



انجمن صنفی بتن سبک اتوکلاو شده
Autoclaved Aerated Concrete Association

تاثیر وزن اجزای غیرسازه‌ای بر کاهش نیروی زلزله در سازه‌ها

مورد مطالعه: بلوک‌های رایج و معروف دیوارچینی در ایران



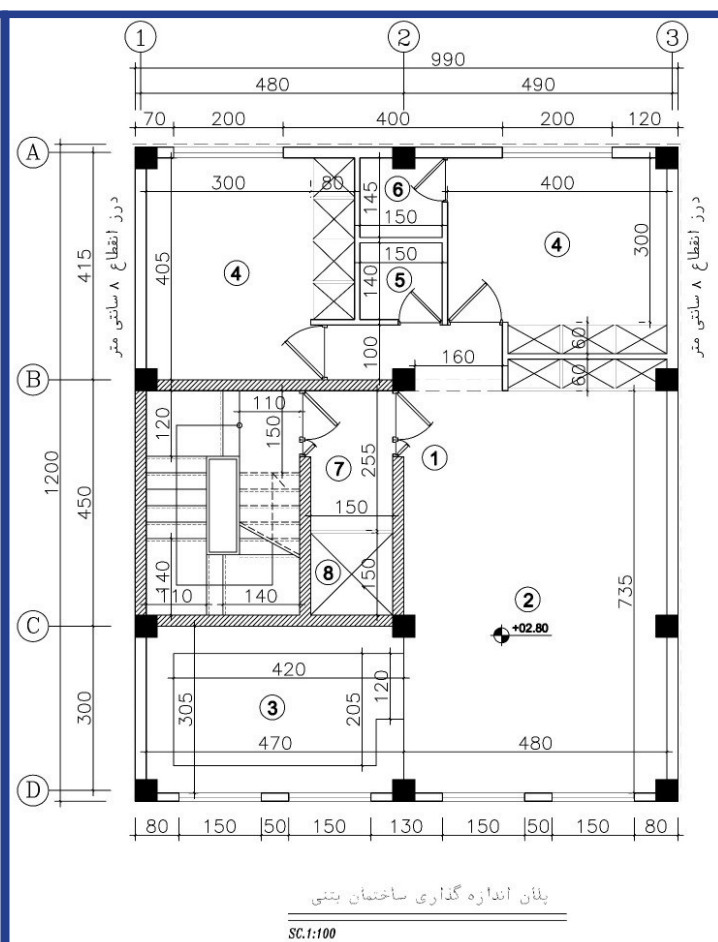
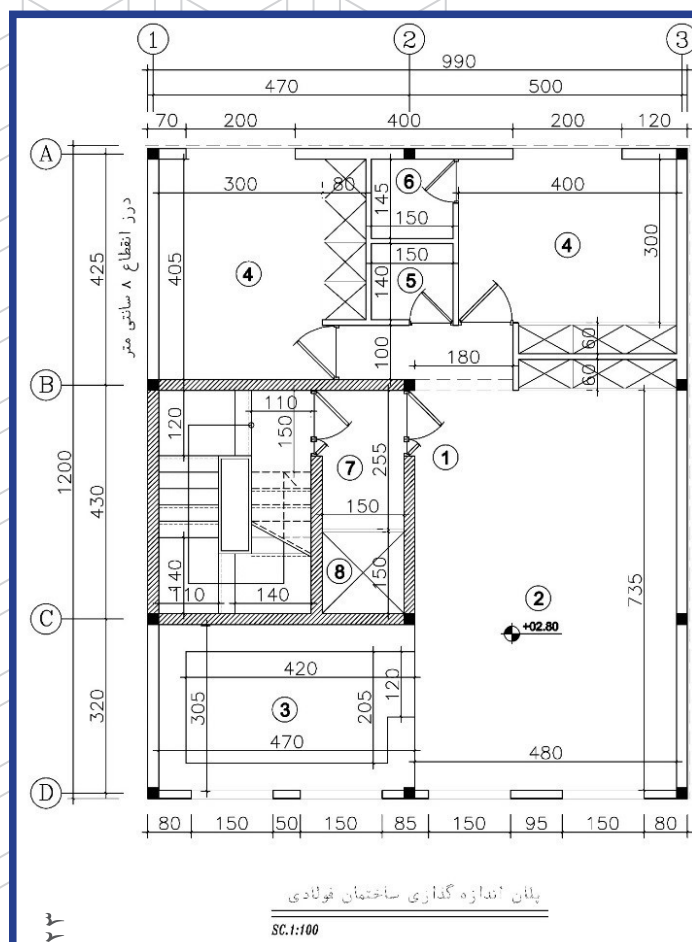


با توجه به گستردگی روز افزون مصالح ساختمانی در بازار ایران از نظر جنس، مشخصات فنی و سطوح کاربردی هر کدام، انتخاب بهترین مصالح از گزینه‌های مهم برای پیشبرد اهداف پروژه‌های ساختمانی می‌باشد. فارغ از مسائل مالی و اقتصادی امروزه سبک‌سازی در اولویتهای طراحان و سازندگان پروژه‌های مسکونی، اداری، تجاری و ... می‌باشد. همچنین با توجه به لرزه‌خیز بودن کشور ایران و سوابق گوناگون زلزله‌های مخرب نظیر زلزله بم، زلزله سر پل ذهاب و ... لازم است علاوه بر توجه به اصول اجرایی و طراحی سازه‌ها، با انتخاب مصالح سبک در بخش اجزای غیر سازه‌ای اثرات نیروی زلزله را تا حد مطلوبی کاهش دهیم. در انتهای این تحقیق خواهیم یافت با تقلیل وزن موثر سازه‌ای (W) ناشی از انتخاب بلوک‌های AAC می‌توان اثرات نیروی زلزله (C) و در نتیجه نیروی برشی پایه (Vu) را تا ۱۰٪ در سازه‌ها کاهش داد.

شرح مسئله

هدف از انجام این پروژه مقایسه بین سه محصول پرکاربرد در اجرای دیوارهای غیر سازه‌ای ساختمان‌ها می‌باشد. در این تحقیق به دنبال بررسی وزن موثر سازه در بین سه محصول رایج در بازار ساخت و ساز ایران شامل بلوک مجوف (سفال)، بلوک لیکا و بلوک AAC متاثر از کاهش بارگذاری سازه خواهیم بود. این مقایسه بر روی دو ساختمان ۵ طبقه مسکونی مشابه از نظر پلان با سازه‌های فولادی و بتن آرمه در شهر تهران صورت گرفته است.

۱- ورودی، ۲- پذیرایی، ۳- آشپزخانه، ۴- اتاق خواب، ۵- توالت، ۶- حمام، ۷- لابی، ۸- آسانسور



شکل ۱- پلان مشابه ساختمان فولادی و بتن آرمه

۱-۲- محاسبه بار مرده دیوارهای پیرامونی (دیوارهای نما)

بلوک مجوف (سفال)			بلوک لیکا			بلوک AAC			اجزا دیوار
ضخامت m	وزن مخصوص Kg/m ³	وزن سطحی Kg/m ²	ضخامت m	وزن مخصوص Kg/m ³	وزن سطحی Kg/m ²	ضخامت m	وزن مخصوص Kg/m ³	وزن سطحی Kg/m ²	
۰/۰۲	۲۴۰۰	۴۸/۰۰	۰/۰۲	۲۴۰۰	۴۸/۰۰	۰/۰۲	۲۴۰۰	۴۸/۰۰	سنگ تراورتن
۰/۰۲۵	۲۱۰۰	۵۲/۵۰	۰/۰۲۵	۲۱۰۰	۵۲/۵۰	۰/۰۲۵	۲۱۰۰	۵۲/۵۰	مالات سنگ
۰/۱۵	۸۵۰	۱۲۷/۵۰	۰/۱۵	۸۰۰	۱۲۰/۰۰	۰/۱۵	۵۵۰	۸۲/۵۰	بلوک
۰/۰۱	۱۱۰۰	۱۱/۰۰	۰/۰۱	۱۱۰۰	۱۱/۰۰	۰/۰۰۳	۱۳۰۰	۰۳/۹۰	مالات دیوار
۰/۰۲۵	۱۶۰۰	۴۰/۰۰	۰/۰۲۵	۱۶۰۰	۴۰/۰۰	۰	۱۶۰۰	۰	گچ و خاک
۰/۰۱	۱۳۰۰	۱۳/۰۰	۰/۰۱	۱۳۰۰	۱۳/۰۰	۰/۰۱	۱۳۰۰	۱۳/۰۰	گچ سفید
-	-	۲۹۲/۰۰	-	-	۲۸۴/۵۰	-	-	۱۹۹/۰۰	جمع

جدول ۱- محاسبه وزن دیوارهای نما ساختمان

با توجه به مقادیر بالا و در نظر گرفتن ارتفاع دیوار به میزان ۲/۹۰ متر و کم کردن درصد بازشوهای نما (حدوداً ۳۰٪)، وزن هر یک از دیوارها به ترتیب برابر است:

بلوک سفال = ۵۹۳ کیلوگرم بر متر، بلوک لیکا = ۵۷۸ کیلوگرم بر متر و بلوک AAC = ۴۰۴ کیلوگرم بر متر محاسبه خواهد شد. محاسبات جدول بالا بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۹۸) صفحه ۱۱۹، از جدول شماره پ-۶-۲-۲ صفحه ۱۲۳ انجام شده است. همچنین در خصوص وزن بلوک‌ها جزئیات مندرج در پیوست گواهینامه فنی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، برای بلوک‌های با دانسیته ۴۵۰ الی ۵۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب بلوک‌های AAC رده ۲ نیز قابل استناد و پذیرش می‌باشد.

۲-۲- محاسبه بار مرده دیوارهای پیرامونی (دیوارهای غیر نما)

بلوک مجوف (سفال)			بلوک لیکا			بلوک AAC			اجزا دیوار
ضخامت m	وزن مخصوص Kg/m ³	وزن سطحی Kg/m ²	ضخامت m	وزن مخصوص Kg/m ³	وزن سطحی Kg/m ²	ضخامت m	وزن مخصوص Kg/m ³	وزن سطحی Kg/m ²	
۰/۰۲۵	۲۱۰۰	۵۲/۵۰	۰/۰۲۵	۲۱۰۰	۵۲/۵۰	۰/۰۲۵	۲۱۰۰	۵۲/۵۰	ملات سیمانی
۰/۱۵	۸۵۰	۱۲۷/۵۰	۰/۱۵	۸۰۰	۱۲۰/۰۰	۰/۱۵	۵۵۰	۸۲/۵۰	بلوک
۰/۰۱	۱۱۰۰	۱۱/۰۰	۰/۰۱	۱۱۰۰	۱۱/۰۰	۰/۰۰۳	۱۳۰۰	۳/۹۰	ملات دیوار
۰/۰۲۵	۱۶۰۰	۴۰/۰۰	۰/۰۲۵	۱۶۰۰	۴۰/۰۰	۰	۱۶۰۰	۰	گچ و خاک
۰/۰۱	۱۳۰۰	۱۳/۰۰	۰/۰۱	۱۳۰۰	۱۳/۰۰	۰/۰۱	۱۳۰۰	۳۱/۰۰	گچ سفید
-	-	۲۴۴/۰۰	-	-	۲۳۶/۵	-	-	۱۵۱/۰۹	جمع

جدول ۲- محاسبه وزن دیوارهای فاقد نما ساختمان

با توجه به مقادیر بالا و در نظر گرفتن ارتفاع دیوار به میزان ۲/۹۰ متر، وزن هر یک از دیوارها به ترتیب برابر است:

بلوک سفال = ۷۰۸ کیلوگرم بر متر، بلوک لیکا = ۶۸۶ کیلوگرم بر متر و بلوک AAC = ۴۴۱ کیلوگرم بر متر محاسبه خواهد شد. محاسبات جدول بالا بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۹۸) صفحه ۱۱۹، از جدول شماره پ-۲-۶-۲ انجام شده است. همچنین در خصوص وزن بلوکها جزئیات مندرج در پیوست گواهینامه فنی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، برای بلوکهای با دانسیته ۴۵۰ الی ۵۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب بلوک های AAC رده ۲ نیز قابل استناد و پذیرش می باشد. شایان ذکر است تمامی وزن مخصوص تولیدکنندگان بلوک AAC در ایران برای رده مقاومتی ۲ عددی معادل با ۴۸۰ الی ۵۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب تولید و به بازار عرضه می گردد.

۲-۳- محاسبه بار مرده دیوارهای داخلی

مطابق با مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان وزن دیوارهای داخلی باید به صورت جداگانه و با عنوان وزن پارتیشن‌ها به طور کامل در سازه لحاظ شود و مقدار آن حداقل برابر با ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد. بر این اساس جدول محاسبه بار وارده بر سازه‌ها ناشی از دیوارهای داخلی به شرح زیر می‌باشد:

بلوک AAC			بلوک لیکا			بلوک مجوف (سفال)			اجزا دیوار
وزن سطحی Kg/m ²	وزن مخصوص Kg/m ³	ضخامت m	وزن سطحی Kg/m ²	وزن مخصوص Kg/m ³	ضخامت m	وزن سطحی Kg/m ²	وزن مخصوص Kg/m ³	ضخامت m	
۵۵/۰۰	۵۵۰	۰/۱۰	۸۰/۰۰	۸۰۰	۰/۱۰	۸۵/۰۰	۸۵۰	۰/۱۰	بلوک
۳/۹۰	۱۳۰۰	۰/۰۰۳	۱۱/۰۰	۱۱۰۰	۰/۰۱	۱۱/۰۰	۱۱۰۰	۰/۰۱	ملات دیوار
۰	۱۶۰۰	۰	۴۰/۰۰	۱۶۰۰	۰/۰۲۵	۴۰/۰۰	۱۶۰۰	۰/۰۲۵	گچ و خاک
۳۱/۰۰	۱۳۰۰	۰/۰۱	۱۳/۰۰	۱۳۰۰	۰/۰۱	۱۳/۰۰	۱۳۰۰	۰/۰۱	گچ سفید
۷۱/۹۰	-	-	۱۴۴/۰۰	-	-	۱۴۹/۰۰	-	-	جمع
۱/۱	۰	۰	۱/۱	۰	۰	۱/۱	۰	۰	ضریب بار سطح
۷۹/۱۰	-	-	۱۵۸/۴۰	-	-	۱۶۳/۹۰	-	-	جمع

جدول ۳- محاسبه وزن دیوارهای داخلی

۴-۲- بارهای کف (سقف) طبقات و بام

وزن سطحی Kg/m ²	وزن مخصوص Kg/m ³	ضخامت m	سقف بام
۶۷/۵۰	۲۲۵۰	۰/۰۳	موزائیک
۵۲/۵۰	۲۱۰۰	۰/۰۲۵	ملات ماسه و سیمان
۱۵/۰۰	-	-	عایق رطوبتی، ایزوگام
۳۱/۵۰	۲۱۰۰	۰/۰۱۵	سیمان لیس
۶۰/۰۰	۶۰۰	۰/۱۰	پوکه ریزی
۱۲۵/۰۰	۲۵۰۰	۰/۰۵	بتن روی سقف
۱۲۵/۰۰	۲۵۰۰	-	بتن روی تیرچه‌ها
۵/۰۰	-	-	بلوک پلی استایرن نسوز
۳۲/۰۰	۱۶۰۰	۰/۰۲	گچ و خاک
۶/۵۰	۱۳۰۰	۰/۰۰۵	گچ سفید
۵۲۰/۰۰	-	-	جمع

جدول ۳- محاسبه بار مرده بام

وزن سطحی Kg/m ²	وزن مخصوص Kg/m ³	ضخامت m	سقف بام
۲۱/۰۰	۲۱۰۰	۰/۰۱	سرامیک
۵۲/۵۰	۲۱۰۰	۰/۰۲۵	ملات ماسه و سیمان
۶۰/۰۰	۶۰۰	۰/۱۰	پوکه ریزی
۱۲۵/۰۰	۲۵۰۰	۰/۰۵	بتن روی سقف
۱۲۵/۰۰	۲۵۰۰	-	بتن روی تیرچه‌ها
۵/۰۰	-	-	بلوک پلی استایرن نسوز
۳۲/۰۰	۱۶۰۰	۰/۰۲	گچ و خاک
۶/۵۰	۱۳۰۰	۰/۰۰۵	گچ سفید
۴۲۷/۰۰	-	-	جمع

جدول ۴- محاسبه بار مرده طبقات

۵-۲- محاسبه نیروی زلزله

مطابق مندرجات فصل های دوم و سوم استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم مقدار نیروی زلزله و نیروی برشی پایه محاسبه خواهد شد. در این تحقیق ساختمان با کاربری مسکونی واقع در شهر تهران با خاک نوع ۳ مورد نظر بوده است. در این پلان های مشابه ۲ سازه مختلف با اسکلت فولادی و بتن آرمه طراحی و محاسبه شده است. در این ساختمان ارتفاع طبقه همکف ۲/۸۰ متر و مابقی طبقات مسکونی با ارتفاع ۳/۲۰ متر در طرح معماری در نظر گرفته شده است. مطابق آنچه از جداول استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم و محاسبات زیر ارائه شده است، مقادیر نیروی زلزله (C_x, C_y) در جدول های زیر قابل مشاهده می باشد. که بر اساس آنچه وزن موثر سازه (W) نامیده می شود می توان مقدار نیروی برشی پایه را محاسبه نمود و در نهایت برای ساختمان ها با جدارهای مختلف مورد بررسی قرار داد که در ادامه به موارد آنها اشاره خواهد شد.

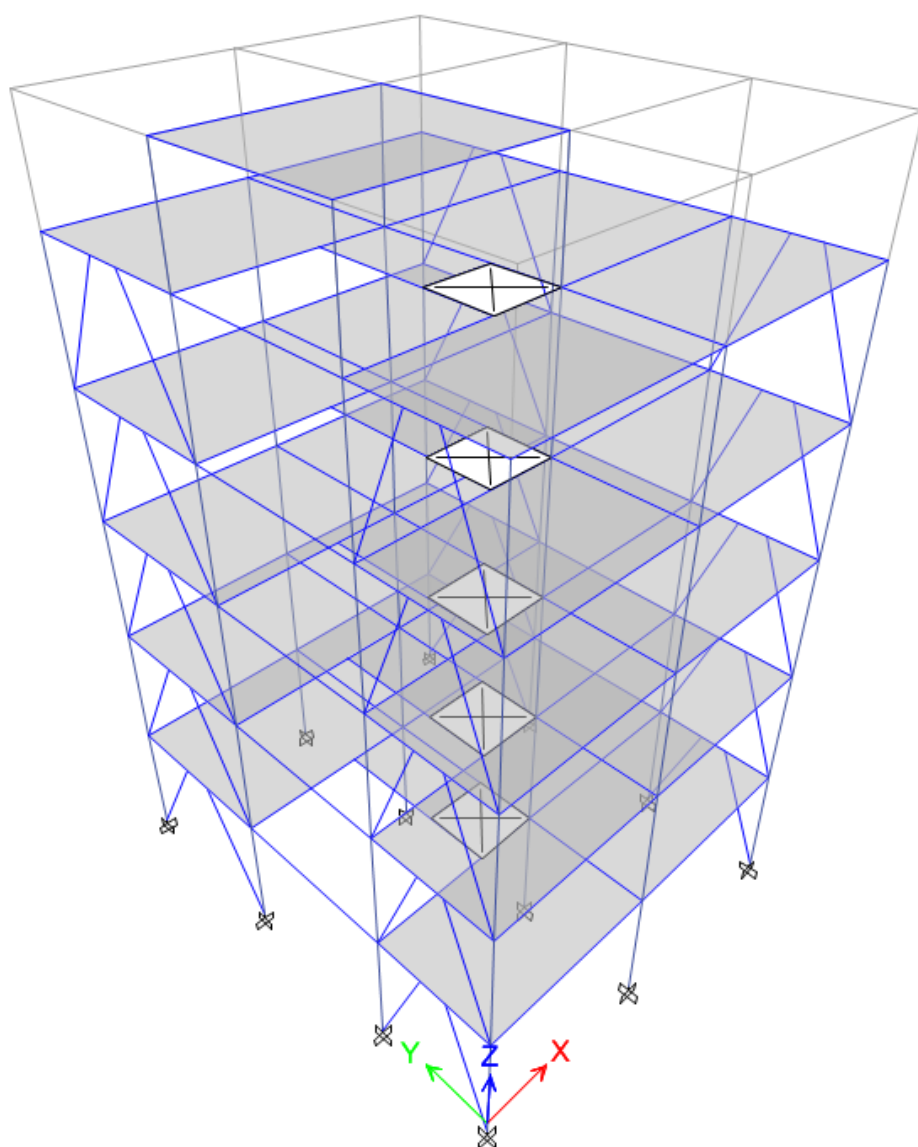
	X	Y	سازه ۵ طبقه فولادی (جهت X قاب خمشی متوسط) (جهت Y قاب مهاربندی برون محور)		
I	۱	۱			
A	۰/۳۵	۰/۳۵	C_x	۰/۱۲۵۰	
B	۲/۵۱	۲/۵۱	C_y	۰/۱۷۶۰	
Ru	۷	۵	K_x, K_y	۱/۱۴	۱/۱۴
T	۰/۷۸	۰/۷۸	C_d	۴	۴

جدول ۵- محاسبه نیروی زلزله در سازه فولادی

	X	Y	سازه ۵ طبقه بتن آرمه (هر دو جهت قاب خمشی متوسط)		
I	۱	۱			
A	۰/۳۵	۰/۳۵	C_x	۰/۱۸۴۰	
B	۲/۶۳	۲/۶۳	C_y	۰/۱۸۴۰	
Ru	۵	۵	K_x, K_y	۱/۱۲	۱/۱۲
T	۰/۷۴	۰/۷۴	C_d	۴/۵	۴/۵

جدول ۶- محاسبه نیروی زلزله در سازه بتن آرمه

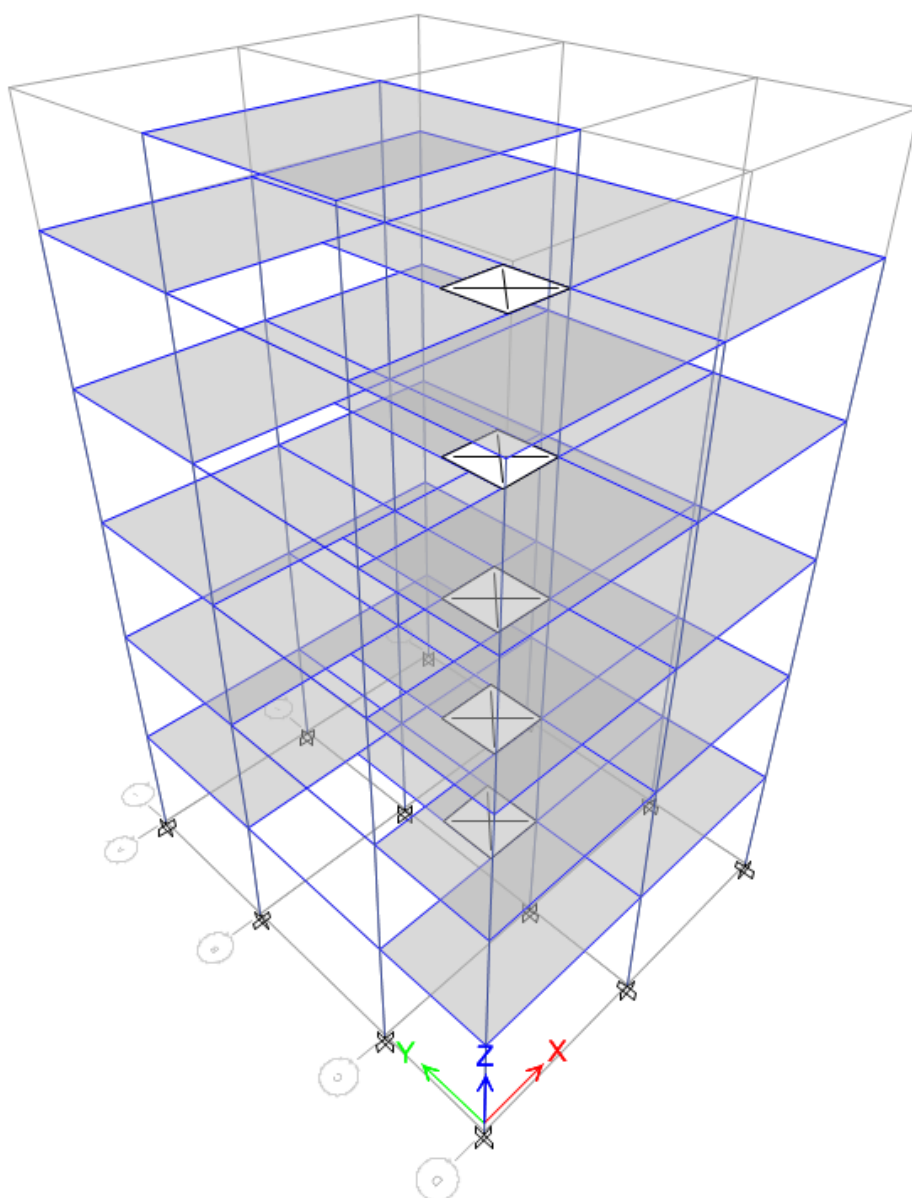
پس از تکمیل نقشه‌های معماری و تهیه جداول بارگذاری مرسوم سازه‌ها، مدل‌سازی سازه‌های ۵ طبقه بتن آرمه و فولادی در نرم افزار Etabs ۲۰۱۶ انجام گرفت. بر همین اساس تحلیل سازه و طراحی کامل اعضاء سازه‌ای، مشخصات مقاطع و اوزان آنها از برنامه استخراج و در جداول زیر ارائه شده است. مطابق با آنچه در ابتدای پژوهش به آن اشاره شد، مقایسه وزن و سطح مقطع اعضاء بر اساس سه محصول رایج در بازار ساخت و ساز ایران شامل بلوک مجوف (سفال)، بلوک لیکا و بلوک AAC صورت گرفته است.



شکل ۲- نمای سه بعدی سازه فولادی به همراه
راستاهای قاب خمشی و مهاربندی

وزن کل آهن آلات (ton)	اتصالات (ton)	جزئیات مقاطع			وزن آهن آلات (ton)	محصول
		مهاربندها (ton)	تیرها (ton)	ستونها (ton)		
۴۰/۱۰	۶/۷۰	۲/۹۰	۱۴/۲۰	۱۶/۳۰	۳۳/۴۰	بلوک AAC
۴۳/۳۰	۷/۲۰	۳/۰۰	۱۴/۷۰	۱۸/۴۰	۳۶/۱۰	بلوک لیکا
۴۳/۵۵	۷/۲۵	۳/۱۰	۱۴/۸۰	۱۸/۴۰	۳۶/۳۰	بلوک سفال

■ جدول ۷- وزن آهن آلات مصرفی در سازه فولادی



■ شکل ۳- نمای سه بعدی سازه بتن آرمه
بهمراه راستاهای قباب خمشی

وزن کل آهن آلات (ton)	سطح مقطع میلگردهای مصرفی (Cm ²)			وزن اعضاء سازه ای (ton)			محصول
	مجموع (ton)	تیرها (ton)	ستون‌ها (ton)	مجموع (ton)	تیرها (ton)	ستونها (ton)	
۱۶/۱۵	۲۰۵۱۴	۱۲۵۲۵	۷۹۸۹	۲۱۸/۴۵	۱۲۹/۴۰	۸۹/۰۵	بلوک AAC
۱۶/۹۶	۲۱۵۴۵	۱۳۱۶۶	۸۳۷۹	۲۲۴/۸۰	۱۲۹/۴۰	۹۵/۴۰	بلوک لیکا
۱۷/۰۷	۲۱۶۷۸	۱۳۲۹۹	۸۳۷۹	۲۲۴/۸۰	۱۲۹/۴۰	۹۵/۴۰	بلوک سفال

جدول ۸- وزن آهن آلات مصرفی در سازه بتن آرمه

۴- نتیجه گیری

۴-۱- مقدار بار مرده ناشی از دیوارهای نمای ساختمان که با بلوک AAC اجرا گردد در مقایسه با دیوار چینی‌های مشابه همچون بلوک لیکا و بلوک سفالی برابر با ۴۰۴ کیلوگرم بر متر می‌باشد و به طور میانگین نشان دهنده کاهش بار مرده ۳۱٪ در اجرای بلوک‌ها می‌باشد.

۴-۲- مقدار بار مرده ناشی از دیوارهای غیر نمای ساختمان که با بلوک AAC اجرا گردد در مقایسه با دیوار چینی‌های مشابه همچون بلوک لیکا و بلوک سفالی برابر با ۴۴۱ کیلوگرم بر متر می‌باشد و به طور میانگین نشان دهنده کاهش بار مرده ۳۷٪ در اجرای بلوک‌ها می‌باشد.

۴-۳- مقدار بار ناشی از پارتیشن‌های داخلی که با بلوک های AAC اجرا گردد در مقایسه با دیوار چینی‌های مشابه همچون بلوک لیکا و بلوک سفالی برابر ۷۹ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد و به طور میانگین نشان دهنده کاهش بار ۵۱٪ در اجرای بلوک‌ها می‌باشد. شایان ذکر است حداقل بار دیوارهای پارتیشن که در مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان به ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع اشاره شده است.

۴-۴- مطابق با جدول بارگذاری زیر، در صورت استفاده از بلوک AAC در سازه‌ها، می‌توان مقدار بار مرده ناشی از دیوارهای دارای نما و در دیوارهای غیر نما را کاهش داد:

محصول	بار مرده دیوار (Kg/m^2)	سطح بارگیر دیوار (m^2)	مقدار کل بار (ton)
بلوک AAC در دیوارهای نما	۴۰۴	۱۰۶/۷۲	۴۳
بلوک AAC در دیوارهای غیر نما	۴۴۱	۱۸۴/۸۰	۸۱
بلوک لیکا در دیوارهای نما	۵۷۸	۱۰۶/۷۲	۶۲
بلوک لیکا در دیوارهای غیر نما	۶۸۶	۱۸۴/۸۰	۱۲۷
بلوک سفال در دیوارهای نما	۵۹۳	۱۰۶/۷۲	۶۳
بلوک سفال در دیوارهای غیر نما	۷۰۸	۱۸۴/۸۰	۱۳۱

■ جدول ۹- مقایسه مقدار بار اعمالی به سطح دیوارها

۵-۴- نیروی برش پایه (V) در سازه‌هایی که از بلوک‌های AAC در طراحی آنها استفاده شده است، در سازه‌های فولادی ۱۰٪ و در سازه‌های بتن آرمه ۱۱٪ کمتر نسبت به سازه‌هایی طراحی شده با بلوک لیکا و سفالی می‌باشد. بدیهی است هر چه مقدار برش پایه در سازه‌ها میزان کمتری را به خود اختصاص دهد بهترین حالت عملکرد سازه‌ها در هنگام زلزله خواهد بود.

بلوک AAC		بلوک لیکا		بلوک سفال		استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۴
سازه فولادی	سازه بتن آرمه	سازه فولادی	سازه بتن آرمه	سازه فولادی	سازه بتن آرمه	
۷۳ ton	۱۳۲ ton	۸۲ ton	۱۴۶ ton	۸۳ ton	۱۴۷ ton	برش پایه (V)

■ جدول ۱۰- مقایسه مقادیر نیروی برشی پایه

۴-۶- وزن موثر سازه (W)، کاربردی در محاسبه برش پایه سازه) شامل مجموع بارهای مرده و وزن تاسیسات ثابت و دیوارهای تقسیم کننده به اضافه درصد از بار زنده و بار برف (همه موارد در روابط ترکیب بارهای آیین نامه مورد استفاده هستند و در واقع ضریبدار می باشند) در سازه هایی که طراحی آنها با بلوک AAC باشد حداقل ۱۰٪ کاهش خواهد یافت.

بلوک سفال		بلوک لیکا		بلوک AAC		استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۴
سازه بتن آرمه	سازه فولادی	سازه بتن آرمه	سازه فولادی	سازه بتن آرمه	سازه فولادی	
۷۹۸ ton	۶۶۵ ton	۷۹۲ ton	۶۵۸ ton	۷۱۵ ton	۵۸۳ ton	وزن موثر لرزه‌ای سازه (W)

جدول ۱۱- مقایسه مقادیر وزن موثر لرزه‌ای سازه

۵- منابع

- ۱- آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم سال ۱۳۹۳- انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- ۲- پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ویرایش چهارم سال ۱۳۹۸ انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- ۳- مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، ویرایش سال ۱۳۹۸- دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان
- ۴- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، ویرایش سال ۱۳۹۲- دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان
- ۵- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، ویرایش سال ۱۳۹۹- دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

www.iranaac.ir

۰۲۱- ۸۸۹۶۷۹۱۹



info@iranaac.ir



تهران، خیابان فاطمی، مابین کاج و
پروین اعتصامی، پلاک ۱۴۳، طبقه اول، واحد ۱

