



## کاهش جرم ساختمان و نقش آن در اقتصادی بودن طرح در مقابل زلزله

مرتضی نقی پور، استادیار گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مازندران\*  
امید حاتم، کارشناس ارشد سازه، مدرس گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه\*\*  
\*تلفن: ۰۱۱۱-۳۲۳۱۷۰۷، نمابر: ۰۱۱۱۳۲۳۴۲۰۱، پست الکترونیکی: [mnaghipo@dal.ca](mailto:mnaghipo@dal.ca)  
\*\*تلفن: ۰۹۱۸۱۳۲۰۹۶۸، نمابر: ۰۸۳۱-۸۲۳۳۴۹۰، پست الکترونیکی: [hatam\\_o@yahoo.com](mailto:hatam_o@yahoo.com)

### چکیده

هدف از این تحقیق بررسی اثرات کاهش جرم (وزن) دیوارها و کف های ساختمان، با استفاده از سیستم های جدید سقف و دیوار استاندارد و تأیید شده، در ساختمان فولادی و انتخاب سیستم سازه ای مناسب در کاهش فولاد مصرفی و در نتیجه دستیابی به طرح مؤثر و اقتصادی، سازه می باشد. بدین منظور سه نمونه ساختمان با تعداد طبقات ۵، ۹ و ۱۳، با پلان مشابه ساختمانهای منظم در ضوابط آئین نامه ی ۲۸۰۰ که امکان محاسبه ی نیروی زلزله به روش تحلیل استاتیکی معادل را فراهم می نماید، انتخاب شده است. در نمونه های انتخابی سه سیستم سازه ای متفاوت، یعنی قاب خمشی در دو امتداد، قاب ساده با بادبند در دو امتداد و قاب خمشی در یک امتداد و قاب ساده با بادبند در امتداد دیگر، در نظر گرفته شده است. به منظور بررسی اثرات کاهش وزن سقف و دیوارها نیز برای هر نمونه سه حالت مختلف، یعنی سنگین، نیمه سنگین و سبک از نوع استاندارد تأیید شده انتخاب شده است. در نتیجه برای هر نمونه ساختمان ۲۷ حالت و جمعاً برای سه نمونه ساختمان ۸۱ حالت مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته، آنالیز و برآورد مصالح مصرفی انجام شده است. استفاده از سیستم سازه ای یک جهت قاب خمشی و یک جهت بادبند بمیزان ۱/۵ و سیستم سازه ای دوجبهت بادبندی شده، ۲۶/۴۵ درصد از میزان فولاد مصرفی سازه نسبت به سیستم دوجبهت قاب خمشی خواهد کاست. همچنین با کاهش هر ۱۰۰ کیلوگرم در مترمربع وزن سقف ۱۲ تا ۱۰ درصد و با کاهش ۱۰۰ کیلوگرم در مترمربع وزن دیوار متناسب با سیستم سازه ای بین ۷ تا ۱۰ درصد در فولاد مصرفی ساختمان صرفه جوئی می شود.

**کلیدواژه ها:** کاهش جرم، سبکسازی، طرح اقتصادی، سیستم سازه ای مناسب، سقف سبک، دیوار سبک

### ۱- مقدمه

ایران یکی از کشورهای زلزله خیز جهان است که بارها در اثر زلزله های سهمگین دچار تلفات جانی و مالی فراوان شده است. از سوی دیگر نرخ بالای رشد جمعیت سبب ایجاد مشکلات عدیده ای در بخش مسکن در شهرهای بزرگ خصوصاً در سالهای اخیر شده است. در نتیجه ساختمان سازی با استفاده از شیوه های مناسب و اقتصادی طراحی و ساخت با بهره گیری مناسب و بهینه از مصالح ساختمانی و ساخت انبوه مسکن می تواند کمک قابل توجهی به کاهش مشکل مسکن به ویژه برای اقشار کم درآمد جامعه بنماید.

در مناطق زلزله خیز نیروی زلزله متناسب با جرم ساختمان افزایش یافته و در نتیجه منجر به طراحی ساختمانهای مقاوم تر با ابعاد بزرگتر اعضاء با هزینهی بیشتر می شود. در نتیجه یکی از راههای مؤثر کاهش هزینهی ساختمان کاهش جرم و در نتیجه کاهش نیروهای وارد (ثقلی و جانبی) بر ساختمان است. [۱]

## ۲- مشخصات سازه‌های مورد نظر

سازه‌های مورد تحقیق سه سری اسکلت فلزی ۵، ۹ و ۱۳ طبقه می باشد که در پلان و در طبقات مشابهند. پلان این سه ساختمان طوری انتخاب شده است که بعنوان سازه‌های منظم تعریف شده توسط آئین نامه ۲۸۰۰ ایران می باشد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود، ابعاد پلان  $۱۶ \times ۱۶$  متر با دهانه‌های ۴ متری و توزیع جرم در طبقات یکنواخت می باشد. مشخصات طبقات ساختمان به این شرح است: ۳ متر ارتفاع در طبقات و  $۲/۴$  متر در طبقه همکف،  $۱۶ \times ۱۶ = ۲۵۶$  مترمربع مساحت، ۶۴ مترطول تیغه (۲۵٪ مساحت) و درصد بازشوها برای دیوارهای حاشیه به میزان ۳۰٪. [۲]

با توجه به اینکه سقفهای مختلف استفاده شده در این قسمت از انواع دالهای یکطرفه می باشند و با توجه به تقارن سیستم تیرریزی سقف ها به صورت شطرنجی در نظر گرفته شده است.

## ۲-۱- سیستم سازه ای

برای سازه های مورد نظر سه سیستم سازه ای متفاوت در نظر گرفته شده است:

در هر دو جهت قاب خمشی

در هر دو جهت قاب ساده + بادبندی

در یک جهت قاب خمشی، در یک جهت قاب ساده + بادبندی

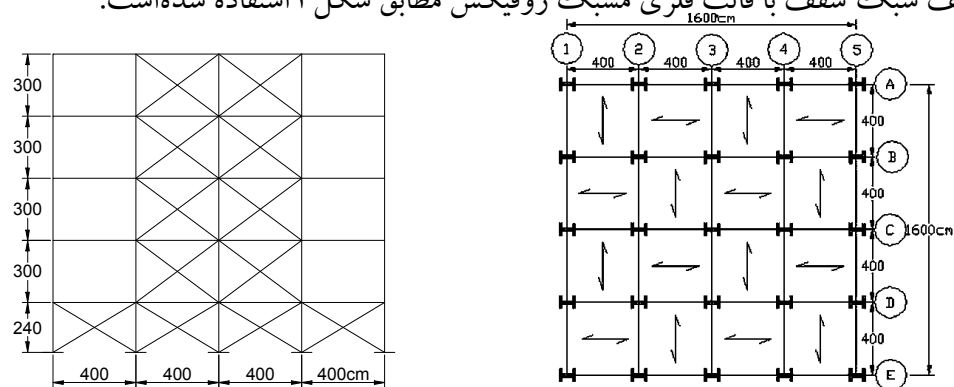
در حالات ۲ و ۳ بادبندی در قابهای کناری انجام شده و نمای بادبندی مطابق شکل ۲ است. این فرم بادبندی به منظور حذف اثر کشش در فونداسیون انتخاب شده است. [۲]

## ۲-۲- بارگذاری

به منظور بررسی اثر کاهش وزن سقف و دیوارها، سه نوع سیستم برای سقف و سه نوع برای دیوار در نظر گرفته شده است. همچنین سربار زنده در همه حالت ها ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع در محاسبات منظور شده است. وزن تیغه ها به صورت بار گسترده بر روی کف در نظر گرفته شده و وزن دیوارهای کناری مستقیماً بر روی تیرهای اطراف قرار داده شده اند. انواع سقف و دیوارهای استفاده شده در زیر توضیح داده شده اند:

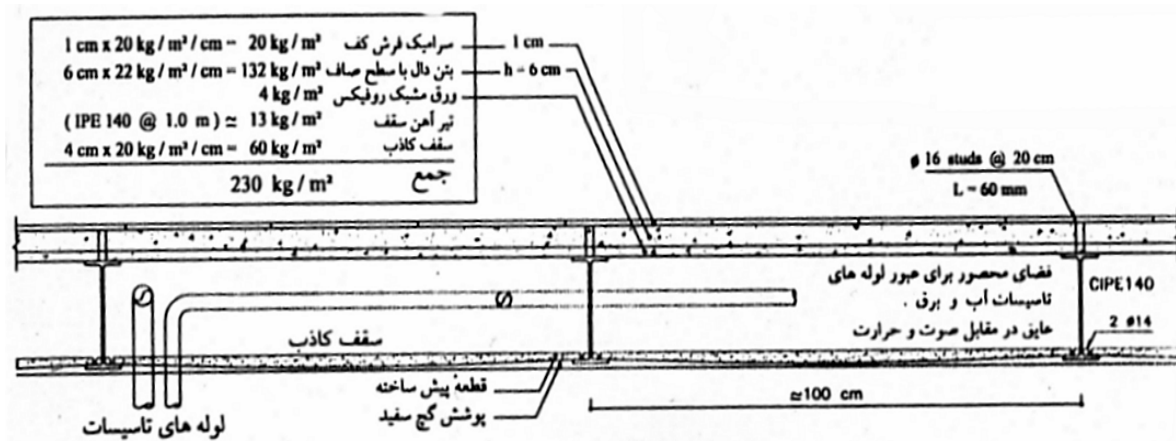
### ۲-۳- انواع سقف

سقف سنگین سقف تیرچه بلوک معمولی، سقف نیمه سنگین سقف تیرچه بلوک کریمیت و برای سقف سبک سقف با قالب فلزی مشبک روفیکس مطابق شکل ۳ استفاده شده است.



شکل ۲: نمای باندبندی قاب های خارجی در ساختمان ۵ طبقه

شکل ۱: پلان ساختمان های ۵، ۹ و ۱۳ طبقه



شکل ۳: مشخصات سقف روفیکس

### ۲-۴- انواع دیوار

برای دیوارهای سنگین آجر فشاری در نظر گرفته شده که دیواری سنتی محسوب می شود، دیوارهای نیمه سنگین بلوک های بتن سبک (هبلکس، سیورکس، Ytong) و دیوارهای سبک دیوارهای ساخته شده با استفاده از صفحات گچی و قالب فلزی (DryWall) انتخاب شده است. [۳]

### ۳- آنالیز و طراحی

آنالیز سازه توسط برنامه SAP90 و به صورت سه بعدی انجام شده است. طراحی اعضا براساس نتایج

حاصل از آنالیز و توسط نرم افزار STEEL-1 صورت گرفته و سپس برای هر یک از سازه ها برآورد وزن فولاد مصرفی انجام شده است.

**جدول ۱: مشخصات وزنی سقف ها**

نوع سقف	وزن سقف در طبقات (Kg/m <sup>2</sup> )	وزن سقف در بام (Kg/m <sup>2</sup> )	توضیحات
سقف سنگین (تیرچه بلوک معمولی)	۵۰۹	۵۳۹	برای پوشش بام از ایزولاسیون و آسفالت استفاده شده است.
سقف نیمه سنگین (تیرچه بلوک کرمیت)	۳۷۴	۴۱۳	وزن سازه ای سقف ۲۴۳ می باشد که ۱۳۱Kg/m <sup>2</sup> برای کفسازی در طبقات اضافه می شود. برای بام ۱۷۱Kg/m <sup>2</sup> اضافه می شود.
سقف سبک (سقف روفیکس)	۲۳۰	۲۶۹	برای بام ۳۹Kg/m <sup>2</sup> به علت ایزولاسیون و موزائیک اضافه شده است.

**جدول ۲: مشخصات وزنی دیوارها**

نوع دیوار	وزن دیوارهای کناری (Kg/m <sup>2</sup> )	وزن دیوارهای جداکننده (Kg/m <sup>2</sup> )	توضیحات
دیوار سنگین (آجر فشاری)	۴۹۸ - ۵۰۰	۲۶۰	دیوارهای کناری ۲۲cm و جداکننده ۱۰cm در نظر گرفته شده اند.
دیوار نیمه سنگین (هبلکس، سیورکس)	۲۰۰	۱۲۰	ابعاد این بلوک ها ۲۰×۲۵×۶۰ سانتی متر برای دیوارهای حاشیه می باشد.
دیوار سبک (Drywall)	۱۱۳	۲۵	برای دیوارهای خارجی از شبکه آرماتور، عایق حرارتی (یونولیت) و پوشش سیمان استفاده می شود.

#### ۴- مقاطع مورد استفاده

در آنالیز و طراحی ساختمان ها مقاطع متداول و معمول مصرفی که در نرم افزار STEEL-1 وجود دارد در نظر گرفته شده است. برای ستونها از IPE، برای تیرها از CPE و IPE برای بادبندها از UNP و IPE استفاده شده است. نحوه استفاده از مقاطع به نحوی است که کاملاً مسائل اجرایی در آنها رعایت شده است.

#### ۵- نتایج آنالیز و طراحی

پس از آنالیز و طراحی ساختمان ها وزن فولاد مصرفی ساختمان برای المان های مختلف محاسبه شده و وزن فولاد سازه در ازای هر متر مربع برای ۸۱ ساختمان نمونه بدست آمده است.

#### ۵-۱- تاثیر سیستم سازه ای (بادبندی - قاب خمشی)

بر اساس محاسبات انجام شده نتایج برای حالات مختلف در جدول (۳) خلاصه شده است. با توجه به اینکه نیروی زلزله وارد بر ساختمان در سیستم سازه ای مهاربندی شده بیشتر از حالتی است که ساختمان در آن جهت دارای سیستم سازه ای قاب خمشی ساده است. اما با توجه به جدول زیر مشاهده می شود که فولاد مصرفی سازه در حالت اول کمتر خواهد بود.

**جدول ۳: مقایسه میانگین درصد کاهش وزن فولاد مصرفی نسبت به سیستم دو جهت قاب خمشی در ساختمان های ۵ و ۹ و ۱۳ طبقه**

تعداد طبقات	یک جهت بادبند	دو جهت بادبند
5	14.00%	25.50%
9	15.00%	25.80%
13	14.50%	28.05%
<b>میانگین</b>	<b>14.50%</b>	<b>26.45%</b>

همانطور که در جدول (۳) مشاهده می شود برای ساختمان ۵ طبقه استفاده از بادبندی در یک جهت به میزان ۱۴ درصد و در دو جهت به میزان ۲۵/۵ درصد از میزان فولاد مصرفی در مقایسه با سیستم قاب خمشی دوطرفه خواهد کاست و این کاهش تقریباً مستقل از وزن مصالح بکار رفته در ساختمان می باشد. همچنین باتوجه به جدول (۳) افزایش ارتفاع ساختمان نیز تغییر چندانی در ارقام کاهش وزن فولاد مصرفی بر اثر سیستم سازه ای نخواهد داشت. بنابراین استفاده از بادبند را می توان از دو بعد بررسی کرد، در بعد اقتصادی که منافع مناسبی به دلیل کاهش شدید مصرف فولاد عاید کارفرما خواهد شد و بعد فنی که در مورد ساختمان های نه چندان بلند طراحی سیستم بادبندی بسیار ساده تر و قابل درک تر از سیستم های قاب خمشی با اتصالات صلب می باشد. همچنین اجرای آن نیز راحت تر و قابل کنترل تر می باشد.

#### ۵-۲- تاثیر کاهش وزن سقف :

در جدول (۴) اثرات استفاده از سقفهای تیرچه کرمیت و سقف روفیکس در مقایسه با سقف تیرچه بلوک معمولی ارائه شده است. همچنین تاثیر سیستم سازه ای در کاهش فولاد مصرفی در اثر کاهش وزن سقف در جدول قابل مشاهده است. در ستون اول عدد ۱۳۵ اختلاف وزن سقف تیرچه بلوک کرمیت با سقف تیرچه بلوک معمولی است و عدد ۲۷۹ اختلاف وزن سقف روفیکس با سقف تیرچه بلوک معمولی است.

### جدول ۴: تأثیر کاهش وزن سقف در کاهش وزن فولاد مصرفی

سازه در ساختمان های ۵ و ۹ و ۱۳ طبقه مستقل از تأثیر وزن دیوار

کاهش وزن سقف Kg/m <sup>2</sup>	سیستم سازه ای	درصد کاهش وزن فولاد مصرفی سازه در ساختمان های		
		۵ طبقه	۹ طبقه	۱۳ طبقه
135	قاب + قاب	9.68%	14.80%	14.65%
135	قاب + بادبندی	10.95%	11.98%	12.54%
135	بادبندی + بادبندی	9.57%	10.76%	11.52%
میانگین		10.06%	12.51%	12.91%
کاهش وزن سقف Kg/m <sup>2</sup>	سیستم سازه ای	درصد کاهش وزن فولاد مصرفی سازه در ساختمان های		
		۵ طبقه	۹ طبقه	۱۳ طبقه
279	قاب + قاب	25.13%	28.40%	28.03%
279	قاب + بادبندی	24.30%	24.25%	24.62%
279	بادبندی + بادبندی	21.52%	23.58%	23.55%
میانگین		23.65%	25.41%	25.40%

### جدول ۵: مقایسه میانگین درصد کاهش وزن فولاد مصرفی بر اثر کاهش

وزن دیوارهای حاشیه و جداکننده داخلی برای ساختمان های ۵، ۹ و ۱۳ طبقه

دیوار	سیستم سازه ای	میانگین درصد کاهش وزن فولاد مصرفی برای ساختمانهای		
		۵ طبقه	۹ طبقه	۱۳ طبقه
سنگین	قاب + قاب	0%	0%	0%
نیمه سنگین		17.15%	20.70%	22.33%
سبک		24.42%	31.42%	29.87%
سنگین	قاب + بادبندی	0%	0%	0%
نیمه سنگین		13.30%	20.15%	21.93%
سبک		21.32%	28.64%	30.98%
سنگین	بادبندی + بادبندی	0%	0%	0%
نیمه سنگین		10.13%	17.38%	17.57%
سبک		15.57%	25.00%	25.50%

### ۵-۳- تأثیر کاهش وزن دیوار

جدول (۵) نمودار اثرات کاهش وزن دیوار را در سه حالت دیوار سنگین، نیمه سنگین و سبک، در کاهش وزن فولاد مصرفی در ساختمان های ۵، ۹ و ۱۳ طبقه نشان می دهد. مقدار این تأثیر همانگونه که در جدول ۵ مشخص است با تغییر سیستم سازه ای متغیر است. در ساختمان ۵ طبقه برای سیستم قاب + قاب کاهش وزن فولاد به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم کاهش وزن دیوار ۸/۲۲ درصد، در سیستم قاب + بادبند این عدد به ۷/۰۴ درصد و در سیستم بادبندی + بادبندی به ۵/۱۷ درصد کاهش پیدا می کند. لازم به ذکر است که در دیوارهای سنگین عدد ۳۵۹ به عنوان میانگین وزنی با توجه به سهم وزنی هر کدام از دیوارهای حاشیه و جداکننده داخلی در پلان ساختمان در نظر گرفته شده است. این عدد در دیوارهای نیمه سنگین، ۱۵۳ و در دیوارهای سبک، ۶۱ است. همچنین در ساختمانهای ۹ و ۱۳ طبقه بترتیب برای

سیستم قاب + قاب کاهش وزن فولاد به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم کاهش وزن دیوار ۱۰/۴۶ و ۱۰/۱۶ درصد، در سیستم قاب + بادبند این اعداد به ۹/۶۴ و ۱۰/۴۳ درصد و در سیستم بادبندی + بادبندی به ۸/۳۹ و ۸/۵۵ درصد کاهش پیدا می کند.

## ۶- مثال

در جدول ۶ برآورد ریالی یک ساختمان ۵ طبقه، (و نه صرفاً قیمت تمام شده سقف) پس از پایان مرحله اجرای سقف ها به دو روش تیرچه بلوک و سقف مرکب با قالب فلزی مشبک روفیکس درازای هر مترمربع مساحت مقایسه شده است. در این جدول برای سقف با قالب فلزی روفیکس از میلگرد تقویتی ۱۰ میلیمتر با شبکه ۲۰ سانتی متری در سقف مصرف خواهد شد. قیمت روفیکس روغنی در کارخانه ۱۹۰۰۰ ریال برای هر مترمربع می باشد. (این قیمت تابع نوسانات نرخ ورق در بازار می باشد.) بدیهی است که با افزایش تعداد طبقات قیمت تمام شده ساختمان از صرفه اقتصادی بیشتری برخوردار خواهد بود.

**جدول ۷: جدول برآورد ریالی ساختمان ۵ طبقه پس از پایان مرحله اجرای سقف ها**

به دو روش تیرچه بلوک و سقف با قالب فلزی مشبک روفیکس

موضوع	واحد	قیمت واحد (ریال)	سقف تیرچه بلوک		سقف مرکب با روفیکس	
			مصرف	ارزش (ریال)	مصرف	ارزش (ریال)

**پی :**

بتن فونداسیون	$m^3$	316000	0.06	18960	0.05	15800
میلگرد فونداسیون	$Kg$	6800	4.23	28760	3.46	23528
مجموع				47720		39328

**اسکلت :**

ستون، صفحه و اتصالات	$Kg$	6300	16.20	102060	12.57	79191
تیر، راه پله و اتصالات	$Kg$	6050	31.23	188941	25.22	152581
بادبند	$Kg$	6400	4.99	31936	4.30	27520
مجموع				322937		259292

موضوع	واحد	قیمت واحد (ریال)	سقف تیرچه بلوک		سقف مرکب با روفیکس	
			مصرف	ارزش (ریال)	مصرف	ارزش (ریال)

**سقف :**

بتن سقف	$m^3$	331000	0.142	47000	0.075	24825
بلوک سفالی درجه یک	عدد	4200	8.00	33600	0.00	0.00
تیرچه (میانگین)	$m$	41000	2.00	82000	0.00	0.00
میلگرد	$Kg$	6800	2.00	13600	3.00	20400
تیرفرعی، گل میخ، اتصالات	$Kg$	5800	0.00	0.00	9.19	53300
روفیکس	$m^2$	19000	0.00	0.00	1.00	19000
هزینه شمع بندی	عدد	17500	1.0	17500	0.00	0.00
سقف کاذب	$m^2$	65000	.1	6500	1.00	65000
پوکه ریزی و سقف کاذب	$m^2$	14000	1.00	14000	0.00	0.00
مجموع				214200		182520

**برآورد هزینه کلی :**

فونداسیون	<i>Rial</i>			47720		39328
اسکلت	$m^2$			322937		289290
سقف				214200		182520
مزد جوشکاری	$Kg$	1400	52.70	73780	51.28	71790
مزد اجرای سقف	$m^2$		1.00	20000	1.00	12000

قیمت تمام شده (ریال در متر مربع)

678600

594900

جداول ارائه شده در رابطه با تأثیر کاهش جرم سقف ها و دیوارها بر کاهش فولاد مصرفی سازه نشان



دهنده نتایج حاصل از توسعه فن آوری در تولید مصالح سبک ساختمانی (مانند مصالح سبک برای دیوارها) و استفاده از فن آوری در روشهای اجرایی (مانند حذف کف سازی روی سقف ها) می باشد. به عنوان مثال می توان با حذف سیستم های تأسیساتی و برقی یا استفاده از سیستم های جدید سقف که در آنها لوله های تأسیساتی و برقی از بین قسمت سازه ای سقف و سقف کاذب عبور می کنند، و با صاف و لیسه ای نمودن بتن روی سقف در هنگام بتن ریزی و یا ساعتی بعد، از موزائیک و ملات زیر آن و پوکه ریزی روی سقف اجتناب کرد. یک محاسبه ساده نشان می دهد که از این بابت در حدود ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمربع از وزن سقف کاسته خواهد شد. همچنین با احتساب ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع کاهش وزن دیوارهای مورد استفاده مجموعاً در یک ساختمان ۵ طبقه در حدود ۱۹/۵۰ درصد در فولاد مصرفی صرفه جویی می شود. اگر علاوه بر موارد فوق اسکلت در دو جهت بادبندی شده باشد، کاهش وزن فولاد مصرفی سازه به حدود ۴۵ درصد خواهد رسید. حال اگر وزن فولاد مصرفی سازه در یک ساختمان ۵ طبقه به صورت معمولی ۶۵ کیلوگرم بر هر مترمربع پیش بینی شود، ۲۹/۲۵ کیلوگرم بر هر مترمربع صرفه جویی در اسکلت سازه خواهیم داشت که بالغ بر ۱۹۱۰۰ تومان در هر مترمربع می باشد. ضمناً با توجه به اینکه هر تن مصالح مصرفی در ساختمان به غیر از فولاد، بین ۲۰ تا ۳۰ هزار تومان هزینه تهیه و اجرا دارد کاهش هر ۱۰۰ کیلوگرم مصالح بین ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ تومان صرفه جویی ریالی خواهد داشت. بررسی های فوق نشان می دهد که برای ساختمانهایی از قبیل مسکن استیجاری که اولاً به صورت انبوه ساخته می شوند و ثانیاً قیمت تمام شده آنها باید تا حد امکان پایین باشد، استفاده از مصالح سبک و سیستم بادبندی می تواند علاوه بر افزایش ایمنی تا حدود ۲۰ درصد کل قیمت تمام شده، صرفه جویی ریالی به دنبال داشته باشد.

## ۷- نتیجه گیری

- ۱- انتخاب سیستم سازه ای مناسب در کاهش وزن فولاد مصرفی ساختمان های فلزی مؤثر می باشد. برای مدل ۵ طبقه استفاده از سیستم بادبندی در یک جهت ۱۴ درصد و در دو جهت ۲۵/۵ درصد از فولاد مصرفی در مقایسه با سیستم قاب خمشی دو طرفه خواهد کاست. این کاهش تقریباً مستقل از وزن مصالح بکاررفته در ساختمان بوده و افزایش ارتفاع نیز تغییر قابل ملاحظه ای در کاهش فولاد نشان نمی دهد.
- ۲- در ساختمان ۵ طبقه نمونه، سقف تیرچه بلوک کرمیت با وزن ۳۷۴ کیلوگرم بر مترمربع نسبت به سقف تیرچه بلوک معمولی با وزن ۵۰۹ کیلوگرم بر مترمربع، فولاد مصرفی را بمیزان ۱۰/۰۶ درصد کاهش می دهد. این عدد در ساختمان های ۹ و ۱۳ طبقه به مقادیر ۱۲/۵۱ و ۱۲/۹۱ درصد افزایش می یابد.
- ۳- در ساختمان ۵ طبقه نمونه، سقف با قالب فلزی مشبک روفیکس با وزن ۲۳۰ کیلوگرم بر مترمربع نسبت به سقف تیرچه بلوک معمولی، فولاد مصرفی را بمیزان ۲۳/۶۵ درصد کاهش می دهد. این عدد در ساختمان های ۹ و ۱۳ طبقه به مقادیر ۲۵/۴۱ و ۲۵/۴۰ درصد افزایش می یابد.

۴- استفاده از سقف‌های سبک علاوه بر کاهش وزن فولاد مصرفی سازه در هزینه تمام شده کل ساختمان نیز تاثیرگذار است. بطوریکه برآورد یک ساختمان ۵ طبقه پس از پایان مرحله اجرای سقف‌ها به دو روش تیرچه بلوک معمولی و سقف روفیکس نشان می‌دهد که قیمت هر مترمربع از ساختمان با اجرای سقف تیرچه بلوک، ۶۷۸۶۰۰ ریال و با سقف روفیکس، ۵۹۴۹۰۰ ریال می‌باشد. یعنی در هر مترمربع ۱۴ درصد صرفه جوئی ریالی خواهیم داشت.

۵- کاهش هر ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع وزن دیوار در ساختمان ۵ طبقه نمونه بطور متوسط ۶/۸ درصد و در ساختمان‌های ۹ و ۱۳ نمونه بترتیب ۹/۴۹ و ۹/۷۱ درصد فولاد مصرفی سازه را کاهش می‌دهد.

۶- در ساختمان‌های فلزی مدل شده تاثیر کاهش وزن دیوار در کاهش وزن فولاد مصرفی سازه به ترتیب برای سیستم‌های سازه‌ای دو جهت بادبندی و یک جهت قاب خمشی بعلاوه یک جهت بادبندی بیشتر از حالتی است که سیستم سازه‌ای ساختمان در دو جهت قاب خمشی باشد.

## ۸- منابع و مراجع

- ۱- رزاقی آذر، ن.، پیش‌نویس راهنمای کاهش جرم ساختمان‌ها، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ایران، بهار ۷۸
- ۲- حاتم، ا.، کاهش جرم ساختمان‌ها و نقش آن در اقتصادی بودن طرح در برابر زلزله، ۱۳۸۰، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه، دانشگاه مازندران،
- 3- Gorman, I. R., Sam Jaffe, Walters F. Prutes, James J, Rose, "Plasters and Drywall systems manual