

設計風圧選定の目的で施行した
鳴門海峡に於ける暴風観測報告

第 5 報
(終末報告)

(1 9 6 0 , 7 , 1)

関西電力株式会社
工務部 送電課

は し が き

鳴門海峡横断送電線は名にし負う鳴門海峡を一飛びに横断し、四国と淡路島の電力系統を連繋する雄大な構想であり、将来は更に本土とも連繋する計画である。

鳴門海峡は地形的にも位置的にも気象条件の極めて苛酷な地区であるので、送電線設計上、風速の調査は非常に重大な問題である為京都大学滑川教授、石崎教授にお願いして、1956年以降、毎年、主として台風期に海峡周辺の数ヶ地点で、風速の観測を実施し、多数の貴重な資料が得られた、これ等の結果はすべて京都大学に於て整理、解析、かつまとめられたもので、本報告書と同じ題名で既に第1報～第4報として報告されている。

鳴門海峡横断送電線も関係官庁の御協力により近々着工し得る運びとなつた。こゝに過去の観測結果の総まとめとして、本報告を京都大学より報告して頂いたので、そのまゝ記載させて頂く。

直接観測を担当せられ、設計風圧値の算出に労をおしまれなかつた京都大学、滑川教授、石崎教授、理学部気象研究所の方々、又色々御援助、御便宜をはかつて下さつた大阪管区

气象台、神戸海洋气象台、徳島地方气象台、洲本測候所、第
5 管区海上保安本部、小松島航路標識所の方々並びに地元の
方々に謝意を表す。

目 次

第 1 部	4 頁
I 序 言	4 頁
II 研究経過の要約	5 頁
III 結 語	14 頁

第 2 部

受圧面の大きさによる設計用風圧力 の低減について	17 頁
-----------------------------------	------

設計風圧選定の目的で施行した

鳴門海峡に於ける暴風観測報告

第5報 (終末報告)

(1960.7.1.)

第 1 部*

I 序 言

鳴門海峡横断送電線建設調査会はその仕事の一環として設計風圧の推奨値の決定を試みた。短時日の完結は到底期待出来ないが既に約4ヶ年を経過し、その建設も間近に迫つたので現今までの研究成果**によつてその結末をつける必要が生じた。本報はこの様な目的のために記述されたものである。

脚注 *本項の執筆者は京都大学理学部教授滑川忠夫である。

**本報告、第1報(1956年12月)、第2報(1958年2月)、第3報(1959年9月)、及び第4報(1960年7月)参照。

II 研究経過の要約

(1) 研究開始の理由

設計風圧の第1案は送電課で作製され提示された*。これは永江公式を適用して算定されているが、本邦の建築規準に示されている地上最大風速 $54m/sec$ (瞬間風速に対応する)と大略一致し、徳島及び洲本などの過去の記録から推定し得る最大平均風速 $40m/sec$ (瞬間 $60m/sec$)とも一致するもので、一応合理的である。高度分布に対して永江公式に疑問が残されるにしても、その分布に関する定説が無い現今では否定するに当らず、また大勢にそれ程の違いはないであろうとの見地から一応この第1案を了承したのである。

然るにこの案の掲載されている報文*中に重大な事実が見出された。それは、門崎突端近くに送電課が特設したやぐら上の、1955年度の台風期に於ける暴風時の風速が徳島地方气象台及び洲本測候所のそれらの1.5~3.0倍になつてゐることである。これは海峡狭部での縮脈効果として理解出来るので重要視する必要が生じた。実際、

脚注 * 関西四国連絡線鳴門海峡横断箇所設計概要、関西電力KK、1955年12月

もしこの事実が真実であれば、海峡狭部における平均風速の最大が60-120m/secとなり、鉄塔設計に際して看過出来ない重要なことである。しかし、現地踏査の結果、この様な強風が過去に於いて生じた痕跡は見出し得なかつた。この点の解明を主眼とする研究の必要に迫られた事は当然である。

(2) 研究方針

この種の地形効果の解明に対して先づ考えられるのは風洞模型実験である。しかし一般的に気象に関する模型実験は少くとも現今に於いては採用されていない。それは力学的相似条件を満足せしめる方策がこの場合の様な気象的問題に対して確立していないからである(水理的には或る程度利用出来るが)。従つて、費用が掛り成功の見込みが立たないこの方法は少くとも現今では割愛せねばならない。また模型実験で得られる程度の結果は数値的実験によつてもわかり費用も少くてすむ。しかし、いづれもすべての条件を満足せしめることは少くとも現今では不可能に近い。

一方、地形的に風速が如何に増強されているか、先づその実状を確めねばならない。地表面近くでの観測は比

較的容易であるが、問題としている高さ200m以下の空域の各点に於ける観測は莫大な費用を投ぜない限り不可能である。また、強風時の観測値を必要としているので、測風気球などの実行不可能に近いものも採用出来ない。

結局実行可能な方策として、

(i) 海峡部の十数点に於ける地表面近くの風速の比較観測を行ない、それによつて南東の強風時に於ける各測点の地形増強率の実測値を求める。

(ii) 2次元ポテンシャル流と仮定して実際の地形に適合する様な理論的数値解を求め、それにより海峡横断部の高さ200m以下の空域の各点に対する南東風の場合の理論的増強率を算出する。

(iii) (ii)で得た結果が(i)で得た実測値に近づく様に適当な操作を加え、その結果を各点での想定された地形増強率として、目的の設計風圧算定の基礎とする。

以上の如き方策による研究を次の如くに行つた。

(3) 比較観測の経過と実測地形増強率

比較観測のための測点は第1図に示されている測点番号1-18と第4年度に追加された番号22の19点の内、十数点が毎回選ばれている。(測点番号19-21は附近

の気象官署の測点である。) それらの詳細は第1表に示してある。

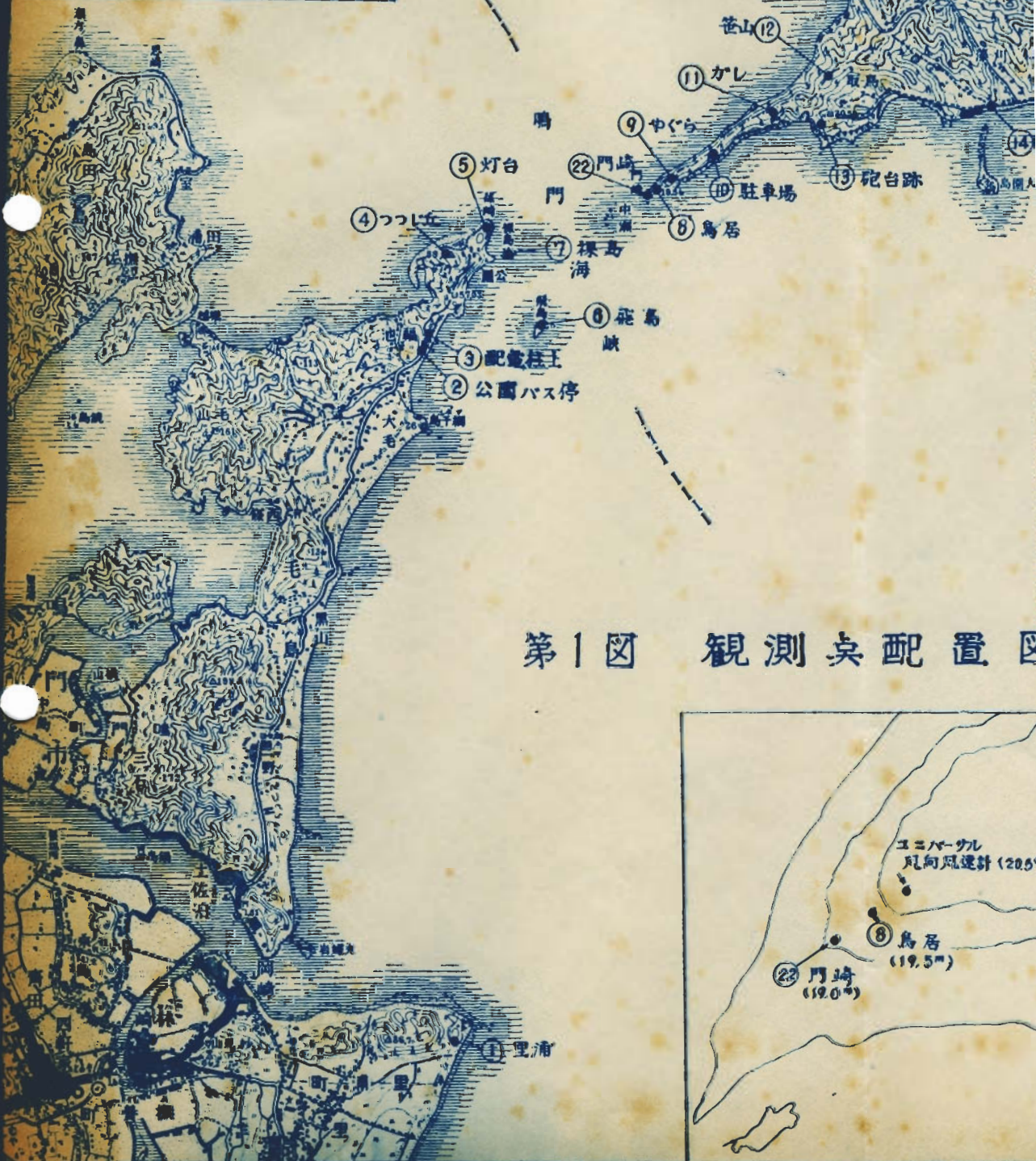
第1表 観測点明細表

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
H

番号	地 点	測 器	地面高度 m	風速計地上高m	観測年次
1	里 浦	R.V.	10	5	I-IV
2	公園バス停	R.	5	5	I
3	配電柱上	R.	54	5	I, II
4	つつじ丘	R.V.(I, II)	99	10	I-IV
5	孫崎灯台	R.V.K(IV)	36	10	I-IV
6	飛 島	R.K(I, II, III)	25	3	II-IV
7	裸 島	R.	19	5	I-IV
8	鳥 居	上	20	10	III, IV
		下		5	I-IV
9	やぐら	R.V.	50	10	I-IV
10	駐 車 場	R.	42	5	II-IV
11	ガ レ	R.	75	5	I-IV
12	笹 山	R.V.(IV)	92	5	I-IV
13	行者砲台跡	R.	51	8	II
14	刈 藻	R.	3	8	I
15	押 登 岬	R.V.	13	5	II-IV
16	阿 那 賀	R.	17	5	I, II
17	丸 山	R.V.	19	5	I
18	灘	R.V.	40	5	I
19	徳島地方気象台	R.V.D.	1	17	} 気象庁
20	洲本測候所	R.V.D.	110	10	
21	小松島港	R.V.	-	-	
22	門 崎	R.	19	3	IV

注。測器 R. はロビンソン風速計(4杯型)
D. はダインス式風速計
K. は風車型発電式風速計
V. は自記風向計
() 内ローマ数字は特定の年度のみ使用した場合の年次を示す。

○観測年次 I は第1年度(1956年)
II は第2年度(1957年)
III は第3年度(1958年)
IV は第4年度(1959年)



第1図 観測点配置図



これらの観測は主として台風期のみに行われ、台風接近に伴つて発現した強風に就いて各測点の同時風速比を求め、その平均値を地形増強率とした。尤も風速計の地上高が測点によつて異つてゐるのでそれに対する補正は施されている。その結果の一覧は第2表として示されて

第2表 地形増強率

番号	測点		南東風に対する地形増強率			観測された 最大風速 m/sec
			初年度	次年度	最終年度	
4	つつじ丘		1.45	1.1	1.1	20.2
5	孫嶮灯台		1.8	1.6	1.8	33.5
6	飛島		—	1.1	1.15	19.0
7	裸島		1.85	1.6	1.6	27.5
8	鳥居	上	—	—	2.1	37.6
		下	2.55	2.0	2.2	38.4
9	やぐら		1.95	1.7	1.7	29.2
10	駐車場		—	1.6	1.8	28.8
11	ガレ		1.9	1.7	2.05	35.4
12	笹山		—	1.7	1.8	30.0
基準地(里浦)の最大風速 m/sec			17.2	18.4	17.9	18.4

註 風速は全て1時間平均風速である。

いる。この表を見ても解る様に、地形の増強を受けていない基準地(里浦)の風速が想定された最大平均風速

(40m/sec)に近くなつた例を不幸にして得られなかつたのである。観測された範囲内の強風に対してはそれらを実測地の平均であるから信頼することが出来るが、それらの増強率を実測し得た範囲よりも風速が強くなつた場合にも適用し得ると云う保証はない。むしろ風速の増大に伴つて増強率は小さくなる(1に近づく)と思われる節もある。

(4) 理論的考察の経過

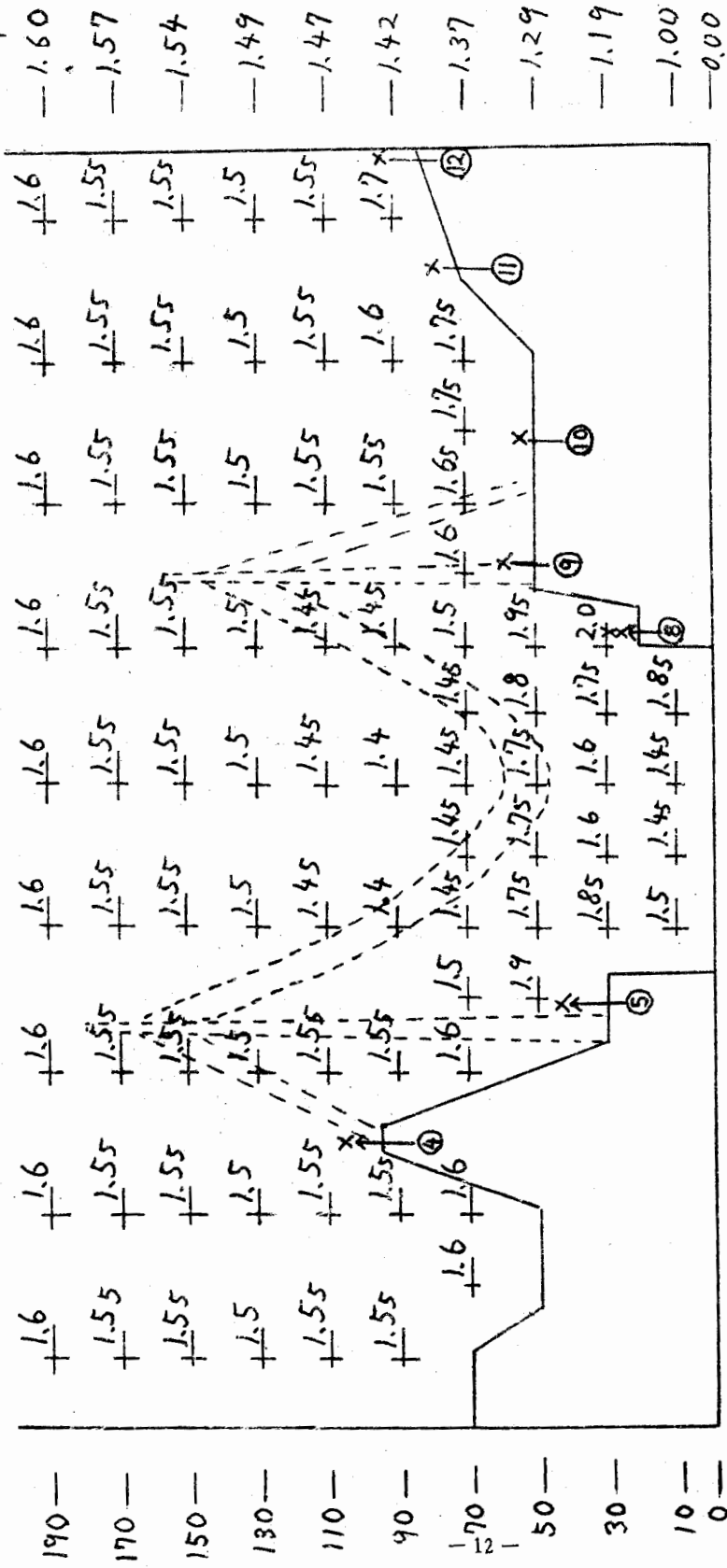
地形の影響を受けない広い海上で、風速が高さと共に *Deacon* の経験式に従つて増大している気流が海峡狭部に吹き込んだ場合、その気流が完全な水平流であると仮定し、ポテンシャル流として取扱つた数値解を先づ最初に算定した。その結果は第3表で示されている様に実測

第3表

番号	測点	理論地形増強率				実測地形増強率	
		水平流のみ	山越え流のみ	合成流	同修正値		
4	つつじ丘	1.45	2.2	1.8	1.6	1.1	
5	孫崎灯台	3.2	1.65	2.4	1.85	1.8	
6	飛島	1.85	1.2	1.5	1.35	1.15	
7	裸島	2.85	1.2	2.0	1.6	1.6	
8	鳥居	上	4.0	1.65	2.8	2.0	2.1
		下	4.0	1.8	2.9	2.1	2.2
9	やぐら	2.0	2.05	2.0	1.65	1.7	
10	駐車場	2.1	2.05	2.1	1.7	1.8	
11	ガレ	2.3	2.1	2.2	1.8	2.05	
12	笹山	2.1	2.2	2.15	1.8	1.8	

増強率より相当大きい値を示している。一方前記の気流が全部山越え気流であると仮定して同様の算定を行つた。その結果は同表に示されている様に見前者よりも実測率に近い様であるが、海峡狭部で風速が増強されると云う事実を示し得ていない。實際海峡に吹き込んだ気流の一部は水平流として迂回せんとし、一部は山越えするに相違ない。しかしその割合を理論的に決定することは容易ではない。種々考慮した結果、半分が水平流、残り半分が山越え流であると見立てることが最良であるとの見解に達した。これに対する理論的増強率も同表に（合成流として）示してあるが、それを見て解る様に実測率より全て幾分大きい。この事は摩擦に起因するものと推察して、これに対する修正を施し、実測比により近い結果に到着している。上述の手段により問題の空域に於ける理論的地形増強率を算出し、その分布を第2図に示した。

增強率
海堤

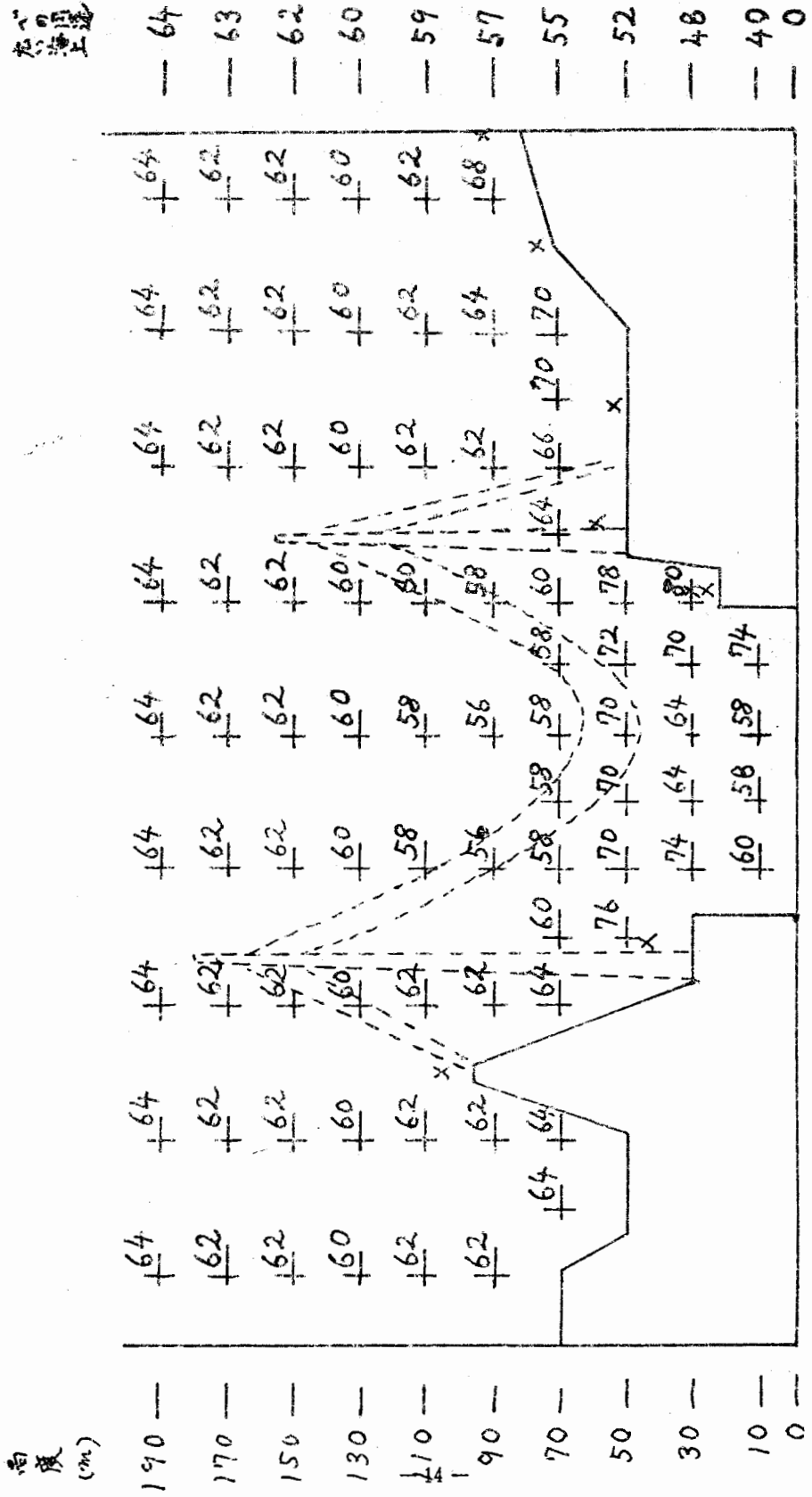


× 測測点

第 2 圖 地形增強率

Ⅲ 結 語

設計風速の推奨値の終末的決定の結果を図（第 3 . 4 図）
で提示し、結語にあてる。



第 3 圖 設計風速推獎值 (平均風速) m/sec

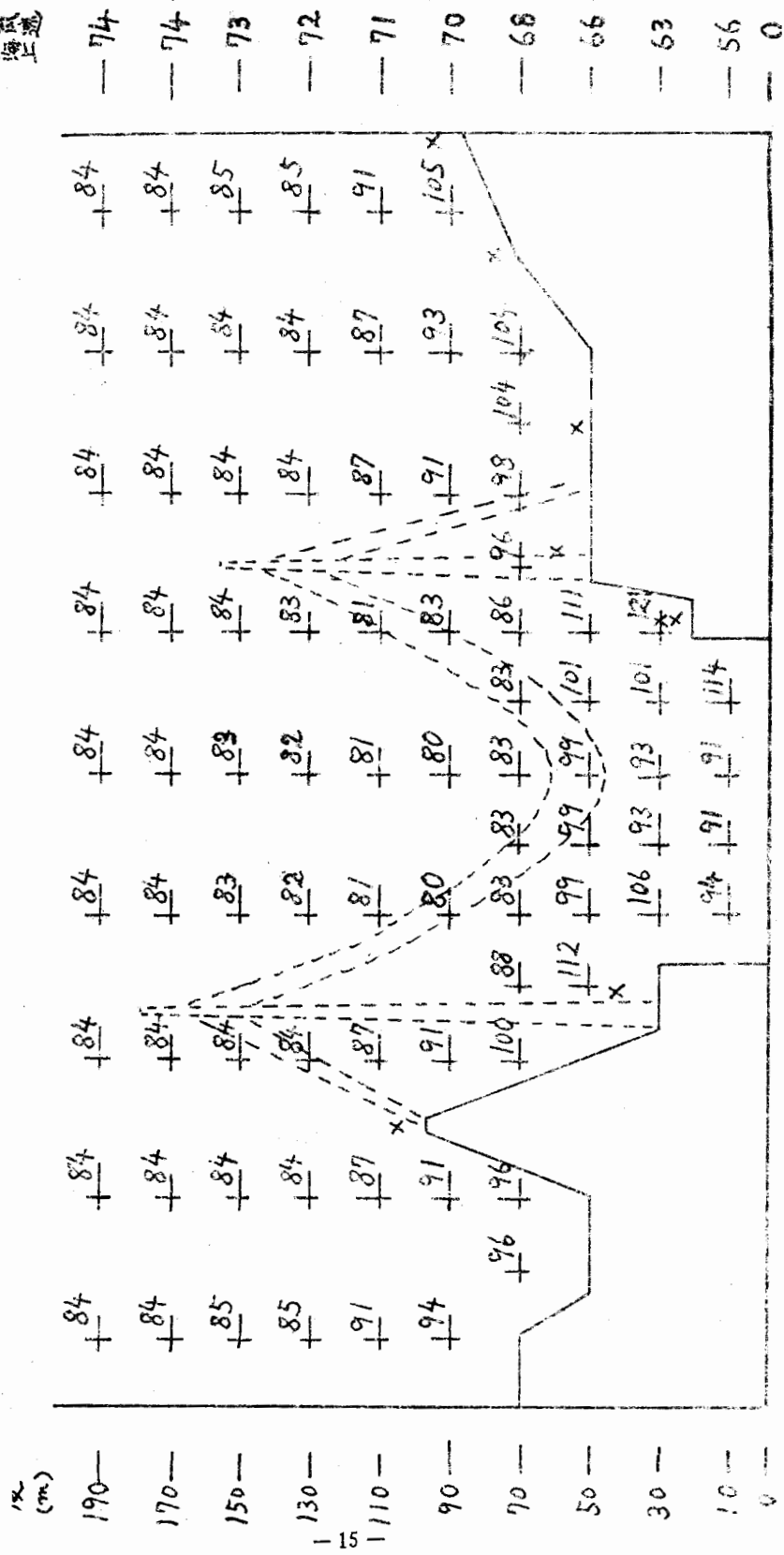
高度 (m)

風速 (m/sec)

64
63
62
60
59
57
55
52
48
40
0

190
170
150
130
110
90
70
50
30
10
0

瞬間風速



第 4 圖 設計風速推獎值 (瞬間風速) m/sec

第 2 部*

受圧面の大きさによる設計用風圧力の低減について

地上附近の風が非常に乱れたものであることは、よく知られた事実で、構造物の受圧面が大きくなれば、瞬間最大風圧が全面に同時には作用しないであろうと考えられる。従つて構造物が大きくなれば、対象とする構造部分の大きさに応じて設計用風圧力度を減少させても差しつかえないことになる。しかしこの減少させる割合については今日未だ明らかでない。

脚註 *本項の執筆者は京都大学防災研究所教授 石崎潑雄である。

鳴門海峡に建設せられる鉄塔の設計に関しても、全く同様で、上記の考えから耐風設計を合理的なものとするため、台風時における風圧力の時間的、空間的变化を知る目的で、1956及び1958年度にわたり観測を行なつた。この観測の記録に基づいて考察の結果、一応次の様な結論を得た。

「設計用速度圧 q は受圧面の長さに応じて、次に示す割合で減少させてもよい。

$$q = G q_0$$

$$G = \frac{G_0}{2} (1 + e^{-\alpha x}) \quad \text{ただし } G \geq 1$$

ここで、

q_0 : 平均風速による風圧力

G_0 : 瞬間最大風圧と平均風圧との比。

x : 対象とする構造物部分の長さ [m]

α : 常数 0.02とする。」