



道路事業調査費	
橋の耐震設計法に関する試験調査	
試験調査資料	資料番号 5
土木研究所資料第320号の改訂1版	

土木研究所資料
第614号

実橋振動試験用

各種起振機の取扱法
(改訂1版)

昭和45年9月

建設省土木研究所

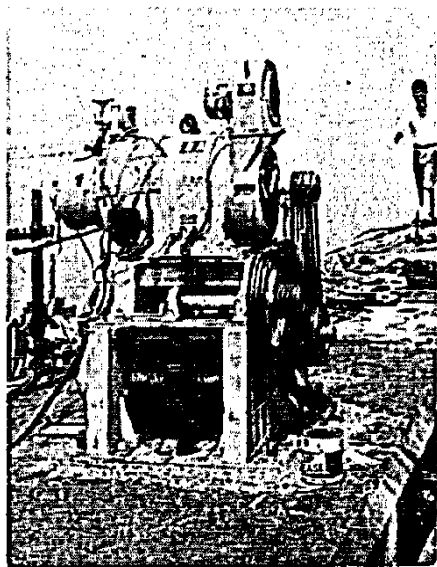


写真-1 10ton 型起振機

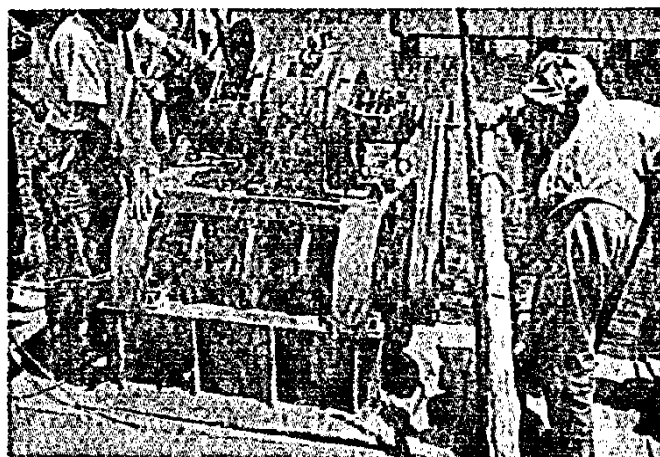


写真-2 12.5 ton 型起振機

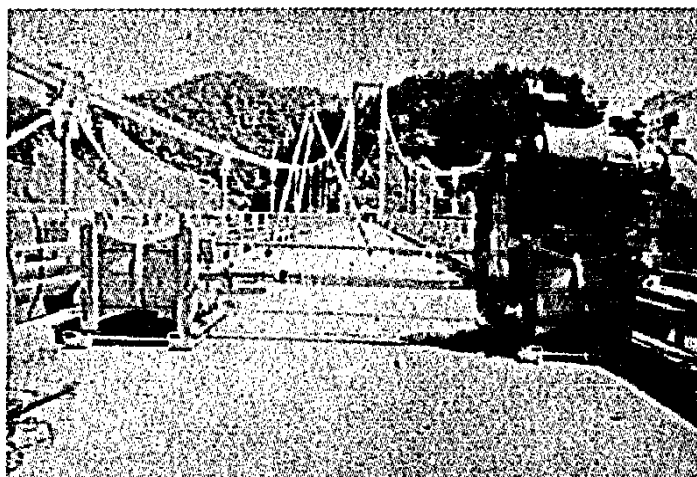


写真-3 15 ton 2 連式起振機

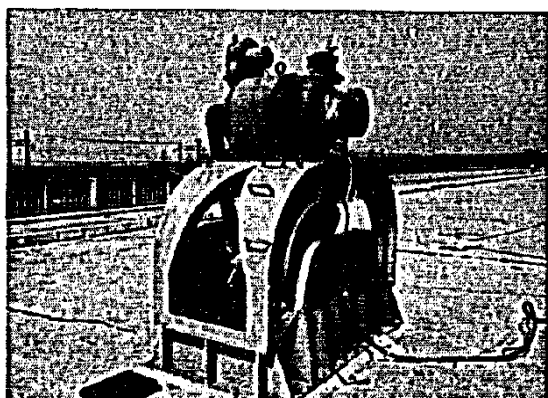


写真-4 40ton 型起振機

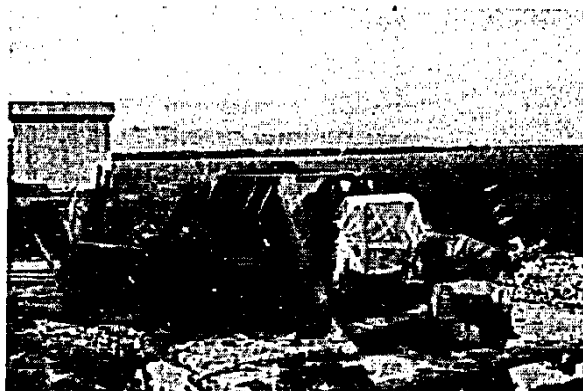


写真-5 低周波起振機

も く じ

写 真

ま え が き

も く じ

§ 1. 各種起振機の概要	2
§ 2. 各種起振機の用途	3
§ 3. アンカーボルトの埋設法	5
§ 4. 各種起振機の取り扱い方法	6
4・1 10 ton型起振機について	6
4・1・1 概 要	6
4・1・2 起振機の操作	8
4・2 12.5 ton型起振機について	9
4・2・1 概 要	9
4・2・2 起振機の操作	9
4・3 15 ton 2 連式起振機について	10
4・3・1 概 要	10
4・3・2 起振機の操作	13
4・4 40 ton型起振機について	15
4・4・1 概 要	15
4・4・2 起振機の操作	17
4・5 低周波起振機について	18
4・5・1 概 要	18
4・5・2 起振機の操作	19
§ 5. 起振機使用上の注意事項	21
5・1 起振機について	21
5・2 モーターについて	21
5・3 4S モーターの制御について	22

まえがき

本資料は、橋梁下部構造および上部構造の現場振動試験に用いる
各種の起振機の概要ならびに取り扱い方法を述べた土木研究所資料
第320号を増補改訂したものである。

昭和45年9月

構造橋梁部振動研究室

岩崎敏男

斉藤俊三

§1. 各種起振機の概要

当初が所有する実機振動試験用起振機には次の5種がある。

10 ton 型起振機

12.5 ton 型起振機

15 ton 2 連式起振機

40 ton 型起振機

低周波起振機

これらの起振機の概要は次の表に示す通りである。

表-1 各種起振機の概要一覧表

起振機	諸元	最大 力起(t)	加振 向	可振可能な 振動数範囲	振動数 $f(C/S)$ の 最大起振力	加振段階	寸 法 (m)	重量 (t)	所 属	使 用 モーター	備 考
10 t	低 速	約 3	H V	0.5~5 ^(G/S)	0.11 f^2 (t)	3	0.9×0.9 ×0.7	1	構 造 研 究 室	AS 20 IP	
	中 速	10		1~10		3					
	高 速	3		2~20	0.0075 f^2	4					
12.5 t		12.5	H	1~15	0.059 f^2	4	1.04×0.95 ×0.7	1	振 動	AS7.5 IP 又は20 IP	
15 t 2連式	低 速	4	H	0.2~2	0.15 f^2 × 2台	20	1.1×0.76 ×0.7	1.4 ×2台	構 造	AS20 IP 又は AS40 IP	2連同位相 運転で最大 起振力30 ton
	直 結	30	T	1~10		20					
40 t	偏心重錘 W=162t	40	H	1~6	1.14 f^2	5	1.2×2.1 ×1.4	2	振 動 研 究 室	AS40 IP	
	W=48枚 約 40			1~9	0.46 f^2						
	W=0	20		1~13	0.12 f^2						
低 周 波		40	H	0.3~5	5.87 f^2	9	1.8×7.0 ×1.6	8	振 動	VS50 IP 及び AS40 IP	モーター2台

注) H:水平加振

V:鉛直加振

T:ねじり加振

§2. 各種起振機の用途

各種起振機の用途の概要および土木研究所が実際に振動試験を取り行なった使用例の概略を個々について示すと以下の通りである。

(1) 10 ton 型起振機 (水平方向および鉛直方向)

比較的小規模な構造物、可撓性に富む構造物、高振動数の構造物の現場振動試験および室内試験に適する。

この起振機は、昭和40年4月に東京都管轄の平井大橋の橋脚・昭和42年10月に東北地方建設局管轄の烏井大橋のケーソン基礎に対する現場振動試験に用いた。

(2) 12.5 ton 型起振機 (水平方向のみ)

小規模の構造物、やや大型の振動試験に用いる。

この起振機は、昭和36年7月に中部地方建設局管轄の筏川橋の橋脚振動試験に用いられた後は使用されていない。

(3) 15 ton 2連式起振機 (水平、鉛直、ねじり)

特に可撓性に富む構造物、例えば吊橋、超高橋脚等に用いる、本機は起振機1台で最大起振力15 ton であり2連式起振機として用いた場合は、同位相加振で最大起振力30 ton である。また逆位相加振で最大起振力15 ton で橋梁のねじり振動を生起させることができる。

この起振機は、昭和42年10月に道路公団管轄の底沢橋の橋脚振動試験に用いられた。そのほか各種吊橋の振動試験に数多く用いられている。

(4) 40 ton 型起振機 (水平のみ)

大規模で比較的剛性に富む構造物 (共振点が100/S 程度以下に予想される構造物) の現場振動試験に適する。

この起振機は、昭和37年1月に中部地建管轄の庄内新川橋の橋脚、昭和38年7月に関東地建管轄の新葛飾橋の橋脚、昭和40年7月に同橋の全橋、昭和38年10月と昭和39年3月に中部地建管轄の新天龍川橋の橋脚、昭和40年10月に道路公団管轄の木曾川橋の橋脚、昭和45年7月に道路公団管轄の関門橋 (吊橋) の基礎の各振動試験に用いた。

(5) 低周波起振機

大規模で比較的低振動数の構造物 (共振点が40/S 程度以下に予想される構造物) の現場振動試験に適する。

この起振機は、昭和40年4月に東京都管轄の平井大橋の橋脚の振動試験に用いた。

ここに各種起振機の用途を一覧表にして示す。

表-2 各種起振機の用途の一覧表

起振機	加振方向	加振可能な振動数範囲	振動数(C/S)での最大起振力	試験体の共振振動数の範囲	橋梁における使用例			備考 [寸法] [重量] [使用モード]
					下部構造 (上部なし)	下部構造 (上部あり)	上部構造	
10t	低速	① (C/S) 0.5~5	0.11f ² t	大略C/S 1~4	—	—	吊橋(中スパン) アーチ橋 PC橋	0.9 ^m ×0.9 ^m ×0.7 ^m 1t AS 20 IP
	中速	① 1~10		2~8	単杭脚① 小橋脚① ⑤ 小フーチング基礎①	—	—	—
	高速	⑤ 2~20		4~16	複層ケーソン① 単杭① 小組①	—	—	—
12.5t	①	1~15	0.059f ²	2~10	単杭式脚①	模型PC ラーメン 高架橋①	—	1×1×0.7 1t AS20IP or 7.5
15t 2速	低速	① 0.2~2	0.15f ² ×2台	0.4~1.6	超高橋脚①	—	吊橋① ⑤ ① 長大スパン 橋① ⑤ ①	1.1×0.8×0.7 1.5t×2台 AS20IP or 40IP
	直結	① 1~10		2~8	高橋脚① 小型橋脚① ⑤	—	—	—
	偏心重錘 W=1624枚	① 1~6		2~5	大型橋脚①	一般橋梁①	長スパン橋①	12×2.1×1.4 2t AS40 IP
40t	W=48枚	① 1~9	0.46f ²	2~7	中型橋脚① 橋脚基礎①	—	—	
	W=0	① 1~13	0.12f ²	2~10	小型橋脚① 橋脚基礎①	—	—	
低周波	①	0.3~5	5.87f ²	0.6~4	超大型橋脚① 大型基礎①	一般橋梁①	一般橋梁①	1.8×7×1.6 8t VS50IP, 2台 AS40IP

(注) ①: 水平方向, ⑤: 鉛直方向, ①: わじり

§3. アンカーボルトの埋設法

アンカーボルトは正確、かつ堅固に埋設せねばならない。アンカーボルトの埋設が不良であったため実験が思うままにできなかった例は少なくないので特に注意を要する。

アンカーボルトは図-1の如くコンクリート躯体中の鉄筋に熔接するか、又は別に鉄板で定盤を製作し、アンカーボルトをあらかじめ固定して、コンクリート躯体に埋め込む。10 ton 型および 12.5 ton 型起振機はボルト数が4本であるので大した問題はないが 15 ton 2 連式、40 ton 型、低周波起振機の3台はボルト数が多いため所定の配列を正確に埋設しなければ起振機の取り付けが困難である。このため必ず所定の定盤を用いて埋設せねばならない。

アンカーボルトの購入時にはスプリングワッシャー、平ワッシャー、ナットを必ず備えること。

なお、個々の起振機のアンカーボルトの埋設法は、

- (1) 10 ton 型起振機は図-3
- (2) 12.5 ton 型起振機は図-7
- (3) 15 ton 2 連式起振機は図-11
- (4) 40 ton 型起振機は図-18
- (5) 低周波起振機は図-22を参照されたい。

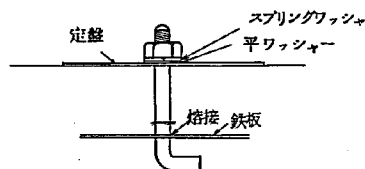


図-1 アンカーボルトの埋設図の一例

§4. 各種起振機の取り扱い方法

起振機は元来偏心力を生じせしめる機械であるから、機械の各部（ギヤー、ベアリング等）に無理な力が生じる構造になっている。

このため実験に先立っては必ず整備点検を行い、実験中に支障のないよう万全を期すことが必要である。また、実験終了後も同様に整備点検を行うことが望ましい。

以下に各種の起振機についての諸元ならびに、その取り扱い方法を示す。

4.1 10 ton型起振機について

4.1.1 概 要

この起振機は水平方向と鉛直方向に加振することができる。

本機の概略図と定盤およびアンカーボルト埋設図を図-2および図-3、起振力図を図-4に示す。

本機の起振力は「高速」回転で最大3 ton、「中速・低速」回転で最大10 tonである。周波数（ f (C/S)）は「高速」で2～20 C/S、「中速」で1～10 C/S、「低速」で0.5～5 C/Sである。使用する重 は「高速」では高速専用の鉄板（白・赤・青の各4枚で1組のもの）を使用する、「中・低速」では普通の重 を使用する。

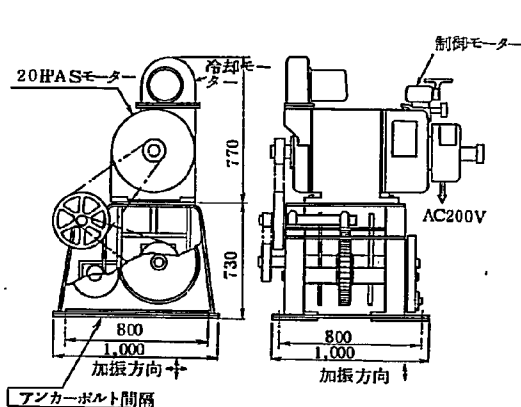


図-2 10ton型 起 振 機

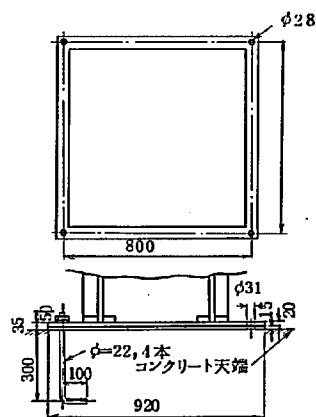


図-3 10 ton 起振用定盤およびアンカーボルト埋設図

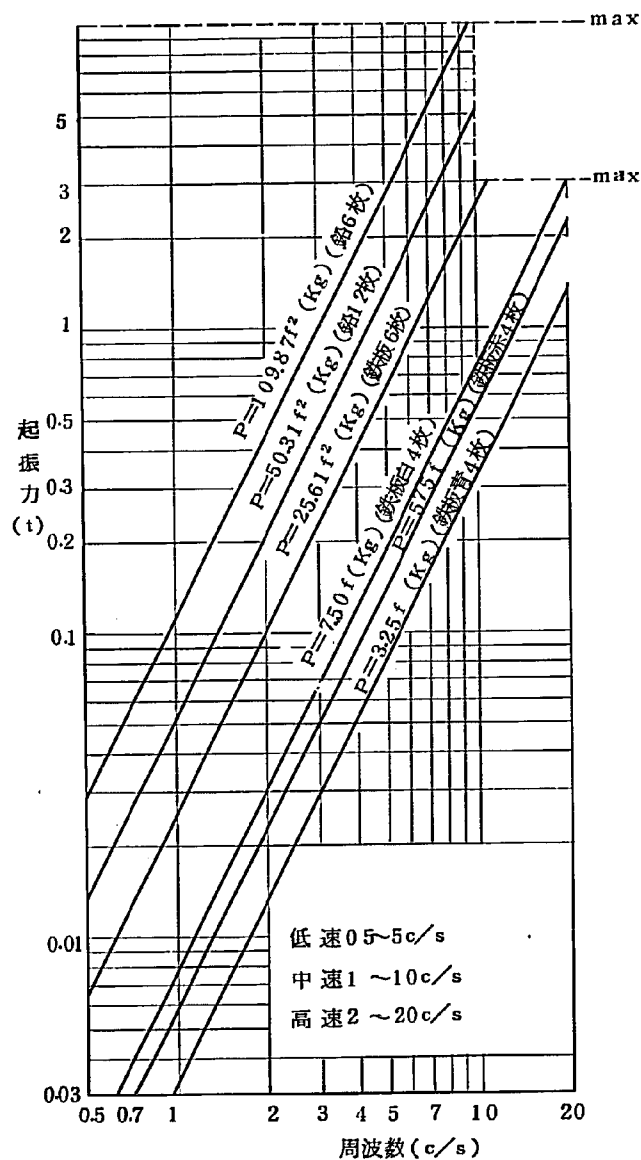


图-4 10 ton 型起振機起振力图

4.1.2 起振機の操作

(1) 回転速度の変換方法

この起振機では回転速度を3通り選ぶことができる。すなわち通常の「中途」の場合のほかにモーターと本体主軸の回転比を上げ・下げすることにより「高速」または「低速」に変換することができる。

速度変換を行った場合で特に「高速」の場合は高速専用の偏心重錘を使用することに注意する。

速度変換の方法は図-5〔ベルトの取り付け方、(a)低速、(b)中途、(c)高速〕の如くモーター主軸に取り付けるプーリーの径、Vベルトの接続を変えることによって行うことができる。

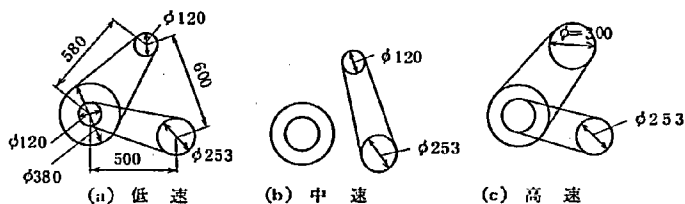


図-5 ベルトの取り付け方

(2) 偏心重錘の取り付け方法

起振機の回転部分（3枚の円盤）に対する偏心重錘の取り付け方は、中間の円盤に取り付ける重量と外側2枚分の重量と同等になるよう専用のボルト及びナットで確実に締め付けること。

図-6は偏心重錘が取り付けられた状態を示す。この図では偏心重錘6枚（中間の2枚の重錘と両外側の4枚の重錘は同重量である）の時を表わし、他の枚数の時も同様である。

(3) モーター

モーターはAS 20 IPを用いる。このモーターの取り扱い方は、§ 5.5.3 に示す。

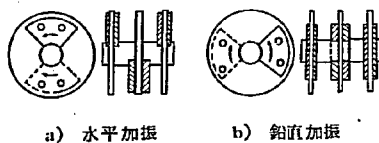


図-6 偏心重錘の取り付け方

4.2 12.5 ton型起振機について

4.2.1 概 要

この起振機の形式は10 ton型起振機とほぼ同様であるが、本機の場合は鉛直加振ができない。
本機の概略図を図-7、起振力図を図-8に示す。

4.2.2 起振機の使用

この起振機に用いるモーターはAS20 HP、又は7.5 HPのものを使用する。但し、7.5 HPモーターを使用する場合は遠隔操作ができないので手動モーターの回転を制御する。

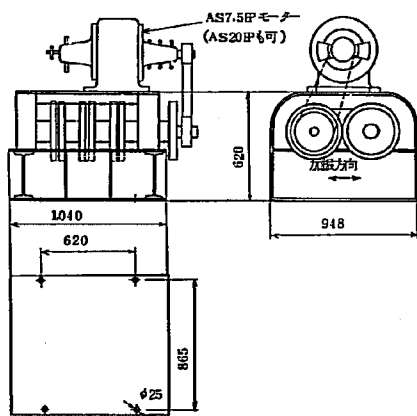


図-7 12.5 ton型起振機概略図
およびアンカーボルト位置図

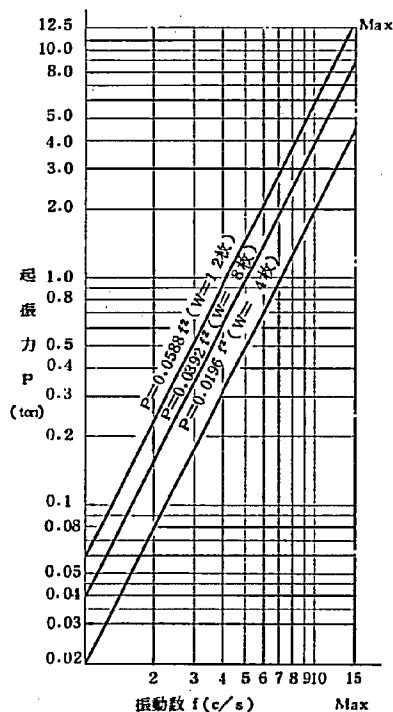


図-8 12.5 ton型起振機起振力図

4.3 15 ton 2連式起振機について

4.3.1 概 要

本機の概略図1台を図-9、2連にした場合の図を図-10、アンカーボルト位置図およびアンカーボルト埋設図を図-11、配線図を図-12、制御盤を図-13、起振力図を図-14に示す。

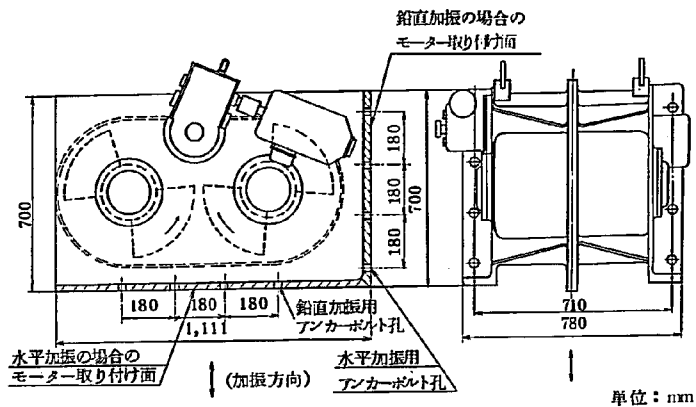


図-9 15 ton 2連式起振機(一台の概略図)

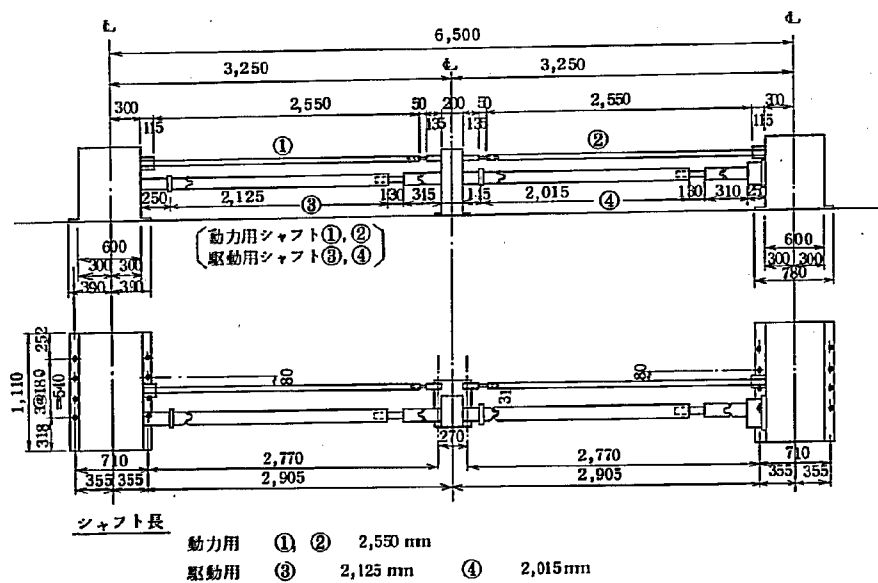


図-10 15 ton 2連式起振機(中間台使用据付図)

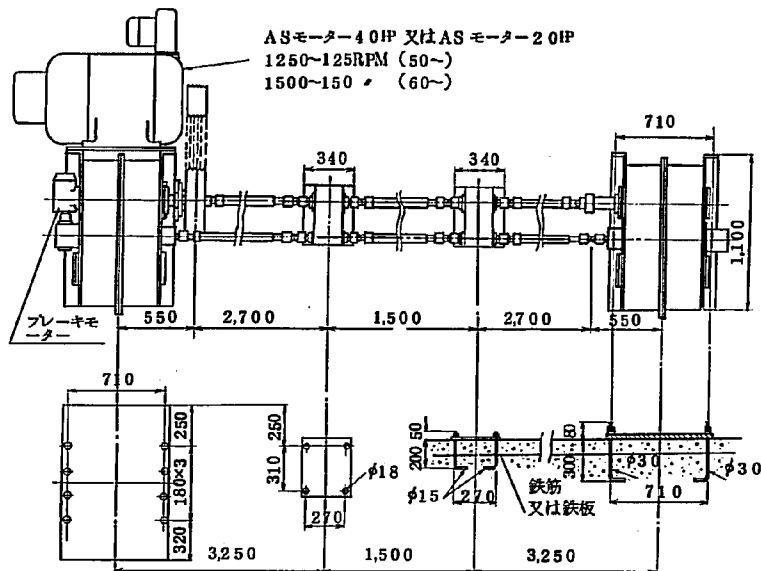


図-11 15 ton 2連式起振機のアンカーボルト位置図
およびアンカーボルト埋設図(中間台2個使用据付図)

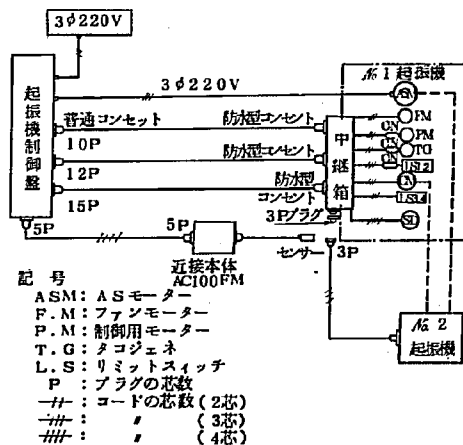


図-12 15 ton 2連式起振機配線図

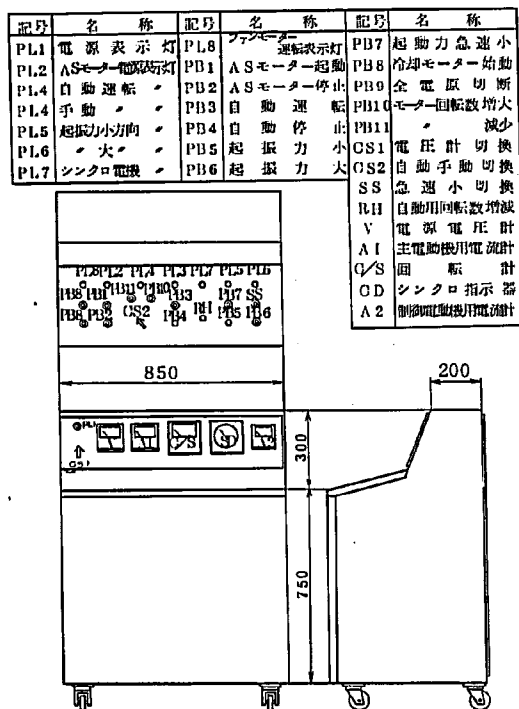


図-13 15 ton 2速式起振機制御盤

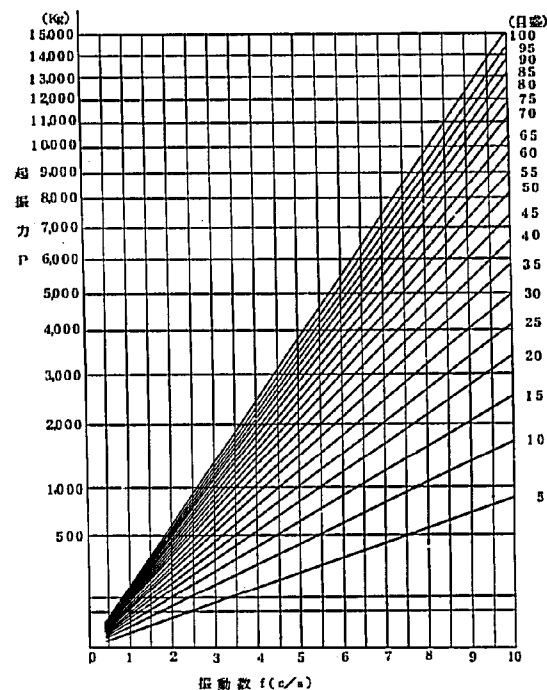


図-14 15 ton 2速式起振機起振力図 (1台の場合)

この起振機は1台で最大15 ton まで加振することができるが特殊な場合として2台をシャフトで同位相に連結し(1台のモータで2台の起振機が運転できる構造となっている)最大起振力30 ton まで出し得る。また、逆位相で連結することによって、2点で逆方向の加振力を作用させることができる。たとえば、図-15 の如く橋梁上の2点に起振機を設定した場合、(a)同位相で加振すると橋梁の曲げ振動を、(b)逆位相で加振すると橋梁のねじり振動を生起させることができる。

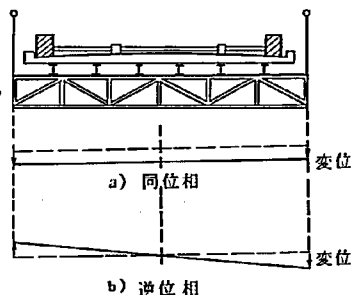


図-15 15 ton 2 連式起振機
(吊橋における使用例)

4.3.2 起振機の操作

起振機の操作は制御盤で次のように行う(図-13 を参照)。

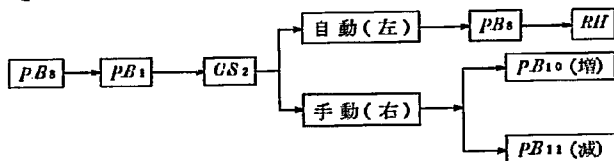
(1) 準 備

- 1) 電源 200 V を制御盤に入れる。はいれば PL_1 のランプが点灯する。
- 2) 制御盤の前蓋を開け、開閉スイッチを入れると電圧計が振れ PL_1 のランプが点灯する。
- 3) CS_1 のツマミを 1, 2, 3, の順に切り換え、各相の電圧 200 V の有無を調べる。
- 4) 冷却用モーターの回転方向の点検方法は、 PB_8 を押した後ただちに PB_9 で切る。ファンの回転方向を見て矢印の逆方向に回っていたら、電源 3 相の内、2 相を入れ換える。
- 5) PB_8 および PB_1 を押すと PL_8 と PL_2 のランプが点灯し主動モーターが回り出す。起振機主軸が矢印の方向に回ることを確認する。逆方向であれば 3 相のうち 2 相を入れ換える。
- 6) CB_2 を手動にし (PL_4 が点灯する) PB_{11} を押す。この時、振動数 (C/S) のメーター (回転計) が振れなければコントロールモーターの配線は完全であり、もし回転計が振れればコントロールモーターの接続を点検する。

(2) 運 転

1) 始動および停止

始動はつぎの要領で行う。



停止の場合は始動の逆を行えばよい。

また、起振機を急に停止させたい場合は PB_9 を押すことによって全電源が切れる。 PB_9 で全電源を切った場合、コントロールモーターは自動的に低速位置までもどる構造になっている。

2) 起振力変換

SS を右 (普通) にして, PB を押すと SD が振れて起振力大となる。SS を左 (急減速) にして PB を押すと PB で起振力を下げる 10 倍の速さで急激に起振力を小さくすることができる。

3) 加 振

振動数の範囲はモーターの回転を起振機の主軸に直結する場合とギヤーによって回転比を 1/5 に下げた場合の 2通りがあり, 前者は 1~10 C/S, 後者は 0.2~2 C/S の範囲において加振できる。また振動数 (C/S) のメーター

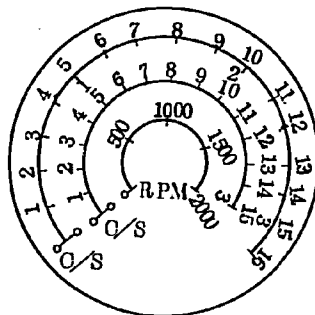


図-16 15 ton 2 連式起振機の振動数メーター (回転計) の目盛図

(回転計) の読み方は図-16 の如く円弧状の 3 本の目盛のうち, 内側はモーターの回転数, 中側は 50 C/S 電源を使用した場合の起振機の振動数, 外側は 60 C/S 電源を使用した場合の起振機の振動数である。中側および外側の起振機の振動数の目盛には上と下の 2 つがある。上の目盛はモーターの回転と直結で回転させた場合 (1~10 C/S) 下の目盛はギヤーで回転比を 1/5 に下げた場合 (0.2~2 C/S) のものである。

(3) そ の 他

- 1) 本機に加振方向は図-9 に示す如く, アンカーする方向 (据え付け方向) によって水平, 鉛直の 2 方向に変え得る。
- 2) 本機の最大の特徴は偏心重錘の取り換えなしに制御盤のスイッチで起振力の変換が行えることであり, これの制御により振動数が変わっても起振力一定で加振することができる。
- 3) モーター用のブリーは電源周波数 50 C/S 用と 60 C/S 用があり, 試験地の電源周波数に合わせて選定する必要がある。
- 4) 直結回転 (高速) のときは, 中間ギヤーを取り外し, 主軸端の溝カップリングの外にあるタップ孔と V ブリーのカバー孔を合せて 4 本のピンボルトをネジ込む。
- 5) 低速回転を行う場合には中間ギヤーを取り付けるが, このとき, 4) のピンボルトを抜くことを忘れてはならない。
- 6) ギヤーオイルが所定の量だけ入っているか否かに留意すること。
- 7) 本機に使用するモーターは 4520 HP または 40 HP である。ただし, 2 連式で用いる場合は大馬力の 4540 HP を用いる。

4.4 40 ton 型起振機について

4.4.1 概 要

この起振機は概略図に示すように水平方向のみ加振することができる。

本機の概略図を図-17、定盤およびアンカーボルト埋設図を図-18、起振力図を図-19に示す。

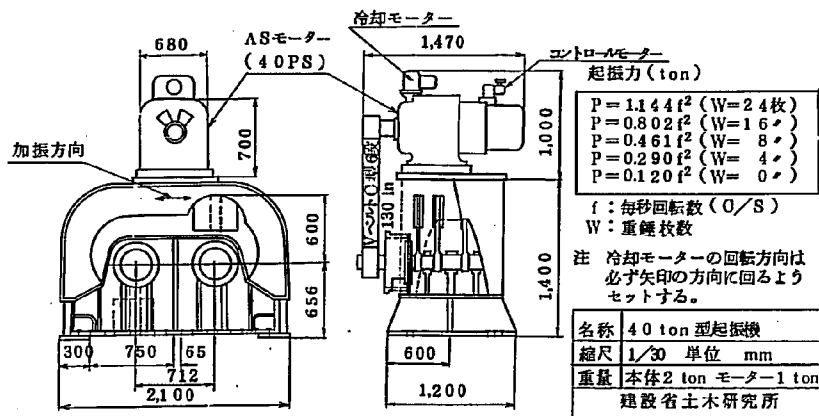


図-17 40 ton 起振機 一般構造図

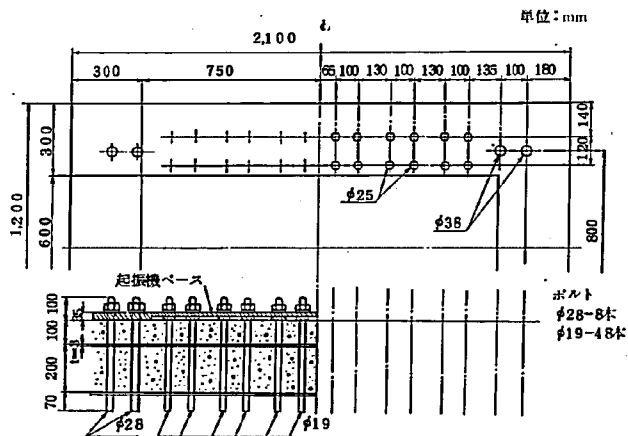


図-18 40 ton 型起振機定盤およびアンカーボルト埋設図

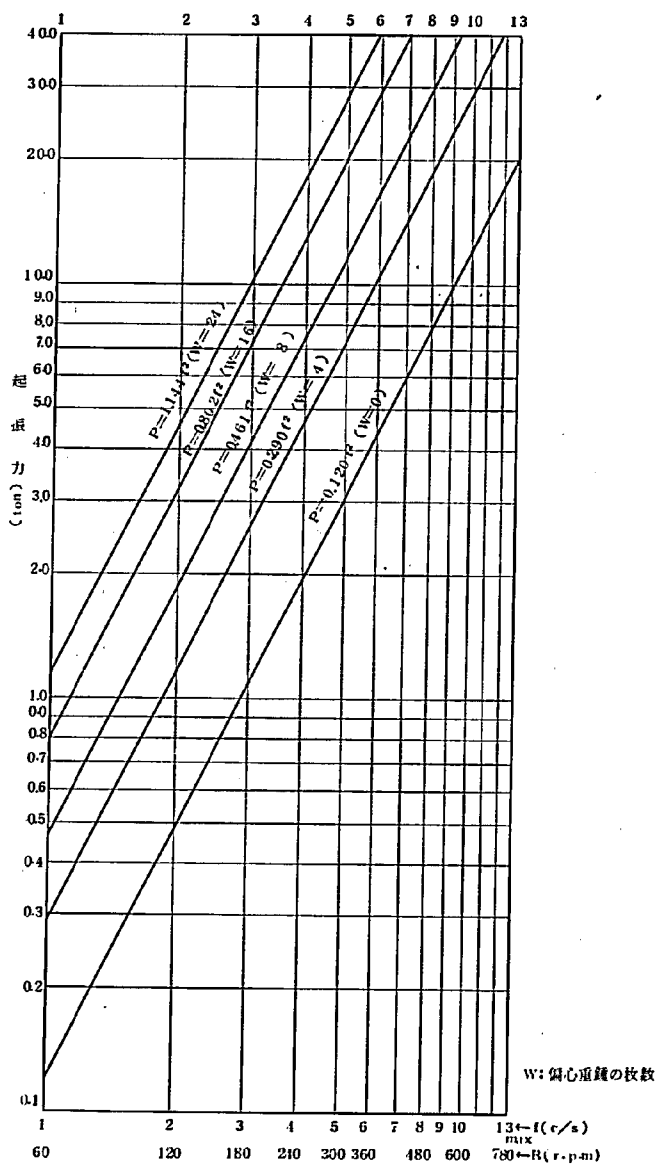


図-19 40 ton型起振機起振力図

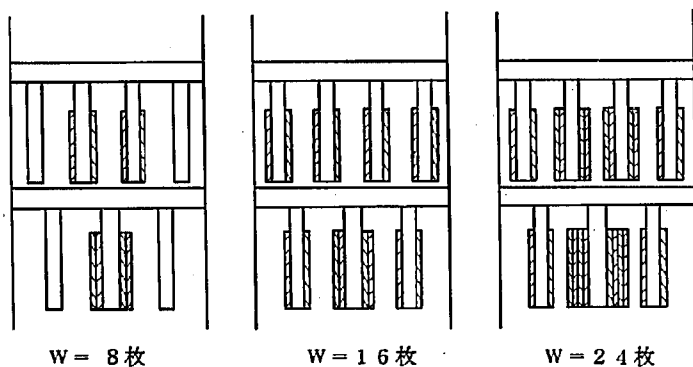
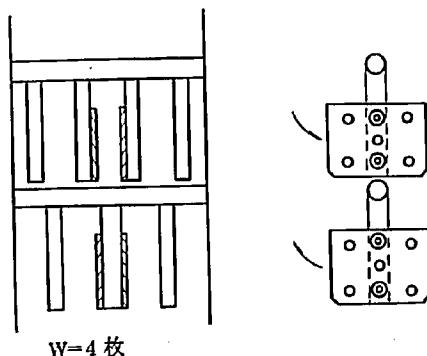


図-20 40ton型起振機の偏心
重錘の取り付け方

4.4.2 起振機の手操作

- 1) 偏心重錘の取り付け方は、図-20 の如く0枚のほかは4枚、8枚、16枚、24枚を取り付ける4種類の方法がある。

重錘の取り付けは必ず角を削り取った部分を外側に向けて、専用ボルト、ナットおよびナット廻しを用いて行う。

- 2) 偏心重錘の取り付け作業は起振機の内側（アームの回転部分）に入って行うので、この作業中、誤ってアームが回転することのないよう安全措施を施す。

例えば、電源スイッチを二重にする、モーターのベルトを外す等の処置をとる。

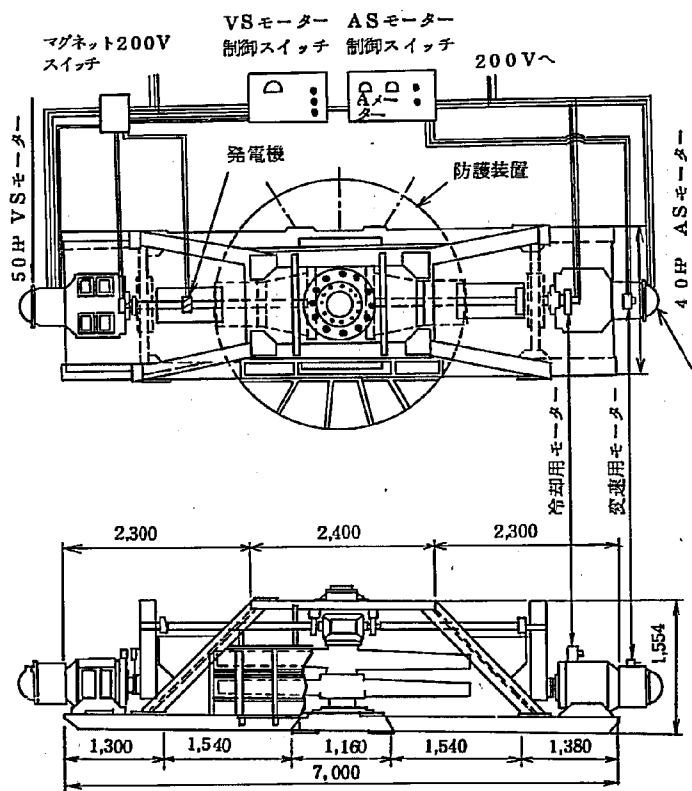
- 3) 本機は4540IPモーターを用いる。

4.5 低周波起振機について

4.5.1 概 要

この起振機は設置した水平方向および水平直角方向に加振することができる。

本機の概略図を図-21, 定盤およびアンカーボルト位置を図-22, 起振力図を図-23 に示す。



単位 mm 重量 本体 8 ton モーター 2 ton

図-21 低周波起振機構造図

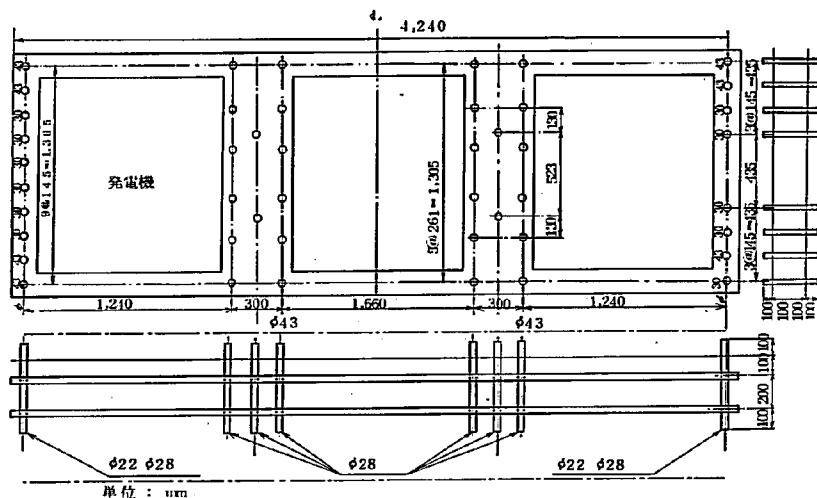


図-22 低周波起振機定盤およびアンカーボルト位置図

4-5-2 起振機の操作

- 1) 本機は非常に大型であり大重量であるので、その取り扱いには他の起振機と比較してむずかしい。本機を現場実験に使う場合は一般に次の手順をふんで用いる。

※→ [整備点検および試運転] → [分解] → (運搬) → [組立] →

[運転(実験)] → [分解] → (運搬) → [組立] → ※

ここに [] 内は現場, [] 内は土研における作業を示す。

以上の作業は専門の機械業者、運搬業者に外注する。

- 2) 本機は偏心重錘の取り付け方によって、水平2方向の加振ができる。

図-24において、(a)の如く重錘を取り付けると機械に対して長手方向、(b)の如く重錘を取り付けると機械に対して直角方向に加振させることができる。

- 3) 本機ではV550HPモーターとA540HPモーターの2台を同時に使用する。

この2台のモーターで起振機の同一軸を回転させるため両モーターの回転を同一に保ちながら、かつ、負荷電流が片やらないように操作することが必要である。尚、本機の運転は原則として専門の機械業者にあたらせる。

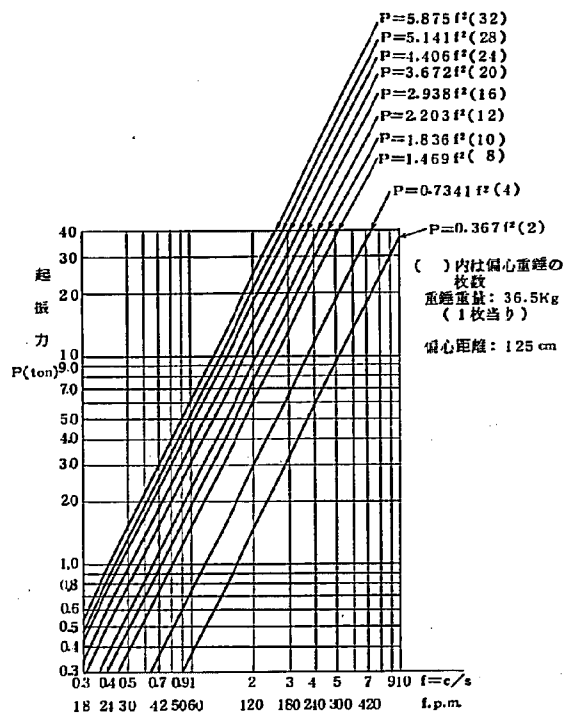


図 - 23 低周波起振機起振力図

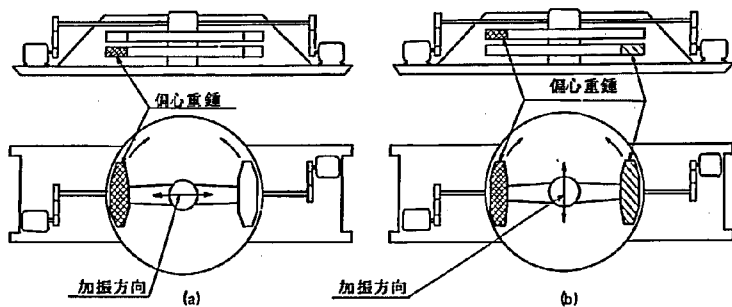


図-24 加振方向に対する偏心重錘の取り付け方

§ 5. 起振機使用上の注意事項

5.1 起振機について

- 1) 起振機は指定された方向に回転させる。
- 2) 起振機は完全にアンカーボルトに固定し、運転中ガタつかないように実験中は一定時間間隔でアンカーボルトおよび偏心重錘のナットの締め具合を点検する。
- 3) 起振機は水平に据え付けること。

5.2 モーターについて

- 1) モーターの性能は表-3に示す。
- 2) モーターは起振機に対応しているが、その制御はそれぞれの制御盤を使用する。
- 3) モーターの回転方向は所定の方角であること。

表-3 モーターの性能

性能 モーター	出力 (HP)	電源周波 数 (C/S)	電 源 (V)	電 流 (A)	回 転 数 (RPM)	重 量 (kg)
ASモーター (東洋電機)	7.5	50	200	22.2	1350	300
	20	50	200	18	2730	500
		60	220	17	3280	
	20	50	200	55	1650	500
		60	220	50	2000	
	40	50	200	115	1250	800
		60	220			
VSモーター (富士電機)	50	50	200	185	1200	1000
		60	220	168	1500	

- 4) 冷却用モーターは矢印の方向に廻ること。
- 5) 電源スイッチは安全確保のため2ヶ所に取り付ける。
- 6) 40 ton型起振機および低周波起振機は機械の中に入って重錘を取り付けるので特に注意する。
- 7) 低周波起振機に用いる。VSモーターは30分以上の連続運転は行わないこと。

5.3 ASモーターの制御について

AS20HP, 40HPモーターの制御は図-25~27に示すところによる。図-25はASモーターの外観図、図-26は配線図、図-27は増減スイッチである。増減スイッチは次の如く使用する。

増減する場合：OFF
減速する場合：OFF
と押しONで任意の回転数になるまで押す。

増減スイッチを使用する場合は図-25のロックピンでハンドルを固定することを忘れないこと。

制御モーターは上限、下限より余裕をもって止める。これは極端に上、下限に近づけると、モーターブラシが食い込んで動かなくなる恐れがあるのを防ぐためである。

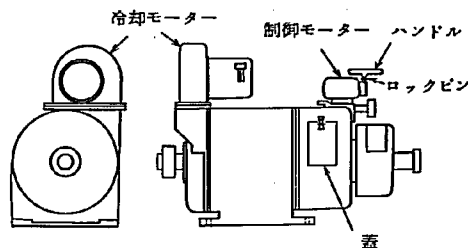


図-25 ASモーターの外観図

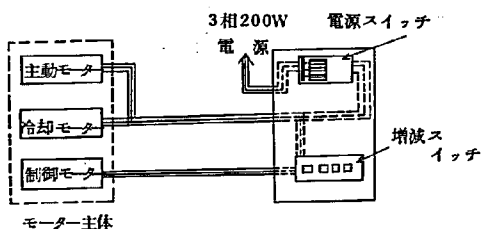


図-26 配線図



図-27 ASモーターの増減スイッチ