



mgerami@semnan.ac.ir

meisam.veghar@semnan.ac.ir

محسن گرامی^(۱)

میثم وقار^(۲)

۱- دکترای تخصصی سازه (زلزله) دانشگاه تربیت مدرس تهران،
استاد دانشگاه سمنان

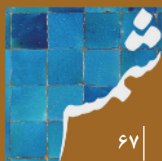
۲- دانشجوی دکترای مهندسی زلزله، دانشگاه سمنان

شاخص‌های صنعتی‌سازی مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان با محوریت حفاظت از محیط‌زیست

۱- چکیده

رویکرد روزافزون کارفرمایان و مجریان به استفاده از فناوری‌های نوین در ساختمان، به توجه به مزایای آن‌ها، امری طبیعی است و در این راستا، بهتر است عوامل اجرا و نظارت بر ساخت، از ضوابط و استانداردهای مربوطه آگاهی کامل داشته باشند تا مصالح نوین یا سیستم‌های نوین، به نحو صحیح اجرا شده و از ترویج روش‌های غیراصولی در آینده نزدیک، جلوگیری به عمل آید. ضوابط صنعتی‌سازی مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان، کل چرخه حیات ساختمان را شامل می‌شود. هدف اصلی تدوین این مبحث، ارائه ضوابط صنعتی‌سازی ساختمان با رویکرد توسعه پایدار است که در هفت محور اصلی «افزایش ایمنی و بهداشت»، «بهره‌وری منابع»، «افزایش سرعت»، «بهبود کیفیت و دوام»، «پرهیز از آسیب به محیط‌زیست»، «بهبود مصرف انرژی» و «توجه به مطلوبیت و آسایش» پیگیری می‌شود. به منظور دستیابی به محورهای «پرهیز از آسیب به محیط‌زیست» و «بهبود مصرف انرژی» ضوابطی با هدف دستیابی به ساختمان سبز، تحت عنوان «حاملی محیط‌زیست»، قید و تأمین حداقلی از این ضوابط برای ساختمان‌های صنعتی الزامی شده است. در این مقاله شاخص‌های صنعتی‌سازی مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان با محوریت حفاظت از محیط‌زیست بررسی و ارائه می‌گردد.

کلمات کلیدی: شاخص محیط‌زیست، بهبود مصرف انرژی، صنعتی‌سازی، رویکرد توسعه پایدار



۶۷

ماهنامه فنی و مهندسی شمس
شماره ۱۲۶ - زمستان ۱۴۰۳
THE MONTHLY TECHNICAL
ENGINEERING OF SHAMS

۱- مقدمه

پیشرفت بشر در علم، فناوری و توسعه صنعت باعث دگرگونی روند و سبک زندگی شده است. استفاده از دست‌یافته‌های فناوری در صنایع و به ویژه در صنعت ساختمان، همواره مورد توجه بوده است و به دلیل پیشرفت چشم‌گیر علم بشر در دهه‌های اخیر، مصالح و قطعات سازه‌ای و غیرسازه‌ای و حتی سیستم‌های سازه‌ای جدیدی به عرصه صنعت ساختمان وارد شده‌اند که با واژه‌هایی مانند



شیوه اجرای ساختمان در روش سنتی با انتقال مصالح اولیه به کارگاه و ساخت مرحله به مرحله اجزاء مختلف ساختمان صورت می‌گرفت.

صنعتی‌سازی در ساختمان، فرایندی درازمدت است و نیاز به تفکر منسجم و یکپارچه دارد تا تمام عوامل دخیل در طرح، اجرا و نظارت بر اجرای ساختمان، برنامه‌ریزی و مدیریت، آموزش و ترویج نیروهای انسانی و تأمین منابع اقتصادی برای رسیدن به آن تلاش نمایند [۲].

ارزیابی سیستم‌های صنعتی نوین در صنعت ساختمان نسبت به سایر صنایع دارای پیچیدگی‌های بیشتری است. به‌عنوان مثال تطابق سیستم با سایر سیستم‌های متداول یا نوین ساختمان، دسترسی به مواد و مصالح اولیه تولید، رفتار سیستم در زمان بهره‌برداری، دوام سیستم در شرایط آب‌وهوایی مختلف و سایر عوامل مختلف که لازم است با مطالعات عددی و آزمایشگاهی، توسط مراجع معتبر بررسی شده و نتیجه آن برای کارفرمایان، مصرف‌کنندگان و شرکت‌های مشاور مورد استناد قرار گیرد. همچنین لازم است ارزیابی سیستم‌های نوین به دو صورت ارزیابی اولیه و ارزیابی مستمر انجام گیرد تا حفظ مشخصات تولید در محدوده موردنظر و مطابقت آن‌ها با استانداردهای مرتبط محرز گردد. به‌منظور بررسی سیستم‌های نوین ابتدا باید مصادیق صنعتی‌سازی تعیین گردد.

۳- مصادیق صنعتی‌سازی

برخی از مصادیق صنعتی‌سازی ساختمان، مطابق مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان به شرح زیر است [۲]:

(الف) استانداردسازی ابعادی؛

(ب) مدولارسازی معماری؛ سازه و تأسیسات؛

(پ) تدوین روش‌های اجرا در پروژه‌های بزرگ ساختمانی

(ت) استفاده حداکثری از ساخت در کارخانه یا ساخت در فضایی پیش‌بینی شده در کارگاه با تأمین تمهیدات لازم برای پایش مراحل ساخت و عمل‌آوری؛

(ث) حداقل نمودن ساخت در محل احداث ساختمان و پیشینه‌سازی نصب در آن

(ج) حداکثر استفاده از قطعات پیش‌ساخته در حد عضو یا مجموعه‌ای از اعضا

(چ) استفاده از فناوری‌ها و روش‌های ساخت صنعتی با رعایت اصولی نظیر سبک‌سازی، پیش‌ساختگی، عملکرد لریزه‌ای مناسب، حداقل نمودن نیروی انسانی، کاهش دورریز مصالح و قابلیت نصب سریع در کارگاه

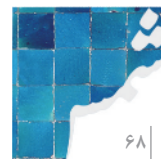
(ح) حذف قالب با استفاده از قالب‌های ماندگار چندمنظوره

(خ) کاهش سطح قالب با یکپارچگی و ساختاری نظیر قالب‌های لغزنده

(د) افزایش سرعت و اصلاح چرخه کاری قالب با یکپارچگی و

مصالح نوین ساختمانی، سیستم‌های سازه‌ای نوین، جداره‌های ساختمانی با استفاده از مصالح نوین، سیستم‌های سقفی نوین ساختمانی و مانند آنها، معرفی می‌گردند و روز به روز به تعداد و انواع آن‌ها افزوده می‌شود. بدیهی است استفاده از مصالح نوین در ساخت قطعات ساختمان، مشخصات ساختمان را دچار تغییر خواهد نمود. مشخصاتی مانند کیفیت ساخت، باربری یا مقاومت مصالح، شکل‌پذیری، وزن، گذردهی حرارت، صوت، رطوبت و بسیاری از مشخصات دیگر که مورد بررسی دانشگاه‌ها، مؤسسات علمی-پژوهشی و شرکت‌ها می‌باشد و نتیجه آن‌ها در قالب آئین‌نامه‌ها و مصوبات در قوانین ساخت‌وساز منعکس می‌گردند.

شیوه اجرای ساختمان در روش سنتی با انتقال مصالح اولیه به کارگاه و ساخت مرحله به مرحله اجزاء مختلف ساختمان صورت می‌گرفت که با پیشرفت صنعت، روش‌های جدیدی تحت عنوان صنعتی‌سازی مطرح گردیده است. در صنعتی‌سازی، سعی بر آن است که بخشی از مراحل ساخت اجزاء ساختمان در کارخانه انجام‌شده و بخشی دیگر در کارگاه اجرا گردد. با تغییر روش اجرای ساختمان از سنتی به صنعتی، تغییر ویژگی‌های سازه مانند زمان ساخت، کیفیت مصالح، هزینه تمام‌شده و نظایر آن‌ها دور از تصور نیست. تأثیر صنعتی‌سازی بر هر یک از عوامل مذکور، ابتدا توسط ابداع‌کنندگان روش‌های صنعتی‌سازی و سپس توسط مراکز تحقیقاتی ملی و بین‌المللی مورد بررسی قرار می‌گیرد. تحقق



برای تعیین معیارهای موردنظر بر اساس عوامل مرتبط با هزینه، سرعت اجرا و زمان‌بندی، گستره کاربرد سیستم و ویژگی‌های فنی آن ایجاد گردیده و بر اساس درجه اهمیت آن‌ها هر یک از معیارها وزن دهی می‌گردد. در مرحله بعد، مستندات معتبر سیستم که حاوی اطلاعاتی برای پاسخگویی به انتظارات فنی - اجرایی است، فهرست معیارهای ارزیابی جمع‌بندی می‌شود. مطابق مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان ضوابط صنعتی سازی، کل چرخه حیات ساختمان را شامل می‌شود. در این مبحث، بر ارائه ضوابط طراحی و اجرای ساختمان‌ها به روش صنعتی تمرکز شده



ضوابط صنعتی‌سازی مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان، کل چرخه حیات ساختمان را شامل می‌شود.

و سازگاری ضوابط ارائه شده با سایر ارکان چرخه حیات ساختمان موردتوجه قرار گرفته است. چرخه حیات ساختمان شامل مراحل «پیش از اجرا»، «اجرا» و «پس از اجرا» است. مرحله پیش از اجرا شامل دو بخش پدیدآوری و طراحی است. اجرا سه بخش تجهیز، تدارک و ساخت را در بر می‌گیرد. پس از اجرا مشتمل بر چهار بخش بهره‌برداری، نگهداری، بازسازی و تخریب است. برای کاهش انرژی مصرفی ساختمان در دوران بهره‌برداری و استفاده از انرژی تجدیدپذیر تا ۸۴ امتیاز در نظر گرفته شده است. به‌عنوان مثال: برای ساختمان‌های متناظر با رده انرژی، EC، EC+، EC++ مطابق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان به ترتیب ۹، ۲۲ و ۵۴ امتیاز در نظر گرفته شده است [۲].

۵- انرژی و صنعتی‌سازی ساختمان

صنعت ساخت‌وساز، مصرف‌کننده مهم منابع طبیعی کره زمین است. بر اساس آمار ارائه شده توسط مؤسسه نظارت جهانی بیش از ۴۰ درصد سنگ و سنگ‌دانه، ۲۵ درصد چوب و ۱۶ درصد آب مصرفی در صنعت ساخت‌وساز استفاده می‌شود از طرف دیگر، ضایعات ساختمانی معمولاً بخش بزرگی از کل زباله را تشکیل می‌دهد. در کشور چین که به‌تنهایی، ۲۹ درصد از زباله‌های شهری دنیا را تولید می‌کند. حدود ۴۰ درصد از این حجم مربوط به زباله‌ها و ضایعات ساختمانی است. این رقم برای حجم زباله‌های

ساختاری نظیر قالب‌های جهنده یا سیستم هیدرولیکی خود بالارونده، قالب تونلی و میز پرده (ذ) انتقال نوآورانه عملیات اجرا از ارتفاع به تراز محوطه به‌منظور تسریع در اجرا، تأمین ایمنی حداکثری و کنترل کیفیت مطلوب؛ به طور نمونه، در اجرای سقف با روش‌های مبتنی بر Lifting همه مراحل قالب‌بندی، آرماتوربندی، بتن‌ریزی و عمل‌آوری دال‌های بتنی در سطح کارگاه انجام می‌شود و از طریق سیستم مکانیزه هیدرولیکی بالا کشیده و در محل خود، نصب می‌شود. (ر) استفاده از قطعات پیش‌ساخته به همراه اتصالات نوآورانه یا

مرسوم (ز) استفاده از بتن خودتراکم و حذف عملیات تراکم بتن در کارگاه (س) استفاده از شبکه‌های آرماتور پیش‌بافته و تسریع در آرماتوربندی (ش) کاربرد پیش‌تیندگی به‌منظور امکان اجرای قطعات جداگانه پیش‌ساخته و صرفه‌جویی در ابعاد قطعات و وزن سازه

۴- ارزیابی سیستم‌های نوین ساختمانی

استفاده از مصالح نوین در ساخت قطعات ساختمان، مشخصات ساختمان را دچار تغییر خواهد نمود. مشخصاتی مانند کیفیت ساخت، باربری یا مقاومت مصالح، شکل‌پذیری، وزن، گذردهی حرارت، صوت، رطوبت و بسیاری از مشخصات دیگر که مورد بررسی دانشگاه‌ها، مؤسسات علمی - پژوهشی و شرکت‌ها هست و نتیجه آن‌ها در قالب آئین‌نامه‌ها و مصوبات در قوانین ساخت‌وساز منعکس می‌گردند [۱]. ارزیابی سیستم‌های صنعتی نوین در صنعت ساختمان نسبت به سایر صنایع دارای پیچیدگی‌های بیشتری است. به‌عنوان مثال تطابق سیستم با سایر سیستم‌های متداول یا نوین ساختمان، دسترسی به مواد و مصالح اولیه تولید، رفتار سیستم در زمان بهره‌برداری، دوام سیستم در شرایط آب‌وهوایی مختلف و سایر عوامل مختلف که لازم است با مطالعات عددی و آزمایشگاهی، توسط مراجع معتبر بررسی شده و نتیجه آن برای کارفرمایان، مصرف‌کنندگان و شرکت‌های مشاور مورد استناد قرار گیرد. همچنین لازم است ارزیابی سیستم‌های نوین به دو صورت ارزیابی اولیه و ارزیابی مستمر انجام گیرد تا حفظ مشخصات تولید در محدوده موردنظر و مطابقت آن‌ها با استانداردهای مرتبط محرز گردد.

در فرایند ارزیابی لازم است ابتدا معیارهای ارزیابی، طرح و مشخص گردند. بدین منظور گروه تخصصی ارزیابی سیستم ساختمانی متشکل از متخصصین در رشته‌های معماری، سازه، تأسیسات مکانیکی و برقی مشخص می‌گردد. فهرست معیارهای ارزیابی



همچنین جایگزین کردن آنها با انرژی‌های پاک حرکت کرد. امروزه موضوع ساختمان سبز و ساخت خانه‌های صفر انرژی از جمله مهم‌ترین موضوعات در صنعت ساختمان است. بر اساس مطالعه انجام شده در کشور عراق در سال ۲۰۱۵ حدود ۴۸ درصد کل انرژی تولیدی در منازل مسکونی مصرف می‌شود که از این میزان، ۶۹ درصد صرف سرمایش و گرمایش منازل می‌شود. طبق نتایج این مطالعه، روش‌های ساخت صنعتی با عایق‌بندی درست می‌تواند تا ۵۴ درصد در کاهش مصرف انرژی مؤثر باشد [۲].

در ارتباط با درجه‌بندی صنعتی‌سازی ساختمان‌ها، مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان، رعایت ضوابط حمایت از محیط‌زیست الزامی بوده و بنا به اهمیت زیاد آن، در یک عنوان جداگانه به این موضوع پرداخته است که صرفه‌جویی انرژی یکی از شاخص‌های مهم حمایت از محیط‌زیست است. در این مبحث امتیازاتی از بابت صرفه‌جویی انرژی در نظر گرفته شده است که مطابق وسعت و نوع پروژه ساختمانی، کسب حداقل امتیازات اجباری است [۲].



ساختمانی در انگلستان، حدود ۲۵ درصد می‌باشد.

تلاش‌های ممکن برای مدیریت زباله را می‌توان در شش دسته کاهش میزان تولید باز مصرف، بازیافت، تبدیل به کمپوست، سوزاندن و دفن کردن تقسیم‌بندی کرد. پیش‌سازی همواره

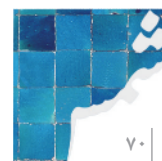


در فصل ۵ مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان ضوابط حمایت از محیط‌زیست در صنعتی‌سازی ساختمان ارائه شده است.

به‌عنوان یکی از روش‌های ساخت پایدار و دوستدار محیط‌زیست شناخته شده است. یکی از مهم‌ترین دلایل این دیدگاه، تأثیر پیش‌سازی در کاهش تولید ضایعات ساختمانی و قابلیت استفاده دوباره و بازیافت مصالح در مراحل اولیه تولید می‌باشد. زیرا، در کارخانه یا هر محیط کنترل‌شده دیگر، مصالح با دقت بالاتر و حجم دقیق‌تر مصرف می‌شود و احتمال خطر از بین رفتن مصالح پای کار به دلیل شرایط بد و نامساعد جوی به حداقل خواهد رسید همچنین، در روش‌های پیشرفته ساخت، میزان تولید ضایعات ساختمانی کاهش قابل‌ملاحظه‌ای می‌یابد.

تحقیقی که در سال ۲۰۰۶ در کشور مالزی انجام شد، نشان می‌دهد که تا ۷۳ درصد از زباله‌های تولید شده در روش‌های صنعتی در محل تولید باز مصرف و بازیافت می‌شود. بر اساس نتایج این تحقیق، منافع حاصل از کاهش تولید زباله و بازیافت آن چیزی در حدود ۲/۵ درصد بودجه پروژه خواهد بود. در سال ۲۰۰۹ در هنگ‌کنگ نیز، روش‌های ساخت سنتی و پیش‌ساخته از منظر تولید نخاله با یکدیگر مقایسه و مشخص شد که استفاده از پیش‌ساختگی میزان تولید زباله‌های ساختمانی را به طور متوسط تا ۵۲ درصد کاهش می‌دهد. تحقیقی مشابه در سال ۲۰۱۲ در مالزی، نشان‌دهنده کاهش تولید زباله در روش‌های ساخت صنعتی تا یک‌سوم حجم زباله تولید شده در روش‌های سنتی بوده است [۲].

بر اساس تخمین مؤسسه نظارت جهانی، سهم ساختمان‌ها از کل مصرف انرژی سالانه در جهان در حدود ۴۰ درصد است با توجه به محدود بودن منابع انرژی فسیلی، آلودگی ناشی از مصرف آنها، تخریب محیط‌زیست و گرم‌شدن تدریجی کره زمین، ضروری است تا حد امکان به سمت کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها و



را برای هر سه نوع پروژه ساختمانی صنعتی (کوچک، متوسط و بزرگ) تامین کرد.

۷- جمع‌بندی

تدوین الزامات شاخص محیط‌زیست و صرفه‌جویی انرژی در صنعتی‌سازی ساختمان در راستای دستیابی به ساختمان سبز بوده و با رعایت این ضوابط امید است گام بلندی در تحقق اهداف توسعه پایدار در بخش صنعتی‌سازی ساختمان برداشت. با توجه به امتیازدهی صورت گرفته در شاخص‌های محیط‌زیست مطابق ملحق ۱۱ مقررات ملی ساختمان، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و ذخیره آن نسبت به تولید انرژی توسط منابع تجدیدپذیر اهمیت زیادی دارد.

در فصل ۵ مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان ضوابط حمایت از محیط‌زیست در صنعتی‌سازی ساختمان ارائه شده است. در جدول شماره ۱ الزامات کسب شاخص حامی محیط‌زیست ارائه شده است.

۶- نتایج و بحث روی نتایج

با رعایت حداقل ضوابط رده انرژی EC و ++EC مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان می‌توان ۲۲ امتیاز از الزامات شاخص محیط‌زیست کسب نمود. با کسب این امتیاز، الزامات عمومی حمایت از محیط‌زیست برای هر سه نوع پروژه ساختمانی صنعتی (کوچک، متوسط و بزرگ) تامین می‌گردد. همچنین فقط به ازای تولید ۴۰ درصد برق مصرفی سالیانه با منابع انرژی تجدیدپذیر می‌توان الزامات مذکور

جدول ۱- الزامات کسب شاخص حامی محیط‌زیست

الزامات کسب شاخص حامی محیط‌زیست			
بند مرتبط	امتیاز	سقف امتیاز	ردیف
الزامات صرفه‌جویی در مصرف آب			
۱-۱-۲-۵-۱۱		۱	۱
۲-۱-۲-۵-۱۱		۱	۲
۳-۱-۲-۵-۱۱		۱۴	۳
الزامات صرفه‌جویی در مصرف انرژی و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر			
۱-۲-۲-۵-۱۱		۲۴	۱
۲-۲-۲-۵-۱۱		۶	۲
۳-۲-۲-۵-۱۱		۵۴	۳
---		۱۰۰	مجموع امتیازات

حداقل امتیاز کسب‌شده برای پروژه ساختمانی کوچک ۱۰ و برای پروژه ساختمانی متوسط و بزرگ ۱۵ است [۲].

۸- مراجع

- [۱] محسن گرامی، «راهنمای نظارت و اجرای فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان»، ۱۳۹۵
- [۲] مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی، مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان، «طرح و اجرای صنعتی ساختمان‌ها»، ویرایش سوم، ۱۴۰۱
- [۳] مهدی عسگری، محسن گرامی، «شاخص‌های مهم در ارزیابی فناوری‌های نوین»، سومین همایش ملی فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان، مشهد شهریور ۱۳۹۳.
- [۴] حسن مهدی‌زاده، محسن گرامی، نوید باقریان مرندی «فرصت آفرینی، غلبه بر چالش‌ها و جهش تولید صنعتی ساختمان با رویکرد تلفیقی مدیریت ریسک ارزش محور»، دوازدهمین همایش بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی، ۲۱ تا ۲۳ تیر ۱۴۰۰

