Archive of SID

تحقیقات بتن
سال هفتم، شمارهٔ دوّم
بهار و تابستان ۹۳
ص۱۰۸- ۹۳
تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۳۰
تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۱۰

پیشنهاد بتن مناسب در ساخت ساختمان‌های بلند مرتبه (بررسی موردی پروژه ۲۱ طبقه در بابلسر)

علی اکبر مقصودی*
استاد مهندسی سازه، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی ، شهید باهنر کرمان
حبیب الله اکبر زاده بنگر
استادیار مهندسی سازه، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مازندران
مهرداد مسعودنژاد
دانشجوی دوره دکتری، مهندسی مدیریت و ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری

چکیده

در این مطالعه به‌منظور انتخاب مناسب ترین بتن برای ساخت ساختمان های بلند مرتبه، روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که مبتنی بر دانش کارشناسی بوده، مورد استفاده قرار گرفته است.

معیارهای مورد بررسی در این پژوهش شامل طراحی سازه‌ای، هزینه، کیفیت، زمان و سهولت اجرا می باشد. به منظور بررسی دقیق تر و به‌دست آوردن نتایج مستندتر، شش نوع بتن (با و بدون نیاز به ویبره) برای سازه ۲۱ طبقه که در شهرستان بابلسر با بتن معمولی در حال اجرا می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته است. سازه با نرم افزار ETABS مدل سازی و بررسی گردید. این سازه ها، براساس معیارهای ذکر شده، با روش تحلیل سلسله مراتبی و استفاده از نرم افزار Expert Choice مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که استفاده از بتن سبک و سبک خودتراکم موجب کاهش وزن سازه به میزان ۱۲/۵درصد نسبت به بتن معمولی و خودتراکم و ۴/۹ درصد نسبت به بتن مقاومت بالا و مقاومت بالای خودتراکم خواهد شد. بتن مقاومت بالا و بتن مقاومت بالای خود متراکم، مصرف میلگرد را به میزان ۱۸/۹ درصد نسبت به بتن معمولی و بتن خودتراکم و همچنین ۷/۸ درصد نسبت به بتن سبک و بتن سبک خودتراکم کاهش خواهد دهد. با توجه به تمامی معیارهای مورد بررسی در این پژوهش بتن خودتراکم مقاومت بالا در درجه اول اهمیت برای ساخت سازه‌های بلند مرتبه قرار گرفته است و همچنین با توجه به هر معیار، بتن‌ها اولویت بندی شده و نتایج گزارش شده است.

واژه‌های کلیدی: سازه‌های بلند مرتبه، بتن با و بدون نیاز به ویبره، تصمیم‌گیری چند معیاره، تحلیل سلسله مراتبی.

*نویسنده مسئول: Maghsoudi.a.a@ uk.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

ساختمان‌های بلند نتیجه تجارت، صنعتی شدن و شهرنشینی است و در یک جامعه صنعتی اجتناب از آن غیر ممکن است [۱]. ساختمان های بلند نه تنها برطرف کننده نیاز های کاربردی هستند، بلکه یک شاخص مهم برای یک کشور یا قدرت اقتصادی و تکنولوژیکی یک شهر [۲] و منبع غرور ملی و هویت فرهنگی، با بهره گیری از رفاه اقتصادی هستند. این ساختمان ها برای ادغام با بافت شهری چالش های متعددی را در پیش رو خواهند داشت [۳].

ساختمان‌های بلند تقریبا اخیرا به تاریخچه شهر های سراسر جهان وارد شده است و توسعه تکنولوژی در قرن ۱۹ توسعه آنها را امکان پذیر کرده است [۴].

کارایی و بازدهی سازه های بلند رابطه ی مستقیمی با مواد در دسترس، تکنولوژی ساخت و درجه پیشرفت و کارایی سرویس های مربوطه دارد. به همین دلیل در طی مراحل زمانی، پیشرفت قابل توجهی در شناخت و معرفی مواد جدید، روش‌ها و وسایل ساخت و ساز و سرویس‌دهی حاصل شده است [۵]. در قرون گذشته همانند قرن حاضر، زمان، پول و توانایی انسانی از عوامل مهم در انتخاب مواد و مصالح ساختمانی بوده است [۴]. در گذشته اکثر ساختمان های بلند با اسکلت فولادی ساخته شده اند و بتن مسلح بیشتر در سازه های کوتاهتر به‌کار می رفت و پیشرفت در زمینه بتن مسلح در مقایسه با فولاد بسیار کم بود [۶]. گرچه استفاده از بتن مسلح در اواخر قرن نوزدهم و شروع قرن بیستم متداول گردید، ولی به نظر نمی رسد تا قبل از جنگ جهانی اول در سازه های بلند از آن استفاده شده باشد. ساخت با بتن در ساختمان‌های بلند مرتبه صرفاً به‌صورت جانشینی برای فولاد تلقی می شد و در عمل آنها را عینا مانند قاب‌های فولادی می ساختند. این رویه به پدید آمدن اعضای سنگین و به ویژه ستون‌های بسیار بزرگ برای طبقات پایین تر ساختمان های بلند انجامید [۵]. نوآوری‌های جدید در صنعت ساخت و ساز، استفاده از بتن را در ساخت سازه‌های بلند بتنی سهولت بخشید. علاوه بر این، استفاده از بتن مقاومت بالا در ساختمان پتروناس (۱۹۹۸ مالزی) و جین مائو (۱۹۹۹ در چین) و استفاده از بتن سبک در ساختمان شل پلزا (۱۹۷۱ تکزاس) اجازه داد تا اندازه عضوها کوچکتر گردد و میزان فولاد مصرفی کاهش یابد [۷].

امروزه بلندترین آسمان خراش‌های دنیا در حال ساخته شدن با بتن هستند. در واقع قابلیت جریان بالای بتن و مقاومت آن در برابر آتش، خصوصا بعد از سقوط برج های دو قلوی نیویورک آن را به یک ماده مورد قبول برای ساخت و ساز های ساختمان های بلند تبدیل کرده است. با این حال، چالش های فن آوری مرتبط با استفاده از بتن در ساختمان های فوق العاده بلند دلهره آور است. به عنوان مثال، در دبی برج خلیفه، بلندترین ساختمان جهان در سال ۲۰۱۰ به پایان رسید با ۸۲۸ متر ارتفاع و با ۱۶۳ طبقه که در بتن ریزی ارتفاع بیش از ۵۸۰ متر با چالش هایی مواجه بود. در سال ۲۰۱۲، شهر مقدس مکه، برج ساعت Makah دومین ساختمان بلند جهان با ارتفاع ۶۱۰ متر ساخته شد. این ساختمان نیز تجربه پمپاژ بتن در ارتفاع فراتر از ۵۲۰ متر را تجربه کرده است [۸].

با توجه به گزارش شورای جهانی ساختمان های بلند و سازمان مسکن و شهرسازی [۹]، ۳۲۰ ساختمان با ارتفاع ۵۰۰ متر و بلندتر ساخته شده است و ۹۷ ساختمان بلندتر از ۳۰۰ متر در حال ساخت در سراسر جهان در سال ۲۰۱۲ وجود دارد که اکثر قریب به اتفاق این ساختمان ها با بتن مسلح ساخته شده است یا در حال ساخت با بتن مسلح است [۸]. بتن با کارایی بالا از نقطه نظر فنی و صرفه اقتصادی در ساخت آسمان خراش ها مورد استقبال قرار گرفته است. در این میان، بتن خودتراکم با توجه به مزایای ذاتی، از جمله پمپاژ ساده تر، قابلیت جریان و پرکنندگی بالا و پر کردن قالب به طور موثر در تراکم بالای آرماتورها با لرزش کم و یا بدون لرزش، برای ساختمان های فوق العاده بلند، به امری ضروری تبدیل شده است. به عنوان مثال ساختمان "تایپه ۱۰۱" در ۱۰۶ طبقه و ۵۰۸ متر ارتفاع و ساختمان تجارت جهانی نیویورک از بتن خودتراکم ساخته شده است [۸].

با توجه به اجتناب ناپذیر بودن بلند مرتبه سازی و اینکه در سازه های بتنی بلند مرتبه هزینه قابل توجهی مربوط به اجرای اسکلت ساختمان می باشد و نوع بتن در طراحی سازه ای، کیفیت، سهولت اجرا، زمان ساخت، عمر و دوام اهمیت بسیار زیادی دارد، انتخاب بتن با عمر و دوام، همراه با مقاومت قابل توجه از اهمیت زیادی برخوردار است.

www.SID.ir

Archive of SID

به طور کلی انتخاب نوع بتن به علت عدم قطعیت های موجود در تصمیم گیری بسیار پیچیده است. دانش تکنولوژی بتن بسیار وسیع و شامل تخصص های متنوعی است. ارتباط بین این معیارها پیچیده بوده و معمولا یک معیار بر دیگر معیار ها تاثیر می گذارد. بنابراین ساختن مدل و یافتن بهترین راه حل با استفاده از معیار های مستقل آسان نیست [۱۱،۱۰]. لذا استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM[1]) در این خصوص مفید خواهد بود.

تاکنون چند روش تصمیم گیری چند معیاره مانند مدل مجموع وزنی[2]، روش TOPSIS[3] و روش تحلیل سلسله مراتبی AHP[4] ارائه شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی یک روش سازگار با معیار ها و اهداف چندگانه در تصمیم گیری است [۱۲]. این روش قادر است اهداف مختلف را ارزیابی نموده و تفاوت بین دو گزینه را به وسیله بردار اولویت مشخص نماید[۱۳]. به هر حال این ارزیابی به وزن هر پارامتر که به وسیله تجربه بدست می آید بستگی دارد [۱۴].

هر چند انتخاب بهترین بتن در ساخت ساختمان های بلند از اهمیت ویژه ای برخوردار است، اما در این راستا مطالعات کمی با استفاده از تکنیک های علمی صورت گرفته است.

برای مثال Al-Subhi و Kamal کاربرد AHP را در مدیریت پروژه در انتخاب سیستم پیشبرد پروژه بررسی کردند [۱۵]. Tiwari و Banerjee از AHP برای انتخاب فرآیند بتن ریزی استفاده کرده است [۱۶]. Tabarak و همکاران از رویکرد شبکه عصبی مصنوعی ANN برای بررسی دوام در مرحله طراحی اولیه ساختمان ها کمک گرفته اند [۱۷]. دو رویکرد تصمیم گیری چندمعیار ANP و AHP برای ارزیابی سطح هوشمندی سیستم های ساختمانی هوشمند توسط Wong و همکاران به کار گرفته شده است. در این تحقیق ۶۹ معیار هوشمندی برای ۸ سیستم ساختمانی هوشمند اصلی شناسایی شده است. Metin از ترکیب روش های PROMETHEE و AHP برای انتخاب ماشین آلات در پروژه های ساخت استفاده کرده است [۱۹].

طبق بررسی های اولیه، به منظور انتخاب مناسب ترین بتن از میان بتن های مختلف با و بدون نیاز به ویبره برای ساخت سازه های بلند مرتبه با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره(AHP)، نیاز به بررسی معیار هایی مانند طراحی سازه ای، کیفیت، سهولت اجرا، هزینه و زمان ساخت خواهد بود.

۲- روش تحلیل سلسله مراتبی

مدیران پروژه با تصمیم گیری های زیادی رو برو هستند که مشکلات پیچیده ای را بوجود می آورد. بنابراین، توانایی تصمیم گیری یکی از مهمترین مهارت های مدیران پروژه و از جمله عوامل موفقیت پروژه است [۲۰].

تصمیم گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین گزینه از بین گزینه های موجود با توجه به چندین شاخص تصمیم به کار می رود. فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP توسعه یافته توسط ساعتی، یکی از ابزارهای مفید عملی تصمیم گیری چند معیاره است. از این روش بطور گسترده ای در صنایع برای حل مشکلات پیچیده [۲۱] و معیار های متناقض و متعدد ذهنی استفاده می شود، [۲۳] از مزایای این روش این است که اجازه می دهد تا کارشناسان گروه، تجربه، ارزش ها و دانش خود را به اشتراک گذاشته و با طوفان فکری و به اشتراک گذاشتن ایده ها و بینش ها ی خود به درک صحیح تری از مسائل منجر گردند [۱۵]. همچنین با سازماندهی عوامل محسوس و نامحسوس یک روش سیستماتیک و نسبتا ساده می باشد [۱۵]. که با مقایسات زوجی دو به دویی برای اولویت بندی درجه اهمیت بین معیار ها و گزینه ها قابل استفاده می باشد [۲۱].

ساعتی گام های AHP را به صورت زیر ارائه کرده است:

۱- تعریف مسله و مشخص کردن اهداف، معیار ها و گزینه ها.

۲- ساختار سلسله مراتبی از بالا به سطوح میانی و به پایین ترین سطح مسله که معمولا مجموعه گزینه ها می باشند.

۳- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی در اندازه n×n برای هر کدام از سطوح پایین مسله به همراه یک ماتریس برای هر کدام از عناصر سطح بالایی آن به کمک مقیاس های سنجش نسبی که در جدول (۱) آمده است.

[1] Multi-Criteria Decision-Making (MCDM)
[2] Weighted-Sum Model
[3] Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution
[4] Analytical Hierarchy Process

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مقیاس استاندارد مقایسات زوجی[۱۵]

مقدار	برتری شدید	برتری بسیار قوی	برتری قوی	برتری متوسط	برتری مساوی	ترجیحات میانی
شدت اهمیت	۹	۷	۵	۳	۱	۲، ۴، ۶ و ۸

جدول۲- شاخص ناسازگاری ماتریس‌های تصادفی [۱۵]

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
R.I	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹

۴- جهت بهبود مجموعه ماتریس های گام ۳، به n(n-1) قضاوت احتیاج است که متقابلا بصورت خودکار در هر یک از مقایسه های زوجی حاصل می گردد.

۵- در این گام، از ترکیب سلسله مراتبی جهت وزن دهی به بردارهای ویژه استفاده می شود. برای این منظور به کمک اوزان معیار و مجموع حاصل از تمامی اوزان بردارهای ویژه که در سطح بعدی سلسله مراتب وارد می شوند، عملیات وزن دهی صورت می پذیرد.

۶- انجام کلیه مقایسات دوتایی به منظور تعیین سازگاری، به کمک عنصر ویژه λ_{max} شاخص سازگاری بصورت رابطه (۱) محاسبه می شود:

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \qquad (۱)$$

که منظور از n در آن، اندازه ماتریس می باشد. سازگاری قضاوت را نیز می توان با بدست آوردن نسبت ناسازگاری CR از CI با اختصاص ارقام سازگاری تصادفی موجود در جدول (۲) بررسی نمود. CR از تقسیم CI بر RI بدست می آید. در صورتی که مقدار CR از ۰/۱ یا به عبارت دیگر از ۱۰٪ کمتر باشد، قابل قبول و در صورت بیشتر بودن مقدار آن، ماتریس قضاوت ناسازگار خواهد بود. جهت بدست آوردن یک ماتریس سازگار بایستی قضاوت ها را مورد بازبینی و بهبود مجدد قرار داد.

گام هفتم، باید گام های ۳ تا ۶ را برای تمامی سطوح سلسله مراتب مسئله انجام داد [۱۵].

همانطور که در گام اول بیان شد، برای هر انتخابی در روش تحلیل سلسله مراتبی، سه جزء کلیدی لازم است که عبارتند از : هدف[۱]، معیارها[۲] و گزینه ها[۳]. این سه اصل در مورد انتخاب بتن مناسب نیز صادق است.

۲-۱ – هدف

بر این اساس، هدف این تحقیق"پیشنهاد بتن مناسب در ساخت ساختمانهای بلند مرتبه" می‌باشد.

۲-۲ –گزینه‌ها

بتن های مورد بررسی در این پژوهش که شامل بتن های با و بدون نیاز به ویبره می باشند، شامل بتن معمولی و مقاومت بالای با نیاز به ویبره، بتن خودتراکم و خودتراکم مقاومت بالا، بتن سبک و سبک خود متراکم، می باشد که تعریف هر کدام به شرح زیر است:

بتن خودتراکم (SCC[۴]) : به بتنی اطلاق می شود که به علت داشتن روانی بسیار زیاد، بدون نیاز به تراکم یا ویبره، به راحتی در هر قالبی و هر تراکمی از آرماتور قرار گرفته و با پر کردن کامل قالب، تراکمی نزدیک به صد درصد ایجاد می کند [۲۴].

بتن مقاومت بالا (HSC[۵]): طبق تعریف کمیته ACI 363 اصطلاح بتن با مقاومت بالا در مورد بتن هایی مورد استفاده قرار می گیرد که دارای حداقل مقاومت فشاری برابر با حداقل ۴۱ مگا پاسکال باشد [۲۵].

بتن مقاومت بالای خودتراکم (HSSCC[۶]): بتنی است که ترکیب خاصی از مقاومت و یکنواختی مورد نیاز را دارد که بدون نیاز به ویبره، تحت اثر وزن خود در قالب قرار میگیرد [۲۶].

[1] Goal
[2] Criteria
[3] Alternatives
[4] Self-compacting-concrete
[5] High strength concrete
[6] High strength self compacting concrete

www.SID.ir

Archive of SID

بتن سبک (LWC[1]): بتن سبک بتنی است با چگالی کمتر از بتن معمولی و نه بیشتر از $1840 kg/m^3$. انواع بتن سبک به دسترس بودن مصالح دانه سبک بستگی دارد. از نظر روش تولید بتن سبک به سه نوع تقسیم می شود (الف) بتن سبک با سنگدانه سبک متخلخل با وزن مخصوص ظاهری کم (ب) بتن سبک با حفره زیادی در داخل بتن (ج) بتن سبک با ریزدانه بیشتر [۲۷].
بتن سبک خودتراکم (LWSCC[2]): بتن سبک خودتراکم ترکیبی از مزیت های شناخته شده بتن سبک و بتن خودتراکم معمولی را دارا است. بتن خودتراکم سبک نیز همانند بتن خودتراکم معمولی بسیار روان بوده و نیاز به هیچ لرزاننده ای ندارد و تحت وزن خودتراکم می شود [۲۸].

۲-۳ - معیارها

به نظر می‌رسد بهتر است همیشه از گروهی از متخصصان به جای یک متخصص استفاده شود، چرا که هر متخصص ممکن است بینش متفاوت نسبت به بقیه داشته باشد. روش دلفی، رویکرد یا روشی سیستماتیک است که برای اولین بار در شرکت RAND معرفی شد [۲۹]. برای تعیین معیارهای ارزیابی برای اولویت بندی گزینه ها، از روش دلفی استفاده نموده ایم. در تحقیق برای استخراج نظرات از یک گروه متخصصان در مورد یک موضوع یا یک سؤال است و یا رسیدن به اجماع گروهی از طریق یک سری از راندهای پرسشنامه ای با حفظ گمنامی پاسخ دهندگان، و بازخورد نظرات به اعضای گروه از این روش استفاده می شود. درخواست قضاوت های حرفه ای از متخصص همگن و مستقل در مورد یک موضوع ویژه در سطح بزرگ جغرافیایی با استفاده از پرسشنامه ها است که تا زمان دستیابی به اجماع نظرات مداوم تکرار می شود [۳۰] و روش مطالعه چند مرحله ای برای گردآوری نظرات در موارد ذهنی بودن موضوع و استفاده از پاسخ های نوشتاری به جای گرد آوردن یک گروه متخصص است و هدف اجماع با امکان اظهار نظر آزادانه و تجدید نظر عقاید با تخمین های عددی به دست می آید. روش دلفی از طریق جمع آوری نظرات کارشناسان و متخصصان و با استفاده از پرسشنامه و ارسال چند مرتبه ای آن انجام می پذیرد [۳۱]. ایده اصلی در طراحی فرآیند روش دلفی این است که پاسخ دهندگان بتوانند بدون آنکه تحت تاثیر افراد معتبر و مشهور و افرادی که قدرت سخنوری خوبی در جلسات دارند قرار بگیرند، دیدگاه‌های خود را بیان کنند. در این روش، با حذف تاثیر توان سخنوری افراد، همه نظرات و عقاید جمع آوری و پس از تحلیل به اعضای پرسش شونده برگردانده می شود. بدین ترتیب، گمنامی و بازخورد نظرات دو عنصر ضروری در روش دلفی می باشند. یکی از مزایای این روش این است که کارشناسان و متخصصان زمانی که به واسطه دلایلی قانع کننده به اشتباه بودن نظر خود پی بردند، بدون از دست دادن اعتبار و وجه شان می توانند در نظرات خود تجدید نظر نمایند [۳۱].

بنابر این در این مطالعه برای شناسایی معیارهای مهم و موثر در انتخاب نوع بتن، از روش دلفی استفاده گردید. پس از انجام روش دلفی، مشخص شد معیارهایی همچون طراحی سازه‌ای، کیفیت، سهولت اجرا، هزینه و زمان، مهمترین عوامل در انتخاب نوع بتن برای سیستم سازه‌ای مورد نظر است.

۲-۳-۱ - طراحی سازه ای

برای مقایسه بین انواع بتن ها از نظر طراحی سازه ای در سازه ی ۲۱ طبقه در حال اجرا در شهرستان بابلسر، و تاثیر آنها در انتخاب ابعاد اعضا، از شش نوع بتن استفاده شده است که بصورت دو به دویی وزن مخصوص و مقاومت فشاری آنها یکسان فرض شده و مشخصات مربوط به هر یک از آنها در جدول (۳) نشان داده شده است. برای طراحی این سازه ی ۲۱ طبقه، سیستم قاب خمشی بتنی متوسط با دیوار های برشی بتن آرمه متوسط برای مقابله با نیرو های جانبی اتخاذ شده است. معیار طراحی سازه ای در دو پارامتر سطح مقطع و فاصله مجاز میلگرد ها در تیر ها و ستون ها طبق مقررات ملی مبحث نهم و وزن سازه مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۳-۱-۱- سطح مقطع و فاصله مجاز میلگردها در تیرها و ستون‌ها

طبق بررسی های انجام شده در تیر و ستون های انواع بتن ها با ابعاد و حجم آرماتورهای ذکر شده سطح مقطع و فاصله مجاز

[1] Iow weight concrete
[2] Low weight self-compacting concrete

www.SID.ir

Archive of SID

میلگردها در تیرها و ستون ها رعایت می گردد. البته باید در نظر داشت که انواع بتن های خودتراکم (بدون نیاز به ویبره) تحت اثر وزن خودتراکم شده و از کارایی بالایی برخوردار هستند و در قالب های بتنی با تراکم آرماتور زیاد و قالب های که به خاطر شکل قالب امکان لرزاندن آنها وجود ندارد به راحتی و بدون ویبره، قالب را پر می کند [۳۲].

تیپ بندی تیرها و ستون ها و میلگردهای طولی مربوط به انواع بتن ها در جداول (۴)، (۵) و (۶) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که میلگرد مورد استفاده در این پروژه از نوع آجدار (S400) و با تنش تسلیم $۴۰۰N/mm^2$ بوده است.

۲-۳-۱-۲ - وزن سازه

پارامتر قابل توجه در طراحی لرزه ای و اجرای ساختمان ها، خصوصا ساختمان های بلند، وزن قابل توجه بار مرده آنها است. بدیهی است استفاده از مصالح سبک موجب کم شدن بار مرده و در نتیجه کاهش وزن تیرها، ستون ها و دیگر اعضاء سازه می گردد. کاهش وزن مرده ساختمان و استفاده از بتن های با وزن مخصوص کمتر سازه های بتن مسلح، برش پایه استاتیکی و دینامیکی را کاهش داده و مقدار مصرف میلگرد و بتن نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه از نظر سازه ای عملکرد بهتری خواهد داشت [۵].

با توجه به انواع بتن های در نظر گرفته شده که وزن مخصوص هر یک در جدول (۳) نشان داده شده است، وزن هر یک از سازه های طراحی شده در نمودار (۱) بیان شده است.

با توجه به نمودار (۱) سازه مورد بررسی، با استفاده از بتن سبک و سبک خودتراکم ۱۲/۵درصد نسبت به بتن معمولی و خودتراکم و ۴/۹ درصد نسبت به بتن مقاومت بالا و مقاومت بالای خودتراکم کاهش وزن داشته است.

لازم به ذکر است استفاده از بتن مقاومت بالا و مقاومت بالای خودتراکم نیز ۷/۹ درصد کاهش وزن نسبت به بتن معمولی و خودتراکم دارد.

۲-۳-۲ -کیفیت

طبق تعریف مقررات ملی ساختمان، مبحث نهم، پایایی یا دوام بتن ساخته شده از سیمان پرتلند به توانایی بتن برای مقابله با عوامل جوی، حملات شیمیایی، سایش، فرسایش و هرگونه فرآیند منجر به اضمحلال و تخریب اطلاق می شود. بتن پایا در شرایط محیطی مورد نظر، شکل، حداقل کیفیت اولیه و قابلیت بهره برداری مورد نظر از ساز ه های بتنی را حفظ می کند [۳۳].

انواع آسیب دیدگی های بتن عبارتند از; آسیب دیدگی بر اثر دوره های یخ زدن و آب شدن، حمله سولفاتی، واکنش قلیایی سنگ دانه ها، خوردگی فولاد مدفون در بتن و سایش و فرسایش می باشند [۳۳].

در سازه های بتنی معمولی (سنتی) برای حصول مقاومت هدف، کاهش تخلخل و هوای درون بتن و حصول پایائی، بتن، به روش های مختلف لرزانده می شود. در سازه های بتنی اغلب، به علت کمبود نسبی کارگران ماهر یا سهل انگاری آنان و یا حتی عدم دسترسی لوله ویبراتور به محل مورد نظر به علت تراکم میلگرد، عمل لرزاندن بتن، به صورت کامل و صحیح انجام نگرفته و در نتیجه آن مشخصات مکانیکی مورد انتظار بتن حاصل نمی شود [۳۴].

بتن های خودتراکم به دلیل نسبت آب به سیمان کمتر و نیز به دلیل استفاده از مواد ریزدانه به عنوان فیلر، تخلخل و در نتیجه نفوذ پذیری کمتر داشته و این امر سبب افزایش دوام این نوع بتن در مقایسه با انواع دیگر بتن‌های سنتی می شود [۳۵].

بتن خودتراکم با مقاومت بالا نیز دارای خواص اشاره شده فوق، می باشد با این تفاوت که دارای مقاومت بیشتری است. ولی بتن سبک خودتراکم ترکیبی از مزیت های شناخته شده بتن سبک و بتن خودتراکم معمولی است [۳۶]. لیکن در صورت استفاده از سنگدانه های سبک در این نوع بتن، توان درونی کافی برای حرکت سیال گونه بتن، کاهش می یابد و در مقایسه با بتن خودتراکم دارای سنگدانه های طبیعی، حرکت آن درون مقاطع با تراکم آرماتور زیاد، کمی کندتر می باشد. در سالیان اخیر تحقیقات متعددی در ارتباط با استفاده از انواع سبک دانه ها در بتن خودتراکم صورت پذیرفته، متاسفانه ساختار متخلخل اغلب سبکدانه های مورد استفاده سبب جذب آب بالا می گردد [۳۶]. لذا برای نگه داشتن جریان در حد مطلوب، می بایست آب بیشتری به اختلاط اضافه کرد. افزایش آب اختلاط مستلزم افزایش سیمان است، بدون اینکه افزایش در مقاومت بتن حاصل گردد [۳۷].

www.SID.ir

Archive of SID

بتن های سبک از اغلب سنگ ها شکننده تر می باشند، بنابر این در سایش های سنگین مناسب نیستند. به هر حال بسیاری از سنگدانه های مصنوعی سطح کاملا سختی دارند و بتن های ساخته شده با آنها عملکرد مشابهی با بتن های ساخته شده با وزن متداول در شرایط سایش ملایم تر را نشان می دهد. سنگدانه ریز طبیعی و ایجاد مقاومت‌های زیادتر، مقاومت به سایش این بتن ها را بهبود می بخشد [۳۸].

۲-۳-۳ - سهولت اجرا

سهولت اجرای بتن را می توان در دو دسته بررسی کرد:

الف) تولید بتن

ب) بتن ریزی، تراکم بتن و پرداخت سطح بتن

۲-۳-۳-۱- تولید بتن

با توجه به امکانات موجود در داخل کشور ساخت بتن معمولی برای ساختمان ها راحت‌تر است. با توجه به بررسی‌های انجام شده در این زمینه به نظر می رسد، از میان بتن های مطرح شده در تحقیق، بعد از بتن معمولی، بترتیب ساخت بتن مقاومت بالا، خود متراکم، خودتراکم مقاومت بالا، بتن سبک و بتن سبک خودتراکم راحت تر می باشد.

علت سختی ساخت بتن های سبک و سبک خود متراکم، استفاده از سنگدانه‌های سبک می باشد که موجب جداشدگی دانه‌ها و آب افتادگی می شود و موجب کاهش توان درونی برای حرکت سیال گون نوع خودتراکم آن می شود.

۲-۳-۳-۲ - بتن ریزی، تراکم و پرداخت سطح

عمل بتن ریزی و تراکم بتن، معمولاً توأم و وابسته بوده و اغلب همزمان انجام می شود. اجرای صحیح این عملیات برای حصول اطمینان از مقاومت و دوام سازه بسیار حایز اهمیت است [۳۹].

پس از جاگذاری بتن، باید حباب های هوای ناخواسته با عمل تراکم حذف و یا کم گردد تا حداکثر چگالی در بتن حاصل شود. مقدار هوای محبوس بستگی به کارایی بتن دارد. بتن با کارایی کم، هوای حبس شده بیشتری دارد، به همین دلیل برای بتن با اسلامپ کم، نیاز به تراکم بیشتری احساس می شود. وجود حباب های هوا باعث کاهش مقاومت بتن، افزایش نفوذپذیری بتن وکاهش مقاومت پیوستگی بین میلگرد و بتن می شود.

معمولاً بلافاصله پس از اتمام بتن ریزی و تراکم بتن، پرداخت سطح بتن انجام می‌شود. روش پرداخت اثر مهمی در مقاومت فشاری، نفوذ پذیری و مقاومت سایشی لایه سطحی بتن دارد [۳۹].

بتن‌های خودتراکم بدلیل خاصیت سیال‌گونه خود به راحتی در قالب جای گرفته و تمام زوایای قالب را بدون نیاز به هیچ‌گونه ویبره کردنی (داخلی و خارجی) پر می کند. لازم به ذکر است، بتن سبک اساسا همان خواص بتن های با وزن معمولی در حالت خمیری را دارست.

مخلوط‌های بتن سبک تا حدی خشن تر از بتن های معمولی می باشند، زیرا طبیعت سنگدانه های مصنوعی این چنین است. افت اسلامپ این بتن ها می تواند مشکل بزرگی باشد، بخصوص هنگامی که سنگدانه ها به جذب مقادیر زیادی آب بعد از اختلاط ادامه می دهد. بایستی در نظر داشت که بتن های سبک تمایل به داشتن اسلامپ کمتر از کارایی داده شده به علت وزن مخصوص، کمتر دارند [۳۸].

۲-۳-۴- زمان

زمان یکی از مهم‌ترین پارامتر های پروژه های عمرانی است. کاهش زمان انجام پروژه و بهره برداری سریع تر از آن، موجب افزایش سودآوری طرح می گردد.

با توجه به مشاهدات کارگاهی، زمان تخلیه هر تراک میکسر با حجم تقریبا ۵ متر مکعب و با انجام عملیات ویبره همزمان در این کارگاه بیش از ۳۰ دقیقه به طول می انجامد با این تفاوت که این زمان برای بتن های خودتراکم می تواند به ۵دقیقه کاهش یابد [۴۰].

مدت زمان مورد نیاز برای بتن ریزی در تیر و سقف و دیوار برشی و ستون در یک طبقه برای بتن معمولی و بتن خودتراکم به ترتیب در جدول (۷) آورده شده است.

با توجه به جدول (۷) مدت زمان بتن ریزی با بتن با نیاز به ویبره تقریبا پنج برابر بتن ریزی با بتن بدون نیاز به ویبره است. این در صورتی است که زمان پیش بینی شده برای اجرای کل سازه با انواع بتن (با و بدون نیاز به ویبره) با نرم افزار MSP، ۶۰۱ روز محاسبه شده است. دلیل یکسان بودن زمان بندی این است که، پس از هر بار بتن ریزی تیر و سقف یا ستون و دیوار، برای گیرش

www.SID.ir

Archive of SID

بتن و باز کردن قالب و شروع مجدد فعالیت، کار به مدت حداقل یک روز در برنامه زمان بندی متوقف می شود. حال اینکه برای ساخت سازه های با حجم بتن ریزی بالا، استفاده از بتن های خودتراکم به جای بتن با نیاز به ویبره موجب کاهش برنامه زمانی کل پروژه خواهد شد. همچنین با برنامه ریزی دقیق و متوالی می توان با به کار گماردن کارگران ویبره زن، در دیگر امور، در زمان و هزینه پروژه، صرفه جویی کرد. با استفاده از بتن بدون نیاز به ویبره به کارهای دیگر، زمان اجرای کل پروژه را تا حد بسیار زیادی کاهش داد.

۲-۳-۵ هزینه

هزینه ساخت اسکلت را می توان در دو بخش هزینه مصالح مورد نیاز و هزینه نیروی انسانی بررسی کرد.

مصالح مورد نیاز شامل مقدار بتن و میلگرد مصرفی می گردد.

همانطور که اشاره شده است در این تحقیق شش نوع بتن برای طراحی سازه بلند مورد بررسی قرار گرفت و سعی بر آن بوده که از مصالح بومی و قابل دسترسی در مازندران استفاده گردد. در نمودار (۲) هزینه هر متر مکعب بتن با احتساب قیمت مصالح منطقه بیان شده است.

هزینه نیروی انسانی شامل آرماتور بندی، قالب بندی، هزینه کارگر برای بتن ریزی و پمپ بتن می باشد. هزینه تولید بتن، میلگرد و هزینه نیروی انسانی به تفکیک برای انواع بتن های مورد مطالعه در نمودار (۳) نشان داده شده است. در نهایت کل هزینه ساخت پروژه با هر یک از انواع بتن در نمودار شماره ۴ نشان داده شده است.

۳- تحلیل داده‌ها

در این تحقیق، جهت انتخاب مناسب ترین بتن برای ساخت ساختمان های بلند بتنی از روش تحلیل سلسله مراتبی به عنوان یک ابزار ارزیابی استفاده شده است. ساختار سلسله مراتبی انتخاب مناسب ترین بتن برای ساخت ساختمان های بلند در شکل (۱) ارائه شده است. انتخاب مناسب ترین بتن به عنوان هدف اصلی در سطح ۱ سلسله مراتبی، معیار ها و زیر معیار ها به ترتیب در سطح ۲ و۳ گزینه ها که بتن های مورد بررسی می باشند در سطح ۴ قرار گرفته اند.

در این پژوهش، ضمن بررسی موردی ساختمان ۲۱ طبقه واقع در شهرستان بابلسر، از پرسشنامه و بررسی نتایج تحلیل های پرسشنامه استفاده گردید. بعد از انتخاب گزینه های مورد نظر و همچنین انتخاب معیار های موثر در تصمیم گیری، با کمک گرفتن از نظر خبرگان که شامل گروهی از پیمانکاران و مشاوران پروژه مذکور و اساتید دانشگاهی بوده است، وزن دهی معیار ها و میانگین گیری از آنها انجام شد. در نهایت با انجام مقایسات زوجی معیارها و محاسبه نرخ ناسازگاری و کنترل قابل قبول بودن هر مقایسه زوجی (جدول ۸)، وزن نسبی هر معیار و زیر معیار برای گزینه های مختلف با استفاده از نرم افزارExport Choice که به منظور تحلیل مسائل تصمیم گیری چند معیاره با استفاده از روش AHP طراحی شده، صورت گرفت که در جدول (۹) نشان داده شده است.

اولویت بندی بتن های مختلف با و بدون نیاز به ویبره نسبت به تمام معیار های اصلی در جدول (۱۰) ارائه شده است.

جدول ۳- مشخصات بتن های مورد بررسی

نوع بتن	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (Kg/cm^2)	وزن مخصوص (Kg/m^3)
بتن معمولی (با نیاز به ویبره)	۲۵۰	۲۴۰۰
بتن خودتراکم (SCC)	۲۵۰	۲۴۰۰
بتن مقاومت بالا با نیاز به ویبره (SCC)	۵۵۰	۲۴۰۰
بتن مقاومت بالا خودتراکم (HSSCC)	۵۵۰	۲۴۰۰
بتن سبک با نیاز به ویبره (LWC)	۳۰۰	۱۹۰۰
بتن سبک خودتراکم (LWSCC)	۳۰۰	۱۹۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- مشخصات سازه با بتن معمولی و بتن خودتراکم

طبقات	ابعاد ستون	طبقات	ابعاد تیر
۳تا۱	۸۰x۵۵-۲۴$\phi_{۲۵}$	۴تا۱	۵۵x۵۰
۶تا۴	۷۵ x۵۰-۲۲ $\phi_{۲۵}$	۷تا۵	۵۰x۵۰
۹تا۷	۷۰ x۵۰-۲۲ $\phi_{۲۵}$	۲۱تا۸	۵۰x۴۵
۱۲تا۱۰	۶۰ x۵۰-۲۰ $\phi_{۲۰}$	-	-
۱۷تا۱۳	۵۰ x۴۵-۱۶ $\phi_{۲۰}$	-	-
۲۱تا۱۸	۴۵x۴۵-۱۲ $\phi_{۲۰}$	-	-

جدول۵- مشخصات سازه با بتن مقاومت بالا و مقاومت بالای خودتراکم

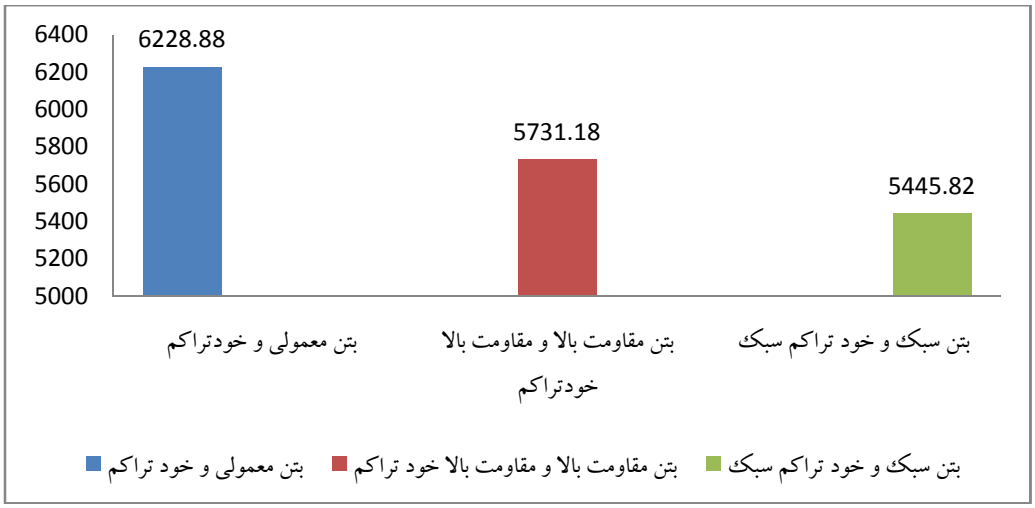
طبقات	ابعاد ستون	طبقات	ابعاد تیر
۲و۱	۶۰ x۵۰-۲۲ $\phi_{۲۵}$	۸تا۱	۵۵x۵۰
۴و۳	۶۰ x۵۰-۲۰ $\phi_{۲۵}$	۱۶تا۹	۵۰x۴۵
۶و۵	۶۰ x۵۰-۲۰ $\phi_{۲۲}$	۲۱تا۱۷	۴۰x۳۵
۷	۶۰ x۵۰-۲۰ $\phi_{۲۰}$	-	-
۱۰تا۸	۵۰ x۴۵-۲۰ $\phi_{۱۸}$	-	-
۱۳تا۱۱	۴۵x۴۵-۱۶ $\phi_{۱۸}$	-	-
۱۷تا۱۴	۴۵x۴۵-۱۶ $\phi_{۱۶}$	-	-
۲۱تا۱۸	۳۵x۳۵-۱۲ $\phi_{۱۶}$	-	-

جدول ۶- مشخصات سازه با استفاده از بتن بتن سبک و بتن سبک خودتراکم

طبقات	ابعاد ستون	طبقات	ابعاد تیر
۲و۱	۸۰x۵۵- ۲۶$\phi_{۲۵}$	۴تا۱	۵۵x۵۰
۳	۸۰ x۵۰-۲۰ $\phi_{۲۵}$	۷تا۵	۵۰x۵۰
۴	۷۵ x۵۰-۲۰ $\phi_{۲۵}$	۲۱تا۸	۵۰x۴۵
۵	۷۵ x۵۰-۲۰ $\phi_{۲۲}$	-	-
۶	۷۵ x۵۰-۲۰ $\phi_{۲۰}$	-	-
۷	۷۰ x۵۰-۲۰ $\phi_{۲۰}$	-	-
۹و۸	۷۰ x۵۰-۲۰ $\phi_{۱۸}$	-	-
۱۰	۶۰ x۵۰-۱۶ $\phi_{۱۸}$	-	-
۱۲و۱۱	۶۰ x۵۰-۱۴ $\phi_{۱۸}$	-	-
۱۶تا۱۳	۵۰ x۴۵-۱۴ $\phi_{۱۸}$	-	-
۲۱تا۱۷	۴۵ x۴۵-۱۲ $\phi_{۱۸}$	-	-

www.SID.ir

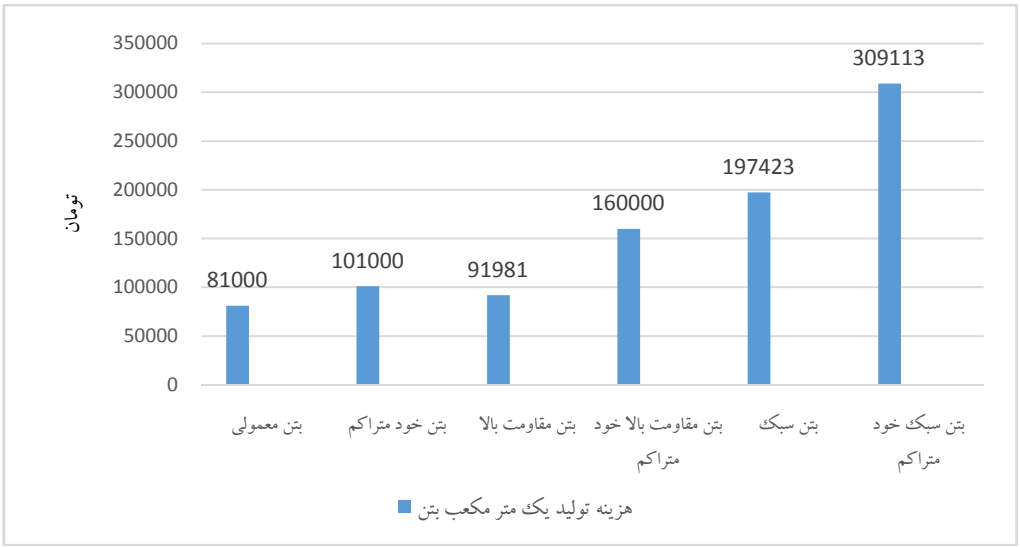
Archive of SID



نمودار۱- وزن سازه‌های مورد بررسی با انواع بتن‌ها

جدول۷- زمان مورد نیاز به بتن ریزی اعضای سازه‌ای با بتن‌های معمولی و خودتراکم

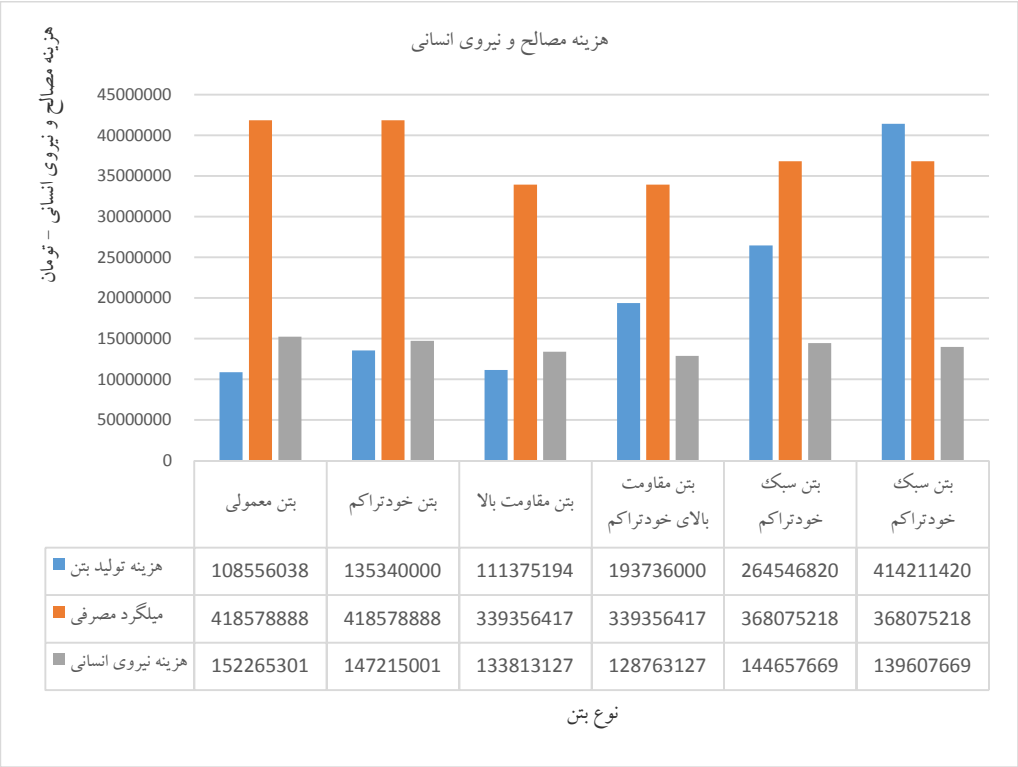
عضو سازه ای	حجم بتن ریزی (m^3)		زمان مورد نیاز برای تخلیه هر تراک میکسر و ویبره کردن (min)		تعداد تراک میکسر مورد نظر		زمان تخلیه و ویبره کردن (min)	
	بتن‌های معمولی	بتن‌های خودتراکم	بتن‌های معمولی	بتن‌های خودتراکم	بتن‌های معمولی	بتن‌های خودتراکم	بتن‌های معمولی	بتن‌های خودتراکم
تیر و سقف	۴۰	۴۰	۲۵	۵	۸	۸	۲۰۰	۴۰
ستون و دیوار برشی	۳۷/۷	۳۷/۷	۳۰	۵	۷/۵	۷/۵	۲۲۵	۳۷/۵



نمودار۲- نمودار هزینه تولید یک متر مکعب بتن

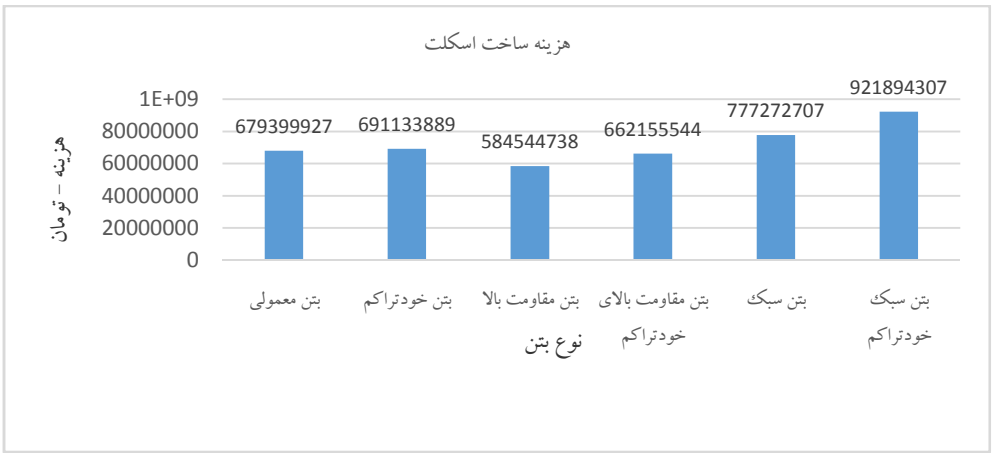
www.SID.ir

Archive of SID

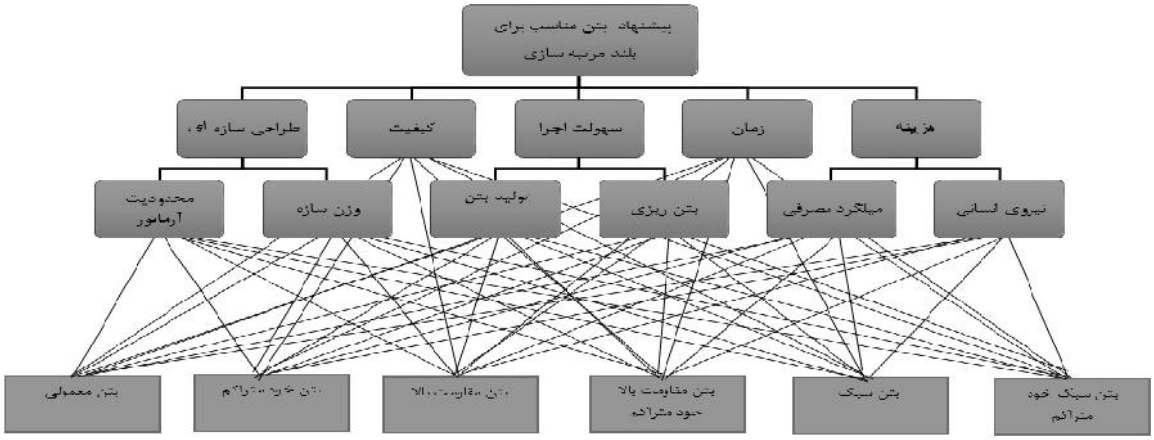


	بتن معمولی	بتن خودتراکم	بتن مقاومت بالا	بتن مقاومت بالای خودتراکم	بتن سبک خودتراکم	بتن سبک خودتراکم
هزینه تولید بتن	108556038	135340000	111375194	193736000	264546820	414211420
میلگرد مصرفی	418578888	418578888	339356417	339356417	368075218	368075218
هزینه نیروی انسانی	152265301	147215001	133813127	128763127	144657669	139607669

نمودار ۳- هزینه تولید بتن، میلگرد و هزینه نیروی انسانی به تفکیک برای انواع بتن های مورد مطالعه



نمودار ۴- کل هزینه ساخت اسکلت برای انواع بتن های مورد مطالعه



شکل۱- نمودار تحلیل سلسله مراتبی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۸- وزن نسبی و ضریب ناسازگاری معیار ها

معیار ها	وزن نسبی	ضریب ناسازگاری
طراحی سازه‌ای	۰/۵۱۳	۰/۰۲
کیفیت	۰/۲۶۱	۰/۰۶
سهولت اجرا	۰/۰۶۳	۰/۰۴
زمان	۰/۱۲۹	۰/۰۶
هزینه	۰/۰۳۳	۰/۰۶

جدول۹- وزن نسبی گزینه ها نسبت به معیار ها و زیر معیار ها

معیار ها	بتن معمولی	بتن خودتراکم	بتن مقاومت بالا	بتن خودتراکم مقاومت بالا	بتن سبک	بتن سبک خودتراکم
طراحی سازه ای	۰/۰۵۵	۰/۱۲۴	۰/۱۱۵	۰/۱۷۴	۰/۲۵۴	۰/۲۷۹
سطح مقطع و فاصله مجاز میلگرد ها	۰/۰۶۴	۰/۳۷۶	۰/۰۶۴	۰/۳۳۲	۰/۲۶۰	۰/۱۳۹
وزن سازه	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۳۱۸	۰/۳۱۸
کیفیت	۰/۰۸۴	۰/۲۷۲	۰/۱۳۳	۰/۴۴۳	۰/۰۲۵	۰/۰۴۲
سهولت اجرا	۰/۳۲۵	۰/۳۱۱	۰/۱۲۳	۰/۱۴۲	۰/۰۴۰	۰/۰۵۹
تولید بتن	۰/۴۱۵	۰/۲۹۰	۰/۱۵۰	۰/۰۷۷	۰/۰۴۳	۰/۰۲۶
بتن ریزی، تراکم و پرداخت	۰/۰۸۵	۰/۳۶۷	۰/۰۵۲	۰/۳۱۴	۰/۰۳۴	۰/۱۴۷
زمان	۰/۰۷۹	۰/۳۸۱	۰/۱۵۰	۰/۳۲۲	۰/۰۲۶	۰/۰۴۲
هزینه	۰/۱۷۲	۰/۰۸۳	۰/۴۳۹	۰/۲۱۴	۰/۰۴۹	۰/۰۴۴
هزینه مصالح مورد نیاز	۰/۱۹۹	۰/۰۹۲	۰/۴۷۵	۰/۱۶۳	۰/۰۴۵	۰/۰۲۶
هزینه نیروی انسانی	۰/۰۴۰	۰/۰۳۹	۰/۲۶۱	۰/۴۶۱	۰/۰۶۹	۰/۱۳۱

جدول ۱۰- اولویت بندی و وزن شاخص‌ها

معیار ها	وزن	رتبه
بتن معمولی	۰/۰۸۳	۶
بتن خودتراکم	۰/۱۹۸	۲
بتن مقاومت بالا	۰/۱۳۲	۵
بتن خودتراکم مقاومت بالا	۰/۲۵۰	۱
بتن سبک	۰/۱۵۸	۴
بتن سبک خودتراکم	۰/۱۷۹	۳

www.SID.ir

Archive of SID

۴- نتیجه‌گیری

انتخاب نوع بتن برای ساخت سازه‌های بلند مرتبه، از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به معیارهای تاثیر گذار اعم از معیار های کمی و کیفی، استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، اجتناب ناپذیر می‌گردد. در این تحقیق تحلیل سلسله مراتبی چند معیاره مورد استفاده قرار گرفت و ارزیابی گزینه‌های بتن‌های مختلف برای بلند مرتبه‌سازی بر اساس نتایج بررسی های صورت گرفته از ساختمان ۲۱ طبقه در حال ساخت در شهرستان بابلسر و مدل‌سازی این سازه با انواع دیگر بتن ها با نرم افزار ETABS و همچنین استفاده از نظرات کارشناسی خبرگان امر ساخت و ساز انجام شد. بدیهی است در تصمیم گیری برای هر ساختمان بلند، وزن و اهمیت نسبی معیار ها با اطلاعات ارائه شده در این تحقیق متفاوت خواهد بود و لازم است ارزیابی بر اساس واقعیت های هر سازه صورت گیرد.

در این بررسی، معیار های اصلی طراحی سازه‌ای، هزینه، کیفیت، زمان و سهولت اجرا به همراه زیر معیار های مربوط به خود، مورد توجه قرار گرفته و ارزیابی بر اساس روش AHP صورت گرفت. بر این اساس، بتن مقاومت بالای خودتراکم در اولویت اول و بتن خودتراکم با مقاومت معمولی، بتن خودتراکم سبک، بتن سبک معمولی و بتن مقاومت بالای با نیاز به ویبره و در نهایت بتن معمولی، به ترتیب در اولویت های بعدی برای ساخت سازه‌های بلند مرتبه قرار گرفت.

باید توجه داشت استفاده از بتن با وزن مخصوص کمتر در سازه های بتن مسلح، موجب کاهش وزن مرده ساختمان و برش پایه استاتیکی و دینامیکی شده و از مقدار مصرف میلگرد و بتن می کاهد و در نتیجه از نظر سازه ای عملکرد بهتری خواهد داشت [۵]. باوجود اینکه بتن سبک خودتراکم از لحاظ هزینه، سهولت اجرا و تولید در اولویت نیست، ولی با توجه به اینکه در این پژوهش طبق نظر کارشناسان معیار طراحی سازه ای بیشترین اهمیت را داشته و بتن سبک خودتراکم بیشترین اهمیت را در معیار طراحی سازه ای به خود اختصاص داده است. لذا دور از انتظار نبود که بتن سبک خودتراکم در اولویت سوم قرار گیرد.

۵- منابع

[1]. LYNN S., BEEDLE., "High-Rise Habitat.HABITED". An International Journal., Vol.2, No.1/2, pp[0-3]., Pergamon press, printed in Great Britain, 1977.

[2]. Kai hi., et.al., "A Study on High-rise Structure with Oblique Columns by ETABS, SAP2000, MIDAS/GEN and SATWE", International Conference on Advances in Computational Modeling and Simulation. Procedia Engineering 474 – 480 ,2012.

[3]. Mahgou Y,. Abbara, B,. "Tall Buildings Legislations in Doha, Qatar", ASEAN Conference on Environment-Behavior Studies, Savoy Homann Bidakara Bandung Hotel, Bandung, Indonesia, 15-17 ,June 2011.

[4]. Ali M., "Evolution of concrete skyscrapers: from Ingalls to Jin Mao". Electronic Journal of Structural Engineering 1(1):2–14, 2001.

[5]. Smith BS., Coull, A. "Tall building structures: analysis and design". New York, Wiley,1991.

[6]. گروه مترجمان. "مسائل اساسی بلند مرتبه سازی، برگزیده از اخرین چاپ کتاب معروف ولف گانگ شولر و مقالات چهارمین کنفرانس جهانی ساختمان های بلند". ۱۹۹۰.

[7]. Halis G., M., Emre Ilgin, H., "A proposal for the classification of structural systems of tall buildings", Building and Environment 42 ,2667–2675, 2007.

[8].Nehdi M.L.," Only tall things cast shadows: Opportunities, challenges and research needs of self-consolidating concrete in super-tall buildings". Construction and Building Materials 48 ,80–90, 2013.

[9]. 3CTBUH. The Skyscraper Database, <http://www.skyscrapercenter.com/list_type=1> [accessed 25.12.12].

[10]. Keeny R. L., and Raiffa, H. "Decision making with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs". 1st Ed., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1993.

[11]. Peniwati K. "Criteria for evaluating group decision making methods". Math. Comput. Model, 46 (7-8) 935-947, 2007.

[12]. Saaty T. L. "A scaling method for priorities in hierarchical structures". J. Math. Psychol., 15 (3), 234-281, 1977.

[13]. Tsiporkova E., and Boeva, V. "Multi-step ranking of alternatives in a multi-criteria and multi-expert decision making environment". Inform. Science, 176 (12), 2673-2697, 2006.

[14]. Che-Wei C., Cheng-Ru W., Chin-Tsai L., and Huang-Chu, C. "An application of AHP and

www.SID.ir

Archive of SID

sensitivity analysis for selecting the best slicing machine". Comput. Ind. Eng., 52 (2), 296-307, 2007.
[15]. Kamal M., and Al-Subhi A.H. "Application of the AHP in project management", International Journal of project management, No. 19, pp. 19-27, 2001.
[16]. Tiwari M.K., Banerjee R. "A Decision Support System for the Selection of a Casting process using AHP". Production Planning and Control, No. 12, pp. 689-694, 2001.
[17]. Tabarak M.A., William D. "Artificial neural network for selection of buildable structural systems". Engineering Construction and Architectural Management Journal, Vol. 10, No. 4, pp. 263-271, 2003.
[18]. Wong J., Li H., Lai J. "Evaluating the system intelligence of the intelligent building systems". Automation in Construction, Vol. 17, pp. 284-302, 2008.
[19]. Metin D. "Decision Making in Equipment Selection: an integrated approach with AHP and PROMETHEE". Springer, No. 19, pp. 397-406.
[20]. Schuyler JR. Decision analysis in projects. Upper Darby PA, USA: Project Management Institute, 1996.
[21]. Rex Jalao E.R., wu T., Shunk D.," A stochastic AHP decision making methodology for imprecise preferences". Information Sciences 270.192–203, 2014.
[23]. Ishizaka A ., Labib A." Review of the main developments in the Analytic Hierarchy Process". Expert Systems with Applications, 38(11), 14336-14345, 2011.
[24]. Maghsoudi A.A., Soheil,M.J., Darbhenzi, A., 'Nanosilica Efficiency on Workability and Mechanical Properties of Self Consolidating Concrete', Proceeding of SCC, Chicago O'hio University, USA, 2008.
[25]. H Beshr., et al. "Effect of coarse aggregate quality on the mechanical properties of high strength concrete". Construction and Building Materials 17.97–103, 2003.
[26] . مقصودی علی اکبر. مقیمی رضا. "تاثیر اندازه، نوع فیلر و نسبت سنگدانه های مختلف بر فاز خمیری و مقاومت فشاری ابر بتن خود متراکم". کنگره ملی بتن خود متراکم.مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علومم محیطی، ۱۳۹۰.
[۲۷].Posi P., Lertnimoolchai S., Sata V., Chindaprasirt,P.," Pressed lightweight concrete containing calcined diatomite aggregate". Construction and Building Materials 47, 896–901, 2013.
[28] . مقصودی علی اکبر. محمد پور شهرام. طراحی. "ساخت وبررسی خواص مکانیکی بتن سبک خود تحکیم با وبدون نانو". هفتمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، ۱۳۸۵.
[29]. Kauko K., Palmroos P., "The Delphi method in forecasting financial markets An experimental study". International Journal of Forecasting 30,313–327, 2014.
[30]. Kim M., Jang Y.C., Lee, S., "Application of Delphi-AHP methods to select the priorities of WEEE for recycling in a waste management decision-making tool". Environmental Management 128 ,941e948, 2013.
[31]. Bhushan Pulipati S., Mattingly S., " Establishing criteria and their weights for evaluating transportation funding alternatives using a Delphi survey". Procedia - Social and Behavioral Sciences 104 ,922 – 931, 2013.
[32] Maghsoudi A.A. Hoornahad H., "Self Compacting Concrete Workability Test Methods". Peace Winds Japan Incorporation with Housing Foundation of the Islamic Republic of Iran, Earthquake Safer Design for People, Bam, Iran, pp. ۷۴-۷۷, 16 May 2004.
[33]. هیات تدوین کنندگان. "مقررات ملی ساختمان - طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه". وزارت مسکن و شهر سازی- معاونت امور مسکن و ساختمان، ۱۳۸۸.
[34]. مقصودی علی اکبر. نوری، میثم. "تاثیر دانه بندی سنگدانه ها بر فاز خمیری و مقاومت فشاری بتن سبک خود متراکم".کنگره ملی بتن خود متراکم(بتن نسل جدید)، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، ۱۳۹۰.
[35]. رضوی مصطفی.کمال علوی احسان. "بتن خود متراکم، خواص و ترکیبات آن". کنگره ملی بتن خود متراکم(بتن نسل جدید)، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، ۱۳۹۰.
[36]. مقصودی علی اکبر. علمدار باغینی آرین. " تاثیر دانه بندی سنگدانه ها بر فاز خمیری و مقاومت فشاری بتن سبک خود متراکم". کنگره ملی بتن خود متراکم(بتن نسل جدید)، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی ۱۳۹۰.
[37] مدندوست، رحمت. رنجبر ملک محمد. موسوی یاسین. "کاربرد نانو سیلیس در بتن سبک خودتراکم حاوی دانه های منبسط شده پلی استایرن". اولین کنفرانس ملی بتن سبک، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.

www.SID.ir

Archive of SID

[38] رمضانیانپور علی اکبر. "بتن سبک: از تحقیق تا کاربرد". دانشگاه صنعتی امیر کبیر-مرکز تحقیقات تکنولوژی و دوام بتن. اولین کنفرانس ملی بتن سبک ایران، ۱۳۹۰.
[39] نشریه ۳۲۷. "دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه". سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور وزارت مسکن و شهرسازی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۷۵.
[40]مقصودی علی اکبر. محمودصالح عیسی، "بررسی ارتفاع بتن ریزی و قالب بندی پل هوانیروز کرمان با بتن خود متراکم". اولین کنفرانس ملی صنعت بتن، کرمان، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی ۴و۵ خرداد ۱۳۹.

www.SID.ir

Archive of SID

A Proposal of The Most Appropriate Concrete to Construct High-Rise Buildings (Case Study: A 21-Story Project in Babolsar)

A.A. Maghsoudi*
Professor; Department of Civil Engineering, Shahid Bahonar University, kerman, iran
H. Akbarzadeh Bengar
Assistant professor; Department of Civil Engineering, mazandaran University, Babosarl, Iran
Mehrdad Masoudnezhad
PH.D candidate of Civil Engineering; Islamic azad University of sari

Abstract

In order to select the most suitable concrete for the construction of high-rise buildings, method of analytic hierarchy process (AHP) based on expert knowledge has been used.

Investigating alternative contain designing structure, costs, quality, time and easy to do. In order to closer examination and get documented results, six types of concrete (with or without vibration) for a 21-storey building in the city of Babolsar is running with normal concrete is studied. Structures with the software ETABS modeling was investigated. These structures, based on listed criteria, the Analytical Hierarchy Process and Expert Choice software was evaluated. The results suggest that By using low weight concrete, and self compact low weight concrete, weight of the building reduced to %12.5 in comparison to normal, and self compact concrete and to 4.9% in comparison to high strength, and self compact high strength concrete.

By using high strength, and self compact high strength concrete, the cost of consumed bar is reduced to 18.9% in comparison to normal, and self compact concrete and to 7.8% in comparison to low weight concrete. According to all criteria evaluated in this study, High strength self compacting concrete is primarily importance to construction high-rise is located.

Keywords: high-rise buildings high-rise buildings, concrete with and without vibration, Multi-Criteria-Decision-Making, ahp

* Corresponding author:Maghsoudi.a.a@ uk.ac.ir

www.SID.ir