

آنچه مهندسين سازه بايد در مورد انعطاف پذيري و پايداري بدانند

در سال ۲۰۱۶ بسیاری از سازمان‌ها ابتکارات خود در زمینه پایداری را با شعار «انعطاف پذیری» شروع کردند. در صنعت ساختمان و زیرساخت‌ها، انعطاف‌پذیری به روش‌های زیادی تعریف می‌شود. در سال ۲۰۱۴، کمیته پایداری ASCE / SEI انعطاف‌پذیری را به عنوان قابلیت تحمل آسیب کمتر و برگشت سریع‌تر به حالت قبل از پیشامدهای شدید تعریف کرد. این پیشامدهای شدید تنها شوک‌های خارجی به صورت فاجعه‌های طبیعی یا ساخته دست بشر نیستند (گردبادها، سیل‌ها، زلزله‌ها و ...)، بلکه شامل پیشامدهای شدید اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی که می‌تواند به چارچوب یک جامعه آسیب برساند هم می‌شود. امروزه این پیشامدها شامل اثرات ناشی از تغییرات اقلیمی و افزایش متعاقب آن در شوک‌های خارجی هم می‌شود.

رئیس جمهور وقت باراک اوباما، انعطاف‌پذیری را به عنوان یک اولویت در سال گذشته معرفی کرد که در این راستا دو همایش هم در کاخ سفید برگزار شد. همایش کاخ سفید (که یک همایش عمومی بود) در مورد سیستم‌های هشدار زود هنگام زلزله بود که در مورد مزایای این سیستم‌ها در کاهش خطر و انعطاف‌پذیری فاجعه بحث می‌کرد. رویداد دیگر کنفرانس کاخ سفید در مورد آیین نامه‌های ساختمانی انعطاف‌پذیر بود. پیام این رویداد این بود که باید تلاش‌های بخش خصوصی و دولتی در راستای افزایش انعطاف‌پذیری و پایداری جامعه به واسطه آیین نامه‌های ساختمانی باشد.

LEED سه پیشنهاد در راستای برنامه‌ریزی و طراحی تیم‌های پروژه‌ای در مقابل فاجعه‌های احتمالی در محل پروژه ارائه می‌کند. این پیشنهادها عبارتند از: پیش برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری در سایت، طراحی برای مقاومت در برابر فاجعه‌های احتمالی و طراحی یک سازه به گونه‌ای که پس از فاجعه قابل سکونت باشد. این اقدامات مقاومت در برابر فاجعه را از برگشت به حالت اولیه پس از فاجعه به کاهش خطر فاجعه تغییر می‌دهد.

ایالت‌ها و شهرها در حال تدوین برنامه‌های انعطاف‌پذیری برای ارزیابی زیرساخت‌های کنونی خود و برنامه‌ریزی اولویت‌های آینده خود هستند. در سال ۲۰۱۴ در شهر نیویورک OneNYC که یک برنامه پایدار برای کاهش خطر سیل در طول ۵۲۰ مایلی خط ساحلی نیویورک بود، تعریف شد. شکل ۱ زیرگذر Battery Park در شهر نیویورک را بعد از طوفان سندی نشان می‌دهد. با مشاهده اثرات این طوفان تصمیم بر آن شد که این برنامه دربردارنده استراتژی‌هایی برای کاهش سیلاب و محافظت از ۴۰۰۰۰۰ ساکن شهر نیویورک که در دشت سیلابی زندگی می‌کنند هم باشد. در شهر بوستون اثر افزایش سطح آب دریا هم مد نظر قرار گرفته است.



شکل ۱. زیر گذر Battery Park در شهر نیویورک بعد از طوفان سندی

اثر این عوامل بر مهندسان سازه، حرفه آن‌ها و پروژه‌هایشان چگونه خواهد بود؟ در این مقاله قصد داریم مطالبی را در خصوص سازمان‌ها، اهداف آن‌ها در خصوص پایداری و تأثیر این اهداف بر مهندسان سازه ارائه کنیم.

قانون گذاری

مسئولین شهرهای ایالت کالیفرنیا پیوسته در حال کار بر روی افزایش انعطاف‌پذیری لرزه‌ای هستند. Janney, Wiss و Elstner با مشارکت یکدیگر وبسایتی را برای پیگیری قوانین لرزه‌ای در کالیفرنیا راه‌اندازی کردند. در این وبسایت اطلاعاتی در خصوص الزامات تغییر یافته و ضرب‌الاجل‌های مربوطه وجود دارد. در آوریل ۲۰۱۳ مسئولین شهر سانفرانسیسکو طبق قانونی ملزم به مقاوم سازی لرزه‌ای ساختمان‌هایی با قاب چوبی که دارای طبقه نرم هستند (ساختمان‌هایی با طبقه اول ضعیف‌تر که مستعد ریزش در زلزله هستند)، شدند. پیرو این قانون، حدود ۴۳۰۰ ساختمان بررسی شد که از میان آن‌ها ۲۸۰۰ ساختمان با طبقه نرم شناخته شدند. تمام صاحبان ساختمان‌های مذکور در سپتامبر ۲۰۱۳ تذکرات لازم را دریافت کردند و ملزم به تحویل فرم‌هایی که نشان دهد ساختمان توسط مهندس حرفه‌ای دارای مجوز ارزیابی شده است تا سپتامبر ۲۰۱۴ شدند. در این مرحله ۹۹ درصد از اجرای این قانون صورت گرفت. صاحبان املاکی که از این فرمان تبعیت نکردند اخطار تخلف دریافت کردند. فاز بعدی اجرای قانون، برای ساختمان‌های مشمول، ارائه مجوز و برنامه‌هایی برای بهسازی لرزه‌ای بود. از تاریخ ارائه مجوز، مالکان یک سال فرصت داشتند تا برنامه مقاوم سازی را اجرا و به پایان برسانند. تمام مقاوم سازی‌ها باید تا سال ۲۰۲۰ پایان یابد.

در اکتبر ۲۰۱۵ بود که مسئولین شهر لس‌آنجلس طبق قانونی مشابه قانون ابلاغ شده به سانفرانسیسکو، ملزم به بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌هایی با قاب چوبی که دارای طبقه نرم هستند، شدند. قانون دیگری که برای اجرا به مسئولین این شهر ابلاغ شد، بهسازی ساختمان‌های بتنی غیر شکل‌پذیر بود. بیش از ۱۵۰۰۰ ساختمان مشمول این قوانین می‌شدند.

شهرهای پورتلند و سیاتل به صورت مشترک برنامه‌هایی را برای تعیین ساختمان‌های بنایی ناپایدار (URM) اجرا کردند. در حال حاضر این دو شهر در حال تدوین قانون‌هایی در راستای اجباری شدن مقاوم سازی ساختمان URM هستند.

در شهر نیویورک یک کارگروه در راستای سازگاری با تغییرات اقلیمی تشکیل شده است که پیش‌بینی‌های اقلیمی بلند مدتی را تا سال ۲۱۰۰ برای شهر نیویورک ارائه کرده است. علاوه بر این، برنامه‌ای برای مقاوم سازی در برابر خطرات ناشی از سیل تهیه شد که پیرو آن آیین‌نامه‌های ساختمانی در بخش‌های مربوطه نیز دچار تغییراتی شدند.

سازمان‌های پیشرو

انعطاف‌پذیری و یا پایداری را در اندازه‌های متفاوت می‌توان بررسی کرد؛ از بررسی ساختمان‌های به صورت تکی تا بررسی آن‌ها در سطح جامعه. در ادامه برخی از سازمان‌های فعال و برنامه‌های تهیه شده در این زمینه معرفی می‌شوند.

بنیاد راکفلر (The Rockefeller Foundation)

۱۰۰ شهر پایدار شعار برنامه‌های بنیاد راکفلر در راستای پایداری است. این برنامه شامل ۱۰۰ شهر در دنیا می‌شود که پایداری در آن‌ها یک اولویت به حساب می‌آید. این برنامه نه تنها شامل پیشرفت شهرها برای کاهش اثرات طولانی مدت حوادث خارجی (طوفان‌ها، زلزله‌ها، سیل‌ها و ...) می‌شود، بلکه دربردارنده تدابیری در جهت حذف تنش‌های روزانه‌ای که یک شهر تحت تأثیر

عواملی همچون اجتماع، اقتصاد، فرهنگ و سیاست؛ تجربه می‌کند نیز می‌شود. شکل ۲ موقعیت این ۱۰۰ شهر را در آمریکای شمالی نشان می‌دهد.



شکل ۲

برنامه پایداری جوامع NIST

برنامه NIST بر بلایای طبیعی و حوادث ناشی از فعالیت‌های انسانی و همچنین اثرات فاجعه بار آن‌ها روی ساختمان‌ها متمرکز است. جوامع امروز تحت تأثیر عوامل متعددی که ناشی از محیط هستند، پایه ریزی شده‌اند. بررسی زلزله‌های قبل نشان می‌دهد که ساختمان‌ها بر عملکرد جامعه بعد از زلزله تأثیر گذار هستند. احتمال این وجود دارد که اگر یک ساختمان قابل استفاده نباشد، تأثیر فراگیری بر عملکرد جامعه بعد از یک فاجعه به همراه داشته باشد. NIST برنامه‌ای را تدوین کرده است که به جوامع اجازه می‌دهد که میزان آسیب‌پذیری را در مقابل محیط بررسی کنند.

بنیاد طراحی پایدار (RDI)

بنیاد طراحی پایدار یک نرم‌افزار مبتنی بر وب است که حاوی مطالعات موردی، استراتژی‌ها و قوانین طراحی پایدار می‌باشد. هدف وب‌سایت این است که منبعی برای افراد، سازمان‌ها و جوامعی باشد که می‌خواهند درجات کاهش خطرات گام برداشته و طراحی‌های پایداری را انجام دهند. در این وب‌سایت هم بلایای طبیعی و هم حوادث ناشی از فعالیت‌های انسانی مورد توجه قرار گرفته‌اند. RDI همچنین خدمات مشاوره برای افراد درگیر در اجرای پروژه‌ها فراهم کرده است.

FEMA P – ۵۸

FEMA P – ۵۸، برنامه‌ای در راستای ارزیابی عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌ها بر اساس مطالعه ده ساله انجام شده توسط سازمان مدیریت بحران فدرال (FEMA) است که پیش‌بینی‌هایی را در خصوص عملکرد ساختمان طبق آنالیزهای خاص صورت گرفته ارائه می‌کند. نتایج حاصل از آنالیز FEMA P – ۵۸ شامل خسارت‌های مالی، تلفات و مصدومین، زمان تعمیر و اثرات زیست محیطی می‌شود. روش انجام این کار شامل روشی احتمالاتی با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو است. متغیرهای احتمالی شامل حرکات زمین، پاسخ‌های سازه‌ای، منحنی‌های آسیب‌پذیری محتویات و منحنی‌های خسارت هستند که با شبیه‌سازی‌های مختلف اطمینان به خروجی‌ها را تأمین می‌کند.

سیستم درجه‌بندی USRC

شورای پایداری ایالات متحده یک سازمان غیرانتفاعی است که یک سیستم درجه‌بندی را برای عملکرد ساختمان‌ها در برابر زلزله ترتیب داده است. هدف این سیستم ایجاد یک سیستم درجه‌بندی جهانی وابسته به درجه‌بندی LEED برای توسعه پایدار است. تا به امروز این سیستم محدود به زلزله‌ها بوده است ولی هدف شورا این است که سیستم‌های درجه‌بندی را به بقیه فاجعه‌هایی که در آینده ممکن است پیش بیاید هم تعمیم دهد. شهر لس‌آنجلس هم‌اکنون این سیستم درجه‌بندی را برای بهبود عملکرد خود به کار گرفته است.

Aruo REDi

روش طراحی لرزه‌ای مبتنی بر پایداری Arup (REDi) شامل چارچوبی برای طراحی ساختمان‌های پایدار و همچنین یک سیستم درجه‌بندی که سطح انعطاف‌پذیری را کمی سازی می‌کند، می‌شود. این سیستم درجه‌بندی بر روی برنامه‌ریزی سه سطح مختلف پایداری تمرکز دارد: پایداری ساختمان (سیستم سازه‌ای)، پایداری سازمانی (برنامه‌ریزی برای فاجعه) و پایداری محیطی (ساختمان‌های مجاور و دیگر خطرات سایت). سیستم درجه‌بندی REDi همچنین نیازمند ارزیابی خسارت با تحت یک قرار داد یا توافق نامه است.

درجه‌بندی‌های REDi به صورت پلاتینیوم، طلا و نقره دسته‌بندی می‌شوند. ساختمان باید اهداف عملکردی خاصی را برای مدت از کار افتادگی، خسارت مالی مستقیم و امنیت ساکنان داشته باشد تا هر کدام از درجه‌بندی‌ها را به دست بیاورد.

SP۳

برنامه پیش‌بینی عملکرد لرزه‌ای (SP۳) یک ابزار آنلاین است که توسط Haselton Baker Risk Group ایجاد شده است. این برنامه به عنوان یک رابط برای استفاده از روش FEMA P-۵۸ استفاده می‌شود و می‌تواند حداکثر خسارت احتمالی (PML)، درجه‌بندی Arup REDi و درجه‌بندی USRC را محاسبه کند.

ابزار EA

ابزار ارزیابی محیط زیست (EA Tool) یک ابزار تحلیل چرخه عمر است که توسط Skidmore و Owings \$ Merrill LLP برای تخمین انتشار کربن یک سازه تعریف شده است. در محاسبه مقدار کربن، تأثیر مصالح و ساخت و ساز شامل استخراج مصالح، حمل‌ونقل، پرت ساختمانی و عملکرد تجهیزات در نظر گرفته می‌شود. به علاوه این ابزار با تخمین مقدار کربن ایجاد شده توسط تعمیرهای مربوط به آسیب‌های لرزه‌ای و احتمال تخریب کلی و جایگزینی سازه‌ای که به شدت آسیب دیده است، یک رابطه بین پایداری و انعطاف‌پذیری ارائه می‌دهد. آسیب لرزه‌ای احتمالی بر اساس منحنی‌های آسیب‌پذیری HAZUS هستند و می‌تواند برای عملکرد افزایش یافته سیستم‌های لرزه‌ای بهبود یافته به کار گرفته شوند.

ابزار Resilience Insight

این ابزار آنلاین انعطاف‌پذیری کل یک شهر را ارزیابی می‌کند. این ابزار یک چارچوب برای ارزیابی قابلیت شهر برای مقابله با تنش‌ها و شوک‌های مختلف از جمله خطرات طبیعی، اپیدمی و حملات ارائه می‌کند. بر اساس یک سری از ورودی‌ها، این ابزار

یک ارزیابی از آسیب‌پذیری و ظرفیت سازگاری شهر از نظر اثرات جامعه، حکومت، اقتصاد، محیط زیست و زیرساخت‌ها انجام می‌دهد.

U.S. Climate Resiliency Toolkit

این جعبه ابزار مجموعه‌ای از ابزارها و اطلاعات علمی متعدد برای کمک به مردم و نهادهایی که دوست دارند خطرات مربوط به اقلیم خودشان را مدیریت کرده و انعطاف‌پذیری خودشان در مقابل وقایع شدید را بهبود بخشند، ارائه می‌دهد. این سایت برای شهروندان، جوامع، کسب‌وکارها، برنامه‌ریزان شهری ایجاد شده است. این سایت دربرگیرنده مدول‌های مختلفی است: یک فرآیند با پنج گام برای برنامه‌ریزی، آغاز و مدیریت یک پروژه برای انعطاف‌پذیری در مقابل وقایع مربوط به اقلیم؛ مطالعات موردی واقعی که به صورت موفق توسط جوامع و کسب‌وکارها اجرا شده‌اند؛ داده‌های اقلیمی سازمان‌دهی شده در نقشه‌ها، ابزارهای تعاملی، چارت‌ها و برنامه‌های آموزشی فدرال

نام	نوع	قابل خرید؟	سازمان	بر اساس ساختمان‌های تکی یا جامعه؟	فاجعه‌های پوشش داده شده
۱۰۰ شهر انعطاف‌پذیر	مشوق	خیر	بنیاد Rockefeller	مبتنی بر جامعه	زلزله، سیل، طوفان، آتش‌سوزی
برنامه انعطاف‌پذیری جامعه‌ی NIST	مشوق	خیر	NIST	مبتنی بر جامعه	زلزله، سیل، طوفان، آتش‌سوزی
U.S. Community Resilience Program	ابزار	بله (نرم‌افزار رایگان)	دولت ایالات متحده	مبتنی بر جامعه	زلزله، سیل، طوفان، آتش‌سوزی
موسسه طراحی انعطاف‌پذیر	ابزار خدمات مشاوره	بله (ابزار خیر (مشاوره)	موسسه‌ی طراحی انعطاف‌پذیر	ساختمان‌های منفرد مبتنی بر جامعه	زلزله، سیل، طوفان، آتش‌سوزی
سیستم درجه‌بندی USRC	سیستم درجه‌بندی	بله	USRC	ساختمان‌های منفرد	زلزله
Arup REDi	سیستم درجه‌بندی	بله	Arup	ساختمان‌های منفرد	زلزله
FEMA P – ۵۸ / PACT	ابزار و راهنمایی تحلیل	بله (نرم‌افزار رایگان)	FEMA	ساختمان‌های منفرد	زلزله
SP۳	ابزار	بله	Haselton Baker Risk Group	ساختمان‌های منفرد	زلزله
EA Tool	ابزار	بله (نرم‌افزار رایگان)	SOM	ساختمان‌های منفرد	زلزله
EnvISA	ابزار	خیر	Degenkolb	ساختمان‌های منفرد	زلزله
Resilience Insight Tool	ابزار	بله (ابزار رایگان)	BuroHappold	مبتنی بر جامعه	زلزله، سیل، طوفان، آتش‌سوزی
ThinkHazard!	ابزار	بله (ابزار رایگان)	GFDRR	ساختمان‌های منفرد مبتنی بر جامعه	زلزله، سیل، طوفان، آتش‌سوزی

جدول مقایسه ابزار

مترجم: علی اکبر خلیلی

منبع:

<http://www.structuremag.org/?p=۱۰۸۸۴>