

I - 9 主桁フランジとしての補強板の挙動について

東京大学 正員 奥村敏恵
○ 川崎重工業 正員 熱田稔雄

[概要]

水内扉の受圧版のように、補強板が直接水圧による曲げを受けると同時に、主桁フランジとして軸圧縮力を受ける場合の挙動について、直交異方性板理論により、各部の応力が有効中について計算し、更にスキンプレートに拘結したパネルの撓みによる有効中の減少について検討した。同時に縦横リブで補強された受圧版を主桁フランジとする水内扉の実物大試験体の加圧試験を行って、計算結果の妥当性を確認した。又、この結果より水内扉設計上の指針を得た。

[理論]

直交異方性フランジの有効中——応力函数 F に関する通合条件式 $\frac{1}{E_x} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + \frac{1}{E_y} \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} + \frac{1}{E_y} \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} = 0$ を解き、有効中比として次式を得た、

$$\frac{\lambda}{B} = \frac{2L}{\pi B} \frac{\beta^2 - d^2}{\frac{d(\beta^2 - e_x)}{\tanh \frac{\pi \beta}{2L}} - \frac{\beta(d^2 - e_x)}{\tanh \frac{\pi B}{2L}}}$$

$$\begin{aligned} \lambda = 1 & \quad e_x = 1.3(a_x + 1) \quad e_y = 1.3(a_y + 1) \\ d & = [e_x + (e_x^2 - \frac{c_x}{e_y})^{1/2}]^{1/2} \\ \beta & = [e_x - (e_x^2 - \frac{c_x}{e_y})^{1/2}]^{1/2} \end{aligned}$$

これは補強板の辺長比 λ/L 、スキンプレートと縦横リブの断面積比 a_x, a_y だけの函数である。

これを図示すると、第1図のように縦リブの剛性が増すに従って有効中は減少する。又、横リブ断面の大きさにはあまり影響されない。

受圧作用——主桁上で連続支持されている直交異方性板として撓みを次の形に導いた、

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4A^4 \pi}{(n\pi)^3 D_x} \left[1 - \frac{2}{d \sin 2\beta_n + \beta \sin 2\alpha_n} \left\{ A \cosh \frac{2\pi n y}{a} \cos \frac{2\pi n y}{a} + B \sin \frac{2\pi n y}{a} \sin \frac{2\pi n y}{a} \right\} \right] \sin \frac{n\pi x}{L}$$

$$\lambda = 1 \quad A = d \cosh d_n \sin \beta_n + \beta \sinh d_n \cos \beta_n$$

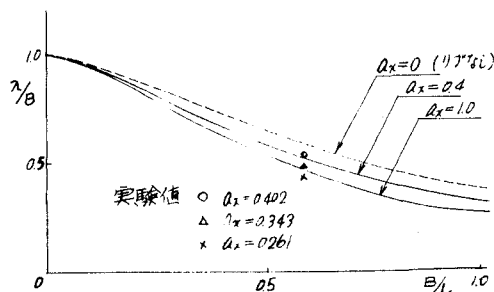
$$B = d \sinh d_n \cos \beta_n - \beta \cosh d_n \sin \beta_n$$

$$d = \frac{\pi}{2} \left(\frac{D_x}{D_y} \right)^{1/4} \left(\frac{1+K}{2} \right)^{1/2}$$

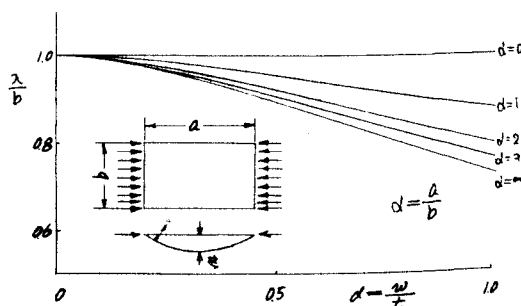
$$\beta = \frac{\pi}{2} \left(\frac{D_x}{D_y} \right)^{1/4} \left(\frac{1-K}{2} \right)^{1/2} \quad K = \frac{H}{\sqrt{D_x D_y}}$$

これより縦横リブの変形及び応力を求めた。

撓んだスキンプレートの有効中——水圧によるパネルの撓みを初期撓みと考える場合のパネルの弛張後の問題として、有効中入をパネル中央の撓みの函数として次式を導いた、



第1図 直交異方性板の有効中



第2図 パネルの撓みと有効中の関係

$$\frac{\lambda}{b} = \frac{d^4 + 1}{3d^4 + 1} + \frac{2d^4}{3d^4 + 1} \cdot \frac{1}{0.683 \frac{1+d^4}{(1+d^4)^2} \cdot d^2 + 1}$$

==1= d : 撓みと板厚との比 l/t

d : パネルの辺長比 a/b

==2= を図示すると才2図のようになる。

[実験]

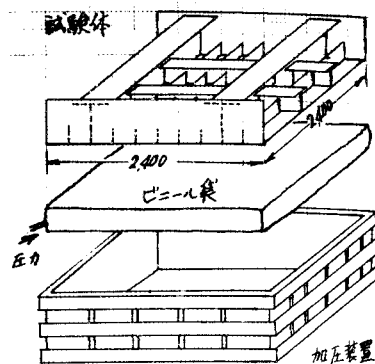
試験体及び加圧装置を才3図に示す。すなわち、ビニール袋中に圧搾空気を送り込むことにより単位分布荷重を載荷した。主桁フランジの有効中については才1図のように縦リブによる有効中の減少が認められる。又、受圧板各部の応力についても計算値とある程度の一致を見た。一例として主桁スパン中央断面に於けるスキンプレート軸方向応力分布は才5図のようになる。更に、受圧板中央の變形は才6図のようになり、主桁に塑性域が生ずるまでは直線的に変化する。

[結論]

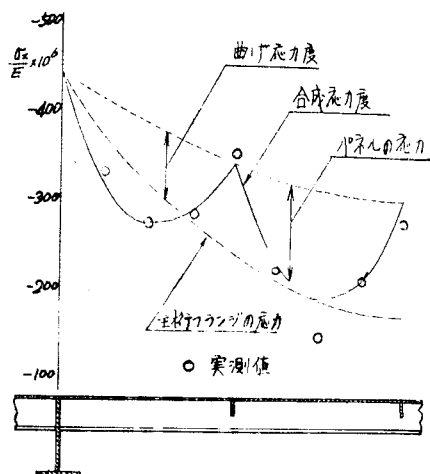
主桁フランジとしての補強板を設計する場合に才1図による有効中の減少を考慮しなければならない。又、スキンプレートについてはその応力は検討する必要がないが、軸圧縮に対する有効中を減じない様に、撓みを制限すべきである。例えは才2図により90%の有効中を確保する為には、パネルの撓みは板厚の半分以上に制限される。辺長比 a/b が非常に小さい時にはこの条件は次のようになる、

$$\left(\frac{1}{b}\right)^2 \geq 3048 \times 10^{-6} \left(\frac{b}{a}\right)^2 p + 8858 \times 10^{-6} \left(\frac{1}{E}\right)^2 g^2$$

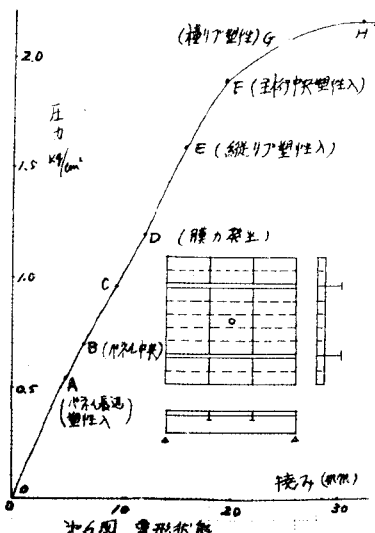
==1= p : 面内圧縮応力度 kg/cm^2
 g : 単位分布荷重 kg/cm^2



才3図



才5図 スキンプレートの軸圧縮応力



試験体寸法 (mm)	主桁	スパン 間隔	No1	No2	No3
			2,400	2,400	2,400
			1,400	1,400	1,400
			250×9	250×9	250×9
横リブ	断面	フランジ	160×12	160×12	160×12
			1,400	1,400	1,400
			800	800	800
			100×6	120×6	150×6
縦リブ	断面	フランジ	100×9	100×9	100×9
			800	800	800
			280	350	460
			60×6	90×6	120×6
スキンプレート	寸法	No1	2,400×2,400	2,400×2,400	2,400×2,400
			×32	×45	×60