

京都大学工教 正員 米沢 博

呉造船所 正員 中原 久

呉造船所 正員 ○松下貞義

1. まえがき

プレートガーダーの薄い腹板を考える場合、主として問題となるのは腹板のせん断強度である。この場合腹板は普通フランジと補剛材によつて支持された矩形板として取扱われているが、本論文では、さらに斜め圧縮方向に補剛材で補剛して腹板のせん断弾性座屈強度の向上を調べようとするものである。斜め方向に補剛された矩形板のせん断座屈については、いままで2, 3の理論的研究が見られるが、これらはいずれも斜め方向補剛正方形板（縦横比 $\alpha=1$ ）の場合のみに限られており、一般的矩形板についてはまだ見当たらないようである。従つてここでは $\alpha=1$ のみでなく一般的斜め方向補剛矩形板のせん断弾性座屈係数を、階差法を用いて計算し、従来の無補剛矩形板と比較してせん断座屈強度がどの程度向上するかを調べ、さらに実験桁の載荷試験を行い理論結果との比較検討を試みた。

2. 理論計算

図-1に示すように斜め圧縮方向に補剛された2辺の長さ a 、 b の矩形板が純せん断応力を受ける場合を考える。せん断応力 τ を受ける平面のタワミ曲面の微分方程式は

$$\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} - 2\tau \frac{t}{D} \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} = 0 \quad (1)$$

ここで

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$$

上式中 t , E , ν はそれぞれ平板の板厚、弾性係数、ポアソン比を示す。一方せん断座屈応力は、せん断座屈係数を k とすれば

$$\tau_{cr} = k\tau_e = k \frac{\tau^2 D}{b^2 t} \quad (2)$$

いま、矩形板の2辺、 a , b を n 等分して間隔、 λ_x , λ_y なるネットワークを考え、式(2)を式(1)の τ に代入したものを階差方程式に換へるとし方程式左辺のタワミ W の係数は図-3(C)のようになる。ただし図-3において ϕ , α は

$$\phi = \frac{k\tau^2}{2n^2}, \quad \alpha = \frac{a}{b} = \frac{\lambda_x}{\lambda_y} \quad (3)$$

斜め方向補剛矩形板の境界条件は、図-2において矩形板の周辺、 $x=0$, a , $y=0$, b で

C A S E (I) ; 周辺単純支持

C A S E (II) ; 周辺固定支持

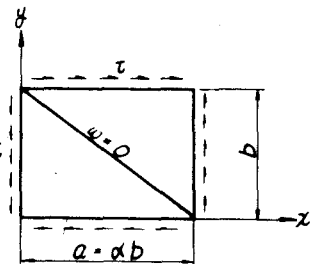


図-1

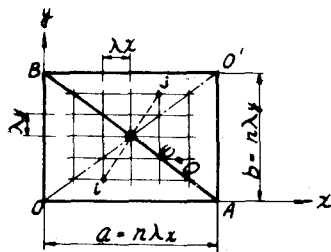


図-2

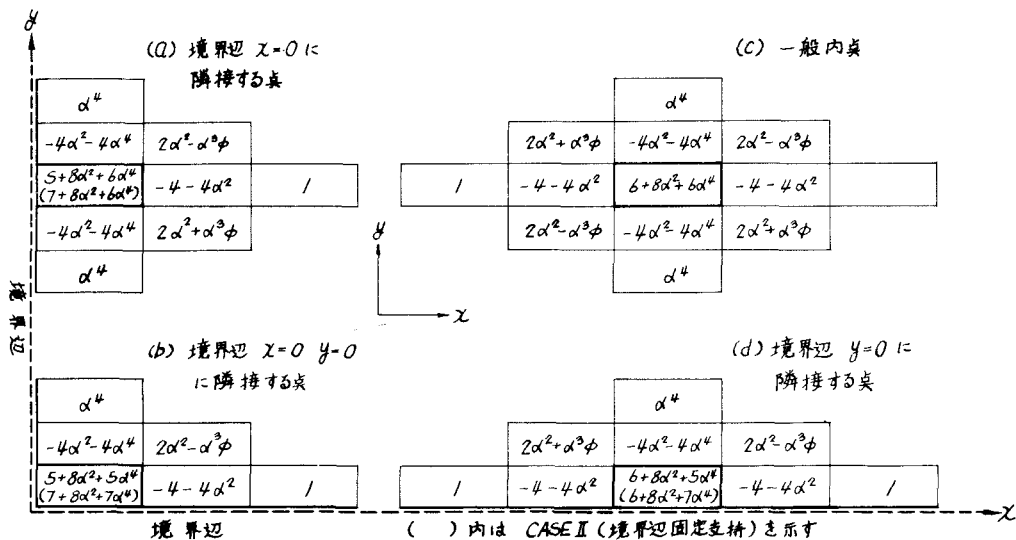


図-3 階差方程式の係数

とし、それらの境界辺に隣接する点の階差方程式の W の係数は図-3 (a), (b), (d) に示す。一方、斜め補剛辺 AB では CAB (I), (II) いずれの場合も単純支持、すなわち補剛材のタワミはないものとする。また三角形区画 BOA と $BO'A$ との腹板のタワミの關係は、矩形板の中心点に関して点対称の点 i, j において

$$W_i = -W_j$$

とする。以上の境界条件を考慮して階差方程式を作成すると腹板のタワミ W の係数行列式 (4) を得る。

$$[A]\{W\} = 0 \quad \text{----- (4)}$$

こゝで $\{W\}$ は列マトリクス

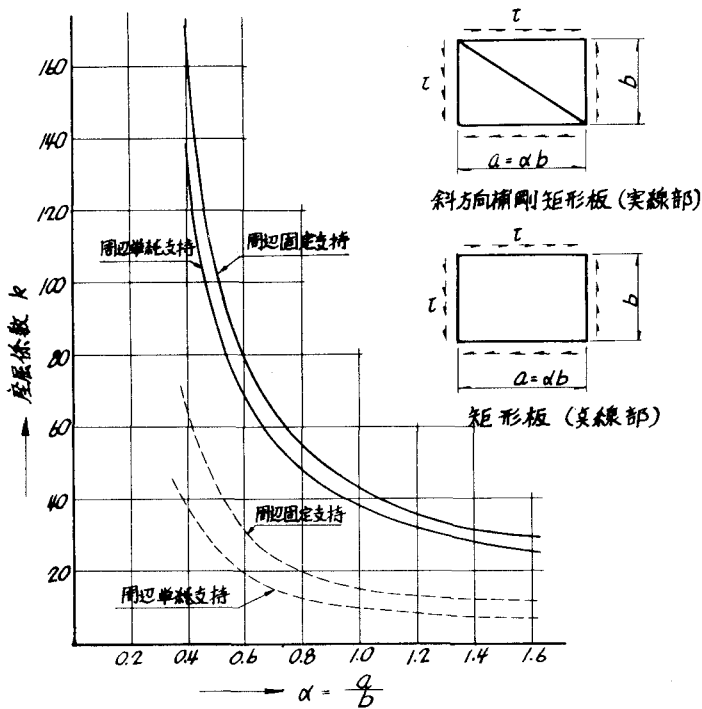


図-4

[A] は ϕ 、 α によつて表わされる要素をもつ係数正方向列である。式(4)において正の最小固有値 ϕ を計算すれば、式(3)よりセン断弾性座屈係数 k が求まる。こゝでは分割数 $n=8$ とした場合の計算結果を図-4 (実線) に示す。図によれば、普通の無補剛矩形板 (図には点線で示す) に比し著るしくセン断強度が向上していることがわかる。また境界条件をそれぞれ周辺単純支持あるいは周辺固定支持とすることによつて k の値が、無補剛矩形板は著るしく違つてくるが、斜め方向補剛矩形板の方はあまり変化がないことも特徴的である。

3. 実験

実験桁は図-5 に示すように、フランジおよび補剛材に山型鋼を、腹板に板厚 1.6 mm の磨薄鋼板 (BPC) を用い、 $W\frac{1}{2}$ の H.Bolt によるボルト構造とし、荷重は桁中央に載荷してセン断試験を行つた。また実験桁の横倒れ防止のため、図-5 のように支点上にウイングを取付けた。フランジ、補剛材の断面は比較的剛性の大きい断面にし、一方腹板はできるだけ薄くして、三角形区画内での腹板のセ

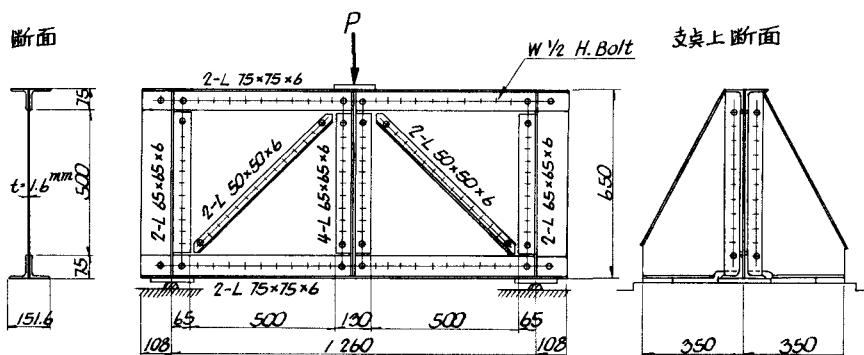


図-5 実験桁

ン断弾性座屈の性状を把握しやすい桁断面とした。腹板に使用した磨薄鋼板 (BPC) の材料試験結果は表-1 に示す。

載荷は段階的に載荷および除荷をくり返しながその都度各測定を行つた。測定については、ダイヤルゲージで腹板の水平タワミ δ_w 、桁のタワミ δ を計

測し、電気歪抵抗線に使つて腹板のヒズミ ϵ を計測し、主応力 σ_1 、 σ_2 を算出した。それらの代表的な測点での計測結果は図-6、図-7、図-8 に示す。

これらの計測結果によれば、 $P-\delta$ 曲線ではセン断座屈時における桁のタワミの変向点は明確にあらわれなかつたが、 $P-\delta_w$ および $P-\sigma_1$ 、 σ_2 曲線では明確な変向点があらわれた。推定セン断座屈荷重が理論値より低めに出ているのは、理論値がネットワークの分割数 $n=8$ の場合の計算結果のため実際より高めの近似解が得られているのと、実験桁の腹板の座屈がセン断と多少の曲げによる合

表-1 材料試験結果
(JIS 5号試験片)

NO	板厚 (mm)	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)
1	1.68	29.8	38.6	34.0
2	1.66	32.2	39.3	34.8
3	1.67	30.4	38.9	32.0

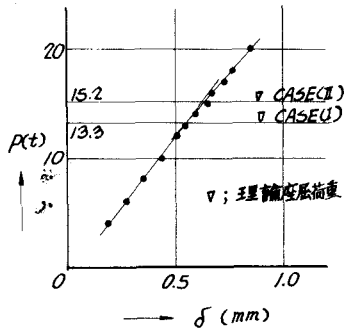


図-6 P- δ 曲線図 (桁中央タワミ)

成座屈であることに起因しているものと思われる。

3. 結論

斜め方向補剛ウェブのセン断座屈については、いまだで、計算の簡単な斜方向補剛正方形板 ($\alpha = 1$) でしかも周辺単純支持の場合しか計算されていなかったが、本論文では、境界条件を周辺単純支持と周辺固定支持の2つの場合についてそれぞれ縦横比 α を 0.4 ~ 1.0 まで拡張してセン断座屈係数を階差法により求めた。そしてさらに $\alpha = 1$ の場合の実験を試みたが、腹板のセン断座屈についてみる限り、斜め方向の補剛は腹板の座屈強さの向上に充分効果があることを確認した。

今後 $\alpha = 0.8, 1.4$ の場合についても実験するつもりである。また今後の問題点としては、分割数 $n = 8$ の場合の計算誤差の推定および斜め方向補剛矩形板の曲げ座屈の解析等が残されているが機会があれば取扱つてみたいと思っている。

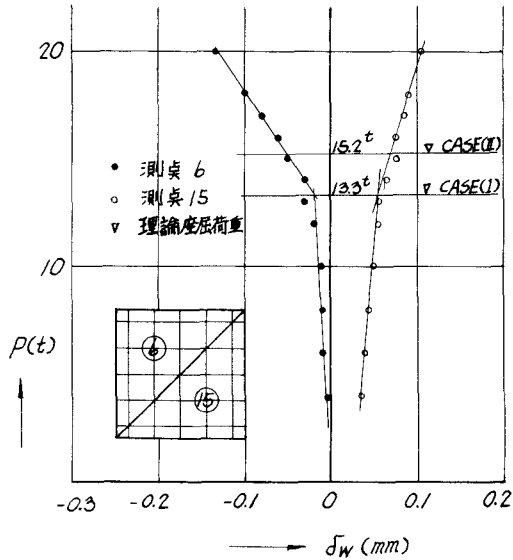


図-7 P- δ_w 曲線図 (測点 6, 15)

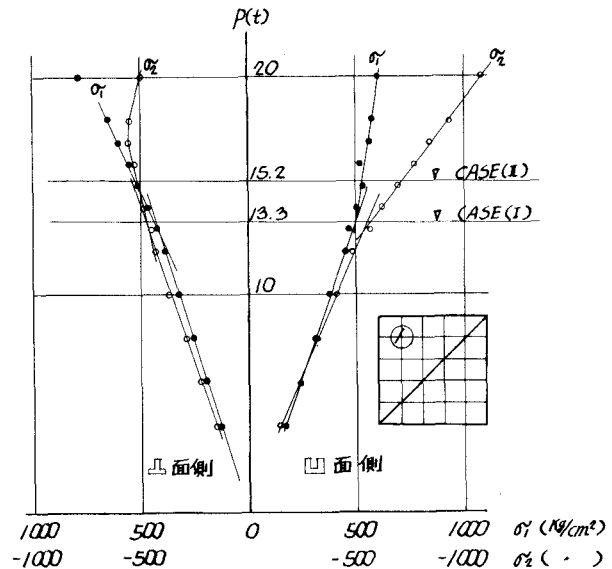


図-8 P- σ_1, σ_2 曲線図 (測点 1)