

模擬孔食を有する鋼板の降伏特性とひずみ分布

1080523 山本 宗史

高知工科大学 工学部社会システム工学科

本研究では、模擬孔食の有無の鋼板を使い、模擬孔食を有する鋼板の場合、みかけの降伏応力が下がるか、また模擬孔食を1個、2個、3個としたとき、模擬孔食の周りのひずみ分布がどのようなメカニズムになっているかを調べることを目的に引張試験を行った。その結果、模擬孔食を有する鋼板のほうが、模擬孔食無しの鋼板よりみかけの降伏応力が大きいことが分かった。模擬孔食の周りのひずみ分布は、模擬孔食が2個、3個のときは、模擬孔食に近いひずみは模擬孔食のラインでは小さく、模擬孔食の間では大きい。離れたところでは滑らかな分布になる。かつ端部のひずみが一番大きい。模擬孔食が1個の場合では、模擬孔食から離れたラインのひずみ分布は滑らかな線であり、また、端部の断面積が2個、3個と比べ大きいので端部のひずみが大きくなるという現象は発生しなかった。

Key Words : 降伏、孔食、引張試験

1. はじめに

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方法もないのが現状である。

谷口は、人工的に腐食させた鋼板では、腐食が進展するにつれて、みかけの降伏応力が低下する現象が起きていることを報告している。また、模擬孔食を有する鋼板の引張試験も行っているが、この試験でみかけの降伏応力が低下していたかどうかは明らかにしていない。また、模擬孔食が2個のパターンしか試験を行っておらず、模擬孔食周辺のひずみがどのように分布しているか、どのようなメカニズムで伸びているのかの詳細は未解明である。

本研究では再度、模擬孔食を有する試験片と有さない試験片の引張試験を行い、みかけの降伏応力が低下する現象が発生しているかどうかを調べる。また、模擬孔食が1個、2個、3個の3パターンの引張試験を行い、機械的に開けた模擬孔食の周辺の応力分布を調べる。

2. 実験方法

今回の実験では、SS400の鋼板を使用した。板厚は9mmであり、幅は40mmである。ひずみゲージを貼る位置は、過去の引張のデータを参考に定めた。

試験ではひずみ、引張荷重と同時に変位計で試験体の伸びを計測した。

図1、図2、図3に模擬孔食の数とゲージの貼り付け位置を示す。

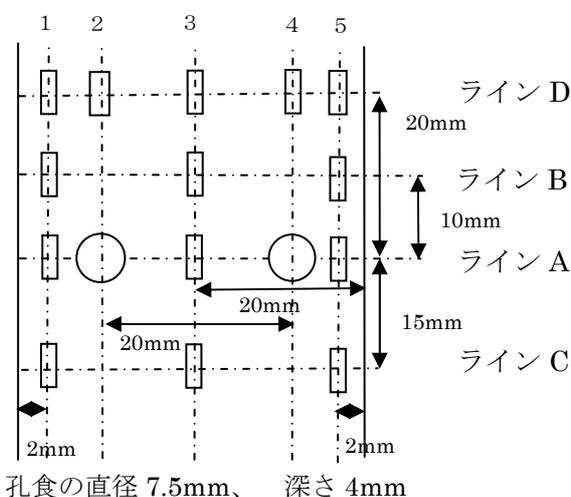


図1. 模擬孔食2個のゲージ位置

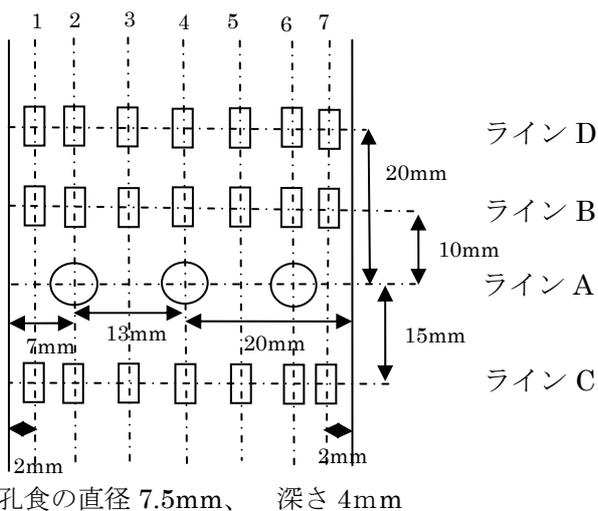


図2. 模擬孔食3個のゲージ位置

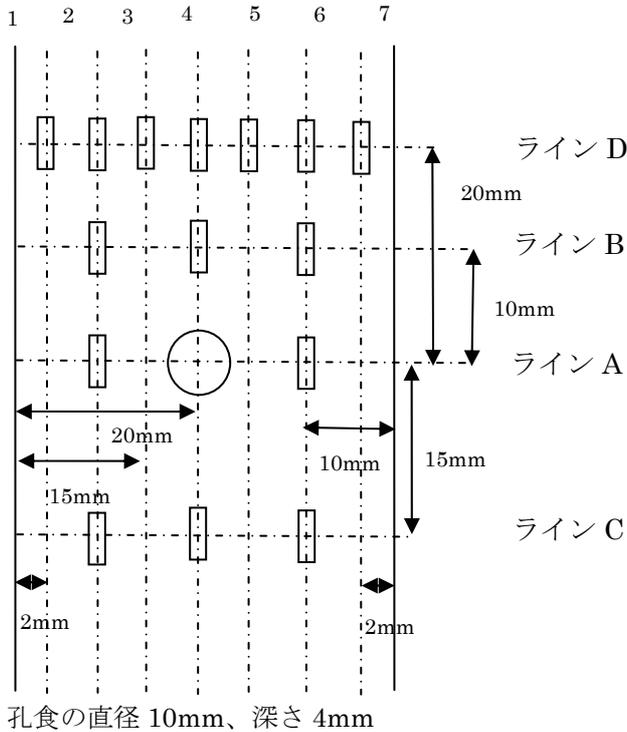


図 3. 模擬孔食 1 個のゲージ位置

3. 実験結果

3.1 みかけの降伏応力

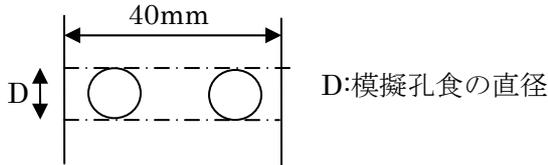


図 4. 平均断面積の求める部分

実験結果から得られた荷重を、孔食付近の平均断面積で除した値をみかけの降伏応力と定義した。平均断面積は図 4 の D の区間の体積を長さ D で除した値と定義した。よって、孔食の直径 7.5mm、深さ 4mm の場合の平均断面積は 325mm^2 、孔食の直径 10mm、深さ 6mm の場合は 266mm^2 、孔食の直径 10mm、深さ 4mm の場合は 297mm^2 となる。

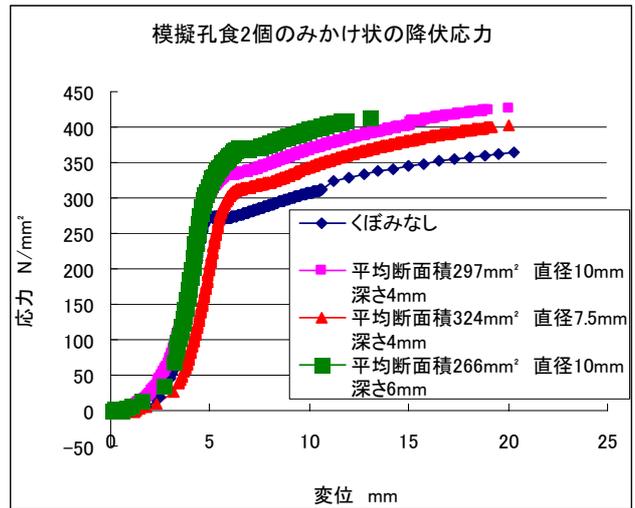


図 5. みかけの降伏応力と変位の関係

図 5 にみかけの降伏応力を示す。図の縦軸はみかけの降伏応力、横軸は試験の伸びである。

図 5 から、孔食の直径や深さによらず、模擬孔食なしよりも模擬孔食がありの方がみかけの降伏応力が大きいことが分かる。腐食させた鋼板では、断面積が小さくなるほどみかけの降伏応力が下がると報告されているが、模擬孔食鋼板では、逆に断面積が小さくなるにつれ、みかけの降伏応力が増加している。

開孔により変位が拘束されて強度が上がることもある。また、ピアノ線のような加工度の高いものは降伏応力が上がるという例もある。そのことから、今回の実験では、模擬孔食の存在や、加工の仕方により、材料としての降伏応力が上がり、その結果みかけの降伏応力が上がった可能性があるが、詳細は今後の検討課題である。

3.2 模擬孔食の周りのひずみ分布

今回した鋼板引張試験の模擬孔食の周りのひずみ分布を図6-図14に示す。図6-図8は模擬孔食2個、図9-図11は模擬孔食3個、図12-図14は模擬孔食1個のパターンである。図の縦軸はひずみ、横軸は図1-3のゲージを貼っているラインである。

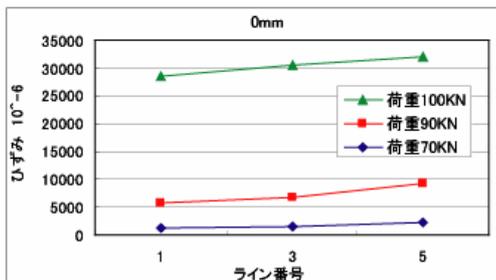


図6. 孔食の中心のラインにおけるひずみ

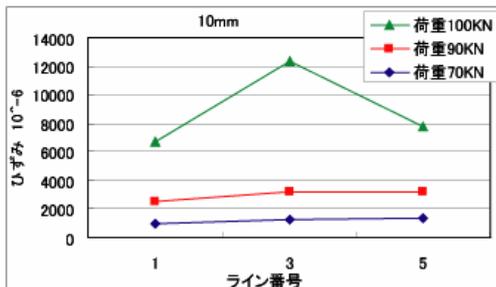


図7. 孔食の中心から10mm離れたラインにおけるひずみ

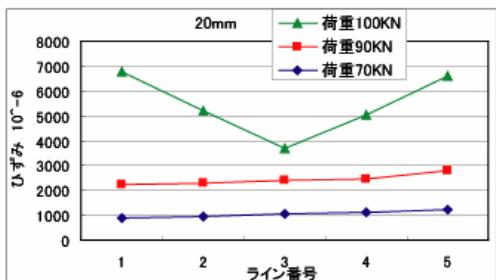


図8. 孔食の中心から20mm離れたラインにおけるひずみ

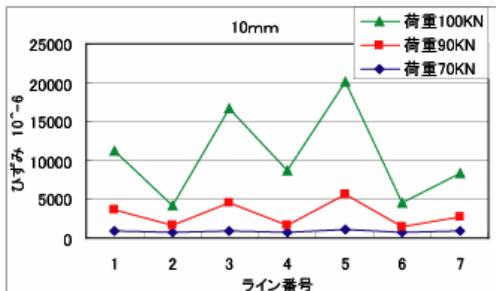


図9. 孔食の中心から10mm離れたラインにおけるひずみ

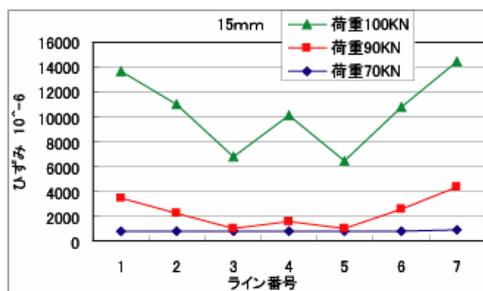


図10. 孔食の中心から15mm離れたラインにおけるひずみ

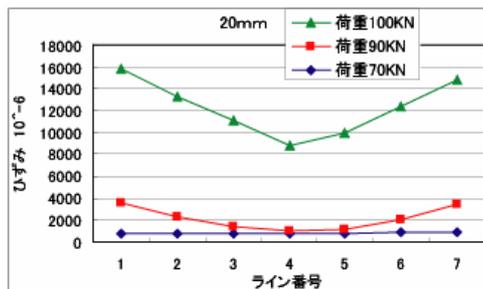


図11. 孔食の中心から20mm離れたラインにおけるひずみ

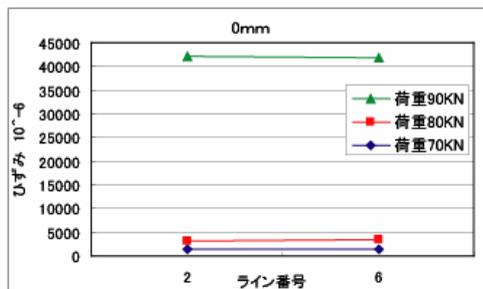


図12. 孔食の中心のラインにおけるひずみ

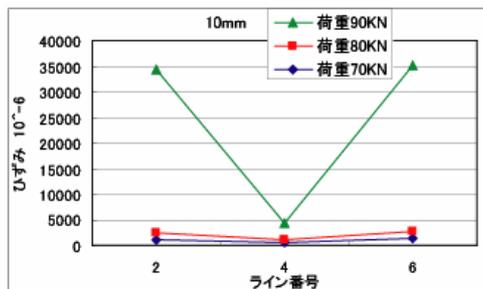


図13. 孔食の中心から10mm離れたラインにおけるひずみ

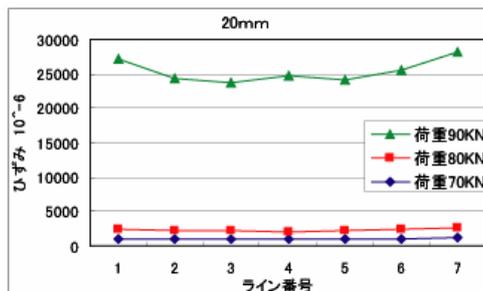


図14. 孔食の中心から20mm離れたラインにおけるひずみ

3.2.1 模擬孔食が2個の場合

模擬孔食2個の場合、10mmのラインでは中心のひずみが大きく、端部のひずみのほうが小さくなっている。逆に20mmのラインでは中心よりも端部のひずみの方が大きくなっている。

3.2.2 模擬孔食が3個の場合

模擬孔食3個の場合では、10mmのラインでは、模擬孔食の中心に当たる部分のひずみが小さく、模擬孔食の間のひずみが大きくなっている。20mmのように十分離れると、両端が大きく、滑らかになる。

そして、15mmの中間の部分では、むしろ模擬孔食のある部分が大きくなっている。

3.2.3 模擬孔食が1個の場合

模擬孔食1個の場合でも10mmのラインでは、模擬孔食の中心ラインでひずみは小さくなっている。20mmのラインでは端部のひずみが大きく中心が小さいという分布は顕著でなく、ほぼ一様な分布といえる。

3.2.4 ひずみ分布に関する考察

図6-14から、いずれの試験片のひずみも、荷重が小さく弾性域にあると推定される領域ではほぼ一様な分布であり、荷重が90KNを超えて降伏が進むと特徴的な分布に至ると言える。

模擬孔食2個では、谷口の報告にある応力の逆転現象に似た現象が発生していることが分かる。谷口は、模擬孔食のラインと鋼板の中心のラインだけで評価し、模擬孔食のラインでは10mmのところは鋼板の中心よりも小さく、20mmところでは、逆に鋼板の中心よりも大きくなっていることにより応力の逆転現象だと報告している。実際には、模擬孔食が2個、3個の場合の20mmのラインでは模擬孔食のラインよりも、端部のひずみが大きい。模擬孔食が2個、3個の場合、孔食から離れた位置では端部でひずみが大きく滑らかな分布となり、このため孔食中心ラインでは、一見応力が逆転したように見える。

端部のひずみが大きくなる現象は、端部の断面積が小さいことにより、端部に応力集中が発生することと関係していると考えられるが詳細は不明である。

孔食が2個あるいは3個の場合の特徴的なひずみ分布は、孔食から端部までの距離が小さく、ここに応力集中が生じたためであるとすれば、一般の構造物に生じる孔食の場合とはかなり異なった挙動である可能性が高い。その意味では、今後は縁端距離を大きく取った試験片を用いるべきではないのかと思われる。

模擬孔食が1個の場合では、端部のひずみが極端に大きくなるという現象は発生していない。恐らく端部の断面積が大きいことと関係しているのではないのかと思われるが、詳細は今後の検討課題である。

4.結論

人工的な模擬孔食では、自然にできた孔食とは逆に、みかけの降伏応力は上昇した。

模擬孔食2個、3個の場合では、模擬孔食の付近ではひずみ分布は滑らかではないが、模擬孔食が離れたところでは滑らかになり、かつ端部でひずみが大きい。

模擬孔食1個の場合では、離れたところでも端部のひずみが大きいという現象は発生しない。

参考文献

- 1) 谷口津美：鋼板の孔食による降伏荷重の低下とそのメカニズム 2006年度高知工科大学修士論文