

بسمه تعالی



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی عمران

گزارش فنی پروژه درس بارگذاری سازه ها

عنوان

بارگذاری سازه ها

نگارنده

علی متین سپهر

استاد راهنما

دکتر علیرضا معززی مهر طهران

پاییز 1403

چکیده

هدف از انجام این پژوهه، فرآگیری اصول صحیح بارگذاری در دو حالت دستی و نرمافزاری ETABS و مقایسه نتایج آنها با یکدیگر است. برای این منظور در فاز ۱، بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان – بارهای وارد بر ساختمان (ویرایش ۱۳۹۸) و آینده طراحی ساختمانها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش ۴) اقدام به بارگذاری دستی می‌شود. در فاز ۲، ساختمان در نرم افزار ETABS مدلسازی و بارگذاری خواهد شد. در فاز ۳ و پایانی، نتایج دو فاز قبل را با هم مقایسه می‌شود.

فهرست مطالب

۱	مقدمه و بیان مساله
2	۱-۱ فرضیات پروژه بارگذاری
3	۲-۱ فاز یک (بارگذاری دستی)
3	۲-۲ بار مرده
3	۲-۳ بار مرده سقف بام
5	۲-۴ بار مرده سقف طبقات
6	۲-۵ بار مرده دیوار ها
11	۲-۶ بارگذاری بار های زنده
11	۲-۷ بارگذاری برف
11	۲-۸ بار گذاری یکنواخت
12	۲-۹ بار برف انباشتگی
13	۲-۱۰ تیرریزی شطرنجی و بررسی امکان کاهش بار زنده تیرها و ستونها
14	۲-۱۱ ترسیم دیاگرام نیروی برشی و لنگر خمی تیرهای خواسته شده
23	۲-۱۲ بارگذاری استاتیکی باد
26	۲-۱۳ بارگذاری استاتیکی لرزه ای و برآورد برش پایه‌ی سازه
28	۲-۱۴ توزیع نیروی زلزله در تراز طبقات
29	۲-۱۵ توزیع نیرو در راستای X
29	۲-۱۶ توزیع نیرو در راستای Y
30	۲-۱۷ اعمال اثر توام برش و پیچش و تعیین سهم قابهای باربر جانبه
30	۲-۱۸ تعیین مرکز جرم
	۲-۱۹ چکیده
	۲-۲۰ فهرست مطالب
	۲-۲۱ فهرست شکل‌ها
	۲-۲۲ فهرست جدول‌ها

30.....	2-9-2 تعیین مرکز سختی
32.....	2-9-3 بررسی اثر برش و لنگر پیچشی بر روی طبقه اول
34.....	3 فاز دو(بارگذاری به کمک نرم افزار ETABS)
34.....	3-1 تعریف مصالح و مقاطع مورد استفاده و مدلسازی ساختمان در نرم افزار ETABS
35.....	1-1-3 تعریف مصالح
36.....	2-1-3 تعریف مقاطع
40.....	3-1-3 مدلسازی
42.....	3-2 تعریف ETABS در نر مافزار Load Combinations ، Load Patterns
42.....	3-2-1 تعریف Load Patterns
42.....	3-2-2 تعریف Load Cases
44.....	3-3 اختصاص بارهای ثقلی خطی و گسترده به مدل سازه در نرم افزار ETABS
46.....	3-4 تحلیل سازه در نر مافزار ETABS
48.....	4 فاز سه(مقایسه نتایج)
48.....	4-1 مقایسه دیاگرام برش و خم شیرهای مطروحه در دو فاز دستی و نر مافزاری ETABS
54.....	4-2 مقایسه وزن، برش پایه سازه و نیروی جانبی زلزله در هر تراز طبقه در دو فاز دستی و نرم افزاری
56.....	مراجع

فهرست شکل‌ها

1.....	شکل 1 پلان سازه
4.....	شکل 2 مقطع سقف بام
5.....	شکل 3 مقطع سقف طبقات
9.....	شکل 4 مقطع دیوار نما
13.....	شکل 5 تیر ریزی شترنجی
34.....	شکل 6 تنظیمات اولیه نرم افزار
35.....	شکل 7 گردید بندی
35.....	شکل 8 تعریف طبقات
36.....	شکل 9 تعریف فولاد مورد استفاده در اینجا ضریب 1.15 را ضریب موثر فرض می کنیم

شكل 10 تعیین مصالح بتن با مقاومت 28 Mpa وزن مخصوص را صفر می گیریم تا بار مرده‌ی سقف را به صورت بار خارجی اضافه کنیم.....	36.....
شكل 11 فراخوانی مقطع تیر با توجه به جدول اشتال	37.....
شكل 12 تعریف مقطع مهاربند.....	38.....
شكل 13 تعریف مقطع ستون.....	39.....
شكل 14 تعیین مقطع سقف با توجه به جزوی دکتر حسین زاده اصل.....	40.....
شكل 15 تعیین نوع تکیه گاه پایه‌ی ستون‌ها	41.....
شكل 16 نمای پروژه.....	41.....
شكل 17 تعریف Load pattern	42.....
شكل 18 تعریف Load case	42.....
شكل 19 تعریف دسته‌بندی بار گسترده.....	44.....
شكل 20 نمای بارگذاری شده پروژه.....	45.....
شكل 21 تعریف دسته‌بندی بار گسترده.....	45.....
شكل 22 تعریف بار زلزله	46.....
شكل 23 تعریف ضرایب برش پایه	46.....
شكل 24 وارد کردن ضرایب بارهای ثقلی برای بدست آوردن وزن موثر لرزه‌ای	47.....

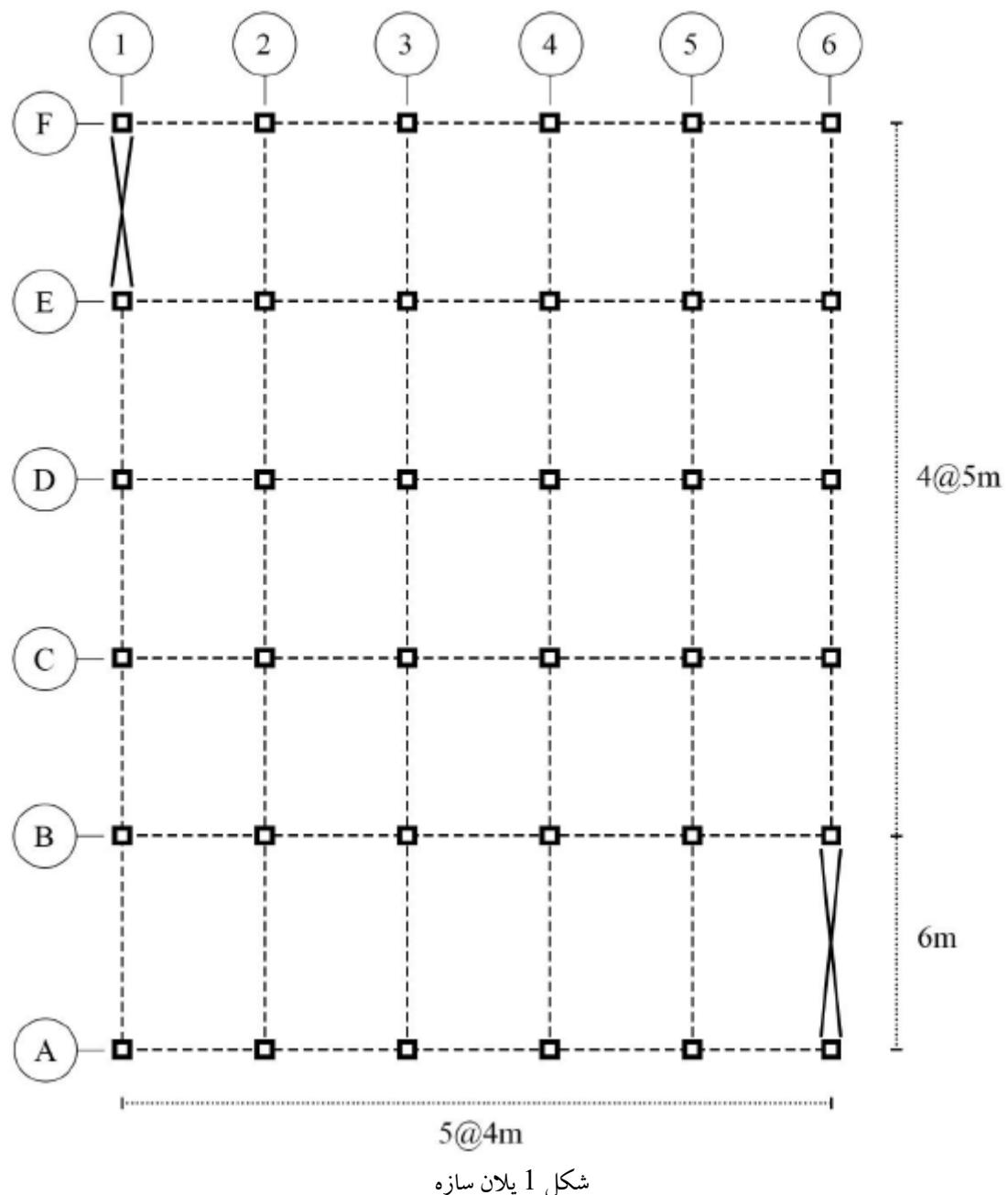
فهرست جداول‌ها

جدول 1 باقی اطلاعات.....	3.....
جدول 2 بار مرده‌ی سقف طبقات	5.....
جدول 3 بار مرده‌ی جان‌پناه طرف همسایه	6.....
جدول 4 بار مرده‌ی جان‌پناه‌های نما	7.....
جدول 5 بار مرده‌ی دیوارهای پیرامونی مجاور همسایه	8.....
جدول 6 بار مرده‌ی دیوارهای نما	9.....
جدول 7 بارگذاری دیوارهای داخلی	10.....
جدول 8 بارهای زنده	11.....
جدول 9 ضرایب بار برف	11.....
جدول 10 نمودارهای بارگذاری محور C	14.....
جدول 11 نمودارهای بارگذاری محور 1	19.....

24.....	جدول 12 ضرایب بار باد
25.....	جدول 13 محاسبه ی نیروی باد
25.....	جدول 14 محاسبه ی برش ناشی از باد
26.....	جدول 15 وزن بار زنده
26.....	جدول 16 وزن بار مرده
28.....	جدول 17 ضریب شکل پذیری
28.....	جدول 18 برش پایه
29.....	جدول 19 توزیع نیرو در راستای X
29.....	جدول 20 توزیع نیرو در راستای Y
32.....	جدول 21 سهم برش هر قاب خمشی
33.....	جدول 22 سهم برش قاب های مفصلی
43.....	جدول 23 تعیین بار های خارجی اعمالی در نرم افزار
48.....	جدول 24 مقایسه نمودار های محور C
51.....	جدول 25 مقایسه نمودار های محور 1 (دستی و نرم افزاری)
54.....	جدول 26 وزن موثر لرزه ای طبقات و برش پایه نرم افزار
55.....	جدول 27 نحوه بدست آوردن مقادیر برش وارد بر سازه

1 مقدمه و بیان مساله

هدف بارگزاری ساختمانی با مشخصات داده شده در دستور العمل پروژه بارگزاری به صورت دستی و نرم افزاری و مقایسه نتایج است



شکل 1 پلان سازه

1-1 فرضیات پروژه بارگذاری

برای شروع پروژه، فرضیات عمومی زیر را در نظر بگیرید:

۱. ساختمان، ۵ طبقه (4 طبقه مسکونی و 1 طبقه پارکینگ) فرض شود.
۲. تراز معماری کف پارکینگ، 0.00 است.
۳. ضلع های شمالی و جنوبی رو به خیابان اصلی و ضلع های غربی و شرقی در مجاورت زمین همسایه فرض شود.
۴. بازشوند نما بین 20% تا 30% فرض شود.
۵. اسکلت پروژه از جنس فولاد رایج ساختمانی ST37 با مقاومت تسلیم 240MPa است.
۶. سقف پروژه از نوع تیرچه و بلوک است که ضخامت تیرچه ها 250mm است.
۷. جنس تیرچه سقف، بتن آرمه یا کرومیتی فرض شود.
۸. جنس بلوک سقف، پلی استایرن یا سفال فرض شود.
۹. بتن سقف تیرچه و بلوک از مقاومت فشاری 28MPa برخوردار است.
۱۰. سیستم باربر جانی در راستای X، "قاب خمشی متوسط" و در راستای Y، "قاب مفصلی با مهاربند همگرای ویژه" است.
۱۱. ضخامت دیوارهای پیرامونی 300mm و ضخامت دیوارهای داخلی 100mm فرض شود.
۱۲. مجموع طول دیوارهای داخلی بین 30m تا 40m فرض شود.
۱۳. پروژه در میانه ناحیه پُرتراکم شهر واقع شده است.
۱۴. از دال راه پله و طبقه خرپشته به جهت سادگی، صرف نظر کنید.
۱۵. از تحلیل $\Delta - P$ به جهت سادگی، صرف نظر کنید.
۱۶. تمامی محاسبات بر اساس سیستم اندازه گیری SI باشد. در این سیستم، یکای طول های کوچک با mm، یکای طول های بزرگ با m، یکای نیروها با kN، یکای لنگرهای kN.m و یکای تنش های MPa اندازه گیری می شود.
۱۷. دیگر پارامترهای لازم بر اساس منطق مهندسی فرض شود.

جدول 1 باقی اطلاعات

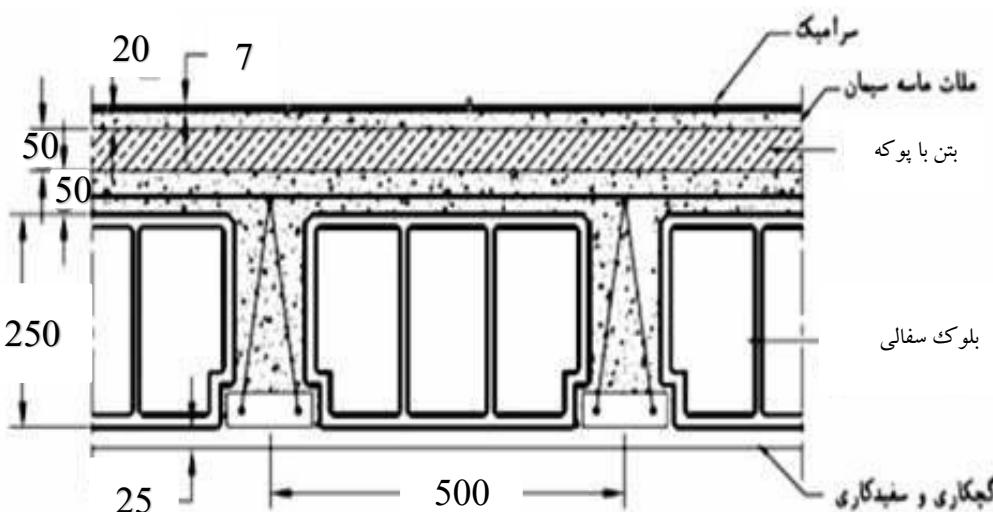
ردیف	تیر	ستون	بادبند	رُزگار	منطقه بوف	سرعت مبنای باد [km/h]	نامه لرزه پیشی	جنس بار	ارتفاع بجهة [m]
۱۸	IPB500	Box550-35	UPE360	IV	4	110	خیلی زیاد	بلوک هبلکس	3.1

2 فاز یک (بارگذاری دستی)

2-1 بار مرده

بار مرده باری است که در تمام طول عمر سازه به طور ثابت بر آن وارد می شود و معمولاً حاصل از وزن اعضای سازه ای است مقادیر اولیه ی جداول این قسمت با توجه به پیوست 6 از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین می شوند.

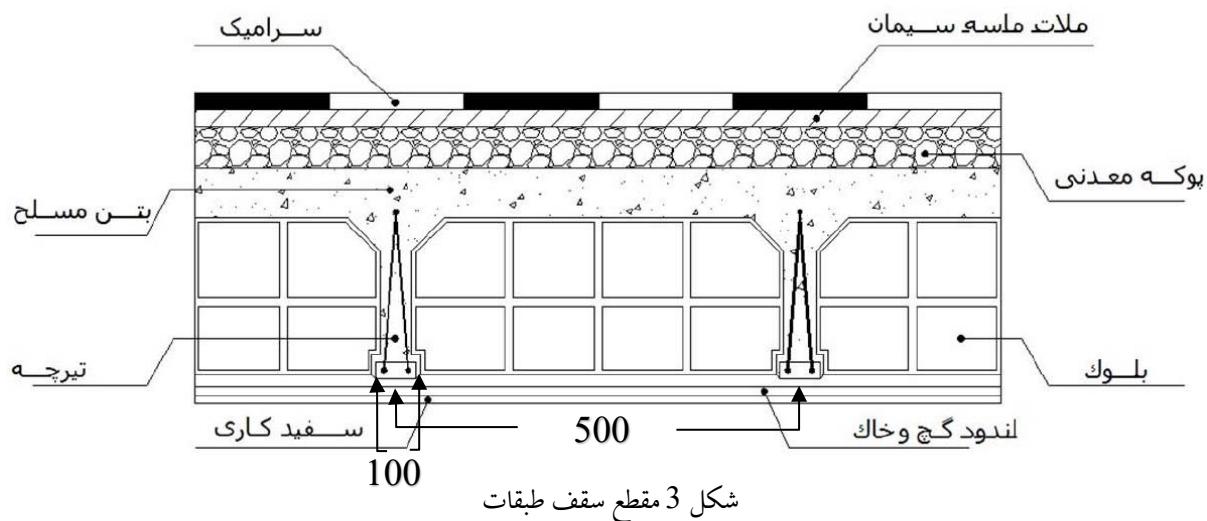
2-1-1 بار مرده سقف بام



شکل 2 مقطع سقف بام

مصالح مصرفی	وزن خصوصی ضخامت (MM)	شدت بار ($\frac{kN}{m^2}$)
سرامیک	2100	0.144
ملات ماسه سیمان	2100	0.412
بتن با پوکه معدنی و سیمان	1300	0.638
بن روی تیرچه ها	2400	1.177
تیرچه ها(بن آرمه)	2500	$1.226 \quad 250 \times \frac{1000}{500} \times \frac{100}{1000} = 50$
بلوك سفالی	-	$\frac{100 \times 4}{50} \cdot \frac{12 \times 10}{1000} = 0.96$
ملات گچ و خاک	1600	0.392
مجموع	4.949	

2-1-2 بار مرده‌ی سقف طبقات



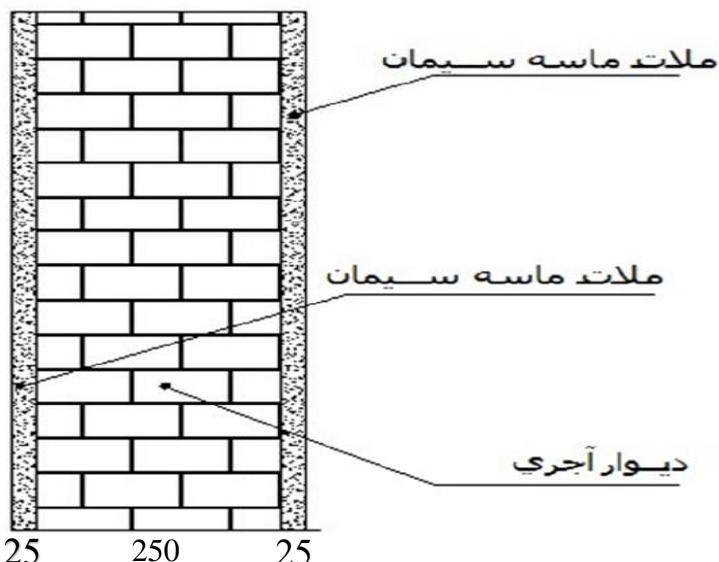
جدول 2 بار مرده‌ی سقف طبقات

مصالح مصرفی	وزن مخصوص $\frac{kg}{m^3}$	ضخامت (MM)	شدت بار ($\frac{kN}{m^2}$)
سرامیک	2100	2	0.0412
ملات ماسه سیمان	2100	3	0.0618
بتن با پوکه معدنی و سیمان	1300	60	0.7652
بتن روی تیرچه ها	2400	50	1.177
تیرچه ها(بتن آرمه)	2500	$250 \times \frac{1000}{500} \times \frac{100}{1000} = 50$	1.226
ملات گچ و خاک	1600	15	0.2354
ملات گچ	1300	10	0.1275
بلوک سفالی	-	-	$8 \times 12 \times \frac{9.81}{1000} = 0.942$
مجموع		4.576	

2-1-3 بار مرده‌ی دیوار‌ها

بار مرده‌ی دیوار‌های پیرامونی نما و مجاور همسایه که شامل بار مرده‌ی جان‌پناه‌های مجاور همسایه و جان‌پناه‌های نما می‌شوند

2-1-3-1 بار مرده‌ی جان‌پناه در طرف همسایه

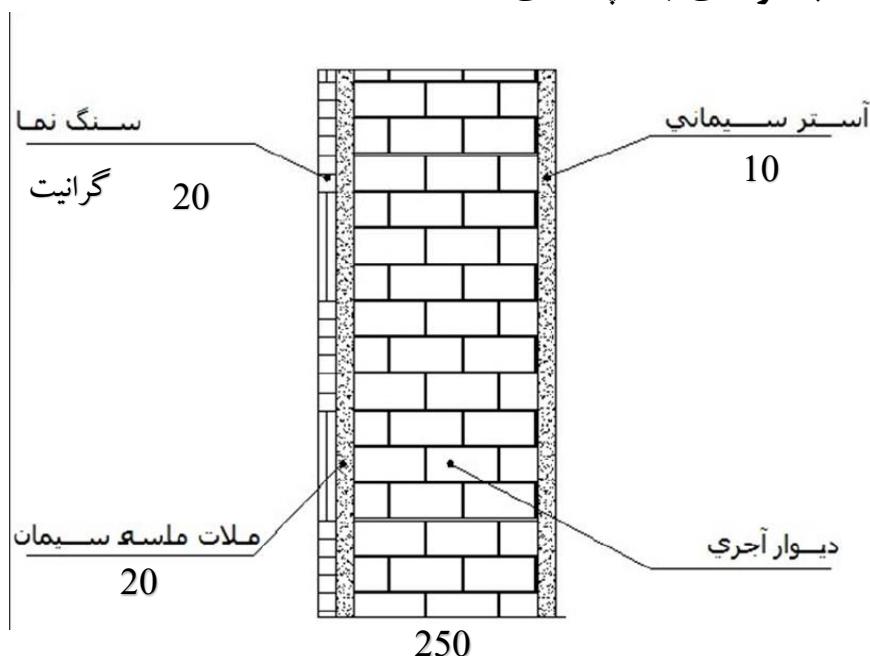


جدول 3 بار مرده‌ی جان‌پناه طرف همسایه

شدت بار ($\frac{kN}{m^2}$)	ضخامت (MM)	وزن مخصوص $\frac{kg}{m^3}$	صالح مصرفی
2.575	250	1050	بلوک هبلکس با ملات ماسه سیمان
1.03	50	2100	ملات ماسه سیمان
مجموع			
$2 < 2.987$			
$2.987 \frac{kN}{m}$			شدت بار خطی (ارتفاع جان‌پناه = 1 متر)

$$0.7 \times 600 + 0.3 \times 2100 = \frac{1050 \ kg}{m^2}$$

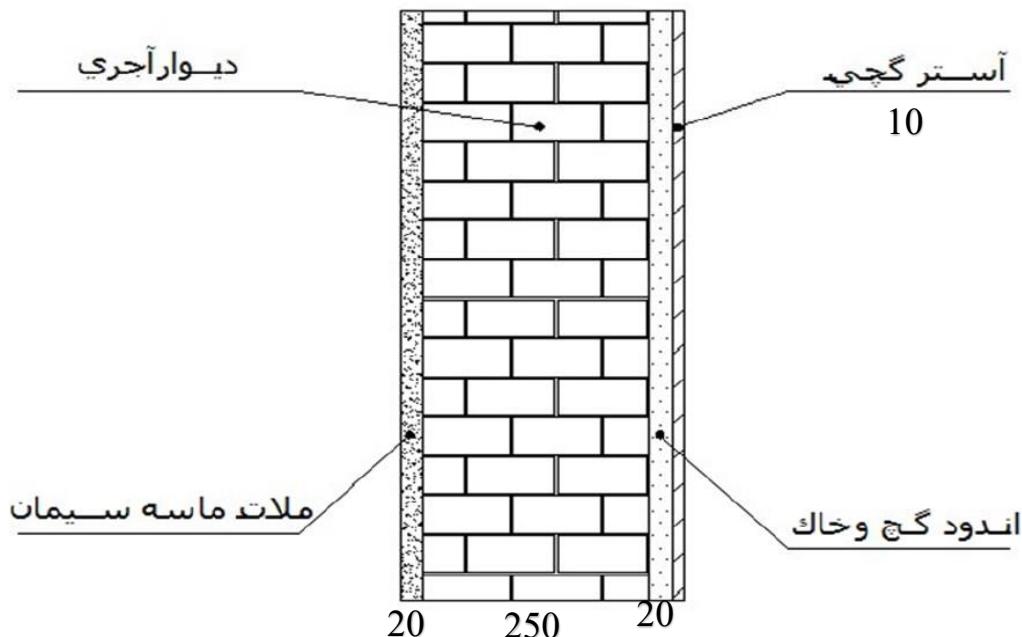
2-1-3-2 بار مرده‌ی جان پناه‌های نما



جدول 4 بار مرده‌ی جان پناه‌های نما

شدت بار ($\frac{kN}{m^2}$)	ضخامت (MM)	وزن مخصوص ($\frac{kg}{m^3}$)	صالح مصرفی
2.575	250	1050	بلوک هبلکس با ملات ماسه سیمان
0.618	30	2100	ملات ماسه سیمان
0.549	20	2800	سنگ گرانیت
مجموع			
$2 < 3.742$			شدت بار خطی (ارتفاع جان پناه = 1 متر)
$3.742 \frac{kN}{m}$			

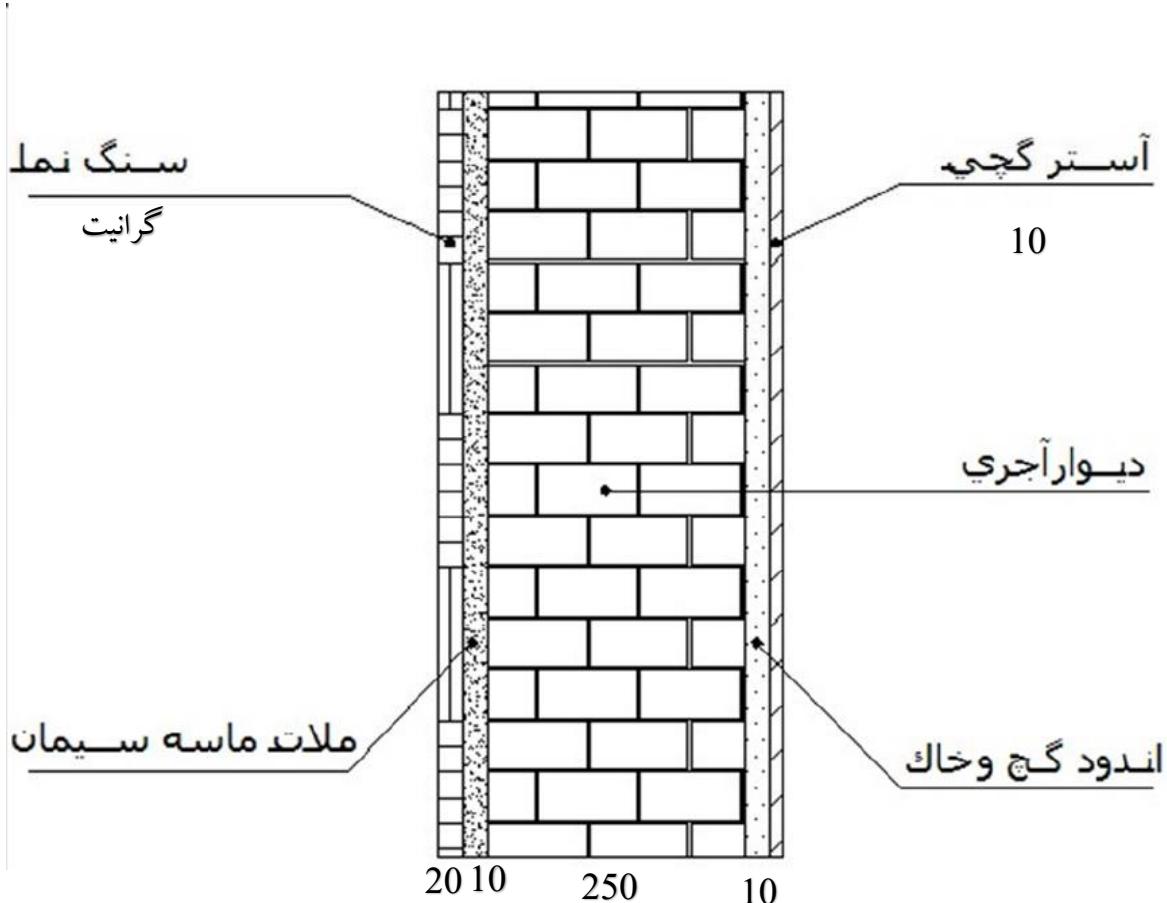
2-1-3-3 بار مرده دیوار های پیرامونی مجاور همسایه



جدول 5 بار مرده دیوار های پیرامونی مجاور همسایه

مصالح مصرفی	وزن مخصوص $\frac{kg}{m^3}$	ضخامت (MM)	شدت بار ($\frac{kN}{m^2}$)
بلوک هبلکس با ملات ماسه سیمان	1050	250	2.575
ملات ماسه سیمان	2100	20	0.412
ملات گچ و خاک	1600	20	0.314
ملات گچ	1300	10	0.128
مجموع			$2 < 3.429$
شدت بار خطی (ارتفاع دیوار = 2.71 متر)			$9.293 \frac{kN}{m}$

2-1-3-4 بار مرده‌ی دیوارهای نما



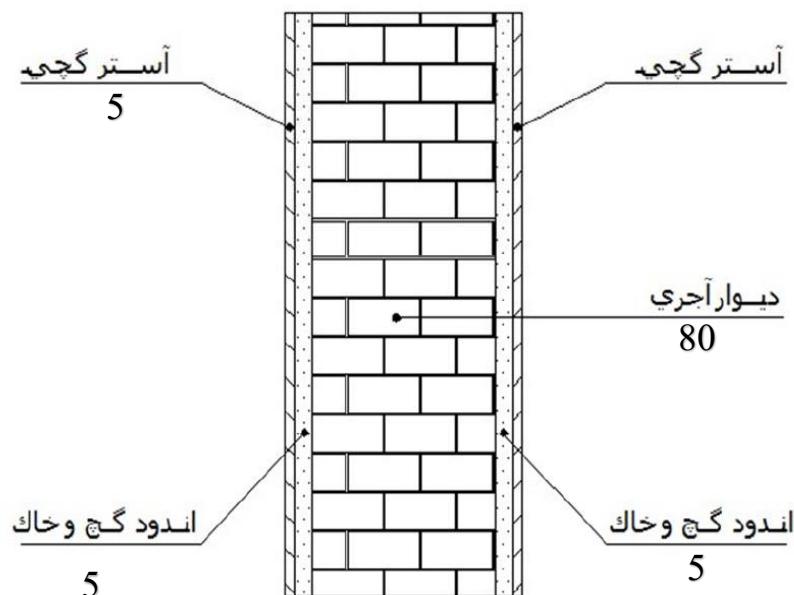
شکل 4 مقطع دیوار نما

باز شوی نما را 25 درصد در نظر می‌گیریم

جدول 6 بار مرده‌ی دیوارهای نما

شدت بار ($\frac{kN}{m^2}$)	ضخامت (MM)	وزن مخصوص ($\frac{kg}{m^3}$)	صالح مصرفی
2.575	250	1050	بلوک هبلکس با ملات ماسه سیمان
0.206	10	2100	ملات ماسه سیمان
0.157	10	1600	اندود گچ و خاک
0.128	10	1300	آستر گچی
0.549	20	2800	سنگ نما گرانیت
2 < 3.615		مجموع	
$7.837 \frac{kN}{m}$		شدت بار خطی (ارتفاع دیوار = 2.71 متر)	

2-1-3-5 بار مرده بندی دیوار های داخل طبقات



ضخامت سقف = 0.39 m

ارتفاع دیوار = $3.1 - 0.39 = 2.71 \text{ m}$

مساحت طبقه = 520 m^2

طول دیوار های داخلی هر طبقه = 35 m

جدول 7 بارگذاری دیوار های داخلی

شدت بار ($\frac{kN}{m^2}$)	ضخامت (MM)	وزن مخصوص ($\frac{kg}{m^3}$)	مصالح مصرفی
0.824	80	1050	بلوک هبلکس با ملات ماسه سیمان
0.157	10	1600	ملات گچ و خاک
0.128	10	1300	ملات گچ

$$1 < 1.109 < 2$$

مجموع

$$35 \times 1.109 \times \frac{2.71}{520} = 0.2 < 1$$

$$\rightarrow 1 \frac{kN}{m^2}$$

شدت بار گستردگی

2-2 بارگذاری بارهای زنده

بارگذاری بارهای زنده بام و طبقات و بار زنده بمتناظر با وزن طیغه های سبک میان طبقه تعیین می شود که بار زنده بام و طبقات طبق جدول 6-5-1 مبحث ششتم مقررات ملی ساختمان داده می شوند در این پروژه بار زنده ناشی از دیوار وجود نخواهد داشت

جدول 8 بارهای زنده

کاربری	بار گستردگی $\frac{kN}{m^2}$
بام	1.5
پارکینگ	3
فضای خصوصی	2

2-3 بارگذاری برف

2-3-1 بارگذاری یکنواخت

بار برف از رابطه زیر محاسبه میشود که پارامتر های آن با توجه به مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین می شوند

$$p_r = I_s \cdot C_n \cdot C_h \cdot C_s \cdot P_s$$

جدول 9 ضرایب بار برف

ردیف	پارامتر	مقدار	توضیحات
1	بار یکنواخت برف	$1.5 \frac{kN}{m^2} p_s$	تهران منطقه 4 بار برف و برف سنگین دارد
2	ضریب اهمیت I_s	1	گروه خطر پذیری III برای ساختمان مسکونی
3	ضریب برف C_n گیری	1	بافرض ساختمان نیمه برف گیر در ناحیه پر تراکم
4	ضریب شرایط دمایی C_h	1	ساختمان مسکونی با دمای متغیر
5	ضریب شیب C_s	1	سطح بام لغزنده با شیب کمتر از 4 درصد (بارگذاری نا متوازن نخواهیم داشت)
معادله 1			

$$p_r = I_s \cdot C_n \cdot C_h \cdot C_s \cdot P_s = 1.5 \frac{kN}{m^2}$$

$$\gamma = 0.43 P_s + 2.2 = 2.845 \frac{kN}{m^3} < 4.7 \frac{kN}{m^3}$$

$h_b = \frac{P_r}{\gamma} = 0.523 m < 1m$ ارتفاع برف متوازن از ارتفاع جان پناه کمتر است (بام نیمه برف گیر)

2-3-2 بار برف انباشتگی

جهت X

جهت روبه به باد

$$L_u = 20m \rightarrow h_d = \frac{3}{4} (0.12 \sqrt[3]{L_u} \sqrt[4]{100P_s + 50} - 0.5) = 0.544m$$

$h_c = h_b = 0.477m < h_d \rightarrow w = \frac{4h_d^2}{h_c} = 2.48 m$ طول انباشتگی

$$P_d = \gamma h_d = 1.548 \frac{kN}{m^3}$$

چون اطلاعات ساختمان های مجاور موجود نیست از انباشتگی پشت به باد برف لغزنده و اثر برف ساختمان های مجاور صرف نظر می کنیم

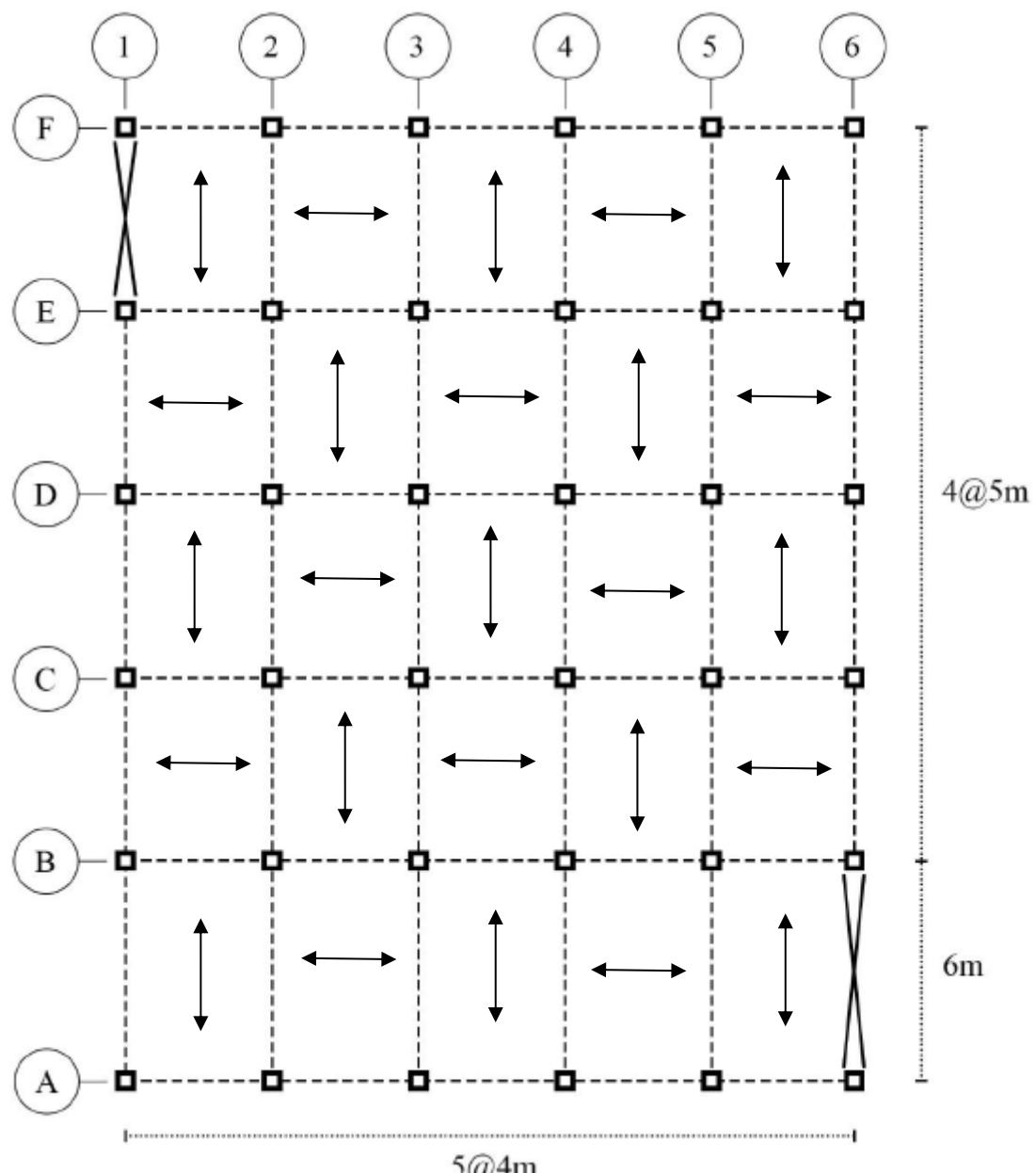
جهت Y

$$L_u = 26m \rightarrow h_d = \frac{3}{4} (0.12 \sqrt[3]{L_u} \sqrt[4]{100P_s + 50} - 0.5) = 0.628m$$

$h_c = h_b = 0.477m < h_d \rightarrow w = \frac{4h_d^2}{h_c} = 3.31 m$ طول انباشتگی

$$P_d = \gamma h_d = 1.787 \frac{kN}{m^3}$$

2-4 تیر ریزی شطرنجی و بررسی امکان کاهش بار زنده تیر ها و ستون ها



شکل 5 تیر ریزی شطرنجی

تیر ریزی شطرنجی طوری انجام میشود که حداقل بار بروی تیر های راه پله و بعد تیر های بلند تر قرار بگیرد

فایل اکسل شامل کاهش بار زنده در پیوست آمده است

5-2 ترسیم دیاگرام نیروی برشی و لنگر خمشی تیر های خواسته شده

دیاگرام های خواسته شده توسط کد مطلب موجود در پیوست بدست آمده اند نیروی تکیه گاه ها نیز برای تیر های راستای X از روش پخش لنگر بدست می آیند

با توجه به تیر ریزی نیمی از مساحت هر دال به عنوان چشممه‌ی باربر تیر خواهد بود (2.5 متر)

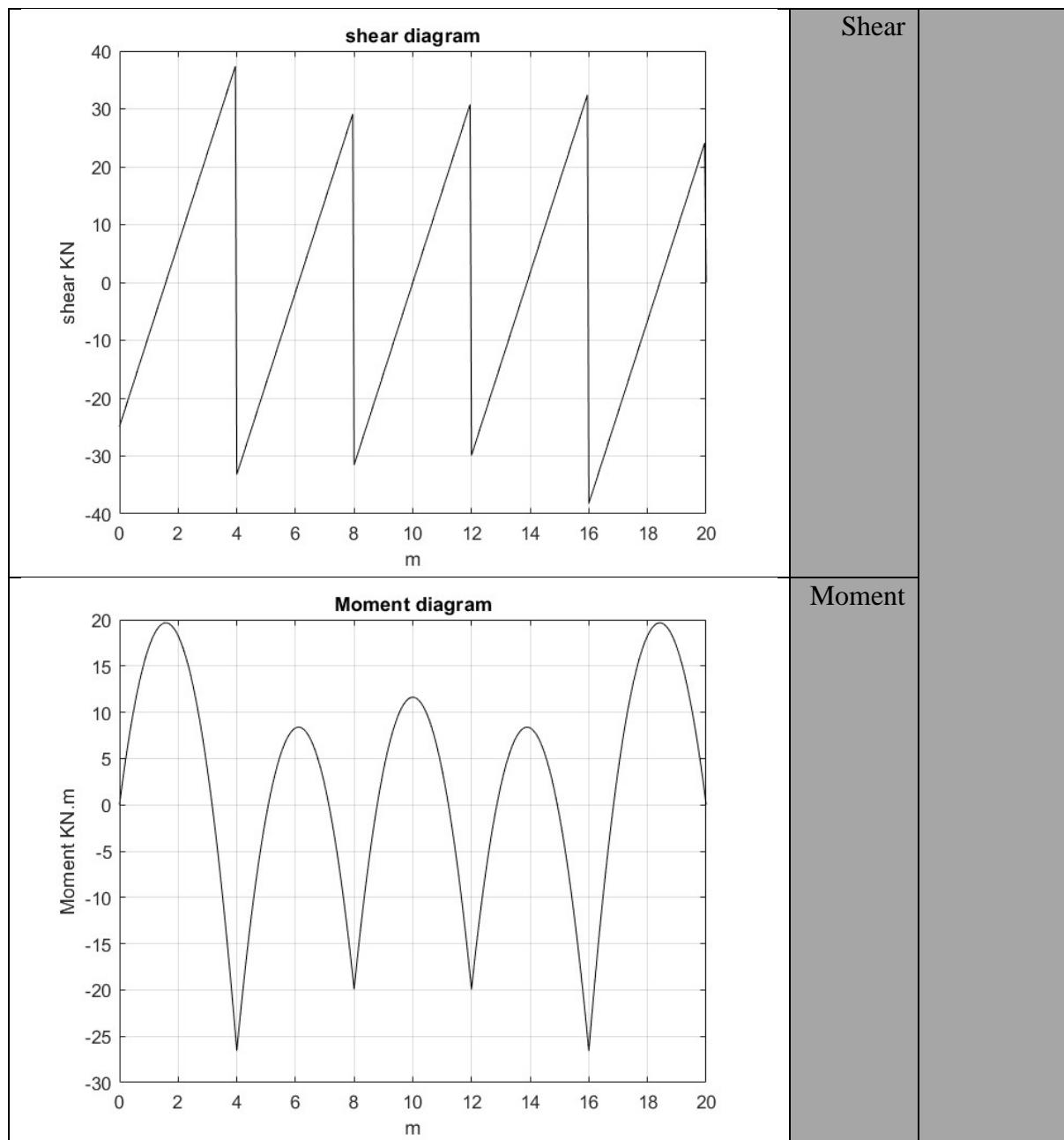
تیر محور C در طبقه دوم

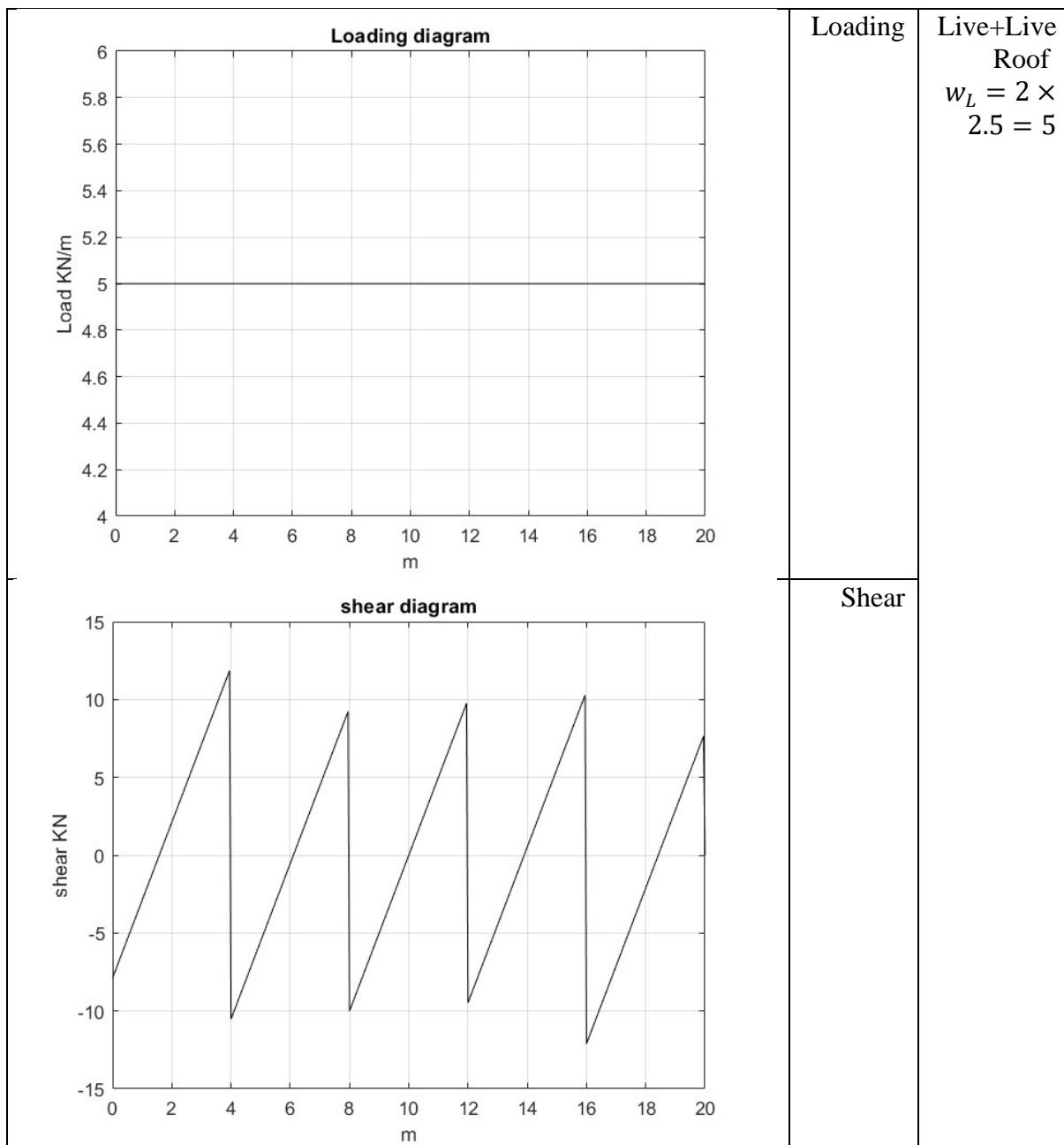
$$\text{بار مرده‌ی ناشی از وزن تیر برابر } \frac{kN}{m} 1.834 \text{ خواهد بود}$$

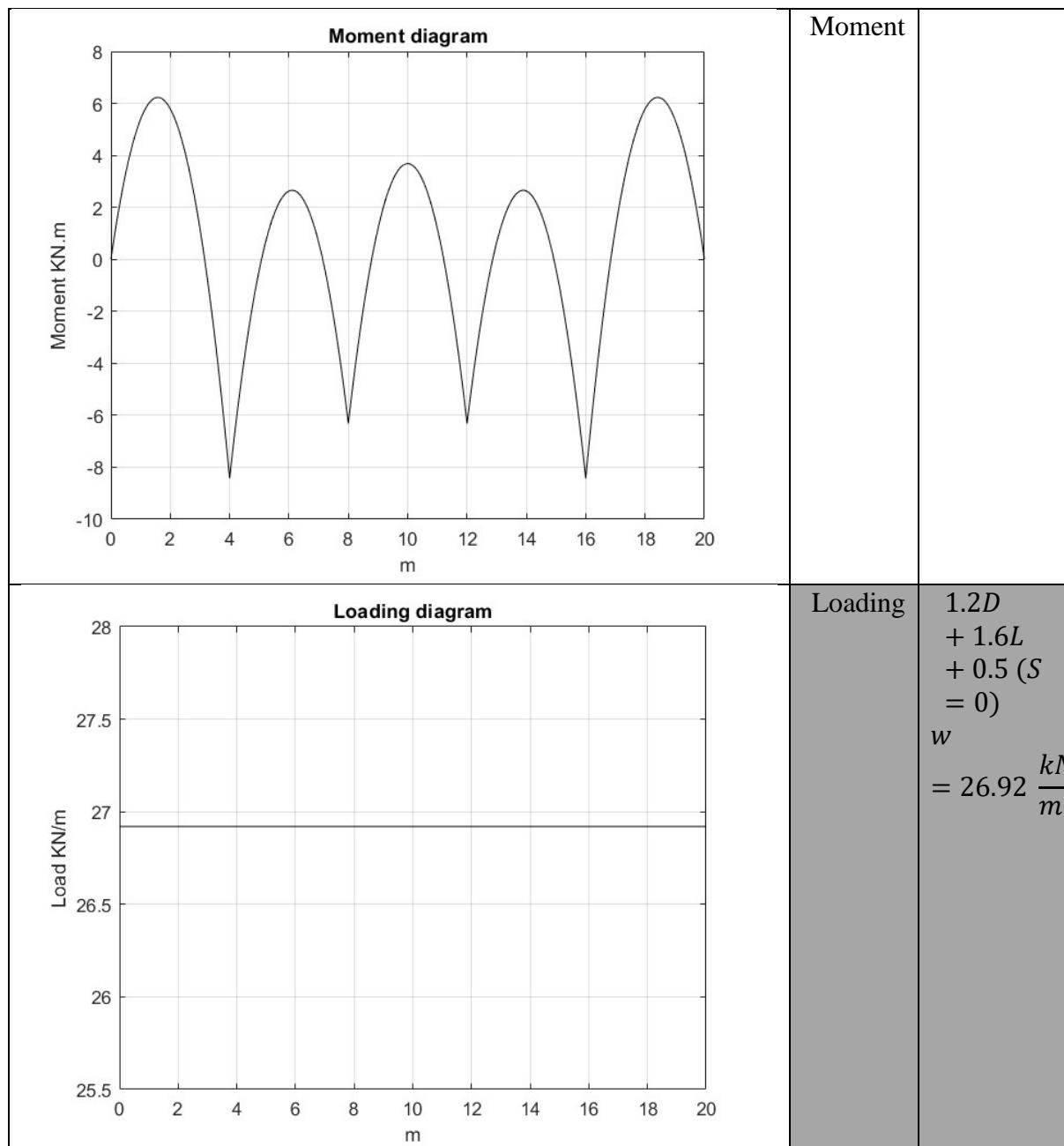
بار مرده بر روی تیر طبقات ناشی از بار مرده‌ی کف بار مرده‌ی تیغه و وزن تیر است

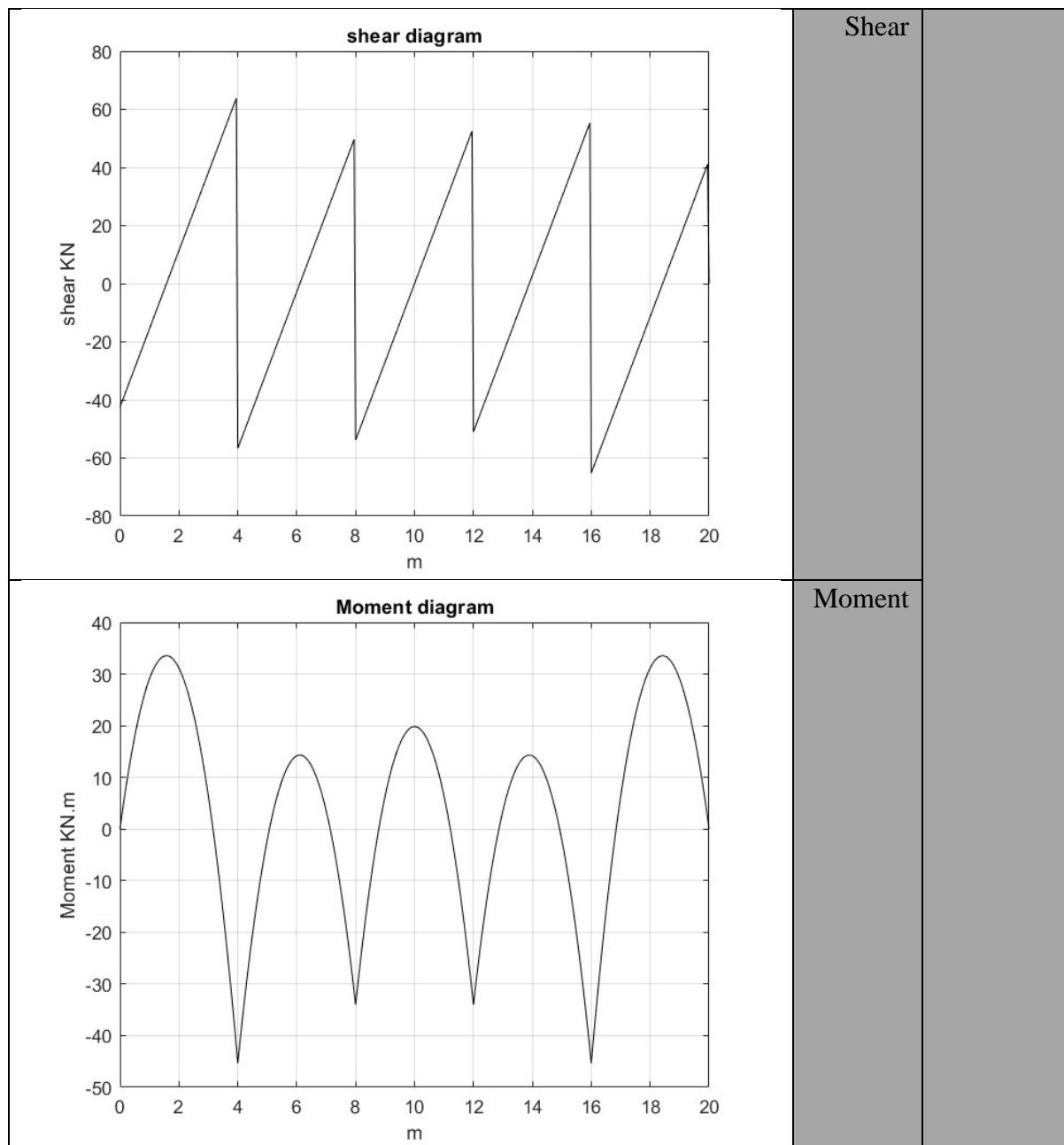
جدول 10 نمودار های بارگذاری محور C

Load case	Dead	Loading	Loading diagram
	$w_D = (4.576 + 1)2.5 + 1.834 = 15.77 \frac{kN}{m^2}$		<p>The loading diagram shows a horizontal line at a height of 15.77 on a vertical axis labeled 'Load KN/m' from 14.5 to 17. The horizontal axis is labeled 'm' from 0 to 20. The line starts at (0, 15.77) and ends at (20, 15.77), representing a uniform load of 15.77 kN/m over a 20m span.</p>









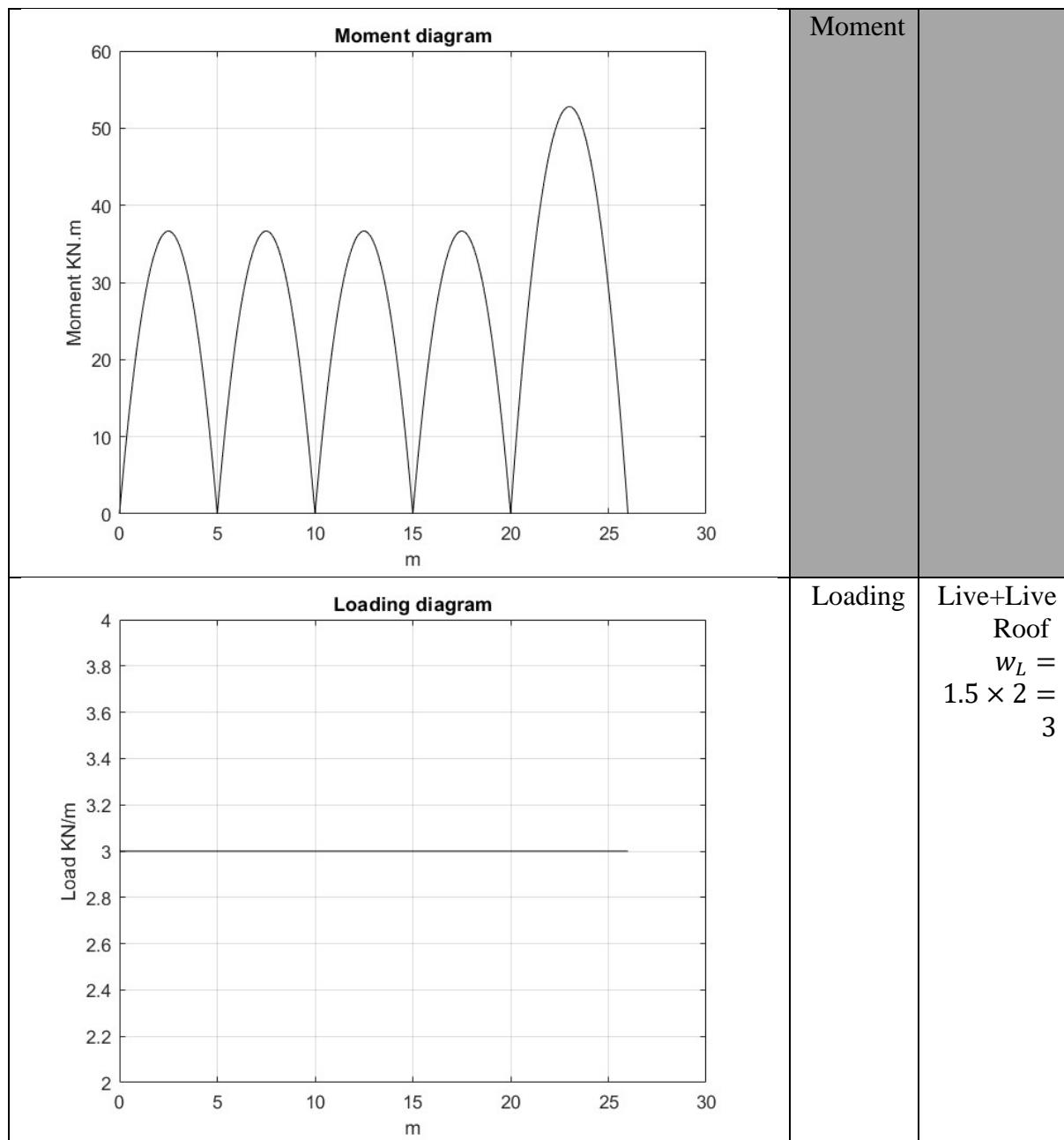
تیر محور ۳ در تراز بام (برای هر دهانه)

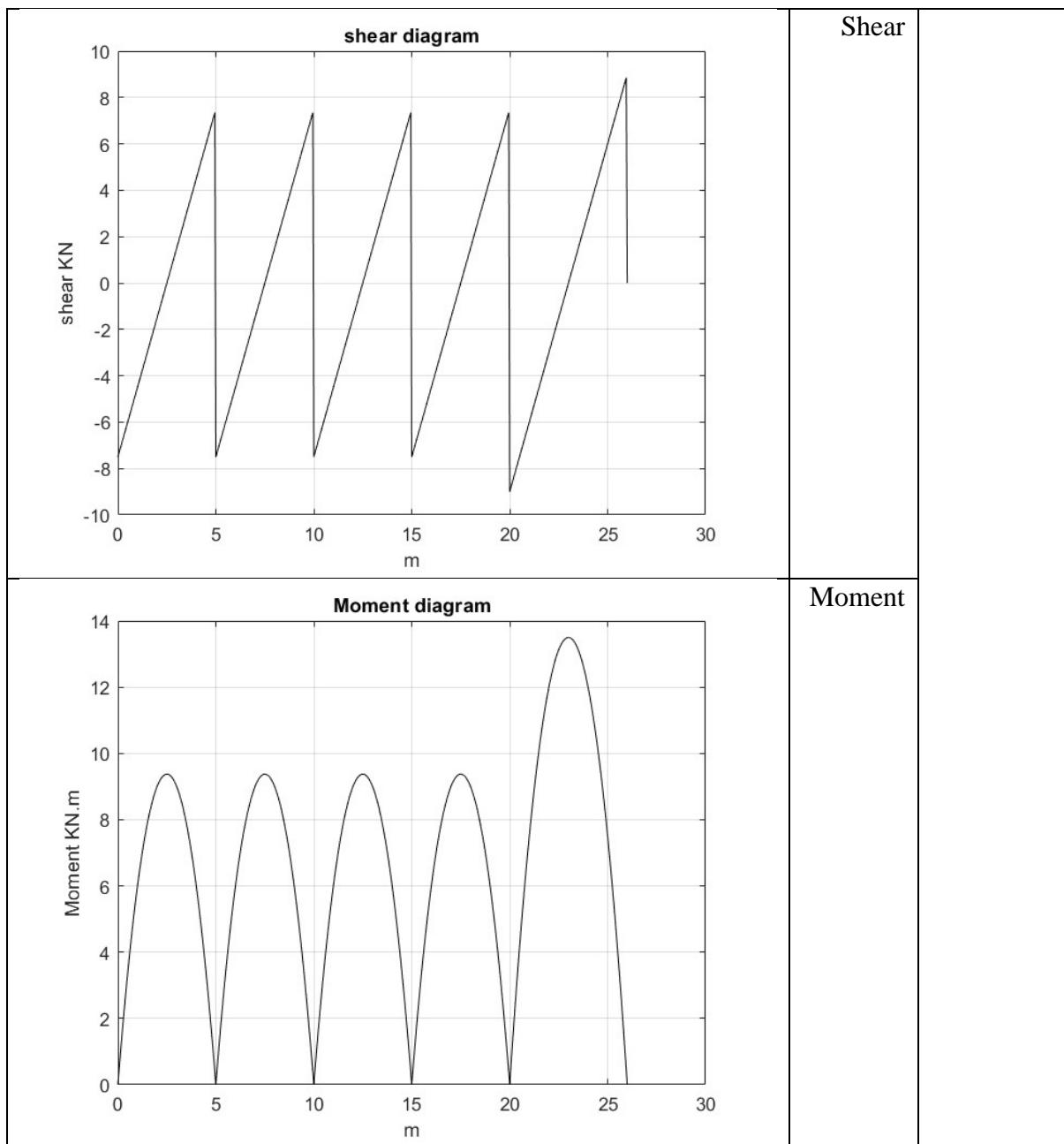
جدول 11 نمودار های بارگذاری محور 1

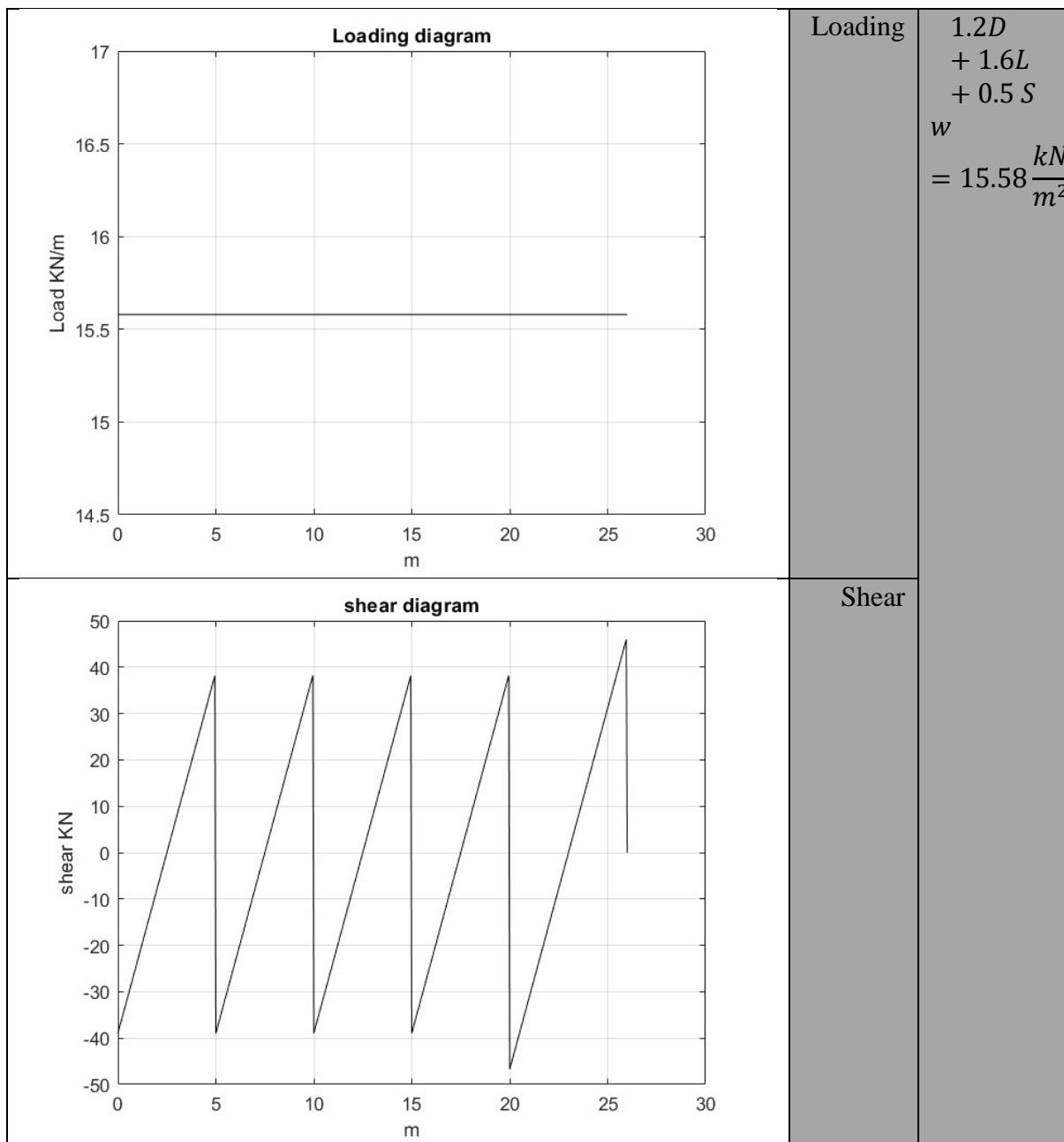
		Load case
	Loading	Dead
>Loading diagram		$w = (4.949)2 + 1.834 = 11.732 \frac{KN}{m^2}$
shear diagram		Shear

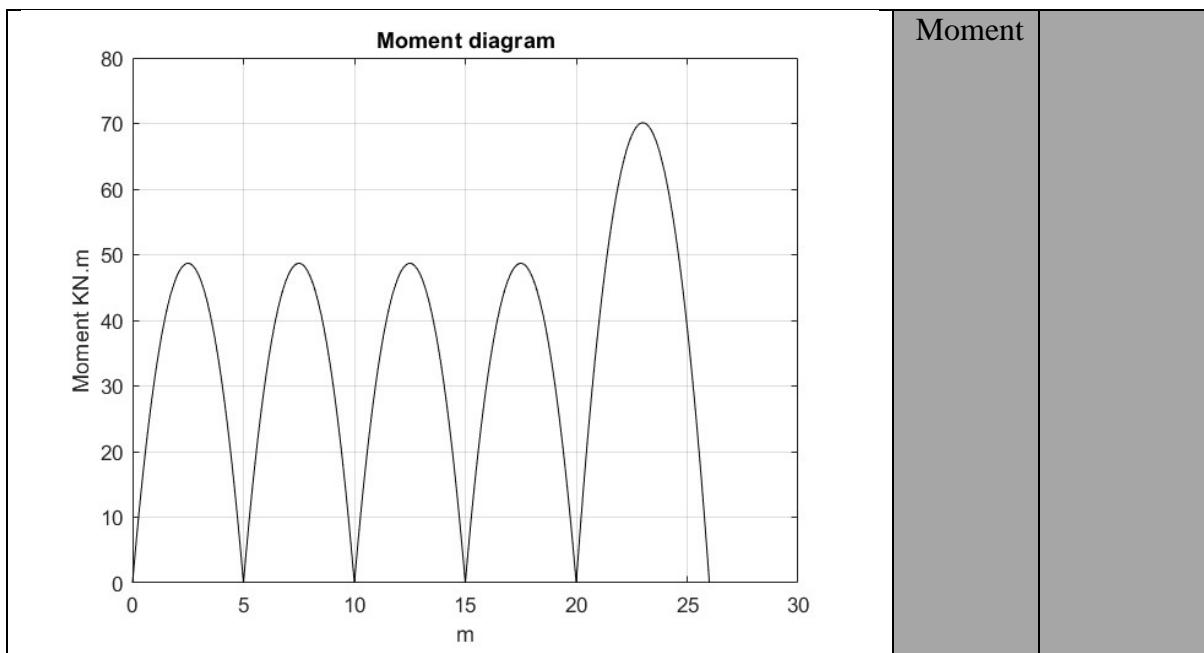
Loading diagram: A graph showing a constant load of 11.732 KN/m over a 25m span, starting from 0 at x=0 and ending at 11.732 at x=25.

shear diagram: A graph showing a periodic shear force diagram with a period of 5m. The shear force alternates between -33.46 KN and 33.46 KN across the 30m span.









2-6 بارگذاری استاتیکی باد

با فرض اینکه دوره تناوب نوسان ساختمان کمتر از 1.5 ثانیه باشد

$$\text{ارتفاع ساختمان } H = 3.1 m \times 5 = 15.5 m < 60 m$$

$$\frac{H}{w} = \frac{15.5}{20} = 0.77 < 4$$

روش استاتیکی برای تحلیل بار باد مجاز است

$$P_w = I_w \cdot C_e \cdot C_t \cdot C_g \cdot C_p \cdot C_d \cdot q$$

باد غالب را در جهت جنوب به شمال فرض می کنیم که بدترین حالت را بررسی کنیم

حجم داخلی ساختمان $V_0 = 6700$ متر مکعب (کمی کمتر از حجم خالص)

مساحت بازشو (25 درصد مساحت نمای ساختمان) $A = 20 m \times 15.5 m \times 20\% = 62 m^2$

جدول 12 ضرایب بار باد

ردیف	پارامتر	مقدار	توضیحات
1	فشار مبنای باد q	$0.572 \frac{kN}{m^2}$	$V = 110 \frac{km}{h} \rightarrow q = 0.000613 \left(\frac{110}{3.6} \right)^2$
2	ضریب اهمیت I_w	1	گروه خطر پذیری III برای ساختمان مسکونی
3	ضریب جهش C_g	2	فرض ساختمان بلند و تحلیل عناصر سازه ای و نیروی وارد بر سازه
4	ضریب جهش C_{gi} داخلی	1.99	$C_{gi} = 1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V_0}{6950 A}}} = 1.99$
5	ضریب جهت C_d	0.85	ساختمان مسکونی
6	ضریب توپوگرافی C_t	1	پرتگاه یا تپه فرض نمی کنیم

عرض بارگذاری $D = 26 m$

$$0.25 < \frac{H}{D} = 0.6 < 1$$

ضریب C_p برای درجهت باد

$$C_p = 0.27 \left(\frac{H}{D} + 2 \right) = 0.702$$

ضریب C_p برای درجهت پشت به باد

$$C_p = -0.27 \left(\frac{H}{D} + 0.88 \right) = -0.4$$

ضریب C_p برای بام

$$C_p = \begin{cases} -1 & Y = 15.5 m \\ -0.5 & \text{else} \end{cases}$$

ضریب C_e با توجه به $Z=h$ برای پشت به باد و $Z=H/2$ برای بام همچنین ناحیه‌ی پر تراکم شهری فرض می شود

$$C_e = 0.7 \left(\frac{Z}{12} \right)^{0.3} > 0.7$$

برای بام $C_e = 0.756$

جدول 13 محاسبه ای نیروی باد

$\frac{P_w}{kN \cdot m^2 \cdot \text{بام}}$	$\frac{P_w}{kN \cdot m^2 \cdot \text{دربه باد}}$	$\frac{P_w}{kN \cdot m^2 \cdot \text{پشت باد}}$	$C_p \cdot \text{رو به باد}$	$C_e \cdot \text{رو به باد}$	$C_p \cdot \text{پشت باد}$	$C_e \cdot \text{پشت باد}$	$I_w \cdot C_t \cdot C_g \cdot C_d \cdot q \cdot \frac{kN}{m^2}$	ارتفاع توازن میان طبقه (M)	طبقات	
0.735	0.368	0.521	0.272	0.702	0.763	0.4	0.7	0.9724	16	بام
0.735	0.368	0.5	0.272	0.702	0.732	0.4	0.7	0.9724	13.9	پنجم
0.735	0.368	0.478	0.272	0.702	0.7	0.4	0.7	0.9724	10.8	چهارم
0.735	0.368	0.478	0.272	0.702	0.7	0.4	0.7	0.9724	7.7	سوم
0.735	0.368	0.478	0.272	0.702	0.7	0.4	0.7	0.9724	4.6	دوم
0.735	0.368	0.478	0.272	0.702	0.7	0.4	0.7	0.9724	1.5	اول

 $W=20\text{ m}$

جدول 14 محاسبه ای برش ناشی از باد

V_w	$F2$	$F1$	q^*	q	h_i	ارتفاع طبقه	طبقات
سهم برش هر طبقه	نیروی پشت	نیروی رو به باد	پشت به باد	رو به باد	طبقه	(M)	
kN	kN	kN	$\frac{kN}{m}$	$\frac{kN}{m}$			
15.86	5.44	10.42	5.44	10.42	1		بام
63.72	16.86	31	5.44	10	3.1		پنجم
110.22	16.86	29.64	5.44	9.56	3.1		چهارم
156.72	16.86	29.64	5.44	9.56	3.1		سوم
203.22	16.86	29.64	5.44	9.56	3.1		دوم
249.72	16.86	29.64	5.44	9.56	3.1		اول

در این جدول های قبل فشار و نیرو در جهت Y و Z مثبت فرض شده اند

7-2 بارگذاری استاتیکی لرزه ای و برآورد برش پایه سازه

با توجه به ارتفاع و دوره تناوب سازه و اینکه نامنظمی در سازه وجود ندارد می توان از روش استاتیکی به منظور تحلیل سازه استفاده کرد

برش پایه سازه مطابق آینه نامه 2800 تعیین می شود

معادله 2

$$V_u = CW_{Total}$$

معادله 3

$$C = \frac{A B I}{R_u}$$

که وزن موثر سازه ای است که به صورت زیر تعیین می شود

معادله 4

$$W = \left(\text{بار زنده و برف} \right) \times \left(100\% + 20\% \right)$$

جدول 15 وزن بار زنده

بار زنده	بام	$\frac{kN}{m^2}$
	طبقات	$2 \frac{kN}{m^2}$
	برف	$1.5 \frac{kN}{m^2}$

جدول 16 وزن بار مرده

نوع بار	محل اعمال	مقدار بار	سطح و مقدار اعمال در هر طبقه
بار مرده	بام	$4.949 \frac{kN}{m^2}$	$520 m^2$
	طبقات	$4.576 \frac{kN}{m^2}$	$520 m^2$
	دیوار های نما	$7.837 \frac{kN}{m}$	$40 m$
	دیوار های مجاور همسایه	$9.293 \frac{kN}{m}$	$52 m$
	دیوار جان پناه نما	$3.742 \frac{kN}{m}$	$40 m$
	دیوار جان پناه همسایه	$2.987 \frac{kN}{m}$	$52 m$

طیغه های جدا کننده ای طبقات	$1 \frac{kN}{m^2}$	520 m ²
تیر ها	$1.84 \frac{kN}{m}$	276 m
ستون ها	$5.55 \frac{kN}{m}$	3.1 m * 36
مهار بند	$0.6 \frac{kN}{m}$	$\sqrt{6^2 + 3.1^2} + \sqrt{5^2 + 3.1^2})2 = 25.3 m$

وزن موثر لرزه ای بام به دلیل وزن سقف بام دیوار های جان پناه وزن تیر ها و بار زنده برف و بام خواهد بود

$$W_{roof} = [(1.5 + 1.5)0.2 + (4.949)] \times 520 + 40 \times 3.742 + 52 \times 2.987 + 1.84 \times 276 = 3698 kN$$

وزن موثر لرزه ای طبقات ناشی از تاثیر باقی موارد جدول خواهد بود

$$W_{story} = [(2)0.2 + (4.576 + 1)] \times 520 + 40 \times 7.837 + 52 \times 9.293 + 1.84 \times 276 + 5.55 \times 3.1 \times 36 + 0.6 \times 25.3 = 5047 kN$$

$$W_{total} = 5 \times W_{story} + W_{roof} = 28933 kN$$

$$A = 0.35$$

ضریب اهمیت سازه مسکونی با توجه به آین نامه 1=I : 2800

دوره تناوب سازه با توجه به اینکه از قاب فولادی تشکیل شده است از رابطه ای زیر بدست می‌اید

معادله 5

$$T_X = 0.08 H^{0.75}$$

معادله 6

$$T_Y = 0.05 H^{0.75}$$

و با فرض اینکه میان قاب مانع حرکت بشود مقدار تناوب اصلی سازه برابر می‌شود با

$$T_X = 0.08 \times 0.8 \times (15.5)^{0.75} = 0.5 s$$

$$T_Y = 0.05 \times (15.5)^{0.75} = 0.391 s$$

چون مقدار دوره تناوب دینامیکی بیشتر از 1.25 برابر دوره تناوب تجربی است دوره تناوب سازه 0.5 s و 0.391

در نظر گرفته می‌شود

با توجه به دوره تناوب سازه و نوع خاک IV برای تعیین B مطابق فصل 2 آین نامه 2800 :

$$S_0 = 1.1, S = 1.75, T_S = 1, T_0 = 0.15$$

خطر لرزه ای بسیار زیاد

$$\begin{aligned} T &= 0.5 \& 0.391 S < T_S \rightarrow N = 1, \\ T_0 < T < T_S \rightarrow B_1 &= S + 1 = 2.75 \\ B &= B_1 N = 2.75 \end{aligned}$$

مقدار ضریب R_u با توجه به جدول 3-4 آین نامه 2800 تعیین می شود

جدول 17 ضریب شکل پذیری

$R_{ux} = 5$	قاب خمی متعدد	راستای X
$R_{uy} = 5.5$	قاب مفصلی با مهاربند همگرای ویژه	راستای Y

مطابق آین نامه 2800 حداقل برش پایه باید از مقدار زیر بیشتر باشد
معادله 8

$$V_{u-min} = 0.12 A I W$$

جدول 18 برش پایه

V_{u-min} kN	$V_u = C W_{Total}$ kN	$C = \frac{A B I}{R_u}$	راستا
1215 <	5569	0.1925	X
1215 <	5063	0.175	Y

2-8 توزیع نیروی زلزله در تراز طبقات
توزیع نیروی زلزله در راستای طبقات به صورت مقابق انجام می شود
معادله 9

$$F_{ui} = \frac{W_i h_i^k}{\sum_j^n w_j h_j^k} V_u$$

با توجه به تناوب طبیعی سازه مقدار k نیز برابر 1 خواهد بود

2-8-1 توزیع نیرو در راستای X

جدول 19 توزیع نیرو در راستای X

F_{ui} kN	$\frac{W_i h_i^k}{\sum_j^n w_j h_j^k}$	$W_i h_i^k$	h_i m	W_i kN	تراز
1493	0.2681	57319	15.5	3698	بام
1630	0.2927	62582	12.4	5047	چهارم
1223	0.2196	46937	9.3	5047	سوم
815	0.1464	31291	6.2	5047	دوم
408	0.0732	15646	3.1	5047	اول
5569	1	$\sum_j^n w_j h_j^k$ = 213775			مجموع

2-8-2 توزیع نیرو در راستای Y

جدول 20 توزیع نیرو در راستای Y

F_{ui} kN	$\frac{W_i h_i^k}{\sum_j^n w_j h_j^k}$	$W_i h_i^k$	h_i m	W_i kN	تراز
1375	0.2681	57319	15.5	3698	بام
1482	0.2927	62582	12.4	5047	چهارم
1112	0.2196	46937	9.3	5047	سوم
741	0.1464	31291	6.2	5047	دوم
371	0.0732	15646	3.1	5047	اول
5081	1	$\sum_j^n w_j h_j^k$ = 213775			مجموع

9-2 اعمال اثر توام برش و پیچش و تعیین سهم قاب های باربر جانبی

2-9-1 تعیین مرکز جرم

با توجه به شکل پلان و با توجه به اینکه جرم طبقات اکثرا ناشی از دیافراگم ها است مرکز جرم سازه را تعیین می کنیم

معادله 10

$$Y_{cm} = \frac{\sum_{story} y_i m_i}{\sum_{story} m_i}$$

در رابطه قبل m_i سهم جرمی هر قسمت و y_i فاصله‌ی آن قسمت در امتداد محور Y است

$$Y_{cm} = \frac{6 \times 4 \times 3 \times 5 + 5 \times 4 \times 8.5 \times 5 + 5 \times 4 \times 13.5 \times 5 + 5 \times 4 \times 18.5 \times 5 + 5 \times 4 \times 23.5 \times 5}{6 \times 4 \times 5 + 5 \times 4 \times 5} = 13 \text{ m}$$

با توجه به تقارن شکل

$$X_{cm} = 10 \text{ m}$$

2-9-2 تعیین مرکز سختی

به منظور تعیین سختی به تعیین مقدار سختی قاب های محور های X و Y می پردازیم دقت شود در اینجا سختی

تمام تیر های هر راستا برابر است

ممان اینرسی مقطع ستون و تیر ها

ستون

$$I_{column} = 2 \left(\frac{1}{12} \times 55^3 \times 3.5 + 55 \times 3.5 \times \left(\frac{55}{2} \right)^2 + \frac{1}{12} \times 3.5^3 \times 55 \right) = 388600 \text{ cm}^4$$

تیر

$$I_{Beam} = 107200 \text{ cm}^4$$

سختی فولاد

$$E = 199947.98 \text{ MPa}$$

سختی قاب های محور X

معادله 11

$$K_X = \frac{24E}{H^2 \left(\frac{2}{\sum k_c} + \frac{1}{\sum k_{Bb}} + \frac{1}{\sum k_{Bt}} \right)}$$

$$\sum k_{Bb} = \sum k_{Bt} = \sum \frac{I_{Beam}}{L_{Beam}} = 5 \times \frac{107200 \times 10^{-8} m^4}{4m} = 1.34 \times 10^{-3} m^3$$

$$\sum k_c = \sum \frac{I_{column}}{h} = 6 \times \frac{I_{column}}{3.1 m} = 7.52 \times 10^{-3} m^3$$

$$K_X = 2.84 \times 10^8 \frac{N}{m}$$

سختی قاب های محور Y
نیروی زلزله توسط مهاربند ها تحمل می شود

سختی محور 1

مساحت مهاربند ها:

$$A_{br} = 77.9 \text{ cm}^2$$

ط.ل. مهاربند ها:

$$D = \sqrt{5^2 + 3.1^2} = 5.88 \text{ m}$$

زاویه شیب مهاربند

$$a = \tan^{-1}\left(\frac{3.1}{5}\right) = 31.8^\circ$$

$$K_Y = \frac{2E A_{br}}{D} \cos^2(a) = 3.828 \times 10^8 \frac{N}{m}$$

سختی محور 6

$$D_6 = \sqrt{6^2 + 3.1^2} = 6.75 \text{ m}$$

زاویه شیب مهاربند

$$a_6 = \tan^{-1}\left(\frac{3.1}{6}\right) = 27.3^\circ$$

$$K_Y = \frac{2E A_{br}}{D_6} \cos^2(a) = 3.65 \times 10^8 \frac{N}{m}$$

مرکز سختی طبقات

$$X_{ck} = \frac{\sum_{story} K_{Y_i} x_i}{\sum_{story} K_{Y_i}} = \frac{3.65 \times 10^8 \times 20}{3.65 \times 10^8 + 3.828 \times 10^8} = 9.76 \text{ m}$$

$$Y_{ck} = \frac{\sum_{story} K_{X_i} y_i}{\sum_{story} K_{X_i}} = 13.33 \text{ m}$$

2-9-3 بررسی اثر برش و لنگر پیچشی بر روی طبقه اول

در این بخش قاب های طبقه اول با توجه به نداشتن اتصال با زمین و بررسی طبقه نرم مورد بررسی قرار می گیرد

X راستای 2-9-3-1

$$e_{ij} = Y_{ck} - Y_{cm} = 0.33$$

معادله 12

$$M_{iX} = \sum_{j=i}^n (e_{ij} + e_{aj}) F_{jx}$$

با توجه به آیین نامه 2800

$$e_{aj} = 0.05 \times 26 = 1.3 \text{ m}$$

$$M_{iX} = 1.63 \times (V_u - 498) = 1.63 \times (5569 - 498) = 8266 \text{ kN.m}$$

$$d_i = \sqrt{(X_{CK} - X_i)^2 + (Y_{CK} - Y_i)^2}$$

$$\sum_{i=1}^6 K_{i,xy} d_i^2 =$$

$$2.84 \times 10^8 ((13.33)^2 + (7.33)^2 + (2.34)^2 + (2.68)^2 + (7.67)^2 + (12.67)^2) \\ + (3.828 \times 10^8 \times 13.74 + 3.65 \times 10^8 \times 14.55) = 1.42 \times 10^8 \text{ kN.m}$$

$$(V_{x,i})_{shear} + (V_{x,i})_{torsion} = K_{x,i} \left(\frac{\sum_{j=2}^5 V_{x,j}}{\sum_{i=1}^6 K_{i,x}} \pm \frac{M_x d_i}{\sum_{i=1}^6 K_{i,xy} d_i^2} \right)$$

$$\sum_{j=2}^5 V_{x,j} = 5071 \text{ kN}$$

جدول 21 سهم برش هر قاب خمثی

قواب	$K_{i,x}$ (KN)	d_i (m)	$(V_{x,i})_{torsion}$	$(V_{x,i})_{shear}$	بوش کل (KN)
A	2.84×10^5	13.33	220.37	845.2 kN	1065
B	2.84×10^5	7.33	121.2	845.2 kN	967
C	2.84×10^5	2.34	38.68	845.2 kN	883.88
D	2.84×10^5	2.68	-44.3	845.2 kN	801
E	2.84×10^5	7.67	-126.8	845.2 kN	718.4
F	2.84×10^5	12.67	-209.5	845.2 kN	635.7

Y راستای 2-9-3-2

$$e_{ij} = X_{ck} - X_{cm} = -0.24$$

$$M_{iy} = \sum_{j=i}^n (|e_{ij}| + e_{aj}) F_{j,y}$$

با توجه به آین نامه 2800

$$e_{aj} = 0.05 \times 20 = 1 \text{ m}$$

از آنجا که زلزله رفت و برگشتی تاثیر می گذارد بدترین حالت را در نظر می گیریم

$$M_{iy} = 1.24 \times (V_{uy} - 371) = 1.24 \times (5081 - 371) = 5840 \text{ kN.m}$$

$$d_i = \sqrt{(X_{CK} - X_i)^2 + (Y_{CK} - Y_i)^2}$$

$$\sum_{i=1}^6 K_{i,xy} d_i^2 =$$

$$2.84 \times 10^8 ((13.33)^2 + (7.33)^2 + (2.34)^2 + (2.68)^2 + (7.67)^2 + (12.67)^2) \\ + (3.828 \times 10^8 \times 13.74 + 3.65 \times 10^8 \times 14.55) = 1.42 \times 10^8 \text{ kN.m}$$

$$(V_{y,i})_{shear} + (V_{y,i})_{torsion} = K_{y,i} \left(\frac{\sum_{j=2}^5 V_{y,j}}{\sum_{i=1}^6 K_{i,y}} \pm \frac{M_y d_i}{\sum_{i=1}^6 K_{i,xy} d_i^2} \right)$$

$$\sum_{j=2}^5 V_{y,j} = 4710 \text{ kN}$$

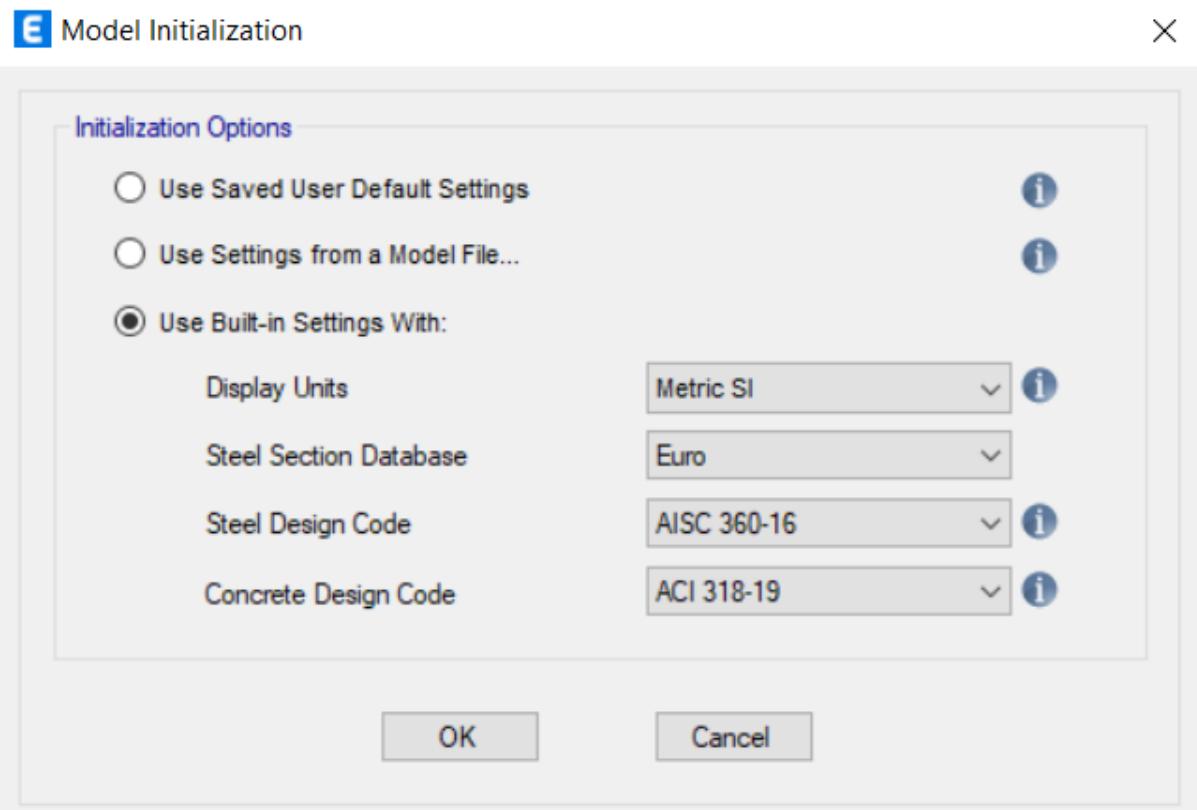
جدول 22 سهم برش قاب های مفصلی

بُوش کل (KN)	$(V_{y,i})_{shear}$	$(V_{y,i})_{torsion}$	d_i (m)	$K_{i,y}$ (KN)	قاب
2195	2411 kN	-216.3	13.74	3.828×10^5	1
2082	2300 kN	218.4	14.55	3.65×10^5	6

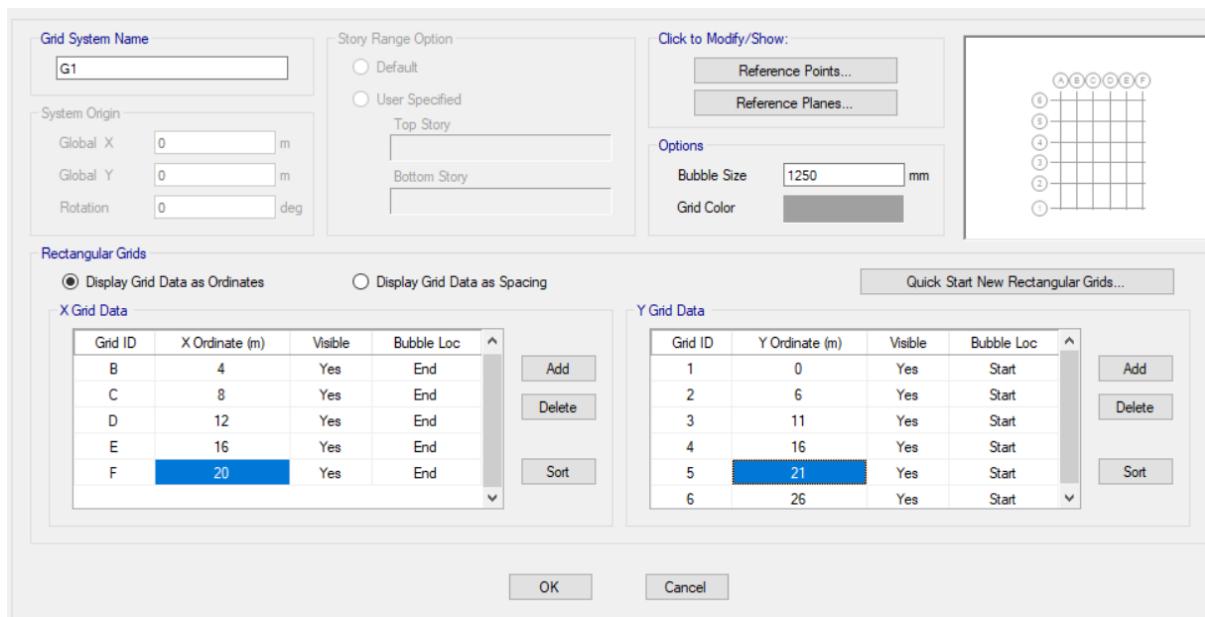
3 فاز دو(بارگذاری به کمک نرم افزار ETABS)

3-1 تعریف مصالح و مقاطع مورد استفاده و مد لسازی ساختمان در نرم افزار ETABS

ابتدا شرایط نرم افزار و واحد ها را باید مطابق تحلیل مد نظر تعیین کرد



شکل 6 تنظیمات اولیه نرم افزار



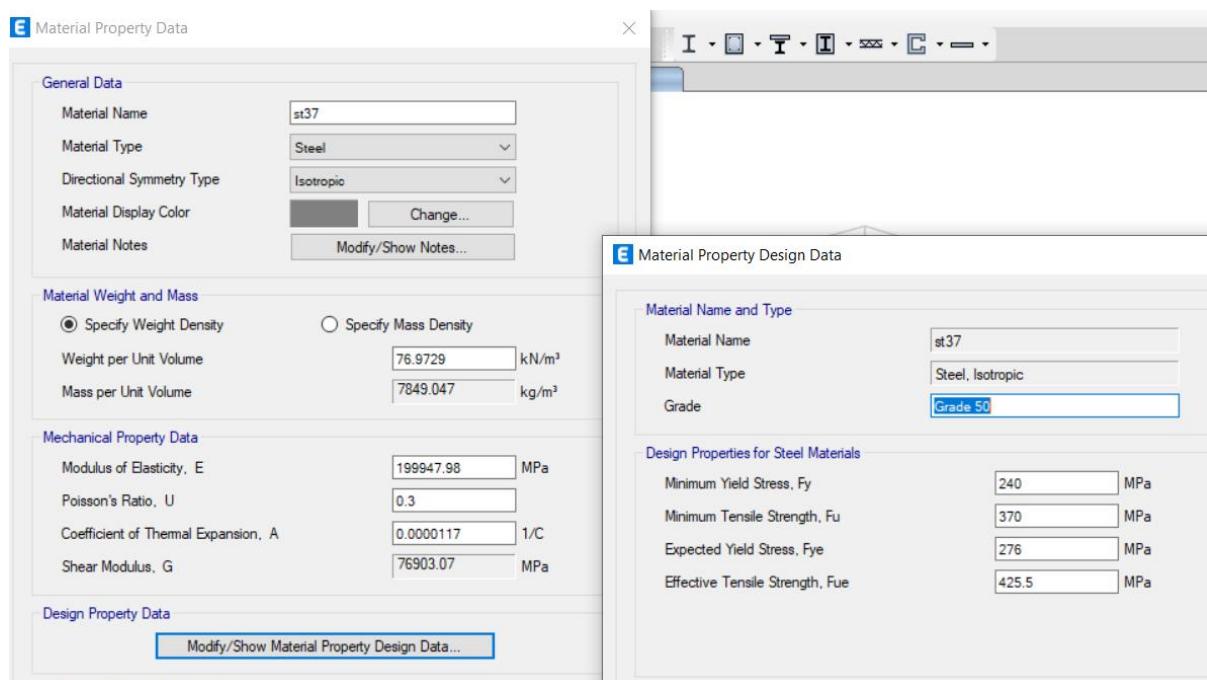
شکل 7 گرید بندی

	Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
▶	Story5	3.1	15.5	Yes	None	No	0	Green
	Story4	3.1	12.4	No	Story1	No	0	Green
	Story3	3.1	9.3	No	Story1	No	0	Cyan
	Story2	3.1	6.2	No	Story1	No	0	Red
	Story1	3.1	3.1	Yes	None	No	0	Magenta
	Base		0					Grey

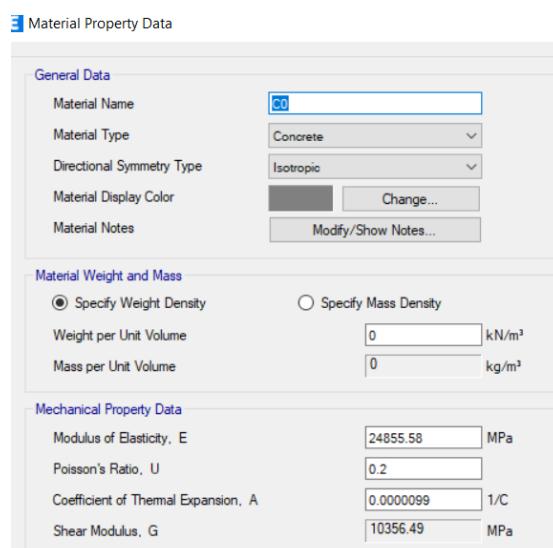
شکل 8 تعریف طبقات

1-1-3 تعریف مصالح

در منوی define و قسمت Materials می توان مصالح جدید تعریف و اضافه کرد که با توجه به پروژه این مصالح تعریف می شوند



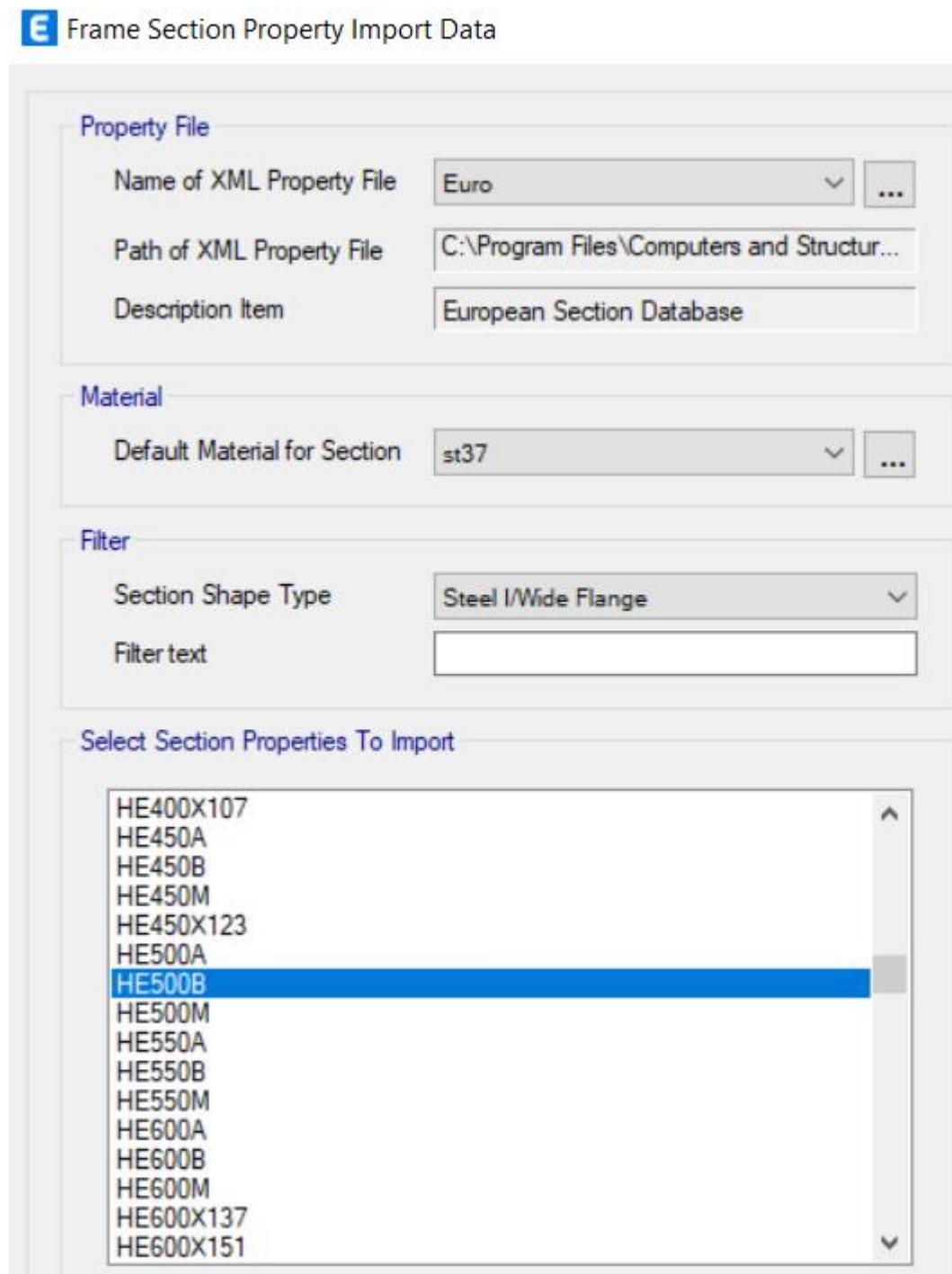
شکل 9 تعریف فولاد مورد استفاده در اینجا ضریب 1.15 را ضریب موثر فرض می کنیم



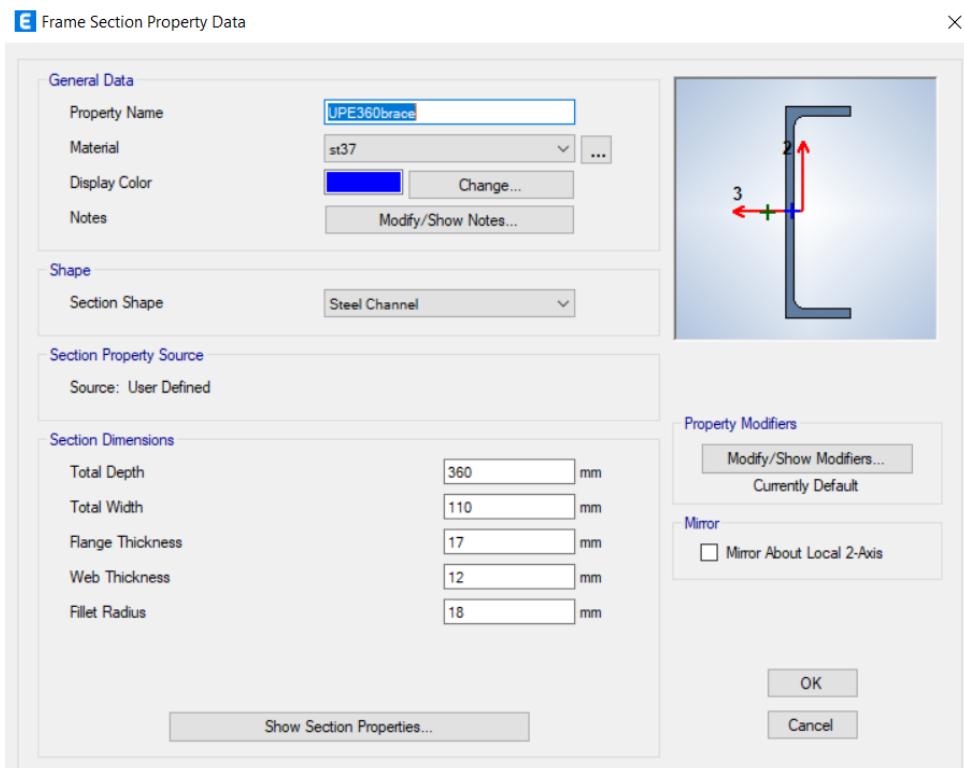
شکل 10 تعیین مصالح بتن با مقاومت 28 Mpa وزن مخصوص را صفر می گیریم تا بار مرده سقف را به صورت بار خارجی اضافه کنیم

2-1-3 تعریف مقاطع

در منوی define و قسمت Section propertie می توان مقاطع جدید تعریف و اضافه کرد که با توجه به پروژه این مقاطع تعریف می شوند

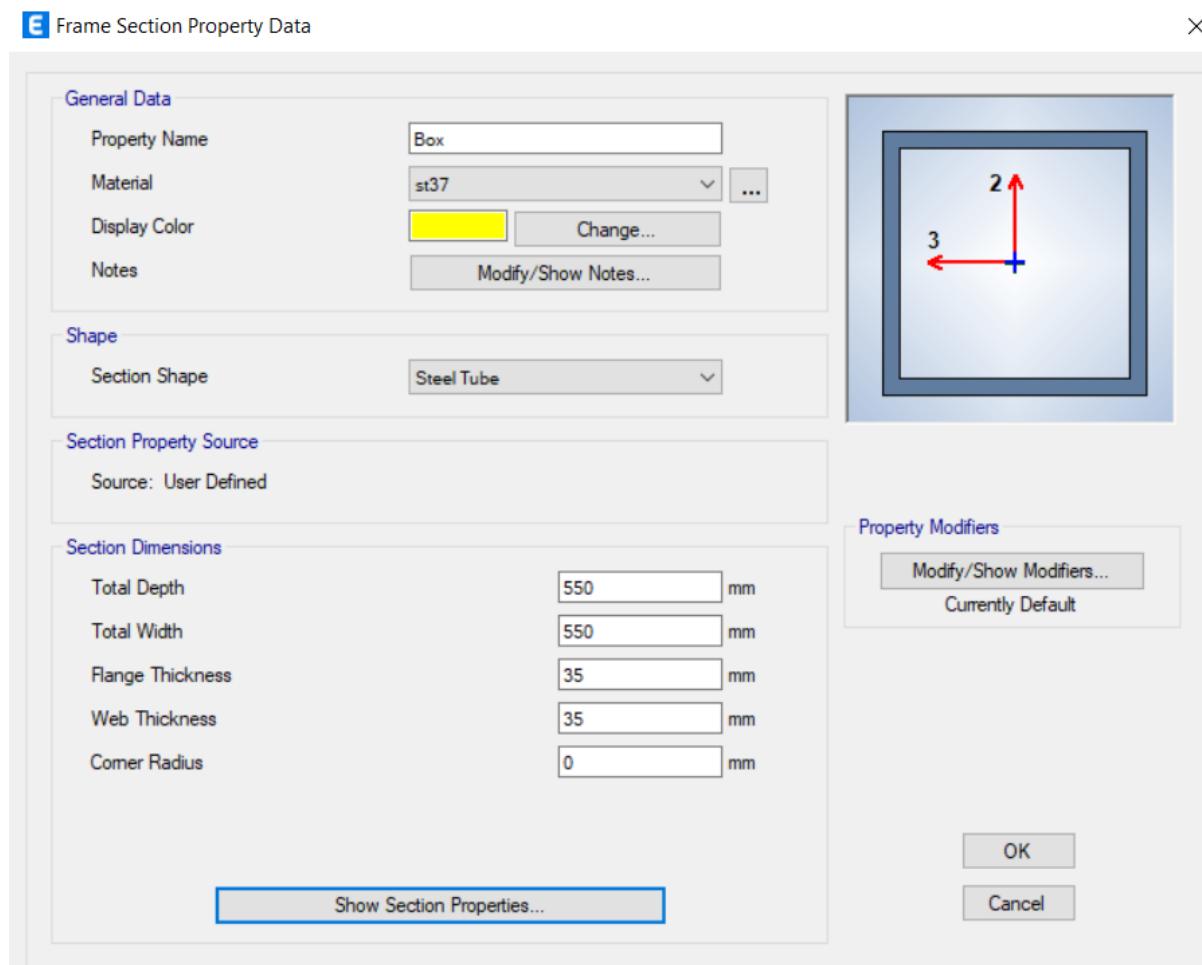


شکل 11 فراخوانی مقطع تیر با توجه به جدول اشتال



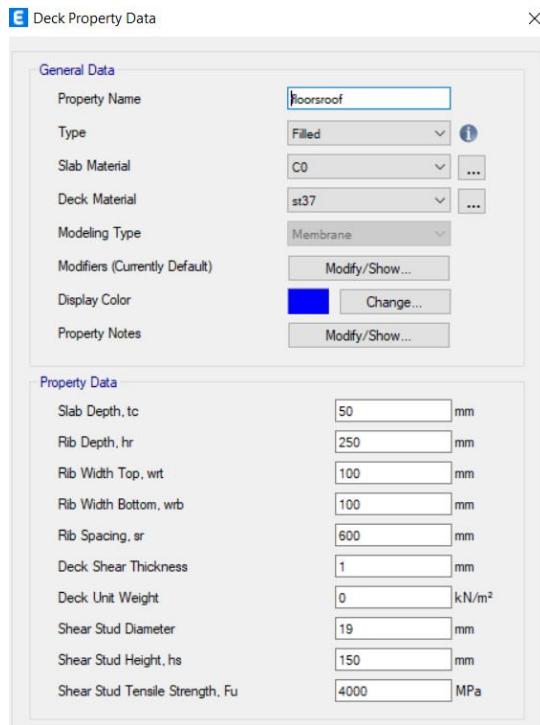
شکل 12 تعریف مقطع مهاربند

البته برای فراخوانی تیر و مهاربند می‌توان از گزینه import section استفاده می‌کنیم که در نرم افزار موجودند پس از انتخاب نوع مقطع آنها را فراخوانی می‌کنیم ازانجا که مقطع ناودانی در نرم افزار موجود نیست مجبور به تعریف آن هستیم



شكل 13 تعریف مقطع ستون

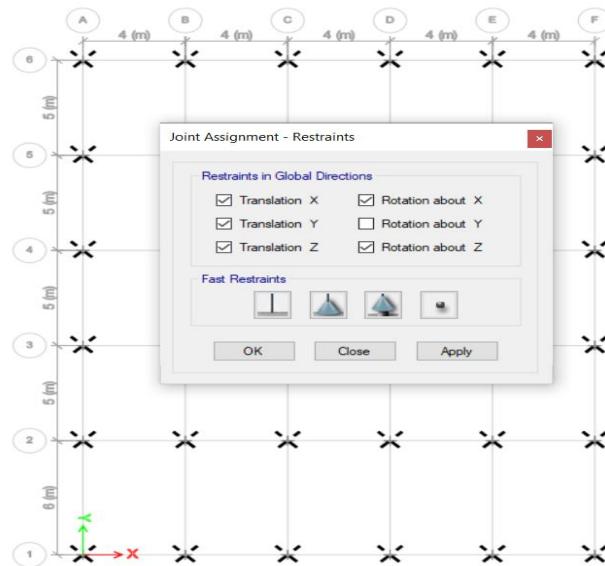
در تعریف مقاطع ضخامت طول اعضاء و جنس مقطع باید تعریف شوند



شکل 14 تعیین مقطع سقف با توجه به جزوه دکتر حسین زاده اصل

3-1-3 مدلسازی

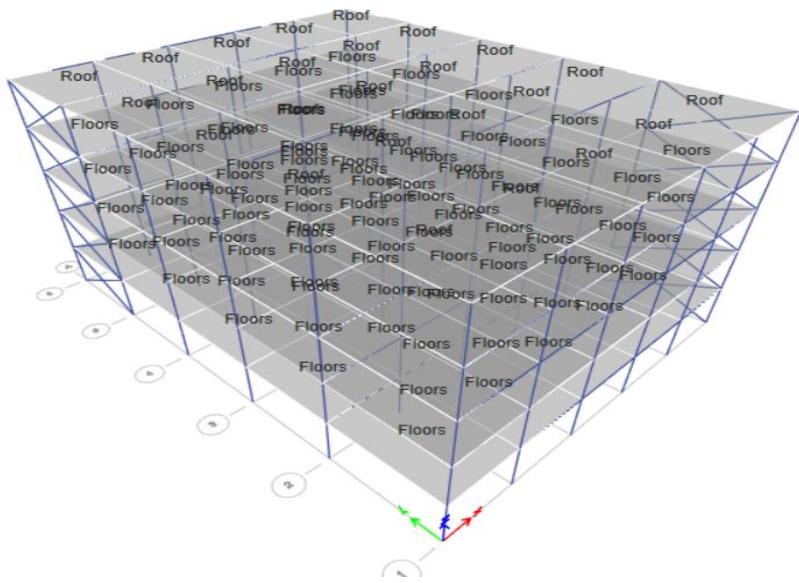
به کم قسمت های quick draw brace و quick draw column draw، شکل مدل سازه ای را رسم می شود
برای ایجاد تغییرات در تمام طبقات گزینه‌ی All story و برای ایجاد تغییرات در طبقات غیر از Master که مربوط به آن طبقه هستند گزینه Similar story باید فعال باشند
برای تیر های مفصلی مهار بند و راستای Y گزینه‌ی Pinned باید فعال باشد
تکیه گاه ستون های سازه با زمین در راستای x گیردار و در راستای Y مفصلی فرض می شوند که از منوی Restrain Assign قسمت می توان تکیه گاه گیر دار را انتخاب کرد



شکل 15 تعیین نوع تکیه گاه پایه‌ی ستون‌ها

به کمک منوی Select می‌توان اجزای مختلف را انتخاب کرد و در منوی Assign قسمت گزینه‌ی frame End length offset می‌توان برای نزدیک شدن تحلیل‌مان به تحلیل دستی طول‌های انتهایی را صفر در نظر بگیریم همچنین در قسمت Shell به کمک گزینه‌ی Local axis می‌توان جهت تیر ریزی شطرونچی را اعمال کرد (90 درجه اعمال چرخش)

برای رسم مهاربند‌ها نیز باید ابتدا quick draw brace بعد مقطع تعریف شده را به عنوان عنصر مهاربندی انتخاب کنیم

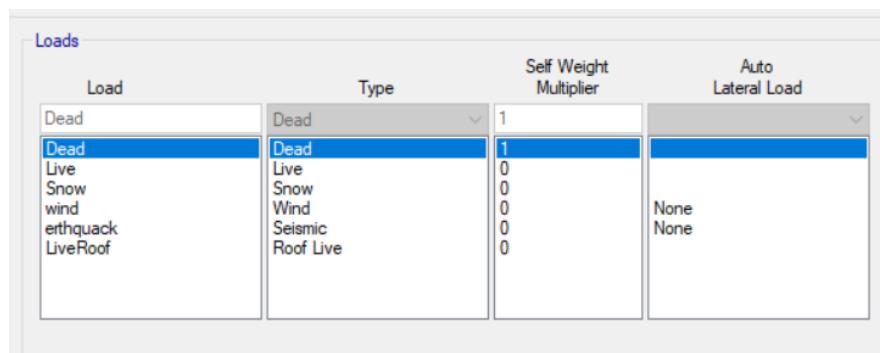


شکل 16 نمای پروژه

3-2 تعریف Load Combinations ، Load Patterns و Load Cases در نرم افزار ETABS

3-2-1 تعریف Load Patterns

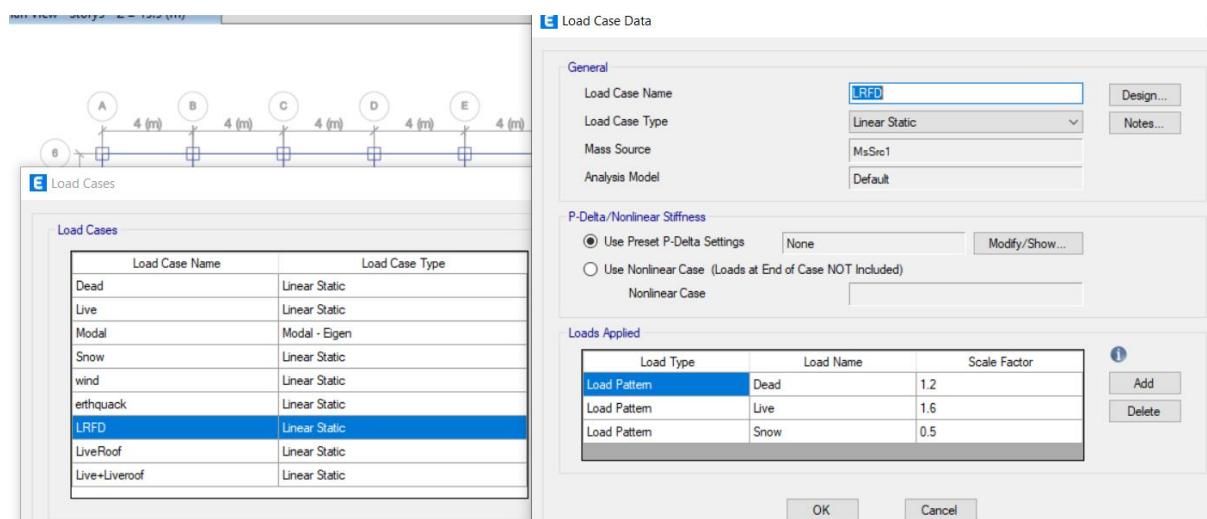
انواع بار های وارد مدنظر در تحلیل بایستی در قسمت Define Load pattern که در منوی Define موجود است تعریف شوند.



شکل 17 تعریف Load pattern

3-2-2 تعریف Load Cases

به منظور تعریف حالت های بارگذاری بایستی به قسمت Define Load case و سپس Load case رفت از آنجا ترکیب بار های مورد نظر خود را وارد می کنیم

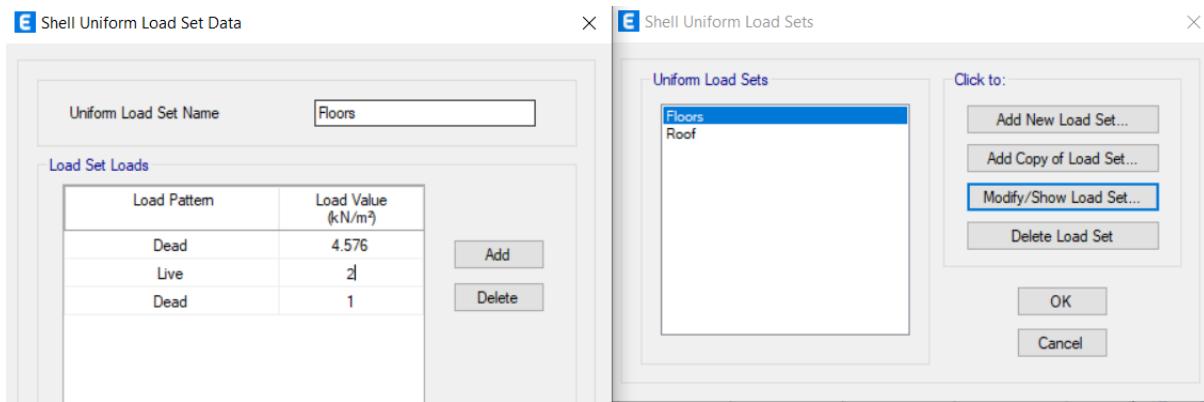


شکل 18 تعریف Load case

جدول 23 تعیین بار های خارجی اعمالی در نرم افزار

نام بار خارجی	مقدار	نوع بار
وزن سقف بام	$4.949 \frac{kN}{m^2}$	مرده
وزن سقف طبقات	$4.576 \frac{kN}{m^2}$	مرده
دیوار های جدا کننده طبقات	$1 \frac{kN}{m^2}$	مرده
دیوار جان پناه نما	$3.742 \frac{kN}{m}$	مرده
دیوار جان پناه طرف همسایه	$2.987 \frac{kN}{m}$	مرده
دیوار نما	$7.837 \frac{kN}{m}$	مرده
دیوار های مجاور همسایه	$9.293 \frac{kN}{m}$	مرده
بار طبقات مسکونی	$2 \frac{kN}{m^2}$	زنده
بار زنده بام	$1.5 \frac{kN}{m^2}$	زنده
بار برف	$1.5 \frac{kN}{m^2}$	برف
بار باد	به قسمت 2-6 رجوع شود	باد
بار زلزله	به قسمت 2-7 رجوع شود	زلزله

به منظور دسته بندی بار ها و آسان تر بودن اعمال تغییر در بار ها به منوی define و بعد به عنوان مثال قسمت shell uniform load set رفت و برای بار های گسترده در طبقات دسته بندی ایجاد کنیم

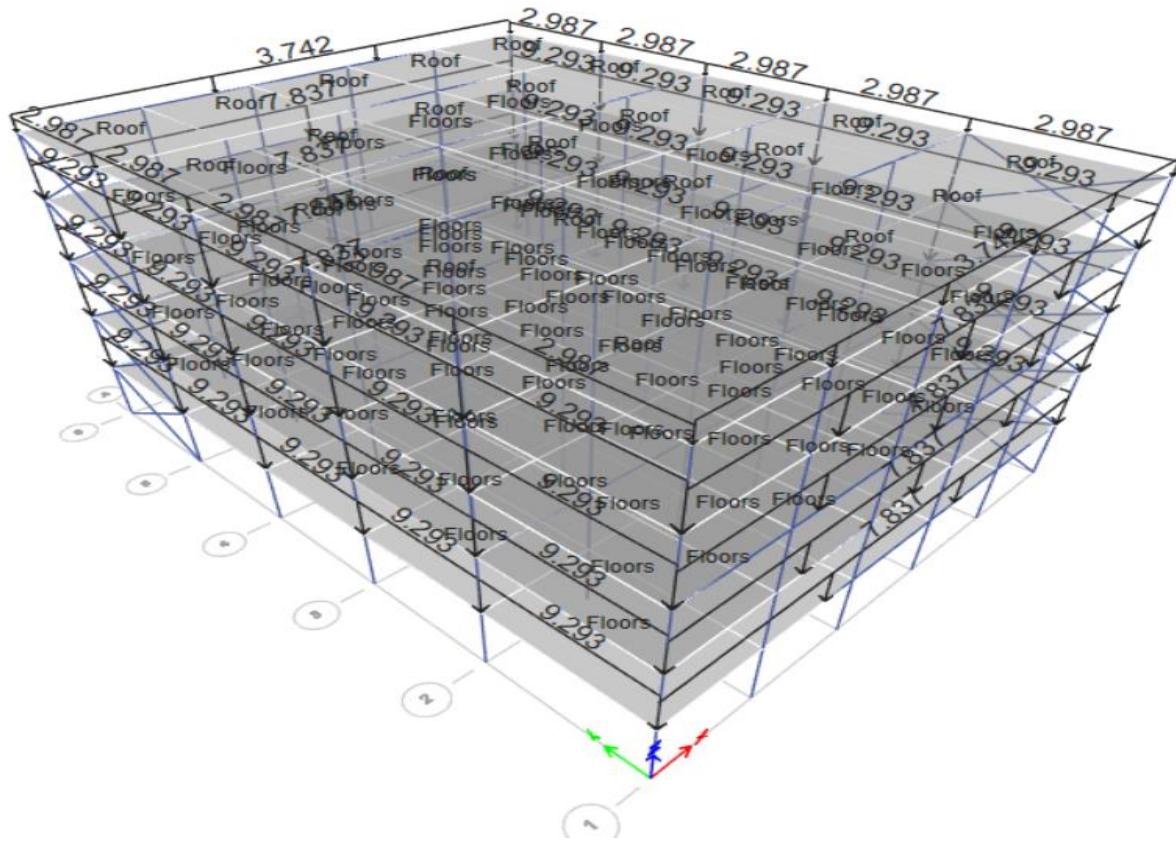


شکل 19 تعریف دسته بندی بارگسترده

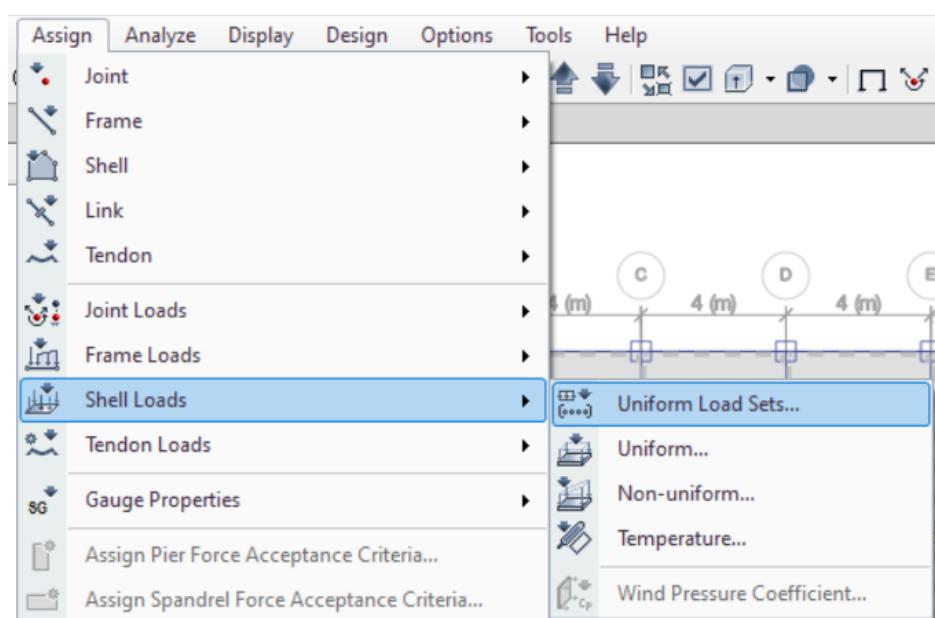
3-3 اختصاص بارهای ثقلی خطی و گسترده به مدل سازه در نرم افزار ETABS

برای اختصاص بار به طبقات بر روی حالت similar story تنظیم می کنیم

برای اختصاص بارگسترده طبقات به منوی assign uniform Load sets باید رفت تا بارهای تعریف شده را اختصاص دهیم برای اختصاص بار خطی دیوارها از قسمت frame Loads باید گزینه‌ی distributed را انتخاب کرد



شکل 20 نمای بارگذاری شده پروژه

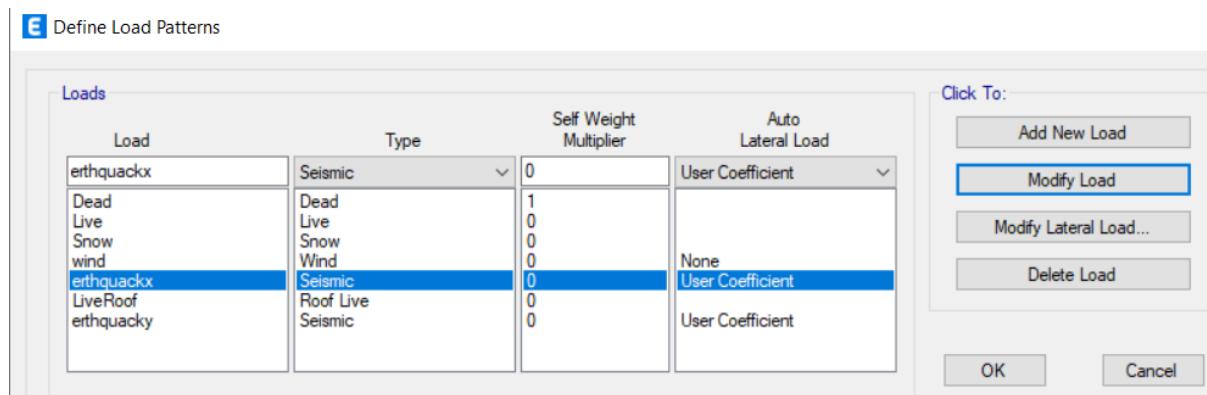


شکل 21 تعریف دسته بندی بارگشترد

نمودار های لنگر و برش برای تیر های قسمت 5-2 در فاز 3 بررسی شده اند

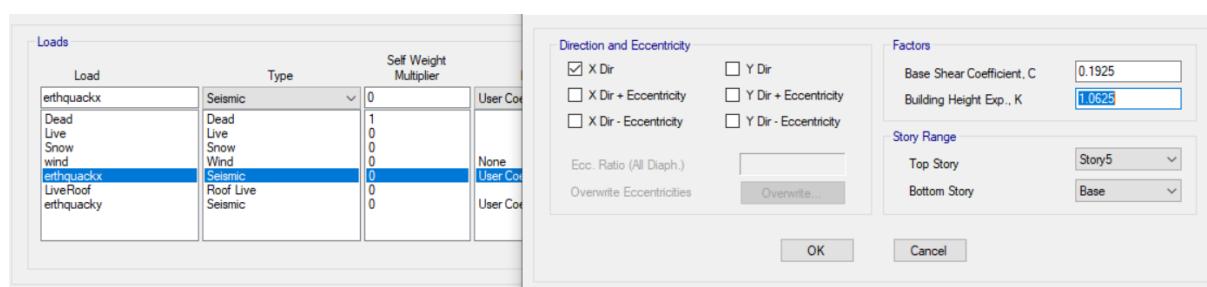
3-4 تحلیل سازه در نرم افزار ETABS

به منظور تحلیل سازه ابتدا در قسمت define بایستی بار زلزله در جهت x و y را تعریف کرد دقت شود قسمت lateral load با بایستی برای وارد کردن ضرایب مطابق آین نامه باید user coefficient تعریف شود



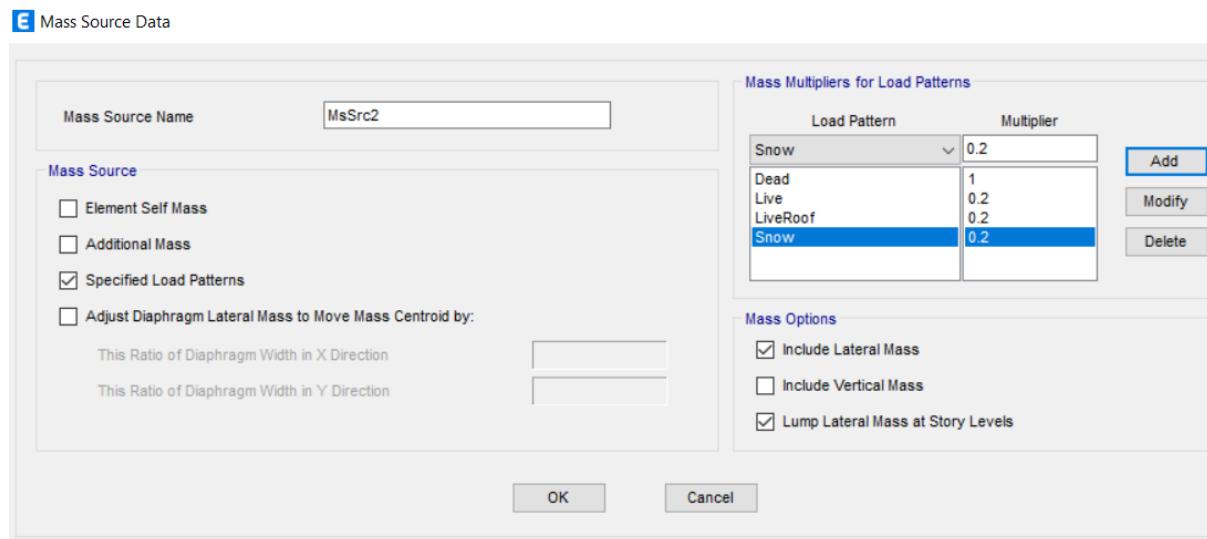
شکل 22 تعریف بار زلزله

اکنون برای تعریف ضرایب می توان گزینه modify lateral load را انتخاب کرد در اینجا ضرایب k و c و طبقات همکف و بام سازه و نیز جهت نیروی زلزله بایستی مطابق آین نامه 2800 تعریف شوند



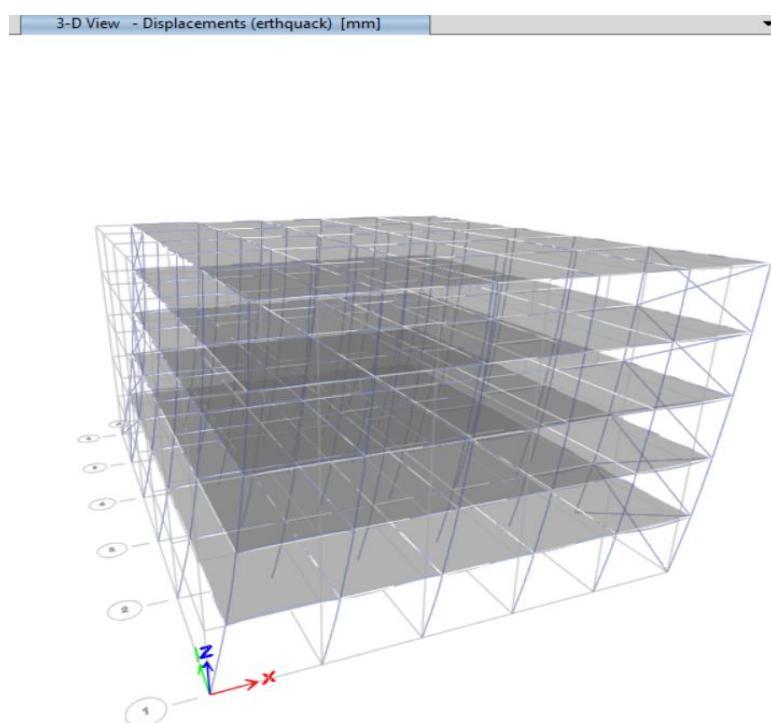
شکل 23 تعریف ضرایب برش پایه

به منظور تعریف جرم موثر لرزه ای باید به قسمت mass source و define رفت



شکل 24 وارد کردن ضرایب بار های ثقلی برای آوردن وزن موثر لرزه ای

در این قسمت گزینه بار های مشخص را فعال کرده و ضرایب وزن موثر لرزه ای را برای هر بارتیمین می کنیم

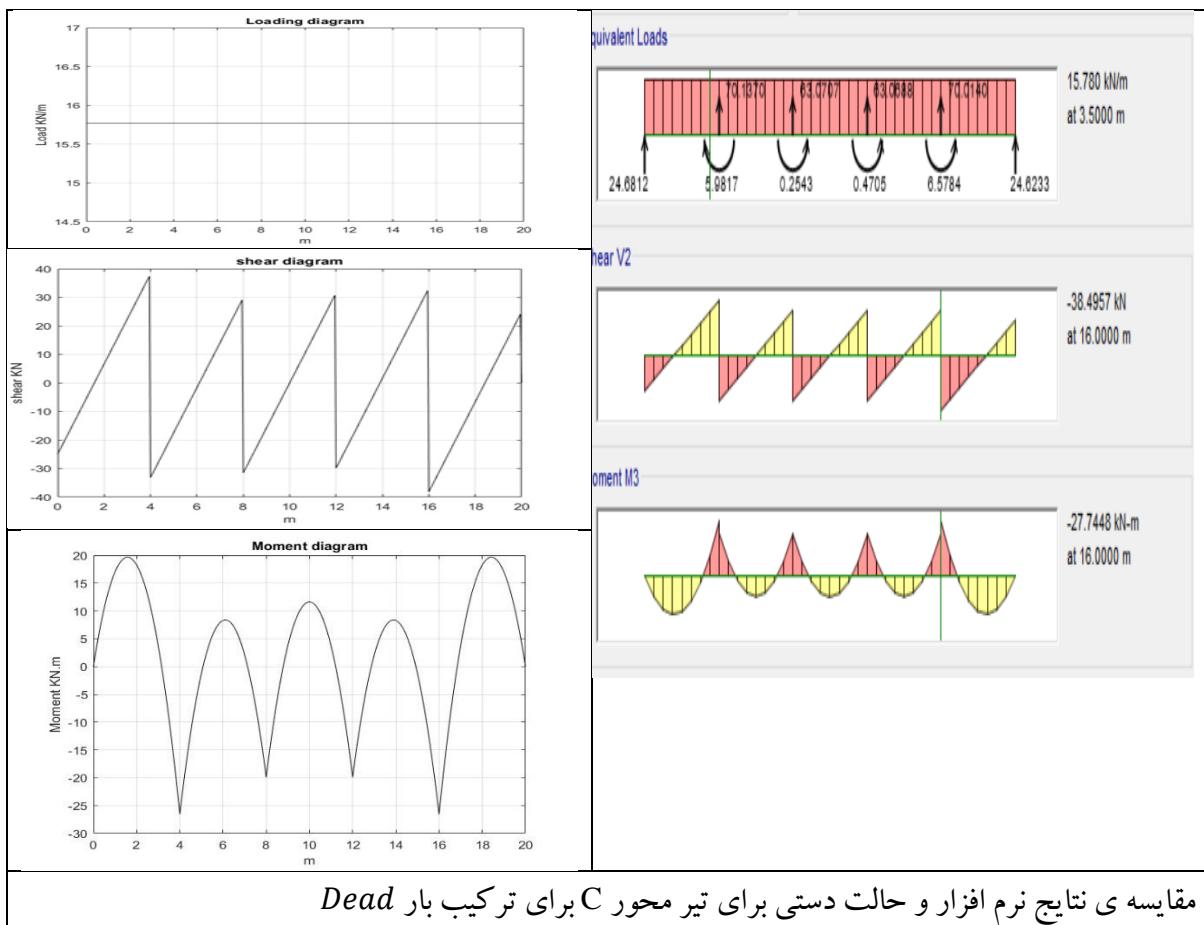


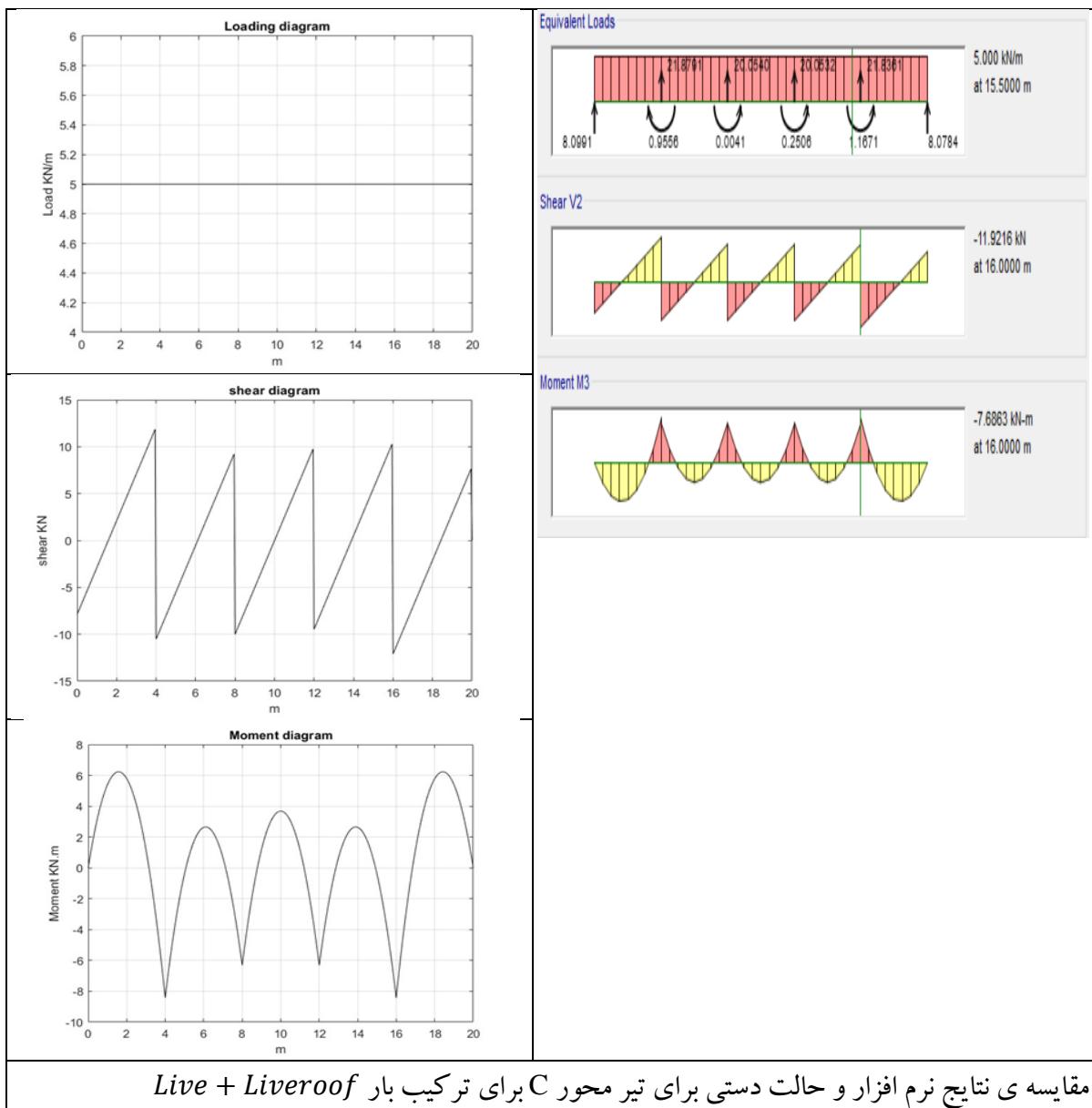
4 فاز سه(مقایسه نتایج)

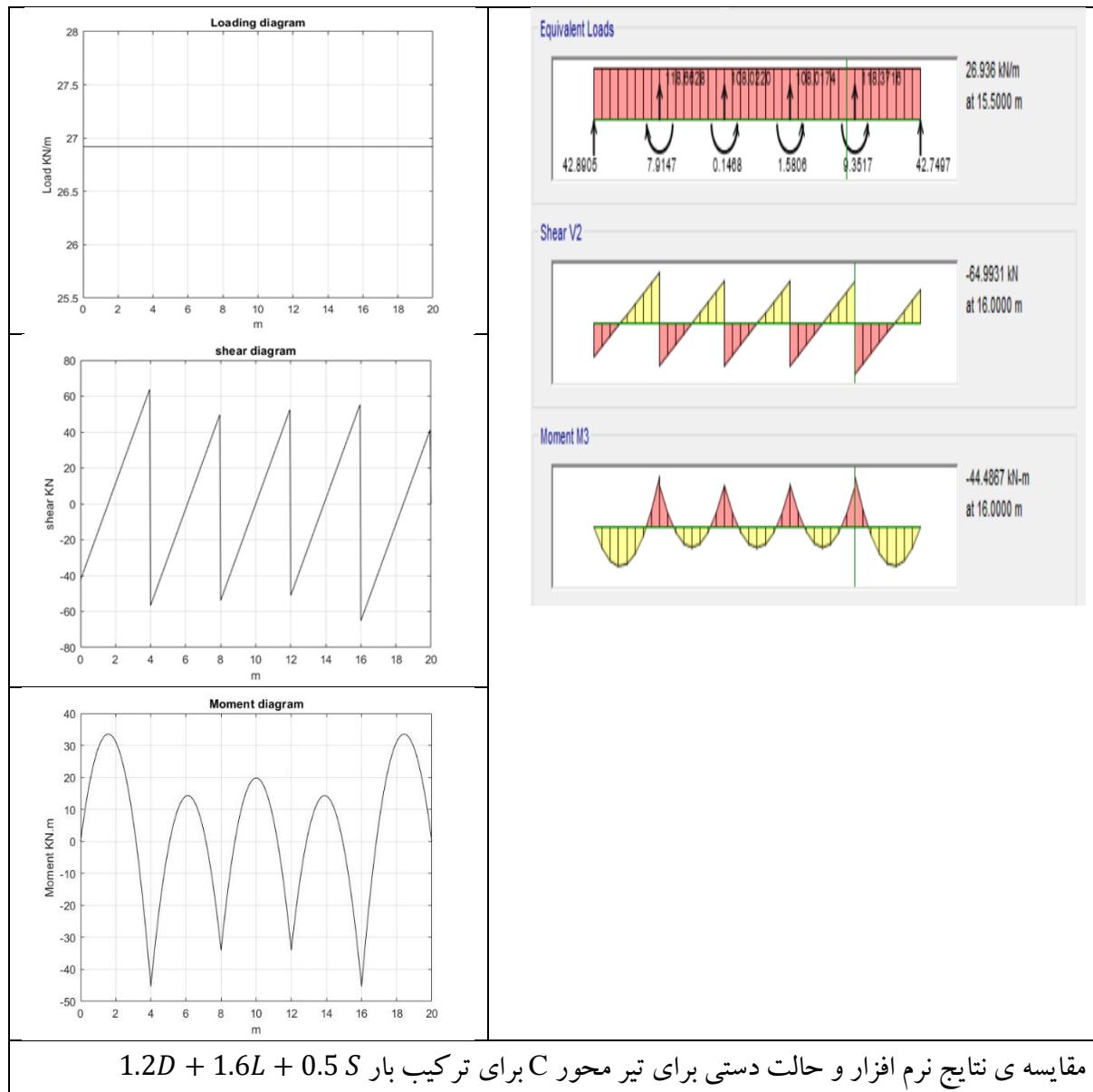
4-1 مقایسه دیاگرام برش و خمش تیرهای مطروحه در دو فاز دستی و نرم افزاری ETABS

برای محور C

جدول 24 مقایسه نمودار های محور C

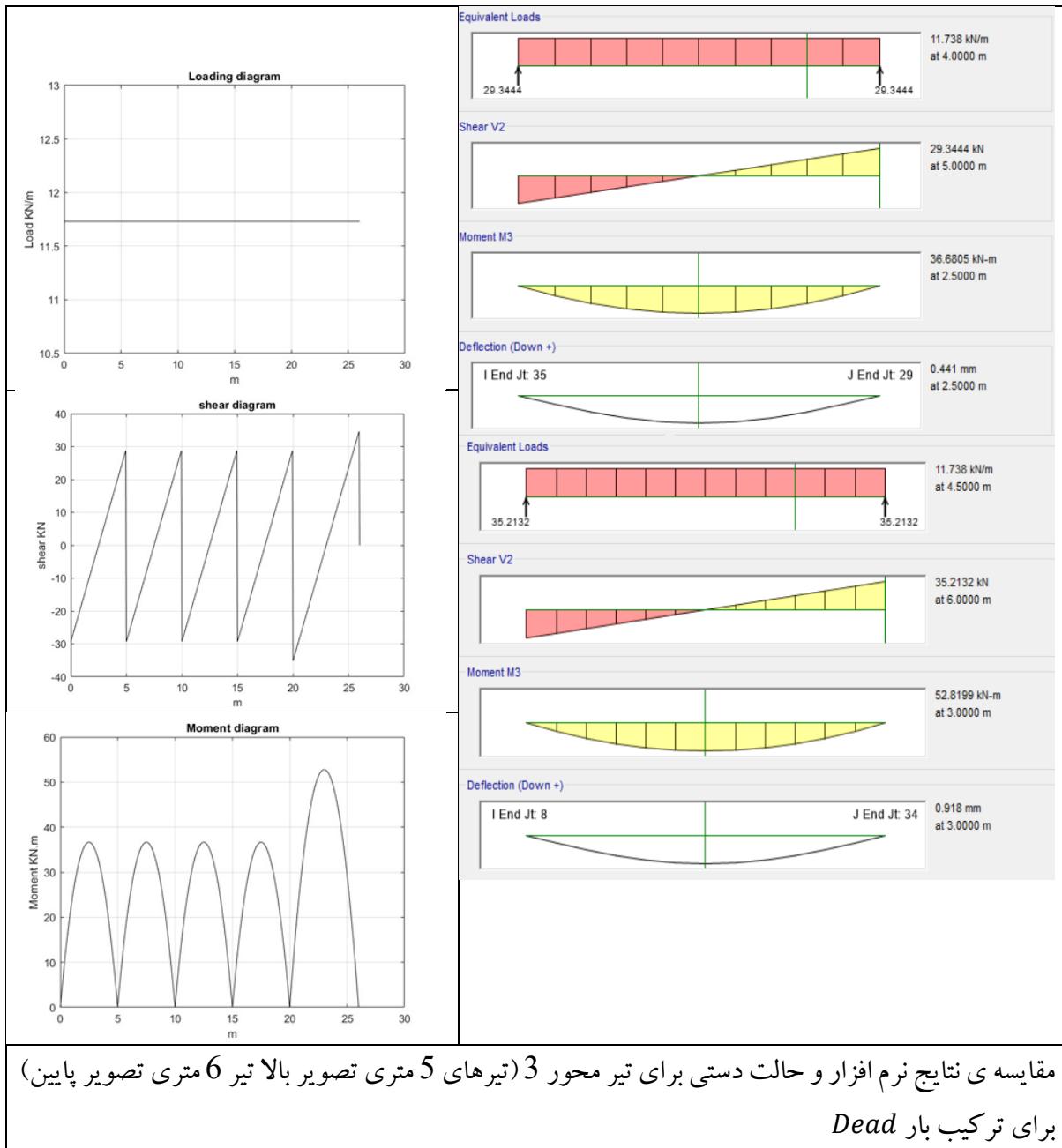


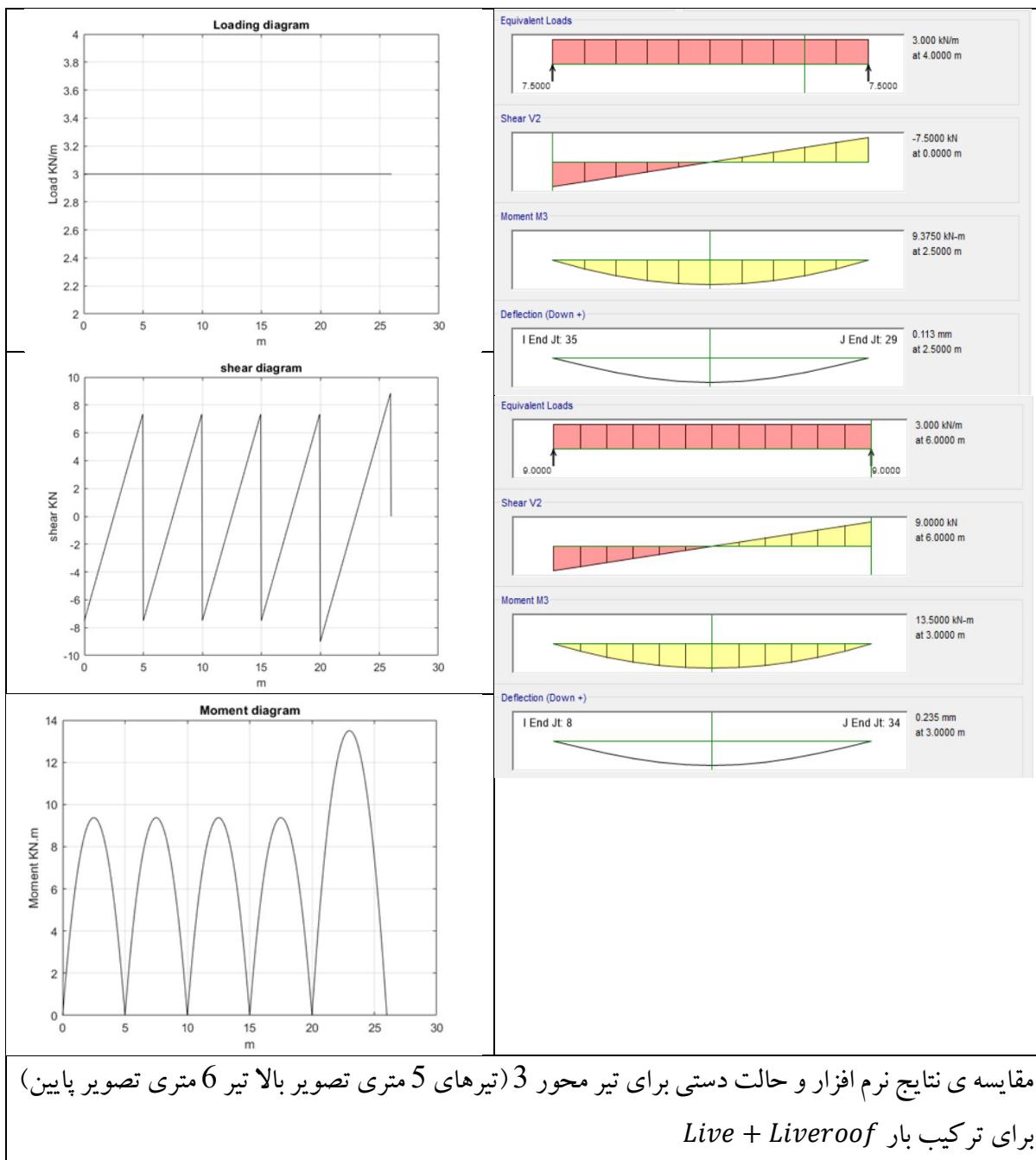


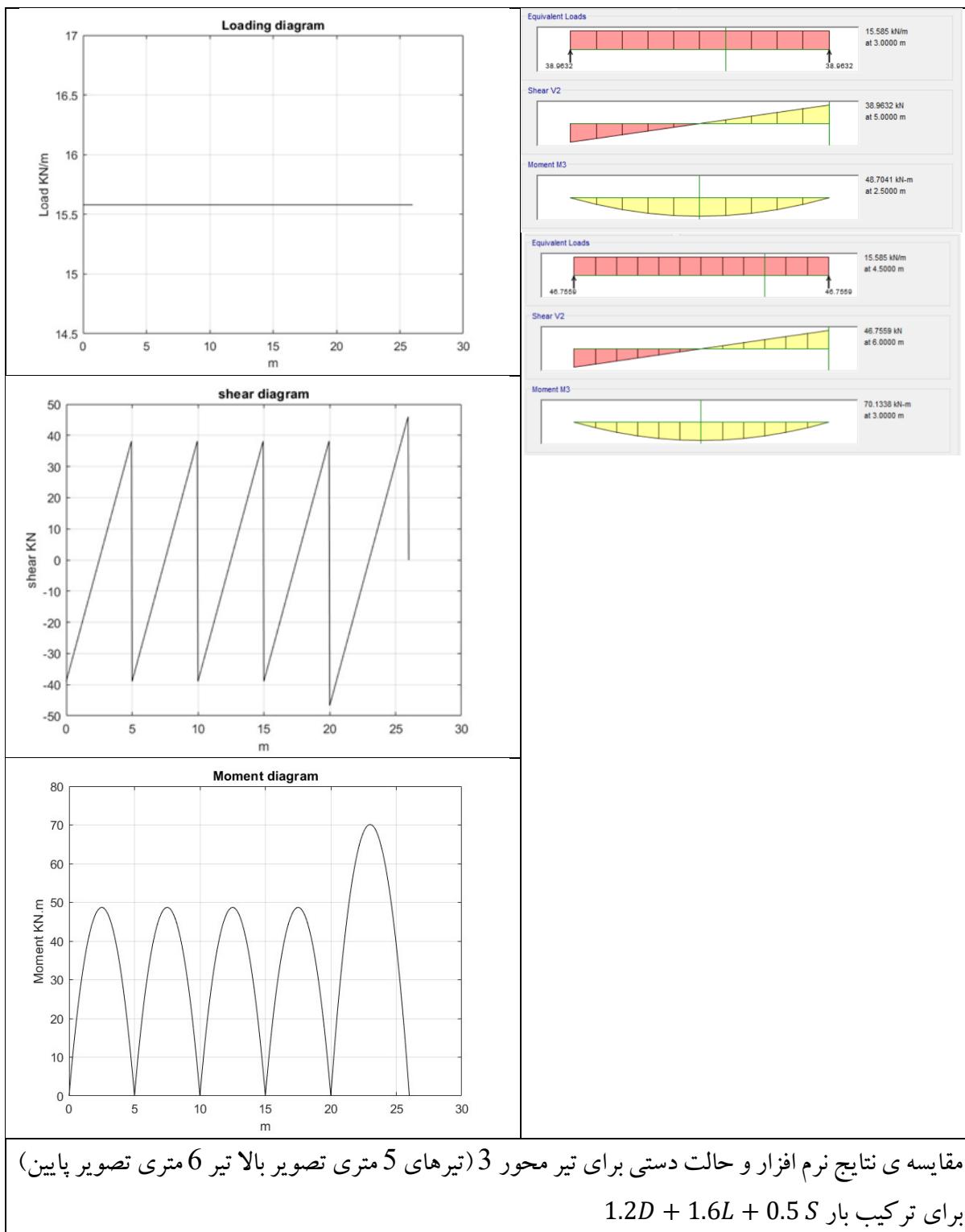


برای محور 3 در تراز بام

جدول 25 مقایسه نمودار های محور 1 (دستی و نرم افزاری)







ملاحظه می شود جواب های بدست آمده از حل دستی و نرم افزار بسیار به یکدیگر نزدیک هستند (کمتر از 3 درصد خطأ)

دلایل خطأ:

1. محاسبات نرم افزار در قسمت های اتصالات بررسی و تحلیل سازه ای متفاوتی از آنچه در نظر گرفتیم دارد
2. بررسی عواملی توسط نرم افزار که در تحلیل دستی ار آنان صرفه نظر می شود به مانند اثر پیچش
3. خطای اندک ناشی از اختلاف وزن تیر های تعریف شده
4. فرض اتصال نیمه صلب بین تیر های محور X (راستای با ستون ها) توسط نرم افزار

4-2 مقایسه وزن، برش پایه سازه و نیروی جانبی زلزله در هر تراز طبقه در دو فاز دستی و نرم افزاری

نتایج عملیات دستی به مانند نتایج موجود در اکسل نیست چرا که طبق آین نامه ۲۸۰۰ مقدار ضریب شکل پذیری R_u باید برابر ۵.۵ برای مهاربند فولادی در نظر گرفته شود همچنین مقدار ضریب k نیز برای هر دو حالت باید ۱ در نظر گرفته می شد

برای بدست آوردن وزن سازه ای موثر در نرم افزار etabs باید از منوی model explorer به model definition و بعد load pattern definition-auto وسپس load pattern definition را انتخاب کرد

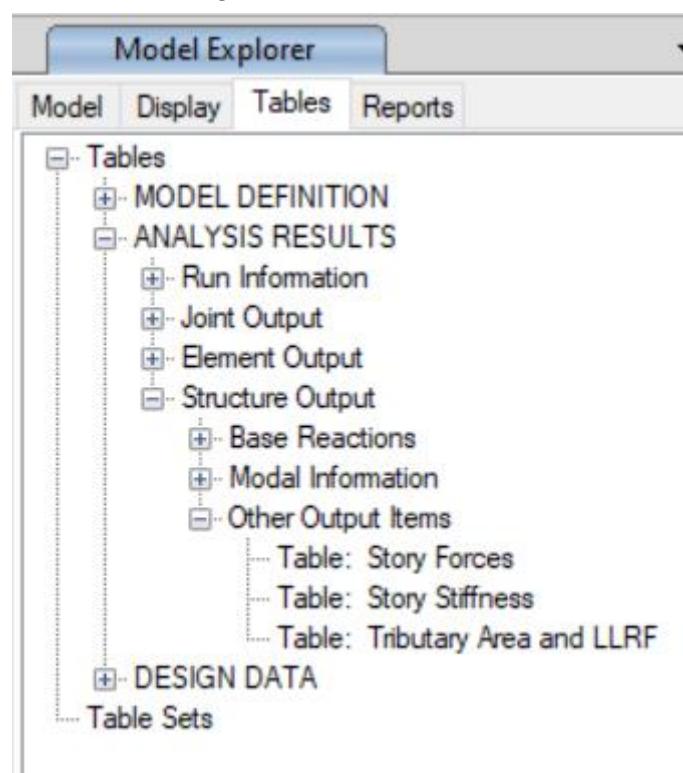
جدول 26 وزن موثر لرزه ای طبقات و برش پایه نرم افزار

Weight Used kN	Base Shear kN
5394.3386	1038.4102
5394.3386	1038.4102

که وزن لرزه ای طبقات که در حل دستی به دست آمده بود برابر $5047kN$ بود (۷ درصد تفاوت) علت این تفاوت متفاوت بودن اعدادی است که توسط اکسل وارد شده اند

برای بدست آوردن برش پایه نیز به مانند زیر عمل می کنیم

جدول 27 نحوه بدست آوردن مقادیر برش وارد بر سازه



مقادیر گزارش شده برای طبقات 2 برابر مواردی است که با حل دستی به دست آمده که نشان دهنده‌ی وجود اشتباه در وارد کردن
و یا تحلیل نرم افزاری است

مراجع

آبین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد 2800)/ویرایش 4 /مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهر سازی
مقررات ملی ساختمان/بارهای وارد بر ساختمان/بحث ششم /6-3 بار مرده/6-5 بار زنده/6-7 بار برف/6-10 بار
باد/6-11 بار زلزله

پیوست

کد Matlab برای تعیین نمودار های قاب خمشی

```
w=1; %distributed load on beam w=13.94; %distributed load on beam
```

```
l=4; %length of each frame
```

```
n=5; %frame number
```

```
L=n*l;
```

```
x=0:0.05:L;
```

```
f=[15/38 43/38 37/38 37/38 43/38 15/38]*w*l;
```

```
fl=[0 4 8 12 16 20];
```

```
V=zeros(1,length(x));
```

```
M=zeros(1,length(x));
```

```
for i=1:length(x)
```

```
M0=w*(x(i)^2)/2;
```

```
V0=w*x(i);
```

```
Ms=0;
```

```
Vs=0;
```

```
for j=1:length(fl)
```

```
if(x(i)>=fl(j))
```

```
Ms=f(j)*(fl(j)-x(i))+Ms;
```

```
Vs=-f(j)+Vs;
```

```
else
```

```
break;
```

```
end
```

```
end
```

```
V(i)=Vs+V0;
```

```
M(i)=-Ms-M0;
```

```
end
```

```
figure % moment diagram
```

```
plot(x,M,Color=[0 0 0])
```

```
title('Moment diagram');
```

```
grid on
```

```
ylabel('Moment KN.m');
```

```
xlabel('m');
```

```
hold on
```

```
axis on
```

```
figure % shear diagram
```

```
plot(x,V,Color=[0 0 0])
```

```
title('shear diagram');
```

```
grid on
```

```
ylabel('shear KN');
```

```
xlabel('m');
```

```
axis on
```

```
figure % Loading diagram
```

```

W=zeros(1,length(x))+w;
plot(x,W,Color=[0 0 0])
title('Loading diagram');
grid on
ylabel('Load KN/m');
xlabel('m');
axis on

```

برای قاب مفصلی

```

w=18.178; %distributed load on beam
l=5; %length of each frame

```

```

L=26;
x=0:0.05:L;
f=[0.5 1 1 1 0.5+0.5*6/5 0.5*6/5]*w*l;
fl=[0 5 10 15 20 26];
V=zeros(1,length(x));
M=zeros(1,length(x));

```

```

for i=1:length(x)
M0=w*(x(i)^2)/2;
V0=w*x(i);
Ms=0;
Vs=0;
for j=1:length(fl)

```

```

if(x(i)>=fl(j))
Ms=f(j)*(fl(j)-x(i))+Ms;
Vs=-f(j)+Vs;
else
    break;
end

```

```

end

```

```

V(i)=Vs+V0;
M(i)=-Ms-M0;

```

```

end

```

```

figure %moment diagram
plot(x,M,Color=[0 0 0])
title('Moment diagram');
grid on
ylabel('Moment KN.m');
xlabel('m');
hold on

```

```
axis on
figure %shear diagram
plot(x,V,Color=[0 0 0])
title('shear diagram');
grid on
ylabel('shear KN');
xlabel('m');
axis on
figure %Loading diagram
W=zeros(1,length(x))+w;
plot(x,W,Color=[0 0 0])
title('Loading diagram');
grid on
ylabel('Load KN/m');
xlabel('m');
axis on
```