نقش فناوری‌های نوین ساختمانی در معماری پایدار: سیستم ترونکو

امید بامشاد*
کارشناس آزمایشگاه بتن و مصالح ساختمانی، گروه عمران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
زهرا ملکی
کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی پارسیان، قزوین، ایران.
علیرضا حبیبی
کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
شیدا صالحی
کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۸

ارجاع به مقاله:
امید بامشاد، زهرا ملکی، علیرضا حبیبی، شیدا صالحی، نقش فناوری های نوین ساختمانی در معماری پایدار، *مهندسی و مدیریت ساخت*، ۱۴۰۲، ۸ (۱): ۱-۸.

چکیده

یکی از راهکارهای توسعه پایدار معماری، رویکرد جدی به اجرای صنعتی ساختمان‌های با اصول معماری پایدار می‌باشد. صنعتی سازی به روش یا روش‌هایی که میزان استفاده از منابع انسانی، مواد اولیه و سرمایه را در راستای پاسخ دهی به نیاز مسکن جامعه و بهره وری اقتصادی با بکارگیری فنآوری‌های نوین پایدار که در یک ساختار منظم و مدولار، تشکیلات یافته و منسجم بطور کارا عمل کند، گفته می‌شود. امروزه با پیشرفت علم و دانش در صنعت ساختمان و نیاز روزافزون به ساخت ساختمان‌های متعدد نیازمند راهکارهایی هستیم که تنها با هدف معماری به روش پایدار با برنامه ریزی، مدیریت و رشد هماهنگ صنایع وابسته میسر است. در این پژوهش به معرفی سیستم ترونکو، نحوه ساخت و مشخصات فنی شوامل عناصر سازه‌ای، ویژگی‌های معماری، ایمنی و نقاط قوت و ضعف آن پرداخته شده است. با توجه به توسعه پایدار شهری، می‌توان چنین نتیجه گرفت که سیستم ترونکو قابلیت تبدیل به یک سیستم پایدار را دارد. همچنین این سیستم از لحاظ بهینه سازی مصرف انرژی در سطح مطلوبی برخوردار بوده و توسعه پایدار را در معماری به ارمغان می‌آورد.

کلمات کلیدی
سیستم ترونکو، توسعه پایدار، سیستم نوین ساختمانی، معماری پایدار.

۱- مقدمه

سیستم ترونکو ترکیبی از روش‌های قدیمی و جدید برای ساخت وساز ساختمان است. لزوم نگرش شفاف و واقع بینانه به سیستم‌های ساختمانی برای انتخاب درست و مناسب از میان آن‌ها، علت اصلی پیدایش پژوهش‌های اخیر در حوزه سیستم‌های ساختمانی نوینی همچون سیستم ترونکو شده است. اما توجه به مهمترین ویژگی‌ها، مزایا و معایب سیستم‌ها به شناخت بهتر و دقیق تر آن‌ها منجر

The role of novel structural systems in sustainable architecture: Tronco system

Omid Bamshad
Concrete and construction materials Lab. expert, department of Civil engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
Zahra Maleki
MS. graduated, Department of Civil Engineering, Parsian Institute of Higher Education, Qazvin, Iran.
Alireza Habibi
MS. graduated, Department of Civil Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.
Sheyda Salehi
MS. graduated, Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

***Corresponding author's email address:**
omid.bamshad@ut.ac.ir

How to cite this article:
Omid Bamshad, Zahra Maleki, Alireza Habibi, Sheyda Salehi, the role of novel structural systems in sustainable architecture: Tronco system, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2023; 8(1):1-8.

Abstract

One of the solutions for architecture sustainable development is industrial implementation of buildings systems with sustainable architecture principles. Industrialization is increasing the use of human resources, raw materials and capital in order to respond to the housing needs of the society and economic productivity by using new and sustainable technologies that are organized and coherent in a regular and modular structure. Today, with the development in the construction industry and the ever-increasing need to buildings, we need solutions with the goal of sustainable architecture planning, management and coordinated growth of related industries. In this research, the introduction of Tronco system, its construction method and technical specifications including structural elements, architectural features, safety and its strengths and weaknesses have been discussed. With regard to sustainable urban development, it can be concluded that the Tronco system has the ability to become a sustainable system. Also, this system has a favorable level of energy consumption optimization and brings sustainable development in architecture.

Keywords
Tronco system, sustainable development, novel structural system, sustainable architecture.

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
8 (1) , 2023
دوره ۸، شماره ۱
تابستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی
مهندسی و مدیریت ساخت

می‌شود. سیستم ساختمانی ترونکو یکی از روش‌های صنعتی سازی ساختمان است که به منظور افزایش سرعت ساخت و ساز، با استفاده از مواد قابل بازیافت است. از مزایای این سیستم می‌توان به رفتار لرزه‌ای مناسب، وزن کم، هزینه کمتر نسبت به سایر سیستم‌های سنتی و سهولت اجرا اشاره کرد که باعث مقبولیت آن در صنعت ساختمان شده است [۱].

ترونکو یک واژه اسپانیایی به معنای الوار است. بطور کلی، سیستم نوین ترونکو ملهم از ساختمآن‌های چوبی به منظور ایجاد امکانات، قابلیت‌ها و شیوه‌های جدید است که به دلیل سهولت و سرعت ساخت یکی از روش‌های مناسب برای ساخت ساختمآن‌های مسکونی با سرعت بالاست. سیستم ترونکو در ابتدا ساختمآن‌های چوبی در آمریکا و کانادا بوده است که با استفاده از الوارهای چوبی با مقطع دایره‌ای ساخته می‌شد (شکل ۱). در حال حاضر در حدود بیش از ۲ ملیون واحد مسکونی در کشور آمریکا با سیستم ترونکو ساخته شده اند. سیستم نوین ترونکو روشی نوین برای تولید ساختمان با مصالح و فناوری جدید است. در این سیستم عناصر اصلی سازه از جنس فولاد گالوانیزه است. لوله‌های تو خالی گالوانیزه در این سیستم، جایگزین الوارهای چوبی سیستم اولیه ترونکو هستند که عایق‌های حرارتی مناسبی نیز به شمار می‌روند. قطر این لوله حدود ۲۰ سانتی متر بوده که از قطر الوارهای چوبی کمتر است. از فضای خالی که در لوله‌ها وجود دارد، می‌توان به منظور عبور تاسیسات بهره برد [۲]. نمونه‌ای از سیستم ترونکو در شکل ۲ نشان داده شده است.

شکل ۱ سیستم سنتی ترونکو

شکل ۲ سیستم مدرن ترونکو

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، سیستم ترونکو بدون استفاده از ستون ساخته شده و مقاومت لازم را ایجاد میکند. همچنین برای ایجاد مقاومت جانبی در برابر بارهای وارد بر ساختمان مانند زلزله، از تسمه‌های مهاربند در این سیستم استفاده میشود. به علاوه، برای تامین مقاومت جانبی در این سیستم می‌توان از دیواره‌های بتنی در امتداد دیوارهای اصلی ساختمان استفاده نمود. لازم به ذکر است که به دلیل اجرای یکپارچه سقف و دیواره‌ها در این سیستم، از تمرکز تنش در اتصالات که معمولا در زلزله آسیب پذیرند جلوگیری می‌شود [۲].

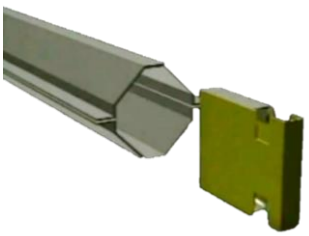
۲- عناصر اصلی تشکیل دهنده سیستم ترونکو

سیستم ترونکو از جهات زیادی مشابه سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد است اما از نظر ساخت تفاوت بسیاری دارد. به عنوان مثال سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد از تعداد زیادی ستونک‌های فلزی در فواصل ۴۰ الی ۵۰ سانتی متر باری ساخت قاب‌های ساختمانی استفاده می‌شود. اما در این سیستم هیچ ستونی وجود ندارد. اعضای اصلی تشکیل دهنده سیستم مدرن ترونکو شامل موارد ذیل است [۳]:

۱-اعضای باربر افقی که از لوله‌های گالوانیزه به قطر ۲۰ سانتی‌متر شبیه الوارهای چوبی سیستم قدیمی تشکیل شده است. این لوله‌ها با استفاده از دستگاه‌های مخصوص در محل اجرای پروژه، از ورق گالوانیزه در طول‌های مورد نظر ساخته می‌شود (شکل ۳). همچنین به دلیل ضخامت اندک لوله‌ها، میزان انبساط و انقباض در آن‌ها بسیار ناچیز بوده و به دلیل هوای موجود در داخل لوله‌ها، تبادل حرارتی در این روش بسیار کم است. دیوارهای ساخته شده با لوله‌ها در حکم سازه نگهدارنده ساختمان و پوشش نما است [۲].

همچنین برای سخت تیرهای اصلی ، ورق‌های گالوانیزه به شکل ذوزنقه بصورت جفت بر روی یکدیگر قرار گرفته و اتصال تیر اصلی با سایر المان‌ها با استفاده از اتصال دوتایی صورت می‌گیرد (شکل ۴) [۳].

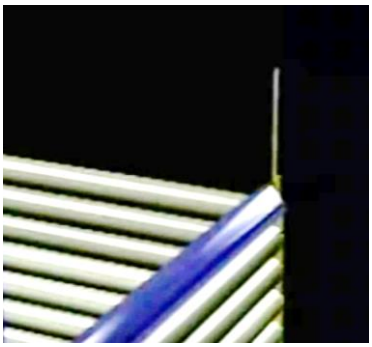
شکل ۳ دستگاه‌های مخصوص تولید لوله‌های سیستم ترونکو در محل اجرای پروژه



شکل ۴ مقطع تیر اصلی سیستم ترونکو

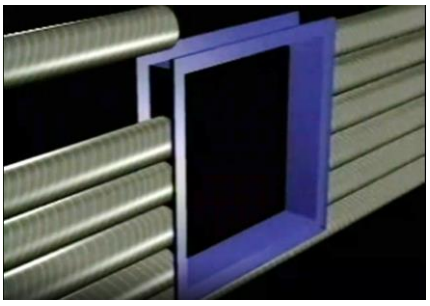
۲-در این سیستم هیچ ستونی وجود ندارد. برای ایجاد استحکام عمودی در محل اتصال لوله‌ها، از میله فولادی در داخل اتصال عمودی لوله‌ها استفاده می‌شود که به آن‌ها نگهدارنده‌های عمودی گفته می‌شود (شکل ۵). همچنین اعضای قائم که به منظور ایجاد بازشو برای درب استفاده می‌شوند، بخشی از بار ثقلی کف را نیز تحمل می‌کنند (شکل ۶). به منظور ایجاد بازشو برای درب و پنجره، ورق گالوانیزه بصورت U شکل فرم داده شده و لوله‌ها در داخل آن‌ها قرار داده می‌شوند (شکل ۷) [۲].

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
8 (1) , 2023
دوره ۸، شماره ۱
تابستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی



شکل ۵ نگهدانده عمودی در سیستم ترونکو

شکل ۶ پروفیل‌های درب در سیستم ترونکو



شکل ۷ پروفیل پنجره و نحوه قرارگیری لوله‌ها در کنار آن

۳- اعضای سازه‌ای قائم در این سیستم، توسط تسمه‌های فولادی گالوانیزه (که مهاربندی تسمه‌ای نامیده می‌شود) در دو جهت مهاربندی می‌شوند تا در برابر نیروهای جانبی مقاومت کنند. این تسمه‌ها به وسیله‌ی پیچ به سازه ساختمان متصل می‌شوند (شکل ۸). روش‌های دیگری مانند قرار گرفتن دیواره‌های بتنی در امتداد دیوارهای اصلی ساختمان نیز در صورت ضرورت می‌توانند پایداری ساختمان را در برابر نیروهای جانبی تأمین نماید [۲].

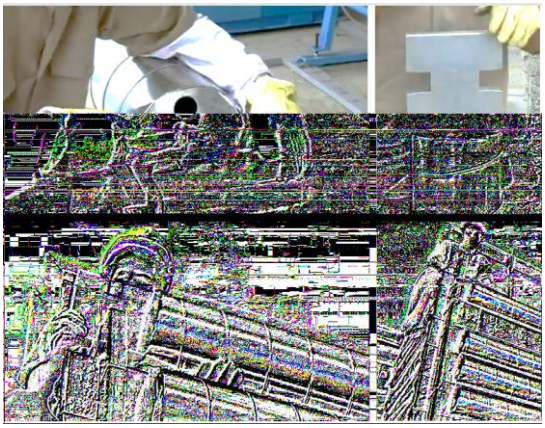
شکل ۸ مهاربندی تسمه‌ای در سیستم ترونکو

۴-سقف متشکل از لوله‌های فلزی متالوگ (لوله‌های فلزی گالوانیزه با قطر حدود ۲۰۶ میلیمتر و ضخامت ۰/۵۳ میلیمتر) به همراه قطعات پوشش دهنده و یا سقف بتن آرمه که در آن لوله‌های فلزی متالوگ نقش قالب را در سقف ایفا می‌کنند (شکل ۹). برای قرار دادن متالوگ‌ها در سقف، در دو طرف آن‌ها ورق گالوانیزه به صورت جفت ناودانی بصورت پشت به پشت به یکدیگر متصل شده و سپس متالوگ‌ها در داخل آن قرار داده می‌شوند که به آن‌ها نگهدارنده‌های لوله‌های گالوانیزه گفته می‌شود (شکل ۱۰) [۲].

شکل ۹ لوله‌های فلزی متالوگ

شکل ۱۰ نگهدارنده‌های لوله‌های گالوانیزه

۵-اتصال دو لوله با زاویه‌ی ۹۰ درجه توسط اتصالات معمولی انجام می‌شود (شکل ۱۱). همانطور که نشان داده شده است، ورق‌های گالوانیزه به صورت I شکل فرم داده می‌شود و به صورت دو به دو در داخل یکدیگر چفت می‌شوند. همچنین در تقاطع دو دیوار (سه لوله) از اتصال دو تایی استفاده می‌شود (شکل ۱۲) [۳].



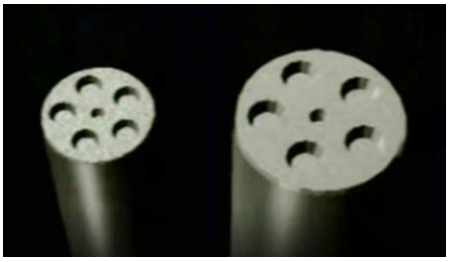
شکل ۱۱ اتصال معمولی

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
8 (1) , 2023
دوره ۸، شماره ۱
تابستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی
مهندسی و مدیریت ساخت

شکل ۱۲ اتصال دوتایی

شکل ۱۳ استفاده از یونولیت در دیوارهای خارجی

۷-در صورتی که در انتهای لوله‌ها از قطعات اتصالی استفاده نشود و یا انتهای لوله‌ها در داخل پروفیل در یا پنجره قرار گیرد، انتهای لوله با پوشش انتهایی پوشیده می‌شود (شکل ۱۴) [۳].



شکل ۱۴ بستن انتهای لوله‌های با پوشش انتهایی

۸-برای ساخت فونداسیون این سیستم، صفحات فولادی با میلگردهای مهار شده درون بتن در داخل پی قرار داده شده و اولین گروه لوله‌های افقی به این صفحات جوش داده می‌شوند (شکل ۱۵) [۳].

شکل ۱۵ صفحات فولادی با میلگردهای مهار جوش شده به آن

۳- روش اجرای سیستم ترونکو

به طور کلی، مراحل روش اجرای سیستم ترونکو را می‌توان به صورت ذیل دسته بندی نمود:

۱-در ابتدا گودبرداری صورت گرفته و فونداسیون بتنی با بتن سبک به ضخامت ۱۵ الی سانتی متر و شبکه ای از میلگردها به قطر ۶ یا ۸ میلیمتر ریخته می‌شود. همزمان با اجرای فونداسیون، صفحات فولادی در محل تقاطع دیوارهای خارجی و نیز محل بازشوهای اصلی در بتن کار گذاشته می‌شوند [۴].

۲-سری اول لوله‌ها که در محل پروژه و بر اساس نقشه‌های اجرایی ساخته شده اند، در محل مورد نظر قرار داده می‌شود. لازم به ذکر است که اولین سری از لوله‌های افقی و قاب درب در محل مورد نظر به صفحات فلزی جوش داده می‌شوند [۴].

۳-همزمان با بالا رفتن دیوارها پروفیل‌های پنجره قرار داده می‌شوند [۴].

۴-طبق نقشه‌های اجرایی در ارتفاع مشخص، تیرهای اصلی و فرعی قرار داده شده و و سقف اجرا می‌شود. لازم به ذکر است که اگر ساختمان دو طبقه باشد، ابتدا دیوارهای طبقه دوم و سپس سقف آن اجرا می‌شود [۴].

۵-پس از نصب یونولیت و رابیتس در دیوارهای خارجی، نمای مورد نظر اجرا می‌گردد که می‌توان از جمله آن‌ها به پاشیدن سیمان روی یونولیت، استفاده از مصالح ضدآب خمیری روی یونولیت مانند مرمریت، نمای سنگی یا آجری با ملاحظات خاص اشاره نمود. ساده‌ترین و مناسب‌ترین راه برای پوشش نما استفاده از پانل‌های عایق پلی استایرن با چسب سیمان است که در یک طرف صاف و در سمت دیگر مواج هستند. لازم به ذکر است که در ساختمان‌های تجاری و صنعتی می‌توان از این مرحله صرف نظر نمود و دیوارها را بدون نازک کاری رها کرد [۴].

۴- محدودیت‌ها و فرصت‌ها

همانند هر سیستم سازه‌ای، سیستم ترونکو نیز دارای فرصت‌ها و محدودیت‌هایی است که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود.

۴-۱- محدودیت‌ها

از جمله محدودیت‌های سیستم ترونکو می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

•الزامات معماری در طراحی پلان یکی از مهمترین محدودیت‌های سیستم ترونکو است. در طراحی پلان زوایا باید ۹۰ درجه باشند (هر چند در بعضی کشورها اتصالات ۳۰ و ۶۰ درجه و حتی دایره هم اجرا می‌شود) [۲].

•حداکثر طول دهانه بدون ستون میانی در راستای تیرهای اصلی ۴ متر و حداکثر ارتفاع ناخالص (با احتساب ضخامت سقف) ۳,۶ متر برای هر طبقه است. البته با یک تیر میانی می‌توان طول دهانه را افزایش داد. در نتیجه این سیستم برای فضاهای وسیعی مانند سالن‌های ورزشی، انبارها، مساجد و سالن‌های اجتماعات مناسب نمی‌باشد [۲].

•حداکثر تعداد طبقات این سیستم برای ساختمان‌های آموزشی و با اهمیت متوسط به ترتیب یک طبقه و دوطبقه اعلام شده است [۲].

•لزوم دقت اجرا: دقت در اجرای سیستم ترونکو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در صورت وجود خطای ساخت در حدود یک تا دو میلی متر لوله فلزی در محل خود قرار نمی‌گیرد [۲].

•محدودیت در نما: به علت جنس و وزن لوله‌ها، در انتخاب نما محدودیت وجود دارد و نمی‌توان از نماهای سنگین استفاده نمود. در نماسازی این سیستم می‌توان پس از نصب یونولیت و رابیتس در دیوارهای خارجی، پوشش‌های مختلفی را بر اساس شرایط بومی و منطقه‌ای و نظرات طراح روی آن اجرا نمود که با توجه به نوع نمای استفاده شده، ساختمان تمام شده می‌تواند کاملا سنتی و یا کاملا مدرن به نظر برسد. به عنوان مثال می‌توان با استفاده از مصالح ضدآب مانند مرمریت، که به صورت خمیری روی یونولیت مالیده میشود، نمای ساده‌ای اجرا کرد یا می‌توان روی یونولیت سیمان پاشید. در نماکاری داخلی ساختمان‌های تجاری و صنعتی، می‌توان دیوارهای داخلی را بدون نازک کاری و بصورت نمایان باقی گذاشت. استفاده از پانل‌های عایق پلی استایرن با چسب سیمان نیز یکی از ساده‌ترین و مناسب‌ترین راه‌ها برای پوشش نما است [۲].

•محدودیت در بار زنده و مرده: رعایت محدودیت حداکثر بار زنده و مرده به ترتیب ۴۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم بر مترمربع برای سقف‌ها الزامی است [۲].

•نوع کاربری: با توجه به محدودیت در حداکثر بار مرده و زنده و همچنین حداکثر طول دهانه و تعداد طبقات، مناسب‌ترین کاربرد سیستم ترونکو، بناهای مسکونی یک یا دو طبقه است. از این جهت ساخت بناهایی با کاربری‌هایی مانند مدارس، مراکز خدماتی و دیگر بناهایی که نیاز به طبقات روی هم ندارند، از جهت سازه‌ای مناسب هستند. اما در صورتی که نیاز به سازه‌ای با بیش از ۳ طبقه باشد و یا سازه دارای بار مرده و زنده بیش از حد مجاز تعیین شده برای این سیستم باشد، محدودیت در کاربرد این سیستم وجود دارد [۶].

۴-۲- فرصت‌ها

از جمله مزایای سیستم ترونکو می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

•حداکثر طول دهانه بدون ستون میانی در راستای عمود بر راستای تیرهای اصلی محدودیتی ندارد. در نتیجه این سیستم مناسب کاربری‌های مختلفی همچون مسکونی اداری تجاری و بناهای دیگر نظیر بیمارستان و مدارس و خوابگاه‌ها و... است [۲].

•سیستم ترونکو از نظر سرعت اجرا از دیگر سیستم‌های ساختمانی نوین موجود در ایران سریع تر است. سرعت ساخت در این سیستم به اندازه‌ای است که با ۸۰ نفر- ساعت می‌توان ۳۰۰ متر مربع سقف و دیوار را اجرا نمود [۲].

•سیستم ترونکو از نظر تعداد ماشین الات مورد نیاز از دیگر سیستم‌های ساختمانی نوین موجود در ایران به کمترین تعداد ماشین آلات نیاز دارد. همچنین استفاده از تجهیزات مورد نیاز این سیستم نظیر دستگاه ژنراتور و دستگاه کمپرسور بسیار ساده می‌باشد و نیاز به افراد متخصص ندارد. همچنین به علت وزن کم این تجهیزات، حمل و نقل آن‌ها به راحتی امکان پذیر است [۵].

•سیستم ترونکو از نظر وزن از همه سیستم‌های ساختمانی نوین ایران سبک تر می‌باشد. سبکی لوله‌های گالوانیزه به اندازه‌ای سبک هستند که افراد می‌توانند با یک دست خود لوله را حمل کنند (شکل ۱۶). در نتیجه حمل و نقل لوله‌ها در محل پروژه به سادگی امکان پذیر است. وزن متوسط هر متر مربع در این سیستم ۱۵ الی ۱۶ کیلوگرم است. همچنین به دلیل سبکی مصالح، وزن ساختمان تولید شده با این سیستم تقریبا یک چهارم سیستم‌های ترونکوی سنتی است. در نتیجه نیروهای جانبی وارد بر سازه نظیر باد و زلزله به شدت کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که عمر مقید این سازه بیش از ۶۰ سال می‌باشد [۵].

•با توجه به اینکه در این سیستم همه مصالح از یک جنس هستند و المانی به عنوان تیر یا ستون بصورت مجزا وجود ندارد، در مقابل سیستم‌هایی مانند اسکلت فولادی با سقف تیرچه بلوک یا کامپوزیت که دارای عناصر مختلف در سیستم سقف و اسکلت سازه می‌باشند، از سهولت بیشتری در اجرا برخوردار می‌باشد. در مقایسه دیوار این سیستم نیز با دیگر سیستم‌ها، همه اجزا از یک جنس هستند که در نهایت برای عایق کاری بیشتر و نماسازی در داخل و خارج از عناصر دیگر استفاده می‌شود [۶].

شکل ۱۶ سهولت حمل لوله‌ها توسط کارگران

•این سیستم به دلیل وزن اندک، قابلیت اجرا در مناطقی با خاک ضعیف و حتی بر روی بناهای ساخته شده را نیز دارد. همچنین این سیستم می‌تواند در هر اقلیم و هر فصلی از سال انجام گیرد و مانند بعضی از سیستم‌های متداول همچون بتن نیازمند دما و شرایط محیطی خاص برای اجرا نیست. استفاده از این سیستم در آمریکای جنوبی، آفریقای جنوبی و سویس با در نظر داشتن تنوع اقلیمی در این مناطق نشان دهنده امکان بهره گرفتن از این روش در مناطق مختلف است. همچنین با توجه به پیشرفت در صنعت و تولید لوله‌های گالوانیزه، تهیه مصالح دشوار نیست و می‌توان مصالح را از مناطق بومی و یا غیر بومی تهیه نمود [۵].

•به دلیل سبکی لوله‌ها، تعداد افراد پای کار مورد نیاز در پروژه ۴ یا ۵ نفر می‌باشد که از این تعداد، یک نفر متخصص کارهای فلزی، یک نفر اپراتور تجهیزات مربوطه و ۲ الی ۳ نفر نیز کارگر ساده هستند. در یک پروژه کلی نیز حداکثر به ۱۵ الی ۲۰ نفر نیاز است که از این تعداد عده‌ای مسئول تولید لوله‌ها و اتصالات و گروهی نیز مسئول نصب تجهیزات هستند. این تعداد نسبت به تعداد افراد مورد نیاز برای اجرای سیستم‌های رایج دیگر بسیار کمتر است [۲].

•مصالح مصرفی استفاده شده در این سیستم غیر قابل اشتعال و مقاوم در برابر آتش سوزی هستند و الزامات مربوط به حفاظت در برابر حریق را برآورده می‌سازند [۵].

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
8 (1) , 2023
دوره ۸، شماره ۱
تابستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

•سیستم ترونکو از نظر هزینه حمل و نقل از همه سیستم‌های ساختمانی نوین ایران کمترین مقدار هزینه را شامل می‌شود. علت هزینه نهایی بسیار پایین تولید و اجرا در این سیستم، حمل ماده اولیه به صورت ورق گالوانیزه به کارگاه و انتقال خط تولید به محل پروژه است که در نتیجه آن، هزینه حمل و نقل اجزا تا حد زیادی کاهش می‌یابد (شکل ۱۷) [۲].

شکل ۱۷ انتقال ماده اولیه به صورت ورق گالوانیزه به کارگاه

•هزینه تولید و اجرای پایین: هزینه تولید و اجرای این سیستم نسبت به سیستم‌های سنتی بسیار کمتر است. این کاهش هزینه به دلایل متعددی است. یکی از علت‌های کاهش هزینه در این سیستم آن است که قطعات با استفاده از تجهیزات رایانه‌ای به طور دقیق برش داده می‌شوند. در نتیجه دور ریز مصالح به حداقل ممکن کاهش پیدا می‌کند. همچنین همانگونه که اشاره گردید، زمان اجرای این سیستم بسیار کوتاه است باعث کاهش هزینه بالاسری و هزینه نگهداری سیستم در حین اجرا نظیر هزینه اسکان کارگران و حق الزحمه آنان و سایر دست اندر کاران و نیز هزینه آب و برق و اقلام مصرفی می‌شود. قابل ذکر است که هزینه‌های اولیه در تهیه مصالح و دستگاه نسبتا بالا بوده که تسریع در اجرا این امر را جبران می‌کند و بطور کلی هزینه اجرای این نوع سیستم نسبت به سیستم‌های رایج بسیار کمتر است. نکته قابل توجه دیگر این است که این سیستم امکان بازیافت و استفاده مجدد از المان‌های سازه در فضاهای دیگر را به علت تکنولوژی ساده اجرای آن فراهم می‌سازد که در هزینه اجرای این سیستم بسیار تاثیر گذار است [۷].

•به دلیل کاهش استفاده از مصالح نظیر فولاد رایج و بتن که کارخانه‌های سازنده آن‌ها از جمله کارخانه‌های آلاینده به شمار می‌آیند و همچنین اجرای سیستم به صورت خشک، از لحاظ زیست محیطی بسیار مناسب است. همچنین سیستم ترونکو از نظر قابلیت بازیافت از همه سیستم‌های ساختمانی نوین ایران بازیافت پذیرتر است. به علاوه به علت ماشین آلات ساخت این سیستم، سیستم ترونکو از نظر آلودگی ناشی از ساخت از همه سیستم‌های ساختمانی نوین ایران آلودگی کمتری دارد [۷].

•به علت هوای موجود در لوله‌ها، این سیستم از مقاومت بالایی در برابر صداهای هوابرد برخوردار است. برای افزایش مقاومت این سیستم در برابر صداهای کوبه‌ای می‌توان از پوشش متالوگ بر روی لوله‌های گالوانیزه استفاده نمود که مقاومت سیستم در برابر هر دو نوع صدا را افزایش می‌دهد [۲].

•صرفه جویی در مصرف انرژی از جمله مزایای گرانبهای سیستم ترونکو است، زیرا این سیستم از لوله‌های تو خالی تشکیل شده است که وجود هوا درون لوله‌ها باعث ایفای نقش عایق حرارتی در آن‌ها میشود. لذا سیستم ترونکو انتقال حرارت را بسیار پایین آورده و باعث کم شدن مصرف انرژی به خصوص در مناطق سرد شده و برای ساخت بناهایی با یک طبقه در مناطق سرد پیشنهاد می‌شود [۴].

•همانگونه که ذکر شد، مصالح مصرفی در این سیستم غیرقابل اشتعال و مقابل در برابر آتش سوزی هستند و مطابق با الزامات مربوط به حفاظت در برابر حریق ASTM هستند. همچنین این سیستم باید با رعایت آئین نامه ۲۸۰۰ ایران طراحی و اجرا شود. لازم به ذکر است که این سیستم دارای گواهینامه و مجوز ساخت از ISBO، BOCA و NES است [۵].

با توجه به موارد ذکر شده، استفاده از سیستم ترونکو برای ساخت ساختمآن‌های با ارتفاع کم بسیار مناسب و مقرون به صرفه است. استفاده از فضاهای خالی بین لوله‌های گالوانیزه نیز می‌توان‌م سیستم حرارتی و برودتی مناسبی را ایجاد نماید. همچنین با توجه به جنس المان‌های استفاده شده در این سیستم، می‌توان آن را در مناطق مختلف با آب و هوای مختلف اجرا نمود. بعلاوه، با توجه به تکنولوژی ساده اجرا و صرفه اقتصادی در این روش، استفاده از آن در مناطق دوردست و با لرزه خیزی بالا بسیار توصیه می‌گردد. استفاده از این روش در مناطق روستایی و طرح‌های اسکان بعد از حوادث طبیعی که زمان عامل اساسی در انتخاب سیستم‌های سازه‌ای است نیز توصیه می‌شود [۷].

۵- الزامات طراحی و اجرا

رعایت نکات، ضوابط و الزامات زیر در مراحل طراحی و اجرای سیستم ترونکو ضروری است:

•استفاده از سیستم مهاربندی جانبی برای مقاومت در برابر بارهای جانبی مانند باد یا زلزله ضروری است. همچنین مهاربندی‌های تسمه ای مورد استفاده د این سیستم باید فاقد هرگونه افتادگی اولیه باشند. کنترل سازه در برابر بار باد و زلزله باید مطابق مبحث ششم مقرارت ملی ساختمان ایران (بارهای وارد بر ساختمان) و استاندارد ۲۸۰۰ انجام شود [۲].

•رعایت ضوابط مبحث نهم مقرارت ملی ساختمان ایران (طرح و اجرای ساختمآن‌های بتن آرمه) در طراحی و محاسبه قسمت‌های بتنی ساختمان الزامی است [۵].

•طراحی سازه ای کلیه اجزا و اتصالات سیستم باید بر اساس استاندارد انجمن ریخته‌گران فولاد آمریکا (AISI) و طراحی لرزه ای آن براساس استاندارد ۲۸۰۰ انجام شود. ضوابط مربوط به اتصال دهنده‌ها، شامل پیچ خودکار، پیچ و مهره باید طبق آئین نامه AISC و استاندارد AISI رعایت شود. در صورت استفاده از اتصالات جوشی، رعایت ضوابط و مقررات مربوط به جوشکاری اعضای سرد نورد شده مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و آئین نامه‌های AWS و AISC نیز الزامی است. همچنین رعایت مشخصات فولاد سرد نوردشده بر اساس استاندارد ASTM الزامی است [۵].

•رعایت محدودیت حداکثر بار زنده و مرده به ترتیب ۴۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم بر مترمربع برای سقف‌ها الزامی است [۲].

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
8 (1) , 2023
دوره ۸، شماره ۱
تابستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

•در صورت استفاده از سقف بتنی، به کارگیری برش گیر مطابق مبحث دهم مقرارت ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمآن‌های فولادی) به منظور یکپارچگی بین سقف بتن مسلح و تیرهای فولادی سرد نورد شده الزامی است. همچنین تامین ضوابط دیافراگم صلب برای کلیه سقف‌ها لازم است [۲].

•کلیه اتصالات اعضای قائم به اعضای افقی باید به گونه ای باشند که یکپارچگی اعضا در ارتفاع سازه تامین شود [۲].

•استفاده از این سیستم برای ساختمآن‌های با اهمیت متوسط تا دو طبقه و برای ساختمآن‌های آموزشی تا یک طبقه توصیه می‌شود. به کارگیری حداکثر دهانه باربر ثقلی ۴ متر و حداکثر ارتفاع ناخالص با در نظر گرفتن ارتفاع سقف ۳/۶ متر برای هر طبقه الزامی است [۵].

•رعایت ضوابط مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان ایران (صرفه جویی در مصرف انرژی) الزامی است [۵].

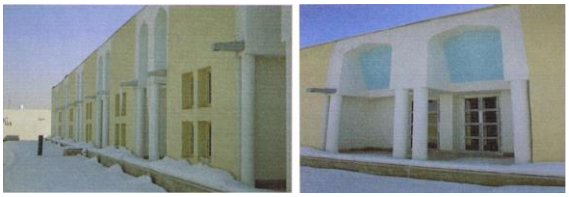
•مطابق ضوابط مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان ایران (عایق بندی و تنظیم صدا) باید عایق بندی صدای هوابرد در جداکننده‌های واحدهای مستقل و پوسته خارجی ساختمان و صدابندی سقف‌ها تامین شود [۷].

•از حیث دوام، خوردگی و مسائل زیست محیطی و باید پیش بینی‌های لازم متناسب با شرایط اقلیمی بر مبنای مقررات ملی ساختمان و آئین نامه‌های معتبر بین المللی انجام شود [۲].

•مطابق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران (حفاظت ساختمآن‌ها در برابر حریق) و الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (آئین نامه محافظت ساختمآن‌ها در برابر آتش)، باید ضوابط و مقررات مربوط به محافظت ساختمآن‌ها در برابر آتش رعایت شود. با توجه به استفاده از اجزای فولادی در سازه‌این سیستم، استفاده از پوشش‌های مناسب برای حفاظت سازه در برابر حریق و رعایت حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان با توجه به مقاومت اجزای ساختمان در برابر آتش ضروری است [۵].

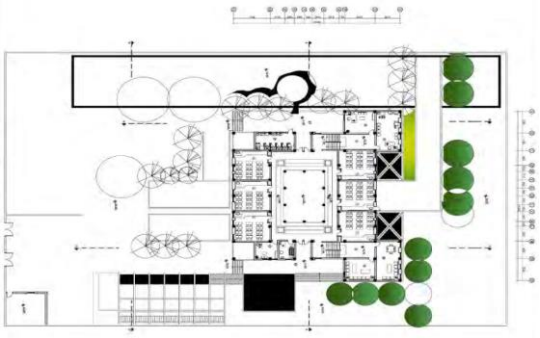
۶- سیستم ترونکو در ایران

اولین ساختمان اجرا شده با این سیستم در ایران، یک مدرسه در شهر کاشان به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع می‌باشد که در مدت زمان ۳۲ روز ساخته شد (شکل ۱۸). همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود، در این ساختمان از اصول معماری سنتی ایران استفاده شده است که انطبق پذیری این سیستم با معماری بومی را نشان می‌دهد [۶].



شکل ۱۸ مدرسه ساخته شده در کاشان با سیستم ترونکو [۷]

در مطالعه ی اثناعشری (۱۳۹۴)، طراحی مدرسه‌ای در شهر اردبیل که منطقه سردسیر به حساب می‌آید، در دو حالت استفاده از روش معمولی و سیستم ترونکو با رویکرد کاهش مصرف انرژی حرارتی انجام شد. ساختمان معمولی رایج با بلوک بتنی به ضخامت ۲۰ سانتی متر و اندود گچی با ضخامت ۱۳ میلی متر، با مسطح دال بتنی ۱۵ سانتی متر و آسفالت ۱۹ میلی متر با درب‌ها و پنجره‌های بازشو آلومینیومی بود. پلان مدرسه مورد مطالعه در شکل ۱۹ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که ساختمان طراحی شده با سیستم ترونکو نسبت به روش رایج در ایران در حدود ۸۱ درصد از اتلاف حرارتی ساختمان را در شهر اردبیل کاهش میدهد [۸].



شکل ۱۹ پلان مدرسه طراحی شده با سیستم رایج و ترونکو [۸]

۷- نتیجه گیری

سیستم ساختمانی ترونکو برای ساختمآن‌های با ارتفاع یک الی دو طبقه روشی کاملاً مناسب است. با توجه به توسعه پایدار شهری، می توان چنین نتیجه گرفت که سیستم ترونکو قابلیت تبدیل به یک سیستم پایدار را دارد. همچنین این سیستم از لحاظ بهینه‌سازی مصرف انرژی در سطح مطلوبی برخوردار بوده و توسعه پایدار را در معماری به ارمغان می‌آورد. همچنین با توجه به تکنولوژی ساده اجرا و صرفه اقتصادی در این روش، استفاده از آن در مناطق دوردست و با لرزه خیزی بالا بسیار توصیه می‌گردد. استفاده از این روش در مناطق روستایی و طرح‌های اسکان بعد از حوادث طبیعی که زمان عامل اساسی در انتخاب سیستم‌های سازه‌ای است نیز توصیه می‌شود.

۸- تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافعی ندارند.

۹- سهم نویسندگان

نویسندگان به صورت مساوی در نگارش مقاله نقش داشته‌اند.

۱۰- حمایت مالی

این تحقیق از هیچگونه حمایت مالی‌ای برخوردار نبوده است.

۱۱- مراجع

[1] Azari, Omid; Sepehri, Amir; Ghagzabi, Ehsan; Makhdomi, Emad (2014), "Tronco Construction System Review", National Conference on New Topics in Civil Engineering, Islamic Azad University, Bandar Gaz Branch. (In Persian)
[2] Golabchi, Mahmoud; Mazaherian, Hamed. (1391). "New Construction Technologies", Tehran University Publications. (In Persian)
[3] Salimian, Neda, Gerami, Mohsen. (1393). "Executive Requirements of Tronco Construction System" National

[7] Haqjo, Amir; Akbari, Ali Akbar. (2014). "Tronco building system, a new method in sustainable architecture", the second international conference on modern researches in civil engineering, architecture and urban planning, Istanbul. (In Persian)
[8] Esna-Ashari; Ali, (2014). "Designing a school using the Trunco building system method in a cold region with the approach of reducing thermal energy consumption (case example of Ardabil city)", the first international conference and the third national conference of architecture, civil engineering and urban environment, Hamadan. (In Persian)
Conference of Civil Architecture and Twin Urban Development of Tabriz. (In Persian)
[4] Feridouni, Rana; Babaei, Seyyed Maryam; shadmehr, shadmand (2013). "Investigation of the functioning of the Tronco construction system in the modern construction industry", National Conference on Architecture, Civil Engineering and Modern Urban Development, Iran's National Enigma Center, Tabriz. (In Persian)
[5] MAPSA. (1389). "Roadmap, industrialization of building and housing". Iran construction project management company. (In Persian)
[6] Taghizadeh, Ketayoun. (1390). "Evaluating the causes of non-use of new construction technologies in the construction industry", Urban Management Quarterly, Tehran. (In Persian)

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
8 (1) , 2023
دوره ۸، شماره ۱
تابستان ۱۴۰۲
دوفصلنامه پژوهشی

COPYRIGHTS
©2023 by the authors. Published by **Journal of Engineering & Construction Management (JECM)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)