KC#386

KC ID 386 8 章 5 節

ばら積貨物船のハッチコーナーの応力集中

1. ハッチコーナーの簡易 fillet Shoulder モデル

縦曲げによる応力を受けるばら積貨物船のハッチコーナー周りの応力集中係数を評価する場合、それは、図 1（a）に示され、クロスデッキの色付箇所は、縦曲げ応力が作用しない箇所である。そのため、ばら積貨物船のハッチコーナー周囲の応力集中を評価するために、図 1 (b)に示される簡易 fillet Shoulder モデルを使用することができる。

Fillet shoulder の高さは、ハッチコーナー周囲の構造の不連続により生じる縦曲げ応力流の乱れの程度に依存する。

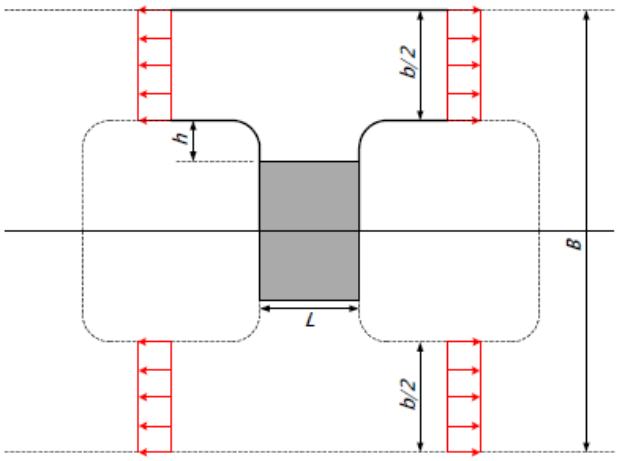

Fig. 1(a) Hatch Opening of Bulk Carrier

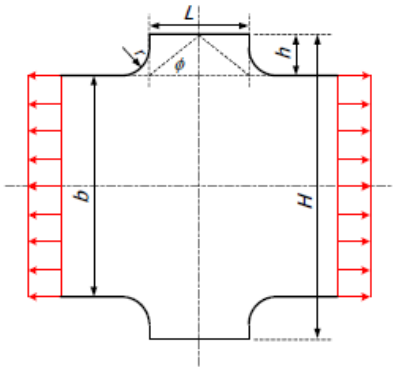

Fig. 1(b) Simplified Fillet Shoulder Model

2. 応力集中係数

2.1 実験に基づく算式

Fillet shoulder を有する階段状の平面的な引張りを受ける板に対する応力集中係数は、Heywood（Heywood,R.B, “Photo-elasticity for Designers”, Pergamon, New York, 1969）により以下の算式で与えられる。

$$\alpha = 1 + \left(\frac{b}{2.8H - 2b} \frac{H - b}{2r} \right)^{0.65} = 1 + \left(\frac{b}{5.6h + 0.8b} \frac{h}{r} \right)^{0.65} = 1 + \left(\frac{b}{2.8L \tan\phi + 0.8b} \frac{L \tan\phi}{2r} \right)^{0.65}$$

上記算式は、上甲板の船側部に作用する公称縦曲げ応力に対する応力集中係数の評価に適用できる。上記算式は、円弧状のハッチコーナーに対する応力集中係数を与える。楕円形の円弧は、実設計において応力集中を軽減するために、よく使用されるけれども、楕円形の円弧を有する fillet shoulder に対する応力集中係数に関する解析的な結果も実験的な結果もない。

ここで、楕円形鉛鉱に対する簡易な修正係数を仮定する。この修正係数は、円孔を有する無限幅薄板の引張における応力集中係数と楕円孔を有する無限幅薄板の引張における応力集中係数の比で与えられ

る。
この算式において、ra は、主応力が作用する軸方向の径を表し、rb は、主応力が作用する軸と直交する軸方向の応力の径と表す。この修正係数は、径 ra の円弧上の fillet shoulder に対する応力集中係数に適用できる

$$f_c = \frac{1}{3} + \frac{2r_b}{3r_a}$$

2.2 応力流の乱れ
図 1 (a)に示されるように、縦曲げ応力流れの乱れは、ハッチコーナー周囲の構造的不連続による開口部コーナーに生じる。この応力流の乱れは、応力集中を結果として生じさせ、応力集中係数の程度が、乱れた応力流れの角度ϕと shoulder の長さに依存する。光弾性実験結果によると、乱れた応力流の角度は約 10 度から 30 度であった。NK で実施されたばら積貨物船の FE 結果によると、ハッチコーナー近傍の乱れた応力流の角度は、表 1 に示すように 15 から 30 度であった。

表 1　船長方向の乱れた応力流の角度

位置	船長方向に対する角度
中央部の開口	16.5 – 28.9
最前部の開口	23.0

2.3 ばら積貨物船のハッチコーナーの形状
ハッチコーナーにおける応力集中度合いは、上甲板のハッチ開口の形状にも依存する。現存ばら積貨物船の調査結果を表 2 に示す。表 2 によると、H と b の比は 1.1 から 1.3 であり、ra と b の比は、約 0.05 から 0.07 である。

表 2 典型的なばら積貨物船のハッチ開口の形状

S. No.	Lpp	B	Length	Width	L	b	H(15)	H(20)	H(25)	H(30)	major r	minor r
BC1	179.80	31.00	20.80	17.60	8.00	13.40	15.54	16.31	17.13	18.02	0.90	0.45
BC2	185.00	32.26	20.47	18.60	8.90	13.66	16.04	16.90	17.81	18.80		
BC3	215.00	32.20	17.85	14.58	7.65	17.62	19.67	20.40	21.19	22.04	1.22	0.61
BC4	279.00	45.00	16.32	20.16	10.56	24.84	27.67	28.68	29.76	30.94		
BC5	279.00	45.00	14.72	21.00	11.04	24.00	26.96	28.02	29.15	30.37	1.36	0.78
BC6	279.20	45.00	15.47	20.00	10.01	25.00	27.68	28.64	29.67	30.78		
BC7	290.20	50.00	15.76	23.40	10.84	26.60	29.50	30.54	31.65	32.86		

2.4 応力集中係数の例
図 2(a)及び 2(b)は、円弧及び楕円の弧がそれぞれ適用されるハッチコーナーの評価された応力集中係数の結果を示す。この図において、x=ra/b を、ｐ＝H/b とする。
楕円形状の弧がハッチコーナーに適用される場合、応力集中係数は十分小さくなる。

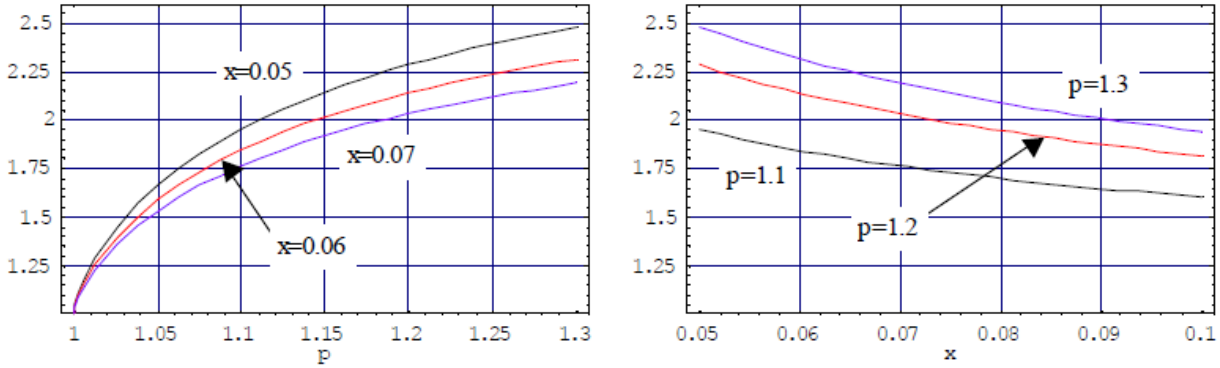

Fig. 2(a) Stress Concentration Factor when the Corner is Circular Arc Shape

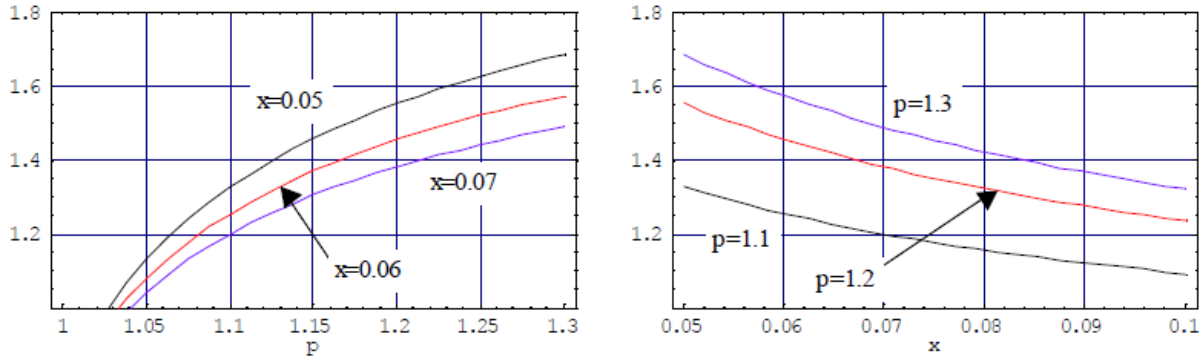

Fig. 2(b) Stress Concentration Factor when the Corner is Elliptic Arc Shape

3. 応力集中係数の提案算式

ハッチコーナーの応力集中係数として以下の算式を提案する。

$$\alpha = \max\left[1.0,\ \frac{r_a + 2r_b}{3r_a}\cdot\left\{1+\left(\frac{b}{1.23L+0.8b}\frac{0.22L}{r_a}\right)^{0.65}\right\}\right]$$

r_a ： ハッチコーナーの考慮する応力方向と同一方向の径（m）

r_b ： ハッチコーナーの考慮する応力方向と直交する方向の径（ハッチコーナーの形状が円弧であれば、rb は、ra と等しくなる。）（m）

L ： クロスデッキの船長方向長さ(m)

b ： ハッチサイドから船側までの距離(m)