

腐食鋼板の降伏耐力評価法の検討

法政大学大学院 学生員 ○ 橘 敦志
法政大学 正会員 森 猛

東京都立大学 正会員 野上 邦栄
東京都立大学 正会員 山沢 哲也

1. はじめに

鋼部材に発生する腐食は長期間に徐々に進行する劣化現象であり、耐久性を左右する重要な因子である。腐食した部材の取替えや補修の要否の判断は、腐食部分の断面積や腐食量に基づいて行われているが、腐食の程度と耐力の関係が明らかになれば、さらに合理的な判断が可能になると考えられる。本研究では、腐食鋼板の降伏耐力を整理するためのパラメータを明らかにすること、そしてそのパラメータを用いて腐食鋼板の耐力を簡易に評価するための手法を提示することを目的として、著しい腐食が生じたために撤去されたトラス橋のⅠ断面上横構から切り出した腐食鋼板の引張試験と、それらを対象とした3次元有限要素弾塑性解析を行う。

2. 降伏耐力評価法

平均、最大、修正腐食断面欠損率の3つを腐食鋼板の降伏耐力を整理するためのパラメータとして考える。平均腐食断面欠損率とは、板全体の平均腐食断面積を腐食のない部分の断面積で除したものの、最大腐食断面欠損率とは、最大の腐食断面積を腐食のない部分の断面積で除したものである。修正腐食断面欠損率とは、板長手方向長さを板幅の0.25倍から2.0倍と変化させた領域で平均的な腐食断面積を順次計算し、その最大値を腐食のない部分の断面積で除したものである。これらのパラメータを使って、腐食断面欠損率分だけ板厚を一様に減じた平板とみなし、腐食鋼板の降伏耐力を評価することを考えた。



写真 1 腐食鋼板試験片

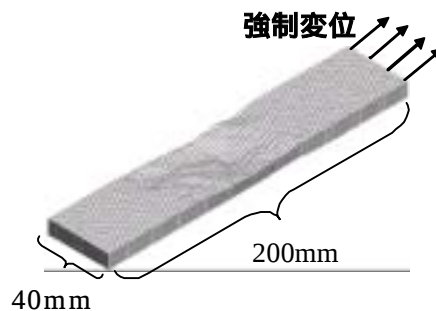


図 1 引張解析モデル

3. 引張試験

上横構から写真 1 に示す JIS1A 号試験片（幅 40mm、標点間距離 200mm）を採取し、万能試験機を用いて引張試験を行い、荷重と変位の関係を調べた。試験体の総数は 15 体で、その内 3 体が腐食のないもの、12 体が様々な程度の腐食を有するものである。変位は標点間距離を 200mm としてクリップゲージで測定した。降伏耐力は 0.2%耐力に相当する荷重と定義した。腐食を有する試験片の破断位置は最大腐食断面とほぼ一致した。試験結果を表 1 に示す。腐食を有する試験片の降伏応力と最大応力は、最大腐食断面欠損率を用いた場合に比べて、板幅の 0.5 倍の領域での修正腐食断面欠損率を用いた方が、腐食のない鋼板の値に近くなっている。しぼりと破断伸びは、腐食のない鋼板に比べて、腐食鋼板で著しく低下し、特に局部腐食が 1 箇所生じていた鋼板でそれらの値が小さい。

引張試験より求めた荷重と標点間の変位との関係を図 2 に実線で示す。この関係から求められる降伏耐力を腐食のない鋼板の降伏耐力で無次元化した降伏耐力比と腐食断面欠損率（平均、最大、修正）との関係を図 3 に示す。図中の実線は、腐食断面欠損率分だけ鋼板の板厚が減少したとして計算した降伏耐力比と腐食断面欠損率の関係である。

キーワード：腐食鋼板，腐食断面欠損率，降伏耐力

連絡先：〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学部 電話番号 042-387-6287

表 1 引張試験結果

腐食の 具合	試験 体名	最大腐食 断面欠損率 (%)	修正腐食 断面欠損率 (%)	降伏荷重 (tf)	最大荷重 (tf)	降伏応力 (0.2%耐力) (N/mm ²)		最大応力 (N/mm ²)		しほり (%)	破断伸び (%)
						最大腐食 断面	修正腐食 断面	最大腐食 断面	修正腐食 断面		
腐食の ない板	A1	0.00	0.00	10.06	15.62	273.76		424.94		29.50	34.18
	A2	0.00	0.00	9.80	15.67	264.62		422.92		30.25	34.19
	A3	0.00	0.00	9.87	15.71	264.23		420.67		30.13	33.66
局部腐食 が1箇所	K1	51.08	45.31	6.28	8.18	346.29	309.78	451.29	403.71	7.88	2.24
	K2	41.45	37.11	7.02	9.28	323.71	301.38	427.77	398.26	8.87	4.45
	K3	36.05	32.99	6.99	10.10	295.01	281.57	426.23	406.81	10.50	5.71
	K4	44.68	41.88	5.72	8.35	279.24	265.76	407.39	387.72	13.50	5.09
局部腐食 が複数	C1	8.88	3.78	9.48	13.67	280.75	265.85	404.91	383.42	13.75	6.60
	C2	22.15	20.52	7.81	12.71	270.77	265.21	440.62	431.58	13.75	13.15
	C3	12.10	8.00	10.13	15.32	310.91	297.05	470.41	449.43	12.88	11.00
	C4	27.69	23.51	7.94	10.48	296.42	280.22	391.13	369.76	15.75	8.45
全体的 な腐食	D1	18.48	16.33	7.48	12.43	247.75	241.37	411.54	400.93	19.00	12.89
	D2	49.79	47.31	5.67	12.43	304.60	290.24	668.21	636.71	15.00	8.88
	D3	31.24	26.71	7.45	11.45	292.36	274.30	449.44	421.67	11.75	6.95
	D4	54.21	52.81	5.35	7.45	315.09	305.72	439.11	426.05	11.00	6.59

4. 有限要素解析

解析モデルは腐食を有する引張試験体の標点間距離 200mm の部分をレーザ変位計で測定した結果に基づいて作成した（図 1）。要素寸法は 2mm を基本とし、ポアソン比を 0.3、ヤング率を $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、降伏後の応力-ひずみ関係を bi-linear として降伏後の応力-ひずみ関係の傾きを 20 N/mm^2 とした。解析は図 1 に示すように要素分割をし、端部に強制変位を与えて行った。図 2 に解析より求めた荷重と変位の関係を点線で示す。解析結果は実験結果をよく再現している。図 3 と同様の整理を行った降伏耐力解析結果を図 4 に示す。

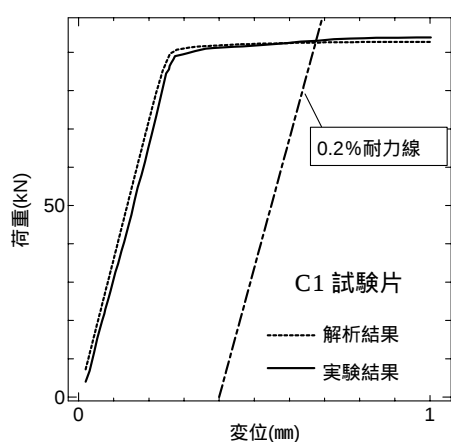


図 2 実験・解析結果の比較

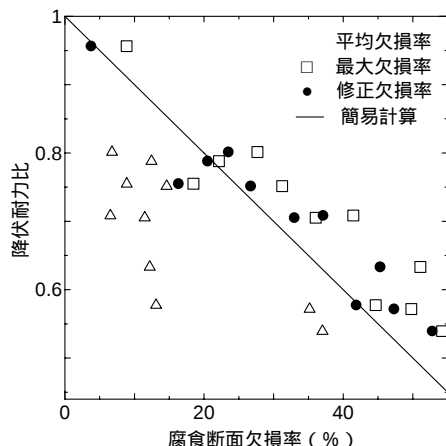


図 3 降伏耐力比と腐食断面欠損率(実験)

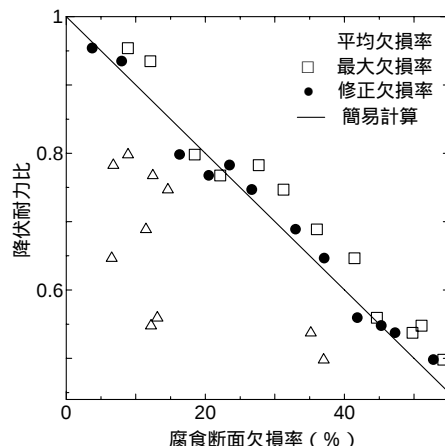


図 4 降伏耐力比と腐食断面欠損率(解析)

5. まとめ

図 3 と 4 に示すように、平均腐食断面欠損率で降伏耐力を整理すると、降伏耐力比にばらつきが大きく、最大腐食断面欠損率で整理すると、降伏耐力比にばらつきは小さいものの、簡易計算から得られる関係とは若干異なる。降伏耐力は鋼板に大きな塑性変形が生じる時の荷重と定義される。このような塑性変形は鋼板全体に生じるのではなく、その一部に生じると考えられる。この塑性変形領域での平均的な腐食断面欠損率として修正腐食断面欠損率を適用した。その結果、板幅の 0.5 倍の領域での修正腐食断面欠損率で降伏耐力を整理すると、降伏耐力比-腐食断面欠損率関係にばらつきが少なく、簡易計算から得られる関係とほぼ一致した。

したがって、腐食を有する鋼板の降伏耐力は、板長手方向長さを板幅の 0.5 倍とした領域での修正腐食断面欠損率で整理できる、また修正腐食断面欠損率分だけ板厚を一樣に減じた平板の降伏耐力で整理できるといえる。