建物群構造における風環境に関する実験的研究

（０１５５０４５７）

平成２年度科学研究費補助金（一般研究（Ｃ））

研　究　成　果　報　告　書

平　成　３　年　３　月

研究代表者　後藤　滋
（横浜国立大学工学部教授）

2619945
横浜国立大学

579
GO

目　　次

はしがき ． ． ．

はしがき

研究組織

研究代表者：後藤　滋（横浜国立大学工学部教授）

研究分担者：深井一夫（横浜国立大学工学部助手）

研究経費

平成元年度	１，７００千円
平成２年度	５００千円
計	２，２００千円

研究発表

（１）学会誌等（後藤　滋；建物群構造による風環境の地域類型化，日本建築学会計画系論文報告集，１９９１（予定）

研究の目的

高層建物が低層建物群に及ぼす風環境の変化等については多くの研究がなされている。しかし、低層建物群そのものの風環境特性については未解決の問題が多く、例えば建物群における風圧力の取り扱いについても明確でない。また、換気、通風、漏気の予測には建物群の密度が大きく関係する。そこで市街地（建物群）における風環境の特性を定量的に把握できるようにする必要がある。

本研究では、中・低層建物群の規模・密度・建物形状などが風環境に及ぼす影響を定量化するため、模型実験ならびに実測による検証を行い、その手法を確立すると共に風環境の地域類型化をしようとする。

1．市街地の模型化

1－1　市街地の形態と風環境

市街地評価のための基礎指標として、都市計画では次の 11 の指標が挙げられている。

人口密度　宅地率　住宅系用途比率　工業系用途の混在率 地区容積率　地区建蔽率　木造共同住宅率　木造率　道路率 道路線密度　オープンスペース率

このうち、風環境の評価に適用できるものは、地区建蔽率、地区容積率、道路率、道路線密度が適当な指標となり得る。これらは、建物と空地の比率またはそれらの存在関係を表したものであって、建物や空地の用途を表したものではないからである。

＜地区建蔽率＞　地区敷地面積合計に対する全建築面積の割合で、一般に用いる建蔽率とは区別される。

＜地区容積率＞　地区敷地面積合計に対する全建物延べ床面積の割合で、これも一般に用いる容積率とは区別される。

＜道　路　率＞　地区面積に対する道路面積の割合で、地区建蔽率との兼ね合いから、空地面積に対する道路面積の割合を求めることができる。

＜道路線密度＞　地区面積に対する道路総延長の割合で、１ヘクタールあたり

の長さ（メートル）で表される。これにより、宅地の細分化あるいは、集合化の度合いを表すことができる。

本実験では、主に地区建蔽率及び地区容積率を指標に用いて、市街地の形態と風環境の関係を取り扱う。

１－２　低層建物群の模型化

１－２－１　建物群密度の模型化

建物群密度を模型化するものとして、模型間隔と、模型底辺長さの比［Ｄ／ａ］が考えられる（図１－２－１）。ただし、模型底面は正方形である。B.E. Lee 、M.Hussain 、B.Soliman らは、低層建物群における自然換気力を予測する実験において、その模型間隔と流れの種類について述べている。それによると、図１－２－２に示す様に模型の間隔によって流れの状態は３種類に大別でき、

（Ａ）Isolated Roughness Flow Regime　・・・　Ｄ／ａ＞2.6 の時

（Ｂ）Wake Interference Flow Regime　・・・ 2.6＞Ｄ／ａ＞1.4 の時

（Ｃ）Skimming Flow Regime　・・・ 1.4＞Ｄ／ａ　の時

の流れであるとしている。

これより、Ｄ／ａを 1.0, 2.0, 3.0とすることにより、全ての流れの状態を作ることができる。また、本実験は換気量を取り扱うものであるから、Ｄ／ａ＝1.0 よりも更に条件が悪化すると考えられるＤ／ａ＝0.5, 0.75 も加えて実験を行う。Ｄ／ａと地区建蔽率との間には次式の関係が成り立つ。

地区建蔽率　$K = 1 / (1 + D/a)^2$

Ｄ／ａの 0.5～3.0 は、地区建蔽率の 44.4 %～ 6.3%に相当する。Ｄ／ａと地区建蔽率との対応を表１－２－１に示す。

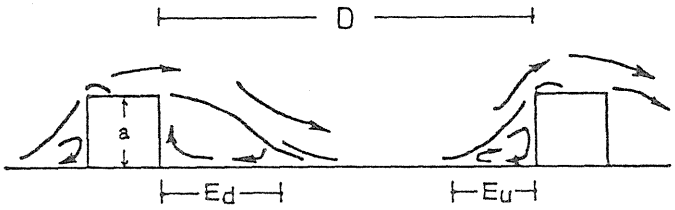
地区容積率は、地区建蔽率及び模型の高さそれぞれに比例の関係となる。本実験では建物群の密度の指標としてＤ／ａを用い、0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 3.0の５種類とする。

１－２－２　建物形状の模型化

建物高さを変化させることにより、その影響を調べる。

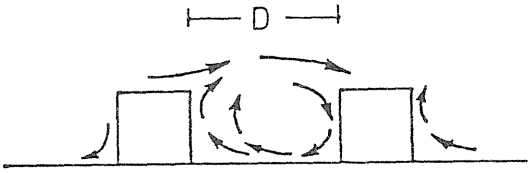
また一方で、街区の細分化、集合化の変化の影響もあわせて調べるため、建物の底辺の長さを変化させる。この場合、建物底面の形状は正方形である。実験模型の種類は表２－１－１のようである。

これから、建物高さ及び低面積（屋根面積）の変化の影響を調べることができ、また、相似な形のものを比較することにより、縮率の違いによる影響も調べ



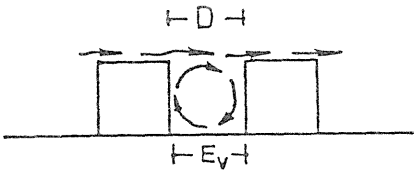
(A) ISOLATED ROUGHNESS FLOW REGIME

$D > E_t$ $(E_t = E_d + E_u)$



(B) WAKE INTERFERENCE FLOW REGIME

$E_v < D < E_t$



(C) SKIMMING FLOW REGIME

$D \leq E_v$

図１－２－１　模型間隔と流れの状態

表１－２－１　模型間隔比［D／a］と地区建蔽率

配列間隔比［D／a］	0.5	1.0	0.75	2.0	3.0
地区建蔽率［K］	44.4%	32.5%	25.0%	11.1%	6.3%

ることができる。

１－２－３　街区の配列の模型化

整った街路の市街地と、入り組んだ街路の市街地を想定して、それぞれ整列の配列と千鳥の配列で代表させる。この２種類では街区の配列を網羅することはできないが、これらを比較することにより配列による影響をある程度把握できるものと思われる。詳細な検討は別の機会に譲る。

２．風洞実験概要

２－１　実験種類

２－１－１　建物高さの違いによる影響

40mm底辺の模型では４種類、60mm及び80mm底辺の模型ではそれぞれ２種類の高さの模型で実験を行い、その影響の度合いを調査する（表２－１－１参照）。

表２－１－１　実験の種類

アプローチフローを形成する２次元ラフネス	建物群模型の形態に関する因子			
	建物底辺	建物高さ	配列形態	Ｄ／ａ
ｈ＝20mmラフネス	40mm	20mm 40mm 60mm 80mm	整列配列 千鳥配列	0.5 0.75 1.0 2.0 3.0
	60mm	30mm 60mm		
	80mm	40mm 80mm		

２－１－２　建物底辺長さの違いによる影響

建物底辺長さとして、40mm、60mm、80mmの３種類の長さで実験を行い、その影響の度合いを調査する（ただし、建物底面は正方形）。これらは、前記の表２－１－１における建物高さとの組み合わせで相似な形状のものが出来る。それにより縮率の影響も同時に調べられる。

２－１－３　建物群密度の違いによる影響

建物群密度の指標として、建物間隔比Ｄ／ａを用い、0.5，0.75，1.0，2.0，3.0 の５種類とし、その影響の度合いを調査する。

２－１－４　配列形態の違いによる影響

配列形態は整列配列、千鳥配列の２種類とし、その影響の度合いを調査する。

２－２　建物群長さ

建物群長さは一定として実験を行う。すなわち、風圧測定模型の風上側に1440mm、風下側に480mm とし、風洞幅いっぱいに模型を設置する。

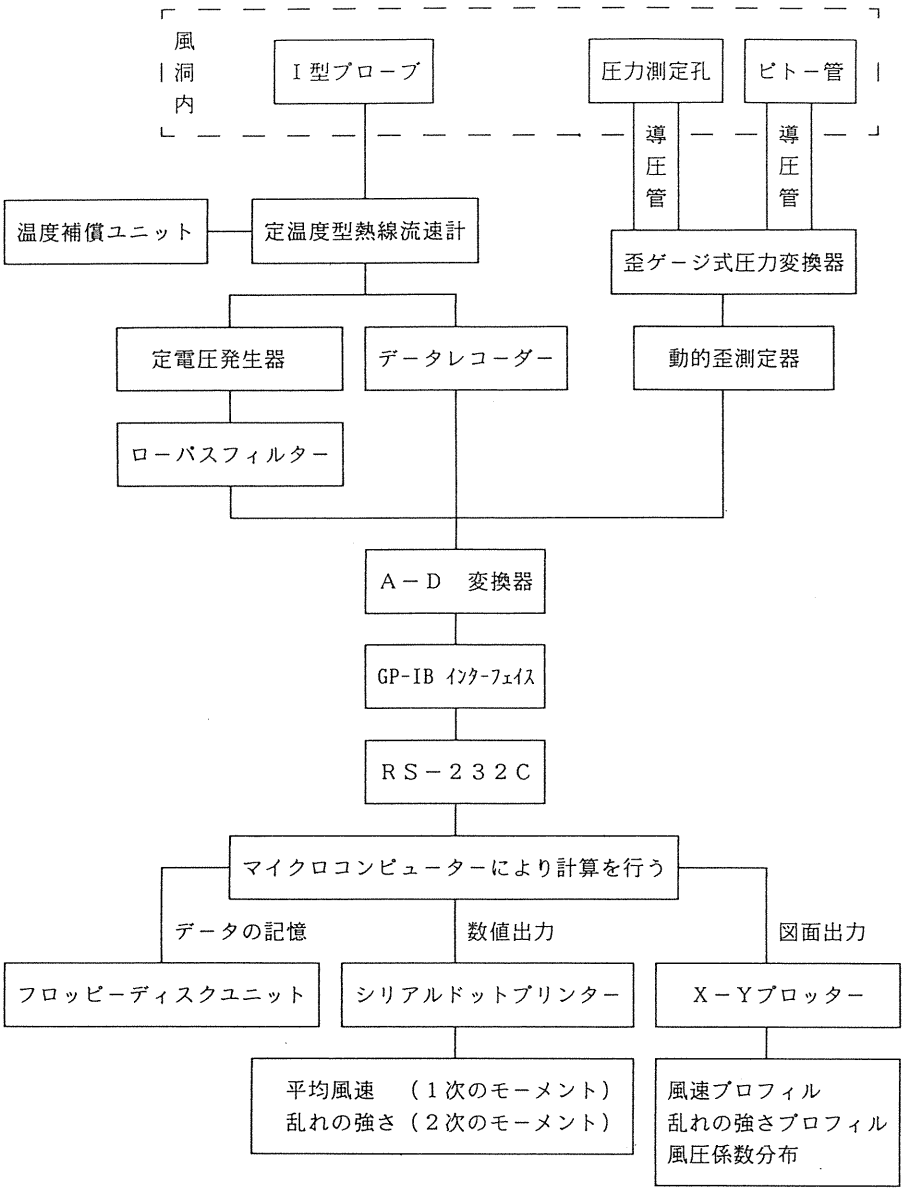
２－３　アプローチフロー

すなわち、一定の２次元ラフネスを設置する。20mm高さのラフネスを 160mm間隔で12枚、建物群風上に設置する。

3．風洞実験方法詳細

3－1　実験の流れ

以下に実験の流れ図を示す。



３－２　測定装置及び機器

３－２－１　風洞

・所在　　横浜国立大学工学部建築学科　実験棟内

・型式　　密閉回流式境界層風洞（図３－２－１参照）

・規模諸元　測定部長さ 8,000 mm 、断面 1,800 mm W× 1,200 mm H

・出力　　三相交流モーター　22kw、軸流ファン２基　最大風速 10.0m/s

・座標系　風洞床面上主流方向――――X軸（整流格子後端を０mm）

風洞床面上主流直角方向―――Y軸（床面中心線上を０mm）

風洞床面より鉛直方向――――Z軸（風洞床面高さを０mm）

・特記事項　流れを一様化するため、吹出口に整流格子設置

安定した風速で使用するため、風洞風速を 9.0 m/sに設定して使用

３－２－２　風圧測定用模型

風圧測定用模型は厚さ２mmのアアクリル板を用いて構成される。模型は下記の表の８種類である。

40 mm(a)×40 mm(a)×20 mm(h)
×40 mm(h)
×60 mm(h)
×80 mm(h)
60 mm(a)×60 mm(a)×30 mm(h)
×60 mm(h)
80 mm(a)×80 mm(a)×40 mm(h)
×80 mm(h)

風圧力測定孔（以下、測定孔と記す）は、前面８個、後面８個、屋根面４個の計20個であるが、模型を90度回転させることにより40点の測定を行うことができる。図３－２－７に寸法及び、測定孔の配置等を示す。

測定孔は、外径 1.6 mm 内径 0.8 mm の真鍮パイプ（シームレス）である。模型外壁に面する部分は、削り出しにより、ほぼ完全に直角である。また、壁体のアクリル板に 1.6 mm Φドリルで直角に孔をあけ、平板上で孔の中に真鍮パイプを落し込み、エポキシ系接着剤にて固定する。アクリル板面と、真鍮パイプの削り出し面は面一になる。

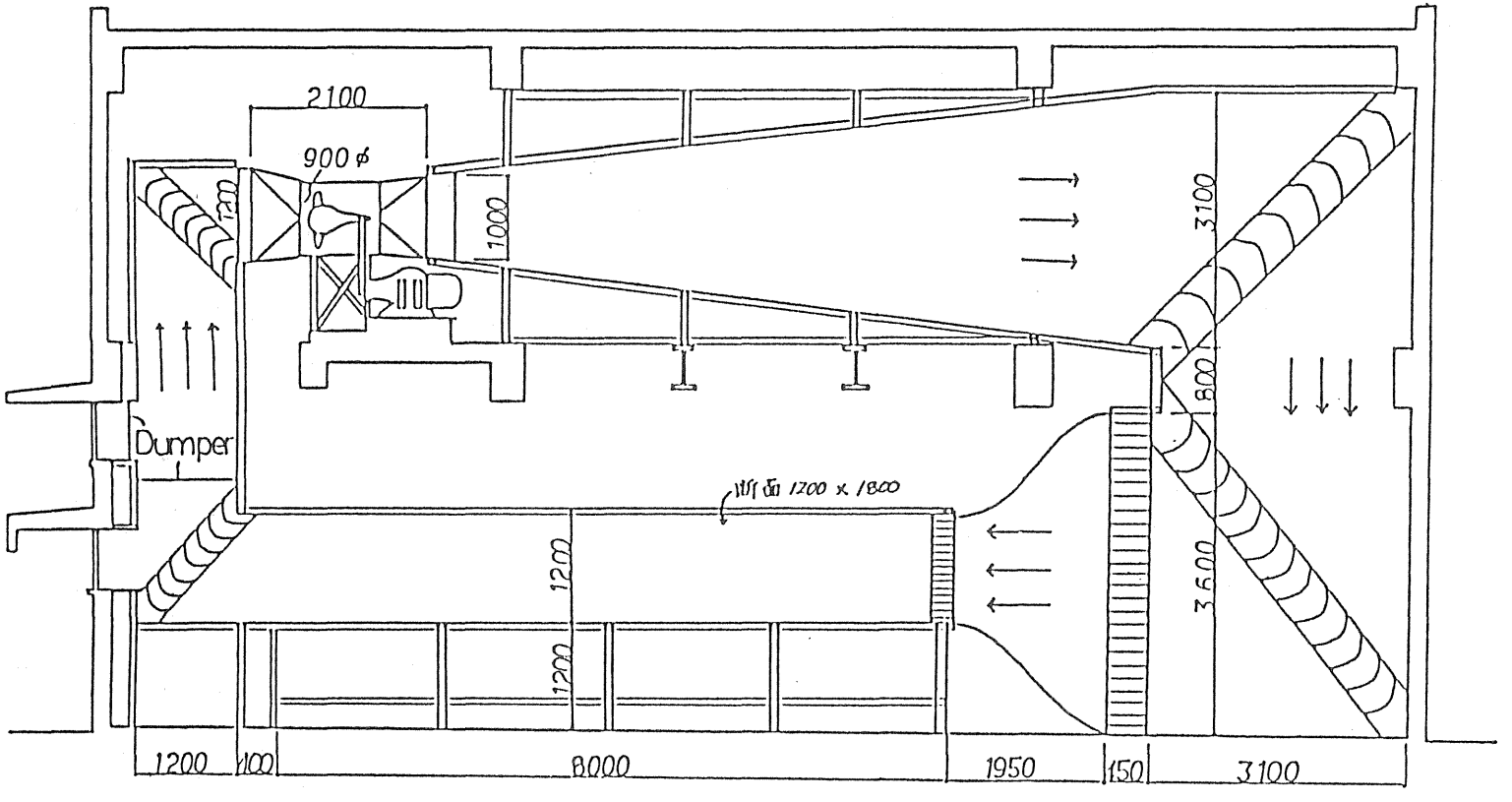
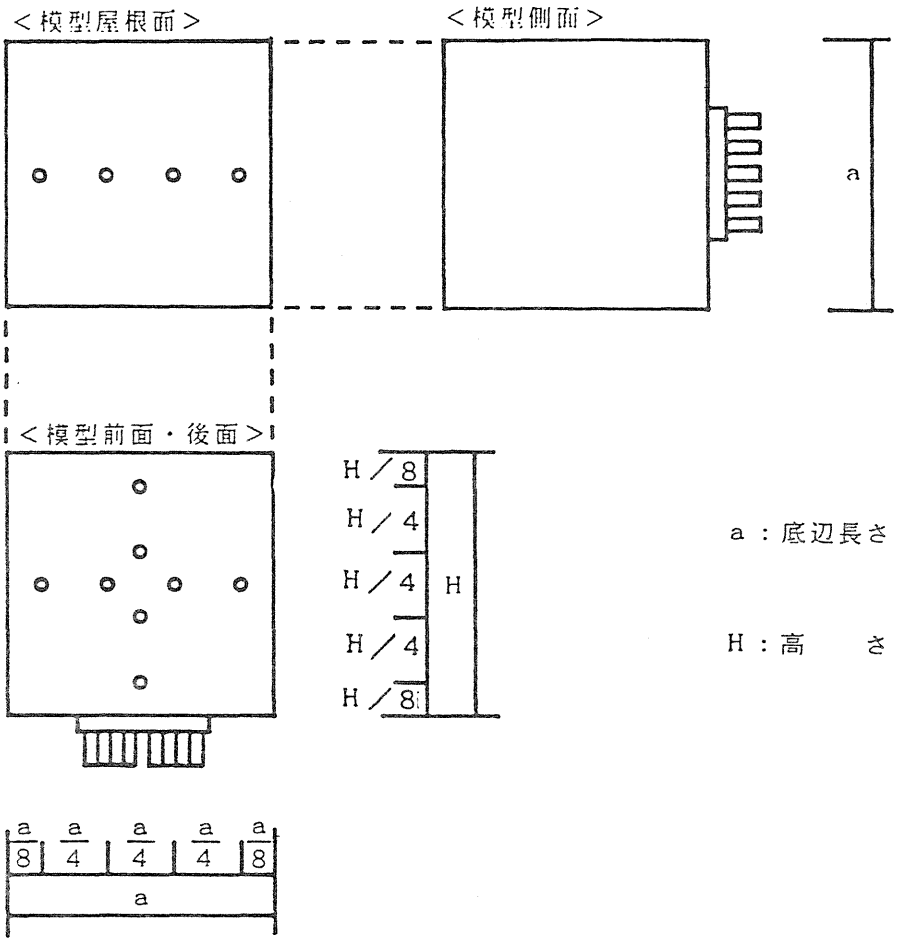


図３－２－１　密閉回流式境界層風洞



模型種類		
模型種類	a＝40mm	H＝20mm
		H＝40mm
		H＝60mm
		H＝80mm
	a＝60mm	H＝30mm
		H＝60mm
	a＝80mm	H＝40mm
		H＝80mm

図３－２－７　模型寸法及び風圧測定孔

測定孔からの導圧は、内径 1.6 mm のビニルチューブを用いる。模型底面より、風洞床面に設けた孔を通り、切り替えコックに導かれる。模型の取り替え及び、向き替えなどの際に導圧管に応力が掛かると、測定孔の精度が落ちる危険があるため、模型内部の導圧管と、模型外部の導圧管は、模型底面を境に完全に独立としている。

また、風洞床面にメス型（正方形凹型）、模型底面にオス型（正方形凸型）を設けることにより、風洞内に測定模型を設置する際のＸ－Ｙ方向の誤差を極小としている。

３－２－３　周辺建物群模型

周辺市街地の低層建物群を模型化するものとして風圧測定用模型と同型の木製ブロックまたは紙製模型を使用し、測定模型の周辺に配置する。建物群の配置状況を図３－２－８に示す。

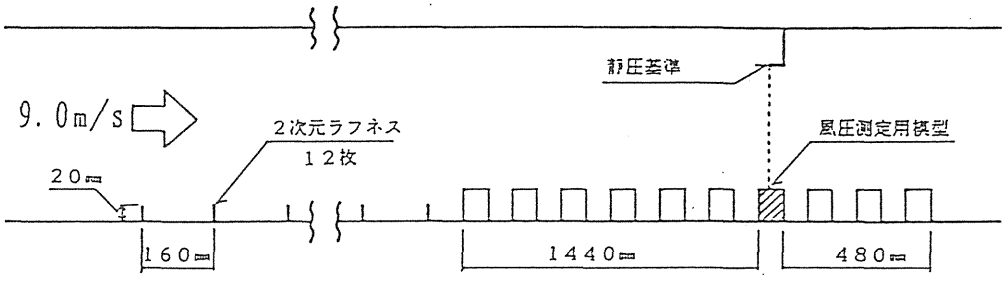


図３－２－８　建物群配置状況

３－２－４　圧力変換器

導圧管により導かれた風圧力は、歪ゲージ式圧力変換器（〔株〕共和電業 PG-10-GC ）によって電気信号に変換され、動的歪測定器（〔株〕共和電業 DM-3N）により出力感度を調整した後、出力されたアナログデータをＡ－Ｄ変換器によってデジタルデータに変換、インターフェイスを介してマイクロコンピューターに入力、平均値を計算させ、フロッピーディスクに記録する。

圧力から電圧への変換の特性を測定した結果、正圧、負圧とも原点を通る一本の直線式により電圧に変換されることが確認された。

３－２－５　風速計

風速計は、本実験で行う周波数解析等の Sumpling Time　△Ｔ＝ 2.0 msec を考慮し、応答速度の速い定温度型熱線風速計（〔株〕司測研 Model HC-30）を使

用し、プローブはＩ型プローブ（熱線として７μΦ、長さ3 mmのタングステン線）を使用する。

また、時間経過により気流温度の変化が考えられるため、風速計よりの出力を温度補償ユニット（〔株〕司測研 Model HC-28）に通し、温度変化による誤差を補正する。

風速計のリニアライズ（直線化）は、風洞内でピトー管とゲッチンゲンマノメーターを使用して行う。風洞内の乾球温度と湿球温度を測定し、空気の比重量として用いる。

３－２－６　データ処理装置

ペンレコーダー　（渡辺測器〔株〕サーボコーダー SR-6322）熱線流速計及び、動的歪測定器の出力を読み取る。前者は 10 Ｖレンジ、後者は２Ｖレンジを主に用いる。

定電圧発生器　（三栄測器〔株〕SK06）本実験では、定温度型熱線流速計の出力の平均値分をカットするために用いる。－０Ｖ～－10Ｖを発生させる。

ローパスフィルター　（三栄測器〔株〕9B06）熱線流速計の不必要な高周波成分をカットするために用いる。

データレコーダー　（ＴＥＡＣ　R-210 ）本実験では定温度型熱線流速計の出力を、マグネティックテープに記録し、デジタル解析のためにＡ－Ｄ変換器に入力する。テープ速度 15 Inch/sec（37.5 cm/sec ）入力 10 Ｖ→100 %、出力 100 %→１Ｖ。

Ａ－Ｄ変換器　（〔株〕共和電業　ADC-116A）マグネティックテープに記録した熱線流速計の出力（アナログデータ）をデジタルデータに変換する。入力±１Ｖ→±2,000 、分解能力は、符号を含めて2^{12}、Sumpling Time △Ｔ＝２msec、サンプル個数2^{12}個である。

ＧＰ－ＩＢインターフェイス　（ Computer-Inovation 〔株〕GP-2000 ）Ａ－Ｄ変換器のコントロールと、Ａ－Ｄ変換器よりマイクロコンピューターへのデータ転送に使用する。ボーレート 9,600ボーにて転送する。

ＲＳ－２３２Ｃインターフェイス　（富士通〔株〕　ＦＭ－８）本実験にて得られた全ての数値データを取り扱う。入力は、Ａ－Ｄ変換器よりＲＳ－２３２Ｃポートを通して。また、ほかのデータはキーボードより入力。解析計算内容は、「３－３　解析方法」の項に記す。出力はエクスパンションポートより、フロッピーディスクユニットに全データを記憶。８ビットパラレルポートより、シリアルドットプリンターに、風速に関して１次～４次のモーメント等をプリントアウ

ト。ＲＳ－２３２ＣポートよりＸ－Ｙプロッターに風圧係数分布等をプロット、詳しくは、３－３　解析方法の項に記す。

フロッピーディスクユニット　（ＥＰＳＯＮ　ＴＦ－20）（東京電子〔株〕LFD-550II ）数値に関する全データを、ディスケット(320キロバイト、両面倍密）に記憶及び、必要に応じてマイクロコンピューターのメモリー上にデータを展開する。

シリアルドットプリンター　（エプソン　ＲＳ80 F/T II ）必要に応じて、マイクロコンピューターのメモリー上に展開された数値及び、文字データをプリンタ用紙に出力する。

Ｘ－Ｙプロッター　（GRAPHTEC　MYPLOT II ）マイクロコンピューターのプログラムに応じて、フロッピーディスクユニットよりデータを読み出し、ペンを用いて作図する。

３－３　解析方法

３－３－１　平均風速及び、乱れの強さ

風速に関する１次及び、２次のモーメントとして平均風速及び、乱れの強さを測定する。測定位置は、整列配置の群模型において、風向に直角な街路の中央と、風向に平行な街路の中央、それぞれ、測定模型の正面と真横の２個所である。千鳥配列の場合は、風上面の正面１個所とする。各測定位置で鉛直方向のプロフィルを求める。

測定は、風洞風速を 9.0 m/sに設定して行う。Ｉ型プローブの熱線を測定位置に合わせ、熱線が風洞風向に対して直角方向になるようにする。熱線流速計アンプにてリニアライズされた出力を、ＡＤ変換器にて20msec間隔で400 個データサンプリングし、インターフェイスを介してマイクロコンピュータに入力し、平均風速及び乱れの強さを計算させて求める。ここで言う乱れの強さとは、乱れの標準偏差をその高さの平均風速で除したものである。また、各高さの平均風速もＺ＝500mm での風速で除し、無次元化して用いる。

３－３－２　平均風圧力及び風圧係数

風圧力測定孔及びピトー管より導圧管を通り導かれた風圧力は、歪ゲージ式圧力変換器により電圧に変換される。この圧力――電圧変換直線は、原点を通る直線であるが、気温の変動による空気比重量の変化及び、動的歪測定器の出力感度により傾きが変化する。これを更正するために、基準となる更正直線を求めた状態で、風洞内の基準圧力位置の静圧と動圧と空気の比重量を測定しておき、毎回

の風圧測定ごとに測定する基準圧力位置の静圧と動圧と空気の比重量との比を考慮して算出する。

動的歪測定器の出力は、Ａ－Ｄ変換器でデジタルデータに変換した後、インターフェイスを介してマイクロコンピューターに入力、基準となる更正直線に基準圧力位置の静圧、動圧、比重料を考慮したプログラムによって平均風圧力とし、フロッピーディスクに記憶させる。

風圧力は、基準速度圧で除して無次元化し、風圧係数として算出する。今回の実験では基準速度圧を求める位置を問題とするため、数通りの高さでの風速及び乱れの強さを用いて基準速度圧を求め、風圧係数を算出する。

基準速度圧を求める高さは各模型の高さの２倍、2.5 倍、３倍、５倍及び風洞内自由風速の５点。位置は風向に直角な街路の中央である。

速度圧は、一般に式３によって計算されるが、石崎[20]らは気流の乱れの成分を考慮した式４を提唱している。本実験では、市街地の内部から、やや上空という比較的乱れの大きな気流を対象とするため、乱れを考慮した式４を用いて基準速度圧を算出する。

式３　　$q = \rho V^2 / 2$

式４　　$q' = \rho \overline{V}^2 \ (1 + V'^2 / \overline{V}^2) / 2$

記　号

q	：速度圧	q'	：変動速度圧
V	：風速	$\overline{V}$	：風速の平均値
V'	：風速の変動成分	ρ	：空気密度

４．気流に関する実験結果及び考察

４－１　風速及び乱れの強さのプロフィル

風速及び乱れの強さのプロフィルを示す座標系として、縦軸に測定点高さを、横軸に高さＺ＝500 mmの風速で無次元化した風速比と、乱れの強さを％で標示する。風速プロフィルは白抜きの記号、乱れの強さは黒く塗り潰された記号でプロットされる。片対数グラフであるため、風速プロフィルが直線に近付くと、より対数法則に従っていることになる。また、その直線と縦軸との交点は、Z_0[mm]という地表面粗度の状態を表す指標である。地表面粗度の状態とZ_0の関係を表

４－４－１に示す。また、風速比が１付近で一定になる高さがある。この高さは境界層の外であると考えられ、境界層厚さとしては上の直線と風速比１の直線の交点以下であると考えられる。本実験では、風速比 0.99 である高さを境界層厚さδとする。

表４－１－１　Ｚ。と地表面粗度の関係

面の区分	１（滑）	２（やや粗）	３（粗）	４（非常に粗）
Ｚ。(cm)	0.001～0.2	0.1～20	100～150	100～400
適　用	障害物のない平原、海岸	低層建物が点在する郊外等	中低層建物が立ち並ぶ市街	高層建物が密集する市街

４－１－１　配列形態の違いによる比較

底辺40mmの模型についての実験結果は、下記の表に沿って示す。また、各図とも風速および乱れの強さをＤ／ａごとに分けて示してある。図中の記号の○は整列配列、△は千鳥配列、□は模型を取り除いたラフネスのみの場合である。

底辺 40mm

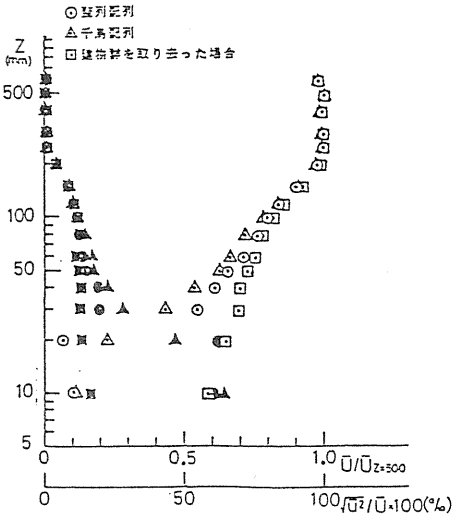
図４－１－１・・・高さ 20mm
図４－１－２・・・高さ 40mm
図４－１－３・・・高さ 60mm
図４－１－４・・・高さ 80mm

配列形態による影響は、模型高さ20mm,40mm,80mmでD/a=0.5 、0.75で模型高さの 2.5～３倍まで、D/a= 1.0～3.0 では 1.5～２倍程度まで及んでいる。模型高さ60mmではD/a によらず高さ1.5 倍程度まででプロフィルの違いは無くなっている。

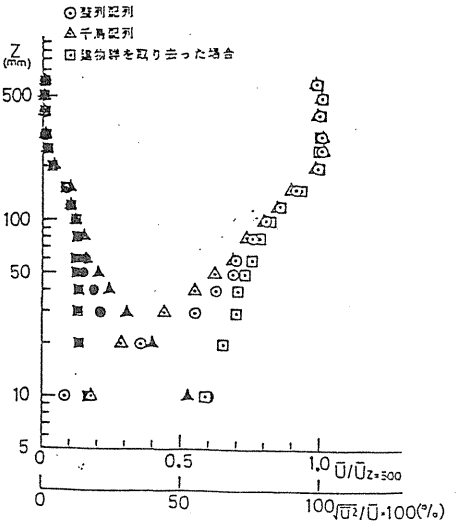
模型を取り除いた状態のプロフィルとの比較では、模型高さの４倍程度で違いは見られなくなる。このことから、模型群の影響は模型高さの３～４倍程度まで及ぶと思われる。

４－１－２　建物高さの違いによる比較

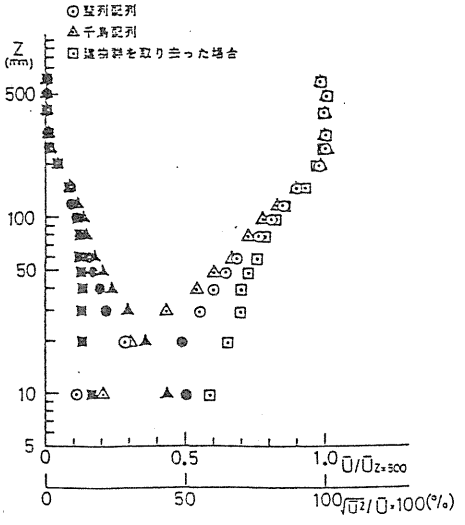
底辺40mmの模型についての実験結果を次頁の表に沿って示す。また、各図とも風速および乱れの強さをＤ／ａごとに分けて示してある。図中の記号の、○は高



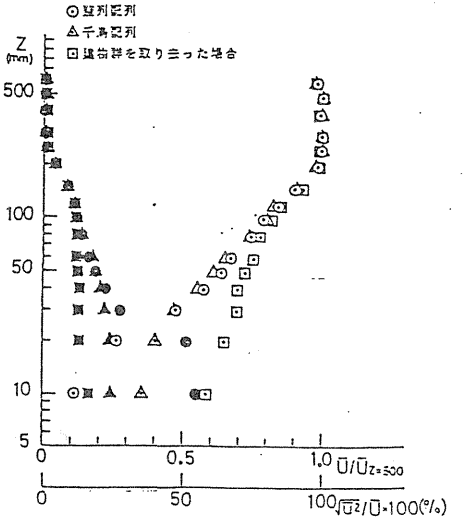
建物高さ20mm（D／a＝0．5）



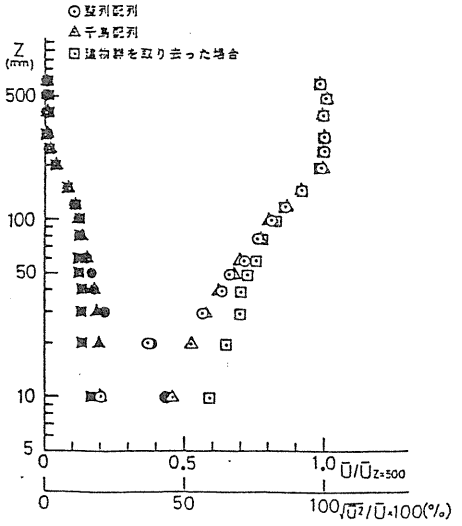
建物高さ20mm（D／a＝0．75）



建物高さ20mm（D／a＝1．0）

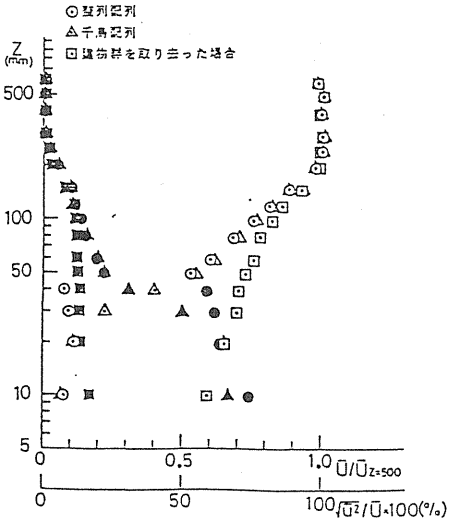


建物高さ20mm（D／a＝2．0）

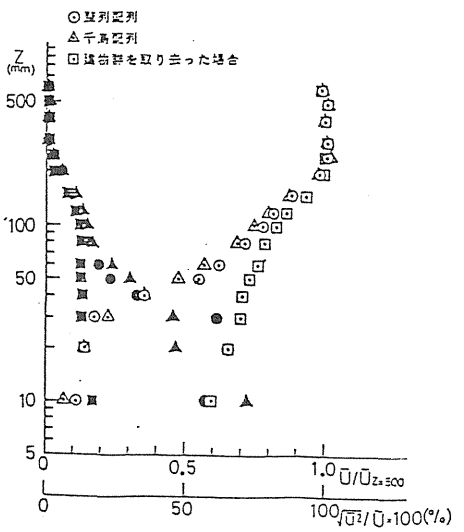


建物高さ20mm（D／a＝3．0）

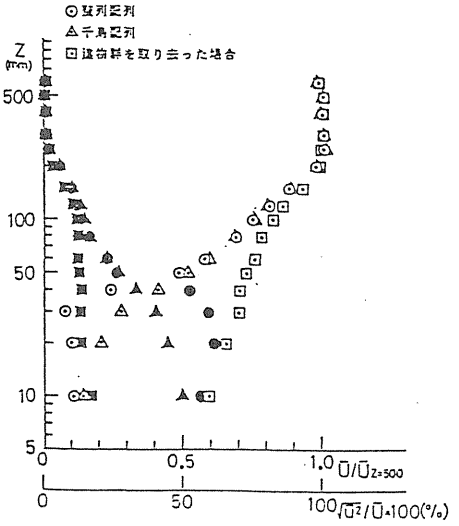
図４－１－１　配列形態の違いによる比較



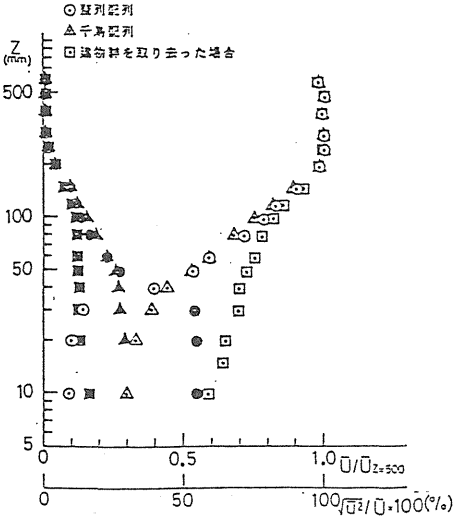
建物高さ40mm（D／a＝0．5）



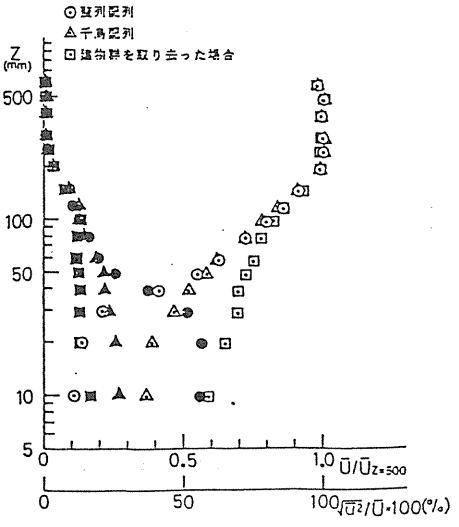
建物高さ40mm（D／a＝0．75）



建物高さ40mm（D／a＝1．0）

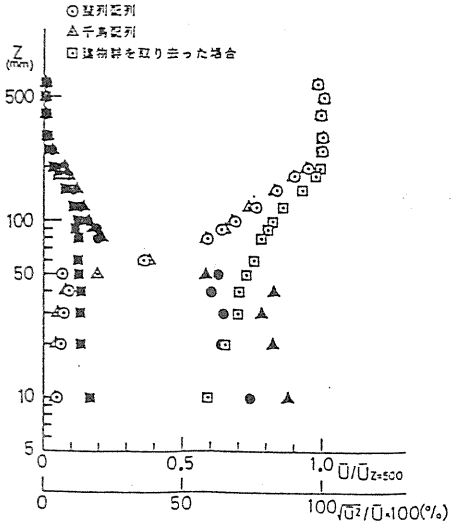


建物高さ40mm（D／a＝2．0）

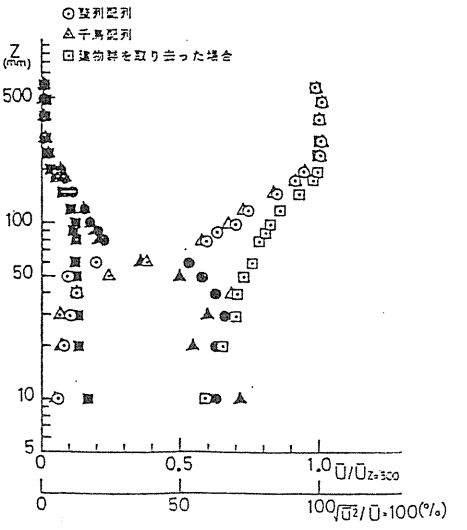


建物高さ40mm（D／a＝3．0）

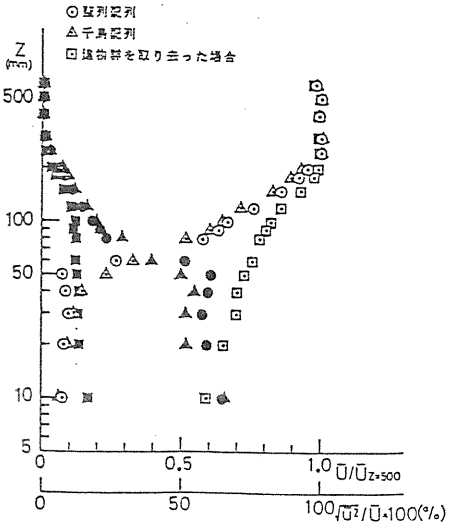
図４－１－２　配列形態の違いによる比較



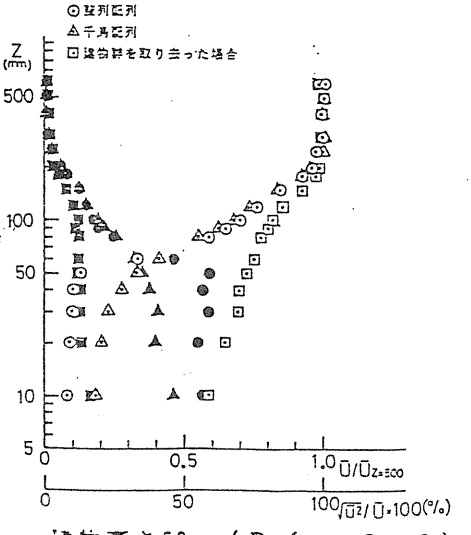
建物高さ60mm（D／a＝0．5）



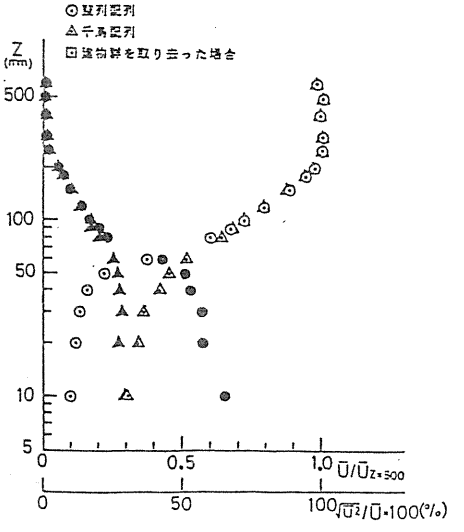
建物高さ60mm（D／a＝0．75）



建物高さ60mm（D／a＝1．0）

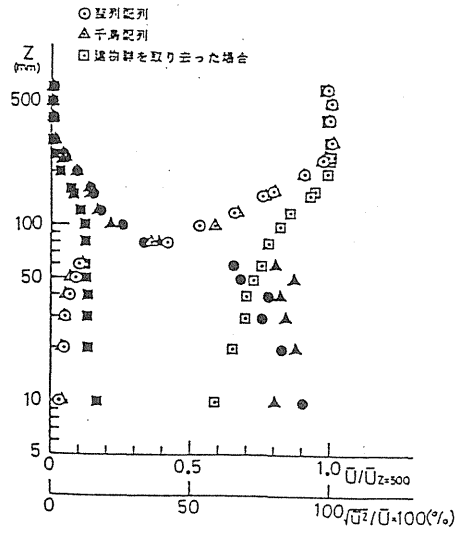


建物高さ60mm（D／a＝2．0）

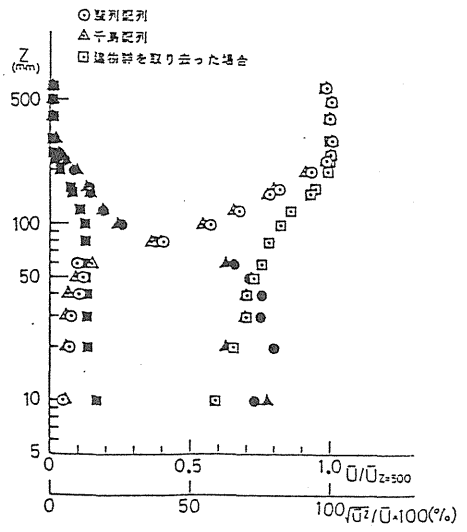


建物高さ60mm（D／a＝3．0）

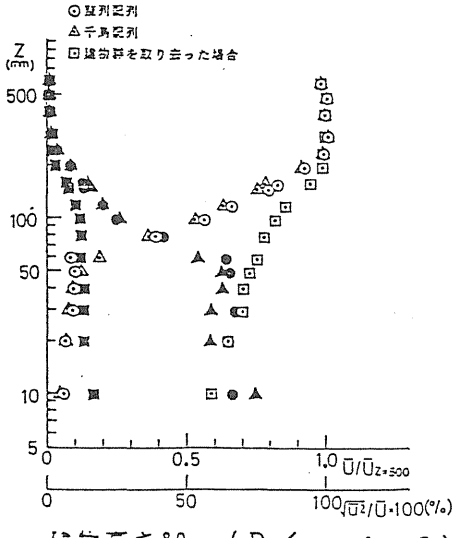
図4－1－3　配列形態の違いによる比較



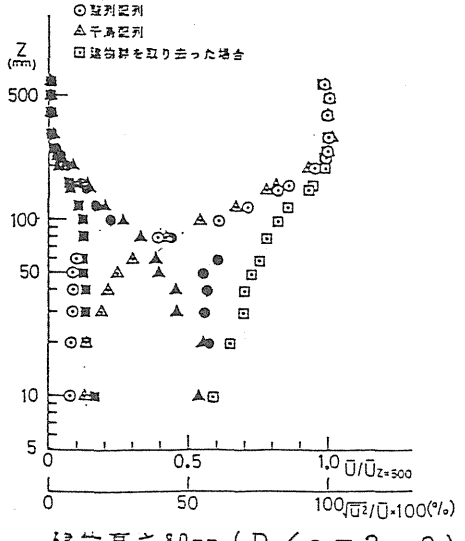
建物高さ80mm（D／a＝0．5）



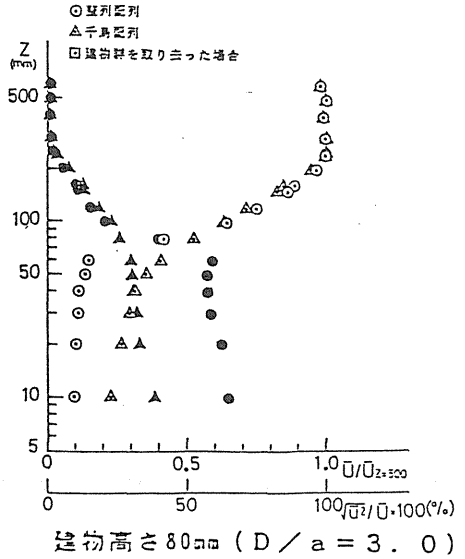
建物高さ80mm（D／a＝0．75）



建物高さ80mm（D／a＝1．0）



建物高さ80mm（D／a＝2．0）



建物高さ80mm（D／a＝3．0）

図４－１－４　配列形態の違いによる比較

さ20mm、△は高さ40mm、□は高さ60mm、▽は高さ80mmである。

底辺長さ40mm

図４－１－５・・・風向に直角な街路で測定したプロフィル

図４－１－６・・・風向に平行な街路で測定したプロフィル

模型高さによる影響は、どのＤ／ａでも高さ約250mm まで及んでいる。当然ながら、模型高さが高いほど風速に与える影響は大きく、軒高より上での風速は小となる。風向に直角な街路で測定したプロフィルでは模型高さより下ではプロフィルはかなり一致する。風向に平行な街路で測定したプロフィルでは、Ｄ／ａが大きくなると街路風が発達し、模型高さによらず対数則に沿わなくなっている。

底辺60mmの模型についての実験結果を下記の表に沿って示す。また、各図とも風速および乱れの強さをＤ／ａごとに分けて示してある。図中の記号の、○は高さ30mm、△は高さ60mmである。

底辺長さ60mm

図４－１－７・・・風向に直角な街路で測定したプロフィル

図４－１－８・・・風向に平行な街路で測定したプロフィル

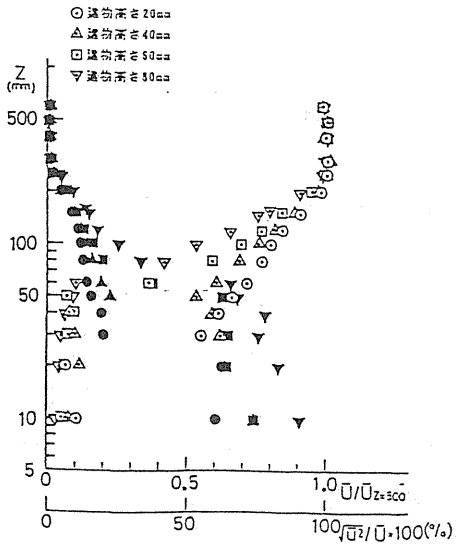
上記の場合とほぼ同様に、模型高さの影響は約250mm まで及んでいる。また、風向に直角な街路での測定では模型高さ以下でのプロフィルはほぼ一致しているが、D/a=3.0 では模型高さ66mmの風速がより大きくなっている。これは、模型間隔が底辺40mmの模型に比べて 1.5倍になるため、模型高さ以下での気流性状が異なるためと思われる。風向に平行な街路での測定では、上記と同様にプロフィルが対数則に沿わなくなっている。

底辺80mmの模型についての実験結果を下記の表に沿って示す。また、各図とも風速および乱れの強さをＤ／ａごとに分けて示してある。図中の記号の、○は高さ40mm、△は高さ80mmである。

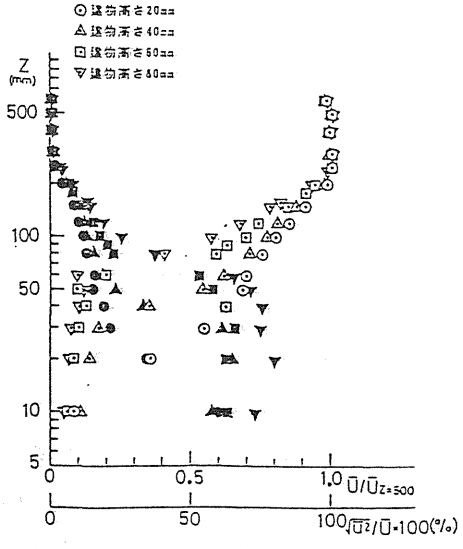
底辺長さ80mm

図４－１－９・・・風向に直角な街路で測定したプロフィル

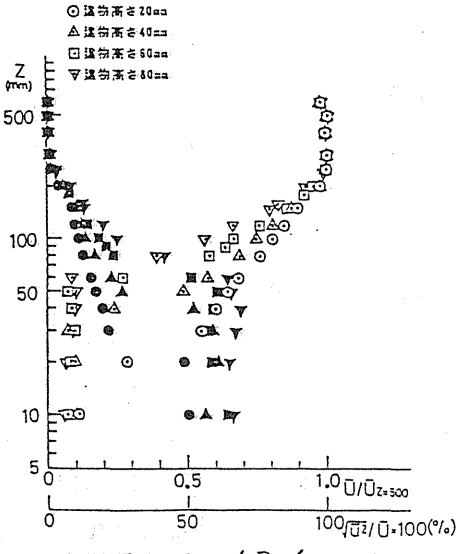
図４－１－10・・・風向に平行な街路で測定したプロフィル



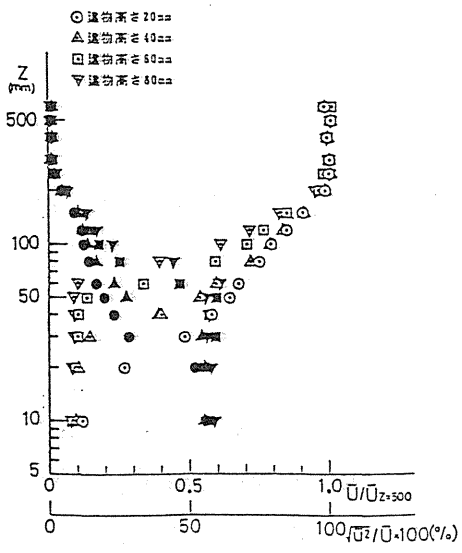
底辺長さ40mm（D／a＝0．5）



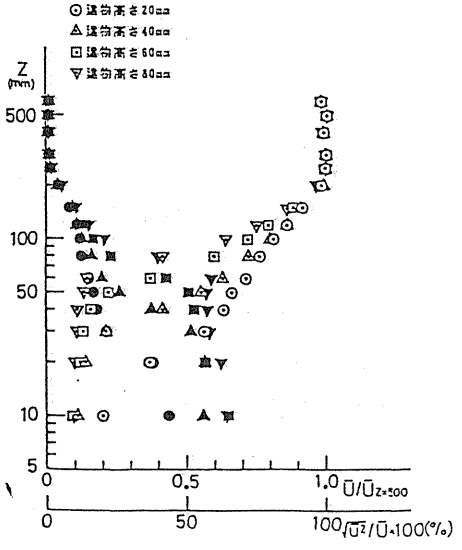
底辺長さ40mm（D／a＝0．75）



底辺長さ40mm（D／a＝1．0）

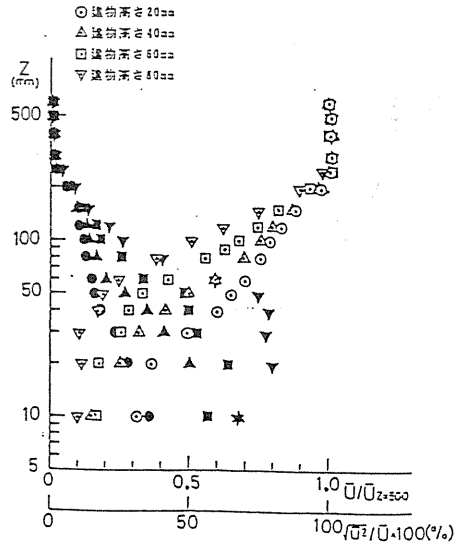


底辺長さ40mm（D／a＝2．0）

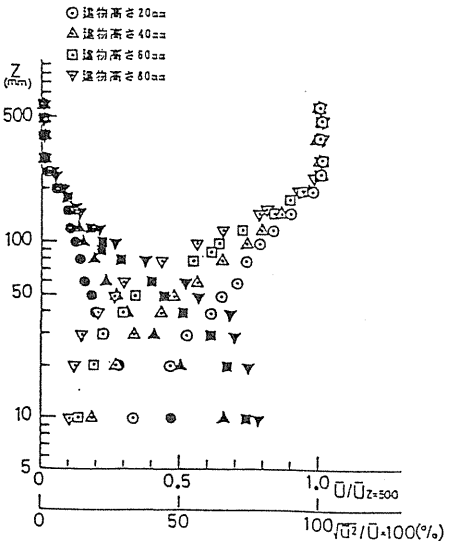


底辺長さ40mm（D／a＝3．0）

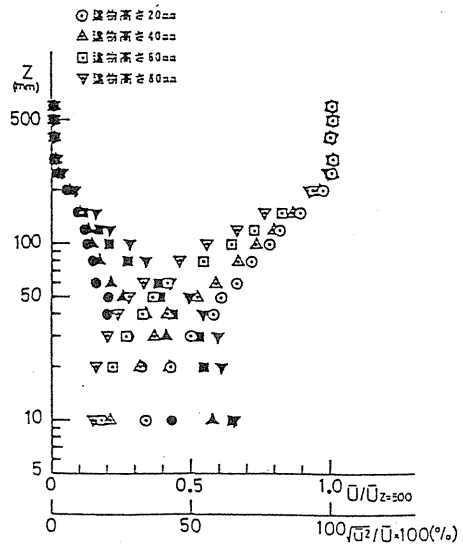
図４－１－５　建物高さの違いによる比較



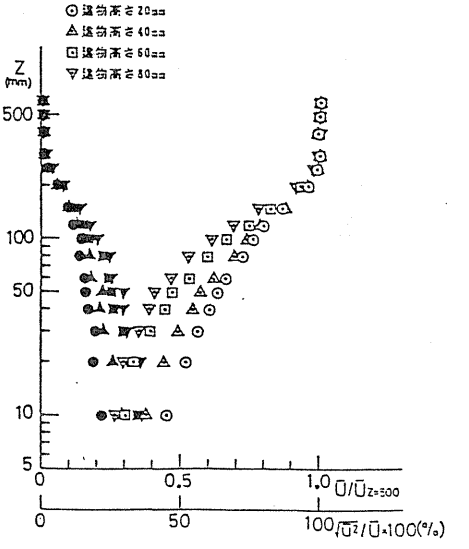
底辺長さ40mm（D／a＝0．5）



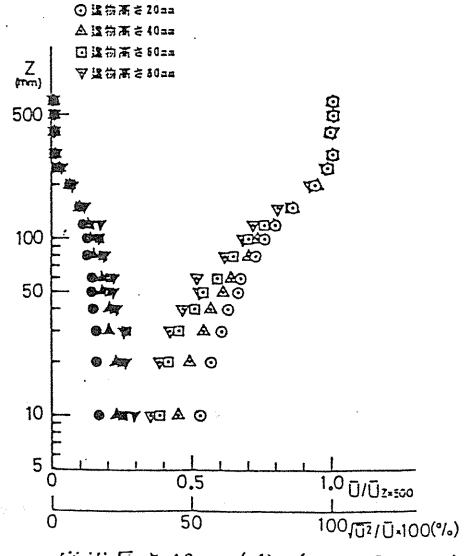
底辺長さ40mm（D／a＝0．75）



底辺長さ40mm（D／a＝1．0）

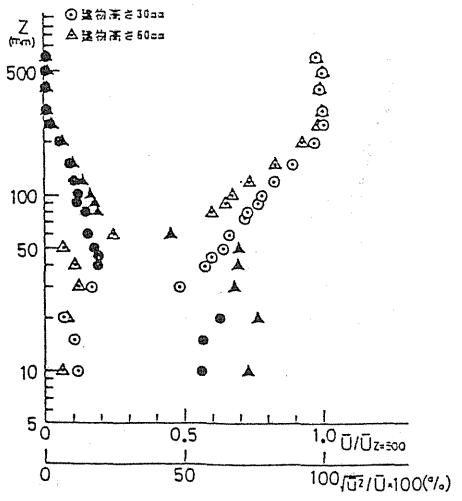


底辺長さ40mm（D／a＝2．0）

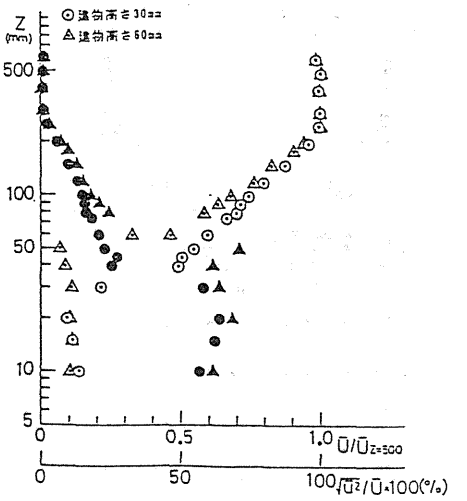


底辺長さ40mm（D／a＝3．0）

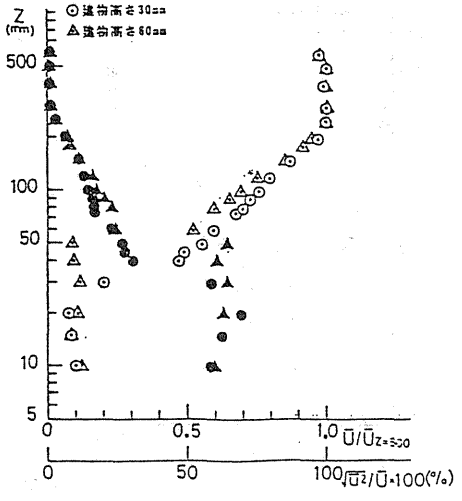
図４－１－６　建物高さの違いによる比較



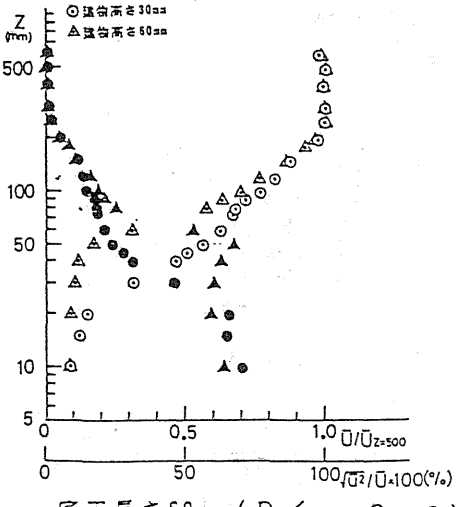
底辺長さ60mm（D／a＝0．5）



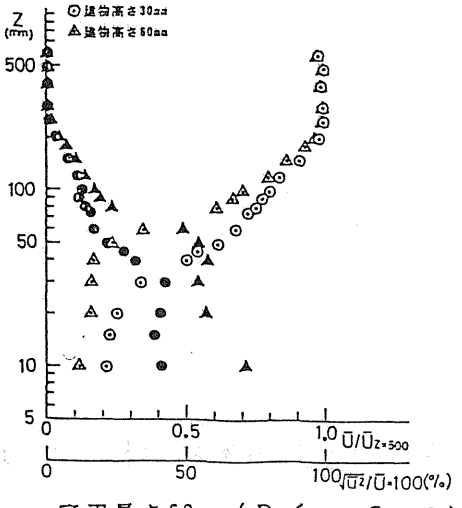
底辺長さ60mm（D／a＝0．75）



底辺長さ60mm（D／a＝1．0）

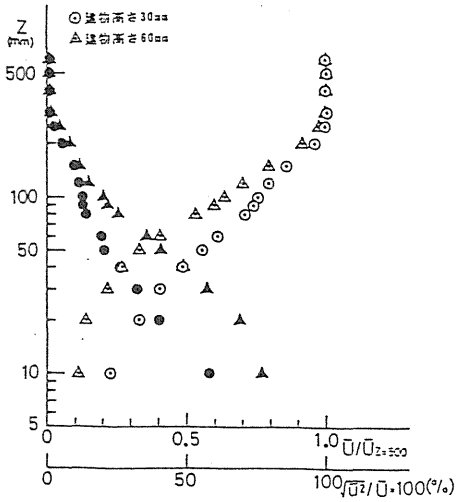


底辺長さ60mm（D／a＝2．0）

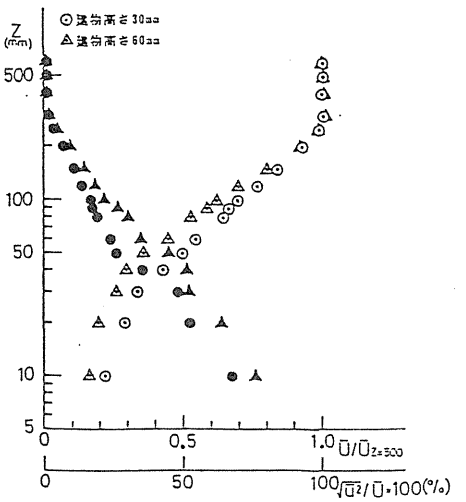


底辺長さ60mm（D／a＝3．0）

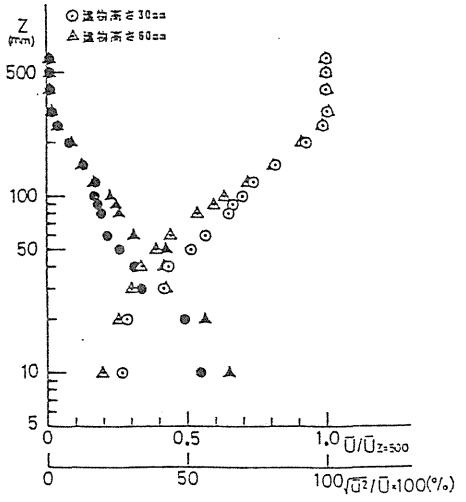
図4－1－7　建物高さの違いによる比較



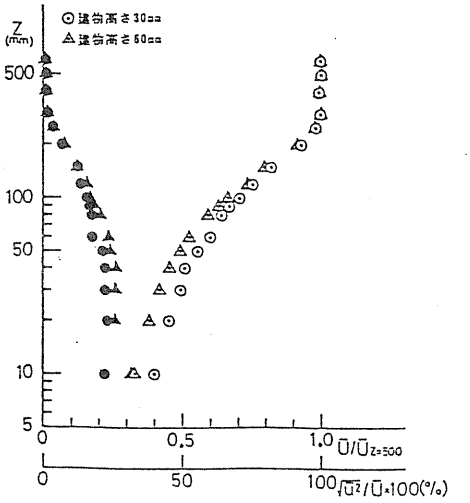
底辺長さ60mm（D／a＝0．5）



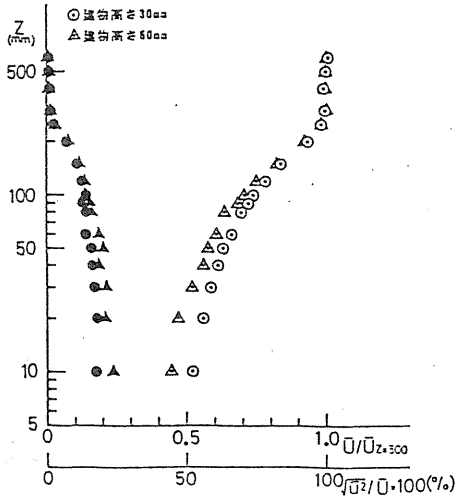
底辺長さ60mm（D／a＝0．75）



底辺長さ60mm（D／a＝1．0）

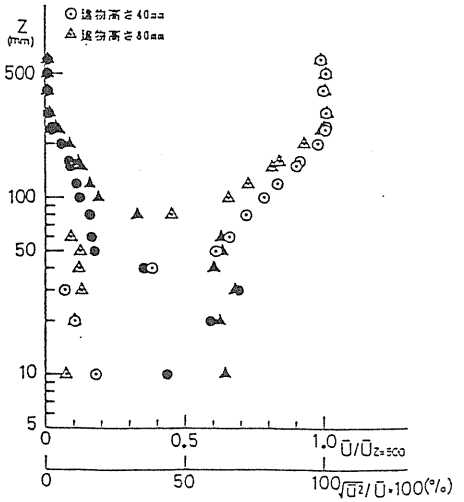


底辺長さ60mm（D／a＝2．0）

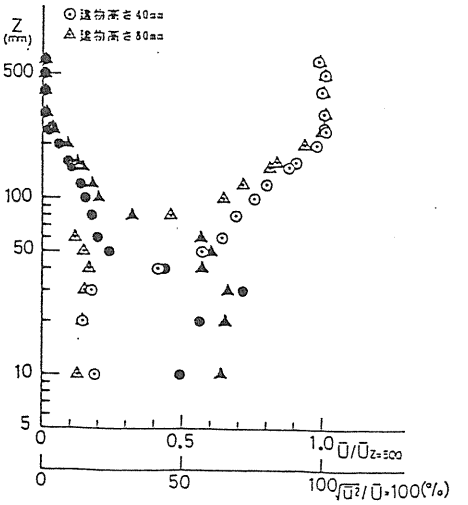


底辺長さ60mm（D／a＝3．0）

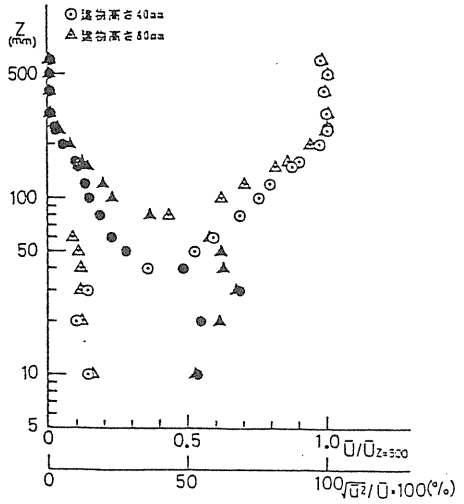
図４－１－８　建物高さの違いによる比較



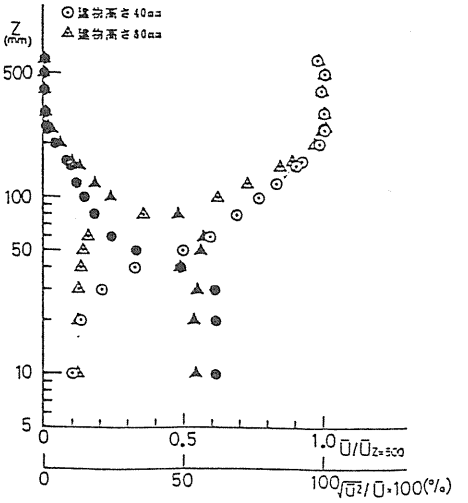
底辺長さ80mm（D／a＝0．5）



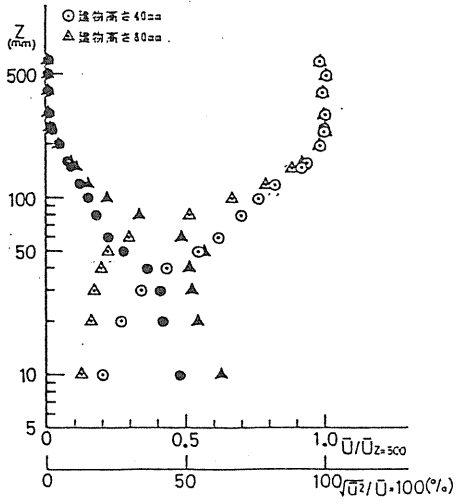
底辺長さ80mm（D／a＝0．75）



底辺長さ80mm（D／a＝1．0）

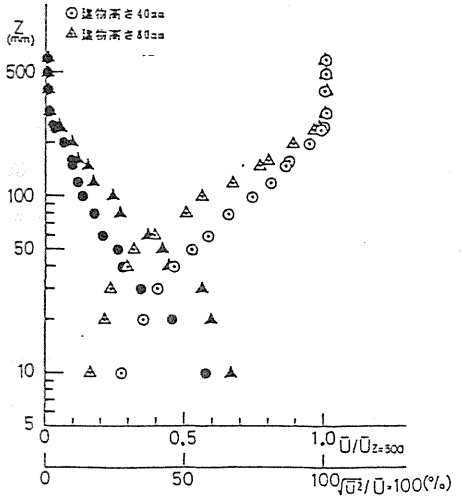


底辺長さ80mm（D／a＝2．0）

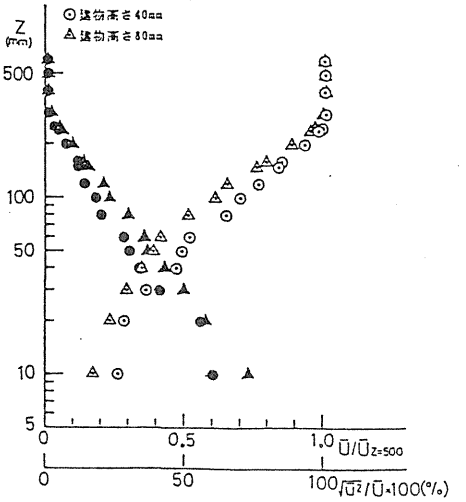


底辺長さ80mm（D／a＝3．0）

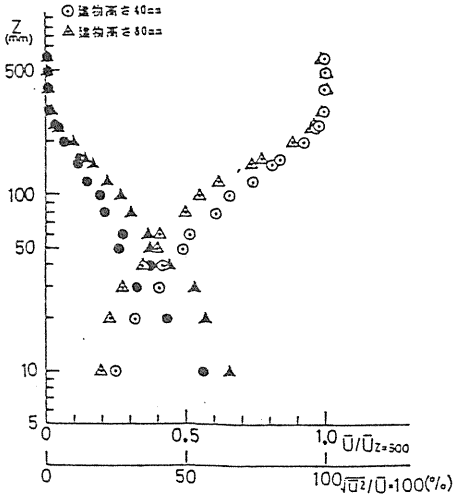
図４－１－９　建物高さの違いによる比較



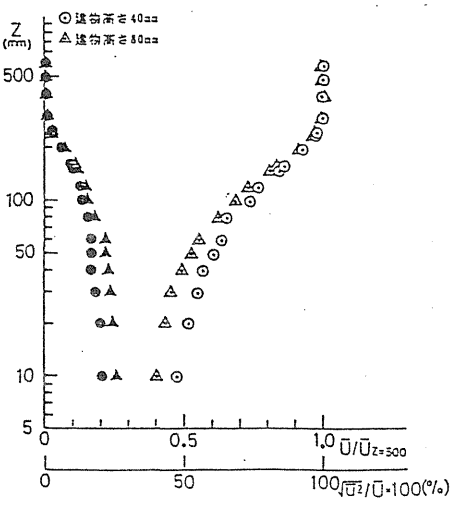
底辺長さ80mm（D／a＝0．5）



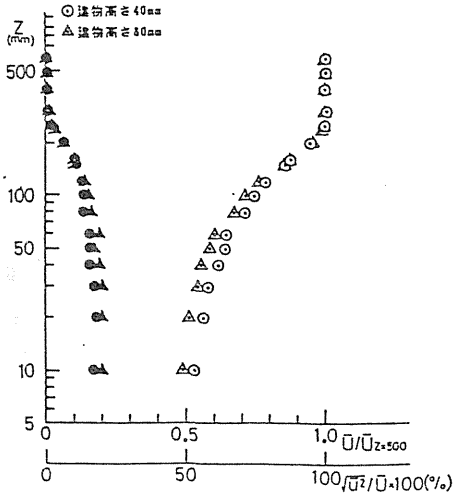
底辺長さ80mm（D／a＝0．75）



底辺長さ80mm（D／a＝1．0）



底辺長さ80mm（D／a＝2．0）



底辺長さ80mm（D／a＝3．0）

図4－1－10　建物高さの違いによる比較

前記とほぼ同様に、模型高さの影響は約250mm まで及んでいる。また、風向に直角な街路での測定でも、模型高さ以下でのプロフィルはほぼ一致しているが、D/a=3.0 では模型高さ80mmの風速がより大きくなっている。これは、模型間隔が底辺40mmの模型に比べて２倍になるため、模型高さ以下での気流性状が異なるためと思われる。風向に平行な街路での測定では、やはり上記と同様にプロフィルが対数則に沿わなくなっている。

以上より、建物高さの風速プロフィルへの影響は、境界層高さ一杯まで及び、建物高さが高くなるほど風速は小さくなる。風向に直角な街路での建物軒高以下での風速は、建物間隔（街路幅）がかなり広く（D/a=3.0 ）ならない限り、建物高さに影響をあまり受けない。

４－１－３　底辺長さの違いによる比較

建物高さ40mmでの比較を、下記の表に沿って示す。また、各図は風速および乱れの強さをＤ／ａごとに示してある。図中の記号の○は底辺40mm、△は底辺80mm、□は模型を取り去ったラフネスのみの場合である。

建物高さ40mm

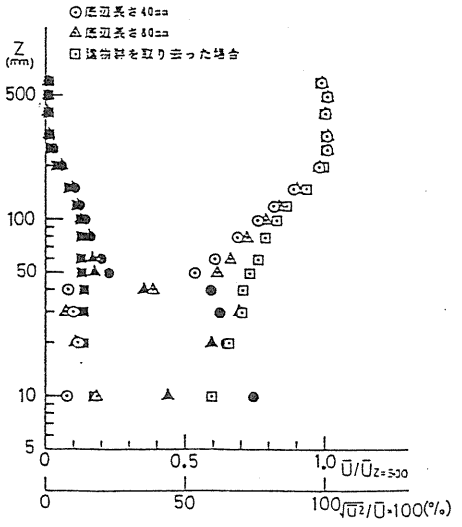
図４－１－11・・・風向に直角な街路で測定したプロフィル

図４－１－12・・・風向に平行な街路で測定したプロフィル

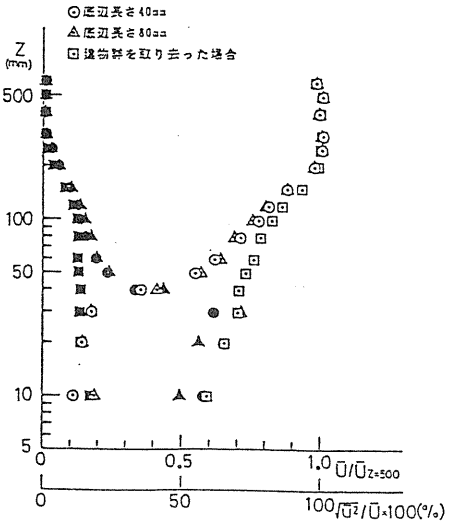
建物軒高（Ｈ＝40mm）以下の風速プロフィルを見ると、風向に直角な街路ではD/a=0.5, 0.75, 1.0のプロフィルは、底辺長さに関わらずほぼ一致する。D/a=2.0, 3.0のプロフィルは、底辺長さが大となるほど、風速は増加している。風向に平行な街路では、D/a=0.75,1.0のプロフィルは、底辺長さに関わらずほぼ一致している。D/a=0.5, 2.0, 3.0 のプロフィルは、底辺長さが大となるほど風速は増加する。

建物群上空の風速プロフィルに関してみると、風向に直角な街路では、風速は底辺長さに関わりなくＤ／ａごとに一致している。わずかにD/a=0.5 の底辺長さ80mmでは、Ｈ＝50～100mm で風速の増加が見られるが、これは屋根面上を流れる剥離気流の影響が強くなったためと思われる。風向に平行な街路では、D/a=1.0 を除いて風速プロフィルはほぼ一致している。D/a=1.0 の底辺長さ40mmの風速が大きくなっているのは、底辺長さ80mmでは街路幅が広くなるため、屋根面上を流れる剥離気流の影響が弱くなったためと思われる。

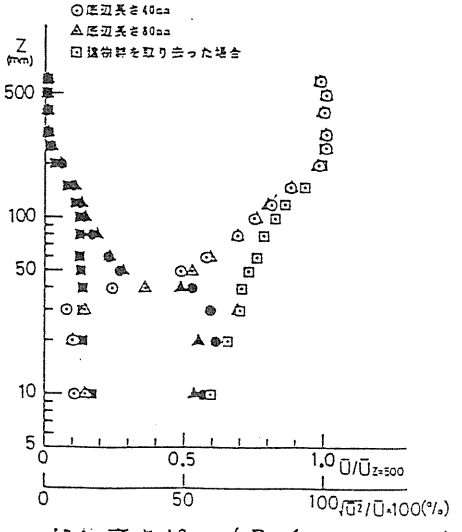
また、建物群を取り去ったプロフィルと比較することにより、街路の方向性や



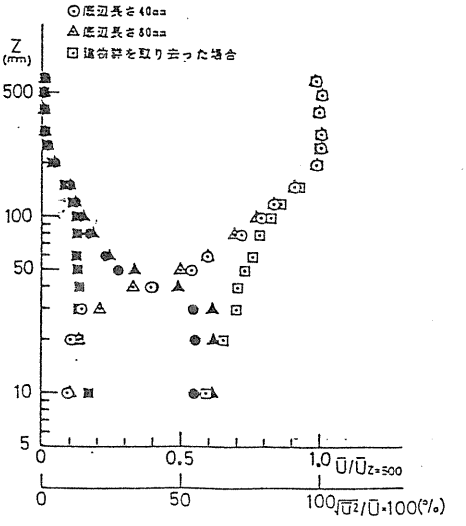
建物高さ40mm（D／a＝0．5）



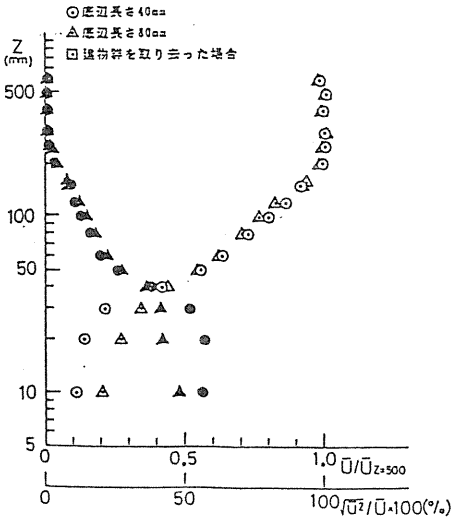
建物高さ40mm（D／a＝0．75）



建物高さ40mm（D／a＝1．0）

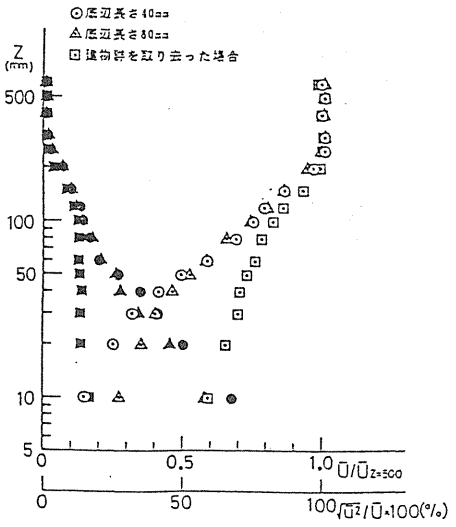


建物高さ40mm（D／a＝2．0）

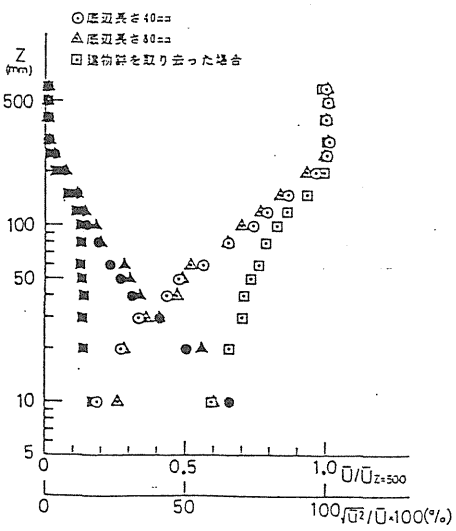


建物高さ40mm（D／a＝3．0）

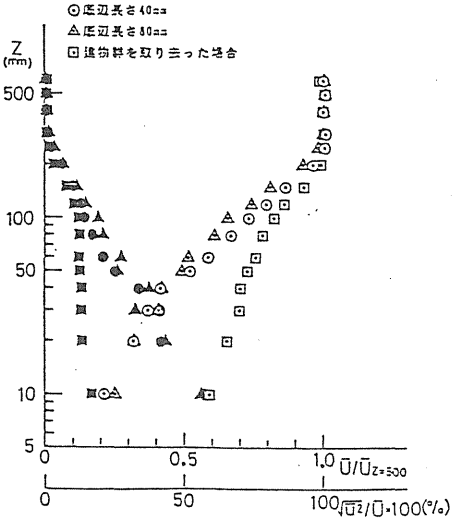
図4－1－11　底辺長さの違いによる比較



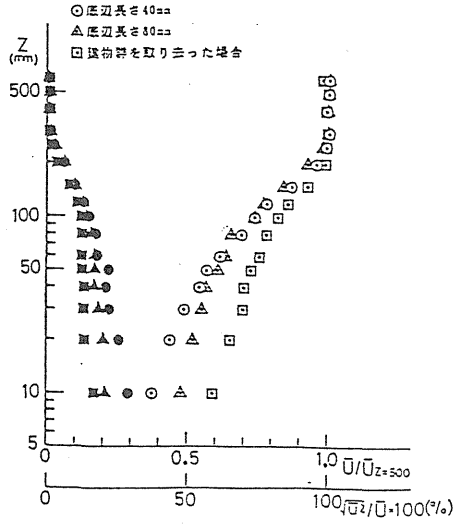
建物高さ40mm（D／a＝0．5）



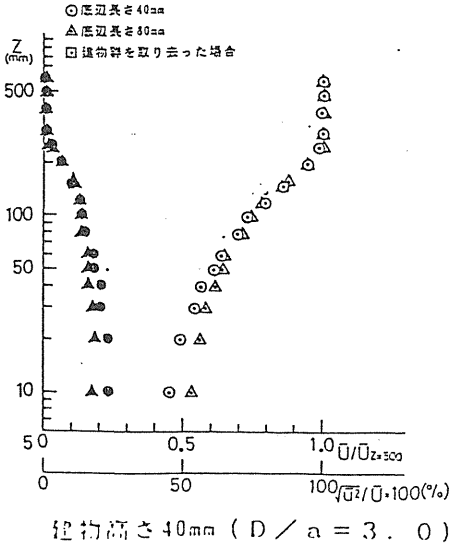
建物高さ40mm（D／a＝0．75）



建物高さ40mm（D／a＝1．0）



建物高さ40mm（D／a＝2．0）



建物高さ40mm（D／a＝3．0）

図4－1－12　底辺長さの違いによる比較

Ｄ／ａに関わらず、建物群の影響は境界層高さいっぱい（約200mm ）まで及んでいることが分かる。

建物高さ60mmでの比較を、下記の表に沿って示す。また、各図とも風速および乱れの強さをＤ／ａごとに分けて示す。図中の記号の○は底辺30mm、△は底辺60mm、□は模型を取り去ったラフネスのみの場合である。

建物高さ60mm

図４－１－13・・・風向に直角な街路で測定したプロフィル
図４－１－14・・・風向に平行な街路で測定したプロフィル

建物軒高（60mm）以下の風速プロフィルを見ると、風向に直角な街路では、底辺長さに関わらず風速はほぼ一致する。僅かに D/a= 3.0 で底辺長さ60mmの風速が増加しているが、これは街路幅が増加することにより上空の風が吹き込んだためと思われる。風向に平行な街路では、底辺長さ60mmの風速が増加する傾向が見られるが、これは街路幅が広がったことにより、街路風が発達したためと思われる。

建物上空の風速プロフィルを見ると、風向に直角な街路では、建物底辺長さに関わりなく風速はＤ／ａ毎に一致している。風向に平行な街路でも底辺長さに関わりなく風速プロフィルはＤ／ａ毎にほぼ一致する。

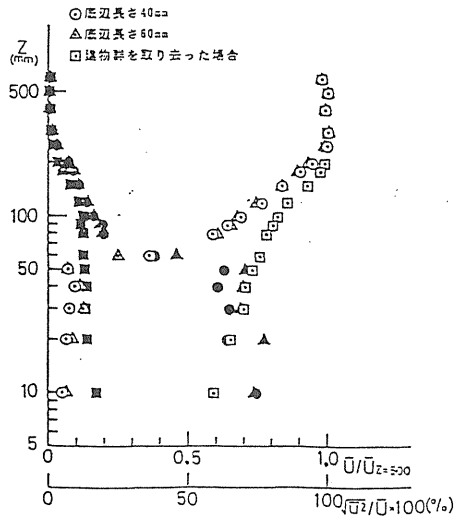
建物高さ80mmでの比較を、下記の表に沿って示す。また、各図とも風速および乱れの強さをＤ／ａごとに分けて示す。図中の記号の○は底辺40mm、△は底辺80mm、□は模型を取り去ったラフネスのみの場合である。

建物高さ80mm

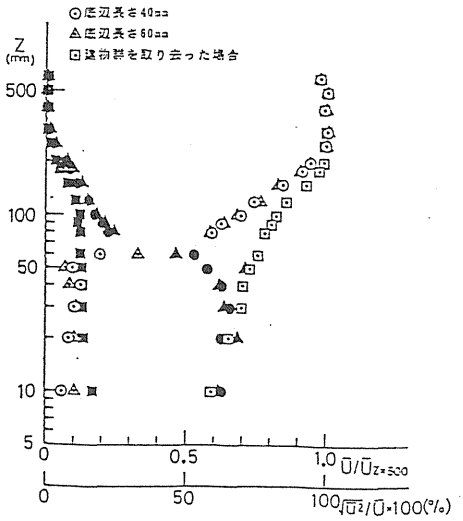
図４－１－15・・・風向に直角な街路で測定したプロフィル
図４－１－16・・・風向に平行な街路で測定したプロフィル

建物軒高（80mm）以下の風速プロフィルを見ると、街路の方向性やＤ／ａに関わらず、底辺長さが大のもの（80mm）のほうが風速は増加している。これは、風向に直角な街路では底辺長さが大となり建物軒高以下への上空の風の吹き込みが、また、風向に平行な街路では街路幅が広がったことによる街路風の発達が、それぞれ影響していると思われる。

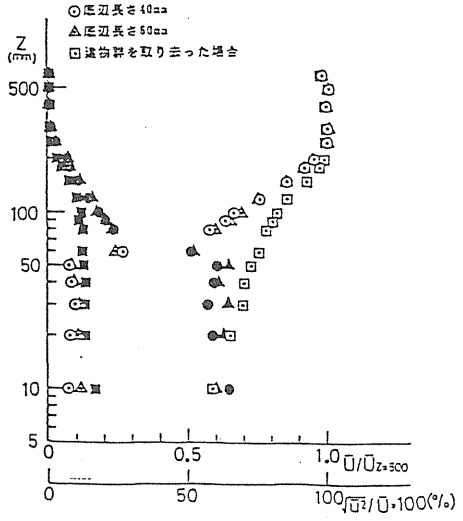
建物群上空の風速プロフィルを見ると、底辺長さに関わりなく、街路方向、



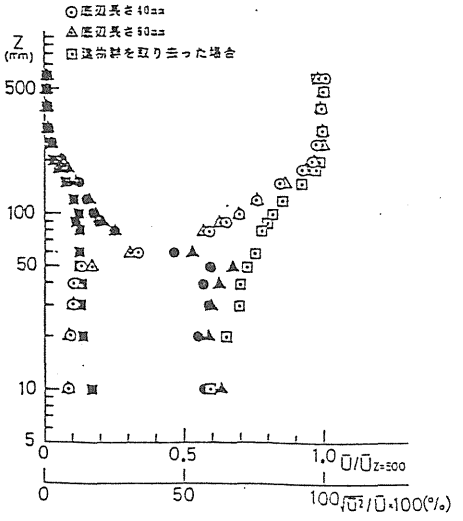
建物高さ60mm（D／a＝0．5）



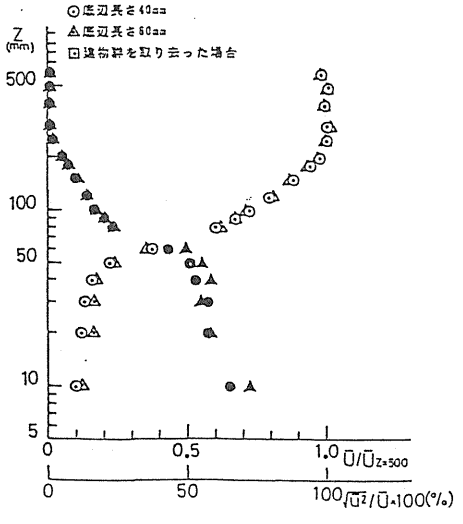
建物高さ60mm（D／a＝0．75）



建物高さ60mm（D／a＝1．0）

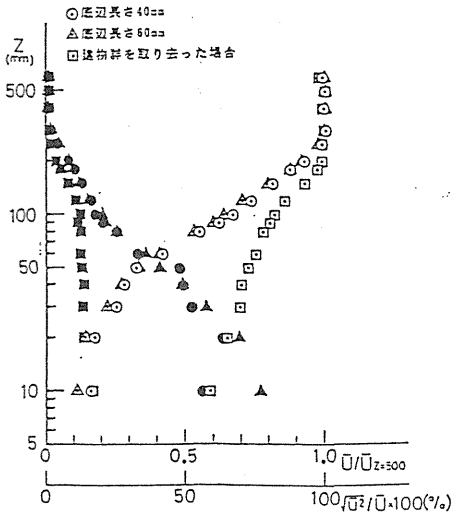


建物高さ60mm（D／a＝2．0）

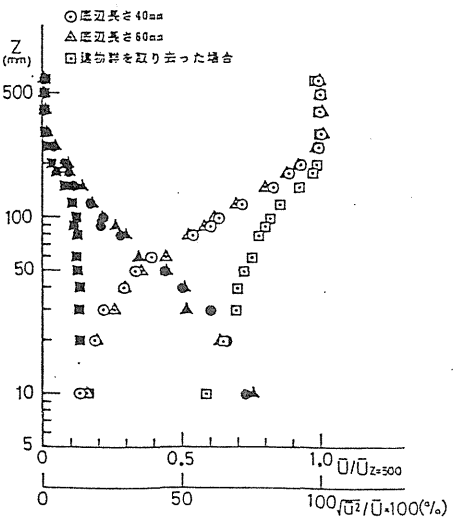


建物高さ60mm（D／a＝3．0）

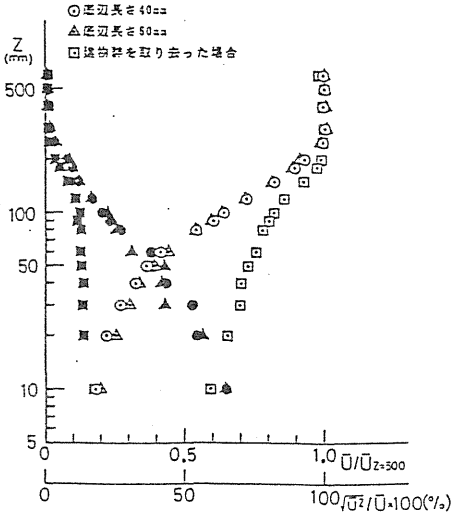
図4－1－13　底辺長さの違いによる比較



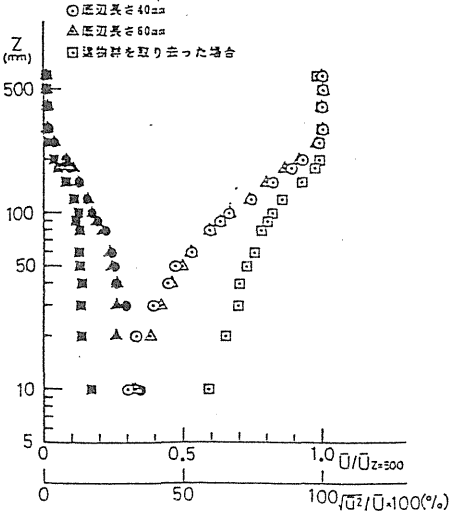
建物高さ60mm（D／a＝0．5）



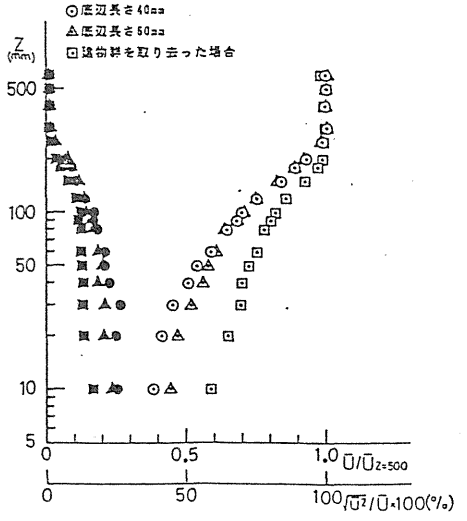
建物高さ60mm（D／a＝0．75）



建物高さ60mm（D／a＝1．0）

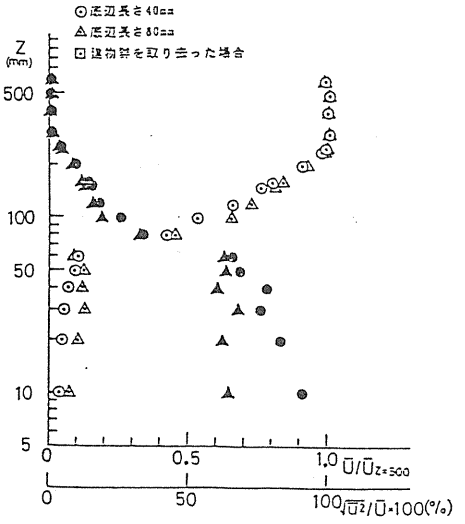


建物高さ60mm（D／a＝2．0）

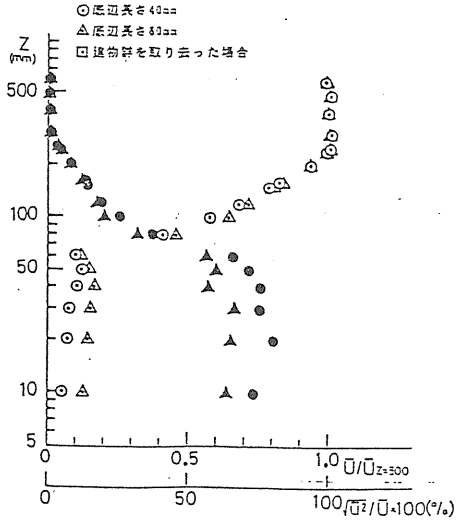


建物高さ60mm（D／a＝3．0）

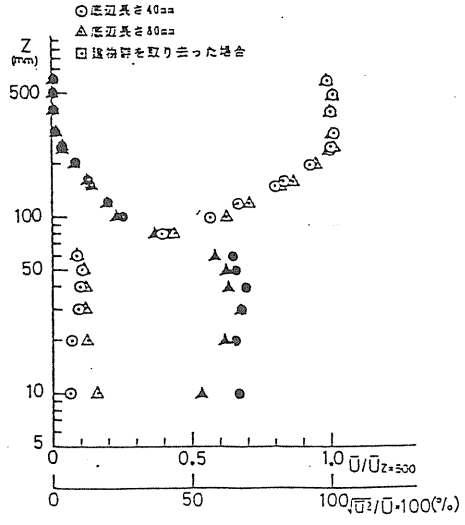
図4－1－14　底辺長さの違いによる比較



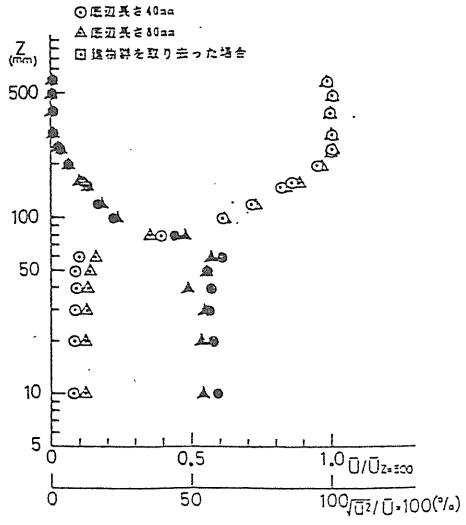
建物高さ80mm（D／a＝0．5）



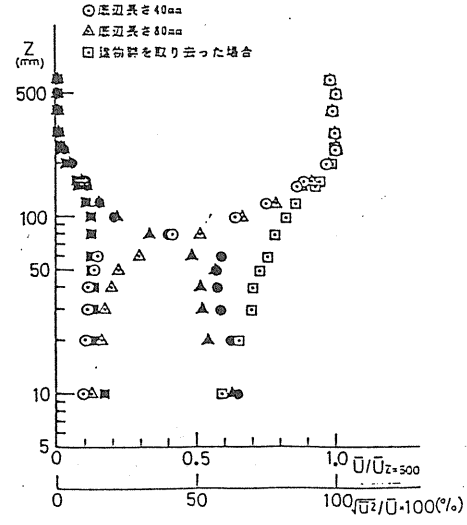
建物高さ80mm（D／a＝0．75）



建物高さ80mm（D／a＝1．0）

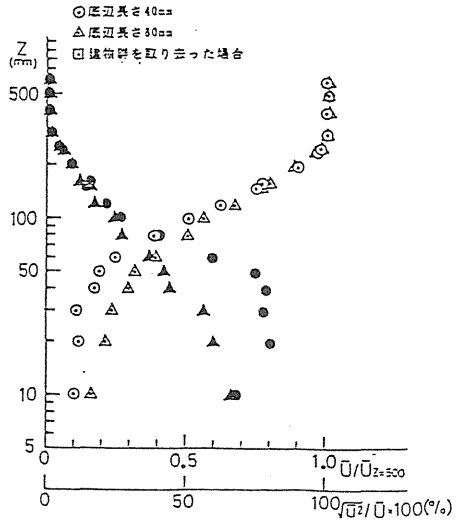


建物高さ80mm（D／a＝2．0）

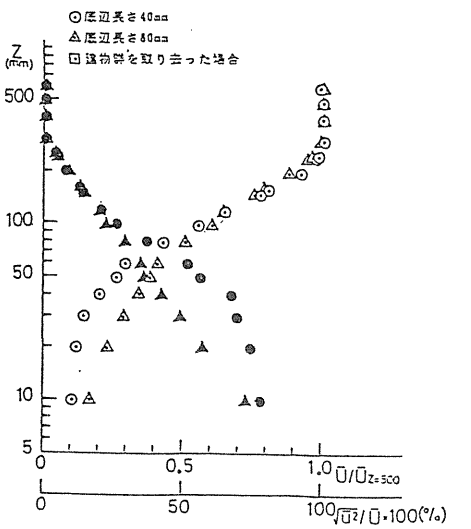


建物高さ80mm（D／a＝3．0）

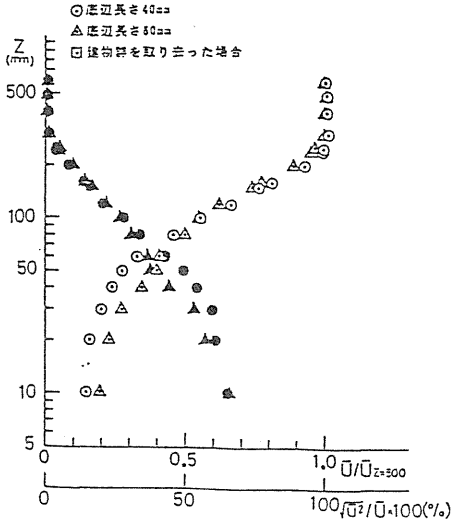
図4－1－15　底辺長さの違いによる比較



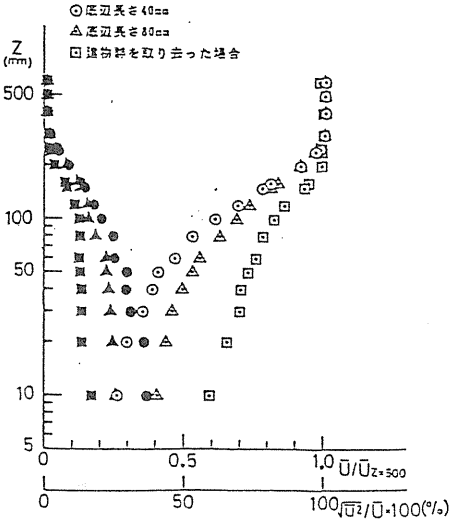
建物高さ80mm（D／a＝0．5）



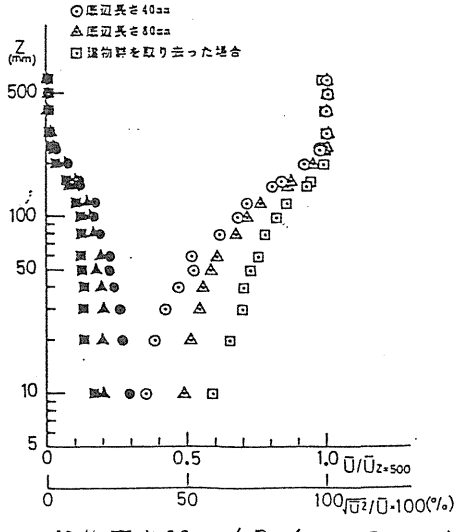
建物高さ80mm（D／a＝0．75）



建物高さ80mm（D／a＝1．0）



建物高さ80mm（D／a＝2．0）



建物高さ80mm（D／a＝3．0）

図４－１－16　底辺長さの違いによる比較

Ｄ／ａ毎にプロフィルはほぼ一致する。僅かに底辺長さが大（80mm）の方が風速が増加する傾向が見られるが、これは屋根面積が大となり、屋根面上を流れる剥離気流の影響が強まったためと思われる。

また、建物群を取り去ったプロフィルと比較することにより、街路の方向性やＤ／ａに関わらず、建物群の影響は境界層高さいっぱい（約240mm ）まで及んでいることが分かる。

以上より、風向に平行な街路で、街路幅が広がることによる街路風の発達の影響が見られるほかは、底辺長さの風速プロフィルへの影響は少ない。

４－１－４　街路の方向性による比較

底辺長さ40mmの模型についての比較を、下記の表に沿って示す。また各図とも、風速および乱れの強さをＤ／ａごとに分けて示してある。図中の記号の、○は風向に直角な街路の中央で測定したもの、△は風向に平行な街路の中央で測定したもの、□は比較のために建物群を取り去ったラフネスだけで測定したものである。

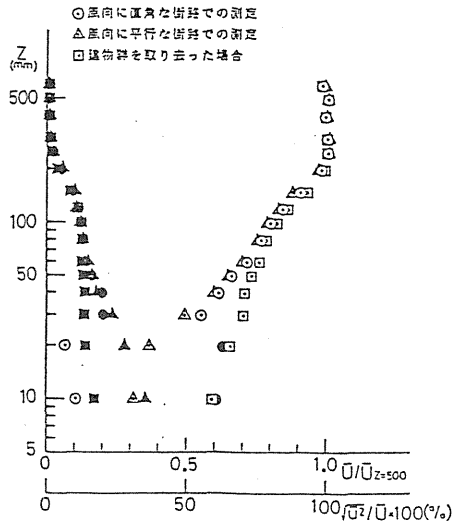
底辺長さ40mm

図４－１－17・・・高さ 20mm
図４－１－18・・・高さ 40mm
図４－１－19・・・高さ 60mm
図４－１－20・・・高さ 80mm

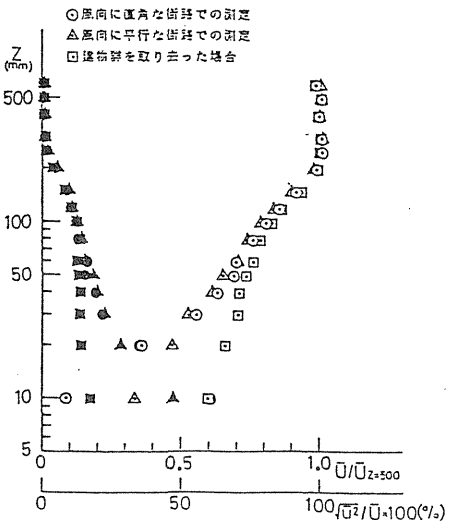
図４－１－17に示す模型高さ20mmのプロフィルを見ると、D/a=0.5 と0.75では街路の方向性の違いによる影響は模型高さの２倍（40mm）程度まででなくなっているように見えるが、D/a=1.0 では25mm程度、D/a=2.0 , 3.0 では40mm程度の高さで交差し、風速の逆転が見られ、影響は境界層高さ一杯まで及んでいる。風向に直角な街路でのプロフィルが風向に平行な街路でのプロフィルを逆転する理由としては、模型高さの２倍程度までは屋根面の剥離流の影響が風向に直角な街路でのプロフィルに及んだためと考えられるが、模型を取り去った状態のプロフィルと比較した場合、風向に平行な街路でのものは境界層高さ一杯まで一致しないので、街路風の発達による影響がかなり強いものと思われる。

図４－１－18に示す模型高さ40mmでの測定でも20mmの場合と同様に、D/a=0.5 以外では風速の逆転が見られ、風向に平行な街路の影響は境界層高さ一杯まで及んでいるようである。

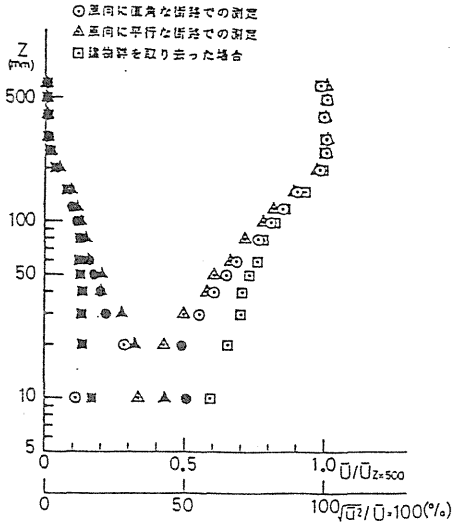
図４－１－19の模型高さ60mm、図４－１－20の模型高さ80mmの場合でも上記と



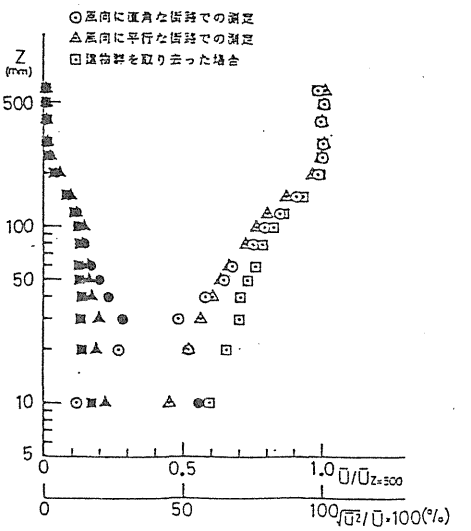
建物高さ20mm（D／a＝0．5）



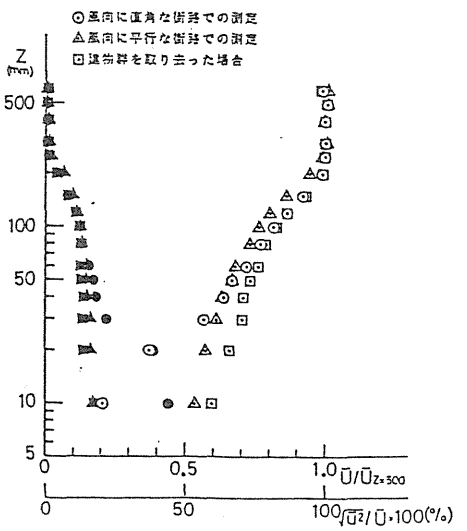
建物高さ20mm（D／a＝0．75）



建物高さ20mm（D／a＝1．0）

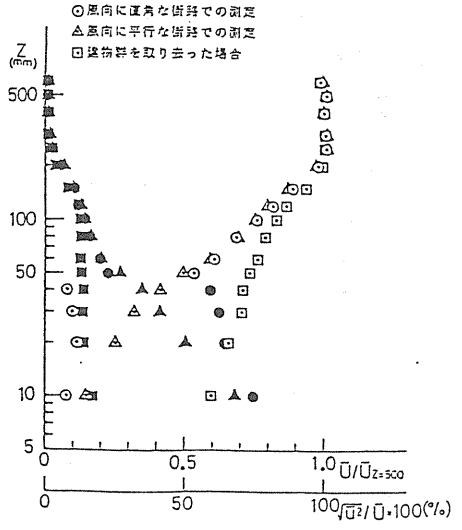


建物高さ20mm（D／a＝2．0）

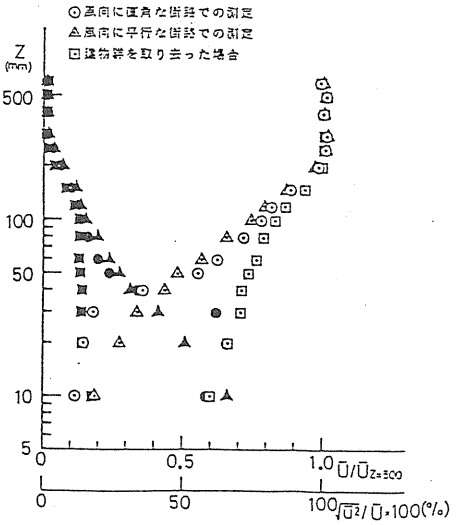


建物高さ20mm（D／a＝3．0）

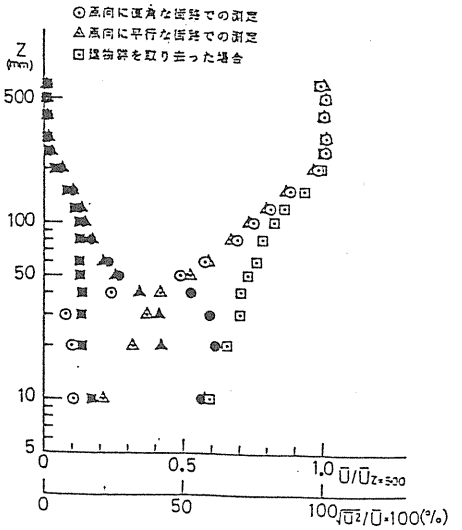
図4－1－17　街路の方向性の違いによる比較



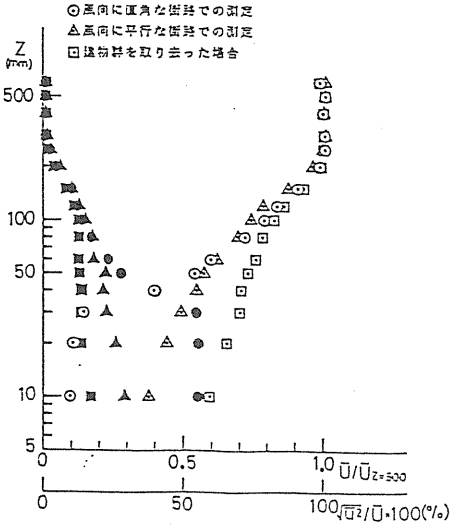
建物高さ40mm（D／a＝0．5）



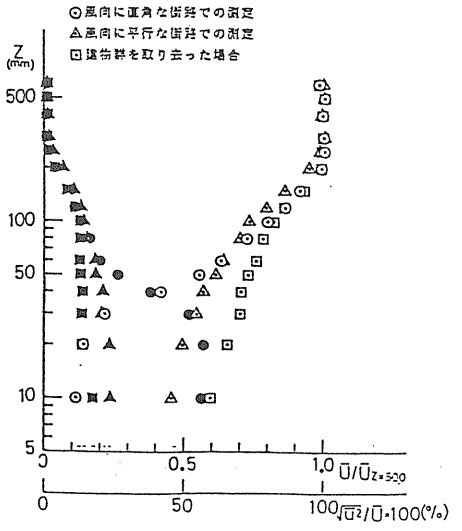
建物高さ40mm（D／a＝0．75）



建物高さ40mm（D／a＝1．0）

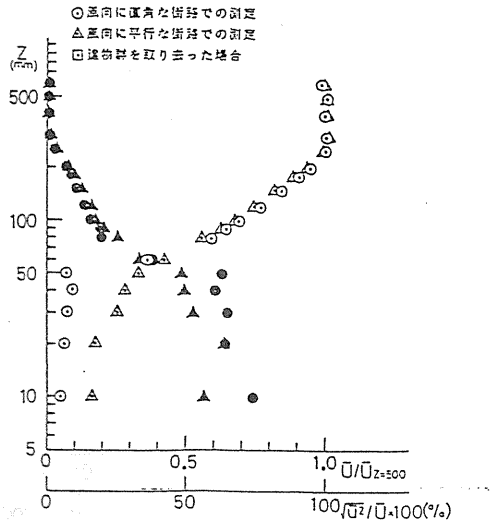


建物高さ40mm（D／a＝2．0）

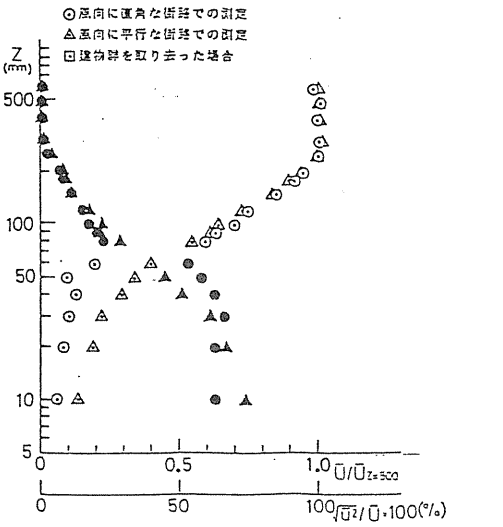


建物高さ40mm（D／a＝3．0）

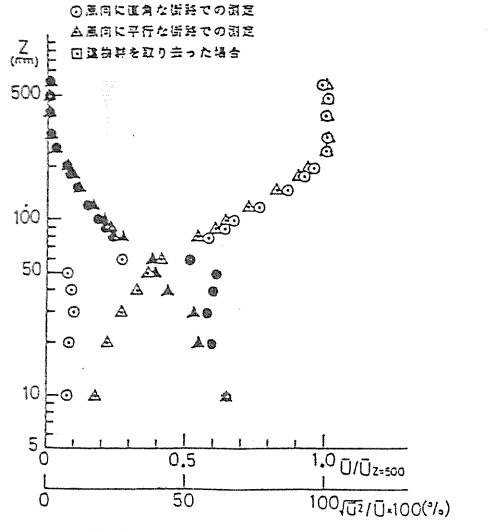
図４－１－18　街路の方向性の違いによる比較



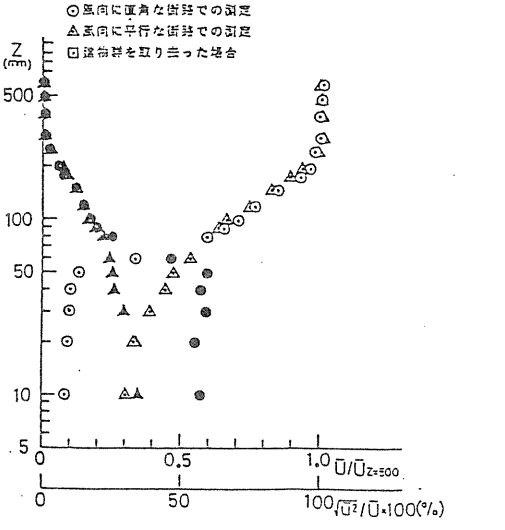
建物高さ60mm（D／a＝0．5）



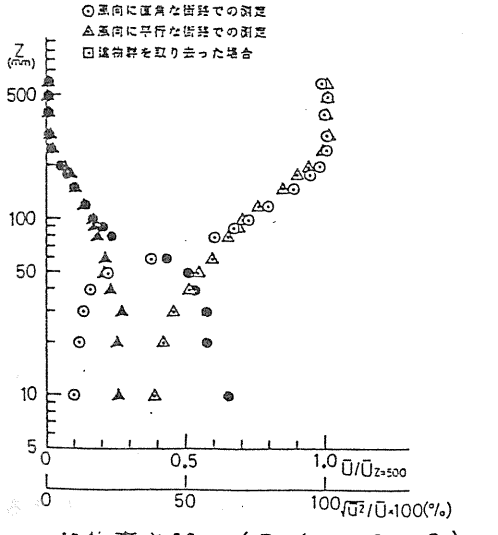
建物高さ60mm（D／a＝0．75）



建物高さ60mm（D／a＝1．0）

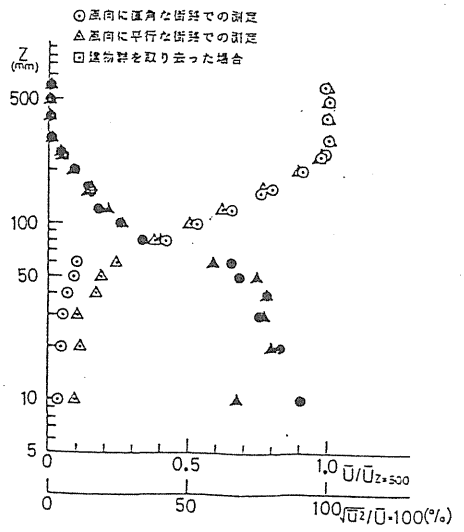


建物高さ60mm（D／a＝2．0）

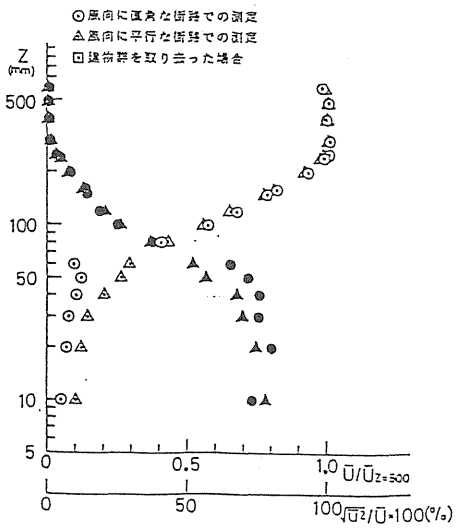


建物高さ60mm（D／a＝3．0）

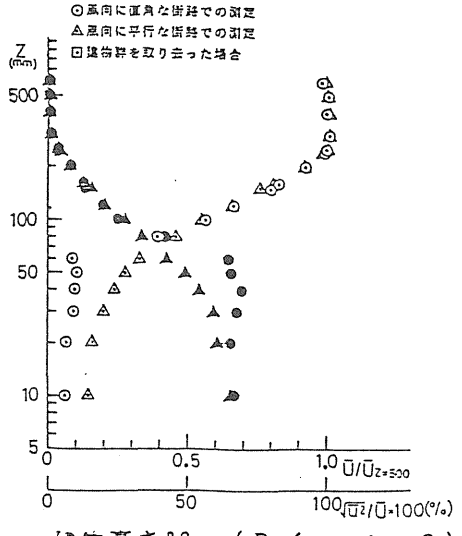
図４－１－19　街路の方向性の違いによる比較



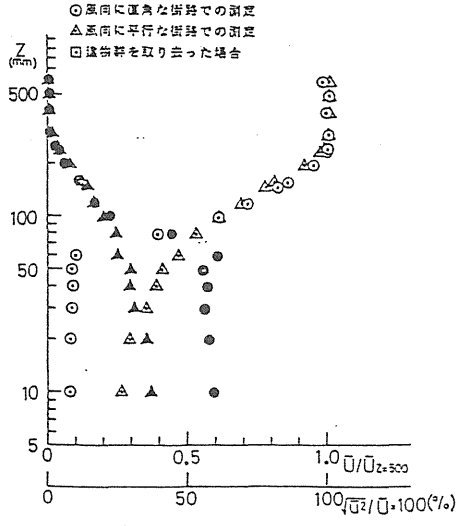
建物高さ80mm（D／a＝0．5）



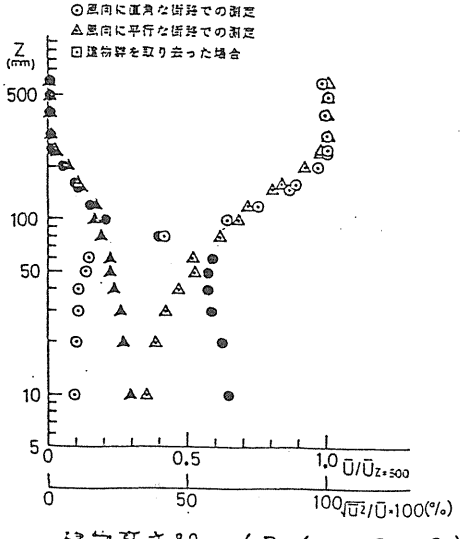
建物高さ80mm（D／a＝0．75）



建物高さ80mm（D／a＝1．0）



建物高さ80mm（D／a＝2．0）



建物高さ80mm（D／a＝3．0）

図４－１－20　街路の方向性の違いによる比較

同様の事が言えるが、風向に平行な街路の影響は比較的小さいように見える。これは、模型高さが高いため、建物群の粗度要素が高まり、街路の方向性の影響が相対的に弱まったためと思われる。

底辺長さ60mmの模型についての比較を、下記の表に沿って示す。また各図とも、風速および乱れの強さをD／aごとに分けて示してある。図中の記号の○は風向に直角な街路の中央で測定したもの、△は風向に平行な街路の中央で測定したもの、□は比較のために建物群を取り去ったラフネスだけで測定したものである。

底辺長さ60mm

図４－１－21・・・	高さ 30mm
図４－１－22・・・	高さ 60mm

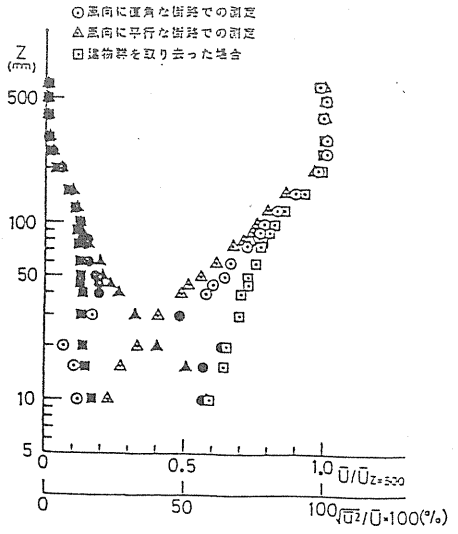
図４－１－21、図４－１－22とも、上記と同様な傾向が見られるが、図４－１-22 の模型高さ60mmのものは、図４－１－19の底辺長さ40mmのものと比べてみると、街路の方向性の影響が大きいようである。これは、風向に直角な街路で測定したプロフィルでは屋根面が大きくなることにより屋根面の剥離流が強調され、また、風向に平行な街路で測定したプロフィルでは建物間隔が広がり、街路風が発達したためと思われる。

底辺長さ80mmの模型についての比較を、下記の表に沿って示す。また各図とも、風速および乱れの強さをD／aごとに分けて示してある。図中の記号の○は風向に直角な街路の中央で測定したもの、△は風向に平行な街路の中央で測定したもの、□は比較のために建物群を取り去ったラフネスだけで測定したものである。

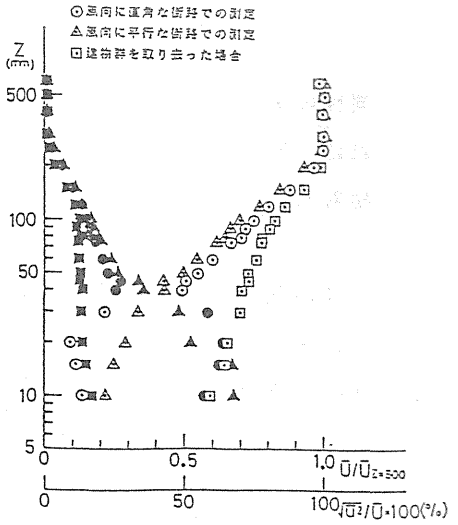
底辺長さ80mm

図４－１－23・・・	高さ 40mm
図４－１－24・・・	高さ 80mm

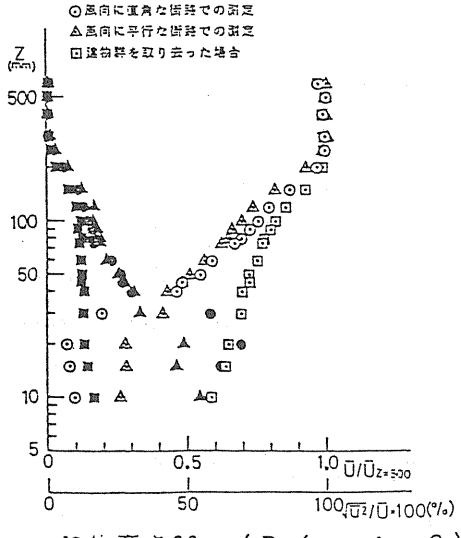
図４－１－23、図４－１－24とも、上記と同様な傾向が見られるが、図４－１－23の模型高さ40mmのものは図４－１－18の底辺長さ40mmのものと比べて、図４－１-24 の模型高さ80mmのものは図４－１－20の底辺長さ40mmのものと比べてみると、街路の方向性の影響が大きいようである。これも上記と同様に、風向に直



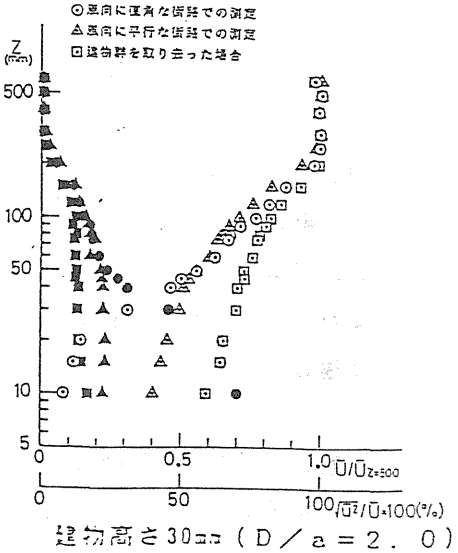
建物高さ30mm（D／a＝0．5）



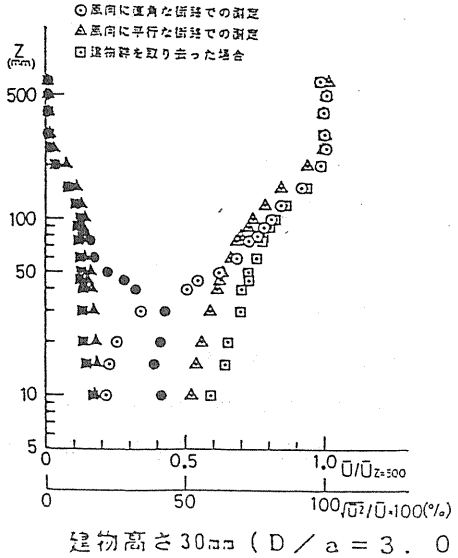
建物高さ30mm（D／a＝0．75）



建物高さ30mm（D／a＝1．0）

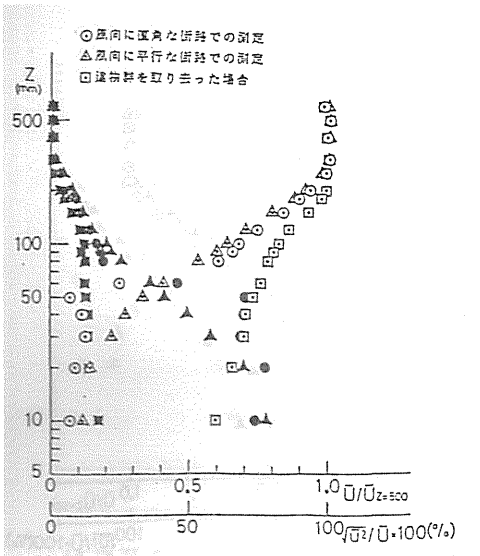


建物高さ30mm（D／a＝2．0）

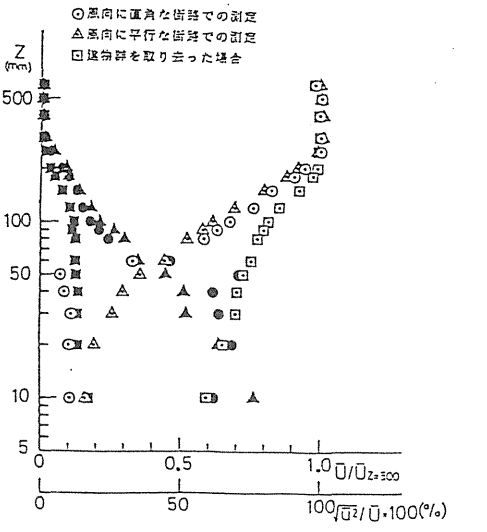


建物高さ30mm（D／a＝3．0）

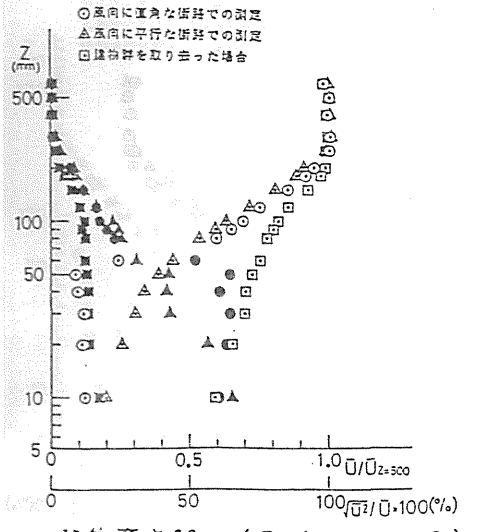
図4－1－21　街路の方向性の違いによる比較



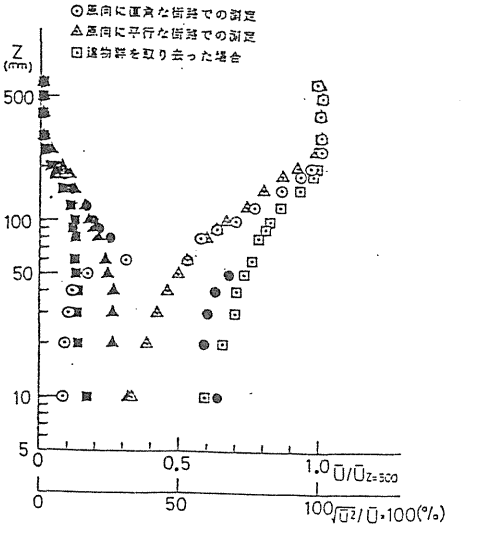
建物高さ60mm（D／a＝0．5）



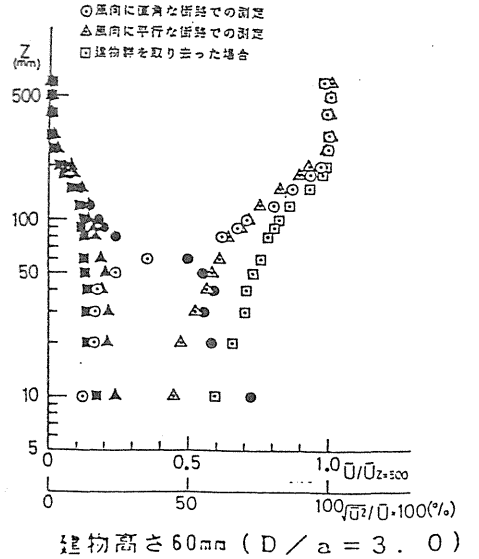
建物高さ60mm（D／a＝0．75）



建物高さ60mm（D／a＝1．0）

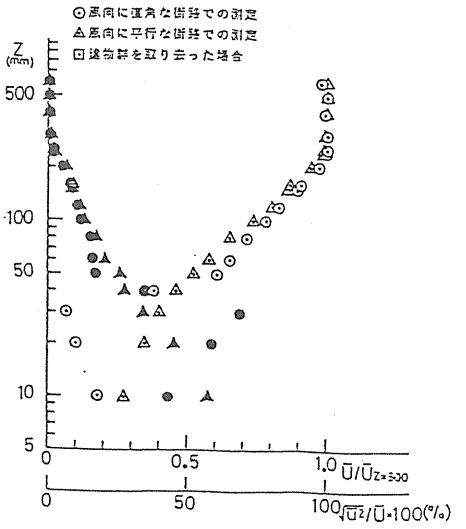


建物高さ60mm（D／a＝2．0）

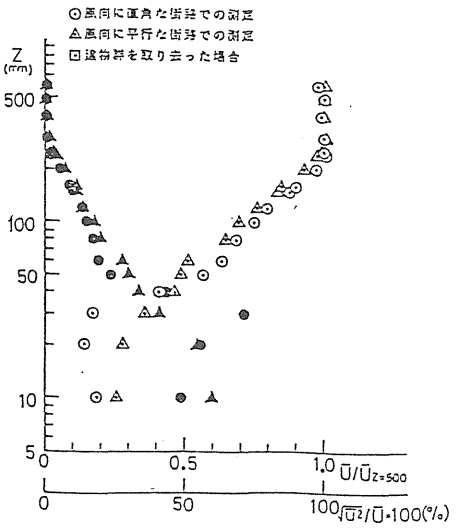


建物高さ60mm（D／a＝3．0）

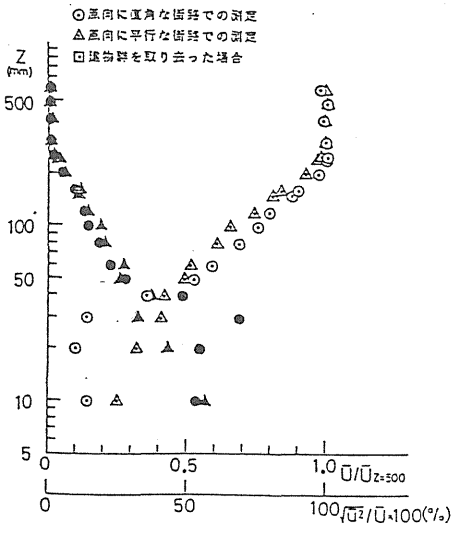
図４－１－22　街路の方向性の違いによる比較



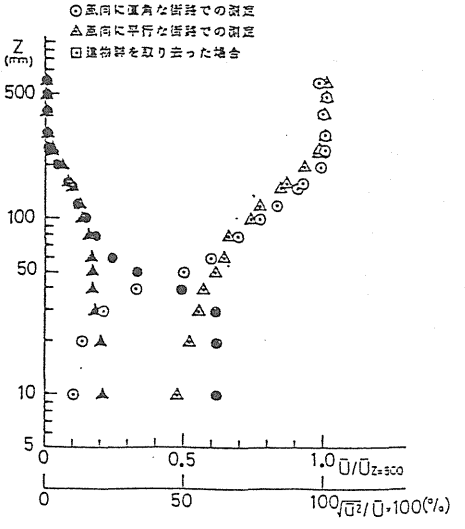
建物高さ40mm（D／a＝0．5）



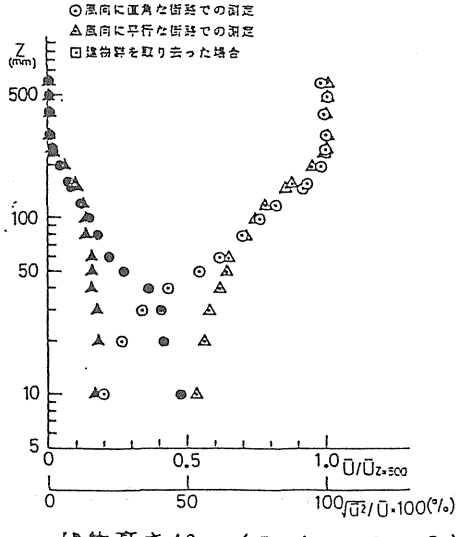
建物高さ40mm（D／a＝0．75）



建物高さ40mm（D／a＝1．0）

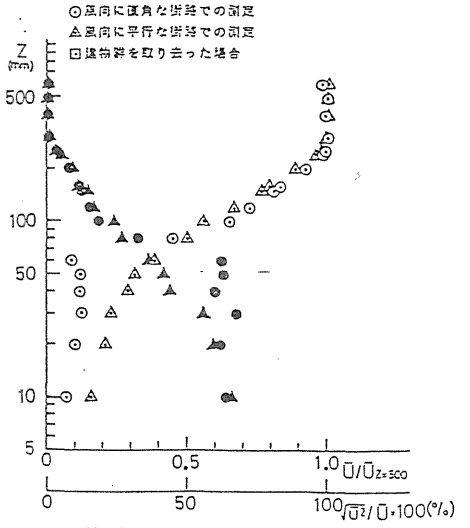


建物高さ40mm（D／a＝2．0）

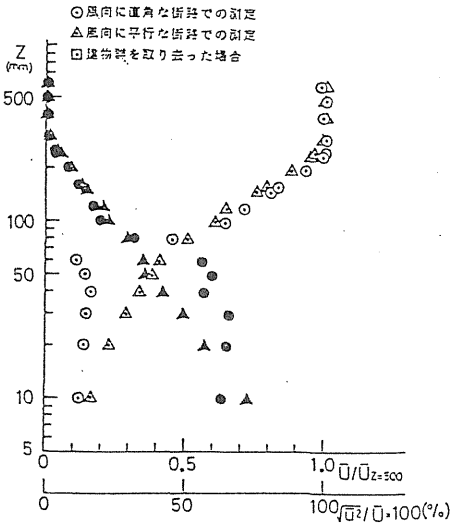


建物高さ40mm（D／a＝3．0）

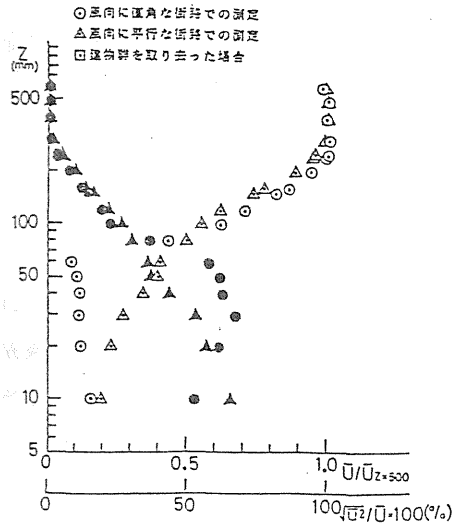
図４－１－23　街路の方向性の違いによる比較



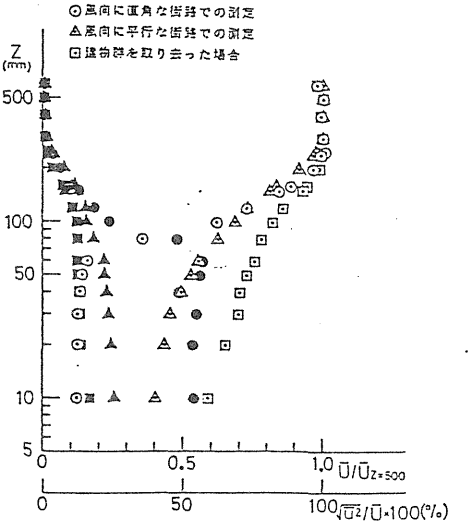
建物高さ80mm（D／a＝0．5）



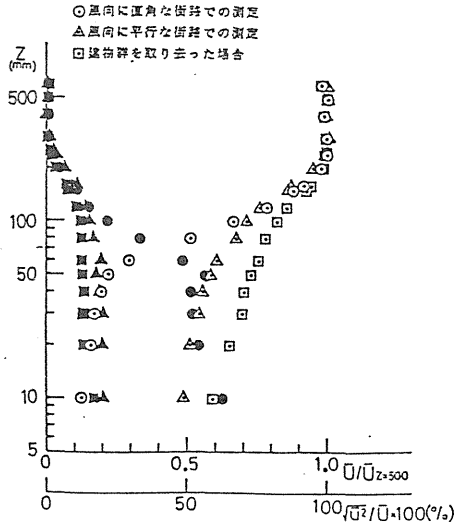
建物高さ80mm（D／a＝0．75）



建物高さ80mm（D／a＝1．0）



建物高さ80mm（D／a＝2．0）



建物高さ80mm（D／a＝3．0）

図４－１－24　街路の方向性の違いによる比較

角な街路で測定したプロフィルでは屋根面が大きくなることにより屋根面の剥離流が強調され、風向に平行な街路で測定したプロフィルでは建物間隔が広がり、街路風が発達したためと思われる。

以上より、底辺長さが長くなり屋根平面形態が大となると、風向に直角な街路での風速プロフィルは、屋根面上の剥離気流の影響が強くなること、底辺長さが長くなることとD／aの変化で建物間隔が広くなると、風向に平行な街路では、街路風が発達してかなり上空のプロフィルまで影響が現れること、また、建物が高くなると街路の方向性の影響が相対的に弱まることの３点が判かった。

４－１－５　縮率の違いによる比較

ここでは、同一な形状の模型を比較する。

（高さ）／（底辺長さ）＝１／２となる形状の建物の比較を下記の表に沿って示す。また、各図とも風速および乱れの強さをD／aごとに示す。図中の記号の、○は底辺長さ40mm、△は底辺長さ60mm、□は底辺長さ80mmである。

形状比 1/2

図４－１－25・・・風向に直角な街路
図４－１－26・・・風向に平行な街路

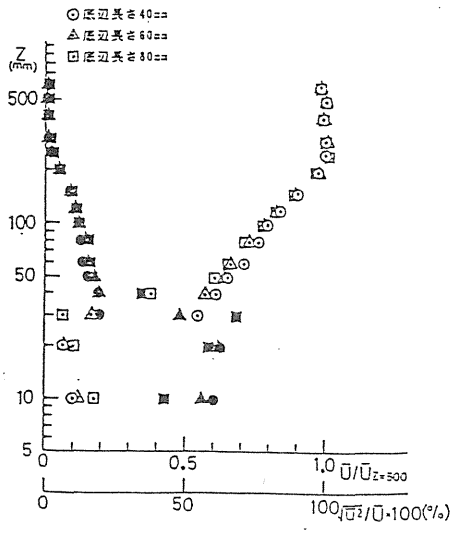
風向に直角な街路で測定したプロフィルを見ると、D／a＝0.5, 0.75 ,1.0, 2.0 では底辺長さ60mmと80mmのものはほぼ一致するが、底辺長さ40mmの風速が特に D/a= 0.75, 1.0 において増加している。また、D/a=3.0 においては、建物群上空の風速は、底辺長さ（建物高さ）が小となるほど増加している。これは、建物高さのみの影響が強まったためと思われる。

風向に平行な街路で測定したプロフィルを見ると、D／a＝0.5, 0.75 ,1.0, 2.0 では模型が小さくなるほど風速は増加する傾向にあるが、底辺長さ60mmのものと80mmのものの差は比較的小さい。また、D/a=3.0 においてはプロフィルはほぼ一致している。これは、建物群としての影響が薄れたためと思われる。

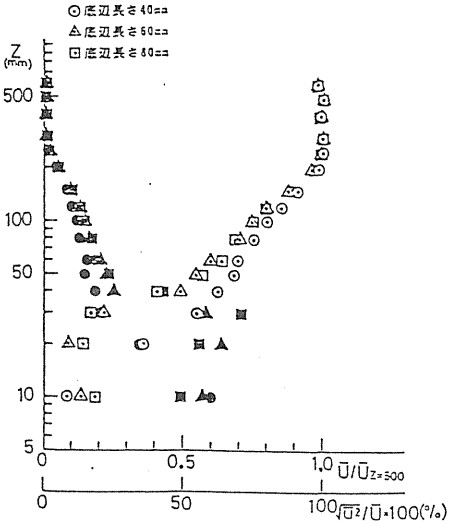
（高さ）／（底辺長さ）＝１となる形状の建物の比較を下記の表に沿って示す。また、各図とも風速および乱れの強さをD／aごとに示す。図中の記号の、○は底辺長さ40mm、△は底辺長さ60mm、□は底辺長さ80mmである。

形状比１

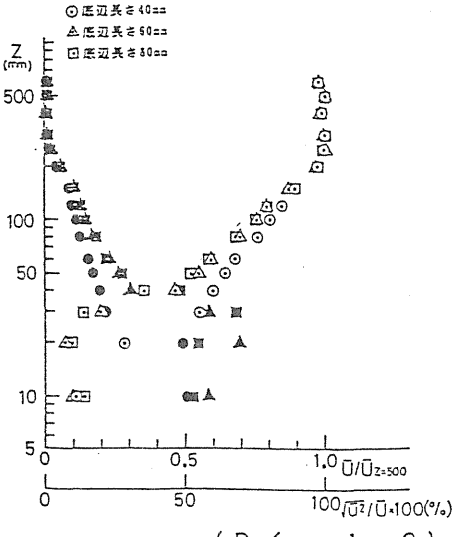
図４－１－27・・・風向に直角な街路
図４－１－28・・・風向に平行な街路



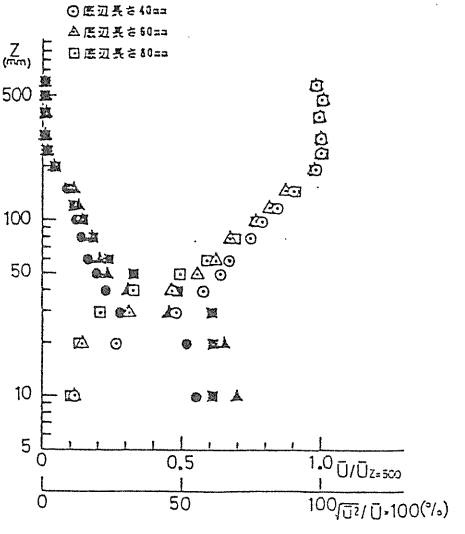
（D／a＝0．5）



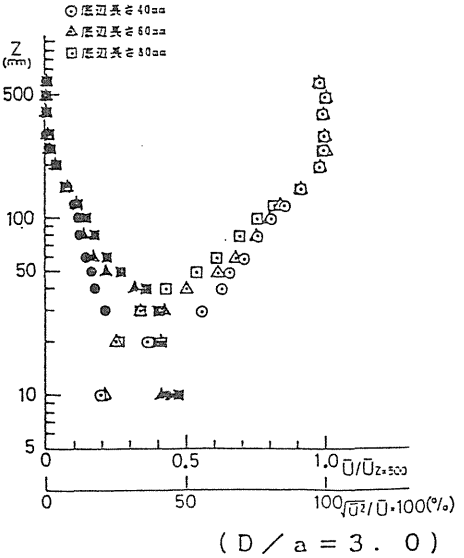
（D／a＝0．75）



（D／a＝1．0）

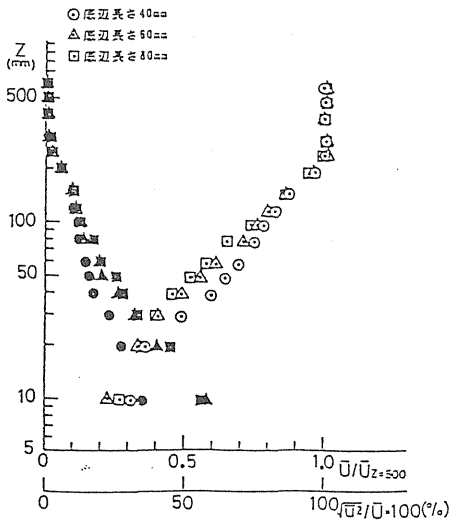


（D／a＝2．0）

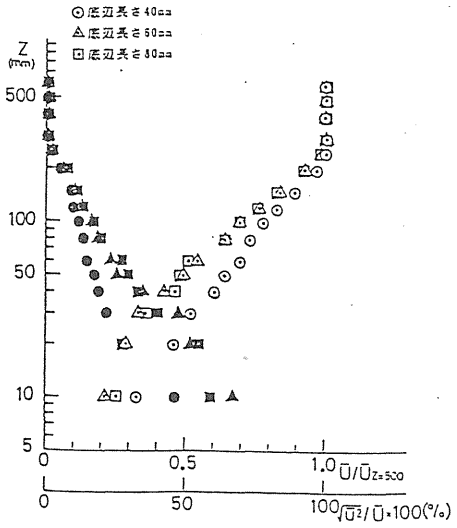


（D／a＝3．0）

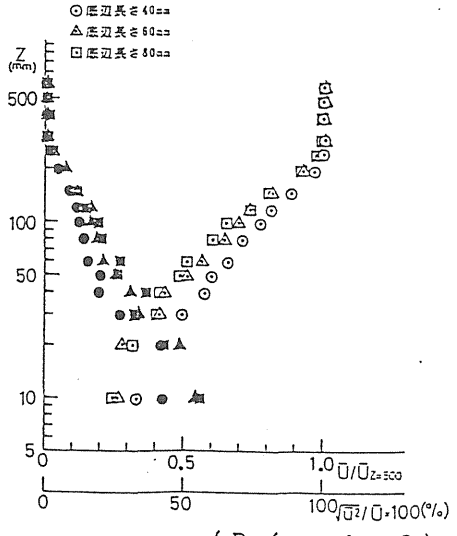
図４－１－25　縮率の違いによる比較



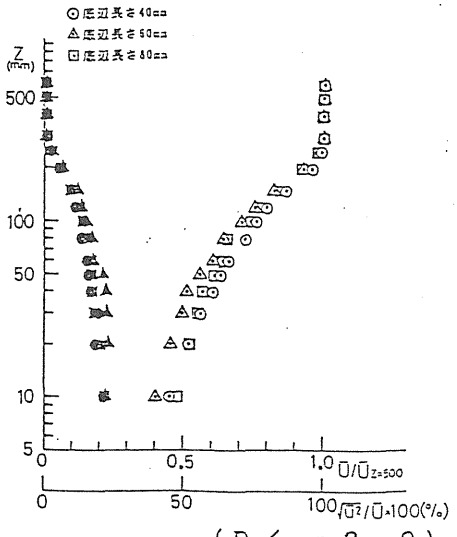
（D／a＝0．5）



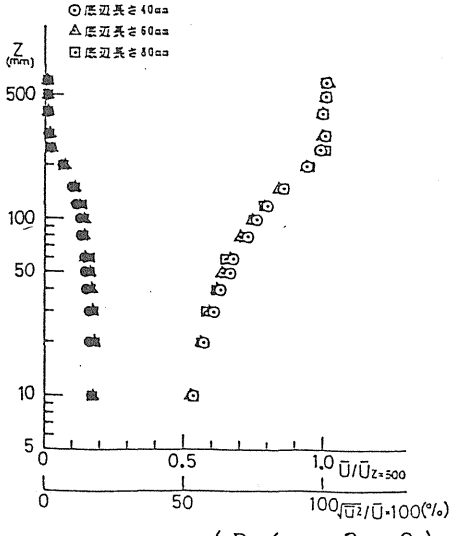
（D／a＝0．75）



（D／a＝1．0）

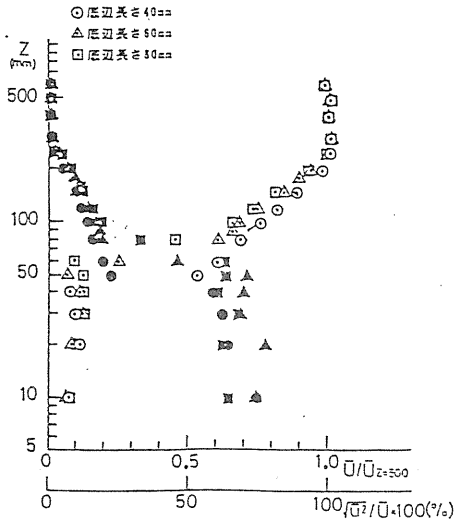


（D／a＝2．0）

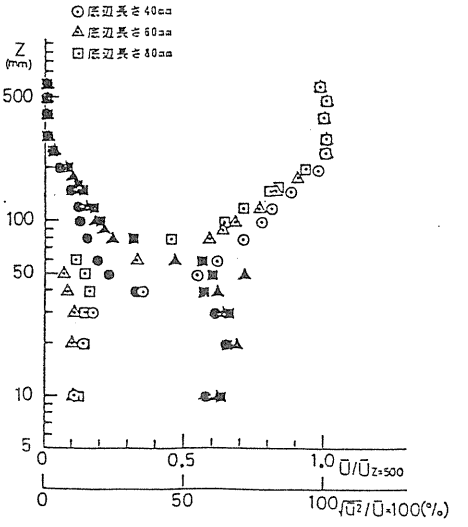


（D／a＝3．0）

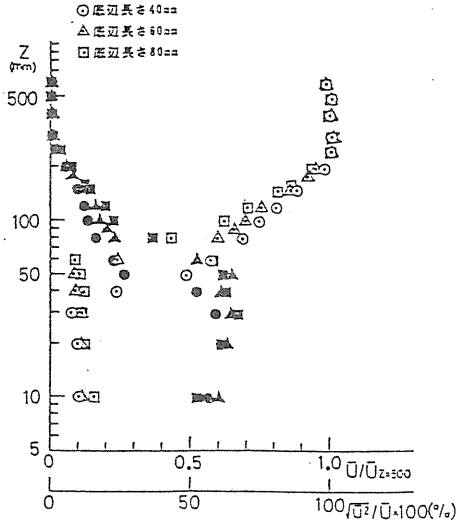
図4－1－25　縮率の違いによる比較



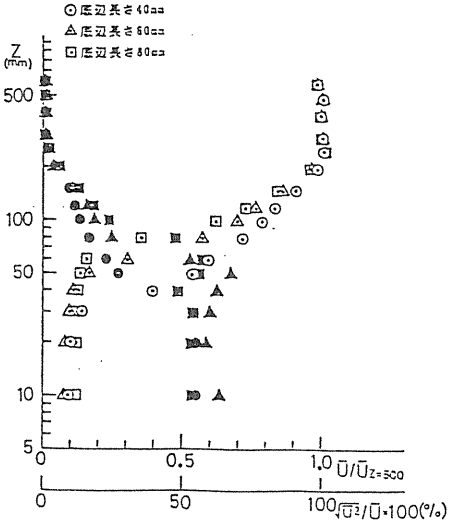
（D／a＝0．5）



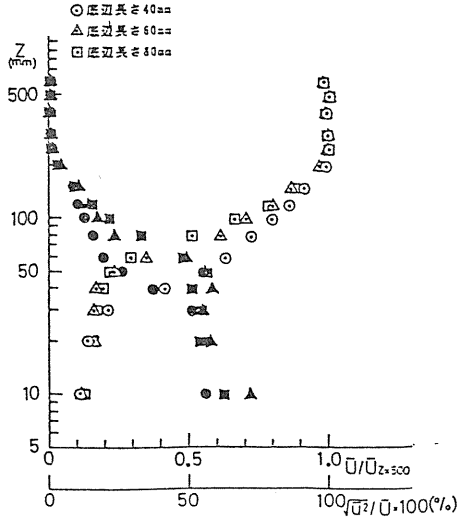
（D／a＝0．75）



（D／a＝1．0）

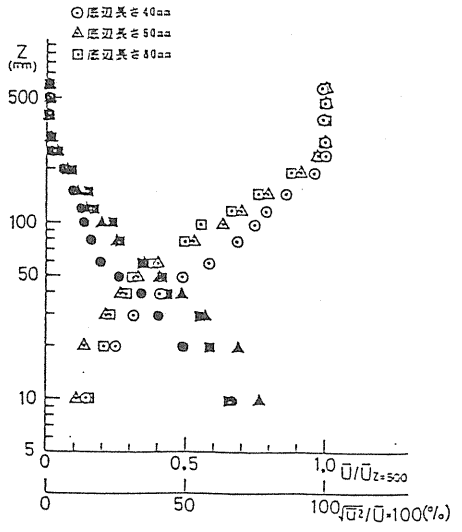


（D／a＝2．0）

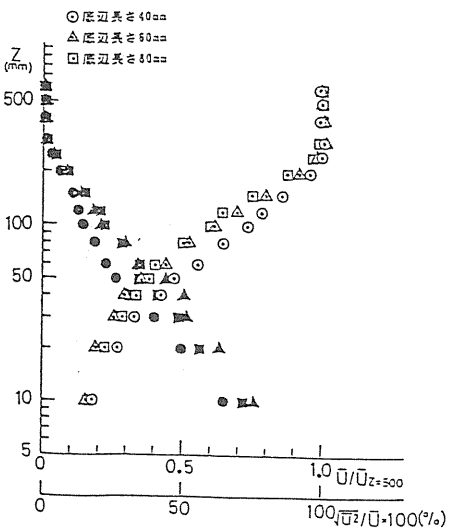


（D／a＝3．0）

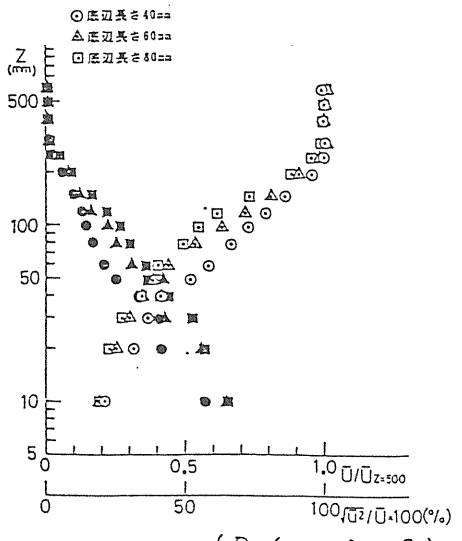
図４－１－27　縮率の違いによる比較



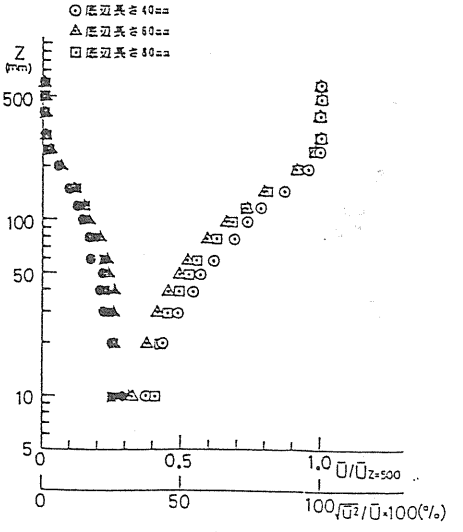
（D／a＝0．5）



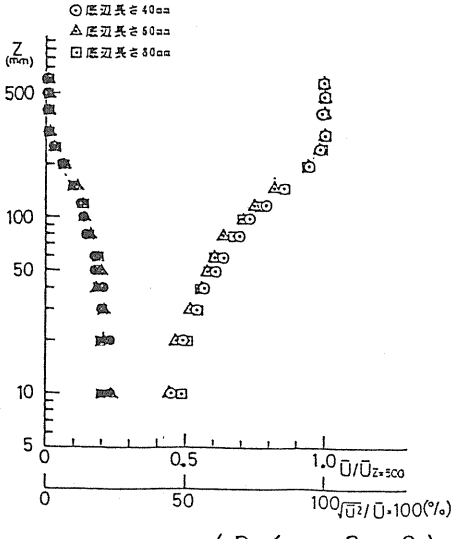
（D／a＝0．75）



（D／a＝1．0）



（D／a＝2．0）



（D／a＝3．0）

図４－１－28　縮率の違いによる比較

風向に直角な街路で測定したプロフィルを見ると、建物軒高以下の風速は縮率に関わらずＤ／ａ毎にほぼ一致するが、建物群上空で、模型が小さくなるほど風速は増加する傾向にあるが、底辺長さ60mmのものと80mmのものの差は比較的小さい。縮率の違いによる影響は、境界層高さいっぱい（約250mm ）まで及んでいるようである。

風向に平行な街路で測定したプロフィルを見ると、Ｄ／ａ＝0.5, 0.75, 1.0, 2.0 では模型が小さくなるほど風速は増加する傾向にあるが、底辺長さ60mmのものと80mmのものの差は比較的小さい。また、D/a=3.0 においてはプロフィルはほぼ一致している。

４－１－６　建物群密度の違いによる比較

建物群密度による比較を、下記の表に沿って示す。また、各図とも風速および乱れの強さを建物底辺長さおよび建物高さごとに分けて示す。図中の記号の、○はD/a=0.5、△はD/a=0.75、□はD/a=1.0、▽はD/a=2.0、◇はD/a=3.0 である。

図４－１－29・・・風向に直角な街路
図４－１－30・・・風向に平行な街路

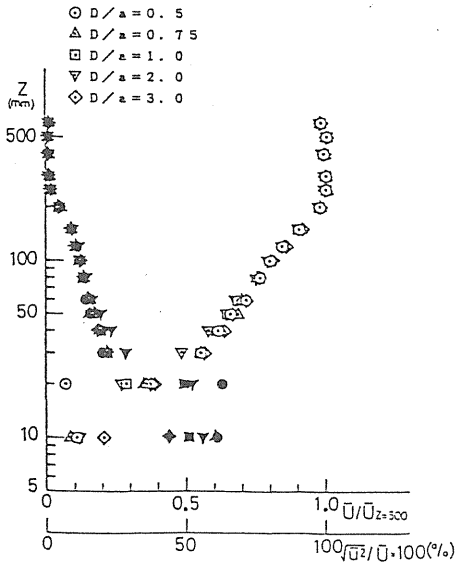
風向に直角な街路で測定したプロフィルに関してみると、建物軒高以下ではＤ／ａの影響が大きい。しかし、軒高以上では、Ｄ／ａによる顕著な差異を見出すことは出来ない。ただ、建物屋根面積が小さく建物高さが高いもの（この場合は底辺長さ40mm、建物高さ80mmのもの）では、Ｄ／ａによる影響が強まっているようである。また、Ｄ／ａに関わらず風速が一致する高さに注目すると、建物高さの 2.5～４倍付近である。

風向に平行な街路で測定したプロフィルに関してみると、建物軒高以下、以上ともＤ／ａの影響が大きい。Ｄ／ａに関わらず風速が一致する高さは建物高さの 2.5～４倍付近であるが、街路風の発達によると思われる影響が底辺長さが大きいものほど強く表われている。

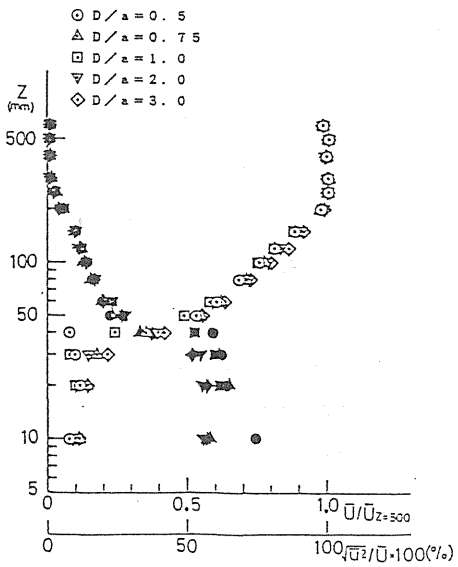
以上より、屋根面剥離気流の影響を強く受ける風向に直角な街路で測定したプロフィルより、風向に平行な街路で測定したプロフィルの方が、建物群密度の影響はよく判る。

４－１－７　その他の検討

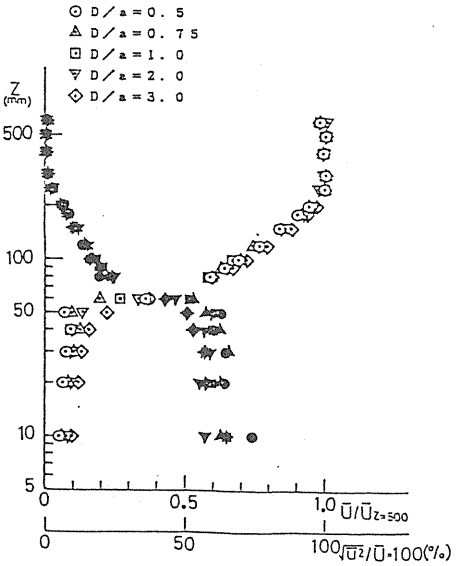
更なる解析を行うため、風向に直角な街路での風速プロフィルの、建物高さの 1.5～３倍での風速を用いて、片対数グラフ上で最小自乗法による１次直線回帰



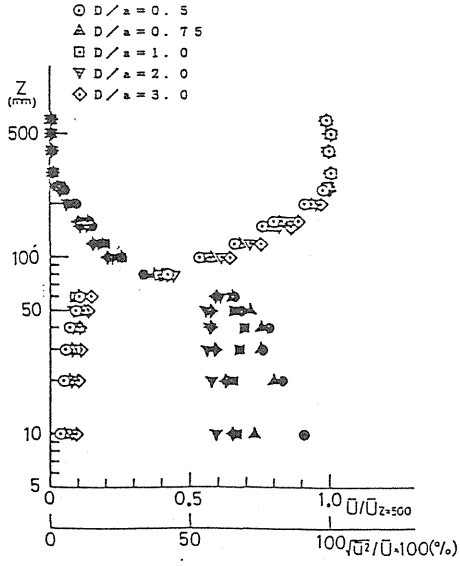
底辺長さ40mm　建物高さ20mm



底辺長さ40mm　建物高さ40mm

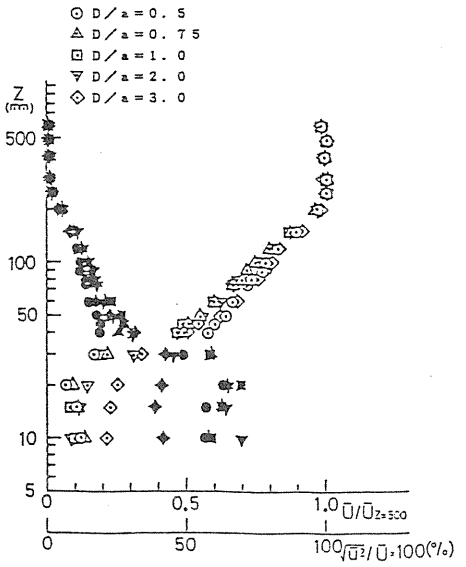


底辺長さ40mm　建物高さ60mm

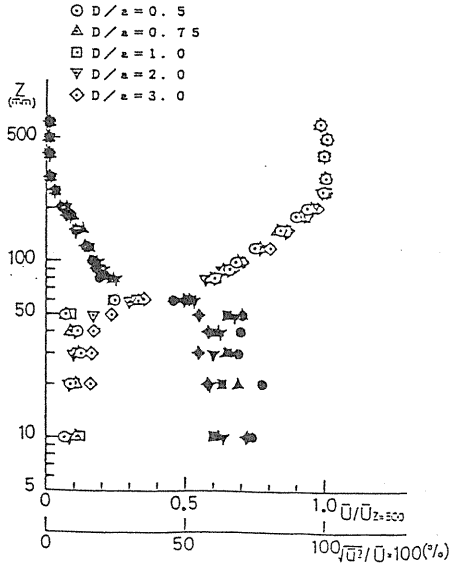


底辺長さ40mm　建物高さ80mm

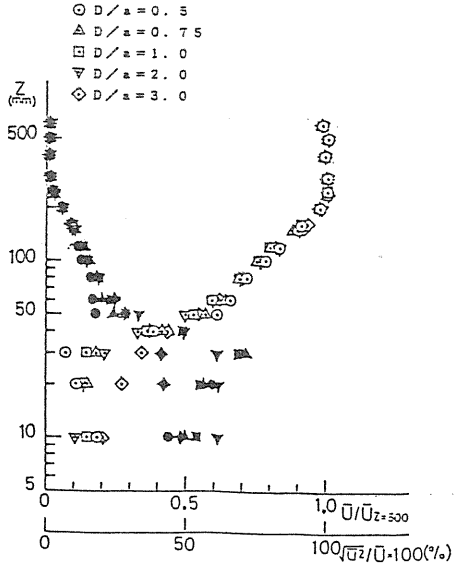
図４－１－29　建物群密度の違いによる比較



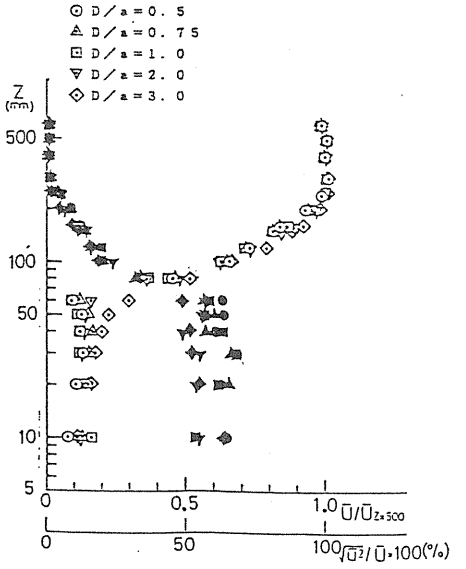
底辺長さ60mm　建物高さ30mm



底辺長さ60mm　建物高さ60mm

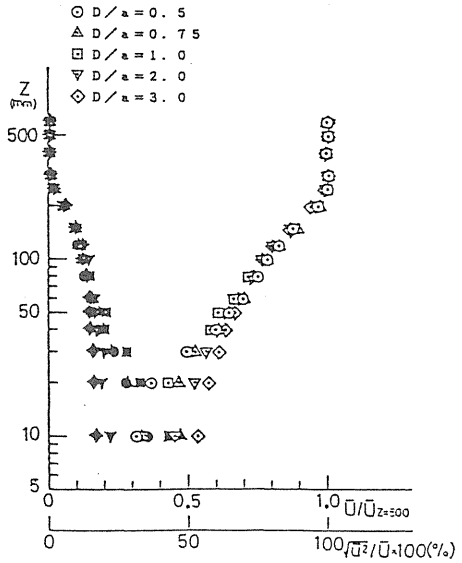


底辺長さ80mm　建物高さ40mm

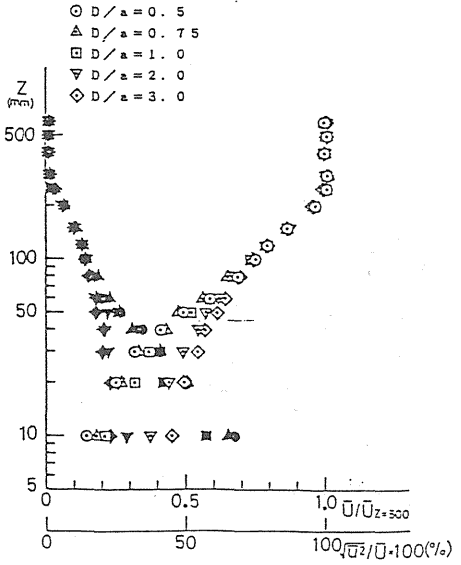


底辺長さ80mm　建物高さ80mm

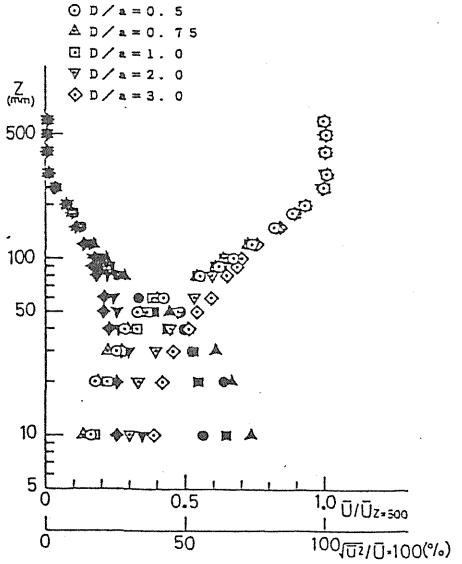
図４－１－29　建物群密度の違いによる比較



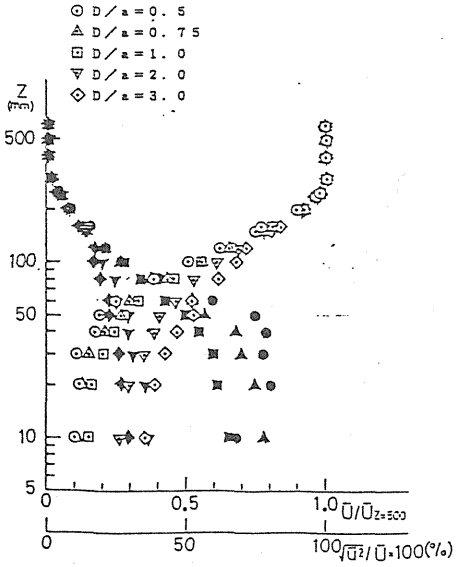
底辺長さ40mm　建物高さ20mm



底辺長さ40mm　建物高さ40mm

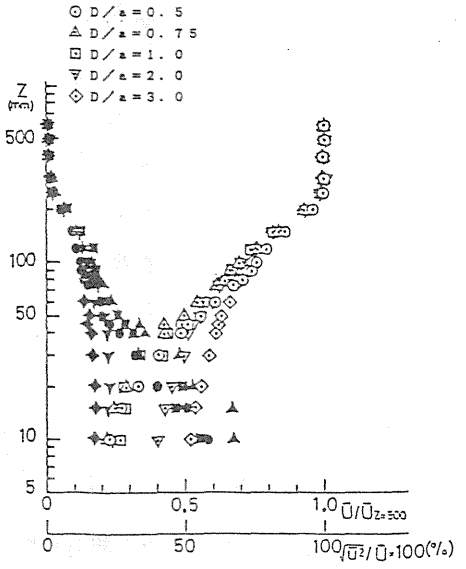


底辺長さ40mm　建物高さ60mm

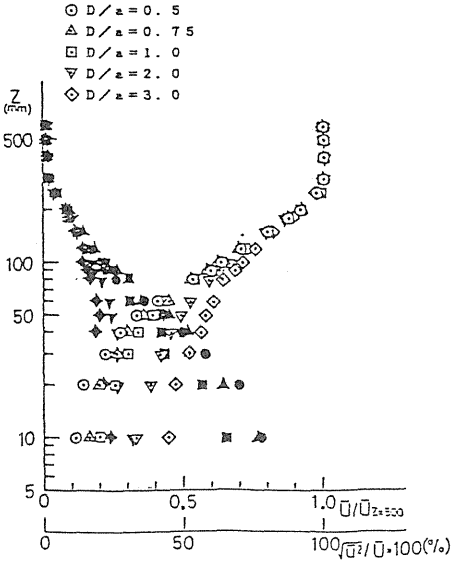


底辺長さ40mm　建物高さ80mm

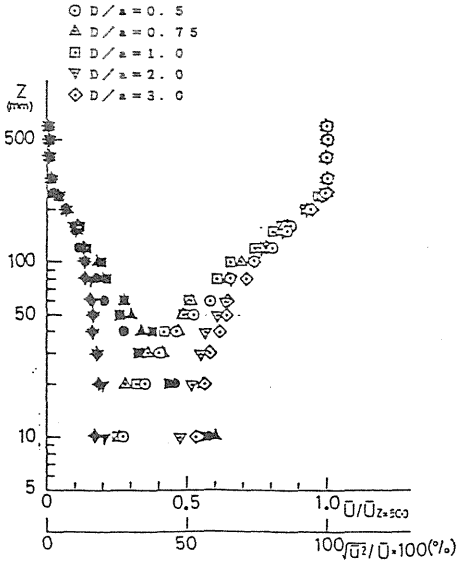
図４－１－30　建物群密度の違いによる比較



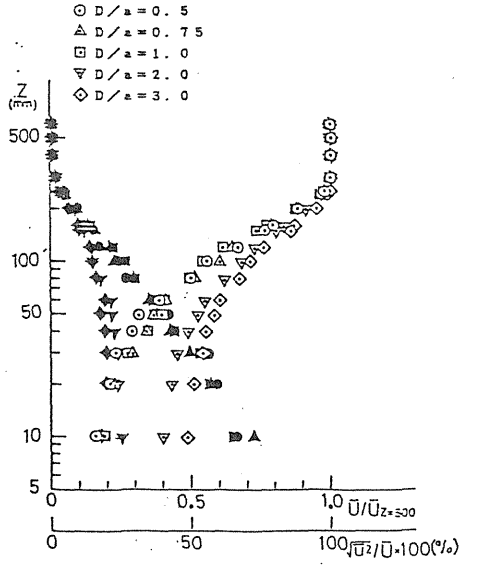
底辺長さ60㎜，建物高さ30㎜



底辺長さ60㎜　建物高さ60㎜



底辺長さ80㎜　建物高さ40㎜



底辺長さ80㎜　建物高さ80㎜

図４－１－30　建物群密度の違いによる比較

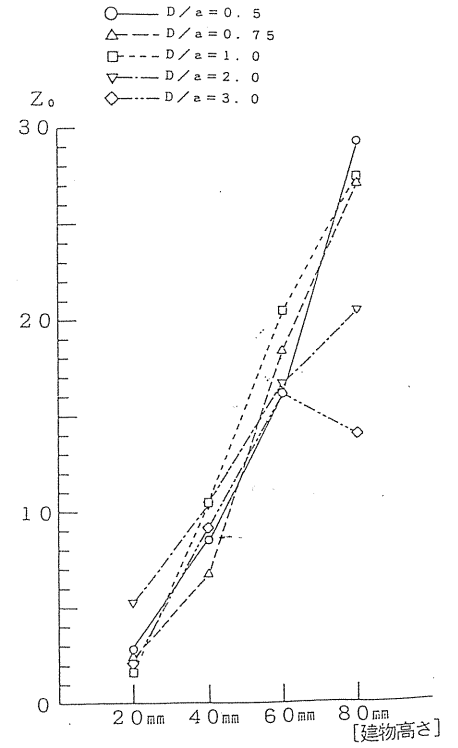


図４－１－31　建物高さと粗度係数Ｚ₀との関係

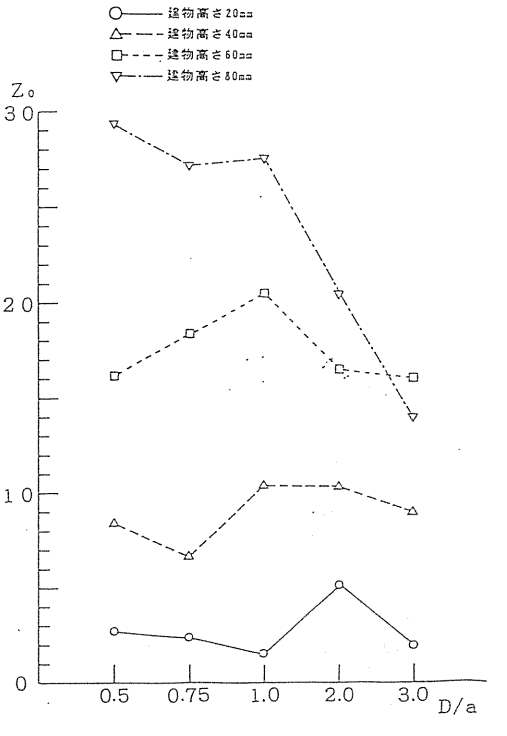


図４－１－32　建物群密度と粗度係数Ｚ₀との

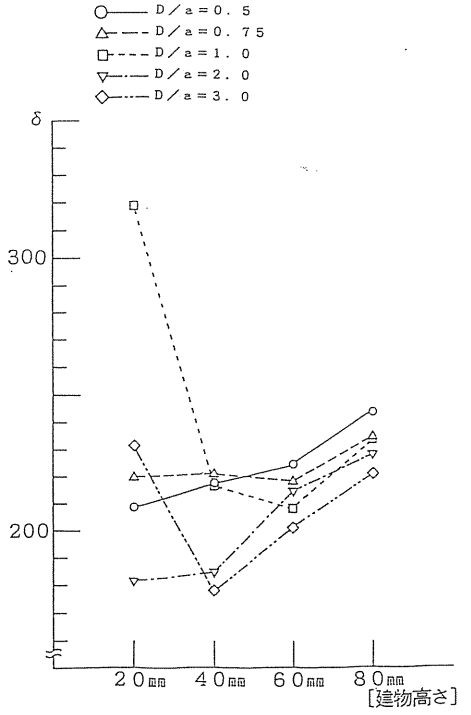


図４－１－33　建物高さと境界層厚さδとの関係

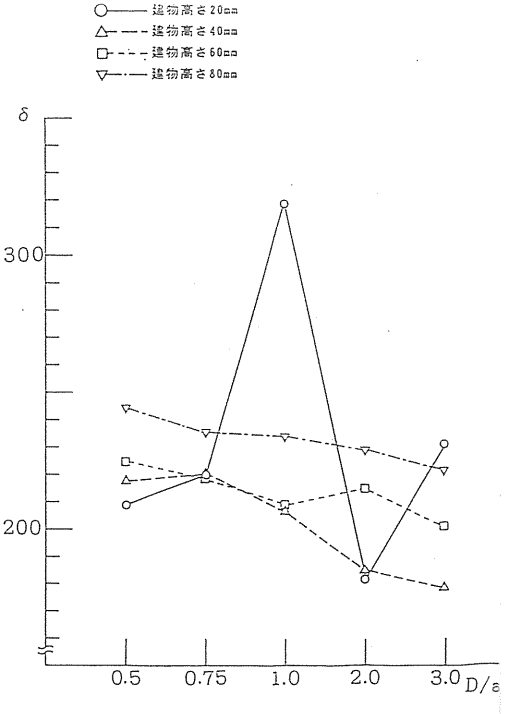


図４－１－34　建物群密度と境界層厚さδとの

を行い、得られた直線より粗度係数Ｚ。と境界層厚さδを求めた。建物高さと粗度係数の関係を図４－１-31 に、建物群密度と粗度係数との関係を図４－１－32に、建物高さと境界層厚さとの関係を図４－１－33に、建物群密度と境界層厚さとの関係を図４－１－34に示す。

図４－１－31から、D/a=3.0 で建物高さ80mmの粗度係数が減少している他は、Ｄ／ａによらず建物高さが高くなるにつれて、粗度係数が増加する傾向がある。

図４－１－32から、Ｄ／ａによる変化は大きくないが、粗度係数のピークは建物高さが高くなるにつれて建物群密度の大きい側に寄っていく傾向が見られる。

図４－１－33から、D/a=0.5, 0.75, 2.0では建物高さが高くなるにつれて境界層厚さは厚くなるが、Ｄ／ａによる差が少なくなる傾向が見られる。D/a=1.0 では建物高さ60mm、D/a=3.0 では建物高さ40mmで一旦最小値をとる谷を描く。

図４－１－34から、Ｄ／ａが大きくなるにつれて境界層厚さが若干薄くなる傾向が見られるが、建物高さ20mmでの値のみ特殊である。

４－２　気流に関する結果のまとめ

１）配列形態の影響は、建物軒高以下の気流に大きい。建物軒高以上では、配列形態によらず風速プロフィルが一致する高さが存在するが、建物形状、Ｄ／ａにより変化し、建物軒高の 1.5～３倍の間である。

２）建物高さによる影響は境界層厚さいっぱいまで及び、当然ながら、建物高さが高くなるほど風速は小さくなる。粗度係数Ｚ。は建物高さが高くなるにつれて比例的に増加する傾向がある。境界層厚さδも、建物高さが高くなるにつれて厚くなる傾向がある。

３）建物底辺長さの影響は、風向に直角な街路では屋根面積の増加による屋根面剥離気流の影響が屋根面上で若干見られ、風向に平行な街路では街路幅の増加による（建物軒高に対する街路幅の増加）街路風の発達の影響が見られるが、その差異は顕著なものではなく、おおむね風速プロフィルは底辺長さに関わりなく一致する。

４）街路の方向性の影響を受ける高さは、建物形状により異なり、特に建物底辺長さやＤ／ａの拡大による街路風の発達がかなり上空まで及ぶ。また、風向に直

角な街路での風速は、風向に平行な街路での風速よりも小さいが、Ｄ／ａが小さかったり建物屋根面積が大きいことによる屋根面剥離気流の影響で、軒高以上で風速の逆転が見られる。

５）縮率が変化すると、当然気流性状も比例して変化するが、建物が或る程度よりも大きくなると変化の度合いが小さくなり、相似しなくなる。これはアプローチフローが等しく、また建物群規模（長さ）が等しいためである。

６）建物群密度の影響は、建物軒高以下で大きい。建物群密度の影響を受けなくなる高さは、建物底辺長さや街路幅が広くなることによる街路風の発達により異なり、可なりの高さにまで及ぶ。

７）風向に直角な街路では、建物軒高以下と以上とで風速頻度分布に顕著な差異が見られる。建物軒高以下の風速頻度分布には、街路の方向性による差異がはっきり読み取れる。また、建物群上空での測定では、建物群の影響が及ぶ範囲と、アプローチフローの影響だけの範囲では、風速頻度分布形状に何らかの差異が生じている様に思われる。

５．風圧係数に関する実験結果及び考察

風圧係数を求めるための基準速度圧を求める位置は、先ず、街路の方向性や配列形態の影響を受けない高さが考えられる。この高さを従来の研究では建物軒高の２～ 2.5倍としていたが、今回の実験で建物形態を変えて調べたところ、建物高さが高くなったり、建物底辺長さが長くなって風向に平行な街路の街路風が発達したり、屋根面積が大きくなることにより屋根面剥離気流が発達したりすることにより、風速プロフィルへの影響は境界層厚さいっぱいまで及ぶため、建物形状によらず風速プロフィルが一致する適当な高さは求められなかった。

次に検討した基準速度圧を求めるための高さは、建物群密度の影響を受けない高さである。これについても、建物高さに対して屋根面積が大きくなったり、風向に平行な街路の壁面が大きくなったりすると風速プロフィルは境界層厚さいっぱいまで一致しなくなってしまい、建物形状によらない基準風速を求めるための高さは見いだせなかった。

よって今回は風圧係数に関しての実験はＤ／ａによる影響と、相似形となるも

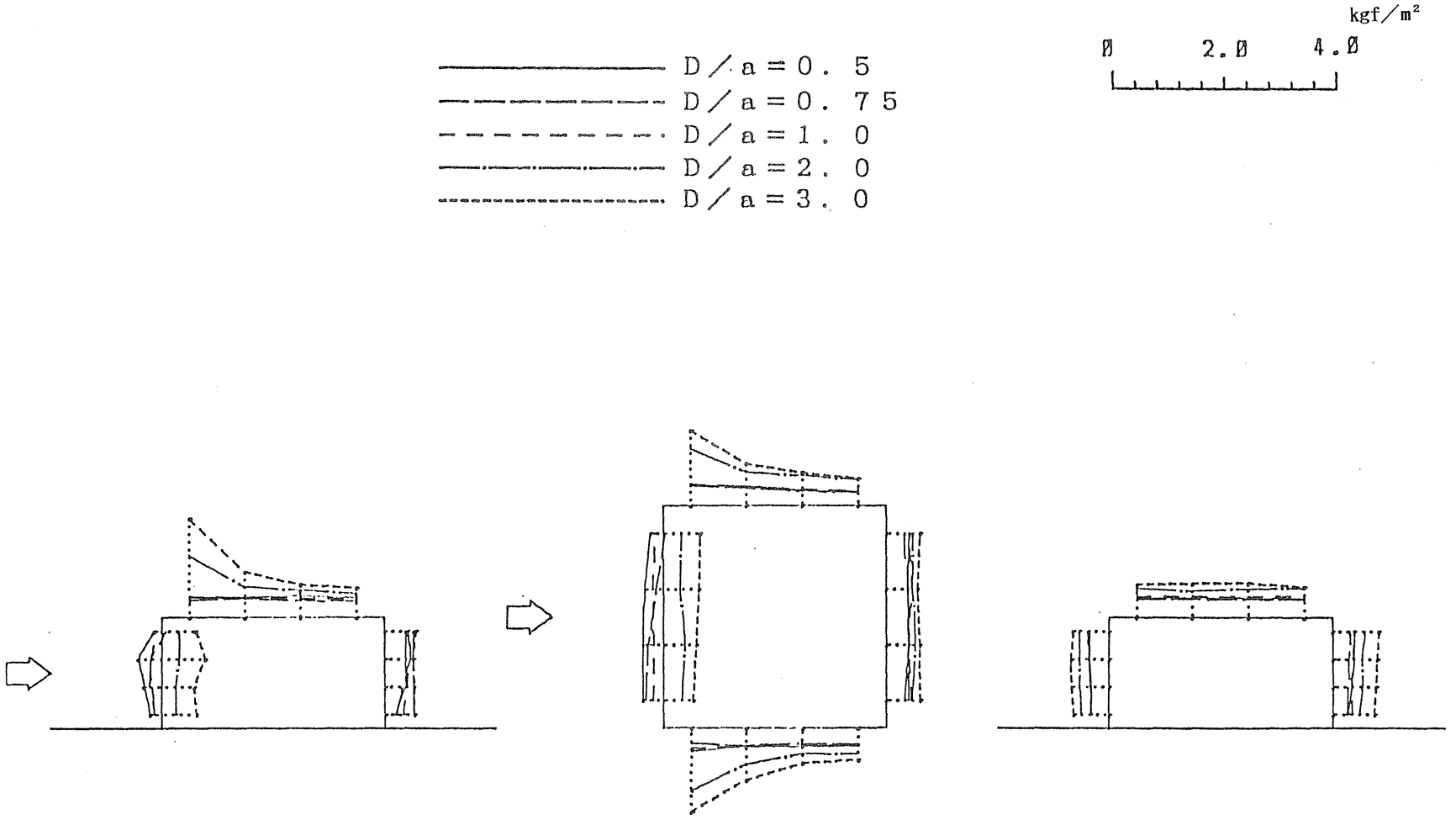


図５－１　D／aの違いによる比較（建物高さ20㎜、底辺長さ40㎜）

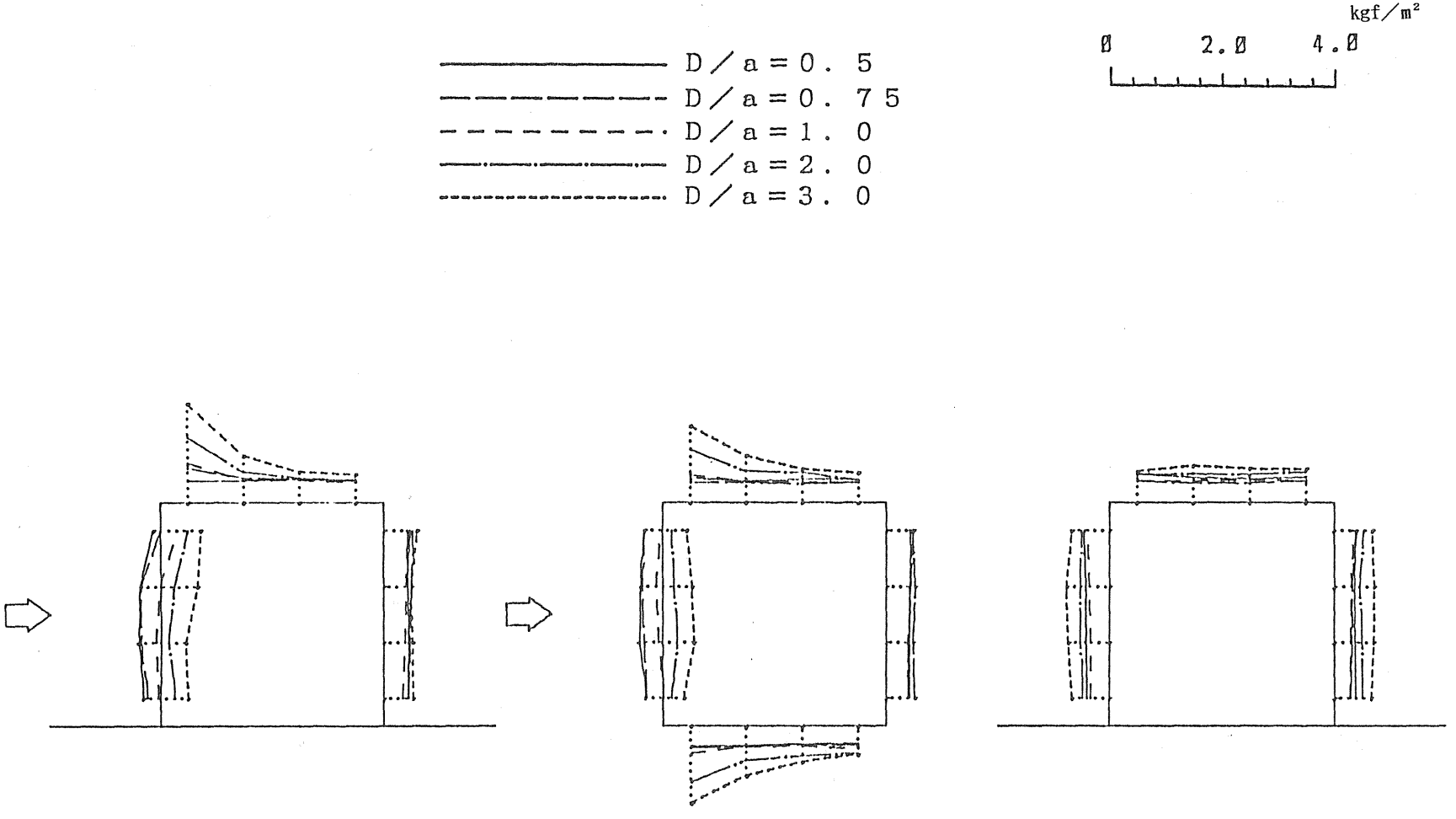


図５－２　D／aの違いによる比較（建物高さ40mm　底辺長さ40mm）

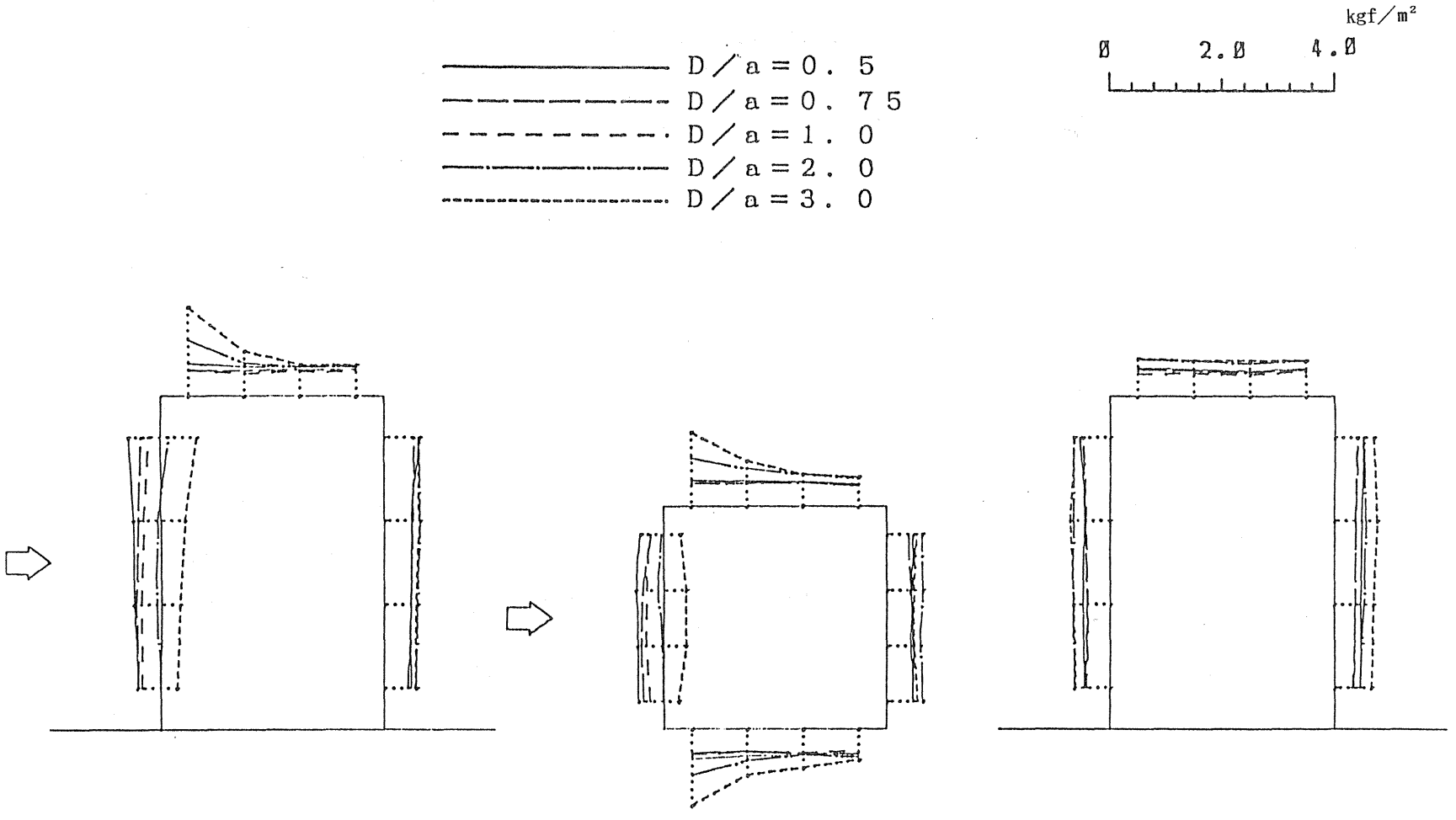
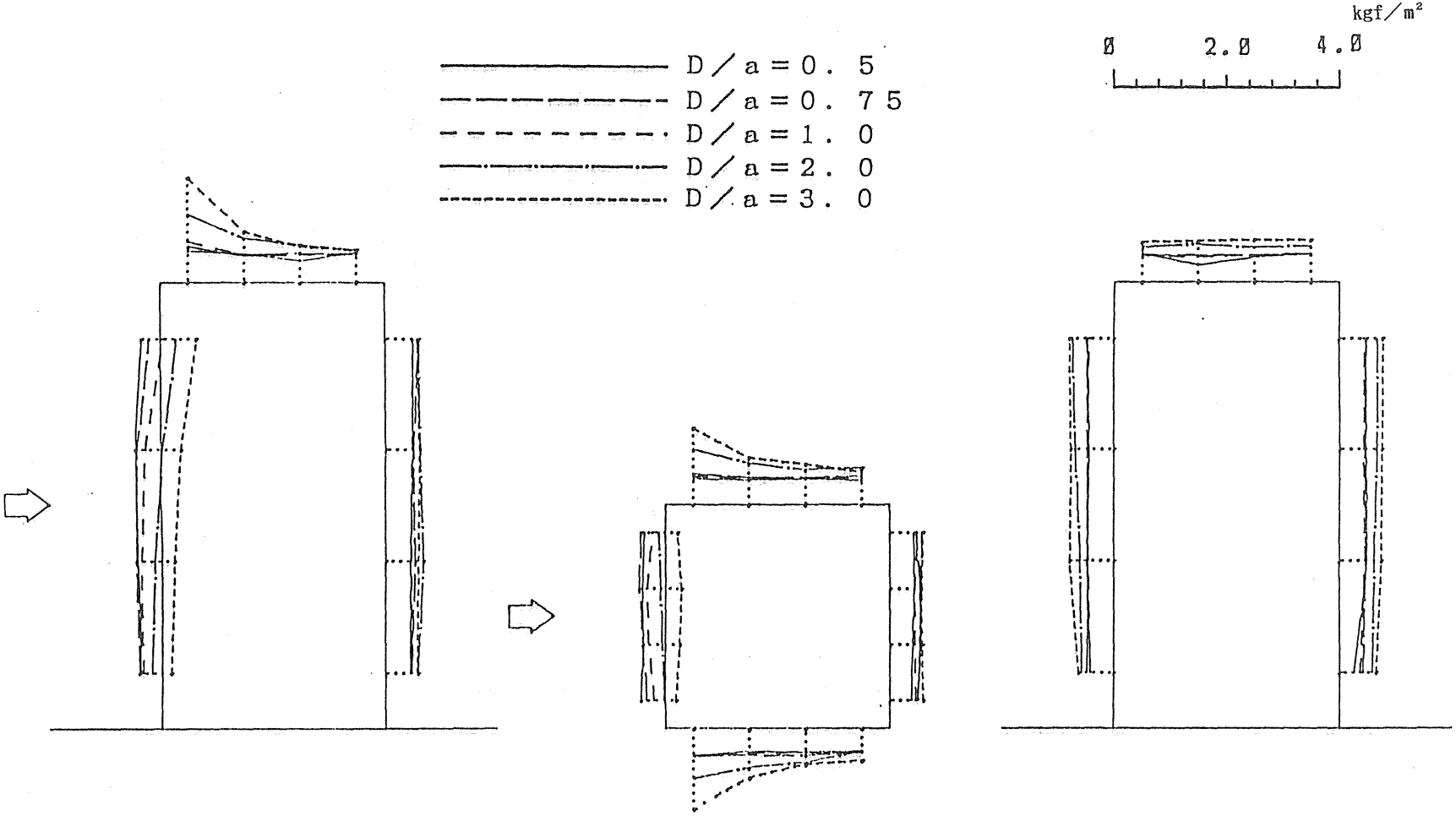


図５－３　Ｄ／ａの違いによる比較（建物高さ60㎜、底辺長さ40㎜）


D／a＝0．5
D／a＝0．75
D／a＝1．0
D／a＝2．0
D／a＝3．0
kgf／m²
Ø
2.Ø
4.Ø

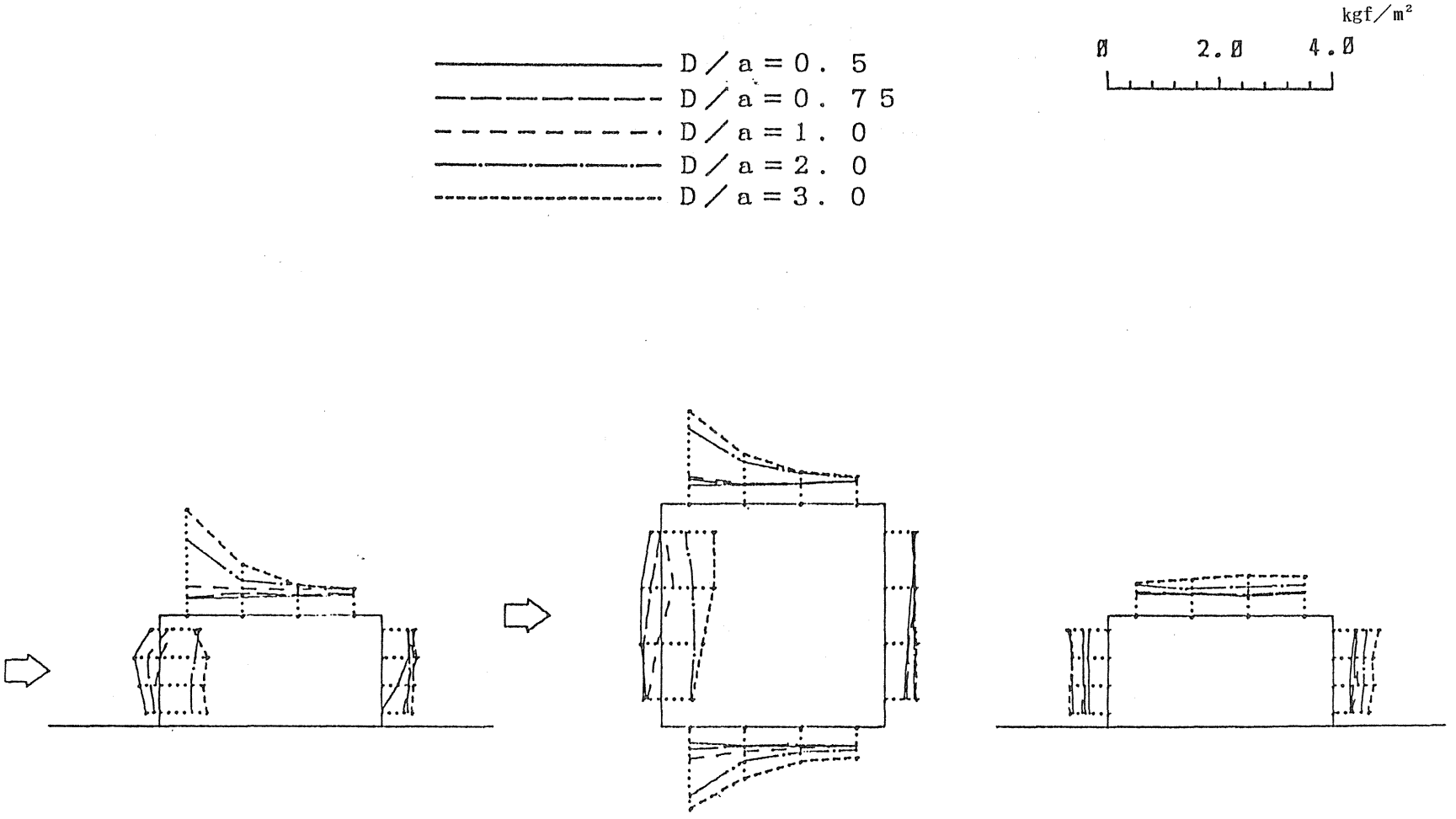
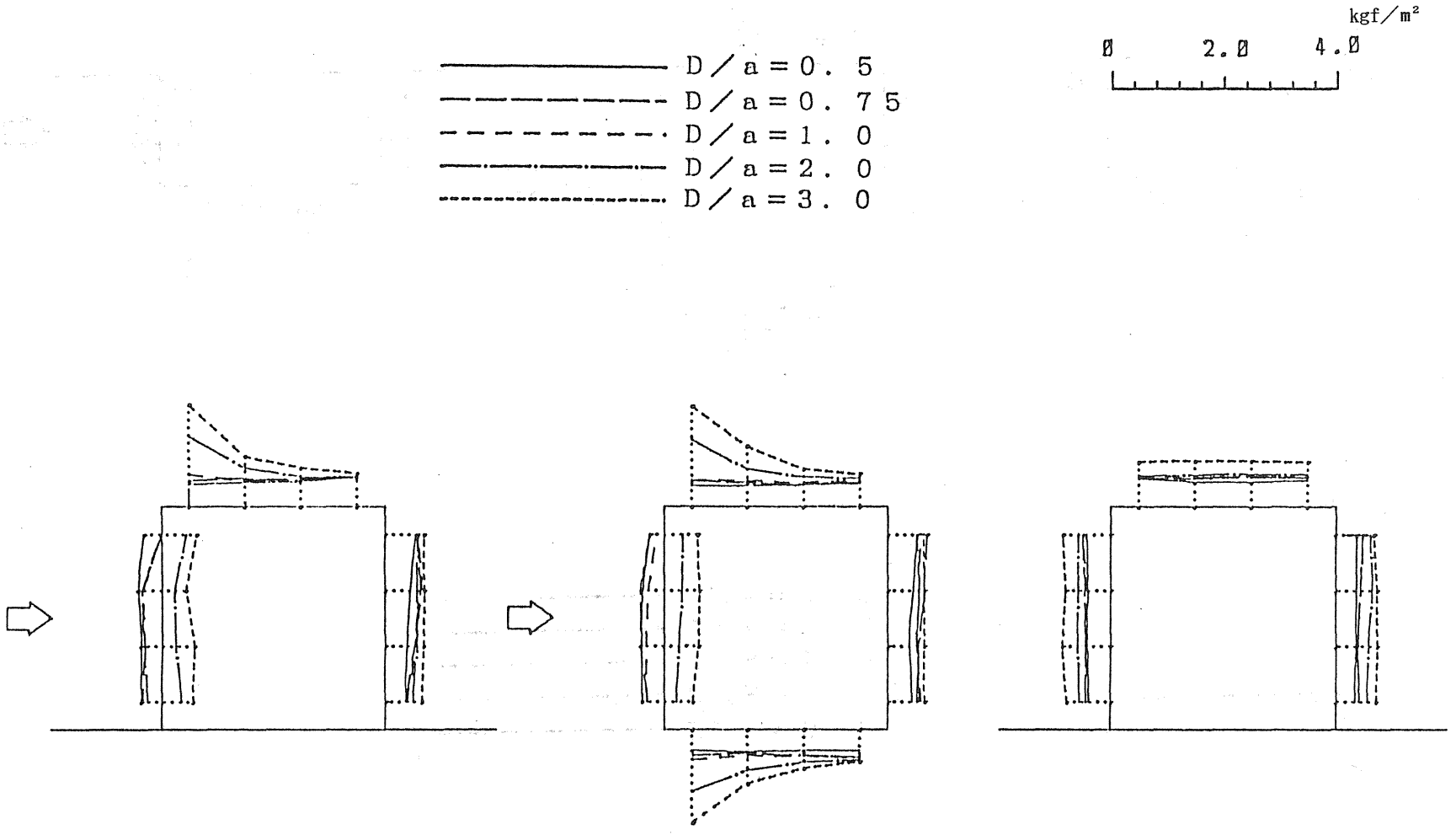


図５－５　D／aの違いによる比較（建物高さ30mm、底辺長さ60mm）


D／a＝0．5
D／a＝0．75
D／a＝1．0
D／a＝2．0
D／a＝3．0
kgf／m²
0
2．0
4．0

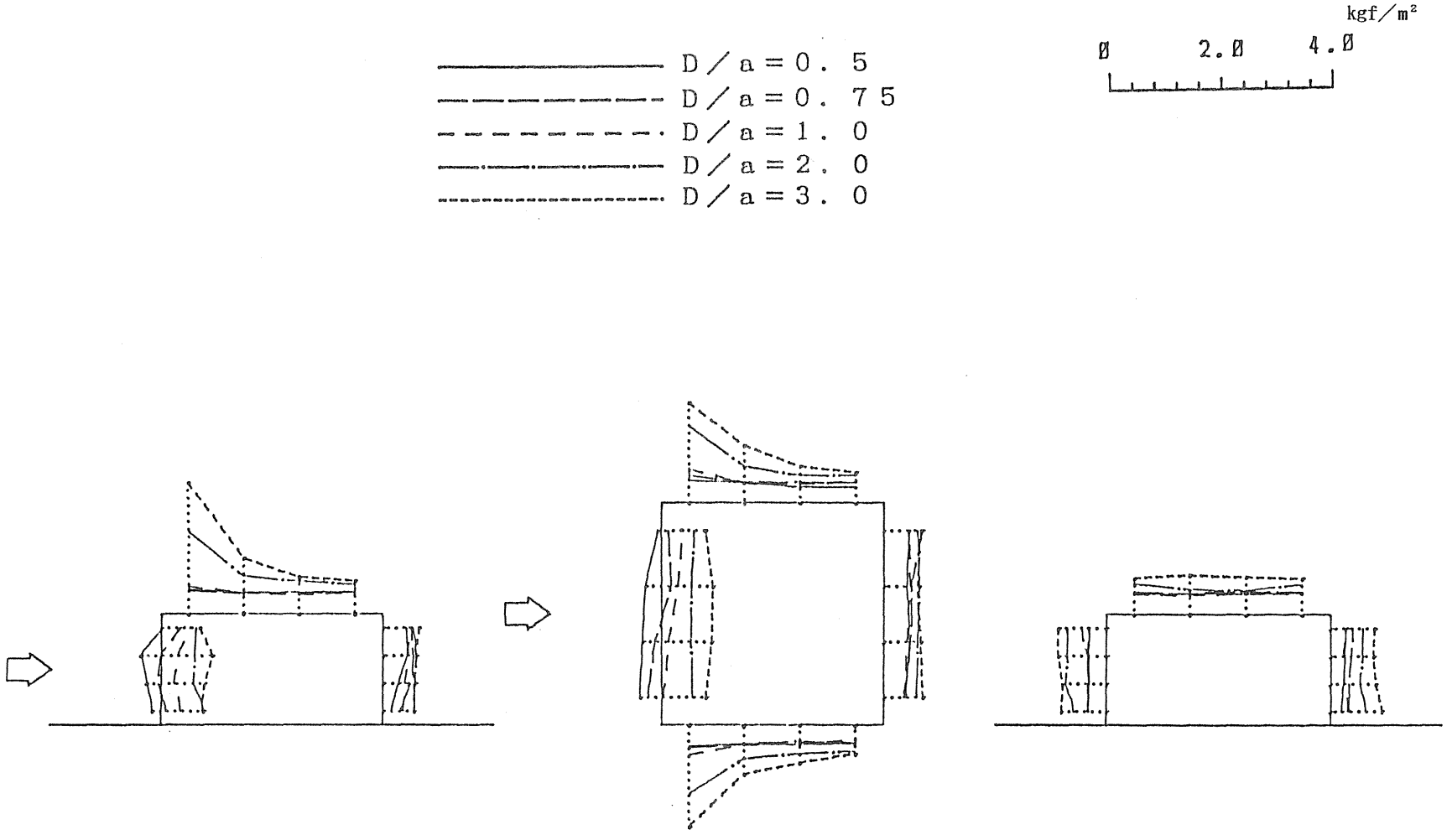
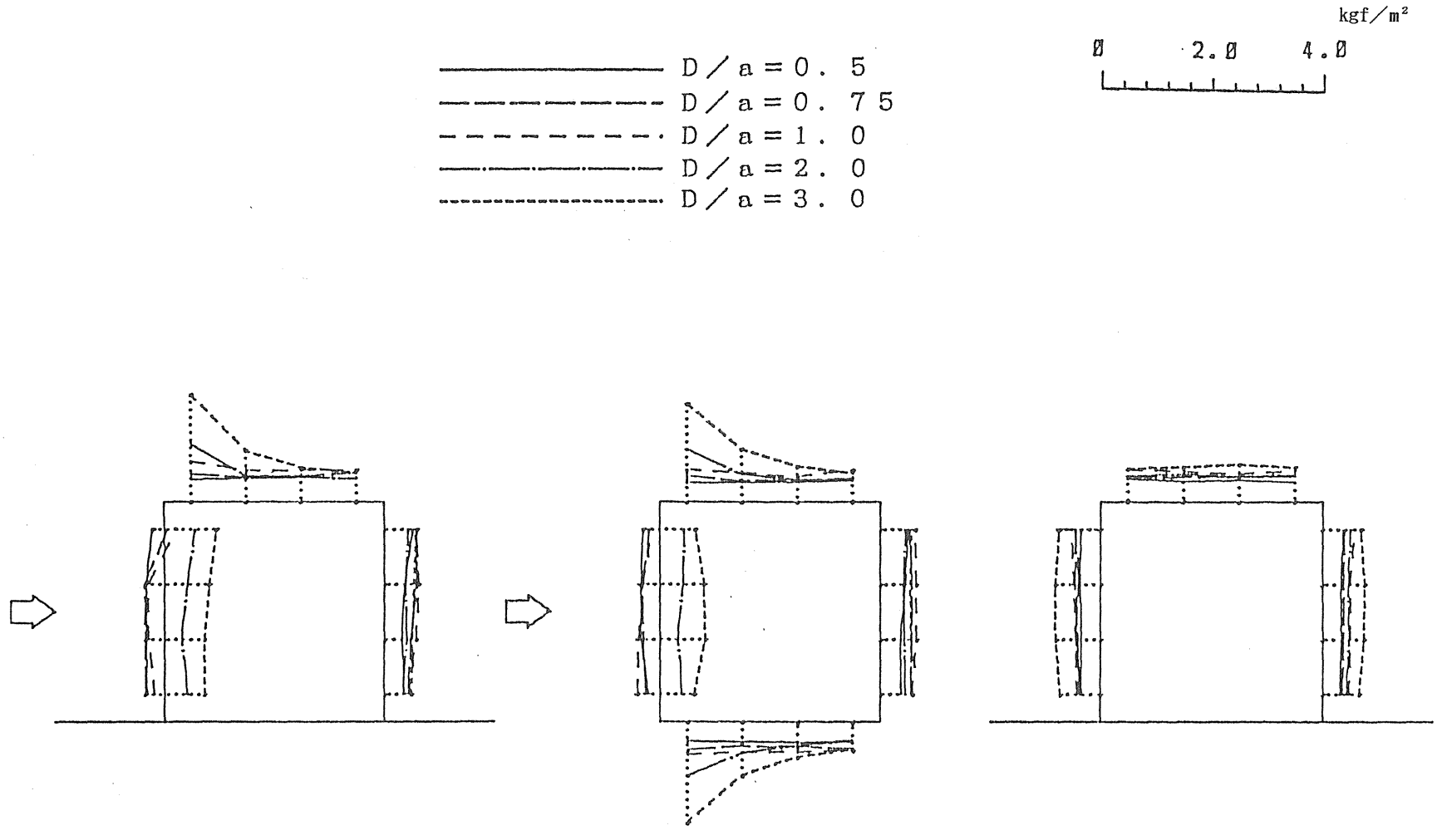


図５－７　D／aの違いによる比較（建物高さ40㎜、底辺長さ80㎜）


D／a＝0．5
D／a＝0．75
D／a＝1．0
D／a＝2．0
D／a＝3．0
kgf／m²
0
2.0
4.0

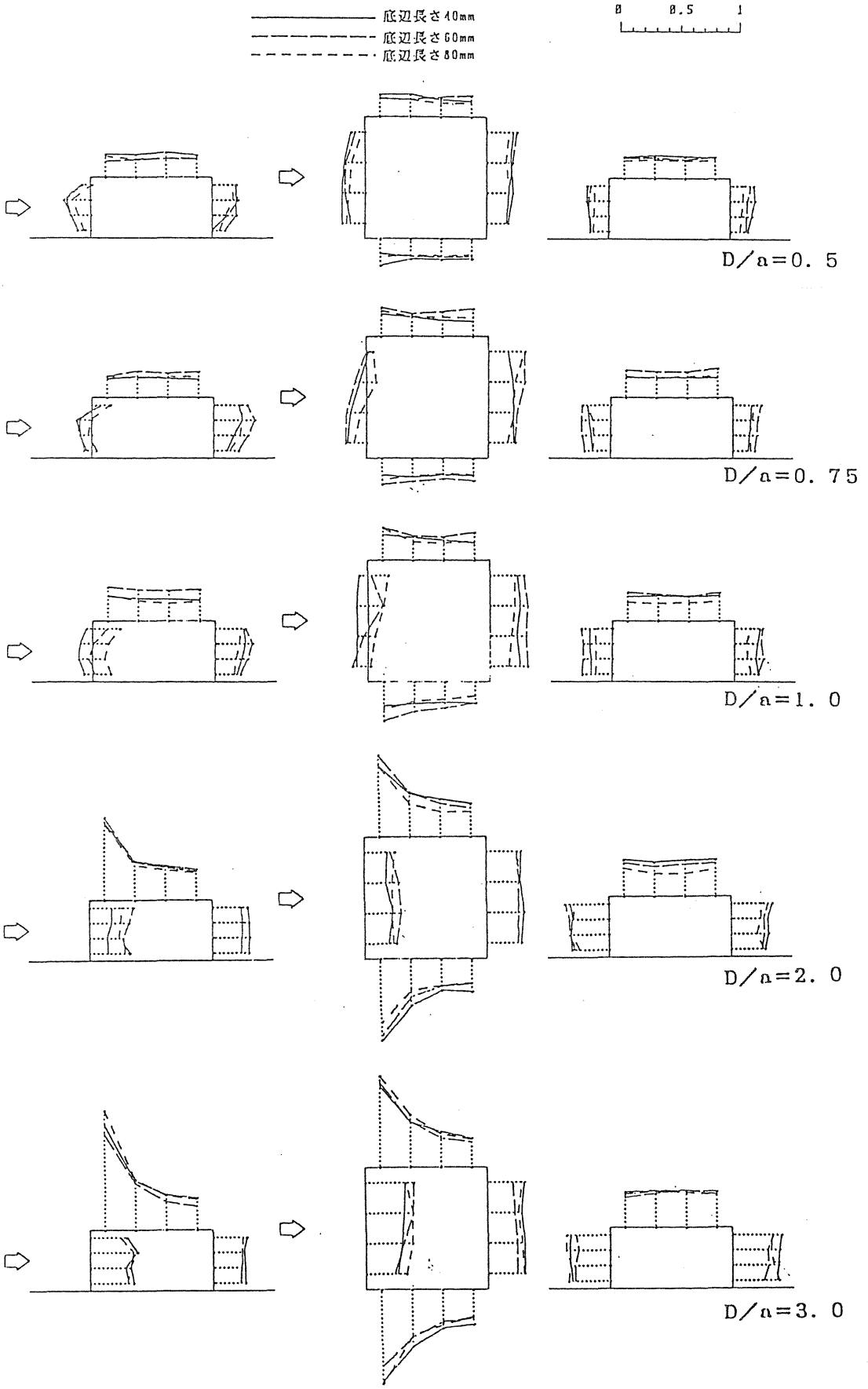


図５－９　基準風速測定位置の違いによる比較（建物軒高の２倍基準）

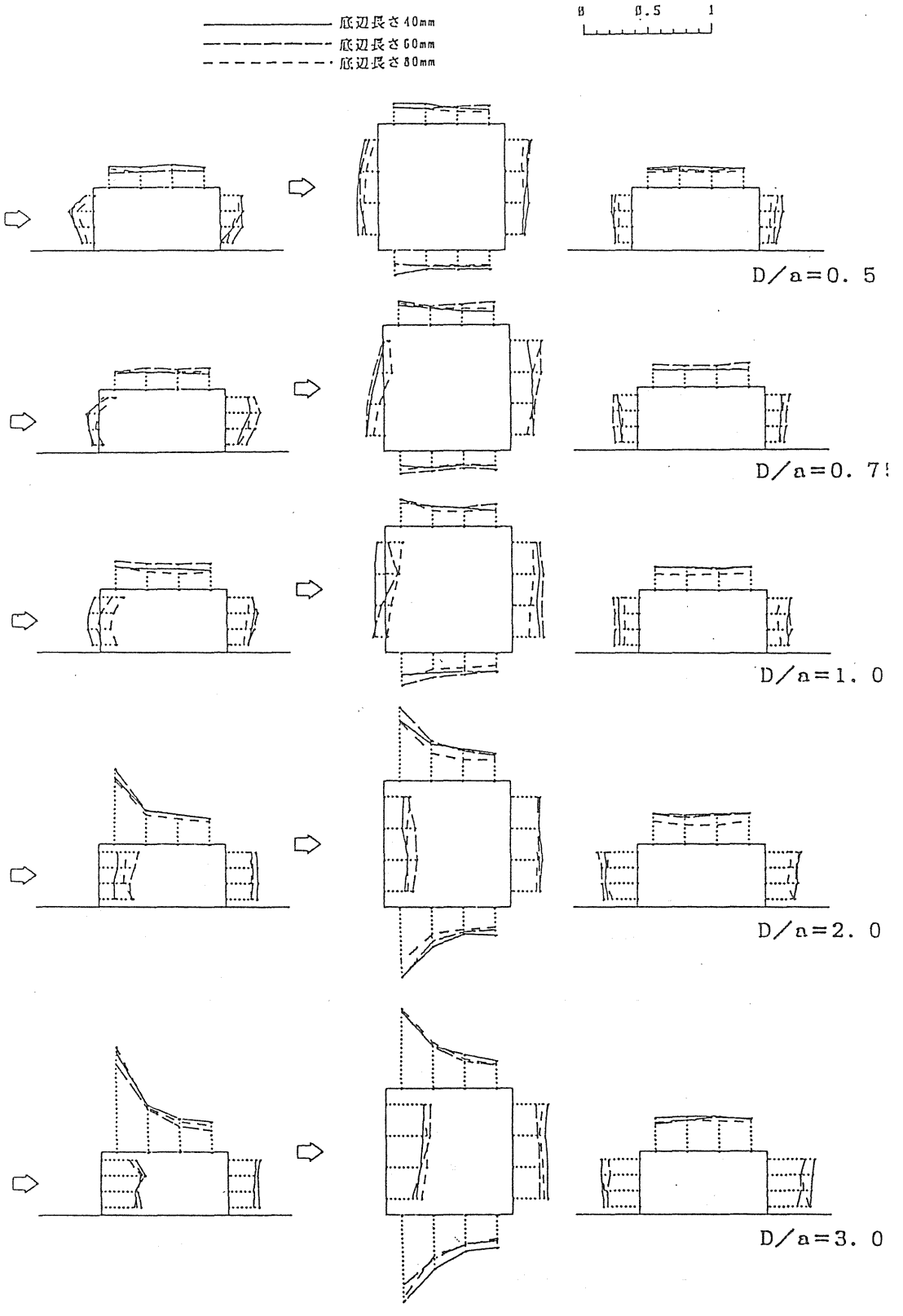


図５－10　基準風速測定位置の違いによる比較（建物軒高の 2.5倍基準）

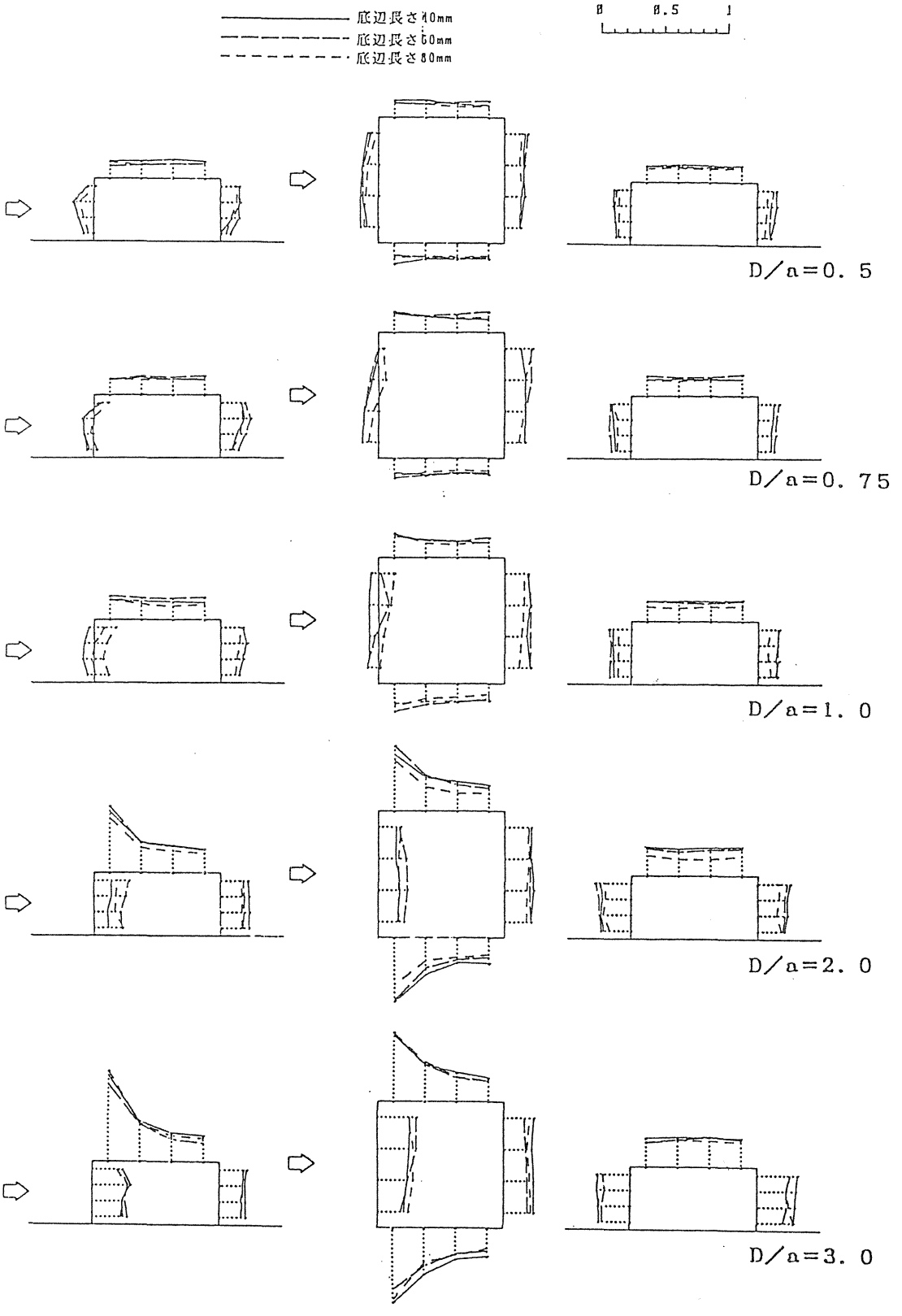


図５－11　基準風速測定位置の違いによる比較（建物軒高の３倍基準）

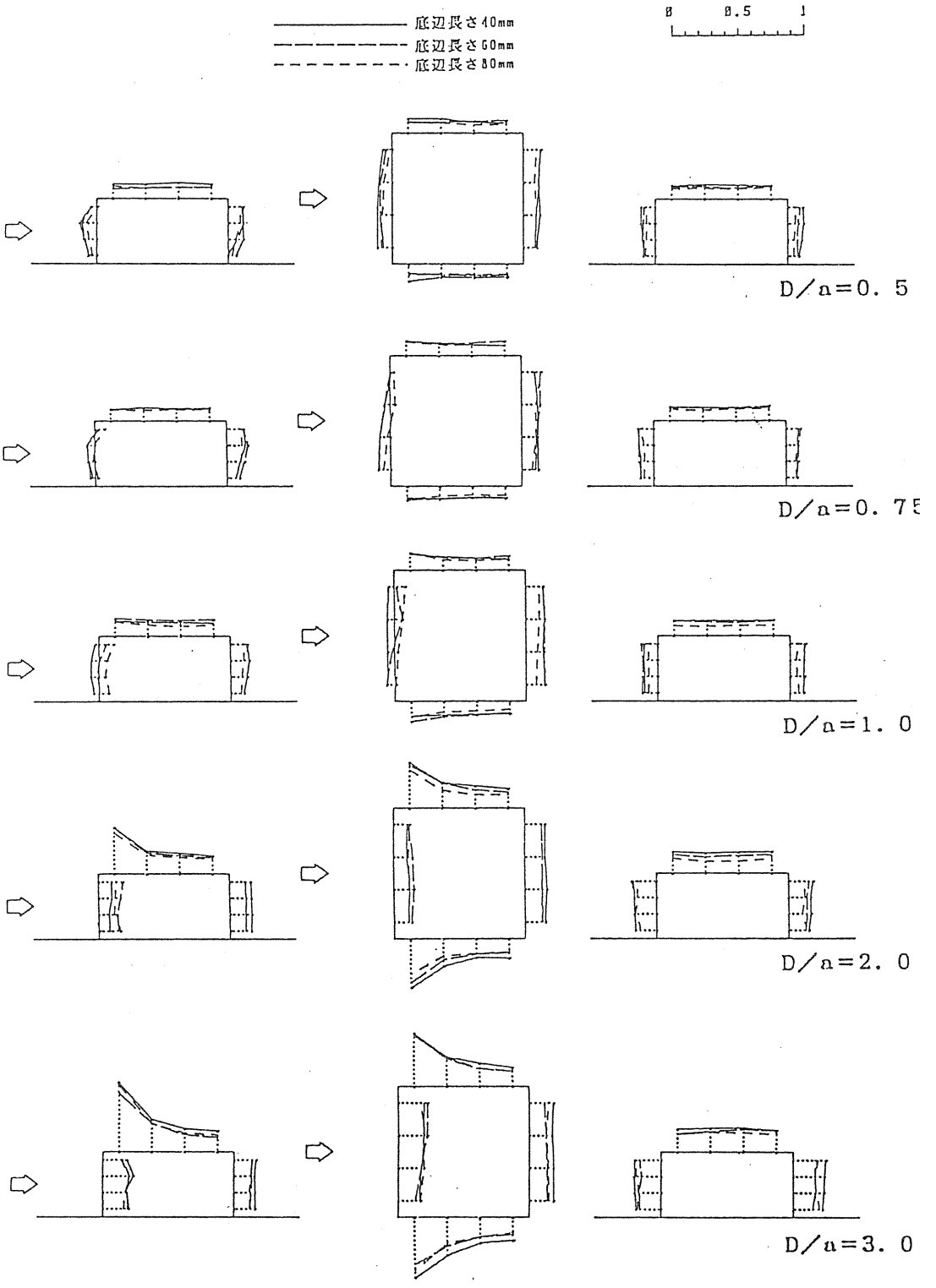


図５－12　基準風速測定位置の違いによる比較（建物軒高の５倍基準）

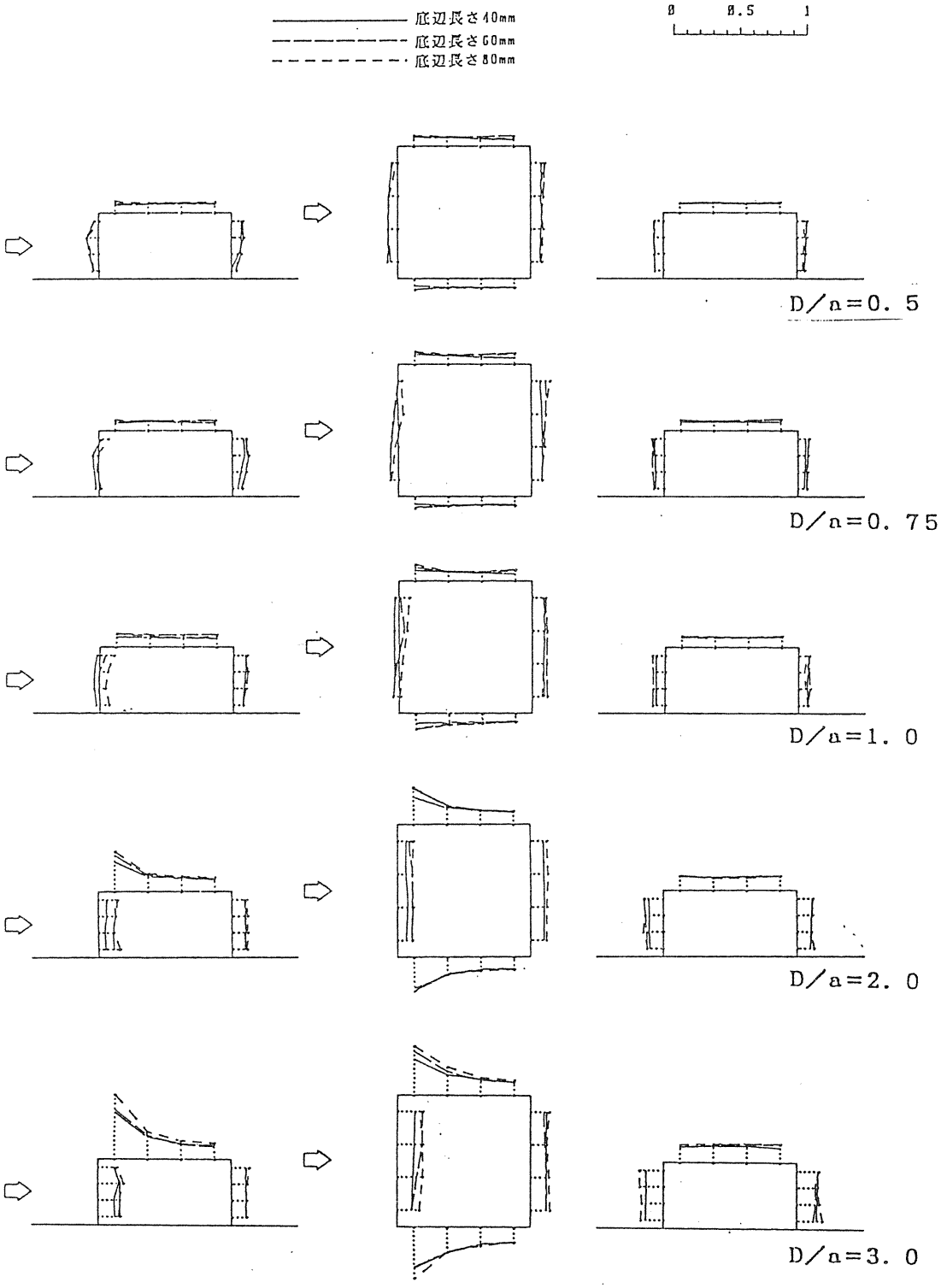


図５－13　基準風速測定位置の違いによる比較（風洞内自由風速基準）

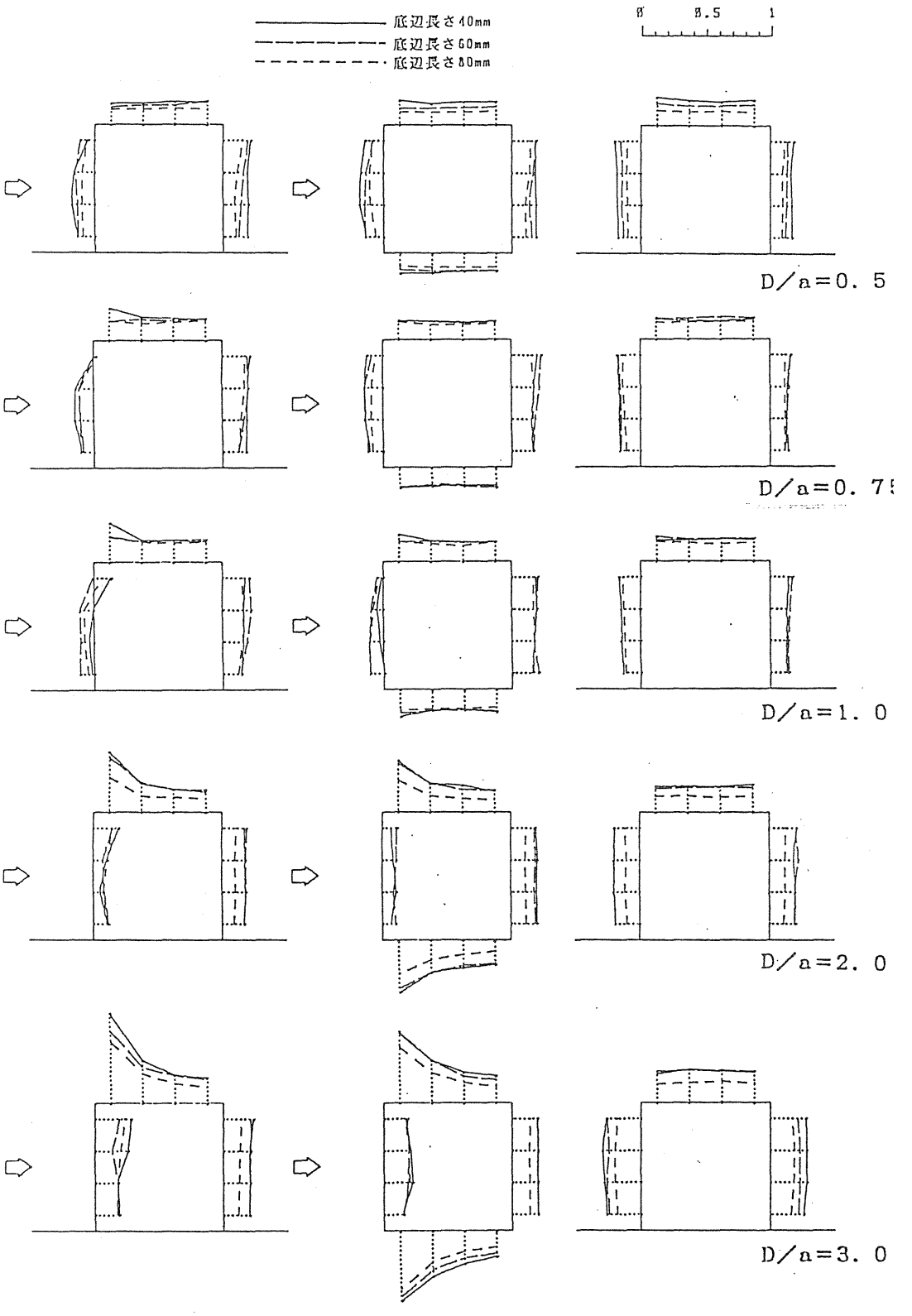


図５－14　基準風速測定位置の違いによる比較（建物軒高の２倍基準）

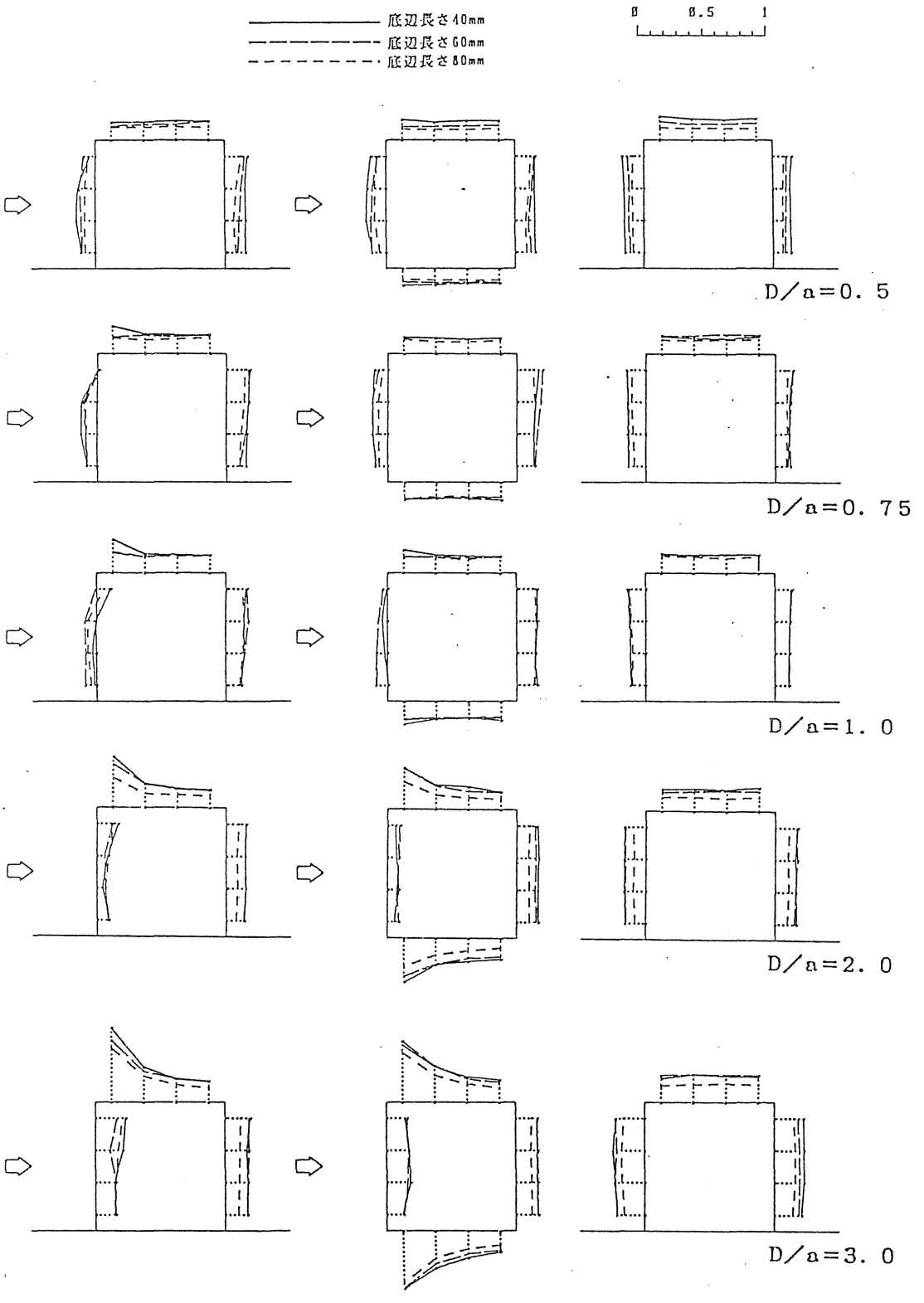


図５－15　基準風速測定位置の違いによる比較（建物軒高の 2.5倍基準）

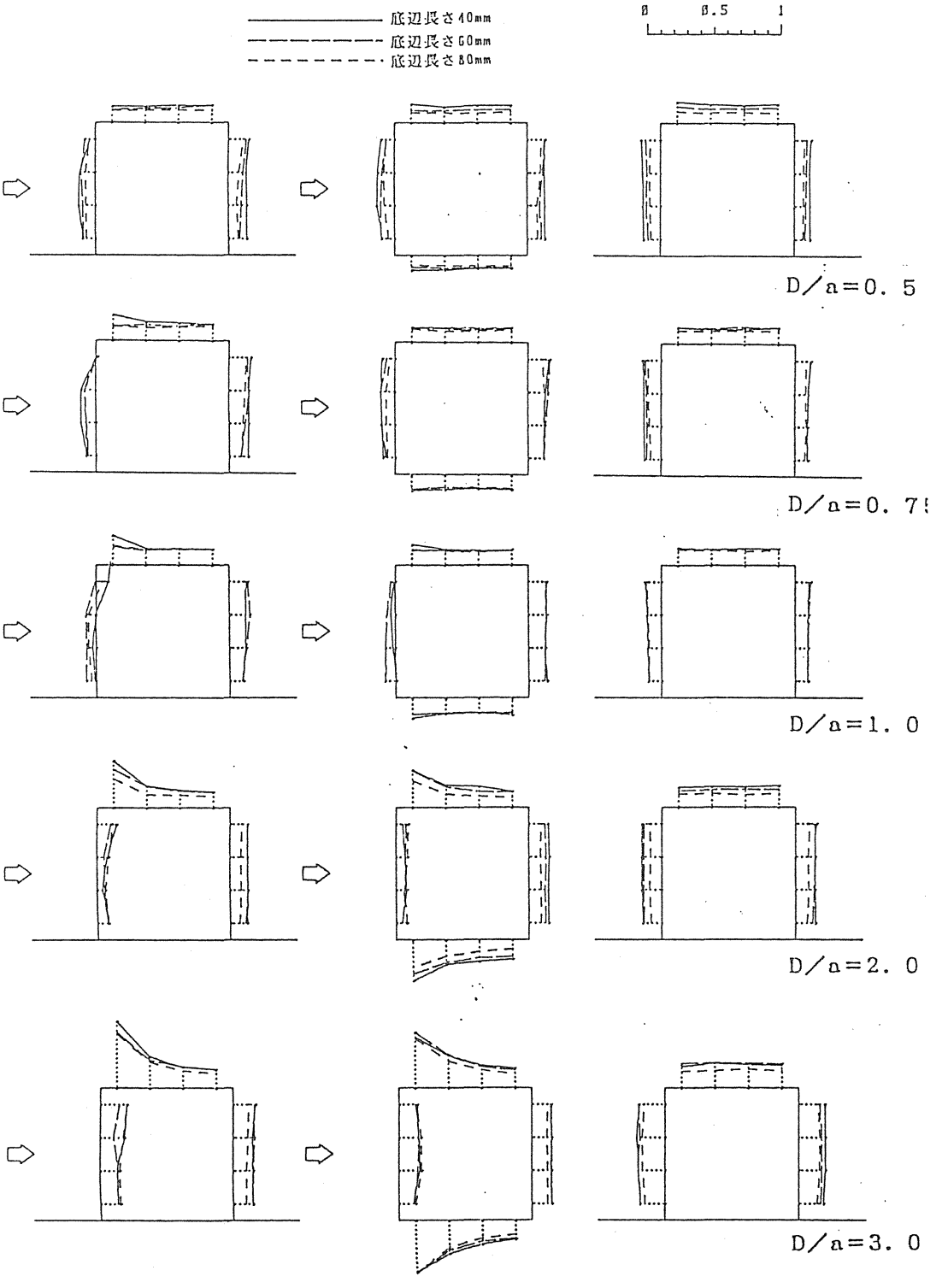


図５－16　基準風速測定位置の違いによる比較（建物軒高の３倍基準）

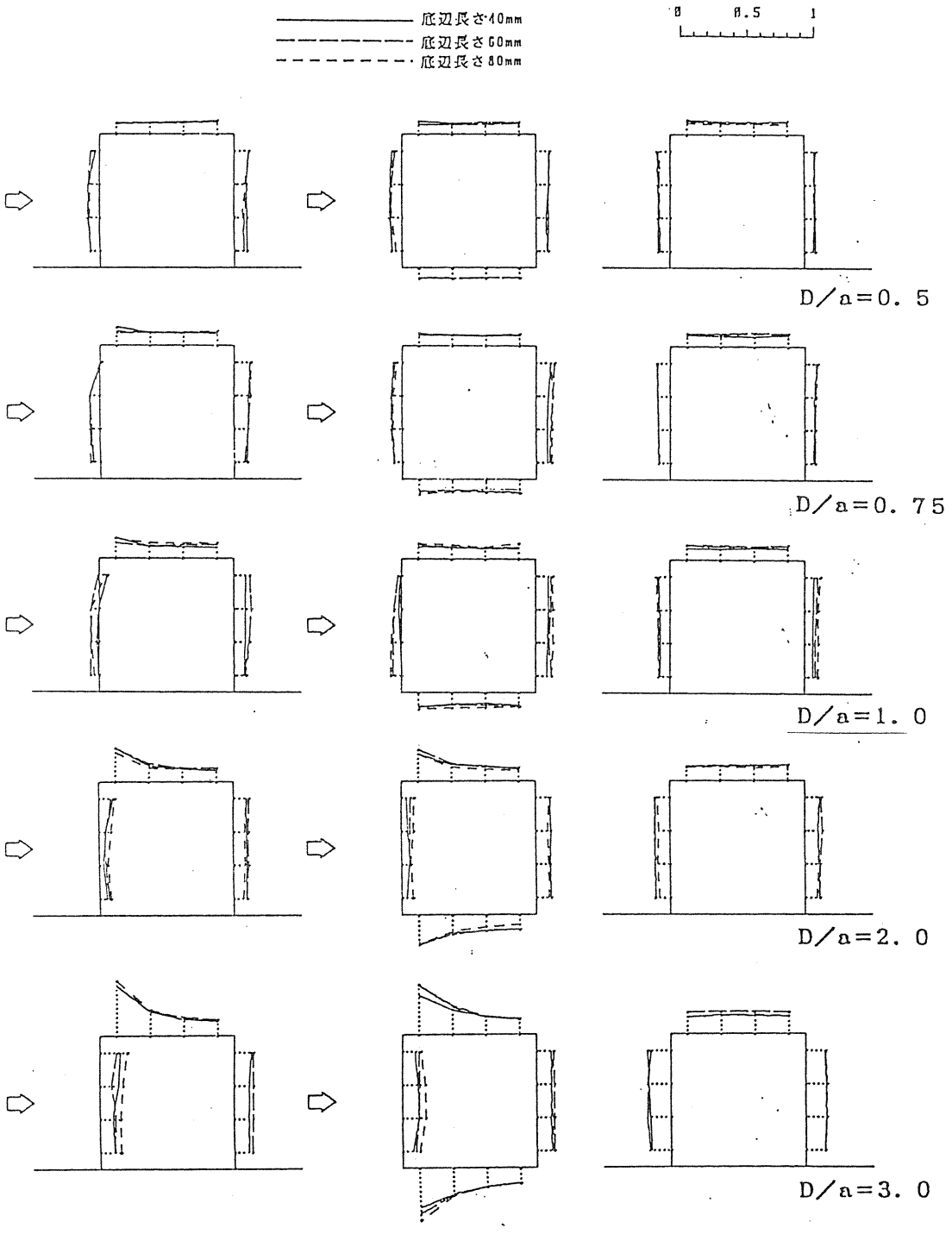


図５－17　基準風速測定位置の違いによる比較（建物軒高の５倍基準）

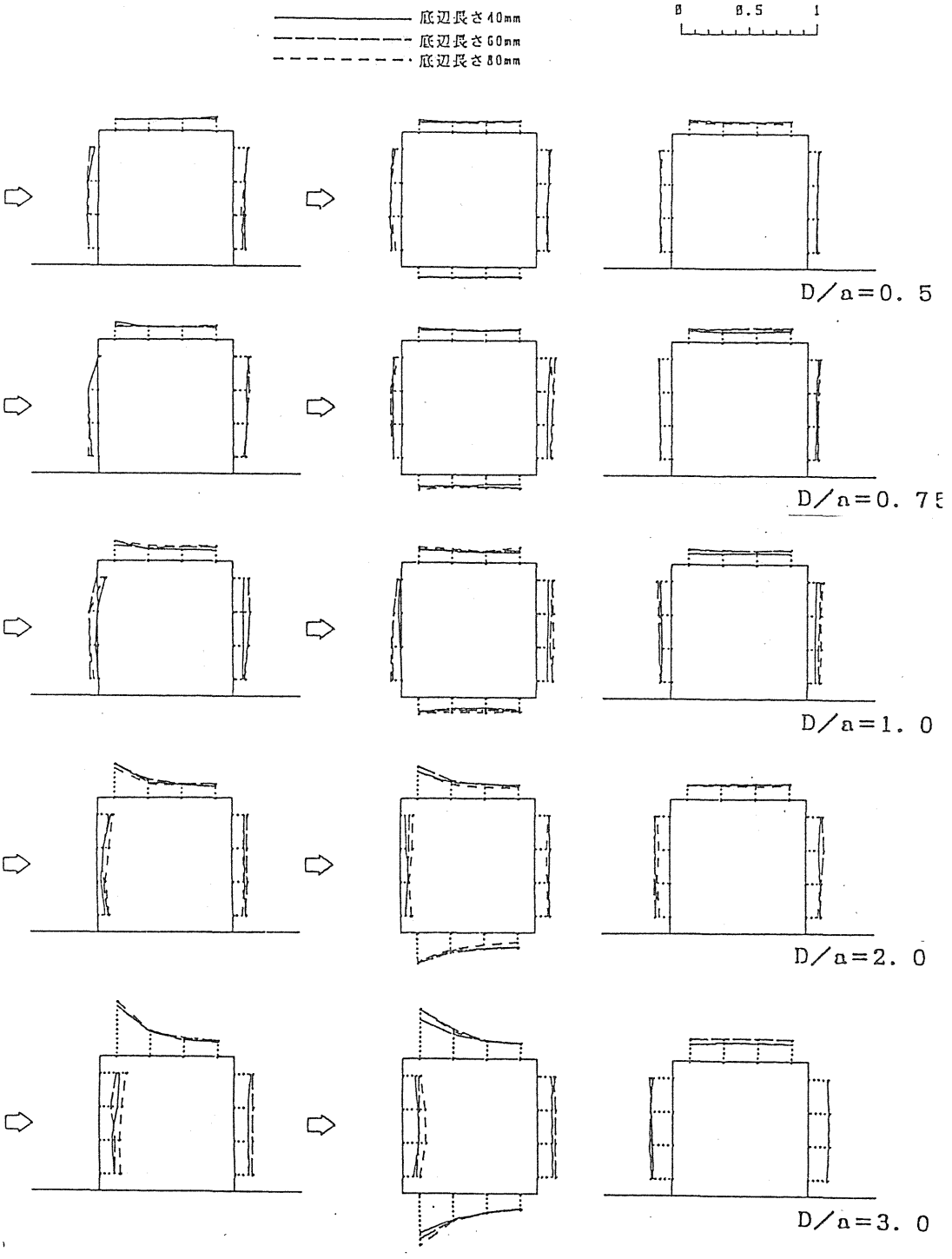


図５－18　基準風速測定位置の違いによる比較（風洞内自由風速基準）

のを相似な高さでの風速より求めた風圧係数を比較するにとどめた。以下に示す風圧係数は、全て風向に直角な街路での風速プロフィルより求めたものである。

１）Ｄ／ａの違いによる風圧力の比較を、建物形状ごとに図５－１～８に示す。風圧力の絶対値はＤ／ａが大きくなるにつれて大きくなるが、特にD/a=2.0，3.0の値が大きくなっている。建物風上側壁面の風圧力は、建物底辺長さに対する建物高さの比が大きくなるにつれてＤ／ａが大きくなっても負圧側に片寄る傾向がある。

２）次に、建物形状が相似となるもの同志の風圧係数の比較を示す。具体的には、（建物高さ）／（底辺長さ）＝１／２，１となるもの（３種類ずつ）を選び、各々について建物軒高の２，2.5，３，５倍の高さと風洞内自由風速（高さ500mm）での風速より求めた風圧係数をＤ／ａ毎に図５－９～13、図５－14～18に示す。

図５－９～13を見ると、風洞内自由風速ないしは建物軒高の５倍の高さの風速より求めた風圧係数は建物の大きさに関わらずほぼ一致するが、それ以外の高さで求めた風圧係数は建物の大きさごとに異なった値を示し、一致する様子は見られない。

図５－14～18を見ると、風洞内自由風速より求めた風圧係数は、D/a=0.5 では建物の大きさに関わらず一致するが、それ以外のＤ／ａでは建物の大きさ毎に異なった値を示す。それに対して、建物高さの２，2.5，３，５倍の高さより求めた風圧係数は、D/a=0.5 では建物の大きさ毎に異なった値を示すが、それ以外のＤ／ａでは建物底辺長さが40mmと60mmのものの値が一致し、80mmのものはそれらよりも小さな値となる。建物底辺長さ80mmの風圧係数が小さくなるのは、建物模型が大きくなったために風上側の模型の個数が少なくなり、基準となる風速が大きくなってしまい、ほかの大きさのものに比べて相似とはならなかったためと思われる。

６．まとめ

建物形状の影響は、特に建物群上空で大きく、建物底辺長さの変化に伴う屋根面剥離気流及び街路風の発達、建物高さの変化に伴う境界層厚さ、粗度係数の増加などが見られる。建物密度の影響は、建物形状の影響とも相まって、建物軒高以下、以上とも大きい。両者とも、街路の方向性、特に風向に平行な街路での街路風の発達に関係する気流の変化が、かなり上空まで及ぶ。また、建物群密度が過密化すると、特異な結果が出る兆候が見られる。

境界層内部で風圧係数を求めることが可能であると考えられる位置は、街路の方向性や配列の影響を受けない高さと、建物群密度の影響を受けなくなる高さの２種類があるが、その高さは建物形状によって変化し、一定とはならず、中には街路風の発達等により境界層厚さいっぱいまでそれらの影響が及んでいるものもある。このため、建物形状によらず一定の高さで風圧係数を求めることには難があるが、少なくとも建物軒高の５～６倍以上が必要と思われる。

風圧係数は建物群密度（とくに建蔽率）に大きく支配されるが、風上壁面については建物高さより負圧域に移行する傾向がみられる。地区容積率より地区建蔽率の方が風環境を支配する有力なパラメータといえる。

参考文献

１）片山忠久、沼田健一郎他；「不等間隔スクリーンによる境界層の形成と建物周辺気流に関する風洞実験」（その６）規則的に配列した住棟群模型の風圧
日本建築学会九州支部研究報告　第28号　昭和60年３月

２）勝田高司、後藤滋；「建物周辺条件の換気通風に及ぼす影響」
日本建築学会論文報告集　No.53　1956

３）建築学大系19　市街地整備計画　１わが国の市街地の特質と計画課題

４）石崎發雄、桂順治；「地表面粗度の違いによる境界層気流性状の変化に関する風洞実験」　風工学シンポジウム　1983

５）佐藤鑑、後藤滋；「風工学における市街地風の変動とその影響に関する研究１」（市街地上の風の性状・その１）　日本建築学会論文報告集　第 188号
昭和46年10月

６）「風害に関するケーススタデイを対象とする風洞模型実験の方法に関する申し合せ」　環境工学委員会　換気分科会　昭和56年３月

７）亀井勇、丸田栄蔵：「高層建築物周辺に生じる強風領域の実験的研究、第２報」　日本建築学会論文報告集　No.264　1978

８）勝田高司、村上周三他；「建物周辺気流に関する実験的研究（Ⅸ）」
日本建築学会論文報告集　No.256　1977

９）徳永一雅、片山忠久他；「建物周辺気流に関する基礎的研究（その６）」
日本建築学会関東支部研究発表会梗概集　1979

10）関根毅、海野健一；「市街地における建築物周辺気流の立体的構造に関する研究」その１．規則的配列模型周辺気流の性状について
日本建築学会論文報告集　第 245号　昭和51年７月

11) B.E.Lee, M.Hussain, B.Soliman ;「Predicting Natural Ventilation Forces Upon Low-Rise Building」 ASHRAE JOURNAL Feb. 1980

12) R.E.Whitbread ;「Model Simulation of Wind Effect on Structures」 Proc.Conf. on Wind Effects on Bidg. Struct. 1963 pp284-306

13) M.Jensen ;「The Model-law for Phenomena in Natural Wind」 Ingenipren-International Edition. Vol.2 No.4 1958 pp121-123

14) 勝田高司、村上周三、上原清；「建物周辺気流に関する風洞実験の測定器、模型寸法及び再現性について」 日本建築学会論文報告集 No.232 1975-6

15) 立川正夫；「自然風中において構造物に作用する風圧力に関する実験的研究ーその１．実験法」 日本建築学会論文報告集 No.150 1968-8

16) 桂順治、守光正幸；「変動風圧力変換器プローブにおけるヘルムホルツの共鳴現象について」 日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和47年

17) 森山修治、村上周三、加藤信介；「風洞模型実験における変動圧測定法に関する研究ー導圧管を用いる変動圧力測定系統の周波数応答特性について」 日本建築学会関東支部研究報告集 昭和59年

18) 村上周三、森川泰成；「建物周辺の各点における風速頻度分布の形状に関する研究ー頻度分布からみた強風及び弱風発生の構造ー」 風工学シンポジウム 1980

19) 日野幹雄；「スペクトル解析」 朝倉書店

20) 石崎發雄、光田寧；「暴風雨における風圧力について」 日本建築学会論文報告集 No.150 1968-8