

【添付－ 1】

配管系の減衰定数について

平成 2 1 年 1 2 月  
四国電力株式会社

## 【 目 次 】

- 1 . 概 要 . . . . . 1
- 2 . 配管系の減衰定数に関する検討結果 . . . . . 1
- 3 . 多点入力を考慮する場合の減衰定数の設定方法 . . . . . 2

## 1. 概 要

配管系の設計用減衰定数は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」に規定されているが、JEAG4601 の改訂に際しては、配管系の振動試験等をもとに、保温材の付加減衰定数およびUボルトを用いた支持具を有する配管系の減衰定数を定め、現行 JEAG4601 に定める配管系の設計用減衰定数を適正なものに見直ししている。

## 2. 配管系の減衰定数に関する検討結果

配管系の減衰定数に関する検討結果を以下に示す。 (第1表参照)

第1表 配管系の設計用減衰定数 (改訂案)

配管区分		減衰定数 (%) ※1	
		保温材有	保温材無
I	スナバ及び架構レストレイント支持主体の配管系で、その支持具(スナバ又は架構レストレイント)の数が4個以上のもの	<u>3.0</u>	2.0
II	スナバ、架構レストレイント、ロッドレストレイント、ハンガ等を有する配管系で、アンカ及びUボルト除いた支持具の数が4個以上であり、配管区分Iに属さないもの	<u>2.0</u>	1.0
III	Uボルトを有する配管系で、架構で水平配管の自重を受けるUボルトの数が4個以上のもの	<u>3.0</u>	<u>2.0</u>
IV	配管区分I、IIおよびIIIに属さないもの	<u>1.5</u>	0.5

※1 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」から変更した箇所を下線で示す。

出典：(社)日本電気協会(2006)：配管系設計用減衰定数適正化に関する検討，第9回機器・配管系検討会資料 No.9-3-2-2(5)，平成18年5月12日

なお、Uボルト支持配管系の減衰定数に関する検討詳細を「参考資料」に示す。

### 3. 多点入力を考慮する場合の減衰定数の設定方法

伊方発電所の新耐震指針に照らした耐震安全性評価（中間報告）における評価対象設備のうち、既往評価結果（工認時の耐震計算書）で多点入力を考慮した評価を行っているものとして、「余熱除去設備配管」がある。

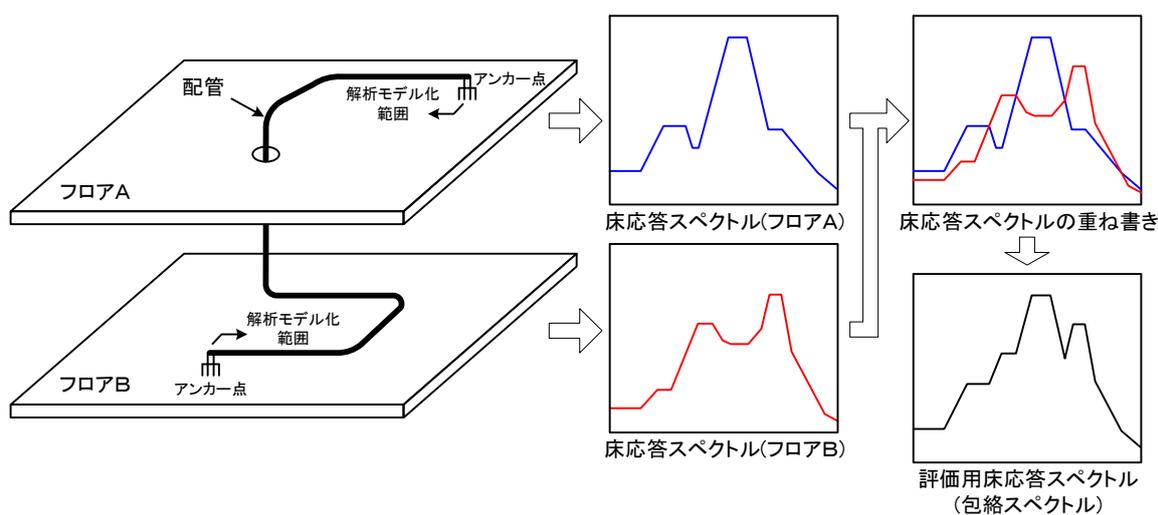
多点支持された機器・配管系の解析評価として、例えば、配管系の評価では、ある解析ブロック（解析モデル化範囲：アンカー点～アンカー点）の実機配管ルートが複数階（フロア）を跨ぐ場合でスペクトルモーダル解析を適用する際、その解析ブロック範囲の配管が設置されているフロア毎の床応答スペクトルを包絡した床応答スペクトルを策定し、評価を行っている。（第1図参照）

なお、アンカー点において、熱応力変位（容器，配管管台部）および建屋間相対変位（格納容器貫通部）の考慮が必要な場合、アンカー点に強制変位として与え、解析評価を実施している。

また、減衰定数には、解析ブロック範囲に設置されている配管区分（配管支持構造物の種類・数量で分類）および保温材の有無により定まる減衰定数<sup>(注1, 2)</sup>を適用している。

(注1)：「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」

(注2)：解析ブロック範囲内で保温材施工状態が異なる部位がある場合、解析評価に用いる減衰定数は、ブロック範囲全体にわたって安全側に小さい値を適用する。



第1図 複数階（フロア）を跨ぐ配管系の解析評価（例）

#### ○地震時の慣性力と相対変位による応力の組み合わせ方法

PWRプラントの耐震設計では、多点入力解析が必要な部位における地震時の慣性力（加速度応答）と支持点間の強制変位（支持建屋間相対変位等）による発生応力を組み合わせる場合、基本的には、各応力の最大値の発生時刻のずれ等は考慮せず、安全側に絶対値和としている。

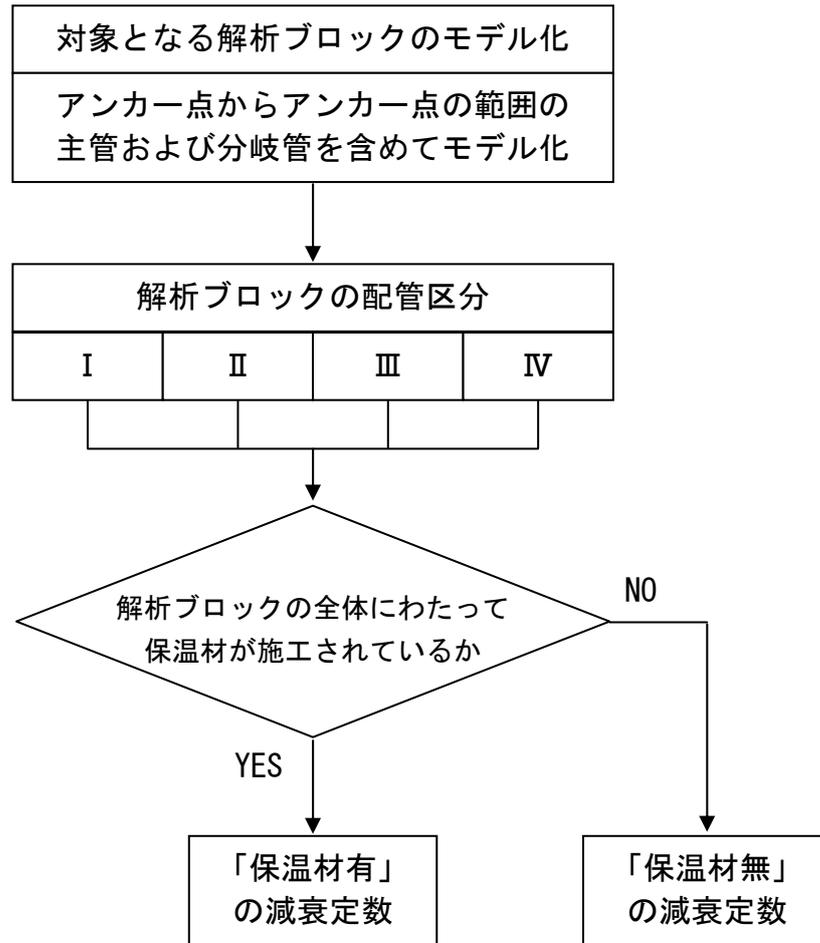
#### ○主管と枝管の保温材有無の組合せによる減衰定数設定の考え方

「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1991 追補版）」において、配管系の設計用減衰定数は、アンカー一点からアンカー一点までの独立した振動系である配管系に対して適用することが規定されている。

大口径配管から分岐する小口径配管は、その接合部をアンカー相当と考えて独立の振動系として扱うことができる。

なお、大口径配管（母管）と小口径配管（枝管）との口径比に応じて、配管系のモデル化に際して枝管の影響が無視できない場合、枝管も含めてモデル化を行う必要がある。

ここで、1つの解析モデル範囲（アンカー一点～アンカー一点）として扱う配管系において、保温材が有る範囲と無い範囲が混在する場合、基本的には、安全側に保温材による減衰付加効果はないとして評価している。（第2図参照）



「備考」

解析ブロックの配管区分（I， II， III， IV）：第1表参照

第2図 配管系の解析に用いる減衰定数の設定フロー

## Uボルト支持配管系（配管区分Ⅲ）の減衰定数について

Uボルト支持配管系の減衰定数については、実規模配管系による振動試験で妥当性を確認した減衰推算法を基に設定している。

減衰推算法の導出過程とその妥当性について、補足説明を示す。

「減衰推算法」とは、現行の JEAG4601-1991 追補版に示す配管系設計用減衰定数<sup>(注1)</sup>を設定した際に立案された配管系の減衰定数を推算する方法である。

具体的には、地震時における配管本体と配管支持具の相互作用により減衰を期待できる因子ごとに、要素試験に基づき消散エネルギー<sup>(注2)</sup>評価式を配管応答変位または発生荷重による相関式として作成し、これらの式を用いて配管系の地震応答時の減衰定数を推算するものである。

注1：設計用減衰定数

減衰定数の変位および振動数依存性、不確定性を考慮して、配管系の設計に使用するために設定された減衰定数。

注2：消散エネルギー

配管本体の持つ減衰メカニズム（材料減衰等）、配管支持具の持つ減衰メカニズム（摩擦、ガタ等）、および配管本体と配管支持具との相互作用（摩擦、衝突等）により、消散されるエネルギー。

減衰定数の推算に際しては、まず、配管支持具の種類に応じた支持部における摩擦、衝突等による消散エネルギー  $\Delta E$  を求める式（消散エネルギー評価式）を要素試験に基づき作成し、対象となる配管系の地震時の応答変位から、配管系全体の歪エネルギー  $E$  および配管系の各支持部  $j$  における消散エネルギー  $\Delta E_j$  を求め、以下の式により減衰定数  $h$  を求める。

$$h = \frac{1}{4\pi E} \sum_j \Delta E_j$$

本手法は、配管系の多岐にわたる減衰要因のうち、評価対象とする因子のみを抽出して評価するものであるため、実機配管系の減衰定数のシミュレーションを目的としたものではなく、当該配管系に期待できる減衰定数を安全側に推定する手法である。

Uボルト支持配管系の減衰推算法の妥当性については、減衰推算法により求められる減衰定数と実規模配管系試験で得られた減衰定数の比較を行い、前者がより安全側の結果を与えることで確認している。（『別添』参照）

## Uボルト支持配管系の減衰推算法について

### ①要素試験および消散エネルギー評価式の策定

Uボルト支持部での減衰メカニズムは、摩擦および衝突が主体であり、架構レストレイントの配管支持部での減衰メカニズムと同様と考えられる。

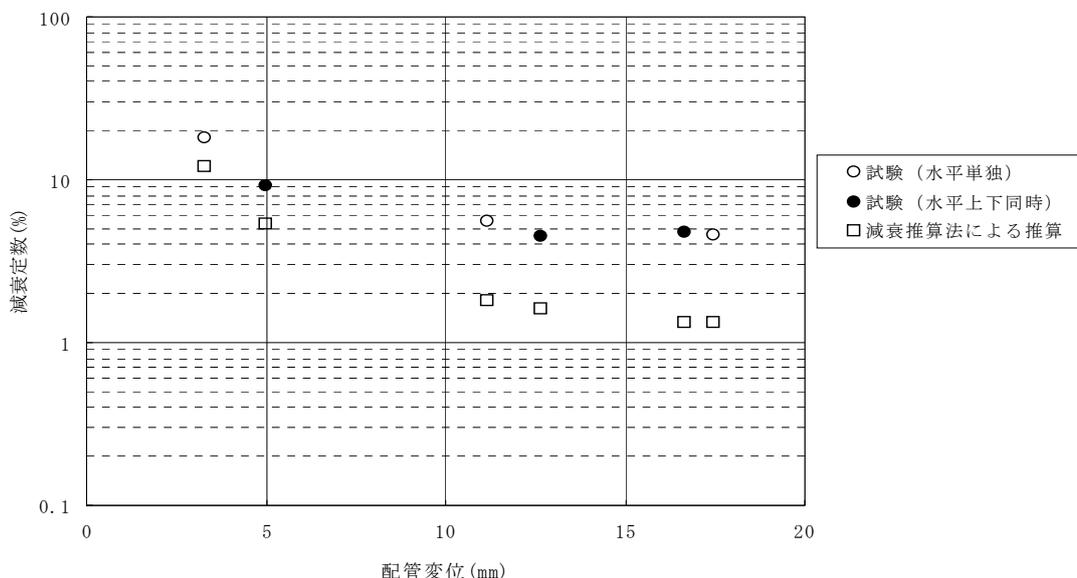
Uボルト支持配管系の減衰メカニズムのうち、摩擦および衝突について、その減衰メカニズムを把握し、消散エネルギー評価式を導出するための要素試験を実施し、消散エネルギー評価式を策定した。

### ②減衰推算法の妥当性確認

試験により得られた減衰定数と消散エネルギー評価式を用いた減衰推算法により算出される減衰定数（以下、「推算減衰」という。）との比較より、推算減衰は、試験により得られた減衰定数より小さいことを確認した。（図－1）

試験により得られた減衰定数と推算減衰との差異は、評価対象とする減衰メカニズムとして、配管軸方向摩擦と配管軸直角方向摩擦および衝突のみに着目して推算減衰を算出しているために生じていると考えられる。

したがって、推算減衰は、試験により得られた減衰定数に対して、応答変位によらず、安全側となっており、減衰推算法により減衰定数を算定することは、減衰定数を安全側に評価するという観点から妥当と考えられる。



図－1 試験結果と減衰推算法による減衰定数の比較

出典：(社)日本電気協会(2006)：配管系設計用減衰定数適正化に関する検討，第9回機器・配管系検討会資料 No.9-3-2-2(5)，平成18年5月12日