

## 熱線風速計に依る格子後方の 風速分布測定に就て

囑 託 宮 本 藤 雄

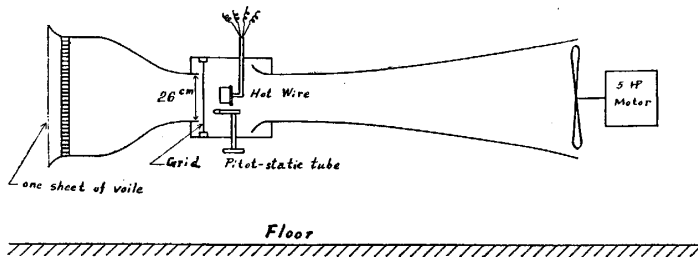
### 1. 緒 言

翼の風洞実験に當り、其の前方に針金より成る格子を置き氣流に擾亂を與へ、外見的にレイノルズ數を高める工夫は近年各所の風洞にて行はるるが、斯の如き方法は翼の位置に如何なる氣流を生ずるかに就いては信賴すべき實驗見當らず。此の實驗は此の缺を補ふ目的にて、熱線風速計研究に於ける附帶豫備實驗として、如何なる程度の結果を得られるかを知る爲に行へるものにして、從つて装置も簡易化せるものを用ひ之による誤差等は黙殺して行へり。其の結果格子の方法は氣流に縞狀の風速及び擾亂分布を與へ、從つて格子の方法に關しては再考の必要ある事を示せり。

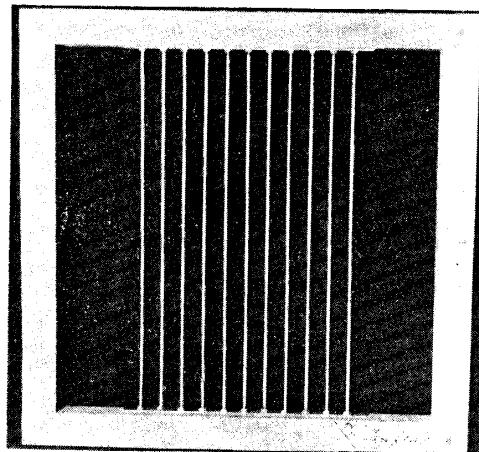
### 2. 装置並びに計器

實驗は第1圖に示す如き吹出口 26 cm, 吹出口と吸込口との距離 20 cm なるエッフェル型風洞にて行ひ、格子は第2圖に示す如く木製枠に直径 2 mm の針金を其の中心間隔 15 mm に 11 本並べたるものを用ふ。

熱線回路はケルビンのダブルブリッジを用ひ、電源として蓄電池 114 volts を用ふ。第3圖は其の回路を示す。檢流計 G は Siemens Halske 製小型檢流計



第 1 圖



第 2 圖 格 子

(周期 4 秒) を、電流計 A には Siemens Halske 製 Z 型電流計 (測定範圍 0.1, 1, 10 amp.) を、風洞風速測定用壓力計には Betz の投影型微壓計を用ふ。

第3圖の回路に於いて電橋の夫々の抵抗を  $a, b, a, \beta, P, R$  とす。  $P$  は熱線の抵抗に當る。電流計 A を含む回路の抵抗を  $\delta$ 、之を流れる電流を  $k$  とす。  $a, b; a, \beta; P$  を流れる電流

を夫々  $i, j, I$  にて表はす. 今電橋が平衡にある場合には

$$\frac{P}{R} = \frac{a}{b} + \frac{\beta}{R} \frac{\delta}{\alpha + \beta + \delta} \left( \frac{a}{b} - \frac{\alpha}{\beta} \right)$$

且つ

$$I = k \left( 1 + \frac{\delta}{\alpha + \beta} \right)$$

$$j = k \frac{\delta}{\alpha + \beta}$$

$$i = I \left( \frac{P}{a} + \frac{\alpha}{a} \frac{\delta}{\alpha + \beta + \delta} \right)$$

今

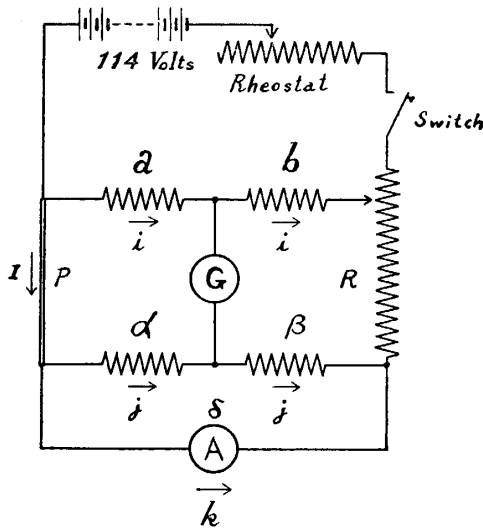
$$\frac{a}{b} = \frac{\alpha}{\beta}$$

なるやうに調整せられる場合にはケルビンのダブルブリッジの特性により恒に

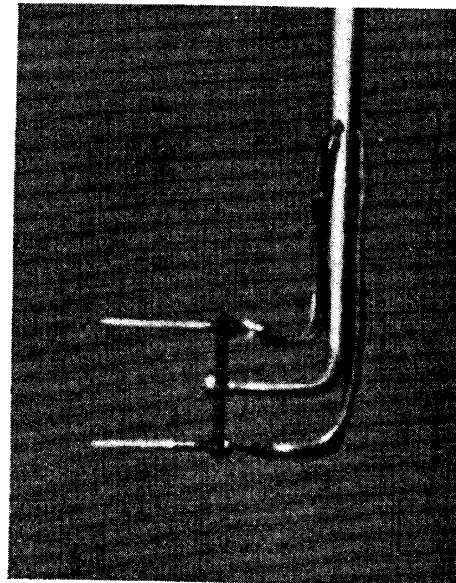
$$\frac{P}{R} = \frac{a}{b} = \frac{\alpha}{\beta}$$

故に

$$P = \frac{a}{b} R = \frac{\alpha}{\beta} R$$



第3圖 熱線回路



第4圖 熱線叉

にて表はされ  $a, b, R$  又は  $\alpha, \beta, R$  を知れば  $P$  を知る事を得. 此の實驗に於いては  $a, b, \alpha, \beta$  は各 3000 オーム,  $\delta$  は約 0.15 オームなり. 従つて  $k$  は殆ど  $I$  に等しく,  $j$  は  $I$  に比し無視し得る程度に小なり. 此の際  $a, b, \alpha, \beta$  間の誤差は約 1% 以下なる故に之による補正も必要なく  $P$  は上述の如くして求めることを得.

熱線には Hartmann & Brawn 製表記直径 0.015 mm の白金線を用ふ. 顕微鏡の測定によれば直径は平均 0.017 mm なりき. 熱線の長さは 25 mm にして第 4 圖に其の概観を示す. 熱線又は直径 6mm の眞鍮管の先端に取り付け之を空気流の方向並びに之と垂直の方向に移動し得る臺に固定せらる. 尙熱線は格子が縦なる故に縦に張られ之が爲に生ずる誤差は今回

は考へず。塵埃による熱線の切斷を防ぐ爲、整流器の前にボイルを一枚張り防塵の用に供せり。

### 3. 測定方法

風洞風速測定の爲に、ピトー管を格子後方 65 mm の箇處に固定す。但しピトー管は格子の針金の間にあり。本來ピトー管は格子前方に置かるべきものなるが、測定室小なる爲に設置場所なく、餘儀なく前記の位置に取付けた。後記實驗結果より知る如く、此の位置は格子後流の重なり始むる個處にして不適當の位置なり。

格子は吹出口の後方 20 mm の箇處に固定され、其の支持枠は空氣流の圏外にあり。

測定は格子後方 1 cm より 11 cm 迄 1 cm 毎に其の點にて空氣流の流れに垂直に横切りて行はれ、格子の中央の 3 本に就きて 1 mm 毎に測定し其の測定値を求めたり。

測定を行ひたる風速は 10 m/sec, 15 m/sec, 20 m/sec の三種なり。熱線風速計の測定には加熱電流一定の方式を採用せり。即ち熱線に一定の電流（實驗中 0.2 amp. を用ふ）を通じ、風速によりて變動する抵抗値の變化を求め、豫め求めたる較正值に従ひて風速に換算し、以つて風速分布を得たり。

### 4. 實驗結果

風洞測定室の格子後方に就きて空氣流に平行なる方向の風速分布（格子の針金間にて）を求むれば第 5 圖に示す如し。但し格子を除きて同位置にて測定したる場合は一様の風速分布を示したり。

空氣流に垂直なる方向の風速分布は第 6 圖より第 38 圖に示す。第 6 圖より第 16 圖迄は風速 10 m/sec. に就きて、第 17 圖より第 27 圖迄は風速 15 m/sec. に就きて、第 28 圖より第 38 圖迄は風速 20 m/sec. に就きて得られたる結果なり。

同一風速分布曲線中の極大風速値間、並びに極小風速値間に差あるは、横斷測定にかなりの時間（約 40 分）を要する爲、状態の變化を生ずるに依る。

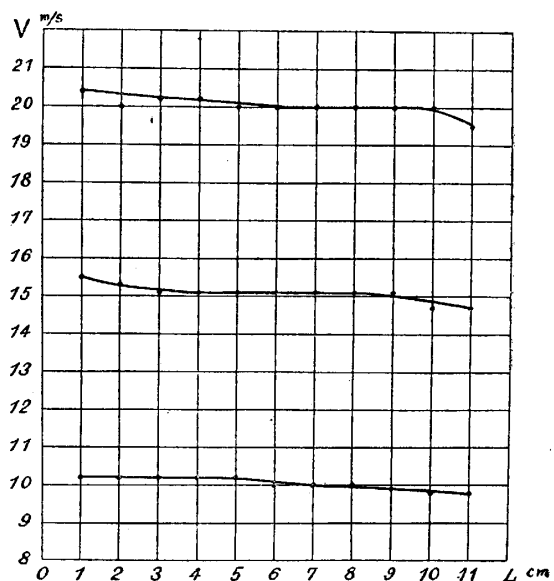
風速分布曲線より知る如く、風速は横斷面の位置の函數にて示さるべく、今横斷方向を X 軸にとれば

$$v=f(x)$$

にて表はさる。今かかる風速の平均値を

$$\bar{v} = \frac{\int f(x) dx}{\int dx}$$

にて表はすとす。かかる平均風速を各横斷につきて求め、夫々の場合の極大風速平均値と比



第 5 圖

較するに、總ての場合に於いて略極大風速平均値の94%が上記の平均風速となることを知れり。

或る風速に於ける風速分布にて、極大風速平均値と極小風速平均値の差と格子よりの距離との関係を見るに、其の差は殆ど風速に關係なく格子後方1 cmにては風速の20%、格子後方5 cmにては16%、11 cmにては11%なることを知る。

格子のレイノルズ數は風速10 m/secにて $1.4 \times 10^3$ 、風速15 m/secにて $2.1 \times 10^3$ 、風速20 m/secにて $2.8 \times 10^3$ なり。

次に格子の針金の後流の擴り方を風速分布曲線圖より求めたるに、針金の後方1 cm迄は片側に就いて $26^\circ 35'$ の角度にて急激に擴がり、此の附近より急激に擴り方小となりて格子後方3 cm迄は約 $4^\circ 20'$ の角度にて擴り、更に之より後方は平行となる。之は格子の針金相互間の干涉によるものなるべし。此の様子は三種の風速に就きて殆ど同様なり。第39圖より第41圖に各風速の場合に就きてのものを示す。尙圖より各風速の場合に就きて、格子後方1 cmのものど11 cmのものどに於いて極小風速値を示す位置(圖にて×にて示す)を比較するに約1 mmのズレを示すことを知る。之は熱線又の移動裝置が風向と一致せぬ事によるものならん。格子の後流の平行部分の幅は約12 mm、後流と後流との間隔は約3 mmの幅を有す。

次に後流内並びに後流と後流との間の流れの様子を検する爲に、格子の針金の後に當る個處と、針金と針金の間中に當る個處とに就きて、格子の後方1 cm並びに11 cmの個處に熱線を置きオッシログラムを取れり。第42, 43; 46, 47; 51, 52圖は格子の針金の間中に於けるもの、第44, 45; 48, 49; 53, 54圖は格子の針金の後方に於けるオッシログラムを示す。圖より知る如く後流内は完全に亂流となるも後流と後流との間は格子より11 cm後方にても僅に亂さるのみなることを知る。即ち此の風洞にては格子の後方11 cm迄は空氣流は亂流と風洞自身の空氣流とが縞模様をなして流れることを知る。此のオッシログラムは何等の増幅回路、補正回路を用ひずに直接取られたるものなる故に、熱線の慣性による振動數に關する位相の遅れ及び振幅の減少を含む。従つて之より亂流の状態を検することは不可能にして單に參考となるに過ぎず。

次に參考として熱線の代りにピトー管を置き代へて得たる風速分布曲線を第54圖より第62圖に示す。之と熱線に依るものとは其の曲線形を少しく異にす。極小値に於いて著しく尖るをこの特徴とす。此の場合、極大風速平均値と極小風速平均値の差と風速との關係を格子よりの距離に就きて見るに、殆ど風速に關係なく差は格子より1 cm後方にては風速の38%、格子より6 cm後方にては風速の19%、格子より11 cm後方にては風速の12%に當る。

前述の風速平均値 $\bar{v}$ を之につきて求め、極大風速平均値と比較するに風速並びに格子よりの距離に關係なく、極大風速平均値の95%が平均風速を示す結果を得たり。

## 5. 總 括

此の實驗に用ひられし風洞の測定室の中心部は流れの方向には殆ど一樣な風速分布を示すも、格子を入れたる場合には格子の針金と針金の間中に於いて格子附近にて僅に風速を増し、中央附近より後方にて急激に風速の減少する傾向を示す。

格子後方の横断風速分布曲線は格子附近にては極小風速の部が尖り極大風速の部分に平らな形を示すも、後方にては殆ど正弦曲線に近づくことを示す。但しピトー管にて測定せる場合は少しく型を異にす。

上述の平均風速値  $\bar{v}$  を用ふるとき、之は風速並びに格子よりの距離に殆ど関係なく其の極大風速値の約 94% に等しく、之は又ピトー管に依りて得られたるものと殆ど等しきことを示せり。

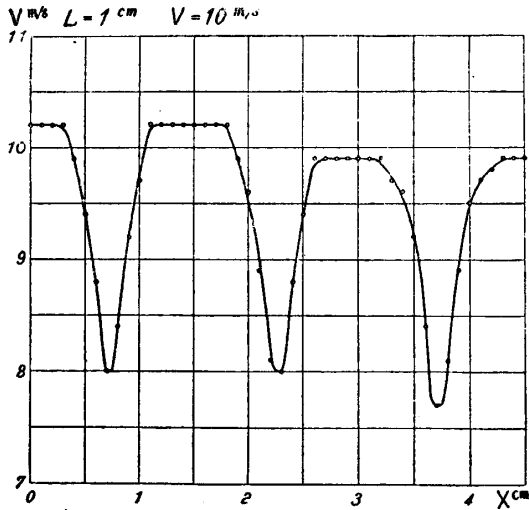
此の實驗にて特に注意を引けるは、此の風洞にて此の測定範囲にては格子後方の流れは風速に関係なく風洞自身の空気流と格子による亂流とが互に層をなすことなり。此の縞模様が格子後方何程の距離にて消失するか、又他の風洞に於いても同様の流れを示すものか、今後の研究に俟つべきものあり。

此の實驗には一回の横断測定に約 40 分を要し種々の不便を伴へり。今後は自記装置により一回の横断測定を數分以内に終了する如く改良する必要あり。

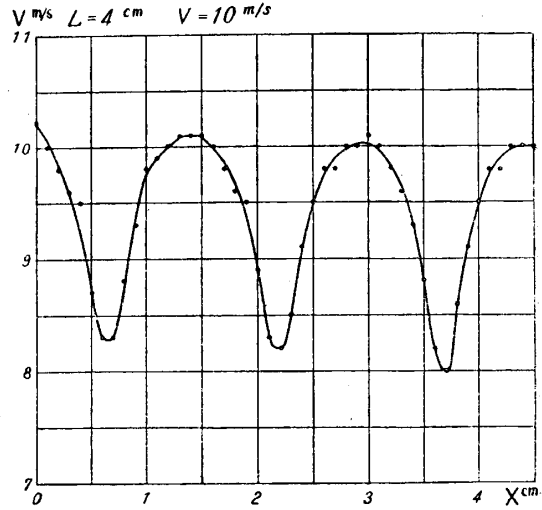
測定用熱線は長さ 25 mm ありかくては格子の針金と恒に平行に熱線を置くこと殆ど不可能にして、且つ長き部分の平均を測定することとなる。従つてかかる測定には直径 0.0015 mm 程度の白金線長さ 3 mm 位 (end effect を無視するには直径の約 2000 倍の長さを有する必要あり) のものを熱線に用ひ上記の誤差を出來得る限り小となすべきなり。

終に臨み御指導を賜はりし河田所員に厚く感謝の意を表す。

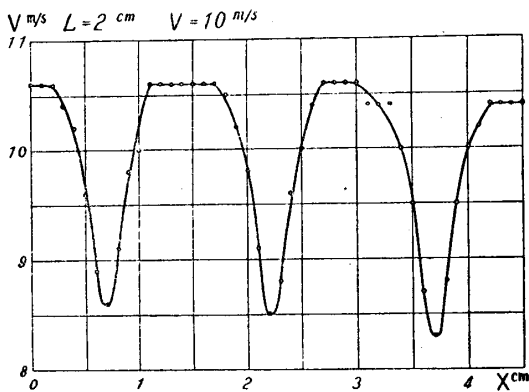
第5圖より第62圖迄に於いて  
 $L$  格子よりの距離  $V$  風速  $X$  空氣流に垂直方向の軸



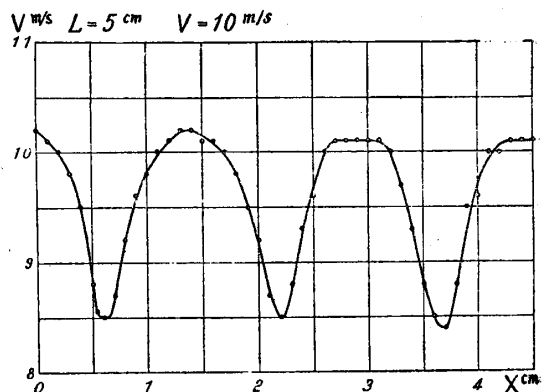
第 6 圖



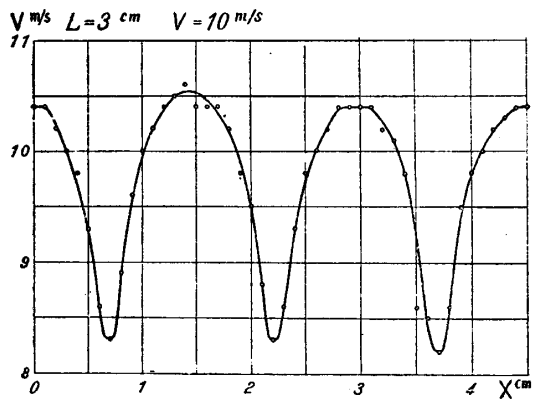
第 9 圖



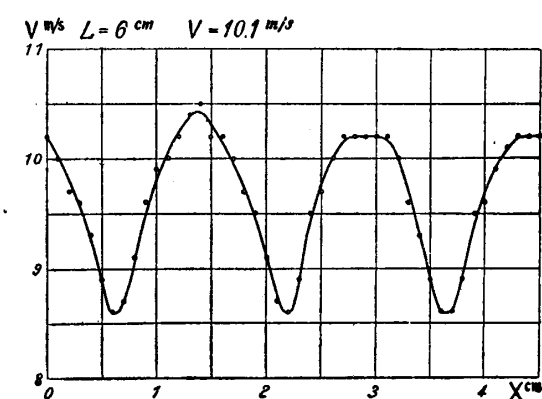
第 7 圖



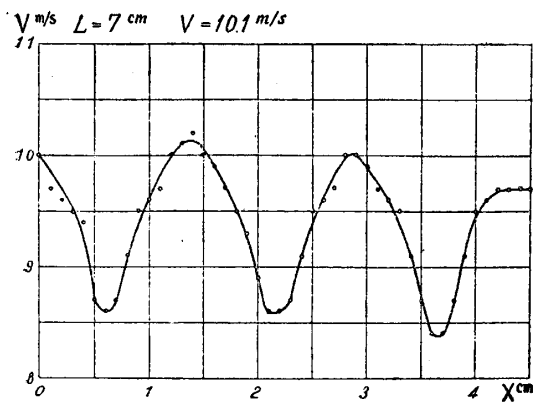
第 10 圖



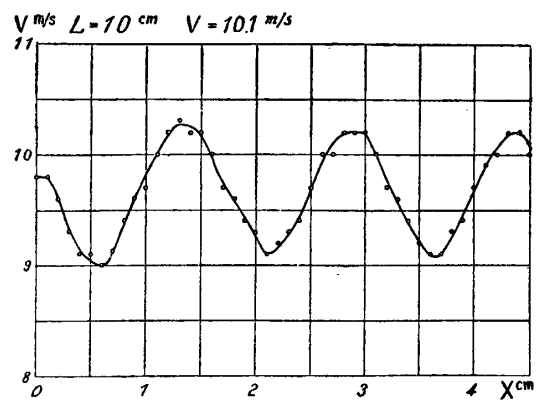
第 8 圖



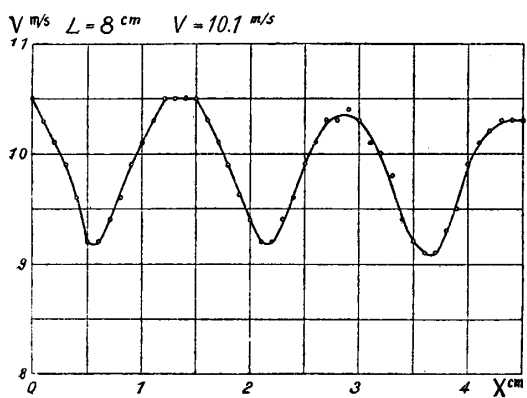
第 11 圖



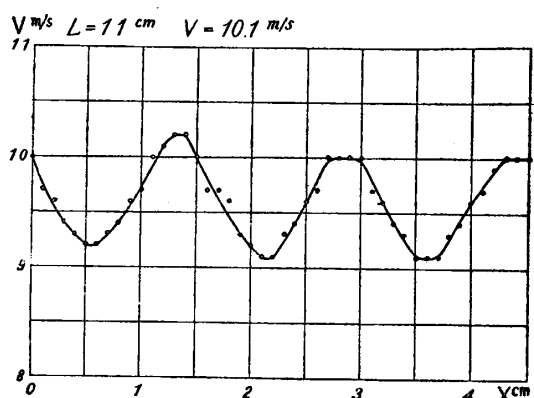
第 12 圖



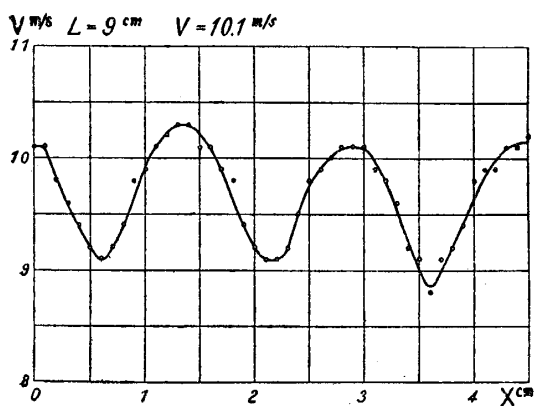
第 15 圖



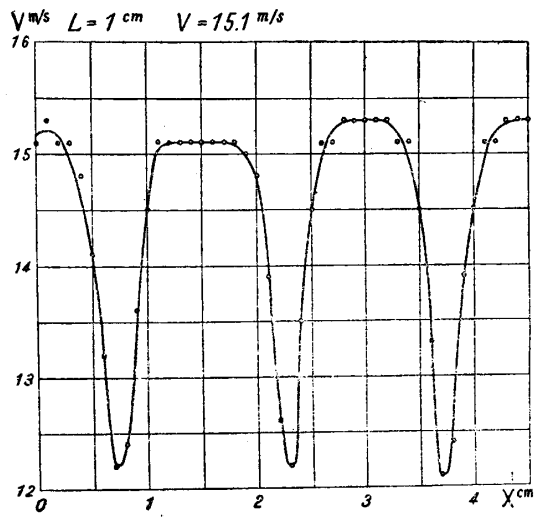
第 13 圖



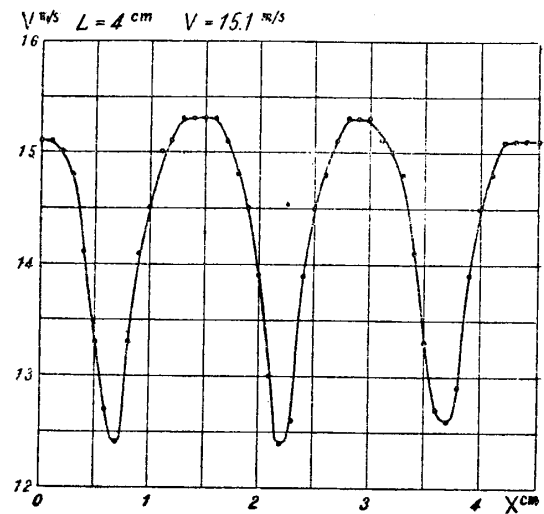
第 16 圖



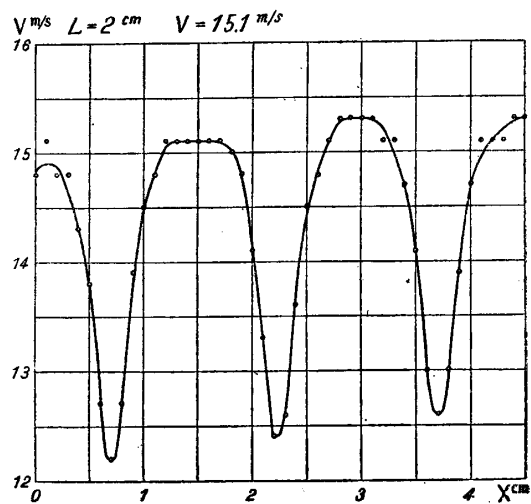
第 14 圖



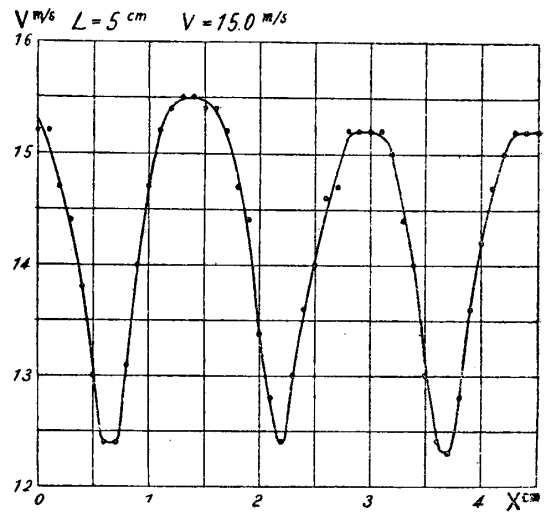
第 17 圖



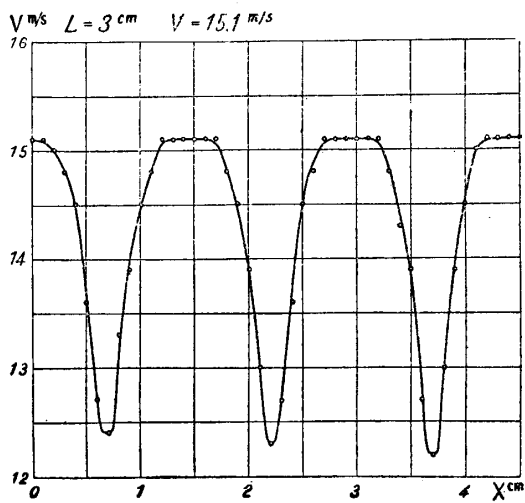
第 20 圖



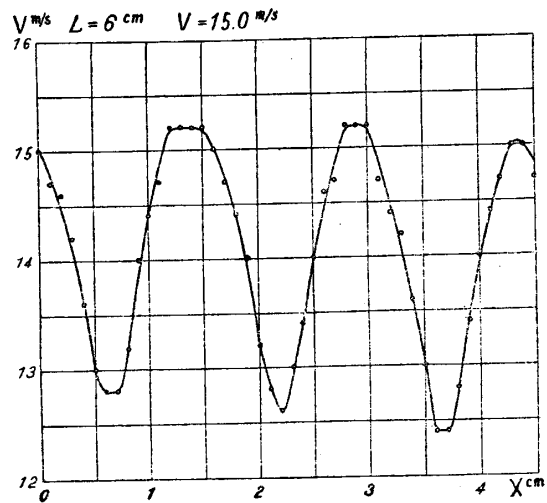
第 18 圖



第 21 圖

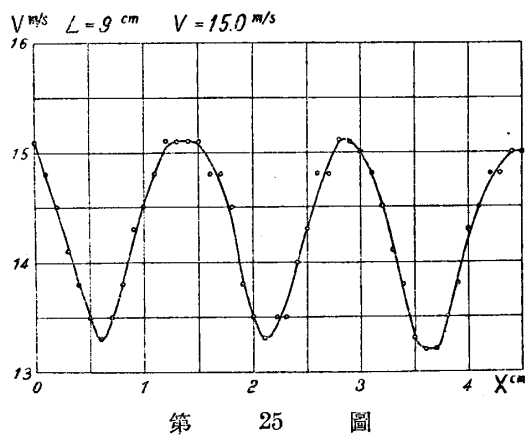
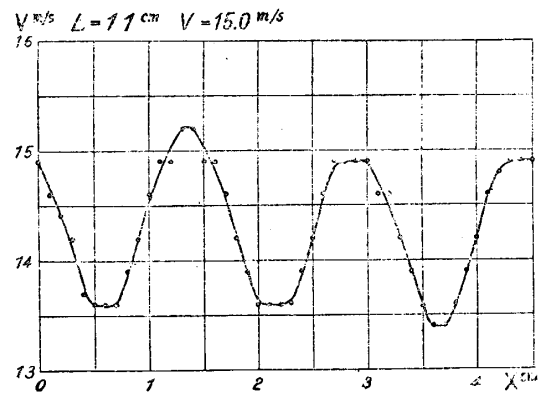
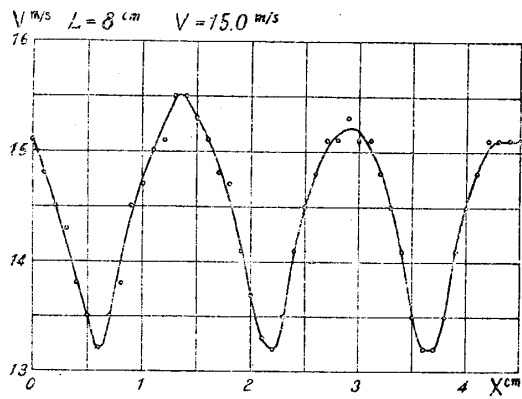
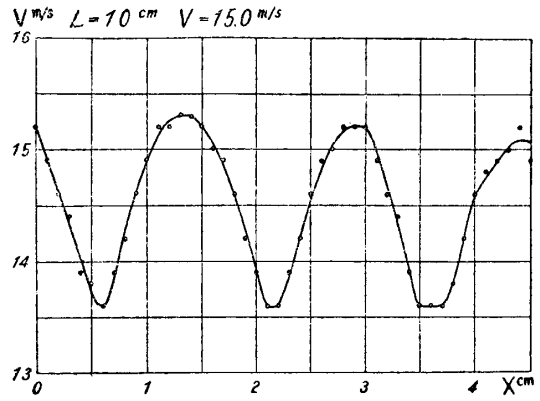
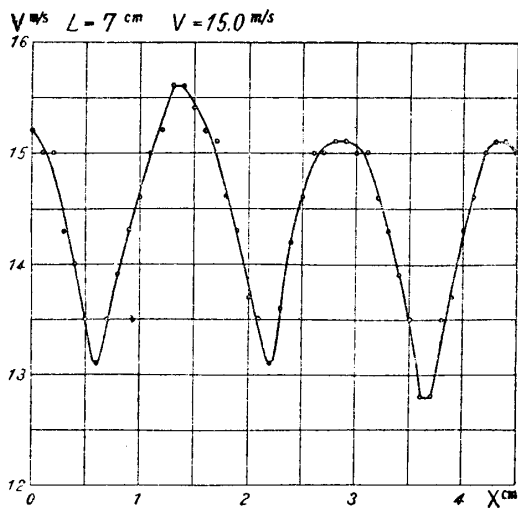


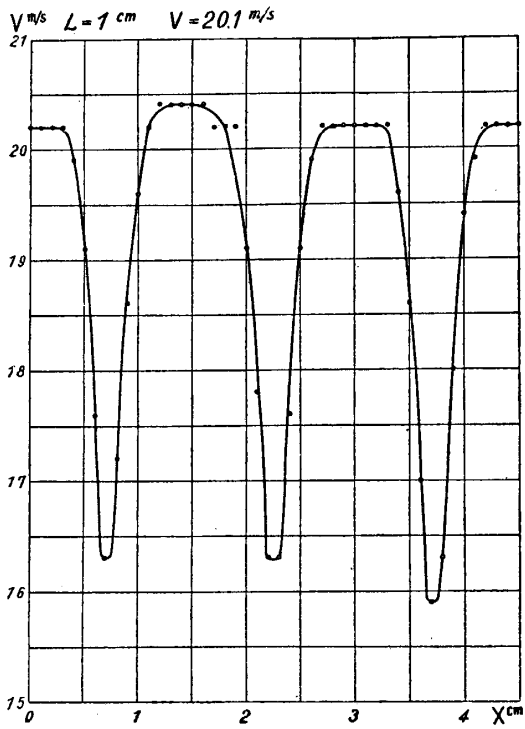
第 19 圖



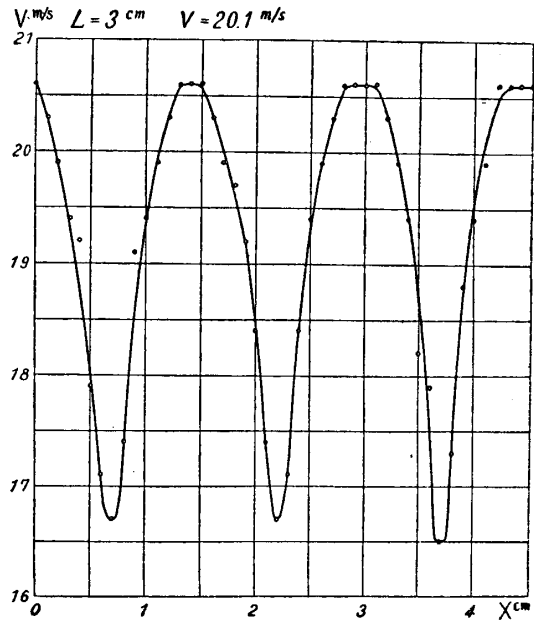
第 22 圖



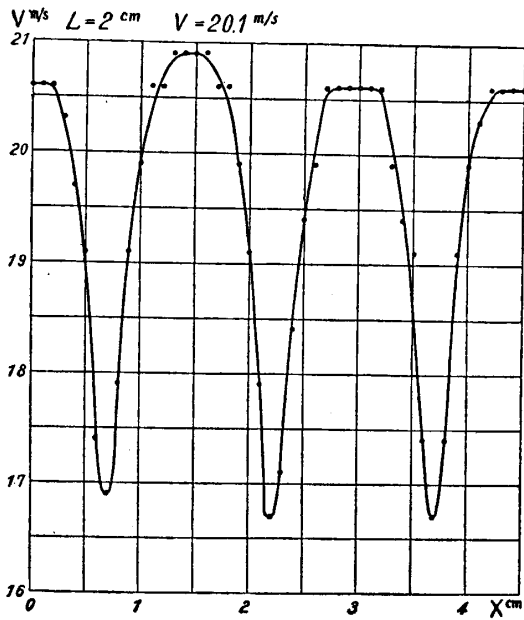




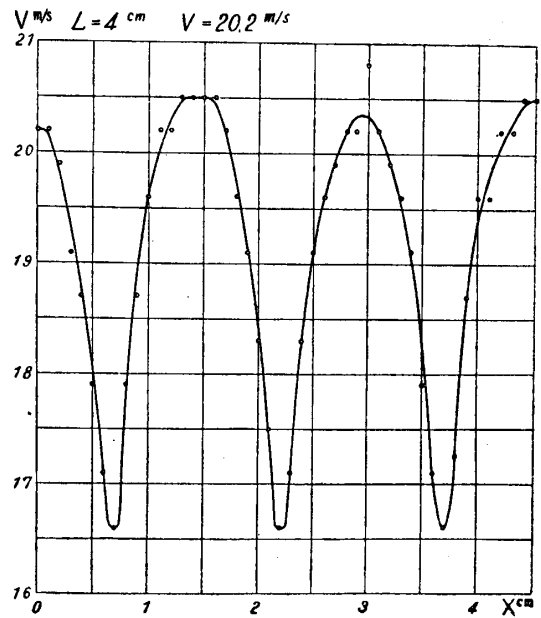
第 28 圖



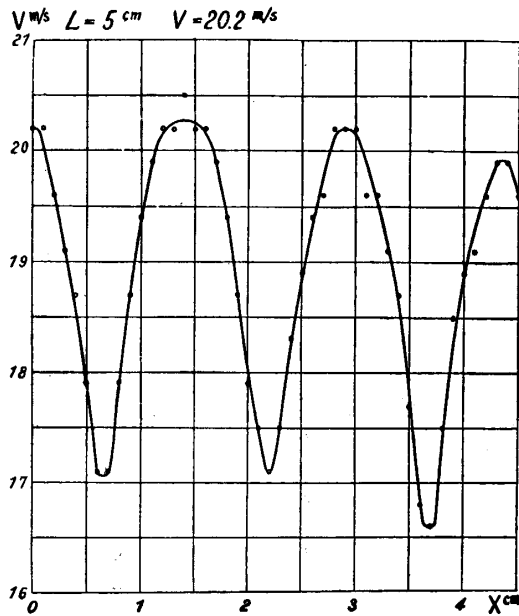
第 30 圖



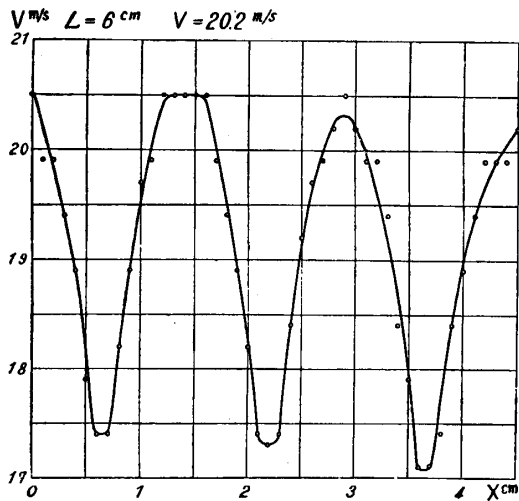
第 29 圖



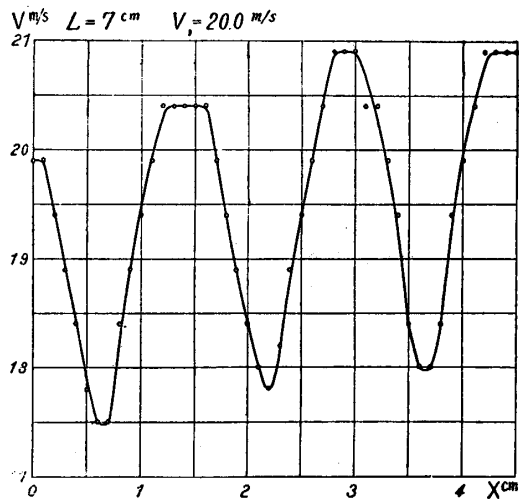
第 31 圖



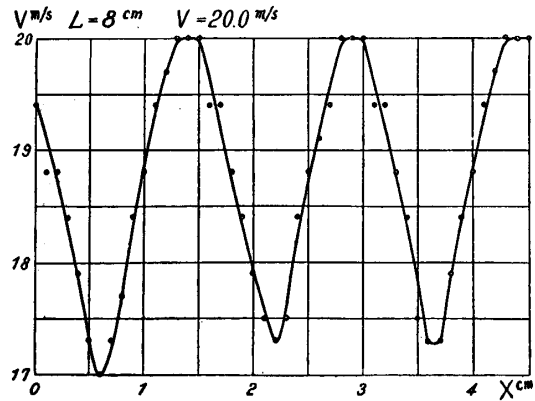
第 32 圖



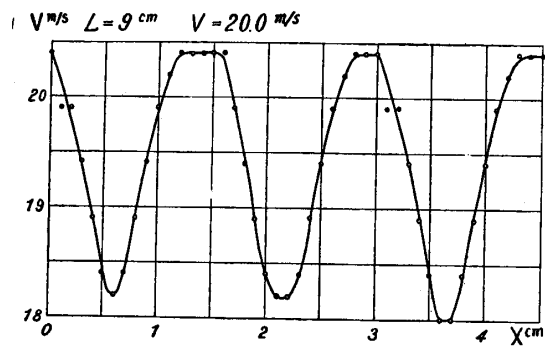
第 33 圖



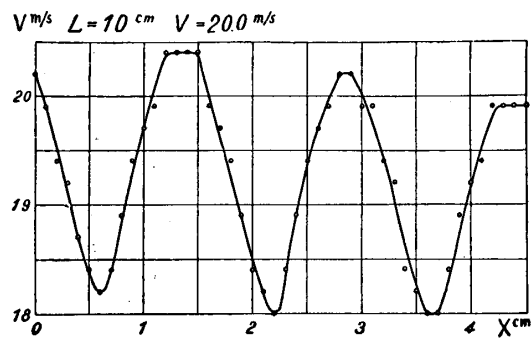
第 34 圖



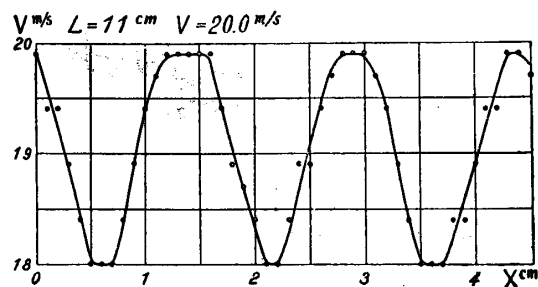
第 35 圖



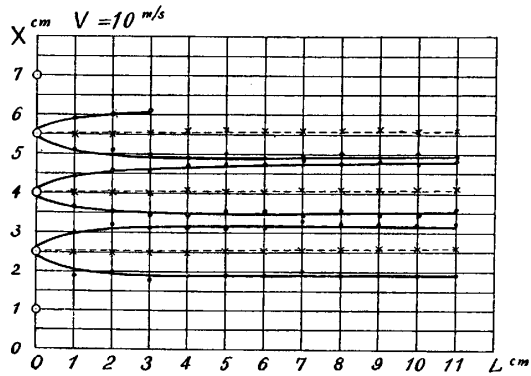
第 36 圖



第 37 圖

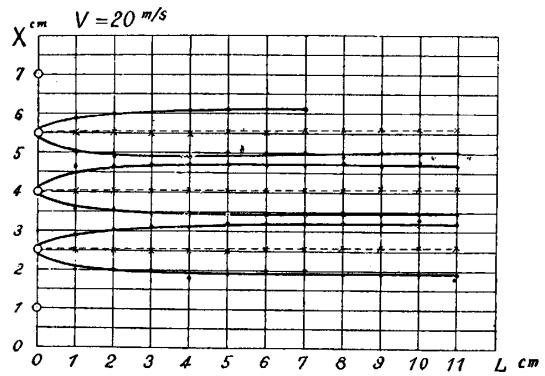


第 38 圖



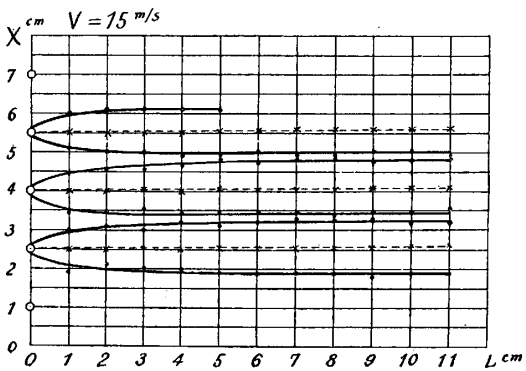
第 39 圖

• 極大風速値  
× 極小風速値



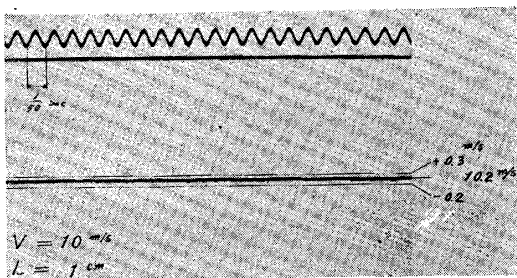
第 41 圖

• 極大風速値  
× 極小風速値

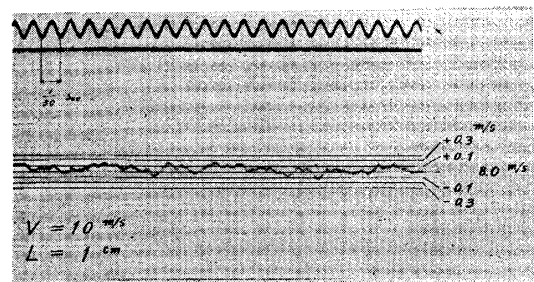


第 40 圖

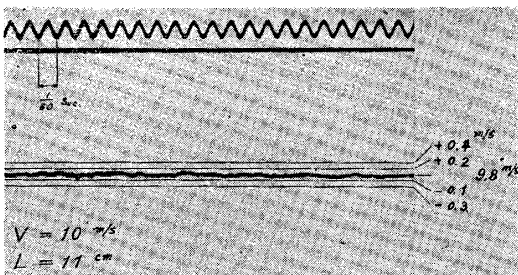
• 極大風速値  
× 極小風速値



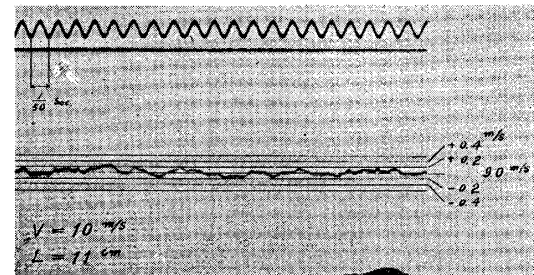
第 42 圖 格子の針金間に於けるもの



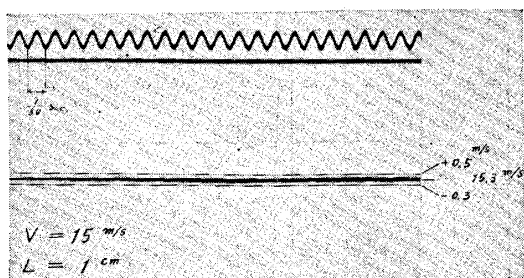
第 44 圖 格子の針金後方に於けるもの



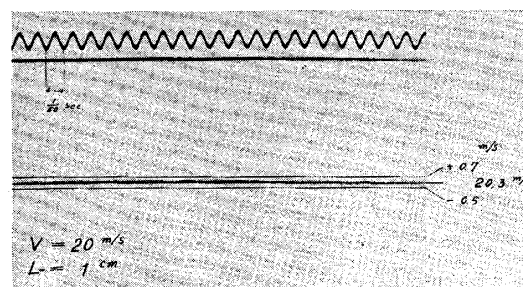
第 43 圖 格子の針金間に於けるもの



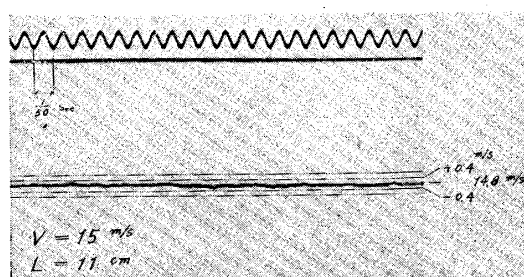
第 45 圖 格子の針金後方に於けるもの



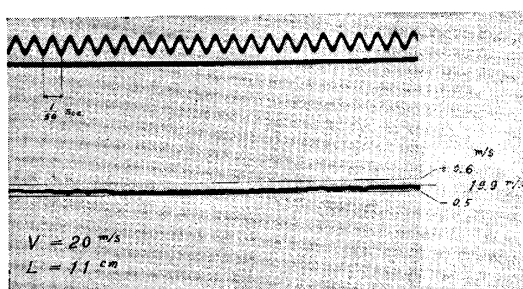
第 46 圖 格子の針金間に於けるもの



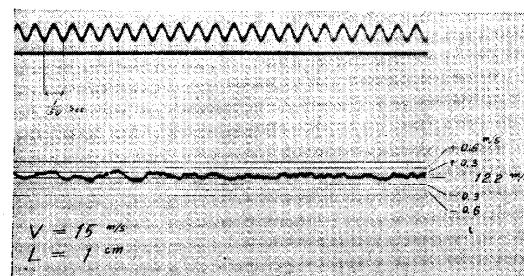
第 50 圖 格子の針金間に於けるもの



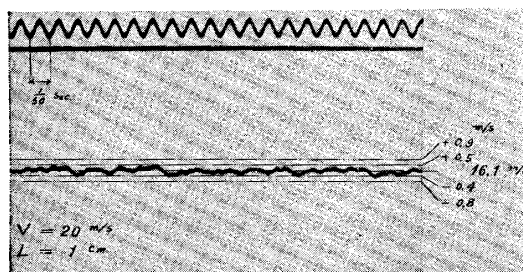
第 47 圖 格子の針金間に於けるもの



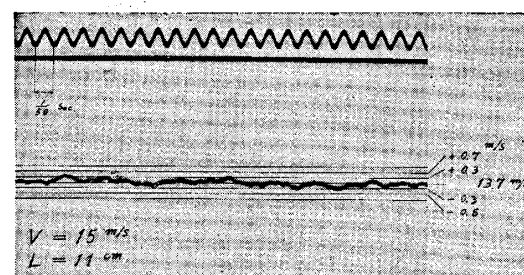
第 51 圖 格子の針金間に於けるもの



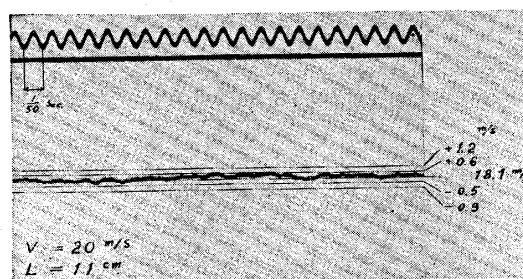
第 48 圖 格子の針金後方に於けるもの



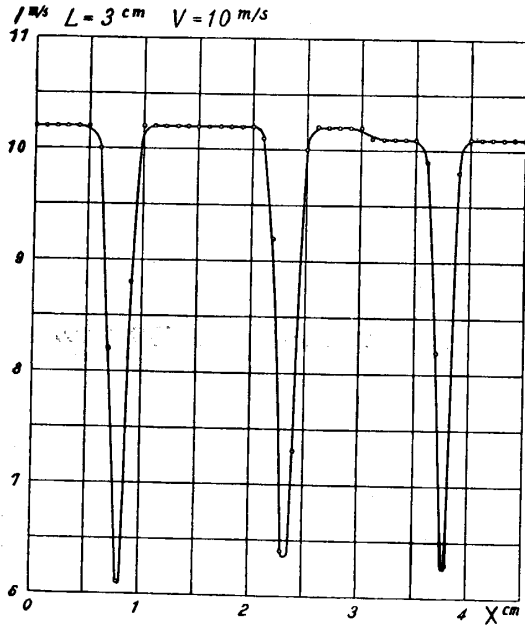
第 52 圖 格子の針金後方に於けるもの



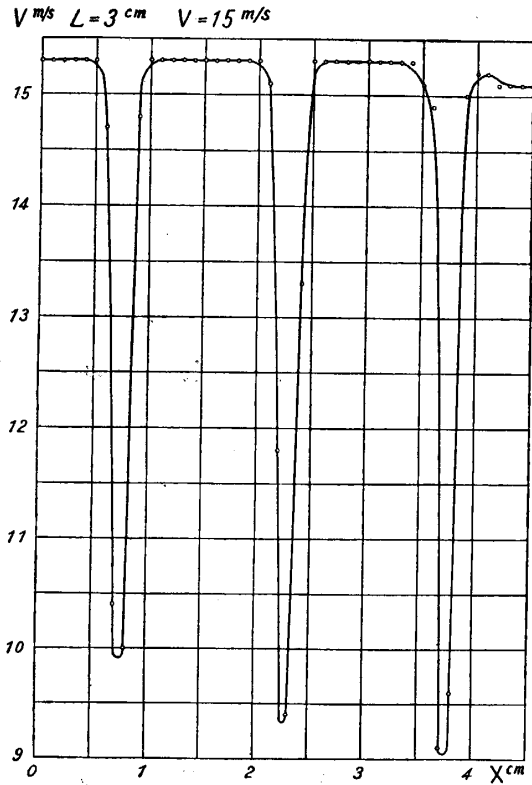
第 49 圖 格子の針金後方に於けるもの



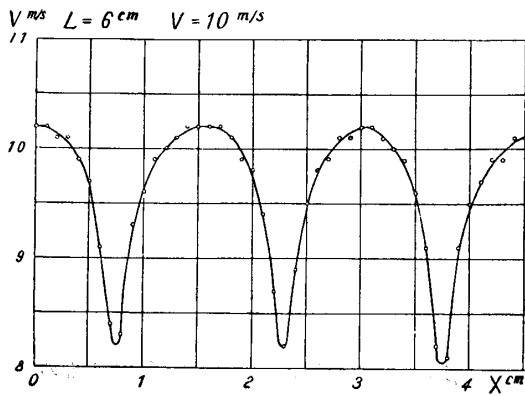
第 53 圖 格子の針金後方に於けるもの



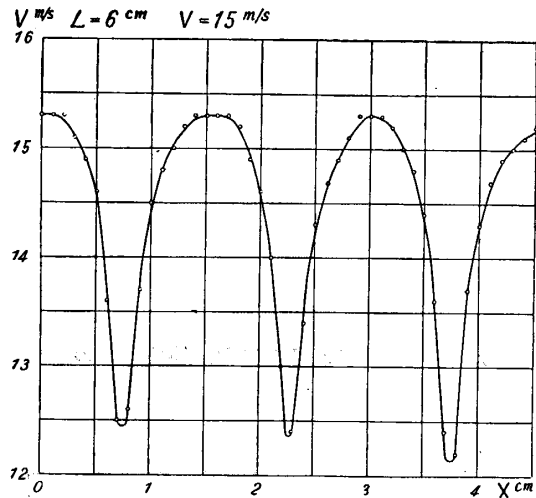
第 54 圖



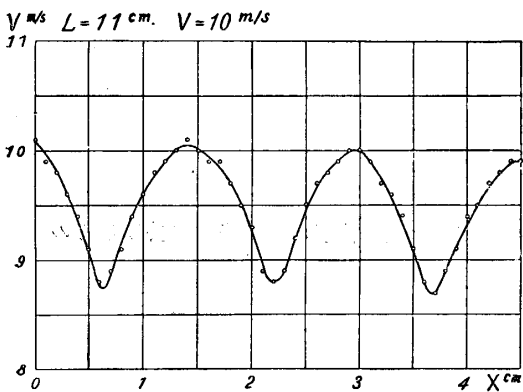
第 57 圖



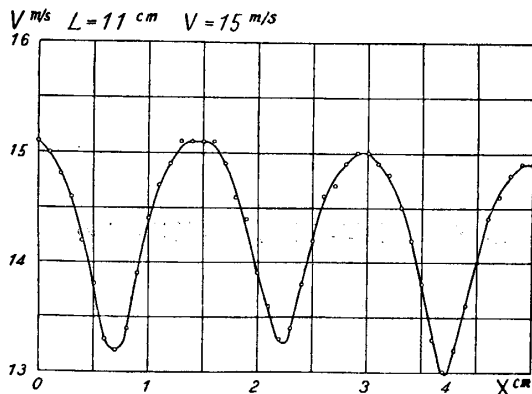
第 55 圖



第 58 圖



第 56 圖



第 59 圖

