

波形鋼腹板の有効幅に対する腹板形状の影響について

岐阜大学大学院 学生会員 ○酒井 友紀

岐阜大学 正会員 村上 茂之

大阪大学大学院 正会員 奈良 敬

1. 目的

鋼・コンクリート複合橋梁の一つに波形鋼板を腹板に用いた波形鋼腹板 PC 箱桁橋がある。波形鋼板は軸方向に柔軟に変形する性質によるアコーディオン効果が期待できるため、プレストレスを効率よく導入できるとされている。

この構造形式において腹板とコンクリートフランジの接合部は埋め込み接合方式と鋼フランジ接合方式に大別される。鋼フランジ接合方式の場合には鋼フランジが腹板を拘束することにより接合部近傍である程度の剛性を有するようになる。現行の設計ではこの剛性を無視してよいとしている。この剛性の評価法として平板の有効幅の概念を拡張し、波形鋼板を平板に置換する方法が提案されている¹⁾。そこで本論文ではプレストレス力導入時に着目した数値解析結果に基づき有効幅を導き、腹板高や板厚、波高の変化が波形鋼腹板の有効幅に与える影響を考察する。

2. 解析モデルおよび構造諸元

解析は解析モデルに対し橋軸方向の純圧縮を強制変位として単調載荷する。解析モデルは図 1 に示すような波形鋼腹板の 1 波を対象とした。鋼フランジの拘束効果は境界条件(図 1)で考慮する。X=0 を支持辺、X=L を載荷辺とする。また解析モデルに導入する溶接残留応力は I 断面桁と同様の大きさであると仮定し、圧縮残留応力度 σ_{rc} を $-0.3\sigma_y$ とする矩形分布で与えた。

構造諸元は表 1 に示す通りで、実橋データに基づき選定した。鋼種は SM490Y 相当を対象とする(降伏応力 355N/mm^2)。解析で与える強制変位量 u_{ck} は波形鋼板がプレストレストコンクリート構造物の腹板に適用されていることを考慮すると、許容圧縮変位量はコンクリートの許容応力度 σ_{ck} から次式で求められる。

$$u_{ck} = -\frac{\sigma_{ck} \times 2L}{E_c} \quad (1)$$

ここに、L は解析長、 E_c はコンクリートの弾性係数である。今回用いた解析モデルの導入変位は、鋼材が降伏するときの圧縮変位に対し 0.332 倍となった。

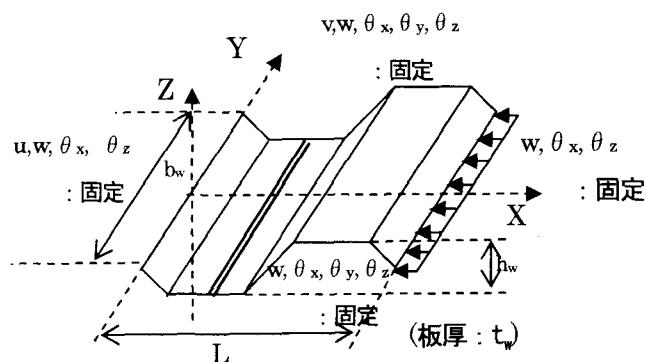


図 1 解析モデル、境界条件と荷重条件

表 1 構造諸元

板長 L	900, 1120, 1200, 1600
腹板高 b_w	1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000
板厚 t_w	8, 13, 18, 23, 28
波高 h_w	150, 160, 200, 220

unit:mm

3. 解析結果と考察

3. 1 有効幅の算出

文献(1)において鋼フランジを有する波形鋼板を、それと等価な軸方向剛性を持つ平板に置換することにより波形鋼板の軸方向剛性の評価を行っている。応力-変位関係より平板を全断面有効とすると、波形鋼板の割線勾配は b_e/b_w で表される。よって、波形鋼板の有効幅(b_e)はその割線勾配に腹板高(b_w)を乗ずることにより算出する。

3. 2 腹板形状と有効幅の関係

本論文では(a)腹板高、(b)板厚、(c)波高の 3 項目を用いて腹板形状と有効幅の関係を考察する。

図 2 は腹板長さ 1600mm、波高が 150mm の諸元の幅厚比と有効幅の関係を示す。縦軸は有効幅を腹板高で無次元化し、横軸は腹板高を板厚で無次元化した幅厚比を示す。この図は腹板高の変化が有効幅及び有効断面に与える影響を示したものである。腹板高が小さいモデルでは有効幅に対する影響は大きく、腹板高の増大に伴いその影響は小さくなる。この傾向は他の諸元においても同様であった。

また、腹板高が 2000～6000mm のモデルでは腹板断面の約 1～4 割が有効断面となり、腹板高が 1000mm のモデルにおいては腹板断面の約 5～8 割が有効断面となる。腹板高が 1000mm のモデルとそれ以外の腹板高のモデルには以上に示したような相違が見られた。

図 3 は波高と有効幅の関係を示す。縦軸は有効幅を腹板高で無次元化し、横軸は波高を板厚で無次元化した。これを見ると波高の増大に従い、有効幅は減少し一定値に漸近する。実橋梁で用いられている h_w/t_w は約 10～20 であり、この結果よりその範囲において有効幅の変化は小さいため、波高が有効幅に与える影響は小さいと考えてよい。また、図 2、図 3 より有効幅と板厚の関係を考察すると、板厚の増大は有効幅を増大させる傾向が見られるが板厚の影響は顕著には現れなかった。また、これらの図では、腹板高が 1000mm のモデルと他のモデルにおいて、有効幅に大きな違いが確認できる。この原因としては、以下の述べる波形鋼腹板内の応力分布の相違によって説明できる。図 4 は腹板高が 1000mm と 2000mm、6000mm のモデルの平行部断面(図 1 の 2 重線部)の応力分布 ($L=1600\text{mm}$, $t_w=8\text{mm}$, $h_w=220\text{mm}$) を示す。これを見ると腹板高が 2000mm、6000mm のモデルでは腹板中央部において、応力がほぼ 0 に等しい領域が明確に現れているが、腹板高が 1000mm のモデルでは応力が生じていない領域が明確ではなく、応力分布において明確に相違がある。一般に波形鋼板におけるアコーディオン効果とは、その形状により軸方向力に抵抗しない、つまりひずみあるいは応力が生じないことを意味している。しかし、本研究で対象としているフランジを有する波形鋼板では、フランジの拘束効果によって、腹板が軸力に抵抗し応力が発生する。この時、アコーディオン効果の低減は、フランジの拘束効果の大小に左右される。つまり、フランジの拘束効果が影響する領域の大小が、アコーディオン効果の大小、つまり有効幅に大きく影響する。図 4 の応力分布において腹板高が 1000mm のモデルでは全断面で荷重に抵抗しているため、腹板高が 1000mm のモデルと 2000～6000mm のモデルは区別する必要がある。

4. まとめ

プレストレス導入時に波形鋼腹板が鋼フランジの拘束効果により生じるようになる軸方向剛性は有効幅で評価することができる。剛性を有効幅を用いて評価するにあたり、波型鋼板の形状が有効幅に与える影響を検討する必要がある。そこで本論文では、プレストレス導入時に

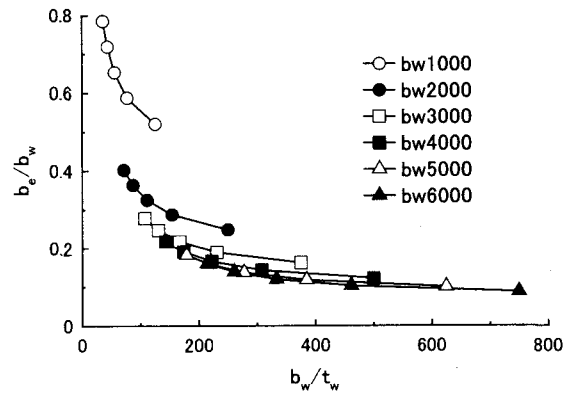


図 2 腹板高一有効幅関係 ($L=1600\text{mm}$)

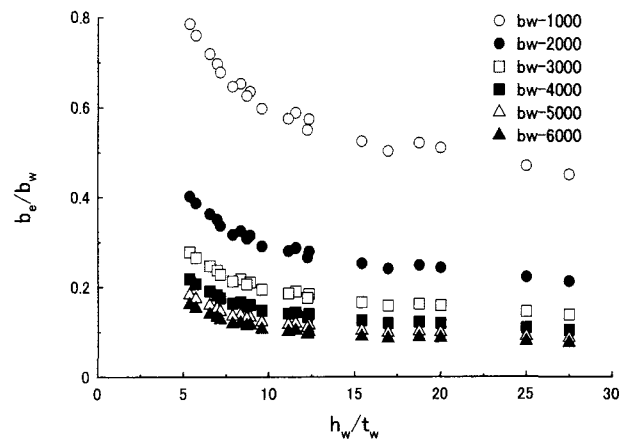


図 3 波高一有効幅関係 ($L=1600\text{mm}$)

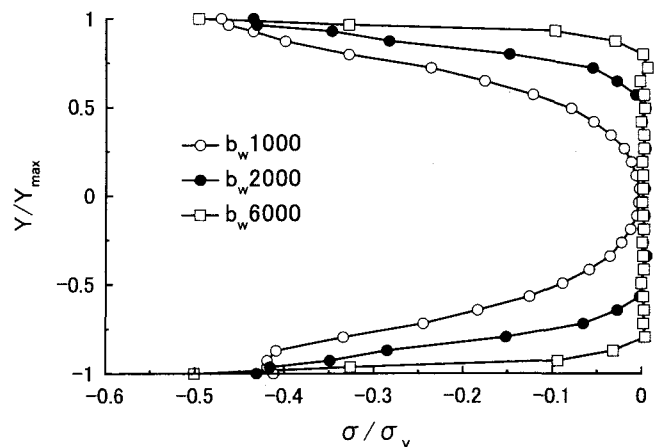


図 4 応力分布 ($L=1600\text{mm}$)

着目した波形鋼腹板の有効幅に対する腹板形状(腹板高、板厚、波高)の影響を検討した。その結果、腹板形状による有効幅の変化は顕著には現れなかった。しかし、波形鋼腹板は腹板高が 1000mm のモデルにおいては腹板断面に対する有効断面の割合が大きく、腹板高が 2000～6000mm のモデルと区別する必要性を見出した。

【参考文献】1) 酒井友紀, 奈良敬, 村上茂之: 波形鋼腹板の有効幅に関する考察, 土木学会第 60 回年次学術講演会, 1-446, 2005, 9, 2) 波形鋼板ウェブ合成構造研究会: 波形鋼板ウェブ PC 橋計画マニュアル(案), 1998, 12