

鋼板の孔食による降伏荷重の低下

株式会社大林組 ○谷口 津美

(研究当時高知工科大学 学生会員)

高知工科大学 フェロー会員 藤澤 伸光

1.はじめに 現在、腐食した鋼構造物の保有性能を精度よく評価することは難しく、確立された残存耐荷力の評価法もない。自然に腐食した鋼板の表面不整はランダムであり、強度と表面不整の因果関係を分析的に考察するのは容易でないため、人工的に制御された錆を生成して、腐食した鋼板の力学特性を調べることを試みた。昨年度、促進腐食試験の腐食期間6ヶ月までの結果を報告したが¹⁾、その後、15ヶ月まで試験した結果を図-1に示す。図の縦軸は、最小断面積を用いて算出した降伏応力である。図から、降伏応力は腐食期間が長くなるにつれて単調に低下することが分る。

促進腐食試験によりある程度制御した腐食を発生させる試験を試みたが、腐食は自然現象であり、本質的にはランダムである。また、表面不整のためひずみの計測は不可能である。そこで、本研究では、孔食の影響をより明確にするため、ランダム性を排除した模擬孔食試験片を用いた引張試験、および数値解析を行い、促進腐食の結果や既往文献に報告されている降伏応力低下の原因に考察を加えた。

2.孔食模擬試験片の引張試験 板厚9mmのSS400鋼材を用いJIS13号試験片を作製した。大きいサイズの利点を活かして、試験片にひずみゲージを図-2のように貼り付けた。

二つのくぼみを設けた孔食模擬試験片の引張試験から得られたひずみの分布を図-3に示す。荷重の増加に伴うひずみ分布の変化は興味深い結果を示している。

荷重が60kNの場合、A2のゲージは降伏しているが、他のゲージは降伏より小さいひずみを示している。これは、くぼみの中心付近の剛性が小さいことにより、A2で応力集中が起こるためと考えられる。くぼみの中心から20mm離れたLineBでは、ひずみはほぼ様な分布になっている。荷重が80と90kNの場合、A2のひずみは急増するが、LineAに沿った分布の形は60kNの場合と同様である。LineBに沿ったひずみ分布は劇的に変化する。中央のB2におけるひずみは急に低下し、B1とB3のひずみは大きく増加している。現象の詳細は明らかでないが、A2における局所的な降伏により、B2のひずみ減少とB1とB3のひずみ増加が生じたのではないかとと思われる。このくぼみの周りの複雑なひずみ分布の変化が試験片全体の伸びを招き、全体の降伏応力減少の原因になっているのではないかと考えられる。

3.数値解析 試験体へ細かくひずみゲージを貼ることは困難なため、数値解析による現象の解明を試みた。三次元解析から板厚方向の応力が長手方向の応力に比べて十分に小さいことが分かったため、二次元のシェル要素を用いて解析を行った。

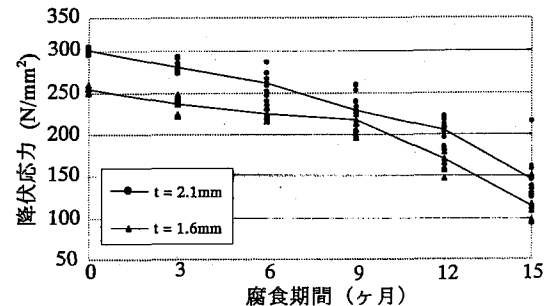


図-1 降伏応力の変化

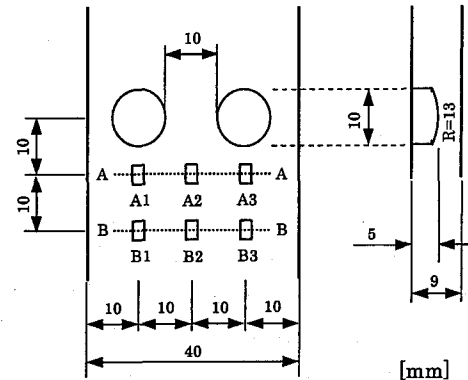


図-2 機械加工のくぼみとひずみゲージ位置

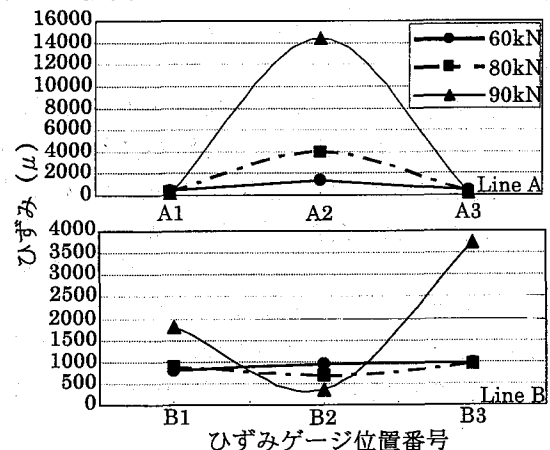


図-3 各ゲージ位置におけるひずみ分布

解析モデルの寸法は 200mm × 40mm、拘束条件は両端部の節点の X、Z 方向変位を固定し、Y 方向へ強制変位を加えた。シェル要素の板厚は、くぼみの部分は 4mm、その他は 9mm と設定した。応力-ひずみ特性は、機械加工をしていない実

表-1. 二次元シェルモデル諸元

降伏応力	250N/mm ²
$\sigma - \varepsilon$ 特性	8 点近似直線
1 次勾配	E (2.1e5 N/mm ²)
最終勾配	E/100
要素数	8000

際の鋼材の引張試験データを元に 8 点近似して作成したものである。

解析諸元を表-1 に示す。

引張試験と解析結果のひずみについて比較をする。引張荷重は端部の節点の反力から算出した。LineA においては、細部には若干の不一致も見られるが、全体的には試験結果と解析結果は定性的にも定量的にもよく一致していると言える。LineB においては、荷重 60kN では試験を良く再現できているが、荷重が上がるにつれて一致なくなっている。これらから、数値解析は引張試験結果を定性的には再現できたが、定量的な一致を見るにはいたっていない。一致しない理由については今後の課題と言える。

図-6 は、変位の分布を示したものである。くぼみの中心から 10mm 程度離れた所では変位は大きく見れば放物線状の分布となっている。一方、くぼみから十分離れた場所では Saint-Venant の原理によって変位は一様な分布となる。この間では、くぼみの影響が少ない外側で伸びが大きい。実験における LineB でのひずみ分布の変化は、この変位分布によるものではないかと思われる。ただし、実験で見られたひずみ低下を説明できる程の極端な変位分布とは思わず、詳細は今後の検討課題である。

図-7 は、試験片全体の伸びに占めるくぼみの影響範囲の伸び（くぼみの中心から 10mm までの範囲）の割合を示したものである。荷重の増加とともに、くぼみの影響範囲の伸びが全体の伸びに占める割合が増すことが分かる。したがって、くぼみの範囲が先に降伏して、くぼみ付近が大きく伸びることによって、部材全体が降伏する前に、全体の伸びが大きくなると言える。これが部材の見かけ上の降伏が早くなった原因と考えられる。

4. 結論

- ・ 純断面積で評価した降伏応力でも腐食期間が長くなるに伴って低下する。
- ・ 模擬孔食試験片の結果と数値解析による結果は、定性的には現象を再現できるが、定量的には一致していない。
- ・ 載荷荷重が増加すると全体の伸びはくぼみの影響する範囲の伸びに支配される。従って、くぼみの範囲の伸びが増加し、健全な部分が降伏していなくても部材としての見かけ上の降伏が下がったように見える。

参考文献 1) 谷口津美、藤澤伸光、小松令奈、上岡麻佑子：人工的に孔食を発生させた鋼板の引張強度，土木学会四国支部第12回技術研究発表会講演概要集（2006年5月）

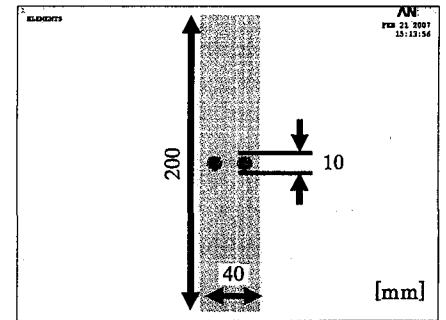


図-4 数値解析モデル

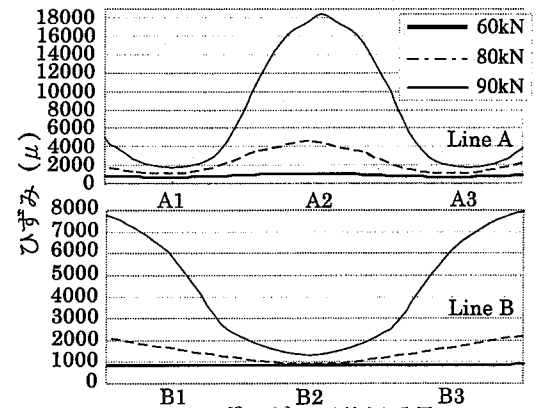


図-5 解析結果のひずみ分布

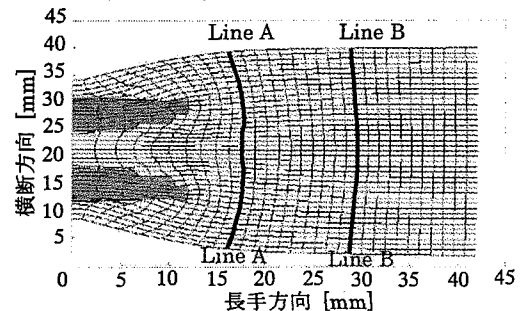


図-6 解析モデルの変位（引張荷重：74kN）

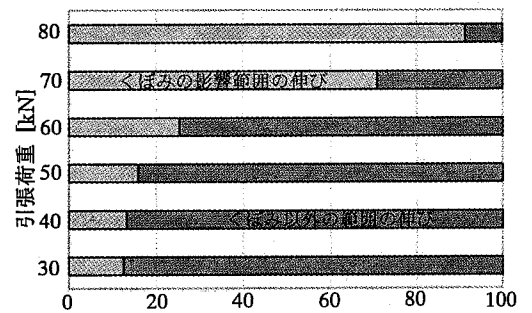


図-7 解析モデルの伸びの比率 [%]