

# マナグワ地震によるプレストレスト コンクリート造建物の被害

岡 本 伸\*

## 1. まえがき

1972年12月23日午前0時30分、ニカラグワの首都マナグワ市は、マグニチュード6.2の地震に襲われ、市中心部の約27km<sup>2</sup>が壊滅的な被害を受けた。今回の地震は地下5kmという非常に浅いところに起きたものであり、地震による死者1万1000人、負傷者2万人を数え、被害総額は約5億US\$に及んだ。

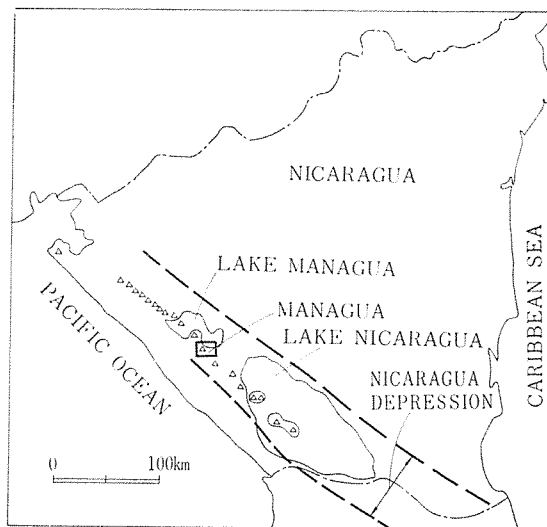
このような浅発性地震による都市被害の様相を把握する目的で、建設省を始めとする日本政府各省庁合同調査団\*\*が1973年3月15日から4月1日まで現地に派遣された。筆者は、この調査団の一員として、おもに建築構造物の被害に関する調査を担当した。現在、調査団としての詳細な報告書を作成中であり、ここでは、プレストレストコンクリート造建物の被害を中心に調査結果の概要を述べる。

## 2. ニカラグワの地震活動度

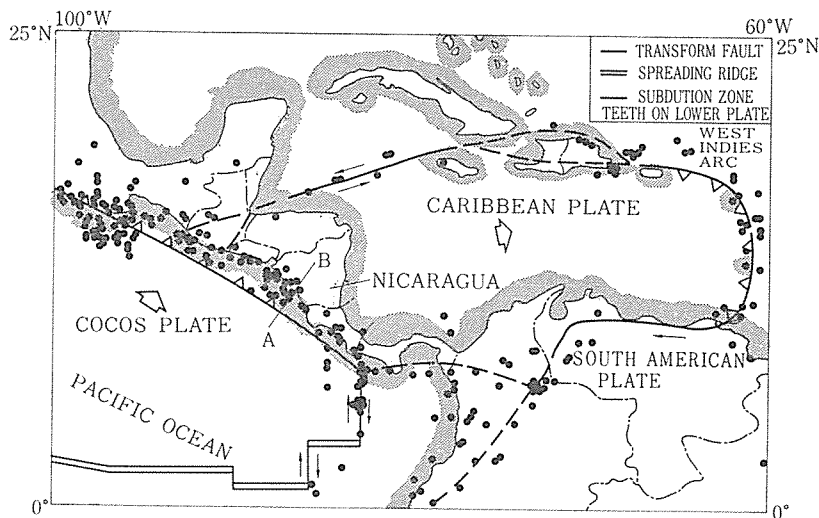
ニカラグワ西部は環太平洋地震帯に属し、地震活動はきわめて活発である。太平洋岸には、海岸線から約80km離れて、これとほぼ平行に、深さ約6200mを越える中米海溝が走り、地震帯は、中米海溝付近から45°の俯角をなして大陸の下にもぐり込んでいる。また、中米海溝とほぼ平行して、大陸側に40km入ったところに中米火山帯が走り、これとほぼ平行に、第3紀の火山活動によって生じた、Nicaragua Depressionと呼ばれる大地溝帯が走っている。マナグワ市は、この火山帯および地溝帯の真上に位置する人口約40万の

都市である。

マナグワ市は、1931年に、マグニチュード5.5前後の地震により死者1000人、被害総額1500万US\$に及ぶ被害を受け、1968年には、マグニチュード4.6の地震により、市南東部の2km×10kmの範囲に局部的な被害を生じた。これらの地震は、いずれも地下5km前後の浅発性のものである。注目すべきことは、図—1



図—1 ニカラグワの地形



図—2 1953年～1972年の間に起きたM6の地震の震源分布

\* 建設省建築研究所住宅建設研究室長

\*\* 調査団の構成は次のとおりである。

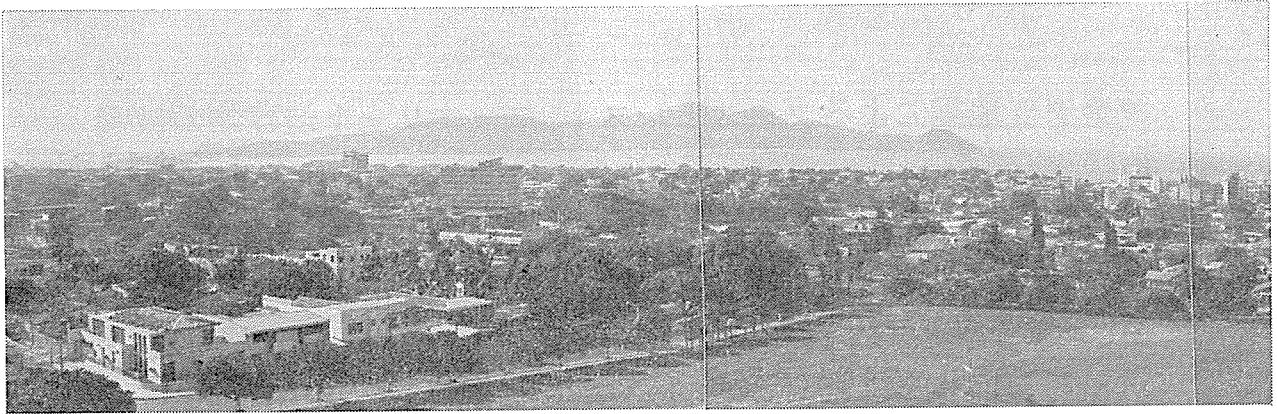
団長 大久保忠良(土木研究所)

団員 稲葉 誠一(科学技術庁)

田中 康裕(気象庁)

富樫 三郎(消防庁)

岡本 伸(建築研究所)



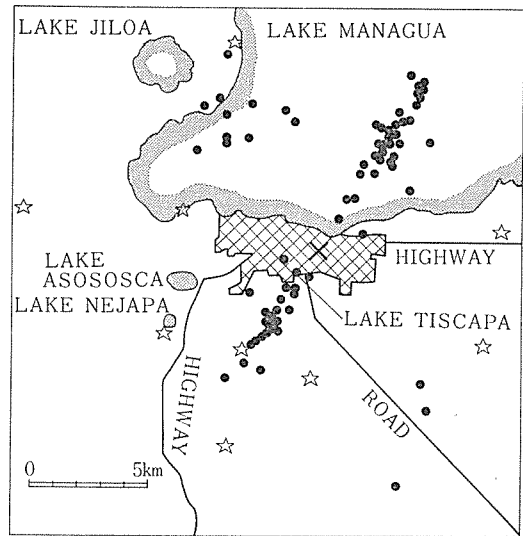
写真—1 マナグワ市

に示したように、中米火山帯の軸がマナグワ市南東部と北西部で数 km の食い違いを生じており、このような地質学的特異性が、この地方に生ずる浅発性地震の一因であるといわれている。

### 3. 1972 年マナグワ地震の概要

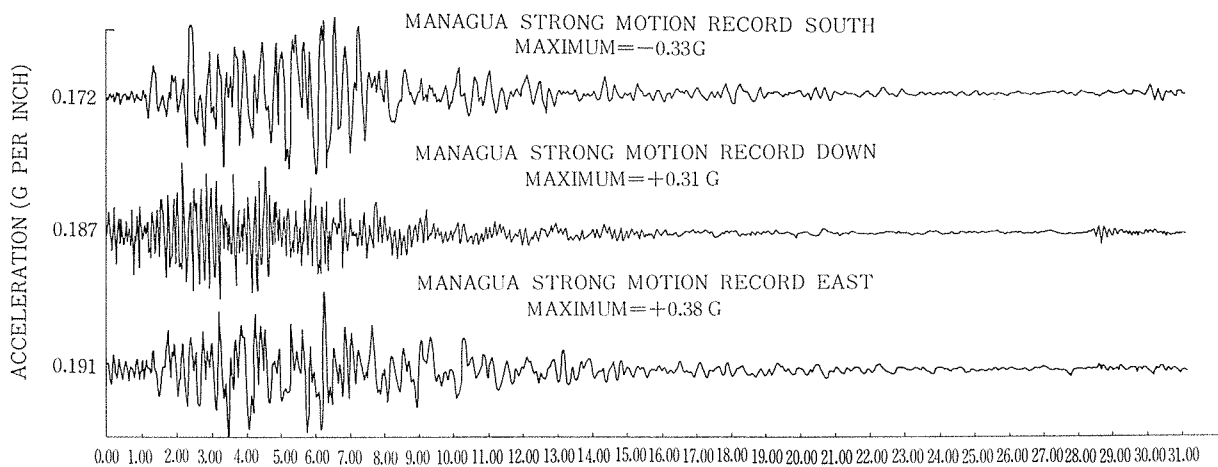
今回の地震の震源位置は、NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) の発表によれば、市内から東北方向に約 50 km 離れたところである。しかし、余震観測結果、被害状況、断層の起り方などから考えると、実際の震源は NOAA から発表された位置よりずっとマナグワ市寄りであり、恐らく、図—3 に示した南西から北東に伸びる余震の震源が集中して分布している線上のマナグワ市とマナグワ湖との境あたりであったと思われる。震源の深さは地下約 5 km であった。

本震のマグニチュードは  $M_b^* = 5.6$  ( $M_s = 6.2^{**}$ ) であり、本震から約 1 時間の間に 2 つの強い余震 ( $M_b = 5.0$  および  $5.2$ ) が発生している。最大震度は、修生メルカリ震度階で IX であった。また、市内から約 4 km



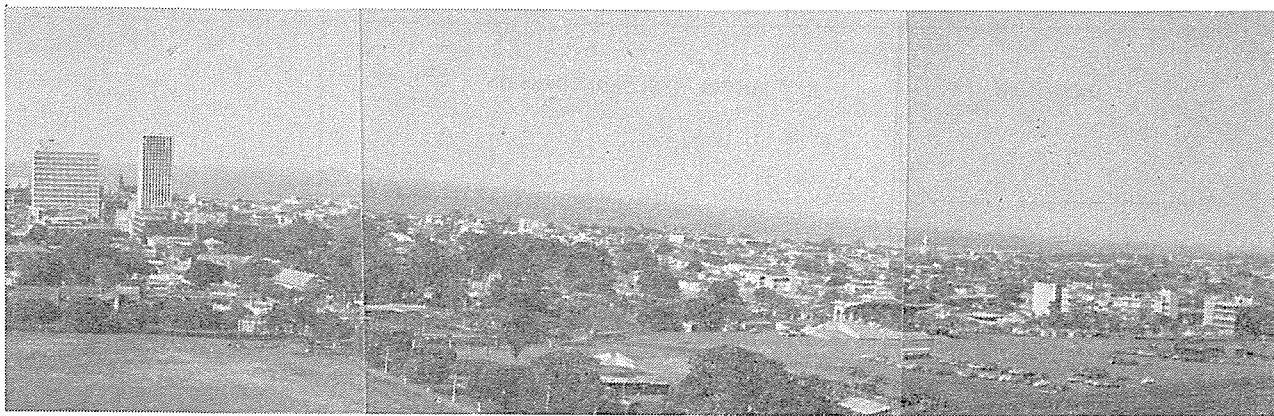
図—3 マナグワ地震の余震分布

東にある Esso 石油精製所に据付けられていた強震計により、今回の地震の加速度記録が得られた。加速度の最大値は EW : 0.39 g, NS : 0.34 g, UD : 0.33 g であった。また、0.2 g 以上の加速度が作用した時間は約 5



図—4 マナグワ地震加速度記録

\* Richter Magnitude \*\* Surface Wave Magnitude



内パノラマ写真

秒である。余震観測結果によれば、マナグワ市中心部の加速度は、Esso 石油精製所における加速度の2倍以上の値を示しており、これから推察して、本震時における市内の加速度は、少なくとも  $0.5g$  以上であったと思われる。

図-5 および 図-6 に、本加速度記録から計算したスペクトル密度を示す。EW 成分では 3.5 サイクル、NS 成分では 2.8 サイクル前後にピークがある。また、EW 成分は 3.5 サイクルから 1 サイクルの周波数の波が卓越しているが、NS 成分では、卓越周波数を中心にほぼ対称的な分布をしている。

図-7~9 には、EW 成分の一質点系弾性応答計算結

果を示す。

#### 4. 地震に伴う地変

市内を南西から北東の方向へ少なくとも 5 本の断層が発生した。断層の水平方向の動きは、反時計まわりで、最大約 12 in (29 cm) の相対変位を生じている。

主要な断層は 図-3 に示した B, C の断層である。断層の鉛直方向の変位はほとんど生じていない。地すべりは、断層の発生した周辺に多く見られ、特に、Tiscapa 湖周辺では  $60^{\circ} \sim 75^{\circ}$  の急斜面に沿って斜面崩壊が生じている。

なお、マナグワ市の地盤は、第 4 紀の火山活動による

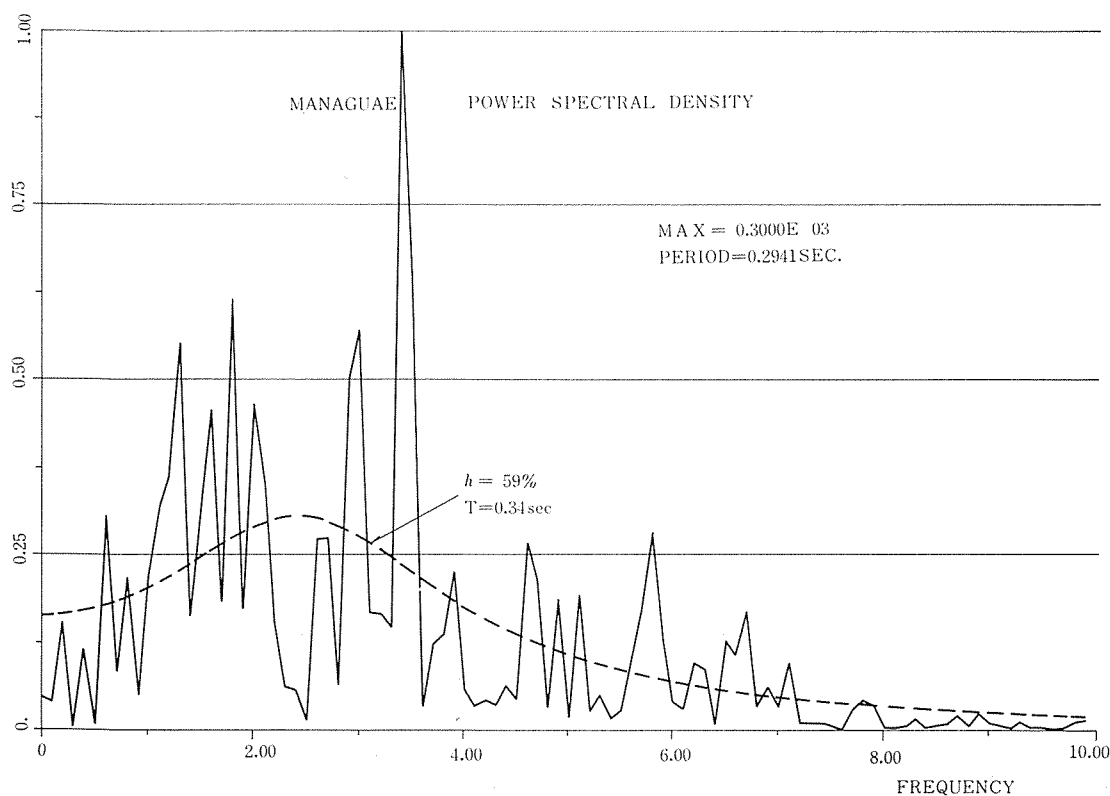


図-5 マナグワ地震 EW 成分 Power spectral density

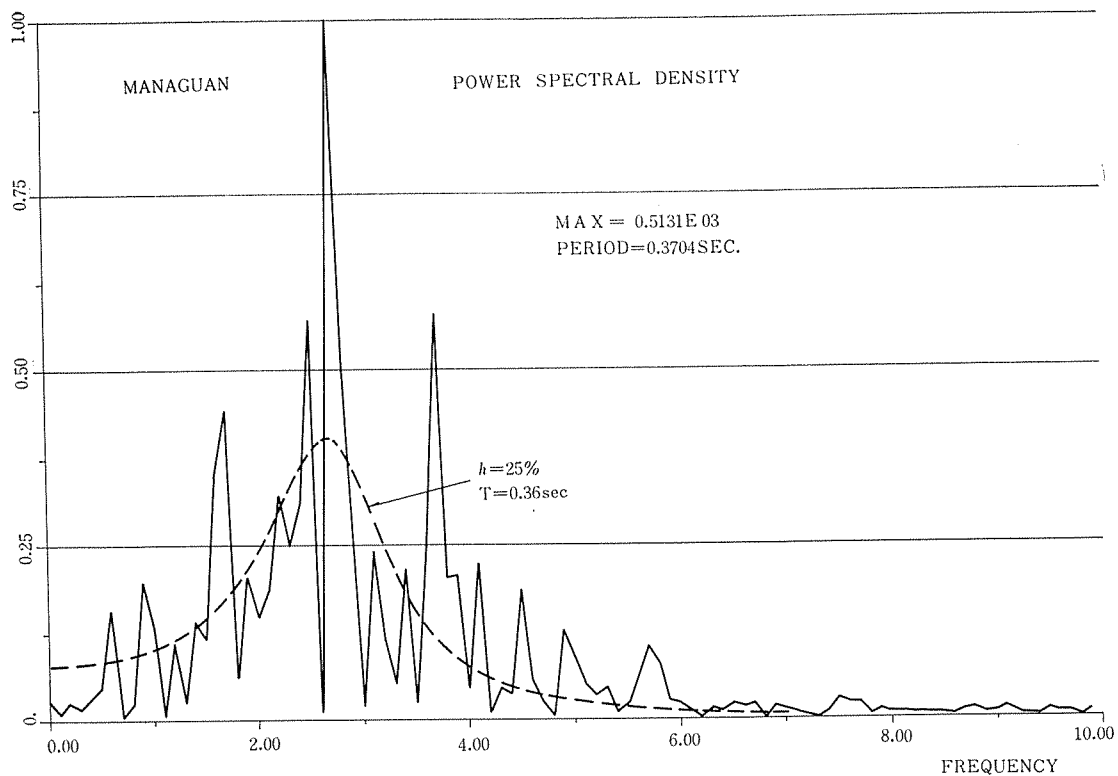


図-6 マナグワ地震 NS 成分 Power spectral density

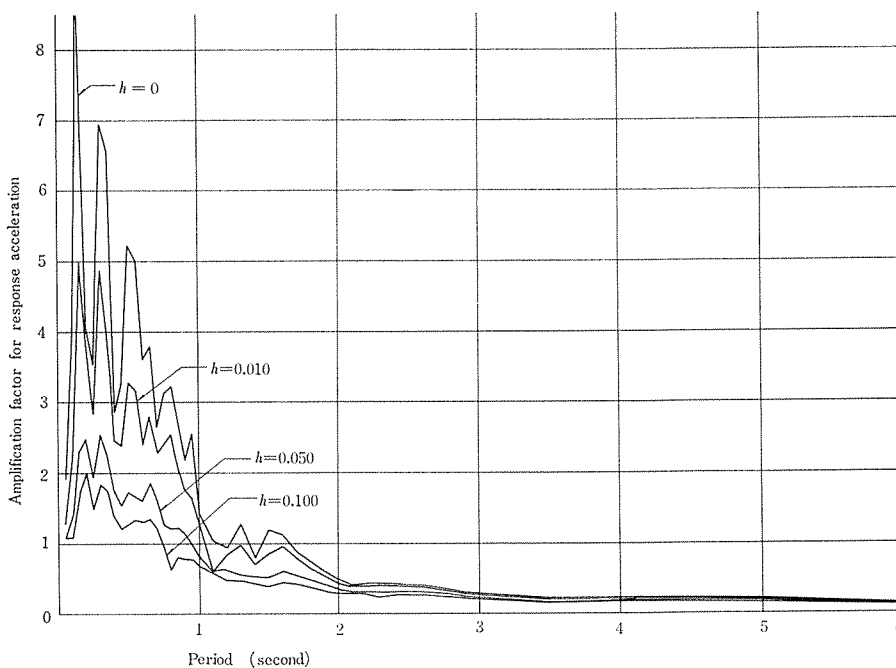


図-7 マナグワ地震 EW 成分加速度応答

堆積物からなるが、地表面で  $N$  値 10, GL-4.5 m あたりで  $N$  値 50 以上の溶岩の層があり、比較的良好である。

### 5. 建築構造物の被害

#### (1) 被害の概況

建築構造物被害の概況は次のとおりである。

被害面積：27 km<sup>2</sup>

全壊面積：13 km<sup>2</sup>

被害住宅：4 200 戸

商工業建築：マナグワ市にある小工場、小商店の 95% が、また 14 の大工場が崩壊あるいは大

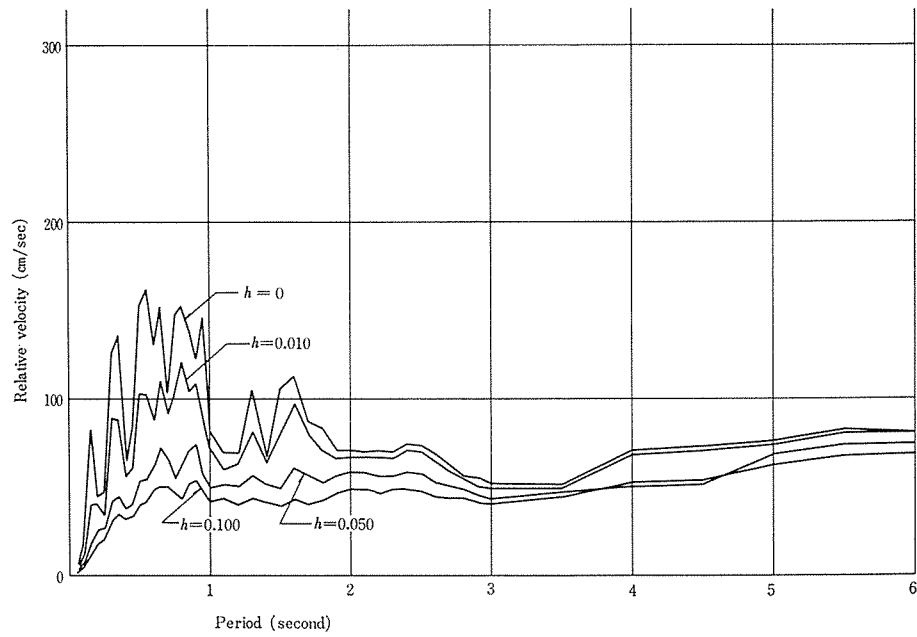


図-8 マナグワ地震 EW 成分速度応答

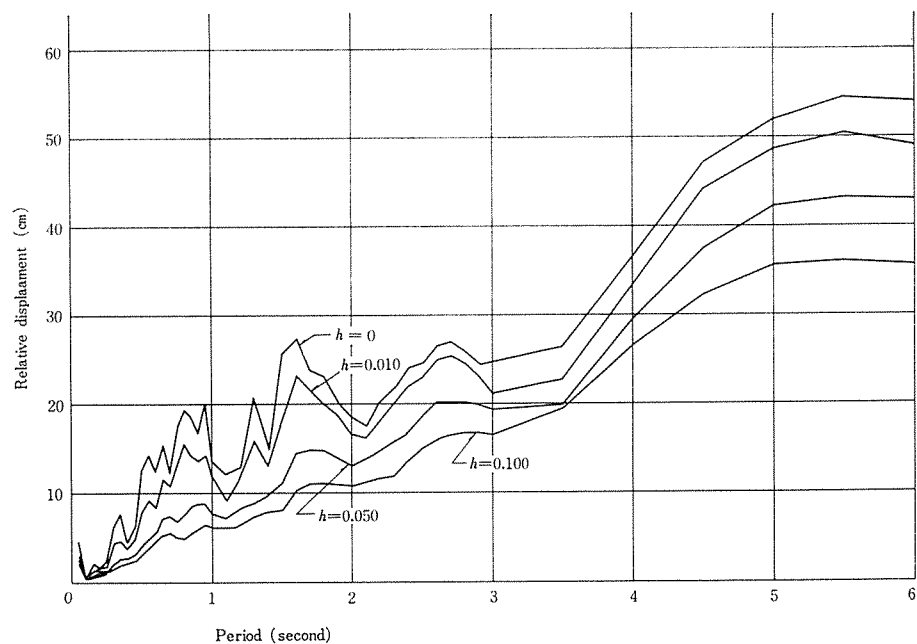


図-9 マナグワ地震 EW 成分変位応答

被害

事務所建築：34 万  $m^2$  の公共ならびに私用事務所建築が崩壊あるいは大被害

病院建築：4 つの病院 (1 650 ベッド) が崩壊あるいは大被害

学校建築：950 教室が崩壊あるいは大被害

被害は、市中心部を南北に走る Boliver 通りと Roosevelt 通りを中心に東西 7 km, 南北 2 km がもっとも激しい。特に市中心部にあった消防本部庁舎, 赤十字本部庁舎をはじめ官公署の建物は、ほとんど全部崩壊ない

しは著しい被害を受けた。

(2) 鉄筋コンクリート造建物被害の概要

市内の RC 造の建物は数百棟を数え、また高層建物も数十棟あった。調査した建物の被害の概要は表-1 に示すとおりである。被害の特徴としては、次の点が指摘される。

a) 高層建物 純ラーメン構造の場合には、構造体の被害は比較的軽微であった。これらの建物は、アメリカの UBC コードの Zone 3 の規定で設計されているものが多い。階数 8 階前後の RC 純フレーム構造の例とし



表-1. List of building inspected

No.	Name of Building	Purpose	Structure	Plan dimension	Number of stories	Damage	
						Structural element	Non structural element
1	Balmoral Hotel	Hotel	RC*1 frame(RC truss) + RC shear wall		8	L**	L
2	Banco Central de Nicaragua	Bank	RC frame+RC core	44×14m	15(1B)	M*5	S*6
3	Banco Nacional de Nicaragua	Ban	RC frame+RC shear wall	23×23m	2	L	L
4	Bank of America	Bank	RC frame+RC core		17(B2)	L	M
5	Bautista Hospital	Hospital	RC frame		2	S	S
6	Subdivision Bello Horizonte	Individual housing	RC precast		1	S	L
7	Catholic University	School	RC frame (under construction)		4	S	
8	Colegio Americano	School	RC frame		4	C*7	
9	Colegio Calazano	School	RC frame		3	C	
10	Colegio Teresiano	School	RC frame		3	C	
11	(Colonia de) Primedo de Mayo	Individual housing	RC shear wall		1	N*8	
12	Colonia de Quatro Septiembre	Individual housing	Reinforced block		1	S	
13	Dance Pavilion	Dance hall	RC (Column+Ring beam)		2	C	
14	Del Carmen	Commerce	RC frame		3	L	S (fire)
15	Divina Pastoral School	School	RC frame		3	C	
16	Edificio Baltodano	Commerce	RC frame		2 (under construction)	N	
17	Edificio Paiz	Commerce + residence	RC frame (lower 2 stories) RC wall (upper 3 stories)	12×16m	5	S	S
18	Edificio Administrativo ENALUF	Private office	RC frame+RC core	21×45m	5	M	
19	Esso Oil Refinery						
20	Estadio General Somoza	Stadium	RC frame			C	
21	First National City Bank	Bank	RC frame	15×20m	6	M	S
22	Hospital General el Retiro	Hospital	RC frame	60×30m	3	S	S
23	Grand Hotel	Hotel	RC shear wall		2 (4F)	3F C Others L	
24	Guerrero Pinedo	Office	RC frame		5	C	
25	IBM Building	Office	S frame		7	L	
26	Instituto Geografico Nacional	Public office	RC frame	100×35m	1	S	
27	Instituto Nacional Maestro Gabriel Managua	School	RC frame		2	M	L
28	Hotel Intercontinental	Hotel	RC frame+RC shear wall		8	L	L
29	Lang Building	Office Office	RC frame+RC shear wall RC frame		3 6	M S	L
30	La Florida	Commerce	RC frame		3	C	
31	"La Salud" Pasteurizing Plant						
32	Lido Palace Hotel	Hotel	St frame		2	S	
33	National Insurance Company	Office	RC frame		6	L	S
34	New Telcor Building	Office	PS*3 frame	14×26m	8	M	S
35	Palacio Nacional	Public office	RC frame+RC shear wall		2	L	
36	Red Cross Building	Hospital	RC frame		5	C	
37	Edificio del Teatro Nacional Ruben Dario	Theater	RC frame+Brick wall steel truss	77×43m			
38	Santa Ana	Commerce	RC column		1	M	
39	Segro Insurance Building	Office	RC frame		6	S	S
40	Social Security Building	Hospital	RC frame	56×13.8 +23×14m	8 (B1)	L	M
41	Corte Suprema de Justicia	Public office	RC frame (prestressed concrete beam) +independent shear wall RC frame (lower part)	29×74m	6	L	S
42	Takezal				1	S	S
43	Tax and Customs Office						
45	Palacio de Comunicaciones	Public office	RC frame+RC shear wall St. truss (Roof floor)		4 (B1)	only the top floor S others M	
46	Vivienda de Mi Ermano	Individual housing	RC precast frame		1	S	
47	Colonia Louis Somoza	Individual housing	Reinforced Brick		1	S	
48	Immobillaria	Office	RC frame+shear wall			L	L
49	Building		RC frame				

\*1 RC Reinforced concrete  
\*2 St Steel

\*3 PS Prestressed concrete  
\*4 L light

\*5 M moderate  
\*6 S severe

\*7 C Collapse  
\*8 N No Damag

報 告

て建物高さ  $H=24\text{ m}$  (8層), 幅  $D=18\text{ m}$  の設計用せん断力を UBC Code に基づいて求めてみると,

$$T=0.1 N=0.8 \text{ 秒}, Z=1.0, K=1.0$$

$$C=0.05/\sqrt[3]{T}=0.054$$

$$CK=Z \cdot KC=0.054$$

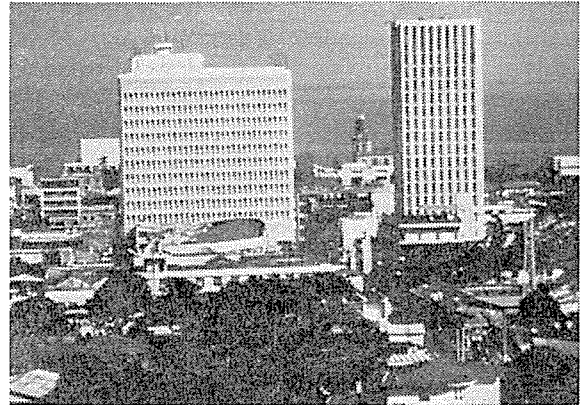
したがって、これらの建物の設計用の Base shear 係数としては、基準に定められている最低値 0.12 前後の値を用いているものと思われる。一方、非構造材、設備などの被害は著しく、機能的には、ほとんど再使用に耐えないものが多い。これに対して高層で RC 造の耐震壁

のある建物は、機能的な被害を最少限にとどめている。

**b) 超高層建物** RC造 15階建の Banco Central de Nicaragua および RC造 17階建の Bank of America の2棟である。前者は、耐震コアが偏心していたため、コア部分とフレーム部分の接続部近傍にかなりの被害を生じており、純曲げフレーム部分の柱にも、コンクリートのはく離を伴うき裂が発生している。後者は正方形平面の中央に4枚のL型の壁よりなる耐震コアを有するもので、L型の耐震壁を継ぐ境界ばりに局



(National Insurance Comp.)  
写真-2 RC 純ラーメン構造 6階建



左: RC 15階 Banco Central de Nicaragua  
右: RC 17階 Bank of America  
写真-5 超高層建物

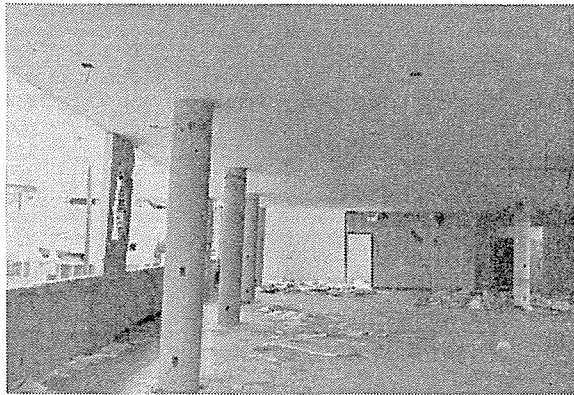


写真-3 写真-2 の5階

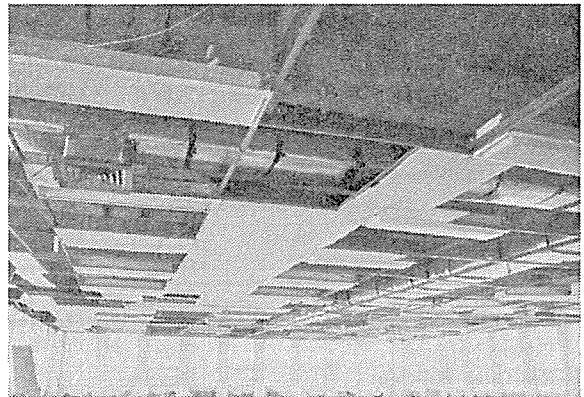
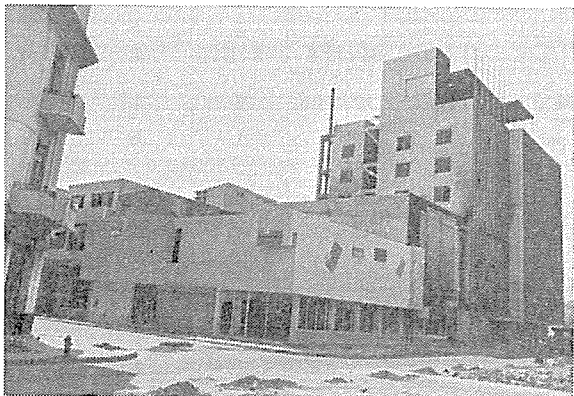


写真-6 Banco Central de Nicaragua  
8階の被害状況



(Balmoral Hotel)  
写真-4 耐震壁のある RC 高層建物

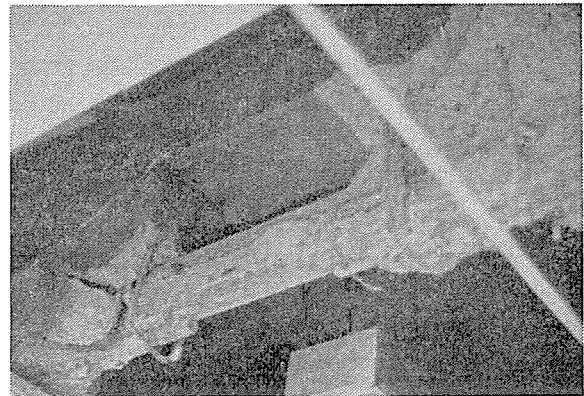


写真-7 Bank of America 耐震壁境界ばりの被害



部分的な被害を生じていることを除いては、ごく良好な挙動を示したといえよう。なお、この建物の設計者は T. Y. Lin である。

c) 中低層建物 学校、病院などの3~4階建の長大建物の被害が著しく、崩壊ないしは大被害を受けたものは十数棟に及ぶ。この種建物は、一般に長手方向は、ほぼ純ラーメン構造であり、ほとんどの場合、長手方向に著しい被害を受けている。被害原因としては、建物の固有周期が0.3秒前後と地震の卓越周期に近かったこと、鉄筋補強練瓦造の腰壁、たれ壁、間仕切壁などの存在により、構面ごとの剛性が著しく異なり、剛性の高い構面に水平力が集中し連鎖的な破壊を生じたこと、床構

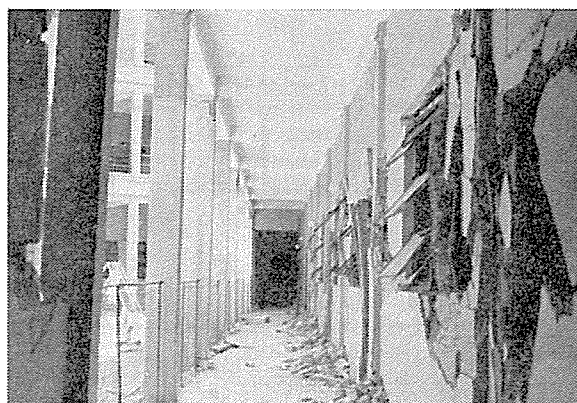


写真-11 Hospital General el Retiro の1階被害状況



写真-8 崩壊した Colegio Americano



写真-9 崩壊した Colegio Americano



写真-10 崩壊した Divina Postoral School

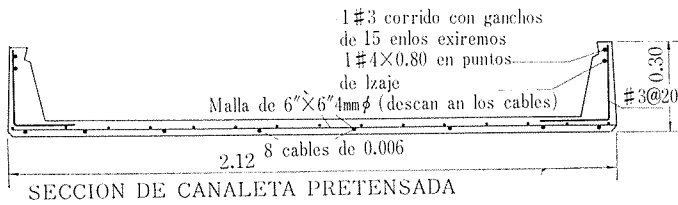
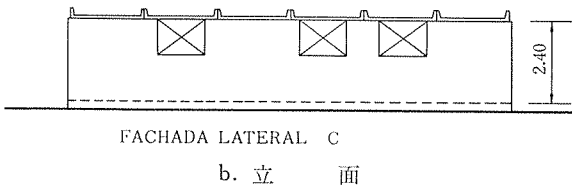
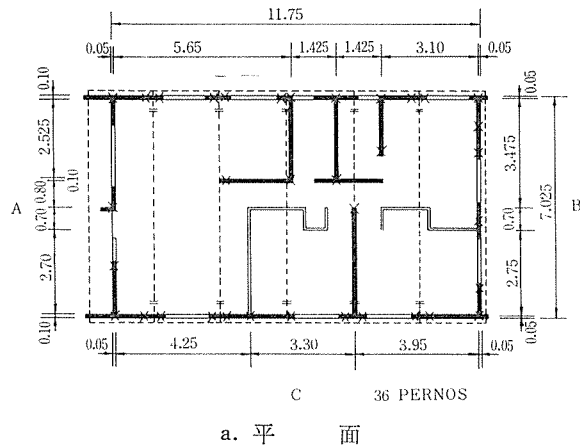
造に耐震的に不適当なものが多かったこと、主筋の配筋、定着、せん断補強筋の間隔などが著しく不適切な場合が多かったこと、などが指摘できよう。これに対し十分なRC造の耐震壁のある建物は、耐震壁にかなりのせん断されつを生じているが、崩壊したものはなく、補修により十分再使用可能なものが多い。また、内部の非構造部材、設備などの被害も軽微であり、建物の機能的被害は、最少限にとどまっている。

### (3) プレストレスト コンクリート造建物の被害

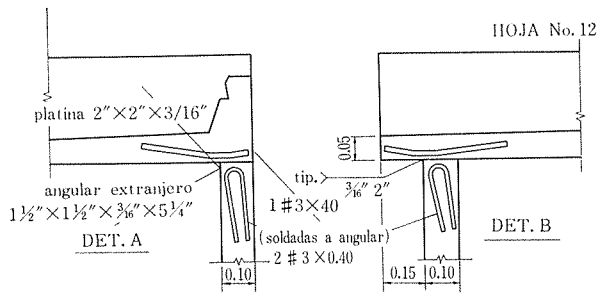
調査した建物のうち、主要構造部材に、プレストレスト コンクリートを用いた建物は、表-1 No. 34 および No. 41 の2棟だけであるが、プレキャスト プレテンション部材を用いた建物は十数棟あった。以下に、主要な建物の被害の概要を述べる。

a) Subdivision Bello Horizonte (No. 6) マナグア市内より南東方向に3km離れた所に位置する約900戸の団地である。この団地の住戸は、現場打ち鉄筋コンクリート造の箱状の壁に、幅2m、長さ6mのプレキャストPC造のチャンネル型の屋根板を乗せた構造であり、1住戸用の場合には6枚、2住戸用の場合には、12枚の屋根板が用いられる。図-11には、1住戸用の場合の建物の概要を示す。屋根板は、8本の6mmケーブルによるプレテンション部材である。1住戸用の場合は、屋根スラブは、壁より20cm突出しているが、2住戸用の場合には、10cmの支持壁に両側の屋根板が乗っているため、壁へのかかりは、5cmしかない。支持壁と屋根スラブの結合は、図-11 d. に示すように部材に埋め込まれた鉄板を溶接することになっているが、2住戸用の場合のように、支持壁へのかかりが5cmしかない場合には、溶接が省略されていたようであり、そのため、写真-12, 13に示すように900戸のうち約80%の住戸の屋根板が地上に落下している。

b) Vivienda de mi hermano (No. 46) プレキャスト プレテンションの柱・はり部材からなる住宅で、ス



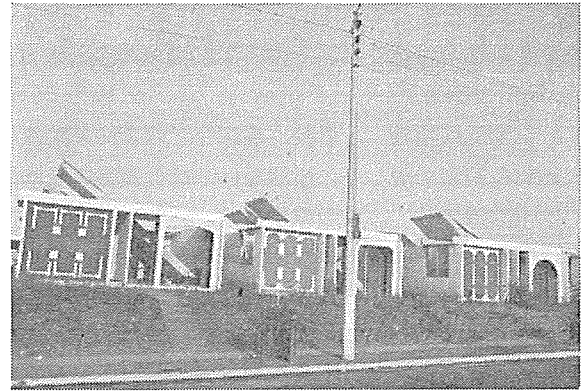
c. プレキャストスラブ (プレテンションプレストレストコンクリート) 概要



d. 接合部詳細  
図-11 Bello Horizonte 1 住戸用建物概要

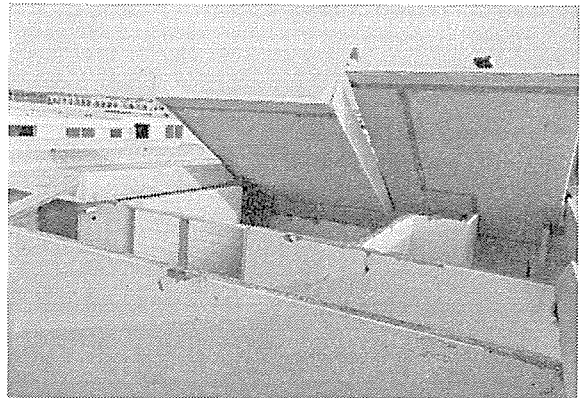
パン方向にははりがなく、スレートの波板のみである。施工中ではあるが、いずれも著しい被害を受けている。

c) New Telcor Building. (No. 34) 地上7階建のプレストレストコンクリート造建物で、図-12に示すように、短辺方向のスパン約14mの大ばりにプレストレストコンクリートばりが用いられている。両妻側の剛性の高い柱に取り付いている大ばりのみは地上で製作し、プレストレス導入後に柱に剛結したものである。その他のフレームは、現場打ち一体式ラーメンにプレストレスを導入したものである。床スラブは、小ばりとして、プレテンションPCジョイストを桁方向にならべ、小ばりの間に、中空ブロックを置き、上部に厚5



(Bello Horizonte)

写真-12 プレキャスト構造による住宅の被害



(Bello Horizonte)

写真-13 プレキャストプレテンション屋根スラブの被害



(Vivienda vi erwano)

写真-14 プレキャストプレテンション部材を用いた住宅構造の被害

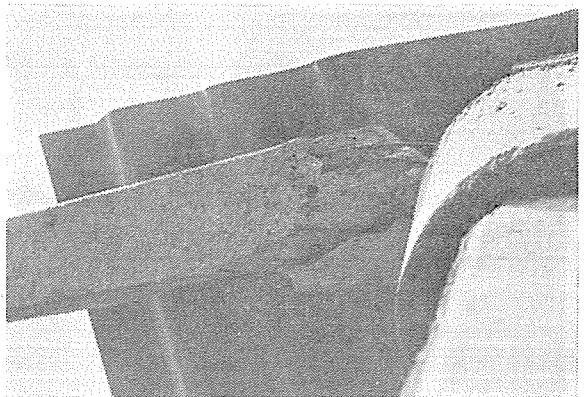


写真-15 プレテンション部材の被害

cm のRC床スラブを打設したものである。ジョイストと大ばりは、ジョイストから突出させた鉄筋を大ばり切欠部にそう入し、後打ちコンクリートで一体化した構造である。

両妻側の剛な柱に取り付いている大ばりには、下部3層の材端部から約3m入った所に、下部から内側に向けて45°にせん断されつが認められた(写真-17)。ま

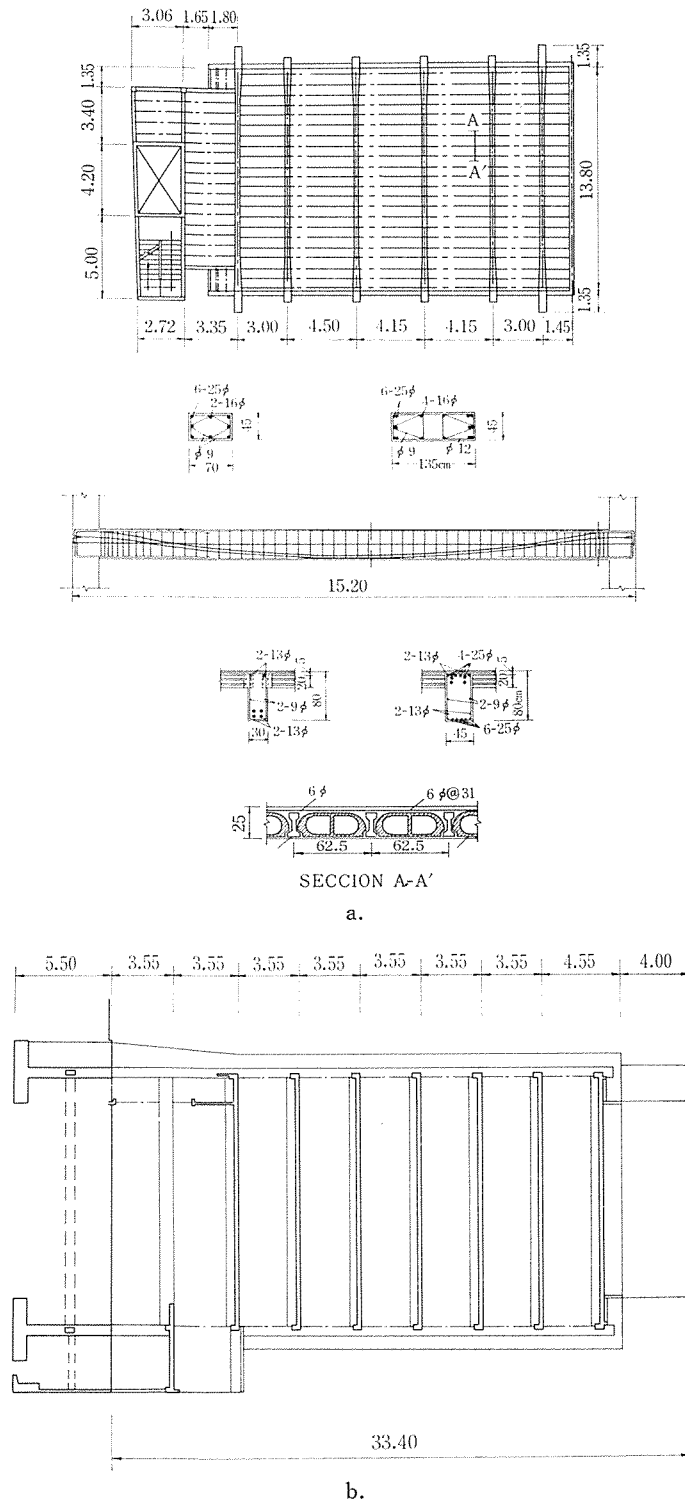
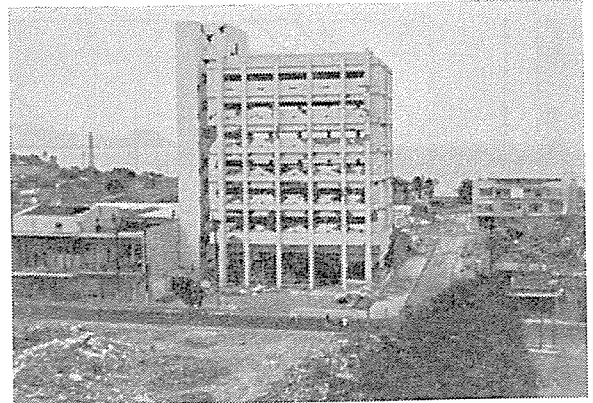
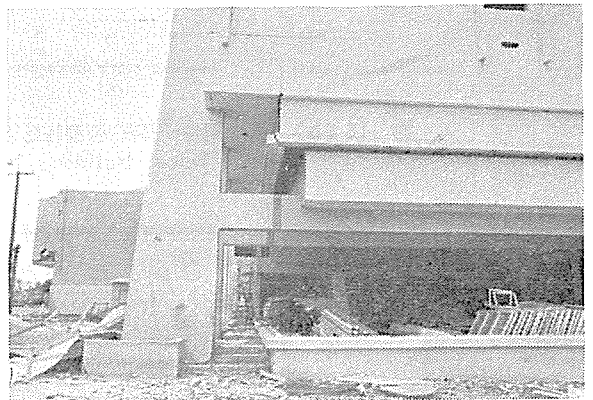


図-12 New Telcor Building



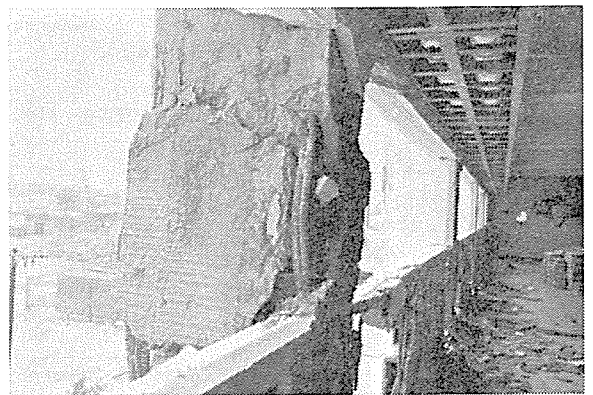
(New Telcor Build.)

写真-16 PSコンクリート構造 7階建



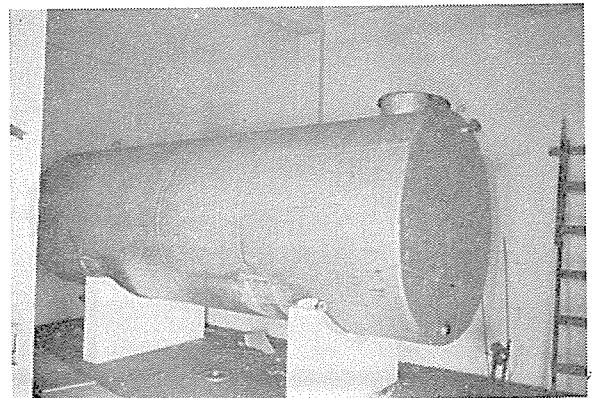
(New Telcor Build. PS)

写真-17 大ばりせん断されつ状況



(New Telcor Build.)

写真-18 3階柱のせん断破壊



(New Telcor Build.)

写真-19 ペントハウス給水タンクの移動

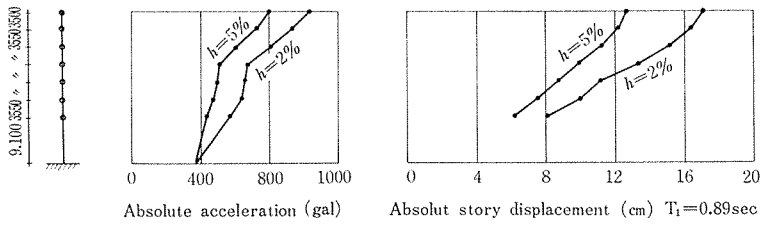


図-13 (a) Managua EW 弾性応答  
New Telcor Building 東西方向

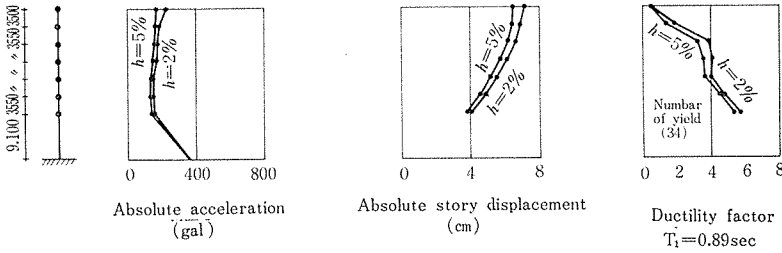


図-13 (b) Managua EW 弾塑性応答  
New Telcor Building 東西方向

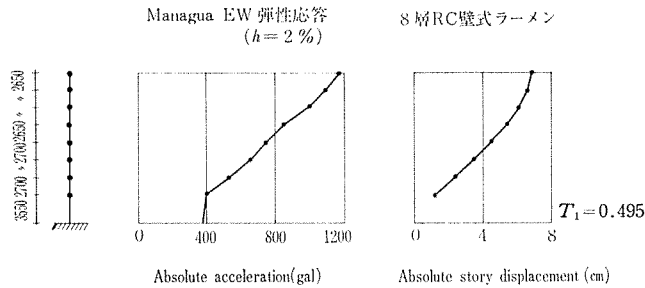


図-14 (a)

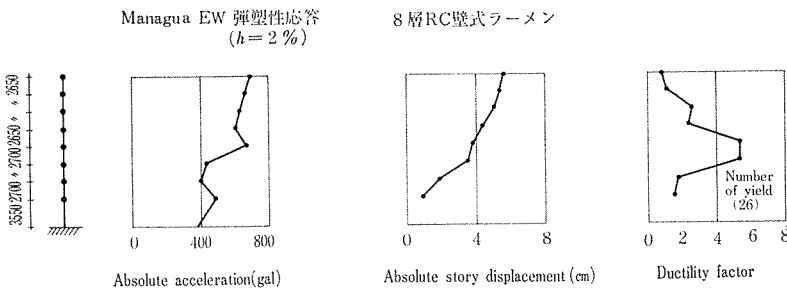


図-14 (b)

た、3階柱の一部に、せん断きれつを生じ、主筋が多少バックリングしていた(写真-18)。しかし、その他の構造被害は軽微である。屋上のペントハウスの被害は著しく、ここに設置されていた給水タンクは、約45cm水平方向に移動していた。

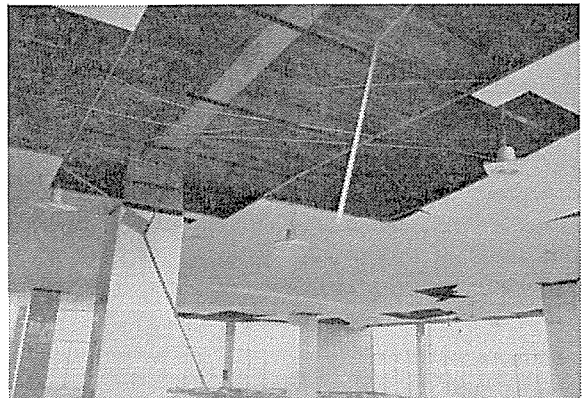
西側の階段室部分と、大スパン部分は expansion joint で結ばれていたが、階段室部分は著しい被害を受けている。また全体に、セラミック、中空ブロックを用いた壁腰およびその他の非構造部材の被害が著しい。

地震動のうち東西方向成分がもっとも大きな加速度を示しているので、本建物の東西方向(長手方向)に関する動的応答解析を行った。その結果を図-13に示す。図-14には、比較のために、わが国で実施された8層のPS工法による壁式ラーメン構造による量産住宅(本誌1970年9月号)の同じ地震波に対する応答解析結果を示す。弾塑性応答計算は、両建物とも、はり降伏型となるので、降伏後のばね定数  $k_p$  としては、弾性ばね定数の0.3倍、すなわち  $k_p = 0.3k_e$  とした。New Telcor Build. の最下層の降伏せん断力は、0.1gと小さいが、弾塑性応答計算結果によれば、じん性率にしても、最大部材角にして1/150程度の変形に収まっており、実際の被害状況に、ほぼ対応するものと思われる。

d) Corte Suprema de Justicia (No. 41) 本建物は、1967年に建設された鉄



写真-20 Corte Suprema Justicia 全景



(Corte Suprema Justicia)  
写真-21 3階内部の被害状況

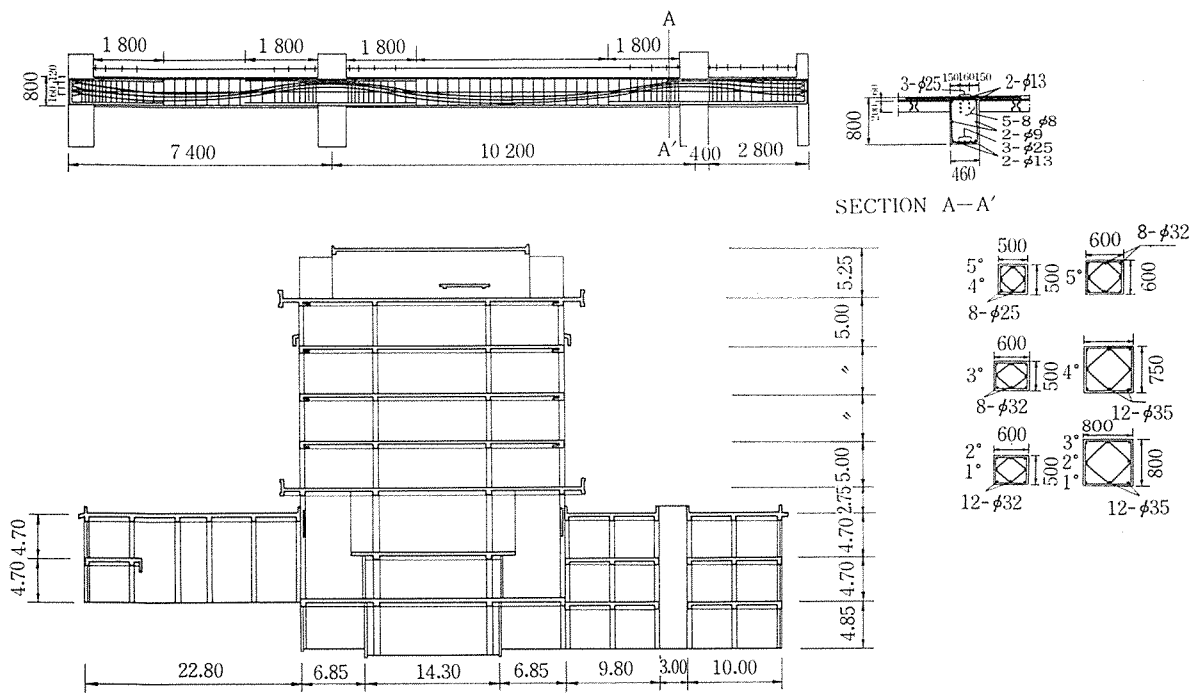


図-15 (a) Corte Suprema Justica 立面および柱・はり断面詳細

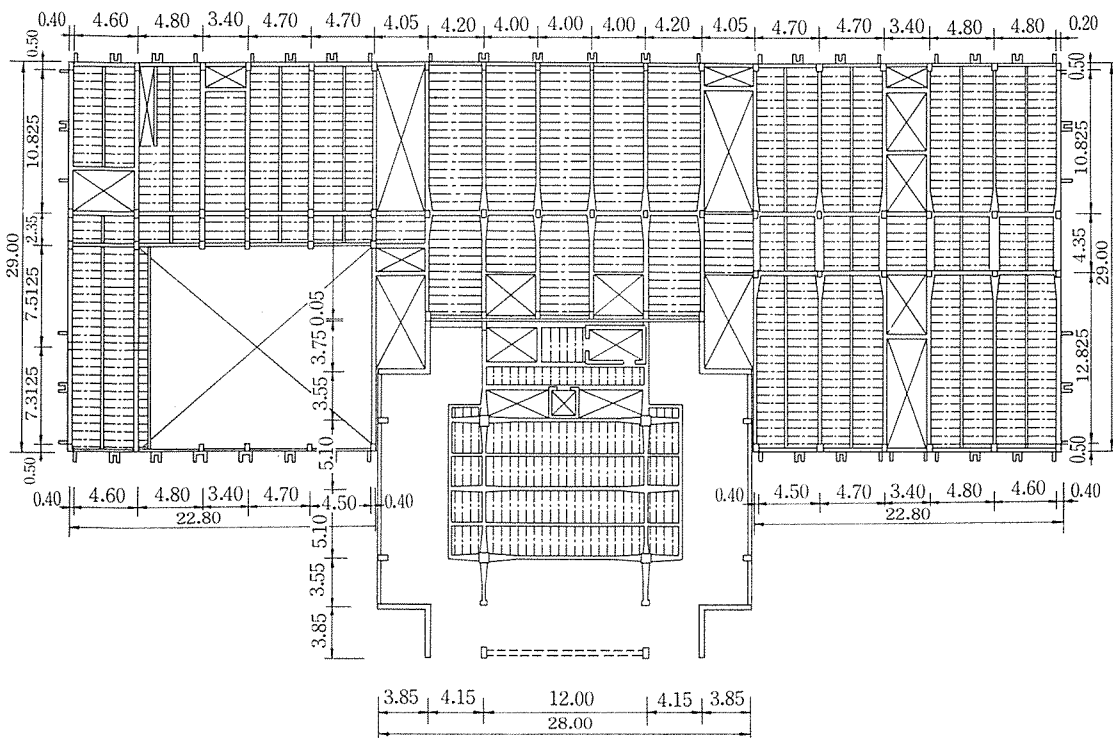
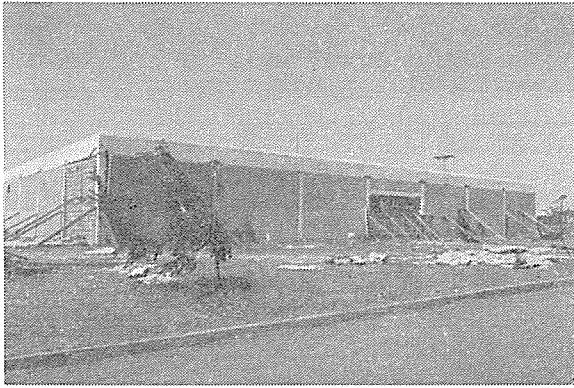


図-15 (b) Corte Suprema Justica 中 2 階平面

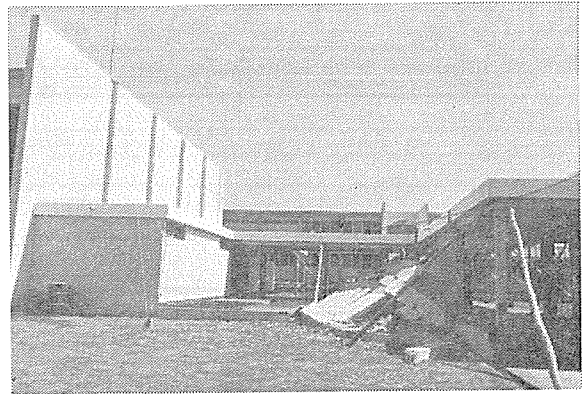
筋コンクリート造 6 階建の写真-20 に示すような近代的な建物である。平面および立面の概要を 図-15 に示す。高層部分は、図-15 b に示すように、鉄筋コンクリート柱および P S コンクリート造大ばりからなる井型のフレーム構造と、四隅に配した L 型の鉄筋コンクリート耐震壁とを、周囲の P S コンクリート造の縁ばりで結合した構造である。床構造は New Telcor Build. の場合と同様プレキャスト プレテンションのジョイストを小

ばりとして用い、ジョイストの間にプレキャストブロックをならべ 6 cm 厚の鉄筋補強したコンクリートスラブを現場打ちしたものである。

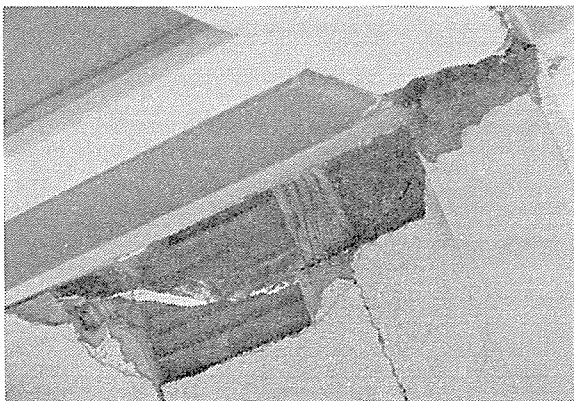
周囲の低層部には、若干の構造被害が認められた。高層部においては、独立耐震壁とフレーム架構との一体性の確保は、必ずしも十分とは認められないにもかかわらず、構造被害は皆無であった。ただし、外壁、間仕壁、などに用いられているセラミック中空ブロックおよび天



写真—22 Instituto Geografico Nacional 被害状況



写真—24 Instituto Nacional Maestro Gabriel Managua 正面被害状況



(Instituto Geografico Nacional)  
写真—23 屋根プレテン小ばりの被害



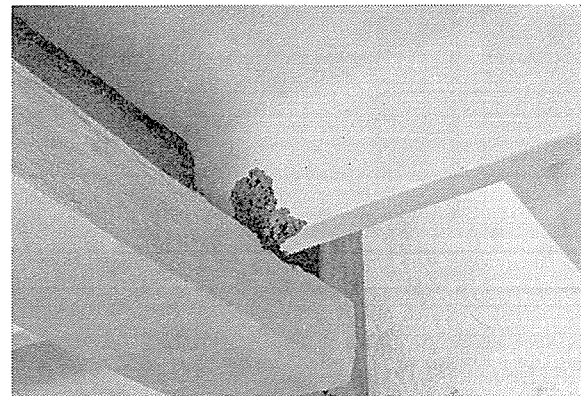
(Instituto Nacional Maestro Gabriel Managua)  
写真—25 expansion joint 部分の被害

井などの非構造部材の被害は著しい。

e) Instituto Geografico Nacional (No. 26) 平家の鉄筋コンクリートラーメン構造で、全長 120 m (5 m × 24 スパン)、幅 25 m (5 m × 72 スパン) の大規模な建物である。外壁はコンクリートブロック造の上にプレキャスト コンクリート板をはめ込んだものである。屋根スラブは、各スパンとも 7 本のプレキャスト プレテンションの小ばりの間にセラミック中空ブロックを並べたものである。

構造被害は、主として外周柱頭部の曲げ破壊、柱はり接合部のせん断破壊、内柱の背の高い RC の間仕切壁の取付いている柱の局所的なせん断破壊、入口部分屋根スラブの局部的崩壊などである。

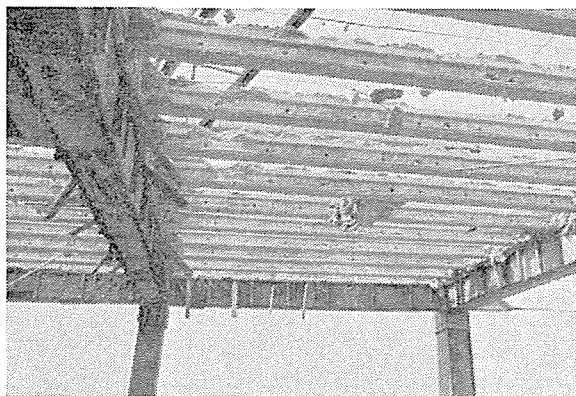
f) Instituto Nacional Maestro Gabriel Managua (No. 27) 鉄筋コンクリート造 2 階建のラーメン構造の学校建築である。本建物は、北側の管理棟ブロック、中央の教室棟ブロックおよび南側の平家建ブロックからなる大規模な建物であるが、多くの expansion joint が設けられている。各ブロックを結ぶ渡り廊下は、すべて隣接する建物とは構造的に縁が切られている。また、中央の 2 棟の教室棟も相互に expansion joint で構造的に縁が切られている。



(Instituto Nacional Maestro Gabriel Managua)  
写真—26 WT スラブ支承部

中央の教室棟の 2 階床スラブは、はり間方向に WT スラブを架け渡した構造である。expansion joint 部分 (写真—25)、WT スラブ支承部 (写真—26)、渡り廊下などに局所的な被害は見られたが、全体的な構造被害はそれほど著しくない。

g) Catholic University (No. 7) RC 4 階建、スパン約 10 m、桁行スパン約 4.8 m の学校建築で、地震時には施工中であった。床構造は、写真—27 に示すように、プレキャスト プレテンション小ばりに、ブロックを敷きならべたものである。施工中の 3 階柱脚部が曲



(Catholic University)

写真-27 プレキャストプレテンション ジョイスト  
小ばりを用いた床構造



(Catholic University)

写真-28 3階柱脚の被害

げ破壊している。

## 5. あとがき

今回の地震調査を通じて得た印象をまとめると次のとおりである。

1) 中低層の鉄筋コンクリート造ラーメン構造の被害が著しかった。この種建物は、大規模なものが多く、構造的に複雑になりやすく、実際の建物は、設計上の種々

な仮定と著しく異なったものとなりやすいこと、地震の卓越周期とほぼ等しい固有周期となる場合が多く、それに対して、設計上の Base shear 係数の値、あるいは ductility に対する配慮が足りなかったこと、などが被害を大きくした原因と思われる。わが国でも 1968 年の十勝沖地震以来、この種建物の設計に動的設計手法を取り入れるべきである、との意見が強くなっているが、今後、これらの点を考慮した、適切な設計指針の確立が望まれる。

2) 高層の鉄筋コンクリート造ラーメン構造は、設計震度 0.12 前後でも十分激震に耐える構造としうるが、この場合最大層間変位は 1/150 以上になる。したがって、非構造部材、仕上げなどの detail には、超高層建築なみに細心の注意を要する。これらの被害を最少限に止めるには、適切な耐震壁を設けるのがもっとも経済的であろう。

3) 地震後に建物としての機能を発揮することが要求される重要度の高い建物には、中低層、高層を問わず、耐震壁を入れることが望ましい。

4) 建築構造物の耐震安全性は、設計図によって確保されるのではなく、施工されてはじめて耐震性能が決定されるものであることが痛感された。今後、建築生産の工業化の進展に伴い、一つのプロトタイプ的设计図に基づいて建設される建物の数は、ますます多くなると思われる。このような場合は、できるだけ施工的に確実に耐力を確保できるような detail を考えるべきであり、今後、このような施工上の要因を含めた構造安全性の評価手法の確立が望まれる。

## 謝 辞

本報告の作成にあたり、特に、ニカラグワの地震活動度に関しては、気象庁の田中康裕技官に図面を提供して頂いた。また、地震波の解析、応答計算には、建築研究所山崎裕研究員のプログラムを使わせて頂いた。その他調査団のかたがたの調査結果に負うところが多い。紙上を借りて、深く感謝の意を表します。

1973.7.21・受付