

彙 報

第 21 卷 第 3 號 昭和 10 年 3 月

送電用鐵塔に對する風壓

會員 工學博士 太 刀 川 平 治*
 准員 大 迫 貞 治**

(本文は電氣學會雜誌第 54 卷第 11 册第 556 號に發表せられたものであるが土木工學
 上有益なる資料と思惟せらるゝを以て著者の承認を経て特に之を轉載する次第である。)

内 容 梗 概

風の概念及び風と鐵塔との關係を概述し、特異氣象を有する土地に建設せらるゝ鐵塔並に渡河用の如き特種高塔に對しては特別の設計基準に依るべきことを述べ、風速を風壓に換算する公式を吟味し、鐵塔に使用せらるゝ各種の素材及び鐵塔機構模型に就き周密なる風洞實驗をなし、其の結果に基きて受風物體單位面積上の風壓及び機構の風壓倍數等を検討し、從來の慣行に依る鐵塔設計基準の不合理なる點を指摘し、猶鐵塔部材取付方法につき注意を與へて居る。

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 第 1 章 總 說 | 第 7 章 縱列に並立する鐵塔素材の風壓 |
| 第 2 章 鐵塔所在地と風速との關係 | 第 8 章 鐵塔機構の風壓 |
| 第 3 章 鐵塔の高さと風壓との關係 | 第 9 章 偏移風向に於ける鐵塔機構の風壓 |
| 第 4 章 風壓換算公式 | 第 10 章 受風物體の大小と風壓との關係 |
| 第 5 章 鐵塔素材の形狀と風壓との關係 | 第 11 章 結 言 |
| 第 6 章 鐵塔部材の取付方法に關する注意 | |

第 1 章 總 說

暴風に因る送電線路の被害、特に鐵塔倒潰の如き災害は稀に起るものであるが、其の結果の重大であることは勿論である。従つて風壓に對して鐵塔の適當なる設計と適正なる工事施行とが重要であることも亦多言を要しない。然るに現在に於ては、風壓に對する鐵塔の設計並に風壓の根本義に於て未だ完璧の域に達して居らないのは甚だ遺憾である。之茲に本問題を研究して斯界の進歩に資したいと思ふ所以である。

風の強さ即ち風速には種々ある。氣象臺に於て風力の階級として區別して居るものを擧ぐれば、風速毎秒 10 m (以下單に風速何 m と稱す) 以上 14 m までを強風といひ、15 m 以上 28 m までを烈風といひ、29 m 以上を颶風といふ。其の他海洋に起る龍卷や、關東震火災中に起つた旋風のやうなものは實に強烈なものであるけれども、之等は極めて稀に起り且つ局部的のものであるから、之を鐵塔に對する風壓の設計基準とする必要はない。併し我國に於て影響する範圍の廣大なものは颶風と稱するものであつて、之は殆ど毎年季節的に來襲するものであるから、鐵塔設計基準としての最大風壓は此の颶風の風速記録を基準とすべきものである。中央氣象臺長岡田博士の發表に依れば、明治 30 年から同 44 年に至る 15 年間に起りたる颶風は總計 247 回あり。毎年平均約 16 回に當る。此の内 8 月に起りたるもの 55 回、9 月に 56 回、10 月に 52 回を算し、此の 8 月、9 月、10 月の 3 月丈の合計が 163 回即ち總數の約 66% を占めて居る。

* 東京電燈株式會社常務取締役

** 東京電燈株式會社技師

颱風の特徴は急峻なる低氣壓を伴ひ且つ其の中心が移動するのである。大正 9 年 9 月 3 日石垣島を襲ひたる低氣壓は其の深度實に 698 mm の猛烈なものであつた。颱風の發生地は主としてフィリピン群島の東方洋上である。それから大體北西の針路を執つて北上し、後北東に轉向するを常とする。多くの場合に於ては此の針路は沖繩諸島の線を横斷し、或は本州南部地方を太平洋から日本海へと横斷するものもある。或は朝鮮海峽方面から日本海に入りたるものが東折して本州北部地方を横斷して太平洋に出るものもある。或は本州南方近海の線に沿うて北東の方向に進行するものもある。此の最後の針路を執るものは其の被害區域の廣き事と其の影響の重大な事からして最も警戒を要するものである。此の種の颱風の適例は昭和 7 年 11 月 14 日房總半島を掠めた 720 乃至 716 mm の深度を有したものであつて、此の時東海及び房總地方の地物、家屋並に送電線路に甚だしき損害を與へたのである。

送電用鐵塔が暴風雨に際し風壓のため直接被害ありし實例を挙げれば、往時に於ては箱根水力會社送電線路の鐵塔が數多倒潰したことがあり、近時に於ては東京電燈會社、九州地方に於ける東邦電力會社等の送電線路に同種の事故發生したのである。此の内東京電燈會社送電線路事故の概況を述べれば次の通りである。

昭和 4 年 4 月 21 日、長岡市藏玉町地内、信濃川横斷箇所に於ける長岡鐵塔 (2 脚鐵塔) 2 基暴風の爲倒潰す。

昭和 6 年 10 月 10 日、佐原町附近、利根川横斷箇所に於ける潮來線鐵塔 1 基暴風の爲倒潰す。

昭和 7 年 11 月 14 日、田代送電幹線の内、伊勢原町附近に於ける鐵塔 3 基倒潰、1 基約 45 度傾斜し、富士裾野に於ける鐵塔 1 基倒潰す。其の他多古線、峰線、熱海支線、堂庭線、深良線、江尻線、房州線の各線に於て總計 30 基の鐵塔が倒潰、折損又は傾斜す。東京灣電氣會社落合線に於ても 2 脚鐵塔 5 基、4 脚鐵塔 2 基、合計 7 基倒潰す。

上記鐵塔事故を検するに、鐵構ボルトの弛緩又は不備、或は基礎工事の不完全に基因すと認めらるゝものが多いけれども、中には想定最大風速より遙かに少き風速の時に事故發生して居るものもある。茲に之等鐵塔の設計の當否を云々することは措くとするも、事實に於て斯かる重大なる事故の發生したことから考へて、送電用鐵塔の風壓に對する設計基準は餘程慎重に決定せなければならぬのである。

送電用鐵塔の強さは其の負擔荷重が鐵塔基脚に於ける主材に及ぼす應力の大小に従つて定むべきものである。然るに此の應力を垂直荷重に依るものと水平荷重に依るものとに分析すれば、水平荷重に依るものの方が著しく大きいのである。今從來の計算例に依り數字的にこれを説明すれば第 1 表に示す通りである。但し 154 000 V 鐵塔は 200 mm² 導線 6 條及び地線 1 條を架設せる標準塔間距離 250 m の標準鐵塔をいひ、66 000 V 鐵塔は 150 mm² 導線 6 條及び地線 1 條を架設せる標準塔間距離 220 m の標準鐵塔をいふのである。而して双方共 3° までの水平角度、導線 1 條斷線に依る不平均張力、套氷等を考慮した場合である。

第 1 表

應力の種類	154 000 V 鐵塔				66 000 V 鐵塔			
	冬季		夏季		冬季		夏季	
	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
垂直荷重に依るもの	2 406	10	2 232	8	1 811	8	1 061	6.2
電線の張力に依るもの	9 032	38	8 036	28.5	5 612	38.5	5 002	29.3
電線の風壓に依るもの	8 421	35	9 868	35	4 514	31	4 514	26.5
鐵塔の風壓に依るもの	4 002	17	7 998	28.5	3 253	23.5	6 507	38
合計	23 861	100	28 124	100	14 560	100	17 084	100

上表の計算例に依りても明かである如く、應力の殆ど大部分は水平荷重から來るものであり、其の内電線の張

力、電線の風壓及び鐵塔の風壓此の 3 者が對立して居る有様である。又電線並に鐵塔の風壓に依るものが過半を占めて居る。それで風壓の問題が單に事故の場合のみでなく、電線路經濟上の關係に於ても極めて重大であることが判明する。一般に小規模高電壓の送電用鐵塔、特に渡河用の如く架設電線に比して鐵塔が高大である場合には、鐵塔自身の風壓に關する設計基準の當否が全體の安否を支配することが多いのである。

従來の送電用鐵塔設計基準に據れば、夏季最大風速を 40 m とし、 $P=0.125v^2$ なる風壓換算公式に従つて鐵塔受風面積毎平方米の風壓を 200 kg と採る。又電線の如き圓筒形體に對しては其の風壓有效面積としての受風面積(受風投影面積)の $1/3$ を採る。又四面同一なる四角鐵塔に於ては其の全體の風壓は受風面一面の受くる風壓の 1.5 倍と採る。以上は現今廣く行はれて居る風壓に對する設計基準であつて、此の基準に従つて適當に設計し且つ工事施行が適正に行はれたものは相當の安全度を保有する事は認められる。併し此の設計基準を如何なる場合にも適用することは甚しき過誤に陥る危険がある。種々の事情を精細に検討し、其の特異性を帯ぶる場合には此の基準に特別の修正を加へなければならぬ。猶其の上に風壓の問題即ち流動氣體中に於ける物體の受くる壓力なるものは之を精確に算出することは困難であつて、従來の公式又は想定は果して那邊まで適正であるかは疑問である。結局之等は實驗の結果を尊重するより他に良法がないので、茲に之等諸問題研究の一助とする爲周密なる風洞實驗を行ひ、其の結果より歸納せられた事項を述べて斯界の參考に資するのである。

本實驗は斯波博士及び 栖原博士の好意に依り、東京帝國大學航空研究所發動機部風洞實驗室並に 栖原氏風速計算器其の他の計器類を利用し、東京電燈會社から鐵塔に用ふる種々の素材、鐵塔機構の模型並に之等供試體の實驗に必要な補助裝置等を提供し、昭和 8 年 7 月 13 日より同年の 11 月 30 日に至る約 140 日の日子を費し、栖原博士配屬の黒田重義氏及び東京電燈會社技術員大迫貞治兩氏の精勵眞摯なる實測に依りて遂行せられたものである。茲に兩氏に對して深甚なる謝意を表す。又實測結果の輯録、圖表の調製を擔當し、且つ本文を草するに當り助力せられたる大迫貞治氏の勞を多謝するものである。本實驗は斯の如く慎重なる方法に依りたものであるから、其の實測の結果に就きては信頼すべきものであるが、其の結果を根據としての推論は著者の責任であつて、或は肯綮に當らないものがあるかも知れぬが、問題が重大であるから、取敢へず之を述べて識者の叱正を請ひ、研究の一步を進めたいと念願する次第である。

本文並に添附圖面等に於て使用して居る言葉の意義を便宜上茲に集録する。

素材といふのは鐵塔を構成する諸材をいふ。

主材といふのは素材中の主要なるもの、即ち例へば四角鐵塔に於ては四隅の柱材をいふが如きである。

部材といふのは主材以外の素材、即ち水平材、斜材、平鋼等をいふ。

補助材といふのは水平材が長大なるとき、其の自重を鉤り上げて支持する部材をいふ。

主材間隔といふのは兩主材内側の空間部分の長さをいふ。

構區といふのは鐵塔を構成する機構の一區分であつて、強弱計算の段階をなすものである。

構區面といふのは構區の側面の一面をいふ。

構區面積といふのは構區面の面積、即ち素材受風面積と素材間の空間部分の面積とを併せた總面積をいふ。

受風面積といふのは受風物體の受風面の風の方向に於ける投影面積をいふ。

風壓倍數といふのは鐵塔機構の受くる風壓を受風構區面の受くる風壓の倍數にて表したものである。縦列に並立する鐵塔素材の場合亦之に準ずる。

第 2 章 鐵塔所在地と風速との關係

既述の如く 40 m の風速は我國内地一般の場所に於ける鐵塔設計基準の一として適用せらるるものであつて、中

中央氣象臺の記録に據るも之は特別の場所を除く外想定最大風速として安全なものである。併し我國內地と雖も場所に依りては此の風速では安全と云へない所がある。明治 24 年より同 38 年に至る 15 年間の統計に依れば、鹿児島では 70.9 m、銚子では 64.2 m、長崎では 62.1 m を示して居る。其の頃の風速計には過誤があると傳へられて居るが、假に其の 7 割の數字を採つても何れも 40 m 以上であつて、鹿児島ของ如きは約 50 m に達して居る。加之瞬時風速は此の記録風速より大きいことは想像され得るのである。

一般に海洋に面し颱風の針路に直面する地方にありては、奥地に比して著しき強力なる風に襲はれることがある。又海拔標高の大なる場所特に周圍の地形上孤立の状態に在る場合には風速著しく大きい。尤も著しい高空にありては空氣の密度が減少するから、假令風速が大きくても其の割に風壓は大きくならぬ譯なれども、我國內地一般の場所に於ては高い所は低い所に比して風速風壓共に大きいことは確實である。斯の如く標高の相違に依る風速の變化する實例を擧ぐれば、明治 35 年 9 月 28 日の暴風雨觀測にありては、水戸(海拔標高 31.1 m)に於ける風速 34.5 m なりしとき、筑波(海拔標高 870 m)に於ける風速は實に 71.5 m に達した。又近くは昭和 7 年 11 月 14 日東海地方及び房總半島を吹きまくつた暴風雨の觀測にありては、同日午後 7 時沼津に於ける風速 21.1 m なりしものが、午後 6 時箱根山頂に於ては 55.3 m を算し、同日夜半 12 時筑波山麓沼田に於ける風速 22.8 m なりしものが、同時刻筑波山頂上に於ては 37.9 m に達した。

以上述べた通り海洋直面地方並に孤立せる山岳地方(一般に海拔標高の大なる場所)にありては他と相違する著大なる風に見舞はるものであるが、之は特殊の地域であり且つ稀有の出來事として除外することは面白からぬことである。併し總括的な原則としての話ならば、普通の場所に對して迄も斯の特異狀態を考慮する必要はないが、少くも特異の場所に建設せらるる鐵塔に對しては、其の場所特有の氣象に基いて設計基準を定むべきものであることを茲に注意するものである。

第 3 章 鐵塔の高さと風壓との關係

鐵塔設計基準に於て想定最大風速を 40 m と採ることは既述の如く特異氣象の場所を除く外差支ないことである。併し氣象臺の記録となる風速測定器は地表に近き場所に据付けられてある關係上、それは地表に近き高さの物體即ち普通の標準鐵塔の如きものに適用して差支ないことは勿論であるが、地表上相當高き所に在る物體例へば特に高大なる鐵塔の如きものに對しては、其の所在地が假令前章に述べた様な特異性の土地柄でなくとも、特別の想定最大風壓を採らなければ安全ではない。現に無線用アンテナ鐵塔の如き特種鐵塔にありては、或は想定最大風壓を 200 kg/m^2 以上に採つて居るものもあり、或は安全率を特に大きく採つて居るものもある。されば送電用鐵塔にありても特別高大なる鐵塔に對しては普通の標準鐵塔より以上に想定最大風壓を高むるか、若くは安全率を相當に大きくする事が望ましい。若し確實なる根據に依り鐵塔の高さに應じて適當なる想定最大風壓を定むることを得ば、風壓に對する安全の限に於ては普通の標準鐵塔と同一安全率にて差支なき譯である。此の注意なくして普通の標準鐵塔に對して定められたる安全率並に想定最大風壓を基準として特種高塔を設計することは危険といはねばならぬ。

然らば特種高塔に對しては如何程まで想定最大風壓を高むべきかといふに、目下其の資料に乏しき爲其の解決は困難であるが、獨逸ハウエンの無電塔を利用して種々の地上高に對する風速の變化を測定したる結果に依れば、地上高さ 2 m のとき風速 3.33 m を示したるものが、地上高さ 6 m のとき風速 4.69 m、地上高さ 32 m のとき風速 5.4 m、地上高さ 123 m のとき風速 7.02 m、地上高さ 358 m のとき風速 8.25 m を得たといふ。此の結果

に依れば地上高さ 32 m と同 16 m との間には約 15% の風速増加があり、地上高さ 123 m と同 32 m との間には約 30% の風速増加がある事となる。之から推測すると普通の標準鐵塔以上 10 m を増す毎に約 10% 即ち約 20 kg の風壓を増して行くべく思はれるが、それは未だ確實な根據とは云へない。東京丸の内の中央氣象臺の記録用風速計は地上高さ 23 m の屋上に据付けてある。其の附近の無電塔の頂上にも風速計が取付けてあり、此の高所の風速計は前記記録用風速計に比して常に約 70% 増の讀みを示して居るさうである。無鐵塔の地上高さは約 60 m であるから、地上 23 m を基準とすれば高さ 37 m を増して風速 70% の増加を見る事となるが、之は直に特種高塔に適用し難いものである。何となれば之は周囲の建物及び地物の影響があり、之を以て直に田野に孤立して居る鐵塔の場合に當て嵌むる事は不適當であるからである。次に餘り参考とはならないが、大正 4 年 3 月 1 日、静岡練兵場に於て陸軍飛行隊が行ふた高空觀測の結果に依ると、地表風速 13 m なりしものが、地上高さ 500 m の高所に於ては風速 24 m を示し、1000 m の高所に於ては風速 43 m を示したといふ。

上記實例の示す如く、觀測の結果は區々であるけれども、同一地點に於て地上高が増す程頗る著しき風速の増加があることだけは確實である。従つて特種高塔の設計に於ては普通の標準鐵塔の場合に比して想定最大風壓を相當大きく採ることが必要である。唯其の程度如何といふに、資料乏しきため茲に具體的の提案をなすことは出來ぬが、地上約 30 m を超過する凡べての高塔に對しては、其の限度を超えた部分に對し、高さ 10 m を増す毎に若干宛累進的に風壓を増加して行くのが合理的であると思ふ。即ち地上約 30 m を以て普通鐵塔と特種鐵塔との限界とするが良いと思ふ。猶特種鐵塔に對しては其の鐵塔の用途並に四圍の事情を考慮し、特に重要なものありては普通鐵塔より以上適宜に増加したる安全率の下に設計をなすべきである。

第 4 章 風壓換算公式

現今一般に實用に供せられて居る風壓換算公式は、 P を受風面積毎 m^2 の kg に於ける風壓とし、 v を m/sec に於ける風速とすれば $P=0.125v^2$ にて表されて居る。之で想定最大風速 40 m のときの想定最大風壓は 200 kg となる譯である。此の公式は古くから使用されあるもので、今日迄何等不都合を感じて居らないやうであるが、其の出所を理論的に解説することが出來ないこと、並に此の公式を適用して不都合のなかつたといふのは他の原因と結合しての結果であるかも知れない。兎に角此の公式の出所特に係數の 0.125 なる數字に就いて疑がある。元來風壓の由つて來る要素を分析すれば決して單純のものではない。第 1 には受風物體の正面に於ける衝擊的壓力、第 2 には受風物體の背面附近に於ける空氣の渦流に依る影響、第 3 に氣流の粘度に依る牽引力、第 4 に流動空氣と受風物體との間の摺動摩擦、之等 4 要素を夫々考慮しなければならない。即ち之等の要素(前記 4 要素に外にまだあるかも知れぬ)の合成したものが所謂風壓となつて現れるものであつて、風壓といふ言葉自身が已に不適當の氣味あり、寧ろ之は氣流抵抗とでも稱する方が適合して居るのである。從來の考へ方即ち風壓といふ單純な考へ方にては主として前記第 1 の要素に重きを置き、受風物體の側背面及び隣接他物との關係等に就いて多くの考慮を拂はれないやうであつた。例へば平板に直角に受風した場合の風壓を基礎とし、斜面又は圓錐面に對する風壓を算出する際のやり方がそれである。それであるから次章に述ぶる如く圓錐面風壓の採り方に過誤を生じたのである。

上記の如く、風壓の由つて來る諸要素を箇々別々に理論的計算に依りて算出することは不可能であるから、結局周密なる實驗に依りて其の合成壓力を直接測定し、其の結果から風壓換算公式を設定するより他に良策はない。次章以下に詳述する今回の風洞實驗の結果に據れば、 P は v の 2 乗に大體正比例するけれども、精確にいふ

と 2 より少しく大きな數に正比例することを確めた。併し其の差は實用上大なる役目をしないから、此の差に就いて述ぶることは省略する。一番問題なのは係數の 0.125 である。厚さ約 6 mm, 幅 50 mm, 長さ 1200 mm, 即ち受風面積 0.06 m² なるストラップ狀平鋼に對する風壓を測定したる結果、之を風速 40 m に換算すれば毎 m² の風壓は約 130 kg となり、200 kg とは甚しく飛び離れた數字を得た。此の場合の係數は 0.125 の代りに約 0.0812 といふ數字となる。斯くすれば平板風壓に關する限りは從來の約 65% に激減することとなる。此の懸隔の意外なるには一驚を喫したるも、單に之を實驗又は計算上の誤差として看過し得ざる程に大きいから、記して以て識者の高教を請ひたいと思ふのである。猶此の上に次章以下に於て詳述する實驗の結果に依れば、平鋼以外の各種素材並に機構等、其の受風物體の形狀及び大小に依りて前記係數値は一定せず、頗る廣範圍に變化することを確めた。さうすると從來の鐵塔計算方法の如く各種素材を取り交せて其の受風面積一様に單位風壓を乗ずるといふことは不合理となる。







上記の如く風壓換算公式の係數、從つて實際に鐵塔各素材の受くる風壓を本實驗の示す所に依り變更するとき、鐵塔の設計並に計算に一大變革を齎らすものである。此の變革を取へてするには猶深甚の考慮と實驗の續行とを必要とするから、當分の内此の風壓換算公式を据置くべきであるが、幸に係數は小さくしても他方面から風壓が増加することになり彼之相殺し得るから差支はない。實際に風に關しては既述の如く種々の問題があり、加之鐵塔の工作及組立、基礎工事施行、鐵塔施設後の維持方法等の實情を検討すれば、鐵塔強弱計算に於ける從來の安全率にては稍不安の感があるのであるから、係數の變更に依り鐵塔強度を計算上減じて差支ないといふ結果を得ても、當分の内其の儘となし置くのが賢明な處置であると考へる。

第 5 章 鐵塔素材の形狀と風壓との關係

鐵塔素材には主として山形鋼を使用して居る。さうして其の取付方法に依りて異なる受風面の形狀を呈する。山形鋼の他に平鋼は勿論、溝形鋼其他丸棒のやうな形狀を有するものも使用せられる。之等諸種の形狀に對して風壓が如何に變化するかを研究して見る。航空機の發達は風洞實驗を促がし、風洞實驗の結果は航空界の進歩發達に資することが多大である。それで航空界では如何なる形狀のものが最も空氣の抵抗が少いかと苦心して居り、大體次のやうなことは航空界に知れて居る。空氣中に於ては水中と殆ど同様に魚形體が抵抗最も少く(同一受風面積に對してである。以下同じ)平圓板又は平面受風の半球體は抵抗最も大なること、平圓板の抵抗を 100 とすれば、最小抵抗型魚形體は僅かに約 5.15 即ち平圓板の約 1/20 に過ぎない。之に反して球體は約 43.4 即ち平圓板の約 3/7 に止まる。斯の如く航空界に於ては空氣の抵抗に對して周密なる關心を持つて居るに比べて、鐵塔の風壓に關しては現在に於ては其の用材の形狀に頓着なく、其の受風面積毎 m² に付 200 kg と一率に採り、唯無線のみに對し其の受風面積毎 m² に付 100 kg と採り居ることは甚だ遺憾である。之茲に各種鐵塔素材に對して風洞實驗を行ひ、斯界の參考に資せようと思ふ次第である。

風洞實驗に用ひたる供試體は、平鋼、山形鋼即ち實用的鐵塔素材の他、木材の角材、鐵管の丸棒を使用した。各供試體何れも長さ 1200 mm, 幅 50 mm, 鋼管にありては直徑 50 mm, 受風面積 6000 mm² のものである。實測は風速 30 m 以下各速度で測定せられ、之を風速 40 m に換算した結果を第 2 表に掲げる。以下凡て風壓は 40 m 換算のものを擧げる。

第 2 表

供 試 體	風 壓		風壓換算公式 に於ける係數
	(kg/m ²)	(%)	
平 鋼 → 	130	100	0.0812
等 邊 山 形 鋼 → 	148.1	114	0.0925
等 邊 山 形 鋼 → 	129.75	99.8	0.0810
溝 形 鋼 → 	112.5	86.5	0.0704
角 材 → 	137.1	105.5	0.0857
鋼 管 → 	93	71.5	0.0680

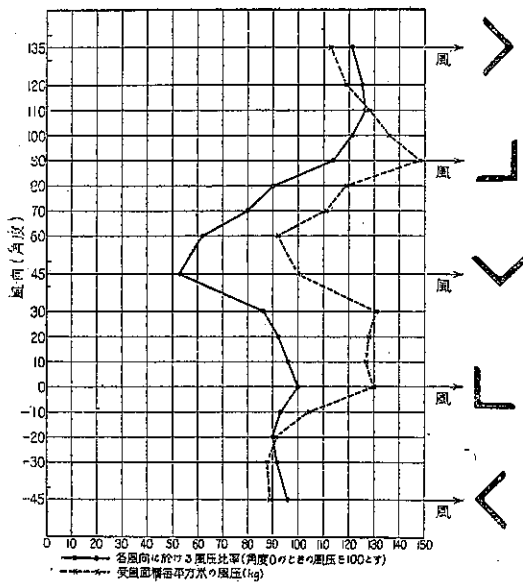
上記供試體は何れも同一受風面積を持つて居り、其の毎 m² の風壓は鋼管を除き 112.5 kg より 148.1 kg まで變化する。従つて風壓換算公式の係數も亦 0.0704 より 0.0925 まで變化する。平鋼を基準とすれば、山形鋼は其のフランジを風下に置けば其の風壓は平鋼と同一にて差支なきも、其のフランジを風上に置けば平鋼より約 14% 大である。之に反して溝形鋼は平鋼より約 13.5% 小である。角材は僅かに 5.5% 大で、鋼管は 28.5% 小である。此の結果に就きて注意すべきことは、フランジ風上の山形鋼が風壓著しく大なること、溝形鋼がフランジ風下の山形鋼に比して風壓著しく小なることである。又鋼管即ち電線に類する圓筒體の風壓が意外に大きく、平板即ち平鋼の約 72% に當ることを知る。されば電線の風壓計算に於て有效面積を受風面積の 1/2 と採ることは不適當にて、之を 3/4 に變更し從來より 5 割増の風壓を採らなければならぬやうである。併し風壓の實値を從來の 100 kg の 5 割増なる 150 kg と採るべしといふのではない。何となれば風壓の基礎たる平鋼に對する風壓實値が已に前述の如く約 130 kg に減じて居り、鋼管に對する風壓も表に示す如く 93 kg となり居るのであるから、電線に對する風壓は從來通り 100 kg の儘として置いても不安はないのである。尤も電線の如き直径の小なるものと今回の供試體たる鋼管とは單位受風面積の風壓に多少の差異があるであらう。又燃線と素線とでは同一外徑でも風壓に多少の差異があるであらうことは推測されるのである。之は猶實驗を續行する積りであるから其の結果を得るまで電線の風壓に關する結論を保留する。

鐵塔の風壓に戻りて、鐵塔用材の大部分は山形鋼であるので、山形鋼の受風面の形狀に依りて大に其の風壓を異にするといふことは鐵塔の設計に重大な影響を與ふることとなる。即ち若し山形鋼が全部フランジ風上の状態にて取付けらるゝものとせば、鐵塔の風壓は平板の場合の 14% 増となるべきである。併し幸にも多くの鐵塔構成方法としては、主材と部材とは背中合せ即ちフランジの向きを異にして取付けられてあるから假に兩者の受風面積が等しいものとせば、前記の増額は半減せられて差支ないこととなる。此の點から考へても鐵塔素材單獨のもの、他、實際に機構として組み立てられしもの並に 2 本並立した素材の一組に對する實驗も行ふ必要がある。之は後に詳述する。

更に山形鋼の風壓に關して細説せんに、山形鋼は鐵塔部材又は主材として取付けらるゝに當り、前述の如く風に對して正面向のもの、背面向のものと相異なる兩面があるのみならず、種々の向きに取付けられ種々の受風面を露出して居るものもある。之等種々の場合に應じて種々異なる風壓を與ふるものであるから、之に就きての實驗を述べよう。本實驗に於ては 50 mm 等邊山形鋼、100 mm 等邊山形鋼及び 50 × 100 mm 溝形鋼の 3 供試體の各に就き、其の長軸を中心として回轉せしめ、種々の方向より受風した場合の風壓を測定したのであるが、其の内代表

的のものとして 50mm 等邊山形鋼に對する結果のみを擧ぐれば第 1 圖並に第 3 表に示す通りである。但し觀測は 360 度分を行つたが、其の結果は半圓周宛對稱的となつて居るから、煩を避くる爲 -45 度乃至 135 度の半圓周部分のみを掲ぐることにする。又 0 度といふ角度に相當する位置はフランジを風下に置いて風に直面した場合をいふのである。

第 1 圖
等邊山形鋼の受ける風壓の方向に因る變化



第 3 表

風の方向 (角度)	風 壓	
	(kg)	(%)
-45	7.480	96
-30	7.125	91.5
-20	7.005	90
-10	7.259	93.3
0	7.785	100
10	7.480	96
20	7.179	92.3
30	6.725	86.3
45	4.166	53.5
60	4.781	61.4
70	6.226	80
80	7.020	90
90	8.885	113.5
100	9.430	121
110	9.821	126
120	9.719	125
135	9.440	121

此の結果に據れば、角度 0 なる場合の風壓を 100 とせば、角度 45 のとき最小値たる 53.5 を與へ、角度 110 のとき最大値たる 126 を與へ、最大値は最小値の約 2.4 倍大である。而して角度 45 のときは受風面積も最小であり、其の受風形態も亦抵抗最も少いものであるから、最小の風壓値を與へたのは當然であるが、角度 110 のとき最大の風壓値を與へたのは意外とする事實である。何となれば角度 135 のときこそ受風面積が最大であり、其の受風形態も亦抵抗最も大であるらしきものであるから、最大の風壓値を與ふるであらうと豫想されたのである。これと同様に意外とする事實は角度 -20 のときが角度 0 と角度 -45 との中間に於ける風壓中最低となつて居るといふことにも現れて居る。斯くて山形鋼の山形の 内側から受風するときは、山形の 外側から受風する場合に比して風壓は著しく大きくなる。其の最も著しい例は角度 135 と角度 -45 と對比した場合であつて、121 對 99、即ち前者は後者より約 26% 風壓が大きい。又角度 135 から角度 60 までの 8 場合の風壓を平均したものと、角度 -45 から角度 30 までの 8 場合の風壓を平均したものとを比較すれば、前者は後者より約 12.5 大きい。

次に山形鋼に對して風の方向が變化すれば受風面積も亦變化することは勿論であつて、上記の結果は受風面積の變化を考へず單に風壓のみを考へたのであるが、受風面積の變化を考へて單位面積當りの風壓に換算して見ると、其の變化の状態は第 3 表の場合と多少其の趣を異にする。即ち第 4 表並に第 1 圖中鎖線を以て示した曲線は單位面積當りの風壓の變化を示すものである。

第 4 表

風の方向 (角度)	受風面積 (m ²)	單位面積風壓 (kg/m ²)	風の方向 (角度)	受風面積 (m ²)	單位面積風壓 (kg/m ²)
-45	0.0841	89.0	60	0.0520	92.0
-30	0.0814	87.5	70	0.0564	111.0
-20	0.0765	91.5	80	0.0591	119.0
-10	0.0693	104.5	90	0.0600	148.1
0	0.0600	129.75	100	0.0693	136.0
10	0.0589	127.0	110	0.0765	128.0
20	0.0560	128.5	120	0.0814	119.0
30	0.0514	130.5	135	0.0841	112.5
45	0.0417	100.0			

上表の結果に依れば、單位面積風壓の最大値は角度 90 のときの 148.1kg であつて、之でも約 200kg の約 3/4 に過ぎない。次は角度 100 のときの 136kg、角度 30 のときの 130.5kg、角度 0 のときの 129.75kg 等である。又最小値は角度 -30 のときの 87.5kg であつて 200kg の約 1/2.3 に過ぎない。此の場合興味ある現象は、第 1 圖の鎖線曲線が實線曲線と稍規則正しく外れて居り、鎖線の曲線に於て角度 45 の時に最小値が現れないで、それから 15 度偏移した角度 60 の時に最小値が現れて居ること、並に角度 -45 のときよりもそれから 15 度偏移した角度 -30 の時に最小値が現れて居ることである。

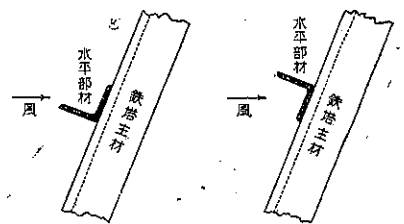
第 6 章 鐵塔部材の取付方法に關する注意

前章に於て述べられるが如く、鐵塔を構成する素材の形狀如何に依り、實際に受くる風壓に著しき變化がある。特に鐵塔素材として最も多く使用せらるゝ山形鋼にありては、其の受風狀態の如何に依り、著しき風壓の變化を來たすものなる故、鐵塔部材としての山形鋼は、其の取付方法に關し風壓の問題を念頭に置いて決定することが望ましい。即ち山形の内側を風に直面させないやう取付くるやう注意すべきである。

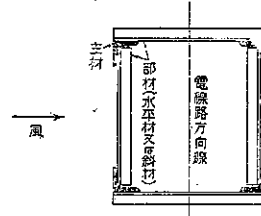
著しき一例を擧ぐれば、鐵塔の主體は垂直線に對して少しく傾斜した面で作られた錐體をなすのが普通である。之に水平部材として山形鋼を取付くる場合を考ふるに、鐵塔主材との接合の都合から、多くの場合に於ては部材と主材とは背中合せに取付られ山形鋼のフランジが風上に向ふやうに取付けられる。此の際に山形鋼の他のフランジを上方にするのと下方にするのとある。何れの取付方法としても機構結成上の便否には影響がないけれども、風壓の影響を考ふると兩者の間に甚だしい相違がある。何故かといふにフランジ下向即ち第 2 圖右方に示すものは山形の内側を風に晒すのに反し、フランジ上向即ち第 2 圖左方に示すものは山形の外側を風に晒すのであるからである。今鐵塔錐體部の傾斜角を 10 度と假定すれば、フランジ下向の山形鋼は前章第 3 表角度 80 の場合に相當し、フランジ上向の山形鋼は前章第 3 表角度 80 の場合に相當するのであるから、兩者の受くる風壓の比較

第 2 圖
風壓を考慮したる鐵塔部材取付方法

水平部材フランジ上向取付 (可) 水平部材フランジ下向取付 (不可)



風壓を考慮したる部材取付方法



は 121 對 90 となり、前者は後者より約 35% 大きいこととなる。若し鐵塔錐體の傾斜角が 20 度となれば、兩者の受くる風壓の比較は 126 對 80 となり、前者は後者より約 58% 大きいこととなる。斯の如く風壓に差異を生ずるのみならず、フランジ下向に取付けらるゝときは風壓に上向分力を生じ、それが鐵塔基脚を浮き上らしむるやうな方向に作用するのであるから、益々フランジ下向はフランジ上向に比して望ましからざる取付方法となるのである。

水平部材のみならず、凡ての素材に於て山形鋼が使用せらるゝ場合には成るべく山形の内側を風に直面させないやうに取付くが宜しい。鐵塔主材にありては部材取付の便に供する爲、各主材は其のフランジを互に向ひ合さしめ、第 5 章第 3 表角度 0 の場合に相當する形態となり居る故、それが反對即ち角度 90 の場合に相當する形態に比して約 14% も風壓が小さくなる事は喜ばしいことである。主材が斯の如き形態を採る關係上、之に取付けらるゝ各水平材及び斜材の部材は之を主材の外側に取付くれば其の受風形態は第 3 表角度 90 の場合に相當する事となる。之は風壓の見地よりして好ましからざること故、電線路の方向に面したる鐵塔機構面の各部材は通常の通り之を主材の外側に取付くるも、電線路方向に側面する鐵塔機構面の各部材は之を主材の内側に取付くることが望ましい。之は通常の部材取付方法に反することであり、構造上斯かる取付方法が許されない場合には已を得ないが、事情許すならば此の新取付方法に依るべきことを提言するのである(第 2 圖下方參照)。此の新取付方法は多くの場合に於ては取付ボルトの頭部接近といふこと以外には機構構成上顧慮すべき點なきものゝやうである。

第 7 章 縦列に並立する鐵塔素材の風壓

鐵塔主材は鐵塔の隅柱をなすものであつて、鐵塔の強弱並に其の構成上最も重要な素材であることは勿論である。それで殆ど例外なしに鐵塔主材は鐵塔素材中最大なものであり、從つて其の受くる風壓も亦各素材中最大のものである。それで從來餘り注意せられなかつたことであるが、所謂鐵塔の根開き、換言すれば鐵塔主材の間隔と其の材幅との關係は風壓の見地からして重要視すべきものである。風に直面する主材と其の風下に在る主材との 1 組を採り、鐵塔錐體部の傾斜を度外視すれば、それは縦列に並立する 2 本の素材である。又主材以外の部材即ち水平材でも斜材でも、風上と風下と相對した部材 1 對を採り、鐵塔錐體部の傾斜を度外視すれば、假令横向又は斜向であつても等しく縦列に並立する 2 本の素材と視ることが出来る。此の縦列に並立する素材の間隔を種々に變更して其の全體の風壓を測定し、風上素材と風下素材との相互關係が如何であるかを觀察することは、鐵塔機構の風壓倍數が 1.5 にて宜敷かどうかといふ事を決定するに役立つ、特に 2 脚鐵塔即ち可撓鐵塔に對しては最も重要な事項である。其の他橋梁機構の風壓關係、複葉飛行機の双翼支柱間隔等にも大に參考とするに足るものと信ずる。

上記の如き次第に拘らず、從來鐵塔風壓の見地よりしての主材間隔と其の材幅との關係、換言すれば縦列に並立する 2 本の鐵塔素材の受くる風壓に關しては餘り注意を拂はれなかつたものであるが、今回の實驗に依り極めて興味ある且つ重要な事項を知るに至つたのである。最初實驗の目的は風壓倍數の問題を解決する爲、先づ縦列に並立する素材の風壓を測定し、次に鐵塔機構の模型に就きて風壓を測定したのであるが、途中思はざる諸種の事實に遭遇したので、以下節を追ふて縦列に並立する素材の風壓に關して述ぶることとする。實驗に用ひた供試體は何れも既述の如き長さ 1200 mm、幅 50 mm の山形鋼、平鋼、角材、鋼管及び溝形鋼の 5 種であつて、2 箇 1 組の素材は各箇獨立の姿勢ではなく、實際に鐵塔機構として結成せらるゝやうに互に向ひ合の姿を採らしめ、相互は細い丸棒で聯結せられ、其の棒に沿ふて相互の間隔が伸縮せらるゝ如く裝置したものである。此の聯

結用具の風壓は別に之を測定して之を差引いたことは勿論である。

第1節 素材密接の場合

最初實驗の順序として風上風下兩箇の供試體を互に密接せしめ、換言すれば間隔を皆無として風壓を測定したるに、第5表の如き結果を得た。但し風壓は風速40m換算のものであつて、特に斷らなければ凡て風速40m換算なることは已述の通りである。

此の實驗の結果に依る興味ある事實は、平鋼及び溝形鋼の場合は風上風下兩素材密接の風壓は風上素材のみの風壓と大差はないが、其の他の場合には何れも風下素材の追加に依りて著しく風壓は低下するのである。即ち山形鋼にありては約10%、角材にありては約20%、鋼管にありては約50%の風壓減少を見たのである。猶茲に注意すべき事項は、山形鋼2箇向ひ合に密接した場合は溝形鋼1箇の側面から受風した場合に該當するものであつて、實驗の結果は前者は第5表に示す如く7.085kgの風壓を得、後者は單獨測定の結果約6.800kgの風壓を得たのであるから、兩者の間に僅少の差はあるも大體一致して居る。又溝形鋼2箇密接せしめた場合は正面及び

第 5 表

	山形鋼 —┐┌	平鋼 —	角材 —■	鋼管 —○○	溝形鋼 —□
密接兩材の風壓 (kg)	7.085	7.695	6.650	2.765	13.845
風上素材の風壓 (kg)	7.835	7.795	8.245	5.580	13.490
前者と後者との比	0.905	0.99	0.805	0.495	1.025

奥行共に角材の2倍大、即ち角材4箇を四角に密接せしめた場合に該當するので、兩者風壓は面積に正比例すべきもの、換言すれば本實驗に於て角材2箇密接のものは溝形鋼2箇密接のものに比して風壓が半分である譯である。實驗の結果は第5表に示す如く13.845kg對6.650kgであつて、大體2と1と比になつて居る。然るに角材1箇と溝形鋼2箇密接とは兩者相似形であり唯前者は後者の寸法を1/2に縮めたものに過ぎない。さうして其の風壓は如何といふに、角材1箇の風壓8.245kgを2倍したる16.490kgは溝形鋼2箇の風壓13.845kgに比較して約20%程大きい。此の差異は實驗上の誤差のみとしては大き過ぎる。さうすると假令相似形の物體でも、形の小さいものは大きいものに比して單位面積の風壓が大きいこと、従つて風壓換算公式の係数は同種形狀のものに對しても常數でないことの疑念が生じて來る。此の疑念を確むることは第10章に譲る。

第2節 最小風壓間隔

前節に於て述べた如く、兩素材密接の場合は風上素材1箇の場合より風壓が減少する事を知つた。換言すれば物體は其の奥行を或る程度に増大することに依り却つて風壓を減少せしめ得るものなることを知つた。次に此の密接素材を引き離し、兩材の間隔を少し宛増して行くと、山形鋼と鋼管との場合を除き、何れも風壓が減少して行くことを實驗に依り認めた。若し兩材の間隔が實體で充たされた場合でもそれに似た結果を與ふるであらうと想像される。併し此の風壓減少に極限があつて、各供試體夫々一定の間隔のとき風壓が最小であり、それ以上間隔

第 6 表

	平鋼	角材	溝形鋼
兩材1組の最小風壓 (kg)	7.550	6.320	12.720
同上と風上素材風壓との比	0.97	0.77	0.94
最小風壓間隔 (mm)	40	50	120
同上と素材幅員との比	0.8	1.0	1.3

を増すと風壓が増して來る事を實驗に依り確めた。此の極限の間隔を茲に最小風壓間隔と名付たのである。本實驗に於て最小風壓間隔及び之に對應する風壓値は實測することは出来なかつたが、間隔と風壓との關係を示す實驗記録の曲線の形狀から推測すると、最小風壓間隔及び最小風壓値は第 6 表及び第 3 圖に示すが如きものゝやうである。

此の結果に於て注意すべきことは、平鋼及び溝形鋼の場合に於ては、其の兩材 1 組の風壓の最小値は風上素材のみの風壓に比して僅に 3% 乃至 6% の減少に過ぎないけれども、角材の場合に於ては此の減少は約 23% の大ききとなることである。而して山形鋼と鋼管とには最小風壓間隔なるものが存在しないやうであるが、之は平鋼、角材及び溝形鋼の場合には兩材密接の際兩材間に空所を存しないけれども、山形鋼及び鋼管の場合には其の側面又は兩側面に於て已に相當分量の空所を存して居ることであるから、山形鋼も鋼管もフランジ部又は管部の一部を重疊せしめ得るものと假定せば、其の間の或る點に於て最小風壓間隔を見出し得らるべきものと推測される。平鋼、角材及び溝形鋼の場合には、其の最小風壓間隔と其の材幅との比は大體同小異で、大體に於て間隔の空所を材幅と近似せる奥行の實體で充填したものが最小風壓を與ふるものである。換言すれば角材又は之に類する物體に於て奥行が正面幅の約 3 倍に近いものが最小風壓を與へるといふことが認められる。さうして此の最小風壓値は正面と奥行と等しい場合の約 3/4 に該當するものゝやうである。

第 3 節 無影響間隔

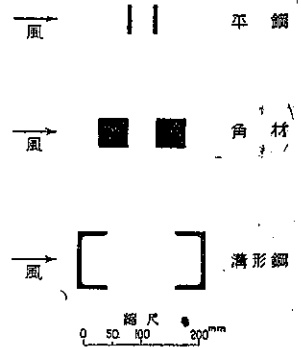
次に山形鋼及び鋼管は兩材密接状態より、平鋼其の他の供試體は前節の最小風壓間隔より逐次間隔を増大して行くときは、何れの供試體に於ても兩材 1 組の風壓は逐次増加して行く。さうして或る間隔に達すると兩材 1 組の風壓は風上素材のみの風壓と同値になる。此の場合に於ては風下素材は幾分風壓を分擔し、それだけ風上素材の風壓が減少し差引に於て風上素材單獨の風壓と同値となる譯であらうが、結果に於ては風下素材の存否が全體の風壓に何等影響を與へない。換言すれば風下素材は風上素材の遮蔽に依り恰も無風帯に置かれたことに該當する。それで此の間隔を無影響間隔と名付たのである。此の間隔は的確に實測しなかつたけれども、實測記録の曲線の推移から歸納すると大體第 7 表及び第 4 圖に示すが如きものゝやうである。

第 7 表

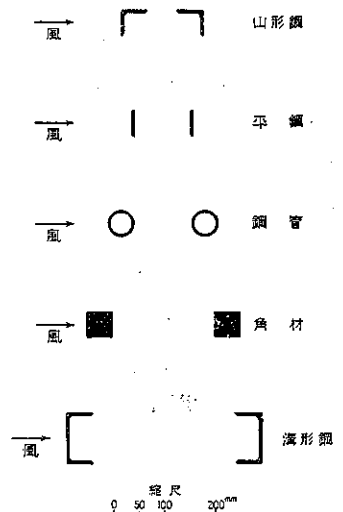
	山形鋼	平鋼	角材	鋼管	溝形鋼
無影響間隔 (mm)	60	110	200	110	280
同上と素材幅員との比	1.2	2.2	4.0	2.2	2.8

角材に關し第 1 節乃至第 3 節を通覽すると大約次のやうにいひ得る。素材長軸に直角なる風の方向に於ける斷面が正方形なる場合に比し、奥行を正面幅の約 3 倍としたものが正方形の場合の約 3/4 たる最小風壓を與へ、奥行を更に増大して正面幅の約 6 倍（無影響間隔が第 2, 第 3, 第 4 及び第 5 の角材にて充されたものと假定す）とすれば正方形の場合と同値となり、それ以上奥行を増大すれば風壓は増加する。

第 3 圖 縦列に並立する鐵塔素材の最小風壓間隔



第 4 圖 縦列に並立する鐵塔素材の無影響間隔



以上各素材共第 1 乃至第 3 節を通覽すれば、風上風下兩材の間隔が各素材夫々の無影響間隔より小なるときは、風壓倍數は 1.0 より小さく、1.5 なる數字と甚しく懸隔する。併し實際の鐵塔機構に於ける兩材の間隔は斯の如く小距離ではないのであるから、實際の場合には 1.0 より大なるべきことは勿論である。併し第 1 節乃至第 3 節に述べたる間隔は、高大なる鐵塔又は橋梁其の他の機構に於て素材 2 本以上を集結したるもの即ち複合素材を使用する場合には其の風壓に對して重大なる關係を有するものである。

第 4 節 不安定風壓間隔

次に各供試體の兩材間隔を前節の間隔以上に増大するときは、風壓は風上素材の風壓より増大し、換言すれば風壓倍數は 1.0 より大きくなることは勿論であるが、此の間隔を實際にあり得べき鐵塔の根開き或はそれ以上まで増大して實測を續けたる過程に於て甚だ興味ある事實に遭遇したのである。それは前節の無影響間隔から或る距離まで擴大せらるゝときは、風壓は急激に増加し、それから少しく間隔を擴大するときは、風壓の増加が急激に停頓する、即ち風壓曲線に亂調を與へる間隔が存するのである。此の現象は溝形鋼を除いた各供試體に共通であつて、此の間隔を通過するとそれ以後は間隔の増加に伴ふ風壓の増加は極めて緩慢且つ安定的となるのである。單に斯の如く風壓に亂調があるのみならず、此の間隔に於ては供試體に振動を生じ又は少しの動機で振動が與へらるゝのである。此の状態に於ける間隔を不安定風壓間隔と名付けたのである。此の不安定風壓間隔に於ける現象の由つて來る原因は、兩材間に挟まれたる空氣の渦流狀況が特別の状態に置かるゝ事に歸すべきである。即ち此の氣流状態に於ては流線の形態が不安定であつて、氣渦は局部的に明滅又は移動し易く、其の結果は風上素材或は風下素材の何れに主として影響を與ふるものなりや不明なれども、兩材一體としての合成風壓は極めて不安定なものとなり振動を生じ易くなるのである。従つて鐵塔は勿論、鐵橋、飛行機其の他の機構に於ても此の不安定風壓間隔に相當する間隔を實現せしめないやう注意すべきものである。本實驗に於て觀測し得た各供試體の不安定風壓間隔は風壓曲線の推移から推測して大約第 8 表に示すが如きものゝやうである。

第 8 表

	山形鋼	平鋼	角材	鋼管
不安定風壓間隔 (mm)	300~340	300~400	190~240	150~200
同上 (素材幅員の倍數)	6~6.8	6~8	3.8~4.8	3~4

上記不安定風壓間隔に於ける異常現象は各素材に依りて輕重がある。其の内角材に於ける現象が最も顯著であつて、山形鋼が之に次ぎ、平鋼及び鋼管は其の順序に従つて之に續いて居る。溝形鋼には此の異常現象が絶無といふ譯ではなく、實驗裝置の關係上之を検出することが出来なかつた迄で、若し裝置の都合が之を許し兩材の間隔を更に擴大して測定したらば、多分不安定風壓間隔を見出し得たであらうと思はれる。假令不安定風壓現象があつても恐らくは 5 種の供試體中最も輕微のものであるであらう。今此の異常現象の著しさを言ひ表す爲、不安定風壓間隔兩限度範圍に於て増加した風壓を不安定風壓間隔兩限度の差を素材幅員の倍數にて表したるものにて除し、更に之を素材 1 箇の場合の風壓の百分率にて表せば、角材は 30.5%、山形鋼は 28.8%、平鋼は 15.3%、鋼管は 10.6% といふ數字になる。之で大約各供試體の異常現象の著しさを比較することが出来よう。それは兎も角として、鐵塔材料として最も多く使用せらるゝ山形鋼にありては、不安定風壓間隔なるものは其の材幅の 6 倍乃至 7 倍位の間にあることを記憶し、鐵塔機構を構成する場合には成るべく此の間隔を實現せしめないやう注意することが望ましい。

第 5 節 風壓倍數

次に供試體の間隔を更に増大するときは、風壓の不安定は消滅して安定的となり風壓は逐次に上昇する。併し

間隔の増加に依る風壓の増加は極めて緩慢となる。従つて本實驗裝置の許す範圍に於ては遂に 2 倍風壓即ち風壓倍數が 2 となる限度に達することが出来なかつたのは甚だ遺憾である。それでも本實驗の極限に於ては第 9 表に示す如く各供試體何れも 1.47 以上の風壓倍數を與へ特に平鋼の如きは 1.7 までに達したのである。

第 9 表

	山形鋼	平鋼	角材	鋼管	溝形鋼
兩材の間隔(mm)	800	900	800	800	850
同上と素材幅員との比	16	18	16	16	8.5
風壓倍數	1.58	1.70	1.47	1.48	1.47

第 9 表の間隔は何れも實際の鐵塔機構構成上實現し得べき範圍に屬するのであるから、鐵塔設計基準に於て風壓倍數を 1.5 と一率に採用する事は不適當である。猶此の斷定は後述する鐵塔機構の模型に對する實驗の結果を述ぶるまで暫時保留する。それは兎も角として、本實驗の結果に基き風壓倍數が 1.5 なる各素材の間隔を推算すれば、山形鋼にありては約 430 mm (素材幅員の 8.6 倍)、平鋼にありては約 370 mm (素材幅員の 7.4 倍であつて不安定風壓間隔の限度内に含まれて居る)、角材にありては約 950 mm (素材幅員の 19 倍)、鋼管にありては約 900 mm (素材幅員の 18 倍)、溝形鋼にありては約 890 mm (素材幅員の 8.9 倍) となつて居り、何れも實際あり得べき鐵塔機構の間隔内に含まれて居る。然らば素材間隔を如何程までに増大したならば風壓倍數は 2.0 となるかといふに、前述の如く本實驗裝置の都合上之を實測することは不可能であるけれども、實測記録中の最後の 3 點を採り、之を基準として風壓曲線の歸向を推察するに、爾後風壓は間隔の 1/8 乘 (溝形鋼のみは 1/4 乘) に大約正比例することを知る。之に依りて算出した 2 倍風壓間隔は山形鋼にありては約 4.55 m (素材幅員の 91 倍)、平鋼にありては約 3.25 m (素材幅員の 65 倍)、角材にありては約 11.2 m (素材幅員の 224 倍)、鋼管にありては約 8.5 m (素材幅員の 170 倍)、溝形鋼にありては約 3.35 m (素材幅員の 33.5 倍) なる結果を得る。之等の結果は或は實際鐵塔機構中に其の適用例を見出し得るものもあり、又然らざるものもある。何れにしても推論上風壓倍數が 2.0 となる場合の有り得べきことは認むることが出来る。

第 8 章 鐵塔機構の風壓

前章に述べた實驗に依り鐵塔素材としこの風壓が如何なる性質のものかを知つたのであるから、それで鐵塔全體としての風壓に関する概念は得られたのであるが、更に之を確むる爲實際の適用例に依る鐵塔機構の 1 構區を採りて風洞實驗を行ふた。其の供試體は次に述ぶる 4 種類であつて、實驗裝置の都合上何れも 400 mm を 1 邊とする正方形即ち 160 000 mm² の構區面積を持つて居るものである。素材は全部等邊山形鋼を用ひ、供試體の要目は次記の通りである。

- 第 1 號 鐵柱 之は實物大で、主材 50 mm, 水平材 44 mm, 斜材 33 mm, 1 構區素材受風面積約 93 200 mm², 即ち構區面積の約 58%, 主材間隔と其の材幅との比 6.0 のものである。
- 第 2 號 鐵塔 (腕金取付部) 之は 154 000 V, C 型標準塔の 1 構區の實物を 1/4 に縮少した模型である。主材 35 mm, 水平材 19.7 mm, 斜材 15.25 mm, 1 構區素材受風面積約 55 900 mm², 即ち構區面積の約 35%, 主材間隔と其の材幅との比 9.45 のものである。
- 第 3 號 鐵塔 (錐體部) 之は第 2 號供試體の原型たる C 型標準鐵塔の錐體部のダブル・ワーレン型機構をなして居る部分の 1 構區を 1/10 に縮少し且つ全構區面を正方形に變形した模型である。主材 15 mm, 水平材 10 mm, 斜材 7.5 mm, 1 構區面素材受風面積約 31 850 mm², 即ち構區面積の約 20%, 主材間隔と其の材幅との比 24.6 のものである。
- 第 4 號 特種鐵塔 (錐體部) 之は 154 000 V, 塔高 60 m の特種鐵塔錐體部の 1 構區を 1/20 に縮少し且つ全構

區面を正方形に變形した模型である。主材 10mm, 水平材 5mm, 斜材 4.5mm, 補助材 4mm, 1 構區面積 材受風面積約 19320 mm², 即ち構區面積の約 12%, 主材間隔と其の材幅との比 38 のものである。

以上 4 種の供試體に就き, 最初は構區を分解して其の受風構區面たる 1 面の機溝のみの風壓を測定し, 次に之を原形に組立て同一受風構區面から受風した構區全體の風壓を測定し, それで風壓倍數を算出したるに, 第 10 表に示す如き結果を得た。

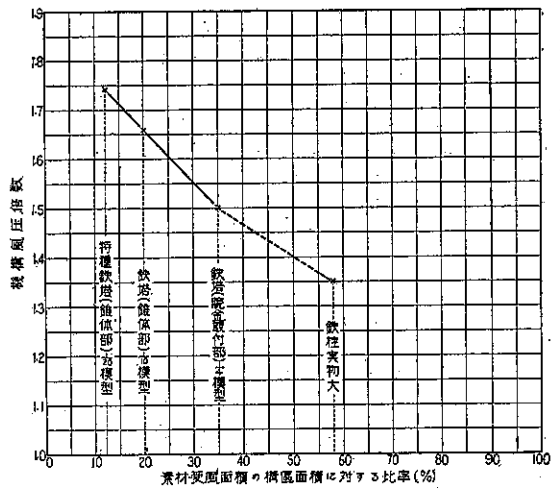
第 10 表

供試體番號	第 1 號	第 2 號	第 3 號	第 4 號
構區全體の風壓 (kg)	16.14	10.91	8.57	5.89
受風構區面一面の風壓 (kg)	11.96	7.294	5.18	34.0
風壓倍數	1.35	1.50	1.66	1.73
素材受風面積對構區面積比率 (%)	58	35	20	12
主材間隔と其の材幅との比	6	9.45	24.6	28

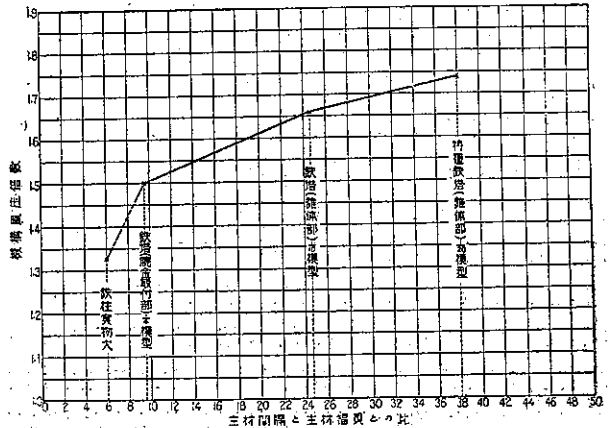
本實驗の結果に依り一目瞭然たるが如く, 第 1 號乃至第 2 號供試體即ち鐵柱又は普通鐵塔晚金取付部の如く鐵柱に類似の機構にありては, 風壓倍數は現在基準

の 1.5 を超過しないけれども, 第 3 號供試體以上のもの即ち普通鐵塔の主體部分たる錐體部に於ける風壓倍數は 1.5 にては過小にて, 1.7 附近特に特種鐵塔の如きものに至りては 1.7 以上に達することが判明する。されば今後の鐵塔設計基準としては鐵柱又は之に類する鐵構にて素材の近接して居るものに限り従來通り風壓倍數を 1.5 と採り, それ以上大規模の機構にありては相當に風壓倍數を大きく採るべきことを提唱するものである。然らば如何なる規模の機構に對しては 1.5 以上那邊まで之を増加すべきかの基準を定むることは困難なるも, 大體論としては素材受風面積と構區面積との比率並に主材間隔と其の材幅との比を目標とし, 前者の比率の小なるもの程, 又後者の比の大なるもの程風壓倍數を大ならしむる要あることは明かである。このことは第 10 表を見れば當然認めらるゝ所であるが, 猶其の關係を見易からしむる爲之を曲線に描けば第 5 圖並に第 6 圖の通りである。第 5 圖の趨勢から見ると如何に素材受風面積と構區面積との比率が小であつても風壓倍數は 1.9 より大きくする必要はないやうである。併し之を以て最後の結論とすることば早計である。何となれば後述する如く風向の偏移をも考へ

第 5 圖 機構風壓倍數と素材受風面積との關係



第 6 圖 機構風壓倍數と主材間隔との關係

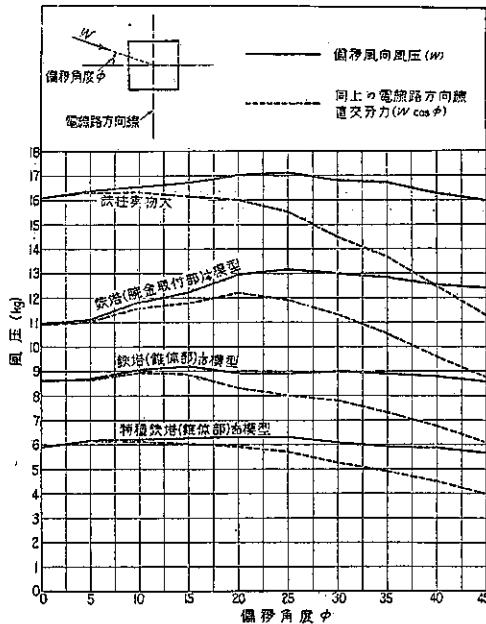


又模型と實物とでは風壓の實値（單位面積上の）に相違があることをも考へねばならぬからである。

第 9 章 偏移風向に於ける鐵塔機構の風壓

前章の實驗に於ては各供試體は正面受風即ち風向が電線路方向線と直交した場合に對應するやう裝置せられたるものなるが、實際の場合に起る偏移風向をも考慮せなければならぬ。何となれば鐵塔素材は主として等邊山形鋼であり、而して等邊山形鋼は第 5 章に述べた如く風向の變化に依り全風壓並に單位面積風壓に變化を與ふるものであるからである。それで前章記載の 4 種の供試體の各々に就き、供試體を回轉する事に依り風の方向を偏移

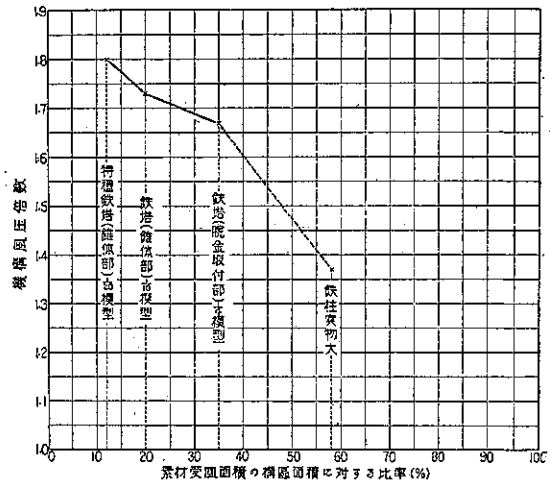
第 7 圖 偏移風向を考慮せる鐵塔機構の風壓



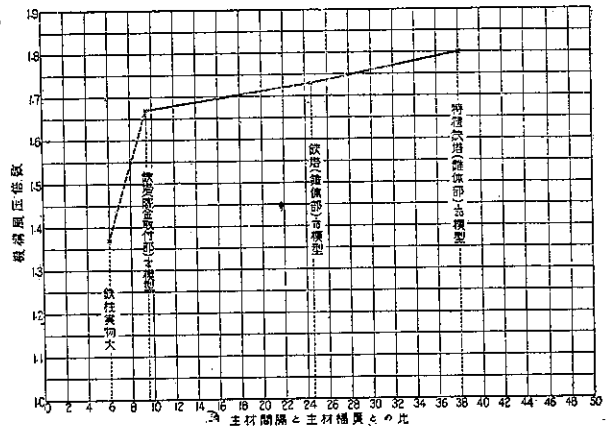
せしめて其の風壓を測定して見た。即ち正面受風（電線路方向線と直交）の場合には其の偏移角度を 0 とし、之より角度 5 宛増加して 45 に至らしめた。其の結果は何れの供試體に於ても偏移角度 25 の附近に於て最大なる風壓を與ふることを知つた。鐵塔の強弱計算に於ては電線路方向線に直角なる鐵塔構面内の機構を考ふるのであるから、上記偏移角度に依る風壓の値に對し $\cos \phi$ (ϕ は偏移角度) を乘じたものを採らねばならぬ。さうすると

其の結果は第 7 圖に示す如く第 1 號供試體にありては $\phi=10$ に於て、第 2 號供試體にありては $\phi=20$ に於て、第 3 號供試體にありては $\phi=10$ に於て、第 4 號供試體にありては $\phi=5$ に於て夫々最大なる風壓を與ふることを知る。此の換算した最大なる風壓と正面受風の風壓との差異は第 1 號供試體にありては約 1% 大、第 2 號供試體にありては約 12% 大、第 3 號供試體にありては約 4% 大、第 4 號供試體にありては約 4% 大である。此の偏移風向

第 8 圖 偏移風壓に於ける機構風壓倍數と素材受風面積との關係



第 9 圖 偏移風向に於ける機構風壓倍數と主材間隔との關係



に依る風壓を採つて風壓倍數を算出して見ると、第 5 圖及び第 6 圖は第 8 圖及び第 9 圖に、第 10 表は第 11 表に夫々修正せらるべきものである。

第 11 表

供 試 體 番 號	第 1 號	第 2 號	第 3 號	第 4 號
構區全體の偏移風向風壓分力 (kg)	16.31	12.18	8.93	6.14
受風構區面一面の風壓 (kg)	11.96	7.294	5.18	3.40
風 壓 倍 數	1.37	1.67	1.72	1.81
素材受風面積對構區面積比率 (%)	58	35	20	12
主材間隔と其の材幅との比	6	9.45	24.6	38

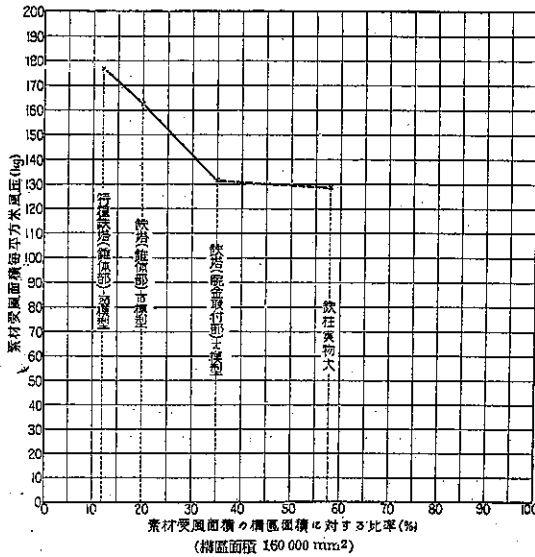
斯くて第 8 圖の趨勢を觀れば、素材受風面積が構區面積に比し極小の場合には風壓倍數は 2.0 に近似することが判明する。されば鐵塔の設計基準としては鐵柱其の他之に類する鐵構にて、素材受風面積が構區面積の約 60% を占むるものは風壓倍數を 1.5 と採るも、其の他の鐵塔にありては素材受風面積對構區面積比率並に主材間隔と其の材幅との比を考慮して、風壓倍數を 1.7 乃至 2.0 の間に於て適當に選定すべきものである。實用的便宜方法としては普通鐵塔は腕金取付部附近なる垂直部分とそれ以下の錐體部とを厭はず一率に 1.8 なる倍數を採り、特種鐵塔にありては全部 2.0 なる倍數を採ることが望ましい。

第 10 章 受風物體の大小と風壓との關係

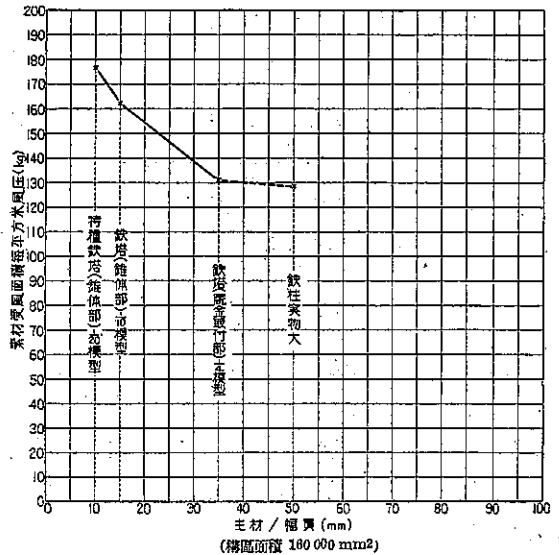
從來の慣例に依れば、同種物體の風壓は其の單位面積上の風壓に其の受風面積を乘じたるものとされてゐる。之は同種の形狀の物體に於ては其の受風面積單位面積上の風壓は一定し、換言すれば風壓換算公式の係數は一定することを前提とするものである。然るに本實驗の結果に依り假令同種形狀の物體にありても其の風壓は受風面積に正比例しないことを認めた。之は從來より多少斯くあるべしとは想像して居たる所なるも、實測の結果に依れば此の現象の著しいものなることを知りたるは意外とする所である。斯くて受風物體單位面積上の風壓、換言すれば風壓換算公式の係數は單に受風物體の形狀のみならず、其の寸法に依りても變化することとなり、鐵塔は勿論橋梁、煙突、家屋其他風壓計算を要する築造物の設計に多大の困難を生ずる事となる。先づ實驗の結果に依る事實を擧ぐれば、第 5 章に於て述べた鐵塔素材の内等邊山形鋼に就いて觀察するに、材幅が 1 と 2 との比なる 50 mm 等邊山形鋼と 100 mm 等邊山形鋼とを比較するに、厚さは前者約 6 mm、後約 9 mm、長さは兩者共 1200 mm、即ち受風面積は 1 と 2 との比で、さうして形狀は同種類のものである。然るに兩者の風壓測定の結果之を 40 m の風速に換算し受風面積每 m^2 當りの風壓を算出すると、前者は第 2 表に示す如くフランジ風上と風下と平均すれば約 138.9 なる値を得たのに、後者は同様方法で約 104.2 といふ數字を得、兩者の間に約 34% の開きがある。又第 5 章及び第 7 章第 1 節に述べた如く、50 mm 角材と 50 mm × 100 mm 溝形鋼 2 本抱合のものと比較するに、兩者の受風面積 1 と 2 との比であり、形狀も亦同種類のものであるにも拘らず、前者の風壓約 8.45 kg 即ち受風單位面積當り約 140 kg なるに後者の風壓約 13.845 kg 即ち受風單位面積當り約 115.4 kg なる値を得、兩者の間に約 21% の開きがある。

次に鐵塔機構に就きて同様に検討するに、第 8 章の實驗に供した 4 種の供試體は實驗裝置の都合上外形を何れも 400 mm にした關係上、第 1 號供試體は實物大なるも、他は何れも 1/4 乃至 1/30 に縮尺せる模型である。従つて實物と反對に第 2 號、第 3 號、第 4 號と順次に素材の材幅が小さく、素材受風面積も亦従つて小さくな

第 10 圖 素材受風面積と風壓との關係



第 11 圖 主材幅員と風壓との關係



第 12 表

供 試 體 符 號	第 1 號	第 2 號	第 3 號	第 4 號
主材の幅員 (mm)	50	35	15	10
素材受風面積 (1 000 mm²)	93.20	55.90	31.85	19.32
受風面積對構區面積の比率 (%)	58	35	20	12
素材受風面積毎 m² 風壓 (kg)	128.5	131.0	162.5	176.5

つて居る。而して風壓實驗の結果は第 12 表並に第 10 圖及び第 11 圖に示す如く、使用材料の細いもの程受風面積單位面積當りの風壓が大きくなつて居る。

斯の如く鐵塔機構に於ても素材受風面積の小なるもの並に使用材料の細小なるもの程受風面積毎 m² の風壓は著しく増大する。併し何れも風壓換算公式の係数を 0.125 と採りたる場合よりも小にして、唯第 10 圖及び第 11 圖の趨勢より觀て受風面積が非常に小なるときは毎 m² の風壓は 200 kg に近似することを知る。普通多く用ひらるゝ 50 mm 山形鋼を主材とするものありては第 12 表に示す如く約 130 kg 附近に在るものゝやうである。即ち從來の計算の約 65% に當つて居る。

竊つて角材 2 本密接して其の側方より受風せるとき、溝形鋼 2 本抱合して正面より受風せる場合とを比較するに、兩者與行同一であつて受風面積は 1 と 2 との比である。さうして其の風壓を比較するに、第 7 章第 1 節に述べたやうに角材の風壓は 6.650 kg、溝形鋼の風壓は 13.845 kg であつて、兩者は殆ど正しく受風面積に正比例した風壓を與へて居る。之は前記の諸例と其の趣を異にして居るやうであるが、之は同種形狀で且つ其の與行が同一であるといふ條件が備はつて居る。即ち相似形で大小の別ある場合とは條件が異つて居る。他の例を擧ぐれば 50 mm × 100 mm 溝形鋼は恰もフランジ風下に置いた山形鋼 2 箇を向合に密接して 100 mm の側から受風したと同様である。それで溝形鋼とフランジ風下の山形鋼 1 箇のみの風壓を比較すれば、前者は 13.490 kg、後者は 7.835 kg で風壓は受風面積に正比例しない。之は兩者與行は同一であるけれども山形鋼の方が風に對して對稱的の形狀を缺いて居るといふ相違があるからである。斯の如く風壓が受風面積に正比例する場合があるとすれば、そ

れは同種形狀且つ奥行同一といふ條件を具備しなければならぬ。假令此の條件が備はつて居つても受風面積に非常な懸隔のある場合、例へば同一厚みの壓延材から切り取つた 1mm^2 のものと 100mm^2 のものとは恐らくは面積に正比例しない風壓を興ふるであらう。此の事は實驗することが出来なかつたが、風壓の性質から考へて斯くあるべき事と信ずる。最近な實例を擧ぐれば、石塊は烈風に動かざるも秒粒は風の爲に動き易く、更に微粉狀細砂は空中高く舞ひ上る。之は相似形の場合に該當するものとして實驗例から容易に解釋される。併し前記の厚みが同一で面積が非常に懸隔してゐる場合は如何といふに、風壓の由つて來る所は第4章に於て述べた通り、決して前面よりの影響のみではなく其の周圍の影響が頗る大きいのであつて面積の小さいもの程此の周圍の影響が比較的顯著となつて來るのである。他の一例を擧ぐれば、軟土性の地盤に於ける耐壓力（ベアリング・パワー）は其の受風面積に正比例しない。換言すれば1坪や2坪の試驗臺で土壓試驗をした結果は之を100坪や200坪又はそれ以上の大きな建物の地盤に適用することは出来ないのである。之は田端變電所で失敗した經驗であつて、それは畢竟周圍の土の影響を無視したからである。それと似たやうな譯で風壓の場合にも受風面積の大小のみを考慮することは或る範圍までは實用上差支ないけれども、著しく面積の異つたものに對しては正面影響に比して周圍影響が比較的著しくなることを考慮せねばならぬ。例へば節目のやうな金網の網戸を採つて其の風壓を考へて見ると、網の素材の受風面積から計算したものに比して著しく大きな風壓を興ふるであらうことは容易に想像されるのである。それは網の目を通る氣流の爲に其の風上と風下との間に風壓力が存在すること、恰も或る導體を通して電流が流るれば導體の兩端にオーミック・ドロップに依る電壓が生ずると類似の現象がある。此の現象を度外視しても金網の如き細小物體は其の周圍影響が甚大であるから、單位面積上大きな壓力が在ることは當然の事である。之に反して高大なる特種鐵塔、橋梁のトラス等に於ては素材の大きさが非常に大きいから、實際に受くる風壓は細小な素材と同様に計算したのものより小さいものであることも當然である。之等の大築造物は小築造物に比して不利な状態に在るにも拘らず案外に事故を起すことの少いのは此處に其の原因の一つがあると考へられる。鐵筋コンクリート製の如き大煙突が鐵板製の如き細小な煙突よりも風壓に對して比較的安全であることは大幸とする所である。之と反對にアンテナ線、電話線其他細小な針金は太い電力線に比して單位面積上の風壓が大きいといふことは大に注意すべきことである。

以上各章を通じて述べ來れる所を綜合して見ると、物體の風壓は其の形狀、大小並に周圍の事情等に依りて一定しない。従つて従來の如く鐵塔使用材料の大小形狀の別なく其の總受風面積に毎 m^2 一定の單位風壓を乗じたものを以て、風壓を算出することは不合理となる。電線に對しても其の受風面積を單に半分にした丈では不合理である。斯くては鐵塔設計上従來の方法は根底より覆さるゝことゝなり、其の依るべき方法を發見するに苦しむものである。本問題に關する研究が進められ之に對應する明確なる指針が決定せらるゝまでの實用的又暫定的手段としては鐵塔材料及び使用電線の代表的のものに就き激風洞試驗を行ひ、其の 1m 長さの風壓を測定したるものゝ表を作り置き、設計圖より鐵塔各素材及び電線の長さを算出し、各材料の長さに對し前記表中の當該單位風壓又は表よりインタポレーションに依りて推定したる單位風壓を乗じたものを綜合して風壓となすより他に良法がないものゝやうである。但し鐵塔材料は裏表兩様の受風面に對する單位風壓を表示し置き、素材取付方法に従ひ裏裏其の一に依るべきことは勿論である。又鐵塔の風壓倍數は前章に述べた數値に依り、電線に對しては直徑の $3/4$ を以て有效受風面積を算出すべきである。猶其の上に風に關して諸種の未知事項のあること故、風壓に對する安全率は従來の儘にては稍不安の感があるから、若し前記の方法で算出した應力が従來の方法で算出したものより小なる場合には、當分の内従來の方法に依る數値を採ることが賢明な手段であると考へる。

第 11 章 結 言

以上各章を通じ述べ來つた諸事項を要約摘録すれば次記の通りである。

- (1) 風速 40 m の風壓は鐵塔計設準基として一般に行はるゝ所なるも、鐵塔の所在地が特異性氣象狀態を有する地方にありては特別の風速を以て基準としなければならぬ。
- (2) 普通の鐵塔にありては風速 40 m の風壓を設計基準として差支なきも、塔高約 30 m 以上の特種高塔にありては特に風壓の基準を高めなければならぬ。
- (3) 風速と風壓との關係は從來風壓は風速の 2 乗に正比例するものとせられあるが、實驗の結果では 2 乗より少し大きなものに正比例する。併し普通用ひらるゝ範圍では實用上 2 乗として差支ない。 $P=0.125v^2$ なる公式の係數 0.125 に就いては實驗の結果 0.0812 といふ値を得。從來と著しき懸隔がある。即ち風速 40 m に該當する風壓は 200 kg/m^2 ではなく、僅かに約 130 kg/m^2 で足りることとなる。之は併し幅 50 mm、厚さ 6 mm、長さ 1200 mm のストラップ狀平鋼に對するものであるが、其の他の形狀寸法を有する物體に對しては種々異なる値を與ふるものである。従つて風壓換算公式は今後再吟味を要する。
- (4) 前記平鋼の外、山形鋼、溝形鋼、角材及び鋼管の 4 種を加へたる 5 種の供試體（長さ 1200 mm、幅又は直徑 50 mm）に就き實驗したる結果、山形鋼の山形の内側より受風（フランジ風上に向けたるもの）の場合には其の風壓は平鋼より約 14% 大きい。鋼管は平鋼より約 28% 小さい。従つて圓錐形の受風面を有するもの例へば電線の如きものにありては、其の受風有效面積は投影面積の約 $3/4$ を採らなければならぬ。之も從來の慣例と著しい相違である。
- (5) 50 mm 等邊山形鋼を長軸を中心として同轉せしめて種々の方向より受風せしめしに、山形の外側より受風（フランジ風下に向けるもの）の場合を 0 度とし其の風壓を 100% としたるに對し、110 度のとき 123% なる最大の風壓を與へ、45 度のとき 53.5% なる最小の風壓を與ふる。之を受風面積毎 m^2 に換算すれば、90 度のとき 148.1 kg なる最大値を與へ、-30 度のとき 87.5 kg なる最小値を與ふる。
- (6) 前記の如き次第なる故、山形鋼を鐵塔部材として使用する場合には、其の取付方法に注意し風壓上成るべく悪影響なきやう取付くことが望ましい。鐵塔錐體部に取付けらるゝ水平材に於て、若し錐體部の傾斜角度を 10 度とせば、取付方法上下顛倒の相違に依り前者の間に約 35% の風壓の相違を來たす。又裏面取付方法の相違に依り兩者の間に約 14% の風壓の差異を生ず。
- (7) 縦列並立にて受風する 2 箇の素材が互に密接する場合には、平鋼及び溝形鋼にありては風上素材 1 箇の場合の風壓と大差なけれども、山形鋼にありては 1 箇の場合の約 90%、角材にありては約 80%、鋼管にありては約 50% に減ずる。
- (8) 前記 2 箇の素材の間隔が少し宛増して行くに従ひ合成風壓は少し宛減少し、或る間隔に於て最少なる風壓を與へる。之を最小風壓間隔と名付ける。此の風壓の減量は少量であつて約 3% 乃至 6% に過ぎない。山形鋼及び鋼管の場合には最小風壓間隔を實現することは出來ないが、兩材密接のとき已に接觸點附近に空所を存するのであるから、兩材の一部が重疊する程中心が接近した所に假想的の最小風壓間隔が存するのであらう。
- (9) 前記 2 箇の素材の間隔が更に擴大せられて或る點に達すると、兩材合成風壓は風上素材 1 箇の場合と同様となる。之を無影響間隔と名付ける。此の間隔は平鋼にありては材幅の約 2.3 倍、山形鋼にありては約 1.3 倍、角材にありては約 4.0 倍、鋼管にありては約 2.2 倍、溝形鋼にありては約 3.8 倍である。

- (10) 前記兩素材の間隔が更に擴大せられて或る範圍に達するときは、合成風壓に急激な變化が生じ供試體に振動を與へる傾向がある。之は兩材間の空氣の渦流が不安定状態に在るからである。此の間隔を不安定風壓間隔と名付ける。之は山形鋼にありては材幅の約 6.0 乃至 6.8 倍、平鋼にありては約 6.0 乃至 8.0 倍、角材にありては約 3.8 乃至 4.8 倍、鋼管にありては約 3.0 乃至 4.0 倍である。此の間隔は鐵塔其の他の機構に於て成るべく實現せしめぬやう注意すべきである。
- (11) 前記不安定風壓間隔を超越して間隔が擴大せらるゝと、合成風壓は安定的に且つ極めて徐々に上昇して行く。合成風壓を風上素材 1 箇の風壓にて除した數即ち風壓倍數が 1.5 となるのは山形鋼にありては材幅の約 8.6 倍、平鋼は約 7.4 倍角材は約 19 倍、鋼管は約 18 倍、溝形鋼は約 8.9 倍である。實驗裝置の都合上此の風壓倍數が 2.0 となるまで間隔を増大することは出来なかつたが、平鋼にありては 900 mm の間隔に於て風壓倍數が約 1.7 に達することを確めた。
- (12) 更に進んで鐵柱機構中の一構區實物大のもの、鐵塔構區の 1/4, 1/10, 1/20 夫々の縮尺模型 3 種、大きさ何れも 400 mm のものに就き風壓倍數を測定したるに、1.35 乃至 1.73 なることを確めた。此の倍數は素材受風面積と構區面積との比又は材幅と素材間隔との比等に依りて變化するものであつて、如何なる鐵塔にも 1.5 と採るは不合理である。
- (13) 上記 4 種の供試體を少し宛回轉し、偏移風壓に依る風壓の變化を測定したりしに、偏移角約 25 度附近に於て最大風壓値を與ふることを知つた。之を更に電線路方向線直交分力に換算するときは、偏移角 5 度乃至 20 度に於て最大風壓を與ふることとなり、此の偏移風向を考慮するときは、風壓倍數は 1.37 乃至 1.81 となる。
- (14) 前記の如く鐵塔の風壓倍數は鐵構素材の大小疎密及び素材間隔等を考慮して適當に決定すべきものであつて、實用上の便宜手段としては普通鐵塔にありては 1.8 倍、特種鐵塔にありては 2.0 倍と採るを安全とする。鐵柱其他之に類する鐵構にありては 1.5 倍にて充分である。
- (15) 上記各種の實驗を綜合すると、風壓なるものは受風物體の形狀如何に依りて單位面積上の風壓に著しき變化あるのみならず、假令同種の形狀に於ても其の大小に應じて又著しき變化あることを知る。唯同種形狀且つ同一奥行のものにありては或る範圍に於ては風壓は受風面積に正比例することを實用上許さるゝに過ぎない。
- (16) 之を要するに風壓に對する觀念は單に其の正面影響のみを考慮する事は甚だしき過誤に陥るものであつて、飛行機、砲彈等の如き空中飛行物の受くる空氣抵抗と全く同一視すべきものである。

以上項を逐ふて述べ來れる所に依れば、從來の公式及び慣行等は根底より覆され、鐵柱設計に一大變革を與ふることとなる。唯從來の公式及び慣行を綜合すれば局部的の不合理は偶然にも互に中和せられ、結果に於て甚だしき不安全なる設計となり居らざりしことは大幸とする所である。今後の設計方針としては鐵塔材料各種の代表的のものに就き悉く風壓實驗をなし、其の單位長の風壓表を作り置き、素材各種の長さに此の單位長の風壓又は表よりインタポレーションに依り推定した風壓を乗じて綜合したるものを全風壓とし、風壓倍數は第 14 項の値を採り、電線は直徑の 3/4 を採ることとして應力を算出すべきである。若し此の算出應力が從來の方法に依りて算出したものより小なる場合には、風に對する研究が確立するまでは從來の方法に依る安全度を削減しない方が賢明である。猶此處に大に注意しなければならぬことは、本文に於ては單に風壓に關したることのみを取扱ひ、それ丈けにても從來の設計及び慣行に著しき缺陷のあることが判明したが、實際に打撃を受くる颶風の場合には單に風

の壓力のみならず、風と共に豪雨を伴ふのが通例である。此の場合に基礎の地盤に弛みを生じ又は地崩をなし、鐵塔に悪影響を與ふるは勿論、鐵塔強弱計算上大切なことは風と共に高速度を持つて居る雨滴が鐵塔又は電線に衝撃を與へ或は重量を附與することである。之は從來計算に考慮せられなかつたことであるが、今後は此の方面にも研究を進め適當なる方法に依りて強弱計算に追加すべきものである。建物其の他の築造物に對しても同様である。

追 記

本稿を草し終りたる後、昭和 9 年 9 月 21 日近畿地方は猛烈なる颱風の襲ふ所となり、諸種の工作物は勿論、人命財産等に莫大な損害を生じ、關東大震災に次ぐべき近來の大慘事を發生したのは誠に痛心の至りである。中に就きて多數の小學校校舎の倒潰、列車の顛覆、放送局の放送不能等は特に著しき事故である。其の他送電線路の被害も相當巨額に上つて居るが、比較的近代の設計に拘はる鐵塔特に渡河用特種高塔が比較的によく倒潰し、中にも基礎に異状なくして鐵塔機構部に破壊作用が現れて居るものが可なり多くあるやうである。之等の事故に鑑み、送電用鐵塔特に渡河用特種高塔の風壓に對する設計基準は速に合理化する必要があることを痛感するものである。

由來我國は毎年數度の颱風に見舞はれ、天然物、農作物、工作物其の他に巨額の損害を生じて居る。之に對し單に厄日と稱し天災としてあきらめをくべきものではない。宜しく官民一致、各専門家協力して、風及び風壓に關する諸種の問題を研究し、風害防止又は輕減のため大に努力すべきものである。

姫川第 6 發電水力工事概要

工 學 士 福 田 俊*

1. 箇所名並に工事種類

新潟縣西頸城郡姫川水系既設大所川發電所下流姫川本川。(遞信省指定山ノ坊觀測所下流)。

姫川第 6 地點に於ける發電水力工事。

2. 計畫概要 (第 1 圖參照)

取水口位置：新潟縣西頸城郡小瀧村大字山ノ坊字宮澤尻

(流域面積 33.42 平方里)……………北陸省線糸魚川驛より約 5 里

堰堤對岸取付箇所：長野縣北安曇郡北小谷村大字大綱字臺所

放水路位置：新潟縣西頸城郡小瀧村大字小瀧字尾巻 (大正橋下)。

使用水量：最大使用水量毎秒 900 立方尺，最小使用水量毎秒 461 立方尺

有效落差：使用水量 900 個の場合 360 尺，使用水量 461 個の場合 369 尺

理論馬力數及び發電力：	使用水量 (立方尺/毎秒)	理論馬力數	發電力 (K.W.)
	900	35.827	22 600
	461	18.845	11 900

* 黒部川電力株式會社取締役兼臨時建設部長