

624.131.37

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

国立防災科学技術センター

THE SHORT HISTORY OF THE LARGE-SCALE SHAKING TABLE IN TSUKUBA

By

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

ABSTRACT

Since the completion of the large-scale shaking table in 1970, which belongs to National Research Center for Disaster Prevention, as the first facility in Tsukuba Science City, more than 13 years has gone. This shaking table had been proud of the strongest power and the largest dimensions in the world until the completion of Nuclear Power Engineering Test Center's large-scale shaking table in 1982. During the past 13 years, more than 70 test have been carried out on this shaking table.

However, with the lapse of years, the construction processes of this shaking table are going to be unremembered. In this reason, this review describes the outlines of this facility, the decision processes of specifications, the brief reports of the tests using this shaking table, the troubles of this facility, and the improvement subjects on this facility.

目 次

この資料を刊行するにあたって	1
1. 大型耐震実験装置の概要	3
2. 大型耐震実験装置建設の経緯	27
2.1 大型耐震実験装置主要諸元確定までの経緯	27
参考資料：福沢企画課長米国振動試験装置調査報告	53
参考資料：学術会議勧告	57
2.2 大型耐震実験装置建設の思い出	66
3. 実験研究の実績	79
4. 大型耐震実験装置の主なトラブル	215
5. 制御装置の更新	219
6. 将来に向かって	221
6.1 学識経験者アンケート調査	222
6.2 大型耐震実験装置利用者アンケート調査	226
7. あとがき	230
8. 付属資料	
8.1 「防災科学技術」掲載関連記事	231
8.2 大型耐震実験装置建設パンフレット	238
8.3 大型耐震実験装置運転年表	247

この資料を刊行するにあたって

国立防災科学技術センター（以下「防災センター」と略称）の大型振動台が筑波研究学園都市に完成して、はや13年が過ぎた。この間、毎年5回程度の実験が実施されその実験課題はすでに70をはるかに超えている。

この振動台は、まぎれもない、大型振動台の第1号であり、昭和46年度機械学会賞を受賞している。またこの振動台がその後の大型二次元振動台や高精度三次元振動台の開発に与えた影響は計りしれないものがある。アメリカ、カリフォルニア大学のリッチモンドにある振動台もこの振動台建設に刺激されて実現された。特に原子力工学試験センター（「原工試」と言う）の大型二次元振動台は防災センターの振動台があったため可能になったと言える。このことは原子力工学試験センターの振動台が防災センター振動台の反省に立って作られているということである。機械系について言えば、防災センターではストロークが±3cmしかなく地震波を再現する場合、大きな修正をほどこしているが、これを反省し原工試では±20cmのストロークを取り、ほとんど修正せずに地震波を再現できるようになっている。ガイド機構についても防災センターがローラーガイド方式であるのに対し、波形の乱れを考慮し、原工試は静圧ガイド方式を採用している。加振継手については、防災センターで波形の乱れが大きく、これが加振継手のガタに起因するのではないかとの疑いがもたれたため、原工試ではガタ修正機構が付加された加振継手となっている。建家について見れば防災センターにはほとんど実験準備フロアが無く加えて油圧配管が床面に出ており、利用者から不満が出されていたが、原工試ではこの点を十分考慮し、広い実験準備フロアが設けられ、油圧配管は地下にもぐっている。供試体の搬入・搬出についても、防災センターは狭い出入口しかなく、苦労しているが、原工試では妻側を供試体の搬入・搬出のため、ほぼ全面を扉としている。防災センターは振動台しかなく、供試体の構造力学的性状を求める設備がなく、防災センターだけでは完結した実験が出来ない。これに対し、原工試では反力壁を設け振動台実験以外の構造力学的試験も出来るようになっている。振動台基礎については、防災センターでは重い供試体を載せ限界性能加振を行った場合、水平加振で振動台振幅の1/10ほどの振幅が基礎に生じ、このときの振動台の波形の乱れがとても大きい。加えて、基礎床板厚が、幅39mに対し、3mであり、とても薄い。このため上下加振のときに基礎が曲がる。これらのこと反省し、原工試では15万トンの基礎を打ち、また基礎形状も防災センターのものと大きく変えている。防災センターの基礎は約1万トンであり、基礎重量を加振力で割った値は防災センターが約25であるのに対し、原工試は約50である。なお原工試などは振動台の制御にコンピューターを用いているが、防災センターの大型振動台建設当時はこのような技術は開発中であり、まだ実用化されていなかった。（参考文献4, 5, 6, 7）

10年以上の歳月が経つと人は替わり防災センターで大型振動台建設に携わった方々は、現

在、防災センターに一人もおらず、大型振動台建設の経緯が、このままでは忘れ去られるのではないかとの心配もある。また当大型振動台の性能は寄る年波には勝てず、かなり劣化しておりこのままでは近々、使用不能になるのではないかと憂慮される。また当大型振動台は、建設時に必要とされた数々の要求を相当数、満たさないで完成してしまったため、改善の必要に迫られている。

については、この時期に「国立防災科学技術センター大型振動台の歩み」をまとめ、今後の耐震実験及び大型振動台の更新の指針になれば幸いである。

1. 大型耐震実験装置の概要

1.1 仕様及び構成

1.1.1 仕 様

項 目		諸 元
1	加 振 方 式	水平, 垂直切換方式
2	駆 動 方 式	電気油圧サーボ方式
3	加 振 台	15m × 15m (本体12m × 12m), 160ton
4	最大搭載荷重	水平 ; 500ton 垂直 ; 200ton
5	最大加振機出力	360 ton
6	最 大 加 速 度	0.55 G 500 ton 負荷時
7	最 大 速 度	37cm/s
8	最 大 振 幅	± 30 mm
9	加 振 波 形	地震波, 不規則波, 規則波
10	周 波 数 範 囲	DC ~ 50Hz
11	波形追尾特性	無負荷時 : 17Hz 300ton 負荷時 : 10Hz
12	限 界 性 能	図1.17

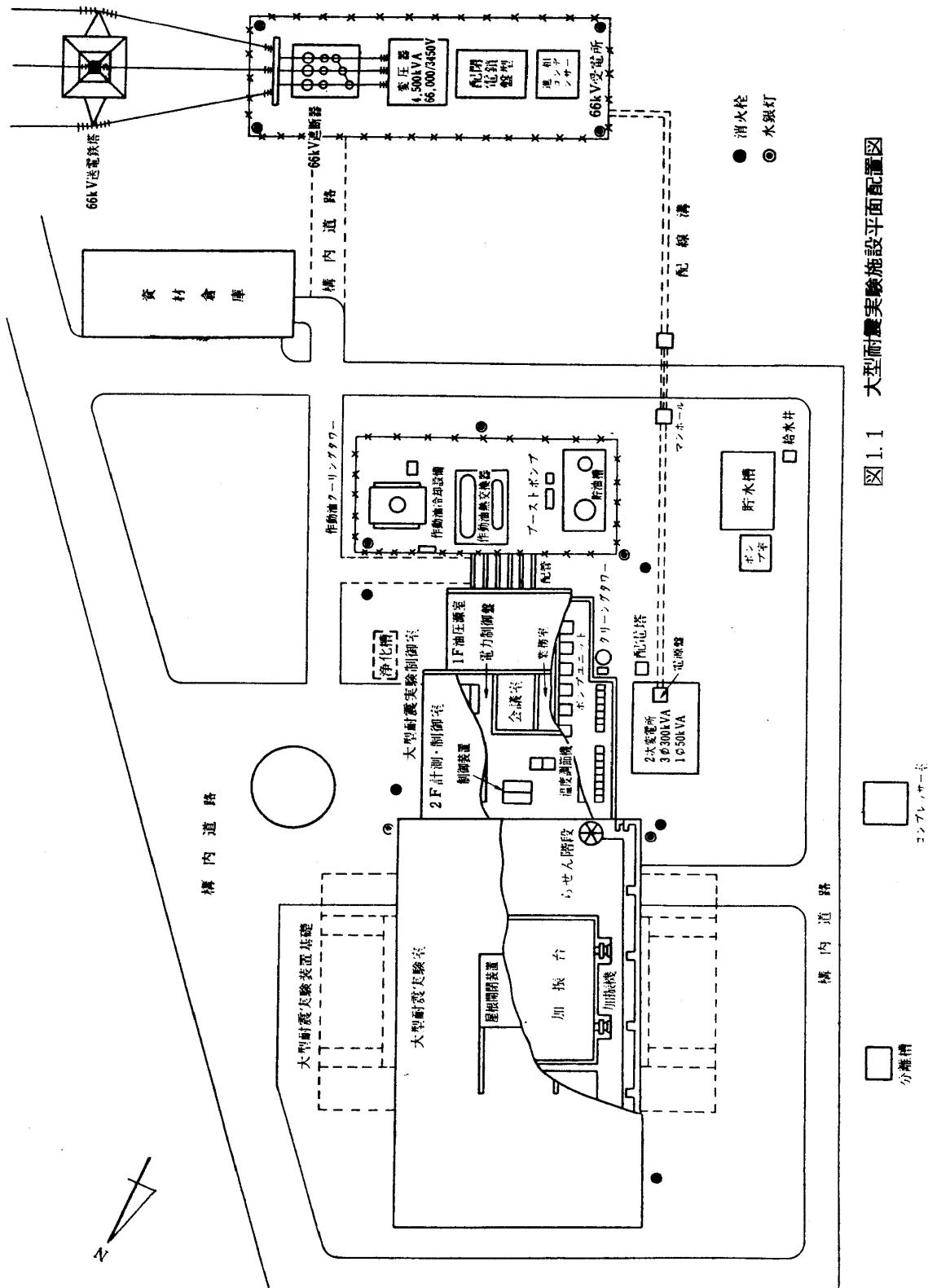


図1.1 大型耐震実験施設平面配置図

1.1.2. 主要構成

加振台	1基	ユニバーサル ジョイント	4台
水平加振機	4台	シングル ジョイント	8台
垂直加振機	4台	主油圧供給装置	1式
静圧軸受	12台	副油圧供給装置	1式
バランスシリンダ	4台	電子制御装置	1式
ガイド	16台	加振台移動台車	1組
ガイド支持台	2基		

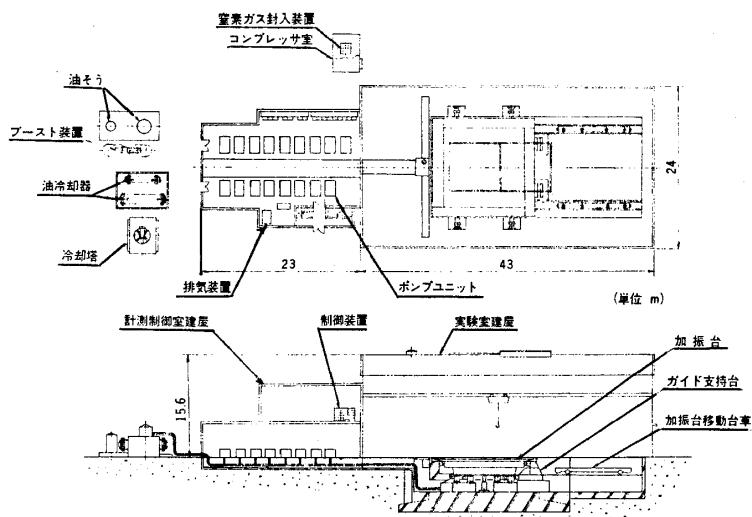


図 1.2 全体配置図

Fig. 1.2 Layout of the apparatus

1.2 全体機構とその特徴

1.2.1 全体レイアウト

加振台は全体を基礎の中に埋め込んだ形に設置し、その上面をフロアレベルに合わせ、加振台上に大型トラックが直接乗入れ可能にするなど搭載物の搬入、取付けの作業性を良くしている。一方高圧油を使用する加振機等の機器はすべて加振台下に配置し、安全を期すとともに機器の取付けはすべて基礎に直接行ない、その支持剛性を確保している。実験室に隣接する計測制御室建屋は実験室建屋と隔離し、その1Fにポンプユニット群を設置している。油タンク等の油圧供給装置付属機器は、屋外にまとめてある。図1.3は全体および加振台部の配置を、図1.4は主要系統を示す。

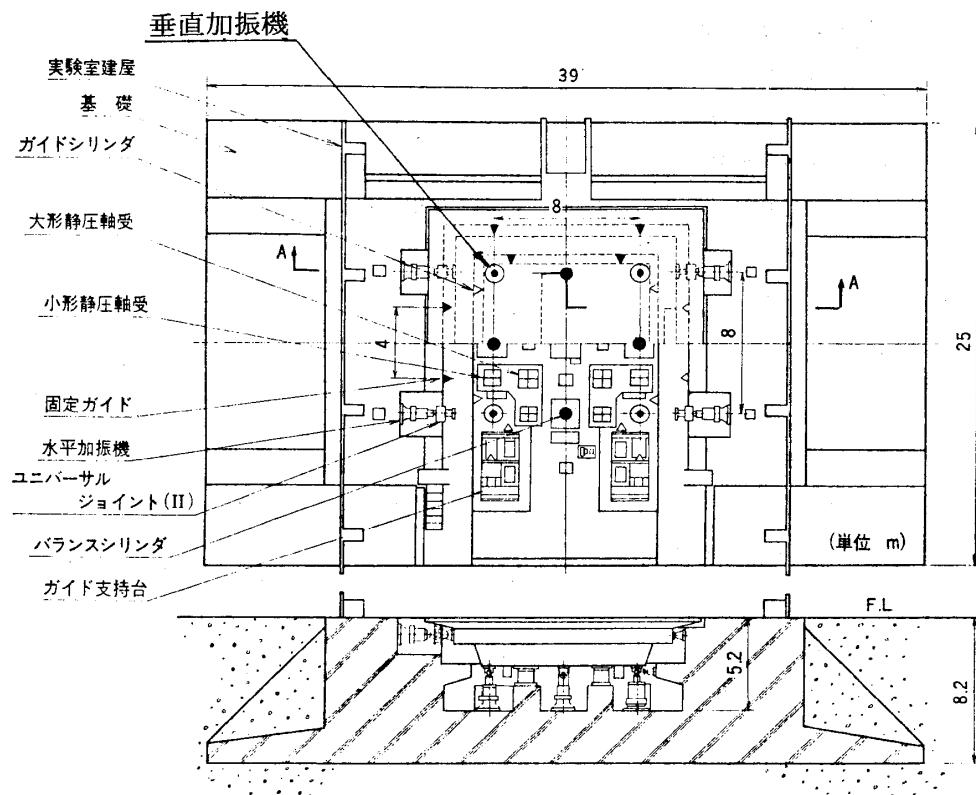


図 1.3 基礎と機器の配置図

Fig. 1.3 Concrete foundation and configuration

1.2.2 加振機とその配置

加振機は、変位フィードバック電気－油圧サーボ方式の90t加振機4台で、360tの加振力を得るものとした。水平時は2台をそれぞれ対向させたプッシュプル形に、垂直時は加振台下部4すみに配するとともに各加振機のサーボ系を独立して構成させ、同サーボ系の持つ剛性が加振台の回転運動を拘束する一つの力となるようにした。特に水平加振点は加振台重心より高い位置に置き、供試体搭載時の転倒モーメントの減少を図った。また同サーボ系には、加速度フィードバックループを設け、サーボ系の減衰係数の調整を可能にし系の安定化を図っている。

1.2.3 加振台回転運動の防止

1台の加振台を4点で加振するいわゆる多点加振系では、偏心荷重や加振機特性のばらつきなどによる加振台の回転運動の抑制はかなり困難な問題である。模型による基礎実験では、4台の加振機の各シリンダチャンバを配管で結ぶ方法が有効とされたが、加振機の速応性をそこなうという利害から、ガイドの設置と加振機サーボの独立構成でこれに対処した。特に後者に対しては、加振機の静的位置決めや誤差による加振機出力のアンバランスを極力少なくするため、フィードバック検出器特性の相互間ばらつきに特に留意した。

1.2.4 加振台の支持

水平加振時は、加振台の自重を含め 660t の重量物を低摩擦でしゅう動させねばならない。このため、加振台を油膜上に浮揚させる油圧式平面静圧軸受を採用し、 10^{-5} オーダの低摩擦係数が得られている。加振台底面は 9×9 m の広い面積を持つため、加振台の 1/12 模型から得られた荷重分担に合わせ、大小 2 種類の静圧軸受を計 12 台分布して設置した。

そして加振台の回転運動を防止するガイドは、コロ軸受形とし加振方向に沿った加振台側面に対向して 8 個設けている。

一方垂直加振時には、加振台の自重を含め最大 360t の重量があるが、垂直加振機の負荷を質量のみとする必要から、この重量を相殺する油圧式バランスシリンダを用いた。そして水平同様ガイドを加振台側面に 16 個設けている。

1.2.5 水平、垂直の切換

本装置は切換により水平または垂直の 2 方向の加振ができるものである。このため加振機は水平、垂直用をそれぞれ持ちガイドは共通とした。これによって、切換は加振機およびバランスシリンダの取付け取りはずしと、ガイドの方向切換で済み短時間の作業で行なえる。

1.2.6 加振機と加振台の結合

加振機と加振台の据付精度、加振台の熱膨張等によって生ずる加振機と加振台の横位置誤差や直角度に対し、その逃げ機構が必要である。そのため使用ひん度の大きい水平加振機は、回転とともに横すべり可能なユニバーサルジョイントを、垂直加振機とバランスシリンダは、回転のみ可能なシングルジョイントを介して加振台と結合する。シングルジョイント使用機器は横変位の逃げのためピストンとその軸受のすき間を多くとっている。

1.2.7 加振台の移動

加振台まわりの機器はすべて加振台下に置くため、それらの機器の保守作業は困難が予想される。このため基礎の 1 辺を切り開き、これに加振台引出しピットを隣接させ、加振台移動台車により加振台を引き出せるものとした。そしてこの引出しピットは、加振台の組立場としての利用も考慮された。なお切り開いた 1 辺の所要ガイドはガイド支持台に取付け、支持台ごと取りはずすことができる。

1.2.8 加振台の運転制御

4 台の加振機へは同一の信号を与えるものとし、所要の各種信号発生器を持つとともに外部入力端子を持ち、エコライザ、自動加速度振幅調整など、振動試験装置としての機能の充実を図った。

一方装置の運転は、すべて遠隔操作で制御室からワンマンコントロールができ、多数の故障検出器を備え故障の軽重に応じた適切な処置が自動的に行なえるなど、安全性と取扱いやさを十分配慮した。

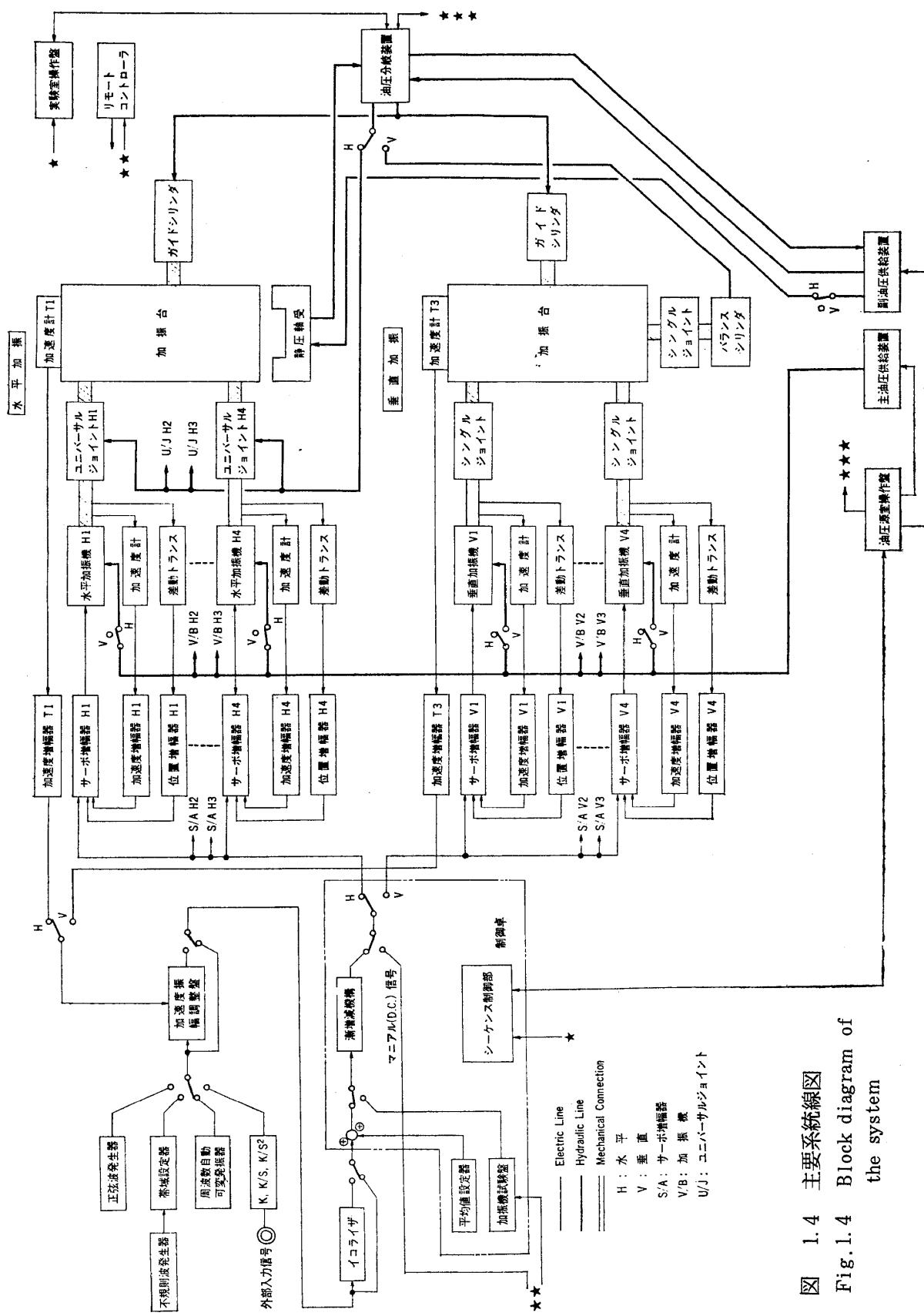


図 1.4 主要系統線図
Fig. 1.4 Block diagram of the system

1.3 加振機サーボ系の応答特性

本装置の加振系モデルは図 1.5 のように表わされる。

実機では $M_B \gg M_T \gg M_C$, $k_c \gg k_a$

が成立するので、加振機サーボ系の開ループ伝達関係は次式で近似できる。

$$\frac{y_T}{e_i} = \frac{K_n}{S\left(\frac{S^2}{\omega_n^2} + 2\zeta_n \frac{S}{\omega_n} + 1\right)} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

ここで

S : ラプラス演算子

ω_n : 固有角周波数

ζ_n : ダンピング係数

K_n : ループゲイン

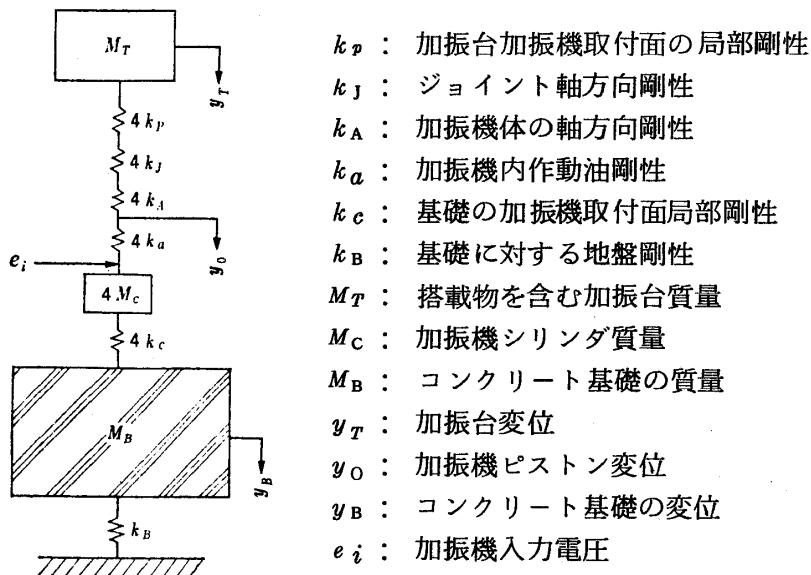


図 1.5 加振系振動モデル

Fig. 1.5 Vibration model of exciting system

ζ_n は加速度フィードバックにより、 K_n はサーボ増幅器によりその量が調整できるので、応答性を決める指標としてもっぱら ω_n に着目する。 ω_n は次式で表わされる。

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{M_T}} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{4k_a} + \frac{1}{4k_p} + \frac{1}{4k_J} + \frac{1}{4k_A} + \frac{1}{k_B} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

ここで各設計値（単位：t/mm） $k_a = 96$, $k_p = 220$, $k_J = 400$, $k_A = 1100$, $k_B = 830$ を用いると次式となる。

$$k = 51.2 \text{ t/mm}$$

今負荷質量として加振台のみ（付加物質量も含む）の場合と、300t搭載の場合のそれぞれ $M_T = 180 \text{ kg s}^2/\text{cm}$, $480 \text{ kg s}^2/\text{cm}$ に対する固有振動数 $f_n (= \omega_n / 2\pi)$ を求め、サーボ系閉ループ時の折点周波数（-3 dB点とした） f_{n_C} を、 $0.8f_n$ まで実現可能とせればそれ次の値となる。

加振台のみのとき	$f_n = 16.9 \text{ Hz}$	$f_{n_C} = 13.5 \text{ Hz}$
300t 塔載時	$f_n = 10.3 \text{ Hz}$	$f_{n_C} = 8.2 \text{ Hz}$

実機テストでは搭載物をつけた場合はないが、図1.6に示すように、加振台のみの場合の実測値は上述の計算値とほぼ一致している。

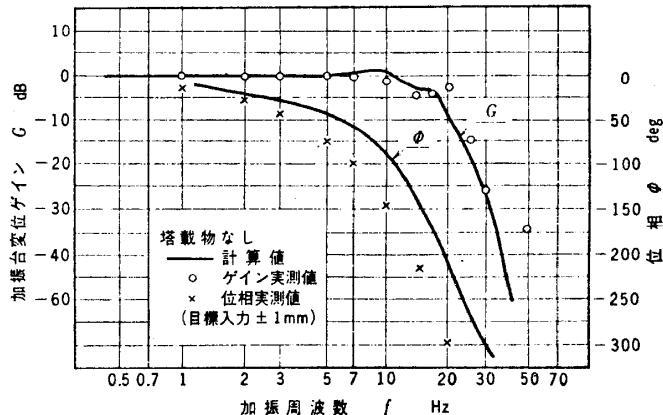


図 1.6 加振台制御系の周波数特性

Fig. 1.6 Frequency response of the shaking table system

1.4 主要各部の詳細

1.4.1 基礎

(1) 諸元

形状 上面 $16 \times 25 \text{ m}$, 下面 $25 \times 39 \text{ m}$, 高さ 8.2 m の台形で、1辺が切欠かれている。

構造 鉄筋コンクリート

体積 3500 m^3

重量 9000 t

(2) 振動性状

360tの大きな加振力に対し、完全に防振することは基礎の経済設計から事実上不可能なので“実用上支障のない程度”に抑制することを目標とし、地盤に対する固有

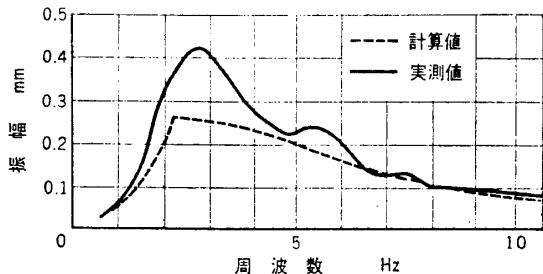


図 1.7 水平加振時の基礎の振動

Fig. 1.7 Vibration of concrete foundation at horiz.vibration

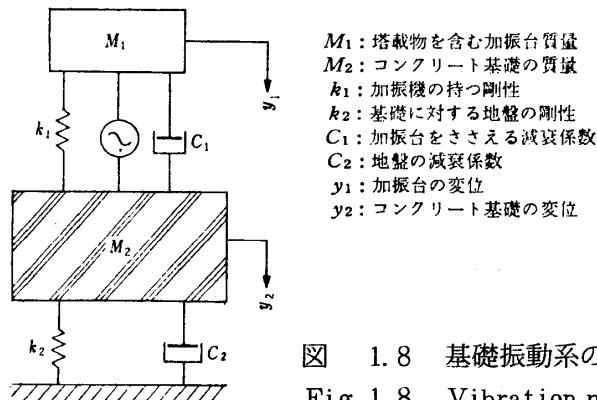


Fig. 1.8 Vibration model of concrete fundation

振動数は5 Hz, ダンピング係数0.6, 限界性能に対する振動は図 1.7 のように設計され, 実機試験での計測値もほぼ近い値を示している。“実用上支障のない程度”とは, 実験室周辺では人体でかなり感ずるが建屋・機械に支障なく, 近隣に対しては 50m 離れた事務所で支障なく, 100m 以上離れた民家では無感状態になる程度とした。

(3) 基礎の振動モデルは図 1.8 で表わされ, その振動は k_1, C_1 に無関係に次式で表わされる。

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{-m \frac{S^2}{\omega_B^2}}{\frac{S^2}{\omega_B^2} + \frac{2\zeta_B}{\omega_B} S + 1} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

ここで

$$\omega_B = \sqrt{\frac{k_2}{M_2}} \quad \frac{2\zeta_B}{\omega_B} = \frac{C_2}{k_2} \quad m = \frac{M_1}{M_2} \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

一方基礎と地盤の間の各定数は次式で表わされる⁽²⁾.

垂直動の場合

$$k_2 = \frac{4a\rho V_s^2}{(1-\nu)} \quad C_2 = \pi \kappa \rho a^2 V_s \sqrt{\frac{2(1-\nu)}{1-2\nu}} \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

水平運動の場合

$$k_2 = \frac{8a\rho V_s^2}{2-\nu} \quad C_2 = \pi \kappa \rho a^2 V_s \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

ここで

 a : 等価円形基礎の半径 V_s : 地盤を伝わる横波伝ば速度 ρ : 地盤の密度 ν : 地盤のポアソン比 κ : 波動の形による定数

(4) 構造上の特徴

- (a) P・C鋼棒締付けで約 20 t/m² プレストレスを与えることにより、コンクリートのじん性を増し、内外の要因によるき裂発生を防止している。このため数百トンの鉄骨材が節約できた。
- (b) 建設地は典型的関東ローム地質層なので、基礎の底盤を地下 8 m 以下の N 値 30 を越す安定した砂質層に置き、基礎ぐいは使用していない。
- (c) 防振上、地盤に対する剛性とダンピング係数を高めるため、底面積を大きく台形状とし、防振溝は設けず、まわりには掘削土を埋め戻し、振動エネルギー逸散面積の拡大を図った。
- (d) 加振機等のアンカーボルトは、すべて鉄骨フレームに組み込み基礎中に埋設した。これは 8 m の距離に対し ± 5 mm 以内、ピッチ誤差 2 mm 以内というきびしい機器の据付精度の確保と、大きな引抜き応力の分散を図るものである。
- (e) 加振器取付面の支持剛性は、コンクリートだけで十分確保できることが確認され、垂直動 1200 t/mm、水平動 2000 t/mm が期待できた。

1.4.2 実験室建屋

(1) 諸元

形 状 24 m (間口) × 43 m (奥行) × 15.6 m (高さ)

構 造 軽量鉄骨造

付帯設備 30 t 天井走行クレーン、電動開閉屋根

(2) 振動性状

実験室建屋は、最大 25 Gal 程度に振動する基礎とその周囲の地盤にまたがって建てられるので、種々の構造に対する振動性状と防振機構を検討した結果、

- (a) 限界性能から低周波数域で起振力が減ずる。
- (d) 地震波では比較的高サイクル成分が卓越して現われる。などから、軽量、柔構造

を採用した。その結果、固有振動数 3.5 Hz 前後、ダビング係数 0.035、共振点で十分振動を成長させた場合（約 10 s を要す）、最大加速度 90 Gal、振幅 2mm と計算された。図 1.9 にその振動特性を示す。

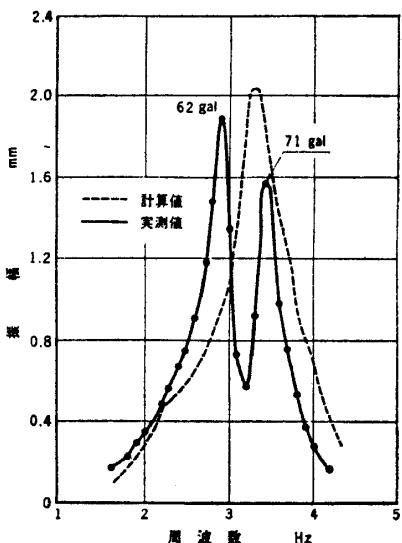


図 1.9 水平加振時の建屋振動

Fig. 1.9 Vibration of test room building at horiz.vibration

(3) 構造上の特徴

- (a) 柔構造とするため、柱とはりはピンジョイント結合。
- (b) 台風等の風圧に耐えるため控え索で補剛し、加振時はこれをゆるめる。
- (c) 高層の被試験物も搭載可能とするため、天井に 7 × 7 m の開口部を設け電動開閉できる。

1.4.3 加振台

加振台は 12 × 12 m の本体と、そのまわりにボルト結合される 1.5 m 幅の張出し部から成る。張出し部は搭載荷重を受け持たず、実験中に土砂等の崩壊したものを受けけるなど、本体の補助的役割を果たすものである。加振台の構造とその振動性状に関する詳細は、先に報告されているので割愛するが、次にその主要諸元を記し、図 1.10 にその形状を示す。

大きさ $15 \times 15 \times 2.7 \text{ m}$

自重 160 t

固有振動数 1 次 50 Hz 以上

供試体取付座 240 個所

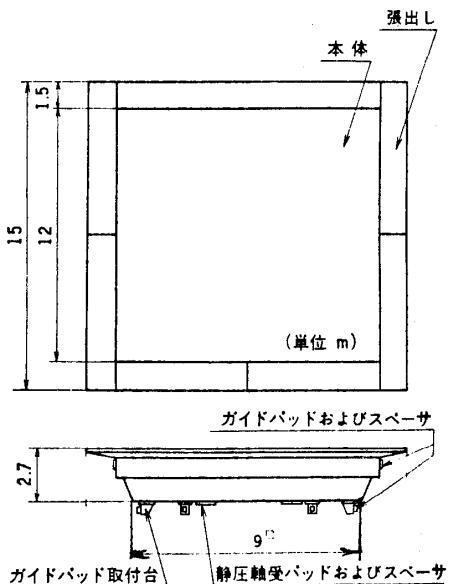


図 1.10 加振台
Fig. 1.10 Shaking table

1.4.4 加振機（図1.11）

(1) 諸元 定格出力 $\pm 90\text{ t}$ ストローク 定格 $\pm 30\text{ mm}$ 可動 $\pm 31\text{ mm}$
 許容横荷重 27 t サーボ弁 MOOG社製 72-230 4個
 供給圧力 210 kg/cm^2

(2) 構造

- (a) 複動形油圧シリンダーにサーボ弁を装備し、変位検出器を内蔵したもので電子制御装置サーボ増幅器と組合せて電気-油圧サーボを構成する。
- (b) 27 t までの横荷重に耐えるため強制潤滑された軸受を持ち、過大な横荷重からの保護のため軸受に温度検出器を持つ。

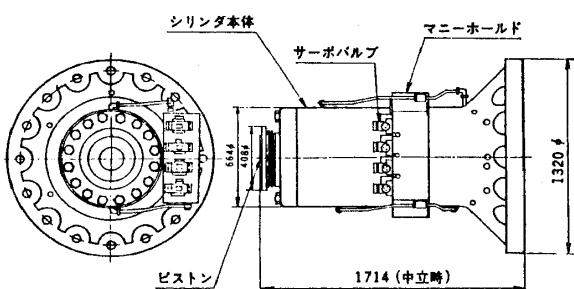


図 1.11 90t 加振機
Fig. 1.11 90 ton vibrator

1.4.5 静圧軸受

先に述べたように静圧軸受（図1.12）は大小2種あり、その荷重比は1.5:1となってい。この上をしゅう動するパッドは、加振台に取付けられている。

(1) 諸元

	大形静圧軸受	小形静圧軸受
使用場所	加振台中央部4個所	加振台周辺8個所
最大荷重	71t	47t
浮揚量	0.1~0.15mm	同左
流量	75l/min	同左
供給圧力	75kg/cm ²	同左

(2) 構造上の特徴

- (a) 1台の静圧軸受は4個の圧力室に分かれ、この上をしゅう動するパッドの浮揚量の均一化を期した。
- (b) 圧力室への流量制御弁を用い、500t搭載時浮揚量0.1mmで約2000t/mmの油膜剛性が得られる。
- (c) 油膜が切れてパッドと軸受がメタル接触した場合に備え、電気的検出器を持つ。

(3) 据付上の問題

静圧軸受が所期の性能を得るには、軸受とこの上をしゅう動するパッド間に均一な油膜の形成が必要である。このための平面精度は油膜厚さの30%以下と言われており、本装置では20%を目標としたので0.15mmの油膜に対し0.03mmとなる。

一般の機械加工物でこの精度は問題ない。しかし本装置のように、工場で機械仕上げの不可能な大きな溶接構造の加振台を対象とし、しかも広い面積にわたり1m²近い面積を持つ12台の軸受を分布して設け、それらの全面を均一に当てねばならない場合、この精度はきわめてきびしいものである。このため次のような工法を計画した。

まず1m²近い軸受面、パッド面、加振台のパッド取付面は平面度1/100mmに機械加工し、静圧軸受はライナ方式で水平度および相互レベルを調整し仮据付けを行なう。一方加振台は5ブロック分割状態で機械加工されるもので、現地での溶接組立後は溶接ひずみ、組立誤差により平面度のくずれが予想される（実際に0.2mm狂っていた）。

そこで加振台下面を手作業で修正し、再び平面度1/100mmを得てこれにパッドを取り付け、軸受上に降ろす。この時軸受上に鉛棒を置き、その圧縮変形量からパッドと軸受のすき間を測定し、これを別途用意したスペーサに写す。このスペーサを加振台とパッド間に挿入すれば、12台の軸受とパッドはほとんど完全に一致する。さらにこの状態で不一致な個所は、再び軸受据付のライナで調整する。

最後に油圧を送り、正常であれば軸受据付のライナを固定しモルタルで埋め込む。現地作業は困難をきわめたが、ほぼ計画どおりの工程を経て所期の性能を得た。

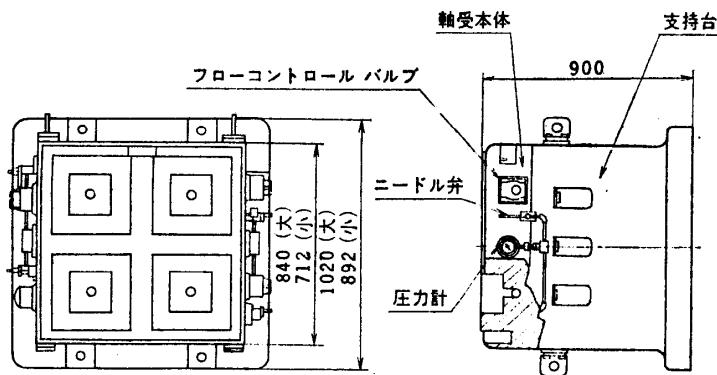


図 1.12 静圧軸受

Fig. 1.12 Hydro-static plane bearing

1.4.6 バランスシリンダ

本機は垂直加振時に加振台とその搭載物の重量を油圧的に相殺するものである。(図 1.13)

(1) 諸元

ストローク	100mm
最大荷重	100 t
許容横荷重	10 t

(2) 構造上の特徴

- (a) 単動形油圧シリンダで、10tの横荷重に耐えるため強制潤滑された軸受を持つ。
- (b) 加振台の運動によるシリンダ内作動油量は、これと組合せたアクチュエータに吸収させ、内圧の変動を防いでいる。
- (c) 重量をささえることから、加振台と搭載物の重量計測ができる。

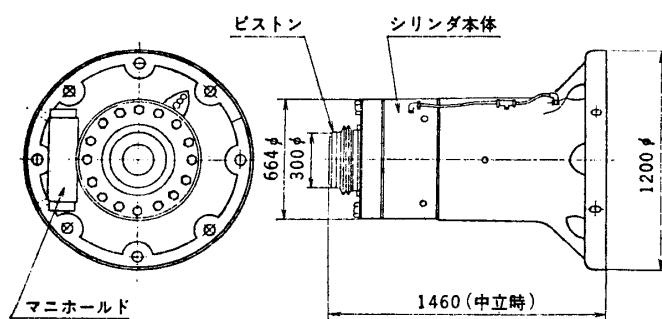


図 1.13 バランス シリンダ

Fig. 1.13 Balance cylinder

1.4.7 ガイド

本機は加振台の回転を防止するために加振台側面に対向して設置されるコロ軸受で、加振方向の切換等の作業性から、コロ面の出入可能なガイドシリンダと、固定された固定ガイドがある。（図 1.14）

(1) 諸元

定格荷重	40 t
許容横荷重	10 t
供給圧力	140 kg/cm ² (ガイドシリンダのみ)

(2) 構造上の特徴

- (a) いずれも水平、垂直に共用されるもので、加振方向の切換はコロ軸受の向きを90°換える。
- (b) ガイドシリンダは内部の油を密閉して所要剛性を確保している。

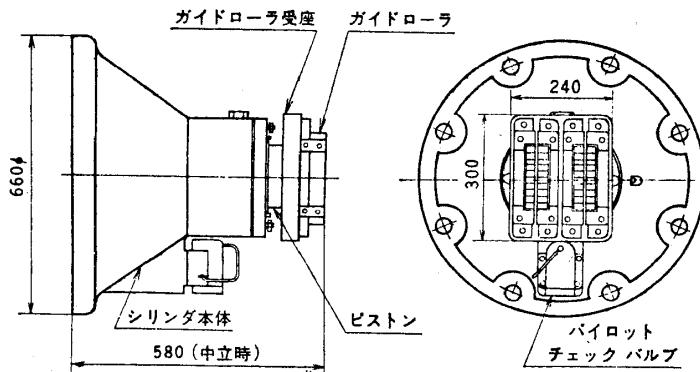


図 1.14 ガイド シリンダ
Fig. 1.14 Cylinder type guide roller

1.4.8 ユニバーサルジョイント

本機は熱膨張や据付精度等によって生ずる、水平加振機と加振台間の横方向位置差や、直角度の逃げ機構として加振機に加わる横荷重の減少を図ったものである。（図 1.15）

(1) 諸元

軸方向伝達力	± 90 t
可動横変位	± 10 mm
油膜厚さ	片側 0.075 mm
供給油圧	140 kg/cm ² , 44 l/min

(2) 構造上の特徴

直角度に対しては球面軸受を、横変位に対してはアニュラー形対向静圧軸受を用い、軸方向剛性はきわめて高いが横方向は低摩擦でしゅう動する。軸方向剛性は、油膜剛性が 7000 t/mm, 全体として 400 t/mm が得られている。

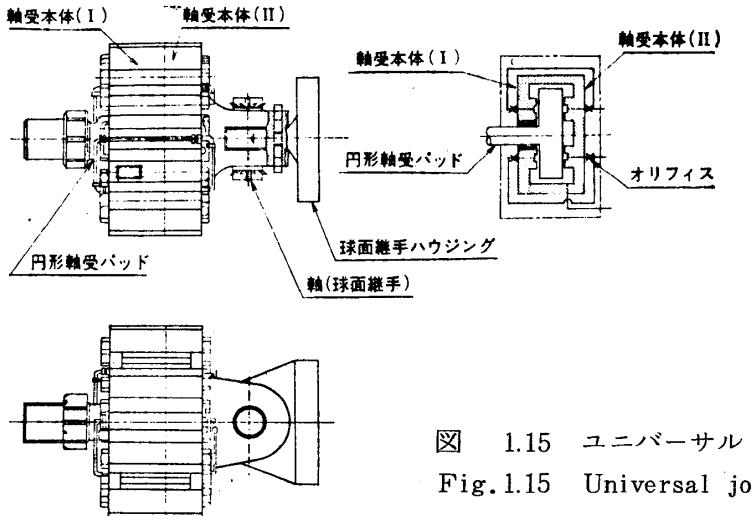


図 1.15 ユニバーサル ジョイント
Fig. 1.15 Universal joint

1.4.9 油圧供給装置

油圧供給装置は、加振機用の主油圧供給装置と静圧軸受など加振台支持装置用の副油圧供給装置の2種類持っている。これは加振機には性能保持上から温度による粘度変化の少ない低粘度油を、静圧軸受には油膜保持の上から高粘度油を供給するためである。

諸 元

	主油圧供給装置	副油圧供給装置
作動油	M I L - H - 5 6 0 6 A	三菱ダイヤモンド オイル# 460
総吐出流量	3900 l/min	1200 l/min
定格圧力	210 kg/cm ²	同 左
ポンプユニット数	13 台	4 台
ポンプ	アキシャルプランジャー形 デニソン P F 09 2台/ユニット	同 左
所要電力	130 kw/ユニット	同 左

1.4.10 制御装置

制御装置は、遠隔操作により大型耐震実験装置を安全、かつ確実に運転制御する電子装置である。本装置は、4基の加振機を同時加振するため、高度の精度・安定度および応答性が要求されたので、制御装置のそれらに関する電子回路は、ドリフトの少ない演算増幅器、精度の高い部品を主体にして構成した。

一方大型耐震実験装置の運転は、計測室にて一括して行なえるようにし、種々の故障に対する保護および警報機能を持つよう、安全性を十分考慮した。

1.4.10.1 加振入力信号

制御装置は、入力信号源として規則波、不規則波および周波数自動可変正弦波発生器を持ち、さらに外部から地震波等の信号を印加できる端子を持っている。

(1) 規則波発生器

0.01～100 Hz の正弦波、三角波およびく形波の 3 波形を発生する。

(2) 不規則波発生器

DC～200 Hz の周波数範囲で、一様のスペクトラムを持つランダム波である。これは帯域設定器により、任意のスペクトラム帯域を取出せる。

(3) 周波数自動可変正弦波発生器

0.1～100 Hz の範囲で、周波数を時間に対し直線的および対数的に掃引できる。

(4) 外部入力

外部信号端子にテープレコーダ等を接続することにより、任意の加振信号を印加できる。なお外部信号を 1 回積分、および 2 回積分したものを加振入力とすることもできる。

1.4.10.2 加振機の制御

加振機サーボ系は、入力信号と加振機の変位検出器で検出した加振機の位置信号とをサーボ増幅器で比較增幅し、これをサーボバルブに与え、加振機を制御する追尾位置制御方式である。

先に述べたように本装置は、多点加振系で 4 台の加振機のサーボ系をそれぞれ独立して構成しているので、その相互間特性ばらつきを極力少なくすることが要求された。このため加振機の変位検出器は、4 台の静特性誤差を 0.3 % に押えるとともに、個々のサーボ系のサーボ増幅器ゲイン、加速度フィードバック量、R-C 回路による動特性補償が微調できるものとし、全体として 1 % の位置決め精度を得ている。一方 50 Hz という高い周波数まで特性を保持する必要から、サーボ系の電子機器はすべて 100 Hz 以上の周波数特性が要求された。このためサーボ増幅器は電流帰還方式を探っている。

1.4.10.3 定加速度振幅加振

加振台は変位制御されるが、正弦波加振の場合加振台の加速度振幅が入力周波数の変化に対し、一定になるように制御する機能を持っている。

定加速度振幅加振制御は、図 1.16 に示す制御システムで行なう。

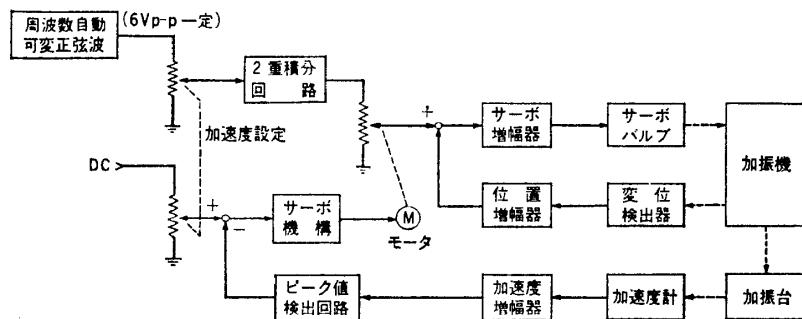


図 1.16 定加速度振幅制御系統図

Fig. 1.16 Acceleration amplitude control system

すなわち、周波数自動可変正弦波信号を2重積分回路で、あらかじめ加速度振幅一定の位置信号に変換し、これを加振機の入力とする。一方、検出された加振台の加速度振幅を設定値と比較し、その偏差が0になるよう上述の入力レベルを servo 機構により補正する。したがって周波数の変化に対し一定振幅の加速度をもつ正弦波加振ができる。

加速度設定範囲 0 ~ 3 G

使用限界 周 波 数 範 囲： 1 ~ 20 Hz

周波数掃引速度範囲： 0.01 ~ 0.1 Hz / s

精 度 ± 5 %以内

1.4.10.4 供試体の影響によるピークノッチの補償

供試体の影響により、 servo 系の周波数特性に出てくるピークノッチを補償するためには、イコライザにより servo 増幅器の入力に servo 系の周波数特性と逆の特性を持たせ、全体として均一な周波数特性を得るようにしている。

イコライザは ANALOG EQUALIZATION 方式を採用しており、次式の周波数特性を持たせることができる。

$$\frac{e_o}{e_i} = \frac{\frac{S^2}{\omega_p^2} + 2\zeta_P \frac{S}{\omega_p} + 1}{\frac{S^2}{\omega_N^2} + 2\zeta_N \frac{S}{\omega_N} + 1} \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

ただし

S : ラプラス演算子

e_i : 入力電圧

e_o : 出力電圧

ω_p : servo 系にピークが出る角周波数

ω_N : servo 系にノッチが出る角周波数

ζ_p : ピーク側のダンピング係数

ζ_N : ノッチ側のダンピング係数

本装置のイコライザは、ピークノッチの利得±20 dBの範囲で補償が可能であり、(8)式の ω_p , ω_n , ζ_p , ζ_n がポテンションメータによって、次の範囲で任意に設定できる。

$$\text{ピークの周波数 } f_p = \omega_p / 2\pi \quad 1 \text{ Hz} \leq f_p \leq 20 \text{ Hz}$$

$$\text{ノッチの周波数 } f_n = \omega_n / 2\pi \quad 1 \text{ Hz} \leq f_n \leq 20 \text{ Hz}$$

$$\text{ピークの減衰定数, } \zeta_p \quad 0.1 \leq \zeta_p$$

$$\text{ノッチの減衰定数 } \zeta_n \quad 0.1 \leq \zeta_n$$

$$\omega_p \text{ と } \omega_n \text{ の比 } C = \omega_n / \omega_p \quad 1.0 < C \leq 1.5$$

1.4.10.5 加振台の運転シーケンス

大型耐震実験装置の運転は、加振実験のための総合運転と各機器を個々に駆動する単体運転があり、これらの運転が安全かつ確実に行なえるように一連のリレー系によりシーケンスが組んである。そしてその運転操作は、総合運転は計測室、単体運転はそれぞれの運転に好都合な場所に設けられた操作盤で行なう。各運転の間には、相互にインターロックがかかり、同時運転が行なえないようにしてある。また運転操作は逐次方式とし、必要な条件が整わないと操作ができない。

一方操置の安全を確保するため、約90点の故障検出器を設け、それらを重故障、中故障1, 2, 3および軽故障の5ランクに分け、異常が発生した場合、装置を自動的に停止する範囲が故障のランクにより異なるようにした。

1.5 実機試験結果

限界性能

実線は限界性能を表わし、実測値は負荷として加振台のみの場合を示す。

周波数特性

図1.18～1.20は水平加振の場合、図1.21は垂直加振の場合につき実験時の加振台変位より実測したものである。（供試体及び機器の調整状態により異なる）

加振波形

図1.22は正弦波入力に対する加速度波形

図1.23はエルセントロ地震波入力に対する出力波形（負荷は加振台のみ）。入力は原加速度を2回積分して変位に変えたもので、限界性能を考慮して、積分と同時に長周期成分を落している。

定加速度加振（図1.24）

加振台のみの場合につき正弦波の周波数を1Hz～15Hzまで連続的に変えたもので設定加速度は50GAL及び100GALである。

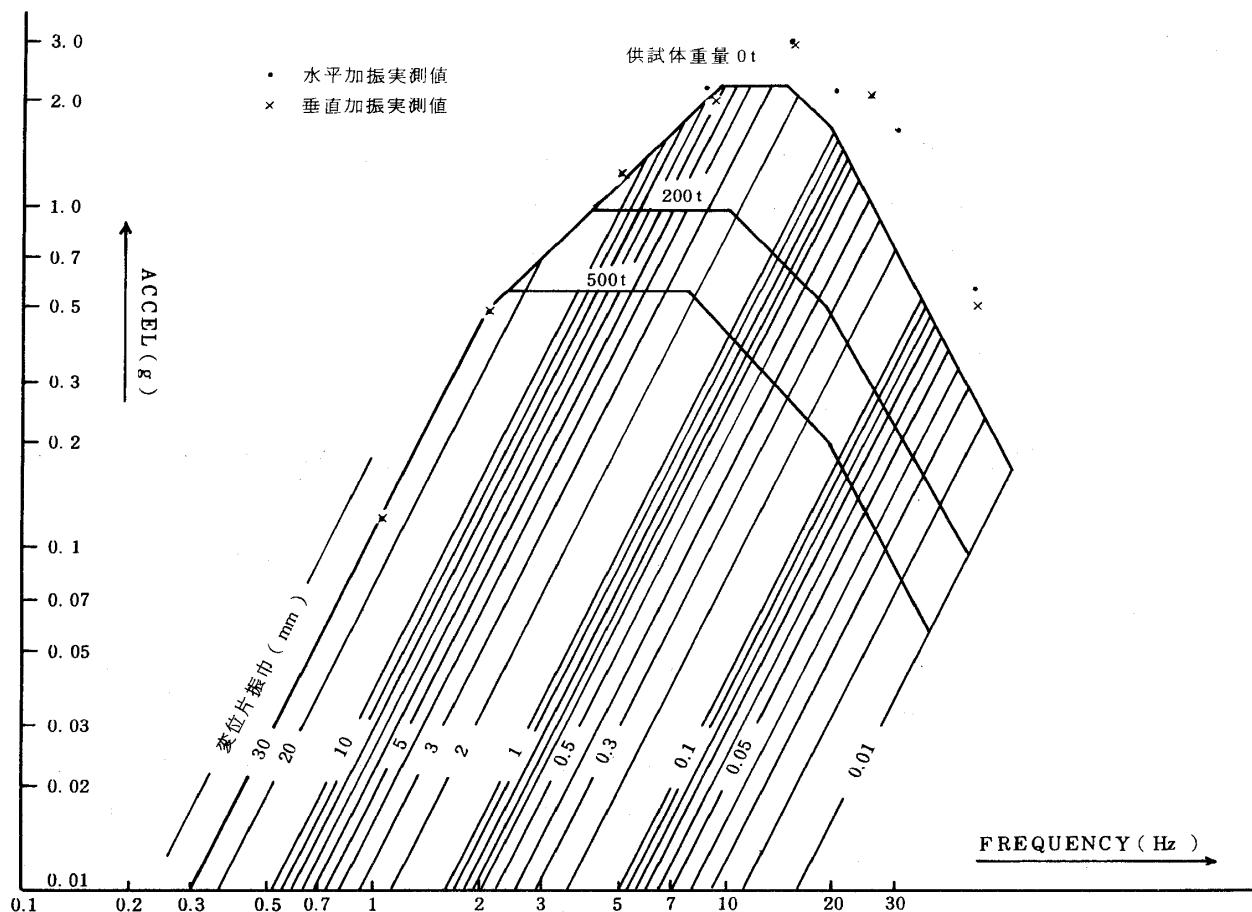


図 1.17 限界性能

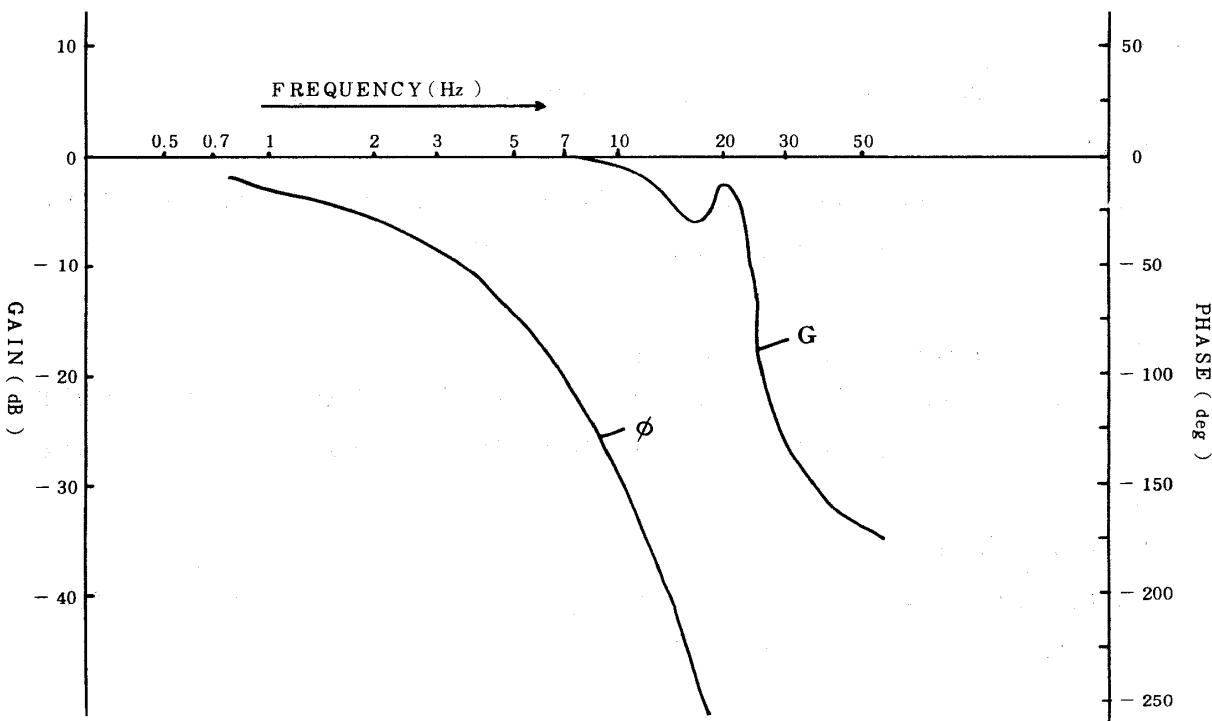


図 1.18 水平加振動特性（入力対加振台変位、負荷は
加振台のみ）

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

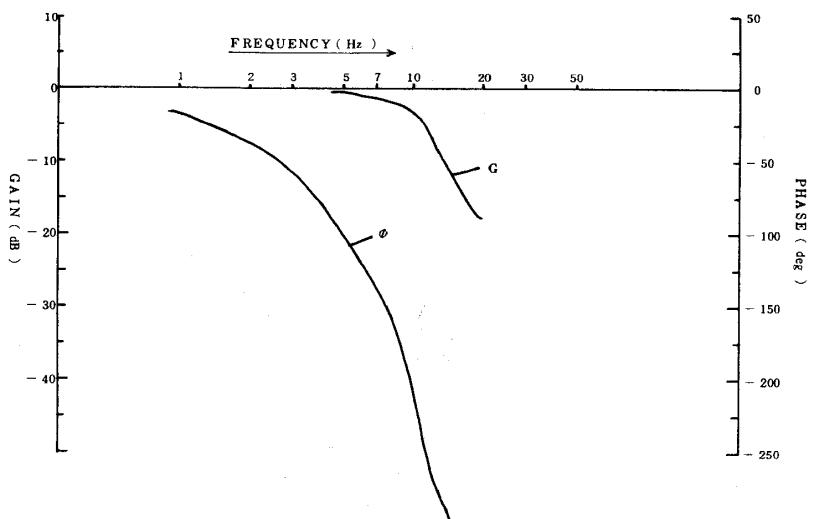


図 1.19 水平加振動特性 100t 搭載

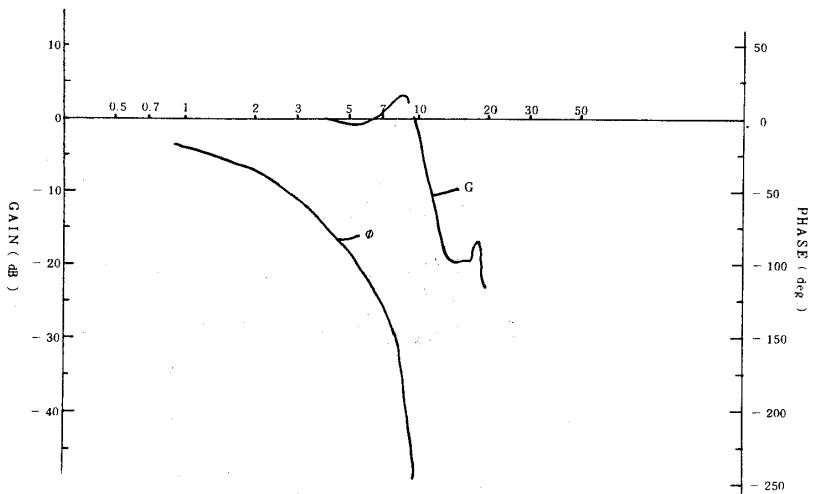


図 1.20 水平加振動特性 400t 搭載

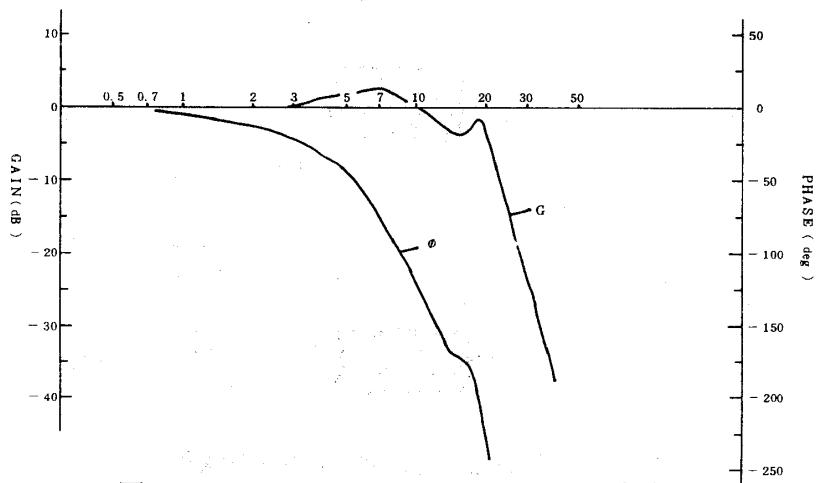


図 1.21 垂直加振動特性（入力対加振台変位）

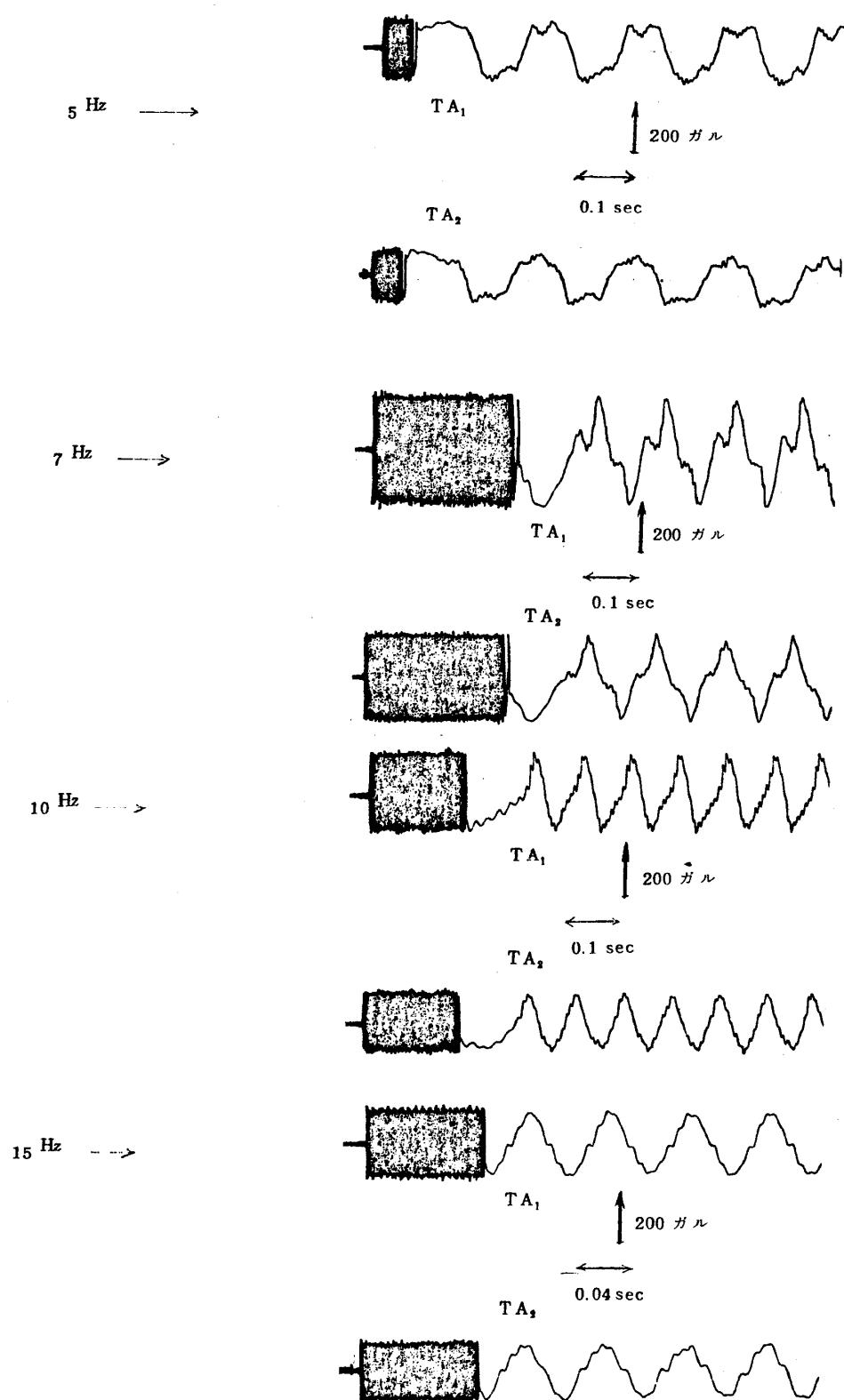


図1.22 正弦波入力に対する加速度波形

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

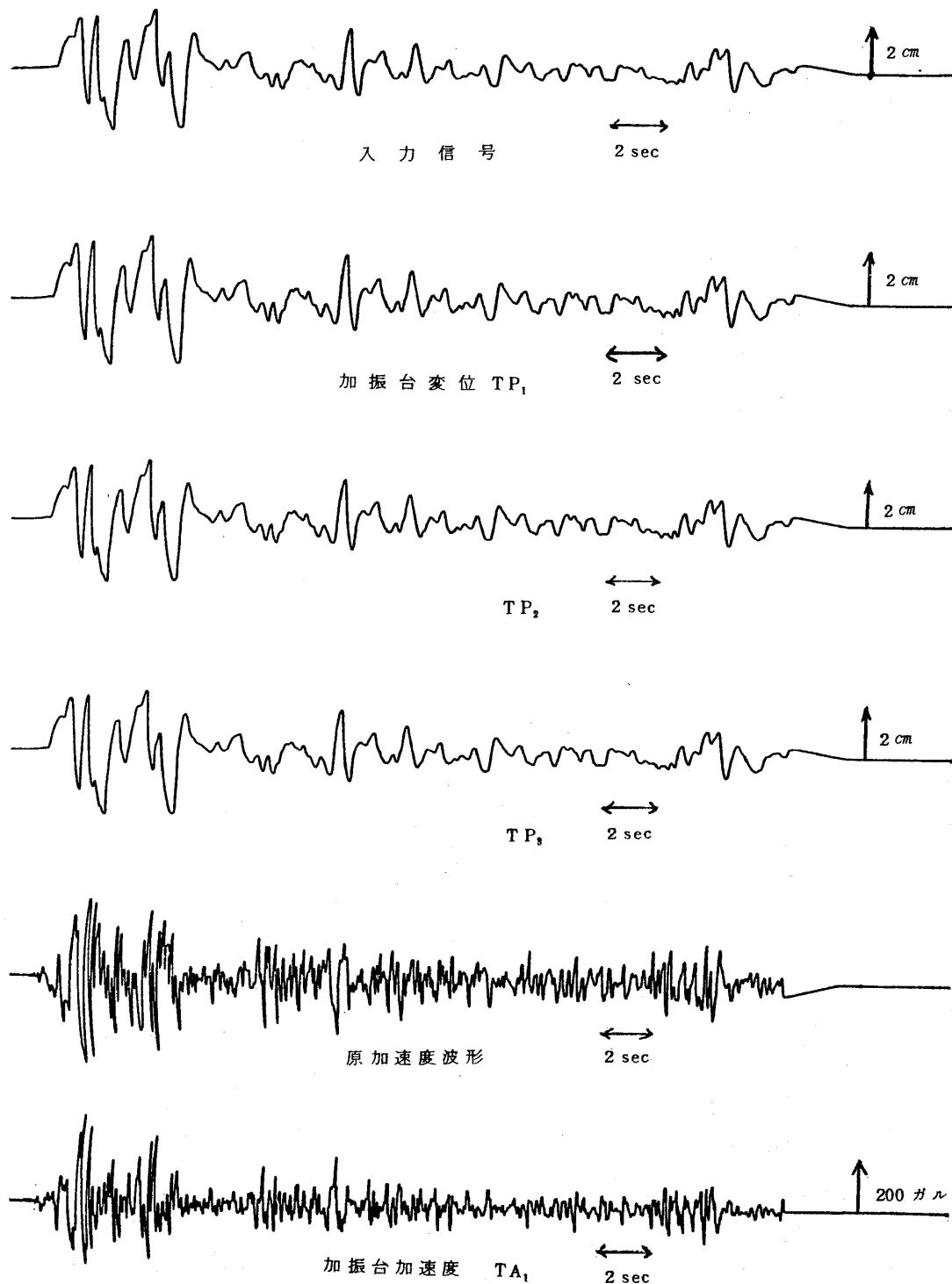


図 1.23 エルセントロ地震波入力に対する出力波形 (TIME SCALE)
1 対 1

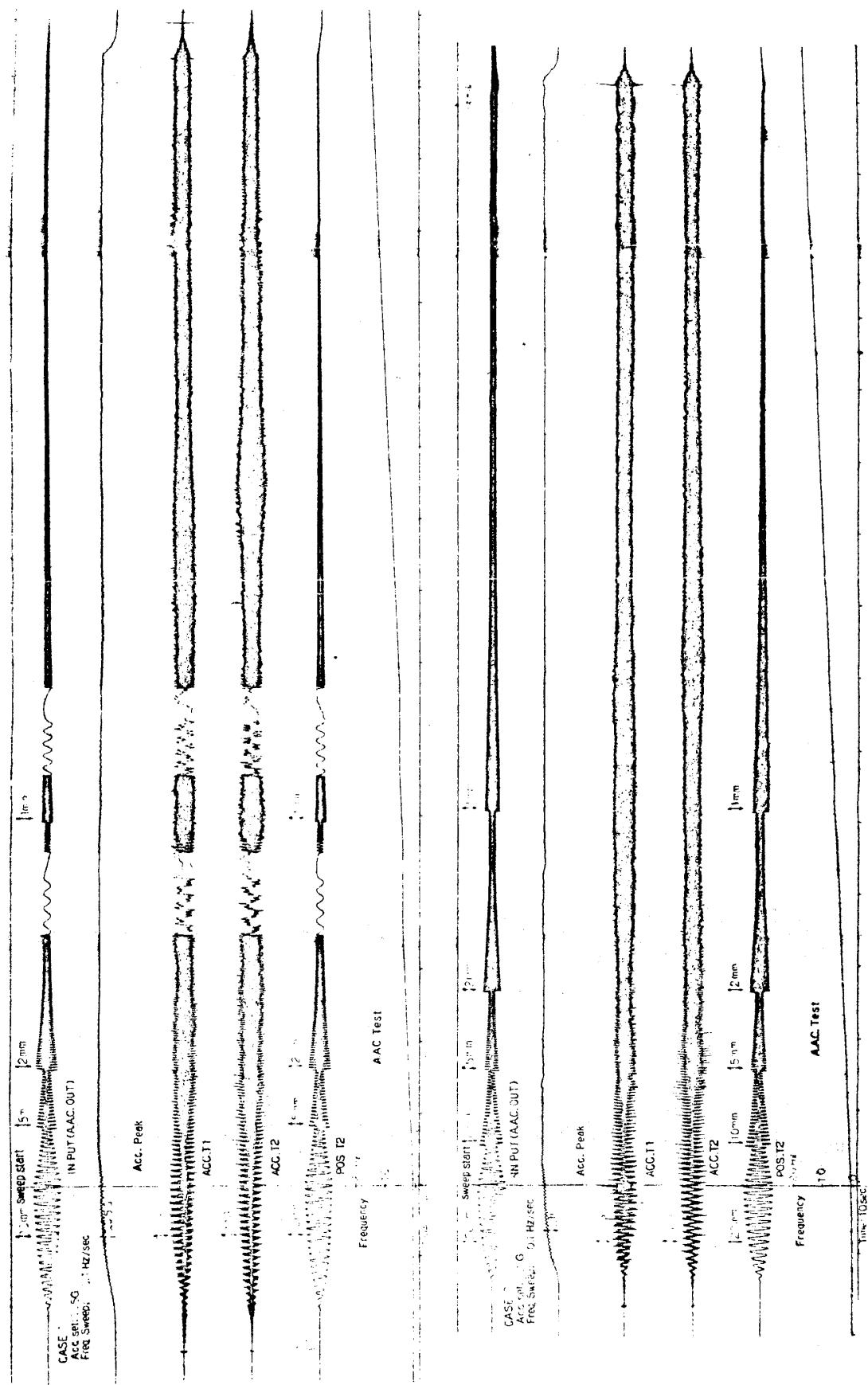


図 1.24 定加速度正弦波加振

2. 大型耐震実験装置建設の経緯

2.1 大型耐震実験装置主要諸元確定までの経緯

2.1.1 装置建設構想の策定

大型耐震実験装置は、関係行政機関の共用に供する施設で科学技術庁設置法第20条「(国立防災科学技術センター) (1)試験研究のため必要な施設及び設備であつて、関係行政機関に重複して設置することが、多額の経費を要するため、適当でないと認められるものを設置して、これを関係行政機関の共用に供すること」に基づいて構想策定されたものである。

当センター設立（昭和38年）とともに、この構想の具体化を図るべく、共同施設として適切なものの調査・検討を開始した。（雪害実験研究所の設立は創立時にすでに定まっていた。）幾つもの施設が考えられ、また要望され、結局5つにまとめられ（内2施設が筑波で実現）、その概略の規模も定められた。それらの中で大型耐震実験装置はもっとも将来活用される可能性が高く、最初に着手すべきものと判断したが、予算要求は関係機関とのすり合わせなどから昭和39年度要求からははずした。地震波が制御できる振動台は小型のものでもまだほとんど無かった時代であったが、その規模は少くとも機関車を道床ごと載せて揺される程度で、作りうる最大のものとした。こうした中で、新潟地震（昭和39年6月16日）が発生し、日本学術会議勧告「耐震工学研究の強化拡充について」（昭和39年11月17日第807号）および昭和40年6月9日付の上記勧告実施について、科学技術庁長官に出された文書中の「土質工学実験用大型振動台設置の要望」など強力なバックアップもあったが、構想自体関係行政機関の共用に供する施設を整備する防災センター設立主旨の一環として雪害実験施設、波浪観測施設、大型洪水実験施設等の整備計画と同時期（昭和38年8月）に整備3ヶ年計画として策定された計画であり、防災センター設立時の先輩、先駆者の熱情溢れる努力と尽力により計画の促進が図られたものである。この計画は昭和38年に策定されたが10年後の技術水準をも展望しつつ策定されたものである。

2.1.2 構想の具体化

新潟地震の約3ヶ月半後の昭和39年9月28日国立防災科学技術センター福沢企画課長、高橋室長は三菱重工㈱と大型耐震実験装置の開発構想について打合せを行った（於：三菱重工㈱）。なお、この開発計画を三菱重工㈱ではV計画と略称していた。同年9月29日、国立防災科学技術センター主催で大型耐震実験装置打合せ会が建設省土木研究所、同建築研究所運輸省港湾技術研究所、農林省農業土木試験場、日本国有鉄道鉄道技術研究所、電源開発㈱の関係者を招いて行われた。この場で国立防災科学技術センター大型耐震実験装置設置計画の説明が、当センター福沢企画課長から、昭和40年度予算要求資料を用いて、行われた。この要求資料から当初の整備目的及び構想諸元が読み取れる。

昭和40年度予算要求資料

大型耐震実験装置整備費

新規要求額 546,685千円

国立防災科学技術センター

(要求の概要)

建築物道路、橋梁、鉄道、堤防、護岸、堰堤の他各種の構造物、施設の耐震性能を向上させるため関係研究機関において既に、振動実験台を用いて実験を行って来たが、振動実験台の容量が非常に小さいため、構造を部分的に実験するか、縮尺度合の非常に大きい模型について実験するほかなかった。そのため

- (1) 建物が実物に近い（例えは数分の1）模型の実験を行って実験時における実際の破壊状況を知る必要性
- (2) 特に構造物を地盤と共に振動させて、地震時における地盤搅乱をともなう破壊状況を知る必要性

が関係者の間で主張されていた。不幸にして今回突発した新潟地震により、これらの主張の正しい事が実証され、関係研究機関より、大型耐震実験台建設の要望が強く提起された。これらの要望を真に充たすためには2～3000tの出力を必要とするが関係研究機関と検討の結果、実験装置の製作技術水準等を考慮し、実際に上記要望を充たす実験を行いうる最小限度の容量として下記仕様の大型耐震実験装置を筑波研究学園都市に建設し、関係研究機関の共用に供しようとするものである

1. 大型耐震実験装置仕様

主要諸元	試験台	$18^m \times 18^m$
	水平加速度	0.6 G 450 t 荷重
	垂直加速度	0.1 G 400 t "
	出力	450 t (45 t 加振機 10台併列)
起振方式	電気-油圧方式	
出力波	正弦波	地震波
	周波数範囲	DC-400 CPS 最大振幅1吋
装置の構成	ハイドロリック加振機 (MB製, 油圧型出力 100000^{Lbs}) (45t) × 10台	電気油圧サーボ弁, 油圧アクチュエーター
	フィードバック (変換機付)	1式
	コントロールパネル (MB製)	1式

油圧源装置（M B 製供給圧力 500～3500 Lbs/m ²)	1 式
加振台（国産18m×18m鉄及び軽合金製、平型枠付載荷台 台上下用オイルジャシキ 8 基－水平移動用 50 kg レール 8 列20ホイル付台車 8 台）	1 式
接続金具（国産、加振台加振機接続用）	1 式
計測装置（国産、被試験体、加振台、加振機の監視及び基 本的計測装置）	1 式

2. 利用予定研究テーマ

イ. 土木研究所

- (1) 地盤の振動と橋脚、橋台ダムその他土木構造物の振動性能に関する実験的研究
- (2) 振動による土の緊固めに関する実験的研究
- (3) 道路、路盤及び舗装面の震動に対する抵抗についての実験的研究
- (4) 河川堤防、護岸の地震時の挙動に関する実験的研究

ロ. 建築研究所

- (1) 軟弱地盤上の建築物の振動特性、特に動力的特性に関する実験的研究
- (2) 建築物基礎構造の耐震性能に関する実験的研究

ハ. 港湾技術研究所

- (1) 港湾構造物のケーソン基礎護岸等の耐震性能に関する実験的研究
- (2) 水中における波防護岸、海洋構造物の耐震性能の実験的研究

ニ. 鉄道技術研究所

- (1) 鉄道橋台、鉄道墜道の耐震性に関する実験的研究
- (2) 鉄道線路、路盤の振動に対する抵抗性についての実験的研究
- (3) 走行車輌の横振動に対する安定についての実験的研究

ホ. 農業土木試験場

- (1) 地震時土壤堤及び農業土木施設の振動性能に関する実験的研究
- (2) 地震時における水田畑地等の土壤攪乱及び地下水吸出現象等に関する実験的研究

ヘ. 電力中央研究所

- (1) 発電ダムの地震時の安定に関する実験的研究
- (2) サージタンク導水路等の耐震性能に関する実験的研究

ト. その他、地震観測器の実験的研究

3. 建設年度計画

区分	40年度				41年度				42年度			
	第1	第2	第3	第4	第1	第2	第3	第4	第1	第2	第3	第4
設 計	←	設	計									
加 振 材												
油 圧 源 装 置			←					*				
加振台及び接続												
全 異						←	→					
計 測 装 置 類												
建 物								←	→			

(以上、昭和40年度予算要求資料)

ここでMB製あるのはアメリカ合衆国、コネチカット州ニュー・ヘブンにあるMB社
(MB ELECTRONICS, a division of TEXTRON ELECTRONICS, INC, 社製)

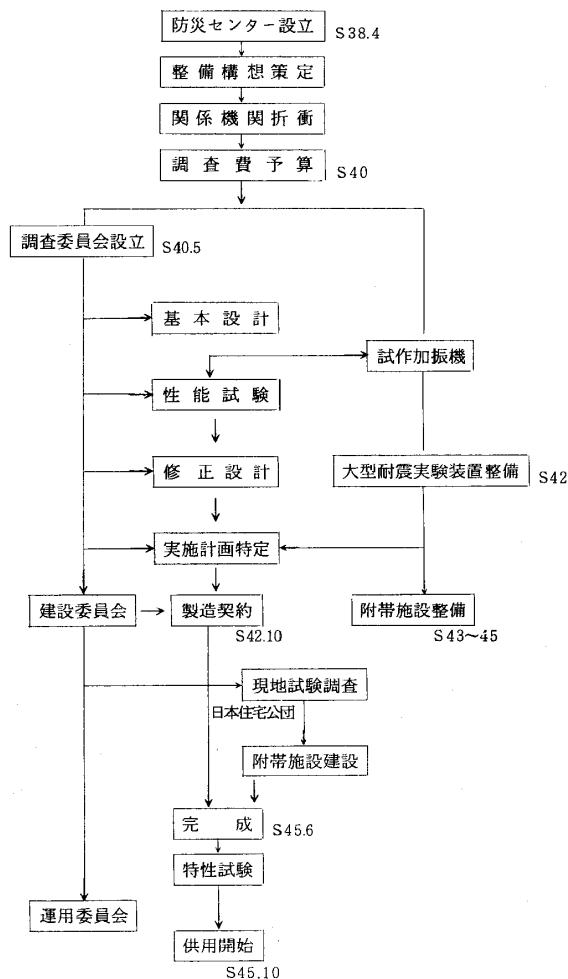


図 2.1

大型耐震実験装置使用にいたるフローチャート。

Fig. 2.1

The flow chart of the constructions of the large-scale shaking-table

のことである。MB製の名が出てくるのはこのときだけで、以後、本装置の設計に関する資料はすべて三菱重工業によるものである。

この構想が具体化し、関係行政機関の共用施設として大型耐震実験装置が使用開始に至る過程の大要は図2.1の通りである。

2.1.3 調査委員会

昭和40年度予算において、調査費予算100万円が計上されたことにより、関係研究機関の職員及び学識経験者で構成する大型耐震実験装置調査委員会を設けることとし、関係研究機関からの調査委員推薦、実験装置に関する要望事項についてアンケート提出の協力を要請し、昭和40年6月調査委員会が発足した。（表2.1）この時の調査委員会の構成は次の名簿の通りである。

調査委員会構成名簿（当時）

渡辺 隆（東京大学工学部）	高橋 忠（電力中央研究所）
藤井 澄二（東京大学工学部）	有賀 世治（国立防災科学技術センター）
大沢 育（東京大学地震研究所）	福岡 正己（建設省土木研究所）
久保慶三郎（東京大学生産技術研究所）	大久保忠良（建設省建築研究所）
柴田 碧（東京大学生産技術研究所）	佐々木次郎（農林省農業土木試験所）
多田 美明（日本国有鉄道・鉄道技術研究所）	広野 卓藏（運輸省気象研究所）
馬場 恭平（電源開発株式会社）	林 聰（運輸省港湾技術研究所）

大型耐震実験装置希望事項調査結果表（その1）
40.6.7
国立防災科学技術センター

表 2.1 大型耐震実験装置希望調査（昭和40年6月）
Table 2.1 The demand investigation

研究課題	渡辺 隆 藤井 澄二	大沢 育 久保 慶三郎	柴田 碧 自液面を内蔵する塔構造物、静動剛性	多田 明 構造物	馬場恭平 各種ダム水力構造物の耐震性
地盤上の構造物異種 地盤の振動特性	配管系の耐震性 18 m × 18 m	建築物の耐震性 18 m × 18 m	槽工作機械、静動剛性 25 m × 25 m	10 m × 10 m 及び 2 m × 30 m	
形及び大きさ					
主出力	350 t	450 t	450 t	300 t	100 t
水平加速度最大	0.5G	0.6G	8 G	1 G	1 G
垂直加速度最大	0.3G	0.2 ~ 0.3 G	0.2 G	0.1 G	0.5 G
周波数範用	0.1 ~ 30 cps	0.05 ~ 20	0.1 ~ 50 c/s	0.5 ~ 100	1 ~ 100 c/s
諸使用波形	正弦波・地震波	任意波形可能のもの	正弦波・衝撃波・地震波	正弦波・不規則波・地震波	正弦波・不規則波・地震波を含めた不規則波
元波形精度	2 ~ 3 %以下	20 cps にて 80 % 程度	検討中 震波	单一正弦波に対し他の成分 -20 db 以下	正弦波・不規則波・地震波
最大全振巾	50 cm	20 cm	15 cm	10 cm	5 ~ 10 cm
その他要望	分割の有無 なくともよい 有	望ましいが必ずしも 特になし		有 有	有
振動方向	両 方	一方向	二方向	一方向	両 方
傾斜実験	有 (30°)	静的実験を望む	あってもよい	有 (30° ~ 40°)	必要なし 考えていない
そ の 他					
				(当日口頭説明)	(当日参考)
備考					
	東大土木工学	東大地震研究所	東大生産技術研究所	国鉄鐵道技術研究所	電源開発株式会社

大型耐震実験装置希望事項調査結果表（その2）

40. 6. 7
国立防災科学技術センター

研究課題	高橋忠有賀世治	大久保忠良	中川泰次	佐々木次郎	広野卓蔵	林	総
形及び大きさ	10m × 10m	18m × 18m	17m × 12m	検討中	土質構造物 9m × 6m × 2m 水密性片面硬質ガラス	震度・地震波の関係 木造家屋2つ位の大きさ	港湾堤に関するもの 20m × 5m × 高10m = 1000 m ³
主出力		450tG	450tG	検討中	500tG		2000t
水平加速度最大	1G	400t	0.6G	1G	0.6G以上	2G	0.6G
垂直加速度最大	0.5G	400t	0.2G	0.5G	0.3G以上	0.5G	0.1G
周波数範囲	1~100	5~20	0.1~50c/s	50~2	0.05~40	0.5~20秒/s	0.2~60c/s
諸使用波形	正弦波・不規則波・地震波	地震波	正弦波・地震波	地震波	地震波	正弦波・地震波	
元波形精度	2%	±5%	加速度歪5%	検討中	振巾波形の基本波形 に対し±20%	5%	10%
最大振巾	10cm	15cm	20cm	15cm	8cm	10cm以上	10cm
分割の有無	有	無	無	検討中	無	意見なし	なし
振動方向	両者同時可	一方向	水平及び垂直	両方向同時	両方向	(三成分)2方向	水平 垂直
傾斜実験の有無	無	有	無	出来ればのぞましい (45°まで)	無	無	無
その他要望	付帯設備整備 加振器→起振器		水を入れる実験が多い、		予備実験台必要 (当日持参)	砂、粘土等の貯蔵運搬を考慮	
備考							
電力中央研究所	國立防災科学技術センター	建設省土木研究所	建設省建築研究所	農林省農業土木試験場	運輸省気象研究所	運輸省港湾技術研究所	

2.1.4 大型耐震実験装置調査委員会発足

昭和40年6月7日、第1回大型耐震実験装置調査委員会が開催された。

イ. 関係行政機関の共用に供する大型耐震実験装置整備計画構想説明

ロ. 整備年次計画案

ハ. 建設予定地を筑波研究学園都市とするが、土地買収計画の進捗によっては長岡とする計画を説明

などの策定案について関係行政機関の了承を得るとともに各研究機関の要望諸元、利用案等について各調査委員から説明があった。この場で自由討議した結果、次のような大型耐震実験装置の諸仕様を目標にしたいとの意見が多数をしめた。

目的：実物模型に近い建築構造物および土質構造物等の地震動に於ける特性および性能判定

大きさ：15～20m

形：正方形を主とするが長方形に加工可能

加速度：水平1G以下、垂直0.5G以下

周波数：正規地震波の範囲とするが載荷重量によって100Hz位まで

加速度精度：製作面における技術的に可能な範囲

傾斜実験：振動台から切り離しても良いから考慮する。

地震波の再現については、関東大地震の記録によれば20cm程度の変位による影響もあったことから、大変位実験装置の必要性が強調されたが、アクチュエータ製作の技術的現状からみて飛躍的な進展の可能性があるかどうかメーカー側からの参考意見を聽すべきであるという提案、駆動方式を電磁式とする場合など油圧式と比較検討するための参考人として呼ぶべきメーカーの推選などが委員会に諮かれた。

2.1.5 参考人意見

昭和40年6月21日第2回調査委員会が開催され、大型耐震実験装置の加振駆動方式について、参考人から意見を聞いた。

メーカー側参考人として

電磁式 国際機械振動株

油圧式 三菱重工業株

日本製鋼株

鷲ノ宮製作所

日本汽車製造株

が、挙げられていたが、この日の大型耐震実験装置調査委員会では参考人として国際機械振

動株及び三菱重工株の参加を得て製作限界の可能性が議論された。地震波の制御は、ストローカなどの点から駆動方式を油圧式とすることになった。

また、油圧駆動方式とした場合、現在 45 ton 程度を開発製作中（悪路実験装置用）であるが、技術的には 90 ton を開発目標とし得るという参考意見が三菱重工から提出された。この段階で日本製鋼株その他のメーカーの提案は 5 ton ~ 10 ton 程度のアクチュエーターによる多数個連結方式であった。これら参考人の意見を聞き、第1回調査委員会で目標にした主要諸元を現状で製作可能な範囲に修正し次回（第3回）調査委員会に防災センター案を提出することになった。耐震装置の防振方法についても電源開発株から説明があり、騒音、周囲への振動について特別の配慮が必要であるとの意見が出された。

一方、整備経費の概算要求においても、防災センターの要求枠を大幅に増額することとなり予算枠としての折衝が進められたが、原子力船「むつ」計画と競合することもあって、7 億円以下の要求額制約を受けることになった。

昭和40年7月6日、第3回調査委員会が、開催されたが、上記予算枠の制約から大略の主要諸元を表2.2 とすることが調査委員討議により概定された。

表 2.2 主要諸元（第1案、昭和40年7月6日）
Table 2.2 The first specification

区分	諸元
(1) 試験台の大きさ形状	15m × 15m 正方形
(2) 出力	360 t G
(3) 水平加速度最大	0.8 G, 450 t 荷重(試験台も含む)
(4) 垂直加速度最大	0.3 G, 270 t "
(5) 振動波形	正弦波、不規則波、地震波
(6) 周波数範囲	0.1 ~ 50 Hz
(7) 最大振巾	150 mm P - P
(8) 波形精度	記載なし
(9) 駆動方式	電気 - 油圧式

なお、第3回調査委員会で性能仕様について提出された主な意見を次に列挙する。

(1) 油圧式振動台の周波数特性については、主要諸元の周波数範囲全域に亘って満足する波形精度を要求されると無理であり、出力については 90 ~ 100 ton のアクチュエーターは、さほどむずかしくないが、要求される周波数範囲すべてにおいてこの出力を出すのは不可能な場合がある。世界的に眺めて 45 ton 程度のアクチュエーターが製作使用されている段階である。また試験台に重い供試物を載せると特性が著しく落ちる。従って高い周波数では波形精度の維持が不可能に近い。現在、20 ton の加振機で 14Hz で波形歪み 5% 程度のデータを三菱重工株は持っている。30 Hz 程度は完全に追従できるがそれ以上は上質な波形にはならない。外国、国内の例では周波数の低いとき加速度波形が悪く、周波数が高いときは比較的波形が良い。

- (2) 波形精度の良い耐震装置は小さいながら、それぞれの機関で備えているから、この際供試物をこわすことの出来る装置を作ったら良いのではないか、そのためには0.6 Gでは小さい、最大振幅も200 mmが望ましい。
- (3) 試験台に偏心供試物が載った場合、振動台にとっては試験台の中心が供試物の重心と一致するのが望ましいので供試物によってはバランサー等を考えることが良い。
- (4) 耐震装置の使用時間が数秒以内であったらアクチュエーターの使用も可能である。

2.1.6 基本設計仕様の策定

このようにして、最大級の共用施設を整備するための技術的検討が進められたが、予算的制約があるため「大型耐震実験装置」がすべての要望を具備することは不可能である。このため高い波形精度を要求する研究（たとえば地震計の較正など）および、さらに大規模な実験を必要とする研究（アースダムとか埋設管の研究）については、それぞれの機関で研究設備を整備することとされた。そして関係行政機関の共用施設として具備すべき期待項目が次のように調査委員会で指摘され、必要事項については基本設計を発注すべきとの提案があった。

- イ. サーボ弁の制御特性調査
- ロ. 供試体搬出入を効率化する設備
- ハ. 鉄道専用引込線路の設置
- ニ. 実験供試体製作準備場の施設
- ホ. 振動騒音の程度と影響範囲の調査
- ヘ. 振動クロストークの除去対策
- ト. 主要諸元に係わる実験供試体の想定
- チ. 地震波の波形再現精度
- リ. バランサー、スタビライザ、イコライザー等による性能向上範囲
- ヌ. 共用設備として備えるべき計測装置

また、地震時の構造物の破壊現象解明における変位、速度、加速度の要因解析に関連して変位200 mm 加速度1000 ガルなどの要望が再提案されるなど議論は沸いたが加振台を小さくしてまでも特性を向上させるべきとの統一意見には至らなかった。

これらの期待項目を調査するため、東工大池部研究室には油圧機械の製作、制御の現状と展望について、日本製鋼㈱には油圧機械による実験設備振動台移動方式の構想など、事務局の調査が進められた。一方、米国M.T.S. ジョンソン社からは実験施設の一式輸入斡旋、または、制御装置の壳込み等を目的とした資料の提供もあり、事務局の調査活動が活発化してきた。

2.1.7 基本設計

表2.2の如く、調査委員会で概定した主要諸元の技術的可能性を明確にするため、調査委員会の参考人となった三菱重工㈱に表2.3の仕様による基本設計を依頼した。一方、日本製鋼㈱においても同一基本設計仕様に基づいて自主的参考設計が進められた。また、米国M.T.S.社からは装置一式の輸入打診があった。M.T.S.社装置は質的内容に不明な点があったが、しかし国産に比べ若干割安であった。外貨予算獲得が、困難な理由もあったが、検討の結果、国産装置とすることが国内技術の開発に資するとの観点から、国産ですすめられることとなった。

表 2.3 基本設計仕様
Table 2.3 The specification of basic planning

項目	設計内容		
1. 大型耐震実験装置	下記主要諸元を骨子とした各部仕様及び設計		
2. 基 础	主要諸元		
3. 附 帯 設 備	1) 大型耐震実験室建屋及び 2) クレーンその他		
4. そ の 他	その他必要な事項		
大型耐震実験装置主要諸元（計画）			
主要項目	諸 元	主要項目	諸 元
試験台, 大きさ, 形状	15m × 15m 正方形	試験振動波形	正弦波・不規則波・地震波
出 力	360t G	同上周波数範囲	0.1 ~ 50 c/s
最大水平加速度	0.3G 450t荷重(含試験台)	最大振幅	150mm (± 75) できれば200mm 検討のこと
最大垂直加速度	0.3G 270t " (")	駆動方式	電気 - 油圧
期日			
昭和40年8月31日 上記基本設計 中間報告書提出			
昭和40年10月31日 上記基本設計 最終報告書提出			

2.1.8 基本設計中間報告

基本設計中間報告では、大型耐震実験装置設計の基本方針及びアクチュエータの周波数、振幅、荷重、加速度限界性能など昭和41年度予算概算要求資料となる報告を求めた。これとともに、財政当局への概算要求として4ヶ年整備計画国庫債務負担行為額7億4千万円を提出することとなった。この時、出された加振機の性能、基本構成等は、図2.2~2.5のようであった。

加振機限界性能図

(水平加振時)

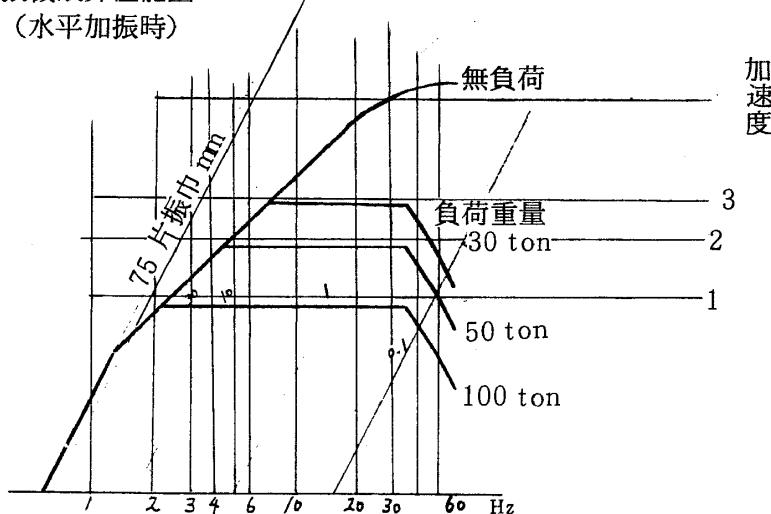


図 2.2 基本設計時の加振機限界性能図

Fig. 2.2 The 90ton actuator limit performance
in basic planning

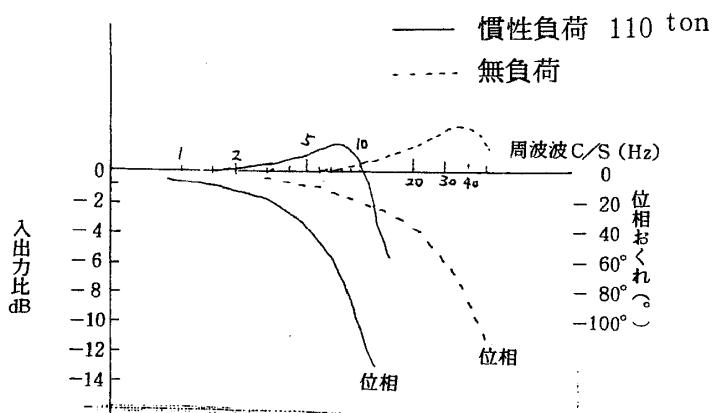


図 2.3 基本設計時の加振機単体周波数特性図

Fig. 2.3 The 90ton actuator frequency response
in basic planning

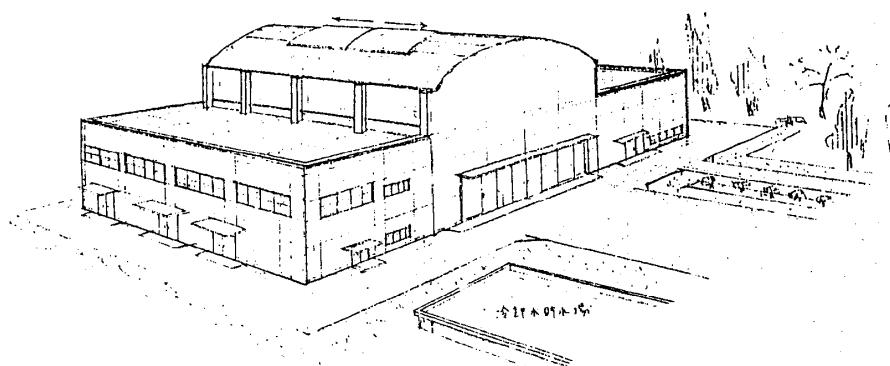


図 2.4 基本設計時建家予想図

Fig. 2.4 The perspective of the building in basic
planning

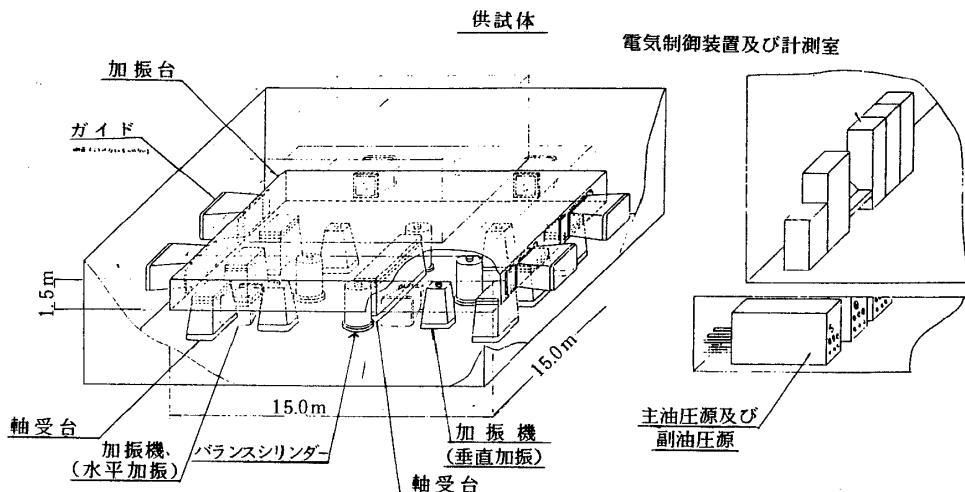


図 2.5 基本設計時機器構成図
Fig. 2.5 The apparatus composition in basic planning

2.1.9 基本設計報告

昭和40年10月、基本設計報告書の提出を受け、第4回調査委員会（昭和40年11月15日）で内容の詳細について受注者の三菱重工㈱と質疑討論が行なわれ、技術的に可能な性能向上対策をくみこんで再設計をすることになった。また、アクチュエーターのストロークを大きくした場合、作動油の圧縮性による制御精度低下対策に関し討議し、サーボ制御手法についてなお究明することとなった。

他方、昭和41年度予算概算要求中の査定作業に、この様ないきさつが反映し、特性決定に不確定要素が濃いと判断され、整備計画着手年度を1ヶ年見送る打診があるなど、整備計画の要求実現は難渋し、関係方面への折衝陳情が続けられた。外部からは学術会議のバックアップ等も行われた。年末の予算内示ゼロ査定を復活させるため局長による折衝が行われ、昭和41年度にあっては、不確定要素を解明するための大出力加振機試作予算が内示された。

また、試作加振機は、将来本装置へ組み込むという条件が付加されていた。

2.1.10 試作大出力加振機

昭和41年度予算内示額に基づいて、調査委員会で概定した諸元(表2.2)及び基本設計により明らかとなった技術的問題点を究明するため、三菱重工㈱で社内用に製作した 40ton アクチュエータをベースに大出力加振機を試作することになった。この大出力加振機を試作するに当って、防災センター内部では、 40ton アクチュエータを相似的に大きくすることに伴う製造技術の問題点、ピストンストロークの支持力とたわみ、シリンダ容積とストロークの関連など慎重な検討がすすめられた。一方、昭和42年度予算概算要求に向けて、 $p-p 150\text{mm}$ ストローク振動台の整備の見通しと重要施策事項要求予算枠折衝もすすめられた。

p-p_{150 mm} ストローク振動台8億3千万円を7億円以下に収めようとする財政当局指示も強く(原子船「むつ」建造と競合した) 防災センター所長折衝によってもその壁は厚かった。このため p-p_{100 mm} ストロークについて検討せざるを得なくなり、試作加振機のストロークを p-p_{100 mm} とせざるを得ない財政的背景を第5回調査委員会(昭和41年2月25日)に諮った。その結果、試作大出力加振機の基本的諸元を修正諸元(表2.4)に基づき次のように試作することとなった。

- | | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| (1) | 90 ^{ton} 大出力加振機 100 mmストローク | 1台 |
| (2) | 4 m×4 m加振台 | 1面 |
| (3) | 静圧軸受 | 4台 |
| (4) | 油圧源 | 2台 |
| (5) | 制御装置 | 1式 |
| (6) | 加振機架台その他 | 1式 |

なお、制御装置には加速度制御の可能性を試みる回路を挿入することとして、三菱重工㈱に発注した。なお、上記第5回調査委員会での主な討議は次のようなものであった。

まず、変位制御では加速度について問題が生ずるので流量制御によっても加速度の状態を制御可能になるように配慮する事が望ましい。また三菱重工㈱で試作中の40^{ton} 加振機が3月下旬に組立完成すること、90^{ton} 試作加振機は10月頃完成を目標としていることが述べられた。また試作加振機の転用として、大型耐震実験装置は常時供試体が載っていることが考えられるので、小型の振動台を作つて、その加振機として用いたらどうか等の意見もあった。

表 2.4 主要諸元(第2案、昭和41年2月25日)
Table 2.4 The second specification

	主要項目	諸元
1	加振台、大きさ、重量	12m×12m(有効), 150 ton以下
2	最大搭載荷重	300 ton
3	加振機出力	90 ton × 4本
4	加振方式	水平、垂直、切替
5	最大振幅	±50 mm
6	最大速度	640 mm/s
7	最大加速度	0.8 G (300 ton 搭載時)
8	加振波形	正弦波、不規則波、地震波
9	周波数範囲	0.1 ~ 50 Hz
10	駆動方式	電気 - 油圧式

2.1.11 海外調査

本計画の耐震試験装置に関連して、海外においても人工衛星・ロケット制御部などの試験、またカリフォルニア大学における大規模地震シミュレータ整備計画等もあって関係者による海外調査が実施された。一方、米国側からも防災センター大型耐震実験装置整備計画調

査、松代地震研究調査など関係者の交流も盛んに行われ整備計画資料の交換、情報資料交換も活発な気運にあった。

こうした中で、防災センターにあっても、昭和41年3月8日から4月10日まで当センター福沢企画課長と三菱重工㈱・名古屋航空機製作所の村田、大橋両氏の3名が米国の大型振動試験装置を調査されている。この調査については福沢企画課長の報告が防災科学技術第4号に記されている。

2.1.12 基本計画の修正

基本設計を修正する表2.4案について財政的な見地及び技術的な特性変化の見地からの検討結果が、昭和41年8月30日、第6回調査委員会に諮られた。この基本設計修正案によって、耐震実験可能な範囲が狭くなったが、次のような意見の提出があって、大型耐震実験装置の性格的特性が方向づけられることになってきた。

- (1) ロックフィルダムの場合には、爆破実験など他の方法によらざるを得ない。
- (2) 港湾施設など水を大量に用いる実験は油圧機械装置に障害発生の恐れが多い。
- (3) 土構造物にとっては力不足の感じがする。供試体製作の労力軽減に工夫されたい。
- (4) 複数加振機のクロストーク発生予防措置が必要。
- (5) 偏心荷重時の振動特性の向上。
- (6) 関係行政機関の共用施設として特色となる特性を加速度・速度・変位・台の大きさのどこに置くか。

また、整備計画を推進する上で特に考慮すべき提案としては、

- (イ) 供試体模型搬出入用大型クレーンの整備
 - (ロ) 供試体模型を加振台に固定するボルト穴の設置
 - (ハ) 加振台面は、建物床面と同一高となるよう配慮すること。
- (ニ) 加振台には模型破壊防護スペース、計測用作業スペースを設けること。
 - (ホ) 共用施設使用料が高価にならないよう配慮すること。

さらに技術的不確定要因の打解策の提案としては

- ① 4台加振機の同期性を保つための作動油制御管路を設ける。
- ② 加振台四隅を脚状に製作しガイドシリンダ等でクロストークエネルギーを吸収する。
- ③ アクチュエータ作動油圧縮バネ常数変化に伴う地震波実験の再現精度の確認。

等々建設的提案があった。今後の進め方としては、試作大出力加振機90ton出力の整備計画をベースすることが了承された。

この第6回調査委員会の議事録から目立った討議を次に掲げてみる。

まず討議の中で低周波領域での性能が問題になり、三菱重工㈱から「加振機ピストンストロークを長くすると加振機内作動油のバネ常数が小さくなり、制御特性からも性能の低下は

さけられない。また加振台に対してもストローク伸張に伴い相当の剛性が要求されるので、加振台の構造上からもむずかしいと思われる」との意見が述べられた。しかしある委員は「使用計画を見ても各研究機関は、破壊試験ができることを期待しているのではないか。石を用いて行う実験の場合0.6 G以上ないと破壊しにくい、既存の実験装置では破壊に至る過程の実験が不可能である。従って大型耐震実験装置は破壊機構の解明力のあるものを計画する必要があるのではないか」と主張され、「供試体を破壊できるものにして欲しい」と訴えている。福沢企画課長はこれらの要求に対し「実行の段階でどの点の性能を犠牲にして特性の向上を計るか、例えばストロークを大きくして低周波領域での特色をねらうとか、加速度を大きくするとか、加振機出力90 ton Gの範囲内で良く検討したい」と答えた。

2.1.13 試作大出力加振機性能試験

昭和41年10月耐震実験用大出力試作加振機の完成に伴って、防災センター第3研究部による性能試験が実施された。性能試験入力波には、米国との情報交流によるエルセントロ地震記録のアナログ再成波、及び性能試験に備え作成したホワイトノイズを使い防災センターから搬入した計測器を用いてすすめられた。

積載荷重として平板状鉄塊を載せ、偏心荷重時、及び最大荷重時の変位、速度、加速度の振動制御特性が調べられた。この試験結果については、防災科学技術研究速報第6号、耐震実験装置に関する試験研究報告が刊行されている。

また、重心位置の高い供試体例として電力中央研究所の協力を得て、特別高圧絶縁碍子の振動特性試験が行われた。

三菱重工㈱にあっては試作大出力加振機用の建築物を新築するなどの協力があったが、性能試験場の状況は、油圧源騒音が予想以上に激しく、また加振機架台基礎に振動反力歪みが発生する等の問題が生じた。このため加振機架台枠の倍増強化、油圧源室の地下室整備、基礎構造物の振動伝はん問題の対策検討などの新たな課題が発生した。

昭和41年11月24日に第7回調査委員会が90 ton 試作加振機の性能試験調査を兼ねて三菱重工㈱名古屋航空機製作所大幸工場で開かれている。試作加振機は地震波（松代群発地震で昭和41年6月26日記録されたもの、timescale 2倍）、正弦波（0.5 Hz ±40 mm）で試験されている。この委員会の席上、2次元的振動について考慮してほしいとの発言が高橋忠委員からあり、水平、上下2次元振動台が話題になった。これら調査委員による試験調査また海外関係者の来訪調査も行われるなど、試作した大出力加振機は大いに話題になり、後に大型耐震実験装置の一部として改造されることになる。

2.1.14 大型耐震実験装置整備予算要求

昭和42年度からの3ヶ年整備計画費6億9千万円という大型耐震実験装置整備予算の要

求途上で財政当局、関係方面への試作大出力加振機性能試験成果の提示説明、折衝がすすめられた。このなかで基礎構造物についての考え方に関することが判明したことから、後年度整備計画に該当する基礎整備費改良説明が緊急に必要となった。また、建築構造物についても柔構造か剛構造かの問題もあり、整備経費概算のため東大坪井教授、日大田治見教授の指導を仰ぐなど積極的調査と関係方面への説明がすすめられた。こうして最終的に昭和42年度予算内示額4ヶ年計画費6億3千万円が決まった。（この間の予算折衝における事務局担当者の苦労は並々ならぬものであった。そのいきさつについては、別の章に当時の感想も含めて述べられているので参考にされたい。）

昭和42年度から4ヶ年整備計画で、4ヶ年目の早期で完成されることで関係機関の了解は得られるとしても、予算6億3千万円で整備することは至難の技であり、他の試験研究費を傾注する方策もなく、結局機械特性に影響しない範囲で計画変更せざるを得なかった。実施設計の段階で次の点が検討課題として浮上した。

- | | |
|---------------------|--------------------|
| ① 作動油タンクの別途契約経費計上 | ⑥ 油圧源電源工事の別途契約経費計上 |
| ② 加振台移動装置の無荷重移動計画変更 | ⑦ 油圧源装置台数の削減変更 |
| ③ 加振台脚方式の構造変更 | ⑧ サーボ弁設置台数の減少変更 |
| ④ 加振台面積を有効面積に縮少変更 | ⑨ 加振機出力の減少変更 |
| ⑤ 作動油冷却設備の別途契約経費計上 | ⑩ 振動ストローク減少変更 |

これに関連して、表2.5の案により、今後の計画変更について調査委員会に諮問されたが関係機関の回答結果は表2.6のとおりであった。

表 2.5 修正主要諸元案（昭和42年5月）
Table 2.5 The proposal for the last specification

区分	諸元
(1) 加振台の大きさ	(ア) 12m□にはり出しをつけて13.5m□
	(ア) 13.5m□にはり出しをつけて15m□
(2) ストローク	±30mm
(3) 周波数応答	10cps
(4) 波形	2~5cpsの加速度形が正確なこと

表 2.6 修正主要諸元案に関する調査結果（昭和42年5月）
Table 2.6 The last investigation results about the specification

研究所区分	台の大きさ	使用最低サイクル	最大偏位	波形精度
土構造	13.5Mでよい	0.4%まで最大振巾	±30mmでよい	特によく
研 土質	大きくせよ	0.15%まで(流動化)	新潟の例もあるので絶対±50MM確保せよ	出来る丈
建 研	13.5Mでよい	0.2%まで(超高層)	±30MMやむを得ぬ	12%まで出来る丈よく
電 研	13.5Mでよい	0.4%まで	±50MMではたらぬ	10%まで正しく
港 研	13.5Mでよい	—	±50MM確保せよ	特によくせよ(加速度で)
農 土 研	13.5Mでもよい	—	意見なし	出来る丈よく
国 鉄	13.5Mでもよい	—	—	出来る丈よく

(注)

第7回調査委員会以後、防災センターと三菱重工㈱により試作加振機の試験結果、及び大型耐震実験装置の性能仕様の検討がなされた。この段階で利用者が求める性能仕様と製作側との間に多少の差があった。前提条件として予算の問題があるものの、特に振動台周波数特性と変位ストロークの伸張が相反する要求となるところに問題があり、周波数特性を重視する方針が打出された。昭和42年5月23日の防災センターと三菱重工㈱の第2回打合せで防災センターから表2.7のような仕様が提案された。

表 2.7 昭和42年6月三菱重工㈱提示主要諸元
Table 2.7 The last specification

	主 要 項 目	諸 元
1	振動台、大きさ、重量	本体12m×12m、張出し付13.5m×13.5m、約130ton
2	最大搭載荷重	300ton
3	加振機出力	360ton
4	加振方式	水平、垂直、切替方式
5	最大振巾	±30mm
6	最大速度	37.4cm/S
7	最大加速度	0.8G(300ton搭載時)
8	加振波形	正弦波、不規則波
9	周波数範囲	0.1~50c/s
10	駆動方式	電気 - 油圧式

仕 様 諸 元

	無 負 荷 時	300ton Dead Weight 搭載時(推定)
水平加振	約18c/s	約10c/s
垂直加振	約18c/s	約10c/s

波形追尾特性

2.1.15 主要諸元の確定

三菱重工㈱から予算額内での製作可能な諸元範囲を表2.7とする旨の概要の提示があった。しかし基本設計策定経緯(表2.8参照)のこともあって基本設計修正案の再提出を要求した。その結果修正案として表2.9のとおり2案の提出を得、第8回調査委員会(昭和42年8月29日)に予算折衝報告と基本設計修正第1、第2案を諮ることになった。財政面からの制約から関係研究機関の希望する全ての実験課題にも対処可能な万能研究施設には成り得ず、各関係機関の要望を最大公約的にまとめた装置として、実験面での種々の制約を伴ないつつ表2.9第1案による整備計画の着手が承認された。

関係行政機関の共用に供する供試体模型の想定概要(表2.10)も表2.9に併せて調査委員会で審議され、使用頻度の少ない垂直加振については、経費節減のためユニバーサルジョイントによらずシングルジョイントとするなどの了解も得られた。

表 2.8 各主要諸元に基づく性能比較表
Table 2.8 The transitions of specification

大型耐震実験装置 比較表

42. 5. 9

項 目		基 本 設 計 (昭和 40 年 10 月)	第 1 次修 正 案 (昭和 41 年 6 月)	第 2 次修 正 案 (A) (昭和 42 年 3 月)	第 2 次修 正 案 (B) (昭和 42 年 5 月)			
主 要 諸 元	加振台	形 状	15m□	12m□	同 左			
	支 持 機 構	静止軸受 + ガバナ $\frac{3.12 \times 7}{2} = 7$	静止軸受 + ガバナ	同 左	同 左			
	加振機(台数)	サ - 木 井 ストローブ	6 台 $\frac{6}{72-103}$	8 台 $\frac{6}{72-103}$	同 左 $\frac{4}{72-103}$ 同 左			
主 要 諸 元	バランス (台数)	サ - 木 井 ストローブ	4 台 $\pm 75 \text{ mm}$	4 台 $\frac{1}{4} \text{ 台} (\text{Moga4})$	同 左 同 左 同 左			
	主油圧源(台数) $(\frac{300 \text{ l/min}}{\text{台}})$	18 台	20 台 (2 台は静止軸受用)	15 台 (2 台は静止軸受用)	— 同 左			
	副油圧源(台数)	4 台 $(\frac{100 \text{ l/min}}{\text{台}})$	1 台 $(\frac{100 \text{ l/min}}{\text{台}})$	同 左	同 左			
見積 算	電 気 制 御 装 置	1 式	(1) 制御系 1 式 (2) 加振台設置用 1 式	同 左	同 左			
	計 测 装 置	1 式	1 式	—	—			
	總 体 量		744,173 t	649,754 t	—			
加 振 台 特 性	加振台	形 状	15m × 15m × 1.5m	12m × 12m × 1.5m	同 左			
		重 量	150 Ton	130 Ton	同 左			
		等 (面板厚)	53 cm	57.5 cm	同 左 同 左			
		固有振動数 f_n (固有自由振動数)	22 cps	31 cps	同 左 22 cps (-9 cps)			
全 本 性	諸 元 (加振機 1 台)	A ₀ : 加振機 面積 M ₀ : 加振機 体 重量 M ₁ : M ₀ × 1.23	430 cm ² 32.3 kg/cm ²	6450 cm ² 76.5 kg/cm ²	550 cm ² 33.2 kg/cm ²	6060 cm ² 76.5 kg/cm ²	590 cm ² 9500 cm ²	同 左 同 左
		K ₀ : 加振機 共振減半 率	$1.6 \times 10^4 \text{ N/m}^2$	$4.6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$	$1.4 \times 10^4 \text{ N/m}^2$	$7.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$	同 左 5.1 × 10 ⁵ N/m ²	同 左 同 左
		$f_m = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_0}{M_0}}$	17.5 cps	12.4 cps	23.1 cps	15.2 cps	19.8 cps	13 cps $(17.5 \text{ cps} \times \frac{100}{23})$ 同 左
能 能	固有振動数 水平方向	$f_n = \frac{f_{n1}, f_{n2}}{\sqrt{f_{n1}^2 + f_{n2}^2}}$		10.1 cps	12.7 cps	11 cps	10.4 cps (-0.6 cps)	—
	固有振動数 加振台八字	$f_{n1} = f_{n2} \sqrt{\frac{M_1}{M_0}}$	22 cps	15.5 cps	31 cps	20.4 cps	同 左 同 左	22 cps 15.5 cps
	固有振動数 垂直方向	$f_{n2} = \sqrt{\frac{f_{n1}^2 + f_{n2}^2}{f_{n1}^2}}$		12.6 cps	18.6 cps	同 左	12.6 cps	—
能 能	固有振動数 固有振動数	$f_{n3} = \sqrt{\frac{f_{n1}^2 + f_{n2}^2}{f_{n1}^2}}$		7.9 cps	10.5 cps	9.4 cps	8 cps (-1.4 cps)	—
	固有振動数 固有振動数	$f_{n4} = \sqrt{\frac{f_{n1}^2 + f_{n2}^2}{f_{n1}^2}}$		2.4 cps (2)	9.8 cps (1)	8.3 cps (1)	7.8 cps (1)	—
	固有振動数 固有振動数	$f_{n5} = \sqrt{\frac{f_{n1}^2 + f_{n2}^2}{f_{n1}^2}}$		6.6 cps (1)	8.1 cps (2)	7.1 cps (1)	6.9 cps (1)	—
能 能	固有振動数 固有振動数	$f_{n6} = \sqrt{\frac{f_{n1}^2 + f_{n2}^2}{f_{n1}^2}}$		1.0 cps	1.0 cps	1.0 cps	1.0 cps	—
	固有振動数 固有振動数	$f_{n7} = \sqrt{\frac{f_{n1}^2 + f_{n2}^2}{f_{n1}^2}}$		0.835	0.835	0.75	0.75	—
	固有振動数 固有振動数	$f_{n8} = \sqrt{\frac{f_{n1}^2 + f_{n2}^2}{f_{n1}^2}}$		0.835	0.835	0.75	0.75	—
参 考 資料	NE-5941 「大型耐震実験装置 固有振動数特性計測書」	(1) NE-5941 「大型耐震実験装置 固有振動数特性計測書」	(1) NE-6302 「 $\frac{1}{2} \text{ 週期}$ 」 10.2 cps ($N=400 \text{ Ton}$)	(1) VT-173 「 $\frac{1}{2} \text{ 週期}$ 」 8.3 cps (水平方向) 固有振動数 $= 0.75$	(1) VT-173 「 $\frac{1}{2} \text{ 週期}$ 」 8.3 cps (水平方向) 固有振動数 $= 0.75$	(1) 同 左	(1) 同 左 固有振動数 $= 0.75$	—
	NE-6302 「大型耐震実験装置 見積り様式」	(2) NE-6302 「大型耐震実験装置 見積り様式」	(2) $10.5 \times 0.77 = 8.1 \text{ cps}$ 固有振動数 $= 0.77$	(2) $10.5 \times 0.77 = 8.1 \text{ cps}$ 固有振動数 $= 0.77$	(2) $10.5 \times 0.77 = 8.1 \text{ cps}$ 固有振動数 $= 0.77$	(2) 同 左	(2) 同 左 固有振動数 $= 0.75$	—
	NE-6238 「基本性能計測書」	(3) NE-6238 「基本性能計測書」	(3) $10.1 \text{ cps} \times 0.835 = 8.4 \text{ cps}$ 固有振動数 $= 0.835$	(3) $10.1 \text{ cps} \times 0.835 = 8.4 \text{ cps}$ 固有振動数 $= 0.835$	(3) $10.1 \text{ cps} \times 0.835 = 8.4 \text{ cps}$ 固有振動数 $= 0.835$	(3) 同 左	(3) 同 左 固有振動数 $= 0.75$	—
参 考 資料	VT-173 「限界性能検定計測書」	(4) VT-173 「限界性能検定計測書」	(4) VT-173 「限界性能検定計測書」	(4) VT-173 「限界性能検定計測書」	(4) VT-173 「限界性能検定計測書」	(4) VT-173 「限界性能検定計測書」	(4) VT-173 「限界性能検定計測書」	—
	参考資料	参考資料	参考資料	参考資料	参考資料	参考資料	参考資料	—
	参考資料	参考資料	参考資料	参考資料	参考資料	参考資料	参考資料	—
参考資料						完成年月日		
(1) NE-5941 「大型耐震実験装置 固有振動数特性計測書」						40. 12. 6		
(2) NE-6302 「大型耐震実験装置 見積り様式」						41. 6. 27		
(3) NE-6238 「基本性能計測書」						41. 5. 16		
(4) VT-173 「限界性能検定計測書」						42. 3. 17		

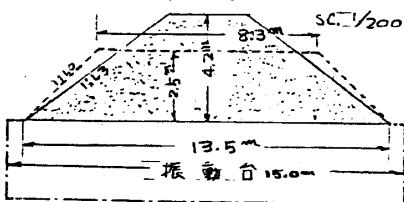
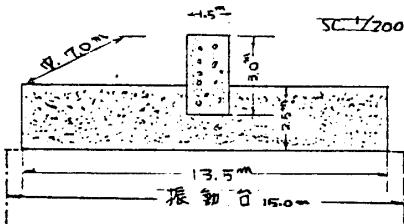
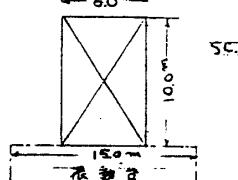
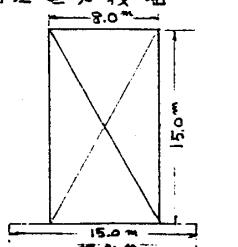
表 2.9 仕様案比較表

Table 2.9 The characteristic comparisons of the table dimension differences

大型耐震実験装置仕様案比較表

区分			第1案	第2案
振動台諸元		形状	15m□	12m□ + 張出し = 13.5m□
		重量	172 ton	128 ton
		高さ	3.54 m	3 m
		断面2次モーメント	$10.95 \times 10^7 \text{ cm}^4$	$6.32 \times 10^7 \text{ cm}^4$
水性能	水平面内回転	台のみ		30.6 cps
		300ton搭載		16.8 cps
	垂直面内回転	台のみ		114 cps
		300ton搭載		36 cps
	水平加振方向	台のみ	21.0 cps	24.1 cps
		300ton搭載	12.7 cps	13.2 cps
	固有振動数 f_{θ_H}	台のみ	15.7 cps	18.1 cps
		300ton搭載	9.5 cps	9.9 cps
平据付	芯出し	台の撓み 台の中心	0.12 mm	0.11 mm
		(台の中心に300ton集 中荷重を与えた場合) 台の先端	0.16 mm	0.16 mm
		台と加振機のずれ (直角度 0.3の場合)	0.31 mm	0.31 mm
		熱膨張 (基礎と架台の温度差があるとき)	約 0.1 mm	約 0.1 mm
	静圧軸受	各軸受面の平行度	0.1以下	0.1以下
垂直接付	性能力	垂直面内回転 台のみ		18.8 cps
		300ton搭載		5.94 cps
		垂直加振方向 台のみ	20.7 cps	23.9 cps
		300ton搭載	12.5 cps	13.1 cps
	据付	閉ループ周波数特性 台のみ	15.5 cps	17.9 cps
		300ton搭載	9.4 cps	9.8 cps
	熱膨張	台と加振機のずれ (直角度 0.3の場合)	0.31 mm	0.31 mm
		約 0.1以下	約 0.1以下	約 0.1以下

表 2.10 想定実験概表
Table 2.10 The estimated test structures

模型載荷図	載荷条件			振動条件			実験倍率
	荷重W t	面積A m ²	重心高H m	波形	周波数c/s	加速度g	
盛 土 例 四角口-ム 四重1.6 —27m— 	500 ton	182.25 m ²	約1.2 m	正弦波	0.5	0.05	30
					1.5	0.5	30
					10.0	0.5	1.0
	13.5 ton	13.5x13.5 m ²	約1.2 m	正弦波	1.5	0.5	30
					10.0	0.5	1.0
					15.0	0.3	0.3
地盤工の構造物 例 砂場、コンクリートブロック 	500 ton	94.5 m ²	約1.2 m	正弦波	0.5	0.05	30
					1.5	0.5	30
					10.0	0.5	1.0
	13.5 ton	13.5x7.0 m ²	約1.2 m	正弦波	1.5	0.5	30
					10.0	0.5	30
					15.0	0.3	0.3
建 築 物 例 超高層、アーチハブ —6.0m— 	60 ton	36 m ²	5.0 m	地震波	1.0	0.1	25
					2.2	0.1	5.0
					10.0	2.0	5.0
	15.0 ton	64 m ²	5.0 m	地震波	12.0	2.0	5.0
					0.5	0.05	30
					0.7	0.1	30
超高压電力機器 —8.0m— 	150 ton	64 m ²	5.0 m	地震波	2.0	1.0	25
					5.0	1.5	15
					1.0	0.2	30
	15.0 ton	64 m ²	5.0 m	地震波	1.8	0.8	30
					10.0	3.4	10

これらの経緯が防災センター運営委員会に諮られ承認を得て、大型耐震実験装置の特性をあらわす主要諸元の確定をみるに至った。

大型耐震実験装置の主要諸元が確定するまでの基本設計の変遷は表2.8に併記されている。

2.1.16 整備計画の実施

昭和42年10月、大型耐震実験装置調査委員会および防災センター運営委員会で承認された関係行政機関の共用に供する大型耐震実験装置の主要諸元を基にした製造契約を三菱重工業と締結、以後関連付帯施設、設備整備と相まって建設が進められた。この間、調査委員会は整備計画の実施に伴って附帯設備の整備計画を進めるため建設委員会と改称、それぞれの学識経験者の参加を得てご指導を賜わり、既存耐震実験施設の基礎構造体を調査するなど調査活動は継続された。昭和45年6月整備計画工事が完成し、所内の性能試験を経て昭和45年10月供用が開始されるに至った。

なお、大型耐震実験施設設備計画工程概要は表2.11、大型耐震実験装置の製造工事経過は、表2.12のとおりである。

その他、調査等の経過参考資料を表2.13および表2.14に示す。

表 2.11 工 程 表
Table 2.11 The construction plan table

大型耐震実験施設整備計画工程表

区 分	契 約 額 千円	相 手 方	摘要	42				43				44				45			
				10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4
大型耐震実験装置製造工事	630,000	三菱重工業 KK	④4年間																
工 場 製 作				10.2															
現 地 据 付 調 整																6.30			
試 錐 調 査 工 事	1,317	KK応用地質調査所	□		7.15	8.30													
基 礎 建 設 工 事	74,402	三菱重工業 KK	■			10.25	3.28												
実 験 室 建 屋 新 営 工 事	95,454	三菱重工業 KK	④2年間			12.17		7.30											
60 kV電力供給設備工事負担金	25,600	東京電力 KK	□					5.1								5.30			
電 力 設 備 工 事	53,627 ⁹	富士電機製造 KK	□					7.10		3.5									
制 御 室 建 屋 新 営 工 事	33,400	三菱建設 KK	建設省 □					7.15	11.30										
作 動 油 冷 却 設 備 工 事	9,900	高砂熱学工業 KK	□					9.9		12.15									
給 水 設 備 工 事	3,450	中川泉工業 KK	□						11.27	2.20									
防 油 壁 工 事	210	高砂熱学工業 KK	□							2.3	2.10								
汚 水 净 化 設 備 工 事	540	日研工業 KK	□							3.7	3.28								
温 度 調 芯 機 設 置 工 事	1,750	ダイキン工業 KK	□							3.11	3.30								
ホ イ ス ツ 設 置 工 事	840	KK鳥羽洋行	□							3.13	3.28								
保 安 設 備 工 事	1,116	大久保工業 KK	□							3.16	3.30								
防 塗 機	260	日本クリーナ KK	□							3.12	3.26								

表 2.12 大型耐震実験装置製造工事経過概要
Table 2.12 The outline of construction progresses

大型耐震実験装置製造工事経過概要

年月日	区分	分	年月日	区分	分
42.10.2	防災センター契約	三義重工業株式会社	42~45年4か年国庫債務負担行為額630,000千円		
43.2.9	協議	大型耐震実験装置構成案の選択依頼について	④案 ユニバーサルジョイントI型-12台、バランスリングダII型-4台、アキュムレーターブロックII型-4台、ガイドその他		
			⑤案 ユニバーサルジョイントII型-4台、シングルジョイント-8台、バランスリングダII型-4台、アキュムレーターブロックII型-4台、ガイドその他		
43.2.15	協議(回答)	⑥案 採択			
43.3.13	図面承認	大型耐震実験装置製造工事図面			
43.3.25	第1回出来高検査		技術関係費用、サービズ、油圧供給装置等		
43.9.6	仕様変更		官給加振機改修、静圧軸受台数の変更		
43.10.19	改訂図面承認	見積書(仕様変更)	仕様変更に伴う改訂図		
43.10.25	第2回出来高検査		技術関係費用、油圧供給装置等		
44.3.24	第3回出来高検査		加振機、バランスリングダ、静圧軸受、ガイドシリンド等		
44.4.7	協議	制御装置の変更について			
44.5.7	改訂図面承認		制御装置改訂図		
44.5.8	協議(回答)		治工具、附属品、予備品の変更申し出について		
44.5.20	施工図承認		上記変更了承		
44.10.22	施工図承認		現場配管施工図承認		
44.11.11	第4回出来高検査		官給改修加振機、マニフォルド、ユニバーサルジョイント等		
45.3.26	第5回出来高検査		加振台、制御装置、油槽、現地工事費等		
45.7.13	竣工検査		請負工事全般及び調整試験運転		

表 2.13 第8回調査委員会以降の経過

Table 2.13 The progresses of the investigations from 1967 August

大型耐震第8回調査委員会以降の経過

年.月.日	事 項	備 考
42. 8. 29	第8回調査委員会	国立教育会館 14:00 ~ 16:00 大型耐震、製作仕様案その他討議
42. 10. 2	大型耐震・製造契約	三菱重工業株式会社 630,000 ^{千円} 納内 45. 6. 30 加振台主体構造部 12.0m × 12.0m " 張り出部を含むとき 15m × 15m
42. 11. 22	契約経過説明	会計検査院 精算払い契約について解釈の相違があったが、了解を得た。
42. 11. 30	東大生産研見学	生産研の耐震実験装置見学 寺田所長、福澤課長他関係者7名、基礎の構造について特徴があった。
42. 12. 9	ベンジエ教授来訪	カリフォルニア大学ベンジエン教授 41年度試作耐震実験用大出力加振機をつぶさに観察した。 同行者 梅村教授(東大)、志賀教授(東北大)他2名
43. 1. 6	予算内示	大型耐震関係復活要求したが、要求を認められず。
43. 1. 18	建設予定地	研究学園都市用地買収状況の事情により、大型耐震建設予定地変更申入れが、首都圏整備委員会からあった。
43. 1. 23	建設予定地調査	変更申入れ予定地の土地条件、地形、環境等について現地調査
43. 1. 29	建設計画説明	関東地方建設局 基礎及び実験室建屋について
43. 2. 9	建築構造について	東大坪井教授 基礎的諸問題意見交換
43. 2. 12	同 上	日大田治見教授 同上
43. 2. 14	43年度支出委任	43. 2. 10 付取りあえず支出委任文書提出(詳細について地建、交渉中)
43. 2. 20	試錐位置調査	大型耐震、建設予定候補地域内試錐位置5地点設定
43. 2. 21	營繕計画説明	建設省計画課、管理課、支出委任内容について(条件付)
43. 3. 18	試錐結果検討	大型耐震に適応する試錐結果を新設5地点既設3地点について比較検討した。
		以上

経過報告

年月.日	経過の概要
43. 3. 22	第9回大型耐震実験装置調査委員会(於虎ノ門共済会館) 大型耐震、基礎及び実験室建設設計画その他について討議。
43. 4. 1	大型耐震、建設予定地について、首都圏整備委員会、科学技術庁、関係局長会議で從来からの予定地を了承される。
43. 5. 25	大型耐震、基礎及び実験室の建設について、建設省へ委任しない事情を、建設省營繕計画課長に説明した。
43. 6. 13	建設省から、大型耐震基礎及び実験室の建設について、防災センターが建設主体となる了承を得た。
43. 7. 15	大型耐震建設予定地の地盤地質調査工事が従応用地質調査事務所に落札。 工期 8月30日まで。
43. 8. 8	大型耐震調査委嘱または委嘱期間更新文書施行。
43. 8. 8~11	建設予定地のボーリング孔及び地表から、爆破による振動伝ばん減衰観測試験実施。(データ整理中)
43. 8. 14	大蔵省に提出する予算要求額の確定。

表 2.14 研究学園都市国立防災科学技術センター予定地の経過
Table 2.14 The progresses of the decision construction site

年 月 日	経 過 の 概 要
41 . 8 . 22	関係各省事務次官で構成する総括部会で「筑波地区における研究・学園都市の移転機関の配置」を決定。
43 . 1 . 19	用地買収状況等の事情から、配置計画の変更を、首都圏事務局から申し入れがあった。
43 . 4 . 11	防災センター建設予定地について、関係局会議で了承を得た。
43 . 5 . 27	研究学園都市に移転または設置する国の機関の敷地区域を、研究学園都市建設推進本部が、決定した。（注；防災センター予定地は、大型耐震等共用施設の関係から、文教系団地に隣接する共同利用研究団地となった。）
43 . 7 . 15	首都圏事務局、日本住宅公団の了解を得て、大型耐震、建設予定地（約 24,000m ² ）の試錐及び爆破による振動観測に着手した。

參 考 資 料

1. 福沢企画課長米国振動試験装置調査報告（防災科学技術第3号より転載）

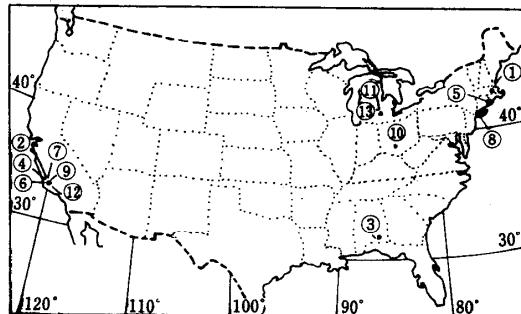
米国の大型振動試験装置を調査して

企画課長 福沢久勝

まえがき

大型の耐震実験装置を建設するため、昨年度から関係の学識経験者を集めた「大型耐震実験装置調査委員会」が設けられ、その装置の使用計画、主要諸元、性能等について検討が進められてきた。本年度はさらに一步前進して、その装置の主要な要素となる大出力加振機を試作することとなった。

そもそも、地震波形を忠実にシミュレートする大型の耐震実験装置を実現させるためには、大出力高性能の油圧式加振機の製作、大型の振動台の支持、振動台を数個の加振機で多点加振する場合の制御、基礎の施工、騒音振動対策等解決しなければならない技術上の問題点が多い。米国では大型の振動試験装置がミサイル、ロケット等の地上試験用として開発されつつあり、油圧機械技術においてもわが国に比べて一日の長がある。したがって、大型耐震実験装置建設の参考資料をうるため、昭和41年3月上旬から4月上旬にかけて米国の振動試験装置、油圧機械技術等について調査を行なった。この調査で訪れた機関は下の表に示す



第1図 調査機関位置図

とおりである。また、調査先を番号で地図上に示したのが第1図である。

なお、この海外調査には、三菱重工業株式会社名古屋航空機製作所の村田英五郎氏と大橋宏氏が同行された。

マサチューセッツ工業大学

工学関係では名門の大学である。土木工学のビッグス教授と機械工学のクランドル教授をたずねた。アメリカ東海岸では地震が全くないので、わ

調査機関一覧

機 関	所 在 地	目 的	位置図 番 号
マサチューセッツ工業大学	ケンブリッジ、マサチューセッツ州	振動試験	①
カリフォルニア工業大学	パサデナ、カリフォルニア州	耐震工学、振動試験	②
ジョージ・マーシャル航空宇宙センター	ハンツビル、アラバマ州	大型試験設備	③
米国海軍土木研究所	ポートヒューネム、カリフォルニア州	大型試験設備	④
MBエレクトロニクス社	ニューヘブン、コネチカット州	油圧式加振機および制御装置	⑤
リング・エレクトロニクス社	マナハイム、カリフォルニア州	動電型加振機および制御装置	⑥
ワイリー・ラボラトリーズ社	エルセグンド、カリフォルニア州	油圧式加振機および制御装置	⑦
ムーグ社	イーストオーロラ、ニューヨーク州	サーボ弁	⑧
ABS社エアロスペイス部門	オックスナード、カリフォルニア州	サーボ弁	⑨
ABS社デニソン部門	コロンバス、オハイオ州	油圧ポンプ、油圧機器	⑩
ピッカース社	デトロイト、ミシガン州	油圧ポンプ、油圧機器	⑪
サイエンティフィック・データ・システムズ社	サンタモニカ、カリフォルニア州	科学用電子計算機	⑫
フォード・モーター社	ディアボーン、ミシガン州	自動車製造工業	⑬

れわれの計画している耐震実験装置にはあまり興味を示さなかった。このクランドル教授は機械振動で有名なデン・ハルトーグ教授の弟子であり、「ランダム・バイブレーション」の著者であり、自分の著書の一読を勧められた。また、油圧式の加振機ではMB社のものがすぐれていると推薦された。

カリフォルニア工業大学

和達前所長の紹介で、地震工学の権威ハドソン教授をたずねた。同教授の大型耐震実験装置についての意見は次のとおりであった。

耐震実験用の大型振動台の建設は非常にすばらしい。米国でもこのくらいの規模のものが欲しいが、一機関ではとても持てないので、ちょうど粒子加速器や天体望遠鏡を造ったときのように、共同利用施設として造ろうという動きがある*。米国のミサイル関係者は大型の振動台を使用しているが、かれらはミサイルの共振とか、振動のモードを調べることに興味を持っているので、加振はすべて高調波だけである。したがって、耐震実験用の大型振動台を造る場合、市販の加振機をそのまま使うことは危険であるから、予備実験を十分やって加振機を自分で開発することが望ましい。一般に耐震実験では模型の実物に対する縮比に応じて地震波の周期とか周波数を変えて実験されている。わたしは、この耐震実験の相似律というものをあまり信用しない。相似律というものは、大型振動台で模型の縮比をいろいろ変えて実験して初めて判るものである。耐震実験では加振機の加速度制御が要求される。油圧式加振機の位置制御は容易であるが、加速度制御はむずかしい。しかし、イリノイ大学のニールセン教授がリサーチ社と共同で行なった模型実験の結果によると、加速度の入力と出力が比較的良くあっている。詳細は同教授に聞いて欲しい**。

強震データの収集は、日本では法律がなくても武藤先生のように強力な人がいるので、だいぶ進んでいるようだが、米国では最近ロサンゼルスで高層ビルの屋根、中間、地下にそれぞれ強震計を

* 昭和41年5月カリフォルニア大学のヘンシン教授が来日され、われわれと大型耐震実験装置に関する日本および米国の計画について懇談した。その後の同教授からの手紙によれば、米国では台の大きさ102フィート×102フィート(約30M×30M)積載重量400万ポンド(1,800トン)の大型の振動台を計画しているようである。

設置することが法律で義務づけられた。今後は良いデータがとれるだろうとのことである。

ジョージ・マーシャル航空宇宙センター

このセンターは、米国航空宇宙局のロケットセンターで、テネシー川に沿ったハンツビルの郊外の広大な低台地上にある。テネシー川は、故ルーズベルト大統領がニュー・ディール政策の一環として着手したTVAによる開発で有名である。ハンツビルは、その恩恵を受けても、1950年には人口わずか1万6千の村にすぎなかった。この年フォン・ブラウン博士の一行を含めた米空軍のミサイル研究班が、テキサス州からここに移ってきたのである。ところが1966年には人口13万7千の町にふくれあがった。まさにミサイルとロケットの町と言えよう。

米国航空宇宙局では、ここで宇宙開発に使うロケットの組立および試験を行なっている。組立てられたロケットは船で運ばれ、テネシー川、ミシシッピ川を下り、メキシコ湾を渡ってケープケネディで打ち上げられる。積載物、衛星等の部分はテキサス州のヒューストンで組み立てられることである。

ここでは大型振動台の見学を期待したが、振動台はないとのことであった。見学したものの中で、組立ちゅうのサターン5型の第1段ロケットその燃焼試験をする塔は、いずれも巨大であり、印象的であった。このサターン5型ロケットは、月旅行を目的としたアポロ計画に使われるものである。

米国海軍土木研究所

この研究所は、船舶、兵器等を除いて米海軍に必要な研究、すなわち土木、機械、電気、化学、原子力等技術的分野から数学、物理、地質、生物等科学的分野にわたる広範多種な目的研究を行なっている。設立は1948年、このロサンゼルスに近いポートヒューネムに移ったのは1950年である。所員は約350名、文官の技術者、科学者が大半で、軍人はごくわずかである。ここでは、核爆発による構造物の強度試験の火薬を使ったシミュレータ

** その後イリノイ大学のニールセン助教授の紹介でリサーチ社MTS部門から資料を入手した。それによれば入力としては加速度の磁気テープを使用しているが、2度積分增幅器を通して変位にかえ油圧式加振機の位置制御を行なっているようである。

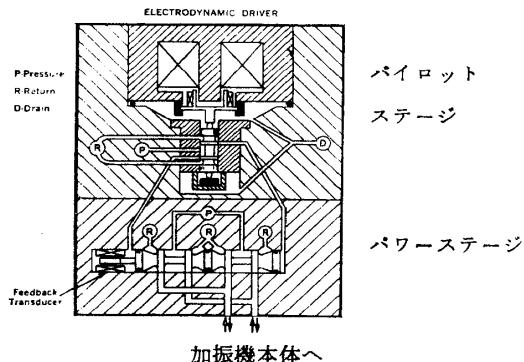
一、海岸構造物の水中核爆発による影響を試験する大型水槽等を見学した。また、深海研究とか南極観測のための技術的研究にも力を入れているようであった。

地震については、1964年のアラスカ地震の被害状況調査をした程度で、振動台も小型のものを今後設置する計画を持っていたが、われわれの大型振動台にはかなりの関心を示していた。

MBエレクトロニクス社

振動試験機の製造については、アメリカ東海岸での老舗である。25年前に動電型振動試験機を製作したが、その後出力や振幅の大きいものが必要となり、12年前に油圧式振動試験機を開発した。その際、初めは市販のサーボ弁を使用したが、周波数特性が悪く信頼性が低かったので、自社でサーボ弁も開発することとした。

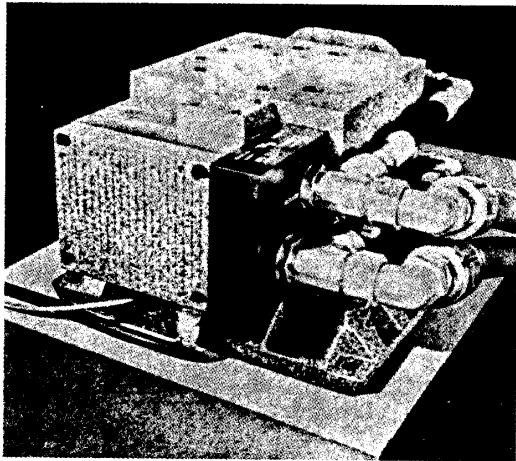
MB社のサーボ弁の構造は、第2図のよう



第2図 MB社サーボ弁の構造

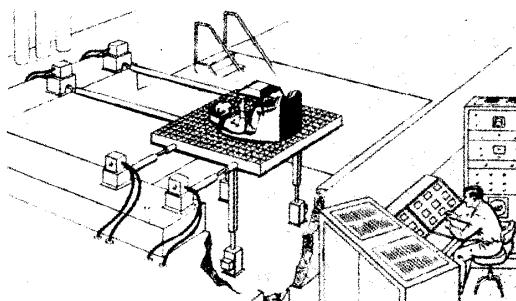
プール型のパイロットステージとパワーステージを持つ2段式である。第3図はMB社の油圧式振動試験機の写真であるが、前方がサーボ弁、後方が加振機で、サーボ弁が大きいことが目立っている。同社の説明では、市販のサーボ弁は入力わずか1ワットにすぎないが、MBのものは60ワットで強力である。大容量のものは毎分当り500ガロン（約2,000リットル）。われわれの計画している90トンの加振機では、1,350リットル）で、100サイクルまで使用できることである。MB社の油圧式振動試験機は、加振機の位置のほか、サーボ弁の動きもフィードバックして制御しているが、位置制御である。

同社は多数の油圧式振動試験機を製造した実績を持っている。大出力のものでは20万ポンド（90トン）で、近く40万ポンド（180トン）のものも



第3図 MB社油圧式振動試験機

製作することである。第4図は同社で開発した6自由度運動シミュレーターである。宇宙飛行等の際の人間の耐久力を試験する装置で、7個の油圧式加振機を使用している。

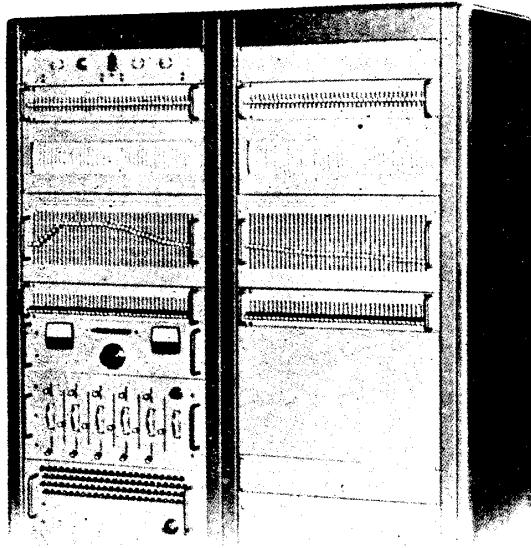


第4図 6自由度運動シミュレーター

リング・エレクトロニクス社

このリング社と次のワイリー社とは、いずれもアメリカ西海岸にあるが、われわれの当初の調査日程にはなかった。予定した調査機関から見学の取り消し等があり、調査日程を変更してワシントンの日本大使館の紹介で訪問したものである。両者ともわが国ではほとんど知られてないが、振動試験機の優秀なメーカーである。

このリング社は、動電型振動試験機を1958年から多数製作している。油圧式は製作していない。出力最大のものは、3万ポンド（14トン）である。動電型振動試験機の制御方法、特に周波数特性を補償をするためのイコライザーについて詳しい説明を聞いた。第5図は10サイクルから2,000サイクルまでの間を25サイクルごとの帯域に区切って補償できるイコライザーである。また、われわれの計画の大型振動台の支持方法、基礎等について



第5図 ASDE-80型イコライザー

も参考となる意見を聞くことができた。

ワイリー・ラボラトリーズ社

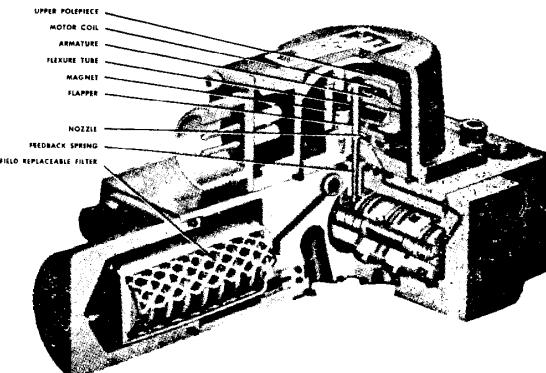
このワイリー社は、その名前が示すように、多数の環境試験装置、振動試験装置を持っていて、少数部品の認定試験を行なっており、エンジニアリングを専門にしている会社である。油圧式振動試験機は1958年以来製作しており、出力最大のものは20万ポンド（90トン）である。サーボ弁はスプール型のパイロットステージと、パワーステージを持った2段式で、折点周波数2,000サイクル、入力500ワットという強力なものである。流量は最大毎分当り200ガロン（約800リットル）である。第6図は同社の振動試験場の写真である。また、同社は前記アラバマ州ハンツビルとカリフォルニア州のノルコに大型の振動試験場を持っていることである。

ムーグ社

米国では、サーボ弁は航空機、ミサイル関係だけでなく、一般工業用としても工作機械のディジタル制御、電子制御盤等の分野で需要が大きく、順調な伸びを示している。サーボ弁の専門メーカーであるこのムーグ社は、活気にあふれている。同社で製作しているサーボ弁は、フラッパー型がほとんどである。第7図は工業用の73系列のサーボ弁の断面である。これはフラッパー型のパイロットステージとパワーステージを有する2段式である。



第6図 ワイリー社の振動試験場



第7図 ムーグ系列サーボ弁

大容量のものとしては、79-100系列のサーボ弁がある。これは、工業用の2段式サーボ弁にさらにもう1段パワーステージをつけた、3段式のものである。流量は毎分当り200ガロン（約800リットル）、周波数範囲は50サイクル見当である。

ABS社エアロスペース部門

この工場はその名称が示すように、航空機、ミサイル用のサーボ弁の製作が主体で、大容量のサーボ弁は造っていない。同社のサーボ弁は、ジェットパイプ方式で、作動油の汚染による詰まりや摩耗が少ないので、寿命が長く信頼性があるとのことであった。

その他 油圧ポンプ、油圧機器関係等の紹介は紙面の都合で割愛することとする。

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

庶発第807号 昭和39年11月17日

内閣総理大臣 佐藤栄作 殿

日本学術会議会長 朝永振一郎

（写送付先＝科学技術庁長官・大蔵・文部・建設・運輸各大臣）

耐震工学研究の強化拡充について（勧告）

標記のことについて、本会議第42回総会の議に基づき、下記のとおり勧告します。

記

近年国土開発の規模形態が急速に拡大しつつあるが、大規模な都市、工業施設を臨海地区の軟弱地盤に建設せざるを得ないのが、わが国の宿命である。これに対して適切な耐震工法が実施されなければ、今回の新潟地震にかんがみても、大地震の際には大きな災害を招くことは明らかである。これら建造物および施設は形態と内容を日々新たにしつつあるので、これに適する合理的かつ経済的な耐震工法を確立することは最も重要な問題である。

政府は耐震工学の向上をはかり、震害を未然に防止するため、次の各項に必要な措置をとられたい。

- (1) 工学的強震計の増設ならびに記録の活用
- (2) 軟弱地盤における耐震工法の確立のための特別措置
- (3) 大学、研究機関における耐震工学および土質工学の教育、研究の強化拡充

説明

- (1) 工学的強震計の増設ならびに記録の活用

過去の大地震の震害例によると、構造物の震害は地盤の種別に著しく左右されるが、その主要なる一因は、地震動の大きさおよび特性が地盤別に異なり、構造物もまたこれに応じてそれぞれ特有な振動をすることにある。よって、各種の建造物および施設を、地震に対し、安全にしかも合理的、経済的に設計するためには、各種の地盤および構造物の強震時の振動を熟知することが必要であり、これがためには、実測が行なわれなければならない。たとえば、新潟地震において県営アパート2号館に設置した強震計はよくその機能を果し、新潟における軟弱地盤の振動性状および建物の変動過程を解明する貴重な学術的資料を提供した。

既に政府代表団からの報告書にも述べてあるごとく、本年4月、パリ市におけるユネスコ主催地震学および地震工学政府間会議において、強震計の世界的配置が勧告されている。

わが国においては、かねて強震計の設置に努力しつつあり、官民の協力を得て、現在重要建造物および地盤に相当数設置されているが、その配置は東京、大阪の2大都市に集中し、裏日本等における設置密度は甚だ希薄で、これは強地震動測定上の障害となっている。したがって、前記目的を達成するためには、土木学会、建築学会から政府に対し既に要望してあるごとく、地盤別および構造種別に応じた測定網の整備が必要で、このためには、現在の台数を飛躍的に増加することが肝要である。それと同時に測定結果を普ねく技術者の利用に供するためには、中央的機構においての記録の収集、整理、解析、出版、配布等の一連の作業が円滑迅速に行なわれることが必要である。

上述の諸事実にかんがみ、政府は強震計の計画的増設、記録活用のための機構の整備拡充をはかられたい。

(2) 軟弱地盤における耐震工法の確立のための特別措置

過去の大地震に際して、埋立地などの地盤の軟弱な所においては、地盤自身の破壊がその建造物および施設に大被害を及ぼした例が多い。今回の新潟地震においても、相当数の建築物、橋梁等が基礎地盤の破壊のための破損し、使用不能になった。

しかるに、わが国情は、大規模な都市、工業施設を臨海地区の軟弱地盤に建設せざるを得ない宿命をもつていて。したがって、特に軟弱地盤に適した建造物の耐震工法を確立することは、焦眉の急である。

これがためには、土質工学者、構造工学者および構造技術者の共同の下に、強力に研究が進められなければならないが、特に、破壊時における土および構造物の非線形性にかんがみ、極めて大規模の実験的研究も必要とする。

よって、政府はこれに対する予算措置を講じ、軟弱地盤における建造物の耐震設計のすみやかなる確立をはかられたい。

(3) 大学、研究機関における耐震工学および土質工学の教育、研究の強化拡充

わが国の耐震工学は、地域的にもまた技術的にも世界的に重要な地位にある。しかしながら、耐震工学については、現在の国立大学工学部において専門の講座を有するものではなく、従つて、耐震工学者の層も薄い、また附置研究所において耐震工学関係の部門を設置しているのも僅少である。官庁研究機関においても同様の状態にあり、僅かに研修機関として建設省建築研究所に国際地震工学部が設置されているにとどまる。

よつて、政府は耐震工学の教育および研究を強力に推進するため、国立大学関係学部および附置研究所における耐震工学講座の新設および耐震工学部門の増設、官庁研究機関における耐震工学部門の強化拡充に必要な措置をとられたい。

また、土の力学的性質は、今回の新潟地震の例にみても、地震災害とは密接な関係があり、土質工学の発達は震災防止上非常に要望されるところであるが、大学、研究機関におけるこれが講座および部門数は極めて少いのが実状である。よつて、政府は土質工学の教育、研究についても同様の強化拡充をはかられたい。

2. 日本学術会議勧告（昭和39年11月17日，昭和40年6月9日）

底発第334号の2 昭和40年6月9日

内閣総理大臣 佐藤栄作 殿

日本学術会議会長 朝永振一郎

耐震工学研究の強化拡充に関する勧告の実施について

日本学術会議は、昭和39年11月17日付底発第807号により貴職あて「耐震工学研究の強化拡充について」を勧告しましたが、今般この勧告の実施について関係各省庁あて別紙写のとおり希望いたしましたからお知らせします。

別 紙

耐震工学研究の強化拡充に関する勧告の実施について

昨年10月に開催された日本学術会議第42回総会において第5部提出の「耐震工学研究の強化拡充」についての案件が可決され、政府に勧告されました。その後第5部において勧告の成果、および本勧告の実現推進方策について調査検討し、本要望書を作成致しました。

本勧告がなされてから、昭和40年度において東大震研に強震計観測センターの設置が認められたほか大学付属研究所に若干の研究部門の増が認められ、また国立研究機関の組織に若干の拡充が行われました。強震計につきましては各方面合せて相当数の設置が本年度予想されます。

このように勧告の成果が現れ始めましたことは同慶の至りでありますが、強震計の台数、大学、研究機関における講座、研究部門、設備および組織等に関しては、未だ不十分であり、強化拡充をはからねばならないと考えます。

耐震工学土質工学の教育研究は緊要ですので、関係行政機関、および官公私の教育研究機関、関係学協会等におかれでは本要望書の趣旨にそってそれらの教育研究の一層の強化拡充をはかられることを要望します。

要 望 書 目 次

I 工学的強震計の増設ならびに記録の活用

- (1) 工学的強震計の設置の現況
- (2) 工学的強震計の増設計画
- (3) 特殊地帯、特殊構造物への配置計画
- (4) 運営のための機構
 - (a) 強震観測センター
 - (b) 強震観測統合センター
- (5) 運営機構の組織および予算

II 軟弱地盤における耐震工法確立のための特別措置

- (1) 設置を要する装置
 - (a) 土質力学実験用大型振動台
 - (b) 構造物試験用大型起振機

(c) 不規則過渡振動解析用レスポンス計算装置

(b) 人为地震発生装置

(2) 実施を要する特別事業

(a) 頻発地震地域における地震応答の計測

(d) 群発地震に際し、構造物の地震応答の実測

(c) 軟弱地盤における各種基礎構造振動実測

(3) 民間研究機関学協会に対する措置

■ 大学研究機関における耐震工学および土質工学の教育研究の強化拡充

(1) 大学における講座の増設

(2) 大学附属研究所における部門の増設

(3) 建設関係国立研究機関における研究組織の充実

(4) 私立大学および民間研究機関における教育研究の強化拡充

I 工学的強震計の増設ならびに記録の活用

(1) 工学的強震計設置の現況

破壊的地震時における地盤および構造物上における地震記録を得ることは建造物の耐震安全性確保には欠くことのできないことである。このためわが国には優秀な強震計が製作され十数年来その設置について異常な努力が払われ、現在表-1に示す198台が設置されている。

表-1 強震計の地域別現在台数(1964年末現在)

北海道	東北 太平洋側	東北 日本海側	関東	中部 太平洋側	中部 日本海側	関西	中国	四国	九州	計
4	4	2	107	15	8	47	5	5	1	198

現在は強震計の大部分が建造物主の自発的設置によるものが多いためにその60%が東京、大阪に集中している。しかし強震計記録を耐震設計に最も有効に利用するためには、その配置を全国的に計画性をもつて行うことが必要である。

(2) 工学的強震計の国費による増設計画

工学的強震計を地域別および地盤・構造物種別に立脚して計画的に配置する場合の所要台数は次の如くである。

(a) 地域別配置

国土を50Km²平方に区画し、原則として各区画に1台づつの強震計を設置するとき、その所要台数は表-2第1欄のごとく250台となる。そのうち第2欄のごとき既設台数があるので、68台はこれを活用することができる。よって増設を要する台数は第3欄に示す182台である。

表-2

	北海道	東北 太平洋側	東北 日本海側	関東	中部 太平洋側	中部 日本海側	関西	中国	四国	九州	計
要設置台数	46	32	16	24	24	20	24	16	16	32	250
既設台数	4	4	2	107*	15	8	47*	5	5	1	198
要増設台数	42	28	14	12	9	12	12	11	11	31	182

注 *印の台数の大部分は大都市に集中して設置されている。

(a) 地盤および構造物種別の配置

同一区画内でも沖積層、洪積層等地盤条件を異にするところおよび振動特性の異なる建造物、たとえば建物橋梁、港湾構造物、ダム等に設置する。これにより将来構造物への設計用地震力を地盤と関連性をもたせて、合理的に決めようとするものである。現在において国費により増設を要する強震計台数は表-3のごとく214台である。

表-3

建 物	ダ ム	橋	堰	港 湾	計
90	11	91	12	10	214

(c) 増設を要する強震計全台数

地域別および地盤・構造物種別を考慮して計画的に増設を要する台数は次のとく396台となる。

地域別計画による増設台数	182 台
地盤・構造物種別による増設台数	214 台
合 計	396 台

(5) 特殊地帯、特殊構造物への配置計画

上述の396台は全国的視野に立った国費による増設計画台数であるが、地震時の災害は特に都市、大規模の産業地帯等において拡大する心配が多い。この対策として埋立地等で重要産業施設の集中する地区、原子炉、発電所、高層建物、長大橋梁等に常時設置してその構造物の安全性を直接検定する必要がある。これら施設への強震計設置は民間の協力を必要とし、また政府として、メキシコ市、ロスアンゼルス等の例を参考とし、重要建造物への強震計設置を義務づける法的措置をとることが望ましい。

(6) 運営のための機構

強震計の設置者および維持管理は単一の中央的機構のみで行われることが望ましいが、我が国の実情を考えて本事業を円滑かつ計画的に遂行するためには、若干数の強震観測センターと強震観測統合センターとの2種の機構を設置するのが適当である。

(a) 強震観測センター

強震観測センターは次の事業を行う。

- (1) 統合センターの強震観測網計画への協力と強震計の設置
- (2) 本センターに属する強震計の維持管理
- (3) 観測地点台帳の作製
- (4) 統合センターへの記録の送付
- (5) 記録の解析および各自専門分野での記録の活用
- (6) 強震計の改善に関する研究

(b) 強震観測統合センター

強震観測統合センターは次の事業を行ひ。

- (1) 強震観測事業の推進
- (2) 強震計の全国的配置計画の策定
- (3) 観測網現状の把握と各強震観測センターとの連絡
- (4) 強震観測センターより送付された記録の出版、配付
- (5) 運営機構の組織および予算

強震観測センターおよび強震観測統合センターの組織は上述の業務遂行上に必要な数の専門官、技官、事務官で構成され、強震計ならびに記録解析用設備購入費、維持監理費巡回点検用旅費および起録の印刷、配付費等相当額の経費を必要とする。

III 軟弱地盤における耐震工法の確立のための特別措置

(1) 設置を要する設備

軟弱地盤上に築造される構造物の耐震において特に問題になる点は

- (1) 軟弱地盤の支持力 すなわち軟弱地盤上に築造された構造物の基礎工の沈下の問題
- (2) 軟弱地盤上の構造物が地震時に生ずるロッキング振動の問題である。このうちとくに土が関与する問題は、土の性質とくに含水した土の性質が著しく複雑であるため、数理解析のみではその性質を明らかにすることは困難であり、実験的研究を欠くことは出来ない。この場合実験の規模はなるべく実物に近いことがのぞましく大型実験施設が必要となるが経費の関係上従来これがなかつたことが軟弱地盤における耐震工法確立の上の一つの隘路となつてゐた。また新材料の開発により構造物の新らしい設計の採用が必要となり、これについても実験的研究によってその安全性を確認することが必要である。

これらの問題に関して学術研究上早急に整備すべき設備をあげると次の如くであつて、これらを現に研究成果があがりまたは近い将来に発展が期待される大学、国立研究機関にそれぞれのもつ特殊目的に応じて設備し、既設設備と合せて学術研究の一層の効果を期待すべきである。

(a) 土質力学実験用大型振動台

大型容器をのせた大振動台であつて、容器内に試験すべき土をみたし、その上に構造物大型模型をおき、強震地動に相当する振動を与え、構造物基礎地盤内に生ずる応力、変化、密度変化等基礎工安定に必要な土質力学的諸量を測定しその性質を明らかにする。

(b) 構造物振動試験用大型起振機

本起振機は偏心質量をもついくつかの起振機で構成され、各起振機の位相は完全に調整され構造物の各部を同位相でなく振動させることも出来る。また性能上高次の振動の性状を研究するために最も有効である。

軟弱地盤上に築造された実在の構造物にこの装置により人工的に振動を与え、ロッキング振動を含んだ構造物の水平振動を研究するものである。この種の振動は軟弱地盤上における構造物の地震時における独特の現象であつてこれの精密研究は耐震工法確立上極めて実要である。

(c) 人為地震発生装置

軟弱地盤を造成し、各種の小型実験構造物を築造し本装置で模擬地震の震動を与えて、構造物および地盤の動的挙動を解明する。

(d) 不規則過渡振動解析用レスポンス計算装置

地震時の不規則波をうける振動系の応答計算、すなわち地震動によって不規則振動を行う構造物の振動性状を精密に計算する装置である。実験とあわせ軟弱地盤の影響も計算にとり入れられる。

(2) 実施を要する特別事業

(a) 頻発地震地域における構造物の地震応答の計測

頻発地震地域の軟弱地盤上に実験用構築物を建造して自然地震による構造物の動的応答を計測し研究の具体的資料とする。

(b) 群発地震に際し、構造物の地震応答の実測

群発地震に際しては、相当数のあらかじめ用意されている強震計を、発生地域の地盤および構造物に設置し、その構造物の地震動による応答を実測し、地震時構造物の振動を解析し、動的解釈の発展に資する。

(c) 軟弱地盤における各種基礎構造の振動実測

軟弱地盤上に築造された各種構造物の基礎工の振動性状、振動応力等を自然地震又は起振機による振動実験によって究明する。

(3) 民間研究機関、学協会等に対する措置

軟弱地盤における耐震工法の確立をはかるため、政府は民間研究機関、学協会等に研究補助金の交付等の研究助成措置を講ずることを要請する。

V 大学研究機関における耐震工学および土質工学の教育研究の強化拡充

(1) 大学における講座の増設

国公立大学における土木建築学科の学生数は4,887名(表-4)であるがこれらの学生に対する耐震工学の教育は各構造設計の一部に含まれて行われており、耐震工学についての独立な講座はおかれていないものはない。土質力学についても、ほど同様な状態にあり独立せる土質力学講座をもつものは7大学にすぎない。(表-5)

日本における建設工学における耐震工学及び土質工学の重要性に鑑みてすべての関係学科はこれに関する講座の設置が必要である。この観点にたつとき増設を必要とする講座数は、建設工学関係の学科をもつ大学の数を考慮して次の如くなる。

耐震工学講座 29

土質工学講座 22

これらを各大学の実情に応じ逐次整備する必要がある。

(2) 大学附置研究所における研究部門の増設

大学附置研究所における耐震工学に関する既設部門は次の6部門である。

(A) 東大地震研究所

震災予防、応用地震学、地盤動力学

(B) 東大生産技術研究所

生産施設防災工学

(C) 京大防災研究所

耐震構造、地盤震害

(a) 構造基礎耐震工学

新潟地震に鑑みても、構造物の基礎は構造物の耐震性をよくする上に重要である。構造物の耐震基礎に関する理論及び設計法を研究する。

(b) 地下構造物耐震工学

地震時地盤変動を受ける地下鉄、地下鉄圧送電線、水道、ガス等の地下埋設施設は他の構造物に比して耐震性が低く、危険である。このような地下に埋設され、地盤により激しく振動させられる構造物の耐震性の研究をする。

(c) 機器耐震工学

各種の支持条件および減衰条件をもつ立体的配管系および測定用ならびに精密工作用機器の地震時安全性について研究する。

(d) 耐震塑性設計学

構造物を経済的に設計するためには構造物の地震的耐力をその破壊に対する安全率で決めるのが望ましい。これがため構造物の耐震設計を塑性学的に行なう方法を研究する。

(e) 構造物耐震工学

高層建築、長大橋梁等は建設費も巨額であり万一被災せる場合はその損害も大きく、その合理的耐震設計はきわめて必要である。よってとくに可撓性の高い重要構造物を対象に構造工学的立場から研究を行なう。

(f) 動力源耐震工学

動力源は文化生活の源であり、震害によりかなり長期にわたってその供給が停止されることは国民の生活とも重要な問題である。電気、ガス、ボイラー、原子力等の動力源の耐震性の向上と新しい開発について研究する。

(g) 動的材料強弱学

振動時に構造物を形成している各部材の強度に関する研究は最も重要であるにも拘らずこの分野の研究はあまり発達していないので各種建設材料の動力学的強度について研究し、更に構造物の軽量化を推進する。

(h) 生産施設配置学

現行の耐震設計は計画的な面が非常に弱点である。

工場機能、地盤および施設の振動特性等にもとづいて、配置を研究し、震害を計画学の面から減少せしめようとする。

(3) 建設関係国立研究機関における研究組織の充実

国立研究機関における耐震工学の技術的研究は、現在では独立の部等による組織によって行われているものではなく、構造研究室内の一研究問題として行われている。したがって研究組織が弱く、設備を充分に活用する点において困難が少くない、よって早急に室長、研究員および補助者若干名により構成される独立の研究室、たとえば土質力学研究室、耐震研究室、構造物

基礎研究室等を新設することによって研究組織
を強化充実することが必要である。

(4) 私立大学および民間研究機関における教育、
研究の強化拡充。

わが国の耐震工学および工質工学の教育研究
のある部分は私立大学および民間研究機関で実
施されているのが現状である。

よって政府はこれら機関の強化拡充のための
勧告ならびに、国費の補助に特別な配慮をする
ことが要望される。

表-4

学生数

	建築	土木
国立大学	1,780	2,720
公立大学	180	207
計	1,960	2,927

表-5

大学名	土質工学 (土質力学)	地震工学
北海道大学	1	0
東北大学	1	0
山梨大学	1	0
名古屋大学	1	0
京都大学	1	0
神戸大学	1	0
広島大学	1	0

2.2 大型耐震実験装置建設の思い出（小池 幸男）*

2.2.1 建設場所の確定

研究学園都市用地買収途上中の昭和43年度大型耐震実験装置基礎建設に当たり、団地整備類別で防災センターは建設系団地とされた。従来からの都市計画マスタープランで文教系団地を都市計画の中心とするため、他の土研、建研等にプランの変更があった。防災センターは建設工事ルート、送電系統など予算に影響する事情のため種々の候補地（現在の国土地理院、建築研究所、土木研究所、電々公社など）について地質・地盤調査を行い、その結果、現在地に固執することになった。首都圏整備委員会は、防災センターと筑大との境界地を100m北上させた現在地とする打開策を出し、現在のようになった。

2.2.2 大型耐震実験装置加振軸線方向の設定

建設場所の確定後、振動障害の影響が少ない加振軸線方向を定めるため、地質調査井を利用した爆破実験、板叩きなどの弾性波調査を行い、現状の水平加振方向を決めた。中心側線を東大通りに合わせるべく道路測量控杭を図面および現地で照合探査して、一面の松林の中に設定したが数年後東大通りの完成をみると、中心側線は南北に合っておらず、真北と思っていた方向が西よりに15度程度ずれていた（図2.6）。

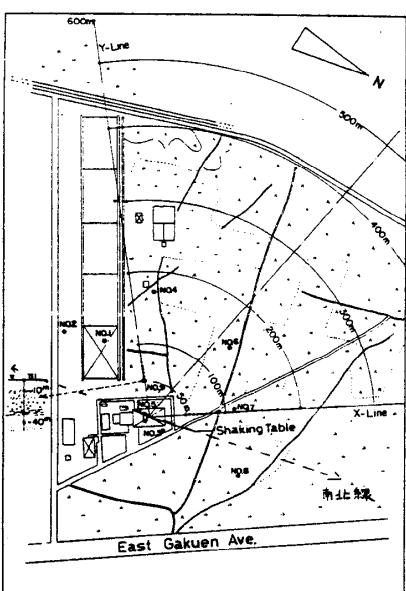


図 2.6 加振軸線方向設定参考図
Fig. 2.6 The reference figure of excitation axis line

* 建設当時 企画課技術係長 現在 航空宇宙技術研究所管理部安全施設課長

2.2.3 大型耐震実験装置基礎建設工事地鎮祭

建設工事中の安全を祈願する建設業界慣例の地鎮祭を取り運ぶこととなった。極く限られた関係者だけの紹介を日本住宅公団に依頼したところ、研究学園都市最初のこと、研究学園都市建設地鎮祭と紛らわしい地鎮祭となった。日本住宅公団発行の招待状が数知れず、防災センター請負者発行200枚の招待状+ α で1000枚以上の招待状が発行される地鎮祭となり、どこに神様がいるのか判らなくなってしまった。

2.2.4 基礎建設工事中の湧水

堀削工事に伴なって湧水のあることは常識化されているが地下湧水汲揚げポンプ排水を15か町村管理灌がい水路を通じ花室川に流すこととしたが、堀削工事の進捗に伴なって湧水量が地下水脈路の切断によるものが予想以上に激しく、ブルドーザが水没する程となった。工事中止の上、対策を種々検討の結果ウェルポイントにより、処理することになり、湧水の恐さを体験した。

2.2.5 地中埋設加速度計

大型耐震実験装置運転中における基礎の挙動を確認するため基礎底面部四隅に歪ゲージ型加速度計をコンクリート打設中に自前で防水を施し埋設したが、配線短絡障害が発生し動作することなく本当の埋葬になってしまった。

2.2.6 大型耐震実験室棟の建設

大型耐震実験室棟の建設に当たり建設本省ならびに同省関東地方建設局と主要構造などの折衝打合せを数回に亘り進めていた。大型耐震実験装置基礎上の柱とその他の部分の柱の構造設計に必要な振動特性算定資料等、振動に係る資料の提出要求に検討不足から回答不能となった。施工後の補強等を含め研究しながらの施工依頼とすることで要請した。しかし請負者選択に関し建設省は入札制度しかとれないため、随契可能な防災センター施工となつた。当時にあってみれば振動台基礎と他の基礎に建てる柱は根本的に相違する概念ですすめていたものであった。

2.2.7 大型耐震実験装置加振台の歪み

振動台据付工事に於いては、加振台などの搬入ルートの調査など一面原生林的な松林の中の農道をたどっての踏査活動などが思い出される。

加振台現場組立工事の結果、歪みの発生などが大きく秘かに神戸まで搬出し、再調整するなど幾多の難渋をした。

2.2.8 専用鉄道引込線計画

大型耐震実験に使用される 500 ton 程度の土骨材などは鉄道貨車20~30両程になることから常総鉄道筑波線からの専用鉄道引込線を検討した。貨車ごと搬入する場合を考慮し大型耐震実験室棟北側妻壁を開放可能とし、他の壁体と異なった構造とした。しかし自動車社会文明に押されその必要もなくなった。

2.2.9 構内レイアウト

研究本館、各種実験棟、施設などをレイアウトするとき現在の大型耐震実験施設位置が必ずしも適切な場所とはみられず後年幾多の批判を受けることになるが、昭和43年度当時にあっては、現在建設地を東端とした西側に約 10ha の林地が買収されているのみで、畠・田など耕作地にあっては替地折衝中のため現在地を選定する以外に用地はなかったものである。

2.2.10 予算要求について

大型耐震実験装置整備計画実現のために、政界筋にその必要性を陳情説明折衝するなど裏方的要請も続けられた。

予算不足の場合、分割整備の可能性はあるかとの大蔵省主査の質問に不可能と猛烈に反対したのを昨日の出来事のように印象が強く焼き付いている。

原子力船むつと競合する予算折衝は難渋の連続で「船だって数個に分割して沖合で接続するのに 15m 程度の加振台が何故、分割発注では駄目なのか」と詰問される場面もあった。

年末年始慣例の深夜予算折衝における復活・要求・内示・査定が幾夜も続き、42年度予算内示最終日に至り、説明なしの内示 6 億 3 千万円（4 カ年整備計画）に怒った福沢企画課長から深夜車を走らせ査定根拠を尋ねに行かせられ、寝ている主査を起こして一係長が聞いたす汗顏的行為もあった。



写真 2.1 故福沢久勝企画課長（大型耐震実験装置建設の責任者）
Photo 2.1 Late Hisakatsu Fukuzawa; the chief of planning section
(The construction director of large-scale shaking table)

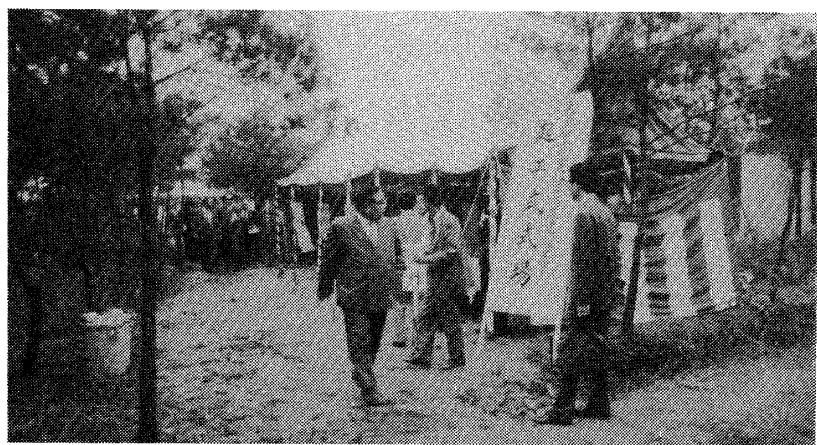


写真 2.2 起工式（受付より会場を望む）
Photo 2.2 The beginning ceremony of construction

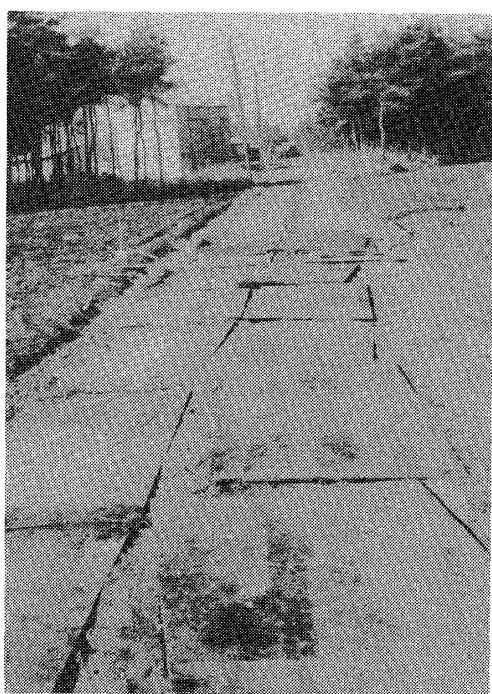


写真 2.3 仮設道路（鉄板敷き）
Photo 2.3 The construction road

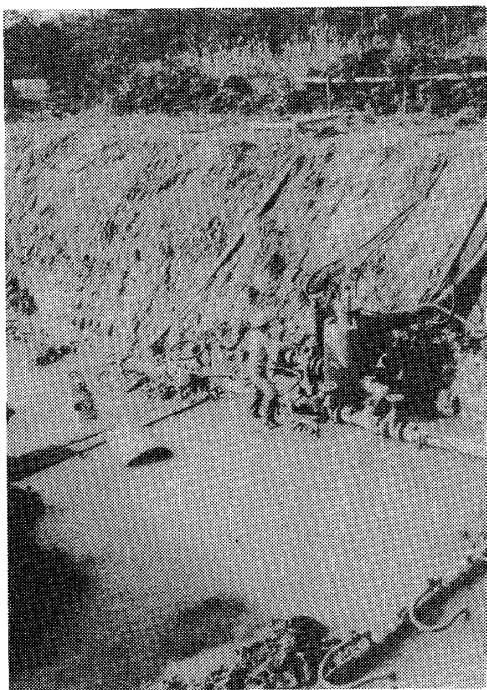


写真 2.4 掘削工事に伴う湧水の排水
Photo 2.4 The gushing water of excavation work

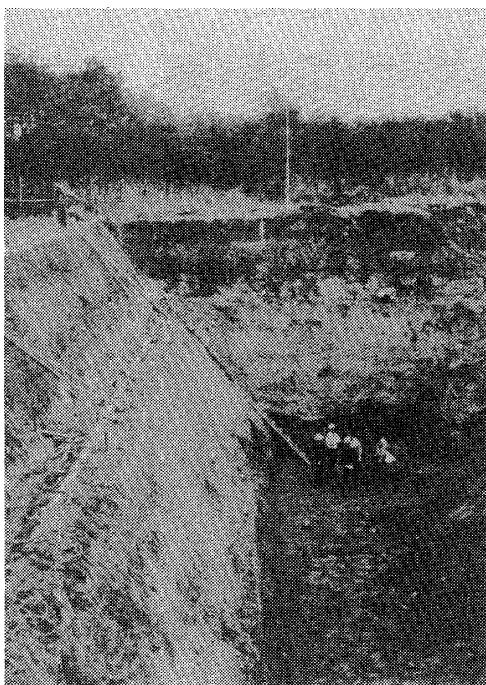


写真 2.5 基礎底支持地盤決定チェック
Photo 2.5 The check of bearing soil layer of shaking table foundation

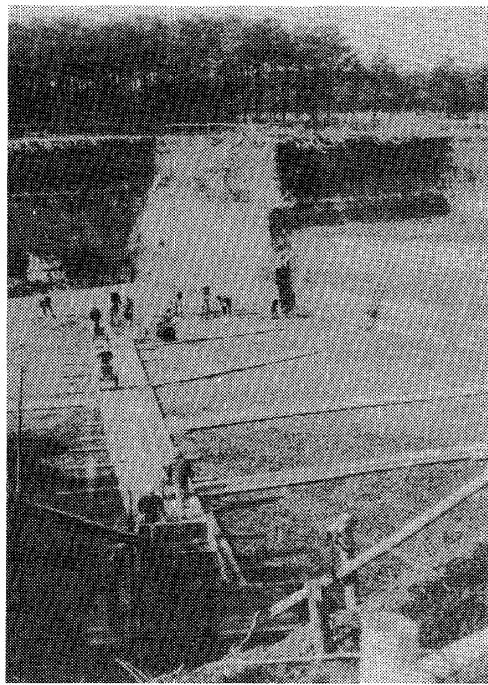


写真 2.6 基礎捨コン打設工事
Photo 2.6 The revelling concrete work

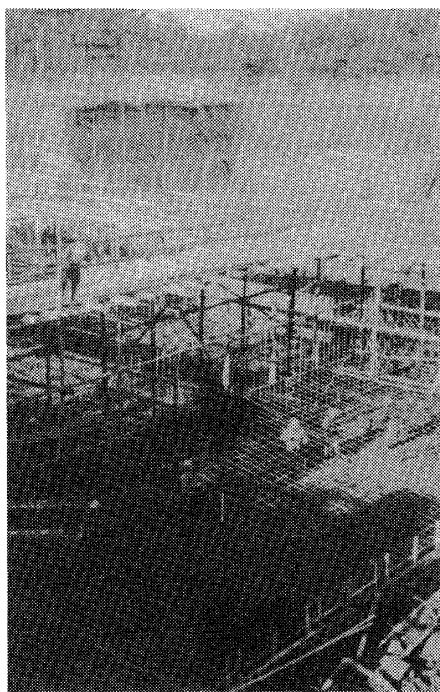


写真 2.7 基礎配筋工事
Photo 2.7 The arrangement of reinforcement

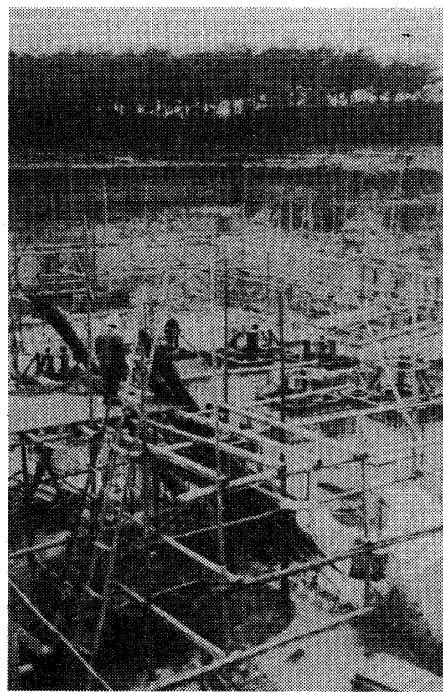


写真 2.8 上下加振機用アンカーフレーム設置
Photo 2.8 The setting of anchor frame of vertical actuators

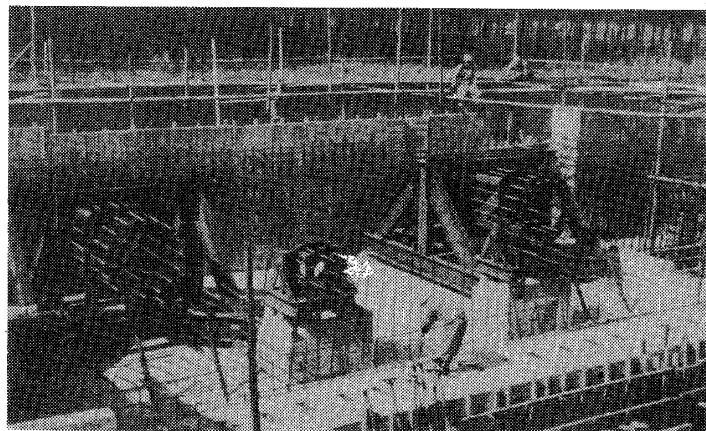


写真 2.9 水平加振機およびガイドシリンダー用アンカーフレーム設置
Photo 2.9 The setting of anchor frames of the horizontal actuators and guide cylinders

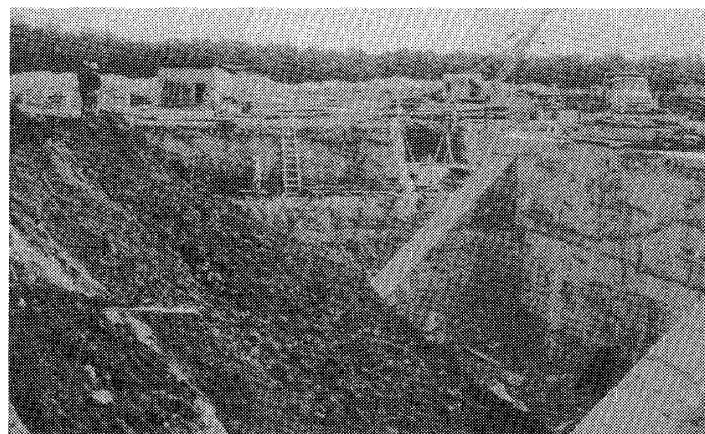


写真 2.10 基礎埋戻し工事
Photo 2.10 The back fill work

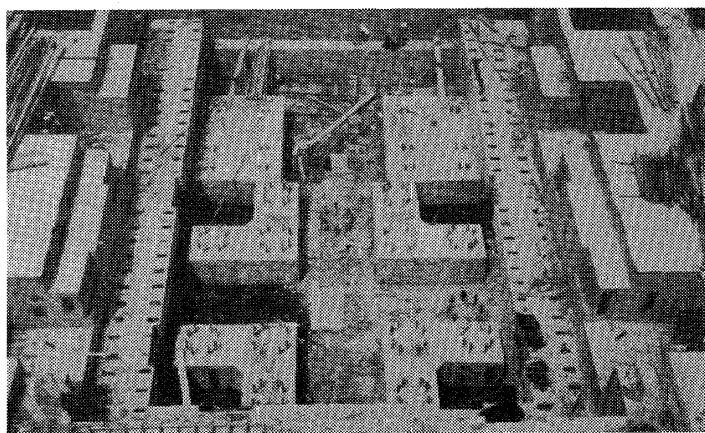


写真 2.11 完成基礎全景
Photo 2.11 The completed shaking table foundation

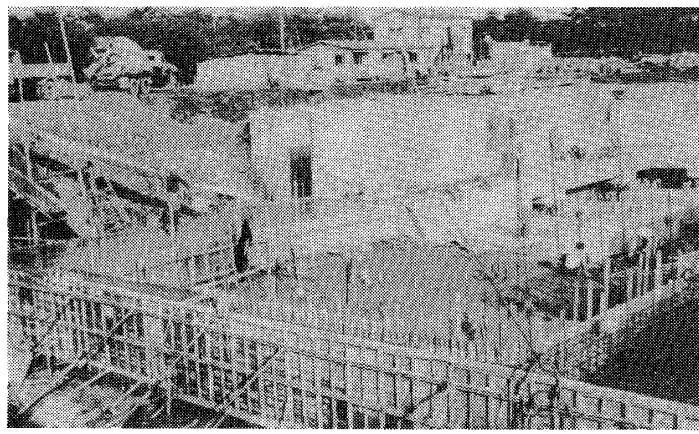


写真 2.12 加振台移動ピット基礎工事
Photo 2.12 The foundation work of table
maintenance pit

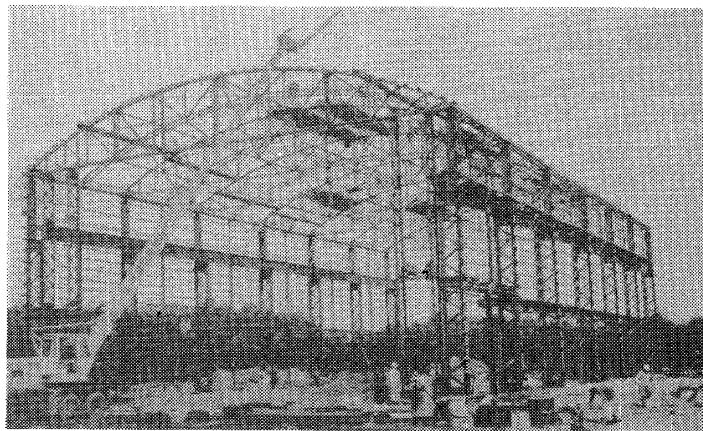


写真 2.13 建家工事（実験室）
Photo 2.13 The skeleton of shaking table room

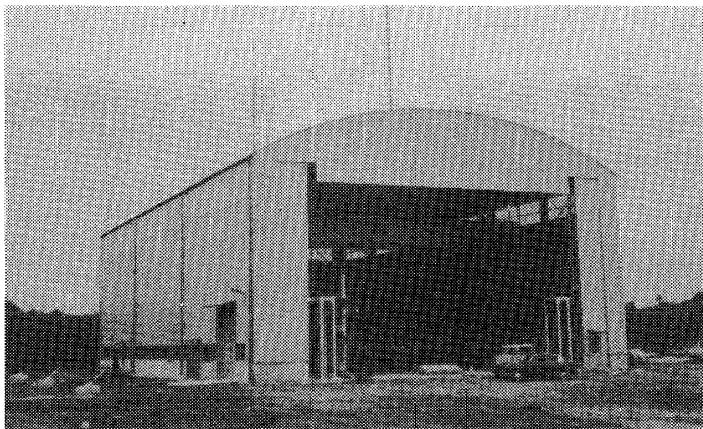


写真 2.14 完成実験室建家全景
Photo 2.14 The completed shaking table room

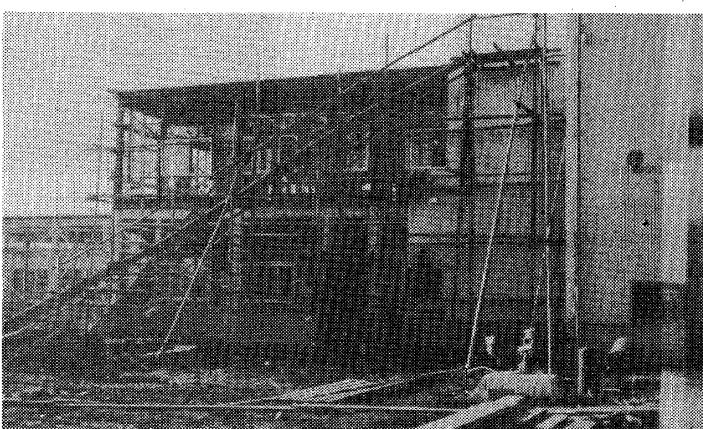


写真 2.15 建家工事（制御室等）
Photo 2.15 The construction of control room

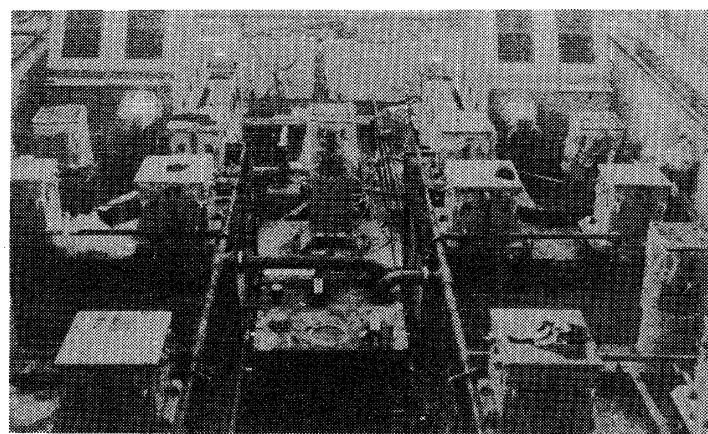


写真 2.16 機器据付工事（静圧軸受等）
Photo 2.16 The setting of hydro-bearing apparatus

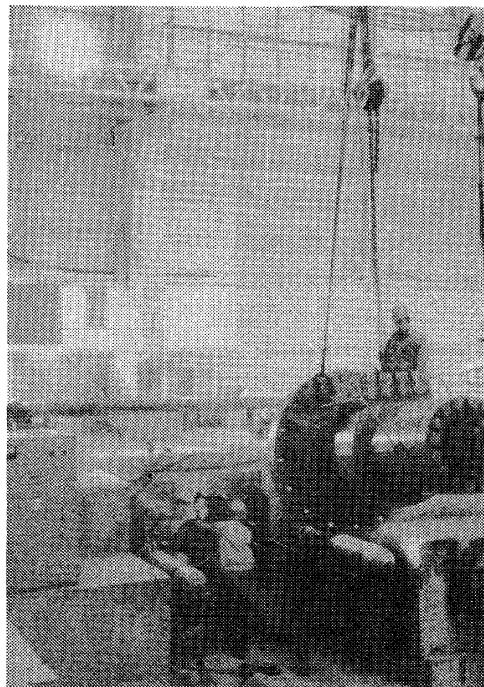


写真 2.17 水平加振機据付工事
Photo 2.17 The setting of horizontal actuator

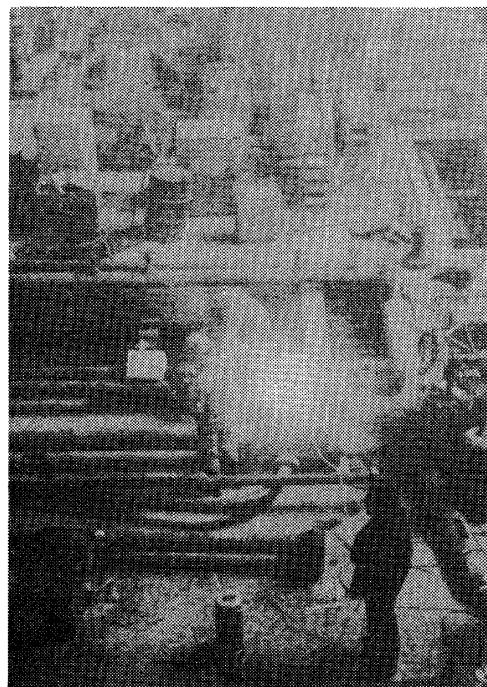


写真 2.18 配管工事
Photo 2.18 The pipe weldings

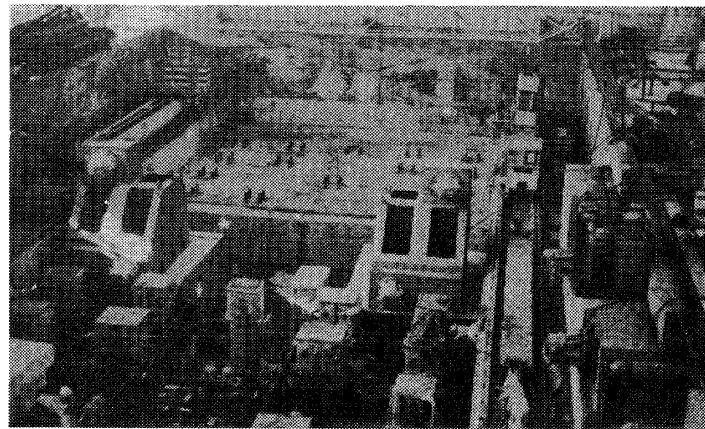


写真 2.19 機器据付工事全景
(加振台ピットで加振台の組立溶接が行われた)
Photo 2.19 The over view of setting works

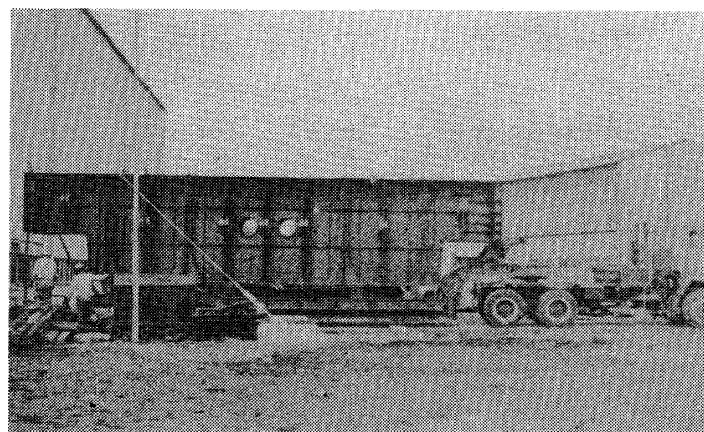


写真 2.20 加振台搬入
(5個のブロックに分けて搬入された)
Photo 2.20 The introduction of table components

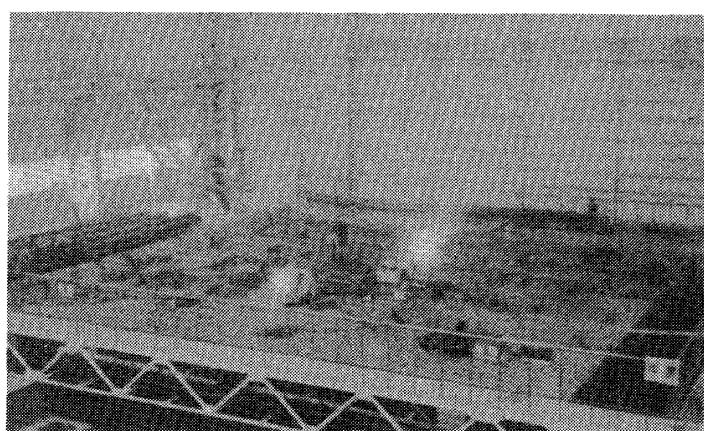


写真 2.21 加振台組立溶接作業
Photo 2.21 The assembly weldings of shaking table

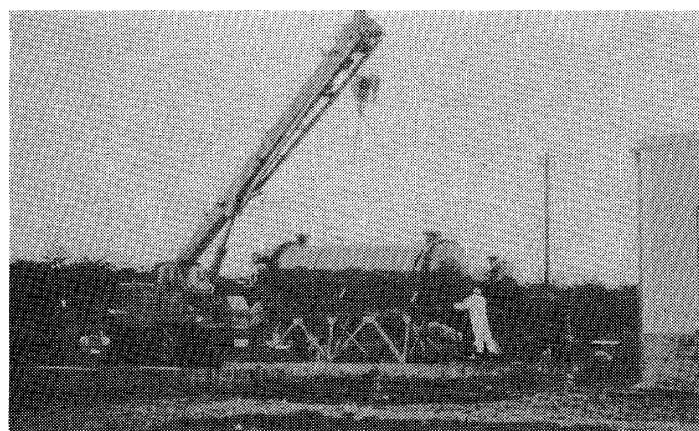


写真 2.22 油冷却装置据付
Photo 2.22 The setting of oil cooler

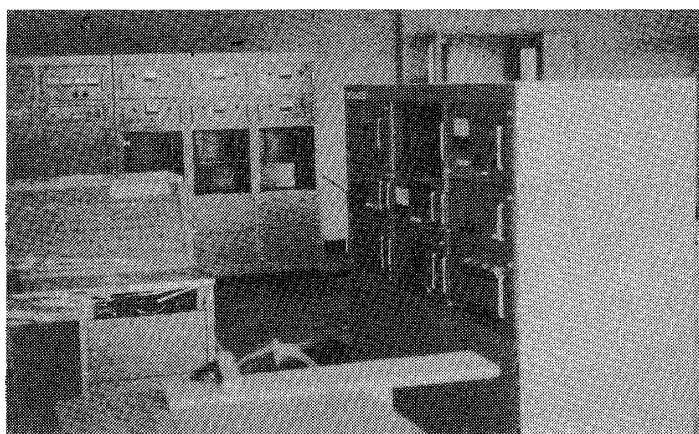


写真 2.23 制御装置据付
Photo 2.23 The setting of electric control units

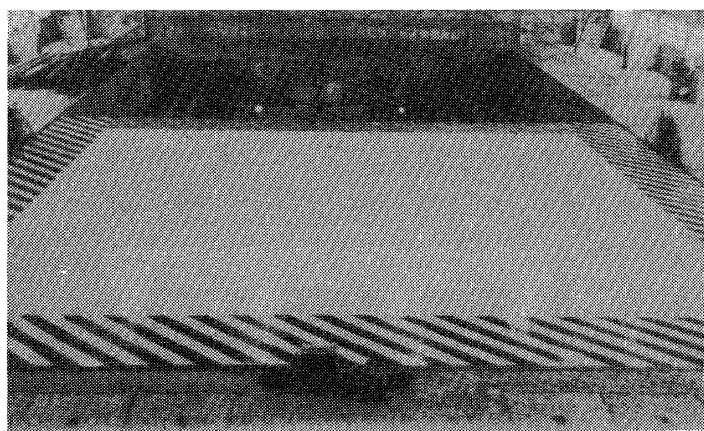


写真 2.24 完成加振台
Photo 2.24 The completed table

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

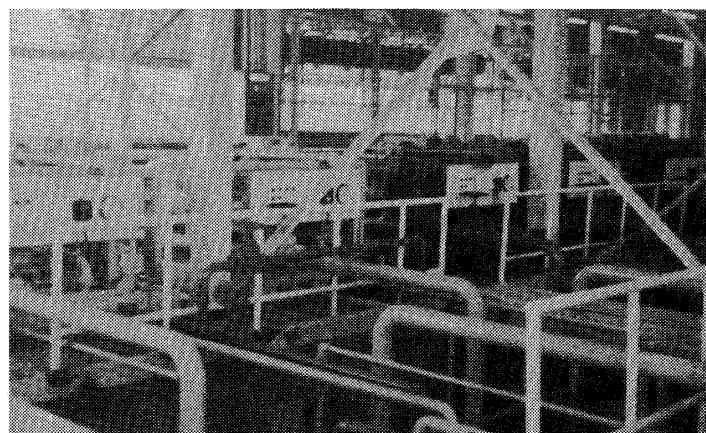


写真 225 完成油圧源
Photo 225 The completed hydraulic power supplies

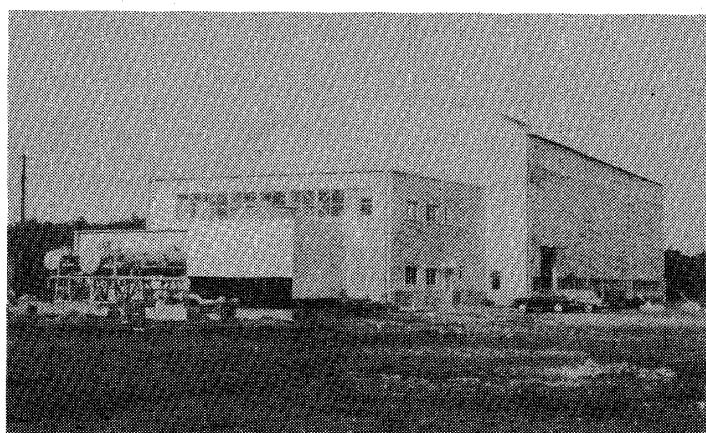


写真 226 完成大型耐震実験室全景
Photo 226 The view of completed facility

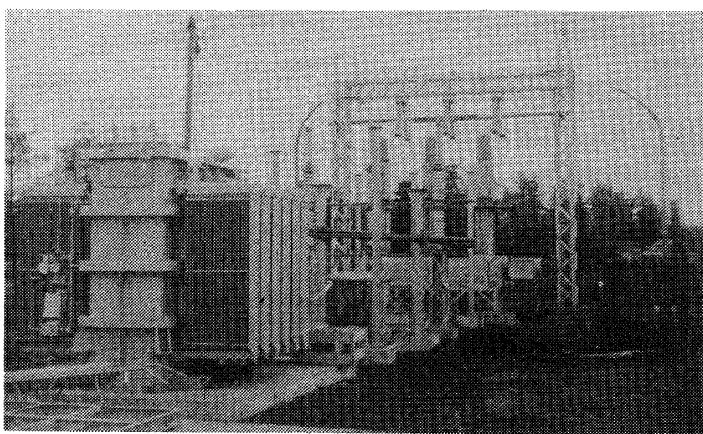


写真 227 受電施設
Photo 227 The electric power facility



写真 2.28 完成披露式

Photo 2.28 The opening ceremony of large-scale shaking table

3. 実験研究の実績

年度	件名	区分
45	プレバブ住宅ユニット 砂箱	(共同)建設省建築研究所 (自体)
46	黒鉛遮へい壁の耐震性に関する研究 河川堤防の耐震性に関する研究 沈埋トンネルの耐震性に関する研究 多柱式基礎の耐震性に関する研究 大型模型タンクの耐震性に関する研究	(受託)動力炉核燃料開発事業団 (共同)建設省土木研究所 (共同)建設省土木研究所 (受託)本州四国連絡橋公團 (共同)通産省公害資源研究所・建設省建築研究所
47	河川特殊堤防の耐震性に関する研究 東京湾横断道路沈埋トンネル及び盛土の耐震性に関する研究 大型模型タンクの耐震性に関する研究 吊橋主塔基礎及び地盤の模型振動実験 住宅設備ユニットと建築躯体の振動実験 耐震実験法に関する研究 砂層の振動性状に関する研究 砂、地盤の振動性状に関する研究	(共同)建設省土木研究所 (共同)建設省土木研究所 (共同)通産省公害資源研究所・建設省建築研究所 (受託)本州四国連絡橋公團 (受託)日本燃焼器具検査協会 (自体) (自体) (自体)
48	砂地盤の振動性状に関する研究 地下埋設管の耐震性に関する研究 河川堤防の耐震性に関する研究 砂地盤の流動化及び沈埋トンネルの耐震性に関する研究 吊橋基礎と地盤の模型振動実験 石油タンク模型振動実験	(自体) (自体) (共同)建設省土木研究所 (共同)建設省土木研究所 (受託)本州四国連絡橋公團 (受託)日本鋼管㈱
49	地下埋設管の耐震性に関する研究 沸とう水型原子炉機器の耐震性に関する研究 免震構法に関する研究	(自体) (受託)(株)日立製作所 (受託)(株)フジタ工業
50	水中盛土の耐震性に関する研究 地中管の耐震性に関する研究 明石海峡大橋の基礎・地盤の振動実験 鉄骨プレース造建物の振動実験	(共同)建設省土木研究所 (共同)建設省土木研究所 (受託)本州四国連絡橋公團 (共同)建設省建築研究所
51	発電変圧器に使用する電力用しゃ断器の振動特性に関する研究 模型特殊堤防の振動実験 模型盛土の鉛直振動実験 構造物と地盤の相互作用に関する研究 地下埋設管の耐震性に関する研究	(受託)(株)明電舎 (共同)建設省土木研究所 (共同)建設省土木研究所 (自体) (自体)
52	構造物と地盤の相互作用に関する研究 鋼板製組立受水槽の耐震実験 盛土の鉛直地盤に対する安定性に関する研究 特殊堤防の地盤時の安定性に関する研究 明石海峡大橋の基礎・地盤の模型振動実験 液化瓦斯貯蔵用プレストレスコンクリートタンクの振動特性に関する研究	(自体) (受託)三機工業㈱ (共同)建設省土木研究所 (共同)建設省土木研究所 (受託)本州四国連絡橋公團 (受託)(株)石井鉄工所
53	耐震性評価に関する研究 河川堤防の模型振動実験及び構造物周辺の液状化に関する振動実験 フィルダムの動的破壊機構の研究 建物倒壊に関する研究 セキスイハウス・レンガ壁耐震実験	(自体) (共同) (受託)電源開発㈱ (自体)(特調) (受託)積水ハウス㈱
54	大谷石埠の耐震実験 168KV真空しゃ断器VCB耐震試験 FRPパネルタンクの耐震実験 スチール棚の耐震研究 プレストレスコンクリート原子炉格納容器耐震実験 日米共同大型耐震実験研究	(受託)大谷石材協同組合 (受託)(株)明電舎 (受託)三菱樹脂㈱ (受託)日本ファイリング㈱ (受託)㈱大林組 (共同)米国、建設省建築研究所
55	FRP製タンクの耐震強度とその他研究 液体と弾性体の連成振動に関する研究 土構造物の動的特性調査 表層地盤の波動伝播に関する研究 軟弱地盤の振動挙動に関する研究 既存木造住宅の耐震実験 自動倉庫の耐震実験 原子力発電所配管の減衰特性実験	(受託)積水工事㈱ (自体) (共同)建設省土木研究所 (自体) (自体) (自体) (受託)(社)日本産業機械工業会 (受託)(株)日立製作所
56	空調用冷却塔耐震強度の研究 堀割道路に関する研究 高圧ガス製造施設に係る塔の振動実験 液体と弾性体の連成振動に関する研究 消防用設備等の耐震性に関する研究 高性能強震計の開発研究 軟弱地盤の振動挙動に関する研究 スチール製蓄熱類の耐震強度の研究	(受託)篠空研工業 (共同)建設省土木研究所 (受託)高圧ガス保安協会 (自体) (共同)自治省消防庁 (共同)気象庁気象研究所 (自体) (受託)篠丸善
57	表層地盤の波動伝播に関する研究 空積みしゃへいブロック壁の耐震実験 貯蔵ビット耐震評価試験 軟弱地盤の振動性状に関する研究	(自体) (受託)篠竹中工務店 (受託)篠石川島播磨重工 (自体)

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	河川堤防の耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	土木研究所 茨城県筑波郡筑波町大字旭1 TEL 0298-64-2211 佐々木 康, 古賀泰之
実験協力機関	供試体製作: 建設省関東地方建設局関東技術事務所常磐用賀(株) 供試体設計: 建設省土木研究所 土質研究室 計測作業: 関東技術事務所 土質研究室 データ解析: 土質研究室, 国立防災センター耐震実験室 理論解析: 同上 その他(顧問等):
実施期間	昭和46年8月 日から 昭和46年9月 日まで
実験目的	1) 地震時の盛土の振動性状を調べる。 2) 河川堤防の中に力学的に要質なものでみる杭が橋台の基礎として打ち込まれた場合の堤体の耐震性の調査
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	振動台上に内り12m×12m×高さ1.5mの鋼鉄のめくを設置し、筑堤して、図1に模型堤防の概要を、図2に実験条件を示す。盛土材料は真砂(筑波山麓産, 石少骨ローム)であり、締固めは、30cm厚ごとにバイプレーションローラ及びビブロランマーを用いて行った。模型は対称で且つ次元的な取扱いをするために写真-1のように、カロ振直角方向法面に土のうを用いた。盛土中に設置した杭は、φ400mm, 内厚6.4mmの鋼管2本で、その頂部には、橋梁上部工や橋台のようないずれか死荷重を模して10tの鋼塊を固定した。

<p>実験結果概要 加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p>	<p>1) 加振方法 共振実験 : 入力加速度 20, 40, 60 gal (共振波) 振動数 1~20 Hz 破壊実験 : 入力加速度 150~200 gal (共振波) 加振時間 20~30 秒 (共振振動数) 入力加速度一定で、振動数を下げて加振する。 破壊が進行しない場合に 加速度を大きくする。 2) 計測方法 加速度計(水平, 鉛直), 土圧計, ストレインゲージ, 相対変位計を堤体及び地盤に設置し、これらの応答値をアナログデータレコーダーに記録した。 3) データ解析方法 アナログデータをローパスフィルターを介してペニレーターに再生し読み取り、物理量に換算し処理した。 4) 理論解析方法 有限要素法により、土の性質が堤体の振動特性に与える影響を調べた。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>1) 木杭の影響は堤体全体に亘るばかりか、木杭の周囲の堤体土にかなりのクラックを生ずる。 2) 基礎地盤が周りとその堤体の破壊率は表面近く離れて生ずる。又、堤体不安定度はかなり高い。</p>
<p>発表文献 別刷・報告書の 余部があれば添付してください。</p>	<p>1) 堤防の大型模型振動実験 土と基礎 Vol. 20, No. 7, 1972</p>

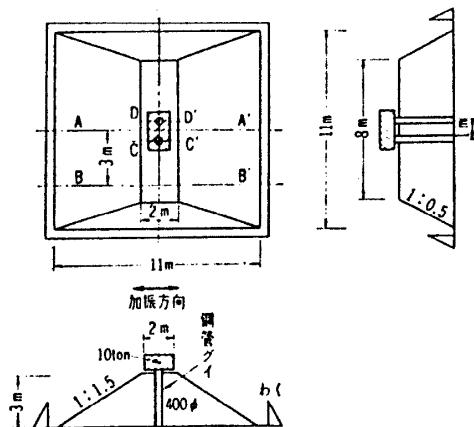


図-1 模型堤防の概要

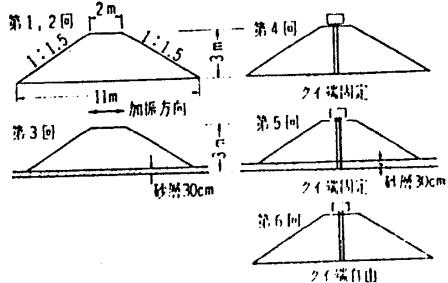


図-2 模型堤防

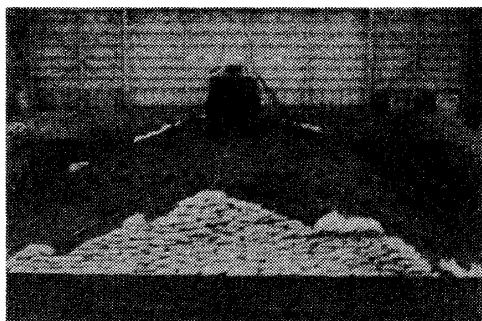


写真-1 実験模型堤防

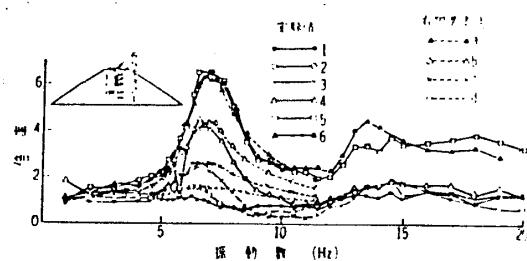


図-3 堤体内加速度 (80 gal)

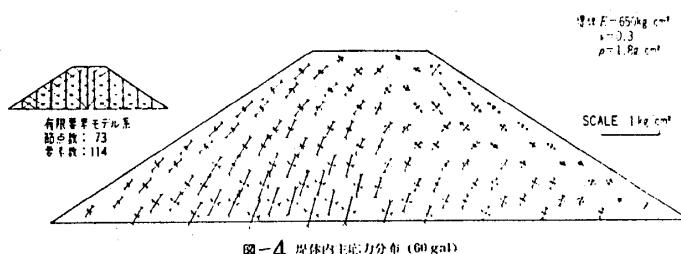


図-4 堤体内主応力分布 (60 gal)

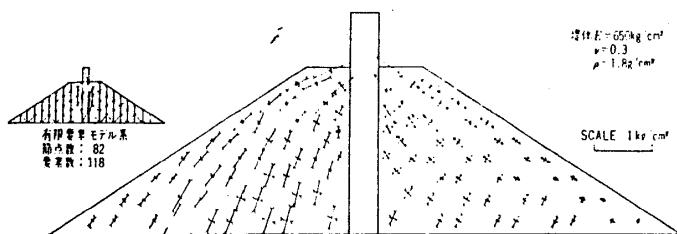


図-5 堤体内主応力分布 (60 gal)

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	沈埋トンネルの耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡筑波町大字旭1 栗林栄一, 岩崎敏男, 辻勝成
実験協力機関	供試体製作: 福山コンサルタント(株) 供試体設計: ✓ 計測作業: ✓ データ解析: ✓ 理論解析: ✓ その他(顧問等):
実施期間	昭和46年11月1日から 昭和46年11月30日まで
実験目的	軟弱地盤内部の沈埋トンネルの地震応答特性を調べる。
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	<p><u>MODEL 1</u> $s = 1/500$</p> <p><u>MODEL 2</u> $s = 1/500$</p> <p>地盤はゼラチンで、 沈埋トンネルはゴム でモデル化した。</p>

	<p>実験結果概要</p> <p>[加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・加振方法 ①正弦波, ②自由振動, ③地震波 ・計測 ①光学式位計 ②16mm高速撮映 ・データ解析 ①共振曲線を求める。 ②振動振幅の分布を求める。 ③減衰定数を求める。
主たる成果	地盤の変位部で、沈埋トンネルに大きな変形が生じる。
発表文献 (別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。)	土木研究所資料 747号「沈埋トンネルの耐震性に関する 調査報告—沈埋トンネルの模型振動実施—, 昭和47年3月」

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	河川の特殊堤防の耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡筑里町大字旭1 0298-64-2211 久榮勝行, 古賀泰元
実験協力機関	供試体製作: 建設省関東地方建設局関東技術事務所常総開発課 供試体設計: 建設省土木研究所土質研究室 計測作業: 関東技術事務所, 土質研究室 データ解析: 土質研究室 理論解析: 同上 その他(顧問等):
実施期間	昭和47年7月 日から 昭和47年8月 日まで
実験目的	堤防の地震時の安定性を検討する実用的方法(安定計算法)を提案すること、およびそれに関係するであろう基礎地盤の支持特性の変化を推定すること。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	図1に模型堤防の形状寸法を示す。模型堤防は振動方向長さ10m, 実行1m, 最高高さ3.5mの堤防形の鉄製工槽中に砂を材料として築堤した。実験ケースは砂のみを材料とする3ケース、及び模型矢板護岸を有する特殊堤の1ケースである。締固めは、ビグロランマールによって±10cm層厚毎に軋み圧を行った。後に地盤下部より給水を行ない、図1に示す水位とした。

	<p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法等について記入してください。</p> <p>1) 加振方法。 芝原実験 台加速度 $\geq 0, 40 gal$ 振動数 $1 \sim 20 Hz$ 加振時間 $20 \sim 30 s$ (各回) 以上17 正弦波水平加振</p> <p>・破壊実験 台加速度 $100, 200 gal$ (合計 $210 gal$)</p> <p>振動数 芝原実験結果より芝原実験 加振時間 $40 \sim 70 s$</p> <p>2) 計測方法 ① 震度計測 (收録 - アロカ - テレコ - ター) - 加速度計 $\geq 9 g$ - 内ケヨ水压計 $14 g$ - 深下計 $17 g$</p> <p>② その他 - コアカーターによる地盤、盛土の速度 - コンベントローラー の電入抵抗</p> <p>3) データ解析方法 收録されたアロカデータを、D-パスフルターを行ってペントローラー再生し、読み易い形を物理量に変換し、圖化して。</p> <p>4) 理論解析方法 地盤内に既存する逆刺向け木柱、盛土土塊に作用する慣性力を考慮した円弧すべり安定計算を行って。</p>
主たる成果	<p>1) 地盤上に築造された堤防の地震時の安定性が地下地中で大きく影響を受け、この原因の解明とその振動に対する抵抗力の増強のためである。</p> <p>2) 振動時に地盤内に発生する逆刺向け木柱を考慮すると、荷重の円弧すべり計算法と震度法とを組合せて安定計算によって実験時の堤防の破壊の有無を説明できよう。</p>
<p>発表文献 別刷・報告書の 余部があれば添付してください。</p>	<p>1) 大型振動台上による模型堤防の振動実験(付1-表) 土木技術資料 Vol. 15, No. 8, 1973. 8</p> <p>2) 第9回土質工学研究発表会, 1974. 6</p>

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

図-1 模型実験堤防の形状と大きさ（実験条件）

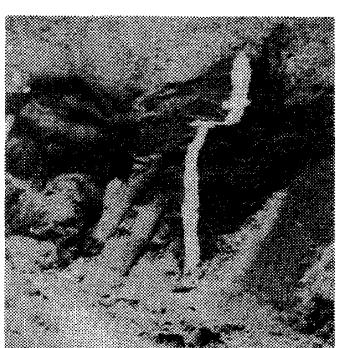
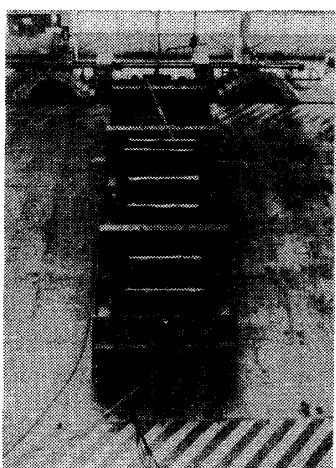
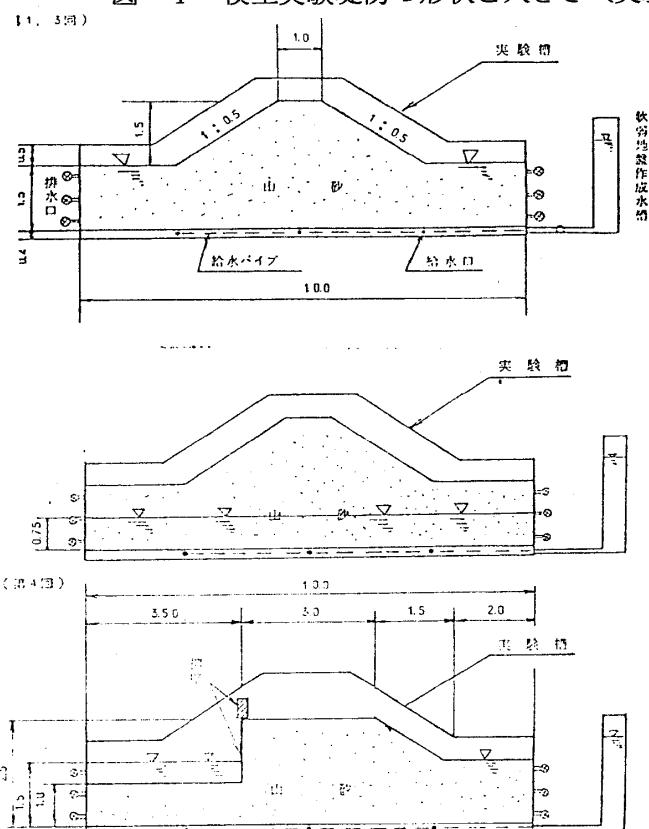
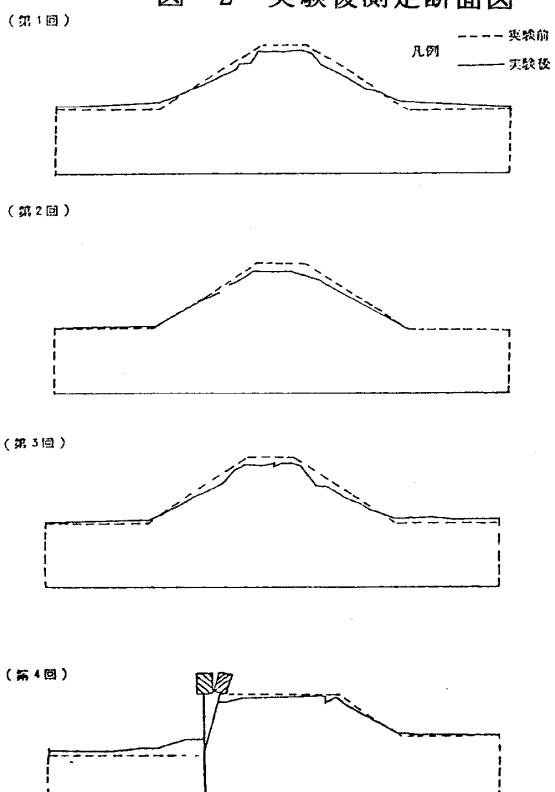


図-2 実験後測定断面図



国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	砂地盤の流動化及び沈埋トンネルの耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡筑西町大字旭1 0298-64-2211 佐々木康、石賀泰元
実験協力機関	供試体製作：建設省関東地方建設局関東技術事務所 供試体設計：常総開発株 計測作業：土木研究所土質研究室 データ解析：土質研究室 理論解析：同上 その他(顧問等)：
実施期間	昭和47年8月 日から 昭和47年9月 日まで
実験目的	沈埋トンネルを対象として、周辺砂地盤の液状化の可能性の判定、液状化時の挙動、液状化時の挙動、液状化对策についての検討を行なう。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	図1に実験模型を示した。実験に使用した砂層は内寸法4m×4m×5m(高さ)の鉄製槽である。沈埋トンネル模型は外径寸法1m×1m×3.8m(奥行)の鋼板被覆をした中空コンクリート製で、見かけの比重1.107である。4回の実験の沈埋トンネル模型周辺に埋戻した粗粒材料は6号砂利石である。砂層材料は山砂であり、基礎固めは人力によるもので、砂層の築造が進むにつれ、下方から浸水させ砂層表面まで飽和させた。

	<p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p> <p>1) 加振方法 ①共振実験 台加速度 20 gal 振動数 1~20 Hz 加振時間 20~30秒 (多振動) (正弦波による水平加振)</p> <p>②液状化実験 台加速度 50, 100, 200, (400) gal 振動数 共振振動数 加振時間 40~60秒 (正弦波による水平加振)</p> <p>2) 計測方法 ①電気計測 加速度、間隔水压、地盤表面及び沈埋トンネル模型の変位 ②その他 コアカッター法による密度、コンペトロメータによる貫入抵抗の測定 (電気計測はアナログデータレコーダーで収録)</p> <p>3) データ解析方法 収録されたアナログデータをローパスフィルターを介してペンレコーダーに再生し応答波形を読み取り物理量に換算(図化)した。</p>
主たる成果	<p>1) 周辺地盤が液状化すると沈埋トンネルは、大きく浮上する。</p> <p>2) ただし、沈埋トンネルの周辺を碎石で埋戻すと浮上量は大きく軽減する。</p>
発表文献	<p>別刷・報告書の余部があれば添付してください。</p>

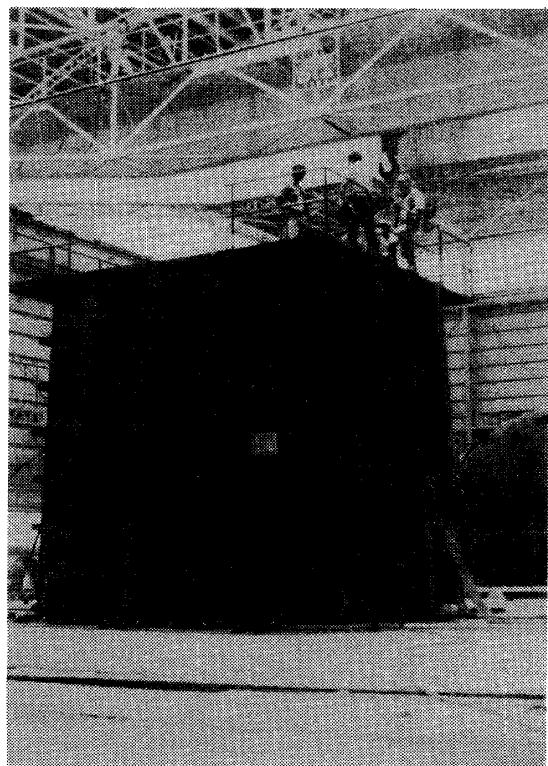


写真-1 砂箱

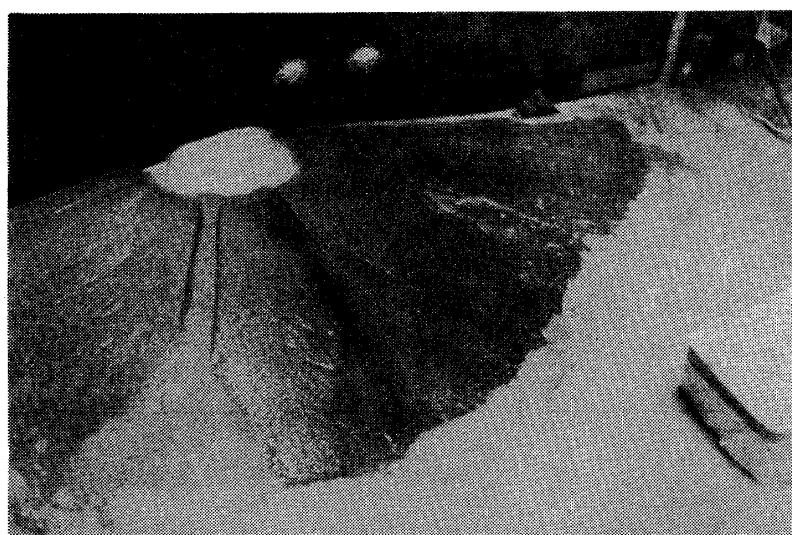
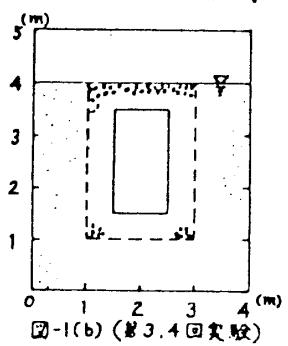
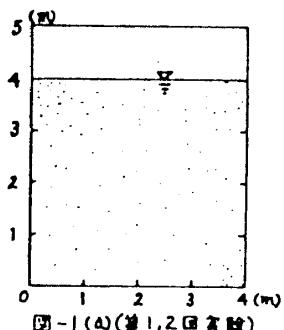


写真-2 液状化した砂



3回 埋め戻し材料なし
4回 埋め戻し材料あり

図-1 実験ケース

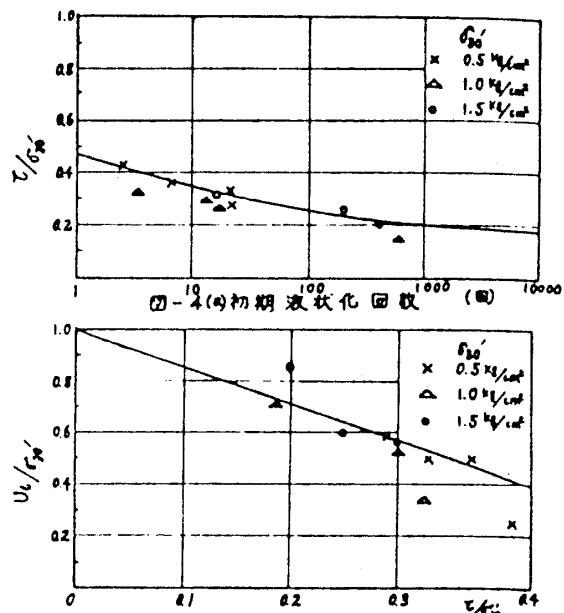


図-3 液状化時の間げき水圧

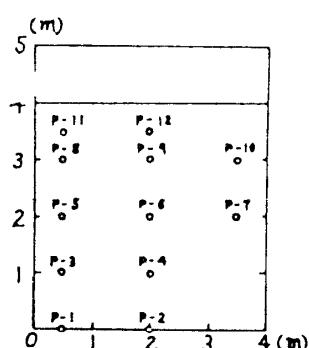


図-2 水圧計配置図

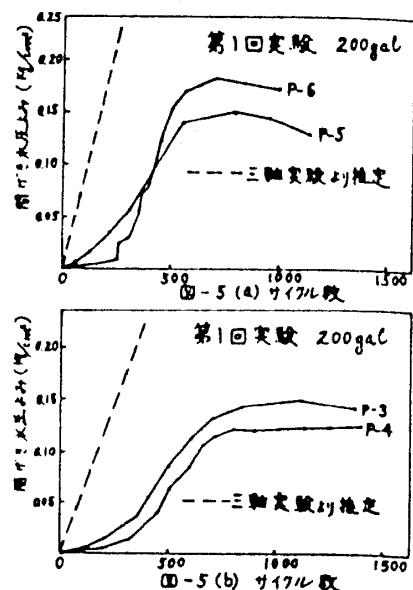


図-4 間げき水圧の挙動

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	東京湾横断道路沈埋トンネル及び盛土の耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 岩崎敏男, 川島一彦
実験協力機関	供試体製作： 福山コンサルタント(株) 供試体設計： フ 計測作業： ヲ データ解析： ヲ 理論解析： ヲ その他(顧問等)：
実施期間	昭和47年10月 日から 昭和48年1月 日まで
実験目的	軟弱地盤上の盛土およびその中に埋設された 沈埋トンネルの地震時特性を調べる。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	<u>地盤材料</u> アクリアマイドケル およびゼラチン <u>沈埋トンネル</u> コム 一般図又別図参照

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

表 1-1 実験モデルの弾性係数(実測値)

	弾性係数 ($\frac{1}{\text{kg}}$)	
	モデル 1	モデル 2
イ フ	1.28	8.9
ロ フ	1.73	1.08
ニ ホ ハ	7.35	5.70
ヘ ハ	1.177	1.177
ト ハ	1.564	1.564
盛 土	上部 下部	1.80 1.29
		1.45

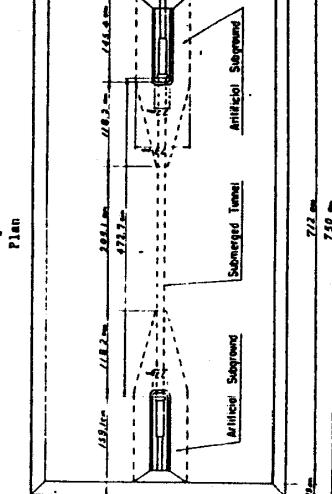
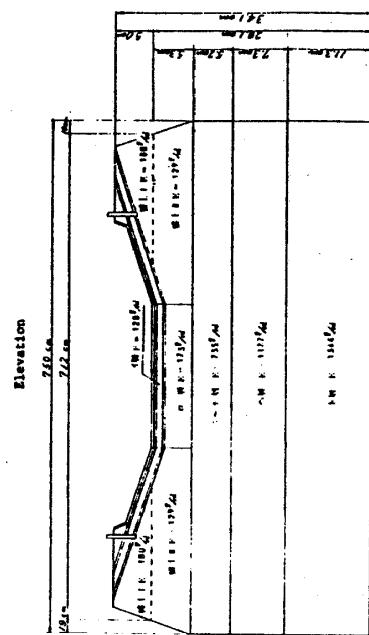
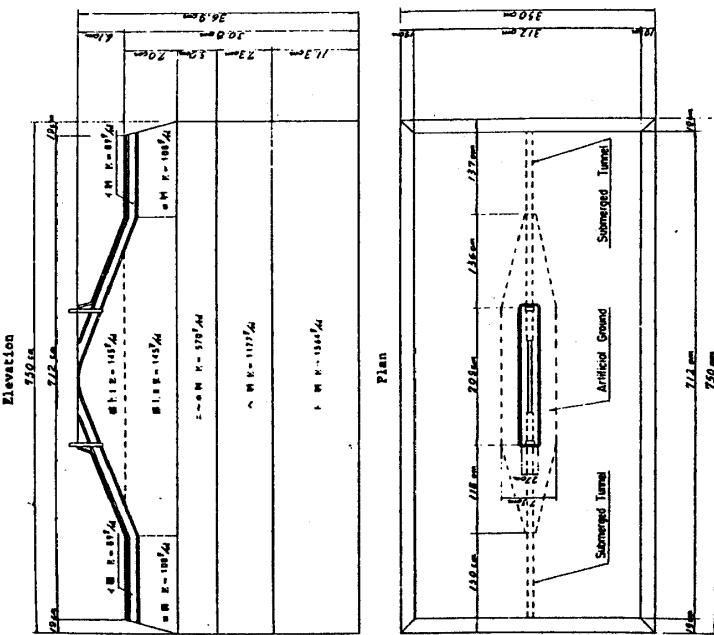
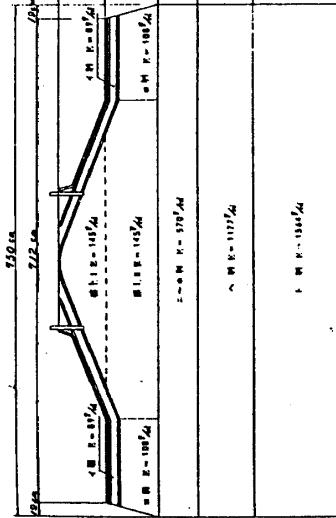


図 1-1 沈埋トンネル中心モデル(モデル 1)

図 1-2 盛土中心モデル(モデル 2)

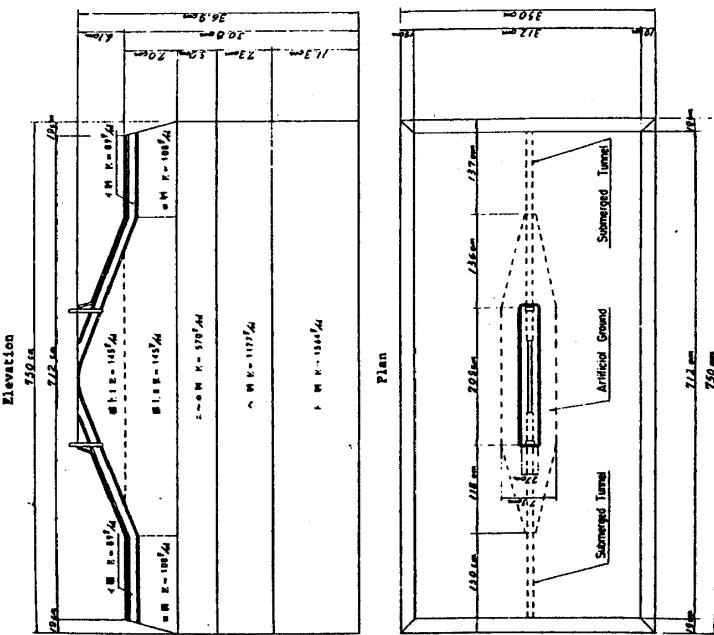


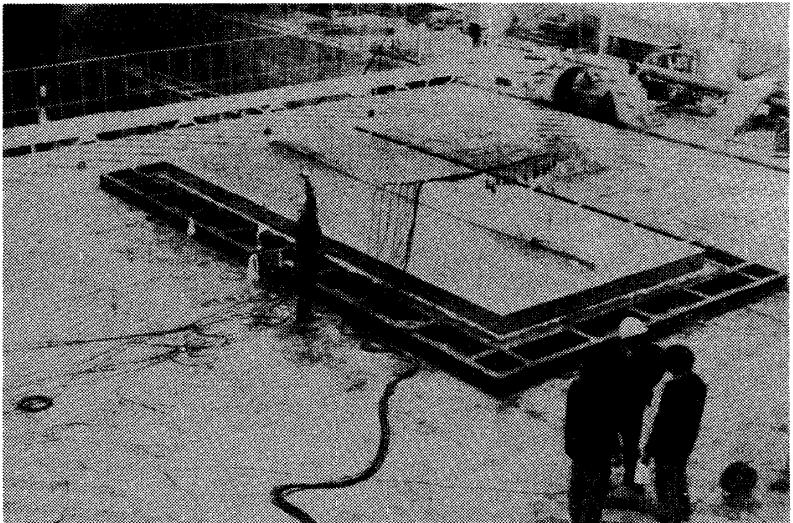
Elevation



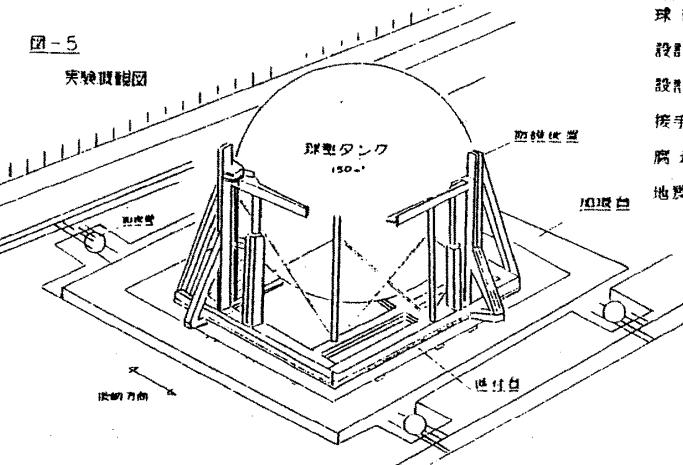
Plan

図 1-2 盛土中心モデル(モデル 2)



<p>実験結果概要 [加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p>	<p>加振方法 ①正弦波, ②地震波, ③ランダム波 計測 ①光学式変位計, ②加速度, ③1/6nm高遠撮映 データ解析 ①共振曲線 ②加速度の増幅特性 ③減衰定数</p> 
<p>主たる成果</p>	<p>沈埋トンネルは、地盤および盛土とおおむね同じような振動をする。</p>
<p>発表文献 [別刷・報告書の余部があれば添付してください。]</p>	<p>①土木研究所資料 851号「沈埋トンネルの耐震性に関する調査報告 — 沈埋トンネルの模型振動実施 脱和47年3月」</p>

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	大型模型タンクの耐震性に関する研究	
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	科学技術庁研究調整局	
実験協力機関	供試体製作 : } (株)川崎重工業 供試体設計 : } 計測作業 : } (株)共和電業 データ解析 : } 理論解析 : } その他(顧問等) : } → } 科学技術庁国立防災 科学技術センター 建設省建築研究所 通商産業省公害資源 研究所	
実施期間	昭和48年2月 日から 昭和48年3月 日まで	
実験目的	ア. 入力波の設計と検定に関する研究 直径6.6mの球型模型タンクの振動実験において、強震計で得られた地震波を大型耐震実験装置の振動波形で再現する手法を開発するとともに、タンクに被害を与える入力波の性質を解明する。 イ. 振動実験によるタンクの強度に関する研究 球型模型タンクの貯水量を0.12mおよび満水の状態で各種の加振を与ひずみ状況を高速度カメラおよびストレスコートにより測定し、タンクの振動性状周期等を解析し、耐震設計の基礎資料を得る。	
供試体概要	 <p>図-5 実験概要図</p> <p>球型タンク (直径 6.6m) 設計圧力 1.0 kPa/cm² 設計温度 5.5°C 接手効率 100% 腐食代 0.37 年 地震伝数 0.3</p> <p>形状 全溶接鋼板製球形タンク 内容物 液化ガス (比重 0.585 / L5°C) 容量 150 m³ アンカーボルト SS41 W1 3/8×170 その他 マンホール、安全弁、液面計、ベンド・フレン ル、温度計、圧力計、注排水ノズル</p> <p>写真等を添付していただければ幸いです。</p>	

<p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p>	<p>a) タンクの基本振動性状を求める為の実験 水量を漸次増加させ各注水率の下でのタンクの弾性範囲における振動性状を求める。弾性振動実験としては次の3種類のものを行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ sin波地動による共振実験 タンク及び内容物の振動周期、及び振動減衰性を調べる為に行う。 ・ 自由振動実験 振動台の動きを完全に止めた状態でのマン・パワーによる加振による自由振動実験である。sin波による共振実験では振動台の制御性能が完全でない場合には、台と試験体との振動が達成し所期の目的を充分に達成し得ない為に、この種の実験が必要となる。 ・ 模擬地震波による加振実験 実測された地震記録に基づいて、振動台の出力に適合する様に作られた模擬地震波を用いた加振実験である。 これにより、地震時のタンクの挙動がある程度明らかになる。 また、ランダムな地震地動に対して試験体をどのようにモデル化すれば解析可能なものになるかが明らかになる。用いた模擬地震波は次の4種類である。名称は原地震記録に拠っている。 <ul style="list-style-type: none"> ① エルセントロ ② 十勝沖 ③ 広尾 ④ タフト1, タフト2 <p>b) タンクの破壊性状を調べる為の実験 タンクが強震を受けた場合に、どの様な破壊性状を示すかを調べる為の実験で振動台の入力としてはエルセントロ波を用いた。エルセントロ波を用いた理由は他の波に比べてエルセントロ波が最も破壊力を持つことが弾性実験で明らかとなった為である。</p> <p>I 検定項目 検定項目は下記の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 地盤部の変位、加速度、変位応答 • 支柱のガセットプレート取付部の変位 • ブレースの変位 • 振動台の変位及び加速度 <p>理論解析モデル</p> <p>W_s 右側 K_s $M_f + M_o$ 固定 K_f $W_o = \text{タンク自重}$</p>
<p>主たる成果</p>	<p>1) 入力波の設計と検定に関する研究 昭和47年度、国立防災科学技術センター耐震実験室において行った大型模型タンクの耐震実験に際して、これに用いる入力波の設計と検定を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 今回の実験に際し、従来保有していた地震波形に加え、タフト、ユーリカ、フェルナンデル等の波形を新たに集め、入力波としての設計、処理、検定を行った。 <p>2) 振動実験によるタンクの強度に関する研究 国立防災科学技術センター耐震実験室において行った実験でつぎのこととが明らかになった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 試験体の設計は破壊性状からみてバランスのとれたものであったが実際の地震を想定して、応答倍率を3~4倍としてみると、このタンクは、烈震時に弹性範囲をこえることが考えられる。 ② ブレースの応力は球殻が剛体として変位するとして計算した値にはば等しい。
<p>発表文献</p> <p>別刷・報告書の余部があれば添付してください。</p>	<p>1) 入力波の設計と検定に関する研究 昭和47年度、国立防災科学技術センター耐震実験室において行った大型模型タンクの耐震実験に際して、これに用いる入力波の設計と検定を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 今回の実験に際し、従来保有していた地震波形に加え、タフト、ユーリカ、フェルナンデル等の波形を新たに集め、入力波としての設計、処理、検定を行った。 <p>2) 振動実験によるタンクの強度に関する研究 国立防災科学技術センター耐震実験室において行った実験でつぎのこととが明らかになった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 試験体の設計は破壊性状からみてバランスのとれたものであったが実際の地震を想定して、応答倍率を3~4倍としてみると、このタンクは、烈震時に弹性範囲をこえることが考えられる。 ② ブレースの応力は球殻が剛体として変位するとして計算した値にはば等しい。

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

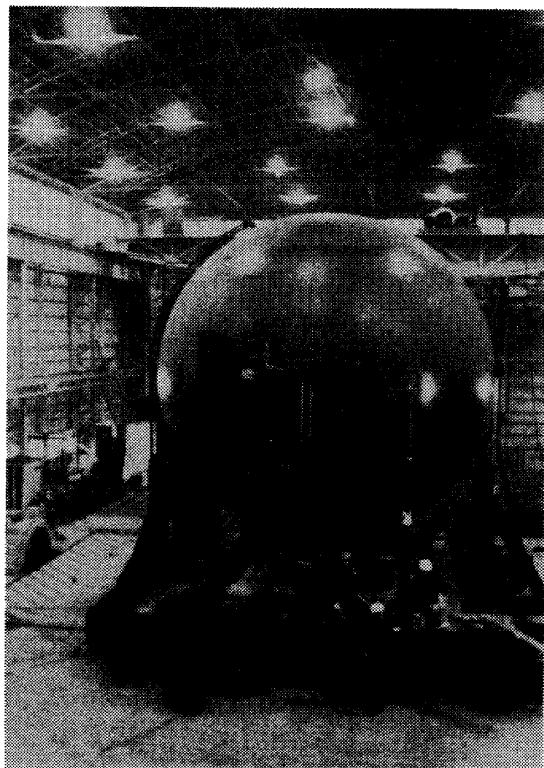


写真-1 大型模型タンク

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	河川堤防の耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡豊里町大字旭1 0298-64-2211 人樂勝行, 古賀泰元
実験協力機関	供試体製作: 建設省関東地方建設局関東技術事務所常総開発課 供試体設計: 建設省土木研究所土質・動土質研究室 計測作業: 関東技術事務所, 土質・動土質研究室 データ解析: 土質・動土質研究室 理論解析: 同上 その他(顧問等):
実施期間	昭和48年7月 日から 昭和48年8月 日まで
実験目的	河川堤防, 道路盛土等の, 地震時に盛土斜面に作用する加速度の大きさとその分布, ならびに盛土に盤中に振動中に作用する過剰間隙水圧などを用い, 円弧すべり計算法と震度法とを組合せた安定解析の方法によって斜面の安定性の検討を行なうことを目的とし, 大型模型振動実験を実施した。
供試体概要	模型地盤の形状を図1に示した。地盤及び盛土は50cm毎に均一に13cmように人力で締固めた。実験のオ1回は水無し, オ2回は水位1.5mとしている。 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕

	<p>実験結果概要</p> <p>[加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p> <p>1) 加振方法・共振実験 加速度 $20 \sim 60 \text{ gal}$ 振動数 $1 \sim 24 \text{ Hz}$ 加振時間 $20 \sim 30 \text{ 分(振動数)}$ 以上の条件で正弦波の共振加振</p> <p>・破壊実験 加速度 $100, 200 \text{ gal}$ 振動数 精度実験より共振振動数 加振時間 60 分 以上の条件で正弦波の共振加振</p> <p>2) 計測方法・観察計測 加速度、向ヶ丘水压、表面変位 ・その他 コアカッター法による密度、及びコーンペネトメータによる土壌入圧荷重の測定 (電気計測範囲はアナログデータ(ロードセル))</p> <p>3) データ解析方法 収録されたADLQデータを、リーベスフィルタを介してエンジニアリング再生し、記録形態を読み取り、物理量に計算し個別化した。</p> <p>4) 理論解析法 i) 内部オベリ面算定法による肯定解析 ii) 震度法による有限要素解析(FEM)</p>
主たる成果	<p>1) 墓防のすゝみ(盛土高)のせん構造に対する盛土での地盤の条件(水位等)及び加速度の大きさとともにその分布が地震時の斜面の安定性に大きな影響を及ぼすこと確かめられた。</p> <p>2) 実験では、日々りとしてオベリ面は認められなかれか、天端面の崩壊の原因は斜面の崩壊と一致していた。</p>
発表文献 別刷・報告書の余部があれば添付してください。	<p>i) 地震時の斜面の安定性 12月 第9回工場工学研究発表会、1974</p> <p>ii) 大型振動台上による模型墓防の振動実験(第2稿) 土木技術資料、1975. 1</p>

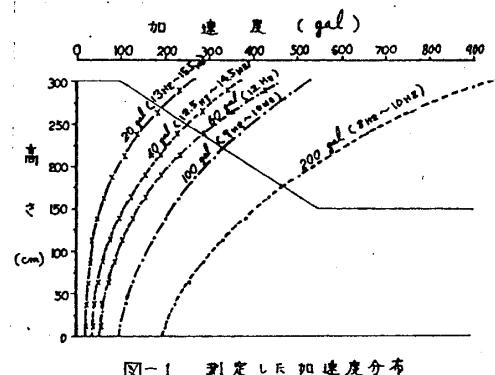
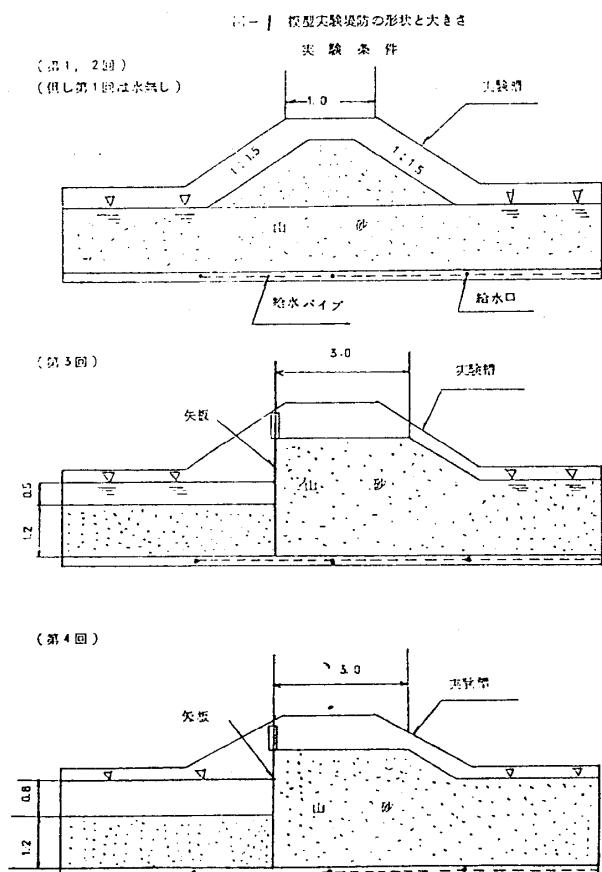


図-1 測定した 加速度分布

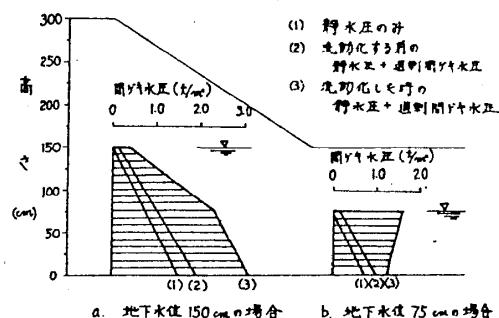


図-2 測定した 間隔水圧の分布

表-1 堤防の安定計算に用いた条件			
地下水位	加速度の分布	間隔水圧	記 号
地下水位	静水圧のみ	①	
なし	静水圧 + 遅延時間水圧	②	
・測定値	静水圧 + 遅延時間水圧	③	
75cm	均	静水圧のみ	④
	・測定値	静水圧 + 遅延時間水圧	⑤
(地盤分 部が既知)	・測定値	静水圧 + 遅延時間水圧	⑥
150cm	均	静水圧のみ	⑦
	・測定値	静水圧 + 遅延時間水圧	⑧

※ 加速度の分布の測定値(14-7-1)を、各測定水位

134-8-10を用いた。

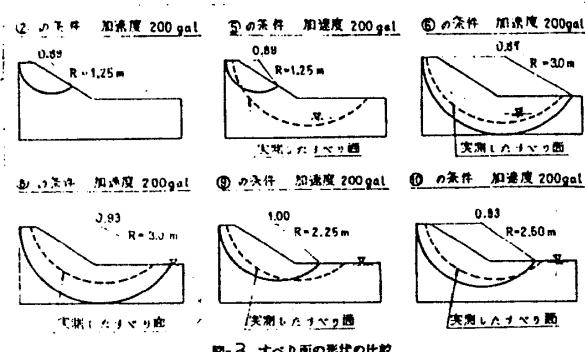
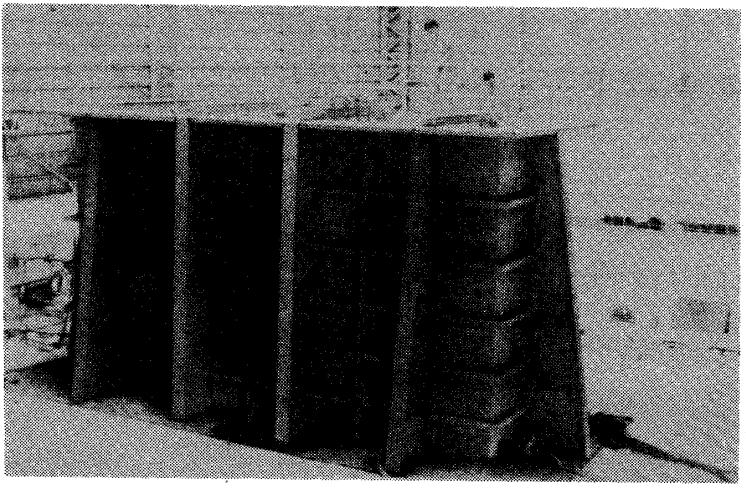


図-3 すべり面の形状の比較

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	砂地盤の流動化及び沈理トンネルの耐震性に及ぼす研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡筑波町大字旭 0298-64-2211 古賀泰元
実験協力機関	供試体製作：建設省関東地方建設局関東技術事務所 供試体設計：常総開発(株) 計測作業：土木研究所動土質研究室 データ解析：動土質研究室 理論解析：同上 その他(顧問等)：同上
実施期間	昭和48年8月 日から 昭和48年9月 日まで
実験目的	沈理トンネルに於いて周辺地盤の液状化の可能性の判定、液状化時の挙動、液状化対策等についての検討が必要である。液状化現象は一般に室内動的せん断試験によって検討される場合が多いが、地盤全体としての液状化現象の把握、検討を目的としたため、大型砂層模型を用いた振動実験を行なった。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	図-1に実験模型を示す。砂層は山砂を用いた。沈理トンネル模型は $1m \times 1m \times 1.8m$ の中空コンクリートで、見かけの比重は、1.07である。粗粒材は6号石子石である。 

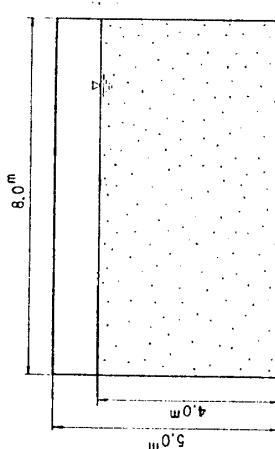
実験結果概要 〔加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。〕	<p>1) 加振方法、表-1に示す可加振方法とした。</p> <p>2) 計測方法 加速度計；砂層中、沈降トネル模型 内壁計；"、 土圧計；土槽壁、沈降トネル模型 沈下計；砂層表面、" 以上は既往の既存手法を計算による充電池とアログデータレコーダー収録した。</p> <p>3) データ解析法 収録されたアログデータをローパスフィルターを行してペニレコーター再生し、読み取って値を物理量に変換し処理した。</p> <p>4) 理論解析法 模型地盤を1次元せん断振動として地盤の不飽和条件下的固有周期と水在強度特性、過剰持続性、沈下性状を解析した。又、有限要素法により2次元モデルとし、振動特性を解析した。</p>
主たる成果	<p>1) 測定せんれん速度特性から地盤内のせんれん力分布を推定し、固有周期と強度との関係の沈下過程を良好に予測している。</p> <p>2) 次土室トネルを構成した土壌設置時の周囲に碎石層を設けることにより、液状化時の沈下量を大きく軽減することができる事が見出せた。</p>
発表文献 〔別刷・報告書の余部があれば添付してください。〕	<p>1) 水浸砂層の液状化現象に関する振動実験 土木研究所資料 第1063号、1975.8.</p> <p>2) 同上、 土木学会30回年譲、1975.10</p> <p>3) 水浸砂層の沈下に関する振動実験 第2回UJNR、1975.5.</p>

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

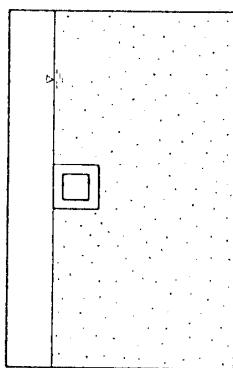
表-1 実験条件

実験番号	共振実験					備考
	-1	-2	-3	-4	-5	
1	6.6~12.5 gal 1~2.0%	3.7 gal 1.2 %	6.1 1.0 %	13.8 1.1 %	2.74 7.6 8.4	0.826 9.2
2	計測不良	5.7	1.00	1.95	3.30	5.0 cm厚ごと 足踏み
3	6.9~18.5 1~2.0	6.6 1.2	9.9 1.1	2.00 8.1	3.65 7.8	3.0 cm厚ごと 足踏み
4	2.2.1~4.2.2 1~2.2	6.1 1.2	1.26 1.1	2.28 7.2	4.83 7.3	0.680 8.5
5	1.8.2~5.4.5 1~2.4	7.4 7.5	1.31 1.1	2.30 6.8	4.90 6.8	0.758 8.2
6	1.9.4~6.5.7 1~2.0	8.4 1.2	1.40 1.1	2.30 6.7	4.55 7.0	0.741 7.2

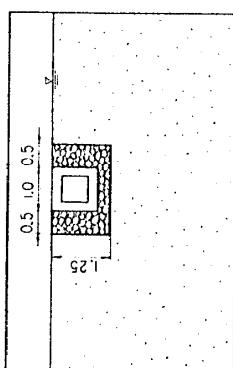
* 合加速度の定常値
** 全加振時間



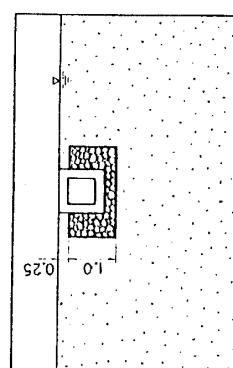
(a) 第1, 2, 3回



(b) 第4回



(c) 第5回



(d) 第6回
図-1 砂層及び模型条件

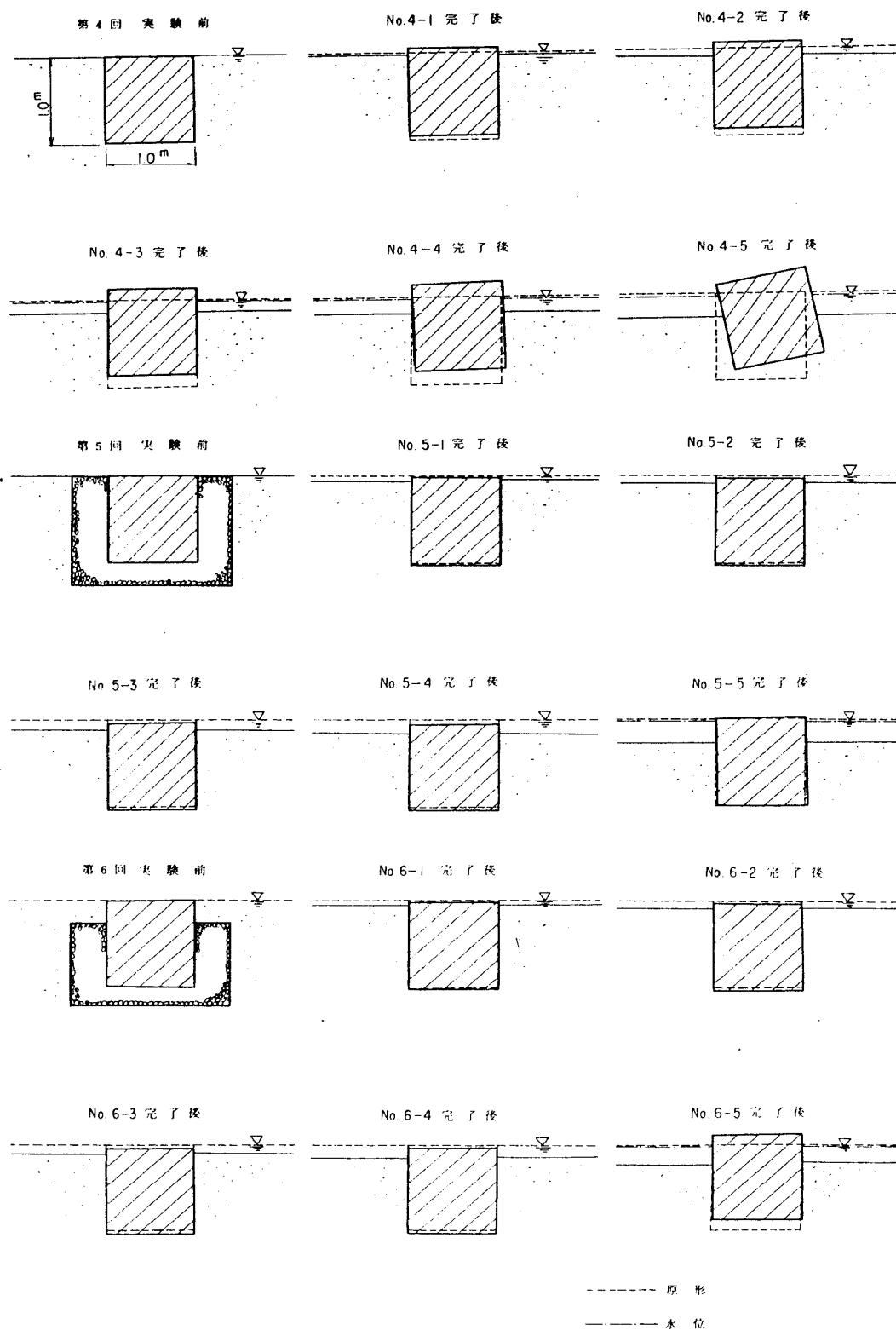


図 - 2 埋設模型の移動

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	石油タンク模型振動実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	日本鋼管(株) 技術研究所重機研究室 (当時) 神奈川県横浜市鶴見区末広町2-1 水村裕洋
実験協力機関	供試体製作：日本鋼管 供試体設計： 計測作業：防災センター、日本鋼管 データ解析： 理論解析： その他(顧問等)：東洋大学 高田(秀信)教授 東京大学 山本(善元)教授
実施期間	昭和49年2月15日から 約2週間 昭和 年 月 日まで
実験目的	当時新潟地震の昭石6万㎘の原油浮屋根タンク(FRT)の火災が問題となっていた、また超大型のFRTの建設設計画がstartしていくので、FRTの耐震安全性の確認の必要があった。これに対し我々は揺動防止装置を検討し実験した。 ・地震等における浮屋根構造の揺動状態把握、タンク側板底板の応力振幅、タンク内流体の流動状態把握、揺動防止装置の効果の確認
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	・テストタンク I $4,500^{\phi} \times 1,000^H$ Shell 2.3~3.2t, bottom 6t, 台付 ・テストタンク II $2,000^{\phi} \times 900^H$ Shell 0.9t ・揺動防止装置 ウイヤメッシュ、波板、フルゲート板、格子板等の薄板構造物。 ・波高計、高速カメラ、波高測定用格子、微圧計、変位速度加速度計、流速計。

<p>実験結果概要</p> <p>〔加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。〕</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・テストタンクに清水を入れ浮屋根を浮かせ、撓動防止装置、計器類をセットして加振した。 加振方法：正弦、矩形、三角、エルセントロ、千勝沖の波形 計測方法：応力 ストレングージ～40cm 波高（容量形 微圧形） 波面のパターン 波高測定格子 ・応力振動は1/1zが多く参考にさせていただいた。
<p>主たる成果</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・原油浮屋根タンク（3万～15万t）の耐震構造の考え方を確立した。 ・撓動防止装置は著効があった。 ・応力・破壊式験はスケール合せがうまくいかず失敗だった。
<p>発表文献</p> <p>〔別刷・報告書の余部があれば添付してください。〕</p>	<p>この実験については、担当者として考えられがあり、また会社として企業秘密漏洩防止上公表していない。</p> <p>関連特許 実公昭55-39832、39833、実開昭51-3114、 (確定いしたもののみ) 特公昭53-26846、その他</p>

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	地下埋設管の耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	国立防災科学技術センター 大型実験研究部 茨城県新治郡桜村大字栗原 賀輪親宏
実験協力機関	供試体製作: (株)応用地質調査事務所 供試体設計: 国立防災センター 計測作業: (株)応用地質調査事務所 データ解析: 国立防災センター、(株)応用地質調査事務所 理論解析: 国立防災センター その他(顧問等):
実施期間	昭和49年1月 日から 昭和49年3月31日まで
実験目的	地下埋設管の振動挙動を実験により測定する。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	<p>大型耐震実験装置の西側にある平地に長さ60.5mのJGR125-5の継手ジョイントの鋼管を深さ60cmに埋めた。</p> <p>SECTION</p> <p>EAST</p> <p>N</p> <p>under ground pipe</p> <p>buried hole</p> <p>shaking table</p> <p>GL</p> <p>5m 5m 25m 35m 45m 55m</p> <p>S P V V V V</p> <p>S STRAIN GAGE (AXIAL DIRECT) P EARTH PRESSURE V DETECTOR FOR PIPE (3 DIRECT.) V DETECTOR FOR GROUND (3 DIRECT.)</p> <p>MEASUREMENT POINT SECTION</p> <p>図1 管埋設状況およびセンサー取付状況 Fig. 1 Setting of sensors and pipe-line</p>

<p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p>	<p>実験は振動台を動かすときに生じる振動台周辺の波動を利用して行った。振動台を正弦波で加振するときには正弦波動が地盤に生じる。その振幅は埋設管位置で最大30gal程度であった。</p> <p>測定は歪、土圧、加速度について行い、アメログデータで記録した。測定データには加振振動数以外の高調波がかなり混入しているが、埋設管の振動モードは端部；とくに振動台から離れた端部が大きく振動する傾向が見られた。理論解析は弾性地盤上の梁の継振動を適用した。図のうに定性的には実験を説明できることが分った。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>必ずしも地盤と埋設管が同じ挙動をするとは限らない。</p>
<p>発表文献</p> <p>別刷・報告書の余部があれば添付してください。</p>	<p>国立防災センター研究報告 第16,20号,</p>

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	沸とう水型原子炉機器の耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	(株)日立製作所 機械研究所 〒300 土浦市神立町502 0298-31-5111 内線3042 笠井洋昭
実験協力機関	供試体製作：日立設備工業 供試体設計：日立製作所 機械研究所 計測作業：同上 データ解析：同上 理論解析：同上 その他(顧問等)：同上
実施期間	昭和49年6月 日から 昭和49年7月 日まで
実験目的	① BWR原子炉燃料体の振動特性を調べる。 ② マークIII型 格納容器の
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	写真参照

<p>実験結果概要</p> <p>〔加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。〕</p>	<p>① BWR原子炉燃料棒体 BWRに使用される燃料棒は、燃料棒集合体と呼ばれる細長い角筒が基本要素になっている。これが使いすぎを保つて数百本配置されており、全体が冷却水に没している。ここでは燃料棒集合体の群の最小単位である4本の組について大気中および水中のそれまでの場合の正弦波スイープ試験を行ない、燃料棒集合体の共振曲線を求めた。 計測方法は燃料棒集合体の中央部に加速度計、歪ゲージを取りつけ、トラッキングアナライザで処理した。</p> <p>②マークIII型格納容器 格納容器にはいくつかの種類があるが、最近は形状が単純化されるとともに、大型化の傾向にある。この種の格納容器では、地震時に付加重量の影響による高次振動の発生の可能性があること、またフレキタイプの振動についての理論解析と実験性に大きな差があることなどが指摘されている。 本実験は、これらの問題を検討する目的で、格納容器の約1/5の模型を作り、正弦波スイープ試験を主体にして、以下の条件のもとに共振曲線を求めた。</p> <p>実験Ⅰ：本体のみ Ⅱ：本体+付加重量 Ⅲ：本体+付加重量+補強リング</p> <p>計測方法は試験体の各部に歪ゲージ、加速度計を取りつけて、トラッキングアナライザで分析して共振曲線を求めた。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>① 実物部分試験を通じて、燃料棒等全体の減衰特性、また液中の流体力学をもとめることができ、実機設計への基礎データが求まつた。</p> <p>② 実験結果をもとにFEMによる解析手法の妥当性が検証された。</p>
<p>発表文献</p> <p>〔別刷・報告書の余部があれば添付してください。〕</p>	<p>日本機械学会誌、オ79巻、オ689号、昭和51年4月</p>

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

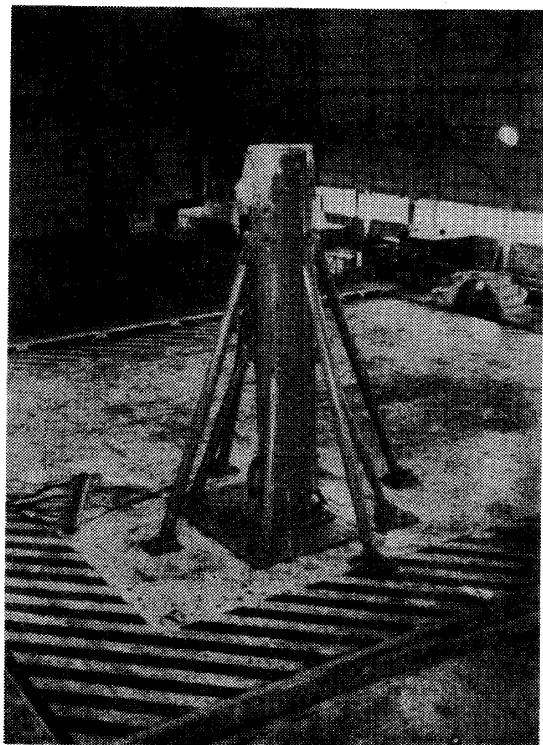


写真-1 BWR原子炉燃料体

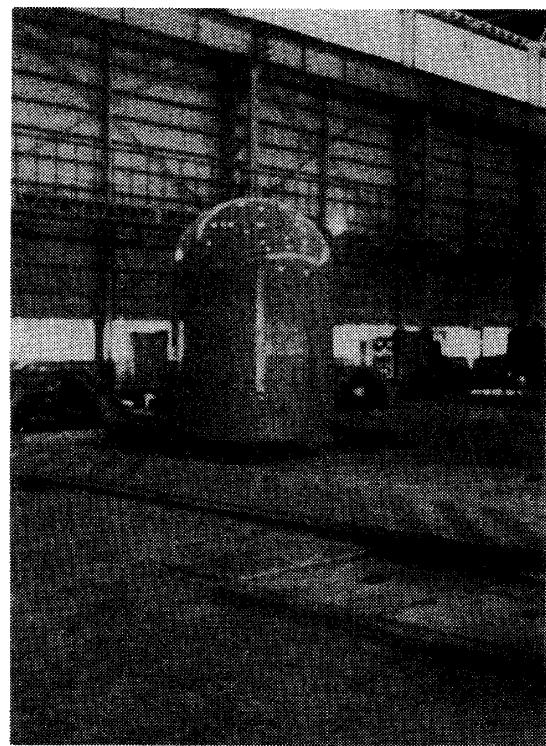


写真-2 マークⅢ格納容器

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	免震構法に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	(株) フジタ工業 技術開発センター 03-402-1911 田村正英
実験協力機関	供試体製作：フジタ工業 供試体設計：同上 計測作業：財團防災科学技術化センター耐震実験室、フジタ工業 データ解析：フジタ工業 理論解析：フジタ工業 その他（顧問等）：
実施期間	昭和49年7月9日から 昭和49年8月21日まで
実験目的	免震構法研究のための基礎資料を得るため
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	供試体1： 鉄骨造18.1t構造、鉄骨上部にPC版を取り付け。 柱脚アーチを特 上部構造重量 25 ton 供試体2： 供試体1の柱脚部を水平方向に慣動柱とした、24台 振動吸収ユニット（バネ+減衰）で支えた。 下部構造重量 1.7 ton

実験結果概要 〔加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。〕	<p>1. 複数試験体による静加力試験 (VIT-70.7 使用) $f=23$ 復元力特性の確認</p> <p>2. 加振方法。 被試験体 : 正弦波 $1\sim3\text{Hz}$ ($0.2\text{mm}, 0.5\text{mm}, 2\text{gal}$) 地震波 ELCENTRO, TAFT, TOKYO-101 ($40, 80, 120\text{gal}$) 不規則震動 ($5, 20, 15\text{mm}$)</p> <p>供試験体 : 正弦波 $1\sim3\text{Hz}$ ($10, 20, 30, 40, 50, 60\text{gal}$) 地震波 $40, 80, 120, 160, 200\text{gal}$ 不規則震動 ($5, 20, 15\text{mm}$) ※振動台入力用地震波は国立防災科学技術センター耐震実験室に依頼</p> <p>3. 計測方法 <ul style="list-style-type: none"> ・変位計、速度計、加速度計 —— 録付重さ、速度、加速度 ・ストレシミ、電磁式変位計 —— 録試験変位 ・ロードセル —— 振動加速度ユニットにかけ荷重 } データ-レ-ジ に記録</p> <p>4. データ解析 <ul style="list-style-type: none"> ・ロードセルデータを通りて解析 ・複数試験体加速度比求めた履歴曲線と静加力試験 から得られた復元力特性を比較 ・加振力と固有振動数、モードとの関係を比較 </p>
主たる成果	<p>振動加速度ユニットは加荷時のバネ定数が三箇所荷時のバネ定数より大きい履歴特性を持ち、又大振幅時のバネ定数は小振幅時のバネ定数より小さな特徴を持つ。以上の傾向は実験値を通じて確認されたが、 静加力試験結果と振動実験結果との寸法比は精度良く一致したが、 原因は柱脚部と振動加速度ユニットとの取付方法が複雑であったためと考えられ、 この点を改良すれば精度が上がるものと思われる。</p>
発表文献 〔別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。〕	<p>平成年度 戸構造モデル開発報告書(下部構造関係)</p>

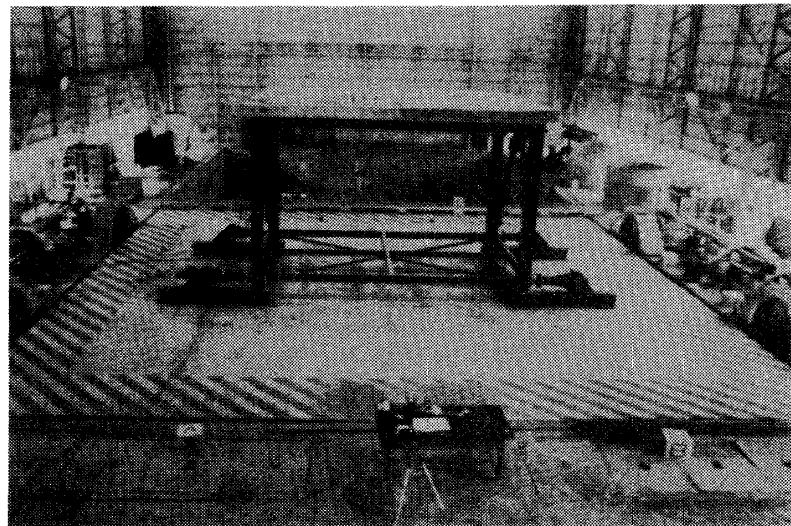
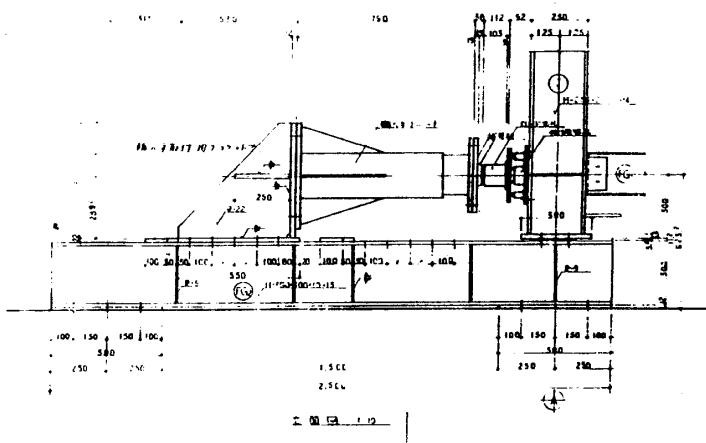
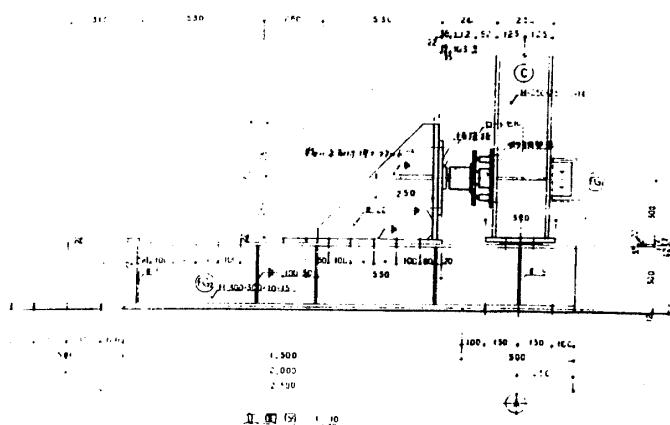


写真-2 供試体No.2全景

供試体 No.2



供試体 No.1



国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	水中盛土の耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	東京都立木研究所 茨城県筑波郡栗原町大字旭1 吉野泰之 0298-64-2211
実験協力機関	供試体製作：建設省関東地方建設局 地盤技術事務所 供試体設計：土木研究所動力地盤研究室 計測作業：動力地盤研究室 データ解析：同上 理論解析：同上 その他(顧問等)：
実施期間	昭和49年7月 日から 昭和49年8月 日まで
実験目的	海浜あるいは海岸に沿岸工事を行う場合、その部分が水没するときにどの程度の影響を受けるかを想定して、 1) 盛土本体が水没したことにより空中にあり場合と比べて、盛土の 運動特性(固有振動数、減衰定数)がどのように変化するか。 2) 水没した斜面の動的剛性 3) 水没した斜面内の動的剛性と向かう水压の性状 4) 水没した斜面の合掌剛性と安定計算法の検討 以上を最終的な目的として。
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	振動台に固定した工種は、長さ12m×高さ5m×奥行2mの鉄製工種である。構造盛土の形状寸法は図-1に示すようである。 実験1は斜面に碎石(6号)を被覆材としておいて113実験2は被覆材が無川場合、実験4は実験1より盛土の密度を若干多く築造している。盛土材料は山砂で、盛土時の締固め層厚は30cm程度とし、締固め方法はオーバーラム法、オーバーラム足踏みとした。盛土築造後排水して実験を行つた後、土槽底部より給水し、深さ4mまで水没して。

<p>実験結果概要 [加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p>	<p>1) 加振方法 表-1に示す 2) 計測方法 加速度計(22ヶ所), 間欠式水圧計(23ヶ所), 移動計(6ヶ所)を設置し移動計を除いてJAPANロードマスターにてデータ収録した。 3) データ解析方法 収録されたアナログデータを、ノバストライテーにてパンレコーターに再生し、読み取り物理量を整理し固定化した。 4) 理論解析法 有限要素法による静的応力、変形解析を行った。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>1) 水中盛土部分は、荷重により液状化し難く、内部的に負の水圧を生ずることはある。 2) 上記のことは、地盤部分の変化に伴う側方移動力により盛土部分の水平土圧が減少するためである。</p>
<p>発表文献 別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。</p>	<p>1) 水中盛土の地震の安定性に関する模型振動実験 工研報告資料第1332号, 1978.3 2) 水中盛土の振動実験 第31回工学会土木分科会講演会, 1976</p>

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

表-1 加振条件

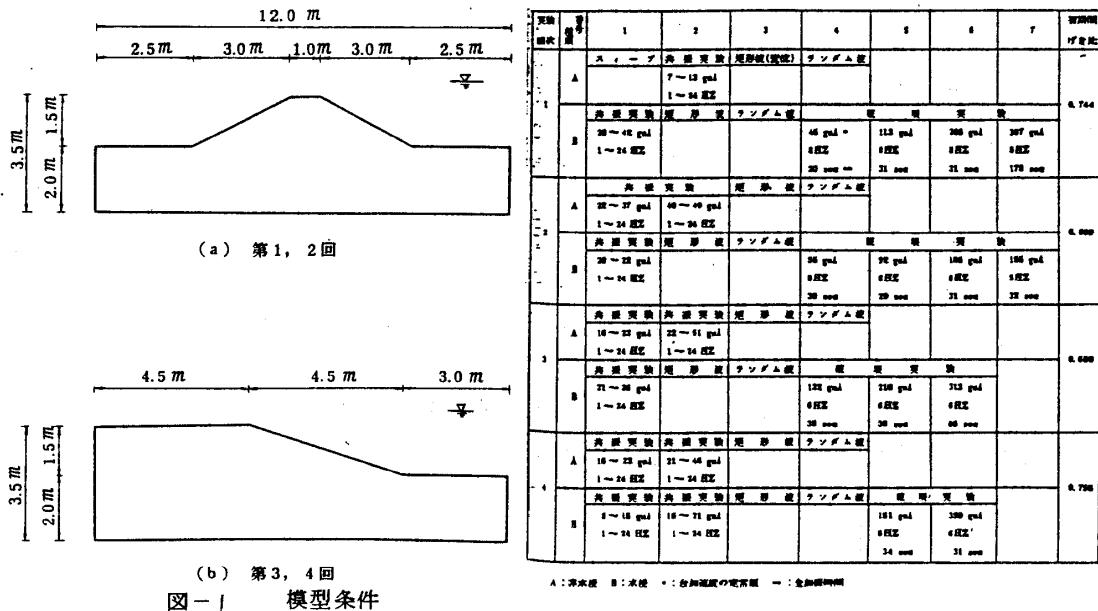


図-1 模型条件

A:荷重振 B:水位 C:台加速度の定常値 D:全加速度振幅

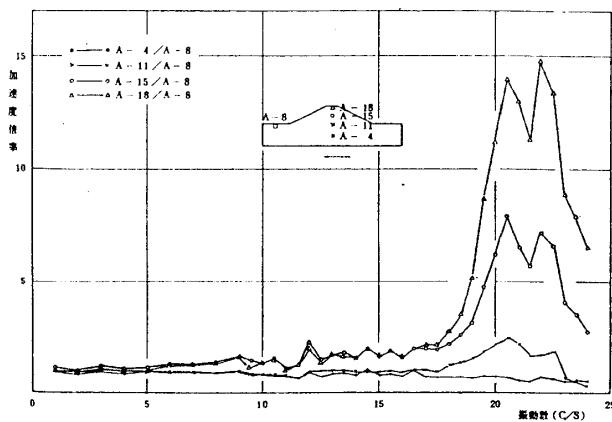


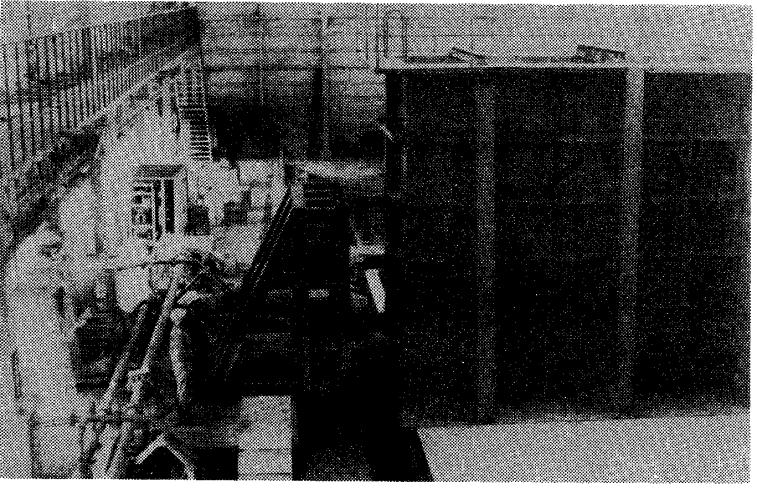
図-2 共振曲線 (1-A-2)

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	構造物と地盤の相互作用に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	国立防災科学技術センター 東京都新宿区 小川信行
実験協力機関	供試体製作：吉田産業(株) 供試体設計： 計測作業： データ解析： 理論解析： その他(顧問等)：
実施期間	昭和49年9月25日から 昭和49年9月28日まで
実験目的	同名テーマによる水平加振の場合に引きつき、振動台上面 や加振時の基礎及び周囲地盤の振動挙動を調べ るために行ったものである。
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	振動台上に6m×12mの砂箱を設置し、これに 砂を入れて負荷とした。
実験結果概要 加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。	とりまとめは水平加振による同名テーマと一緒に行ったので実験結果についてはどちらを参照されたか。

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	地中管の耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 栗林栄一, 岩崎敏男, 川島一彦
実験協力機関	供試体製作： 久保田鉄工(株) 供試体設計： 計測作業： データ解析： 理論解析： その他(顧問等)：
実施期間	昭和49年10月 日から 昭和49年12月 日まで
実験目的	埋設管に地震時に生じる力を明らかにすることを目標に、地盤と埋設管の相互作用を検討する。
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	<p>■ 張ゲージ(1輪)(S) ● 張ゲージ(2輪)(SS) ■ 加速度計(A) △ 実位計(D) □ ロードセル(L) ○ 土圧計(P)</p> <p>500 500 500 500</p> <p>500 500 500 500</p> <p>100 2900 3000 3000 2900 100</p> <p>L-1 S-1 S-3 S-5 S-7 S-9 D-2 L-2 S-2 S-4 S-6 S-8 S-10 S-12 D-4 L-3 S-11 S-13 S-15 S-17 S-19 S-21 D-6 L-4 S-12 S-14 S-16 S-18 S-20 S-22 D-8 L-5 S-15 S-17 S-19 S-21 S-23 S-25 S-27 L-6 S-16 S-18 S-20 S-22 S-24 S-26 S-28 L-7 S-17 S-19 S-21 S-23 S-25 S-27 S-29 L-8 S-18 S-20 S-22 S-24 S-26 S-28 S-30 (上管) (中管) (下管)</p>

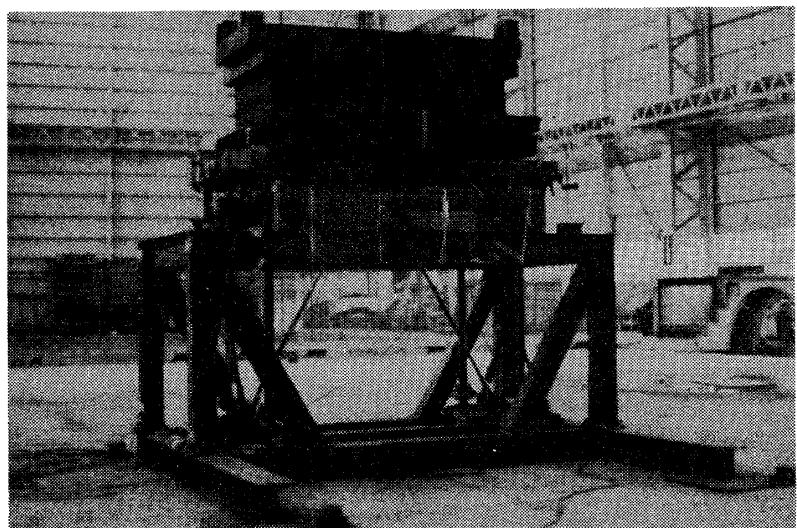
	<p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法等について記入してください。</p> <p>地盤と埋設管の間の相対変位と埋設管へ地盤から伝わる力の関係を求めるためにデータ解析をして。</p> 
主たる成果	<p>1) 地盤から埋設管に伝わる力には上限があり、これを越えると埋設管とそれを取巻く地盤の間にすべりが生じる。 2) 地盤から埋設管に伝えられる力は埋設深度が深くなるほど大きくなる。</p>
<p>発表文献 別刷・報告書の余部があれば添付してください。</p>	<p>土木研究所資料第1266号「埋設管と埋土間の動的相対変位および抵抗力に関する実験的研究」、昭和52年7月</p>

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	鉄骨プレス造建物の振動実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省建築研究所 茨城県筑波郡大徳町立原1番 山内泰之 0298-64-2151
実験協力機関	供試体製作： 鋼機構架部 供試体設計： 建研 計測作業： 建研 + 防災センター データ解析： 建研 + 防災センター 理論解析： 建研 その他(顧問等)：
実施期間	昭和50年1月20日から 昭和50年2月20日まで
実験目的	鉄骨プレス構造の基本的以耐震性状を検討するため。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	1層1スパンス連フレームの大型プレス付 鉄骨構面

実験結果概要

[加 振 方 法]
計 測 方 法
データ解析方法
理 論 解 析 法
等について記入
してください。

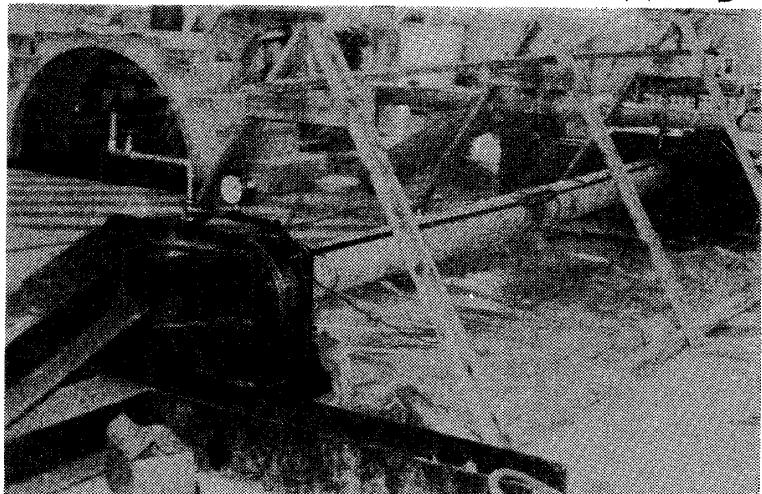


主たる成果

発表文献

[別刷・報告書の
余部があれば添
付してください。]

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	地下埋設管の耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	国立防災科学技術センター 小川信行
実験協力機関	供試体製作：(株)エタニットハイフ ^o 供試体設計：同上 計測作業：国立防災センター データ解析：同上 理論解析：同上 その他(顧問等)：同上
実施期間	昭和50年3月1日から 昭和50年3月31日まで
実験目的	本研究の一環として、動的水圧による石綿セメント管の破壊実験を行った。 石綿セメント管は、上下水道、雨水排水などとして広く用いられており、口径50cmから1mを越えるものまで種々使われている。これらは通常、地中に埋設されているため、周囲から絶えず変動土圧を受けているが、特に地震時には地盤からの強制変位を受け、被害も少くない。水直管の場合には内圧が作用するため、その勢は複雑であり、水圧による被害も考えられる。伊豆半島沖地震における水直管の被害では、水圧が東西とあたられる事例がいくつ見られた。また石綿セメント管は常時ににおいても水壓による破壊事故も少なくない。本実験は動的内圧を受ける石綿セメント管の強度と破壊状況を調べるために行ったものである。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	供試管：石綿セメント管1種(保証水圧35k) 長さ3.36m 7本(No.1-7)うちNo.6,7は補強金剛板入りの管 

	<p>計測には各管の周速度、軸歪、水圧の他、アルミ箔を用いて亀裂の進行を測定した。 管のセット状況は右図の如きである。</p> <p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p> <p>実験の主な結果は以下の通りであった。</p> <p>破壊時の外側亀裂の観察結果</p> <p>は簡単な滑走式であったが定性的には確認できた。また水圧の降下は外側亀裂が全長にわたる後に生じることが認められ、破壊はまず、は一一定応力のもとで脆性亀裂が走り、次いで亀裂部から塑性変形による開口が伴なわれ水圧が降低されている。大略、亀裂速度 ≈ 1600 %/s である約48%であるが、これは脆性破壊の理論より得る値と傾向としては一致している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>試験番号</th> <th>破壊時水圧 (kPa)</th> <th>周速度 (mm/s)</th> <th>軸歪 (%)</th> <th>加圧方法</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>71</td> <td>16.4</td> <td>14.3</td> <td>定速走行</td> <td>石綿一層</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>74</td> <td>17.1</td> <td>15.3</td> <td>6.4 kPa/sec.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>68</td> <td>15.3</td> <td>13.6</td> <td>10.4 kPa/sec.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>68</td> <td>14.7</td> <td>12.0</td> <td>正弦波状 0.5 Hz</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>67</td> <td>15.0</td> <td>14.3</td> <td>2 Hz</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>66</td> <td>6.00 (13.0)</td> <td>11.00</td> <td>0.5 Hz</td> <td>損傷位置</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>73</td> <td>9.00</td> <td>10.7</td> <td>2 Hz</td> <td>セット量</td> </tr> </tbody> </table> <p>破壊の性状</p>	試験番号	破壊時水圧 (kPa)	周速度 (mm/s)	軸歪 (%)	加圧方法	備考	1	71	16.4	14.3	定速走行	石綿一層	2	74	17.1	15.3	6.4 kPa/sec.		3	68	15.3	13.6	10.4 kPa/sec.		4	68	14.7	12.0	正弦波状 0.5 Hz		5	67	15.0	14.3	2 Hz		6	66	6.00 (13.0)	11.00	0.5 Hz	損傷位置	7	73	9.00	10.7	2 Hz	セット量
試験番号	破壊時水圧 (kPa)	周速度 (mm/s)	軸歪 (%)	加圧方法	備考																																												
1	71	16.4	14.3	定速走行	石綿一層																																												
2	74	17.1	15.3	6.4 kPa/sec.																																													
3	68	15.3	13.6	10.4 kPa/sec.																																													
4	68	14.7	12.0	正弦波状 0.5 Hz																																													
5	67	15.0	14.3	2 Hz																																													
6	66	6.00 (13.0)	11.00	0.5 Hz	損傷位置																																												
7	73	9.00	10.7	2 Hz	セット量																																												
主たる成果	<p>動的水圧による破壊は静的な水圧による破壊に比し、亀裂の規模が大きく、パターンもいくつもあることが判明した。</p>																																																
発表文献 (別刷・報告書の余部があれば添付してください)	<p>土木学会第30回学術講演会 (1975.10月) 国土防災セミナー研究報告 No.15</p>																																																

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	模型盛度の鉛直振動実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡筑波町大字旭1 0298-64-2211 古賀泰之
実験協力機関	供試体製作：建設省関東地方建設局関東行政事務所 筋織陶器(株) 供試体設計：土木研究所 土質研究室 計測作業：同上 データ解析：同上 理論解析：同上 その他(顧問等)：
実施期間	昭和50年7月 日から 昭和50年8月 日まで
実験目的	盛土を構成する土は、その強度の1部又は大部分が直角アモリティ摩耗力に依存していき、またこれが地震動の鉛直成分起因する鉛直摩耗力が、自重の変化に伴う、土の強度変化を引き起す。このため、鉛直地盤力が盛土の安定性にどのような影響を与えるのか、検討を行なうため実験して。
供試体概要	地盤及び盛土材料は山伏である。図-112 模型盛工の形状 方法を示す。
	[写真等を添付していただければ幸いです。]

<p>実験結果概要 加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p>	<p>1) 加振方法 表-1に示す 2) 計測方法 加速度、角位移、変位の測定をアロフテニタレーターに収録して。尚、振動台の鉛直振動性状を測定するため、振動台の左端、中央、右端に加速度計を設置して。 3) データ解析法 乾燥土をアロフテニアをD-PAS FILTERを介してパンレーラーに再生し、読み取り物理量を直接し固化して。 4) 理論解析法 非一様地盤直加速度を用いての振動解析を行った。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>1) 地盤内における土圧の強さが水平振動の強さより大きくなる場合がある。これは、鉛直慣性力により、且つかけに土圧が増加すると考えらるるか地盤の液化化という現象から、水平振動の強さの増加により危険であるとされる。 2) 地盤が水浸している場合、特に浅層、中央層付近での強度が大きい。 3) 地盤が水浸している場合の盛土部の荷重は大きいものであるが、これが鉛直慣性力よりも過剰土圧を大きく起因している。</p>
<p>発表文献 別刷・報告書の 余部があれば添付してください。</p>	

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

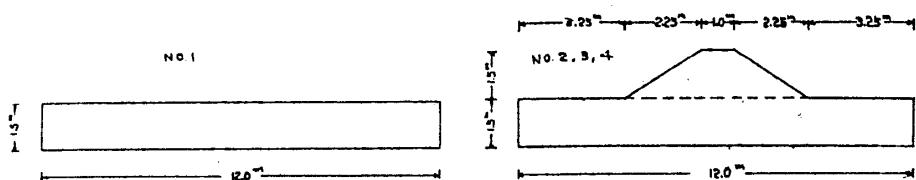


図-1 模型盛土の形状・寸法

No.	水位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0m 共通 実験	20 μJ 40 μJ 1/40-24Hz 1/24Hz									
	1.5m 共通 実験	20 μJ 40 μJ 1/24Hz 1/24Hz	70μJ 120μJ 120μJ 155μJ 165μJ 270μJ 5Hz 12Hz 12Hz 15Hz 5Hz 12Hz								
2	0m 共通 実験	20 μJ 40 μJ 1/24Hz 1/24Hz	115 μJ 110 μJ 105 μJ 115 μJ 180 μJ 140 μJ 270 μJ 5Hz 10Hz 15Hz 5Hz 5Hz 15Hz 5Hz								
	1.5m 共通 実験	20 μJ 40 μJ 1/24Hz 1/24Hz	90 μJ 210 μJ 5Hz 5Hz								
3	0m 共通 実験	20 μJ 40 μJ 1/24Hz 1/24Hz									
	1.5m 共通 実験	20 μJ 40 μJ 1/24Hz 1/24Hz									
4	0m 共通 実験	20 μJ 40 μJ 1/24Hz 1/24Hz									
	1.5m 共通 実験	20 μJ 40 μJ 1/24Hz 1/24Hz	150 μJ 220 μJ 5Hz 5Hz								

表-1 実験条件

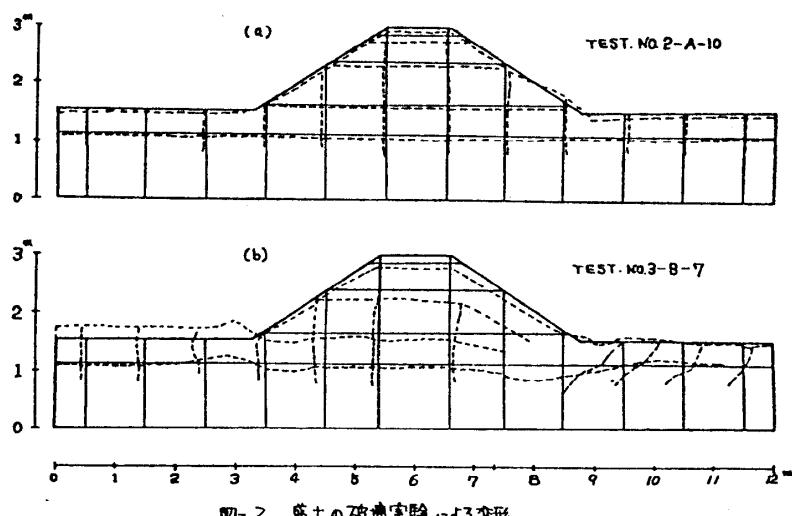


図-2 盛土の破壊実験による変形

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	模型特殊堤の振動実験	
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡筑波町大字旭1 古賀泰之 0298-64-2211	
実験協力機関	供試体製作 建設省東海地方建設局東海技術事務所 供試体設計 土木研究所・土木研究所 計測作業 土木研究所 データ解析 同上 理論解析: その他(顧問等):	
実施期間	昭和50年8月 日から 昭和50年9月 日まで	
実験目的	特殊堤防(挖み工と有する矢板護岸形式の堤防)について 1)振動における矢板に生ずる変形および振動に対する特性 2)かさ上げコンクリートの振動が矢板壁の変形に及ぼす影響 3)複合構造物の振動特性 4)発生し得る重きの破壊パターンの内、どのパターンが相似則を考慮して 作成模型で生じるか 5)安定計算法の検討	
供試体概要	図-1の原型として想定した構造を示す。図-2は模型の概要である。試験台の地盤は砂質、加工用コンクリートは既製の コンクリート製である。模型の縮尺は図-1の原型の $1/4$ として。 模型矢板は $I = 0.663 \text{ cm}^4/\text{cm}$ として。	
	[写真等を添付していただければ幸いです。]	

	<p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p> <p>1) 加振方法 表-1に示す。 2) 計測方法 計測項目 a) 地盤、堤体、コンクリートフロア、控え板の加速度 b) 地盤内の間欠土圧 c) 支板、控え版に作用する主動土圧 d) 地盤、堤体、コンクリートフロア、矢板の変位 e) 矢板のひずみ f) ライロットの張力 以上の項目をアナログデータレコーダー収録して。</p> <p>3) データ解析方法 収録されたアナログデータをローパスフィルターを行ってペンレコーダに再生し、この値を読み取り、観測量を物理量に計算し図化して。</p>
主たる成果	<p>1) 矢板が支えられていないときに、床板の反応が増加するのは土壌の場合よりも砂盤(TD3.0)の場合よりも大きい。 2) 堤体の破壊は全て矢板の前面への移動力という形でとり、この反応領域の前線と主動土圧が控え板の位置まで並んで並んである。反応領域の前線は矢板の前線より後退して土圧の発生力低下(影響)している。 3) 2)の裏返し、ひずみの実測結果から、実測よりて矢板基礎部分で抜け目がない矢板工は、せん断により破壊する可能性があり。</p>
発表文献 (別刷・報告書の余部があれば添付してください。)	

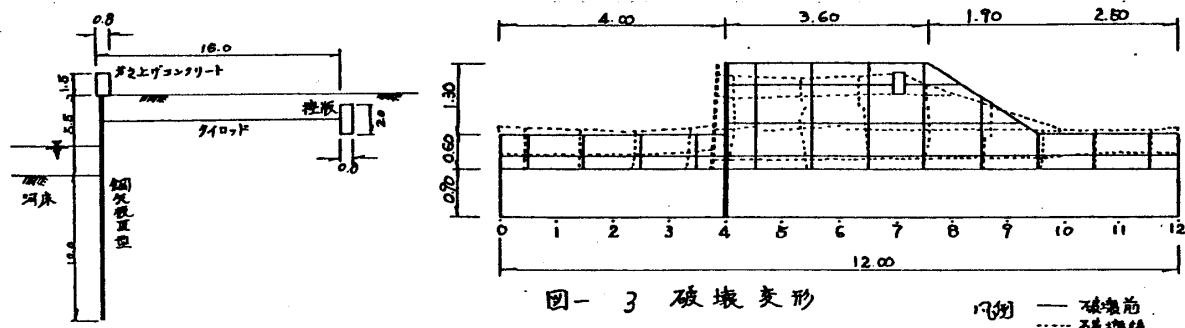


図-1 原型とて想定した構造

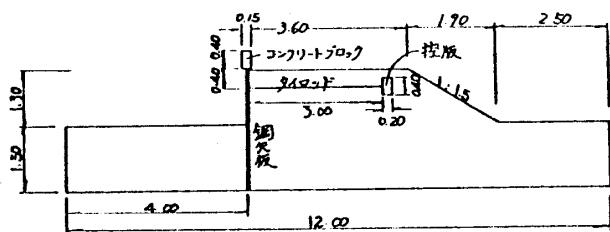


図-2 模型の概要

表-1 実験条件

NO	水位	コンクリート実験条件	実験条件				
			1	2	3	4	5
1	0m	無	free	実験			
	1.5m			20 gal 1~24 Hz	40 gal 1~24 Hz	20 gal 1~24 Hz	40 gal 1~24 Hz
2	0m	有	free	実験			
	1.5m			20 gal 1~24 Hz	40 gal 1~24 Hz	80 gal 5 Hz	100 gal 10 Hz
3	0m	無	hinge	実験			
	1.5m			20 gal 1~24 Hz	40 gal 1~24 Hz	105 gal 5 Hz	190 gal 5 Hz

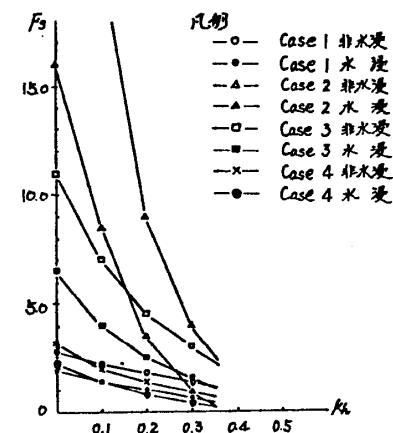
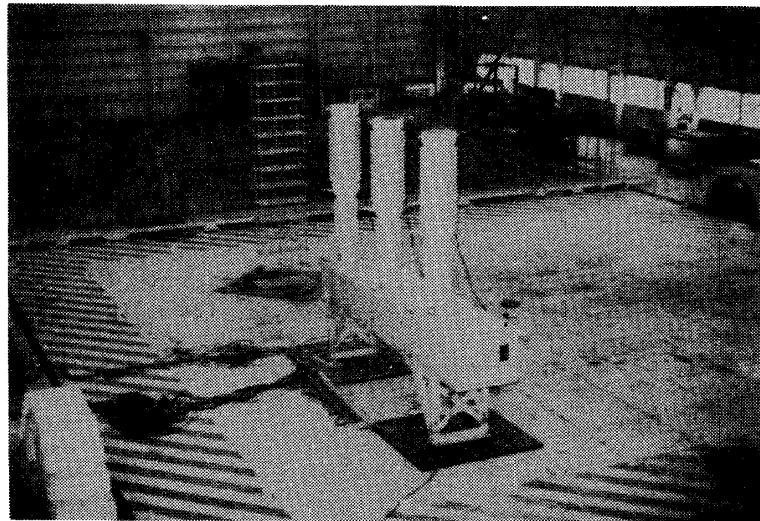


図-4 各破壊形状における震度と安全率の関係

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

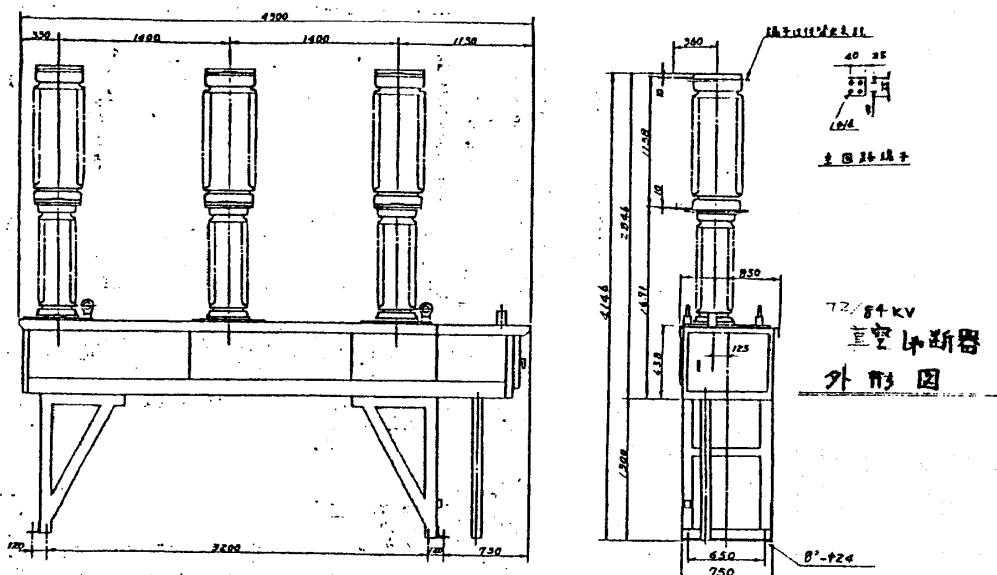
実験名	飛行場所に使用する電力用しゃ断器の振動特性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	(株) 明電舎 TEL 0559-21-5111 静岡県沼津市東間門字上中満 515 高嶋 保
実験協力機関	供試体製作： 株式会社 明電舎 供試体設計： 計測作業： 国立防災科学技術センター耐震実験室 データ解析： 理論解析： その他(顧問等)： (ゲージ貼付: 明電舎)
実施期間	昭和 50 年 10 月 28 日から 昭和 50 年 11 月 1 日まで
実験目的	電力用しゃ断器について (1) 0.3G 3 波共振 (2) 実地震波(エルセントロ) 実験により、その耐震性及び振動挙動を調べる。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	供試体の外形 添付図及び写真参照 長さ： 4300 mm 中： 750 mm 高さ： 4146 mm 重量： 2700 kg 共通架台上に各相毎に、上部しゃ断部碍管と下部支持碍管より構成された 72/84 kV 碍子形真空しゃ断器。

	<p>1. しゃ断器の前後、左右方向に対して、</p> <p>(1) 加振台より 0.5 mm 程度のステップ入力を加え、共振周波数、及び減衰定数の目安を付ける。</p> <p>(2) 0.03G 程度の正弦波を 5~10Hz の範囲で加え、各方向の共振周波数を求める。</p> <p>2. 上記試験で求められた共振周波数で加振台を、0.15G, 0.3G, 3 サイクル 加振させた 3 波擬共振実験及びエルセントロ地震波により加振した実地震波実験を行い、各部の加速度、歪量の測定をデータレコーダー及び電磁オシロにより行う。</p> <p>3. 共振実験については、静的限界歪量に対する、加振時の最大応答歪量から安全性を定量化し、更に加速度を大きくした場合は碍管の振動を弾性棒の曲げ振動でモデル化して導いた半理論式から安全性を推定した。また地震波実験については、加速度応答の共振振動数、減衰定数、応答加速度の自乗平均値の平方根、及び応答加速度のスペクトル形状係数の変動として振動挙動をとらえた。</p>
主たる成果	<p>共振周波数、応答特性及び安全性を定量的に把握することができ、0.3G 3 波共振および実地震波に対して十分な耐震強度を有することが実証できた。</p> <p>更に一連の耐震試験後に於いても構造的に又、電気特性的に何ら異常のないことが確認できた。</p>
<p>発表文献 別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。</p>	<p>防災科学技術研究資料 第24号 「電力用しゃ断器の振動実験」昭和51年8月</p>

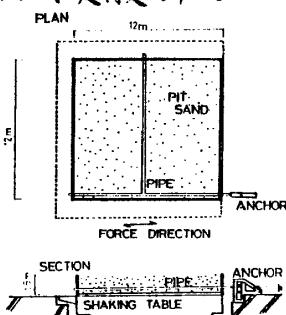


72/84 kV 真空しゃ断器

実験状況写真



国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	地下埋設管の耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	国立防災科学技術センター 大型実験研究部 茨城県新治郡桜村大字栗原 TEL 0298-57-3631 賀年輪親宏
実験協力機関	供試体製作：吉田産業株式会社 供試体設計：国立防災センター 計測作業：訊波計器 データ解析：国立防災センター 理論解析：同上 その他(顧問等)：
実施期間	昭和51年2月 日から 昭和51年3月 日まで
実験目的	埋設管の分歧部に生じる変形、歪等を調べる。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	振動台上に高さ1.5m、12m角の砂箱を組立、図のように分歧管を有するT型管路を砂箱に設置し、管の一端を振動台に固定し、砂で埋める。管は溶接鋼管を用い、主管はJGP-125-5技管はJGP-125-5とJGP-50-5の2ケースについて実験した。  <p>PLAN 12m PIT. SAND PIPE ANCHOR FORCE DIRECTION</p> <p>SECTION PIPE ANCHOR SHAKING TABLE</p> <p>図 20 強制変位実験概観 Fig. 20 Outline of T-shaped pipeline experiments</p>

	<p>加かは振動台を静的に動かす場合と、正弦波で動的に動かす方法によつて行つた。測定は管に歪ゲージを貼付せ、静歪を測定し、管固部にロードセルを設置し主管にかかる軸力を測定した。図29は動的加力のときのアンカ一部での軸力と振動台変位の関係である。図30は静的加力のときの管に生じた歪である。理論解析は弾性地盤上の架の理論を用いて軸力について解いて行つた。図33は理論解析による静歪である。</p> <p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p> <p>写真1 枝管の残留変形 (A 125×A 50)</p> <p>図29 アンカ一部での履歴曲線 Fig. 29 Hysteresis curves measured at the anchor point for A125xA125 pipeline</p> <p>図32 T型管路の歪分布(静的) Fig. 32 Static strain distribution of the T-shaped pipeline A125xA125</p> <p>図33 T型管路の計算曲げ歪分布 Fig. 33 Theoretical static bending strain distribution of the T shape pipeline A125xA125</p>
主たる成果	理設管の分岐部には、土の拘束により、曲げ歪が集中する。
発表文献 別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。	国立防災センタース研究報告第20号

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	鋼板製組立受水槽の耐震実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	三井工業(株)、日建設計工業(株)、七洋設備(株)共同企業体
実験協力機関	供試体製作：積水工業(株) 供試体設計：同上 計測作業：国立防災科学技術センター耐震実験室 データ解析：同上 理論解析：同上 その他(顧問等)：(実験計画指導) (株)日建設計 大林組
実施期間	昭和51年5月24日から 昭和51年5月29日まで
実験目的	(1)鋼板製パネルタンクの基本的振動性状の確認 (2)水槽の共振実験と強度的なチェック。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	供試体は1m×1mのパネル及び補強部材で組み合せた 鋼板製組立水槽としたもの。 供試体容量 31.5m ³ (3m×3m×3.5mH) 供試体重量 3.3t ^{on} (貯水時30.3t ^{on})

実験結果概要 〔加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。〕	<p>1. 共振試験 空水槽、満水槽、そして川に対し、変位ステップ波、正弦波 123実験。</p> <p>2. 強度試験 満水槽に対し、変位ステップ波、正弦波 (別添参考下記)</p>
主たる成果	<p>1. せん断力係数は理論値と大略一致したが、最大水圧の理論値は実測値の$\frac{1}{2}$～$\frac{1}{3}$となった。</p> <p>2. 供試体は短周期成分地動に対しては 400gal 以上の地動に耐えられることが判明して。</p>
発表文献 〔別刷・報告書の 余部があれば添付してください。〕	

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	盛土の鉛直地震動に対する安定性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡筑波町大字旭上 0298-64-2211 吉野義之
実験協力機関	供試体製作：建設省東海地方建設局東海技術事務所 供試体設計：土木研究所防災・地盤研究室 計測作業：地盤・地盤研究室 データ解析：同上 理論解析：同上 その他(顧問等)：
実施期間	昭和51年7月 日から 昭和51年8月 日まで
実験目的	鉛直振動が盛土の安定性に及ぼす影響は、盛土・地盤を構成する土の内部の持続圧及び地盤内の飛砂・吹き上げ水圧である。これらが盛土の安定性にどのような影響を与えるか、また動的剛性・力解析法等の検証のために盛土・地盤系の振動特性を調べることとする目的である。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	地盤及び盛土材料は山砂である。図-1に模型形状・寸法を示す。総面積10m ² (100kg)及び足踏みヒル各層30cm厚で所定の高さまで土上げし、その後、津波を行なって、 

実験写真

	<p>実験結果概要</p> <p>[加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p> <p>1) 加振方法 表-1 (2-2-3) 2) 計測方法 項目 加速度、角加速度、 以上の項目をアナログデータレコーダー収録して。 3) データ解析法 収録されたデータを再度、D-バスフィルターを通じて AD変換データレコーダーに収録し、このデータをヨニコにて A/D変換し、FFTを行なう。</p> <p>4) 理論解析法 2次元有限要素法による応答計算は 解析的より、支持力理論により過剰荷重を考慮して、安定解析を実施した。</p>
主たる成果	<p>1) 地盤部の深い所の加速度は、初期加速度が一定にならば増加し続けることがある。これは地盤の軟弱化によるものと思われる。 2) 過剰荷重の発生量は、加振の初期から深い所ほど大きい。この結果は、小幅度で実施した水平加振の場合と著しく異なる。 3) 過剰荷重を生ずる初期加速度の大さきは、水平加速度の倍率と反比例。 4) 直土の法面が複雑であるのに加えて、全体的に比較的一様な圧縮沈下を示す。この付近側方の拘束力が小さくため側方へ膨張し、地盤部分は土橋壁で押えられておりながら隆起する形態を示す。</p>
発表文献 別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。	<p>土木学会第32回年次講演会、52.10</p>

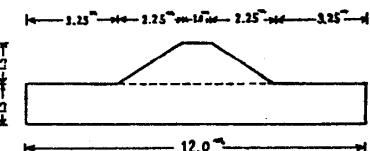


図-1 模型盛土の形状、寸法

表-1 実験条件

実験 回数 条件	1	2	3	4	5	備考	
1 B	スイ-7 実験 1 ~ 24 Hz 12 ~ 24 Hz	共振実験 1 ~ 24 Hz 33 ~ 48 gal	共振実験 5 Hz 113 gal 33 sec	破壊実験 5 Hz 215 gal 13 sec	51.7.21 地盤押下率 1.578% E = 0.725 G.W.L = 1.5 m		
					51.8.4 地盤押下率 1.633% E = 0.667 G.W.L = 0.0 m		
2 A	共振実験 1 ~ 24 Hz				51.8.5 地盤押下率 1.633% E = 0.667 G.W.L = 0.0 m		
		共振実験 1 ~ 24 Hz 34 ~ 47 gal	5 Hz 100 gal 32 sec	5 Hz 205 gal 31 sec	5 Hz 275 gal 8 sec	5 Hz 215 gal 21 sec	51.8.5 地盤押下率 1.633% E = 0.667 G.W.L = 1.5 m
3 A	共振実験 1 ~ 24 Hz 30 ~ 43 gal				51.8.11 地盤押下率 1.621% E = 0.679 G.W.L = 0.0 m		
		共振実験 1 ~ 24 Hz 35 ~ 48 gal	5 Hz 198 gal 32.5 sec	5 Hz 225 gal 32 sec			51.8.12 地盤押下率 1.621% E = 0.679 G.W.L = 1.0 m
B			破壊実験				

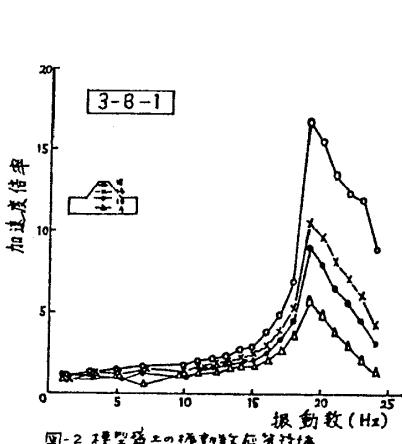


図-2 模型盛土の振動特性実験結果

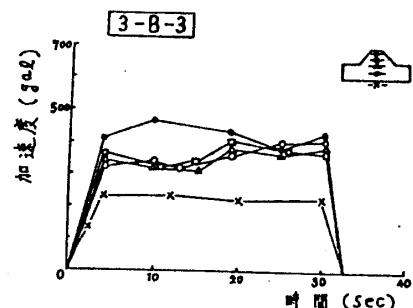


図-3 破壊実験時の加速度変化

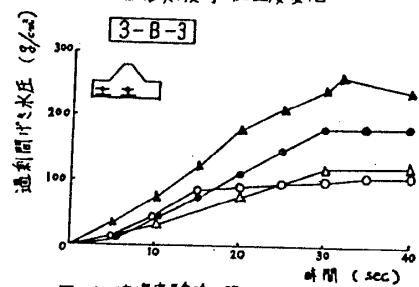


図-4 破壊実験時の間隔水压変化

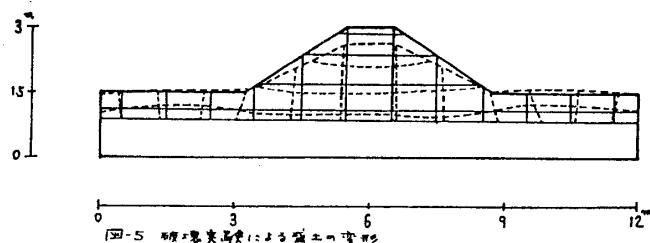


図-5 破壊実験による盛土の変形

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	特殊堤防の地震時の安全性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡笠置町大字旭1 古賀泰之 0298-64-2211
実験協力機関	供試体製作：建設省関東地方建設局関東技術事務所 供試体設計：土木研究所動土壌研究室 計測作業：動土壌研究室 データ解析：同上 理論解析：同上 その他(顧問等)：
実施期間	昭和51年8月 日から 昭和51年9月 日まで
実験目的	捨え工を有する矢板護岸形式の安全性の検討のため。 1)堤体の破壊と計算上の捨え版の安全率との関係を調べる。 2)捨え版の安全率に影響する因子を明らかにする。 3)その他理行設計法と実測值の比較を行う。 以上が主要な目的である。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	模型の断面を図-11に示す。地盤から盛土材料の高さで あり、一層毎の仕上り厚さが30cmとするより、縦固め方尺を ランク(100kg)1173kgの土足踏み版を用いて、模型矢板 はアルミ製でEI = 0.47×10^{-6} kg·cm ⁴ /cm ² である。タリードは土槽から カットした形に固定して場合と、鉄板からててた捨え版模型に取付 けた場合である。矢板先端の地盤の特性を締固めた。

	<p>リ 加振方法 表-1 に示す。</p> <p>→ 計測方法 計測項目</p> <ul style="list-style-type: none"> 地盤・堤体加速度 地盤内向圧土木圧 矢板ひずみ、土圧 タイロット張力 地盤変位、天端沈下量 他 <p>以上の項目を AD/DTI-TR-1 に収録した。</p> <p>3) データ解析方法 収録されたデータを再度ローパスフィルターを介して AD/DTI-TR-1 に収録し、同時にペニトレーターでモード変換を行った。 この後、AD/DTI-TR-1 をミニコンで 1/10 倍換し、周波数分析を行った。</p> <p>4) 理論解析法 フリーアスサポート法や受動土圧と弹性論的有限要素法の方法等を部分的組合せた設計基礎との比較を行った。</p>
主たる成果	<ul style="list-style-type: none"> ・タイロット張力、最大曲げモーメント ① 設計基準による場合は今回の実測値に基づいて回転半径を考慮する。 ② フリーアスサポート法はタイロットを固定した場合の値(近似値) ③ 陸上版を用いた時の値。設計基準の方法と、フリーアスサポート法の中間程度である。 <p>・陸上版の安全率</p> <p>① 現行設計法における陸上版の安全率の許容値は、タイロット張力の計算値が過小でため大きくなりすぎる可能性がある。</p>
発表文献 別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。	<p>「大型振動台による特殊堤防模型の振動実験」 第12回土木工学研究発表会、1977</p>

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

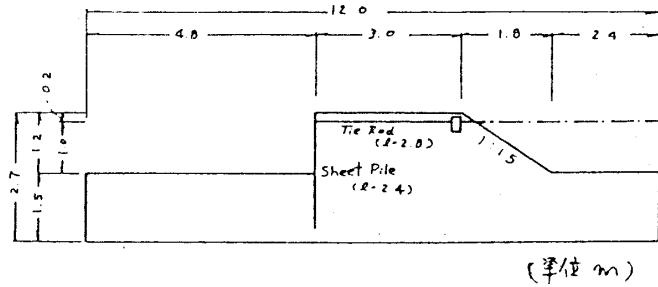


図-1 模型試験面略図

表-1 実験条件

実験回数	種類番号	共振実験		石炭礫実験			備考
		1	2	3	4	5	
1	A	17~23 gal 1~24 Hz	37~40 gal 1~24 Hz				$c \approx 0.644$ タイロッドと 土槽壁に 固定
	B	19~20 gal 1~24 Hz	42~52 gal 1~24 Hz	120 gal 5 Hz ** 30 SEC	250 gal 5 Hz ** 30 SEC	330 gal 5 Hz ** 30 SEC	
2	A	16~24 gal 1~24 Hz	37~46 gal 1~24 Hz				$c \approx 0.638$ タイロッドと 土槽壁に 固定
	B	21~28 gal 5~22 Hz	40~52 gal 5~20 Hz	110 gal 5 Hz ** 30 SEC	230 gal 5 Hz ** 30 SEC		

注 A: 非水浸 B: +25% 水浸

*: 台加速度の定常値 **: 全加速度時刻歴

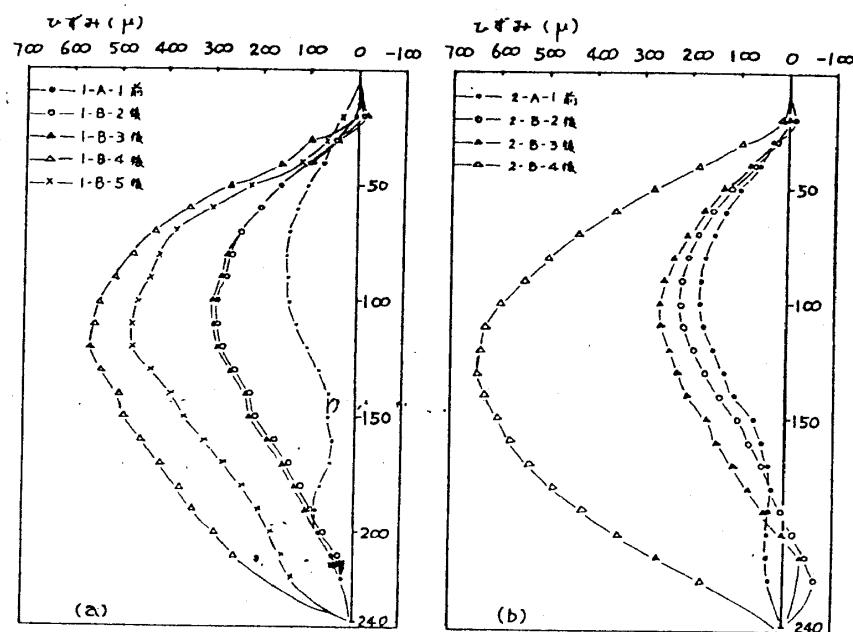


図-2 矢板の残留ひずみ

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	液化瓦斯貯蔵用プレストレストコンクリートタンクの振動特性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	(株)石井鉄工所 東京都中央区銀座4丁目2番11号(数寄屋橋富士銀行ビル) TEL 03(562)3211 技術研究所所長 安喰 隆
実験協力機関	供試体製作：(株)安部工業所 供試体設計：(株)石井鉄工所 計測作業：国立防災科学技術センター及(株)石井鉄工所 耐震実験室 データ解析：耐震実験室 理論解析：東京大学生産技術研究所 その他(顧問等)：同上
実施期間	昭和51年12月1日から 昭和51年12月31日まで
実験目的	PSコンクリート製の貯槽が地震に対して十分な安全性を有し、内槽にワーリークが発生した場合でも内容物が外部に漏洩することが無い事を確認する為に実施し、各項目を調査する目的で行なわれた。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	供試体の仕様 型式；安部工業所式 PSコンクリート平底円筒型タンク 寸法；Φ5.5m × H6.0m × t10cm コンクリート；設計基準強度 400kg/cm ² (標準養生4週強度 508kg/cm ²) 綫方向；PC鋼棒 A種1号 17# 36本 (緊張力 10.85t) 周囲方向；PC鋼線 SWPC7A-9.3Φ 25段 (平均緊張力 5.3t) なお、寸法詳細については、添付図参照(図-1)

	<p>タシク内に各々注水することにより、次の4段階を実施した。</p> <p>1) 注水率 0% の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・正弦波スイープ加振 --- 共振点、軸方向 7.18 Hz, 周方向 8.19 Hz ・正弦波定常加振 --- 共振点、軸方向 18 Hz 周方向 21 Hz <p>2) 注水率 50% の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・正弦波スイープ加振 --- 共振点, $8.5\text{ Hz}, 18\text{ Hz}, 21\text{ Hz}$ ・正弦波定常加振 --- 共振点, $17\text{ Hz}, 20\text{ Hz}, 30\text{ Hz}$ <p>3) 注水率 100% の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・正弦波スイープ加振 --- 共振点 $2.5\text{ Hz}, 15\text{ Hz}, 20\text{ Hz}$ ・正弦波定常加振 --- 共振点, $3\text{ Hz}, 9\text{ Hz}, 12\text{ Hz}, 14\text{ Hz}, 17\text{ Hz}, 22\text{ Hz}$ ・模擬地震 (EL-Centra) --- 共振点, $12.5\text{ Hz}, 15\text{ Hz}, 22\text{ Hz}$ <p>4) スロッキングの場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・注水率 50% --- 共振点, 0.4 Hz ・注水率 100% --- 共振点 $0.4\text{ Hz}, 0.9\text{ Hz}$ <p>なお、計測方法については、添付図（計測システム）参照、(図-2)</p>
主たる成果	<ul style="list-style-type: none"> 構造物の設計荷重として、地震波の最大加速度 300 gal を使用しているが、今回の実験ではこの設計条件より苛酷な外乱条件である定常波加振 300 gal に対して全ての部分で弾性範囲の応答しか示さず、十分な耐震安全性が確認されたことは、鋼製の同種タンクに比し同等以上の性能を有していると判断された。 水を使用してスロッキングの影響を考察したが、最大波高は 50 数センチに達することが確認されたが、この値は今回の供試体の直徑、水深のほぼ 1 対 1 程度であった。
発表文献 別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。	<p>1984年日本地震工学シンポジウム 「大型円筒形貯槽の振動特性 [I]」</p>

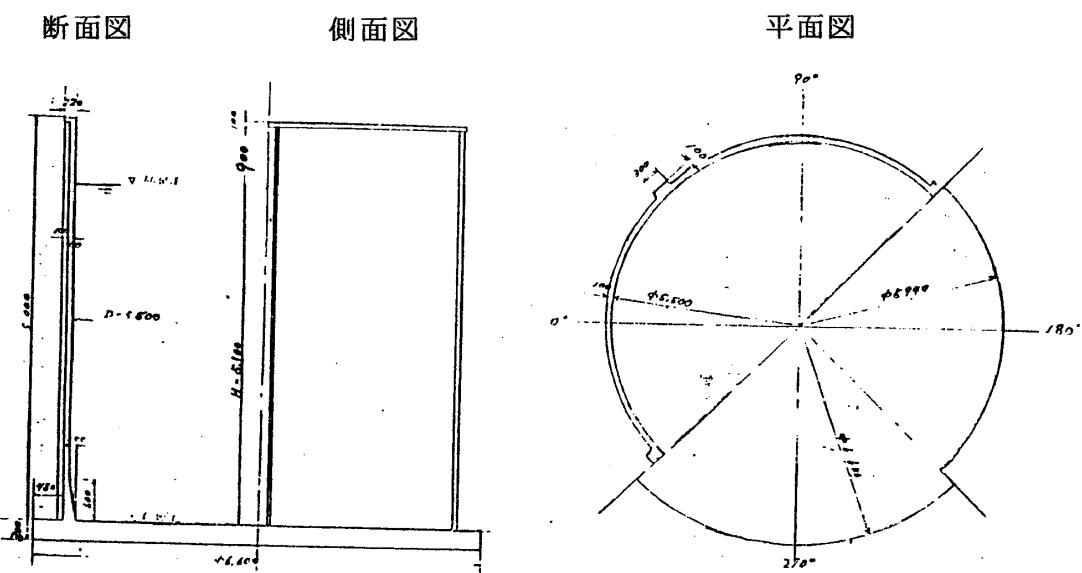


図-1 供試体概要図

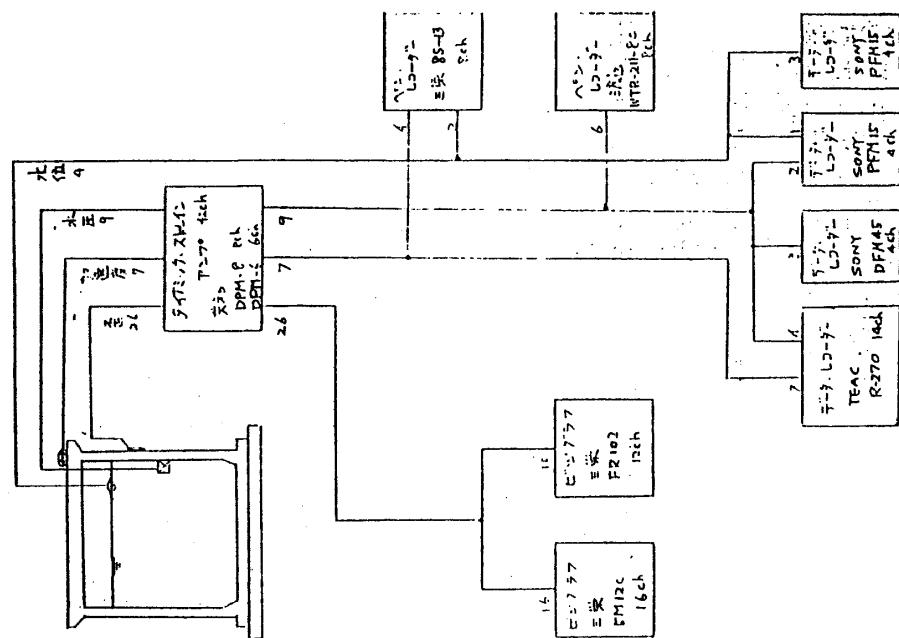
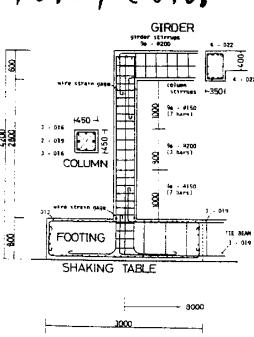
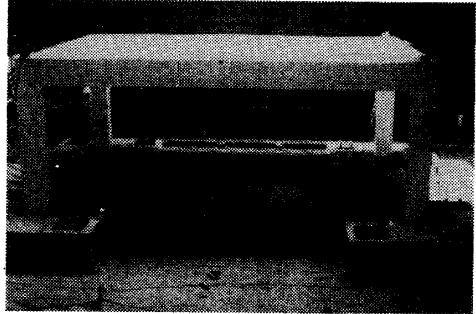
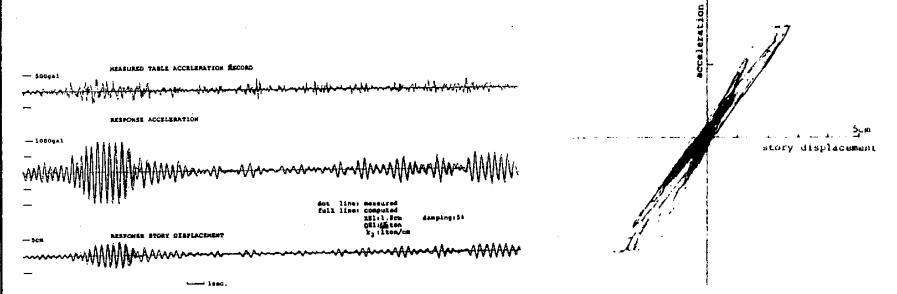


図-2 計測システム

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	耐震性評価に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	国立防災科学技術センター 土木研究部 茨城県新治郡棲村天王台3の1 TEL 0298-51-1611 貫輪 駿宏
実験協力機関	供試体製作：(株)アキラ建設 供試体設計： 国立防災科学技術センター 計測作業： 同上 データ解析： 同上 理論解析： 同上 その他(顧問等)：
実施期間	昭和52年1月 日から 昭和52年5月 日まで
実験目的	実物一層鉄筋コンクリートボックスラーメンの弾塑性挙動を調べる。 キレットの入った供試体に腰壁、垂壁を取付け補強効果を調べる。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	柱は直径φm, 加振直角方向6m のボックスラーメンで柱は45cm角, 築は60cm×35cmの断面であり、図の1/4は配筋である。スラブ重量は60t/m ² である。 なお、補強の腰壁は高さ1m, 厚さ15cmである。垂壁も同じ大きさであり、ラーメンへの腰壁、垂壁は固定は鉄筋を単に溶接するだけである。  

供試体写真

<p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法等について記入してください。</p>	<p>加振は共振曲線を求める目的で正弦波で行う場合、自由振動により共振特性を求めるための変位ステップで行う場合、弾塑性挙動を調べるための地震波で行う場合の三種で行った。測定は鉄筋の軸歪、スラブ変位、スラブ加速度についてを行い、アナログデータで記録した。</p> <p>最初、正弦波では共振曲線を求める加振を行ったものの、この段階で供試体にヒビが入ってしまい、弾性域の共振曲線を振動台実験の正弦波加振から求めるのは、加振のたびに固有振動数が変化し、困難であるのが分った。ステップ加振から固有振動数をみると、地震波加振の後には4.5Hzから3Hzに落ちている。この加振の後、垂壁、腰壁を取り付けて同様の加振を行ったが、補強効果はほとんど見られなかつた。</p> <p>シミュレーションは、バイリニアの復元力特性で行い、ほぼ実験と合つた。</p> 
<p>主たる成果</p>	<p>垂壁の入った鉄筋コンクリートラーメンはバイリニア復元力特性で表現できます。</p>
<p>発表文献</p> <p>別刷・報告書の余部があれば添付してください。</p>	<p>第5回日本地震工学シンポジウム「プロシーティング」 1978年11月</p>

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	液化ガス貯蔵用 PS-二重殻タンクの振動特性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	(株)石井鉄工所 東京都中央区銀座4丁目2番11号(数寄屋橋富士銀行ビル) TEL 03(562)3211 技術研究所・所長 安喰 隆
実験協力機関	供試体製作：(株)安部工業所 供試体設計：(株)石井鉄工所 計測作業： 国立防災科学技術センター 耐震実験室 及び (株)石井鉄工所 データ解析： 耐震実験室 理論解析： 東京大学生産技術研究所 その他(顧問等)： 同上
実施期間	昭和52年 6月 日から 昭和52年 12月 日まで
実験目的	前回の実験では、外槽のみについて実験を行い、その耐震安全性を確認した。今回の実験ではこれに金属内槽を設置し、槽間をパーカイトで充てんし、かつ屋根骨を加えた状態において、各項目を調査する目的で行なわれた。
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	供試体の仕様 型式：二重殻貯槽 (外槽：PSコンクリート) (内槽：鋼製) 寸法：外槽 $\varnothing 5.5m \times H 6.0m \times t 10cm$ 内槽 $\varnothing 4.3m \times H 5.0m \times t 2.3mm$ なお、寸法詳細については添付図参照(図-1)

<p>実験結果概要</p> <p>〔加振方法〕 〔計測方法〕 〔データ解析方法〕 〔理論解析法〕 等について記入してください。</p>	<p>PSコンクリート外槽の中に金属内槽を設置したことが 予備観測を実施し金属内槽の共振点を計測した。 他は前回と同様な計測を実施した。</p> <p>1) 予備観測 内槽頂部及び底部に常時微動計を設置し、 内槽の共振点を推定した。16Hz, 23Hz 及び 27Hz を得た。</p> <p>2) 注水率 0% の場合 • 定常不規則波加振 ----- 伝達関数推定の為の入力波 として不適切であった。 • 正弦波定常加振 ----- 内槽の共振点 29Hz • 模擬地震波加振 ----- 内・外槽の共振点 35Hz (EL-Centro)</p> <p>3) 注水率 100% の場合 • 衝撃波加振 ----- 内槽の共振点 7.62Hz • 定常不規則波加振 ----- 内槽の共振点 7.5Hz • 正弦波掃引加振 ----- 内槽の共振点 5.5Hz • 正弦波定常加振 ----- スロッシング振動実験 • 模擬地震波加振 ----- 振動による破壊なし 以上の加振波形を Test-Program として添付する。(表-5, 6) なお、計測方法については、添付図(計測システム)参照 (図-4)</p>
<p>主たる成果</p>	<p>• プレストレス力を導入したコンクリート製タンクは二度の実験によってもひび割れの発生はなく、十分な耐震安全性を有していることが確認された。又、前回の実験から半年以上の経過でも供試体に導入した緊張力は低下しておらず、定着方法、施工法共に妥当であることが再確認された。</p>
<p>発表文献</p> <p>〔別刷・報告書の余部があれば添付してください。〕</p>	<p>第5回日本地震工学シンポジウム 「大型円筒形貯槽の振動特性 [I]」</p>

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

Table 6. Artificial Earthquake Waves Used For Experiment

Artificial Earthquake Wave		Original Earthquake Wave	
NO.	SITE	DATE	COMPONENT
1	El Centro Calif. U.S.A.	May 18, 1940	NS
2	Taft Calif. U.S.A.	Jul. 21, 1952	EW
3	Tokyo 101 Tokyo Japan	Feb. 14, 1956	NS
4	Hachinohe Aomori Japan	May 16, 1968	NS

Table 8. Estimated Sloshing Frequencies

X	r _k (Hz)	X	r _k (Hz)
1	0.46	6	1.44
2	0.78	7	1.56
3	0.99	8	1.68
4	1.16	9	1.78
5	1.31	10	1.88

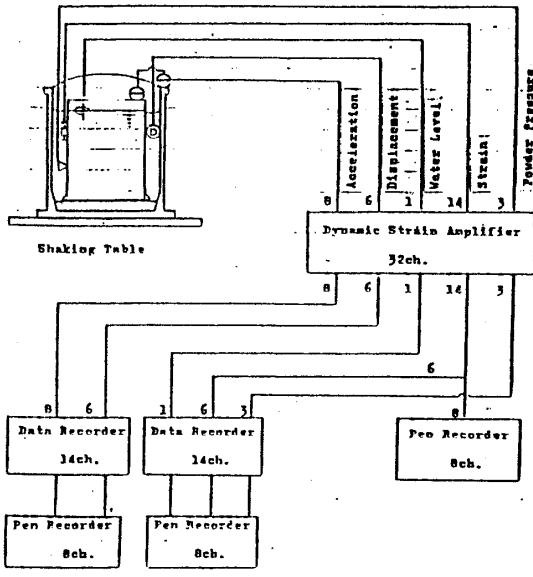


Fig. 4 Measuring System

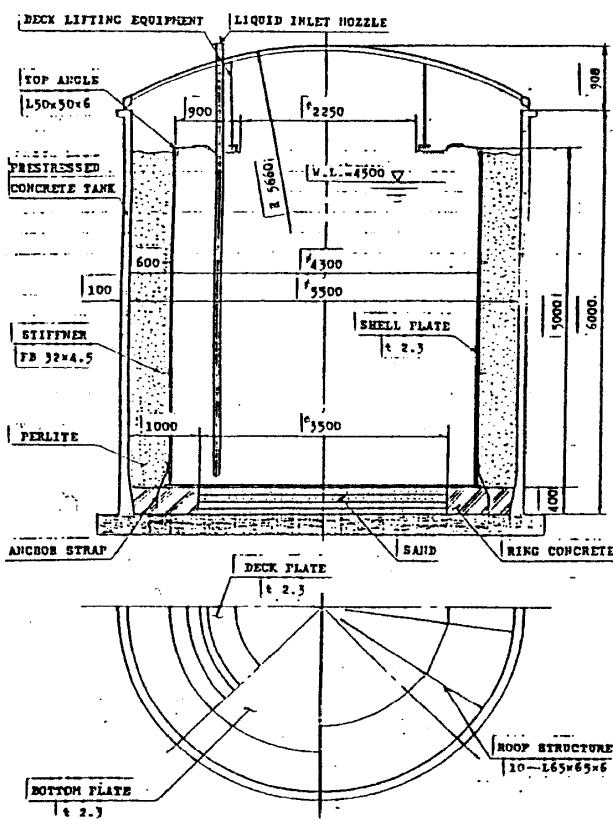


FIG. 1 Schematic Diagram Of Double Shell Tank Used

Table 5. Test Program

Test Condition	RUN NO.	Input Wave For Shaking Table
Water Level H = 0 m	1	Step Wave -100 gal
	2	Random Wave 300 gal
	3	Sinusoidal Wave (Stationary) 1-21 Hz, 300 gal 22-35 Hz, 100 gal
	4	Artificial Earthquake Wave* 100 gal, 300 gal
Water Level H = 4.5 m	5	Step Wave 300 gal
	6	Random Wave 300 gal
	7	Sinusoidal Wave (Sweep) 1-20 Hz, 0.1 Hz/sec
	8	Sinusoidal Wave (Stationary) 0.46 Hz, 1 cm, 2.5 cm
	9	Sinusoidal Wave (Stationary) 7.3 Hz, 500 gal
	10	Artificial Earthquake Wave* 300 gal, 500 gal

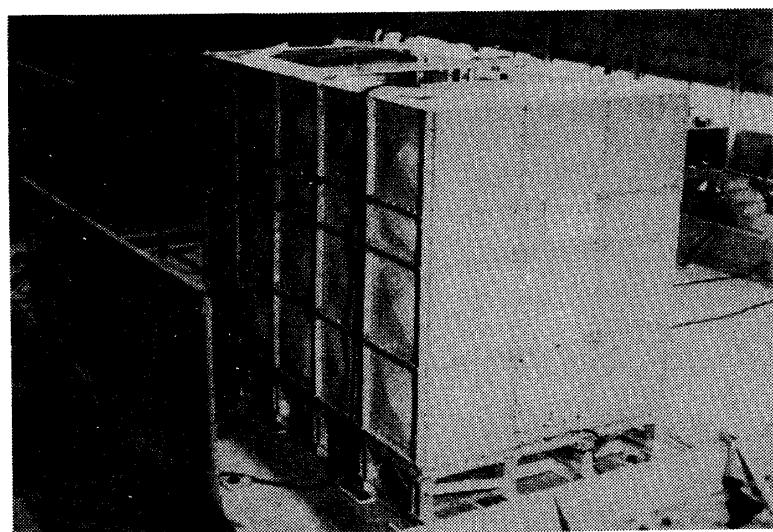
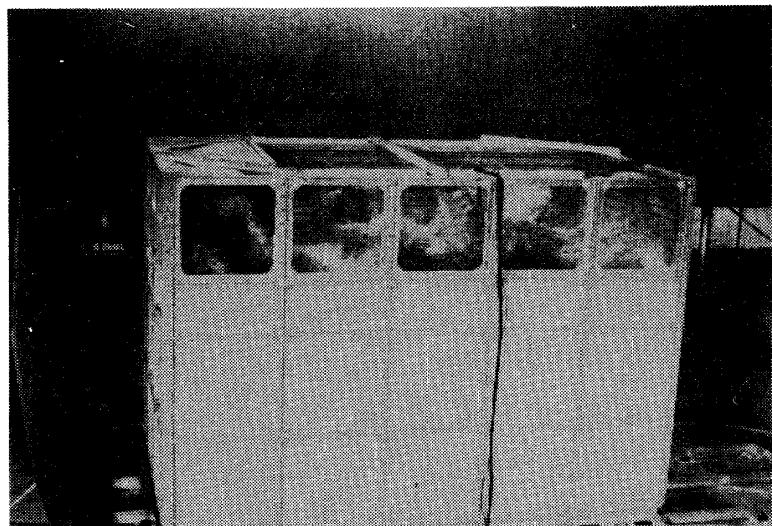
* Table 6.

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	FRP製組立式パネル水槽の耐震性能に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	ブリヂストンタイヤ(株) 神奈川県横浜市戸塚区柏尾町1番地 TEL 045-824-1111 若菜廣
実験協力機関	供試体製作：ブリヂストンタイヤ(株) 供試体設計： 計測作業：防災センター、ブリヂストンタイヤ(株) データ解析： 理論解析： その他(顧問等)：実験指導：東大生研(柴田教授) ゲージ貼付：莫知電業 撮影：ミトモプロダクション、スタジオバフ
実施期間	昭和52年8月1日から 昭和52年8月15日まで
実験目的	FRP製パネル水槽の耐震性に亘り、 1) 水槽本体の振動特性の把握 2) 水との連成振動の解析 3) スロッシュの解析 4) 地震応答と耐震強度の把握 等により、耐震計算法の実用化を目的とした。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	供試体は1mのFRP製パネルを鋼製ボルトにて 鋼製架台上に据え付けた角型水槽で 1) サイズ：3m × 5m × 3.5m ^H (52.5m ³) 重量：本体 2000kg, 架台 6000kg 2) 構造：ブレースヒタゴッドの併用方式 3) 水位：半水 (1.3m ^H), 満水 (2.5m ^H)

<p>実験結果概要 [加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p>	<p>1) 加振方法 加振方向としては、長軸と短軸の2方向を行い、水位は、各々、空、半水、満水の3水位で実験を行った。 2) 波形 ステップ波、正弦波、地震波(エルセントロ、ハ戸波) フロアレスポンス、 3) 計測方法 各部の応力、変位、加速度応答及び変動水位を測定する為、各ピックアップを取り付け、アナログデータレコーダに録した。 4) データ解析 データ解析は、次の項目を重点に行った。 ア) 供試体の振動特性の解析 イ) 加速度及変位応答特性の解析 ウ) 変動水位分布の解析 エ) 周波数応答特性の解析 オ) 各部応力分布の解析 5) 理論解析 主に周波数応答特性に肉し、モデルヒビデータとの対比を行った。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>1) 正弦波及実地震波に対する、動的応答特性が把握できた為、修正震度法による静的耐震計算が可能となり、設計の実効率が大幅に改善された。 2) スロッシングの消波装置の性能を確認ができた。</p>
<p>発表文献 [別刷・報告書の 余部があれば添付してください。]</p>	<p>「建築設備と配管工事」 Vol. 17. No. 9 (1999) —水槽の耐震対策—</p>

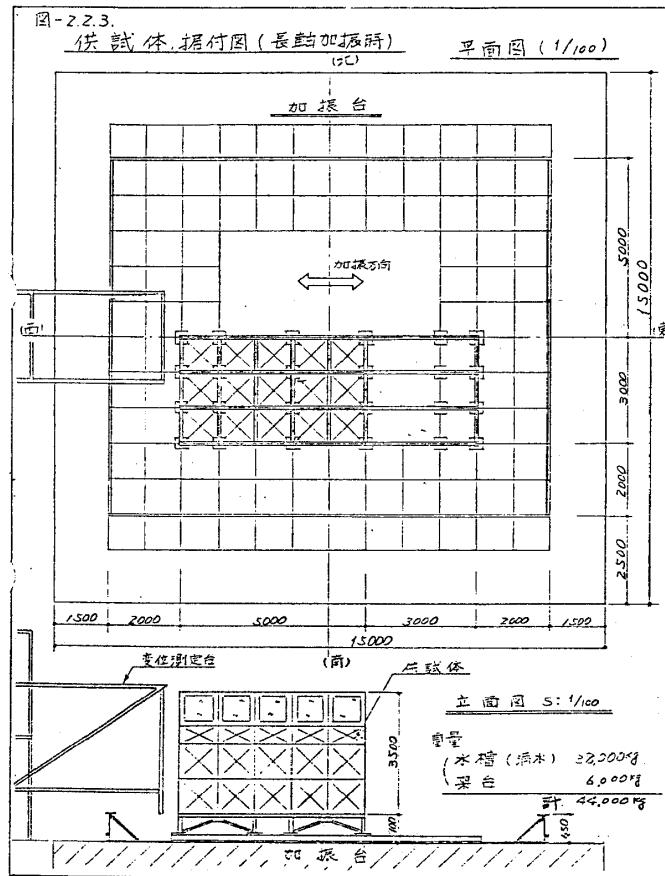
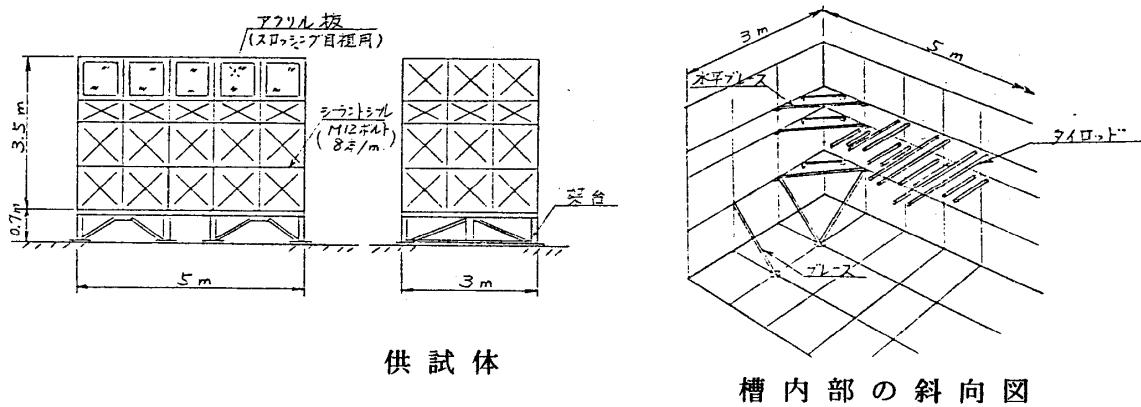
供試体写真



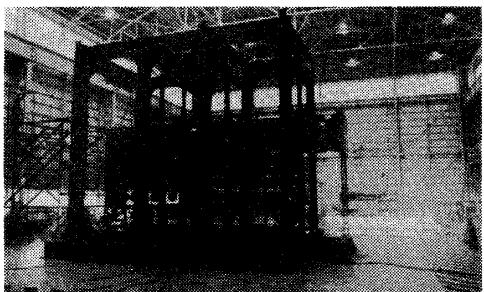
供 試 体 の 構 造 仕 様

サイズ ; $3\text{ m} \times 5\text{ m} \times 3.5\text{ m}$ H 52.5 m^3

重 量 ; 水槽 約 2000 kg , 架台 約 6000 kg



国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	グローブボックスの耐震性に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	動力炉・核燃料開発事業団 東海事業所 茨城県那珂郡東海村木松4の33 電話(02928)-2-1111 砂押実次
実験協力機関	供試体製作：(試験機構) 吉田鉄工所 供試体設計：動力炉・核燃料開発事業団 東海事業所 計測作業： 同 上 データ解析： 同 上 理論解析： 同 上 その他(顧問等)： なし、理論解析は別途実施した。
実施期間 (実験、報告)	昭和52年10月 日から 昭和53年3月 日まで
実験目的	現状でのグローブボックスの耐震性の評価及び補強策の検討
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	供試体は一次フィルター、タクトを持つ、ベース11.76m×1.7mボックスである。グローブボックスは1065×2064×2586mm×3基と、1065mm角の1基からなり、その接合はステンレス型鋼間にネオpreneゴムを介して、ボルトにて接合され、竿頭に示すごとく、振動台上に、連屋模擬フレームを設置し、実験を行った。また連屋模擬フレームの上部、下部に柱材を挿入して、ボックスの補強策について検討した。 

<p>実験結果概要 加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p>	<p>i) 加振方法 グローブボックスの短辺及び長辺の水平方向加振 ○ 入力地震波：地殻観測波及び人工地震波 ○ 最大加速度：100, 200, 300, 400 ガル入力</p> <p>ii) 計測方法 ○ 各部の加速度：歪タイプ加速度計 ○ 各部の歪：動歪計 ○ 代表点の変位：光学式変位計 ○ 気密測定：リーフティフター</p> <p>iii) データ解析 ○ 加速度振動モード ○ 各部材応力 ○ 代表点の相対変位 ○ 気密位置のチェック</p> <p>iv) 理論解析 別途実施したが固有値の対応は上かった</p>
<p>主たる成果</p>	<p>①現状でのグローブボックスの耐震性及び補強効果が評価された。実験データにより、現用グローブボックスの補強を行った。 ②又、新しいグローブボックス製作及び接着についての指針が得られた。</p>
<p>発表文献 別刷・報告書の余部があれば添付してください。</p>	<p>特になし</p>

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	給水タンクの耐震研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	三菱樹脂エンジニアリング(株) 神奈川県平塚市真土4480 TEL 0463-55-1130 山口秀樹・平田正幸
実験協力機関	供試体製作：三菱樹脂エンジニアリング(株) 供試体設計：同上 計測作業：共和興業 データ解析：三菱樹脂エンジニアリング(株) 理論解析：同上 その他(顧問等)：(ゲージ貼付：共和興業)
実施期間	昭和52年11月15日から 昭和52年12月3日まで
実験目的	(1)床物48トン鉄パネルタンクにて内鉢補強構造(タイロッド式、インス式)の違いによる振動特性を調べる。 (2)タンク内の水量の違いによる振動特性を調べる。 (3)加振方向に対する受圧面の違いによる振動特性を調べる。 (4)タンク内スロッシング現象を調べる。 (5)タンクの固有振動数にて加速度を増加し、また、他震波が加振して鋼板強度を確認する。
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	供試体は1m×1m×1mmのパネルを四面結合し、内部をタイロッド、またはインスにて補強した鋼板製組立式の角型木槽である。タイロッドは3m×4mm ² ×4mm ² で総木時48トン、試験重量44.6tである。鋼板の厚さは底面2.3mm ² 、側板上1.2段3.2mm ² 、3段4.5mm ² 、4段、底パネル6.0mm ² の構成部材である。(写真1) 内部構造は、図1、図2の前寸様にて、側面ジラレをSUS304丸棒にて繋結したタイロッド式(左)供試体と直角面を構成する側壁ジラレを繋結するに、側壁と底板をSUS316Lにて繋結したインス式(右)供試体である。 また、スロッシング現象の確認のため、最上段1m×3m ² にかけて、透明PVC板にて水の運動を観察できるようになら。

実験結果概要 〔加振方法〕 計測方法 データ解析方法 理論解析法等について記入してください。	<p>(1) 第1供試体 供試体の振動特性は、ステップ加振による自由振動により測定した。 他報紙形にして、1968年イラン地震の時八重瀬木記 録と小川報紙形レコード用紙を用いた。計測は加速度、 パネル内面、ボルト内面、内部補強材内面、奥柱面に作用する動 水圧、変位について行なった。動荷荷ログラフ、アナログデータレ ターに記録した。データ解析はスペクトル解析および振動モード 解析を行なった。</p> <p>実験では特に水槽による振動消済を調べた。その結果、水位 を0から3.7m高さまで増加すると固有振動数が $10.0\text{ Hz} \rightarrow$ 1.75 Hz に、減衰定数が $2\% \sim 3\%$ となつた。また、3m×4m 奥柱面の板振動が見られ、第一次共振で 1.75 Hz、第二次で 5.5 Hz および水共振で 10.0 Hz であった。</p> <p>(2) 第2供試体 第1供試体と同じ加振、計測方法で実験を行なった。実験 では水槽の違い、奥柱面積の違いによる振動消済を調べた。 3.7m水位で $3 \times 4\text{ m}$ 奥柱面で 6.6 Hz、$4 \times 4\text{ m}$ 奥柱面で 7.5 Hz である。 第1供試体で見られた板振動は現めないが、レス補強の影 韵が見られた。</p> <p>スローモーション映像では第一次共振で 0.5 Hz、第二次共振で 0.82 Hz であった。(写真2)</p>
主たる成果	<p>振動による動水圧については、Housner理論と測定データを 比較し、ほぼ満足できる水圧が求められることがわかった。これ によって、第2供試体を設計する際の設計動水圧となること がわかつた。また、レス構造によるシントンによって、板振動を抑える シントン率、剛性、固有振動数が正確、重複 $1.0G$ 加振に対し、充份 強度を保持することができた。</p>
発表文献 〔別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。〕	

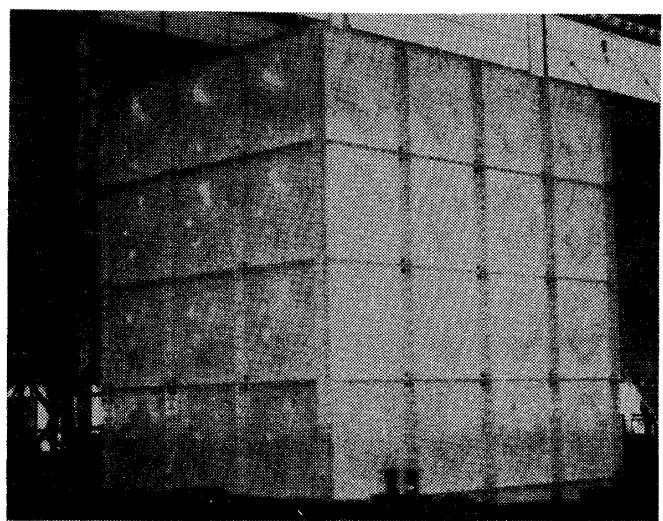


写真-1 供試体全影

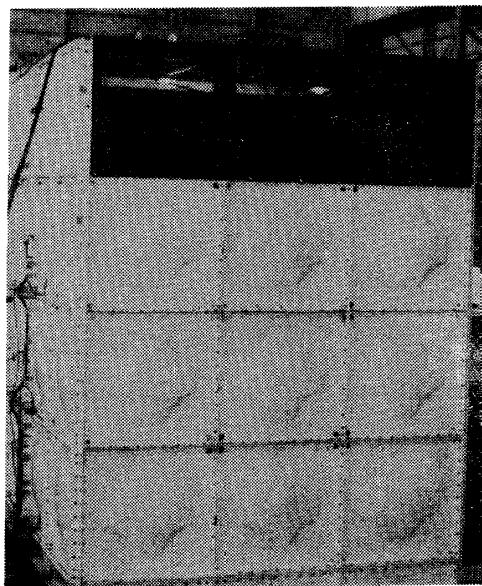


写真-2 スロッシング実験
1次共振 : 0.5 Hz

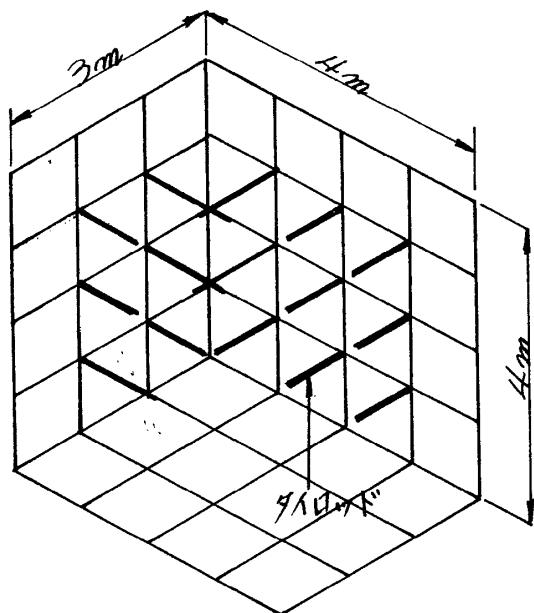


図1. タイロッド構造

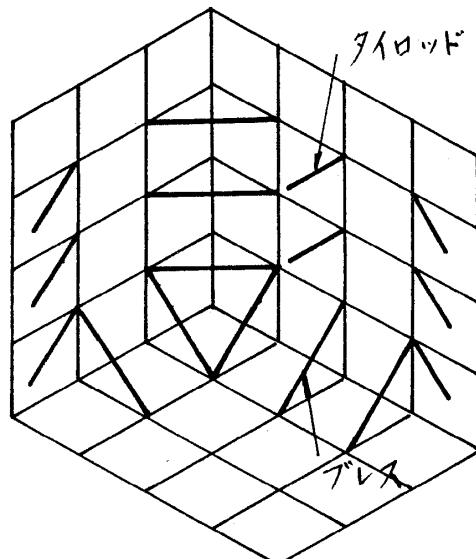


図2. プレス構造

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

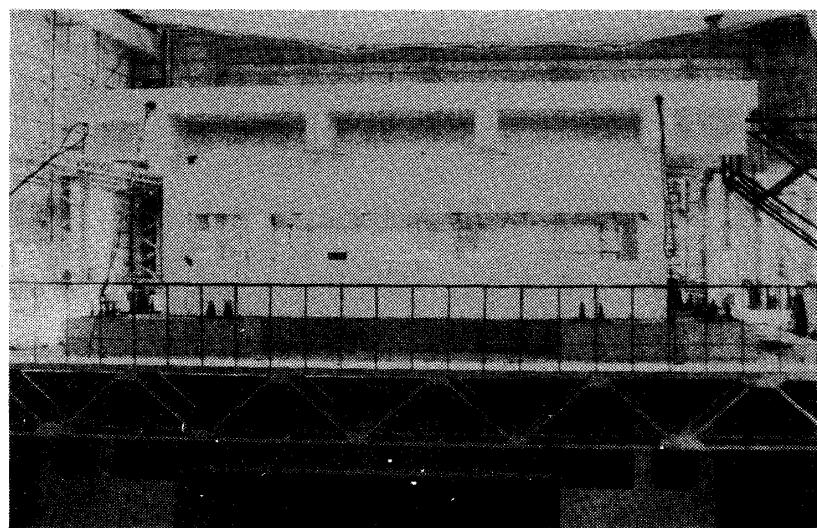
実験名	大型振動台による鉄筋コンクリート造ラーメンの耐震実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	科学技術庁 国立防災科学技術センター 茨城県新治郡桜村天王台3の1 Tel 0298-51-1611 實輪 観宏
実験協力機関	<p>供試体製作：山形工務店</p> <p>供試体設計：国立防災科学技術センター耐震実験室</p> <p>計測作業：同上</p> <p>データ解析：同上</p> <p>理論解析：同上</p> <p>その他(顧問等)：(は景影:株式会社エフティ) (ケンジ貼付:シンコー)</p>
実施期間	昭和53年2月 日から 昭和53年6月 日まで
実験目的	<p>(1) 実物一層鉄筋コンクリートボックスラーメンの弾塑性振動挙動を調べる。(オ1供試体)</p> <p>(2) キレツの入った鉄筋コンクリートラーメンに腰壁、垂壁を取り付けその補強効果を調べる。(オ2供試体)</p>
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	<p>(1) 加振方向8m, 加振直角方向6m, 高さ4.4mの写真1に示す鉄筋コンクリート柱試体で、全重量は約200トン、屋根スラブ重量は130tである。各部材の寸法は図1、2に示す通りである。(オ1供試体)</p> <p>(2) オ1供試体実験後、キレツ、ヒビワレをエポキシ樹脂をたてん、補強し写真2のように垂壁、腰壁を加振方向内に取付け、PC鋼棒により柱と垂壁、腰壁をしめつけた。(オ2供試体)</p>

<p>実験結果概要 加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p>	<p>(1) オ1供試体 1968年十勝沖地震のとき八戸港湾で記録されたE-W成分を2Hzのハイパスフィルターを通して振動台に入力し供試体の弾塑性挙動を調べた。加振前後の供試体の振動特性はステップ波加振による自由振動、常時微動により測定した。計測行加速度、鉛筋歪、基礎と供試体の相対変位についてを行い、アナログデータレコーダに記録した。計測行成功し、柱には曲げキレットが入つた。 データ解析はスペクトル、ラニングスペクトル、供試体加速度を復元力とみなし履歴曲線について行った。その結果、この加振により固有振動数が3.5Hz→1.5Hzに、減衰定数が2%~5%になった。コンピュータシミュレーションは測定された履歴曲線を基にtrilinearの復元力モデルを立て、非線形応答を求め、測定データと比較した。</p> <p>(2) オ2供試体 オ1供試体と同じ加振、計測方法で実験を行った。変位計が加振中にはずれてしまつたため、復元力の特性が記録できなかつたが、柱には剪断形のキレットが入つた。オ1供試体に比べ減衰性の増加、初期剛性の増加が見られ、塑性に入つてからの挙動には考え方でいづれどどの壁の効果はなかつた。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>復元力特性は peak oriented & origin oriented の合さない trilinear の履歴を示す。 減衰定数は加振中に変化する。一定の減衰定数で computer simulationを行う場合には塑性に入つてからの減衰値を用いなければならない。この値は約5%である。 後から補強したのにつけた壁はほとんど建物の剛性を上げるために効果がない。</p>
<p>発表文献 (別刷・報告書の余部があれば添付してください)</p>	<p>昭和53年建築学会大会学術講演梗概集 第5回日本地震工学シンポジウム「ロミーティング」 1978年11月</p>

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ



写真－1



写真－2

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	河川堤防の模型振動実験及び構造物周辺の液状化に関する振動実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡豊里町旭1 0298-64-2211 古賀泰之
実験協力機関	供試体製作: 建設省関東地方建設局関東技術事務所 常総開発(株) 供試体設計: 土木研究所動土質研究室 計測作業: 動土質研究室 データ解析: 同上 理論解析: 同上 その他(顧問等):
実施期間	昭和53年7月 日から 昭和53年8月 日まで
実験目的	地震時に於ける河川堤防の安定性の検討 特殊堤防の周辺地盤の挙動の把握 堀割道路周辺地盤の液状化の検討 軟弱粘土地盤及び盛土の地震時挙動の検討
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	模型は4つに大別される。(図-1参照) a) 模型-A,A' 特殊堤防 b) " -B,C 河川堤防 c) " -D 堀割道路構造物 d) " -E,E' 軟弱粘土 a), b), c) の地盤及び盛土材料は山砂, d) はカオリン。 a), b), c) は一層仕上り厚を20cmとし、ランマー及び足踏みにより締固め後に所定の水位まで注水を行った。 d) はカオリンと水を適度な混合比で搅拌し、これを実験土槽に流れ込んだ。

<p>実験結果概要</p> <p>[加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p>	<p>1) 加振方法 表-1に示す</p> <p>2) 計測方法 項目、加速度、間けき水圧、変位、土圧、歪以上をアナログデータレコーダーに収録した。</p> <p>3) データ解析方法 アナログデータレコーダーの出力をローパスフィルターを介して再度、アナログデータレコーダーに収録した。 この結果をミニコンピュータに変換し、必要図面を作成した。</p> <p>4) 震度法によるFFM二次元解析を行った。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>1) 模型(B)では表層附近ですべり破壊を生じたがこれは盛土が高いことによる拘束圧の増加、のり層附近のせん断力の増加によるものと考えられる。解析結果によれば、100galの加速度の場合、計算値は実験値と比較的良く一致している。</p> <p>2) 模型(D)では地盤表面附近が最初に液状化し、次に壊割道路直下が液状化し、徐々に地盤の深い地点へ広がっていく様子が観測された。</p>
<p>発表文献</p> <p>[別刷・報告書の余部があれば添付してください。]</p>	<p>1) 土構造物の大型模型振動実験及び有限要素解析 第34回土木学会年次学術講演会 1979</p> <p>2) 壊割道路の地震時挙動に関する大型模型実験 第13回日本道路会議 1979</p>

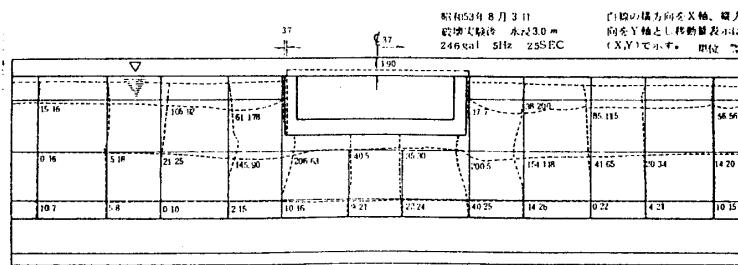
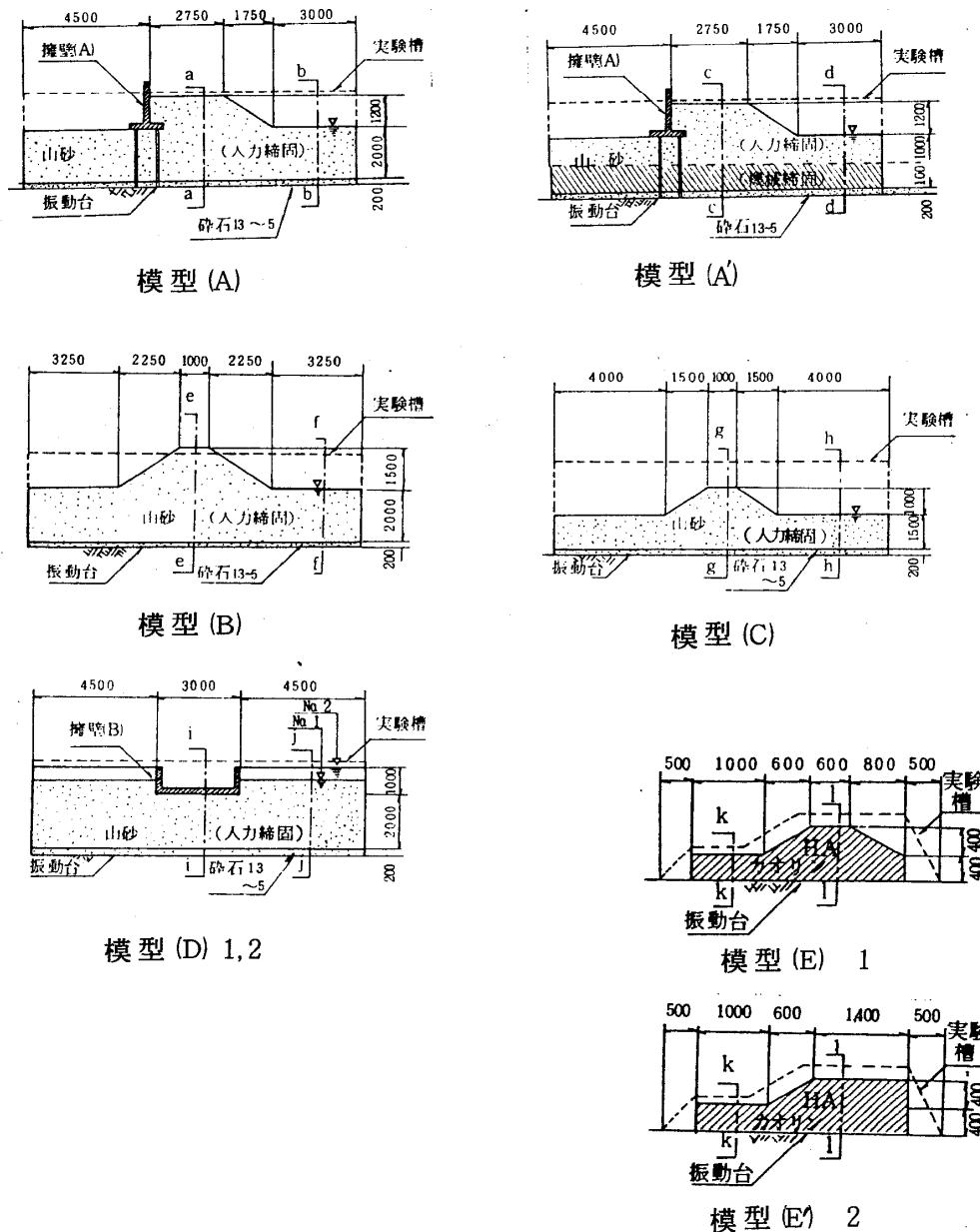


図-89 変形移動測定図(D) No.2

模型 (D) 2

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

● 合規制度の定着期

△全燃焼時間									
燃焼 時間 分 合計	燃焼 時間 分 合計	評定項目							
		1	2	3	4	5	6	7	8
燃 焼 時 間 分 合 計	燃 焼 時 間 分 合 計	53 9 9	共 用 2 1 1 1	34.5~52.8分! 1~24 Hz	—	—	rd, Cr, W, コンベキ (ル・新安鉄工所) W, コンベキ, 愛知F 山陽の燃焼促進	(燃 焼 時 間 分 合 計)	
		53 8 10	共 用 2 1 2 1	34.2~5.9分! 1~24 Hz	—	—	rd, Cr, W, コンベキ (ル・新安鉄工所) W, コンベキ, 愛知F 山陽の燃焼促進	(燃 焼 時 間 分 合 計)	
		53 8 10	共 用 2 1 2 1	109 gal! ● 200 gal! 5 Hz 20 SEC! \ 30 SEC	5 Hz 1~24 Hz	rd, Cr, W, コンベキ (ル・新安鉄工所) W, コンベキ, 愛知F 山陽の燃焼促進	(燃 焼 時 間 分 合 計)		
燃 焼 時 間 分 合 計	燃 焼 時 間 分 合 計	53 8 10	共 用 2 1 2 1	17.8~24.4 分! 1~24 Hz	33.5~40.8分! 1~24 Hz	rd, Cr, W, コンベキ (ル・新安鉄工所) W, コンベキ, 愛知F 山陽の燃焼促進	(燃 焼 時 間 分 合 計)		
		53 8 10	共 用 2 1 2 1	15.4~22.4分! 1~24 Hz	36.2~42.1分! 1~24 Hz	rd, Cr, W, コンベキ (ル・新安鉄工所) W, コンベキ, 愛知F 山陽の燃焼促進	(燃 焼 時 間 分 合 計)		
		53 8 10	共 用 2 1 2 1	15.4~22.4分! 1~24 Hz	36.2~42.1分! 1~24 Hz	rd, Cr, W, コンベキ (ル・新安鉄工所) W, コンベキ, 愛知F 山陽の燃焼促進	(燃 焼 時 間 分 合 計)		

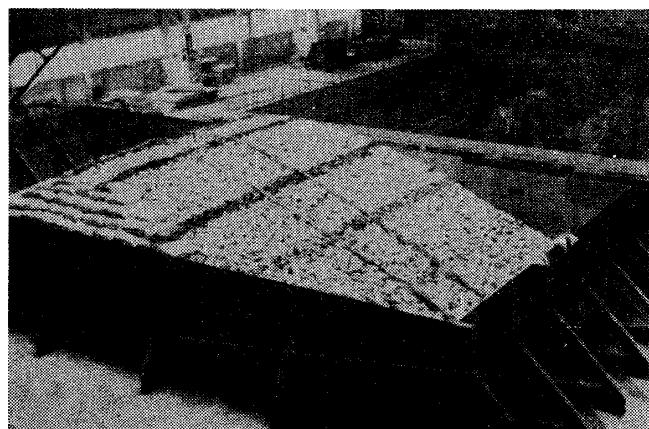
卷之三

卷之三

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	フィルダムの動的破壊機構の研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	電源開発(株)土木試験所 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎1丁目9-88 Tel 0467-82-4138 中井智治
実験協力機関	供試体製作：本郷建設(株) 供試体設計：電源開発土木試験所 計測作業：同上 データ解析：同上 理論解析：同上 撮影；岩波映画制作所 その他(顧問等)：
実施期間	昭和53年11月 日から 昭和53年12月 日まで
実験目的	(1) フィルダムの動的破壊機構を模型の崩壊性状および 材料の動的性質の両面から追求し、動的破壊の要因を 定量的に解明する資料を得る。 (2) 模型ダムの寸法効果、形状効果(にに対する定性的検討を行ふ。
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	模型形状は添付図の通り。振動台上に1.2m×6.5m×1.5m の鋼製砂箱を設け、この内部に勾配1:2.0, 1:2.5の 模型を3通り製作した。模型材料は約40-150mm 砂石を使用し、模型中心内部および表面に各種挿出 部を配置した。模型体積は約10m ³ , 100tである。

<p>実験結果概要</p> <p>[加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p>	<p>1. 加振方法</p> <p>(1) <u>簡易試験</u></p> <p>各模型について次の条件で行った。</p> <p>周波数範囲: 0.5 ~ 20 Hz, 0.5 Hz, 4 加速度: 100 g, 200 g, 300 g (全振れ) 加振方向: 水平(上下左右)</p> <p>(2) <u>破壊試験</u></p> <p>一定周波数(5.0 Hz)の正弦波形で、加速度振幅を100 g (全振れ)刻みに増大し、破壊まで測定を記録した。</p> <p>(3) <u>地震波による加振</u></p> <p>昭和43年5月16日の十勝沖地震(7.2)を青森県八戸市(東北電力八戸研究所)で観測された実際の地震記録を最大300 gで縮小して模型互に加振した。</p> <p>2. 計測方法</p> <p>模型表面および内部に加速度計、土圧計、鋼板に貼り付けていたスリッジを配備した。他に接着式方位検出器も同時に配備し破壊実験時におけるロックの移動量をハザードに表示方式で表示した。又堤体の表面を標高別に着色し、表面の形状変化を16 mm 8 mm撮影機に記録した。なお模型外側からのデータの記録は電磁オシログラフに記録した。</p> <p>3. データ解析</p> <p>模型材料および模型形状の違いによる堤体の振動性状と実地盤に於ける比較を行った。また当所における振動台を用いて模型の振動実験を行い、両結果について検討を行った。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>今回の実験はこれまで当所で行なってきた片法面、両法面模型および三次元模型の結果をもとめて実施したものであり、これまでにあまり例のない大型模型実験となり、実物大に比較的近づいた実験結果を得た。</p>
<p>発表文献</p> <p>[別刷・報告書の余部があれば添付してください。]</p>	



模型 I

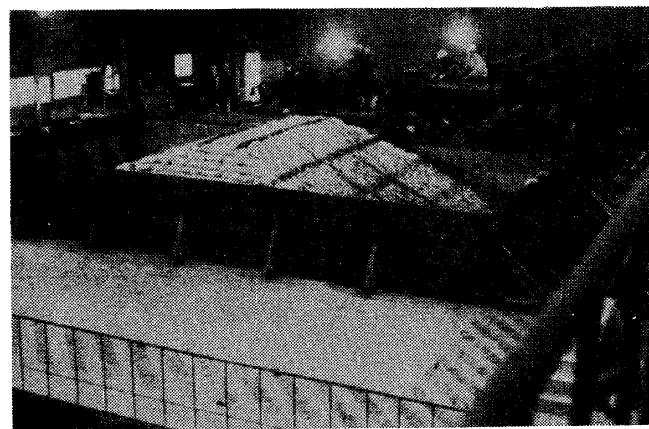
$\phi 100 \sim 150 \text{ mm}$



模型 II

$\phi 100 \sim 150 \text{ mm}$

※基礎は堤体と同じ材料を使用

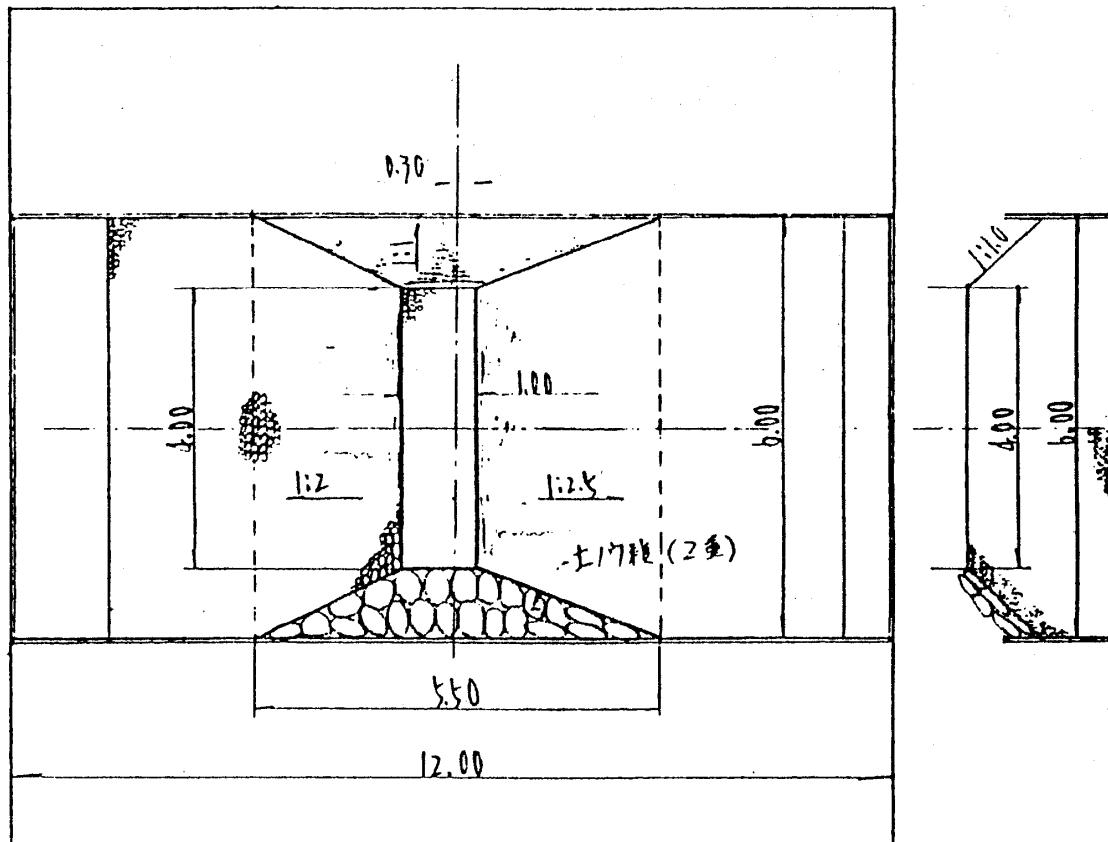


模型 III

$\phi 100 \sim 150 \text{ mm} 70\%$

$\phi 40 \sim 60 \text{ mm} 30\%$

大型模型（防災センター－振動台）

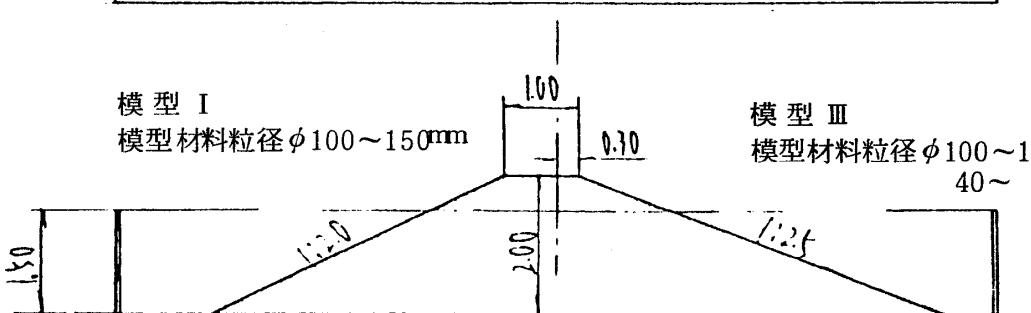


模型 I

模型材料粒径 $\phi 100 \sim 150\text{mm}$

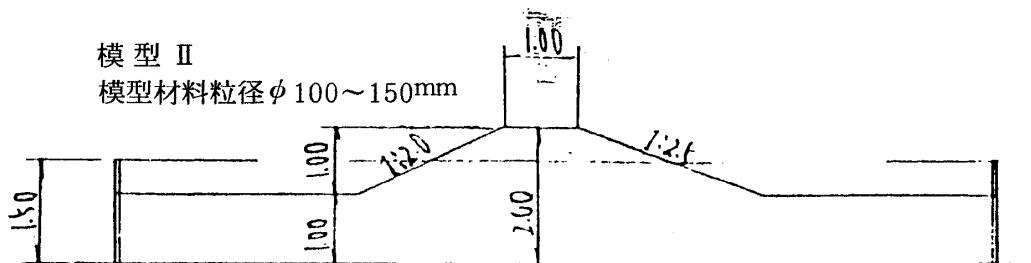
模型 III

模型材料粒径 $\phi 100 \sim 150\text{mm}$
40 ~ 60 mm



模型 II

模型材料粒径 $\phi 100 \sim 150\text{mm}$



国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

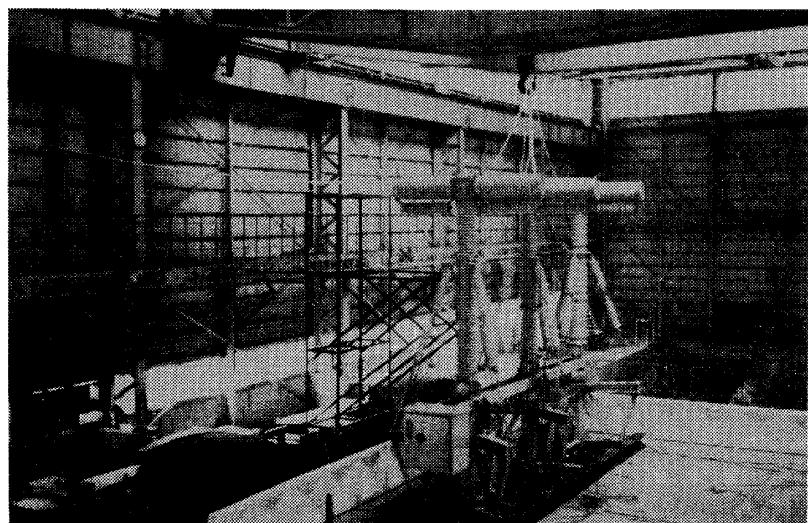
実験名	セキスイハウス・レンガ壁耐震実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	積水ハウス(株) 大阪市北区中之島6-2-27 06-446-3276 石川幹夫
実験協力機関	供試体製作：積水ハウス(株) 供試体設計： 計測作業：共和電業 データ解析： 理論解析： その他(顧問等)：
実施期間	昭和54年1月8日から 昭和54年3月 日まで
実験目的	建物の強震時の動的挙動ならびに構造各部の応答性状を把握して、その耐震安全性を確認するとともに、今後の設計に対する資料を保有。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	鉄鋼系工業化住宅 セキスイハウス 2BKW型。 供試体I --- 1F 10M × 7M 2F 6M × 4M 延床面積 94m ² の実大モデル 外壁はマルセサンドイッチパネル。 フ II --- 供試体Iの外壁を外し。 1階にはレンガ壁を積んだもの。 2階には一部現場砲付仕上げ

	<p>実験結果概要</p> <p>実験方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p> <p>実験Ⅰ： 宮城県沖、ハテ港湾, EI Centro : max 500gal. EI Centro, 宮城県沖 : max 300gal 実験Ⅱ : EI Centro, max 100, 200, 350gal</p> <p>入力地震波は以上の通りであるが、これで顕著な損傷が見られなかったので、3.5Hz 定常波300galまで加振し、この時点で屋根瓦の一部が脱落したので加振を終了した。</p> <p>計測方法</p> <p>加速度 サーボ型加速度変換器 振動台上と建物各部 ひずみ 水平ブレース、合直ブレース 変位 2F床面、軒先の水平変位、層間変位、計測 結果はすべてデータレコーダに集録した。</p> <p>建物の固有振動特性については、自由振動実験、共振実験、ランダム波実験（ローパスフィルターで高周波成分を除いた）から固有振動数、減衰定数について考察した。</p> <p>供試体の地震応答には、非構造部材の剛性が強く影響するか、耐力壁の剛性を基礎として、ねじりを無視して2質点モデルの弾性応答解析と実験結果を比較した。</p>
主たる成果	<p>実験Ⅰ、Ⅱともランダム波実験では内外装、構造体ともほとんど損傷が無かった。</p> <p>非構造材が負担する層せん断力はかなり大きく、通常の仕様で全せん断力の1/3、1/2程度で壁仕様で1/3程度を負担している。</p>
発表文献 別刷・報告書の余部があれば添付してください。	<p>第6回 日本地震工学シンポジウム（予定）</p>

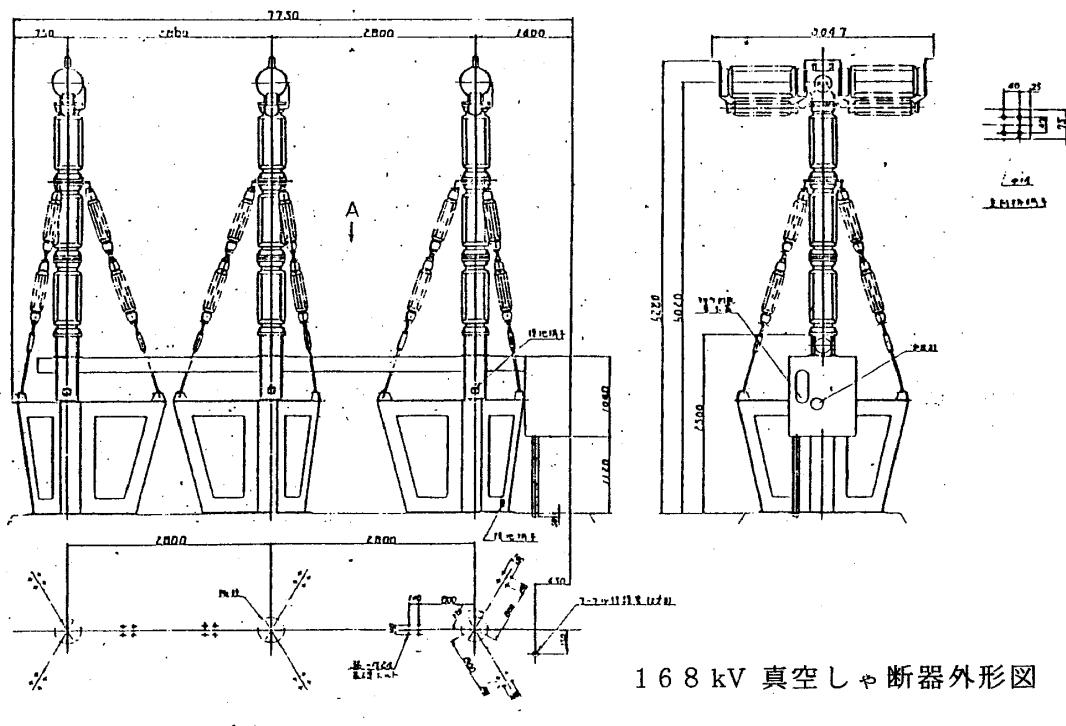
国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	168kV 真空レバーカット VCB 耐震試験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	(株) 明電舎 TEL 0559-21-5111 静岡県沼津市東向門字上中溝 515 新門 康弘
実験協力機関	供試体製作： 株式会社 明電舎 供試体設計： “ 計測作業： 国立防災科学技術センター耐震実験室 データ解析：“ 理論解析：“ その他(顧問等)： (ゲージ貼付・明電舎)
実施期間	昭和 54年 8月 5 日から 昭和 54年 8月 10 日まで
実験目的	電力用レバーカットについて (1) 0.3G 3波共振 (2) 実地震波(エルセントロ, 宮城沖) 実験により、その耐震性と振動挙動を調べる。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	供試体外形、添付図及び写真参照。 長さ： 7750mm 中： 3047mm 高さ： 6280mm 重量： 6700kg 共通架台上に各相毎に配した支持碍管と、その上にT形配置されたレバーカット部碍管を有し、各極柱を3本のステー碍管で支持した、168kV 碼子形 真空レバーカット

<p>実験結果概要</p> <p>[加 振 方 法 計 測 方 法 データ解析方法 理 論 解 析 法 等について記入 して下さい。]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. シヤ断器の前後、左右方向にに対して。 <ol style="list-style-type: none"> (1) 加振台より 0.5 mm 程度のステップ入力を加えて、共振周波数及び減衰定数の目安を付ける。 (2) 0.03G 程度で加振周波数 0.2Hz おきに 0.5~10Hz の範囲で正弦波加振して、各方向の共振周波数を求める。 2. 工記試験で求められた共振周波数の近傍で 0.2Hz おきに 0.3G 3波共振試験、更に宮城沖、エルセントロ地震の実地震波に上り、加振した時のシヤ断器各部の加速度、重量の測定をデータレコーダ及び電磁オシロにて行う。 3. 各実験について供試器各部の静的限界重量に対する加振時の最大応答重量から、安全性を定量化した。
<p>主たる成果</p>	<p>共振周波数、応答特性、及び安全性を定量的に把握することができたとともに、0.3G 3波共振及び実地震波（宮城沖、エルセントロ地震）に対して十分な耐震強度を有することが実証できた。</p> <p>更に一連の耐震試験後に於いても構造的に又電気特性的に何ら異常のないことが確認できた。</p>
<p>発 表 文 献</p> <p>[別刷・報告書の 余部があれば添 付して下さい。]</p>	



168 kV 写真しゃ断器
実験状況写真



168 kV 真空しゃ断器外形図

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	FRPパネルタニクの耐震実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	三菱樹脂(株) 神奈川県平塚市真土2480 Tel 0463-55-1130 平田 正幸
実験協力機関	供試体製作：三菱樹脂 供試体設計：同上 計測作業：共和電業 データ解析：三菱樹脂 理論解析：同上 その他(顧問等)：(撮影：株式会社 記録映画社) (データ貼付：共和電業)
実施期間	昭和54年8月20日から 昭和54年12月15日まで
実験目的	(1) タンク機種(3機種), タンクサイズの違いによる振動特性を調べる。 (2) タンク内の水槽の違いによる振動特性を調べる。 (3) 各種振動数にてタンクの振動特性を調べる。 (4) タンク内ストロッシャー現象を調べる。 (5) 正弦波1.0G加振歩み地震波形にてタンクの耐震強度を確認する。 (6) 内部補強構造(タイロッド方式, ブレス方式)の違いによる振動特性を調べる。
供試体概要	① 供試体は口1mのパネルをガルト結合し, 内部をタイロッドおよびブレスにて補強したFRP製組立式の角型木槽である。タンクサイズは3m×5m×3mで, 積水重4t, 全体重量2.2tである。(図1, 図2) 壁面は3m×3m×3mとし, スロッシング現象の確認のため最上段1m×5mについては, 透明PVC板にて水の運動を観察できるようにした。(オ1供試体) ② 供試体はFRPとフレコンのインドベーテ構造から成る一体型のFRP接着者の角型木槽である。側壁に下500mmピッチで高さ方向に#100のSS41角パイプが被覆される。タンクサイズは2m×3m×3mで, 積水重18t, 全体重量1.3tである。底面は3m×3mとした。内部直角面を構成する側壁ビームを継続, また下側壁と底板を継続したブレス構造(オ2-1供試体)とタイロッド構造(オ2-2供試体)である。(図2, 図3) ③ 供試体はFRP中板構造から成る一体型のFRP接着者の角型木槽である。側壁は高さ方向に500mmまで扇形の形状を有し, 斜斜にハット形のSS41鋼をガルト固定する。内部分はタイロッドとブレスの組合せである。底面は3m×3mとし, スロッシング現象のため, 壁面と直角面について, 鋼材をかいたFRPと, 木の滑軸を観察できるようにした。(図3, 図3)。オバでの供試体とも, 側板と底板を固定するブレスは底板側で集合して固定した。
写真等を添付していただければ幸いです。	

<p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p>	<p>(1) $\phi 1$ 供試体</p> <p>供試体の振動特性は、ステップ加振による自由振動により測定した。地震波形としては、1978年宮城県沖地震の時、佐々木命ジル、東北大学建築学科、国鉄監理用ジルで記録された波形を、エルセントロ波を用いた。</p> <p>計測下、相速度、パワーリスペクトラム、内部・外部補強部材の歪、変位・作用する動水圧、変圧面と直角面に作用する動水圧、変位について行はる、電磁オシログラフ、マイクロデータレコーダーに記録した。データ解析下、スペクトル解析、および振動モード解析を行なった。</p> <p>タンク内水位は、$0.5m$高さのノネ花であったが、固有振動数は$1.1Hz$、減衰比は4.7%であった。</p> <p>10.4シグマ震度では$\phi 1$供試体で$0.37Hz$、$\phi 2$供試体で$0.68Hz$であった。</p> <p>(2) $\phi 2$ 供試体</p> <p>$\phi 1$ 供試体と同じ加振方法、測定方法で実験を行なった。</p> <p>$\phi 2$-1 供試体で固有振動数は$10.5Hz$、減衰比は2.1%。$\phi 2$-2 供試体で固有振動数は$6.6Hz$、減衰比は6.1%であった。$\phi 2$-2 供試体で下板振動が見られたが、これは下部構造がタイロッド方式であったためである。また$\phi 2$-2 供試体では、水量による振動挙動を調べた。その結果、水位のから$2.5m$まで増加すると固有振動数が$20Hz \rightarrow 6Hz$であった。</p> <p>(3) $\phi 3$ 供試体</p> <p>$\phi 1$ 供試体と同じ加振方法、測定方法で実験を行なった。</p> <p>タンク内水位は$2.5m$高さのノネ花であったが、固有振動数は$10Hz$、減衰比は2.3%であった。</p> <p>10.4シグマ震度では$\phi 1$供試体で$0.61Hz$であった。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>振動による動水圧については、HOUSNER理論と測定データを比較し、ほぼ溝先荷重水圧が求められることがわかった。これによると、タンク構造体を設計する際の設計動水圧とは異なることがわかった。また、スペクトル解析により、建物とタンクとの相関を求めてタンクへの震動伝達性に対する指標とすることができた。</p>
<p>発表文献</p> <p>別刷・報告書の 余部があれば添付してください。</p>	

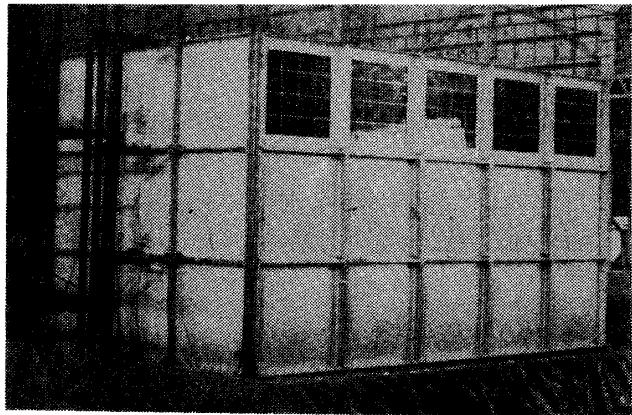


写真-1 供試体全景

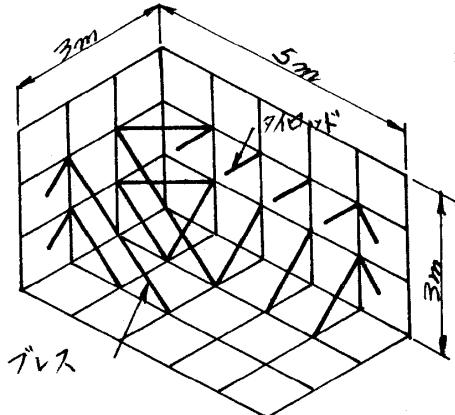


図-1 プレス構造

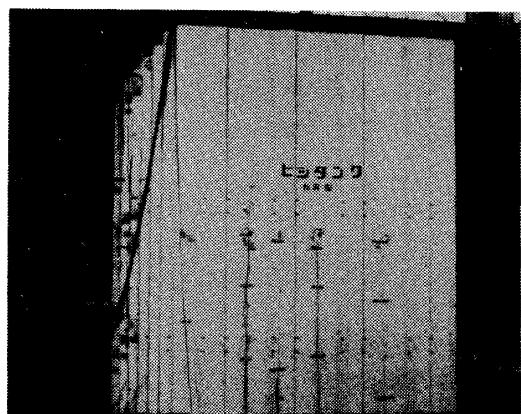


写真-2 供試体全景

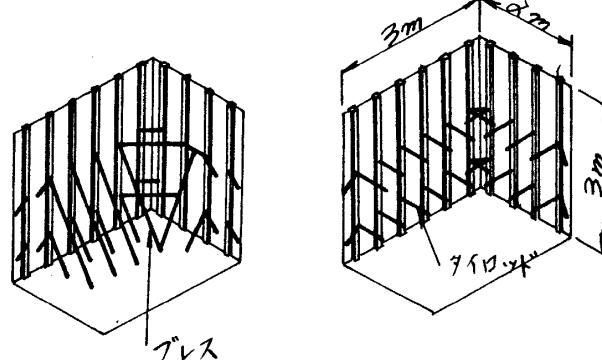


図-2.1 プレス構造 図-2.2 タイロッド構造

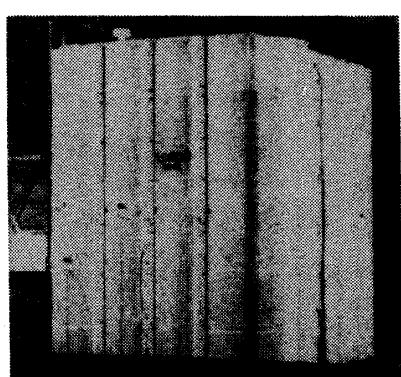


写真-3 供試体全景

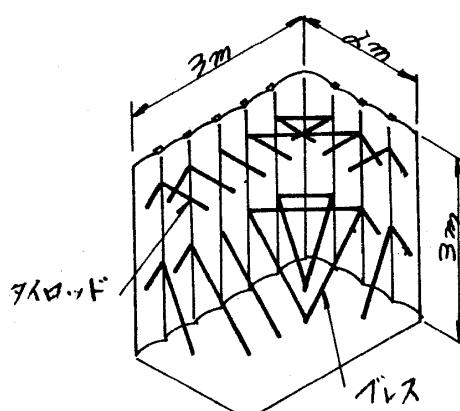
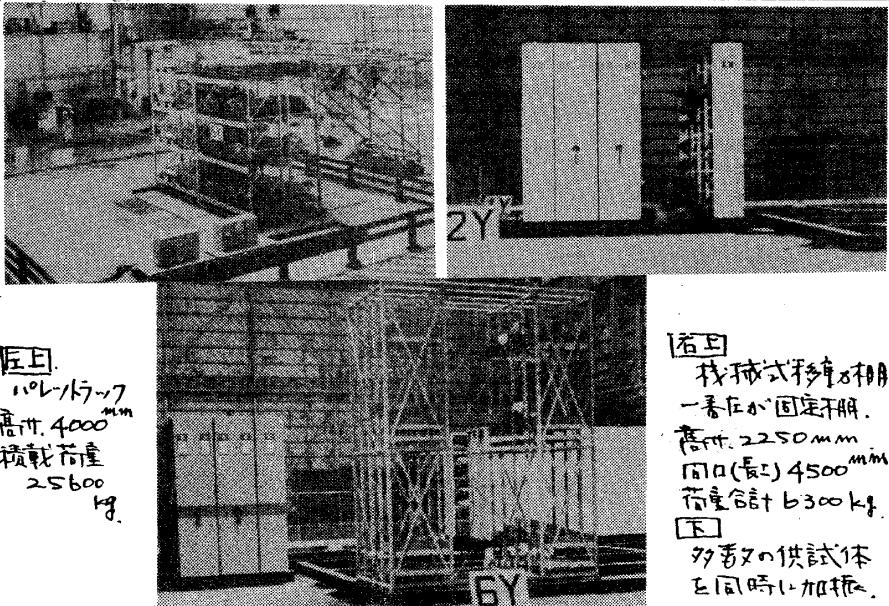


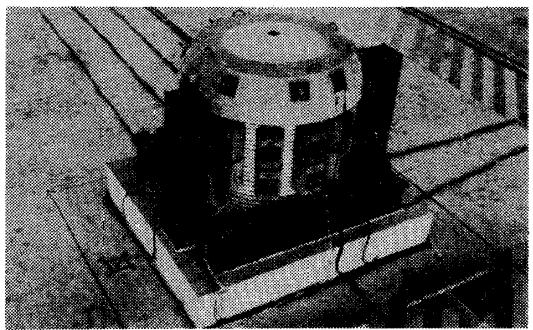
図-3 プレス構造

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	スケール木棚の耐震研究 田嶋	
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	日本アイリング(株) 茨城県水海道市大生御町字中丸6125番地 TEL 02972-4-1151. 山口四郎 山口	
実験協力機関	供試体製作：日本アイリング(株) 供試体設計：全上 計測作業： データ解析： 理論解析： その他(顧問等)：	<p>日本アイリング(株)開発部 電気計測課(株)</p> <p>東北大学和泉研究室</p> <p>実験顧問、東北大学和泉教授、野村研究員 撮影、日本アッシュコロナ、ゲージ貼付、荷重計測</p>
実施期間	昭和54年8月22日から 昭和54年12月15日まで	
実験目的	スケール木棚(移動木棚を含む供試体9種13台)の耐震性について。 1. 木棚がおもむね振動ごとくどうな挙動をするか。 2. どうなる水平及び荷重落成するか。 3. 耐震対策を施したものの効果 4. 同対策を外した場合の耐震性 等	
供試体概要	<p>写真等を添付していただければ幸いです。</p>  <p>左上: パレットラック 高さ 4000 mm 積載荷重 25600 kg</p> <p>右上: 機械式移動木棚 一番左が固定木棚。 高さ 2250 mm 間口(長さ) 4500 mm 荷重合計 6300 kg</p> <p>下: 多種類の供試体を同時に加振。</p>	

実験結果概要 〔加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。〕	<p>実験は10日間に亘り、毎日組立てながら複数台を振動台上に据えつけ、9回に分けて加振するという方法をとった。</p> <p>加振は一水平方向のみであったため、移動式棚、パレットラック、收納庫（パネルラック）は、X・Y用に同種のものを2台用意した。</p> <p>加振波形は、サイン波、Hz一定加速度Sweep、又は加速度一定Hz Sweep、及び宮城県沖地震時に仙台住友ビル2Fで記録されたN-S波と東北大工学部9Fで記録された液工用波。</p> <p>但し、住友ビルの波は、50.100...300gal/秒を変換、東北大の波は100gal/秒を行った。</p> <p>計測は加速度と応力を測定、デジタルデータレコーダーに記録しマグネットape化した。</p> <p>解析は防災セイケルコンピュータで、データからアーティファクトを除外し、一部手計算を加えて、応答倍率を算出するとともに、フーリエ分析で波形（ランゲム）を描かせた。</p> <p>しかし、当社では、これ以上の解析は出来ないため、東北大工学部へ依頼して、加速度応答曲線グラフ化を行ってもらった。</p>
主たる成果	解析に手間取ったが、当社の成果は十分得た。
発表文献 〔別刷・報告書の余部があれば添付してください。〕	

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	プレストレスコンクリート原子炉格納容器耐震実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	(株)大林組 技術研究所 東京都清瀬市下清戸4-640 表佐太郎 他
実験協力機関	供試体製作：越路工務店 供試体設計：大林組技術研究所 計測作業：同上 データ解析：同上 理論解析：同上 その他(顧問等)：日本原子力発電(指導)
実施期間	昭和54年10月 日から 昭和55年3月 日まで
実験目的	PCCV Y ₃₀ モデルを用いて 耐震安全性の検証 を行い、理論解析法の確立を行なった。
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	円筒形、頂部半球ドーム形 高さ 2204mm、内径 1434mm、壁厚 50mm 側面引向 プレスレス 造りアントン方式 円周方向 プレスレス ワイヤーワイヤーテンション方式 金型による付加重量取付け(総計 22.6t) 

	<p>実験結果概要</p> <p>加振方法； 傾入角による定常正弦波 —— 共振曲線 模擬地震動 = 種類 —— 弹性応答 エンベロープ正弦波 } —— 非弹性応答 模擬地震動 } 正弦波 ————— 破壊</p> <p>計測方法； 加速度、変位、鉛直歪、テンション張力 (40点) (6点) (24点) (8点) テータ-レコーダー記録</p> <p>T-4- 解析方法； スペクトル解析 応答時刻歴 応答最大値 T_{max}</p> <p>理論解析法； 物質属性曲線による弾塑性応答 行程・時刻歴応答・シミュレーション解析</p>
主たる成果	<ul style="list-style-type: none"> 破壊状況を振動実験により達成し、その破壊モードは別途行なった静的実験と良く対応した。 終局耐力が計算通りであり、設計用耐力に対する約1.8倍、安全性があることが確認された。 弾塑性応答解析法の妥当性が検証された。
発表文献 (別刷・報告書の 余部があれば添付してください)	<ul style="list-style-type: none"> "フレストレストコンクリート格納容器(PCCF)の力学的挙動に関する研究(その3)" 大林組技術研究所報 No.22, 1981 "フレストレストコンクリート格納容器の1/2模型 ふれあい30模型 ひづり耐力実験" フレスストレストコンクリート Vol.23, No.1 Jan. 1981 <p>他</p>

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	FRP製タンクの耐震強度とその他研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	積水工業(株) 産業機器事業部 大阪市北区堂島3丁目4番27号 平野芳博
実験協力機関	供試体製作：積水工業(株) 供試体設計：同上 計測作業：同上 及び 共和電業 データ解析：国際防災科学技術センター及び積水工業(株) 理論解析： その他(顧問等)：大阪大学工学部建築工学科教室 井上豊 助教授
実施期間	昭和55年5月19日から 昭和55年5月31日まで
実験目的	(1) FRPパネル水槽の内部補強方式の相違による動的特性の調査と優位性の評価 (2) ブレース補強方式水槽の耐震強度の確認。(第2供試体)
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	水槽寸法は $4m \times 4m \times 3.5m^H$ で、本体重量は 2,690 kg 満水位 2.7 m とした。本体を構成しているパネルは寸法 $1m \times 1m$ が主で、両面FRP、間にラスケットフォームをはいたサンドイッチ構造である。架台は、500mm H H鋼を施設し、その上に 150mm H の水槽専用架台を敷いた。(写真1参照) 第1供試体は、丸棒による平行ステー補強方式で、第2供試体は、アングルによるブレース補強方式とした。(図1参照) 又、強度実験を行なう際、配管を取付けた。

<p>実験結果概要</p> <p>[加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p>	<p>(1) 第1, 第2供試体共、共振実験は、1mm P-P ステップ波、正弦波、エルセントロ波を入力して行なった。供試体に12, 27個の加速度計、10個の速度計、8個の水圧計、27個の歪ゲージを取り付けた。</p> <p>第2供試体に対しては、宮城県沖東地震波、エルセントロ波、正弦波で強度実験を行なった。</p> <p>(2) データ解析については、最大値のアカウトポート、FFTによるスペクトル解析等を行ない、伝達特性について検討した。</p> <p>固有振動数については、簡単なモデルとの比較を行なった。</p> <p>(3) 応力については、現在 FRP 協会刊行の "FRP 水槽構造設計計算法"との比較を行なった。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>水槽の場合、水の重量が大きい為に、直心 固有振動数が低下し、共振域に入ってしまうことより、本体の剛性を高める為の有効な方法が確認出来た。</p> <p>実務上は、一点モデルで 固有振動数を求める事ができる事を確認した。</p>
<p>発表文献</p> <p>[別刷・報告書の余部があれば添付してください。]</p>	<p>昭和57年 HASS 近畿支部 環境衛生工学研究会で発表。</p>

添付資料

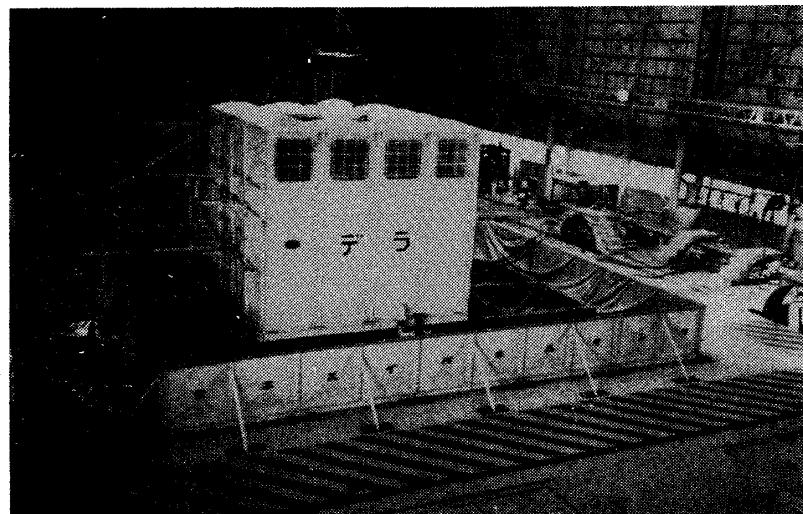
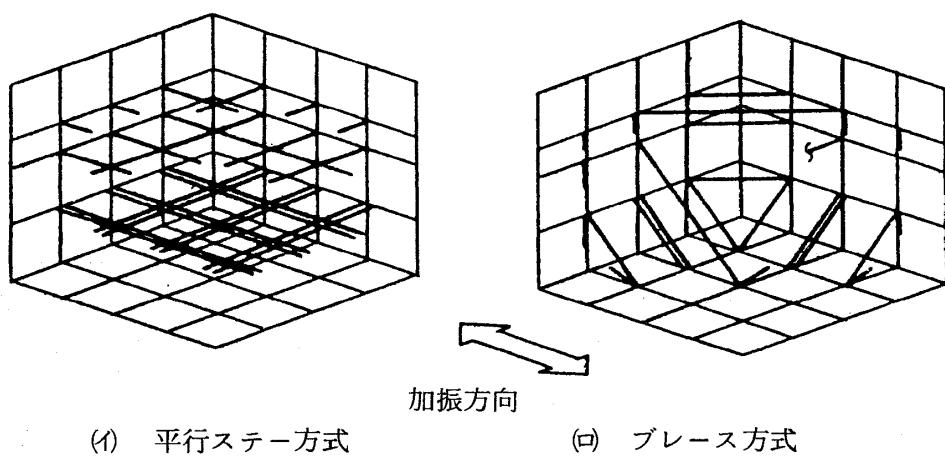


写真-1

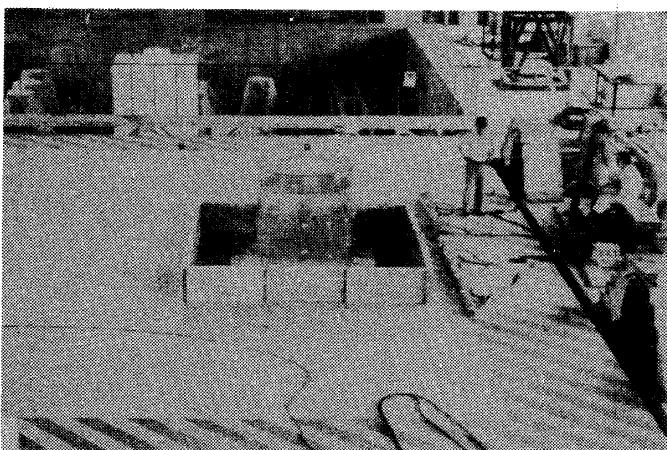


(a) 平行ステー方式

(b) ブレース方式

図-1 供試体補強

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	液体と弾性体の連成振動に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	国立防災科学技術センター 茨城県新治郡桜村天王台3の1 TEL 0298-51-1611 賀輪 親宏
実験協力機関	供試体製作：セキスイ工事株式会社 供試体設計：国立防災センター土木研究部 計測作業： 同上 データ解析： 同上 理論解析： 同上 その他（顧問等）：
実施期間	昭和55年6月16日から 昭和55年6月17日まで
実験目的	屋根付円筒水槽の振動性状を調べる。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	高さ1.5m、直径1.27m、厚さ2mmの透明塩化ビニール製の屋根付水槽である。水槽側壁は厚さ20mmの底板に固定されている。屋根には厚さ10mmの板で直径60cmの穴があいている。 

実験結果概要 〔加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。〕	<p>実験は水位0%, 20%, 50%, 80%のケースについて行なった。加振は正弦波とランダム波(エルセントロN-S)で行い、固有振動数、振動モードを求めた。なお測定は水圧、加速度について行い、デジタルレコーダーに記録した。</p> <p>データ解析はランダム波についてはFFTで正弦波についてはフーリエ解析により加振振動数成分を取り出し共振曲線を求めた。主な固有振動数は水位0%で17Hz, 20%で14Hz, 50%で10Hz, 80%で8Hzである。</p> <p>なお円周方向の振動モードはタンク中央の高さで見るとC01のモードだけではなく水位80%のときはC0150のモードが表れているのが見られた。液体と側壁の速成を考慮した仮定モード法による理論解析を試みたが実験値との一致は見られなかつた。なお共振時に加振振動数の2倍の振動数が発生する現象が現れ、その円周モードは偶数であることが見られた。</p>
主たる成果	円筒タンクには非線形振動が生じることが分かった。
発表文献 〔別刷・報告書の余部があれば添付してください。〕	昭和57年 日本建築学会大会梗概集

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	土構造物の動的特性調査
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡豊里町旭1 谷口栄一 0298-64-2211
実験協力機関	建設省関東地方建設局関東技術 供試体製作:事務所常総開発(株) 供試体設計:土木研究所動土質研究室 計測作業:動土質研究室 データ解析:同上 理論解析:同上 その他(顧問等): (16mm撮影:(株)東京記録映画製作所)
実施期間	昭和55年7月 日から 昭和55年8月 日まで
実験目的	比較的ゆるい砂質土地盤の地震時液状化対策として、発生した間けき水圧を速やかに消散させる工法としての碎石ドレンの適用性を明らかにする。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	振動台上に長さ12m、深さ3.5m、幅2mの鋼製の箱を固定し、この中に厚さ3mの山砂を巻出し、締固め模型地盤を作成し、後に模型下部より注水を行い、地盤を飽和させた。 模型は6種類であり、図-1に示す通りである。尚碎石ドレンは、5号及び7号砕石からなり、埋割道路模型は鉄筋コンクリート製の箱である。これらはすべて2次元模型である。

実験結果概要 〔加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。〕	<p>1) 加振方法 a) 共振実験: 20galの正弦波で振動数を1~24Hzまで断続的に変化させる。 b) 破壊実験: 20gal, 5Hzの正弦波で60秒間水平加振する。</p> <p>2) 計算方法 a) 加速度: 地盤, ドレン, 挖削道路模型 174所 b) 間げき水圧: 地盤, ドレン 364所 c) 変位: 挖削道路模型 24所</p> <p>以上の計測項目をデジタルデータレコーダで同時記録した。</p> <p>3) データ解析方法 大型の電子計算機を用い加速度, 間げき水圧, 変位の応答値を計算し, 加速度については全周波分布, 間げき水圧については時間経過と全周波分布, 水平分布, 変位は挖削道路模型の経時変化等をX-Yロットで図化した。</p> <p>4) 理論解析法 模型-1, 2に対して間げき水圧の発生を考慮したFEM解析を行った。</p>
主たる成果	<p>1) 破砕ドレン中心から50cmまでは破砕ドレンにより, 間げき水圧の上昇が軽減された。</p> <p>2) 加振終了後の間げき水圧の消散は破砕ドレンによって促進される。</p> <p>3) 破砕ドレンを挖削道路の下に設置することによって場圧力を大きく軽減でき, 流状化对策として効果が大きい。</p>
発表文献 〔別刷・報告書の余部があれば添付してください。〕	<p>1) 破砕ドレンによる流状化対策工法の検討 日米天然会議, 耐風, 耐震構造事例会第13回合同部会, 1981</p> <p>2) 破砕ドレンによる流状化対策に関する大型振動台実験 第16回土質工学研究発表会, 1981</p>

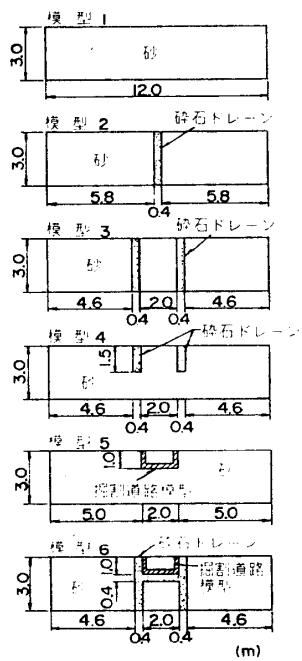


図-1 模型地盤



写真-1 破石ドレンからの排水状況

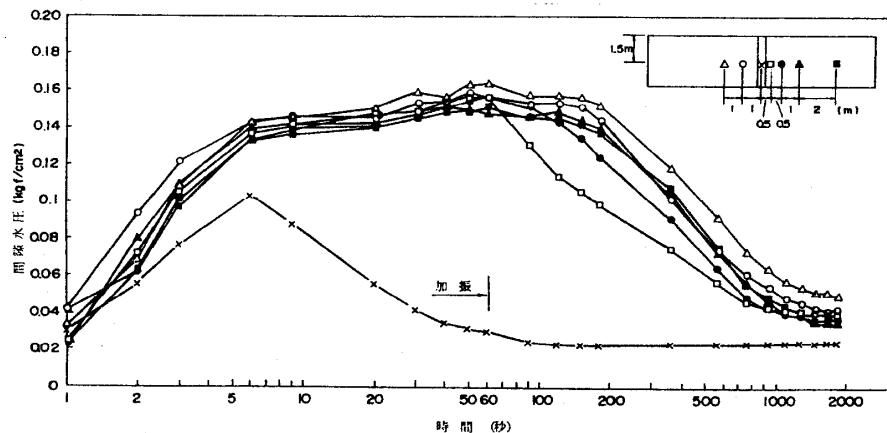


図-2 間隙水圧の時間変化(模型2)

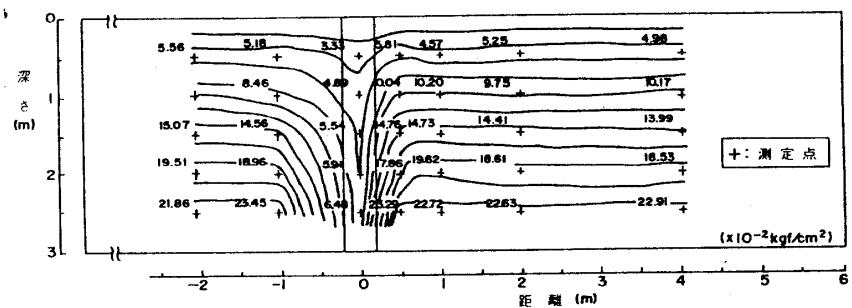


図-3 間隙水圧の空間分布(模型2, 加振後20秒)

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	自動倉庫の耐震実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	(社)日本産業機械工業会 東京都品川区西五反田 2-19-3 TEL 03-492-5861 竹山時男 大福機工(株)エンジニアリング部
実験協力機関	供試体製作： 村田機械(株) 供試体設計： 日本産業機械工業会耐震実験委員会 計測作業： 共和電業 (以下産機工委員会と呼ぶ) データ解析： 国立防災科学技術センター研究室 / 産機工委員会 理論解析： 同上 その他(顧問等)： 東大加藤勉教授, 建築研究所, 山内博之氏
実施期間	昭和56年1月8日から 昭和56年1月24日まで
実験目的	(1) 立体自動倉庫(ラック構造)の振動性状を調べる。 (オ1供試体) (2) ラックに格納された格納物の振動に対する安定性を調べる。 (オ2供試体)
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	(1) 加振方向、及び加振直角方向に高さ7mのラック(図-1参照)を配置し、それにオックスパレットを格納した。(オ1供試体) (2) ラックの規模はオ1供試体のものを1/2とし(図-2参照)木製パレットの上にカートンケースを格納した。(オ2供試体)

<p>実験結果概要 [加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p>	<p>(1) オ1供試体 正弦波掃引、変位ステップ波、振動台急停止の振動試験を行い、供試体の固有値の計測を行った。 尚、地震波については EL・CENTRONS、TAFTEW、宮城県沖NNの3波を用い、振動特性の計測を行った。 計測は加速度、鉄骨歪、相対変位について行い、アナログ及デジタルレコーダーに記録した。 データ解析は応答スペクトル、フーリエスペクトル分析と応答シミュレーションを行った。</p> <p>(2) オ2供試体 加振方法はオ1供試体と同じ方法で行った。 計測については加速度の計測のみとした。 格納物の落下現象は300ガルの入力加速度から発生した。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>地震時にはラックと格納物の間に荷のすべり現象が発生し、これが地震エネルギーを吸収することとなり、入力加速度を大きくしても応答加速度は伸びていないことが判明した。これを等価減衰として評価すると1からばく5～20%の数値になることも明らかになった。また格納物の落下についてはその対象となる位置での応答加速度が700ガル程度から落下現象が生じることが確認された。</p>
<p>発表文献 (別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。)</p>	<p>昭和56年6月 (社)日本産業機械工業会より 「地震時立体自動倉庫の安全化に関する調査研究報告書」 としてまとめられていら。</p>

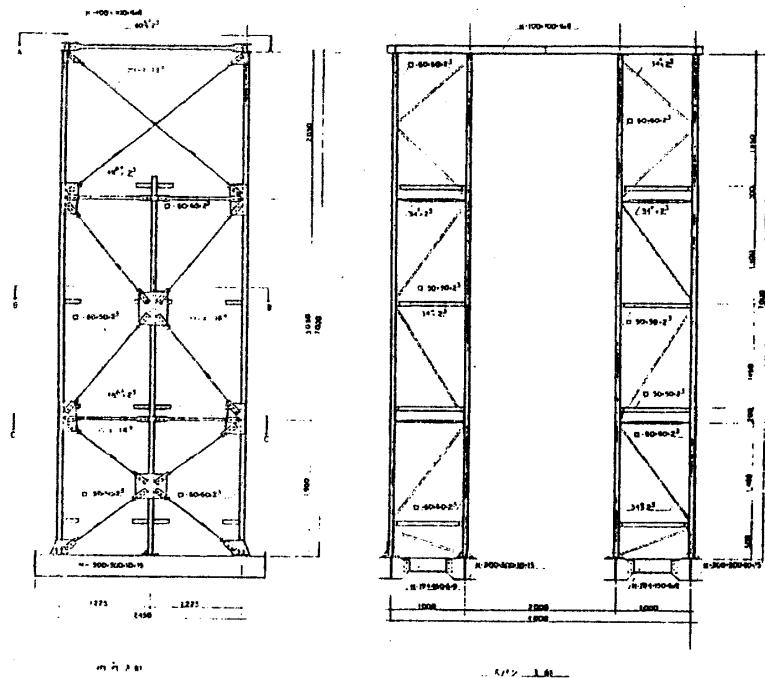


図-1 第1供試体

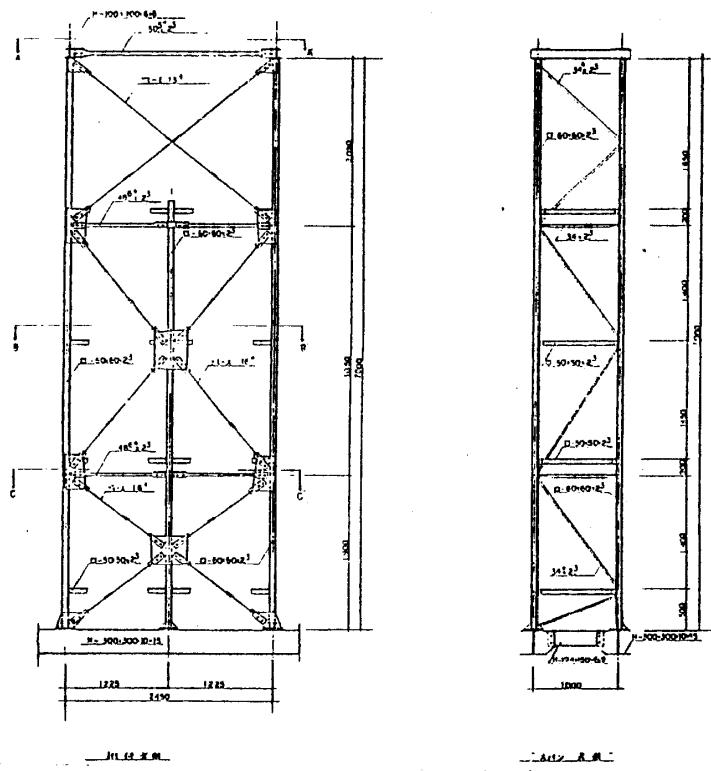
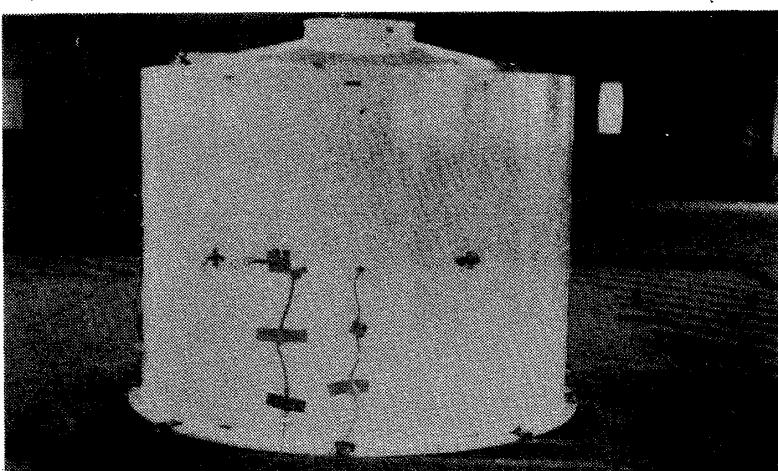


図-2 第2供試体

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

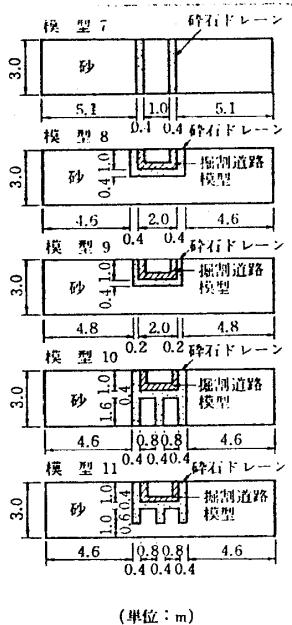
実験名	液体と弾性体の連成振動に肉する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	国立防災科学技術センター 茨城県新治郡桜村天王台3-1 TEL 0298-51-1611 實験室
実験協力機関	供試体製作：(株)三菱樹脂製 円筒水槽 供試体設計： 計測作業： 国立防災センター データ解析： 同上 理論解析： 同上 その他(顧問等)：
実施期間	昭和56年6月 日から 昭和56年6月26日まで
実験目的	水槽の固定度の相違による振動性状の変化をみる。
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	直径1.8m、高さ1.4m、厚さ2.5mmのFRP屋根付円筒水槽であり、水槽は架台によくおさえ金具を用い、均等の間隔で固定されている。 

<p>実験結果概要</p> <p>[加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p>	<p>加振は、正弦波、変位スケルプ波、ランダム波を行った。 水位は0%~10%まで10%きざみで行い、80%について特に詳く実験を行った。計測は、加速度、水圧、歪について行い、デジタルデータで記録した。データ解析は、ランダム波についてはFFT、正弦波についてはフーリエ解析により加振振動数成分を取出す方式により共振曲線を求めた。固有振動数は各水位の時とも3~4個表れている。円周方向振動モードはCOSのものはほとんどなく、波数の大きいものがかなりみられ、特にCOS70のものが明確に現れた。また、加振振動数の2倍の振動数成分が現れている。一方、水槽の台への固定度を下げると、共振曲線の外のピークの振動数及び振幅が下がった。理論解析は液体と側壁の連成を考慮した仮定モード法のモデルに架台の回転を加えて行った。共振曲線の外のピークの固有振動数は、実験値と合せることができたが、円周方向波数の大きいモードについては、固有振動数は、ほぼ合するが、ゼークの値については、理論は実験値を説明できなかった。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>水槽の固定法の微妙な相違により、水槽の振動特性は大きく変化する。</p>
<p>発表文献</p> <p>[別刷・報告書の余部があれば添付してください。]</p>	<p>昭和55年 日本建築学会梗概集 昭和57年 "</p>

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	堤防道路の耐震実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	建設省土木研究所 茨城県筑波郡筑波町大字旭1 TEL 0298-64-2211 谷口 勲一
実験協力機関	供試体製作：建設省土木研究所 供試体設計：建設省土木研究所 計測作業：関東技工事務所、動土質研究室 データ解析：動土質研究室 理論解析：同上 その他(顧問等)：
実施期間	昭和56年7月 日から 昭和56年8月 日まで
実験目的	砂質地盤に設置された半地下式道路構造物(以下、堤防道路という)に対する地震時に周辺地盤が液状化した時の排水工法のひとつである碎石ドレーン工法の有効性を明らかにする。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	振動台上に長さ12m、深さ3.5m、幅2mの鋼製の箱を固定し、の中に厚さ3mの山砂を差出し、締固めて複型地盤を作成した。 複型図-1に示すように5種類あるドレン用の碎石に5号及び7号からなり、堤防道路複型の鉄筋コンクリート製の箱型である。これらを二次元模型となるように配置した。

<p>実験結果概要</p> <p>[加 振 方 法] 計 测 方 法 データ解析方法 理 論 解 析 法 等について記入してください。</p>	<p>1) 加振方法 a) 共振実験：20galの正弦波で振動数を1~24Hzの範囲で断続的に変化させる。 b) 破壊実験：150gal, 2Hzの正弦波で30秒間水平加振</p> <p>2) 計測方法 a) 加速度：地盤、ドレン、堀割模型 17ヶ所 b) 間げき水圧：地盤、ドレン 40ヶ所 c) 変位：堀割道路模型、地盤表面 4ヶ所 d) 土圧：堀割道路模型 2ヶ所</p> <p>以上の計測項目をデジタルデータレコーダーで同時記録した。</p> <p>3) データ解析法 大型の電子計算機を用い加速度、間げき水圧、変位の応答値を計算。加速度については鉛直分布、間げき水圧については時間経過と鉛直分布、水平分布変位は堀割道路模型の経時変化、堀割道路模型化作用する動土圧等をX-Yロッターを用いて図化した。</p> <p>4) 理論解析法 実験を行った模型をモデル化し間げき水圧の発生、消滅を考慮したFEM解析を行った。 さらにFEMを用いて、実際の地盤内に設置される碎石ドレンの効果の検討を行った。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>1) 碎石ドレンを堀割道路下部に設置することにより(例えは模型-10, 11)場圧力を軽減でき、周辺地盤が液状化した時の浮上量を小さくすることができます。</p> <p>2) 間げき水圧の発生、消滅を考慮したFEM解析により模型地盤の液状化の挙動をよく再現できる。</p>
<p>発 表 文 献</p> <p>(別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。)</p>	<p>1) 液状化対策としての碎石ドレン工法について 日米天然会議、耐震耐震構造専門部会、第14回合同部会、1982</p> <p>2) 碎石ドレン工法の効果に関する大型振動台実験 工木技術資料 24-5 1982</p> <p>3) 液状化対策としての碎石ドレンの効果に関する振動実験 第17回工質工学研究発表会 1982</p> <p>4) 液状化対策工法としての碎石ドレン工法の適用性について 第36回建設省技術研究会 1982</p>



(単位: m)

図-1 模型地盤



模型-7 中央上部が堀割道路

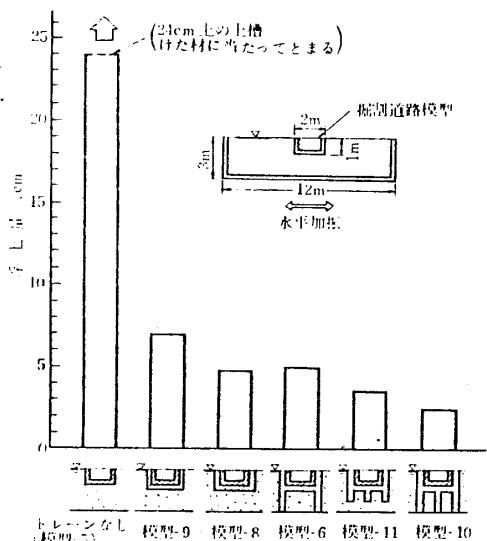


図-2 碎石ドレンによる浮き上がり量の抑制効果

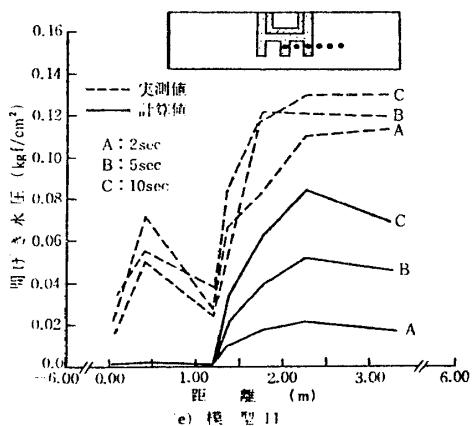


図-3 深さ 1.5 m での間げき水圧分布の比較

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	高圧ガス製造施設に係る塔の振動実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	高圧ガス保安協会 港区虎ノ門3丁目6-2 指導部保安指導課 謂間 広己 TEL 03-436-6102
実験協力機関	供試体製作：日立造船㈱神奈川工場 及び 濱池組 供試体設計：高圧ガス保安協会 計測作業：同上 及び 国立防災科学技術センター耐震実験室 データ解析：同上 理論解析：同上 その他(顧問等)：共和電業株式会社
実施期間	昭和56年8月 日から 昭和57年10月 日まで
実験目的	高圧ガスの製造施設における鋼製塔を対象とし、地盤に対する耐震性を一連の実験により求め、既存施設の耐震安全性の評価式を導く。 塔は塔本体がスカート部で支持され、スカート部下部はコンプレッショニングリングを介して鉄筋コンクリート基礎に支持されるもので、塔頭の一つの基本型である。この種の塔においては地盤時の応力としてはスカート基部に生ずる曲げモーメントが支配的である。従って、塔の地盤等の終局耐力は、スカート部、コンプレッショニングリング、アンカーボルト、基礎コンクリート等の耐力に依存すると考えられる。これらの耐力決定要因のうち、特に下記の2項目を重視し、地盤時の塔基部部分の耐力、エネルギー吸収能力を振動台による実験により求め、終局耐震性評価の為的一般的手法を導く。 <ol style="list-style-type: none"> 1. アンカーボルトの降伏 2. スカート部の鋼板の局部座屈 <p>また、上記要因以外の破壊モードが起らない様に試験体を既往の設計手法で設計し、設計手法の妥当性を検証する。その際、着目すべき項目は次の諸点である。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1)コンプレッショニングリングの健全性 (2)基礎鉄筋コンクリートの健全性 3. 塔側板と鋼板、鋼板とスカート鋼板との接合部の健全性
供試体概要	図2に実験装置図を写真1に実験装置組上り写真を示す。 実験装置の組立作業能率を考慮して、基礎ブロック1基に塔2体を同時に設置する。振動実験は片方の塔のみに重錘を載せて行う。他方の塔の実験に際しては重錘を載せ換える。(図2.2(a))。次の2体も同じ要領で実験し(図2(b))、残る1体は図2(c)に示す状態で実験する。 RC基礎架は、両材端と梁中央の3ヶ所を押え梁によって振動台上に固定される(図2)。各押え梁の両端は4本のアンカーボルトで振動台に連結される。押え梁の押え力は各押え梁と基礎梁間に挟んだ2基の油圧ジャッキにて与える。各ジャッキに55tonずつ、つまり1本の押え梁につき110tonの初期押え力を導入した。 塔試験体を基礎ブロックに固定するに際して、塔ベースプレート底面と基礎ブロックとの間にグラウト剤を注入し、塔と基礎との接触を一様ならしめる。グラウト剤の強度発揮後(養生期間1日)アンカーボルトを手締めにより締めつける。実験によりボルト締付本数は異なるが、一本当たりの締付力は、ボルト軸部に貼付した歪ゲージの指示値で500microstrain程度に相当する大きさとした。 塔設置後の塔の鉛直度は、すべての試験体について1/1000を上回る精度であった。 実験実施上の安全確保の為、振動実験中塔が倒壊する場合を想定して、その際に塔並びに重錘を支持する防護装置(鉄骨骨組)を設ける。防護装置上部には數箇所ストップバーを設けて、重錘の変位が過大となった場合に重錘を制止する。ストップバーによる重錘の可動範囲(振動台からの可動相対変位)は加振方向に約±10cm、加振直交方向に約3cmとした。防護用骨組は設計水平力を加振方向、加振直交方向に各々50t、10tとし、かつ塔上部変位を測定する際の不動点としての十分な剛性をもつものとした。
写真等を添付していただければ幸いです。	

<p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p>	<p>5本の試験体に対して各試験体ごとに以下に示す実験を行った。</p> <ol style="list-style-type: none"> 予備実験：歪の弾性振動把握及び計測系、制御系の状態の確認 <ol style="list-style-type: none"> 自由振動実験 {振動台固定状態での自由振動} 振動台油圧ポンプの位置制御時の自由振動 共振実験 実地震波による弾性範囲加振実験 破壊実験に先立ち、車の制御系、計測系の動作をcheckするための試験加振 破壊実験(本実験) <ol style="list-style-type: none"> 実地震(実時刻録)の修正波による加振実験 実地震として次の3種を用いた <ul style="list-style-type: none"> EL Centro 1940 NS成分, Taft 1952 EW成分, Hachinohe 1968 NS成分 正弦波加振実験：歪の固有周期近傍で加振 <p>以上の加振実験により別添に示す実験結果を得た。(別添1～5参照)</p> <p>データ解釈及び理論解析等については、別添報告書 p60～p90を参照下さい。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>一連の実験より、鋼製塔の地盤時の耐荷機構を調べ、アンカーボルトの降伏、スカート部の座屈を伴う塑性変形によって、地震入力エネルギーのかなりの部分が吸収されうることが明らかとなった。</p> <p>アンカーボルトが降伏すると基礎コンクリート上面には集中的な圧縮反力が生じ、また、スカート部も応力集中にさらされることになるが、これによる新たな破壊モードは今回の実験においては認められなかった。</p> <p>アンカーボルトの降伏、ないし、スカート部の座屈を破壊モードとする鋼製塔の耐震性を決定づける諸量は次のように求めることができる。</p> <ol style="list-style-type: none"> 塔を1質点振動系とみなした場合のバネ定数は次式で与えられる。 $k = \frac{k_s k_f}{k_s + k_f} \quad (6)$ <p>ここで k_s : 塔本体及びスカート部の変形により決まるバネ定数 (別添参考) k_f : アンカーボルトの伸びにより決まるバネ定数 (別添参考)</p> <ol style="list-style-type: none"> 降伏耐力 Q_r は次式により与えられる。 $Q_r = \min \{ Q_{sr}, \sigma_r A \} \quad (7)$ <p>ここで Q_{sr} : スカートの局部座屈により決まる耐力 (別添参考) σ_r : アンカーボルトの軸部降伏により決まる耐力 (別添参考)</p> <ol style="list-style-type: none"> 弾性振動エネルギー W_e は次式により与えられる。 $W_e = \frac{Q_r^2}{2k} \quad (8)$ <ol style="list-style-type: none"> アンカーボルト破断ないしはスカート部の局部座屈崩壊により決まる塑性歪エネルギー吸収能力 W_p は次式により定まる。 <ol style="list-style-type: none"> アンカーボルト破断による W_p $W_p = n \cdot A \cdot \sigma_r \cdot \bar{\delta}_{pm} \quad (9)$ <p>ここで n : アンカーボルト総本数 A : アンカーボルト軸部断面積 σ_r : ボルト降伏点 $\bar{\delta}_{pm}$: アンカーボルト終局平均伸び (別添参考)</p> <ol style="list-style-type: none"> スカート部座屈崩壊による W_p $W_p = \frac{0.5 Q_r^2}{ K_s } \quad (10)$ <p>ここで K_s (別添参考)</p> <ol style="list-style-type: none"> 塑性歪エネルギーを考慮した場合の所要強度 α の弾性設計における所要強度 α_0 の比率は次式で与えられる。 $\frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1.5 \eta}} \quad (11) \quad \text{ここで } \eta = \frac{W_p}{W_e}$ <p style="text-align: right;">以上</p>

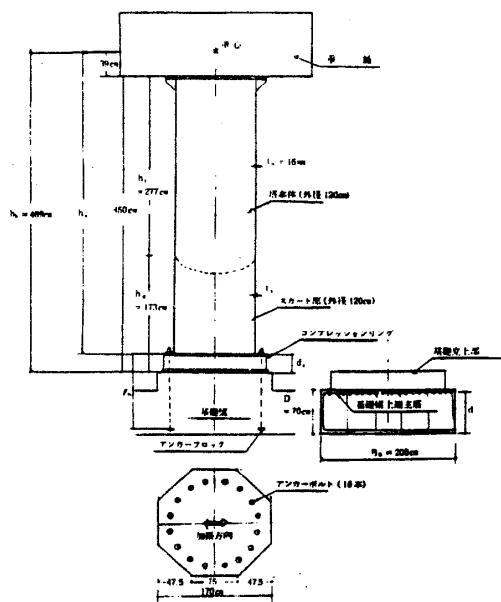


図1. 試験体各部名称、主要寸法

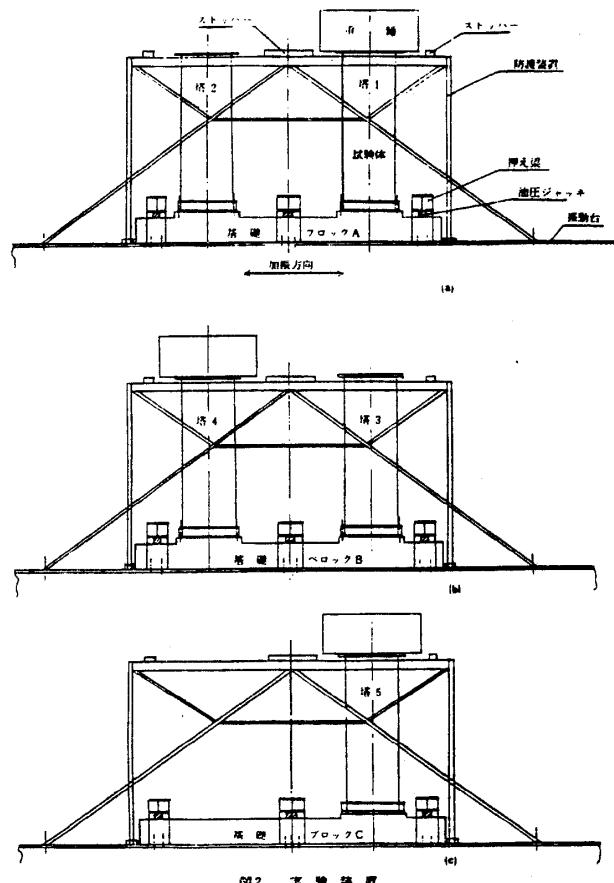
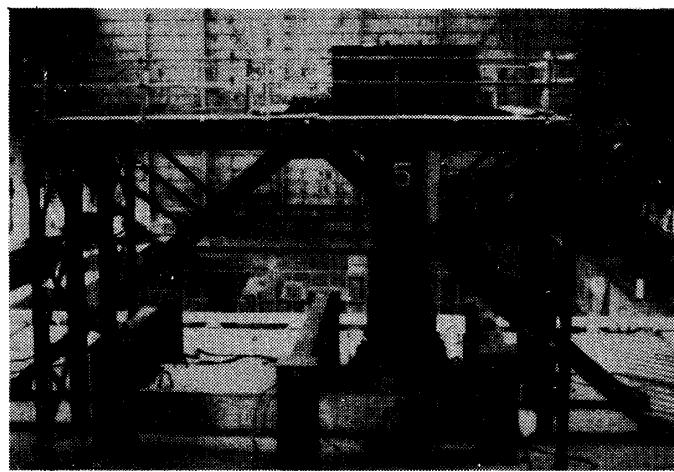
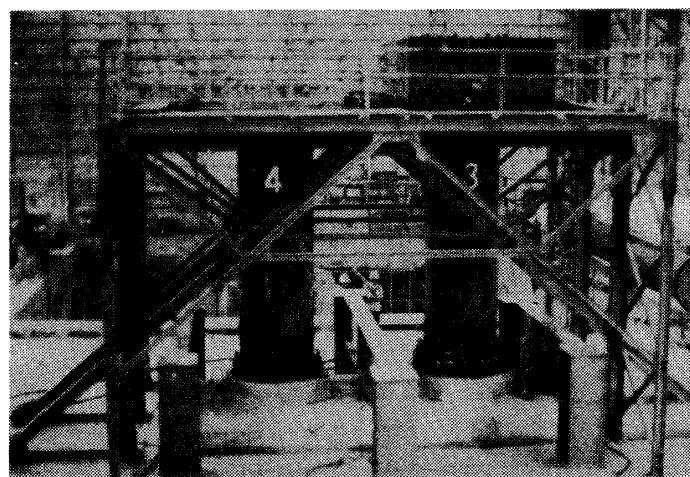


図2. 実験装置

写真-1
供試体概観



国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	消防用設備等の耐震性能に関する研究
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	自治省消防庁予防救急課 科学技術省国立防災科学技術センター 千代田区霞ヶ関2-1-2 03-521-5311 内線516 北山正俊
実験協力機関	供試体製作：日本電設工業協会、消火装置工業会 供試体設計：日本電設工業協会、日立製作所、工原製作所 計測作業：(株)東芝、日立製作所、工原製作所 データ解析：(株)東芝、日立製作所、工原製作所 理論解析： その他(顧問等)：
実施期間	昭和56年10月 日から 昭和56年11月 日まで
実験目的	(1) 消防用設備等の加圧送水装置及び非常電源専用受電設備の振動性状を確認調査する。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	① 消火ポンプユニット (i) ポンプ：单段うず巻ポンプ 80×65 FRFF 65.5 (1,000 l/min × 20 m × 5.5 kw) (ii) 1式、2,700 l/m 容量のもの ② 6,000V 開放型 受変電設備

<p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p>	<p>1. 受変電設備</p> <p>従来の実行法に現在まで各所で行われていう新しい耐震設計、施工法に準じた措置を講じた設備であれば十分な耐震性能を有することができる実験結果が得られた。なお、従来の施工法に関して、今後検討を加えるべき事項は以下の通りである。</p> <p>a) PCT (取引用変成器) 吊下げ支持のほかに支持補強を行ふ必要があること。</p> <p>b) PCS (フライマリーカットアウトスイッチ) 標準的余部ハンガーによる取付法は避けること。</p> <p>その他</p> <p>2. 加圧送水装置</p> <p>現在、(財)日本消防設備安全センター認定品相当の加圧送水装置は、地下階、1階に設置された場合十分な耐震性を有すると判定を出来る結果が得られた。又、高層階に設置された場合にも基礎アンカーホールが十分な耐力を有するならば耐震性が有ると判定できる実験結果が得られた。</p>
<p>主たる成果</p>	
<p>発表文献</p> <p>別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。</p>	

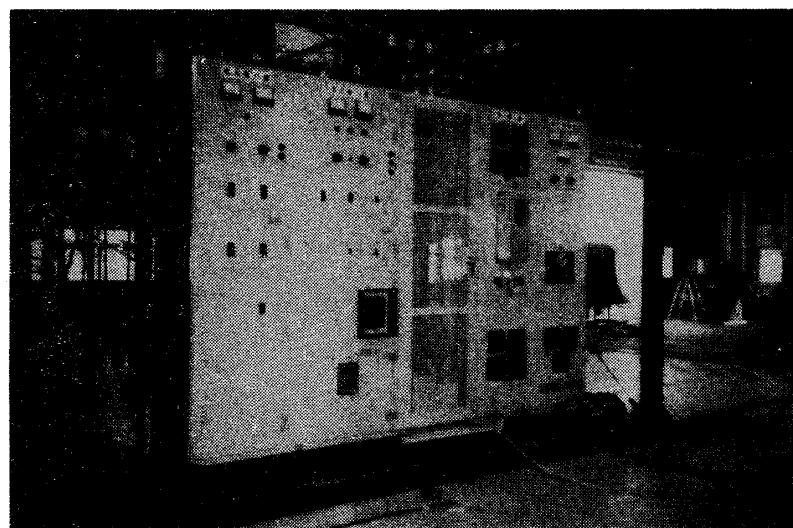


写真-1 受変電設備

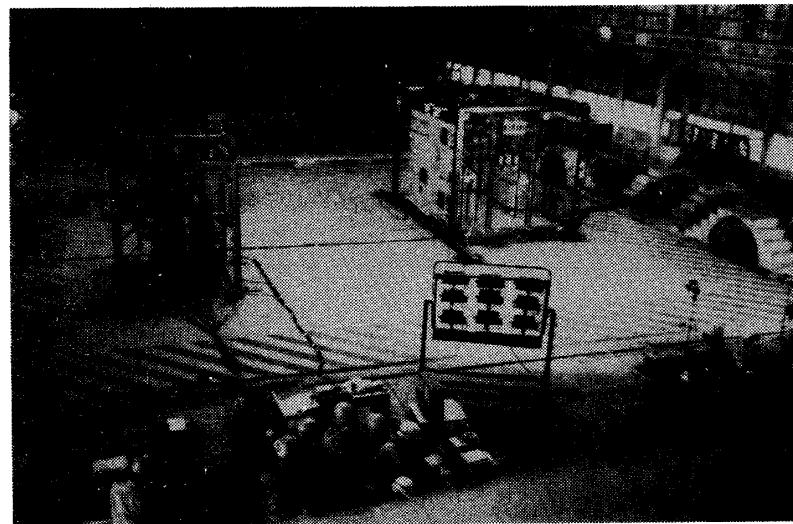


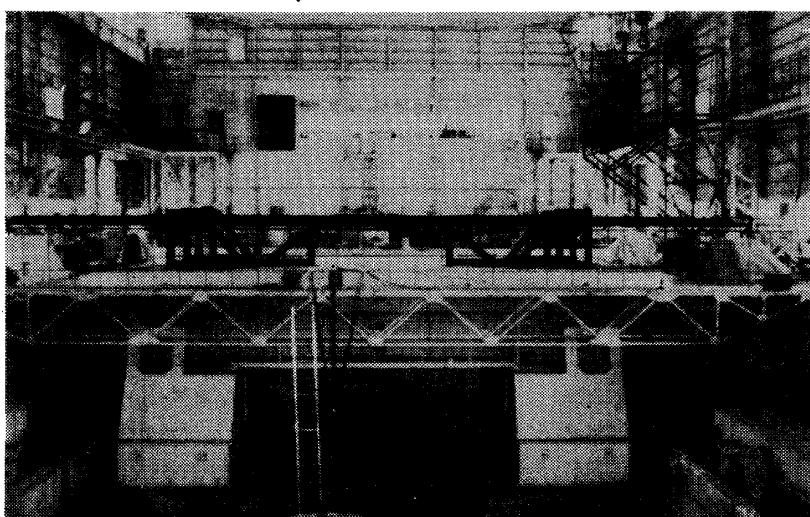
写真-2 実験状況

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	高性能強震計開発試作
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	気象研究所 地震火山研究部
実験協力機関	<p>供試体製作：日本航空電子(株), 勝島製作所, ティック。</p> <p>供試体設計：気象研究所地震火山研究部</p> <p>計測作業：同上</p> <p>データ解析：同上</p> <p>理論解析：</p> <p>その他(顧問等)：</p>
実施期間	昭和56年11月17日から 昭和56年11月18日まで
実験目的	試作した強震計の総合性能試験。
供試体概要 〔写真等を添付していただければ幸いです。〕	

	<p>1. 正弦波加振(周波数・振幅を変更)にて 全巻層に異常発生なし。 2. 不規則波形(強震波形)加振にて 全巻層に異常発生なし。</p> <p>実験結果概要</p> <p>[加 振 方 法] 計 測 方 法 データ解析方法 理論解析法 等について記入 してください。</p>
主たる成果	<p>強震計エストラの複合加振試験を終了し、 エストラは振動障害のないことが判明した。</p>
発表文献 <p>[別刷・報告書の 余部があれば添 付してください。]</p>	<p>現在技術報告書作成中。</p>

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	液体配管の振動実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	国立防災科学技術センター 小川信行
実験協力機関	供試体製作 : } (株) 日本鋼管 供試体設計 : } 計測作業 : } 国立防災センター データ解析 : } (株) 総鷹精器 理論解析 : } 国立防災センター その他(顧問等) : (助言) 東大生産技術研究所 柴田碧教授
実施期間	昭和57年3月 / 日から 昭和57年3月31日まで
実験目的	液体配管に生じる地震時動水圧、特に共振現象を調べ、管系に与えら影響について検討する。
供試体概要 写真等を添付していただければ幸いです。	供試管: JGP300A (外径310.5mm, 肉厚6.9mm), 全長40m 設定静圧 5kg/cm ² , 支持10点(剛2, ハンドル, スライド6) 

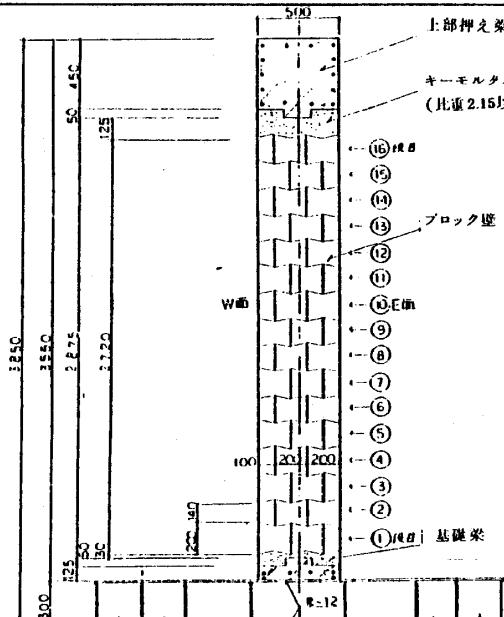
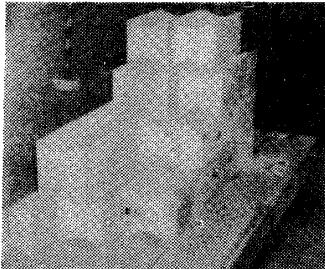
<p>実験結果概要</p> <p>加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p>	<p>実験は空水時及び満水加圧時の各条件で行い、一部比軸のために満水流し時の加振も行った。加圧実験は満水後にエア抜きのための流水及び加振などを行、その後、静圧 5kg/cm^2 及びポンプにより加圧、エア抜き弁を開いて加振した。エア混入量により供試体の特性が変わる可能性があるので加圧実験は上と同様の方法で計7回行つた。</p> <p>計測は水圧、加速度及び歪について行った。水圧は管軸に沿い管軸高さの位置で各点とし昭和測器 HVM 2DK 等を用いた。加速度は軸方向 9 点(加速度 2 点)、上下方向、横方向各 3 点で測定しシコーザ BA-5 等を用いた。歪は内端及び中央の周歪の他に東西 2ヶ所の断面で軸歪及び曲げ歪を測定した。入力は正弦波(1~7 Hz)、ステップ加振及び地震波を用いた液柱を含む管系の応答は下のように鋭い共振特性を示した。</p> <p>理論解析は下図のようなモデルを用いて管-液柱-サポート系の共振性状を調べた(管の継続振動は未考慮)。このモデルによる管加速度応答は下右図のように実験結果と定性的に照合した。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>液柱を含む加圧密閉管には鋭い共振を生ずることが確認され、また共振時負圧の進行が管系の振動に大きな影響を与えることが分った。</p>
<p>発表文献</p> <p>別刷・報告書の余部があれば添付してください。</p>	<p>第16回日本地震工学シンポジウム論文集</p>

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	強震計の特性試験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	国立防災科学技術センター 新治郡筑波天王台3-1, 0298-51-1611 不下繁夫
実験協力機関	供試体製作：株式会社 東京測振 供試体設計：同上 計測作業： 国立防災センター データ解析： 同上 理論解析： 無 その他(顧問等)： 無
実施期間	昭和57年7月26日から 昭和57年7月31日まで
実験目的	高密度強震観測に使用する速度型強震計の 特性試験および耐震試験を目的とする。
供試体概要 〔写真等を添付し ていただければ 幸いです。〕	振動台上に速度型強震計（検知部 VS-315型、 記録部 SAMTAC-15）を4台設置して、 加振実験を行って。

<p>実験結果概要</p> <p>[加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。]</p>	<p>加振方法</p> <p>(1) 特性試験 位相レベル（1km程度）の正弦波を用い、0.02Hzから 5Hzまで $\frac{1}{3}$ oct. ステップで加振する。</p> <p>(2) 耐震試験 2Hz, 80kmで30秒加振</p> <p>計測方法</p> <p>精肉テクニクス用回線とマイクロコンピュータ（8MHz/64bit）と ACOS-700と接続して、オンライン計測を行った。</p> <p>データ解析方法</p> <p>多次元スペクトル密度関数と固定するより、速度型 3点計測の周波数依存特性を推定した。これは、 実験並に、ACOS-700へ200ゲートを用意し、上記計測 と連動させて行った。</p> <p>理論解析方法</p> <p>なし。</p>
<p>主たる成果</p>	<p>速度型強震計の特性（周波数特性、分解能、および 積感度特性）を得た。</p>
<p>発表文献</p> <p>[別刷・報告書の 余部があれば添付してください。]</p>	<p>第7回国電算機利用に関するシンポジウム（1982.10.28~29）</p>

国立防災センター大型振動台利用実験調査用紙

実験名	空積みせんべいブロック壁の耐震実験
実施機関名 (住所・電話) (担当者)	株式会社サウンド工務店技術研究所 東京都江東区南砂2丁目5-14 TEL (647) 3161 速水 浩
実験協力機関	供試体製作: 深建設工業株式会社 供試体設計: サウンド工務店原子力本部 計測作業: サウンド工務店技術研究所・(株)共和電業 データ解析: 同 技術研究所 理論解析: 特になし その他(顧問等): 特になし
実施期間	昭和57年8月2日から 昭和57年9月25日まで
実験目的	目的: 空積みせんべいブロック壁の耐震安全性の検討 空積みせんべいブロック壁の耐震性に関する資料は少く、 又その機構上、理論解析や静的試験によりその耐震 安全性を把握するが難しいので、振動台による動的試験 を行った。
供試体概要 写真等を添付し ていただければ 幸いです。	   <p>空積みブロック施工見本</p> <p>試験体全景</p>

<p>実験結果概要 加振方法 計測方法 データ解析方法 理論解析法 等について記入してください。</p>	<p>データフォーマット変換</p> <p>IBMフォーマット</p> <p>MT</p> <p>正弦波加振</p> <p>地震波加振</p> <p>MT</p> <p>波形プロット</p> <p>F.F.T.</p> <p>基準位相 加速度数</p> <p>共振曲線 モード図</p> <p>スペクトル解析 (HAKEI)¹⁾</p> <p>スペクトル図</p> <p>最大応答分布図 (地震波加振)</p> <p>データ解析手順</p> <p>700gal el400gal el2300gal</p> <p>ブロック壁最大応答加速度分布 (2F4-T/B 波形)</p> <p>▼ ブロック壁最大応答加速度フーリエスペクトル (2F4-T/B 470 gal)</p> <p>9-4 RESPONSE OF R-WAVE (2F4T/B) SMOOTHED FOURIER SPECTRUM</p> <p>ACCELERATION</p> <p>AMPLITUDE</p> <p>FREQUENCY</p> <p>▼ ブロック壁応答波形 (2F4-T/B 波形 最大加速度 470 gal)</p> <p>200000 R-4 RESPONSE OF R-WAVE (2F4T/B)</p> <p>MAX. -1249.30 (21.32 SEC)</p> <p>DISPLACEMENT</p> <p>-1500</p>
<p>主たる成果</p>	<p>振動台の最大加速度が 2300 gal のときでも「壁面沿い 336 個」に対して、「28 個に軽微な損傷がみられる程度で」、相当耐震的に余裕があるとしてあることわざ確証はない。</p> <p>また空積みのため、幾何学的な非線形性が強く現われるのではないかと予想されたが、結果はある程度振幅が大きくなると、四辺固定の直角の板のモード形状に近くなることも分った。</p>
<p>発表文献</p> <p>別刷・報告書の余部があれば添付してください。</p>	<p>報告書を添付。但し附録は外す。</p>

4. 大型耐震実験装置の主なトラブル

機械にはトラブルがつきものであり、大型耐震実験装置のように大規模で複雑な試験機ではなおさらのことである。本装置は世界初の大型振動試験装置であり、この後、作られた振動台は本装置のトラブルを何らかの参考にして作られている。ここに現在、手元に記録されている主なトラブルを列記する。

件名：スカベンジポンプ電動機取付ボルト破損

年月日：昭和47年5月

内容：電動機の取付ボルトが折損し、このため電動機とポンプの芯ずれが生じ、カップリングが破損した。この事故によりタンク内作動油が流出し、ピット内に流入

損失：作動油 400ℓ (約8万円)

件名：加振機H₄アキュームレータプラダ破損

年月日：昭和48年6月18日

内容：砂層実験（土木研究所との共同実験）において正弦波 6 Hz 50 gal 共振実験中、H₄ 加振機高圧送油管附近で異常音が発生したため、一時運転を中止し、目視点検を行ったが異常は発見できなかった。再度運転を行うこととし、制御卓操作でメインプレススイッチ（主油圧系スイッチ）を投入した際、同様の異音発生が生じた。再度系統点検を実施した結果、異音は H₄ 加振機用アキュームレータプラダが破損し、アキュームレータ（内部 N₂ ガス 100 kg/cm² 圧）のガスが H₄ 加振機油圧系統に循環混入しエアハンマーの状態となったものである。

損失：アキュームレータゴムプラダ（チューブ）(約132000円)他に高圧送油管のガス抜き

件名：加振台移動台車（西側1基）暴走事故

年月日：昭和49年10月

内容：大雨により実験室内（北側中央）に雨漏りが生じ、移動台車用電源盤に雨がかかる、台車用制御駆動回路が短絡を起し、電源が入った状態となり、台車が暴走し、加振台下約 $\frac{1}{3}$ 位突入した。

損失：ユニバーサルジョイント用送油配管（長さ 3 m）2本および加振台側面のディスクコネクター 2 個破損
(ディスクコネクター：制御卓用操作信号回路用接続金具) (約20万円)

件名：加振台下機器冠水事故

年月日：昭和50年7月10日

内 容：昭和48年11月10日の冠水（年表参照）と同様であるが、今回は50年度前期点検工事実施中（ $\frac{2}{3}$ 程度終了時）であり、ピット内の雨水の水位は約50cm強に達した。このとき、耐震実験場周辺も完全に水没しており、構内排水路不備が根本原因である。

損失：垂直加振機4基オーバーホール

バランスシリンダー4基オーバーホール

スカベンジポンプ用電動機交換

各機器系統の電気配線、操作用配線の絶縁抵抗測定、水害調査のため再度、加振台引き出し作業（約800万円強）

件名：熱交換器のシールアンドチューブ破損

年月日：昭和51年9月8日

内 容：共同研究（土木研）の実験中に副熱交換器（直径900mm）のシールアンドチューブ（炭素鋼管製）が破損した。このため冷却水と作動油が混入し、油圧系機器が運転不能となった。

シールアンドチューブ破損の原因は自家用水道（地下水）の水質の悪さによるものと考えられる。（地下水は水質検査表によるとかなり悪い。）即ち炭素鋼管に発錆、腐蝕が進み、更に送水圧により劣化を早めたと思われる。

混入油 約1400ℓ、含水量 5%

損失：油圧系（副）機器の運転不能、油圧用油（副）使用不能、冷却水系配管内油よごれによる使用不能、シールアンドチューブ交換、（破損した副系および既設の主系を銅管に交換）、油系統配管のフラッシング、全体機能試験（水油系配管試験、分析試験）

補給油 150ℓ（約2,600万円）

件名：異常発振

年月日：昭和54年1月29日

内 容：受託実験（セキスイハウス木造住宅）第一日目の実験開始時に異常発振を生じ、その後、種々点検調査するも異常状態が継続し実験は3月末まで大巾に延期されることになった。発振により供試体にも若干の損傷を生じた。3月中旬のメーカー側による本格的な点検調整により異常発振は、一応鎮静した。原因は断定しえなかつたが単純な不具合でなく、サーボ弁の劣化、ユニバーサルジョイントのガタ

の発生などが複合して生じた異常現象と推定された。なお、このような異常発振は、過去にもあり、またこの後も時々発生している。

件名：加振機の内部発錆

年月日：昭和56年2月

内 容：55年度一般点検工事で加振機（H₁, H₄）を分解点検したところ、ピストンの摺動部に錆が発生していることが判明、応急処置として発生個所の表面を油砥石で錆を除去した。

錆は年々進行しているものと思われる。この現象は波形歪の原因の一つと考えられる。以上はピストン摺動部の磨耗であり、更新期にきていると思われる。

件名：加振機油漏れ

年月日：昭和57年6月23日

内 容：57年度一般点検工事で、機械点検取付完了後の調整運転中に、突然、加振機H₁のピストンとハウジングのすき間から油が流れ出したため、調整運転を中止した。漏洩量は約20～30ℓ/minであった。加振台を移動し加振機H₁を引き揚げ上蓋を開けて見ると、プラスチック製のU型パッキンに経年劣化によると推定される亀裂がほぼ全周に入っており、そこから油が漏れていた。

件名：高圧アキュムレータプラダ破損（H₃）

年月日：昭和57年12月6日（発見）

内 容：ならし運転中の異常から発見。原因是前日の実験日（自体実験：各種水槽の振動実験）に、計測・照明等の電力使用が容量オーバーしてブレーキダウンし加振機圧力が急低下したため。根本的には実験場の電力容量不足による。アキュムレータプラダの交換、交換に伴う作動油流出若干量などの損失の他、実験の進行に大巾な支障をきたした。

件名：その他

内 容：その他のこれまでしばしば生じた主な異常・故障を列挙する。

- 加振機ロックナットのゆるみ
- 各種電磁弁の劣化・故障
- ユニバーサルジョイントのずれ、オリフィスのつまり。（以上の異常に伴い、発振、異常波形を生じた事例多数あり）
- 静圧軸受異常（浮上スキマの異常）

- ・ガイドプレス異常（ガイド拘束圧の低下）
 - ・ガイドローラーの折損と異音
 - ・ポンプユニット電気系統異常、圧力計異常、フィルター異常、油もれ、内部部品損傷
 - ・位置差異常（加振機間相対偏差の過大異常）
 - ・油槽レベル異常（レベル低下）、油温異常
 - ・制御電源異常、リレー電源異常
 - ・油圧異常（油量不足等による）
 - ・制御装置の各種異常（スイッチ、抵抗、オペアンプ、ターミナル、リレー類の劣化損傷）
 - ・各種検出器（加振機内変位計、振動台加速度計等）の劣化損傷。
 - ・基礎の部分的劣化と亀裂、浸水
 - ・建屋各部の劣化・損傷
- なお以上の機器自体の劣化・損傷も進行しており、機器に対する環境条件の低下、実験遂行に対する種々の障害を生じてきている。

5. 制御装置の更新

昭和53年度から制御装置の更新に着手した。昭和58年3月現在、次の制御装置の更新がなされている。

- サーボ制御盤
- 入力制御盤
- フィードバック制御盤

なお、今回の更新は水平加振についてのみ行なった。上下加振は現在の状況であると、使用するのに莫大な手間と費用が掛る。加えて、使用頻度は皆無に近い。このため制御装置の更新において、上下加振系に対しては、手を着けないこととした（図5.1）

新しい制御装置の主な特徴は次の通りである。

5.1 サーボ制御盤

従来はフィードバック信号として位置信号と加速度信号の二種を用いていたが、新しい制御盤では位置信号、速度信号、加速度信号、差圧信号の四種をフィードバックしている。

また一方、加振台の回転を抑えるために回転制御を試みている。この制御では、加振台の回転を三種の方法により求めている。第一の方法は加振台の二ヶ所に取付けた加速度計の差を求めるもの、第二の方法はこの二ヶ所の加速度計の出力を一回積分して速度に変換して、その差を求めるもの、第三は対になっている加振機（H₁とH₃, H₂とH₄の2組に加振機を組分けする。）の平均位置（変位）を求め、もう一方の対になっている加振機の平均位置との差を求める。この三種の差信号を合せたものをフィードバックできるようになっている。

5.2 入力制御盤

更新された制御盤には、地震波および不規則波入力用としてカセット式アナログデータレコーダーを組込み、正弦波等の発振器として、シンセサイザータイプと従来のRCタイプの二種を備え付け、RCタイプの発振器を用いた場合のためにカウンターも備えた。一方、不規則波発生器は取去った。

入力信号を二回積分して変位波形を入力制御盤の中で求める場合、従来の盤では積分定数を変えられなかったが、更新により地震波加振の場合などに用いるハイパスフィルターの遮断振動数を変えることが出来るようになった。6cmと言う小さなストロークであるが、地震波加振の場合、6cmのストロークを変えないものとし加速度を増減させることが可能になった。サーボ制御盤に送る指令信号は従来は変位信号だけであったが、変位、速度、加速度を合せた指令信号を用いることが可能となった。

5.3 フィードバック制御盤

サーボアンプに加振機差圧をフィードバックするため、新たに差圧計を四台の加振機に取付けた。加振機位置検出器4台を従来の差動トランスタイプからIDS(インダクタンス方式)タイプのものに取換えた。テーブル加速度検出器二台も従来のストレインゲージタイプのものから、変位サーボタイプのものへ取換えた。これら検出器の更新に伴い、同増幅器も更新した。

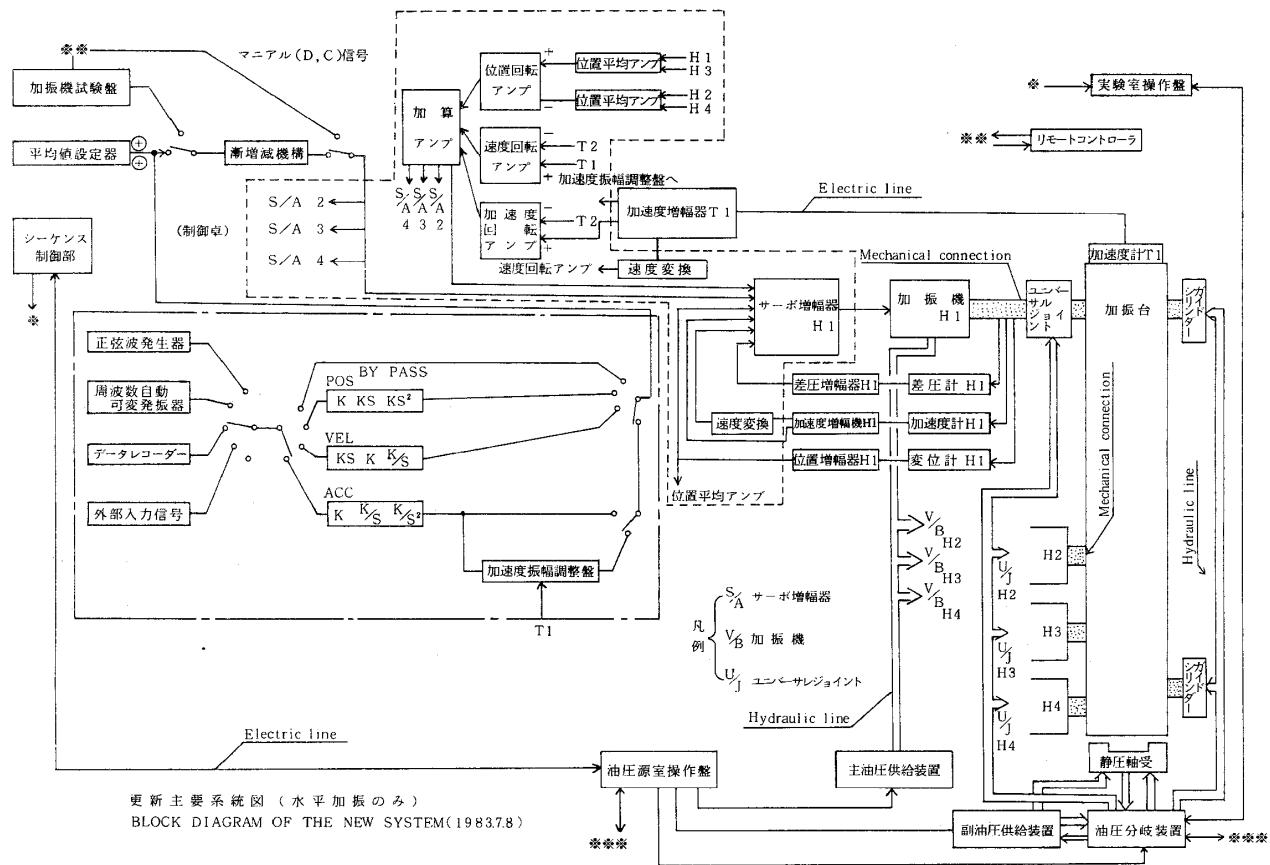


図 5.1 更新主要系統図

Fig. 5.1 The block diagram of the new system

6. 将来に向けて

大型耐震実験装置は昭和45年6月に、比類ない規模で完成し、以来、多度津の原子力工学試験センター振動台が完成した昭和57年まで世界一を誇って来た。しかしその間に技術の進歩が甚しく、振動台制御の主流はFFTを用いたそれへと移った。一方、強震観測により大変位大速度の地震記録が多数収集されていることから、大ストローク、大流量の振動台が主流となった。振動台を使う目的も、コンピューターでは取扱いが困難な構造物の破壊現象とか非線型構造体とかの解明になった。これらの事情を考えると現在の大型耐震実験装置の性能は不充分ではないのかと考えられる。また振動台が耐震技術に取つていつまでも必要なものであるのか、いつかはその必要性がなくなるのではないかとの不安もある。

大型耐震実験装置は水平一方向の振動台であり、現在作られているものを見ると二方向、三方向の振動台がほとんどである。しかし大型耐震実験装置の持つ15m角の大きさは原子力工学試験センターの振動台と同じであり、実物を載せて試験できる貴重な振動台である。したがってこの実験装置をこのままにしその寿命を待つのは惜しい。ちなみに、本実験装置をこのまま放置すれば5年以内に使用不能になるとの判断が製作業者から出されている。

このような理由から大型耐震実験装置について改善すべき点、および振動台そのものの必要性等についてアンケート調査を実施し、将来の大型耐震実験装置改善の基礎資料を得ようとした。

6.1 学識経験者アンケート調査

調査時期：昭和57年7月～8月

配 付：41枚

回 収：26枚

国 立 防 災 セ ン タ 一

大型振動台に関するアンケート（用紙）

国立防災科学技術センターの大型振動台に対しどのような感想をお持ちですか。
各項目の該当するものに○印を付けお答え下さるよう御願い致します。

A. 耐震研究の対象としては何を専攻されておられますか。

1. 機械 2. 電気 3. 土木 4. 建築 5. その他（具体的にお書き下さい）

B. 耐震工学において最も重要な試験法等はどれでしょうか。

1. 反力壁を用いた強制加力法 2. 起振機等を用いた実物構造物の試験法
3. 常時微動測定 4. 強震応答観測 5. 振動台による試験法
6. その他（具体的にお書き下さい）

C. 耐震工学において振動台の必要性はどのような程度のものですか。

1. 必要 2. あれば使う 3. 不要

D. 耐震工学において振動台の利用価値はどこにあると思いますか。どれか一つに○を付けて下さい。

1. 構造物の破壊挙動を調べる。 2. 構造物の弾塑性応答を調べる。
3. 未解明の構造物の振動モデルを立てるための資料を得るため。
4. 構造物の数値モデルを検証するため。
5. 構造物の減衰特性を調べるため。 6. その他（具体的にお書き下さい）

E. 振動台を使うにあたり問題があるのはどこにあるとお思いますか。どれか一つに○をつけて下さい。

1. 相似率をすべての数について合すのが不可能である。
2. 地盤の効果（地下逸散減衰）を取り入れるのが困難である。

3. 振動台と供試体の相互作用があり、供試体への入力を求めるのが困難である。
4. 振動台の制御法にまだ問題がある。 5. 試験に費用がかかりすぎる。
6. その他（具体的にお書き下さい）

F. 防災センターの大型振動台にどのような感想をお持ちですか。（○の数に限りはあります）

1. 正弦波が汚ない。 2. 地震波の再現性が悪い。 3. 加振力が不足。
4. 速度限界が不足。 5. ストローク（変位限界）が不足。 6. 騒音がうるさい。
7. 振動台運転法の改善が望まれる。 8. 実験フロアに配管が出ていて作業しにくい
9. 実験準備工具・機械が不備。 10. 計測システムが不備。 11. データ解析装置が不備。
12. 大型のわりに使い易い。 13. 思ったより性能が良い。 14. その他（率直な意見をお書き下さい）

G. 防災センターの振動台は12m角、最大供試体重量500トン、最大変位3cm、最大速度37cm/sec、最大加振力360トン。水平一方向の振動台です。この性能についてどう御感じですか。

1. 性能は十分である。 2. 性能は不十分である。
- （2に○を付けた方に）どのような性能向上を計れば良いですか。
1. 最大変位を大きくする。（何cmぐらいまでですか cm）
 2. 最大速度を大きくする。（何cm/secぐらいまでですか cm/sec）
 3. 最大加振力を大きくする。（何トンぐらいまでですか トン）
 4. 波形の再現性を良くする。 5. その他（具体的にお書き下さい）

H. もしも振動台実験を行うとしたら防災センターの大型振動台を使いますか。

1. 現状の性能でも使う。 2. 性能改善が行なわいたら使う。
3. 自分の所の振動台ですべて行うようにするから使わない。
4. 防災センター以外に良い振動台があるからそれを使う。

I. あなたは、多方向同時加振の振動台があったら使いますか。

1. 使う。 2. 使わない。 ○（使う方に）使う理由をお聞かせ下さい。
1. 方向換の手間が省けるから。 2. 多方向同時加振の理論を検証するため。
3. 多方向同時加振での耐震性を検証するため。
4. その他（具体的にお書き下さい）。

調査結果

B：耐震工学において重要な試験法は何か？

- (1)強震応答観測 17件
- (2)振動台 13件
- (3)反力壁 12件
- (4)起振機 5件
- (5)常時微動 4件

C：振動台の必要度

必要 24件、あれば使う 2件、不要 0件

D：振動台の使用目的

- (1)構造物の破壊挙動 8件
- (2)構造物の弾塑性応答 9件
- (3)未解明の構造物の振動モデル 6件
- (4)振動モデル検査 6件
- (5)減衰特性を調べる 1件

E：振動台の問題点

- (1)相似率 10件
- (2)地盤を正確に取り入れた実験が困難 7件
- (3)振動台と供試体の相互作用 7件
- (4)費用がかかりすぎる 5件

F₁：防災センター振動台の問題点

- (1)ストローク 14件, (2)速度限界 7件, (3)地震波の再現性 4件,
- (4)騒音 3件, (5)データ解析 3件, (6)計測システム 3件,
- (7)正弦波の乱れ 2件, (8)実験フロアの配管 2件, (9)加振力 2件

F₂：防災センター振動台の利点

- (1)大型のわりに使い易い 4件
- (2)思ったより性能が良い 3件

G₁：防災センター振動台の性能

- (1)十分 4件, (2)不十分 19件

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

G₂: 防災センター振動台のどの性能を向上させれば良いか?

- (1)ストローク 17件 (10 cm程度 5件, 20 cm程度 7件, 30 cm以上5件)
- (2)速度 12件
- (3)波形再現性を良くする 5件
- (4)加振力 3件

H: 防災センターの加振台を今後使う意思があるか?

- (1)ある 14件,
- (2)ない 11件

6.2 大型耐震実験装置利用者アンケート調査

昭和58年3月現在

回収：51枚

国立防災センター

大型振動台に関するアンケート

国立防災科学技術センターの大型振動台に対しどのような感想をお持ちですか。各項目の該当するものに○印を付けお答え下さるよう御願い致します。

A. どのような供試体を実験、または実験されようとしたか。該当するものに○印を付けて下さい。

- 1. 土質構造物 2. 埋設管 3. タンク 4. 原子力施設
- 5. 建築鉄筋コンクリート構造 6. 建築鉄骨構造 7. 橋 8. 電力施設
- 9. 建築設備 10. 免震機構 11. その他（具体的にお書き下さい。）

B. 大型振動台を利用する方法は次のうちどちらでしたか。

- 1. 共同研究 2. 委託研究

C. 実験は成功しましたか（実験された方のみ）。

- 1. 成功 2. 一部成功 3. 失敗

D. 理論解析又はシミュレーションを行いましたか（実験された方のみ）。

- 1. 行い実験とも合った。 2. 行い実験と合わなかった。 3. 行わなかった。

E. データ解析を行いましたか（実験された方のみ）。

- 1. すべて行った。 2. 一部行った。 3. 行わなかった。

F. 防災センターの大型振動台にどのような感想をお持ちですか（○の数に限りはありません）。

- 1. 正弦波が汚ない。 2. 地震波の再現性が悪い。 3. 加振力が不足
- 4. 速度限界が不足。 5. ストローク（変位限界）が不足である。 6. 騒音がうるさい。 7. 振動台運転法の改善が望まれる。 8. 実験フロアに配管が出ていて作業し

にくい。 9. 実験準備用工具・機械が不揃。 12. 大型のわりに使い易い。
13. 思ったより性能が良い。 14. その他（率直な感想をお書き下さい）。

G. なぜ防災センターの大型振動台を使ったか、又は使おうとしたのですか。

1. 供試体に合った振動台が防災センターにしかないから。
2. 共同研究という名で自由に振動台を使えるから。
3. 防災センターの振動台を使って実験するようにと指示、又は助言があったので。
4. 宣伝効果があるため。
5. その他（率直にお書きください）。

H. 実験はあなたの機関に役立ちましたか（実施された方へ）。

1. 役に立った。
2. 使ったお金の割に役に立たなかった。
3. まったく役に立たなかった。

I. もしも、あなたが再び振動台実験を行うとしたら防災センターの大型振動台を使いますか。

- (1) 現状の性能でも使う。
- (2) ストロークが伸びていたら使う（何 cm ぐらいですか。 cm)
- (3) ストロークと速度限界が伸びていたら使う（ストローク cm, 速度 cm/sec)
- (4) 波形がきれいで、地震波の再現性が良くなれば使う。
- (5) 自分の機関の振動台ですべて行うようにするから使わない。
- (6) 防災センター以外に良い振動台があるからそれを使う。

J. あなたは、多方向同時加振の振動台があったら使いますか。

1. 使う
2. 使わない
○（使う方に）使う理由をお聞かせください。

 1. 方向換の手間が省けるから。
 2. 多方向同時加振の理論を検証するため。
 3. 多方向同時加振での耐震性を検証するため。
 4. その他（具体的にお書きください）。

調査結果

A：どのような供試体を実験、または実験されようとしたか。

1. 土質構造物 16件, 2. 埋設管 3件, 3. タンク 10件,
4. 原子力施設 2件, 5. 建築鉄筋コンクリート構造 1件,
6. 建築鉄骨構造 6件, 7. 橋 4件, 8. 電力施設 4件,
9. 建築設備 5件, 10. 免震機構 3件, 11. その他 3件

B：大型振動台を利用する方法は次のうちどちらでしたか。

1. 共同研究 25件, 2. 委託研究 20件,

C：実験は成功しましたか（実験された方のみ）

1. 成功 33件, 2. 一部成功 10件, 3. 失敗 3件

D：理論解析又はシミュレーションを行いましたか（実験された方のみ）

1. 行い実験と合った 25件
2. 行い実験と合わなかった 8件
3. 行わなかった 9件

E：データ解析を行いましたか（実験された方のみ）

1. すべて行った 30件, 2. 一部行った 14件, 3. 行わなかった 0件

F：防災センターの大型振動台にどのような感想をお持ちですか。

1. 正弦波が汚ない 13件
2. 地震波の再現性が悪い 8件
3. 加振力が不足 4件
4. 速度限界が不足 2件
5. ストローク（変位限界）が不足である 19件
6. 騒音がうるさい 18件
7. 振動台運転法の改善が望まれる 7件
8. 実験フロアに配管が出ていて作業しにくい 13件
9. 実験準備用工具、機械が不備 5件
10. 計測システムが不備 12件
11. データ解析装置が不備 15件
12. 大型のわりに使い易い 7件

13. 思ったより性能が良い 1件
14. その他 0件

G：なぜ防災センターの大型振動台を使ったか。又は使おうとしたのですか。

1. 供試体に合った振動台が防災センターにしかないから 39件
2. 共同研究という名で自由に振動台を使えるから 2件
3. 防災センターの振動台を使って実験するようにと指示、又は助言があったので 11件
4. 宣伝効果があるため 5件, 5. その他 1件

H：実験はあなたの機関に役立ちはじめたか。（実験された方へ）

1. 役に立った 41件
2. 使ったお金の割に役に立たなかった 3件
3. まったく役に立たなかった 0件

I：もしも、あなたが再び振動台実験を行うとしたら防災センターの大型振動台を使いますか。

1. 現状の性能でも使う 14件
2. ストロークが伸びていたら使う 11件
3. ストロークと速度限界が伸びていたら使う 4件
4. 波形がきれいで、地震波の再現性がよくなれば使う 7件
5. 自分の機関の振動台ですべて行うようにするから使わない 15件
6. 防災センター以外に良い振動台があるからそれを使う 1件

以上アンケート調査から、振動台が耐震工学に取って必要なものであり、振動台実験には相似率とか各種相互作用など研究の余地がある。防災センターの大型振動台については性能が不十分であるとの意見が強く、特にストロークの短いことに不満を抱く向きがほとんどである。各研究機関でも自からの振動台を持つようになった所も多いが、供試体が大きい場合、防災センターの大型振動台を使うとの回答がかなりある。またストロークおよび速度限界が伸びたなら使いたいと言う意見がとても多い。加振機の劣化が進み、更新が急務となっている現在、新たに作る加振機のストロークは現在の3cmから大幅に伸ばすべきである。加えて速度限界も大きくする方向で考える必要がある。

ストロークを伸ばすことにより地震波の再現性が改善されるとともに、破壊実験の対象も広がるのである。

7. あとがき

この報告は、大型耐震実験装置の主として性能仕様、使い勝手という観点から過去の経緯に関する資料及びアンケート調査等の結果を整理したものである。時間的制約もあり完全な資料の収集は困難で現在手元にあって利用しうる資料に限られた。また計画及び建設に携わられた方々についても種々の事情ですべての方々から御意見を伺うことはできなかった。しかしこの資料により、大型耐震実験装置の果たすべき役割、現状と問題点が明確にされたと思う。今後の大型耐震実験装置の維持・改善と一層の活用のために本資料に盛られた多くの御意見・御指摘を生かしていくことが重要であると考える。

アンケート調査及び実験調査資料作成には、大学、国立研究機関及び民間各方面の方々の御協力をいただいた。ここに記して深甚の謝意を表する次第である。

なお、本資料は片桐一美（企画課）の発案により箕輪親宏（第二研究部）がチーフとして各種調査資料の収集と整理を行い、施設課及び第二研究部の耐震メンバーが協力してとりまとめを行ったものである。各章の執筆、編集分担は以下の通りである。

1章は参考文献3)をもとに当センターが作成した「地震シミュレーター開発研究会資料」から転載したものである。2章は小池幸男氏（建設担当者）に執筆をお願いし、同氏が当センターに赴任する（昭和39年）以前の経緯については高橋博第2研究部長（現所長）に加筆していただいた。3章については利用機関の担当者に執筆をお願いした。4章および運転年表は飯田晴男（施設課）と小川信行（第2研究部）が担当し、5章、6章および全体の編集は箕輪親宏が担当した。

本資料をまとめる際、平石節子、宮本知子両氏の協力をいただいた。ここに感謝いたします。

参考文献

- 1) 菅原正巳・勝山ヨシ子（1977年）：耐震実験装置に関する試験研究報告。国立防災科学技術センター研究速報第6号。
- 2) 山口富夫他（1970年）：大型加振台の強度および振動特性の検討。三菱重工技術 Vol.7, No.3.
- 3) 大橋宏他（1971年）：大型耐震実験装置。三菱重工技報 Vol.8, No.4.
- 4) 地震シミュレータ基本設計委員会（1975年）：大型地震シミュレーターの基本設計。日本産業機械工業会。
- 5) 三次元振動実験施設検討委員会（1978年）：三次元振動実験装置の技術的検討に関する報告書（中間報告），国立防災科学技術センター。
- 6) 大谷圭一、小川信行（1979年）：高精度三次元振動台建設計画。日本機械学会誌，第82巻，第726号，38~41.
- 7) 中村公昭他（1983年）：大型高性能振動台機械装置。三菱重工技報，Vol. 20, No.8
(1983年7月29日 原稿受理)

8. 付 屬 資 料

8.1 「防災科学技術」掲載関連記事

防災科学技術 No. 2 1966年3月

大型耐震実験装置の建設設計画

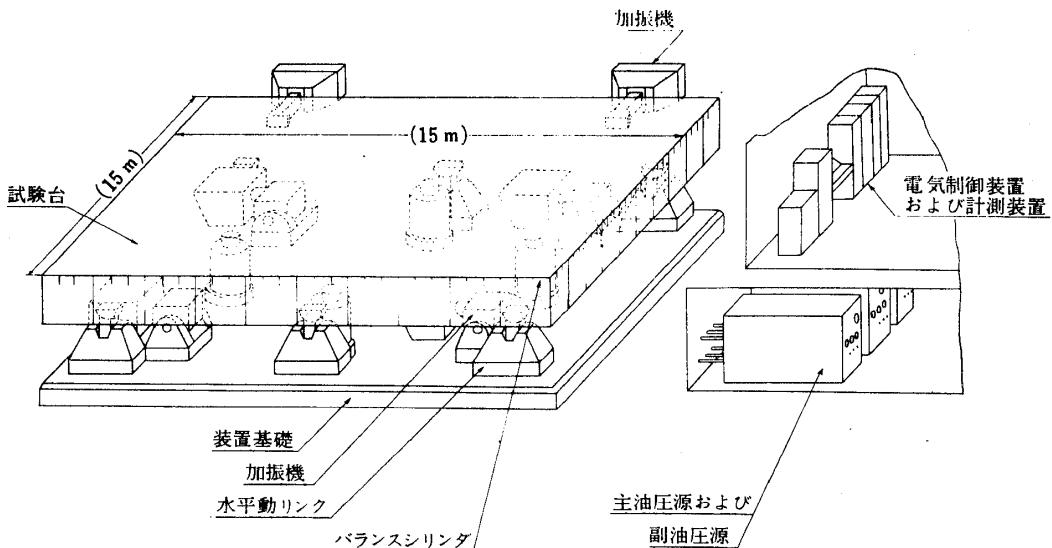
我が国は世界有数の地震国であり、地震学、耐震工事等の発達は目覚しいものがある。

近時、国土の高度開発が進むに従って、建築特にダム、道路、橋梁、堤防等各種構造物が大型化し、しかも、多くの場合悪い地盤上に建設される態勢にある。しかしながら、現在の耐震工学では地震動の影響等について不確定な要素があり、地震に対し、安全にして経済的な構造物を建造するために、実物大に近い模型を用いた振動実験の必要性は各界から強く要望されている。

そのために、「大型耐震実験装置」が必要になってくるが、それは規模、性能において世界にその前例がなく、多額の経費を要するものである。したがって、各省試験研究機関や大学民間の研究者が使用できる共用施設として、近い将来筑波研究学園都市に国立防災科学技術センターが建設を計画している。なお、本装置の建設については、日本学術会議からも勧告されている。

昭和40年度においては、装置の諸元や利用計画等を審議するため、「大型耐震実験装置調査委員会」が設けられた。委員会の構成は次の17名である。

所 属	氏 名
東京大学工学部	渡辺 隆
"	藤井 澄二
"	渡辺 茂
" 地震研究所	大沢 胖
" 生産技術研究所	久保 慶三郎
東京大学生産技術研究所	柴田 碧
国鉄・鉄道技術研究所	多田 美朝
電源開発株式会社	馬場 平
電力中央研究所	高橋 忠
国立防災科学技術センター	有賀 世治
建設省土木研究所	福岡 正巳
" "	大久保 良次
" 建築研究所	中川 恭次
農林省農業土木試験場	佐々木 次郎
運輸省気象研究所	広野 卓藏
" 港湾技術研究所	林 総
三菱重工株式会社	村田 英五郎
装置の主要諸元として、調査委員会においても検討を重ねたがおおむね次の諸元を目途とすることにしている。	



大型耐震実験装置透視図

装置諸元

試験台の大きさ (15メートル)

× (15メートル)

出 力 360トンG

水平 加速度 0.8G, 450トンG

垂直 加速度 0.3G, 270トン荷重

波 形 正弦波, 不規則波, 地震波

周 波 数 範 囲 0.1~50サイクル/秒

最 大 振 巾 100ミリメートル

起 振 方 式 電気・油圧方式

大型耐震実験装置調査委員会の審議経過は次のとおりである。

第1回 (昭和40年6月7日)

関係研究機関の大型耐震実験装置に関する希望事項について検討を行ない、共用施設としての諸性質を概定した。

第2回 (40/6/21)

駆動方式については、油圧式と電磁式が考えられるので、それぞれ参考人の意見を聴く製造技術

面から検討を行なった。

第3回 (40/7/6)

装置の使用目的及び製造技術水準にもとづき大型耐震実験装置主要諸元を定めた。

第4回 (40/11/15)

上記基本設計書の内容について討議した、特に、総合特性として周波数応答性能の改善に関する要望があった。

第5回 (40/2/25)

昭和41年度大型耐震実験装置に関する計上予算経過説明ならびに、昭和41年度耐震実験用大出力加振機の試作についての説明と諒承があった。

委員会審議の総括として、製造技術上特に困難な障害は認められないが、装置の周波数特性について一層の検討を要するとされている。たとえば、閉ループ回路に適宜位相進み補償回路を選択制御し周波数特性の向上を計ることなどである。

なお、参考までに、わが国における既設の耐震実験装置の現状一覧表を掲げておく。

既設耐震実験装置一覧表

研究所名	試験台の大きさ	形状	出力	最大水平加速度	最大垂直加速度	振動波型	周波数	最大振巾	駆動方式	積載荷重	備考
土木研究所	M M 0.5×0.5	正方形	t G	無負荷 63G	無負荷 63G	正弦波 ランダム	C/S 5~2K	mm 25	電磁式	kg 500	橋梁模型、計測器類耐震実験
建築研究所	4.5×4.9	矩型	17	1	—	正弦波	0.14 ~0.96	100	初期偏位荷重式	ton 17	建築構造物模型、コシテナー類振動測定
港湾研究所	4.0×1.0	"	7	1	—	"	0.5~7	25	二重偏心荷重式	7	地震時の土、砂、水における動圧測定
"	3.0×0.5	"	6	1.5(斜 1.5G)	—	"	1.3~1.5	20	二重偏心荷重式	4	" "
"	5.0×2.0	"	13	0.5	—	任意波型	0.2~5.0		電磁式	25	41-2 設置予定 港湾構造物の耐震性測定
農業土木試験場	1×2	"	3	1	—	正弦波	5~20	8	偏心荷重式	3	干拓堤防の耐震実験
電力中央研究所	5×5	正方形	11	0.5(斜 0.5G)	0.5	"	5~50	5	"	22	水力ダムの耐震実験

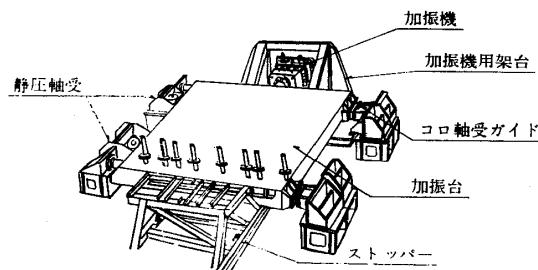
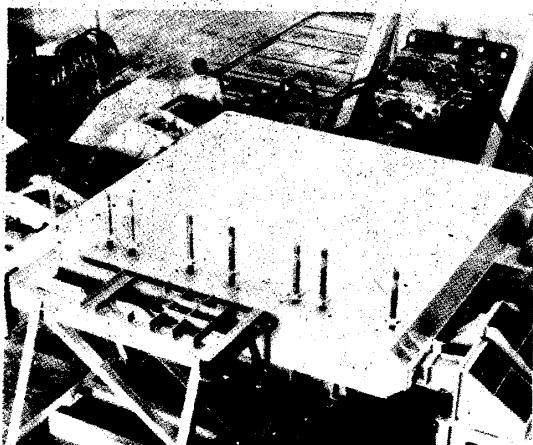
(昭和41年2月現在)

防災科学技術 No. 5. 1968年8月

順調に進む大型耐震実験装置建設工事

1. 概要

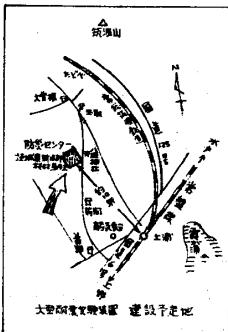
我が国は世界有数の地震国で、近年の新潟地震、松代群発地震を契機として、地震学、耐震工学の発展は目覚ましいものがある。而し、地震に対して、安全かつ経済的な構造物を建造するために、实物大に近い模型について、振動実験を行ない地震時における地盤と構造物の、振動応答性状破壊状況等を、精密に観測、解析を大型の耐震装置により実験、研究することの必要性を、各界関係者の間で強く要望され、また日本学術会議からも、この建設について、強い勧告が出され、昭和40年度以来、学識経験者並びに関係研究機関の職員によって構成する「大型耐震実験装置建設委員会」を設け、大型耐震実験装置建設設計画について、慎重審議を重ねてきた。



写真一 昭和41年度試作

耐震実験用大出力加振機加振台と加振機

2. 建設予定地調査



大型耐震実験装置は、各省試験研究機関や、大学が使用できる共用施設として、筑波研究学園都市に建設すべく大型耐震実験装置及び付帯施設建設予定地の地盤地質調査工事を、昭和43年7月15日着手し、併せて地盤の

弾性波による振動観測試験を行ない、地盤の固有特性をできるだけ調査する予定である。

3. 建設工事工程

大型耐震実験装置建設設計画は、当初の計画通り順調に進ちょくし、付帯施設等は、大型耐震実験装置基礎建設工事の、昭和43年8月着工を先発として、大型耐震実験室建屋建設工事、大型耐震実験制御室建屋建設工事、電力設備工事、給配水設備工事等大型耐震実験装置整備計画を、昭和45年6月30日完成を目指して慎重な建設設計画を着々と進めている。

建設年次計画

(単位:千円)

事項	年度				計
	42年 7 10 1	43年 7 10 1	44年 7 10 1	45年 7 10 1	
大型耐震実験装置	101,300	159,870	246,026	122,804	630,000
全上付帯施設	0	112,587	168,068	0	280,652
計	101,300	272,454	414,094	122,804	910,652

事項	年度				計
	42年 7 10 1	43年 7 10 1	44年 7 10 1	45年 7 10 1	
大型耐震、工場製作					
全上 据付・調整					
全上 付帯施設					

付帯施設の概要は、次のとおりである。

大型耐震実験装置基礎 重量 12,500 t

大型耐震実験室建屋 S C-1 造 1,170 m² 20m
屋高大型耐震実験制御室建屋 R C-2 造 720 m²

電力設備 3,500 K V A 66/3.45 K V 3 φ

(技術係長 小池幸男)

防災科学技術 No.6 1968年11月

筑波研究学園都市起工第1号

—大型耐震実験装置建設工事起工式挙行さる—

筑波研究学園都市国立防災科学技術センター建設用地30ヘクタールの一角（茨城県新治郡桜村字鳥居先）で、昭和43年10月16日午後2時から大型耐震実験装置建設工事起工式が行なわれた。岩上茨城県知事、武安科学技術庁長官代理、佐治首都圏整備委員会事務局長代理、茨城県議会代表、日本住宅公団、関係市町村長等多数の来賓ならびに、主催者である防災センターから寺田所長等が参加した。

筑波山ろくに官公庁研究施設、大学などを移し16万人の新都市を建設しようという閣議決定後5年、関係者は地道な努力を積み重ねて、純農村地帯県民の計り知れない深い期待に沿って、ようや

く研究学園都市建設第1号の槌音高く筑波山にこだました。

首都東京を離れ太陽と緑の理想郷に研究者の頭脳を集め、科学技術の未来を築く拠点にするという構想は、都市づくりのモデルケースとしても注目されているが、研究学園都市用地買収率75%の段階で早く起工する大型耐震実験装置建設工事は、用地買収事業、官公庁、大学等の移転施設整備計画などに及ぼす影響も考えられるので綿密な建設工事による現場工事を進める計画である。

大型耐震実験装置の付帯施設を昭和44年10月までに完成し、その後大型耐震実験装置を据え付け、調整の上、昭和45年6月竣工の予定である。

(企画課 小池幸男)



写真一 I 大型耐震装置建設工事起工式式場



写真一 II 寺田所長による玉串奉奠

防災科学技術 No. 14 1970年7月

大型耐震実験装置

耐震実験室長

沢田 健吉

本誌5号に順調に進む大型耐震実験装置建設工事として計画の説明をしてあったものも6月30日の完成をむかえることになった。

ここではその概要を紹介することにする。

図-1は装置の全体の配置を示すものである。実験室と呼んでいる建物が $42.5 \times 24 \text{ m}^2$ の広さをもっている。この図の上方の受電設備の所から実験室の方向を撮影したのが写真-1である。66KVで送られて来た電気は受電設備のところで3.3KVになり2次変電所を通って、油圧源室と呼んでいるところにいく。写真-2は油圧源室の内部でここには17台のポンプユニットがある。各々150KWのモータによって駆動され、 210 kg/cm^2 に加圧された油が加振機などの実験室にある油圧機械へと送り出される。写真-3はこの油のタンクと冷却設備である。遠景に受電設備を見ることができる。

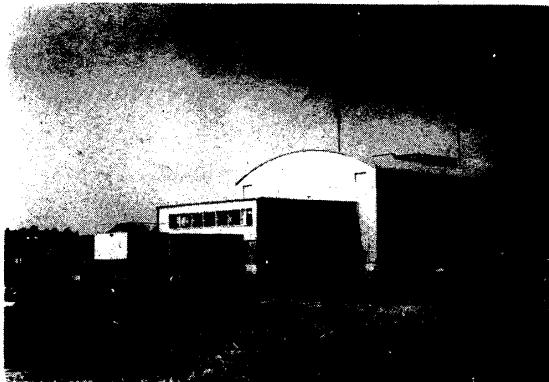


写真-1 装置外景

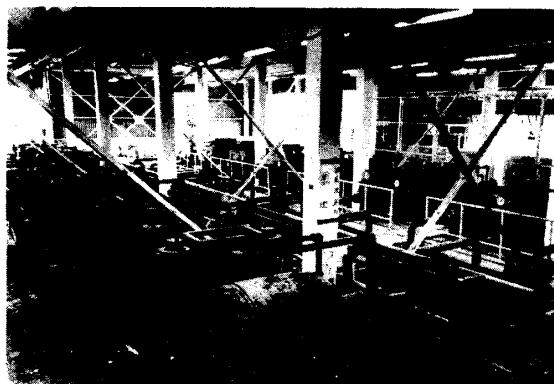


写真-2 油圧源室内部

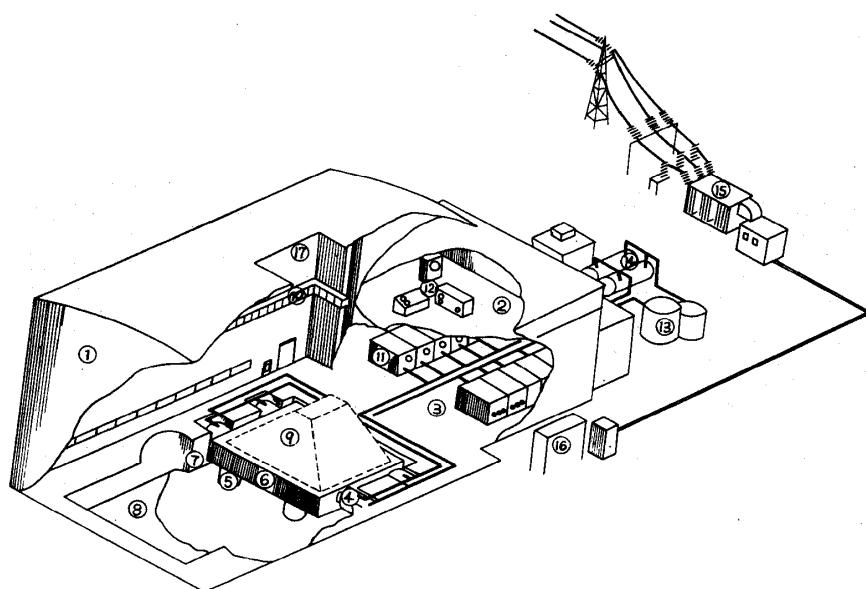


図-1 装置全体

- | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|----|----|------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|
| ① | 実験室 | 室 | 室 | 機 | 機 | 台 | 基礎 | 型 | 廊 | 置 | ク | 置 | 備 | 所 |
| ② | 制御室 | 室 | 室 | 源 | 源 | 平直 | 加振 | 振 | 模 | 歩 | | | | |
| ③ | 油圧室 | 機 | 機 | 圧 | 源 | 垂直 | 加振 | 振 | 監 | 視 | | | | |
| ④ | 水槽 | 台 | 台 | 水 | 平直 | 直 | 加振 | 振 | 耐 | 震 | | | | |
| ⑤ | | 基礎 | 基礎 | 垂直 | 直 | 直 | 加振 | 振 | 監 | 視 | | | | |
| ⑥ | 加振 | 型 | 型 | 加振 | 振 | 振 | 振 | 振 | 耐 | 震 | | | | |
| ⑦ | 実験装置 | 廊 | 廊 | 実験装置 | 基 | 基 | 基 | 基 | 耐 | 震 | | | | |
| ⑧ | 加振台引出し | 置 | 置 | 台引出し | 置 | 置 | 置 | 置 | 耐 | 震 | | | | |
| ⑨ | 耐震 | ク | ク | 引出し | ク | ク | ク | ク | 耐 | 震 | | | | |
| ⑩ | 監視 | 置 | 置 | | 置 | 置 | 置 | 置 | 監 | 視 | | | | |
| ⑪ | 油圧ポンプユニット | 型 | 型 | | 型 | 型 | 型 | 型 | 耐 | 震 | | | | |
| ⑫ | 制作 | 廊 | 廊 | | 廊 | 廊 | 廊 | 廊 | 耐 | 震 | | | | |
| ⑬ | 御油 | 置 | 置 | | 置 | 置 | 置 | 置 | 耐 | 震 | | | | |
| ⑭ | 動力 | ク | ク | | ク | ク | ク | ク | 耐 | 震 | | | | |
| ⑮ | 冷却 | 置 | 置 | | 置 | 置 | 置 | 置 | 耐 | 震 | | | | |
| ⑯ | 受電 | 型 | 型 | | 型 | 型 | 型 | 型 | 耐 | 震 | | | | |
| ⑰ | 2次変換 | 廊 | 廊 | | 廊 | 廊 | 廊 | 廊 | 耐 | 震 | | | | |
| ⑱ | 2次根開 | 置 | 置 | | 置 | 置 | 置 | 置 | 耐 | 震 | | | | |

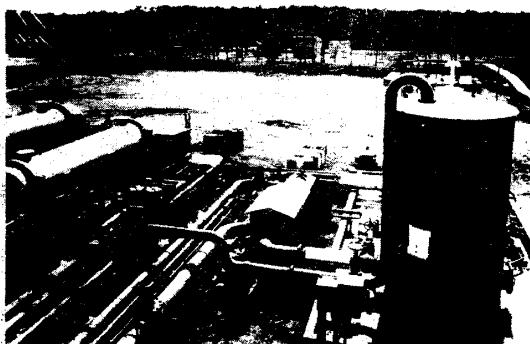


写真-3 油タンクおよび冷却設備

図-2 は実験室の構造を示すものである。基礎は加振機の反力をとるため 13,000 t の重量をもつ大きなものであり、減衰性を良くするため底面積も $39 \times 25 \text{ m}^2$ と広げてある。これをおおう上屋も特殊な構造になっている。屋根トラスと柱はピンでとめられているが、普通の体育館のような構造ではこの部分はかたくとめられている。構造としてはあとのものが材料がすくなくてすみ有利であるが、建物の固有振動数を下げ、加振機との共振を小さくするためピンによる結合をとった。これによって風に対する抵抗が減ずるため建物の両側にステイを取っている。

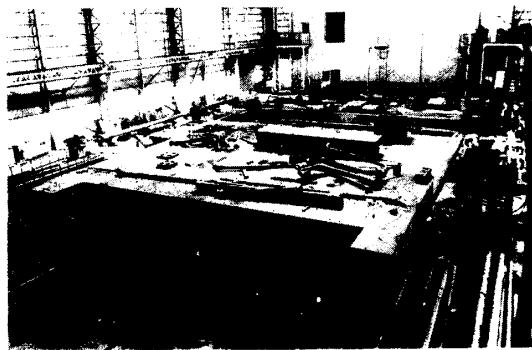


写真-4 実験室内部

写真-4 は実験室の内部であって、中央にあるのが $15 \times 15 \text{ m}^2$ の広さの加振台である。この上に実験対象となる模型が作られる。写真-5 は加振台の下にある、水平、垂直各 4 台の加振機、静圧軸受・大小 12 台、バランスシリンダー 4 台、ガイド 16 台の各種油圧機械である。これらは油圧源室から送られた高圧の油によって動かされる。

写真-4 の奥の高い所にある明るい窓は制御室の監視窓であって、制御室は油圧源室の 2 階にある。写真-6 はこの制御室の内部にある機器の写真である。実験の計測記録装置の大半もここに集められることになる。

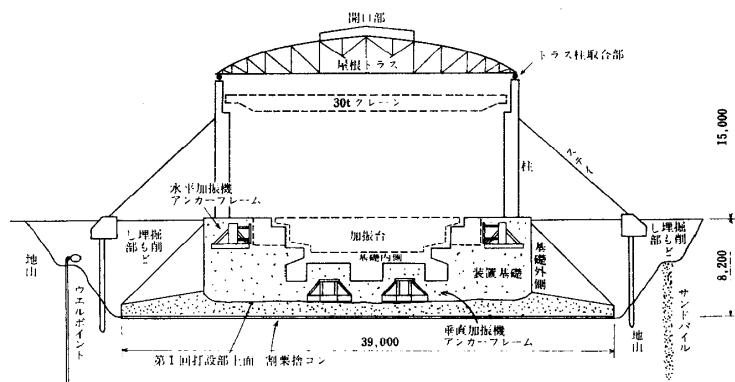


図-2 実験室構造

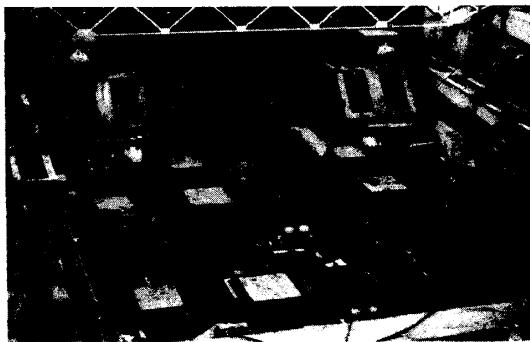


写真-5 各種油圧機械

以上完成前の写真を使って概要を説明して来たが、今後この写真にうつされたものの形のかわる

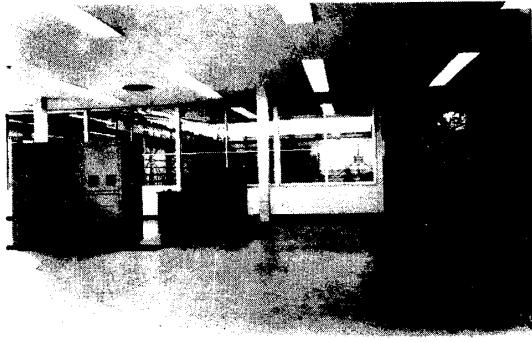


写真-6 制御用機器

ことはなく完成した時の姿と考えてさしつかえないものである。

8.2 大型耐震実験装置建設パンフレット

昭和41年10月作製パンフレット主要部

大型耐震実験装置主要諸元

試験台の大きさ	(15メートル) × (15メートル)
出力	360トンG
水平加速度	0.8G, 450トン荷重
垂直加速度	0.3G, 270トン荷重
出力波	正弦波, 不規則波, 地震波
周波数範囲	0.1~50.0サイクル/秒
最大振巾	100ミリメートル
起振方式	電気・油圧方式

建設年次計画

昭和42、43年度で本体の製作を完了し、昭和44年度に現地据付、調整を行ない、昭和45年度から実験を開始する。

大型耐震実験装置ならびに付帯施設の年次別所要経費は次のとおりである。

(単位：千円)

年次	42年	43年	44年	計
大型耐震実験装置	111,684	241,883	309,633	663,200
全上付帯施設	0	179,404	52,076	231,480
計	111,684	421,287	361,709	894,680

昭和42年度概算要求

国庫債務負担行為額	6億6,320万円
歳出予算	1億1,275万円

大型耐震実験装置を用いる実験

研究課題	主な使用機関
1 大型の土堰堤・石塊ダムの耐震性状	建設省 土木研究所 建築研究所
2 各種堤防、護岸等の地震時の安定性	建設省 港湾技術研究所
3 道路、舗装、鉄道路盤、橋脚等の地震時の安定性	農林省 農業土木試験場
4 隧道、地下街、地下鉄、下水管等の地下埋設物の耐震性状の研究	国有鉄道 鉄道技術研究所
5 高層建築、大型橋梁等の耐震性状に関する研究	科学技術庁 国立防災科学技術センター
6 地震に伴う噴砂現象、流動化現象、地盤の攪乱現象等に関する基本的理論解析に関する研究	その他 電力中央研究所 各種学術学会等

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

昭和43年4月作製パンフレット



表紙写真
新潟地震で倒れた県営アパート

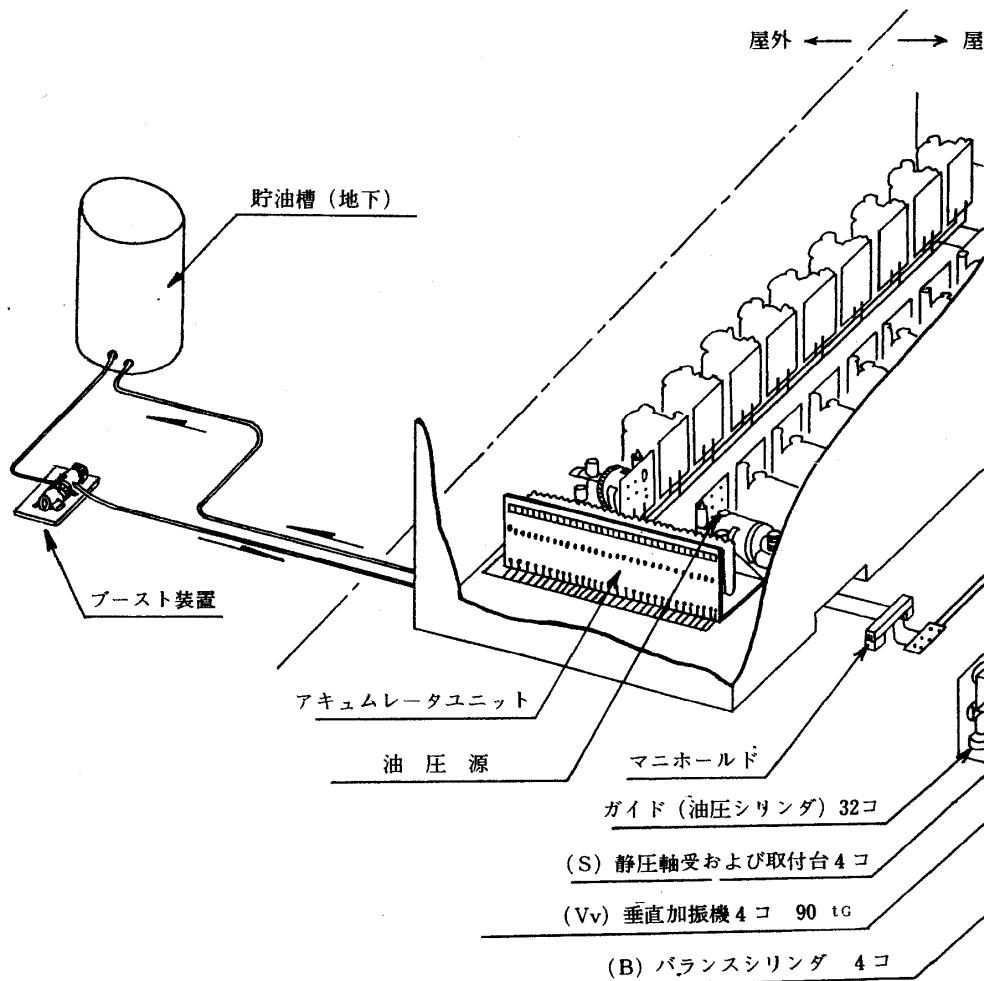
大型耐震実験装置建設趣意

わが国は世界有数の地震国で、現在も松代地区にはなお地震がつづいているという現状です。近年の新潟地震、松代群発地震を契機として我が国の地震学、耐震工学の発展は目覚ましいものがあります。

他方、国土の高度開発が進むに従って、建築物、ダム、道路、橋梁、堤防等各種構造物が大型化してきましたが、これらを建設する地盤は必ずしも好ましいものでないことは、東京、大阪等の例などから見ても明らかであります。

現在の耐震工学が著しく進歩したとはいえ、地盤に与える地震動の影響等について不確定な要素があります。従って地震に対し、安全にして経済的な構造物を建造するために、実物大に近い模型について、振動実験を行ない地震時における地盤と構造物の振動応答性状、破壊状況等精密な解析を大型の耐震装置により実験することの必要性が、各界関係者の間で強々

大型耐震実験装



多く要望されてきました。また、日本学術会議からもこの建設について強い勧告も出されています。この**大型耐震実験装置**は規模、性能において世界にその前例がなく、多額の経費を要するものであります。

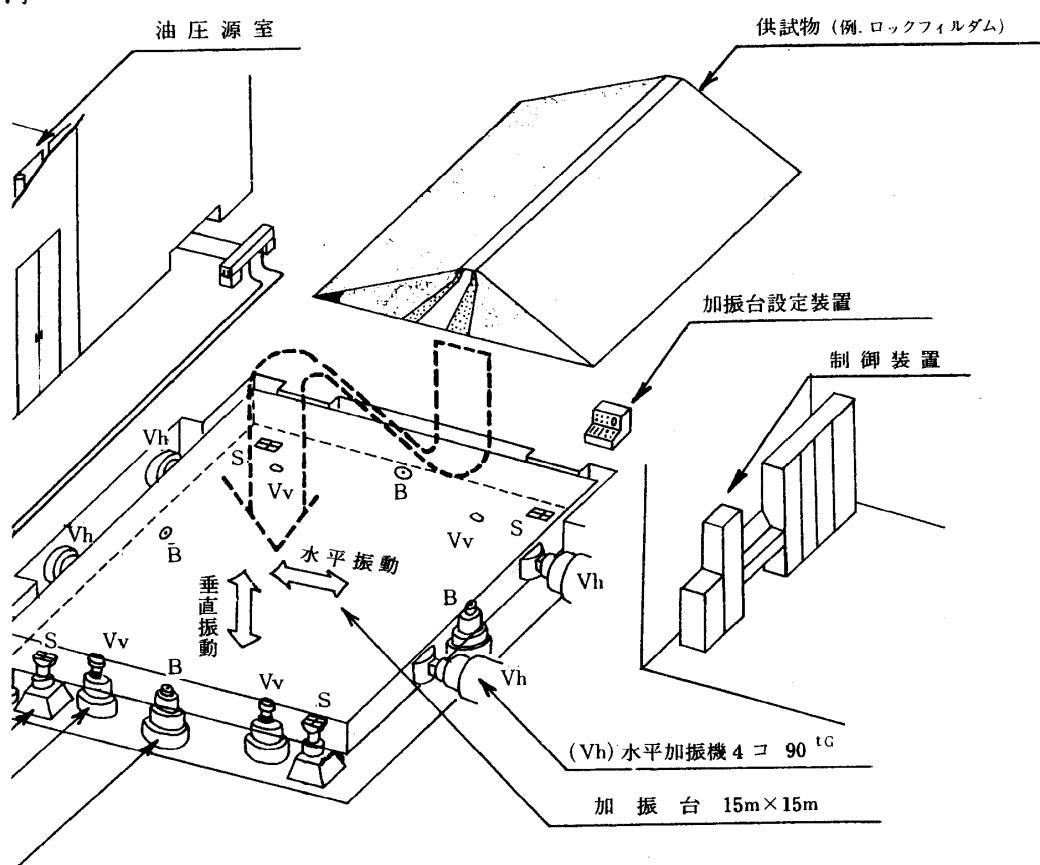
従いまして昭和40年度に学識経験者並びに関係研究機関の職員をもって構成された**大型耐震実験装置調査委員会**を設け、装置の主要諸元および利用計画等について検討審議し、基本設計書を作成しました。

ついで、昭和41年度において**耐震実験用大出力加振機**を試作し、各種の性能試験等を行ないました結果、大型耐震実験装置の製作及び建設に、強い確信を得ることができました。この大型耐震実験装置は、各省試験研究機関や大学、民間の研究者が使用できるような共用施設として、筑波研究学園都市に建設し、昭和45年度完成する予定であります。

つきましては関係各位の深い御理解御援助をお願いする次第であります。

置全体透視図

内



震度（地震動の強さ）

震度はもとは人体感覚によって決められていたが、個人差もあるのでいまは震度判定の基準が作られている。これを震度階といい、わが国では気象庁で定めた8階級（0～Ⅶ）が使われている。

震 度 階

震度	名前	解説	加速度 (cm/sec ²)
0	無感覚	人体に感じないで、地震計に記録される程度	0.8以下
I	軽震	静止している人や、特に地震に注意深い人だけに感ずる程度の地震	0.8～2.5
II	弱震	大せいの人に感する程度のもので、戸障子がわずかに動くのがわかるぐらいの地震	2.5～8.0
III	弱震	家屋はゆれ、戸障子がガタガタと鳴動し、電灯のようなり下げ物は相当にゆれ、器内の水面の動くのがわかる程度の地震	8.0～25.0
IV	中震	家屋の動搖がはげしく、すわりのわるい花びんなどはたおれ、器内の水はあふれ出る。また、歩いている人にも感じられる人々は戸外に飛び出す程度の地震	25.0～80.0
V	強震	壁に割目がはいり、墓石、石どうろが倒れたり、煙突、石垣などが破損する程度の地震	80.0～250
VI	烈震	家屋の倒壊数が全体の30%以下で、山くずれが起き、地割れを生じ、多くの人々は立っていることができない程度の地震	250～400
Ⅶ	激震	家屋の倒壊数が30%以上におよび、山くずれ、地割れ、断層などを生ずる	400～以上

マグニチュード（規模等級；地震の大きさ）

地震の総エネルギーすなわち地震の規模を表わすのに規模等級（マグニチュード=M）が用いられている。

Mは特定の地震計で記録された最大振巾を測り、それによって定められる。

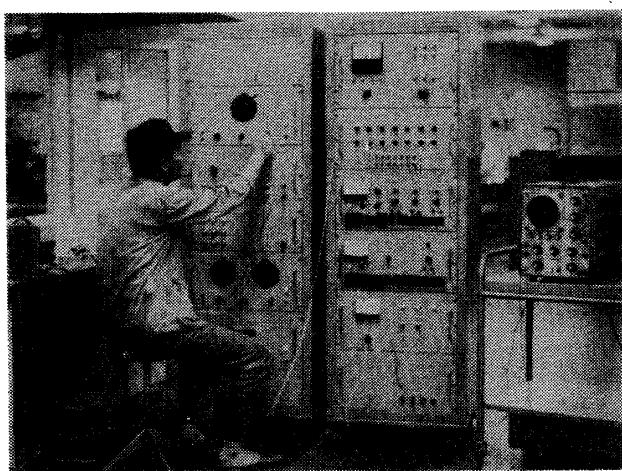
明治以降の主な地震

地震名	年月日	規模M	被害概要	津波害
明治浜田	1872 (明5)3 14	7.1	石見浜田地方 死者 600	
・濃美	1891 (明24)10 28	8.4	仙台以南全国に感ず 死者 7,273	
・出羽	1894 (明27)10 22	7.3	羽前、羽後、庄内 死者 726	
・三陸	1896 (明29) 6 15	7.6	陸上被害は少なきも津波にて 被害	
大正関東	1923 (大12) 9 1	7.9	関東大震災 死者行方不明 合計 142,807	甚大 死者 27,122
昭和三陸	1933 (昭8) 3 3	8.5	陸上被害は少なきも津波にて 被害	有
・東南海	1944 (昭19) 3 3	8.3	東南海 死者 998	甚大 死者 2,986
・三河	1945 (昭20) 1 13	6.9	三河渥美湾北岸 死者 1,961	有
・南海	1946 (昭21)12 21	8.1	九州、中国、四国、近畿、中部にわたり 死者 1,330	
・福井	1948 (昭23) 6 23	7.2	福井周辺 死者 3,895	
・十勝	1952 (昭27) 3 4	8.2	十勝、日高、釧路 死者行方不明合計 31	有
・新潟	1964 (昭39) 6 16	7.7	新潟、山形、秋田 死者 27	有
・松代群発	1965 (昭40) 8 3	(6.2)	(有感震度延約6万回 最大震度V 10回)	

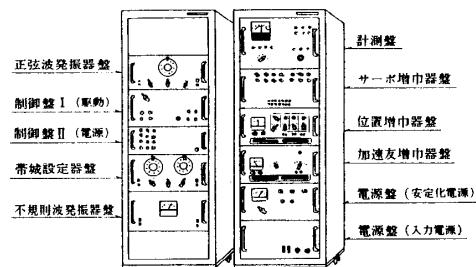
国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

大型耐震実験装置調査委員会における審議経過

年月日	区分	場所	審議事項
40. 6. 7	第1回	工業品検査所 第2会議室	日本学術会議の勧告内容を検討し、大型耐震実験装置建設の必要性を確認した。 関係研究機関の大型耐震実験装置に関する希望事項について検討を行ない、共用施設としての諸性質を概定した。
40. 6. 21	第2回	〃	駆動方式については、油圧式と電磁式が考えられるので、それぞれ参考人の意見を聴き、製造技術面から検討を行なった。
40. 7. 6	第3回	〃	装置の使用計画を策定し、使用目的を配慮して大型耐震実験装置主要諸元を定めた。
40. 7. 30 ～10. 31	基本設計		三菱重工業株式会社に大型耐震実験装置の構造、基礎、付帯施設に関する基本設計書を作成させた。
40. 11. 15	第4回	虎の門共済会館	上記基本設計書の内容について討議した。特に総合特性として振動波形応答性能の改善に関する要望があった。
40. 12. 1	小委員会	工業品検査所 第2会議室	基本設計のうち、特に作動油の供給圧ならびに最大振幅制限を変更した場合の加振機の限界性能及び装置の周波数特性の改善について検討した。
41. 2. 25	第5回	国立教育会館	昭和41年度に試作する耐震実験用大出力加振機の主要諸元等を検討した。
41. 3. 8 ～4. 10	海外調査	アメリカ合衆国	大出力電気油圧式加振ならびにその制御方式等の技術について調査した。
41. 4. 25	小委員会	工業品検査所 第2会議室	昭和41年度に試作する耐震実験用大出力加振機製作工事の仕様について討議した。
41. 5. 19	懇談会	虎の門共済会館	大型耐震実験装置に関する日本及びアメリカ合衆国の計画について、N. S. F. ガース博士、カルホルニア大学ベンジン博士を交じて懇談した。
41. 8. 30	第6回	国立教育会館	大型耐震実験装置の建設計画及び使用計画について討議し、大規模な土木・建築工事等の着工予定にかんがみ本計画の早急な実現方を各調査委員より要望された。
41. 11. 24	第7回	三菱重工・大幸工場	耐震実験用大出力加振機の性能について、種々試験調査した。
42. 8. 29	第8回	国立教育会館	大型耐震実験装置の製作仕様について討議し、仕様書の大綱を定めた。
43. 3. 22	第9回	虎の門共済会館	大型耐震実験装置基礎及び実験室建屋の概造、動的振動特性等設計上の基本的事項を討議した。



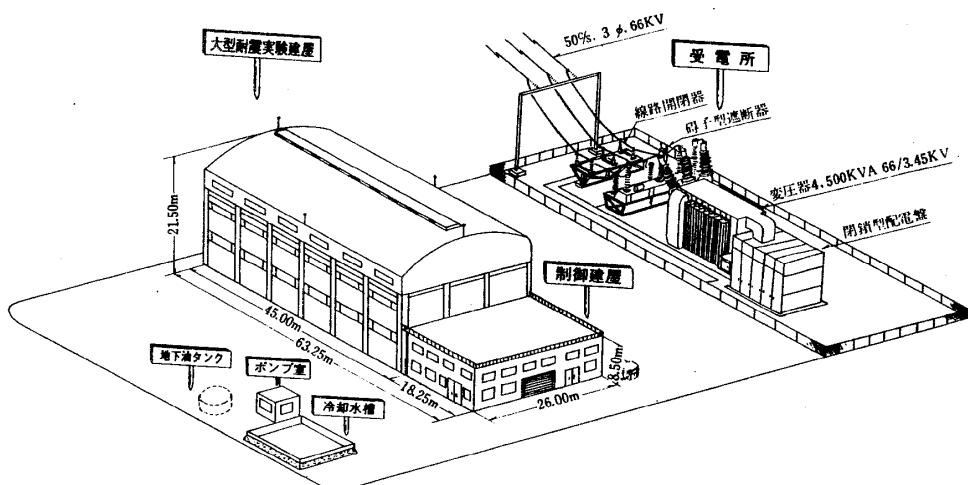
昭和41年度試作
耐震実験用大出力加振機 制御装置



製作 三菱重工業株式会社

既設耐震実験装置の現状

研究所名	実験台の大きさ	形状	出力	最大水平加速度	最大垂直加速度	振動波形	周波数	最大振幅	駆動方式	積載荷重	備考
土木研究所	M 0.5×0.5 M	正方形	t 3.15	無負荷 6.3G	無負荷 6.3G	正弦波 不規則波	5~2K%	25mm	電磁式	500kg	橋梁模型、計測器類耐震実験
建築研究所	M 4.5×4.9 M	矩形	t 17	1G	—	正弦波	0.14~0.96 %	100mm	初期偏位荷重式	17ton	建築構造物模型コンテナー振動測定
港湾技術研究所	M 4.0×1.0 M	タ	t 7	1G	—	タ	0.5~7 %	25mm	二重偏心荷重式	7ton	地震時の土砂、水における動圧測定
タ	M 3.0×0.5 M	タ	t 6	1.5G (斜 1.5G)	—	タ	1.3~1.5 %	20mm	タ	4ton	タ
タ	M 5.0×2.0 M	タ	t 13	0.5G	—	任意波形	0.2~0.5 %	—	電磁式	25ton	港湾構造物の耐震性測定
農業土木試験場	M 1×2 M	タ	t 3	1G	—	正弦波	5~20 %	8mm	偏心荷重式	3ton	干拓堤防の耐震実験
電源開発(株)	M 5×5 M	正方形	t 11	0.5G (斜 0.5G)	0.5G (斜 0.5G)	タ	5~50 %	5mm	タ	22ton	水力ダムの耐震実験
京都大学	M 1×1 M	タ	t 2.5	10G	10G	タ	50~600 %	5mm	タ	250kg	砂防及び水理実験
東京大学	M 10×2 M	矩形	t 20	0.4G	—	タ	1~5 %	200mm	油圧起振バネ共振式	135ton	土、砂の振動実験



大型耐震実験装置付帯施設計画俯瞰図

大型耐震実験装置主要諸元

試験台の大きさ	(15メートル) × (15メートル)
出力	360トンG
水平加速度	0.55G, 500トン搭載荷重時
垂直加速度	1.0G, 200トン搭載荷重時
出力波	正弦波, 不規則波, 地震波
周波数範囲	0.1~50.0サイクル/秒
最大振巾	60ミリメートル
起振方式	電気・油圧方式

建設年次計画

昭和42、43年度で本体の製作を完了し、昭和44年度に現地据付、調整を行ない、昭和45年度から実験を開始する。

大型耐震実験装置ならびに付帯施設の年度別所要経費及び計画工程は次のとおりである。

(単位：千円)

事項	年度				計
	42年	43年	44年	45年	
大型耐震実験装置	101,300	159,870	246,026	122,804	630,000
全上付帯施設	0	112,587	168,068	0	280,652
計	101,300	272,454	414,094	122,804	910,652

事項	年度			
	42年 7 10 1	43年 7 10 1	44年 7 10 1	45年 7 10 1
大型耐震、工場製作				
全上 据付・調整				
全上 付帯施設				

大型耐震実験装置を用いる実験

研究課題	主な使用機関
1 大型の土壩堤・石塊ダムの耐震性状	建設省 土木研究所 建築研究所
2 各種堤防、護岸等の地震時の安定性	運輸省 港湾技術研究所
3 道路、舗装、鉄道路盤、橋脚等の地震時の安定性	農林省 農業土木試験場
4 隧道、地下街、地下鉄、下水管等の地下埋設物の耐震性状の研究	国有鉄道 鉄道技術研究所
5 高層建築、大型橋梁等の耐震性状に関する研究	科学技術庁 国立防災科学技術センター
6 地震に伴う噴砂現象、流動化現象、地盤の擾乱現象等に関する基本的理論解析に関する研究	その他 電力中央研究所 各種学術学会等

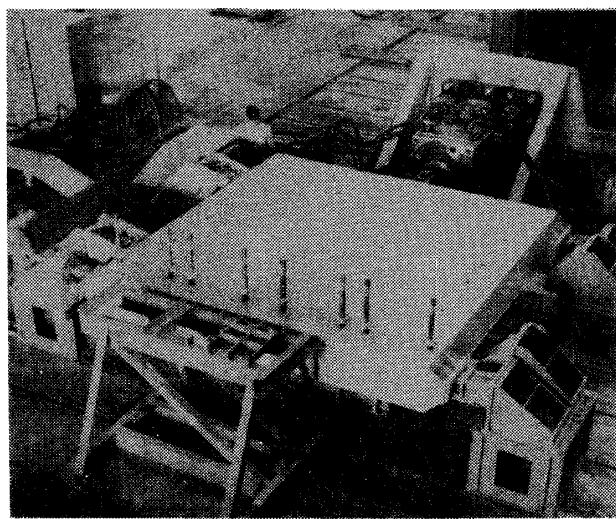
予 算 経 過

大型耐震実験装置関係予算の経過は次のとおりである。

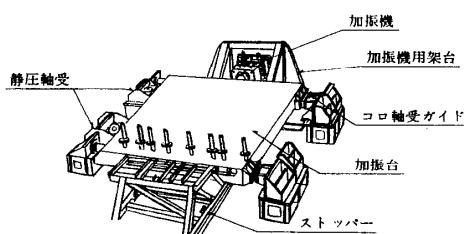
昭和40年度 耐震実験調査費	100万円
昭和41年度 耐震実験用大出力加振機試作費	5,000万円
昭和42年度 大型耐震実験装置整備費	63,000万円 10,100万円
昭和43年度 全 上	10,578万円 29,341万円

大型耐震実験装置調査委員会の構成

所 属	氏 名
東京工業大学理工学部教授	渡辺 隆
東京大学工学部教授	藤井 澄二
〃	渡辺 茂
〃 地震研究所教授	大沢 肇
東京大学生産技術研究所教授	久保 康三郎
〃 助教授	柴田 碧
電源開発株式会社土木試験所長代理	馬場 恭平
電力中央研究所土木第2部構造第2研究室長	高橋 忠
国立防災科学技術センター第1研究部長	有賀 世治
建設省土木研究所長	福岡 正己
〃 千葉支所構造研究室長	大久保 忠良
〃 建築研究所第1耐震工学室長	中川 恭次
農林省農業土木試験場構造部長	佐々木 次郎
運輸省気象研究所地震研究部長	広野 卓藏
〃 港湾技術研究所構造部長	林 聰
三菱重工業名古屋航空機製作所大幸製造部次長	上甲 昌平
国鉄鉄道技術研究所構造物研究室	藤原 俊郎



昭和41年度試作
耐震実験用大出力加振機 加振台と加振機



製作 三菱重工業株式会社

8.3 大型耐震実験装置運転年表（昭和45年7月～昭和58年7月）

- (1) この年表には、年代順に、大型耐震実験装置を用いて行った実験、装置の点検工事、発生した事故や異常およびその他の事項（見学者等）を記載した。
- (2) 異常および事故については運転日誌から転載した。また、主要な事故9件の詳しい内容は4章に記載したので、この年表には件名、発生月日のみ記した。
- (3) その他の観の見学、視察については、本装置の運転を行ったものについて記した。

（備 考） ④ = 点検工事、⑤ = 受託研究、⑥ = 共同研究、⑦ = 自体研究

年	月	実験・点検工事等	故障・事故等	その他
45	7	大型耐震実験装置完成 企画課大型耐震実験施設準備室 が解消し、耐震実験室が発足。 以後、10月までオペレーション および各種機器設備取扱いの訓 練運転が行われる。 また、45年度は実験用計測器等 の整備につとめる。	(7/15) 第2回運用委員会	※この欄の見字、複数等 は、原則として、振動台 を運転した場合について 記載した。
45	11	(11/2) 耐震実験用計測装置 一式（動歪測定器52チャンネル 他）整備完了	(11/6) 大型耐震実験施設完 成披露式	④ 震度階に関する実験 ④ プレハブ住宅ユニット振動 実験（建築研究所、気象庁）
45	12		(12/10) 大型耐震実験装置供 試体据付枠（砂箱）製造工事完 成。	
46	1		(1/15) 耐震資材倉庫完成。	

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

年 月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
46 2	⑤ 砂槽の振動実験		
3	(3/18) 多チャンネルデータ記録再生装置整備完了 (1部のみ45年10月に整備)		(5/21) 科学技術庁総合研究課長、研究調整係長視察
5	(5/31) 加振台加速度検出器ノイズ点検		
6	(6/4) 調整運転(U/J タ点検) (6/13-14) 加振台加速度検出器ノイズ点検(三菱重工)	(注) U/J = ユニバーサルジョイント (注) HYDBRG = ハイドロペアリング(静圧軸受) GUIDE PRESS = ガイドシリンドー圧力 P/U = ポンプユニット	(6/2) 会計検査院 (6/4) 鋼構造協会 (6/7) 人事院視察
(6/15-8/22)	⑥ 砂地盤の振動性状に関する実験 (含振動台調整運転)		
7		(7/30) GUIDE PRESS 異常発生	
8		(8/2) GUIDE PRESS 異常No.6, HYDBRG 異常No.12 (8/3) オイルフィルター異常 P/U II-①, P/U-⑨ POWER 異常 (8/5) P/U I-②, ⑨ POWER 異常, GUIDE PRESS 異常 (8/7) P/U III-① フィルター異常 (8/16) 同前 (8/17) POWER C 異常 (8/20) GUIDE PRESS 異常No.6	

年	月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
46	8	(8/23-8/31) ㉙ 黒鉛遮 へい体・振動実験 (動燃事業団, 建築研究所)	(8/26) ポンプユニットI-#9のPOWER異常 (8/27) GUIDE PRESS異常№6	
			(注) GUIDE PRESS異常:ガイド圧力異常 P/U II-①など:副油圧系統ポンプユニット№1 P/U I-⑨など:主油圧系統ポンプユニット№9 POWER C異常:制御用電源の異常 HYDBRG異常:ハイドロペアリング(静圧軸受)の異常	(9/27) 東京本所消 署
9		(9/1-10/20) ㉙ 河川堤 防の耐震性に関する研究 (土木研究所)	(9/6) GUIDE PRESS異常⑥ HYDBRG異常 (9/23) POWER C異常 STOP動かず(自然回復)	
10		(11/1-11/30) ㉙ 沈埋ト ンネルの耐震性に関する研究 (土木研究所)		(11/25) 加振機ホース異常の点検(後にホースを配管にとりかえる工事を行った。) (三義重工, ブリストンタイヤ)
11				
12		(12/6-12/21) ㉙ 吊橋主 塔・橋脚および地盤の模型振動 実験(本州四国連絡橋公団)		
47	2	㉙ 大型模型タンクの耐震性に 関する研究 (公害資源研究所, 建築研究所)		

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

年	月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
47	2	④ 大型模型タンクの耐震性に関する研究 (公害資源研究所、建築研究所) (2/8-3/24) ⑤ 昭和46年度点検工事(三義重工)		
	3	(3/31) I TV監視用モニターテレビ装置設備完了(油圧室南, 北, 加振台下, 屋外各一台づつ)		
	4	(4/1-6/30) ④ 砂地盤の振動性状に関する実験	スカベンジポンプ電動機取付ボルト破損(4章参照)	(5/16) 木内科学技術長官, 秘書課長, 人事院益子事務総長他多数来所
	5	(5/15) ⑤ スカベンジ修復工事(三義重工)		(6/7) 本庁秘書課長
	6	(6/19-6/20) ⑤ スカベンジ修理工事(三義重工)		視察 (6/22) 行管審議官, 首都圈課長来所
	7	(7/1-8/21) ④ 河川特殊堤防の耐震性に関する研究		(7/6) 本庁会計課長 視察

年	月	実験・点検工事等	故 障 • 事 故 等	そ の 他
47	7	(土木研究所) (7/21-7/25) ⑤ 作動油 交換 (三菱重工)		(7/19) 皇太子殿下行 啓 (13:25~14:00)
8		(8/22-9/2) ⑥ 昭和47 年度前期点検工事 (三菱重工)	(8/27) 走行クレーン、トラブル (8/30) 加振台下電気不良	(8/9) 建設大臣 (首 都圈整備委員長) 視察
9		(9/1-9/30) ⑦ 砂地盤 の流動化及び沈埋トンネルの耐 震性に関する研究 (土木研究所)		(9/7) 実験打合せ会 (9/26) 京橋消防署見 学 (200名) 大穂町教育 委員会見学 (20名)
10		(10/1-11/30) ⑧ 東京湾 横断道路沈埋トンネル及び盛土 の耐震性に関する研究 (土木研究所)		
12		(12/8-1/26) ⑨ 吊橋主 塔基礎及び地盤の模型振動実験 (本州四国連絡橋公団)	(12/18) H2のU/J球面軸受が少しづれた為H2のストローク出ず30分位修理 (注) H2: 水平加振機No.2	
48	1			(1/11) 時刻10:50頃、4.5 Hz共振実験中 POWER C 異常が突然起き、振動台 が一気に停止する。この為加振機 (H1~H4) ユニバーサルジョイント球面軸受すき間 のずれが生じた。対策: 鉄パイプを使用して元のすき間にそれぞれのU/Jを目視に より直す。 (1/23) スカベンジポンプ異常を起こす。この為静圧軸受の作動油が少し漏油した。 入力信号0にもかかわらず制御卓スタートスイッチを入れると異常加振する。 (1/23) 金丸建設大臣 視察

年 月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
(2/2-2/13)	② 住宅設備ユニットと建築躯体の振動実験（日本燃焼器具検定協会）	<p>(2/5) 主系統油圧異常の為油圧源室操作盤内切替スイッチ (USE, SHORT) をSHORTにする。</p> <p>(2/18) 1) 主系ポンプ#10ター ミナル配線が間違って結線されていたために、制御車で主系統ポンプPOWER異常発生（油圧源室操作盤表示は主油圧系異常）復帰に要した時間5時間。</p> <p>2) MAIN PRESSをOFFになるとABNORMALを発し、MAIN HYDも一気に落ちる。</p> <p>3) MAIN PRESS OFF後(10秒位して) MAIN HYD一気に落ちる。</p> <p>#10のポンプユニットが何か異常を持っていると思う。#10のポンプUNITを使用しないと起こらない。</p> <p>4) ユニバーサルジョイント(H1～H4) 球面軸受が交差していた。特にH2が前からその現象が出ていたようで作動油の落ちた跡が見えた。</p>	<p>(注) MAIN PRESS: 主油圧印加スイッチ MAIN HYD: 主油圧ポンプ起動スイッチ</p> <p>(2/14-) ④ 大型模型タンクの耐震性に関する研究（公害資源研究所、建築研究所、川崎重工）</p>
48 3		<p>(3/2) 1) 11・30Hz周波数0.33Hz変位20mm加振中 MAIN PRESSをOFFにした時に振動台変位計(T₁～T₄)約2.8mm位一側へ移動した。</p> <p>対策：モードADJでサーボアンプ(H1～H4)零を取り MAIN PRESSスイッチをONにすると自動的に復帰した。</p> <p>2) 副油槽タンク通気穴より少量の作動油洩れがあった。</p> <p>(3/5) 主系#10リーフ弁不良</p> <p>(3/10) 主系#8 R₂ リコイル断線のための圧力上昇しなかった。</p>	(昭和47年度後期点検工事 (三菱重工))

年 月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
5		<p>(3／11) 主系#8異常振動がする。</p> <p>(3／12) 11:00頃MAIN PRESS OFF(5秒)後HYD PRESS異常。引き続き副系タンクレベル異常を表示し5秒位経過しSUB HYDまで一気に落ちる。</p> <p>(3／13) 副系#1圧力計不良のためショートする。</p> <p>注 SUB HYD:副油圧系統起動スイッチ 制御卓内配線TB-20 { 13 15 をネズミが食いちぎる。</p>	(5／23) UJNRメンバ 一来室
6	(6／1-6／26) ② 砂地盤の振動性状に関する研究	<p>(6／11) 10:15頃振動台入力制御卓はSHORT状態で大きな音を発し制御卓POWER一氣に落ちる。アクチュームレータからガスのもれたような音がしたので念のため加振機のアクチュームレータ圧力をチェックしたが正常($H_2 100\text{kg}/\text{cm}^2$)であった。</p> <p>(6／15) 11:50頃入力波の異常 加振機(Hz)コネクターが断線したため電磁弁が動作しない。加振機に作動油が行かず異常な音だけが発生していた。</p> <p>(6／18) H4アクチュームレータプラグ破損(4章参照)</p>	(7／17) 実験打合せ会
7	(7／17-7／31) ③ 河川堤防の耐震性に関する研究(土木研究所)	(7／17) 主系油圧監視装置圧力 $160\text{Kg}/\text{cm}^2$ しか出ない。 PUMP UNITは全部正規の圧力($210\text{Kg}/\text{cm}^2$)を指している。	
48 8	(8／7) 油圧監視装置点検 (8／13-8／31) ④ 昭和48年度前期点検工事(三養重工)	(8／30) 外国人(米国) 見学 (8／31) 本所総務課長 見学	(9／3) 日本科学技術
9	(9／1) 調整運転	(9／20) POWER C異常、静圧軸受No3異常	

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

年	月	実験・点検工事等	故障・事故等	その他
10		(9/4) 地震計による振動台基礎の確認試験 (9/3-10/22) 砂地盤の流動化及び凍理トンネルの耐震性に関する研究（土木研究所）	(10/16) POWER C 异常（共振実験中30 Hz 20 gal） (10/23) 油圧監視装置点検調整整（新興通信工業）	振興財团視察 (9/14) 参議員議員文教委員視察 (10/13) 国会議員約20名視察 (10/14) 東京教育大学(OB) 約18名が振動台見学 (10/18) 茨城県企業団体見学（数十名）
11		(11/12-11/14) 調整運転	(11/10) 前夜より関東一帯に降った大雨により、耐震実験室周辺は完全に水没。振動台下にも大量の水が浸入して排水に奔走。 (11/12) MAIN PRESS と同時に配管内で異状音が発生した。たぶん配管内にガスが混入したと思われる。	(11/6) 日本記者クラブ見学（45名） (11/9) 農業土木試験場約50名見学 (11/15) 前田住都雄科 学技術官視察
48	11	(11/15-12/20) 吊橋基礎と地盤の模型振動実験（本州四国連絡橋公司）	(11/13) MAIN PUMP UNIT 3台で正規圧力 (210 kg/cm^2) で単体運転を行い、その後通常の運転状態（13台）で 0.3 Hz 振巾 0.5 mm 加振し約 5 分間位 Warming-up 中再度前の異音が発生した。この為UNIT #7, 1台で圧力 30 kg/cm^2 に落し、実験室主油圧系配管よりガス抜き（約40分間）を行い、再びPUMP UNIT 13台でWarming-up した。	(11/16) 筑波部小学校65名見学 (11/15) 静圧軸受No 5 异常 (11/16) GUIDE PRESS 异常

年	月	実験・点検工事等	故 障 • 事 故 等	そ の 他
	12	(12/8) SUB PUMP UNIT #1 POWER 異常 (12/14) "		(12/10) 土木学会本州 四国連絡橋耐震研究小委 員会見学 (25名)
49	1	(1/16-1/17) 振動台加速度 検出器の検定試験		(1/22) 機械振興会視 察 (7名)
	2	(2/1-2/8) ⑤ 昭和48 年度後期点検工事 (制御系) (三菱重工)		
	3	(2/15-3/2) ② 浮屋根 石油タンク模型振動実験 (日本鋼管技術研究所)	(2/18) 静圧軸受異常No.2 2回目No.11 H ₂ マニホールドブロックベースアイボルト穴から油もれ、修理済み (2/23) 静圧軸受異常No.2 POWER R 異常 (ヒューズ切れ) (2/26) MAIN PRESS 異常	(2/18) 千葉県高圧ガス 保安協会見学 (約50名)
	3	(3/7-3/26) ③ 地下埋 設管の耐震性に関する研究	(3/16) 静圧軸受No.11異常 WARMING UP中に起てる。	(2/26) 出光興産より 見学 (50名)
	49	(3/25-) ⑤ 30トン クレーン (ダイヤ機械)		(3/18) 建築工学関係 者視察
	3			(3/19) 同前 (電線盗難の件)
				(3/20) 筑波大敷地内

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

年月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
4	(4／8-4／10) 保坂製地震 計較正振動試験 (4／19-4／23) ① 地下埋 設管の耐震性に関する研究		で山火事 (3／25) 東電常陸太田 営業所より見学 (4／6) 大蔵省主計局 長視察
5	(5／8-5／20) ② 地下埋 設管の耐震性に関する研究		
6	(6／1-7／5) ③ 沸とう 水型原子炉機器の耐震性に関する研究 (日立製作所)	(6／28) 連日の降雨により耐震実験場周辺は水没。ポンプ3台で油圧源室より24時間 排水。(6／25-7／5まで断続的に続く)	(7／9) 会計検査 (関係者多数来所)
7	(7／9-8／4) ④ 免震構 法に関する研究 (フジタ工業)	(7／5) 油圧源室漏りのためモニターテレビカメラに着水。	(8／28) 立命館大学地 理学科より見学(20名)
8	(8／5-9／3) ⑤ 昭和49 年度点検工事 (三菱重工)		
		(9／10-9／30) ⑥ 地盤と 構造物の相互作用に関する研究 (砂箱垂直加振による地盤振動測定)	
49 10	(10／1-10／7) 垂直加振→ 加振台移動台車暴走事故	(4章参照)	(10／16) 参議員文教委

年	月	実験・点検工事等	故障・事故等	その他
		水平加振切替工事(三義重工)	(10/16-11/8) 土の耐震性に関する研究 水中盤 (土木研究所)	員会視察(5名)
11		(11/15-12/7) 地中管 の耐震性に関する研究 (土木研究所, 久保田鉄工)		
12		(12/9-1/17) 明石海峡大橋の基礎地盤の振動実験 (本州四国連絡橋公団, 長大橋設計センター)		
50	1	(1/20-2/7) 砂層振動実験		
3		(3/1-3/12) 鉄骨ブレース建造物の振動実験 (建築研究所)	(3/17-3/27) 地下埋設管の耐震性に関する研究	(4/5) 外国大学長視察
4		(4/24-4/25) 日本放送協会(砂の液状化)	(4/11) 制御車HYD ROOM READY用LAMP切れ<交換>	(4/11) 日本石油化学

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

年 月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
5	(5/9) 日本放送協会(他の液状化)	(5/31) 正弦波2.0 Hz 振幅10mmでHyd Press Iの異常表示で停止し、5分後Operation時再び異常が起てる。	(株)見学 (4/14) 桜村老人会見学 (4/15-16) 日本石油化学㈱見学 (4/17) 会計検査院検査 (4/18) 一般公開 (4/21) 気象庁見学 明日への記録番組用録画
6	(5/26-5/31) ⑤ 地下埋設管の耐震性に関する研究	(6/19-7/16) ⑤ 昭和50年度点検工事(水平及び垂直系)	(5/16) 人事院関東事務局長視察 (5/21) 日本カナダ技術協力団視察
7	(7/23-8/14) ⑥ 模型盛土の鉛直振動実験(土木研究所)	(7/10) 加振台下機器冠水事故(4章参照) (7/24) Main Pump Unit # 2 ~ #13 (13台)で実験中、制御卓 Hyd Temp Iの異常表示が出る。このため午後、20 gal 19 Hz 加振以降、Pump Unit を6台(#2 ~ #7)で実験を行う。 (7/31) 40 gal 共振実験終了後、破壊実験(100 gal)計測班準備中(Main Press Position on 時) Power C 異常が起てる。	

年	月	実験・点検工事等	故 障 • 事 故 等	そ の 他
50	8	(8/26 - 8/29) ⑤ 垂直→水平側切替 (三菱重工)	(8/6) Power C 異常 (8/7) 垂直加振機 V 3 加振機用電磁弁コイル断線 (8/8 交換する)	
	9	(9/3 - 9/19) ④ 模型特殊堤防の振動実験(土木研究所)		
	10	(10/22 - 10/30) ④ 発変電所に使用する電力用遮断器の振動特性に関する研究(明電舎)		
	12	(12/3 - 2/24) ④ 地下埋設管の耐震性に関する研究	(12/18) Main Pump Unit #9 高压ラインフィルタースより油漏れ O リングを交換したが本体不良につき停止 (2/25) 2.5 Hz 300 gal 実験中 Hyd Press I #1 の異常の制御車表示、原因是油槽タンクオイル量不足と思われる。	
51	3			(3/10) 科学技術庁計画課長 (3/26) 大蔵省
	4			(4/14) 一般公開 (4/16, 23) 科学技術計画局課長視察
5	5	(5/13, 5/17) 装置性能チェックの運転		(5/6) 電力中央研究所視察

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

年	月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
51	5	(5/24-5/29) ② 鋼板製組立水槽の耐震実験（三機工業）		
	6	(6/3-7/5) ③ 昭和51年度前期点検工事（水平-垂直加振側に切替）（三菱重工）		(6/1) 中国耐震調査団視察
	7	(7/12-8/12) ④ 盛土の鉛直地震動に対する安定性に関する研究（土木研究所）	(7/12) 実験前に各 Servo Amp 零を取り Key Switch を on すると各 Servo Amp に-2 V の電流が乗っている。	(7/9) 鉄道技術研究所視察 (7/12) 大蔵省
	8		(8/4) 18 Hz で共振実験中 Guide Press 異常	
	9	(9/1-10/9) ⑤ 特殊堤防の地震時の安全性に関する研究（土木研究所）	(9/12) 5 Hz 200 gal 破壊実験入力 Gain Set 中静圧軸受 #10異常を起こす。なお Pump Unit は#2～#4の3台を起動させる。	(9/8) 熱交換器シールアルアンドチューブ破損事故（4章参照）
	10		(10/21-11/30) ⑥ 作動油交換工事。同時に主、副熱交換器修理工事（取外し、工場修復、再取付）	
	12		(12/2-12/16) ⑦ 明石海峡大橋の基礎地盤の模型振動実験（本州四国連絡橋公团）	

年	月	実験・点検工事等	故障・事故等	その他
52	1	(1/17-1/28) ② 液化互 斯行蔵用アレストコント リートの振動特性に関する研究 (石井鉄工所)	(1/17) スカベンジボンプ異常の表示 (1/25) 1.0 Hz 300 gal 振幅±20mm 時 Hyd Press I の異常 原因是 Pump Unit が6台と少ないために Power 不足と思う。	(1/31) 財團法人原子 力工学試験センター観察 (2/24, 26) 財團法人 原子力工学試験センター 観察
	2			(4/20) 昭和52年度一 般公開日
	4		(4/18) 調整運転	
	5		(5/11-6/16) ④ 耐震性 評価に関する研究	
	6			(6/13) 制御單 Main Hyd on にすると H 3 Servo Amp に約 0.3 V 位 のノイ ズが発生(常時)する。Pump Unit のノイズのようである。(50 Hz)
	7		(7/3) 調整運転 (7/9) 性能試験 (f 特性) (7/11-7/30) ② 液化互 斯行蔵用 P. S 二重殻タシクの 振動特性に関する研究 (石井鉄工所)	
	8		(8/3-8/8) ② FRP製 組立式ペネル水槽の耐震実験 (ブリジントンタイヤ)	

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

年 月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
52 8	(8／12～8／23) ② グローブボックスの耐震性に関する研究 Part I (動燃事業団, 大成建設)	(8／22) Main Press on にすると振動台が発振する。 原因は H 2 Servo Amp Gain に電圧がのつたためのようである。	
52 9	(9／2) 調整運転 (H 3, H 4 加速度計方向転換後の位相確認)		
	(9／7～10／3) ② 昭和52年度前期点検工事 (三菱重工)		
10	(10／19～10／28) ② グローブBox の耐震性に関する研究 Part II (動燃事業団, 大成建設)	(10／20) Table 1 の出力が他の Table (T 2, T 3, T 4) より 5 mm 出ている。	
	(10／29) Warming up		
	(10／31) 調整運転 (振動台作動油漏油の確認)		
52 11	(11／7) Machine Warm up (11／11, 12) ② 三菱重工株 尾崎, 岩山氏 (11／30) ② 給水タンクの耐震性に関する研究 (三菱樹脂エンジニアリング)	過去(7年間) Operation (Sub Press) 中の Guide Press 异常は Sub Press Switch 投入後 45～50 分位の時間が経過すると、当然起てる現象 (シーケンス図により)と考えていたが通常は何時間運転しても Guide Press 异常が起こると考えられない。今まで起こった原因是 Check Valve 内部が劣化してくると、その分だけ作動油の洩れが多くなるために Guide Press 异常が出る。 (11／26) Table 1 の出力は本日 (Warming up 時) は正常である。	(11／21) JICA 研修生

年	月	実験・点検工事等	故障・事故等	その他
53	3	(3/6-3/15) ⑤ 昭和52年度後期点検工事(主系統作動油交換他) (三義重工)		
4	6	(4/20-6/6) ⑤ 大型振動台による鉄筋コンクリート造ラーメン耐震実験		
7	12	(7/12-8/26) ⑤ 河川堤防の模型振動実験及び構造物周辺液状化に関する振動実験 (土木研究所)	(7/12) 10時30分頃制御車 Short Switch を on にすると異常発振音が発生する。原因は判明しないが、念のため Main 配管 line のガス抜きを #7 Pump Unit 1台(圧力 30 Kg/cm ²)で行った。もし、ガスが配管 line に入っているとすれば Main Press on と同時に上記音が発生するのが普通と思われる。	
9	6	(9/6-10/9) ⑤ 昭和53年度大型耐震実験装置点検工事(三義重工)		
	8		(6/8) 新治郡千代田村老人会 (6/10) 新治郡桜村婦人会 (6/19) 筑波郡谷田部町農協研修 (6/23) 会計検査院検査 (6/30) UJNR メンバーカー	

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

年	月	実験・点検工事等	故障・事故等	その他
53	10	(10/27) 振動台特性試験		(10/18) UJNR海底鉱物研修のための视察 (11/1) 國土庁計画審議官视察 (11/8) 桜田建設大臣视察、金子日本大学教授 (11/16) アメリカ合衆国下院議院视察
	11	(11/19) 調整運転		
	12	(12/4-12/15) ④ フィルダムの動的破壊機構の研究 (電源開発)	(12/23-12/27) ⑤ 建築物の倒壊に関する研究	
54	1	(1/8-2/27) ④ セキスイハ USSR が壁耐震実験 (積水ハウス)	(1/29) PM 1 : 30原制御車 operation (Start) 状態でないのに、サーボアンプ零点調整をしている最中に突然発振する。 この時、プレハブ供試体（セスキハウス）内で作業員が脚立に登って壁を塗っており、発振に驚き、ハウスから飛出してきた。 原因究明のために後日 (2/25-2/26) 2 日間三菱重工株より、電気、機械系専門担当者が来て各系統の Check をした。(4章 異常発振の項参照)	
	3	⑤ サーボ制御盤改造工事 (三菱重工)		(4/18) 54年度一般公開日
	4	(4/9-4/14) ⑤ サーボ制御盤更新工事終了後「取説」に基づく調整運転		

年 月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
54 4	(4/26) 調整運転 (主、副作動油量確認)		
5 5	(5/4 - 6/8) 忽 昭和54 年度前期点検工事 (三菱重工)		
6	(6/15) 振動台特性試験 400 ton	(6/15) 1) 静止軸受#11異常 2) 位置差異常 (H 3 - 0.8 mm)	
	(6/18)	(6/29) H 2 加振機用マニホールドロックパイロットチェック併用、電磁弁動作し ない。原因はコイルの断線 (7/2交換済)	
	(6/21)		
	(6/29)		
7	(7/1 - 7/24) 大谷石 屏の耐震実験 (大谷石材協同組合)	(7/24) ウォーミングアップ中 (0.3 Hz, 振幅22mm, p-p 44 mm) Main Pump Unit Power 異常発生。 単体運転で Switch を on しても Pump Unit 起動しない。 電磁弁コイルが断線していたので交換する。	
8	(8/3) 調整運転 (8/5 - 8/16) ② 168 KV 真空遮断器VCB 耐震実験 (明電舎)	(8/25 - 9/3) ② FRP ハ ネルタンクの耐震実験 (三菱樹脂)	
9	(9/4 - 5) 調整運転 (振動台中立点測定) (9/7 - 9/24) ② スチール		

国立防災科学技術センター（筑波）大型振動台のあゆみ

年	月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
54	9	棚の耐震実験（日本ファイブ）		
	10	(10/1 - 10/4) ④ 液体と 弾性体の連成運動に関する研究 (Part I) (10/6 - 10/30) ④ プレス トレスコシクリート原子炉格納 容器耐震実験（大林組）	(10/23) 11:40頃 Hyd Press #1 の異常発生	
	11	(11/6 - 11/10) ④ Main Press OFF 時の衝撃対策 (三菱重工株) (11/26) ④ 液体と弾性体の 連成振動に関する研究 (Part II)		
	12	(12/10 - 2/15) ④ 日米共 同大型耐震実験研究		
55	3	(3/6) ④ 入力制御盤更新 工事（三菱重工） (3/4 - 3/12) ④ 昭和54 年度後期点検工事（副系統作動 油交換他）（三菱重工）	(4/7) 1) Acc 7 Hz 100 gal 加振中静圧軸受#9異常起てす。再度制御卓	(4/18) 一般公開
	4			

年	月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
55	4	(4/23) ⑤ 表層地盤波動伝播に関する研究 (Part I)	Main Hyd on すると同現象が起てる。Diyalゲージを取付、浮揚量を調整した。 2) 制御卓 operation の状態で Sub Press 右上半分 Lamp 点灯しない。原因は、Pump Unit 圧力が正規 (70 Kg/cm^2) の圧力より多少低 (約 65 Kg/cm^2) いため圧力 Switch が動作しなかったと思う。	
	5	(5/8) ⑤ 表層地盤波動伝播に関する研究 (Part I)		
	5	(5/19-5/31) ⑤ FRP 製タンクの耐震強度とその他研究 (積水工事)		
	6	(6/22-7/3) ⑤ 原子力発電所配管の減衰特性試験 (日立製作所, 石川島播磨, 東芝)		
	7	(7/11-8/22) ⑤ 土構造物の動的特性調査 (土木研究所)	(7/11) Main Pump Unit #12起動と同時に Power 異常を起こす。	
	8		(8/6) H3 Servo Amp ADJ 状態で -14V のついて Amp Zero で戻しても取れない。このため「Main Press on」にして強制的に戻るか Check したが戻らない。原因是 H3 Servo Amp (0/P Amp) の不良。	
	9	(9/9-9/29) ⑤ 表層地盤波動伝播に関する研究 (Part II)		
	10	(10/20) 調整運転		(10/23) 水戸財務局視察

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

年	月	実験・点検工事等	故 障 • 事 故 等	そ の 他
55	11			(11／16) JICA研修生見学
	12	(12／3－1／12) ⑤ 既存木造住宅の耐震実験		
56	1	(1／21－2／6) ⑥ 自動倉庫の耐震実験 (日本産業機械工業会)		
	2	⑤ 昭和55年度点検工事 (三菱重工)	加振機内部差錯発見(4章参照)	
	3		(3／3－3／28) ⑤ フィードバック制御盤更新工事 (三菱重工)	
	4		(4／1－5／6) ⑤ 鉄骨フレーム耐震実験	
	5		(5／11－5／22) 調整運転 (5／20－6／20) ⑥ 空調設備の耐震実験(空研工業)	(5／13) 会計検査院一行視察
	6		(6／26) ⑤ 液体と弾性体の連成振動実験	

年	月	実験・点検工事等	故 障 • 事 故 等	そ の 他
56	7	(7／7-8／13) ④ 堀割道路の耐震実験(土木研究所)		
	9	(9／7-10／21) ② 高圧ガス製造施設に係わる塔の振動実験(高压ガス保安協会)		
	10	(10／27-11／10) ④ 消防用設備等の耐震性能に関する研究(消防庁)		
	11	(11／17-11／18) ④ 新型高性能強震計耐震実験(気象庁)	(11／18) 5 Hz 加速度 600 gal 加振実験中突然 Table 加速度大きく(約1G)なり加振機(H4)変位波形に歪みが見える。	
		(11／22-11／23, 11／29) ⑤ 調整運転(三菱重工)	再度 5 Hz 加振し、加振機(H4)の所に行きロックナットを回転させると軽くナットが回転する。原因はH4加振機ロクナットのゆるみである。	
	12	(12／2-12／8) ② スチール書架の耐震実験(丸善)		
		(12／9-12／28) ④ 昭和56年度点検工事(主作動油交換他)(三菱重工)		
57	3	(3／1-4／16) ④ 液体配管振動実験	(3／19) 5 Hz 振幅 2.0 mm (P-P 4.0 mm) で加振中 Main Pump Unit #10 突然 Power 異常を起こす。原因は#7 Pump Unit の電磁弁コイルの断線	

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

年	月	実験・点検工事等	故障・事故等	その他の 記述
57	4	(5/11-5/19) ⑤ 振動台 性能試験	(4/1) Main Pump Unit Power 异常を起こす。(Warming up 中)	(4/17) 昭和57年度一般公開日
5		(5/31-7/13) ⑤ 昭和57 年度点検工事(三義重工)		
7		(7/27-7/28) ⑤ 速度型 強震計の性能試験 (7/30-7/31) ⑤ 調整運転 (7/27異常のチェック)	(7/27) 2 Hz 振幅 5.0 mm (P - P 10mm) 加振実験中加振機 (H 4) + 側に波形 の歪み現象が見える。原因是加振機 (H 4) の ca1 (-2.84 V + 3.45 V) バランスく ずれのため + 側の出力が中立点より大きくなり、ピストンが伸びた時に衝撃が加わり起 るものと思われる。	
9		(9/6) ⑤ 振動台変位計調 整運転(三義重工株) (9/8-9/30) ⑤ 空積み 遮へいロック耐震実験		
10		(10/4-12/23) ⑤ 各種水 槽の耐震実験		
11			(11/4) 制御卓キースイッチ投入後、フィードバック各Amp (H 1 ~ H 4) 表示が 一側に 2.20 表示していた。約20~30分後に 0 表示に (H 1 ~ H 4) 自然復帰した。 なお、制御卓 Power on は約 1 時間前にして。推定原因は各 (H 1 ~ H 4) Amp 不良が原因と推定。	

年	月	実験・点検工事等	故 障 • 事 故 等	そ の 他
57	12		(12／6) 加振機 (H 3) 高圧側アキュームレータ破裂し、各加振機配管 1 line にガスが混入し、加振機変位波形に歪み現象が見える。このため Pump Unit 1 台 (圧力30 Kg/cm ²) で3時間運転しガス抜きを行った。なお破損したアキュームレータは容器ごと垂直加振機 (V 3) 用と交換する。 (4章, H 3 高圧アキュームレータプラダ破損の項参照)	
58	1	(1／10－2／18) ②貯蔵ビット耐震評価試験 (動燃事業団, 石川島播磨)	(2／21) 加振機 (H 4) 戻り側バルブより油もれが発生 (洩れ量約100 ℥) 原因はバルブのゆるみと思う。締付後、油洩れのないことを確認する。	
	2	(2／23) 調整運転		
	4	(4／8－4／15) ④VENUS 検出器用鉛ガラスサポート耐震試験 (高エネルギー物理学研究所)		(5／17) 時刻10:30頃制御卓 Main Press on 後15秒位しても圧力が正規圧力 (210 Kg/cm ²) に上昇せず、Press Monitor 指針が 150 Kg/cm ² で 5～10秒経過すると Main Press まで一気に落下する。念のため、配管・各機器から作動油もれ及び未使用 Pump Unit のバルブが「開」の状態になつていないか確認をしたが、原因不明のまま再度 Main Press を「on」にしたが同現象がまた起きた。そこで前の単体運転時の記憶を思い浮かべ #7 Pump Unit の圧力上昇が不安定な状況にあつたので #7 Pump Unit を Short にして Main Press を on にするとスムーズに圧力が 210 Kg/cm ² に上昇する。原因は #7 Pump Unit リリーフ弁の内部の劣化により起きたと思われる。
	5	(5／8) 調整運転 (5／17－5／25) ②ドラム体耐震評価試験 (大成建設, 動燃事業団)		

国立防災科学技術センター(筑波)大型振動台のあゆみ

年 月	実験・点検工事等	故 障 ・ 事 故 等	そ の 他
58 6	(6/1 - 6/30) ⑩ 昭和58 年度一般点検工事(三菱重工)		
7	(7/4 - 7/16) ⑩ FRP 2m パネル水槽の耐震実験 (ブリジストンタイヤ)		