

一六 摘要 助川煙突ノ振動期ハ〇・八一秒ニシテ、東京帝國大學構内ノ圓筒形百尺煙突ノ振動期ハ〇・八五秒ナリキ、要スルニ高サ百尺以上約百五十尺迄ノ鐵筋「コンクリート」煙突ノ振動期ハ一秒内外ナルベク、若クハ一秒ヲ超過スルトモ、其ノ差多カラザルベク、從ツテ大地震ノ振動期一秒乃至一秒半内外ニ比シテ長ガカラザレバ、高サ百五十尺以下ノ鐵筋「コンクリート」煙突ハ「短柱」ノ性質ヲ具フルモノニシテ地震ニ對シテハ其ノ根本ヲ最弱個所ナリト認メザル可カラズ、故ニ此等ノ煙突ニ在リテハ成ルベク其ノ重心點ヲ低クカラシメ、根本ヲ強固ニスルコト必要ナリト考ヘラル。

## 第七章 佐賀關町久原製鍊所

### 大煙突振動ノ驗測

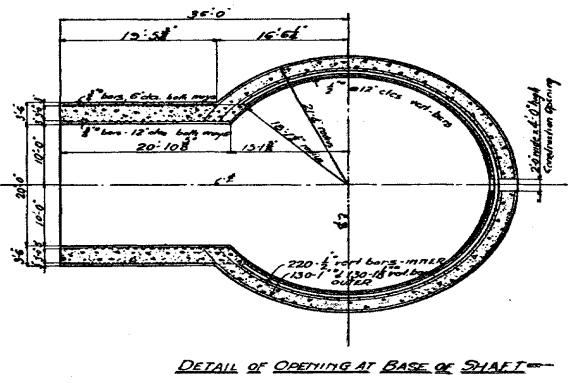
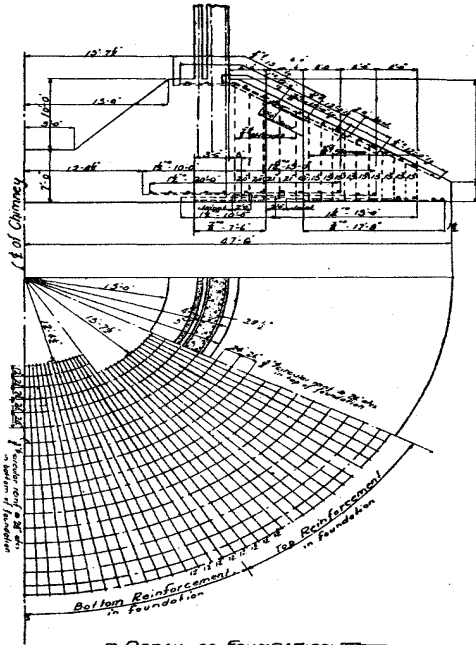
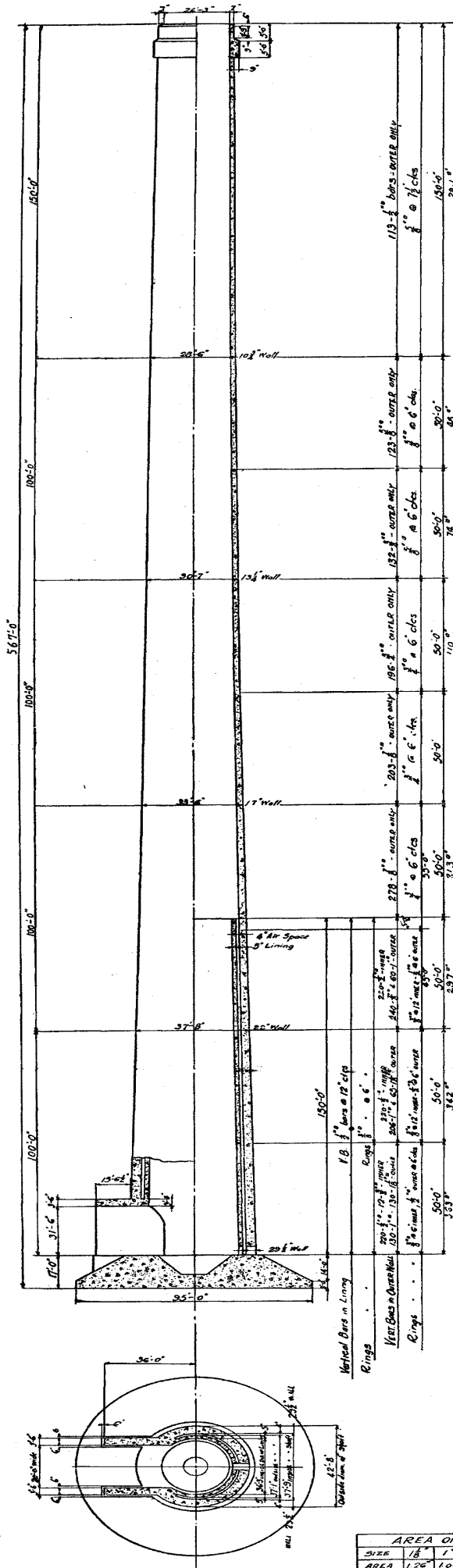
一七 煙突振動驗測ノ意義 鐵道橋脚、煙突ノ如キ柱狀物體ガ震害ヲ受クルハ其ノ自己振動週期ノ長短ニヨリテ全ク趣キヲ異ニス、即チ鐵道橋脚ノ如キハ地震動ノ振動期ニ比シテ構造物自己ノ振動週期ガ短カク、一秒内外若クハ以下ナレバ構造物ハ根本ニ於テ切斷サルベキモ、之ニ反シテ普通ノ製造所煉瓦造煙突ノ如キニ在リテハ自己振動週期ガ比較的ニ長ク、二秒内外若クハ以上ナルヲ以テ、構造物ハ其ノ高サノ約三分

二附近ニテ切斷サルベキナリ、高サ數百尺ナル鐵筋「コンクリート」煙突ト地震トノ關係ハ如何ナルベキカラ調査スルハ目下建築工事發展ノ時ニ際シ、極メテ要用ナルハ言ヲ俟タズ、佐賀關町久原製鍊所大煙突ノ振動ヲ驗測シタルハ實ニ好機會ヲ得タルモノニシテ、此ノ驗測ニ就キテ種々ノ幫助便利ヲ與ヘラレタル宮長、松田、佐藤三技師其ノ他ノ諸氏ニ對シテ爰ニ深謝ノ意ヲ表ス。

一八 大煙突構造概要 鐵筋「コンクリート」造大煙突ノ基礎工事ハ厚サ十七呎、直經九十五呎ニシテ煙突ノ高サハ五百五十呎、外徑ハ根本ニテ四十二呎八吋、頂上ニテ二十七呎五吋ニ及ブ、壁厚ハ根本ニテ二十九吋半、頂上ニテ七吋ナリ、煙突ノ「コンクリート」建築工事ハ大正五年夏ニ始マリ同十二月二十日夜ヲ以テ完成セリ。煙突ノ建築個所ハ佐賀關ノ岩丘上ニシテ土地堅硬ナルヲ以テ將來附近ノ海中ヨリ激震ヲ發スルコトアリトスルモ、煙突所在地ノ震動ハ甚シキコトナカルベク、其ノ強サハ一秒ニ付キ約五百「ミリメートル」ノ加速度ヲ超過セザルベシト考ヘラル。

一九 風速 煙突所在地ノ標高ハ約百三十米ナルヲ以テ煙突ノ頂點ハ海面上一千尺ニ達ス、從ツテ煙突頂上ニ於ケル風速ハ地面ヨリモ強キヲ例トス、大正五年十二月二十二日午後四

REINFORCED CONCRETE CHIMNEY  
 567'-0" HIGH X 26'-3" DIAM.  
 FOR THE  
 KUHARA MINING CO.  
 AT  
 SAGANOSEKI, JAPAN.



AREA OF SQUARE BARS							
SIZE	1/8"	1"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"
AREA	126	100	146	263	301	25	111
LENGTH	45	40	35	30	25	20	15

NOTE - ALL BARS TO BE CORRUGATED JOHNSON BARS

THE ORIENTAL CONCRETE CO. LTD.  
 ENGINEERING DEPARTMENT

時頃ハ煙突根本ニテノ風速ハ一秒ニ付キ八若クハ九米ニ過ギザリシニ煙突頂上ニテハ一秒ニ付キ二十四米ヲ示シタリ、暴風ニ際シテハ煙突頂上ノ風速ハ少ナクモ地面ニ於ケルヨリモ二倍ノ大サニ及ブベシト考ヘラル。

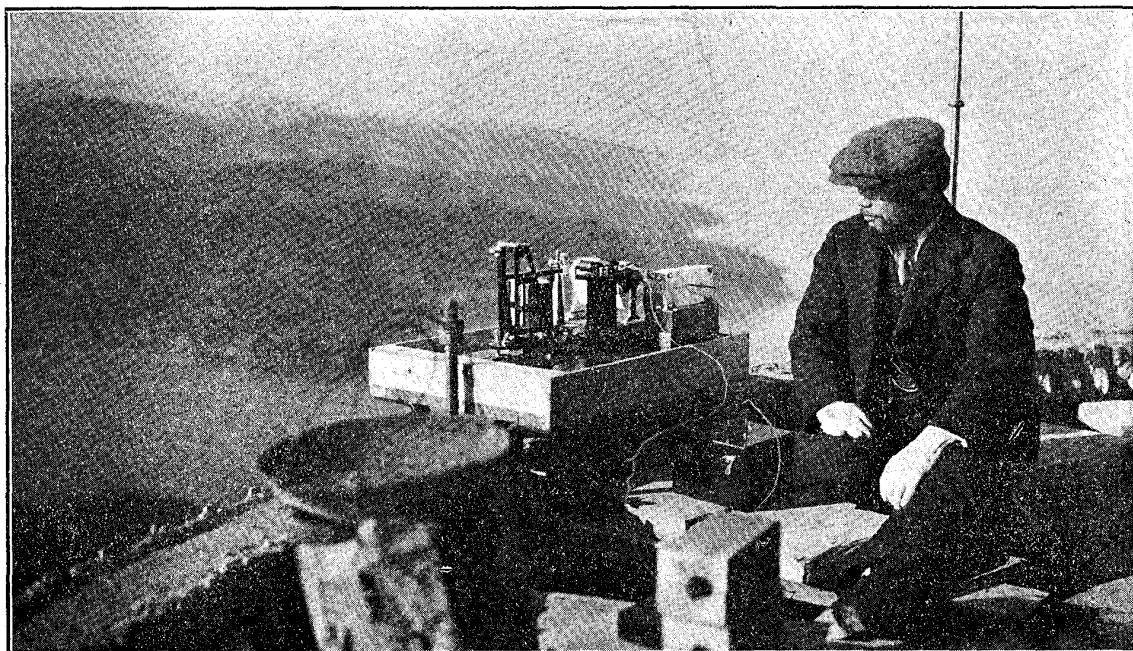
二〇 驗測ノ方法 驗測ハ大正五年十二月二十二日乃至二十六日ニ互リテ施行シ振動計、即チ適宜ニ製作セル一個ノ水平動地震計ヲ幅約一尺長サ約一尺五寸ノ木ノ臺ニ据ヘ、之ヲ煙突頂上ニ於テ「コンクリート」壁上ニ取り付ケ、風ノ爲ニ生ゼル煙突ノ振動ヲ墨汁ヲ以テ白紙上ニ自記セシムルノ裝置トナセリ、風弱キトキハ描指ガ二倍半乃至三十倍ノ倍率ヲ有スル振動計ヲ使用セルモ、風強キトキハ描指ガ實動ヲ二分一ニ縮記スル別個ノ驗測器械ヲ使用セリ、但シ驗測中ノ風向ハ多クハ西々北ナリシガ、煙突頂部ニテ西々北側ニ布ヲ張リテ風避ケトシ煙突頂上周壁ノ反對側、即チ東々南方ニ振動計ヲ据ヘ付ケタルガ、此ノ位置ハ宛モ煙道ガ煙突根本ニ通ズル個所ノ殆ド直上ニ當レリ、且ツ驗測中強キ風ガ煙道延長ト粗ボ同一方向ニ吹キタルノ事實ハ驗測ノ結果ヲ調査スルニ當リ注意シ置クベキ所トス。十二月二十三日ハ風少ナカリシガ、當日ノ驗測ハ煙突頂壁ノ北々東側ニ於テ施行シタリ、振動計ハ全部適當ニ覆ヲ施コシ、風ヲシテ直接ニ其ノ不動點若クハ描指ニ

動搖ヲ與ヘザラシメタリ、又振動計ハ「コンクリート」壁ノ周邊ニ直角ナル振動若クハ其レニ並行ナル振動ヲ自記スルノ位置ニ据ヘ置ケリ、而シテ煙突頂上ニ取り付ケラレタル風力計ニヨリテ時々直接ニ風速ヲ驗測シタリ、即チ數十分間ノ平均風速ヲ取ラズシテ、其都度數秒間ノ觀測ニヨリテ風速ヲ算出スルノ方法トナセリ、(此ノ測定ハ佐藤技師擔任セラレタリ)。煙突頂上ニハ厚板ヲ以テ足場ヲ張リ、觀測者ノ座席ニ宛テタリ。

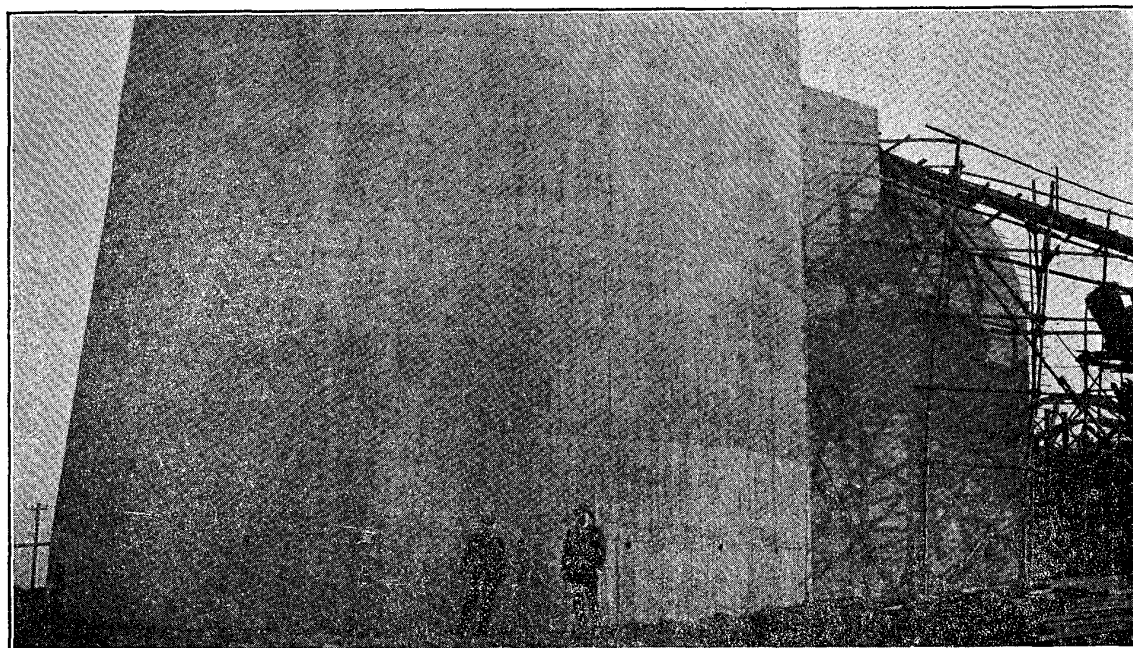
二一 驗測中ノ天候 十二月二十二日午後ハ地面ニテモ風稍々強カリシガ、煙突頂上ニ於テハ烈風ニシテ風速一秒ニ付キ二十四米ニ達シ煙突頭部ノ動キハ一時内外トナリ約二・五秒毎ニ往復振動セルヲ以テ「ボギー」式汽車内ニアリテ其ノ動搖ヲ感ズルガ如キ心地セリ。二十五日乃至二十六日ハ好天氣ニシテ地面ニテハ殆ド風無ク煙突頂上ニテモ風速ハ一秒ニ付キ七米ヲ越ヘズ、振動計ハ幾分ノ振動ヲ記録セルモ、微少ニシテ全く身體ニ感覺ヲ與ヘザリキ。二十六日ハ天候險惡ニシテ風強ク煙突頂上ニテハ颶風トナリ風速ハ一秒ニ付キ三十五米ニ及ビタリ。

二二 捲上柵 大突煙築造中ト雖ドモ外部ニハ全ク足場ノ類ヲ設ケズ築造ノ進行ト共ニ次第ニ内部ニ方十二尺ノ直立柵ヲ

突煙大土凝混筋鐵呎十五百五關賀佐



計動振ルタケ付へ据ニ上頂突煙大 圖七十第



(吋八呎二十四徑直)本根ノ突煙大 圖八十第

設ケ建築材料及ビ工夫ヲ捲キ上グル事トナセリ、而シテ捲揚  
 杵ハ高サ五十尺毎ニ横ニ二本ノ木材ヲ以テ直角ニ煙突ノ「コ  
 ンクリート」壁ニ支ヘテ取り安定ナラシメタリ、振動驗測ハ  
 捲揚杵ノ裝置ヲ存シ置キタルママニテ施行セルガ、捲揚杵ノ  
 存置ハ格別振動驗測ノ結果ニ影響セルコト無カルベシト思ハ  
 ル、即チ卷揚杵ハ木材ヨリ成リ元來剛硬ナル構造物ニアラザ  
 ルノミナラズ、其ノ全體ノ重量ハ七十噸ニシテ煙突(メイン、  
 シヤフト)壁ノ材料即チ鐵三百十六噸「コンクリート」三百  
 三十六立方坪ニ比スレバ僅ニ七十分一内外ノ重量ニ當ルニ過  
 ギザレバナリ。因ニ大煙突基礎工事ノ材料ハ鐵百十一噸「コ  
 ンクリート」三百四十一立方坪ナリ「捲揚杵」ヨリテ材料運  
 搬用ノ鐵バケツ(自己ノ重量ハ十貫ニシテ「コンクリート」積  
 載料ハ六十貫ナリ、人三四名ヲ載スルコトモアリ)ヲ昇降セ  
 シムルモ煙突「コンクリート」壁頂上ノ振動計ハ殆ド全ク振動  
 ヲ示スコト無カリキ。

二三 大煙突頂部ノ振動 振動計ニヨリテ驗測セル大煙突頂  
 部振動ノ實動(重振幅)及ビ振動期ト煙突頂部ニ於ケル風速ト  
 フ次ノ二表ニ示ス。

第一表 大煙突頂部ノ振動 (風向並ニ煙道ニ  
 直角ナル水平動)

時 日	風 速	實 動	振動期
二十三日 午前九時四十分	六九 <small>米/秒</small>	〇・二八 <small>ミリメートル</small>	二・五五 <small>秒</small>
同 同	六七	〇・二三	二・五六
同 同	五五	〇・二七	二・五五
同 午後二時十五分	四五	〇・二四	二・五四
二十四日 午後二時三十分	一〇	〇・二三	二・五三
同 午前十時	四五	〇・四六	二・五六
二十五日 午前十一時	一八	〇・七三	二・五四
二十六日 午後三時	三五〇	一八六・〇〇 (七・七吋)	二・五六

第二表 大煙突頂部ノ振動 (風向並ニ煙道ニ  
 並行ナル水平動)

時 日	風 速	實 動	振動期
二十二日 午後三時三十分	二三 <small>米/秒</small>	約二〇〇 <small>ミリメートル</small> (約一吋)	二・五六 <small>秒</small>
二十四日 午後一時	一〇	〇・四七	二・五三
同 午前十一時	一〇	〇・三四	二・五三
二十六日 午後三時三十分	三五〇	二〇〇〇 (〇・八吋)	二・五四

前二表ニヨルニ煙突頂上ノ風速ガ一秒ニ付キ七米以下ナルト

キハ其ノ振動ハ微小ニシテ〇・五「ミリメートル」以下ナルヲ常トス、然ルニ風速ガ高マルニ於テハ著ルシク振動ヲ増シ、風速ガ一秒ニ付キ二十四米ナルトキハ約一時ノ振動トナリ、風速ガ更ニ増シテ一秒ニ付キ三十五米ナルトキハ遂ニ七吋七ノ振動トナレリ、要スルニ振動増加ノ率ハ風速ノ自乗ヨリハ遙ニ急劇ナルモノトス（後節振動増加ノ條ヲ參照ノコト）若シ風速ガ一秒ニ付キ五十米ニ達シタリトスレバ煙突頭部ノ振動ハ少ナクモ十五吋ヲ超過スベシト考ヘラル」煙突ノ（往復）振動期ハ今回實驗ノ範圍内ニ於テハ振幅ト共ニ増減セズ、振動ガ尙ホ裕ニ煙突ノ彈性限界内ニアルガ爲ナルベシ。風向ニ並行ナル煙突振動ノ振動期ハ平均二秒五三ニシテ、風向ニ直角ナルトキノ振動期ハ二秒五五ナリキ。

二四 風向ト煙突振動トノ關係 第一表第二表ガ示ス如ク煙突ノ振動ハ風向ニ直角ナル方向ニ於テハ七吋七ニ達シタルモ風ニ並行シテハ僅ニ約一時ニ過ギザリキ。煙突頂上ニ在リテ直接身體ノ感覺ヲ驗スルモ、直角動ガ大ニシテ且ツ頻繁ニ發生セルヲ認メタリ。要スルニ強キ風ガ多少ノ長サ、例之バ數十秒間ニ互リテ吹キ續クルトキハ、煙突ハ風ノ方向ニ曲ゲラルベク、之ニ逆ツテ振動スルヨリハ、風向ニ直角トナリテ振動スルヲ最モ易シトスルモノナルベシ。

二五 煙道ノ影響 大煙突東々南側根本ニ接續スル煙道ハ幅二十一呎、高サ三十一呎アリ、其ノ幅ハ煙突根本直徑ノ二分ノ一ニ相當スレバ、煙道ノ開キ口ガ煙突振動ニ及ボス影響モ極微ニハ非ザルベク、煙突ハ煙道延長ノ方向トハ直角ニ振動シ易カルベキナリ、煙道ニ直角ナル振動期ガ二秒五五ニシテ煙道ニ並行スル振動期二秒五三ヨリ少コシク長キガ如クナルハ此ノ關係ニ因ルニ非ザランカト想像セラルレドモ今回ノ實驗ニテハ強キ風ガ粗ボ煙道延長ノ方向ニ吹キタルヲ以テ上記ノ論點ヲ明カニスル事ヲ得ザリキ、風ノ方向ガ前節ニ述ベタル如ク主要ナル關係ヲ有スルナランモ、兎ニ角、煙突ノ煙道口徑ヲ成ルベク小ナラシムルヲ耐震上得策トスベキナリ。

二六 強キ振動ノ繼續時間 振動計自記記象ニヨルニ煙突ノ振動ハ小ナルモノト大ナルモノト十數秒毎若クハ數秒毎ニ交互ス、數分間モ斷ヘズ大ナル振動ノミヲ呈スル事ハ無カリキ、十二月廿六日ノ颶風ノ際ニ於ケル驗測ニヨリ、煙突ガ連續シテ強ク振動セル回数并ニ其ノ繼續時間ヲ示セバ次表ノ如シ。

第三表 強キ振動ノ繼續時間（風向ニ直角ナル振動）

相續ケル強キ振動（往復）回数	其ノ繼續總時間	最大動
四回	一〇秒	一一・八 （ミリメートル）

四	五	五	五	五	五	五	六	六	七	七	七	八	〇	一	一	一	一	二	三	四	八	一〇
〇	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三	三
九〇	五六	一〇八	五九	一五六	一三〇	一八四	九四	一六八	九三	一六六	一三八	一六二	一八〇	一八二	一二二	一八四	一二三	一八五	一一〇	一〇	一〇	一〇

六	五半	七	二〇	二二
一五	一四	一八	五一	五六
一三二	七二	一五〇	一八四	一八四

前表ニヨルニ煙突ガ相續キテ強ク振動セルハ四回乃至十三回ナルコト最モ多ク平均七回トナル、其ノ繼續時間ハ十秒乃至三十二秒ニシテ平均十八秒ナリシガ、煙突ガ特ニ甚シク動ゾケル場合ニハ五十一秒若クハ五十六秒間ニ互リテ二十回若クハ二十二回ノ振動ヲ繼續シタル事モアリタリ」上記セル強キ煙突振動ノ繼續時間ハ大體ニ於テ颶風(二十六日ノ驗測)ガ緩ミ息ムコト無クシテ烈シク吹キ續キタル時ノ長サヲ示スモノナルベシ。

**二七 振動ノ積加** 今回ノ驗測ニ徴スルニ、何レノ場合ニテモ煙突ノ振動ハ突然最大トナルコト無クシテ、其ノ都度先ヅ小ナル振幅ヨリ始メ、數回振動ヲ重ネテ次第ニ積大シ遂ニ最大動ニ達スルモノトス、左表ハ二十六日ノ驗測ニ基ヅケルモノナリ。

第四表 振動ノ積加 (風向ニ直角ナル振動)

相續キテ次第二増加セ ル振動(往復)回数	其ノ總繼續時間	實動増加ノ程度
四	一〇	八ヨリ三三ニ至ル
四	一〇	八……四二
四	一〇	五……五九
五	一三	八……九三
五	一三	一五……一〇七
七	一八	六……一六八
七	一八	七……一二八
四半	一一・五	九……一二三
六	一五	一一……一六二
七	一八	一六……一六六
四	一〇	二九……一八〇
四	一〇	三六……一八四
五	一三	三八……一五六
六半	一六	四〇……一八四
五	一三	四〇……一八四
四	一〇	四六……一三〇

前表ニヨルニ五乃至四十六「ミリメートル」ナル最小動ヨリ三

四十乃至百八十餘「ミリメートル」ノ最大動ニ達スル迄ニハ煙突ハ十秒乃至十八秒間ニ四回乃至七回相續キテ振動シ、平均十三秒間ニ五回ノ振動ヲ爲セルコトナル、風力ノ増加モ素ヨリ多少漸次的ナルベキモ、上記ノ振動増加率ハ主トシテ風ノ繼續ト共ニ運動ノ積加ヲ示スモノナランカト考ヘラル、故ニ風力ト煙突振動トノ關係ヲ論ゼンニハ風ノ吹キ續ケル時間ニ就キテ詳細ニ調査スルヲ要スベキナリ。上表ニヨルニ振動ノ増加シ始メタル初期ノ實動中大ナルハ二十九乃至四十六「ミリメートル」(約二吋)ヲ限度トセリ、蓋シ風ガ急ニ強ク吹キ當テタル結果ナランカ、即チ此ノ意味ニヨリテ二十二日ト二十六日トノ振動及ビ風速ヲ比較スレバ次ノ如ク

一秒ニ付キ 比ノ自乘 最大振動 比

二十二日……風速二四米 ……約一時

二十六日……同 三五米 ……約二吋

ニシテ當初ノ振動ハ粗ボ風速比ノ自乗ト共ニ増加スルガ如クニ見ユ、但シ積加セル振動ハ初期振動ノ約四倍ニ達シタリ。

二八 捲揚杵ノ振動 捲揚杵ハ煙突頂部ヨリ尙ホ約二十尺高ク抜き出デ居リシガ、此ノ上ニテ工夫二三名ヲシテ杵ヲ強ク動搖セシメタルニ、杵ハ〇・三六秒ノ振動期ヲ以テ數吋モ動キタリ、然ルニ煙突ノ「コンクリート」壁ハ其ノ影響ヲ受クルコ



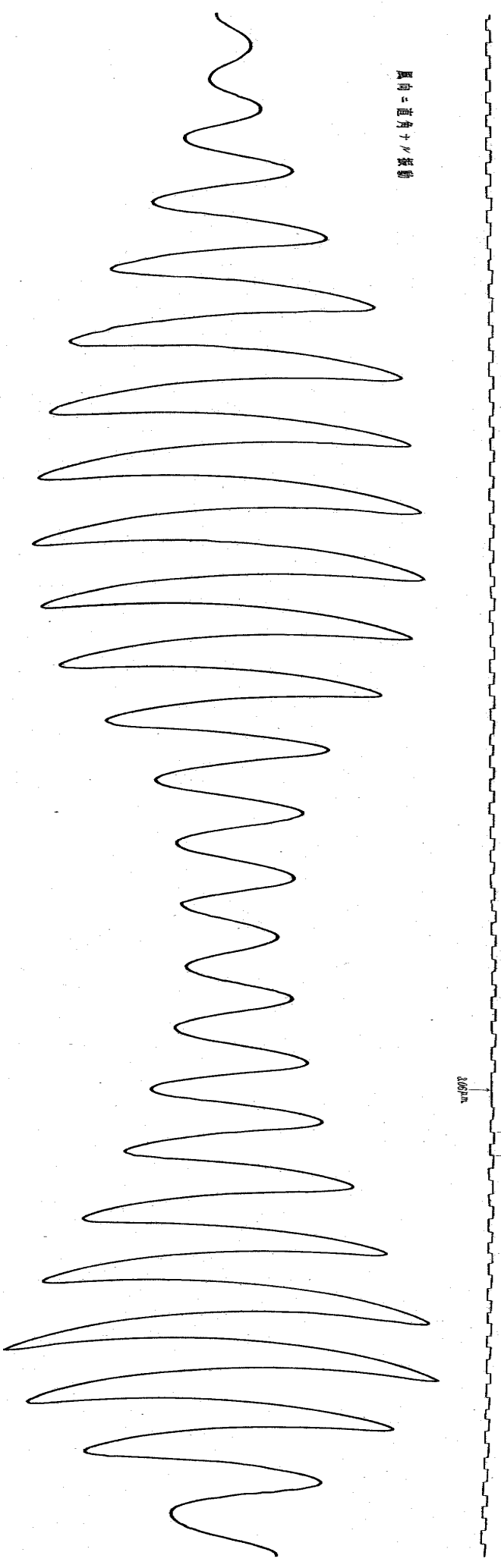
第十九圖 佐賀關久原五百五十呎鐵筋混凝土大煙突ノ振動 (實數ノ二分一)

風向ノ定ニ生ゼル振動

大正五年十二月二十六日観測 大煙突頂上ニ於ケル風速ニ50<sup>2</sup>/6

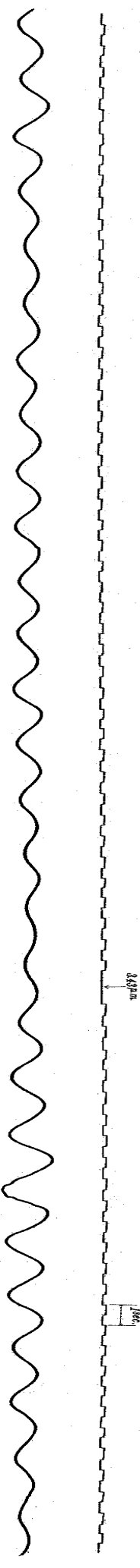


時 記



時 記

風向ニ並行ナル振動



ト微ニシテ漸ク〇・〇六「ミリメートル」(振動期〇・六六秒)ト  
 〇・一八「ミリメートル」(振動期二・五五秒)ノ二種振動ヲ呈セ  
 ルニ過ギザリキ。而シテ二十二日及ビ二十六日ノ驗測ニ於テ  
 ハ振動最小ノ部分ニテモ格別捲揚棒ニ起因セル動キヲ認メザ  
 リキ。

二九 摘要 高サ百呎内外ノ鐵筋「コンクリート」煙突トハ異  
 ニシテ、五百五十呎大煙突ハ二秒半ナル長キ振動期ヲ有スル  
 ヲ以テ、耐震的計算ニ於テハ其ノ高サノ三分二ニ當ル點ヲ  
 以テ最弱個所トスルヲ可トスベシト考ヘラル。高サ千尺ノ鐵  
 筋「コンクリート」煙突ノ振動期ハ四秒乃至五秒ナランカ。

### 第八章 原ノ町無線電信塔

#### 振動ノ驗測

三〇 無線電信塔 今回遞信省ガ建設セラレタル福島縣磐城  
 國原ノ町ノ無線電信塔ハ佐賀關大煙突ト同ジク鐵筋混凝土構  
 造ナルモ高サハ更ニ高クシテ六百六十呎、即チ六百六十三尺  
 八寸ニ達セリ、此ノ高塔ニ就キテ施行セル振動驗測ノ結果ヲ  
 略述セントス。

原ノ町無線電信塔ハ東京帝國大學工學部柴田、草間、永山、  
 三教授ノ設計ニヨルモノニシテ、中空ノ圓錐形ヲ成シ、根本

ノ直徑(外径)ハ五十七呎九吋ナレバ、高サニ對シテハ一ト十  
 一トノ比ヲ示ス。頂上ニ於ケル外径ハ四呎六吋ニシテ根本外  
 徑ノ約十三分ノ一ニ當ル。混凝土柱壁ノ厚サハ根本ニテ三十  
 三吋アリ、頂上ニテ六吋トナル。而シテ鐵筋ハ混凝土外壁面  
 ヨリ二吋半ノ深サニ入レ込メラレタリ、其ノ直徑ハ基礎ニア  
 リテ四分三吋乃至一吋ニシテ、塔筒ニアリテハ二分一吋乃至  
 一吋八分一ナリ。基礎工事ノ厚サハ十二呎ニシテ、其ノ下底  
 面ノ直徑ハ九十呎ニ及ブ。混凝土ノ成分ハ基礎並ニ塔筒トモ  
 一ト二ト四トノ割合ニシテ所用材料ノ量ハ左ノ如ク、鋼ト混  
 凝土トノ重量比ハ基礎ニ於テ一ト三七ヲ示シ、塔筒ニ於テ一  
 ト二五ヲ示セリ。

基礎	鋼	混凝土	合計
基礎	七九噸	二二五噸	三〇四噸
塔筒	二九〇噸	五五〇噸	八四〇噸
計	三六九噸	七七五噸	一〇、〇九〇噸

建築工事ハ東洋「コンプレッソル」會社ノ擔任ニカカリ、大正  
 八年五月廿三日ニ起工シ、毎回高サ四呎六吋ヅツ井戸側狀ニ  
 混凝土ヲ打チ、全高ノ築造ヲ百四十七回ヲ以テ大正九年九月  
 二十六日ニ完成シタリ、塔壁ニハ地面ニ於ケル狹キ入口ト高  
 サ百三十二呎毎ニ二呎角ノ小窓四個アルノミニシテ、他ニハ