

原子炉容器を模擬したノズル付き円板試験体の局部破損に関する研究

Study on Local Failure of Circular Plate Specimens with Nozzle Simulating Reactor Pressure Vessels

*恒本 芳樹¹, 坂口 貴史¹, 片岡 俊二², 佐藤 拓哉¹, 笠原 直人¹

¹東京大学, ²日揮株式会社

Strength tests and finite element analyses were performed for circular plate specimens with nozzles. As a result, the maximum load of the thick nozzle specimen was smaller than that of the thin nozzle one. The characteristics of local failure were clarified from this study.

キーワード： 延性破壊、局部破損、3軸応力状態、ミーゼス応力、静水圧応力

1. 序論 3軸応力状態となる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[1]のメカニズムは、未だ十分に解明されていない[2]。本研究では、原子炉容器の構造不連続部を模擬するモデルとして、ノズル付き円板試験体を用い、局部破損の解明を目的とする。

2. ノズル付き円板試験体の破壊試験及び大変形弾塑性有限要素解析 ノズルと円板の剛性比の影響を検討するために、円板の肉厚を一定とし、ノズルの肉厚を変化させ、ノズル付き円板試験体の破壊試験及び大変形弾塑性有限要素解析を行った。厚肉ノズル付き試験体を図1に、解析モデルを図2に示す。試験は周辺支持とし、ノズルに鉛直荷重を加えた。破損はノズル取付け部から生じ、厚肉ノズルの方が薄肉ノズルよりも最大荷重が小さくなった。試験から得られた荷重—変位関係を図3に示す。解析も同様の結果となった。



図1: 試験片形状

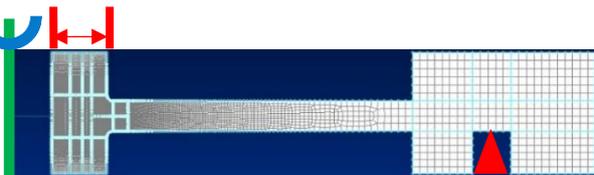
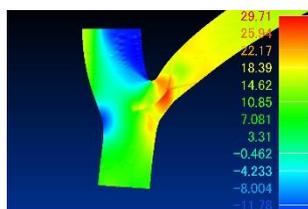


図2: 解析モデル形状 (厚肉ノズル)

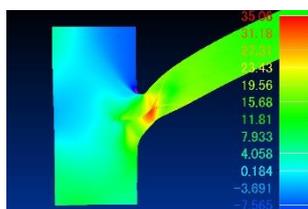


図3: 荷重—変位関係

3. ノズルと一般部の剛性比が破損モードに及ぼす影響に関する考察 図4に示すように、厚肉ノズルの場合の静水圧応力の最大箇所はノズル取付け部であり、局部破損発生箇所と一致した。静水圧応力の最大値は厚肉ノズルの方が大きい。一方で、図5に示すように、ミーゼス応力の最大箇所は、薄肉ノズルの場合はノズル部全体に分布するのに対し、厚肉ノズルの場合はノズル取付け部の狭い範囲である。したがって、厚肉ノズルの方が、ノズル部全体が大きく塑性変形せず、狭い範囲で荷重を受けることが分かる。

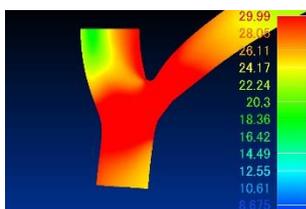


(a) 薄肉ノズル

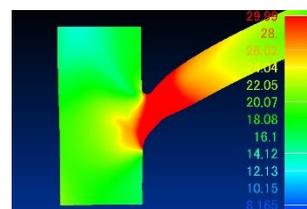


(b) 厚肉ノズル

図4: ノズル取付け部付近の静水圧応力の分布



(a) 薄肉ノズル



(b) 厚肉ノズル

図5: ノズル取付け部付近のミーゼス応力の分布

4. 結論 ノズルと円板の剛性比の大きい厚肉ノズル付き試験体は局部破損しやすいことを明らかにした。

参考文献

- [1] David A. Osage, P.E., “ASME Section VIII-Division 2 Criteria and Commentary”, The Equity Engineering Group, Inc., (2009).
 [2] 佐藤拓哉, 圧力設備の破損モードと応力, 日本工業出版, (2013).

*Yoshiki Tsunemoto¹, Takashi Sakaguchi¹, Shunji Kataoka², Takuya Sato¹ and Naoto Kasahara¹

¹The Univ. of Tokyo, ²JGC Corporation