Archive of SID

همایش علمی منطقه ای معماری کویر
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان
فروردین ۸۵

اثر فرم بر پایداری در مقابل زلزله در مناطق کویر

عباس عباس زاده شهری[۱]
محسن گودرزی[۲]
مهدی شیخ انصاری[۳]

چکیده

برای مقابله با زلزله د رکویر، به دلیل عدم وجود مواد بـا قـدرت کـافی بـرای مقابلـه بـا زلزلـه از فـرم در معماری استفاده می شود و فقط در جاه های ضروری مانند پاتاق ها از چوب برای جلوگیری از رانش ومحافظت درمقابل فشار استفاده می شود.

در معماری کویر برای مقابله با زلزله از فرم های قوسی شکل وهندسی و نظم در پلان بهره می گیرنـد و نمونه آن سیستم چهار صفه است، که دارای سقف های گنبدی شکل در مرکز پلان و چهار صفه در چهـار گوشـه سقف می باشد.

یکی از دلایل اصلی استفاده از هندسه در معماری، پا یدار کردن فرمها می با شد که حتی الامکـان بتواننـد درمقابل امواج زلزله مقاومت نمایند و لذا د رسازه های کویری برای مقابله با

این بلای طبیعی، یکی از موثرترین روشها طراحی فرم هایی است که زلزلـه بـر آن کمتـرین اثـر را داشـته باشد وخسارات ناشی از آن به حداقل برسد.

۱– عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد الیگودرز– دانشجوی دوره دکترای تخصصی ژئوفیزیک – زلزله شناسی.
۲– مدرس حق التدریس دانشگاه آزاد اسلامی،واحد الیگودرز– فارغ التحصیل مهندسی عمران از دانشگاه علم و صنعت.
۳– دانشجوی دوره کارشناسی – مهندسی استخراج معدن – دانشگاه آزاد اسلامی، واحد الیگودرز.
Email: Mahdy_Sheikhansary@Yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

وقوع زلزله در شهرها خطراتی را ایجاد می نماید که در صورت عدم پیشگیری و مقابله فنی با آنها می تواند باعث ویرانی کامل گردد. تلفات سنگین جانی و خسارات زیاد مالی حاصله از زلزله هائی که همه ساله در نقاط مختلف دنیا و از جمله در ایران بوقوع پیوسته می تواند مزایای پیشگیری فنی از خرابی در اثر زلزله را به نمایش بگذارد.

تقریباً تمام مناطق کشور ما، ایران بر روی یکی از دو کمربند مهم جهانی زلزله واقع شده است. با توجه به زیاد شدن جمعیت، بخصوص در شهرهای بزرگ نیاز به بناهای عمده که بعضاً می بایست در مجاورت و یا نزدیکی گسل های فعال زلزله احداث شوند بطور روز افزونی احساس می شود. تعداد ساختمانهای بلند که در چند ساله اخیر در شهرهای مختلف کشور و بخصوص در تهران در حال ساخته شدن هستند با آهنگ سریعی روبه فزونی است.

بمنظور ایجاد امنیت نسبی در مقابل زلزله با هزینه مناسب، نیاز به شناخت نسبتاً عمیقی از مهندسی زلزله در تمامی رشته های مهندسی مشاهده می شود.

زمانیکه شرط مقاومت در برابر زلزله بعنوان هدف سازه ای مطرح است، طرح معماری و تصمیم هائی که به تبع آن اتخاذمی شود، نقش مهمی را در نحوه عملکرد ساختمان در برابر زلزله ایفا می کند. معماری ساختمان باید چنان باشد که امکان طراحی برای مقابله موثر با زمین لرزه فراهم آید، در عین حال سازه نیز باید زمینه مساعدی را برای عملکرد مناسب ساختمان و زیبائی آن ایجاد نماید.

عوامل موثر بر طرح معماری که بنوبه خود عملکرد ساختمان در برابر زلزله را تحت تاثیر قرار می دهند در سه گروه طبقه بندی می شوند این طبقه بندی انتزاعی نبوده و هر یک از عوامل می تواند بر دیگری تاثیر بگذارد به هرحال این تقسیم بندی در روشن ساختن اثر متقابل عوامل، کمک موثری به شمار می رود.

۱-۱- هیئت ساختمان

هیئت ساختمان عبارتست از اندازه، شکل و نسبت های ابعاد ساختمان. هدف از هیئت عبارتست از موقعیت، شکل و اندازه تقریبی اعضاء و قطعات سازه ای اصلی، زیرا این مشخصه ها غالباً با توجه به معماری ساختمان معین می شوند. مفاهیم طراحی و هدف از ایجاد ساختمان نیز تا حدود زیادی تعیین کننده هیئت کلی بنا هستند. به بیان دقیق تر هیئت هر ساختمان در ویژگیهای هندسی آن خلاصه می شود.

۱-۲- محدودیت های سازه ای و تاثیر آن بر جزئیات طرح معماری

این مسئله به طرح معماری جزئیات ساختمان، از قبیل ستونها یا دیوارها، که ممکن است بر طرح ساختمان برای عملکرد مناسب هنگام زلزله، اثر نامطلوب داشته باشند، مربوط می باشد.

۱-۳- اعضاء و قطعات غیر سازه ای زیان آور

طرح اعضاء و قطعات غیر سازه ای از مسئولیت های مهندسی معماری است، چنانچه این قطعات توانایی مقاومت در برابر نیروهای زلزله را نداشته باشند ممکن است هنگام زمین لرزه، خود منشاء مخاطراتی واقع شوند. این قطعات علاوه بر آنکه موجب اتلاف منابع می شوند ممکن است هنگام زلزله صدماتی را موجب شوند که عملکرد ساختمان و تاسیسات ضروری را دچار اختلال نماید.

۲- ویژگی های هیئت ساختمان و آثار آن

بطور کلی هیئت ساختمان تحت تاثیر عواملی از قبیل برنامه ریزی ساختمان و کاربری آن، ضوابط شهرسازی (قوانین شهرداری)، نیاز به شکل و شمایل جالب یا مشخص می باشد. معمولاً عملکرد ساختمان و کاربری آن ایجاب می کند که

www.SID.ir

Archive of SID

فضاهای خاصی طراحی شوند تا در این فضاها زیست و کار، حرکت افراد و ماشین آلات و دیگر فعالیتهای مورد نظر امکان پـذیر گردد. این نیازها نهایتاً طراح را به سوی انتخاب ابعاد و اندازه هائی هدایت می کند که منجر به طراحی هیئت کلی ساختمان می گردد.

ضوابط شهرسازی و قوانین شهر داری نیز در شکل بیرونی ساختمان تاثیر دارد. محدودیت ارتفاع، وضعیت خیابان ها بـویژه در مناطق شهری متراکم و نظایر آن شکل پلان ساختمان را حداقل در طبقات پایین تحت تاثیر قرار می دهد. درپـاره ای مـوارد الزامات برنامه ریزی شهری نیاز به فضای باز در طبقه اول، عقب نشینی یا بیرون زدگی در ارتفاع یا دیگر مشخصه های مربـوط به شکل معماری را به طراح تحمیل می کند.

نیاز به شکل و شمایل جالب یا مشخص، غالباً مهمترین عامل تعیین کننـده و در اصـطلاح مهندسـی از بحـث انگیزتـرین مباحث است، زیرا نتایج آن بزودی در ارزیابی های کمی و مشخصه های مهندسی طرح ظاهر می شود.

با این وجود خلاقیت ها و نوآوریهای معماری و اهدافی که در پس آن نهفته است غالباً الزاماتی را بـه کرسـی مـی نشـاند. تحمل سبک و شیوه های خاص و تبعیت از مد روز در پاره ای موارد چنان قدرتمند است که طراح را از چـارچوب تحلیـل هـای منطقی خارج می سازد.

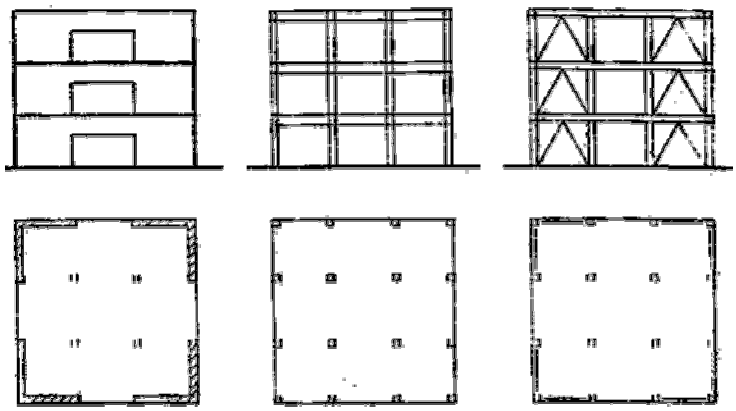
۲-۱- تاثیر کلی و عمومی هیئت ساختمان

هیئت بر نحوه و میزان توزیع نیروهای زلزله در ساختمان، اثـر تعیـین کننـده ای دارد. بـرای حرکـت مشخصـی از زمـین، مهمترین عامل تعیین کننده نیروی لختی در ساختمان، جرم آن است. جرم ساختمان بـا توجـه بـه انـدازه، شـکل، نـوع مصـالح ساختمانی، فضاهای مورد نیاز، فعالیت های دوران بهره برداری و تجهیزات درون ساختمان معین می شود.

بحث پیرامون تاثیر هیئت ساختمان بر عملکرد زلزله به متغیر هائی از جمله بی نظمی های ساختمانی یا منحـرف شـدن از نظم های منطقی، بهینه و مطلوب که به نیروهای جانبی ارتباط دارند، بازمی گردد.

۲-۲- هیئت های منظم

در شکل(۱) سه ساختمان که مقاومت در برابر نیروهای جانبی در آنها با سه راه حل مطلـوب و مختلـف تـامین مـی شـود، نشان داده شده، در حالیکه بطور همزمان هیئت معماری مناسبی نیز فراهم گشته است. وجوه مشترک طرح های نشان داده شده در شکل (۱) عبارتند از نسبت کم ارتفاع به عرض، مقاومت متعادل، پلان متقـارن، مقطـع و نمـای یکنواخـت، بیشـینه مقاومـت پیچشی، دهانه های کوتاه، دهانه های کوتاه، مسیرهای مستقیم برای انتقال نیرو و در نهایت یکسان بودن ارتفاع طبقات.



(شکل ۱) : هیئت های بهینه برای مقابله با زلزله

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۳- روش های طرح و محاسبه ساختمانهای متعارف

یکی از عوامل مهم در تعیین پاسخ ساختمان به حرکت زمین، روش تحلیل است که برای تعیین نیروهای زلزله بکار گرفته می شود. تخمین کل نیروها و توزیع آنها، عوامل تعیین کننده ای در انتخاب سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی بشمار می روند. در تخمین نیروهای جانبی، هنگام استفاده از روش " بار جانبی استاتیکی معادل" (Equivalent – static – Lateral – Force) که در بیشتر آیین نامه های زلزله آمده است، یک نیروی برشی مبنا تعیین و بکمک آن نیروهای موثر بر اعضاء و قطعات سازه ای ساختمان مشخص می شوند. بعلت بی نظمی های نامحدودی که ممکن است در هیئت ساختمان وجود داشته باشد، تعیین عوامل موثر و وضع قوانین منطقی برای تصمیم گیری، غیر عملی است.

۳- اهمیت هیأت های تیپ از دیدگاه مهندسی زلزله

بی قاعدگی های هیئت یک ساختمان که ممکن است برای خانه ای چوبی فاقد اهمیت باشد، در ساختمان های بزرگ مسئله ای جدی است. علت این امر آنست که ساختمان چوبی سبک وزن است و نیروهای لختی آن کم، بعلاوه دهانه ها کوچک هستند و نسبت به مساحت کف، دیوارهای زیادی برای توزیع بارهای وجوددارد.

برای ساختمان های بزرگتر، تخطی از جانمائی اصولی و ابعاد اولیه و اصول صحیح موجب افزایش هزینه شده و با افزایش نیروها عملکرد خوب ساختمان در زلزله در قیاس با هیئت ساختمانی مناسب، افول می نماید و زمانی که اندازه مطلق سازه افزایش یابد تعداد گزینه ها برای سازه آن کاهش پیدا می کند.

هنگامیکه اندازه ها افزایش پیدا می کنند، نظام سازه ای از حساسیت بیشتری برخوردار شده و نقش و نگارهای معماری که در ابعاد و مقیاس یک خانه کاملاً مقبول جلوه می کنند در مقایس یک پل معلق از نظر فیزیکی غیرممکن و غیر عملی می شوند.

در بررسی اثر اندازه ساختمان بر عملکرد آن هنگام زلزله، اثر طبیعت دینامیکی و ویژگیهای حرکت زمین بر نیروهای قائم پیچیده تر است تا اثر اندازه ساختمان. افزایش ارتفاع ساختمان ممکن ا ست معادل افزایش طول یک تیر طره بنظر برسد. در شرایط یکسان وقتی ساختمانی بلندتر می شود پریود نوسانات آن افزایش یافته، و تغییراتی در بازتاب ساختمان (در جهت ازدیاد یا کاهش) و اندازه نیروها پدید می آید. تاثیر پریود نوسانات ساختمان باید در رابطه با پریود نوسانات زمین مورد توجه قرار گیرد، و در صورت ایجاد تشدید آثار، افزایش ارتفاع ممکن است به نحو کاملاً بی تناسبی بر پریود نوسانات ساختمان تأثیر داشته باشد. از اینرو دو برابر کردن ارتفاع ساختمان از ۵ به ۱۰ طبقه، چنانچه تشدید رخ دهد، ممکن است نیروهای زلزله را چهار یا پنج برابر افزایش دهد.

تجسم نیروهای واژگونی در رابطه با ارتفاع از مسائلی است که هنگام زلزله مطرح است، لیکن بزرگ بودن سطوح در پلان ساختمان نیز ممکن است اثر تعیین کننده داشته باشد. زمانی که پلان، فوق العاده بزرگ باشد، حتی اگر متقارن بوده و شکل ساده ای داشته باشد، ساختمان می تواند در پاسخ به حرکات زمین مشکلاتی را متحمل شود، در ساختمانهای با پلان های وسیع، بجز در مواردی که در داخل ساختمان اعضاء و قطعات متعددی برای مقابله با نیروهای جانبی وجود دارد، شرایط حادی روی دیافراگم ها که دارای دهانه های جانبی بزرگ بوده و در آنها می تواند نیروهای بزرگی برای انتقال به دیوارهای برشی و قابها ایجاد شود، وجود دارد. در چنین مواردی راه حل، افزودن دیوارها یا قابهای است که دهانه دیافراگم ها را کاهش دهد، اگرچه ممکن است این راه حل مسائلی را در استفاده از ساختمان مطرح سازد.

در طراحی ساختمان در مقابل زلزله، نسبت ابعاد ساختمان مهمتر از اندازه مطلق آنست. برای ساختمانهای رفیع، ضریب لاغری (نسبت ارتفاع به بعد کوچکتر در پلان) که همانند عضو منفرد محاسبه می شود، به تنهائی عامل مهمتری از ارتفاع بحساب می آید.

لاغری بیشتر مسئله واژگونی در اثر زلزله را بدنبال دارد که این امر تنش در ستونهای خارجی را ازدیاد می بخشد و در ساختمانهای لاغر نیروهای فشاری واژگونی، که مقابله با آن بسیار دشوار است، بزرگتر خواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

از آنجا که زمین های شهری گرانبها هستند، گرایش بسمت طراحی ساختمان های بسیار لاغریست که گرچه لزوماً خیلی بلند نیستند ولی ممکن است نسبت ارتفاع به بعد کوچکتر (در پلان) در آنها زیاد باشد.

ساختمانی که بیشتر متقارن باشد پیچش را بهتر تحمل می کند و تمرکز تنش در آن کاهش می یابد و همچنین تجزیه و تحلیل عملکرد آن تحت اثر بارهای زلزله با مشکلات کمتری مواجه خواهد بود. از اینرو برای حصول عملکرد مناسب ساختمان در مقابل زلزله و طرح ساخت اقتصادی پیشنهاد آنستکه، تقارن و شکلهای ساده ارجح شناخته شوند. البته این اشارات نباید موجب وضع این قاعده کلی شود که، ساختمان متقارن دچار پیچش نخواهد شد.

آثار تقارن نه تنها به شکل کلی ساختمان، بلکه به جزئیات طراحی و اجزاء آن مربوط می شود. مطالعه عملکرد ساختمان در زلزله های گذشته نشان میدهد که عملکرد ساختمان نسبت به تغییرات خیلی کوچک در تقارن و شکل کلی بنا، بسیار حساس است. این مسئله بویژه در ارتباط با طرح دیواهای برشی و هسته های مرکزی (هسته سرویس ها)، که اعضاء و قطعات اصلی در مقابله با بار جانبی بحساب می آیند، واقعیت دارد.

باید توجه داشت که الزامات معماری غالباً داشتن طرحی متقارن را غیر ممکن می سازندو در چنین مواردی، ممکن است با توجه به اندازه ساختمان و نوع عدم تقارن، تقسیم ساختمان به اجزاء ساده، لازم باشد.

مسائل زلزله در ساختمانهای با ارتفاع متوسط شدیداً به شکل پلان و جانمائی جرم های اصلی در ساختمان بستگی دارد.

۴- تراکم پلان، مقاومت محیط و نا معین بودن سازه

اندازه و انبوهی اعضاء و قطعات سازه ای ساختمانها، در قرون قبل بطور قابل ملاحظه ای از ساختمانهای امروزی بیشتر بود. پیشرفت تکنولوژی سازه ای موجب شده است تا تراکم اعضاء و قطعات سازه ای در پلان، مسیر نزولی داشته باشد. مقدار نیروهای زلزله بطور کلی در تراز زمین، بیشترین است. لازم است طبقه پائین علاوه بر بار جانبی خود نیروهای برشی تمام طبقات بالا را که متناسب با بارهای قائم است تحمل نماید. در همین طبقه پایین غالباً ضوابط برنامه ای و اصول مربوط به زیبائی، حذف کردن هرچه بیشتر مصالح و حجم ها را ایجاب می نماید. این الزامات با هیئت ساختمانی مورد نیاز برای مقابله موثر با زلزله، مغایر است. اساساً بیشترین اعضاء مقاوم در برابر نیروهای قائم در طبقه پایین بیش از هر جای دیگر مورد نیاز هستند.در این ارتباط یک بررسی آماری جالب با عنوان "تراکم سازه ای پلان" صورت گرفته است. طبق تعریف مجموع سطح مقطع اعضاء سازه ای قائم تقسیم بر مساحت کل طبقه را تراکم سازه ای پلان نامیده اند. قابل توجه ترین ویژگی ساختمانهای با اسکلت مدرن عبارتست از کاهش بسیار زیاد تراکم سازه ای پلان، در قیاس با ساختمانهای قدیمی.

در ساختمان های متقارن که در آن مرکز چرخش به مرکز هندسی نزدیک است، هر قدر اجزاء مقاوم دورتر از مرکز قرار گیرند، بازوی مقاوم بزرگتر و در نتیجه لنگر مقاوم و مقاومت پیچشی بیشتر خواهد بود. قرار دادن اعضاء و قطعات مقاوم در پیرامون ساختمان، چنانچه ممکن باشد، همواره مطلوب است هرچند اعضاء مقاوم دیوار، قاب یا قاب های بادبندی شده باشند و مستقیماً با نیروهای جانبی، پیچش یا هر دو آنها مقابله نمایند.

نامعین بودن سازه نقش مهمی در عملکرد آن هنگام زلزله ایفاء می کند. این مسئله جنبه های مختلفی دارد. جزئیات اتصالات نیز غالباً بعنوان عاملی کلیدی و موثر بر عملکرد ساختمان، ظاهر می شود، زیرا اتصالات موجب انسجام و هم پیوندی ساختمان از یکسو و توزیع بهتر نیروها از سوی دیگر می شوند.

بعلاوه، طراحی سازه بصورت نا معین یقیناً مسیرهای مستقیم بیشتری را برای انتقال نیروها ایجاد می نماید، و در این حالت ساختمان بسمتی متمایل می شود که تراکم سازه ای پلان بیشتر است. ساختمان های قدیمی بسیار نامعین بودند، زیرا دهانه ای کوتاه مستلزم تکیه گاههای زیادیست و هرتکیه گاه با تنش های کمتری، که در حد توانایی، بنائی غیر مسلح است، مواجه می باشد. بعبارت دیگر محدودیت های مصالح سنتی مهندسان را به طراحی های خوبی نظیر بالا بودن درجه نامعینی، مسیرهای مستقیم برای نیروها و تراکم سازه ای بالا در پلان، وادار می ساخت.

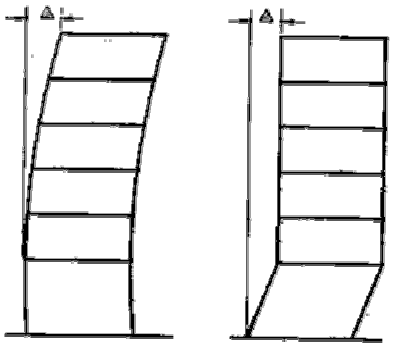
www.SID.ir

Archive of SID

۵- طبقات نرم

طبقه نرم طبقه ای است که سختی یا مقاومت جانبی آن بطور مشخصی از طبقات پایین یا بالای آن کمتر باشد. در پاره ای موارد از نام طبقه نرم برای نشان دادن کاهش سختی و از نام طبقه ضعیف برای نشان دادن کاهش مقاومت استفاده مـی شـود. هنگامی که طبقه نرم درتراز همکف واقع شود بحرانی ترین وضعیت خواهد بود، زیرا بارها معمولاً در این تـراز بزرگتـرین مقـدار خود را دارا هستند.

ویژگی های ذاتی طبقه همکف نرم عبارتست از، عدم پیوستگی مقاومت یا سختی که در اتصالاتت طبقه بالاتر خود نمـائی می کند. این عدم پیوستگی ناشی از مقاومت کمتر، یا انعطاف پذیری بیشتر، در اولین طبقه ظاهر می شود کـه نتیجـه آن تغییـر شکل های فوق العاده در طبقه نرم و تمرکز نیروها در اتصالات طبقه دوم خواهد بود. اگر تمامی طبقات تقریبـاً دارای مقاومـت و سختی برابر باشند، تغییر شکل تمامی ساختمان تحت اثر نیروهای زلزله، تقریباً بطور مساوی بین طبقات توزیع می شود و اگر در طبقه اول مقاومت به نحو بارزی کم یا انعطاف پذیری به میزان چشمگیری زیاد باشد، بخش قابل تـوجهی از کـل تغییـر مکـان جانبی ساختمان متوجه طبقه نرم شده و در نتیجه تنشها در اتصالات طبقه دوم متمرکز خواهند شد (شکل ۲).



(شکل ۲) اثر طبقه نرم

۶- ضربه زدن ساختمانها به یکدیگر هنگام زلزله

ضربه زدن ساختمانها به یکدیگر عبارتست از برخورد دو ساختمان یا قسمت های مختلف یک ساختمان هنگام زلزلـه، کـه صدماتی را به آن وارد سازد.

امکان ضربه زدن ساختمانها به یکدیگر تابعی است از تغییر شکل افقی یا تغییر مکان جانبی ساختمانهای مجاور (یا قسـمت هایی از یک ساختمان)، تغییر مکان جانبی با اعمال نیروهای زلزله (که بر طبق ضوابط آیین نامه تعیین می شوند) بر ساختمان و محاسبه تغییر شکلهای ناشی از آن تعیین می شود. چون مقدار این نیروهای تخمینی کمتر از مقداریست کـه عمـلاً وجـود دارد، تغییر شکلهای محاسبه شده باید تصحیح شود تا ارقام واقع بینانه تری از میزان حرکـت واقعـی سـاختمان بدسـت آیـد. متقـابلاً، تخمین دقیقی از تغییر مکان جانبی که در آن تمامی نیروهای قابل پیش بینی ملحوظ شده باشد، ضرورت دارد.

ضربه زدن ساختمانها به یکدیگر در واقع به انتخاب محل ساختمان و موقعیت آن نسبت به دیگر سـاختمانها، بسـتگی دارد. این مسئله در احداث ساختمان ها در اراضی محدود شهری از بعد معماری دارای اهمیت عمده ای است.

۷- نتیجه گیری

از مباحث این فصل باید چنین نتیجه گرفت که طراحی برای مقابله بازلزله، مسئولیت مشترک مهنـدس معمـار و مهنـدس محاسب است/ف این مسئولیت مشترک از ارتباط فیزیکی بین شکلهای معماری و سیستم های سازه ای سرچشمه می گیرد. این

www.SID.ir

Archive of SID

ارتباط باید توسط هر مهندسی که در منطقه زلزله خیز کار می کند، درک شود. متاسفانه روشهای تحصیل و کار ما بگونه ایست که این درک به مرحله کمال نمی رسد، زیرا ما معماران و مهندسین خود را در دروان تحصیل، و در بسیاری موارد در عمل، از یکدیگر دور نگاه می داریم.

برقراری ارتباط بین دیدگاه های مهندسی و معماری با کار مشترک مهندس و معمار از آغاز یک پروژه قابل حصول است. این که مهندسین محاسب از ابتدا روی مفاهیم طراحی اعمال نظر نمایند، دیدگاه جدیدی نیست، لیکن این امر بنا به دلایل مختلفی نظیر دلایل اقتصادی، فرهنگی و حرفه ای تحقق نیافته است. اگر آنها بنحو موثری با یکدیگر کار کنند قطعاً به زبان و چارچوب ادراکی مشترکی دست خواهند یافت. یکی از مسایل دیرینه ای که در این ارتباط مطرح بوده و هست آنکه، معمارن میل دارند بر پایه مشاهدات خود فکر کنند و بر آنچه بصورت سردستی طرح و ترسیم کرده اند اصرار ورزند، در حالیکه مهندسان محاسب بزبان صریح و کوتاه ریاضیات و منحنی ها و فرمولهای جبری خود سخن می گویند. از آنجا که این دو زبان کاملاً با یکدیگر ناسازگارند، معمار و مهندس محاسب ممکن است نتوانند منظور خود را بدیگری بفهمانند.

شاید Mete Sozen بتواند آخرین کلام را بیان دارد:

"ممکن است برای مقابله با بارهای ثقلی تصمیم های معماری و سازه ای بتوانند مستقل از یکدیگر گرفته شوند. لیکن در مقابله بابارهای ناشی از زلزله، جداکردن مهندس محاسب از معمار، فرمولی است برای فاجعه."

www.SID.ir

Archive of SID

منابع:

۱. برگی، خسرو، اصول مهندسی زلزله، انتشارات دانشگاه تهران.

2. Reitherman, R. K., "Frank Lloyd Wright's Imperial Hotel: A Seismic Re-evaluation," Proc. Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul. 1980.
3. Dowrick, D. J., Earthquake Resistant Design, John Wiley & Sons, London, 1977.
4. Naito, T., "Earthquake-Proof Construction," Bull. Seism. Sue. Am. 17, No. 2, June 1977.
5. Degenkolb, H., "Seismic Design: Structural Concepts," Summer Seismic Institute for Architectural Faculty, AIA Research Corp., Washington, 1977.
6. Freeman, S. A., "Drift Limits: Are They Realistic," Structural Moments, Structural Engineers Association of Northern California, Berkeley, CA, 1980.
7. Sozen, M. A., "Earthquake Resistant Design," Designing for Earthquakes, Proceedings from the 1978 Summer Seismic Institute for Architectural Faculty, AIA Research Corp., Washing- ton, 1979.

www.SID.ir