

I-A 43

実物大モデルによる波形鋼板ウェブのせん断座屈実験

横河工事技術本部 正会員 山崎 正直

同 上 内田 宗武

同 上 正会員 御子柴光春

1. はじめに

梁桁のウェブ材には、通常せん断応力の他に曲げによる橋軸方向応力が発生する。この軸方向応力のために、平板鋼板ウェブの圧縮側には補剛材が必要になり、高力ボルト継手ではフランジ近くの設計ボルト本数が増加する。波形折り曲げ加工を施した鋼板をウェブ材として使用すると、この構造上好ましくない橋軸方向応力が無視できるようになり、ウェブ本来の純せん断部材としての設計が可能となる。さらに適切な波形形状を選択することによりせん断座屈に対する補剛材も一切必要でなくなる。

この波形鋼板ウェブをPC連続箱桁「松の木7号橋」^[1]に適用するにあたり、先に実物大モデルによる性能確認実験を実施した^[2]。この実験では、波形鋼板ウェブのせん断座屈安定性に関する設計手法の妥当性を確認したが、波の高さが十分大きかったため弾性域での座屈現象が観察できなかった。そこで今回はさらに波の高さを小さくした3種類の実物大モデルを使って载荷実験を行い、全体座屈に関するせん断座屈耐力の評価を行った。

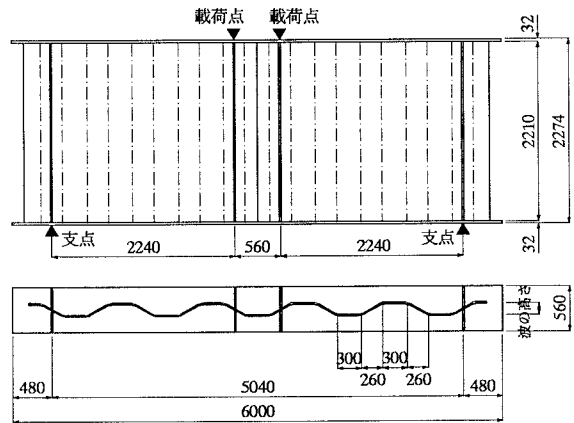


図-1 実験桁概要

2. 実験方法

実験桁は、図-1に示す「松の木7号橋」で使用したウェブと同じ板厚(9mm)・材質(SM490A)

・高さ(2210mm)の鋼板を用い、载荷時の曲げに

対して十分耐力のある鋼フランジを取り付けた。波の形状は波高をパラメータとして表-1のように設定した。また比較のため、道路橋示方書による全強補剛板ウェブと無補剛平板ウェブの実験桁も用意した。

実験は、2つの可動軸で単純支持した各実験桁スパン中央部に、静的2点载荷して行った。载荷荷重はウェブの左右どちらかがせん断座屈に至るまでとし、そのときの荷重を座屈荷重とした。実験桁ウェブには、面外変形に対応できるように両面に3軸ひずみゲージを貼り、鉛直変位とともに各荷重レベルでのひずみを測定した。なお、载荷には1,200ton加圧試験機を使用した。

3. 実験結果

図-2に波の高さをパラメータとして、各実験桁のウェブのせん断座屈発現時の、せん断応力度を実験結果として示す。CタイプのC-150とC-75では、複数の折り曲げ線にまたがった局所的な座屈モード、C-50からC-20までの4体は、フランジと荷重分配リブで囲まれたパネルの全体座屈モードが観察できた。いずれも载荷荷重増加中に激しい衝撃音を伴って突然発現し、図-3が示すような瞬間的な载荷荷重の低下と鉛直変位の増加がみとめられた。一方、平板ウェブのBタイプでは瞬間的な現象の変化はみとめられず、図-4が示すように荷重の増加が止まってから徐々に面外の座屈変形が進行していった。载荷は、荷重の増加が止まりウェブの座屈変形

表-1 実験桁の波の高さ

実験桁	波の高さ	備 考
C-150	150 mm	実橋と同一
C-75	75 mm	実橋の1/2
C-50	50 mm	実橋の1/3
C-40	40 mm	今回実験分
C-30	30 mm	今回実験分
C-20	20 mm	今回実験分
B-1	0 mm	全強補剛板
B-0	0 mm	無補剛平板

が肉眼で明らかにみとめられた時点で打ち切ったため、Bタイプについては座屈荷重を特定できなかった。

4. 推定値と考察

波形鋼板ウェブのせん断座屈は、局部座屈モード、連成座屈モード、全体座屈モードの3つのモードがあることが確認されている^[9]。

このうち局部座屈については、2つの折り目間で単純支持された帯板と見なすと、Cタイプの実験桁の場合、座屈強度： $\tau_{cr} = 7300 \text{ kgf/cm}^2$ と十分な耐力がある。

全体座屈については、ウェブパネルを直行異方性板として、John T. Easleyの式^[4]を適用すると図-2に示す2本の曲線が得られる。 β は材端の固定度を示す係数で、単純支持が $\beta = 1.0$ 、固定支持が $\beta = 1.9$ となっている。また、曲線の上限として、別途実施した材料引張り試験結果の降伏点応力度に、von Mises の降伏条件を適用したせん断降伏点応力度： $\tau_y = 2420 \text{ kgf/cm}^2$ を設定した。

座屈モードから推定すると、波の高さが50mmを境に小さいものが全体座屈、大きいものが連成座屈を示す結果となった。この値は材端を単純支持としたときの全体座屈強度曲線の上限值とほぼ一致しており、全体座屈モードを示した桁の実験結果もこの曲線によく一致する。実験では、フランジに鋼板を使用したため単純支持に近い結果となったが、波形鋼板ウェブをP Cフランジと組み合わせる場合には、固定支持に近くなるものと思われる。

5. おわりに

今回の実験は、弾性全体座屈を評価するために、あえて波の高さを小さくしたが、波形による軽快感などの視覚的効果を考えると、実橋と同程度の高さは必要と思われる。

最後に、実物大の桁の座屈実験という貴重なテーマを与えていただいた秋田県の方々、大規模な実験の段取りに甚大なる協力をいただいた、横河工事利根工場の方々に絶大なる感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 加藤，高橋，諏訪：波形鋼板ウェブP C連続桁を用いた松の木7号橋の計画と設計，土木学会第48回年次学術講演会概要集第1部，pp.1168～pp.1169，1993.9
- [2] 高橋，花田，加藤，山崎：波形鋼板ウェブP C連続箱桁「松の木7号橋」の模型実験，プレストレストコンクリート技術協会第5回シンポジウム論文集，pp.345～pp.350，1995.10
- [3] Jacques Combault，（訳）大浦：シャロール近くのモープレ高架橋，プレストレストコンクリート，Vol. 34，No. 1，pp. 63～pp. 71，1992.1
- [4] John T. Easley: Buckling Formulas for Corrugated Metal Shear Diaphragms, Journal of The structural division, p. 1403～pp. 1417, 1975. 7

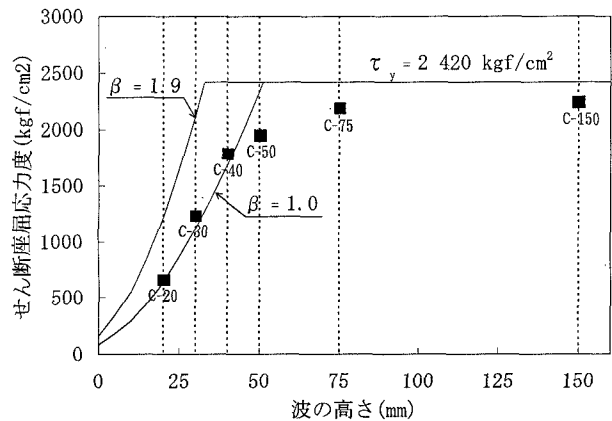


図-2 実験桁の座屈耐力

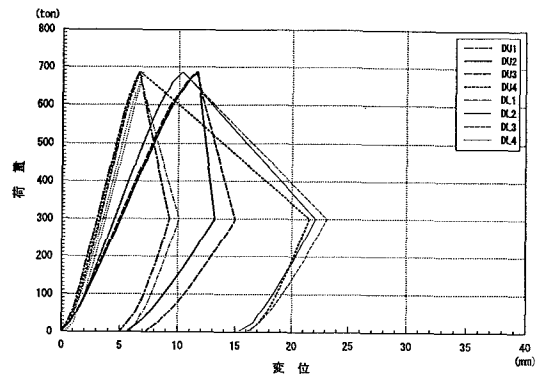


図-3 荷重-変位グラフ (C-50)

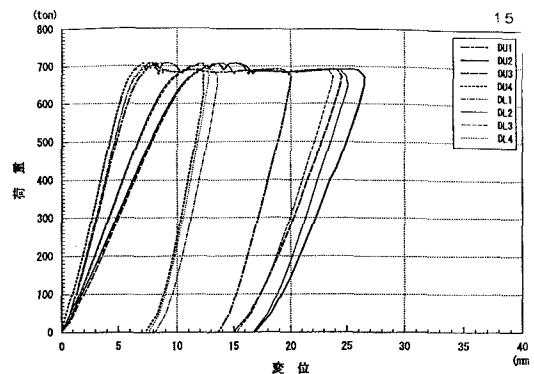


図-4 荷重-変位グラフ (B-1)