

波形鋼腹板桁の座屈性能

名城大学大学院 学生員 渡辺 博規
 (株) 横河工事 渡辺 孝一

名城大学 フェロー 久保 全弘
 サンエイ(株) 天野 博之

1. まえがき

近年わが国でも鋼コンクリート複合橋に相まって、波形鋼板の適用が増加している。波形鋼板は、プレス加工時による折り曲げ点が塑性ヒンジとなり、軸力と曲げに対する剛性が著しく低下する一方で、高いせん断耐荷力を有する。橋桁の腹板材として波形鋼板を使用すると中間補剛材及び水平補剛材を省略しても通常のプレートガーダー腹板よりも幅厚比を大きくすることが可能である。しかし、波形鋼板のせん断挙動は十分解明されておらず、せん断座屈耐荷力の照査法についてもより精密化が必要であると思われる。本研究では汎用有限要素法プログラム MSC/NASTRAN for Windows を用い、非線形解析を行い崩壊モードや耐荷性能を検討する。

2. 解析モデル

解析に用いたモデルは、角谷ら¹⁾が行った実験供試体と同じ断面寸法を用いた。腹板に鋼材 SS400 ($F_{yf}=245\text{MPa}$)、フランジに鋼材 SM490Y ($F_{yw}=365\text{MPa}$) の溶接桁である。断面寸法は、桁高 $h=1200\text{mm}$ 、フランジ幅 $b_f=180\text{mm}$ 、スパン長 $L=4200\text{mm}$ を一定にした。腹板厚 t_w (フランジ厚 t_f) を 2.3(11), 3.2(14), 4.5(21), 6.0(28), 9.0(42)mm の 5 種類、波高 d を 60, 30, 20, 15, 10mm に変化させ、それぞれ橋軸方向の一波長 q を 400, 600, 800, 1000mm と変化させた。荷重はスパン中央から 100mm の位置に線荷重として両端に載荷した。また、垂直補剛材 $t_s=18\text{mm}$ を荷重点と支点に両側配置した。材料定数として、鋼材のヤング係数 $E=206\text{GPa}$ 、せん断弾性係数 $G=79\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ を仮定した。

3. 解析結果

(1) 崩壊モード

久保ら²⁾が提案した局部座屈と全体座屈に対する幅厚比パラメータの相関を図 2 に示す。過去の実験結果を基に設定した $sl=1.21$ $sg=0.38$ により全体座屈と局部座屈とに分類できる。崩壊形は局部座屈と全体座屈の幅厚比パラメータにより大きく分けて 3 つの異なる変形が得られた。図 3(a)に示すように、局部座屈領域における崩壊形は、スパン中央付近のパネルにおいて斜張力場を生じた座屈を起こしている。また、図 3(b)に示すように、全体座屈領域における崩壊形は、複数のパネルにわたって斜張力場を生じている。なお、 $sl < 0.47$, $sg < 0.71$ の桁は腹板に変形を生じず、塑性曲げ変形で崩壊した。

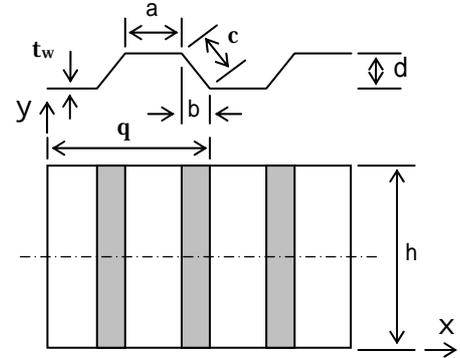


図 1 波形断面

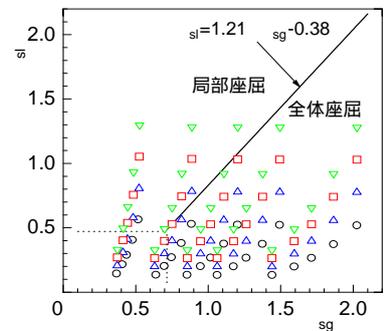


図 2 局部と全体せん断座屈の相関

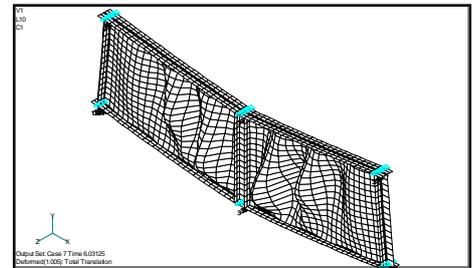


図 3(a) $sl=1.30$, $sg=0.53$ の場合
局部座屈

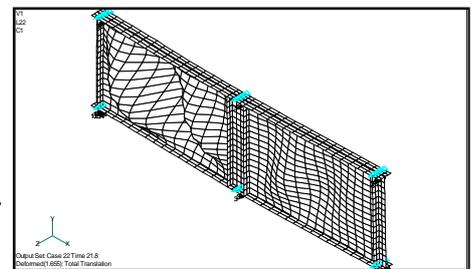


図 3(b) $sl=1.25$, $sg=2.03$ の場合
全体座屈

キーワード：波形鋼板，せん断座屈，耐荷力，FEM 解析

連絡先：〒468-8502 名古屋市天白区塩釜 1-501 名城大学理工学部 TEL052-832-1151 FAX052-832-1178

(2) 耐力性能

図4は、平面腹板(d=0)のせん断降伏荷重で無次元化した耐力力 P_u/P_y と腹板の幅厚比 h/t_w の関係を示す。腹板の幅厚比 $h/t_w=133$ の桁については波高比 h/d による耐力力の相違は小さい。しかし、腹板の幅厚比が大きくなるにつれ相違が顕著にみられるようになり、波高比 h/d が大きい桁では全体座屈の影響により耐力力が低下している。次に波形腹板の効果調べるために、同じ断面寸法を用いた波高の無い平面腹板桁の解析結果で割った値 $P_{u波}/P_{u平}$ を調べると、図5のようになる。腹板の幅厚比 h/t_w が小さい桁では、波高比 h/d を変化させても効果は約1.1倍と小さいが、幅厚比 h/t_w が大きくなるにつれ、大きな効果が得られる。耐力力 P_u/P_y と波長比 h/q の関係を図6に示す。どの腹板の幅厚比 h/t_w においても、また、波高比 h/d に関わらず、 $h/q=2.0$ 以下の桁において耐力力が急激に低下している。波長比が小さくなると波高比による相違が顕著となり、全体座屈の影響が大きく現れる。

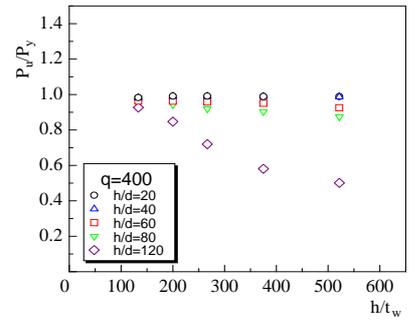


図4 腹板の幅厚比による影響

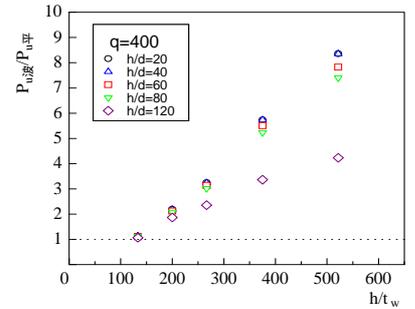


図5 波高比による影響

(3) せん断座屈強度算定式

久保ら²⁾が提案した局部座屈、全体座屈の平均値強度の算定式と解析値を比較した。局部座屈の図7(a)から、 $u_l=1.205-0.434 s_l$ は平均値相当を推定している。全体座屈の図7(b)では、 $u_g=1.375-0.525 s_g$ は波長比により大きく変動しているが、平均値相当を表わしている。

縦軸に耐力力、横軸に弾性座屈解析結果から求めた幅厚比パラメータ $\lambda_{cr} = \sqrt{P_y/P_{cr}}$ を用いて表すと図8のように解析値をよくまとめられるが、桁高に比べ波長が大きくなるとオイラー曲線より小さい値を示している。

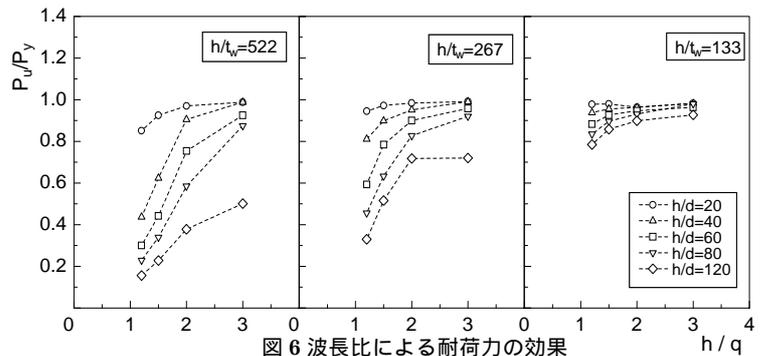


図6 波長比による耐力力の効果

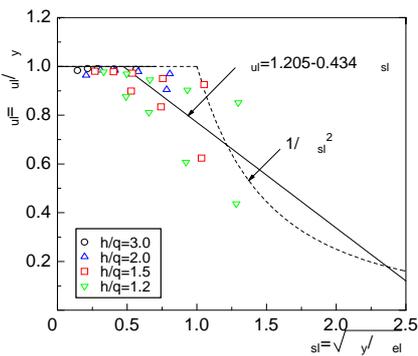


図7(a)局部座屈の提案式と解析値の比較

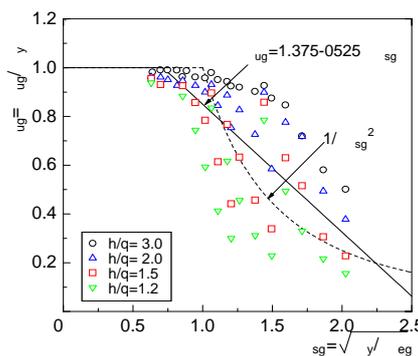


図7(b)全体座屈の提案式と解析値の比較

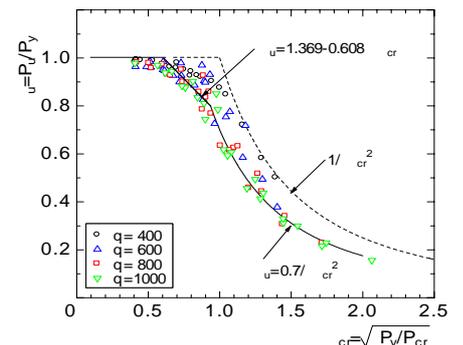


図8 局部と全体座屈を統一した評価

4. あとがき

本報告では波形鋼腹板桁の非線形解析を行い、腹板の幅厚比、波高比、波長比が耐力力に及ぼす影響を調べた。せん断耐力力の評価における幅厚比パラメータの取り方についてはさらに検討する必要がある。

5. 参考文献

1) 角谷・青木・富本・狩野：波形鋼板ウェブのせん断耐力力評価，第10回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム，Vol. 43, No.1, pp.96-101, 2001.1.
 2) 久保・中川・韓：実験データに基づく波形鋼板ウェブのせん断座屈耐力力，土木学会第56回年次学術講演会，IB270, pp.540-541, 2001-10.