

پروژه طراحی سازه بتن آرمه



ویژگی‌های طرح

مشخصات پروژه

- اسکلت سازه از نوع بتن آرمه می‌باشد.
- سیستم مقاوم جانبی: در هر دو جهت قاب خمشی با شکل‌پذیری متوسط می‌باشد.
- دیافراگم صلب طبقات، دال یکطرفه طرفه از نوع تیرچه و بلوک بتنی می‌باشد.
- فونداسیون سازه از نوع گسترده می‌باشد.
- پروژه شامل ۶ طبقه سازه‌ای می‌باشد که کاربری طبقه همکف پارکینگ بوده و بقیه طبقات مسکونی می‌باشد.
- برای کف سازی طبقات به همراه ارتفاع سقف مجموعاً ۴۰ سانتیمتر در نظر گرفته شده است.

مشخصات مصالح مصرفی

- مقاومت مشخصه بتن مصرفی سازه $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- مقاومت مشخصه بتن مصرفی فونداسیون $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- مقاومت نظیر حد تسلیم میلگردهای مصرفی در اسکلت و فونداسیون $F_y = 3500 \text{ kg/cm}^2$
- مدول الاستیسیته بتن مصرفی $E_c = 2.48 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- مدول الاستیسیته فولاد مصرفی $E_s = 2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- تنش مجاز خاک زیر فونداسیون $q_a = 2.0 \text{ kg/cm}^2$

معیارهای طراحی (مراجع و آئین نامه‌ها)

آئین نامه‌های بارگذاری

- مبحث ششم مقررات ملی ساختمان – بارهای وارد بر ساختمان ویرایش ۱۳۹۲
- آئین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم

آئین نامه‌های طراحی

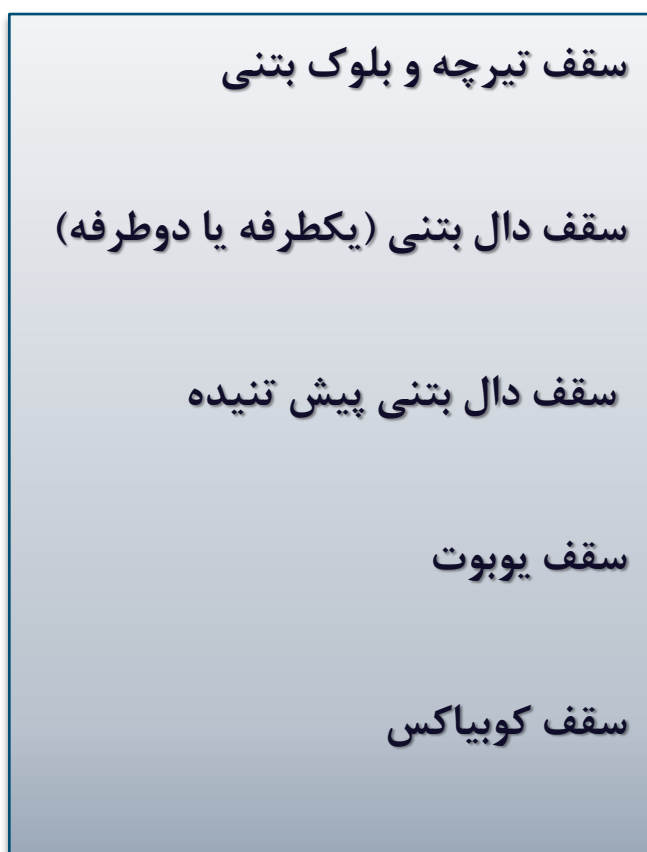
- آئین نامه طراحی سازه‌های بتن آرمه آمریکا ، ACI318-14
- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان – طرح و اجرای سازه‌های بتن آرمه ویرایش ۱۳۹۹
- مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان – پی و پی سازی ویرایش ۱۳۹۲

منابع و مراجع مورد استفاده

- کتاب بارگذاری سازه‌ها – موسسه سری عمران

انتخاب سیستم سقف و تیرریزی کفها

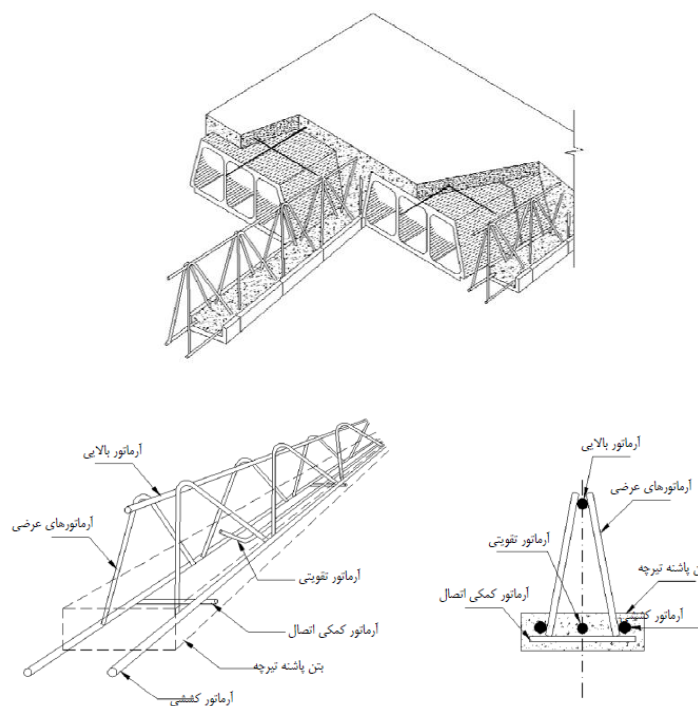
یکی از اجزای اصلی تشکیل دهنده ی انواع ساختمان ها، سقف ها و از آن جمله سقف های بتنی می باشند که نقش اساسی آنها انتقال نیروهای قائم و افقی ناشی از بارهای ثقلی و نیروهای جانبی شامل بارهای باد و زلزله به سایر اعضای باربر است. سقف های سازه ای علاوه بر اینکه تحمل کننده ی بارهای ثقلی در ساختمان ها هستند، براساس میزان صلبیت در هنگام زلزله وظیفه ی توزیع و انتقال نیروهای ایجاد شده در دیافراگم ها را به عناصر قائم باربر جانبی بر عهده دارند. همچنین این عناصر باید در برابر تغییرشکل های افقی که در میان صفحه آنها ایجاد می شود، مقاومت و سختی کافی را دارا باشند. برای سازه های بتن آرمه رایج ترین سیستم های باربر ثقلی عبارتند از:



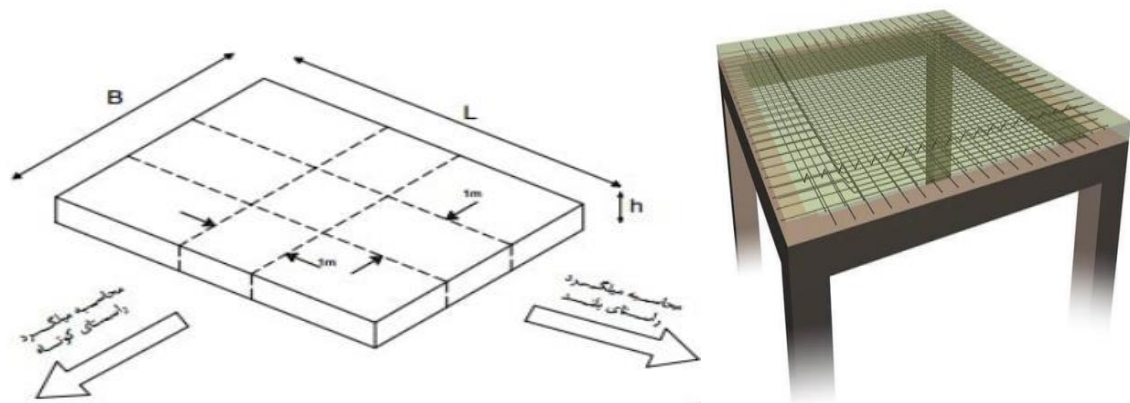
انتخاب مناسب ترین سیستم برای سقف به عوامل مختلفی از جمله بیشترین دهانه موجود در پلان، کاربری ساختمان، بارهای وارده به ساختمان، اقتضای اقتصادی پروژه و مسائل اجرایی پروژه بستگی دارد که می توان

گفت مهمترین عامل بیشترین دهانه موجود در پلان می باشد که برای ما به نوعی تعیین کننده ترین عامل خواهد بود که در عرف مهندسی معمولا برای سقف های مذکور دهانه های زیر مناسب می باشند:

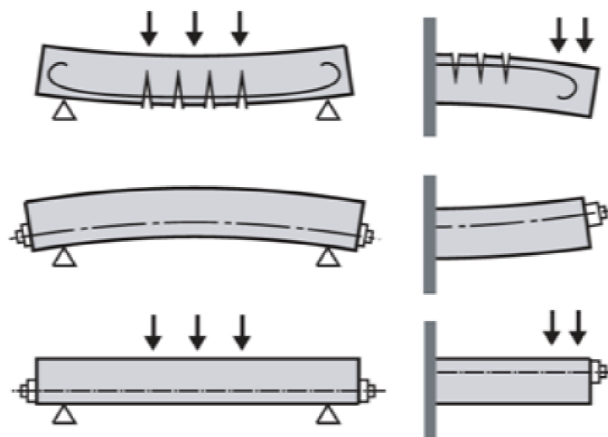
- سقف تیرچه و بلوک: تا دهانه ۷ متر مناسب می باشد.
- سقف دال بتنی: معمولا تا دهانه ۹ متر یا ۱۰ متر مناسب می باشد.
- سقف دال بتنی پیش تنیده: معمولا برای دهانه های بزرگ حتی دهانه های ۱۵ متر طبق سازوکار خاصی مناسب می باشد.
- سقف های یوبوت و کوبیاکس: سقف های نسل جدیدی هستند که با ضوابط خاصی بایستی طراحی و اجرا گردد که اگر بصورت درست طراحی و اجرا شوند ممکن است در دهانه های تا ۱۵ متر نیز استفاده شوند.



سقف تیرچه و بلوک بتنی



سقف دال بتنی



سقف دال بتنی پیش تنیده



سقف دال بتنی مجوف (یوبوت و کوبیاکس)

✓ در این پروژه بنا به صورت پروژه از سقف تیرچه و بلوک بتنی استفاده شده است.

مشخصات مصالح

- بتن مصرفی

برای معرفی بتن در نرم افزار بایستی مشخصاتی نظیر وزن مخصوص، مدول الاستیسیته، نسبت پوآسون، ضریب انبساط حرارتی، مقاومت فشاری (مقاومت مشخصه) را وارد نمائیم که این مشخصات عبارتند از:

➤ وزن مخصوص

وزن مخصوص انواع بتن طبق مبحث ۶ بصورت زیر خواهد بود:

۳- بتن ها	
بتن با شن و ماسه معمولی	۲۴۰۰
بتن آرمه و بتن پیش تنیده با شن و ماسه معمولی	۲۵۰۰
بتن با سرباره کوره آهن گدازی	۱۷۵۰
بتن های سبک هوادار و گازی	۶۰۰
بتن با سنگ دانه سبک	۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ (بسته به نوع)
بتن اسفنجی	۵۰۰ تا ۹۰۰ (بسته به نوع)
بتن با خرده آجر	۱۷۰۰
بتن با پوکه معدنی و سیمان	۱۳۰۰
بتن با پوکه صنعتی و سیمان	۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ (بسته به نوع)

$$w_c = 2500 \text{ kgf/m}^3$$

➤ مدول الاستیسیته

۹-۳-۶ مدول الاستیسیته بتن، E_c

۹-۳-۶-۱ مدول الاستیسیته بتن را می‌توان از یکی از دو رابطه‌ی (۹-۳-۲-الف) و یا (۹-۳-۲-ب) محاسبه نمود:

ضریب الاستیسیته بتن‌های با چگالی بتن W_c بین ۱۴۴۰ و ۲۵۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب:

$$E_c = 0.043w_c^{1.5}\sqrt{f'_c} \quad (۹-۳-۲-الف)$$

رابطه فوق برای بتن‌های معمولی با چگالی ۲۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad (۹-۳-۲-ب)$$

$$E_c = E_c = 4700\sqrt{f'_c}$$

$$= 24800 \text{ Mpa}$$

➤ نسبت پواسون

۹-۳-۷ ضریب پواسون بتن، ν

۹-۳-۷-۱ در بتن معمولی، ضریب پواسون را میتوان یا برابر با ۰/۲ فرض نمود؛ و یا مقدار آن را از طریق آزمایش‌های معتبر به دست آورد.

$$\nu = 0.2$$

➤ ضریب انبساط حرارتی

۸-۳-۹ ضریب انبساط حرارتی بتن

۱-۸-۳-۹ در بتن‌های معمولی، ضریب انبساط حرارتی را میتوان با توجه به نوع سنگ دانه‌ها و با تقریب ۲۰ درصد برابر با 10×10^{-6} در هر درجه‌ی سلسیوس منظور نمود.

$$A = 10 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}C$$

➤ مقاومت فشاری (مشخصه)

$$f'_c = 28 \text{ Mpa}$$

Material Property Data

General Data

Material Name: C28

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2500 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 254.929 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2480000000 kgf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.00001 1/C

Shear Modulus, G: 1033333333 kgf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Design Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'_c: 2800000 kgf/m²

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

شکل ۵، اطلاعات بتن مصرفی در نرم افزار

- میلگرد مصرفی

برای میلگردهای مصرفی از دو نوع میلگرد S300 و S420 استفاده خواهیم نمود که مشخصات آن بصورت زیر خواهند بود:

➤ وزن مخصوص میلگرد

همانند فولاد نرمه ساختمانی می باشد.

شرح	جرم مخصوص (کیلوگرم بر متر مکعب)
۱- فلزات	
آلومینیم	۲۷۰۰
آهن خام خاکستری	۷۲۰۰
آهن خام سفید	۷۷۰۰
چدن	۷۲۰۰
فولاد نرم	۷۸۵۰

$$W = 7850 \text{ kgf/m}^3$$

➤ مدول الاستیسیته

۴-۸-۴-۹ مدول الاستیسیته، E_s ، برای آرماتورها برابر با ۲۰۰۰۰۰ مگاپاسکال است.

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

➤ مقاومت تسلیم، گسیختگی

نوع میلگرد	مقاومت تسلیم (Fy)	مقاومت گسیختگی (Fu)
S300	300 Mpa	500 Mpa
S420	420 Mpa	600 Mpa

➤ مقاومت تسلیم و گسیختگی مورد انتظار

۱۰-۳-۲-۳ ضریب R_y تولیدات فولاد

طبق تعریف، ضریب R_y عبارت است از نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم تعیین شده، که به منظور در نظر گرفتن افزایش مقاومت مورد نیاز باید در محاسبات مدنظر قرار گیرد. کاربرد ضریب R_y در محاسبات لرزه‌ای سازه‌های با شکل‌پذیری مختلف در بخش‌های مربوطه ارائه شده است. مقدار ضریب R_y از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$R_y = \frac{F_{ye}}{F_y} \quad (10-3-2-3)$$

که در آن:

F_y = تنش تسلیم تعیین شده فولاد

F_{ye} = تنش تسلیم مورد انتظار فولاد

ضریب R_y اساساً برای انواع تولیدات فولاد متفاوت بوده و به عوامل متعددی نظیر شکل مقاطع، افزودنی‌های به کار رفته در طی روند تولید فولاد در کارخانجات بستگی دارد. مطابق مقررات این مبحث ضریب R_y باید به شرح جدول ۱۰-۳-۲-۱۰ در نظر گرفته شود.

جدول ۱۰-۳-۲-۱۰ مقادیر R_y برای انواع تولیدات فولاد

R_y	نوع محصول
۱/۲۵	مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل نورد شده
۱/۲۰	سایر مقاطع نورد شده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری
۱/۱۵	مقاطع ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها

Material Property Data

General Data

Material Name: S420

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.0000785 N/mm³

Mass per Unit Volume: 8.005E-09 N-s²/mm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 200000 MPa

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

Design Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Strength, Fy: 420 MPa

Minimum Tensile Strength, Fu: 600 MPa

Expected Yield Strength, Fye: 525 MPa

Expected Tensile Strength, Fue: 750 MPa

اطلاعات میلگرد مصرفی S420 در نرم افزار

Material Property Data

General Data

Material Name: S300

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.0000785 N/mm³

Mass per Unit Volume: 8.005E-09 N-s²/mm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 200000 MPa

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Design Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Strength, Fy: 300 MPa

Minimum Tensile Strength, Fu: 500 MPa

Expected Yield Strength, Fye: 375 MPa

Expected Tensile Strength, Fue: 625 MPa

اطلاعات میلگرد مصرفی S300 در نرم افزار

- محل و نوع ساختگاه

ایران از نظر لرزه خیزی به ۴ قسمت مناطق با لرزه خیزی خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم تقسیم بندی می شوند که در این پروژه شهر انتخابی تبریز انتخاب شده است که جزء مناطق با لرزه خیزی خیلی زیاد به حساب می آید و از نظر نوع خاک ۴ دسته وجود دارد که در این پروژه خاک انتخابی نوع II انتخاب شده است که مشخصات آن نیز بصورت زیر می باشد:

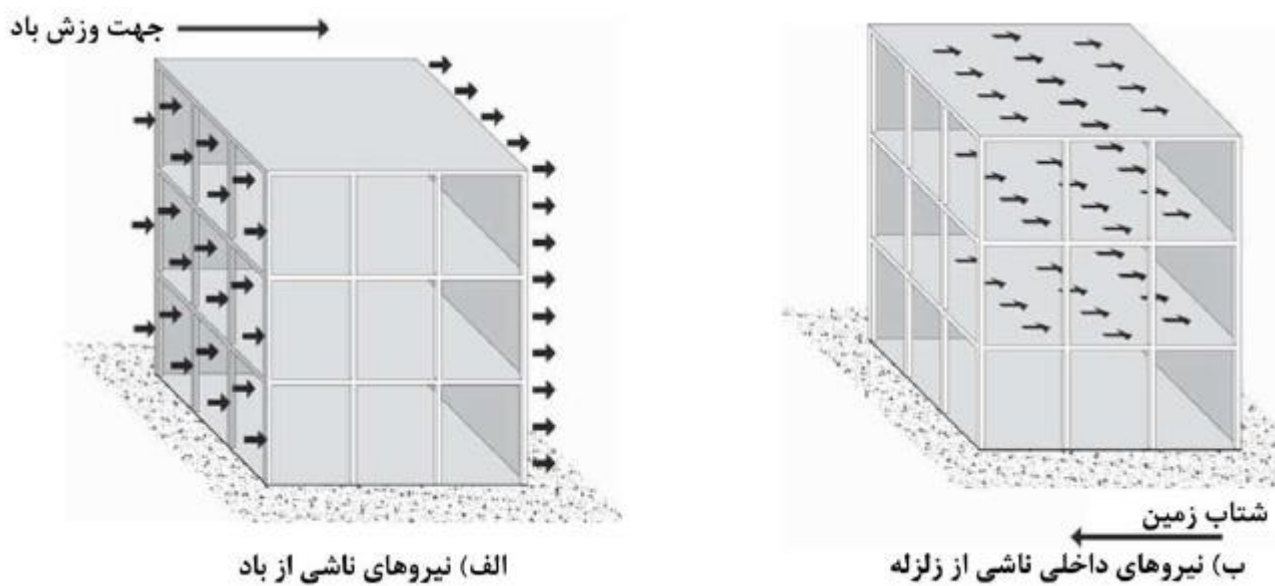
جدول ۲-۲ پارامترهای مربوط به روابط (۲-۲)

نوع زمین	T_0	T_s	خطر نسبی کم و متوسط		خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد	
			S_0	S	S_0	S
I	۰/۱	۰/۴	۱	۱/۵	۱	۱/۵
II	۰/۱	۰/۵	۱	۱/۵	۱	۱/۵
III	۰/۱۵	۰/۷	۱/۱	۱/۷۵	۱/۱	۱/۷۵
IV	۰/۱۵	۱/۰	۱/۳	۲/۲۵	۱/۱	۱/۷۵

انتخاب سیستم باربر جانبی و جانمایی آن در پلان

سیستم باربر جانبی، قسمتی از یک سازه است که وظیفه دارد در برابر بارهای جانبی مقاومت کرده و آنها را در یک مسیر پیوسته و ایمن به سمت شالوده و زمین هدایت کند.

عمده بارهای جانبی وارده بر یک سازه ناشی از اثر باد و زلزله هستند که این نیروها در تمامی جهات جانبی می تواند اثر کند بنابراین بایستی برای سازه سیستم باربر جانبی بگونه ای انتخاب شود تا سازه در تمام جهات بتواند نیروهای وارده را تحمل نماید.



تفاوت اثر نیروی زلزله و باد بر سازه

انتخاب سیستم باربر جانبی به عوامل مختلفی از جمله لرزه خیزی منطقه، کاربری ساختمان، مساحت زیربنای ساختمان، ارتفاع ساختمان، اقتضای اقتصادی ساختمان، شکل پذیری ساختمان و محدودیت های معماری ساختمان بستگی دارد و انتخاب آن به عهده طراح سازه می باشد که بایستی بهینه ترین سیستم را انتخاب نماید که در ادامه به معرفی آنها خواهیم پرداخت.

الف) سیستم دیوارهای باربر

نوعی سیستم سازه‌ای است که فاقد قاب‌های ساختمانی برای باربری قائم می‌باشد. در این سیستم، دیوارهای باربر و یا قاب‌های مهاربندی شده عمدتاً بارهای قائم را تحمل نموده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی نیز به وسیله دیوارهای باربر که به صورت دیوارهای برشی عمل می‌کنند و یا قاب‌های مهاربندی شده تامین می‌شود.



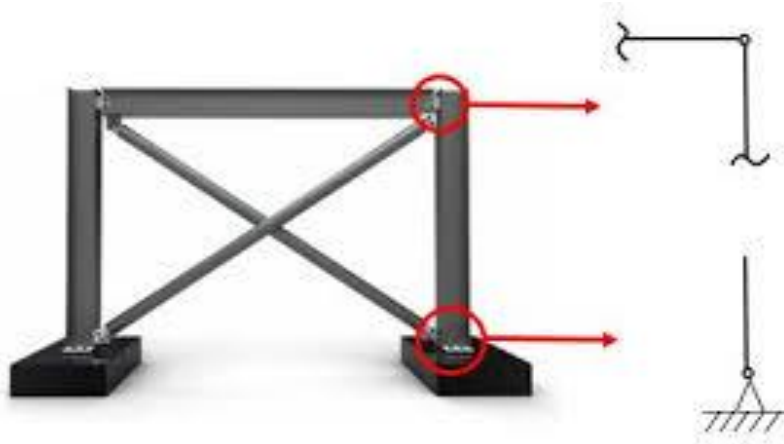
با توجه به محدودیت‌های زیاد این نوع سیستم و محدود نمودن فضای معماری بیشتر و تحمل عمده نیروها توسط دیوارها این نوع سیستم معمولاً با استقبال کمتری مواجه بوده و به ندرت در سازه‌ها استفاده می‌شود.

ب) سیستم قاب ساختمانی ساده

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن بارهای قائم عمدتاً توسط قاب‌های ساختمانی با اتصالات ساده تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط دیوارهای برشی یا بادبند تامین می‌شود.

نمونه رایج این نوع سیستم قاب‌های فولادی با اتصالات مفصلی می‌باشد که در آنها برای مقابله با زلزله از بادبند استفاده می‌شود. در این سیستم بارهای ثقیلی را قاب‌ها (شامل تیر و ستون) تحمل می‌کنند. برای

تحمل نیروی جانبی در این قاب ها یا باید از بادبند فولادی استفاده شود و یا از دیوار برشی بتنی و یا دیوار برشی بنایی مسلح.



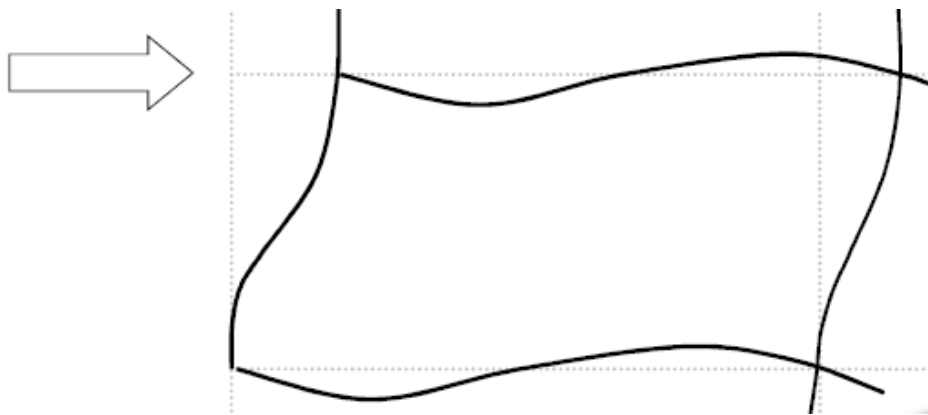
بحث مهم در استفاده از این سیستم این است که اتصالات تیر به ستون از نوع مفصلی باشد که اتصال مفصلی به راحتی در سازه فولادی امکان پذیر بوده و از این نوع سیستم به وفور استفاده شده است اما در سازه بتن آرمه اجرای اتصال مفصلی در حاضر با مشکل مواجه بود و تقریباً امکان پذیر نمی باشد بنابراین استفاده از این سیستم در حال حاضر محدود به سازه های فولادی می شود و در سازه های بتن آرمه کاربردی نخواهد داشت. مگر در شرایط خاص و برای بهسازی سازه ها)

پ) سیستم قاب خمشی

نوعی سیستم سازه ای است که در آن بارهای قائم توسط قاب های ساختمانی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط قاب های خمشی تامین می شود.

این نوع سیستم از نظر معماری مناسب تر از سیستم قاب ساده مهاربندی شده می باشد. وجود بادبند ها یا دیوار برشی مانع قرار دادن بازشو در قاب می شود در حالیکه در سیستم قاب خمشی در تمامی دهانه ها امکان ایجاد بازشو وجود دارد.

در این سیستم اتصالات تیر به ستون از نوع گیردار بوده و در هنگام تغییرشکل زاویه بین تیر و ستون ثابت باقی می ماند.



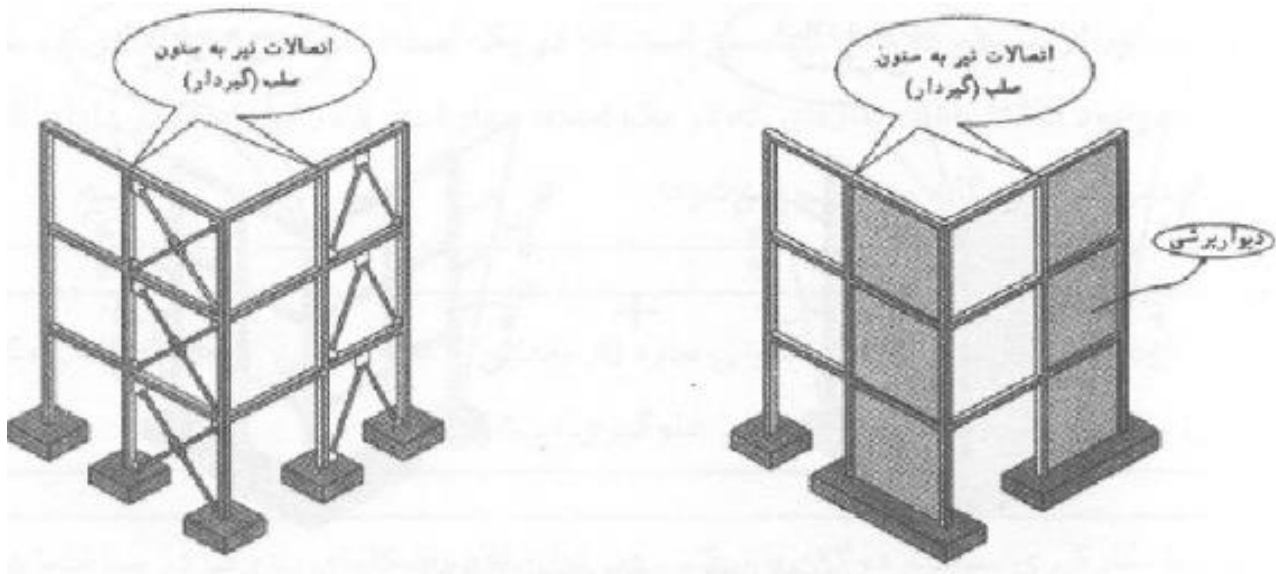
بحث مهم در استفاده از این سیستم این است که اتصالات تیر به ستون از نوع گیردار می باشد که امروزه تقریباً در اکثر پروژه ها از سیستم قاب خمشی استفاده می شود که هم فضای معماری مطلوب تری داشته هم اجرای نسبتاً آسانی دارد فقط از معایب بزرگ این نوع سیستم می توان به این مورد اشاره کرد که با توجه به سختی کم این سیستم نسبت به قاب های مهاربندی در هنگام کنترل تغییر مکان نسبی طبقات (دریفت) در سازه های بلند با مشکل مواجه بوده و ممکن است ابعاد مقاطع بزرگتر درآید بنابراین این سیستم معمولاً بسته به ابعاد و کاربری پروژه و منظم بودن پلان در سازه های بتن آرمه تا ۸ طبقه جوابگو باشد.

ت) سیستم دوگانه یا ترکیبی

نوعی سیستم سازه ای است که در آن:

الف) بارهای قائم عمدتاً توسط قاب های ساختمانی تحمل می شوند.

ب) مقاومت در برابر بارهای جانبی توسط مجموعه ای از دیوارهای برشی یا قاب های مهاربندی شده همراه با مجموعه ای از قاب های خمشی صورت می گیرد. سهم برشگیری هر یک از دو مجموعه با توجه به سختی جانبی و اندرکنش آن دو، در تمام طبقات، تعیین می شود.



نتیجه گیری: این نوع سیستم به دلیل وجود دیوار برشی یا مهاربند در سازه دارای سختی بیشتری می باشد و معمولاً از این سیستم می توان در سازه های نسبتاً بلند نیز استفاده نمود و بزرگترین عیب این نوع سیستم در محدود کردن فضاهای معماری هست که بعضاً جایگذاری دیوار برشی در پلان به دلایل معماری و ضوابط لرزه ای مشکل بوده و معمولاً استفاده از این نوع سیستم در پلان های معمولاً بزرگ مناسب بوده و عملکرد بهینه تری خواهد داشت.

ث) سیستم کنسولی

نوعی سیستم سازه ای که در آن نیروهای جانبی توسط ستون کنسول تحمل می شوند.



این نوع سیستم به دلیل وجود محدودیت های زیاد و ارتفاع محدود ۱۰ متر معمولاً در ساختمان مورد استفاده قرار نمی گیرند و از لحاظ ضوابط لرزه ای نیز مطلوب نمی باشند و برای سازه های خاص نظیر جایگاه های سوخت مورد استفاده قرار می گیرند.

شکل پذیری

خصوصیتی از سازه است که در آن اعضاء سازه در تمام یا قسمتی از طول خود، بدون تغییر قابل ملاحظه در مقاومت و سختی، قادر به تحمل تغییر شکل های عمدتاً پلاستیک می باشند.

➤ شکل پذیری کم (معمولی)

این حد برای سازه هایی بکار می رود که تحت بارهای جانبی، از سازه انتظار تغییر شکل زیاد نداریم.

➤ شکل پذیری متوسط

در صورتیکه نیروی زلزله وارده بر سازه به قدری باشد که پاسخ های سازه وارد ناحیه غیرخطی شود می توان از این شکل پذیری استفاده نمود.

➤ شکل پذیری زیاد (ویژه)

این حد برای سازه هایی بکار می رود که در آنها قابلیت جذب و استهلاک انرژی بطور ویژه ای اهمیت داشته و از طرفی نخواهیم ابعاد مقطع بیش از حد بزرگ شود.

شکل پذیری کم در سیستم های باربر جانبی طبق آئین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم برای سازه هایی که در مناطق لرزه خیزی "خیلی زیاد" و "زیاد" برای ساختمان های با اهمیت "متوسط" مجاز نمی باشد، برای ساختمان های با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" در تمام مناطق لرزه خیزی مجاز نیست. در مناطق لرزه خیزی "متوسط" و "کم" برای ساختمان های با اهمیت "متوسط" استفاده از این شکل پذیری به "۱۵ متر" محدود می شود.

از طرفی برای برخی سازه ها مجبوریم از سیستم با شکل پذیری ویژه استفاده نمائیم؛ طبق آئین نامه ۲۸۰۰ برای سازه های با اهمی "خیلی زیاد" و منطقه لرزه خیزی "خیلی زیاد" بایستی از سیستم هایی که عنوان ویژه دارند استفاده شوند.

✓ با توجه به توضیحات گفته شده و اطلاعات داده شده در صورت پروژه از سیستم قاب خمشی بتن آرمه با شکل پذیری متوسط استفاده شده است.

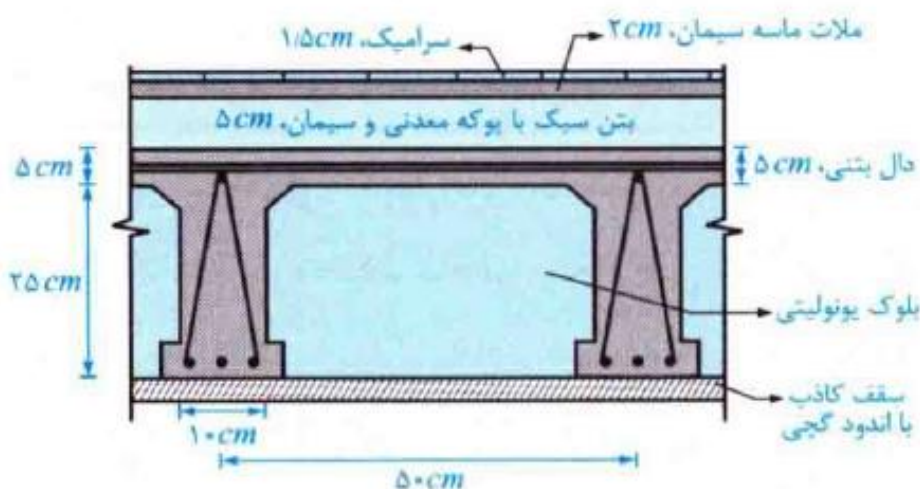
محاسبات بارگذاری

انتخاب جزئیات سقف‌ها، دیوارها و پله‌ها

سقف انتخاب شده از نوع تیرچه و بلوک بتنی می‌باشد و دیوارها از نوع دیوارهای آجری و راهپله از نوع بتنی می‌باشد.

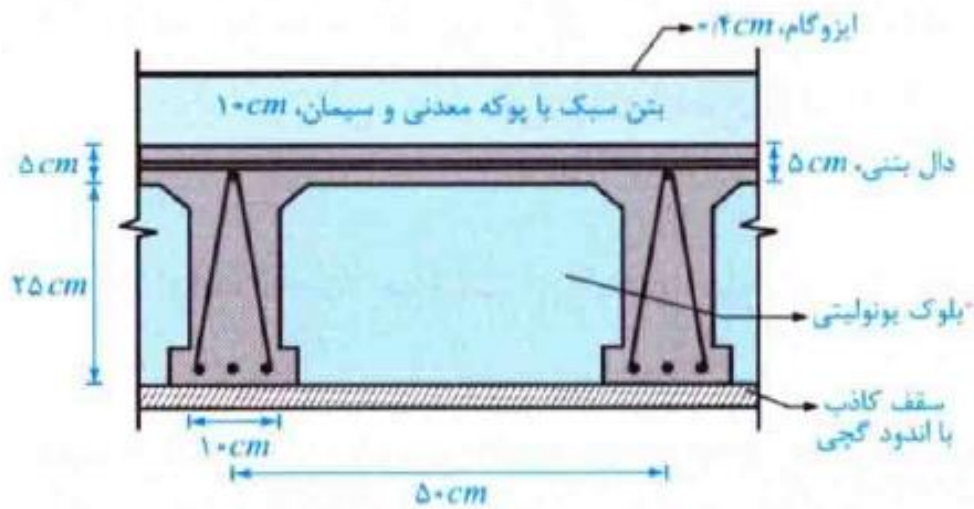
۲-۶ محاسبات بار مرده سقف، دیوار، راهپله

بار محاسباتی کف طبقات مسکونی



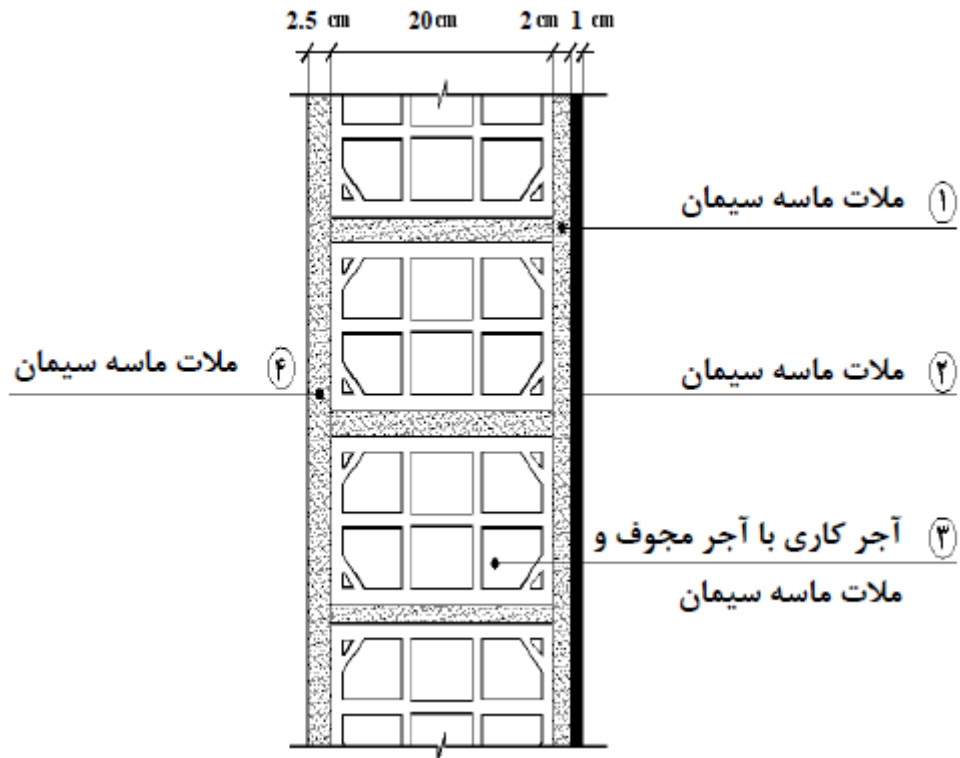
نوع مصالح	وزن واحد حجم (kgf/m^3)	ضخامت (m)	وزن واحد سطح (kgf/m^2)
سرامیک	۲۱۰۰	۰/۰۱۵	۳۱/۵
ملات ماسه سیمان	۲۱۰۰	۰/۰۲	۴۲
بتن سبک	۱۳۰۰	۰/۰۵	۶۵
دال بتنی	۲۵۰۰	۰/۰۵	۱۲۵
تیرچه‌های بتنی	۲۵۰۰	$۲ \times (۰/۱ \times ۰/۲۵)$	۱۲۵
بلوک یونولیتی	-	-	۲
سقف کاذب با اندود گچی	-	-	۵۰
مجموع $= ۴۴۰ kgf/m^2$			

بار محاسباتی سقف بام



نوع مصالح	وزن واحد حجم (kgf/m^3)	ضخامت (m)	وزن واحد سطح (kgf/m^2)
ایزوگام (قیر)	۱۲۰۰	۰/۰۰۴	۴/۸
بتن سبک	۱۳۰۰	۰/۱۰	۱۳۰
دال بتنی	۲۵۰۰	۰/۰۵	۱۲۵
تیرچه‌های بتنی	۲۵۰۰	$۲ \times (۰/۱ \times ۰/۲۵)$	۱۲۵
بلوک یونولیتی	-	-	۲
سقف کاذب با اندود گچی	-	-	۵۰
مجموع $= ۴۴۰ kgf/m^2$			

بار محاسباتی دیوارهای پیرامونی (فاقد نماکاری)

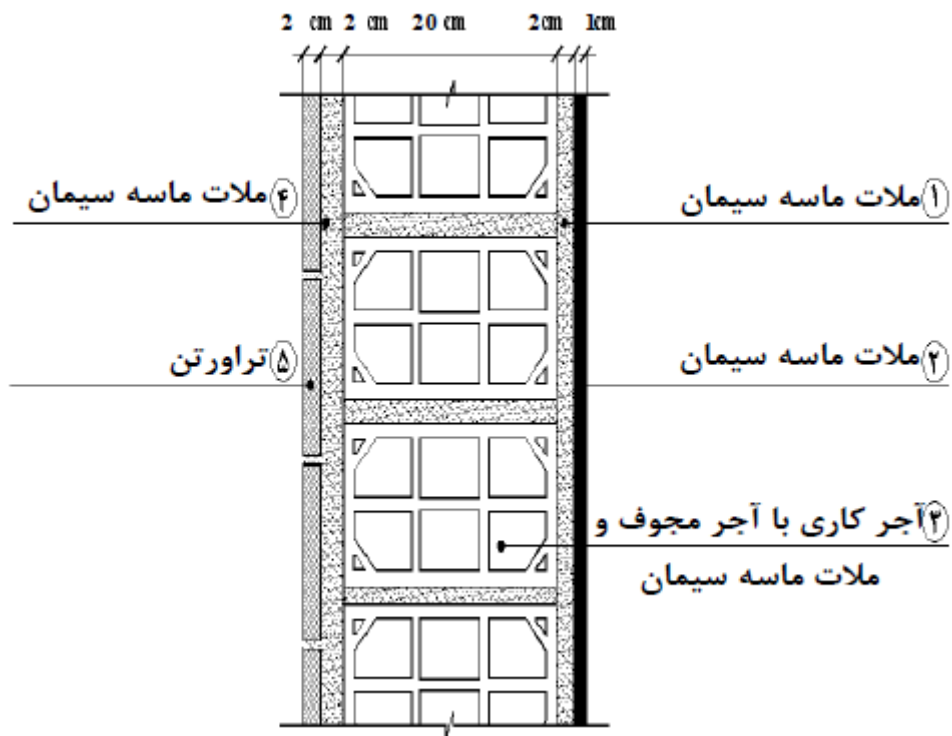


محاسبات وزن واحد سطح برای دیوارهای پیرامونی بدون نما

نوع مصالح	وزن واحد حجم (kgf/m^3)	ضخامت (m)	وزن واحد سطح (kgf/m^2)
سیمان سفید	2100	0.02	42
بلوک پوکه ای با ملات ماسه سیمان	700	0.2	140
ملات گچ و خاک	1600	0.015	24
سفیدکاری	1300	0.01	13
			مجموع $\cong 220 kgf/m^2$

$$\text{➤ } q = 220 \times (3.2 - 0.4) = 616 Kg/m$$

بار محاسباتی دیوارهای پیرامونی (دارای نماکاری)

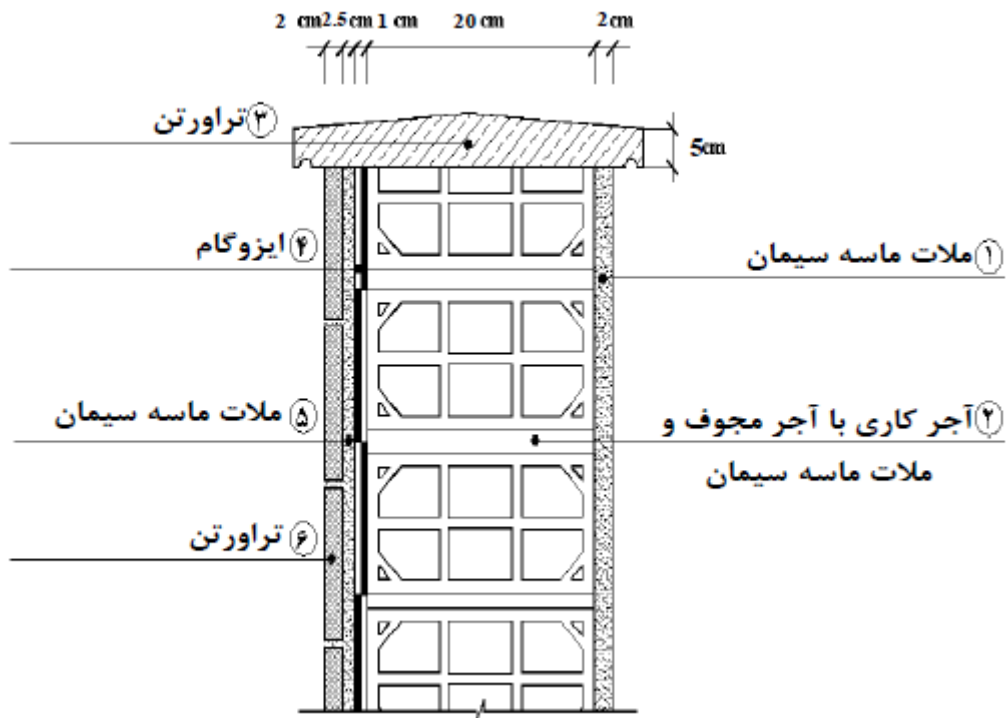


محاسبات وزن واحد سطح برای دیوارهای پیرامونی دارای نما

نوع مصالح	وزن واحد حجم (kgf/m^3)	ضخامت (m)	وزن واحد سطح (kgf/m^2)
سنگ تراورتن	2500	0.02	50
ملات ماسه سیمان	2100	0.02	42
بلوک پوکه ای با ملات ماسه سیمان	700	0.2	140
ملات گچ و خاک	1600	0.015	24
سفیدکاری	1300	0.01	13
			مجموع $\cong 270 \text{ } kgf/m^2$

$$\text{➤ } q = 270 \times (3.2 - 0.4) = 756 \text{ } Kg/m$$

بار محاسباتی جان پناه



محاسبات وزن واحد سطح برای دیوار های جان پناه بام (دارای نما)

نوع مصالح	وزن واحد حجم (kgf/m^3)	ضخامت (m)	وزن واحد سطح (kgf/m^2)
سنگ تراورتن	2500	0.02	50
مالات ماسه سیمان	2100	0.02	42
بلوک پوکه ای با ملات ماسه سیمان	700	0.1	70
مالات ماسه سیمان	2100	0.02	42
			مجموع $\cong 205 kgf/m^2$

$$q = 205 \times 1.2 = 245 Kg/m$$

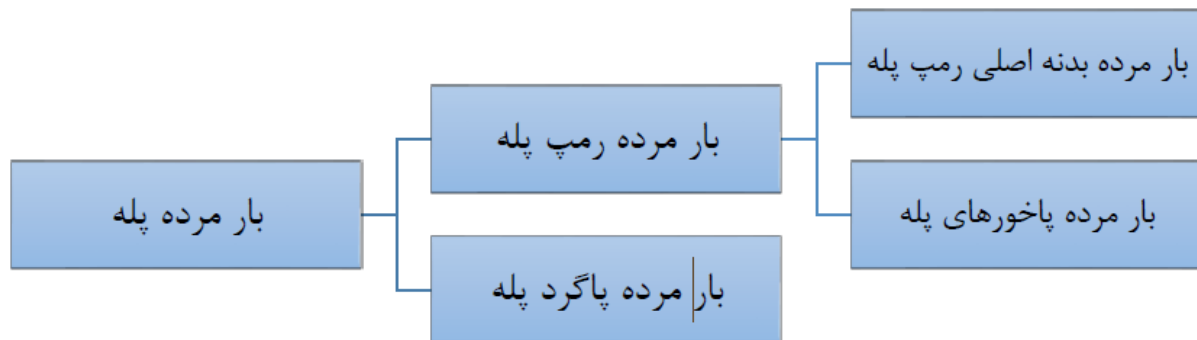
محاسبات وزن واحد سطح برای دیوار های جان پناه بام بدون نما

نوع مصالح	وزن واحد حجم (kgf/m^3)	ضخامت (m)	وزن واحد سطح (kgf/m^2)
مالات ماسه سیمان	2100	0.02	42
بلوک پوکه ای با ملات ماسه سیمان	700	0.1	70
مالات ماسه سیمان	2100	0.02	42
			مجموع $\cong 155 kgf/m^2$

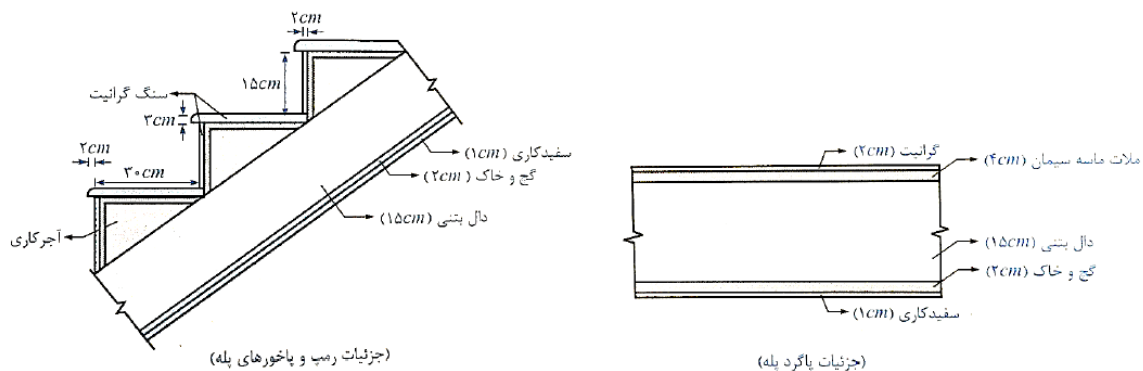
$$q = 155 \times 1.2 = 190 Kg/m$$

بار محاسباتی راه پله

بار مرده پله ناشی از عوامل زیر می باشد:



در شکل های زیر، جزئیات هر یک از قسمت های فوق در راه پله ساختمان پروژه نشان داده شده است. با استفاده از این جزئیات می توانیم بار مرده واحد سطح هر یک از قسمت های پله مورد نظر را محاسبه کنیم که به صورت حاصل ضرب وزن مخصوص مصالح در ضخامت آن ها می باشد.



جزئیات اجرایی پله

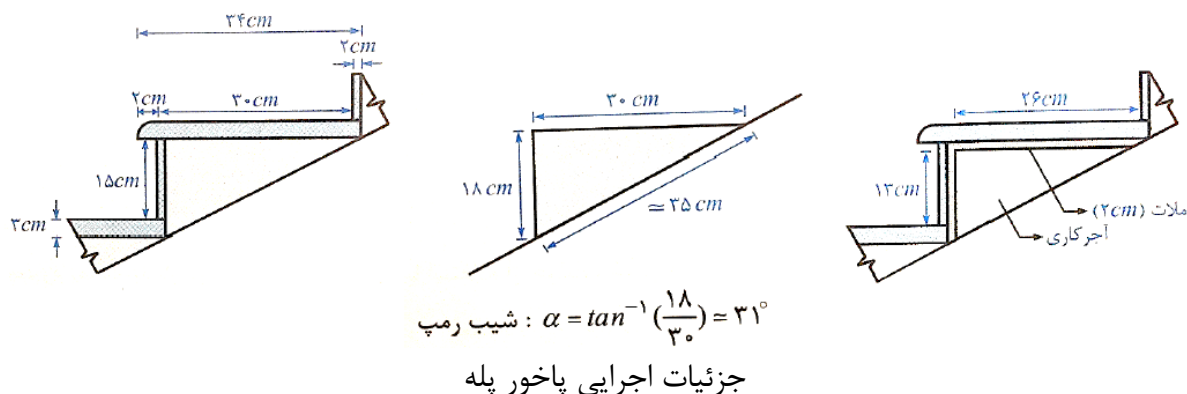
در ادامه وزن یک متر مربع از رمپ پله و قسمت پاگرد آن را در چهار مرحله محاسبه می کنیم.

مرحله اول) محاسبه بار مرده بدنه رمپ پله: (با توجه به جزئیات ارائه شده در شکل های فوق، محاسبات بار مرده یک مترمربع از بدنه رمپ پله در جدول زیر ارائه شده است:

مرحله دوم) محاسبه بار مرده پاخور های پله: (پاخور های پله معمولاً با اسفاده از آجرکاری بر روی رمپ پله اجرا می شوند. هر یک از این پاخورها را می توان با یک مثلث ساده سازی نموده که ارتفاع آن برابر ارتفاع پله و قاعده این مثلث بر اساس عرض پاخور پله تعبیه می شود. با توجه به این موضوع، به سادگی می توان شیب رمپ پله و مساحت ناحیه آجری را محاسبه کرد.

محاسبات وزن واحد سطح برای دیوار های داخلی (تیغه ها)

نوع مصالح	وزن واحد حجم (kgf/m^3)	ضخامت (m)	وزن واحد سطح (kgf/m^2)
دال بتنی پله	2500	0.15	375
اندود گچ و خاک	1600	0.02	32
سفیدکاری	1300	0.01	13
			مجموع = $420 kgf/m^2$



با توجه به جزئیات فوق، وزن هر یک از پلّورها برابر است با:

محاسبات وزن پلّور برای یک متر عرض پله

نوع مصالح	وزن واحد حجم (kgf/m^3)	مساحت (m^2)	وزن برای یک متر عرض پله (kgf/m)
سنگ کف (گرانیت)	2800	0.03×0.34	28.6
سنگ پیشانی (گرانیت)	2800	0.01×0.15	4.2
مالات ماسه سیمان	2100	$= 0.02 \times (0.3 + 0.18)$	20.2
آجرکاری با آجر فشاری و ملات ماسه سیمان	1850	$= \frac{1}{2} \times (0.26 \times 0.13)$	31.3
			مجموع $\cong 85 kgf/m^2$

در محاسبات ارائه شده وزن ناشی از یک پلّور (برای یک متر عرض پله) را به دست آوردیم که باید برای ادامه محاسبات، این وزن را به یک بار گسترده معادل در کل قسمت رمپ تبدیل کنیم. هر یک از پلّورها پله ۸۵ کیلوگرم وزن داشته که در طول ۳۵ سانتی متر از رمپ پله قرار گرفته اند. بنابراین بار معادل پلّورها در امتداد شیب برابر است با:

وزن پلّورها در یک مترمربع = $243 kgf/m^2$

مرحله سوم) محاسبه کل بار رمپ پله: (بار مرده رمپ پله، مجموع بار بدنه پله ۴۲۰ و پاخورهای پله ۲۴۳ بوده و برابر ۶۶۳ در امتداد سطح شیب پله می باشد.

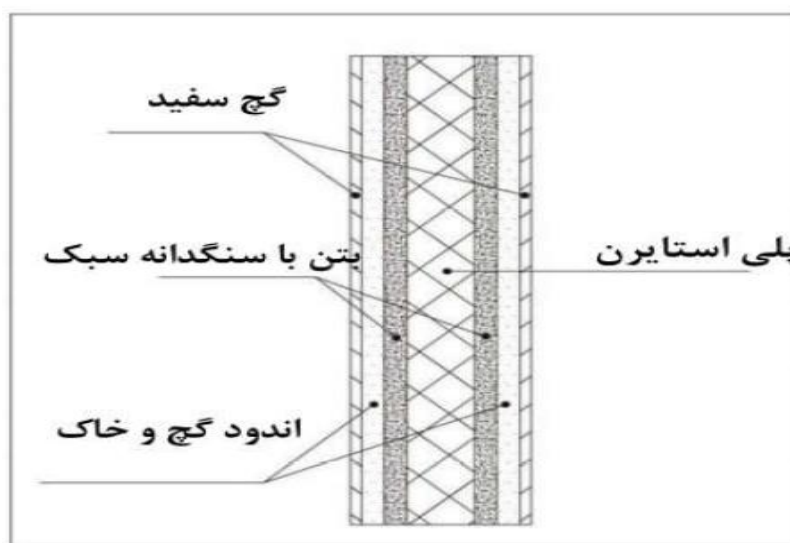
در محاسبات انجام شده در مراحل اول تا سوم، بار محاسبه شده برای رمپ پله در راستای سطح شیب دار می باشد که این مسئله کمی محاسبات بارگذاری در مراحل بعدی را دشوار می کند. برای ساده تر شدن روند محاسبات، می توان با تقسیم بار مرده قسمت شیب دار بر $\cos \alpha$ تصویر افقی این بار را به دست آورد. در این پروژه مقدار بار مرده تصویر شده در افق برای رمپ پله برابر است با:

$$q_{D'_2} = \frac{q_{D_2}}{\cos \alpha} = \frac{663}{\cos 31} \cong 775 \text{ kgf/m}^2$$

بار مرده کل وارده بر پله = ۷۷۵

بار زنده کل وارده بر پله = ۵۰۰

بار محاسباتی جدا گره‌های داخلی (تیغه بندی‌های داخلی)



محاسبات وزن واحد سطح برای دیوارهای داخلی (تیغه‌ها)

نوع مصالح	وزن واحد حجم (kgf/m^3)	ضخامت (m)	وزن واحد سطح (kgf/m^2)
سفیدکاری	1300	0.01	13
گچ و خاک	1600	0.02	32
بلوک پوک‌ه ای با ملات ماسه سیمان	700	0.1	70
گچ و خاک	1600	0.02	32
سفیدکاری	1300	0.01	13
مجموع $\cong 160 \text{ kgf/m}^2$			

$$q = \frac{\text{مجموع طول تیغه‌ها} \times \text{ارتفاع} \times \text{وزن یک متر مربع}}{\text{مساحت راه پله} - \text{مساحت کل}}$$

$$q = \frac{160 \times 2.8 \times 28}{296.75} = 43 \text{ Kg/m}^2$$

مجموع طول تیغه‌ها = ۲۸ متر

با توجه به مبحث ششم و ضوابط دیوارهای تقسیم کننده زمانیکه وزن یک متر مربع نمی‌تواند کمتر از ۱ کیلونیوتن بر متر مربع بوده (به استثنا زمانیکه از دیوارهای سبک مثل تری دی پنل یا ساندویچی استفاده شده باشد که تا ۰/۵ کیلونیوتن بر متر مربع وزن را می‌توان کاهش داد) و اگر وزن یک متر مربع بیشتر از ۲ کیلونیوتن بر متر مربع بود بایستی آنرا به عنوان بار مرده و در محل خود اعمال نمائیم و اگر کمتر از ۲ کیلونیوتن بر متر مربع باشد می‌توان بعنوان بار زنده و بصورت یکنواخت اعمال نمود.

بارگذاری آسانسور

نحوه اعمال بار آسانسور:

بار آسانسور را به چهار گروه اطراف آن در طبقه بام اختصاص می‌دهیم که مقادیر آنها نیز بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

(مساحت) $\times$ ضخامت $\times$ وزن مخصوص بتن : بار مرده سکوی بتنی

$$2500 \times 0.2 \times (1.6 \times 2) = 1600 \text{ kgf}$$

۷-۵-۲-۲-۱۵ به منظور جابه‌جایی تجهیزات، باید مونوریل دائمی در سقف موتورخانه پیش‌بینی شود، در غیر این صورت باید قلابی در مرکز چاه آسانسور و یا بالای سیستم محرکه آسانسور و در زیر سقف موتورخانه نصب گردد. به‌طوری‌که بارهای وارده مطابق جدول (۷-۵-۲-۲-۱۵) را تحمل نماید.

جدول ۷-۵-۲-۲-۱۵ بار وارده به قلاب سقف موتورخانه

ظرفیت آسانسور (کیلوگرم)	حداکثر بار استاتیکی وارده به قلاب (کیلوگرم)
تا ۱۰۰۰	۱۵۰۰
۲۵۰۰	۲۰۰۰
بیش از ۲۵۰۰	با مشورت شرکت سازنده و طراح آسانسور

$$1500 \times 2 = 3000 \text{ kgf}$$

بار مرده تجهیزات آسانسور

ضریب ضربه طبق بند زیر مبحث ششم برابر ۲ می‌باشد.

۴-۵-۵-۶ سازه‌های نگهدارنده آسانسورها: وزن اتاقک، ماشین‌آلات، وزنه تعادل و بار زنده ناشی از وزن مسافران و وسایل باید در ضریب ۲ ضرب شوند، مگر آنکه بارهای اسمی ارائه شده توسط سازنده در ضریبی حداقل برابر این مقدار ضرب شده باشد.

$$\frac{1600+3000}{4} = 1150 \text{ kgf}$$

: بار مرده هر تکیه گاه

$$1050 \text{ kgf}$$

: بار زنده ناشی از ظرفیت آسانسور

بار زنده ناشی از تردد افراد در موتورخانه : $200 \times (1.6 \times 2.0) = 640 \text{ kgf}$

بار زنده وارد بر کف : $1050 + 640 = 1690 \text{ kgf}$

بار زنده هر تکیه گاه در طرفین سکوی آسانسور : $\frac{1690}{4} = 422.5 \text{ kgf}$

محاسبات بار زنده و کاهش سربار زنده

۶-۵-۷ کاهش بارهای زنده طبقات

۶-۵-۷-۱ کلیات

به جز بارهای زنده یکنواخت بام، سایر بارهای زنده توزیع شده یکنواخت حداقل، L_o ، داده شده در جدول ۶-۵-۱ را می‌توان بر طبق ملاحظات بندهای ۶-۵-۷-۲ الی ۶-۵-۷-۶ کاهش داد.

۶-۵-۷-۲ کاهش در بارهای زنده یکنواخت

با در نظر گرفتن محدودیت‌های ارائه شده در بندهای ۶-۵-۷-۳ الی ۶-۵-۷-۶، اعضایی که برای آن‌ها مقدار $K_{LL}A_T$ برابر با ۳۷ مترمربع یا بیشتر باشد، را می‌توان با استفاده از بارهای زنده کاهش یافته بر طبق رابطه (۶-۵-۱) کاهش داد:

$$L = L_o \left[0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right] \quad (6-5-1)$$

که در آن:

L : بار زنده طراحی کاهش یافته در هر مترمربع، تحمل شده توسط عضو

L_o : بار زنده طراحی کاهش نیافته در هر مترمربع، تحمل شده توسط عضو (از جدول ۶-۵-۱)

K_{LL} : ضریب عضو برای بار زنده (از جدول ۶-۵-۲)

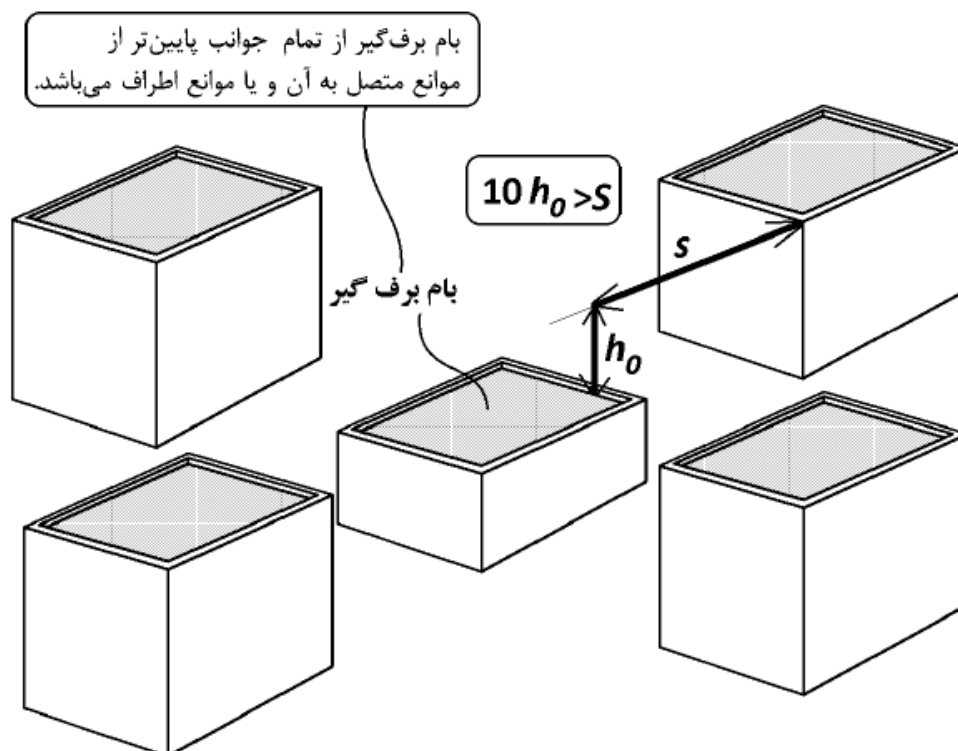
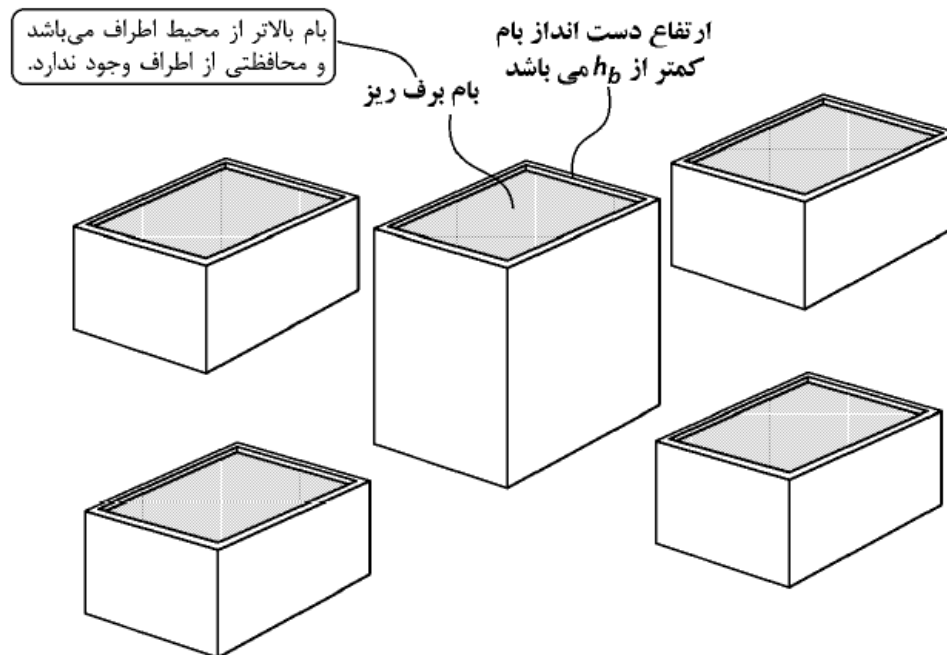
A_T : سطح بارگیر (مترمربع)

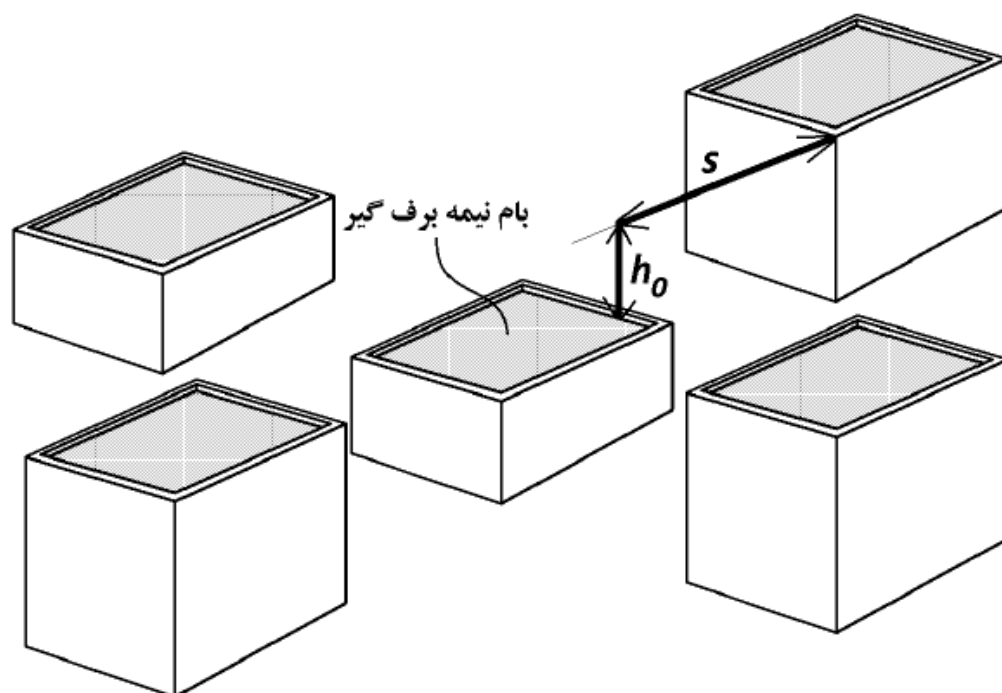
L برای اعضایی که بار یک طبقه را تحمل می‌کنند نباید از $0.5L_o$ ، برای اعضایی که بار دو طبقه و یا بیشتر را تحمل می‌کنند، نباید از $0.4L_o$ کمتر باشد.

از کاهش سربار آئین نامه ASCE استفاده شده است.

محاسبات بار برف

در مبحث ششم، بام‌ها به سه دسته: ۱- برف ریز، ۲- نیمه برف ریز، و ۳- برف گیر طبقه بندی می شوند:





۶-۷-۲ بار برف بام

بار برف بر روی بام، P_r ، با توجه به شیب و دمای بام، برف‌گیری، و اهمیت سازه، برای هر متر مربع تصویر افقی سطح آن، به کمک رابطه ۶-۷-۱ تعیین می‌شود:

$$P_r = 0.7 C_s C_t C_e I_s P_g \quad (6-7-1)$$

که در آن:

I_s = ضریب اهمیت طبق بخش ۶-۷-۳

C_e = ضریب برف‌گیری طبق بخش ۶-۷-۴

C_t = ضریب شرایط دمایی طبق بخش ۶-۷-۵

C_s = ضریب شیب طبق بخش ۶-۷-۶

می‌باشند. بار برف P_r بیانگر بار برف متوازن می‌باشد که به عنوان یک امکان بارگذاری برف در نظر گرفته می‌شود. امکان‌های دیگر بار برف شامل بار برف حداقل طبق بند ۶-۷-۲-۱، بار برف جزئی طبق بخش ۶-۷-۷، بار برف نامتوازن طبق بخش ۶-۷-۸، بار انباشتگی برف طبق بخش ۶-۷-۹، و بار برف لغزنده طبق بخش ۶-۷-۱۱ می‌باشد.

۴-۷-۶ ضریب برف‌گیری C_e

اثر ناهمواری محیط و ساخت و ساز اطراف و میزان برف‌گیری بام ساختمان به کمک ضریب برف‌گیری، C_e ، حاصل از جدول ۴-۷-۶، در نظر گرفته می‌شود.

در حالت برف‌ریز، بام بالاتر از محیط اطراف می‌باشد و محافظتی از اطراف وجود ندارد. اگر بر روی بام، واحدهای تأسیساتی بزرگ مستقر بوده و یا ارتفاع دست‌انداز بام و سایر برجستگی‌ها از روی بام بیشتر از ارتفاع برف متوازن، $h_b = P_r / \gamma$ ، باشد آن بام نمی‌تواند در گروه برف‌ریز قرار گیرد. موانع اطراف ساختمان تا فاصله ده برابر h_o می‌توانند برای برف بام آن ساختمان محافظت ایجاد کرده و در آن صورت بام را نمی‌توان برف‌ریز دانست. h_o ، فاصله قائم از روی مانع بالاتر تا روی بام می‌باشد. وزن مخصوص برف، γ ، را می‌توان از رابطه ۳-۷-۶ محاسبه کرد.

$$\gamma = 0.43 P_g + 2.2 \quad \text{کیلونیوتن بر متر مکعب} \quad (3-7-6)$$

مقدار γ لازم نیست بیشتر از ۴/۷ کیلونیوتن بر متر مکعب در نظر گرفته شود. بام برف‌گیر از تمام جوانب پایین‌تر از موانع متصل به آن و یا موانع اطراف می‌باشد. بام‌های غیر برف‌گیر و غیر برف‌ریز بام‌های نیمه برف‌گیر محسوب می‌شوند. گروه ناهمواری محیط طبق بند ۴-۷-۶-۱ تعیین می‌شود. گروه ناهمواری محیط و ضریب برف‌گیری باید بیانگر شرایط پیش‌بینی شده در دوره عمر مفید ساختمان مورد نظر باشند.

جدول ۴-۷-۶ ضریب برف‌گیری، C_e

گروه ناهمواری محیط	بام برف‌ریز	بام نیمه برف‌گیر	بام برف‌گیر
زیاد	۰/۹	۱/۰	۱/۲
متوسط	۰/۹	۱/۰	۱/۱
کم	۰/۸	۰/۹	۱/۰

۶-۷-۴-۱ گروه ناهمواری محیط

برای هر جهت باد، گروه ناهمواری محیط بر اساس مشخصات هریک از دو قطاع ۴۵ درجه در دو طرف جهت مورد نظر باد تعیین و هرکدام که بیشترین اثر را دارد انتخاب می‌شود. سه گروه ناهمواری محیط به صورت زیر تعریف می‌شوند:

- گروه ناهمواری زیاد - محیط شهری و حومه شهری، محیط باغ، جنگل و سایر محیط‌های شامل ناهمواری و موانع متعدد و متراکم با ارتفاع ۹ متر یا بیشتر
 - گروه ناهمواری متوسط - محیط با موانع پراکنده با ارتفاع عموماً کمتر از ۹ متر
 - گروه ناهمواری کم - محیط مستوی بدون موانع از قبیل دریا و دریاچه، باتلاق و نمکزار
- در نظر گرفتن چهار جهت باد متفاوت منطبق بر دو امتداد متعامد کافی می‌باشد.

۶-۷-۵ ضریب شرایط دمایی C_t

ضریب شرایط دمایی، C_t ، از جدول ۶-۷-۳، با توجه به شرایط مورد انتظار ساختمان در سال‌های عمر مفید، تعیین می‌شود.

جدول ۶-۷-۳ ضریب شرایط دمایی، C_t

۱٫۰	تمام ساختمان‌های به‌جز موارد زیر
۱٫۱	سازه‌هایی که همیشه در دمای کمی بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند.
۱٫۲	سازه‌های با زیر بام باز و سازه‌های بدون گرمایش
۱٫۳	سازه‌هایی که همیشه دمای آنها زیر صفر درجه نگهداشته می‌شود

۶-۷-۶ ضریب شیب C_s

برای بام‌های مسطح، ضریب شیب، C_s ، برابر واحد می‌باشد. برای بام‌های شیب‌دار ضریب شیب بر حسب زاویه شیب، α ، به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$C_s = 1.0 \quad \alpha \leq \alpha_0 \quad (۶-۷-۴-الف)$$

$$C_s = 1 - \frac{\alpha - \alpha_0}{70 - \alpha_0} \quad \alpha_0 < \alpha < 70^\circ \quad (۶-۷-۴-ب)$$

$$C_s = 0 \quad \alpha \geq 70^\circ \quad (۶-۷-۴-پ)$$

زاویه α_0 ، طبق بند ۶-۷-۴-۱، با توجه به شرایط سطح شیب‌دار مشخص می‌شود.

۶-۷-۶-۱ اگر سطح بام لغزنده بوده و لغزش برف بر روی سطح شیب‌دار بدون مانع باشد و همچنین فضای کافی پایین‌تر از لبه بام برای پذیرش برف موجود باشد، مقدار α_0 برای $C_t=1$ برابر پنج درجه، برای $C_t=1/1$ برابر ده درجه و برای مقادیر بیشتر C_t برابر پانزده درجه خواهد بود. بام‌های لغزنده شامل پوشش‌های فلزی، سنگ برگ، شیشه‌ای و پوشش لاستیکی، پلاستیکی و قیراندود با سطوح صاف و هموار می‌باشد. غشاهای دارای سطوح آجدار را نمی‌توان صاف دانست. ورقه‌های پوشش آسفالتی و چوبی لغزنده محسوب نمی‌شوند.

در صورت عدم وجود شرایط لغزنده و مانع‌دار بودن بام، مقدار α_0 برای $C_t=1$ برابر 30° و برای C_t های بیشتر برابر 45° می‌باشد.

۶-۷-۶-۲ در بام‌های قوسی ضریب اثر شیب باید با توجه به شیب قوس در طول آن تعیین گردد. برای این منظور کافی است قوس به صورت یک چند ضلعی در نظر گرفته شود و ضریب اثر شیب برای هر یک از اضلاع بر حسب زاویه ضلع با افق و بر طبق بند ۶-۷-۶-۱ تعیین گردد. تعداد قطعات در هر نیمه قوس نباید از سه قطعه کمتر باشد. برای قسمت‌های با شیب بیشتر از هفتاد درجه بار برف در نظر گرفته نشده و این نواحی جزو تقسیمات قوس در نظر گرفته نمی‌شود.

۶-۷-۶-۳ برای بام‌های کنگره‌ای و شیب‌دار دندانه‌ای ضریب شیب برای کلیه سطوح برابر یک خواهد بود.

۶-۷-۶-۴ بر روی طره لبه پایین بام، که امکان تجمع برف وجود خواهد داشت، از ضریب یک برای C_s و C_t استفاده شده ولی مقدار P_r در ناحیه تجمع برف دو برابر می‌شود. عرض ناحیه تجمع برف برابر طول طره خواهد بود ولی مقدار آن از بر دیوار زیر سقف به سمت بیرون را لازم نیست بیشتر از 1.5 متر در نظر گرفت.

$$Pr = 0.7 Cs Ct Ce Is Pg = 0.7 * 1 * 1 * 1 * 1 * 150 = 105 \text{ kg / m}^2 > Pm$$

$$P_m = I_s = 1 \text{ kN / m}^2$$