

メキシコ大地震調査 報告書

昭和61年1月

横浜市メキシコ大地震調査団

は じ め に

横浜市メキシコ大地震調査団は、昭和60年11月18日から11月27日までの10日間にわたって、在メキシコ日本大使館、メキシコ市DF一般工事総省並びに国際協力事業団の多大な協力を得て災害状況を調査し、併せて今後の復旧活動を支援するため、メキシコ市に横浜市長からの見舞金を寄贈しました。

本調査報告書が本市の「地震対策諸事業」施策を強力に推進する一助となれば幸いです。

横浜市メキシコ大地震調査団

道路局工事監理室長

反町 勇

建築局宅地指導部宅地第二課長

林 康輔

消防局警防部警備課長

野沢 俊雄

目 次

1. メキシコ市の概要	
(1) 位 置	1
(2) 連邦区の人口	1
(3) 面 積	1
(4) メキシコ合衆国の略史	2
(5) メキシコ合衆国の政治制度	2
ア 政 体	
イ 元 首	
ウ 議 員 数	
エ 政 党	
(6) そ の 他	2
ア 主要産業	
イ 主要天然資源	
(7) メキシコシティ、メトロポリタン地域	3
(8) メキシコ市の地盤	4
2. 地震の概要	
(1) メキシコ地震の特性	5
(2) 震源地付近の記録	9
(3) 震 度	9
(4) 余 震	10
(5) メキシコ市の記録	10
(6) メキシコ市における過去の地震との比較	12
3. 被害の概要	
(1) 人 的 被 害	14
ア 死 者	
イ 負 傷 者	
ウ 行方不明	
エ 被 災 者	
(2) 物 的 被 害	14
ア 建 築 物	
イ 水 道	
ウ 電 気	
エ ガ ス	
オ 電 話	
カ 道 路	
キ 地 下 鉄	
ク 鉄 道	
ケ 空 港	
4. 建物被害の詳細	
(1) 調査にあたって	16
(2) 被害建築物のタイプ	16
ア 建物の全面・一部破壊	

イ 極度な構造的被害	
ウ 軽度な構造的被害	
エ より少い被害	
(3) 被害建物の平面（地理的）分布	16
(4) 建物被害の特性	20
(5) 構造的欠陥タイプ	21
ア 柱の欠陥による靱性不足	
イ レンガ造りの隔壁の被害	
ウ 平面上非対称配置	
エ 1階ピロティ形式	
オ 壁の破壊によって起こった非対称	
カ 地震による以前からの被害	
キ 短柱状態になっていた長柱	
ク 隣接ビルとの衝突	
ケ 構造物の不当な床荷重	
コ P-△の影響（大きな水平変形と重力加速度による付加応力）	
サ 網状平板の変位	
(6) 基礎の破壊	25
(7) 法規上の耐震設計基準の変遷	26
5. 火 災	
(1) 火災発生件数	28
(2) 出火原因	28
(3) 消防組織	28
(4) 耐火建築物の延焼火災	28
(5) 緊急通報態勢	29
(6) 消火栓及びその他の水利施設	29
(7) 職員の緊急出動	29
(8) 重機の調達状況等	29
(9) ボランティア活動とその統制	29
(10) 消防相互応援体制	30
(11) ガス供給状況と安全対策	30
6. 赤十字の活動	33
7. 被災者に対する住宅供給	34
8. メキシコ市におけるその他の情報	35
9. 被害要因の要約	44
10. メキシコ大地震を考える	50
11. む す び	53

(4) メキシコ合衆国略史

- 1325 年頃 アステカ帝国の都、ティノティトラン（現メキシコ市）建設
- 1519 年 スペイン人（コルテス）侵入
- 1521 年 スペイン領となる
- 1821 年 スペインから独立
- 1836 年 テキサス分離独立
- 1846 年 米墨戦争
- ~ 48 年
- 1864 年 仏の支配（マクシミリアン皇帝）
- ~ 67 年
- 1888 年 日墨通商航海条約締結
- 1897 年 日本人移住開始
- 1910 年 マデロの革命運動
- 1917 年 現行憲法公布
- 1968 年 第 19 回オリンピック開催
- 1982 年
12 月 ミゲル・デラマドリ政権誕生

(5) メキシコ合衆国の政治制度

ア 政 体

連邦共和国 連邦区と 31 の州

イ 元 首

大 統 領 ミゲル・デラマドリ・ウルタード（1988 年 11 月 30 日まで）
大統領の権限強大、任期 6 年 再選禁止

ウ 議 員 数

上 院 64 名（任期 6 年）

下 院 400 名（任期 3 年）

エ 政 党

与 党：立憲革命党（PRI 1930 年以來、継続して政権担当）、上院 64 名、下院 299 名（1982 年 7 月の大統領選挙の得票率 74 %）

野 党：下院のみ 101 名

主な政党・国民行動党（PAN 右派 得票率 16.4 %）

・連合社会党（PSUM 共産党を主体とする左派 得票率 3.6 %）

(6) そ の 他

ア 主要産業

鉱業（石油、銀）、工業（石油化学、自動車）、農業（とうもろこし、綿化、コーヒー）、
漁業（鮪、海老）

イ 主要天然資源

石油（1984年 米確認埋蔵量 716億バーレル）

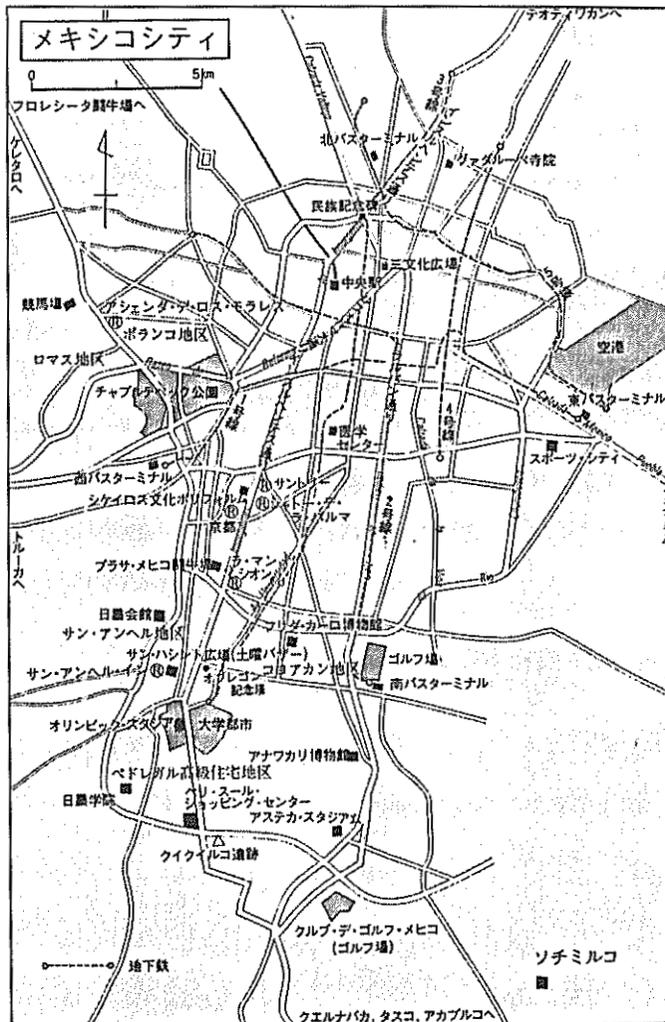
(7) メキシコシティ、メトロポリタン地域

- 16行政区、53市（メキシコ州）、1市（イダルゴ州）

一般にメキシコシティと呼ばれる都市は連邦区（Distrito Federal de México（略してD. F.））のことであるが、隣接するメトロポリタン地域を含めた総称として使われている。

D. F. は更に16の行政区（Delegación）に分けられ、その区長は、D. F.の長が任命する。

メキシコシティ



(8) メキシコ市の地盤

メキシコ市の中心部のほとんどが湖上都市である。市の大部分は元来湖水で、その周辺にはB.C. 1500年頃から集落が点在していたが、14世紀にアステカ族が湖上都市テノチティトランをきずいてからメキシコ中央高原（湖中央の島）の中心となった。

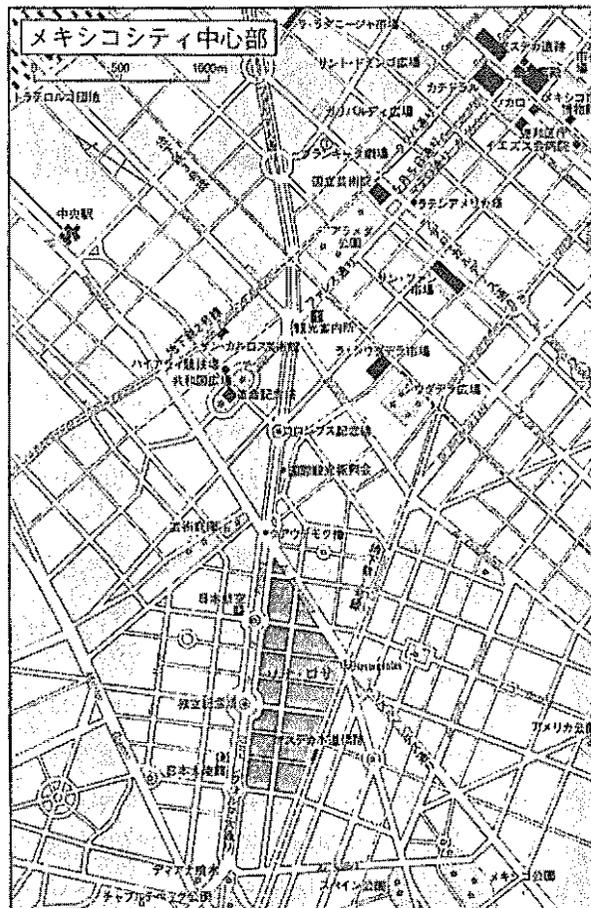
その後、島の周囲を埋立て、戦前にはほとんど埋尽くされてしまった。（テスココ湖は残っている。）

メキシコ市は川がなく、現在、人工的に排水している。地下水は2 m前後と浅く、軟弱地盤におおわれており、N値がほぼ0に近い。その下も自然含水比が400%程度以上の軟弱粘土が約40～50 m堆積しており、しかも硬軟の互層となっている。

ただし、市内にあって、メキシコ大学附近（南西部）、チャプルテペック公園（西部）では、丘陵地形をなし岩盤が露出しており、堅固な地盤である。

軟弱地盤地区と丘陵地区の中間に中間地区があり表層に薄い軟質な地盤があるものの比較的よい地盤である。

メキシコシティ中心部



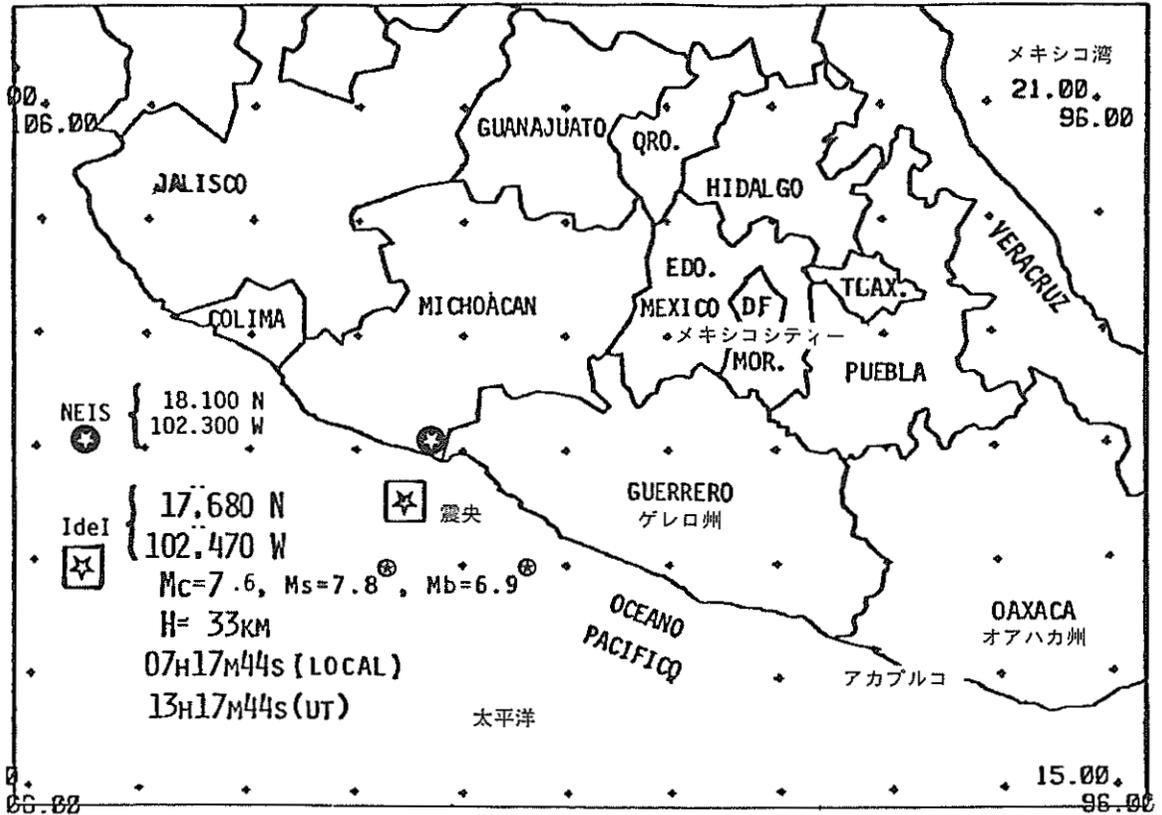
2. 地震の概要

発 生 時 刻：1985年9月19日午前7時17分44秒（現地時間）

マグニチュード：8.1（9月25日に7.8から8.1に修正）

震 源 位 置：震央は太平洋岸ゲレロ州とミチョアロン州を分けるバルサス河の河口近く、
30 km沖合（アカプルコ西方250 km）であった。（図-1・P5）

震源位置



深 さ：約 33 km

震 度：5～6 と推定される（宮城沖地震程度）

地震発生メカニズム：図-3，4・P8

(1) メキシコ地震の特性

オカハカ、ゲレロ、ミチョアカン、コリーマ、ハリコスの一部前面海底は、ココスプレートで構成されており、このプレートが北アメリカプレートの下に垂直方向の動きで、約 7.5 cm/年入り込んでいる。

地震は、この北アメリカプレートが限界に達し、元の状態に戻る時に発生した。（図-3・P8）

北アメリカプレートは、大陸棚の縁まで伸びて来ている。大陸棚の縁近くで起った地震の震源の深さは数キロメートルである。ココスプレートの傾斜により太平洋岸で起る地震の

深度は大きくなりメキシコ湾岸に近づくと約 200 kmの深さになる。

一般的に地震の規模は太平洋からメキシコ湾岸に向かって小さくなっている。

9月19日に起きた地震は、ココスプレートのもぐり込みによる北アメリカプレートの抵抗が限界に達し大陸棚の近くで起った。ラサロカルナンデス及びメルチョールオカンボ町の約 30 km沖合でその中心は浅く (35 km以浅) メキシコ市からは、430 kmの所であった。

当初、アメリカ国家地震情報サービス (NEIS) は、 $M_c = 7.0$ とし、その後、サンディエゴのカリフォルニア大学の調査で $M_c = 7.8$ とされ、更に $M_c = 8.1$ と修正された。

(表 - 1 • P 6)

1957年7月28日の地震 (これまでの最も大きな地震) は、これらのプレート間の摩擦あるいは決裂によるものであった。震源地は、チルパンシンゴとアカプルコとの間で、メキシコ市から 250 kmの距離である。地震及び余震の記録は、これらのプレート間のコルテサの欠壊がN方向に伝播し、わずかな時間のうちにプレート間で大きな破壊が生じたことを示している。

地震概要

TABLA 1. LOCALIZACION DEL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 1985.

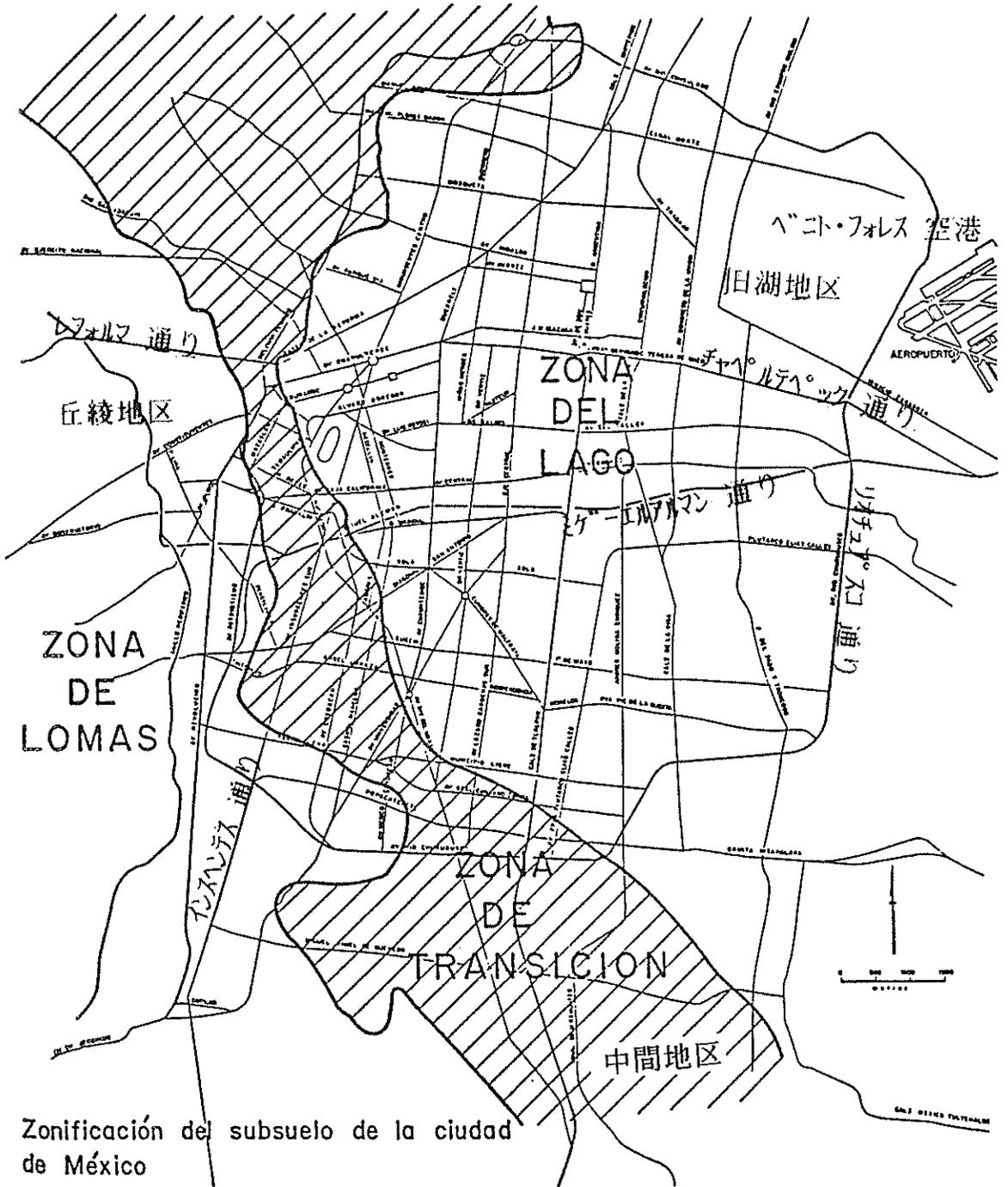
	メキシコ IdeI*	アメリカ NEIS**
hora (UT) 時間	13hr 17m 44s	—
Latitud (N) 北緯	17.680°	18.100°
Longitud (W) 西経	102.470°	102.300°
Profundidad (km) 震源深さ	33	—
Magnitud マグニチュード	7.8 (M_c)	8.1 (M_s)
Distancia a Zacatula (km) サカツラまでの距離	48	17

* Datos calculados por A. Martínez y C. Javier, de la Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica del Instituto de Ingeniería.

**National Earthquake Information Service, USA

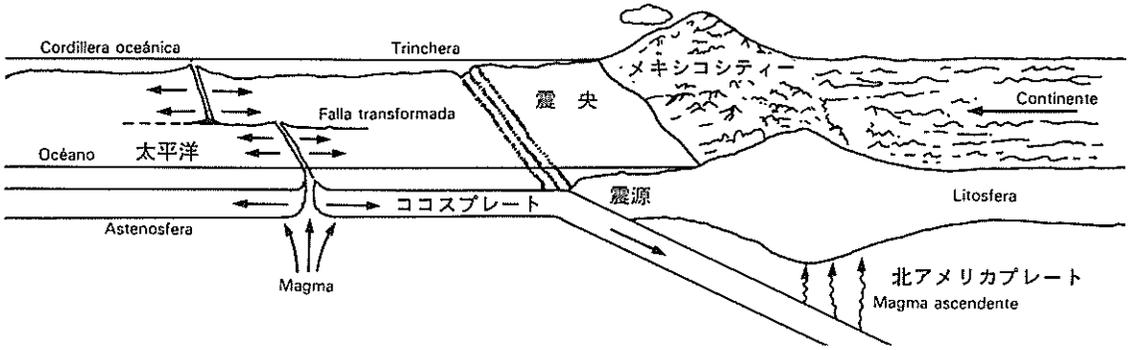
(表 - 1)

メキシコ市の地盤区分図



(図 - 2)

地震発生のメカニズム



(図 - 3)

プレート状況図



(図 - 4)

(2) 震源地付近の記録

海岸に沿って、主にアカプルコ、シワタネホの近く、さらに震源地とメキシコ市の中間部分に地震加速度計が18個設置されており、すべてが記録された。

震源近くの村の岩の上では、巨大地震の加速グラフと同様の非常に不規則なカーブが記録されたが、被害がないのは周期が短いためである。

(3) 震 度 (改正メリカル震度階 12階級)

[ラサロカルディナス](震源地から約30 km)

震度 9 (日本震度階VIに相当)

[メキシコシティー]

- メキシコシティー国立メキシコ自治大学構内に類似している地区 (丘陵地区)

震度 5 (日本震度階IIIに相当)

- 変遷地区 (中間地区)

震度 6 (日本震度階IVに相当)

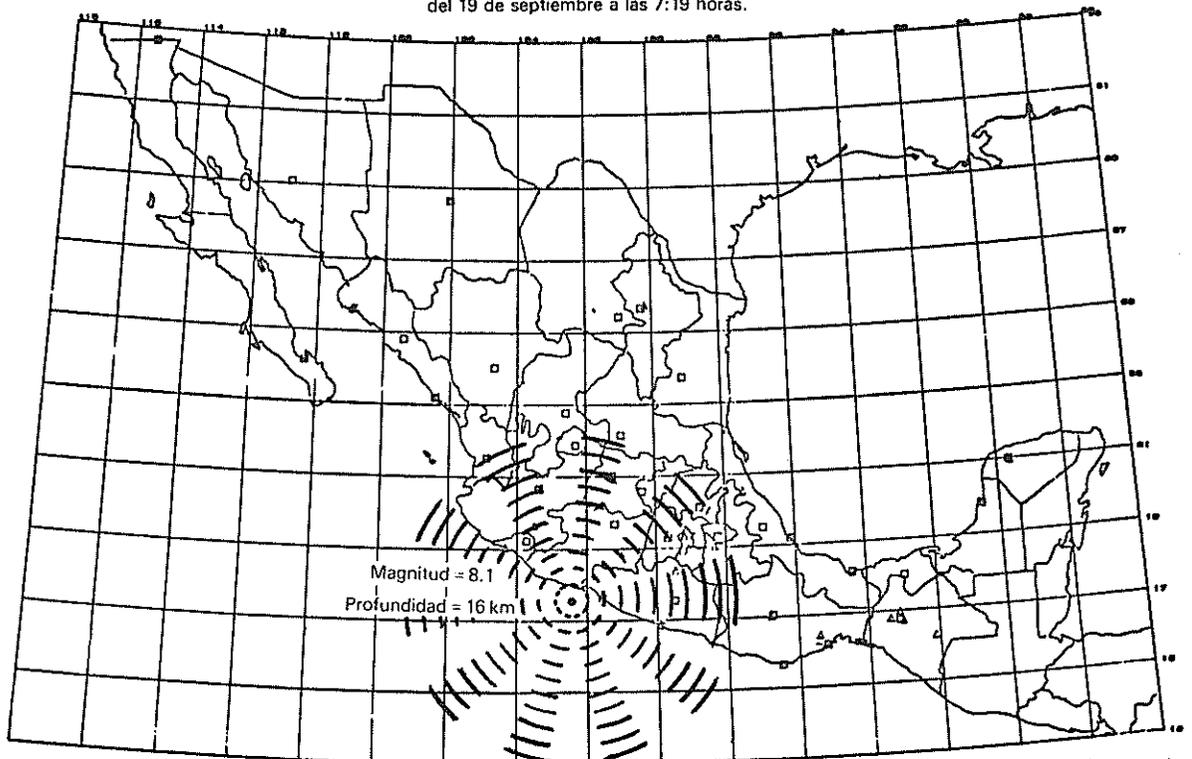
- 粘土層地区の大部分

震度 8~9 (日本震度階V~VIに相当)

メキシコ大地震の強度と深度

9月19日 7:19

Epicentro y profundidad del temblor
del 19 de septiembre a las 7:19 horas.



(図-5)

(4) 余 震

余震として知られている一連の地震は、一般的に本震に対し、規模は非常に小さいと言われている。また、余震は本震の規模によって数日から数年まで続き、余震の規模と頻度は時間と共に減少する。

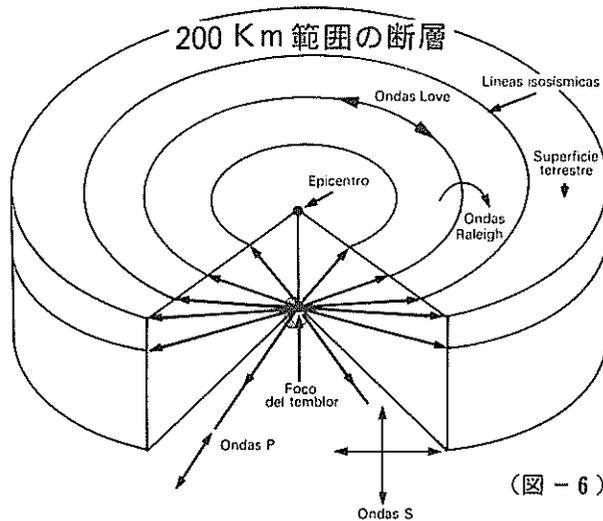
余震の中心は、最初の地震の震源地付近である。

今回のメキシコ地震の余震は数日間のうちに12回あったが、例外的と言える程規模の大きな余震は2回あり、マグニチュード6.8～7.8であった。

余震でメキシコ市の建物等がさらに被害を受け、他の被害もあった。

被害が余りに大きく、余震の常識からすると信じられない程である。

震源からの影響範囲



(図 - 6)

(5) メキシコ市の記録

次の箇所で計測されている。

- 国立メキシコ自治大学 (通称「UNAN」) 4 計器 (比較的固い地盤)
- タクバヤ 1 計器 (比較的固い地盤)
- 通信運輸省本館 1 計器 (軟弱地盤—旧湖地帯)
- コヨアクンの沼地 1 計器 (変遷地区—中間地区)
- テスココ湖 2 計器 (粘土層の厚い非常な軟弱地盤)
- マテイン刑務所左側 1 計器 (固い地盤)
- マテイン刑務所塔央 1 計器
- トラウアク 2 計器 (柔かい地盤)

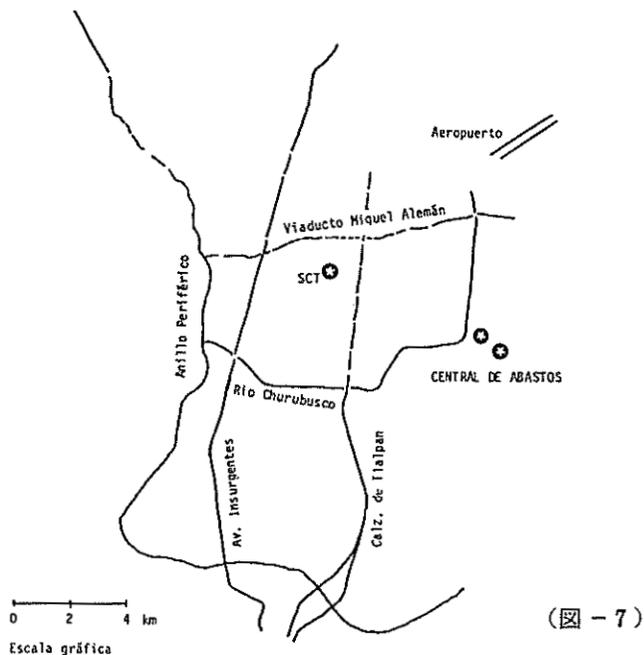
夫々の地盤の特性が各計器で得られた記録の最大値にはっきり示されている。

例えば、丘陵地区の比較的固い地盤のメキシコ自治大学構内では、水平加速度約 40 ガルで

あり軟弱な粘土層が厚い地盤の市中心部の通信省本館近くでは、水平加速度約 200 ガルを示した。

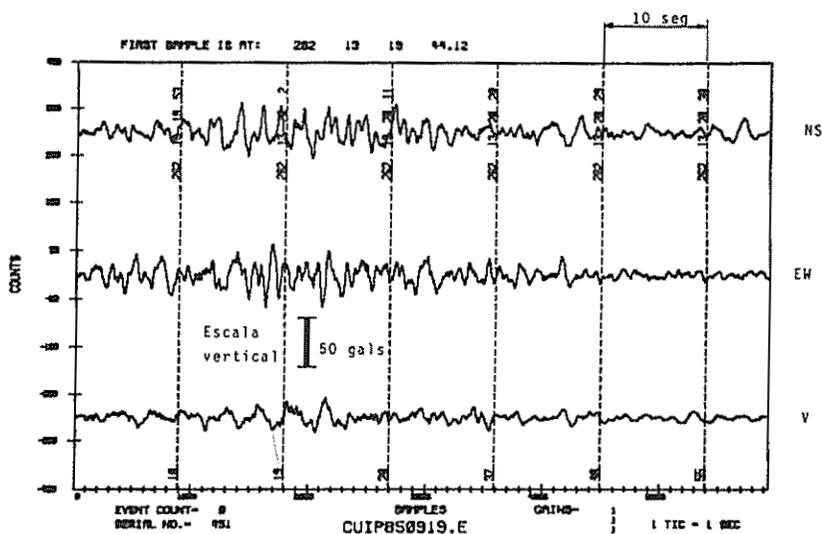
また、通信運輸省本館近くでは、振動周期 2 秒であったが、周期 3.5 秒と極めて長い地点もあり、しかも振動時間が長く、1 分から 5 分近くまで、継続した地点もあったと言われている。

メキシコシティの地震波の記録



(図 - 7)

加速度の記録



メキシコ大学構内

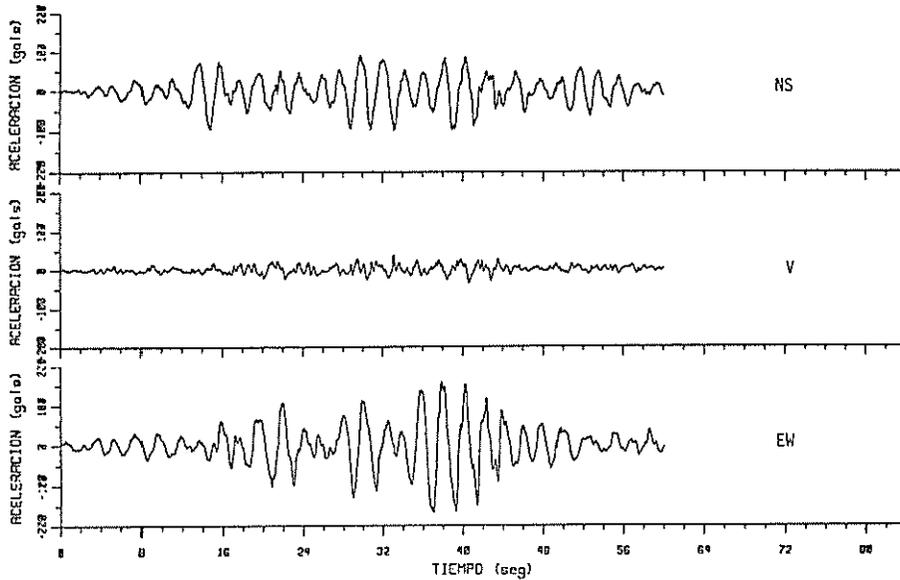
(図 - 8)

(6) メキシコ市における過去の地震との比較

1957年以前の地震では今世紀中、1911年のマデロ地震、1941年のハリスコ地震だけが今回の地震に比較しうるものである。今回の地震の最大震度は、1941年あるいは1911年の地震以後なかったものである。

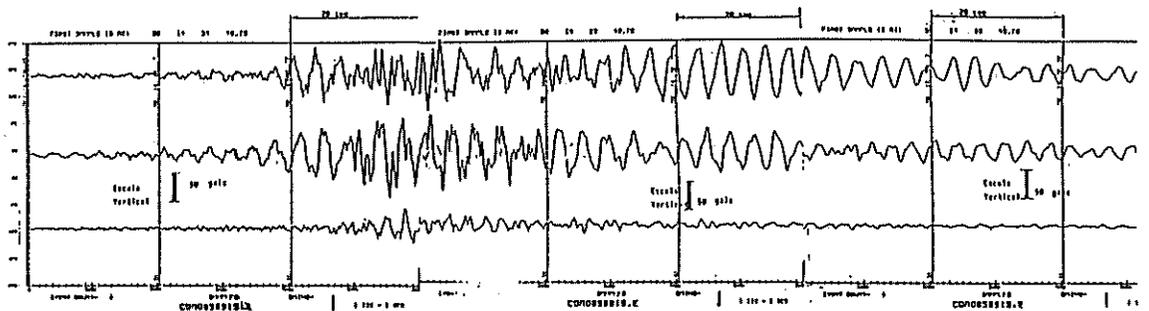
なお、メキシコ市では1959年以後の同市が受けた地震はすべて記録されている。

加速度の記録



通信運輸省本館 (SCT) (図-9)

トラウアク



(図-10)

CATALOGO DE LOS GRANDES SISMOS DE MEXICO ($M_s \geq 7.0$) POCO
PROFUNDOS $H \leq 65$ Km

REGION COMPRENDIDA ($15^\circ-20^\circ N, 94.5^\circ-105.5^\circ 10$)

メキシコにおける過去の地震

Suceso	Fecha (1)	Hora (1) h:m:s	Latitud (°N)	Longitud (°O)	Profundidad (km)	Magnitud (M_s)
1	20 Ene 1900	06:33:30	20.0	105.00	H	8.1
2	16 May 1900	20:12:00	20.0	105.00	H	7.6
3	14 Ene 1903	01:47:36	15.0	98.00	H	8.3
4	15 Abr 1907	06:08:06	16.7	99.20	H	8.2
* 5	26 Mar 1908	23:03:30	18.00	99.00	80	7.7
6	27 Mar 1908	03:45:30	17.00	101.00	S	7.2
7	30 Jul 1909	10:51:54	16.80	99.90	S	7.6
8	7 Jun 1911	11:02:42	19.70	103.70	H	7.9
9	16 Dic 1911	19:14:18	16.90	100.70	50	7.6
10	19 Nov 1912	13:55:07	19.93	99.83	H	7.0
11	21 Nov 1916	06:25:24	18.00	100.00	H	7.0
12	29 Dic 1917	22:50:20	15.00	97.00	H	7.1
13	22 Mar 1928	04:17:03.2	16.23	95.45	H	7.7
14	17 Jun 1928	03:19:28.2	16.33	96.70	H	8.0
15	4 Ago 1928	18:28:16.8	16.83	97.61	H	7.4
16	9 Oct 1928	03:01:07.7	16.34	97.29	H	7.8
17	15 Ene 1931	01:50:40.2	16.10	96.64	H	8.0
18	3 Jun 1932	10:36:52.2	19.84	103.99	H	8.4
19	18 Jun 1932	10:12:10	19.50	103.50	H	8.0
20	30 Nov 1934	02:05:15.6	19.00	105.31	H	7.2
21	23 Dic 1937	13:17:58.5	17.10	98.07	H	7.7
22	15 Abr 1941	19:09:51.0	18.85	102.94	H	7.9
23	22 Feb 1943	09:20:44.6	17.62	101.15	H	7.7
24	14 Dic 1950	14:15:49.6	17.22	98.12	H	7.3
25	28 Jul 1957	08:40:10.2	17.11	99.10	H	7.7
26	11 May 1962	14:11:57.1	17.25	99.58	H	7.2
27	23 Ago 1965	19:46:02.9	16.30	95.80	H	7.8
28	2 Ago 1968	14:06:43.9	16.60	97.70	H	7.4
29	30 Jun 1973	21:01:18.0	18.39	103.21	32	7.5
30	29 Nov 1978	10:52:47.3	16.00	96.69	19	7.8
31	14 Mar 1979	11:07:11.2	17.46	101.46	15	7.6
32	25 Oct 1981	03:22:13	17.75	102.25	20	7.3
* 33	19 Sep 1985	13:15:50.0	18.11	102.39	16	8.1
* 34	21 Sep 1985	01:37:09.4	17.26	101.38	H	7.5

(表 - 2)

3. 被害の概要

(1) 人的被害

ア 死者	4,765人	ウ 行方不明	900人
イ 負傷者	14,268人	エ 被災者	60,000人

(2) 物的被害

ア 建築物

メキシコ連邦直轄地は、16区から成り立ち、それぞれの区の独立性が強く、全体の統計的数値等を入手することが困難であったため、現地で入手した資料を、その後の資料で修正した。詳細について「4」建物被害の詳細で述べる。

イ 水道

市内の100箇所において水道管の破損、漏水があり多くの市民が給水車の給水によって生活水を確保する等苦勞をしている。水道が一番遅い復旧であった。

ウ 電気

電柱への建築物の倒壊が主原因となって、かなりの個所で電線切断があり、停電となったが、ただちに応急の復旧工事が完了し、電気供給は完全に再開されていた。

エ ガス

メキシコ市は、都市ガスはなくLPGガスである。各戸屋上に取り付けたLPG用ガスタンク（大型トラックにより各戸に供給）から屋内配管により利用している。

建築物の崩壊とともにガスタンク、屋内配管の破損があり、一部で火災が発生したが大事には至っていない。

オ 電話

国際電話局（サンファン地区）の建物と電話交換機器が破壊されたため、メキシコ市からの発信はほとんど不可能、入信は10%程度回復したにすぎない。（市内通話はほとんど支障なし。）

カ 道路

メキシコ市内の高架道路、堀割道路のいずれも全く被害はみられない。ただし、平面道路において軟弱地盤地域に30～40cmの隆起、陥没がみられたが、主要道路の車輛通行に支障をきたす程ではない。また、横断歩道や高架橋での被害はみられない。地震時には多数の建物が路上へと倒壊し、多くの道路で車輛がガレキの下に埋没し、多数の死者をだすとともに交通混乱をもたらした。しかし、一早くこれらを除去したことから、通行上はほとんど支障がない。

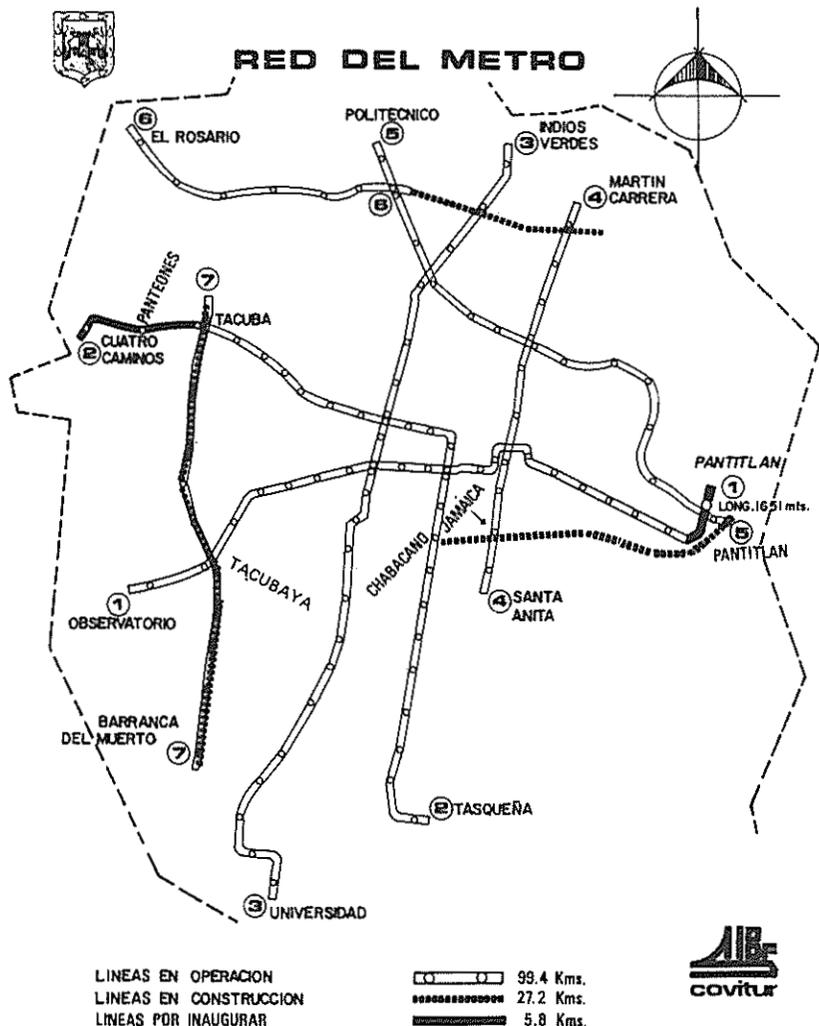
一部平面道路において車輛通行規制がしかれている箇所があるが、道路被害に起因するものでなく、沿道にある崩壊寸前の建物から路面に建物の一部が再落下する二次災害の危

險防止や取壊し作業中の安全管理上のものである。

キ 地下鉄

メキシコ市の中心部は地下部で、その他は地上部であるが、高架橋部を含めて被害はない。1号線、2号線が交差するピノスアレズ駅において高層建築物の崩壊が起り、駅の出入口が完全にふさがれ、地下鉄の運行を一時停止したが、中央管制センターに支障がなかったため、点検後、1時間位で運行している。

地下鉄路線図



(図 - 11)

- ク 鉄 道
- 被害なし
- ケ 空 港
- 被害なし

4. 建物被害の詳細

(1) 調査にあたって

地震被害の短期的な調査を行うために破壊された建物、大被害を受けた建物の解体、撤去作業をとおして、災害後、数日間しか見ることができないため、明確なデータを得ることは困難を極めた。

被害を受けた建物のうち既に撤去されているものは、調査不可能であった。

大きな被害を受けた建物は、内部からの入念な調査がはばまれ、ある表面的な構成だけを調査して、同一とみなし判断するのは適当でない。そこでデータを最優先とした。

戸建住宅は、中層ビルと比較すれば、被害は皆無に近い。他のタイプの地下建物、高層ビルの被害は少なかった。

また、地下鉄のトンネル・立体交差の橋などの構築物の被害はない。

(2) 被害建物のタイプ

ア 建物の全面・一部破壊

構造的欠陥、基礎の欠陥、隣接建造物の崩壊によって巻き込まれたことにより起きた崩壊を含むものである。

イ 極度な構造的被害

ある程度以上、構造に及ぼす被害、再修理は可能であるが、経済的な理由や建築学的にみて欠陥のある構造であることから取り壊すことが予想されるものを含む。

ウ 軽度な構造的被害

補強により修理可能な建物の被害である。

エ より少ない被害

局所的な構造の被害で、量的にも少なく、建物構造には影響を及ぼさないものである。

(3) 被害建物の平面（地理的）分布

図－12（P 17）は全面的あるいは一部崩壊した建物と非常に重大な被害を受けた建物の分布を示している。

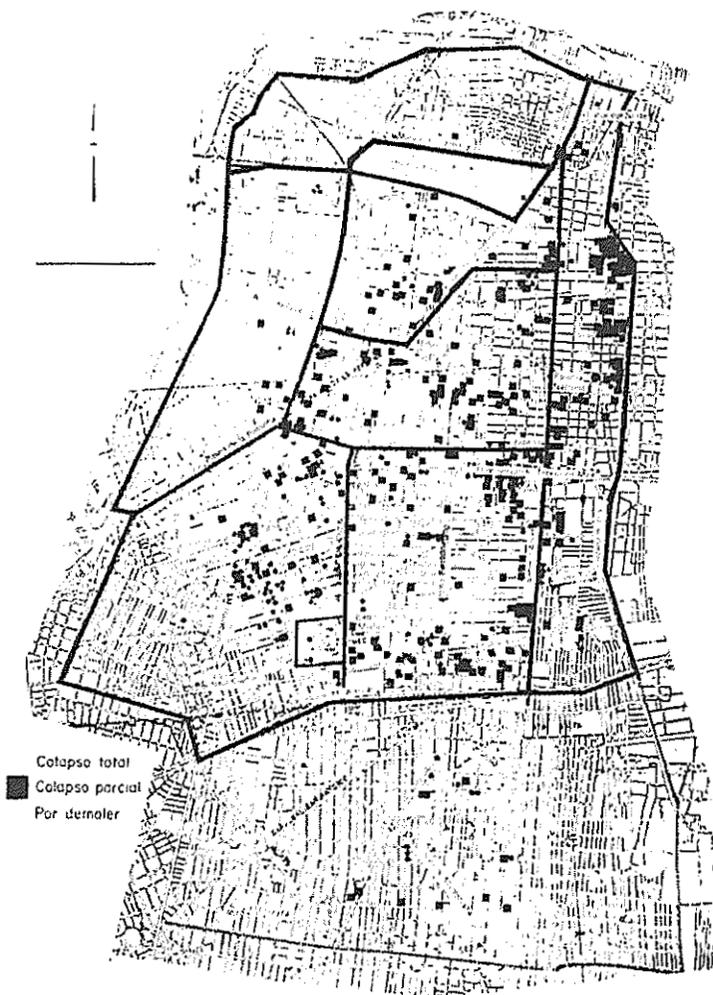
メキシコ市の地震災害を考えるため、過去の二つの地震（1957年7月28日、1979年3月14日）によって被害を受けた地区と今回の地震で大被害を受けた地区を比較すると興味ある結果がでてくる。

図－14には、先に述べたすべてのタイプのいずれかの被害が記録された地区を過去の2回の地震によって被害を受けた地区に重ねたものである。

今回の重大な被害を受けた地区は非常に大きな範囲であり、南東方面まで大きく広がっている。

今回の地震で重大な被害を受けた地区は、以前の被災地区と部分的に一致していることが

メキシコ市の建物被害分布図

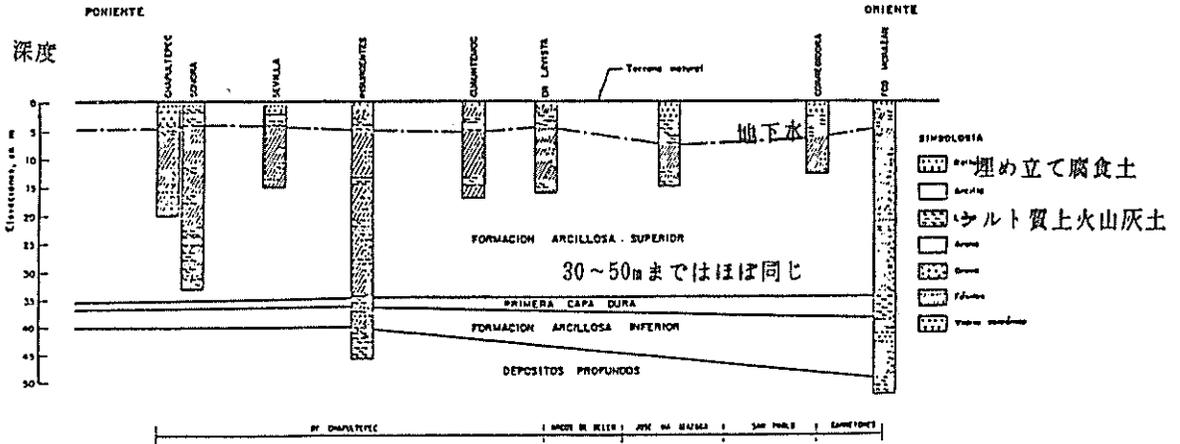


Levantamiento de daños realizado por una firma de ingeniería (図 - 12)

メキシコ市における地震被害をうけた建物 (被害集計)			
Tipo de Inmuebles 建物の種類	Derruidos o que Deben Demolerse 崩壊したもの	Sólo Reparándolos Podrán Usarse 修復すれば使用できるもの	Total Daños 合計
EDIFICIOS PUBLICOS 公共建物	36	5	41
Escuelas 学校	137	38	175
Centros de Salud 医療施設	8	7	15
Cines y Teatros 映画館・劇場	38	17	55
Edificios Particulares 私的建物	189	35	224
Centros Deportivos スポーツ施設	3	1	4
Mobiliario Urbano 都市施設	1	—	1
Mercados 市場	5	—	5
Suma:	計 417	103	520

1960年9月26日付 エルサルチド・メキシコ紙 (表 - 3)

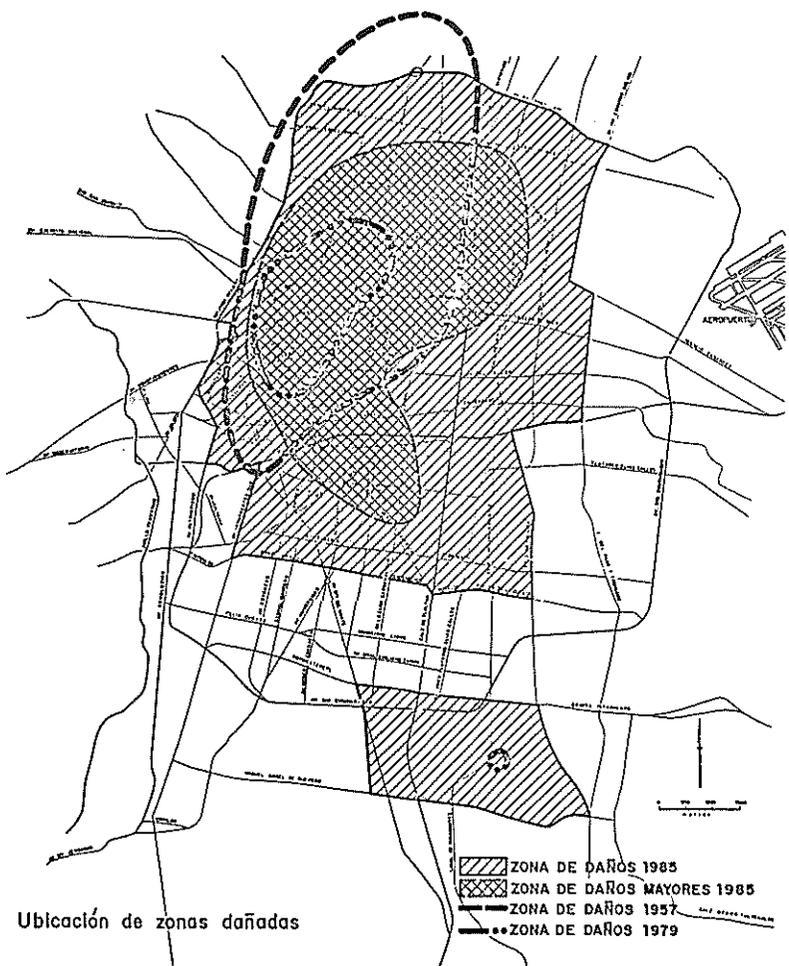
メキシコ市中心街の土質



(図 - 13)

Cortas estratigráficas

過去3回の地震による主要被害地域



(図 - 14)

わかる。

破壊や極めて重大な被害の集中した地区のエリアは、おおよそ 23 km²で、全て災害タイプの集中した地区は 65 km²と推定される。

地理的な災害分布と土質の間には明確な関係が存在している。図-2 (P 7) は、硬い地盤の地区 (丘陵地区)、軟弱な地盤の地区、変遷地区 (中間地区…軟弱層が薄く、安定しつつある地区) が決められているメキシコ市の地盤区分を示している。

図-13 (P 18) は、南北及び東西の地層の断面を示している。

市内の沖積層の厚さの分布は図-15 (P 19) に示してある。

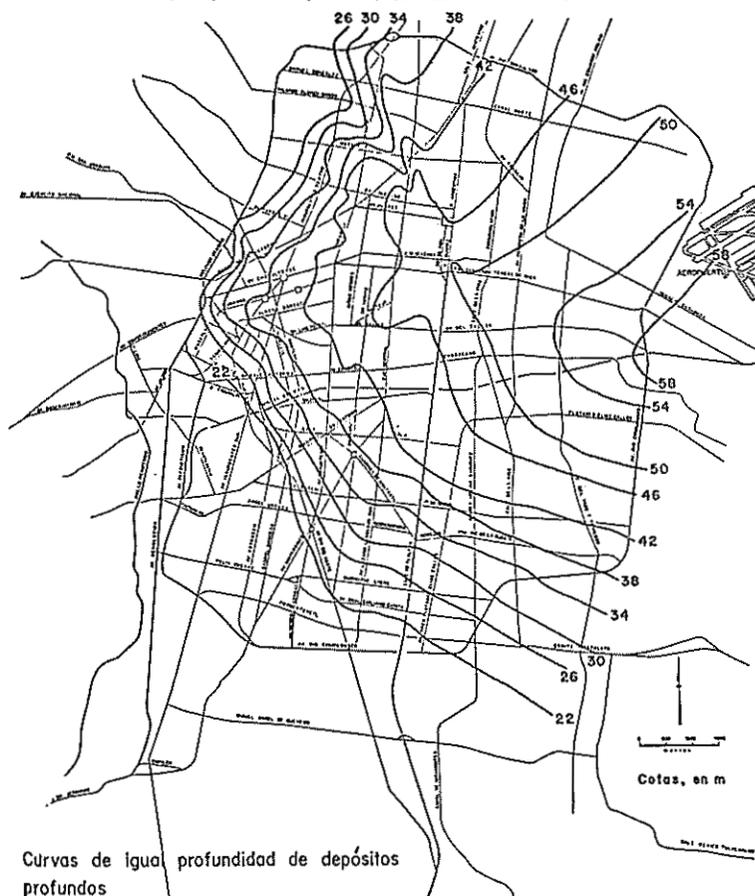
被災地区は、メキシコバレー流域の軟弱地盤地区にほとんど集中しており、この地区以外は、わずかな被害を受けただけで、ある高層ビルは、一部構造上の被害を受けたにすぎない。

より大きな被害を受けた地区は、軟弱地盤地区の西側に位置し、軟弱地盤の深さが 26~46 m である。

軟弱層の厚さが小さいか、あるいは 0 の地区では建物の被害は非常にわずかであった。

この層厚が大きな地区で災害が小さいということは、その部分には高層ビルの分布の密度が低かったことによると考えられる。

メキシコ市の沖積層厚の分布



(図-15)

(4) 建物被害の特性

崩壊又は大破した建物は基準の数値、構造的システム、建築年月日、階数等によって特性が現われている。

階数では、多くの損傷を受けたビルは6～15階に集中している。5階あるいはそれ以下の建物で崩壊したものは、比較的少ない。また、15階以上のビルで大被害あるいは崩壊したのも非常に少ない。

ビルがぶつかったり、寄りかかったり、材料がビルの上に落下したケースが多くみられた。

5階以下の建物が被害を受けたのは、その建物自体が崩れたというよりも、隣接建物の崩壊によって被害を受けたものが多く、やむを得ないといえるものである。

6～15階のビルに損傷が集中したのは、軟弱地盤のゆれが、一般的に低い構造物のような短い固有周期をもつ比較的剛な構造物には影響をあたえず、中程度以上の固有周期をもつ中高層ビルに影響を与えたためである。

これは、今回の地震が非常に長い周期をもっており、地盤の固有周期に近かったこと、さらに振動1回毎にその周期に近づいたことを示すものといえる。

一方、超高層ビルやフレキシブルなビルは、地盤固有周期より長い固有周期を持っているので、小さな影響しか受けなかった。

構造・年次・階層別にみた被害建物の分類

Tipo de Estructuración 構造種別	Daño 被害	Año de construcción + 1957 57-76 1976 + 建築年次			No. de pisos ≤ 5 6-10 11-15 > 15 建物階数				Total colapsos o muy severos 合計
		Marcos de concreto RCフレーム	崩壊 Colapso Muy severo 大破	35 9	59 19	13 8	36 8	62 23	
Marcos de acero 鉄骨フレーム	崩壊 Colapso Muy severo 大破	5 1	4 0	0 0	4 0	2 0	1 1	2 0	9 1
Losa plana RCジョイントスラブ	崩壊 Colapso Muy severo 大破	3 5	35 20	12 10	23 9	23 18	4 8	0 0	50 35
Mampostería 組積造	崩壊 Colapso Muy severo 大破	7 2	4 3	1 0	10 4	2 1	0 0	0 0	12 5
Otros その他	崩壊 Colapso Muy severo 大破	0 2	1 4	1 2	1 6	1 2	0 0	0 0	2 8
Suma 合計	崩壊 Colapsos muy severos 大破	69	149	47	101	134	27	3	265

(表 - 4)

崩壊した建物、極度に構造的被害を受けた建物、重大な被害を受けた建物は次のとおりである。

2階以下の建物	2%	9～11階の建物	23%
3～5階の建物	3%	12階以上の建物	22%
6～8	”	16%	

このデータは、6階以上の建物に災害が集中していることを物語っている。

建築時期については、市の種々の建築法規の有効期間によって、3段階に分けている。1957年前には耐震設計の基準を適用する建物は少なく、1958年から1976年の間は非常時の基準（las Normas de emergencia）を適用した。これには、耐震設計の細部の必要条件を含む規定があった。

その後、1976年に概括的に修正された現行の法規が効力を発揮している。

表-4（P 20）のデータは、情報の不足から確定的なものでないにしろ、1976年以降の建物の被害数が少ないことは、施工が良かったことであり、また、1957年以前の建物の被害数が少ないことは、高層建築物の数が少なかったものであるといえる。

次に考えられる特性は、構造システムである。

◦鉄筋コンクリート造 ◦鉄骨造 ◦壁構造

大ざっぱな分類ではあるが、壁構造については、色々異なったレンガ造りの壁があり、コンクリート壁による強固な枠構造のものとは異なり、同一とはみられない。しかし、この種の建物で被害を受けたものは少なかった。

また、この種の構造の建物は、被災地区では少ないようである。また、メキシコ市当局では、その数の確認は困難であった様である。

いずれにしろ、構造システムに関する統計では、基本的にレンガ造りの壁をもとにした建物は、被害が少なかったことが明らかである。

この種の建物は確かに多くあるが、建物の低さと剛性の大きさ、軟弱地盤地区の地盤のゆれの影響が小さかった。これは、この種の建物の固有振動周期が軟弱地盤の固有振動周期と異なっていたためと考えられる。表-4が示すように地震による影響が最もひどかったのは6～15階の建築物で、鋼構造における大部分の破壊は、適切に骨組を構成しなかった低い、あるいは古い建物である。

(5) 構造的欠陥タイプ

高層ビルが被害を受けた第一の理由は地震が到達した時の異常な強さがある。市の中間地層を構成する軟弱層の振動特性により、地盤のゆれが増幅された。

この振動特性は、下層の固い地盤をとおして伝達された地震波の周期に非常に敏感に対応した。

振動周期が2秒近く、かつ、長時間続いたという特徴があった。2秒近辺の固有振動周期

をもっていた建築物は、共振現象を起こし、破壊に至った。

また、他の建築物では、構造的に局部破壊を生じたため、建築物の固有振動周期が次第に増大し、ついには地震の周期に近づいたものは、共振現象を起こし、破壊に至った。

一方、市のある地区の被災建物は、現在まで有効な建築基準を守っていたことが記録上では歴然としている。

このことは、建築基準の低さか、設計・施工上の原因が疑問に残るところである。さらに、地震災害をより助長し、拡大させたのは、次の構造特性群がある。

ア 柱の欠陥による靱性不足

枠組を基にしたビルの破壊の大部分は、曲げ圧縮、剪断力及びこの二つの力の複合作用によって柱の端から破壊がはじまる。梁の状態が各部分の補強の効果がなかったと考えられる。そのため、現行の規準に合った復元ファクターを有効に働かせるための状態が持続されなかった。予想以上の破壊は曲げ強度を上廻る高い値の水平荷重の反復によって柱のコンクリート部分の破壊が進行し、建物の許容応力が減少することがある。

このことは、交叉した部分の補強不足、柱の長さ方向補強が不足したため生じたケースである。

イ レンガ造りの隔壁の被害

被災地区内のほとんどのビルはレンガ造りの壁を数多く有する構造となっていた。本来この壁は、間仕切りの機能だけを持たせるべきもので、構造機能を持たせるべきものではない。しかし、一方、補強材として配置し、構造的機能を持たせようという考えもある。この壁の存在は、多くの場合有効に働き被災地区の高層ビルの崩壊を防いだ。これは、各階シンメトリックに正規な形で配置された壁の場合有効であった。この壁は、地震による水平荷重の大部分を吸収し、柱の破壊を保護した。

しかし、この場合、壁自身の斜めひび割れが生じたが、これは水平荷重に抵抗し、地震によるエネルギーを消散させた結果である。他の場合でもレンガ造りの壁の存在はかなり有効であった。

ウ 平面上非対称配置

ビル端部が破壊された例はたくさんある。これは、壁の配置が非対称であったため、捻れ状態が生じ、柱に過大な力が作用し、破壊の原因となった。

エ 一階ピロティ方式

上階には水平荷重に対して大きな抵抗力、剛性を持っているといわれている。

一方、一階は住宅の駐車場として、あるいはホテルの玄関、入口、サロン等により開放されている。このことによって中二階において集中エネルギーの大きな集中を起こさせ、柱の崩壊を助長する。このタイプの破壊は数多くあり、過去のケースとしても多くあった。



レフォルム通り前方は独立記念塔

オ 壁の破壊によって起こった非対称

いろいろな破壊のケースを見ると、弱いあるいは悪い材料を使用した壁は、曲げや剪断力によって破壊され、ついには全体的な崩壊となったことが確認された。これは、弱い壁の破壊により壁の配置が非対称となり壁の水平荷重に対する抵抗が減じ、柱に加わる力が著しく増加したことによる。

カ 地震による以前からの被害

被害を受けたビルのいくつかは、以前の地震によって既に破壊していたし、多くの場合においてこの破壊が修復されていないといった不十分な状態であった。

これが、地震時に抵抗力の減少を助長させたものと考えられる。

キ 短柱状態になっていた長柱

ある軸の柱がレンガ壁あるいは正面の手すりによって水平変形が制限されていた場合、短柱とみなす。この状態は、通常設計されていないために水平力の大部分を吸収することにより、他の軸の柱よりたわまなくなる。このため剪断力によりもろい破壊となった。

ク 隣接ビルとの衝突

隣接ビルの衝突により、部分的な被害は数多く起こった。また、完全な崩壊も発生した。この衝突は、そのビルの上階における崩壊により生じることは明らかである。

他にこの種の被害では、構造物の抵抗と剛性の急激な減少あるいは振動モードの変化の

影響によるといえる。

ケ 構造物の不当な床荷重

被害の一つの原因と認められるところであるが、種々のビルは物資の倉庫としてあるいは保管場所としてその上層階を使用していた。これは、床荷重を設計時よりもはるかにオーバーさせる結果となった。



12階建のRC造ファレス病院、
14年前に建造



トラテロルコ団地

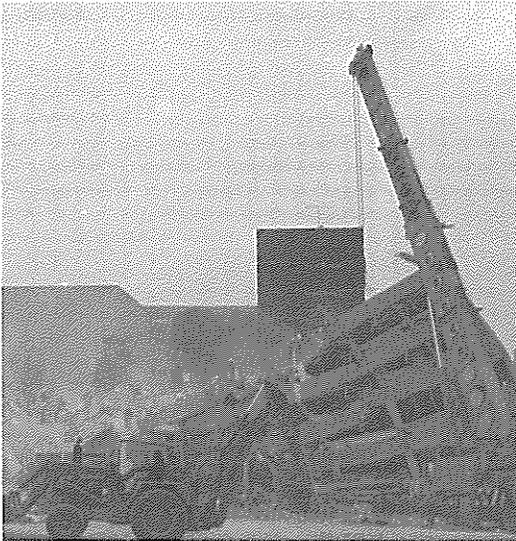
コ P-△の影響（大きな水平変形と重力加速度による付加応力）

この呼び名は、水平垂直変位を受けるとき、ある構造において垂直荷重が生じる付加モーメントの応力のことである。ある種のビルが横方向に変位し、被害を受けたことは下層階の柱の曲げモーメントが、この影響により増加したことが認められる。

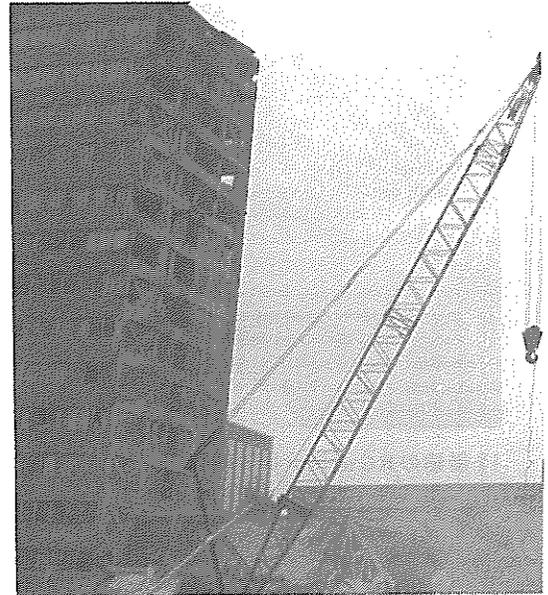
斜め上方の変位が起こった時、構造上垂直荷重が起こり、各種モーメントとの関係を示すのが、P-△である。その時までは、明らかに関係はなかったが、ある建物が水平に変位して破壊されたという事実は、各階の柱における曲げモーメントが結果として増大したことが推測できる。

サ 網状平板の変位（床構造のメッシュの変位）

構上状態において、垂直力の影響の合力として、また、柱の周囲におけるゆれにより、剪断力が誘発され、床面の平板が剪断力によって破壊されたことを示す4つの小さな事実が発見された。ある種のこれらの事実は、柱のまわりに必要な強固なコンクリート部分が、張石の間に存在しなかったことを示している。



トラテロルコ団地



崩壊を免れた建物（トラテロルコ団地内）

ブレースがみられる

(6) 基礎の破壊

構造上の破壊が原因であるこの種の破壊のタイプはまれであったが起きている。高い回転モーメントを持つきゃしゃな建物、べた基礎の建物、摩擦抗の建物にみられた。

また、たぶん、非常に大きなゆれが昔のタイプの基礎の初期欠壊において起きたことが予想される。しかし、これだけで建物の破壊を決定することはできない。

また、これらのことを予想されることであるが、「ひずみによる初期の基礎の破壊による1階の柱のP-△の関係の事実」を明確に決定することはできない。

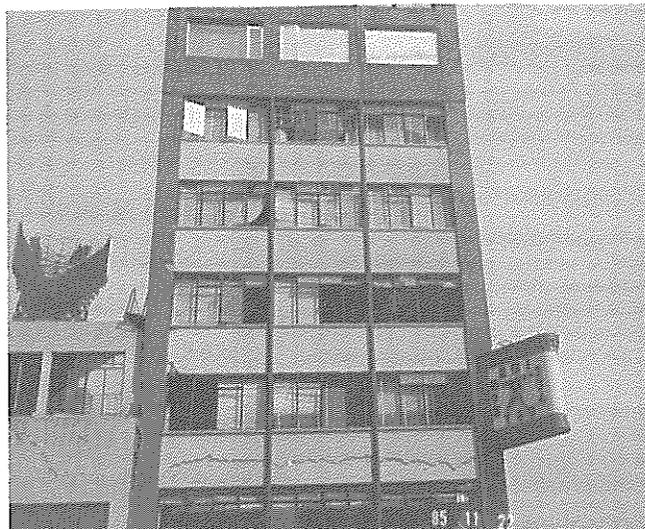
すべての近代的できゃしゃなビルについては、柱に荷重がかかるような1階が壊れた。

この建築学的な答えは、1階に駐車場のあつような住宅ビルでは正当なものである。

また、あるいくつかの建物は、過去の地震で大きな不等沈下を起し、構造的な耐力減退していたことによって破壊されたという可能性がある。

これらは、おそらく次のような過度な沈下の原因によって2つに分類されるであろう。第一には構造そのものの自重によるもの、第二にはメキシコ谷のある部分に位置することによ

るものである。後者のものについては、地層学、地史的にいて、基本的にメキシコ市の非常に不規則な地盤をもつ場所において起こっているし、異なったタイプの基礎を持つ連続した建物においても起こっている。



7時25分で止っている時計

一方、修繕のきかない程被害を受けた部類（基礎の初期破壊が支配的被害形態であった）にも起こった。

抗頭が固定された基礎は上記の場合と同じく、その被害は建物によるものである（きゃしゃなものか、あるいは不等沈下である。）過去の地震によって、大きな沈下があった建物の場合、組織立って見うけられる。これは、基礎の周辺荷重容量が、もし、あるリミットより劣っている場合起きる現象で

ある。これらのケースを解析することによって、すでに述べた値は決定されるだろう。また、繰返し荷重によるフリクシオンパイルの荷重容量が減少することを何らかの測定によって決定することが重要となるであろう。

抗基礎の詳細な状態における調査は、基礎構造に連結した断面において、または、強度的に急に变化しているような地層縦断面のあるセクションにおいて抗の構造的欠陥があることを示している。

(7) 法規上の耐震設計基準の変遷

1942年 高さ15 mまでは耐震設計の規定は適用されず、その他の建築物について一律に重力の1/40の水平加速度を想定した規定としていた。

1957年 DF（連邦区）の大部分の構造物は、やわらかい地盤の上に建つため耐震基準を構造物のタイプによって0.07～0.10の水平加速度係数を考慮するよう改正された。また、非常に重要な建築物（病院、消防署等）は、2倍とするよう規定された。

1966年 DFにおける建築物の新しい法規が公布された。動的解析基準

1976年 改正 軟弱地盤において、静的解析され建設される中高層ビルの大部分は水平加速度係数を0.05あるいは0.1で設計しなければならないとされた。また、非常に重要な建築物は30%増とされた。

9月19日の地震の加速度は、1942年、1957年、1976年に規定された加速度

よりも明らかに超過した非常に大きなものであった。



8階建てRC造の工場兼倉庫、パンケーキのように床が重なる



鉄骨造ビル 床はRC造壁まレンガ 上部で衝突がみられる(右)

5. 火 災

(1) 火災発生件数

9月19日	120件
9月20日	193件
9月21日	38件
合計	351件

(2) 出火原因

主に電気のショート、ボンベからのガス漏れ、メキシコ市に都市ガスはなく、LPGタンクまたはLPGボンベにより供給している。火災の多くは、建物崩壊とともに、ガスタンク、屋内供給パイプの破損・切断等によりガスが漏洩し、出火したものである。

(3) 消防組織

- ア. 消防署 7署（出張所制度はない）
- イ. 職員 800名 通常の消防活動は消火活動が中心である。勤務体制は、24時間勤務の二部交替制
- ウ. 消防車 125台（指令車等含む）

(4) 耐火建築物の延焼火災

地震直後ファレス通りに面したホテル・レヒスの倒壊が始まって間もなく出火した。ホテル・レヒスは全焼、隣接する海軍省は6階から上部、同じく隣接するデパートは7階から上部が、それぞれ延焼した。死者が何名か出たが、地震によるものか、火災によるものかは不明。



上部で衝突がみられる（右）



11階建のホテル（左）中間部の3層がつぶれている

(5) 緊急通報態勢

火災通報はいずれの地域からも「768-3700」で通報し、これを中央消防署で受信する。救急要請は「06」で、警察署が所管している。

(6) 消火栓及びその他の水利施設

消火栓は市内の中心部のみ配置されているが、口径は6インチ管が中心で給水量は少ない。消火栓のない地域は、消防署のタンク車を同時出動させ対処することになっている。

(7) 職員の緊急出動

地震発生が、職員の交替時間（午前7時）と重なったため、直ちに全隊活動態勢に入ることができた。非常配備態勢は、地震発生直後から9月27日までの8日間で隊員は交替で休息をとりつつ活動に従事した。

(8) 重機の調達状況等

重機の調達は、すべて市が行った。対象は、民間建設会社、ペメックス（石油公社）、海軍などがあり、操作要員つきで借りあげた。

消防隊は、梯子車及び所有する破壊器具等を活用する範囲に止め、借上げ重機の操作は行っていない。

なお、幹線道路はもとより市内の横断歩道橋は、ほとんど被害がなかった。

(9) ボランティア活動とその統制

発生直後から中・高校生を中心としたボランティア活動を希望する者が殺到し、消防署で扱ったものだけでも35,000人に達した。

これらボランティアに対しては、事前に仕事の内容、方法及び安全管理について教育した。

40～50名を一団のグループとし、バス等で現場に搬送した。現場では、ボランティアグループ一団につき消防士一名を置き監督させた。



杭が引き抜けた8階建アパート

ボランティアに対しては、消防署から長靴、スコップ、ハンマーなどを貸し出した。ヘルメットは、民間から調達した。これらボランティア活動につき、全体に統制を欠き必ずしも能率的ではなかったの評価もあった。

(10) 消防相互応援体制

発災日の翌日にはメキシコ市から東へ 300 km 離れたベラクルス市消防隊をはじめ、ハラバプエブラ市などから応援隊が到着し、消防活動に従事している。

メキシコ州から消防隊員 300 名、ポンプ車 8 台、トラック 5 台の応援を得た。

このほか、ペメックス（石油公社）から消防車 2 台、メキシコ自治大学から消防車 1 台の応援があった。

(11) ガス供給状況と安全対策

LP ガスの供給は、タンク及びボンベ（20～50 kg）によるもので、およそ 3：7 でボンベの方が多いいわれている。

タンクの供給方式は、集合住宅の場合、屋上に設けられたタンクに、建物壁面に取付けら



杭が引き抜けたアパート

杭が引き抜けた 8 階建アパート
道路反対側のアパートも被害を受けた



れたパイプで、地上のローリから圧送するものである。タンクからは、各戸メーターを經由して各家庭に送られる。

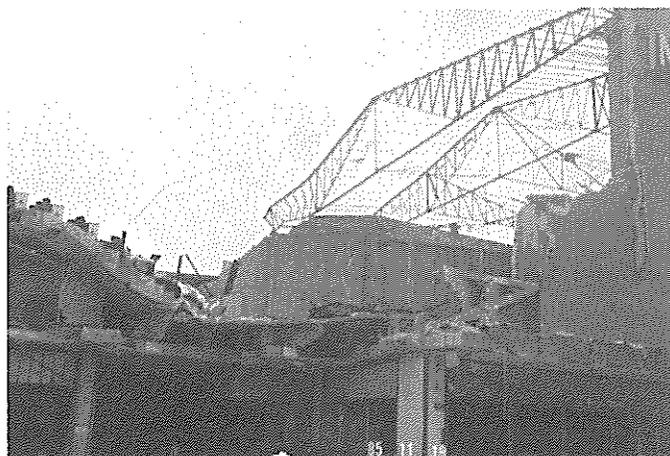
今回の地震によるガス漏洩事故は、消防署で処理したものだけでも、地震発生から3日間で499件に及んでいる。



通信運輸省（SCT）本部



崩壊した映画館



崩壊した映画館

タンク及びボンベの漏洩事故は、1983年3,514件、1984年3,958件であり、また、古いボンベの回収作業（消防署の仕事かどうかは不明）は、1983年1,273個、1984年1,740個であった。

LPガス供給に係る安全対策は、すべてSECOFIN（通産省）が担当し、消防機関においては、ボンベの規制、チェック等の権限はないとのことであった。

参 考

消防署における1984年の災害出動			
◦火災	2,450件	◦電気事故	100件
◦人命救助	143件	◦下水等の破損被害	575件
◦交通事故	35件	◦ガス災害	4,051件



崩壊した映画館



フラットスラブ構造の被害

6. 赤十字の活動

今回のメキシコ地震では、国内はもとより国外からも多数が救助活動に参加しているが、必ずしも統制のとれた能率的な活動が進められていたとはいえないように感じた。

赤十字の活動については、確かな情報が得られなかったが、応急避難場所（道路の中間に設けられた緑地帯）にテントが張られ、被災者が不便な生活を強いられている。このテントは、目につくもの全てが赤十字の提供である。

いまもなお、食糧、衣服の援助の手を差しのべていることと思われる。



フラットスラブ構造の被害 柱が床から飛び出ている

7. 被災者に対する住宅供給

被災者の一部の者は、メキシコ市外に住居を変えたが、多くはテントで、あるいは他の被害のなかった建物へ一時仮住いの生活であるが、市が近く公営住宅に斡旋するようである。



フラットスラブ構造の被害

8. メキシコ市におけるその他の情報

(1) 科学誌「INFORMACION CIENTIFICAY TECNLOGICA」Novde 1985 Vo 7 の論評要約

9月17日の早朝、大地が揺れ動き、大破壊をひき起こした。数千人の国民が死亡または行方不明となり、物質的財産については、数億ペソが石屑の下に埋まった。都心部は麻痺したが、都市は大変大きいので他の住民達は、日常生活をまっとうしようと努めた。だんだん日がたつにつれて、日常生活の不便さや、我々の心を悲しませた不幸が再びよみがえってきた。

我々が思い出すように、地震の日の我国の首都と数百万の住民の運命が急激に変わった。大地震は明らかに我々国民すべてに悪い結果を及ぼした。

しかし、それ故にこそ我々はその不幸な体験から有益なことを引き出さねばならない。



最上階の柱の過密配筋



ビルの衝突による被害 左はRC 9階建

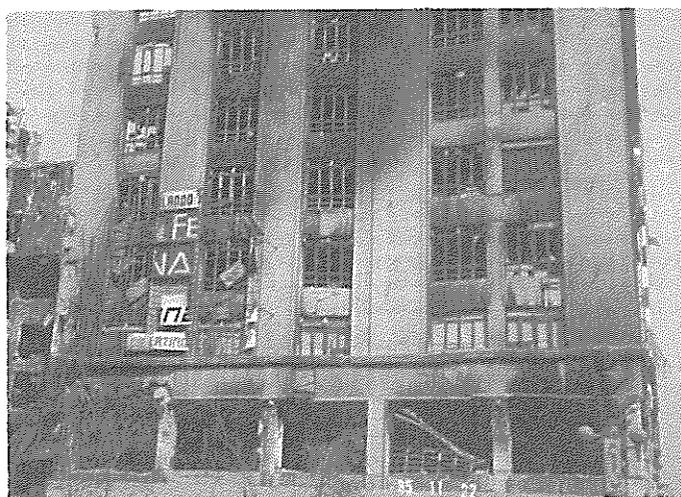
我々の生活は将来に向かって続く、そして昔以上に我国を繁栄させることを求められている。

もし、DFの建設をもう少し安全性を高めて変えていたなら、どのような地震災害をも予防できるであろうと考えて1957年耐震基準を改定し万全と信じてきた。それ故に、今回の地震は起こり得る最悪、最大のものであり対象外であったという理由はない。とUNAMの工学研究所長のルイス・エステバ・マラボト博士は本誌に語った。

しかし、一方これまでに経験した最高の地震力に耐えるように建物を設計するよう義務づけるような詳細な法制定は不可能である。何故なら、それは天災が何時くるかわからない時点で莫大な投資を社会に対して求めることになるからである。その意味において自然は冷酷である。人類が様々な方法をとおして地震特性を再発見し、少しずつ対応策を改善し、問題点を克服しているにもかかわらず、自然が活動するたびごとに自然の偉大な破壊力や創造力を我々は認識させられる。



取材中の林調査員
右は港湾局風間主査
左は通訳



アラメダ公園西端にあるヒスホテル RC 8階建

建設法

DF 建設法は基本的には、住宅、事務所、レクリエーション施設、病院、学校、ある種の工業施設の為の建築一般基準を定める目的をもっている。この法律が網羅している点を列挙すると大変長くなるが基本的な点は、建物が建設される地域、基礎と構造の形式、構造の荷重、建設資材の種類、建物の高さ、事業に準拠した耐震時の隣棟間隔、作用する荷重、構造のモジュール、弾性能力による材料タイプ、構造計算の為の解析方法、変形の制限または計算以上に建物が動かない為の必要条件、そして完成建物が破壊しない為の必要条件に関したものである。

「建設の条件に関連し、DF は三つの区域に分けられている。」と科学者は述べている。一つは軟弱地盤の土地はテスココ湖のあった区域である。一つは丘陵区域で地耐力のある土地の部分である。そして、これら二つの地域の間にある変遷区域（中間区域）である。この区域は軟弱地盤層がごく薄くなっており、軟弱地盤地区よりもう少し安定した土地である。これらの区域の相違は一つの法則性をもっている。丘が始まる所まで都心部から遠ざかるにつれて（即ち前テスココ湖の深さが浅くなるにつれて）前テスココ湖の沈澱物は段々硬くなっている。軟弱地盤区域は去る地震で被害を受けた区域全体を含んでいる。そしてその区域は北部、東部にまで広がっている。それ故 Lindavista, Sector Publico コロニアや Viaducto も夫々被害が記録されている。

都市の別の外周部には Valle の縁に至るまで固い地盤がある。Cu, Las Lomas, Tecamachalco. そして Chapultepec 等が含まれている。変遷地域と呼ばれる中間の地域には Viveros do Coyoacan, colonia dol Valle, Tacubaya, Anahuac 等が含まれる。

その地区の土は外縁部のように硬くはないが、30 m 以上もの粘土層から成っている都心地区程、軟弱なものではない。



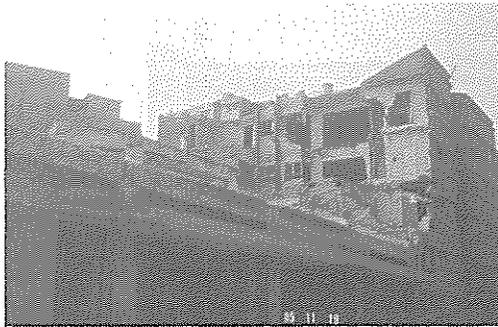
約半階分の沈下を生じた6階建アパートの沈下状況



崩壊を免れた建物 ブレースがみられる

このマイクロなゾーニング制に基づいて定められた条件は、地震係数（剪断力係数）に関するもの、即ち、強さ、地震の際被害を受けないように建物に求められる耐力である。

1957年以前の建設法は、古く、かつ、初歩的なものであった。そして、その詳細については考慮に入れられてなかった。したがって新しい建築活動の基礎として役立ち、再建を達成できるような緊急の基準を作成する必要がでてきた。この基準は、さらに近代的な概念に基づき、より進歩した地震係数（剪断力係数）が考慮された。この時以来 — とエステバ・マラボトは語った。— 基礎についての見直しを開始され、1966年の見直しによって完了した。さらに後に、これは再編成された。それは当時一般的であった住宅の建設についての特徴を考慮に入れる必要があったからである。こうして新基準の作成が UNAM の工学研究所に求められた。そして、その草稿は、他の建築専門家や行政側との新たな議論の基礎となりその議論の成果が 1976年12月15日の連邦官報に登載され、その翌日、この建設法は効力を発し、9月の災害の瞬間まで効力を有していた。



上層部破壊の建物



上層部破壊の建物



上層部破壊の建物

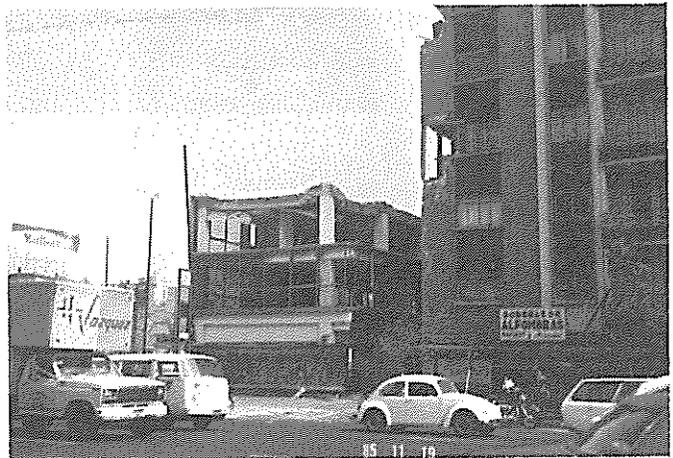
内容は7章に分けられている。

1. 公共道路と共同利用施設
2. 事業所官庁と許認可
3. 建築事業
4. 構造の為の安全及びサービス基準
5. 事業の実施
6. 土地・建物の利用と維持管理
7. 雑 則

UNAM 工学研究所の建設法に関する一連の出版物の中に、あらゆる建築材料と構造形式に適用可能で、かつ、現行の設計の一般基準にも適用可能な条件を示しつつ、構造設計の総合的处理方法が提起されている。耐震設計、基礎工事設計、DF のような区域に必要な基本的に重要な事項に関する総合的詳細処理についても網羅されている。工学研究法第 400 号によれば次の様になっている。



上層部破壊の建物



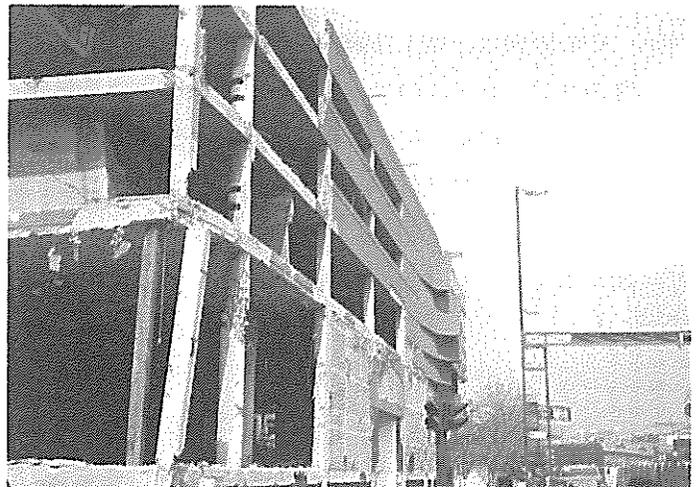
上層部破壊の建物



パネルの破壊



上層部破壊の建物



パネルの破壊

材料及び固有様式への総合的処理方法は Normas Técnicas Complementaras（補強技術基準）の中に定められている。この基準は、規則と同様の法的効力を持っている。しかし、非常に簡単な法手続きを経ることにより、この基準を修正することも可能である。このような方法により受け入れようとする。

この方式は 1977 年 4 月 15 日に公布された。

工学研究所は、メキシコ共和国全体に対する規則の勧告書を作成した。

これは、震度の予測結果の地図を基礎にした地域区分に分けられていた。そして各地域に対しそれぞれ地震係数を指示したものである。

しかし、これらの勧告行為にもかかわらず、この自然災害に対する法的措置を公的に公布した州政府、自治体は少ない。法的に創設された新しい規則がある地域はわずかである。したがって、DF の規則は首都圏を含んでいるのみである。

メキシコ市は、大自然の力から打撃を受けたばかりでなく、すさまじい社会的振動も受けた。去る 9 月 18 日までの歴史を語るとすれば我々は都市問題の膨大なリストを羅列しなければならないだろう。人口問題、住宅問題、食糧事情等々である。

我々が今直面する耐震基準のように、一つの規則は他の様々な問題の解決にも十分に効果があるといえる。

エステバ博士は我々にその一つの例を示してくれた。

地下水の汲み上げは、土地を沈下させ、それを復元することは困難である。それ自体を行うことは、不等沈下を誘発し、建築物を弱めることになる。それ故、その様な汲み上げを行うことを前提とした規則を持つことは、そのうち反対のことが続けば適当なものでないことは明らかである。

地震によって、その他の規則違反が明らかになった。

その原因は、施工技術の責任の問題ではなく、質のコントロールの欠如である。つまり、建築材料ばかりでなく、補強の配置、例えば、コンクリート構造の中の鉄筋がどのように配置されているかどうかといった施工管理にもコントロールの欠如があった。また、構造設計についても同様であった。

法規が詳細にわたって熟慮している事項である地震隣棟間隔を尊ばない行為が建物間の衝突という結果を招いた。



パネルの破壊（文房具店）

その計算は、構造、柔軟性、地震時の横の変位というような高さや構造形式に関係しているが、しかし、空間を最大限に利用するために、この隣棟間隔は尊重されていないとエステバ・マラボト博士は示唆した。

都心部では敷地が大変狭いので建物配置などが軽視される傾向がある。

このことは平常時には、深刻な問題であるとは、とらえられていないが、非常時にはそれが原因で重大な被害をもたらす可能性を増大している。

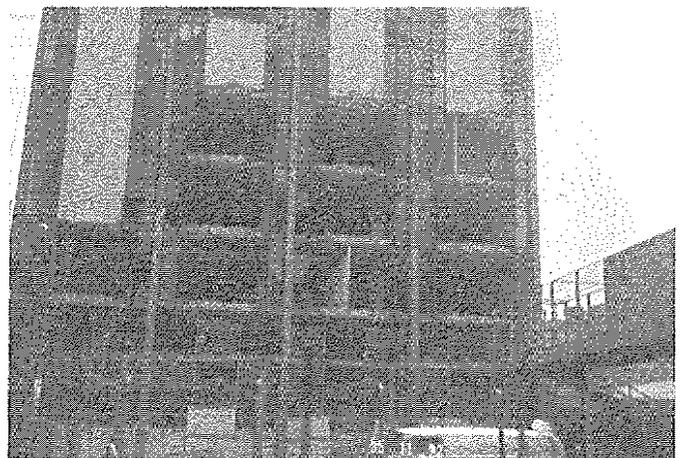
建築物に害を及ぼさない許容荷重についても尊重されないことは重大である。それ故、建物用途や住宅内に予期しない資材を入れることが建物を傾けさせる原因となった。

現時点では、緊急の修正方法が適用されることとなる。そして、自然災害に絶えずおびやかされている都市の建築物を補強するために多くの科学者が参加して、もっと安全性を高めた法律を一年以内に制定できるよう計画されている。

違反に関していえば、適正な制裁を適用することは建設法の問題ではない。建設法の性格



パネルの破壊



パネルの破壊

は技術的なものであり、法律上の、裁判上の、刑罰の、民事上のことは、別の所管である。

本当に必要なものとは、独自の機構を持ち、建設法の正しい適用を監督する為の資格者を任命する部署（今回の場合、連邦区省がこれに当たることとなるであろう。）であり、起きてしまった結果の責任を追求することは、何の慰めにもならない。

我々は再びこの事態を繰り返さない方法を探さなければならない。

自然には、測り難い点があることは確かだが、今メキシコ国民は、民間の責任を自覚しなければならない。当局は、その責任を全うしなければならないが、また、同様に建物所有者、借家人も、そして建築技術者から職人に至るまで、その責任を全うしなければならない。

建物は小さくしなければならないと考える必要はない。ラテンアメリカ塔は基礎から責任をもって計画され、立派に施工された建築物の良い例であり、そして、最も重要なことは、新しい建設法を経済、行政、生産、市民生活の活動等の都市の諸問題を解決できるものにするのである。



半階分沈んだ6階建アパート

9. 被害原因の要約

今回の地震ではいくつかの要因が重なり、特に建物に大きな被害をもたらしたことは既に述べた通りである。原因を大きく分けると次の三点に整理されることが考えられる。

(1) 設計用地震荷重が少なかった。

日本の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ 程度である。1942年耐震規定を導入して以来数回にわたって基準強化を図ってきたが、今回の地震荷重が設計基準を上回ってしまった。

(2) 軟弱地盤の為、周期2～2.5秒（ところにより3.5秒にも達した）の長い振動が生じ、しかも長時間（約1分間以上）続いた。

その為地震動と同程度の固有振動周期を持つ中高層（6～15階）の比較的柔軟な建物が共振現象を長時間にわたり起した。その結果、中高層建物に大きな被害が発生した。

(3) 設計、施工、管理上に問題点があった為、構造的欠陥が生じていたと想定された。

例えば、

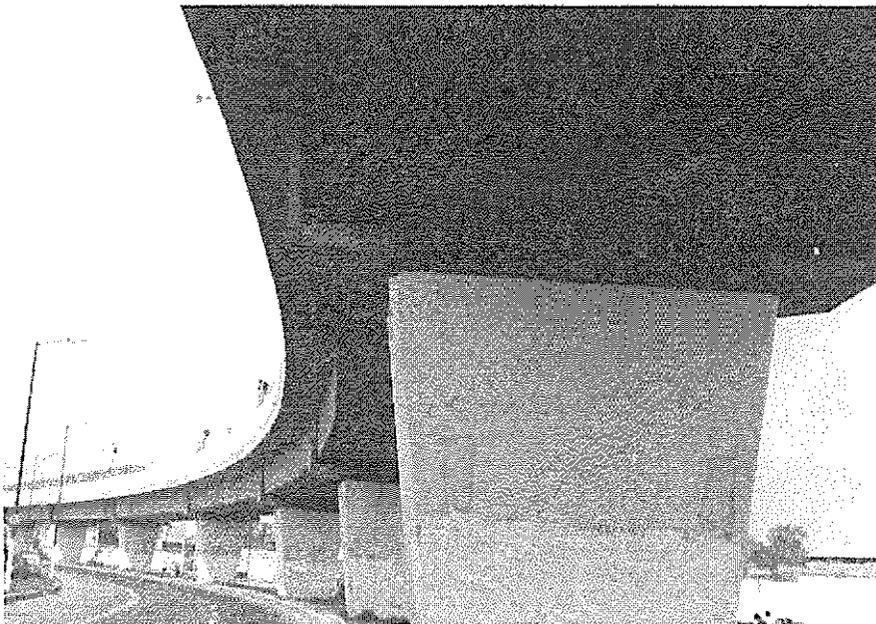
イ) 設計が適正でなかった。

ロ) 設計図通りに施工されていなかった。

ハ) 使用材料の寸法、形状、数量、品質等が適正でなかった。

ニ) 施工技術管理が十分でなかった。

等々の疑問がある。



地下鉄の高架部 被害はみられない



無被害だった低層建物



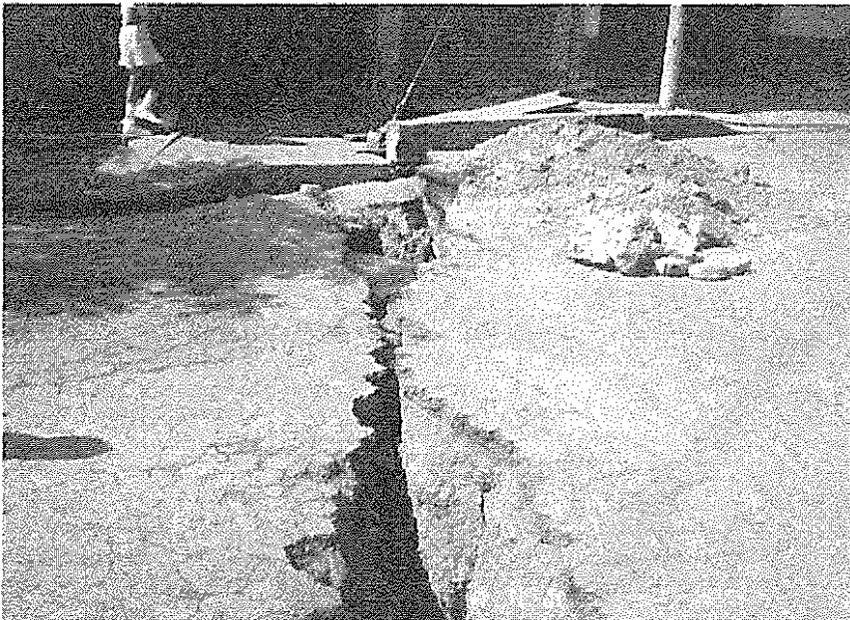
水道管の破損箇所 ふたもなく放置されている



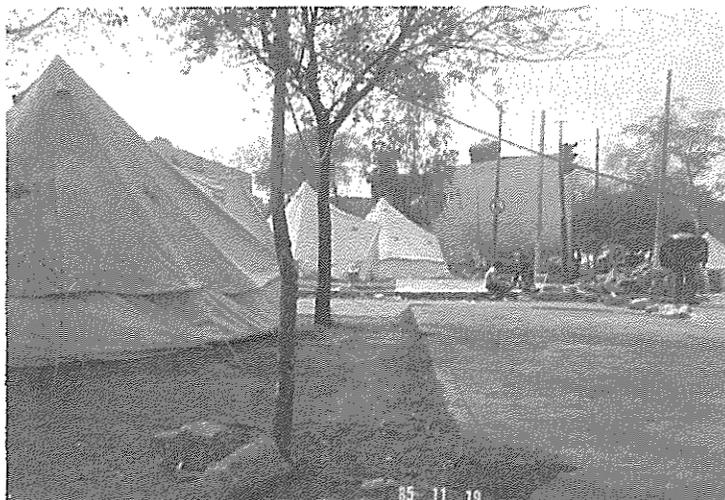
耐震設計された高層住宅



空港近くの道路



空港付近の道路



緑地帯で
テント住まいをする被災者



アルミもガラスも被害？



メキシコ市内地下鉄
地上部、高架部とも無被害



被災建物の跡地は小公園となっている



ホテルから見たメキシコ市内



独立記念塔



中央政庁（宮殿）

10. メキシコ大地震を考える

人口 300 万人を突破、世界でも有数の巨大都市となった横浜市、21 世紀に向かってのプランが、実現へと急ピッチで進められている。

都市基盤整備はその柱の一つである。特に幹線道路網の整備はその緊急性が要請されている。

今回の地震で、道路の被害はほとんどないが、沿道の建物は被害を受けているので、道路上に瓦れきが飛散したはずである。しかし、車輛通行に長期間にわたる支障はなかった。

救助活動に必要な重機等が搬入され、直ちに活動でき、また、被災者以外の市民生活が確保できたのは、市の中心部を通る幹線道路の片側 4 車線を持つ広さのおかげであった。

横浜の道路は広いとは言えない。沿道の建物に被災があった場合、路面一面に瓦れきの山をなし、車輛はもちろん、人の通行にも支障が生じ、消防救援等の活動をより遅らせる結果となる恐れがある。

この対策については、今後の大きな課題である。

今回の地震被害の結果は、一般的に言われているとおり、地盤の振動特性と構造物の振動特性との密接なる関係を如実に示している。

これらの観点から、横浜市内各地の地盤の振動特性、特に軟弱地盤地区の振動特性のきめ細かい調査を行いその実態を把握しておき、建物・橋りょう等構造物の設計、施工にこれらの特性を十分反映できるような体制作りをしておく必要があると考える。

今回の被害の主原因は、発生した地震による水平力が設計用水平力を上廻ったことによる。水平耐力の不足にあることは明らかである。

その他の構造的欠陥についてもいくつか例をあげているが、これらは、すべて日本では検討済みのものである。

しかし、たとえ耐震構造にしても、基準どおりに施工されなければ安全性の確保はできない。

これは、施工者の構造計画に対する未熟、加えて行政庁の検査体制の粗さに起因する。

横浜市では、施工者の未熟は、ほとんどみられないし、検査も十分とはいえないが、中間検査（法的な義務づけはない。）、完了検査を行っている。

建築基準法の改正等により、きめ細かな検査を義務づける必要があるであろう。

落下物による負傷者もかなりの数にのぼる。日本の現行法規では、壁に張るタイルなどは規定がない。基準化作成の動きはあるようなので、至急実現を望みたい。

砂の地盤は、地震動は小さい方だが、「液状化」という砂地特有の現象がある。（新潟地震で RC 造アパートの倒壊の例がある。）

メキシコ地震でも、震源域ま上のラサロ・カルデナスでは液状化一歩手前の状態が確認されている。

対策について至急検討する必要がある。しかし、日本では、「メキシコ地震程度の地震なら建

物が倒壊するおそれはない。」というのが専門家の共通した見解である。耐震基準に大きな開きがあるので、関東大震災クラスの地震に対しては100%安全といえる。

仮に予想を上回る大地震が起きた場合でも、建物がある程度変形することはあっても、つぶれて人命に被害が出ないようにする。これが、日本の耐震基準の考え方である。

また、超高層ビルは柔構造であるので、地震波がきても、ビル自体がたわんでエネルギーを吸収し破壊を防ぐシステムで、上層部の揺れは大きいですが壁や柱が最後まで構造を支える。設計上は長周期に耐えるとされているが、メキシコ地震ほどの強く、ゆっくりとした揺れが長時間続く例までは計算に入っていない。日本の過去の地震は数十秒で収まっているからである。日本の耐震基準を再チェックする必要があると思われる。

耐震、不燃の都市を地道に造っていくのが地震対策の基本である。メキシコ地震では、建物のほとんどが、不燃化されている。その為、火災による被害は多くない。木造建築が普及している我国では、これを禁止することは不可能と思われるが、外壁等への不燃材料の使用を建物の用途、規模、構造にかかわらず基準化することが望ましい。

耐震基準改正以前の建物については、現在、本市は専門家に診断を委ね、補強を指導してきているところであるが、これらの既存不適格建築物に対する措置を基準化する必要がある。

横浜市には地下鉄があり、地下街がある。地震により電気の供給が止まった場合、かなりのパニックが生じることとなろう。メキシコ大地震でもパニック寸前であったという。

非常用発電機は、非常時に有効に可動するよう定期的にチェックをしておくべきであろう。また、電力供給は、その大部分が地上ケーブルによっているため、電柱の倒壊やメキシコでの例のように落下物によるケーブルの切断が予測される。したがって、復旧作業の状況によっては数日間、数週間に及ぶ暗やみの生活を強いられることも予想される。地域で、ブロック単位で、非常電源の設置を提唱したい。

都市ガスは、震度6（烈震）以上になると自動的に供給がストップされ、万一、管が折れても地区ブロック毎に閉める安全弁によって、大量のガス放出を防ぐシステムとなっているので支障はないが、都市ガスの供給のない地区では、LPGを使用しているため、メキシコ市同様の事態を予測した安全対策を考えなくてはならない。

医療品、食料の備蓄は当然であるが、保管場所は特定の区域に集中することなく、分散させなければならない。

今回のメキシコ地震では、市内の病院に保存された医薬品は瓦れきの下敷で使用不能となり、著しく不足した。

自分の勤務する病院が使用不能となった医師が他の病院への応援をした為、患者1人に医師10人という事態も生じている。医師会は、応援体制をきちんと整備しておく必要がある。

市民は、ボランティアとして、あらゆることについて大活躍をしている。しかし、統制のとれた、かつ、能率的な活動ができなかったということは、防災訓練等を受けていない素人集団

としては、やむをえないことであろう。

横浜市民が、非常時には「兄弟愛」を発揮できるよう行政が呼びかけをしておく必要がある。

大地震時には、電話が殺到して一般の電話が使用不能になる恐れがある。メキシコ市では、テレビ、ラジオで地震発生から10日間、個人の安否に関する情報を続けていた。混乱を防ぐ為、この情報は大変重要となる。その為には、個人に関する情報はともかく最低限、地域、地区単位毎の情報を伝えることが必要と考える。本市及び放送局は、十分検討しておくべきである。

メキシコでは、かなりの「デマ」が流れていたが、結局、新聞等の報道によって市民は事実を知ったということである。市民にとって、印字された報道が事実を理解する為の最高の方法であることがうかがえる。また、広報車（道路の使用が可能な場合であるが）により周知することも重要なことであろう。

避難についての考え方は、今回のメキシコ地震のように2～3分もの長い揺れの場合と、日本のほとんどの地震のように数十秒という短い揺れの場合では、相違することがあると思われるが、市民が混乱することのないよう、避難方法を十分周知しておくべきである。

11. む す び

今回のメキシコ大地震の調査は、10日間の日程で行ったものであり、メキシコ市一般工事総省の建築技士課長であるゴメス氏に現地を案内していただいたが、災害復旧中の現場や二次災害が起こり得る現場への立入り等について、かなりの制約を受けた為、必ずしも満足のいく調査内容とならなかったことが調査団として、やや残念であった。

しかし、この報告書は、できる限りの資料収集を心掛けまとめたものであり、今後の本市がとるべき地震対策の一助となれば幸いである。

また、本市の防災対策全般については、本市以外の機関との連携により対応することが重要であり、その為の組織をつくり恒久的に機能するよう努力すべきであることを痛感した。

末筆ではありますが、この調査にご協力をいただきました次の方々に深く感謝をいたします。

- | | |
|-----------------------|----------------|
| ・メキシコ市一般工事総省技術調整部長 | アレファンドロ・リベス氏 |
| ・同 技術調整部課長 | アレファンドロ・ゴメス氏 |
| ・同 技術調整官 | フェリナード・サイナース氏 |
| ・道路都市交通委員会特別委員長 | グレゴリオ・アギラール氏 |
| ・同 土木事業部長 | ロベルト・オカンボ氏 |
| ・同 地下鉄計画調整官 | ソニア・リストさん |
| ・上下水道総局総局長 | ゼルビオ・モレノ氏 |
| ・同 技術主管局長 | ハイメ・テイニコ氏 |
| ・同 計画課長 | ハビル・アラング氏 |
| ・消防部中央署次長 | アレハンドロ・アギラール氏 |
| ・メキシコ国立自治大学技術研究所所長 | ルイス・エステバ氏 |
| ・メトロポリタン地区再建委員会技術担当大臣 | ロベルト・カンパ氏 |
| ・公共事業総局係長 | アフスティン・マンターニョ氏 |

なお、報告書作成にあたり、次の文献等を参考にさせていただきました。

- ・在メキシコ日本大使館発行資料
- ・1985年メキシコ地震概報 村上 處直
- ・メキシコに M = 8.1 の大地震発生 (土と基礎 1985年11月号)
- ・1985年9月19日、20日メキシコ地震報告書 守屋喜久夫
- ・メキシコ地震報告書 アーキテクチャー 広沢 雅也 守谷喜久夫
- ・サンケイ新聞 朝日新聞 読売新聞 日刊工業新聞 現地新聞(NOVEDA DES)
9月22日、23日
- ・科学工学誌「INFOMACION」(現地で購入)
- ・TBS T. V. NHK T. V.

3 月
務局災害対策室
区港町 1-1
-671-2171
トシコ大地震調査団

横浜市広報印刷物登録 第 600334 号
類別・分類 A-BE150