

I - 263

腐食した鋼板の残存耐力評価

三菱重工(株)○正員 羽島 克利 広島大学工学部 正員 藤井 堅

1. まえがき

腐食損傷を持つ鋼板の圧縮耐力実験を行って、座屈強度の観点から残存耐力推定のための等価板厚、および偏心量について検討した。本報告では、偏心量が残存座屈耐力におよぼす影響はほとんどなく無視できる結果となった。以下では等価板厚の評価法について述べる。ただし、本実験でいう偏心量は載荷面決定のための基準平面からの偏心量で、実際の片面腐食などの偏心とは全く異なることに注意されたい。

2. 測定および実験方法

まず、腐食した鋼材から短冊状の試験片（幅3cm）を切り出して図.1に示すように5mm間隔にメッシュをけがき、その格子点の板厚と偏心量を測定した。

圧縮試験は定荷重とし、両端の支持条件は単純支持である。表.1に板厚、偏心量の測定結果、実験結果、および板厚を平均板厚 t_{avg} と、平均板厚 t_{avg} から標準偏差 σ_t をひいた $(t_{avg}-\sigma_t)$ で評価したときのEuler座屈荷重の理論値を示す。写真.1に圧縮実験の様子を示す。

3. 板厚の評価

表.1の中で例えば、CR-350-3の場合平均板厚 t_{avg} を用いて降伏軸力 P_y を求めると $P_y=67.63$ (kN)となり、また、弾性座屈荷重 $P_{cr}=20.84$ (kN)となる。したがって $P_y > P_{cr}$ となるので、弾性座屈ということになる。このような場合は弾性座屈荷重 P_{cr} と実験値 P は直接比較することができる。ところが、表からわかるように実験値 P との比較は $P/P_{cr}=0.92$ であり、この試験片は弾性座屈荷重 $P_{cr}=20.84$ (kN)に達する前に座屈することになる。このように弾性座屈を起こしながら $P/P_{cr} < 1$ になるということは、鋼材の板厚に平均板厚 t_{avg} を採用して座屈荷重を推定するのは、

危険側の評価になることを示しており、平均板厚 t_{avg} を鋼材の残存耐力評価のための等価板厚として用いるのは不十分である。そこで、板厚から標準偏差 σ_t を α 倍したものを引いた $(t_{avg}-\alpha\sigma_t)$ によって検討してみる。

ここで、CR-350-3について $(t_{avg}-\sigma_t)$ を用いて、降伏軸力 $P_y=61.15$ (kN)を得る。弾性座屈理論値 $P_{cr}=15.40$ (kN)

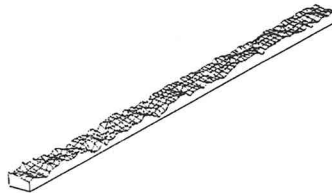


図.1

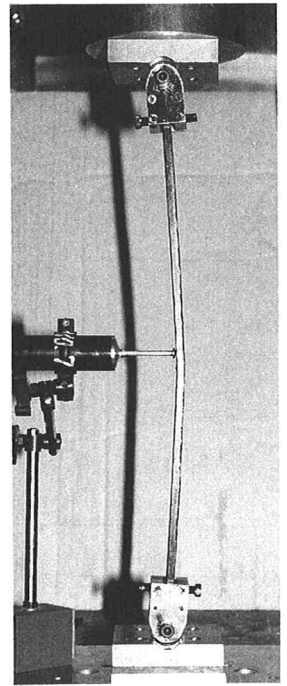


写真.1

表.1

Name	t_{avg} (mm)	σ_t	P (kN)	$t_{avg}-\sigma_t$ P/P_{cr}	t_{avg} P/P_{cr}
CR-450-2	8.47	0.71	15.27	1.42	1.09
CR-450-3	8.36	0.42	12.16	1.05	0.90
* CR-350-1	7.84	0.55	20.54	1.42	1.14
* CR-350-2	8.19	0.52	20.20	1.20	0.99
* CR-350-3	8.24	0.79	19.19	1.25	0.92
CR-250-1	7.05	0.68	19.10	1.06	0.78
CR-250-2	6.77	0.80	21.18	1.42	0.98
* CR-250-3	9.12	0.14	43.99	0.87	0.83
CR-250-4	7.37	0.76	19.40	0.96	0.69
CR-250-5	8.17	0.76	22.85	0.80	0.60
CR-150-1	6.10	0.80	24.32	0.93	0.61
* CR-150-2	9.05	0.19	60.60	0.49	0.46
CR-150-3	8.00	0.67	48.79	0.70	0.54
* CW-450-1	7.73	0.57	17.43	2.10	1.67
* CW-450-2	7.63	0.54	17.13	2.13	1.71
CW-350-1	7.63	0.53	18.18	1.39	1.12
* CW-350-2	8.71	0.21	23.57	1.05	0.98
CW-350-3	7.36	0.63	9.86	0.89	0.68
* CW-200-1	8.66	0.10	48.70	0.75	0.73
* CW-200-2	8.70	0.06	52.86	0.79	0.78
* CW-200-3	8.46	0.17	62.78	1.07	1.01
CW-200-4	8.49	0.37	61.69	1.12	0.98
* CW-200-5	8.47	0.27	37.19	0.65	0.59
* CW-100-1	8.73	0.01	73.99	0.32	0.32
* CW-100-2	8.73	0.01	79.34	0.35	0.34
* CW-100-3	8.81	0.04	75.47	0.32	0.32
CF-450-1	9.24	0.66	20.81	1.50	1.20
* CF-450-2	8.34	0.74	13.72	1.42	1.08
* CF-300-1	9.31	0.67	35.37	1.16	0.92
CF-300-2	8.46	0.72	19.40	0.88	0.68
CF-300-3	8.72	0.50	20.31	0.77	0.65
* CF-300-4	9.08	0.51	32.09	1.08	0.90
CF-150-1	9.62	0.78	52.96	0.46	0.35
CF-150-2	8.19	0.83	31.64	0.47	0.34

t_{avg} :平均板厚(mm), σ_t :標準偏差, e_{avg} :平均偏心量(mm), P:座屈荷重(実験値), P_{cr} :座屈荷重(理論値)
*:全体座屈した試験片

と比べると $P_r > P_\sigma$ となり、弾性座屈であることに変わりはないが、 $P/P_\sigma = P/P_{cr} = 1.25$ となる。これは $(t_{avg} - \sigma_t)$ を用いた場合に安全側の評価になることを示している。さらに $(t_{avg} - 2\sigma_t)$ を用いると、安全側の評価になるが、安全側過ぎる。

以上のことから、腐食した鋼板の座屈耐荷力を推定する場合、腐食鋼材の平均板厚 t_{avg} を用いると危険側の値を与える。一方、標準偏差 σ_t を用いて $(t_{avg} - \sigma_t)$ を等価板厚とすれば、ほぼ適切な耐荷力評価が可能と思われる。

4. 残存耐荷力曲線

細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ を $(t_{avg} - \sigma_t)$ を用いて評価し、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ と圧縮強度パラメータ σ_u/σ_y の関係を示すと図.2のようになる。これを回帰分析して残存耐荷力曲線式(1)を得た。

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_y} = \left(\frac{0.628}{\bar{\lambda}} \right)^{1.073} \quad (\text{ただし, } \sigma_u/\sigma_y \leq 1) \quad (1)$$

図.2に、この回帰曲線と比較のためにEuler曲線、および実験結果を示す。図に示す回帰曲線は平均値に相当するもので、危険側の評価を与えるものも含まれる。そこで、回帰曲線と実験結果との誤差の標準偏差を回帰曲線から引いたものを考えると次式を得る。

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_y} = \left(\frac{0.628}{\bar{\lambda}} \right)^{1.073} - 0.083 \quad (\text{ただし, } \sigma_u/\sigma_y \leq 1) \quad (2)$$

上式は、図.3に示すように腐食鋼材の座屈強度の下限值に対応しており、残存座屈強度を安全側に評価している。また、図.3には既存のECCS-b、およびAIJの耐荷力曲線を併せて示す。両曲線とも $\bar{\lambda}$ が1.0から1.5の範囲で、式(2)よりも危険側となるが、式(2)と概ね一致していることが図からわかる。ECCS-bはこの範囲でAIJ基準よりもやや安全側を評価している。したがって、ECCS-b曲線に本解析で提案する $\bar{\lambda}$ を適用しても一応の残存耐荷力評価が可能であると考えられる。

5. まとめ

鋼板の板厚に $(t_{avg} - \sigma_t)$ を用いて、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ を評価し、耐荷力曲線に式(2)を適用すれば、腐食した鋼板の残存耐荷力の安全側の評価が可能である。

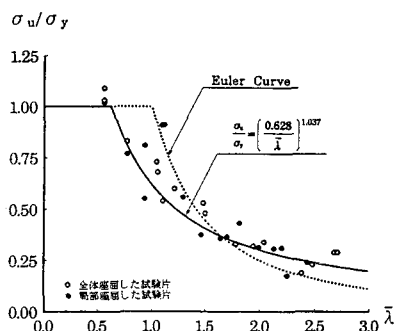


図.2

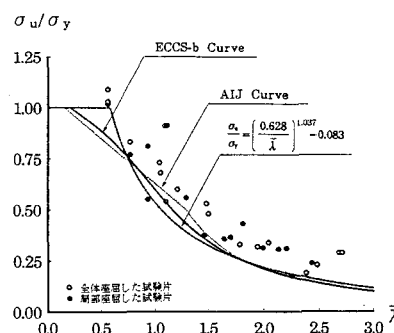


図.3

《参考文献》

- 1) 松本勝, 白井義朗, 中村幾雄, 白石成人: 腐食鋼材の有効板厚評価法の一提案, 橋梁と基礎, Vol.23, No12, pp19-25, 1989
- 2) 村上茂之, 西村宣男, 亀井義典: 腐食鋼板の等価板厚算定に関する一考察, 土木学会第48回年次学術講演会講演概要集 I-36, pp220-221, 1993, 9月
- 3) 土木学会: 座屈設計ガイドライン