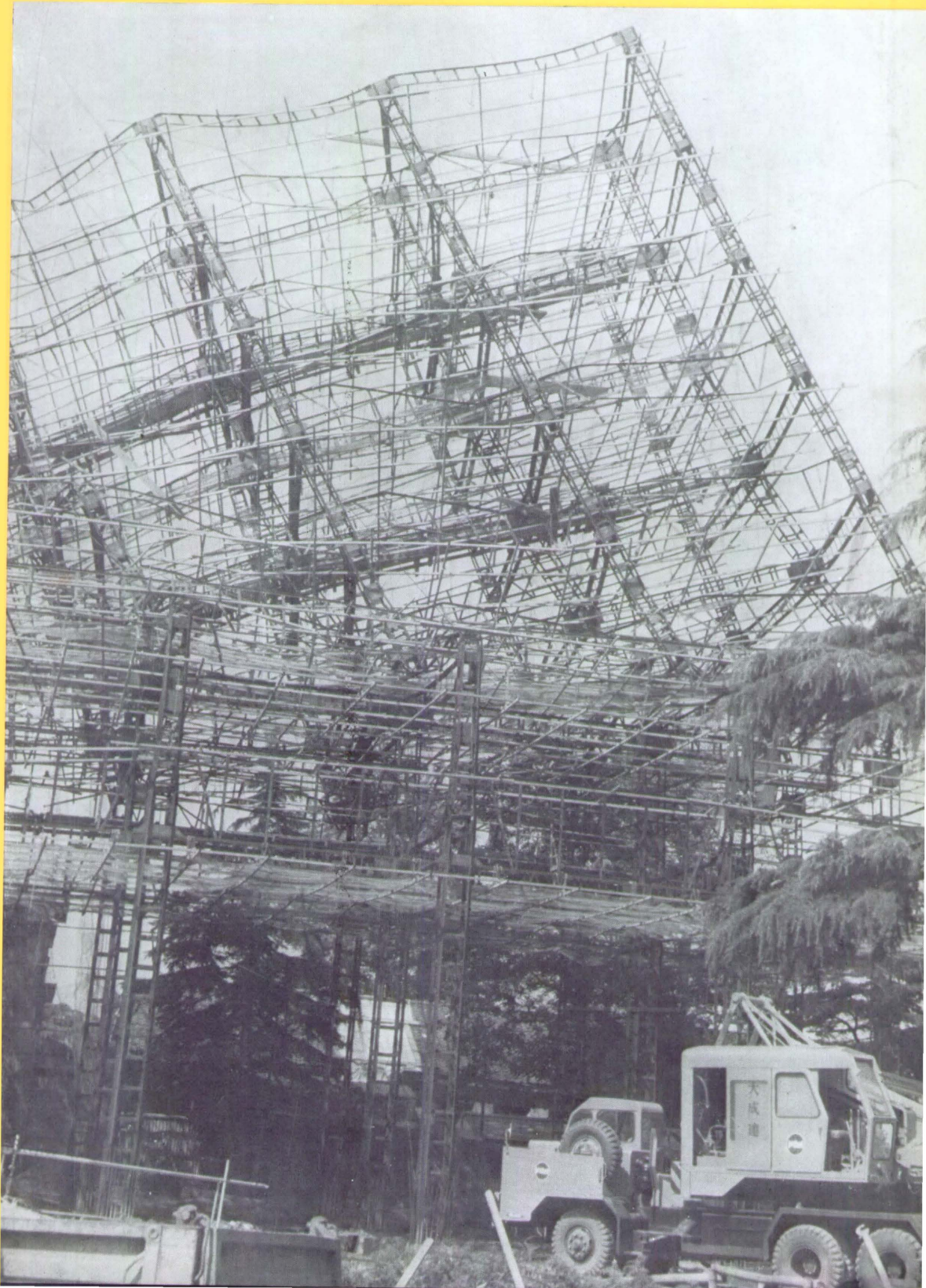


防災科学技術

NO. 15

1970
Sept.

科学技術庁 国立防災科学技術センター



も く じ

風 害

超高層建築物と風.....牧 野 稔・1

超高層時代と風害.....相 馬 清 二・5

会 議 報 告

天然資源の開発利用に関する日米会議 (U. J. N. R.).

耐風耐震専門部会第2回合同部会に出席して.....有 賀 世 治・8

海 外 短 信

ロンドン市民は 50% 増の日照を獲得.....・12

ペルーを襲った大地震.....・13

おもなニュース.....・7

表紙写真： 1969年6月26日、梅雨台風と呼ばれた強風によって
倒壊した、東京都柏江町、荻恵大附属病院ビル鉄骨

超高層建築物と風

建設省建築研究所国際地震工学部第二耐震工学室長

牧 野 稔

我が国の建物の耐風設計

昭和9年の室戸台風は、関西地方の建物等に大被害をもたらした。とくに、木造学校校舎の倒壊が相次ぎ、勉学中の児童生徒が多数遭難するという惨事となった。これを契機として耐風設計が強く認識されるようになり、設計上、構造上の改善が行なわれ、法規等も整備されたので、風害の発生はその後比較的設計や施工が適切でない建物に限定されるようになった。

戦後の伊勢湾台風あるいは第2室戸台風においては木造の学校校舎の倒壊はほとんど見られなくなった。後者の場合には幸いにして高潮の被害がなかったので、公団住宅における屋根の被害などが話題となった。このような被害を生じた大きな原因は、構造骨組と外装材である波形スレートとの組合せに安易な技術上の妥協があったためと考えられている。

これまでの木造建物では特に耐風の構造計算をしているわけではなく、経験的な教訓が構造細部を決めている場合が多い。また構造計算にしても静的な力として取扱っているのが普通で、諸外国でもほぼ同じ事情にあるようである。しかも通常の建物は実際に被害が少なく、一応耐風設計は

確立され、法の目的は達成されつつあるかに見える。

ところで最近、我が国でも超高層建物が建設されるようになって、耐風設計が見直される機会が来た。しかし一般には耐風設計は耐震設計の陰にかくされて、骨組設計に重大な影響を与える場合はまだ生じていない。わずかに外装材の取付け、窓ガラスの設計等に局部的な風圧効果を考えている程度である。例えば、三井霞ヶ関ビルのガラスの設計においては、東京タワーにおける風速測定の結果が参考とされたが、このように設計に設計者が具体的な指示を与えることは稀れようで、ガラスメーカーあるいはサッシメーカーに設計がまかされている例が多い。すなわち建物の設計者は、耐風設計は問題にならないというような観念があって、一般に研究をおろそかにしてきた傾向がある。これが風害問題を生じた遠因の一つと思われる。

各国の研究状況

高層建築物に対する風の影響は、アメリカで、1926年9月マイアミを通過したハリケーンによる被害によって注目されたようである。このとき鉄筋コンクリート造建物に被害がなく、17階と15階建の鉄骨造の建物で、内外装が破壊され、骨組に永久変形を残したものがあつた。

この経験より高層建物は強度のみならず剛性も十分でなければならないということが認識され、十分な設計のためには実測で風の影響を調べる必要があると言われるようになった。

実測で風の影響が調査された最初の高層建物は Empire State Building のようである。1940年の Rathbun の報告によれば、この建物は風の乱れと空気力学的な力によって、自然風中で絶えず振動しており、その振動の大きさは平均風圧によ



写真-1 第2室戸台風の被害（公団中百舌鳥団地）

って定常的にたわむ量とほぼ同じであった。またこのときは風洞実験との対比も行なわれたが、風洞実験と実測は非常に違っていたそうである。それから20年余りの間は、実測の報告はなく、基本的な形状の構造物についての風洞実験が多く行なわれた。その一つの成果は、1956年スイスの風荷重の規準に詳細な風力係数の図表となって現われた。この図表は、その後カナダやニュージーランドの規準にも採用され、英国もこれに追従するような動きがある。我が国の建築基準法施行令に示す数値に比較すれば非常に精緻であり、合理的な面も認められるが、風洞の様な流れの下で求められた値が基準となっているので、自然風中では異なった結果を招来することも指摘されるようになってきた。

このため近年は実際の建物で自然風の影響を実測することが行なわれるようになった。戦後、建築研究所においては亀井氏等が実際の各種建物について風力係数や振動の測定を自然風中で行なったのは、世界の大勢より早かったが、深く追求されずに終わった。その後イギリスの Building Research Station では1957年頃より研究を進め、これまで2つの建物についての報告が発表されている。

イギリスの研究は、建物に風圧計をつけての風圧変動を測定するものであるが、最近では、建物の前面で風速の観測を測風塔をもうけて行ない、建物では、これに対応する風圧や建物に生ずる歪の測定を行ない、両者の直接の関連を求めることが、メルボルン大学や、アメリカの国立標準局などで行なわれている。カナダでは実測と自然風に近い風速の鉛直分布と乱れを発生するように工夫した、いわゆる境界層風洞での縮尺模型による実験との対比が行なわれ、風速変動を統計的に取扱う方法の確立を目指す研究が行なわれるようになってきている。

我が国では、科学技術庁の特別研究促進調整費による最近の都市開発に伴う水害および風害に関する研究の中で、気象庁気象研究所と建築研究所が協同で、過去3年間都市内の気流や建物に作用する風圧等の研究を行なってきた。現在この報告書をまとめつつあるが、今後進展せしめなければ

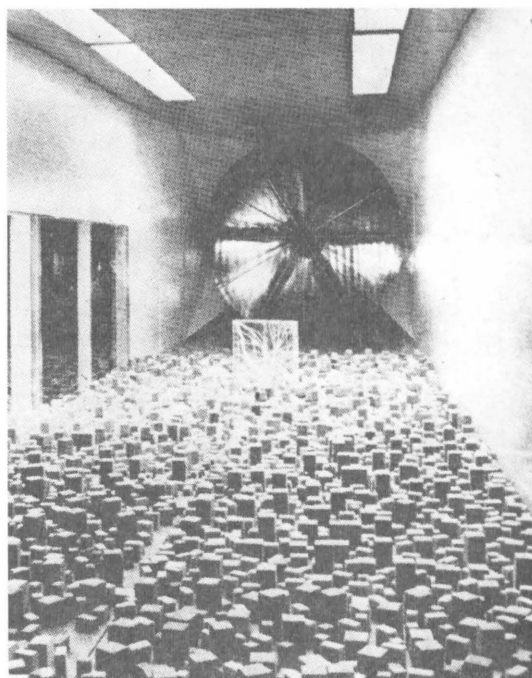
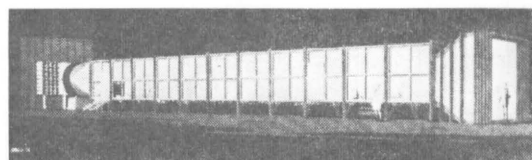


写真-2 模型を配置した境界層風洞内部 (Tall Buildingsより)



Boundary layer wind tunnel at the University of Western Ontario.

写真-3 Western Ontario 大学の境界層風洞 (Tall Buildings より)

ならない関連した研究の分野がますます拡大しつつあるのが現状である。

風による各種の障害について

風による障害には、建物自身に生ずるものと、周辺に及ぼす影響とがある。建物自身におけるものとしては、

- 1) 構造骨組の設計に関するもの
- 2) 外装材の設計に関するもの
- 3) 居住者の物理的あるいは心理的不安感に関するもの

また建物周辺に及ぼすものとしては、

- 4) 建物の後方の渦流によって他の構造物が励振されるなどの悪影響

- 5) 建物の後方の渦流が建物近隣の居住者や歩行者の障害となる影響などがある。

日本における超高層建築は、いかに地震に対処するかより出発した。そして高くすれば建物の固有振動周期が長くなり、地震のときに大きい力を受けなくて済むことが次第に明らかになり、従来考えられていたほど不経済な設計にならずにすむので現実には具体化されてきた。しかしさらに細高い建物を計画するならば、風圧力が地震力を上廻り、構造骨組の強さを決めることであろう。

外装材に作用する風圧力は、建物の形状、風の乱れの強さ、壁面に当る風の角度などに大きく左右される。実際の建物における実測の結果は、非常に有効な資料である。幸い現時点では我が国の高層建物の外装材の強度は、かなり余裕のある場合が多い。ただ風の強いときの雨水の浸入については、住宅などの場合、苦情の種となっている。

固有振動周期の長い細高い建物では、風下にできる周期的な渦のために風と直角方向に力を受け振動する。この周期が建物の固有振動周期に近いと大きくゆれることがある。このような障害を生ずる建物は、我が国では報告されていないが、イギリスやアメリカあるいはオランダ等には生じているようである。耐震設計と耐風設計で利害の反

する点であり、いずれにしても建物の骨組になるべく大きい減衰を与える工夫が必要である。

4) の項目は、超高層建物が2つ並んで建つような場合に考えられることである。風下側の建物は風上側の建物より発生する渦流のため、励振されて大きく振動することになる。八角形の高層アパートの模型を2つ並べたイギリスの実験例では、風下側の建物の風圧変動は、風上側の建物での値の5倍に達することがあることを見出している。

計画的に超高層建物の配置が検討されるときはこれらが考慮できるが、すでにある超高層建物の風上に他の超高層建物が建ち、そのため特定の風向の風のときによく振動するような障害を生じたとき、公害というべきものなのであろうか。

風は一般に上空程強い。このような速度勾配を持った風が高層建物に当たると、高層の速度の大きい風が、建物に沿って下層に吹き下ろされ、これに建物があるために収束効果が加わったり、あるいは建物背後の渦流が加わると、建物の側面や背後に乱れの大きい強い風が吹くことになる。このため諸外国でも新しい建物ができて、歩行者が歩行困難になったり、自動ドアが使用できなくなったりする現象が起ることが認められている。

超高層建物による乱気流として新聞等に取扱わ

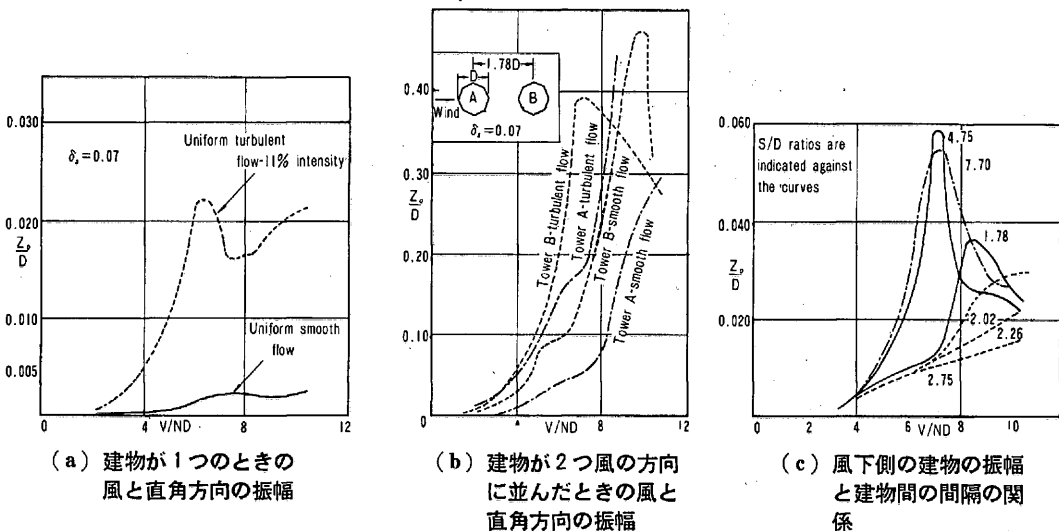


図-1 風洞実験による50階建の八角形塔状建物の風速と建物振幅との関係 (Scruton, C. の報告より)

れたが、一部の現象はビル風として知られていた。風の乱れが大きいために、生活上の支障と結びついて何かと話題となるようである。台風時などに近隣の構造物を危険にするような影響となるかどうか、今後さらに研究を進めねばならない点の一つであろう。

む す び

建築物の耐風設計に当たって、空気力学的特性を考慮した風洞実験を行なえば、ほぼ建物の耐風性状を把握することが可能であろう。前に述べたイギリスにおける実験は、香港におけるアパート群の配置計画に関する研究の一部をなすものである。地域計画的な考慮をして、適切な構造形式を採用するならば、建築物の風による振動障害はさけることができるものと思われる。

超高層建物において、近隣の建物や、歩行者に対する影響を考える場合には、風速の鉛直分布や風の乱れをなるべく自然風に近似した風洞実験が必要とされるであろう。これだけで解決できない要素を自然風は含むものであるが、地域計画の面での風洞実験の活用などが計られねば、風公害といわれる問題は解決できないのではあるまいか。

耐震設計で建物が丈夫に作られる宿命のために建築物の耐風設計の研究は世界の進歩に比較して

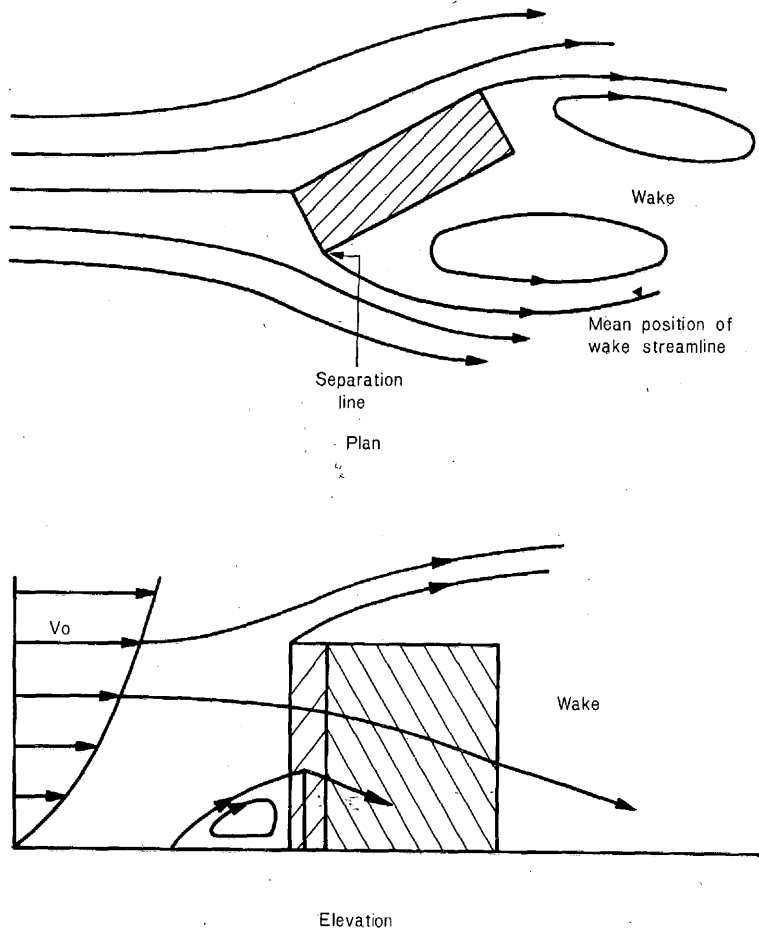


図-2 勾配を持った風速分布のときの建物の廻りの風の流れ
(Baines, W. D の論文より)

足踏みをしているように感ぜられる。

とくに、国土の狭い我が国においては、国土の高度利用に当たって、大気汚染から構造物の安全まで含めて、公害を起さないような地域計画が立案実行されねばならないと考えられるが、これらを推進するには微気象学的な取扱いのできる風洞実験施設やこれに関連する実験技術の開発におくれがあり、これらの整備が緊急なのではないかと思われる。

超高層時代の風害

気象研究所物理気象研究部第一研究室長

相 馬 清 二

ハリケーンと台風

昨年8月に、米国南部を襲ったハリケーン・キャミールは90.1m/sの強風をもたらした。これは恐らく、平地での観測記録としては世界最大の風速であろう。それまでは、わが国の第二宮古島台風の際に得られた85.3m/sが最大と考えられていたが、この記録は破られた訳である。因に、このハリケーンによる被害は総害5,000億円にも達したという。第二宮古島台風では、被害の大部分が風によって占められ、とくに小中学校の木造校舎の倒壊が目立った。その被害率は、半壊を含めて85%という高い値に達した。

世界の強風資料を調べた処によると、その規模、強度において、やはりハリケーンと台風が群を抜いている。いわば、この二つは暴風界の双壁である。これらを背負い込んでいるのが米国と日本であるが、ハリケーン区域は国土の一部にすぎない米国でさえも、強風による災害は年々増大の傾向にあって、その対策に腐心している。国土が狭く、全土が台風の脅威にさらされ、しかも主要な都市が台風常襲地帯に偏在しているわが国では米国よりもはるかに厳しい強風環境に置かれている。構造物が次第に巨大化し、高層化しつつある現代にあって、この問題を改めて考える必要が生じてきた。

風に弱い市街地

地理的な条件からいって、85.3m/sなどという強風が内地の大都市を襲うことは、まずないであろう。また、台風は都市だけを目がけて来襲するわけでもない。それにも拘らず、台風のたびに都市が問題になるのは、市街地は風に対して、とくに弱い面をもっているからである。昨年6月に、梅雨期には珍らしい強風が関東地方一帯に吹き荒

れたことがあった。それとても、気象庁の観測でただか平均20.3m/s、瞬間34.0m/sの風にすぎなかったが、都内では10階まで組みあがった高層ビルの鉄骨が三ヶ所で倒壊し、また、ビル建設中の足場が崩れるなど多くの被害を生じた。これらは市街地風害の一例に過ぎない。

市街地の形態と風

大小さまざまなコンクリートビル、その間に挟まれたカワラ屋根の木造家屋、屋根を掩う大小無数の看板など、種々雑多な構造物が不規則に配列されている市街地は、他の地表形態には見られない複雑さがある。ここで乱された風もまた複雑で、従来の大気乱流理論だけでは処理つかないむずかしい性状を呈している。風速の高度分布にしても、これまでの法則とはまったくちがった特異な形をしているという報告がある。

このような市街地で、最近、ビルの高層化の傾向が目立ってきた。都内にはすでに40階、150～170メートルの超高層ビルが三つも出現している。このあとにも、200メートルを越す超高層ビル、これらの群落などの建設計画がぞくぞく続いている。また、東京タワーの2倍、尖端は雲にかすむと思われるような600メートルのテレビ塔を、都内のど真中に建てようという計画も報道されている。地震国、台風国のわが国も超高層時代へのスタートを切った訳である。地震の問題はさて置き、その複雑さに手を拱ねている間に、都市風の問題が急速に眼前に迫ってきた感がある。

耐 風 工 学

他を圧してそびえ立っている超高層ビルはまことに壮観である。近代技術を集中して造られたこの巨大な建造物が強風で事故を起こすなどとは毛頭考えていない。しかし、自然は時として、当時

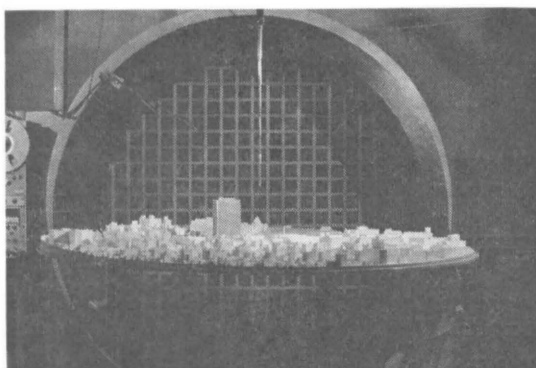


写真-1 都市模型による風洞実験の状況
風洞口径 1.5 メートル

の科学では考え及ばなかった威力を発揮することがあり、それによって苦杯をなめさせられたことがこれまでも何度かあった。このことを何時の時代にも忘れてはならない。

1940年に、当時の技術の粋をつくして造られた全長1,200メートルのタコマ橋が、わずか19m/sの風で完全に破壊されたことがあった。この風に含まれていた乱れによって、橋に振動が誘発され、ついに落橋するに至ったのだという。現在では、常識のようになっている乱れの作用も、当時では、まだ未知の問題だったのであろう。最近、続いて起った巨大タンカーぼりばあ丸、かりふおるにあ丸の海難事故なども、近代技術が自然に挑戦して、その隠された威力に屈した事故とも見られる。近代技術とて、必ずしも完全に科学によって裏づけされたものではない。構造工学は進歩したというものの、構造物に対する風の作用の問題は、まだ十分解明されていない。また、市街地の風、とくに超高層タワーの耐風設計に必要な、市街地上空300~600メートルの強風の性質はまったく未知と言ってもよい。150~200メートルを越す超高層ビルに対しては、風は地震を上回る破壊力をもつと言われている。構造物の巨大化、高層化および軽量化は今後ますます強まる傾向にあり、これにともなって、耐風設計の重要性は増してくる。このため、耐震工学に対応する耐風工学とでも呼ばれる学問分野を設けて、研究を進める必要が急速に生じてきた。

巨大建造物周辺の気流

岬では突風が多く、また海峡では強い収束気流があるなどの地形性強風の現象はよく知られている。第二宮古島台風では、小山の側面で、とくに家屋の被害が多かったと報告されているが、この山の高さは100メートルにも満たなかった。建造物も150~200メートルになると小山の高さに相当する。そのため、地形性強風に見られる収束その他の現象が超高層ビル周辺に見られる可能性が生ずる。

都市風研究の一環として、霞ヶ関超高層ビル周辺の気流観測を一昨年来行なってきた。台風時などの、とくに風の強い場合の資料はまだ得られていないが、高層ビル周辺に特異な気流の存在することが判った。その一例を第1図に掲げる。図によれば、霞ヶ関超高層ビル屋上187メートルの風速を基準とした場合、このビル側面では基準の2倍位の強い風が吹いている。自然風は高さと共に風速の増大するのが普通であるが、ここでは、それが逆になっている。このビルから南へ約1,500メートル離れた東京タワーでは、下層では弱く上

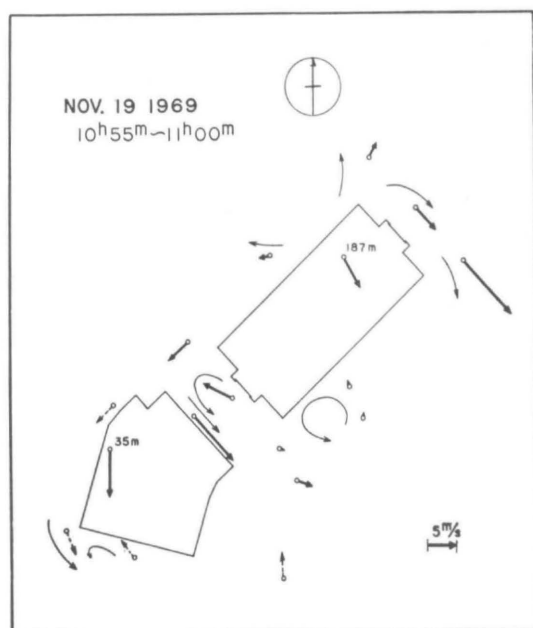


図-1 霞ヶ関超高層ビル周辺の風速分布
1969年11月19日の観測の一例

空に向かうほど強いという正常な風速分布を示していた。ビル周辺の異常な風速分布は、やはり超高層建築物、あるいはそれと隣接した建物との相互干渉によって生じたものであろう。理想化された単純な市街地模型による風洞実験でも（写真2，第2図）これに似た現象が見いだされた。電子計算機を用いた数値計算でも、建物周辺での収束現象による風の増速作用は確かめられた。

結局、流体の本質にこのような性質があって、超高層ビル周辺の自然風にもそれがあらわれているということである。ただし、実測で得られた2倍という値は理論および実験結果を上回る大きい値である。強風の際には、この倍率は減少するものと予想されるが、しかし、一般の場合よりも風が強いという傾向は依然として残るであろう。とすれば、巨大建造物に近接した家屋は、やはり、他より厳しい強風条件の下に置かれることになる。

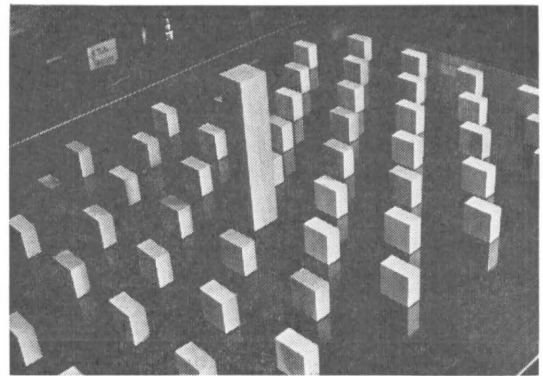


写真-2 理想化された市街地模型（小型ブロックの寸法50×55×25mm³）

おもなニュース

◇耐震実験室発足

7月1日付で従来の大型耐震実験施設建設準備室は発展的に解消し、耐震実験室が新たに発足しました。これは筑波研究学園都市に開設されたもので、同日付で、沢田室長以下6人の室員が赴任しました。なお開所式は11月上旬に行なわれる予定です。

◇大型耐震実験施設の視察相次ぐ

7月9日には参議院建設委員会一行（委員長田中一）が、また7月20日には根本建設大臣一行が筑波研究学園都市を訪れ、防災センターの大型耐震実験施設などを視察しました。

◇環境問題検討会発足

最近の公害問題に関連して科学技術庁でも環境問題を検討することとなり、本年6月より関係者が集ってこの問題を取りあげることになりました。この検討会には防災センターから企画課長が委員として参加しています。

◇新庄支所実験庁舎建設始まる

新庄支所の実験庁舎は7月下旬に着工し、12月中旬に落成の予定です。

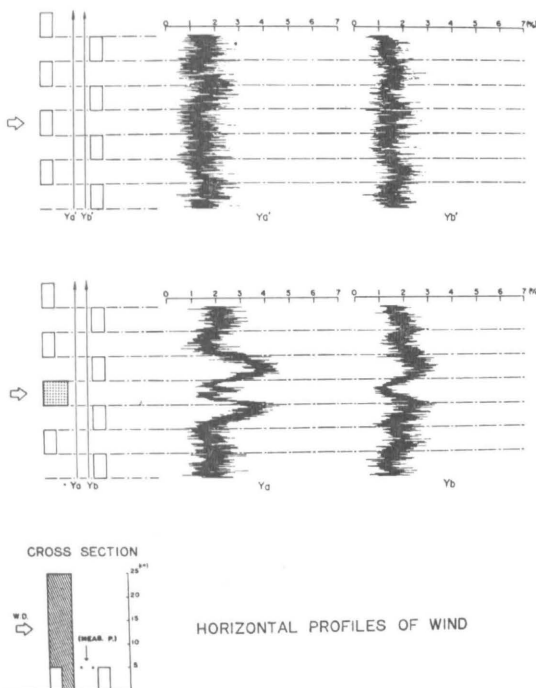


図-2 理想化された市街地模型による風洞実験の結果，高いブロックの後側面で気流の増速傾向が見られる。

天然資源の開発利用に関する
日米会議 (U.J.N.R) 耐風耐震
専門部会第2回合同部会に出
席して

第1研究部長 有 賀 世 治

ま え が き

天然資源の開発利用に関する日米会議は、経済協力の一環として天然資源の分野における情報および専門家の交換の目的をもって昭和39年5月に発足した政府レベルの会議であって、日米科学委員会とは異なり、両国政府が直接行政的観点から協力体制をとることとなる。この会議は15の専門部会をもち、われわれの参加している耐風耐震専門部会もその一つであって、昭和42年3月に発足した。この部会の仕事は両国が強風および強震の頻繁な被害を受ける現状に鑑み、合理的な耐風、耐震構造物の設計技術の向上を図るべく、特に風および地震の作用に対する構造物の動的応答を考慮した耐風耐震設計基準を確立するための情報および技術の交換を主とするが、最近では共同研究や人的交流を行うことも提案されている。

日本側の部会は建設省土木研究所長を部会長とし、建設省土木研究所、同建築研究所、運輸省気象研究所、同港湾技術研究所、および科学技術庁国立防災科学技術センターからの委員をもって構成している。委員は全部で14名、事務局は土木研究所の企画課におかれている。

米国側の部会は商務省国立標準局応用工学研究部の Dr. E. O. Pfrang 氏を部会長とし、国立標準局、内務省開拓局、住宅都市開発省都市工学研究部、運輸省道路研究所、環境科学庁 (E. S. S. A)、地質研究所その他からの委員をもって構成し、委員は全部で15名であって、事務局は国立標準局建築研究部におかれている。

部会は発足以来3ケ年にわたり、相互に強風や強震およびそれらによる災害に関する資料の交換や、建築、橋梁、道路、ダム、港湾構造物にかか

る設計基準の交換、その他実験データの交換などを行なっている。昨年5月には東京で第一回合同部会を開催し、米国側委員10名を迎えて、7つのテーマについて論文の発表と討論を行ない、わが国の研究所や研究施設の視察を行ない多大の成果をあげた。

今回ワシントンにおいて開催された第2回合同部会は隔年交代主催の原則に立つて開かれたわけである。

合同部会の本会議

合同部会の日程は本会議3日間を中に挟んで研究所、施設、災害地の視察を含み5月10日から23日までの2週間にわたるものであった。

我が国からは土研の福岡所長、大久保室長、建研から大崎部長、気象研から北岡所長、港湾技研からは林部長、そして防災センターからの私を含め5名の委員が参加し、別に米国へ留学中の土研の研究員2名がオブザーバーとして参加した。ほかの人達は5月10日に出発してアラスカのアンカレッジ付近で1964年に発生したアラスカ大地震の震害のあとと津波警報センターの見学をしてワシントンに向った。私は旅費の関係で、12日に羽田を立ち、ロスアンゼルス経由でワシントンに直行した。

本会議は5月13日から3日間、国立標準局 (N. B. S) の10階の会議室で開催された。初日は開会式、来賓の祝辞、議長選出、議事次第の採択が行なわれ、午後は道路研究所の視察と住宅都市開発省 (H. U. D.) の訪問を行なった。本会議では日本側7名、米国側17名が出席し、日米両国語を正式会議用語として、通訳2名がついた。なお議長席には米国の Pfrang 博士と日本の福岡博士が交代でつき、御両所とも、軽妙、洒落な司会で会議をリードされ、好評であった。

第2日目は9時から始まった。目にしみる広い緑の芝生の中に建てられた高い箱型の立派な建物の窓から適度の5月の風が入り、天気は晴朗であった。会議のテーマは全部で8項目であったが、午前、午後それぞれ2テーマをこなし、各テーマについて、日米双方から1人ずつの委員が30分間論文を発表し (代理発表もある) その後で討論が行なわれた。

第1テーマは「風荷重のとり方に適応した気象要因」ということで、米国側からは大気境界層内の乱流の風速、風圧分布と、風洞実験への相似則の適応について発表があった。日本側からは北岡氏が日本における強風観測の現況と題し、東京タワー、垂水タワー、里浦タワーの風の垂直、水平方向の乱れ計測の結果を、また、極限風速の再現期間の評価と題し、各地の風観測値を特殊な方式で補正をして、設計に必要な確率風速値を統計的に求めることの報告、さらに土研の久保氏らの行った、風の Vertical Incidental Angle についての研究の説明が行なわれた。

第2テーマは「震害および強震記録の報告」ということで、米国側からは1969年10月に発生した SANTA ROSA の2回の強震 (Magnitude 5.6 および5.7) と震害の特性について発表があり、強震記録が地盤の種類と計器の置かれている建物の基礎構造で異なる結果が出ることを指摘した。日本側からは私が3つの論文を一括して説明した。第1は建研などで行なわれた1968年7月の東松山地震時に作動した東京付近の多数の SMAC 記録について、それが地盤と建物の基礎構造によって異なるスペクトルを示したこと、次いで1970年1月の日高山系地震時の強震記録 (最大水平加速度437ガル) とその選択度の強いスペクトル波形、建物の種別によって共振による被害の差の大きかったことなど。第2に土研で行なわれた1968



写真-1 商務省国立標準局 (N. B. S.)

年の十勝沖地震時の特に青森県下の盛土や橋梁の被害特性、第3に港技研で行なわれた十勝沖地震時の港湾構造物の被害特性について説明した。

討論は風観測の精密化、風洞実験の適応性、地盤が構造物の震害に及ぼす影響について行なわれた。

午後は13時30分から始まった。第3テーマは「橋梁道路の耐風耐震設計基準について」であって、米国側から吊橋の模型実験について興味ある発表が行なわれた、風洞を用いた吊橋の応答性状、また部材接合部に振動を加えた場合の実験結果について説明があった。日本側からは福岡氏から土研で研究されている「高速道路橋の耐震設計基準の改訂意見」について発表があった。大体今回の合同部会は昨年来交換している耐風耐震設計基準 (中には案の段階のものもある。) について将来的な意見の交換が期待されていたわけで、各テーマを通じて、最近の風害や震害や、風洞実験や震動実験の結果を導入して、基準に組み入れようとする姿勢が旺盛であった。したがってまた、構造物破壊の実態観測と、室内模型実験との比較考察の促進が強調された。

第4テーマは「震害軽減のための設計手法について」であった。米国側からは「地震工学分野における開拓局 (Bureau of Reclamation) の開発事業」と題し、各種ダムの震動実験と現地観測の結果や基礎地盤の性状と構造物の震動特性との関係について発表があった。日本側は大崎氏が十勝沖地震時の鉄筋コンクリート建物の特異な座屈破壊とこの結果が建築設計基準に及ぼす影響について報告し、また、建築物耐震基準の地域区分の考え方について説明した。

ついで翌日の15日は9時から第5テーマ「港湾構造物の設計について」の発表が行なわれた。両国側からそれぞれの港湾構造物の耐震設計について現況と設計基準改訂についての発表と種々の意見交換が行なわれた。

次の第6テーマは「土質構造物と基礎について」であって、各種基礎工の耐震特性、特に軟弱地盤の改良 Vibrofloatation についての意見提出があり、特に福岡氏は新潟地震、十勝沖地震の結果をふまえて、堤防、路盤や基礎工の耐震設計に

についての意見を開陳した。地震時の各種地盤内の動的震動性状の変化、歪の発生、基礎工の影響などは、観測の強化と大型振動実験によって、今後さらに深く解明されるべき問題であろう。

午後は第7テーマ「構造物への風荷重について」の討議から始まった。米国側から風速 55 m/s を越したハリケーン Camille によるひどい風害について報告があり、日本側からは北岡氏が日本の台風による風害について、概括的報告を行ない、両国の風害の差異の著しいことが理解され、興味を呼んだ。

最後の第8テーマは結局、風洞実験における相似則についての討議ということになり、北岡氏が乱流境界層における乱れを風洞で再現させるときの相似則について理論的な考察結果の発表があった。

総じて今回の第2回合同部会は前回に比し前進した議論が行なわれたが、まとめにおいて、もっと項目をしぼり、事前連絡をよくして時間をかけて現象解釈から設計へ取り入れるまでの過程を追求すること、相互にさらに強風、強震の観測記録と被害についてのデータを活発に交換すること、必要な課題に関しては対応する委員間で共同研究をすること、また研究の成果を早く実際の工事に反映させることについて努力することなどが力説された。

会議はとどこおりなく終り、次回は1971年5月東京で開催されることになった。

研究所などの視察

研究所を訪れ、研究施設や実験を視察し、現場で討議することはまことに意義のあることで、われわれにとって本会議同様に有益であった。訪れた順に印象を綴ろう。

イ. 運輸省道路局 Fairbank 道路研究センター

ワシントンの近所にある研究所で、実物大の吊橋のメンバーの振動実験、乱流発生風洞による橋まる毎の振動試験（風洞の断面 3 m × 5 m）を見た。計測装置がよく出来ており、勉強家がそろっているようだった。変わったところでは、アスファルト舗装道の表面粗度の測定が試験車で行なわれていた。なお構造物の材料試験のための 3,000 t

万能試験機が活動していた。

ロ. 国立標準局建築研究部（メリーランド州 Gaithersburg 所在）

国立標準局は商務省に属して、凡そすべての工業部門（原子力から建築まで）の材料、試験法、計測法、工法、データ処理システムなどについての研究や標準化を行なっており、300人の博士を含む総数 4,100人の研究兼行政機関であり、二つの建築研究部は、応用工学研究部門に属し、建築材料、工法、住宅システムの研究と標準化を行なっている。プレハブ住宅の振動試験、住居内環境試験、工法適否判定、有機建材の性状検定などを視察した。局内には権威のある数学、物理、化学、機械、電気、金属、その他の工学分野の専門家達がいてよく連繋して研究に当たっていること、また宏大な完備した図書資料所を持っていることは特筆されよう。

ハ. 住宅都市開発省への訪問

5月13日の夕方、同省の大臣 Romney 氏を訪ね、挨拶したのち、新住宅計画について説明を聞いた。米国でも住宅不足で年間約100万戸の住宅を建設しており、木造、鉄筋、鉄骨など各種あるが、住み良いプレハブ住宅の量産化に力を入れていて、Premix, PS コンクリート、PS ボードなど新建材の開発を応援している。また都市の過密対策として、新しい住居、産業都市を育成しているということであった。なお16日にワシントン西方に建設中の Reston 衛星都市を視察した。

ニ. 開拓局所管 Big Thompson Project（水利開発事業）

5月16日ワシントンからデンバーへ飛び、17日デンバー北西方 60 km 位、ロッキー山脈を東西にはさんだ大規模水利開発施設を視察した。

ミズリー河の水源に近い小支流 Big Thompson 河域の灌漑用（受益面積約40万町歩）、兼発電用（約18万kwh）ダムの建設と発電、送水施設の建設であるが、3,000 m 以上の分水嶺の西側コロラド川上流に4つのダムを作り、ポンプアップして、長さ 21 km 直径 3 m 流量 15.6 t/s の容量を持つトンネルで東側 Thompson 河域に給水している所が見所であった。デンバー付近は年雨量 400 mm 程度であって、しかもその大部分は冬の

雪であるため、乾燥地帯の植林、農地造成に是非とも相当量の用水が補給される必要があるわけである。ダムにはアースダムが多く開拓局ではダムの耐震性や土質の研究をやっている。

ホ. 開拓局構造研究所

5月18日、デンバーの Bureau of Reclamation 本部を訪れ全般の話を聞き、午後研究所を廻った。土質工学、ダム構造、コンクリート、水理など各部門がある。大型三軸圧縮試験機（軸荷重15t）による土質の試験、任意波形の振動を与えての土の液化現象の研究、アースダムの動的性状についての研究（現場の観測値と比較しつつ）、土を凍らせて掘鑿する工法の開発、25tの電気油圧式振動台によるダム模型やコンクリート部材の強度試験、また Reaction Type の Mechanical Vibration Table があり5c/s~60c/sの範囲でかなり大きい载荷重の振動試験を行っていた。なお容量2,500tの強度試験機で、材料試験のほか、土中にパイプを埋めた模型トンネルの加圧実験を見ることが出来た。また水理実験で魚道の研究をしているのは面白いと思った。

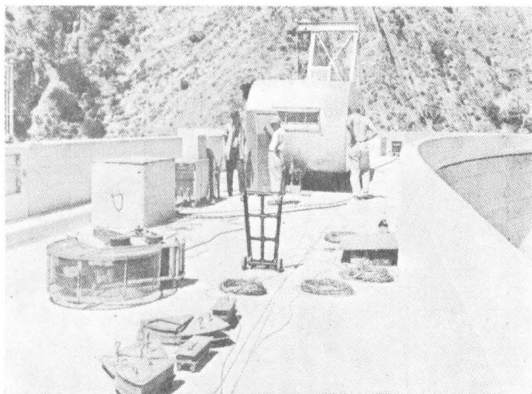


写真-2 ダムの上の振動試験

ヘ. コロラド州立大学工学研究部

デンバーには3つの大学があるが、風洞実験による研究で有名な工学研究部を19日に訪ねた。広い芝生の中に建てられた学部校舎と離れの研究所とがあった。研究で着目されるのはおよそすべての領域にわたる風洞実験による風、気流、拡散に関する研究である。大小いくつかの風洞があったが、最大のものは吹出式境界層風洞で実験部分は

高さ6m、幅6m、長さ18mあり、また、断面2m×2m、長さ29m以上の風洞で、上・下面に冷却または加熱装置がついており、自由に垂直温度分布・風速分布を変えられるものが注目に値する。

小型風洞を使った風と波のエネルギー交換についての理論的研究、中型風洞による構造物の耐風性状の研究、大型風洞による大気拡散（人工的に逆転層も出来る。）、大気乱流境界層附近の乱れ計測、地形模型を作ったの地表風流の地形効果の研究、建物群が風速、風力分布に及ぼす研究、1個の建物の各部に発生する風圧と振動の研究など興味深いものがあり、実際の場合と風洞実験の場合との比較から実験の相似則について真剣な検討がなされていると聞いた。なお街や高層建築の模型縮尺は1/200~1/800程度であった。



写真-3 大型境界層風洞（風の地形効果の研究）

ト. カリフォルニア大学工学部構造研究室

5月19日にデンバーを立ち、サンフランシスコへ飛んだ。翌日市内の有名な4つの大きな橋梁を見物し、パークレイのカリフォルニア大学工学部に Penzien 教授を訪ねた。同氏は耐震実験台のことで防災センターにも来られたことがあるが、愛想よく迎えられ、建設中の震動実験台（大きさはともかく非常に性能のよいものである）の現場をみせてもらい、有益な文献をもらった。防災センターが筑波研究学園都市に建設中の大型耐震実験台（一辺の長さ15m、载荷重約500t）が近く完成し、試運転後、実験にうつることを話した。

あ と が き

大変事務的な報告文となってしまったが、最後

に若干の感想を述べて筆をおくこととする。

(1). 今回の合同部会において本会議研究所などの視察が大変スムーズに行き、また双方の委員が昨年来の顔見知りであったことも手伝い、気軽な気分で終始出来たことは喜ばしいことと感じた。

(2). 研究所を廻ってみて、その執務環境の良さ、計測装置や図書資料所の完備さ、研究者と技術者、研究者でも理学関係の人達と工学関係の人達との連繋の良さ、雑務にあたる秘書役が尊重され

ていることなど、学ぶべきものがあると感じた。

(3). このような会議にのぞむ防災センターの体制としては、各省研究所と異なった貢献がなし得るよう、例えば現在ある強震観測連絡推進協議会の場を活用した強震観測資料の提供、大型耐震実験施設による共同研究成果の発表、また将来的には大型共用風観測塔、大型実験風洞の実現による資料提供や研究発表などを積極的に推し進めて行くことであろう。

海外短信

ロンドン市民は50%増の日照を獲得

—— 大気汚染防止法（1958）の成果 ——

ロンドン市民は13年の間、1人当り1年に36セントの代償を払うことによって、冬季日照を50%増し、ばい煙を80%減じ、視程を3倍増にし、そしてスモッグを解消することに成功した。

またさらに、根本的な気候の改変、つまり、“白霧”の頻度を減少させたと信ずるむきもある。

ロンドン市庁内の「1956・大気汚染防止法に関する研究調査会」は最近“この驚くべき成果”を報告している。

全国の各地方自治体は、法律によって、黒煙の厳重な規制地域を指定する権限を与えられ、各家庭に無煙燃料を使用させ、その費用の70%を国家予算から各家庭に提供することになった。

1968年末現在、ばい煙規制地域はロンドンの全所帯中60%、総面積の50%におよんだ。この数字は現在ではより大きくなっていることは間違いない。1978年末には全地域がばい煙規制指令下におかれるであろう。この法律の施行による国および地方自治体の出費は国民1人当り年間3シリング（約130円）になる。

冬季のロンドン中心部のばい煙は1958～59年には、大気1立方メートルあたり、309 μ gであったが、1968～69年には61 μ gになり、20%に減少している。第2の汚染源である亜硫酸ガスの規制に関する条項はまったくないので、燃料を無煙燃料

に切り換えただけで、このような好結果が生み出されたわけである。

確かな情報によると、1962年以来、亜硫酸ガスの放出は28%減少している。

状況によって異なるが、大気浄化の結果としての呼吸器病の減少はかなり明らかである。1952年12月の汚染度の高かった時期には——ロンドンにとって最後の著しいスモッグ——死者が平常より4,000人も増え、病人も急激に増加した。その次に問題となった時期は1962～63の冬であり、亜硫酸濃度が非常に高くなった。しかしばい煙はずっと少なく、死者の増加は700人にとどまった。

大気汚染防止法に関する調査報告では“死亡率あるいは罹病率と汚染との間にはほとんど関係が存在しない”と述べられている。

気管支炎についての調査では、その罹病率と大気汚染の間には“明確な”関係があり、ばい煙濃度の減少は慢性患者に大いなる恩恵を与えているということである。

また、他の調査では、ばい煙の濃度の減少はロンドン中心部の11月～1月の日照時間を1958年以来50%増加せしめ、12月のみについていえば73%の増加を示している。日照の増加とばい煙の減少に伴って視程も増大し1958年の3倍に伸びて1.4マイルから4マイルになっている。

報告が指摘するところによると“かつて有名であったロンドンの黒い霧を減じ、解消したばかりでなく、霧（“白い”霧）そのものの頻度を減らした。この事実注目する必要がある”ということである。また、“ロンドン中心部においては、郊外に比して著しく霧の頻度が減少している”ことは、ばい煙による汚染の実質的減少によるものであろう”と示唆している。

“再度、ばい煙に悩まされることはないであろう。年を経るにつれ、真の変化が起きてきているという感は深まるようである。一つの面白い仮説としていえることは、ロンドンをおおっていた煙幕が消え、太陽熱が地面に浸透できるようになる

り、霧の原因である気温の逆転層が存在しなくなったということである。”

大気汚染が緩和された結果の副産物について、ロンドン市庁の担当調査官は次のように述べている。

長い間、見られなかった鳥類がよみがえり、10年前の2倍以上にあたる138種類の鳥が見られる。今や、すべての公共および私有の建物を一斉に清掃してよい時期である—もう2度とこのような汚染に悩まされることはないであろうから。もはや洗濯代は減少の一途をたどり、片やペンキ塗装は忙しくなっている。

(ジャパン・タイムスより)

ペルーを襲った大地震

5月31日(1970年)15時23分(20.23 U. T) M=7.5の激しい地震が襲った。震源はチンボテ市から50km、リマの北東380km沖合、深さは25kmの地点、最も激しかったのはトゥルヒーリョ南部からウアルメイ北部にかけてのカリエホン・デ・ウアイラス地域の海岸地帯であり、日本の震度でいうと6くらいである。

この地震による被害はラテン・アメリカ史上有数のものであり、公の数字によると死者50,000人以上を示し、それは大部分この地域特有のアドベ(日乾しれんが)作りの建物の崩壊によるものである。カスマおよびカリエホン・デ・ウアイラスでは全市の70%が崩壊してしまった。また約20,000人はユンガイ市およびランライルカの町を土砂で埋めつくしたなだれにより死亡したものである。

震動による被害

倒壊の大部分は震動によるもので、死者の60%は、アドベ作りの建物の崩壊がもたらしたものである。

ウアスカランの氷河の崩落

氷河が崩落し、谷を下り落ちる時に、氷、泥、岩のなだれとなり、その一部は、ユンガイ市にとって自然の防破堤の役をしていた山を越して、14kmも突っ走り、全市を3~4mの厚さの土砂で埋めつくした。このなだれは地震後1~5分以内に発生したので住民はこの危険を避難することは勿論、予知することもできなかった。ランライルカは特殊なケースで、なだれによる崩壊は一部にと

どまった。その後、なだれはサンタ河にそって走り、谷のほとんどをおおいつくし、多くの橋、通信網、農園を破壊し去った。この被害はサンタ河の北15km以遠におよんだ。また、別のなだれはウアスカランの北東から、リャンガヌーコの二つの湖の間をかけぬけ、キャンプ中のアンデス登山者15人を生き埋めにし、湖をダム化したため1日に250,000立方メートルの割合で水量が増加した。これは新たになだれを起す危険性があるというので、湖の水位を下げるために200mの距離に亘って排水溝を掘るという安全対策がこうじられた。同様の現象は他の湖でもみられた。

サンタ河の増水

ユンガイ市のなだれの結果、15m以上の波が発生し、これはサンタ河の狭谷を下流に走り、鉄道に大被害を与え、ウアデンカとチンボテの間は波によって運ばれた土砂でおおわれてしまった。また多くの地点で線路が寸断された。

地すべりがけくずれ(ウアイコス)

カリエホン・デ・ウアイラス全地区に亘って発生し、多大な被害をもたらした。ハイウェー、鉄道等はすべて不通となった。

土の振動しめ固め

他に比べて、それほど大きな被害はもたらさなかったが、チンボテの南東部では土の振動しめ固めのため地下水位が上昇し、数ヶ所で溢水した。

(スミソニアン研究所突発現象センター報告より、報告者は南米地震センターのエンリケ・ガバルド氏)

NATIONAL RESEARCH CENTER FOR DISASTER PREVENTION

No. 15-1, GINZA 6-CHOME, CHUO-KU TOKYO

防 災 科 学 技 術 No. 15 1970 September.

昭和45年 8 月 20 日 印刷

昭和45年 9 月 1 日 発行

編集兼 国立防災科学技術センター
発行人 東京都中央区銀座 6 丁目 15 番 1 号
TEL (541) 4721

印 刷 株式会社 小葉印刷所
