

解析と試験による切欠き付き試験片の局部破損メカニズムに関する研究

Analytical and Experimental Study on Local Failure Mechanism of Notched Tensile Test Specimens

*坂口 貴史¹、吉田 瑞城¹、佐藤 拓哉¹、笠原 直人¹

¹ 東京大学大学院

構造不連続部において発生の可能性が指摘されている局部破損のメカニズムは未だ十分には解明されていない¹⁾。本研究では、構造不連続部を模擬した基本的モデルとして切欠き付き厚板を取り上げ、切欠き形状が引張強度に及ぼす影響を検討した。

キーワード：局部破損、弾塑性有限要素解析、破損メカニズム、多軸応力、引張強度、塑性拘束

1. 序論 過酷事故が起こると、強い多軸拘束状態の原子炉では局部破損を引き起こしうるが、局部破損は従来の設計では想定されてこなかったばかりか、そのメカニズムは十分に解明されていない。本研究では、引張り試験と大変形弾塑性 FEM 解析を行うことにより、局部破損メカニズムの解明を目的とする。

2. FEM 解析及び引張試験 平滑厚板及び、切欠き付厚板試験片の大変形弾塑性有限要素解析と引張試験を行った。図 1 に実験に用いた試験片を示す。試験片は引張荷重により板厚中央から破壊が生じた。解析は厚板を模擬するために、平面ひずみモデルを用い、対称性を考慮して 1/4 モデルとした。切欠き形状の影響を検討するために、最小断面部の幅方向の大きさ (w_1) を一定とし、最大断面部の幅方向の大きさ (w_2) を変化させた。図 2 の赤矢印が最小断面部、黄矢印が最大断面部である。図 3 に実験による荷重—変位曲線を示す。図から、平滑試験片に比べて切欠き付試験片の破断までの最大荷重は上昇することがわかる。また、 w_2 / w_1 が大きくなるにつれ、破断までの最大荷重も大きくなる。解析も同様の傾向を示した。



図 1 切欠き付試験片



図 2 切欠き付試験片
解析モデル

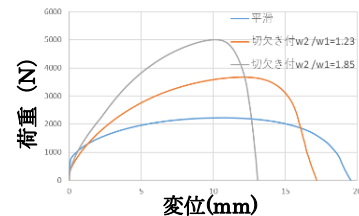


図 3 実験による荷重—変位曲線

3. 切欠き形状が引張強度に及ぼす影響と破損メカニズムの考察 荷重が上昇する理由は、最小断面部がポアソン比効果で縮もうとするのを、その周辺部（最大半径断面部）が拘束するためであると考えられる。これは、 w_2 / w_1 が大きくなるにつれ、荷重上昇する傾向とも一致する。また、多軸応力場での破損メカニズムを解明するために、破断時の、設計における強度指標であるミーゼス応力と静水圧応力の最小断面部での応力分布図を図 4、図 5 に示す。横軸の原点は試験片中心部であり、図 2 の赤矢印最下部となる。そして横軸 3.5 で切欠き底となる。ミーゼス応力は切欠き底で大きくなっているのに対して、静水圧応力は内部で大きくなっている。これは局部破損が切欠き底ではなく内部から発生する現象と一致する。つまり、局部破損のような特殊な破損メカニズムを考える場合は、ミーゼス応力だけでなく静水圧応力も考慮にいれなければならないことが明確になった。

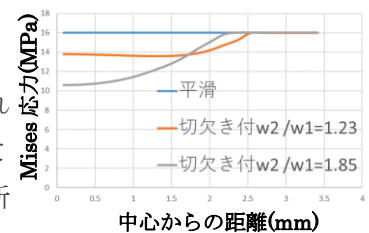


図 4 最小断面部 Mises 応力分布

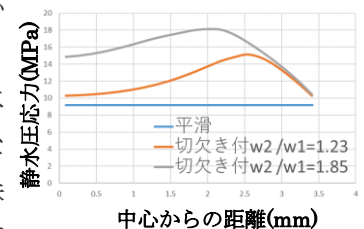


図 5 最小断面部静水圧応力分布

参考文献 1) 佐藤拓哉, 圧力設備の破損モードと応力, 日本工業出版, 2013

* Takashi Sakaguchi¹, Mizuki Yoshida¹, Takuya Satou¹ and Naoto Kasahara¹ ¹Tokyo Univ.