

日本・メキシコ地震防災センター
長期調査員報告書

平成元年 8 月

国際協力事業団
社会開発協力部

社 協
J R
89-006



JICA LIBRARY



1077863(7)



▲団主催夕食会にて

(左から JICA 事務所細野所長 新市民保護総局長アルマンド・メンデス氏、
北川団長、前局長のスタッフの中で唯一留任した技術部長ギジェルモ・アンドラデ氏)



▲アカプルコ～メキシコ市間強震観測網内、
チルパンシンゴ候補点における常時微動測定
(北川団長、瀬尾団員)



▲メキシコ市内強震観測所設置候補点 No 6、
コヨアカン地区内公園における常時微動測定
(北川団長、瀬尾団員)

目 次

写 真

1. 長期調査員の派遣	1
1-1 長期調査員派遣の基本方針及び調査内容・項目	1
1-2 長期調査員の構成	13
1-3 調査日程	13
1-4 主要面談者	14
2. 調査・協議結果要約	16
3. 強震観測	20
3-1 アカプルコ市～メキシコ市間の観測網	20
3-1-1 観測所位置と地質の概要	20
3-1-2 微動測定による地盤調査	21
3-1-3 ま と め	24
3-2 メキシコ市内の観測網	25
3-2-1 観測所位置と地盤概要	25
3-2-2 微動測定による地盤調査	27
3-2-3 ま と め	30
3-3 屈折法による地下深部の地盤探査	30
4. プロジェクト協力の基本計画	76
4-1 協力の基本構想	76
4-2 実施計画	77
5. プロジェクト実施運営体制	78
5-1 実施機関の組織	78
5-2 センター組織及び関係機関との関連	83
5-3 センター予算措置	88
5-4 要員計画	89
5-5 建物・施設等計画(無償資金協力の進捗状況及び専門家の仮執務室等)	91

6. 長期調査員レポート	94
6-1 レポート作成に至る経緯	94
6-2 インタリム・レポート	95
7. 協力実施にあたっての留意事項	103
付 属 資 料	105
別 送 資 料	131

1. 長期調査員の派遣

1-1 長期調査員派遣の基本方針及び調査内容・項目

(1) プロジェクト協力の基本計画確認

本プロジェクトの基本計画については、前回派遣の事前調査団がメキシコ側との間で取り交わしたミニッツで基本的に合意していた。ところが、その後訪問した無償金協力による地震防災センター設立のための基本設計調査団に対して、プロジェクトの事業内容についてメキシコ側から新たな提案がなされている。

これに関し、日本側は、本事業が本来メキシコ側により主体的に実施されるべき性格のものであることから、メキシコ側の意向を尊重する。すなわち、基本設計調査時にメキシコ側より提示された事業内容を支持する旨を基本方針とした。

ただし日本側の協力の内容、範囲については事前調査時にミニッツで合意した分野、項目に概ね限定するものである。

市民保護システムについては、日本側の協力範囲には入っていないものの、メキシコ側が強い関心を示し、日本側に協力を求めている一方、日本側もこの分野への協力の必要性を認識しつつあるところから、今後の協力の余地、例えば、短期専門家派遣による協力の可能性を残す意味から本調査チームにより先方の要望の詳細を確認することとした。

なお、上記確認にあたっては、現地において本チーム名で中間報告を作成し、メキシコ側責任者に提出するものとする。

(2) 強震観測網の観測点サイト確認

観測網の導入に関し、強震観測用機材の据え付けに必要な埋設作業及びこれに先んじる埋設箇所設定のための物理探査試験（屈折探査、重力探査及び P/S 検層）は、当初すべて無償資金協力の枠組みでコンサルタントにより実施される予定であった。しかしながらメキシコ側は、プロジェクト方式の技術協力による「地震観測研究」の円滑な実施には、観測機器の設置段階における十分な地盤吟味が重要とする観点から、メキシコ側が選定、確保することとなっているアカプルコ観測所を含む市外5カ所の設置場所の決定について日本人専門家の参加を強く要望する旨、基本設計調査団に表明した。これについて国内で検討した結果、長期調査員チームの派遣により官ベースの協力を行うこととなった。

こうした背景、経緯により本調査チームにおいては、現地踏査と先方との協議を通じて、メキシコ側の指定した位置が強震計設置場所に適しているかどうかを専門的な立場から最終確認を行い、確認内容を勧告の形で現地で中間報告にとりまとめ、メキシコ側に提出することとする。

日本・メキシコ地震防災センター長期調査の調査内容及び対処方針

事項	調査内容	対処方針
<p>1. プロジェクト協力の基本計画 (M/P)</p>	<p>(1) センターの事業（技術開発、研修、普及）内容。 経緯：センター事業内容については、昭和62年12月派遣の事前調査団により、別紙2(A)のとおり、メキシコ側と基本的合意がなされた。しかしながら、その後昭和63年2月基本設計調査団に対し、メキシコ側より別紙2(B)のとおり、センターの各事業内容に関し、新提案がなされた。別紙2(A)(B)の比較からもわかるとおり、(B)は(A)の内容を詳細にわたって展開すると同時に、技術開発、研修、普及の各分野においてその活動内容に多少の拡大、差異がある。</p> <p>(2) 日本側技術協力の範囲、内容。</p>	<p>左記の新たな展開に対し、日本側は、メキシコ側の意向並びに主体性を尊重する立場からメキシコ側提案を支持する方向で意見を聴取する。</p> <p>左記については、事前調査時のミニッツで合意した事項に限定し、日本側の協力によりカバーし得ない分野については、メキシコ側が独自に実施する旨十分に説明のうえ、先方の了解を取り付ける。</p> <p>留意点 ①：別紙2(B)技術開発事業内の3.1項に関しては、新たな機材供与は無いものとする。</p> <p>②：別紙2(B)研修事業内5)の市民保護国家システムに関しては、日本側協力範囲に入っていないものの、今後の協力へ可能性をつなぐ意味で、先方の要望を聴取、確認する。</p> <p>上記メキシコ側提案の事業計画を実施するにあたっては、所要のメキシコ側予算措置、並びに研究者等要員配置が前提となるところ、右前提条件整備状況及び今後の見直しを確認する。</p>

事項	調査内容	対処方針
		<p>上記方針にてメキシコ側の理解が得られれば右協議結果の概要について確認の意 味で本チーム名にてインテンリム・レポート（西語で可。ただし、仮訳を付す）を現 地において作成し、メキシコ側責任者に提出する。</p> <p>メキシコ側の理解が得られない場合には、本件については、上記レポートに言及 しないこととし、今後の検討に資するためメキシコ側要望の詳細を聴取するにとど める。またメキシコ側がレポート記載に固執する場合には、先方の要望をデークノ ートし、持ち帰り検討する旨の表現にとどめる。</p>
2. 強震観測	<p>(1) アカプルコ市～メキシコ市間の観測網。</p> <p>1) 観測所位置と地質の概要。</p> <p>2) 微動測定による地盤調査。</p> <p>(2) メキシコ市内の観測網。</p> <p>1) 観測所位置と地盤の概要。</p> <p>2) 微動測定による地盤調査。</p> <p>3) 屈折法による探査計画概要。</p>	<p>アカプルコ市、メキシコ市間の強震観測網は、アカプルコ、テルバンシゴ、メ スカラ、イグアラ、クエルナバカの5カ所に観測点を設置する予定で、具体的位置 は、メキシコ側が提案することとなっているが、プロジェクト方式技術協力による 「地震観測研究」が円滑に展開されることを目的として、観測点位置決定に協力す るとともに、先方の指定した位置が強震計設置場所に適しているかどうかを専門的 な立場から最終確認する。また必要に応じて関連資料収集を行う(可能な限り英文)。</p> <p>本調査・協議結果の概要は、前述のインテンリム・レポートにとりまとめメキシコ 側へ提出する。</p>
3. プロジェクト実施体制	<p>(1) プロジェクト実施機関の組織及び事業概要（内務省、 メキシコ国立自治大学（UNAM））。</p> <p>(2) 合同委員会及び運営委員会のメンバー決定状況。</p> <p>(3) センター組織及び要員計画。</p>	<p>・メキシコ大統領交代に伴うプロジェクト関連の組織変更及び人事異動等を把握す るため、プロジェクト関連部署及びプロジェクト責任者を確認する。関連資料は可 能な限り英文で入手する。</p> <p>・右メンバーの決定状況を確認のうえ、メンバーリストを入手する（氏名未確定の 場合は、役職のみでも可）。</p> <p>・センター組織に関しては、事前調査で合意した組織について変更の有無を確認す る。変更があった場合には、右変更の内容を聴取のうえ、日本側の今後の検討に資 する情報（組織図等）を持ち帰る（先方には、コミットしない）。</p>

事 項	調 査 内 容	対 処 方 針
	<p>(4) センターの予算措置。</p> <p>1) 本年度予算配布状況。</p> <p>2) 来年度予算要求計画。</p> <p>(5) 建物、施設等整備。</p> <p>1) 無償資金協力の進捗状況。</p> <p>2) センター完成前の専門家仮執務室の確保(2名分)。</p> <p>(6) 要員養成セミナー。</p> <p>実施協議 (R/D調査)。</p>	<p>・要員計画に関しては、センター要員及びカウンタパート(C/P)入選状況を 確認する。また、既に具体的な入選が進められている場合には、確定者に関する資 料を収集する。</p> <p>・具体的数字で確認する。</p> <p>・無償資金協力に関しては、メキシコ側責任担当作業(インフラ整備等)の進捗状 況を確認する。</p> <p>・仮執務室の確保状況を確認する。具体的に決定されている場合には、右執務室に 関するデータ(位置・スペース等)を持ち帰る。</p> <p>・セミナーに対するメキシコ側の準備状況、意向を聴取する。</p> <p>・建物、施設の完成及び無償機材の引き渡し時期が平成2年3月末となる見込みで ある。またプロジェクト立ち上がり時期の準備作業に要する期間を考慮すると、R /D調査団の派遣は、本年8月を目標とする(リーダー、調整員の派遣は、平成2 年2月ごろを一応の目標とする)。我が方準備の進捗度合等により、今後変更が生 じ得ることを前提とした暫定スケジュールであることをわったうえで、口頭で メキシコ側に説明する。</p> <p>・左記暫定実施計画については、前回事前調査団がメキシコ訪問時、別紙3のお りミニッツで合意した経緯があるが、本計画は、当初R/D調査団派遣を本年3月 に想定して作成したものであり、上述のとおり、無償資金協力の進捗に合わせR/D の時期を繰り下げる予定であるところ、右実施スケジュールの変更に応じ、適宜本 計画の繰表を訂正のうえ、メキシコ側に対し口頭にて説明する。</p> <p>また、同時にメキシコ側実施スケジュール(コース開講、C/P配属時期等)を</p>
4. 今後のスケジュール		
5. 暫定実施計画		

事 項	調 査 内 容	対 処 方 針
6. インテリム・レポート		<p>確認する。</p> <p>上記暫定実施計画についての協議結果は、インテリム・レポートに記載しない。</p> <p>(1) 使用言語：西語で可（ただし仮訳を付す）。</p> <p>(2) 提出者名：調査チーム団長。</p> <p>(3) 提出先：内務省市民保護総局長（レポートには、部署名を記し、宛名とする）。</p> <p>(4) 確認事項。</p> <p>1) プロジェクト方式技術協力の基本計画に係る協議結果の概要。</p> <p>2) 強盛層測に係る調査・協議結果の概要。</p>

(A)は事前調査報告書P.29～P.31より抜粋
 (B)は基本設計調査報告書P.32～P.42より抜粋

(A) センタープロジェクト事前調査(技術開発事業)

- (1) 技術開発
- 1) 目的
- a. メキシコ国内、中米およびカリブ諸国における建物の耐震性能を改善するために必要な実験的・解析的研究を行い、以って耐震かつ経済的な構造技術の開発を查すること。
 - b. メキシコ国内、中米およびカリブ諸国の都市部において将来予想される災害に備えるために、都市部の地震災害に対する安全性評価および防災対策に関する研究を行うこと。

2) 課題

- a. 地域別の地震影響度合調査
- イ. 短期的予知と警戒措置の研究
- ロ. 地盤条件の影響に関する研究
- b. 建物構造の安全性に関する技術開発
- イ. 地震時の建物構造の反応に関する実験室における研究
- ロ. 耐震設計、耐震構造建築基準の開発
- ハ. 現存する建築物の安全性評価
- c. 地震防災に関する研究
- イ. 危険性と脆弱度の評価方法
- ロ. 地震防災のための都市設計基準
- イ. ライフライン施設と都市整備の安全性
- 工業システムと戦略的施設の保護

(B) 無償・基本設計調査(技術開発事業)

- (1) 研究・開発の目的
- 本センターの研究・開発事業は次の目的に基づく。
- 1) 中米、カリブ地域における、建築物耐震性能改善に必要な実験的・解析的研究を行い、耐震的かつ経済的構造技術の開発に資する。
 - 2) 中米、カリブ地域の都市災害に備えて、都市部の地震災害に対する安全性の評価及び防災技術に関する研究を行う。
- (2) 研究分野と研究項目

上記目的に基づき具体的研究計画は、下記に示す5分野36項目より構成される：

研究分野	研究項目
1. (地震観測研究)	1.1 アapulコ市、メキシコ市間の距離減衰
	1.2 強震応答調査、測定
	1.3 メキシコ市の地震動特性
	1.4 強震応答調査
2. (土質研究)	2.1 側面的不規則性の弾性波の伝播
	2.2 連続媒体の動的応答
	2.3 地震時における構造物挙動の局所的影響
	2.4 メキシコ地域における粘土地盤動的特性への圧密等の影響
	2.5 地盤と摩擦杭の挙動
	2.6 動的・静的荷重下での摩擦杭の伝播特性

d. 地震防災計画のための技術基準

研究分野	研究項目
3. (防災計画研究) マイクロゾーニング (地域別地震影響度調査) の方法論 4. (耐震研究) メキシコ、中米、カリブ 地域における建築物の動 的・静的特性評価	3.1 アカプルコ市周辺の強震観測体制
	3.2 メキシコ市地域における地盤特性とマイク ロゾーニング
	3.3 メキシコ市、アカプルコ市、ラサロカデナ スにおける地震強度分布
	3.4 アカプルコ市のマイクログゾーニング
	4.1 構造物応答を低減させるための装置開発・ 評価
	4.2 構造物の累積被害の影響評価
	4.3 建物応答に関するエネルギー、振動数、継 続時間の影響
	4.4 建物の弾塑性挙動解明に必要なマイクロコ ンピュータプログラム
	4.5 建物の弾塑性解析
4.6 建物の弾塑性挙動に関する確率的解析	
4.7 建物被害のコスト評価	
4.8 加速度の数表化	
4.9 建物の動的特性理論	

(A) センタープロジェクト事前調査(研修事業)

(2) 研修事業

1) 目的

地震防災計画の確立を支援する人材を確保する目的で、メキシコ国内、中米およびカリブ諸国における国家および地域レベルの地震防災分野で技術者、役人および一般市民を対象に研修を行うこと。

2) 研修コースの概要

コース名 項目	技術基準 コース	地震学コース	地震工学 コース
研修生数	30人	30人	30人
研修期間	3か月	4か月	4か月
頻度	2回/年	1回/年	2回/年
研修分野	<ul style="list-style-type: none"> 防災計画 建築物基準 都市計画 	<ul style="list-style-type: none"> 地球物理学入門 入力地震動減衰特性 マイクロゾーニング手法 	<ul style="list-style-type: none"> 構造力学 施工管理 安全検査 建築物補強
研修生資格	大卒者もしくはこれと同等の資格を有する者		

(B) 無償・基本設計調査(研修事業)

(1) 研修の目的

市民保護の分野の従事者や地震学、地震工学の分野に従事する技術者の水準の向上に資する。

(2) 各研修の概要

- 1) 耐震構造専門家研修
 - 1 構造力学
 - 2 耐震設計
 - 3 特殊構造物の耐震設計
 - 4 基礎耐震設計
 - 5 土質力学
 - 6 鉄筋コンクリート造等の構造設計
 - 7 耐震構造実習
 - 8 構造物の地震応答
 - 9 コンピューターによる分析
 - 10 地震力算定
 - 11 補強法
- 3) 市民保護システム専門研修
 - 1 地震危険度及び災害予測
 - 2 マイクロゾーニング
 - 3 危険度評価
 - 4 補強法
 - 5 災害予測手法
 - 6 地震防災計画
 - 7 自治体・州レベルの地震防災実習
 - 8 連邦組織における防災計画作成
 - 9 警戒組織
 - 10 都市における地震防災計画
 - 4) 市民保護システム基礎研修
 - 1 地震危険度及び災害予測
 - 2 マイクロゾーニング
 - 3 危険度評価
 - 4 補強法
- 2) 耐震構造一般研修
 - 1 構造力学
 - 2 耐震設計
 - 3 特殊構造物の耐震設計
 - 4 基礎耐震設計
 - 5 土質力学
 - 6 鉄筋コンクリート造等の構造設計

- 5) 教師・指導者養成研修
- 2 専門用語
 - 3 教授法
 - 4 コンピューター紹介
 - 5 MS-DOS導入と使用
 - 6 ロータス1-2-3計算書
 - 7 DBASE 3+
 - 8 コンピューターグラフィック
 - 9 基本用語実習
 - 10 フレームワーク
 - 11 フェルグスライタ
 - 12 製図法
 - 13 地理的地震危険度
 - 14 救護のための地区使用法
 - 15 マイクロコンピュータ使用法
- 9) 第三国研修
 (詳細は基本設計調査報告書 p.39-40)
- 8) 常設補助学級
 1 (地震防災に関する) 広報手段
 (詳細は基本設計調査報告書 p.38)
- 7) 研修調整会議
 (詳細は基本設計調査報告書 p.37)
- 6) 研修情報セミナー
 (詳細は基本設計調査報告書 p.37)
- 5 非常時広報の優先順位
- 4 地震防災における国民の自己防衛手段
- 3 地震防災における地震学と地震工学の改善
- 2 地震防災におけるシステムにおける地震防災の役割
- 1 国家市民保護システム

(A)

センタープロジェクト事前調査 (普及事業)

(3) 普及事業

1) 目的

- a. 技術開発における研究成果を他の研究機関、教育機関および行政機関へ移転することによって、研究成果を効果的に応用面に反映させること。
- b. 一般市民の支援並びに理解を得るため、センターの事業を一般市民に紹介すること。

2) 事業内容

- a. 耐震設計分野および防災計画分野における一般的な技術の普及および本プロジェクトの技術開発プログラムにおいて得られる研究成果の普及の目的で、行政機関の職員あるいは構造設計、防災計画に参与する職員を対象に、毎年約1カ月間程度セミナーを開催する。
- b. 技術開発の研究成果を普及させるために、センターとメキシコ国内、中米およびカリブ諸国内の他の教育機関との情報交換を頻繁に行う。
- c. 地震工学および防災計画に関して、メキシコ国内、中米およびカリブ諸国との継続的情報交換を行う。
- d. 地震および他の自然災害に関する日本の有益な出版物をスペイン語に翻訳し、メキシコ国内、中米およびカリブ諸国に配布する。
- e. メキシコ国内、中米およびカリブ諸国の自然災害に関するデータベースを整備するために、関連機構の組織的および相互的調整を図る。

(B)

無償・基本設計調査 (普及事業)

(1) 目的

- 1) 地震災害の低減化のための知識・経験・科学技術を普及する。
- 2) 日墨技術協力の成果を普及する。
- 3) 両国市民保護システムの教養を普及する。

表 3-6 広報活動の概要

広報分野	企画	内容	年間開催回数
講演等	月例セミナー	市民保護に関する一般的テーマ	(年12回)
	連続対談	地震現象	週1回3ヶ月連続、計12回開催(年24回)
	専門家による連続会議	地震災害予防	3ヶ月に12回開催(年24回)
	講習会	地震防災の計画と方向付け	センター内開催及び地方での開催
	年次討論会	日墨技術協力の成果	(年1回)
	国際シンポジウム	研究の成果発表	(年1回)
展示	常設展示	地震防災の現状等	
出版等	出版物発行	マニュアル、情報、啓蒙ポスター等	
	マスメディアへの発表	地震防災、技術協力	
	公報・定期刊行物の発行	地震防災の最新情報、技術協力の成果	
	専門雑誌の発行	研究成果	

TENTATIVE SCHEDULE FOR IMPLEMENTATION
OF THE PROJECT

Table

ITEM	C.Y.	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
DURATION OF PROJECT			_____	_____	_____	_____	_____	_____
MEXICAN ACTIVITIES								
1. Establishment of The Center			_____	_____	_____	_____	_____	_____
2. Provision of Staff			_____	_____	_____	_____	_____	_____
3. Procedure of Receiving Equipment Provided by JICA (Custom Clearance, carrying in the Center, Installation, Etc.)				_____	_____	_____	_____	_____
4. Technology Development Microzonation Struc. Testing Technical Standard				_____	_____	_____	_____	_____
5. Training Act.				_____	_____	_____	_____	_____
6. Dissemination Act. Seminar				_____	_____	_____	_____	_____

Handwritten signatures and initials, including a circled signature and a stylized signature.

ITEM	C.Y.	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
JAPANESE ACTIVITIES								
1. Dispatch of Japanese Experts								
(a) Long Term Experts								
1) Chief advisor								
2) Coordinator								
3) Evaluation of Strong Ground Motions								
4) Earthquake-resistant Structure								
5) Technical Standard								
(b) Short Term Experts (an appropriate number may be dispatched, when necessity arises)								
2. Training of Mexican Staff in Japan								
3. Supply of Equipment (small quantity of equipment will be provided under the technical Cooperation Scheme)								
4. Dispatch of Survey Teams								
R/D Team			-					
Evaluation Team							-	
Others				-	-	-		





1-2 長期調査員の構成

団 長 北川 良和 建設省建築研究所国際地震工学部第二耐震工学室長
 地盤調査 瀬尾 和大 東京工業大学大学院総合理工学研究科助教授
 協力企画 吉田 充夫 (財)国際協力サービス・センター研修監理部

1-3 調査日程

月 日 (曜)	内 容
2月2日(木)	16:00 DL1744便にてメキシコ着
	20:00 JICA事務所打合せ及び夕食会
3日(金)	10:30 JICA事務所打合せ
	12:30 内務省市民保護総局表敬(メンデス局長)
	13:00-16:00 同総局にてUNAM関係者(ロモ博士)を交えて協議
	17:30 大使館表敬
	18:00 UNAM工学研究所表敬、協議(エステバ所長)
4日(土)	8:00 市内観測点にて常時微動測定開始
	19:00 測定終了
5日(日)	8:30 メキシコアカプルコ観測点視察出発(車両1台、内務省より1名、UNAMより2名、山下設計より1名同行)
	9:40 クエルナバカ市役所表敬
	22:00 アカプルコ着
6日(月)	9:00 アカプルコ周辺諸候補地にて 常時微動測定及びUNAM観測点視察
	14:40 吉田団員のみメキシコ市へ移動
7日(火)	11:00 市民保護総局にて協議
	9:00 北川、瀬尾団員メキシコ市へ移動
	17:30-20:00 UNAM工学研究所(協議)
8日(水)	8:30 JICA事務所にて打合せ
	10:00 内務省市民保護総局、UNAM(エステバ所長)と協議
	12:00 観測点候補地測定のため 瀬尾団員クエルナバカへ
	17:00 JICA事務所にて報告、事務処理
20:00 団主催夕食会(サントリー)	
9日(木)	10:00 メキシコ市発 JL011便
10日(金)	17:15 成田着

1-4 主要面談者

内務省、市民保護総局：

Dr. Armando Méndez de la Luz	Dir. General de Protección Civil <市民保護総局局長>
Lic. Hector Samuel Fuentes Hernández	Coordinador del Centro Nacional de Prevención de Desastres <国立防災センター部部長>
Arq. Erasto Rivera Vega	Dir. de Coordinación <調整局局長>
Lic. Guillermo Andrade Delgado	Director Técnico <技術局局長>
Miguel Angel Rodríguez S.	Subdirector de Coordinación <調整局次長>

UNAM工學研究所：

Dr. Luis Esteva Maraboto	Dir. del Instituto de Ingeniería <工學研究所所長>
Dr. Miguel P. Romo	Coordinador, Geotécnica <地質工學部長>
Dr. Enrique Mena Sandoval	Coordinador, Sismología e Instrumentación Sísmica <地震學部長>
Dr. Roberto Quaas Weppen	Investigador <研究員>
Dr. Shri Krishna Singh	Investigador <研究員>
Ing. Leonardo Alcántara Nolasco	Investigador <研究員>
Ing. Oscar Dominguez Hernández	Investigador <研究員>

クエルナバカ市：

Dr. Elías Gómez Azcarate Ramírez	Director General del Centro de Estudios Políticos, Económicos y Sociales (CEPES) <政治、経済、社会機構センター所長>
----------------------------------	---

Ing. Francisco Ochoa Batalla

Jefe, Unidad Informática de la Sre. de
Desarrollo Urbano y Obras Públicas

<都市開発、公共事業部情報課課長>

在メキシコ日本大使館：

若 菜 哲

二等書記官

JICAメキシコ事務所：

細 野 豊

所長

三 沢 吉 孝

所員

金 城 誠 一

所員

山下設計：

稲 留 園 彦

主任

2. 調査・協議結果要約

(1) プロジェクト協力の基本計画

プロジェクト方式技術協力の事前調査ミニッツ(1987年12月9日署名)のセンター事業内容とその後無償資金協力基本設計調査(B/D)(1988年3月)の段階でメキシコ側提案のセンター事業内容の間に差異が認められる点についてメキシコ側の所見を求めたところ、「B/D時に提示した事業内容は、センターが最も理想的に活動した時の姿を示すものであり、またセンター設計のために施設のフル稼働体制を想定して作成されたものであるため、目標とされるものであっても、現時点で完全実施を確約できるものではない」、さらに、「センターの各事業は、時とともに新しい展開をみせる可能性を秘めているので、目標に過剰に束縛されぬよう、できる限り柔軟性のある記述の中にセンターを位置づけたい」との意向がメキシコ側より示された。

これに対し、調査団は、まず、センターの業務内容と密に関連を持つ「日本側の協力範囲」という項目に関して、次の2点：①日本側の協力範囲は、1987年12月9日署名のミニッツの内容に変更のない旨；②日本側の協力範囲から外れる分野での活動は、メキシコ側が責任をもって独自に行う旨；を確認した上で、さらに、上述のセンター事業内容の記述については、事前調査ミニッツの記述内容を基本的に尊重する形でメキシコ側と合意した。なお、右日本側協力範囲についての確認は、インテリム・レポートに記載し、メキシコ側に提出した。

市民保護システムへの協力については、上記日本側協力の範囲には入っていないが、メキシコ側の関心度の高さ及び、日本側におけるソフト面での協力に対する認識の高まり等を考慮し、今後の協力の余地(例えば短期専門家による協力の可能性等)を残す意味から、本調査団によりメキシコ側の要望の詳細を確認するとしていた経緯があるが、後述のとおり、先方実施体制が必ずしも整備されていないこともあり、今回右要望の詳細は確認し得なかった。ただしメキシコ側は、本分野は、地震防災上極めて重要なテーマであり、何らかの形で日本側の協力を期待したい旨重ねて強く要望し、併せて5月ごろまでに右要望の詳細をとりまとめるうえ、JICAメキシコ事務所を通じて提出する旨説明がなされた。こうしたことから、今後の我が方対応方針としては、右要望書の接収を待って日本側協力の可能性につき検討を行うこととした。

(2) 強震観測

プロジェクト方式技術協力による「地震観測研究」が円滑に実施されるためには、観測機器設置段階でその地盤条件を十分に吟味しておくことが重要とされる。今回、事前にメキシコ側より提示のあった候補地点において、常時微動計を使って水平2成分(南北成分と東西成分)

及び上下成分の計3成分について5分間の同時測定を行い、下記の結果となった。

1) アカプルコ～メキシコ市間の観測網

アカプルコ～メキシコ市間の観測点については、クエルナバカの観測点を除く（インテリム・レポート Anexo 2に記載する）全観測点を専門的観測点より適格であると判断した。クエルナバカ観測点については、5カ所の候補地での測定にもかかわらず理想的な観測点を選定することができなかった。メキシコ側には引き続き、他の有力観測点を提示するよう再度要請した。

2) メキシコ市内の観測網

メキシコ市内での観測網は、アカプルコ～メキシコ市間のものとは異なり、地盤構造と地震動特性・地震波伝播機構との関係を解明しようとするものであるため、その目的に応じて当初の基本計画を若干修正した方が好都合という立場で、メキシコ側との協議に臨んだ。修正箇所は、①市内9点の観測点のうち3点を集中させ3次元アレーを作る、②1点を市内の岩盤上に設置する、という以上の2点であり、地震計の数量や予算面での変更の伴わないものである。

上述の修正に対しメキシコ側の了解を得た後、常時微動計を用いての現地調査を行い、インテリム・レポート Anexo 2 に示すとおり、観測点をメキシコ側に提示した。

3) 屈折法による探査計画

屈折法による地下深部の地質探査をメキシコ市内で実施することは、強震観測をはじめ、日本・メキシコ地震防災センタープロジェクトの全般にかかわる極めて基本的な調査であることを関係各方面に強調した。特に内務省当局には、調査目的への理解と実施へ向けての協力、UNAMには、調査への積極的参加について要請し、それぞれ了承された。本地盤探査の発破点（白丸、3地点）と観測点（黒丸、約90地点）の数及びその位置をインテリム・レポート Anexo 3 に示すとおりメキシコ側に提言した。その際、UNAMから図3-11に破線で示されたSPIとセントラル・デ・アバスト（中央卸売市場）を結ぶ直上に独自に補足観測点を設置するという提案があり、調査団側はそれを了承した。ただし右補足点は、インテリム・レポート Anexo 3 に記載されない。

(3) 実施体制

1) 関係機関の組織と人事

内務省においては、大統領交代による省内人事異動は、既に完了している。以前国民登録を司る部局内に統括されていた市民保護局が、現在、市民保護総局として内務省内に位置づけられると同時に、同総局内には、センター設立のための諸業務を専門に行う国立防災センター部が設置されるに至っている。形の上での組織立ては、既に整っているものの、管理職の機構内

での全面的な人事異動があったため、昨年までの経緯が、十分に継承されていない部分がまだみられる。

他方、UNAMに関しては、組織だて、人事に一切変更は認められない。

本センター設立を支える法的基盤としては、既にセンター設立のための大統領令（1988年9月19日発令）（別送資料④）、UNAM～内務省協力協定（1988年9月19日署名）（付属資料⑤）、さらにUNAM～内務省間で土地貸与契約、調整協定が整えられている。

2) 合同委員会及び運営委員会のメンバー決定状況

合同委員会委員長（内務省市民保護総局長 アルマンド・メンデス）を除き、他のメンバーは、未だ具体的な決定をみていない。メキシコ側提出の資料“プロジェクト管理”（図5-9参照）によると、各委員会は次の構成から成る。

合同委員会	委員長：内務省市民保護総局長
	副委員長：UNAM防災研究プログラム管理者
	メンバー：センター所長、外務省代表、都市開発環境省(SEDUE)代表、 連邦区庁(DDF)代表
運営委員会	委員長：センター所長
	メンバー：センター各部長（60日以内に人選完了予定）

上述の状況に対して調査団は、各委員会の具体的なメンバーをR/D時までには決定するようメキシコ側に勧告した。

3) センター組織及び要員計画

メキシコ側で現在考えているセンター組織は、図5-6のとおりである。この組織図は、大統領令の中に記載・規定されている^(註)旨の説明があった。事前調査並びに無償資金協力B/Dの段階で出ている組織図（図5-7、5-8参照）と比較して、下位組織構成や部局名に若干の差異が認められる。下位組織内に日本側協力分野である構造実験を包含し得る部局が見あたらないことも不安材料の一つである。

本センターのメキシコ行政組織内での位置づけについては、B/Dの報告書内では“完成後は独立機関”とされているが、メキシコ側の今次説明によれば、上記大統領令に従って内務省の外郭（desconcentrado）機関として位置づけられ、内務大臣、次官、市民保護総局長の監督下に置かれるとのことである。この点に関してもセンターの位置づけを定める大統領令の内容をチェックする必要がある。

要員計画に関しては、センターの要員を97人と定め、その担当分野別内訳（付属資料8）が既に作成されている。また、要員採用、訓練用に既に本年度から予算が組まれており、120日ほどで要員の体制を整え、仮の防災センター（ビル賃借用に予算が見込まれている）で活

^(註) 後日送付された資料“大統領令”の中には、部レベルまでの組織が規定されているに過ぎない（別送資料④参照）。

動に入る見通しをもっている。右要員計画は、無償資金協力のB/D時の45人という計画に対して52人の増員であり、また今次提示の要員計画97人の中には研究員、講師等研究に直接関係する人員は含まれていない模様である。

カウンターパートの人選に関しては全く着手されていなかったため、調査団側より5月ごろまでに選定するよう伝えた。

4) 予算措置

32億9,544.7万ペソの予算が国立防災センター用に確保されている（詳細は表5-10参照）ほか、仮の防災センターとして（UNAM近くに既に確保している）1,500㎡の建物を構え活動に入る準備があり、そのための予算も確保されているとの説明があった。来年度予算についての具体案は、現在何もないが、メキシコ側としては本年度分を大きく上回るものとなるとの見通しをもっている。

5) 建物、施設等整備

ア、無償資金協力の進捗状況

建設工事用のインフラ整備が遅れていたが（現在解決済み）、これはメキシコ側の説明によると、政権交代の混乱によることであるが、むしろ事前に適切な予算措置がなかったことが、最大の原因であった。本設のインフラ用には、既に本年度予算が確保されているので、今後同様の問題の再発は回避できる。

イ、専門家仮執務室の確保

UNAM近郊の仮防災センター内に確保される。

6) 事前要員養成セミナー

メキシコ側は、本年度中の要員養成セミナーの開催を強く希望している。時期は、5月以降なら随時可能である。

(4) 実施協議（R/D調査）の時期

事前調査時合意のプロジェクト協力の暫定実施計画を無償資金協力の進捗状況に応じて繰り下げる旨の説明を調査団側より行い、メキシコ側に了承された。メキシコ側からは、6月～8月ごろをR/D時期として希望する旨が表明されたほか、技術協力開始の時期については、R/D直後を考えているが、最終的には日本側と検討のうえ、決定したい旨の意向が示された。

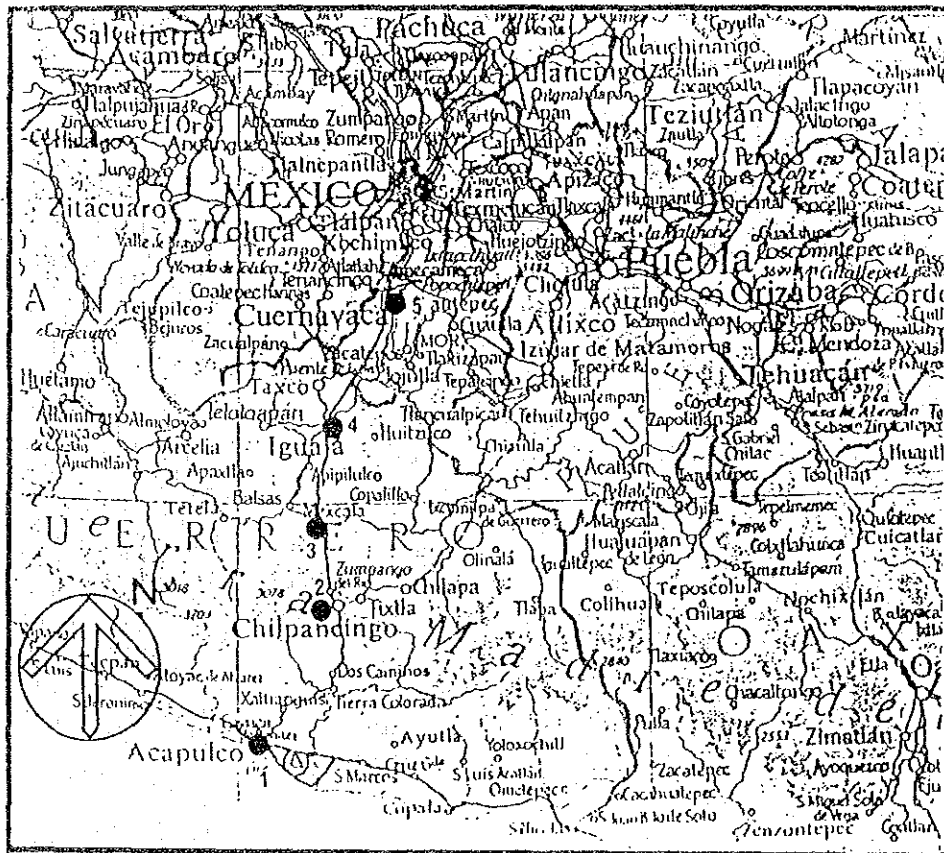
3. 強 震 観 測

3-1 アカプルコ市～メキシコ市内の観測網

3-1-1 観測所位置と地質概要

首都メキシコ市は過去幾度か太平洋沿岸で発生する地震によって被害を受けている。このため、太平洋沿岸の震源地域からメキシコ市までの地震波動の伝播特性を知ることは、地震災害を低減するうえで必要となる。このため将来の震源地域と考えられる太平洋沿岸のゲレロ州アカプルコ市からメキシコ市に至る観測線を設定し、ここに5カ所の観測所を設け、岩盤上に強震計を据え付けることとなっている。観測所の位置を図3-1、表3-2に示す。

図3-1 アカプルコ市～メキシコ市間の観測所



・印1～5が観測所位置

表 3-2 アカプルコ市～メキシコ市間の観測所の位置概要

観測所番号	観測所	位 置	
		北 緯	西 経
1	アカプルコ	16°51'	99°56'
2	チルパンシンゴ	17°32'	99°35'
3	メスカラ	17°56'	99°37'
4	イグアラ	18°20'	99°33'
5	クエルナバカ	18°53'	99°15'

3-1-2 微動測定による地盤調査

長期的に強震観測を実施するにあたって、観測点の地盤条件を吟味しておくことは基本的に重要なことである。それは以下にも述べるように、強震観測の目的が3-1と3-2とでは全く異っており、それぞれの目的にとって相応しい観測点を選定する必要があるからである。あらかじめメキシコ側から提案のあった候補地点(図3-1参照)を実地に検分し、地質環境の観察と併せて微動測定を行い、強震観測点としての適否を判断することとした。ここでの判断の基準は、車両の走行等に起因する短周期微動(常時微動)が存在しないことを確認すること、もしくは、なるべく短周期微動の影響の少ない地点を選定することである。なぜなら、このような短周期微動の発生は地表付近に軟らかい堆積地盤が存在していることを意味しており、地震時の加速度振幅もこの堆積地盤によって局地的に増幅されることとなって、アカプルコ市～メキシコ市間における地震波の距離減衰を確認しようとする本来の目的に不都合を生じるからである。

なお微動測定には、固有周期が1秒の高感度地震計にシャントコンデンサーを用いてその周期を5秒に引き延ばし、周期約3秒以下の帯域で周期特性が平坦な変位計となるような計器を使用している。通常の微動測定の多くは、表層の堆積地盤に起因する卓越周期を求めたり、地盤種別の判定を行うために利用されるが、本調査ではこれを主として強震観測に与えるような表層地盤が存在するか否かの判別に利用しており、用法としてはやや特殊である。

強震観測点としては、図3-1に示された①アカプルコ市内、②チルパンシンゴ、③メスカラ、④イグアラ、⑤クエルナバカの5カ所で、1点ないし2点の候補地点が事前に挙げられており、その各々の地点で微動測定を行った。測定は各地点とも可能な限り岩盤の露出部分に地震計を設置し、水平2成分(南北成分と東西成分)と上下成分の計3成分について5分間の同時測定を行った。また解析においては、全記録を再生した後、適当と考えられる20秒間を1/100秒刻みで数値化し、フーリエ・スペクトルを用いて周期特性を表現した。地盤条件の評価や他地点との特性比較には、通常よく行われるように水平成分を重視し、その

際水平2成分の結果は別々に評価せず、それらを合成した結果に着目した。微動測定の状況は表3-3に示すとおりであり、測定結果の詳細は測定点ごとに付録①に示してあるので、ここでは測定の概況のみを記述する。

表3-3 アカプルコ市～メキシコ市間の微動測定に関する諸元並びに結果

番号	測定地点名	測定倍率*1	最大振幅*2	備 考
1	ACAPULCO 1	ATT 1/1	0.30 micron	アカプルコ南東部の山上、高級住宅地
1'	ACAPULCO 2	ATT 1/1	0.29	アカプルコ北東部の住宅密集地、丘上
2	CHILPANCINGO	ATT 1/1	0.36	硬質岩盤が凹凸状に露出している
3	MEXCALA 1	ATT 1/1	0.28	硬質岩盤の露頭上
3'	MEXCALA 2	ATT 1/1	0.29	薄い堆積層あり
4	IGUALA	ATT 1/1	0.18	警察派出所敷地、付近に岩盤の露頭あり
5	CUERNAVACA 1	ATT 1/1	0.25	SEDUE事務所、熔岩流+堆積層
	CUERNAVACA 2			TEPOZTLAN教会、測定せず
	CUERNAVACA 3			TEPOZTLAN山麓、測定せず
5'	CUERNAVACA 4	ATT 1/1	0.39	気象観測所、熔岩流の露出部分
	CUERNAVACA 5			セメント工場、軟質石灰岩、測定せず

(注) *1 微動計の最高感度(ATT 1/1を使用した時)は約0.5V/micronであり、この時、変位振幅は約1万倍に増幅して記録される。

*2 水平2成分の中での変位振幅の最大値(単位:micron)

① アカプルコ市内

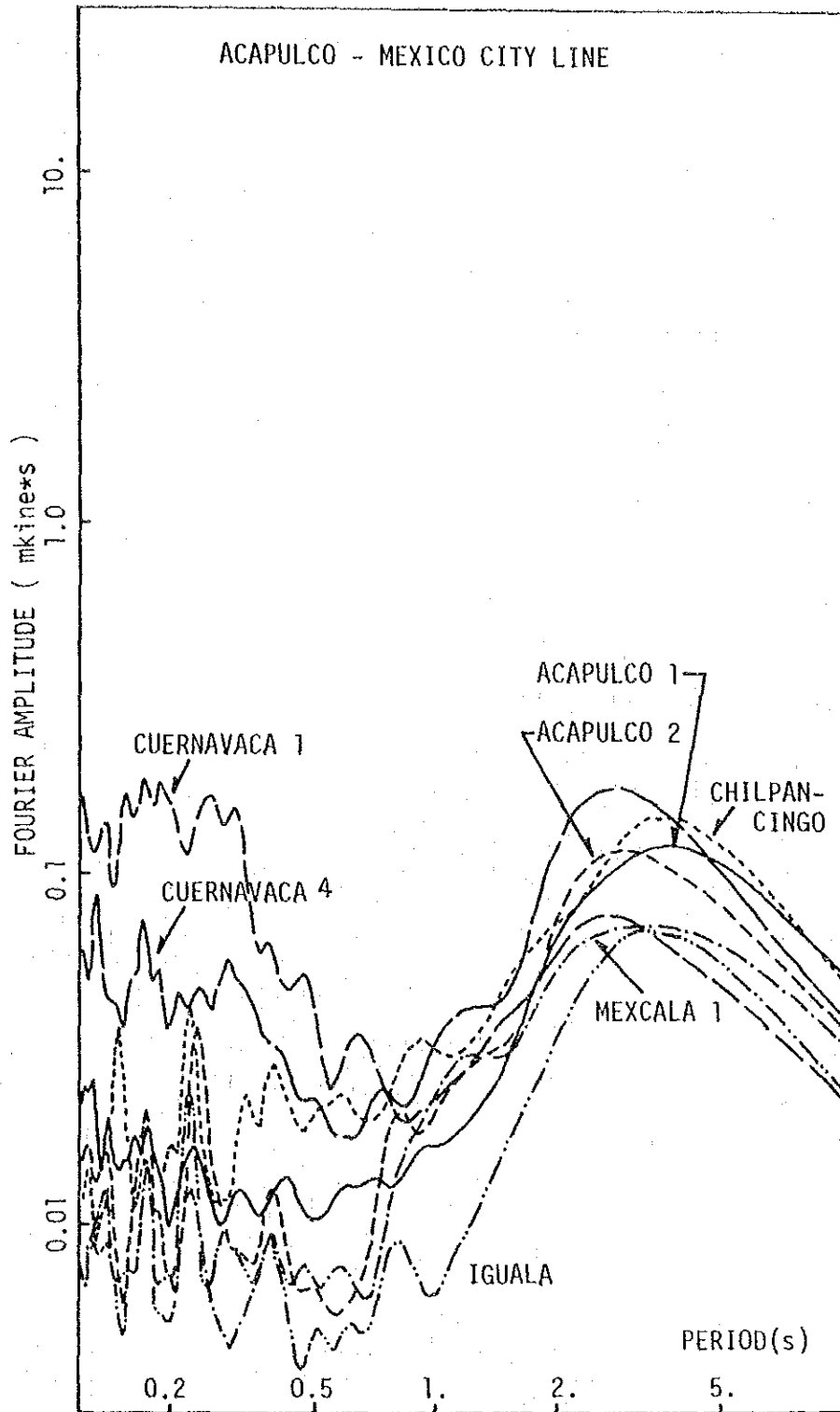
候補地点はACAPULCO 1、ACAPULCO 2の2カ所である。図3-4に示すとおり、微動測定の結果からは両地点の地盤環境に差異は認められず、いずれも強震観測点として適当であると考えられる。付帯工事の便宜、強震計の保守・管理上の安全性などを勘案して場所の選定を行って差し支えないものと判断される。

② チルパンチシゴ

候補地点は1カ所のみで、硬質岩盤の露出地域に位置している。微動測定の結果からも短周期帯域の振動レベルが低く、強震観測点として適当であると考えられる。

③ メスカラ

候補地点はMEXCALA 1、MEXCALA 2の2カ所である。前者は安定した硬質岩盤の露頭上にあり、後者は丘陵の麓にあって若干の堆積地盤が存在する。微動測定の結果からは、車両の走行があった時に、後者の場合には周期0.2秒前後の短周期微動が発生するのに対して、前者の場合には全く反応がないことから堆積地盤の有無が確認できた。したがって、前者は強震観測点として適当であるが、後者は地震時にも局地的な地盤特性として



短周期成分の振幅が大きく現われる可能性がある。ただし、この短周期部分のほかは双方の微動測定結果には差異が認められないため、図3-4には前者(MEXCALA 1)のみを示してある。

④ イグアラ

候補地点は幹線道路に面した警察派出所の敷地内にある。候補地点には岩盤の露頭は見られなかったが、付近には露頭岩盤が散見された。図3-4に見られるように微動測定からも微動レベルが低いことが確認され、あらゆる点で強震観測点として好都合である。

⑤ クエルナバカ

表3-3に示されたクエルナバカの強震観測候補地点のうち、メキシコ側が第一候補地として予定していたのは CUERNAVACA 1 である。この地点は SEDUE 事務所内にあり、強震観測点の設置工事や計器の保守管理など種々の面で好都合と考えられるものの、問題は地盤条件にある。これはクエルナバカ市そのものが広大な熔岩流の上に立地しているという地質環境上の観点から致し方ないことであるが、微動測定の結果からも図3-4に見られるように、アカプルコ～イグアラ間の他の候補地点と比較して微動レベルが(短周期部分で約10倍と)高いことがわかる。クエルナバカ周辺で真の露頭岩盤を求めるとすれば、クエルナバカ市の中心から北東に約40 km 離れたテポストラン以外には見当たらないとのことであり、CUERNAVACA 2、3はテポストランで実際に視察を行った候補地点である。いずれも時間的制約と年中行事のため車の通行ができない等の事情により微動測定は実施していないが、強震観測点としての可能性は留保しておきたい。問題点は、当初の候補地点から相当距離が離れていること、岩盤はかなり風化しており、容易に新鮮な岩盤の露出部分に近づけないこと、強震観測施設の設置に困難が伴う可能性があること等である。

以上のような事情もあって、さらにメキシコ側から新たな候補地点(CUERNAVACA 4)の提案があり再度現地調査を行った。CUERNAVACA 4はCUERNAVACA 1に近接しており、熔岩流の露出部分が地表に現われている点でCUERNAVACA 1よりは望ましい程度である。図3-4の微動測定結果によれば、CUERNAVACA 1に比してCUERNAVACA 4の方が短周期部分の微動レベルは低くなっているものの、他の岩盤露出地域ほど低くはなっていないことがわかる。他にCUERNAVACA 5では石灰岩の露頭を確認したが、石灰岩そのものが極めて軟質であり、セメント工場の振動等の影響もあって、強震観測点としては適当でないとの印象を受けた。

3-1-3 まとめ

地震波の距離による減衰を確認することを主目的とした強震観測点として、各候補地点の地盤条件が適当か否かの判断を行うために、図3-1と表3-3に示された五つの地域の計8地点で微動測定を実施し、以下の結論を得ることができた。

- (1) アカプルコ、チルパンシンゴ、メスカラ、イグアラの各地域では、各候補地点が研究目的を達成するための地盤条件を満たしているものと判断された。また、複数の候補地点があげられていたアカプルコとメスカラについて、アカプルコの場合には二つの候補地点の地盤条件はほぼ同等であり、メスカラの場合にはMEXCALA 2よりもMEXCALA 1の方が適当であることがわかった。
- (2) クエルナバカでは理想的な強震観測点を選定することはできなかったが、これはクエルナバカ市そのものが熔岩流上に立地しているという特殊な地質環境によるものである。クエルナバカ以外の候補地点には見られない地盤震動特性の影響をある程度は受けることを承知のうえでクエルナバカ市内に強震観測点を設置するか、あるいは当初の予定地点から距離の離れたテポストランのような岩盤露出地域に強震観測点を設置するかの二者択一となるが、前者の場合にはCUERNAVACA 1よりはCUERNAVACA 4の方が適当であることがわかった。

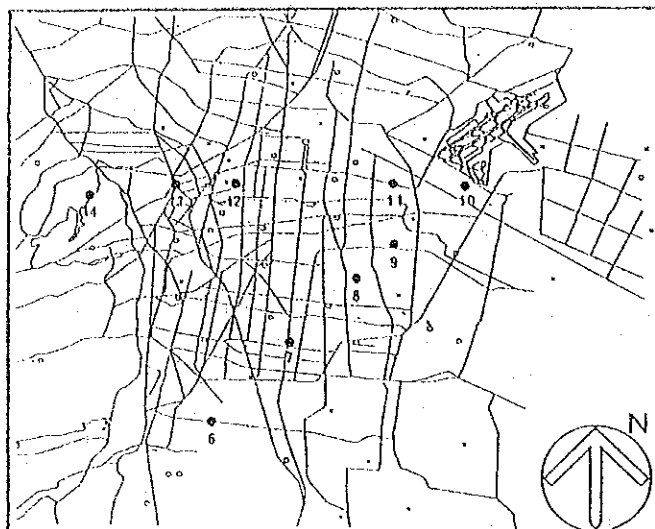
3-2 メキシコ市内の観測網

3-2-1 観測位置と地盤の概要

首都メキシコ市は海拔 2,240 m の高原盆地の南西部に位置している。この盆地は南北に長い谷状の地形をしており周囲は火山山脈に囲まれている。この地域は火山活動が盛んで、第三紀の中ごろには南北につながる谷であったが、その後、この谷は火山噴出物でせきとめられ、盆地が形成された。この湖に堆積した湖成層は主として火山灰が堆積した粘性土層である。メキシコ盆地の地質は市街部での湖成層、市の南西部と南部での玄武岩、市の北西部と東部での洪積層、市の西部と南部での硬質地層である。

地盤震動特性及び建物の地震応答特性の解明を目的として、メキシコ市内 9 カ所に観測所を設け、地表、地中、建物内に強震計を据え付けることとなった。観測所の位置を図 3-5 に、観測所の概要を表 3-6 に示す。

図3-5 メキシコ市内の観測所位置



・印6~14が観測所位置

表3-6 メキシコ市内強震観測所概要

観測所 番号	観測所位置	強震計の検出器設置位置及び記録計位置				
		屋外地上	地下30~40mの 湖成粘土層の間	地下60~80mの 基 盤 上	建物内屋上	建物内1階
6	ロメロ デ テレロ	○ Ⓡ	③①	⑥①	—	—
7	ポルタレス オリエンテ	○ Ⓡ	—	—	—	—
8	ベニート ファレス	○ Ⓡ	—	—	—	—
9	トラコタル	○ Ⓡ	④①	⑧①	—	—
10	サラゴーサ	○ Ⓡ	④①	⑧①	○ Ⓡ	○ Ⓡ
11	ウニダド ケネディ	○ Ⓡ	④①	⑧①	○ Ⓡ	○ Ⓡ
12	ロマルテ	○ Ⓡ	⑤①	⑥①	—	—
13	チャプルテ ベック 東	○ Ⓡ	—	—	—	—
14	チャプルテ ベック 東	○ Ⓡ	④①	⑧①	—	—
備 考			必要孔径 φ110mm			

○印は検出器を示す、○印内数字は検出器の予想設置深度を示す。

Ⓡ印は、記録計位置を示す。

3-2-2 微動測定による地盤調査

図3-7に示された⑥~⑭の強震観測候補地点を確認検分し、微動測定により地盤震動特性の確認を行った。これらの地域における強震観測の目的は上記のアカプルコ市~メキシコ市間のそれとは異なり、地盤構造と地震動特性・地震波伝播機構との関係を解明しようとするものである。したがってこの場合には、地盤条件の相違も考慮に入れた観測点の適正配置が重要であり、基本計画を若干修正した方が目的達成のため更に好都合であろうとの判断から、事前にこの点についてメキシコ国立自治大学の研究者と協議し了解を得てから現地調査を行った。修正箇所は、⑦と⑧に設置予定の地震計を⑩に集中させることにより短波長の地震波の伝播機構の解明を容易にすることと、⑬に設置予定の地震計を岩盤上に設置することの2点であり、地震計の数量や予算面での変更は伴わないものである。後者の問題に関しては、メキシコ側から提案のあったOP. 1、OP. 2及び当方で候補地と考えていたOP. 3を対象として、3-1-2と同様の地盤条件の判定を行うこととした。

図3-7 メキシコ市内観測所候補点 (No. 6~No.14)

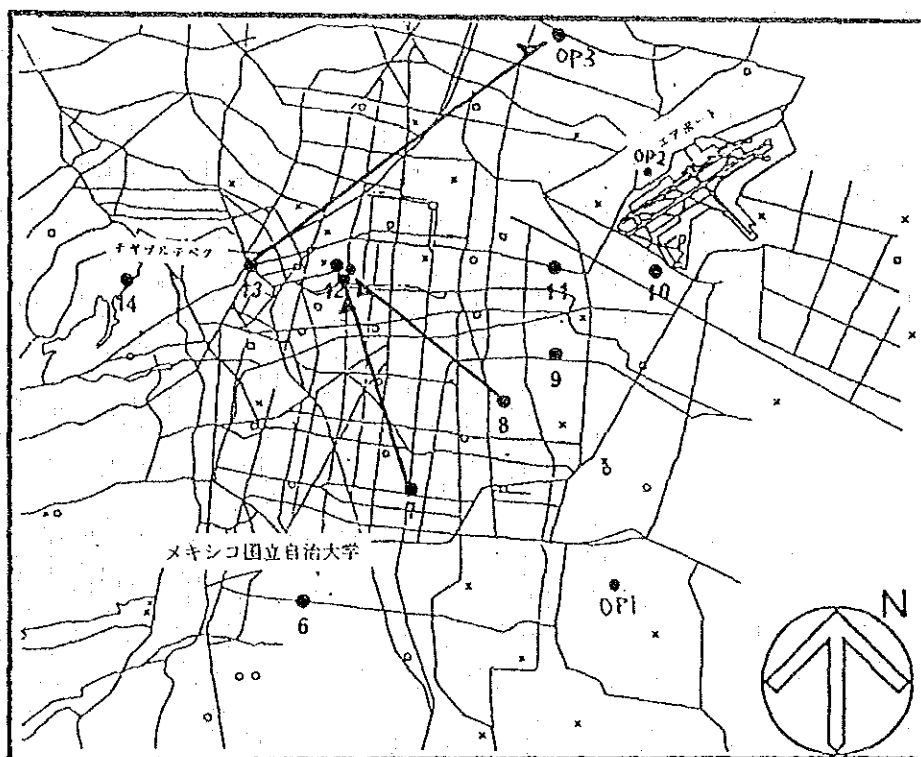


表3-8 メキシコ市内の微動測定に関する諸元並びに結果

番号	測定地点名	測定倍率*1	最大振幅*2	備考
6	JARDIN AURORA	ATT 1/3	1.08micron	公園内、ボーリング孔確認
7	PORTALES ORIENTE	ATT 1/10	4.41	道路中央のグリーンベルト内
8	ASUNCION	ATT 1/30	7.17	広場、自由市場
9	TLACOTAL(EJE 4S)	ATT 1/30	8.84	幹線道路のグリーンベルト内
10	PLAZA EJECUTIVO	ATT 1/30	16.5	放射道路中心のロータリー内、図書館
11	JARDIN BALBUENA	ATT 1/30	10.3	団地内の広場
12	ROMA NORTE	ATT 1/10	3.69	大きな公園内、震災の中心地区
13	CHAPULTEPEC	ATT 1/10	4.34	チャプルテペック公園の入口、交通頻繁
14	PANTEON CIVIL	ATT 1/3	1.35	チャプルテペック公園奥、墓地との境界
OP.1	CERRO ESTRELLA	ATT 1/1	0.43	国立公園内、岩盤露頭確認できず
OP.2	CERRO DEL PEÑON	ATT 1/1	0.37	露頭岩盤あり、軍事施設が占有
OP.3	LA ESTANZUELA	ATT 1/1	0.27	露頭岩盤あり、地震無感地区

(注) *1 微動計の最高感度(ATT 1/1を使用した時)は約0.5V/micronであり、この時、変位振幅は約1万倍に増幅して記録される。

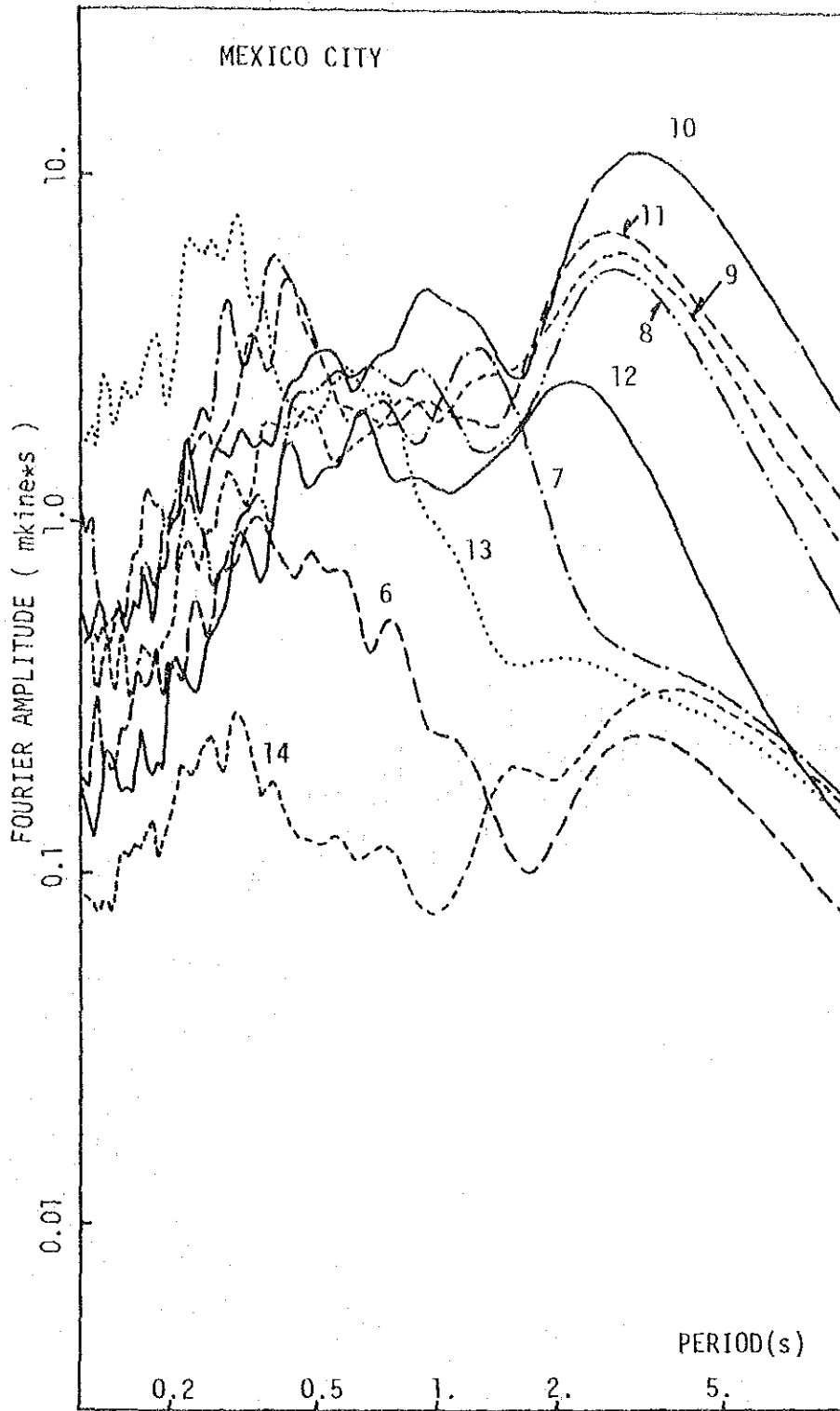
*2 水平2成分の中での変位振幅の最大値(単位:micron)

(1) 堆積地盤上の強震観測候補地点における微動測定

3-1-2と全く同様の方法を用いて⑥から⑭までの9地点で実施された微動測定の諸元は表3-8に、解析結果の詳細は付図に示すとおりである。また解析結果の中で基本的に重要と考えられる水平成分のフーリエ・スペクトルは図3-9にまとめられており、同図と図3-4とは比較が容易なようにスケールを揃えて描かれている。一見して明らかのように、図3-4に比して図3-9のスペクトルは場所ごとに特性の差異が著しく、地盤条件が一様でないことがわかる。軟弱層が最も厚いと考えられる⑭地点では微動の振幅が大きく、周期も3.4秒と最も長周期で卓越している。⑧、⑨、⑩の地盤特性もこれに近く、⑭では卓越周期が2.3秒とやや短くなっている。⑭は1985年の地震において被害が最も大きかった地域に位置しており、地盤の卓越周期と建物の固有周期とが近接していたことによる共振現象がその主原因であったと考えられている。また、⑦から⑥、⑬から⑭にかけて卓越周期が短くなる傾向は、堆積層の層厚が次第に薄くなっていることと対応づけられる。

(2) 岩盤上の強震観測候補地点における微動測定

図3-7に示されたOP.1、OP.2、OP.3の3地点において同様の微動測定を行い、3-1-2と同一の基準で、メキシコ市内の強震観測網の中での標準点として、またアカプルコ市～メキシコ市間の強震観測点の設置目的に適った6番目の観測点として、なるべく



堅固な岩盤上の候補地点を捜すのが目的である。微動測定の結果は付図と図3-10に示すとおりであり、スペクトル形状には3地点の間で大きな差異は認められないものの、微動レベルの低いOP.3が最適であろうと考えられた。また周囲の環境についてもOP.1は露頭岩盤が確認できず、OP.2は軍事施設が存在するため立ち入りに支障があり、やはりOP.3が最も適当であると判断された。またOP.3付近の住民からの聞き込み調査を行ったところ、この付近に限って複数の住民が1985年の地震を体感していないことも判明した。

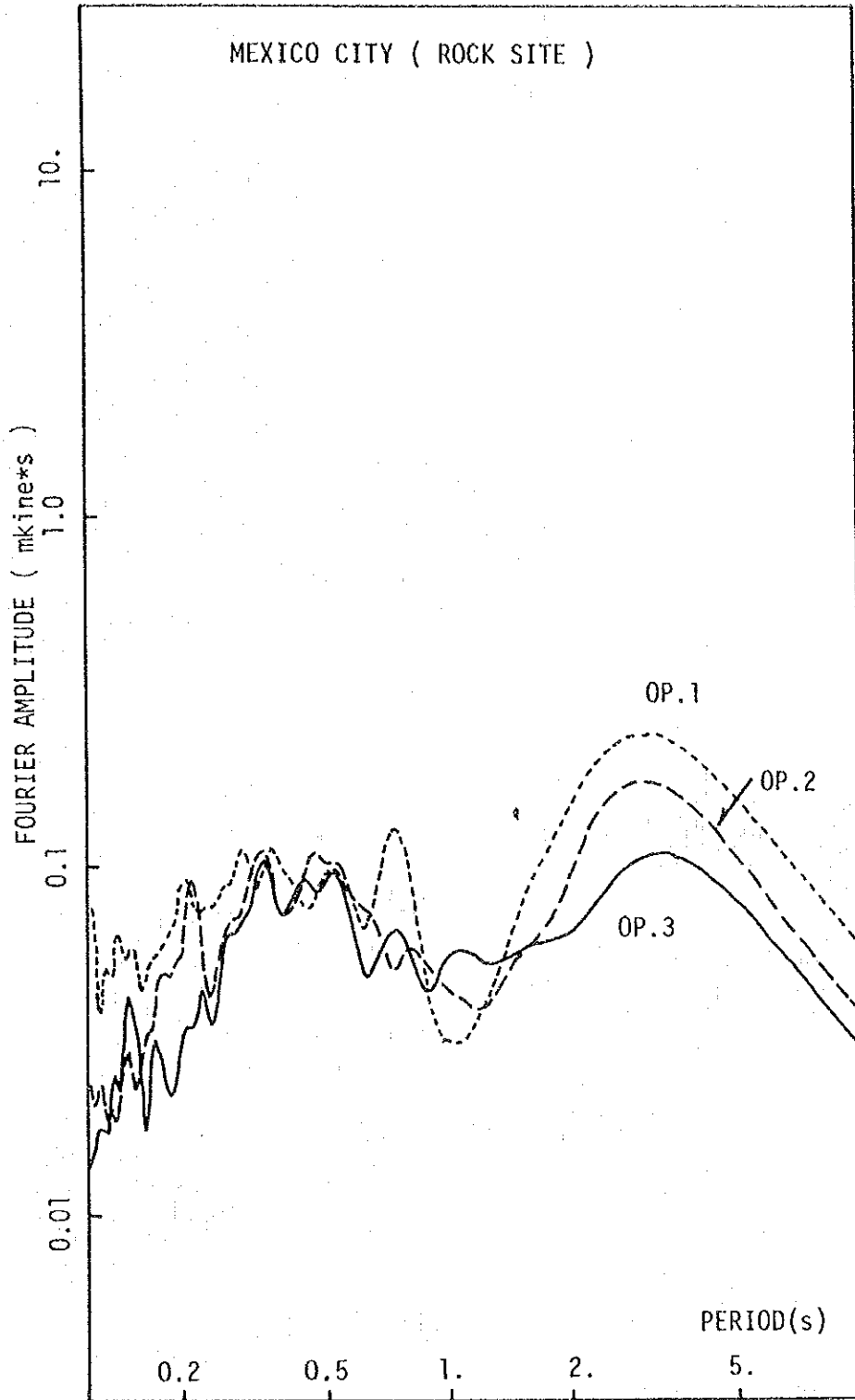
3-2-3 まとめ

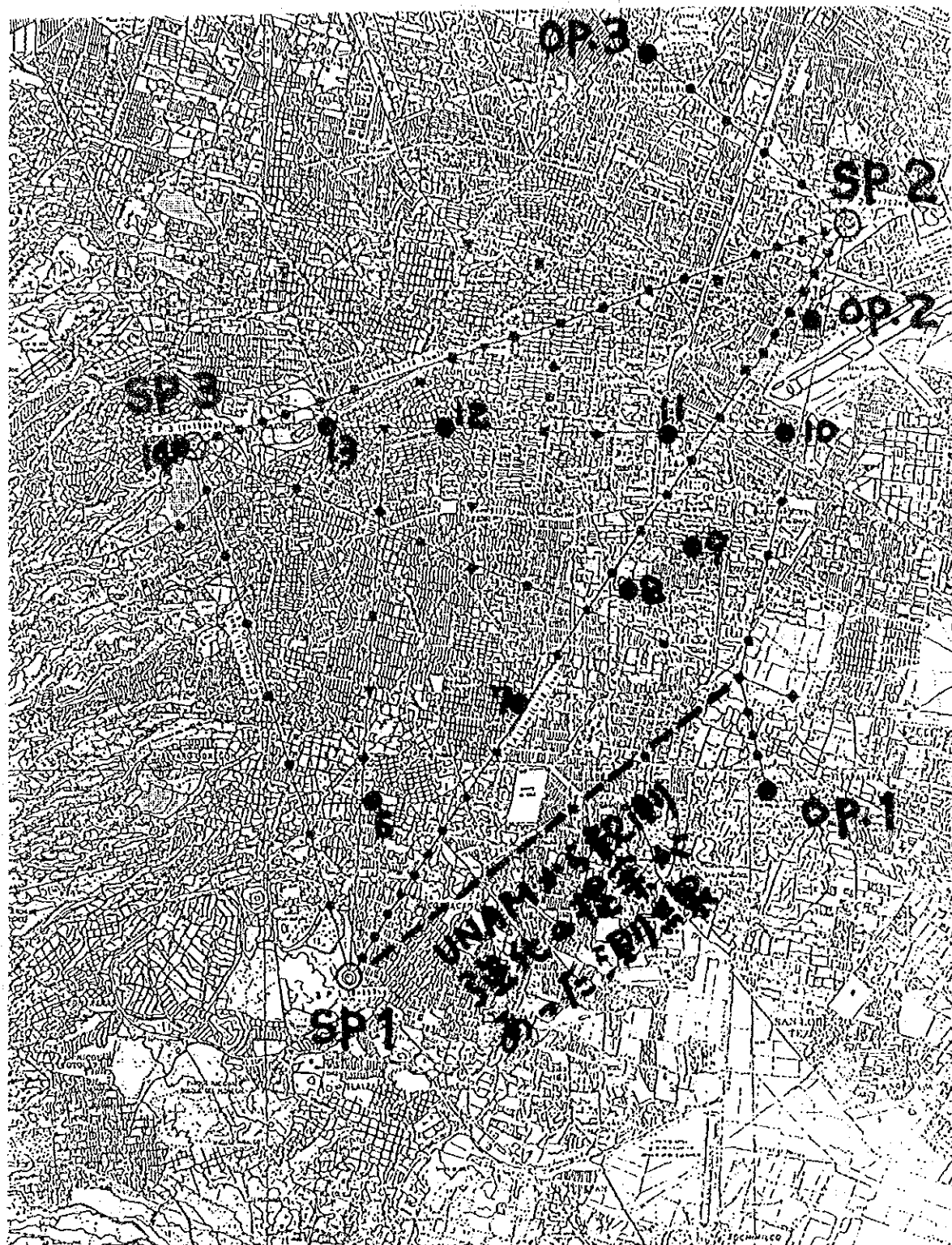
以上のとおりメキシコ市内の微動測定では、⑥から⑭の地点において地盤震動特性を把握し、OP.1～OP.3においては、相互の微動レベルの比較からOP.3が強震観測網の標準点として最適であるとの結論を得ることができた。また観測点⑭では、多数の地震計を地上に展開できるだけの敷地(1辺100m程度の三角形)が確保できることを確認した。

3-3 屈折法による地下深部の地盤探査

表記の地盤探査をメキシコ市内で実施することは強震観測はじめ日本・メキシコ地震防災センタープロジェクトの全般にかかわる極めて基本的な調査であることを関係各方面に強調した。特に内務省当局には調査目的への理解と円滑に実施するための便宜依頼(とりわけ事前の付近住民への広報が重要である点)について、メキシコ国立自治大学には調査への積極的参加について要請し、それぞれ了承された。図3-11に地盤探査の発破点(白丸、3地点)と観測点(黒丸、約90地点)を示す。またメキシコ国立自治大学からは、図3-11に破線で示されたSP1とセントラル・デ・アバストスを結ぶ直線上の地下構造に興味があるので、地盤探査のための観測をメキシコ側独自で検討したいとの提案があった。

人工地震探査実施計画(案)を付録2、3、4に示す。





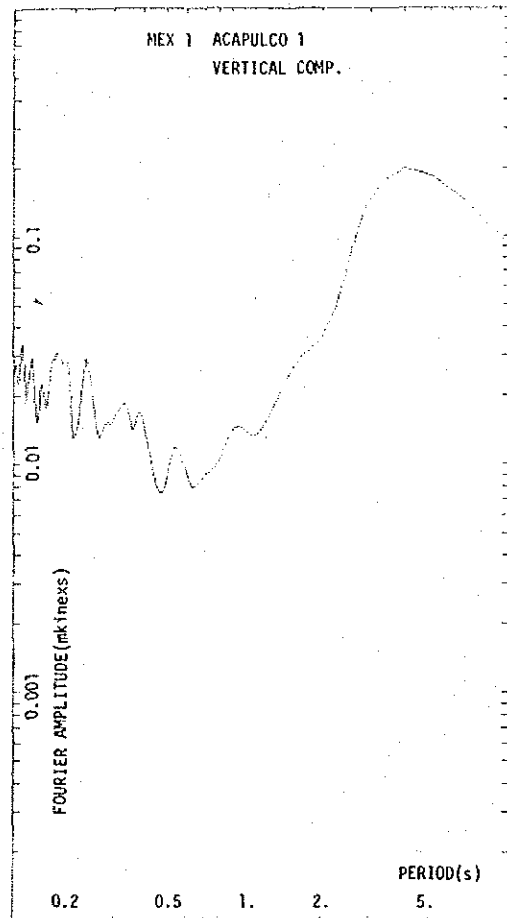
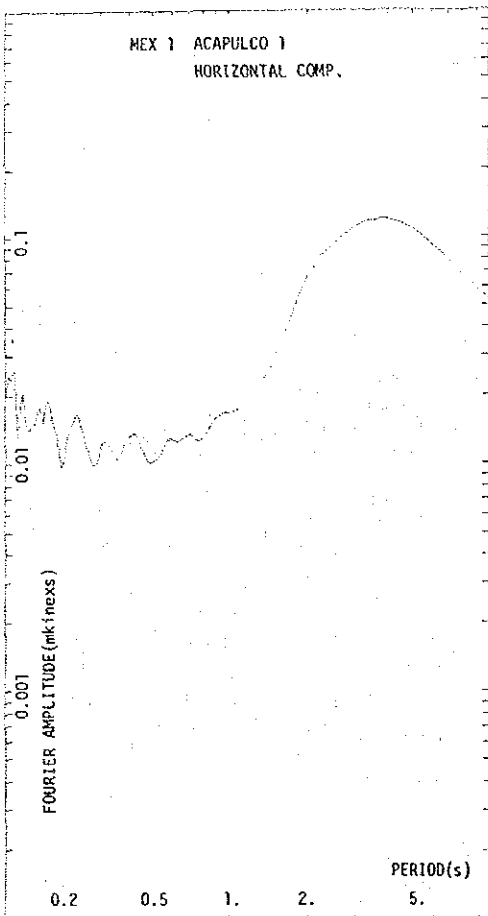
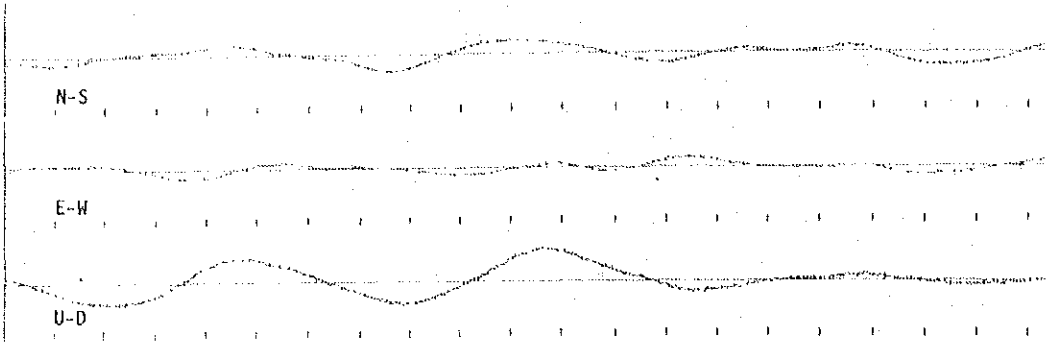
付録 1. 強震観測所設置全候補における実測記録

MEX	1	ACAPULCO	1
MEX	1'	ACAPULCO	2
MEX	2	CHILPANCINGO	
MEX	3	MEXCALA	1
MEX	3'	MEXCALA	2
MEX	4	IGUALA	
MEX	5	CUERNAVACA	1
MEX	5'	CUERNAVACA	4
MEX	6	JARDIN AURORA	
MEX	7	PORTALES ORIENTE	
MEX	8	ASUNCION	
MEX	9	TLACOTAL(EJE 4 SUR)	
MEX	10	PLAZA EJECUTIVO	
MEX	11	JARDIN BALBUENA	
MEX	12	ROMA NORTE	
MEX	13	CHAPULTEPEC	
MEX	14	PANTEON CIVIL	
MEX	OP. 1	CERRO DE ESTRELLA	
MEX	OP. 2	CERRO DEL PEÑON	
MEX	OP. 3	LA ESTANZUELA	

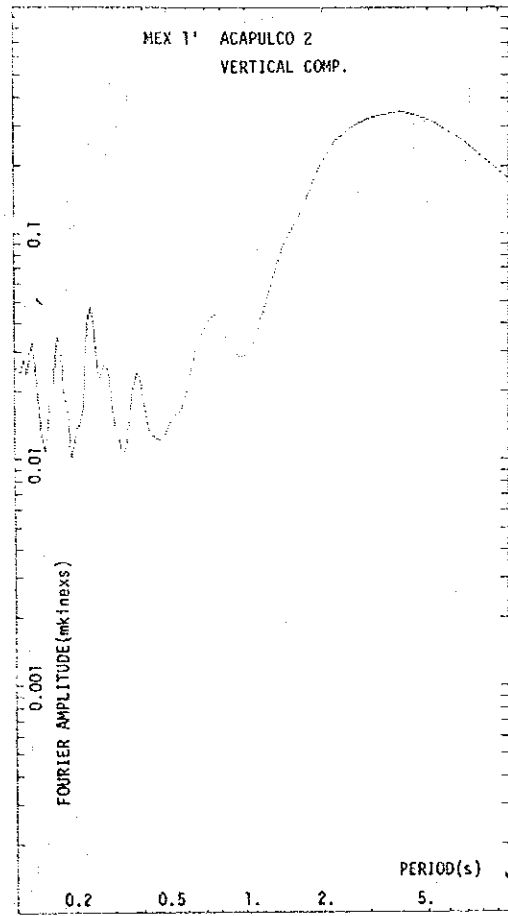
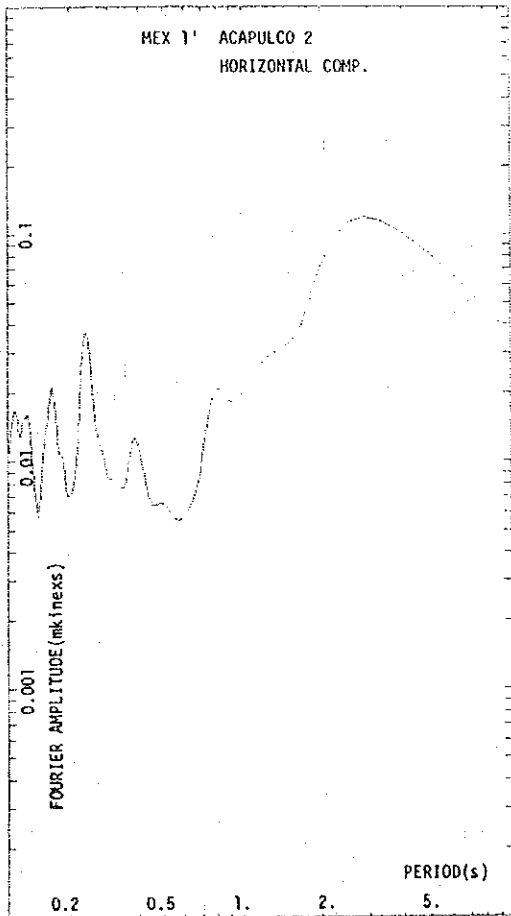
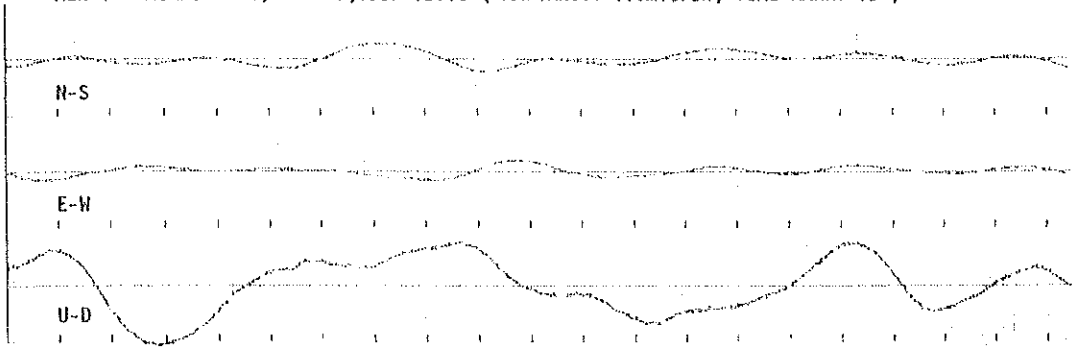
(注) Mex 1 ~ Mex 5 はアカプルコ ~ メキシコ市間の観測所候補点

Mex 6 ~ Mex OP. 3 はメキシコ市内の観測所候補点

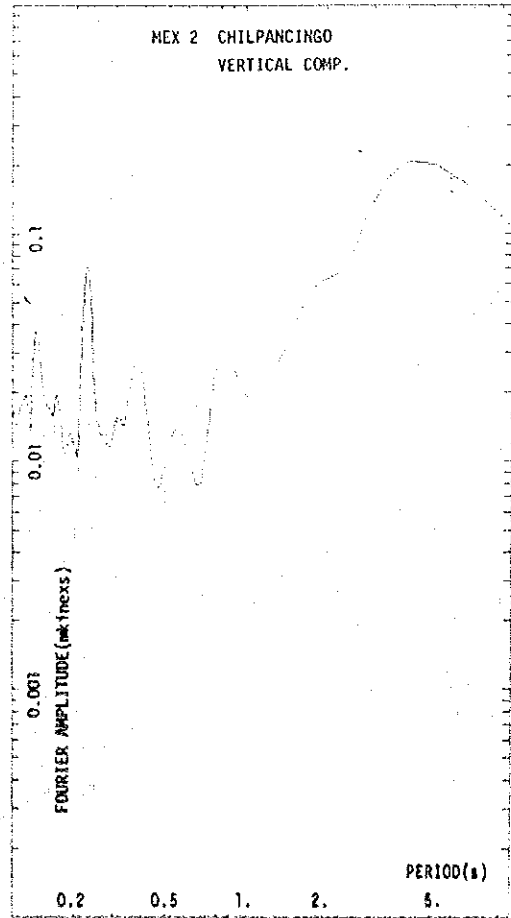
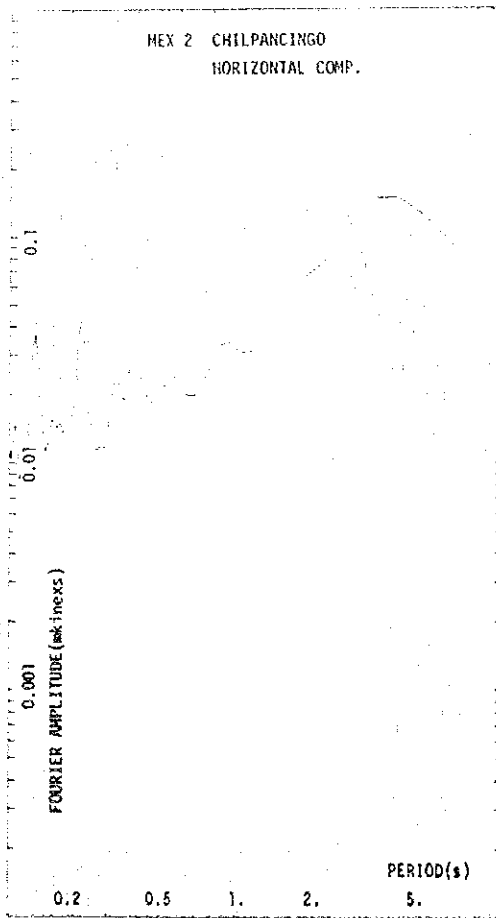
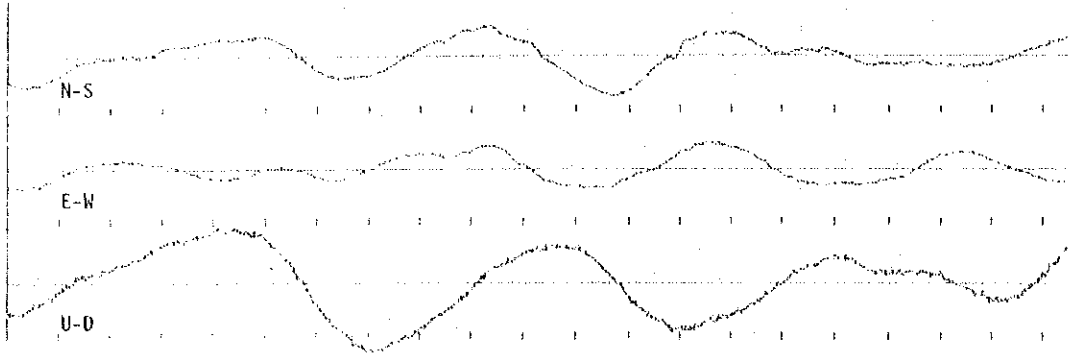
MEX 1 ACAPULCO 1, FEB.6,1989 11:07 (AMP.AXIS: 1.0micron, TIME MARK: 1s)



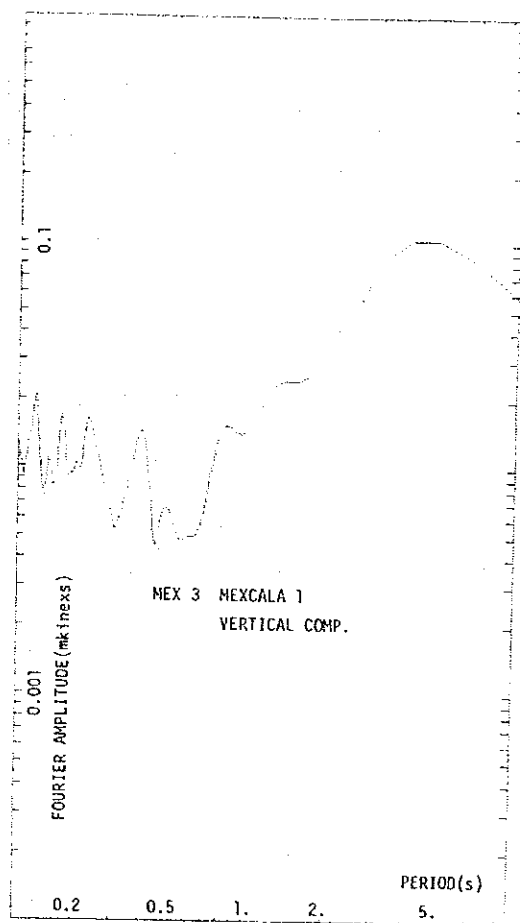
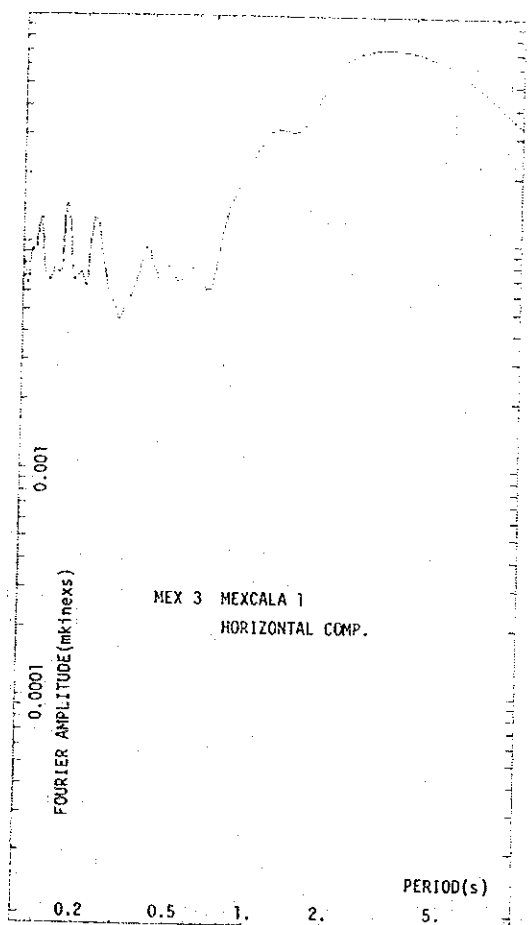
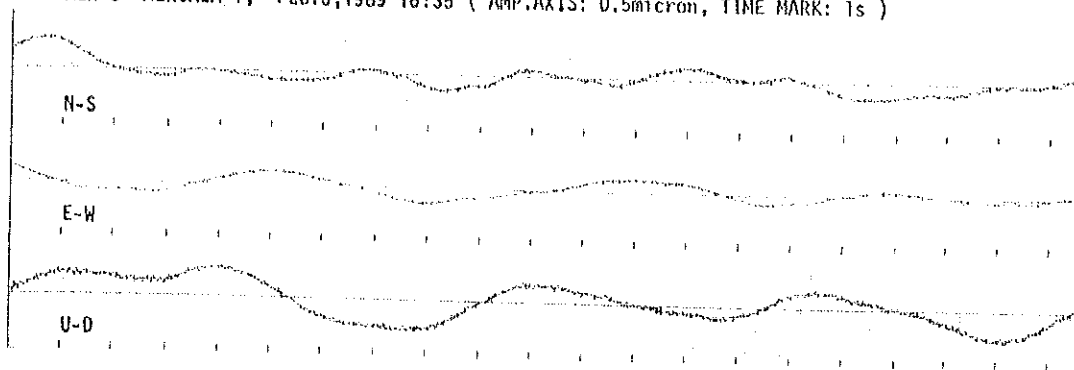
MEX 1' ACAPULCO 2, FEB.6,1989 12:18 (AMP.AXIS: 1.0micron, TIME MARK: 1s)



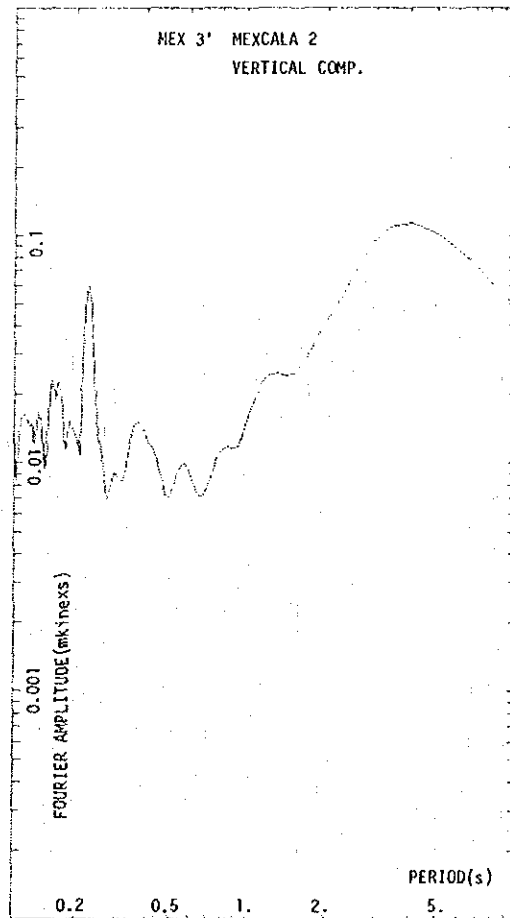
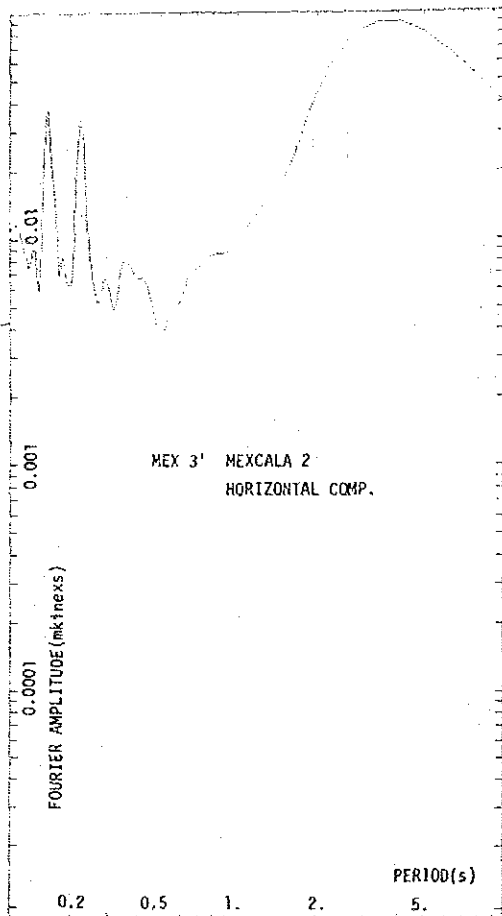
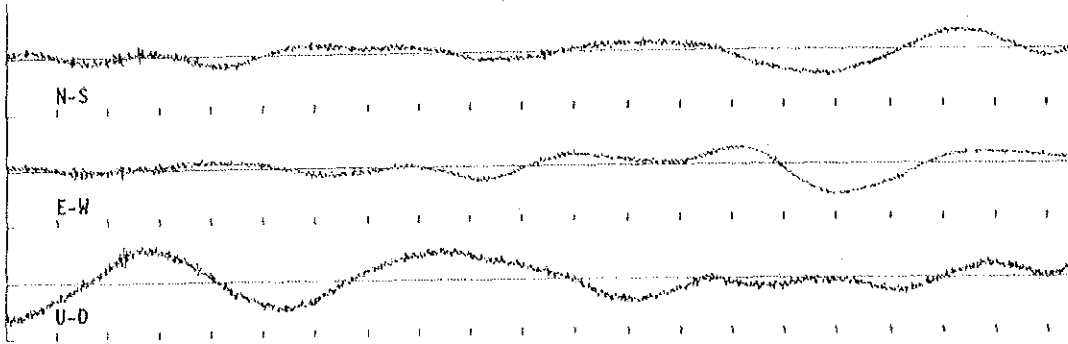
MEX 2 CHILPANCINGO, FEB.5,1989 18:21 (AMP.AXIS: 0.5micron, TIME MARK: 1s)



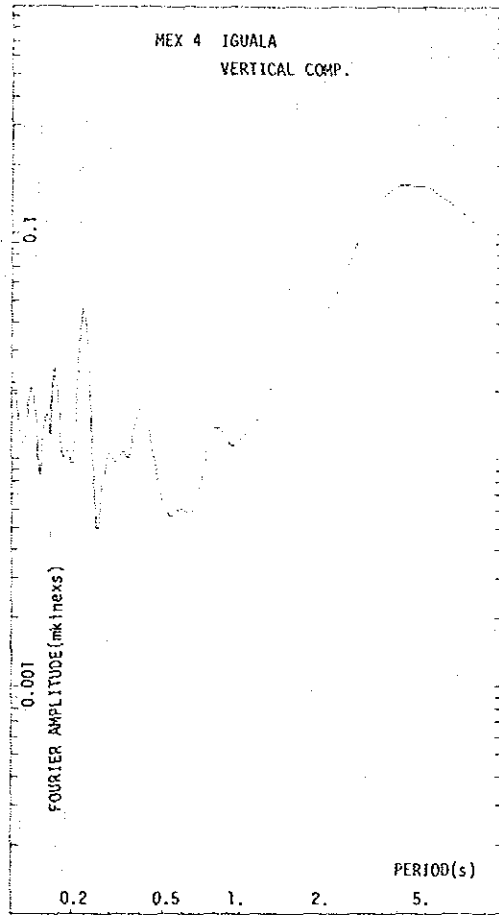
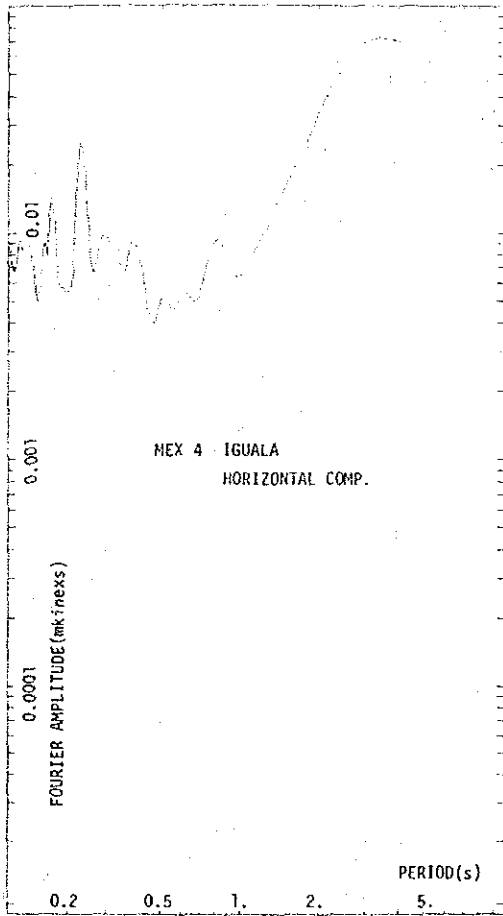
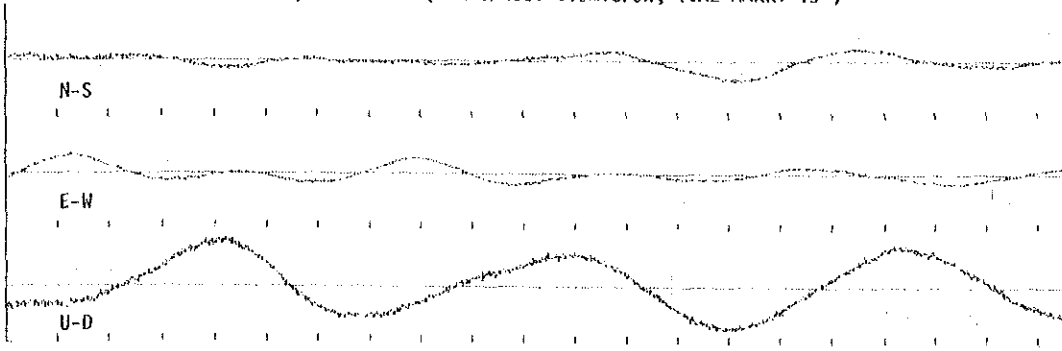
MEX 3 MEXCALA 1, FEB.5,1989 16:35 (AMP.AXIS: 0.5micron, TIME MARK: 1s)



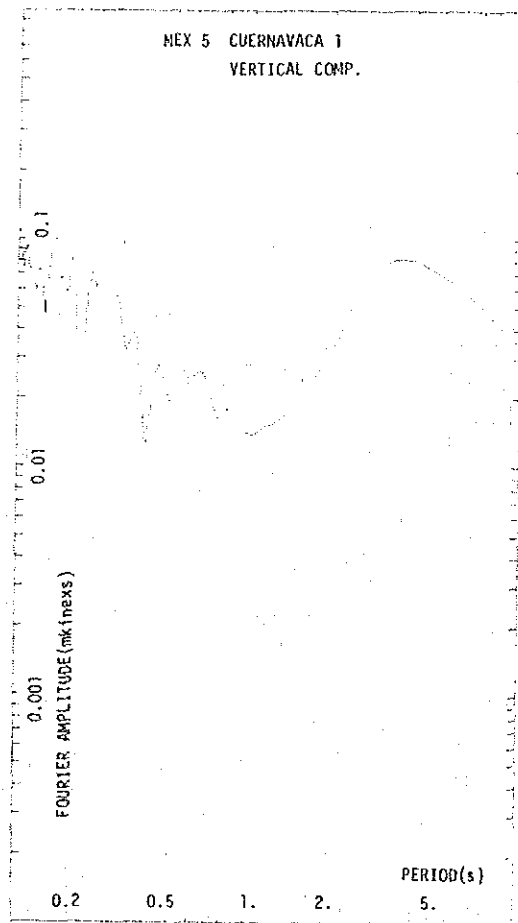
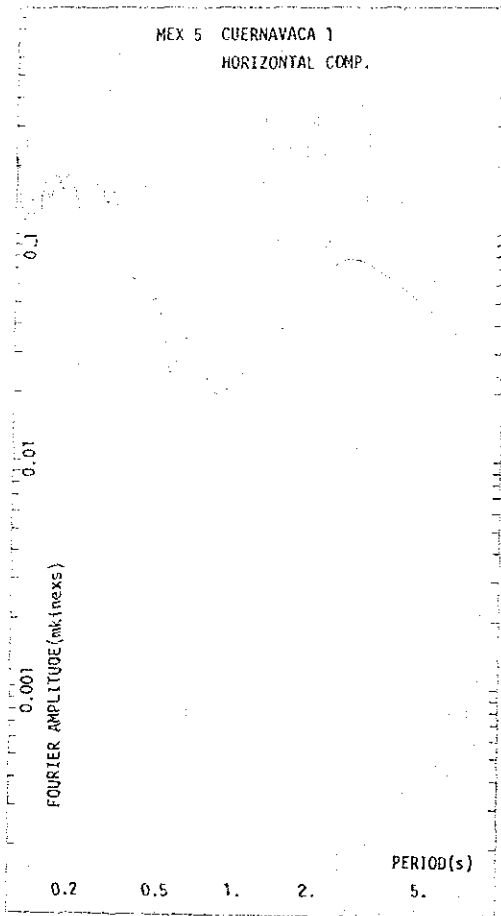
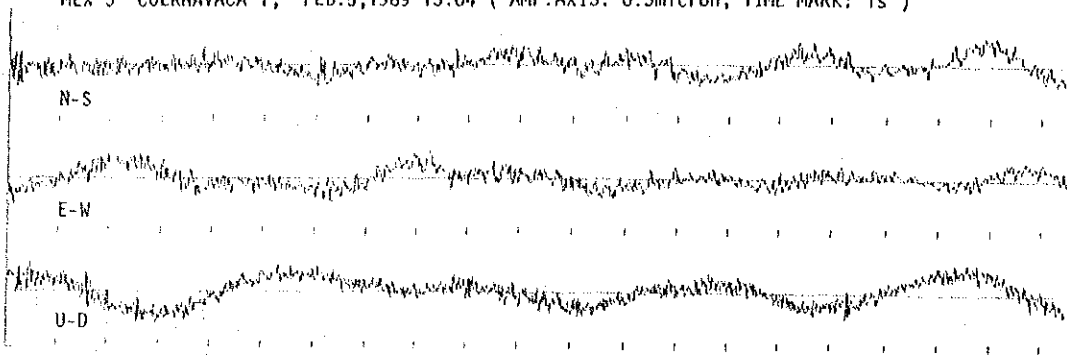
MEX 3' MEXCALA 2, FEB.5,1989 17:06 (AMP.AXIS: 0.5micron, TIME MARK: 1s)



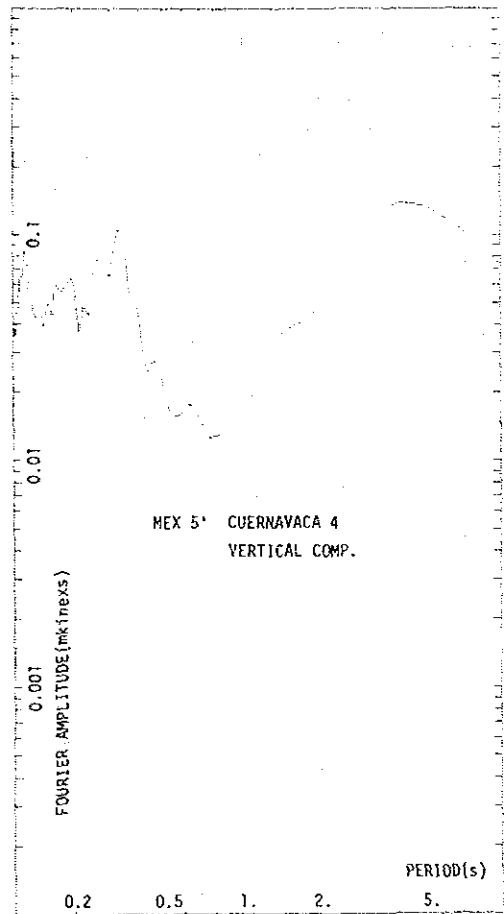
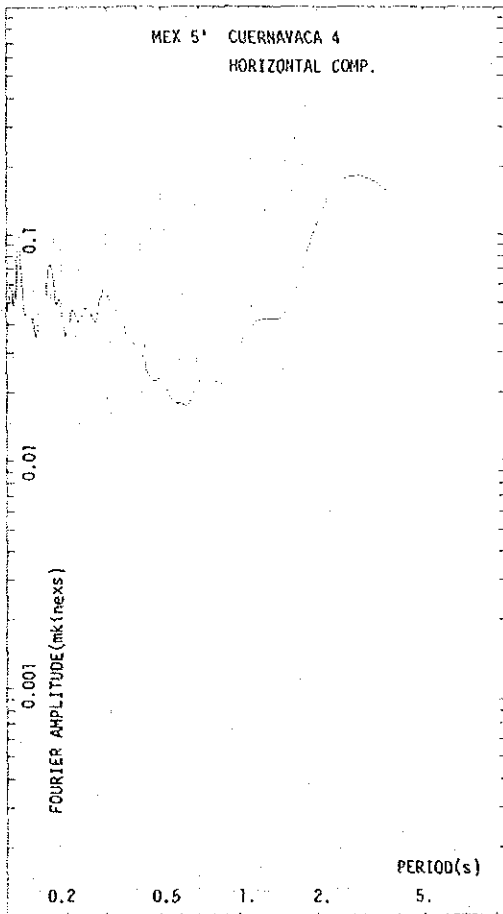
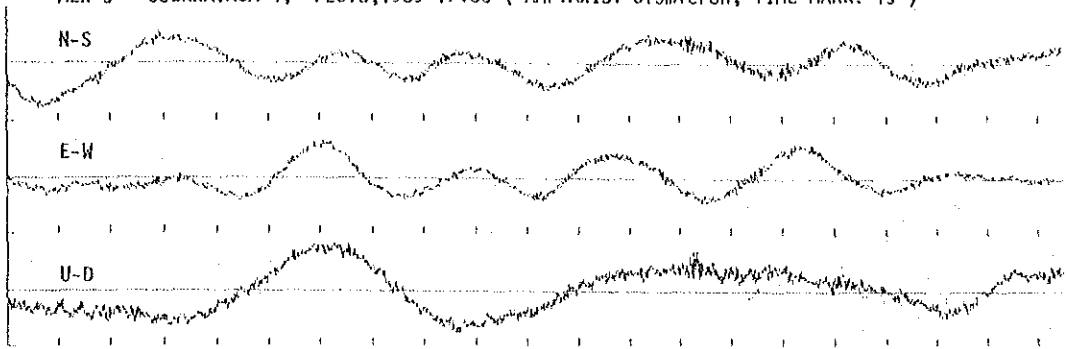
MEX 4 IGUALA, FEB.5,1989 14:52 (AMP.AXIS: 0.5micron, TIME MARK: 1s)



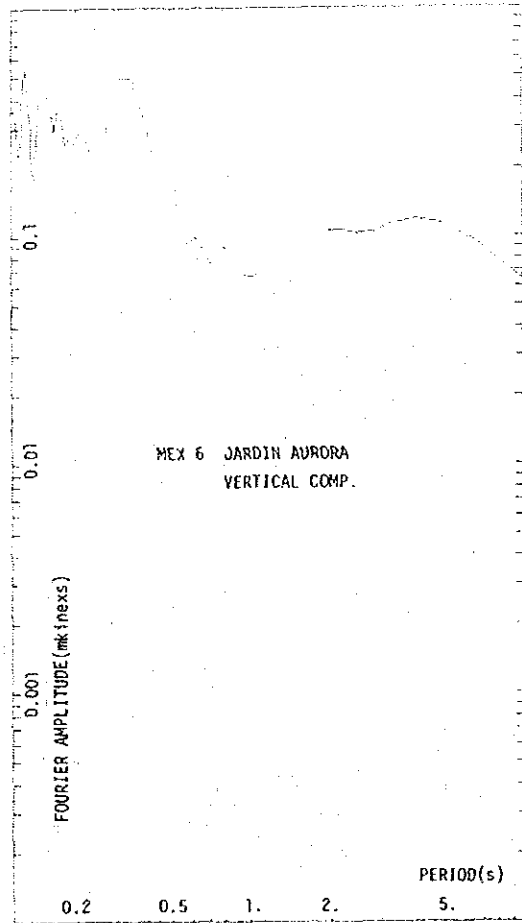
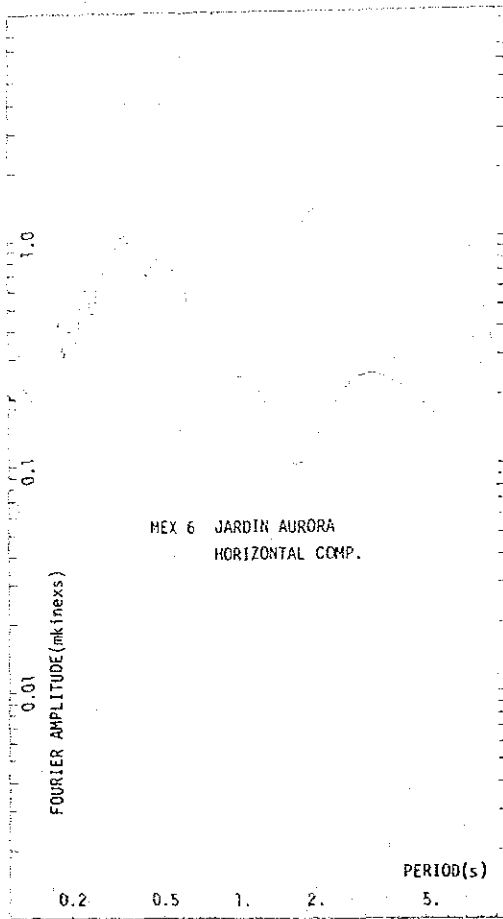
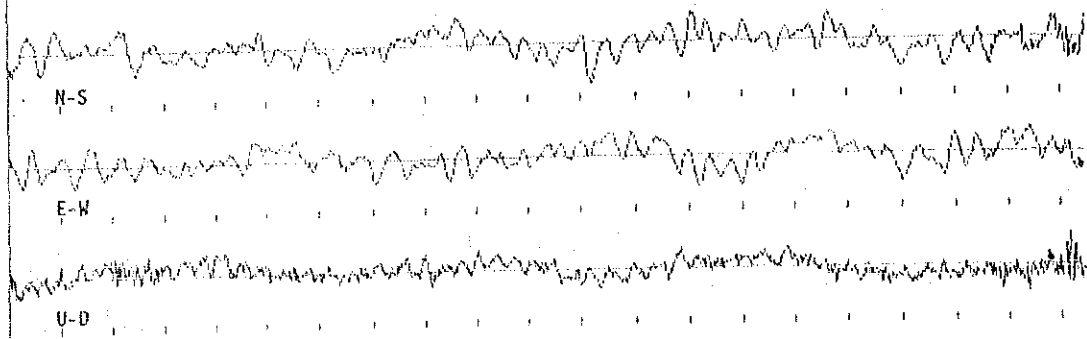
MEX 5 CUERNAVACA 1, FEB.5,1989 13:04 (AMP.AXIS: 0.5micron, TIME MARK: 1s)



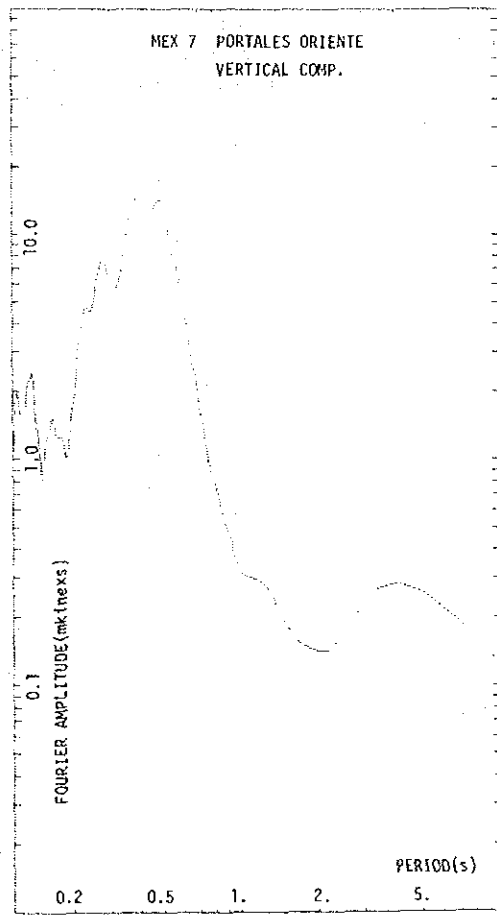
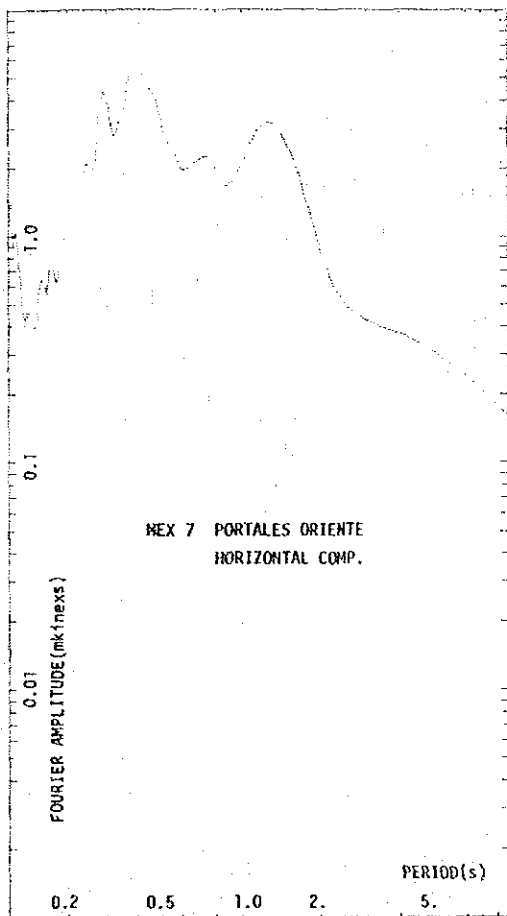
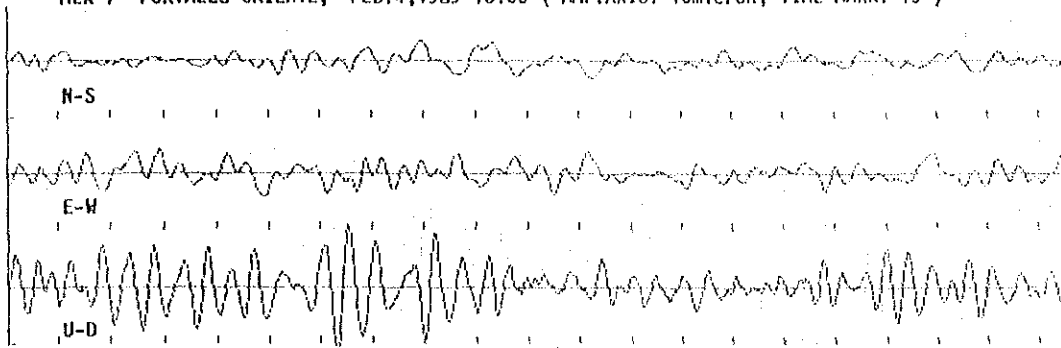
MEX 5' CUERNAVACA 4, FEB.8,1989 17:30 (AMP.AXIS: 0.5micron, TIME MARK: 1s)



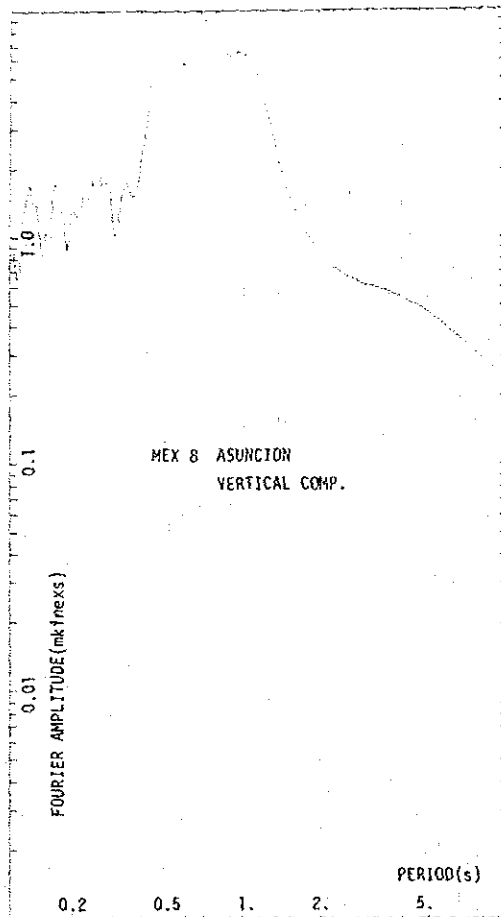
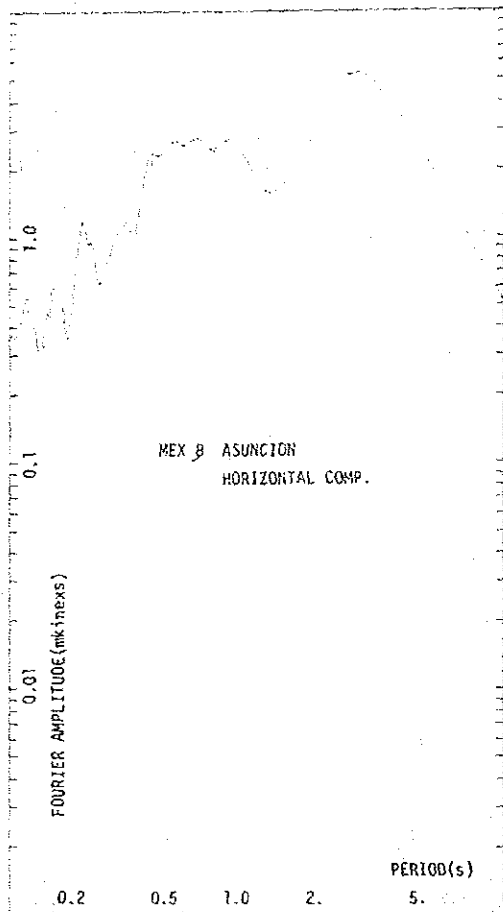
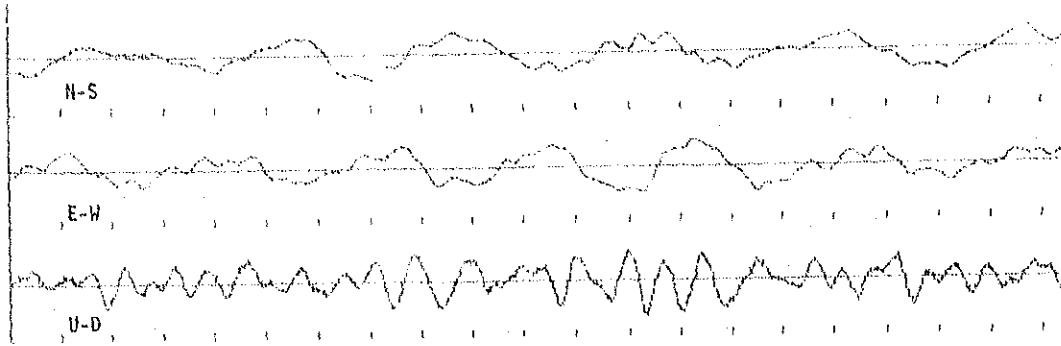
MEX 6 JARDIN AURORA, FEB.4,1989 09:23 (AMP.AXIS: 1.5micron, TIME MARK: 1s)



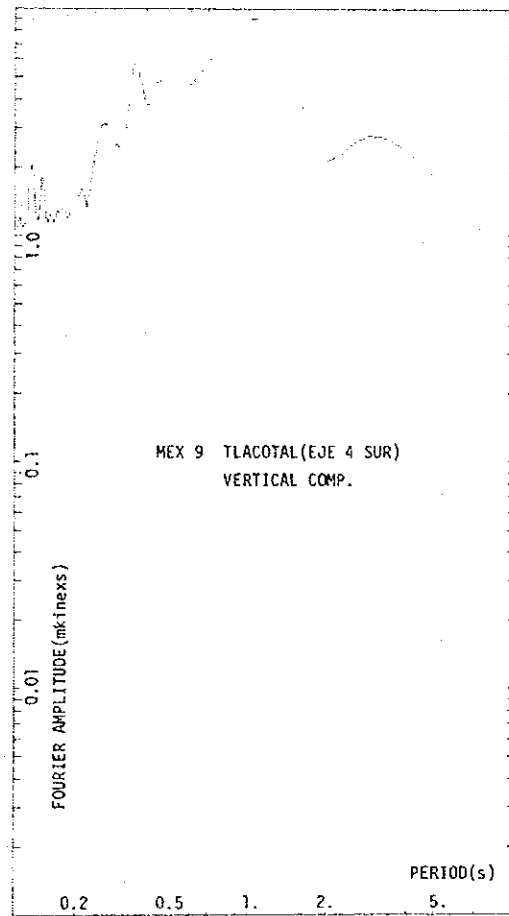
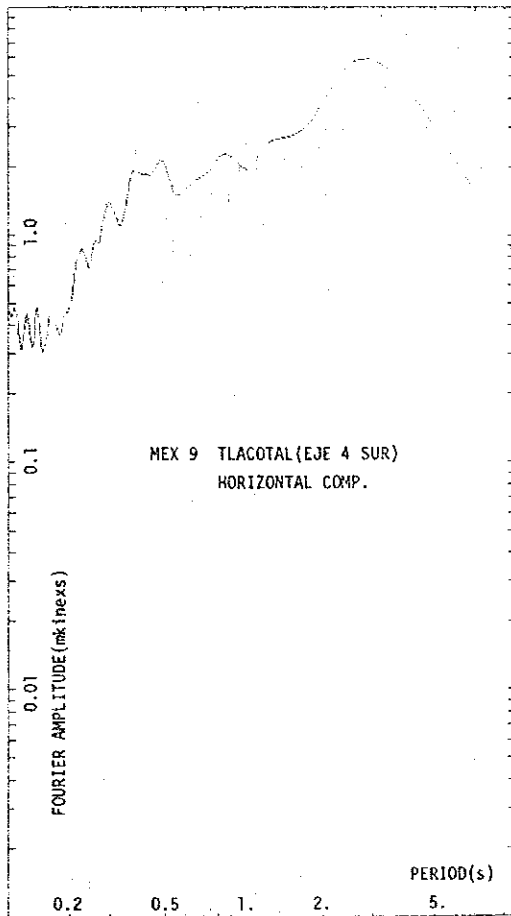
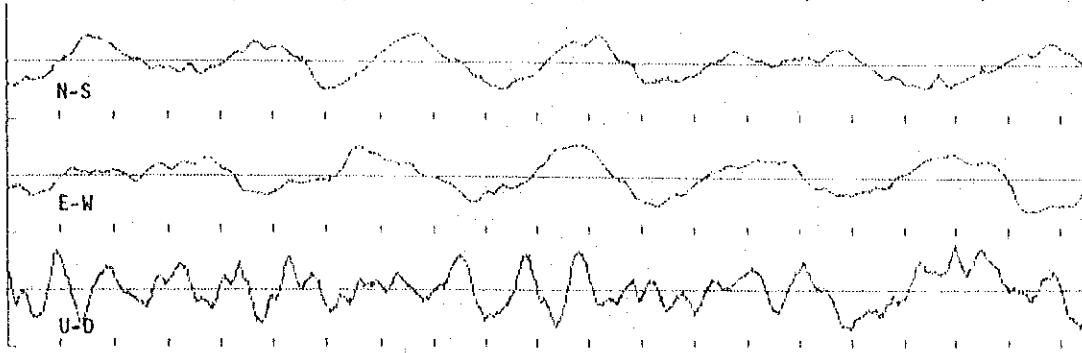
MEX 7 PORTALES ORIENTE, FEB.4,1989 10:05 (AMP.AXIS: 10micron, TIME MARK: 1s)



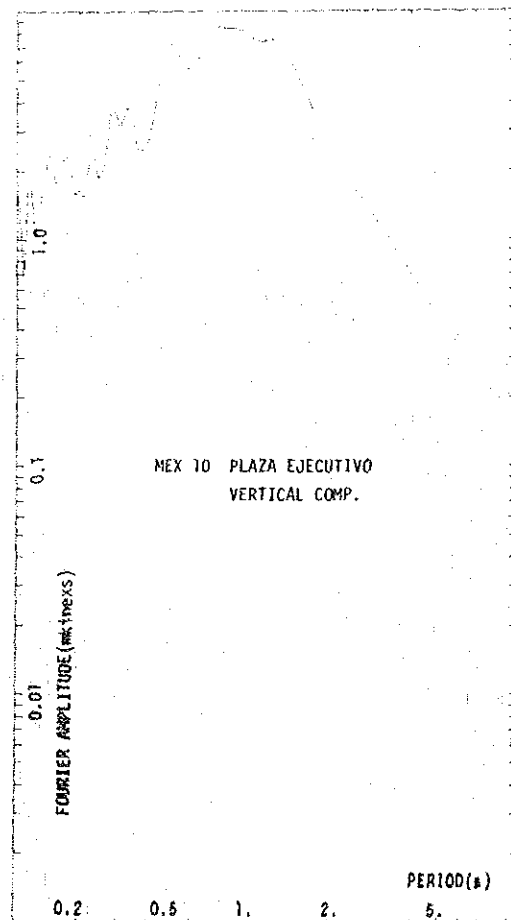
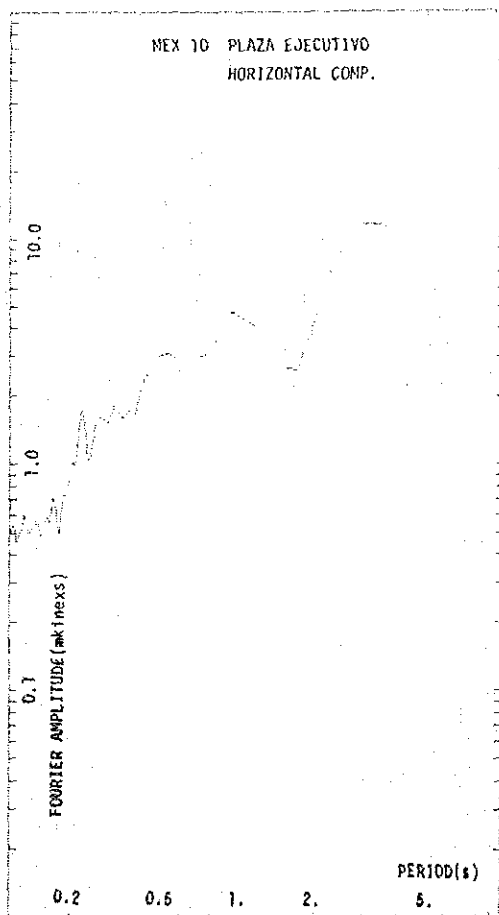
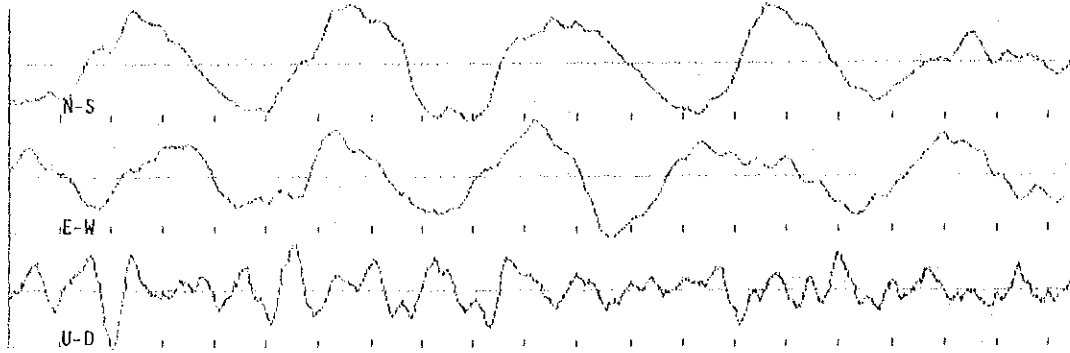
MEX 8 ASUNCION, FEB.4,1989 12:30 (AMP.AXIS: 15micron, TIME MARK: 1s)



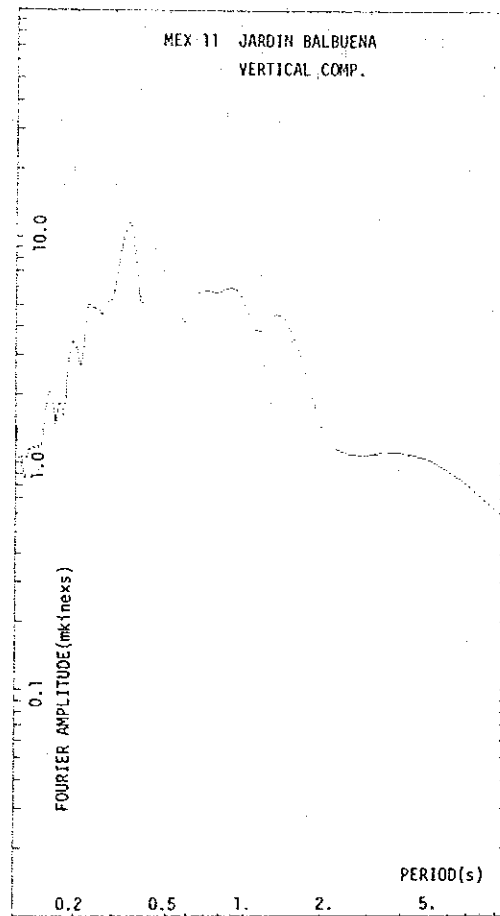
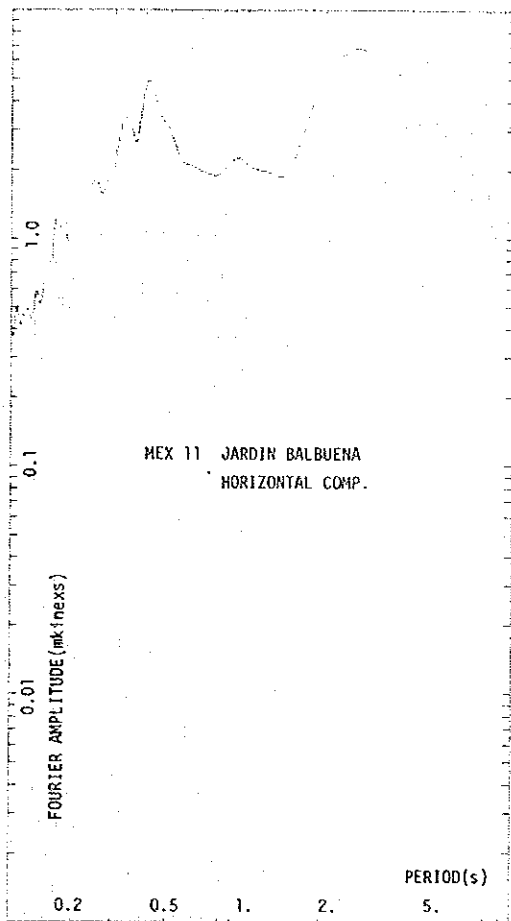
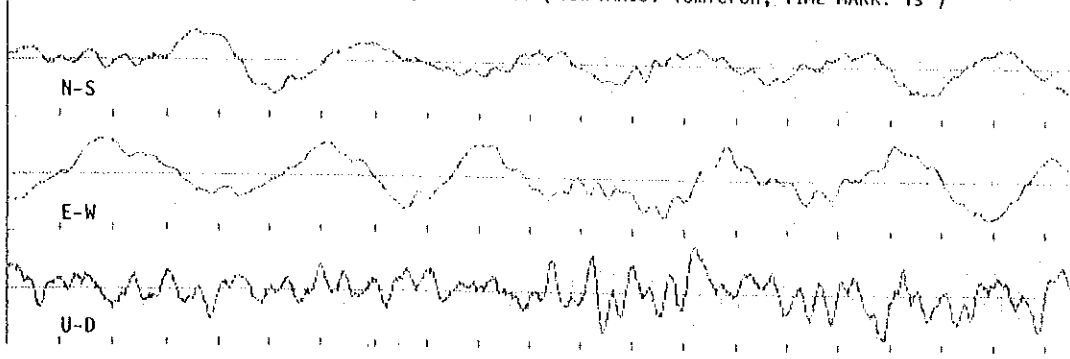
MEX 9 TLACOTAL(EJE 4 SUR), FEB.4,1989 12:55 (AMP.AXIS: 15micron, TIME MARK: 1s)



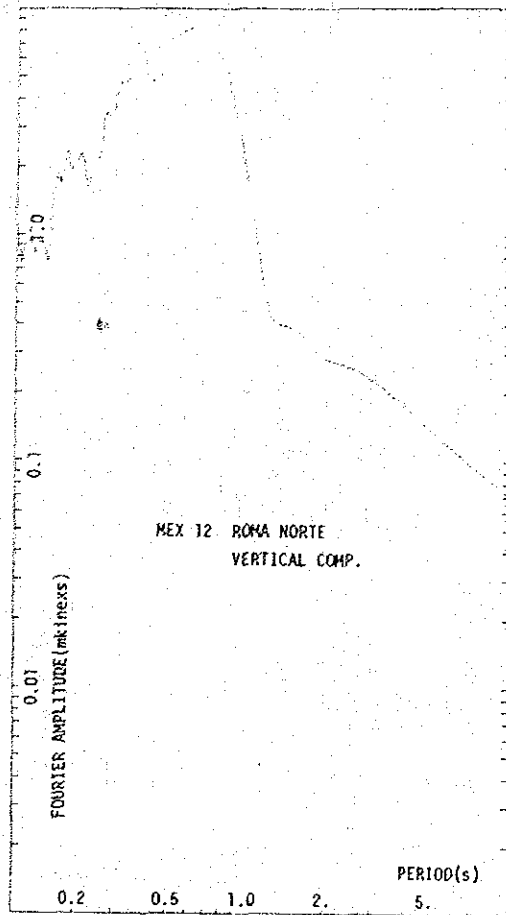
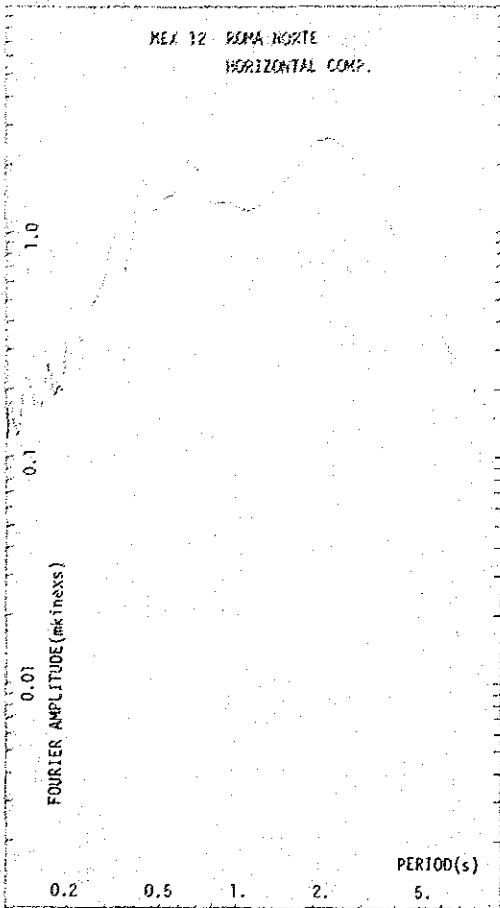
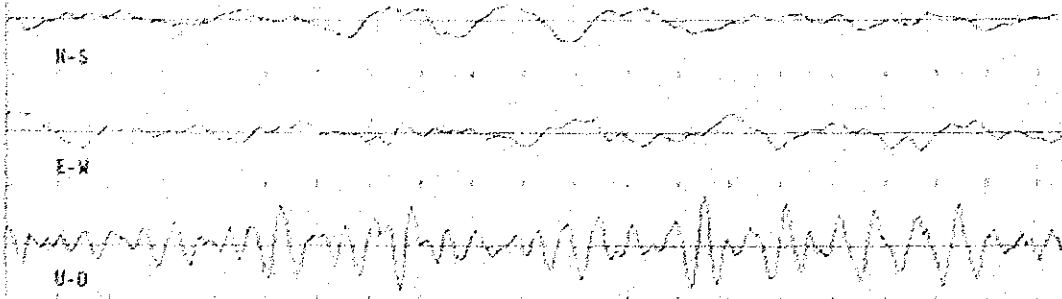
MEX 10 PLAZA EJECUTIVO, FEB.4,1989 13:18 (AMP.AXIS: 15micron, TIME MARK: 1s)



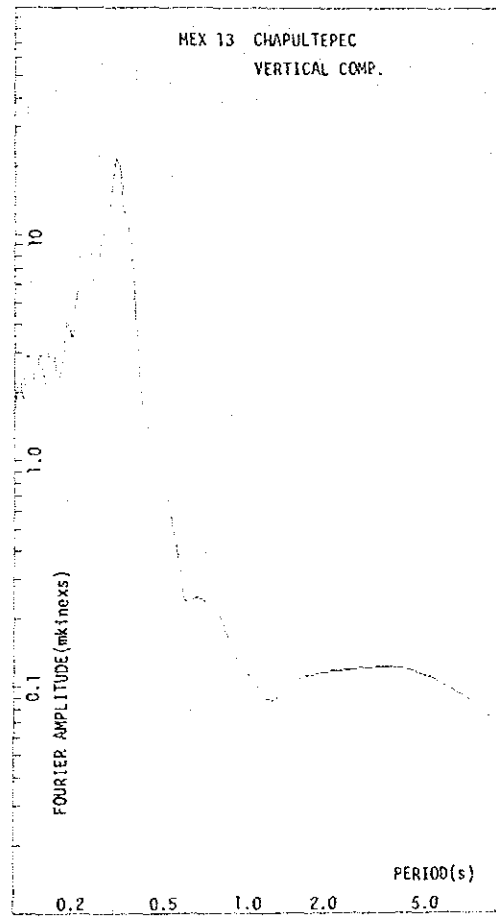
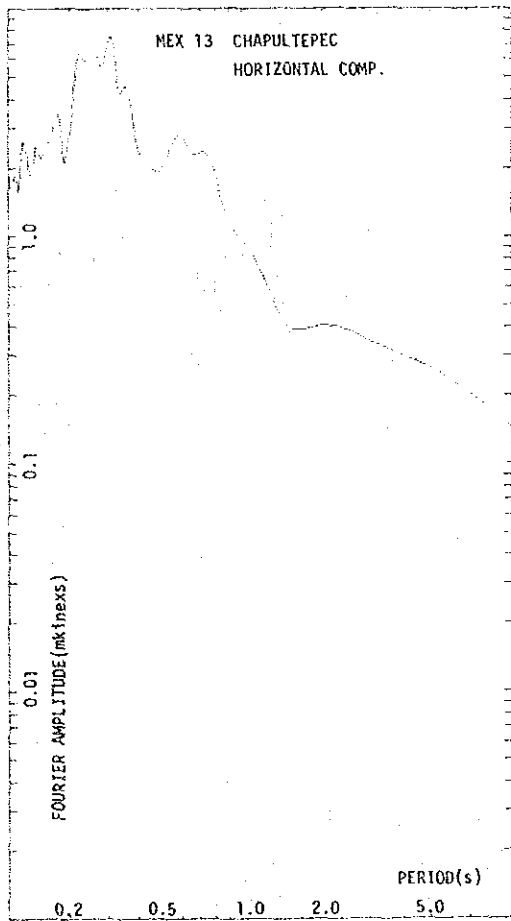
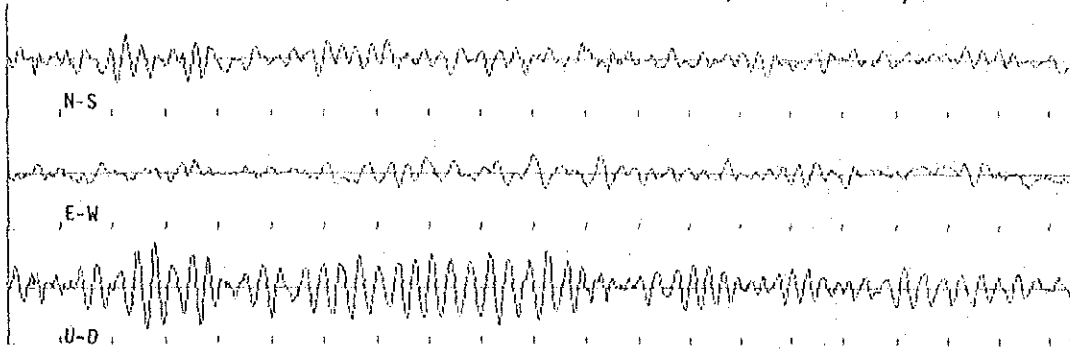
MEX 11 JARDIN BALBUENA, FEB.4,1989 13:44 (AMP.AXIS: 15micron, TIME MARK: 1s)



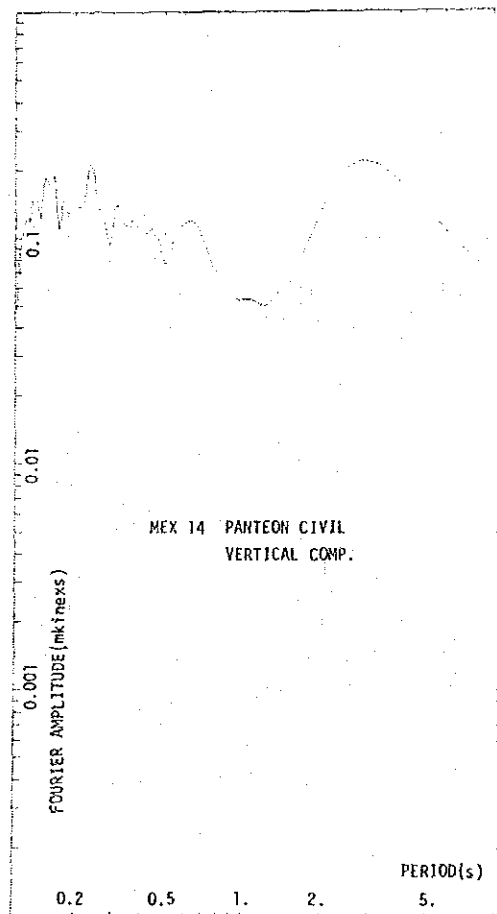
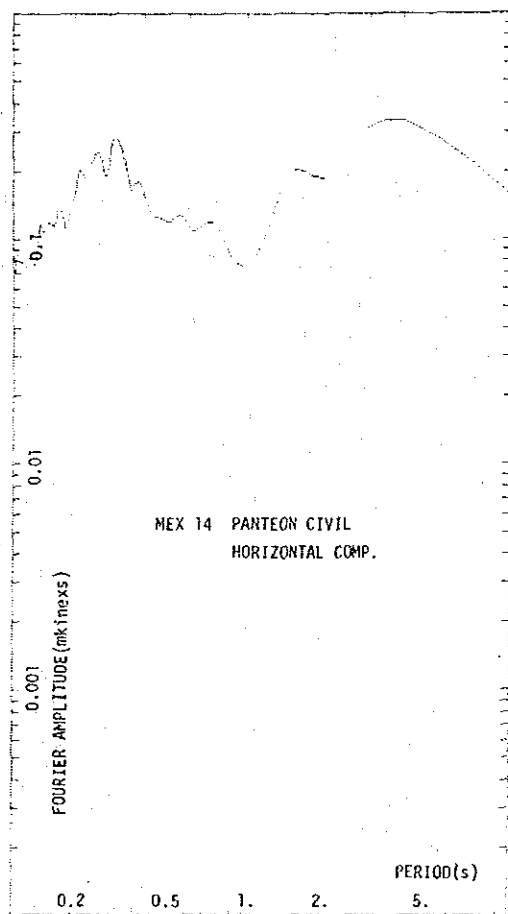
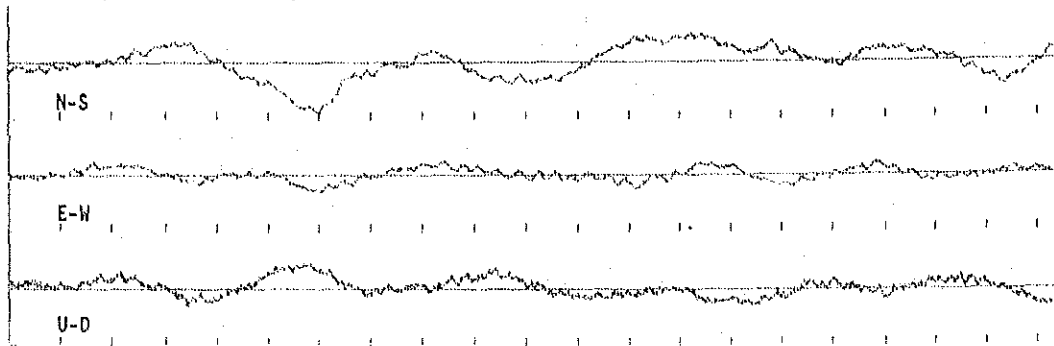
MEX 12 ROMA NORTE, FEB. 4, 1969 17:27 (AMP.AXIS: 10micron, TIME MARK: 1s)



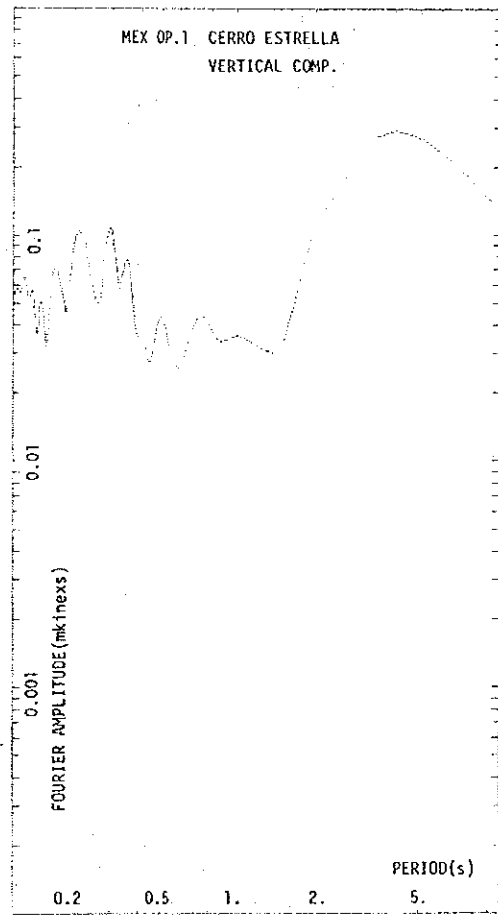
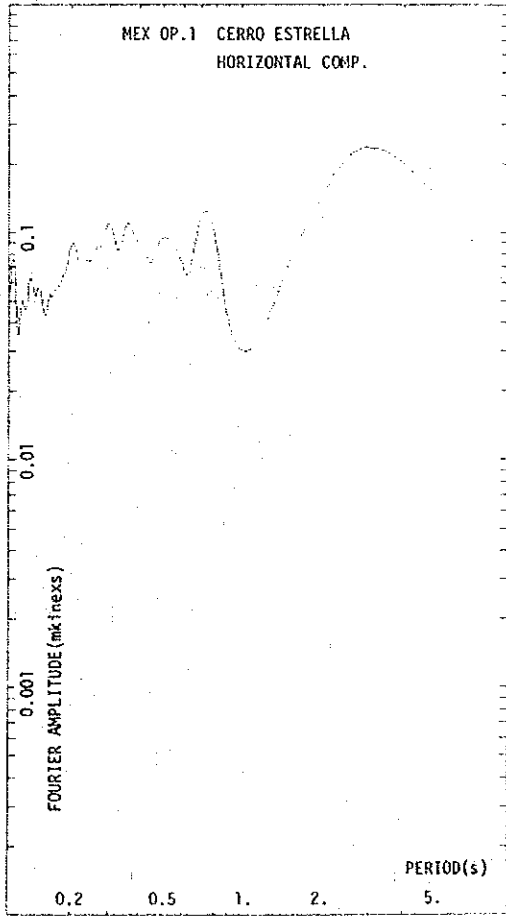
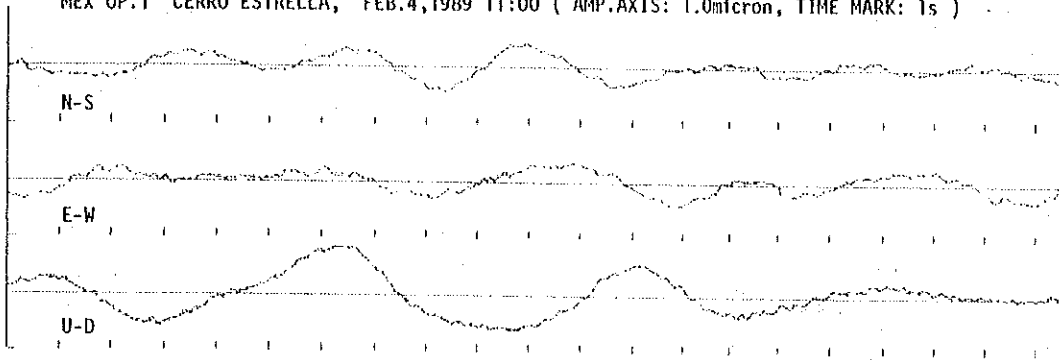
NEX 13 CHAPULTEPEC, FEB.4,1989 18:28 (AMP.AXIS: 10micron, TIME MARK: 1s)



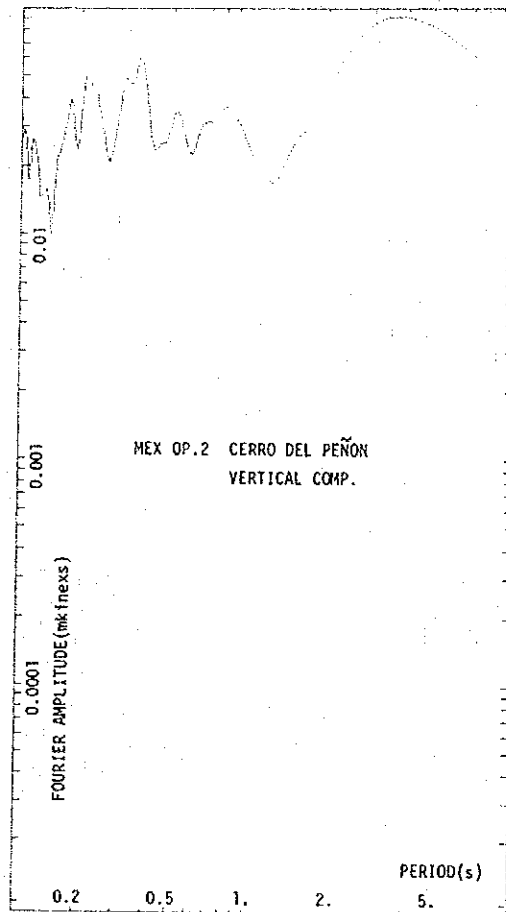
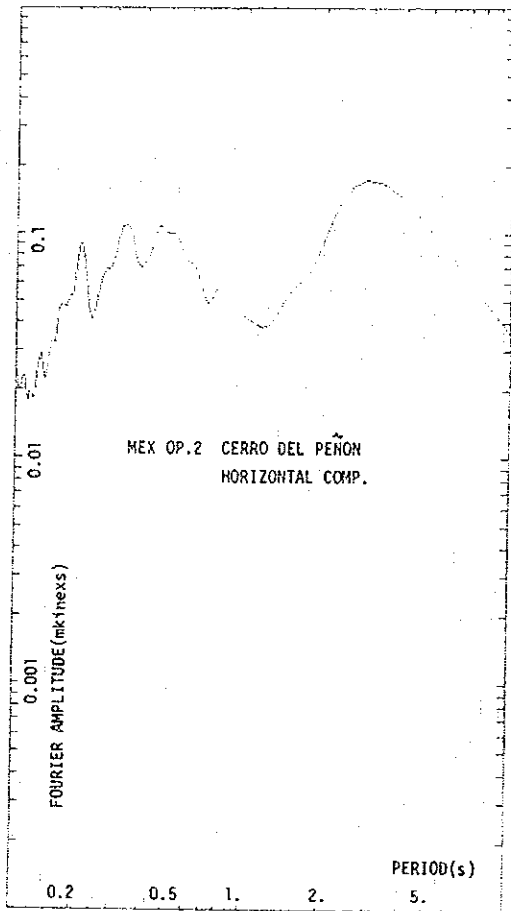
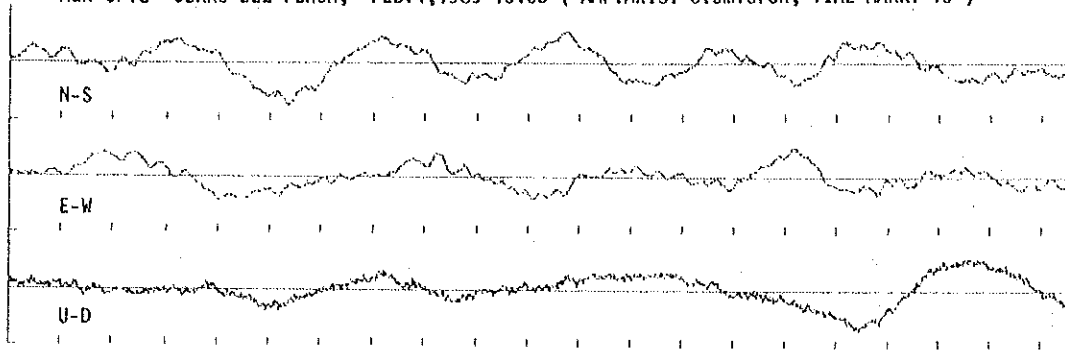
MEX 14 PANTEON CIVIL, FEB.4,1989 18:04 (AMP.AXIS: 1.5micron, TIME MARK: 1s)



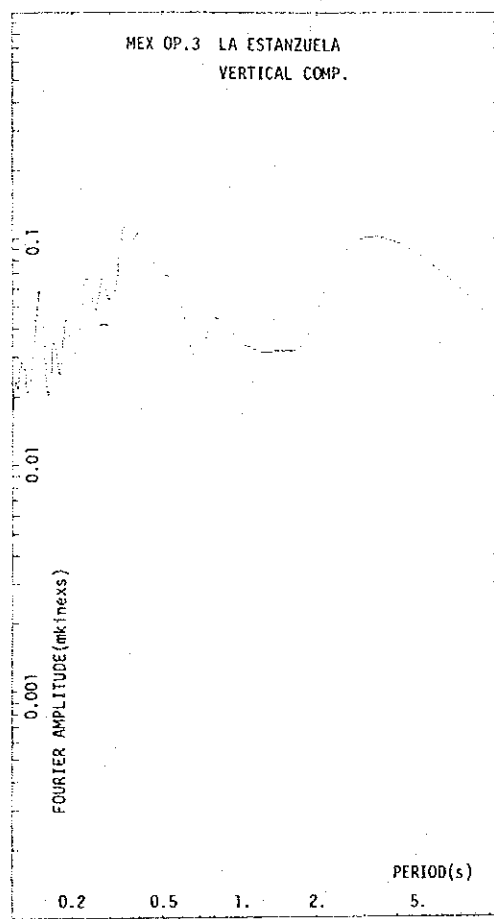
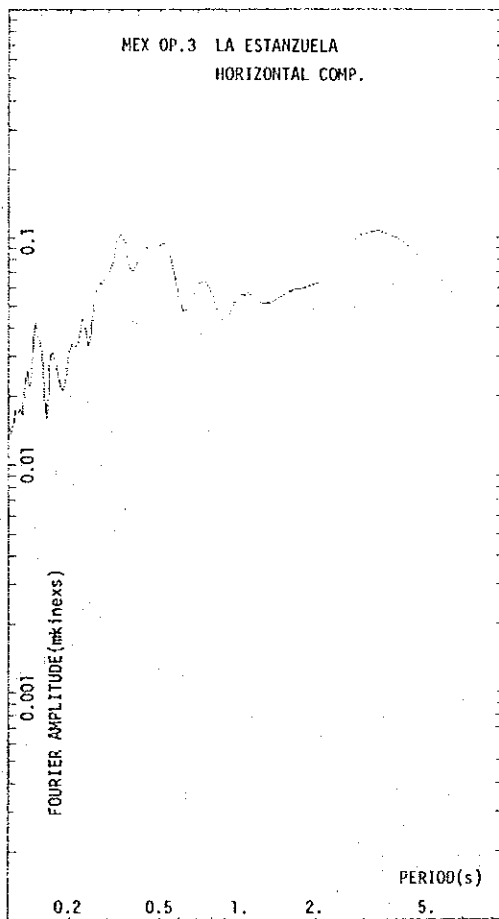
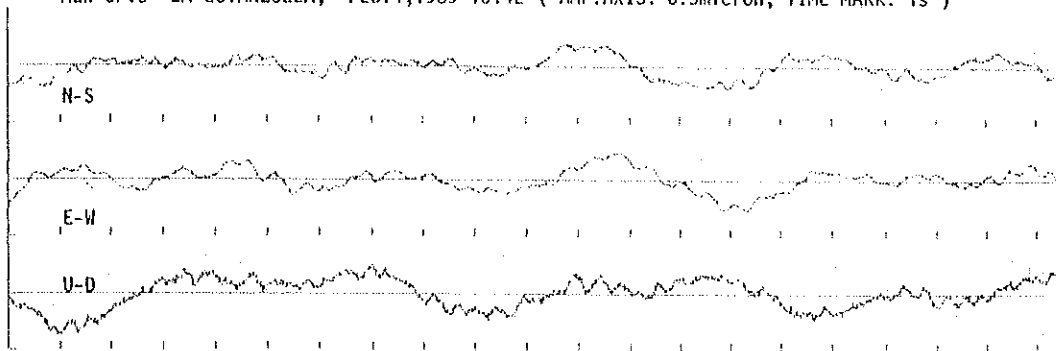
MEX OP.1 CERRO ESTRELLA, FEB.4,1989 11:00 (AMP.AXIS: 1.0micron, TIME MARK: 1s)



MEX OP.2 CERRO DEL PEÑON, FEB.4,1989 16:03 (AMP.AXIS: 0.5micron, TIME MARK: 1s)



MEX OP.3 LA ESTANZUELA, FEB.4,1989 16:42 (AMP.AXIS: 0.5micron, TIME MARK: 1s)



付録 2. 人工地震探査実施計画書 (案) 1989. 1 作成

1. 探査の概要

人工地震探査は、ボーリング孔内で爆破して人工的な地震動を発生させ、この爆破地震動を地表に設置した地震計で観測し、観測で得られた記録を解析することによって地下構造を求める方法である。

本計画は、メキシコ国立自治大学（UNAM）構内の地震防災センター建設予定地で爆薬量 150kg、アラゴン公園とチャプルテペック公園でそれぞれ爆薬量 100kg の爆破を行い、これをメキシコ市内 111箇所の観測点で観測するもので、市街地で実施される人工地震探査としてはこれまでに例をみない大規模なものである。

探査で求められるメキシコ市の地下構造（基盤の地震波伝播速度と分布深度、表層の地震波伝播速度と層厚）は、強震計の設置位置決定や将来の震災対策、地震被害想定のためのもっとも基本的な資料となる。

この重要性のために、探査の実施にあたっては、メキシコ、および日本側の関係機関による密接な協力体制が取られている。

2. 実施計画

2-1 爆破点、観測点の配置

計画した爆破点と観測点の配置を図-3 に示す。表-1、2は爆破、および観測計画の概要である。

表-1 爆破計画一覧表

爆 破 点		SP 1	SP 2	SP 3	合 計
場 所		UNAM構内の地震防災センター建設予定地	Bosque de San Juan de Aragon	Za, Secc del Bosque de Chapultepec	—
地 質		Transicion	Transicion	Volcanic Rock	—
爆薬量 (kg)		150	100	100	350
ボー リ ン グ	口径 m/φ	300	300	300	—
	深度 m	50	70	50	170

表-2 観測計画一覧表

観測点位置		測線長	点数	観測内容	備考
爆破点	SP1	—	1	時刻(WWV)、ショットマーク、時計、上下動の高中低の3利得	1Hz地震計使用
	SP2	—	1		
	SP3	—	1		
爆破点近傍	SP1	0.5 km	6	上下動高利得	up hole ~ 100m間隔
	SP2	0.5 km	6		
	SP3	0.5 km	6		
測線	A (SP1~SP2)	18.7 km	24	時刻(WWV)、時計、上下動の高、中、低の3利得	既設強震観測点3、PS検層地点1を含む
	B (SP2~SP3)	14.2 km	17		
	C (SP1~SP3)	11.7 km	7		
PS検層地点強震計設置候補地。No.6~No.13		—	7	#	No.8を除く
既設強震観測地点		—	18	#	—
その他の地点		—	17	#	—
合計		—	111	—	—

2-2 爆破作業

爆破はボーリング孔を利用して行う。ボーリング孔は口径300mm、深度50~70mで掘削される。爆薬は孔底に装填される。使用爆薬は地震探鉱用のTovex Seismogelである。表-3に、この爆薬の仕様が示されている。

表-3 爆薬の仕様一覧表

名称	メーカー	1本当りのサイズ			性能	
		重量	長さ	薬径	爆破速度	耐水圧強度
Tovex Seismogel	DU PONT	50kg	860m/m	200mm	4875m/s	250 psi

2-3 観測作業

爆破地震動の観測は磁気録音方式で行われる。観測系を図-1、2に示す。

図-1 爆破点、および爆破点近傍の観測系

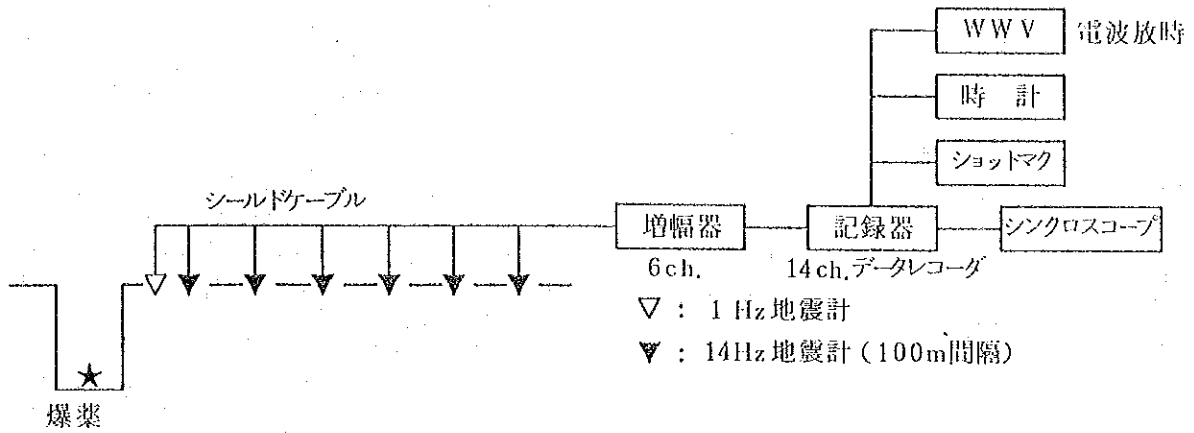
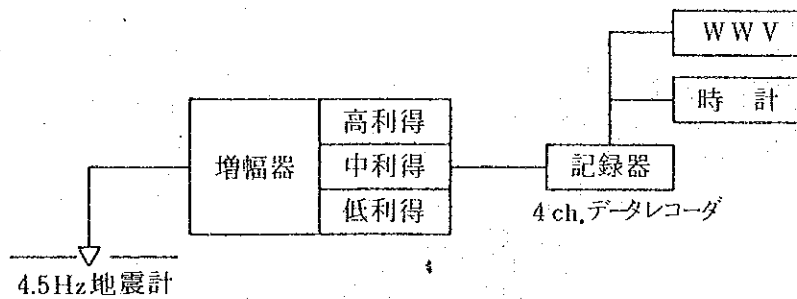


図-2 独立観測点の観測系



3. 解析方法

爆破地震動の観測記録から地震動の初動走時（地震波が爆破点から観測点まで伝播する時間）を読取る。A～C測線では地震動が往復で観測されるため、走時曲線を作り、はぎとり法で解析して地下構造を求める。その他の観測点の構造はタイムターム法の解析を主に行う。

4. 実施工程

表-4に示す。

5. 安全対策

5-1 爆破作業における安全対策

爆破はメキシコ国の法律に従って、DU PONTが実施する。DU PONTによる作業スケジュールは表-4のとおりとする。日本側の関係者は一切、爆破作業を行わない。

表-4 爆破作業スケジュール

月 日	時 間	作 業 内 容	作業員	備 考
5月6日	02:00～06:00	SP1～SP3に火薬類を運搬	4人	軍隊の警備 ・各爆破点に10人ずつ ・火薬の運搬時から警備を始め、爆破終了後全員の撤収が完了するまで爆破点にとどまる。
	09:00～夕方	SP1～SP3の火薬装填	4人	
5月7日	00:00	各爆破点に集合	3人	
	03:02	SP1の爆破	1人	
	03:17	SP3の爆破	1人	
	03:32	SP2の爆破	1人	

5-2 爆破による振動の対策

① 爆破点位置を安全な場所を選んでいく

日本における人工地震探査の経験から、計画した爆薬量による爆破の振動値を推定した。この大きさは半径300mより遠くなれば振動速度が3kine以下である。既往の発破振動の研究では、建物に影響を与え始めるのは5kine以上、実際に被害が発生するのは10kine以上といわれている。そのため、危険範囲に構造物がない場所が爆破点として選ばれている。

② 広報による周知

爆破点周辺の住民に対して、内務省、および連邦区によって徹底的な広報が行われる。この広報の手段、範囲は別途、協議し決定される。

③ 被害補償

爆破振動によって、予期しえない被害が発生した場合に備えて損害保険に加入する。この保険の内容は内務省、およびDDPによって承認されている。

5-3 爆破による音の対策

爆破により発生する音の大きさは、爆破点から300m付近で最大80ホンと推定される。これは大型バスの通行音と同程度の大きさで深夜の騒音としては小さくないが、継続時間がせいぜい1～2秒程度と短く被害を与えるようなことはない。振動と同様に周辺住民に対する広報で対処する。

5-4 爆破、および観測作業時の安全対策

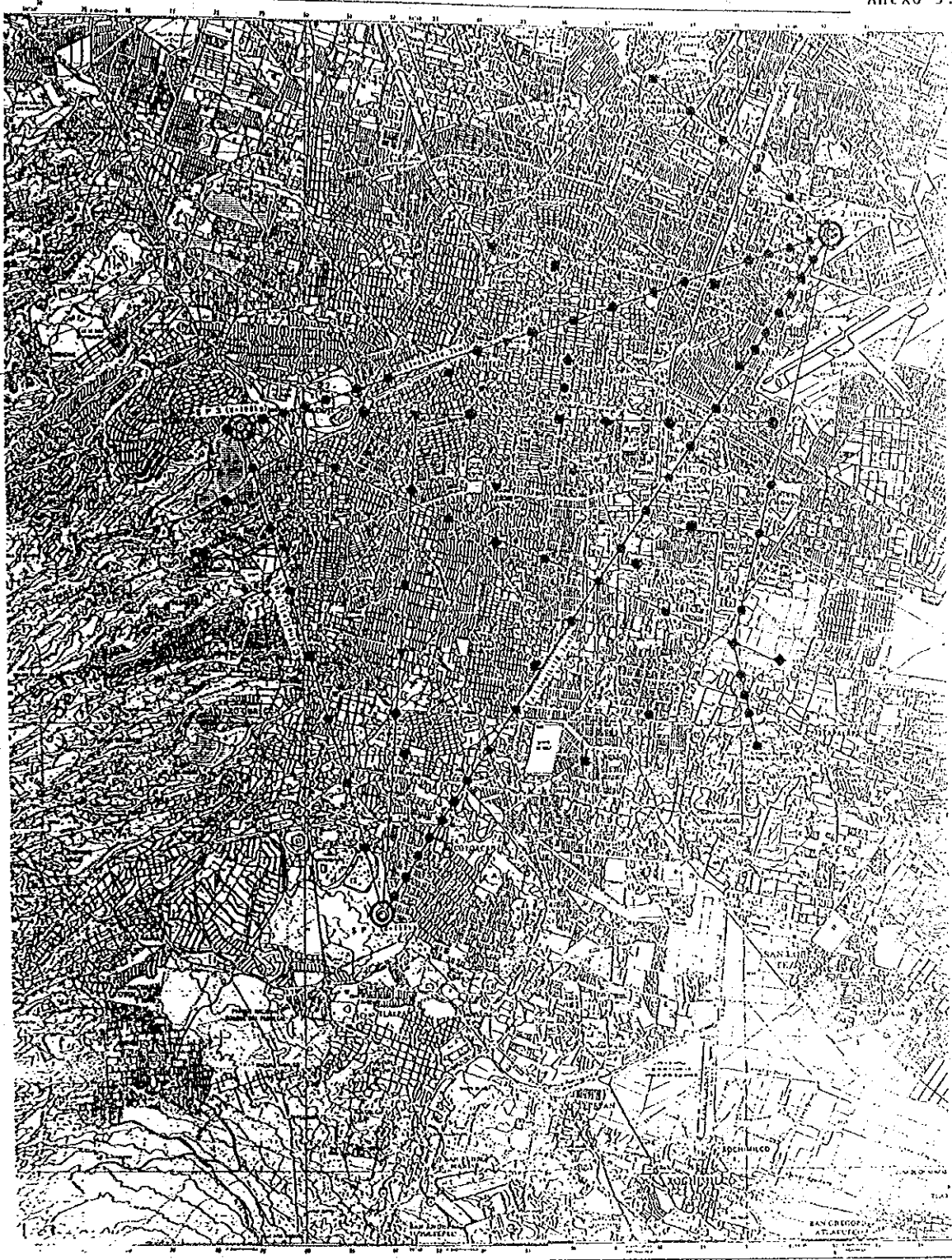
作業員の安全と機器の盗難防止を図るため、内務省、国防省、連邦区の協力が得られ、軍隊、警察による警備が行われる。

爆破点：1爆破点に10人の兵隊（総勢30人）が出動。

観測点：1観測点に1人の警官（総勢90人）が出動。

図3. 爆破点と観測点の配置

Anexo 3.



付録 3. 人工地震探査関連技術資料

17 de Octubre de 1968
 A quien Corresponda:
 En estos documentos, se presenta un resumen de investigación de la estructura de la capa profunda del suelo por exploración sísmica.
 Documento 1. Resumen de la investigación del terreno por exploración sísmica.
 Documento 2. Efectos de la exploración sísmica.
 Documento 3. Experiencia en la exploración sísmica de la Compañía "OYO Corporation".
 Por lo anterior, me permito solicitar un préstamo para que nuestra Compañía "OYO Corporation" pueda efectuar sus experimentos, ya que la información que se obtenga de este experimento será muy importante y estará a disposición de los Científicos y Técnicos Mexicanos.
 Atentamente.
 Ing. Kohji Iimada
 Gerente Geofísico
 Departamento de Exploración Geofísica.
 "OYO Corporation", Japan.

17 de Octubre de 1968

A quien Corresponda:

Exploración de la Estructura de la Capa Profunda a cargo del
Centro Mexicano de Prevención de Desastres

"Resumen de Exploración Sísmica"

Octubre de 1968.

"Yamashita Arquitectos e Ingenieros" S.A. de C.V."

Documento 1. Resumen de Investigación del Terreno para Exploración Sísmica.

Principio de Exploración: Véase Figura No. 1

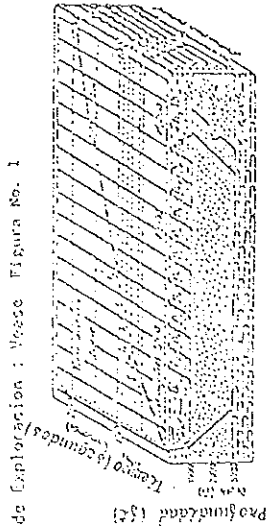


Figura No.1 Principio de Exploración

Profundidad de exploración: a 1 km (hasta roca volcánica)
 Resultado de exploración: Véase Figura No. 2

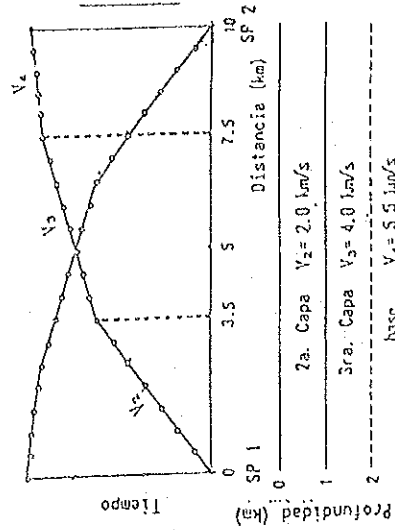


Figura No.2 Curva de tiempo de viaje y estructura de terreno analizado.

1.- Objetivo.

El movimiento del suelo está afectado por las siguientes características: fuente del terremoto, camino de propagación de la onda sísmica, y estructura del terreno. Por lo tanto, para poder estudiar y analizar este movimiento y daños causados por terremotos, es fundamental conocer la estructura del terreno.

Para tal fin, el objetivo de esta investigación es conocer la estructura del subsuelo de la Ciudad de México, es decir, velocidad de propagación de la onda sísmica y profundidad de la base, además, velocidad de propagación de la onda sísmica y espesores de las capas superficiales del suelo.

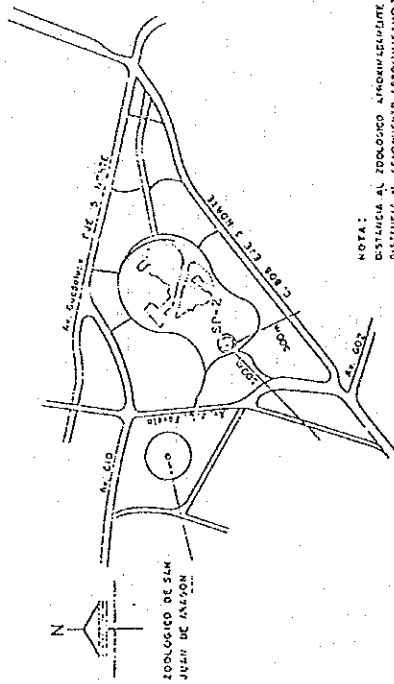
2.- Principio de Exploración Sísmica.

En Las Figuras Nos. 1 y 2 se indican el principio de exploración sísmica.

3.- Plan de Realización de Exploración Sísmica.

En La Figura No. 3 se muestra el plano de realización de este plan en La Ciudad de México. Se localizan los puntos de explosiones con sus fotos en Figura 4 a Figura 6. En La tabla 1 se presenta el plan detallado de explosiones. En La tabla 2, se presenta el plan de observación.

PLANTA DE LOCALIZACIÓN - ASIENTO DEL BOSQUE DE SAN JUAN DE ARAGON



NOTA:
 DISTANCIA AL ZOOLOGICO APROXIMADAMENTE 100 M
 DISTANCIA AL AEROPUERTO APROXIMADAMENTE 1300 M

FOTOGRAFIA

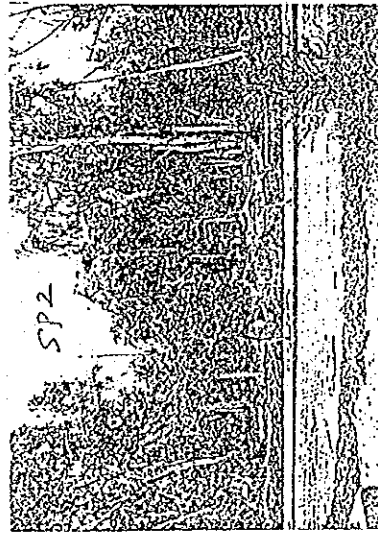
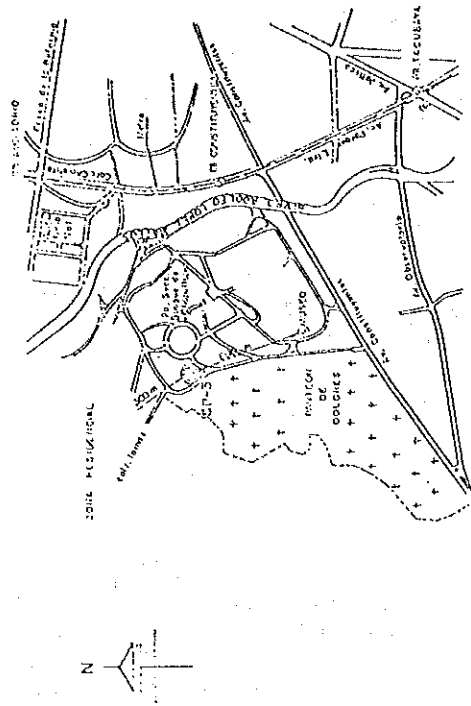


Fig No. 5 Punto de disparo No.2 Planta de localización y fotografía

PLANTA DE LOCALIZACIÓN - ASIENTO DE LA SEPTIMA SECCION DEL BOSQUE DE CHIAPULTEPEC



NOTA:
 DISTANCIA AL AUDITORIO NACIONAL APROXIMADAMENTE 1700 M
 DISTANCIA AL MUSEO APROXIMADAMENTE 800 M
 DISTANCIA AL VETRO APROXIMADAMENTE 1200 M

FOTOGRAFIA

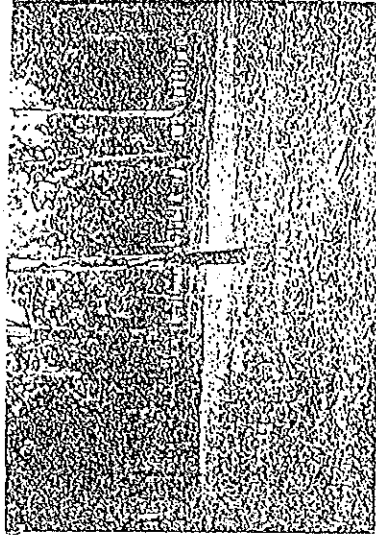


Fig No. 6 Punto de disparo No. 3 Planta de localización y fotografía

1.- Vibración por Explosión Sísmica.

Para estudiar la estructura de las capas profundas del suelo se utilizan muchas explosiones sísmicas en Japón. Por consecuencia, se han obtenido muchos datos por medición real.

Para considerar los efectos por explosiones, se propone alguna fórmula empírica. Lo siguiente es un ejemplo de tal fórmula para estimar la amplitud máxima causada por explosión.

$$V = 1.9 R^{-1.67} W^{0.59} \dots \textcircled{1}$$

Donde: V: Amplitud máxima en velocidad (cm/seg.)

R: Distancia del punto de explosión (km)

W: Cantidad de carga (kg)

En la Tabla No. 3, se presenta una amplitud estimada utilizando dicha fórmula, con siderando este programa.

Tabla No. 3 Amplitud máxima estimada por explosión (cm/seg)

Punto de Explosión	C a r g a (kg)	Distancia desde el punto de explosión (km)					
		0.2	0.3	0.4	0.5	1.0	2.0
SP 1	150	5.4	2.7	1.7	1.2	0.4	1.0
SP 2 SP 3	100	4.2	2.1	1.3	0.9	0.3	0.09

Tabla No. 1 Programa de Explosión

Punto de Explosión Sitio	SP 1	SP 2	SP 3
Geología	zona de transición.	zona de transición,	Roca Metamórfica.
Carga (kg)	150	100	100
Tipo de Demarcación	Tovex Seismogel.	Tovex Seismogel	Tovex Seismogel
Año, Fecha y Hora de Explosión.	1989 7 mayo 03:02 A.M.	1989 7 mayo 03:32 A.M.	1989 7 mayo 03:17 A.M.
Diámetro mm	300	300	300
Profundidad m	50	70	50

Tabla No. 2 Programa de Observación

Punto de Observación.	Línea A	Línea B	Punto de Explosión.	Punto de Indicación del Seismógrafo
Indicador	500 metros	500 metros	100 metros	
No. de Punto	3 4	2 5	Punto 6 X 3 de explosión	9

En el caso del SP 1 y SP 2, la distancia al edificio más cercano es de 500 metros. En este caso la amplitud será de 0.9 cm/seg. a 1.2 cm/seg. En el caso del SP 3, el edificio más cercano está a 300 metros por lo tanto, la amplitud será de 2.1 cm/seg.

Como en la Tabla 4, se presentan los efectos por explosión según los estudios realizados por algunas investigaciones.

Tabla No. 4
Efectos a Edificios por Explosión Sónica.

Investigación	5	10	15	20	25 (cm/seg.)
Langston	Seguro	Cuidado	Daño Posible	Daño Posible	Daño grave
Edificio	Seguro	Cuidado		Daño Posible	
U.S. Bureau of Mines	Seguro	Cuidado	Daño Imperceptible.	Daño Grave	

En todo caso, los resultados indican que la amplitud de menos de 5 cm/seg. es suficiente. Por consiguiente, las explosiones no dañan a edificios por causa de vibración.

2.- Ruidos por Detonación.

En la Figura No. 5 se presenta la magnitud de ruidos por detonación, obtenidos por observaciones reales. En este caso las cargas planeadas son pequeñas y hay algunas variaciones de datos, por lo tanto, es difícil estimarlo exactamente. Sin embargo, en este caso, se considera el valor máximo de variación para el caso del lado de la seguridad.

En el caso de SP 1 y 2, el valor será de 80 dB a la distancia de 500 metros. En el caso del SP 3, será de 85 dB a la distancia de 300 metros. Considerando que un cañón de un automóvil es como 100 dB, en consecuencia se escucha un ruido de 90 dB y con el nivel de ruido de 90 dB es difícil escuchar a alguien que habla; el valor de 80 dB a 85 dB será un ruido grande para la media noche. Sin embargo, este ruido no se repite ni durará, por lo tanto en la explosión no se dan efectos malos.

Nota: dB = decibel = unidad de medida del ruido.

100: 100

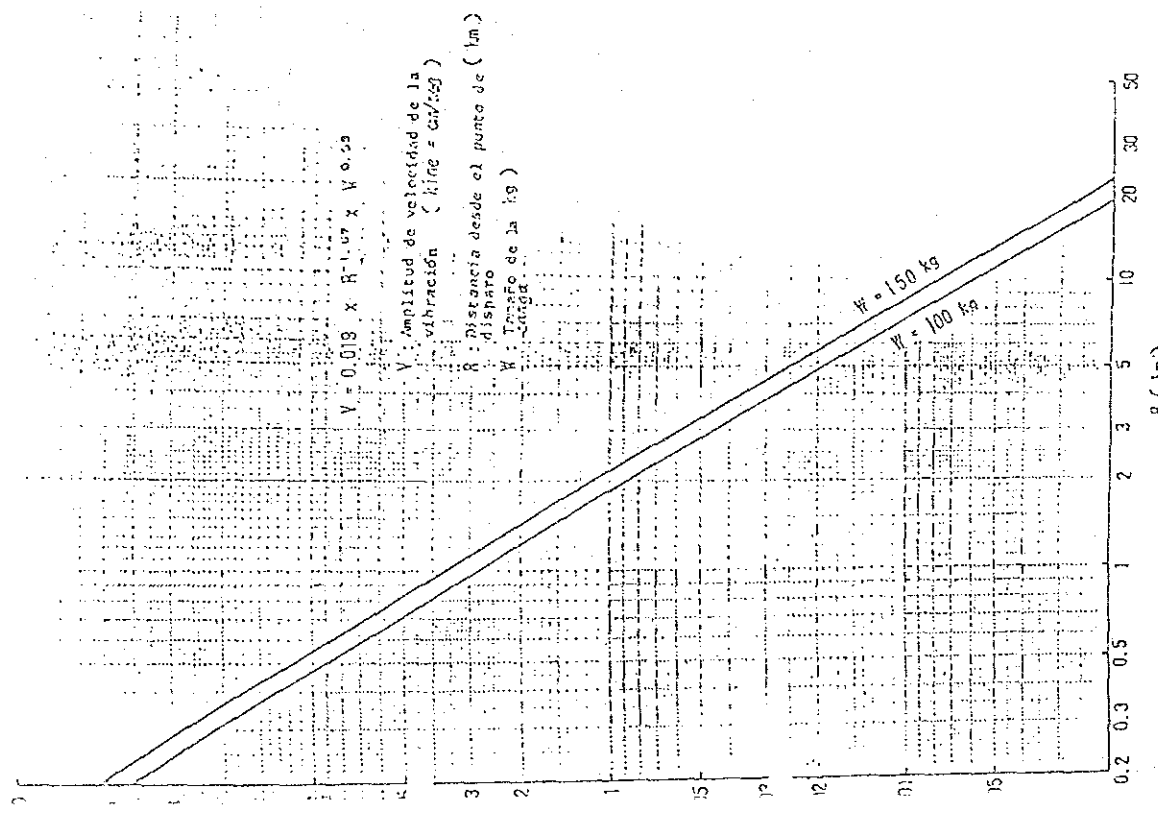


Fig. No. 7. Atenuación de la vibración con variación con la distancia desde el punto de disparo.

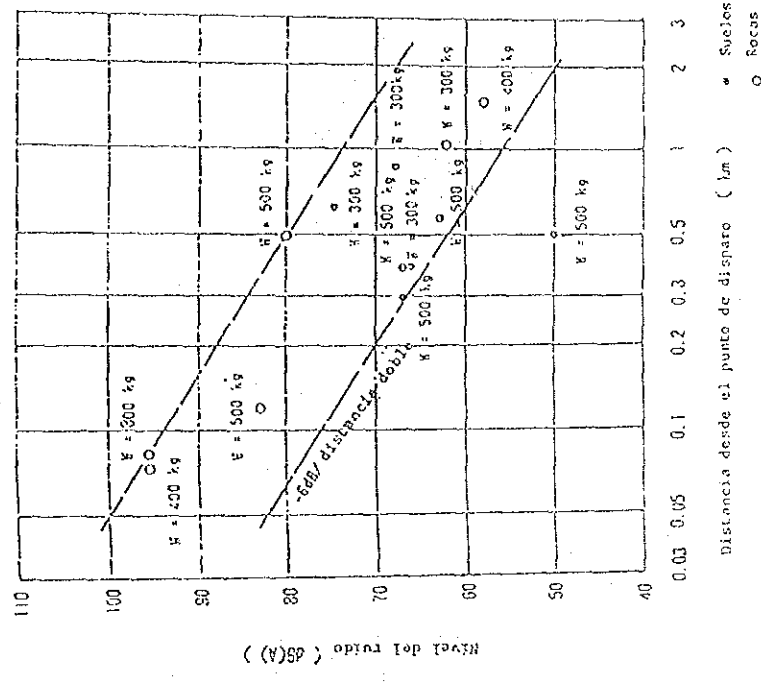


Figura 8 Niveles de ruido observados debidos a las explosiones Profundidad del barrero : 70-100a

Documento 3. Experiencia de exploración sísmica por OYO Corporation.

El método de la exploración sísmica es adecuado para investigar la estructura profunda del suelo de un kilómetro a unos diez kilómetros. Por lo tanto, se utiliza este método con el objeto de estudiar la estructura de la corteza terrestre o la zona de deformación de las capas del subsuelo para predicción de terremoto. Por otro lado, recientemente, se usa este método para investigar la base para construir estructuras importantes como planta atómica, o para estimar movimiento del terreno como una consecuencia al sismo de gran intensidad en área metropolitana.

En la Figura No. 9 se presentan investigaciones efectuadas en área metropolitana de 1973 a 1984. En total se utilizaron 27 puntos de explosiones para realizar 46 exploraciones.

Un resultado representativo de estas exploraciones se muestra en la Figura No. 10. Este proyecto fue realizado bajo supervisión de "Tokyo Institute of Technology" y con la cooperación del "Grupo de Investigación de Estructura de Base en el Área Metropolitana" y realizado por "OYO Corporation" de 1983 a 1984.

En la Tabla No. 5, se presenta la lista de experiencias en exploración sísmica realizada por "OYO Corporation".

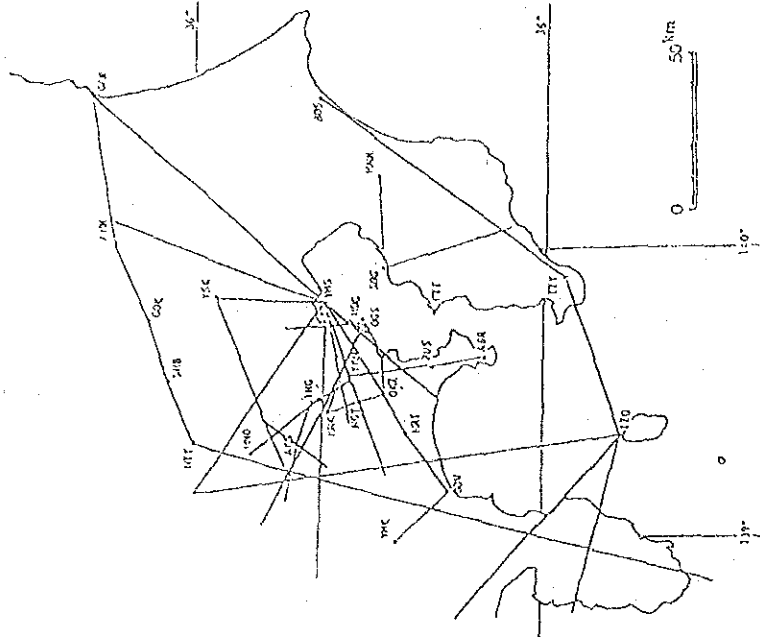


Fig. 9. Puntos de explosiones y líneas de observaciones por exploraciones realizadas por el método de registración sísmica en el área de México.

Tabla 5 Lista de Experiencia en Experimentaciones Sísmicas por "OYO Corporation"

Año	Lugar y objetivo de Proyecto	Institución a cargo del proyecto	Distancia total (km)	Número de estaciones	Costo (Millones de Yenes)
1978	Izua Etna Exploración profunda	Universidad de Kyoto	20	4	1000
1979	Aozu Oshojo Exploración profunda	Secretaría de Territorio	130	1	500
1980	Panamá de Izu Exploración profunda	Universidad de Tokio	60	5	450
1981	Yama Niigata Exploración profunda	Universidad de Tokio	190	5	800
1982	Nagano, Yamanashi Exploración profunda	Universidad de Tokio	60	6	600
1982	Planta Nuclear de Tokai Exploración de la Cámara de Acción	Comisión de Electricidad del Estado	35	3	300
1983	Kanagawa Protección de desastre	Prefectura de Kanagawa	75	2	300
1984	Area de Niikawa, Sarani Exploración profunda	Universidad de Tokio	60	5	600
1985	Hanuro, Sabute Exploración profunda	Universidad de Tokio	50	6	500
1986	Area de Iwaki, Fuku Exploración profunda	Universidad de Tokio	60	6	500
1987	Sinaka, Yamanashi Exploración profunda	Universidad de Tokio	60	6	500

(En total son 24 Proyectos de 1965 a 1987)

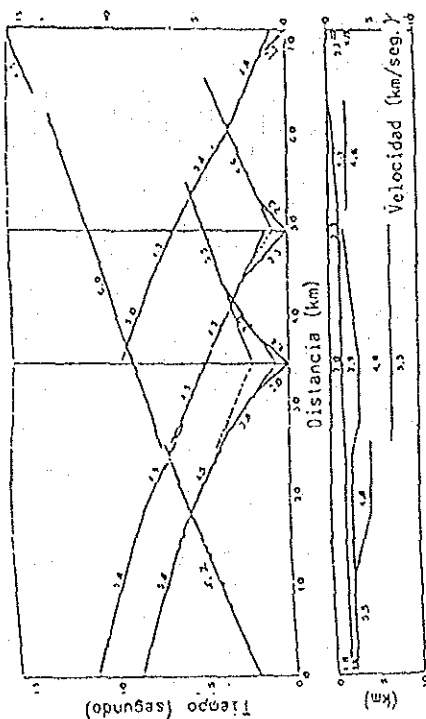


Fig. 10 Curva de tiempo de viaje de las ondas sísmicas en la estructura del terreno analizado.

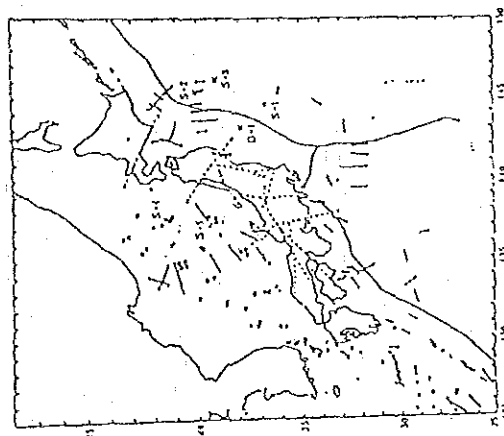


Fig. 11 Localizaciones de líneas de observación sísmica en la zona de deformación de la corteza terrestre en la zona de Japón (por Yoshiz. 1987)

ACERCA DE LA NECESIDAD DEL ESTUDIO DE SUELOS DE LAS PROFUNDIDADES DEL SUBSUELO EN LA CIUDAD DE MEXICO (EN ESPECIAL PARA LA COMPRENSION DE PERSONAS QUE NO SEAN ESPECIALISTAS EN INGENIERIA SISMICA).

1 - INTRODUCCION

Si bien el sismo de Michoacan de 1985 tuvo una gran repercusión no sólo dentro de México sino también en los países sísmicos del mundo entero, los ingenieros sísmicos y técnicos de Japón, en especial, recibieron un fuerte golpe cuando conocieron el estado de los daños sísmicos dentro de la Ciudad de México. Porque se comprobó una vez más que, en el sentido de contar con una metrópolis que ha sido edificada sobre suelo poco sólido, México y Japón enfrentan en común un gran problema de ingeniería sísmica. Este no es un problema simple que se pueda resolver así de fácil pero si se pudiera poner en práctica una cooperación armoniosa en la investigación técnica, entre especialistas de ambos países se puede pensar que sería beneficioso para ambas partes para la prevención de desastres sísmicos. Solicitamos que por favor se comprenda que incluso el haber enviado numerosos especialistas desde Japón después del sismo, tuvo como fondo el tener conciencia de hacer frente a este problema en común de ambos países.

2 - ¿QUE ES NECESARIO EN LA PREVENCIÓN DE DESASTRES SISMICOS?

El modo de tomar la palabra "prevención de desastres sísmicos" puede ser diferente de acuerdo a la situación. Los ciudadanos comunes, hablan de que no ocurra nuevamente una devastación sísmica semejante; las personas que toman parte en la administración, del establecimiento de reglamentos antisísmicos que sean seguros para cualquier tipo de sismo; los investigadores, del esclarecimiento del mecanismo de por qué ocurre un movimiento sísmico semejante. Pero, el objetivo final es que, aunque se decida que con la ciencia actual no es posible evitar la aparición del sismo, no se ha llegado al entendimiento en común en el punto de decir que, si se reúnen los conocimientos y experiencias hasta ahora, no es erróneo pensar que se puede evitar la devastación sísmica? El problema parece ser si se ha llegado o no a un acuerdo también en cuanto al método para ese fin y el margen de tiempo que puede ser tolerado hasta alcanzar el objetivo. A continuación se explica acerca de ese método desde el punto de vista especializado.

En primer lugar, se puede decir que el principio de la prevención de desastres sísmicos es la previsión exacta del movimiento sísmico. En general, las características del movimiento sísmico son determinadas a partir de tres factores: • las características del centro sísmico, • las características de propagación de la onda sísmica (pericamiento con

distancia) desde el centro sísmico hasta la zona objeto del sismo, y, • las características de amplificación de la onda sísmica en relación a los cimientos de la zona objeto del sismo. Pero también en el caso de la Ciudad de México, igual que en Tokio, hay un problema en el tercer factor, es decir las características de amplificación de la onda en relación a los cimientos producen un evidente y fuerte efecto en las características del movimiento sísmico. Por supuesto este problema ya ha sido señalado desde la época de los sismos del año 1957, y es sabido entre los especialistas que incluso hasta ahora se han venido poniendo en práctica numerosas investigaciones de estudio. Sin duda el que se produjera un daño grande debido al sismo de 1985 es un hecho doloroso, pero por otra parte el haber obtenido muchos registros de sismos fuertes es el fruto de investigaciones perseverantes de hace mucho tiempo y se puede pensar que debe ser muy valorado. Sin embargo, el haber obtenido registros de sismos fuertes no quiere decir que el problema se haya resuelto; si no se dilucida por qué fue registrado semejante movimiento sísmico no se logra el haber previsto el mismo, por lo que es posible que se deba decir que en realidad las investigaciones comienzan a partir de ahora.

Ahora bien, aunque se puede decir en términos generales que para la previsión del movimiento sísmico la característica de amplificación de la onda sísmica en relación a los cimientos es un factor importante, en el caso de México, en especial, debido a la circunstancia de que la parte cercana a la superficie de la tierra está cubierta por capas de sedimentación del lago muy poco sólidas, está situada dentro de una cuenca cuyos alrededores están encerrados por montañas, etc., se presta especial atención al efecto que produce la estructura de los cimientos sobre la onda sísmica. Para poner en claro este punto es necesario llevar adelante en forma equilibrada tanto la observación del movimiento sísmico como el estudio de suelos y se puede pensar además, que sólo si en el estudio de suelos se llevan a cabo investigaciones que tomen por objeto los cimientos pocos sólidos de la parte cercana a la superficie de la tierra e investigaciones que tengan por objeto la estructura de las profundidades del subsuelo hasta alcanzar la roca de cimentación, es posible la evaluación global de las características del movimiento sísmico. En cuanto al estudio de los cimientos poco sólidos de la parte cercana a la superficie de la tierra y la observación del movimiento sísmico, ya se han realizado en algunas oportunidades después del sismo de 1985 y también en el Proyecto del Centro de Prevención de Desastres Sísmicos entre México y Japón se le da mucha importancia a la observación tridimensional del movimiento sísmico e intenta llenar la parte que falta en esta investigación. Teniendo como objetivo el investigar la estructura de los cimientos de las profundidades del subsuelo de la que hasta ahora no se han obtenido datos de investigación, estamos en la situación de proponer

(CONTENIDO QUE DESEAMOS SEA COMPRENDIDO POR LOS MEDIOS DE INVESTIGACION)

Como para los investigadores del lado japonés que están a cargo del estudio existe una limitación en el número de personas, se desea que además de comprender el propósito del estudio en colaboración, en lo posible muchas personas participen del mismo. De acuerdo a lo programado la observación de los 90 puntos se encargará a 12-15 cuadrillas por lo que 1 cuadrilla tendrá a cargo entre 6 a 8 puntos. Como no es bueno que dentro de un tiempo limitado se vayan instalando por turno el sismógrafo y registro a medida que se cambia de lugar, se formarán con anticipación grupos de pares de investigadores del lado mexicano y japonés y serán necesarias reuniones y prácticas con suficiente antelación para la examinación de la parte de abajo de los puntos de observación y forma de manejo de los equipos de observación.

en forma separada el estudio de suelos de las profundidades del subsuelo a través de la demolición con dinamita.

3 - ACERCA DEL ESTUDIO DE SUELOS DE LAS PROFUNDIDADES DEL SUBSUELO

(CONTENIDO QUE DESEAMOS SEA PUESTO EN CONOCIMIENTO DE LOS CIUDADANOS COMUNES CON ANTICIPACION).

El estudio de suelos que se planea en esta oportunidad se llevará a cabo en 3 lugares dentro de la Ciudad de México, en cada uno de ellos se hará estallar una cantidad de 100 kg. de dinamita dentro del hueco de perforación a 50 metros bajo tierra, la onda de deformación que se produce será observada por medio de sensores colocados en 90 lugares dentro de la ciudad examinando de este modo la estructura de los cimientos de la parte cercana a la superficie de la tierra hasta llegar a la roca de cimentación en toda el área dentro de la ciudad. El fruto de esta investigación será aprovechado como dato fundamental para suponer la direnencia de características e intensidad de la onda sísmica en relación al lugar y es una investigación necesaria como medida de prevención de desastres sísmicos futuros en la Ciudad de México, por lo que se solicita colaboración en la comprensión de este objetivo. El estudio se pondrá en práctica una vez obtenida la autorización requerida por lo que, si bien por supuesto éste no causará daños en los alrededores, producirá un ruido y temblor momentáneo hasta 1 kilómetro en los alrededores del lugar del estudio, por lo que se solicita que éste se haga saber con anticipación. Además el estudio se realiza a la media noche por la única razón de evitar en la medida de lo posible el efecto de la vibración sobre los medios de transporte, etc.

(1) Día y hora de realización (2) Personas a cargo (3) Consultas.

(CONTENIDO QUE DESEAMOS SEA COMPRENDIDO POR PERSONAS DE LOS MEDIOS ADMINISTRATIVOS)

En Japón se llevan a cabo con frecuencia este mismo tipo de estudios y aunque no traen peligro, en las vecindades del lugar del mismo se siente un ruido y vibración momentáneos por lo que se solicita una información pública exhaustiva para los habitantes de los alrededores. Además, como podemos comprender muy bien la circunstancia de que después del sismo de 1985 los habitantes han quedado excesivamente sensibles en relación a los sismos, solicitamos también que se tenga cuidado en el vocabulario a emplear en la información pública. También, como a raíz del estudio se colocarán durante la noche numerosos (aproximadamente en 90 lugares) sensores (sismógrafos) dentro de la ciudad, solicitamos se preste atención a la garantía de seguridad y control de tráfico de acuerdo al lugar.

付録 4. 人工地震探査関連広報案

1989年 月 日

おしらせ

内務省 (メキシコ連邦区)

大規模な地震に対する地震災害対策の基礎資料とするため、人工地盤探査実験によって、メキシコ市の地下構造調査を実施することになりました。この調査は、交通機関等などの雑振動の少ない深夜に行いますので、付近住民の皆様にはご迷惑をおかけしますが、本調査の目的をご理解いただき、ご協力いただくようお願いいたします。

記

1 調査日時 1989年5月7日 午前3時から3時40分の間

2 地盤探査場所と予定時刻

- | | |
|-----------------|----------|
| (1) 国立自治大学構内 | 午前3時02分頃 |
| (2) チャブルテベック公園内 | 午前3時17分頃 |
| (3) アラゴン公園内 | 午前3時32分頃 |

3 その他

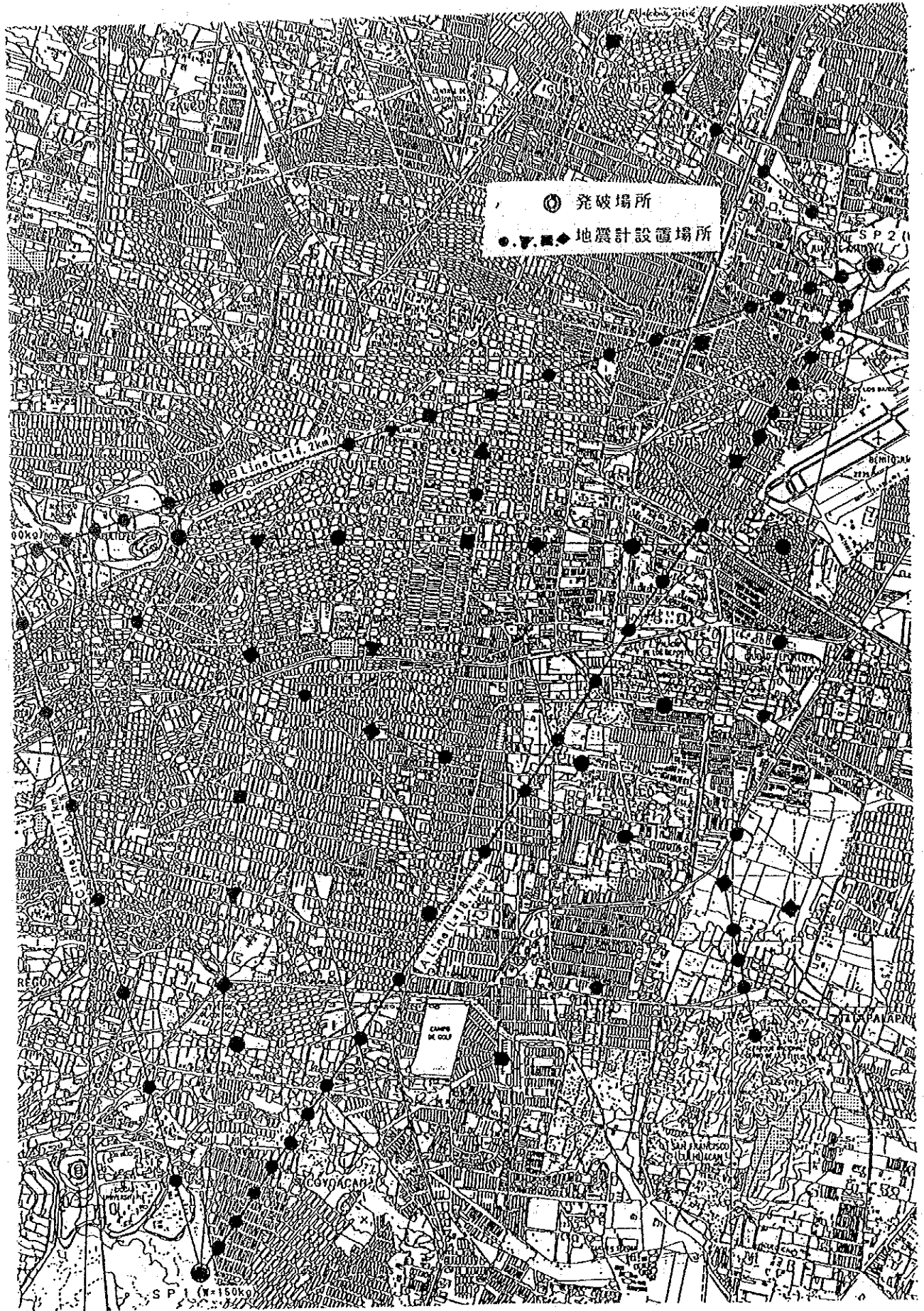
- (1) 振動の大きさは、人体には感じますが、建物に被害を与えることはありません。
- (2) 振動は自然地震と違い、揺れの時間が短く、せいぜい1秒程度でおさまります。
- (3) 音は瞬時的ですが、かなり遠くまで聞こえます。しかし、この音の続く時間も1秒程度にとどまります。
- (4) 深夜の振動、騒音としては大きなもので、ご迷惑をおかけしますが、瞬間のこのため、近くでも気がつかない場合があります。
- (5) 人工地盤探査による振動はメキシコ市内の約100箇所で、高感度の感振器で観測されます。

4 連絡先

なお、この件に関してご不明のことがあれば、下記にお問合せください。

メキシコ連邦区

☎



1985年のミチョアカン地震で多くの同胞を失ったことは、未だ記憶に新しいところです。メキシコ市の社会・経済を発展させ、国民の豊かな生活を確保するためには、あのような不幸を二度と繰り返してはなりません。

しかし残念ながら、自然の営みである地震そのものを止めることは出来ません。我々ができることは、たとえ地震に襲われても人が死んだり建物が壊れたりしないような街作りをしたり、市民保護システムを完成させたりすることなのです。今回の探査はそれらに必要な情報を得るために行われます。

私たちが病気になって病院に行くと、お医者さんは、注射をしたり、薬をくれる前に、指で患者をトントンと叩いて聴診器で身体の状態を診ます。今回の探査もそれと全く同じようなものです。

地盤を患者の身体に例えますと、指でトントンする代りとなるのは振動源です。この振動源からはドンという音がでますが、昼間の車などによる騒音より大きなものではありません。また、わずかな振動もですが、ほんの一瞬で建物へは全く影響しません。

聴診器の代りとなるのは性能の良い感振器です。これを市内100箇所に設置します。測定する振動が小さいため、感振器のまわりは静かな状態にしなければなりません。そのため、探査は夜間に行われます。

地震に強い街を作るためには、病気のとときと同じように、先ず最初になければならないのが今回の探査なのです。

調査の日時、場所等は別紙のとおりです。ご協力をお願いします。

