

Aero. - 18
ST. Section



土 木 研 究 所 資 料

第752号

南港連絡橋の耐風調査報告書

昭和 47 年 3 月

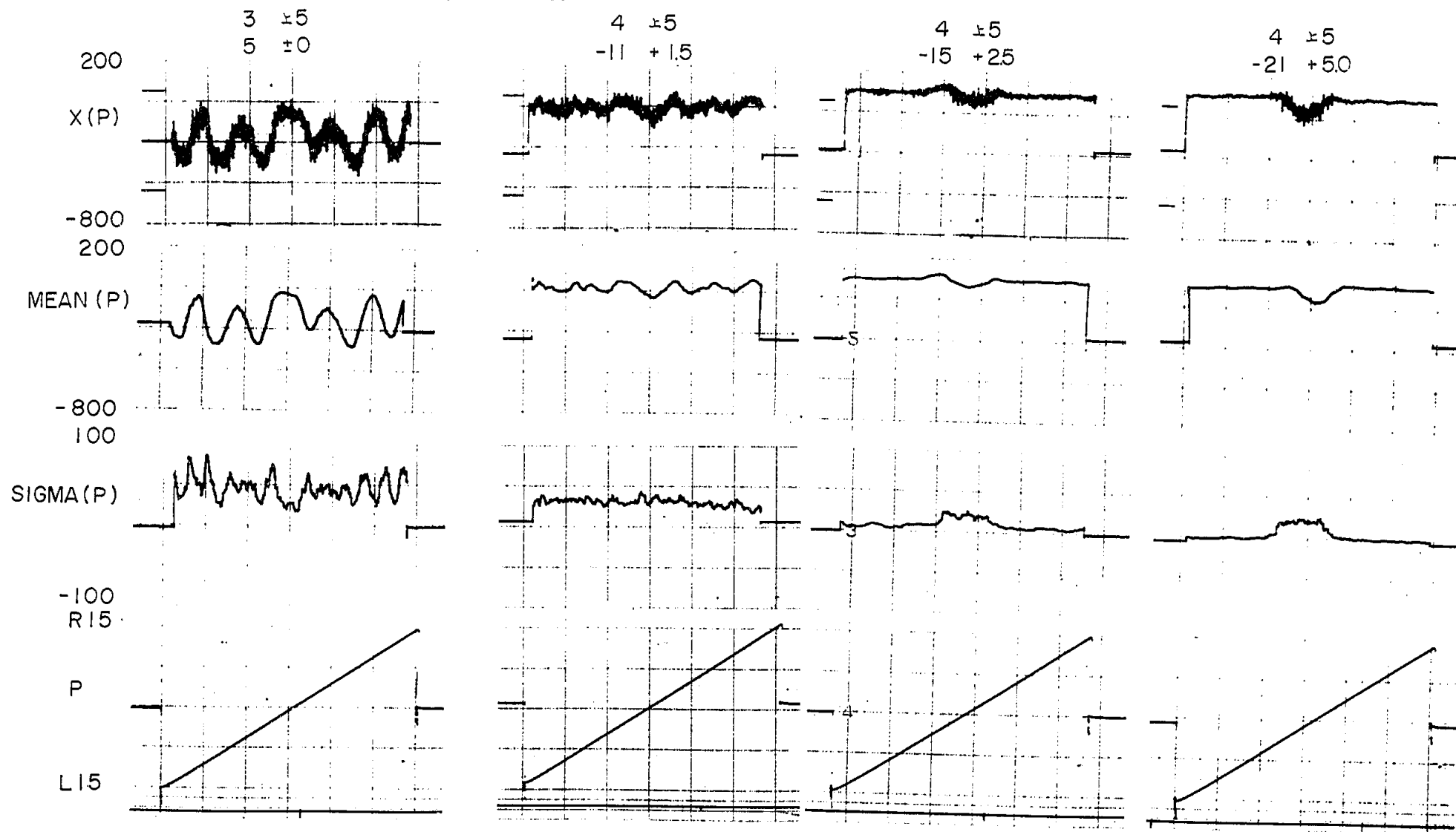
建設省土木研究所
構造橋梁部構造研究室

正 誤 表

頁	行	誤	正
10	16	風洞実験の側が	風洞実験の例が
18	19	プローブの位地を	プローブの位置を
"	21	(ベクトル量)のみ測定された。	(ベクトル量)を求めることはできず、速さ(スカラー量)のみ測定された。
30	3	図-7から	図-9から
"	19	同様に図-7から	同様に図-9から

図-11-4

ケース6 (高欄C、垂直材あり) 上路
上流側高欄より 5 cm 内側



序

自動車が高速走行時に横突風を受けて、不安定な挙動を示すのはしばしば経験することである。現在、阪神高速道路公団により建設中の南港連絡橋は、その架橋位置が大阪湾に開け強風が期待されるので、この問題に対して十分な対策が考えられねばならない。

ここに、この問題に対して依頼された風洞実験の結果を報告する。

昭和47年3月

成 田 信 之

横 山 功 一

野 村 一 夫

目

次

序

1, ま え が き	1
2, 問 題 の 背 景	7
3, 実 験 法	12
3-1 模 型	12
3-2 風 洞	12
3-3 相 似 則	12
3-4 風 速 分 布 の 測 定 法	13
3-5 測 定 項 目	14
4, 測 定 結 果 お よ び 解 析	18
4-1 平 均 風 速 と 乱 れ 強 さ	18
4-2 Flow Visualization (流 れ の 可 視 化)	18
5, 考 察	30
5-1 高 欄 A, B, C の 比 較	30
5-2 上 路 と 下 路 の 比 較	30
5-3 ト ラ ス 垂 直 材 の 影 響	30
5-4 煙 流 の 写 真 に よ る 結 果	31
6, 結 論	39
7, あ と が き	40
参 考 文 献	40

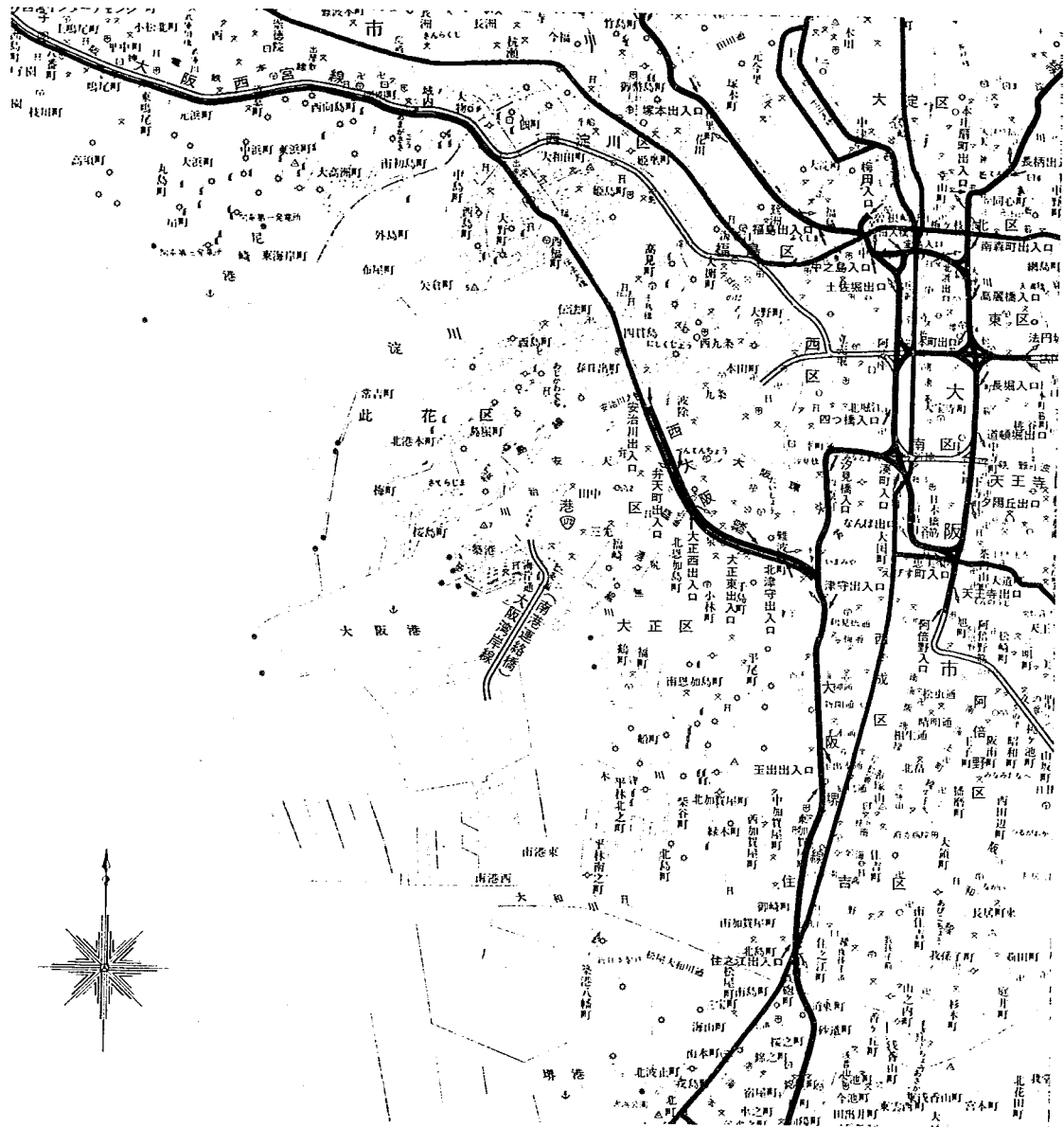
ま え が き

南港連絡橋は大阪港区と南港埋立地を連絡する長径間ゲルバー形式の橋梁（ $235+510+235m$ ）で、現在阪神高速道路公団により建設が進められている。本橋の架橋位置は、WNW方向が大阪港に開き冬季節風の作用を受け易い。また、桁下高は主航路を確保する必要から $51m$ と定められ、従って支間中央部付近の橋床高は海面上 $60m$ 以上に達する。それ故、自然風の高さによる増大は基準風速に比べて $20\sim30\%$ に及ぶものと予想される。

一方、高速で走行する自動車は横風の影響を受けやすく、トンネルの出入口や大型車の追い抜きなどの際、予期せぬ横方向力を受けて自動車の姿勢は乱れ、運転者も心理的影響を受けるのはしばしば経験するところである。

南港連絡橋の種々の条件を考えると、交通車輛の横風安全性が十分に考慮されねばならない。このような目的のための具体案すなわち、高欄・中央分離帯などの形状の決定のための基礎資料を得るために風洞実験を上記公団より委託された。

図－1 南港連絡橋位置図



(南港連絡橋の概要)

南港連絡橋には南港への連絡道路と将来の大阪湾岸道路とが含まれるので、上下二層のダブルデッキ型式となり、橋床は二層ともトラスの中に入る構造となる。

その一般図を図-2に示す。

また橋面上の風速に大きな影響を与えと考えられる高欄と中央分離帯の詳細図を図-3に示す。これは阪神公団の建設する橋梁に採用される標準的な断面である。

次に本橋の諸元を紹介しておく。

型 式	ゲルバートラス (ダブルデッキ)
道 路 規 格	2 種 - 1 級
設 計 速 度	80 km/h
橋 の 等 級	1 等 橋
全 径 間 長	980 m
中央径間長	510 m
側 径 間 長	235 m
縦 断 勾 配	中央径間 2 % 放物線 側径間 4 % 直線
桁 下 高	51 m (DL ± 0.00 m 基準)
幅 員	19.5 m
車 線 数	8 車線 (4 車線 2 層)

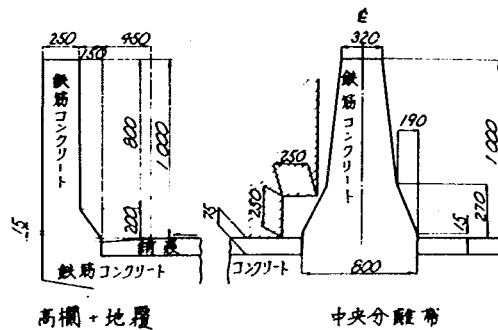
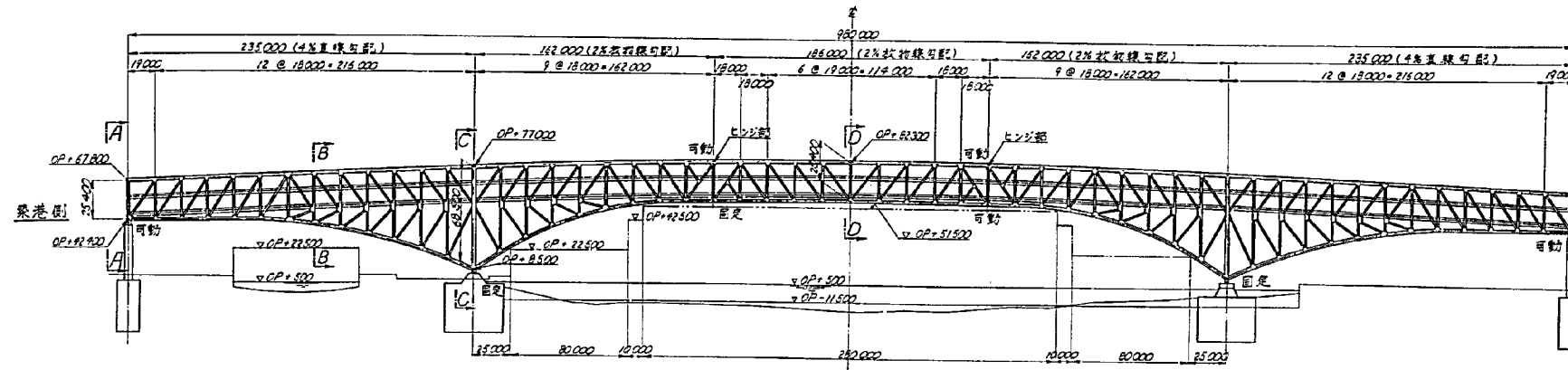
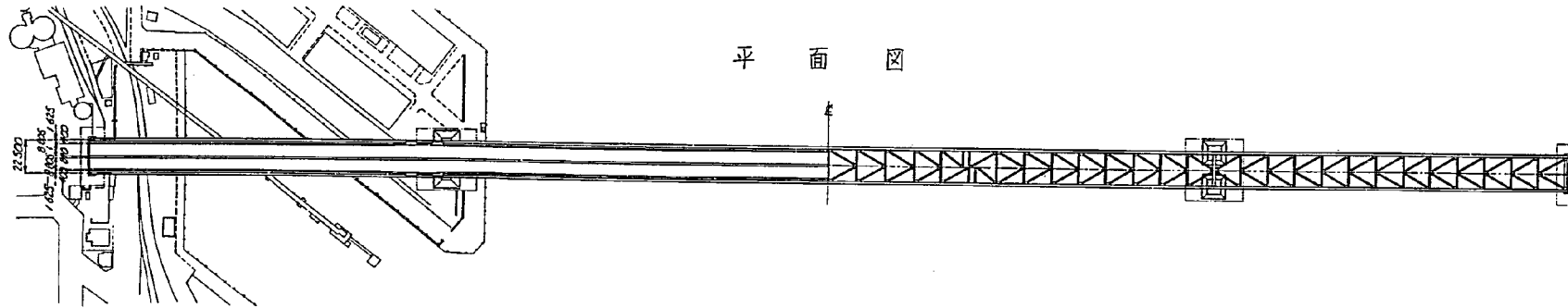


図-3 高欄および中央分離帯

側面図

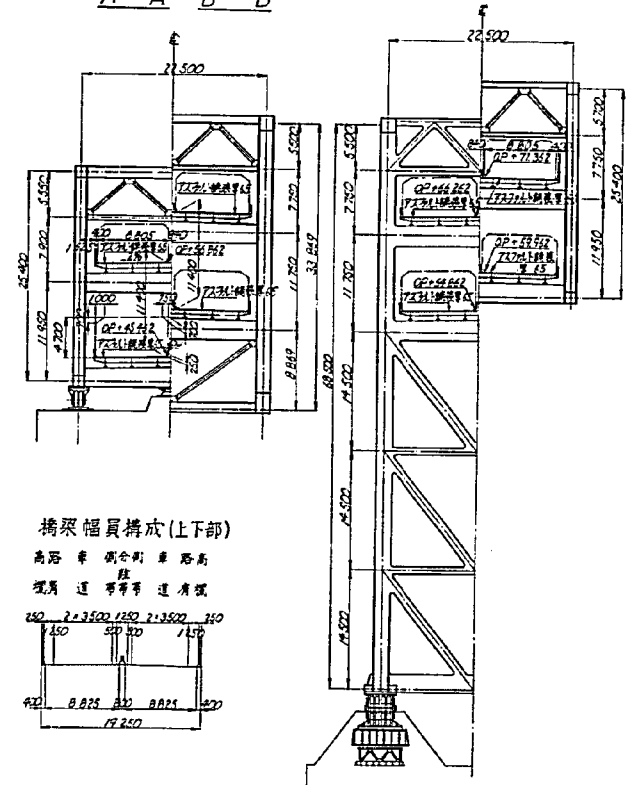


平面図



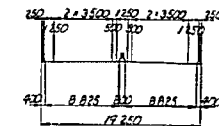
断面図

A-A B-B C-C D-D



橋梁幅員構成(上下部)

高路車道 側車道 低路車道
高路車道 側車道 低路車道



2 問題の背景

まえがきにも述べたように、海峡を横断したり海に開かれた位置にある橋は、安全に通行車輛を通すために自然条件の変化に対しての配慮がなされねばならないであろう。

(自動車の横風安定性に関する既往の研究)

自動車が横方向を受けた時の挙動として考えられるものに、コースずれ、横滑り、転倒がある。一般的には転倒よりも先に滑りはじめるので、転倒についてはここでは考えないことにする。

低速走行で無視できた空気抵抗は、高速では速度の二乗に比例する性質上無視できなくなる。とくに横方向の突風を受けた際には自動車自体の姿勢が乱されるとともに、運転者の運転操作が加わることによって進路を誤ることがある。この際の軌跡の状況が安全か否かを示すと考えられる。

横風突風の問題は、正常な自動車の運動を乱す外乱入力とその応答の問題であり、これに対する研究の進め方にも種々の方法がある。

横突風の問題を力学的に取扱う上の第一段階として、〔横風突風→外乱入力〕の関係があるが、実際に走行している自動車に作用する空気力を六分力でとらえるのは不可能に近く、静的な実験条件で与えられることが多い。

〔外乱入力→自動車の応答〕の関係は、自動車の力学系がわかっているので理論計算によって求めることもできるし、ロケットによって横方向力を加える実験も行なわれている。

〔横風突風→(外乱入力)→自動車の応答〕の関係は、実車走行実験や横風送風装置による実験によって検討することができる。

横風を受けた自動車の運動は、主に外乱横力の大きさと、その着力点とニュートラルステアポイントとの相対位置によって生ずるヨーイングモーメントの大きさに関係する。

図-4は、ステア特性による自動車の挙動の変化をモデル化したものである。¹⁾

自動車が高速走行中に突然強い横風を受けたときの挙動を調べるために横風送風装置が作られ、実車を装置の前を走行させる実験が行なわれ、研究成果が^{2) 3)}あいついで報告されている。表-1に各所に用いられている横風送風装置の規格を示す。

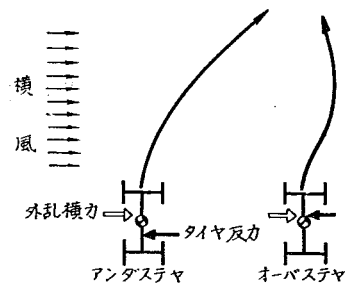


図4 横風を受けた自動車のステア特性による挙動の傾向

表-1 横風発生装置

所 有 者	吹出口 巾×高さ	送風幅	風 速	完 成	原 動 機
ベ ン ツ	2×2 m	34 m	20m/s	1965	45kW電動機×16台
フォルクスワーゲン	1.6×2 m	48 m	5~20	1966	1600ccエンジン×30台
ト ヨ タ	2.8×2	45 m	10, 20	1968	90kW電動機×15台
い す ゞ	2.8×2	15 m	10, 20	1969	90kW " ×5
富 士 重 工	2.8×2	9 m	0~19	1969	3000cc エンジン×3
C A L		20'	約20m/s		双発機のプロペラ後流
M I R A		120'	約20m/s		Roles-Royce Awon ガスタービン
J A R I	2.88×2	15 m	30	1972予定	320kW電動機×5台

横風送風装置を用いて行なう横風安定性検討のための試験はフィーリングテストを別にすれば、図-5に示すブロック線図のなかで、入力として突風外力が加わった場合の自動車の応答（出力）を調べることである。

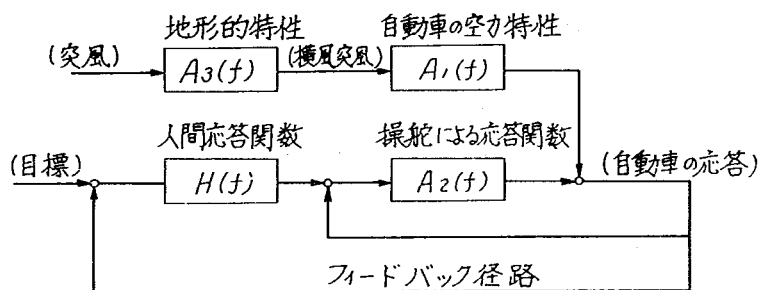


図-5 突風時の自動車応答系ブロック線図

このブロック線図で、自動車の空力特性 $A_1(f)$ は突風が自動車に加わったとき、突風による自動車の応答を規定するもので、自動車の幾可学的形状に影響を受ける。人間応答関数 $H(f)$ は目標と自動車の現状とから判断して運転操作を規定し、操舵による応答関

数 $A_2(f)$ は運転者の操作と自動車の現状とから次の自動車の応答を規定するものである。
 $A3(f)$ は突風が地形的影響を受けて、どのような特性を持つかを規定するもので、今回の実験の目的は $A3(f)$ を調べることであり、全体からみると自動車に加わる外乱入力の特徴に関係する問題である。

実際の車で横風送風装置の前を走行した実験結果の一部を引用して次に示す。この実験ではハンドルは固定とし、運転者の操舵は加わらないので、実際の場合の軌跡を表わすとは考えられない。しかし、系の中に人間応答系を含めると問題が複雑になるので第一段階として、車自体の空力応答特性を調べる目的でハンドル固定にして実験が行われる。

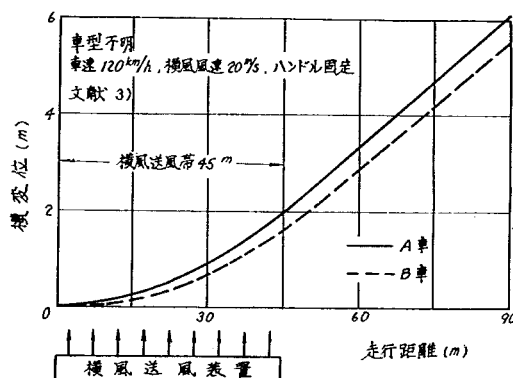


図 6-1. 走行軌跡の例

横風送風装置による実験では横風突風に対して安定性のある自動車を作り出すために自動車の操縦性の比較が行なわれているようであるが、人間の応答および感覚までを含めた安全性の基準は得られていないようである。

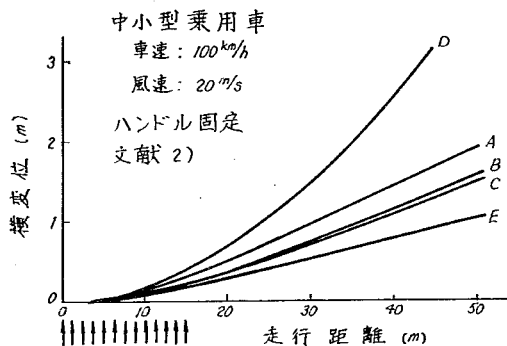


図 6-2 走行軌跡の例

(突風の特徴)

横風突風装置により発生する横風には二種類あると考えられる。第一に自動車が無風状態から横風の吹いている領域に突入する際の過渡的な横風と第二に突入した後の定常的な横風の場合とである。第二の定常的な横風の場合には自動車自体の耐横風特性の良し悪しは問題になるが、自動車のコースずれを考えた場合ハンドル操作による軌道の修正により問題はなくなるものと考えられる。結局、自動車が横風を受けて安全かどうか検討する場合の横風としては過渡的な性質が問題となり、過渡的横突風に対する自動車の応答を調べるとともに実際の条件のもとでは突風がどのような性質を持って

いるのか知る必要がある。

次に南港連絡橋の架設位地付近の気象条件について述べることにする。架設地点近傍のハーバー・レーダ（地上高 53 m）で阪神公団により風向・風速の観測が行なわれ、資料の統計整理がなされている。⁵⁾ 昭和 45 年 4 月から昭和 46 年 3 月までの観測から次の結果を知ることができた。風向については年間を通じて NE 風が最も卓越し、次に NNE が卓越している。12～2 月の冬季を除き全般に SW よりと NE よりの風が吹き易く、大阪湾周辺の地形とも関連して海陸風の影響が顕著に現われていると考えられる。風速については、年間の平均最大風速は 20.5 m/s （瞬間最大風速は 32.1 m/s ）で、これは 8 月の台風 9 号で起きている。冬季では 1 月の 20.1 m/s （瞬間風速は 12 月に 28.3 m/s ）であり、 10 m/s 以上の強風日数は年間 90 日程で冬季（10～3 月）に多い（47 回）。

（実験に対する考え方）

自動車の耐横風安定性の研究とは別に、道路を建設する側でも通行車輛の安全を計る配慮が必要である。高速道路で風の強い箇所、たとえばトンネル橋梁トンネルなどでの防風施設の研究は多くあるようであるが、橋梁上単独の場合について検討したものは少なく、米山大橋について防風施設設計のための風洞実験の例⁶⁾がわずかにあるだけである。

橋梁の防風施設としては、防風柵など風を遮断する役目をするものが考えられるが、構造設計からは暴露面積が大きくなると、構造物に働く風荷重が増大するので無暗に大きなもので風を遮るという方法は現実的でない。

橋を通行する車輛の横風安全性に対する検討には次のような各項についての調査が必要である。

- (1) 自然風の乱れ
- (2) 構造物の周辺での風の変化の状態
- (3) 変動する風を受けた時、自動車に加わる外力
- (4) 任意外力を受けた時の自動車の応答

ここでは、このうち(2)の問題について調査しようとするものである。

南港連絡橋では橋上で自動車の横風安定性を確保するために高欄に防風効果を期待し、本実験では高欄の種類を変えて、橋面の風速分布を測定し、高欄の高さおよび形状が自動車の耐横風安定性にどのような影響を及ぼすかを調査することを意図した。

米山大橋の実験では、高欄の形状、高さを変えることにより高欄によって風下の風速

がどの程度減少するか(防風効果)を考え、高さ2.0 mぐらいに必要な防風域と見て(歩行者、自転車および小型の自動車を対象として)、風速が2、3割に減少しているので防風効果が期待できるとした。

しかし、南港連絡橋の場合には、対象が一般車輛(特にトラックの通行が多いと予想される)なので防風効果の働く高さを2.0 mぐらいで抑えることはできず、また防風効果としても前述の自動車の横風特性を考えれば、風速を2～3割に減少させなくても安全でないかと考えられる。

高欄の形状および高さの評価は、橋面上の風速分布によってなされるべきものではなく、乱された風の中を走行する自動車の応答によってなされなければならない。図-4の突風を受けた時の自動車の応答系ブロック線図を用いて説明すると、地理的特性A3(f)が求まっても自動車の応答が求まらねば突風を評価することはできないということである。

今まで述べて来たように横突風を受けた場合の自動車の安全性に対する検討には多くの要素が複雑に混り合い、橋梁位置の自然風の特長もよく分らないので困難な点が多い。

風洞実験から高欄で遮られた橋面上の風速分布を知ることができても高欄に対する評価ができないという点に不満が残るが、そのような風の状態の中で自動車の走行が安全か否かの判定基準が得られていない現状ではやむを得ないことである。本来、この問題に対しては過渡的な取り扱いをしなければならないはずであるが、以上の理由から風洞実験では単に平均風速と乱れ強さとの分布を求めることとした。

〔参 考〕

強風時の通行車輛の安全性を確保する方法として交通規制が考えられる。現在、日本道路公団が若戸大橋、天草五橋、尾道大橋などに対して行なっている強風時の交通規制は次のようになっている。

風速20 m/s 人、自転車の通行制限

" 30 m/s 自動車の通行制限

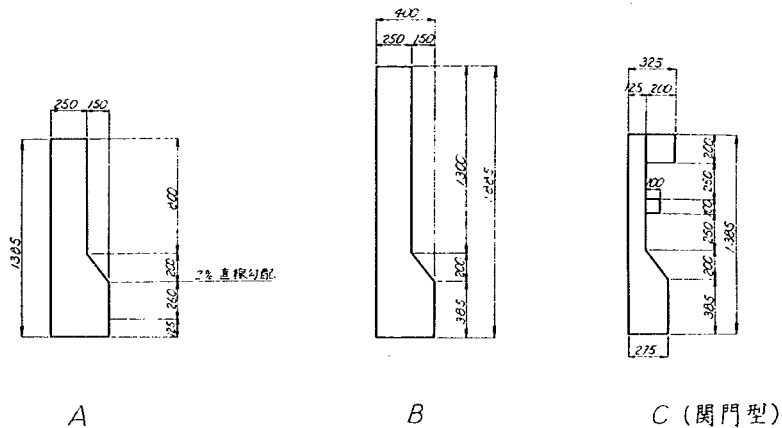
ただし、この場合の基準風速は根拠のあるものではなく一応の目安として定めたもののようである。

3 実 験 法

3.1 模 型

模型は、上路・下路の2橋床面および主トラスより構成するものとし、両端には、アクリル板を端板として取り付けた。模型は、桜材を使用し、表面はラッカー仕上げとした。原型は可能な限り、単純化して、模型に製作するものとし、各構成部は測定項目に述べる実験が可能なように分解・組立て出来るように考慮し、模型の縮尺は使用風洞の Blockage ratio から 1:50 とした。模型化した高欄の型式は、次のように分類される。

高 欄 モ デ ル



模型の詳細は図-7に示すとおりである。

3.2 風 洞

使用した風洞は、土木研究所構造研究室所属のB風洞（エッフェル型）で、その特性は、次のとおりである。

測定部寸法	高 2000×幅 1000mm
風 速	0～25 m/s 連続切換可能

3.3 相 似 則

一般に、模型実験を行なう際には、得られた結果が原型とどのような関係にあるか、わかっていなければならない。この関係を規定するものが相似則である。

相似則は、次元解析により求められる。

今回の実験での風速分布は構造物の幾何学的形状と次の物理量によって定まる。

V : 風速

ρ : 空気密度

μ : 空気の粘性係数

B : 構造物を代表する寸法 (g : 重力の加速度は含まない)

以上より、次の無次元パラメータが導かれる。

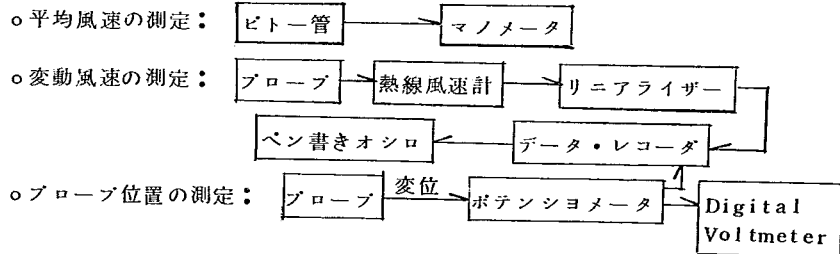
粘性パラメータ (レイノルズ数) : $\rho VB / \mu$

つまり、模型と原型とでは、レイノルズ数が等しくなることが必要である。ところが、レイノルズ数を相似させて実験を行なうのは困難であるので、今回の実験では、レイノルズ数に関しては、無視することにし、風速の違いにより、流れの状態にどの程度の影響があるかは、煙を発生させて確かめることにした。煙を発生させた時の風洞風速は 1, 2, 4 m/s である。

3.4 風速分布の測定法

橋面上では、風は構造物によって乱されていると考えられるので、風速の変動を測定するために、熱線風速計を用いた。熱線風速計は流体中に加熱された細線 (熱線) をおくと、熱線は冷却され、熱線の電気抵抗が変化することを利用して、流体の速度を測定しようとするもので、変動の激しい風速を測定するのに適している。熱線風速計の風洞内での移動は、模型の下流側に設置された三次元トラバース装置により行なった。本実験に用いたトラバース装置は、気流方向、同直角方向は直流モーターで、また、鉛直方向は手動により熱線風速計を移動させ、熱線風速計プローブの位置の検出は、ポテンシオメータによった。

実験に使用した計測機器のブロック図は、次のとおりである。



3.5 測定項目

測定は、次の各項目について行なった。風洞風速は、約 7 m/s に設定した。

ケース	腹材・有無	高欄の種類
1	腹材 無	A
2		B
3		C
4	腹材 有	A
5		B
6		C

ケース 1～3（腹材の無い場合）

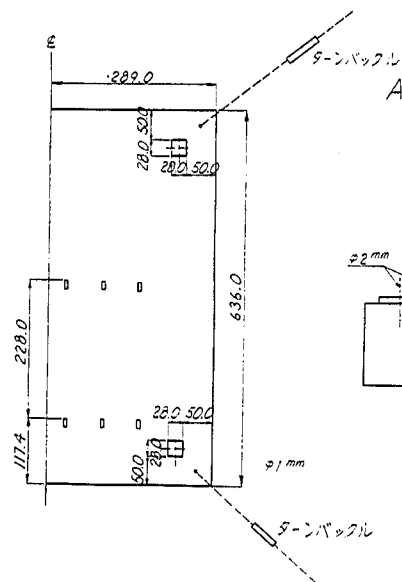
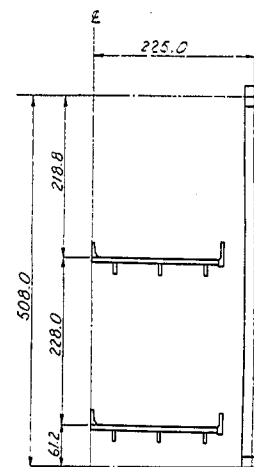
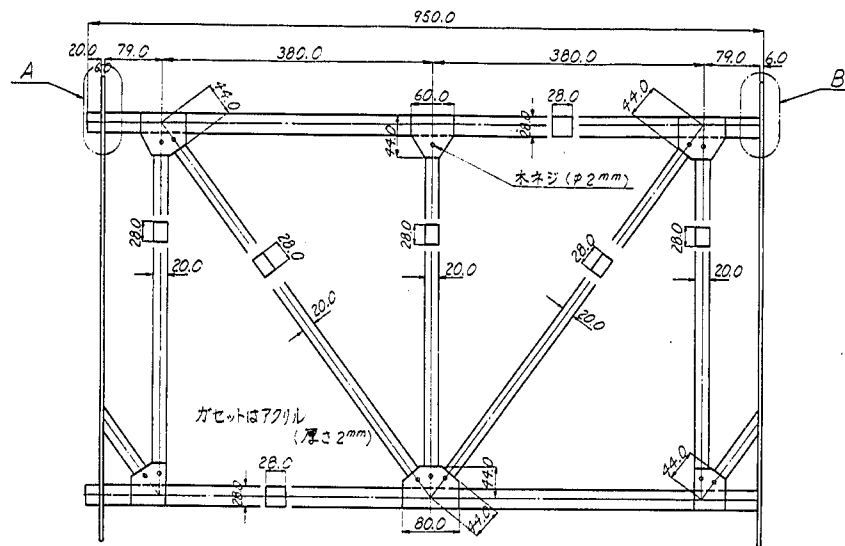
橋面上の風速分布を推定するため、各車線の中心線上での平均風速ならびに乱れの強さの分布を測定した。

測定点は、分布形状を推定するに十分な密度（高さ方向に 5 または 10 mm ビッチ）を選んだ。

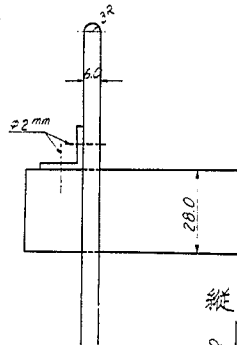
風速の測定は熱線風速計プローブを所定の位置に固定し、2 分間継続して、データ・レコーダに記録する方式によった。

ケース 4～6（腹材の有る場合）

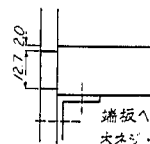
上下弦材の他に上流側垂直材を 1 本加えて、垂直材がその背後の気流の分布に与える影響をみることを目的とした。測定点は、上流側 2 車線上のみで、高さ方向には 5 または 10 mm 間隔にとり、現象が三次元的になるので、橋軸方向にはプローブを準静的とみなされる速度でトラバースさせて、風速をデータ・レコーダに記録した。



A部詳細図



縦桁



B部詳細図

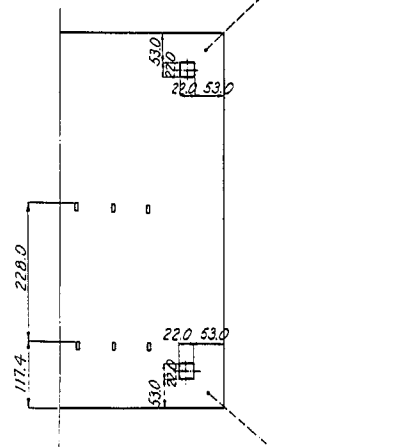
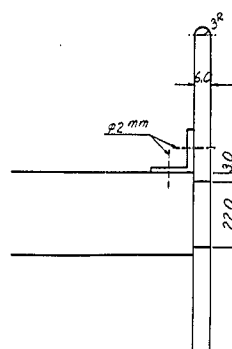
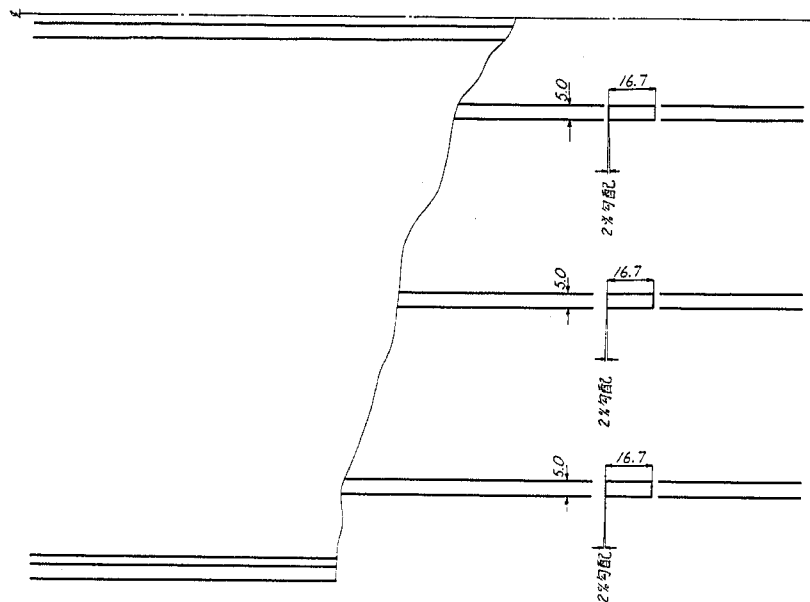
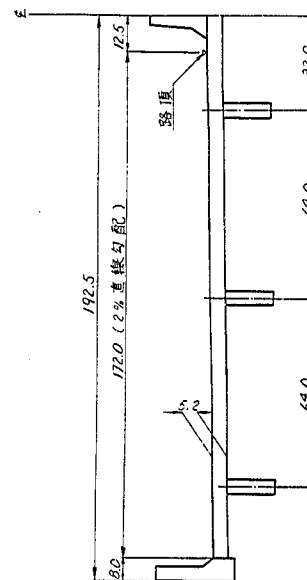
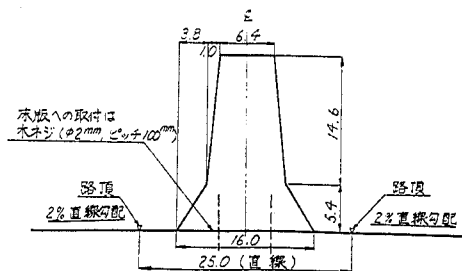
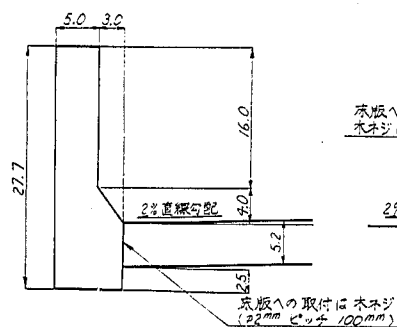


図7-1 南港大橋風洞模型



高欄

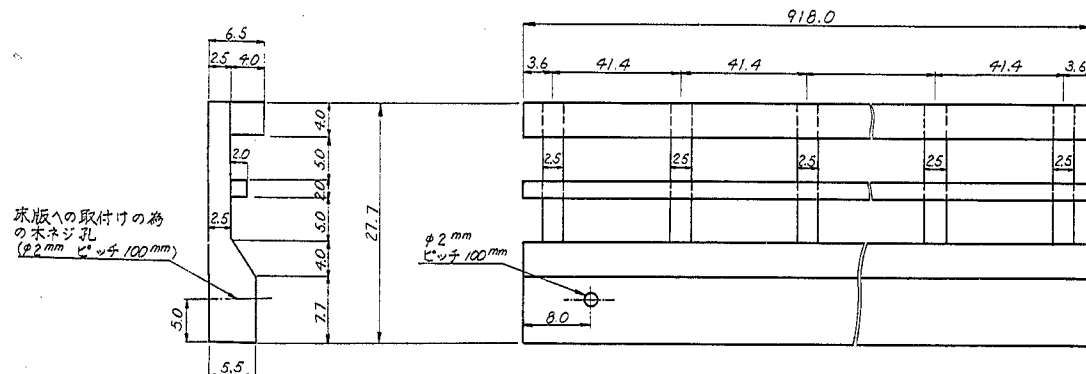
中央分離帯



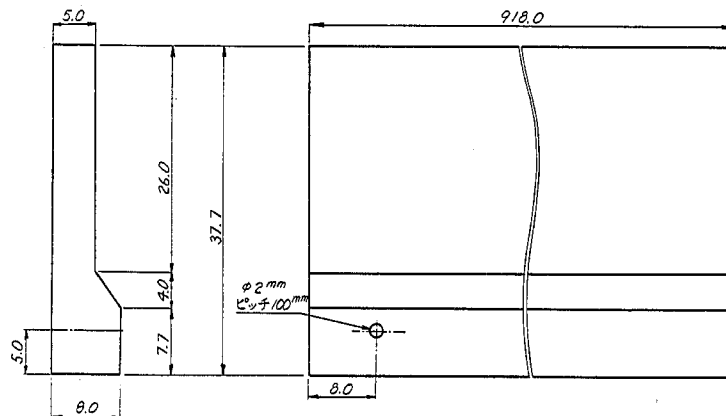
特記仕様

- 1 材質 本体：接材使用 端板：72リル板
- 2 加工精度 0.2mm 以下
- 3 塗装 本体はラッカー仕上りとする。

図 7-2 南港大橋風洞模型



高欄モデル C



高欄モデル B

ひのき材又は桜材使用
加工精度は 0.2 mm 以下
塗装はうすいグリーンのデッキ仕上げ
とする。

図 7-3 南港大橋高欄部分模型

4. 測定結果および解析

4.1 平均風速と乱れの強さ

ケース 1～3

熱線風速計より得られた風速のペン書きオシロの記録の例を、図-8に示す。風速は平均風速と変動風速が加わった状態で記録されているので、直接、読みとることはできない。そこで、データ処理は、A-D変換器により、数値化し、電子計算機を用いて、平均値と標準偏差を計算した。数値化は10 ms間隔で行ない、データに含まれるノイズを消去するために、得られた数列の10個を算術平均した新しい数列を解析に用いた。標準偏差は変動風速の乱れの強さを表わすと考えられる。各ケースについて、橋面上の平均風速と偏差の分布をプロットすると、図-9のようになる。

ケース 4～6

ペン書きオシロの結果を、図-10に示す。この場合もデータ解析は、電子計算機を用いて行ない、移動平均と標準偏差を計算した。

数値計算にはトラスを中心として左右15 cmの範囲に1200の点でサンプリングし、移動平均と標準偏差の計算には31個のデータを用いて行なった。計算機からの出力はD-A変換してペン書きレコーダによって記録した。その結果を図-11に示す。図-11で、上から元のデータ、移動平均、標準偏差、熱線風速計プローブの位地を表わしている。

注意：実験では、熱線風速計のプローブにI型エレメントを用いたので、速度（ベクトル量）のみ測定された。

煙による観察結果では高欄上端より低い範囲では、気流は渦を巻き、上流への速度成分をもつことが認められた。しかし、実験で問題としているのは、風速の高い領域であるので、風速の鉛直成分は小さいものとみなして、計算結果は、すべて水平成分とみなして、プロットした。

4.2 Flow Visualization（流れの可視化）

熱線風速計による風速測定の他に、橋面上の流れがどのような状態になっているのかを調べるために、煙流を用いて流れを可視化し、その写真撮影を行なった。

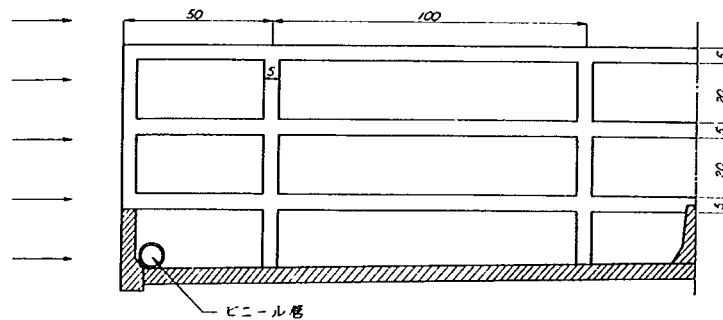
煙流は、煙風胴に設けられた煙発生装置を使用して発生させた。これは、灯油をヒータで温めて気化させるもので、発生した煙はビニール管でB風胴まで導き、図-12のような位置で気流直角方向に煙を吹き出した。このとき、問題となるのは煙はそれ自身速度をもつから、煙を発生させることによって風胴内の気流を乱すおそれがあることである。特に低い風速の場合には、注意する必要がある。

アクリル端板には、車線および高さを示す格子状のスケールをはりつけ、写真上での流線の確認を容易にできるようにした。(図-12参照)

Flow Visualization は次の表に示すような各ケースについて行なった。

路面	腹材の有無	高欄の種類	風胴風速
上路	無	A	1, 2, 4 m/s
		B	
		C	
	有	A	
		B	
		C	
下路	無	A	1, 2, 4 m/s
		B	
		C	
	有	A	
		B	
		C	

図-12 煙の発生位置と格子状スケール



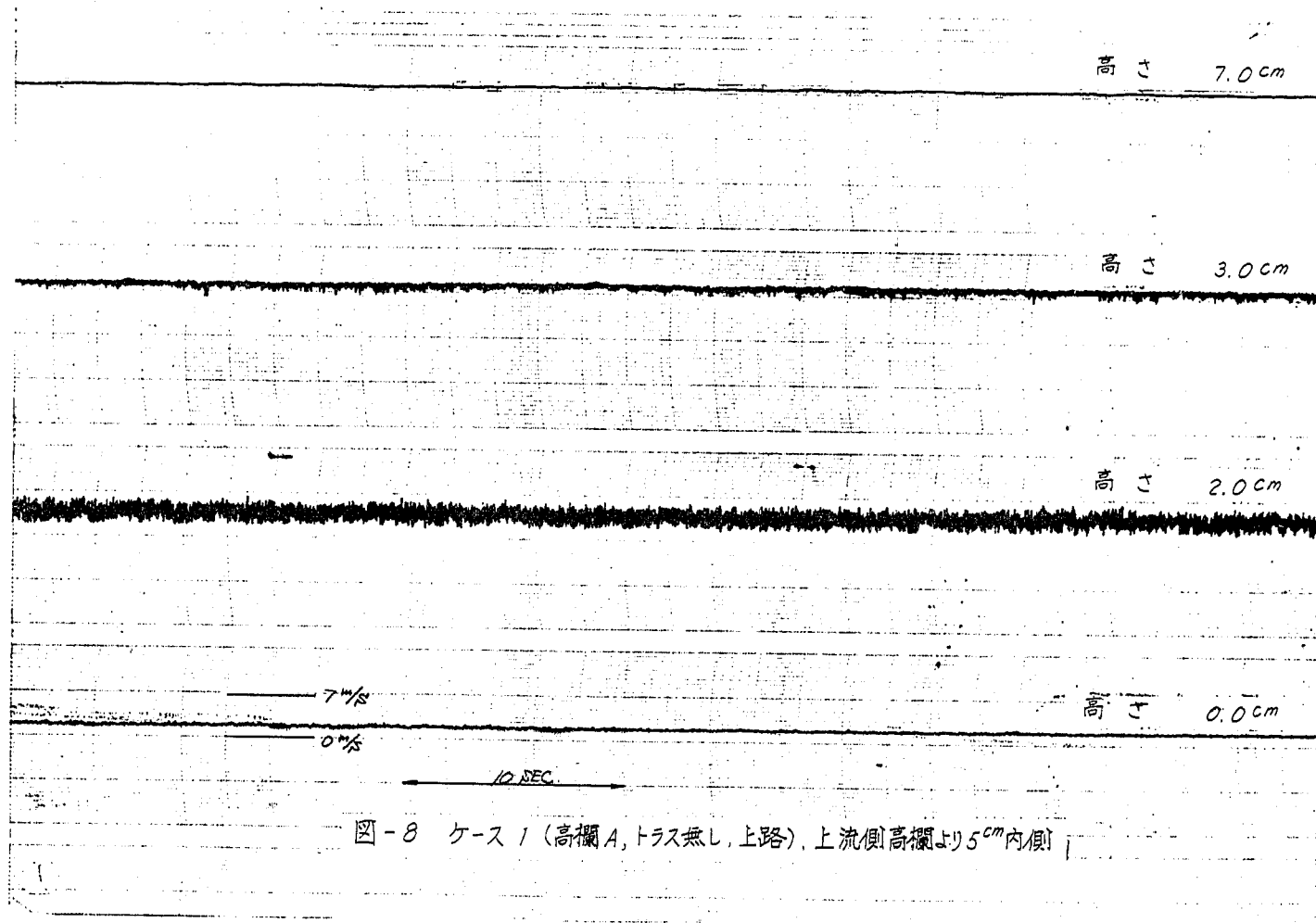


図 9-1 路面上の風速分布

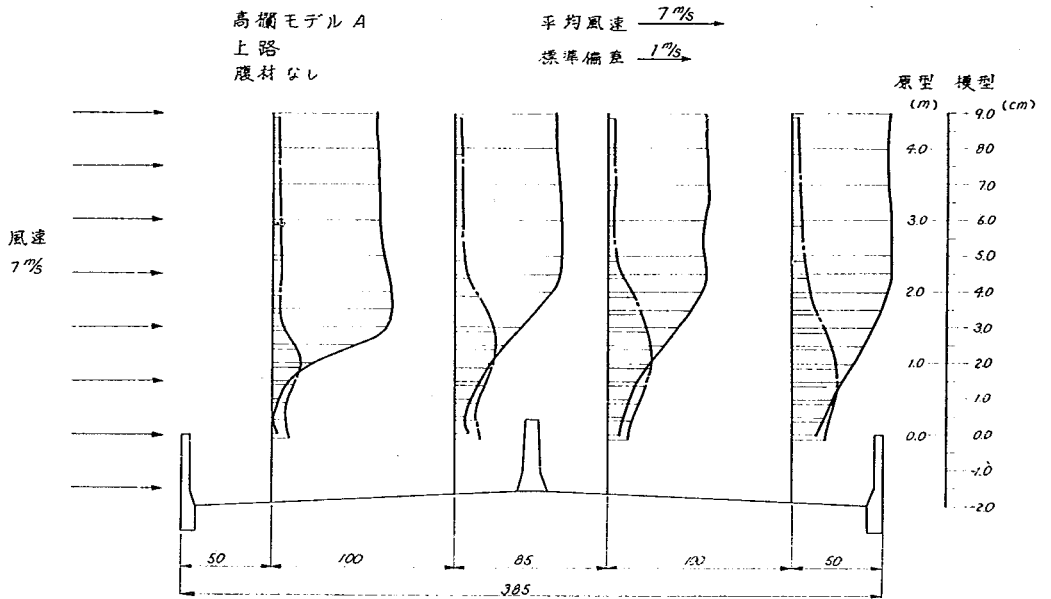


図 9-2 路面上の風速分布

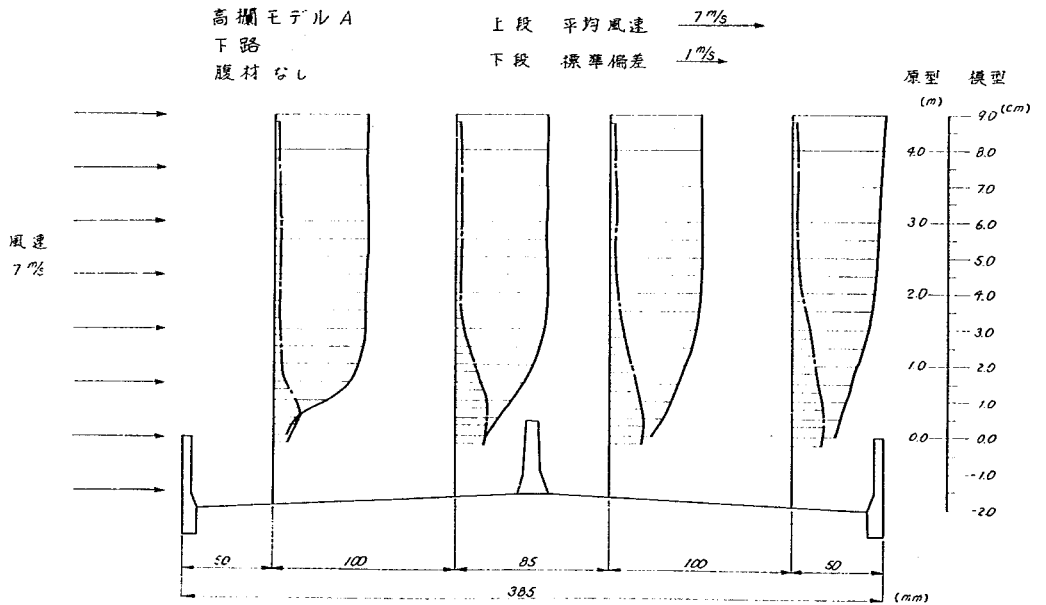


図 9-3 路面上の風速分布

高欄モデル B
上路
腹材なし

上段 平均風速 $\frac{7}{10}$
下段 標準偏差 $\frac{1}{10}$

原型 模型

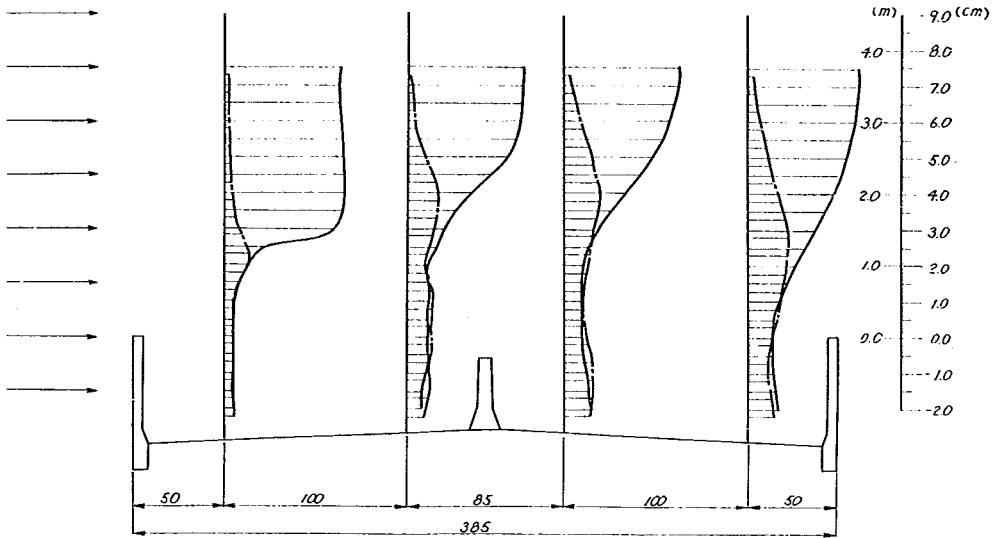


図 9-4 路面上の風速分布

高欄モデル B
下路
腹材なし

上段 平均風速 $\frac{7}{10}$
下段 標準偏差 $\frac{1}{10}$

原型 模型
(m) 9.0 (cm)

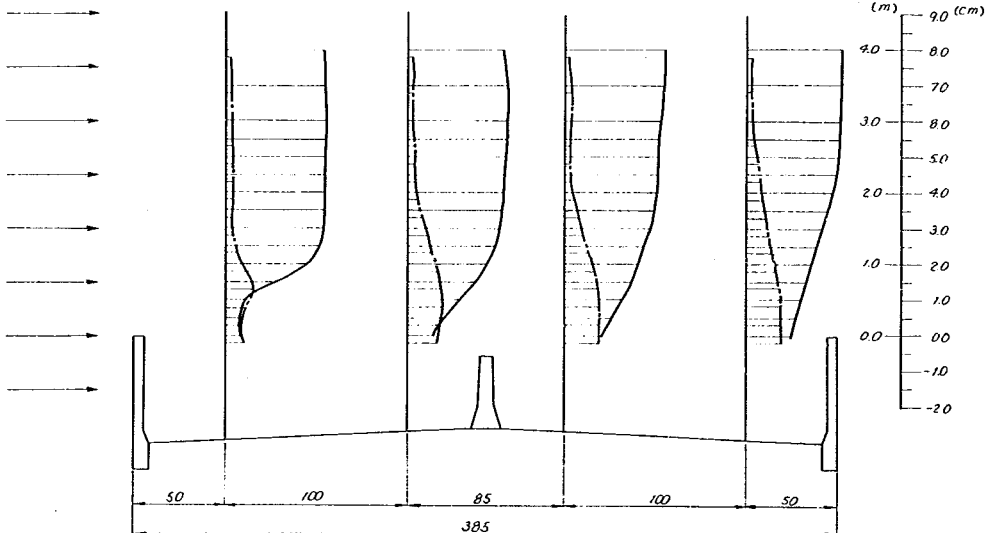


図 9-5 路面上の風速分布

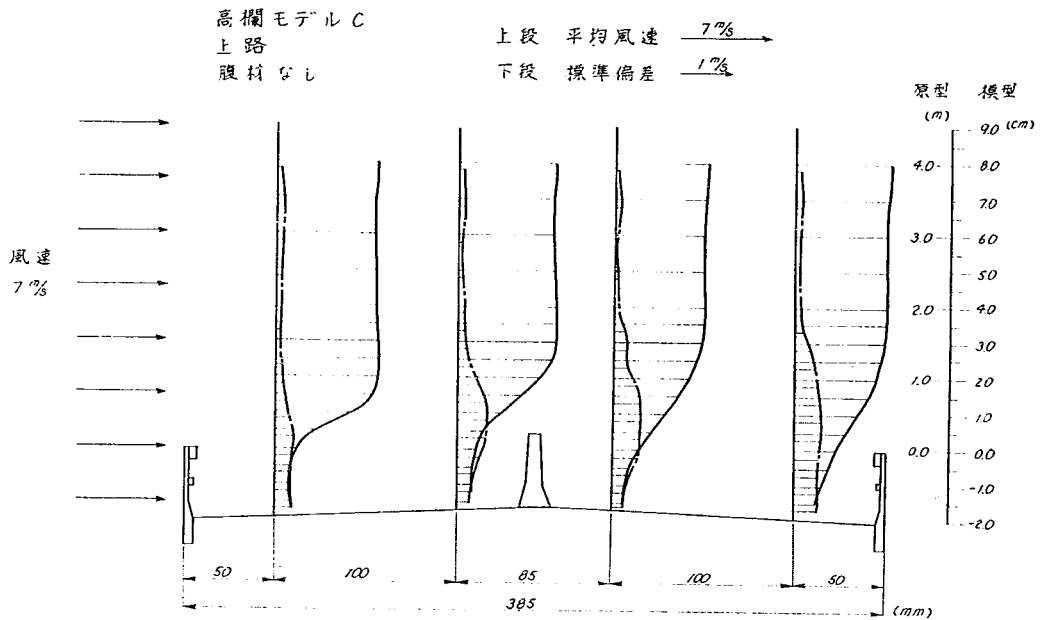
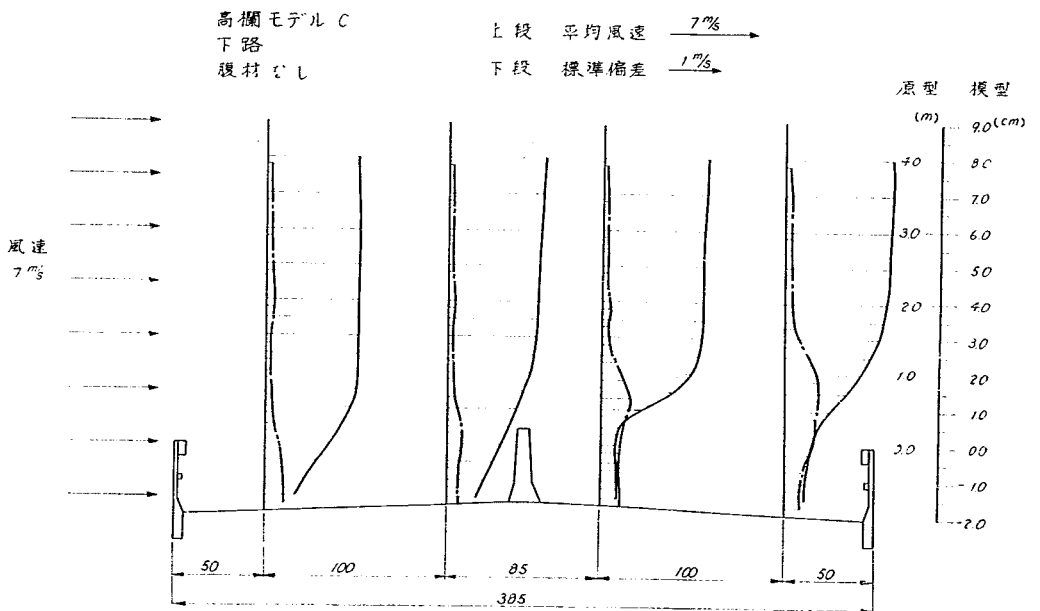


図 9-6 路面上の風速分布



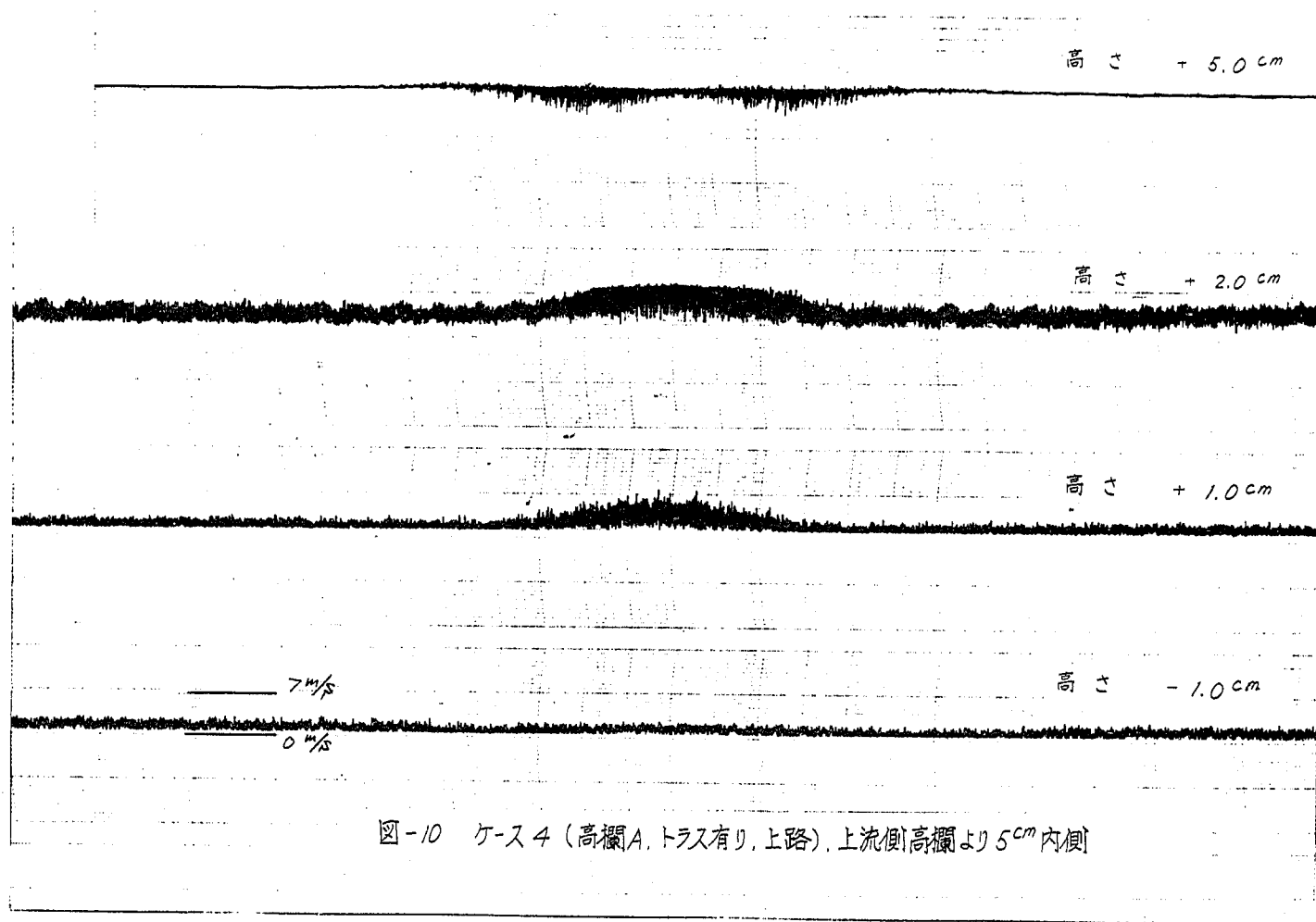


図-10 ケース4 (高欄A, トラス有り, 上路), 上流側高欄より5cm内側

図-11-1 ケース4 (高欄A、垂直材あり) 上路
上流側高欄より 5 cm 内側

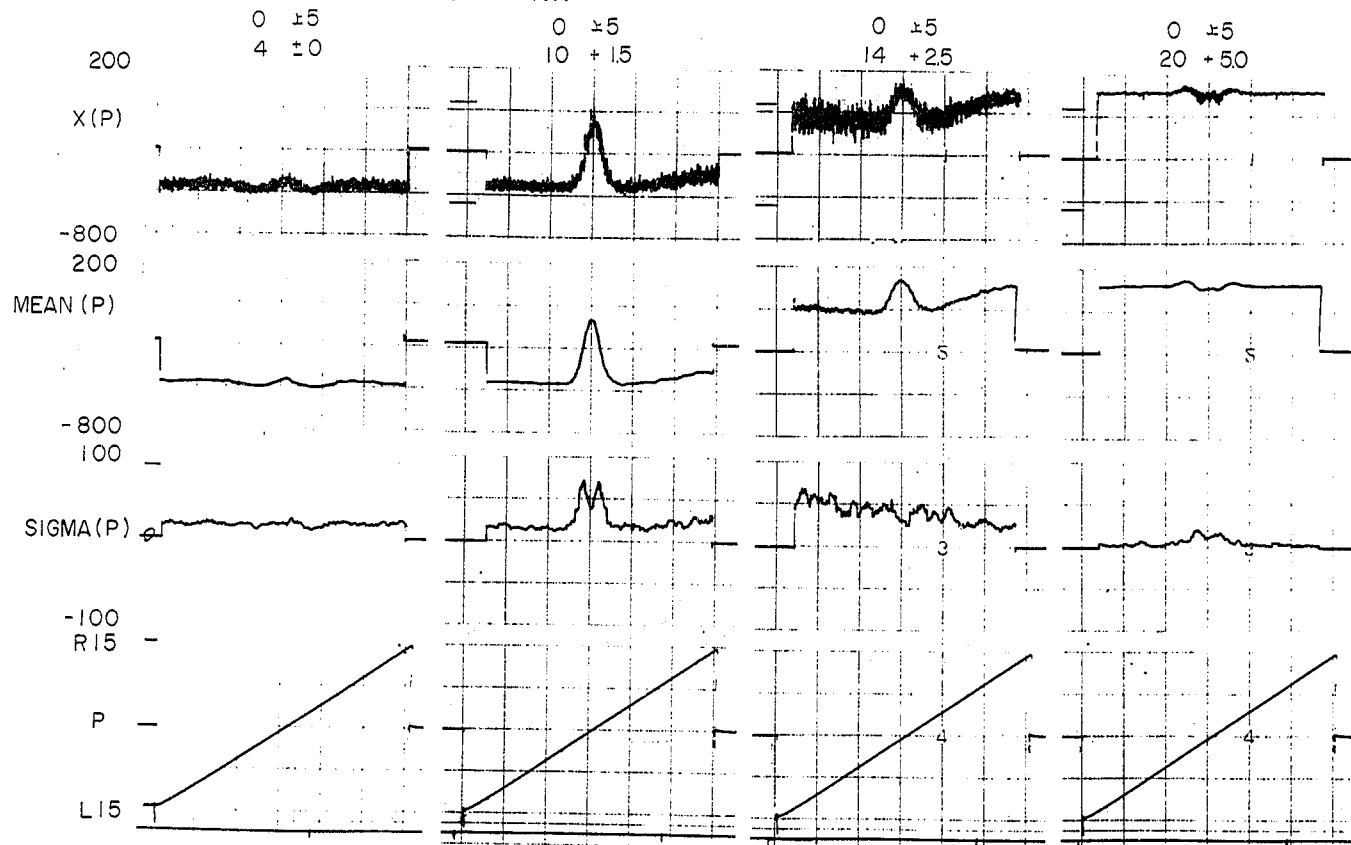


図-11-2 ケース4 (高欄A、垂直材あり) 上流
上流側高欄より 15 cm 内側

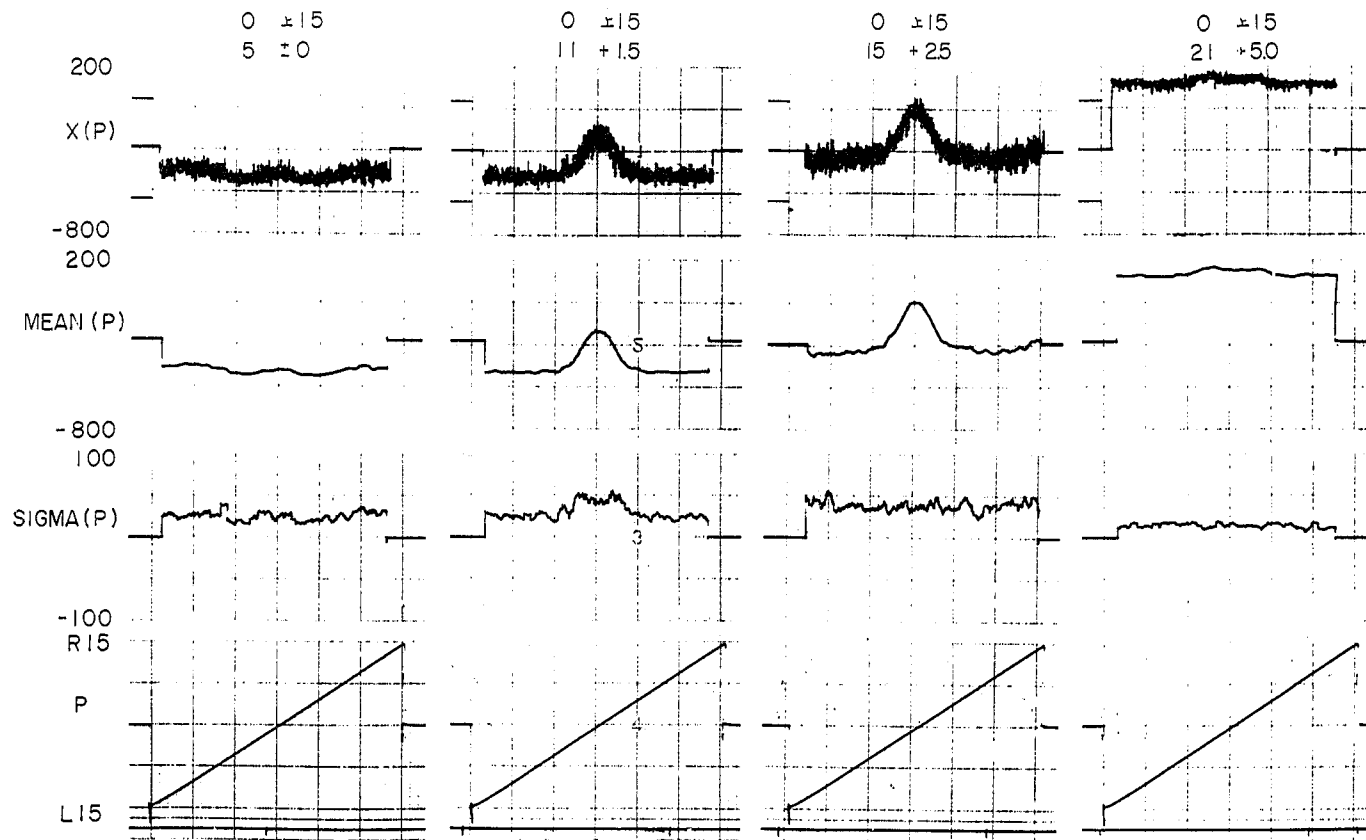


図-11-3 ケース5 (高欄B、垂直材あり) 上路
上流側高欄より 5 cm 内側

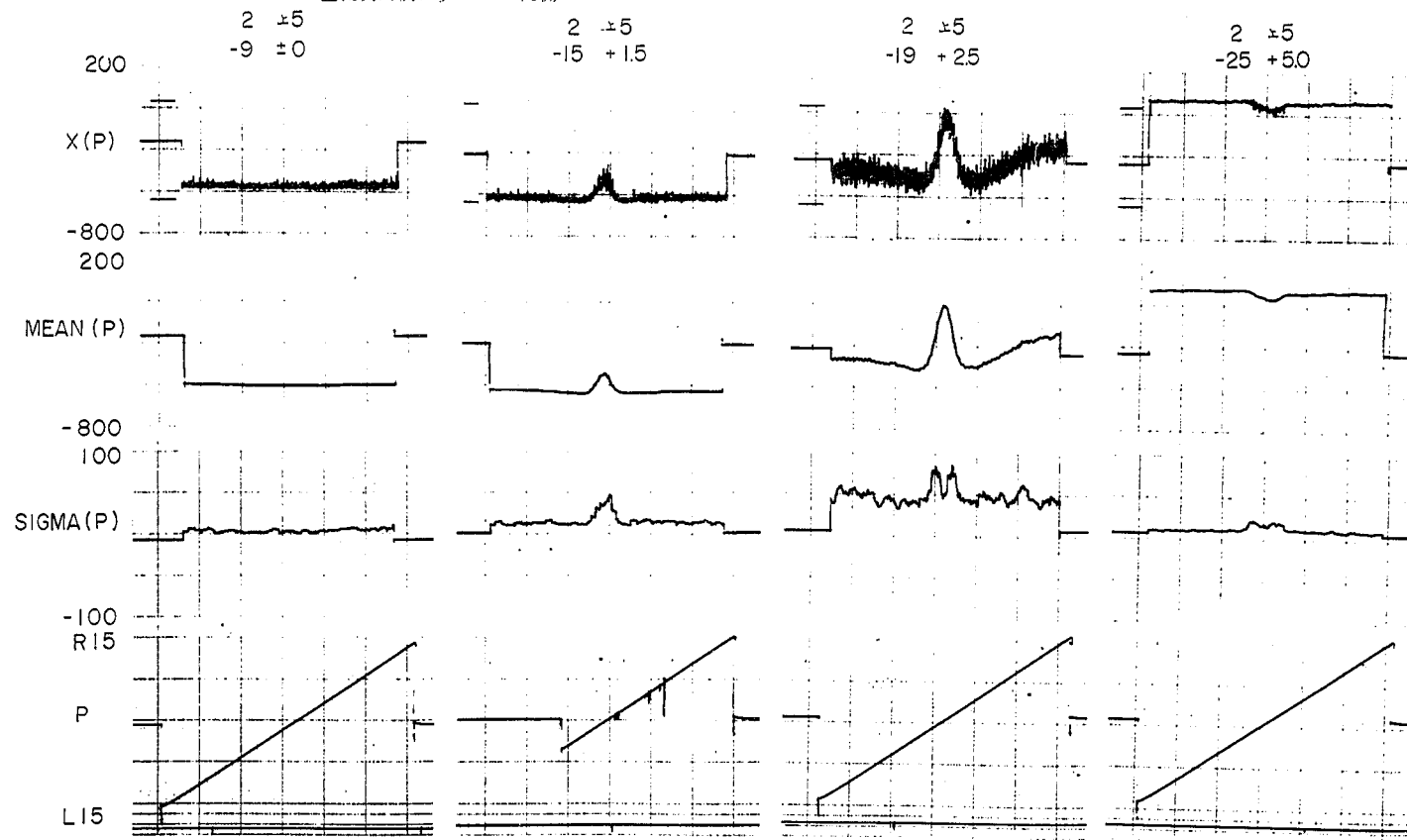


図-11-4 ケース6 (高欄C、垂直材あり) 上陸
上流側高欄より 5 cm 内側

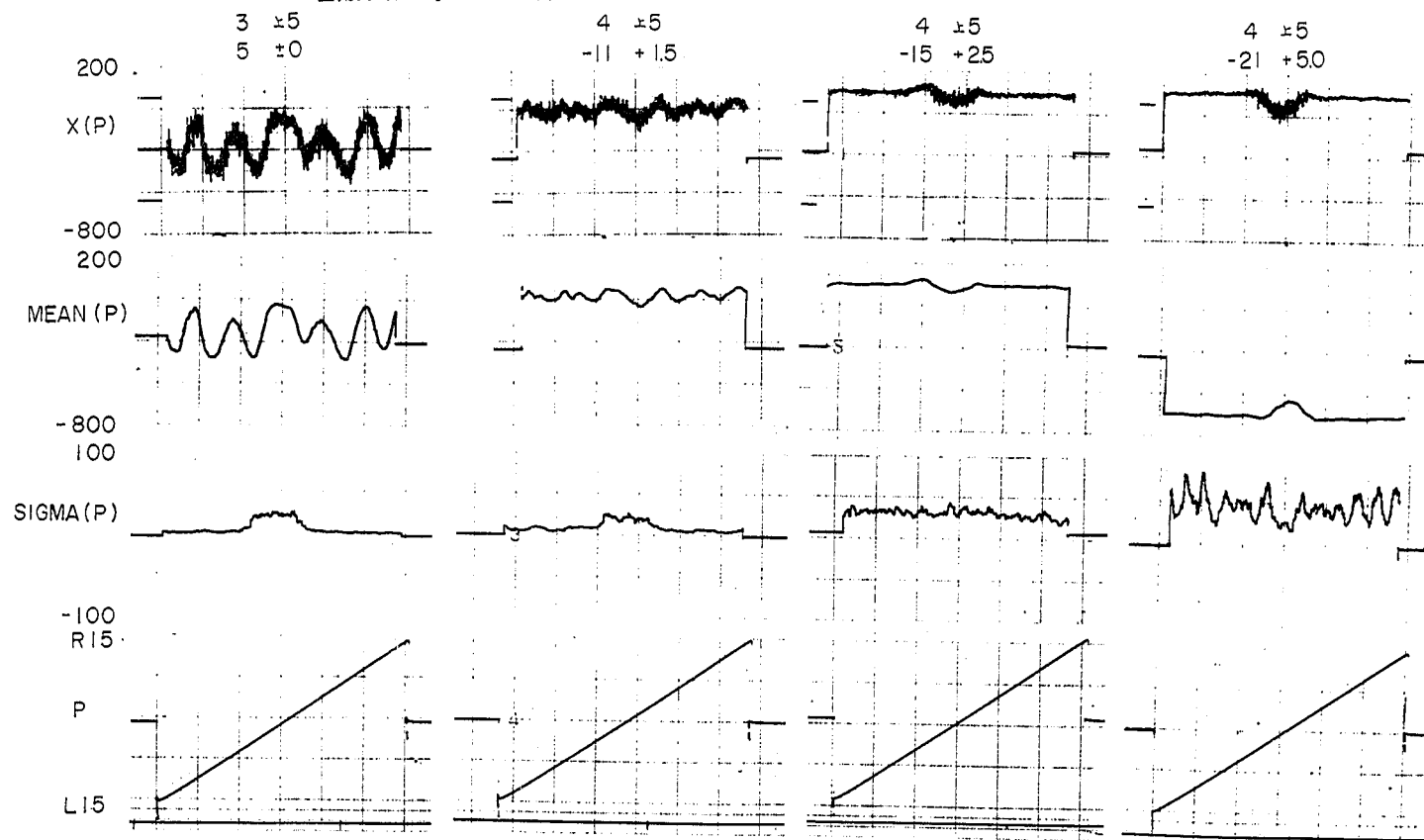
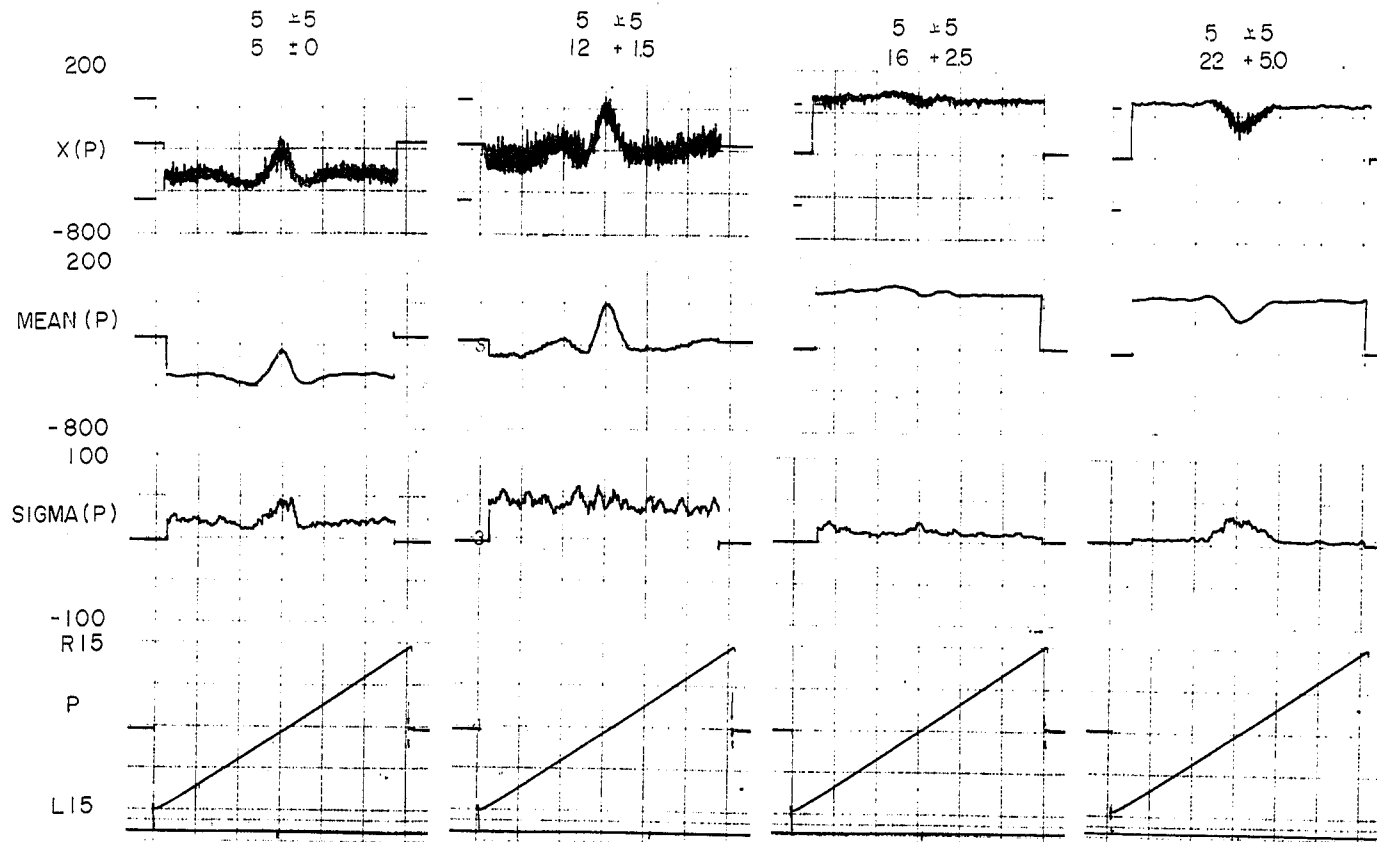


図-11-5 ケース4(高欄A、垂直材あり)下路
上流側高欄より 5 cm内側



5 考 察

5.1 高欄A, B, Cの比較

図-7から次のことがわかる。

- 高さ方向の風速分布で、風胴の平均風速 (7 m/s) に比して急激に風速の減少している領域を高欄による遮閉領域とすれば、風胴平均風速と遮閉領域の風速との差は、充実型高欄A, Bで大きく、高欄Cではさほど大きくはない。ただし、第3、第4車線では高欄の違いによる遮閉領域の風速の差は明瞭ではない。この領域では上流側の高欄よりも中央分離帯の影響で風速分布が決定されるようである。
- 遮閉領域の高さは、高欄CはA, Bに比較して非常に低い位置にあり、AとBとでは高欄の高さをそろえて考えると、上路では第1車線はほぼ同じで第2第3車線ではBの方が高く、下路では第1車線ではBの方が高く、第2第3車線ではほぼ同じという結果になっている。
- 乱れの強さに関しては全般にA, Bに比較してCは乱れの程度が小さいようである。高さ方向の変化はCとAとに比してBは高いところまで乱れが生じている。しかし、ごく一部の高さで乱れが大きくなるという傾向はどの高欄も表われていない。

5.2 上路と下路の比較

同様に図-7から次のことがわかる。

- 高欄による風速の減少の高さ方向の違いを見ると、上路の方が下路の方よりも高い位置まで影響を及ぼしている。一般に下路の風速分布は二枚の板の間の流れに近似していると考えられるが、これが上路よりも影響が遠方に及ばない原因と考えられる。
- 上路の場合は風胴平均風速よりも風速が増加している高さの領域があり、これは第1車線に特にはっきりと表われている。しかし、下路では顕著ではない。
- 風の乱れに関しては、上路と下路でその大きさ・分布ともに大差ないようである。

5.3 トラス垂直材の影響

図-10はケース4の上流側第1車線の垂直材のある場合の高さ方向および橋

軸方向の風速分布を示している。

- 高欄からの高さ -1.0 cm では高欄に遮られて風速は小さい。
- 高さ $+1.0\text{ cm}$ では垂直材から離れた点ではやはり風速は設定風速よりも小さいが、垂直材の近くでは高欄に影響されて気流は垂直材後方に巻き込まれるために、風速が高く乱れが大きくなっている。
- 高さ $+2.0\text{ cm}$ になると $+1.0\text{ cm}$ の場合よりも風速も高く、乱れの強さも大きく、橋軸方向の乱れの領域も広がっている。
- 高さ $+5.0\text{ cm}$ では高欄による影響は無く、垂直材の両縁端より剥離した乱れた風速の領域が観察されるが、その乱れは高さ $+1.0$, $+2.0\text{ cm}$ の場合よりも小さい。

図-11は電子計算機の計算結果をペン書きオシロに出力したものである。

- 車線による差は、上流側第1車線の方が第2車線よりも風速の変化の度合は激しいが、垂直材の影響範囲は狭い。
- 高欄AとBとでは、高欄から同じ高さではAの方が巻き込む度合が大きい。
- 高欄Cは空隙のある構造であるので、A、Bとは異なり高さの低い領域で高欄の柱の影響が観察される。この影響と垂直材の影響は高さの低い領域では同程度で、A、Bのような垂直材後方の巻き込みは明らかでない。

5.4 煙流の写真による結果

(風速の違い)

相似則の個所で述べたように風速を $1, 2, 4\text{ m/s}$ と変えて写真を撮影した(写真4~6)。風速による流線の違いは、 2 m/s と 4 m/s とではほとんど差がないが、 1 m/s の場合は風速の弱くなる(写真では白く写っている)領域が高さを増していることが認められる。この結果から、風速は 1 m/s では小さ過ぎるが、風速を高くすれば風速の違いによる差は微小となり問題はなくなると考えてよいであろう。以下の解析には風速 4 m/s で写真撮影を行なったものについて検討する。

(高欄の違い)

高欄CはA、Bと比較して風速の弱くなる領域の高さが低くなり、煙の濃さも淡くなってA、Bと較べてその領域での風速も高いことがわかる。AとBとの相違は高欄の高さを揃えればほとんど無いと言うことができる。

(上路と下路の違い)

上路に比較して下路は高欄の型に無関係に風速の弱くなる領域の高さが低くなり、下路では高欄の影響する領域の高さが低く押えられる傾向がよく分る。これは熱線風速計の結果ともよく対応する。

(垂直材の影響)

垂直材の有無による後方の風速分布の違いは写真には顕著には表われていない。写真には表われていないが、気流は垂直材後方で巻き込まれるのが観察された。垂直材を付した場合には現象が3次元的になるので、写真撮影による解析は不適当かと思われる。

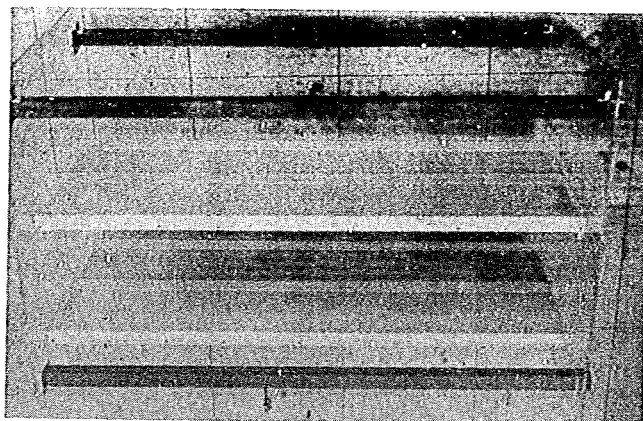


写真-1 模 型

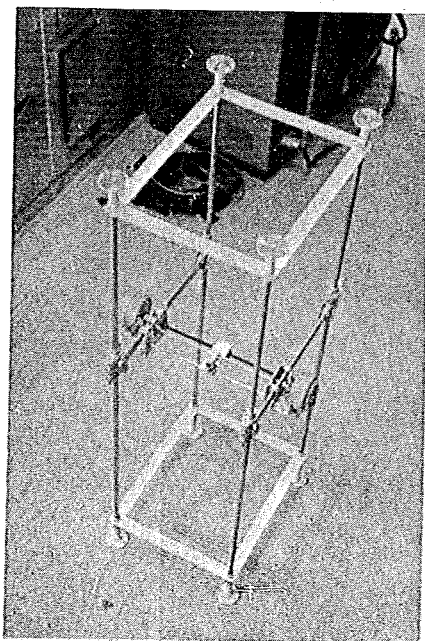


写真-2 トラパース装置

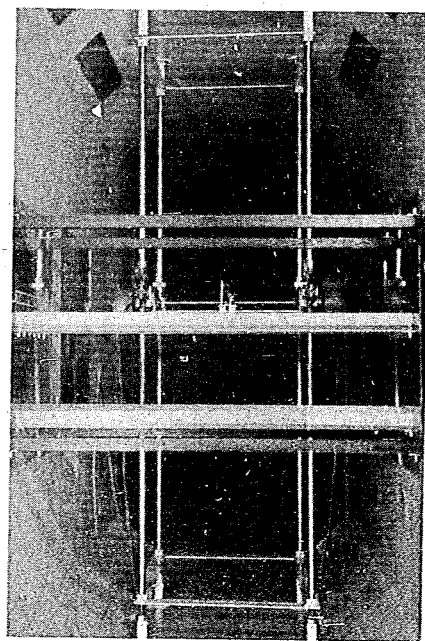


写真-3 風洞内部（模型、トラパース装置）

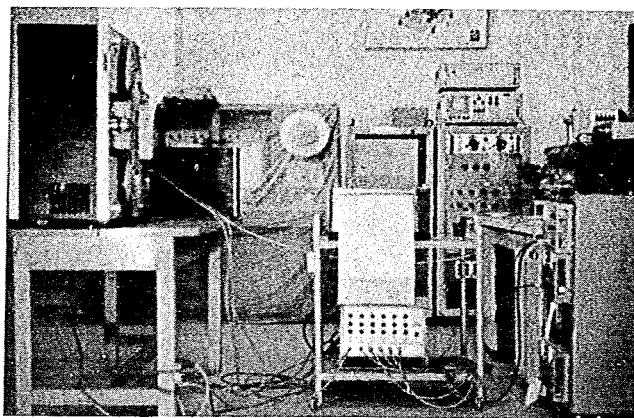


写真-4 計測器（左：データレコーダ、中：ペン書オシロ、右：熱線風速計）

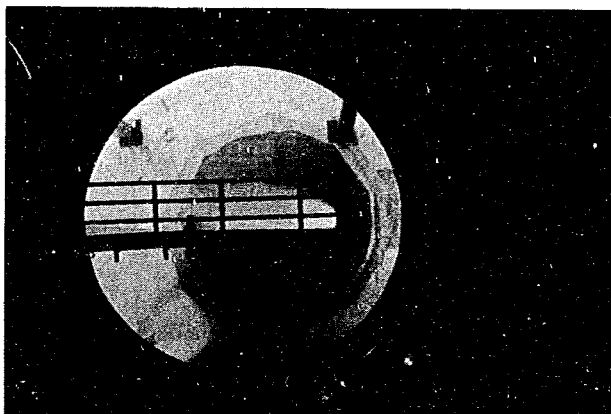


写真-5 高欄 A、上路、垂直材なし、風速 1 m/s

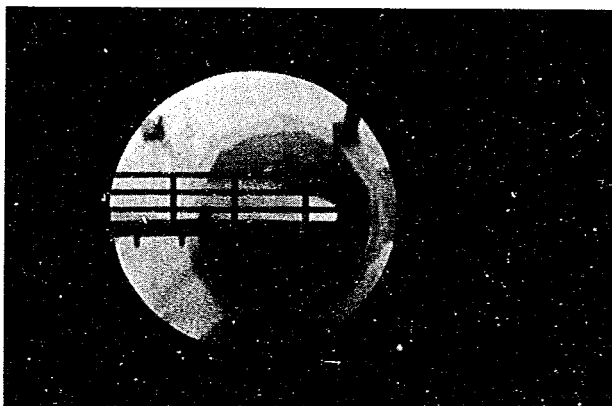


写真-6 高欄 A、上路、垂直材なし、風速 2 m/s

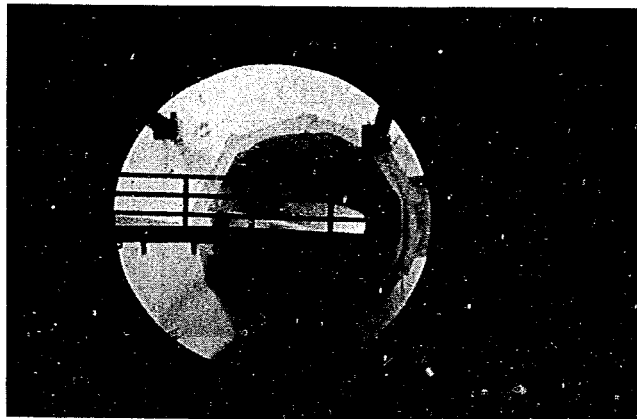


写真-7 高欄A、上路、垂直材なし、風速 4 m/s

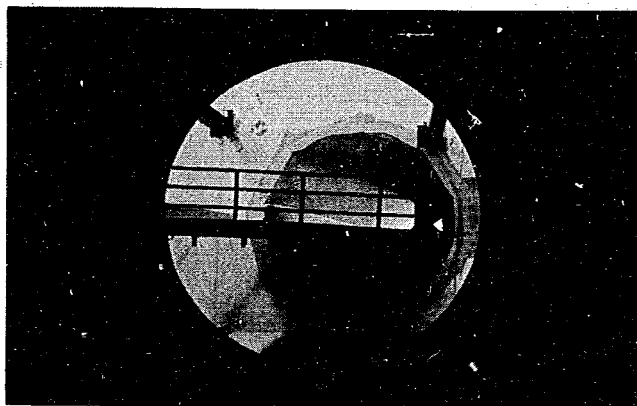


写真-8 高欄B、上路、垂直材なし

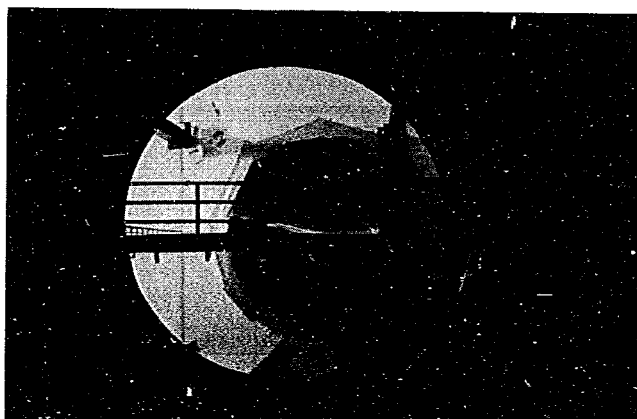


写真-9 高欄C、上路、垂直材なし



写真-10 高欄A、下路、垂直材なし

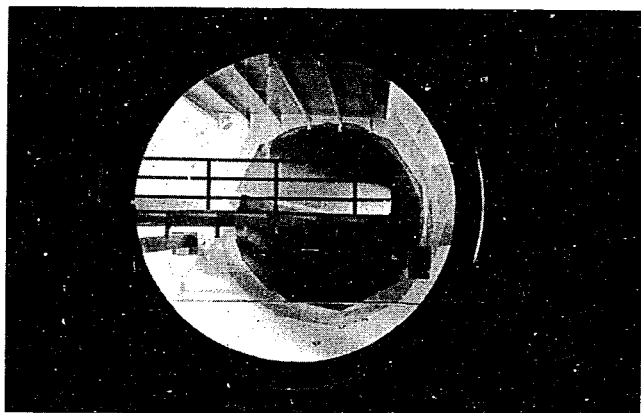


写真-11 高欄B、下路、垂直材なし

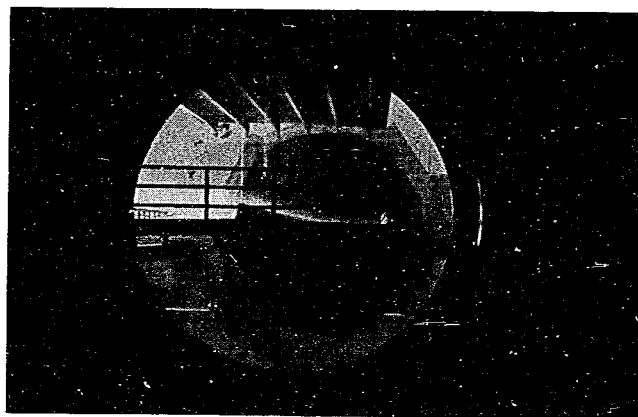


写真-12 高欄C、下路、垂直材なし

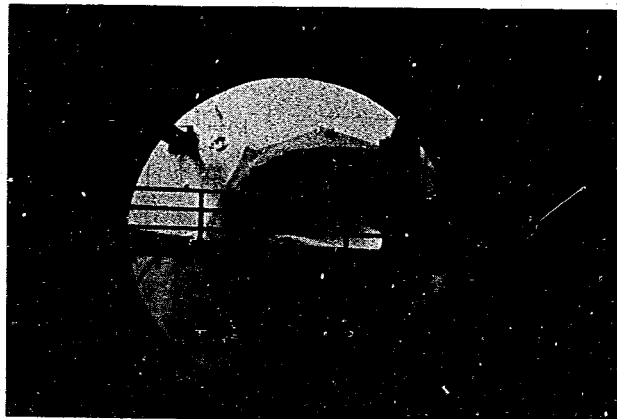


写真-13 高欄A、上路、垂直材あり



写真-14 高欄B、上路、垂直材あり

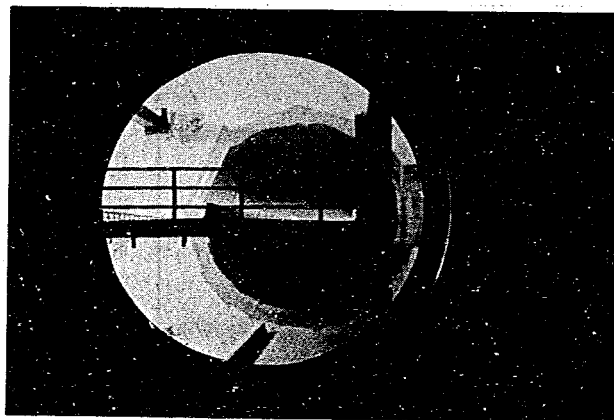


写真-15 高欄C、上路、垂直材あり

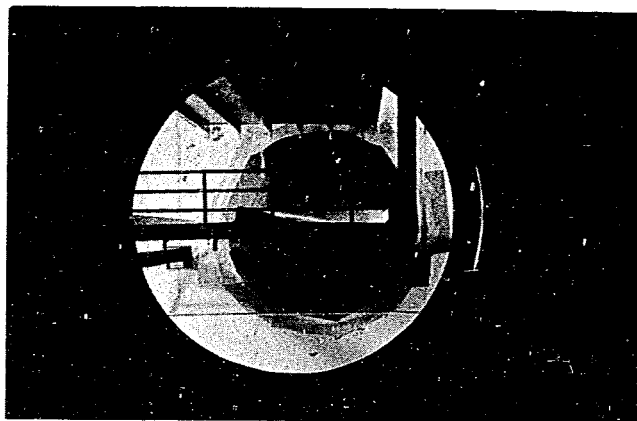


写真-16 高欄A、下路、垂直材あり

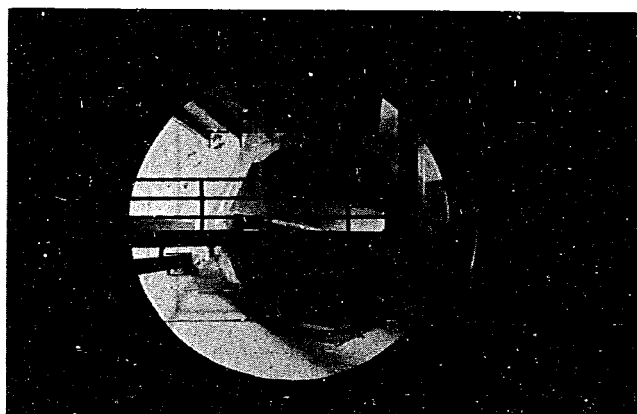


写真-17 高欄B、下路、垂直材あり

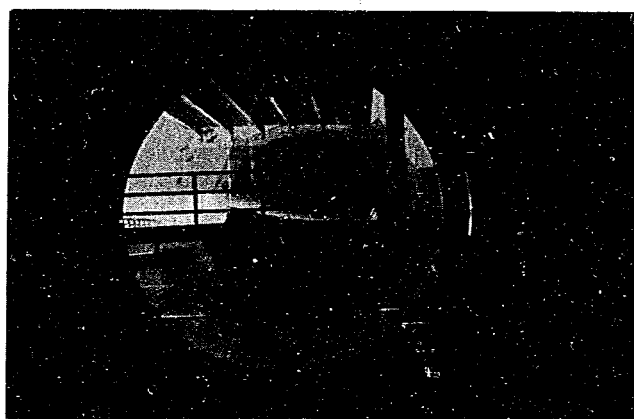


写真-18 高欄C、下路、垂直材あり

6 結 論

「2 問題の背景」で触れたように自動車の横風に対する明確な安全規準がない現状なので、この実験結果から断定的な結論は下せないが、次のことが言えるであろう。

- (1) 高欄に風を遮る役目を期待するならば当然 A, B と比較して C は効果が少ない。
ただし、車に対して危険とは言えない。
- (2) 上路に比較して下路の方が高欄による防風効果は低下するので注意する必要がある。
- (3) 車輻限界（高さ制限 3.5 m）を考えると、上路の場合高欄による影響の範囲はほぼ高さ 3.5 m まで及んでいるので、高欄 A でも十分な効果が期待される。
- (4) トラス垂直材の影響は第 1 車線に顕著に表われているが、実際に自動車が通過した場合に車に働く力を考えると変動風の作用する時間が短いこと、高さにより風速分布が一様でないことなどからトラス垂直材の影響は無視し得るのではないかとと思われる。

7. あ と が き

自動車の耐横風安定性の問題に対して、高欄およびトラス腹材の風速分布に及ぼす影響について焦点をしばって取扱った。この問題に関してはまだ研究が始ったばかりなので、次のような研究もこれからなされねばならないであろう。

- (1) 高速道路の風が強い場所での強風観測、そして構造物の後流の風速分布測定。
- (2) 乱された横方向突風を受けた場合の自動車に加わる外力の計測。

おわりに、本実験の電子計算機によるデータ処理は全て科学技術庁防災センター第3研究部にお願ひした。記して感謝の意を表わします。

参 考 文 献

- (1) 高波克治；自然現象と操縦性安定性、自動車技術、Vol. 25, №2, (1971)
- (2) 高波ほか；自動車の対横風特性について、自動車技術、Vol. 24, №4, (1970)
- (3) 河野ほか；自動車の空力特性試験法、自動車技術、Vol. 25, №7, (1971)
- (4) 東郷和英；横突風と自動車、高速道路調査会へのレポート
- (5) 日本気象協会関西本部；ハーバーレーダの風観測記録（昭和45年度）
- (6) 村上順雄、島章；米山大橋の防風施設設計のための風洞実験，土木技術資料
Vol. 9, №3 (1967)

南港連絡橋の耐風調査報告書

土研資料第 752 号

昭 47. 3 (1972)

成田信之，横山功一，野村一夫

キーワード

自動車の横風安定性，風速分布

要 旨

自動車が南港連絡橋を走行する際の横風安定性について検討するために風洞実験を行い，3 種類の高欄トラスおよび垂直材の有無が橋面上での風速分布に及ぼす影響を調べた。

郵便はがき

は 十
は 円
つ 切
て 手
下 を
さ

2 8 0 - □ □

建設省土木研究所
構造研究室
御 中

千葉県千葉市穴川
四丁目十二番五二号

No. 9

No. 9

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第752号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印

