

波形の腹板からなる鋼 I 桁の終局せん断強度

関西大学大学院 学生員 ○ 廣瀬恵子 松尾橋梁（株） 正会員 明田啓史
 関西大学大学院 学生員 荒木 崇 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき

近年、PC箱桁橋の軽量化や合理化のため、コンクリート腹板に波形鋼板が採用されるようになった。波形鋼板は、その幾何形状上、フランジへのプレストレス導入の拘束が少なく、せん断強度上も有利である¹⁾。

本研究では、波形鋼板を腹板に用いた鋼 I 桁を対象に、その腹板の縦横比、幅厚比、波形の形状がせん断座屈強度に及ぼす影響を解析的に明らかにする。

2. 腹板に波形鋼板を用いた鋼 I 桁の解析モデル

PC箱桁橋の腹板には、波形鋼板がしばしば用いられるようになった。その変形挙動とせん断耐荷力を明らかにするため、Fig.1に示すようなパネル長が L' 、フランジ幅 b_f 、フランジ厚 t_f 、腹板高 h_w 、腹板厚 t_w の波形腹板からなる鋼 I 桁を解析対象とする。載荷点と支点上の腹板には垂直補剛材を、フランジには荷重分散用ソールプレートを設置した。Fig.2に波形鋼板の断面形状を示す。波板の断面形状は、凹凸の半波長における水平長 l' と実長 l_1 、 l_2 、 l_3 の和との比、すなわち形状係数 $\gamma = l'/(l_1+l_2+l_3)$ で表される。本研究では、採用実績の多い1パネル長が430mm、形状係数が0.93の波形鋼板を標準断面とする。Fig.1から明らかなように、支間中央で左右対称な桁を対象とするため、桁軸方向に半分を解析し、支間中央で対称条件を考える。ちなみに、縦横比は波板の1パネル長 a と腹板高 h_w との比である。腹板にSM400、その他にSM490Yの鋼種を用い、ヤング率は $E=210\text{GPa}$ 、ポアソン比は $\nu=0.3$ である。

3. 鋼 I 桁の弾塑性有限変位解析とその手法

せん断力を受ける鋼 I 桁の弾塑性有限変位解析に汎用有限要素プログラム“MARC 2000”を利用する。用いた要素は4節点厚肉シェル要素で、Up-dated Lagrangian手法で定式化された剛性方程式をNewton-Raphson法と弧長増分法で解いた。また、von Misesの降伏条件、Prandtl-Ruissの塑性流れ則、混合硬化則をそれぞれ選択した。せん断力の載荷法として、変位 $\delta_y = 2L \tau_y / G$ を基準に、スパン中央の荷重点に鉛直変位を与える方法を採用した。

4. 数値解析結果とその考察

4.1 幅厚比が鋼 I 桁のせん断耐荷力に及ぼす影響

腹板の幅厚比が $h_w/t_w=168$ 、200、250の鋼 I 桁のせん断力 - せん断変位の関係を図示すれば、Fig.3を得る。た

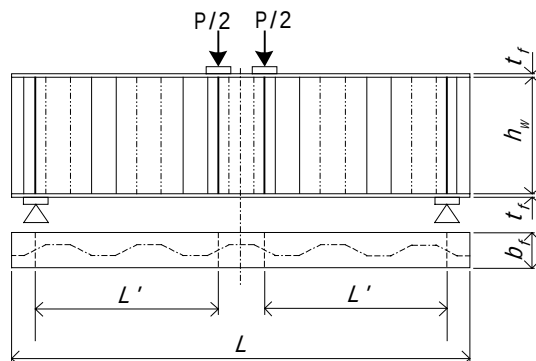


Fig.1 腹板に波板を用いた鋼I桁と載荷状態

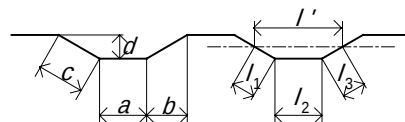


Fig.2 波板鋼板の断面形状

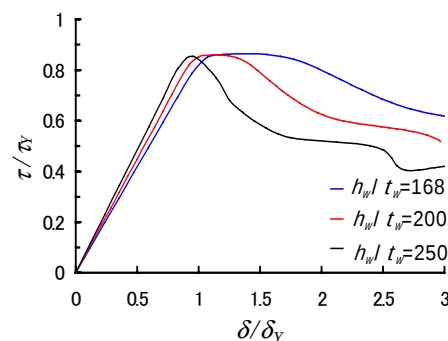


Fig.3 種々の幅厚比(h_w/t_w)に対する鋼I桁のせん断力-せん断変位の関係

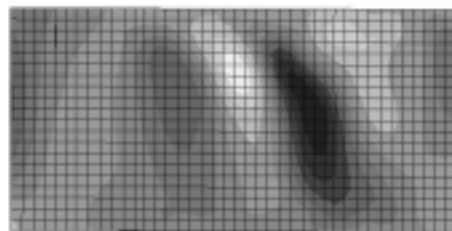


Fig.4 最高荷重時の腹板の面外たわみ分布

Key words：波形鋼板，せん断座屈，解析

連絡先：〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 TEL 06-6368-0882 FAX 06-6368-0882

だし、波板の波長を430mm、板厚を8mm、10mm、12mmに固定した。図から明らかなように、腹板の幅厚比はせん断耐荷力に影響せず、鋼I桁はほぼ同程度の強度を有する。しかし、腹板の幅厚比は最高荷重後の劣化挙動に大いに関係し、幅厚比が大きいと明らかに変形性能に劣る。

最高荷重時における腹板の面外たわみ分布を図示すれば、Fig.4を得る。ただし、波板の波長が430mm、板厚が10mmの場合である。図から明らかなように、腹板はせん断座屈特有の斜張力場を伴った座屈変形を呈する。また、波形鋼板の特徴も現れ、座屈変形は凹凸からなる波板の腹でほぼ1パネルごとに現れ、波板の斜辺はあたかも垂直補剛材のように働く。

4.2 波板の縦横比が鋼I桁のせん断耐荷力に及ぼす影響

種々の縦横比に対するせん断力 - せん断変位の関係を求めれば、Fig.5を得る。ただし、波板のパネル長は334mm、430mm、574mmで、板厚を10mmに固定した。図から明らかなように、波板の波長が長くなっても最高荷重は変化しない。ただし、波長が長くなると、波形腹板は扁平な無補剛腹板に近づき、最高荷重後の劣化域での強度低下が顕著になる。それゆえ、せん断力を受ける補剛腹板特有の張力場作用が十分に期待できない。

4.3 波板の形状係数が鋼I桁のせん断耐荷力に及ぼす影響

種々の形状係数に対するせん断力 - せん断変位の関係を図示すれば、Fig.6とFig.7を得る。ここに、波板の波長は430mm、574mmである。せん断強度は、形状係数が0.99の場合を除いて、形状係数に関わらず、ほぼ一定であることがわかる。

また、波板の波長が574mmの場合に対して、形状係数が小さい場合、すなわち波板の凹凸が顕著な場合の荷重 - 変位関係をFig.8に示す。図から明らかなように、形状係数が0.90の、最も凹凸のある桁のせん断耐荷力の低下が著しい。これは、波長が広くなると、波高が大きくなり、構造上安定性が失われた結果と考えられる。それゆえ、強度上、最適な形状係数が存在する。以上のことから、採用実績の多いパネル長が430mm、形状係数が0.93よりも、比較的パネル長が長く形状係数が大きい波の形状を有するもの、つまりパネル長が500mmを越え、形状係数が0.96程度でも十分なせん断強度を有している。

5. あとがき

本研究では、採用実績の多い波長より長い波板からなる鋼I桁のせん断耐荷力と変形挙動を解析的に明らかにした。その結果、波長が長く、形状係数が大きいすなわち扁平な波板でも垂直補剛材がないにも関わらず、十分なせん断耐荷力を有しており、より一層の省力化が可能であることが明らかになった。なお、最高荷重後の劣化域において、急激で極端な強度低下が起こるため、その使用にあたっては注意を要する。

参考文献 1) 山崎：構造工学論文集，Vol.47A，pp.19-26，2001-3。

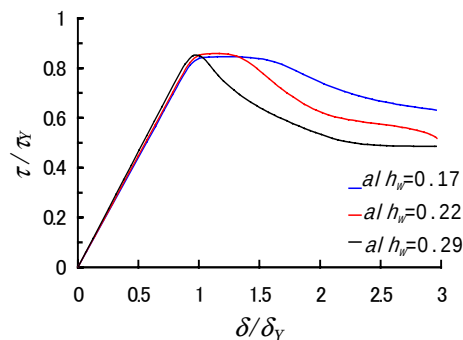


Fig.5 種々の縦横比 (a/h_w) に対する鋼I桁のせん断力-せん断変位関係

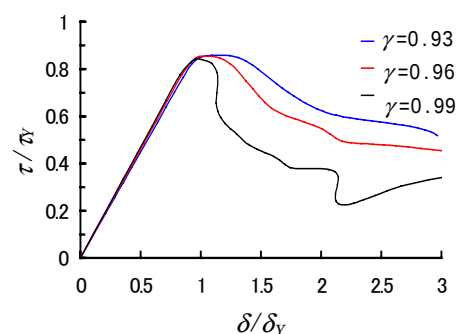


Fig.6 種々の波板形状に対するせん断力-せん断変位の関係 ($a=430\text{mm}$)

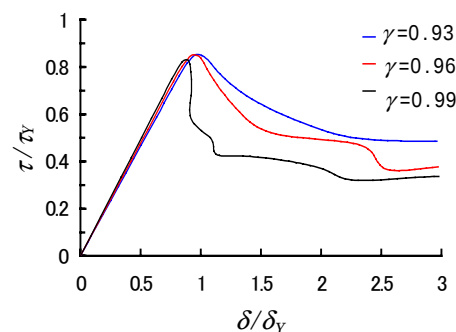


Fig.7 種々の波板形状に対するせん断力-せん断変位の関係 ($a=574\text{mm}$)

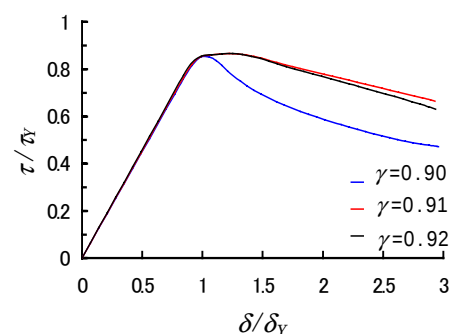


Fig.8 種々の波板形状に対するせん断力-せん断変位の関係 ($a=574\text{mm}$)