

港 灣 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 297 June 1978

矢板壁の模型振動実験
——根入部前面が斜面の場合——

荒 井 秀 夫
齊 藤 節 文

運輸省港湾技術研究所



目 次

1. はじめに	3
2. 模 型	3
3. 実 験	3
4. 模型の加速度応答	4
5. 壁本体の曲げモーメントおよび撓み	5
6. 控え壁に作用する荷重	7
7. 控え壁の変位	8
8. ま と め	9
9. おわりに	9
参 考 文 献	9
付 図	10

Vibration Tests of Model Anchored Sheet-Pile Walls

– A case which the dredge level is not plane –

Hideo ARAI*
Setsufumi SAITO**

Synopsis

The vibration tests of two type model anchored sheet-pile walls which the dredge level is plane and not plane were performed in order to investigate the degree of fixity below the dredge level during earthquake. In both case, the height of wall above the dredge level is equal and the magnitude of moment about the tie-rod level due to passive earthpressure below the dredge level is nearly equal. Results of the tests are summarized as follows.

1. The acceleration response of model and the load acting on the anchor are nearly equal in both case.
2. The degree of fixity below the dredge level in the case which the dredge level is not plane decrease more than that in the case which the dredge level is plane.
3. The maximum bending moment of sheet-pile wall in the case which the dredge level is not plane is larger than that in the case which the dredge level is plane.

* Ex-chief of the Vibration Laboratory, Structures Division
** Member of the Vibration Laboratory, Structures Division

矢板壁の模型振動実験 — 根入部前面が斜面の場合 —

荒井秀夫*
斉藤節文**

要 旨

矢板壁の根入部前面が斜面である場合の地震時における問題を調べるため、根入部の受働土圧によるタイロッド取付点の回りのモーメントが、平面と斜面のときはほぼ等しい2種類の矢板壁模型について振動実験を実施し、その結果を比較した。模型は剛控え壁をもつ矢板壁である。実験結果の主なものを述べると、次の通りである。

- (1) 模型の加速度応答特性および控え壁に作用する荷重は、根入部前面が平面であるか斜面であるかにかかわらずほぼ同様である。
- (2) 斜面の場合には、平面の場合に比べると、振動によって根入部の固定度が低下しやすくなって根入部が前方へ変位する結果となり、控え壁の変位量が小さく、壁本体の曲げモーメントがわずかながら大きくなる。

1. はじめに

横さん橋の土留壁として矢板壁を用いることがあるが、その根入部前面は斜面になる。このような根入部をもつ矢板壁の耐震設計に対する資料を得るため、これまでに実施してきた矢板壁模型振動実験の一環として、根入部前面の地盤面の形を変えた場合の剛控え壁をもつ矢板壁の振動時挙動を調べた。根入部前面のように地盤面が平面でない場合の地震時受働土圧は沢田によって求められている⁽¹⁾。

海底面より上の壁高が等しく、また、沢田の方法によって求めた震度0.2における根入部の受働土圧によるタイロッド取付点の回りのモーメントがほぼ等しい。根入部前面の地盤面が平面である場合と平面でない場合の、剛控え壁をもつ矢板壁模型壁について、振動台によって振動を与え、その振動時挙動を比較した。

2. 模 型

模型は、既報⁽²⁾の剛控え壁をもつ矢板壁と同様であるが、根入部前面の形と壁高が異なる。根入部前面が平面でない場合の形は、矢板壁より斜面ノリ肩までの距離が30.23 cm、斜面が水平となす角が15°である。

模型壁本体は厚さ6 mmのアルミニウム平板であって、根入部前面が平面である場合と平面でない場合とで、次の条件を満たすように壁高を変えたものである。

- (1) 両場合とも、海底面より上の高さが等しい。
- (2) 両場合とも、タイロッド取付点より上の高さが等しい。
- (3) 両場合とも、根入部の受働土圧によるタイロッド取付点の回りのモーメントが震度0.2においてはほぼ等しい。ただし、根入部前面が平面でない場合の地震時受働土圧は、単位体積重量 $\gamma = 1.45 \text{ g/cm}^3$ 、内部摩擦角 $\phi = 40^\circ$ 、壁面摩擦角 0° として、沢田の方法によって求めた。

実験は、両場合に壁高が異なるそれぞれ2種類について実施した。実験に使用した模型壁本体の諸元およびタイロッド取付点の回りのモーメント M_p を表-1に示す。

表中の $\rho = H^4/EI$ は撓み指数である。ここに EI は壁の曲げ剛性、 H は壁高である。また、 α は海底面以上の壁高と全壁高の比である。

模型壁本体は7枚で構成され、内側の5枚は腹起しで一体とした幅107 cmの測定壁であり、外側の2枚はダミー壁である。測定壁は直径6 mmの丸鋼であるタイロッドによって幅75 cm、厚さ1.5 cm、高さ30 cmのアルミニウム板である剛控え壁に連結されている。

所用した砂は小名浜砂と称する乾燥細砂で、その安息角は32.5°、有効径0.12 mm、均等係数は1.59である。

3. 実 験

実験方法も既報⁽²⁾の剛控え壁をもつ矢板壁の実験と同様

* 構造部 前振動研究室長

** 構造部 振動研究室

表-1

実験番号	H (cm)	αH (cm)	ρ ($\text{cm}^2/\text{kg}/\text{cm}$)	$(1-\alpha)H$ (cm)	M_p ($\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}$)
斜-1	110.0	63.5	1.11×10^3	46.5	362.0
平-1	103.8	63.5	8.81×10^3	40.3	360.9
斜-2	103.8	60.3	8.81×10^3	43.5	300.4
平-2	98.5	60.3	7.14×10^3	38.2	304.1

であるが、その概略を述べる。

動電駆動方式の振動台上の実験槽(5m×1.5m×1.5m)内に振動しめ固めをなした厚さ15cmの砂層を造り、その上に、図-1に示すように模型壁本体を置き、

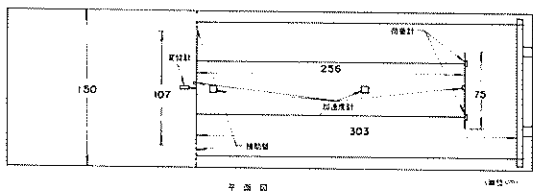
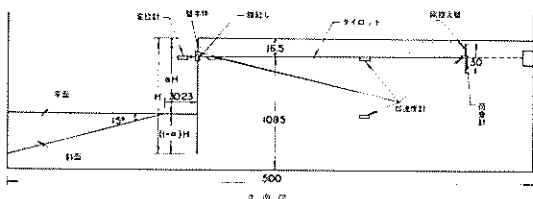


図-1 模型の配置

根入部砂層によって支えた。根入部砂層はバイブレーターによって所定の密度にしめ固め、斜面の場合は前述の形に砂層を削り取った。

裏込砂層は模型壁本体に土圧が加わらないように斜面を造り、控え壁を所定の位置に設置し、タイロッドで壁本体と連結した後、徐々に砂を追加して造った。

実験した根入部および裏込部の砂層の単位体積重量 γ および相対密度を表-2に示す。

控え壁には抵抗線ヒズミゲージを用いた荷重計2個を

表-2

実験種目	根入部		裏込部	
	γ (g/cm^3)	D_r	γ (g/cm^3)	D_r
斜-1	1.46	0.55	1.36	0.17
平-1	1.45	0.52	1.38	0.25
斜-2	1.45	0.52	1.37	0.22
平-2	1.45	0.52	1.38	0.25

取付け、タイロッドから伝えられる荷重を測定した。壁本体腹起しの中央では、ダイヤルゲージおよび可変インダクタンス型変位計によって、実験槽との相対変位を静的および動的に測定した。砂層内の

図-1に示す位置では、非接着抵抗線ヒズミ計型加速度計(固有振動数約250Hz)によって加速度を測定した。また、壁本体の腹起しおよび控え壁には、小型軽量のピエゾ型加速度計を貼付して、加速度を測定した。壁本体の中央の板には、抵抗線ヒズミゲージを貼付して曲げヒズミを測定した。また、壁本体の中央の板前面では、ダイヤルゲージによって、実験槽との静的相対変位を測定した。

これら測定量の振動時の値は、直視式電磁オシログラフ(ガルバノメーターの固有振動数170Hz)に記録した。

振動台に与えた振動は、ある加速度レベルで各振動数5波の正弦振動が5Hzより50Hzまで1Hzの間隔で変化するもので、加速度レベルを6または7段階変えた。

4. 模型の加速度応答

図-2~5に代表として、斜-1の場合における模型各部の加速度応答を、また、付図-1~12に、他の場合のものを示す。根入部前面の形に無関係に、いずれの場合にも、壁本体とその近傍砂層の応答特性は似た形をしており、また、控え壁と裏込砂層中央部のそれは似た形をしている。このことから、壁本体とその近傍砂層、控え壁と裏込砂層中央部近とは、それぞれ同様な挙動をしているものと推定される。

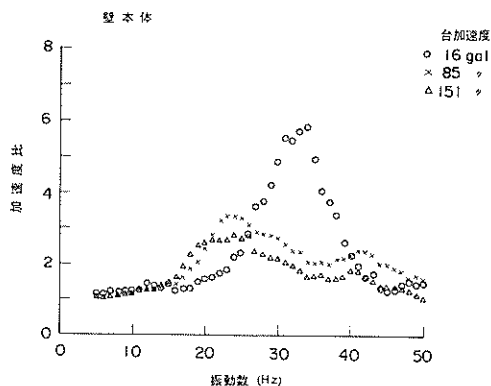


図-2 加速度応答特性の加速度レベルによる変化(斜-1)

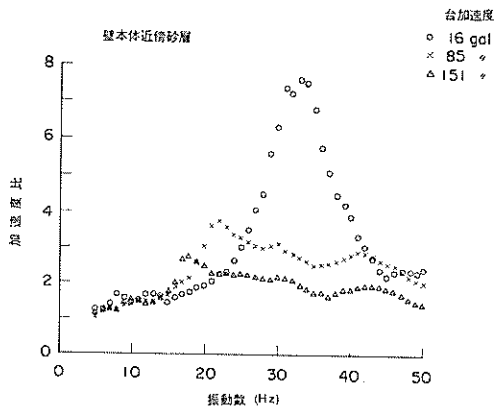


図-3 加速度応答特性の加速度レベルによる変化(斜-1)

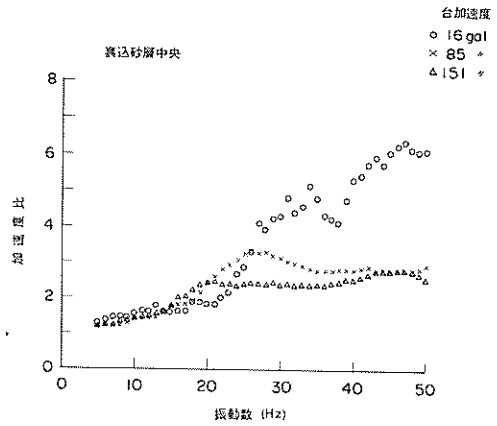


図-4 加速度応答特性の加速度レベルによる変化(斜-1)

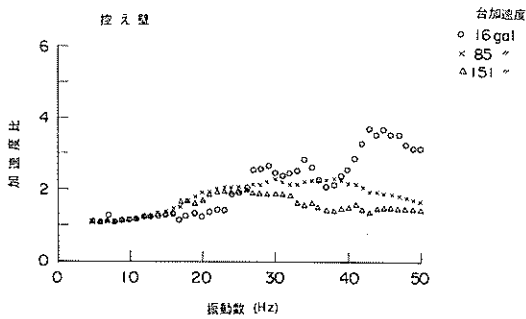


図-5 加速度応答特性の加速度レベルによる変化(斜-1)

加速度レベルが高くなるにつれて、共振振動数、加速度比が低下する傾向がみられ、加速度レベルが高くなると、模型は剛性が低下し、減衰が増大することを表している。

図-6、7にそれぞれ、壁本体近傍砂層の共振振動数と加速度振幅の加速度レベルに対する変化を示す。いずれの場合にも、根入部前面の形に関係なく同様に変化することがわかる。

5. 壁本体の曲げモーメントおよび撓み

壁本体の曲げヒズミの測定から求めた曲げモーメントを、代表的加速度レベルの前後におけるものについて、図-8および付図-13~15に示す。図中の曲線はRoweの理論⁽³⁾から求められる(1)式で表わされる曲げモーメント M である。

$$M = K_a \gamma H^3 f(\alpha, \beta, m\rho) \quad (1)$$

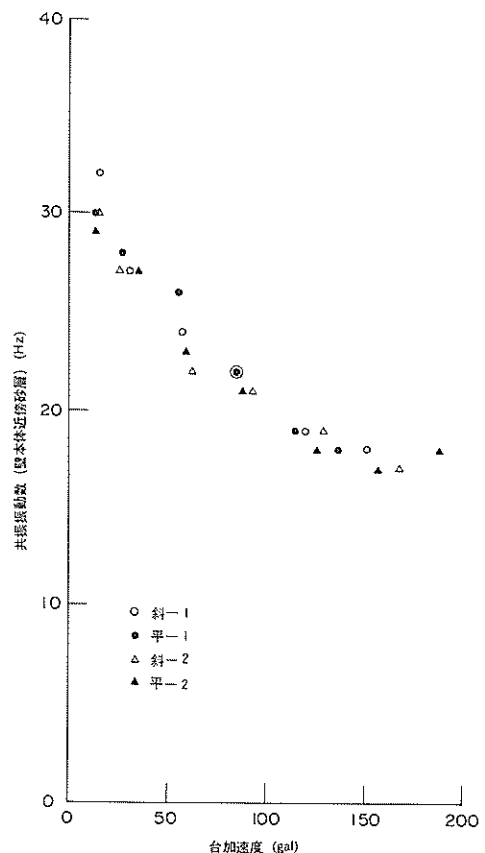


図-6 共振振動数の加速度レベルによる変化

実験の曲げモーメント分布の形は、ほぼ理論から求められる形で近似されている。(1)式において、 K_a は主働土圧係数、 γ は土の単位体積重量、 H は壁高、 α は海底

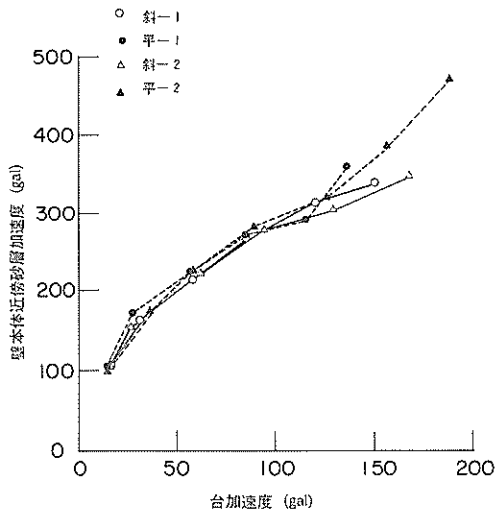


図-7 壁本体近傍砂層の比較

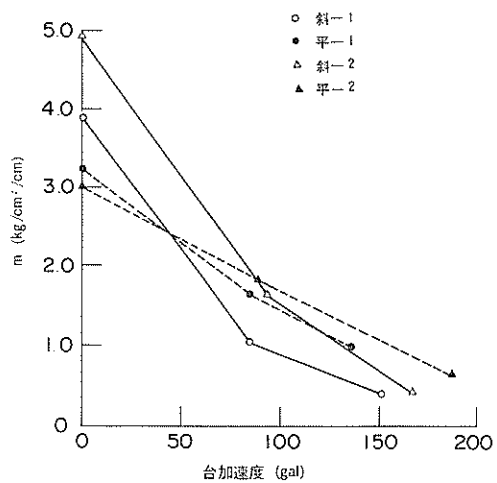


図-9 m の値の加速度レベルによる変化

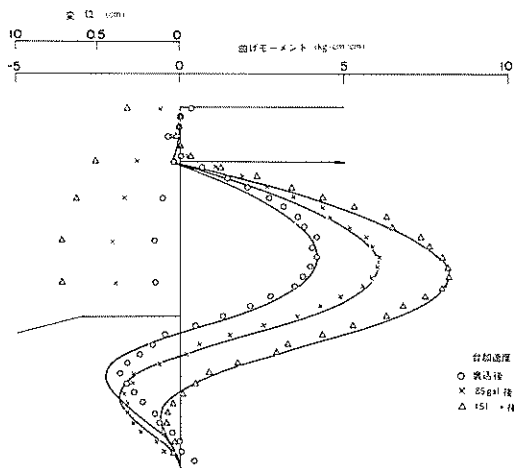


図-8 壁本体の曲げモーメントおよび撓み(斜-1)

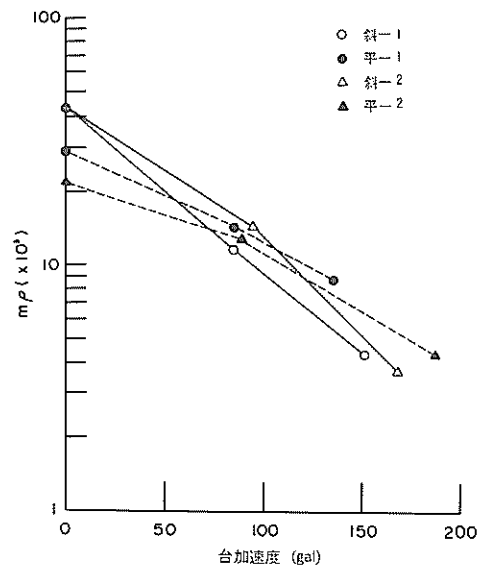


図-10 根入部固定度変化の比較

面から壁頂までの高さや壁高との比、 β はタイロッド取付点から壁頂までの高さや壁高との比、 m は soil stiffness modulus、 ρ は撓み指数である。(1)式は、控え壁が変位しない条件で求められる式であるから、控え壁が変位できる状態である今回の実験に、厳密な意味で適用することができないのであるが、実験の相互間の比較をするために用いた。

実験値に最も合うような理論曲線を選ぶと、それに対応する $m\rho$ の値が求められる。 ρ は模型壁固有の値であるから、また、 m の値が求まる。 m の値および $m\rho$ の値の加速度レベルによる変化を図-9および図-10に示す。いずれにも、根入部前面の形による差異が明瞭に現

れている。 $m\rho$ は根入部の固定度を表す無次元量であって、根入部前面が平面でない場合に、根入部の固定度の加速度レベルによる変化の著しいことが示されている。根入部地盤の受働土圧によるタイロッド取付点の周りのモーメントを根入部前面が平面の場合に等しいようにして実験したにもかかわらず、このような差異の生ずることは、沢田の方法では、振動時における根入部固定度の変化をカバーできないことを示している。

実験は乾燥状態における場合であり、模型相似則も成

立しない不十分なものであるが、根入部固定度に明瞭な差異の生じたことは事実であるから、設計に当っては、このようなことのあることを考慮して、地震時に根入部抵抗の不足によって被災した例はほとんど無いのであるが、沢田の方法から求まる受働土圧に余裕をもたせることが必要となる場合もあるのではなからうか。

最大曲げモーメントをとってみると、図-11に示すように、根入部前面が平面でない場合の方が、わずかではあるが、大きい。

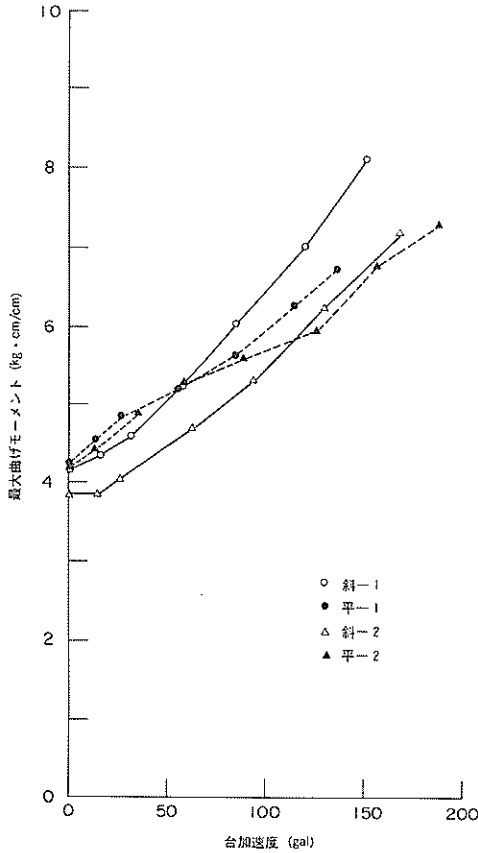


図-11 最大曲げモーメントの比較

図-8および付図-13~15には、壁本体の振動前後における変位もプロットした。加速度レベルが高くなると、撓み形は、根入部前面が平面でない場合には、壁が足を払われるような形になり、根入部前面が平面の場合には前傾する形になるのがみられ、根入部固定度の変化の状況から推定される形を示している。

6. 控え壁に作用する荷重

控え壁に作用する荷重の振動数特性を図-12および

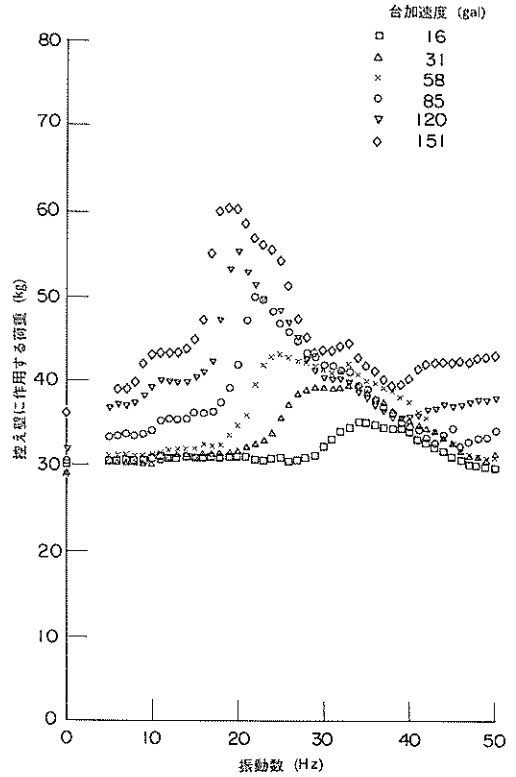


図-12 控え壁に作用する荷重の振動数特性(斜-1)

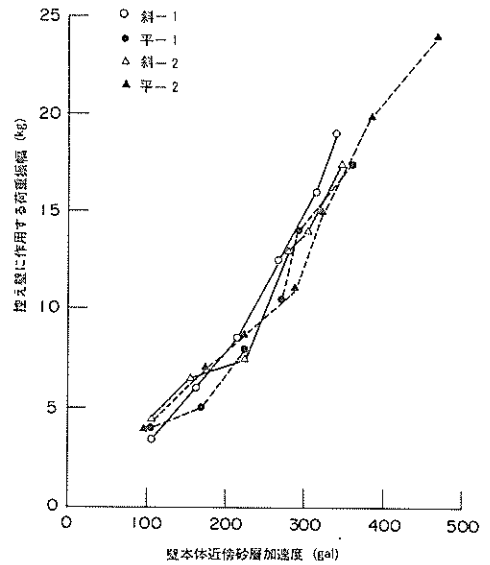


図-13 控え壁に作用する荷重振幅と壁本体近傍砂層加速度の関係

付図-16~18に示す。いずれの場合にも明瞭な共振

が認められ、加速度レベルが高くなると、共振振動数が低下し、荷重の大きさが増大する。共振振動数は図-6に示した壁本体近傍砂層のそれとほぼ等しく、また、荷重振幅は壁本体近傍砂層の加速度と図-13に示すように良い相関関係を示すことから、根入部前面の形に関係なく、振動時には、壁本体とその近傍砂層とは一体となって振動し、その振動がタイロッドを通して控え壁に伝えられ、動荷重が生ずるものと考えられる。

図-14に荷重の加速度レベルに対する変化を示すが、いずれの場合もほぼ同様な変化をなし、根入部前面の形による差異はみられない。

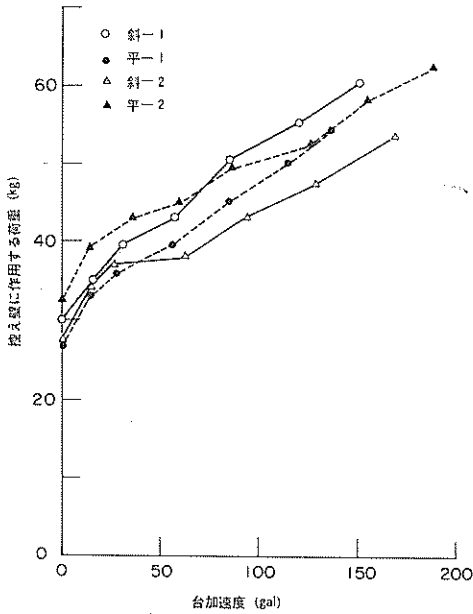


図-14 控え壁に作用する荷重の比較

7. 控え壁の変位

壁本体の腹起しの変位を控え壁の変位とみなし、その振動数特性を図-15および付図-19~21に示す。

控え壁は、共振時に最も大きく変位するが、その変位は一方方向のみ累積され、残留するのがみられる。

控え壁変位の加速度レベルによる変化を図-16に示す。根入部前面が平面の場合に、平面でない場合よりも大きい変位が生じているが、平面でない場合には根入部が変位するため、相対的に控え壁が変位しなくなる結果であろう。

図-17に控え壁に作用する荷重と変位の関係を示す。図には静的試験の値もプロットしてあるが、既報⁽²⁾に述

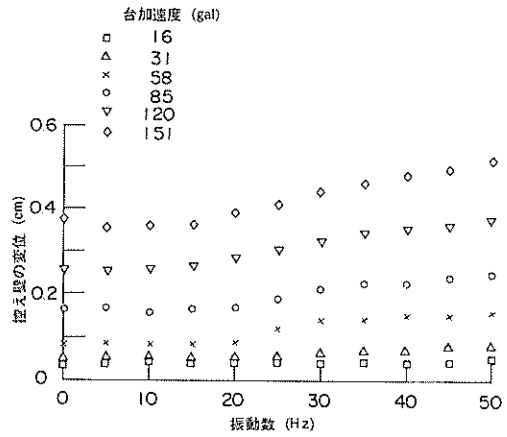


図-15 控え壁変位の振動数特性(斜-1)

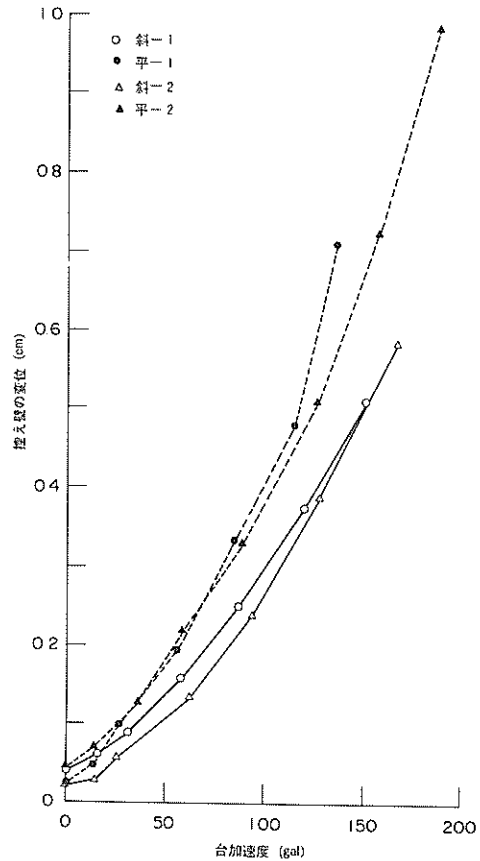


図-16 控え壁変位の比較

べたと同様に、振動時に控え壁は変位しやすくなることを示している。

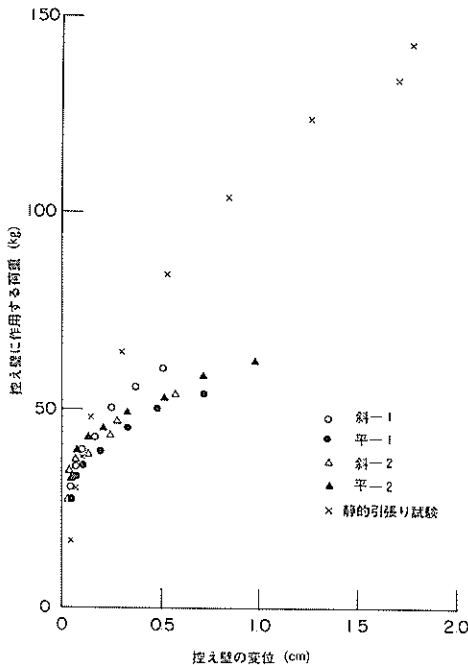


図-17 控え壁の荷重-変位関係

8. まとめ

実験結果をまとめると、次のようである。

- (1) 加速度応答で表される模型挙動には、根入部前面の形による差異が認められない。
- (2) 控え壁に作用する荷重にも、根入部前面の形による差異が認められない。
- (3) 矢板壁の最大曲げモーメントは、根入部前面が平面でない場合には、平面の場合より、幾分大きなものとなる。
- (4) 根入部の固定度は、根入部前面が平面でない場合には、平面の場合より、かなり低下する。
- (5) 控え壁の変位は、根入部固定度の影響によって、根入部前面が平面でない場合には、平面の場合より小さい。

実験は乾燥状態におけるものであり、模型相似則に適合したものではないので、地震時の場合に直接対応させることができないが、根入部前面が平面でない場合には、根入部固定度が振動時に低下しやすくなることを実験結果は示している。矢板壁は地震時に根入部抵抗の不足によって被災した例がほとんど無いのであるが、本実験の結果を考慮すれば、矢板壁の崩壊が周囲に影響を及ぼすことが予想される場合には、沢田の方法によって求めた

受働土圧に余裕をもたせておくことが必要であろう。

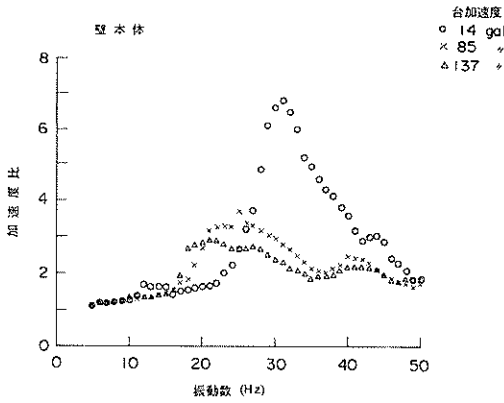
9. おわりに

本実験は、振動研究室員であった中沢定男（現港湾局計画課）、北島誠治（現国土庁大都市圏整備局計画課）の諸氏の協力によって行われたものをまとめたものである。深く感謝します。

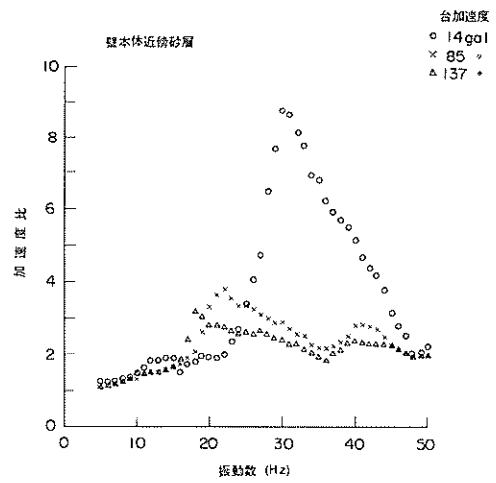
（1978年3月31日受付）

参考文献

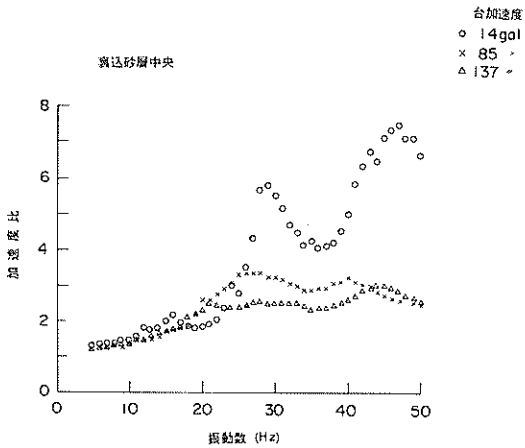
- (1) 沢田源平, 斜面をもった矢板根入部の受働土圧計算法, 港研資料, No.9, (1964), pp.1~35
- (2) 荒井秀夫, 矢板壁の模型振動実験-控え壁が変位する場合-, 港研資料, No.296, (1978), pp.1~19
- (3) P.W.Rowe, A Theoretical and Experimental Analysis of Sheet-Pile Walls, Proc. Instn. Civ. Engrs., Pt I, Vol. 4 (1955) pp.32~69



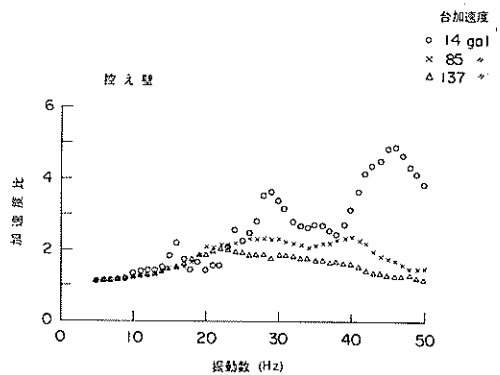
付図-1 加速度応答の加速度レベルによる変化 (平-1)



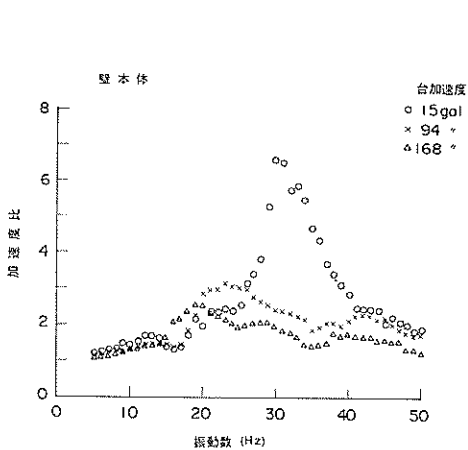
付図-2 加速度応答の加速度レベルによる変化 (平-1)



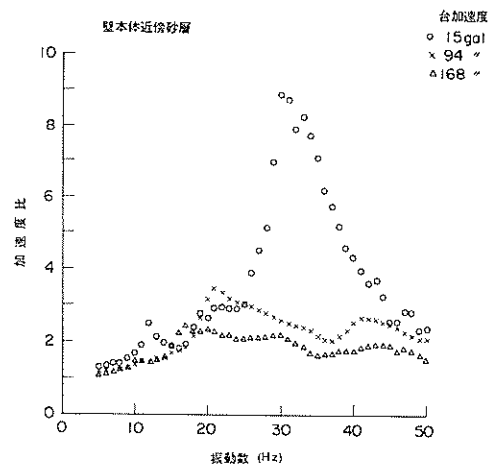
付図-3 加速度応答の加速度レベルによる変化 (平-1)



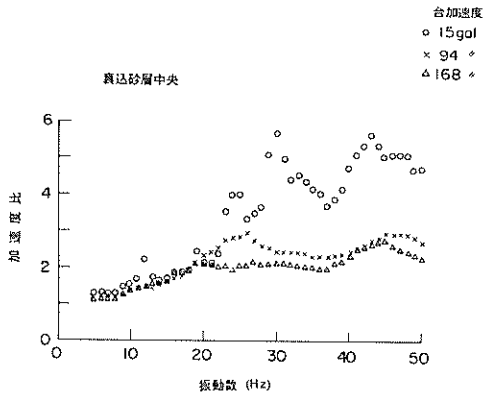
付図-4 加速度応答の加速度レベルによる変化 (平-1)



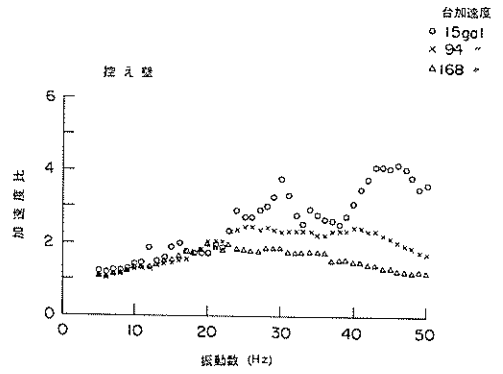
付図-5 加速度応答の加速度レベルによる変化 (斜-2)



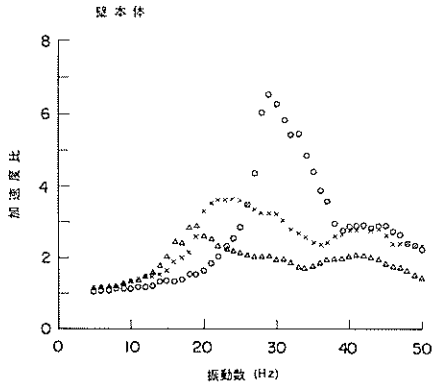
付図-6 加速度応答の加速度レベルによる変化 (斜-2)



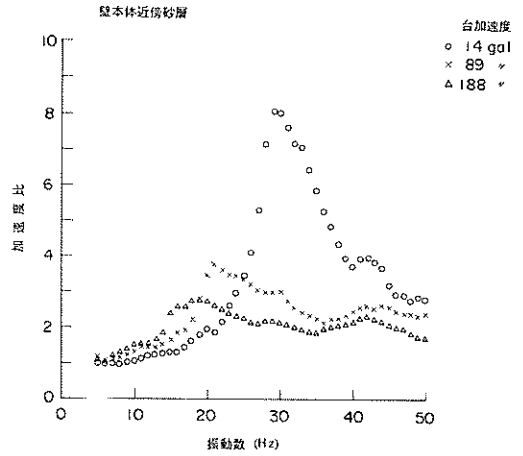
付図-7 加速度応答の加速度レベルによる変化 (斜-2)



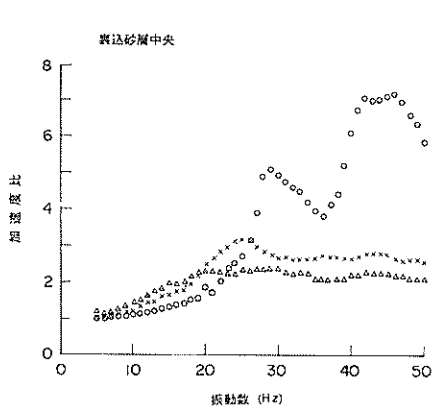
付図-8 加速度応答の加速度レベルによる変化 (斜-2)



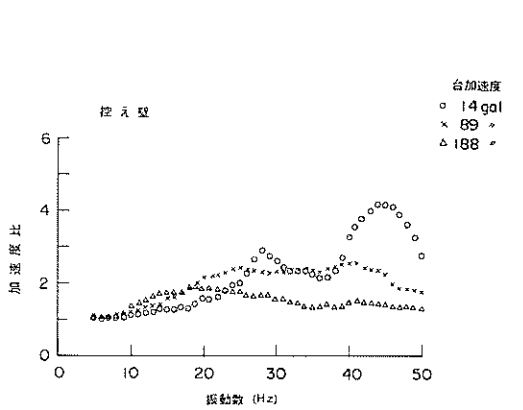
付図-9 加速度応答の加速度レベルによる変化 (平-2)



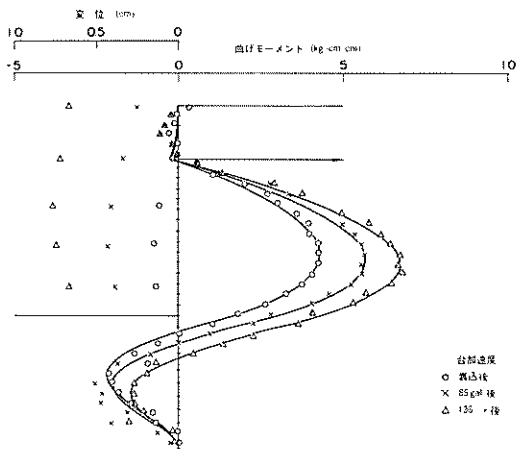
付図-10 加速度応答の加速度レベルによる変化 (平-2)



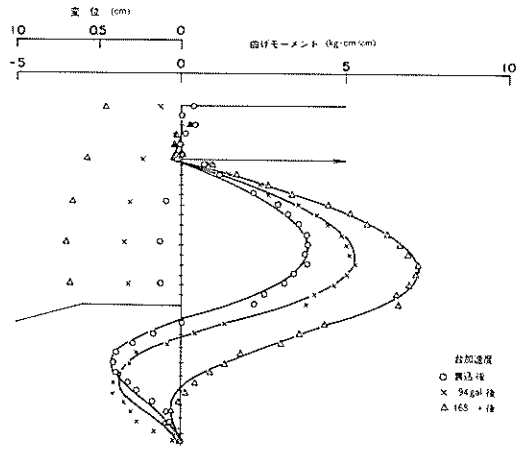
付図-11 加速度応答の加速度レベルによる変化 (平-2)



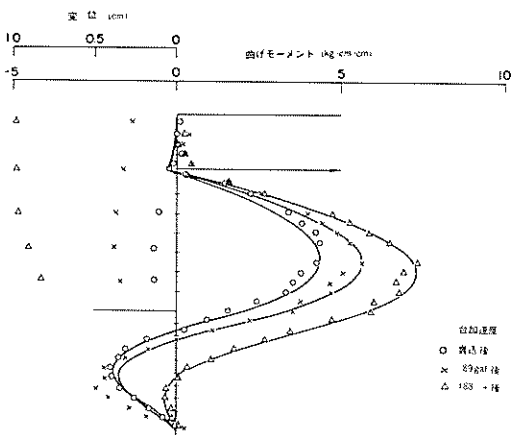
付図-12 加速度応答の加速度レベルによる変化 (平-2)



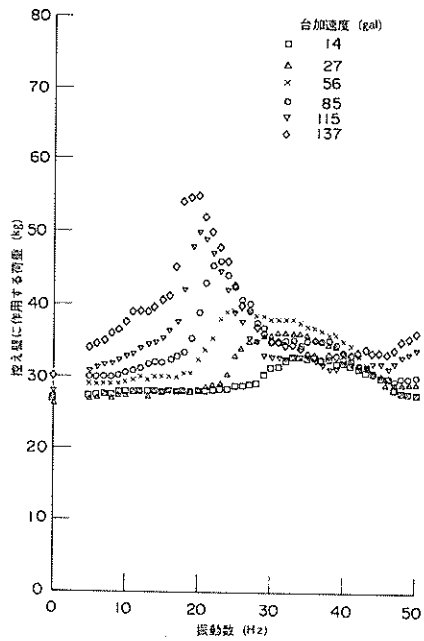
付図-13 曲げモーメントおよび撓み (平-1)



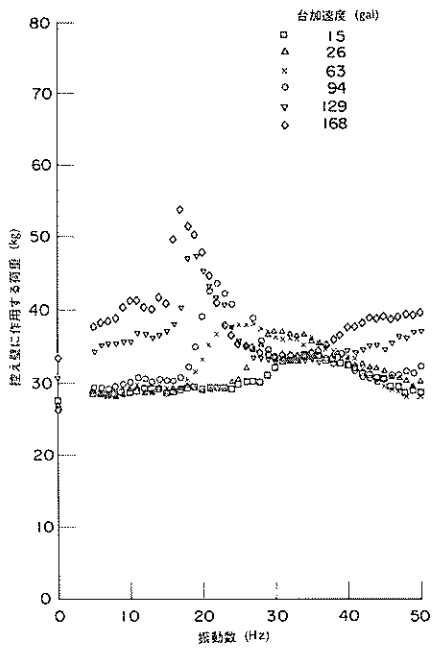
付図-14 曲げモーメントおよび撓み (斜-2)



付図-15 曲げモーメントおよび撓み (平-3)

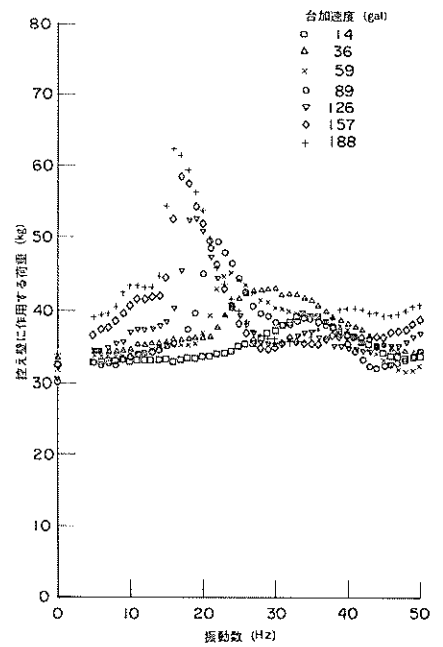


付図-16 控え壁に作用する荷重の振動数特性 (平-1)



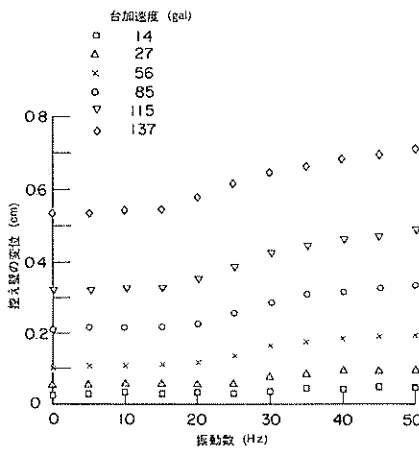
付図-17

控え壁に作用する荷重の振動数特性 (斜-2)



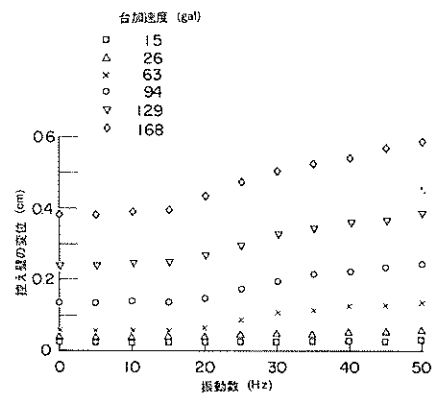
付図-18

控え壁に作用する荷重の振動数特性 (平-2)



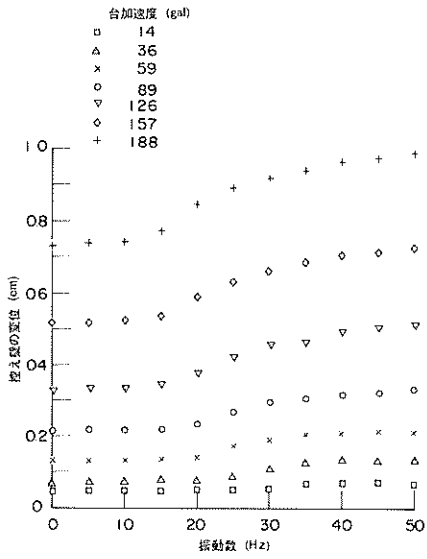
付図-19

控え壁変位の振動数特性 (平-1)



付図-20

控え壁変位の振動数特性 (斜-2)



付図-2 1 控え壁変位の振動数特性 (平-2)

港 湾 技 研 資 料 No. 297

1 9 7 8 · 6

編 集 兼 發 行 人 運 輸 省 港 湾 技 術 研 究 所

發 行 所 運 輸 省 港 湾 技 術 研 究 所
 橫 須 賀 市 長 瀬 3 丁 目 1 番 1 号

印 刷 所 日 青 工 業 株 式 會 社

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.