

انرژی مورد نیاز تولید مصالح و ساخت دو برج مسکونی در تهران با اسکلت‌های فولادی و بتنی

مهدی بهادری نژاد، استاد دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران *

توحید فطانت دیدار، کارشناس، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

* تلفن: ۶۱۶۵۵۰۸، نمابر: ۶۰۰۰۰۲۱، پست الکترونیکی: bahadori@sharif.edu

چکیده

در بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمانها، علاوه بر مصرف انرژی در استفاده از ساختمان برای گرمایش، سرمایش، روشنایی، شستشو، پخت غذا و غیره، لازم است مصرف انرژی در تولید مصالح و روش ساختمان سازی نیز مورد توجه قرار گیرد و آن مصالح ساختمانی و روش ساختی انتخاب شوند که، علاوه بر خصوصیات سازه ای مورد نظر، مصرف انرژی در تولید مصالح و ساخت ساختمان در آنها حداقل باشد. با توجه به این نکته، می توان در تولید و مصرف انواع مصالح ساختمانی و روشهای ساخت تغییراتی بوجود آورده و مصرف انرژی در ساختمان سازی و استفاده از ساختمان در کشور را به حداقل ممکن رساند. برای نشان دادن اهمیت موضوع، دو واحد مسکونی ۱۹ طبقه در شمال غرب تهران، هر یک با ۱۰۰۰ متر مربع زیر بنا در هر طبقه مورد توجه قرار گرفت. یکی از برجها دارای اسکلت فولادی و دیگری بتنی می باشد. با بررسی انرژی مورد نیاز برای استخراج مواد اولیه و در نهایت تولید یک تن فولاد در کارخانه و حمل آن به محل کار و تعیین انرژی لازم برای استخراج مواد اولیه و در نهایت تولید یک تن سیمان، شن، ماسه و غیره و با در نظر گرفتن مقدار مصرف هر یک از این مصالح در هر یک از برجهای مورد نظر، مقدار انرژی ضروری برای ساخت اسکلت ساختمان فولادی و بتنی (با در نظر گرفتن سقف طبقات) تعیین گردید. دیوارها و سایر اجزای ساختمانی برجها به خاطر یکسان بودن کاربرد آنها در هر دو برج مورد توجه و بررسی قرار نگرفتند. نتیجه مطالعات و بررسی ها نشان داد که برای تولید فولاد و مصالح لازم برای ساخت اسکلت برج فولادی جمعا $153/8$ ترا جول* و برای تولید مصالح و ساخت اسکلت برج بتنی جمعا $91/4$ ترا جول انرژی مصرف می شود که با در نظر گرفتن 19000 متر مربع سطح زیر بنا برای هر یک از این برجهای ۱۹ طبقه، مقدار انرژی مصرفی برای اسکلت برج فولادی برابر با $8/096$ گیگا جول و برای اسکلت برج بتنی معادل $4/812$ گیگا جول انرژی بر متر مربع سطح زیر بنا می باشد. تفاوت $62/4$ ترا جول انرژی مصرفی در ساخت اسکلت دو برج معادل ۶ تا ۱۲ سال (بر حسب تمهیدات مختلف صرفه جوئی) مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش هر یک از این ساختمان ها می باشد.

۱- مقدمه

با توجه به اثرات زیست محیطی مصرف سوختهای فسیلی در کشور، صرفه جوئی انرژی در تمام مصارف به عنوان یک موضوع بسیار مهم مورد توجه قرار گرفته است. یکی از مصارف قابل توجه انرژی در تولید مصالح ساختمانی و روش ساخت ساختمانها می باشد. برای بهینه سازی مصرف انرژی در

* یک ترا جول معادل 10^{12} جول می باشد.

ساختمان سازی در کشور لازم است انرژی مورد نیاز تولید مصالح را تعیین و روشهای مختلف ساخت را نیز در نظر گرفت و در نهایت، با در نظر گرفتن مشخصات سازه ای و حرارتی، آن مصالحی را انتخاب کرد که انرژی کمتری برای تولید شان مصرف شده است. بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان سازی موضوعی نسبتاً جدید می باشد و لازم است مورد توجه سازندگان ساختمانها قرار گیرد و دولت با اعمال سیاستهایی استفاده از مصالح ساختمانی یی را که انرژی کمتری مصرف می نمایند تشویق نماید.

علاوه بر مصالح ساختمانی و روش های ساخت ساختمانها، لازم است موضوع بهینه سازی مصرف انرژی در سایر فعالیتهای اقتصادی نیز مورد توجه قرار گیرد و در نهایت از لوازم و وسایلی در منزل و محل کار و غیره استفاده شود که در ساخت و تولید و مصرف آنها از مقدار انرژی کمتری (با مقایسه با وسایل و لوازم مشابه) استفاده شده است. مطالعه حاضر گامی است مقدماتی در نشان دادن اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی در استفاده از مصالح مختلف در ساخت ساختمانها.

۲- انتخاب دو ساختمان مشابه

برای نشان دادن اهمیت موضوع بهینه سازی مصرف انرژی در ساخت ساختمانها، دو برج مسکونی در شمال غرب تهران را در نظر می گیریم. این برجها ۱۹ طبقه با ۱۰۰۰ متر مربع زیر بنا در هر طبقه می باشند. یکی از این برجها دارای اسکلت بتنی و دیگری فولادی و سایر قسمتهای طبقات در هر ساختمان از هر نظر شبیه یکدیگر می باشند. بنابراین لازم است که فقط اسکلت این دو ساختمان بتنی و فولادی مورد مقایسه قرار گیرند.

۳- تخمین میزان بتن و فولاد در دو ساختمان مورد نظر

با مراجعه به مهندسان شرکت عمران تکلار سازنده برج های بتنی در مجتمع هرمان در شهرک قدس در منطقه شمال غرب تهران اطلاعات زیر بدست آمد: [۱]

جدول ۱- مصرف بتن و فولاد در دو برج ۱۹ طبقه بتنی و فولادی با ۱۰۰۰ متر مربع زیر بنا در هر طبقه

ساختمان فولادی		ساختمان بتنی		مصرف مواد در ساختمانها
فولاد	بتن	فولاد	بتن	
۲۴۸۸ تن	۴۵۴۰ متر مکعب	۱۳۰۰ تن	۸۰۰۰ متر مکعب	

در برآورد مواد مصرفی فرض شده است که در پی سازی هر دو ساختمان و ستون های ساختمان بتنی از بتن آرمه و در سقف طبقات از دال بتن آرمه دو طرفه استفاده شده است. لازم است اضافه نماید که در این برآوردها هیچگونه بهینه سازی سازه ای، که می توان با طراحی مناسب تر مصرف مواد را (در ساختمان بتنی یا فولادی) کاهش داد، نشده است. لازم است در

مطالعات دقیقتر مربوط به کاهش مصرف انرژی در ساختمان سازی چنین بهینه سازی سازه ای انجام گیرد و مقایسه مصرف ساختمان سازی در کشور لازم است انرژی برای چنین ساختمانهایی باشد.

۴- تخمین میزان انرژی در تولید بتن و فولاد

۱- تولید بتن.

در یک متر مکعب بتن مواد زیر به مقدار نشان داده شده مصرف می شود. [۱ و ۲]

شن و ماسه ۱۸۰۰ کیلو گرم

سیمان ۳۷۰ کیلو گرم

آب ۱۳۰ لیتر (برای اختلاط مواد ترکیبی بتن)

با مراجعه به چند کارخانه تولید شن و ماسه معلوم شد که برای تولید یک تن شن و ماسه حدود

۸/۱ مگا جول برق مصرف می شود. [۳]

برای تعیین مصرف انرژی در تولید سیمان به کارخانه سیمان ارومیه مراجعه و با توجه به آمار

مربوط به مصرف انرژی در تولید سیمان کارخانه معلوم شد که برای تولید یک تن سیمان

۴۴۵ مگا جول برق و معادل ۳۳۷۰ مگا جول انرژی حرارتی (در سوخت) مصرف می شود. [۴]

برای تعیین میزان کل انرژی مصرفی توجه داریم که انرژی الکتریکی در ایران اکثراً" در

نیروگاههای حرارتی و با مصرف یک سوخت فسیلی تولید می شود. اگر متوسط بازده حرارتی

نیروگاهها را حدود ۳۱٪ و بازده خطوط انتقال برق را حدود ۸۰٪ فرض کنیم برق مصرفی در

کارخانه با یک بازده حدود ۲۵٪ از سوختههای فسیلی تولید شده است. یعنی برای هر مگا جول

برق مصرفی معادل ۴ مگا جول انرژی حرارتی در نیروگاهها مصرف شده است. بنابراین انرژی

حرارتی مصرف شده در نیروگاه ها برای ۸/۱ مگا جول برق برای تولید یک تن شن و ماسه معادل

۳۲/۴ مگا جول و انرژی حرارتی برای ۴۴۵ مگا جول برق برای تولید یک تن سیمان معادل

۱۷۸۰ مگا جول می باشد. بنابراین کل انرژی حرارتی برای تولید یک تن سیمان برابر با

$$\text{مگا جول } ۵۱۵۰ = ۳۳۷۰ + ۱۷۸۰$$

می باشد.

با توجه به میزان مصرف شن و ماسه و سیمان در یک متر مکعب بتن و ارقام بدست آمده در

ارتباط با تولید هر یک از این مصالح، میزان انرژی مصرفی برای تولید یک متر مکعب بتن :

$$\text{مگا جول } ۱۹۶۳/۸۲ = ۵۱۵۰ * \text{تن سیمان } ۰/۳۷ + ۳۲/۴ * \text{تن شن و ماسه } ۱/۸۰۰$$

یا حدود ۱/۹۶۴ گیگا جول می باشد.

۲- تولید فولاد.

برای تولید یک تن فولاد در کوره بلند مواد عمده زیر مصرف می شود [۸تا۶]

سنگ آهن	۱۳۵۷ کیلو گرم
زغال سنگ	۷۵۰
سنگ آهک و دولومیت	۱۸۶
سایر مواد	۲۵۳

انرژی الکتریکی مورد نیاز برای استخراج سنگ آهن، سنگ آهک و دولومیت، زغال سنگ و سایر مواد به شرح زیر تعیین شدند:

سنگ آهن [۹]	۱/۹ مگا جول برای تولید یک تن فولاد
سنگ آهک و دولومیت [۱۰]	۰/۷۱۸
زغال سنگ [۱۱]	۱۰۷۹/۷۳
سایر مواد*	۰/۹۷۷
جمع	۱۰۸۳/۳۲۵ مگا جول برق برای تولید یک تن فولاد

انرژی حرارتی معادل، با توجه به بازده تبدیل ۲۵٪ برای تولید برق مصرفی، برابر با ۴۳۳۳/۳ مگا جول می باشد.

انرژی لازم در کارخانه ذوب آهن برای تولید یک تن فولاد به شرح زیر برآورد می شود [۸]:

- ۱- زغال سنگ. انرژی حرارتی هر تن زغال سنگ برابر با ۲۹۲۹۰ مگا جول می باشد که با توجه به مصرف ۷۵۰ کیلو گرم زغال سنگ برای تولید هر تن فولاد، انرژی تولید شده توسط زغال سنگ معادل ۲۱۹۶۷/۵ مگا جول برای تولید هر تن فولاد می باشد.
 - ۲- گاز طبیعی. برای تولید فولاد ۶۶۴ متر مکعب گاز طبیعی با ارزش حرارتی ۳۷/۲۶ مگا جول بر متر مکعب مصرف می شود. این انرژی تولید شده توسط گاز طبیعی برابر با ۲۴۷۴۰/۶ مگا جول برای تولید هر تن فولاد می باشد.
 - ۳- انرژی الکتریکی. برق مصرفی در کارخانه برای تولید هر تن فولاد معادل ۱۸۰۰ مگا جول برآورد شده است که با توجه به بازده ۲۵٪ برای تولید برق مصرفی، انرژی حرارتی معادل آن ۷۲۰۰ مگا جول می باشد.
- بنابراین انرژی مصرفی در کارخانه تولید فولاد برابر با

* انرژی الکتریکی برای استخراج هر تن سایر مواد را معادل انرژی الکتریکی مورد نیاز برای استخراج سنگ آهک فرض کرده است.

$$\text{مگا جول} \quad 21967/5 + 24740/6 + 7200 = 53908/14$$

بوده و با در نظر گرفتن ۴۳۳۳/۳ مگاجول برای استخراج مواد اولیه (برای تولید یک تن فولاد) مصرف انرژی برابر با ۵۸۲۴۱/۴ مگا جول یا ۵۸/۲۴۱ گیگا جول برای تولید یک تن فولاد می باشد.

۵- تعیین انرژی مصرفی در ساخت برجهای بتنی و فولادی

جدول زیر مصرف انرژی برای ساخت ساختمانهای ۱۹ طبقه یاد شده را نشان می دهد.

جدول ۲- مصرف انرژی (بر حسب گیگا جول) برای ساخت اسکلت دو ساختمان ۱۹ طبقه بتنی و فولادی

ساختمان فولادی		ساختمان بتنی		
فولاد ۲۴۸۸ تن	بتن ۴۵۴۰ متر مکعب	فولاد ۱۳۰۰ تن	بتن ۸۰۰۰ متر مکعب	مصرف مواد در ساختمانها
۵۸/۲۴	۱/۹۶۴	۵۸/۲۴۱	۱/۹۶۴	مصرف انرژی برای تولید یک واحد از مواد مصرفی
برای هر تن فولاد	برای هر متر مکعب بتن	برای هر تن فولاد	برای هر متر مکعب بتن	
۱۴۴۹۰/۱/۱۲	۸۹۱۶/۵۶	۷۵۷۱۴	۱۵۷۱۲	مصرف انرژی در ساخت ساختمان
۱۵۳۸۱۷/۶۸		۹۱۴۲۶		جمع مصرف انرژی برای ساختمان
۸/۰۹۶		۴/۸۱۲		مصرف انرژی برای هر متر مربع زیر بنای برجهای

۶- نتیجه گیری و پیشنهادات

در یک مطالعات مقدماتی انرژی مورد نیاز برای تولید مصالح و ساخت اسکلت برجهای با اسکلت بتنی و اسکلت فولادی تعیین گردید. بر حسب آمار بدست آمده از کارخانجات تولید کننده مواد و مصالح ساختمانی و یک شرکت سازنده برجهای مسکونی در تهران، نشان داده شد که انرژی مورد نیاز برای تولید و استفاده از مصالح ساختمانی در یک برج ۱۹ طبقه با اسکلت بتنی کمتر از برج مشابه با همین تعداد طبقات ولی با اسکلت فولادی می باشد و بر حسب واحد سطح زیر بنای این برجهای، مقدار انرژی مورد نیاز در برج بتنی ۴/۸۱۲ و در برج با اسکلت فولادی ۸/۰۹۶ گیگا جول بر متر مربع زیر بنا می باشد.

برای بدست آوردن اطلاعات دقیقتر در مصرف انرژی برای تولید مصالح و ساختن ساختمانها، لازم است تعداد بیشتری از ساختمانهای مرتفع و کارخانجات دیگر تولید کننده مواد و مصالح، و روشهای ساخت متفاوت، مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند.

۷- مراجع

- [۱] شرکت ساختمانی عمران تکلار - مذاکره حضوری با مهندسان و کارشناسان شرکت - ۱۳۸۱
- [۲] نویل و بروکس، **تکنولوژی بتن**، ترجمه علی اکبر رمضانیانپور و محمد رضا شاه نظری، انتشارات پرهام، سال ۱۳۷۴
- [۳] شرکت رادان - مذاکره حضوری با مهندسان و کارشناسان شرکت و چندین شرکت تولید کننده شن و ماسه دیگر - ۱۳۸۰
- [۴] شرکت سیمان ارومیه - مذاکره حضوری با مهندسان و کارشناسان شرکت - ۱۳۸۰
- [۵] شرکت ساختمانی عمران تکلار - مذاکره حضوری با مهندسان شرکت و استفاده از اطلاعات مربوط به برج شماره ۳ - مجتمع مسکونی هرمزان، ساخت این شرکت - ۱۳۸۱
- [۶] توحیدی، ناصر، **سیر تکاملی تولید آهن و فولاد در ایران و جهان**، انتشارات امیر کبیر، سال ۱۳۶۴
- [۷] شرکت ملی فولاد ایران، **فولاد ایران**، سال ۱۳۷۹
- [۸] شرکت ملی فولاد ایران، مذاکره حضوری با مهندسان و کارشناسان شرکت و استفاده از نتایج تحقیقات و گزارش های تحقیقاتی این شرکت - ۱۳۸۱
- [۹] شرکت ملی فولاد ایران، آمار مربوط به سنگ آهن مرکزی (بافق) - ۱۳۷۹
- [۱۰] شرکت ملی فولاد ایران، آمار مربوط به سنگ آهک و دولومیت (معدن پیر بکران) - ۱۳۷۹
- [۱۱] شرکت ملی فولاد ایران، آمار مربوط به زغال سنگ کرمان - ۱۳۷۹