

波形腹板のせん断座屈強度

宮崎大学大学院 ○学生員 岩田 広己
宮崎大学工学部 正 員 今井富士夫
宮崎大学工学部 正 員 中沢 隆雄

1. まえがき

最近、波形鋼板が主桁重量の軽減からプレストレストコンクリート橋の腹板に採用されるようになってきた。このような波形腹板はプレストッシングによる軸力にはほとんど抵抗せず、せん断のみに抵抗する構造要素となっている。このことから、本報告は波形腹板のせん断変形特性を明らかにするために、種々の形状の異なる波形腹板の有限変位解析を行い、せん断座屈強度や後座屈挙動について検討するものである。

2. アイソパラメトリック要素による有限変位理論の定式化

本解析では有限要素法を採用し、そこでの要素は任意の曲面形状などを簡易に導入できるアイソパラメトリック要素を使用した。定式化での仮定は以下のようである。1) 一要素面内において、板面方向の応力は一定であるとする。2) 変形前の中立面に対する垂線は変形後も直線を保つが中立面において直角である必要はない。また、micro 変形に対応した面内回転剛性を導入し¹⁾、1 節点 6 自由度の 9 節点アイソパラメトリック要素を適用することで、非常に大きな変形領域に至るまでの推移を把握できるものと考えた。

変位を有限個の節点パラメータ u によって規定し、仮想仕事の原理より得られたつり合い式を du について変分すると次式のようになる。

$$d\psi = \int_V dB_L^T \sigma dV + \bar{K}_T du = K_T du \quad (1)$$

式 (1) の $\bar{K}_T$ は以下のように定義される。

$$\bar{K}_T = \int_V (B_L + B_N)^T D (B_L + B_N) dV \quad (2)$$

ここに、 D は弾性剛性マトリックス、 B_L, B_N は線形および非線形ひずみマトリックスである。

3. 解析結果

解析モデルは図-1 に示すように 4 波形の波形鋼板で、境界条件は 4 辺単純支持とし、断面諸量は表-1 に示す。解析では解析モデルに純せん断応力状態が発生するような強制変位を 4 辺に与え、桁高 (B) を変化させることで波形の形状による座屈挙動の影響をみることにした。ここでは各板要素の初期不整量に関しては考慮していない。

桁高 (B) を 180cm, 360cm, 540cm と変化させた場合をそれぞれ Case1, Case2, Case3 とした。図-2 はこれらの荷重-変位曲線を示したもので、縦軸は平均せん断応力 τ_{xy} を、横軸は波形腹板の中央点での面外変形量 w を表している。この図から明らかなように、Case1 については緩やかな変形挙動を呈しており、後座屈強度も大きく期待できるが、桁高の増加に伴い座屈強度および後座屈強度が減少していく傾向にある。特に Case3 では座屈後 Case1 とは逆向きに変位していることから、その変形状態の違いを確認するために、

表-1 解析モデルの断面諸量

E (弾性係数)	=	$2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
ν (ポアソン比)	=	0.3
t (板厚)	=	0.9cm
h (波高)	=	18.0cm

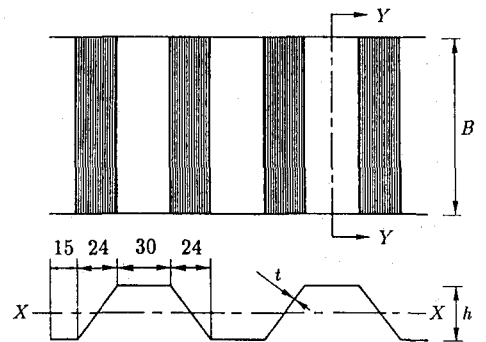


図-1 解析モデル (単位:cm)

図-3に座屈後の変形モードを示した。Case1では個々の折れ板要素のせん断座屈を示し、Case3では系全体の膨らみによる全体座屈を起こしているように思われる。せん断座屈応力度と桁高の変化に対する関係を示したものが図-4である。図中のIは単純支持された折れ板要素のせん断応力の理論値であり、局部座屈を表したものである。IIは波形板を直行異方性板と仮定して参考文献3)より得られたもので全体座屈を表している。表-2は、これらの理論値と解析値を整理したものである。これらの図や表からも明らかなように、解析値は、桁高が低いときには理論Iと、桁高が高い場合には理論IIと良く一致するが、桁高が300cm~500cmのときは、いずれの理論値よりも低い値をとっていることが判る。この区間のような座屈領域の存在を Combault²⁾は実験より明らかにしており、複合座屈と定義している。本報告では、複合座屈領域を解析的に明らかにしたと言えよう。

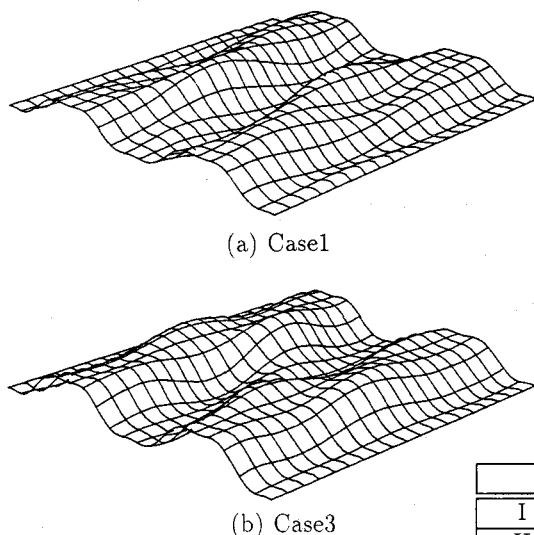


図-3 せん断座屈モード

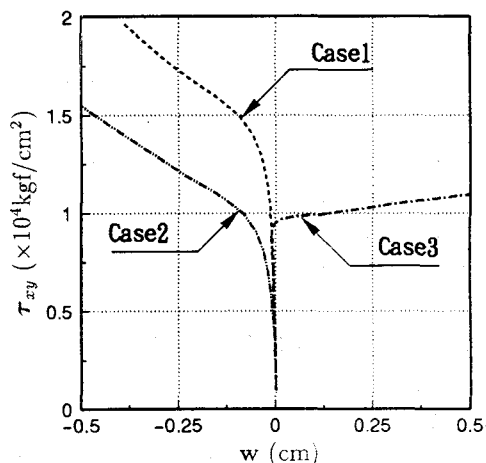


図-2 波形腹板の荷重-たわみ曲線

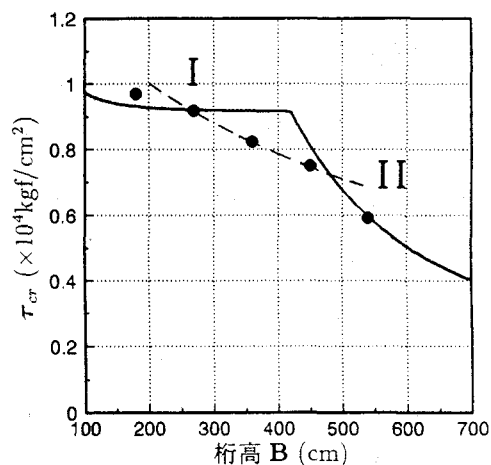


図-4 桁高 B の変化によるせん断座屈応力

表-2 せん断座屈応力

	180cm	270cm	360cm	450cm	540cm
I	9312.0	9206.1	9169.0	9152.0	9143.0
II	44680.0	20490.0	12020.0	8097.0	5968.0
解析値	9705.9	9182.0	8235.0	7522.0	5938.0

(単位:kgf/cm²)

4. あとがき

波形腹板のせん断座屈解析を行い、桁高が耐荷力に大きな影響を与えることが確認できた。座屈形式は局部座屈、複合座屈、全体座屈の3つのタイプに分かれることを解析的に確認した。

参考文献

- 1) 鈴木敏郎, 金子洋文: 有限要素部材構成板要素の座屈及び座屈後挙動の大変位解析, 日本建築学会論文報告集, 第316号, pp9~17, 1982.6
- 2) Jacques Combault, 大浦訳: ショ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, pp63~71, (社)プレストレストコンクリート技術協会, 1992
- 3) 土木学会: 鋼構造シリーズ2 座屈設計ガイドライン, 1987.10