

波形鋼板ウェブ複合P C構造におけるウェブのせん断座屈挙動に関する研究

横浜国立大学 学生員 田島 潤

横浜国立大学 学生員 山口恒太

横浜国立大学 正会員 山口隆裕

横浜国立大学 正会員 池田尚治

1. はじめに 波形鋼板ウェブを有する複合P C橋は、従来のP C橋と比較して大幅に自重を軽減できるため、今後大いに発展することが期待されている。本研究では、波形鋼板ウェブのせん断座屈挙動¹⁾に着目し、ウェブに波形鋼板を用いた鋼桁のせん断耐荷力実験を行った。

2. 実験概要 本実験は、波形鋼板ウェブのせん断座屈挙動を把握するために、試験桁のパラメータにウェブ板厚を選び、フランジ断面、ウェブの波形形状は同一として、弾性・非弾性・塑性座屈の検討を行うものである。試験桁4体の形状、及びウェブの諸元を図-1、表-1に示す。なお垂直補剛材を支点と載荷点に配置した。実験は、桁の支持条件を単純支持として2点載荷により、ウェブのせん断耐荷力特性を調べる方法をとった。各荷重段階で、上フランジ下縁の変位とウェブ及びフランジのひずみの計測を行った。

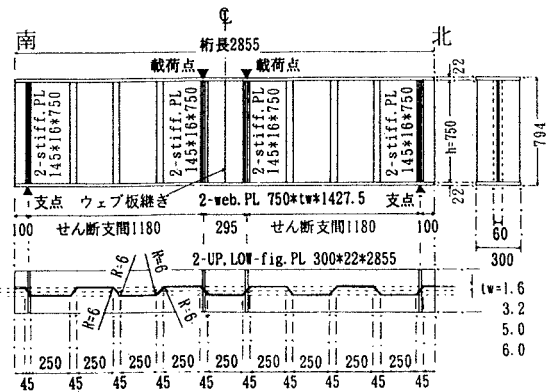


図-1 試験桁の形状

表-1 ウェブの諸元

試験桁名	SB-C-1.6	SB-C-3.2	SB-C-5.0	SB-C-6.0
材質	SPHC	SS400	SS400	SS400
板厚	1.6mm	3.2mm	5.0mm	6.0mm
幅厚比 h/tw	469	234	150	125
σ_y (kgf/cm ²)	2528	3155	3288	3297
E(kgf/cm ²)	1.92×10^5	1.98×10^5	2.04×10^5	2.06×10^5

3. せん断座屈強度算定方法 先に著者らは、波形鋼板ウェブの非弾性域を考慮したせん断座屈強度算定方法を提案している²⁾。波形鋼板ウェブは、折り曲げ線とフランジに囲まれた部分パネルの座屈強度と全体パネルの座屈強度のうち最小の値で座屈し、これを弾性せん断座屈強度とする。ここで部分パネルの座屈強度は、4周辺に沿ってせん断力が一様に作用する板要素の座屈に相当し、全体パネルのせん断座屈強度は、波形鋼板を直交異方性板と仮定して得られるJohn. T. Easley の算定値に相当する。このようにして求めた弾性せん断座屈強度から、図-2に示すようなひずみ硬化を無視したF HWAの座屈曲線を用いて、非弾性域を考慮したせん断座屈強度を算出する。

4. 実験結果及び考察 4体の試験桁の座屈に関する実験結果、及び計算値との比較を表-2に示す。座屈モードは荷重-変位曲線の線形より判定した。実験値は、南北どちらかのパネルで座屈し急速に耐荷力を失う直前の最高値をとった。計算値は、支持条件を周辺固定支持として算出したもので、本試験桁は全て部分パネルによる座屈荷重値である。SB-C-1.6,

3.2, 5.0試験桁において、本算定方法は実験値を精度良く評価している。図-2 せん断座屈強度曲線
しかしSB-C-6.0試験桁は、南側中央部5枚の部分パネルが連成して座屈し、計算値と一致しない。ここで、座屈した5枚の部分パネルを1枚のパネル(635mm*750mm)とみなして計算すると、座屈荷重は136.6tf とな

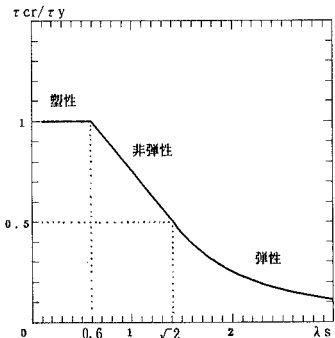


図-2 せん断座屈強度曲線

り実験値と一致した。波形ウェブの剛性が小さいと、このように斜め方向の部分パネルも連成して座屈すると考えられる。次に各試験桁の荷重－変位曲線を図－3、図－4に示す。プレートガーダーと異なり、座屈後、急速に耐荷力が低下している。これは、ウェブの面外変形が全体パネルに及ぶ過程において、斜め方向の部分パネルがねじれるような挙動を示すため、ウェブの剛性が急速に低下し、桁としての剛性を保てなかったためと考えられる。SB-C-1.6, 5.0, 6.0試験桁では、ウェブの面外変形が全体パネルに広がると再び耐荷力が回復し始めることが確認された。これはウェブが引張膜応力を伝達してせん断力を支持するようになったためと考えられる。SB-C-1.6試験桁ではさらに載荷を行い、後座屈挙動について検討した。耐荷力が座屈荷重まで回復した変位52mmにおいて張力場が発生し、今度は北側の部分パネルが座屈した。北側の全体パネルにも南側と同様の過程を経て張力場が形成され、トラスのような機構となって荷重を支持し、変位88mmにおいて耐荷力は座屈荷重を越えた。上フランジとウェブの溶接が切れ試験を終了したが、さらに耐荷力は上昇してゆくと考えられる。張力場及びフランジに発生した塑性ヒンジの形成状況(変位120mm)を写真－1に示す。座屈後張力場に移行する際に大きな変形を許すものの波形ウェブにおいてもプレートガーダーに用いられる張力場理論を適用できると考えられる。しかし、座屈後一時的に耐荷力の低下を招くことはプレートガーダーと大きく異なる点であり、安全率を低くすることによって後座屈強度を考慮している現行の設計法をそのまま適用するのは難しいと思われる。なおSB-C-3.2試験桁では変位22mmで、SB-C-5.0, 6.0試験桁では支承の横方向移動量の限界により試験を終了した。

5. 結論

- ①波形鋼板ウェブのせん断座屈挙動を把握するため、弾性・非弾性・塑性座屈について実験を行い、先に著者らが提案したせん断座屈強度算定方法が実験値を精度良く評価できることがわかった。
- ②波形鋼板ウェブは、座屈後耐荷力の低下を招き、張力場の形成にはきわめて大きな変形を要するため、プレートガーダー同様の後座屈耐力を期待するのは難しい。

謝辞

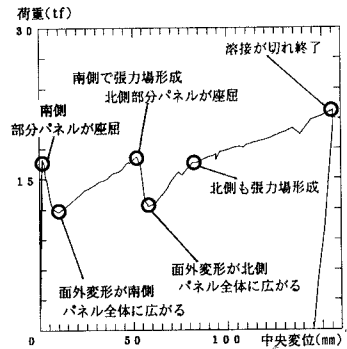
本研究はピー・エス(株)、NKKライトスチール(株)との共同研究である。また実験に際し、森下豊技官の協力を得た。関係各位に深く感謝する。

参考文献

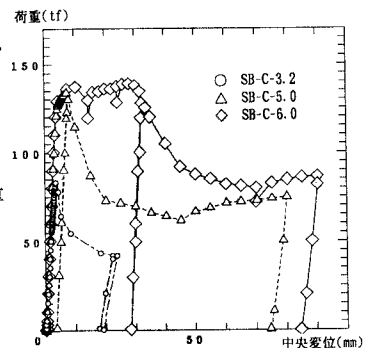
- 1) 島田：Ripple Web Girder による鋼板のせん断試験、土木学会論文集 第124号、1965年12月、pp. 1～10
- 2) 山口(恒)、山口(隆)、池田：波形鋼板ウェブを持つ複合構造のせん断座屈について、プレストレストコンクリート技術協会第4回シンポジウム論文集、1994年10月、pp. 235～240

表－2 座屈に関する実験結果

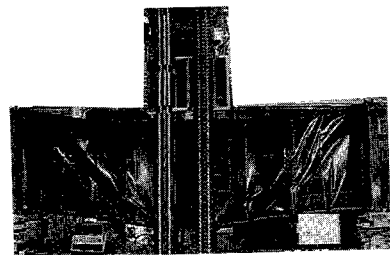
試験桁名	SB-C-1.6	SB-C-3.2	SB-C-5.0	SB-C-6.0
座屈モード	弾性	非弾性	非弾性	塑性
座屈形態	南側 部分パネル	北側 部分パネル	南側 部分パネル	南側 中央部
実験値 P_{cr}^E	16.9tf	83.2tf	133.7tf	138.9tf
計算値 P_{cr}^T	14.9tf	75.6tf	135.2tf	163.6tf
P_{cr}^E/P_{cr}^T	1.13	1.10	0.99	0.85



図－3 SB-C-1.6



図－4 SB-C-3.2, 5.0, 6.0



写真－1 張力場形成の状況