

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-22-0082_改0
提出年月日	2021年2月25日

VI-5-75 計算機プログラム（解析コード）の概要  
・FRS Enveloping for BWR

2021年2月

東北電力株式会社

## 目次

1. はじめに.....	1
1.1 使用状況一覧.....	2
2. 解析コードの概要.....	3
3. 解析コードの解析手法について.....	4
3.1 一般事項.....	4
3.2 解析コードの特徴.....	4
3.3 解析手法.....	4
3.4 解析フローチャート.....	5
3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation) .....	6
3.5.1 検証 (Verification) .....	6
3.5.2 妥当性確認 (Validation) .....	11
3.5.3 評価結果.....	11

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）FRS Enveloping for BWRについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-1-7	設計用床応答曲線の作成方針	1.0.1, 1.1

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	FRS Enveloping for BWR
使用目的	設計用床応答曲線作成
開発機関	株式会社原子力エンジニアリング
開発時期	2019 年
使用したバージョン	1.0.1, 1.1
コードの概要	<p>FRS Enveloping for BWR (以下「本解析コード」という。)は、耐震設計に使用する設計用床応答曲線を作成することを目的としており、減衰定数が同一の系で計算された複数の床応答スペクトルの包絡値を求め、また床応答スペクトルの拡幅を行う。</p> <p>本解析コードは、設計用床応答曲線を作成するために開発したハウスコードである。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証(Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・別解析コード「VIANA」により作成した設計用床応答曲線と本解析コードで作成した設計用床応答曲線を比較し、おおむね一致していることを確認している。</li> <li>・本解析コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・±10%拡幅は J E A G 4 6 0 1 -1987 に従っており、妥当性は確認されている。</li> </ul>

### 3. 解析コードの解析手法について

#### 3.1 一般事項

本書は、床応答スペクトルの拡幅・包絡処理を行う解析コードである FRS Enveloping for BWR の説明書である。

本解析コードは、減衰定数が同一の系で計算された複数の床応答スペクトルの包絡値を求め、拡幅した床応答曲線の作成を行う。

#### 3.2 解析コードの特徴

本解析コードの特徴を以下に示す。

- ・複数の床応答スペクトルを包絡させた床応答スペクトル（以下「包絡スペクトル」という。）を作成する。
- ・包絡スペクトルに対して、拡幅を行う。

#### 3.3 解析手法

着目する床応答スペクトルの組合せについて、周期点ごとに応答加速度値を比較し、最大の値を当該周期点における包絡スペクトルの応答加速度値として採用する。また、周期点間で床応答スペクトルが交差する場合、交点の周期及び応答加速度を求め、包絡スペクトルに加える。

これを、全周期点、全床応答スペクトルを対象に実施するとともに、包絡スペクトルを周期軸方向に±10%拡幅する拡幅処理を行う。

その後、包絡スペクトルの拡幅結果と、材料物性の不確かさ等を考慮した床応答スペクトルとの包絡処理を実施することで、設計用床応答曲線を作成する。

### 3.4 解析フローチャート

本解析コードを用いた解析フローチャートを図 3-1 に示す。

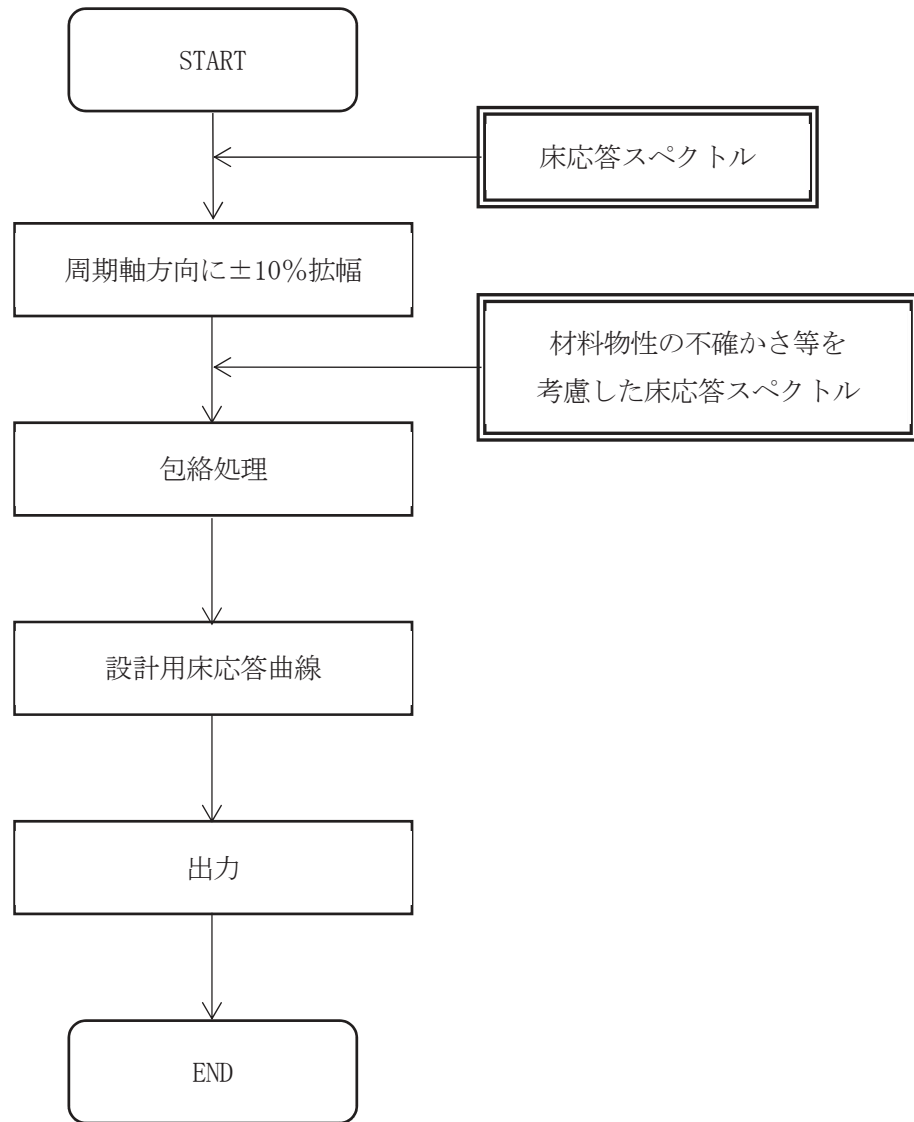


図 3-1 解析フローチャート

### 3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)

#### 3.5.1 検証 (Verification)

##### (1) 検証の概要

別解析コード「VIANA」にて作成した設計用床応答曲線（検証用データ）と本解析コードで作成した設計用床応答曲線の応答加速度（震度）を比較することで、本プログラムの検証を行った。

表 3-1 検証における比較項目

検証対象	比較項目
設計用床応答曲線	応答加速度（震度）

##### (2) 検証条件

女川原子力発電所第 2 号機原子炉建屋の地震応答解析から得られた基準地震動  $S_s$  に対する床応答スペクトルとして、NS 方向モデルの 0.P. 33.2m の質点 (1, 8, 13, 20, 25) 及び 0.P. 15.0m の質点 (3, 10, 15, 22, 27) の  $S_s-D1$  に対する応答を用いた。また、設計用床応答曲線を作成するための減衰定数は、機器・配管系の耐震計算に適用されるもののうち、0.5%、1.0%及び5.0%とした。図 3-2 に原子炉建屋の地震応答解析モデル (NS 方向) を示す。



$E_c = 1.99 \times 10^4$	N/mm <sup>2</sup>
$7.94 \times 10^3$	N/mm <sup>2</sup> (燃料取替床上部)
$2.52 \times 10^4$	N/mm <sup>2</sup> (追設耐震壁)
$G_c = 8.53 \times 10^3$	N/mm <sup>2</sup>
$3.41 \times 10^3$	N/mm <sup>2</sup> (燃料取替床上部)
$1.05 \times 10^4$	N/mm <sup>2</sup> (追設耐震壁)
$E_s = 2.05 \times 10^5$	N/mm <sup>2</sup> (追設ブレース)
$G_s = 7.90 \times 10^4$	N/mm <sup>2</sup> (追設ブレース)

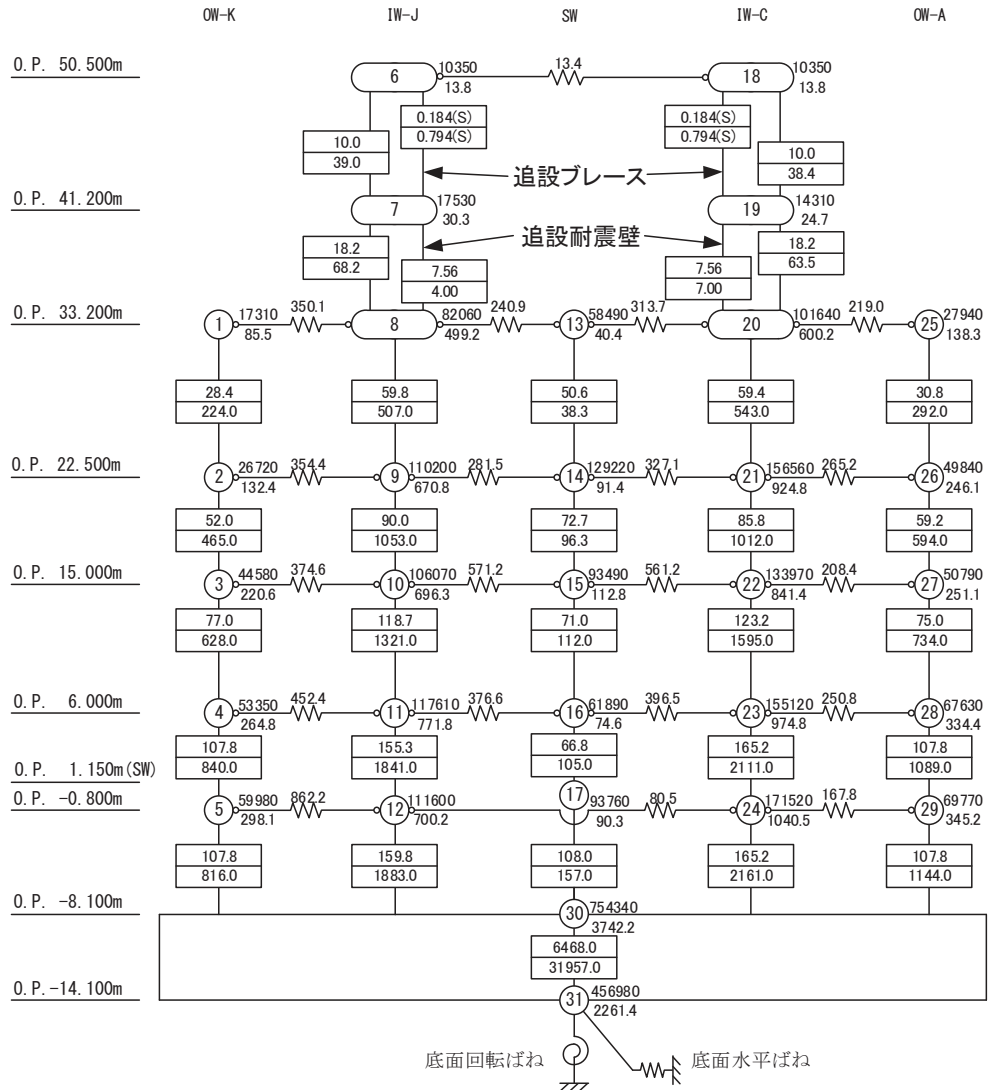
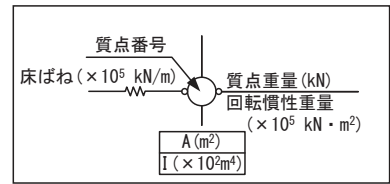


図 3-2 原子炉建屋地震応答解析モデル (NS 方向)

(3) 解析結果の比較

各検証条件で作成した設計用床応答曲線について、検証用データと本解析コードで作成したデータの比較結果を図 3-3～図 3-8 に示す。

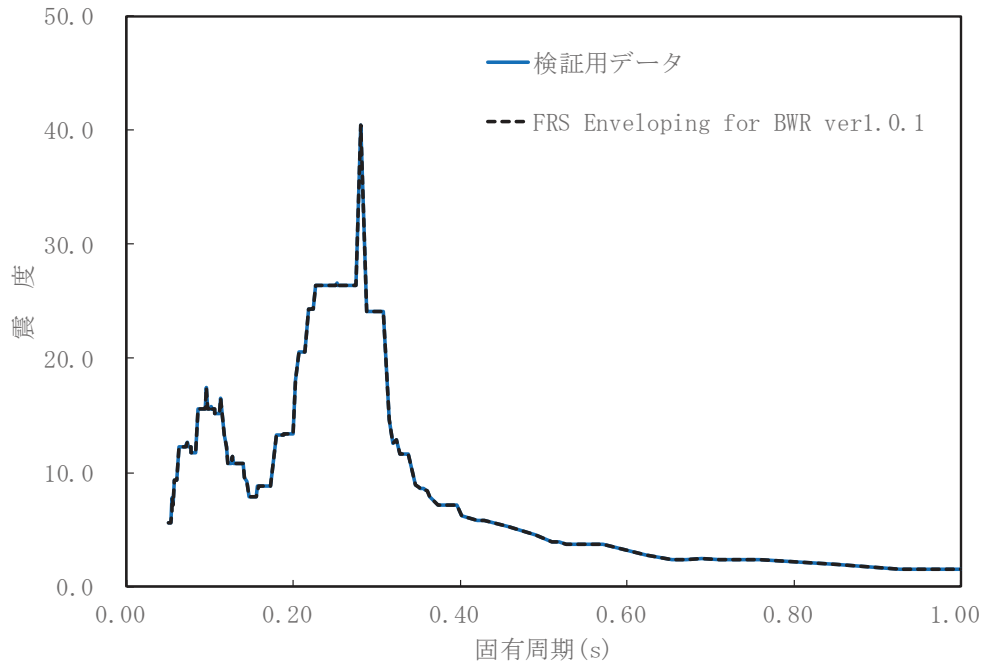


図 3-3 検証用データと本解析コードの比較結果 (0.P. 33.2m 減衰 0.5%)

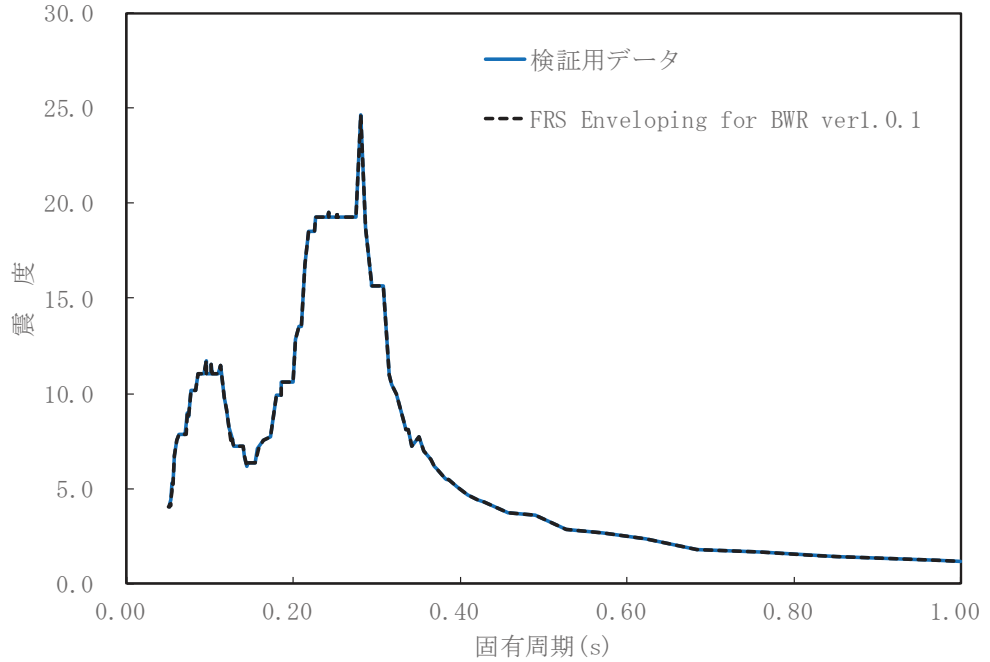


図 3-4 検証用データと本解析コードの比較結果 (0.P. 33.2m 減衰 1.0%)

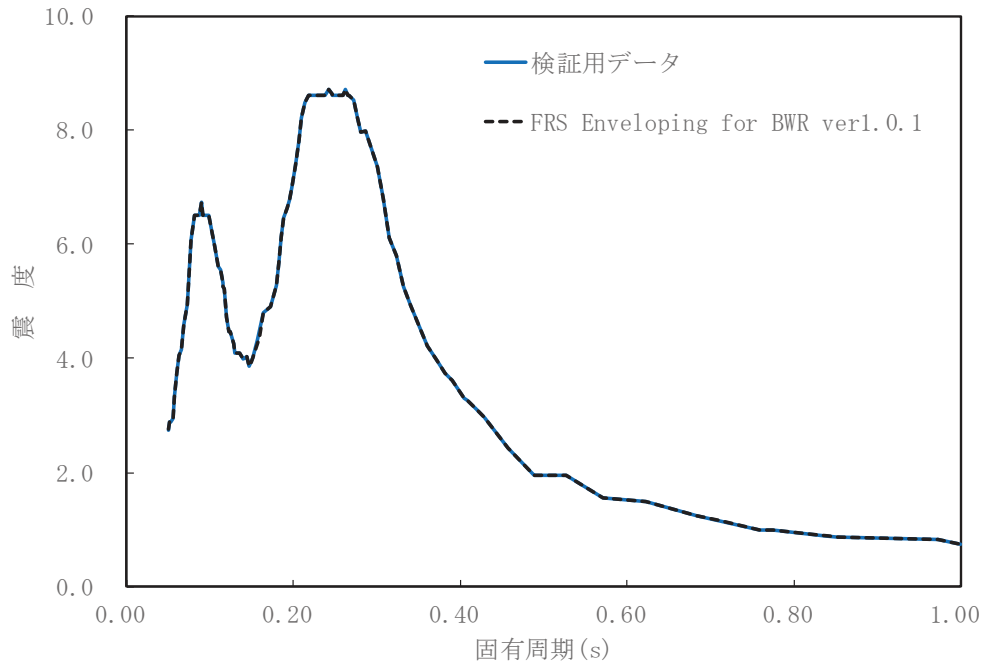


図 3-5 検証用データと本解析コードの比較結果 (0. P. 33.2m 減衰 5.0%)

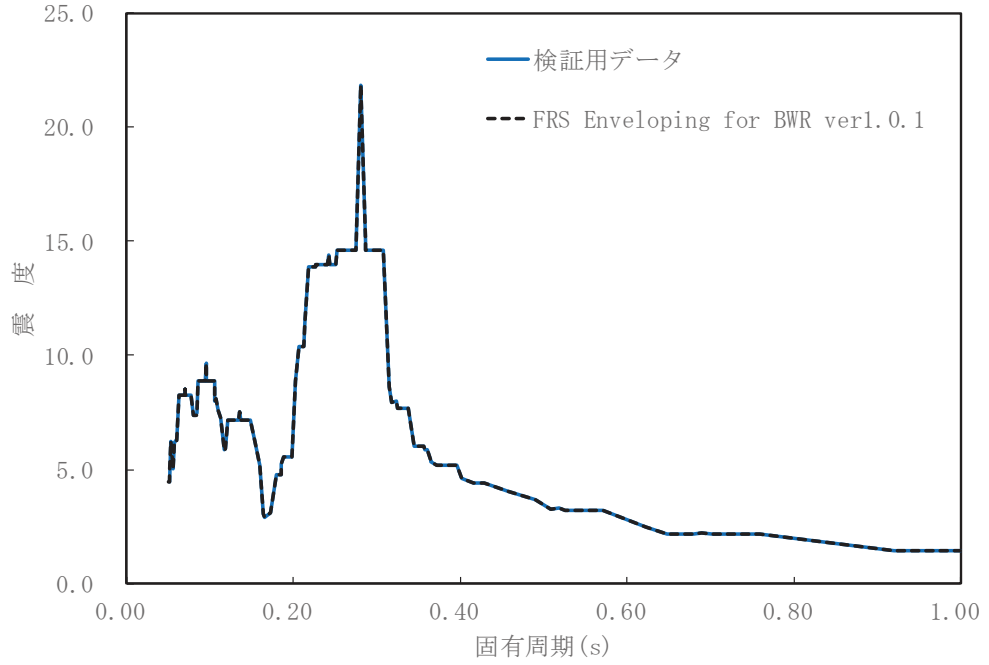


図 3-6 検証用データと本解析コードの比較結果 (0. P. 15.0m 減衰 0.5%)

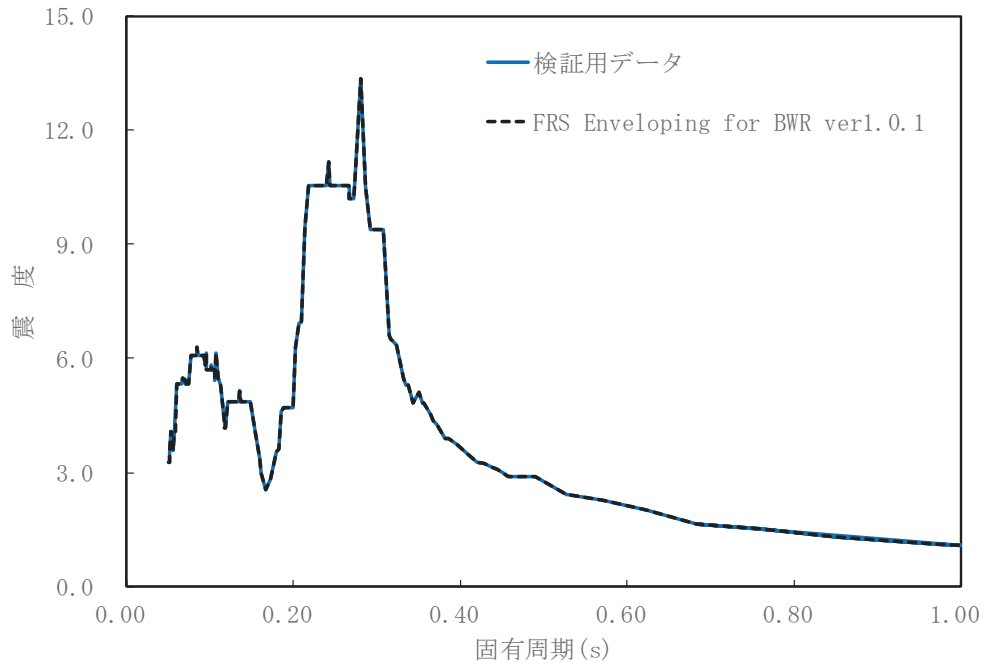


図 3-7 検証用データと本解析コードの比較結果 (O.P. 15.0m 減衰 1.0%)

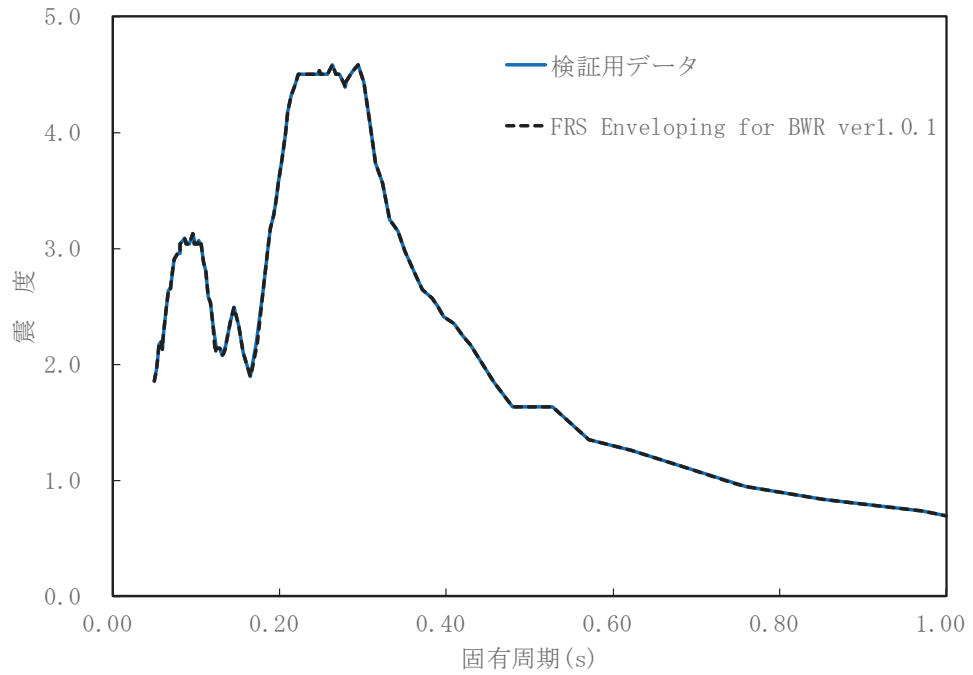


図 3-8 検証用データと本解析コードの比較結果 (O.P. 15.0m 減衰 5.0%)

(4) 検証結果

前項に示す設計用床応答曲線（応答加速度（震度））の比較結果のとおり，両者は一致しており，本解析コードを用いて得られた計算結果の妥当性を確認した。

なお，Ver. 1.0.1 から Ver. 1.1 への変更において，計算方法に係る変更はなく，両者の結果が一致することを確認している。

3.5.2 妥当性確認 (Validation)

本解析コードの妥当性確認の内容は，以下のとおりである。

- ・ 今回の工事計画で使用する機能は床応答スペクトルの拡幅機能及び包絡機能であるため，同一の入力条件の下で包絡・拡幅処理を実施し，別解析コード「VIANA」と本解析コードの結果を比較することで妥当性を確認している。
- ・ ±10%拡幅は J E A G-4 6 0 1-1987 に従っており，妥当性は確認されている。

3.5.3 評価結果

3.5.1 及び 3.5.2 より，本解析コードを，使用目的に示す設計用床応答曲線の作成に用いることは妥当である。