

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

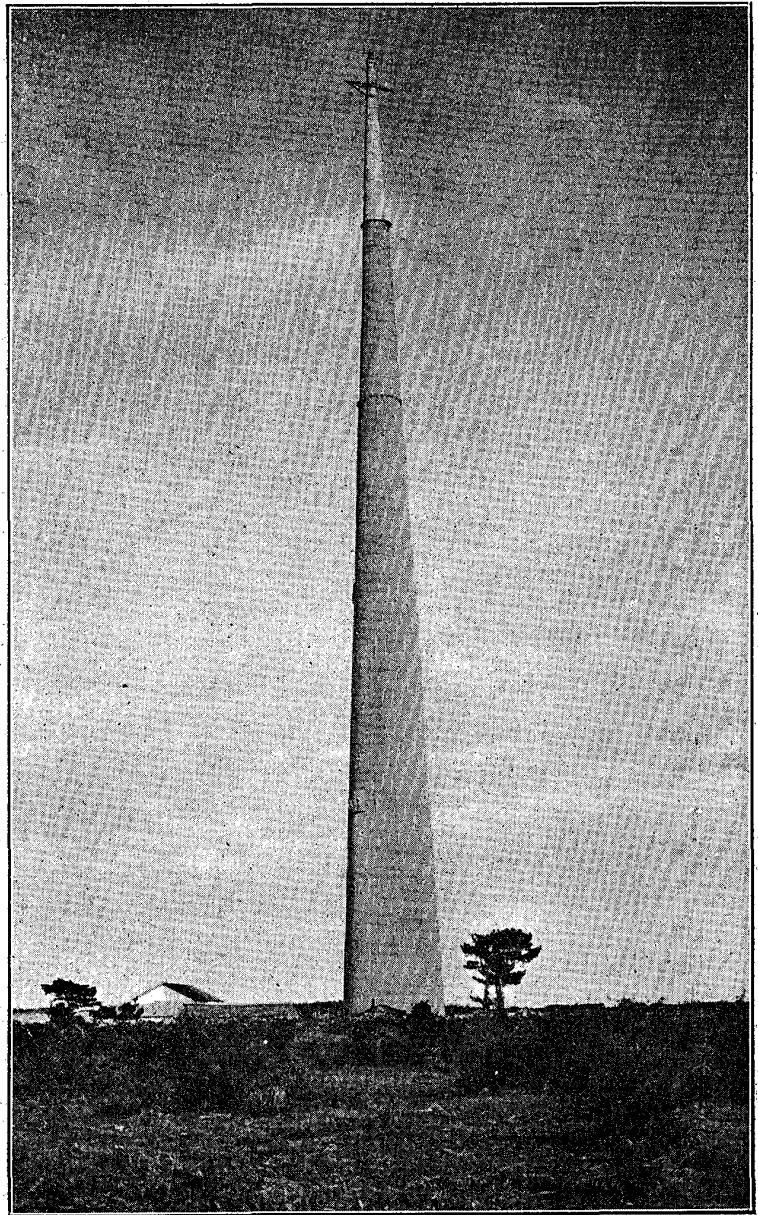
三〇 無線電信塔 今回遞信省ガ建設セラレタル福島縣磐城
 國原ノ町ノ無線電信塔ハ佐賀關大煙突ト同ジク鐵筋混凝土構
 造ナルモ高サハ更ニ高クシテ六百六十呎、即チ六百六十三尺
 八寸ニ達セリ、此ノ高塔ニ就キテ施行セル振動驗測ノ結果ヲ
 略述セントス。

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
七九 <small>噸</small>	二二五 <small>立方呎</small>	二、九三 <small>噸</small>	
塔筒	二九〇	五五〇	七、一六〇
計	三六九	七七五	一〇、〇九〇

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



第十二圖 原町無線電信塔(高六十六呎)

側面開口更ニ無シ」此ノ無線電信塔ノ受クベキ風壓ノ限度ハ根本ニテ每平方呎ニ六十封度トシ、高サ十呎ヲ加フル毎ニ一平方呎ニ付キ風壓一封度ヲ増シ、頂上ニ於テハ一平方呎ニ百二十六封度ノ風壓トナルノ設計ナリ。又全構造ガ地盤ニ及ボス壓力ノ最大限度ハ地面一平方呎ニ付四噸ニトナル。

三一 無線塔附近ノ地盤 無線電信塔建設地ハ低キ第三紀層ノ丘地ヲ流ガルル新田川ノ狹キ沖積層地盤ナリ、表面ハ深サ

「ミリメートル」ヲ限度ナリト假定スレバ格別ノ誤無カラシト考ヘラル。

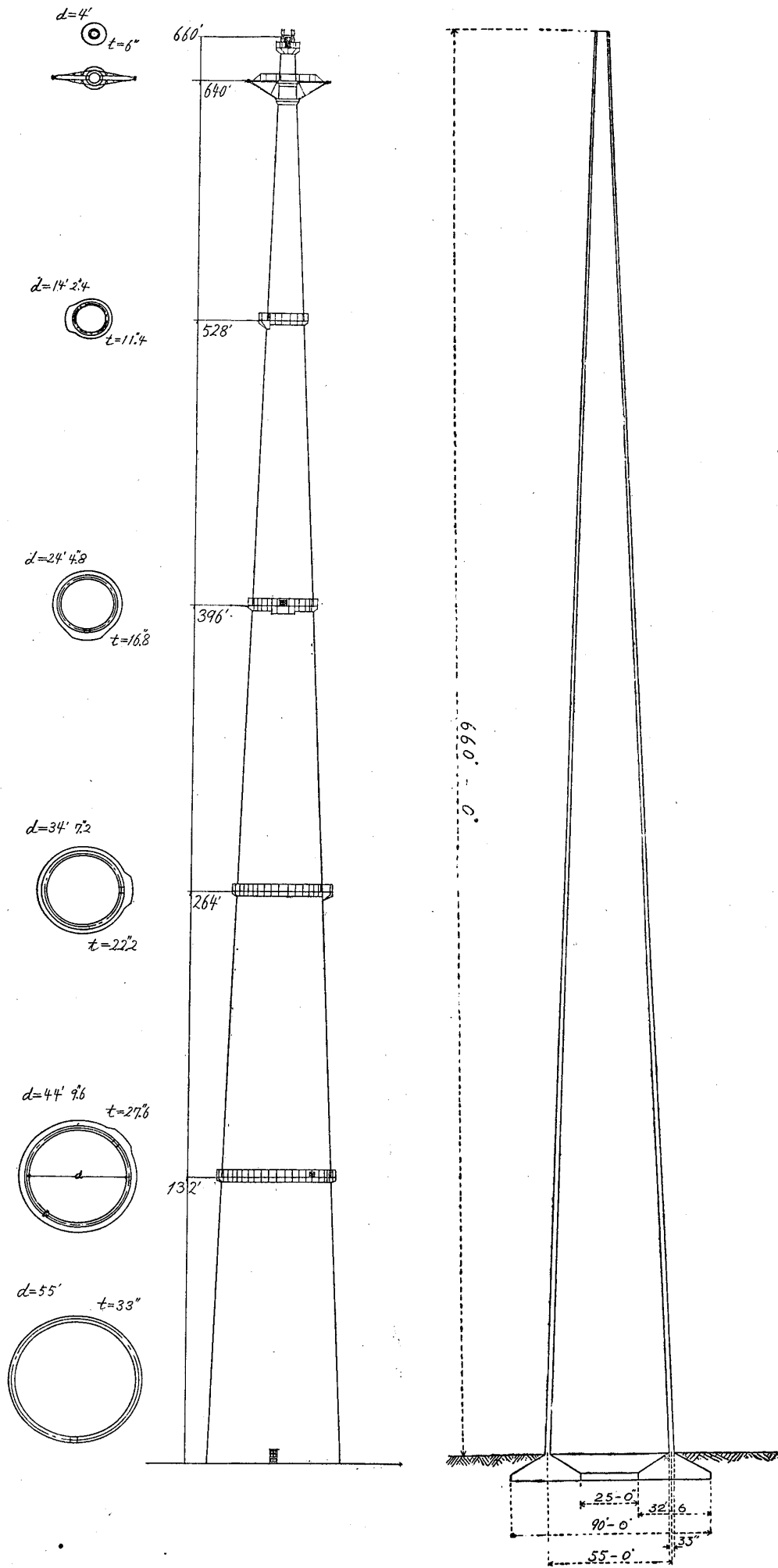
三二 振動測驗 無線電信塔建設中並ニ完成後ニ於テ風ノ爲メニ生ゼル振動ヲ大正九年中左ノ如ク五回ニ互リテ驗測セリ。

第一回、五月廿三日 二九〇呎 南東風、一秒ニ付五乃至十米

塔ノ高サ 風向 風速

四尺迄デ黑色土ニシテ、次ギノ深サ四尺ハ砂、其ヨリ下二尺ハ粘土、次ギテ十尺間ハ礫及砂ニシテ、此砂礫層ニ無線電信塔ノ基礎ヲ置ケルモノナルガ、諸種ノ地盤ガ皆ナ水平ニ成層ヲ示スハ大構造物ノ建築ニハ極メテ有利ナル事情ナリトス。強キ地震動ノ振動期ハ此ノ如キ地盤ニテハ蓋シ一・〇秒乃至一・二秒ナルベク、原ノ町附近ガ大地震地帯ニ屬スルニ非ラザルヲ以テ、無線塔所在地ニ於ケル將來ノ地震動ノ強サハ一秒ニ付キ約一千

第二十一圖 原ノ町無線電信塔(鐵筋混凝土)構造圖



第二回、七月十日 四一四 北東風、微 (小雨アリ)

第三回、八月二十日 五二二 南東風、稍強シ(小雨アリ)

第四回、九月廿日、廿日 六六〇 東風、稍強シ

第五回、十一月五日 六六〇 北東風、稍強シ

無線電信塔築造中モ外部ニ足場ノ設置無キヲ以テ塔上ヘノ昇降ハ塔内ノ卷上枠ニヨレリ、卷上枠木材ノ總容積ハ三千二百十六立方呎ニシテ重量ハ四十二噸トナリ無線電信塔筒總重量ノ百七十八分一ニ過ギザリキ」振動試験機ハ塔筒混凝土壁上ニ据ヘ付ケ、「ローラー」ニ卷ケル白紙上ニ赤色墨汁ヲ以テ兩直角水平動ヲ十乃至三十ノ倍率ヲ以テ自記セシムルノ裝置ハ從來試験ノ場合ト同様ナリ、而シテ風ガ直接ニ試験機ノ描針ヲ動搖セシメザルガ爲ニ適當ニ覆ヲ以テ試験機ヲ保護シタリ風速ハ塔上ニ据ヘ付ケタル「ロビンソン」風力計ニヨリテ讀ミ取ルコトトナシタリ」第二回實驗ニ際シテハ風力微ニシテ一秒ニ付キ四米ニ過ギズ、他ノ四回ニ於テモ風速ハ一秒ニ付キ十五乃至二十米ヲ以テ最高トナシ、前年佐賀關大煙突試験ノ際ノ如ク一秒間ニ付キ三十五米ノ暴風ニ會スルノ好機ヲ得ザリシハ遺憾ナリキ。第四回試験ハ無線電信柱ガ始メテ完成セルトキニ施行セルモノニシテ第五回試験ハ塔上ニ重量五千二百封度長サ三十八呎ナル菱形ノ鐵枠ヲ頂上ヨリ二十呎ノ邊ニ

取り付ケタル後ニ施行セルモノナリ」試験ニ關シテハ其ノ都度永山助教、工事監督官藤原技師兩君ヨリ幫助便益ヲ與ヘラレタリ、茲ニ明記シテ深謝ノ意ヲ表ス。

三三 試験ノ結果 次表ニ試験ノ結果ヲ示ス。塔高二百九十呎ノトキハ振動微小ニシテ事實上、基礎ト同一構造物ナルヤノ觀アリ、振動ノ顯著トナレルハ塔高ガ五百呎ニ達セル頃ヲ始メトス、塔ガ始メテ完成セルトキノ振動ハ六・九「ミリメートル」ナリシガ、頂部ニ鐵枠ヲ附セル後ハ一〇・三「ミリメートル」ニ増セルハ風力ヲ受ケ易クナリシ爲ナランカ」塔ノ振動期ハ高サ二百九十呎ノトキ〇・七二秒ナリシガ六百六十呎ヲ

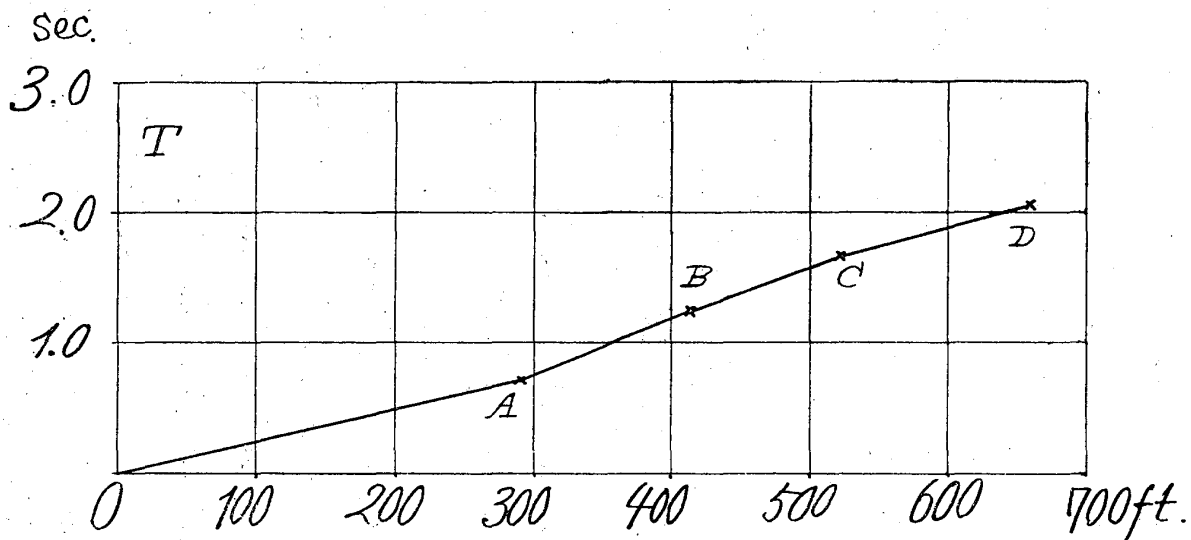
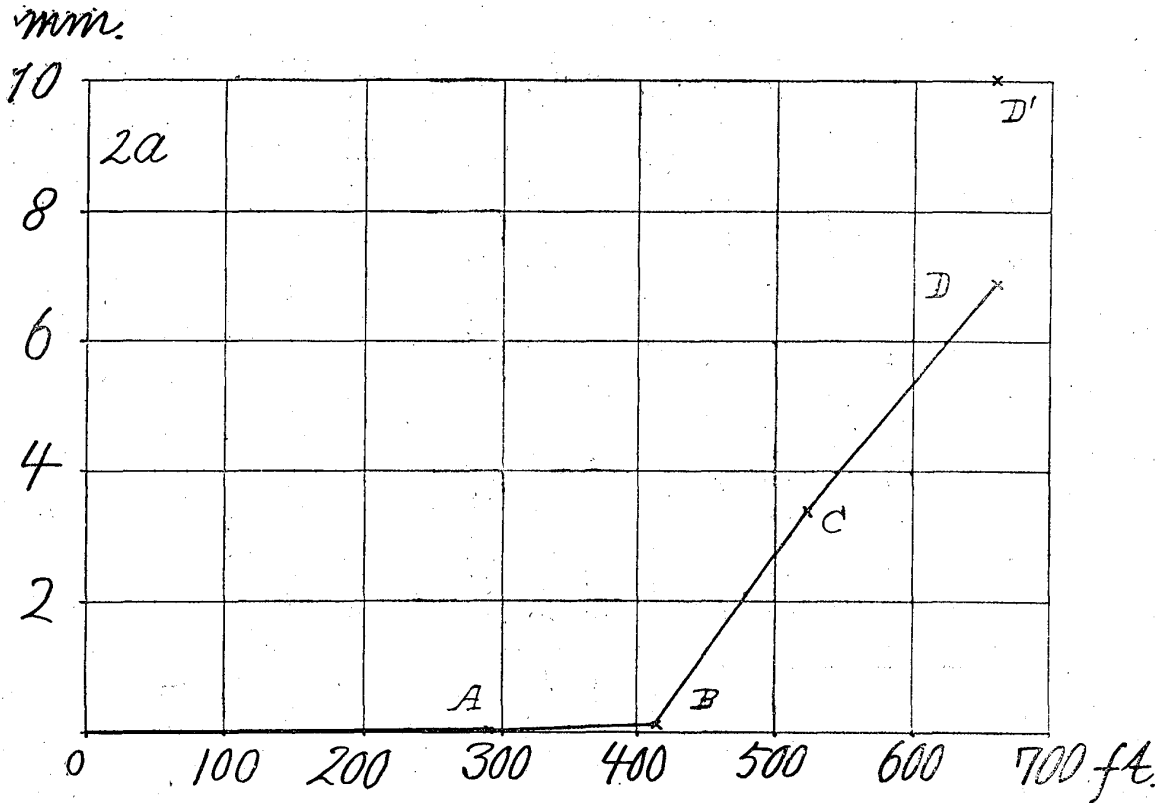
試験番號	塔ノ高サ	風速		無線電信塔ノ振動	
		(一秒ニ付キ)	(一秒ニ付キ)	往復振動期(T)	最大實動
一	二九〇 _呎	一〇・五 _米	〇・七二 _秒	〇・〇三 _{ミリメートル}	〇・〇三
二	四一四	四・〇	一・二五	〇・一一	〇・一一
三	五二二	二〇・〇	一・六七	三・四三	三・四三
四	六六〇	一五・〇	二・〇七	六・九〇	六・九〇
五	六六〇	一五・四	二・二二	一〇・三〇	一〇・三〇

完成セルトキハ二・〇七秒トナリ、頂部ニ鐵枠ヲ附セル爲メ増シテ二・二二秒トナレリ、爾後「アンテナ」裝置ヲ完成セルニ及

第廿二圖 原ノ町無線電信塔ノ高サト振動ノ大サ(2a)及ビ

振動期(T)トノ關係

A,B,C,D,D'...第一乃至第五回驗測ニ相當ス



ビテハ振動期ハ更ニ少コシク増大セシナランカト考ヘラル。要スルニ此ノ無線電信柱ハ「高柱」ノ部類ニ屬スルモノト見做シ得ベキガ如シ。

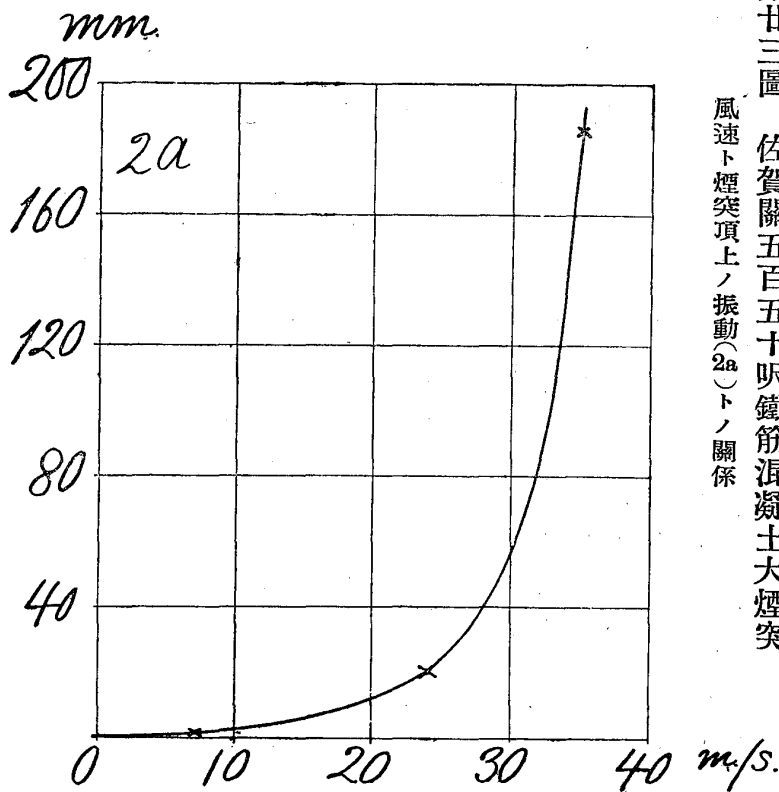
高塔ノ主要振動ノ方向ガ風向ト直角タルノ事實ハ既ニ佐賀關大煙突驗測ノ場合ニ認メタル所ナルガ今回大正九年九月二十八日驗測ニ際シ無線電信塔ガ同一ノ關係ヲ示スヲ認メタリ、即チ同日ノ風ハ殆ド東風ナリシニ、南北動ハ常ニ著大ニシテ六・九「ミリメートル」ニ及ビタルガ、東西動ハ最大動一・九「ミリメートル」ニ過ギズシテ、南北動ヨリモ遙ニ少ナリキ、此ノ如ク風向トハ直角ニ高塔ガ多ク振動スルハ實際ニ於テ屢々目撃スル所ニシテ、例ヘバ幟ハ強風ニ際シテ横ニ振動スベク又流水中ニ竹ヲ樹ツレバ竹ハ流水トハ直角ニ左右動ヲ呈スルヲ常トス。長岡博士ハ流體力學的ニ此ノ現象ノ解説ヲ試ミラレタル所アリ(大正八年十月日本數學物理學會記事)。

三四 佐賀關大煙突トノ比較 佐賀關久原大煙突ノ高サハ五百五十呎ニシテ直徑ハ根本ニテ四十二呎八吋、頂上ニテ二十七呎五吋アリ、風速ガ頂上ニテ一秒ニ付キ一・〇乃至六・九米ナリシトキハ、頂部ノ最大振動ハ〇・二三乃至〇・七二「ミリメートル」ナリシガ風速ガ一秒ニ付キ二十四米ノトキハ頂部ノ振動ハ増シテ二〇・四「ミリメートル」トナリ、風速ガ一秒ニ

付キ三十五米トナリテハ最大振動ハ百八十六「ミリメートル」トナレリ。原ノ町無線塔ノ振動ハ一秒ニ付キ三十乃至四十米

第廿三圖 佐賀關五百五十呎鐵筋混凝土大煙突

風速ト煙突頂上ノ振動(2a)トノ關係



ナル風速ニ對シテハ四分ノ三呎乃至一呎ニ達スルニ至ランカト推セラル。

三五 柱體ノ耐震力 柱狀物體ノ高サヲHトシ、其ノ重心點ノ高サヲYトスレバ、次ノ關係アリ。

(1) $y_0 = \frac{1}{2} \times H \dots$ 圓柱及ビ「プリズム」ノ場合

(2) $y_0 = \frac{1}{4} \times H \dots$ 圓錐形ノ實柱及ビ中空柱

(3) $y_0 = \frac{1}{6} \times H \dots$ 截面方形若シクハ圓ニシテ等一耐震力ヲ有スル拋物線狀ノ柱體

普通煉瓦造リ煙突ニ於テハ重心點ハ殆ド精密ニ總高サ三分ノ一ニ當ル、例之バ御料局王子製造所百尺ノ煙突ノ重心點ハ地上三十三尺九寸ニアリテ全高ノ三分ノ一ニ甚ダ近カク、又九州製鐵所八十米ノ煉瓦大煙突(最初ノ設計ノママトシ)ノ重心點ハ地上二十六・八米ニアリテ全ク總高三分一ニ相當ス、即チ重心點ノ高サニ關シテハ普通ノ煉瓦煙突ハ(1)圓柱「プリズム」ト(2)圓錐柱トノ中間ニアルコトトナル「原ノ町ノ無線電信塔ノ容積(V)及ビ重心點ノ高サハ次ノ如シ。

$$V = H \times 18 \times 230 \times 2\pi \text{ 立方呎} = 119,000 \text{ 立方呎}$$

$$y_0 = H \times \frac{261}{4 \times 230} = 187 \text{ 呎} = \frac{1}{3.5} \times H \text{ (總數)}$$

即チ重心點ノ高サニ就キテハ、原ノ町無線電信塔ハ圓錐ト普通煉瓦煙突トノ中間ニ位スルモノトス。佐賀關五百五十呎鐵筋混凝土大煙突ノ重心點ハ地上百九十四・二呎ノ高サニアリテ總高ノ約 $\frac{1}{2.8}$ ニ當ル、其ノ總容積ハ 73,652 立方呎ナリ。

柱體ノ安定率 [H=柱體ノ總高]

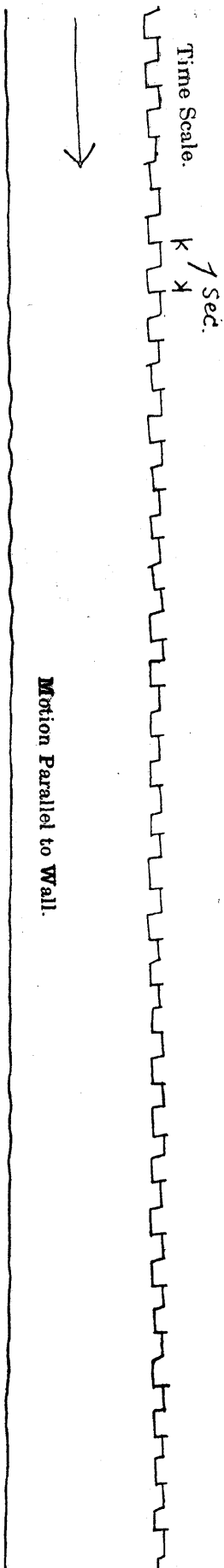
物 體	重心點ノ高サ	衝動中心點ノ高サ	地震ニ對スル安定度
圓柱及ビ「プリズム」 (則チ等一截面ノ柱體)	$\frac{1}{2} \times H$	$\frac{2}{3} \times H$	$\infty \frac{1}{H^2}$
圓錐	$\frac{1}{4} \times H$	$\frac{2}{5} \times H$	$\infty \frac{1}{H}$
拋物線形垂直截面ヲ有スル等一耐震力ノ柱體	$\frac{1}{6} \times H$	$\frac{2}{7} \times H$	不變
王子製造所百尺煉瓦煙突	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{3} \times H \\ = 33.9 \text{ 呎} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{54.4}{100} \times H \\ = 54.4 \text{ 呎} \end{array} \right.$	—
九州製鐵所八十米煉瓦煙突	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{3} \times H \\ = 26.8^* \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{53.3}{100} \times H \\ = 42.6^* \end{array} \right.$	—
九州佐賀關550呎大煙突	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2.8} \times H \\ = 194.2 \text{ 呎} \end{array} \right.$		
原ノ町660呎無線電信塔	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{3.5} \times H \\ = 187 \text{ 呎} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2.24} \times H \\ = 295 \text{ 呎} \end{array} \right.$	

「短柱」ト地震動挫折力トノ關係ヲ述ベンニ、圓柱及ビ「プリズム」ノ耐震力ハ高サノ自乗ニ反比例ス、即チ根本ニ於テ最モ弱キモノナリ。圓錐柱モ同ジク根本ニ於テ弱キモ、其ノ耐震力ハ單ニ高サニ反比例スルコトトナル、而シテ等一耐震的拋

原ノ町六百六十呎鐵筋混凝土無線電信塔ノ振動

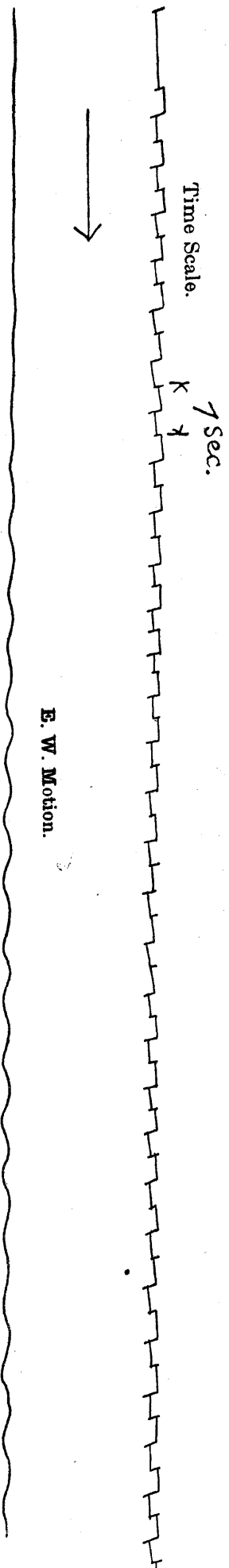
風ノ爲ニ生セル振動 (實動ノ三十倍)

第二十四圖 塔ノ高サニ290呎 大正九年五月二十三日藤測



Motion Parallel to Wall.

第二十五圖 塔ノ高サニ414呎 (大正九年七月十日藤測)



Motion Normal to Wall.

N. S. Motion.



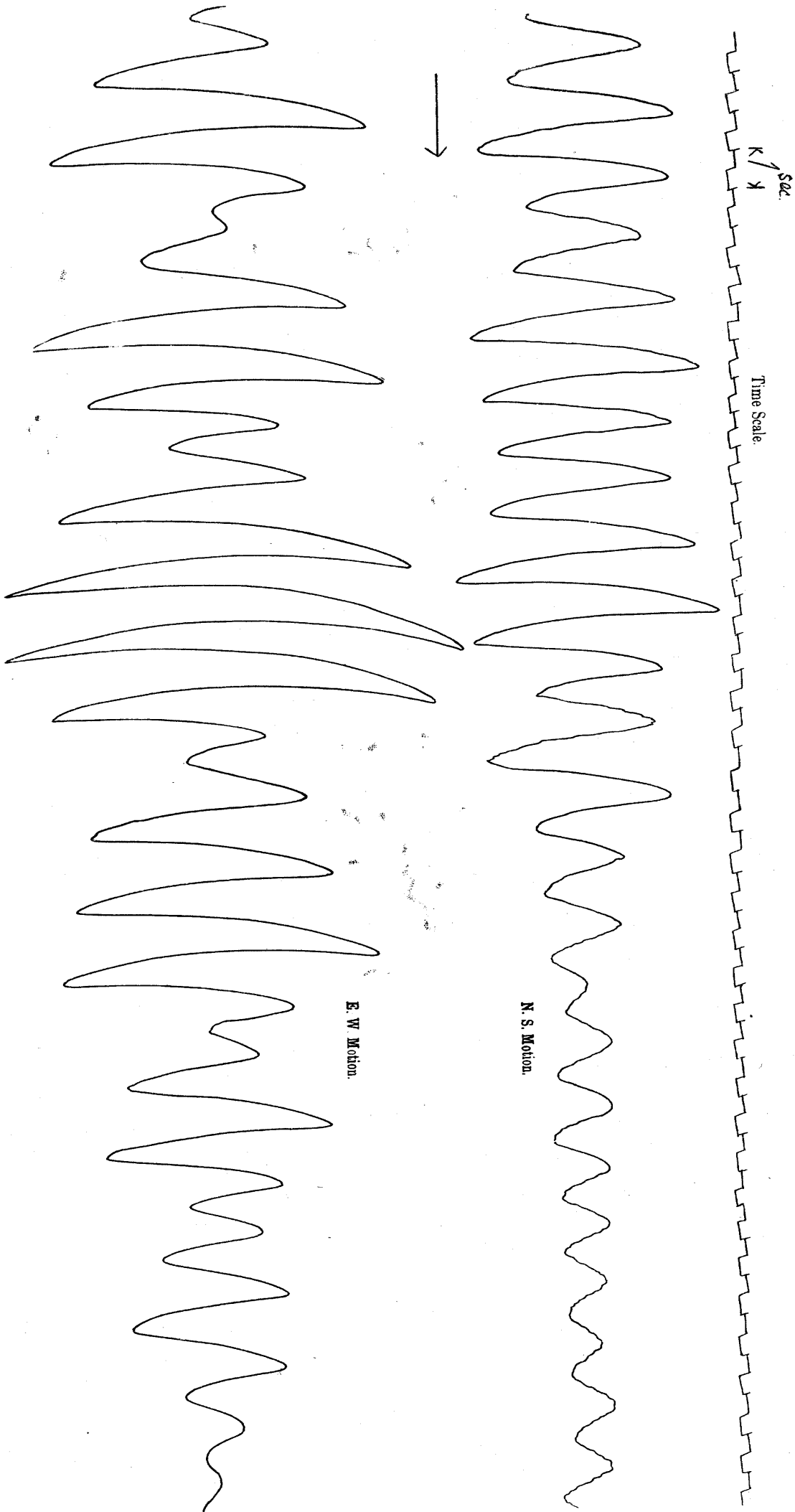
第二十六圖 原ノ町六百六十呎鐵筋混凝土無線電信塔ノ振動

實測ノ三十倍

風ノ震ニ生ゼル振動

塔ノ高サニ522呎

大正九年八月二十日錄測



第二十七圖 原ノ町六百六十呎鐵筋混凝土無線電信塔ノ振動

實測ノ十五倍

風ノ爲ニ生ゼル振動

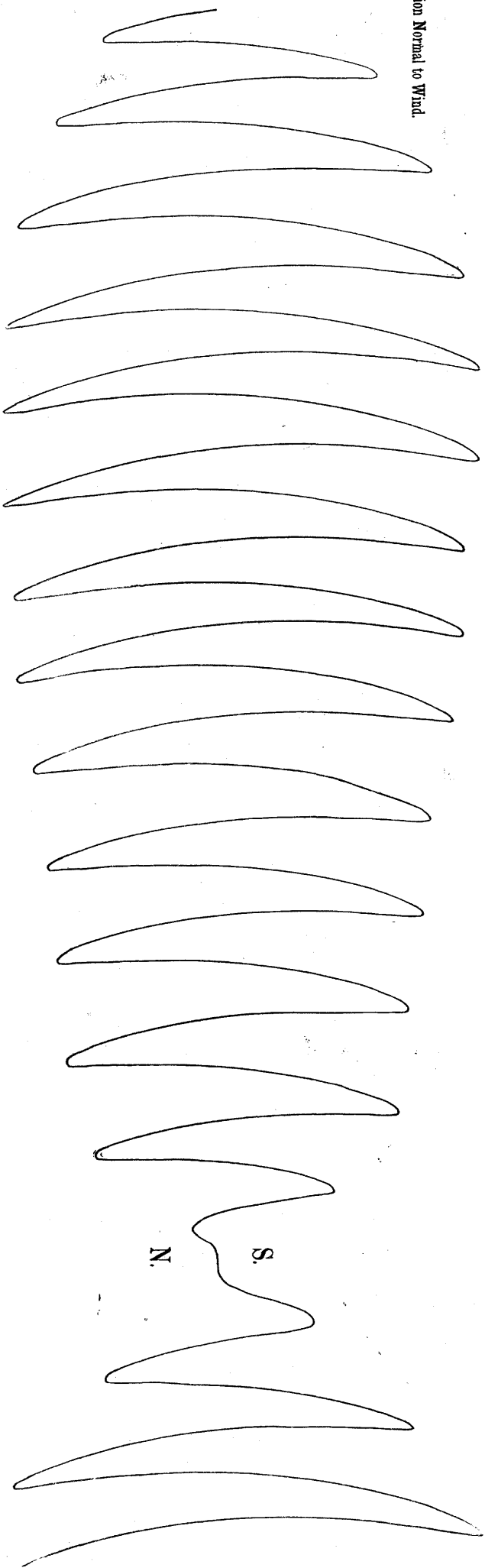
塔ノ高サニ660呎

大正九年九月廿八日發測



Motion Parallel to Wind.

W.
E.



物線形ノ耐震力ハ高サニ關セザルモノトス。又タ振動期ノ長キ「高柱」ハ地面ニ對スル其ノ衝動中心點ノ高サ(hトス)ノ附近ニ於テ震害ヲ蒙ルモノニシテ、次ノ關係アリ。

$$(イ) \quad h = \frac{2}{3} \times H \dots \dots \text{等一截面ノ柱體}$$

$$(ロ) \quad h = \frac{2}{5} \times H \dots \dots \text{圓錐柱}$$

$$(ハ) \quad h = \frac{2}{7} \times H \dots \dots \text{拋物線形等一耐震的柱體}$$

普通ノ煉瓦煙突ニ就キテハ

$$h = \frac{53}{100} \times H = \frac{2}{4} \times H$$

ニシテ、原ノ町無線電信塔ノ場合ニハ

$$h = \frac{1}{2.24} \times H = 295 \text{mm} = \frac{2}{4.5} \times H$$

トナル無線電信塔ハ蓋シ地上約三百呎ノ高サヲ以テ地震ニ對シ最大ノ破壞力ヲ受クル個所トスベキモノナラント思ハル、而シテ此ノ高サハ塔ノ振動ガ比較的増大セル個所ヲ示スモノナリ。

第九章 五重塔ノ振動

三六、五重塔 建築及ビ土木ノ諸種構造物ニ就キテ其ノ振動ヲ研究スルハ震害豫防上要用ナル調査事項ナリ、爰ニハ五重

塔振動驗測ノ結果ヲ記述スベシ。法隆寺、東寺、上野東照宮、池上本門寺、日光及ビ淺草等六個ノ五重塔ヲ調査セリ、各五重塔建築ノ年代ハ左ノ如シ。

法隆寺 推古天皇十五年

東寺五重大塔 寬永十八年徳川家光公再建、元祿五年

大塔真柱一尺三寸切リ下グ

上野東照宮五重塔 寬永十六年再建、大正七年大修繕

池上本門寺五重塔 慶長十三年建築、元祿十五年移築

日光 五重塔 文政年中再建、大正七年大修繕

淺草 五重塔 元祿五年再建、明治十九年修繕

第二十八圖 日光五重塔式圖

