

水平補剛材を有するプレートガーダーの非弾性曲げ座屈

関西大学工学部 正会員 三上市蔵
 関西大学工学部 正会員 大谷孝彦
 鹿島建設 正会員 ○古市光昭
 関西大学工学部 正会員 米沢 博

まえがき プレートガーダーの曲げ強度に関しては多くの研究がなされてきた。しかしながら鉛直および水平補剛材を有するプレートガーダーの曲げ強度と、フランジ剛度、補剛材剛度、腹板の変形などを考慮して研究したものはあまり見当たらないようである。ここではプレートガーダーの腹板、フランジ、鉛直補剛材および水平補剛材が一体となって非弾性連成座屈を生ずる場合を理論的に研究した。また理論の妥当性を検討する目的で、全溶接プレートガーダー模型げたに対して座屈実験を行なった。

微分方程式 図-1に示す長さ a のプレートガーダーが純曲げを受ける場合を直交異方性板理論に基づいて解析する。すなわち鉛直補剛材は腹板と一体とみなして、鉛直補剛材方向の曲げ剛さを D_y 、フランジ方向の曲げ剛さを D_{xi} とする。そして長さ a 、幅 βb および $(1-\beta)b$ なる2枚の直交異方性板の連結部に水平補剛材が位置しているものとする。応力分布は上下対称とし、中立軸は $y=b/2$ の位置にあるものとする。

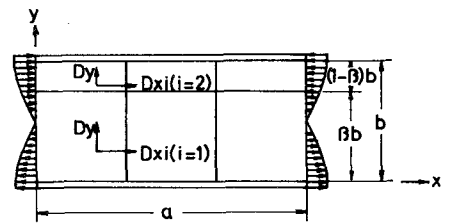


図-1

腹板部分が座屈したときのたわみ曲面の微分方程式として、直交異方性変剛板に対するものを腹板 $i=1$ 、 $i=2$ に対して用いる。応力が x 方向に変化しないと仮定すると微分方程式はつぎのようになる。

$$D_{xi} \frac{\partial^4 w_i}{\partial x^4} + 2(D_{ii} + 2C_{pi}) \frac{\partial^4 w_i}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 w_i}{\partial y^4} + 2 \frac{\partial}{\partial y} (D_{ii} + 2C_{pi}) \frac{\partial^3 w_i}{\partial x^2 \partial y} + 2 \frac{\partial D_y}{\partial y} \frac{\partial^3 w_i}{\partial y^3} + \frac{\partial^2 D_{ii}}{\partial y^2} \frac{\partial^2 w_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 D_y}{\partial y^2} \frac{\partial^2 w_i}{\partial y^2} = N_x \frac{\partial^2 w_i}{\partial x^2} \quad (1)$$

ただし、 D_{ii} 、 $2C_{pi}$ は直交異方性板のねじれ剛さであり、 N_x は任意の位置の x 方向の単位幅当りの引張りである。腹板、フランジ、水平補剛材は $x=0$ 、 a で単純支持されており、腹板は上フランジによって水平方向の変位とねじれ変位が拘束され、下フランジによって単純支持されているものとする。2つの微分方程式(1)を境界条件および連続条件のもとで解くことにより座屈荷重が求まる。座屈荷重を求めるにあたっては差分法を用いた。

数値計算 数値計算を行ない、腹板の幅厚比、フランジの断面寸法、補剛材剛度などが座屈荷重に与える影響を明らかにした。数値計算より得られた主な結論をつぎに示す。

1) 上フランジの水平座屈が支配的な a/b が大きい範囲では、水平補剛材の使用による座

屈モーメント M_{ch} の向上は a/b の影響を受けず、水平補剛材剛比 $\rho (=B_{bs}/bD_x)$ の増加にほとんど比例する。ただし、 B_{bs} は水平補剛材の曲げ剛さであり、 $D_{x1}=D_{x2}=D_x$ で、以下 D_x などは弾性域における値を基準にとっている。

2) 上フランジのわじれ座屈と腹板の座屈が同時に起こる a/b の小さい範囲では、 ρ が小さいと ρ の増加による座屈モードの変化が著しいが、 ρ が大きくなると ρ の増加は座屈モードにあまり影響を与えない。

3) 鉛直補剛材の曲げ剛さを表わす D_y/D_x がある値を越えると M_{ch}/M_y はほとんど一定となる。ただし、 M_y は線形応力分布を仮定したときのフランジ降伏曲げモーメントである。また腹板の座屈モードも直線に近づく。 M_{ch}/M_y がほとんど一定となる D_y/D_x の値は ρ の大きさによって異なり、 ρ の値をつぎに示す ρ_c に等しくすると $D_y/D_x = 10$ あたりから M_{ch}/M_y はほとんど一定値となる。

4) D_y/D_x の増加と共に腹板の座屈モードが直線に近づく、 M_{ch}/M_y も一定値に近づくことから、腹板の座屈モードをほとんど直線にする水平補剛材剛比 ρ_c を考えた。 ρ_c は座屈時の水平補剛材のたわみ w_s と腹板の座屈モードを直線と仮定したときの水平補剛材のたわみ w_{s0} 一致するように決定した。図-2 は ρ と w_s/w_{s0} の関係を示したものである。 ρ_c を有するけたでは $D_y/D_x \geq 10$ になると D_y/D_x の大きさにかわらず腹板の座屈モードは直線であると考えられる。しかし $\rho < \rho_c$ になると腹板の座屈モードを直線に近づけるためには相当大きい D_y/D_x が必要であることがわかる。また $\rho = \rho_c$ を有するけたの場合、 M_{ch}/M_y も D_y/D_x の値に関係なく一定値となり、横倒れ理論による M_{ch}/M_y にほぼ一致する。

プレートガーダーの座屈実験 純曲げを受けるプレートガーダー模型けた C に対して座屈実験を行なった。模型けたはスパン 5.1m、腹板高 90cm、腹板厚 $h=0.32$ cm で、腹板の縦横比 a/b および幅厚比 b/h 、フランジの幅厚比 c/t 、水平補剛材と腹板の断面積比 δ などは表-1 に示す通りである。けたは試験対象とした 3 パネル内で横倒れ非弾性座屈を起こして破壊した。また水平補剛材剛比として ρ_c の 65% を用いたが、腹板の座屈モードは直線に近く、腹板、上フランジおよび補剛材が同時に破壊した。つぎに名古屋大学の実験¹⁾ に理論を適用した結果を模型けた C に対するものと合わせて表-1 に示す。ただし、 M_{max} は破壊荷重である。理論値が静的耐荷力によく一致していることがわかる。

表-1

模型名	a/b	b/h	c/t	C/b	D _y /D _x	弾性域 (kg/cm ²)			β	δ	ρ	ρ _c	ρ/ρ _c	M _{ch} /M _y	M _{max} /M _y	M _{max} /M _{ch}
						フランジ	補剛材	補剛材								
C	1.70	281.3	8.3	0.234	50.2	3660	2740	2910	0.8	0.13	51	79	0.65	0.7490	0.8410	1.12
LA-1	1.43	306.3	12.0	0.383	424.3	3508	2143	—	0.8	0.12	43	220	0.20	0.8857	0.9152	1.03
LA-2	1.43	306.3	12.0	0.383	424.3	3508	2143	—	0.8	0.16	114	244	0.47	0.8898	0.8645	0.97
LB-1	1.68	306.3	12.0	0.383	508.6	3508	2143	—	0.8	0.10	29	210	0.14	0.8601	0.7649	0.89
LB-2	1.68	306.3	12.0	0.383	508.6	3508	2143	—	0.8	0.15	86	244	0.35	0.8635	0.8375	0.97

1) 福本・久保: 水平補剛材をもつプレートガーダーの横倒れ耐荷力, エンゲル論文集, No. 220.

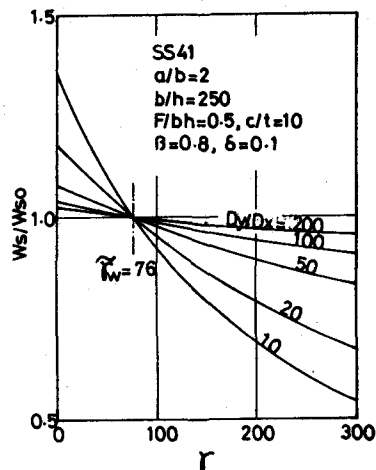


図-2