رویکردهای نوین در مهندسی عمران
دوره هفتم، شماره دوم، ۱۴۰۲، صفحه: ۷۱-۸۶

بررسی رویکردهای مدیریت کیفیت در روش های اتوماسیونی ساخت بناهای بلند ژاپن

جاوید قنبری [*1]

[*1] *استادیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز ، شیراز، ایران*

(j.ghanbari@shirazu.ac.ir)

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۳۰، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲)

چکیده

مدیریت کیفیت بخشی از مدیریت همه‌جانبه به شمار می آید که سیاست کیفیت، اهداف و وظایف آن را مشخص می کند و آن‌ها را در حوزه‌های برنامه ریزی، کنترل، تضمین، و بهبود کیفیت را در درون سیستم به کار می بندد. در پروژه‌های ساختمانی یکی از فازهای اصلی پروژه فاز ساخت می باشد که با تعریف و اعمال سیستم مدیریت کیفیت و برنامه‌ریزی کنرل کیفیت ساخت می توان به اهداف مطلوب دست یافت. این مقاله به بررسی سیر تکوین سیستم‌های اتوماسیونی ساخت سازه‌های بلندمرتبه در کشور ژاپن، زمینه و ضرورت شکل‌گیری آن‌ها پرداخته و رویکردهای مدیریت کیفیت را جستجو می کند. یکی از کارآمدترین روشها، مدیریت کیفیت به کمک کامپیوتر می باشد که در روند تکاملی روش‌های مشابه ساخت، به عنوان بخشی از یک روش ساختمانی در دهه های اخیر به نتایج مطلوبی اعم از کاهش هزینه، کاهش زمان و تثبیت و ارتقاء کیفیت در ابعاد مختلف انجامیده است.

کلمات کلیدی

مدیریت کیفیت، اتوماسیون ساخت، ساختمان های بلند، ژاپن.

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
دوره هفتم، شماره دوم، ۱۴۰۲، صفحه: ۷۱-۸۶

An Investigation into Quality Management Approaches in Japanese High-Rise Automated Construction Methods

Javid Ghanbari [1*]

[1*] *Assistant Professor, Art and Architecture faculty, Shiraz University, Shiraz, Iran*

(j.ghanbari@shirazu.ac.ir)

(Date of received: 20/05/2023, Date of accepted: 03/07/2023)

ABSTRACT

Quality management is a part of comprehensive management that defines the quality policy, its goals and tasks and applies them in the areas of planning, control, assurance, and quality improvement within the system. In construction projects, one of the main phases of the project is the construction phase, which can achieve the desired goals by defining and applying the quality management system and construction quality control planning. This article examines the evolution of automation systems for the construction of high-rise buildings in Japan, the background and necessity of their formation, and searches for quality management approaches. One of the most efficient methods is computer-assisted quality management. This method in the evolutionary process of similar construction methods as a part of a construction method in recent decades has led to favorable results, including cost reduction, time reduction, and stabilization and improvement of quality in various dimensions.

Keywords:

Quality management, Construction Automation, High-Rise Buildings, Japan.

۱- مقدمه

مفهوم کیفیت به آن معنا که امروزه بدان پرداخته می شود، از زمان انقلاب صنعتی به وجود آمده است. تا قبل از آن، فرایند تولید کالا از ابتدا تا انتها در دست یک نفر یا یک تیم انجام می گرفت. از بعد از انقلاب صنعتی، تولید انبوه، فرایند تولید را در اختیار تیم های متعددی گذاشته است که در مراحل مختلف تولید وظیفه خاص خود را انجام می دهند. مبحث کیفیت در صنعت ساختمان با عوامل دیگری مانند هزینه و زمان در ارتباط نزدیکی قرار دارد. مشتری های صنعت ساختمان با مسائلی مانند کیفیت، هزینه و زمان سر و کار دارند و این در حالی است که اغلب پروژه های ساختمانی تنها بر اساس دو عامل هزینه و زمان شکل می گیرند [۱]. این مسئله که اغلب این پروژه ها توجه خاص به هزینه و زمان نشان می دهند و از اهمیت نسبی کیفیت چشم پوشی می کنند قابل درک نیست [۲] و این در حالی است که اغلب شکست های رویکرد های سنتی به تحویل پروژه به علت تاخیر های زمانی زیاد برنامه اجرایی، هزینه های اضافی و مشکلات جدی در حوزه کیفیت و همچنین افزایش تعداد ادعاها و دادخواهی مربوط به پروژه های ساختمانی بوده است [۳]. میزان استفاده از اتوماسیون در صنعت ساختمان، بستگی به فرهنگ، مصالح ساختمانی، تکنولوژی مورد استفاده و هزینه نیروی انسانی هر کشور دارد. میزان رقابت در درون صنعت ساختمان نیز همچنین از دلایل بهینه سازی تولید ساختمانی و افزایش کارایی آن به شمار می رود. در ژاپن نیز به علت تحولات و نوسانات اقتصادی در چند دهه اخیر، اتوماسیون در صنعت ساختمان روز به روز در حال گسترش و تکامل می باشد[۴]. نوسانات تقاضای بازار ساخت و ساز در ژاپن، اقتصاد حبابی و کمبود نیروی کار انسانی ماهر، به ایجاد رقابت در بین شرکت های ساختمانی و سازه ای بزرگ انجامیده است و یکی از جواب های این مسئله، طراحی روش های اتوماسیونی ساخت برای ساختمان های بلند مرتبه بوده است. هدف از توسعه این روش ها، بهینه سازی ساخت از منظر هزینه، زمان و تثبیت و ارتقاء کیفیت بوده است. در این راستا، این شرکت ها، با استفاده از روش های کنترل مدیریت کیفیت و همچنین سیستم های مدیریت کیفیت، و مثلاً با تعریف سیستم مدیریت کیفیت به کمک کامپیوتر، به اهداف مذکور دست پیدا کرده اند. در این مقاله، در ابتدا به مبانی نظری موجود در حوزه مدیریت کیفیت و در ادامه به معرفی صنعت ساختمان اتوماسیونی ژاپن با تاکید بر ساخت سازه های بلند و نحوه مدیریت کیفیت در آن ها پرداخته شده است.

۲- تاریخچه و تعریف کیفیت

مفهوم کیفیت به آن معنا که امروزه بدان پرداخته می شود، از زمان انقلاب صنعتی به وجود آمده است. تا قبل از آن، فرایند تولید کالا از ابتدا تا انتها در دست یک نفر یا یک تیم انجام می گرفت. از بعد از انقلاب صنعتی، تولید انبوه، فرایند تولید را در اختیار تیم های متعددی گذاشته است که در مراحل مختلف تولید وظیفه خاص خود را انجام می دهند. در اواخر قرن نوزدهم، پیشگامانی مانند فردریک وینزلو تیلور[۱] و هنری فورد[۲] به محدودیت های روش های تولید در آن زمان و خروجی های کیفی متفاوت پی بردند و از آن زمان مفهوم استانداردسازی وارد حوزه تولید گردید. به کار گیری کنترل آماری در نتیجه روش های تولید جنگ جهانی به یک رویه رایج تبدیل شد. سیستم های مدیریت کیفیت نیز در نتیجه کار افرادی مانند ادواردز دمینگ[۳] وارد حوزه تولید شدند. کیفیت به عنوان یک حرفه و یک فرایند مدیرانه در ارتباط با عملکرد کیفیت، در نیمه دوم قرن بیستم آغاز گردید و تا به امروز در حال تکامل بوده است. حرفه کیفیت از کنترل ساده شروع شد و به حوزه مهندسی و مهندسی سیستم وارد گردید. کنترل کیفیت در دهه های ۱۹۴۰، ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ میلادی مورد توجه خاص بود و در دهه ۱۹۷۰، دوره مهندسی کیفی به شمار می رود و در دهه ۱۹۹۰، سیستم های کیفیت به عنوان یک رشته جدید معرفی گردید [۵]. کیفیت یعنی مجموع ویژگی های یک موجود که به آن موجود توانایی پاسخ گویی به نیاز های مشخص و ضمنی را می دهد. یکی از جنبه های حیاتی مدیریت کیفی در بستر پروژه این است که نیازهای ضمنی به نیاز های مشخص تبدیل شوند که این کار در مدیریت محدوده انجام می گیرد. تیم مدیریت پروژه باید به این

[1] -Frederick Winslow Taylor
[2] -Henry Ford
[3] -W. Edwards Deming

مطلب نیز دقت خاصی داشته باشد که مفهوم سطح[۴] و کیفیت[۵] را با هم اشتباه نگیرد. سطح یا رتبه، یک دسته یا کلاس بندی می باشد که به یک موجود با نوع استفاده عملکردی یکسان و الزامات متفاوت برای کیفیت داده می شود. کیفیت پایین همیشه یک مشکل محسوب می شود در حالی که رتبه پایین اینگونه نیست. مشخص نمودن و تحویل دادن سطوح مورد نیاز (مناسب) مربوط به کیفیت و رتبه از وظایف مدیر پروژه و تیم مدیریت پروژه می باشد [۶].

۳- فرایندهای مدیریت کیفیت و برنامه ریزی کنترل کیفیت ساخت

به طور کلی مدیریت کیفیت در برگیرنده سه فرایند می باشد؛ برنامه ریزی کیفیت به معنای شناسایی اینکه چه استاندارد های کیفیتی به پروژه مربوط می باشند و مشخص کردن این که چگونه می توان به آن استاندارد ها رسید؛ تضمین کیفیت به شکل ارزیابی عملکرد کلی پروژه بر اساس مبانی معین برای اطمینان از این که پروژه جوابگوی استاندارد های کیفیتی مربوطه خواهد بود و کنترل کیفیت که شامل بازبینی، کنترل و نظارت بر نتایج پروژه برای مشخص نمودن این که آیا نتایج به دست آمده با استاندارد های تعیین شده مطابقت می کنند یا نه و همچنین معرفی راه هایی برای حذف عوامل عملکرد نامطلوب می باشد. این فرایندها با یکدیگر و همچنین با فرایند های موجود در دیگر حیطه های دانش مدیریت پروژه اندرکنش هایی دارند. هر کدام از این فرایند ها دربرگیرنده ی تلاش یک یا چندین فرد یا گروه می باشد که بستگی به نیاز های پروژه دارد. هر فرایند به طور معمول حداقل یک بار در هر فاز از پروژه اتفاق می افتد. گرچه این فرایند ها به صورت جداگانه و با معرفی نقاط اتصال مورد بحث قرار گرفته اند، در عمل، این فرایند ها ممکن است با هم همپوشانی و اندرکنش هایی داشته باشند. رویکرد پایه به مدیریت کیفیت در هماهنگی با استاندارد ها و دستورالعمل های سازمان بین المللی استاندارد سازی مطرح شده است. این رویکرد عمومی، در هماهنگی با دو نوع رویکرد مطرح شده اند؛ رویکرد اختصاصی به مدیریت کیفیت مانند رویکرد پیشنهادی از طرف دمینگ، یوران، کراسبی و دیگران و رویکرد غیر اختصاصی مانند مدیریت کیفیت جامع، بهبود تدریجی و دیگر رویکرد های از این قبیل [۶]. در صنعت ساخت، مانند تمامی جنبه های مدیریت ساخت، کنترل کیفیت می بایستی برنامه ریزی شود. برنامه ریزی کیفیت به دنبال الگوی نظم می باشد و یک سیستم مدیریت کیفیت برای یک پروژه ساختمانی به نوعی این نظم را انعکاس می دهد. تدوین برنامه ریزی کیفیت ساخت شامل مراحل زیر می باشد:

۱) تعریف استاندارد کیفیت و کیفیت طراحی با توجه به خواسته مشتری
۲) برنامه ریزی برای چگونگی دستیابی به کیفیت مطلوب، روش های ساخت، تجهیزات، مصالح و نیروی انسانی
۳) ساختن ساختمان دقیقاً در اولین بار
۴) تصحیح نقایص و کمبود های مرتبط با کیفیت
۵) تهیه روش کنترل کیفی دراز مدت از طریق تعریف سیستم های مدیریت کیفیت و توسعه فرهنگ کیفی

تضمین کیفیت ساخت مکانیزمی است که ضمانت این را بر عهده دارد که فرایند ساخت در چارچوب سیستم مدیریت کیفیت انجام شود. این مکانیزم، ساختار، مشاغل و وظایف سازمان را برای به کار گیری مدیریت کیفیت مشخص می کند [۷].

[4] -Grade
[5] -Quality

۴- بررسی رابطه کیفیت، هزینه و زمان

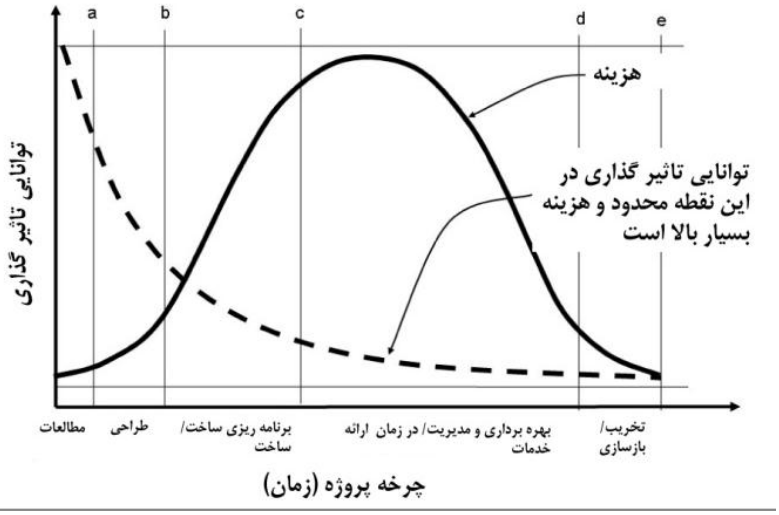
به منظور برنامه ریزی و مدیریت موفق یک پروژه، می بایستی عوامل سه گانه هزینه، زمان و کیفیت را با هم مد نظر قرار داد. هوگس و ویلیامز در مورد در نظر گرفتن این سه عامل معتقدند که این سه عامل سه گوشه یک مثلث را تشکیل می دهند و عدم در نظر گرفتن یکی از آن ها، بر روی دو عامل دیگر تاثیرات زیانباری خواهد گذاشت [۳].

شکل ۱: عوامل سه گانه کیفیت- هزینه- زمان [۸].

از نظر مشتری، کیفیت ممکن است یکی از مولفه هایی است که به "ارزش در ازای پول" منجر می شود [۹]؛ از نظر وینسنت و جول مدیریت کیفیت جامع این گونه تعریف می شود: "یکپارچگی تمامی عملکرد ها و فرایند های موجود در یک سازمان به منظور بهبود مداوم کیفیت کالا ها و خدمات زمانی که رضایت مشتری برآورده شود". علاوه بر این، به منظور دستیابی به مدیریت موفق کیفیت پروژه سه بخش جدای منتهی به مدیریت کیفیت می بایستی مدیریت گردند که با یکپارچه سازی و هماهنگ کردن مناسب این سه بخش، پروژه به بهبود های قابل مشاهده ای در زمینه برآورده کردن نیاز های مشتری خواهد رسید [۳]. این سه بخش عبارت اند از:

۱) یکپارچگی تیم پروژه به منظور تعریف هدف مشخص و فرهنگ مشترک
۲) تمرکز بر خواسته مشتری از طریق تسهیل نمودن تهیه محصولات و خدمات بر اساس نیاز های مشتری
۳) فرایند بهبود مداوم در مدیریت پروژه ساختمانی

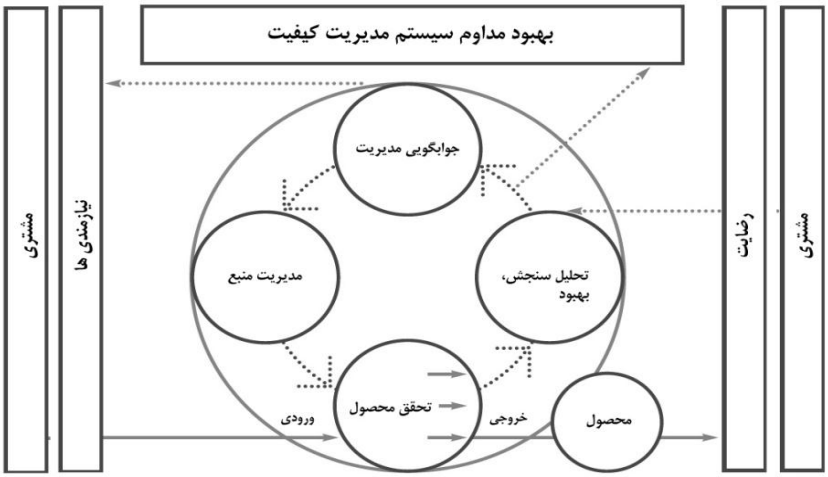
باید توجه داشت که کیفیت ساخت متناسب با هزینه های فرایند ساخت می باشد. هزینه های مرتبط با کیفیت می بایستی جهت تصمیم گیری های مدیریتی کاملاً روشن و مشخص شوند. هزینه های کیفیت پروژه شامل هزینه های شکست پروژه (مثلاً هزینه های تخریب و بازسازی، هزینه های زمان ساخت و تاخیر در امور دیگر)، هزینه های سنجش و ارزیابی (مانند هزینه نظارت و بازرسی) و هزینه های پیشگیری (مانند هزینه های طراحی و آموزش) می باشد [۷].



شکل ۲: قابلیت تاثیر گذاری بر ویژگی های سیستم در فاز های مختلف پروژه با نگاهی به هزینه [۱۰].

۵- سیستم مدیریت کیفیت

سیستم مدیریت کیفیت شامل یک سری فعالیت هایی برای هدایت و کنترل یک سازمان به منظور بهبود مداوم تاثیر و بازده عملکرد آن سازمان می باشد. این فعالیت ها در درون سیستم دارای اندرکنش هایی هستند و مطالعه جداگانه آن ها لزوماً به درک سیستم به عنوان یک کلیت وجود ندارد. هدف اصلی از توسعه سیستم مدیریت کیفیت بر تعریف فرایند ها قرار داده شده است که در نتیجه آن، به جای پیدا کردن محصولات یا خدمات ناقص بعد از زمان تولید، سعی در تولید محصولات و خدمات با کیفیت دارد. یک سیستم مدیریت کیفیت جامع، جوابگویی به نیازمندی های مشتری، از طریق تحویل کالا یا خدماتی که کاملاً جوابگوی نیاز ها و توقعات آنان است، و همچنین سازمان، از طریق رسیدن به هزینه بهینه با استفاده از منابع دسترس مانند مصالح، نیروی انسانی، تکنولوژی و اطلاعات، را تضمین می کند. یک سیستم مدیریت کیفیت توقعات مشتری را برآورده می سازد، کنترل فرایند را بهبود می بخشد، هزینه ها و میزان اتلاف را کاهش می دهد، سهم بازار را افزایش می دهد، آموزش را تسهیل می کند، پرسنل را شرکت می دهد و میزان دلگرمی را بیشتر می کند [۱۱] .



شکل ۳: چرخه بهبود سیستم مدیریت کیفیت با توجه به نیازمندی ها و رضایت مشتری [۱۱].

برنامه مدیریت کیفیت یک برنامه خاص یک پروژه یا قرارداد است که توسط خدمات دهنده از طریق به کار گیری سیستم مدیریت کیفیت به منظور برنامه ریزی و اجرای کار ، تضمین همخوانی با شرایط پروژه یا قرارداد و همچنین برای مدیریت ریسک مربوط به کیفیت تهیه می گردد. این برنامه دربرگیرنده اهداف پروژه، منابع قابل استفاده از جمله ساختار مدیریتی، پرسنل و آموزش آن، اختیارات و وظایف پرسنل، روش های اندازه گیری و تحلیل، روش های نمایش و بازبینی اجرا، روش های شناسایی مغایرت ها و به کار گیری اعمال اصلاحی و پیشگیری کننده و در نهایت روش هایی برای کنترل اسناد و مدیریت مدارک بایگانی شده می باشد [۱۲].

۶- مدیریت کیفیت به کمک کامپیوتر

شبیه سازی راه جدیدی را برای ارزیابی و آزمودن مصالح ساخت و تکنیک های نازک کاری با کارایی بالا معرفی می کند. اگر چه کارورزان معماری سنتی به عنوان مهندسان ساخت شناخته نمی شدند، اما تحقیقات اخیر نشان دهنده شباهت های زیادی میان صنعت ساختمان و صنعت کارخانه ای (صنعت تولید) می باشد؛ هر دو این صنایع محصولاتی را طراحی و تولید می کنند که نیازمندی های خاص مشتریان را در محیط خاصی برآورده می کنند و همچنین فرایند های طرح-ساخت مشابهی را دنبال می کنند. استفاده از مدل سازی و شبیه سازی، یکی از فرصت های ویژه برای بهبود کیفیت طراحی یا حتی شبیه سازی کردن فرایند ساخت به شمار می رود. پتانسیل کامل شبیه سازی به منظور بهبود کیفیت طراحی و ساخت هنوز کاملاً درک نشده است. اگرچه شبیه سازی ریاضی مدت ها مورد استفاده قرار گرفته است، امروزه به یک نسل جدید شبیه سازی تصویری پرداخته می شود. یکی از مزیت های مهم شبیه سازی این است که غیر تجویزی است و طراح را مجبور به استفاده از یک روش خاص و محدود نمی کند. مهمترین ویژگی شبیه سازی این است که راه حل های متفاوتی را مورد ارزیابی قرار می دهد و مشکلات طراحی قبل از زمان ساخت شناخته می شوند و در نتیجه، هزینه اشتباهات طراحی را کاهش می دهد ضمن این که کیفیت را ارتقاء می دهد. استفاده از شبیه سازی پیشگویانه امکان کاوش کافی را در راه حل های موجود طراحی در حضور محدودیت های ویژه به وجود می آورد. کیفیت بهبود یافته، بهبود طراحی ساختمان ها را تضمین می کند و در نتیجه به کاهش اتلاف ساختمانی و عملکرد بهینه روش ساخت و مراحل مدیریت و صرفه جویی در هزینه ها منجر می شود. در روش مدار بسته کنترل ساخت در یک سیستم مدیریت به کمک کامپیوتر به صورت مدار بسته[۶]، همچنین فرایند اجرا لحظه به لحظه کنترل شده و اصلاح می گردد [۱۰]. طراحی های ممتاز، به توانایی های رقابت منحصر به فردی مانند تحویل سریع و انعطاف پذیری منجر می شود. در پروژه های ساختمانی، طرح های جدید قبل از زمان ساخت کاملاً بررسی می شوند و طراحی آزمایشی عموماً برای بخش سازه مورد استفاده قرار می گیرد. وضوح ویژگی ها و جلوگیری از تکرار طراحی مجدد کاملاً مورد تاکید است. مدیریت کیفیت طراحی شامل طراحی جزئیات، ارائه برنامه ساخت، برآورد هزینه، ارزیابی های طراحی، اجرا پذیری طرح و کنترل فعالیت طراحی می شود [۱۳].

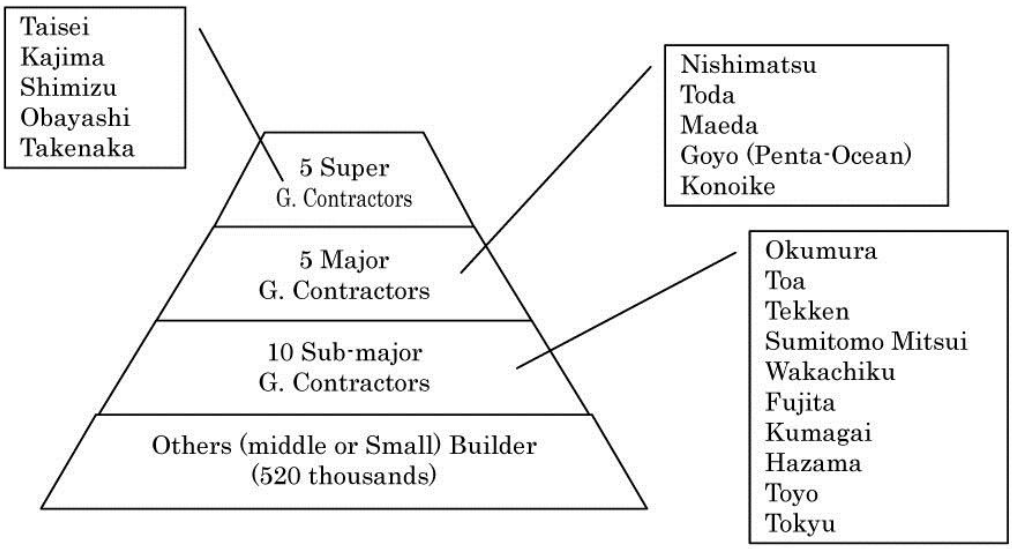
۷- اتوماسیون ساخت در ژاپن

در این بخش از مقاله به معرفی وضعیت صنعت ساختمان و نوسانات تقاضا در بازار ساختمان ژاپن در چند دهه اخیر پرداخته شده است. شناخت این وضعیت، ضرورت شکل گیری و توسعه روش های ساخت اتوماسیونی را روشن می سازد. در بخش بعدی مقاله به معرفی یکی از این روش ها موسوم به روش سایبان بزرگ پرداخته خواهد شد.

[6] -Online

۷-۱- مروری بر صنعت ساخت و ساز در ژاپن

میزان سرمایه گذاری در صنعت ساختمان ژاپن به طور کلی شامل ۶۵ درصر توسط بخش خصوصی و ۳۵ درصد توسط بخش دولتی انجام می گیرد. از نقطه نظر گونه بندی ساخت و ساز، ۵۹ درصد کل پروژه ها به پروژه های ساختمانی و ۴۱ درصد پروژه ها به پروژه های راه سازی و عمرانی اختصاص می یابد. سرمایه گذاری بخش خصوصی عمدتاً در بخش ساختمان و سرمایه های دولتی بیشتر در پروژه های راه سازی و عمرانی مصرف می گردد. مروری بر سرمایه گذاری صنعت ساختمان در ژاپن نشان می دهد که در طول پنج سال دوم دهه ۱۹۸۰ میلادی، سرمایه گذاری به سرعت رشد یافت و در سال ۱۹۹۲ به بالاترین میزان آن یعنی ۸۴ تریلیون ین رسید. اما این رشد سرمایه گذاری، به علت ظهور پدیده اقتصاد حبابی به سرعت نزول یافت. از بعد از سال ۲۰۰۴ میلادی، سرمایه گذاری میانگین در صنعه ساختمان به ۵۲ تریلیون ین رسید. میزان ساخت و ساز در ژاپن تا سال ۲۰۰۵ میلادی به حداقل خود رسید و در کلانشهر توکیو در سال ۲۰۰۲ ، به حداقل مقدار خود رسید و سپس مجدداً سیر صعودی خود را آغاز نمود. گرچه میزان مساحت ساخته شده ساختمانی از سال ۱۹۹۸ در حال افزایش بوده است، هزینه ساخت در واحد سطح کاهش داشته و پایین مانده است و این بدان معنا است که ساختمان های بلند مرتبه بیشتری در حال ساخت بوده است. صنعت ساختمان در ژاپن شامل پنج پیمانکار کلان، پنج پیمانکار ارشد، ۱۰ پیمانکار زیر مجموعه پیمانکاران ارشد و سایر پیمانکاران خرد می باشد. تعداد پیمانکاران ساخت در ژاپن تا پایان مارس سال ۲۰۰۷، ۵۲۰ هزار شرکت اعلام گردیده است که در مقایسه با سال ۲۰۰۰، به علت کاهش سرمایه گذاری در ساخت، ۸۰ هزار تا کاهش داشته است [۴].



شکل ۴: ساختار صنعت ساختمان در ژاپن (شامل پنج پیمانکار کلان، پنج پیمانکار ارشد، ده پیمانکار زیر مجموعه پیمانکاران ارشد، و سایر پیمانکاران خرد) [۴].

۷-۲- صنعتی سازی، روش های ساخت، جنبه های فنی و اتوماسیون ساخت

صنعتی سازی ساخت در ژاپن از سال ۱۹۶۰ با شروع ساخت خانه های پیش ساخته از جنس فولاد و چوب آغاز گردید. در حوزه ساختمان،ذ ساخت ساختمان های بلند مرتبه با شروع ساختمان کازومیگاسکی[۷] در سال ۱۹۶۸ به یک روال معمول تبدیل شد و از همان زمان، روش های صنعتی سازی و اتوماسیون مورد کاوش بوده است. سازه های متداول ساختمانی در ژاپن شامل بتن مسلح، فولاد و سیستم ترکیبی بتن مسلح با قاب فولادی می باشد و اتوماسیون در صنعت ساخت برای این سه سیستم توسعه و تکامل پیدا

[7] -Kasumigaseki

کرده است. در زمان رشد مجدد صنعت ساختمان از سال ۲۰۰۲ میلادی، استفاده از سازه های بتن مسلح با قاب فولادی، به علت هزینه بالا، کاهش، و سازه های فولادی و بتن مسلح به تدریج افزایش پیدا می کند؛ سازه های فولادی بیشتر برای برج های اداری دارای فضاهای منعطف با دهانه های بزرگتر و سازه های بتن مسلح برای برج های مسکونی مورد استفاده قرار می گیرند [۴]. در دوره های آغازین ساخت سازه های بلند مرتبه، سازه های فولادی، مقدم بر سازه های دیگر مورد استفاده قرار گرفت. در میانه دهه ۱۹۷۰ میلادی، اجزاء پیش ساخته مثل واحد کف و دیوار های پرده ای به این ساختمان ها وارد شد و به عنوان یک رویکرد صنعتی مطمئن تر و پیشرفته تر شناخته شد. به علاوه، ساخت ساختمان های با اسکلت مختلط مثل ستون های فولادی پر شده با بتن در دهه ۱۹۹۰ توسعه پیدا کرد. در این دوره، بسیاری از شرکت ها سعی در پیدا کردن تخصص در تولید قاب فولادی نمودند و تکنولوژی های اتوماسیونی مانند روبات های جوشکار را به صنعت ساختمان معرفی کردند. روش ساخت با بتن مسلح، در ابتدا در یک ساختمان ۱۸ طبقه در سال ۱۹۷۴ مورد استفاده قرار گرفت و پیمانکاران، از آن زمان به بعد، روش های اجرایی متنوعی را توسعه داده اند. از نقطه نظر اقتصادی، سازه های بتن مسلح، به علت ارزان تر بودن و همچنین به خاطر مقاومت بیشتر در برابر لرزه، این گونه سازه ها بیشتر در ساختمان های مسکونی مورد استفاده قرار گرفته اند. اما این روش، در برگیرنده فعالیت های کارگاهی متنوع و پیچیده ای است که کنترل کیفیت آن ها نسبتاً مشکل می باشد. بدین منظور، توسعه اتوماسیون و صنعتی سازی روش بتن مسلح، با هدف منطقی سازی فرایند ساخت و تضمین کیفیت آغاز گردید [۴].

۷-۳- *تاریخچه اتوماسیون ساخت در ژاپن*

از دهه ۱۹۷۰ میلادی تا کنون، روبات های صنعتی متعددی به حوزه صنعت ساختمان وارد شده اند و به شکل گیری سیستم های ساختمانی ویژه ای، به خصوص در دهه ۱۹۹۰ میلادی، منجر شده اند. در زیر مروری بر تکامل سیستم های ساختمانی در دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ میلادی شده است. لازم به ذکر است که در شروع هزاره جدید، همچنان از ربات های موثر پیشین و ربات های جدید در روش های ساخت اتوماسیونی استفاده می گردد و عملکرد این روبات ها روز به روز بهینه تر می گردد [۴].

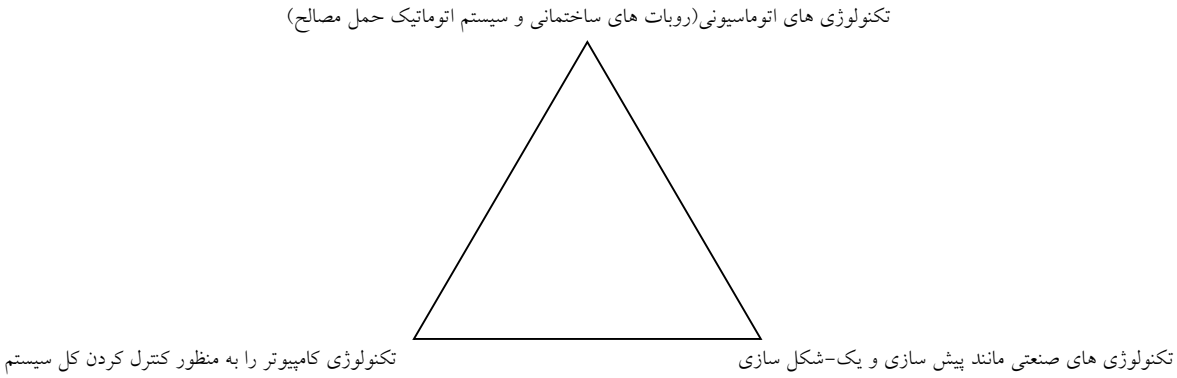
۷-۳-۱-*اتوماسیون ساخت در دهه ۱۹۸۰*

اقتصاد حبابی که از اواسط دهه ۱۹۸۰ تا اوایل دهه ۱۹۹۰ به طول انجامید، تقاضای زیادی به صنعت ساختمان وارد نمود که صنعت ساختمان را با مشکلاتی از قبیل کمبود نیروی کار و افزایش زیاد دستمزد کارگران روبرو کرد که این مسئله، توقعات نیروی کار را تا حدی بالا برد که از وارد شده به محیط های کاری که از نظر آن ها *سخت*، *کثیف* و یا *خطرناک* بود امتناع می ورزیدند و این نیز به کاهش شدید نیروی کار انجامید. همچنین مسن شدن کارگران ماهر ساختمانی و کاهش جمعیت تولیدگر (بین سنین ۱۶۶ تا ۶۵ سال) نیز از شرایط این زمان به شمار می رود [۱۴]. در همین دوره، پیمانکاران ساختمانی، به خصوص پیمانکاران ارشد، سرمایه گذاری بسیار زیادی در زمینه توسعه اتوماسیون ساخت و وارد کردن روبات ها و سیستم های اتوماتیک ساخت به کارگاه های ساختمانی انجام دادند[۸]. هم زمان با این دوره، تولید کنندگان سازه های فولادی شروع به تولید روبات های جوشکار در اواسط دهه ۱۹۸۰ کردند و استفاده از این روبات ها در ابتدا در میان شرکت های تولید کننده سازه های فولادی که در رقابت اقتصادی شدیدی با یکدیگر قرار داشتند رایج شد [۴].

[۳] – با توجه به مطالعاتی که در این زمینه انجام گرفته است، در حدود ۱۵۰ روبات در این دوره ساخته شدند.

۷-۳-۲-اتوماسیون ساخت در دهه ۱۹۹۰

هم زمان با ساخت و توسعه روبات های ساختمانی، توسعه سیستم های ساختمانی اتوماتیک برای ساخت و برپایی کل ساختمان در حدود سال های اول دهه ۱۹۹۰ آغاز شد. این سیستم های ساخت، تکنولوژی های اتوماسیون، مانند روبات های ساختمانی و سیستم اتوماتیک حمل مصالح، و تکنولوژی های صنعتی مانند پیش سازی و یک-شکل سازی، و همچنین تکنولوژی کامپیوتر را به منظور کنترل کردن کل سیستم را با هم تلفیق کردند و به منظور کارآمد تر کردن روش حمل و ساخت توسعه یافتند [۴].جدول (۱) برخی سیستم های اتوماسیونی ساخت که در ژاپن توسعه یافتند را نشان می دهد:



شکل ۵: بخش های مختلف تشکیل دهنده پیکره اصلی سیستم های اتوماسیونی ساخت.

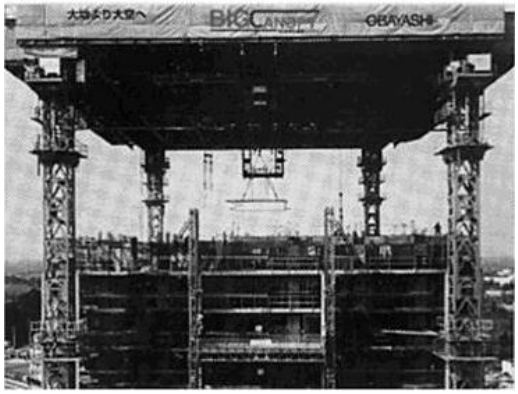
سیستم هایی که در آن ها میزان اتوماسیون بیشتر بوده است، میزان نیروی کار دستی را کاهش داده اند و شرایط آسایش در محیط کار را در فصول مختلف ارتقاء داده اند.. این روش ها همچنین فعالیت کارگران در ارتفاع زیاد و تصادفات صنعتی (مانند افتادن کارگران، ریزش مصالح و یا تجهیزات و ...) را توسط پوشش های جانبی در اطراف ساختمان حذف کرده اند. ویژگی *همه-فصلی* بودن این سیستم های ساخت، بالا بردن مصالح و تجهیزات را در شرایط وزش باد های مزاحم نیز امکان پذیر می کند. توسعه این سیستم ها، در کنار توسعه پیش سازی، کیفیت ساخت را به میزان زیادی ارتقاء داده است [۴].

جدول ۱. معرفی و مقایسه سیستم های اتوماسیونی ساخت در ژاپن [۴].

نام سیستم	Smart System	Shuttle-Rise	ABCS	Big Canopy
پیمانکار	شرکت شیمیزو	شرکت کاجیما	شرکت اوبایاشی	
سازه	زیر زمین: بتن مسلح با قاب فولادی بالای زمین: فولاد	بتن مسلح	زیر زمین: بتن مسلح با قاب فولادی بالای زمین: فولاد	بتن مسلح
کاربری	اداری	آپارتمانی مسکونی	اداری	آپارتمانی مسکونی
پوشش	خرپای موقت پوشاننده کل ساختمان		سقف با قاب فولادی پوشاننده کل ساختمان	سایبان پوشاننده کل ساختمان
سازه پیرامونی	پوشش صفحه ای شبکه ای بافته شده		پوشش صفحه ای	
سیستم بالارونده	-پایه های موقت -جک هیدرولیکی	سیستم بالا رونده Shuttle Rise	-ستون بالا رونده -جک هیدرولیکی	تجهیزات بالارونده
سیستم حمل افقی	-ریل انتقال -واگن	جرثقیل سقفی	جرثقیل SCF	-شاه تیر انتقال -جرثقیل Hoist
سیستم حمل عمودی		بالابر بزرگ	بالابر بزرگ	بالابر سریع
میزان اتوماسیون	سیستم انتقال اتوماتیک	سیستم انتقال اتوماتیک	-سیستم انتقال اتوماتیک -همگذاری دستی	سیستم انتقال اتوماتیک
ماشین آلات همگذار	-روبات آزاد کننده -روبات جوشکار	-روبات های مورد استفاده توسط دست	-روبات جوشکار	
وزن تجهیزاتت کارخانه	۱۶۵۰ تن		۱۲۰۰ تا ۲۲۰۰ تن	

۸- اجزاء و روش سایبان بزرگ

سیستم اجرایی اتوماسیونی سایبان بزرگ، یک سیستم همه-فصلی است که به منظور کاهش هزینه ساخت ساختمان های پیش ساخته بتنی بلند مرتبه توسعه یافته است. این سیستم اولین بار در یک ساختمان ۲۶ طبقه آپارتمانی پیش ساخته بتنی در شهر توکیو در سال ۱۹۹۵ مورد استفاده قرار گرفت. شرکت ساختمانی اوبایاشی، این سیستم را پس از توسعه یک سیستم اتوماسیونی ساخت سازه های فولادی به صنعت ساختمان با نام سیستم ABCS معرفی کرد [۱۵]. به طور کلی این سیستم دارای چهار بخش کلی است؛ سقف موقت همه فصلی بالارونده، سیستم موازی شامل چند جرثقیل برای جایگذاری اجزاء، سیستم پیش ساختگی و بسته بندی اجزاء و سیستم مدیریت مصالح و ساخت. این سیستم، کیفیت پروژه را تامین می کند، شرایط محیط کاری را ارتقاء، و زمان ساخت، نیروی کار انسانی و نخاله های ساختمانی را کاهش می دهد، ضمن اینکه سودمندی را نیز افزایش می دهد [۱۴].



شکل ۶: سیستم سایبان بزرگ (چهار پایه و سقف موقت) در زمین ساخت.

۸-۱- اهداف، ویژگی ها، مزیت های سیستم سایبان بزرگ

هدف اصلی از توسعه این سیستم، افزایش سودمندی، کوتاه کردن زمان ساخت، تثبیت کیفیت ساخت و کاهش هزینه کلی ساختمان های آپارتمانی بلند مرتبه بتنی می باشد. اصول اصلی این سیستم بر مبنای تلفیق تکنیک هایی از قبیل مکانیزاسیون، اتوماسیون، پیش سازی و استفاده از کارگران مستعد و دارای ویژگی همه-فصلی می باشد. این سیستم مبتنی بر استفاده از قطعات پیش ساخته بتنی در سازه به منظور استاندارد سازی و سهولت کار و همچنین کاهش زمان ساخت می باشد. سیستم پیش ساخته، از بسیاری جهات متفاوت با سیستم های متعارف ساخت است. برخی از این ویژگی های متمایز این سیستم عبارت اند از:

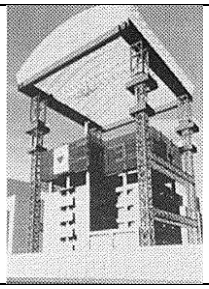
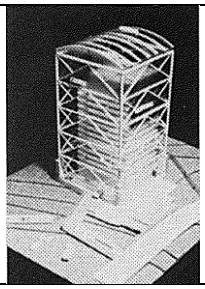
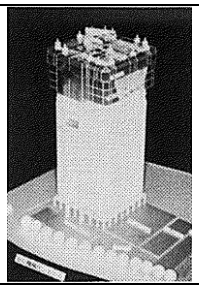
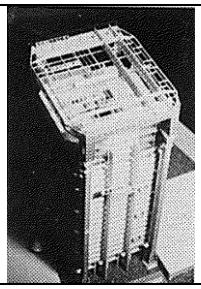
جدول ۲. ویژگی ها و مزیت های سیستم سایبان بزرگ.

ویژگی های سیستم	مزیت های سیستم
-وزن زیاد قطعات بتنی	- کاهش اتلاف زمان از طریق هماهنگی کامل کارگران با سیستم اتوماسیون
-کنترل کامل فرایند ساخت، قبل از زمان جایگذاری و برپایی قطعات	-تثبیت و ارتقاء کیفیت ساخت از طریق پیش سازی اجزا
-تاثیر مستقیم دقت برپایی سازه بر کیفیت نازک کاری	-زمان کوتاه ساخت
-تفاوت سازماندهی روند ساخت و مراحل مختلف آن با سیستم های متعارف ساخت	-بهبود شرایط و محیط کار برای کارگران
-افزایش حجم کاری در مراحل اولیه فرایند برنامه ریزی ساخت	-ایمنی پیرامون کارگاه
	-کاهش نخاله های ساختمانی
	-کاهش هزینه کلی

بر این مبانی، استفاده از یک سیستم جایگذاری با بازده بالا و یک سیستم مدیریت به کمک کامپیوتر برای سازماندهی مصالح و برای برنامه ریزی توالی مراحل برپایی سازه ضروری به نظر می رسید. این سیستم در بین سال های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰ در ساخت یک ساختمان ۴۱ طبقه مورد استفاده قرار گرفت. این سیستم، شامل یک سیستم کنترل جامع کامپیوتری به منظور مدیریت کارآمد و همچنین بخش های متفاوت اتوماسیون و تجهیزات کاهش نیروی انسانی می باشد. در مراحل مختلف توسعه این سیستم، در ابتدا گرچه از سیستم های طراحی و ساخت به کمک کامپیوتر استفاده می گردید، اما این کاملاً به صورت مدار بسته عمل نمی نمود. در

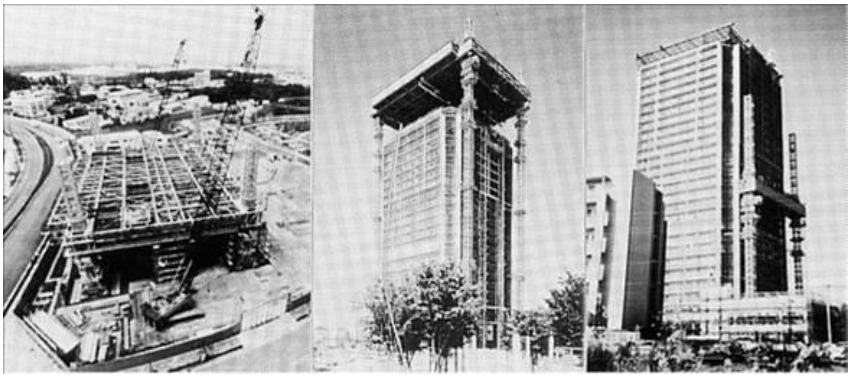
مراحل اول، میزان اتوماسیون به حد بهینه نرسیده بود اما در ادامه، با افزایش میزان اتوماسیون و مطالعه بر روی چهار گزینه پیشنهادی، در نهایت سیستم سایبان بزرگ انتخاب گردید. یکی از معیار های انتخاب از بین این چها گزینه، عامل هزینه بوده است که به دو شکل مورد توجه بوده است(جدول ۳)؛ عوامل کاهش هزینه مثل همه-فصلی بودن روش، بهبود بازده کار از طریق مکانیزاسیون و اتوماسیون، حذف هزینه های نیرو های کاری انسانی، شروع سریع عملیات نازک کاری و کاهش زمان ساخت و عوامل افزایش هزینه مثل برپایی، بالا بردن و برچیدن سازه سقف موقت و ساخت ماشین های جدید. این سیستم برای ساختمان های بتنی پیش ساخته با حداقل ۲۰ طبقه و حداکثر ارتفاع ۱۵۰ متر اقتصادی است که در ژاپن، بیش از ۸۲ درصد کل ساختمان ها و ۹۷ درصد آپارتمان های مسکونی با ارتفاع بالای ۶۰ متر، در حوزه کاربرد این سیستم قرار می گیرند.

جدول ۳. چهار روش ساخت مورد مطالعه [۱۴].

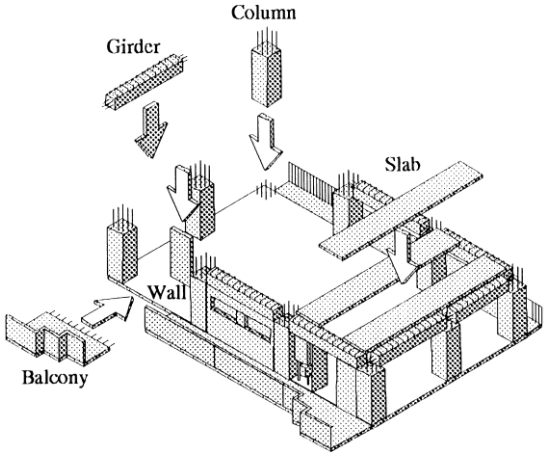
روش های ساخت مورد مطالعه	۱	۲	۳	۴ (روش سایبان بزرگ)
تصویر				

۸-۲- مکانیزم اجرایی سیستم سایبان بزرگ

یکی از کلیدی ترین بخش های این روش، سقف موقت بالا رونده است. این سیستم سقف موقت دارای چهار پایه جرثقیلی است که به طور مستقل در چهار گوشه ساختمان برپا می شوند. این پایه ها به عنوان پایه های موقت نگهدارنده سقف موقت مورد استفاده قرار می گیرند و روی هر کدام از آن ها جک های بالا برنده ی هیدرولیکی قرار می گیرند که به طور هم زمان چهار گوشه ی سقف موقت را بالا می برند. سقف موقت نیز در این سیستم، به ابعاد ۴۲ در۴۹ متر دارای یک ساختار خرپای فضایی است و دو وظیفه ی اصلی دارد که عبارت اند از: تحمل وزن تجهیزاتی مثل جرثقیل ها، ریل های حرکت آن ها؛ و همچنین ایجاد سایه بر روی محیط کار کارگران و بهبود کیفیت شرایط کاری - که این مورد در نمودارهایی مربوط به ضربان قلب کارگران و دمای لباس آن ها به اثبات رسیده است. برپایی و برچیدن سازه ی خرپایی موقت در این روش به طور کلی در سه مرحله انجام می پذیرد. در مرحله ی اول، سقف و پایه ها تا ارتفاع دو طبقه برپا می شوند؛ در مرحله ی دوم پایه ها طی مراحل متعدد در هر مرحله به اندازه ی دو طبقه مرتفع تر می شوند و سازه بالا می رود؛ در مرحله ی سوم، پس از اتمام ساخت، سازه در خلاف جهت و به سمت پایین برچیده می شود [۱۴].



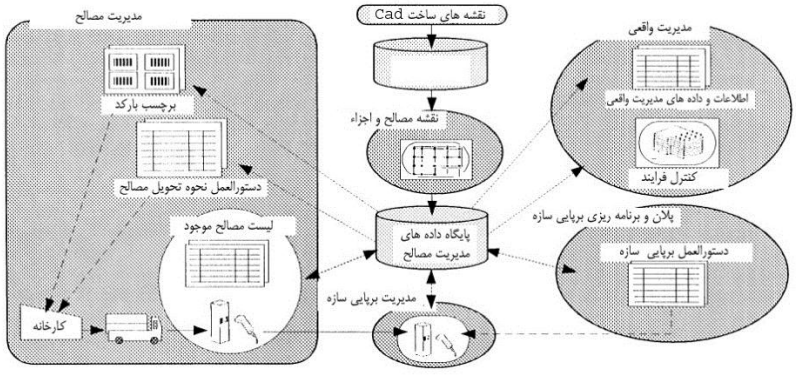
شکل ۷: مراحل نصب و برچیدن سازه موقت (به ترتیب از چپ به راست) [۱۴].



شکل ۸: مراحل اصلی ساخت در هر طبقه [۱۴] .

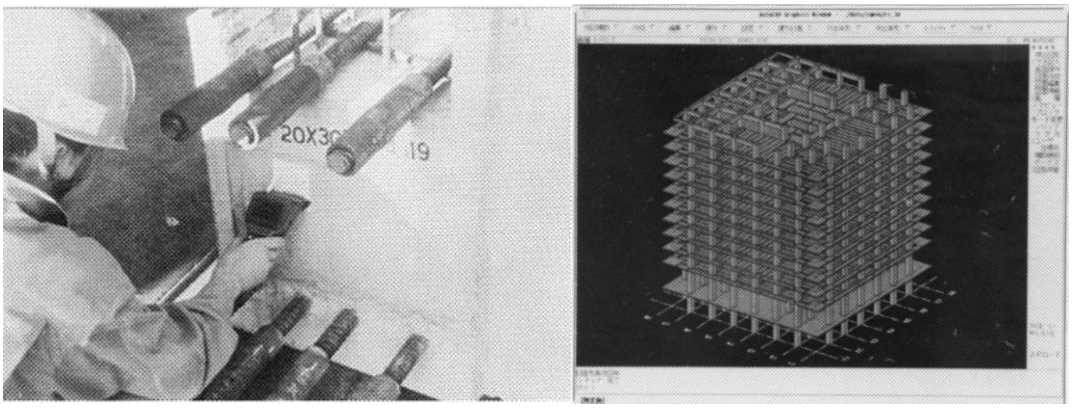
۸-۳-۱- سیستم مدیریت مصالح برای اجزای پیش ساخته بتنی

دیاگرام زیر، سیستم مدیریت مصالح برای اجزای پیش ساخته را نشان می دهد. این سیستم شامل یک پایگاه داده ای مدیریت مصالح و پنج بخش مرتبط می باشد. سخت افزارموجود، شامل یک محل کار، دو کامپیوتر، دو بارکد خوان، یک چاپگر بارکد و یک چاپگر می باشد [۱۴].



شکل ۹: سیستم مدیریت مصالح برای اجزای پیش ساخته [۱۴].

یک پایگاه داده ای مربوط به مصالح به منظور جامع کردن برنامه ریزی از جایگذاری تا برپایی و مدیریت واقعی در ارتباط با ترسیمات سه بعدی اتوکد قرار گرفته است. اطلاعات خاص شامل نوع اجزاء، شکل و محل اجرای آن ها از طریق اتوکد به پایگاه داده های اصلی وارد می شوند. مدیریت اجزاء و مصالح از طریق بارکد هایی که در کارخانه به مصالح نصب می شوند کاملا قابل کنترل می گردد.



(ب) (الف)

شکل ۱۰: کارگر ساختمانی در حال خواندن بارکد یک تیر(الف)، نمایشگر کنترل ساخت (ب) [۱۴].

تصویر نمایشگر برای مانیتور کردن و کنترل کردن برپایی قطعات پیش ساخته در تصویر زیر دیده می شود. از طریق استفاده از کَد، مدیر ساخت قادر به دستیابی به انواع روش های مدیریت موثر مصالح می باشد [۱۴].

۸-۳-۲- سیستم مدیریت مصالح نازک کاری

در یک ساختمان آپارتمانی، انواع و میزان نازک کاری و تجهیزات در هر ساختمان متفاوت از دیگری است و نیازمند دقت و برنامه ریزی و مدیریت مصالح خاص خود می باشد. داشتن یکسیستم مدیریت مصالح متصل به یک پایگاه داده که شامل اطلاعات مصالح نازک کاری هر ساختمان به صورت جداگانه از طریق وصل کردن اطلاعات به برنامه نازک کاری طبقات مشابه، به کنترل، نظام بخشی و فهرست کردن مصالح کمک می کند [۱۴].

۹- جمع بندی و نتیجه گیری

آنچه از این نوشتار نتیجه گیری می شود این است که با شناخت شرایط اقتصادی بازار و دسترسی به منابع اجرایی مانند تکنولوژی و نیروی کار انسانی می توان به توسعه تکنولوژی هایی پرداخت که ضمن کاهش هزینه و زمان ساخت، به ارتقاء کیفیت اجرا منجر می شوند. در ژاپن، در چند دهه اخیر، به علت شرایط ویژه اقتصادی ناشی از اقتصاد حبابی، به توسعه سیستم های ساخت اتوماسیون پرداخته شده است و توجه به مدیریت اجرا در سیستم های ساخت اتوماسیونی با استفاده از کنترل مدیریت کیفی ساخت، تعریف استاندارد کیفی و کیفیت طراحی با توجه به خواسته مشتری، برنامه ریزی برای چگونگی دستیابی به کیفیت مطلوب، روش های ساخت، تجهیزات، منابع انسانی، تصحیح نقایص و کمبود های مرتبط با کیفیت، تهیه روش کنترل کیفی دراز مدت از طریق به کارگیری سیستم های مدیریت کیفیت و توسعه فرهنگ کیفی و در نهایت استفاده از روش مدیریت کیفیت مداربسته به کمک کامپیوتر به ایجاد نوعی تعامل بین روش ساخت و ارتقاء کیفیت ساخت منجر شده است. سیستم های ابداع شده، افق اهداف فرایند اجرا را فراتر از تعادل بین هزینه، زمان و کیفیت و حتی به حوزه آسایش اجرا و توسعه فرهنگ کیفیت اجرا سوق داده است.

۱۰- مراجع

1-Bennett, J. and Grice, T., 1990, **Procurement systems for building: Quantity Surveying Techniques**; Blackwell Scientific Publications, Oxfor.
2-Hughes, T. and Williams, T., 1991, **Quality Assurance; BSP Professional Books**, Oxford.
3-Bowen, P.A et al., 2012, **PERCEPTIONS OF TIME, COST AND QUALITY MANAGEMENT ON BUILDING PROJECTS**; THE AUSTRALIAN JOURNAL OF CONSTRUCTION ECONOMICS AND BUILDING, 2, 2. DOI: 10.5130/ajceb.v2i2.2900
4-**Automation of building construction and building products industry - state of art in Japan**; Shinko Research Co., Ltd; 2007;
URL:
http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Rakennettu_ymparisto/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Julkaisut/Automation_in_building_construction_State_of_Art_in_Japan.pdf; Access Date: 15/9/2009.
5-**Concept of quality - historical background**;
URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Quality_management_systm; Access Date: 15/9/2009.
6-Duncan, William R., 1996, **A Guide to The Project Management Body of Knowledge**; PMI Publication,URL: http://www.unipi.gr/akad_tmhm/biom_dioik_tech/files/pmbok.pdf; Access Date: 15/9/2009.
7-**Quality Control; URL:** http://www.misronet.com/quality_management.htm; Access Date: 15/9/2009.
8-Url: http://www.binaryvisions.com/assets/images/costTimeQuality.jpg. (Retrieved August 2018).
9-Flanagan, R. and Tate, B., 1997, **Cost Control in Building Design**; Blackwell Science; Oxford.
10-Conradie, D. and Roux, E., 2009, **QUALITY MANAGEMENT IN CONSTRUCTION PROJECT DESIGN AND MANAGEMENT**;
URL:http://www.cib2007.com/papers/CIDB2008%20Final%20Paper%20No03.pdf.
11-**Quality Management Systems**;
URL:http://www.businessballs.com/dtiresources/quality_management_systems_QMS.pdf;
12-Quality Management Systems Guidelines (for Construction); New South Wales Government; June 2005;
URL:
http://www.managingprocurement.commerce.nsw.gov.au/nsw_government_guidelines/qms_guidelines.pdf;
13-Metri, Bhimaraya A., 2005, **TQM CRITICAL SUCCESS FACTORS FOR CONSTRUCTION FIRMS**, Journal of Management, 10.
14-Wakisaka, Tatsuya et al., 2000, **Automated construction system for high-rise reinforced concrete buildings**, Journal of Automation in Construction, 229-250.
15-Kudoh, R., 1995, **Implementation of an Automated Building Construction System**; Proc. of 13th International CIB World Building Congress, Amsterdam, 17–28.