بررسی ژئوفیزیکی ساختمانهای کروی

از : دکتر محمود رضا جعفری

مقدمه

درهیجده کیلومتری جاده‌تهران کرج درزمین آموزش دفاع غیر نظامی ساختمان کروی شکلی از نوع بتن آرمه ساخته شده است

نگارنده باتفاق کمیسیون مربوطه ازساختمان مزبور بازدیدبعمل‌آورده وقسمتهای مختلفه‌آنرامورد بررسی قرارداده‌ام .

منظور ازاین بازدید این بود که ازلحاظ ژئو - فیزیکی درباره‌امکان مقاومت ساختمان کروی‌مزبور دربرابر زلزله نظریه‌ای ابراز گردد . پس ازمعاینه‌و بررسی طی نامه‌ای رجحان ساختمان مزبـور نسبت بساختمانهای خشتی و آجـری از لحاظ مقاومت در برابرزلزله تایید گردید .

منظور ازنگاشتن این مقاله این است که ژئو- فیزیك چگونه ساختمان کروی شکل رابررسی‌نموده و امتیاز آنرا تأیید نموده است .

در این مقاله درباره جایگزین شدن ساختمان کروی مزبوربجای ساختمانهای خشتی و گلی دهات و ساختمانهای آجری شهرهای کوچك چه از لحاظ اقتصادی وچه ازلحاظ روان‌شناسی و مسائل مربوطه دیگرمورد بررسی‌قرارنمیگیرد بلکه صرفاًبامثالهای زنده وتجارب‌ساده وفرضیه‌های‌موجودساختمان‌مزبور از لحاظ ژئوفیزیك مورد نظرقرار میگیرد .

ساختمان‌کروی و مشخصات آن ـ سطح بنای‌این ساختمان درحدود ۴۰مترمربع بوده وشصت تن وزن دارد .

مصالح‌بکاررفته وطول وعرض وضخامت دیوار- های آن بناباظهارسازنده وطراح آن بطوراستاندارد میباشند .

بعلاوه طی‌نامه‌ای‌ازمؤسسه ذیل‌درباره‌ساختمان کروی شکل مزبور اظهارنظرخواسته شده است .

International Institute of Seismo - logy and Earthquake Engineering , Tokyo , Japan

در زیرقسمتی‌ازنامه موسسه لرزه نگاری‌زلزله شناسی توکیودرج میگردد :

(در جواب نامه ..... عقیده انستیتوی ما در باره ساختمان کروی شکل آن است که در زیر ذکرشده)

۱ـ ما بسیار به‌طرح‌جدیدساختمان‌شماعلاقه‌مند شدیم واحترامات خود رابراین نظریه ممتازکه برای تقلیل نیروی زلزله اتخاذشده ابراز میداریم بافرض اینکه کره وسطحی که بآن قرار گرفته است هردو کاملا محکم باشند فرکانس‌طبیعی ساختمان بقرارذیل خواهد بود.

$$V = \sqrt{\frac{W \cdot e_G}{M \cdot e^2_G + I_G}}$$

W – Weight of Sphere وزن کره

M – Mass « « توده کره

e_G – Downward Excentricity of Center of Gravity

I_G – Mass Moment of Inertia about Axis Through C. G

ممان توده ساختمان درحول محور

$\frac{2\pi}{T}$ = فرکانس طبیعی ساختمان

V = natural Circular Frequency

T = پریود امـواج لرزه‌ای ساختمان (زمان یك موج کامل است)

T- natural periode

۳ـ زمین لرزه واثرآن درساختمانها

میدانیم هرچه قدرت زمین لرزه بیشتر بـاشد (شدت وماگنیتود)وهرچه بمحل زمین‌لرزه نزدیکتر باشیم خرابی ناشی از زلزله بیشترخواهد بود .

چگونه میتوانیم درمقابله زمین لرزه مقاومت نمائیم محققاً ما نمیتوانیم شدت زمین لرزه را کمتر سازیم .

ازمرکزوقوع زلزله هم اطلاع دقیقی دردست نداریم .

درمهندسی ساختمان ومحاسبات‌آن ازحداکثر اوج Amplitude امواج S لرزه‌ای و سرعت و شتاب آن استفاده میکنند .

در اینجا باید متذکر گردید که اولا شدت و یاماگنیتود زیاد زلزله عامل مهم در خرابی ساختمان نبوده و برای طراحی یك ساختمان مقاوم در برابر زمین‌لرزه عوامل‌دیگری را هم‌بایدمورد نظرقرارداد مثالهای‌تجربی‌ذیل کمك‌موثری‌دراین‌باره‌خواهندنمود

۱ ـ در زلزله ۱۹٦٤ آلاسکا کـه ماگنیتود حداکثر ۸.۵ بود ساختمانهای یك یا دو طبقه شهر انکارج آسیب بیشتر دیدند در حـالیکه ساختمانهای چندطبقه‌ازآسیب وخسارت کلی‌محفوظ ماندندچرا ؟

۲ـ درزمین لرزه ۱۹٦٦ اسکوپیا یوگسلاوی خرابی وخسارات‌ساختمانهای‌بلندبیشترازساختمانهای یك طبقه‌بود. ماگنیتود زمین‌لرزه درحدود ۸.٤ بود.

در دو مثال فوق ماگنیتود ـ شدت و نزدیکی به مرکز زمین لرزه هردو یکسان بودند بنابراین این سئوال پیش میآید که چرا در یك ناحیه فقط ساختمانهای‌بزرگ ودرناحیه دیگرمنحصراًساختمان‌های کوچك آسیب دیده‌اند

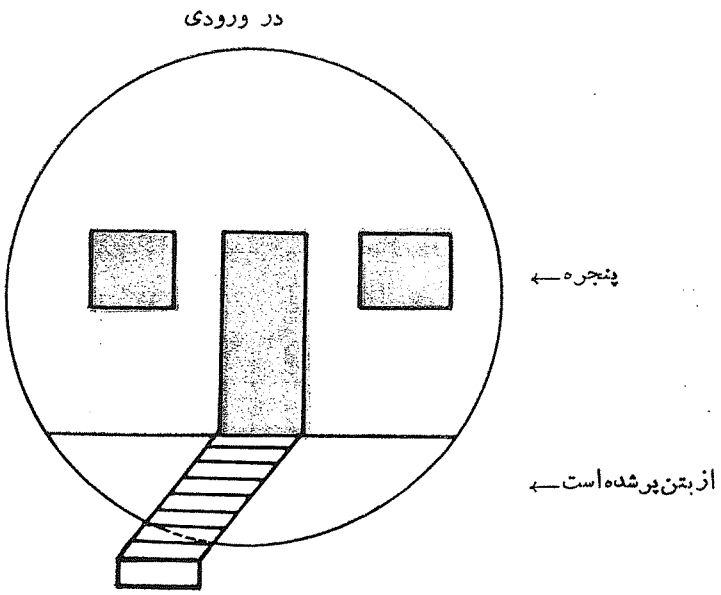
دردومورد فوق ساختمانهای بزرگ بتن‌آرمه بوده وساختمانهای کوچك‌چوبی وآجری بوده‌اند.

آیا میتوان وضع زمین و کیفیت زمین شناسی طبقات‌زمین‌راعامل‌اصلی خسارات‌وارده قلمدادنمود.

مطمئناً وضع زمین زیرساختمان درمقاومت‌یك ساختمان دربرابرزمین‌لرزه موثرمیباشد .

معهذا درشهرتوکیو که نواحی مختلفه آن با مرکز زلزله Epicenter یك فـاصله بوده بعضی ساختمانهای‌یك طبقه که‌برروی طبقات شنی‌بناشده‌اند خسارت دیده‌اند در حالیکه در ناحیه دیگرتـوکیو ساختمانهای یك طبقه ویاچند طبقه که برروی طبقات رستی ویاسنگی بنا گردیده‌اند آسیب دیده‌اند.

تمام عوامل فوق ـ شدت امـواج لـرزه‌ای ـ نزدیك‌بودن به Epicenter ـ ساختمان‌زمین‌شناسی طبقات زیرزمین‌ونوع زلزله‌درخسارات ناشی‌اززمین‌لرزه موثر میباشد . بنظرمیآید که عامل دیگری را که امکانا ازعوامل‌مزبورموثرترمیباشدازیادبرده‌ایم. به مثال تجربی ذیل تـوجه فرمائید (در این مقاله فقط ساختمانهائی مورد بررسی قرار میگیرند که از لحاظ طـراحی و مهندسی ساختمان و مقاومت مصالح مورد قبول واقع شده‌اند . مثلا ساختمانهای گلی ـ خشتی ـ دهات وحتی آجری‌وآهنی‌تهران موردبحث نمیباشد زیراساختمانهای آجری را نمیتوان درحکم یك‌واحد ساختمانی فرض‌نمودبعلاوه آزمایشهای‌لرزه نگاری‌راهم‌نمیتوان‌درباره آنهااجرانمودزیرااتصالات قسمتهای مختلفه‌آنهاکافی نبوده‌وشرایط لازم راواجد نیستند) معمولامیگویند که‌عبورچهارپایان‌ازروی‌پل های بتن‌آرمه ممنوع است . همچین ازحرکت منظم واحدهای‌نظامی‌ازروی پل جلوگیری مینمایندچرا؟



درابتدای بعضی ازاین پلها علامتی مشاهده میشود که عبور کامیونهای بیش از ۳۵ تا ۴۰ تن را ممنوع نموده است زیرا بر فرض اینکه دو کامیون ۲۵ تنی یکجا درهرطرف روی پل قرار گیرند پل میتواند در برابر فشار حاصله مقاومت نماید .

درحالیکه فشار یا وزن بیش از ۵۰ تن برای پل زیان آورخواهد بود .

درمورد حرکت یك واحد نظامی اگر فرض نمائیم که تعداد آن درحدود صد نفر باشند (تعداد کمی از آنها هم ماهیت مثال تجربی را تغییر نمیدهد) وزن متوسط هریك هشتاد کیلو بوده ووزن کل به هشت تن میرسد. دراینجا ملاحظه خواهید نمود که عبور منظم افراد نظامی به وزن هشت تن ضربه بیشتری برای پل بتن آرمه دارند تاعبوریك کامیون بیست وپنج تنی .

در مورد حرکت چهار پایان هم به نتیجه بالا خواهیم رسید ، بنابراین عامل دیگری غیرازوزن و یا فشاردرخرابی احتمالی پل مزبورموثرمیباشد .

بادر نظر گرفتن یك مثال کلاسیك میگوئیم وقتی دو پاندول متشابه و معادل بموازات یکدیگر نوسان نمایند در یکدیگر تاثیر نموده باعث تشدید نوسان یکدیگر یارزونانس میگردد وسپس دریکی ازپاندول ها ویا هردوآنها منحنی‌های سینوس منظم حاصله از نوسان پاندولها تغییر نموده ولذا حرکت پاندولها تغییر می نماید .

در موردحرکت منظم واحدهای نظامی وعبور چهارپایان ازروی پلهاهم ایجادرزونانس مینماید که باعث کم نمودن مقاومت پلها و یا بالاخره خرابی آنهامیگردد.

در مورد ساختمانها باید مترصد بود که طرح ساختمانی طوری تدوین گردد تا در اثر زلزله ایجاد رزونانس ننماید وبرای این منظور بوسیله دستگاههای لرزه نگاری پریود (زمان یك موج) زمین را اندازه گیری مینماید پریودطبیعی زلزله باشدت وباما گنیتود زلزله تغییر نمی نماید. پریود زمین بستگی به عواملی چند مانند کیفیت ساختمان طبقات زیرزمین دارد .

سپس مرکز ثقل ساختمان وفاکتورهای دیگر آن راطوری تنظیم می نمایند تاپریودطبیعی آن باپریود طبیعی زمین متفاوت باشد .

لذاهر نوع ساختمانی (بغیرازساختمانهای خشتی وآجری معمولی) را میتوان طوری بنا نمود که بتواند درمقابل زمین لرزه مقاومت نماید .

مثال زنده ذیل اثرهم زمانی ورزونانس رانشان میدهد درزلزله ۱۹۶۸ ژاپن ساختمان دانشگاه هوکایدو (Nokydo) در جنوب جزیره شمالی ژاپن موسوم به هوکاید . درهم کوبیده شد تاریخ ساختمانی این

دانشگاه بقرار ذیل میباشد.

در ابتدای امر طرح اولیه دانشگاه مزبور از لحاظ مقاومت در برابر زلزله مورد تأیید مسئولین امر قرار گرفت دوسال پس از اتمام این بنا بامن فکر رسیدند که ساختمان مزبور کافی برای احتیاجات روزافزون دانشگاه نمی باشد. لذا ساختمان دیگر متشابه ساختمان اولیه ازهر لحاظ (مقاومت مصالح- طرح - ارشیتکتی مقاومت در برابر زلزله وغیره) درمجاور و پهلوی ساختمان اولیه دیوار به دیوار با اتصالات لازم (بنظر اولیای مربوطه) بنا نمودند. هنگام زلزله دو ساختمان فروریخت - دانشمندان ژاپن علت خرابی این ساختمان بتن آرمه و بجا ماندن ساختمانهای بتن آرمه دیگر را در آن شهر این طور تشریح نمودند.

دو ساختمان متشابه دانشگاه هردو در مقابله زلزله طرحی کامل داشته اند و پریود یا نوسان طبیعی آنها با نوسان طبیعی زمین اختلاف داشته اند ولی در دوساختمان مزبور فرکانس طبیعی برابر بوده است و چون اتصالات دوساختمان بیکدیگر کافی برای واحد نمودن آنها از نظر ساختمانی نبوده است (درحکم یك واحد ساختمانی نبوده اند) لذا هم زمانی دوساختمان هنگام عبور امواج لرزه ای باعث رزونانس وتخریب ساختمانهای مزبور گردیده است.

حال درباره امتیاز ساختمان کروی شکل بتن آرمه نسبت بساختمان مشابه و معادل آن بصورت استاندارد امروز صحبت میکنیم.

ساختمان کروی شکل ازاین لحاظ بساختمان مشابه ومعادل برتری دارد که واجد سطح اتکاء بسیار کمتری است. برای آشنائی به اهمیت این عامل بنظر میآید که شرح بعضی از امواج لرزه ای وخواص آن لازم باشد.

از هر انفجاری در داخل زمین (مواد منفجره مانند دینامیت -TNT- بمب اتم - فروریختن طبقات زیر زمین و غیره) دوموج حاصل میگردد یکی اول حاصل میشود ودیگری زمانی اندك پس از موج اول

موج اولیه را با p وموج ثانوی را با S نمایش میدهند جدول زیر خصوصیات دوموج مزبور وتشابه و اختلافات آنها را نشان میدهد.

امواج p اولیه	امواج s ثانویه
اول حاصل میشوند	بعداز موج اولیه ایجاد میگردد
سرعت آن بین ۱۰۰۰ تا ۶۰۰۰ متر درثانیه است	سرعت آن کمتر ازموج اولیه ای میباشد که ازیك منبع اصلی بوجود آمده باشد
از جامدات و مایعات عبورمیکند	ازمایعات عبور نمیکند
جهت نوسان موج درهمان جهت انتشارموج است	نوسان موج درجهتی عمود برجهت انتشار موج است
قدرت تخریبی کم دارد	قدرت تخریبی بسیار زیاد دارد
در مطالعه زلزله فقط برای تعیین زمان اولین موج مورد استفاده قرارمیگیرد	سرعت و شتاب وآمیلیتود آن (حد اکثر اوج موج) درمحاسبات ساختمانی بکارمیرود

باید متذکر بود که دونوع موج ثانویه داریم

۱ - S_H یعنی موج ثانویه افقی که جهت نوسانات امواج آن بموازات افق میباشد

۲ - S_V موج ثانویه عمودی که نوسانات آن در راستای مرکز ثقل زمین میباشد.

هرچه سطح اتکاء یك جسمی در روی زمین کمتر باشد موج S_V در آن کمتر نفوذ مینماید.

اگر ساختمان کروی شکل و یاجسم کروی شکل بدون پایه سیمانی یا بتنی روی زمین گذاشته شده باشد امواج S_H کمتر از آن عبور مینمایند.

زیرا هر قدر ترا کم طبقات روی زمین کمتر باشد ازسرعت وقابلیت نفوذ موج S میکاهد ساختمان کروی شکل دفاع غیر نظامی بواسطه سطح اتکاء بسیار کم و برای اینکه همانطور روی زمین گذاشته شده است نسبت بساختمانهای بتن آرمه مشابه برتری دارد .

دراینجا باید خاطر نشان ساخت نظریه مهندسین زمین لرزه و زلزله شناسان در ازدیاد پایه‌های یك ساختمان استاندارد جهت مقاومت دربرابر زلزله بدین منظور است که فشار حاصله بقسمت های مختلفه ساختمان بیك نسبت تقسیم نموده وضع تقارن ساختمانی و موقعیت مناسب مرکز ثقل آنرا تثبیت نمایند .

برای روشن‌تر نمودن برتری یك ساختمان بتن آرمه کروی شکل باسطح اتکاء کم برساختمان مشابه معمولی به ذکر مثال زیر میپردازیم .

اگر دریك تشت یاحوض آب دوجسم پلاستیکی مشابه یك حجم یکی کروی ودیگری بشکل مکعب منظم قرار دهیم وروی هریك عروسك پلاستیکی بگذاریم سپس آب را بشدت تکان بدهیم تا امواج لازم را بوجود آوریم ملاحظه خواهیم نمود که عروسك بر روی کره پلاستیك پایدار خواهد ماند .

هنگامیکه یك اوج موج به زیر کره پلاستیکی میرسد کره پلاستیکی ممکن است کمی دور خود بچرخد زیرا فقط یك موج از نقطه اتکاء آن در آن واحد عبور مینماید .

درمورد مکعب پلاستیکی حداقل دو موج ویا بیشتر عبور خواهد نمود وهر دفعه که اوج یك موج بیك نقطه اتکاء آن برسد مکعب پلاستیکی بالا و پائین آمده عروسك روی آن تعادل خود را ازدست میدهد .

باید در نظر داشت چنانچه در اثر زلزله گسیختگی Fault ویا حرکت زمین و کوه صورت گرفته و یا دره‌ای ایجاد گردد ساختمانها را در خود بگیرد از موارد استثنائی میباشد غالباً در بعضی نواحی کشور ژاپن اتفاق میافتد که از بحث ما خارج میباشد ودراین مورد نمیتوان هیچ نوع پیش بینی نمود .

نتیجه ـ ساختمان کروی شکل پیشنهادی سازمان دفاع غیر نظامی ازلحاظ کوچك بودن سطح اتکاء به زمین ازساختمانهای مشابه آن ازلحاظ ایمنی دربرابر زلزله مزیت دارد .

با آزمایش لرزه نگاری میتوان زمان نوسان طبیعی زمین را تعیین وطرح ساختمان مورد نظر را برابر آن تنظیم نمود .

دستگاه ژئوفیزیك ایران فاقد دستگاه لرزه نگاری است .

ولی بادستگاه کوچك لرزه نگاری **Refraction** میتوان حداکثر موج زمین و ساختمان کروی شکل را بایکدیگر مقایسه نمود .

بادرخواست سازمان دفاع غیر نظامی این آزمایش ازطرف شرکت ملی نفت ایران بکمك موسسه ژئوفیزیك دانشگاه تهران در چند هفته آینده صورت میگیرد .

چون منظور اصلی مقایسه آمپلیتودهای امواج درزمین ودر ساختمان است لذا انرژی بکاررفته چه دینامیت وچه چکش ویا پتك باشد اثری در نتیجه نهائی آزمایش نخواهد داشت .

شدت Intensity زلزله ـ شدت زلزله را به تناسب خرابیهای ناشی از آن درساختمانهای استاندارد بین المللی تعیین مینمایند (بغیر از ساختمانهای خشتی و گلی و آجری معمولی)

شدت زلزله را نمیتوان با بالا آمدن ولب ریز شدن آب استخرها و آب انبارها تعیین نمود چه بسا استاندارد ۲ تا ۲/۵ کافی برای لب ریز شدن آب استخرها میباشد .

خرابی کامل یك ساختمان بتن آرمه باشدت ۸ تا ۵ در نظر میگیرند شدت های پائین تر برای ترك خوردن دیوارها ـ ریختن گچ و یا شکستن وسائل داخلی ساختمانها منظور میگردد .

Magnitude ما کنیتود بستگی بقدرت زلزله دارد و آن بوسیله اوج موج (Amplitude) تعیین میگردد .

بـا استفاده از فورمـولهای Richter و Gutemberg دانشمند ژاپنی موسوم به kumizi Iida فرمول جدیدی برای ما گنیتود امواج لرزه‌ای بدست آورده است که بقرار ذیل میباشد .

$$e = \frac{d(M)}{d(\log A)} \quad \text{ت (1)}$$

ما کنیتود $= M = e \cdot \log A + f$

$$M = g \cdot \log r + b$$

$e, f, g,$ = ثابت هستند .

اگر مرکز زلزله دردرون زمین Hypocenter تاروی زمین یعنی Epicenter درحدود صد کیلومتر فاصله داشته باشد $M = \log A + 3.45$ خواهد بود A بستگی به اختلاف پریود (زمان یك موج) موج P وموج متشابه S و آمپلیتودهای آنها دارد .

مراجعیکه ازآنها دراین مقاله استفاده شده‌است

۱- Kumizi Iida , Department of Earth Science, Nagaya University Nagaya , Japan , 1967

۲- Publications of International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Tokyo, Japan

۳- Reports on Japan Earthquakes 1968

۴- Buletin Seismnlogical Society of America 1966

۵- Buletin of Earthquake of Japan Institute 1967

۶ـ کتابخانه سازمان دفاع غیر نظامی نظریات واطلاعات آقای فروتن طراح ساختمان کروی شکل

۷ـ کمیسیونهای سازمان دفاع غیر نظامی درباره ساختمان کروی شکل

Geotimes, February 1969
P-7