

## زلزله و پیش‌گیری

نوشته : همایون حقیقی

دکتر در بتن آرمه و مهندس ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله

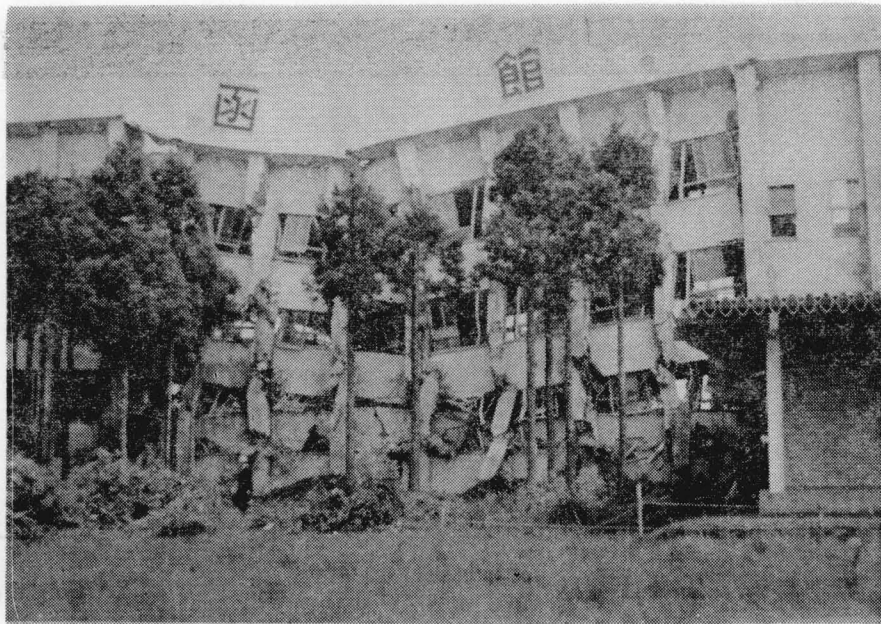
بازگشتم بمیهن عزیز متأسفانه با زلزله اخیر خراسان مقارن شد. زلزله خراسان که هزارها نفر را کشتت و بی‌خانمان کرد یکباردیگر توجه مقامات مختلف کشور را بخطر زلزله و نقشی که این پدیده طبیعی در اجتماع بازی میکند معطوف داشت. سمینارها و کنفرانسها برای بحث درباره ترمیم خرابیهای رویداده و مقابله با این بلیه طبیعی توسط سازمان‌های دولتی و خصوصی تشکیل گردید و راه‌حلهای بسیاری پیشنهاد شد.

در اینجا از بحث درباره علل پیدایش زمین‌لرزه و انواع مختلف آن، اثر مخففه یا مشدده جنس زمین و مواد متشکله آن در شدت زلزله و قوه تخریبی آن و نقشی که پی هر بنا در استوار ماندن ساختمان در برابر زلزله بازی میکند، اثر زلزله بر روی انواع مختلف ساختمانها اعم از کوتاه و بلند، انعطاف‌پذیر و انعطاف‌ناپذیر، با مصالح بنائی، چوبی، فلزی و بتن آرمه صرف‌نظر میشود. این بحث علمی بسیار پیچیده و در عین حال شیرین و جالب را بفرصت دیگری موقوف می‌کنیم.

بعلت فوریت نوسازی و احداث خانه‌های جدید در مناطق زلزله زده توجه مقامات مسئول را باین مسئله جلب مینماید: خرابشدن خانه‌های خشت و گلی و پابرجا ماندن یک یا چند ساختمان آجری نباید موجب این توهم گردد که ساختمانهای آجری در برابر زلزله پایدار خواهند ماند و اگر در منطقه زلزله زده خراسان ساختمانهای رومنائیان از آجر ساخته شده بود خسارات و تلفاتی بهار نمی‌آورد. شکل ۱ ساختمان بتن آرمه‌ای را واقع در شمال ژاپن نشان میدهد که چگونه در اثر زلزله ۲۶ اردیبهشت ماه سال جاری ویران شده است.

بزرگی زلزله اخیر ژاپن برابر بزرگی زلزله خراسان یعنی ۷٫۸ بوده است. بنا بر این در مورد زلزله و اثر تخریبی آن عوامل بسیاری وجود دارند که عامل مصالح مصرفی یکی از آنها محسوب میشود. چه بسا زلزله‌ای بناهای ظاهرآ مستحکم و مقاوم در برابر زلزله را ویران کرده ولی بناهای ظاهرآ سست و غیر مستحکم

از گزندش در امان و پابرجا مانده‌اند. امری که ببنندگان عادی آنرا بمعجزه تعبیر می‌کنند. این مسئله بسیار جالب را در مقاله بعدی بتفصیل و از نظر علمی مورد بحث قرار خواهیم داد.



شکل ۱- ساختمان بتن آرمه دانشکده ها کودانه واقع در شمال ژاپن که در اثر زلزله اردیبهشت ۱۳۴۷ خرد شده است.

همینقدر در اینجا یادآور میشود که جنس زمین و مواد متشکله آن و همچنین پی ساختمان عوامل اساسی در مقاومت بنا در برابر زلزله می‌باشد. بتجربه ثابت شده است که شدت زلزله برای یک زلزله مشخص و معینی در زمینهای ماسه‌ای حداکثر می‌تواند تا پنج برابر شدت همان زلزله در زمینهای سنگی باشد. بعبارت دیگر از نظر علمی هر اندازه مدول الاستیسیته زمینی که ساختمان بر روی آن قرار گرفته بزرگتر باشد، مقاومت ساختمان برای یک زلزله مشخص میتواند بیشتر باشد. البته موضوع مقاومت ساختمان بهمین سادگی نیست و عوامل بسیار دیگری در مقاومتش در برابر زلزله مؤثرند. در هر حال مقصود اینست که مقامات مسئول نوسازی برای روستائیان زلزله زده علاوه بر جلب نظر مهندسين ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله از نظر طرح نقشه‌های اجرائی بایستی با نظر مهندسين زلزله و زمین شناسان محل مورد ساختمان را انتخاب نمایند تا ساختمانهایی که با هزینه نسبتاً گزاف و برطبق اصول فنی احداث میشوند بر روی زمین مناسب و مستحکم بنا گردند. در عین حال بایستی سعی کرد از مصالح موجود در محل حداکثر استفاده بعمل آید تا هزینه ساختمان بحد اقل تقلیل یابد و این امر مستلزم شناسائی مصالح موجود در محل و انجام یک سری آزمایش‌های علمی و اصولی است که بایستی در آزمایشگاههای مخصوص تحت نظر مهندسين ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله بعمل آید.

با قبول این امر که اصولاً ساختمانهای خشت و گل، ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله نیستند این نکته را یادآور میشود که آزمایشگاه مهندسی زلزله با بررسی و تحقیق و انجام آزمایش‌های لازم و اصولی بر روی مواد

مصرفی و موجود در اقصی نقاط کشور وظیفه دار است بهترین راه حل را برای طرح نوسازی دهات ایران پیدا کرده در اختیار مقامات مسئول نوسازی قرار دهد. ایجاد چنین آزمایشگاهی در دانشگاه تهران و سایر دانشکده‌ها و وزارتخانه هائیکه با طرح نوسازی سروکار دارند ضرورت دارد که اینک هیئت ژاپنی که برای بررسی زلزله بوئین - زهرا در سال ۱۳۴۲ بایران آمد فوریت تأسیس آنرا ضمن گزارشی صریحاً تأکید کرد.

حال که صحبت از هیئت ژاپنی شد بی‌مناسبت نمی‌داند چند کلمه‌ای درباره سرزمین زلزله خیز ژاپن و اقداماتی که در آن کشور بمنظور مقابله با زلزله بعمل آمده و می‌آید بیان گردد:

ژاپن در حدود ۳۷ هزار کیلومتر مربع وسعت و یکصد میلیون جمعیت دارد. در حدود  $\frac{1}{10}$  انرژی ناشی از زلزله و کوههای آتشفشان جهان در این کشور آزاد میشود. از سال ۱۹۲۳ تا ۱۹۵۹ بطور متوسط سالیانه ۱۴۹۷ زلزله روی داده است که حداقل آن در سال ۱۹۵۸ و برابر با ۸۵ و حداکثر آن در سال ۱۹۳۰ و برابر با ۵۷۷ دفعه بوده است (روزی ۱۶ زلزله) از سال ۱۹۶۵ برنامه خاصی برای مطالعه درباره زلزله به مرحله عمل گذارده شد. یکی از ایستگاههای زلزله نگاری مجهز ژاپن فقط در یکروز ۶۷۸ زلزله ثبت و ضبط کرده است (تقریباً هر دقیقه ۵ لرزش)؟!

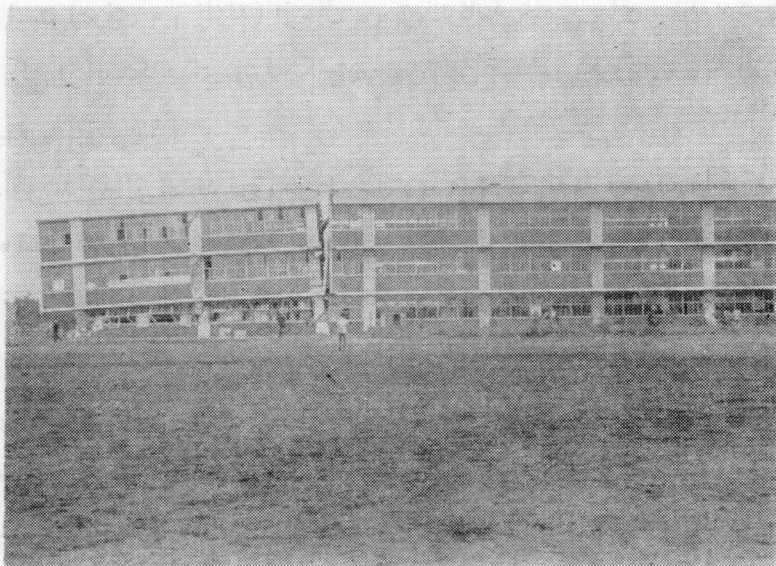
باید یادآور شد که از تعداد فوق در حدود ۶۰۰ عدد آن شدید و بدون کمک دستگاه زلزله نگاری قابل احساس بوده است (تقریباً هر دودقیقه یک زلزله)!!

ارقام فوق نموداری از زلزله‌های رویداده در کشور ژاپن بوده و نقشی که این پدیده طبیعی در اجتماع ژاپن بازی می‌کند نشان می‌دهد. در ادبیات ژاپن افسانه‌های بسیار زیبا و شیرین درباره زلزله و علل وقوع آن وجود دارد. جهت یافتن آمار از زلزله‌های رویداده در ژاپن و تلفات و خسارات ناشی از آن به جستجو پرداختیم و خوشبختانه بتاریخ ۱۴۰۰ ساله زلزله ژاپن که در آن مشخصات و جزئیات هر زلزله ثبت و ضبط شده است دسترسی یافتیم. با مطالعه تلفات و خسارات ناشی از زلزله روشن شد که تا اوایل قرن بیستم مرتباً تلفات و خسارات وارده در ژاپن افزایش یافته است. در میان زلزله‌های ضبط شده زلزله سال ۱۹۲۳ منطقه کانتو Kanto که شهر توکیو نیز در آن واقع است چون یک فاجعه عظیم تاریخی خودنمایی می‌کند. در اثر این زلزله و آتش‌سوزی ناشی از انفجار مواد محترقه و لوله‌های گاز و غیره ۳۰ کیلومتر مربع از مرکز توکیو بتل‌خاکستر بدل و ۵۷۶۲۶۲ خانه بکلی ویران شد و یاسوخت و ۱۴۱۷۲ نفر در زیر آوار خانه‌های ویران شده مدفون و یا در شعله‌های بیرحم آتش بریان شدند!؟

در حقیقت می‌توان گفت اگر امروز پیشرفتی در علم مهندسی ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله در دنیا بخصوص در ژاپن دیده میشود ناشی از بلبله فوق است که چون ضربه شلاقی بر پیکر ساکنین مجمع الجزایر ژاپن فرود آمد و آنها را از خطریکه در ذات زلزله نهفته است آگاه ساخت. پس از زلزله فوق‌الذکر باعزمی راسخ بمطالعه طرق مقابله با زلزله پرداختند و اولین آئین‌نامه ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله در سال ۱۹۲۴ تصویب و بمرحله اجرا گذارده شد.

بطوریکه میدانیم جمعیت ژاپن مرتباً در حال افزایش است لذا سعی گردید تا آمار از جمعیت ژاپن

در طی قرون بدست آید متأسفانه چنین آماری وجود نداشته و اولین آماری که از جمعیت ژاپن در دست می‌باشد مربوط بسال ۱۷۲۱ بوده وکل جمعیت را برابر با ۲۶,۰۶۵,۴۲۵ نفر نشان می‌دهد و برحسب آماریکه مرتباً هر ۶ سال از تاریخ فوق‌الذکر تا سال ۱۸۴۶ منتشر شده است تغییرات جمعیت بسیار ناچیز بوده است بطوریکه در سال ۱۸۴۶ جمعیت ژاپن برابر با ۲۶,۹۰۷,۶۲۵ نفر بوده است یعنی در مدت ۱۲۵ سال فقط معادل ۸۴۲,۲۰۰ افزایش جمعیت داشته است . چون برحسب محاسبه متوسط جمعیت در قرن هجدهم برابر با ۲۵,۸۳۷,۰۰۰ نفر است بنابراین بطور متوسط جمعیت ژاپن در قرن هفدهم در حدود ۲۵ میلیون نفر برآورد گردیده است . بادر دست داشتن جمعیت، مقدار نسبی تلفات در قرنهای مختلف محاسبه شد و خلاصه مطالعات در جدول شماره ۱ درج گردیده است .



شکل ۲- ساختمان بتن آرمه واقع در شمال ژاپن که در اثر زلزله شکاف برداشته است .

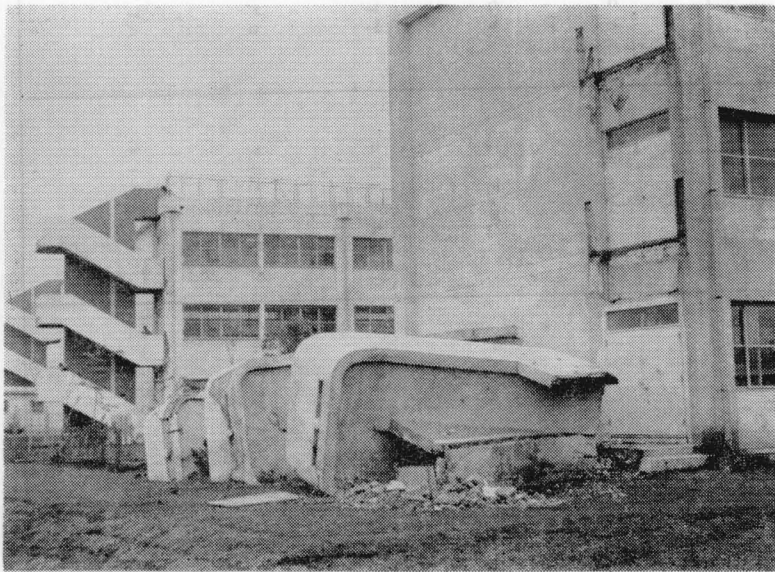
بمنظور بررسی اثر آئین نامه ساختمانی زلزله و سایر اقدامات دولت ژاپن در تلفات و خسارات وارده ناشی از زلزله، تلفات و خسارات وارده در قرن بیستم در دو قسمت یکی تا سال ۱۹۳۵ دیگری از ۱۹۳۵ تا ۱۹۶۵ بطور جدا گانه مورد بررسی قرار گرفت . با توجه بجدول فوق‌الذکر قاعده بایستی خانه‌های ویران شده و تلفات ناشی از زلزله در قسمت دوم اگر بیشتر از مقادیر نظیرش برای ۳۵ سال اول قرن بیستم نباشد لااقل مساوی آن باشد . اگرچه در مورد زلزله عوامل بسیاری علاوه بر جمعیت در خسارات و تلفات وارده مؤثرند با این حال با وجود آنکه در سی سال اخیر زلزله‌های نسبتاً شدید هم رویداده که از نظر شدت بعضی از آنها یعنی زلزله‌های سالهای ۱۹۳۳ و ۱۹۴۴ و ۱۹۴۶ و ۱۹۵۲ بر مراتب شدیدتر از زلزله ۱۹۲۳ بوده‌اند معهداً ملاحظه می‌گردد متوسط سالیانه ویرانی خانه‌ها نسبت به ۳۵ سال اول قرن بیستم چهار مرتبه و تلفات وارده ۲۱ مرتبه کمتر بوده است یعنی متوسط سالیانه تلفات در سی سال اخیر فقط ۳۱۹ نفر و کمتر از ۸٫۴ درصد نظیرش در ۳۵ سال اول قرن بوده است (با توجه با افزایش جمعیت) در ستون هفتم ملاحظه میشود که چگونه

تلفات سالیانه		تلفات وارده		خانه‌های ویران و سوخته شده		متوسط جمعیت برحسب نفر ۱۰۰۰	شرح
نسبت به		برحسب		برحسب			
میلیون نفر	صد خانه ویران و یا سوخته شده	سالیانه	سال ۱۰۰	سالیانه	سال ۱۰۰		
۶,۸	۲۳,۹۶۴	۱۷۰	۱۷,۰۰۰	۷۱	۷,۰۹۹	۲۵,۰۰۰	از ۱۶,۰۰۰ تا ۱۷,۰۰۰
۱۴,۷	۴۷,۲	۳۸۰	۳۸,۲۰۰	۸۰۵	۸,۰۵۲۳	۲۵,۸۳۷	از ۱۷,۰۰۰ تا ۱۸,۰۰۰
۱۹,۱	۱۴,۳	۶۳۰	۶۲,۵۳۹	۴۴۰	۴۳,۹۱۵۵	۳۲,۸۶۰	از ۱۸,۰۰۰ تا ۱۹,۰۰۰
۷۷,۵	۲۴,۰	۴۳۸۳	۱۵۳,۴۰۱	۱,۸۲۶	۶۳,۹۱۱۲	۵۶,۵۰۰	از ۱۹,۰۰۰ تا ۱۹,۳۵۰
۳,۸	۷,۲	۳۱۸	۹۵,۳۴	۴۴۱۶	۱۳,۲۵۰۰	۸۳,۷۸۰	از ۱۹,۳۵۰ تا ۱۹,۶۵۰

جدول شماره ۱ : چگونگی تغییرات تلفات و خسارات ناشی از زلزله در طی ۳۶۵ سال اخیر (۱۹۶۵-۱۶۰۰)

تلفات ناشی از زلزله از درهم ریختن صد خانه در قرن هفدهم که برابر با ۴۳۹۰ نفر بوده است درسی سال اخیر قرن بیستم به ۷۷۲ نفر کاهش یافته است.

علاوه بر دلایل بی‌شمار دیگری، می‌توان پیشرفت تکنیک جدید و مهندسی ساختمانهای ضد زلزله و افزایش سطح دانش عمومی ملت ژاپن را یکی از دلایل آن دانست ملتی که حتی شاگردان دبیرستانی آن شاید بیش از مهندسان بسیاری از کشورها در باره زلزله و چگونگی حدوث آن و اثرات ناشی از زلزله اطلاع دارند.



شکل ۳- پله نجات که در اثر زلزله اخیر ژاپن واژگون شده است.

متأسفانه تاریخ مدونی از زلزله‌های رویداده در ایران در دست نیست تا بتوان مقایسه دقیقی از تلفات بین دو کشور ایران و ژاپن بعمل آورد ولی بطور قطع می‌توان گفت که تلفات زلزله در ایران بمراتب بیش از کشور ژاپن میباشد. از اینرو ضمن آنکه مقامات مسئول ممالک اقدامات ضروری و فوری جهت تأمین مسکن برای ساکنین مناطق زلزله زده بعمل می‌آورند برای مقابله با خطر عظیم زلزله در شهرها و بخصوص در پایتخت که هر آن ممکنست دچار قهر طبیعت گشته و با مصیبت عظیمی روبرو گردیم چاره‌جویی کرد.

برنامه مقابله با خطرات ناشی از زلزله را میتوان در سه قسمت زیر خلاصه کرد.

الف - آموزش عمومی، بالا بردن سطح اطلاعات عمومی درباره زلزله و خطرات ناشی از آن بدون آنکه بخواهیم غلوی در این باره کرده و یا آنکه از اهمیت خطر بکاهیم.

بطوریکه فوقاً اشاره شد ایجاد و تأسیس آزمایشگاهی بمنظور مطالعه اثر زلزله بر روی ساختمانها در دانشگاه تهران و سایر دانشگاهها، تعلیم مهندسی ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله با مقیاس وسیعتری در دانشکده‌های فنی و معماری، تقویت و توسعه مؤسسه ژئوفیزیک تهران بمنظور تهیه نقشه منطقه بندی زلزله ایران.

ب - تصویب لایحه قانونی ایمنی ساختمانهای شهری و نظارت کامل دستگاههای مسئول در اجرای

ساختمانها و بعبارت دیگر پلیس ساختمان.

بنظر نویسنده باید دستگاه مستقل و مخصوصی برای این امر در نظر گرفته شود این سازمان وظیفه خود را مستقلاً انجام خواهد داد. دو وظیفه اصلی برای پلیس ساختمان میتوان در نظر گرفت.

- ۱- بررسی و مطالعه نقشه و محاسبات آن بخصوص محاسبات مربوط بمقاومت در برابر زلزله.
- ۲- نظارت بر ساختمان بر اساس نقشه های مصوبه در موقع اجرا.
- ج- اقدامات احتیاطی که میتوان از هم اکنون انجام داد عبارتند از:
  - ۱- خروج انبارهای کالا و بخصوص انبارهای مواد شیمیائی و محترقه و کارگاههای نجاری از داخل شهر بخارج و نظارت دقیق بر انبارها و جلوگیری از هرگونه تمرکز مواد محترقه در داخل شهرها.
  - ۲- پیش بینی و ساختمان مخازن آب در نقاط مختلف شهر تا اگر بر اثر زلزله یکی از مخازن ویران گردد بوسیله مخازن ثانوی بتوان آبرا به نقاط لازم بمنظور اطفاء حریق احتمالی رسانید. این امر در لوله کشی شهر سانفرانسیسکو بعد از زلزله ۱۹۰۶ و آتش سوزی متعاقب آن منظور شده است.

ساختمانهای عمومی و چند طبقه بایستی مخازن آب جداگانه داشته باشند تا در صورت بروز حریق بتوان از ذخیره آب استفاده کرد پیش بینی چنین مخازن آبی در کشور ژاپن اجباری است.

با پیش بینی و انجام نظرات بالا امید است بتوان علاج واقعه را قبل از وقوع کرد و از حوادث شوم و مرگباری که کشور ما و بخصوص شهرهای بزرگ کشور ما را تهدید میکنند در امان ماند.