

腐食劣化したチャンネルおよびアングル部材の圧縮耐力評価検討(その2)

新日本製鐵(株) 正会員 久積 和正
新日本製鐵(株) 正会員 今福健一郎

1. はじめに

前報¹⁾の結果より、部材が比較的短い場合、座屈耐力は最小断面の断面積や細長比を用いて推定できると考えられた。しかし、部材が長い場合、即ち細長比が大きい場合にも同様の手法が適用可能かを検討する必要がある。一方、シェル要素を用いたFEMにより座屈挙動が精度良く評価可能なことが判明した。そこで、本研究では腐食劣化したチャンネルおよびアングル部材を対象として部材が長い場合にも同様の手法で座屈耐力が推定可能かをFEMにより検討した。

2. 解析方法

本解析のモデル化には前報と同様にシェル要素を用いた解析ケースを表1に示す。座屈に影響する可能性があると考えられるパラメータとして表1に示すa)~e)を想定した。各パラメータの範囲は実鋼構造物の部材形状や寸法、腐食の状況等を考慮して以下のように選定した。

- a) 断面形状：チャンネルおよびアングルの2種類。
- b) 腐食位置：腐食領域の部材軸方向分布性状。部材全長、部材端部、部材中央部の3パターン。
- c) 部材長さ：1000mm, 2000mm, 4000mmの3パターン。
- d) 部材軸方向の腐食長さ：部材の全長L, L/2, L/5の3パターン。
- e) 減肉量：中程度の腐食および著しい腐食として20%減肉状態および50%減肉状態の2パターンとし、腐食部全長にわたり部材断面の表裏から等量だけ均一に腐食させた。つまり、腐食部の断面積が最小断面積となる(以降、腐食部の断面積を最小断面積 A_{min} と呼ぶ)。

なお材質はSS400とし境界条件は両端固定とし $L/1000$ の初期不整を弱軸方向に与え、部材軸方向に強制変位を与えた。

3. 解析結果と考察

(1) 各パラメータの影響

1) 部材長(C)の影響

図2に表1に示す全ケースの座屈耐力と部材長さの関係を示す。チャンネル(C)およびアングル(L)ともに、健全時(減肉0%)と同様に部材が長くなるに従って最大荷重は低下する傾向があることがわかった。

2) 減肉量(e)の影響

表1 解析ケースおよび解析結果

case	(a) 断面形状	(b) 腐食位置	(c) 部材長 L(mm)	(d) 腐食長さ (mm)	(e) 減肉量 (%)	P_{cal} (kN)	P_{cal1} (kN)	P_{cal2} (kN)	P_{cal}/P_{cal1}	P_{cal}/P_{cal2}		
1	チャンネル	無腐食	1000	-	0	542	544	542	1.00	1.00		
2			2000		0	523	524	523	1.00	1.00		
3			4000		0	415	443	415	0.94	1.00		
4		全面	1000	L	20	434	435	434	1.00	1.00		
5					50	271	272	271	1.00	1.00		
6					20	418	419	418	1.00	1.00		
7					50	261	262	261	1.00	1.00		
8					20	332	354	332	0.94	1.00		
9					50	207	221	207	0.93	1.00		
10					20	441	435	434	1.01	1.02		
11					50	275	272	271	1.01	1.02		
12					20	450	435	434	1.03	1.04		
13		50	280	272	271	1.03	1.03					
14		端部	1000	L/2	20	433	419	418	1.03	1.04		
15					50	271	262	261	1.04	1.04		
16					20	442	419	418	1.05	1.06		
17			50	276	262	261	1.05	1.05				
18			2000	L/2	20	376	354	332	1.06	1.13		
19					50	250	221	207	1.13	1.20		
20					20	377	354	332	1.06	1.13		
21			4000	L/5	50	250	221	207	1.13	1.21		
22					20	440	435	434	1.01	1.01		
23		50			275	272	271	1.01	1.02			
24		中央	1000	L/5	50	446	435	434	1.02	1.03		
25					20	279	272	271	1.02	1.03		
26					20	430	419	418	1.02	1.03		
27			2000	L/2	50	270	262	261	1.03	1.03		
28					20	440	419	418	1.05	1.05		
29					50	276	262	261	1.05	1.05		
30			4000	L/2	20	348	354	332	0.98	1.05		
31					50	235	221	207	1.06	1.13		
32					20	349	354	332	0.98	1.05		
33		L/5	50	236	221	207	1.07	1.14				
34			無腐食	1000	-	0	292	288	292	1.01	1.00	
35				2000		0	254	259	254	0.98	1.00	
36		4000		0		118	135	118	0.87	1.00		
37	全面	1000	L	20	234	231	234	1.01	1.00			
38				50	146	144	146	1.01	1.00			
39				20	203	207	203	0.98	1.00			
40				50	127	129	127	0.98	1.00			
41				20	94	107	94	0.87	1.00			
42				2000	L/2	50	58	67	59	0.87	0.99	
43						20	241	231	234	1.05	1.03	
44						50	151	144	146	1.05	1.04	
45				4000	L/5	20	246	231	234	1.07	1.05	
46	50	153	144			146	1.06	1.05				
47	20	216	207			203	1.04	1.06				
48	端部	1000	L/2	50	141	129	127	1.09	1.11			
49				20	216	207	203	1.04	1.06			
50				50	146	129	127	1.13	1.15			
51		2000	L/5	20	105	107	94	0.97	1.11			
52				50	80	67	59	1.20	1.36			
53				20	106	107	94	0.99	1.13			
54		4000	L/5	50	82	67	59	1.22	1.39			
55				20	241	231	234	1.04	1.03			
56				50	151	144	146	1.05	1.03			
57	中央	1000	L/5	20	245	231	234	1.06	1.05			
58				50	153	144	146	1.06	1.05			
59				20	215	207	203	1.04	1.06			
60	2000	L/2	50	141	129	127	1.09	1.11				
61			20	215	207	203	1.04	1.06				
62			50	145	129	127	1.12	1.14				
63	4000	L/2	20	105	107	94	0.97	1.11				
64			50	80	67	59	1.20	1.36				
65			20	106	107	94	0.99	1.13				
66	L/5	50	82	67	59	1.22	1.39					
									ave	1.03	1.07	
									C.V (%)	6.8	8.7	

P_{cal} : FEM解析の座屈耐力 (kN)
 P_{cal1} : 手法1で算出した座屈耐力 (kN)
 P_{cal2} : 手法2で算出した座屈耐力 (kN)

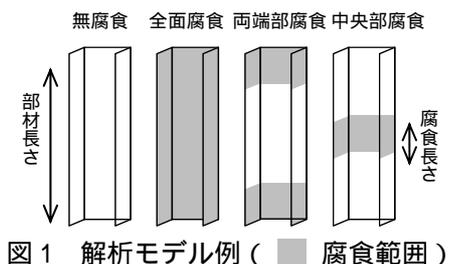


図1 解析モデル例 (■ 腐食範囲)

キーワード：腐食，座屈耐力，最小断面積，細長比，FEM

連絡先：〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 新日本製鐵(株) TEL: 0439-80-3086 FAX: 0439-80-2745

図2より、減肉量の増加とともに座屈耐力も減少していることがわかり、減肉量が座屈耐力に及ぼす影響は大きいことを示している。

3) 部材軸方向の腐食位置(b)および腐食長さ(d)の影響

図3にチャンネル(L=2000mm)の座屈耐力 P_{cr} と腐食位置および腐食長さとの関係の一例を示す。座屈耐力 P_{cr} は減肉量毎にほぼ一定となり、腐食位置および腐食長さが座屈耐力に与える影響が小さいことを示している。

(2) 耐力推定法の検討

図4に表1に示す全ケースの座屈応力度 σ_{cr} を降伏応力度 σ_y で無次元化した σ_{cr}/σ_y と最小断面の断面二次半径を用いて計算される基準化細長比 λ_0 との関係を示す。なお、座屈応力度 σ_{cr} は座屈耐力を最小断面積で除した値を用いた。座屈応力度の実験値はa)~e)のどのパラメータにも関係なく、最小断面の細長比を用いて座屈応力度の計算式²⁾(以下、Johnson式)から算出した値とよく一致している。即ち、今回想定したパラメータの範囲内では腐食部材の座屈応力度は最小断面の細長比を用いてJohnson式で計算できると考えられる。また、図5に表1に示す全ケースの座屈耐力と最小断面積の関係を示す。本解析結果から劣化部材の耐力と最小断面積はほぼ比例関係にあり、強い相関が認められる(相関係数0.91)。

以上より、座屈耐力推定手法として2つの方法が適用可能と考えられる。

手法1: 最小断面の断面積と断面二次モーメントを用いて計算した細長比を用いてJohnson式から座屈応力度を求め、その座屈応力度に最小断面積を乗ずることで座屈耐力 P_{cal1} を求める。

手法2: 座屈耐力と最小断面積が比例関係にあることに基づき、腐食部材の座屈耐力を $P_{cal2}=P_{cr0} \times (A_{min}/A_0)$ で求める(ここで、 P_{cr0} : 無腐食部材の座屈耐力、 A_0 : 無腐食部材の断面積)。

これらの座屈耐力 P_{cal1} および P_{cal2} とFEM解析の座屈耐力 P_{cal} とを比較し、どちらの評価方法が精度良く耐力推定可能かを検証した。検討結果を表1に示す。表1より、推定方法によらず座屈耐力の推定値は比較的精度が高く、変動係数も小さいが、方法1の方が推定精度は僅かに高い。

一方、図6に示すように、本解析は断面の表裏からの等量の均一腐食を仮定して実施したものであり、断面の片側からの局所的な腐食に伴う板厚中心のズレによって作用する付加曲げが座屈耐力に及ぼす影響については考慮できていないため、今後検討を要する。

4. まとめ

- (1) 断面の両側から等量かつ局所的に均一腐食したモデルにより、腐食したチャンネルおよびアングル部材の座屈耐力推定方法を2つ提案し、いずれの方法でも比較的精度良く座屈耐力が推定できることを示した。
- (2) 断面の片側から腐食した場合のように、板厚中心のズレが伴う場合の座屈耐力については今後検討する必要がある。

参考文献

1) 今福ら: 腐食劣化したチャンネルおよびアングル部材の圧縮耐力評価検討(その1), 土木学会第66回年次学術講演会
2) 日本建築学会: 鋼構造座屈設計指針, p.48, 2000.2

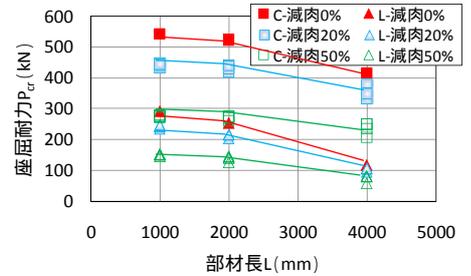


図2 座屈耐力と部材長さの関係

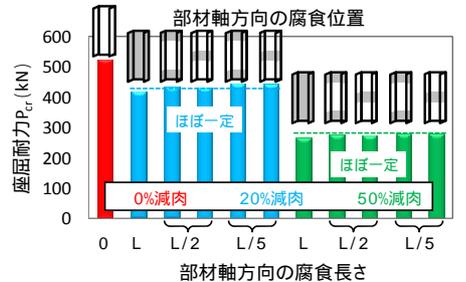


図3 座屈耐力と腐食位置・長さの関係

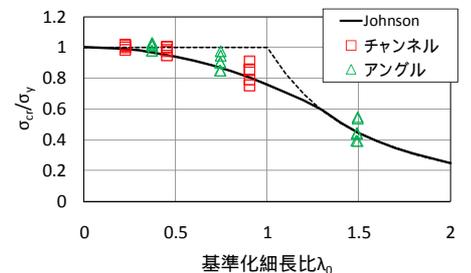


図4 σ_{cr}/σ_y と基準化細長比 λ_0 の関係

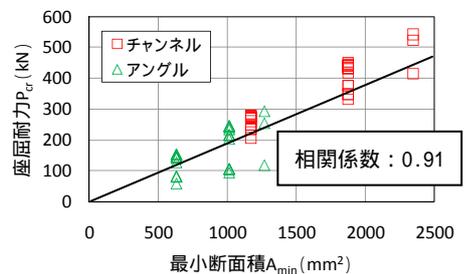


図5 座屈耐力と最小断面積の関係

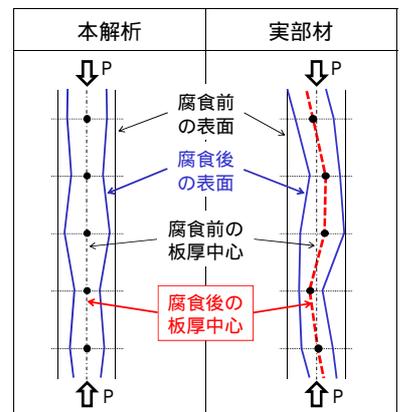


図6 本解析と実部材の板厚中心の違い