

原子炉構造レジリエンスを向上させる破損の拡大抑制技術の開発

Development of failure mitigation technologies for improving resilience of nuclear structures

(21) 過大地震時破損拡大抑制のための円筒の座屈と座屈後挙動に関する研究

(21) Study on buckling and post-buckling behavior of cylinders for failure consequence mitigation under excessive seismic load

*長谷川 翔¹, Ye Yiji¹, 一宮 正和¹, 笠原 直人¹

¹ 東京大学

過大地震が発生した場合に、薄肉容器には座屈が発生する可能性があり、座屈の発生条件に加え、座屈後挙動を解明することは座屈後の影響拡大抑制への取り組みに対して有益である。本研究では高速炉原子炉容器を模した小型試験体に対して振動荷重を加える実験およびFEM解析を行い、座屈前後の応答挙動を調べた。

キーワード：過大地震、高速炉原子炉容器、座屈、座屈後挙動、振動荷重、破損影響緩和、FEM解析

1. はじめに

高速炉原子炉容器は薄肉円筒の形状をしており、薄肉容器には過大地震が発生した場合に座屈が発生する可能性がある。しかし振動荷重による円筒の座屈は明確でない。また座屈後の影響拡大抑制を考える上で座屈後の挙動を解明することは重要である。これらを解明するために、原子炉容器を模した円筒試験体に対して振動荷重を与える実験及びFEM解析を行なった。

2. 振動実験とFEM解析

2-1. 水平振動荷重

過大な地震動を想定した水平振動荷重を与える試験を行い、薄肉円筒の過大地震動に対する座屈後挙動を調べた。座屈後の様子を図1に示す。座屈は円筒上部に発生し、亀裂が生じる場合もあったが、座屈後は崩壊や破断に至ることはなく形状は安定していた。座屈後は固有振動数が低下して入力振動数を下回り、入力と応答が逆相となることでエネルギーが入りにくくなっていた。



図1 水平振動荷重による座屈

2-2. 軸方向振動荷重

水平免震を採用した場合では鉛直方向加速度が増幅することから、軸方向振動荷重を与える試験を行い、薄肉円筒の上下動に対する座屈後挙動を調べた。座屈後の様子を図2に示す。水平振動荷重の時と同様に座屈後の形状は安定しており、解析結果からそのメカニズムも水平振動時と同様であることがわかった。

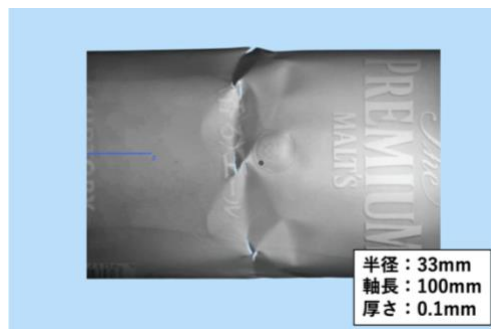


図2 軸方向振動荷重による座屈

3. 結論

振動荷重による薄肉円筒の座屈は、水平方向加振及び軸方向加振も共に座屈後の形状は安定していた。そのメカニズムは、座屈後に固有振動数が入力振動数よりも低下することで応答に位相遅れが生じて入力と逆相となり、振動台からの入力エネルギーが減少することで座屈の発生や進展が抑制されたというものであった。今後は亀裂の発生箇所や大きさの解明、水平動と上下動の組み合わせの振動荷重に対する座屈後挙動の解明に組み込み、座屈後の影響拡大を抑制できる技術を開発したい。

本研究は文部科学省原子力システム研究開発事業 JPMXD0220353828 の助成を受けたものである。

*Sho Hasegawa¹, Masakazu Ichimiya¹ and Naoto Kasahara¹

¹ The Univ. of Tokyo