

港 湾 技 研 資 料

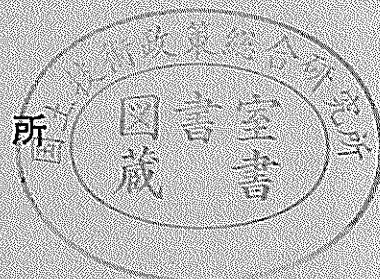
TECHNICAL NOTE OF
PORT AND HARBOUR TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORTATION, JAPAN

No. 15 FEBRUARY 1965

- 振動記録処理装置について……………林 聰・宮島信雄・山田通一郎
- 全国主要港湾における強震測定(第2報)……林 聰・宮島信雄・山田通一郎

昭和40年2月

運輸省港湾技術研究所



全国主要港湾における強震観測（第2報）

目 次

| | |
|---------------------|----|
| § 1 ま え が き | 29 |
| § 2 電 磁 式 強 震 計 | 29 |
| § 3 強震観測地点資料 | 32 |
| 3.1 観測地点一般事項 | 33 |
| 3.2 地質状況 | 39 |
| 3.3 地震計据付基礎台 | 40 |
| 3.4 地震計上屋 | 43 |
| 3.5 測定対象構造物 | 43 |
| 3.6 観測担当者 | 55 |
| § 4 強震観測実績 | 55 |
| § 5 あ と が き | 56 |
| 付 録 | |
| I 地震観測に用いる熟語 | 56 |
| II DC型強震計 | 58 |
| III 電磁式強震計の試作及びその性能 | 59 |

全国主要港湾における強震観測 (第2報)

* 林 聡
 ** 宮 島 信 雄
 *** 山 田 暹 一 郎

§ 1 ま え が き

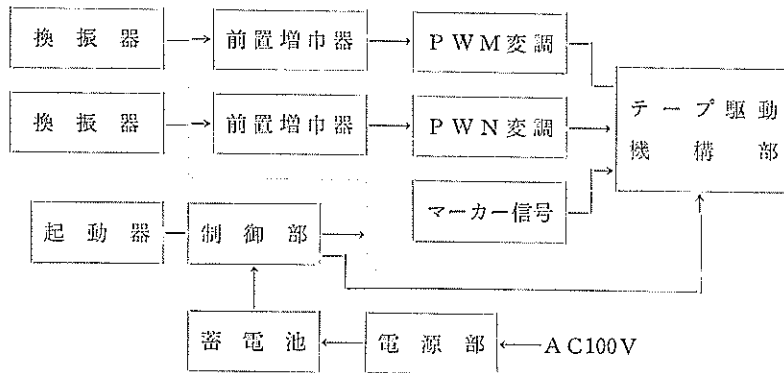
関係各機関の御協力によって、昭和37年度より3ヶ年計画によって、全国主要港湾において、強震観測が実施され、初年度である昭和37年度には、合計11台のSMA C—B₂型強震計が据付けられたが、この観測諸条件並びに観測結果は、すでに港湾技研資料No. 10によって発表した。本報告は、前発表に続くもので、昭和38年度据付個所の観測諸条件並びに新たに設置された電磁式強震計について取りまとめたものである。

§ 2 電磁式強震計

港湾地域において、強震観測を実施する場合、測定対

象となる地点が、海上に突出したり、接したりするものが多く、又、特に計器を設置する事によって、荷役その他の作業の円滑さに支障をきたしてはならないが、従来のSMA C型では、この様な地点では観測維持が困難な場合がある。この事を考慮し、又、観測された資料の解析に便ならしむるために、昭和38年前期に当所において試作した、電磁式強震計について定常観測に便ならしむる様、1部改良をなしたものを採用することになったものである。

電磁式強震計は、地震動を電氣的に変換して、磁気テープに自動記録するもので、記録された地震波は、再生器を通す事によって、随時アナログの電気量として、再現することが出来る。



図—1 電磁式強震計系統

本装置の構成は、図—1に示す如く、可動線輪型水平動換振器2成分を1組としたもので、個々の換振器からの出力電圧を、前置増巾器部で増巾を行い、これをPWM変調器によって、パルス巾変調をなして、磁気テープ3トラック中の2トラック中に、各々別個に磁気記録させる。この時磁気テープの残りの1トラックにタイミングを挿入し、後で再生する場合の時間経過を明らかにすると共に、再生時の制御に利用する。

地震計は、常時動作状態にある事が望ましいが、維持

管理を考慮して、5gal以上の地震動がある時のみ、記録可能な状態にするために、図中破線で囲まれた範囲のものは、起動器のスタート信号を制御部に送り、3秒後に記録を開始し、同時にタイマー信号も記録する。記録時間は2分間で1回の磁気テープに、連続5回の記録を行う事が出来る様になっている。

換振器は防水性に留意し、漏水を防止するために、シ

*構造部長 **耐震構造研究室長 ***土質試験課

リコンオイルを封入して、水中でも使用出来る構造であり、テープ駆動機構部は耐震性を高めるために、クロズドループ方式のテープ駆動機構を採用し、エレクトロニツクガバナーを用いた精密マイクロモーターを使用して、振動によるテープの駆動ムラに留意してある。

電源部は、強震時には商用交流100 Voltは、停電する事を覚悟しておかねばならないので、少容量の蓄電池を用い、維持管理の点を考慮して、商用交流と蓄電池間に

充電器を介在させ、常時並列接続させて、停電時においても、正常な動作を得る様にしてある。なお、蓄電池は充電器によって、自動的に充電する様にした。

従って構成の概要をまとめると表-1の様になっている。各部の仕様は表-2に示す様な内容のものであるが、詳細は取扱説明書*1) 並びに本報告書附録を参照されたい。

本電磁式強震計の仕様の概要を述べると、換振器は可

表-1 電磁式強震計構成

| 部 名 | 摘 要 | 数 量 |
|-----------|------------------|--------|
| 換 振 器 | 2ch | 式 1 |
| 前置増巾器 | | 1 |
| 記録変調増巾 | 電源安定回路 | 1 |
| | 鋸齒状波発振器及びバイアス発振器 | 1 |
| | PWM記録増巾器(2ch用) | 1 |
| | 入力アダプター(2ch用) | 1 |
| マーカー信号発振器 | 発振増巾 | 1 |
| テープ駆動機構 | 機構部 | 1 |
| | 記録専用ヘッド | 1 |
| | サーボ機構 | 1 |
| 起 動 器 | | 1 |
| 制 御 | 電源on—oFF制御 | 1 |
| | テープ駆動用遅延機構 | 1 |
| | 電源停止機構 | 1 |
| 交流電源部 | 充電器 | 1 |
| 蓄 電 池 | 6 V × 4 | 1 |

表-2 電磁強震計仕様

| 部 名 | 方 式 及 び 摘 要 |
|-------|--|
| 換 振 器 | 型 式 2成分水平動加速度計 固有周期 0.5Sec 減衰案係数 17 制振方式 電磁制振 応答周波数 0.2~20°/s 制限加速度 最大250gal 出力電圧 1.9V _{olt} /kine 線輪抵抗 320Ω 加速度感度 2mV/gal 耐水性 20kg/cm ² 以上 |
| 前置増巾器 | 入力電圧 ±500mV 入力カインピーダンス 1kΩ以上不平衡 出力電圧 ±1V最大 |

*1) 強震計磁気記録装置取扱説明書 ティアック株式会社 1963年

| 部 名 | 方 式 及 び 摘 要 | |
|-----------|--|--|
| | 出力インピーダンス 周波数特性 感度調整器 電 源 | 5 k Ω 不平衡 DC \sim 50°/s \pm 0.5db以内 半固定 DC24V |
| 記録変調増巾部 | 変調方式 入力電圧 入力インピーダンス 周波数特性 S - N 比 歪 率 ドリフト 電 源 | パルス巾変調 \pm 1V最大 5 k Ω 不平衡 DC \sim 50°/s \pm 0.5db以内 46dbRMS 3%以下 1.5%以下 DC24V |
| マーカー信号発振器 | 変調方式 入力信号 記録電圧 | 交流バイアス 0.01sec パルス 1V |
| テープ駆動機構 | テープ巾 リール径 テープ速度 速度偏差 ワウフラッター ヘッド トラック数 テープ駆動方式 駆動モーター 操 作 | $\frac{1}{4}$ inch 5 inch 15 inch/sec \pm 1%以下 0.2%RMS以下 記 録 3トラック クローズドループ DC24V用マイクロモーター 制御部の自動及び手動 |
| 起 動 器 | 型 有 式 固 有 周 期 感 度 周 期 電 気 接 度 附 帯 装 置 点 | 上下成分型振子 0.3Sec 5 gal 6 接点並列接続型自動接点 感度調整装置及び間隔調整装置 |
| 制 御 器 | 起 動 器 記 録 開 始 停 止 内 蔵 タ イ マ ー | 起動器よりのメークブレイク信号による自動及び手動 内蔵タイマーによる自動 " 起動外部信号により起動し、3秒後に記録開始信号を出し、それより2分経過後停止信号を出す |
| 電 源 | バ ッ テ リ ー 充 電 器 | アルカリ蓄電池 24V 2AH 入力AC100V 50,60°/s 出力DC24V 2A |
| 形 状 寸 法 | 換 振 器 前置増巾器, 記録増巾器 マーカー信号発振器 テープ駆動機構 電 源 部, 制 御 器 起 動 器 | 巾 480 \times 長 580 \times 高 250mm 巾 400 \times 長 280 \times 高 370mm 巾 400 \times 長 350 \times 高 210mm 巾 180 \times 長 115 \times 高 150mm |

| 部 名 | 方 式 及 び 摘 要 | |
|-----|--------------------|------------------|
| 重 量 | 換 振 器 換 振 器 以 外 | 約 75kg 約 50kg |

動線論型であって、出力電圧は地動の加速度に比例する。

換振器は地動の水平成分で2成分からなり、夫々固有周期0.5秒で出力電圧の加速度感度は $2^{mV}/gal$ 以上である。特に本換振器は水深20m程度に設置可能にするために、水圧 $20^{kg}/cm^2$ 以上の耐水性を考慮して作られており、換振器の内部には、粘度0.65C.S. (25°Cにおいて)のシリコンオイルを充填してある。

換振器の出力電圧は最大250galの地動加速度の時0.5 Volt以上であるが、磁気記録器の記録電圧の最大が1 Volt p. p. のため、前置増巾器によって電圧増巾をなす。この増巾器の周波数特性は、D C \sim 50%/s 範囲で $\pm 0.5db$ 以内となっており、最大出力電圧は ± 1 Voltであり、感度調整器は半固定とした。なお、電源はD C 24 Voltである。

磁気テープの記録は、パルス巾で記録するために、記録変調増巾器によってパルス巾変調を行なう。この場合の計器特性は、応答周波数範囲がD C \sim 50%/s $\pm 0.5db$ 、S-N比は46db RMS、歪率3%、ドリフト1.5%以下である。電源は増巾器と同様D C 24 Voltとした。現象波形の記録と同時に刻時記録を必要とするために、マーカ信号発振器によって、交流バイアスによる変調方式によって0.01秒パルスを発振させ、1 Voltの出力電圧で記録させる。

テープ駆動機構部は、振動によるテープの駆動ムラを少なくするために、クローズドループ方式のテープ駆動機構を採用し、エレクトロニックガバナーを用いた精密マイクロモーターを使用しており、テープに関しては、テープ巾 $1\frac{1}{4}$ 吋、リールの径5吋の計測用磁気テープ(米國製スコッチNo. 499)を用いる。記録時のテープ速度は15吋/秒で、測定時間2分の場合1巻で5回の記録がとれる様にした。なお、記録速度の偏差は $\pm 1\%$ 以下におさえた。又、ワウ・フラッターは0.2% RMS以下である。

起動器に関しては、SMA C型に設置されているものと連動される事を考慮し、又、起動感度も同じ方が後の管理にも都合がよいので、SMA C型に附属する起動器を備える事にした。即ち、上下成分型振子で固有周期、0.3Sec、起動感度5 gal、6接点並列接続型自動接点方式で、この接点を用い、マークブレイク信号として取出す。

本装置を制御するために制御器を用いたが、これは地震時のみ記録出来る様にするためのもので、記録器の動

作を起動器よりのマークブレイク信号による自動起動々作、並びに手動による起動を行うことが出来る。この起動々作信号によって、先ず前置増巾器、記録変調増巾器、マーカ信号発振器、その他の電気回路、テープ駆動機構モーター、並びに制御器内蔵タイマーの電源投入を行なわせる、ここに内蔵タイマーは、電気方式のものであらかじめ定めた時間で、記録開始、停止、電源の切替等の指令を行なわせるものである。即ち、起動外部信号によって、内蔵タイマーが時間読みを開始し、3秒経過後記録開始の信号を発生し、磁気記録器のテープを捲取らせ記録させる。この3秒としたのは、増巾器の増巾度の安定、テープ駆動機構の捲取速度の安定に3秒程度を必要とするためである。記録開始2分経過後、内蔵タイマーの指令によって記録を停止せしめ、電源を切り、最初の起動々作信号を待期する。なお、この記録時間2分としたのは、強震時の主要動は2分間の記録で十分に包含されるであろうと考えたため、SMA C型強震計の3分より1分間だけ短縮している。なお、この時間は1部部品の取換によって変更することは可能である。

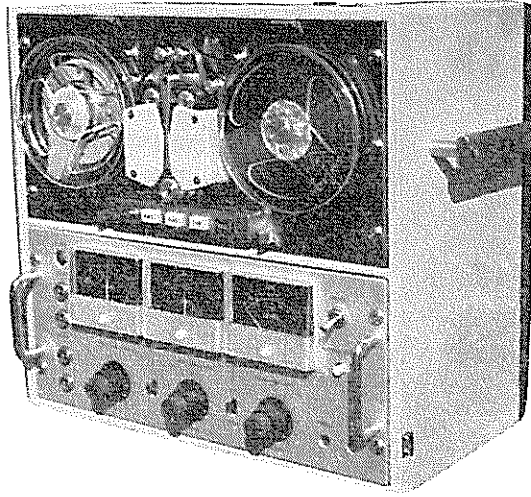
電源は停電時の記録を考慮して、アルカリ蓄電池4ケを用い、24 Volt 2 AHの容量として用い、この蓄電池の充電は、常時フロートしながら用いるために、入力100 V 50、60%共用の出力D C 24 Volt 2 Aの充電器を附属せしめた。これは特に蓄電池の保守の簡便のために取付けたものである。

形状は写真-1、2に示し、概略寸法並びに重量は、表-2に示す通りである。

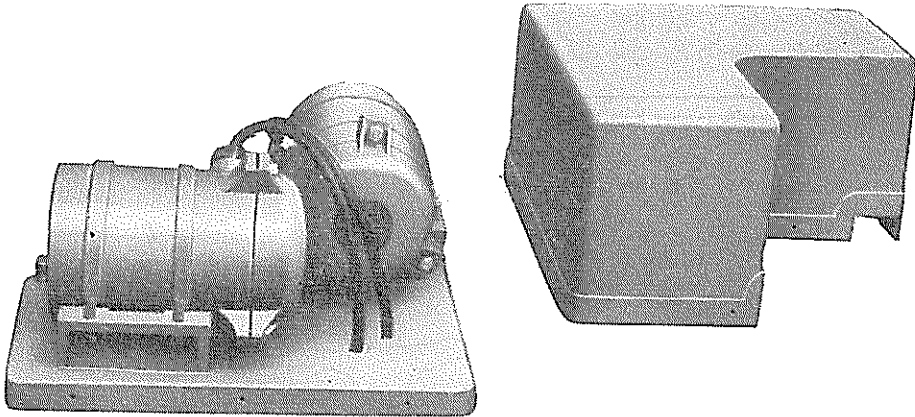
§ 3 強震観測地点資料

昭和38年度強震計設置位置における観測事務所、強震計種類、強震計番号、強震計据付位置、観測対象種別、記象紙上の成分の方向、強震計常数、観測担当者、強震計設置位置図、強震計設置位置附近地質図、観測対象構造物自体の構造図、強震計基礎台据付構造及び観測上層構造図等に関して詳述する。

昭和38年度中に計器の購入が完了した地点は、第2港湾建設局管内で京浜港工事々務所、清水港工事々務所、第3港湾建設局管内で神戸港工事々務所、高知港工事々務所、伊勢湾港湾建設局管内は四日市港工事々務所及び港湾技術研究所であったが、据付の完了したものは、こ



写真一 電磁式強震計換振器部



写真二 電磁式強震計磁気記録部

の中京浜港、清水港、高知港、港湾技術研究所の4地点であり、他は未完了のため次報で述べる事にする。

3.1 観測地点一般事項

第2港湾建設局管内は京浜港工事々務所において、電磁式強震計3台、清水港工事々務所においてSMAC-B₂型1台、電磁式強震計1台の計2台であって、京浜港工事々務所関係では図-2に示す山下埠頭第7バースに1台、図-3に示す川崎市千鳥町埠頭第5バースの杭棧橋構造岸壁に1台、背後埋立地上に1台、計3台が据付けられた。なお、図-4、5には附近の詳細図を掲げた。

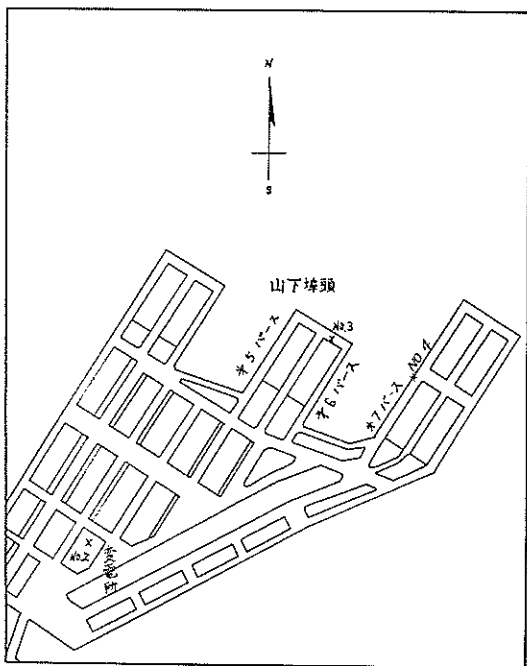
地震計の水平成分は山下埠頭地区においては、既設のSMAC型が山下埠頭第1、2、3バースの法線方向にその1成分を基準としているが、第7バースの場合もその棧橋の法線方向は、第1~3バースと平行であるためこれに従った。即ち、水平成分の内、1成分を棧橋の法線

方向、他をこれに直角にした。従ってN成分の真北からの偏差は $33^{\circ}30'E$ である。

千鳥町埠頭の場合は、山下埠頭地区とは離れているため別に考える事にして、基準を第5バースの法線方向とした。従って、棧橋上並びに背後埋立上のは、成分方向を一致させたが、その真北からの偏差は $73^{\circ}42'E$ である。

清水港は前年度に石炭埠頭岸壁背後である清水工場内に、SMAC型が設置されているが、本年度は図-6に示す如く、石炭埠頭岸壁並びにすぐ背後の石炭埠頭揚場の夫々の構造物に設置された。附近詳細は図-7に示した。基準方位は石炭岸壁法線とし、真北からの偏差は $41^{\circ}00'W$ である。

第3港湾建設局管内は、高知港工場々務所1台で、地盤震動の測定を目的とするために、工事々務所構内に設



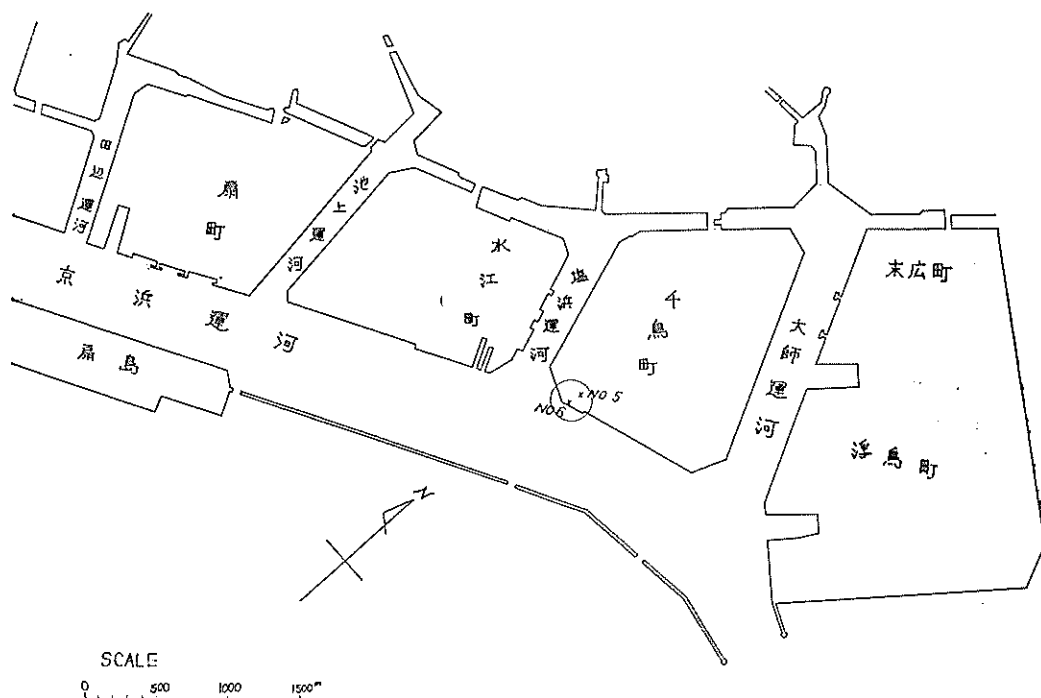
図一 京浜港山下埠頭地区における観測位置

置された。概略は図一8に示す位置であり、附近詳細は図一9に示した。基準方位は、構造物に無関係のため真北とした。

港湾技術研究所においては、第1報に掲げたSMAC型強震計の掘付基礎台上に、同一の地震動を観測するために取付けたもので、第1報を参照されたい。

以上、各地の強震計掘付位置における資料をまとめると表一3となる。基準方位は各地で夫々異なるため、得られる記象上の成分方向は各地で異なる事になる。図一10に示す様に記象紙上の成分方向に番号を附した場合、表一4に示す如き夫々の方向成分を示す事になる。ここで成分方向は、地動変位の進行方向を基準にとった場合で、振子は加速度計であるから、振子自体は地動変位と同位相で運動する事になる。従って、地動加速度による振子の作用方向は180°だけ位相差がある事になり、記録紙上の位相が逆になり、作用力の如き工学的な取扱いを実施する時は留意する必要がある。

ここでは地震研究所、その他の機関での取扱いと同一



図一 京浜港川崎埠頭地区における観測位置

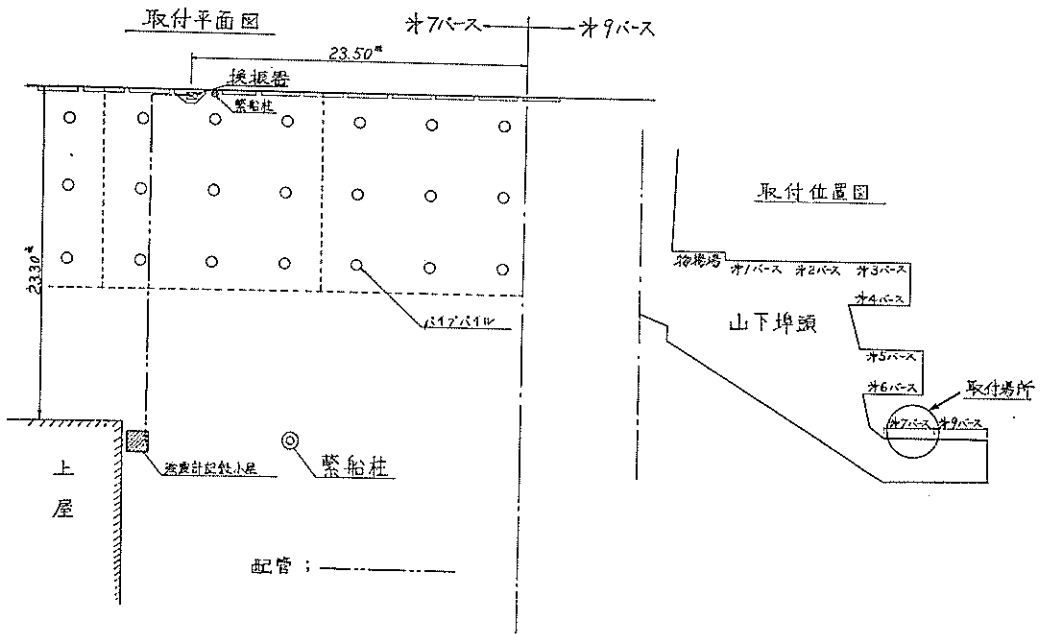


図-4 京浜港山下埠頭附近詳細

配線平面図

京浜運河

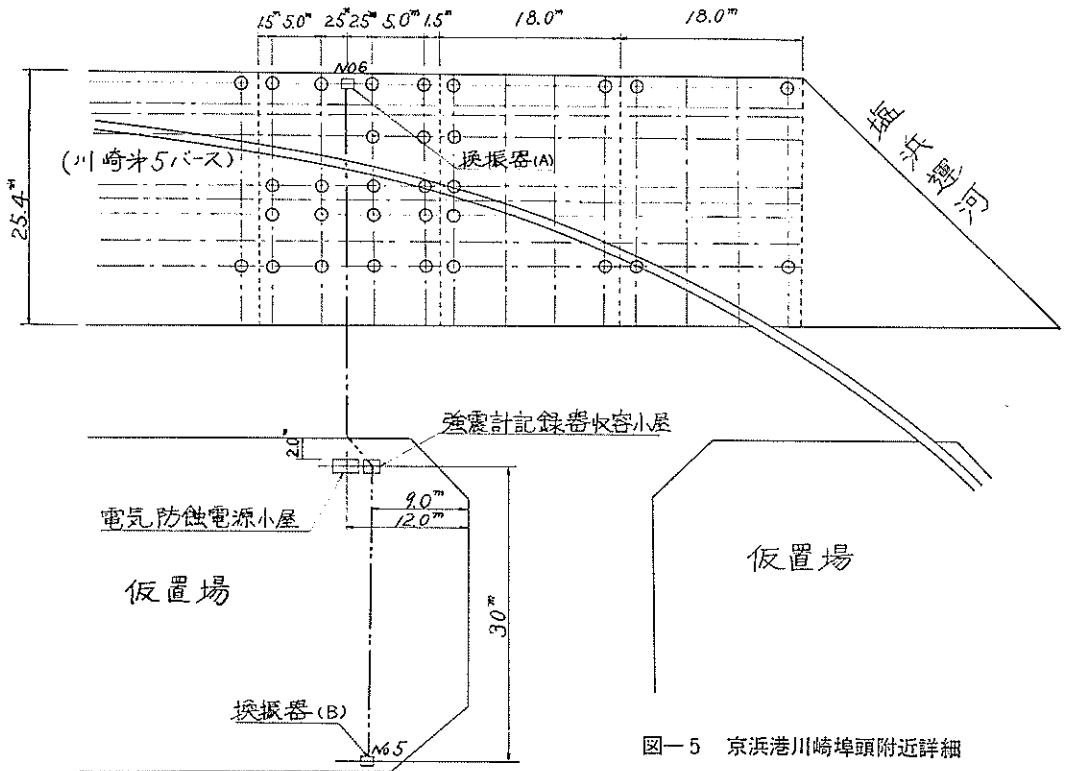


図-5 京浜港川崎埠頭附近詳細

清水港平面圖

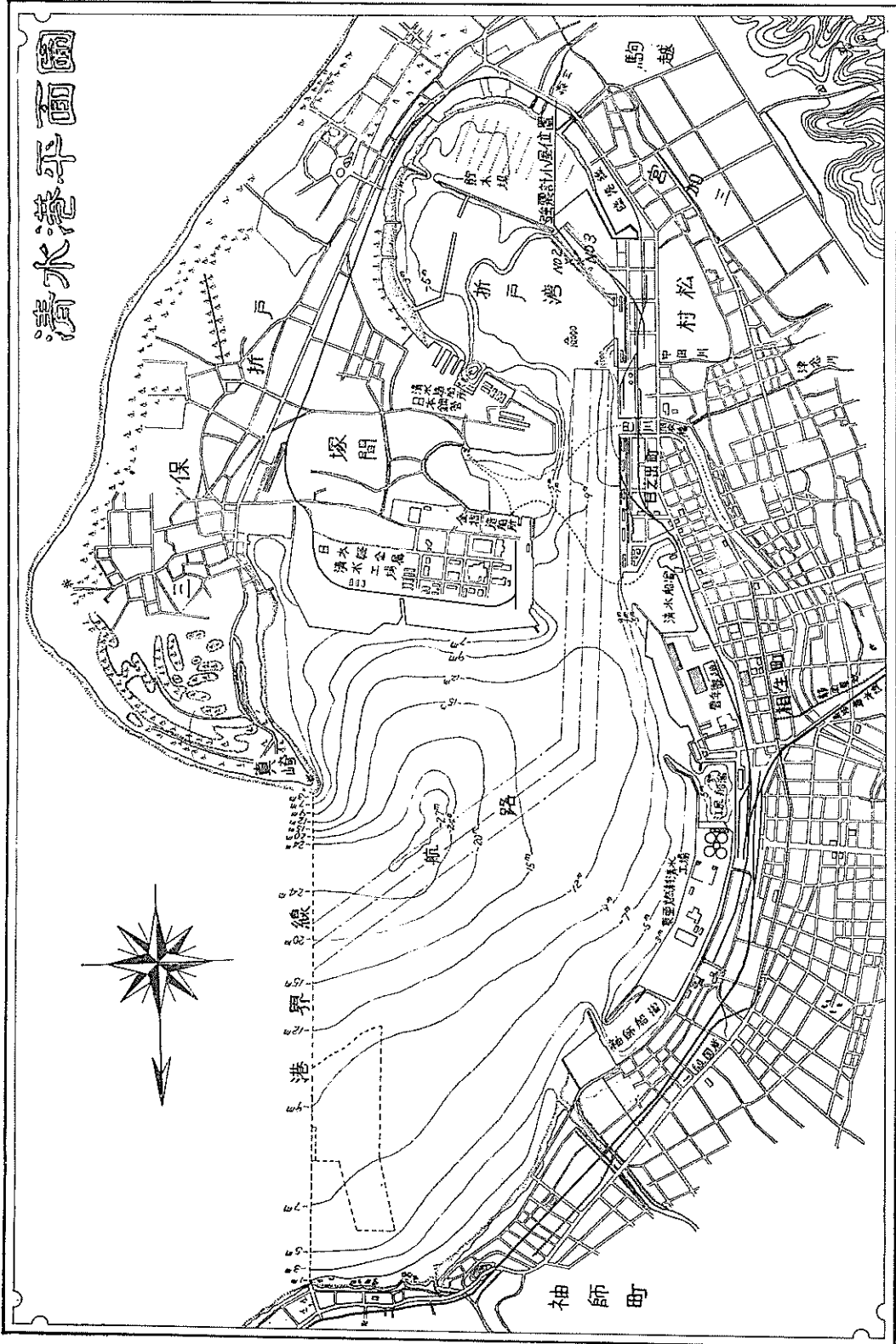
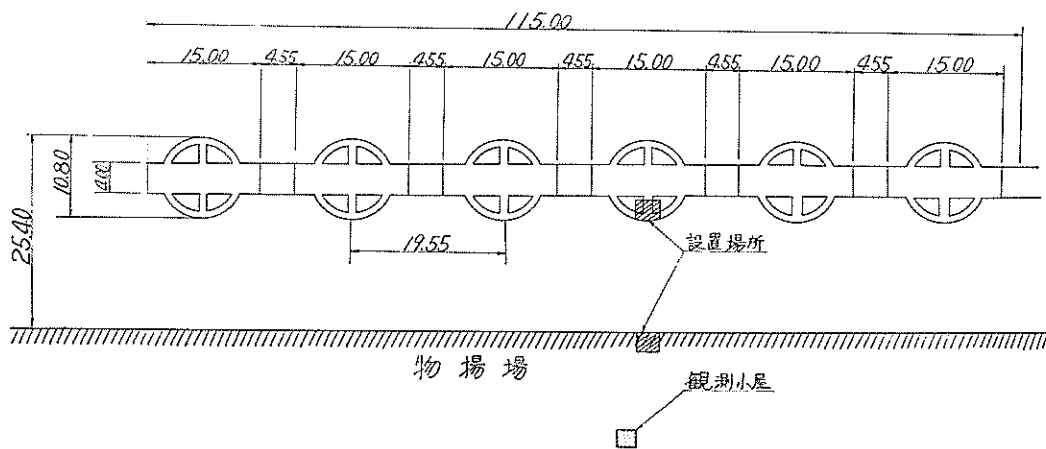


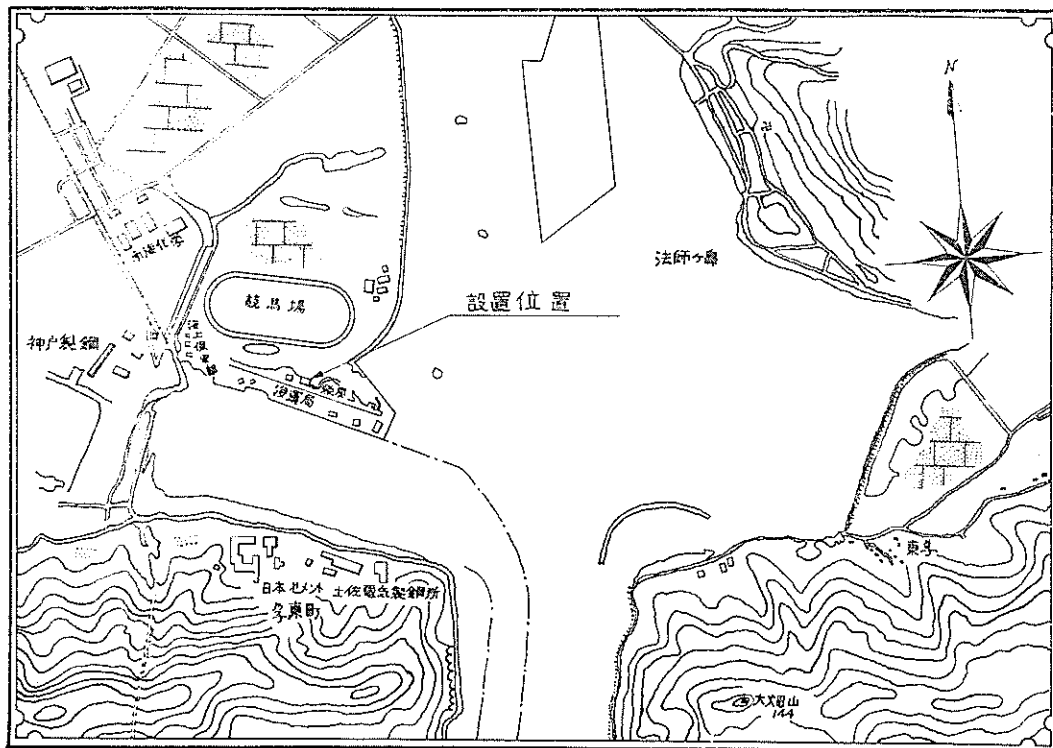
圖-6 清水港地区における観測位置

脚構配置図



忠図一 7 清水港石炭埠頭附近詳細

強震計設置位置図



図一 8 高知港地区における観測位置

表-3 強震計据付位置

| 観測事務所名 | 地震計名 | 観測地点番号 | 据付位置 | | | | 観測対象種別 | 真北からの偏差 | 基準方位 | |
|---------|---------------------|--------|------------------|-------------|--------------|---------|--------|---------|----------|-------------|
| | | | 地籍名 | 緯度φ | 経度λ | 地震計据付け高 | | | | |
| 京浜港 | 電磁式 | 4 | 横浜市中区山下埠頭第7バース | 35°27'00" N | 139°40'00" E | 3.8m | 3.8 | 構造物 | 33°30' E | 山下埠頭第2バース法線 |
| " | " | 5 | 川崎市千鳥町第5バース背後埋立地 | 35°30'12" N | 139°45'30" E | 3.8 | 3.8 | 地盤 | 73°42' E | 千鳥町第5バース法線 |
| " | " | 6 | " 第5バース上 | " | " | " | " | 構造物 | " | " |
| 清水港 | SMAC-B ₂ | 2 | 清水市村松地先石炭埠頭岸壁 | 34°59'45" N | 138°30'20" E | 3.6 | 3.6 | " | 41°00' W | 村松石炭埠頭岸壁法線 |
| " | 電磁式 | 3 | " 石炭埠頭物揚場 | " | " | 2.6 | 2.6 | " | " | " |
| 高知港 | SMAC-B ₂ | 1 | 高知市棧橋通り6の46事務所構内 | 33°32'13" N | 133°33'32" E | 3.0 | 3.0 | 地盤 | 0°00' | 真北 |
| 港湾技術研究所 | 電磁式 | 1 | 横須賀市川間162研究所構内 | 35°13'28" N | 139°43'25" E | 3.7 | 3.7 | " | " | " |

表-4 記録紙上の成分の方向

| 観測事務所名 | 観測地点番号 | 水平動 | | | | 上下動 | | 地震計型式 |
|---------|--------|-----|---|---|---|-----|---|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 京浜港 | 1 | E | W | S | N | D | u | SMAC |
| " | 2 | E | W | S | N | D | u | " |
| " | 3 | E | W | S | N | D | u | " |
| " | 4 | E | W | S | N | — | — | 電磁 |
| " | 5 | S | N | W | E | — | — | " |
| " | 6 | S | N | E | W | — | — | " |
| 清水港 | 1 | W | E | S | N | D | u | SMAC |
| " | 2 | W | E | S | N | D | u | " |
| " | 3 | W | E | N | S | — | — | 電磁 |
| 名古屋港 | 1 | S | N | W | E | D | u | SMAC |
| 神戸港 | 1 | E | W | S | N | D | u | " |
| " | 2 | E | W | S | N | D | u | " |
| " | 3 | E | W | S | N | D | u | " |
| 高知港 | 1 | E | W | S | N | D | u | " |
| 鹿児島港 | 1 | E | W | S | N | D | u | " |
| 港湾技術研究所 | 1 | S | N | W | E | D | u | " |
| " | 2 | E | W | S | N | — | — | 電磁 |

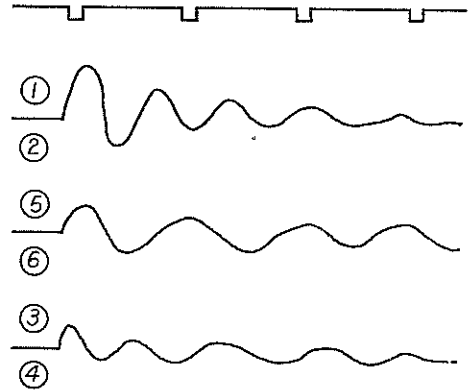


図-10 記録紙上の成分の方向

にしておく必要から、地動変位の進行方向を基準にした。なお、表-4には既設の地震計の中、一部訂正があるので、再度一緒に掲げたが、表中E；東、W；西、S；南、N；北、U；上向、D；下向で、夫々の方向からSの地動変位の進行に対する記録紙上の方向を表わしている。

3.2 地質状況

各地震計据付地点附近における地質状況は、京浜港山下埠頭第7バース（観測地点番号4）の場合、図-11に土質柱状を示す様に-23m程度まで、シルト質粘土が堆積しており、-27m附近に土丹盤がある。第1報で述べた第6バース（観測地点番号3）附近に比べ、多少軟質層の堆積であるが、土丹盤の深度はほぼ同程度の深度に

山下7バース強震計付近ボーリング

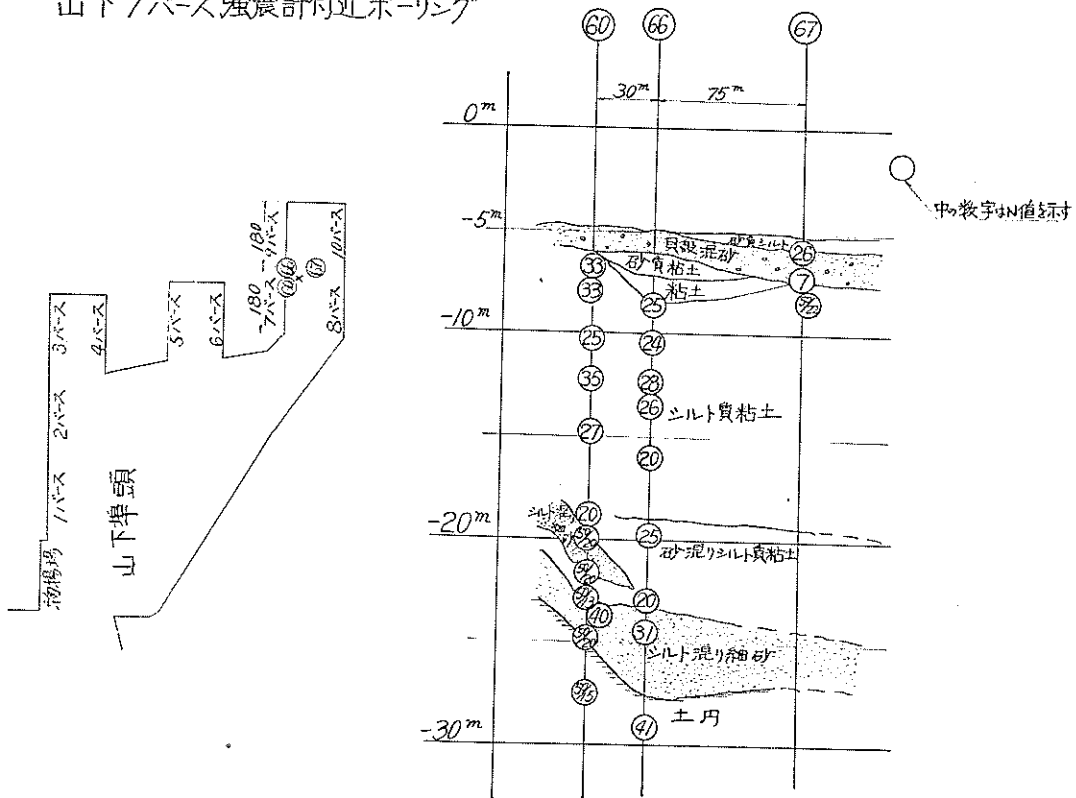


図-11 京浜山下埠頭第7バース附近土質柱状

出現している。

川崎千鳥町第5バース附近の地質は、図-12に土質柱状図で示す様に概ね海底表層は砂質シルトで、-13m附近から粘土質シルトに変わり、-40m附近まで続き、以深が硬質シルトに変わっている。N値の分布を見ると、海底下ほぼ5程度が-40mまで続き、以降急激に増加し、-45mで約40程度になっており軟弱である。岸壁法線より約30m程度背後は現在埋立地であるが、ここは附近の海底シルトによる浚渫土砂によるものである。

清水港石炭埠頭岸壁（観測地点番号2）及び、約20m後方の石炭埠頭物揚場（観測地点番号3）については、図-13にその土質柱状を示す様に、海底表層は比較的軟かい粘土層で、その厚さは約10m以下砂層と粘土の互層が続き、その下部に礫層がある。この礫層に到達する深さは約40m程度である。なお、背後地の海底面上の土質は第1報にも掲げてある様に略々粘土層である。

高知港工事事務所構内設置位置附近の土質柱状は、鏡川の河口附近に位置し、扇状地帯になっているが、近くにボーリング地点がないので、西方約320m地点のボーリ

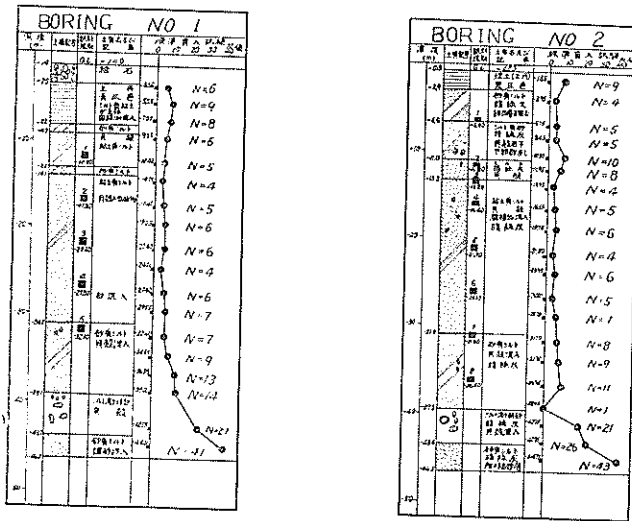
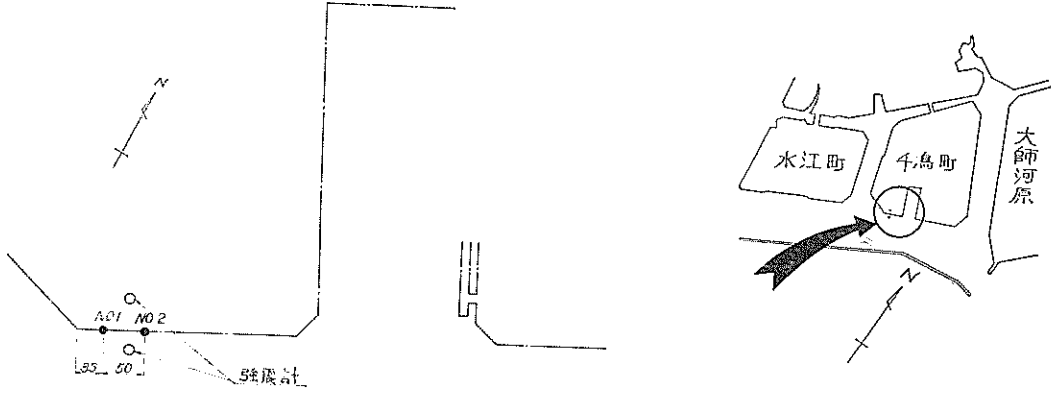
ング資料を参考に掲げると図-14となる。即ち、海底面下約20m間は粘土層が続き、その下部に砂交り粘土層が約7mあり、その下に砂利層がある。

港湾技術研究所については、第1報でのべたと同一箇所であり、土丹盤上に据付けられている。

3.3 地震計据付基礎台

SMA C型強震計の据付基礎の基準は第1報に掲げているが、各地で地盤震度の測定に用いる場合は、大体これにもとづく基礎が作られており、本年度設置箇所内、高知港のものが図-15に示す様な形状である。

清水港のSMA C型強震計は、石炭埠頭岸壁に直接取付けたため、図-16-1, 2に示す様に高潮時を考慮して、セル岸壁上の頭部、既設コンクリート版上に30cm厚のコンクリートを打継ぎ、その上部に地震計台（肉厚30cm）が作られた。これらの接続部には鉄筋が入れている。又、背後石炭埠頭物揚場上の電磁式強震計の基礎は図-16-1, 3に掲げた様に、矢板壁頭部コンクリート部の頭部側方背後に埋込み式の振子基礎台を作成され、振子自体を地表面上に出さない構造とした。なお、地中に



図一12京浜港川崎千鳥町第5バース附近土質柱状

埋込んだのと、記録器部を他の場所とするために、記録器と振子部との間は埋設電線で連絡したが、その配線図は図一16-1に破線で示す通りである。なお、この電磁式強震計の起動器は、石炭埠頭岸壁上のSMA C型の内蔵起動器と連動させる様にしたために、電磁式強震計の記録小屋と、SMA C型強震計間は電線で連絡された。これら配線上の取付部等の詳細は図一16-1及び図一16-4を参照されたい。

京浜港山下埠頭第7バースにおける地震計基礎台は、地震計が電磁型であるため、前掲図一4並びに図一17-1に示す様に棧橋床版上に車止用のコンクリートの枠を作って、この中に納められた。記録器部は約25m背後の上

屋倉庫の側面に観測小屋を作り、この間は図一17-1に示す様に換振器と記録器間を連絡させた。起動器は記録器と同じ観測小屋に据付けられた。又、AC 100Volt電源は、図一17-2に示す様な配線系統で、配線がなされている。

川崎千鳥町埠頭第5バース及びその背後地盤上の地震計の据付基礎は、図一5及び図一18に示す様に、棧橋上のもは本棧橋施工時にあらかじめ製作され、埋込方式とした。記録器部は棧橋背後約40mの地点に設置され、この間は電線を埋没して連結させる。一方棧橋背後の地盤振動測定目的の地震計は、同図中に示す様に、地上部に出す事が出来ないのので、埋込むことにし、地震計基礎

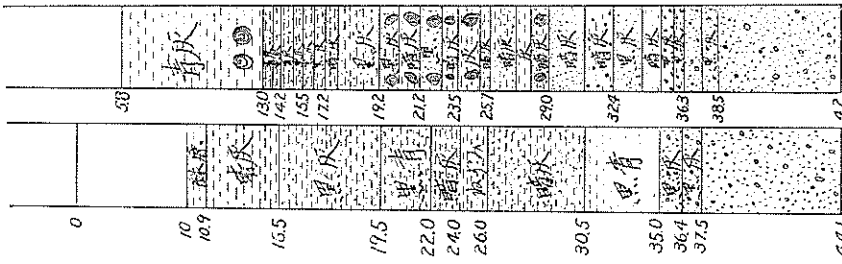
NO III

| 標本試料番号 | 主成分 | 地質図 | 15161718192021222324252627282930313233343536373839404142 | 見出し | 見出し | 見出し |
|--------|------------------------|-----|--|-----|-----|-------|
| 5 | 地盤 (埋立) 砂利層 砂 | | | | | |
| 10 | 軟泥、砂利、緑灰色粘土 | | | 167 | 549 | 10288 |
| 15 | 青色、黒色、黒色粘土 | | | 197 | 245 | 10406 |
| 20 | 黒色粘土 | | | 162 | 588 | 10401 |
| 25 | 黒色粘土 | | | 187 | 323 | 1153 |

NO I

| 標本試料番号 | 主成分 | 地質図 | 15161718192021222324252627282930313233343536373839404142 | 見出し | 見出し | 見出し |
|--------|------------------------|-----|--|-----|-----|-------|
| 5 | 地盤 (埋立) 砂利層 砂 | | | | | |
| 10 | 軟泥、砂利、緑灰色粘土 | | | 177 | 390 | 10371 |
| 15 | 青色、黒色、黒色粘土 | | | 199 | 248 | 10403 |
| 20 | 黒色粘土 | | | 167 | 535 | 10827 |
| 25 | 黒色粘土 | | | 176 | 375 | 1100 |
| 30 | 黒色粘土 | | | 179 | 361 | |

NO IV



NO II

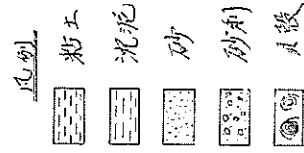
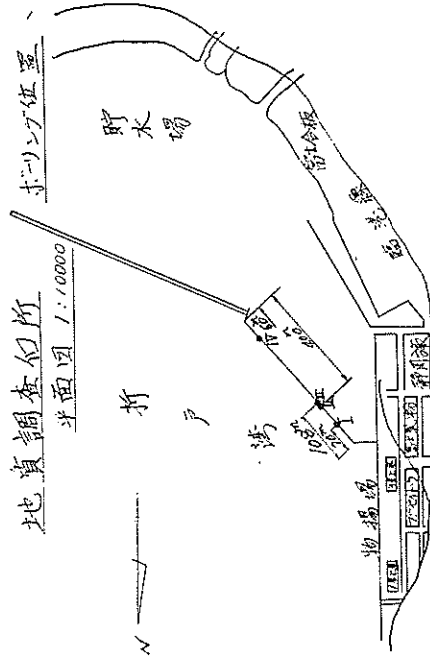
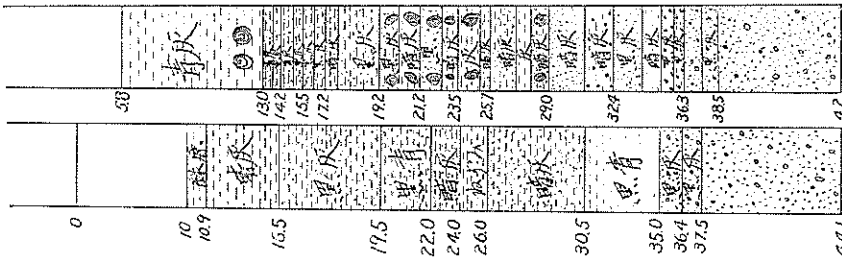
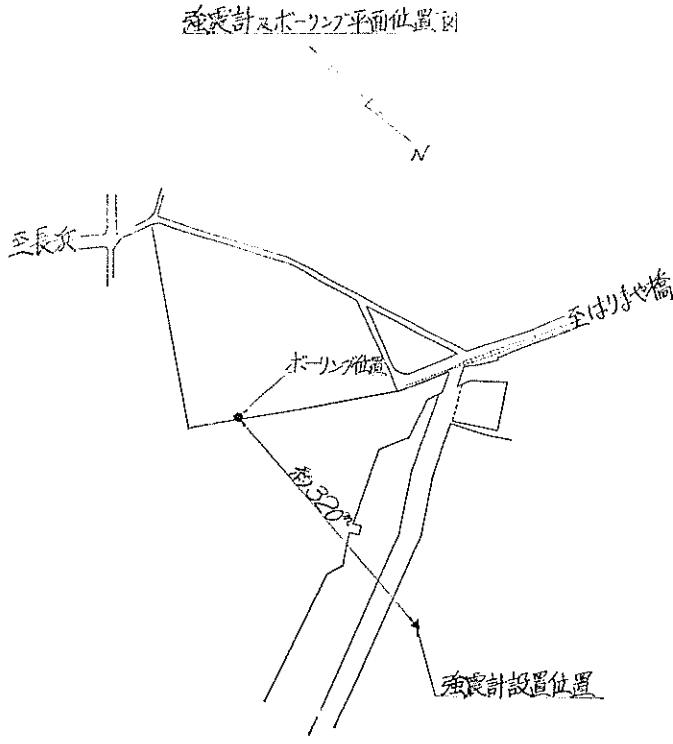


图-13 清水港石炭埠頭附近土質柱状



| 深度 | 現場判定柱状図 | |
|-------|---------|----------|
| 2 | | |
| 4 | | |
| 6 | -560 | |
| 6.70 | | 暗灰色泥炭質粘土 |
| 8 | 800 | 暗黒灰色粘土 |
| 10 | | 緑灰色粘土 |
| 12 | | |
| 14 | | |
| 16 | | |
| 18 | | |
| 20 | | |
| 22 | | |
| 24 | | |
| 26 | -2610 | |
| 27.50 | | |
| 28 | | 緑灰色粘土 |
| 29.20 | | 緑褐色粘土 |
| 30 | | 緑褐色粘土 |
| 31.20 | | 緑褐色粘土 |
| 32 | | 黄褐色砂質粘土 |
| | | 砂利 |

図-14 高知港工事々務所附近土質柱状

台は簡単な箱型とされた。記録器收容小屋とは約30m離れている。なお、起動器は、2台の地震計を共通に連動させるため、1台が收容小屋内に設置された。蓄電池充電用AC電源は、まだ送電設備がなされていないが、屋内配線は図-18中に示される容量のものが設備されている。

港湾技術研究所の地震計基礎は第1報に示すSMAC強震計の基礎台と同一盤上に設置されている。

3.4 地震計上屋

地震計上屋について、SMAC型強震計は振子と記録部が1体であるので、これを收容する目的で、高知港の場合は、前掲図-15に示す様に面積約3.3m²で、壁はスレート張りである。

清水港の石炭埠頭岸壁は、図-16-2に示す如く、軽量鉄骨波型石綿スレート張りで、面積約1.9m²である。電磁式強震計の場合は記録器を収納する観測小屋が必要であり、清水港の石炭埠頭物揚場の場合は、図-16-5に示す様に、面積約3.2m²の軽量鉄骨波型石綿スレート張りであり、小屋の位置は図-16-1に示した。

京浜港の山下埠頭第7バース、並びに川崎千鳥町埠頭第5バース及び背後地盤の観測は、図-17-3に示す様

にブロック建、面積約2.2m²で2個所分をまとめて収納された。建設位置は図-4、図-17-1並びに図-18に示されている。

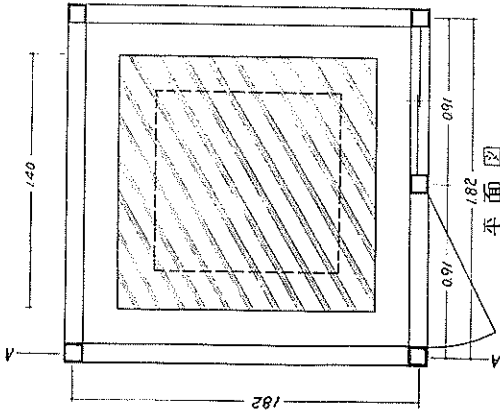
3.5 測定対象構造物

測定の対象が構造物のものは、前述の如く、京浜港においては、山下埠頭第7バース、並びに川崎千鳥町埠頭第5バース、清水港で石炭埠頭岸壁、並びに物揚場である。

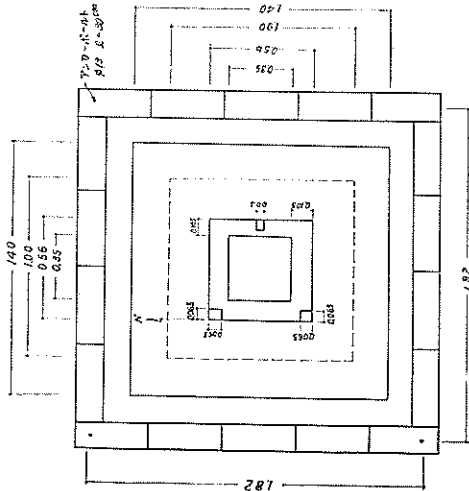
図-19は、京浜港山下埠頭第7バースの標準断面図であり、図-4には、1ブロックに対する杭の配置の概略を示したが、鋼管杭(4700×1216, 19mm)による直杭式棧橋構造である。

図-20-1、2は川崎千鳥町埠頭第5バースの標準断面、及び床版の一般図である。鋼管杭(4:711, 2mm・t=12.7および9.5mm)による直杭式棧橋である。

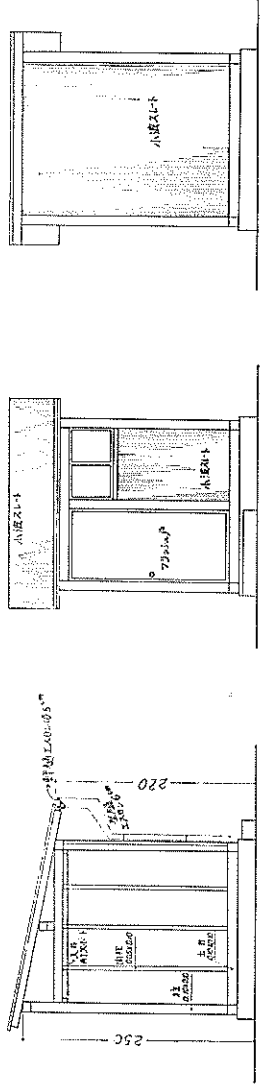
図-21-1、2は、清水港石炭埠頭岸壁、並びに物揚場の標準断面図である。平面図は前掲の図-7・及び図-16-1を参照されたい。この石炭埠頭岸壁の型式は、円筒脚柱式埠頭と呼ばれるもので、八幡直線形鋼わが用ひられ、円筒内には中詰材料として砂利が充填されている構造である。なお、この岸壁上には、アンローダー(150



基礎伏図

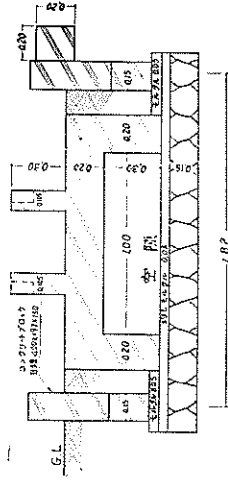


基礎伏図



A-A断面図

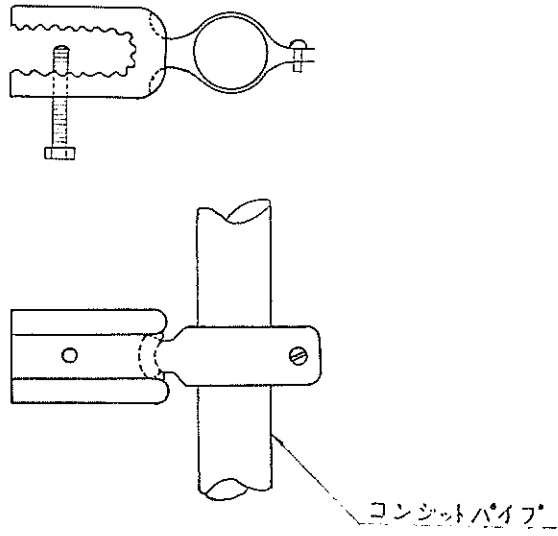
立面図



基礎断面図

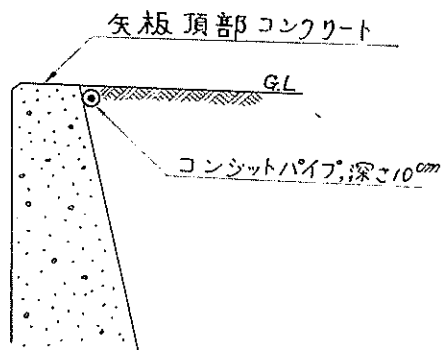
図-15 高知港における基礎台及び上屋

①.③ パイプ°取付金具



図一16—4—1 清水港石炭埠頭における配線系統

② 部



図一16—4—2 清水港石炭埠頭における配線系統

③ 部

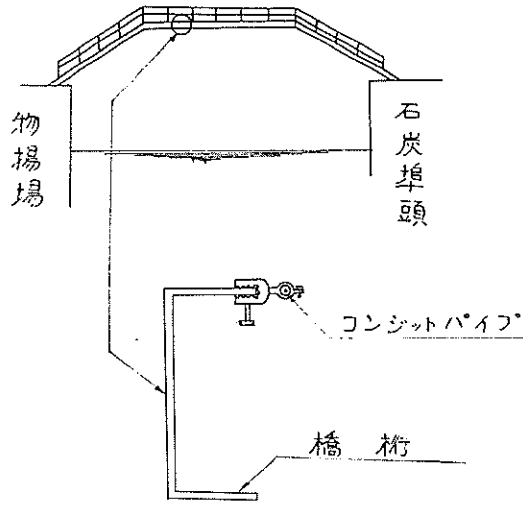


図-16-4-3 清水港石炭埠頭における配線系統

④ 部取付詳細図

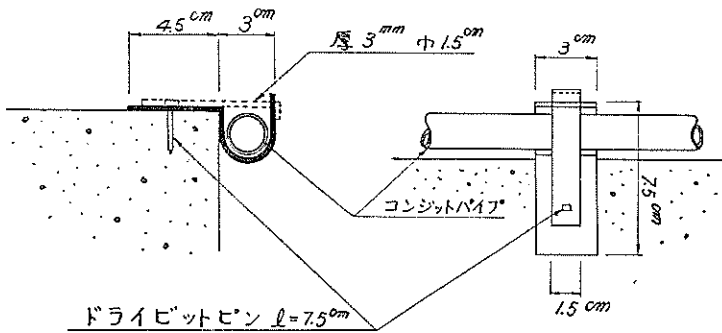
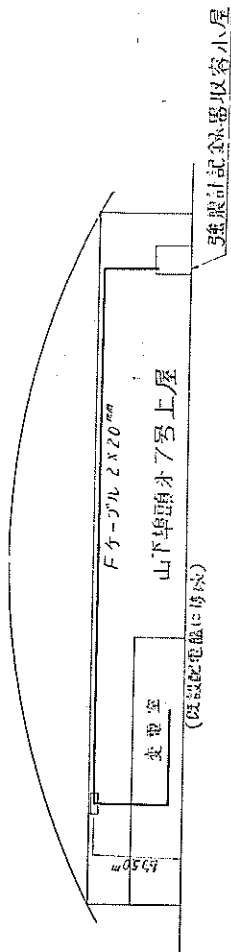
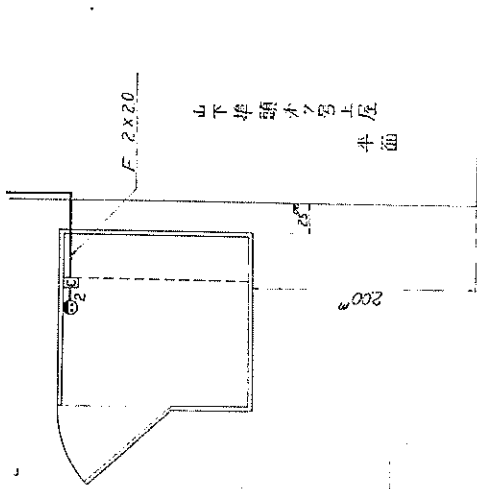


図-16-4-4 清水港石炭埠頭における配線系統

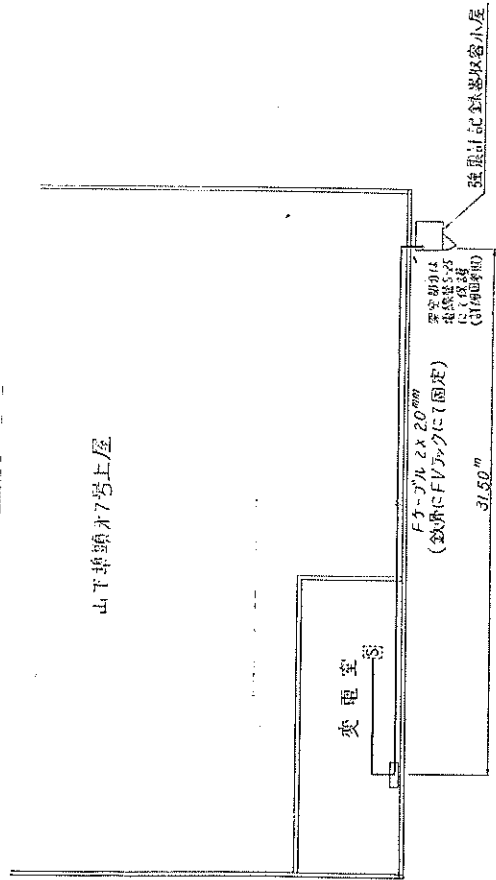
上屋内配線平面図



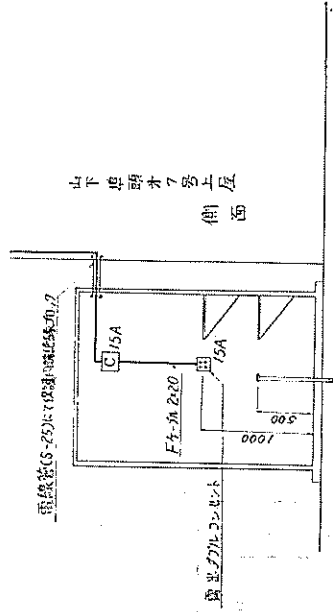
記録器收容小屋配線図



上屋内配線平面図



記録器收容小屋配線図(側面)



図一17-2 京浜港山下埠頭第7ハースにおける電源配置

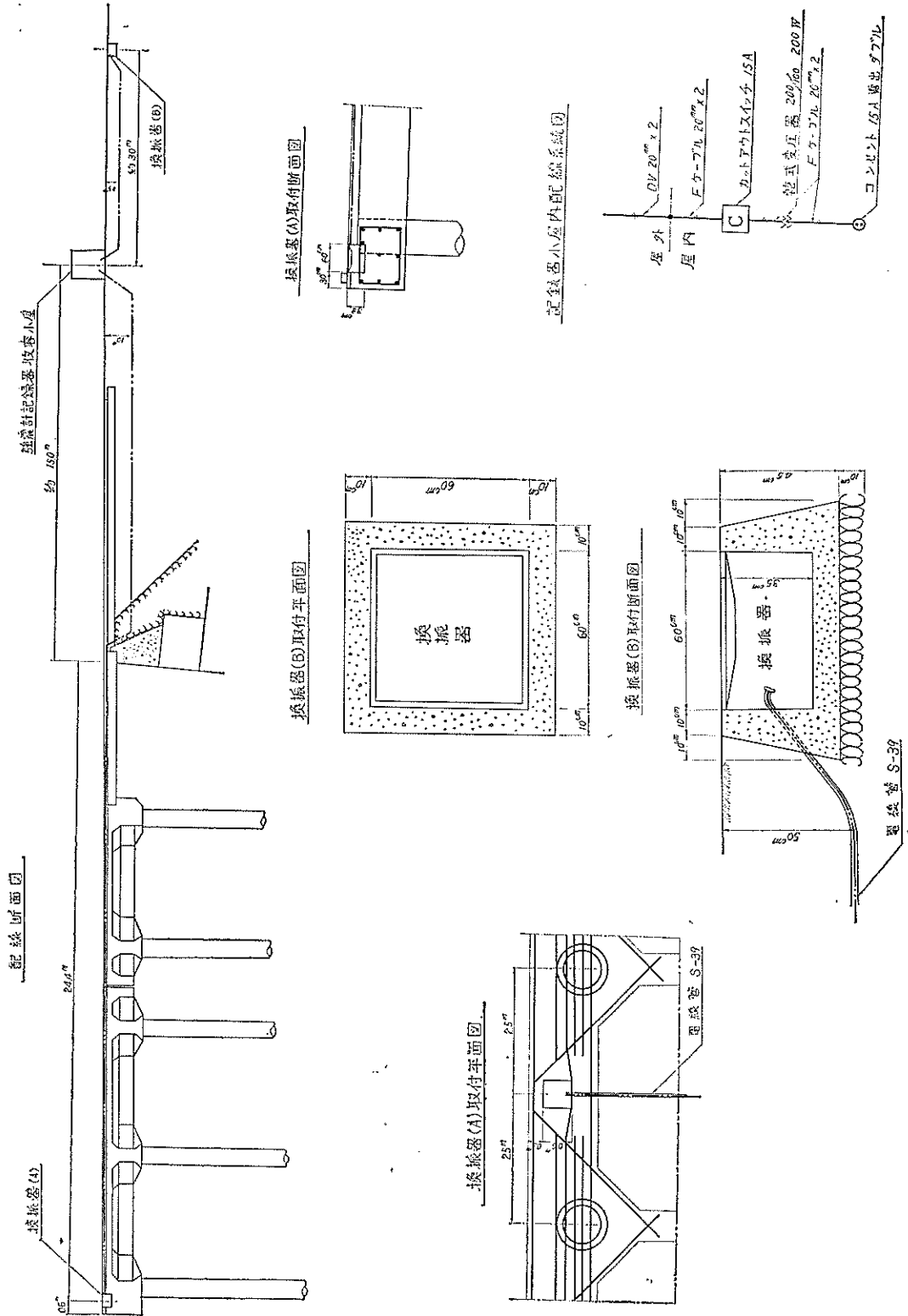
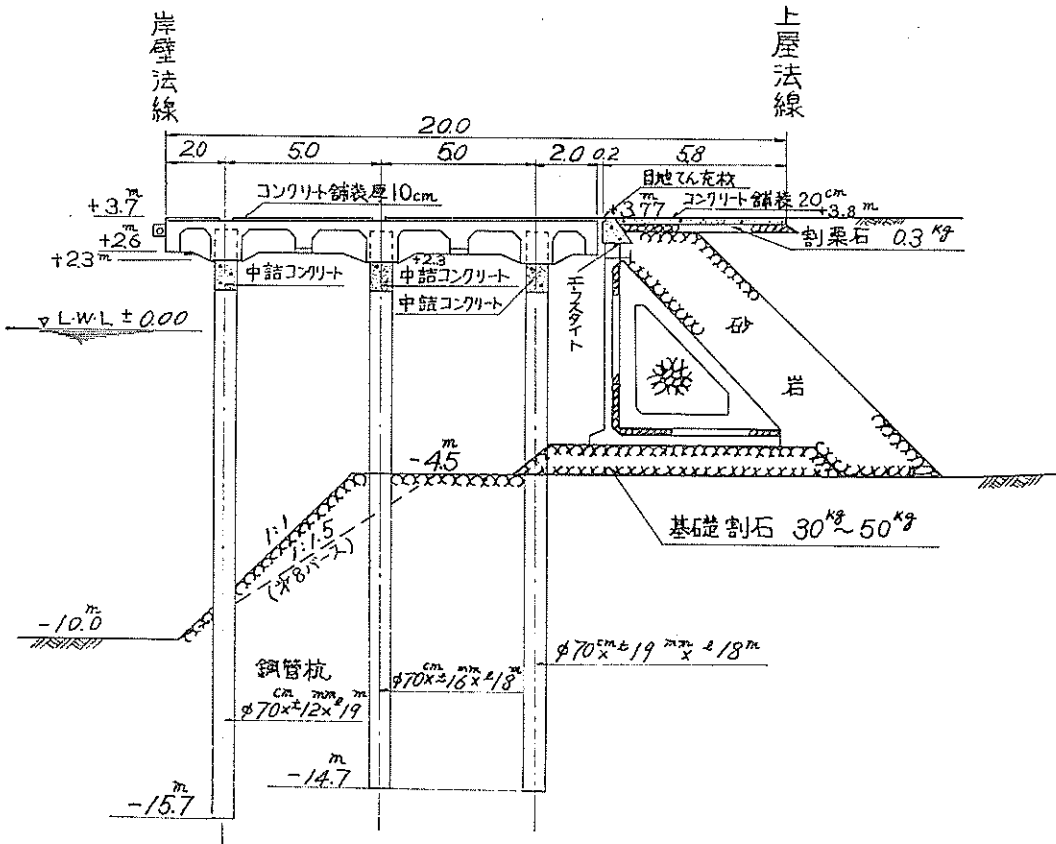


図-18 京浜港川崎埠頭における基礎台及び配置

第7, 8バース標準断面図



図一19 京浜港山下埠頭第7バース断面

川崎千鳥町第5バース

床版一般図

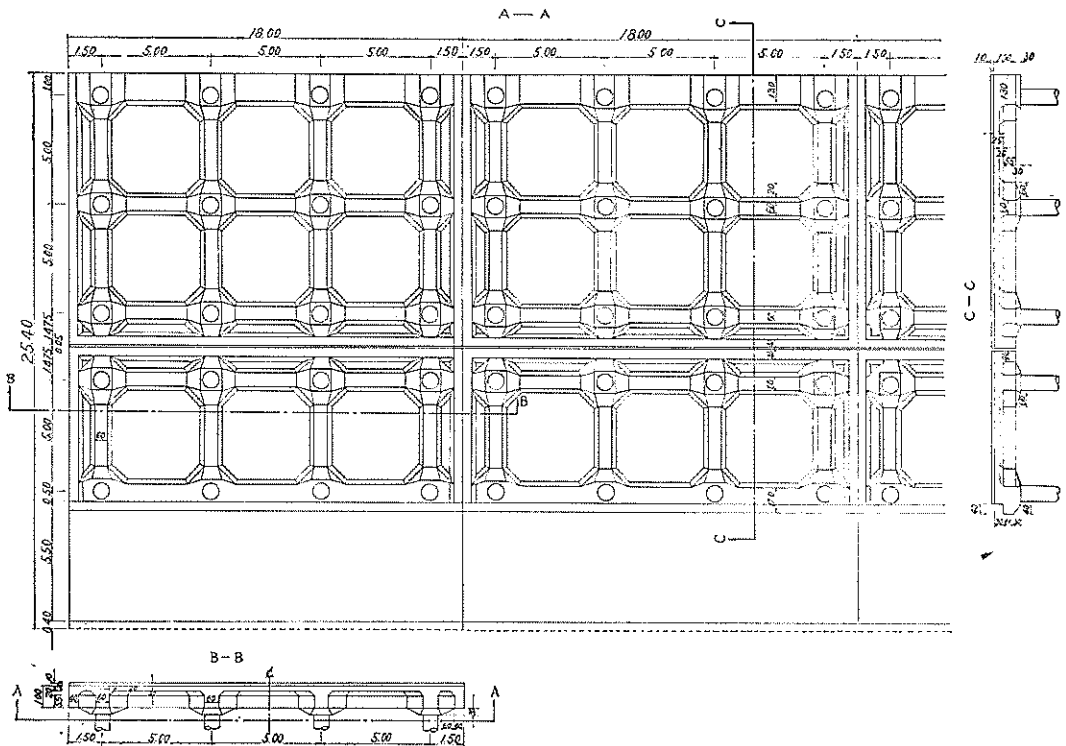


図-20-2 京浜港川崎千鳥町第5バース床版

石炭埠頭標準断面図

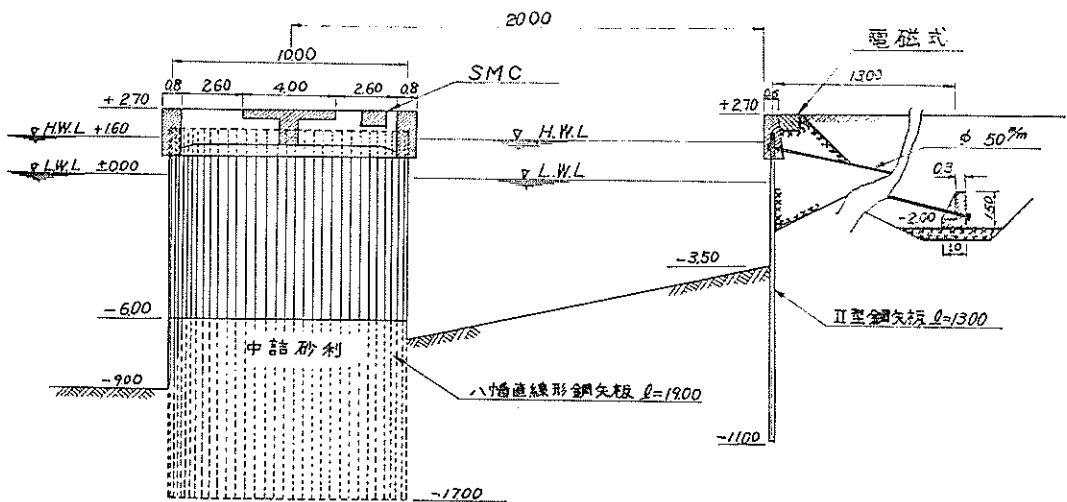
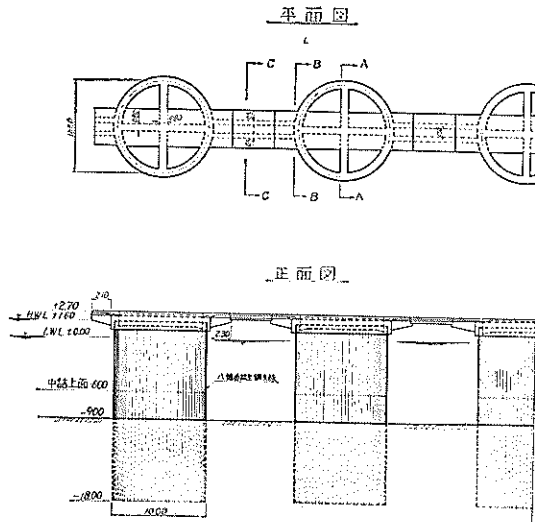


図-21-1 清水港石炭埠頭断面



図—21—2 清水港石炭埠頭岸壁断面

on/基が取付けてある。石炭埠頭物揚場は、矢板構造であって、II型鋼矢板が打込まれており、450^m/mタイロッドで背後のアンカー・ウォールと連結されている。

3.6 観測担当者

各港における観測担当者を掲げると次の通りである。

| | | |
|---------|-------|-------|
| 京浜港 | 是枝 考 | 松下信夫 |
| 清水港 | 岡尾 正己 | 小松 明 |
| 名古屋港 | 日比野清成 | |
| 神戸港 | 山脇 茂樹 | |
| 高知港 | 下山 達之 | |
| 鹿児島港 | 岡田 義明 | 小園 鉄志 |
| 港湾技術研究所 | 宮島 信雄 | 山田通一郎 |

§ 4 強震観測実績

昭和38年1月に最初の強震計が清水港に据付けられ、観測が開始されたが、得られた資料については、その部度その主要動の平均最大加速度、並びにその時の振動周期を測定し、地震資料として、各観測現場に報告しているが、この中、昭和39年3月末までに得られた分を、ここにまとめて表—5に示す。なお、昭和38年度に設置された強震計の観測開始期日は高知港昭和39年1月31日、清水港昭和39年5月12日、京浜港昭和39年5月5日、港湾技術研究所昭和38年10月1日である。観測開始以来表—5にもみられる如く、最大震度IVの記録があるのみで、被害地震の記録がないので、本報告書では得られた記録を特に掲げないが、これまでの中の最大のものは、第1報で報告されたものである。

表—5 地震観測表

| 発震時 年月日時分 | 震源地 | | | 規模 M | 観測地名 | 観測地点番号 | N-S | | E-W | | U-D | | 震度 | 備考 | |
|-------------------|---------|--------|---------|---------|------|--------|-----|---------------|------|---------------|------|---------------|------|-----|----|
| | 震源地名 | 緯度 | 経度 | | | | 深さ | 最大 加速 度 | 周期 | 最大 加速 度 | 周期 | 最大 加速 度 | | | 周期 |
| 38. 3. 27. 06. 34 | 福井県越前岬沖 | 35.8°N | 135.8°E | 20 | 6.9 | 名古屋港 | 1 | 22.5 | 0.31 | 25.0 | 0.49 | 8.8 | 0.23 | IV | |
| 38. 5. 8. 19. 22 | 茨城県沖 | 36.3°N | 141.2°E | 40 | 6.1 | 清水港 | 1 | 14.4 | 0.52 | 15.7 | 0.65 | 6.9 | 0.52 | III | |
| | | | | | | 京浜港 | 1 | 7.5 | 0.71 | 7.5 | 0.63 | 3.1 | 0.36 | " | |
| | | | | | | " | 2 | 3.2 | 0.24 | 3.8 | 0.46 | 1.9 | 0.30 | " | |
| 38. 6. 3. 16. 36 | 伊豆半島南方沖 | 34.0°N | 138.8°E | 20 | 5.9 | 清水港 | 1 | 5.6 | 0.26 | 5.0 | 0.24 | 1.9 | 0.18 | II | |
| | | | | | | 京浜港 | 3 | 3.9 | 0.13 | 3.3 | 0.13 | " | 0.11 | " | |
| | | | | | | " | 3 | 7.6 | 0.30 | 6.8 | 0.36 | 1.9 | 0.20 | " | |
| 38. 8. 4. 20. 43 | 千葉県中部 | 35.6°N | 140.3°E | 40 | | " | 1 | 4.1 | 0.84 | 3.0 | 0.59 | " | 0.41 | " | |
| | | | | | | " | 2 | 3.1 | 0.26 | 3.8 | 0.38 | — | — | " | |
| | | | | | | " | 3 | 2.6 | 0.28 | 2.8 | 0.38 | " | 0.18 | " | |
| 38. 8. 15. 15. 11 | 福井県沖 | 37.7°N | 141.9°E | 60 | | " | 1 | 4.4 | 0.63 | 3.8 | 0.73 | " | 0.30 | I | |
| 38. 8. 18. 16. 10 | 東京都中部 | 35.7°N | 139.6°E | 130 | | " | 3 | 2.6 | 0.28 | 2.8 | 0.38 | " | 0.18 | " | |
| | | | | | | " | 1 | 2.8 | 0.24 | 3.1 | 0.45 | 2.5 | 0.24 | II | |
| | | | | | | " | 2 | " | " | " | 0.22 | — | — | " | |
| 38. 9. 4. 03. 21 | 愛知県中部 | 34.9°N | 136.9°E | 0 | | 名古屋港 | 1 | 8.8 | 0.06 | 11.3 | 0.08 | 2.5 | 0.07 | " | |
| | | | | | | " | 3 | 2.7 | 0.30 | 2.4 | 0.15 | 0.7 | 0.20 | II | |

| 発震時 年月日時分 | 震源地 | | | 規模 M | 観測地名 | 観測地点番号 | N-S | | E-W | | U-D | | 震度 | 備考 |
|--------------------|--------|--------|---------|---------|------|--------|------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|----|----|
| | 震源地名 | 緯度 | 経度 | | | | 深さ | 最大加速 度 | 周期 度 | 最大加速 度 | 周期 度 | 最大加速 度 | | |
| 38. 9. 14. 19. 06 | 多摩川上流 | 35.9°N | 139.2°E | 10 | 京浜港 | 1 | gal | Sec | gal | Sec | gal | Sec | # | |
| | | | | | " | 2 | 4.5 | 0.20 | 2.8 | 0.24 | 0.9 | 0.16 | | |
| | | | | | " | 3 | 10.0 | 0.15 | 9.8 | 0.15 | 6.3 | 0.14 | | |
| 38. 9. 17. 00. 23 | 愛知県西部 | 34.9 | 136.9 | 20 | 名古屋港 | 1 | 12.5 | 0.13 | 20.6 | 0.11 | 4.4 | 0.04 | II | |
| 38. 12. 24. 21. 55 | 茨城県南西部 | 36.1 | 140.0 | 50 | 京浜港 | 1 | 3.2 | 0.40 | 3.8 | 0.50 | 2.5 | 0.33 | # | |
| | | | | | " | 2 | 5.7 | 0.21 | 6.3 | 0.22 | 1.3 | 0.20 | | |
| | | | | | " | 3 | 7.6 | 0.20 | 0.76 | # | 3.2 | 0.18 | | |
| 39. 2. 4. 06. 04 | 熊野灘 | 34.2 | 136.7 | 60 | 名古屋港 | 1 | 5.0 | 0.29 | — | — | 3.1 | 0.38 | II | |
| 39. 2. 5. 20. 30 | 茨城県沖 | 36.3 | 140.9 | # | 京浜港 | 3 | 2.5 | 0.40 | 1.9 | 0.30 | 1.3 | 0.17 | # | |

§ 5 あとがき

全国主要港湾強震観測3ヶ年計画の第2年度にあたる昭和38年度は、SMAC-B₂型強震計が2台、電磁式強震計が計4台据付けられ観測が開始されたが、据付け位置の関係から購入されてまだ据付けの完了していないものが、SMAC型強震計4台、電磁式強震計4台であった。これらは昭和39年度中には据付けられる予定であり、計画の実績は着々とあがりつつある。

しかし本報告書を執筆中に新潟地震があり、新潟港の被害は、かつて港湾で経験した被害の中で、最大のものではあったが、不幸にも港湾地域においては、まだ強震計が設置されておらず、強震記録は得られなかった。しかし建設省関係では、被害で有名な市内の県営アパートに取付けられており、観測記録が得られ、強震観測が我が国で実施されて以来、被害地震における最初の記録となり、新潟港の復旧工事の資料として大いに役立てられた。

本報告の取まとめについて、資料の提供を載いた現地の方々並びに図面の作成を担当された堀内忠治、蛙田克子技官に紙面をかりて御礼申上げる。

附 録

I 地震観測に用いられる熟語

地震観測を行う場合、ラジオ、テレビ、新聞等の報道で気象庁発表の資料を用いるが、この発表内容で、特に必要な諸種の熟語の中、主なものについて記述する。

地震；地球内部のある部分で自然に起った急激な動きにより、発生した振動の伝播する現象を言う。

地震波；地震の振動の伝播状況を言う。

地震動；地震により地面が振動し、その振動中に位相

が認められるものを言う。

震源；地震波の発生する地域を点と考えた場合の位置。

震央；震源の真上の地表の1点を言う。

震源地；震央附近の地域を言う。

震央距離；震央から地表面にとって、観測所までの距離を言う。

木震、前震、余震、地震群(頻発地震)；地震はある地域で、ある期間中その前後に比べて著しく頻発することがあり、この中、他に比べて相当規模の大きい地震である時、この地震を木震(主震)といい、かような地震が2つ以上あり、大きさの区別がつかない場合は最初のものを木震とする。木震の前を前震、後を余震と言う。特に木震とする様な地震がない時は、それらを地震群(頻発地震)と言う。

有感地震；人体に感じた地震を云う。

震度階；有感地震の地震動は、その強さの大きさに応じて、震度階に分類される。これを表で示すと付表—1となる。但し表中には、国外における震度階と最大加速度の関係を参考までに掲げておく。

震度；耐震工学関係で使用されるもので、最大水平加速度 α_h と重力加速度 g の比、即ち α_h/g の関係を言う。

合震度；鉛直加速度 α_v が大きい時 α_h と、 g と α_v の和又は差($g \pm \alpha_v$)との比、即ち $\alpha_h/g \pm \alpha_v$ の関係を言う。

地震の規模、大きさ；地震の規模、大きさと言う言葉は2様の意に使われ、その1つは、その地震全体についての放散した全エネルギーの大きさによる規定であり、他はある特定の場所についての、その場所における地動の最大加速度や被害の大小による規定である。従って上記の震度階とか震度と呼ばれるものは後者の場合であり、ここで述べるものが前者に相当する事になる。

付表一 震度階対照表

| 気象庁震度階(1949年) | | | | 改正メニカル震度階(1931年) | | | カンカン震度階(1903年) | | |
|---------------|----|---|----------------|------------------|---|----------------|----------------|-------|----------------|
| 震度 | 名称 | 内 容 | 相当加速度 (gal) | 震度 | 内 容 | 相当加速度 (gal) | 震度 | 名 称 | 相当加速度 (gal) |
| ○ | 無感 | 人体では全く感じない。 | 0.8以下 | ○ | 地震計のみ感ずる。 | 0.5以下 | I | 機械的 | 0.25 |
| | | | | II | 極微弱 | 0.25~0.5 | | | |
| I | 微震 | 静止せる人、又は地震に特に敏感なる人のみ感ずる。 | 0.8~2.5 | I | 特に感じやすい状態にあるごく少数の人に感ずる。 | 0.5~1.0 | III | 微弱 | 0.5~1.0 |
| | | | | II | ビルの上層に静止している人の様な少数の人のみ感ずる動き易く作られた物体はゆらく。 | 1.0~2.1 | IV | 弱 | 1.0~2.5 |
| II | 軽震 | 一般の人々が感じ、戸障子がわずかに動く。 | 2.5~8.0 | III | ビルの上層の屋内で著しく感ず、止っている自動車はわずかにゆらくが大多数の人達は地震とは思わない。 | 2.1~5.0 | V | やや強 | 2.5~5.0 |
| | | | | IV | 日中屋内の多数の人に感じ窓ガラス等がゆれ、止っている自動車はかなりゆらく。 | 5.0~10.0 | VI | 強 | 5.0~10.0 |
| III | 弱震 | 家屋がゆれ、戸障子がガタガタ鳴動し、電灯の様な吊下げ物は相当ゆれ、器内の水面の動くのがわかる。 | 8.0~25.0 | V | ほとんど全部の人に感じ、多くの方は目がさめる。すわりの悪いものは倒れ、振り時計がとまる。 | 10.0~21.0 | VII | 非常に強い | 10.0~25.0 |
| | | | | VI | すべての人々に感じ、多くの人は驚いて戸外に飛び出す。 | 21.0~44.0 | VIII | 破壊的 | 25.0~50.0 |
| IV | 中震 | 家屋の動揺が激しく、すわりの悪い花瓶等は倒れ、器内の水はあふれでる。又歩いていいる人にも感じられ、多くの人々は戸外に飛び出る程度。 | 25.0~80.0 | VII | ほとんどすべての人が戸外に飛び出し、すわりの悪いものや設計のよくないものはかなり損害がある。 | 44.0~94.0 | IX | 荒唐的 | 50.0~100.0 |
| | | | | VIII | 堅牢な建物にもかなりの損害があり、煙突、記念碑、壁等が墜落し家具が転倒する。又、砂泥等が多少ふき出し、井戸水に変化がある。 | 94.0~202.0 | X | 破滅的 | 100.0~250.0 |
| V | 強震 | 壁に割り目が入り、礎石、石どうろうが倒れ、煙突、煙突石垣等が破損する程度。 | 80.0~250.0 | IX | 堅牢な建物にも損害があり、一部つぶれ、地面に亀裂が著しくあらわれる。 | 202.0~432.0 | XI | 変災 | 250.0~500.0 |
| | | | | X | 石工物の大部分破壊、地面に亀裂多大、鉄道線路の彎局 | 432以上 | XII | 大変災 | 500.0~1000.0 |
| VI | 烈震 | 家屋の倒壊は20%以下で、山くずれが起き、地割れを生じ、多くの人は立っていることが出来ない程度。 | 250.0~400.0 | XI | 残存建物少なく、橋梁破損大亀裂 | | 432以上 | XII | 大変災 |
| | | | | XII | あらゆるものが破壊、地表に波形が見られるものは空中になげ出される。 | | | | |

気象庁では有感地震について、震央からの最大有感距離によって、付表一に示す4種類に分類して、震度階と混同しない様にしてている。

マグニチュードM (Magnitude); 米国の地震学者C. H. Richter (1935) が最初に名付けたもので、これは

震央距離100kmの位置において、ウッドアンダーソン地震計(倍率2800、固有周期0.8秒、制振係数0.7)による、記録の最大振幅をミクロン単位で計った数値をAとする時。

付表—2 地震の規模

| 名 称 | 最大有感距離(km) |
|-------|------------|
| 顕著地震 | 300以上 |
| 稍顕著地震 | 200~300未満 |
| 小区域地震 | 100~200未満 |
| 局発地震 | 100未満 |

$$M = \log_{10} A$$

なる M を地震の規模を表わす指数、即ちマグニチュードとして表わしている。

日本においては、河角(1952, 1956)並びに坪井(1951, 1954)、その他の人達が夫々研究を行っているが、その式の形は同じであるがその係数に多少差があるだけであるので、ここでは坪井の式を示す。

これによると、最大地震振幅 A と震央距離 Δ とから指数 M を求める式として、

$$M = \log_{10} A + 1.73 \log_{10} \Delta - 0.83$$

で与えている。

なお、これを地震のエネルギー E (単位; エルグ) と比較すると、 M と E の関係はグーテンベルグ、リヒター(1956)によると、

$$\log_{10} E = 11.8 + 1.5M$$

であると言われている。

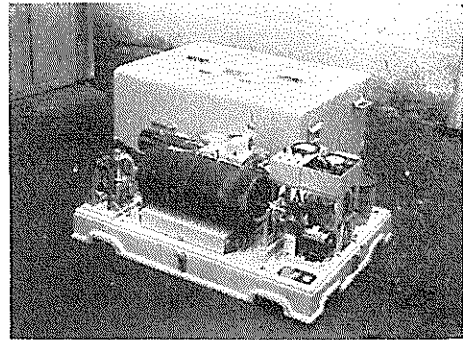
II DC型強震計

港湾関係以外の各管署、並びに民間での強震観測には現在 SMA C 型以外に DC 型が用いられており、これは主に建築物に据付けてある。さきに新潟地震の折に新聞

等で発表されている様に、今後も測定結果でこの計器の名称がでると思われるので、ここに機械の主要な常数を掲げておくことにする。

本器は SMA C 型が試作されて以後、主に価格の点を考慮して製作されたもので、維持管理に多少不便であるのが、地震自体の常数は、ほとんど SMA C-A 型と同じ仕様である。本器の外観は付写真—1 に示すものであり、主な仕様は付表—3 に示す様に、振子は加速度地震計であって、水平 2 成分、上下 1 成分からなり、夫々固有周期は 0.1 秒で、静的感度は記録紙上 4 種で 1000gal 従って、記録紙上 1mm が 25gal に相当するものである。減衰は、シリコンオイルによる制振器によって臨界減衰として用い、記録範囲は最大 1000gal で、幾何倍率は 17 倍である。

なお感度係数は付表—4 に示す如くである。



付写真—1 DC 3 型強震計

付表—3 DC 3 型強震計仕様

| 部 名 | 方 式 及 び 摘 要 |
|---------|---|
| 振 子 | 型 式 固 有 周 期 感 度 (記録紙上) 減 衰 度 記 録 範 囲 幾 何 倍 率 3 成分型加速度計 0.1Sec 25gal/mm シリコンオイルダンパー 臨界減衰 25~1000gal 17倍 |
| 記 録 装 置 | 記 録 方 式 ド ラ ム ・ 直 径 ド ラ ム 長 記 録 速 度 煤煙紙 150mm 340mm 10 ^m /Sec |
| 原 動 器 | 駆 動 モ ー タ ー 電 源 運 転 時 間 6 V 0.6W DC マイクロモーター・ 3 No. 5 乾電池 1 動作 3 min. |

| 部 名 | 方 式 及 び 摘 要 | |
|---------|-----------------------------|--|
| 刻 時 装 置 | 時 刻 時 間 | 手捲時計による電磁起動 1/6, 1/2, 又は 1 sec 中の 1 つ切替 |
| 起 動 器 | 型 式 固 有 周 期 起 動 加 速 度 | 上下成分型振動計 0.3Sec 10gal |
| 形 状 寸 法 | 巾800×長600×高400mm | |
| 重 量 | 約200kg | |

DC 2 型強震計は DC 3 型の中、上下成分を欠いたものである。

付表一 4 DC 3 型強震計感度係数

| u | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| v | 0.50 | 0.80 | 0.90 | 0.94 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |

$u = T_p / T_n$ T_n : 振子の固有周期 T_p : 地震波の周期
v = 感度係数

記録方法は媒煙書式でアート紙上に媒煙をつけて用いる。紙は直径150mmの円筒に捲付け10mm/secの記録速度で円筒を横に1cm間隔で移動させながら記録する。この円筒は直流のマイクロモーターにより駆動させ、この駆動源は乾電池を用いている。1回の記録時間は3分である。記録紙上に時間軸を入れるために手捲ゼンマイ式の電接時計が用いられており、1/6, 1/2, 1秒の中いずれかを刻時させることが出来る。起動器はSMACの場合と同様、固有周期0.3秒の上下振動字が用いられ、起動加速度を10galとして用いている。

なお、このDC 3型と呼ばれるものであり、他に上下成分を取りはずした水平2成分振子からなるDC 2型がある。

以上の如く本器はSMAC-A型と機械常数は同じであり、SMAC-B²とは振子の固有周期が0.04sec短く、感度は1/2であって、記録最大加速度が2倍になっているだけである。

Ⅲ 電磁式強震計の試作及びその性能概要

まえがき

§ 1 電磁式強震計の原理

§ 2 磁気記録器の動作原理

§ 3 電磁式強震計の構造

3-1 換振器

3-2 磁気記録装置

3-3 起動用振子

§ 4 電磁式強震計の総合特性

あとがき

概 要

構造物各部並びに地盤上、及び地中の地震による加速度振巾を測定するために、電磁式強震計を試作した。測定対象となるべき地震の周期は0.05~5Sec、加速度2~250galの範囲である。

この強震計は、可動コイル型換振器に磁気テープ記録機を組合わせたもので、特に磁気記録機は、スターターを用いて、上記の地震を自動記録出来る機構にした。なお、このスターターは他のSMAC型強震計とも連動して使用出来るものである。

強震計の機器常数は、換振器において固有周期0.5Sec減衰係数17、線輪抵抗320ohm、最大出力電圧0.5V^{olt}/250gal、前置増巾器並びに記録増巾器によって、最大電圧: ±1V^{olt}、変調方式: パルス巾変調である。

この地震計は、振動台での動的較正検定等の結果、充分実用計器として使用する事が出来る事がわかった。

ま え が き

全国主要港湾において、強震時における地震観測が、昭和37年度より3ヶ年計画で実施される事になり、これに用いる地震計として、SMAC-B²型が採用され、初

年度各港に設置されたが、このSMA C型は、主に地盤や建築物内の振動測定に便利の様に製作されており、振子部と記録部が同一枠体に納まっているが、全体の耐水性には乏しい。従って港湾地域においては、海上に突出したり、接する構造物の場合が多く、特に計器を設置する事によって、荷役其の他の作業の円滑さを欠く事になり、又、視測維持にも耐水性その他に問題がある。更にSMA C型では、記録方式がスタイラスペーパーへの引き掻き式であり、得られた記録の解析に必要な波形の読取り再生は、非常に時間と労力が必要となる。以上の点を考慮し、なお、現地の夫々の立地条件を考慮して、構造物各部並びに地盤上、及び地中の地震による加速度振巾を測定するために試作された計器であって、強震視測に使用する地震計の形式の選定、概略設計、検定等を当部において実施したので、これらの地震計の性能に関して報告する。

まず、地震計の形式を選定するに当って、大きく影響を及ぼす測定内容の特殊性について述べる。

(1) 測定対象となるべき地震は、周期0.05~5.0秒、加速度2~250galの範囲の地震である。従って、0.2~20cpsの範囲で振動数特性が一様な地震計でなければならない。

(2) 測定の個所が岸壁や海底、地中等であり、測定器はできるだけ小さい事が望ましく、又、特に耐水性をほどこしたものでなければならない。

(3) 解析の都合上、記録方式を磁気記録させる。

(4) 地震は不時に発生するものであるため、常時記録出来る体制にあり、地震発生の場合のみ、記録するものでなければならない。

(5) 磁気記録方式をとる場合、電源を必要とするが、強震時には商用交流電源は停電する事を考慮しておく必要がある。

以上の条件から、次の様な形式を選んだ。

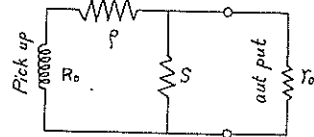
- 1) 電磁式地震計である事。
- 2) 記録装置は地震により自動的に起動される磁気テープ記録形式とする事。
- 3) 増巾器は、電源投入後すみやかに規定の増巾度が得られるトランジスター形式とする事。
- 4) 換振器は安定な動線輪形式とする。

動線輪型電磁式地震計に関しては、かつて神戸港第7突堤の振動測定に試作して用いた経験があり、強震測定用に上記の記録範囲の振動周期に対し感度が一様にもつ加速度計を製作し、磁気記録器は市販のものに1部改造を加へたものである。

製作したものは、水平動加速度地震計換振器2台、地

震計記録装置(自動起動装置、増巾器付磁気記録器)1式、記録再生装置1式であり、試作完了後各港湾現地設置用に換振器16台、地震計記録装置8台が製作された。本報告では、加速度地震計の原理的説明、換振器、記録装置、再生装置、起動用振子等の構造の概要、及び、製作された換振器と記録器を組せた場合の総合特性について述べるものである。

§ 1 電磁式強震計の原理



付図-1 電気回路

一般に付図-1に示す様な回路で連絡された動線輪型換振器と記録装置である磁気記録機の組合わせの場合の運動は、記録機の入力端が抵抗結合方式をとるとき、換振器のみの運動を考えればよい。即ち、 ϕ なる地動が与えられた時、次式によって表現される。

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + D \frac{dx}{dt} + cx = -M \frac{d^2\phi}{dt^2} - GI \dots (1)$$

ただし

$$I = \frac{G(s+\gamma_0)}{Q^2} \frac{dx}{dt} \dots (2)$$

$$Q^2 = (R_0 + P)(S + \gamma_0) S \gamma_0 \dots (3)$$

上式に用いた諸記号はそれぞれ次の量を表わしている。

- M ; 換振器可動部分の質量
- D ; 減衰抵抗係数
- C ; 復元力係数
- x ; 換振器可動部分の変位置
- G ; 線輪のガルバノメーター常数
- I ; 線輪に流れる電流
- R_0 ; 線輪抵抗
- γ_0 ; P ; S ; 回路抵抗

(1)式は整理すると

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\xi \frac{dx}{dt} + n^2x = -\frac{d^2\phi}{dt^2} \dots (4)$$

ここに

$$2\xi = \frac{1}{M} \left(D + \frac{G^2(s+\gamma_0)}{Q^2} \right), \quad n^2 = \frac{C}{M} \dots (5)$$

いま地動 $\phi(t)$ が $\phi(t)=Xm \sin pt$

なる正弦運動である時、換振器の運動の解式は

$$x = e^{-\varepsilon t} \left\{ A_1 \sin(\sqrt{n^2 - \varepsilon^2}t) + A_2 \cos(\sqrt{n^2 - \varepsilon^2}t) \right\} + \frac{XmP^2 \sin(pt - \delta)}{\sqrt{(n^2 - p^2)^2 + 4\varepsilon^2 p^2}} \tan \delta = \frac{2\varepsilon p}{n^2 - p^2} \dots (6)$$

一方換振器の出力電圧、 $E = E = G \frac{dx}{dt} \dots (7)$

であるから、(6)式の自由振動の項を除いて(7)式を整理すると、

$$E = \frac{G}{2hn} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{u^2 - 1}{2hu}\right)^2 + 1}} XmP^2 \sin(pt - \delta + 90^\circ) \dots (8)$$

ただし $u = n/p$

(8)式において、地動の強制振動数 p に関する量は u, δ 、だけで他は機器についての常数である。したがって換振器の振動感度 $|E/xmP^2|$ を基本感度 v と感度係数 u とに分けて考察すれば、それぞれ次の如くなる。

$$|E/xmP^2| = V \cdot v \dots (9)$$

$$V = \frac{G}{2hn}, \quad v = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{u^2 - 1}{2hu}\right)^2 + 1}}$$

この場合、ある範囲の強制振動周期 Tp に対して、感度が一定な加速度計を作る為には、その範囲の周期に対して、 $v = 1$ であればよい。したがって、この条件を充すために換振器の固有振動周期を、ある巾を持った強制振動周期の中間の値をとり、かつ、その制振状態を過制振として使用すると $h \gg 1$ なる条件を使用して、

$$\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{u^2 - 1}{2hu}\right)^2 + 1}} \doteq 1$$

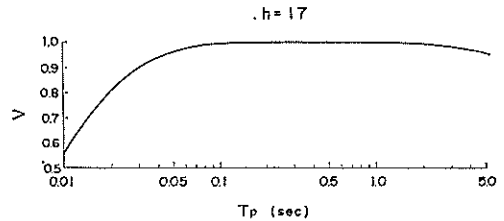
となる。なお、位相角に関しては、次の如くなる。

$$\delta = \tan^{-1} \frac{2hu}{u^2 - 1} = 90^\circ$$

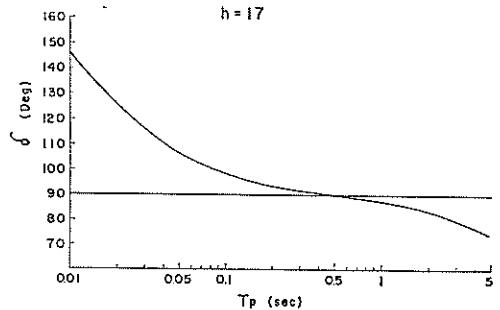
即ち、(8)式の全位相角は 0° となり、このような条件で使用すれば加速度地震計が得られる。換言すれば換振器の出力電圧が地動の加速度に比例する事になり、この出力電圧をそのまま、磁気記録器によって記録せしめるわけである。

上記の原理に基づき、実際的な考慮を加えた上で、一応設計の基準として定めた機器常数は、 $Tn = 0.5 \text{ Sec}$ 、制振係数、 $h = 17$ である。

この場合の理論的特性は、付図—2、3に示すような感度特性、並びに位相特性をもつことになる。



付図—2 感度特性



付図—3 位相特性

§ 2 磁気記録機の動作原理

前節で述べた換振器からの出力電圧の記録させるための記録方式は種々ある。従来は、この出力を検流計に入れて、これを媒紙紙のドラム上に機械的拡大を行なわせて、記録する方法や、電磁オッシログラフ等の光学的拡大を行って、印画紙上に印画させる方法等が採用されて来た。しかし、この方法は、地震の波動をアナログ波形として記録させるから、記録の全面的解析を行なおうとする時、直接目で追跡してデジタル量に変換しなければ

ならないが、この場合、紙送りの速度による時間軸の読み取り分解能、煤書きのペンの太さ、印画の光点の太さ等による読取り精度、また、煤書きの様なアーム方式で記録する場合の記録は円弦状となるために、デジタル量に変換することは事実上不可能である。これらの事を考えると、磁気記録機の様な再生可能な記録方式を採用することが、いくつもの利点を持ち、再生時に於いて必要に応じて、時間軸を拡大する事もでき、A-Dコンバーターを用いてデジタル量に変換する事は勿論可能となるし、アナログコンピューター又は、種々のフィルターを用いる事も出来、オシログラフ等を用いて記録を再生し、直接目で追跡する事も勿論可能である。また、増巾器を挿入出来るから、他の記録方式に比べ振巾軸の範囲を大

巾にとる事が出来る。この様な特徴があり、近年製品自体、安定したものが出来る様になり、比較的安価であるので、この方法を採用する事にしたわけである。磁気記録器の性能に少しふれると、我々が自然地震観測に用いる場合、第1に記録時間を考える必要がある。自然地震のうち、強震時のみの観測であるから、地震が発生した時のみ、記録する方法を採用すると、スターターの動作、制御回路の複雑化はまぬがれない。しかし、テープリールは小型ですむし、消費電力も少なくてすむ事になる。今、一般に用いられている磁気記録器による記録時間と応答周波数範囲の関係は付表-5に示すものと云われている。

ここで変調方式によって、その応答周波数範囲が異な

付表-5 記録時間と応答周波数の関係

| テ | | 速 | ips | 3 3/4 | 7 1/2 | 15 |
|-------------|---------|-------|-----|-----------|------------|------------|
| リール径による記録時間 | | 5 吋 | | 48分 | 24分 | 16分 |
| | | 7 | | 96 " | 48 " | 24 " |
| 変調方式 | P. W. M | 周波数範囲 | | DC~60°/s | DC~120°/s | DC~240°/s |
| | | S/N | | 約 43db | 約 47db | 約 47db |
| | F M | 周波数範囲 | | DC~600°/s | DC~1200°/s | DC~2400°/s |
| | | S/N | | 約 38db | 約 40db | 約 40db |

るが、FMの場合、テープ速度のコントロールが問題となり、従って、テープ駆動機構が複雑となり、PWM変調方式に比べ、コスト高となる。

前述の換振器の周波数範囲は、DC~30°/sの範囲で一様であり、S/Nについては、ペン書きオシロ、電磁オシロ等で再生波形を記録する場合は、そのS/Nが20db以上であれば充分とされているが、解析器入力としては、これ以上が要求される。また、記録時間は2分程度でよいと考えられるので、5吋のリールでも、6回以上の地震は記録出来る事になり、PWMで充分であり、また、テープ速度も7 1/2 吋/秒以上であれば充分となる。

記録チャンネル数とテープ巾の関係は、一般にはテープ巾1吋の時、許容チャンネル数は4とされているので、水平2成分の換振器からの出力を、この巾のテープを使用すれば充分となる。

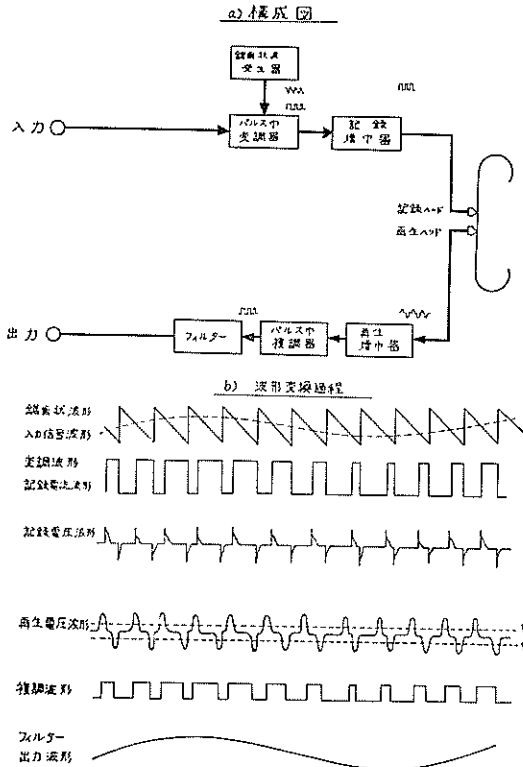
ここで採用するPWM変調方式の原理的な説明を加えると、付図-4にその原理図及び動作時における各波形を示す様に、基準の鋸歯状波電圧と入力信号電圧(地震波形)を比較させて、信号電圧に比例した時間巾をも

つ、短形波に変換するものであつて、一般にパルス巾変調方式と呼ばれ、記録ヘッドからテープに記録される。この時の電圧波形は図中に示される様な形である。

再生時は、再生ヘッドから取出される微分波形をシュミット回路によって、再びパルス幅変調波に直され、フィルターを通してアナログ信号に復調させる方式である。

電源については常時記録状態にしておく事は、消費電力の点で問題があり、維持が大変である。また、地震時には停電を覚悟しておく必要からDCを使う方が特策と考えられるので、増巾器その他は全トランジスター方式を採用し、消費電力を小さくしなほ、且つ地震時のみ記録する方式がとられ、これらは制御器において、自動制御する。即ち、後述の起動用振子からのメークブレイク信号によって、増巾器以降の各部の電源を投入し、増巾器、発振器等を記録態勢に入れ、記録器のモーターも回転する。この他遅延リレーを働かせると同時に、コンデンサー方式による充放電回路も働かせる。このうち、遅延リレー回路で、一定時間後、記録器モーター増巾器その他が安定

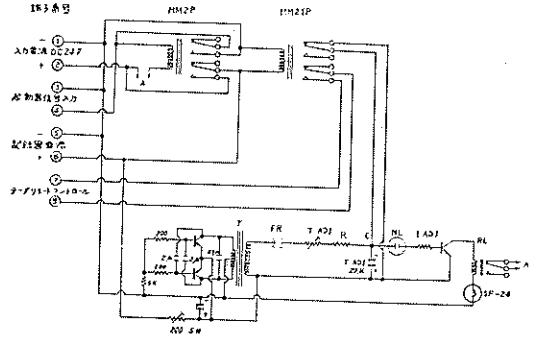
PWM式 記録再生増中器



付図—4 PWM式記録原理

した時間に記録器のキャプスタンを on にして駆動し、計測記録する。一方充放電回路は先ず蓄電を開始し、この放電電流をリレー回路に流して、これによって働くメー

クブレーク接点により、一定時間で記録を終了させるために動作させて全電源を切り、最初の起動指令を待期する。この動作原理回路は付図—5 に示した。



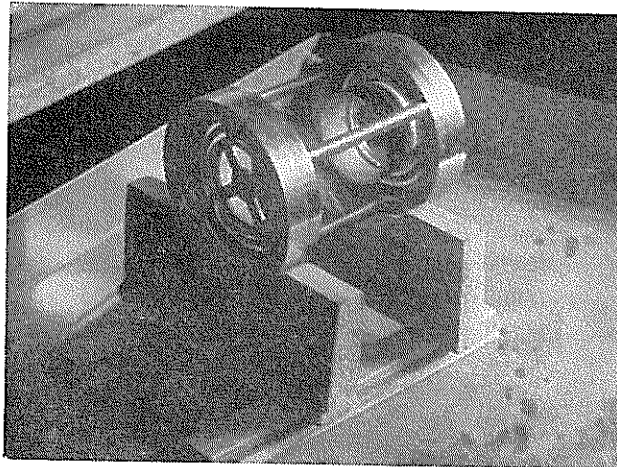
付図—5 制御動作回路

§ 3 電磁式強震計の構造

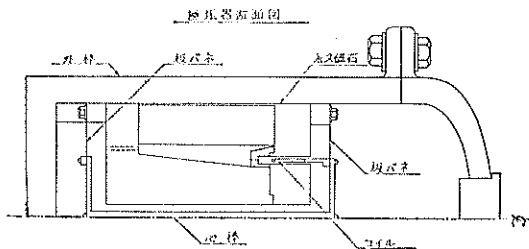
§ 1, 2 節で述べた原理で、上記の機器常数值をもつように設計された換振器、並びに磁気記録器の構造の概要を本節において述べる事にする。

3-1 換振器

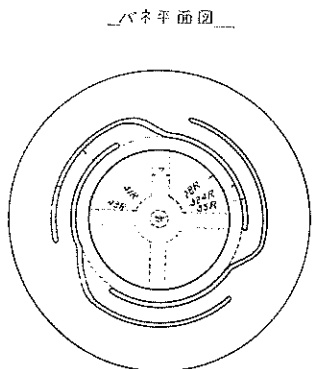
換振器は水平動成分のみであって、構造は付図 6, 前掲写真—1, 付写真—2 に示す様に水平振子方式とした。永久磁石の材料はMK—5 であって、寸法は直径 12cm である。振子の質量の大部分は可動線輪部であって、これを 2 枚の板バネで支えている。板バネは付図—7 に示す様に 3 点支持のリング状切り抜き板であり、2 枚の



付写真—2 電磁式強電計換振器振子部 (永久磁石を除く)



付図一6 換振器断面



付図一7 板バネ断面

板バネはアルミニウム棒によって連結されている。また、制振器は電磁制振器として、可動線輪の運動による逆起電力と、磁気減衰器として、アルミ製コイルポビンに流れる、いわゆるフーコー電流作用の二者による事にしたが、いずれも可動部の運動速度に比例した抵抗力を与えるものである。この換振器の線輪抵抗は 320Ω 、臨界制動抵抗 4500Ω 、コイルポビンによる制振係数 $h=2.4$ 、固有周期 0.5Sec 、電圧感度 1.9Volt/kine である。この永久磁石並びに振子部は、全体を真鍮製の円筒形枠体に納められ、耐圧漏水を防止するため、シリコンオイルを封入した。このシリコンオイルの粘度は 0.65cs (25°C) である。また、耐水は 20kg/cm^2 以上とした。また、2成分を1つの定盤に直角位置に取付け、定盤には水準調節用の脚を2点に装置した。なお、これの上盤には、覆を付け換振器を保護させた。全体の重量は約 75kg として、水中でも浮上しない重量であり、据付けの場合は定盤と基礎台とは、3本のアンカーボルトによって固定される構造である。

3-2、磁気記録装置

本装置は、前置増巾部、記録変調増巾部マーカ信号発生部、テープ駆動記録機構部制御部、電源部等からなる。この中心になるものは、テープ駆動記録機構部であ

って、この仕様が決定的れば、これに必要な細部が決定出来るわけで、この種の市販製品で、電源事情を考慮して、直流電流による動作を考えると、TEAC製R-1751型がほぼ仕様を満足するので、1部仕様を改良して、これを利用する事にし、必要な入力電圧にするために変調増巾を行い、また、この記録動作に必要な制御を考えた。

テープ駆動記録機構部は、既製々品であるが、この主な項目はテープ巾； $1/4$ 吋、リール径；5吋、テープ速度；15吋/秒、この速度偏差は $\pm 0.5\%$ 以内、ワウ、フラッター； 0.2% RMS以下、ヘッド；記録、消去各1組(再生用ヘッドは後の復調回路が必要となり、価格を安くするために、共通で使用する用別供体とした)、トラック数；3トラック、記録電圧； $\pm 1\text{VPP}$ 、再生出力； $\pm 1\text{VPP}$ 、P、テープ駆動方式；クローズドループ；駆動モーター；DC24V用マイクロモーター、テープの巻戻し時間；90秒以内、スタート時間；0.5秒、ストップ時間；0.5秒で、これらの操作は、別記の制御部で自動並びに手動で行なうものである。

構造上、特に留意してある点は、耐振性を高めるためにクローズドループ方式をとっている事で、これはテープの供給側、巻取側を2ヶのピンチローラーでキャプスタンを圧着して、テープを走向させており、リールの回転ムラ、テンションアームの影響およびテープの張力の不安定がヘッド部に影響されない構造である。また、規定速度でテープを送るために、キャプスタンシャフトには、フライホイールが取付けてあり、その駆動はベルトドライブ方式が用いられている。なお、キャプスタンモーターはエレクトロニクスがバナー付のコイクロモーターで、電源電圧の変動、負荷の変動に対して回転数の変動がない様にしてある。

前置増巾器は2チャンネル1組で、換振器からの入力信号を一旦増巾し、後段の変調器に入れるために約5倍の増巾度を持たせてある。なお、本器は全トランジスタ式広帯域直流増巾器で感度調整、零調整及び入力部シャント抵抗微調整は半固定としてある。よって本器の仕様は前述の換振器との整合及び出力を考慮して、最大入力電圧； $\pm 500\text{m Volt}$ 、入力インピーダンス； $1\text{k}\Omega$ 以上不平衡型で、出力はこれに接続する変調器と整合させるために、出力電圧最大 $\pm 1\text{ Volt}$ 、出力インピーダンス $5\text{k}\Omega$ 不平衡であり、この増巾器の周波数特性はDC $\sim 50\%$ の範囲で $\pm 0.5\text{db}$ 以内とした。なお、電源はDC24Voltである。

記録変調増巾器については前節で述べた如く、磁気テープへの記録方式が、パルス巾変調(PWM)方式であ

るため、ここで変調増巾する。入力は前述の直流増巾器からの出力に整合するもので、出力は磁気テープの記録ヘッドに連結される。

本器の周波数特性はDC \sim 50%/sの範囲で ± 0.5 db以内であり、S/Nは46db RMS、歪率は3%以下(但しDC \sim 250%/sにおいて)ドリフトは ± 1 %以下(記録開始より終了まで規準出力レベルに対して)、電源はDC24Voltである。

変調に必要な鋸歯状波発生器は本体に内蔵されるが、これは非対称マルチバイブレーター及びブートストラップ回路からなり、鋸歯状波を発生する。この鋸歯状波電圧と入力信号は、エミッタ結合型の電圧比較器、及シュミット回路で比較され、出力端には、パルス巾変調波が得られる回路であり、本器は定電流特性をもち、記録ヘッドには矩形電流が流れる。

磁気テープの1トラックに時刻信号を入れたが、この信号発生のために、マーカー信号発信器を備えた。本器は交流バイアスによる変調方式で、入力信号は0.01Secパルス、出力電圧は1 Voltである。これら、上述の前置増巾器、記録変調増巾器、マーカー信号発生器、テープ駆動記録機構は1枠内に組込まれている。

制御器は、増巾器、変調器、マーカー発振器、磁気テープ機構の夫々の電源の投入、記録開始、停止及び待期の夫々の操作を全て自動的に行なわせるもので、この器の起動信号は、後述の起動器よりのメークブレイク信号によって動作される。本器は発信回路を内蔵する充放電回路並びにパワーリレー、遅延リレー、停止用マイクロリレー、ネオンランプ等より構成されている。このうち、充放電回路については、発振電圧をコンデンサーに充電し、このCR時定数で時間を決定しているが、この時間は2分で、これは記録開始信号で動作を始め、2分後にネオンランプを通して放電し、この放電電流をメークブレイク接点回路を介して電源回路をOFFさせる。一方遅延リレー回路は、起動器からの起動信号によって、パワーリレーを介して起動し、3秒後にメークブレイク接点によって、キャプスタンをonにしてテープ駆動を行なわせる。従って起動器からの入力信号は各部電源をonにし、遅延リレーに始動信号を送り、充放電用発振器を働かせる操作をなさしむる。

電源は蓄電池を用いたが、一般に用いられる鉛蓄電池は、電解液として稀硫酸を用いているが、ガスの発生が大きく、取扱い保守が困難であるばかりでなく、寿命が短い。また、自己放電が多く、充電時間が長くなる等の欠点があるので、近年開発された焼結式ニッケル、カドミウム、アルカリ蓄電池を採用した。この蓄電池は

松下電器産業KK製、SMT3-6型で、定格は電圧6V、容量3.5AH、外径寸法、高さ107.5mm、長97.5mm、巾61.5mm、重量(液入)0.9kgである。これを4個直列結合して用いる。

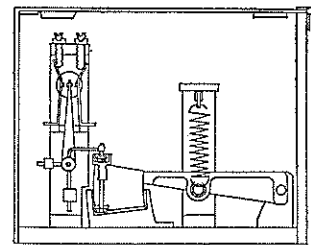
充電には専用の充電器を附属させ、蓄電池の保守を容易にするため、一般には常時交流を通電させ、フローティングしながら観測に用いる方式としたが、この定格は、入力100Volt、50、60%/s用、出力DC24Volt、2Ampである。なお、上記の制御器、蓄電池、充電器は1つにまとめて木箱中に収納した。

換振器と記録器間は、耐水性を考慮した電線が用いられ、この定格は2種クロロプレンキャップタイヤーコード、2芯シールド($\phi 0.5$ mm²)、内抵抗3 Ω /km以下で、現地で用いる場合はパイピングされる。

再生は、多地点である現地で記録されたものを当所で再生処理するために、観測専用器には内蔵していないので、専用の再生器を別に製作されたが、観測専用器と異なるのは、再生用ヘッド、再生増巾器、パルス巾復調器、低域3波器並べに出力端を電圧出力電流出力の2端子をもって処理器の種類によって選べる構造となっている点である。

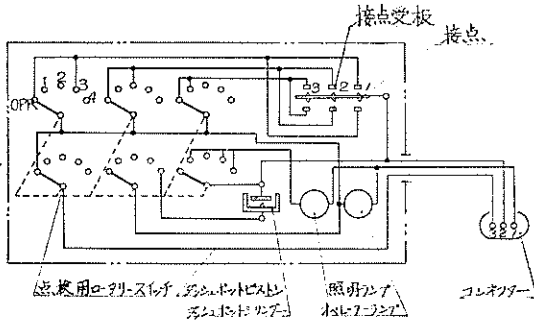
3-3 起動用振子

起動用振子は、SMA C型強震計に使用している電気的スターターと呼ばれるものを、そのまま、利用するので、前述の如く、SMA C型と同時観測をする場合が多いので、起動感度特性を同じくする事、また、SMA C型と連動させる場合もある事、及び各現地で取扱いが同形式の方が管理し安い等の理由によるものである。



付図-8 起動用振子断面

この起動振子は、付図-8に示す様に上下成分型振動子で、固有周期0.3 sec、起動感度5 gal、電気接点6、接点並列接続型自動接点である。この電気的回路図は、付図-9に示すものであって、SMA C型と共用の場合には、この接点回路に他のリレー回路駆動用の電池を内蔵されているが、ここに用いる電磁型の場合は、この接点回路の中の2接点のみを別に取り出し、従って信号としては、メークブレイク信号のみでよい様にし、上



付図-9 起動器電気回路

述の制御器内で信号を処理する。

§ 4 電磁式強震計の総合特性

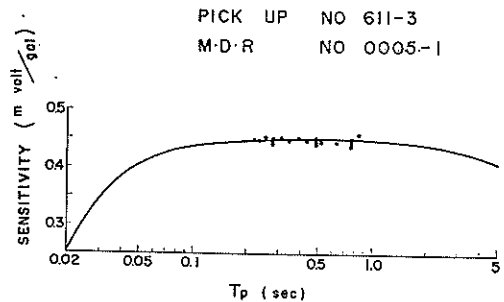
試作した電磁式強震計のうち、換振器に関しては個々に電圧感度、固有周期、内抵抗制動抵抗、記録器については、印加電圧に対する記録電圧を再生器を通して測定したが、ここでは、これらを組合わせた総合特性について述べる事にする。

即ち、振動台に換振器を載せ、磁気記録器によって記録し、これを再生器によって再生して、ペン書きオシログラフ上に画かせて総合感度を調べたが、この場合の換振器と増巾器間の抵抗結合回路常数は付表-6に示され、

付表-6 回路常数並び基本感度

| 記録器番号 | 換振器番号 | ch No | R _o | P | S | Y _o | T _n | h | 加速度感度 |
|-------|--------|-------|----------------|-----|------|----------------|----------------|----|--------|
| | | | Ω | Ω | Ω | Ω | Sec | | mv/gal |
| 0016 | 603-0 | 1 | 324 | 1.8 | 20.0 | 1000 | 0.5 | 17 | 3.10 |
| | " 11 | 2 | 325 | " | " | " | " | " | 4.42 |
| 0013 | 604-2 | 1 | 324 | " | " | " | " | " | 2.92 |
| | " 14 | 2 | 325 | " | " | " | " | " | 2.75 |
| 0015 | 605-5 | 1 | 324 | " | " | " | " | " | 3.10 |
| | 17 | 2 | " | " | " | " | " | " | 2.86 |
| 0012 | 606-4 | 1 | 325 | " | " | " | " | " | 2.56 |
| | 18 | 2 | " | " | " | " | " | " | 2.35 |
| 0010 | 607-6 | 1 | " | " | " | " | " | " | 2.70 |
| | 16 | 2 | 323 | " | " | " | " | " | 2.15 |
| 0009 | 608-8 | 1 | 324 | " | " | " | " | " | 3.13 |
| | 19 | 2 | 326 | " | " | " | " | " | 2.65 |
| 0014 | 609-13 | 1 | 312 | " | " | " | " | " | 2.92 |
| | 20 | 2 | 325 | " | " | " | " | " | 2.67 |
| 0011 | 610-10 | 1 | 324 | " | " | " | " | " | 5.85 |
| | 12 | 2 | 325 | " | " | " | " | " | 2.95 |
| 0005 | 611-3 | 1 | 324 | " | " | " | " | " | 4.45 |
| | 15 | 2 | " | " | " | " | " | " | 5.15 |

この中の記号は、前掲付図-1に示すものである。表中の減衰常数項hについては、アルミニウム材料によるコイルボビン自体の磁気減衰力と動コイルによる電磁制振力を加えたものを示したが、このうち、ボビンの減衰常数はh=2.4であって、並列抵抗20Ωの時、総合の減衰常数はh≒17である。振動台の加振周期は0.2~0.9Sec、加速度30~300galの範囲であるが、付図-10にその1例を示す。図中の実線が換振器、並びに記録器の個々の諸数値を測定して、前掲9式によって計算したものであり、記号で示すものは振動台による校正值である。即ち、ほぼ計算値と校正值は一致している。



付図-10 総合特性曲線

しかし、較正值では振動台自体の加速度波形が悪く、従って記録波形が乱されて、読み取り精度が悪いため、ばらつきがあるが、この偏差は最大約2%程度である。なお、台の振動周期範囲が狭いので、特性曲線の平坦部の範囲を決定しかねるが、ほぼ0.05～5 Secの範囲内では、平坦な特性をもっていると考える事が出来る。

あ と が き

強震時に於ける主に港湾構造物の加速度を測定するための、電磁式強震計を試作したが、一部の不備な点を除くと、振動数特性、感度の確度とも充分であると思われる。

現在、京浜港、清水港、四日市港、神戸港にも同種の計器が購入され、観測に用いられているが、充電系統を除いては、問題がなく維持されている。なお、これま

で、2、3記録は得られたが、いずれも規模の小さな地震の場合であるので、ここには掲げなかったが、観測の結果は港研資料その他の発表型式により、随時発表して行く予定である。

この電磁式強震計の換振器は、株式会社保坂振動計器製作所が製作し、起動器は、株式会社明石製作所、記録器系統は、ティアック株式会社が製作した。

(参考文献)

地震のマグニチコードMについて

坪井忠二 地震第2輯10巻1号 1957

地震観測法 中央気象台 1952

電磁式強震計の試作及びその性能について 林聰 宮島
信雄 運輸技研資料 No.17 1959

DC3型強震計カタログ 保坂振動計器製作所

(昭和40年1月25日受付)

港 湾 技 研 資 料 No.15

1965年2月

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発 行 所 運輸省港湾技術研究所

横須賀市川間 162

印 刷 所 中和印刷株式会社

東京都中央区入船町2の3