

بررسی نقش کنترل نقشه‌ها و نظارت فنی شهرداری در بهبود ایمنی سازه‌های فولادی در بافت

شهری

احمد صفدری^{۱*}، امید سالمی^۲، حسن عاشوری^۳

۱- کارشناسی عمران - ساختمان سازی، علمی کاربردی شهرداری های استان بوشهر. (کارشناس استعلامات - شهرداری بندر بوشهر).

۲- کارشناسی ارشد رشته عمران و سازه، دانشگاه لیان. (مسئول حفاری - شهرداری بندر بوشهر)

۳- کارشناسی ارشد عمران - سازه، دانشگاه خلیج فارس. (رئیس اداره عمران - شهرداری بوشهر)

چکیده:

توسعه شتابان شهرنشینی در دهه‌های اخیر، همراه با افزایش ساخت‌وسازهای بلندمرتبه و کاربری‌های حساس، موجب گسترش استفاده از سازه‌های فولادی در بافت‌های شهری ایران شده است. این نوع سازه‌ها به دلیل مزایایی نظیر مقاومت بالا، سرعت اجرا و انعطاف‌پذیری معماری، جایگاه ویژه‌ای در پروژه‌های شهری یافته‌اند؛ با این حال، حساسیت بالای آن‌ها به دقت طراحی و کیفیت اجرا سبب شده است که نقش نهادهای ناظر، به‌ویژه شهرداری‌ها، در تضمین ایمنی سازه‌ای بیش از پیش برجسته شود. در این میان، کنترل نقشه‌ها و نظارت فنی شهرداری به عنوان دو بازوی اصلی حاکمیتی، نقشی تعیین‌کننده در پیشگیری از ریسک‌های سازه‌ای و کاهش خسارات جانی و مالی دارند. هدف اصلی این مقاله، بررسی نظام‌مند نقش کنترل نقشه‌ها و نظارت فنی شهرداری در بهبود ایمنی سازه‌های فولادی در بافت شهری و تبیین پیوند میان این دو فرآیند نظارتی با کاهش تخلفات ساختمانی و ارتقای عملکرد لرزه‌ای سازه‌ها است. روش پژوهش مبتنی بر مرور نظام‌مند منابع علمی منتخب بوده است. این مطالعات با تمرکز بر مفاهیمی چون ایمنی سازه‌ای، کنترل نقشه‌ها، نظارت اجرایی، تخلفات ساختمانی، پدافند غیرعامل و حکمروایی شهری بررسی شده‌اند و داده‌ها به‌صورت تحلیلی و تطبیقی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که ضعف در کنترل تخصصی نقشه‌های سازه‌های فولادی، به‌ویژه در جزئیات اتصالات و الزامات لرزه‌ای، بستر ورود ریسک‌های پنهان به پروژه را فراهم می‌کند و نظارت فنی صرف در مرحله اجرا قادر به جبران کامل این کاستی‌ها نیست. همچنین، ناکارآمدی نظارت میدانی، مهم‌ترین عامل بروز تخلفات سازه‌ای و کاهش ایمنی واقعی سازه‌ها در بافت شهری شناخته شد. در نتیجه، تقویت تخصص‌گرایی در کنترل نقشه‌ها، ارتقای نظارت فنی مبتنی بر مستندات و فناوری‌های نوین، و اعمال قاطع قوانین در برخورد با تخلفات، به عنوان الزامات اساسی برای افزایش ایمنی و تاب‌آوری سازه‌های فولادی در مدیریت شهری پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: ایمنی سازه‌ای، کنترل نقشه‌ها، نظارت فنی، تخلفات ساختمانی، سازه‌های فولادی

مقدمه

توسعه سریع شهرنشینی و نیاز مبرم به تأمین زیرساخت‌های مقاوم، به‌ویژه سازه‌های بلندمرتبه و سازه‌هایی با کاربری‌های حساس، استفاده از سیستم‌های سازه‌ای پیشرفته مانند سازه‌های فولادی را در بافت شهری ایران اجتناب‌ناپذیر ساخته است. سازه‌های فولادی، با برخورداری از مزایایی نظیر نسبت مقاومت به وزن بالا، قابلیت اجرا در مدت زمان کوتاه‌تر و انعطاف‌پذیری در معماری، به گزینه‌ای مطلوب تبدیل شده‌اند؛ با این حال، وابستگی شدید کیفیت نهایی سازه به دقت در طراحی اتصالات، کنترل کیفیت مصالح و اجرای دقیق جزئیات فنی، آن‌ها را در برابر خطاهای اجرایی بسیار آسیب‌پذیر می‌سازد (نادری و حسن‌پور، ۲۰۲۲). در این میان، نهاد شهرداری به عنوان متولی اصلی صدور پروانه، کنترل انطباق نقشه‌ها و نظارت بر اجرای صحیح مقررات ملی ساختمان، نقشی محوری در تضمین ایمنی عمومی ایفا می‌کند. عدم کفایت در یکی از این دو بازوی نظارتی، یعنی کنترل نقشه‌ها و نظارت فنی حین اجرا، می‌تواند مسیر اجرای یک پروژه را از مسیر ایمنی و انطباق خارج کرده و عواقب جبران‌ناپذیری را به همراه داشته باشد (امیرکاردوست و همکاران، ۲۰۲۴). بررسی این نقش‌ها از منظر حکمروایی شهری و مدیریت پروژه‌های عمرانی، ابعاد جدیدی از مسئولیت‌های قانونی و اجتماعی شهرداری‌ها را نمایان می‌سازد که نیازمند بازنگری‌های مستمر در ساختارهای اداری و فنی است.

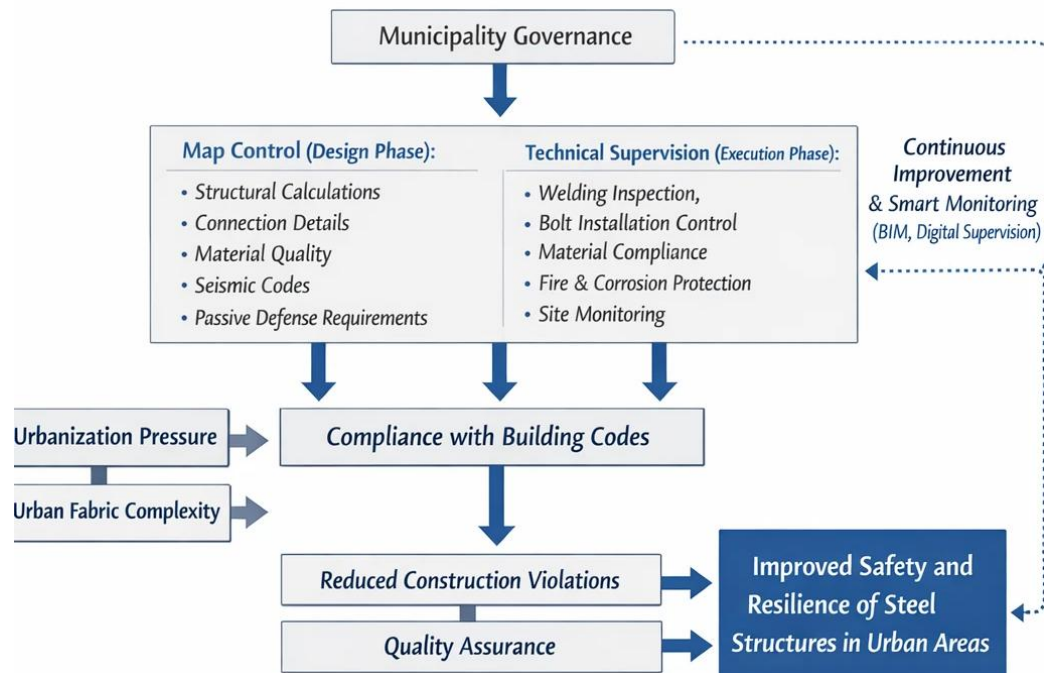
پیچیدگی‌های ذاتی طراحی سازه‌های فولادی، به‌ویژه در مناطقی با ریسک لرزه‌ای بالا، ایجاب می‌کند که تیم کنترل نقشه‌ها در شهرداری، فراتر از یک بررسی انطباق شکلی، به ارزیابی عمیق سازگاری فنی و اقتصادی طرح با آیین‌نامه‌های لرزه‌ای بپردازد (رستم‌پیشه و همکاران، ۲۰۲۳). این امر شامل تأیید پارامترهای طراحی، انتخاب مقاطع مناسب، و به‌ویژه صحت‌سنجی جزئیات حیاتی مانند اتصالات پیچ و مهره‌ای و جوشی است که ضعف در آن‌ها می‌تواند منجر به شکست‌های پیش‌هنگام و ناگهانی شود. نادیده گرفتن این نکات در مرحله کنترل نقشه‌ها، بار نظارتی را به طور تصاعدی در مرحله اجرا افزایش می‌دهد، جایی که اصلاح اشتباهات طراحی بسیار پرهزینه و گاهی ناممکن خواهد بود (محمدی ده چشمه و پرویزیان، ۲۰۲۴). این مقدمه بر این نکته تأکید دارد که فرآیند کنترل نقشه‌ها، اولین خط دفاعی در برابر ریسک‌های سازه‌ای است و هرگونه سهل‌انگاری در این مرحله، امنیت جان شهروندان را به خطر می‌اندازد.

نظارت فنی شهرداری در طول فرآیند اجرا، مکمل ضروری کنترل نقشه‌ها است و اطمینان حاصل می‌کند که آنچه در اسناد مهندسی تأیید شده است، به صورت فیزیکی و با کیفیت مطلوب در محل پروژه پیاده‌سازی می‌شود (صادقی‌اذر، ۲۰۲۲). در سازه‌های فولادی، کیفیت ساخت و نصب، به‌ویژه در کارگاه‌های ساخت قطعات و سپس در محل پروژه، از اهمیت بالایی برخوردار است؛ عواملی نظیر بازرسی جوش‌ها، کنترل دقیق نصب پیچ‌ها، و اطمینان از محافظت‌های حرارتی و ضدخوردگی، مستقیماً بر عملکرد بلندمدت و ایمنی سازه تأثیرگذارند (باستانی و همکاران، ۲۰۱۹). با وجود اهمیت این نظارت، تحقیقات نشان داده‌اند که محدودیت‌های منابع، دانش فنی ناکافی برخی ناظران، و فشارهای زمانی پیمانکاران، اغلب منجر به نظارت‌های سطحی و تمرکز صرف بر موارد قابل مشاهده و مستندسازی شده می‌شود، در حالی که جزئیات فنی بحرانی نادیده گرفته می‌شوند (رستمی و نادربیگی، ۲۰۲۲). در بافت شهری، موضوع بافت‌های فرسوده و لزوم مقاوم‌سازی سازه‌های موجود در مجاورت ساخت‌وسازهای جدید فولادی، یک لایه پیچیدگی مضاعف را به نقش شهرداری اضافه می‌کند. فعالیت‌های عمرانی مجاور، نظیر عملیات گودبرداری و اجرای فونداسیون برای سازه‌های جدید، می‌تواند پایداری سازه‌های قدیمی‌تر را تهدید کند و این امر نیازمند دقت مضاعف در کنترل نقشه‌ها و نظارت بر روش‌های اجرای سازه نگهبان و گودبرداری است (عظیمی و همکاران، ۲۰۱۴). عدم توجه به اثرات متقابل سازه‌ای در محیط شهری متراکم، می‌تواند منجر به رخداد حوادثی شود که فراتر از محدودیت‌های فنی صرف، ابعاد اجتماعی و اقتصادی گسترده‌ای را به دنبال دارد. این تعامل پیچیده بین ساخت‌وساز

جدید و محیط موجود، نقش شهرداری را از یک نهاد صرفاً صدور مجوز به یک عامل فعال در مدیریت ریسک محیطی ارتقا می‌دهد.

علاوه بر ملاحظات ایمنی سازه‌ای صرف، ابعاد پدافند غیرعامل نیز در طراحی و اجرای سازه‌های فولادی، به‌خصوص در سازه‌های با اهمیت بالا، اهمیت یافته است (بابایی فر، ۲۰۲۳). سازه‌های فولادی به دلیل ویژگی‌های خاص خود در برابر حملات خارجی یا حوادث غیرمترقبه، نیازمند الزامات طراحی ویژه‌ای هستند که باید در مرحله کنترل نقشه‌ها لحاظ شده و در مرحله نظارت، اجرای دقیق آن‌ها پایش شود. شهرداری‌ها به عنوان متولیان نظم‌بخشی به ساخت‌وساز، باید تضمین کنند که ملاحظات پدافند غیرعامل، نه به صورت شعاری، بلکه به عنوان الزامات فنی تفکیک‌ناپذیر در طراحی سازه فولادی لحاظ گردند (حسین آبروشن، ۲۰۲۳). این موضوع نشان می‌دهد که حوزه فعالیت نظارتی شهرداری فراتر از ایمنی در برابر بار مرده، زنده و لرزه است و شامل تاب‌آوری سازه در برابر تهدیدات سطح کلان نیز می‌شود.

یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در هر دو حوزه کنترل نقشه‌ها و نظارت فنی، مسئله تخلفات ساختمانی است که به طور مستقیم بر کیفیت و ایمنی سازه فولادی تأثیر می‌گذارد. تغییر در نقشه‌ها پس از اخذ پروانه، استفاده از مقاطع فولادی با کیفیت پایین‌تر یا کمتر از حد طراحی، و حذف یا تغییر جوش‌های تعیین‌شده، نمونه‌هایی از تخلفاتی هستند که اغلب به دلیل نظارت ناکافی رخ می‌دهند (شاهیوندی و طالبی‌ورنوسفادرانی، ۲۰۲۵). این تخلفات، زنجیره ایمنی را از مبدأ طراحی تا انتها به شدت تضعیف می‌کنند و نیازمند تدوین سازوکارهای بازدارنده قوی‌تر در سیستم‌های نظارتی شهرداری هستند. عدم برخورد قاطع و به‌موقع با تخلفات، خود به عاملی برای ترویج فرهنگ ساخت‌وساز غیرمجاز و کاهش اعتبار نهاد نظارتی تبدیل می‌شود. در نهایت، حکمروایی شهری کارآمد در بخش ساخت‌وساز، مستلزم یکپارچگی اطلاعاتی و شفافیت در فرآیندهای صدور پروانه و نظارت است (نوذری و همکاران، ۲۰۲۲). فقدان یکپارچگی بین نقشه‌برداران، طراحان، مجریان، ناظران مقیم و تیم‌های بازرسی شهرداری، یکی از موانع اصلی در اجرای مؤثر کنترل نقشه‌ها و نظارت فنی است. ارتقاء این حکمروایی مستلزم به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و پایش الکترونیکی پروژه‌ها است تا امکان ردیابی مستمر وضعیت انطباق سازه‌های فولادی با الزامات فنی فراهم آید و نقش شهرداری به سمت نظارت پیشگیرانه سوق یابد (غنیمی و همکاران، ۲۰۲۳). این تحول، سنگ بنای بهبود مستمر در ایمنی سازه‌های فولادی در بافت‌های شهری محسوب می‌شود.



شکل ۱. مدل مفهومی نقش کنترل نقشه‌ها و نظارت فنی شهرداری در بهبود ایمنی و تاب‌آوری سازه‌های فولادی در بافت شهری

مدل مفهومی ارائه‌شده در شکل ۱ چارچوب تحلیلی این پژوهش را برای تبیین نقش شهرداری در ارتقای ایمنی سازه‌های فولادی نشان می‌دهد. در این مدل، حکمروایی شهرداری به‌عنوان بستر بالادست، دو بازوی اصلی کنترل نقشه‌ها در فاز طراحی و نظارت فنی در فاز اجرا را هدایت می‌کند. کنترل نقشه‌ها شامل بررسی محاسبات سازه‌ای، جزئیات اتصالات، کیفیت مصالح، انطباق با آیین‌نامه‌های لرزه‌ای و الزامات پدافند غیرعامل است، در حالی که نظارت فنی با تمرکز بر بازرسی جوش، کنترل نصب پیچ‌ها، انطباق مصالح مصرفی، حفاظت در برابر حریق و خوردگی و پایش میدانی اجرا، تحقق عملی الزامات طراحی را تضمین می‌نماید. برآیند این دو فرآیند منجر به افزایش انطباق با مقررات ملی ساختمان می‌شود که خود تحت تأثیر فشار شهرنشینی و پیچیدگی بافت شهری قرار دارد. در ادامه، ارتقای انطباق قانونی سبب کاهش تخلفات ساختمانی و بهبود تضمین کیفیت اجرا شده و در نهایت به افزایش ایمنی و تاب‌آوری سازه‌های فولادی در مناطق شهری می‌انجامد. همچنین، وجود حلقه بازخورد مبتنی بر بهبود مستمر و نظارت هوشمند، نقش فناوری‌هایی مانند BIM و پایش دیجیتال را در تقویت اثربخشی نظام نظارتی شهرداری برجسته می‌سازد.

۲. مبانی نظری ایمنی سازه‌های فولادی در بافت شهری

ایمنی سازه‌های فولادی در محیط شهری متراکم، یک مفهوم چندوجهی است که فراتر از دستیابی به مقاومت نهایی در برابر بارهای مشخص‌شده در آیین‌نامه‌ها تعریف می‌شود؛ بلکه شامل عملکرد مناسب سازه تحت بارهای متداول، بارهای حدی و به‌ویژه در شرایط بحرانی مانند زلزله‌های بزرگ است (نادری و حسن‌پور، ۲۰۲۲). ویژگی بارز سازه‌های فولادی، انعطاف‌پذیری آن‌ها و قابلیت جذب انرژی از طریق تغییر شکل‌های پلاستیک است، مشروط بر اینکه اتصالات به گونه‌ای طراحی و اجرا شوند

که پیش از اعضای اصلی دچار شکست نشوند. این اصل طراحی، که مبتنی بر مفهوم "توالی شکست" است، اساساً متکی بر اجرای دقیق نقشه‌های تفصیلی مصوب است؛ بنابراین، هرگونه انحراف از جزئیات اتصالات در مرحله اجرا، می‌تواند این توالی طراحی شده را مختل کرده و منجر به رفتاری غیرقابل پیش‌بینی و خطرناک در شرایط بارگذاری شدید شود (صادقی‌اذر، ۲۰۲۲). نقش شهرداری در اینجا، تضمین اجرای دقیق این جزئیات حیاتی است.

مقاومت در برابر بارهای لرزه‌ای یکی از مهم‌ترین جنبه‌های ایمنی سازه‌های فولادی در بافت شهری ایران است که ذاتاً در مناطق فعال لرزه‌خیز واقع شده است. آیین‌نامه‌های لرزه‌ای مبتنی بر رویکرد عملکرد (Performance-Based Design) نیازمند درک عمیقی از رفتار غیرخطی سازه هستند که این درک باید توسط تیم‌های کنترلی شهرداری نیز مورد پذیرش و تأیید قرار گیرد (رستم‌پیشه و همکاران، ۲۰۲۳). در سازه‌های فولادی، تحقق عملکرد مورد نظر (مثلاً عدم آسیب‌پذیری جدی در زلزله‌های متناوب) وابسته به انتخاب صحیح ضرایب رفتار لرزه‌ای و همچنین اعمال صحیح مهاربندی‌های جانبی و دیافراگم‌های صلب است که همه این موارد باید در کنترل نقشه‌ها به دقت بررسی شوند. هرگونه دستکاری در هندسه سازه یا کاهش تعداد مهاربندها در حین اجرا، می‌تواند عملکرد لرزه‌ای مورد انتظار را به شدت کاهش دهد (محمدی ده چشمه و پرویزیان، ۲۰۲۴).

اثرگذاری بر بافت فرسوده و سازه‌های مجاور، بُعد دیگری از ایمنی سازه‌های فولادی در محیط شهری را شکل می‌دهد که نیازمند توجه ویژه نهاد نظارتی است (عظیمی و همکاران، ۲۰۱۴). اجرای فونداسیون سازه جدید فولادی باید با در نظر گرفتن اثرات نشست تفاضلی بر سازه‌های همسایه، به‌خصوص در خاک‌های ناپایدار، انجام شود. در این راستا، الزامات مربوط به فاصله ایمنی، روش‌های اجرای گودبرداری (مانند نیلینگ یا دیواره‌های دیافراگمی) و پایش مستمر نشست سازه‌های مجاور، باید جزء لاینفک نظارت فنی شهرداری باشد (باستانی و همکاران، ۲۰۱۹). نادیده گرفتن این ملاحظات می‌تواند منجر به خسارت‌های جبران‌ناپذیر در سازه‌های قدیمی و ایجاد ناامنی در کل پهنه شهری شود، حتی اگر سازه فولادی جدید به تنهایی از نظر فنی صحیح طراحی شده باشد. موضوع کیفیت ساخت‌وساز و کنترل کیفیت مصالح فولادی، ارتباط مستقیمی با اثربخشی طراحی دارد. در سازه‌های فولادی، کیفیت جوش‌ها و پیچ‌ها نقشی تعیین‌کننده در انتقال صحیح نیروها ایفا می‌کنند (رستمی و نادریبگی، ۲۰۲۲). کنترل‌های متداول شهرداری‌ها اغلب بر ابعاد کلی سازه متمرکز هستند، اما نفوذ به جزئیات فنی مانند بازرسی جوش‌های غیرمخرب (NDT) یا تأیید گواهی‌نامه‌های مواد اولیه، نیازمند تخصص و ابزارهای ویژه‌ای است که ممکن است در اختیار بازرسان عمومی شهرداری نباشد. این شکاف دانشی و عملیاتی، زمینه را برای استفاده از مصالح تقلبی یا اجرای جوش‌های ضعیف فراهم می‌آورد که ایمنی سازه را در طول عمر مفید آن به مخاطره می‌اندازد (گنج‌های و همکاران، ۲۰۱۳).

پدافند غیرعامل، چارچوبی است که ایمنی سازه‌ها را در برابر تهدیدات هدفمند و غیرعمدی گسترش می‌دهد و بر سازه‌های فولادی که به دلیل ماهیتشان در زیرساخت‌های حیاتی نقش دارند، تأثیر مستقیم می‌گذارد (بابایی‌فر، ۲۰۲۳). کنترل نقشه‌ها باید شامل تأیید ملاحظات باشد که افزایش قابلیت بقای سازه در برابر انفجار، حریق‌های شدید یا حملات سایبری (در صورت لزوم برای زیرساخت‌ها) را تضمین کند (حسین‌آبروشن، ۲۰۲۳). نظارت فنی موظف است اجرای سیستم‌های محافظت در برابر حریق و همچنین سیستم‌های کنترل دسترسی و پایش محیطی را که بخشی از الزامات پدافند غیرعامل هستند، به دقت پایش نماید. عدم توجه به این ابعاد، ایمنی سازه را تنها در شرایط بارگذاری عادی تضمین می‌کند و نه در شرایط بحرانی پیش‌بینی نشده. تخلفات ساختمانی، اغلب به صورت گسسته و در مراحل مختلف پروژه ظاهر می‌شوند و نتیجه مستقیم ضعف در نظارت مستمر هستند (شاهیوندی و طالبی‌ورنوسفادارانی، ۲۰۲۵). در سازه‌های فولادی، شایع‌ترین تخلفات شامل کاهش

ابعاد مقاطع، تغییر تعداد یا محل پیچ‌ها، و استفاده از پوشش‌های ضعیف‌تر در برابر خوردگی و حریق است. این تغییرات اغلب بدون اطلاع شهرداری صورت می‌گیرد و در بازدیدهای سرزده یا پایان کار به سختی قابل تشخیص هستند (نوذری و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین، مبانی نظری حکم می‌کند که نظارت فنی باید به سمت نظارت بر مستندات اجرایی و ردیابی مصالح سوق یابد تا امکان وقوع این تغییرات غیرمجاز به حداقل برسد و نقش شهرداری در پیشگیری از تخلف نهادینه شود.

حکمروایی شهری در زمینه ساخت‌وسازهای فولادی، نیازمند شفافیت و پاسخگویی در تمامی مراحل است (نوذری و همکاران، ۲۰۲۲). این شفافیت، کنترل‌های داخلی شهرداری را تقویت کرده و امکان مشارکت مؤثر مهندسان ذی‌صلاح مستقل را فراهم می‌آورد. زمانی که فرآیندهای کنترل نقشه‌ها مبتنی بر نرم‌افزارهای تأیید شده و مبتنی بر آخرین استانداردهای ملی باشند (مانند مباحث مقررات ملی در خصوص طراحی لرزه‌ای)، و زمانی که نظارت فنی بر اساس چک‌لیست‌های مشخص و قابل اثبات انجام پذیرد، کارایی کلی سیستم ایمنی سازه‌ای ارتقا می‌یابد (غنیمی و همکاران، ۲۰۲۳). این امر نیازمند سرمایه‌گذاری در توسعه ظرفیت‌های فنی پرسنل شهرداری و به‌روزرسانی مداوم زیرساخت‌های فرآیندی است.

۳. جایگاه کنترل نقشه‌ها در کاهش ریسک سازه‌ای

کنترل نقشه‌ها در شهرداری، نه یک مرحله اداری صرف، بلکه اولین و مهم‌ترین نقطه اهرم برای اعمال کنترل کیفی و ایمنی بر طرح‌های پیشنهادی سازه‌های فولادی است (محمدی ده چشمه و پرویزیان، ۲۰۲۴). ماهیت سازه‌های فولادی که مستلزم هماهنگی دقیق بین طراحی سازه، معماری، تأسیسات مکانیکی و الکتریکی است، ایجاب می‌کند که کنترل نقشه‌ها، رویکردی فرارشته‌ای داشته باشد. در این میان، هسته اصلی کنترل، بررسی انطباق طرح سازه با بارهای وارده، به‌ویژه بارهای لرزه‌ای و تعیین صحیح رفتار سازه در محدوده الاستیک و غیرالاستیک است (رستم‌پیشه و همکاران، ۲۰۲۳). نقص در این مرحله، به‌ویژه در حوزه سازه‌های فولادی که حساسیت زیادی به تغییرات جزئی در اتصالات دارند، می‌تواند ریسک‌های نهفته‌ای را به سازه تحمیل کند که در حین اجرا قابل شناسایی نباشند.

بررسی دقیق محاسبات سازه‌ای برای تأیید کفایت مقاطع انتخاب‌شده در برابر نیروهای محوری، برشی و خمشی، بخش جدایی‌ناپذیر کنترل نقشه‌ها است (صادقی‌اذر، ۲۰۲۲). در سازه‌های فولادی، این کنترل شامل تأیید ضوابط مربوط به کمناش موضعی و کلی اعضا، و همچنین ضوابط مربوط به اتصالات است که اهمیت حیاتی دارند. اتصالات، نقاط تمرکز تنش بوده و شکست در آن‌ها می‌تواند منجر به گسیختگی ناگهانی عضو یا کل قاب شود؛ لذا، کنترل نقشه‌های اتصالات (شامل جزئیات جوش و تعداد و چیدمان پیچ‌ها) باید با دقت بسیار بالایی انجام پذیرد (نادری و حسن‌پور، ۲۰۲۲). ضعف در این بخش از کنترل، زمینه را برای اجرای اتصالات ضعیف‌تر در محل فراهم می‌آورد که در نهایت منجر به کاهش چشمگیر ایمنی سازه در برابر زلزله می‌شود. نقش کنترل نقشه‌ها در مدیریت ریسک‌های ناشی از بافت شهری و مجاورت با سازه‌های موجود، بسیار حیاتی است (عظیمی و همکاران، ۲۰۱۴). تحلیل اثرات متقابل سازه‌ای (Pounding Effect) و همچنین اطمینان از کافی بودن ظرفیت باربری سازه نگهبان در زمان گودبرداری مجاور، نیازمند شبیه‌سازی‌های دقیق و تأیید پارامترهای خاکی مناسب در نقشه‌های سازه فولادی جدید است (باستانی و همکاران، ۲۰۱۹). اگر کنترل نقشه‌ها تنها بر مطابقت با کدهای عمومی تمرکز کند و ملاحظات خاص سایت و محیط پیرامون را نادیده بگیرد، ریسک آسیب به زیرساخت‌های شهری به شدت افزایش می‌یابد. این امر نشان‌دهنده نیاز به ارتقای سطح دانش فنی کنترل‌کنندگان در مورد ژئوتکنیک و اندرکنش سازه-خاک است.

یکی از پیشرفت‌های مهم در کنترل نقشه‌ها، استفاده از روش‌های نوین مدل‌سازی است که کنترل نرم‌افزاری را ممکن می‌سازد (غنی‌می و همکاران، ۲۰۲۳). استفاده از مدل‌های سه‌بعدی اطلاعات ساختمان (BIM) در فرایند کنترل نقشه‌ها، امکان تشخیص تداخلات میان سیستم‌های سازه‌ای و تأسیساتی را پیش از شروع اجرا فراهم می‌آورد که این امر در سازه‌های فولادی به دلیل پیچیدگی مسیر کابل‌ها و داکت‌ها از اهمیت مضاعفی برخوردار است. تأیید مدل اطلاعاتی سازه فولادی توسط شهرداری، می‌تواند به صورت خودکار، انطباق با الزامات مقاومت در برابر حریق و پدافند غیرعامل را نیز به صورت ابتدایی بررسی کند (حسین آبروشن، ۲۰۲۳). کنترل نقشه‌های مربوط به کیفیت مصالح، به‌ویژه فولاد مصرفی، نقشی اساسی در اطمینان از دستیابی به مقاومت اسمی طرح دارد (رستمی و نادرپیگی، ۲۰۲۲). طراحان بر اساس مشخصات فولاد تولیدی کارخانه‌های مجاز، مشخصات مقطع را تعیین می‌کنند؛ با این حال، کنترل نقشه‌ها باید شامل بررسی تأییدیه استاندارد مواد (Mill Test Certificates) و اطمینان از تطابق آن‌ها با مشخصات طراحی باشد. عدم وجود یک روبه سخت‌گیرانه در این زمینه، به سادگی امکان جایگزینی فولاد با مشخصات پایین‌تر در طول اجرا را فراهم می‌آورد که این امر، ریسک شکست ناشی از کاهش مقاومت اسمی را به شدت افزایش می‌دهد (محمدی ده چشمه و پرویزیان، ۲۰۲۴).

علاوه بر مسائل فنی، کنترل نقشه‌ها باید به سازگاری طرح با الزامات شهرسازی و مقررات مربوط به کاربری نیز بپردازد که با ایمنی سازه در ارتباط است؛ برای مثال، محدودیت‌های مربوط به دسترسی آتش‌نشانی یا مسیرهای تخلیه اضطراری که مستقیماً بر انتخاب سیستم مقاوم‌سازی در برابر حریق در سازه‌های فولادی تأثیر می‌گذارد (بابایی‌فر، ۲۰۲۳). همچنین، در پروژه‌های بزرگ مقیاس یا سازه‌های با اهمیت بالا، کنترل نقشه‌ها باید تضمین کند که الزامات مربوط به قابلیت دسترسی در زمان بحران (پدافند غیرعامل) از منظر سازه‌ای لحاظ شده‌اند (حسین آبروشن، ۲۰۲۳). این رویکرد جامع، نقش کنترل نقشه‌ها را از یک وظیفه فنی به یک وظیفه حاکمیتی گسترش می‌دهد.

مسئله مهم دیگر در کنترل نقشه‌ها، پیشگیری از بروز تخلفات آتی است. طرح‌های دقیق، شفاف و فاقد ابهام، کمتر مورد دستکاری قرار می‌گیرند (شاهیوندی و طالبی‌ورنوسفادرانی، ۲۰۲۵). زمانی که نقشه‌ها به صورت غیردقیق یا با اطلاعات ناقص ارائه شوند، مجریان و پیمانکاران فضای لازم برای تفسیر به نفع کاهش هزینه و زمان (که اغلب به قیمت کاهش کیفیت تمام می‌شود) را پیدا می‌کنند. لذا، کنترل نقشه‌ها باید بر مبنای ارائه جزئیات کامل فنی، به‌ویژه جزئیات اتصالات و نقشه‌های کارگاهی، اعمال شود تا ابهام مهندسی به حداقل برسد (نوذری و همکاران، ۲۰۲۲). در نهایت، نقش کنترل نقشه‌ها در فرآیند مدیریت پروژه‌های عمرانی شهرداری، ایجاد یک مبنای مستند و غیرقابل تغییر برای نظارت‌های بعدی است (گنجه‌ای و همکاران، ۲۰۱۳). نقشه‌های تأییدشده، معیار سنجش عملکرد ناظر فنی در مراحل بعدی پروژه خواهند بود. اگر کنترل نقشه‌ها ضعیف باشد، ناظر فنی در مراحل اجرا عملاً فاقد مرجع استاندارد و قابل استناد برای مقابله با انحرافات احتمالی از سوی پیمانکار خواهد بود و این امر مستقیماً به کاهش کیفیت ساخت‌وساز و افزایش ریسک سازه‌ای منجر می‌شود (نادری و حسن‌پور، ۲۰۲۲).

۴. نقش نظارت فنی شهرداری در فرآیند اجرا

نظارت فنی شهرداری در فاز اجرا، حلقه اتصال میان طراحی تئوریک تأییدشده و واقعیت فیزیکی سازه فولادی در محل پروژه است و نقشی تعیین‌کننده در ترجمه موفقیت‌آمیز نقشه‌ها به یک سازه ایمن ایفا می‌کند (صادقی‌ادر، ۲۰۲۲). این نظارت باید به صورت مستمر، دقیق و مبتنی بر مستندات کیفی مواد و روش‌های اجرایی باشد، به‌ویژه در پروژه‌هایی که از سیستم سازه‌ای فولادی بهره می‌برند (باستانی و همکاران، ۲۰۱۹). عملکرد ناکافی ناظران در این مرحله، به‌ویژه در مواردی که تخلفات اجرایی

جزئی ولی حیاتی در اتصالات و اتصالات جوشی رخ می دهد، می تواند تمامی زحمات مرحله طراحی و کنترل نقشه ها را بی اثر سازد (رستمی و نادری، ۲۰۲۲).

یکی از محورهای اصلی نظارت فنی در سازه های فولادی، پایش کیفیت جوشکاری و اتصالات پیچ و مهره ای است (نادری و حسن پور، ۲۰۲۲). جوش ها به عنوان اتصالات دائمی، نیازمند بازرسی های غیرمخرب (NDT) هستند که باید توسط ناظران مورد تأیید شهرداری مشاهده یا مستندات آن دریافت گردد. نفوذ به فرایند کارگاهی، شامل تأیید صلاحیت جوشکاران و بازرسان جوش، و همچنین تأیید تست های کشش و خمش نمونه های جوش (در صورت لزوم)، مستلزم حضور فعال ناظر است (محمدی ده چشمه و پرویزیان، ۲۰۲۴). اغلب در پروژه های با حجم بالا، این فرآیندها به صورت نمایشی انجام شده و تنها به اخذ تأییدیه های صوری اکتفا می شود که این امر، کیفیت نهایی سازه را به طور جدی تهدید می کند (گنجه ای و همکاران، ۲۰۱۳). نظارت بر اجرای صحیح جزئیات اتصال در سازه های فولادی، از جمله نصب پیچ ها با گشتاور و نیروی کششی مورد نیاز، و همچنین کنترل دقیق نصب مهاربندها و دیافراگم های سقف، اهمیت ویژه ای دارد (رستم پیشه و همکاران، ۲۰۲۳). در سازه هایی که به دلیل محدودیت فضایی در بافت شهری، از اتصالات با ظرفیت بالا استفاده می شود، کوچک ترین خطای اجرایی در نصب پیچ ها می تواند منجر به کاهش قابل ملاحظه ای در مقاومت لرزه ای کل قاب گردد. این خطاها اغلب زمانی رخ می دهند که ناظر به دلیل مشغله یا عدم تخصص کافی، بر نصب جزئیات تمرکز نمی کند و تنها بر تطابق ابعاد کلی تمرکز می نماید (غنیمی و همکاران، ۲۰۲۳).

ملاحظات مربوط به مقاومت در برابر آتش و خوردگی، بخش دیگری از وظایف نظارت فنی است که غالباً در سازه های فولادی نادیده گرفته می شود (بابایی فر، ۲۰۲۳). پوشش های ضدحریق باید پس از نصب کامل اعضا و قبل از اتمام عملیات نازک کاری اعمال شوند و ناظر موظف است ضخامت و نوع پوشش اعمال شده را بر اساس مشخصات تأیید شده در مرحله کنترل نقشه ها تأیید کند (حسین آبروشن، ۲۰۲۳). همچنین، کنترل پوشش های ضدخوردگی در سازه های فولادی که در معرض رطوبت یا محیط های خورنده شهری قرار دارند، برای تضمین طول عمر مفید سازه ضروری است و نیازمند نظارت دقیق در مراحل مختلف اجرا است. نظارت فنی در مواجهه با تخلفات ساختمانی، نقش بازدارنده و اصلاحی خود را اعمال می کند (شاهیوندی و طالبی ورنوسفادرا، ۲۰۲۵). زمانی که پیمانکار اقدام به تغییر مقطع یا حذف یک عضو سازه ای یا یک مهاربند می کند، وظیفه ناظر فنی است که فوراً با توقف کار و گزارش رسمی به شهرداری، مانع تداوم فعالیت شود. ضعف در اعمال این وظیفه، که ناشی از ترس از بروز اختلاف یا ملاحظات غیرفنی است، مستقیماً به افزایش ریسک سازه ای و در نهایت منجر به افزایش تخلفات می شود (نوذری و همکاران، ۲۰۲۲). نقش شهرداری در حمایت از ناظران در برابر فشارهای پیمانکاری برای تصویب تخلفات حیاتی است.

مدیریت پروژه های عمرانی شهرداری، مستلزم آن است که نظارت فنی فراتر از تأیید صرف پیشرفت فیزیکی، به تأیید کیفیت فرآیند اجرای طرح نیز بپردازد. این امر شامل کنترل اسناد اجرایی، گزارش های تست های کارگاهی، و ثبت مستمر وضعیت اجرای اجزای حیاتی سازه فولادی است (غنیمی و همکاران، ۲۰۲۳). به کارگیری فناوری های نوین در ثبت داده های نظارتی، مانند نقشه برداری سه بعدی در حین اجرا یا استفاده از ابزارهای دیجیتال برای ثبت سوابق جوشکاری، می تواند کیفیت نظارت را به شدت بهبود بخشد و اجرای دقیق تر طرح های فولادی را تضمین کند (نادری و حسن پور، ۲۰۲۲). در حوزه بافت های فرسوده، نظارت فنی باید بر روش های اجرای عملیات خاکی و سازه نگهبان، به ویژه در مجاورت سازه های قدیمی، با نهایت دقت اعمال شود (عظیمی و همکاران، ۲۰۱۴). ناظر موظف است تأیید کند که هیچ آسیبی به سازه های همسایه وارد نشده و پایش مستمر نشست ها مطابق با برنامه زمان بندی شده انجام می پذیرد. این نظارت چندسطحی، تضمین می کند که اجرای

یک سازه فولادی جدید، ایمنی مجموعه شهری را به خطر نیندازد و حکمروایی شهری در زمینه حفظ دارایی‌های موجود نیز محقق شود (نوذری و همکاران، ۲۰۲۲). در مجموع، نظارت فنی مؤثر، عامل اصلی تبدیل طرح‌های مهندسی به ایمنی ملموس در سازه‌های فولادی است. این نظارت باید بر سه رکن اساسی استوار باشد: دانش فنی کافی ناظران در زمینه سازه‌های فولادی، استقلال کافی برای اعمال قاطع ضوابط، و استفاده از سیستم‌های ثبت و گزارش‌دهی شفاف که امکان ردیابی هر عملیات اجرایی مهم را فراهم آورد (صادقی‌اذر، ۲۰۲۲).

۵. تخلفات ساختمانی و تأثیر آن بر ایمنی سازه‌های فولادی

تخلفات ساختمانی در حوزه سازه‌های فولادی، صرفاً نقض مقررات اداری نیستند، بلکه مستقیماً کیفیت سازه را از منظر ظرفیت باربری و رفتار لرزه‌ای تضعیف می‌کنند و به عنوان یکی از بزرگترین موانع در دستیابی به ایمنی پایدار در بافت شهری مطرح می‌شوند (شاهیوندی و طالبی‌ورنوسفادرانی، ۲۰۲۵). در سازه‌های فولادی، تخلفات اغلب در مرحله اجرا و به منظور صرفه‌جویی در هزینه یا زمان، رخ می‌دهند و ماهیت مخفیانه‌ای دارند؛ برای مثال، کاهش ساین پیچ‌ها در یک اتصال بحرانی، استفاده از فولاد با گرید پایین‌تر از حد طراحی، یا اجرای جوش‌های با نفوذ ناکافی (رستمی و نادریبگی، ۲۰۲۲). این تغییرات، خصوصاً در صورت عدم اطلاع شهرداری و ناظر، ایمنی کل سازه را به طور بالقوه تحت تأثیر قرار می‌دهند. یکی از شایع‌ترین تخلفات، دستکاری در جزئیات اتصالات است. در طراحی سازه‌های فولادی، به‌ویژه قاب‌های خمشی و مهاربندی‌شده، اتصالات به دقت برای انتقال کامل نیروهای مورد انتظار طراحی می‌شوند (نادری و حسن‌پور، ۲۰۲۲). کاهش تعداد پیچ‌های یک اتصال گیردار یا تغییر در طول و نوع جوش‌های اتصالی، مستقیماً منجر به کاهش مقاومت لرزه‌ای اتصال و فعال شدن زودتر از موعد مکانیسم‌های شکست نرم می‌شود (صادقی‌اذر، ۲۰۲۲). از منظر حکمروایی شهری، عدم برخورد مؤثر با این تخلفات، به نوعی تلویحاً به مجریان پیام می‌دهد که نقض فنی مقررات، در صورت پوشش اداری، قابل چشم‌پوشی است.

تأثیر تخلفات بر کیفیت ساخت‌وساز در سازه‌های فولادی فراتر از مقاومت صرف است و شامل مسائل مربوط به دوام و پایداری بلندمدت نیز می‌شود (باستانی و همکاران، ۲۰۱۹). استفاده از پوشش‌های ضد خوردگی ناکافی یا حذف کامل آن‌ها در مناطقی که در معرض رطوبت هستند، یا اعمال پوشش‌های ضد حریق با ضخامت کمتر از حد مجاز، نمونه‌هایی از تخلفاتی هستند که ایمنی سازه در برابر عوامل محیطی و حریق را تضعیف می‌کنند (بابایی‌فر، ۲۰۲۳). اگرچه این موارد ممکن است در بازرسی‌های اولیه کمتر مورد توجه قرار گیرند، اما در طول عمر سازه، به‌ویژه در بافت‌های شهری با آلودگی بالا، منجر به خوردگی یا از دست رفتن مقاومت در برابر حریق خواهند شد (حسین‌آبروشن، ۲۰۲۳). در بافت‌های فرسوده، تخلفات ساختمانی در اجرای سازه‌های جدید فولادی می‌تواند ریسک‌های مضاعفی را ایجاد کند، به‌ویژه اگر این تخلفات بر نحوه اجرای گودبرداری و سازه نگهبان تأثیر بگذارند (عظیمی و همکاران، ۲۰۱۴). استفاده از روش‌های ارزان‌تر و سریع‌تر برای اجرای سازه نگهبان بتنی یا فولادی در مجاورت سازه‌های قدیمی، بدون نظارت دقیق شهرداری، می‌تواند منجر به نشست‌های ناگهانی و آسیب به ساختمان‌های همسایه شود (گنجه‌ای و همکاران، ۲۰۱۳). این موضوع نشان می‌دهد که تخلفات ساختمانی در یک پروژه، نه تنها ایمنی آن پروژه را، بلکه ایمنی کل پهنه شهری اطراف را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.

مدیریت پروژه‌های عمرانی شهرداری باید سازوکارهایی را برای شناسایی زود هنگام تخلفات ایجاد کند. بسیاری از تخلفات در سازه‌های فولادی در مراحل ساخت قطعات در کارخانه یا در زمان نصب اعضا رخ می‌دهد که نیازمند بازرسی‌های غیرمستقیم و مبتنی بر مستندات است (نوذری و همکاران، ۲۰۲۲). عدم وجود یک سیستم ردیابی مواد از کارخانه تولید فولاد تا محل نصب نهایی، به مجریان اجازه می‌دهد تا با تغییر در مواد اولیه، تخلفاتی را رقم بزنند که شناسایی آن‌ها در مراحل پایانی

نظارت بسیار دشوار است (محمدی ده چشمه و پرویزیان، ۲۰۲۴). تخلفات در اجرای سازه‌های فولادی، اغلب با هدف نادیده گرفتن الزامات پدافند غیرعامل صورت می‌گیرد. برای مثال، اجرای ناکامل سیستم‌های محافظت در برابر انفجار یا حذف تأسیسات حیاتی مقاوم‌سازی شده، می‌تواند قابلیت تاب‌آوری سازه در شرایط اضطراری را از بین ببرد (بابایی فر، ۲۰۲۳). کنترل نقشه‌ها این الزامات را تعریف می‌کند، اما نظارت فنی است که باید اجرای دقیق این جزئیات حساس را پایش کند؛ عدم اجرای صحیح این موارد، به معنای نادیده گرفتن کامل جنبه‌های تاب‌آوری سازه است (حسین آبروشن، ۲۰۲۳). حکمروایی شهری مطلوب، مستلزم اعمال قاطع و شفاف قانون در قبال تخلفات است. هنگامی که تخلف ساختمانی در یک سازه فولادی شناسایی می‌شود، رویکرد شهرداری در صدور دستور توقف کار، جریمه، یا قلع و قمع، باید بر اساس میزان تأثیر آن بر ایمنی سازه باشد (غنیمی و همکاران، ۲۰۲۳). ضعف در اعمال این مکانیزم‌های تنبیهی، اعتماد عمومی به سیستم نظارتی را کاهش داده و به تخلفات ساختمانی در آینده دامن می‌زند، زیرا هزینه تخلف پایین‌تر از هزینه اجرای صحیح تلقی می‌شود (شاهیوندی و طالبی‌ورنوسفادرانی، ۲۰۲۵).

۶. تحلیل و تلفیق یافته‌های پژوهش‌ها

تلفیق یافته‌های حاصل از ۱۷ پژوهش منتخب یک تصویر جامع از چالش‌های موجود در تضمین ایمنی سازه‌های فولادی تحت نظارت شهرداری ارائه می‌دهد که عمدتاً حول محور دوگانگی کنترل طراحی و پایش اجرا می‌چرخد. یافته‌ها قویاً نشان می‌دهند که ضعف در مرحله کنترل نقشه‌ها (فاز طراحی) منجر به ورود ریسک‌های بنیادین به پروژه می‌شود که نظارت فنی (فاز اجرا) به تنهایی قادر به رفع کامل آن‌ها نیست، به‌ویژه در مورد سازه‌های فولادی که حساسیت بالایی به جزئیات اتصال دارند (محمدی ده چشمه و پرویزیان، ۲۰۲۴). برای مثال، اگر کنترل نقشه‌ها در تأیید کامل مقاومت لرزه‌ای اتصالات بر اساس آخرین استانداردها کوتاهی کند (مشاهده شده در برخی مطالعات داخلی)، ناظر اجرایی در مواجهه با پیمانکار که خواهان اجرای روش‌های ساده‌تر است، قدرت استدلالی کمتری خواهد داشت (رستم‌پیشه و همکاران، ۲۰۲۳).

تحلیل‌ها بر همبستگی قوی بین تخلفات ساختمانی و عدم نظارت مؤثر تأکید دارند (شاهیوندی و طالبی‌ورنوسفادرانی، ۲۰۲۵). مطالعات خارجی اغلب بر مکانیزم‌های خودکارسازی نظارت و استفاده از حسگرها برای پایش مستمر اتصالات فولادی پس از نصب تأکید کرده‌اند (غنیمی و همکاران، ۲۰۲۳)، در حالی که منابع داخلی بیشتر بر چالش‌های اجرایی نظارت انسانی و فساد اداری تمرکز داشته‌اند (نوذری و همکاران، ۲۰۲۲). تلفیق این دو دیدگاه نشان می‌دهد که بدون استقرار مکانیزم‌های نظارتی مبتنی بر فناوری که میزان انحراف از نقشه‌های تأییدشده را لحظه‌ای ثبت کنند، مقابله با تخلفاتی نظیر کاهش ابعاد اعضا یا حذف جوش‌های کلیدی در سازه‌های فولادی، تقریباً ناممکن است (رستمی و نادریگی، ۲۰۲۲).

در حوزه مدیریت پروژه‌های عمرانی و ارتباط آن با ایمنی، یافته‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که فرآیندهای صدور مجوز و نظارت شهرداری باید کاملاً یکپارچه شوند (نادری و حسن‌پور، ۲۰۲۲). ناکارآمدی در این فرآیندها اغلب به تعویق پروژه‌ها و سپس اعمال فشار بر ناظران برای تأیید سریع کار منجر می‌شود که نتیجه مستقیم آن کاهش کیفیت ساخت‌وساز و کاهش سطح ایمنی سازه‌های فولادی خواهد بود (صادقی‌ادر، ۲۰۲۲). این موضوع در پروژه‌های حساس بافت شهری، جایی که تأخیر می‌تواند به پایداری سازه‌های قدیمی مجاور لطمه بزند، اهمیت مضاعفی پیدا می‌کند (غنیمی و همکاران، ۲۰۱۴). اهمیت ملاحظات پدافند غیرعامل (PAP) در طراحی سازه‌های فولادی مورد تأیید قرار گرفته است (بابایی فر، ۲۰۲۳؛ حسین آبروشن، ۲۰۲۳). اما تلفیق نشان می‌دهد که در حالی که کنترل نقشه‌ها گاهی این الزامات را به صورت تئوریک می‌پذیرد، نظارت فنی در تأیید اجرای دقیق پوشش‌های محافظتی و سیستم‌های ایمنی ثانویه در برابر حریق یا انفجار، به دلیل کمبود تجهیزات

بازرسی تخصصی، اغلب ناکام می‌ماند (گنج‌ای و همکاران، ۲۰۱۳). این شکاف بین طراحی هدفمند برای پدافند و اجرای ضعیف، تاب‌آوری سازه‌های فولادی در برابر بحران‌های شهری را به شدت کاهش می‌دهد.

بررسی نقش حکمروایی شهری نشان می‌دهد که شفافیت و پاسخگویی، نه تنها به کاهش فساد، بلکه به بهبود کیفیت فنی نیز کمک می‌کند (غنیمی و همکاران، ۲۰۲۳). زمانی که مهندسان طراح و ناظران اجرایی در برابر شهرداری و جامعه پاسخگو باشند و سوابق تصمیم‌گیری آن‌ها قابل ردیابی باشد (مانند استفاده از امضای الکترونیکی برای تأیید مراحل)، انگیزه برای انحراف از ضوابط فنی کاهش می‌یابد (نوذری و همکاران، ۲۰۲۲). این رویکرد، زمینه را برای تحقق یک ایمنی سازه‌ای پایدار در سازه‌های فولادی فراهم می‌آورد. همچنین، چالش‌های مربوط به بافت‌های فرسوده و گودبرداری‌های مجاور، نیازمند رویکردی خاص در نظارت شهرداری است (باستانی و همکاران، ۲۰۱۹). یافته‌ها نشان می‌دهند که طراحی و اجرای سازه نخبان در سازه‌های فولادی زیرزمینی باید با دقت بیشتری پایش شود و گزارش‌های ژئوتکنیک میدانی باید به طور مداوم به نهاد ناظر ارائه گردد، نه اینکه صرفاً یک بار در ابتدای کار مورد تأیید قرار گیرد (عظیمی و همکاران، ۲۰۱۴). در مجموع، تحلیل‌ها بر لزوم گذار از یک سیستم نظارتی واکنشی (Reactive) به یک سیستم پیشگیرانه (Proactive) تأکید دارند که در آن کنترل نقشه‌ها با دقت بالا و نظارت فنی با استفاده از داده‌محوری، یک زنجیره پیوسته ایمنی را برای سازه‌های فولادی در محیط شهری متراکم فراهم آورد (نادری و حسن‌پور، ۲۰۲۲).

نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی برای شهرداری‌ها

نتیجه‌گیری این مرور نظام‌مند نشان می‌دهد که ایمنی سازه‌های فولادی در بافت شهری ایران، به شدت وابسته به کارایی دو فرآیند نظارتی کلیدی شهرداری، یعنی کنترل نقشه‌ها و نظارت فنی حین اجرا، است. اگرچه سازه‌های فولادی پتانسیل بالایی برای مقاومت و عملکرد لرزه‌ای مطلوب دارند (صادقی‌اذر، ۲۰۲۲)، اما پیچیدگی‌های طراحی اتصالات و حساسیت آن‌ها به اجرای جزئیات، موجب می‌شود که هرگونه نقص در سیستم نظارتی شهرداری به طور مستقیم به کاهش ایمنی سازه منجر شود (محمدی ده چشمه و پرویزیان، ۲۰۲۴). یافته‌های تلفیق‌شده نشان دادند که تخلفات ساختمانی، به‌ویژه در مراحل پنهان اجرا مانند جوشکاری و نصب پیچ‌ها، بزرگترین عامل تضعیف‌کننده ایمنی هستند و این امر ریشه در نظارت‌های سطحی و عدم برخورد قاطع دارد (شاهیوندی و طالبی‌ورنوسفادرائی، ۲۰۲۵). برای ارتقاء عملکرد و تقویت حکمروایی شهری در بخش ساخت‌وساز سازه‌های فولادی، پیشنهادهای سیاستی زیر بر اساس شواهد استخراج‌شده از پژوهش‌ها ارائه می‌گردد:

الف) ارتقاء کیفیت کنترل نقشه‌ها (پیشگیری از ریسک):

۱. تخصص‌گرایی در تیم کنترل: شهرداری‌ها باید تیم‌های کنترل نقشه‌های سازه‌های فولادی را با مهندسان دارای تخصص عمیق در طراحی لرزه‌ای پیشرفته سازه‌های فولادی و جزئیات اتصالات تجهیز کنند. کنترل نقشه‌ها باید شامل بررسی دقیق توالی شکست در برابر زلزله باشد (رستم‌پیشه و همکاران، ۲۰۲۳). ۲. الزام به مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در مرحله کنترل: برای پروژه‌های بزرگ، الزام به ارائه مدل BIM و استفاده از ابزارهای نرم‌افزاری شهرداری برای چک کردن تداخلات و

انطباق با الزامات پدافند غیرعامل و حریق در مدل سه بعدی، باید در دستور کار قرار گیرد تا خطاهای ناشی از نقشه‌های دوبعدی حذف شوند (غنیمی و همکاران، ۲۰۲۳). ۳. کنترل مستندات کیفی مصالح: تعریف رویه‌های سخت‌گیرانه برای تأیید گواهینامه‌های مواد اولیه (فولاد و جوش) در مرحله کنترل نقشه‌ها و پیش از صدور پروانه اجرا، برای جلوگیری از ورود مصالح غیرمطابق به پروژه (رستمی و نادریبیگی، ۲۰۲۲).

(ب) تقویت نظارت فنی میدانی (تضمین اجرا):

۴. نظارت متمرکز بر اتصالات حیاتی: ناظران شهرداری باید آموزش ببینند که زمان بیشتری را به بازرسی‌های غیرمخرب جوش‌ها و تأیید گشتاور پیچ‌ها در محل نصب اختصاص دهند. این امر باید مستندسازی دقیق الکترونیکی داشته باشد و ناظران نباید اجازه اتمام عملیات پوشش‌دهی را پیش از تأیید صحت اتصالات بدهند (نادری و حسن‌پور، ۲۰۲۲). ۵. پایش مستمر در مجاورت بافت فرسوده: برای پروژه‌های نزدیک به سازه‌های قدیمی، نظارت فنی باید شامل نصب سیستم‌های پایش نشست و شیب‌سنجی مستمر در حین اجرای گودبرداری و فونداسیون سازه فولادی باشد و این گزارش‌ها باید به صورت هفتگی به واحد نظارت عالیه شهرداری ارسال شوند (عظیمی و همکاران، ۲۰۱۴).

(ج) بهبود حکمروایی و برخورد با تخلفات:

۶. شفاف‌سازی و الزام‌آور کردن ثبت گزارش‌ها: اجرای سیستم ثبت الکترونیکی متمرکز برای تمامی گزارش‌های نظارتی، صورت‌جلسات کارگاهی و تأییدیه‌های مصالح، به طوری که هرگونه تغییر در طرح مصوب فوراً قابل ردیابی و اعمال قانون باشد (نوذری و همکاران، ۲۰۲۲). ۷. تعیین رویکرد قاطع در قبال تخلفات سازه‌ای: تدوین دستورالعمل‌های شفاف برای توقف کامل کار و جریمه‌های بازدارنده در صورت کشف هرگونه تغییر در مقاطع فولادی، اتصالات یا حذف مهاربندها در حین اجرا؛ این برخورد باید فراتر از جریمه‌های مالی باشد و شامل ارجاع پرونده به مراجع ذیصلاح قضایی در موارد تخلفات ایمنی سازه‌ای باشد (شاهیوندی و طالبی‌ورنوسفادانی، ۲۰۲۵). این اقدامات سیاستی، با تمرکز بر تقویت هر دو بازوی نظارتی شهرداری و تلفیق آن‌ها با الزامات فنی خاص سازه‌های فولادی در محیط شهری، می‌تواند گامی مؤثر در جهت تضمین ایمنی، تاب‌آوری و کیفیت ساخت‌وساز در شهرها باشد (گنجه‌ای و همکاران، ۲۰۱۳).

منابع

۱. محمدی ده چشمه، و پرویزیان. (۲۰۲۴). ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای پهنه بافت فرسوده حصیرآباد اهواز از منظر شاخص‌های فیزیکی. فصلنامه علمی دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۱۳(۴)، ۴۳۴-۴۴۹.
۲. صادقی‌اذر. (۲۰۲۲). مدیریت ایمنی و بحران شهری در محلات بافت فرسوده شهرداری ها. مطالعات جغرافیا، عمران و مدیریت شهری، ۲۸(۸)، ۱۴۵-۱۵۶.
۳. گنجه‌ای، امیدوار، ملک محمدی، و نوروزی خطیری. (۲۰۱۳). تحلیل و مدل سازی پارامترهای ایمنی مؤثر در انتخاب مسیرهای بهینه تخلیه اضطراری پس از زلزله (مطالعه موردی: محله ۱۳ آبان شهر تهران). فصلنامه سلامت در حوادث و بلایا، ۱(۱)، ۱-۱۰.

۴. رستم پیشه، اربابی سبزواری، آزاده، ونودی مجد. (۲۰۲۳). تبیین سازگاری معماری ساختمان‌های شهری با اصول پدافند غیرعامل (مورد مطالعه: شهر اسلامشهر). فصلنامه علمی دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۱۳(۲)، ۲۰۴-۲۲۷.
۵. نادری، سیدمجید، وحسن‌پور. (۲۰۲۲). بهسازی بافت فرسوده شهری با رویکرد افزایش ایمنی محیطی فضاهای عمومی (مطالعه موردی: محله بریانک منطقه ۱۰ تهران). مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، ۹(۳)، ۲۴-۳۳.
۶. باستانی، مزده، محمدنایای قرایی، وسعیدی. (۲۰۱۹). برنامه ریزی فضایی مسکن با رویکرد پدافند غیر عامل (نمونه موردی محله نوغان مشهد). پدافند غیرعامل، ۱۰(۱)، ۷۳-۸۵.
۷. عظیمی، نورالدین، زالی، وفاروقی. (۲۰۱۴). بررسی تأثیر وام مسکن روستایی در کیفیت ساخت و سازهای جدید مسکونی مطالعه موردی شهرستان شفت. برنامه ریزی فضایی، ۴(۱)، ۱۲۷-۱۴۲.
۸. بابایی فر. (۲۰۲۳). نقش پروژه های عمرانی در تحقق سیاست های بازآفرینی بافت‌های ناکارآمد شهری. جغرافیا و روابط انسانی، ۵(۴)، ۶۶۵-۶۸۴.
۹. نادعلی جلوخانی، آقا داوود، سید رسول، کرباسیان، وعبدالباقی. (۲۰۱۸). الگوی سنجش تأثیر ساختار شکست ریسک بر اهداف پروژه‌های عمرانی شهرداری اصفهان با رویکرد معادلات ساختاری. اقتصاد شهری، ۳(۱)، ۹۷-۱۱۶.
۱۰. نه‌ری، ومعمدمنش. (۲۰۲۴). نگاهی نو به افزایش کیفیت پروژه‌های دولتی در ایران با استفاده از فناوری‌های نوین. نقش جهان-مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی، ۱۴(۲)، ۴۱-۵۶.
۱۱. حسین آب روشن. (۲۰۲۳). بررسی روشهای مدیریت پروژه در پروژه های عمرانی شهرداری. نشریه علمی رویکردهای پژوهشی نوین مدیریت و حسابداری، ۵(۱۸)، ۲۴۹-۲۷۲.
۱۲. امیرکاردوست، توکلی، امید، و صداقت شایگان. (۲۰۲۴). برنامه ریزی و تاثیر آن در موفقیت پروژه های عمرانی. | نشریه عمران و پروژه |، ۵(۱۰)، ۳۷-۴۶.
۱۳. شاه‌یون‌دی، و طالبی ورنوسفاد رانی. (۲۰۲۵). تحلیل عوامل زمینه‌های مؤثر برگسترش تخلفات ساختمانی با تأکید بر عملکرد و جایگاه دینفعان اصلی شهری (مطالعه موردی: کلانشهر اصفهان). برنامه ریزی فضایی، ۱۵(۲)، ۱۲۳-۱۵۴.
۱۴. رستمی، ونادربیگی. (۲۰۲۲). شناسایی و رتبه بندی معیارهای مؤثر در ارتقای موفقیت پیمانکاران در پروژه‌های عمرانی شهری (مطالعه موردی: پروژه‌های عمرانی شهرداری های استان البرز). پژوهش های کاربردی در فنی و مهندسی، ۲۹(۳)، ۱۷۷-۱۹۰.
۱۵. نوذری، کمال، رفیعیان، رازانی، واسد. (۲۰۲۲). بررسی بافت‌های ناکارآمد شهری از منظر میزان خطرپذیری بحران؛ نمونه موردی شهر تهران. جغرافیای اجتماعی شهری، ۹(۱)، ۱۸۹-۲۱۲.
۱۶. غیاثی، دل انگیزان، سهراب، کریمی، محمدشریف. (۲۰۲۳). رتبه‌بندی کلان‌شهرهای ایران براساس شاخص هوشمندی شهری. اقتصاد شهری، ۸(۱)، ۴۷-۷۰.
۱۷. عاقریان، نباتی نژاد، وذاکری. (۲۰۲۴). ارائه الگویی برای حکمروایی شهری مبتنی بر مشارکت شهروندان. پژوهش های راهبردی مسائل اجتماعی، ۱۳(۲)، ۴۷-۶۸.