

佐賀關町久原製鍊所大煙突振動ノ驗測

本文ハ最近理學博士大森房吉氏カ調査セシ所ニシテ工學上有益ナル事項ト思惟セララル、ヲ以テ特ニ乞ヒテ之ヲ登載ス本大煙突ノ構造ニ關シテハ本會誌第二卷第五號ヲ參照アリタシ

煙突振動驗測ノ意義 鐵道橋脚煙突ノ如キ柱狀物體カ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カ短ク一秒内外若クハ以下ナレハ構造物ハ根本ニ於テ切斷サルヘ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カ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ノ二附近ニテ切斷サルヘキナリ然ルニ先キ頃東京帝國大學醫科大學ノ徑八尺高サ百尺ナル鐵筋こんくりト煙突ニ就キ頭部ノ振動ヲ驗測セルニ振動期ハ短カク僅ニ〇八五秒ニシテ同高ノ煉瓦煙突ニ比スレハ約三分ノ一ニ相當シ且ツ風カ稍々強ク吹キシニ關セス煙突頂部ノ實動ハ〇二みりめトるニ過キサリキ即チ振動期ノ短キニヨリテ論スハ高サ百尺内外ノ鐵筋こんくりト煙突ハ破壞的ナル地震ニ對シテ其ノ根本ヲ以テ最弱個所トナシ普通煉瓦煙突ノ如クニ頭部ニ近ク弱點ヲ有スルコトナキモノトス高サ數百尺ナル鐵筋こんくりト煙突ト地震トノ關係ハ如何ナルヘキカヲ調査スルハ目下建築工事發展ノ時ニ際シ極メテ要ナルルハ言ヲ俟タス今回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他ノ諸氏ニ對シ

テ爰ニ深謝ノ意ヲ表ス

佐賀關大煙突 鐵筋こんくりと製大煙突(第一圖)ノ基礎工事ハ厚サ十七呎直徑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一時ニ及フ壁厚ハ根本ニテ二十九吋半頂上ニテ七吋ナリ煙突ノこんくりと建築工事ハ大正五年夏ヨリ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ヘク其ノ強サハ一秒ニ付キ約五百みりめりとるノ加速度ヲ超過セサルヘシト考ヘラル

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キサ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フヘシト考ヘラル

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亙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(第二圖)ヲ幅約一尺長サ約一尺五寸ノ木ノ臺ニ据エ之ヲ煙突頂上ニ於テこんくりと壁上ニ取り付ケ風ノ爲ニ生セ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カ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カ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カ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エ付ケタルカ此ノ位置ハ宛モ煙道カ煙突根本ニ通スル個所ノ殆ト直上ニ當レリ且ツ驗測中強キ風カ煙道延長ト粗ホ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

リ注意シ置クヘキ所トス十二月二十三日ハ風少ナカリシカ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捕指ニ動搖ヲ與ヘサラシメタリ又々振動計ハこんくりと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エ置ケリ而シテ煙突頂上ニ取リ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ス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

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カ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ほぎ一式汽車内ニアリテ其ノ動搖ヲ感スルカ如キ心地セリ二十三日乃至二十五日ハ好天氣ニシテ地面ニテハ殆ト風無ク煙突頂上ニテモ風速ハ一秒ニ付キ七米ヲ越エス振動計ハ幾分ノ振動ヲ記録セルモ微少ニシテ全ク身體ニ感覺ヲ與ヘサ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ヒタリ

捲揚棒 大煙突築造中ト雖モ外部ニハ全ク足場ノ類ヲ設ケス築造ノ進行ト共ニ次第ニ内部ニ方十二尺ノ直立棒ヲ設ケ建築材料及ヒ工夫ヲ捲キ揚クルコト、ナセリ而シテ捲揚棒ハ高サ五十尺毎ニ横ニ二本ノ木材ヲ以テ直角ニ煙突ノこんくりと壁ニ支ヘテ取リ安定ナラシメタリ振動驗測ハ捲揚棒ノ裝置ヲ存シ置キタルマ、ニテ施行セルカ捲揚棒ノ存置ハ格別振動驗測ノ結果ニ影響セルコト無カルヘント思ハル即チ捲揚棒ハ木材ヨリ成リ元來剛硬ナル構造物ニアラサルノミナラス其ノ全體ノ重量ハ七十噸ニシテ煙突(めいん)壁ノ材料即チ鐵三百十六噸こんくりと三百三十六立坪ニ比スレハ僅ニ七十分一内外ノ重量ニ當ルニ過キサレハナリ因ニ大煙突基

參考資料 佐賀關町久原製鐵所大煙突振動ノ驗測

礎工事ノ材料ハ鐵百十一噸こんくりーと三百四十一立坪ナリ捲揚棒ニヨリテ材料運搬用ノ鐵ば  
 けつ(自己ノ重量ハ十貫ニシテこんくりーと積載量ハ六十貫ナリ)人三四名ヲ載スルコトモアリヲ  
 昇降セシムルモ煙突こんくりーと壁頂上ノ振動計ハ殆ト全ク振動ヲ示スコト無カリキ  
 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(第三圖)ノ實動重振幅及ヒ振動期ト  
 煙突頂部ニ於ケル風速トヲ次ノ二表ニ示ス

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 (大正五年十二月)	風 速	實 動	振 動 期
二十三日 午前九時四十分	六九	〇・一八	二・五五
同	六七	〇・二三	二・五八
同	五五	〇・一七	二・五五
同	四五	〇・一四	二・五四
二十四日 午後二時十五分	一〇	〇・二三	二・五三
同 午後二時三十分	四五	〇・四六	二・五六
二十五日 午前十一時	一八	〇・七二	二・五四
二十六日 午後三時	三五	一八六〇	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 (大正五年十二月)	風 速	實 動	振 動 期
二十二日 午後三時三十分	二〇	約二〇	二・五六
二十四日 午後一時	一〇	〇・四七	二・五二

同	午前十一時	一〇	〇・二四	二・五三
二十六日	午後三時三十分	三五〇	二〇〇〇分	二・五四

前二表ニヨルニ煙突頂上ノ風速カ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  
 りめーとる以下ナルヲ常トス然ルニ風速カ高マルニ於テハ著ルシク振動ヲ増シ風速カ一秒ニ付  
 キ二十四米ナルトキハ約一時ノ振動トナリ風速カ更ニ増シテ一秒ニ付キ三十五米ナルトキハ終  
 ニ七七時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  
 振動積加ノ條ヲ參照ノコト)若シ風速カ一秒ニ付キ五十米ニ達シタリトスレハ煙突頭部ノ振動ハ  
 少ナクモ十五時ヲ超過スヘ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  
 共ニ増減セス振動カ尙ホ裕ニ煙突ノ彈性限界内ニアルカ爲ナルヘシ風向ニ並行ナル煙突振動ノ  
 振動期ハ平均二・五三秒ニシテ風向ニ直角ナルトキノ振動期ハ二・五五秒ナリキ  
 風向ト煙突振動トノ關係 第一、二表カ示ス如ク煙突ノ振動ハ風向ニ直角ナル方向ニ於テハ七七  
 時ニ達シタルモ風ニ並行シテハ僅ニ約一時ニ過キサリキ煙突頂上ニ在リテ直接身體ノ感覺ヲ驗  
 スルモ直角動カ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カ多少ノ長サ例之ハ數  
 十秒間ニ亘リテ吹キ續クルトキハ煙突ハ風ノ方向ニ曲ケラルヘ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ヘシ  
 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ハ煙道ノ開キ口カ煙突振動ニ及ホス影響モ極微ニハ非サルヘク  
 煙突ハ煙道延長ノ方向トハ直角ニ振動シ易カルヘキナリ煙道ニ直角ナル振動期カ二・五五秒ニシ  
 テ煙道ニ並行スル振動期二・五三秒ヨリ少シク長キカ如クナルハ此ノ關係ニ因ルニ非サラシカト

參考資料 佐賀關町久原製鍊所大煙突振動ノ驗測

参考資料 佐賀關町久原製鍊所大煙突振動ノ驗測

想像セラルレトモ今回ノ實驗ニテハ強キ風カ粗ホ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コトヲ得サリキ大體ハ風ノ方向カ前節ニ述ベタル如ク主要ナル關係ヲ有スルナラシモ兎ニ角大ナル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ヘキナリ強キ振動ノ繼續時間ノ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ニス大ナル振動ノミヲ呈スルコトハ無カリキ今十二月二十六日ノ颶風ノ際ニ於ケル驗測ニヨリ煙突カ連續シテ強ク振動セル回數並ニ其ノ繼續時間ヲ示セハ次表ノ如シ

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)回數	其ノ總繼續時間	最大動
四	一〇〇	二八
四	一〇〇	九〇
五	一三三	五六
五	一三三	〇八
五	一三三	五九
五	一三三	五六
五	一三三	三〇
五半	一五	一八四
六	一六	九四
六半	一八	一六八
七	一八	九三

二〇	二〇	七	五半	六	一〇	八半	四半	一三	一一	一一	一〇	八	七半	七
二〇	二〇	七	五半	六	一〇	八半	四半	一三	一一	一一	一〇	八	七半	七
		(同上)		(同上)		(連続ス)								
五六	五一	一八	一四	一五	二五	二一	一一	三二	二八	二八	二五	二〇	一八	一八
五六	五一	一八	一四	一五	二五	二一	一一	三二	二八	二八	二五	二〇	一八	一八
一八四	一八四	一五〇	七二	三二	一〇	一八五	二二三	一八四	一二二	一八二	一八〇	一六二	一三八	一六六

前表ニヨルニ煙突カ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カ煙突カ特ニ甚シク動ケル場合ニハ  
 五十一秒若クハ五十六秒間ニ亘リテ二十回若クハ二十二回ノ振動ヲ繼續シタルコトモアリタリ  
 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)カ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ヘシ  
 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

參考資料 佐賀關町久原製鉄所大煙突振動ノ驗測

參考資料 佐賀園町々原製練所大煙突振動ノ驗測

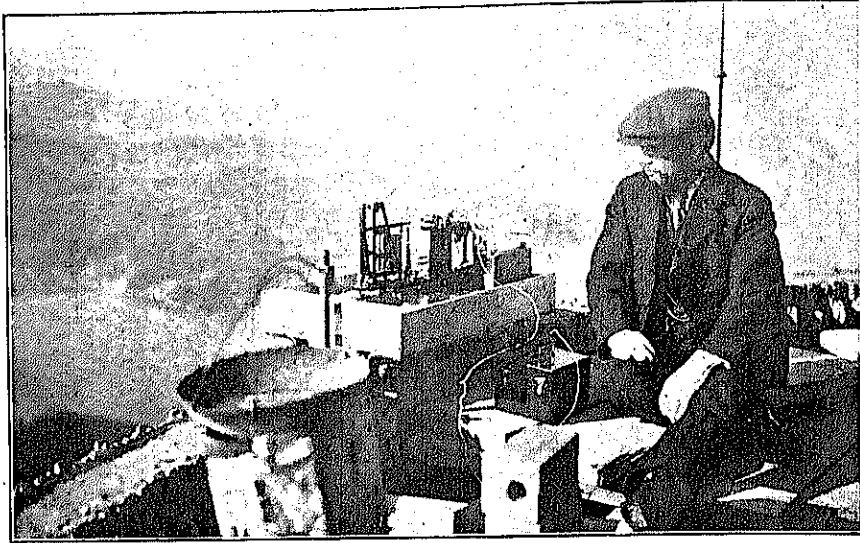
テ其ノ都度先ツ小ナル振幅ヨリ始メ數回振動ヲ重ネテ次第ニ積大シ遂ニ最大動ニ達スルモノト  
 ス左表ハ二十六日ノ驗測ニ基ツケルモノナリ

振動ノ積加 (風向ニ直角ナル振動)

相續キテ次第ニ増加セル 振動 (往復) 回数	其ノ總繼續時間	實動増加ノ程度
四	〇	八乃至三三
四	〇	八
四	〇	四三
五	三	五
五	三	五九
七	八	八
七	八	九三
七	一五	一五
七	一五	〇七
六	八	六
六	八	六八
四	五	七
四	五	二八
四	〇	九
四	〇	二二
四	〇	六二
五	三	一六
五	三	六六
六	六	二九
六	六	八〇
六	三	二六
六	三	八四
五	六	三八
五	六	五六
五	三	三八
五	三	八四
四	六	四〇
四	六	八四
四	三	四六
四	三	三〇

前表ニヨルニ五乃至四十六みりめーとするナル最小動ヨリ三四十乃至百八十餘みりめーとするノ最

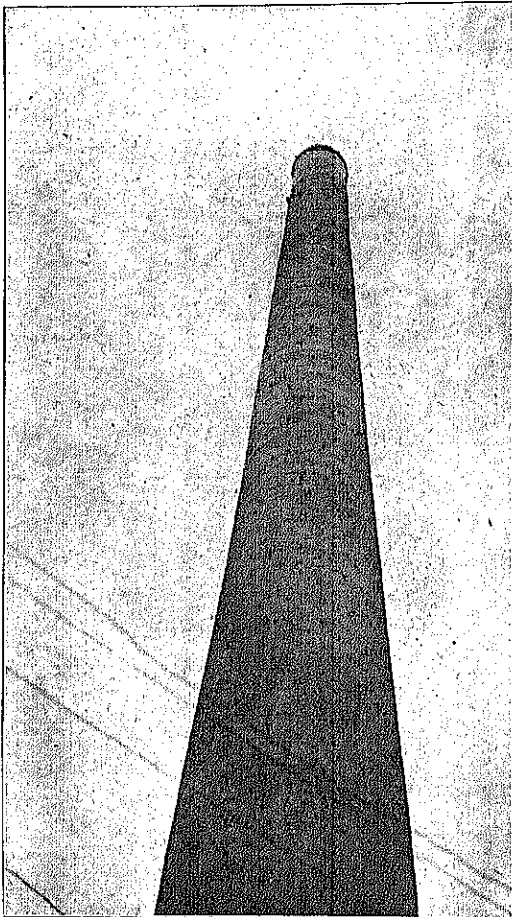




佐賀關町久原製鍊所五百五十尺大煙突(大森博士攝)

- 第一圖 煙突ヲ根本ヨリ仰キ見ル(頂上ニ近ク左側ニ二個ノ黒點アルハ避雷針ノ線金取付ケ工事中ノ工夫二名ナリ)
- 第二圖 煙突頂上ノこんくりと壁上ニ振動計ヲ据エ付ケタル

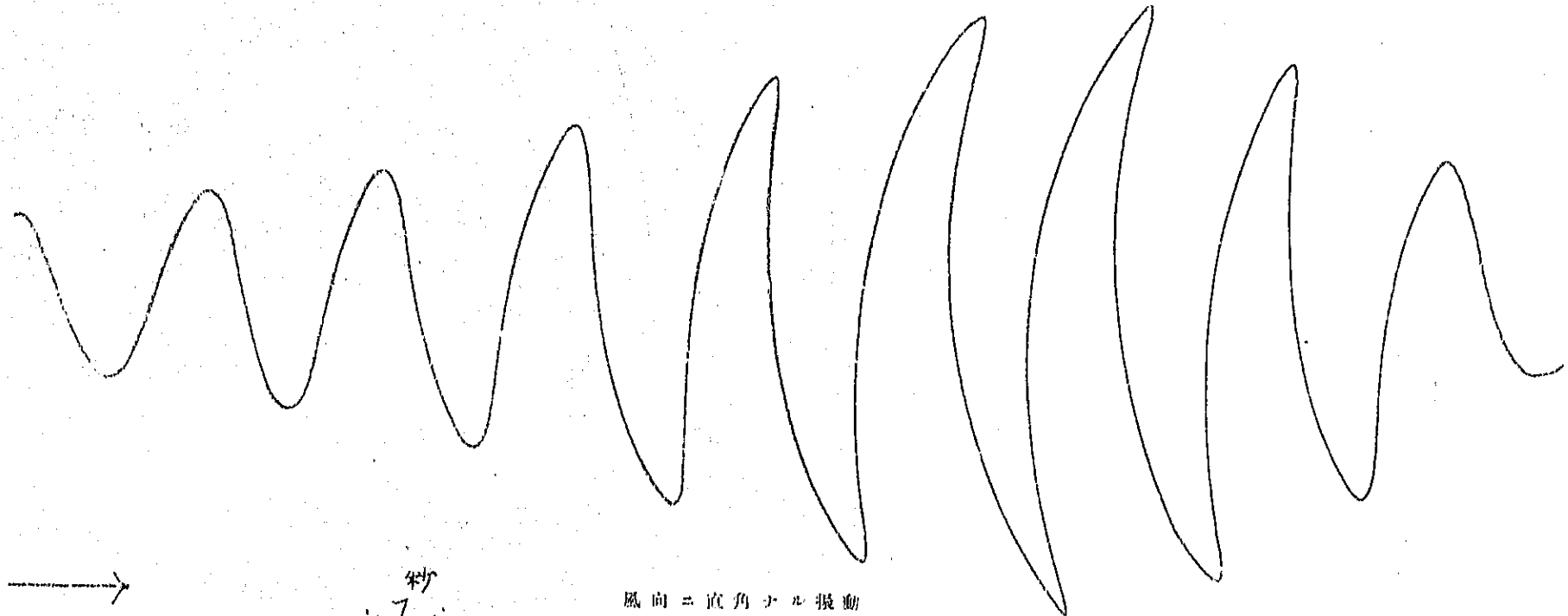
第一圖



佐賀關町久原製鍊所大煙突ノ振動

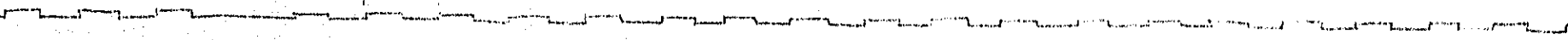
煙突頂上ノ風速一秒ニ付キ三十五米

大正五年十二月二十六日檢測



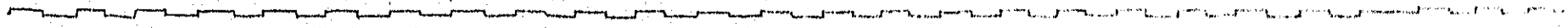
風向ニ直角ナル振動

秒  
7



風向ニ並行ナル振動

秒  
1



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ヘ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セ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ヘ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みりめトシテ(約二吋)ヲ限度トセリ蓋シ風力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ヒ風速ヲ比較スレハ次ノ如ク

二十二日	風速	一秒ニ付キ	比ノ自乘	最大振動	約一時	比
二十六日	同	三四米	二一	同	約二吋	二

ニシテ當初ノ振動ハ粗ホ風速比ノ自乗ト共ニ増加スルカ如クニ見ユ但シ積加セル振動ハ此ノ初期振動ノ約四倍ニ達シタリ

捲揚棒ノ振動 捲揚棒ハ煙突頂部ヨリ尙ホ約二十尺高ク抜き出テ居リシカ此ノ上ニテ工夫二三名ヲシテ棒ヲ強ク動搖セシメタルニ棒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こんくりーと壁ハ其ノ影響ヲ受クルコト微ニシテ漸ク〇〇六みりめトシテ振動期〇六六秒ト〇一八みりめトシテ振動期二五五秒ノ二種振動ヲ呈セルニ過キサリキ而シテ二十二日及ヒ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サリキ

結尾 高サ百呎内外ノ鐵筋こんくりーと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約三分ノ二ニ當ル點ヲ以テ最弱個所トスルヲ可トスヘシト考ヘラル高サ千尺ノ鐵筋こんくりーと煙突ノ振動期ハ四秒乃至五秒ナランカ

(完)