

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	地震力に対する機器・配管系の弾塑性設計法に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	田村伊知郎
Author(English)	ICHIRO TAMURA
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10881号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:木村 康治,天谷 賢治,宮崎 祐介,中尾 裕也,高原 弘樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10881号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： システム制御 系
Department of Graduate major in システム制御 コース
学生氏名： 田村 伊知郎
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)： 木村 康治
Academic Supervisor(main)
指導教員(副)：
Academic Supervisor(sub)

要旨(和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

原子力発電所の全ての機器・配管系は、静的震度を用いた静的解析による設計を行う。この設計は、重要度に応じて設定した設計震度に対して弾性であるよう静的震度法により設計を行うものである。近年の原子力発電所の震災事例では、設計震度を超過する地震が多く観測されており、重要度の低い多くの機器・配管系が弾塑性応答したと推定される。しかし、これらの地震において、機器・配管系の機能低下・喪失レベルの損傷は少ないことが確認されている。この結果は、静的震度法による設計が有効に機能したことを示していると推定されるが、その定量的な理解には至っていない。

さらに、原子力発電所の安全上重要な機器・配管系は、基準地震動を用いた動的解析による設計を行う。その許容基準は一定の塑性変形を許容するものであるが「弾性解析を用いた設計」を基本としている。これは機器・配管系を降伏後も剛性が低下しない仮想的な系、即ち、線形系として動的解析を行い、得られた応答値が許容限界の範囲内にあることを確認するものである。弾性解析を用いた設計には、弾塑性応答による応答低減効果が考慮されない等、様々な課題がある。これらの課題を解決するためには、機器・配管系を現実的に即して非線形系として動的解析を行い、得られた応答値が許容限界の範囲内にあることを確認する「弾塑性解析を用いた設計」を用いる必要がある。

本論文では、地震力に対する機器・配管系の動的解析による設計と静的解析による設計の高度化のため、地震床応答に対する機器・配管系の弾塑性応答特性を明らかにし、これに基づく弾塑性設計法の提案を行う。動的解析による設計では、以下に示す動的設計法に求められる条件を満たす弾塑性解析を用いた設計の方法を提案する。静的解析による設計では、静的設計法が弾塑性応答する機器・配管系に対して機能する機構を定量的に考察し、地震力のレベルに応じて設計震度が考慮できる設計法を提案する。

【動的設計法に求められる条件】

- a) 許容限界は、破損様式と結びついた強度指標により規定されたものであること
- b) 応答・強度評価法は、破損様式と結びついた強度指標の値を保守的に求めるものであること

本論文は、以下の 6 章から構成される。

第 1 章「序論」では、本研究の背景、機器・配管系の弾塑性設計法の課題及び本研究の目的を述べ、本論文の構成を説明する。

第 2 章「一定塑性率応答スペクトルと非線形系の応答スペクトル解析法」では、系の降伏耐力と地震力により生じる塑性率の関係を表す一定塑性率応答スペクトルを説明し、このスペクトルを用いる非線形多自由度系の応答スペクトル解析法を提案する。提案した動的解析法は、非線形多自由度系の弾塑性応答を各固有振動モードの弾塑性応答の重ね合わせとして算定するため、非

線形多自由度系の応答特性を把握する有力な手段となる。また、応答指標が塑性率であるため、第 5 章で提案する「塑性率設計法」に用いる動的解析法に適している。

第 3 章「地震床応答に対する非線形系の応答特性」では、地震床応答に対する一定塑性率応答スペクトルを分析し、支持構造物上の非線形一自由度系の応答特性として、許容する塑性率と系に必要な降伏耐力、及びこの降伏耐力の弾性系に必要な降伏耐力に対する低減度の関係を明らかにする。また、第 2 章で提案した動的解析法に基づき、非線形多自由度系の応答特性について述べる。

第 4 章「機器・配管系の弾塑性設計における許容基準」では、動的設計法に求められる条件 a) を満たす、弾塑性解析を用いた設計における許容限界を破損様式毎に提案する。具体的には、弾塑性解析を用いた設計における破損様式と結びついた強度指標を提案し、破損様式毎の強度指標により許容限界を設定する考え方を述べる。このうち、延性破壊・塑性崩壊に対しては強度指標を塑性率とする具体的な許容限界を提案する。

第 5 章「機器・配管系の弾塑性設計法」では、機器・配管系の動的解析による設計と静的解析による設計について述べる。

動的解析による設計では、第 3 章で明らかにした地震床応答に対する非線形系の応答特性を踏まえて、動的設計法に求められる条件を満たす弾塑性解析を用いた設計の方法を提案する。この方法は、第 4 章で提案した許容基準と本章で提案した応答・強度評価法から構成される。提案する応答・強度評価法には、多自由度系に適用できる「塑性率設計法」と一自由度系に適用できる「簡易化した必要降伏耐力設計法」がある。塑性率設計法は応答評価における応答指標を塑性率とする設計法であり、簡易化した必要降伏耐力設計法は必要な降伏耐力を簡易に設定することができる設計法である。

静的解析による設計では、第 3 章で明らかにした応答特性に基づき、静的設計法である地震床応答の最大加速度を用いる方法と静的震度法を導き、静的設計法が機能する機構を定量的に考察する。この考察に基づき、地震力のレベルに応じて設計震度が考慮できる静的震度法を提案する。

第 6 章「結論」では、各章において得られた結論を整理して、本論文の結論とする。さらに、今後の研究の課題について述べる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース：	システム制御	系
Department of, Graduate major in	システム制御	コース
学生氏名：	田村 伊知郎	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	木村 康治	
Academic Supervisor(main)		
指導教員 (副)：		
Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

All components and piping systems of nuclear power plants are designed by static analysis using the seismic coefficient method, in which they are elastic for the design seismic coefficients determined according to their importance.

In recent earthquake disasters of nuclear power plants, the floor accelerations exceeding the design seismic coefficients were observed in many earthquakes, and a large number of components and piping systems in low seismic class seem to have responded in elasto-plastic deformation. However, it has been confirmed that there is little damage to the function loss level of components and piping systems in these earthquakes. Although this result indicates that the design by the seismic coefficient method worked effectively, it still has not brought to the quantitative explanation.

In addition, components and piping systems with the higher level of importance for safety of nuclear power plants are designed by dynamic analysis using the standard seismic motion. Though the acceptance criteria allow the plastic deformation to some extent, normally design using linear dynamic analysis has been adopted. When we use this design method, there are various problems e.g., the response reduction effect due to the plastic deformation has not been considered. In order to resolve these problems, it is necessary to apply design using nonlinear dynamic analysis.

In this paper, in order to improve both dynamic and static design of components and piping systems for seismic forces, their elasto-plastic response behavior under seismic load is clarified from the relation between yield strength and ductility factor, and elasto-plastic design methods are proposed. In dynamic design, a design method using nonlinear dynamic analysis is proposed. In static design, the mechanism that the seismic coefficient method worked effectively for components and piping systems whose responses are elasto-plastic is quantitatively clarified, and a design method is proposed, in which the design seismic coefficient can be considered according to the level of the seismic force.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).