

原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ
戦略的原子力共同研究プログラム 事後評価総合所見

研究開発課題名：高経年配管系に対する耐震裕度の定量評価に関する研究			
研究代表者（研究機関名）：中村いずみ（独立行政法人防災科学技術研究所）			
再委託先研究責任者（研究機関名）：高田一（国立大学法人横浜国立大学）			
再委託先研究責任者（研究機関名）：大谷章仁（株式会社 IHI）			
研究期間及び予算額：平成20年度～平成22年度（3年計画） 85 百万円			
項目	要 約		
1. 研究開発の概要	高経年配管系の耐震裕度を実験的および解析的に把握する。対象は、健全配管系および、高経年化に伴う減肉を模擬した配管系とする。現行の耐震設計の想定を超えた入力レベルにより配管系が損傷に至るまでを考慮し、配管系の有する耐震裕度を明確にする。また、破損に至る前の損傷程度を調査し、地震後の健全性評価を試みる。		
2. 総合評価	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50px;">A</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・減肉の生じた配管系を対象とする振動台を用いた実験と解析を通じて、高経年配管系に対する耐震裕度の定量化に向けた優れた成果が挙げられている。 S) 極めて優れた成果が挙げられている A) 優れた成果が挙げられている B) 一部を除き、相応の成果が挙げられている C) 部分的な成果に留まっている D) 成果がほとんど挙げられていない </td> </tr> </table>	A	<ul style="list-style-type: none"> ・減肉の生じた配管系を対象とする振動台を用いた実験と解析を通じて、高経年配管系に対する耐震裕度の定量化に向けた優れた成果が挙げられている。 S) 極めて優れた成果が挙げられている A) 優れた成果が挙げられている B) 一部を除き、相応の成果が挙げられている C) 部分的な成果に留まっている D) 成果がほとんど挙げられていない
A	<ul style="list-style-type: none"> ・減肉の生じた配管系を対象とする振動台を用いた実験と解析を通じて、高経年配管系に対する耐震裕度の定量化に向けた優れた成果が挙げられている。 S) 極めて優れた成果が挙げられている A) 優れた成果が挙げられている B) 一部を除き、相応の成果が挙げられている C) 部分的な成果に留まっている D) 成果がほとんど挙げられていない 		
3. その他	<ul style="list-style-type: none"> ・今後も共同研究を進めて、実験結果と解析結果の対比が十分にできる研究開発成果が挙げられることを期待する。 ・成果の外部発表がすべて口頭発表となっている。成果をきちんと残すためにも研究開発内容の論文化、データの公開を是非進めてもらいたい。 		

<p>1. 目的・目標</p>	<p>高経年化に伴い減肉の生じた配管系を対象とし、実験と解析を通じ、以下の2点を明らかにすることを目標とした。</p> <p>(a) 設計基準における想定を超える地震動に対する配管系の裕度評価 (b) 減肉を有する配管系の耐震裕度の確認と許容できる減肉程度の検討</p>
<p>2. 研究成果</p>	<p>【研究開発項目(1) 振動台を用いた減肉配管系の耐震信頼性実証試験】</p> <p>[得られた成果]</p> <p>中規模振動台実験および E-ディフェンス実験を実施し、設計基準における想定を超える地震荷重を受ける配管系の耐震裕度を実証的に評価した。その結果、複数の継手に 50%程度の減肉を想定した場合でも、現行の耐震設計で許容される程度の地震動に対しては、内部の水が漏洩するような損傷は生じないと考えられることがわかった。また、実験により、健全な状態と減肉のある状態での応答加速度の特性や固有振動数の変化、配管系各部のひずみ挙動、地震動の入力レベルを上げた際に配管系に発生する外観上の変化、非破壊検査による損傷検出の傾向に関するデータなどを取得した。実験時に取得されたひずみのデータから、試験体内の発生ひずみの分布を調査したところ、加振による試験体内に発生するひずみの分布傾向は、配管継手部で大きく、その周辺直管では相対的に小さいこと、加振レベルを増幅させた場合、直管部に塑性域が広がるのではなく、継手部における塑性ひずみが大きくなる傾向になることがわかり、地震後の健全性評価に当たっては、継手部を重点的に評価する必要があると考えられる。このような地震荷重を受けた配管の、き裂貫通前の損傷の検出に既存の非破壊検査手法を適用する場合、超音波探傷試験による指標が利用できる可能性のあることがわかった。</p> <p>【研究開発項目(2) 数値解析による減肉配管系の耐震信頼性評価の検討】</p> <p>[得られた成果]</p> <p>実験と平行して、実験結果を評価できる高精度な解析モデルを構築した。その結果、解析に基づき、配管系で損傷する継手の位置や継手内の損傷箇所を精度良く評価できた。数値解析では、解析で得られたひずみに基づく損傷寿命の評価を実施したが、この評価手法による損傷評価は実験における損傷寿命を良く再現しており、今後、解析に基づく減肉配管の耐震性を定量的に評価する道筋が得られた。また、解析モデルの高度化を図り、減肉率や減肉形状を変えた解析を実施し、配管系の応答挙動や寿命に対する減肉の影響を評価できた。これらの解析モデルは、実験では実施しきれない多様な減肉条件の解析に使用することが可能で</p>

ある。

【研究開発項目(3) 耐震裕度評価手法の構築と検証】

[得られた成果]

配管系の裕度評価においては、健全・弾性状態を基準とした設計許容レベルを基準とし、損傷に対する耐震裕度を評価した。その結果本研究で検討したような、複数の継手に50%程度の減肉のある場合でも設計許容レベルに対し、損傷が発生するまでには加速度入力で5~7倍程度の裕度があることがわかった。一方、設計許容レベルでは内部の水が漏洩するような損傷は生じなかったものの、E-ディフェンス実験の減肉試験体では試験体の一部に塑性変形が生じており、減肉の条件によっては現在の耐震設計で想定する、おおむね弾性範囲にとどまらない可能性があることがわかった。

【論文、特許等】

[口頭発表]

- 1) 中村いずみ、大谷章仁、佐藤祐二、高田一、高橋宏治、2009、「減肉部を有する配管系の振動応答と損傷挙動」、日本機械学会 M&M2009 材料力学カンファレンス、OS1422
- 2) 大谷章仁、佐藤祐二、中村いずみ、高橋宏治、高田一、2009、「減肉配管の3次元加振実験と耐震設計裕度に関する考察」、日本機械学会第11回運動と振動の制御 シンポジウム、C15
- 3) 中村いずみ、2010、「高経年配管系に対する耐震裕度の定量評価に関する研究」、原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ 研究報告・募集説明会、pp. 1-4
- 4) Izumi Nakamura, Akihito Otani, Yuji Sato, Hajime Takada, Koji Takahashi, 2010, "Tri-Axial Shake Table Test on the Thinned Wall Piping Model and Damage Detection before Failure", ASME 2010 Pressure Vessels & Piping Conference, PVP2010-25839
- 5) 大谷章仁、佐藤祐二、中村いずみ、高橋宏治、高田一、2010、「減肉配管の三次元加振実験と耐震設計評価の比較」、第13回日本地震工学シンポジウム、OS4-Sat-PM(OS4)-1
- 6) 高田一、中澤瞬、中村いずみ、大谷章仁、佐藤祐二、高橋宏治、澁谷忠弘、2010、「高経年配管系の振動応答特性」、第13回日本地震工学シンポジウム、OS4-Sat-PM(OS4)-2
- 7) 中村いずみ、大谷章仁、佐藤祐二、高田一、2010、「振動台実験による高経年配管系の耐震裕度評価」、第13回日本地震工学シンポジウム、OS4-Sat-PM(OS4)-4
- 8) Izumi Nakamura, Akihito Otani, Yuji Sato, Hajime Takada, Koji Takahashi, and Tadahiro Shibutani, 2011, "Investigation of The

	<p>Seismic Safety Capacity of Aged Piping System - Shake Table Test on Piping Systems With Wall Thinning by E-Defense", ASME 2011 Pressure Vessels & Piping Conference, PVP2011-57560</p> <p>9) Akihito Otani, Izumi Nakamura, Hajime Takada, and Masaki Shiratori, 2011, "Consideration on Seismic Design Margin of Elbow in Piping", ASME 2011 Pressure Vessels & Piping Conference, PVP2011-57146.</p> <p>10) Tadahiro Shibutani, Izumi Nakamura and Akihito Otani, 2011, "Failure Analysis of Piping Systems with Thinned Elbows on Tri-Axial Shake Table Tests", ASME 2011 Pressure Vessels & Piping Conference, PVP2011-57580.</p>
--	--