

合理的研究になる鐵塔鐵柱の基礎に就て

一般送電線路の建設費を劃時代的に降下せしむる

青年技師白石氏の大發明

【其の一】 ケーシング式塊狀基礎

は し が き

送電線路の建設は近來電氣事業の發展につれて非常な激増を來したが、こは將來に於て尙一層の盛況を來すものであらう。

而して是等線路は一般に亘長が大で工事地域も多くは交通不便の處だから、其建設費は非常に高額を要する。最近の例では十五萬ヴォルト二回線の建設費が一哩當八萬圓乃至十一萬圓も掛つてゐる、従つて事業當事者は常に其費額の大なるに驚き且苦しむのである。

線路の建設費は之を次の三つに分ち得る。乃ち

- (イ) 線條費(電線、地線、碍子等の費用)
- (ロ) 支持物費(鐵塔、鐵柱等の地上部分の費用)
- (ハ) 基礎費(支持物の地下部分の費用)

であるが、此の三者の割合は大體に於て各々同額で、通例各一項が全建設費の三分の一位になる。

建設費の節約に關しては在來から多くの人によりて色々な研究や考察が進められた。即ち(イ)に就ては電線や碍子の製造會社自身が率先して研究改良を加へ、一方學者技術家等も之を應援したので人變經濟的になつた。(ロ)に就ては鐵塔鐵柱の設計者、製造會社等

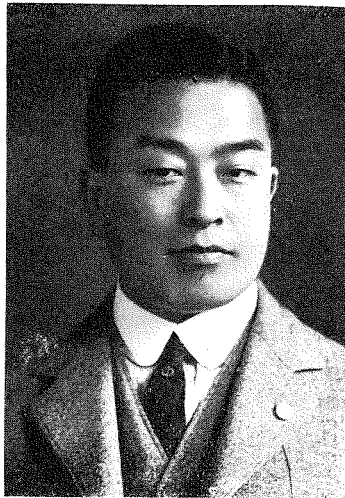
で銳意研究せる外、近くは逓信省主催の下に全國官民の權威者からなる「鐵塔鐵柱標準規格調査會」なきが出来て専ら研究改良を加へたので、此方も大變經濟的になつた。

残るは(ハ)であるが、是は其の主體が常に地中に埋没されその施工も何等人目を曳かないので、當事者の注意を惹く事が誠に尠かつた。且つ今迄は線條や支持物等の費用が格段に大であつたから、専ら夫等の研究のみを念さして地下の基礎部には何等研究考察の手が着いてない。従つて十年一日何等目新しき改良もなく只徒らに高額の費用をかけて居つたのである。

この時に當りて吾人は突如非常な福音に接した。それは是等基礎が其所要材料に於て在來の約五分の一、

工期に於て同二分の一乃至三分の一で出來、然も其の工費がやはり在來の二分の一乃至三分の一で出來る云ふ新様式の基礎が出現した事である。

この新様式の基礎は目下東京電燈株式會社に在職中の白石信親技師によつて研究發明せられたのである。氏は明治四十四年以來鐵塔鐵柱基礎等の設計、製作、施工等に携さはり、其間それ等の強度を試験せる事無慮百數十回



(I) 發明者 白石 信親氏
(I) Mr. Nobuchika Shiraiishi,
Inventor.

に達し、拾有六年の長歳月を徹頭徹尾鐵塔と鐵柱と夫等の基礎の研究と實地施行とに費した偉大なる實際的研究家である。

夫等實地生きた例を通しての研究考察の結果、最近鐵塔と鐵柱の基礎に就き全く劃時代的の發明をなし、本邦政府の專賣特許三件を得られた。(尙外に出願中のもの二件あり。)

本號に發表紹介せんとするものは其の内の一つで鐵塔の基礎に關するものである。

工事畫報は此の基礎様式が一日も早く我國の一般送電線路に實施せられん事を國家の爲めに切望するものである。

鐵塔基礎の役目

鐵塔の基礎は一般に如何なる役目をなさねばならぬか——これを闡明する事が基礎全般に渡りて最も重要である。

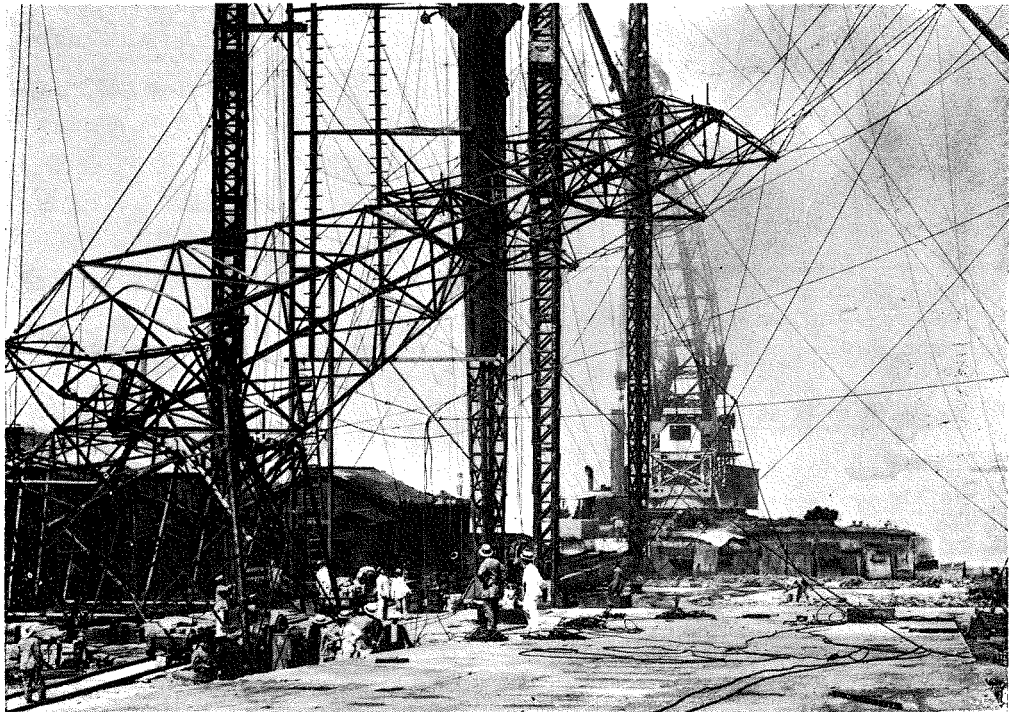
鐵塔の基礎部には第三圖に示す如く一般に之を横に押し動かさんとする力 F と上に曳きあげんとする力 T と下に壓し下けんとする力 C が働く、而してそは研究の結果大約 1:7:10 の比率にあるを知る。

従つて基礎はこの三つの力に安全に耐え得る事が第一の要件である。

次は各力に對して過不及のない様な構造とする事が肝要である。

第三は其施工がなるべく簡單である事である。

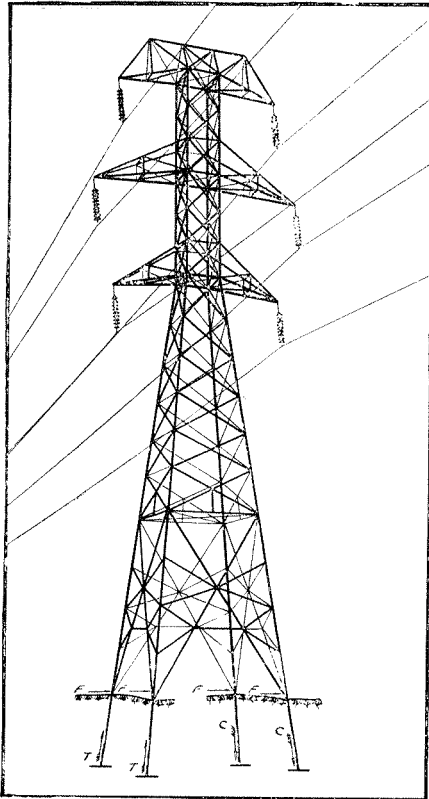
寫眞は鐵塔破壊試験の一例を示すもので、是等試験は既に百餘回も實行された、每一回の試験費も建設、破壊、取除き等に約三千圓を費したもので、物質的にも貴重な試験である。



(2) 鐵塔破壊試験の光景(於神戸三菱造船所)

(2) View of Break Down Test on Steel Tower.

第四は耐久度の至極大なる事である。
 第五は材料や施工費が小なる事である。
 乃ち上の諸條件を充し得るものが鐵塔の基礎として最も理想的のものであるである。



(3) 鐵塔の基礎部に働く力
 (3) Forces acting at Foot of Steel Tower.

基礎の様式と強度

鐵塔基礎として在來廣く使用されたのは、
 (一) 混凝土基礎と(二) 土壤基礎の二つであつて、その一般的形狀は第四圖に示す様なものである。

此中(一)は全體が石塔狀の混凝土から成り其中央に基礎金物を埋めてある。これは強度と耐久力が大なる事が特點であるが、一方施工に手間がかかるのこ、工費の大なる事が缺點である。なほ此基礎は既記のF. T. C.に對

して、Tに丁度よい時にFには過大となり、Cには若干不足すると言ふ様な傾向もある。

(二)は金物を格子形に組み其上下を割栗石で詰め堅め、中央部に塔脚を連結したものである。この式による(一)の場合より若干工費と手間が省ける言ふ利益はあるが、金物を全部地中に埋めてあるので早晩腐れる事を豫期せねばならぬ。従つて(二)は一般的に使用せずに、多くは(一)が築造し難い様な處に仕方なしに用ふる言ふ種類のものである。なほ是はTに丁度よい時にもF, Cには大分不足するものである。

(一)と(二)とは在來廣く使用されてはゐるが鐵塔の基礎としては未だ理想的のものでない事が斷定される。

是等の點に鑑みて白石技師の多年の研究から生れたのが、今回特許の一つとなつたケーシング式塊狀基礎である。

これは圖中(三)の如き形狀をなすもので、極く薄き鐵鈹製のケースの内部に少量の混凝土を注入して作るものである。

この式による同一強度を得る場合に(一)に比較せば混凝土材料はその $\frac{1}{6}$ 乃至 $\frac{1}{6}$ ですむ、また工期は $\frac{1}{6}$ ですむ、従つて全體の工費は優に(一)の $\frac{1}{2}$ 以下で足りるのである。

又(二)に比較せば工期工費共、優に $\frac{1}{2}$ で出来る、尙この(三)基礎は其主體が全部混凝土であるから耐久力は無限である。(外壁のケースは混凝土が硬まれば早や用済のものである。)

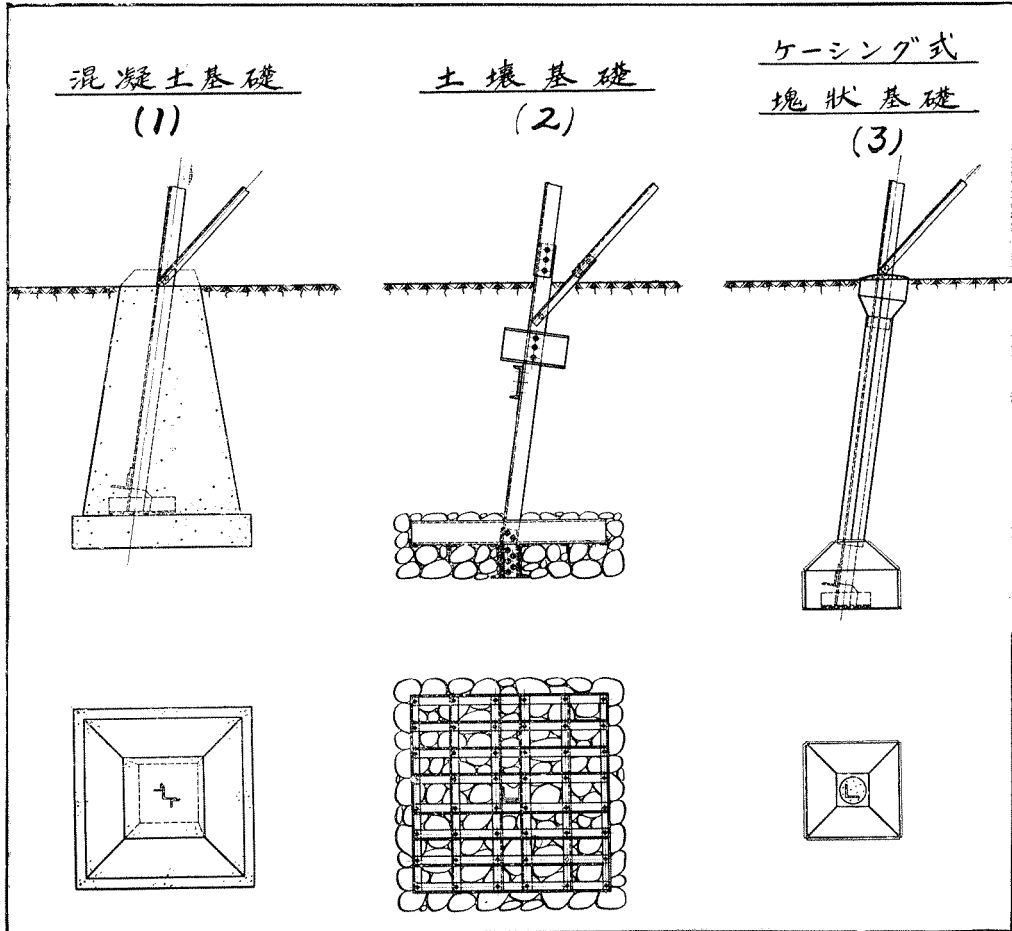
斯様なわけで、此ケーシング式塊狀基礎は大體次の特長を有する。乃ち

- (1) F. T. C. の三力に過不及なく對抗する。
- (2) 耐久度無限。
- (3) 工事が非常に簡單。
- (4) 材料が多分に節約される。
- (5) 工期を極度に短縮する。
- (6) 建設費が在來のものより非常に安い。

と言ふ事である。

(4) 鐵塔の基礎圖。同一強度を得る爲めに要する各種基礎の様式を同一尺度にて示す。

(4) Typical Forms of Foundations for Steel Towers.



供試體の構造

ケーシング式塊狀基礎が鐵塔基礎として殆ど理想的だと言ふ事は上記の通りであるが、果してそれが實際にさうかは茲に精確なる實驗にまたねばならぬ。その意味に於て大正十四年二月から四月まで東京石川島造船所構内で大々的の實地試験が行はれた。今それ等の詳細を下に紹介する。

試験に供せし基礎體の形狀寸法は第五圖の通りである。是れは都合三つよりなり、内第一號は土壤基礎であつて、在來最も工費が小

ださせられたものである。第二號、第三號は特許ケーシング式の塊狀基礎である。是等三供試體は實際の150,000 ヴォルト送電線路位に使用する基礎を標準とし、その各個の抵抗力が皆、同一の上曳力に耐ふるを目的として發明者の白石技師が設計したものである。そして實驗の結果は豫想の通りであつた。

圖中「掘鑿面」にあるは各供試體を埋め込む穴の掘り方を示したのである。即第一號、第二號は底面から三十度の法に掘り、第三號は直に掘つた。二號と三號は中味は同じで、只穴の掘り方をかへた。之は掘り方の如何によ

りて基礎の抵抗力が違ふか否かを見んためである。(試験の結果は同一であつた。)

第一號、第二號、第三號供試體の材料、施工費等の一切の建造費は當時の物價によるもの凡そ100:62:48であつた。供試體のケースは底部を四角にせず丸くして見た(丸が四角より一般に強度小)、即ち斯様なものを拵へて次の様な試験をせんとするのである。

強度の試験

各供試體に關してはその本試験に先ちて、まづ次のやうな事を調べた。

第一は土の重さを測つた事である、これは一立方呎の鐵製の柵を以つて出來得る限り精確に調べた。その結果は各供試體の埋設箇所共略同一で、一立方呎當一百封度なるを知つた。

次は各掘鑿穴底に就て地盤の耐壓力を測つ

た、それは底面一平方呎に對し三英噸の重量を載せて、十八時間放置せる後の地盤の沈下を見た。測定の結果は三ヶ所共略同一で、上記時間内の沈下は約二吋であつた。

是等の後に供試體を埋設したのであるが、實際の埋戻しは供試體を穴内に入れ、其周圍に元の掘鑿土全部を入れて表面が在來の地表と同位になる迄たゞきつめた。尙この際、空のケースが凹むや否やを試して見たが、何等の損傷も起さなかつた。

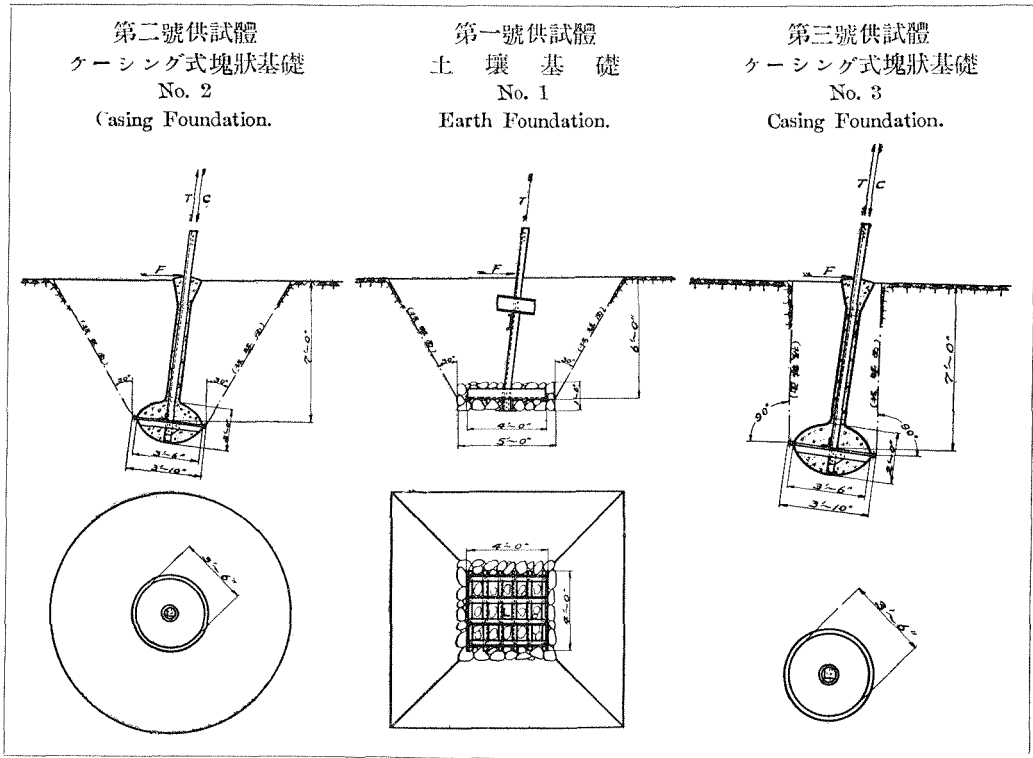
次はケース内への混凝土練込である、之はケースを埋込んだ後に地表から其の上口に注ぎ入れたが、結果は良好であつた。

以上の事を終へてから約一ヶ月間供試體は其儘にしておいた。これは混凝土や埋戻土壌が相當固まるのを待つためである。

供試體の本試験は次の様にした。まづFの力を加ふる事とした、これは 1000#, 2000#,

(5) 供試體の構造圖

(5) Details of Foundations for Test.



3000#, 4000#, 5000#, こ五回に分ちて加へ、その都度の水平偏倚を精測した。試験の結果は第二號、第三號の塊狀基礎は非常によかつたが、第一號の土壤基礎は豫想の通り甚だ悪かつた。

次は各供試體に上曳力のTを加へて其浮上る度合を精測した。この場合の力は 5000# 10000# 15000# …… こ各 5000# 宛を遞加した。試験の結果は最初に白石技師が豫想せし通り三供試體共其抵抗度は同一であつた。

第二號及び第三號の供試體には、以上の試験の外に、前同様5000#10000# …… こ5000#宛遞加して、下壓力のCを加へてその沈下度を精測した。試験の結果は二者共（第二號第三號）豫想以上の好成績であつた。

尙第二號供試體の下壓試験はケーシングを全部除去したものに就て行つた。

斯様な具合にして、一般鐵塔基礎としての役目に就き、色々な方面から出來得る限り詳細な試験が行はれた。而して夫等各試験時の模様は寫眞に示す通りである。

結 論

上記の様にして、一般鐵塔基礎としての役目につき諸種の方面から出來るだけの精確さを以て色々な試験をやつて見た。

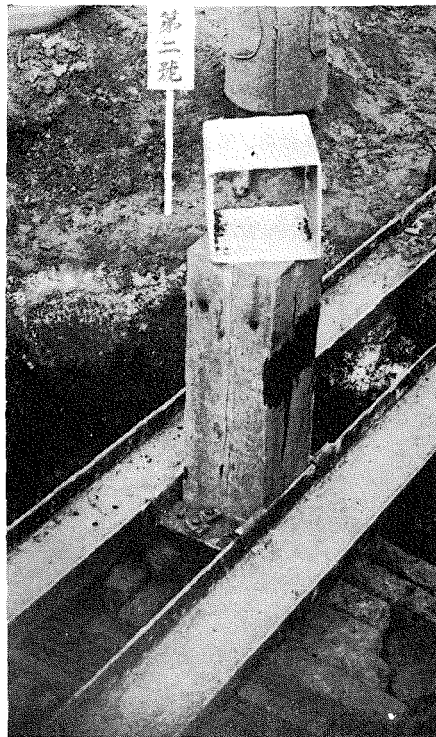
本試験中は發明者白石技師の外、東京電燈會社よりは野村工務部長、太刀川研究所長、井上建設部長、吉見電氣課長、奥村土木科長其の他多數の技術家が參與した。尙、遞信省よりは野口技師、高橋技師、外數名。鐵道省よりは戸原技師、沼田技師、外數名。石川島造船所よりは佐伯設計部長、鍵和田造機部長、外十數名。大同電力會社よりは越野技師外數

名。東京電力會社よりは齋藤技師外數名さいふ様に各方面の技術關係者が多數、試験の初めより終り迄を詳細に參觀した。試験の結果はすべての點よりして、塊狀基礎が豫想に違はず非常に優秀なる事を確めた。

夫等の結果、東京電燈會社は會社の最重要送電線路たる猪苗代東京間の154,000 ヴォルト二回線、140 哩の新設工事全般に涉りてこのケーシング式塊狀基礎を採用した。

そして在來の同種線路に對する基礎費の約三分の一で凡てを完成した。一方また工事期間も在來より非常に短縮したのである。

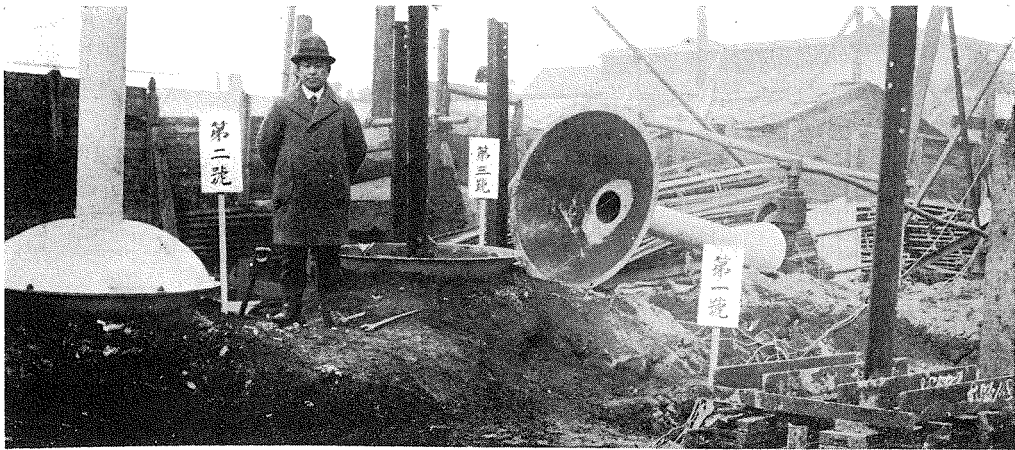
かくの如く、本基礎の効果は理論、實驗、實地共多大の確實性を以て裏書された。従つて今後一般送電線路の工事に本基礎が廣く採用され、以て多大の建設費節約の實を擧げんことを、國家的の見地より記者は深く期待するものである。



(6) Testing Apparatus for Bearing Power of Earth.

(6) 寫眞は供試體施工箇所の地耐力の測定模様なり。

本測定は初め地盤を地表より六呎乃至七呎各供試體底面迄の深さに掘下げ、茲に斷面一平方呎の角柱を建てる其上に既知重量の小鐵塊を積載して地盤の沈下を調ぶる事とせり中央にあるは上記角柱、其の兩側にあるは角柱の振れ止め兼足場用材にして、其の下に位せる小鐵塊が試験用の荷重なり、而して此の荷重は豫て角柱の中途に取付けたる臺板上に載せられたるものにて、其の目方は直に角柱下端より地盤上に其の儘作用するものなり。試験の結果によれば各施工箇所とも一平方呎當り三英噸を積載して拾八時間放置せる時の地盤の沈下は平均二吋を示せり。



(7) 各供試體用金物を示す。第一號は土壤基礎用、第二號、第三號は塊狀基礎用にして夫等の重量は實秤の結果下の如くなり居れり。

第一號 土壤基礎用 570封度 第二號及第三號 塊狀基礎用 各240封度

(7) Foundations Nos. 1, 2, and 3, all before Burried.

(8) 寫眞は第三號塊狀基礎の混凝土練り込みの光景。初め塊狀基礎は第二號、第三號共外壁のケースを空虚の儘掘鑿孔内に入れ、周圍より埋土をなせし場合に該金物が凹むや否やを檢せり。

施工の結果によれば埋土約五寸毎に充分の搗き堅めを加へしも金物には何等の損傷を與へざりき。次に本施工個所にてはケースの埋設後一夜にて深き約二尺の湧水ありき而して本圖は夫等湧水を汲み出す事なく其の儘混凝土を注入せる場合なり。尙混凝土は普通のショベルを以てケースの上端より練り込みしが、其の結果は甚だ良好なりき

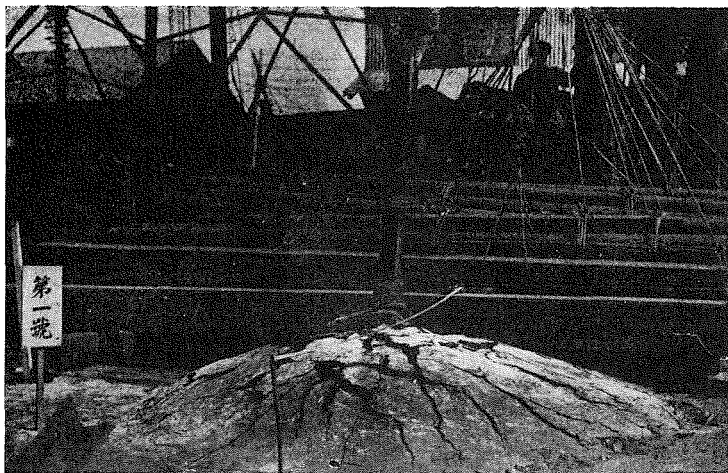
(8) Placing the Concrete in the Casing.



(9) 各供試體に上曳力を加ふる場合の荷重を示す。

本試験中、各供試體に作用せしめし上曳力は皆五千封度宛の階程を以て増加せり。右は豫て精確に秤量し置ける鋼鐵材を以て一束を五千封度宛に作り置き、夫等の各群を順次に遞加作用せしむる事とせり。

(9) Weights used for Test.



(10) 第一號供試體(土壤基礎)を引抜きし所。本供試體は地表下六呎の處に廣き四呎角の鐵格子を埋め其の周圍を厚き一呎六吋だけ割栗石を以て詰め堅めたり。

供試體には五千封度、一萬封度、一萬五千封度……と各回に五千封度づつ増せる上曳力を加へ其の都度の浮上り(供試體の地上に抜け上る高さ)を檢せり。寫眞は供試體が六萬封度の上曳力を受けし光景にして此の際の地表の裂罅は半徑約六呎の圓周内に起れり。

(10) Pulled up the Foundation No. 1.

(11) 第三號供試體(塊狀基礎)に六萬七千封度の下壓力を加へし所。

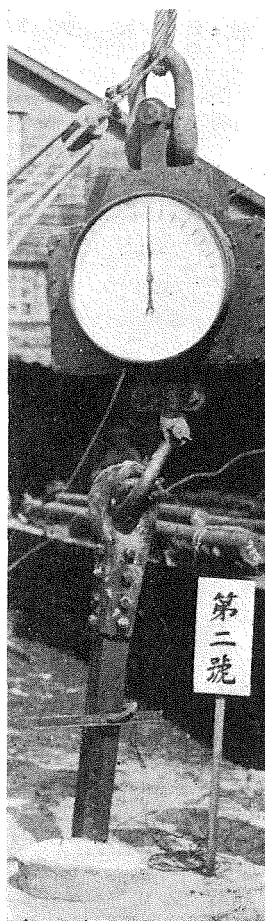
供試體には最初五千封度の下壓力を加へ次に一萬封度、一萬五千封度……と遞加し最後に六萬七千封度に達せしめたり、此の場合に供試體の底面每一平方呎當の壓力は約三英噸となれり、實驗の結果によれば上記六萬七千封度を積載して十二時間放置せるに供試體の沈下は僅々一時四分の一弱にて、一方基礎體自身には何等の損傷も生ぜざりき。



(11) Compressed the Foundation No. 3, with a Load of 67,000 lbs.

(12) 第二號供試體(塊狀基礎)の上曳試験を開始せんとする所、本供試體は地表下七呎の處に直徑約三呎半厚き(中央最大の處)二呎のくわい(慈姑)狀混凝土塊を拵へしものなり。寫眞は供試體に上曳力を作用せしむる装置にして中央時計型の計器は力量三萬キログラムの張力計たり。

(12) 30,000 K. G. Tension Meter.





(13) 第二號供試體（塊狀基礎）を引き抜きし所。圖は供試體が六萬封度の上曳力を受けし光景にて此の際の地表の裂罅は半徑約五呎の圓周内に起れり。
寫眞前列向つて左より二人日紙片を手にするは本發明者白石信親氏、同三人日太刀川工學博士、其の後方は佐伯工學士、前列四人日山倉工學士、五人日奥村工學士にして他は當日參會せる技術家の一部とす。
(13) Pulled up the Foundation No. 2, with a Tension of 60,000 lbs.



(14) 第二號供試體（塊狀基礎）の外皮の鐵板を除きし所。供試體の外壁は厚十六分の一吋と同八分の一吋の鐵板よりなれり、而して是等鐵板は單に内部の混凝土が凝結する間だけ必要にして其の後は別に無之とも可なり、實驗の結果によれば供試混凝土は施工後僅か一箇月餘なるに拘らず其の何れの部分も甚だ良好に成形し且つ凝結せり、従つて此の場合鐵板は施工後月餘にて腐蝕し盡すとも何等支障なかるべきを確めたり。
寫眞中の人物。1 發明者 白石技師。2 石川島造船所設計部長 佐伯技師。3 同所 土屋技師
(14) The Foundation No. 2

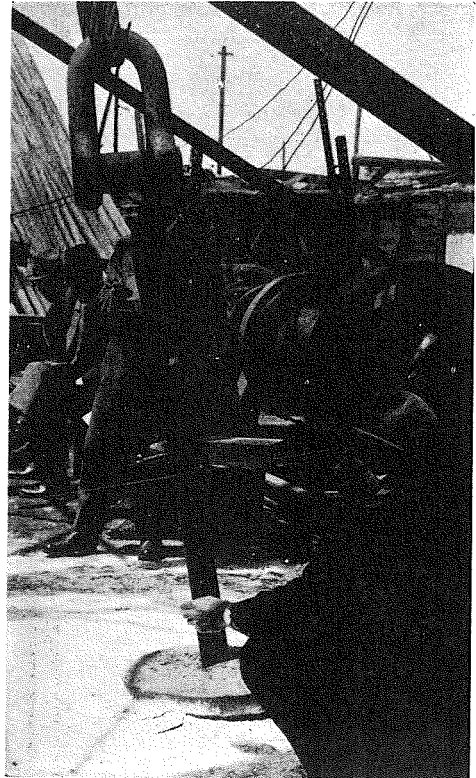


(15) 第二號供試體（外皮の鐵銹を除去せる塊狀基礎）に參拾英噸の下壓力を加へし所。

本試験に於ける供試體の沈下は凡そ次の如し

荷重(封度)	沈下(吋)
10,000.....	$\frac{1}{16}$
20,000.....	$\frac{1}{4}$
30,000.....	$\frac{1}{2}$
40,000.....	$\frac{5}{8}$
50,000.....	1
60,000.....	$1\frac{1}{4}$
67,500.....	$1\frac{3}{4}$

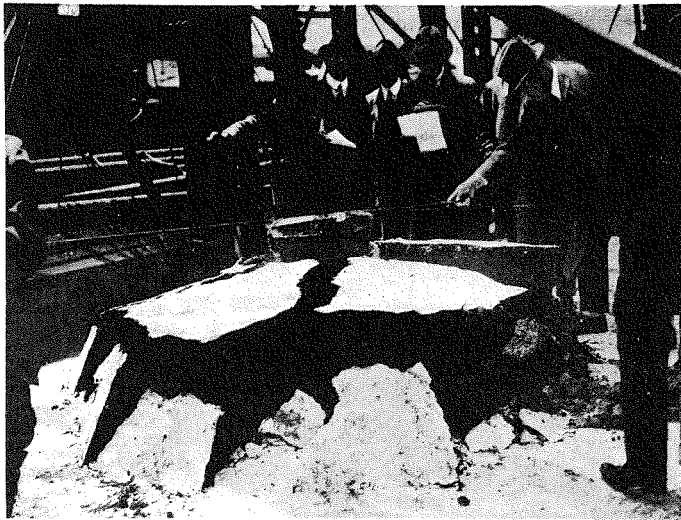
(15) Compression Test for the Foundation No. 2.



(16) 第三號供試體（塊狀基礎）の上曳試験を開始せんとする所。

圖中向つて左端椅子に凭れるは東京電燈會社工務部長野村孝氏、同二人目研究所長太刀川平治博士、右端蹲居せるは石川島造船所 桐谷技師とす。

(16) Tension Test for the Foundation No. 3.



(17) With a Tension of 60,000 lbs.

(17) 第三號供試體(塊狀基礎)を引き抜きし所。圖は供試體が六萬噸力の上曳力を受けし光景にして、此の際の地表の裂罅は既記第二號供試體と略同様なりき。寫眞向つて右端脊を向けたるは東京電燈會社研究所長 太刀川平治博士 二番目尺度を手にするは東京電燈會社研究所 第二科長 奥村 簡 治 氏 左端指せるは發明者 白石 技 師

(18) The Foundation No. 3

(18) 第三號 供試體 (塊狀基礎)を地上に抜き出せし所。供試體は試驗後詳細に點檢せしに、其の何れの部分にも何等の損傷を認めざりき。尙本試驗に供せし基礎體は全部東京石川島造船所構内に陳列しあり。

寫眞右端に立てるは發明者白石信親技師。

