < \alpha < 1.0$ の領域で $\bar{\lambda}_{pw}=1.0$ に比べ強度が低下している。これは、 $\bar{\lambda}_{pw}=1.0$ のモデルでは終局状態で圧縮フランジの横方向変位が卓越したモードを呈するのに対して、 $\bar{\lambda}_{pw}=1.5$ のモデルではフランジのねじれ変形が卓越したことによる。また $\bar{\lambda}_{pw}=1.0$ の場合に $\bar{\lambda}_{pf}/\bar{\lambda}_{pw}$ が大きくなると強度が低下するのは、フランジが薄く幅広になるために、圧縮フランジにねじれが生じやすくなるためである。なお、ねじれ座屈が起こらない場合に平均値強度に対応する解析値の終局強度が横座屈強度式を大きく上回るのは、この強度式が下限値強度を表しているからである。

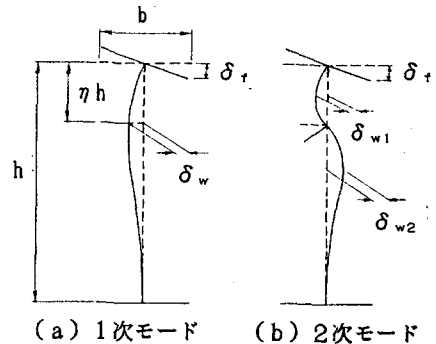


図-1 断面内の初期たわみ波形

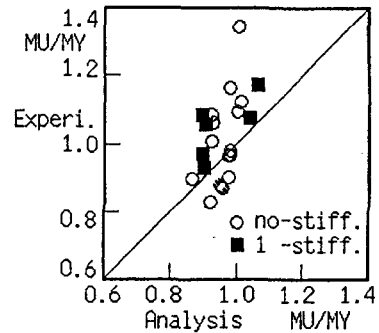


図-2 実験値と解析値の比較

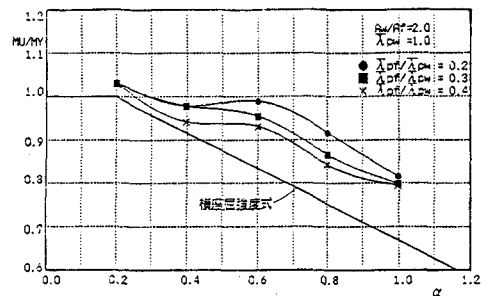
(a) $\bar{\lambda}_{pw}=1.0$

図-3 終局強度に対する幅厚比の影響

(c) 水平補剛材を有するプレートガーダー

図-4に水平補剛材の取付位置の違いによる終局強度の比較を示す。横軸は水平補剛材位置を、縦軸は終局強度を表している。水平補剛材には道路橋示方書の必要剛比を与えた。この図によると終局強度は、断面の初期たわみについては2次モードよりも1次モードによって支配され、水平補剛材の位置が $\eta=0.2$ で最大強度となることがわかる。また、部材が長くなると η の影響が少なくなるのは、局部座屈よりも横ねじれ座屈の方が支配的となるため、局部座屈強度の影響が薄れてくるからだと考えられる。ここで、スパン中央での終局状態の応力分布や変形状態を調べた結果、 η の小さなモデルでは終局状態で圧縮側パネル全体が塑性化しており、逆に補剛材が圧縮フランジから離れている $\eta=0.3$ のモデルでは圧縮フランジの塑性域が広がり、圧縮側パネルの変形量も大きくなっていった。さらに、2次モードよりも1次モードの初期不整を持つ断面の方が、引張側パネルの補剛材近辺での応力増加が大きく、塑性域に達しやすいことがわかった。また、水平補剛材剛比を変えた場合についても、最大強度を与える水平補剛材の位置を調べた。図-5に水平補剛材に必要剛比の4倍の剛比を与えたモデルの解析結果を示す。この場合も $\eta=0.2$ で最大強度を示すことがわかる。

4. あとがき プレートガーダーの終局強度特性を連成座屈を考慮した弾塑性有限変位解析により調査し、種々のパラメータの及ぼす影響について考察した。また、水平補剛材の適正配置には $\eta=0.2$ の値を得た。

《参考文献》 1) 長谷川彰夫, 西野文雄, 奥村敏恵: 水平補剛材を有するプレートガーダーの曲げ耐力実験, 土木学会論文報告集, No.234, pp.33-44, Feb., 1975. 2) 長谷川彰夫, 和田耕造, 西野文雄: ウェブの剛性に注目したプレートガーダーの曲げ耐力実験, 土木学会論文報告集, No.305, pp.1-9, Feb., 1981. 3) 前川幸次, 伊藤義人, 福本啓士: プレートガーダーの曲げによるフランジと腹板の連成座屈実験, 土木学会論文集, No.392, pp.335-343, Apr., 1988. 4) 森脇良一, 藤野真之: 初期不整を有するプレートガーダーの純曲げ強度に関する実験的研究, 土木学会論文報告集, No.264, pp.1-15, Aug., 1977. 5) Basler, K., Ven, B.T., Mueller, J.A. and Thurlimann, B.: Web buckling tests on welded plate girders, WRC Bulletin, No.64, U.S.A., Sept., 1960. 6) 福本啓士, 藤原稔, 渡辺信夫: 溶接I形部材の横倒れ座屈に関する実験的研究, 土木学会論文報告集, 第189号, May, 1971.

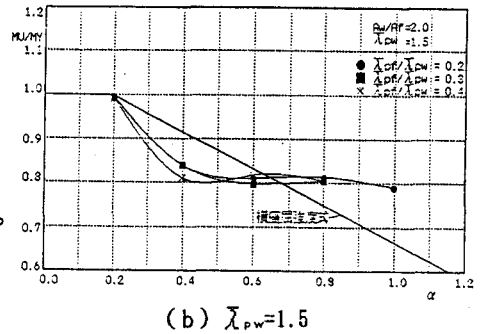


図-3 終局強度に対する幅厚比の影響

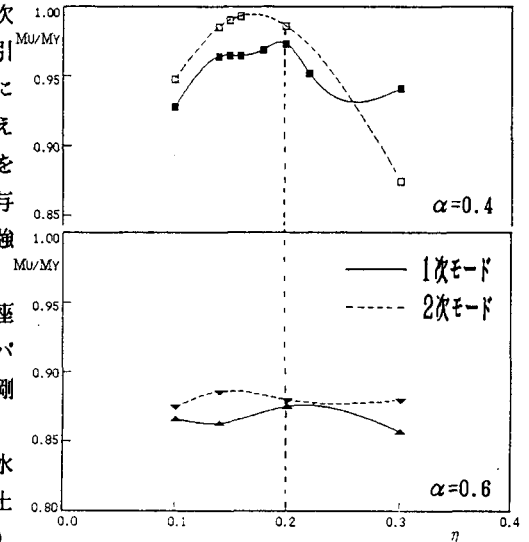


図-4 終局強度に対する水平補剛材位置の影響

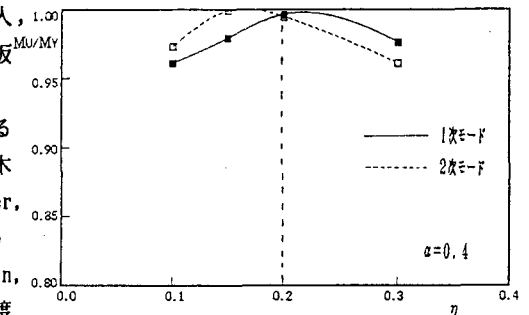


図-5 剛比を大きくした場合の終局強度特性