2020年秋の大会



本稿の内容は経済産業省からの受託研究である「平成29年度・平成30年度高速炉の国際協力等に関する技術開発」の一環として実施された成果である。

新型炉部会セッション

SFR安全標準炉に求められる技術開発の状況 (4)3次元免震技術





1. 背景·目的

- 2. 3次元免震システムの概要
- 3. 3次元免震システムの上下免震要素
 - 3.1 皿ばねユニット
 - 3.2 上下オイルダンパ
- 4. 免震性能
- 5. まとめ・今後の展望





1. 背景·目的

- 2. 3次元免震システムの概要
- 3. 3次元免震システムの上下免震要素
 - 3.1 皿ばねユニット
 - ・3.2 上下オイルダンパ
- 4. 免震性能
- 5. まとめ・今後の展望



1.1 背景(1/3)



免震研究が始動

免震技術の有効性が実証

- ・日本では1980年代初頭から免震研究が本格化
- 代表的な装置として積層 ゴムが開発

1995年兵庫県南部地震 の観測記録によって、積 層ゴムを適用した免震構 造の有効性が実証



積層ゴム系免震装置

藤田,他2名,積層ゴムによる重量機器の免震支持,日 本機械学会論文集,50巻,454号,pp.933-942,1984

地震力

地震力の低減が実証

Design Recommendations for Seismically Isolated Buildings Architectural Institute of Japan, 2016



社会インフラへ普及













高速炉の地震条件の変化



地震条件の現状

大きな地震動レベルの観測 を踏まえて、地震に対する安 全性の向上を目的に地震動 レベルが増大



今後の設計では、過去にも 増して、水平方向のみならず 上下方向の地震力の低減が 必要

²⁰²⁰年秋の大会 新型炉部会セッション





高い地震動レベルに対する主要機器の耐震健全性の確保には、水平方向のみならず、 上下方向の地震力の低減が重要。そこで、これを可能とする3次元免震システムを開発





1. 背景·目的

- 2. 3次元免震システムの概要
- 3. 3次元免震システムの上下免震要素
 - ・皿ばねユニット
 - 上下オイルダンパ
- 4. 免震性能
- 5. 今後の展望



2.1 3次元免震システムの構成





2020年秋の大会 新型炉部会セッション

2.1 3次元免震システムの構成





2020年秋の大会 新型炉部会セッション





- 地震応答低減効果の確保: ロッキング抑制装置等の付帯設備を適用することなく、高い上下地震応 答低減効果の実現。また水平方向も通常の水平免震システムと同等の 性能を確保
- ② 配置性の確保:水平免震と同等の配置性の実現
- ③ 免震システムとしての信頼性の確保: 建屋の支持機能と復元機能を有しているため、機械要素等で実用化されている要素技術を活用しながら、免震装置としての高い信頼性の実現







②配置性の確保

- 水平免震と同程度の基数及び配置性の 確保:
- 水平免震と同じ支持荷重の実現
- 上下3Hzを実現させるスペースを水平
 免震のペデスタルサイズ(■)に設定

既製品・規格基準から逸脱した「大型 皿ばね」や「コンパクトな上下オイルダ ンパ」が必用



- 1. 背景·目的
- 2. 3次元免震システムの概要
- 3. 3次元免震システムの上下免震要素
 - ・皿ばねユニット
 - 上下オイルダンパ
- 4. 免震性能
- 5. まとめ・今後の展望





3.1.1 皿ばねユニットの構成







3.1.2 皿ばねの関連規格基準との比較









²⁰²⁰年秋の大会 新型炉部会セッション





3.1.5 皿ばねユニットの最適組合せ



最適組合せのフロー





弾性エネルギーの分散が最小値となる評価関 数を設定

$$R(\text{Min.}) = \sum_{i=1}^{4} \sum_{n=1}^{st} \left[\frac{En_i(n) - En_{av_i}(n)}{En_{av_i}(n)} \right]^2$$

En: 3並列6直列に組合せた皿ばねの弾性エネ
 ルギー
 En_{av}: 荷重平均から導出した弾性エネルギー
 st: 評価範囲の総ステップ数
 i: ユニット数(今回の場合は4ユニット)

T.Fukasawa, et al., Research and Development of Three-Dimensional Isolation System for Sodium-Cooled Fast Reactor Part 4: Proposal of Optimal Combination Method for Disc Spring Units and Newly Friction Model for Sliding Elements, ASME PVP2019

End

3.1.6 Particle Swarm Optimization (1995) (1/4)





James Kennedy



Russell Eberhart

http://independent.academia.edu/JamesKennedy

Particle Swarm Optimization

James Kennedy¹ and Russell Eberhart²

¹Washington, DC 20212 kennedy_jim@bls.gov

²Purdue School of Engineering and Technology Indianapolis, IN 46202-5160 eberhart@engr.iupui.edu

ABSTRACT

A concept for the optimization of nonlinear functions using particle swarm methodology is introduced. The evolution of several paradigms is outlined, and an implementation of one of the paradigms is discussed. Benchmark testing of the paradigm is described, and applications, including nonlinear function optimization and neural network training, are proposed. The relationships between particle swarm optimization and both artificial life and genetic algorithms are described.

1 INTRODUCTION

This paper introduces a method for optimization of continuous nonlinear functions. The method was discovered through simulation of a simplified social model; thus the social metaphor is discussed, though the algorithm stands without metaphorical support. This paper describes the particle swarm optimization concept in terms of its precursors, briefly reviewing the stages of its development from social simulation to optimizer. Discussed next are a few paradigms that implement the concept. Finally, the implementation of one paradigm is discussed in more detail, followed by results obtained from applications and tests upon which the paradigm has been shown to perform successfully.

0-7803-2768-3/95/\$4.00 © 1995 IEEE 1942

3.1.6 Particle Swarm Optimization (1995) (2/4)





3.1.6 Particle Swarm Optimization (1995) (3/4)





²⁰²⁰年秋の大会 新型炉部会セッション

3.1.6 Particle Swarm Optimization (1995) (4/4)





2020年秋の大会 新型炉部会セッション







微分方程式による解析モデルを開発



骨格曲線を任意の関数で与えられるため、様々な履歴ループを表現可能

3.1.8 皿ばねユニットの地震応答解析モデル(2/2)





2020年秋の大会 新型炉部会セッション



1. 背景·目的

2. 3次元免震システムの概要

3. 3次元免震システムの上下免震要素

- ・皿ばねユニット
- 上下オイルダンパ
- 4. 免震性能
- 5. まとめ・今後の展望



3.2.1 上下オイルダンパ開発の着眼点(1/2)





A P A VA

設計の着眼点②



3.2.2 上下オイルダンパの概要





3.2.3 上下オイルダンパの検証試験



- 最大入力速度: 0.25 m/s
- 入力: スイープ波(5Hz)





3.2.4 上下オイルダンパの地震応答解析モデル



擬似地震波加振による検証

- 上下オイルダンパの解析モデルを開発
 - 小振幅高振動数でも高い再現性の確保
 - 実挙動に近い非定常な入力に対しても高い
 再現性
 - ⇒解析モデルの有効性を確認

<<上下オイルダンパの解析モデル>>







- 1. 背景·目的
- 2. 3次元免震システムの概要
- 3. 3次元免震システムの上下免震要素
 - ・皿ばねユニット
 - 上下オイルダンパ
- 4. 免震性能
- 5. まとめ・今後の展望

4.1 地震応答解析モデル





T.Fukasawa, et al., Research and Development of Three-Dimensional Isolation System for Sodium-Cooled Fast Reactor Part 4: Proposal of Optimal Combination Method for Disc Spring Units and Newly Friction Model for Sliding Elements, ASME PVP2019

4.1 地震応答解析モデル





²⁰²⁰年秋の大会 新型炉部会セッション







T.Fukasawa, et al., Research and Development of Three-Dimensional Isolation System for Sodium-Cooled Fast Reactor Part 4: Proposal of Optimal Combination Method for Disc Spring Units and Newly Friction Model for Sliding Elements, ASME PVP2019

4.3 安全余裕と原子炉容器径の関係

|地震応答低減による安全余裕の概念|



M.Uchita, et al., Seismic evaluation for a large-sized reactor vessel targeting SFRs in Japan, ICAPP 2018, pp.380 - 386, 2018





- 1. 背景·目的
- 2. 3次元免震システムの概要
- 3. 3次元免震システムの上下免震要素
 - ・皿ばねユニット
 - 上下オイルダンパ
- 4. 免震性能
- 5. まとめ・今後の展望

5. まとめ・今後の展望





2020年秋の大会 新型炉部会セッション

