

# 【論点1】 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(1/4)

## 止水機構の論点コメント

TK-1-1441改1  
平成30年7月12日



### <本論点の経緯>

防潮堤のうち鋼製防護壁については、取水路と鋼製防護壁の地震時の変位による相互干渉を回避するため、取水路と鋼製防護壁間に100mmの隙間を設け、この隙間からの津波の流入を防止することを目的に止水機構を設置することとしている。

この止水機構の構造に対して、第520回審査会合(平成29年10月17日)において、「止水板の追従性として、解析での確認に加え、試験についても検討し、方針及び実施時期を示した上で、設置許可断面と工認断面の範囲を整理して示すこと。」との指摘があった。

この指摘を踏まえて、第562回審査会合(平成30年4月5日)において、工事計画認可申請に係る論点整理の一つとして、止水機構に関して「止水機構の地震時の追従性について、評価及び実規模大の試験装置を用いた加振試験にて確認する。」ことを説明した。

第578回審査会合(平成30年5月31日)及び第595回審査会合(平成30年7月3日)において、実証試験結果の挙動へのコメントや工事計画認可への反映事項について説明した。

その際、更なる振動台の影響の調査及び止水板設置における公差等の影響を考慮した解析の必要性についてのコメントを受けたため、説明する。

### <コメント及び回答の概要>

1. 振動台のY軸に対しての回転変位(ローリング)について、試験結果に与える影響を示すこと。

⇒3方向同時加振時におけるうねりの原因について、Y軸方向の回転変位(ローリング)についても調査し、振動台のローリングによる影響があることを確認した。

2. 止水板と止水板押えとの隙間に対する公差について、実機を考慮した上で設定し、解析モデルの結果の扱いを示すこと。

⇒実際に設置する止水板の公差に基づき、三次元動的解析の評価モデルのケース数を設定した。

# 【論点1】 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(2/4)

## 実証試験結果 止水板のうねりの評価(1/2)



<コメント>

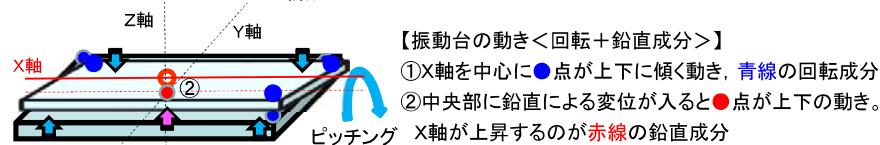
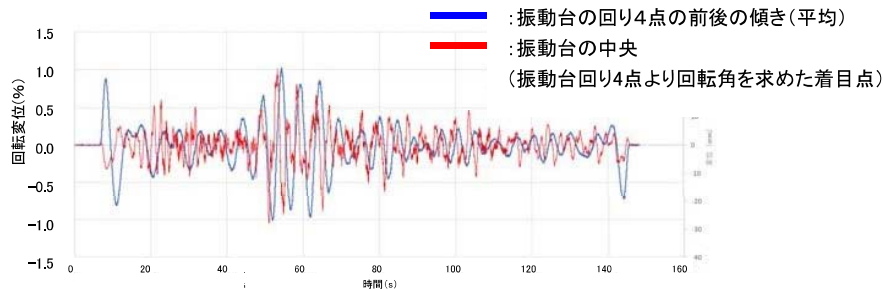
1. 振動台のY軸に対しての回転変位(ローリング)について、試験結果に与える影響を示すこと。

<回答>

(1)振動台のうねりの分析

水平Y方向のみの単独加振時において振動台中心に回転変位(青線)及び鉛直変位(赤線)が生じていた。振動台の回転変位(青線)と鉛直変位(赤線)の周期について周波数分析を行い**回転変位は0.10Hz、0.20Hzで鉛直変位は0.21Hz、1.09Hz、5.77Hz**であった。(図1)

**鉛直変位のうち0.21Hzは振動台のピッチングによる影響があるものと思われる事及び、周波数1.09Hz、5.77Hzは、実証試験用入力地震動の卓越周波数に近い周波数であることを確認した。**(図2)(平成30年7月3日回答済み)



種別	卓越振動数(Hz)
回転変位	0.10, 0.20
中央部鉛直変位	0.21, 1.09, 5.77

図1 振動台のX軸の回転変位と中央部の鉛直変位算出結果

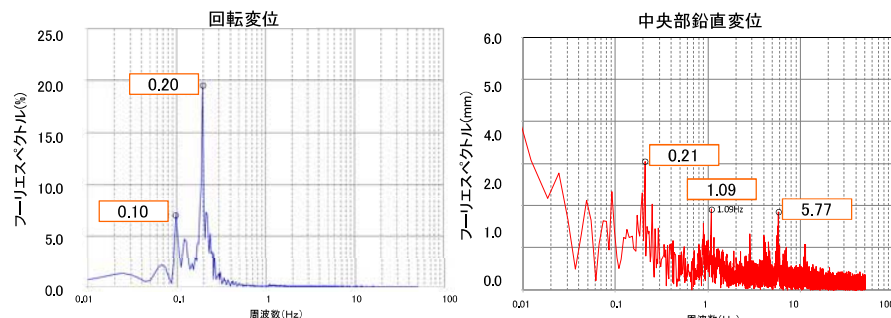


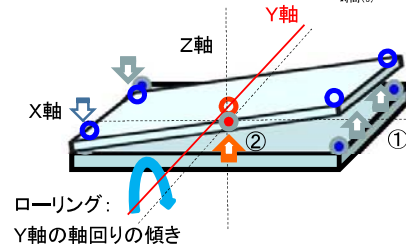
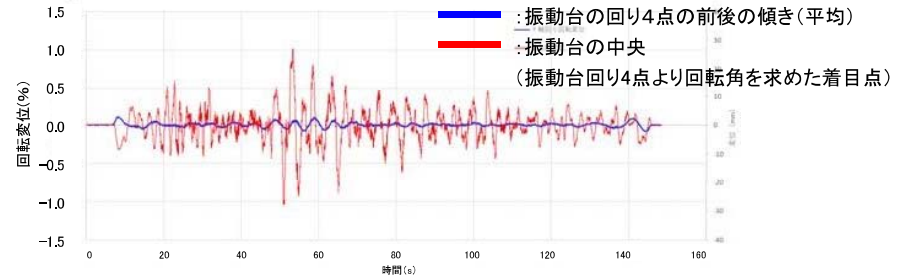
図2 振動台のX軸の回転変位と中央部鉛直変位のフーリエスペクトル

Y軸の振動台に設置したモーションキャプチャ測定値による振動台の回転変位と中央部の鉛直変位算出結果を図3に示す。

3方向同時加振時において振動台中心に回転変位(青線)及び鉛直変位(赤線)が生じていた。振動台の回転変位(青線)と鉛直変位(赤線)の周期について周波数分析を行い**回転変位は0.10Hz、0.20Hzで鉛直変位は0.10Hz**であった。

図4に振動台のX軸の回転変位と中央部鉛直変位のフーリエスペクトルを示す。

**回転変位の0.20Hzと鉛直変位の0.20Hzは振動台のローリングによる影響があるものと思われる事及び、**回転変位の0.10Hzも同様に長周期成分が他の設備等に見られない周波数であることから、振動台のローリングによる影響であることを確認した。



種別	卓越振動数(Hz)
回転変位	0.10, 0.20
中央部鉛直変位	0.20

図3 振動台YX軸の回転変位と中央部の鉛直変位算出結果

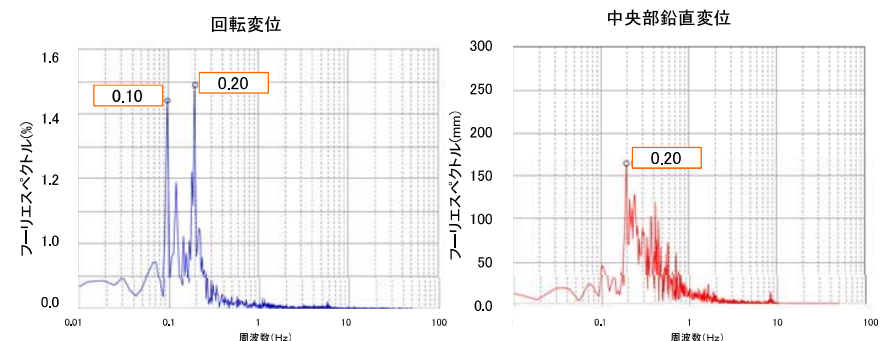


図4 振動台のY軸の回転変位と中央部鉛直変位のフーリエスペクトル

# 【論点1】 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(3/4)

## 実証試験結果 止水板のうねりの評価(2/2)



(2)各評価のまとめ

各評価対象による周波数成分を評価した結果を表1に示す。

表1 各評価対象の周波数分析結果

	(1)実証試験用 入力波	(2)浮き基礎	(3)試験装置	(4)振動台	(5)止水板
周波数 (Hz)	—	—	—	0.10, 0.20(ピッチング) 0.10, 0.20(ローリング)	—
	1.09	1.1(固有値)	1.09	1.09	—
	1.22(固有値)※	—	1.21	—	—
	5.77(固有値)※	—	5.77	5.77	—
	—	—	—	—	10.55(固有値)

※: 鋼製防護壁のY方向の固有周期

各評価対象の周波数が伝達し各対象設備に同様の周波数が検出されていることから、実証試験のうねりの原因は、実証試験装置や供試体(止水板等)の影響ではないことが分かった。

**振動台のピッチング及びローリング(0.1Hz, 0.2Hz)による影響であることから、実証試験に生じているうねりは振動台によるものと特定される。**

そのため、実証試験に生じている振動台のピッチング、ローリング成分を除去するため、止水板の鉛直変位におけるフーリエスペクトルから、0.3Hz以下のフィルタリングにより影響を除去し、止水板の挙動にうねりがなくなった事を確認し、振動台からのピッチング及びローリングによる影響である事を確認した。

図5に止水板の鉛直変位におけるフィルタリングの範囲、図6に3方向同時加振時の鉛直変位時刻歴波形フィルタリング結果を示す。

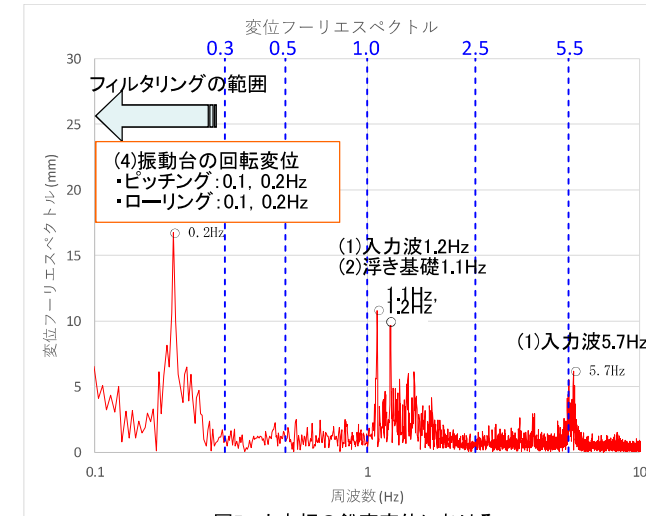


図5 止水板の鉛直変位におけるフィルタリングの範囲

(3)実証試験における振動台のピッチングとローリングの影響について  
 実証試験において、実際の波形にはない振動台による回転変位0.1Hzと0.2Hz程度の長周期のうねりの影響のため、試験条件は実際の入力波形である短周期成分とピッチングとローリングによる長周期成分が混在した状況での試験となった。

しかしながら、**振動台のピッチングとローリングの周波数が0.1と0.2Hzであり止水板の周波数10.55Hzから離隔が大きい事より共振することなく、止水板の挙動に影響を与えることはなかった。**

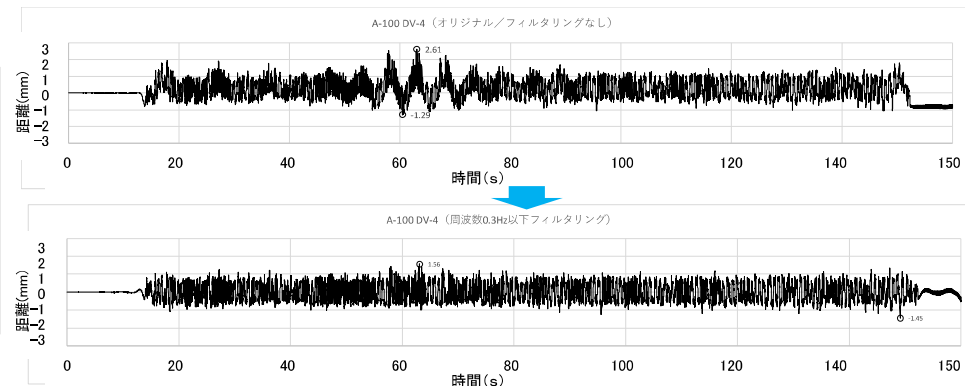


図6 3方向同時加振時の鉛直変位時刻歴波形フィルタリング結果

# 【論点1】 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(4/4)



## 実機寸法を考慮した三次元動的解析モデルの信頼性の向上 (1/1)

<コメント>

2. 止水板と止水板押えとの隙間に対する公差について、実機を考慮した上で設定し、解析モデルの結果の扱いを示すこと。

<回答>

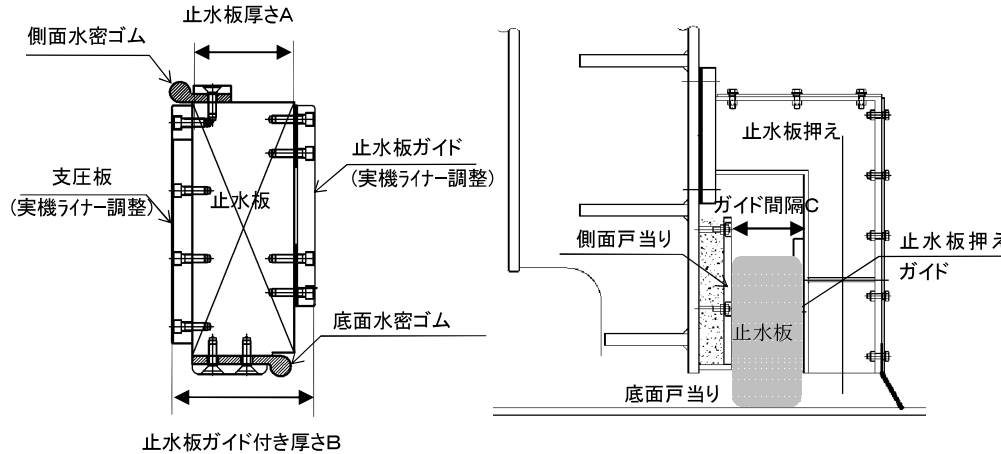
(1)実機製作における公差の考え方

解析モデルの公差を原則3mmとし、ばらつきを考慮し4mmにおいても解析を実施し止水板の浮き上がりや挙動に対して信頼性の高いモデルであることを確認した。

ここでは、実際の製作における隙間を考慮した場合の解析モデルのケースについて、実機寸法を整理した。

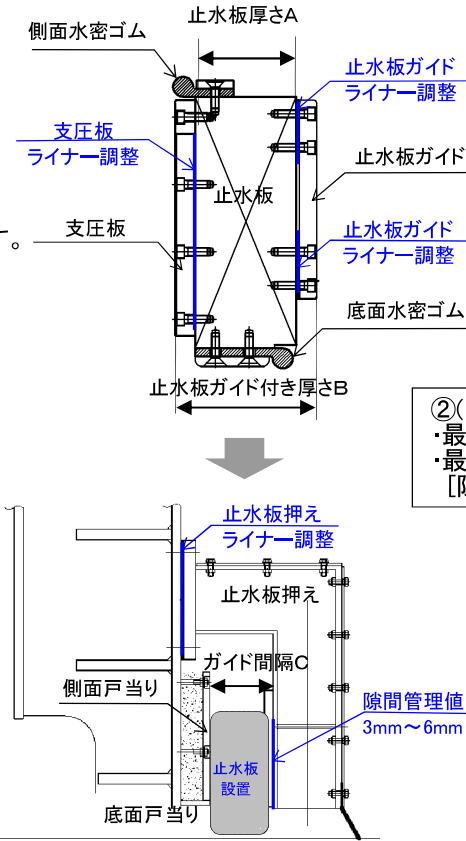
止水板ガイド付き厚さとガイド間隔は、最少3mm最大6mmで施工することから、6mmの隙間モデルにおける三次元動的解析も実施し、解析モデルのばらつきを評価し解析モデルの信頼性向上を図る。図7の実機における止水板とガイドとの隙間の寸法を示す。

なお、設置時における隙間の管理は、止水板押えの位置(約2m間隔)にて管理する。



	止水板厚さ A(mm)	止水板ガイド付き 厚さ B(mm)	ガイド間隔 C(mm)	管理値 隙間C-B (mm)
図面寸法	150	210	213	3
実機寸法 (製作公差含, 図8参照)	150 <sup>+1</sup> <sub>-0</sub>	210±3 (ライナー調整)	213 <sup>+6</sup> <sub>-3</sub> (ライナー調整)	3 <sup>+3</sup> <sub>-0</sub>
解析モデル	150	210 <sup>+0</sup> <sub>-3</sub>	213	3 <sup>+3</sup> <sub>-0</sub>

図7 実証試験の試験装置における止水板とガイド間の寸法



寸法調整のため止水板と止水板ガイドの間及び支圧板の間の取付け部にライナー(ステンレス鋼)により調整し、止水板厚さ(150mm+1mm)を含めた、止水板ガイド付き厚さのB寸法を210mm±3mmになるように調整し設置する。

②(B寸法) ⇒ ③C寸法  
 ・最小207mm⇒210~213mm  
 ・最大213mm⇒216~219mm  
 [隙間管理値3mm~6mm]

止水板及び止水板押え設置後にガイド間隔C寸法を測定し、管理値内の3mm(+3mm/-0mm)であることを確認する。  
 隙間管理値は3mm~6mmにて管理する。

図8 実機における止水機構の寸法管理方法

三次元動的解析モデルについては、ガイド間の隙間の寸法について公称値の3mmを基本として評価する。また、施工上のばらつきを考慮した1mm増加の4mm、最大6mmの2ケースの三次元動的解析を実施し、ばらつき等の保守的なモデルを設計に反映する。

なお、実機製作の隙間の管理も同様に、3mm~6mmにて設置することにより、止水板の挙動は三次元動的解析と同等の挙動を示す。

# 【論点1】(参考1) 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(2/8)

## 止水機構の論点コメント及び実証試験の概要 (2/2)

第595回(H30.7.3) 審査会合資料抜粋



### 【実証試験の概要】

#### (1) 止水機構の評価フロー及び実証試験ケース(図1～図4)

- ① 本震時: 3方向加振2ケース, 鉛直方向加振2ケースの計4ケース×2回(合計8回)
- ② 余震+津波時: 3方向加振1ケース, 鉛直方向加振2ケースの計3ケース×2回(合計6回)

#### (2) 実証試験期間

平成30年5月9日～平成30年5月21日

#### (3) 実証試験結果(図5)

特段の不具合もなく, 止水板の追従性, 水密ゴムの健全性及び1次止水機構構成部材の健全性に関し, 想定通りの結果を得ることができた。また, 止水板の鉛直変位量は小さく, 止水性に問題ないことを確認できた。

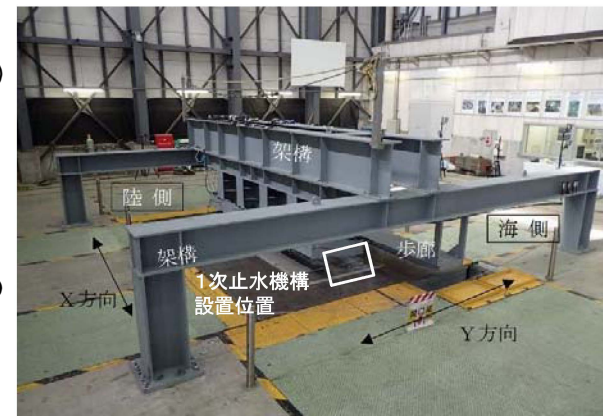


図1 実証試験装置全景

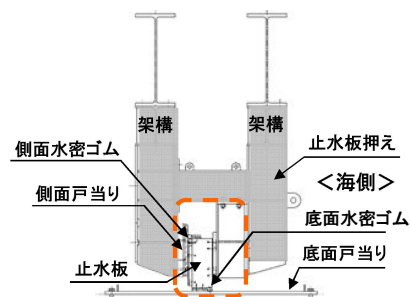


図2 1次止水機構供試体構造

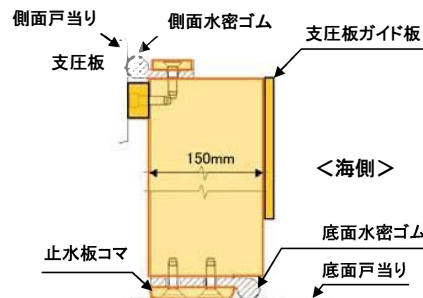


図3 止水板構造



図4-1 止水板

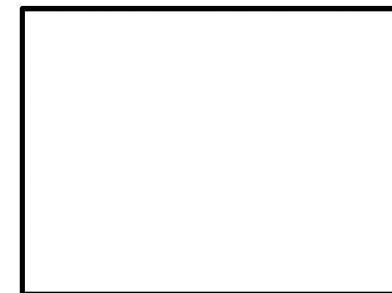


図4-2 底面水密ゴム

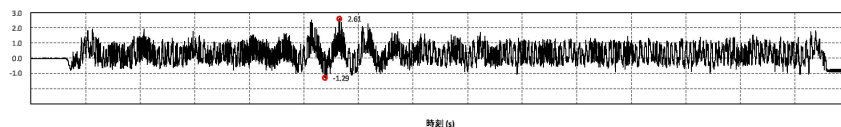


図5 3方向同時加振時鉛直計測データ

図4 1次止水機構の構造図



# 【論点1】(参考2) 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(3/8)

## 実証試験結果 止水板のうねりの評価(1/3)

第595回(H30.7.3)審査会合資料抜粋



### <コメント>

1. 実証試験結果のうち、鉛直方向に長周期のうねりが出る原因について、3方向同時加振時に出て、鉛直加振で出ないことを踏まえて、合理的に説明できる根拠を示した上で特定すること

### <回答>

実証試験の結果、3方向同時加振時において鉛直変位の中心軸に約5秒(0.2Hz)のうねりが認められた(図1、図2)。以下(1)~(8)に各部位毎に分析し、うねりの原因について特定した。

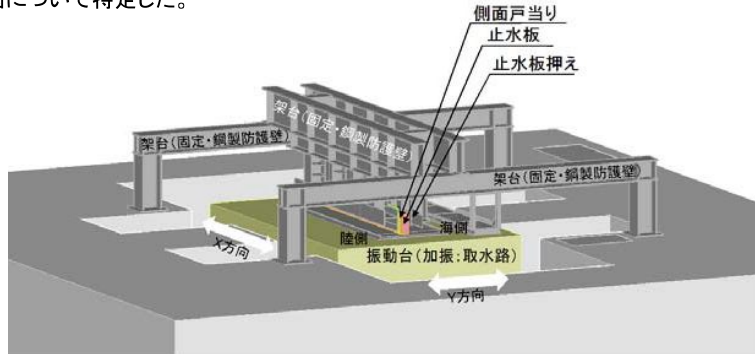


図1 加振試験装置概要図

#### (1) 実証試験用入力波による影響

実証試験時における3方向同時加振時の実証試験用地震動は、「Y方向(堤軸直角)包絡波」で鋼製防護壁の応答加速度を包絡させた地震動を用いている。

そのため、振動台より伝達される実証試験用地震動のY方向についてフーリエスペクトルを作成し周波数成分を分析した。

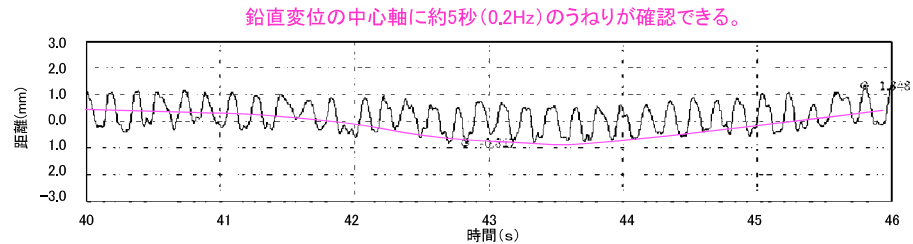
その結果、卓越周波数に**3つのピーク(1.09Hz, 1.22Hz, 5.77Hz)**を確認した。

表1に実証試験時の入力地震動における卓越振動数、図3に実証試験時のY方向フーリエスペクトル図を示す。

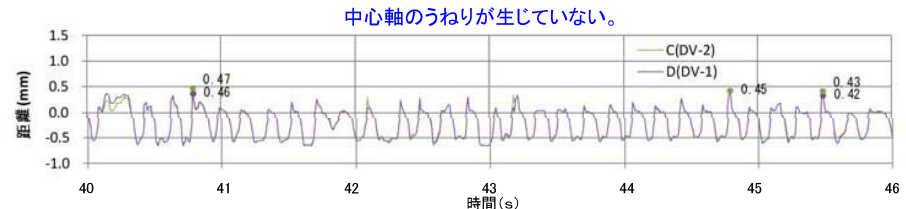
実証試験用入力波からはうねりの周波数0.2Hzは確認できなかった。

表1 実証試験時の入力地震動における卓越振動数

方向	卓越振動数(Hz)	
	1回目	2回目
X方向	0.72, 14.48	0.72, 14.48
Y方向	1.09, 1.22, 5.77	1.09, 1.22, 5.78
Z方向	8.25, 23.75	8.25, 23.75



実証試験の結果(3方向)



三次元的解析の結果(3方向)

図2 3方向同時加振結果(上:実証試験, 下:三次元的解析)

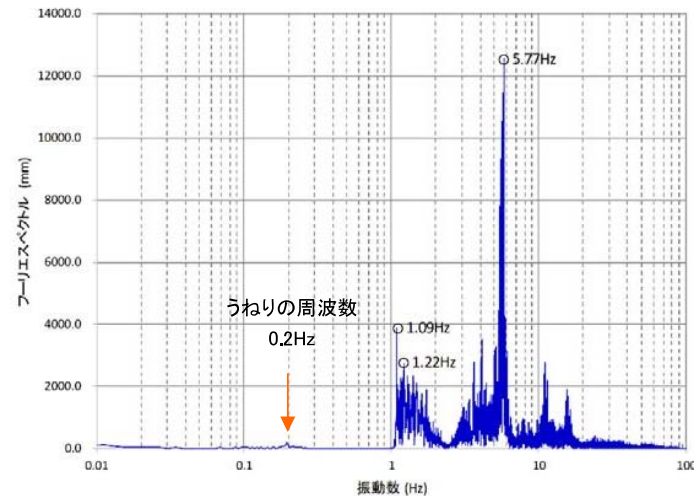


図3 実証試験時のY方向のフーリエスペクトル

# 【論点1】(参考3) 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(4/8)

## 実証試験結果 止水板のうねりの評価(2/3)

第595回(H30.7.3)審査会合資料抜粋



### (2) 浮き基礎による影響

実証試験時に用いた加振装置において浮き基礎の影響を確認した。その結果、浮き基礎の固有周期は1.1Hz程度であることを確認した。

浮き基礎からの振動(周波数)は、架台を經由止水板の摺動時の振動(周波数)として伝達したと思われる。図4に浮き基礎からの振動(周波数)の伝達イメージと固有振動数を示す。

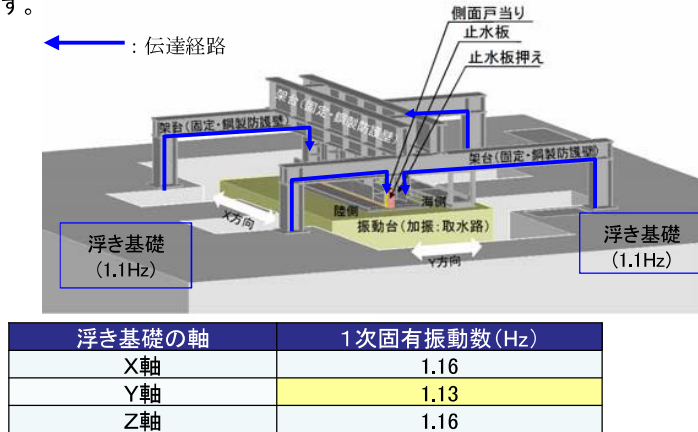


図4 浮き基礎からの振動(周波数)の伝達イメージと固有振動数

### (3) 試験装置の影響

試験装置の影響を検討するにあたり想定される事象として考えられることは、取水路を模擬した振動台にアクチュエータによる入力波を入力した際に、アクチュエータからの振動が固定側の鋼製防護壁を模擬した架構を設置している浮き基礎に伝わり、架構側も揺れた影響によることが想定される。

その影響を確認するため、振動試験装置の固有周期について固有値解析を実施した。その結果、X: 5.58Hz, Y: 15.29Hz, Z: 12.94Hzであることが分かった。また、加振時における試験装置架構下端(Y方向)の卓越振動数は、**3つのピーク(1.09Hz, 1.21Hz, 5.77Hz)**を確認した。(図5)

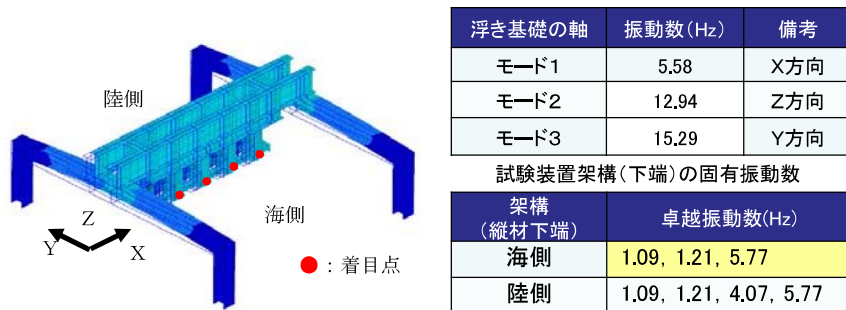


図5 試験装置の固有振動数

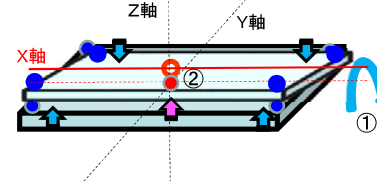
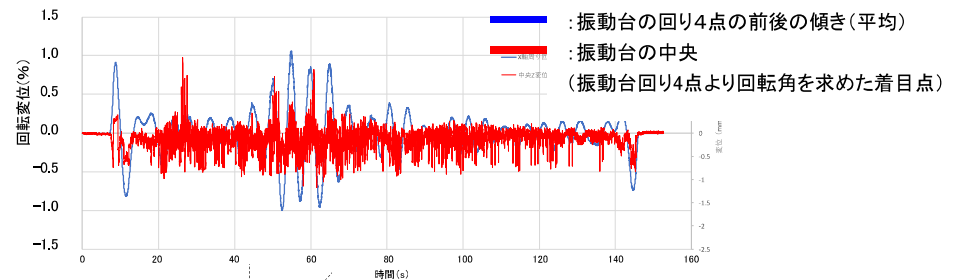
### (4) 振動台のうねりの分析

振動台に設置したモーションキャプチャ測定値による振動台の回転変位と中央部の鉛直変位算出結果を図6に示す。

その結果、水平Y方向のみの単独加振時において振動台中心に回転変位(青線)及び鉛直変位(赤線)が生じていた。振動台の回転変位(青線)と鉛直変位(赤線)の周期について周波数分析を行い**回転変位は0.20Hzで鉛直変位は0.21Hz, 1.09Hz, 5.77Hz**であった。

図7に振動台の回転変位と中央部鉛直変位のフーリエスペクトルを示す。

**鉛直変位のうち0.21Hzは振動台のピッチングによる影響があるものと思われる。周波数1.09Hz, 5.77Hzは、実証試験用入力地震動の卓越周波数に近い周波数であることを確認した。**



【振動台の動き<回転+鉛直成分>】

- ① X軸を中心に●点が上下に傾く動き、青線の回転成分
- ② 中央部に鉛直による変位が入ると●点が上下の動き。X軸が上昇するのが赤線の鉛直成分

図6 振動台の回転変位と中央部の鉛直変位算出結果

種別	卓越振動数(Hz)
回転変位	0.20
中央部鉛直変位	0.21, 1.09, 5.77

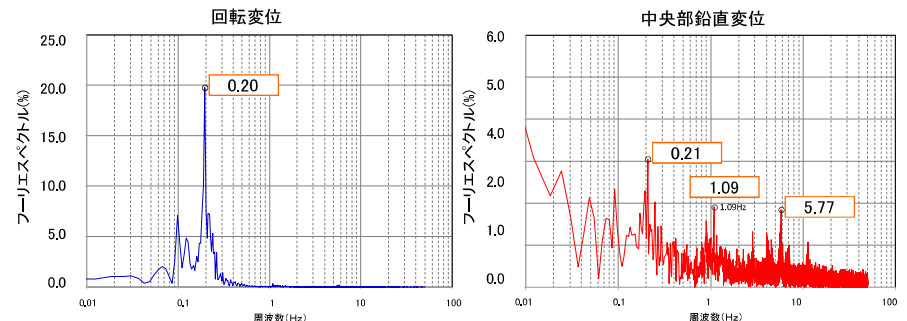


図7 振動台の回転変位と中央部鉛直変位のフーリエスペクトル

# 【論点1】(参考4) 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(5/8)

## 実証試験結果 止水板のうねりの評価(3/3)

第595回(H30.7.3)審査会合資料抜粋



### (5)止水板の固有値解析

止水板の固有値解析を実施した。**止水板の固有値は10.55Hzであった。**

図8に止水板の固有周期解析モデル図を示す。

<解析条件>

○解析コード:MSC\_MARC2014.2.0

○解析内容

線型固有値解析(止水ゴムを弾性体とした解析)

○モデルの説明

6面ソリッド要素

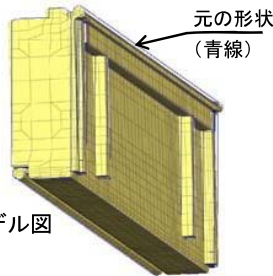


図8 止水板の固有周期解析モデル図

### (6)止水板の鉛直変位におけるピッチングの影響

(4)項にて振動台におけるピッチングによる影響を確認した。

ここではピッチングによる影響と思われる長周期のピークが止水板の挙動に現れていないか確認する。

そのため、止水板の鉛直変位のフーリエスペクトルを作成、**周期を分析し周期のピーク0.2Hz、1.1Hz、5.7Hzを確認した。その結果、ピッチングによる影響である周波数0.2Hzが確認できた。**

図9に止水板の鉛直変位におけるフーリエスペクトルを示す。

また、**止水板の固有値解析の結果(10.55Hz)、周波数が共振領域にないことを確認した。**

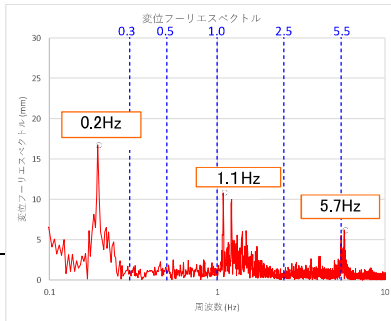


図9 止水板の鉛直変位におけるフーリエスペクトル

### (8)各評価のまとめ

各評価対象による周波数成分を評価した結果を表2に示す。

表2 各評価対象の周波数分析結果

	(1)実証試験用 入力波	(2)浮き基礎	(3)試験装置	(4)振動台	(5)止水板
周波数 (Hz)	—	—	—	0.20(ピッチング)	—
	1.09	1.1(固有値)	1.09	1.09	—
	1.22(固有値)※	—	1.21	—	—
	5.77(固有値)※	—	5.77	5.77	—
	—	—	—	—	10.55(固有値)

※:鋼製防護壁のY方向の固有周期

各評価対象の周波数が伝達し各対象設備に同様の周波数が検出されていることから、実証試験のうねりの原因は、実証試験装置や供試体(止水板等)の影響ではないことが分かった。

**0.2Hzだけが振動台によるピッチングによる影響であることから、実証試験に生じているうねりは振動台によるものと特定される。**

そのため、実証試験に生じている振動台のピッチング成分を除去するため、止水板の鉛直変位におけるフーリエスペクトルから、0.3Hz以下のフィルタリングにより影響を除去した止水板の挙動を確認し、振動台からのピッチングによる影響である事を確認した。図10に止水板の鉛直変位におけるフィルタリングの範囲、図11に3方向同時加振時の鉛直変位時刻歴波形フィルタリング結果を示す。

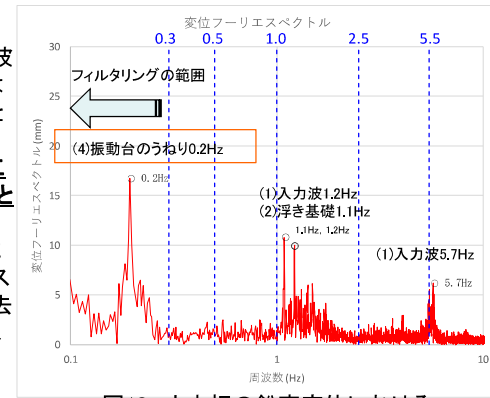


図10 止水板の鉛直変位におけるフィルタリングの範囲

### (7)振動台の要因

振動台を三次元で振動させた場合、入力地震動に対し入力成分にない回転成分などが応答に発生し、入力に対して誤差が生じる。**振動台を正確に振動させるため、振動台の特性を把握して振動台制御のソフトウェアに誤差を打ち消すデータを与え制御している。この作業は定期点検時に実施されているが、振動台の性能限界に近い加速度レベルでの試験に対して適応性が十分ではなかった。**

### (9)実証試験における振動台のピッチングの影響について

実証試験において、実際の波形にはない振動台による回転変位0.2Hz程度の長周期のうねりの影響が考えられる。ピッチングの影響により試験条件は実際の入力波形である短周期成分とピッチングの長周期成分が混在した状況での試験となった。しかし、**振動台のピッチングの周波数が0.2Hzであり止水板の周波数10.55Hzから離隔が大きい事より共振することなく、止水板の挙動に影響を与えることはなかった。**

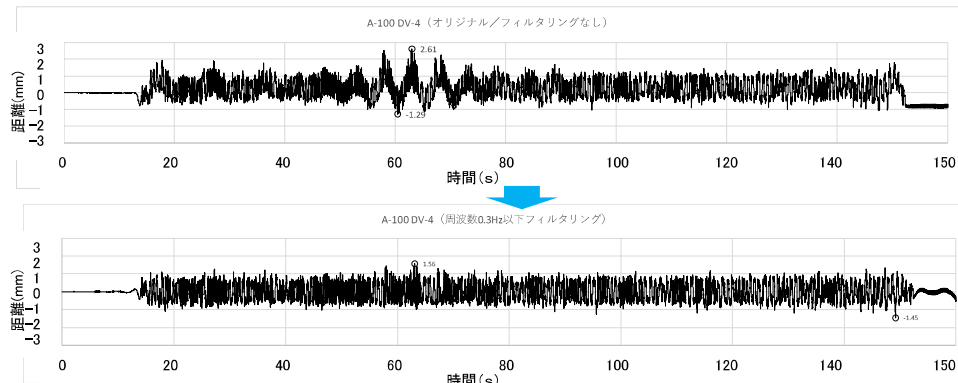


図11 3方向同時加振時の鉛直変位時刻歴波形フィルタリング結果



# 【論点1】(参考5) 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(6/8)

## 三次元動的解析モデルの信頼性の向上 (1/2)

第595回(H30.7.3)審査会合資料抜粋



### <コメント>

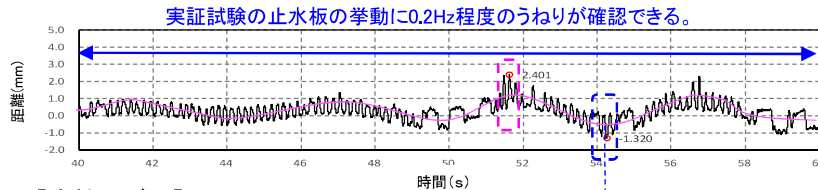
2. 実機解析を工認に適用することも踏まえ、解析の信頼性を示すこと。

### <回答>

(1)三次元動的解析フィルタリングによる再現性の検証

3方向同時入力の「三次元動的解析の実機モデル」に0.2Hzの回転変位を与えた。その結果、実証試験と同じ挙動やうねりが認められた。(図1)

### 【実証試験結果】



### 【実機モデル】

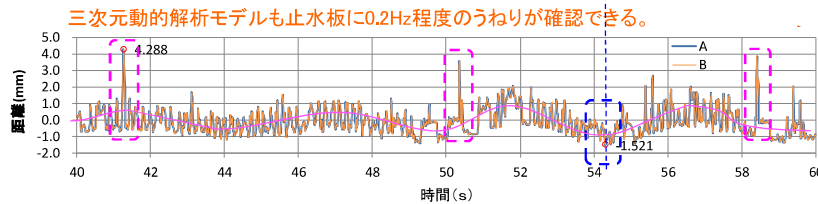


図1 実証試験結果と実機モデル(8分割モデル)との比較

### <再現性確認>

◆実証試験結果及び三次元動的解析の実機モデル共に0.2Hz程度のうねりが確認できた。

◆浮き上がり量のプラス側(浮き上がる:桃色点線)は、実証試験よりも三次元動的解析の実機モデルの方が大きくなる傾向がある。また、浮き上がる時間帯は、実証試験と違う時間帯で発生することが確認できた。

◆浮き上がり量のマイナス側(沈み込む:青色点線)は、ほぼ同じ量で同じ時間帯に発生することが確認できた。

**実証試験の観測値と三次元動的解析の実機モデルに0.2Hz程度のうねりを確認し、実機モデルへの再現性を確認した。**

また、三次元動的解析の実機モデルは実証試験結果に比べ鉛直変位のプラス側(浮き上がる側)が大きく保守的な値であることが分かった。また、マイナス側(沈み込み側)は同じ沈み込み量及び時間帯であることが分かった。(図2)

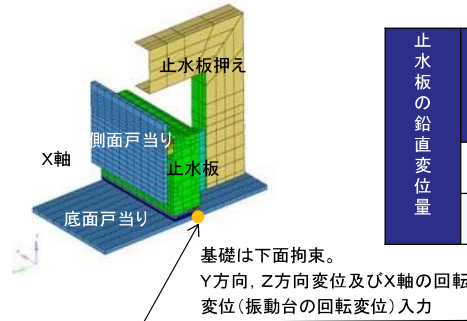
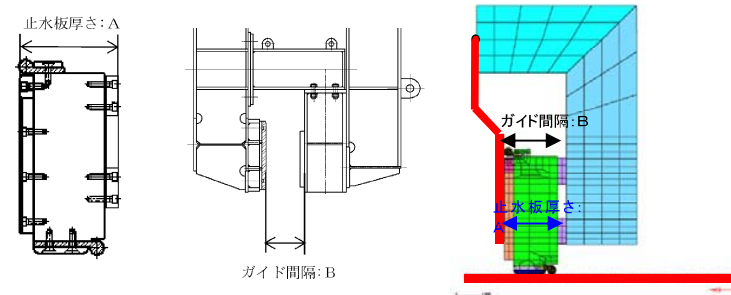


図2 三次元動的解析(8分割モデル)と止水板の鉛直変位量

止水板の鉛直変位量	②3方向(Y方向(堤軸直角)包絡波)		実証試験との差(②-①)
	実証試験(①)	0.2Hz回転変位モデル(②)	
浮き上がり量(プラス側)	2.41	4.29	+1.88
沈み込み量(マイナス側)	-1.26	-1.52	-0.26

(2)三次元動的解析モデルの信頼性向上

三次元動的解析モデルの信頼性を確認するため、**解析モデルに製作公差を含め解析モデルを作成し信頼性を確認した。支圧板厚さとガイド間隔の隙間を4mmにして三次元動的解析を実施した。**図3に実証試験の試験装置における止水板とガイド間の寸法を示す。



	止水板厚さ A(mm)	ガイド間隔 B(mm)	隙間(mm)
図面寸法	210	213	3
実際の供試体の寸法(製作公差含む)	207	211~210	3~4

図3 実証試験の試験装置における止水板とガイド間の寸法

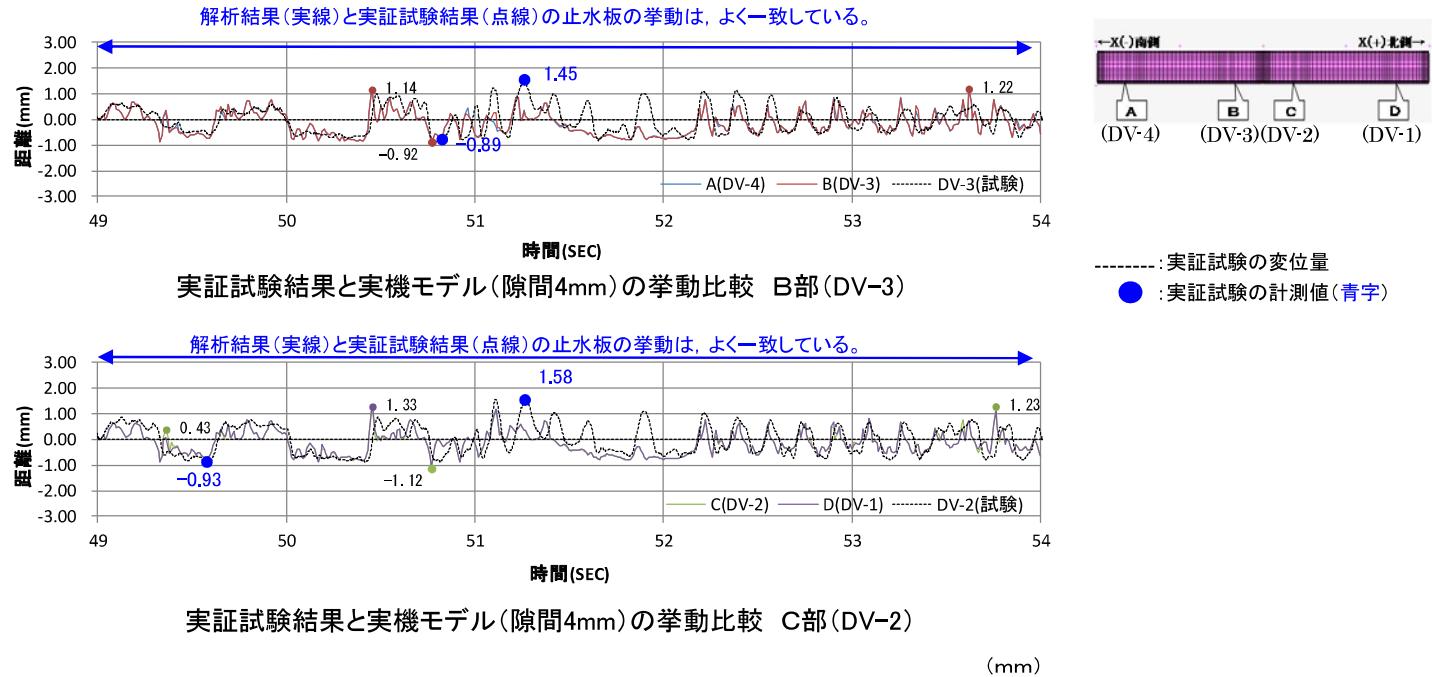
# 【論点1】(参考6) 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(7/8)

## 三次元動的解析モデルの信頼性の向上 (2/2)

第595回(H30.7.3)審査会合資料抜粋



実証試験結果(フィルタリング後)と実機モデル(隙間4mm)の3方向同時加振時の結果について比較した。  
 その結果、**実証試験結果と実機モデル(隙間4mm)との比較において、浮き上がり量の差が僅かであり、よく一致した結果が得られた。また、止水板の浮き上がりや挙動に対してもよく一致しており、解析モデルの信頼性が向上した結果が得られた。**(図4)



止水板の鉛直変位	②3方向(Y方向(堤軸直角)包絡波)		
	実証試験(①)	隙間4mmモデル(②)	実証試験と解析モデルとの差(②-①)
浮き上がり量(プラス側)	1.45(DV-3)	1.22(DV-3)	-0.23~-0.25
	1.58(DV-2)	1.33(DV-2)	
沈み込み量(マイナス側)	-0.89(DV-3)	-0.92(DV-3)	-0.03~-0.19
	-0.93(DV-2)	-1.12(DV-2)	

図4 実証試験結果と実機モデル(隙間4mm)結果との比較

# 【論点1】(参考7) 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(8/8)

## 実証試験及び解析結果による一次止水機構の設計反映

第595回(H30.7.3)審査会合資料抜粋



### <コメント>

3. 実証試験結果を踏まえて解析にフィードバックする項目はないか、応力評価において実証試験と解析の違いを考慮する必要がないか検討すること。
4. 試験結果と実証試験モデル結果の差が浸水防止機能に影響を及ぼすか否かを分析し、今後設計への反映の有無を示すこと。

### <回答>

#### 【実証試験結果と三次元動的解析からの設計への反映事項】

三次元動的解析の実機モデルが実証試験と同じ止水板の挙動を確認したため、**三次元動的解析モデルの信頼性は高く、地震時における浸水防止機能に影響を与えることのないよう構造設計に反映する。**

**実機の構造設計については、静的荷重による強度計算、耐震計算を実施し、動的な評価として三次元動的解析による解析結果を構造設計に適切に反映することで設備の構造信頼性を高める。**図1に1次止水機構の工事認可申請書構造設計フローを示す。

なお、浮き上がりについては、実証試験の鉛直変位量の結果が解析結果を僅かに上回ることから、地震時における浮き上がりが大きくなる可能性がある。しかしながら、**止水機構には2次止水機構を設ける設計であり、仮に、1次止水機構の水密ゴムの浮き上がりによる漏水が発生したとしても敷地内には浸水しない。**(図2)

#### ①解析モデルの信頼性の向上

実証試験の結果と三次元動的解析モデルを比較すると止水板の挙動や浮上り量において、隙間4mmモデルが実証試験に近い結果が得られている。今後の止水機構の構造設計においては、**原則設計の公称値である隙間3mmモデルにて強度評価を実施し、止水板の挙動や浮き上がり量、発生応力のばらつきを考慮し、隙間4mmモデルの解析結果とも比較し応力評価する。**

#### ②衝突の部材に与える影響評価

止水板の鉛直変位の挙動の結果から、前後(海側・陸側)の傾きが確認できる。実証試験中においても止水板と止水板押えや底面・側面戸当りとの接触音が認められることから**三次元動的解析の結果より、衝突の部材に与える影響を評価する。**

#### ③実証試験結果及び三次元動的解析結果の報告

実証試験にて得られた止水板の挙動、変位追従性、水密ゴムの健全性の観点より結果を取り纏める。また、**動的解析(二次元・三次元)による結果も合わせて集約し、構造部材の許容応力の照査、水密ゴムの応力照査について評価する。**

◆上記内容については、計算書等に反映する。

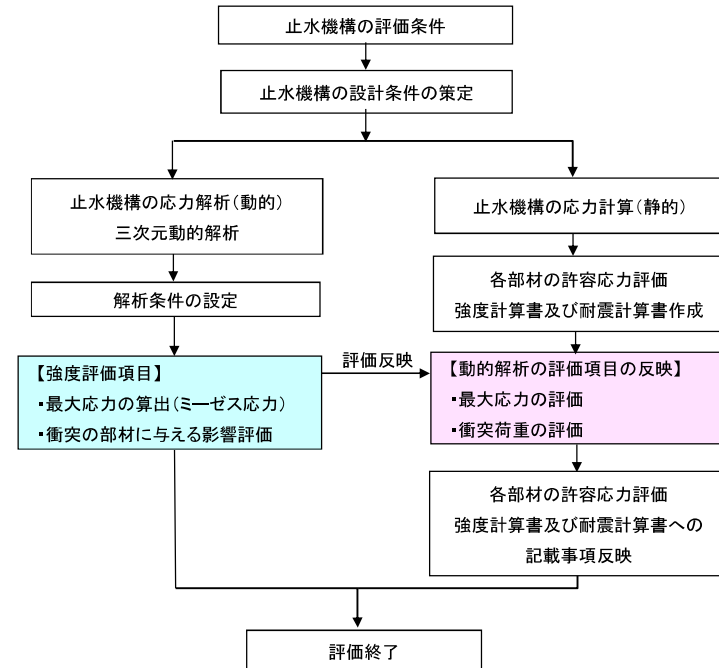


図1 1次止水機構の工事認可申請書構造設計フロー

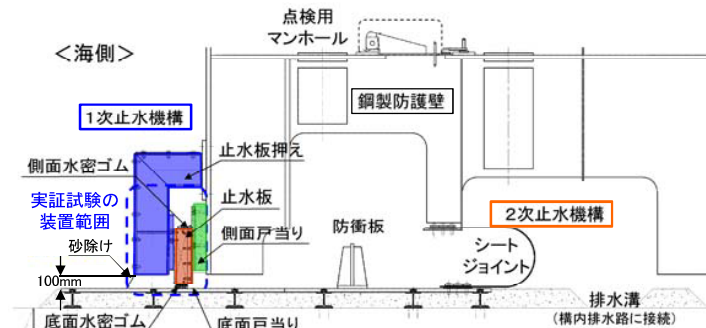


図2 止水機構全体構造概要

# 【論点1】(参考8) 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(1/2)

## 鋼製防護壁 止水機構の実証試験の経緯

第578回(H30.5.31)審査会合資料抜粋



### <本論点の経緯>

防潮堤のうち鋼製防護壁については、取水路と鋼製防護壁の地震時の変位による相互干渉を回避するため、取水路と鋼製防護壁間に100mmの隙間を設け、この隙間からの津波の流入を防止することを目的に止水機構を設置することとしている。

この止水機構の構造に対して、第520回審査会合(平成29年10月17日)において、「止水板の追従性として、解析での確認に加え、試験についても検討し、方針及び実施時期を示した上で、設置許可断面と工認断面の範囲を整理して示すこと。」という指摘があった。

この指摘を踏まえて、第562回審査会合(平成30年4月5日)において、工事計画認可申請に係る論点整理の一つとして、止水機構に関して「止水機構の地震時の追従性について、評価及び実規模大の試験装置を用いた加振試験にて確認する。」ことを説明している。

今回は、上記の評価及び加振試験結果について説明するものである。

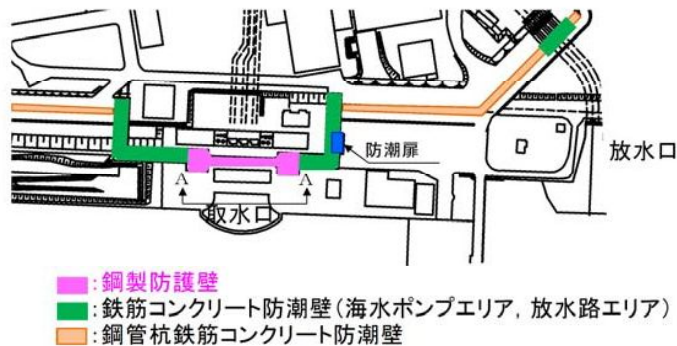


図1 鋼製防護壁の配置図

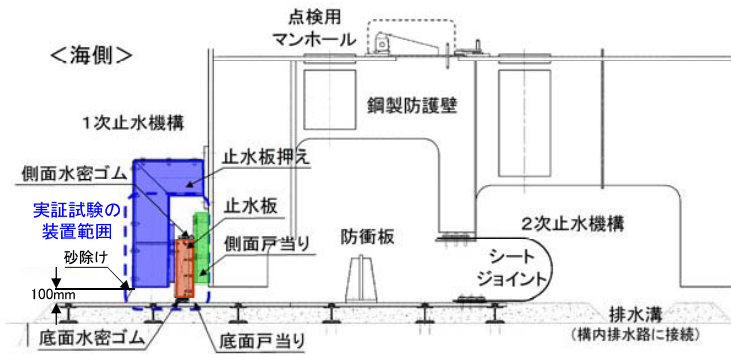


図3 止水機構全体構造概要

表1 止水機構の目的と要求機能

対策設備	目的/機能要求
1次止水機構 ・浸水防止設備 ・外郭防護1	鋼製防護壁下部と取水路間の隙間から海水ポンプエリアへの津波の流入、到達を防止する。
防衝板 ・影響防止設備 ・外郭防護1	1次止水機構の損傷又は保守に伴う取り外し時に、漂流物が2次止水機構に到達することを防止する。
2次止水機構 ・浸水防止設備 ・外郭防護2	1次止水機構からの漏えいを考慮して、海水ポンプエリアへの漏水を防止する。安全機能への影響確認として、海水ポンプエリアへの浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認する。
点検用マンホール ・浸水防止設備 ・外郭防護2	1次止水機構からの漏えいを考慮して、鋼製防護壁鋼殻内への漏水を防止する。

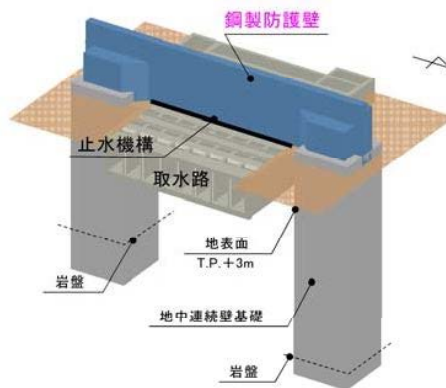


図2 鋼製防護壁の構造と止水機構の位置

- 【鋼製防護壁寸法】
- ・長さ: 約 80m
  - ・奥行(厚さ): 約 4.5m
  - ・天端高さ: T.P.+20m
- 【地中連続壁基礎寸法】
- ・幅: 約 15.5m × 約 15.5m
  - ・基礎下端部標高  
(南): T.P. 約 -50m  
(北): T.P. 約 -60m
- 【岩盤標高】
- (南): T.P. 約 -30m
  - (北): T.P. 約 -56m



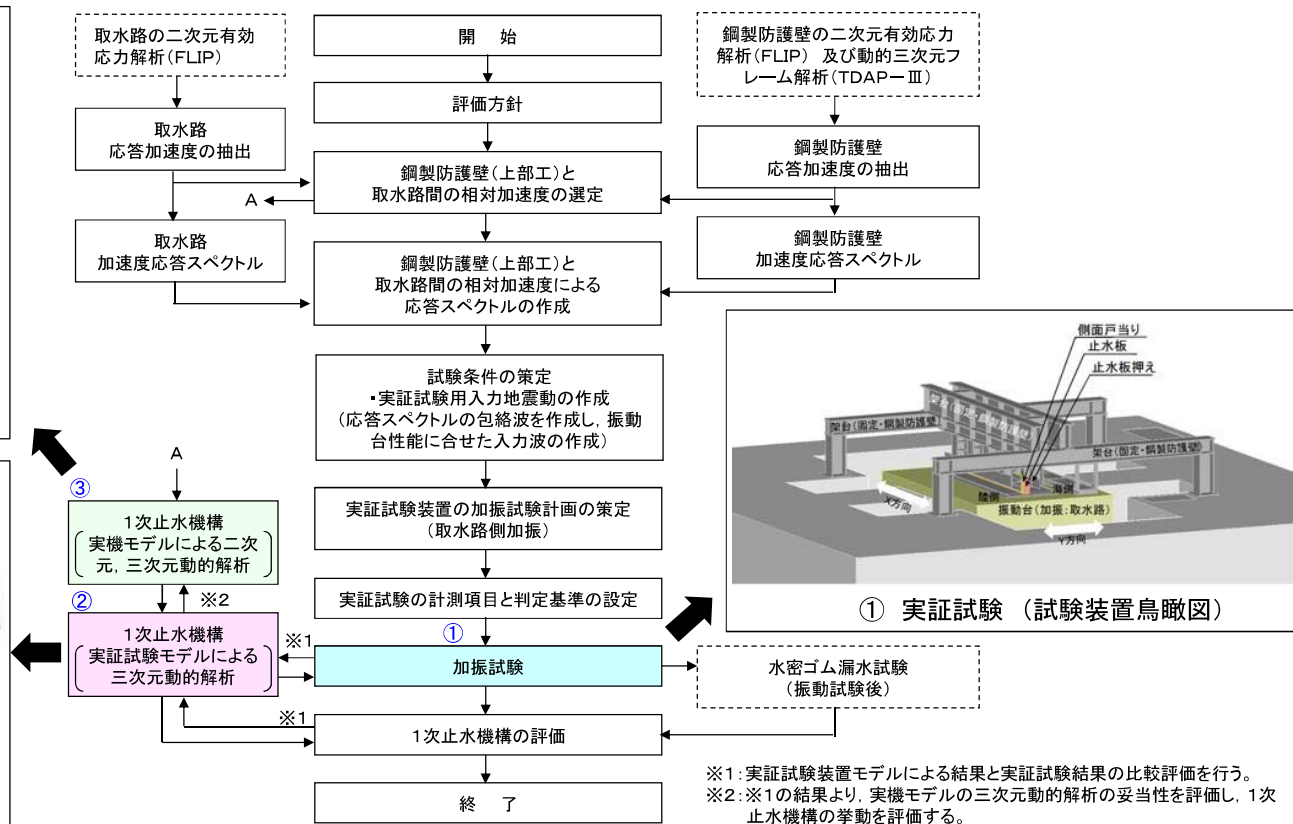
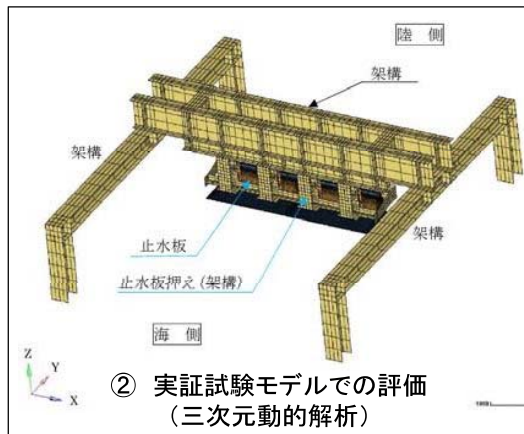
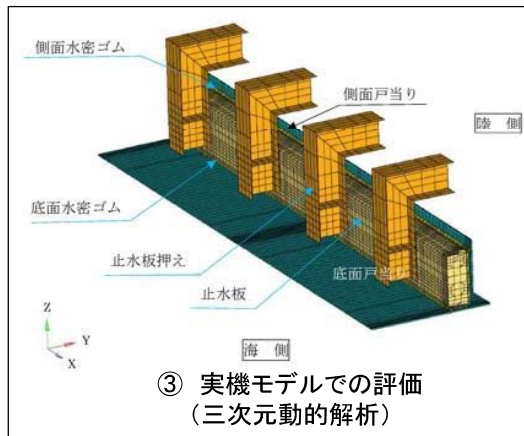
# 【論点1】(参考9) 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性(2/2)



## 1次止水機構の実証試験評価フロー

第578回(H30.5.31)審査会合資料抜粋

- ◆ 1次止水機構の実証試験フローを図●に示す。止水機構の地震時の追従性については、実規模大の試験装置による「実証試験(加振試験)」と「三次元動的解析」により確認する。
- ◆ 「実証試験(加振試験)」と「三次元動的解析」の目的及び関係は以下のとおりである。
  - ① 実証試験(加振試験)：加振試験により、止水機構の追従性、水密ゴムの健全性、1次止水機構の構成部材の健全性について確認する。
  - ② 実証試験モデルによる三次元動的解析：実証試験装置をモデル化した三次元動的解析結果が、加振試験時の止水機構の挙動を再現できているか確認する。(三次元動的解析の信頼性・妥当性確認)【検証Ⅰ】
  - ③ 実機モデルによる三次元動的解析：実証試験装置をモデル化した三次元動的解析結果と実機設計をモデル化した三次元動的解析結果を比較するにより、実機設計をモデル化した三次元動的解析結果の妥当性を確認する。【検証Ⅱ】
- ◆ 上記①, ②, ③を関連付けることにより、三次元動的解析による実機止水機構の設計・構造の妥当性を確認する。



図● 1次止水機構の実証試験評価フロー