

メキシコ地震における土木構造物の被害—ライフライン施設を主として—

Damages and Restorations of Lifelines by the 1985 Mexico Earthquake

さ 佐 伯 光 昭*

はじめに

1985年9月19日朝にメキシコ合衆国太平洋沿岸中部でマグニチュード8.1の巨大な地震が発生した。このメキシコ地震については、震源域から東方へ約350kmも遠く離れたメキシコ市に激甚な被害をもたらしたことから、各国の耐震工学や地震防災関係者の注目を集めた。我が国からも地震発生直後から多くの調査団や復旧のための技術協力派遣が行われ、これまでいくつかの報告がなされている^{1),2),3)}。

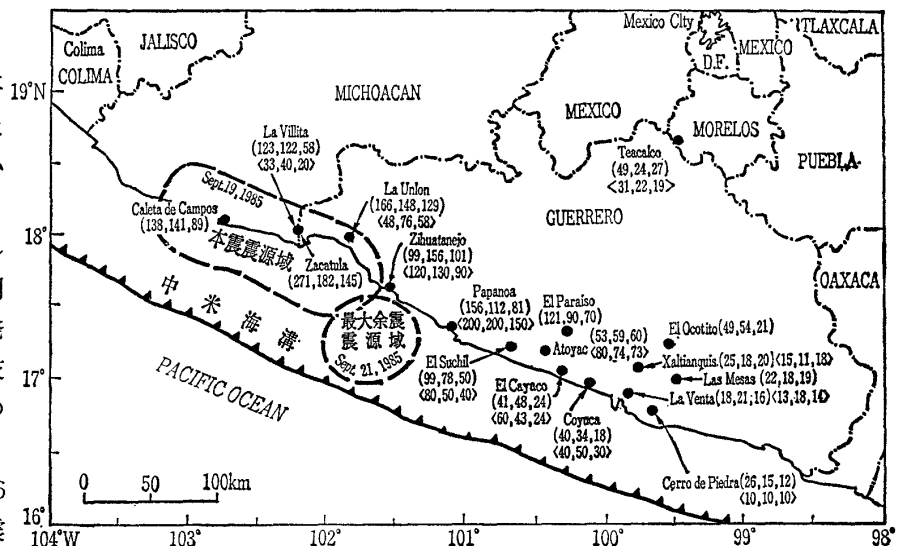
筆者は、地震発生後4か月経過した1986年1月に派遣された土木学会メキシコ地震調査団(団長:東京大学生産技術研究所片山恒雄教授)の一員として参加する機会を得た。本文はこの調査団の詳細報告⁴⁾に基づいて、主にメキシコ市におけるライフライン施設の被害と復旧の概況を報告するものである。

1. 地震の概要⁴⁾

この地震の本震および余震の諸元を表一⁵⁾に、図一1、3にその震源域の位置を示す。この地震は正式にはその発生した地域からミチョアカン(Michoacan)地震と命名されている。震源域は、余震の発生状況から長さ170km、幅50kmの大きさとして推定されており、世界各地で観測された記録から、その断層の走向は震源付近の海溝や海岸線に平行し、太平洋ココス(Cocos)プレートがその北側の北米プレートの下に沈み込むことによって発生した典型的な低角度逆断層タイプであり、震源域付近の強震観測記録により多重震源を有する地震と考えられている。

余震は9月21日から30日までの間に約100回が観測されたが、日本海中部地震の際の震後10日目までの余震の数が180に達していることと比べると、地震検知能力の差異が仮にあったとしても今回の地震ではマグニチュードの大きさの割には、余震の発生が少ないものと言えよう。

強震観測はメキシコ自治大学(UNAM)が中心となっており、この地震においてもメキシコ市内で8箇所、その他

図一 今回の地震の震源域の最大加速度^{6),7)}

●観測地点
(NS, EW, UD):本震での観測値, <NS, EW, UD>:最大余震での観測値,
単位: gal NS:南北成分 EW:東西成分 UD:上下成分

表一 本震および最大余震の震源要素⁵⁾

	本 震	最大余震
発震時刻<現地> 1985年9月	19日 7時17分49秒05	20日 19時37分11秒75
マグニチュード Ms	8.1	7.5
震 央	北緯 18.141度 西経 102.707度	北緯 17.618度 西経 101.815度
深 さ	16 km	16 km

で17箇所が加速度波形が採取された。これらの観測結果によれば震源域の近くでは、図一1^{6),7)}に示すように最大加速度はたかだか160 gal程度とマグニチュードの大きさに比べて低いものであった。震源に近いZacatula(サカツラ)では最大で271 galが記録されたが、これについては詳細な検討により、観測地点の地盤特性の影響もさることながら、むしろ強震計の設置方式が他地点と異なり、強震計の固定用ベースコンクリートに高さ9mのアンテナ塔の基礎が直結し、さらにこれを支持するステイケーブルの振動特性の影響が加わったため過大な値が記録されたものと見解が示されている⁴⁾。

この地震の震度分布は、メキシコ連邦電力庁により図一2⁸⁾のようにまとめられている。同図から同心円状の分布

*日本技術開発誌 土木本部地震防災室 室長代理

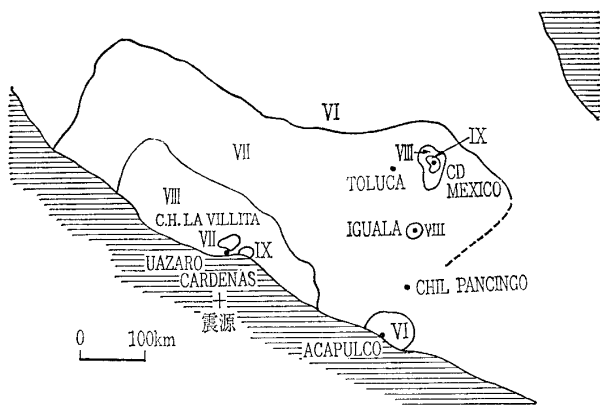


図-2 メキシコ連邦電力庁 (CFE) による本震の改正メルカリ震度階分布⁸⁾

の中で震源から遠く離れたメキシコ市で、改正メルカリ震度階でIX (気象庁震度階: V) となっていることが注目される。

なお、今回の地震でマグニチュードが8.1と大規模なものであった割には、震源域近くの橋梁、ダムなどの各種構造物が比較的軽微であった。これは、地震動の最大加速度が160 gal程度とそれほど大きくなく、しかも地盤が良好であったことによるものと考えられる。

2. メキシコ市でのライフライン施設の被害

2.1 メキシコ市の概況⁴⁾

一般にメキシコ市を呼称する場合は、行政上の首都とその周辺の首都圏を意味する。ここに全人口の約20%強の1700万人が全土のわずか0.15%に過ぎない狭い地域に生活している。図-4にメキシコ合衆国、メキシコ市首都圏、メキシコ市の関係を模式的に示す。

行政上の首都としてのメキシコ市は図-3中の一点鎖線で囲まれた16の区から構成される連邦区である。この地域の面積は1479 km²で約1000万人の人口を有する。

連邦区の中でも社会経済的に特に重要な地区は図-3に*印を付した中心部の4地区であり、そのうち今回の地震

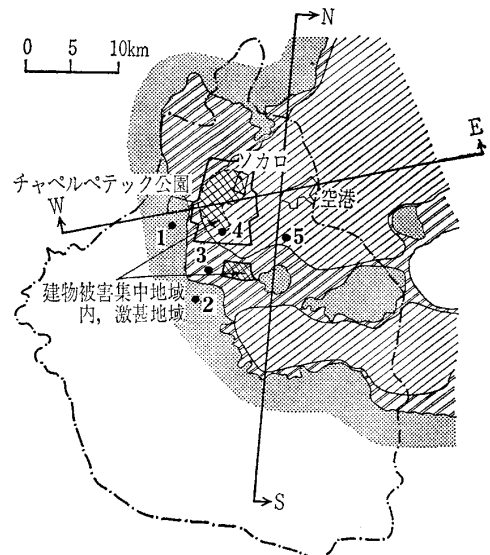


図-4 メキシコ市内の耐震設計地域区分と被害の分布⁴⁾

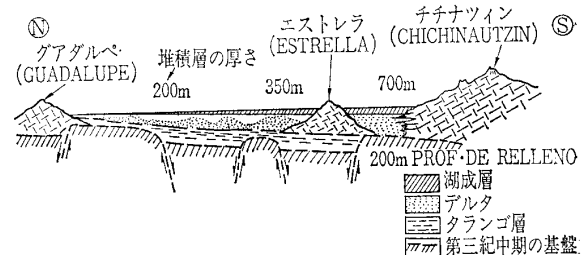


図-5(a) メキシコ市周辺地層断面⁹⁾ 一南北方向一

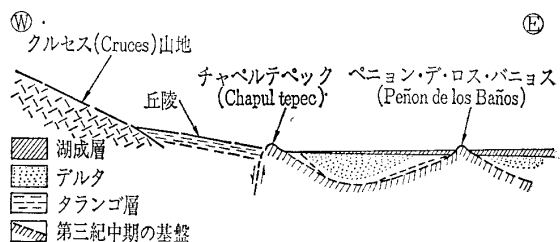


図-5(b) メキシコ市周辺地層断面⁹⁾ 一東西方向一

で最も被害を受けた地域が太線で囲んだ3区で、建物被害の約90%以上がこの中で生じた。しかしながら、この都心部は街路の歩道も中央分離帯も広く整然と区画され、我が国に比べて余裕のある都市空間を形成している。

2.2 地盤と地震動

メキシコ市は約9000 km²の面積を有するメキシコ盆地の南西部に位置し、標高は約2250mである。同市およびその周辺の地盤は、盆地の外縁を形成する主として第三紀の火山岩を基盤としてその上位には、表層500mの厚さを有する沖～洪積層が堆積しており、図-4⁴⁾に示すように湖沼地区、岩盤地区およびその中間の漸移帯に大別される。

表—2 メキシコ市での最大加速度観測結果¹⁰⁾

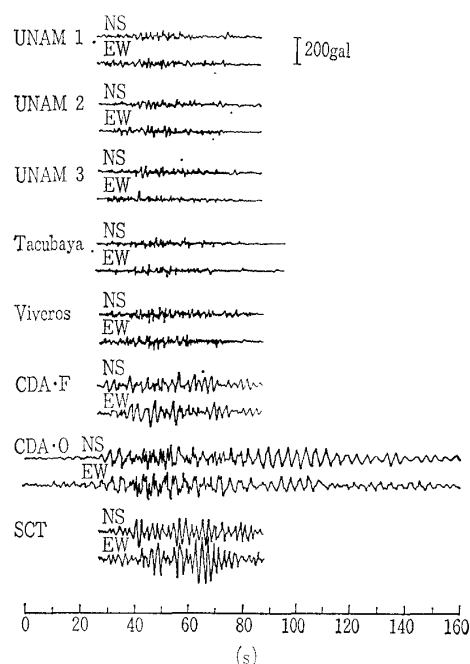
振幅など 方 向	地 点	メキシコ自治大学			SCT	中 央 市 場		Viveros	Tacubaya
		UNAM 1	UNAM 2	UNAM 3		CDA・F	CDA・O		
最大加速度 (cm/s ²)	HS	32	28	37	98	69	81	44	34
	EW	35	33	39	168	80	95	42	33
	V	22	22	20	36	36	27	10	19
最大速度 (cm/s)	NS	19	10	9	39	35	25	11	14
	EW	9	9	11	61	42	38	12	10
	V	8	8	8	9	11	9	6	8
最大変位 (cm)	NS	6	6	6	17	25	15	9	12
	EW	8	7	4	21	25	19	7	9
	V	7	7	5	7	9	8	7	8
加速度応答スペクトルの最大値 (cm/s ²)	NS	107	118	109	598	415	326	167	114
	EW	66	76	81	360	232	217	114	84
	V	133	126	120	983	340	421	159	99
上段 減衰定数5%		93	89	92	625	204	284	123	72
下段 減衰定数10%	V	79	76	81	129	107	90	65	72
		54	52	53	83	82	63	40	48

図—5⁹⁾には南北、東西方向の地質推定断面を示す。

この湖成層を形成する軟弱粘土は火山灰が湖底に推積して形成されたもので、自然含水比が200%以上、間隙比が4以上にも達し、極めて圧縮性の高い粘土である。ただし、一軸圧縮強度はその割には大きく0.2~0.7 kgf/cm²の範囲で鋭敏比は10程度である⁴⁾。

この厚く堆積する粘土層には、市内の上水道の水源として地下150m程度の深井戸によりその大部分をまかなっているため、近年の都市化の急速な進展に伴い地下水採取量の増大による沈下が生じ、最近では年平均最大10cmにも達し、下水の処理方策とも絡んで深刻な社会問題化している。この地盤沈下の分布は、上記の軟弱粘土層の厚さに関係している。

市内の地盤上の地震動観測は図—4に示した5箇所の8

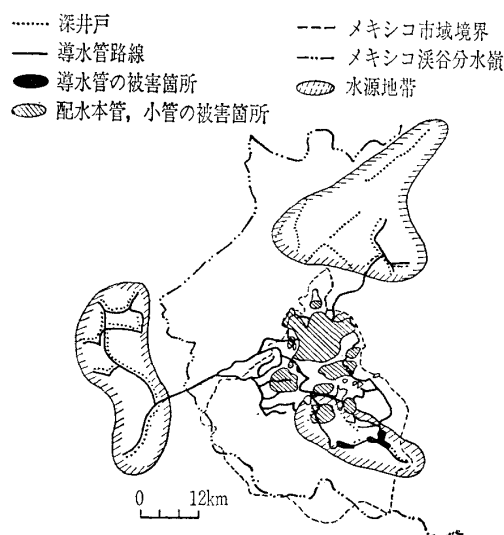
図—6 メキシコ市内の強震加速度波形¹⁰⁾

台の強震計により行われた。表—2¹⁰⁾は各観測点の最大加速度と加速度波形に基づいて算出された最大速度と最大変位および減衰定数5%、10%の加速度応答スペクトルの最大値を示したものである。図—6¹⁰⁾には各観測点での加速度波形を示す¹⁰⁾。

これらの観測結果から軟弱な地盤が厚いほど大きく長く震動していることが分かる。岩盤地帯と湖沼地区とでは、最大加速度、最大速度ともに、後者は前者の5倍弱と大きくくなっている。卓越周期もSCTで2秒、またCDA・O地点では図—6から分かるように周期4秒で80gal程度の比較的大きな震動が2分近くも続いている。これは湖沼地区に共通する特徴であり、S波速度が40~80 m/sの軟弱粘土層に発生した表面波によるものと考えられる。

2.3 上水道および下水道⁴⁾

市内の上水道の給水量は約300万m³/日(300 l/人・日)で、水源は図—7に示す市内外の3地域の井戸と表流水であるが、その約90%は約1400箇所の深井戸である。流量調整

図—7 水源および管路の被害分布¹¹⁾

No. 1727

のため市内 6 箇所のポンプ場と全容量 150 万 m^3 に達する約 250 箇所の配水タンクが設けられている。水源からポンプ場への導水管は口径 500~4000 mm の PC および RC 製で延長 430 km, 配水本管は口径 450~1800 mm の PC および RC 製で延長 500 km, 配水小管は口径 400 mm 以下の主に石綿セメント製で延長 12 650 km, 送水圧は平均 1 kgf/m^2 である。

地震後ただちに停電となったが、ポンプ場の配電が 2 系統もしくは非常用自家発電装置が円滑に作動したため機能低下は生じなかった。被害は管路の継手およびその近傍に集中した。その代表的な状況を口絵写真-3 に示す。図-7 には各種管路の被害発生地域も示してあるが、図-4 と対照すると導水管では市内南東部の軟弱地盤と丘陵地区との境界付近、配水本管と小管は市内地部~中央部の軟弱地盤地帯に多く発生したことがわかる。断水の影響は市内総人口の 40% にあたる約 400 万人に及んだ。

表-3¹¹⁾は管路種別ごとの被害箇所数と平均被害率を 3 つの地域区分とその組合わせに応じ図-3 に示した 16 地区ごとに集計した結果を示したものである。同表から平均被害率は口径の大きな導水管が最小で、次いで配水本管、小管と小口径化に伴い高くなること、配水本管、小管では地盤が軟弱になるほど高くなることが分かる。ちなみに宮城

表-3 各地盤区分ごとの配水本管、小管の被害集計と平均被害率 (1985年11月18日現在)

地盤区分	地区番号	配 水 小 管			配 水 本 管		
		被害箇所数	管路延長 (km)	平均被害率 (箇所/km)	被害箇所数	管路延長 (km)	平均被害率 (箇所/km)
丘陵地区	①	0	44	0	—	—	—
	②	73	317	0.23	—	—	—
	③	0	220	0	—	—	—
	④	3	98	0.03	—	—	—
	⑤	104	858	0.12	0	2.4	0
小計		180	1537	0.12	0	2.4	0
丘陵・漸移地区	⑥	163	874	0.19	1	26.8	0.04
	⑦	78	639	0.12	0	45.5	0
	小計	241	1513	0.16	1	72.3	0.01
漸移地区	⑧	325	917	0.35	3	42.0	0.07
漸移・湖沼地区	⑨	1095	977	1.12	30	105.7	0.28
	⑩	463	1094	0.42	5	2.4	2.08
	⑪	1306	2195	0.59	32	101.5	0.32
	⑫	268	982	0.27	9	39.3	0.23
	⑬	773	184	4.2	0	2.1	0
	小計	3905	5432	0.72	76	251.0	0.30
湖沼地区	⑭	512	886	0.58	20	35.2	0.57
	⑮	912	1271	0.72	31	58.0	0.53
	⑯	924	1094	0.84	41	39.2	1.05
	小計	2348	3251	0.72	92	132.4	0.69
合 計		6999	12 650	0.55	172	500.1	0.34

注)・導水管の平均被害率は図-3 に示した地区⑨、⑬を合わせて、0.08 箇所/km

・地区番号は図-3 参照

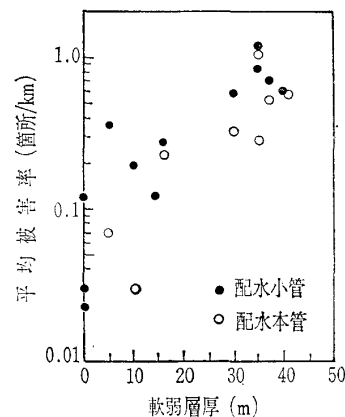


図-8 軟弱層厚と配水本管、小管の平均被害率の関係¹¹⁾

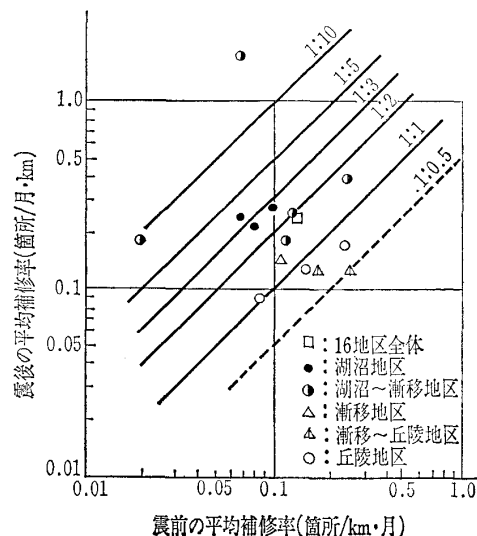


図-9 震前と震後の月平均の管路の平均補修率の関係¹¹⁾

県沖地震の際の仙台市内の平均被害率は 0.10 箇所/km であり、表-3 に示した値よりも低い。

図-8¹¹⁾には、各地区ごとの配水本管と小管の平均被害率と軟弱層厚との関係を示す。図-9¹¹⁾は地震前後の管路の補修状況を整理したもので、月平均の漏水補修率を 1985 年 1 月~11 月までのデータから発災当日の 9 月 19 日を境に前後に分けて横軸に震前、縦軸に震後の補修率を各地区ごとにプロットしている。

これらの結果から、平均被害率は軟弱層厚の増加に伴い指数的に増加する傾向にあること、および補修率については全体としては、震後が震前に比べて約 2 倍に増加し、地盤が軟弱な地区ほど震後の補修率が増加傾向にあることが分かる。

被害の原因は、2.2 に述べた軟弱地盤で励起されたやや長周期の地震動による地盤のひずみが、震前に生じていた地盤沈下によるひずみに加わって、継手部の変形性能を超えたためと推察される¹¹⁾。

下水道は、現状ではポンプ処理が大部分で市内 64 箇所の全容量 500 m^3/s に達するポンプ場で排水が行われている。処理方式は合流式で口径 300~600 mm, 延長約 12 000 km

の無筋コンクリート製管渠、および口径 600～2 500 mm、延長 1 200 km の RC 製の幹線管渠で集められ、3 つの幹線により市外北方の盆地外へ排水されている。

地震による被害は、ポンプ場などの拠点施設では軽微であり、このほか、市街南部の東西方向に走る道路の中央に設置された RC 製く形断面の暗渠の継手部 17 箇所でのずれの発生、上水道の導水管の被害のあった市南東部の地点の周辺でのコンクリート管渠の継手部 4 箇所の損傷と遊水池の築堤の変状が生じた程度であった。一般に幹線の管路が上水道の導水管に比べて被害が少なかった原因として、単管長が 2.65 m と上水道の 6 m に比べて短く変位を吸収しやすい構造であったことも考えられる。

2.4 道路および地下鉄⁴⁾

市内の道路は、最近の急速な交通量の増大に対処するため既存の東西、南北方向の街路に加え、内外 2 つの高架形式の環状線の建設が進められている。

地震による被害は街路の路面の亀裂、隆起、陥没および縁石の変状でその面積は 14 400 m² に及んだ。

歩行者の安全にかかわる落下の危険性のある建物の窓ガラスなどは、歩道に面する側に約 1 400 箇所に防護用のひさしを設置した後、市の費用負担で撤去された。このほか、地中配線の被災による街灯の被害に対しては、約 200 箇所に応急用仮照明を設置した。信号機も回復まで 1 週間程度を要した。

高架橋には被害は認められず一部の街路の立体交差箇所では軽微な損傷が生じたのみであった。高架橋の被害が生じなかった原因には、地震動の振幅の大きかった湖沼地区での地震動の卓越周期の 2 秒前後に対して高架橋の橋脚の高さが 10 m 以下で比較的剛で固有周期が 0.5 秒以下と想定されるため、応答の増幅が生じにくかったことや軟弱地盤を構成する土質が粘性土であり、基礎の安定に影響を与える液状化現象が生じなかったことなどが考えられる。

地下鉄は、地震当時は 7 路線延長 100 km 余が供用されていた。標準的な構造は、高さ 4.9 m、幅 6.9 m のく形断面で、施工は地盤の良好な箇所では土留め本体兼用の連続地中壁、軟弱地盤地区では連続地中壁の内側にく体が築造されている。地中部の設計には地震の影響を考慮していないが、地震による被害は軽微であった。このほか、地上建物の倒壊による出入口の封鎖が 2 駅にあった。

なお、軟弱地盤区間では常時の不同沈下対策として、可とう性継手を設けるとともにバラストの厚さで沈下の影響を調整することにより円滑な走行の確保に努めている。

2.5 電力および電話等

メキシコ市およびその周辺に電力を供給している中央電灯電力会社は需要家 320 万戸、最大電力 4 000 MW の規模を有している。市内の配電線が架空線が中心で地中化率は 18.4% で、その停電は本震から 3 日間で建物の被害箇所を除いて解除された。被害が比較的少なかった原因としては、

既往の震害での体験および常時での地盤沈下対策として設備の固定方法に配慮がなされていたためと考えられる。

電話はメキシコ全土で約 350 万の加入数で、そのうちの 30% 強の約 130 万がメキシコ市に集中している。被害は国際および長距離通話に集中した。この原因は 2 つの主要の電話局庁舎の被災によるもので、建物の壁の破壊によりそれに固定されていた設備が損傷したものである。架空線、地下ケーブルには大きな被害は生じなかったが、これは電柱の基礎に玉石充填工法を、管路については収納スペースに余裕を設けているほか、コンクリートの単管長も短く、マンホール間隔も 50～100 m と短いためケーブルの移動が容易なフレキシブル構造となっていることが原因と考えられる。

このほか、ガス施設については、その供給の大部分が LPG であり、被害はボンベもしくはタンクの倒れなどや、パイプの破損で震後 11 日間での処理件数は 3 500 件弱であった。また、屋内配線のショートやガス漏れによって出火した火災は 350 件に達したが、いずれも大事に至らなかった。埋設導管については 8 地点の簡易ガス供給導管ならびに市内に 350 km 埋設されている天然ガスパイプライン双方とも被害は生じていない⁴⁾。

以上、各種施設の被害状況について概要をとりまとめたが、特に施設によって地中構造物の被害状況に差異が生じた原因には、使用材料の種類による強度や供用期間の相違に加えて、軟弱地盤の沈下対策と関連した構造細目上の配慮の程度によるものが大きいものと考えられる。

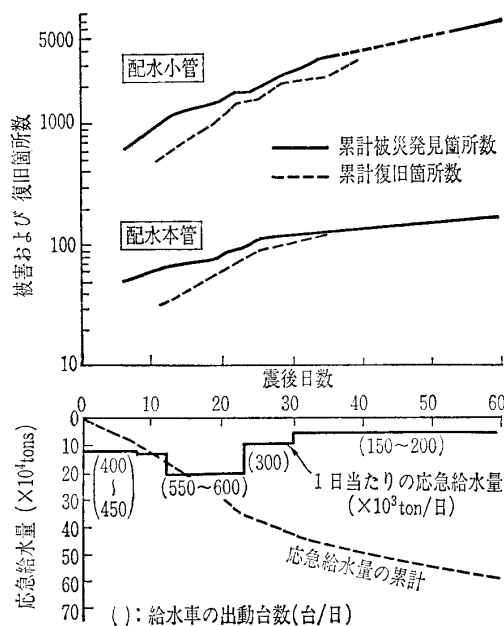
3. 震後対応と復旧

2 では、市内の建物を除く施設の被害について、その概要を述べてきたが、それらの震後対応と復旧状況を整理した結果を表 4 に示す。同表から分かるように機能低下が最も著しかった施設は上水道、電話で、最も復旧が早く軽微な影響に留まったものは、地下鉄、電力であった。また、被害原因で注目されるのは建物の被災によって引き起こされたもので、庁舎の倒壊により電話では施設の直接的な損害、上水道の場合には復旧の初動にそれぞれ大きな影響を与え、街路沿いの一般の建物の倒壊は電力・電話の架空線の被害を生じさせた。この建物の被災はまた、大量の瓦礫の処理の問題を引き起こした。倒壊建物および機能不能となり処分する建物の瓦礫の量は百万 m³ を超えるとのことである。このような瓦礫の処理は公園などのスペースのみでは到底不足するため沿道、道路の中央分離帯などに仮置きされた。このため、都心部での道路啓開および上水道管路の復旧に大きな支障となった。

復旧経過の代表例として、上水道管路の場合について図 10¹¹⁾ に示す。同図は震後経過日数と、①配水本管、小管の被災発見箇所数と復旧完了箇所数、②応急給水量（累計および日ごと）をまとめて表したものである。これらの結

表-4 メキシコ市のライフライン諸施設の震後対応と復旧経過

施設	被害の概況	震後対応	復旧状況	その他特記事項
上水道	管路の継手および近傍に集中 導水管 34箇所 (0.08箇所/km) 配水本管 172 〃 (0.3 〃) 配水小管 6 999 〃 (0.6 〃) 被害地点は、軟弱地盤および地盤急変部に多い。 断水の影響は、市内総人口の約 4 割 (400万人) に及ぶ。	本格的復旧は、庁舎の倒壊のため 1 週間後から開始。被害の発見には住民も協力 復旧作業 1 日 1 万 2 千人 (当局 1 万人、協力企業 2 千人) 1 班 5 ~ 10 名、1 日 3 交替 24 時間 応急給水は震後 2 か月で総計約 61 万トン、最盛期 1 日 2 万トン、給水車 600 台弱	都心 2 区および南東部 2 区を除いて震後 3 週間程度で概ね平常時の状況まで回復。最終的にはこれら 4 区は震後約 1 か月半で回復した。	復旧状況については、電算処理システムを開発し、把握を容易にするための措置がとられた。応急給水については給水車によるほか、1L 入りポリ袋 70 万袋、容量 11 m ³ のゴム製可搬性タンク 89 基、5 m ³ のグラスファイバー製タンク 50 基が給水状況の悪い地区に配置された。
下水道	ポンプ場等拠点施設は軽微。道路上の暗渠の目地ずれ 17 箇所、南東部の軟弱地盤地区での RC 埋設管の損傷 4 箇所、遊水池の築堤の変状	被害の程度が上水道に比べて少ないこともあり、対応は上水道の方が優先された。	調査時点では、明確に把握はできなかった。	小口径管については、テレビカメラを用いた被災発見を行う予定とのことであった。
道路	橋については被害は認められなかった。路面の変状 14 400 m ² 、照明灯および信号機に機能低下	窓ガラス落下防護用のひさし 1 400 箇所、応急照明 200 箇所、街灯修理 133 基、244 基更新、瓦礫処理のための交通遮断措置	震後 4 か月で道路の部分閉鎖 20 箇所 完全閉鎖 1 箇所 信号機：震後 1 週間で回復 路面の変形：震後 2 か月で 9 割弱復旧	建物のとりこわし作業および瓦礫の処理が道路啓開の大きな支障となる。
地下鉄	全体に軽微。クラック、剥落あり、半地下構造部分の目地ずれ、クラック	震後ただちに運行停止、緊急点検	震後数時間 ~ 10 時間以内に運行開始	地上建物の被害による駅の出入口閉鎖 2 箇所あり
電力	停電：変電所 8 箇所、送電線 7 回線 配電線 270 回線 配電設備の被害： 電柱 600 本、変圧器 1 800 台 高圧線 16 km、低圧線 30 km	復旧作業は震後ただちに着手。1 班 5 人から成る 300 班、1 日 2 交代	本震から 3 日後に送電完了。地中送電線は、1 時間後に系統切替えにより復旧完了	停電の原因：送電線ショート 配電設備の被害の原因は建物の崩壊による短絡、地絡が大部分
電話	主要局舎の 2 局の大被害に伴う交換設備の使用不能 国際電話 100%，市外通話 80% 中断、市内通話 6 万加入中断	震後ただちに 24 時間体制で復旧。当初は人命救助に重点、1 週間後に無線搬送設備の仮設置	震後 1 か月後 市内通話 100% 市外 〃 一部除いて回復 国際電話 55% 回復 クリスマス前に上記ほぼ 100% 復旧完了	地下ケーブルの被害はなかった。殉職者交換手 11 名 市内通話の不通は、建物の倒壊によるもの
ガス	LPG ボンベの倒れ、取付け管の破損 3 500 件、屋内配線のショートやガス漏れによる火災が 350 件生じたが大事に至らず。	ガス供給会社による補修、取替え	概ね 10 日程度で対応完了	地中埋設管一簡易供給導管および天然ガスパイプライン双方とも被害は生じなかった。



果から、配水本管、小管は復旧の進捗につれて供給を開始したことによる水圧上昇が、新たな漏水箇所の発見をもたらした、時間経過とともに被害箇所数が増加したことが分か

る。写真-1 に復旧状況を示す。

応急給水は、最盛期には 600 台弱の給水車が出動し、1 日約 2 万トンが供給され、震後 2 か月間で総計 61 万トンに



写真—2 応急給水の状況

達した。写真—2に応急給水の状況を示す。

なお、市内南東部の導水管の被害により源水供給の不足は地震直後には平常時の20%程度に達したが、導水管の復旧を先行させた結果、震後約3週間ではほぼ源水不足は解消された。

表—4にも示したように、庁舎の倒壊という最悪の事態の中で震後1か月半で一応の機能回復を果たしたが、これは7千箇所余りに及ぶ被害の程度と考えると順調に復旧が進んだものと言えよう。これには既往の震害経験に基づく適切な復旧計画の立案に加え、常時での地盤沈下による漏水補修機会が多かったことが与っていたものと考えられる。また、応急給水の実施も近年の人口増のため乾期では恒常的となっていることも迅速かつ大量な供給をなし得た原因の一つであろう。

あとがき

以上述べてきたように、メキシコ市の被害状況は盆地内に堆積した軟弱地盤の分布と密接に関係しており、震源域から数百kmと離れていても、地震の規模が大きく地盤条件によっては予期し難い被害が生じることが明らかにされた。我が国においても、東南海地震や南海地震で広範囲にわたって軟弱な沖積低地に被害が生じたことを想起すべきであり、的確な地盤および想定地震に関する情報に基づく合理的なサイズミックマイクロゾーネーションの重要性が改めて認識された。

都市の防災面からは、メキシコ市と日本の都市の道路、公園などの公共空間の広さを比べた場合、施設自体の耐震性は日本の方が高いであろうが、一たび被害が生じた場合の震後の混乱の可能性も火災が生じやすい点を見ると我が国の都市のほうが高いものと思われる。このため、日本では急速に進みつつある都市機能の高度情報化に即応した地震防災計画の整備が重要であり、特に都市内の狭い街路での落下物および瓦礫の処理とライフライン施設の復

旧との調整、被害情報の効率的な管理システムと必要なデータベースの構築やライフライン施設の最適復旧戦略立案のためのリアルタイム支援システムなどの震後対策計画の策定、開発が急務と考えられる。

最後に、多くの犠牲者の御冥福をお祈りするとともに、厳しい財政事情の中で復興の努力を続けるメキシコ国民と関係各位に対し順調な関連事業の進捗と御多幸を願わずにられない。

本文のとりまとめにあたって、現地調査で御尽力賜わった方々および土木学会メキシコ地震調査団の片山団長はじめ団員各位に対し記して謝意を表する次第である。なお、本文中に掲載した写真はメキシコ市上下水道局の御厚意により提供されたものであることを付記する。

参考文献

- 1) 岩崎敏男：メキシコ地震報告（概報），土木学会誌，Vol. 70, No. 12, pp. 50~60, 1985. 12, および同著，メキシコにM=8.1の大地震発生，土と基礎，Vol. 33, No. 11, pp. 98~101, 1985. 11.
- 2) 田村重四郎・伯野元彦・家村浩和・竹内幹雄：1985年メキシコ地震の震害，土木学会誌，Vol. 71, No. 5, pp. 79~85, 1985.
- 3) 日本建築学会：1985年メキシコ地震災害調査報告，1987. 2.
- 4) 土木学会メキシコ地震調査団：1985年メキシコ地震の被害とその復旧，土木学会誌，Vol. 71, No. 6, pp. 44~56, なお，この詳細は別途，土木学会メキシコ調査団報告として1986年12月に同じ標題で単行本としてまとめられている。
- 5) UNAM Seismology Group: The September 1985, Michoacan, Mexico Earthquake: Some Seismological Aspects, Preprint, 1985.
- 6) Andersson, J.G., Bodin, P., Brune, J.N., Prince, J. and Singh, S.K.: Strong Ground Motion and Source Mechanism of the Mexico Earthquake, 1985 (Ms=8.1), Preprint, 1985.
- 7) Anderson, J.G., Brune, J.N., Bodin, P., Quaas, R., Onate, M., Almora, D. and Perez, P.: Preliminary Presentation of Accelerogram Data from the Guerrero Strong Motion Accelerograph Array, Michoacan-Guerrero, Mexico, Earthquakes of 19 and 21 September, 1985, etc., Preliminary Report GAA-1A~1C, Univ. California, San Diego and UNAM, 1985.
- 8) A. Uribe Caravajal et al.: Evaluacion Sismologica de Las C.T. Petacalco y La Villita Despues del Temblor del 19 de Septiembre, 1985, Comision Federal de Electricidad, Sep. 30, 1985.
- 9) Sociedad Mexicana de Mecanica de Suelos: El Subsuelo y la Ingenieria de Cimentaciones en el Area Urbana del Valle de Mexico, SMMS, 1978.
- 10) Prince, J., Quaas, R., Mena, E., Carmona, C., Almora, D., Perez, P., Chavez, G., Alcantara, L. and Delgado, R.: Accelerogramas en Ciudad Universitaria del Sismo de 19 de Septiembre de 1985, Instrumentacion Sismica, Institute de Ingenieria, UNAM, INFORME IPS-10A~10D, 1985.
- 11) 佐伯光昭・岩本利行・大石 博・齊藤公正：1985年メキシコ地震におけるメキシコ市内の上水道管路の被害と復旧，第7回日本地震工学シンポジウム，1986. 12.

(原稿受理 1987. 6. 22)