نشریه شماره ۲

لرزش زمین که خود تابع نظم کلی دستگاه آفرینش است این بار کشور نیکاراگوآرا هدف قرار داد و شهر چهارصد هزار نفری ماناگوآرا در کمتر از یک دقیقه ویران ساخت ، این نشریه حاصل بازدید دو روزه ای است که پنج ماه پس از وقوع زلزله در ماناگوآ انجام گرفت وضمن آن اثر زلزله بر ساختمانهای مختلف این شهر بررسی گردید .

بحث در آثاری که زلزله بر ساختمانهای شهر ماناگوآ داشته است میتواند آموزنده و در طرح و اجرای ساختمانهائی که در کشور ما ساخته میشود مفید باشد و بهمین امید این نشریه تهیه گردید شاید تا حدودی بکار آید .

علی اکبر معین فر

فهـــــرست

خلاصه	صفحه الف
مقدمه	" ۱
مرکز ، بزرگی ، عمق وشدت زلزله	" ۳
زلزله های پیش آیند ولرزش های پسین	" ٤
نمودارشتاب نگار	" ٥
تغییرات زمین	" ۸
زلزله خیزی منطقه	" ۱۱
نوع ساختمانهای منطقه	" ۱۲
بانک آمریکـــا	" ۱۷
بانک مرکزی نیکاراگوآ	" ۲۳
بانک ملی نیکاراگوآ	" ۳۰
مرکز بیمه های اجتماعی	" ۳۲
هتل بالمورال	" ۳٦
تأتر ملـــــی	" ۳۷
ساختمان I.B.M.	" ۳۹
ساختمان دادگستری	" ٤۱
هتل اینترکنتینانتال	" ٤۳
استادیوم ورزشی ژنرال سموزا	" ٤٤
دانسینگ میدان شهـــر	" ٤۹
کلیسای San Jose	" ٥۰
کلیسای San Sebastian	" ٥۲
ساختمان مرکز برق (ENALUF)	" ٥٤
مرکز تلفن (TELCOR)	" ٥۸

ترمینـــــال	Aduvana	صفحه	٦٣
ساختمان	Julio Martinez	"	٦٤
ساختمان سینگر		"	٦٦
کلیسای	San Domigo	"	٦٨
ساختمان	Immobilaria	"	٧٢
چاپخانـــه	La Prensa	"	٧٥
ساختمان A		"	٧٧
ساختمان گراند هتل	Calle Pallas Nacional	"	٧٩
پمپ بنزین		"	٨٠
ساختمانهای سنتی		"	٨١
ساختمانهای آجری وبلوك بتنی		"	٨٤
ساختمانهای متفرقه		"	٨٦
پیوست		"	
زلزله ماناگوآ و مشکلات ناشی ازبروززلزله دریك شهربزرگ			I — ١
آتش سوزیهـــــا			I — ١
غارتگری			I — ٢
هجوم مشکلات			I — ٣
اهمیت آمادگی قبلی			I — ٤
امکان بروز زلزله در شهر تهران			I — ٦
نکات مهم که باید مورد توجه باشد			I — ٩
تلخیص بزبان انگلیسی			— — —

خلاصه

زلزله روز ۲۳ دسامبر ۱۹۷۲ که در شهر ماناگوآ پایتخت کشور نیکاراگوآ بوقوع پیوست موجب بروز تلفات وخسارات زیادی شد ، در اثر این زلزله حدود ده هزار نفر کشته شدند ومعادل یک میلیارد دلار خسارت وارد آمد . بزرگی (Magnitude) این زلزله ۶/۲۵ وعمق کانون حدود ۵ کیلومتر محاسبه شده است ، شدت زلزله با مقیاس اصلاحی مرکالی در پاره ای از نقاط به IX وحتی X بالغ میگردد . میزان شتاب زلزله با توجه به نمودارهای که از شتاب نگار (Strong Motion Accelerograph) منصوبه در ۵ کیلومتری عربی شهر بدست آمد ، در امتداد شمالی جنوبی ۰/۳۴ g ، در امتداد شرقی غربی ۰/۳۹ g ودر امتداد قائم ۰/۳۳ g بوده است ولی قرائن دیگر نشان میدهد که شتاب زلزله در قسمت مرکزی شهر بیشتر بوده است .

زلزله ماناگوآ همراه با پیدایش تعدادی گسل در شهر ماناگوآ وحوالی آن بود ودر پاره ای نقاط نیز لغزش هائی (Land Slide) دیده شد واین لغزش ها به نوبه خود خساراتی به ساختمانها وارد آوردند .

نگارنده پنج ماه پس از وقوع زلزله مدلقه خسارت دیده را بازدید کرد وتعدادی از ساختمانهای آسیب دیده شهر را که هنوز برچیده نشده بودند مورد مطالعه قرار داد که در این گزارش درباره آنها بحث شده است .

اکثر ساختمانهای مسکونی شهر ماناگوآ از نوع مخصوصی که در محل بنام (torquezal) معروف است ساخته شده است . در این نوع ساختمانها بفاصله هر یک متر یک تیرچوبی گرد یا چهارتراش بطور قائم قرار داده وبه دو طرف این چوبها تخته های افقی که فاصله آنها از هم حدود ۲۵ سانتیمتر است میخ کرده اند ووسط را با سنگ وگل پر نموده اند این نوع ساختمانها عموماً خراب گردیده وموجب کشتار زیادی شدند .

همچنین تعداد زیادی ساختمان آجری ویاساختمان بابلوک بتنی درمحل دیده شد که شدیدا" آسیب دیده اند .

درشهرماناگوآعلاوه برساختمانهای مسکونی فوق تعداد قابل توجه ساختمانهای چندین طبقه که اکثربااسکلت بتن آرمه است ساخته شده است که زلزله کم وبیش بآنها خسارت وارد ساخته است .

کشورنیکاراگوآفاقدآئین نامه ساختمانی وآئین نامه ایمنی ساختمانهادربرابر زلزله است وطرح ساختمانهای مهم شهرماناگوآاغلب براساس آئین نامه ساختمانی کشور آمریکا (Uniform Building Code)وتوسط مهندسان محاسب غیرمحلی انجام گرفته است باوجودیکه تعداد زیادی ازساختمانهابرای مقابله دربرابرنیروی زلزله طرح شده اند مع الوصف بپاره ای ازآنهاصدمات زیاد وارد شده است . بطورکلی قسمت اعظم خساراتی که باین ساختمان ها وارد شده است ناشی ازنقص اجرابوده است .

نوع بتن مصرفی که درساختمانهای بتن آرمه بکاررفته است عموما" ضعیف میباشد ونحوه آهن گذاری اجزاء بتن آرمه قابل قبول نمیباشد ، وبطوریکه ملاحظه شد دراغلب موارد فاصله تنگ هاازیکدیگرخصوصا" درمحل تلاقی تیروستون فوق العاده زیاد است .

نوع سقفهای ساختمانهای ماناگوآبه غیرازسقفهای مربوط به ساختمانهای مسکونی ازنوع (Torquezal) که عموما" خرپای چوبی وپوشش سفال است درساختمانهای دیگر ازبتن آرمه ریخته شده درمحل ویاازپوشش های بتنی بااستفاده ازتیرکهای پیش ساخته شده وبلوک آجری یابتنی مجوف است که سقفهای اخیرنیزدرزلزله کم وبیش صدمه دیده اند .

نوع دیوارهای جداکننده که ازبلوک بتنی ویابلوک های آجرمجوف ساخته شده اند در زلزله ماناگوآشدیدا" لطمه دیده اند ومیتوان گفت که اغلب خرابیهائی که درساختمانهای بلنداین شهرایجاد شده است ناشی ازخرد شدن این دیوارهابوده است .

لازم بتذکراست که پاره ای ازساختمانها د راثرزلزله خسارت زیادی ندیده اند لکن بعلت خرد شدن دیوارهای داخلی ازکارافتادن آسانسورها ووسائل مکانیکی وغیرقابل استفاده بودن پله ماهها پس ازبروززلزله هنوزغیرقابل استفاده باقی مانده بودند ، این قبیل ساختمانها اگرساختمان مسکونی ویاساختمان اداری عادی باشند عدم بهره برداری ازآنها چندان مهم نیست لکن مسلوب المنفعه شدن ساختمانهای مهم از قبیل بیمارستانها درچنین لحظاتی که باید پناهگاه مردم آسیب دیده باشند قابل اغماض نیست . نمونه ای ازاین نوع ساختمانها ساختمان مرکزبیمه های اجتماعی میباشد که ساختمان لوکس ودرده طبقه باسیستم قاب بتن آرمه ساخته شده وپنج ماه پس اززلزله که ساختمان مورد بازدید واقع گردید هنوزاین ساختمان غیرقابل استفاده بود و برای پذیرش بیماران ازساختمانهای موقتی که درجنب این ساختمان است استفاده بعمل میآمد درحالیکه خسارت عمده ای باسکلت ساختمان وارد نشده بود وتنها اطاق روی بام (که محل قرارگرفتن تجهیزات مکانیکی مربوط بآسانسورها وتابلوهای برق بود) خراب شده بود وخسارات مختصری هم به جداکننده های داخلی ساختمان وارد گردیده بود .

نوع ساختمانهای بادیواربرشی بتن آرمه درزلزله ماناگوآامتحان خوبی داد وبهترین نمونه این نوع ساختمان ، ساختمان بانک آمریکااست که در ۱۹ طبقه وبادیواربرشی که درمرکزساختمان قرارگرفته ساخته شده است ، بطورکلی ساختمان درهردوامتداد بصورت قرینه میباشد وطرح ستونهای اطراف آن بشکل ضلعی است که مقطع آنها در دوامتداد ساختمان دارای ممان دینرسی یکسان میباشد ، تنها خسارتی که به اسکلت این ساختمان وارد شده است شکستن بتن دراطراف سوراخهائی است که در وسط شاه تیرهای کورکانال تهویه تعبیه شده است بطوریکه اگرزلزله شدیدتربود

امکان داشت که این نقاط ضعیف باعث خرابی کامل سقفها گردد .

ازنمونه های جالب دیگرساختمانهای با دیواربرشی بتن آرمه ساختمان مرکز برق (ENALUF) میباشد که پلان آن ازدوهسته بصورت قرینه وستونهای بتن آرمه خارجی ترکیب شده است ، خسارت وارده به این ساختمان عبارتست ازایجاد ترک درپاره ای ازپایه هاوخراش هائی که دربتن دیوارهای برشی ایجاد شده است.

اثری که نحوهٔ قرارگیری دیوارهای برشی بتن آرمه درپلان ساختمان دارد در زلزله ماناگوآاهمیت خودرابخوبی نشان داد ، درساختمان بانك مرکزی نیکاراگوآ که باقاب بتن آرمه ودیوارهای برشی در ۱۶ طبقه بناشده باوجود یکه باضریب زلزله نسبتهٔ بزرگ (۱۲ درصد شتاب ثقل زمین) طرح گردیده ودرمحاسبات بتن آرمه آن (که برمبنای آئین نامه ۱۹۵۶ بتن آرمه کشورآمریکا است) فرض شده است که تمام بارجانبی بوسیله قاب هاجذب شود بعلت وجود دیوارهای برشی که دریك طرف ساختمان قرارگرفته است درنزدیکی دیوارهای برشی اطراف آسانسورهاوقسمپله ها ترك های شدیدی دردال ایجاد شده است وبطورکلی خساراتی که ناشی ازخارج ازمحورشدید میباشد باین ساختمان وارد گردیده است . نمونه های دیگری که خسارات وارده ناشی ازایجاد خارج ازمحوردرساختمان میباشد درپاره ای دیگراز ساختمانهای شهرماناگوآازجمله درساختمان ۷ طبقه بتن آرمه مرکزتلفن (TELCOR) قابل ملاحظه است .

در ماناگوآعلاوه برصدماتی که زلزله به ساختمانها وارد ساخت بعلت آتش سوزیهای شدیدی که متعاقبزلزله درنقاط مختلف شهرایجاد شد خسارات وتلفات زیادی باین شهروارد گردید واضافه برآن بعلت هجوم دسته های غارتگربه شهرمشکلات جدیدی ایجاد شد بطوریکه تامدتها پس ازوقوع زلزله حکومت قادربرکنترل اوضاع نبود وبخصوص

بعلت تمرکزشدید امور در پایتخت تا مدتها شیرازه امور کشور را زهم گسیخته بود ، این نکته خطر تمرکز امور در یک نقطه ولزوم آمادگی قبلی شهرهای بزرگ مناطق زلزله‌خیز را برای مقابله با مشکلات ناشی از وقوع زلزله متذکر میسازد ، در انتهای این نشریه قسمتی از گزارشی که تحت عنوان " زلزله ماناگوآ ومشکلات ناشی از بروز زلزله در یک شهر بزرگ " تهیه شده است بصورت پیوست اضافه شده وخصوصا" با مشابهت تهران با شهر ماناگوآ ، مسأله زلزله خیزی شهر تهران ولزوم آمادگی قبلی یادآوری گردیده است .

زلزله ماناگوآ

مقدمه

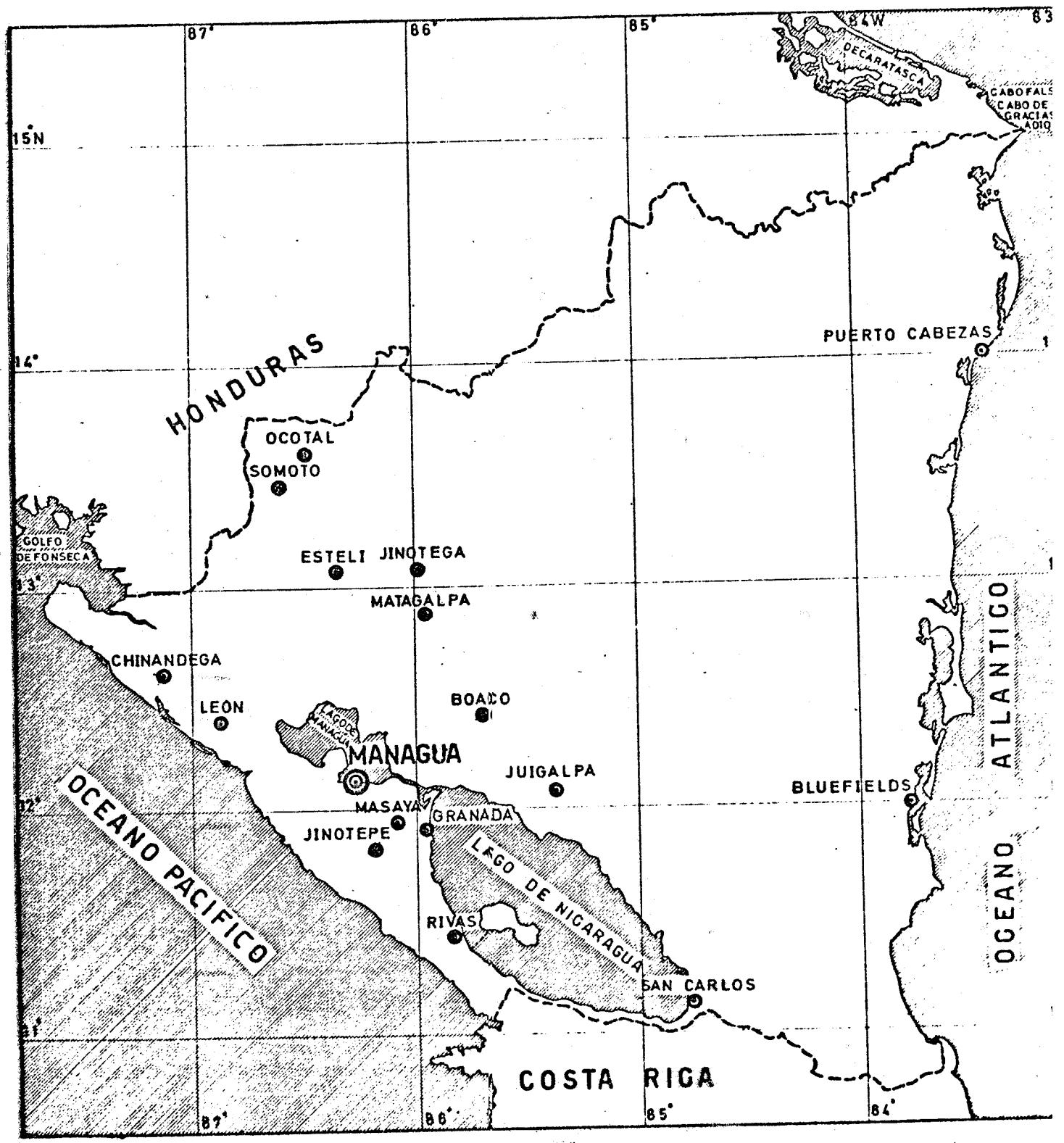
زلزله ای کم عمق وبابزرگی (magnitude) ۶/۲۵ دروز ۲۳ دسامبر ۱۹۷۲ در ساعت شش وبیست ونه دقیقه صبح بوقت گرینویچ (حدود نیم ساعت بعد از نیمه شب بوقت محلی) درشهرماناگوآپایتخت کشورآمریکای مرکزی نیکاراگوآروی داد که مطالعه آن درنوع خودآموزنده میباشد . خسارات وتلفات ناشی ازاین زلزله بسیارسنگین وعواقب آن برای کشورکوچك نیکاراگوآفوق العاده طاقت فرسابود .

کشورکوچك نیکاراگوآدرآمریکای مرکزی واقع است وازشمال به کشورهوندوراس ازمشرق به اوقیانوس آتلانتیك ،ازجنوب به کشورکوستاریکا وازمغرب به اوقیانوس آرام محدود شده است ،باوجود یکه این کشوربین دواوقیانوس آرام وآتلانتیك میباشدعده شهرها وجمعیت آن ازجمله پایتخت درطرف غرب کشوریعنی درحاشیه اوقیانوس آرام متمرکزشده است وازجمعیت دوملیون نفری نیکاراگوآبیش ازچهارصد هزارنفرتاقبل ازبروززلزله درشهرماناگوآمی زیستند وپس اززلزله اکثراین جمعیت پایتخت راترك کرده وبه شهرهای کوچك مجاورکوچ داده شدند .

نگارنده پس ازپنج ماه ازروزوقوع زلزله موفق گردید منطقه آسیب دیده رابازدید ومطالعاتی درداخل شهرکه باسیم خاردارمحصوروعبورومرورردداخل آن تحت کنترل شدیداست بعمل آورد وباوجود یکه بیش ازه ماه ازحدوث زلزله گذشته بود وپاره ای ازساختمانهای آسیب دیده رابکلی برچیده بودند نکات قابل توجهی برای مطالعه موجود بود .

زلزله ماناگوآازنوع زلزله های بابزرگی متوسط است وتلفات وخساراتی که ازاین زلزله عاید گردید باعد دبزرگی آن تناسب ندارد . مرکززلزله درنزدیکی قسمت تجارتی وپرجمعیت شهرقرارداشت وزلزله درشعاع چند کیلومترخسارات وخرابیهای زیادی به شهروارد کرد .

موقع جغرافیائی کشورنیکاراگوا



بطورکلی تلفات ناشی ازاین زلزله ده هزارنفرذکرشده است ومیزان خسارات وارده حدود یك میلیارد دلار برآورد میگردد . علاوه برخسارات وتلفات ناشی اززلزله وآتش سوزیهای پس ازآن ، مشکلات اجتماعی زیادی متعاقب بروززلزله درشهر ماناگوآپدید آمد که هریك دربهم ریختن ثبات یك کشورمؤثراست ، قسمتی از این مشکلات درگزارش خاصی که تحت عنوان " زلزله ماناگوآومشکلات ناشی ازبروززلزله دریك شهربزرگ " جداگانه توسط نگارنده تهیه شده ذکرگردیده است وپاره ای ازنکات مندرج درآن گزارش استخراج وپیوست این نشریه میباشد .

مرکز، بزرگی ، عمق وشدت زلزله

زلزله درساعت ۶و۲۹ دقیقه و۴۲/۵ ثانیه صبح (بوقت گرینویچ) حادث شده است .

مرکززلزله (Epicenter) بااستفاده ازنمودارهائیکه درپایگاههای دوردست بدست آمده است ۸۶/۱ درجه طول غربی و۱۲/۶ درجه‌عرض شمالی محاسبه شده است ، این نقطه درحدود ۵۰ کیلومتری شمال شرق شهرماناگوآ میباشد وبامنطقه ای که ملاحظات محلی ازنظرمرکززلزله مشخص میسازد تطبیق نمیکند . خرابیهای وارده نشان میدهد که مرکززلزله مستقیماً درشهرماناگوآ قرارگرفته است . حتی درشهرهائی که حدود ۱۵ یا ۲۰ کیلومترازماناگوآفاصله دارد گرچه زلزله باشدت زیادی احساس شده است لکن خرابی ببارنیامده است وبطورکلی شعاع منطقه آسیب دیده اصلی ازچند کیلومترتجاوزنمیکند .

عمق کانون (Focus) برابر۵ کیلومترمحاسبه شده است واین عدد نشان میدهد که علت اصلی خرابیهای زیاد این زلزله نزدیك بودن کانون به سطح زمین بوده است .

بزرگی (Magnitude) زلزله ماناگوآحدود ۶/۲ محاسبه شده است که از نوع زلزله بابزرگی متوسط میباشد .

تخمین عدد مربوط به شدت زلزله (Intensity) درنقاط مختلف منطقه زلزله زده خالی ازاشکال نمیباشد وخرابیهای وارده درپاره ای نقاط شدت زیادی رابیان میکند درحالیکه درهمان نقاط ساختمانهای تقریبا" سالمی موجودند که بااین شدت ویاشدت کمترازآن باید کاملا" ویران میگردیدند . ازمجموع مطالعات تاحدودی میتوان نتیجه گرفت که حداکثرشدت درناحیه محدودی در مرکزشهرماناگوآوباشدت X (مقیاس اصلاحی مرکالی) بوده است .

زلزله های پیش آیند ولرزش های پسین (Fore shocks and after shocks)

حدود دوساعت قبل ازوقوع زلزله اصلی ،زلزله خفیفی بوقوع می پیوندد واین زلزله باعث میشود که تعداد زیادی هراسان ازساختمانها خارج شده ودرفضای بازبسربرند وازحادثه زلزله اصلی جان سالم بدربرند .

پس ازوقوع زلزله اصلی نیزتعداد زیادی لرزش پسین که بزرگی پاره ای ازآنها قابل توجه بوده است بوقوع می پیوندد وپاره ای ازاین لرزش های پسین خود موجب بروزخسارات جدید بساختمانهای آسیب دیده قبلی میگردند . بفاصله کمترازیکساعت ازوقوع زلزله اصلی (درساعت ۷و۱۷ دقیقه و۲/۳۶ ثانیه صبح بوقت گرینویچ) زلزله ای بابزرگی ۵ درعمق ۵ کیلومتری وحدود دو دقیقه پس ازآن (درساعت ۷و۱۹ دقیقه و۹ ٤ ثانیه صبح بوقت گرینویچ) زلزله دیگری بابزرگی ۲/۵ ودرعمق ۵ کیلومتری حادث میشود که هردوزلزله موجب خسارات اضافی گردیدند .

نمودارشتاب نگار

در هنگام وقوع زلزله تعداد سه دستگاه شتاب نگار (Strong Motion accelerograph) ازنوع AR-240 در شهرماناگوآوحوالی آن نصب بود که فقط یکی ازآنهاکه درمحل تصفیه خانه اسو (دره کیلومتری غربی شهر) قرارداشت نمودارهای شتاب زلزله ولرزشهای پسین راثبت کرده است وازدو دستگاه دیگر (که تصادفاً درمرکزشهر ودرمنطقه قرارداشته که زلزله شدیدتربوده است) بعلت عدم کنترل دقیق قبلی وضعف باطری هانموداری بدست نیامده است.

شتاب نگاری که درتصفیه خانه اسوقرارداشت زلزله پیش آیند راثبت نکرده لکن ازضربه اصلی وازتعداد ۲ لرزش پسین نمودارهائی ثبت نموده است که بین لرزشهای پسین زلزله های بابزرگی ۵ وبیش ازآن موجوداست.

نتایج نمودارثبت شده ازشتاب نگار تصفیه خانه اسوبرای زلزله اصلی بشرح زیر میباشد:

مؤلفه افقی درجهت شرقی غربی	۰/۳۹ g
مؤلفه افقی درجهت شمالی جنوبی	۰/۳٤ g
مؤلفه قائم	۰/۳۳ g

بیشترین مقدار دامنه این نمودارازیک ثانیه پس ازشروع حرکت دیده میشود که مدت ۵ ثانیه بادامنه زیادادامه می یابد وپس ازآن برای ۵ ثانیه بعددامنه نمودار کمترولی پریدنوسان زیاداست (حالتی که برای ساختمانهای بلند حتی اگرمقدار شتاب کم باشد مطلوب نمیباشد).

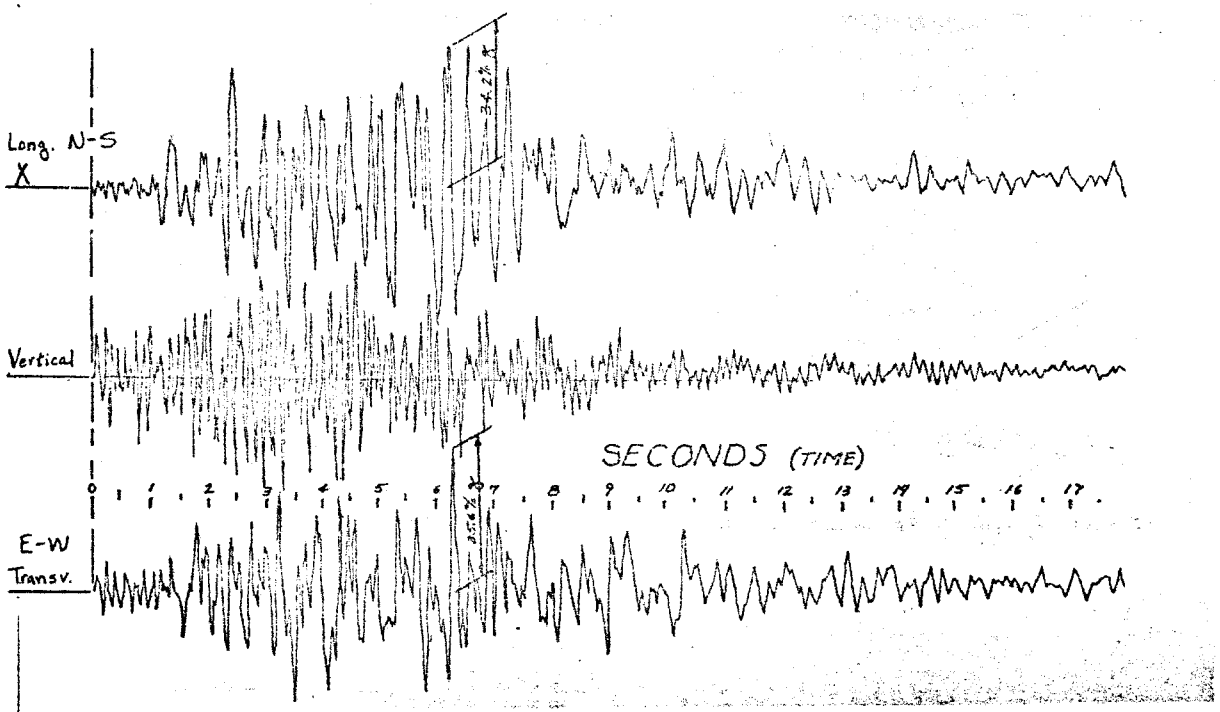
علاوه برسه دستگاه شتاب نگار هنگام بروززلزله تعداد ۱۳ دستگاه سسموسکوپ (Seismoscope) ازنوع Wilmot درمنطقه موجود بوده است که پاره ای ازآنهاآثاری برروی صفحه زیرثبت کرده اند.

دو دستگاه از ۳ دستگاه سسموسکوپ در طبقات بالای ساختمان موقت واقع در طبقه بانک مرکزی نیکاراگوآ (در مرکز شهر و در محلی که زلزله شدید بوده است) قرار داشته است که متأسفانه بعلت پرت شدن صفحه زیر بخار رقمی برای حداکثر شتاب در این نقطه بدست نداده اند (یکی از شتاب نگارها نیز در زمان این ساختمان قرار داشت که نمودار مفیدی بدست نداده است).

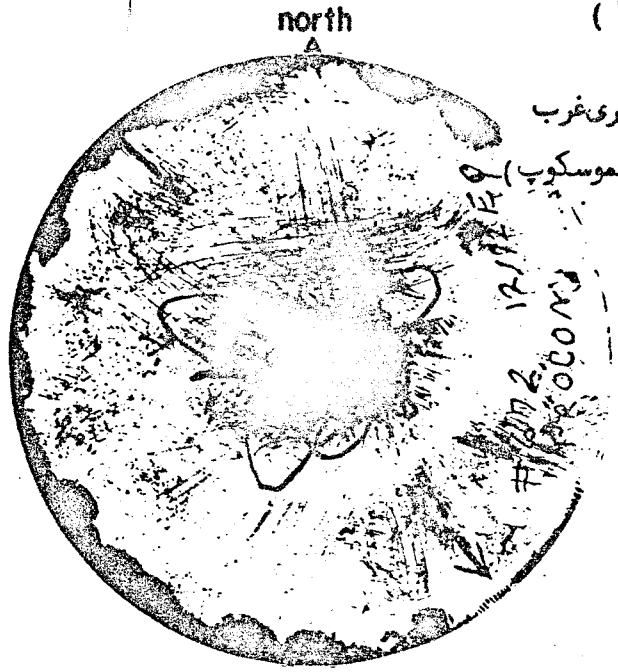
از ۱۱ دستگاه سسموسکوپ که در روی زمین قرار داشته ۹ دستگاه منحنی را رسم کرده اند و میتوانند قرینه ای برای تخمین اینکه شتاب حرکت در کدام قسمت شهر بیشتر بوده است بدست دهند، این چهار دستگاه به ترتیب کیلومتری شرق، ۳ کیلومتری غرب، ۵ کیلومتری غرب و ۲۱ کیلومتری غرب ماناگوآ قرار داشته اند. بقیه دستگاهها یا بعلت خارج شدن منحنی از صفحه زیرو یا پرت شدن صفحه زیر بخار و حتی بعلت اینکه پس از زلزله صفحات را بخوبی از دستگاه خارج ساخته و دوده آنها پاک شده است نتوانسته اند نتیجه ای بدست دهند.

مطالعه حداکثر تغییر مکان در سسموسکوپ ها و خصوصاً مقایسه و مقدار حداکثر در منحنی های بدست آمده از سسموسکوپ اسو (۵ کیلومتری غرب ماناگوآ) و سسموسکوپ واقع در ۱۳ کیلومتری شرق ماناگوآ نشان میدهد که حرکت زمین بتدریج از غرب به شرق شدیدتر بوده است و ممکن است حداکثر شتاب در مرکز شهر و در محلی که بانک مرکزی نیکاراگوآ در آن قرار دارد (و شتاب نگار آن بعلت ضعف باطری و سسموسکوپ ها بعلت خارج شدن صفحه زیر نتیجه ای را بدست نداده اند) باشد.

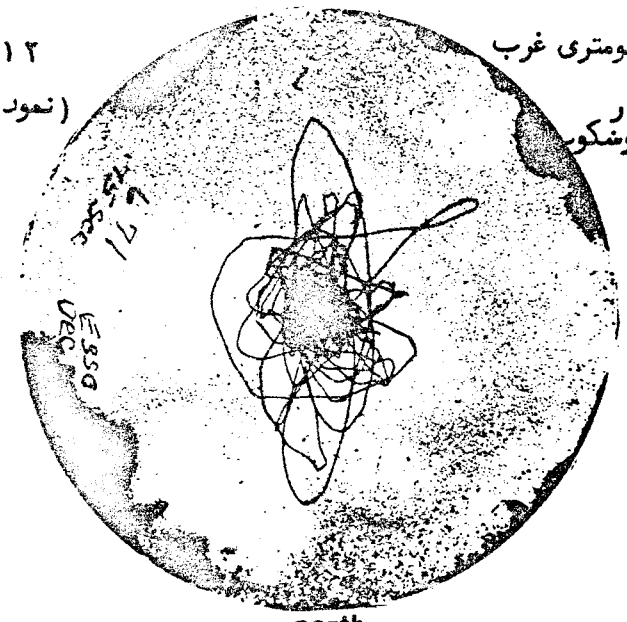
از آنچه ذکر شد میتوان نتیجه گرفت که رقم حداکثر شتاب ۰/۳۹ برابر شتاب ثقل زمین که از شتاب نگار اسو بدست آمده است معرف حداکثر شتاب زلزله ماناگوا نیست و در حوالی بانک مرکزی نیکاراگوآ و قسمت مرکزی شهر شتاب حرکت بیشتر بوده است.



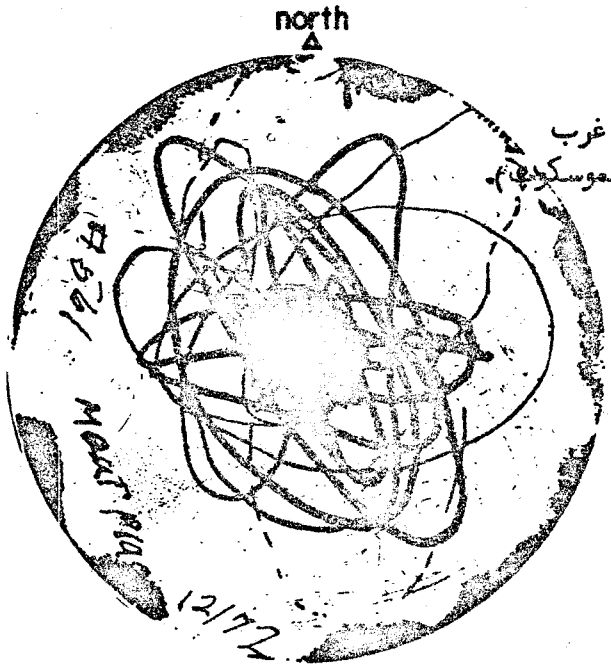
نمودارشتاب‌نگار تصفیه خانه اسو (۵کیلومترغرب ماناگوآ)



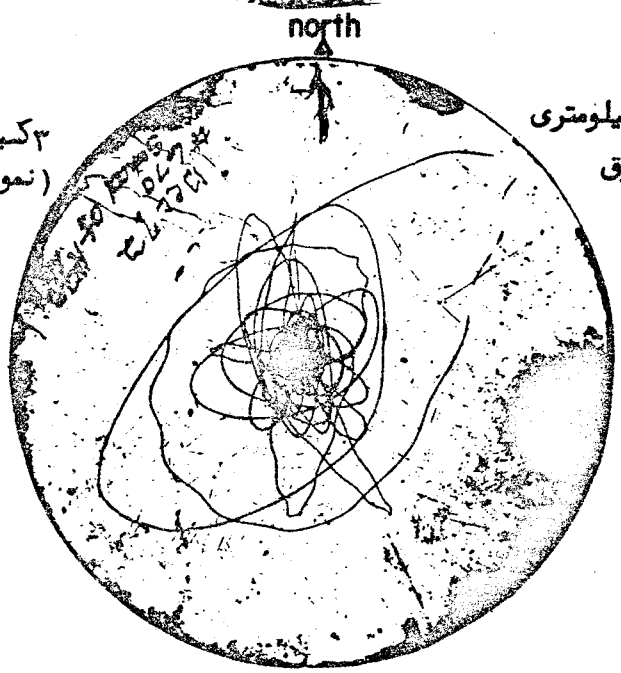
۱۲کیلومتری‌غرب
(نمودارسسموسکوپ)



۵کیلومتری غرب
(نمودار
سسموشکو



۳کیلومتری غرب
(نمودارسسموسکوپ)



۱۳کیلومتری
شرق

شهرماناگوآبا ارتفاع حدود ۴۰ متراز سطح متوسط آب دریاها بـــرروی لایه های ضخیم خاکسترهای آتشفشانی ولاوها ومواد حاصله ازآتشفشان در ساحل جنوبی دریاچه بزرگ وشورآب ماناگوآبناشده است ،این شهرد رقسمت غربی کشورنیکاراگوآاست که ازمناطق فعال اوقیانوس آرام میباشد ،درایـــن منطقه تعدادی گسل (Fault) فعال وجود دارد که درنزدیکی ویادرداخل کشورنیکاراگوآوازجمله شهرماناگوآاست واین گسل هابطورمستقیم یاغیرمستقیـم درزلزله ۲۳ دسامبر ۱۹۷۲ مؤثربوده اند .

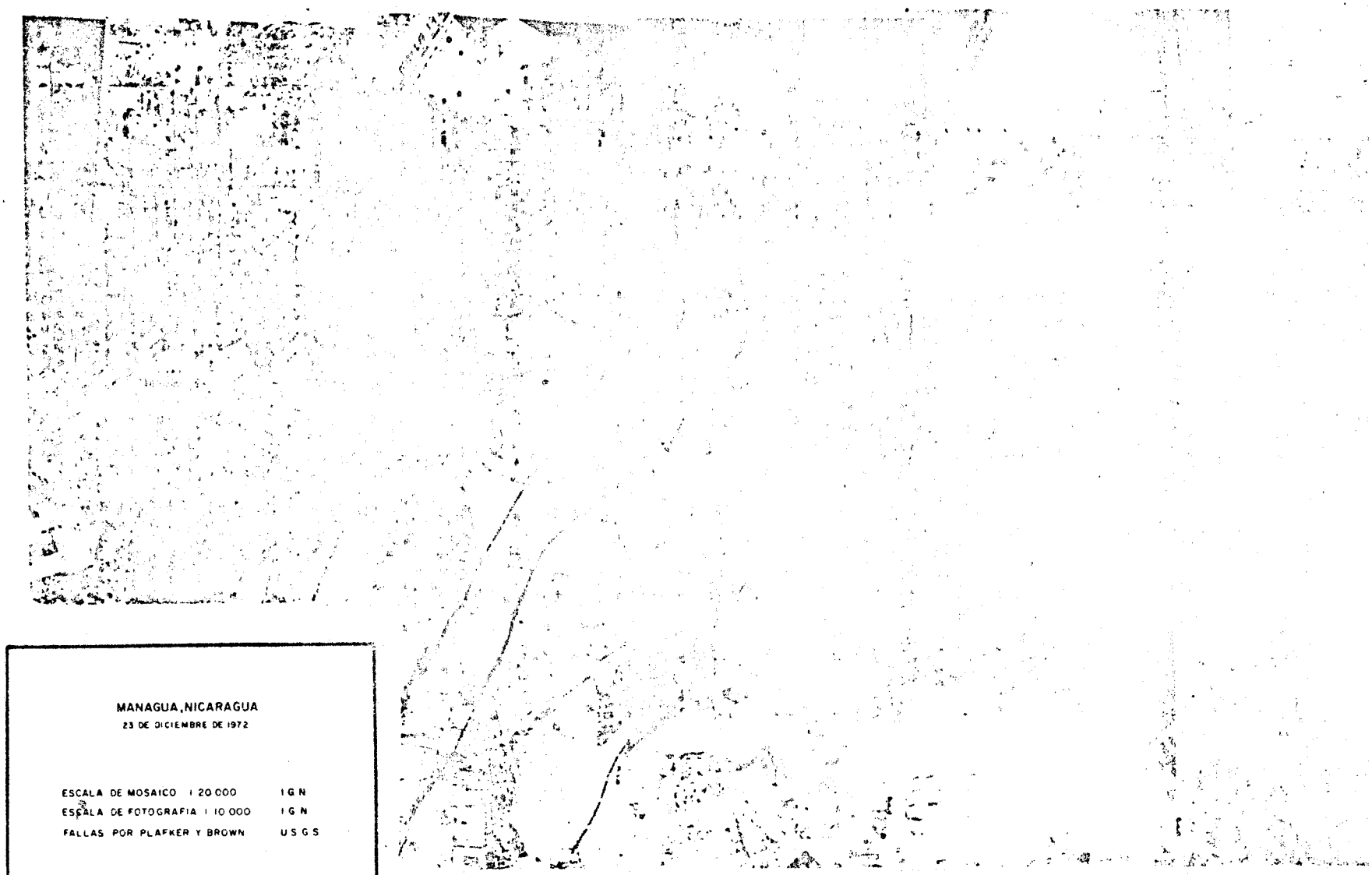
بروززلزله اخیرنیزهمراه باپیدایش تعدادی گسل درشهرماناگوآوحوالی آن بود ،دوگسل اصلی تقریبا" بموازات هم وبفاصله حدود ۴۰۰ متراز داخل شهرود رمحلهائی که تکاثف نسبی جمعیت درآن محلها زیاد بوده است عبـور نموده وعلاوه برآن چندین گسل فرعی تقریبا" بموازات هم پدیدارگردیدکـــه درناحیه جنوب شرقی شهرقراردارد . حداکثرتغییرمکان افقی دراین گسلهـا ۱۵ سانتیمتروحداکثرتغییرمکان قائم ۵ سانتیمترگزارش شده است .

درپاره ای ازنقاط منطقه لغزش هائی (land - slide) دیده شد واین لغزش هانیزبه نوبه خود موجب خساراتی به ساختمانها وبه سطح خیابانهـا گردیده اند .درا طراف دریاچه کوچک tiscapa (که باقیمانده آثـــار آتشفشانی هاست وبصورت گودال بزرگ عمیق درجنوب شهرماناگوآقراردارد) لغزش های زیادی درشیب دیواره دریاچه بوجودآمده است وموجب خراب شدن تعدادی ازساختمانهاکه دراطرافاین دریاچه بناشده گردیده است ،همچنین گزارش داده شده است. که سطح آب این دریاچه همزمان باوقوع زلزله حدود ۹۰ سانتیمترپائین آمده است .

علاوه برگسل ها ولغزش ها در پاره ای نقاط ازجمله در اطراف استادیوم بزرگ شهرنشست های بزرگ (slump) درزمین ایجاد شده است که میتوان این نشست را ناشی ازخراب شدن گالری های زیرزمینی متعلق بدوران پیرسن قدیمی که این منطقه رااشغال کرده است دانست .

تغییرمکان افقی ۱۵ سانتیمتر در جدول حاشیه خیابان

(این عکس ازگزارش Earthqudke Engineering Research Institue,U.S.A گرفته شده است) .



MANAGUA, NICARAGUA

23 DE DICIEMBRE DE 1972

ESCALA DE MOSAICO 1 20 000	I G N
ESCALA DE FOTOGRAFIA 1 10 000	I G N
FALLAS POR PLAFKER Y BROWN	U S G S

زلزله خیزی منطقه

درطول سه قرن گذشته درمنطقه ماناگوآبارها زلزله حادث شده است .در سالهای ۱۶۴۸، ۱۶۵۱، ۱۶۶۳، ۱۸۴۴، ۱۸۸۱، ۱۸۸۵، ۱۹۰۲، ۱۹۰۷، ۱۹۱۸، ۱۹۲۶، وبالاخره درسالهای ۱۹۳۱ و۱۹۶۸ میلادی دراین منطقه زلزله های کم وبیش شدیدی روی داده است وپاره ای ازاین زلزله هاتلفات وخرابی زیاد ببارآورده است وبعضی باپیدایش گسلهائی (Faults) همراه بوده است .

درزلزله ۳۱ مارس ۱۹۳۱ ماناگوآحدود ۱۱۰۰ نفرکشته شدند وبیش از ۱ میلیون دلار خسارت مالی واردآمد (درآن تاریخ جمعیت ماناگوآحدود $\frac{1}{6}$ جمعیت فعلی و قریب ۷۰۰۰۰ نفربود) دراثراین زلزله گسلی درناحیهٔ غربی شهرپدیدارگشت که امتدادآن تقریبا" بموازات گسلهائی است که درزلزله اخیرنمایان شده است.

درچهارم ژانویه سال ۱۹۶۸ درمنطقه ماناگوآزلزله ای بابزرگی ۶/۴ روی داد که گرچه این زلزله ازنظربزرگی درمقایسه بازلزله های مخرب ازنوع زلزله کوچك بود لکن درمنطقه ای بعرض ۲ کیلومتروطول ۰/۱ کیلومترخساراتی بساختمانهای سنتی محلی واردآورد .

بطورکلی قسمت غربی کشورنیکاراگوآدرداخل کمربند زلزله ای وفعل وانفعالات آتشفشانی حاشیه اوقیانوس آرام میباشد وشهرماناگوآدرنزدیکی گروه کوههای آتشفشانی که درامتدادرشته آتشفشانهای آمریکای مرکزی است واقع شده است، تعدادی ازاین کوهها فعال بوده ودرگذشته آتشفشانی هائی داشته اند . آخرین آتشفشانی درسال ۱۹۶۸ درنتیجه فعالیت آتشفشان CERRO NEGRO که درحدود ۷/۰ کیلومتری شمال غربی ماناگوآاست روی داد .

خسارات وارده اززلزله ماناگوآدرمنطقه محدود وفشرده ای متمرکزگردیده است که ازنظرآنکه این منطقه دارای ساختمانهای متنوع میباشد قابل توجه است.

ساختمانهای مسکونی این شهربرای مقابله بازلزله متناسب نیست و عموما" خشت وگلی میباشد ،گرچه پس ازوقوع زلزله شدید سال ۱۹۳۱ درروش ساختمانی سنتی خشت وگلی تغییراتی داده شد وتحت تأثیرکشوراسپانیا نوع جدیدی ازساختمان خشت وگلی که درداخل دیوارهای آن تیرکهای چوبی بکارمیرود بنام "torquezal" متداول گردید لکن این ساختمانها نیزعامل عمده تلفات زلزله اخیربوده اند .

ساختمانهای آجری وساختمانهای ساخته شده بابلوك بتنی نیزدرگوشه وکنارشهردیده میشوند که زلزله بآنهاآسیب واردکرده است وتعدادزیادی کاملا" خراب شده اند .

گذشته ازساختمانهای مسکونی ومتعارف درشهرماناگوآساختمانهای مرتفع بتن آرمه بتعدادزیادی ساخته شده است که تعدادی ازآنهادراثر زلزله بکلی خراب ، تعدادی آسیب دیده وپاره ای بخوبی مقاومت کرده اند . ساختمانهای بتن‌آرمه بادیواربرشی (Shear Wall) توانسته اندتاحدود زیادی قابلیت خودرابرای پایداری دربرابرزلزله نشان دهند .

تعدادمحدودی ساختمان کوچك ویك طبقه بااسکلت فلزی دیده شد که زلزله آسیبی بآنها وارد نساخته است . اصولا" استفاده ازاسکلت فولادی درشهرماناگوآکمتربعمل آمده است وتنهاساختمان مهم بااسکلت فولادی ـ ساختمان IBM است که ۵طبقه میباشد وگذشته ازآن درتعدادمحدودی از

ازکارخانه ها وساختمان بادهانه بزرگ ازاسکلت فولادی استفاده شده است.

سطح آب زیرزمینی درشهرماناگوآحدود ۲۰ مترازسطح زمین میباشد و نوع زمین همانطوریکه قبلاً بیان شد ازلاوها وخاکسترهای آتشفشانی تشکیل یافته است.

پی سازی ساختمانهای مهم عموماً ازنوع شالوده گسترده میباشد وبطور کلی هیچگونه قرینه ای دالّ برخسارت به شالوده ها درمحل ملاحظه نگردیده است.

کشورنیکاراگوآفاقدآئین نامه ساختمانی وآئین نامه ایمنی ساختمانها در برابرزلزله است وطرح ساختمانهای مهم شهرماناگوآاغلب براساس آئین نامه ساختمانی کشورآمریکا (uniform building code) وتوسط مهندسان محاسب غیرمحلی انجام گرفته است وبااین ترتیب تعداد زیادی ساختمان در شهرماناگوآیافت میشود که درطرح آنها نیروی زلزله مد نظربوده است (درطرح این ساختمانهااکثرزون سوم مندرج در(uniform building code) بعنوان زون زلزله خیزی اختیارشده است).

باوجودیکه تعداد زیادی ازساختمانهابرای مقابله دربرابرنیروی زلزله طرح شده اندمع الوصف بپاره ای ازآنهاصدمات زیاد وارد گشته است، درپاره ازمناطق نظیراطراف دریاچه Tiscapa بعلت وضع خاص محلی وپدیدار شدن گسل (Fault) درنزدیکی ساختمان ولغزش زمین (Land slide) درهمان محل ساختمانها خراب گردیده اند.

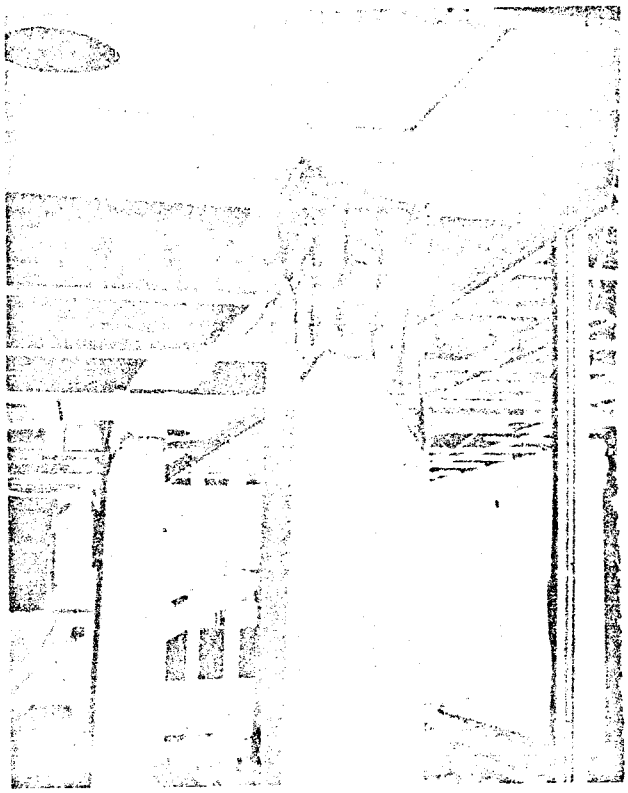
بطورکلی خسارات واردبه ساختمانهای مهم وجدید بیشترناشی ازنقص اجرابوده است ودرساختمانهای بتن آرمه خصوصاً بدبودن جنس بتن عامل عمده ای برای خرابیها میباشد، شن وماسه مصرفی عموماً ازسنگ پا و

درپاره ای ساختمانها جزئیات بد اجرائی موجب خسارات شدیدی بساختمان شده بطور مثال میتوان عبورکانالهای تهویه راازداخل تیربتن آرمه ویاعبورلوله ناودان ازداخل ستون بتن آرمه راذکرکرد. درساختمانهای ماناگوآخسارت وارده به دیوارهای ساخته شده باآجرمجوف اعم ازدیوارهای داخلی ودیوارهای خارجی فوق العاده زیاد است.

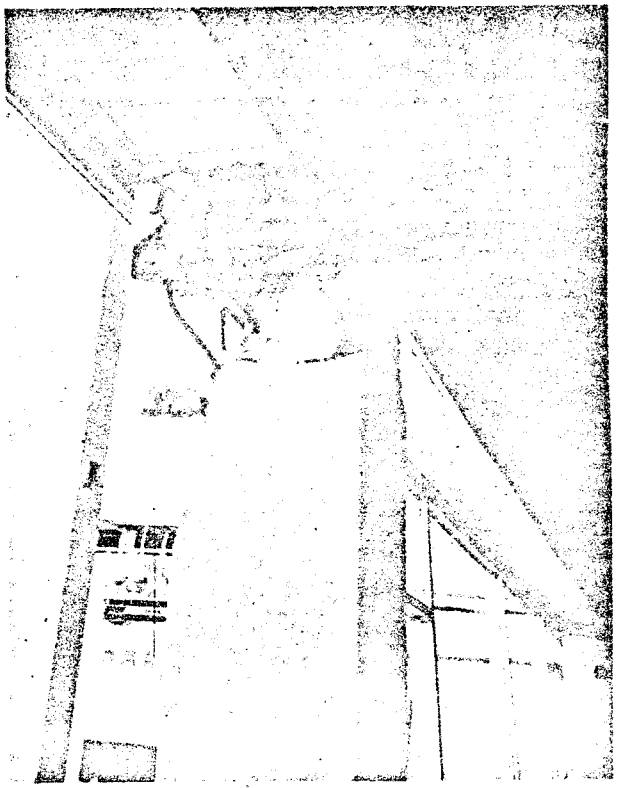
بدی اجرادرپاره ای ازساختمانهای بتن آرمه به نحوی است که گاه درجنب یک ساختمان خشت وگلی که ازخرابی کامل درامان مانده است ساختمان بتن آرمه بزرگی خراب شده است.

دراین نشریه تعدادی ازساختمانهااعم ازآنهاکه دراثرزلزله شدیداً آسیب دیده اند ویاآنهاکه کمترخسارت دیده اند مورد بررسی قرارمیگیرد.

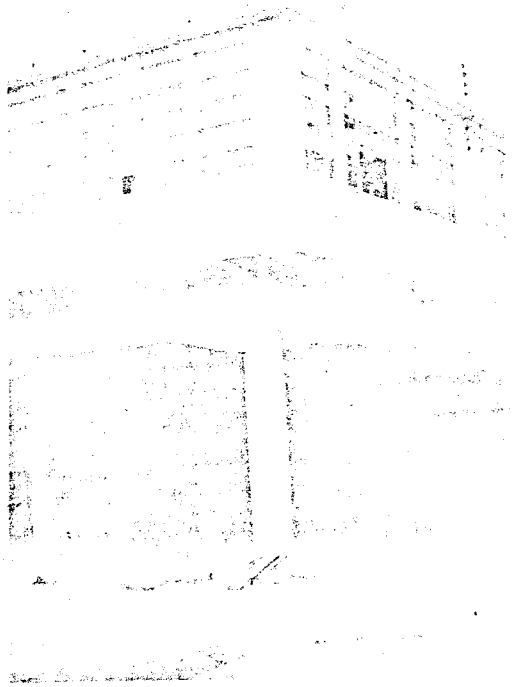
فرتاً درجنب ساختمان ۶طبقه بتن آرمه که کاملاً خراب شده است ساختمانهای خشت وگلی دیده میشود که گرچه شدیداً آسیب دیده لکن ازخرابی کامل محفوظ مانده است



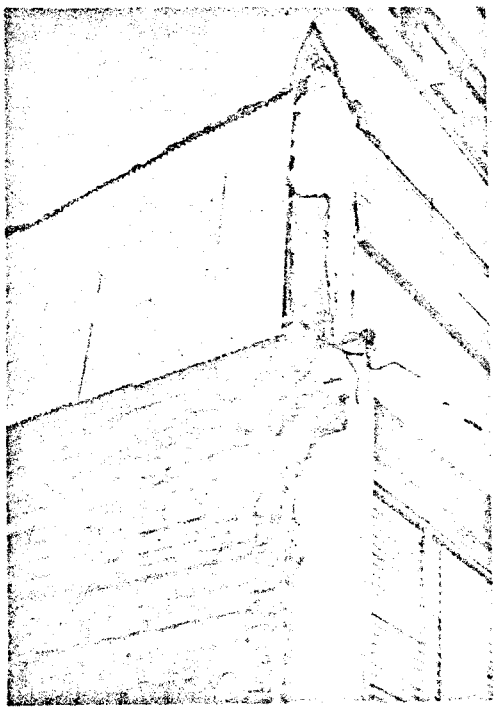
خسارت به ستونهای بتن آرمه در محل تلاقی با تیرها



عبور لوله فاضلاب از داخل ستون بتن آرمه

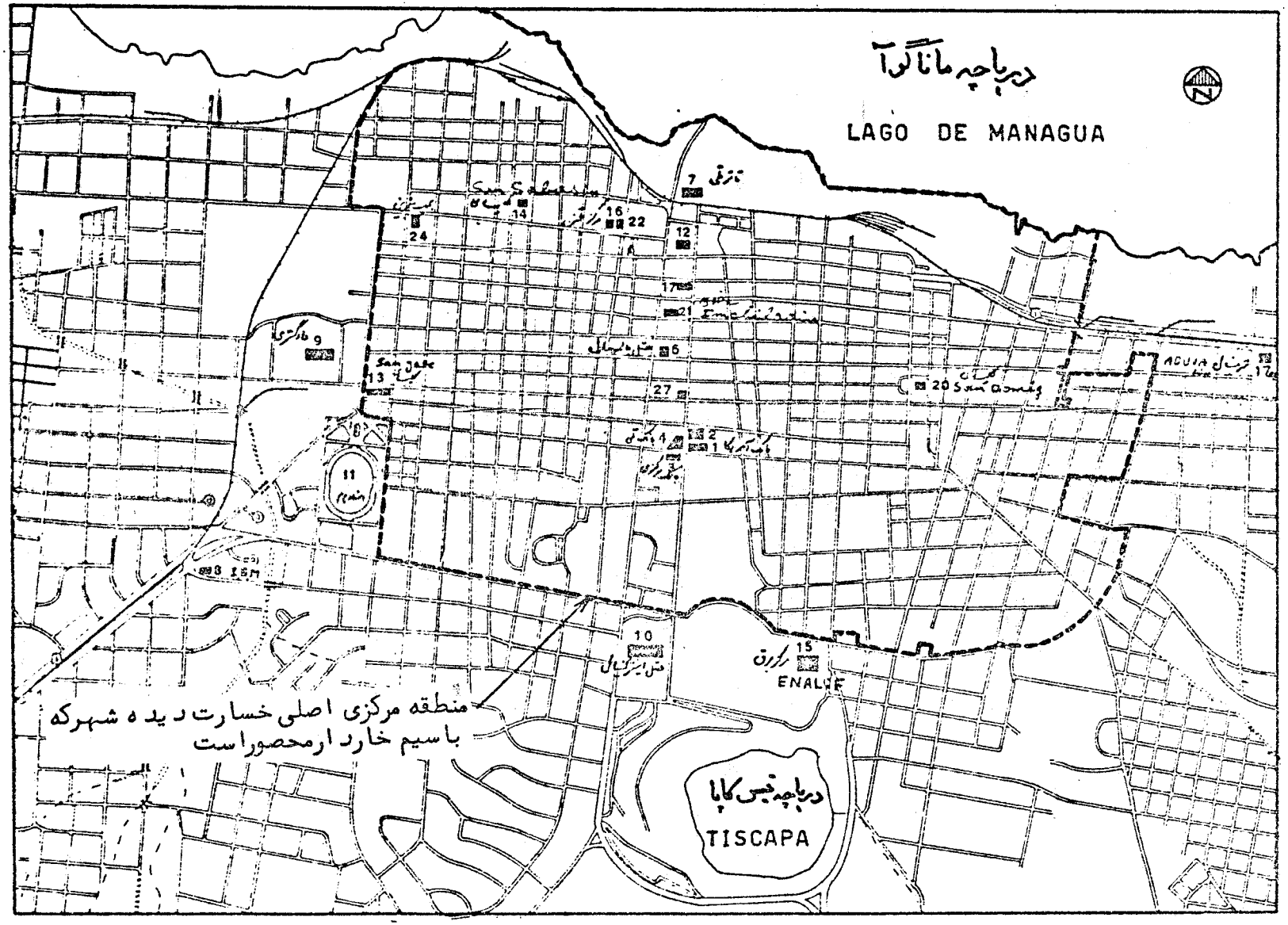


ساختمان دو طبقه بتن آرمه با تیرهائی که دارای ماهیچه است (ترک در ستون در محل تلاقی با تیر ناشی از بدی اجرای کار و عدم پیوند کافی است)



ساختمان فیلیپس

ساختمان بتن آرمه ۶ طبقه که در طبقه سوم ، ستون گوشه ساختمان در بالا و پائین خرد شده و قسمتی از دیوار خارجی نیز خراب شده است و



نقشه شهر ماناگوآ و موقع ساختمانهای مهم

ساختمان بانك آمریکا BANCO DE AMERICA

ساختمان بانك آمریکا (بانك خصوصی است كه با سرمایه مشترك سرمایه داران نیكاراگوا و سرمایه داران كالیفرنیا تأسیس شده) مهمترین ساختمان منطقه زلزله زده وحتی بلندترین ساختمان موجود در كشورهای آمریكای مركزی است ، این ساختمان در شدیدترین نقطه منطقه زلزله زده قرار گرفته وبخوبی از خطر خرابی در امان مانده است ، ساختمان مستقیما" برروی گسل (Fault) نمیباشد ولی یك گسل اصلی در فاصله یكصد متری آن عبور نموده است .

ساختمان بانك آمریكا از بتن آرمه (با دیوارهای برشی Shear Walls) ساخته شده است ، طرح این ساختمان برمبنای آئین نامه كشور آمریكا (uniform Building code) توسط یك مهندس محاسب اهل كشور San Jose انجام گردیده است . ساختمان در ۱۶ طبقه میباشد كه دو طبقه آن زیرزمین و ۱۷ طبقه بالای زمین است . طرح ستونهای اطراف ساختمان بصورت صلیبی است و مقطع آنها در دو امتداد ساختمان دارای ممان دینرسی یكسان میباشد . ساختمان بطور كلی در دو امتداد بصورت سیمتریك بوده و در قسمت وسط دیوارهای برشی برای هسته مركزی تعبیه گردیده است ، بین دو قسمت دیوار برشی در هر امتداد شاه تیرهای بتن آرمه با ارتفاع ۹۰ سانتیمتر قرار داده شده و با این ترتیب چهار دیوار برشی كه در هر امتداد قرار دارد بوسیله چهار شاه تیر قوی بیكدیگر متصل شده است.

بمنظور عبور كانالهای تهویه سوراخهائی بمقطع ۶۰ سانتیمتر در ۳۰ سانتیمتر در وسط شاه تیرهای فوق تعبیه گردیده است و در داخل بتن آهنهای گرد اضافی پیش بینی وبصورت مورب در چهار گوشه هركدام از این سوراخها قرار داده شده است.

ساختمان بانك آمریكا بهترین امتحان را در زلزله ماناگوا داد ولی در اثر وجود

سوراخهای تهویه در داخل شاه تیرخطرعظیمی این ساختمان راتهدید نمود وبطور کلی عمده خسارتی که باین ساختمان وارد شد ناشی ازوجود این سوراخها بود باینمعنی که درکلیهٔ طبقات درست درهمین نقطه شاه تیرهاآسیب دیده اند و اگرزلزله شدید تربود همین نقاط ضعف باعث میگردید که کلیه سقفهای ساختمان فرودآید وساختمان بطورکامل خراب شود وشاید دراین حالت تشخیص اینکه علت اساسی خرابی ساختمان چیست کارآسانی نبود ،این قبیل اشتباهات نشان میدهد که تاچه حد پاره ای نکات ساده وپیش پاافتاده میتوانند درمقاومتیك ساختمان اثر گذارده ساختمان اساسی جالبی رادرآستانه خرابی کامل قراردهد .

بطورکلی دراثرتلاش برشی ناشی ازنیروی زلزله کلیه شاه تیرهای طبقات در محل سوراخ تهویه خسارت دیده وبتن اطراف این سوراخها خرد شده است ، این خسارت درشاه تیرهای خارجی بیش ازشاه تیرهای داخلی وبرای شاه تیرهائیکه درامتداد شرقی غربی قراردارند بیش ازشاه تیرهائیست که درامتداد شمال وجنوب میباشند ،خسارت وارده به شاه تیرها درطبقات فوقانی بیش ازطبقات تحتانی است وحتی درشاه تیرمربوط به بام که فاقد سوراخ تهویه میباشد شکافهای موربی ایجاد شد وتیغه آجری (باآجرمجوف) که درروی این شاه تیرقرارداشت خراب شد . (وقوع حریق دراین قسمت ساختمان این خرابی راتشدید کرده است) باخرد شدن بتن اطراف سوراخهای تهویه تعدادی ازصفحات آکوستیك پوشش سقف درهمین محلها پائین افتاد وخسارت وارد به شاه تیرها مشهود شد .

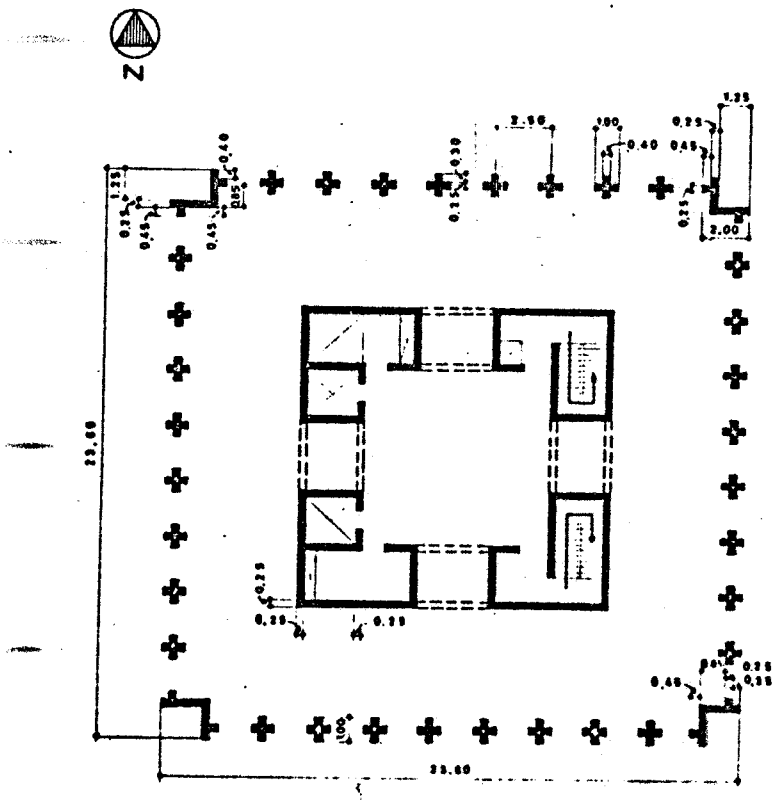
دراثرزلزله کلیه آسانسورهای این ساختمان بعلت خارج شدن وزنه های تعادل ازمحل ریل مربوط خسارت دیدوازحالت بهره برداری خارج شد واین امر نشان میدهد که باوقوع زلزله حتی درحالتی که ساختمان صدمه زیادی هم ندیده

باشد چگونه راه ارتباطی مکانیکی طبقات بالا به محوطه آزاد به سادگی قطع میشود وخصوصا" چگونه در این قبیل موارد ،وقوع حریق متعاقب زلزله جان ساکنین را درمعرض خطرقرارخواهد داد . در این ساختمان هیچگونه آسیبی به پله ها وارد نشد .

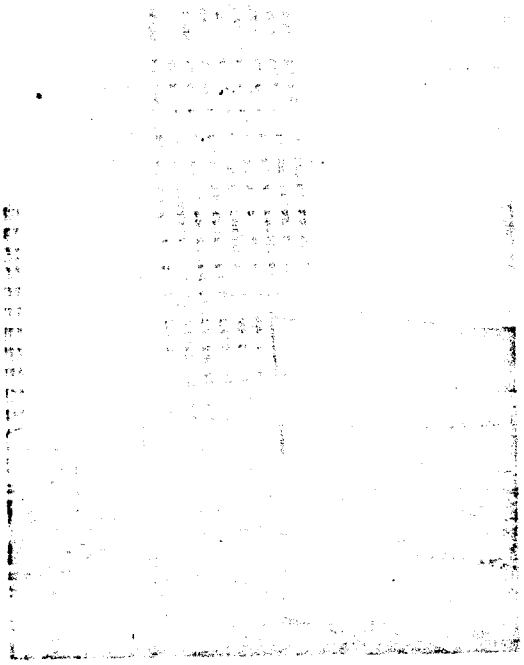
زلزله بدستگاه مولد برق ساختمان که باید برای موارد اضطراری مورد استفاده قرارگیرد خسارتی وارد نکرد واین دستگاه پس اززلزله قابل بهره برداری بود ،این دستگاه بخوبی دربتن کف تثبیت وپیچ شده است .

به دیوارهای برشی این ساختمان صدمه ای وارد نگردید وتنها پاره ای ترکهای خیلی جزئی درپاره ای قسمتها دیده شده است .

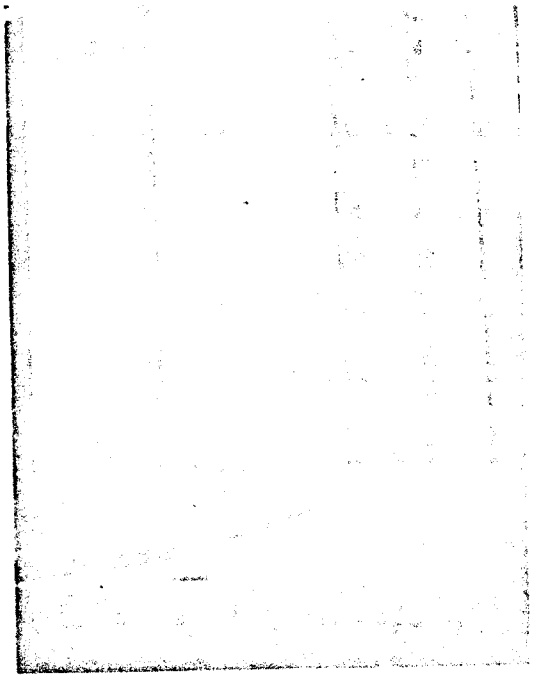
بطورکلی ساختمان بتن آرمه بانک آمریکا درزلزله ماناگوآ امتحان خوبی داد و قابلیت استفاده ازدیوارهای برشی رادرساختمان نشان داد .



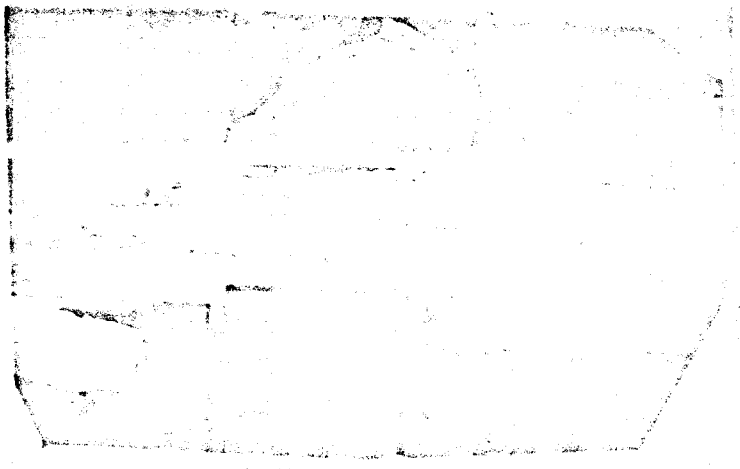
پلان ساختمان ۱۹ طبقه بانک آمریکا



نمای ساختمان بانک آمریکا



ستونهای صلیبی بانک آمریکا



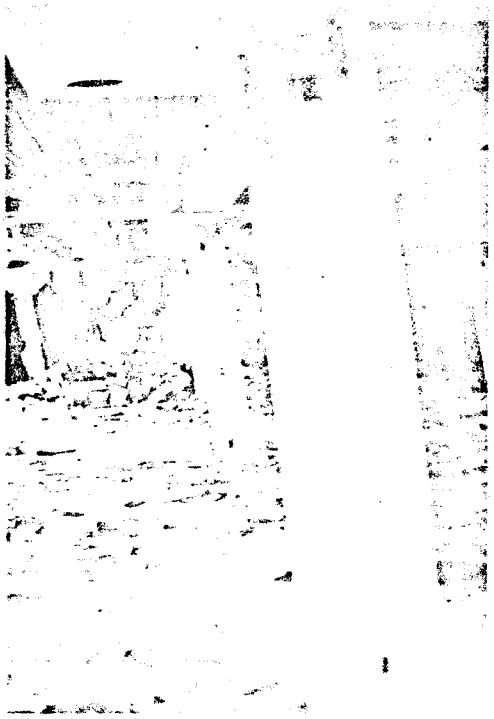
بانک آمریکا ــ خسارت به محل سوراخ تهویه در داخل تیر

ساختمان جنب

ساختمان بتن آرمه سه طبقه ای است که باسیستم قاب ساخته شده است وفاقد دیواربرشی است ،جدارهای طبقه هم کف ساختمان شیشه ای و درخارج ازحد ساختمان قرارگرفته است . کف های ساختمان ازنوع سقف با تیرك های پرفابریکه وآجرمجوف ساخته شده است .

فاصله محورتا محورستونهادراین ساختمان دریك امتداد ۷/۵متروود ر امتداد دیگر ٤مترمیباشد وابعاد ظاهری تیرهابنظرکافی میرسد ،ابعاد مقطع ستونهادرطبقه هم کف . ٤سانتیمتردر. ٤سانتیمتراست .

دراثرزلزله قسمتهائی ازاین ساختمان بکلی خراب شده است وقسمتهائی دیگرشدیدا" آسیب دیده است ،عمده خرابی درستونهاایجاد شده واین آسیب درنقاط بالا وپائین ستونهامیباشد ،ملاحظه محلی درنقاط شکاف خوردگی ستونهانشان میدهدکه فاصله تنگ هادراین دومحل زیاداست .



ساختمان سه طبقه بتن آرمه جنب بانك آمریکـــــا
(این قسمت بکلی خراب شده است)

خرابی در بالا و پائین ستونها

ساختمان بانک مرکزی نیکاراگوآ پس از ساختمان بانک آمریکا مرتفع ترین ساختمان منطقه زلزله زده است ، این ساختمان ۱۶ طبقه بتن آرمه (با زیرزمین) در مقابل ساختمان بانک آمریکا و در شدیدترین نقطه منطقه زلزله زده قرار گرفته است . در زیرزمین این ساختمان یک دستگاه شتاب نگار (Strong Motion accelerograph) و یک دستگاه شتاب نما (seismoscope) و در طبقات بالای ساختمان دو عدد شتاب نما نصب گردیده است لکن از هیچکدام از این دستگاهها نموداری که مفید باشد بدست نیامد ، دستگاه شتاب نگار زیرزمین بعلت ضعف باطری در موقع وقوع زلزله بکار نیافتاده است و صفحه زیر شتاب نماها در طبقات فوقانی بخارج از دستگاه پرت شده و اثر مفیدی برروی صفحه رسم نشده است .

بانک مرکزی نیکاراگوآ از یک ساختمان بلند و یک سالن بزرگ یک طبقه تشکیل یافته است ، تالار بانک که در جنوب ساختمان اصلی ساخته شده و بآن مرتبط بوده است در اثر زلزله بکلی ویران شد ، این ساختمان بصورت دایره ای برروی ستونهای بتن آرمه و یک تیرحلقه بتن آرمه ساخته شده است ، فاصله بین ستونها بوسیله دیوارهای آجری با آجر مجوف پر شده و پوشش سقف با خرپای بادهانه بزرگ انجام شده ، در نتیجه زلزله تمام سقف فرود آمد و همچنین تیروستونهای بتن آرمه خراب شده است .

پلان ساختمان اصلی بانک مرکزی نیکاراگوآ بصورت یک مربع مستطیل کشیده بطول ۴۸ متر و عرض ۱۵ متر است ، در امتداد طولی ۳۲ ستون که فاصله محور تا محور آنها ۱۵/۰ متر است قرار گرفته و ساختمان با سیستم قاب در جهت عرضی ساخته

شده است تیرهای این قاب به چهارقسمت مساوی تقسیم گردیده ودر دو قسمت ابتدا وانتهاعرض تیرهابیك باره پهن ترمیباشد ازطبقه چهارم به بالا تعداد ستونهای ساختمان اضافه شده وستونهای داخلی برروی تیرهای طبقه چهارم قرارداده شده است .

درضلع شرقی ساختمان (درامتدادعرضی) تعداد ۱۰ستون قراردارد که فاصله محورتا محورآنها ۱/۵۰ متراست وبین این ستونهاپنجره قرارگرفته ودرضلع غربی تمام فاصله بین دوگوشه ساختمان بادیوارآجری درکلیه طبقات پرشده است..

بطوریکه درپلان ساختمان دیده میشود دریك طرف ساختمان دیوارهای برشی (Shear Walls) بطورغیرقرینه وباتوزیع غیرمناسبی دراطراف آسانسورها و قفسه پله ساخته شده است ،توزیع این دیوارهاطوریست که بایك نظرمعلوم میشود که خروج ازمحورشدیدی خصوصا" درامتدادعرضی درطرح این ساختمان موجود است .

ساختمان بانك مرکزی نیکاراگوآباضریب زلزله نسبته " بزرگ (۱۲ درصد شتاب ثقل زمین) طرح ودرسال ۱۹۶۲ ساخته شده است ،محاسبات بتن آرمه این ساختمان برطبق آئین نامه سال ۱۹۵۶ بتن آرمه کشورآمریکا (A C I) انجام گرفته ودرمحاسبات چنین فرض شده است که تمام بارجانبی بوسیله قاب هاجذب شود .

زلزله ۲۳ دسامبر ۱۹۷۲ باین ساختمان خساراتی واردکرد وعلاوه برآنکه تالار بزرگ جنب ساختمان مرتفع بکلی ویران شد این ساختمان نیزصدمه هائی دید لکن ازخرابی کامل درامان ماند .

وجود دیوارهای برشی غیرمتناسب باعث گردید که اثرناشی ازپیچش (Torsion) دراین ساختمان خساراتی وارد سازد ،درنزدیکی دیوارهای برشی اطراف آسانسورهاوقفسه پله ترکهائی دردال بتن آرمه کفهاایجادگردید که عرض آنهاگاه

تا ۵ / ۱ سانتیمتر میرسید ، این شکافها در کلیه طبقات ساختمان ودر سست در همین منطقه ایجاد شد . باتوجه باینکه دیوارهای برشی دارای رزدیدته زیادی میباشند واین دیوارها بطورغیرمتقارن درپلان ساختمان توزیع شده اند مرکزرزدیدته عناصرمختلف ساختمان بامرکزاثرنیروی جانبی فاصله زیادی داشته است وبروزاین شکافها در اطراف دیوارهای برشی حکایت ازوجود پیچش (torsion) شدیدی در ساختمان میکند خصوصا" اینکه خارج ازمحوربودن نیروی جانبی درجهت عرضی ساختمان که شرقی غربی است بیشتراست وباتوجه به پرت شدن صفحات زیر خانه سسموسکوپ ها بطرف شرق وتوضیحاتی که قبلا" درمورد نمودارشتاب نگار تصفیه اسوداده شد شتاب حرکت درجهت شرقی غربی بیشتربوده است .

درهیچیك ازستونهای ساختمان خرابی شدیدی دراثرزلزله ببارنیامد و تنهادرتعدادی ازآنها خراشها وریختگی هائی دربتن ملاحظه شد .

بطورکلی درتیرهای ساختمان نیزخسارتی ملاحظه نگردیده است وتنهادر یك مورد درطبقه هشتم ساختمان درمحل تلاقی تیرباستون گوشه جنوب شرقی شکافی دراین محل درقسمت زیرین تیربروزکرده است .

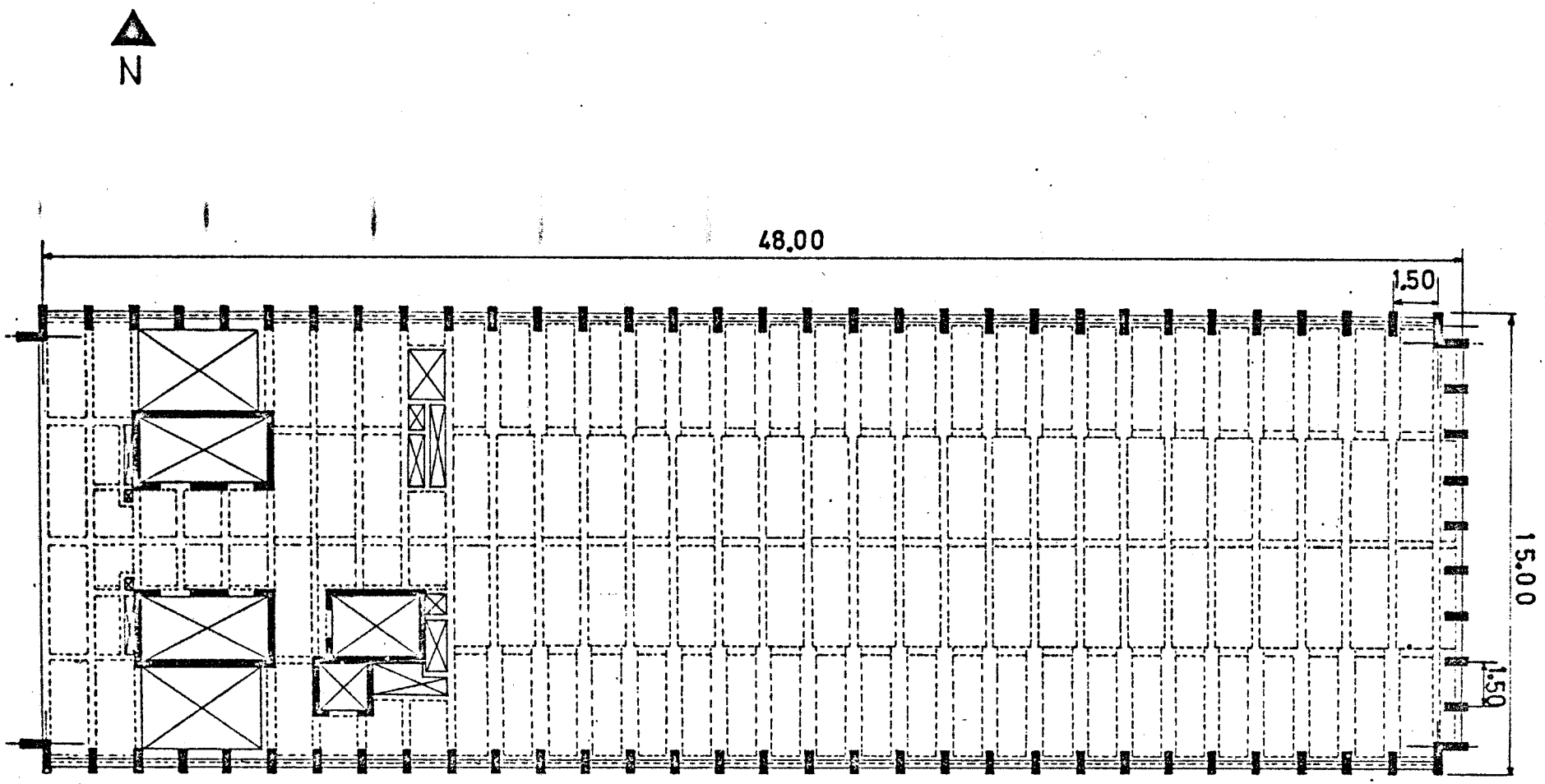
فاصله بین کف طبقات وزیرپنجره هادرکلیه طبقات بادیوارآجری (ساخته شده باآجرمجوف) پرشده است ودراثرزلزله اغلب این دیوارها خراب گردیدند . درضلع غربی ساختمان نیزکه فاصله بین دوستون درگوشه ساختمان بادیوارآجری ازنوع آجرمجوف پرشده است این دیوارها خسارت دیده اند ودرکلیه طبقات در محل کف ها شکاف خورده اند .

علاوه برخسارات فوق به اطاقك روی بام این ساختمان شدیدا" صدمه وارد آمد ودیوارهای آن خرد گردید . دراین اطاقك منبع آب روی ساختمان درجای

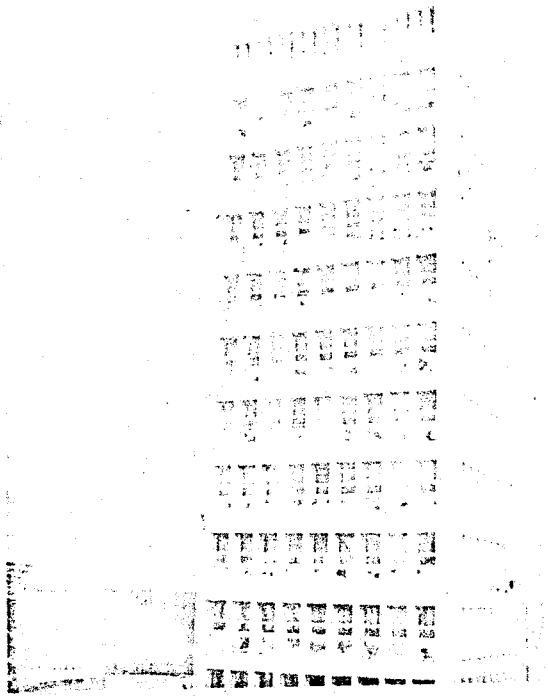
خود لغزش شدیدی پیدا کرده وحتی لوله متصل به منبع شکسته است ، همچنین موتورژنراتورد ستگاه آسانسورلغزش داشته است . بآسانسورهای ساختمان نیز خساراتی واردآمده است .

بطورکلی خسارت وارد به ساختمان بانك مرکزی نیکاراگوآ (ساختمان حساب شده باقاب های بتن آرمه) خصوصاً درمقایسه باساختمان مقابل آن (ساختمان بانك آمریکا ــ ساختمان بتن آرمه بادیواربرشی) خیلی زیاد بود وبرتـــری طـــرح ساختمان بانك آمریکارابخوبی روشن میسازد .

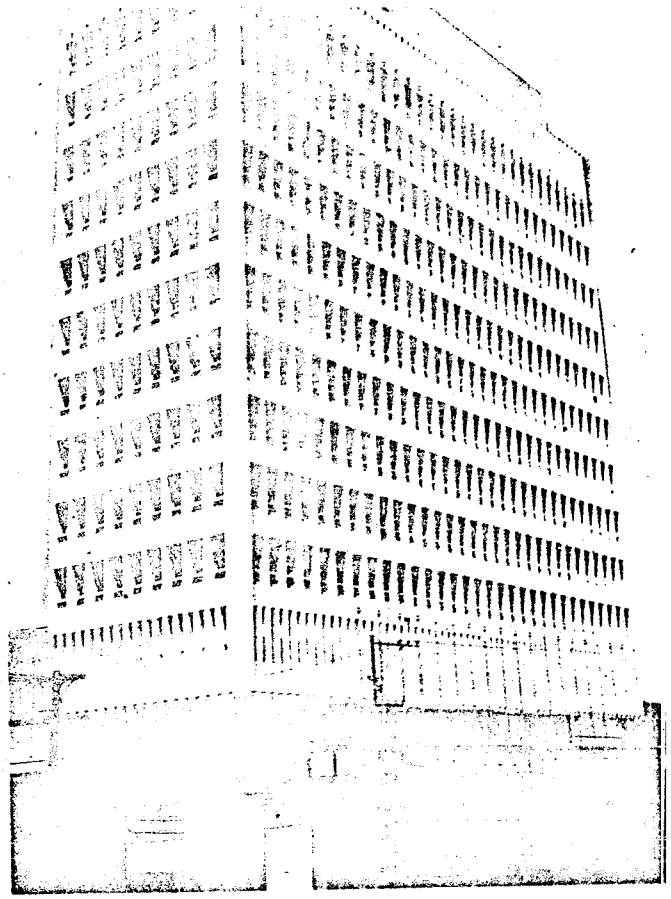
نکته قابل توجه درنحوهٔ عمل ساختمان مرتفع بانك مرکزی نیکاراگوآ اثری است که بعلت قابل توجه بودن دامنه نوسان این ساختمان به تیرهای بتن آرمه پشت بند ساختمان واردآمده است ، درارتفاع حدود ۱۰ مترازکف زیرزمین ایـــن ساختمان دوتیربتن آرمه بابعاد ۰٫۳ سانتیمتردر ۰٫۳ سانتیمترازستونهای خـارجی طرف غرب ساختمان خارج شده واین تیرهاازبالای سطح شیب دار (که محـل عبوراتومبیلهاست) عبورکرده وبه شالوده دیوارمقابل بسته شده است ، گرچـــه هدف ازقراردادن این تیرها معلوم نشد ولی خرد شدن هردوآنهادرمحل تلاقی باستونها معرف حرکت قابل توجه ساختمان میباشد . آرماتورهای موجوددراین تیر۴عدد آهن گردآج دار بقطر ۱٫۶ میلیمتربوده ودرفاصله ۵ سانتیمترکه تیرخـــرد شده است اثری ازرکابی درآن دیده نشد .



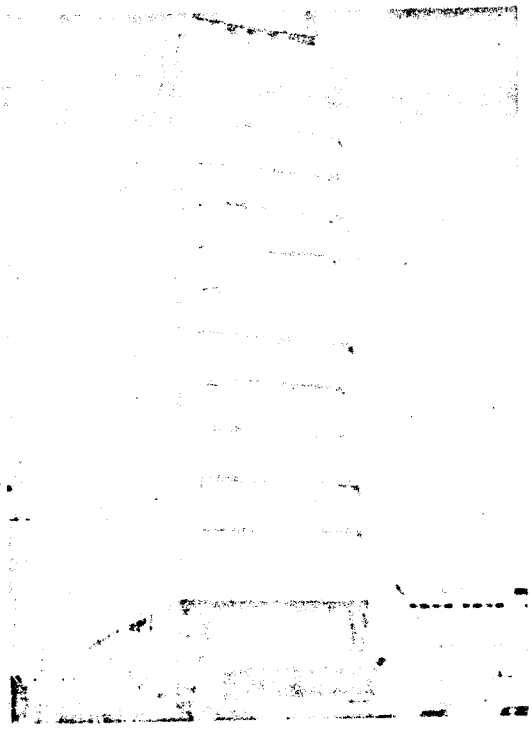
پلان طبقات زیرین ساختمان بانک مرکزی نیکاراگوآ (تا طبقه چهارم)



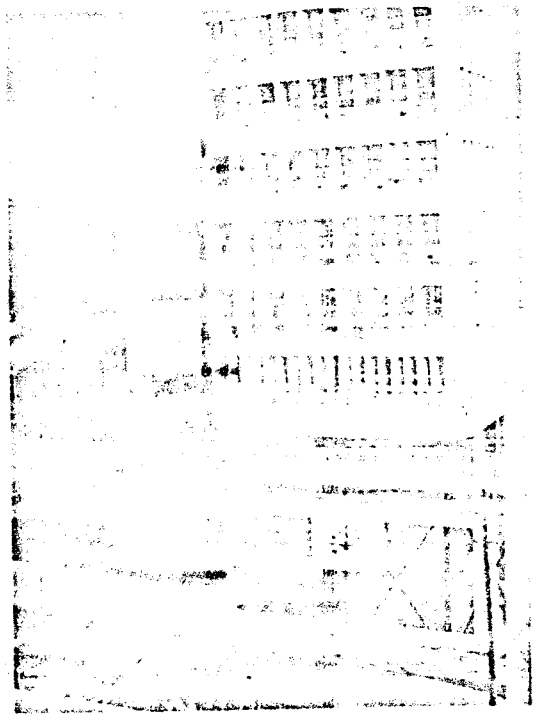
خرابی در دیوارهای مجوف زیرپنجره ها
در بانک مرکزی نیکاراگوآ



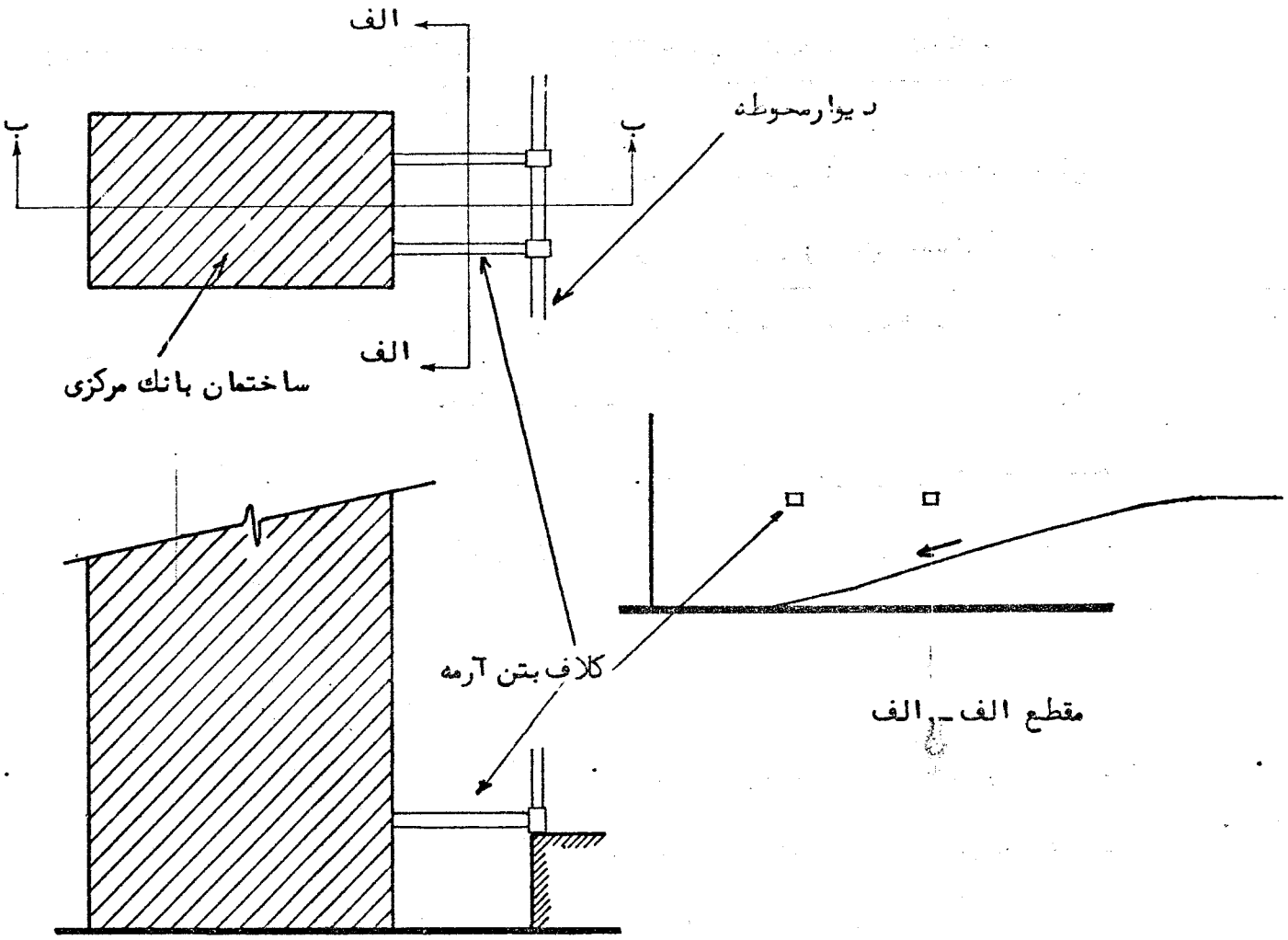
بانک مرکزی نیکاراگوآقبل اززلزله

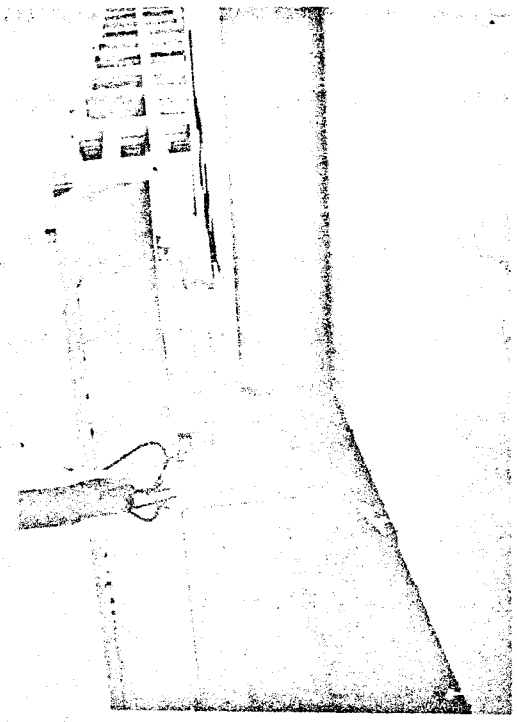


خسارت به دیوارهای خارجی درنمای غربی



خسارت به دیوارهای زیرپنجره ها
(در این عکس سالن بزرگ بانک که سقف آن
بکلی فرود آمده است دیده میشود)





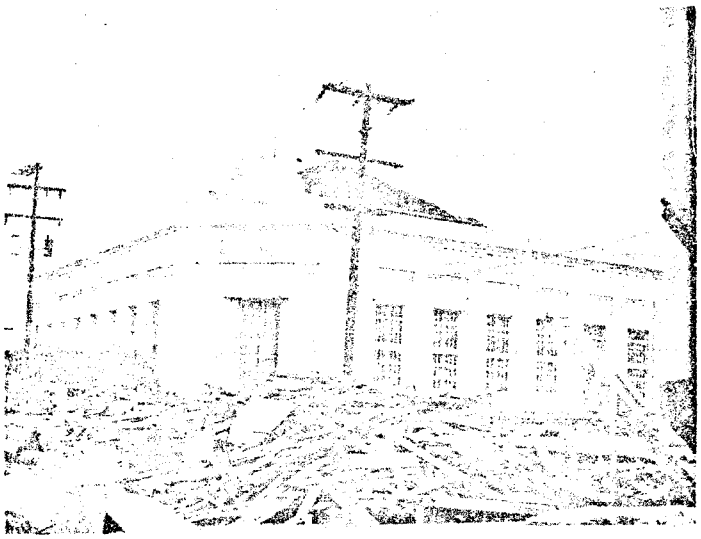
بانك مرکزی نیکاراگوآ (اتصال ستونهای ساختمان
اصلی به دیوارمحوطه با کلاف بتن آرمـــــــه)

ساختمان یك طبقه بانك ملی درنزدیکی ساختمان بانك آمریکا وبانك مرکزی نیکاراگوا قرارگرفته است ،این ساختمان درسال ۱۹۳۸ (یعنی چند سال پس از زلزله شدید سال ۱۹۳۱ (ماناگوا) بناشده درسال ۱۹۷۰ نیزیك ساختمان دو طبقه دیگربه این بانك اضافه شده است .

ساختمان اصلی یك طبقه بانك ملی باستونهای قطوربتن آرمه و سقف بلند گنبدی بتن آرمه ساخته شده ودرفاصله ستونها دیوارهای بتن آرمه قرارگرفته است وبطورکلی طرح ساختمان ازنظرمقاومت دربرابرزلزله خوب میباشد . اجرای این ساختمان بخوبی صورت گرفته است ونوع بتن مصرفی ازنظرمقاومت با نوع بتن سایر ساختمانها قابل مقایسه نیست . هنگام بازدید نگارنده ازاین ساختمان ملاحظه شد که مشغول نمونه برداری ازبتن ستونها میباشند ونوع نمونه ها نشان میداد که بتن این ستونها بمراتب بهتر ازبتن ساختمانهای جدید است .

این ساختمان دربرابرزلزله بخوبی مقاومت کرده است وخسارت وارده برآن از پاره ای ازترك های جزئی دردیوارها وریخته شدن سفال های روی بام آن تجاوز نمیکند .

ساختمان دوطبقه جدید ازقابهای بتن آرمه ودیوارهای باآجرمجوف ساخته شده است وگرچه زلزله موجب خراب شدن این ساختمان نگردیده لکن خسارت زیادی به ساختمان وخصوصاً به دیوارهای بین ستونها وارد کرده است .



قسمت قدیمی ساختمان بانک ملی نیکاراگوآ، سقف بتن آرمه گنبدی
(خسارت وارده باین ساختمان ازپارهٔ ترکهای جزئی در دیوارها و
ریخته شدن سفال های روی سقف گنبدی تجاوزنمیکند)

ازده ومیلیون نفرجمعیت نیکاراگوآتعداد یکصد وچهل هزارنفرکارکنان دولت دراین سازمان بیمه هستند وباین جهت این سازمان ساختمانهای متعددی درمناطق مختلف کشوربناکرده است . درشهرماناگوآنیزتعدادی ساختمان متعلق باین سازمان وجود داردکه عموما" خراب شده ویاشدیدا" خسارت دیده اند ولی پاره ای ازاین ساختمانها خسارت کمتری دیده است .

ساختمان مرکزبیمه های اجتماعی ازساختمانهای مهمی است که درمنطقه ای از ماناگوآکه زلزله درآن منطقه شدید بوده است قرارگرفته وباوجودیکه زلزله خساراتی باین ساختمان واردکرده است ازخرابی کامل محفوظ مانده است .

این ساختمان خیلی لوکس ودرده طبقه (بازیرزمین) ازبتن آرمه باسیستم قاب ساخته شده است ودیوارهای خارجی ساختمان شیشه ای ودیوارهای جداکننده داخلی اغلب ازتخته میباشد .

فاصله ستونهای ساختمان دریك امتداد ۷مترودرامتداد دیگره ۷/متومیباشد و رویهمرفته ساختمان خیلی انعطاف پذیر (flexible) است طبقه زیرزمین وطبقه هم کف ساختمان درسطح وسیع تری قرارگرفته وبعدازآن ساختمان درسطح کمتری ساخته شده است ودرحقیقت نمای ساختمان بشکل یك T وارونه میباشد . ساختمان درروی بام دارای اطاقی بوده که قسمتهای مکانیکی مربوط بآسانسورهادرآن قرار داشته است .

کف های این ساختمان بااستفاده ازبلوکهای توخالی بتنی شطرنجی ازبتن آرمه ساخته شده وتشکیل کف های رزدیدی رادادهاست .

صرفنظرازترکهای ریزی که درمحل اتصال تیروستون‌ودرارتفاع یك متری کف دریکی ازستونهای طبقه دهم ملاحظه شداصولا" زلزله خسارت عمده ای به اسکلت این ساختمان وارد نکرده است ولی تیغه های آجری ساختمان (خصوصا" درطبقات بالا) خسارت زیادی دیده اند ،همچنین تعداد زیادی ازشیشه های ساختمان شکسته است .

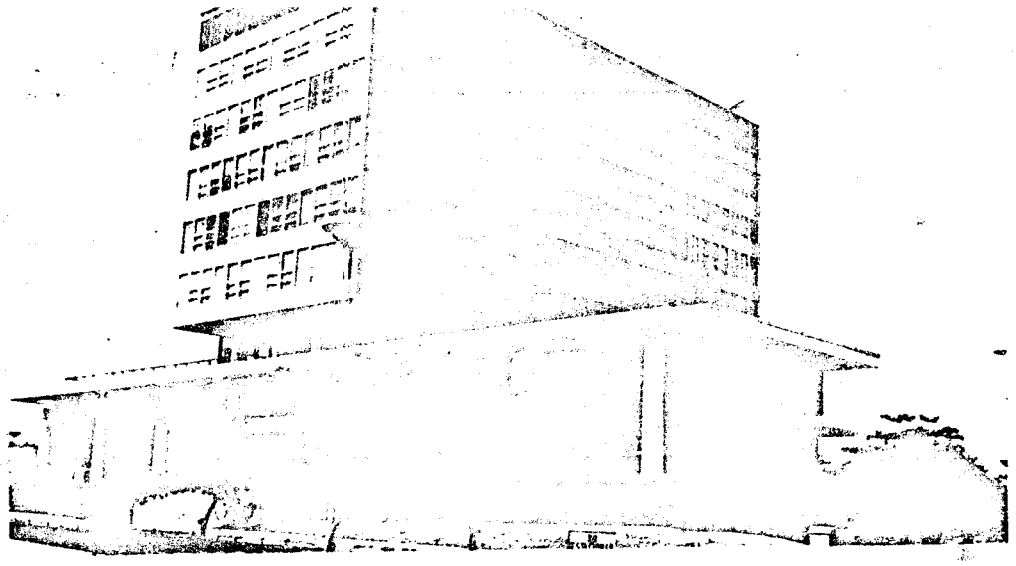
بزرگترین صدمه ای که باین ساختمان وارد شده است خراب شدن اطاق روی‌بام است که محل قرارگرفتن تجهیزات مربوط بآسانسوروتعدادی تابلوبرق بوده وتمام این تجهیزات درزیردال بتن آرمه سنگین سقف باقی مانده است .

سقف این اطاق برروی چهارعدد ستون که دریك امتداد بفاصله۷مترودرامتداد دیگربفاصله ۷/۵مترازهم قراردارندازدال بتن آرمه سنگینی ساخته شده است . این دال همچنین درچهارطرف بصورت طره ازستونها خارج شده ودهانه طره هادر یك امتداد ۲مترودرامتداد دیگر۱متراست .

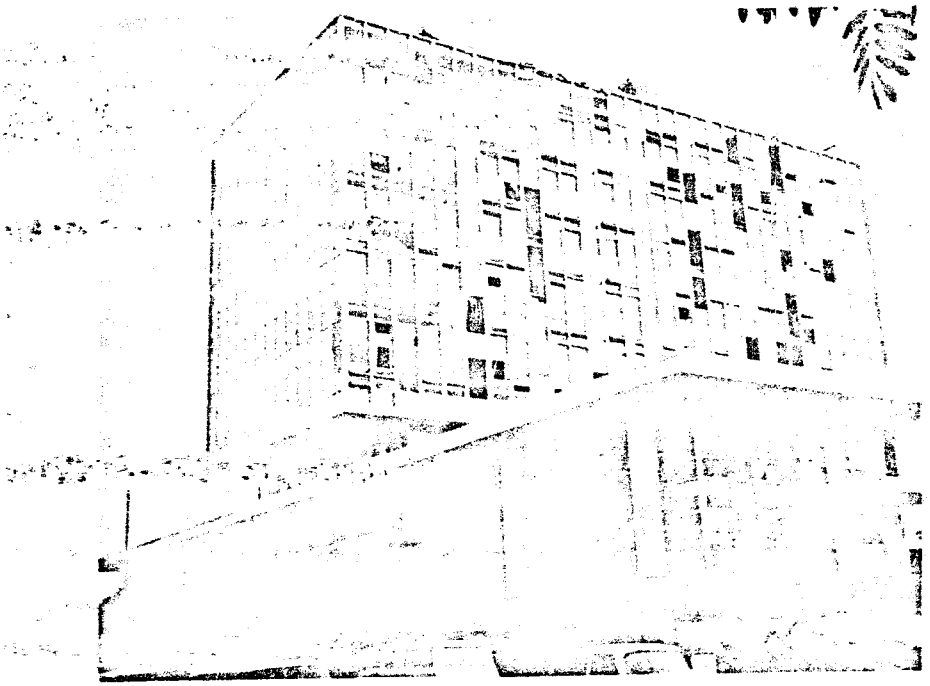
ابعاد مقطع ستونها ۴۰سانتیمتردر ۴۰سانتیمتراست وهرکدام دارای ۴ عدد آرماتورآج داربقطر ۳۰میلیمترمیباشند ،فاصله رکابیهای ستونهاازهم حدود ۱۰ سانتیمتربوده وبتعداد کافی وزیادرکابی درستونهاقرارداده شده است لکن بُعد هسته داخلی ستون‌از ۲۰سانتیمترتجاوزنمیکند ودرنتیجه مقاومت ستونها برای جذب فرم خمش چندان زیاد نمیباشد .

همانطوریکه گفته شدعلاوه براین ساختمان سازمان بیمه های اجتماعی دارای ساختمانها ومراکزدرمانی دیگری درشهرماناگواکه بآنهاآسیب فراوان رسیده است ازجمله ساختمان ۶طبقه بتن آرمه است که بطورکامل خراب شده ودراثرزلزله کفها روی هم چیده شده است ،ملاحظه محلی نشان میدهدکه نوع بتن این ساختمان فوق العاده ضعیف است .

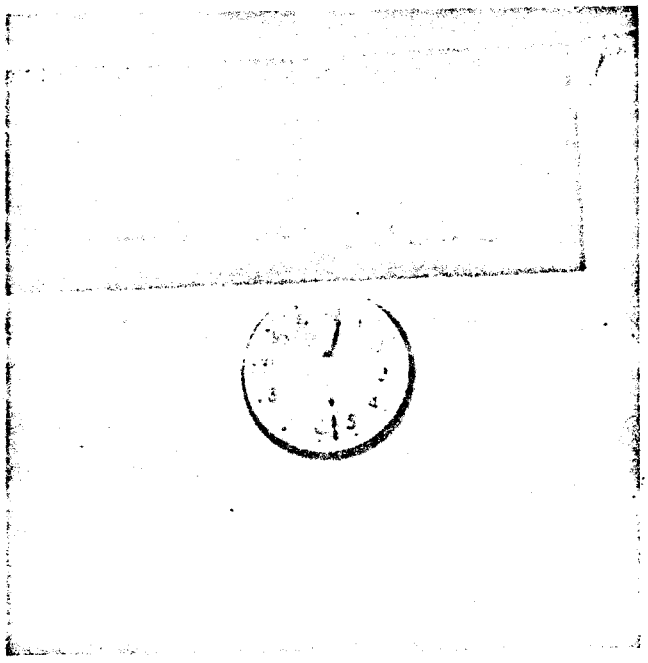
ساختمان مرکزبیمه های
اجتماعی (قبل ززلزله)

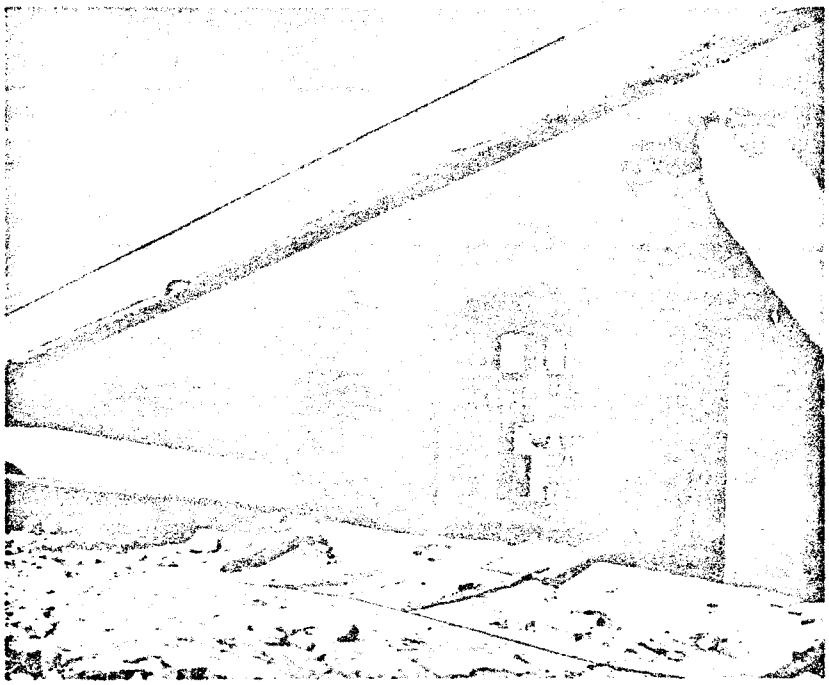


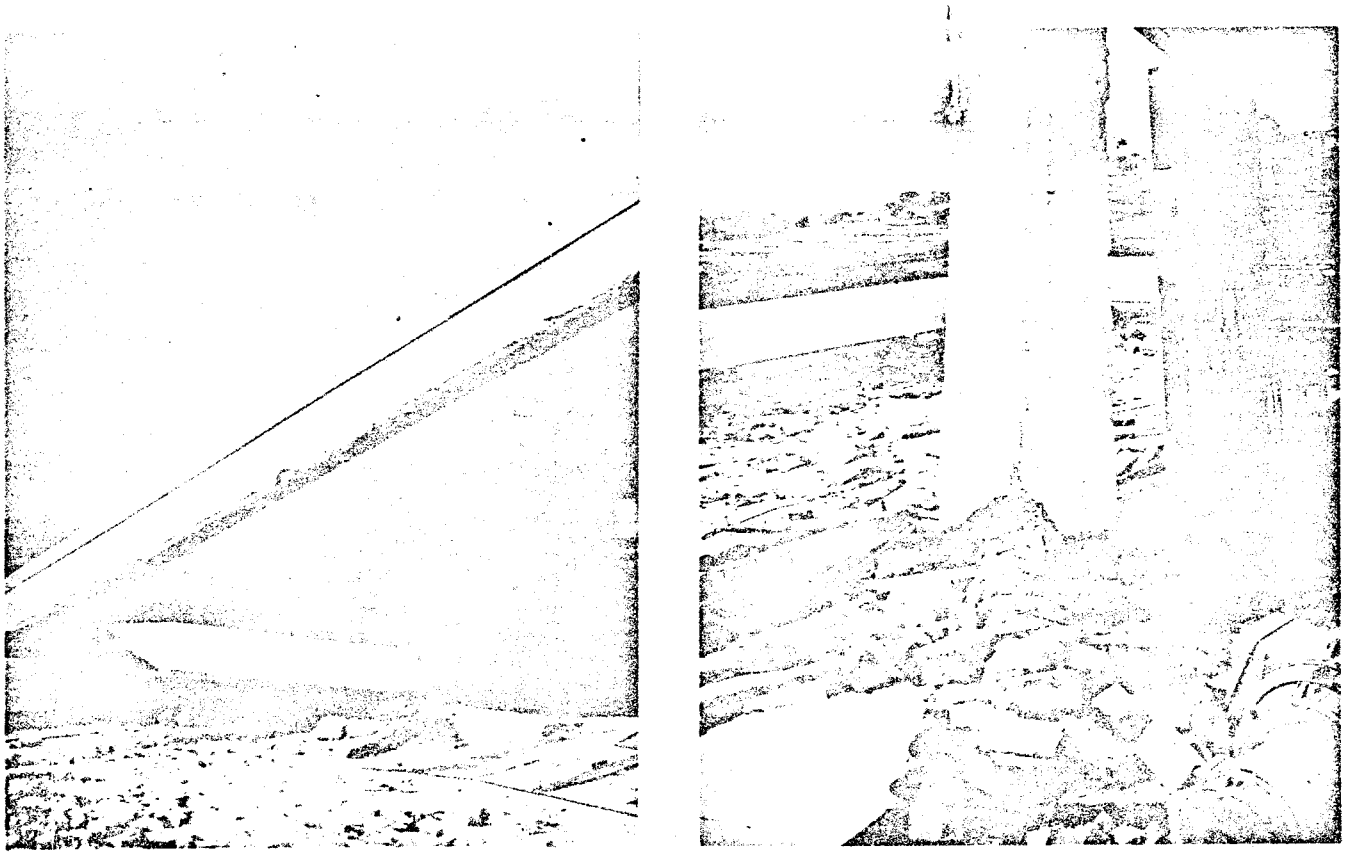
ساختمان مرکزبیمه های اجتماعی
بعد اززلزلـــه
(دراین عکس خراب شدن اطاق
روی بام وخرد شدن جـــدار
شیشه ای ساختمان ملاحظه میشود)



ساختمان مرکزبیمه های اجتماعی
خسارت به دیوارهای داخلی
(دراین عکس ساعت دیواری این
ساختمان که دراثرزلزله ازکارافتاده
وساعت حدوث زلزله را نشان
دیده میشود)





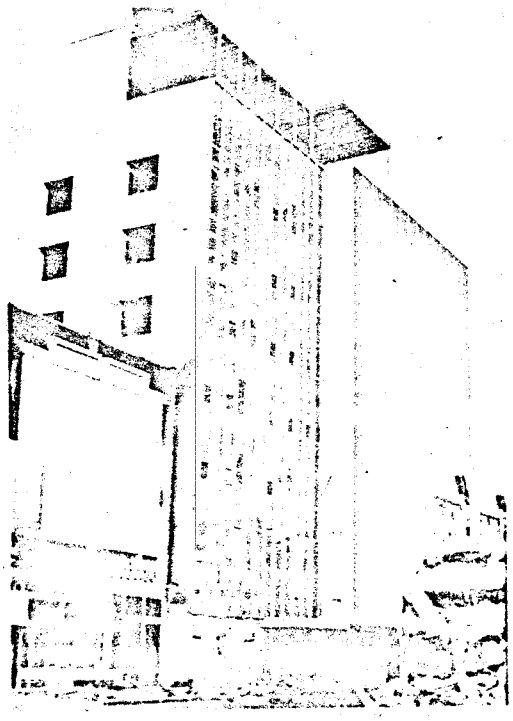


ساختمان مرکزبیمه های اجتماعی
(خرابی اطاق روی بام)

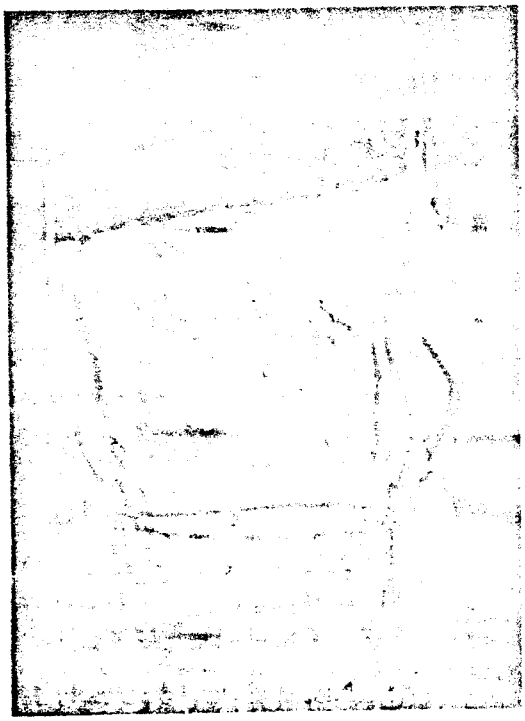
این هتل از دو ساختمان مجاورهم که اولی در ۸ طبقه (یك طبقه زیرزمین است) و دومی ۱۱ طبقه (سه طبقه زیرزمین است) میباشد. این دو ساختمان بطورمستقل وجدا ازهم ساخته شده اند، هردو ساختمان با اسکلت بتن آرمه ساخته شده است.

این دو ساختمان با یك شکاف از هم جدا شده اند و در اثر وقوع زلزله این شکاف باز شده و خصوصاً در طبقات بالا فاصله دو ساختمان از هم خیلی زیاد شده است، در اثر وقوع زلزله صدماتی که قسمت عمده آن خسارت به تیغه های آجری است باین دو ساختمان وارد گردید و خصوصاً بعلت وقوع حریق در طبقه زیرزمین این خسارات تشدید گردید. در زیرزمین ساختمان ۱۱ طبقه یکی از ستونها خسارت زیادی دیده است در این ساختمان بتن قسمتی از ستون خرد شده و آرماتورها کمانه کرده است.

تیغه های این ساختمانها با آجر مجوف بوده و زلزله خسارت زیادی به آنها خصوصاً در طبقات بالا وارد آورده است.



ساختمانهای هتل یالمورال



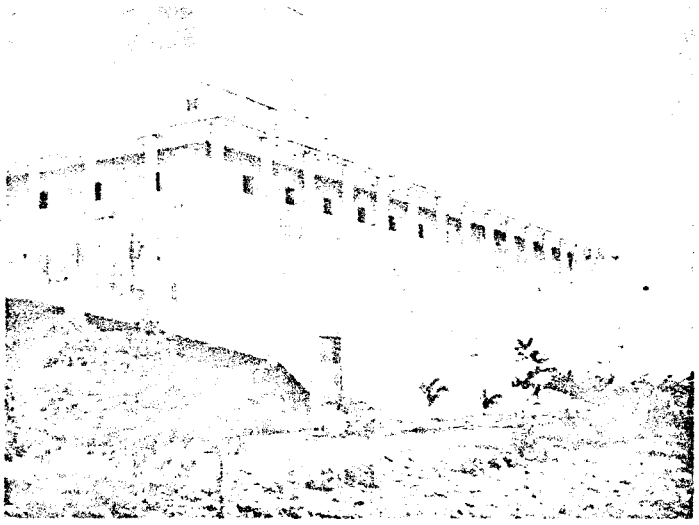
خسارت به ستون بتن آرمه (کمانه کردن آرماتورها)

ازساختمانهائی است که درزلزله ماناگوآبخوبی مقاومت کرده است ،این ساختمان درنزدیکی دریاچه ماناگوآقرارگرفته وسالن بزرگ تأترشهرمیباشد .

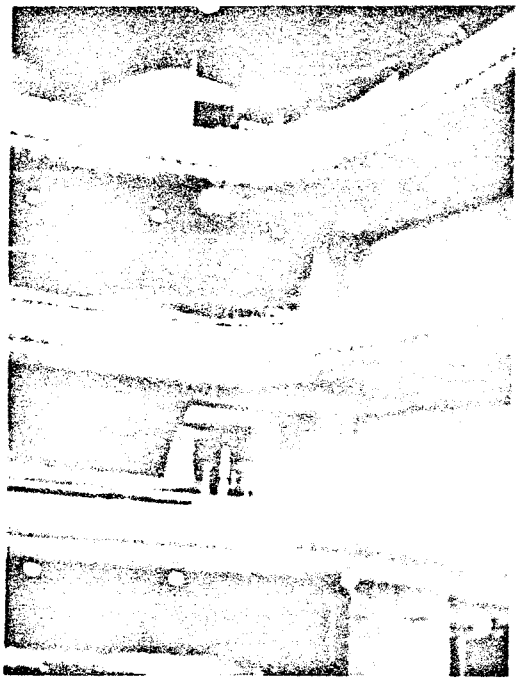
ساختمان باقاب ودیوارهای برشی داخلی بتن آرمه ساخته شده ودیوارهـــای خارجی ازآجرمجوف میباشد . دهانه سالن حدود ٤٠متروارتفاع سالن حدود ١٨متـر است . ساختمان دارای سه بالکن میباشد وبطورکلی ساختمان معظم وجالبی است .

ازتغییرمکان زیادوسائل مکانیکی سنگینی که درروی سقف قرارداشته معلوم میشود که زلزله دراین ساختمان بسیارشدید بوده است ،این وسائل سنگین دریك امتـداد باندازه ١٠سانتیمترودرامتداد دیگربمیزان ٧سانتیمترتغییرمکان داده اند .

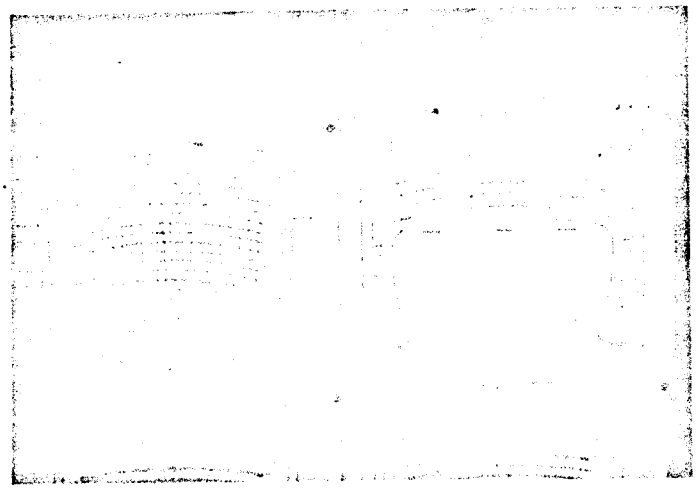
دراثرزلزله تنهااندودروی پاره ای ازدیوارهاترك برداشته وخسارتی به ساختمان وارد نشده است ،بطورکلی ساختمانهای بادیواربتن آرمه برشی درزلزله ماناگوآبهترین امتحان رادادهاست وساختمان تاترملی ازساختمانهائی است که این مدعارااثبـات میکند .



ساختمان تأترملی (نمای خارجی)



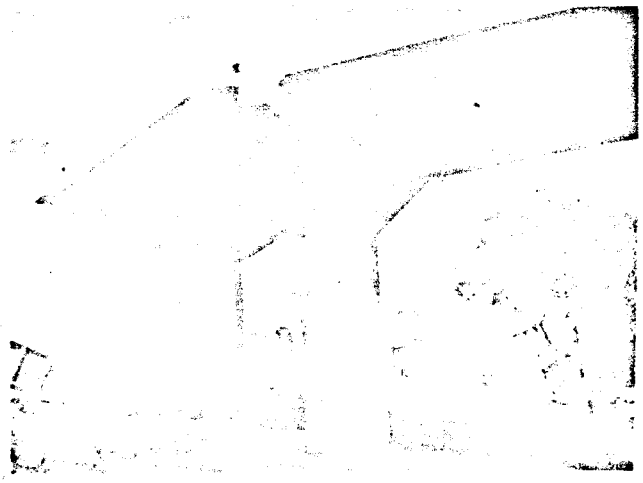
ساختمان تأترملی (ازداخل)



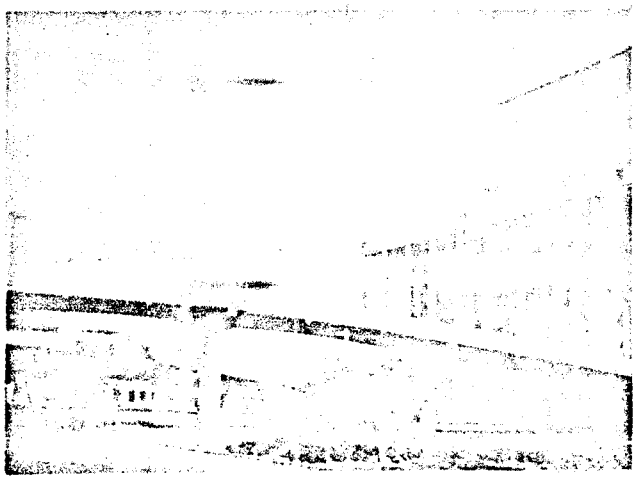
پلان سالن و بالکـــن ها

در دو طرف تئاتر ملی دو پل ماشین رو بزرگ چندین دهنه ساخته شده است که هر دهنه آن ۱۰ مترمیباشد ، این پلها از بتن آرمه وهرکدام تنها برروی یك ردیف ستون ساخته شده اســت و کف پل بصورت دو طره در دو طرف میباشد .

در اثر زلزله فاصله‌ای بین کوله وکف پل ایجاد شده وهمچنین ترکهای موئی درپـاره ای از پایه‌ها بوجود آمده است .



فاصله‌بین کوله وکف پـــــل
در پل ورودی ساختمان



ساختمان تئاتر ملی وپل ورودی آن

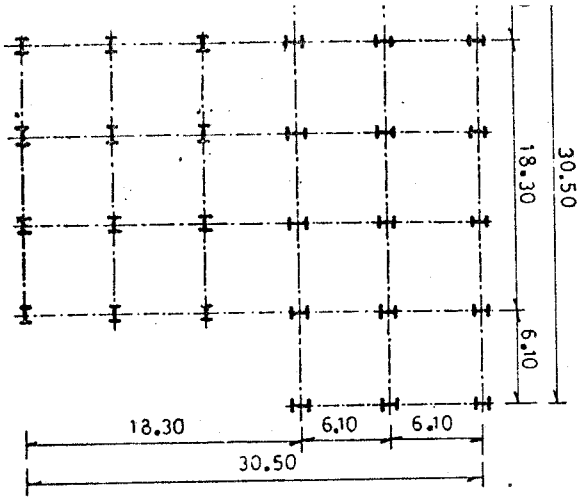
ساختمان I.B.M

این ساختمان در هفت طبقه (با زیرزمین) و با اسکلت فلزی ساخته شده است. ستونها از آهن با نیمرخ H است و فاصله محور تا محور آنها در هر دو امتداد ۶ متر میباشد، کفهای ساختمان سبک بوده و از آهن ورق (بصورت ناودانی کشیده که لبه آن با ارتفاع ۴ سانتیمتر است) برای پوشش کف استفاده شده است، این صفحات در روی تیرهای فلزی سقف نصب شده و نا و روی صفحه با بتن پر گردیده و باین ترتیب تشکیل سقف سبکی را میدهد بنحوی که هنگام عبور از روی کف ها لرزش ایجاد میشود.

دیوارهای خارجی ساختمان از طبقه دوم ببالا از صفحات موج دار فلزی ساخته شده و دیوارسازی قسمت زیرین با بلوک پیش ساخته بتنی انجام گردیده است.

استفاده از اسکلت و جدارهای فلزی موجب گردیده که ساختمان فعلی انعطاف پذیر (Flexible) باشد و این امر در زمان مقاومت ساختمان در برابر زلزله بسیار مؤثر بوده است، در اثر زلزله دیوارهای طبقه زیرین که با مصالح بنائی شکننده غیرمسلح (بلوک بتنی) ساخته شده خرد گردیده و در دیوارهای داخلی طبقات نیز ترک هائی ایجاد شده است.

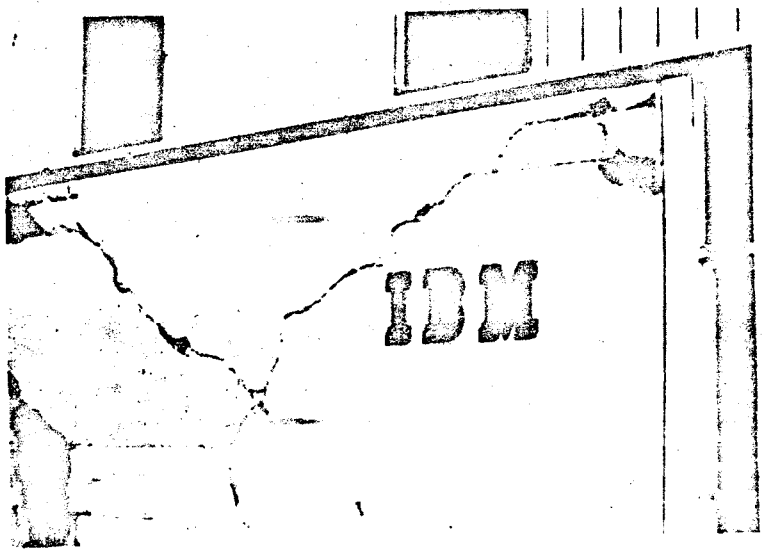
اساساً وجود دیوار در فاصله بین ستونها با انعطاف پذیری ساختمان سازگار نیست و موجب کم شدن پریود طبیعی ساختمان و در نتیجه از دیاد اثر نیروی وارده از زلزله بساختمان میگردد و هرگاه این دیوارها نتوانند بصورت دیوار برشی کار کرده و برنده قسمتی از بار جانبی ساختمان گردند اثر منفی در مقاومت ساختمان در برابر زلزله خواهند داشت. در این قبیل موارد باید سعی کرد که حتی المقدور دیوارهائی که رل دیوار برشی را ندارند در خارج از ستونها قرار گیرند.



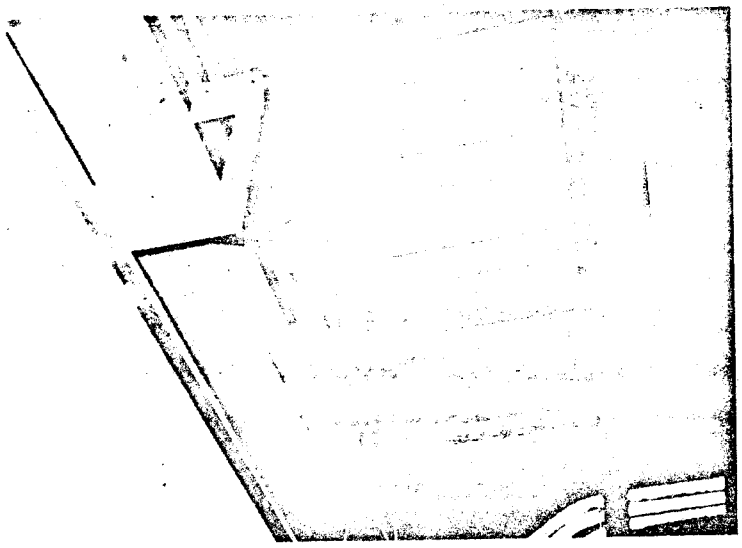
پلان تیپ طبقات

دیوارهای خارجی در طبقه اول بلـــوک بتنی و طبقات دیگرصفحات موج دارفلزی است

ساختمان I.B.M.



ترک در دیوار بتنی
(این عکس کمبلافاصله پس از زلزله برداشته شده ازگزارش Earthquake Engineering Research Institute, U.S.A. گرفته شده است)



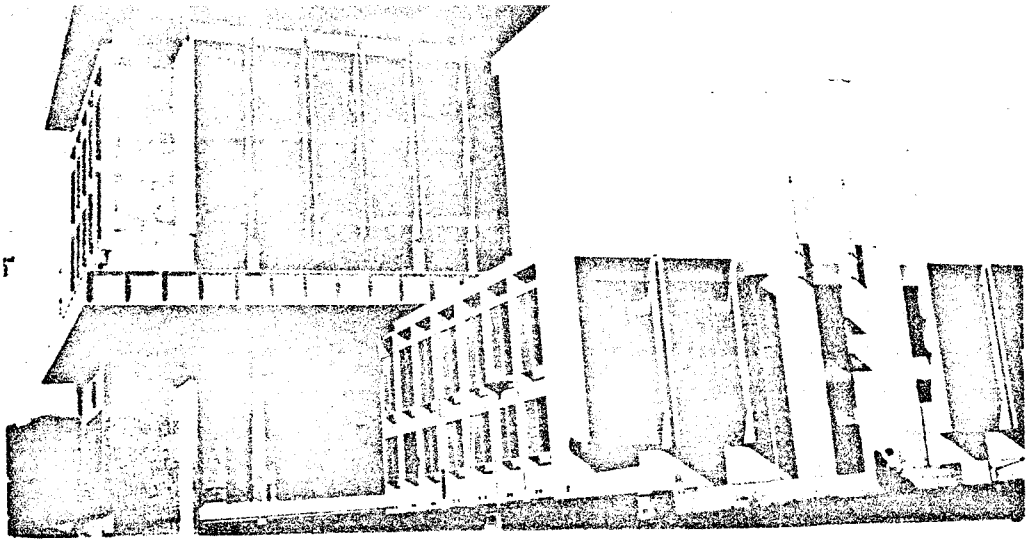
پوشش طبقات ساختمان با استفاده از صفحات ناودانی نازك بـــر روی شاه تیر
(این عکس نیز از گزارش Earthquake Engineering Research Institute, U.S.A. گرفته شده است.)

ساختمان دادگستری (Palse Hotecia)

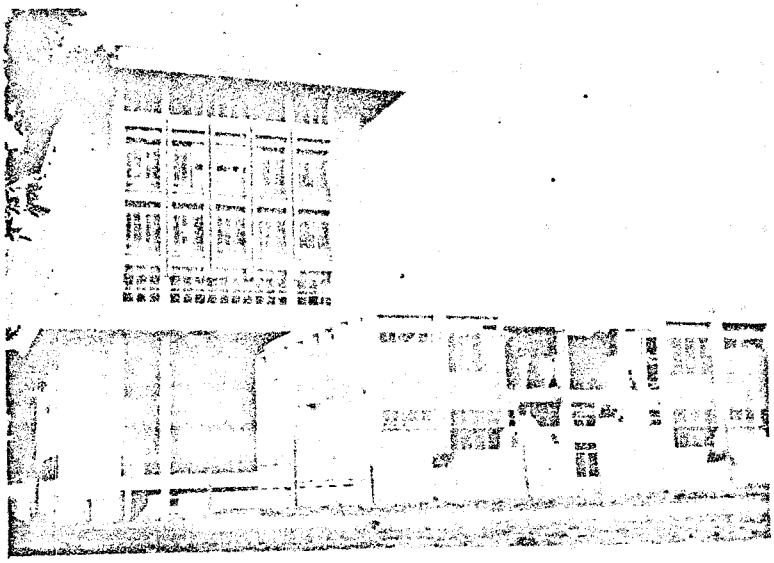
ساختمان بتن آرمه مدرن وزیبائی است که درسال ۱۹۶۷ ساخته شده است این ساختمان که ۷طبقه (بازیرزمین) میباشد دراثرزلزله خساراتی دیده است قسمتی از این ساختمان باقاب بتن آرمه ودرسه طبقه بناشده وقسمتی دیگر که مرتفع تراست بادیواربرشی بتن آرمه ساخته شده است ، خسارت وارده بیشتر به قسمت اول است وقسمتی که بادیواربتن آرمه ساخته شده خسارت چندانی ندیده است .

درقسمتی که ساختمان باقاب بتن آرمه ساخته شده خسارت درمحل بالا وپائین ستون طبقه سوم ایجاد شده وبتن ستونها دراین نقاط ریخته شده است وعلاوه برآن بدیوارهای خارجی که ازآجرمجوف ساخته شده صدمه زیادی وارد شده است .همچنین سنگهای نمای روی ستونها درپاره ای ازقسمتها کنده شده وریختهاست .

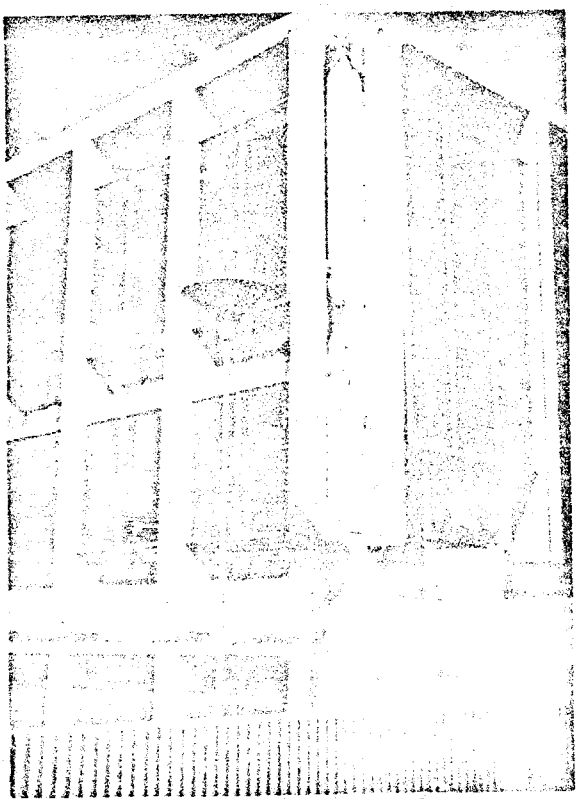
زلزله به قفسه پله ساختمان خسارت زیادی وارد کرده است واین نکته لزوم پیش بینی ایمنی بیشتررابرای این گونه راههای خروجی ازطبقات متذکرمیسازد ، چه بسادراثرخراب شدن پله (برفرض که ساختمان سالم باقی بماند) جان عده ای از ساکنین یابعلت حریق ویابعلت وحشتی که بآنها دست میدهد وخواهان فرار از ساختمان میباشند بخطرافتد .



ساختمان دادگستری (قبل اززلزله)



ساختمان دادگستری (بعد اززلزله)

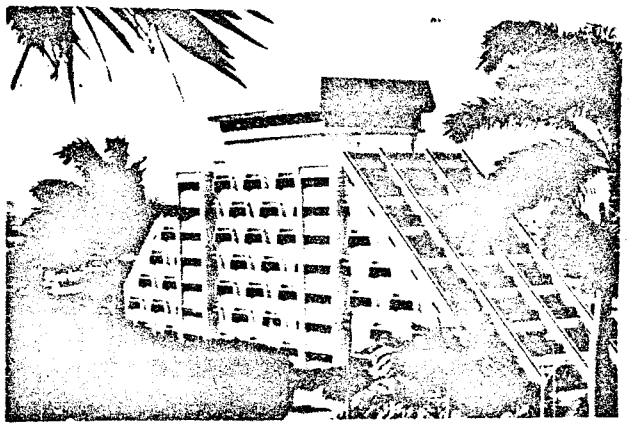


خسارت به ستونهای ساختمان دادگستری (درقسمتی که با قاب بتن آرمه ساخته شده است).

ساختمان هتل اینترکنتینانتال Intercontinental Hotel

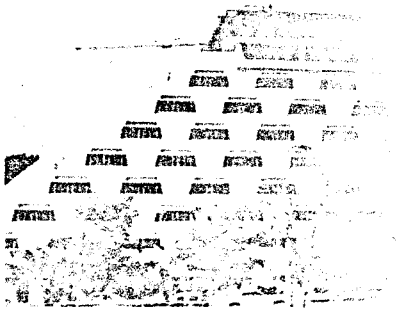
این ساختمان که بصورت هرم ساخته شده است درگوشه جنوبی شهر ناگوآ واقع است ساختمان در ۱۰ طبقه (با زیرزمین) وباقاب های بتن آرمه ساخته شده است در اثرزلزله طبقه آخرکه وسائل مکانیکی آسانسورها وپنجره نیز آن طبقه میباشدآسیب شدیدی دید وستون زیرسقف خرد شده سقف این قسمت خته شد .

دیوارهای ساختمان ازبلوك پیش ساخته شده بتنی ساخته شده است وبه این وارها خساراتی وارد شد وخصوصاً در دیوارهای خارجی بین طبقات دوم وپنجم ر دیوارهای داخلی طبقات بالا ترك های شدیدی ایجاد شد .



ختمان هتل اینترکنتینانتال
(قبل اززلزله) ←

ساختمان هتل اینترکنتینانتال
(۵ ماه بعد اززلزله) →



بطوریکه ملاحظه میشود طبقات بالا را تجدید ساختمان مینمایند ، همچنین دیوارهای بابلوك بتنی بین پنجره ها که در اثرزلزله خسارت دیده ترمیم کرده اند

به استادیوم ورزشی شهر ناگوآ خسارت زیادی وارد گردید ، این استادیوم درناحیه ای ازماناگوآ قرارگرفته که یك گسل (fault) ازآن عبورمیکند .

درپیرامون استادیوم تریبون تماشاچیان قراردارد وپله ها درروی سطح شیب داربتن آرمه ساخته شده وباین ترتیب یك طبقه کامل ساختمان باستونها و تیرهای بتن آرمه درزیرتریبون موجود میباشد . پوشش روی تریبون نیزباتیروستون بتن آرمه انجام شده ودرقسمت شمالی استادیوم این پوشش دارای طره ای بدهانه حدود ۲ مترمیباشد .

برای اجرای طره سایه بان درقسمت شمالی استادیوم ازتیرهای طره ای بتن آرمه وپوشش سبك باآهن گالوانیزه استفاده شده است پوشش سایرقسمت ها که بدون طره میباشد دال وتیربتن آرمه است که برروی ستونهای کوتاه وظریف بتن آرمه قرارگرفته است .

اسکلت تریبون شمالی که دارای طره وسایه بان بزرگ است ازستونهاوتیرهای بتن آرمه قوی تشکیل شده ولی پوشش قسمتهای دیگوتریبون برروی ستونهای بتن آرمه ضعیف قراردارد ، این ستونها بشکل دایره وبقطره ۲ سانتیمتراست که فاصله محور تامحورآنها حدود ۴/۵ متراست ، دردا خل این ستونها ۶ عدد آرماتوربقطر ۱۰ میلیمتر قرارداده شده است .

ارتفاع این ستونها درطرف خارج استادیوم حدود یك مترودرطرفی که بداخل استادیوم است حدود ۲ متراست . جهت اصلی پوشش دال این قسمت برروی دوتیر بارتفاع ۸۰ وعرض ۳۰ سانتیمترکه دردوره خارجی ودوره داخلی برروی ستونها قرار دارد انجام گرفته ودرجهت دیگرستونها درامتداد شعاعی استادیوم بوسیلهتیرهائی

به ارتفاع ۰٫۴ سانتیمتروعرض ۰٫۲ سانتیمتربیکدیگربسته شده اند . بااین ترتیب نحـــوه تیریزی سقف بطرزقابل قبولی انجام گرفته لکن قراردادن چنین سقفی برروی ستونهای ضعیف نقطه ضعفی برای ساختمان ایجاد کرده است .

خساراتی که زلزله باین استادیوم وارد کرده است بشرح زیرخلاصه میشود :

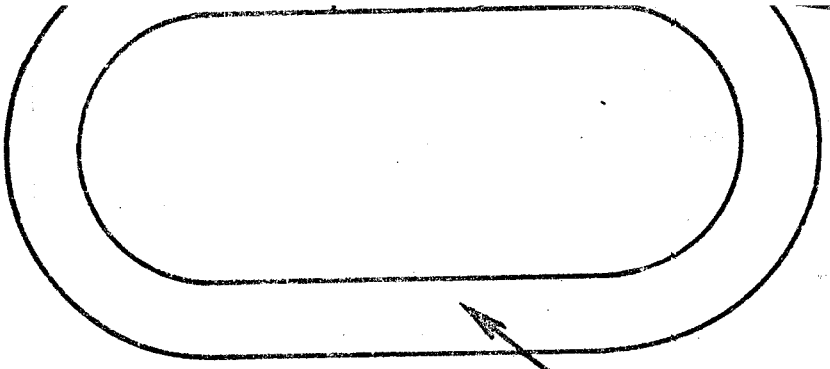
- یکی ازبرجهای نورافکن ازوسط خم گردیده وموجب خراب کردن قسمتی ازسقـــف سبك قسمت طره تریبون شمالی شده است .
- قسمتهای زیادی ازسقف تریبون که برروی ستونهای گرد قرارگرفته است خـــراب شده است . علت اصلی خرابی این قسمتها ضعیف بودن ستونهاست وبتن ایـــن ستونها دربالا وپائین ستون بکلی خرد گردیده حتی درپاره ازقسمتها که بدون آنکه علت خاصی داشته باشد بجای یك ستون دوستون جدا ازهم درکنارهم گذارده شده بتن هردوستون دراین نقاط خرد گردیده وسقف ساختمان تنهابـــر روی آرماتورهای ستون باقی مانده است .

بطورکلی خرابی ستونهای خارجی که برروی دیوارقرارگرفته اند ودارای ارتفـاع کمتری هستند بیش ازخرابی ستونهای داخلی است واین امرنشان میدهد کـــه دوره خارجی سقف بعلت وجود دیوارنسبته" قوی ووجود ستونهای کوتاه حامل بار جانبی زیادتری ازنیروی زلزله بوده است .

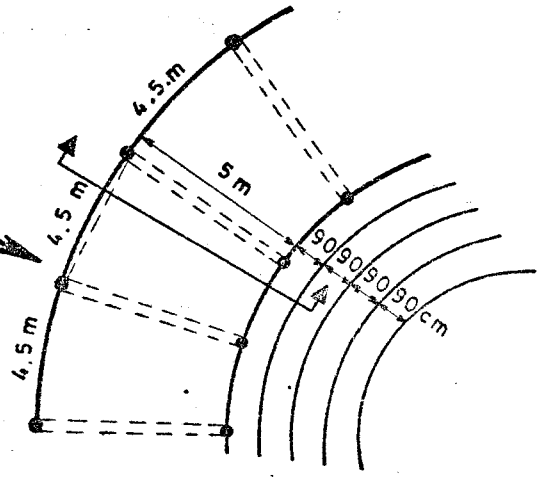
- درزیرتریبون شمالی درمحل تلاقی تیرهای شیب دارباستون وهمچنین درسقف این قسمت خرابیهائی درمحل تلاقی تیروستون ایجاد گردیده وملاحظه دقیـــق نشان میدهد که زیاد بودن فاصله بین رکابیها دراین قسمت وبدی جنس بتـــن عامل عمده این خرابی است .
- اطاق کنترل استادیوم دراثرزلزله کاملا" خراب شده است .

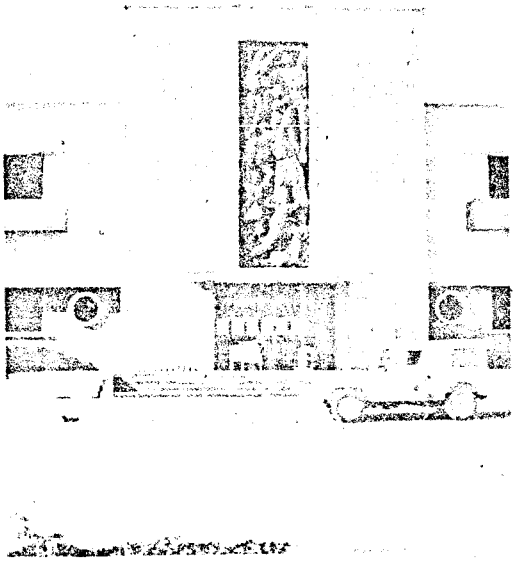
علاوه برآنچه گذشت زلزله دردیوارهای خارجی نیزخرابی هائی ایجاد کرده است .

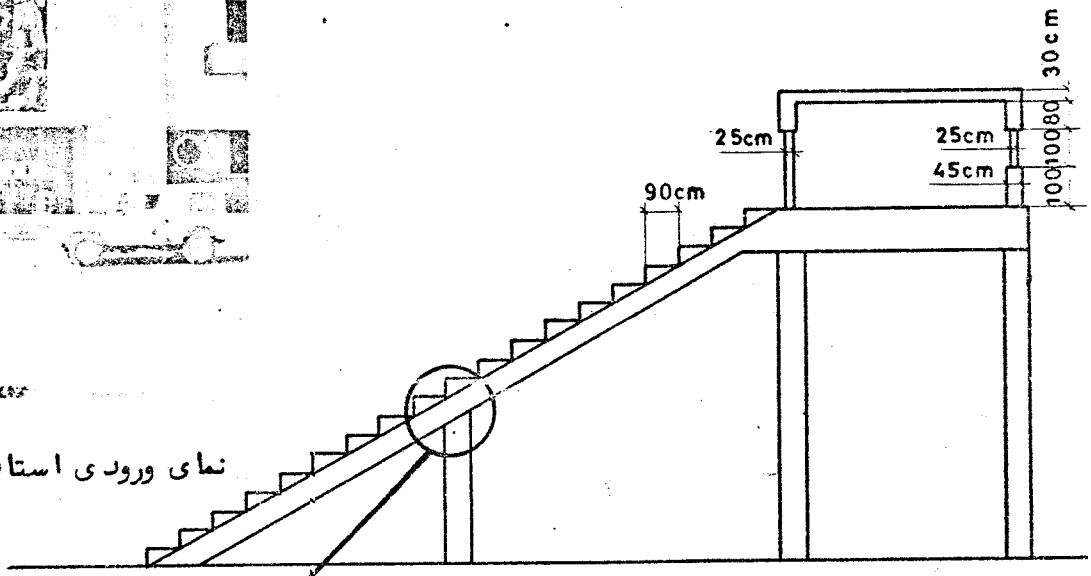
کاملا پوشیده است و دارای
طره ای بدهانه ۲۰ متر میباشد



قسمتی از تریبون استادیوم که به عرض ۵ متر دارای پوشش است

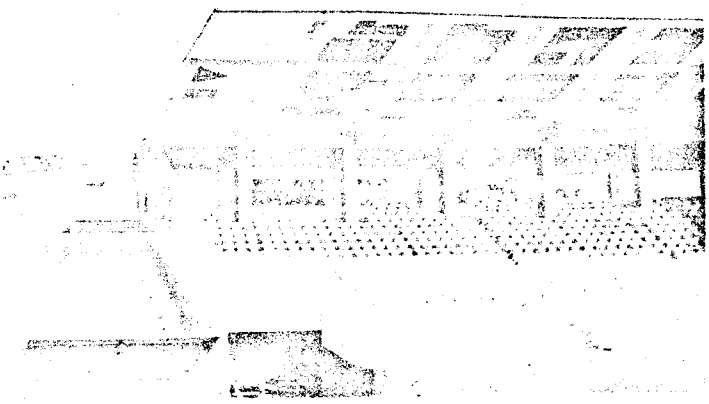




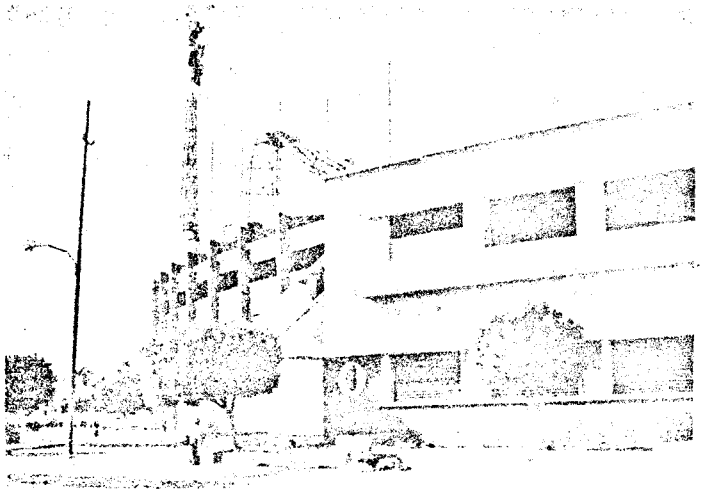


نمای ورودی استادیوم ماناگوآ

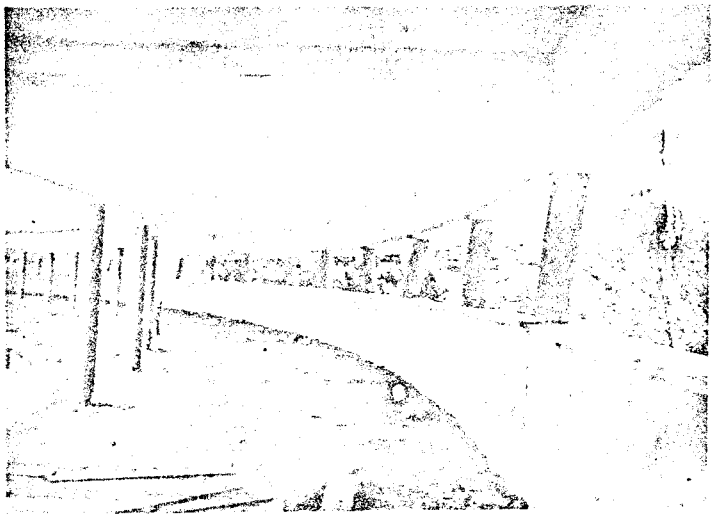
خسارت به ستون بتن آرمه
در محل تلاقی با تیر شیب دار



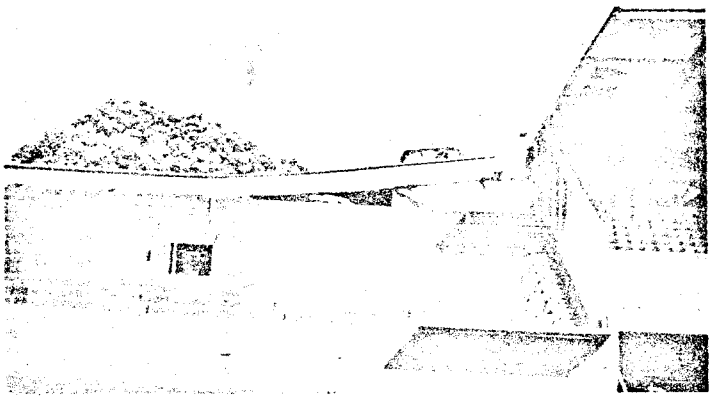
جایگاه مخصوص استادیوم با طره های ۲۰ متری



سقوط برج نورافکن استادیوم

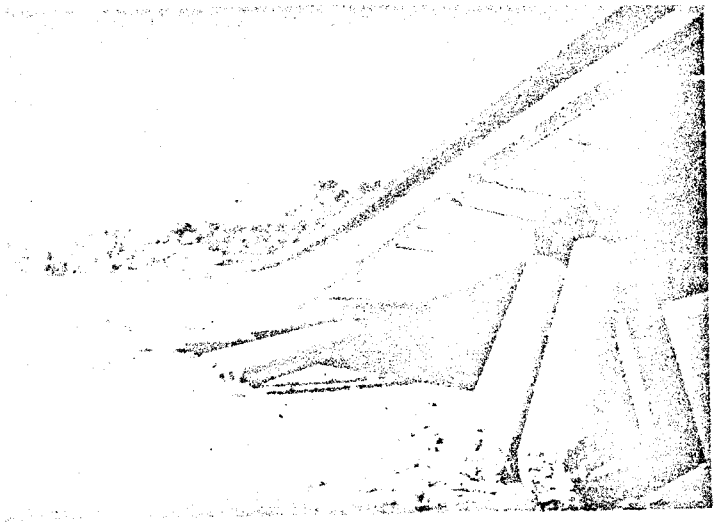


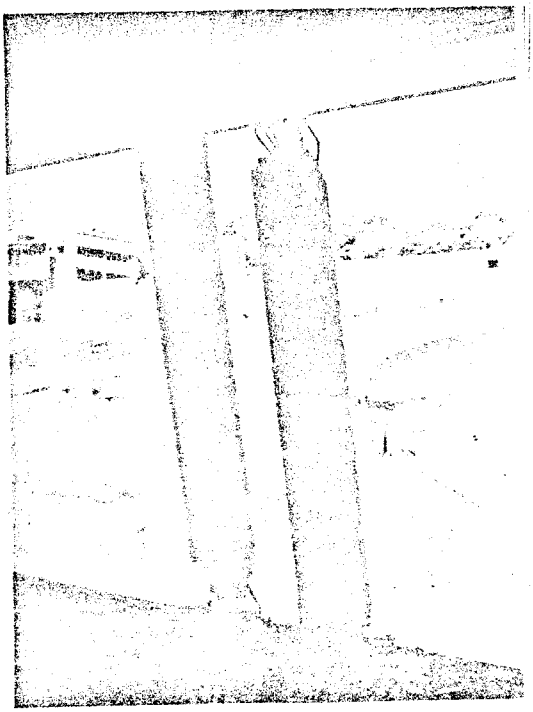
قسمتی از تریبون که بعرض ۵ متر پوشش شده است

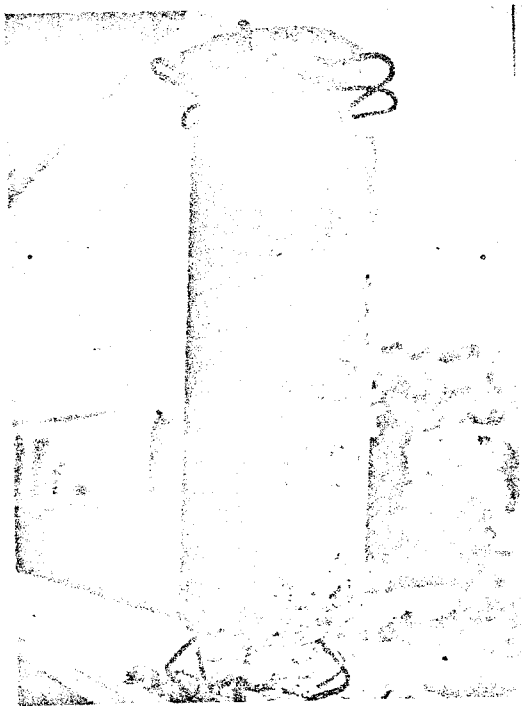


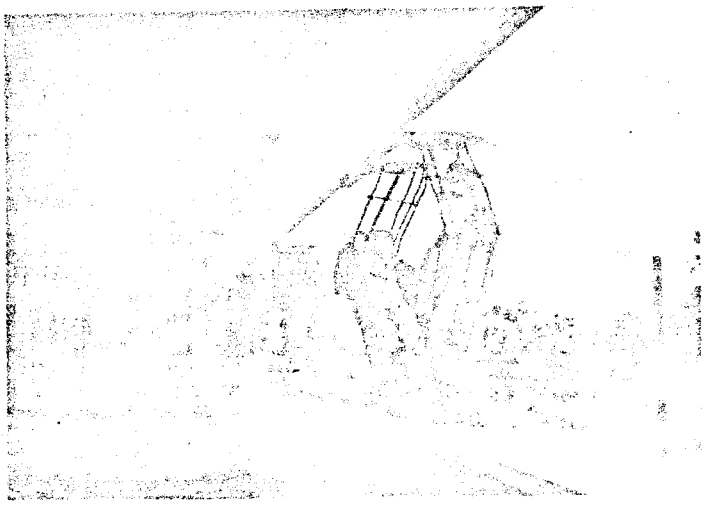
خرابی قسمتهائی از تریبون که بعرض ۵ متر با سقف بتن آرمه پوشش شده است

خرابی ستونهای ظریف بتن‌آرمه
که در پوشش سقف قسمتی از تریبون
استادیوم بکار رفته است





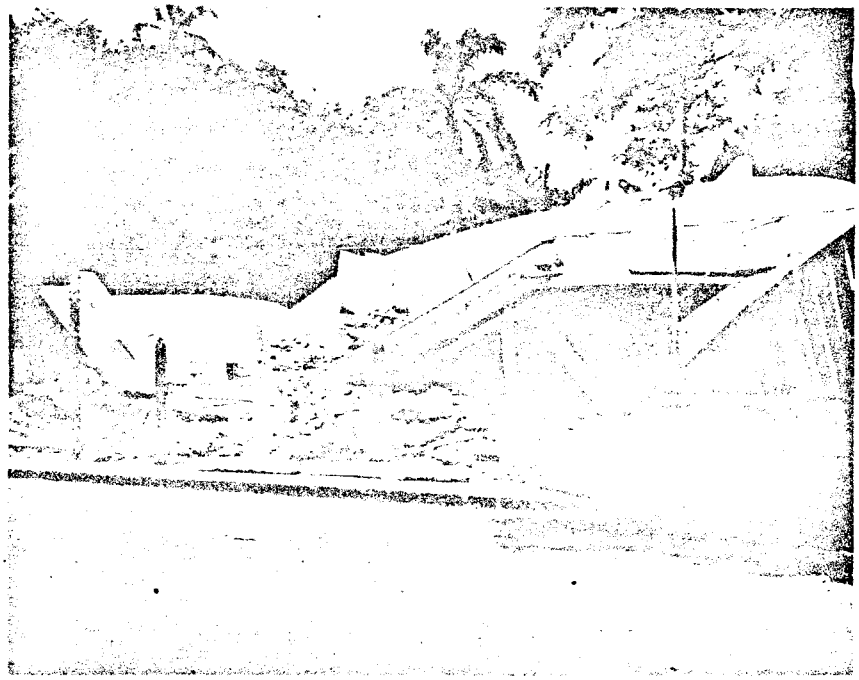




خرابی در ستونهای قسمت پوشش شده تریبون

ساختمان دانسینه واقع در میدان شهر

ساختمان با سقف سنگین بتن آرمه وستونهای فلزی است که براثر زلزله سقف این ساختمان فرود آمد و ۴ نفر را کشت



دهانه سالن این کلیسا ۲۰ متراست که با سقف بتن آرمه پوسته نازك موجی (بصورت shell) پوشش شده است، ساختمان ازدو ردیف ستون بتن آرمه بامقطع بابعاد ۷۵ سانتیمتردره ۳سانتیمترساخته شده وارتفاع ستونها ۶/۵ متراست، فاصله محورتا محورستونهادرجهت طولی ۵/۵ متراست واین ستونهادربالا بوسیله تیرهای بتن آرمه قوی افقی وتیرهای قوسی قوی بتن آرمه بیکدیگرمتصل شده اند، دهانه ۲۰ متری ساختمان بصورت استوانه ای باخیزحدود ۱/۲۵ متردرروی این قوسها قرارگرفته واز دوطرف حدود ۱/۵ متربشکل طره خارج شده است.

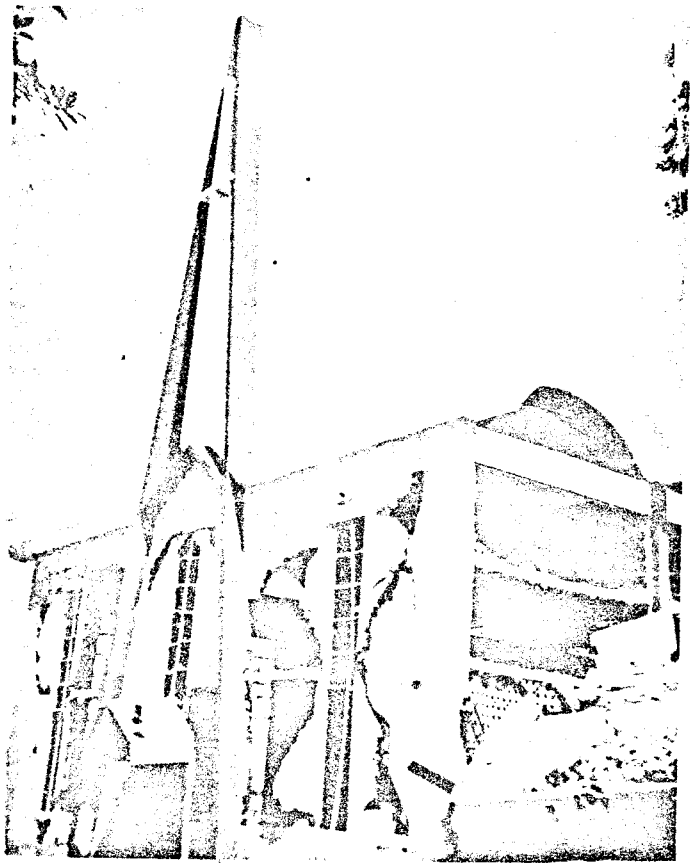
جدارساختمان ازدیوارهای باآجرمجوف ساخته شده واین دیوارهادارای تعداد زیادی پنجره بارتفاع ۴/۵ مترمیباشند، پنجره هادرداخل قاب بتن آرمه بمقطع ۱۵ سانتیمتردره ۱سانتیمترمحصوراست، سردرسنگین بتن آرمه ورودیه کلیسانیزکه بصورت طره ای ازیك سایه بان باشیب دوطرفه ساخته شده است به یکی ازهمین قاب هامتصل شده است.

بطورکلی اسکلت این ساختمان وسقف موجی آن درزلزله مقاومت کرده است و خسارت وارده باین کلیسا عبارت ازخراب شدن دیوارهای اطراف آن بخصوص دیوارهائیست که دارای بازشوی بیشتری میباشند، سایه بان ورودیه نیزازجای کنده شده است. خسارت وارده به دیوارهای عرضی بیش ازدیوارهای طولی است.

درجنب این کلیسامدرسه Divina Postara قراردارد که بااسکلت بتن آرمه در سه طبقه ودوقسمت ساخته شده است، قسمت اول درسال ۱۹۴۸ وقسمت دوم درسال ۱۹۵۹ بصورت توسعه ساختمان قدیمی وباقراردادن درزانقطاع باقسمت اول بناشده،

در اثر زلزله قسمت قدیمی کاملا" خراب وبه قسمت دوم خسارت وارد آمده است . سقفهای این ساختمان با استفاده از تیرکها وآجرهای مجوف ساخته شده ودهانه اطاقها در ساختمان جدید حدود ۸ متر میباشد . خسارت اصلی در این قسمت به دیوارها وارد گردیده است .

بطورکلی آنچه در آثار خرابیهای قسمت اول این ساختمان بچشم میخورد عدم چسبندگی کافی فولاد وبتن میباشد وحتی این عدم چسبندگی در فولادهای آج دار مصرفی ساختمان نیز ملاحظه میشود بطوریکه اثری از ذرات باقیمانده بتن در روی فولاد دیده نمیشود .



خسارت به دیوارهای ساخته شده باآجر مجوف وسرد رورودی

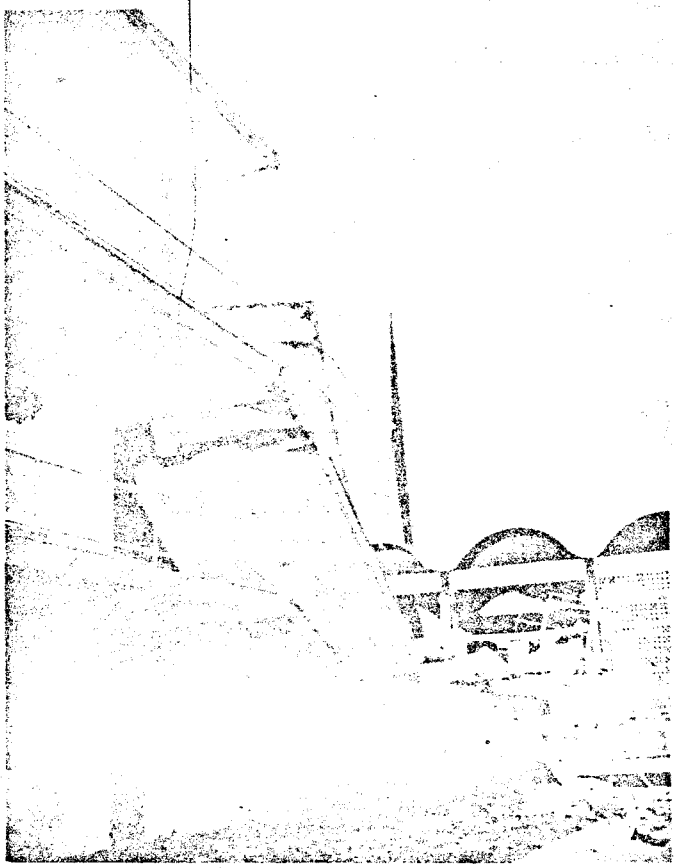
کلیسای San jose

کلیسای بزرگ San Sebastian ومدرسه متعلق بآن (مدرسه Calazan)

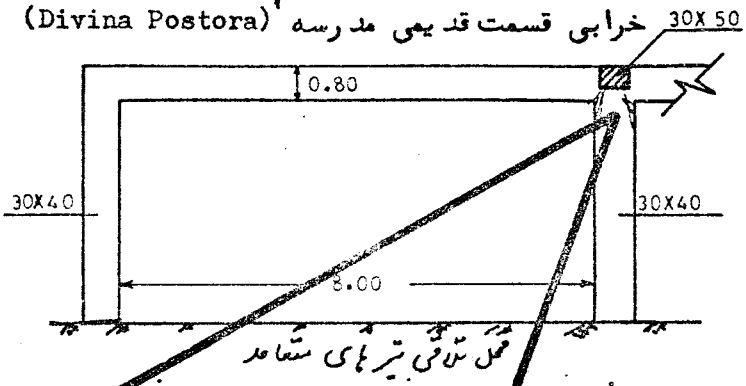
که حدود هزار دانش آموز در آن تحصیل میکردند ، درنقطه ای قرارگرفته است که خسارات وارده بآن نقطه شدید است ، کلیسا از قاب بتن آرمه وباسقف خاص " کنگره مانند " ساخته شده وساختمان مدرسه سه طبقه دارای سه طبقه وازقاب بتن آرمه میباشد (قسمتی ازساختمان مدرسه در ٤ طبقه است) .

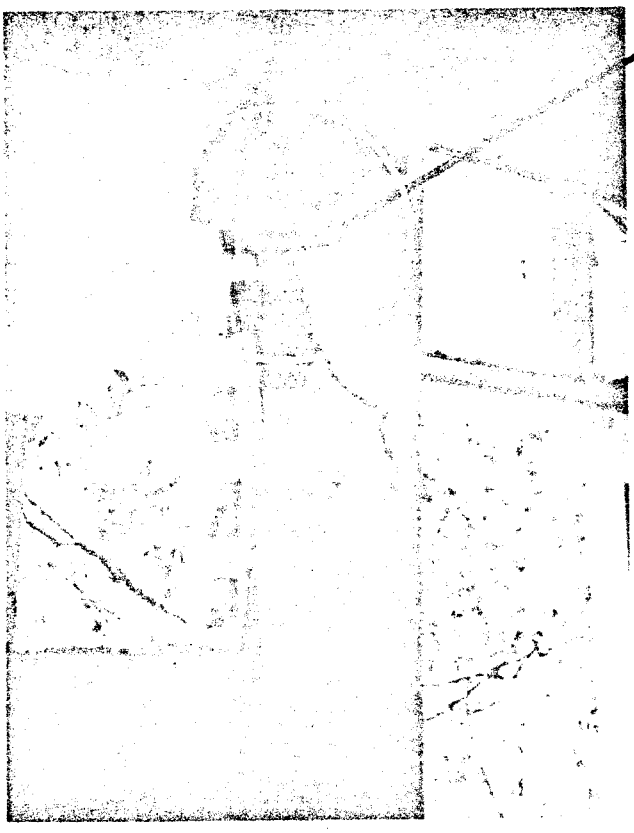
در اسکلت کلیسا خرابی ملاحظه نشد ولی شکاف های زیادی در پاره‌ای از دیوارها ایجاد شده است .

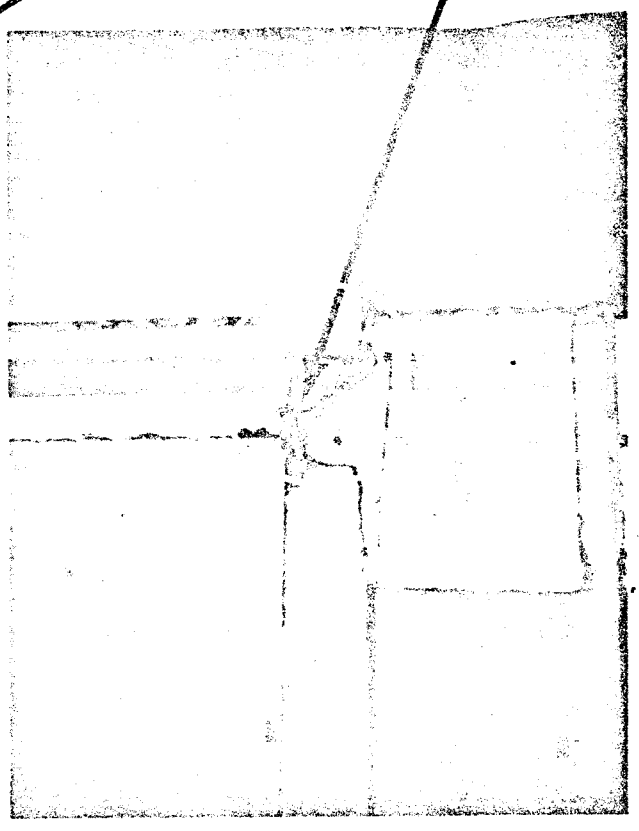
در اثر زلزله قسمت چهارطبقه مدرسه که در سال ١٩٥٦ ساخته شده بکلی خراب گردیده است وقسمت سه طبقه آن که در سال ١٩٦٤ ساخته شده کاملا" خراب نشده ولی صدماتی بآن وارد شده است . دراین ساختمان نکته قابل ذکر شکاف محل تلاقی تیروستون میباشد ، به ستون بابعاد ٣٠ × ٤٠ سانتیمتر درجهت عرضی تیراصلی بارتفاع ٨٠ سانتیمتر (وبدهانه حدود ٨ متر) ودرجهت طولی تیربارتفاع حدود ٥٠ سانتیمترمتصل شده است وشکاف ستون درمحل تلاقی ستون باتیرعرضی درزیر تیرحاصل شده است ونشان میدهد که سقف بطوریك پارچه حرکت کرده وموجب شکستن ستون درمحاذات تیربزرگترگشته است .



خرابی قسمت قدیمی مدرسه (Divina Postora)







خسارات وارده به ستونهای بتن آرمه در قسمت جدید مدرسه (San Sebastian)
(عدم کفایت تنگ‌ها در محل تلاقی ستون با تیر بخوبی مشاهده میشـــــــود)

ساختمان ENALUF شامل ۶طبقه باضافه یك طبقه زیرزمین ازساختمانهای قابل توجه شهرماناگوآاست ،این ساختمان باقاب بتن آرمه ودیوارهای برشی بتن آرمه ساخته شده است ودیوارهای برشی بصورت دوهسته درپلان ساختمان بنحوخیلی منطقی توزیع شده اند .

درطبقه هم کف بجزدیوارهای برشی متعلق به دوهسته دیواردیگری قرارداده نشده واین طبقه کاملا" بازمیباشد ،ابعاد مقطع ستونهای این طبقه بتدریج اضافه شده وستونهابصورت قوس نیم دایره درهردوامتداد ساختمان بیکدیگرمتصل میگردند . درسایرطبقات قابهابصورت ستون مربع وتیرهای افقی میباشند واطاقهابوسیلهپانلهای تخته ای ازهم جداشده اند ،جدارخارجی ساختمان دراین طبقات کلا" ازشیشه است وبطورکلی عناصرمقاوم ساختمان دربرابرزلزله منحصربه قاب ودوهسته مرکزی است ودر حقیقت اثرعناصرفرعی ازقبیل تیغه هاوغیره که عموما" درواکنش ساختمانهادربرابرزلزله تأثیردارند دراین ساختمان به صفرتنزل کرده است .

پوشش تیپ سقفهای این ساختمان بااستفاده ازتیرکهای پرفابریکه (قرارداده شده بین تیرهای بتن آرمه قابها) وبلوکهای بتنی بشکل قوس دایرهانجام شده است وروی بلوکهارابتن ریزی کرده اند .

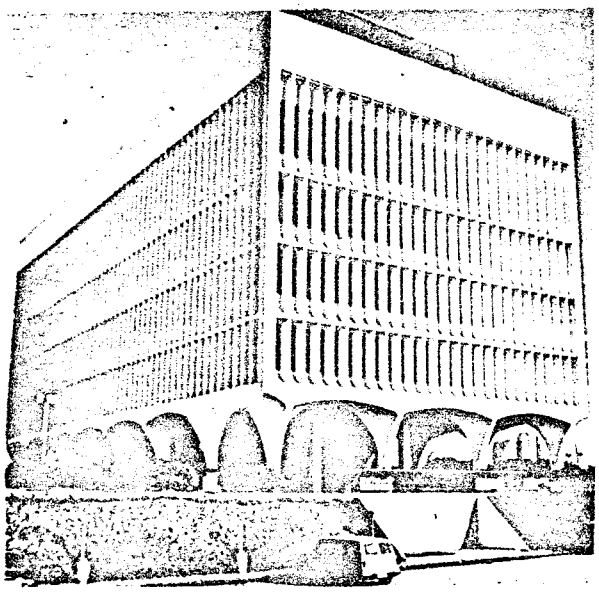
خسارات وارده دراین ساختمان عبارتست ازایجادپاره ای ترکهادردیوارهاویا درستونهای طبقه هم کف وریخته شدن قسمتی ازاندودها .

دراثربروززلزله خساراتی به دیوارهای برشی وهمچنین به ستونهای طبقه هم‌کف (که ابعاد مقطع آنهامتغیراست) واردشده ،درچندمحل بتن دیوارهای برشی ریخته وحتی منجربه کمانه کردن آرماتورهای قائم شده است ،این عیب خصوصا" در محل تلاقی دودیوارمتعامد ویادرکناره محل بازشوپیش آمده است وهمچنین درپاره ای

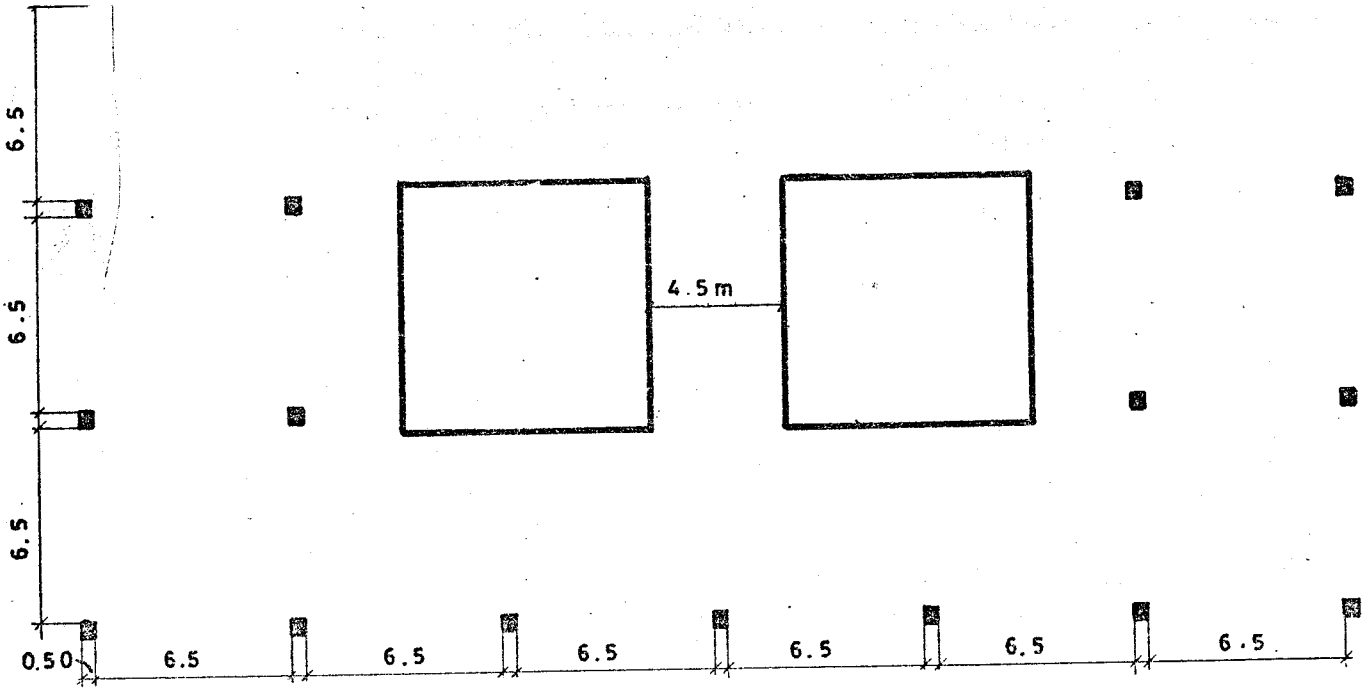
از دیوارها ترک های ضربدری مختصرملاحظه میشود . درطبقه هم کف نیز درمحل تماس قوسها با ستون (که تغییرمقطع ستون شدید تر است) وهمچنین در $\frac{1}{3}$ دهنه قوس وگاهی در وسط قوس ترکهائی بوجود آمده است .

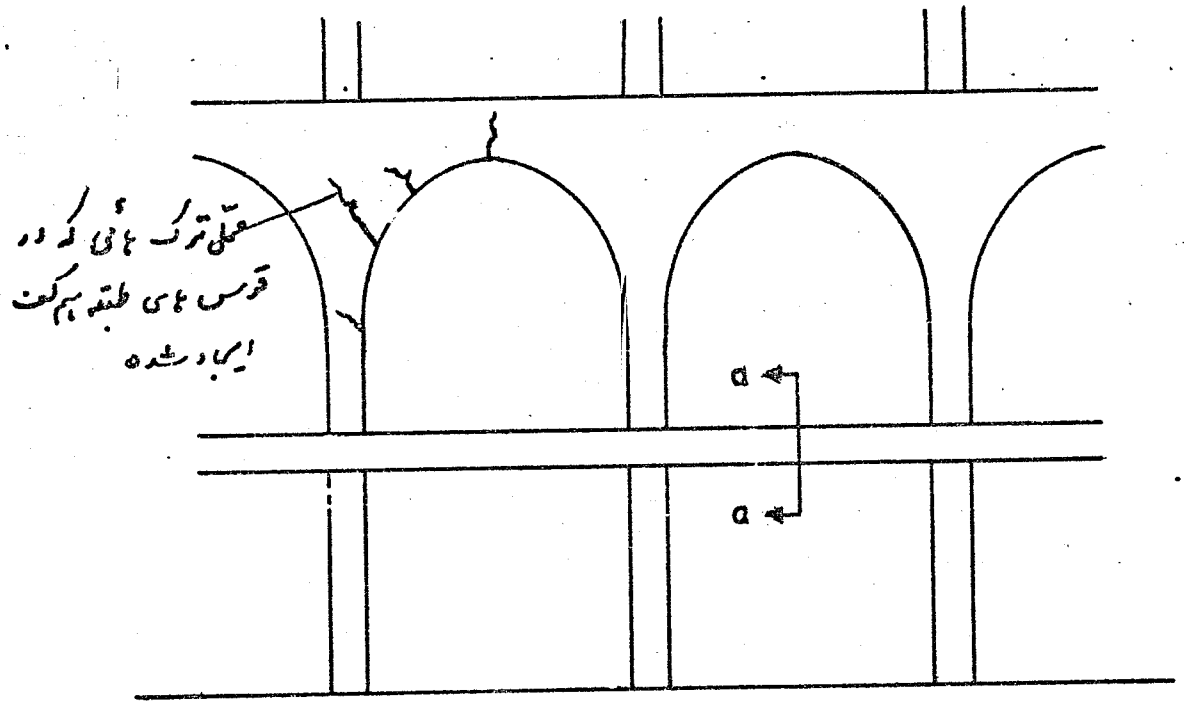
درطبقات بالا درمحل تلاقی تیرهای اصلی با دیوارهای بتن آرمه مقدارقابل توجهی ازبتن زیرتیرریخته استواین امرممکن است ناشی ازوجود عزم معکوس قابل توجه زلزله در این نقاط باشد .

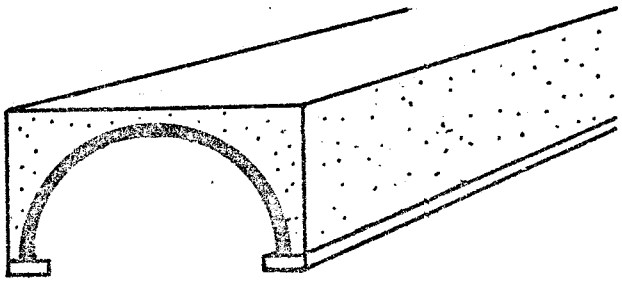
بطورکلی دیوارهای برشی درساختمان ENALUF قابلیت خود رابرای مقاومت دربرابرزلزله نشان داده اند واین ساختمان ازنمونه های جالب کیفیت رفتارساختمان با دیواربرشی دربرابرزلزله است وازمجموع ملاحظات میتوان گفت که این نوع ساختمانها درزلزله ماناگوآ امتحان خوبی داده اند .



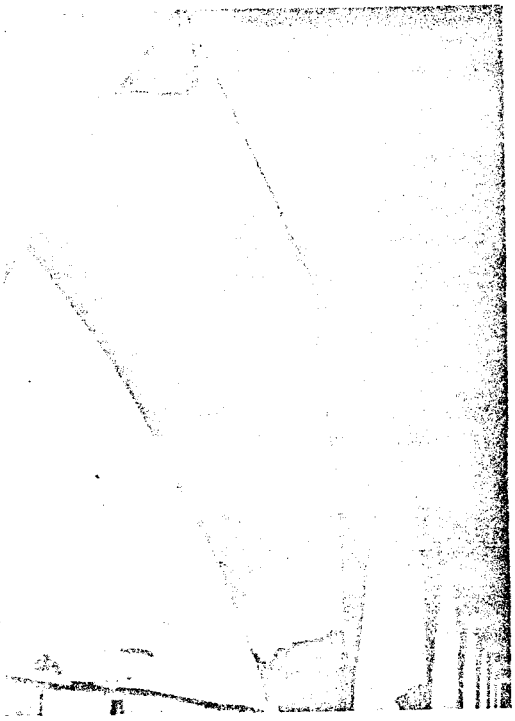
ساختمان ENALUF قبل اززلزله


6.5
6.5
6.5
4.5 m
0.50
6.5
6.5
6.5
6.5
6.5
6.5

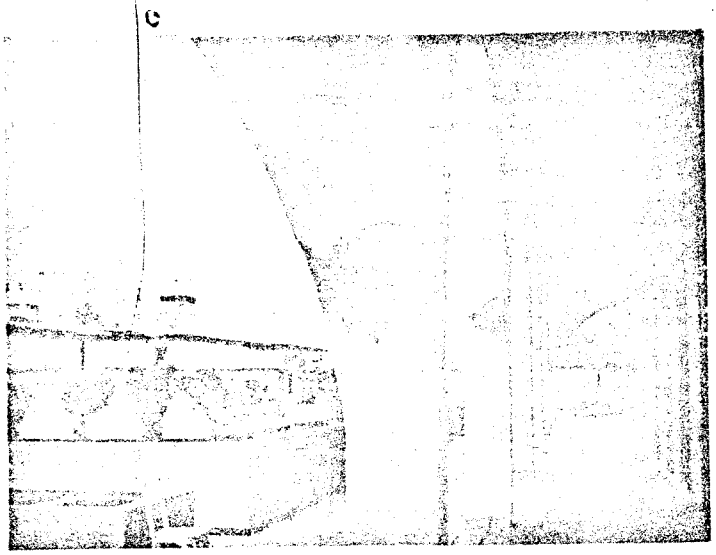

عمل ترک هائی که در
قوس های طبقه هم کف
ایجاد شده
a
a



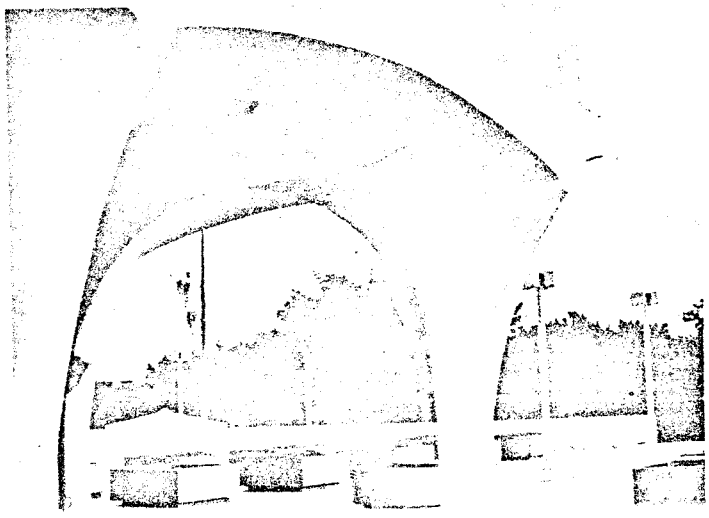
a–a



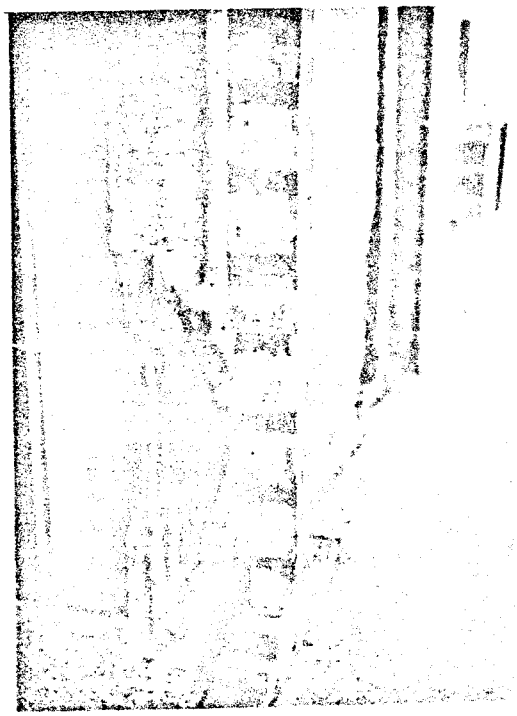
خسارت در محل شروع قوس ودرتارك قوس



خسارت به پایه های طبقه هم کف در
محل شروع قوس



خسارت به طبقه هم کف



خسارت به دیواربرشی بتن آرمه

ساختمان مرکز برق (ENALUF)

این ساختمان باقاب های بتن آرمه که دارای یك دهانه ۱۵ متری است در ۷ طبقه بناشده است ، تیرهای اصلی بتن پیش تنیده (Prestressed) میباشد و فاصله قاب ها ازهم حدود ۴ متراست (دهانه اول وآخرهریك ۳ متراست) .

ساختمان جمعا" از ۶ قاب اصلی تشکیل شده است ودرجهت طولی نیزستونها بوسیله تیربتن آرمه بهم بسته شده اند ، ابعاد مقطع ستونها باستثنای چهارستون چهار گوشه درتمام طبقات یکسان وبرابر ۸۰ سانتیمتردر ۵۰ سانتیمتراست ، ابعاد ستونهای چهارگوشه ساختمان درطبقه هم کف ابتدا ۲۰۰ سانتیمتردر ۵۰ سانتیمتراست وبتدریج درارتفاع طبقه هم کف کم شده وبه ۱۵۰ سانتیمتردر ۵۰ سانتیمترمیرسد وازآن ببعد درتمام ارتفاع ساختمان ثابت است . تیرهای ساختمان بارتفاع ۹۰ سانتیمتروعرض ۵۰ سانتیمتر میباشد .

قفسه پله ومحل آسانسورساختمان درخارج ازقابها ی فوق دریك گوشه ساختمان بطورمجزا قرار دارد وتعدادی ازدیوارهای اطراف پله وآسانسوربتن آرمه وبقیه آجری با آجرمجوف میباشند .

ارتفاع طبقه هم کف حدود ۵ مترمیباشد واین طبقه درخارج ازحدردیف ستونهای شمالی حدود ۵ / ۳ مترادامه یافته وبوسیله دیوارساخته شده بابلوك بتنی بسته شده است ودرحقیقت دراین طبقه خارج ازحدساختمان میباشد ، دراین طبقه همچنین یك نیم طبقه پیش بینی شده است که حد شمالی آن دیوارساخته شده بابلوك بتنی است وحد جنوبی آن بصورت طره باندازه حدود ۲ مترازستونهای شمالی ساختمان بجلوآمده است ودردوطرف ساختمان نیزاین نیم طبقه برروی چهارتیراصلی که درمحورهای ۱و۲ و ۵و ۶ قرارگرفته است وتاحدود $\frac{2}{3}$ ازدهانه این تیرهارا اشغال کرده وبقیه دهانه تیرهافاقد

کف میباشد .

در بالا و در وسط دیوار شمالی طبقه هم کف کلاف بتن آرمه قرار دارد ، شدت است وهمچنین این دیوار با آرماتورهای قائم که از داخل بلوک های بتنی عبور داده شده اند مسلح گردیده است .

ساختمان در طبقه هم کف ونیم طبقه آن بجز دیوارهای مربوط به قفسه پله و دیوار با بلوک بتنی فوق که در خارج از ستونهای شمالی قرار دارد فاقد دیوار میباشد همچنین طبقات دیگر ساختمان نیز بصورت سالن به دهانه ۵ متر و فاقد دیوار یا تیغه داخلی است ، پنجره های طبقات در دو امتداد طولی ساختمان بین ستونها قرار گرفته و فاصله کف پنجره ها تا کف های ساختمان با دیوار آجری با آجر مجوف (با رتفاع حدود یک متر) پر شده است . دیوارهای عرضی خارجی نیز با آجر مجوف است (باستثنای بدنه ای که متصل به برج قفسه پله و آسانسور است و قسمتی از دیوارهای آن بتن آرمه و قسمتی با آجر مجوف است) .

بطور کلی این ساختمان با دهانه قابل توجه خود و با نداشتن هیچگونه دیوار و یا تیغه داخلی خیلی انعطاف پذیر (Flexible) است و حرکت ساختمان بهیچوجه هماهنگی با قسمت قفسه پله جنب آن که رژید میباشد ندارد و با این ترتیب آنچه در نظر اول ضروری بنظر میرسد لزوم پیش بینی درز انبساط با فاصله کافی بین ساختمان اصلی و برج پله و آسانسور است و در این قبیل موارد در صورتیکه این درز پیش بینی نشده باشد باید در انتظار وقوع یک حالت پیچش (torsion) شدید در ساختمان بود .

پوشش کفهای طبقات با استفاده از روش تیرکهای پیش ساخته شده و آجرهای مجوف انجام شده که روی آنها را بتن ریزی کرده اند ، این تیرکها عموما" در جهت طولی ساختمان و در فاصله بین قاب ها قرار گرفته اند ولی در پوشش مربوط به قسمت

شمـــالـــی نیـم طبقه تیرکها در امتداد عرضی قرارگرفته وانتهای آنها برروی دیوار بنائی که بابلوك بتنی وبطورمسلح ساخته شـــده گذارده شده است ،استفاده از این دیوار درحقیقت ساختمان را در این قسمت ازصورت ساختمان با اسکلت بتن آرمه خالص خارج ساخته است .

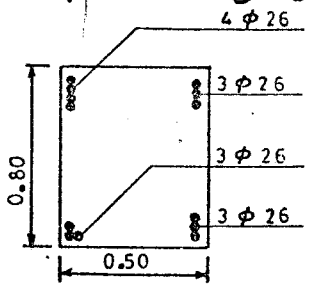
گرچه در داخل دیواربنائی شمالی ساختمان آرماتورهای قائم قرارداده شده و در محل کفها نیزکلاف افقی پیش بینی شده است لکن ازآنجاکه این دیوارحامل بار وکـف (کف نیم طبقه وسقف آن) است حرکات کف هاکه درچنین ساختمان انعطاف پـذیری قابل توجه است عیناً باین دیوارمنتقل میشود وبااین ترتیب بروزخسارت ویاخـــراب شدن دیوار درموقع حدوث زلزله امری غیرمنتظره نمیباشد کما اینکه در اثرزلزله این دیوار شدیداً خسارت دیده آرماتورهای قائم داخلی دیوارکمانه کرده اند .

در اثروقوع زلزله بمساختمان (TELCOR) شدیداً صدمه وارد گردید ،گذشته ازخرابیهائی که در دیوارهای این ساختمان واردآمد خسارات قابل توجهی به اسکلت ساختمـــان وارد گشت که قسمت عمده آن ناشی ازوجود دیوارهای برشی درگوشه جنوب غربی ساختمان است که خارج ازمحورشدیدی رابرای ساختمان فراهم کرده است واین نکته خصوصاً از شکافهائی که درکف ها (درست درمنتهی الیه ساختمان درجنب قفسه پله) بوجـود آمده است روشن میشود .

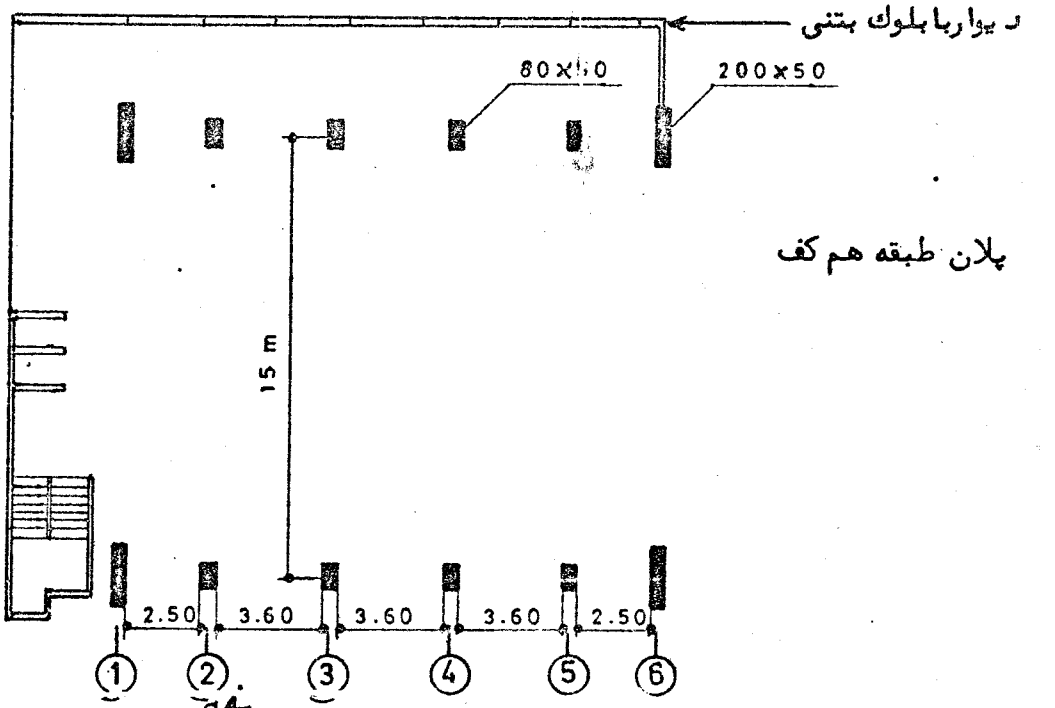
درطبقه هم کف هر چهار تیرکه حامل نیم طبقه میباشند درمحلی که کف ها خاتمه می پذیرد شکاف برداشته اند ودرسایرطبقات نیزتیرها درناحیه ای نزدیك تکیه گاه شمالی ترکهائی خورده اند وهرچه تیرها بطرف قفسه پله نزدیکترمیباشند این ترکها مختصرتراست .

درستونهای ساختمان نیزصدماتی وارد شده است وبتن چند ستون درطبقات فوقانـی خرد شده است ،بررسی این ستونها نشان میدهد که علاوه برآنکه نوع بتن مصرفـــی

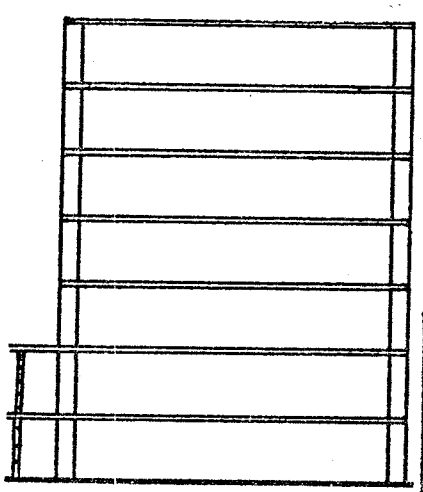
ضعیف بوده است در تعبیه تنگ ها نیز مراقبت بعمل نیامده و گاه فاصله تنگ ها از هم ۶۰ سانتیمتر میباشد ، ملاحظه آهن گذاری ستون خرد شده نشان میدهد که در مقطع ستون آرماتورها بصورت دسته ای اجرا شده است وبا این ترتیب چسبندگی زیادی بین بتن وآرماتورها موجود نبوده است وجالب آنکه در اجرای این ستون قاعده خاصی برای توزیع آرماتورها در نظرگرفته نشده ونحوهٔ آرماتورگذاری ستون بمقطع ۸۰ سانتیمتر در ۵۰ سانتیمتر طوری است که نشان میدهد از نظر اجرائی دقت کافی مبذول نشده است (زیرا نمیتوان قبول کرد که در طرح ساختمان چنین آهن گذاری پیش بینی شده باشد).



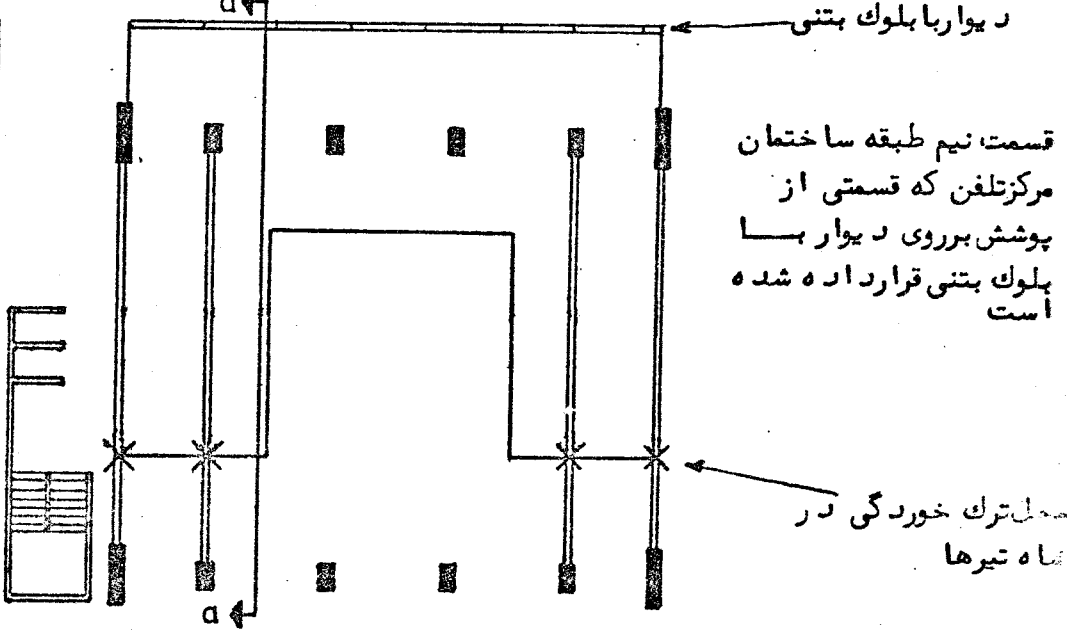
نحوه آرماتورگذاری ستون بتن آرمه در ستونی که بعلت خرد شدن بتن قابل رویت بود



پلان طبقه هم کف

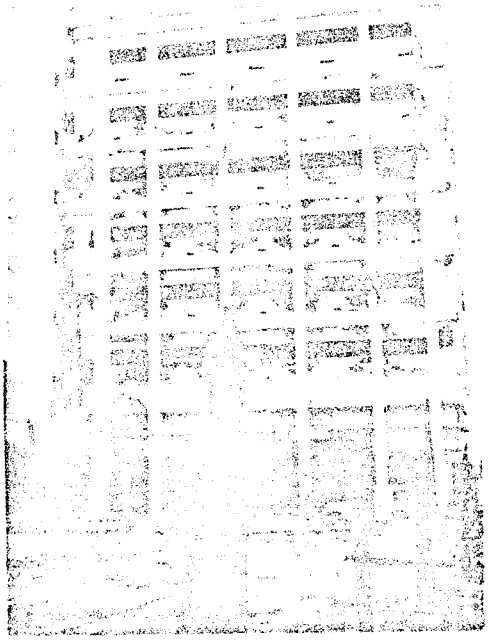


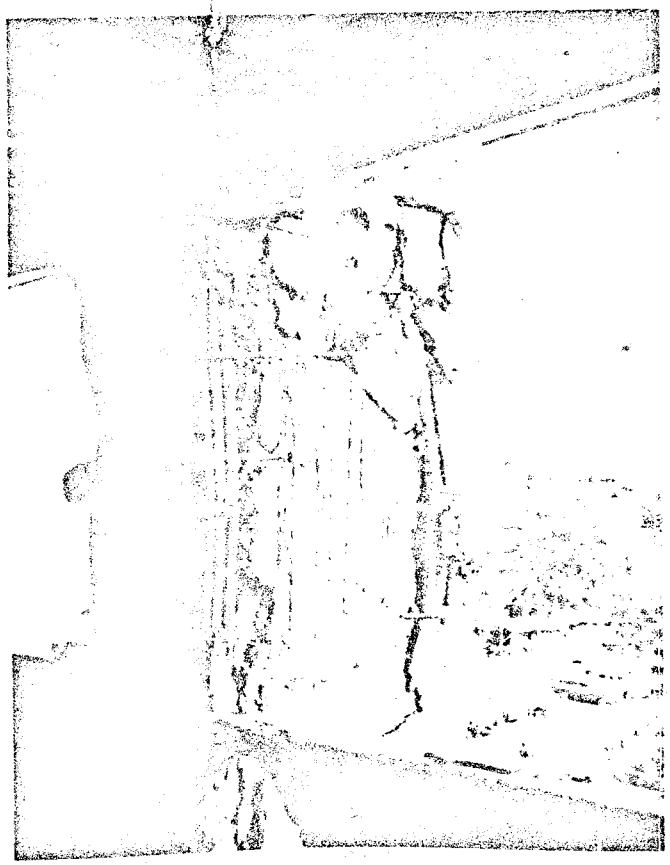
مقطع a-a



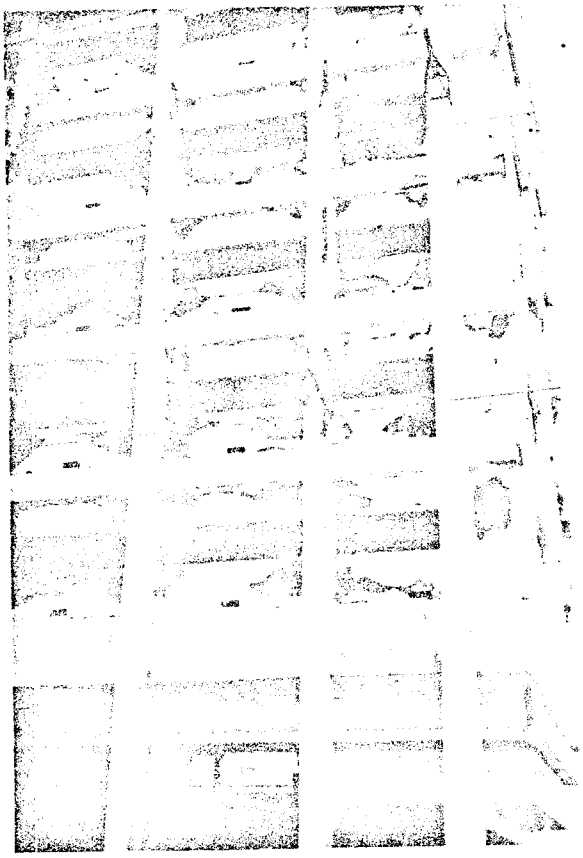
قسمت نیم طبقه ساختمان مرکز تلفن که قسمتی از پوشش برروی دیوار با بلوک بتنی قرار داده شده است

محل ترک خوردگی در راه تیرها





خسارت به ستون طبقه سوم ساختمان مرکز تلفن (از نزدیک)



ساختمان مرکزتلفن وخسارات وارده به دیوارهای با آجرمجوف زیرپنجره‌ها (در این عکس خسارت وارده به ستون طبقه سوم نیز ملاحظه میشود)

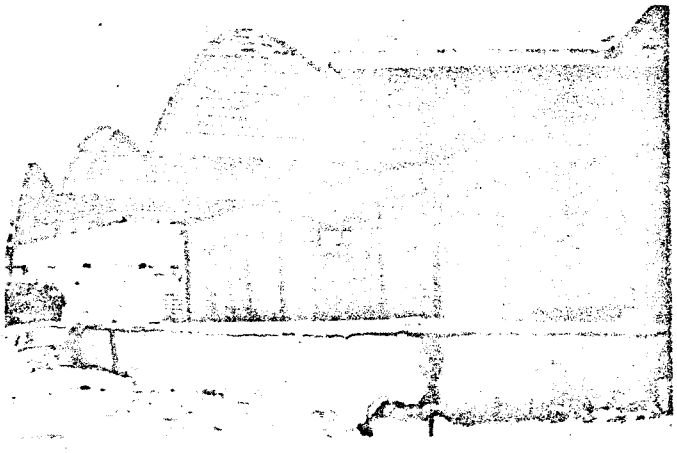
ساختمان ترمینال Aduvana

ساختمان بزرگی است که برروی ستونهای بتن آرمه وسقف پوسته نازك بتن آرمه ساخته شده است ، ساختمان دریك امتداد دارای ۵ دهنه ودرامتداد دیگر دارای ۷ دهنه است وفاصله محورتا محورستونها درهردوامتداد ۶ مترمیباشد .

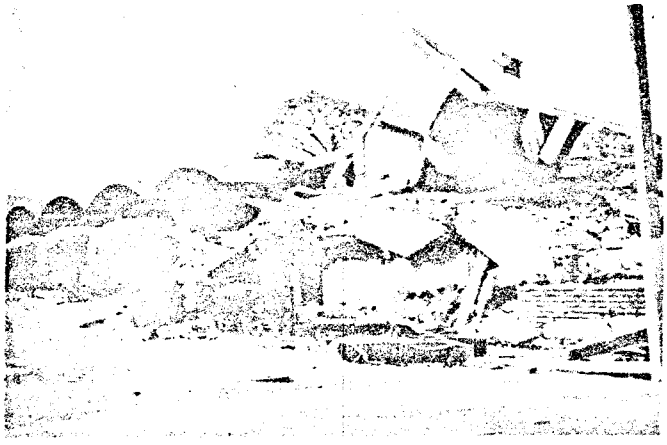
پوشش ساختمان بصورت نیم استوانه هائی درامتداد طولی است ومولد های استوانه درامتدادعرضی ساختمان قرارگرفته اند ، ساختمان دراین امتداد دارای طره ای بدهنه ۶مترمیباشد . درامتداد طولی ساختمان ، ستونهای بتن آرمه بوسیله قوسهای بتن آرمه بیکدیگرمتصل شده اند واین قوسها حد مولد های طولی استوانه هر دهنه میباشد ولی درجبهه ساختمان علاوه براین قوس تیرافقی بتن آرمه بصورت کش نیز گذارده شده است .

دراثربروززلزله قسمتی ازطره که درگوشه ساختمان قراردارد خراب شده است همچنین نیروی زلزله درجهت طولی ساختمان به سقف فشارآورده وقوسهای روی ستونها رادرمحل ستونها حرکت داده است . ولی هیچگونه حرکتی درجهت عرضی ساختمان که درامتداد مولد های استوانه است ملاحظه نشد .

درکناراین ساختمان قسمت اداری ترمینال که ساختمان بتن آرمه سه طبقه ای است ساخته شده است ودراثرزلزله این ساختمان کاملا" فرودآمده است .



طره ۶متری ترمینال Aduvana

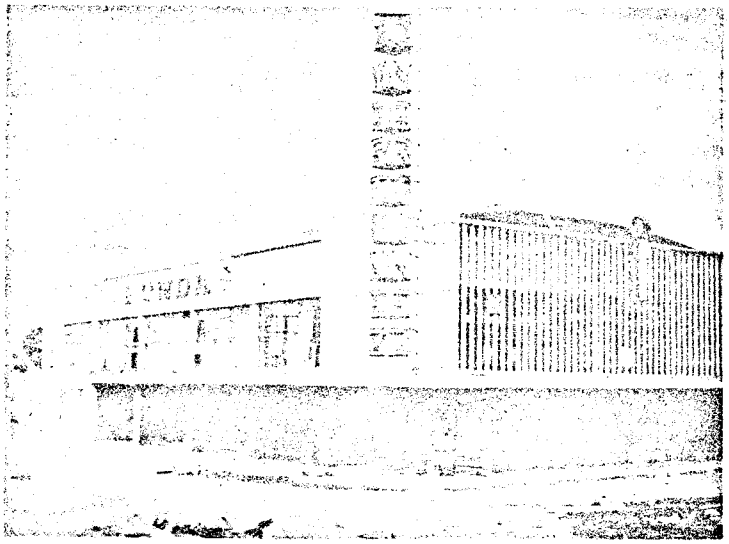


دراین عکس خرابیهای قسمت اداری

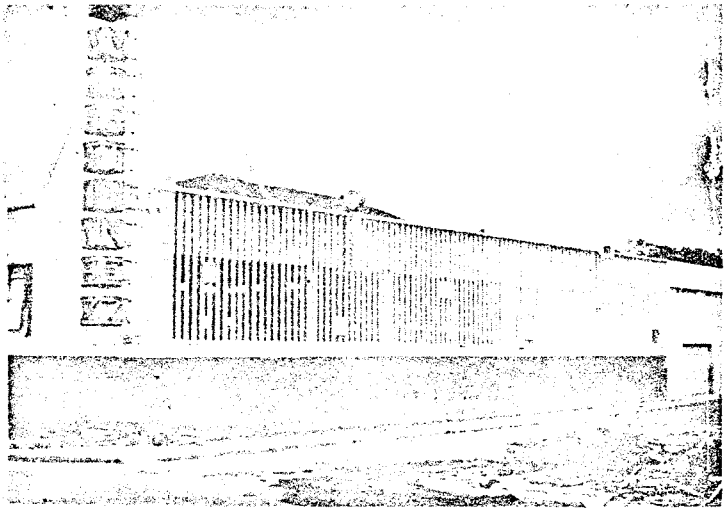
این ساختمان که سالن نمایشگاه موتورسیکلت Honda است ساختمان مربع شکل بزرگی است که در منطقه آسیب دیده اصلی شهر قرار گرفته است ، ابعاد ساختمان ۳۰ متر در ۳۰ متر بوده و ساختمان بوسیله گنبد بتن آرمه پوشش شده است ، ارتفاع ساختمان در حد و ارتفاع یك ساختمان سه طبقه است و در داخل سالن برای اجرای نیم طبقه تعدادی ستون موجود است که نیم طبقه و بالکن داخلی برروی آنها ساخته شده است.

بطور کلی خسارت عمده ای در اسکلت اصلی و در سقف این ساختمان ملاحظه نشد ولی در دیوارهای خارجی ترکهائی دیده شد و همچنین تعدادی از ستونهای بتن آرمه که بین پنجره ها در نمای غربی ساختمان موجود است آسیب دیده اند ، ارتفاع این ستونها کم و از ۷ سانتیمتر تجاوز نمیکند و شکافهائی که در این ستونها ایجاد شده از نوع شکاف ناشی از تلاش برشی است . ملاحظه نزدیك این ستونها ، عدم کفایت تنگهائی را که در ستون گذارده شده است اثبات میکند .

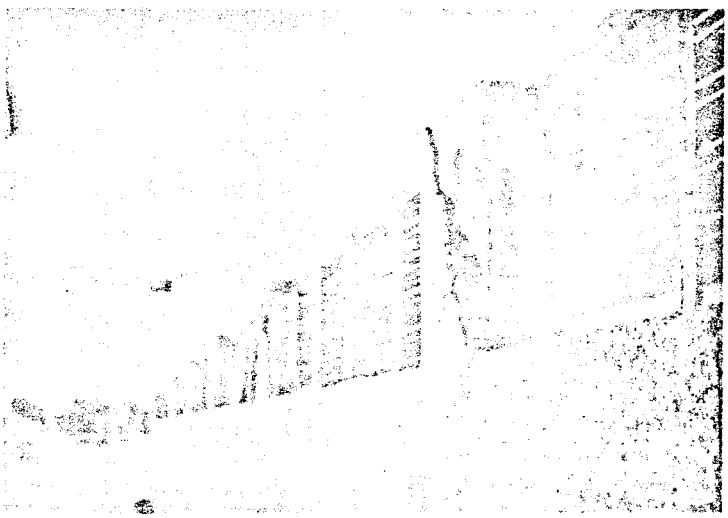
ساختمان نمایشگاه موتورسیکلت هوندا
با سقف گنبدی بتن آرمه



نمایشگاه هونـــــــدا



نمای غربی نمایشگاه هوندا (با ستونهای کوتاه در طبقه هم‌کف)



ساختمان بتن آرمه دوطبقه سینگربرقاب های عرضی یك دهنه (به دهنه ۶متر) که دریك طرف دارای طره ای به دهنه ۲مترودرطرف دیگردارای طره ای به دهنه یك متراست ساخته شده است وساختمان درجهت طولی فاقد قاب میباشد .

پوشش های ساختمان بااستفاده ازتیرکهای پرفابریکه (درجهت طولی ساختمان) وآجرمجوف انجام شده است .

دهانه های مربوط به امتداد طولی ساختمان درطبقه هم کف بدون دیوارچینی ودرطبقه دوم دارای دیواری بارتفاع حدود ۸۰سانتیمتراست (تازیرپنجره)ودهانه‌های عرضی ابتدائی وانتهائی درهردوطبقه آجرچینی شده است ،دراین محل دو ساختمان دیگرمانند همین ساختمان وبموازات آن بافاصله کافی ازاین ساختمان ساخته شده است که عیناً همین نقشه اجراگردیده بافرق اینکه دراین دوساختمان کلیه دهنه های طبقه هم کف درامتداد طولی دارای دیوارآجری بارتفاع حدود ۲مترمیباشد .

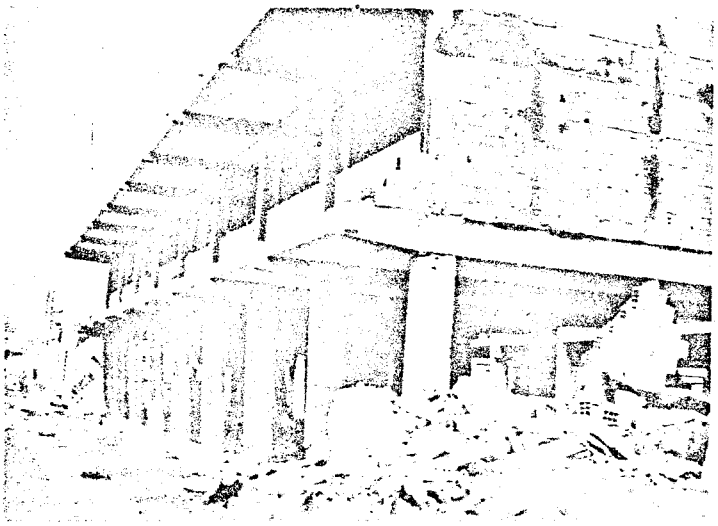
بطورکلی قاب های عرضی برنده باردراین ساختمانهابااندازه کافی قوی‌میباشند و ساختمان دراین امتداد خاصیت تغییرشکل پذیری کمتری رادارد بالعکس درامتداد طولی که ساختمانهافاقد قاب هستند بسیارضعیف بوده وخصوصاً درساختمان اول که فاقد دیوارطولی میباشد قابلیت تغییرشکل پذیری زیادی رادارامیباشد .

دراثرزلزله این‌سه ساختمانهادرامتداد طولی تغییرشکل داده اند وساختمان‌اول تقریباً یك مترازقائم منحرف شده است وباین جهت درمحل تلاقی تیروستون‌شکافهائی ایجادگردیده است (دردوساختمان دیگرشکاف درمحل تلاقی خط بالای دیوارباستون ودرمحل تلاقی کف باستون‌است) .

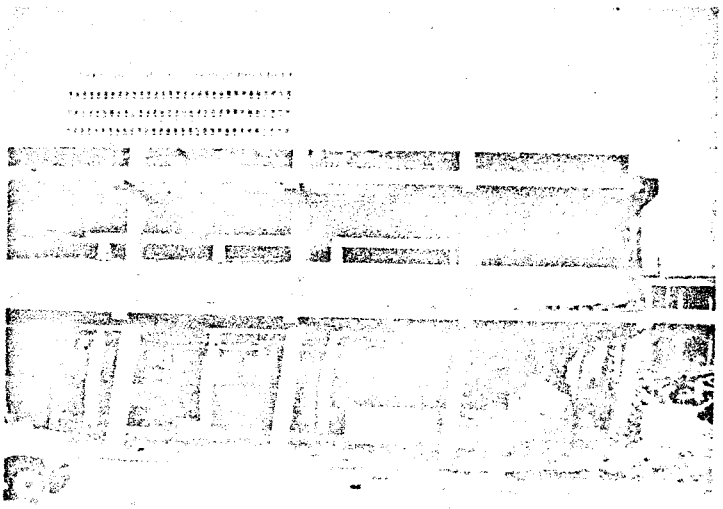
بطورکلی دراین قبیل پوشش هاکه جهت تیرریزی دریك امتداد ساختمان‌میباشد

عملا" شاه تیرها بعلت آنکه باید بارقائم زیادی راتحمل کنند قوی اختیارمیگردند وچنانچه درامتداد دیگرکه موازی باامتداد تیرریزی است عامل برنده بارجانبی پیش‌بینی نشده باشد همواره امکان این قبیل خسارات وحتی خراب شدن کامل ساختمان موجوداست.

علاوه برخسارتی که درجهت طولی باین ساختمان وارد گردید دیوارهای عرضی طرفین نیزخراب شدند که این امرناشی ازتغییرشکلی است که درجهت عمود بردیوار به این دیوارها وارد گردیده است .



ساختمان سینگرکه دریك امتداد دارای قابهای قوی ودرامتداد دیگرفاقد عنصربرنده بارجانبی است



تغییرشکل درجهت طولی درساختمان سینگر

ازساختمانهای جالبی است که زلزله خساراتی بآن وارد ساخت ولی ازخرابی محفوظ مانده است . این ساختمان ازدو ردیف ستون بتن آرمه ساخته شده است که فاصله محورتا محورآنها درامتداد عرضی ۲۶ مترودرامتداد طولی ۶/۵ متراست . سقف این ساختمان ازپوشش پوسته نازك بتن آرمه بشکل نیم استوانه‌هائی که درخارج ساختمان نیزازهرطرف باندازه ۶ مترحالت طره دارد انجام شده است ، دیوارطولی ساختمان درفاصله ۳/۲۰ مترازمحورستونها وخارج ازآن ساخته شده وبااین ترتیب ستونها در داخل سالن نمایان بوده وبین آنها دیواری قرارنگرفته است . دیوارهای طولی مشبك میباشند .

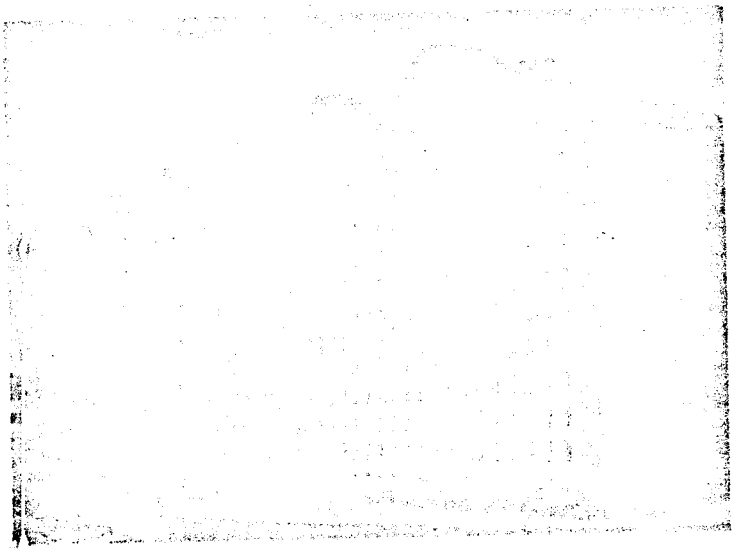
درامتداد طولی دردوطرف ساختمان دو ربع استوانه که دهانه هریك ۳/۲۵ متر است درسقف ساخته شده است که بصورت طره میباشد .

ستونها درامتداد طولی درارتفاع ۶ متری باتیربتن آرمه پهنی بهم متصل شده اند واین تیرتاحد خارجی ساختمان ادامه میابد ودیوارهای طولی شبکه ای ساختمان را دربرمیگیرد ،علاوه برآن ستونها درامتداد طولی بوسیله تیرهای قوسی شکل نیز بیکدیگرمتصل شده اند که تکیه گاه نیم استوانه های سقف میباشند .

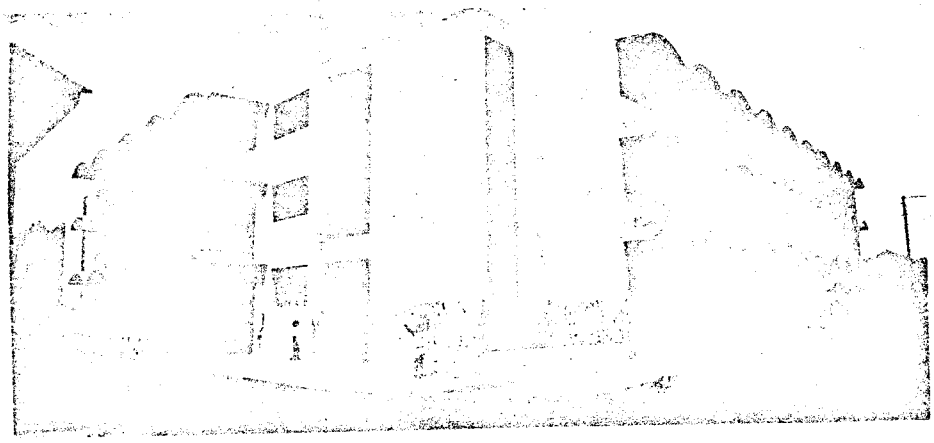
بطورکلی ساختمان دربرابرزلزله مقاومت کرده است وتنها یکی ازربع استوانه های طره ای سقف خراب شده است همچنین علامت صلیب ورودیه کلیساکه ازبتن آرمه ساخته شده شکسته شده است ، به سقف ساختمان دردا خل سالن هیچگونه خسارتی وارد نشده وتنها درپاره ای قسمتها سقف استوانه ای درمحل قرارگرفتن برروی تیرهای قوسی بین ستونها درجای خود حرکت کرده وفاصله ای ایجاد شده است ،این فاصله خصوصاً دردهانه اول که مجاوربع استوانه طره ای که شکسته شده است بیشتر

بچشم میخورد که بعلت خراب شدن طره ویکپارچگی طره با این ذهنه بوجود آمده است .

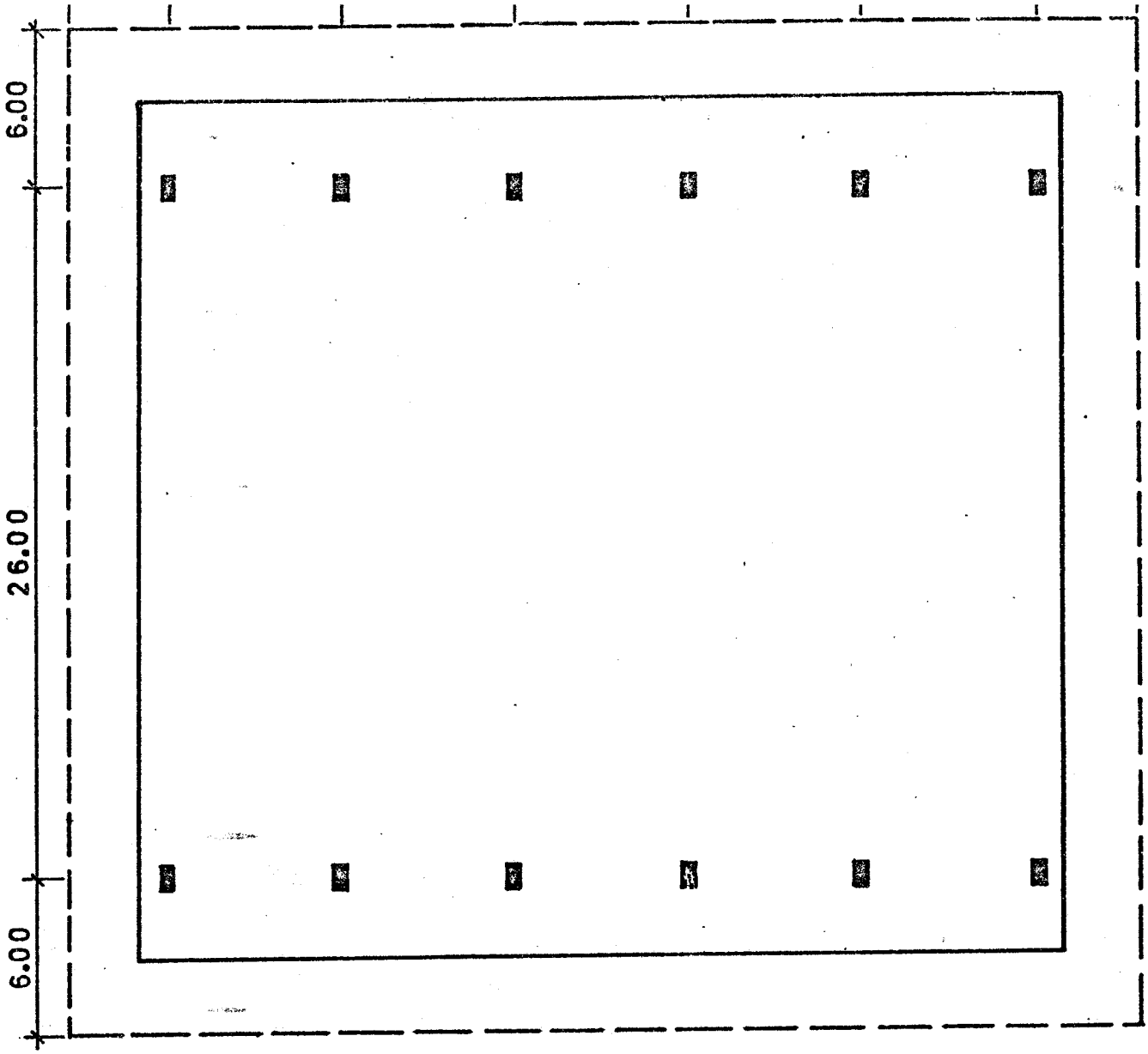
مدرسه متعلق باین کلیسا که در فاصله یکصد متری کلیسا بطور مستقل ساخته شده است ساختمان سه طبقه ایست که از بتن آرمه ساخته شده ونوع کف های آن نیز پوسته ای نازك بشکل نیم استوانه است ، خسارات وارده باین مدرسه نیز در حدود خرابش وریخته شدن بتن در پاره ای از ستونها وایجاد شکافهائی در دیوارهای جدا کننده داخلی است .

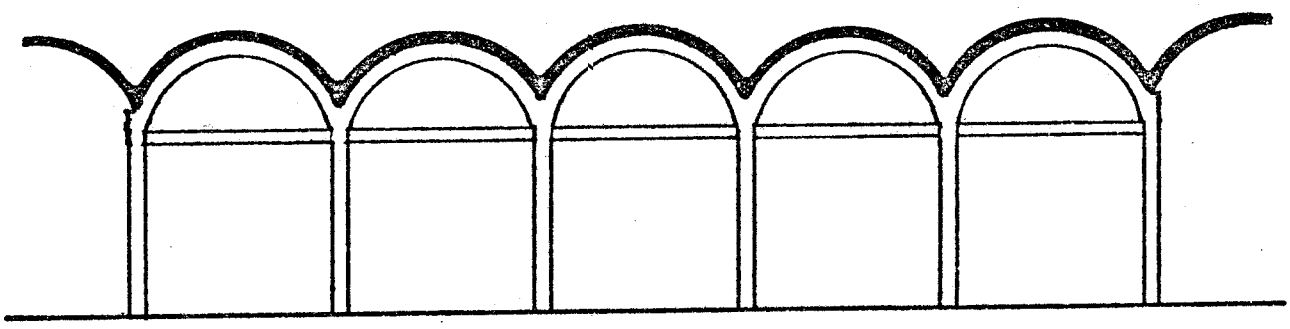


کلیسای San Domigo

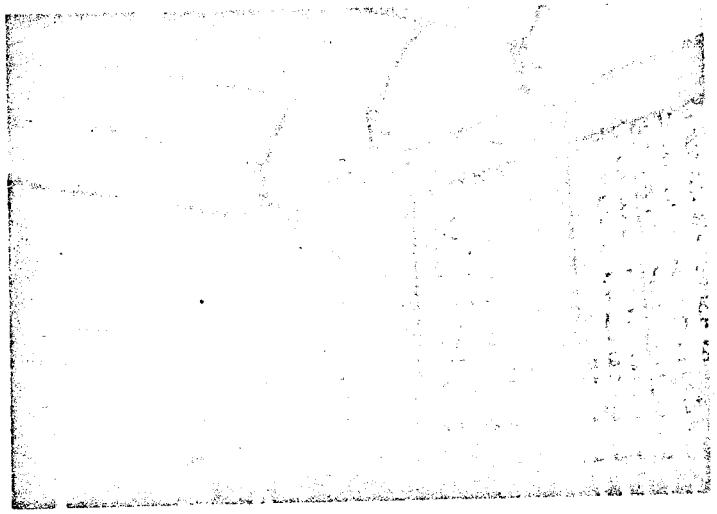


مدرسه متعلق به کلیسای San Domigo



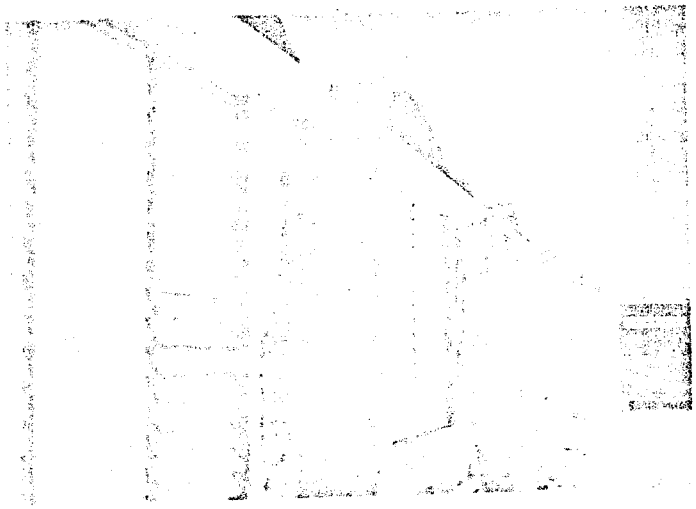


San Domigo کلیســـای

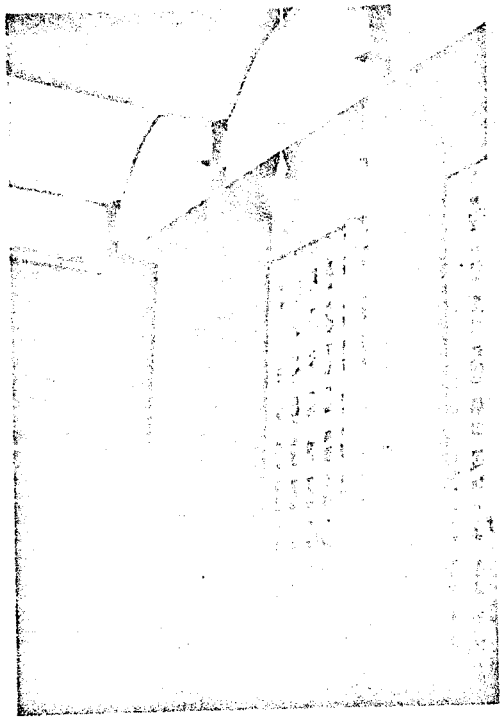


تغییر مکان سقف استوانه در روی تیرقوسی

شکسته شدن علامت صلیب کلیسای San Domigo
که از بتن آرمه ساخته شده است



خسارت به ستونهای
بتن آرمه در مدرسه متعلق
به کلیسای San Domigo



کلیسای San Domigo
(تیرطولی پهن بین ستونها)

ساختمان ۷طبقه ای است که با قابهای بتن آرمه ساخته شده ودارای دیوارهای برشی بتن‌آرمه است ،پلان ساختمان مربع مستطیل بوده ودرامتداد طولی دارای‌دوردیف ستون است که فاصله محورتامحوراین دوردیف ستون‌ازهم ۸مترمیباشد ،ستونها در جهت طولی بفاصله ۵/ ٤مترازهم قرارگرفته اند .

کف های ساختمان ازدال بتن آرمه ریخته شده درمحل ساخته شده وازطبقه هم کف به بالا درجهت عرضی دردوطرف بصورت طرهٔ بدهانه ۵/ ۱مترخارج شده است ودیوارهای طولی خارجی ساختمان برروی این طره هاقرارگرفته است ،این دیوارها دریك طرف کلا" شیشه ای است ودرطرف دیگرتاارتفاع کوتاهی ازبلوك بتنی ساخته شده وروی آن پنجره قرارگرفته است .

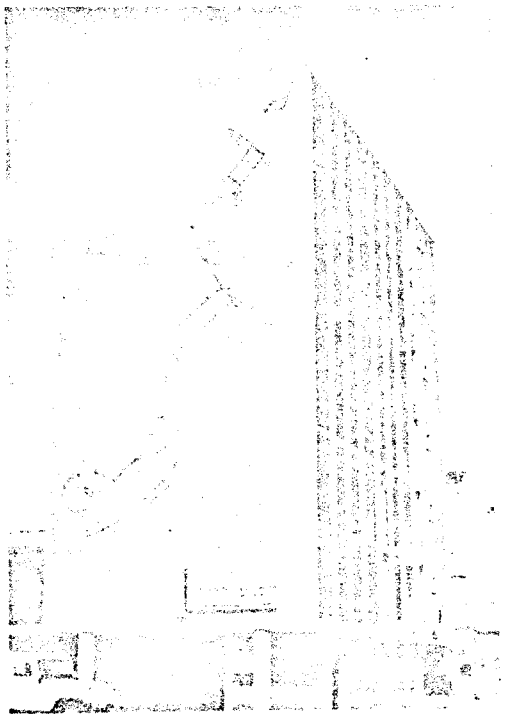
ساختمان درجهت عرضی دریك طرف دارای دیواربرشی بتن آرمه است واین‌دیوار ازطبقه روی طبقه هم کف به بالا ودرمنتهی‌الیه ساختمان ساخته شده است ودرطبقه هم کف ادامه نیافته وبجای آن دیواربرشی دردهانه مجاوردهانه آخرساخته شده است .درطرف دیگردرمنتهی‌الیه ساختمان وهمچنین یك دهانه بلافاصله قبل ازآن دیوارآجری درکلیه طبقات ساخته شده است که محل پله ساختمان میباشد ،درگوشه ای ازاین قسمت‌آسانسورهای ساختمان قراردارندکه دیوارهای اطراف‌آن بتنی است .

ساختمان دربیشترطبقات فاقد تیغه بندی داخلی وبصورت سالن است ودربعضی ازطبقات باتیغه های چوبی جداشده است . دراثرزلزله شیشه های جبهه اصلی ساختمان عموما" شکسته وبه دیوارهای کوتاه یابلوك بتنی که درزیرپنجره های جبهه‌دیگر ساختمان است خسارت واردگردیده است .

نکته قابل توجه دراین ساختمان اثری است که تغییرمحل دیواربرشی عرضی

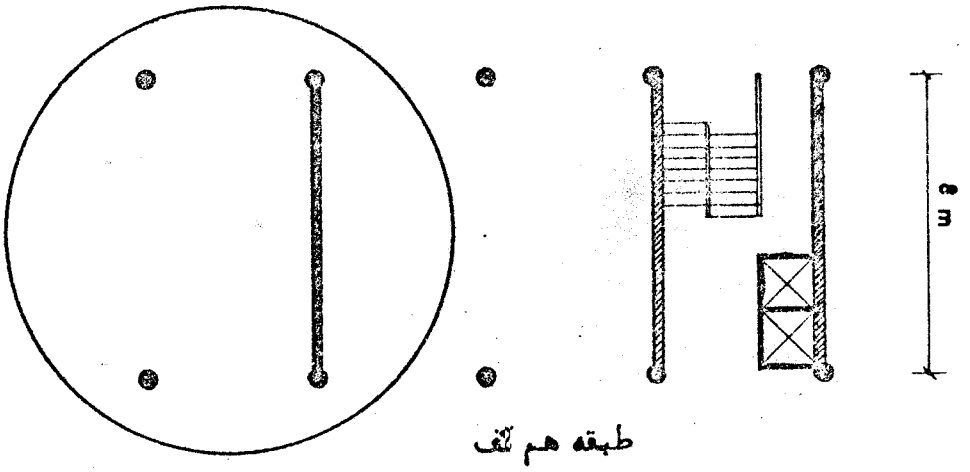
ساختمان در طبقه زیر داشته است ، همانطوریکه گفته شد دیوار برشی در طبقه هم کف در امتداد دیوار برشی طبقات دیگر نیست و دیوار برشی این طبقه در دهانه مجاور قرار گرفته است وبا این ترتیب تلاش زلزله مستقیما" از دیوار فوقانی به پائین منتقل نشده و دال سقف طبقه هم کف واسطه انتقال تلاش دیوار برشی طبقات بالا به دیواری است که در طبقه هم‌کف قرار گرفته است و در نتیجه در زیر دال سقف این طبقه ترک هائی بوجود آمده است همچنین در این طبقه در ستون زیر دیوار برشی طبقات بالا ترک‌های مختصری دیده میشود

بطور کلی این ساختمان در برابر زلزله خوب پایداری کرده است و خسارات وارده به آن چندان قابل توجه نمیباشد .



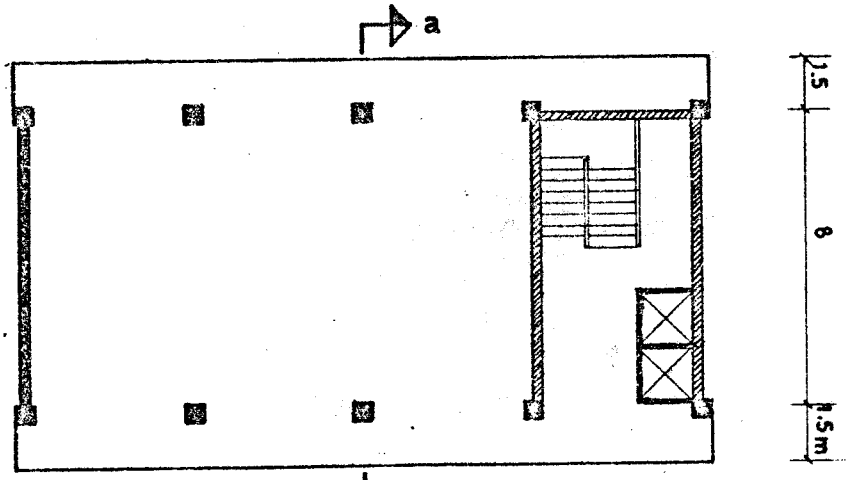
ساختمان Immobilaria

(دیوار برشی طبقه هم‌کف در دهانه دوم و دیوار برشی سایر طبقات در دهانه اول است)

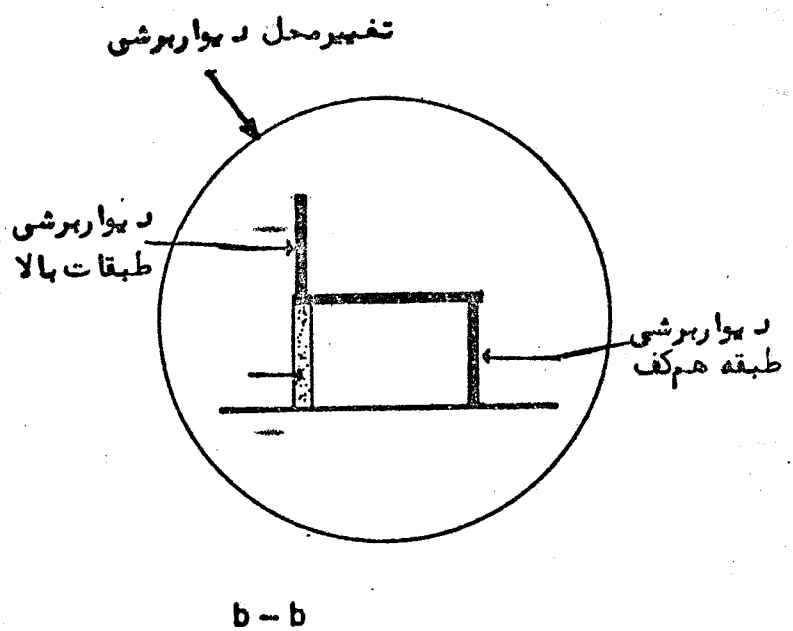


طبقه هم کف

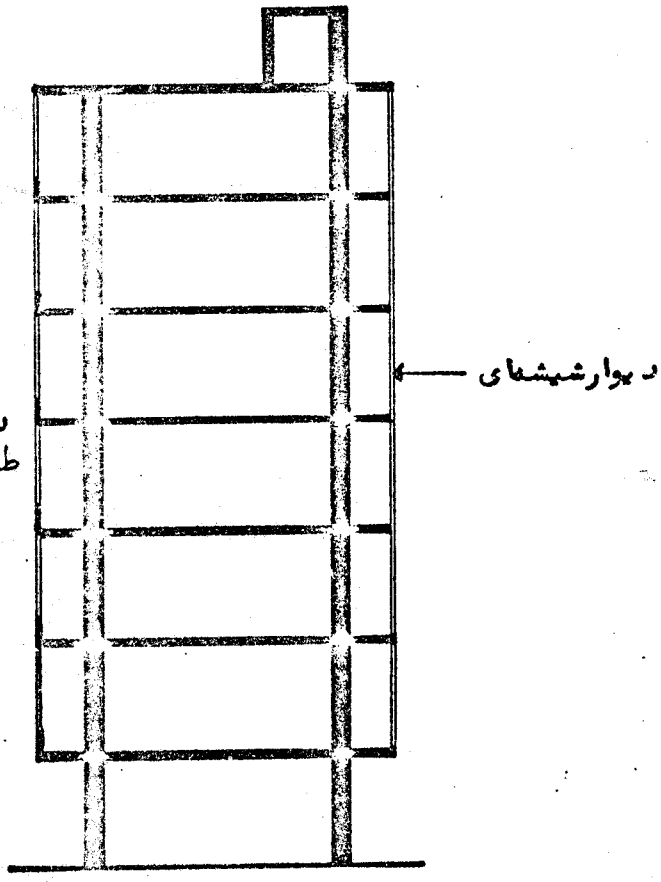
b-b



طبقات تیپ



b – b



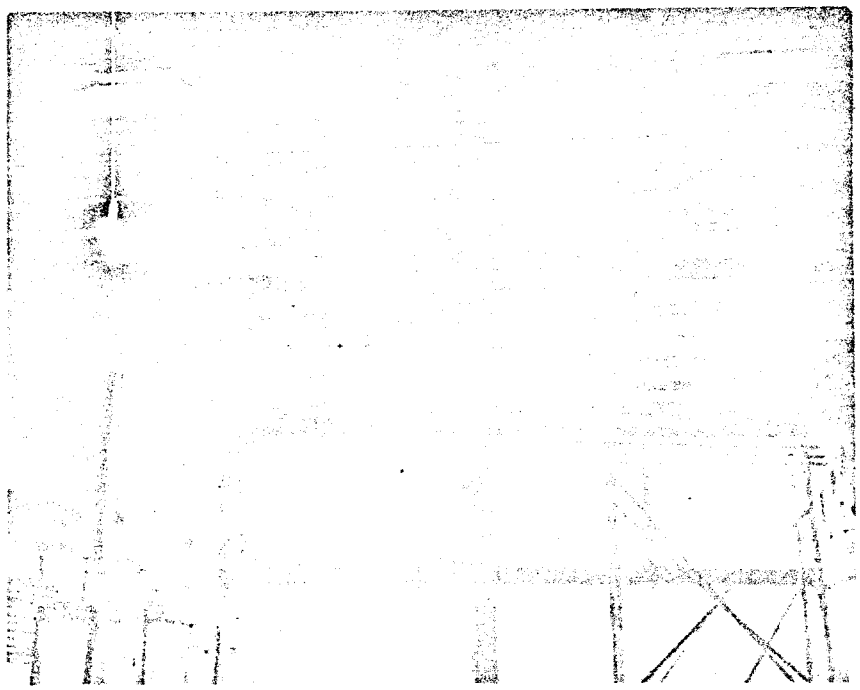
a – a

ساختمان Immobilaria

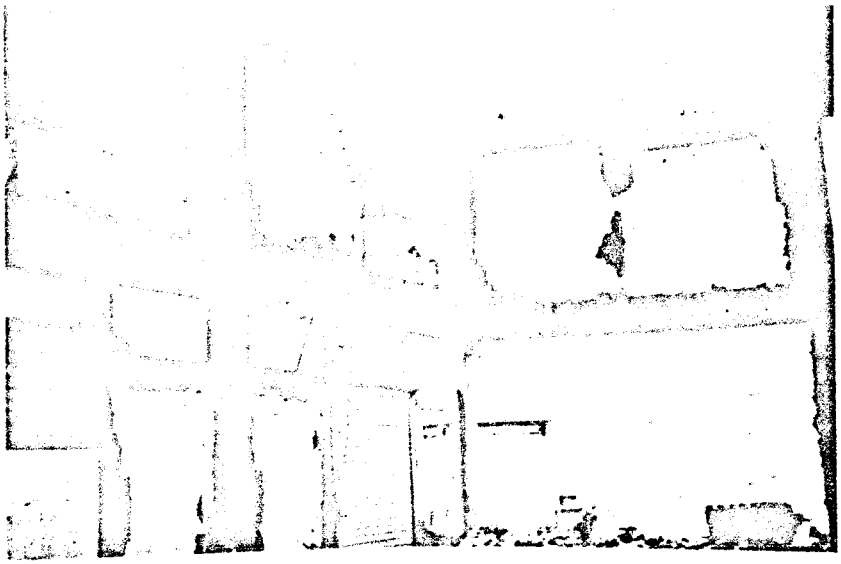
ساختمان بتن آرمه یك طبقه چاپخانه که بلافاصله درعقب ساختمان ایموبیلاریـــا قرارگرفته است بارهانه حدود ۱۳ متربا سقف ازبتن پرفابریکه پیش تنیده ساخته شـــده است ،تیرهابشکل TT میباشد ودرزیرتیغه های آن صفحات آهن گذارده شـــده وهمچنین درتکیه گاهها نیزصفحه آهن پیش بینی واتصال بین تیرهاوتکیه گاههـــابا جوش تأمین شده است .

دیوارهای ساختمان ازآجرمجوف میباشد واین دیوارهاعموما" دراثرزلزله خـــراب شده اند وخرابی این دیوارهاناشی ازمؤلفه عمود برسطح دیوارمیباشد .

دیوارخارجی محوطه این چاپخانه بابلوك پرفابریکه بتنی وبارتفاع ٤ مترساختـــه شده است ،دیواردرسه محل دارای کلاف بتن آرمه ودرفاصله هرسه متردارای یـــك عنصرقائم میباشد وبااین وصف دراثرزلزلهبصورت محدب درآمده است .



ساختمان چاپخانه LA PRENSA باسقف بتنی پیش ساخته شده پیش تنیده



خسارت به دیوارهای اطراف ساختمان چاپخانه LA PRENSA بطوریکه ملاحظه میشود با وجود تقویت هائی که در داخل دیوار انجام شده خسارات وارده شدید است

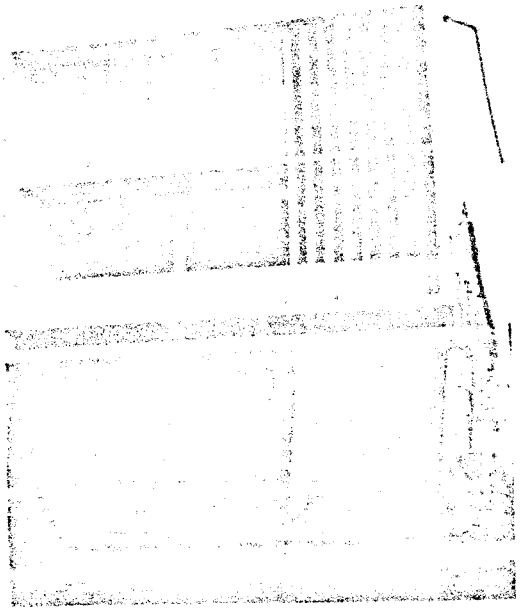
دیوار بابلوک بتنی محوطه چاپخانه پشت ساختمان مرکز تلفن با کلافهای بتن آرمه قائم و افقی (بطوریکه ملاحظه میشود نیروی زلزله عمود برسطح دیوار موجب انحناء در سطح دیوار شده است)

ساختمان A
(*)

ساختمان سه طبقه بتن آرمه ای است که دارای پیش آمدگی طره ای (حدود ۳ متر) میباشد . این ساختمان برروی سه ردیف ستون بتن آرمه که فاصله هر ردیف از ردیف دیگر ۶ متر است ساخته شده است . تعداد ستونها در ردیف جلو ۴ عدد و در ردیف وسط ۳ عدد است که دو ستون آن در دو طرف ویک ستون در داخل سالن است در ردیف آخر فقط دو ستون در طرفین گذارده شده و از دیوار آجری قفسه پله برای پوشش طبقات استفاده شده است .

ستونهای ساختمان عموماً ضعیف وابعاد آنها ۳۰ سانتیمتر در ۲۰ سانتیمتر است و ستون وسط سالن بمقطع دایره وبقطر ۳۰ سانتیمتر میباشد .

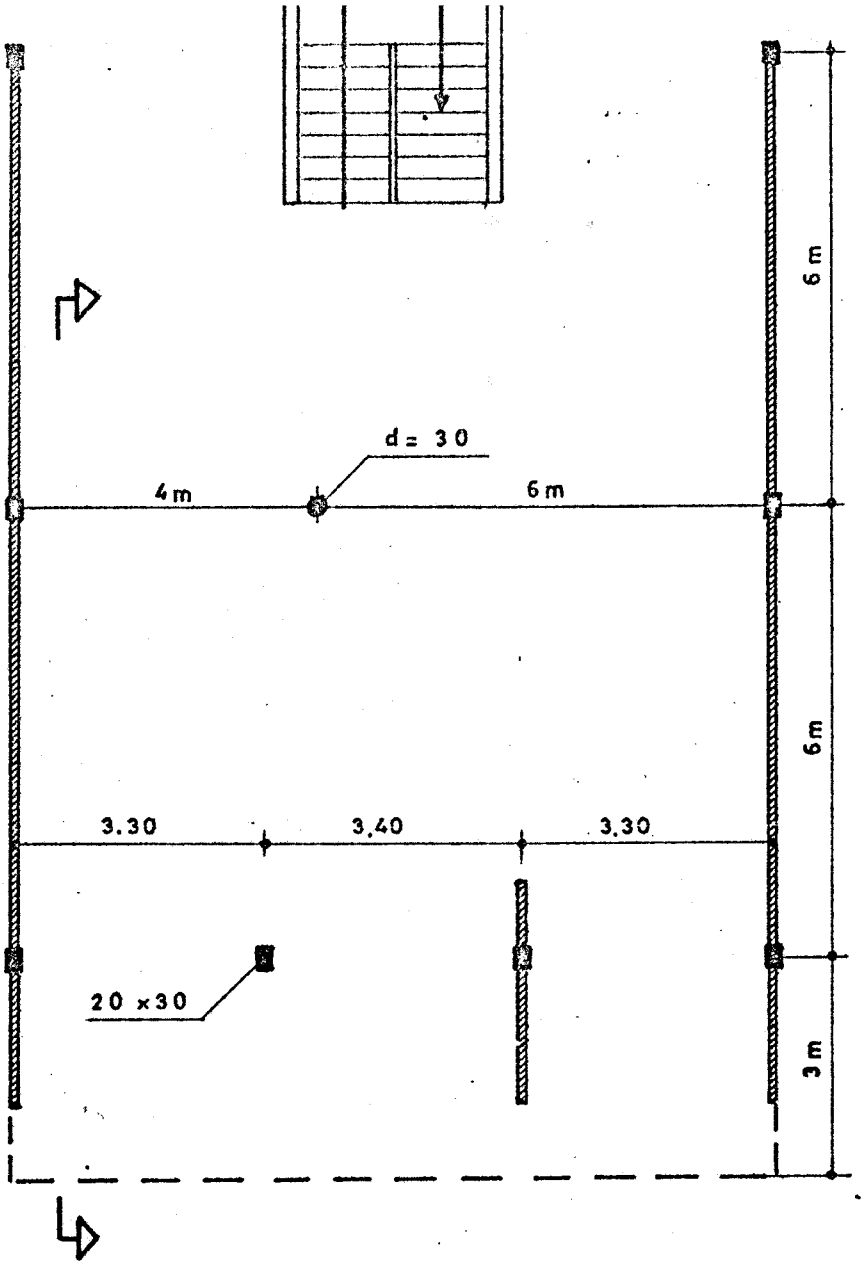
طبقه هم کف دارای دو طره است که یك طره آن در امتداد سقف نمیباشد وبمحاذات قسمت زیرین تیرقوی است . طره ها بطورکلی سنگین میباشند وحتی در طبقه سوم دیوار کاملاً پر در جلوی طره گذارده شده است .

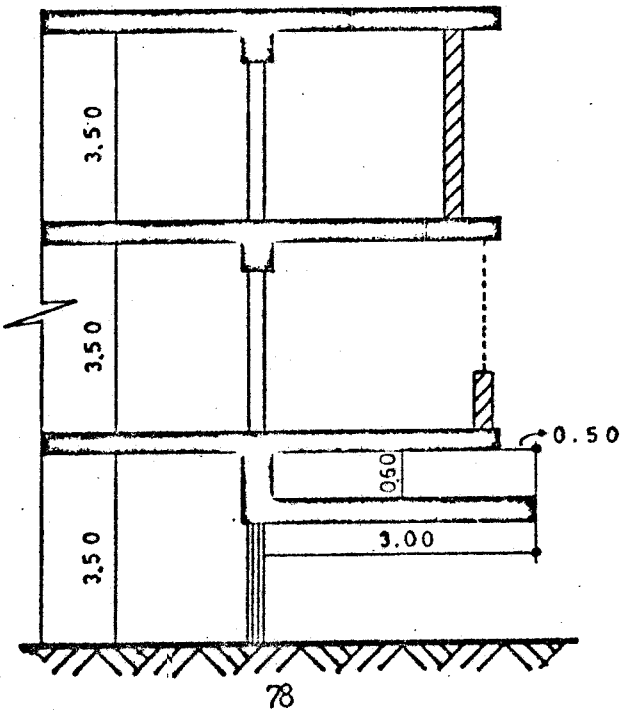


دیوارچینی ساختمان باآجرتوپرو با ملات خوب انجام گرفته است .

در اثر زلزله ستونهای بتن آرمه خسارت دیده اند وبتن بالا وپائین ستونها خرد شده است ستون گرد وسط سالن باندازه ۴۰ سانتیمتر وستونهای ظریف ردیف جلو باندازه یك متر از حالت قائم منحرف شده اند وساختمان در جهت عرضی کج شده است .

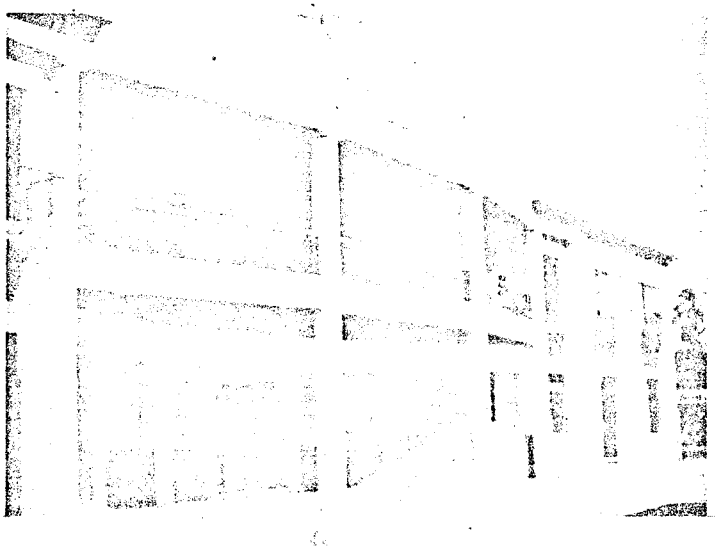
(*) A نام قراردادی است که در اینجا بکار برده ایم


6 m
d = 30
4 m
6 m
6 m
3.30
3,40
3.30
20 x30
3 m


3.50
3,50
0.50
060
3.00
3,50

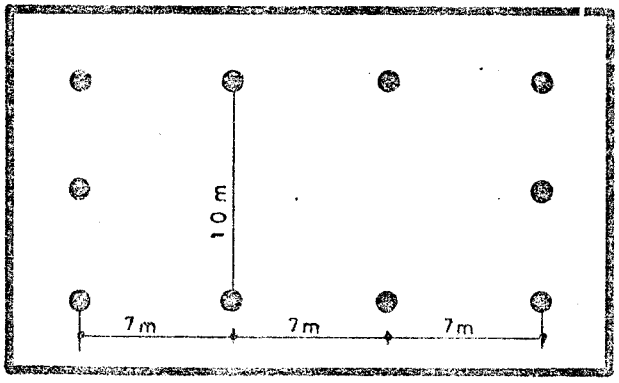
ساختمان گراند هتا

ساختمان دوطبقه‌بتن آرمه ایست که پوشش بام آن با خرپای فلزی انجام گرفته است پوشش بام در اثر زلزله خراب گردیده است ولی سقف طبقه هم کف بادهانه های بزرگ و ازشاه تیروتیرودال بتن آرمه ساخته شده است وخسارتی بآن وارد نگردیده است .



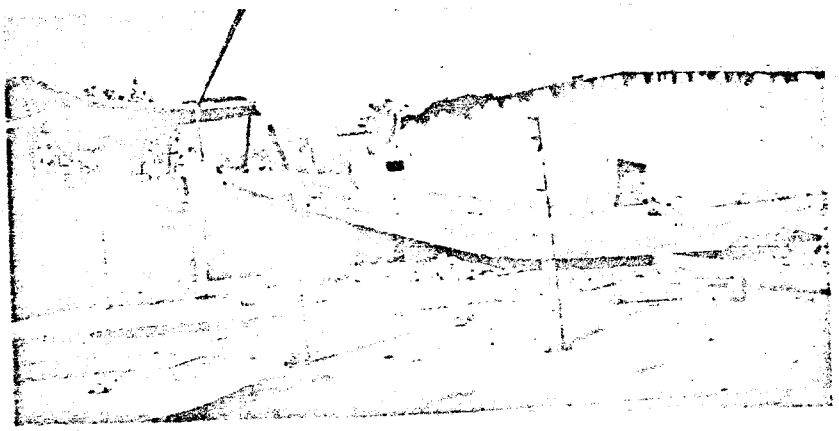
ساختمان گراند هتل

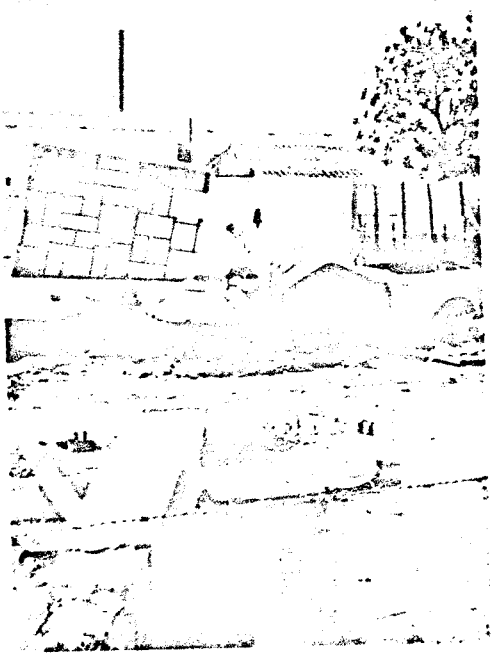
پوشش طبقه هم کف



پلان طبقه هم کف

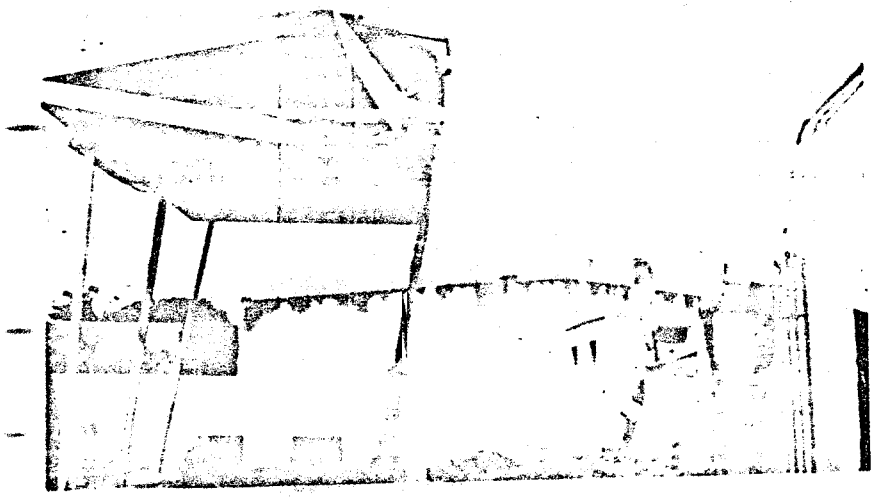
سرپوش بتن ارمه سنگینی است که بصورت دال یك پارچه برروی چهارستون بتن آرمه بابعاد ۳۵ سانتیمتر در ۳۵ سانتیمتر (با ۶ عدد آهن گرد ۱۸ آج دار) ساخته شده است ، فاصله ستونها در یك امتداد ۵ متر و در امتداد دیگر ۱۲ متر است . در اثر زلزله سقف این ساختمان بکلی فرود آمده است . مشابه این ساختمان در محل دیگری ساخته شده است که خراب نشده ، ملاحظه محلی نشان داد که در داخل هریك از ستونهای بتن آرمه ساختمان اخیر ستون فلزی قرار داده شده که بخوبی به سقف اتصال داده شده است و وجود همین ستونها ی انعطاف پذیر موجب گردیده است که سقف فرود نیاید .





سقوط دال سنگین

در کنار این ساختمان سرپوش دیگری است که با سقف سبك آهن ورق ساخته شده و برروی لوله‌های آهنی بارتفاع ۴ متر قرار گرفته است ، در اثر زلزله ستونها کج شده و سقف درهم پیچیده شده است



ساختمانهای سنتی

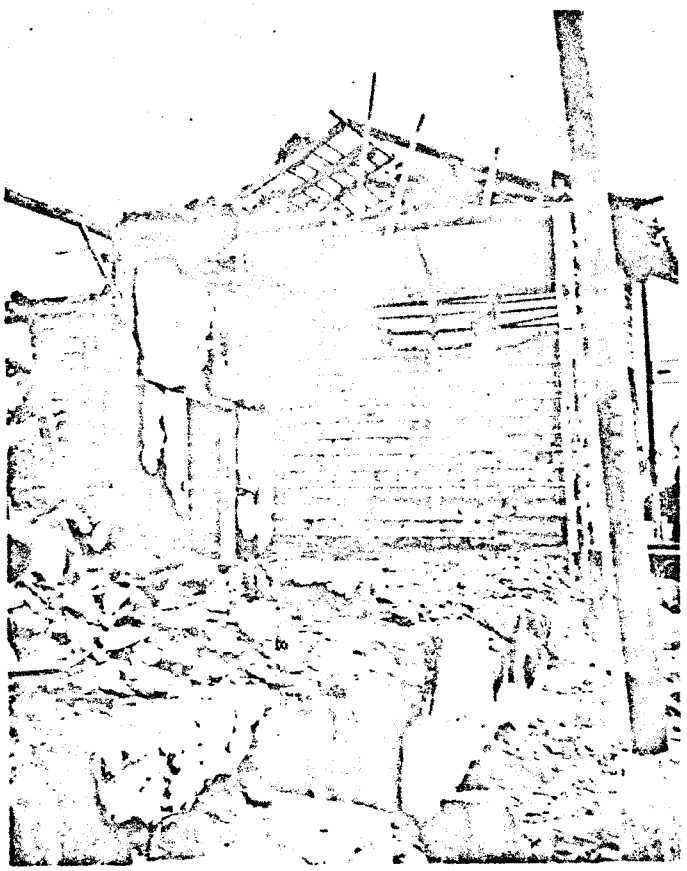
نوع ساختمانهای سنتی کشورنیکاراگوآخشت وگلی ویاسنگ وگل است ،پس اززلزله شدید سال ۱۹۳۱ شهرماناگوآدراین نوع ساختمانهاتغییراتی داده شد وبه تبعیت از روشهائی که ازکشوراسپانیابارمغان آمد تقویتهائی درطرح این ساختمانهاصورت گرفت که تاحدود زیادی ناشی ازتوجه بمقاوم بودن آنهادربرابرزلزله است ولی درعمل بعلت بدی اجراخسارت زیادی درزلزله اخیربااین ساختمانهاوارد شد ودرحقیقت عامل عمده تلفات سنگین زلزله ماناگوآوجوداین ساختمانهابوده است .

دراین نوع ساختمانهاکه بنام Torquezal معروف است بفواصل هریك متریك تیر چوبی گرد یاچهارتراش بطورقائم قراردادهوبه دوطرف این چوبهاتخته های افقی که فاصله آنهاازهم حدود ۲۵ سانتیمتراست میخ شده ووسط راباسنگ وگل پرکرده اند ، بااین ترتیب گرچه دیوارهاخشت وگلی است ولی دارای استخوان بندی چوبی میباشد که چنانچه دراجرای آنهادقت شود تاحدود زیادی دربرابرزلزله مقاوم خواهندبود .

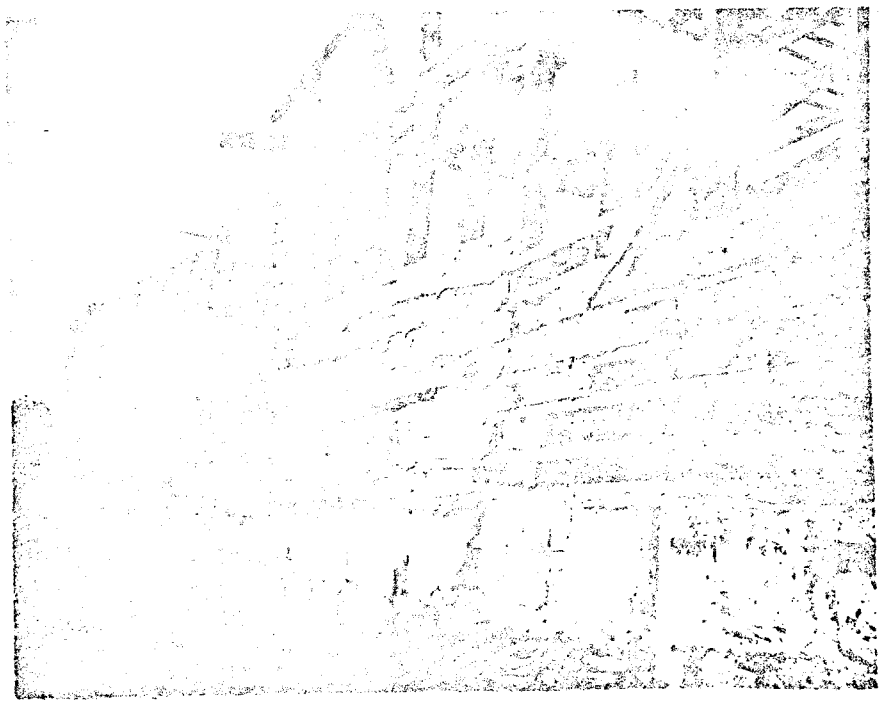
پوشش این ساختمانهاعموما" باخرپاهای چوبی وصفحات سفال است وخرپاها مستقیما" برروی دیوارهای گلی قرارگرفته اند ،اتصال خرپاهابادیوارهابنحومطلوب صورت نگرفته وباین علت اغلب سقفهاسقوط کرده است . قسمت عمده خسارت باین نوع ساختمانهاناشی ازسقوط سقفهامیباشددرحالیکه بااستفاده ازوجود تیرهای قائم در داخل دیوارهاممکن بود خرپاهای سقف رابطرزقابل قبولی باین تیرهاتثبیت کرد .

بطورکلی صدمات وخسارات وارده باین ساختمانهابنحوی است که درنظراول هر بیننده ای رامعتقد میسازدکه بایداین قبیل ساختمانهادرمنطقه زلزله خیزکلی منسوخ گردد لکن توجه بمسائل اقتصادی ودرآمد مردم وعدم امکان تهیه مسکن برای طبقات کم درآمد موجب میگردد که دراین باره باواقع بینی بیشتری برخوردگردد ،نگارنده با

بیشتربدون آنکه هزینه ساختمان بالا رود امکان داشت که ازبروزخسارات عمده که موجب تلفات میگردد جلوگیری نمود وبنظرمیرسد کاربرد این نوع ساختمان برای طبقات کم درآمد درصورتیکه باکمک دولت وبکارگماشتن کارگرمتخصص کارهای چوبی واتصال وتثبیت سقفها انجام وباخود یاری مردم واستفاده ازکارگران غیرمتخصص دیوارها ساخته شود میتواند بعنوان راه حل مسکن ارزان قیمت وتا حدودی مقاوم دربرابرزلزله تلقی گردد .

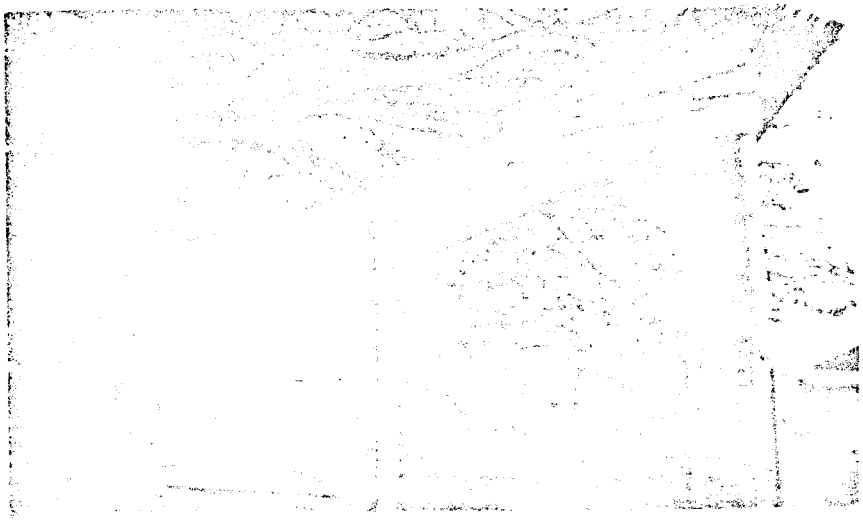


نوع ساختمان سنتی Torquezal



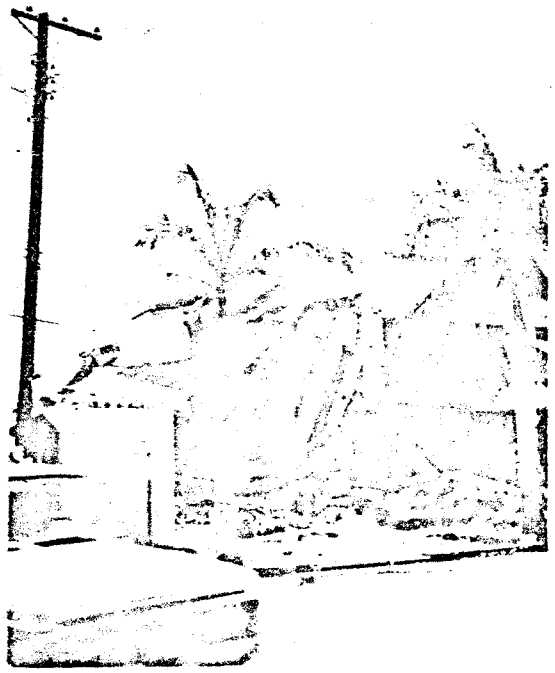
استخوان بندی چوبی ساختمان Torquezal

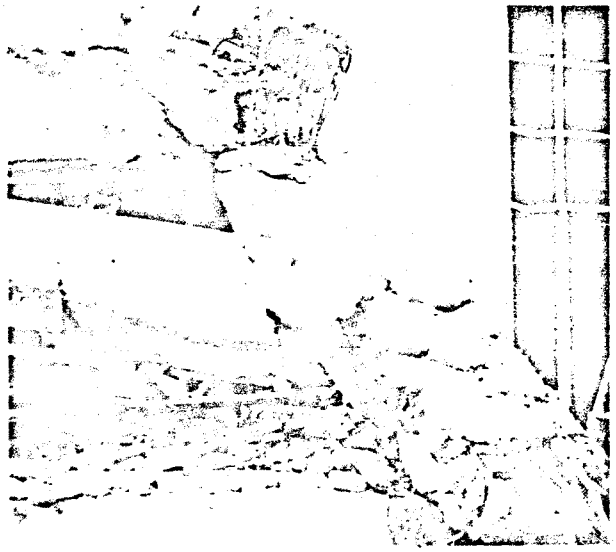
ضعیف بودن سقفها وعدم اتصال صحیح با دیوارها موجب خسارات زیادی در ساختمانهای معروف به Torquezal شده است (بطوریکه در این عکس دیده میشود خرپاهای داخلی حتی فاقد کمش میباشند)

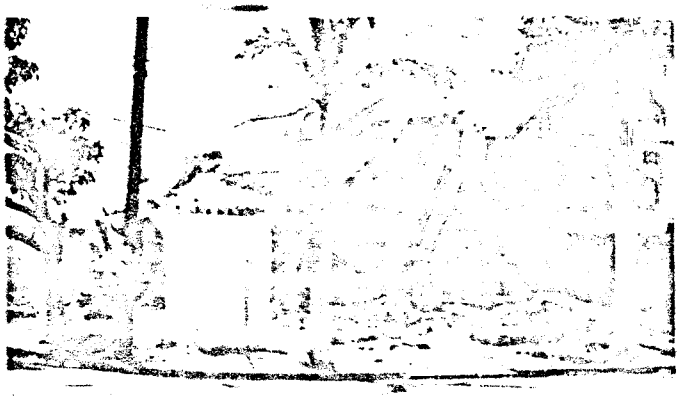


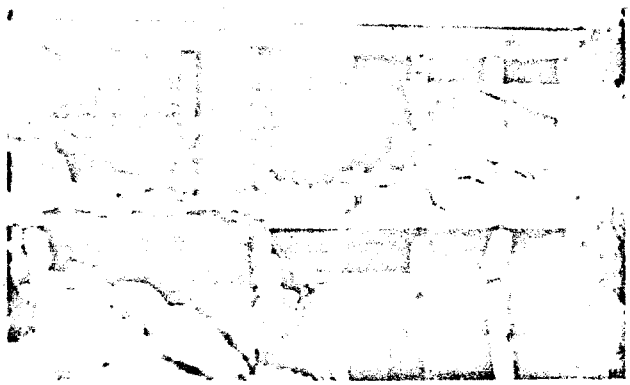
درشهرماناگواتعدادی ساختمان آجری وهمچنین تعدادی ساختمان بابلوك بتنی موجود بود که در اثرزلزله صدمات سنگینی دیده است وخصوصاً این خسارات وصدمات به ساختمان های ساخته شده بابلوك بتنی بیشتراست .

درعکسهای زیرساختمان آجری دوطبقه باسقف بتن آرمه ملاحظه میشود که دیوار حمال کناری یك طرف آن وهمچنین دیواروسطی بضخامت ۳۰ سانتیمتروبا ملات نسبتاً خوب اجراشده است ولی دیوارکناری طرف دیگروهمچنین دیوارجبهه ساختمان بضخامت ۱۱ سانتیمتراست وگرچه دیوارهای اخیردارای عناصرقائم تقویتی بتن آرمه هستند ولی این دیوارهابکلی خراب شده وموجب خرابی ساختمان شده اند .

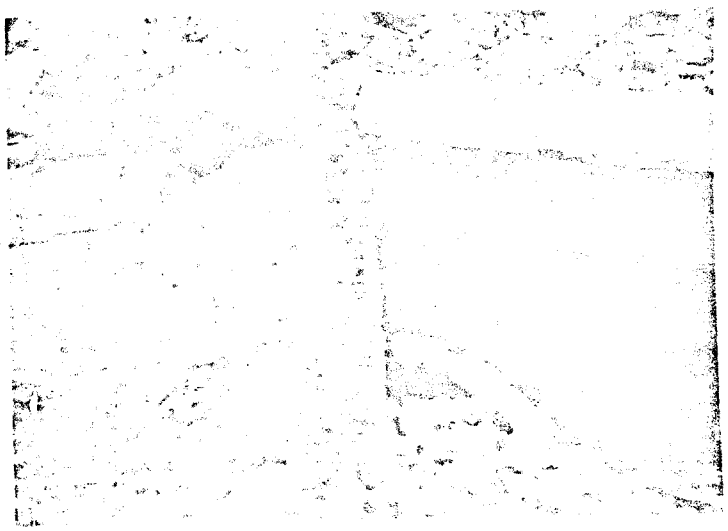




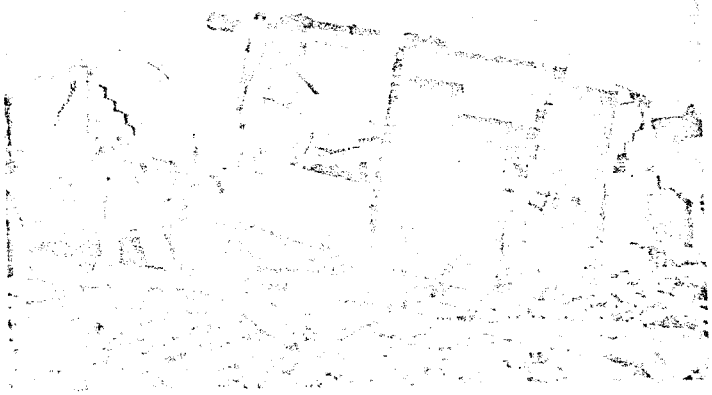




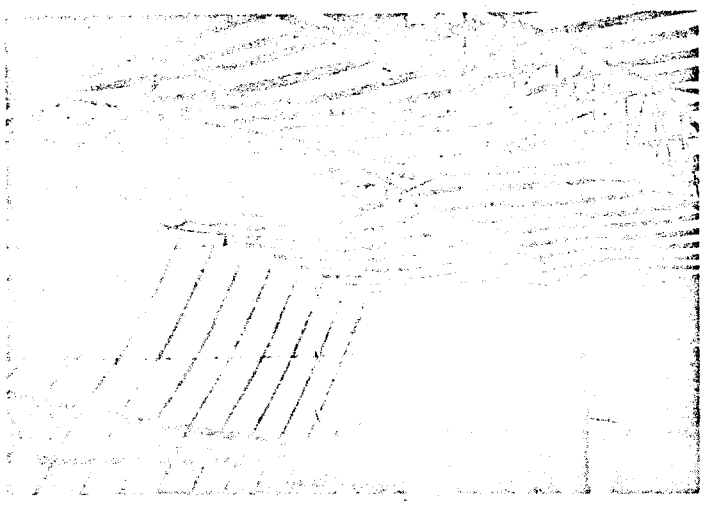
عکس زیرساختمان قدیمی آجری درمقابل هتل بالمورال رانشان میدهد که بکلی خراب شده است این ساختمان سه طبقه وباسقف بتن آرمه است دیوارهای آجری این ساختمان که باآجرهای قدیمی مربع شکل ساخته شده است باعناصرقائم بتن آرمه (ولی خیلی ضعیف) تقویت شده اند ،ضخامت دیوارها ۲۰ سانتیمترمیباشد ومـلات آجرچینی نسبته" خوب است دهانه سقف حدود ۶/۵ مترمیباشد .



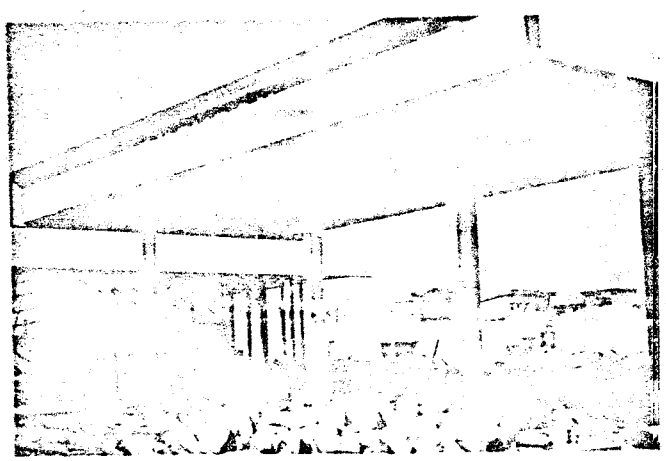
بطورکلی ساختمانهای آجری که بااستفاده ازآجرهای توخالی ساخته شده اند صدمه بیشتری دیده اند عکس زیریک ساختمان یك طبقه آجری رانشان میدهد که باآجرمجوف ساخته شده است وگرچه درداخل دیوارهاعناصرقائم بتن آرمه پیش بینی شده است ولی ساختمان خراب شده است .

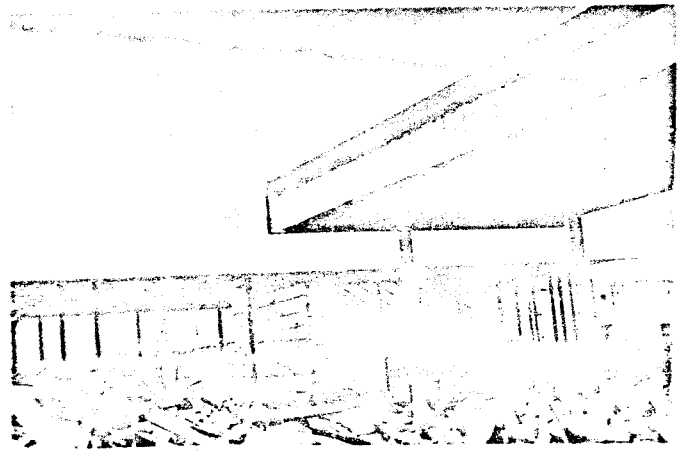


عکس زیرسالن بادهنه ۲۰ متربا خرپا وستونهای فلزی رانشان میدهد که در اثرآتش سوزی متعاقب زلزله خسارت دیده وقسمتی ازآن خراب شده است

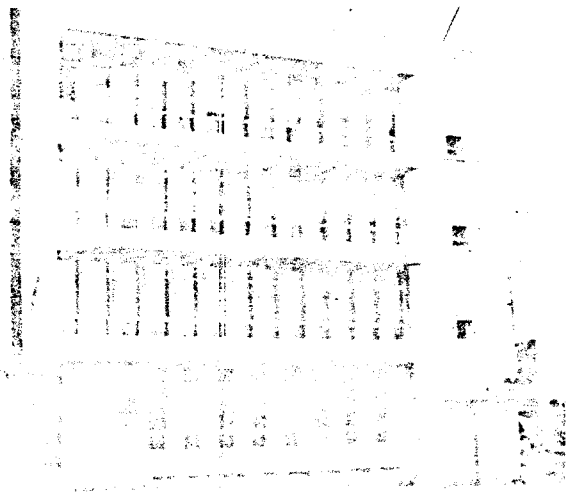


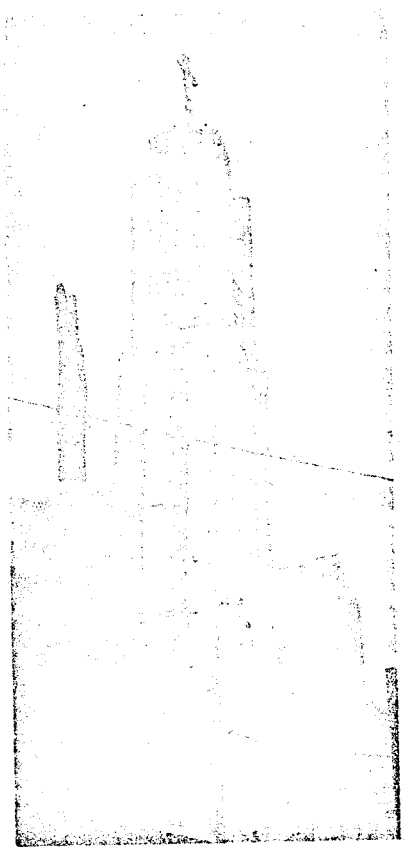
درعکسهای زیرتعمیرگاه یك طبقه شورلت ملاحظه میشود که باپایه های فلزی است وگرچه خسارتی به جداراطراف رسیده است لکن ساختمان خراب نشده است





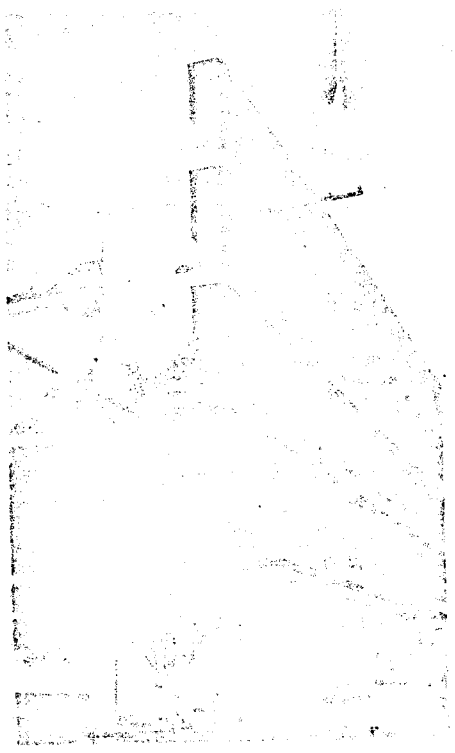
درعکس زیرساختمان بتن‌آرمه بانك لندن ملاحظه میشود که درمرکزشهرومحلی که خسارات شدید بوده واقع شده وآسیب ندیده است (ساختمان بازیرزمین دارای ۵ طبقه ویك نیم طبقه میباشد)

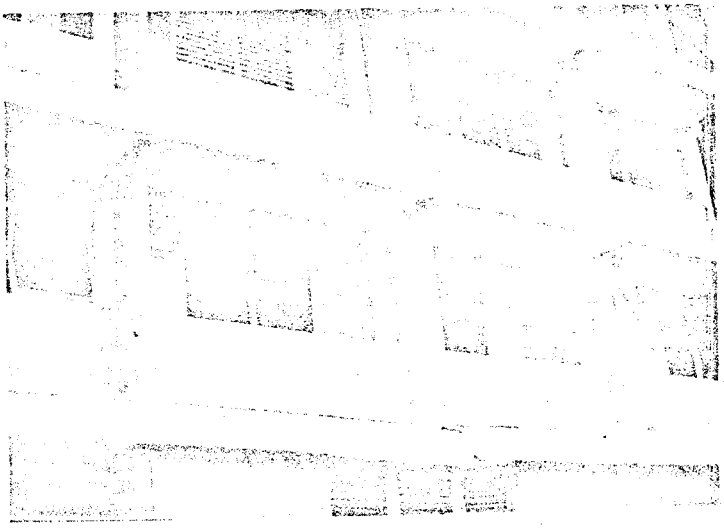




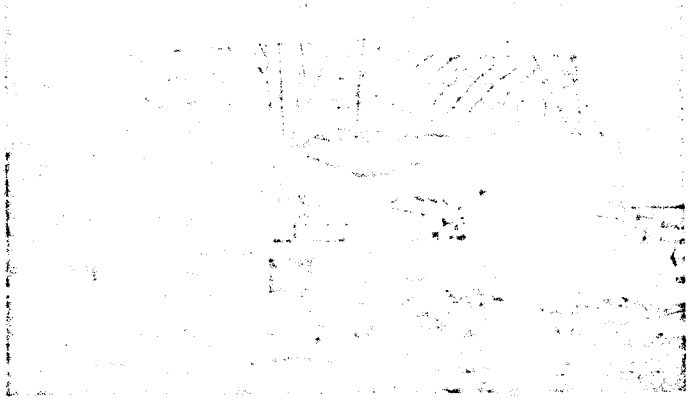
ساختمان یک طبقه که با ستون بتن آرمه ونمای قوسی ساخته شده است (قسمتی ازساختمان بطورکامل فرود آمده وبه قسمتی دیگرشدیدا آسیب وارد شده است)

برج کلیسای EGLECIA REDATORO (بطوریکه ملاحظه میشود این برج در چند محل در کمرود ربالا شکسته است)

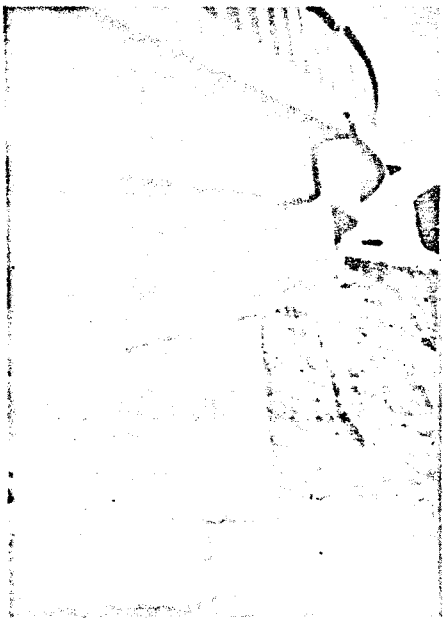


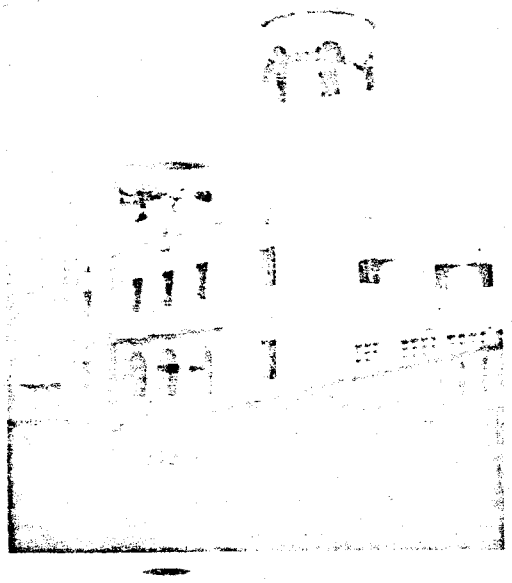


ساختمان ۵ طبقه با قاب بتن آرمه (لاملها از آجرتوخالی ساخته شده است وداخل آنها با آرماتورهائی تقویت شده است ،به جزچند لامل بقیه لامل ها سالم باقیمانده اند وخسارت ندیده اند)

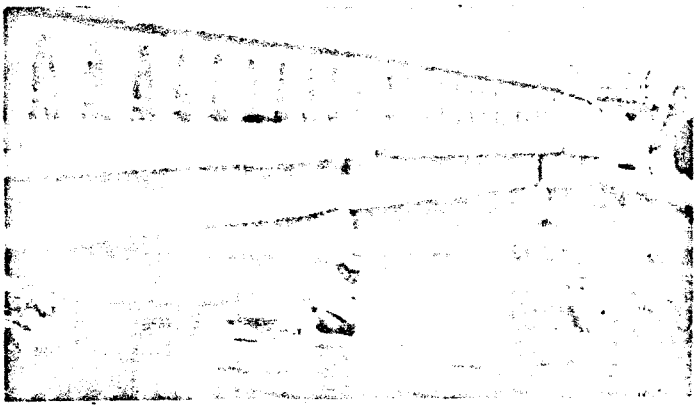


ساختمان سالن بادهانه ۲۰ مترمیباشد که بعلت فقدان خرپا در دهانه آخر و خراب شدن دیوار آجری جانبی کلیه تیرکهای دهانه آخر ریخته اند





پل ارتباطی به اقامتگاه ژنرال سموزا
(بطوریکه ملاحظه میشود کف پل در روی پایه تغییرمکان پیدا کرده است ــ این تغییرمکان حدود ۷ سانتیمتر میباشد) ←



پیوست

مستخرج ازگزارش تحت عنوان

" زلزله ماناگوآ ومشکلات ناشی ازبروززلزله دریک شهربزرگ "

زلزله ۲۳ دسامبر ۱۹۷۲ که درشهرماناگوآپایتخت کشورنیکاراگوارخ داد تلفات و خسارات بسیارومشکلات زیادی رابرای آن کشورفراهم ساخت که قسمت عمده این مشکلات ناشی ازمتمرکزبودن اداره واقتصاد کشوردرپایتخت بود . این پدیده مشکلاتی راکه اساسا" زلزله دریک شهربزرگ بوجود میآورد تصویرمیکند ولزوم آمادگی قبلی رابرای مقابله بامشکلات ناشی ازبروززلزله یادآورمیسازد .

بطورکلی خسارات مالی ناشی ازاین زلزله حدود یک میلیارد دلار برآورد گردیده است .

برطبق گزارش روزنامه اخبارپزشکی آمریکادراین زلزله بیش ازده هزارنفرکشته وبیش از بیست هزارنفرمجروح وتعداد دویست وپنجاه هزارنفربی خانمان وفراری شدند .

جمعا" ۵۰۰۰۰ خانه خراب شده و ۳۴۰۰۰ خانه آسیب رسید . هرچهاربیمارستان اصلی شهرکه جمعا" گنجایش ۵۰۰ تختخواب راداشت ویران شد . چهارده کارخانه ازبین رفت و ۹۵ درصد مغازه وفروشگاهها ویران شد .

آتش سوزیها

گذشته ازخسارات وتلفات ناشی اززلزله ، وقوع حریقهائیکه بلافاصله پس اززلزله در نقاط مختلف شهربروزکرد خرابیها وتلفات زیادی راموجب شد . معمولا" وجود سیمهای برق ، مخازن وپمپهای بنزین ومنابع سوخت ، گازوگرعوامل آتش زاخطرحریق را در هنگام بروززلزله درشهرها تشدید میکند . شهرماناگوآنیزازاین آسیب درامان نمانده و همانطوریکه انتظارمیرفت (ودرمورد زلزله‌های نظیرکه تاکنون درشهرهای بزرگ اتفاق افتاده مشاهده شده) آتش سوزیهای بزرگی ایجاد شد وقسمتهائی ازشهربدون آنکه

کوچکترین وسیله ای برای اطفاء حریق داشته باشد چندین روزبطورمداوم درحال سوختن بود .

آماری که میزان تلفات ویا خسارات مالی ناشی ازآتش سوزیهای شهرماناگوآوتفکیك تلفات زلزله وآتش سوزی رانشان دهد دردست نیست ولی موارد مشابه نشان داده است که معمولا" خسارات وتلفات ناشی ازحریقهای متعاقب زلزله کمترازخسارات وتلفات ناشی اززلزله نیست ،بطورمثال میتوان زلزله سال ۱۹۰۶ سانفرانسیسکووزلزلهسال ۱۹۲۳ توکیو رابیادآورد ،درزلزله سال ۱۹۰۶ سانفرانسیسکوقسمت اعظم خسارات وارده ناشی از حریقهای بعدی بود ودرزلزله توکیوبنابرآنچه گفته میشود ازیکصد وپنجاه هزارنفرتلفات تنها چند هزارنفرد راثرزلزله کشته شدند وحدود یکصد وچهل هزارنفرد راثرحریق جان سپردند .

غارتگری

درزلزله ماناگوآبرمصائب تلفات انسانی ،خرابی ساختمانها وآتش سوزی ،پدیده اجتماعی خاصی علاوه گردید ومشکل جدیدی برمشکلات موجود اضافه شد وآن غارت اثاثیه منازل واجناس فروشگاهها ومایملك مردم زلزله زده است . درموقعیکه مردم مصیبت دیده ماناگوآهراسان ازمنازل گریخته وبخارج شهرروی میآوردند دسته های غارتگربداخل منازل وفروشگاهها هجوم آورده وهستی مردم راغارت میکنند ،حکومت تا چند روزقادربرکنترل اوضاع نمیباشد تابالاخره رفته رفته باسخت گیری خاص وبادخالت قوای انتظامی وکشته شدن تعدادی ازغارتگران این ماجرانیزپایان میپذیرد وشاید هم دیگر چیزی باقی نمیماند که غارتگری ادامه یابد !

ازتعداد کسانیکه دراثرتیراندازی پلیس کشته شده اند آگاهی دردست نیست و گاهی ارقام اغراق آمیزی ذکرمیشود وجالب ترآنکه شایع است که پاره ای ازافراد پلیس مستقیما" دراین ماجرادست داشته اند !

اینك منطقه آسیب دیده مرکزی شهرکاملا" تخلیه وباحصاری بارتفاع بیش از ۲ متر ازرشته های سیم خاردارخیلی نزدیك بهم که بلافاصله درهمان هفته های اول ایجاد شده محصوراست وآمد ورفت درداخل منطقه شدیدا" کنترل میشود .

هجوم مشکلات

تصوراین صحنه هاآسان نیست .....

پایتخت کشوردرکمترازده ثانیه زیرورومیشود . خانه های مسکونی وساختمانهای بزرگ فرومیآید . آب وبرق شهرقطع است . دود وگرد وغباروآوارتمام شهررافرامیگیرد . فریاد وگریه وناله ازهرطرف بگوش میرسد . آتش ازنقاط مختلف شهرزبانه میکشد . مردم به کوچه هاوخیابانهاریخته اند وراهها بسته است . عده ای مشغول پس زدن آواروبافتن عزیزان خود هستند . تعداد مجروحین وآنانکه اجساد نیم مرده آنها اززیرآوارخارج میشود مرتب درفزونی است . پزشکی باقی نمانده که بداد مجروحین برسد . شهرفقط دارای چهاربیمارستان است که هرچهاربیمارستان خراب شده . ادارات دولتی ، زندانها ، سربازخانه هاویران شده وهمه گریخته اند . مراکزآتش نشانی زیرورو شده ووسیله ای برای اطفاء حریق نمانده واگرهم وسیله ای موجود باشد کارکنان آن متواری شده اند وبالاخره دسته های غارتگرزمام کاررادردست گرفته ودرهرقسمت ازشهرمشغول غارت باقی مانده اموال مردم هستند . . . این چهره شهری است که روزی ماناگوآ نامیده میشد .

روزها میگذرد تاآرفته آرامش نسبی حاصل شود وتاحدودی حکومت براوضاع مسلط شود .

پس ازوقوع زلزله ، شهرماناگوآتخلیه وآسیب دیدگان بخارج ازشهرکوچ داده شدند وشهرهای کوچکی نظیرشهرهای Leong Dirima , San Lorenzo, Masaya, Tipitapa مأمن آوارگان گردید ، شهرهای کوچکی که جمعیت پاره ای ازآنها ازده هزارنفرتجاوز

نمیکند . شهرهائیکه در شرائط عادی تمام زندگی ساکنین آ[illegible] رمانا گوآ پایتخت کشورکه بیش از ۲۰ درصد جمعیت کشور در آن زندگی میکردند داشت . مردم این شهرها باید اینک مهماندار پایتخت نشینان باشند وهجوم آوارد[illegible] شهرها راکه بعلت از دست دادن محور اقتصادی خود در حالت ناپایداری بسر میبردند افزایش داد . . .

اهمیت آمادگی قبلی

بطورکلی تمرکزشدید کارهای اداری در پایتخت کشورنیکاراگوآ وبستگی اقتصاد کشور بمرکزباعث گردید که در اثروقوع زلزله کلیه امورکشورفلج شود ودرحقیقت اینا[illegible] بنای شهرمانا گوآ بشکل مشکل تجدید ساختمان کشورنیکاراگوا در[illegible]

اگرمسائل مختلف اجتماعی وشهرسازی شهرهای بزرگی که درمناطق زلزله خیزقرار گرفته اند از دیدگاه آثارناشیه اززلزله دراین شهرها مورد مطالعه قرارگیرد بُعد جدیدی بمطالعات افزوده خواهد شد وچه بسا عوامل تعیین کننده ومحدودکننده جدیدی برای توسعه این قبیل شهرها بدست آید .

زلزله در درجه اول باعث خرابی ساختمانها ودرنتیجه موجب بروزتلفات است ، بسا کاربرد اصول فنی وبادرنظرگرفتن نیروی دینامیک زلزله وطرح واجرای صحیح ساختمانها میتوان تا حدود زیادی این خسارات وتلفات راکاهش داد لکن حداکثرکوششی که دراین راه شود برفرض که صد درصد نتیجه بخش باشد بساختمانهای جدید وبقسمتهای درحال گسترش شهرمحدود میشود واحتمالا" ممکنست با یک برنامه زمانی طویل تعدادی از ساختمانهای عمومی ومهم موجود نیزتقویت گردد ولی عملا" این کوششها نمیتوانند وسطح بسیاروسیع ودرمقیاس کلیه ساختمانها ومستحدثات موجود دریک شهرگسترش یابد ، با این

ترتیب هیچگاه نمیتوان ادعا کرد که در یک شهر تمام و یا قسمت اعظم ساختمانهای موجود که ازسالیان قبل (وبدون توجه بخطرزلزله) ساخته شده اند مقاوم در برابر زلزله شدید میباشند وبنا براین باید قبول کرد که چنانچه مرکزوقوع زلزله در نزدیکی این قبیل شهرها باشد خواه وناخواه تلفات وخسارات قابل توجه است . بطورمثال میتوان بیاد آورد که مرکز زلزله دهم شهریورماه ۱۳۴۱ بوئین زهرا حدود ۴۰ کیلومترازشهرتهران فاصله داشت ، اگراین فاصله کمتربود وزلزله ای با همین بزرگی (همانطوریکه احتمال وقوع آن نیزهست) در ۲۰ یا ۳۰ کیلومتری تهران اتفاق میافتاد مصیبت تاریخی ببارمیآید که حتی تصورآن نیز خالی ازوحشت نیست . . .

باوقوع یک زلزله مخرب در یک شهربزرگ که محوراصلی اقتصاد وصنعت واداره کشور باشد کلیه امورکشورفلج خواهد شد ومشکلات اجتماعی بزرگی ببارخواهد آمد . پیش بینی دقیق برای آمادگی باخطری چون بروززلزله شدید در یک شهربزرگ ووجود یک برنامه حساب شده قبلی میتواند درکاهش مشکلاتی که در اثربروززلزله ایجاد میشود موثرواقع شود .

زلزله ما ناگوآ در حقیقت اعلام خطری برای شهرهای بزرگ ایران وبخصوص برای شهر تهران است ، شهرهای بزرگ مابویژه شهرتهران مدتهاست درحال گسترش وتغییرقیافه است ، سرعت این گسترش وتغییروضع بدون توجه به ضرورتهای فنی وبدون رعایت نکات لازم برای ایمنی انسانها مرتبا" درتزاید است ، نه دریافت شهری مراعات نیازهای اولیه میشود ونه درایجاد واحداث ساختمانها توجهی به خطرهائیکه اززلزله حادث خواهد شد .

معرفی فولاد وبتن بجای خشت وگل وچوب محدودیتهای ناشی ازکاربرد مصالح قدیم راازبین برده وبااستفاده ازاین مصالح ساختمانهای عظیم بوجود میآید . مصالح جدید بی آنکه استفاده کنندگان بخواص آنها شناخت کافی داشته باشند درساختمانها بکارمیرود وطبیعت نوپسند ، حفظ ظاهرکن ایرانی ، ساختمانهای کهنه قدیمی رابعمارات مرتفع زیبا

بدل میسازد ، بدون آنکه شرائط لازم ایمنی زیست را در آنها فراهم آورد .

جایگزین کردن ساختمانهای مرتفع فلزی وبتن آرمه بجای خانه های سنتی قدیمی اگربا دانش لازم فنی همراه نباشد درحکم خودکشی است ودادن مصالح جدید بدست مجریانیکه ازکاربرد صحیح این مصالح بی اطلاعند درحکم " تیغ دادن درکف زنگی مست " است . بموازات استفاده ازوسائل وتسهیلات جدید زندگی باید شرائط استفاده ازاین وسائل وخصوصا " نکات لازم برای ایمنی ازخطرهای ناشی ازکاربرد آنها نیزرعایت گردد .

گذشته ازلزوم توجه بمقاومت ساختمانها دربرابرزلزله باید پیش بینی های لازم برای مقابله بامشکلات که حدوث یك زلزله شدید درتهران ویادریکی ازشهرهای بزرگ ایران فراهم میآورد انجام گیرد ، پاره ای ازاین پیش بینی ها ممکنست درنقشه جامع تهران ویاسایر شهرها اثربگذارد وسیاستهای مربوط به گسترش این شهرها وبرنامه های مربوط راتغییر دهد .

امکان بروززلزله درشهرتهران

بطورکلی کشورایران درمنطقه زلزله خیزجهان قرارگرفته واحتمال وقوع زلزله شدید دراغلب شهرهای بزرگ ایران هست واین احتمال درمورد شهرتهران نیزموجوداست . شهرتهران فعلی بامقیاس حدوث زلزله شهرجدیدی است وگسترش آن باسرعت بی نظیری صورت گرفته است . ولی نباید فراموش شود که این شهرد رجوارشهری شهربزرگ قدیمی که جمعیت آن درقرون گذشته بالغ بریك میلیون نفرذکرمیشود قرارگرفته است . سوابق تاریخی نشان میدهد که شهری درطول تاریخ چندین بار دراثرزلزله ویران شده است . سیوطی نویسنده مشهورقرن دهم هجری درکتاب " کشف الصلصله عن وصف الزلزله " چندین بار منجمله برای سالهای ۲۴۲ و۲۴۹ و۳۴۶ هجری قمری ازوقوع زلزله های بزرگ درشهری یاد میکند .

دکتر کریمان در فصل سوم و فصل ششم از باب سوم از جلد دوم کتاب ری باستان که به همت انجمن آثار ملی بچاپ رسیده به نقل از منابع تاریخی چنین مینویسد :

" بسال ۲۲۶ هجری زلزله ای شدید در ری موجب مرگ چهل و پنجهزار تن آدمی شد "

" در سال ۲۴۱ هجری زمین لرزه ای سخت خانه های ری را خراب کرد و چندان جمعیت در زیر دیوارها مدفون شدند که شماره آنها از حد احصاء بیرون بود ، این زلزله تا چهل روز متوالیا " تکرار میافت ، گویا قوام رازی را در این دو بیت :

زان زلزله که بود گه یحیی بن معاذ

ری شد خراب ، اگرچه ترا اعتبار نیست

بیجان شدند سیصد و پنجه هزار خلق

معلوم کن ، چو قول منت استوار نیست

بدین واقعه نظر بوده است "

" در سال ۲۴۲ هجری زمین لرزه ای سخت وسیع در نواحی کومش و رساتیق آن وری و . . . . . بوجود آمد و کوهها خرد شد و زمینها شکافهائی شگرف برداشت ، بدانسان که انسانی آسان میتوانست بدرون آن برود "

" در سال ۲۴۹ هجری زلزله ای مخرب شهرری را سخت تکان داد و خانه ها خراب شد و جمعی کثیر بهلاکت رسیدند ، و باقی مردم شهر را ترک کرده . . . . . "

" درمستهل ذی الحجه سال ۳۴۶ زلزله ای سخت ، بسیاری از بناهای شهرری را درهم فروریخت وجمعی کثیر از مردم آنجا را بکشت. . . . "

" درربیع الاول سال ۵۲۴ هجری در بلاد جبل (که ری نیز در آن ردیف است) وعراق و . . . . . زلزله ای عظیم روی داد که خرابی بسیاری را سبب آمد "

" درسال ۵۷۱ هجری شهرهای واقع میان عراق تا ماوراء ری دستخوش زلزله ای عظیم گردید وجمعی انبوه بهلاکت رسیدند وبناهای فراوان باخاك یکسان شد وآسیب بیشتر به ری وقزوین وارد آمد "

" درکتاب منسوب به تیموربنام " منم تیمور جهانگشا " . . . . . بدینگونه یاد شده است :

" ازطوس ، راهی عریض بسوی ری میرود ومن آن راه راپیش گرفتم وبدون اینکه بمقاومتی برخورد کنم به ری رسیدم ولی ری ویرانه ای بیش نبود وروستائیان پیرامون آن شهر میگفتند که صدها جنازه زیرخرابه های ری مدفون است وهیچکس نمیتواند آن جنازه ها را بیرون بیاورد . شهرری شهری بود بزرگ واقع در دامنه کوهی که یك سرآن راکوه شمیران میخوانند وسردیگرش راکوه کن میگفتند وجمعیت ری ازنیشابور بیشتربود و . . . . ولی دوسال قبل ازاینکه من به ری برسم در نیمه شب زلزله ای مهیب شهررا بلرزه درآورد وآن شهربزرگ پس از چند دقیقه ویران گردید وازری غیرازویرانه ای باقی نماند . . . از روزی که شهرری براثرزلزله ویران گردیده کاربازماندگان آن شهرو روستائیان اطراف این شده که درخرابه های شهرجستجومینمایند تااینکه اشیائی راکه براثرزلزله زیرخاك مدفون گردید بیرون بیاورند . . . "

آنچه گذشت موقع شهرتهران راازنظرسوابق تاریخی زلزله خیزی منطقه روشن میکند وباید قبول کرد که این شهرباید درانتظارزلزله شدیدی که دربازود حادث خواهد شد ،باشد ،فعل وانفعالات زلزله ای که درحوالی تهران گاه وگاه دیده میشود این نظررا تائید میکند ووجود گسل (Fault) احتمالا " فعال درمجاورت این شهرایـــن اعلام خطرراتشدید میسازد .....

گذشته ازتهران ،سایرشهرهای ایران نیزازقدیم بشهادت وقایع نویســان د ر معرض خطرزلزله بوده است ،زلزله های تبریزواردبیل ونیشابوروسایرشهرهای ایــران بسادگی ازمتون کتب قدیمی قابل استخراج است ،بااین تفاوت که آنچه درقدیـــم ویران میشد ساختمانهای خشت وگلی بود وپیشرفت تمدن واستفاده ازوسائل برق وگاز وغیره مشکلات خاصی رابوجود نیاورده بود وآنچه امروزدرخطرنابودی است مصالح جدید باکاربرد غلط واستفاده ازوسائل رفاه امروزی باخطرهای مربوط بآنهاست ،اگردیروز ساختمان یك طبقه خشت وگلی برسرتمداد معدودی خراب میشداینك ساختمان شش هفت طبقه بتن آرمه ساکنان خودرایك جانابود میکند ویاشعله های آتش جمع زیادی رامیبلعد . این همان صحنه ای است که درماناگوآدیده شد .

نکات مهم که باید مورد توجه باشد

سرگذشت ماناگوآوسوانحی نظیرآن که درسایرکشورهااتفاق افتاده است توجـه بنکات زیررا ضروری میسازد :

۱ــ متمرکزساختن اداره واقتصادکشوردریك نقطه صرفنظرازسایرمشکلات موجب خواهد گردید که درصورت بروززلزله شدید درآن نقطه کلیه امورکشورمختل شود ،درانگام بروزسوانح معمولا " سیل کمك ازشهرهای بزرگ بسوی منطقه آسیب دیده سرازیـر

میشود وکنترل وضع بسادگی میسراست لکن درصورتیکه اداره واقتصاد کشوردر یك محل متمرکزباشد واین محل آسیب یابد سایرنقاط قادرنخواهند بود درچنین مقیاسی بکمك آسیب دیدگان بشتابند .

۲ــ به مساله آتش نشانی باید توجه خاص مبذول گردد ، گذشته ازوسائل ولوازم اطفاء حریق که باید بمیزان کافی ودرنقاط مختلف شهروبفواصل نسبتا" نزدیك در اختیارباشد باید درساختمان این مراکزحداکثرضریب اطمینان برای مقاومت ساختمانها دربرابرزلزله بکاررود بطوریکه این مراکزبتوانند درزلزله های بسیار شدید دوام آورده وخراب نشوند ،ازطرفی برای این مراکزحتما" باید دستگاه مولد برق ومخازن آب مستقل ازلوله کشی شهر (که احتمال قطع آن درموقع بروززلزله موجوداست) پیش بینی شود وبرجها ومخازن آب این مراکزباید با حداکثرضریب اطمینان برای پایداری دربرابرزلزله محاسبه وساخته شوند .

۳ــ خیابانها ومعابردرهنگام بروززلزله ، هم بعلت خرابی ساختمانهای دوطرف وهم بعلت هجوم وازدحام مردم آوار قابل عبورومروربرای وسائط نقلیه نیست وامکان اینکه وسائل آتش نشانی بمواضع حریق دسترسی پیداکنند کم است ،درطرح جامع شهرباید این نکته درنظرگرفته شود وتعریض خیابانها وخصوصا" بازگذاردن فضاهای آزاد وبزرگ (بطوریکه خطرسرایت آتش راازمنطقه به منطقه دیگرکم سازد) مورد توجه باشد .

۴ــ مخازن نفت وگازبنزین علاوه برآنکه باید دارای وسائل آتش نشانی مستقل باشند ازنظرسرایت آتش بمناطق اطراف باید دریك محوطه کاملا" بازکه فاصله کافی از سایرساختمانها داشته باشد قرارگیرند ، وجود جایگاههای بنزین که درخیابانها

ود رمجاورت ساختمانها قرارگرفته اند درهنگام بروززلزله که احتمال دارد آتش ازصدها نقطه شهرزبانه کشد خطربزرگی بشمارمیرود .

۵ــ نخستین پناهگاه مردم درموقع زلزله بیمارستانها ومراکزدرمانی است . ساختمانهای جدیدکه برای بیمارستانها ساخته میشود باید باضرائب اطمینان بیشتری محاسبه شود ، وگذشته ازمقاومت اسکلت ساختمان دربرابرزلزله باید پیش بینیهای لازم صورت گیردکه این ساختمانها دراین قبیل مواقع نیزقابل بهره برداری باشند . درزلزله ماناگوآدیده شدکه ساختمان مرتفع بیمه های اجتماعی باوجودیکه ازنظراسکلت خسارت ندیده بود بعلت خراب شدن قسمت فرعی مربوط باطاق آسانسوروسایر خسارات جزئی قابل استفاده وبهره برداری نبود وهمین امرمشکلاتی رابباربآورد ، بعبارت دیگرکافی نیست که تنها اینگونه ساختمانهای مهم موجب تلفات نگردند بلکه باید طوری پیش بینی شوندکه درهرحال قابل بهره برداری باشند .

۶ــ باید ترتیبی داده شودکه بتدریج کلیه بیمارستانها ، مدارس ، سینماها وبطورکلی مراکز عمومی موجود درشهرازطرف دسته های فنی صلاحیتدار بازدید ونقشه های آنها برداشت ودقیقاً ازنظرایمنی دربرابرزلزله کنترل شود ، درصورت لزوم این ساختمانها باید تقویت گردند بطوریکه طی یك برنامه زمانی معین کلیه ساختمانهای عمومی مهم شهرایمنی لازم دربرابرزلزله راداشته باشند .

۷ــ مشکلات ناشی ازبالابودن رقم تکاثف نسبی جمعیت دریك شهربمراتب بیش ازمشکل بالابودن جمعیت یك شهراستازاین دیدگاه میتوان گفت توسعه شهردرسطح ازتوسعه آن درارتفاع کم خطرتراست ، باید سعی شود تاآنجاکه سایرعوامل اجازه میدهد عدد تکاثف نسبی جمعیت راپائین آورد . تخلیه ساختمانهای مرتفع درموقع بروززلزله بمراتب مشکل ترازساختمانهای یك یادوطبقه است ، دراین قبیل موارد

بعلت ازکارافتادن آسانسورها وکافی نبودن پله ها وهراسانی وهجوم ساکنین تخلیه ساختمان مرتفع دشواراست .

۸ــ ساختمانهای جدید خصوصاً ساختمانهای بلند (که عامل بالا بردن تکاثف نسبی جمعیت دریك نقطه خاص میباشند) باید دربرابرزلزله محاسبه واجرای آنها تحت نظرمتخصصین فن انجام پذیرد .

۹ــ وجود پله های فرار درساختمانهای بلند ازضروریات اولیه است وگاه ممکنست بعلت غیرقابل استفاده بودن وخراب شدن پله های داخلی وکافی نبودن آنها وازکار افتادن آسانسورها (برفرض که اسکلت ساختمان خسارت ندیده باشد) امکان تخلیه ساختمان موجود نبوده ودرصورت سرایت حریق بساختمان تعداد زیادی سوخته ویابعلت پرت کردن خود ازطبقات بالا تلف شده ویامجروح میگردند .

۱۰ــ انهدام موزه ها وکتابخانه وسایرگنجینه های ملی درصورت بروززلزله شدید ضایعه بزرگی برای یك ملت است .کنترل مقاومت این ساختمانها وتقویتهای لازم درآنها (درصورتیکه نیازبه تقویت داشته باشند) باید دریك برنامه زمانی کوتاه انجام پذیرد .

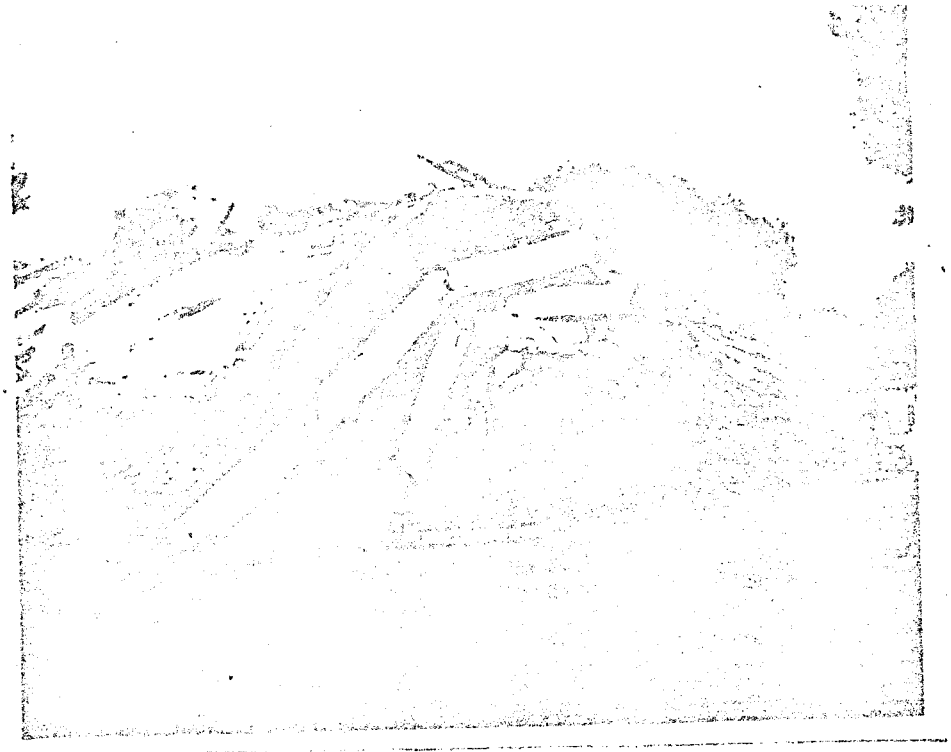
۱۱ــ تمرکزاسناد قیمتی دریك نقطه موجب خواهد گردید که دراثربروززلزله شدید امکان نابودی این اسناد موجود باشد ،میکروفیلم این قبیل اسناد باید دریك یاچند نقطه دیگرکشور (که خیلی نزدیك بیکدیگرنباشند) نگاهداری شود . این احتیاط در مورد اسناد ثبتی نیزباید بعمل آید .

۱۲ــ چنانچه بساختمان راکتورهای اتمی آسیب رسد خطرهائیکه دراثرتشعشعات اتمی ایجاد میشود باویرانیهای ناشی اززلزله قابل قیاس نیست بنابراین درموقع طرح واجرا باید درتأمین مقاومت این مراکزدربرابرزلزله مراقبت بیشتری مبذول شود .

همچنین راکتورهای موجود باید دقیقاً مورد کنترل قرار گیرد که چنانچه نیاز به تقویت دارند قبل از حدوث زلزله این تقویتها انجام شود .

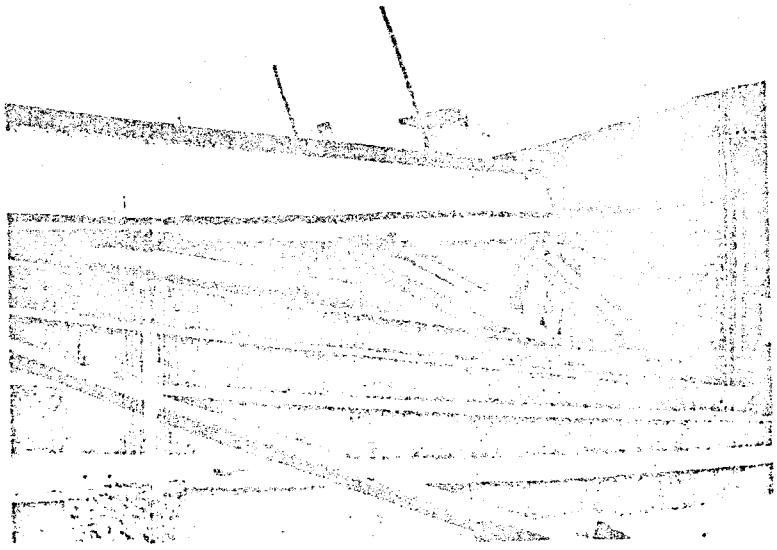
۱۴ـ سدها و مخازن بزرگ آب چنانچه در اثر بروز زلزله خراب شوند موجب ویرانی آبادیها و شهر میگردند ، باید طی برنامه زمانی معین نسبت به کنترل مقاومت این ابنیه اقدام شود .

نمونه ای از خرابیهای ناشی از زلزله در شهر ماناگوآ

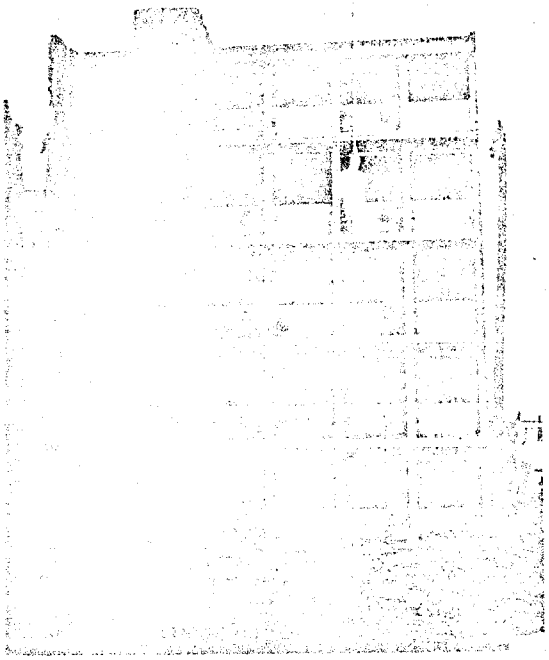


از مراکز بیمه های اجتماعی شهر ماناگوآ

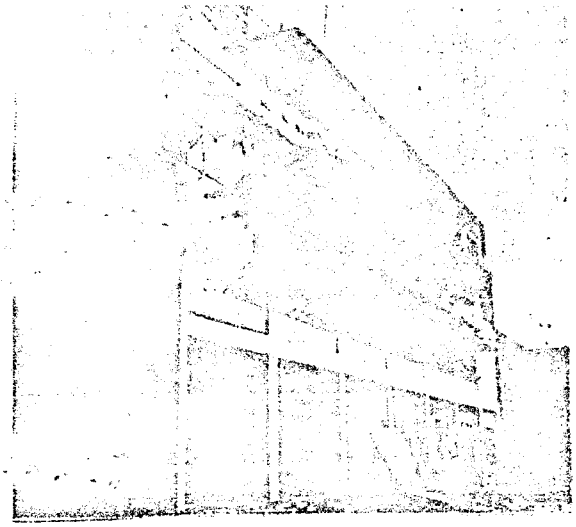
(آنچه از ساختمان بتن آرمه شش طبقه باقی مانده)



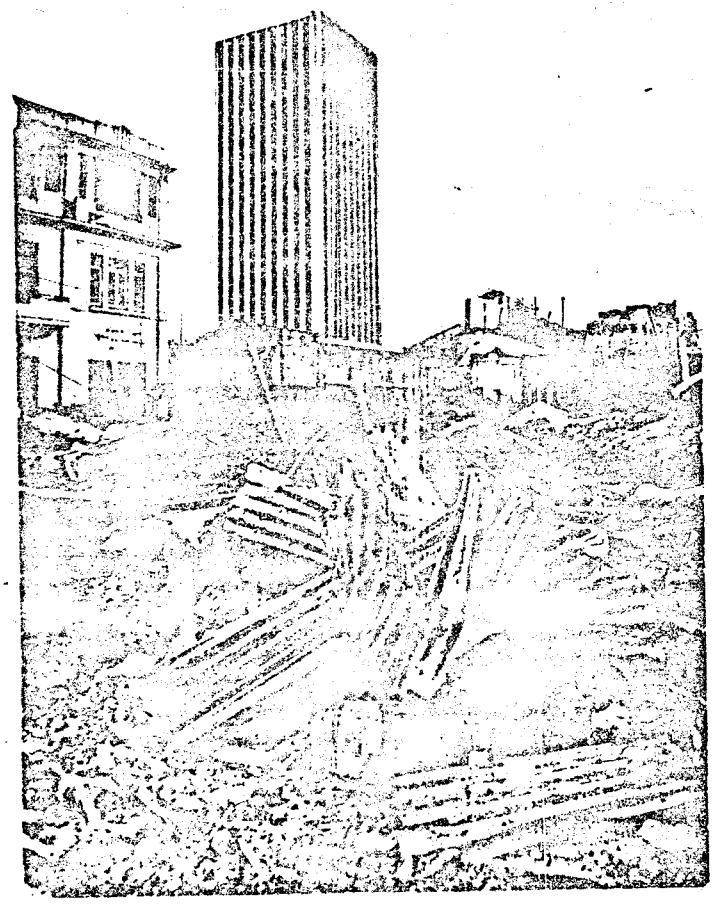
قسمت سرپوشیده استاد یوم مرکزی شهر
ماناگوآ که فرو آمده است (فروشبختانه
بروز زلزله همزمان با هنگام بازی و —
حضور تماشاچیان نبرده است) .



این ساختمان هتل Reiss در ماناگوآ است که در
اصل هفت طبقه بوده است ولی طبقه زیرین آن محو
شده است ساختمان مجاورنیز هفت طبقه و هم
ارتفاع این ساختمان بوده و سه طبقه خود را از —



ساختمان بیمارستان عمومی
۸۰۰ تختخوابی ماناگوآ که
پس از زلزله غیرقابل استفاده
است



ساختمان مرتفع بانک آمریکا که با وجود یکه از نظر ساختمانی خساراتی دید در
میان خرابه های شهر ماناگوآ بر سر پای است.

References

1- Managua, Nicaragua Earthquake of December 23, 1972-Earthquake Engineering Research Institute Reconnaissance Report May 1973 Oakland, California,

2- Danos Causados por los temblores del 23 de diciembre de 1972-en las construcciones de Managua - Enrique del Valle C.

3- American Medical News May 21, 1973

4- December 23, 1972. 12:30 AM Managua, Nicaragua Earthquake J. E. Amrhein G. Hegemier and G. Krishnamoorthy

5- Seismographic Recording of after shocks and ground noise in the region of Managua, Nicaragua, following the destructive earthquake of December 23, 1972- G. Fiedler B.

6- Seismic researchers survey effects of Managua earthquake Elements (Dames & Moore) . Vol. 2. No. 2

7- Geologic and Seismologic Aspects of the Managua, Nicaragua earthquake of December 23, 1972. R. D. Brown Jr. P. L Ward and G. Plafker

8- The earthquake of Managua of 1972(unpublished) N. N. Ambraseys

9- Managua, Nicaragua Earthquake , December 23, 1972 Summary Report R. O. Marsh and P. I Yanev

10- Tectonic setting for the 1972 Managua Earthquake . Don Tocher

Ing. Zolaya (Fausto) of the National Housing Bank of Nicaragua.
Dr. Armando Hernandez, consultant to the National Emergency Committee.
Ing. Lois Bolanos.
Ing. Innesto Carcamo.
Ing. Noel Zamora.

Finally, in preparing this report, I was helped by my colleagues, Mr.S. Abdulrasouli, Mr. M. Jarrah, Miss. S. Bybordi and Miss. Yadegari to whom I am very grateful. I am also graterful to Mr. R.M. Doane who gave freely of his time for the correction of the manuscript of the English abstract of this report.

Acknowledgements

The writer visited the damaged area on behalf of the Plan and Budget Organization of the Iranian government and he wishes to thank His Excellency Dr. Abdulmajid Majidi, the Minister of State in charge of Budget and Planning and Mr. Alireza Radpay, formerly Technical Undersecretary of the Plan and Budget Organization for providing this oportunity.

His Excellency General A. Somoza, the President of Nicaragua gave me permission to visit the damaged area and I am grateful to him. The assistance provided by the Organization of American States (O.A.S.) was invaluable, and I would like to thank Dr. Cesar Cisneros, the Representative of O.A.S. in Nicaragua, Miss Christiane and other staff members of O.A.S. in Managua, as well as Dr. G.A. Belt, the Director of the Co-ordinating Office of O.A.S. in Washington D.C.

I would like to express my thanks to the following persons who helped make my trip a success:

Dr. Strombomb of the International Bank for Development and Reconstruction.
Ing. Humberto Porta C., the Director of Instituto Geograficao Nacional" of the Nicaraguan government.
Professor Abdel Karim Conrado of the University of Managua.

days. Breaks in water pipe lines cut the water distribution system of the city.

The painful lessons learned in Managua are useful as a guide for policy and pre-planning in similar cities. In the appendix, the seismicity of Tehran, Iran, a city with a population of about 3.5 million is explained. This is a rather new city which developed rapidly but it is adjacent to the old city of Rey about 10 kilometers south of Tehran. Historical records show that in the years 856, 864, 957, 1130, and 1176, the city of Rey was destroyed by violent earthquakes. With this in mind several reccomendations are made in the last part of the appendix.

The last three pages of the appendix show the remains of a hospital building, and a branch of the social insurance society, and a general view of the destruction of Managua.

Appendix

The earthquake struck Managua, Nicaragua's political capital, its largest city and industrial center. The degree to which the economy and administration of the country had been centralized in Managua resulted in big social problems after the earthquake. The final part of the Persian text consists of an appendix in which these problems are described.

As a consequence of the earthquake, the economy and administration of entire country were severely disrupted, and the government had to solve a multitude of new problems. After the earthquake the people moved out of the area and increased the population of the little towns around Managua, adding to the problems of those communities. Most of Managua was evacuated and a 2 meter high fence was erected around the city to keep out looters, and secure it from vandals and unauthorized persons.

As a result of the earthquake, the power of the city was disrupted. Many public buildings including hospitals, schools, commercial buildings and governmental offices collapsed or were seriously damaged. All four hospitals in the city with a total of 1500 beds collapsed. Fire fighting equipment all over the city was immobilized by collapsed buildings, and some fire hydrants were buried; fires raged uncontrolled for

hotel collapsed.

Gasoline Station

The remains of a gasoline station in "Calle Pallas Nacional", is shown in page 80 of p.t.

Torquezal

An example of a traditional "Torquezal" building is shown on pages 82 and 83 (p.t.), and as explained earlier this type of building was responsible for great loss of life, but the writer believes that this type of building, which is suitable for low-income people, can be reinforced to resist a certain amount of earthquake force.

Masonry Building

Plates on pages 84 and 85 (p.t.) show the damage to masonry, brick, or hollow concrete block buildings. Most masonry buildings in Managua were unreinforced and seriously damaged.

The exterior wall on the north side consists of unreinforced hollow concrete blocks and on the south side consist of a glass screen. As a result of the earthquake the hollow concrete blocks walls of the building fell out in many places, and many glass panes were broken.

La Prensa Building

The one story press building located in the rear part of the Immobilaria Building has a 13 meter span of double "T" prestressed concrete beams. The walls of the building are constructed of concrete hollow block masonry which was lightly reinforced. As a result of the earthquake, most of the walls have fallen out. (page 75 and 76 of p.t.).

Building "A"

A three storey reinforced concrete building is shown on page 77 and 78. As a result of the earthquake the building reclined and the columns were broken at the tops. The middle column is now out of plumb about 40 centimeters.

Grand Hotel

The two storey reinforced concrete portion of this hotel is shown in page 79 (p.t.) and is practically not damaged, but the five storey reinforced concrete portion of this

the longitudinal direction. As a result of the earthquake, the building inclined in the longitudinal direction and is now about one meter out of plumb.

San Domigo Church

The 26 meter span of the big hall of San Domigo church and its college was damaged by the earthquake. The buildings are barrel shell roof and the cantilever portion of the roof of the hall failed. The plan of the church hall is shown on page 70 (p.t.), and consists of two rows of 6 columns each. Pages 69 and 71 show the church hall and the college.

Immobilaria Building

This single span reinforced concrete building has seven stories, (page 73 of p.t.). The plan of the building consists of two rows of columns 8 meters apart, as shown on page 74 (p.t.). The floors are cast-in-situ concrete, with two 1.5 meters cantilever overhangs. The building has a concrete shear wall located in the west, and on the first floor the wall is set back one bay. Thus the shear force is carried through the reinforced concrete slab. A slight crack occurred in the slab due to the earthquake.

(p.t.). The concrete block masonry wall was shattered even though it was reinforced with vertical and horizontal bars.

Aduvana Terminal

This large building and its office portion are shown on page 63 (p.t.). The barrel shell roof of the building has a 6 meter cantilever. As a result of the earthquake some portions of the roof and the three storey reinforced concrete office building totally collapsed.

Julio Martinez Building

This big hall is the Honda showroom, and is located in the western part of the city. The building is 30 meters by 30 meters and its roof is dome shaped. The building was slightly damaged by the earthquake and the most severe damage occurred to the short reinforced concrete columns between the windows. (plates on pages 64 and 65 of p.t.).

Singer Building

A two storey building with single span reinforced concrete frames is shown in page 67 (p.t.). The building is very rigid in the transversal direction, but has no frames in

floor as well as in the shear walls on the first and second floors (plates on page 57 of p.t.). On the upper floors the concrete beams were slightly fractured at the point of beam-wall connections and that seems to have been caused by inverted moment due to lateral force.

Telephone office (TELCOR)

The telephone office building is a reinforced concrete frame building. The building consists of 6 single span frames 7 stories high, and the span is 15 meters. The elevator shafts are located at one end of the building, and that caused a torsional effect in the building. The girders are prestressed concrete, and the floors are constructed of prefabricated reinforced concrete joists with cast-in-situ concrete over the top of hollow blocks. The plan of the building is shown on page 51 (p.t.), and on the ground floor and first floor a concrete block masonry wall carries the vertical load of a part of the first floor as well as the mezzanine. As a result of the earthquake there was considerable damage to the reinforced concrete of the second floor, and some of the columns. The hollow block bricks under the windows were shattered (plates on page 62 of p.t.). Shear cracks occurred in the prestressed girders: such cracks to mezzanine prestressed girders are shown by an "X" mark in the plate on page 51

San Sebastian Church

The church has a folded plate concrete roof structure and no structural damage occurred to this part of the building due to the earthquake, but several cracks occurred to the walls. Adjacent to Sebastian Church, the reinforced concrete building of Calazan College was located. The building consisted of two parts: one part was four stories and completely collapsed and the other part was three stories, which was heavily damaged. The critical damage to this building is located at the points of column-beam connection, mostly due to inadequate stirrups (pages 52 and 53 of p.t.).

Electric Power Company (ENALUF)

The main office of the electric power company is a reinforced concrete building in 6 stories (including one basement). A view of this building before the earthquake is shown on page 55 (p.t.) and as is shown on page 56 (p.t.) the building consists of structural frames and concrete shear walls around a central core area, and the floors are constructed with prefabricated reinforced concrete joists with cast-in-situ concrete over the top of arch-shaped concrete blocks. The distribution of shear walls in the plan of the building is well designed, and the structural damage to the building was slight. There were some cracks in pillars on the first

One of the steel support towers for lighting was observed to have been bent (plate on page 47 of p.t.).

Dance Pavillion

The plates on page 49 (p.t.) show a dance pavillion which was constructed of a heavy reinforced concrete slab and steel columns. It is reported that 40 persons were killed by the collapse of this building.

San Jose Church

San Jose Church is an auditorium of 20 meters span with concrete barrel shell roof supported on two rows of reinforced concrete columns, of 75 centimeters by 35 centimeters section. The distance between columns is 5.5 meters center to center and the height of the columns is 6.5 meters. The exterior walls of the building are constructed of hollow blocks and as a result of the earthquake the walls were damaged heavily, and a heavy concrete cantilever conapy over the main door failed (page 51 of p.t.).

Adjacent to the church, a three storey reinforced concrete building belonging to Divina Pastora College was located. A part of this building has totally collapsed and the remaining part has been heavily damaged (upper plates of

Gen. Somoza Stadium

The oval shaped stadium of Managua was heavilly damaged by the earthquake. The sloping reinforced concrete floor around this stadium supported by reinforced concrete columns was damaged at the points of column-beam connections (page 46 of p.t.).

A cantilever roof of span of about 20 meters, constructed of reinforced concrete cantilever beams and covered by corrugated iron sheet, in the north portion of the stadium was not structurally damaged.

In the remaining parts of the perimeter a band of reinforced concrete roof canopy 5 meters wide was supported by round reinforced concrete columns. The diameter of the columns was 25 centimeters and the longitudinal reinforcing rods were 10 millimeters diameter, 6 per column. The distance between columns center to center at the outer edge of the roof was 4.5 meters; the height of the columns at the outer edge was 1 meter and at the inner edge 2 meters. As a result of the earthquake most of this portion of the roof collapsed (plates on pages 47 and 48 of p.t.). In some places this roof was supported by double rows of round columns (page of p.t.) and this part also collapsed.

Supreme Court

One part of this building was built with concrete shear walls in 7 stories (including one basement), and the remainder with reinforced concrete frame in 3 stories (page 42 of p.t.).

As a result of the earthquake the three storey building was more damaged, the damage occurring mostly in exterior walls constructed of hollow brick. The columns in this building were badly damaged.

Intercontinental Hotel

This pyramid-shaped building (page 43 of p.t.) consists of 10 stories (including one basement); the building was constructed with reinforced concrete frames, and the walls of hollow concrete blocks. The upper plate of page 43 (p.t.) shows the building before the earthquake, and as a result of the earthquake the reinforced concrete roof of the pent-house failed. The other plate of page 43 (p.t.) shows this part of the building being repaired. The walls were damaged by the earthquake, but at the time of my visit the walls were already repaired.

The interior walls of the building are concrete shear walls, and the exterior walls are of hollow bricks with plaster; as a result of the earthquake there were some cracks in the plaster of the walls, but no damage to the building.

At the front and rear of the building are two multi-span bridges and as a result of the earthquake a considerable gap opened between the deck and one of the abutments. Some hair cracks were seen in some pillars (plate on page 38 of p.t.).

I. B. M. Building

This steel frame structure, has 7 stories (including one basement). The distance between columns in both directions center to center is 6 meters. The floors are light and constructed of metal decking (filled with concrete) supported on steel joists. The exterior walls up to the first floor are constructed of concrete hollow blocks and the upper stories of corrugated metal, and the building is very flexible.

Although the building resisted the earthquake well, some damage occurred in the concrete hollow blocks; as is shown in the plates on page 40 (p.t.), at the time of my visit the walls were repaired and this plate is extracted from the reconnaissance report which has been published by Earthquake Engineering Research Institute of the U.S.A. (May 1973).

As a result of the earthquake the building became unuseable and five months after the earthquake when the writer visited the area, this building was still evacuated.

Balmoral Hotel

Balmoral Hotel consists of two buildings which are separated by a joint. The buildings are of 8 stories (including one basement) and 11 stories (including three basements) respectively; and both are reinforced concrete frame buildings. The walls and partitions are constructed of hollow bricks, and as a result of the earthquake most of the walls were shattered. The plate on page 36 (p.t.) shows one of the interior columns in the basement of the 8 storey building which failed due to the earthquake and the fire which followed. The other plate shows a view of the two different buildings of the Balmoral Hotel.

Ruben Dario National Theater

This large auditorium with about 40 meters span and 18 meters height is located near lake Managua. The building has three balconies (plates on page 37 of p.t.).

by 15 meters. The concrete shear walls are located in one end of the building, and this caused a big torsional effect in the building; as a result of the earthquake cracks occurred in the floor slabs, all near elevator cores.

The walls of this building are constructed of hollow blocks, and almost all of them were shattered by the earthquake (page 28 of p.t.). An auditorium located beside this tower building collapsed completely.

Social Security Institute

This att active reinforced concrete frame building 10 stories in height (including one basement) is located in the center of Managua. The building plan is very flexible, the distance between columns center to center being 7 meters in one direction and 7.5 meters in the other. The exterior walls of the building are of glass and the interior walls are mostly wood partitions.

The most serious damage to this building occurred in the penthouse; the roof of this part totally fell down and the mechanical equipment was under the fallen slab (plates on pages 34 and 35 of p.t.).

strong enough to break the girders and cause total collapse of the floors, the explanation of the cause of the collapse of the building might have been difficult. The Bank of America building is a good example of the adequacy of resistance of a building with a central core against earthquakes and with the exception of the weak point in the girders, this building did perform very well during the earthquake. The plates on page 20 (p.t.) show the building and the opening in the center of the girder.

Building No. 2 (Adjacent to Bank of America)

The building consists of three stories (page 21 and 22 of p.t.), a.d was constructed of reinforeced concrete frames. The floors are constructed of hollow bricks and prefabricated joists with cast-in-situ concrete over the top of hollow blocks. As a result of the earthquake one part of this building collapsed and the other part was heavily damaged.

Central Bank of Nicaragua

This 16 storey building (including one basement) is located opposite the Bank if America and is the second tallest building in Managua. The plan of the building is shown on page 27 (p.t.) and has the form of a rectangle 48 meters

constructed of hollow bricks or concrete blocks. In this report some of the buildings which were observed by the writer are described.

Bank of America

This 19 storey building (including two basements) is the tallest building in Centeral America, and is located in the most seriously damaged area. The building survived the earthquake well.

The plan of the building as show on page 19 (p.t.) is symetrical in both directions, and consists of 8 cross-shaped exterior columns on each side, four "L" shaped columns on each corner, and a central core. The concrete shear walls are connected with 90 centimeter deep concrete girders and in the middle of every girder there is a rectangular opening of 60 centimeters by 50 centimeters for an air conditioning duct to pass.

As a result of the earthquake the concrete girders were shattered in the middle where the openings are located, the shear walls were very slightly damaged, and the elevators became inoperable. The most important damage to this building is the damage to the girders due to the air conditioning duct openings and if the earthquake had been

ordinary masonry buildings, there was a lot of modern construction in the region. Some multi-storey modern buildings resisted the earthquake very well; some were more or less damaged; and some were seriously damaged or totally collapsed. The damage to the buildings was due to bad materials and inadequate detailing, but mostly due to faulty execution and bad workmanship. The quality of concrete generally was not suitable; in some buildings the details were not well studied; the distance between stirrups in reinforced concrete columns in some positions was too much. A six storey reinforced concrete building was observed which was totally destroyed, but a nearby "Torquezal" building was not, although the latter was seriously damaged. Further investigation of the reinforced concrete building showed defects due to execution as well as bad detailing of the work.

The plates on page 15 of the Persian text (p.t.) show damage to reinforced concrete columns. The upper plate shows that a waste disposal pipe is located inside the column and has made the column weak. In addition to structural damage, much of the damage to high rise buildings was damage to the partitions, parapets and walls

Besides the three accelerographs, there were 13 Wilmot Seismoscopes in the region. Out of the thirteen, one located in the ESSO Refinery and three others located in other parts of the region provided records of motion. From the results obtained by these seismoscopes, taking into consideration the location of the instruments, it is apparent that the ground acceleration in the east part of the ESSO Refinery was somewhat greater than the acceleration which was recorded by the ESSO accelerograph.

Damage to Buildings

The damage caused by the Managua earthquake was concentrated in the center of the city, in which various types of buildings were located. Traditional buildings of the type called "Torquezal" were responsible for great loss of life. This type of building is one or two stories high and is constructed of vertical wood studs about one meter apart, filled between with clay and stones. The vertical wood studs are connected together by nailing horizontal wooden lath every 25 centimeters.

There were numerous unreinforced brick or hollow concrete block buildings in the damaged area which collapsed or were heavilly damaged. Besides the "Torquezal" type and

Five months after the earthquake, the writer visited the damaged area, and observed several buildings which were struck by the earthquake. This report is the result of 10 days of field investigation. The report has been prepared in Persian and describes the behaviour of some of the buildings which were located in the area.

Although the earthquake was of moderate magnitude, the damage was very heavy due to very shallow focal depth (5 Km), bad construction materials, and bad workmanship.

The earthquake was preceeded by a small foreshock, which occurred two hours before the main shock and was followed by many aftershocks.

The magnitude of some of these aftershocks was 5 and greater. The intensity of the main shock can be assessed as greater than IX (say X MM).

Out of three accelerographs which were located in the epicentral area, only one strong motion AR-240 recorder located at the ESSO Refinery (5 Km west of the city) registered the main shock. This accelerograph experienced peak recorded acceleration of 0.39g and 0.34g in the east-west and north-south directions respectively. The peak recorded acceleration in the vertical direction was 0.33g.

Abbreviated from the Persian text

Introduction

On December 23, 1972 at about half past midnight (local time) (6 29 42. 5 G.M.T.) an earthquake of magnitude 6.25 occurred in Central America; as a result of this earthquake the city of Managua, capital of the Republic of Nicaragua, was destroyed.

Managua was a large city; its population before the earthquake was over 400,000. About 10,000 persons were killed by this earthquake and almost 75 percent of the city was ruined. It has been estimated that the earthquake and the fires which followed caused about 1,000 million U.S. dollars damage to property.

The most seriously damaged area was downtown Managua in which several important buildings were located. The city is now evacuated and surrounded by a 12 strand barbed wired fence, about 2 meters high. The people of Managua moved out to small cities and towns such as Tipitapa, Masaya, San Lorenzo, Dirima and Leon.