Archive of SID

نقش آموزش طراحی لرزه‌ای در رشته‌ی معماری در کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در برابر زلزله

حمیدرضا موسوی*

چکیده

اغلب نقاط ایران در پهنه های با خطر نسبی زیاد و بسیار زیاد زلزله قرار دارد. تجارب کشورهای توسعه یافته نشان می دهد که ارتقاء معماران در زمینه طراحی سازگار با زلزله و راهبری گروه‌های تخصصی در فرآیند طراحی و اجرای بناها به کاهش آسیب پذیری آنها در برابر زلزله انجامیده است. مهمترین روشها و حوزه های ارتقاء مهارت‌های طراحی لرزه ای معماران به آموزش معماری در دو حوزه‌ی مدارس معماری و آموزشهای حرفه ای می توان اشاره کرد. موضوع وارد کردن دروس طراحی سازگار با زلزله به دروس معماری بواسطه تصمیم‌های نادرست اتخاذ شده در حوزهٔ طراحی معماری و به تبع آن تخریب ساختمانها در زلزله ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی و بدنبال عکس العمل‌های منتقدانه از طرف جامعه‌ی حرفه ای معماری آغاز شد. سیاستگذاری آموزشی در کشورهای پیشرفته‌ی زلزله خیز مبتنی بر توجه خاص به مقوله‌ی طراحی سازگار با زلزله است در مقابل سطح آگاهی فارغ التحصیلان رشته‌ی معماری ایران درباره‌ی طراحی لرزه ای حاکی از ضعف سیستم آموزشی در این زمینه است.

بررسی تطبیقی آموزشی طراحی لرزه ای در دانشگاهها و مدارس معماری ایران و نیوزلند نشانگر عدم اختصاص ساعات و تعداد دروس مرتبط، عدم بکارگیری روشهای نوین آموزشی، فقر ابزارها و منابع درسی و دانش کم اساتید است.

همچنین مقایسه‌ی آموزشهای مستمر معماران در جوامع تخصصی آمریکا و ایران حاکی از عدم استمرار آموزشهای دانشگاهی معماران در محیطهای حرفه ای و نقش آن دو آسیب پذیری شهرها و ساختمانهای کشور در برابر زلزله است.

ēĎ

www.SID.ir

Archive of SID

بازنگری سیاست های آموزش معماری، ارتقاء اعضای هیأت علمی، افزایش امکانات متنوع آموزشی و تدارک کارگاه‌ها، سمینارها و سمپوزیوم‌های مشترک بین جوامع دانشگاهی و حرفه ای از جمله روشهای برون رفت از مشکلات کنونی است.

واژه‌های کلیدی: آسیب پذیری لرزه ای، آموزش معماری، طراحی لرزه ای

مقدمه

معماران نخستین متخصصان طراحی درفرآیند تحقق یک پروژه هستند و نقش کلیدی در نظام برنامه ریزی، طراحی و اجرای آن پروژه دارند. معماران غالباً تنها متخصصانی هستند که با نگاهی کامل و جامع، تمام جنبه های فرآیند طراحی و اجرای پروژه را از نظر می گذرانند. آنها در انتخاب سایر متخصصان به ویژه مهندس سازه، همکاری بسیار نزدیک با مجریان و سازماندهی و نظم بخشیدن به پروژه با نگاهی غایی در جهت روان‌سازی مسایل و دستیابی به نتایج مطلوب نقش اساسی دارند. بررسی نقش معماران و سیاست های جامعه متخصصان معماری در کشورهای پیشرفته زلزله خیز حاکی از آن است که معماران برای پذیرش نقشهای زیر مهارتهای بسیاری را کسب و ممارستهای فراوانی در این راه انجام می دهند:

- معماران می توانند نقش راهبری تخصصی را در گروههای طراحی برعهده گیرند و سطح آگاهی متخصصان را به گونه ای ارتقاء بخشند که خطر و خرابی ناشی از زلزله را تا حد امکان کاهش دهند.
- معماران یک عضو کلیدی در فرآیند تشخیص فرصت و مجالهای طراحی سازگار با زلزله هستند.
- معماران نقش بسیار مهمی در عملیات بازیابی و بازسازی پس از زلزله را برعهده دارند.
- معماران یک عضو کلیدی تیمهای تحقیقاتی هستند که هدف آنها بکارگیری تکنولوژی های نوین در فرآیند کاهش آسیب پذیری در برابر زلزله است.

مطالعات تجربه‌های کشورهای توسعه یافته حاکی از آن است که ارتقاء معماران در نقشهای تعیین شده به افزایش کیفیت طرحها و ساختمانها و کاهش آسیب پذیری آنها در برابر زلزله انجامیده است. از این رو تبیین نقش معماران در فرآیند کاهش آسیب پذیری در

www.SID.ir

Archive of SID

برابر زلزله و نحوه ارتقاء مهارتهای ایشان در این فرآیند از اهمیت به سزایی برخوردار است.
نخستین تصمیم‌های در ایده اولیه سازه یک پروژه، نقش بسیار اساسی در مقاومت آینده آن در برابر زلزله دارد. تصمیم‌های اولیه ممکن است پروژه را به سیستم ساختمانی و یا ایده طراحی منتهی سازد که در آن دستیابی به مقاومت در برابر نیروهای جانبی به سختی حاصل شود. نخستین تصمیم‌ها در ایده اولیه سازه یک پروژه ، نقش بسیار در مقاومت آینده آن در برابر زلزله دارد. تصمیم‌های ابتدایی ممکن است پروژه را به سیستم ساختمانی و یا ایده طراحی منتهی سازد که در آن دستیابی به مقاومت در برابر نیروهای جانبی به سختی حاصل شود. از این رو کاهش آسیب پذیری در طراحی معماری به وسیله سلسله اقداماتی صورت می پذیرد که می توان آنها را در چهار حوزه کلی زیر دسته بندی نمود:
- تعیین روشهایی که معماران می باید بوسیله آنها مقاومت ساختمان را در برابر زلزله افزایش دهند.
- تبیین نحوه ارتباط میان طراحان و کارفرمایان، مجریان، سرمایه گذاران و ... که می توانند باعث ارتقاء ایمنی سازه های ساختمانی شود.
- ارتقاء نقش معماران در ارزیابی سازه ها پس از زلزله و بهره گیری آموزه های آن
- تعیین نیازهای آموزشی با توجه به دست آوردهای نهادها و مؤسسه‌های پژوهشی زلزله و نکات اجرای ساختمان در مناطق زلزله خیز

یکتایی هر پروژه به مهارت طراح آن در انجام قضاوتهای تخصصی و تصمیم‌های همه سونگر مشاور آن در فرآیند طراحی و اجرا بستگی دارد. برای موفقیت در تقویت مهارتهای طراحی مقاوم در برابر زلزله، معماران می باید به ایده ها و روشهای علمی توجه کافی مبذول داشته و آنها را با رویکردهای شخص خویش سازگار سازند. گزینه های ارتقاء مهارتهای طراحی معماری منطبق با زلزله در پی می آید:
- شرکت در برنامه های آموزشی مستمر با توجه ویژه به طراحی و اجرای سازگار با زلزله برای طراحان، کارفرمایان و سازندگان.
- شرکت در بازدید از مناطق زلزله زده جهت بررسی خسارت‌ها و مطالعه بر روی رفتار سازه های نمونه
- شرکت در توسعه آیین نامه های طراحی مقاوم در برابر زلزله و راهنماهای اجرایی سازگار با آن و گزارش‌های ارزیابی
- توسعه تعاملات رسمی مهندسان و معماران در ارتباط با موضوعات انسانی و پایه ای طراحی لرزه ای
- توسعه اهداف و انتظارات کارفرما و گروه طراحی در خصوص طراحی مقاوم در برابر زلزله
- آزمودن طرحهای مفهومی و شماتیک از طریق تعامل میان معماران و مهندسان
- تدوین شرح خدمات معین و ایجاد تعادل میان مسئولیت‌های معماران، مهندسان و مجریان
- تدارک یک تیم مستقل جهت بازنگری و ارزیابی طرحهای تخصصی پروژه های بزرگ.

بدلیل قرارگیری اغلب نقاط ایران در پهنه های با خطر نسبی زیاد و بسیار زیاد زلزله، آموزش معماری می باید در سراسر کشور به ویژه مناطق با لرزه خیزی شدید، آگاهی و توجه‌های خاصی را در زمینه طراحی مقاوم در برابر زلزله دربرداشته باشد. تمایل سیاستگذاران آموزشی و عموم مردم در کشورهای ژاپن و نیوزلند و برخی از ایالات آمریکا مانند کالیفرنیا بر آن است که تمام فارغ التحصیلان معماری که وارد جامعه حرفه ای می‌شوند می باید با اصول طراحی لرزه ای آشنایی داشته باشند اما این نیاز در ایران آنچنان که باید و شاید احساس و به آن بها داده نشده است.

www.SID.ir

Archive of SID

آموزش معماری در این زمینه دو حوزه: ۱- آموزش دانشگاهی و مدارس معماری و ۲- دوره های آموزشی حرفه ای را دربرمی گیرد. این بررسی به طراحی مقاوم در برابر زلزله در مراکز آموزش عالی و مدارس معماری ایران و نیوزلند می پردازد و هدف آن مدل سازی بحثی در مورد ابزارهای مؤثرتر تدریس این موضوع و پیشنهاد ایده ها و منابع برای مدارسی است که هدف بهبود دروس طراحی سازگار با زلزله را دنبال می کنند.

آموزش معماری

موضوع وارد کردن درس طراحی سازگار با زلزله به دروس معماری بسیار مورد بحث است. این موضوع در ابتدا بواسطه تخریب ساختمانها در زلزله به دلیل تصمیم‌های نادرست اتخاذ شده در حوزه طراحی معماری شروع و به دنبال آن با عکس العمل‌های منتقدانه از طرف جامعه‌ی حرفه ای معماری روبرو شد. گرچه دلیل دیگر آن ایده های محدوده کننده حاصل از سیستم های بارگذاری لرزه ای است که به اجبار روی ایده های معماری تأثیر می گذارند و آگاهی از این ابعاد محدود کننده برای معماران ضرورت دارد. در این پژوهش محتوا، روشهای تدریس و کیفیت اساتید دروس طراحی سازگار با زلزله در مدرسه معماری دانشگاه ویکتوریا ولینگتون[۱] بررسی شد. ارزیابی واحدهای درسی در مطالعه موردی، مورد توجه قرار گرفت و دوره تحصیلات تکمیلی در خصوص آموزش زلزله در نیوزلند نیز مطالعه شد. دو جنبه کلیدی موفقیت در مدارس معماری نیوزلند: ۱- تدوین درسهای طراحی لرزه‌ای متعدد و مرتبط با طراحی معماری و ۲- تنوع در شیوه ارائه دروس است که در روشهای تدریس، ابزارهای تدریس و منابع مفید متبلور می شود.

معماران تأثیر به سزایی در کارکرد بناها در برابر زلزله دارند. وانگ[۲] در مورد تخریب بناها در زلزله های الجزایر، کالیفرنیا و ژاپن مطالعه کرده است و مشکل پیروی از سبکهای رایج معماری را از دیدگاه زلزله و مسایل مرتبط با آن روشن ساخت. وی به درستی نشان داد که این مسأله مهمترین عامل تخریب بسیاری از بناهای بتن مسلح بوده است و با مراجعه به دو بنای شناخته شده که در زلزله کالیفرنیا تخریب شدند، بیان می کند:

بررسی هر دو بنای ساختمان خدمات محلی سلطنتی[۳] که در زلزله ۱۹۷۹ ال سنترو[۴] و بیمارستان الیوویو[۵] در زلزله ۱۹۷۱ سن فرناندو[۶] به طور صریح این مسأله را تأیید می کند که ایده معماری ممکن است از سایر تصمیم‌ها برای پایداری بنا در برابر زلزله مخرب تر باشد. (Wang . ML ,1981 ,PP 150 - 181)

متأسفانه ارزیابی علل تخریب بناها در برابر زلزله نشان می دهد که این موضوع آنچنان که باید جدی گرفته نمی شود. اغلب پس از یک زلزله ویرانگر، فضاهای خالی بین دانش آکادمیک و بکارگیری صحیح اصول طراحی لرزه ای در تجربه های معماری بصورت دردناکی آشکار می شود.

نوشتن درباره مهارت سازه ای در تخصص معماری به سه سال پس از فاجعه زلزله ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی برمی گردد. کاردناس[۷] می نویسد که : "زلزله به طرز دردناکی بر ما نازل شد و سیستم پایه ای سازه می باید دقیقاً از خلال آموزش معماری بیرون آید" (Cardenas . J . A , 1988 ,PP 105 – 114) این موضوع توسط کریستوفر آرنولد[۸] و همکاران وی نیز تصریح شده است. (Arnold et al , 1992)

کاهش صدمات جانی و تخریب بنا و محتویات آن نخستین دلیل آموزش طراحی پایدار در برابر زلزله در سطوح کارشناسی است. آموزش طراحی پایدار در برابر زلزله نباید تا دوره کارشناسی ارشد به تعویق بیافتد و یا تنها در حوزه حرفه مهندسی تدریس شود.

دلیل دیگر آنکه، مشخصات کالبدی سازه ای که لازم

www.SID.ir

Archive of SID

است در برابر نیروی زلزله پایدار باشد، تأثیر بیشتری نسبت به سازه‌های حاصل از اعمال نیروی ثقلی یا حتی بار باد بر روی پیکربندی و طراحی معماری بنا دارد. عناصر سازه ای پتانسیل مختل کردن الگوهای حرکتی و ایجاد فضاهای نامطلوب در ساختمان را دارند.

در بحث اهمیت طراحی پایدار در برابر زلزله در مدارس معماری مناطق غیرزلزله خیز علی رغم تمایل به محدود کردن دروس مرتبط با زلزله، بواسطه جهانی شدن حوزه عمل معمار و اینکه بسیار متداول است بنایی در یک کشور توسط معمار کشور دیگری طراحی شود، حذف این دروس توجیه پذیر نیست.

شرح برنامه آموزش طراحی سازگار با زلزله

در نیوزلند برنامه درسی دوره کارشناسی معماری بر پایه یک ساختار دو سطحی طرح ریزی شده است:

پس از گذراندن یک دوره سه ساله شامل واحدهای درسی عمومی در سال اول دانشگاه و دو سال آموزش تخصصی پس از آن دانشجویان می توانند با مدرک کارشناسی علم ساختمان[9] فارغ التحصیل شوند. تحصیل دو سال دیگر و گذراندن آموزش تخصصی معماری اخذ مدرک کارشناسی معماری[10] را امکان‌پذیر می سازد. پیش از به پایان رساندن دوره کارشناسی معماری از دانشجویان انتظار می رود که مهارتهای زیر از کسب کنند:

- فهم مبانی علم مکانیک سازه بصورت عمیق برای تحلیل و طراحی ساده استاتیکی
- طراحی چارچوب سیستم سازه ای برای پایداری در برابر وزن و نیروی جانبی
- انتخاب درست اعضای سازه ای و مصالح هماهنگ با سیستم سازه ای
- درک رفتار خاک و تأثیرات آن بر طراحی و کارکرد بنا و اقدامات معمارانه
- آگاهی از نقش پیکربندی بنا در مواجهه با زلزله و درک ارتباط میان اجزای سازه ای و غیرسازه ای برای یافتن راهبردهای مقابله با خرابی ناشی از زمین لرزه.
- آشنایی با انواع سیستم‌های سازه ای نوین و خاص مانند سازه های کششی و جداگرهای لرزه ای[11]
- آگاهی از نقش اجزا سازه‌ای در کیفیت طراحی معماری

سطر نخست جدول شماره ۱ نشانگر زمان اختصاص یافته به تدریس سازه در سال نخست مدرسه ولینگتون است که اجباری می باشد و سطر دوم نسبت واحدهای دروس طراحی لرزه ای را به کل دروس سازه نشان می دهد.

در این جدول روشهای تدریس، سرفصل ها و محتویات دروس و روشهای ارزیابی آمده است. واحدهای معمول سازه تنها در سه سال نخست آموزش تخصصی ارائه می شود. در خلال پروژه طرح نهایی در سال چهارم آموزش تخصصی، موضوعات سازه‌ای در کارگاههایی به صورت خصوصی درس داده می شود و برای دانشجویان سال آخر انتخابی است. محتوای این پروژه به این صورت است که دانشجویان ارزیابی سازه ای را در خصوص یک ساختمان در معرض خطر زلزله انجام می دهند و یک ایده اولیه از طرح اولیه مقاوم سازی آن ارائه می نمایند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره ۱: چارچوب محتوای برنامه آموزشی طراحی لرزه ای و طراحی سازه در مدرسه ولینگتون، نیوزلند

سال تحصیل	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم
درصد در سال برای آموزش سازه بصورت	۱۷	۱۷	۸	۰
نسبت طراحی لرزه‌ای به واحدهای سازه به	۱۵	۳۰	۳۰	۰
روش‌های تدریس	مقاله و جلسات مباحثه	مقاله و جلسات مباحثه	مقاله و جلسات مباحثه و جلسات	جلسات شخصی
سرفصل‌هایی که در طراحی زلزله پوشش	ایده بارهای لرزه‌ای و معرفی استانداردهای	*	**	
ارزیابی	تمرین و آزمون	تمرین و آزمون و پروژه طراحی	تمرین و آزمون و پروژه طراحی	مرور پروژه طراحی

مأخذ: (Charlston . A . W , 2007 ,p 3)

* دید کلی نسبت به علم دینامیک سازه (اساساً کیفی) شامل: زمان تناوب طبیعی، میرایی، رزونانس، طیف پانچ، مفاهیم و مشخصات علم لرزه‌شناسی، دوره بازگشت، خطر لرزه‌ای، شکل‌پذیری، فلسفه طراحی بارگذاری، سیستم‌های سازه‌ای پایدار در برابر نیروهای افقی و عمودی و طراحی برای لرزش‌های ناگهانی.

** مسیرهای لرزه‌ای، دیاگرام‌های انتقال نیرو، چیدمان نیروهای عمودی و افقی در انواع سیستم پایدار، مشکلات و راه حل های پیکربندی، اجزاء غیر سازه‌ای

بررسی مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس دوره کارشناسی معماری و محتوای دروس مصوب سیصد و شصت و پنجمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی وزارت فرهنگ و آموزش عالی حاکی است که چه از بعد کمیت دروس و چه از نظر محتوا و منابع و ابزارهای تدریس، تدریس معماری با توجهات ویژه به بستر لرزه خیز و ملاحظات لرزه ای صورت نمی پذیرد. از ٦١ عنوان درس ارائه شده در این دوره تنها با اغماض و علی رغم در نظر گرفتن دروس فرعی مرتبط با مسأله طراحی لرزه ای تنها ۱۰ عنوان درس بدین منظور اختصاص داده شده که از این میان در محتوا و سرفصلهای تعیین شده برای دروس کارگاه مصالح و ساخت، مصالح ساختمانی، تعمیر و نگهداری ساختمان هیچگونه اشاره ای به مسأله ملاحظات پایداری بنا و عناصر ساختمانی در برابر نیروهای جانبی شده است و ارائه مبانی طراحی و ملاحظات لرزه ای تنها به تشخیص و توانایی استاد درس واگذار شده است. تعداد عناوین و واحدهای درسی و ساعات اختصاص یافته به آن در کل دوره در جدول ۲ آمده است.

جدول ۴-۲: تعداد عناوین و واحدهای درسی و ساعات آن در دوره کارشناسی معماری در ایران

دروس	تعداد عناوین	تعداد واحدها	ساعات
عمومی	۱۰	۲۰	۳۷٤
پایه	۱۰	۲۹	۱۰۷۱
اصلی	۲۲	٦۰	۱۸۰۲
تخصصی	۷	۲۷	۱۰۸۸
اختیاری	۱۲	٤	۸۵

www.SID.ir

Archive of SID

کل دروس	٦١٠	١٤٠	٤٤٢٠

مأخذ: شورای عالی برنامه ریزی ، ١٣٧٧ ، ٥

در جدول شماره ٣ دروس فرعی و اصلی مرتبط با طراحی لرزه ای در کل دوره آمده است. در این بررسی فرض بر این قرار گرفته است که در این دروس به مبانی و ملاحظات لرزه ای پرداخته می شود. با وجود این نزدیک به ١٠٪ ساعات درسی در کل دوره به دروس مرتبط با طراحی لرزه ای اختصاص دارد و چنانچه دانشجو از میان دروس اختیاری ارائه شده و آنهم در صورت ارائه درسهای سازه های نو و تعمیر و نگهداری ساختمان را انتخاب نماید، این نرخ به ١٣درصد افزایش می یابد.

حال آنکه نسبت تعداد واحدهای درسی به کل واحدهای دوره نزدیک به ١٦ درصد است.

این بررسی بر این ایده که می باید زمان بیشتری برای برنامه های آموزشی و تدریس دروس مرتبط با طراحی لرزه ای اختصاص داده شود، را تأیید می‌کند. ارزیابی توانایی فنی فارغ التحصیلان معماری در محیط حرفه ای نشان می دهد، زمان کوتاه دروس پاسخگوی مسئولیت خطیر معماران در طراحی بناهای مقاوم در برابر زلزله نیست.

جدول شماره ٣: دروس اصلی و فرعی مرتبط با طراحی مقاوم در برابر زلزله در دوره کارشناسی معماری ایران

نام درس	تعداد واحد	ساعات				حوزه دروس
		جمع	نظری	عملی	کارگاهی	
کارگاه مصالح و ساخت	٢	١٠٢			١٠٢	پایه
ایستایی	٢	٣٤	٣٤			اصلی
مقاومت مصالح و سازه های فلزی	٢	٣٤	٣٤			
سازه های بتنی	٢	٣٤	٣٤			
مصالح ساختمانی	٢	٥١	١٧	٣٤		
ساختمان ١	٢	٣٤	٣٤			
ساختمان ٢ و گزارش کارگاه	٣	٦٨	٣٤	٣٤		
طراحی فنی	٣	١١٩	١٧	١٠٢		تخصصی
سازه های نو	٢	٣٤	٣٤			اختیاری
تعمیر و نگهداری ساختمان	٢	٥١	١٧	٣٤		
کل دروس فرعی و اصلی	٢٢	٥٦١	٢٥٥	٢٠٤	١٠٢	-

مأخذ: شورای عالی برنامه ریزی ، ١٣٧٧ ، ٦ تا ٩

در محتوا و سرفصل های دروس کارگاه مصالح و ساخت، مصالح ساختمانی، سازه های نو، تعمیر و نگهداری ساختمان که از سوی شورای عالی برنامه‌ریزی تعیین شده است، اثری از موضوعات مرتبط با طراحی لرزه ای وجود ندارد و ارتباط کل این دروس با دروس طراحی معماری، فرآیند و روشهای معماری و تأسیسات الکتریکی و مکانیکی مشخص نیست. بررسی نحوه آموزش دروس فوق

www.SID.ir

Archive of SID

و امکانات و ابزارهای تدریس در دانشگاههای ایران حاکی از آن است که برنامه شورای عالی برنامه ریزی نیز به واسطه فقدان هیأت علمی مجرب، عدم امکانات و ابزارهای تدریس به طور کامل اجرا نمی شود و میزان ساعات درسی از میزان تعیین شده در مصوبه نیز کمتر است.

میزان ساعات اختصاص داده شده به کل دروس فنی به معنای عام و مقایسه آن با مدرسه معماری ولینگتون نیوزلند حاکی از آن است که ساعات این دروس تنها با دروس سازه این مدرسه برابری می کند و ساعات دروس سازه در برنامه شورای عالی برنامه ریزی شامل درس های ایستایی، مقاومت مصالح و سازه های فلزی، سازه های بتنی و درس اختیاری سازه های نو حداکثر ۱۳٦ ساعت در کل دوره کارشناسی می شود که ۳ درصد کل دوره را تشکیل می دهد و یک دوازدهم دروس سازه در مدارس معماری نیوزلند است. (جدول شمارهٔ ٤)

جدول شماره ۴: بررسی دروس مرتبط با طراحی لرزه ای روشهای تدریس و روشهای ارزیابی دانشجویان در دوره کارشناسی معماری ایران

سال تحصیلی	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم
درصد دروس فرعی و اصلی مرتبط با سازه و طراحی لرزه ای به کل دوره	۲/۳	۲/٦	۳	٤/٦
درصد دروس فرعی و اصلی مرتبط با سازه و طراحی لرزه ای به دروس یک سال تحصیلی	۹/۲	۱۰/٤	۱۲	۱۸/٤
روشهای تدریس	کارگاه آموزشی	تدریس نظری و بخش اندکی تدریس عملی	تدریس نظری و بخش اندکی تدریس عملی	پروژه عملی، جلسات مباحثه، مقاله
سرفصلهایی که در طراحی لرزه ای پوشش داده می شود	درس کارگاه و مصالح ساخت است که محتوا و سرفصلی به آن اختصاص داده نشده است	ایده های بارگذاری و معرفی قوانین و استانداردهای آن	دید کلی نسبت به علم دینامیک سازه و طراحی و محاسبات سازه	تهیه جزئیات اجرایی بنا و آشنایی با تکنولوژی های نوین
ارزیابی	تمرین و آزمون	تمرین و آزمون	تمرین، آزمون و پروژه های طراحی	پروژه های طراحی

مأخذ: نگارنده

www.SID.ir

Archive of SID

روشهای تدریس

بررسی های بلک[12] و داف[13] در مورد محتوای اغلب دروس سازه و نیز نظرات دانشجویان در این خصوص نشان می دهد که این دروس دو مشکل اساسی دارند:

- نخست رویکرد تحلیلی ریاضی گونه و بیش از حد مهندسی دروس
- دوم عدم درک ارتباط مواد درسی با اهداف مرتبط بر رشته معماری از سوی دانشجویان (Black.R.G and Duff.s,1994. PP 38-55)

البته نتیجه این پژوهش به معنای نفی روشهای مهندسی تدریس طراحی لرزه ای به دانشجویان معماری نیست. دانشجویان هنوز مجبورند به معادلات ریاضی پاسخ دهند. برای مثال زمان تناوب طبیعی نوسان یک آونگ را محاسبه کنند یا مثالی از یک مخزن پر آب بدون مهار یا محاسبه سازه سایبان را انجام دهند یا امکان وقوع یک لرزه اتفاقی را با استفاده از معادلات پویسن[14] بررسی و محاسبه برش پایه را با مراجعه به آیین نامه های بارگذاری انجام دهند. تمام این دروس محاسباتی، فهم دانشجویان و حساسیت آنها را نسبت به اهداف طراحی لرزه ای ارتقاء می دهد. (Schodek.D.L,1980)

در روشهای نوین تدریس اغلب بناهایی که توسط دانشجویان طراحی می شود از مفهوم مسیر بارهای وارده استفاده می‌کنند. این روش برای تحلیل و توصیف چگونگی حرکت بارهای زلزله در عناصر سازه ای و انتقال آن به زمین بسیار مفید است و با این روش دانشجویان اسیر جزئیات نمی شوند. تنها به آنها یک دید کلی داده می شود که پایه تحلیل های سازه ای و طراحی لرزه ای در دو سال آخر آموزش تخصصی آنان را تشکیل می دهد. تدریس سازه به دانشجویان معماری زمانی موفقیت آمیز خواهد بود که اساتید به موضوع علاقه مند باشند. آنها باید در دانشجویان انگیزه ایجاد کنند و مهمتر از آن ارتباط دروس را با معماری نشان دهند.

محیط مناسب آموزشی زمانی پدید می آید که تجارب آموزشی متنوعی فراهم شود. نگارش مقالات، برگزاری کلاسها و جلسات بحث، تدریس های اختصاصی در کارگاه های طراحی از مرسوم ترین روشهای آموزش طراحی لرزه ای است. گرچه این روشها قدیمی اند هنوز بسیار مؤثرند. حال آنکه بررسی آموزش طراحی سازه و طراحی لرزه ای در ایران حاکی از تکیه اساتید به آموزش نظری و یادگیری تئوری طراحی و اتکاء به آزمون نظری برای ارزیابی دانشجو است.

منابع درسی

منابع متعدد و قابل اتکایی مانند تجارب طراحی، فیلم (The National Film Library)، کلیپ های ویدئویی (Buckle.I&Fenwick.R,1981)، اسلایدها و نوارها (Building Research Association of New Zealand,1989) کتابها (Cooney.R,1982)، گزارش‌های ارزیابی بناهای موجود، سخنرانی ها، ساخت ماکت و برنامه کامپیوتری رزیست[15] (Charlston.A.W,1993) در مدارس معماری نیوزلند بکار گرفته می شود.

دروسی که بصورت گرافیکی برای دانشجویان معماری ارائه می‌شود بسیار مناسب ترند. مطالعات موردی حاکی از آن است که مقوله طراحی لرزه ای بوسیله نشان دادن اسلایدهایی از بناها ، قبل و بعد از زلزله صورت می پذیرد. ساخت مدل برای فهم سیستم های بارگذاری جانبی یک تجربه آموزشی بسیار کارساز است. در دوره های کوتاه مدت برای ارتقاء و حمایت از روش مفهومی مسیر بارهای وارده، مطالعات موردی در قالب نگارش مقالات دیده می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

برنامه کامپیوتری رزیست دانشجویان را قادر می سازد طرحهای اولیه ای را برای هدایت بارهای جانبی ارائه کنند. مصالح، سیستم ها و پیکربندی های متنوع سازه ای برای پروژه تدارک و طراحی پروژه بسیار سریع و آسان ارزیابی می شود. دانشجویان می توانند طراحی خود را با نیازهای لرزه ای کشور نیوزلند و استانداردهای آیین نامه های لرزه ای آن مقایسه کنند. نیاز به کمترین داده های ورودی، عدم نیاز به محاسبات پیچیده و سادگی استفاده از آن دلایل جذابیت برنامه رزیست و استقبال از آن است. از آنجا که دانشجو قادر است مسایل خود را بوسیله این برنامه کامپیوتری به تنهایی ارزیابی کند، نیروی انسانی درگیر در آموزش را به شدت کاهش می دهد. به این صورت که یک مشاور سازه همزمان قادر خواهد بود کلاسهای متعددی با ظرفیت همزمان ۵۰ دانشجو را اداره کند.

در ایران از میان منابع درسی ذکر شده تنها به استفاده از کتاب در زمینه سازه و طراحی لرزه ای اکتفا می شود. فقر وجود منابعی همچون فیلمها و کلیپ های ویدئویی، اسلایدها و نوارها، عدم توجه اساتید به گزارشات ارزیابی پس از زلزله، تحلیل تجارب طراحی و عدم انسجام و برنامه ریزی هدفمند در سخنرانی ها وکارگاه‌های آموزشی استفاده از دیگر منابع را با مشکل مواجه ساخته است. برنامه های کامپیوتری مناسب دانشجویان معماری نیز وجود ندارد.

مرجع درسی سودمند برای دانشجویان معماری متون سازه ای است که خاص رشته معماری تهیه شده باشد (Schodek.D.L,1980) یا نشریه‌های تخصصی زلزله است که برای معماران نوشته شده باشد. (Crawley.S.W & Ward.D.B,1990) کتاب آرنولد[16] و ریترمن[17] بهترین مرجع برای مسایل پیکربندی بنا، مفاهیم انتقال بار و کارکرد لرزه ای ساختمان است.

ماسی[18] اطلاعات ریز و دقیقی در مورد طراحی اجزاء غیرسازه ای در بستر نیوزلند را فراهم می آورد. (Massey.w,1992)

کیفیت اساتید

ویژگی اساتیدی که طراحی لرزه ای را به دانشجویان معماری ارائه می دهند بسیار مهم است. مناسب ترین فرد یک معمار است که سابقه تحقیق و تجربه عملی شاخص در طراحی لرزه ای و فهم عمیق از سازه داشته باشد. ایده آل ترین حالت وجود یک فرد متخصص با دغدغه های مشابه دانشجویان معماری در سمت استادی دروس طراحی لرزه ای است تا یک متخصص سازه یا مشاور فنی؛ تنها خطری که این سیستم را تهدید می کند این است که موضوع در سطح غیرفنی تدریس شود. در هر حال یافتن چنین فردی بسیار سخت است و شواهد بسیار کمی از دخالت معماران در حوزه طراحی لرزه ای یا تحقیقات مرتبط با آموزه های خسارت‌های زلزله وجود دارد.

در سوی دیگر کسانی که کمتر از گروه پیشین برای آموزش طراحی لرزه ای به دانشجویان معماری مورد نظرند، مهندسان سازه هستند. آنها گرچه از نظر دانش فنی غنی هستند اما شیوه های تدریس آنها به گونه ای است که اغلب تمایل به تحلیلهای پیچیده سازه ای دارند. اینگونه افراد نیاز به کسب مهارتهای ویژه در زمینه ارتباط با دانشجویان معماری دارند. عموم اعضای هیأت علمی مدارس و دانشکده های معماری در ایران از دانش و مهارت کافی در اصول طراحی لرزه ای برخوردار نیستند. تلاشهای هماهنگ و زیادی لازم است تا اعضای هیأت علمی مدارس معماری به طور کامل با مفاهیم طراحی لرزه ای آشنا شده و نقش مناسب و صحیح معماران را در دستیابی به مقاومت ساختمانها در مناطق زلزله خیز تضمین و تأمین کنند. در ایالت متحده و نیوزلند جهت آشنایی اعضای هیأت علمی مدارس معماری با اصول طراحی لرزه ای و

www.SID.ir

Archive of SID

تأکید بر اهمیت آن در حرفه معماری، معرفی ملاحظات و ملزومات مقاوم سازی در برابر زلزله، شرکت در سمپوزیوم‌ها، سمینارها و کارگاه‌های طراحی پیشنهاد شده است. اما تجربه نشان داده است که چنین سمینارها و کارگاه‌هایی اغلب در مدت زمان کوتاه پس از زلزله های مخرب مورد استقبال قرار گرفته و موفق بوده است یا اینکه سمینارهایی منحصر به فرد بوده که توسط یک پژوهشگر و طراح بین المللی ارائه شده باشد.

بنابراین وجود کاندیداهای استخدام هیأت علمی برای تدریس تکنولوژی ساختمان، سیستم‌های سازه‌ای و روشهای اجرایی ساخت و ساز باید درک و تسلط کاملی بر طراحی لرزه‌ای و نقش اساسی و مهم آن در جامعه فعلی ایران داشته باشند. در غیر اینصورت یافتن ارتباط میان مبانی طراحی لرزه ای و معماری بسیار ضعیف است و دانشجویان کمتر پیوند میان موضوعات را درک می کنند.

اثربخشی برنامه های درسی

اثربخشی برنامه های تدریس طراحی لرزه ای تا حدودی می تواند در پایان یک دوره تحصیلی قضاوت شود. نمره دانشجویان یک شاخص است اما مسأله مهمتر، آن است که دانش و مفاهیم چگونه پس از دوران فراغت از تحصیل در محیط حرفه ای بکار برده می شود. چنانچه اهداف طراحی لرزه ای پیش از مرحله محاسبات و طراحی سازه و در زمان شکل گیری ایده طراحی با آن تلفیق شود بدیهی است که نتیجه موفقیت آمیز خواهد بود اما متأسفانه این شرایط به ندرت اتفاق می افتد. حتی در دانشگاه اغلب دانشجویان ایده طراحی معماری خود را پیش می برند پیش از آنکه پاسخ اهداف و سؤالات کارکرد طراحی لرزه ای ایده خود را داده باشند. به ندرت اتفاق می افتد که هماهنگی دیر هنگام با مهندس سازه در خصوص تحقق ایده معمارانه نتیجه موفقیت آمیزی را به همراه داشته باشد. در اغلب موارد ایده‌ی سازه تغییر مسیر می دهد یا برای دستیابی به پایداری تحت فشار قرار می گیرد.

بهترین راه حل برای حل این مسأله فراهم آوردن یک دوره آموزش سازه در گامهای اولیه پروژه های طراحی معماری دانشجویان و هم گام با آنهاست. تجربه نشان داده است که با وجود کمبود استاد با شرایط فوق اعمال این روش در دانشگاههای ایران امکان‌پذیر نیست. در آمریکا و نیوزلند برنامه هایی برای هدایت و ارتقاء گروههای آموزشی در خصوص مبانی طراحی لرزه ای تدارک دیده شده است. حداقل نتیجه ای که این کشورها از توسعه ملاحظات لرزه ای دریافت کرده‌اند، تلفیق هوشمندانه مبانی طراحی لرزه ای ایده های معمارانه بوده است.

برنامه های دوره تحصیلات تکمیلی

در آموزش آکادمیک مهندسان سازه، متدولوژی و تحقیقات لرزه ای جای خود را در جامعه علمی و حرفه ای پیدا کرده است. اما در دانشکده های معماری به ویژه دانشکده های معماری ایران وضع متفاوت است. اگر تعداد تزهای ارائه شده یک شاخص باشد، بررسی های نگارنده در حوزه ایران نشان می دهد که هیچ مطالعه معماری در دوره تحصیلات تکمیلی در خصوص زلزله وجود ندارد. تنها می توان به تلاشهای دکتر محمود گلابچی عضو هیأت علمی دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه تهران در ترجمه آثار مرجعی در این زمینه همچون کتابهای سالوادوری[۱۹] و فولر و آشنایی مفاهیم سازه به معماران به زبان ساده اشاره کرد. در حقیقت ایشان نیز متخصص سازه ای هستند که به موضوع ارتباط میان سازه و معماری و تلاش برای هماهنگی میان این دو علاقه مندند و بر اساس بحثهای پیشین در زمره‌ی گروه دوم قرار می گیرند.

www.SID.ir

Archive of SID

اخیراً رشته ای با عنوان مدیریت بازسازی پس از زلزله در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی ایران در مقطع کارشناسی ارشد ارائه می‌شده است که به نقش معماران در عملیات بازسازی و بازیابی پس از زلزله برمی گردد. اما بواسطه ضعف دانشجویان در خصوص مسایل طراحی لرزه ای در دوره کارشناسی، ارتقاء آنها در حوزه های ارزیابی خطر آسیب پذیری و روشهای طراحی و مقاوم سازی ساختمان بسیار دشوار است. از سوی دیگر تعداد دانشجویان در مقایسه با خیل عظیم متخصصین معمار دیگر در مسایل طراحی و اجرای ساختمان و حجم عملیات عمرانی در کشور بسیار اندک است. به این موارد ابهام در جایگاه معماران در فرآیند بازسازی پس از زلزله را می باید اضافه کرد.

این شرایط تنها گریبان گیر ایران نیست. شرایط مشابهی در ایالات متحده حاکم است، حال آنکه در زمینه مهندسی سازه، پژوهشگران آن دست آوردهای بزرگی را به جامعه علمی و حرفه ای عرضه کرده‌اند. بررسی دانشکده های معماری ایالات متحده نشان می دهد که تنها یک پایان نامه در دوره دکتری در رشته معماری با موضوع عکس العمل بنا در برابر نیروهای لرزه‌ای به این مبحث پرداخته است (Guevara.L.T,1989). البته نه در این پایان نامه و نه در هیچ پژوهش دیگری در دانشکده‌های نیوزلند سرفصل ها و مسیرهای دیگری برای تحقیقات آتی در این زمینه و در حوزه معماری پیشنهاد نشده است.

ارتقاء برنامه های آموزشی

در ایران همچون کشورهای دیگر معماران و مهندسان در حوزه تخصصی مشخصی فعالیت کرده و دوره های آموزشی مجزا از یکدیگر می بینند. مسئولیتهای میان تیمهای طراحی متشکل از معماران و مهندسان بسیار مؤثر خواهد بود.

چنانچه فارغ التحصیلان معماری قصد کسب تجربه، مهارت و کار در مناطق با ویژگی لرزه خیزی بالا را داشته باشند کسب آگاهی های لازم در خصوص طراحی لرزه ای و ملاحظات آن ضروری است. تمام مدارس معماری در ایران می باید آموزش کافی و موردنیاز در زمینه اصول طراحی سازگار با زلزله را به عنوان دروس اجباری پیشنهاد و ارائه کنند. این دروس دربرگیرنده مباحث رشته های مختلف از جمله برق و تأسیسات مکانیکی در خصوص اصول طراحی سازگار با زلزله، بررسی نتایج طراحی‌های مختلف و سیستمهای نوین بکار گرفته شده پس از هر زلزله، روشهای مختلف تجزیه و تحلیل سازه های ساختمانی و ... است. بدیهی است این امر با همکاری تنگاتنگ دانشکده های مهندسی ساختمان و زلزله امکان پذیر است.

آموزش مستمر در فعالیتهای حرفه ای

آموزش مستمر در سطح گسترده ای در بسیاری از شاخه های حرفه ای برای بالا نگهداشتن سطح آن حرفه مطابق آخرین پیشرفتها دنبال می شود. مادامی‌که تجارب حرفه ای به سرعت در حال تغییر باشد، آموزش مستمر کلید حفظ صلاحیت و فراگیری روشها و فرآیندهای جدید و خاص می باشد. آموزش مستمر در رشته معماری می توانند معماران را به اهداف طراحی لرزه ای نزدیک کنند.

در ایالات متحده مؤسسه معماران آمریکایی شاخه کالیفرنیا[20] و شعبات آن بانی و حامی برنامه های آموزش مستمر معماران بوده و طراحی مقاوم در برابر زلزله را به یکی از سرفصلهای اصلی برنامه های آموزشی خود تبدیل کرده‌اند. این مؤسسه به همراه انجمن مهندسان سازه کالیفرنیا[21] و مؤسسه پژوهشی مهندسی زلزله[22] در توسعه سمینارهایی در باب طراحی لرزه ای همکاری داشته و بدین ترتیب ارتباط

www.SID.ir

Archive of SID

مناسب و قوی میان معماران و مهندسان برقرار می کنند.

اینگونه برنامه ها می تواند تأثیر متقابل میان معماران و مهندسان را در کار طراحی و درک معماران از ملاحظات طراحی لرزه ای مورد نظر مهندسین ارتقا بخشند. آموزش مستمر در تمامی جوامع حرفه ای اختیاری است و شرکت در آن چندان سخت نیست. اما به نظر می رسد سیاست اجباری کردن آموزش مستمر معماران در زمینه کسب مهارت طراحی سازگار با زلزله در ایران ضروری باشد. از آنجاییکه بخش عظیمی از معماران حرفه ای خارج از چارچوب نظام مهندسی و کنترل ساختمان هستند، گذراندن آموزشهای مستمر در مقطع زمانی ارتقاء پایه های مهندسی به تنهایی کافی نیست. علت نخست آنکه فواصل زمانی میان مقاطع ارتقاء پایه بسیار طولانی است و دیگر آنکه خیل عظیمی از معماران حرفه ای برای انجام فعالیتهای حرفه ای نیاز به اخذ پروانه اشتغال به کار نظام مهندسی ندارند.

دراین راستا صنعت بیمه و نظام مالیاتی کشور می باید ابزارهای تشویقی متعددی را برای مشارکت فعال معماران در آموزش مستمر، را بکار گیرند. شرط استفاده از تسهیلات و تشویقات این دو نهاد می تواند کسب صلاحیت در آموزشهای مستمر طراحی لرزه ای برای معماران باشد.

نتیجه‌گیری

شناخت نقش معماران در کاهش خطرات زلزله و طراحی سازگار با آن از یک سو و شرح مسئولیت سازمانها و نهادهای درگیر از سوی دیگر پیشنهادها و رهنمودهایی را فراروی سیاستگذاران می گذارد که به تقویت ساز و کار طراحی و اجرای سازگار با زلزله می انجامد. به پشتوانه بررسی های صورت گرفته، پیشنهادهای زیر را در حوزه های مورد مطالعه می توان ارائه کرد.

تعداد دروس در زمینه اصول و مبانی طراحی لرزه ای و یادگیری ملاحظات آن و مدت زمان اختصاص یافته به آن می باید در برنامه آموزش دانشکده ها و مدارس معماری افزایش یابد.

بکارگیری زبان مفهومی و ابزارهای متنوع و متناسب با ماهیت معماری در دروس طراحی لرزه ای و سازه الزامی است.

دانشکده ها و مدارس معماری متناسب با افزایش دروس و سرفصلهای طراحی لرزه ای می باید اقدام به استخدام اعضای هیأت علمی جوان و دارای درک کافی از مباحث زلزله و طراحی لرزه ای و ملاحظات ساخت و ساز مقاوم در برابر زلزله کنند. از سوی دیگر با همکاری سازمان نظام مهندسی و کنترل ساختمان، تشکلهای غیردولتی معماران و مهندسان، به برپایی سمینارها، کارگاههای آموزشی و سمپوزیوم‌ها برای ارتقاء هیأت علمی فعلی مدارس معماری اقدام کنند.

تشکلهای غیر دولتی معماران و مهندسان و سازمان نظام مهندسی و کنترل ساختمان می باید برنامه های آموزشی مستمری را تدارک و امکان شرکت داوطلبانه معماران محلی با هزینه مناسب را فراهم آورند. این دو نهاد می باید همکاری وزارت اقتصاد و دارایی، سازمان تأمین اجتماعی و شرکتهای بیمه را برای ارائه مشوق های بیشتر به معمارانی که در دوره های آموزشی شرکت و آنرا با موفقیت پشت سر می گذارند، جلب نماید.

نهادهای فوق می باید اقدام به برگزاری و توسعه سمینارهای مشترکی میان معماران و مهندسان در زمینه طراحی سازگار با زلزله با هدف برقراری ارتباط میان این دو گروه نمایند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع و مأخذ:

۱–شورای عالی برنامه ریزی (۱۳۷۷): *مشخصات کلی، برنامه وسرفصل دروس دوره کارشناسی مهندسی معماری*، وزارت فرهنگ و آموزش عالی، تهران.

2- Arnold, C et al. 1992. *Buildings at risk*: Seismic Design Basics for Practising Architects. AIA / ACSA Council on Architectural Research,Washington, DC.

3- Arnold, C and Reitherman, R 1982. *Building Configuration & Seismic Design*. John Wiley & Sons Inc., New York.

4- Black, R G and Duff, S 1994. *A Model for Teaching Structures*: Finite Element Analysis in Architectural Education. Journal of Architectural Education 48(1): pp38-55.

5- Bolt, B.A., Earthquakes (4th Edition) W.H. *Freeman and Company New York* N. Y. 2002.

6- Buckle, I and Fenwick, R 1981. *Basic Earthquake Engineering for Structural Engineers* (a Series of Three Videotapes). The New Zealand Insitiution of Engineers, Wellington.

7- Building Research Association of New Zealand 1989. *Bay of Plenty Earthquakes*. A V 10 (55 Slides), BRANZ, Porirua.

8- Cardenas, J A 1988. The Architect's Scientific and Technological Training. In Architectural and Urban Design Lessons from the 1985 Mexico City Earthquake. Council on Architectural Research of the American Insitiution of Architects and the Association of Collegiate Schools of Architecture, Washington, DC: pp105-114.

9- Charlston.A.W(2007):*Seismic Design Within Architectural Education* , Victoria University of Wellington , School of Architecture , Wellington , Newzealand.

10- Chaleson, A W 1993. Vertical Lateral Load Resisting Elements of Low to Medium-Rise Buildings, Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering 26(3):356-366.

11- Cooney, R 1982. Strengthening Houses Againts Earthquake – a Handbook of Remedidial Measures. Technical Paper P37, Building Research Association of New Zealand, Porirua.

12- Crawley,S W and Ward, D B 1990. *Seismic and Wind Loads in Architectural Design-an Architect's Study Guide*. The American Insitiution of Architects, Washington, DC.

13- Guevara, L T 1989. *Architectural Considerations in the Design of Earthquake-Resistant Buildings*: Influence of Floor-Plan Shape on the Respons of Medium-Rise in Housing to Earthquakes. PhD thesis, Uviversity of California, Berkeley.

14- Massy, W 1992. *Architectural Design for Earthquake-a Guide to the Design of non-Structural Elements*. New Zealand National Society for Earthquake Engineering, Wellington.

15- Schodek, D L 1980. Structures. Prentice-Hall Inc.,New Jersey.

16- The National Film Library. *The Hawkes Bay Disaster* (1931) (A Film). National Film Library, Wellington.

17- Wang, M L 1981. *Consequences of Architectural Style on Earthquake Resistance*. Final Proceedings: PRC-US Joint Workshop on Earthquake Disaster Mitigation Throuth Architecture, Urban Planning and Engineering; Beijing November 2-6 1981: 150-181.

پی‌نوشت‌ها

* استادیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی.

1-School of Architecture , Victoria University of Wellington
2- Wang
3- Imperial County Services Building
4- El Centro
5- Olive view Hospital
6- San Fernando
7- Cardenas
8- Christopher Arnold
9- BBSc (Bachelor of Building Science)
10- BArch (Bachelor of Architecure)
11- Base Isolation
12- Black
13- Duff
14- Poisson
15- RESIST
16- Arnold
17- Reitherman
18- Massey
19- Salvadori
20- CCAIA (California Counsil of American Institute of Architects)
21- SEAOC (Structural Engineers Association of California)
22- EERI (Earthquake Engineering Research Institute)

www.SID.ir