مجموعه مدیریت خطر

راهنمای ایمنی بار برف

FEMA P-957 / January 2013

ترجمه: مهندس سعید اردشیری ـ مهندس میلاد ویسی

FEMA

مجموعه مدیریت خطر

راهنمای ایمنی بار برف

FEMA P-957 / January 2013

ترجمه:

مهندس سعید اردشیری لاجیمی(کارشناس ارشد عمران ـ خاک و پی؛ دانشگاه تربیت مدرس)

مهندس میلاد ویسی (کارشناس ارشد عمران ـ سازه؛ دانشگاه گیلان)

FEMA

۱– مقدمه ۴

۱-۱- هدف کلی ۴

۱-۲- هدف و محدوده کاربرد ۴

۱-۳- کاربران مد نظر این سند ۵

۱-۴- دلایل تدوین این سند ۵

۱-۵- محدودیتها ۶

۲– بارهای برف ۷

۲-۱- تعاریف آیین نامه ساختمانی ۷

۲-۲- انواع برف ۸

۲-۲-۱- دامنه وزن برف ۸

۲-۲-۲-یخ ۹

۲-۲-۳-ملاحظات منطقه ای و محلی ۹

۲-۳- سایر عوامل ۹

۳– مبانی ساختمان ۱۴

۳-۱- ویژگی ها و فرمهای ساختمان ۱۴

۳-۲- شرایط بام ۱۸

۳-۲-۱- دهانه های کوتاه ۱۹

۳-۲-۲- دهانه های بلند ۱۹

۳-۲-۳- سازه های فرعی و جانبی ۱۹

۳-۳- مصالح رایج سربندی بام ۱۹

۳-۴- تجهیزات و الحاقات روی بام ۲۲

۴– رصد یک سازه ساختمانی ۲۴

۴-۱- شرایط بازرسی و ارزیابی سازه قبل از فصل بارش برف ۲۴

۴-۱-۱- اطلاعات کلیدی ساختمان ۲۴

۴-۱-۲- موارد نیازمند بازرسی ۲۴

۴-۱-۳- تعمیرات و اقدامات اصلاحی ۲۵

۴-۲- علائم هشدار دهنده اضافه تنش در حین رخداد برفی ۲۶

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۴-۳- چه زمانی به مهندسین دارای صلاحیت نیازمندیم؟ ۲۶

۵– اقدامات لازم برای کاهش گسیختگی های ناشی از بار برف ۲۷

۵-۱- برنامه ریزی و اقدامات پیشگیرانه قبل از فصل بارش برف ۲۷

۵-۲- استراتژی های واکنشی به رخداد برف ۲۸

۵-۲-۱- اقداماتی که در طول یک رخداد مهم برفی باید انجام داد ۲۸

۵-۲-۲- اقداماتی که بعد از رخداد مهم برفی باید انجام داد ۲۹

۵-۲-۳- اقداماتی که قبل از یک رخداد برفی پیاپی باید انجام داد ۲۹

۵-۳- پاکسازی برف از روی بام ۲۹

۵-۳-۱- زمان آغاز برف روبی از روی بام ۲۹

۵-۳-۲- اقدامات ایمنی لازم برای برداشتن برف از روی سقف ۳۰

۵-۳-۳- روش برف روبی ۳۱

۶– منابع مطالعاتی ۳۳

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

شکل ۱ بار نامتقارن برف ناشی از انباشتگی و لغزش برف روی ساختمانهای تجاری و صنعتی ۱۰
شکل ۲ بار نامتقارن برف ناشی از انباشتگی و لغزش برف روی ساختمانهای مسکونی ۱۰
شکل ۳ برف گیر ها یا کفشک های برف ۱۱
شکل ۴ پیکربندی های رایج بام ۱۵
شکل ۵ تاثیر عایق کاری و سد یخی ۱۸
شکل ۶ دیاگرام برف روبی ۳۱

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۱-مقدمه

۱-۱- هدف کلی

- هدف راهنمای ایمنی بار برف از سری مجموعه های مدیریت خطر، این است که اطلاعاتی پیرامون خطرات یک وضعیت برفی را برای ساختمانها در اختیار سازندگان بنا قرار داده تا با این اطلاعات اقدامات پیشگیرانه را قبل از شروع فصل برفی در مورد ساختمانشان انجام دهند، همچنین اطلاعاتی از کارهایی که باید قبل، در زمان و بعد از رخداد برفی انجام داد ارائه می کند.

۱-۲- هدف و محدوده کاربرد

بسیاری از ساختمان ها در معرض خطر گسیختگی ناشی از برف نمی باشند. در برخی از آنها خطرات ناشی از برف روبی بام هم برای افراد هم برای سازه بام بیش از محاسنش می باشد. با اینحال تجمع برف بیش از حد مجاز طراحی در ساختمانها می تواند عواقبی فراتر از قطع موقت برق و جاده های دسترسی به همراه داشته باشد. چنانچه گام های اساسی پیشگیرانه در برابر یک رخداد برفی انجام نشود، ساختمان ممکن است در معرض گسیختگی سازه ای و خرابی قرار گیرد. آگاهی از رفتار سیستم سربندی بام ساختمان و آماده سازی مناسب آن جهت مقابله با رخداد برفی ابزار مفیدی جهت کاهش مخاطرات سازه ای می باشد.

گسیختگی سازه ای ناشی از بار برف بام را می توان تحت عوامل مختلف زیر دسته بندی کرد، و البته محدود به این موارد نمی شود:

- بار واقعی برف بطور قابل توجهی فراتر از بار برف طراحی شود.
- شرایط جابجایی و لغزش برف
- ضعف اجرا
- نگهداری و عدم تعمیرات مناسب در زمان بهره برداری
- طراحی نامناسب
- طراحی نامناسب زهکش
- طراحی ضعیف در ساختمانهای قدیمی؛ طراحی ضعیف اغلب مربوط به معیارهای طراحی نامناسب در آیین نامه های زمان طراحی این ساختمان ها می باشد.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

این سند قصد ندارد به ارائه مباحث جامع، اساسی و کارشناسانه از گسیختگی سازه ای ناشی از برف بپردازد. اهداف عبارتند از:

۱- اطلاع سازندگان بنا از شرایط حساس بارگذاری برف
۲- شناسایی سیستمهای سربندیِ با پتانسیل آسیب پذیری
۳- بیان یک روش کلی جهت رصد ساختمانها و تشخیص شکست احتمالی و ارائه گامهایی که جهت کاهش میزان خطر گسیختگی سازه ای ناشی از برف باید انجام شود.

۱-۳- کاربران مد نظر این سند

- مخاطبین مورد توجه این سند، ذینفعان بنا می باشند. ذینفعان ممکن است صاحبان ملک را نیز شامل شود.
- مدیران ساختمان
- صاحبان خانه
- مدیران بحران
- سایر تصمیم گیرندگان

۱-۴- دلایل تدوین این سند

بخش شمال شرقی ایالات متحده آمریکا در زمستان سال ۲۰۱۱ دچار چند طوفان برفی شدید شد که منجر به خرابی های متعدد ساختمان ها گشت. بر خلاف دستور العملهای ایمنی و عملکردی موجود در مقابل سیل و زلزله، در حال حاضر سند واحدی که به کاهش آسیب سیستم های بام در برابر بارگذاری بیش از اندازه بار برف بپردازد، وجود ندارد[1]. ادارات ایالتی و مراجع ذیصلاح محلی در سرتاسر ایالات متحده ممکن است دستورالعملهای ایمنی برف منتشر کنند، اما این دستورالعملها ممکن است تا زمان رویارویی با یک رخداد برفی مورد توجه قرار نگیرند.

[1] اطلاعات بار برف طراحی در ASCE 7-10، حداقل بارهای طراحی برای ساختمانها و دیگر سازه ها (ASCE 2010) و در بارهای برف: راهنمای بار برف مقررات ASCE 7-10 موجود می باشد.

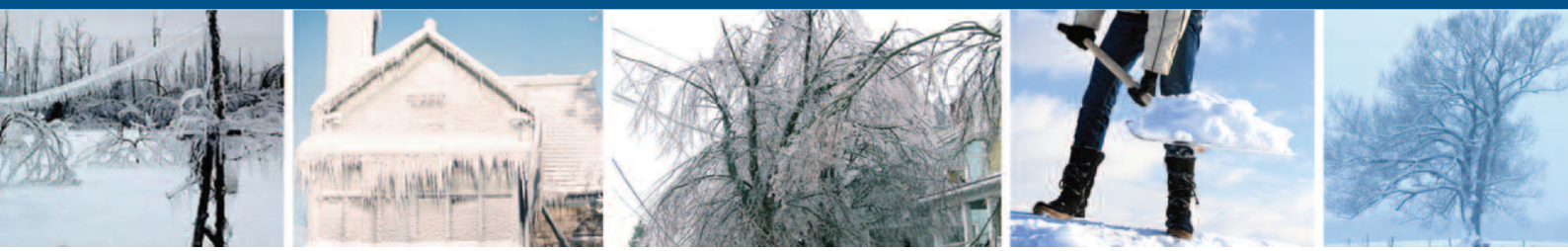
هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۱-۵- محدودیتها

این سند نه تفسیری از آیین نامه های ساختمانی موجود است، نه دستورالعملی جهت چگونگی محاسبه بار برف. همچنین مرجع فنی برای طراحی سیستم سازه ای بام ساختمان نیز نمی باشد.

برای نگرانی در مورد ایمنی ساختمان، یا برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد مهندسی سازه، به یک دفتر مهندسی ساختمان محلی، یا یک محاسب حرفه ای رجوع کنید.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.



۲- بارهای برف

رخداد برفی الزاما یک طوفان برفی بزرگ نمی باشد، بلکه می تواند مجموعه ای از طوفانهای برفی باشد که منجر به ایجاد بار برف اضافه روی یک ساختمان شوند. هیچ دو رخداد برفی مشابه و یکسان نیستند، بارهای برف دو ساختمان مجاور نیز در یک رخداد برفی می توانند متفاوت باشند. بارش یک فوت برف بر روی زمین ضرورتا به معنی بارش یک فوتی روی بام نمی باشد. علاوه بر این، شرایط متفاوت بار برف تابعی از متغیرهای وابسته به خصوصیات هر ساختمان می باشند. ویژگی های برف می تواند از یک رخداد برفی به یک رخداد برفی دیگر به شکل قابل توجه ای متفاوت باشد.

این فصل شامل، تعاریف آیین نامه ساختمانی از بار برف، انواع برف، متغیرهای مربوط به بارهای برف بام، و خطرات شرایط برفی متفاوت می باشد.

۲-۱- تعاریف آیین نامه ساختمانی

مهندسان سازه از آیین نامه های ساختمانی جهت تعیین بارهای طراحی برف در محاسبه سازه ساختمان استفاده می کنند. در حال حاضر در سراسر ایالت متحده از آیین نامه بین المللی ساختمان (IBC) جهت تعیین بار برف استفاده می شود. ایلات یا سازمان های محلی ممکن است در جهت هماهنگ سازی با دستورالعمل های خود IBC را اصلاح یا تکمیل کرده باشند. کدهای ساختمانی، بار برف روی زمین را مشخص می کنند که محاسبین ساختمان از آن به عنوان نقطه شروع جهت محاسبه بار یکنواخت برف روی بام ساختمان استفاده می کنند.

بار برف زمین به عنوان وزن برف در سطح زمین تعریف شده است(IBC, 2012). مقدار بار برف زمین بر اساس اطلاعات جمع آوری شده از سازمان ملی هواشناسی تعیین شده است. نقشه های بار برف زمین ارائه شده در IBC و ASCE-7 بر اساس احتمال وقوع ۲ درصد به مقدار برابر با بار داده شده یا بیشتر برای هر دوره طرح می باشد. مقدار بارهای برف زمین به معنی عدم تجاوز از مقدار آن در واقعیت نمی باشد، بلکه تنها خطر گسیختگی ناشی از بار برف را تا سطح قابل قبولی کاهش می دهد.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

بار برف بام به عنوان وزن برف روی سطح بام تعریف می شود که جهت استفاده در طراحی سازه ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد(IBC, 2012).

بار برف بام بر مبنای عوامل متعدد تعیین می شود، شامل:

- مقدار بار برف زمین
- اهمیت، کابری و سطح اشغال ساختمان
- میزان در معرض باد بودن بام
- شیب بام
- شکل بام
- نحوه انسداد بام
- شرایط حرارتی ساختمان

قبل از پذیرش IBC به عنوان یک دستورالعمل ملی، دستورالعمل های ساختمانی متعددی در سراسر ایالات متحده مورد استفاده قرار می گرفت. سرپرستی رسمی دستورالعمل های ساختمان (BOCA) در سواحل شرقی و در بیشتر مناطق غرب میانه استفاده می شده است. در بخش هایی از غرب میانه دستورالعملهای استاندارد ساختمان استفاده می شده است. در غرب و آلاسکا، دستورالعمل اولیه مورد استفاده، دستورالعمل متحد ساختمان(UBC) بوده است. بار تجمعی برف نخستین بار سال ۱۹۷۵ در BOCA مورد اشاره قرار گرفت. تا سال ۱۹۸۸ بار نامتقارن برف در UBC معرفی نشده بود. تقریبا می توان گفت پرداختن به بارهای تجمعی و لغزش برف اخیرا در دستور کار آیین نامه های ساختمانی قرار گرفته است. ساختمانی که ۴۰ سال پیش ساخته شده است ممکن است نتواند نیازهای طراحی امروز را برآورده سازد.

۲-۲- انواع برف

بارش برف تحت تاثیر عوامل متعدد جوی و جغرافیایی به شکل های متفاوتی رخ می دهد. تفاوت های منطقه ای در فصل، ارتفاع، رطوبت و دیگر متغیرها سبب ایجاد محدوده وسیعی از میزان تراکم برف می شود. به عنوان مثال وزن ۱ فوت برف در ایالت یوتا، لزوما با وزن ۱ فوت برف در ایالت ورمونت برابر نیست.

۲-۲-۱- دامنه وزن برف

بار یک فوت[۲] برف تازه در محدوده ۳ پاوند بر فوت مربع[۳] در برف سبک و ۲۱ پاوند بر متر مربع[۴] در برف سنگین آبدار می باشد(Gooch, 1999).

[2] 1 ft. = 30.48 cm

[3] 14.65 kg/m^2

[4] 102.5 kg/m^2

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۲-۲-۲ یخ

بار یک اینچ یخ کمی کمتر از ۵ پاوند بر فوت مربع[5] و برای یک فوت یخ تقریبا در حدود ۵۷ پاوند بر فوت مربع[6] می باشد. بار یخ به میزانی قابل توجهی سنگین تر از بار برف سنگین آبدار به ازای هر اینچ عمق می باشد. این موضوع دلیل اصلی اهمیت جلوگیری از تشکیل یخ بر روی بام ساختمان می باشد.

۲-۲-۳ ملاحظات منطقه ای و محلی

برف در بخش غربی ایالات متحده معمولا سبک تر و کم چگال تر از برف در سواحل شرقی می باشد، که مرطوب تر و متراکم تر است. در اینجا استثنائاتی به دلیل شرایط محلی و آب و هوایی خاص وجود دارد، مانند شمال غربی اقیانوس آرام در نزدیکی سیاتل، ایالت واشنگتن و جنوب غرب سواحل آلاسکا. مقامات محلی و مهندسان سازه بیشتر از هرکسی با ویژگی های برف منطقه ای آشنا هستند.

۲-۳-سایر عوامل

بار برف بام یکنواخت که بر اساس عوامل مورد بحث فوق تعیین می گردد، مقداری به دست می دهد که مختص یک بام تخت کاملا باز و بدون مانع و برآمدگی است. در واقعیت بامها به ندرت چنین شرایطی دارند. ضوابط ناشی از اختلاف با شرایط ایده آل توسط آیین نامه های ساختمانی تعیین شده و توسط طراحان به کار بسته می شود. اگرچه فرآیند تعیین این شرایط بار ویژه فراتر از اهداف این سند می باشد، آگاهی از آنچه که مسبب ایجاد چنین شرایطی می شود امکان شناخت مناطق دارای پتانسیل آسیب پذیری را در بام افزایش می دهد. این بخش به شناسایی بار نامتقارن برف ناشی از تجمع و لغزش برف و همچنین عوامل محیطی که در مدیریت برف موثر باشند می پردازد.

۲-۳-۱- بار نامتقارن برف

بارگذاری نامتقارن برف معرف شرایطی است که در مکانهای مختلف بام برف با ضخامت های متفاوت تجمع یافته و در نتیجه منجر به بار برف متغیر شود. بار نامتقارن برف سبب ایجاد خطر بیشتر برای سازه سربندی بام نسبت به بار متقارن برف خواهد شد. از اینرو، خطر انباشتگی و لغزش برف به عنوان دو عامل ایجاد بار نامتقارن برف مطرح می شود. شکلهای ۱ و ۲ انواع بار برف نامتقارن ناشی از انباشتگی و لغزش برف را نمایش می دهند. توجه داشته باشید مقدار برف در پیش آمدگی های بام، مکانهای مسدود شده، و نواحی تغییر ارتفاع یافته بیشتر از نواحی باز بام می باشد.

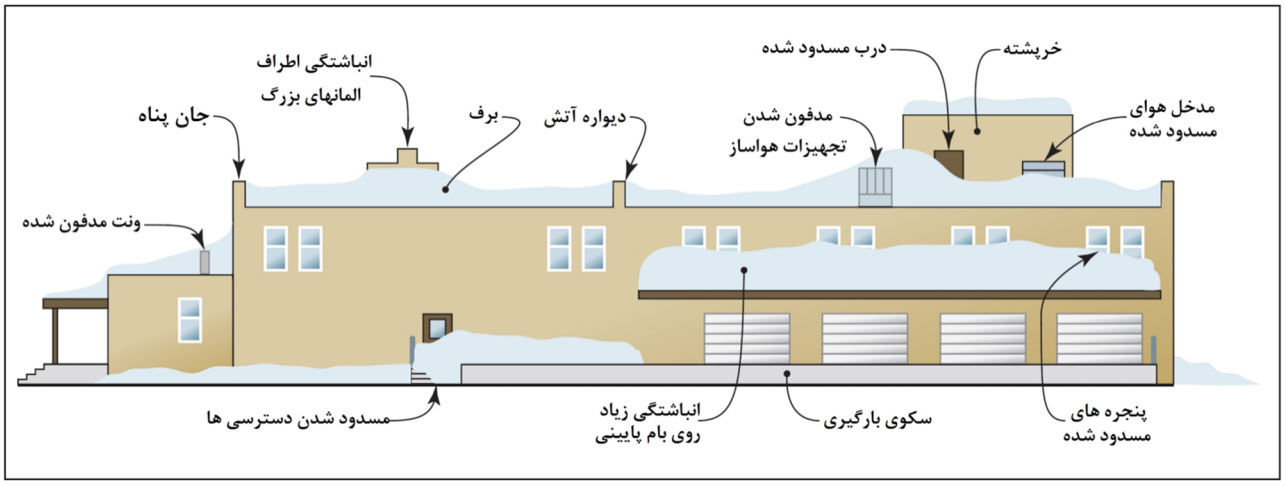
تاثیر این شرایط بر بار برف با جزئیات بیشتر در فصل سوم مورد بحث قرار می گیرد.

---

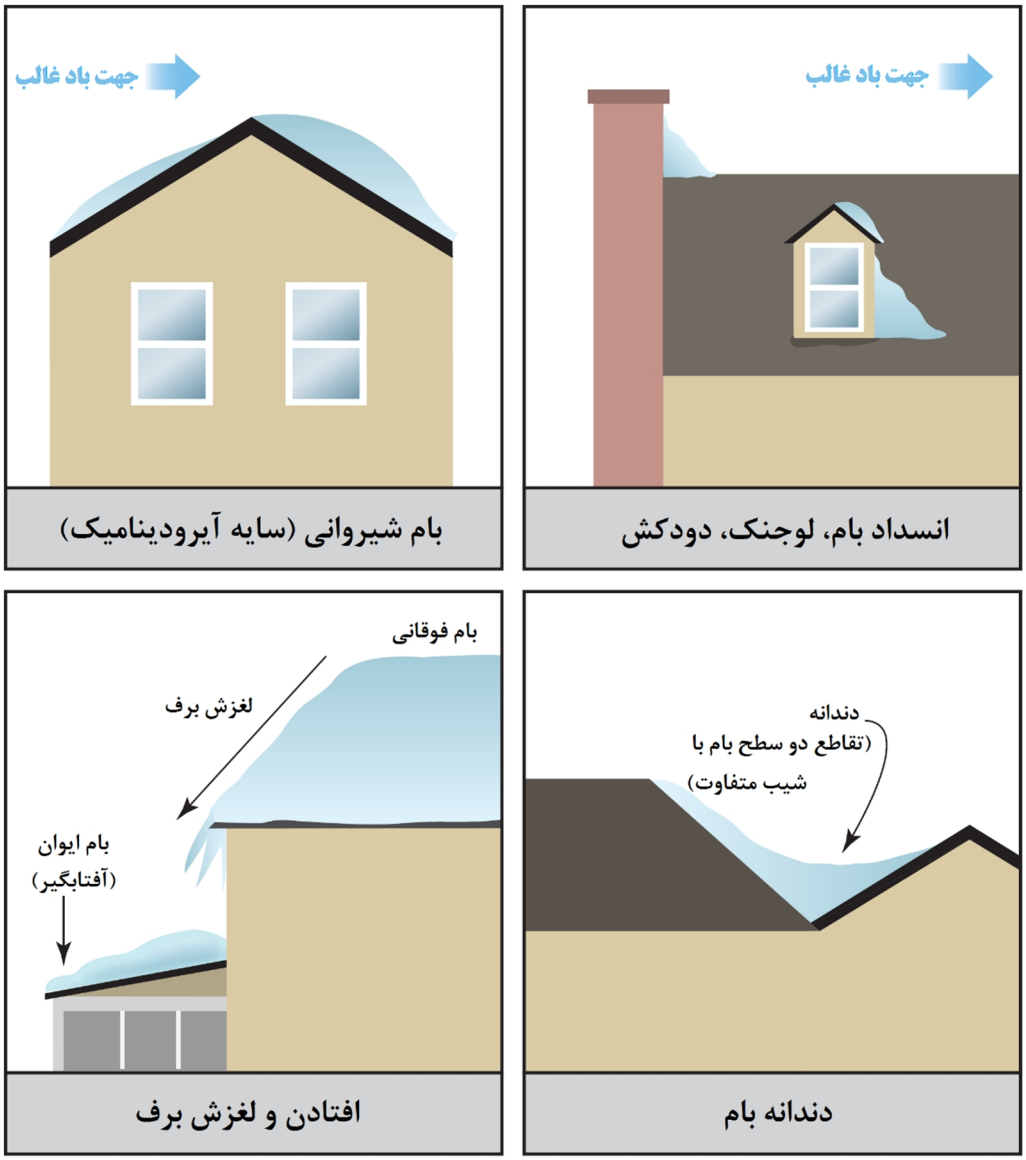
[5] 24.4 kg/m^2

[6] 278.3 kg/m^2

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.



شکل ۱ بار نامتقارن برف ناشی از انباشتگی و لغزش برف روی ساختمانهای تجاری و صنعتی



شکل ۲ بار نامتقارن برف ناشی از انباشتگی و لغزش برف روی ساختمانهای مسکونی

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

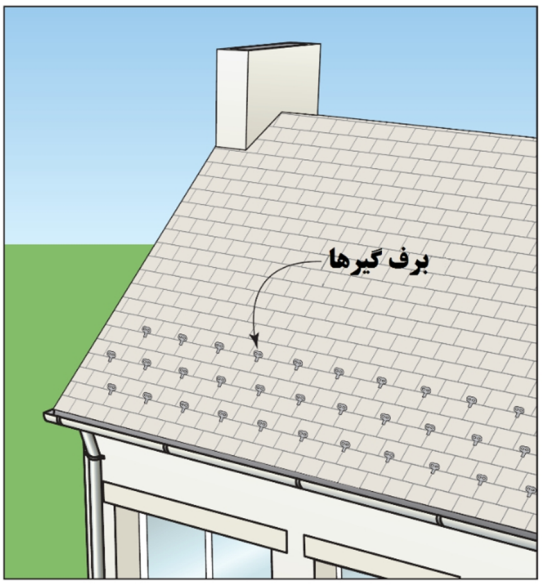
۱) انباشتگی برف

انباشتگی برف، ناشی از جابجایی توسط باد از یک بخش بام به بخش دیگر می باشد. معمولا توده های برف در بام های پایین تر که در سایه باد قسمتهای مرتفع تر ساختمان قرار گرفته اند شکل می گیرد. برف همچنین می تواند در کنار یا مقابل یک مانع، تجمع یابد(به عنوان مثال: بخش بلندتر سربندی بام، تجهیزات روی بام، جان پناه، دیواره ساختمان مجاور، لوجنک).

ضخامت برف در این موانع از ضخامت برف در سطح کلی بام بیشتر می باشد و بنابراین بار بزرگتری بر سازه بام در قسمتهای مذکور وارد می شود.

۲) لغزش برف

بجز در حالتیکه یک بام شیبدار دارای برفگیر یا کفشکهای مخصوص باشد(شکل ۳) شرایط لغزش برف می تواند رخ دهد. برف روی بام تراز بالاتر می تواند ناپایدار شده و در اثر لغزش به روی بام پایین بریزد و در آنجا انباشته شود. نمونه رایج از این وضعیت، روی سقف ایوان، آفتابگیر، پاسیو و سایه بانهای ورودی در زیر بام شیروانی ساختمانهای مسکونی می باشد(شکل ۲). در نتیجه، ضخامت برف روی بام های پایین تر که در ناحیه ریزش و لغزش برف قرار دارند، بیشتر از عمق برف در کلیت بام می باشد و شرایط بار نامتقارن حاکم می شود. در اینجا نیز شاهد اعمال بار بزرگتر بر سازه بام می باشیم که عامل آن ریزش برف از تراز بالاتر است. علاوه بر این، نیروی دینامیکی ناشی از لغزش برف روی بام پایین تر، می تواند نیروی ضربه ی قابل توجه ای را به سازه سربندی بام پایین وارد کند، که می تواند سبب اعمال اضافه بار بر سازه بام شود.



شکل ۳ برف گیر ها یا کفشک های برف

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۲-۳-۲- نرخ بارش برف

نرخ بارش برف توسط هیچ رابطه مستقیم با بار برف بام، محاسبه نمی شود.

بار برف تحت تاثیر نرخ بارش برف نمی باشد. در عوض، نرخ انباشتگی عاملی است که سبب می شود تا یک ساختمان را در طول یک رخداد برفی تحت نظر بگیریم. نرخ بارش برف سریعتر، به این معنی است که ذینفعان ملک باید کار رصد ساختمان را زودتر انجام دهند. نرخ بارش شدیدتر همچنین به این معنی است که زمان کمتری برای برف روبی قبل از رسیدن آن به آستانه بحران در اختیار است.

۲-۳-۳- دمای محیط

نوسان دما در محدوده بالا و پایین دمای انجماد می تواند شرایط مخاطره آمیزی را ایجاد نماید. برف ذوب شده سپس دوباره منجمد می شود، یخ و سدهای یخی ایجاد می شود و در نتیجه سبب ایجاد بارهای متمرکز بزرگتر در نقاط پایینی بام (اگر به درستی زهکشی نشود) و در دامنه بامهای شیبدار می شود. همچنین هنگامیکه درجه حرارت در مرز انجماد شناور باشد، بارش تمایل پیدا می کند به شکل «مخلوط زمستانی» رخ دهد و منجر به شرایط باران در برف[۷] می شود که توسط دستورالعملهای ساختمانی حاضر اینطور نامیده شده است.

۲-۳-۴- بار باران در برف

دستورالعمل های ساختمانی ضوابطی را برای بار طراحی برف در ترکیب با باران خفیف ارائه می دهند و باران های شدید را شامل نمی شوند. بنابراین، این بار اضافی باید به طور جداگانه توسط مهندس سازه در نظر گرفته شود. عوامل موثر بر بار باران در برف عبارتند از؛ شدت باران، هندسه بام، و نحوه زهکشی بام. مدت زمان بارش نیز باید در نظر گرفته شود، زیرا باران مداوم می تواند سبب شسته شدن برف به سمت خارج و کاهش خطر خرابی ناشی از برف شود. در مقابل بارش کوتاه مدت باران سبب ذوب و اشباع شدن ساختار برف شده و در نتیجه به طور قابل توجهی بار وارده بر سازه بام افزایش می یابد.

۲-۳-۵- ذوب برف میان دو طوفان

بسته به شرایط آب و هوایی، ذوب شدن برف بین دو رخداد برفی می تواند سودمند یا خطرناک باشد. ذوب شدن برف بین دو رخداد در صورت طراحی یک سیستم زهکشی اصولی برای بام می تواند سبب کاهش بار برف شود. با این حال، در صورتیکه به دلیل طراحی نامناسب یا عدم نگهداری صحیح، سیستم زهکشی

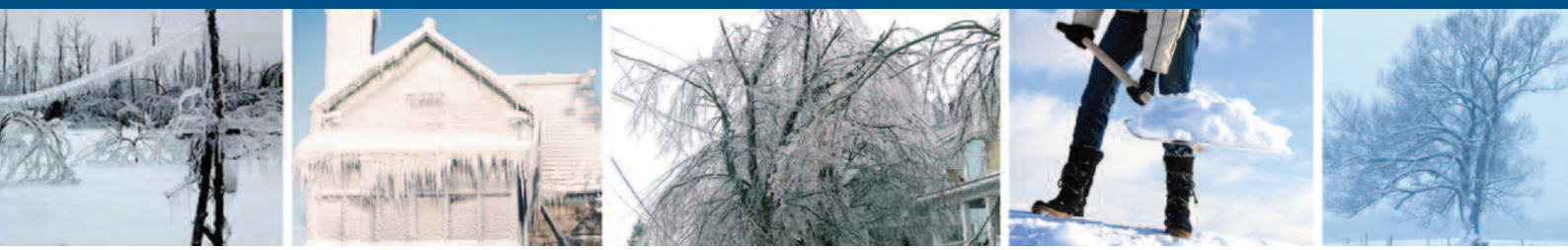
[7] Rain-on-Snow

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

بام مسدود شود، ذوب شدن برف می تواند سبب افزایش خطر شود. ممکن است سد یخی تشکیل شود که ایجاد یک بار متمرکز در لبه پیش آمدگی بام را در پی دارد و کارایی بام شیبدار را نیز در ریزش برف کاهش می دهد. این مورد بصورت کامل تر در فصل سوم مورد بحث قرار خواهد گرفت. در بام های مسطح یا با شیب کم ممکن است برف ذوب شده در سطوح پایین تر بامهایی که مسیر زهکشی آنها مسدود شده است تجمع یابد. از این شرایط تحت عنوان حوض شدگی[8] نام برده می شود. حوض شدگی سبب ایجاد یک بار متمرکز در سازه سقف شده و یک خطر بالقوه را ایجاد می کند.

[8] Ponding

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.



۳- مبانی ساختمان

خطر گسیختگی سازه ای ناشی از بار برف تحت تاثیر ویژگی های ساختمان می باشد. برخی از انواع سازه ها و مصالح بام بیشتر مستعد خرابی ناشی از برف می باشند. پیکربندی ساختمان شرایطی را ایجاد می کند که انباشتگی و لغزش برف توانایی ایجاد مخاطره را داشته باشند.

در این فصل، ویژگی های ساختمان، مصالح مورد استفاده، سیستم سازه ای و آسیب پذیری های مربوطه مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۳-۱- ویژگی ها و فرمهای ساختمان

همانطور که در فصل دوم اشاره شد، بارهای برف بام متفاوت از بارهای برف روی زمین می باشند. متغیرها در بار برف بام عبارتند از هندسه بام، مصالح پوشش بام، نحوه قرار گیری در معرض باد و عایق کاری.

۳-۱-۱- نوع کاربری

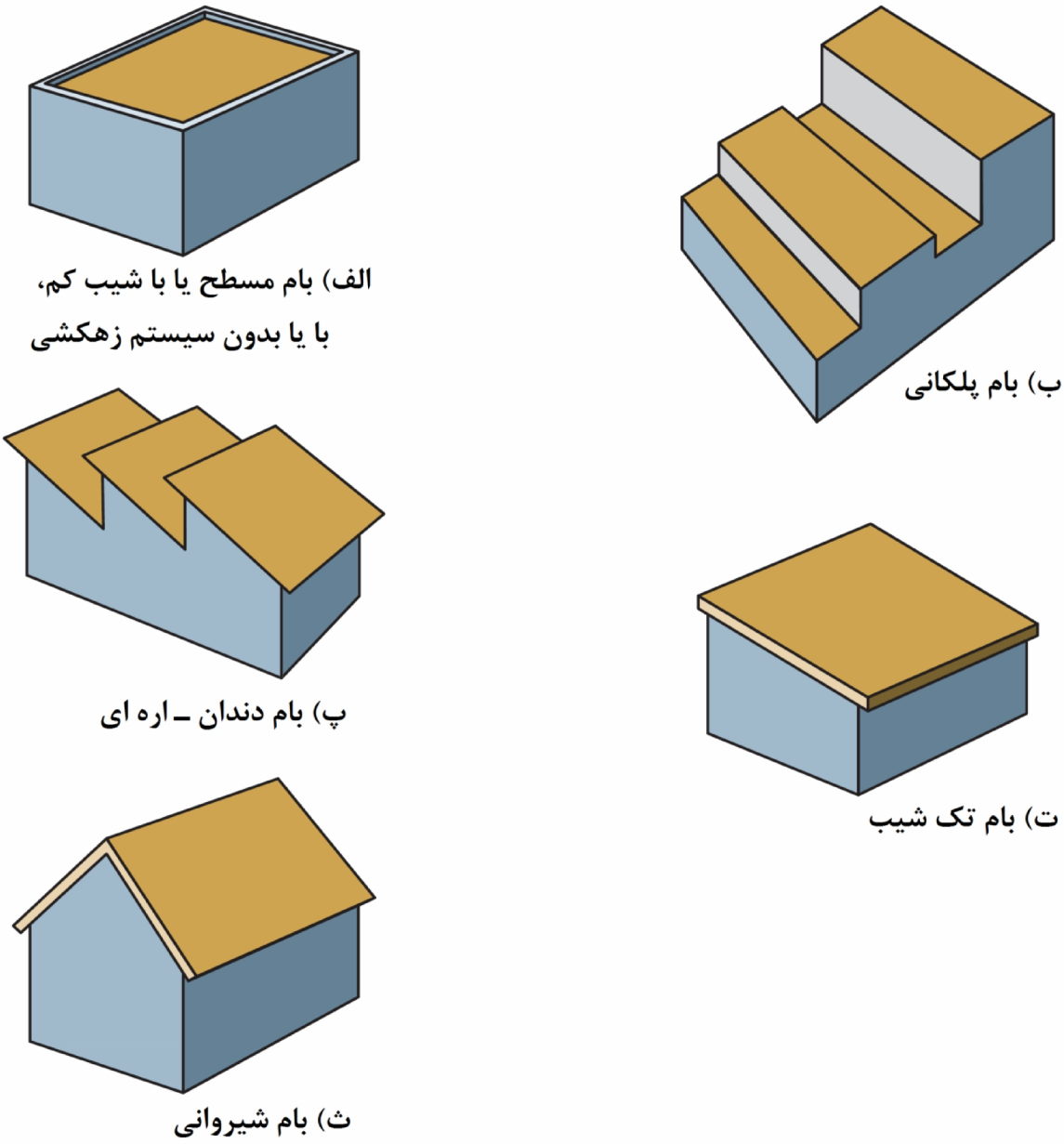
ساختمانها در کاربری های مسکونی، تجاری، صنعتی، سازمانی و کشاورزی طبقه بندی می شوند.

۳-۱-۲- هندسه و مصالح بام

ساخت و ساز بام در فرمهای مختلف انجام می گیرید. هندسه نقش موثری در توزیع بارهای برف بام دارد. بارهای برف روی بام های مسطح و باز، بدون حضور موانع و تجهیزات روی بام تمایل به توزیع یکنواخت دارند، در حالیکه بام های با هندسه نامنظم و دارای موانع سبب انباشتگی برف در یک الگوی نامتعادل خواهند شد. بطور آشکار، بام های شیروانی فرم، قابلیت بیشتری در ریختن برفها بصورت لغزش نسبت به بام های تخت یا با شیب ملایم دارند، اگرچه متغیرهای دیگری نیز در این موضوع دخیل اند. ساختمان های تجاری، صنعتی و کشاورزی به طور معول از یک پیکربندی یکسان برای بام در طول ساختمان استفاده می کنند که گاهی در خط الراس ها دارای ارتفاع متفاوت می باشند. طرح های متاثر از فن معماری، مانند ساختمانهای مسکونی، اغلب ترکیبی از بام های با هندسه های متفاوت می باشند.

شکلهای ۴الف تا ۴ث، پیکربندی های رایج بام را نشان می دهند.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.



شکل ۴ پیکربندی های رایج بام

مشخصات هندسی بام هایی که مجال انباشتگی و تجمع برف در یک شرایط نامتعادل بارگذاری را فراهم می کنند عبارتند از:

- یک خصوصیت هندسی که سبب ایجاد مانع حرکتی در برابر باد و وزیدن برف می شود، سایه دینامیکی نامیده می شود، که وضعتی جهت تجمع برف ایجاد می کند. این حالت معمولا در سمت پشت به باد خط الراس بام های شیروانی یا تک شیب (اشکال ۴ت و ۴ث) یا برآمدگی های پشت بام، مانند پنجره و لوجنک و اتاقک راه پله رخ می دهد.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

- جانپناه روی بامهای مسطح و کم شیب و تغییر در ارتفاع در بام های پلکانی (اشکال ۴الف و ۴ب)، محل های رایج برای تجمع برف می باشند.
- شیارهای بام های دندان ـ اره ای (شکل ۴پ) و محل تقاطع شیبها در بام های شیروانی ساختمان های مسکونی (شکل ۲) انباشتگی ضخیم تری از برف را نسبت به دیگر جاهای بام سبب می شوند.
- موانع بام، مانند دیواره های محافظ تجهیزات مکانیک، دریچه های پشت بام و نورگیرهای سقفی باعث انباشتگی برف می شوند.
- تجهیزات بالای بام، مانند ادوات سرمایشی و گرمایشی یا پنل های خورشیدی، مکان مناسبی برای انباشتگی برف فراهم می کنند(شکل ۱).
- در بام ساختمان های مسکونی، نامنظمی هایی مانند، دودکش ها، لوجنک، بام ورودی و آفتابگیر می توانند سبب انباشتگی برف شوند(شکل ۲).

هندسه بام و مصالح پوشش آن میزان تمایل لغزش برف از روی بام را به شکل های زیر تحت تاثیر قرار می دهد:

- بام های با شیب کم، برف را بیشتر از بام های با شیب تند نگه می دارند. با این حال بام های با شیب کمتر از ۱۰ درجه نیز مشاهده شده اند که برف را روی خود نگه نمی دارند.
- شیب تندتر بام سبب ریزش بیشتر برف می شود. به همین دلیل ، ساختمان های دارای بام با شیب تند در ایالات شمالی و نواحی برف خیز کوهستانی مرسوم تر است.
- شیروانی هایی که شیبشان از زاویه ساکن ماندن برف بیشتر باشد، منجر به لغزش برف می شوند. زاویه سکون برف، بیشترین زاویه ای است که در آن برف دچار لغزش نمی شود، تقریبا برابر شیب بام ۳۰ درجه می باشد؛ اغلب به صورت شیب ۶:۱۲ یا ۷:۱۲ نشان داده می شود. این مطلب به این معنی نیست که برف روی بام های با شیب کمتر دچار لغزش نخواهد شد.
- بصورت حسی قابل درک است، بام های با پوششی از مصالح زبرتر، لغزندگی کمتری دارند و اجازه نمی دهند برف روی آنها به آسانی سطوح لیز، دچار لغزش شود. پوشش های بافت دار بام شامل، توفال های آسفالتی و ورق های با پوشش دانه دار می باشند. مصالح لغزنده بام شامل ورق های فلزی و بام پوش های تک لایه می باشد.
- با بکارگیری برف گیر ها و کفشک های برفی می توان لغزش برف از روی بام را مهار کرد(شکل ۳ در فصل ۲).

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۳-۱-۳- قرار گرفتن در معرض باد

ساختمانی که در معرض باد قرار گرفته است به شدت تحت تاثیر بار برف روی بامش قرار می گیرد. در واقع، قرار گرفتن در معرض باد، بیشترین تاثیر را بر برف بام نسبت به سایر موارد بحث شده دارد. ساختمانی که در یک فضای باز ساخته شده است، توانایی کمتری در نگه داری برف روی بام خود نسبت به ساختمان های ساخته شده در محل های بسته دارد. ضمن اینکه خود باد سبب انباشتگی بیشتر برف نیز می شود. اگر یک ساختمان احداث شده در فضای باز، دارای بام با ترازهای ارتفاعی متفاوت، لوجنک و یا تجهیزات روی بام باشد انباشتگی برف می تواند در مکانهای مذکور رخ داده و منجر به شرایط بارگذاری نامتقارن شود.

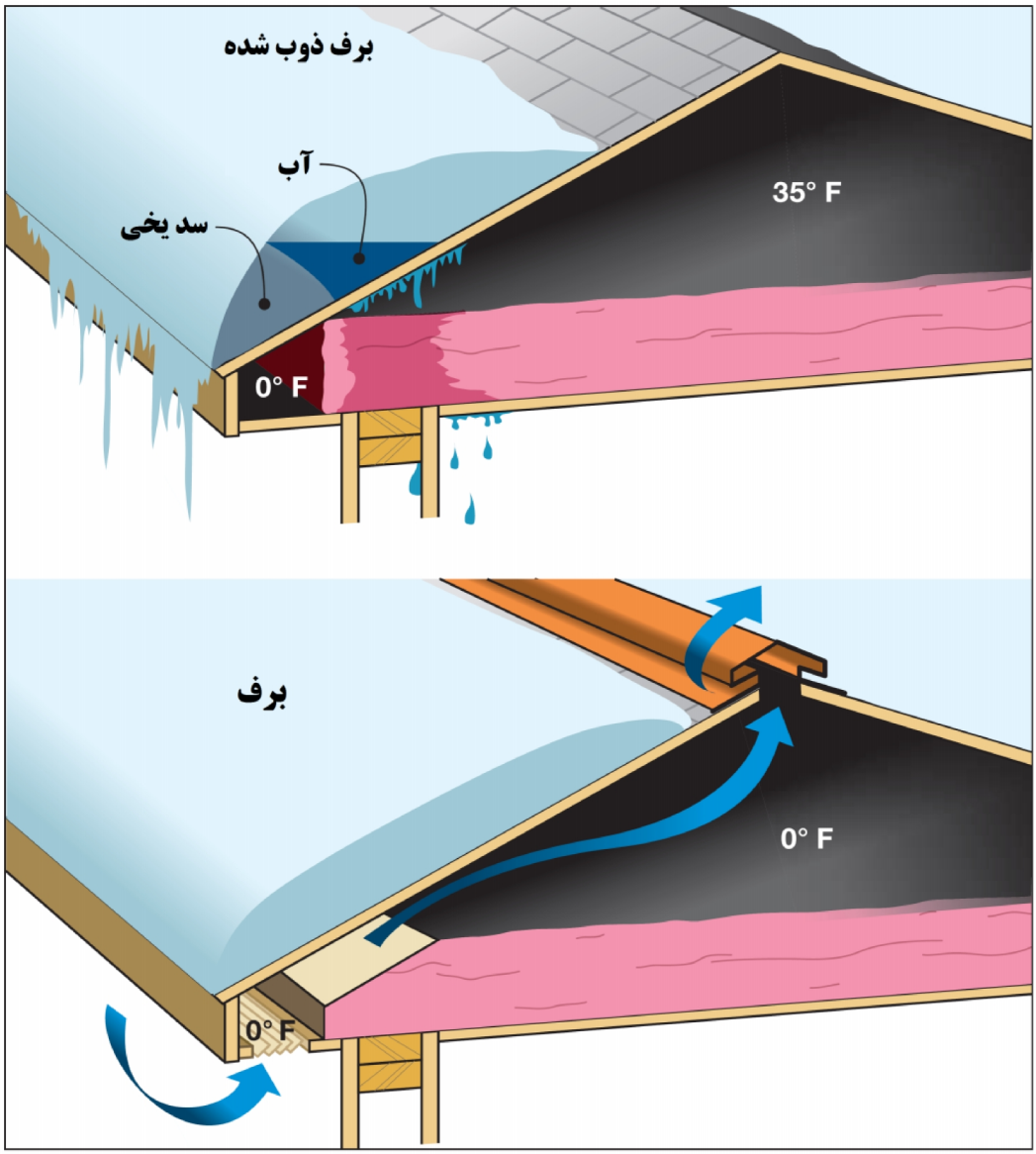
۳-۱-۴- عایق کاری

خصوصیات حرارتی بام، بار برف آن را به طرق مختلف تحت تاثیر قرار می دهد. روی یک بام به خوبی عایق شده یا با تهویه عالی معمولا برف بیشتری نسبت به بامهای با عایقکاری ناقص یا بام روی اتاق زیرشیروانی با تهویه ضعیف، می ماند. بامی که به خوبی عایق شده است اجازه نمی دهد گرما از ساختمان خروج کرده و سبب ذوب برف از زیر شود. به طور مشابه، فضای زیر بام با تهویه عالی، دمایی برابر با دمای محیط بیرون داشته و بنابراین همانطور که در پایین شکل ۵ نمایش داده شده گرمای داخلی ساختمان نمی تواند سبب ذوب شدن برف بام شود. این وضعیت مشابه بام پارکینگ می باشد که در آن دمای بالا و پایین بام یکسان می باشد. از آنجاییکه هیچ اختلاف دمایی وجود ندارد، نرخ ذوب برف یکسان می باشد.

برای بام های شیروانی فرم و شیب دار، گرمای اتاق زیرشیروانی عایقکاری نشده تمایل به ذوب شدن و لغزش برف را افزایش می دهد. با این حال در مدت زمان دمای انجماد(دمای محیط)، انفصال حرارتی بین پیشانی و فضای داخل بام می تواند سبب ایجاد سد یخی و ممانعت از ریزش برف به پایین همانطور که در تصویر فوقانی شکل ۵ نشان داده شده، شود. آب ناشی از ذوب برف در روی شیروانی جاری شده و در پیشانی بام منجمد می شود. مشکل زمانی حاد می شود که سد یخی بزرگتر شده و آب بیشتری در پیشانی محبوس شود.

سدهای یخی مشکلات متعددی ایجاد می کند. اول، از لغزش برف روی بام جلوگیری می کند. برف و یخ تجمع یافته روی پیشانی بام سبب ایجاد شرایط بار نامتقارن برف می گردد. مشکل دوم (و به طور بالقوه حادتر) که می تواند ناشی از تشکیل سدهای یخی باشد، نفوذ آب به فضای داخل ساختمان است.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.



شکل ۵ تاثیر عایق کاری و سد یخی

در یک طراحی درست، بام های مسطح یا کم شیب با زهکشی داخلی تحت تاثیر شرایط عایقکاری ساختمان به مانند بامهای شیروانی و شیب دار، قرار نخواهند گرفت. در واقع در یک بام کم شیب عایقکاری نشده ذوب شدن برفها به جهت کاهش سربار برف سودمند می باشد. آب ناشی از ذوب برف، تحت اختلاف دما و انجماد مجدد (ایجاد سد یخی) قرا نمی گیرد و مشکلات مشابه بامهای شیب دار را در پی نخواهد داشت.

۳-۲-شرایط بام

طول دهانه اعضای اصلی تشکیل دهنده قاب بام در تعیین اینکه آیا سازه بام مستعد وقوع تغییر شکل اضافی یا گسیختگی ناشی از بارگذاری برف است موثر می باشد. علاوه بر این، آگاهی از سازه زیر بام پوش در تعیین میزان آسیب پذیری آن در برابر برف می تواند بکار آید.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۳-۲-۱- دهانه های کوتاه

در حالت کلی سازه های بام با دهانه های کوتاه، استعداد آسیب پذیری کمتری در خرابی ناشی از اضافه بار برف نسبت به سازه های بام با دهانه بلند دارند. بام های با دهانه کوتاه کمتر در معرض تغییر شکل و در نتیجه خطر حوض شدگی و زهکشی نامناسب بام قرار می گیرند.

۳-۲-۲- دهانه های بلند

سیستمهای سربندی بام با دهانه بلند، نامعینی سازه ای(اضافه ظرفیت) کمتری نسبت به قابهای بام دهانه کوتاه دارند که می تواند گسیختگی فاجعه باری را در سیستم های دهانه بلند به همراه داشته باشد. سربندی های دهانه بلند معمولا از خرپاهای چوبی یا فلزی ساخته می شوند. لذا ضروری است مهاربندهای مناسب در سیستم های با دهانه بلند به درستی نصب و نگهداری شود. بسیاری از گسیختگی های بام های دهانه بلند را می توان به اجرای ضعیف مهاربندها یا ناکافی بودن آنها نسبت داد.

۳-۲-۳- سازه های فرعی و جانبی

سازه های فرعی شامل، سایه بان ها، ایوان ها، پارکینگهای مجزا، پیش ورودی ها، ساختمان های کشاورزی و دیگر فضاهاهی خالی از سکنه می باشد. بر اساس آیین نامه ساختمان، تنها ساختمانهای کشاورزی و آلونک ها اجازه طراحی پایین تر از سطح امینی جانی نسبت به ساختمانهای با کاربری انسانی دارند. با این حال مهم است بدانیم عملکرد سازه های فرعی در رخدادهای برفی به خوبی سازه های اصلی نبوده است(SEAW, 2009). سایه بان ورودی ها و بام ایوان ها، به طور خاص به دلیل آنکه در مجاورت سازه اصلی می باشند مستعد آسیب پذیری از انباشتگی و لغزش برف می باشند. این سازه ها اغلب به بنای اصلی اضافه می شوند، بدون اینکه ملاحظات طراحی اعمال شده بر سازه اصلی بر آنها بکار بسته شود.

ساختمانهای کشاورزی، معمولا ساختمان های قاب چوبی یا فلزی پیش ساخته با دهانه بلند می باشند. در بسیاری از ساختمانهای کشاورزی قدیمی الزام بر طراحی در برابر بار برف خاص مطرح نبوده است.

۳-۳-مصالح رایج سربندی بام

مصالح مورد استفاده در ساخت بام یک عامل مهم در تعیین میزان حساسیت سازه به گسیختگی می باشد. جهت شفاف شدن، مهندسان، ساختمان ها را برای یک بار کلی متشکل از بارهای مرده (بارهای دائمی) و بارهای موقت (که بار برف را نیز شامل می شود) طراحی می کنند. وزن ساختمان خود یک بار مرده است؛ بنابراین مصالح ساختمانی سنگین تر بار مرده بیشتر را سبب می شود. ساختمان های ساخته شده از مصالح سنگین، معمولا کمتر مستعد گسیختگی سازه ای ناشی از بار برف می باشند. دلیل این است که، اضافه بار برف نسبت به بار برف طراحی سبب درصد افزایش کمی در کل بار طراحی سازه های ساخته شده با مصالح

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

سنگین می شود. یک انحراف کوچک از بار کل طراحی یعنی، احتمال کمی وجود دارد سازه در اثر این اضافه بار تخریب شود. راه دیگر برای درک این مساله توجه به نسبت بار مرده به بار برف می باشد. بنا براین، یک قاعده سرانگشتی مناسب این است که نسبت بار مرده به بار برف بیشتر؛ خطر خرابی سازه کمتر.

۳-۳-۱- ساخت و ساز چوبی

سازه های قاب چوبی در انواع مختلف ساخته شده و در محدوده ساختمانهای با ابعاد کوچک تا متوسط قابلیت کاربرد دارند. به طور معمول، سازه های چوبی نسبتا سبک وزن هستند و ممکن است بیشتر مستعد آسیب ناشی از اضافه بار برف شوند. سیستمهای تیر و تیرچه چوبی که اغلب از آن ها به عنوان "قاب بندی چوبی" نام برده می شود در ساخت سازه های مسکونی کاربرد دارد، هرچند نمونه هایی از آنها در کاربری های دیگر مانند انبارها و کلیسا ها یافت می شود. بام های شیب دار، مانند شیروانی ها یا بام های هرمی شکل، در ساختمان های مسکونی و ساختمان های تجاری کوچک، معمولا توسط خرپا یا تیرهای چوبی ساخته می شوند.

خرپاهای چوبی معمولا شامل اعضای افقی، قائم و مورب ساخته شده از الوارهای بریده شده می باشند. اعضای خرپاهای چوبی امروزی معمولا با استفاده از صفحات فلزی به هم متصل می شوند. خرپاهای چوبی که امروزه ساخته می شوند، سازه های مهندسی بوده که در خارج از محل احداث بنا تولید شده و پس از حمل به سایت نصب و سر هم می شوند.

حالات محتمل گسیختگی سازه های قاب چوبی؛ شکست عضو، شکست اتصال و کمانش جانبی به علت نصب نادرست یا ناکافی بودن مهار بندی جانبی می باشد.

خرپاهای چوبی معمولا داری برچسبی اند که معرف شرکت سازنده و اندازه و ابعاد می باشد، وجود برچسب در بررسی کفایت ظرفیت عضو بسیار اهمیت دارد.

۳-۳-۲- ساخت و ساز چوبی سنگین

سازه های قاب ـ الواری[9] معمولا شامل اعضای الواری بزرگ قائم (نگهدار[10]) و افقی (تیر[11]) می باشند. خرپاهای الواری شامل مجموعه ای از الوارهای با مقاطع سنگین برای اعضای عمودی و مورب می باشند.

اگرچه این سازه ها تحت عنوان الوار سنگین نامیده می شوند، ولی در این نوع ساخت و ساز بارهای مرده کم و دهانه ها کوچک می باشند. در گزارشی که توسط انجمن مهندسان سازه واشنگتن برای فصل برفی ۲۰۰۸-۲۰۰۹ ارائه شد، از قاب ـ الواری ها به عنوان رتبه دوم خرابی ذکر شد است، فقط برای خرپاها.

[9] Timber - framed

[10] Post

[11] Beam

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

حالات محتمل گسیختگی سازه ای بام های قاب ـ الواری؛ شکافت یا شکستن اعضای خرپا و گسیختگی اتصالات خرپا می باشد.

۳-۳-۳- ساخت و ساز فولادی

انواع معمول ساختمان های قاب فولادی شامل سیستمهای تیر و شاه تیر، تیرچه های فولادی جان باز، شاه تیرچه های فولادی[۱۲] و خرپای فلزی می باشند. تیر و شاه تیرهای فولادی معولا مقاطع گرم نورد شده می باشند و عمدتا به شکل مقاطع I، فرم دهی شده اند. اعضای سازه ای در ساختمان های قدیمی ممکن است بجای فولاد از آهن ساخته شده باشند. تیرچه های فلزی جان باز از یک سیستم قاب ساخته شده که شامل مجموعه ای از نبشی های کوچک و میلگردهای فولادی می باشد که به مانند یک خرپا در کنار هم قرار گرفته اند. مشابه خرپاهای چوبی، تیرچه های فلزی دارای برچسبی می باشند که معرف شرکت سازنده و ابعاد مقاطع است و وجود برچسب در بررسی کفایت ظرفیت عضو اهمیت دارد.

۳-۳-۴- ساختمانهای فلزی پیش ساخته

ساختمان های فلزی پیش ساخته (PEBM)[۱۳] معمولا از اعضای فولادی سبک ساخته می شوند. سیستم دیوار و قاب بندی اصلی بام تشکیل شده است از مجموعه گسترده ای از قابهای صلب با مصالح فولادی یا تیرچه های فولادی که بام فلزی را نگه می دارند. از این سیستم ها در انبارهای یک طبقه، سالن های ورزشی، و ساختمان های تجاری و صنعتی عمومی استفاده می شود. ساختمان های فلزی پیش ساخته به شدت مهندسی شده و کمترین درجه نامعینی یا اضافه ظرفیت را دارند. بنابراین این نوع ساختمانها می توانند در مقابل اضافه بار برف آسیب پذیر باشند. اما اگر به درستی طراحی شده باشند، پتانسیل خرابی کم خواهد بود. اگر یک عضو قاب سربندی بام گسیخته شود، گسیختگی پیشرونده می تواند به علت از بین رفتن انسجام کل سازه، رخ دهد. وقوع چنین خرابی ای در ساختمان های فلزی پیش ساخته قدیمی تر از زمانیکه بارهای تجمعی برف (بارگذاری نامتقارن) در آیین نامه های ساختمانی مورد توجه قرار گیرند محتمل است.

۳-۳-۵- خرپاهای فولادی سرد نورد شده

خرپاهای فولادی سرد نورد شده (CFS)[۱۴] از اعضای پیش ساخته ساخته شده از مقاطع فولادی سبک تشکیل شده اند. خرپاهای CFS سیستم های سازه ای مهندسی بوده که در بیرون ساخته شده و پس از حمل در سایت نصب و سر هم می شوند. خرپاهای CFS جهت پایداری در برابر کمانش جانبی به مهاربندی جانبی مناسب نیاز دارند. خرپاهای CFS همانند سیستمهای PEMB دارای وزن کمی باشند.

---

12 Steel joist girders

13 Pre-Engineered Metal Building

14 Cold Formed Steel

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۳-۳-۶- ساختمان های بتن مسلح

ساخت و ساز بتنی تنوع بسیاری دارد. سیستم های سازه ای می توانند بصورت، ساخت درجا، پیش ساخته یا پس تنیده باشند. به علت وزن بالای سیستم های اسکلت بتنی (بار مرده)، سازه های بتنی پتانسیل خطر بسیار کمی در مقابل خرابی ناشی از برف دارند. به لحاظ تاریخی، ساختمان های بتنی عملکرد خوبی در برابر شرایط انباشتگی شدید برف از خود نشان داده اند.

۳-۴-تجهیزات و الحاقات روی بام

۳-۴-۱- تجهیزات روی بام

تجهیزات روی بام به مانند یک مانع عمل کرده و می تواند سبب تجمع توده های برف شواد. انواع تجهیزات روی بام عبارتند از؛ پنل های خورشیدی، یونیت های سرما زا و گرمازا، یونیتهای تهویه و داکتها. در زمان ارزیابی بار برف، تجهیزات باید مورد توجه قرار گیرند. وجود تجهیزات روی بام در ساختمان های قدیمی از اهمیت خاصی برخوردار است، چرا که بیشتر این ساختمان ها در زمانی قبل از توجه آیین نام های ساختمانی به تجمع بار برف احداث شده اند. علاوه بر این ممکن است کفایت سازه بام در مقابل تجهیزاتی که در زمان تعمیرات یا نوسازی بنا اضافه شده اند مورد بررسی قرار نگرفته باشد. وزن اضافی تجهیزات روی بام سبب افزایش سطح نیاز سیستم سازه ای می شود. بدون تغییر در سیستم سازه بام موجود، ظرفیت باربری موجود جهت مقابله با بارهای اضافی مانند برف کاهش می یابد.

۳-۴-۲- تجدید پوشش بام[۱۵]

سازه ساختمان ها معمولا نسبت به مصالح بام دارای دوام بیشتری می باشند. هنگامیگه یک ساختمان تحت تجدید پوشش بام قرا می گیرد معمولا پوشش جدید بر روی پوشش قبلی قرار می گیرد. این عمل سبب افزایش وزن سربندی بام شده و در نتیجه ظرفیت سازه ای آن در تحمل بار برف کاهش می یابد. زمانیکه پوشش بام بازسازی می شود بازده حرارتی بام به علت استفاده از عایق های ضخیم تر یا مدرن با کارایی بهتر، افزایش می یابد، در نتیجه احتمال ماندگاری برف افزایش می یابد. علاوه بر این، مصالح پوشش جدید ممکن است از مصالح اصلی بام سنگین تر بوده و کاهش ظرفیت باربری را به همراه داشته باشد. به عنوان مثال، تغییر پوشش از توفال به سنگ یا سفال سبب افزایش چشمگیر در وزن بام می شود.

15 Reroofing

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۳-۴-۳- توسعه یا ساخت بناهای جدید در همسایگی

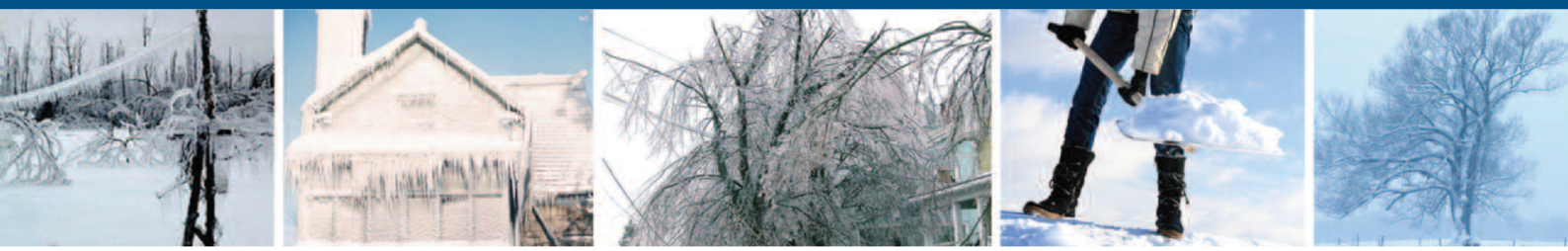
اگر به یک ساختمان موجود بامی اضافه شود که در تراز بالاتری از بام فعلی ساختمان باشد، انباشتگی برف بر روی بام در تراز پایین تر باید مورد توجه قرار گیرد. بنابراین، تعیین اینکه آیا ساختار سقف موجود برای مقابله با انباشتگی برف کنترل شده بود یا خیر، اهمیت پیدا می کند. چنانچه بام ساختمان جدید بالاتر از بام ساختمان موجود باشد می تواند به صورت یک سایه دینامیکی برای سازه مجاور عمل کرده و کاهش تمایل به ریزش برف را به همراه داشته باشد. همینطور ویژگی های مرتبط با وضعیت جهت گیری باد نیز می تواند تغییر یابد.

۳-۴-۴- سن و ملاحظات آیین نامه طراحی بکار بسته شده

دانستن سن یا سن تقریبی ساختمان در تعیین مبانی طراحی بکار بسته شده در طراحی سازه بام در مقابل بارهای برف بسیار با ارزش است. همانطور که در فصل ۲ اشاره شد، آیین نامه های ساختمانی در محدوده سال های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ اقدام به منظور کردن بارهای نا متقارن برف نمودند. علاوه بر این، حتی زمانیکه دستورالعمل های ساختمانی به روز رسانی شدند، یک وقفه زمانی از تجدید نظر تا تصویب آنها وجود دارد. در صورتیکه نقشه های اصلی ساختمان موجود باشد، می توان به دستورالعمل ساختمانی به کار رفته پی برد. چنانچه نقشه ها در دسترس نباشد ولی سن ساختمان مشخص باشد، دستگاه های متولی امر ساخت محلی می توانند اطلاعات لازم در مورد اینکه در زمان ساخت چه ویرایشی از دستورالعمل های ساختمانی استفاده می شده را ارائه کنند.

برخی از مصالح در طول زمان فاسد می شوند. اعضای فولادی مستعد خوردگی می باشند، که می تواند توانایی تحمل بار اعضای قاب را کاهش دهد. اعضای چوبی ممکن است ترک برداشته یا دچار پوسیدگی شوند، که می تواند سبب کاهش ظرفیت باربری قاب شود.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.



۴- رصد یک سازه ساختمانی

آگاهی از علائم هشدار دهنده قابل رویت یک سازه حین رخداد برفی، مرز بین ایمنی و گسیختگی سازه است. صاحبان املاک باید با یک پیمانکار یا یک مهندس حرفه ای دارای پروانه قبل از شروع فصل برف به بازرسی و ارزیابی آسیب پذیری سازه خود اقدام کنند. در طول بارش برف نشانه هایی وجود دارد که نشان می دهد یک سازه تحت فشار است و نیازمند انجام اقدامات ویژه می باشد. در بعضی موارد، مشاوره با یک مهندس دارای صلاحیت، قبل، در طی و بعد از بارش برف الزامی می باشد.

۴-۱- شرایط بازرسی و ارزیابی سازه قبل از فصل بارش برف

آشنایی با سازه ساختمان قبل از آغاز فصل بارش، در تعیین اینکه آیا در حین رخداد برفی تغییری در سازه روی خواهد داد، اهمیت بسزایی دارد. آگاهی از مشخصات و سیستم سازه ای ساختمان، از شروط اولیه در ارزیابی سازه برشمرده می شود. علاوه بر این، وضعیت حین ساخت و وضعیت کنونی سازه نیز می بایست شناخته شده باشد. این بخش به بحث درباره آنچه که باید درباره سازه دانست و اقداماتی که برای آماده شدن پیش از وقوع رخداد برفی سنگین مورد نیاز است می پردازد.

۴-۱-۱- اطلاعات کلیدی ساختمان

اطلاعات پایه زیر باید برای ساختمان جمع آوری شود :

- کدهای مورد استفاده در طراحی ساختمان
- بارهای طراحی برف
- سیستم قاب سازه ای
- خواص حرارتی

۴-۱-۲- موارد نیازمند بازرسی

اگرچه کل سازه سقف بام و سازه ساختمان باید مورد ارزیابی قرارگیرد، بخشهای خاصی از سطح سقف بام باید مورد ارزیابی دقیق تری قرار بگیرد. همانگونه که در جزئیات ارائه شده در فصل سوم نشان داده شد، گودی بام، شیارهای بام های دندان اره ای، محلهای با تغییرات ارتفاعی در بام، جانپناهها و دیگر موانع و

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

برآمدگیها مکانهایی هستند که مقدار برف بیشتری در آن بخشها جمع می شود. نتیجتا اعضای سازه‌ای در این بخشها بار برف بیشتری را متحمل خواهند شد. قاب های سقف بام باید بررسی شوند که در آنها تغییرات اساسی یا خرابی وجود نداشته باشد. علاوه بر سازه ساختمان، موارد دیگری که باید بررسی شوند عبارتند از :

- تعمیر آب روها و ناودانها و برطرف کردن گرفتگی ناودانها از مواد زائد
- بی عیب ماندن آب بندی ها در درزهای بالای سقف بام
- بررسی بازشوهای اطراف خروجی هواکش ها
- خالی بودن زهکش‌های داخلی ناودانها از مواد زائد
- گرفتن درزهای اطراف اتصالات تجهیزات روی پشت بام
- بررسی زیر سقف بام و تهویه خرپشته
- اطمینان از سالم بودن گرم کن های برقی لبه بام
- اطمینان از عدم خم شدن خرپاهای سقف به سمت خارج از صفحه قائم
- بررسی پلیتهای اتصال اعضای قطری خرپا به یالهای اصلی
- اطمینان از اتصال پایدار مهارهای جانبی سقف به سازه و مشاهده نشدن آثار خرابی و یا اضافه تنش در این اعضا
- بررسی خشک و عاری بودن اتاق زیرشیروانی از رطوبت

در بسیاری از موارد فوق نیازی به یک محاسب حرفه ای برای بررسی وجود ندارد، اما در هر صورت، برای یک بررسی کامل و جامع، و برای رفع ابهام از اینکه آیا مواردی که نام برده شد، دچار مشکل هستند یا خیر، باید از مهندسین دارای صلاحیت استفاده کرد.

۴-۱-۳- تعمیرات و اقدامات اصلاحی

مدیریت نواقص موجود در سازه پیش از رخداد برفی در تضمین یکپارچگی سازه در هنگام وقوع این رویداد طبیعی، اهمیت بسزایی دارد. خرابی های هرچند کوچک می تواند با گسترش یافتن، تبدیل به معضلات بزرگتری شوند. در ساختمانهای تجاری و صنعتی، بسیاری از این معضلات می تواند بصورت داخلی و با کنترل افراد خبره مدیریت شود.

در ساختمانهای مسکونی، اصلاحات کوچک مانند پاک کردن ناودانها و لوله های ناودان از گرفتگی در بخش خروجی، می تواند توسط مالک ساختمان انجام شود. ذکر این نکته ضروری است که حتما نکات ایمنی رعایت شود و از تجهیزات ایمن در این خصوص استفاده گردد. در هر حال، ترمیم اعضای سازه ای، مانند رفع انحنای خارج صفحه خرپاهای بام و یا خوردگی اعضای فولادی سازه بام، باید زیر نظر مهندسین دارای صلاحیت

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

انجام بپذیرد. تلاش برای تعمیر اعضای حیاتی ساختمان که فراتر از توان مالکان ساختمان است، می تواند باعث خرابی های اضافی در سازه شود.

۴-۲- علائم هشدار دهنده اضافه تنش در حین رخداد برفی

عرشه یا سربندی های بام تحت اضافه تنش عموما دارای نشانه های هشداردهنده ای هستند. چوب و فولاد عموما قبل از گسیختگی دارای تغییرشکلهای قابل توجهی می باشند. نشانه هایی که در ادامه می آیند، در سازه های فولادی، چوبی و فلزی بسیار رایج می باند :

- شکم کردن تایل ها یا تخته های روی سقف و یا شکم کردن خطوط لوله یا شیرهای آب پاش سیستم اطفاء حریق
- تغییرشکل سرشیرهای سیستم اطفاء حریق به زیر سقف های معلق
- صدای جیرجیر ناشی از ترک خوردن و شکم کردن سقف
- شکم کردن اعضای بام، شامل عرشه های فلزی و پوشش های چوبی سقف
- خمیدگی اعضای قطری و قائم خرپاها
- باز نشدن در ها و پنجره ها
- ترک یا شکاف برداشتن اعضای چوبی
- ترک در دیوارها یا مصالح بنایی
- نشت شدید در پشت بام
- جمع شدگی بیش از اندازه آب در بخش های بدون زهکش سقفهای با شیب کم

۴-۳- چه زمانی به مهندسین دارای صلاحیت نیازمندیم؟

هر زمان که یکی از نشانه های بخش قبل در سازه مشاهده شد، باید سریعا سازه از سکنه خالی شده و به مهندسین واجد شرایط برای بررسی دقیق تر اطلاع داده شود. مهندسین واجد شرایط با بررسی وضع موجود سازه، یکپارچگی سازه را بررسی نموده و اقدامات لازم برای ایمن کردن سازه را انجام خواهند داد.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۵-اقدامات لازم برای کاهش گسیختگی های ناشی از بار برف

مشابه کنترل و بررسی ساختمان جهت آمادگی برای رخداد برفی، اقدامات پیشگیرانه برای کنترل خرابی، باید قبل از فصل بارش برف انجام شود و نباید این مسئله به زمان بارش برف موکول گردد. برای حصول این امر، باید پیش از انجام اقدامات ترمیمی، بررسی و ارزیابی آسیب پذیری ساختمان قبل از فصل بارش برف انجام گیرد. لازم است مجموعه ای از اقدامات در حین وقوع رخداد برفی برای کاهش خطر گسیختگی سازه ناشی از بار برف صورت پذیرد. فرموله کردن یک طرح واکنشی و تفویض اختیار و مسئولیت قبل از فصل بارش برف باعث می شود در مواجهه با رخداد برفی، مدیریت بحران اجرایی تر شده و از سردرگمی در زمان وقوع رخداد برفی جلوگیری شود. طرح واکنش به رخداد برفی، همزمان باید شامل اقدامات پیشگیرانه و اقدامات مربوط به زمان این رویداد باشد. در این فصل درباره این دو موضوع و توصیف موارد اساسی ای که در یک طرح واکنشی باید وجود داشته باشد مفصل تر بحث خواهد شد.

۵-۱- برنامه ریزی و اقدامات پیشگیرانه قبل از فصل بارش برف

حصول اطمینان از اینکه سازه و سقف ساختمان در شرایط مناسبی قرار دارند، قبل از فصل بارش برف، از بروز مشکلات و هزینه های احتمالی تعمیر و پاکسازی برف جلوگیری می کند. ایجاد یک طرح واکنشی مناسب قبل از فصل بارش برف برای ساختمانهای مهم مانند ساختمانهای تولیدی، انبارها و ساختمانهای عمده فروشی با شیفت های کاری زیاد یک ضرورت محسوب می شود. مشخص کردن وظایف افراد در هنگام بارش برف به کاهش سردرگمی و اطمینان از اینکه چیزی نادیده گرفته نشده است، مانند اینکه آیا برداشتن برف از روی سقف باید به دست کارکنان و اعضای ساختمان انجام شود و یا این وظیفه به پیمانکاران سپرده می شود، کمک شایانی خواهد نمود. برای اطمینان بخشیدن به کارکنان از اینکه در طول بازرسی و برداشتن

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

برف از روی سقف، ایمنی افراد تضمین می شود، باید یک طرح سازگار با ضوابط OSHA[16] برای تامین ایمنی افراد تشکیل داد. تمام راهروهای ورود و خروج به سقف بام باید شناسایی و تمام حفاظهای لبه بام بررسی شود. اقدامات لازم جهت شناسایی محلی دور از ورودی و خروجی، سایبان و تجهیزات ساختمان برای دپوی برف، انجام شود. دسترسی ماشین آلات برای برداشتن برف نیز باید بررسی گردد.

اقدامات لازم جهت شناسایی محلی دور از ورودی و خروجی، سایبان و تجهیزات ساختمان برای دپوی برف، انجام شود. دسترسی ماشین آلات برای برداشتن برف نیز باید بررسی شود. الزاما می بایست تجهیزات برف روبی از قبل تهیه شود و یک برنامه منظم برای بررسی سلامت این تجهیزات آماده شود.

بارش برف می تواند خطرات موجود در پشت بام را پنهان کند. خطوط لوله، خطوط گاز، ونت ها، رعد گیرها، نورگیرها و سایر تجهیزات باید با پرچم یا چیز هایی شبیه به آن مشخص باشند تا از صدمه دیدن نیروهای اجرایی اجتناب شده همچنین از وارد آمدن صدمه به این اقلام نیز جلوگیری شود. نورگیرهای سقف از موضوعات مهم بشمار می‌روند زیرا می توانند در صورتی که قابل شناسایی برای افراد حاضر در پشت بام نباشند، خطر سقوط از این نورگیرها را در پی داشته باشند. درصورت امکان، محل ستونها و اعضای سازه اصلی بهتر است که علامت گذاری شوند تا به مراحل پاک کردن برف از پشت بام کمک کند. زهکشها، ناودانها، لوله های آب باران و هواکشها باید بررسی شوند که در آنها آشغال و یا گرفتگی دیگری وجود نداشته باشد.

مشکلات سازه ای که در بررسی های قبل از فصل بارش برف شناسایی شدند، باید در اولویت اصلاح قرار گرفته و با توجه به خطرات جدی ای که دارند، با سخت گیری بیشتر تحت نظارت و بررسی قرار گیرند. اگر نقشه های ساختمان به وضوح میزان بار طراحی برف را مشخص نکرده اند و یا اسناد سازه موجود نیست، باید با مهندسین ذی صلاح در این زمینه مشورت کرد. آشنایی با نحوه طرح سقف و محل هایی که نیاز به بررسی دقیق تری دارند، اطلاعات مهمی هستند که قبل از رخداد برف باید بدست آیند.

۵-۲-استراتژی های واکنشی به رخداد برف

۵-۲-۱- اقداماتی که در طول یک رخداد مهم برفی باید انجام داد

طرح واکنشی به رخداد برف باید مرور شود. این طرح باید شامل بار فرضی برای برف بوده و مشخص کند که پاکسازی بام از برف از کدام نقطه آغاز شود. پاکسازی برف از ایجاد اضافه تنش در سقف جلوگیری می کند. داشتن برنامه ای مشخص برای پاکسازی برف توسط اعضای ساختمان و یا انتخاب یک پیمانکار برای اجرای این کار، امری ضروریست. در زمان آغاز رخداد برفی، تقاضا برای به خدمت گرفتن پیمانکاران برای پاک کردن سقف از برف زیاد شده و این امر سبب می شود که پیدا کردن یک پیمانکار برای اجرای این کار دشوار شود.

[16] Occupational Safety and Health Administration

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۵-۲-۲- اقداماتی که بعد از رخداد مهم برفی باید انجام داد

حتی اگر تجمع برف روی سقف از آستانه تحمل سقف گذر نکند ولی به این مرز نزدیک شود، با این حال باید پاکسازی برف از روی بام در دستور کار قرار گیرد. برفی که در معرض نور خورشید است، ابتدا نرم میشود، سپس متراکم تر می شود و سرانجام وقتیکه درجه حرارت به زیر دمای انجماد می رسد، سخت خواهد شد. همانگونه که در فصل دوم بدان اشاره شد، آب درحال تبخیر می تواند جمع شده و سپس یخ بزند، و یک بار متمرکز روی سطحی از سقف ایجاد کند. اگر حوادث ناشی از رخداد برف پیش بینی شود، پاکسازی برف از روی بام خطرات سازه ای انباشته شدن برف روی بام را به حداقل می رساند. یکی از فواید پاکسازی سریع برف، کاهش زحمتِ برف روبی از بام است. به هر حال، اگر انباشتگی برف جزئی باشد، احتمال آسیب دیدن سقف و یا خطر حضور افراد روی بام تحت عمل برف روبی، از مزایای پاکسازی برف بیشتر است.

۵-۲-۳- اقداماتی که قبل از یک رخداد برفی پیاپی باید انجام داد

اقداماتی که قبل از یک رخداد برفی پیاپی باید انجام داد، تفاوت اندکی با اقداماتی دارد که برای هر رخداد برفی تک انجام می پذیرد. اقدامات کلیدی شامل بررسی زهکش ها، ناودانها، لوله های آب باران و هواکش ها می باشد که در آنها برف و یا یخ ناشی از رخداد برفی قبلی نمانده باشد.

مناطق از قبل تعیین شده برای دپوی برف پاک شده از روی بام، باید ظرفیت کافی برای انباشت برف اضافی را داشته باشند. بعد از یک طوفان برفی بزرگ، ممکن است نیاز باشد که برف موجود در آن محل نیز برداشته شود تا جا برای دپوی برف جدید باز شود. به عنوان مثال، اگر برف در پارکینگ ذخیره می شود، اما مقدار برف طوری باشد که مساحت زیادی از پارکینگ را اشغال کند، نیاز است که برف به بیرون انتقال پیدا کند.

۵-۳-پاکسازی برف از روی بام

۵-۳-۱- زمان آغاز برف روبی از روی بام

فاکتورهای مهمی در اینکه چه زمانی باید اقدام به پاکسازی برف کرد تاثیرگذار است، از جمله این عوامل می توان به شرایط سازه‌ای ساختمان قبل از بارش برف، برف بجا مانده از بارش قبل، میزان بارش برف و ادامه دار شدن بارش برف در صورتی که این نگرانی را به وجود بیاورد که بارش متداوم برف باعث فروپاشی سازه می شود و عوامل بیشتر دیگر اشاره نمود.

هشدار

اگر احتمال می دهید که برف انباشته شده روی بام باعث خرابی سقف خواهد شد، عملیات برف روبی را متوقف کرده و ساختمان را تخلیه کنید.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

اطلاع از میزان بار برفی که سقف برای آن طراحی شده است نکته بسیار کلیدی در تعیین زمان آغاز برف روبی، محسوب می شود. میزان بار برفی که سقف برای آن طراحی شده از نقشه های سازه ای قابل دسترسی است. در صورت موجود نبودن نقشه های سازه، از مشورت با مهندسین واجد شرایط قبل از فصل بارش برف می‌توان این اطلاعات را برای تعیین ظرفیت سازه ای ساختمان بدست آورد. یک مهندس بومی حرفه ای، با شرایط برف در منطقه آشنا خواهد بود. اطلاعات مهندسین دارای صلاحیت به مالکین کمک می کند تا با مشخص کردن بنچ مارکهایی متوجه شوند چه زمانی سازه به ظرفیت نهایی خود تحت بار برف می رسد. همانطور که قبلا اشاره شد، مقدار بار برف روی بام به علت اثر فاکتورهای زیادی، متفاوت می باشد. بنابراین، تلاش برای اندازه گیری برف روی زمین و فرض اینکه این بار با برف روی سقف برابر است، فرض اشتباهی است.

اگر برف موجود روی بام، نزدیک به ظرفیت سازه سقف باشد، پاکسازی برف از روی بام منطقی است. اگر برف موجود بسیار نزدیک به ظرفیت سازه باشد و پیش بینی شود که برف اضافی می تواند از حد ظرفیت سازه فراتر رود و یا بسیار نزدیک به ظرفیت سازه شود، پاک کردن سقف از برف باز هم منطقی به نظر می‌رسد. پاکسازی برف باید توسط پیمانکارهای با مجوز و حرفه ای که تجربه برداشتن برف از روی سقف را دارند انجام شود. اکیدا توصیه می گردد به دلیل آشنایی این پیمانکاران با پروتکل های ایمنی، از پیمانکاران حرفه ای برای برداشتن برف از روی بام، استفاده گردد.

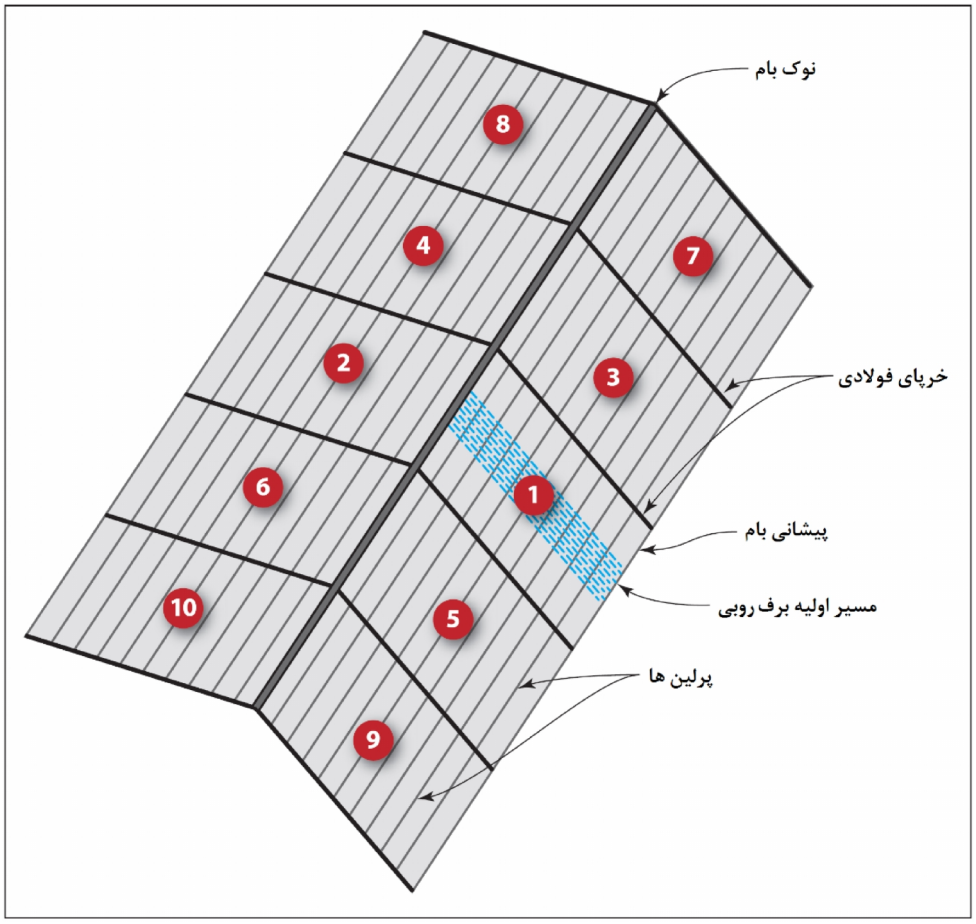
۵-۳-۲- اقدامات ایمنی لازم برای برداشتن برف از روی سقف

- هرگونه پاکسازی سقف از برف باید با برنامه ایمنی مدون بر پایه ضوابط OSHA صورت بگیرد. درصورت امکان از محافظ های سقف برای جلوگیری از سقوط افراد استفاده گردد.
- همواره باید کسی زیر سقف باشد تا مراقب عبور و مرور افراد از زیر سقف باشد تا از افتادن برف و یخ بر روی افراد جلوگیری کند.
- از نبود تجهیزات آسیب پذیر زیر محل تخلیه برف اطمینان حاصل کنید.
- زمان برف روبی باید مراقب سقوط قندیل های یخی از بام بود. سقوط قندیل حتی از بامهای با ارتفاع کم هم می تواند خطرآفرین باشد.
- وقتی از چنگک غیر فلزی جهت برف روبی استفاده می شود، امکان سر خوردن برف روی بام در هر لحظه وجود دارد. توجه کنید که فاصله مناسب از لبه بام بگیرید تا از محدوده خطر سر خوردن دور باشید.
- پنجره نورگیرها مخفی زیر برف، دارای خطرات بسیار جدی برای کارکنان روی سقف هستند. قبل از شروع رخداد برفی، حتما با علائم مناسب این مکان و دیگر مکانهای خطرزا را مشخص کنید.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

۵-۳-۳- روش برف روبی

- پاکسازی کامل برف از روی بام می تواند سبب وارد آمدن آسیب هایی به سقف از جمله آسیب به پوشش سقف و احتمالا منجر به نشت و آسیب های اضافی به بام شود. حداقل ۵ سانت برف باید روی بام باقی بماند.
- از تجهیزات مکانیکی برای برف روبی استفاده نکنید. زیان آسیب زدن به غشای بام و دیگر آیتم های سقف، بیش از مزیت افزایش سرعت برف روبی است.
- از ابزارهای تیز مانند کلنگ برای برف روبی استفاده نکنید. ترجیحا از ابزارهای پلاستیکی به جای بیل های فلزی استفاده نمایید.
- ابتدا برفهای محل تجمع مانند برفهایی که در تقاطع تغییر ارتفاع سقف، در محل جان پناه ها و یا اطراف تجهیزات قرار می گیرند، پاک شود.
- بعد از اینکه برفهای محل تجمع برداشته شد، اقدام به برداشتن برف از مرکز بام شود.
- برداشت در جهت خرپاهای اصلی سقف آغاز شود (شکل ۶). این مسئله از ایجاد بار نامتعادل در سقف جلوگیری می کند.
- برف را روی بام انباشته نکنید.

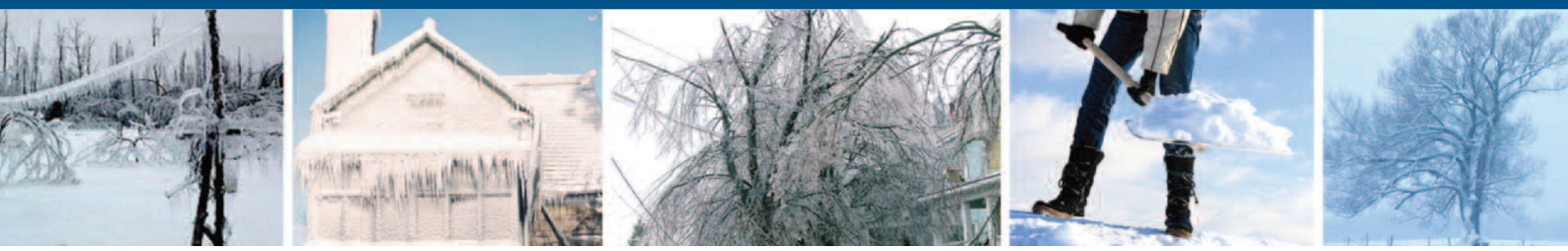


شکل ۶ دیاگرام برف روبی

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

- برف را در محل های از قبل تعیین شده دپو کنید.
- دپوی برف را از خروجی ساختمان، پله فرار، ناودان، ونتها و سایر تجهیزات دور نگه دارید.
- در صورت امکان، برف روبی را از نوک بام به سمت لبه ها در سقف های شیبدار انجام دهید.
- در صورت امکان از چنگک های غیر فلزی در سقف های شیبدار برای برف روبی استفاده کنید. چنگک-های فلزی می تواند باعث آسیب زدن به تجهیزات روی بام شده و نباید از این تجهیزات استفاده شود. برف روبی می تواند از روی زمین انجام شود تا از ایجاد خطربرای افراد در سقف های پرخطر جلوگیری کند.
- بعد از پایان برف روبی، باید تجهیزات روی بام بازرسی شوند تا آسیبهای ناشی از برف به خوبی بررسی شود. علاوه بر این، پس از رخداد های برفی سنگین، یک بازرسی سریع از سیستم سازه ای سقف در بام کار عاقلانه ای به نظر می رسد.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.



۶-منابع مطالعاتی

American Society of Civil Engineers / Structural Engineering Institute (ASCE/SEI). 2010. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. ASCE 7-10.

Building Officials Code Administrators (BOCA) Code

Buska, J. and Tobiasson, W. 1993. “Standing Seam Metal Roofing Systems in Cold Regions”. 10th Conference on Roofing Technology. National Roofing Contractors Association.

Buska, J. and Tobiasson, W. 2001. “Minimizing the Adverse Effects of Snow and Ice on Roofs.” International Conference on Building Envelope Systems and Technologies. Ottawa, Canada.

Gooch, C.A. 1999. “Heavy Snow Loads.” Dairy Facilities/Environmental Management Engineering, Cornell University. Ithaca, NY.

Gooch, C.A. and Gebremedhin, K.G. 1999. “Assessment of Failures of Post-Frame Buildings in New York State Due to Snow Load” Dairy Facilities/Environmental Management Engineering, Cornell University. Ithaca, NY.

International Code Council. 2012. International Building Code.

Liel, A.B., Jackson, K.A., and Geis, J.M. A Framework for Performance Based Design and Assessment of Buildings Subjected to Extreme Snow Loads. Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering, University of Colorado, Boulder, CO.

O’Rourke, M. 2008. “Structural Collapse from Snow Load” Structure Magazine: November.

O’Rourke, M. 2010. Snow Loads: Guide to the Snow Load Provisions of ASCE 7-10. Reston, VA: ASCE Press.

O’Rourke, M. 2011. “Snow & Rain Provisions in ASCE 7-10.” Structure Magazine: February.

Schriever, W.R. 2005. “CBD-193. Estimating Snow Loads on Roofs” Canadian Building Digests. NRC-IRC Publications.

Structural Engineers Association of Washington (SEAW), Spokane Chapter. (2009). Study of Structural Failures Associated with the Winter 2008-2009 Snow Event in the Spokane/Coeur d’Alene Area.

Uniform Building Code (UBC).

U.S. Army Corps of Engineers (USACE). (1998). TI 809-52 Commentary on Snow Loads. Washington, DC.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

Zallen, R.M. 2001. “Snowdrift Causes Roof Collapse.” Forensic Engineering in Construction, 4. Framingham, MA.

هرگونه نشر و استفاده بدون مقاصد مالی مجاز می باشد.

FEMA

FEMA P-957
Catalog No: 13052-4