

رفع ابہامات، ہمراہ بامثال های کاربردی

بارگذاری برف پرسیازہا

(بر اساس مبحث ششم مقررات ملی)

Micheal O Rourke ph.D

مترجمین:

علیرضا صالحین

بہارہ بہرامی

تقدیم نامه مترجمین:

این کتاب را به پاس همراهی عزیزانم تقدیم به پدر و مادر عزیزم، خواهر مهربانم و حامی همیشگی ام برادرم، می نمایم.

بهاره بهرامی

تقدیم به یگانه برادر عزیزم، مهندس حمیدرضا صالحین، همیشه در قلب منی و دوستت دارم.

علیرضا صالحین

این کتاب در شب عاشورا به انتها رسید، به حرمت امام حسین (ع)



مقدمه مترجمین:

با توجه به رشد روز افزون جمعیت و به دنبال آن افزایش تقاضای ساختمان هایی با کاربری های متفاوت، تامین امنیت افراد در سازه هایی که تحت بارهای مختلف قرار دارند، ضرورت پیدا می کند. یکی از این بارهای وارد بر ساختمان، بار برف است که بخشی از آسیب های وارد بر سازه ناشی از برآورد نادرست یا نامناسب آن می باشد.

متأسفانه آیین نامه ها در ایران تفسیر به رای و نفس می شود و در انتهای آن آیین نامه ها حتی مراجع نیز وجود ندارد! متولی ارائه تفسیر هر آیین نامه ای در جهان همان انجمن یا انستیتو تحقیقاتی می باشد که همزمان با انتشار خود آیین نامه منتشر می گردد، مانند آیین نامه های آمریکایی، ژاپنی، کانادایی و غیره. امید است که در سال های آتی این مشکل در ایران نیز ریشه کن گردد. پس از انتشار آیین نامه، نظرات جمع آوری می گردد و سوالات متداول به همراه مسائلی که در آن ابهام، ابهام یا سوء تفاهم پیش می آید باز از طرف خود ناشر به صورت کتبی در دست طراحان قرار میگیرد. پروفیسور Michael O'Rourke نویسنده کتاب حاضر *ASCE 7-10 Guide to the Snow Load Provisions* نیز در کمیته تدوین استاندارد بارگذاری آمریکا حضور دارد و این کتاب را پس از هر سری از نشر آیین نامه تالیف و در دسترس مهندسين عمران و معماری قرار می دهد. متأسفانه به واسطه تحریم ها، این کتاب به صورت چاپ شده فیزیکی موجود نمی باشد و یا تعداد خیلی وجود دارد. بنابراین بر آن شدیم که جهت رفع ابهامات، بواسطه نزدیکی 95 درصدی مبحث 6 بارگذاری به *ASCE 7* این کتاب را ترجمه نموده تا مهندسين کشور ما نیز از آن استفاده ببرند.

این موضوع در مبحث 6 مقررات ملی ساختمان لحاظ شده است اما نظر به این که حالت های مختلف بار برف و عوامل موثر در آن فراتر از اختصاص چند صفحه در این مبحث می باشد، نیاز به یک منبع جامع تر در این خصوص احساس می شد؛ از این رو تصمیم گرفتیم تا با ترجمه کتاب راهنمای بار برف *ASCE* (انجمن مهندسان عمران آمریکا) تا حد ممکن این خلاء را پر کنیم. در این کتاب که شامل 13 فصل می شود، جنبه ها و حالت های مختلف بار برف به همراه مثال هایی که در انتهای هر فصل آورده شده است، تشریح می شوند. این مثال ها کاربرد صحیح ضوابط بار برف در آیین نامه *ASCE 7-10* را نشان می دهند. در فصل اول به معرفی اجمالی کتاب و اهداف تالیفی آن پرداخته شده است. فصل های 2 تا 10 که منطبق بر فصول آیین نامه *ASCE 7-10* هستند، در بردارنده مضامینی چون، بار برف روی زمین، بار برف روی سقف های تخت، بار برف روی سقف های شیب دار، بارهای نسبی، بارهای نامتعادل، انباشتگی برف در سقف پایین تر، پیش آمدگی های سقف، بارهای ناشی از لغزش برف و بارهای مضاعف باران روی برف هستند. در فصل 11 موضوعات ناپایداری ناشی از سطح آبیگری سقف و سقف های موجود بررسی می گردد. همچنین به سه نمونه طراحی بار برف در فصل 12 اشاره می شود. در نهایت، در فصل 13 به سوالات متداول در رابطه با بار برف پاسخ داده خواهد شد است.

با وجود تلاش های فراوان، مطمئناً هیچ اثری خالی از اشکالات نگارشی نخواهد بود، بنابراین پیشاپیش از حضور تک تک خوانندگان کتاب عذرخواهی می نماییم. لطفاً برای ارائه نظرات و انتقادات به ما، و همچنین خرید سایر آثار منتشر شده به وب سایت www.Farbook.ir مراجعه و یا با شماره 021-66953774 (نشر دانشگاهی فرهمند) تماس حاصل فرمایید.

فهرست مطالب:

6.....	فصل اول: معرفی.....
9.....	فصل دوم: بار برف روی زمین.....
14.....	فصل سوم: بار برف روی سقف های تخت.....
27.....	فصل چهارم: بار برف روی سقف های شیب دار.....
34.....	فصل پنجم: بارهای نسبی.....
45.....	فصل ششم: بارهای نامتعادل.....
59.....	فصل هفتم: انباشتگی برف در سقف های پایین تر.....
77.....	فصل هشتم: پیش آمدگی های سقف.....
85.....	فصل نهم: بارهای ناشی از لغزش برف.....
93.....	فصل دهم: بارهای مضاعف باران روی برف.....
99.....	فصل یازدهم: ناپایداری ناشی از سطح آگیری سقف و سقف های موجود.....
101.....	فصل دوازدهم: نمونه های طراحی.....
119.....	فصل سیزدهم: پرسش ها و پاسخ های متداول.....
144.....	پیوست: فصل 7 آیین نامه مبحث 6 بخش بارگذاری برف.....
177.....	واژه نامه.....

فصل اول: معرفی

هدف اصلی در مهندسی سازه، طراحی سازه هایی است که ظرفیت آن ها به اندازه قابل قبولی بیشتر از بارهای مورد انتظار باشد. این راهنما در نظر دارد که در محاسبات بارهای مورد انتظار به خصوص بار برف که در آیین نامه ASCE 7-10 به آن ها اشاره شده، به مهندسان کمک کند. در نیمی از ایالات، بار برف بیش از بار باد و یا بار زنده سقف، در کنترل مجموعه بارهای سقف نقش دارد، به خصوص زمانی که بار برف روی زمین برابر با 20 lb/ft^2 (0.95 KN/m^2) یا بیشتر از آن باشد؛ بارگذاری بار برف حداقل در کنترل برخی از اعضای سازه‌ای سقف اثرگذار خواهد بود.

بارگذاری بار برف یکی از دلایل شایع و پرهزینه مشکلات عملکردی سازه به خصوص ریزش آن است. به عنوان مثال، موسسه سوابق بیمه، طوفان ساحل شرقی سال 1993 را که خسارتی حدود 1.75 میلیارد دلار به جا گذاشت، در شمار 15 مورد از بدترین حوادث طبیعی ایالت متحده آمریکا به لحاظ مبلغ دریافتی از بیمه قرار داد (NRC 1999). همان گونه که در جدول G1-1 نشان داده شده است، این طوفان که 20 ایالت را درنوردید و همچنین به نام کولاک شدید قرن نیز خوانده می شود، بسیار پر خسارت تر از آتش سوزی تپه Okland و طوفان Fran و Iniki بود. زمین لرزه Loma Prieta که خسارت آن 960 میلیون دلار تخمین زده شد، هم در این رتبه بندی قرار ندارد. با اینکه زمستان 1992-1993 به لحاظ تلفات ناشی از برف دارای رکورد است، اما یک شرکت بزرگ بیمه خبر از آن می دهد که زمستان سال بعد یعنی 1993-1994 هم خسارت قابل توجهی در حدود 100 میلیون دلار به همراه داشته است. از این رو، آشنایی با بارگذاری بار برف و ضوابط آن برای مهندسان سازه‌ای که در طراحی ساختمان دخیل هستند، الزامی است.

سیستم‌های قاب بندی سقف‌های سبک به طور ویژه‌ای در مقابل اضافه بار برف دارای حساسیت هستند. تفسیر ASCE 7-10 به اهمیت میزان اضافه بار برف به میزان افزایش نسبت بار زنده به بار مرده اشاره می کند. حالتی را در نظر بگیرید که بار برف برابر با 25 lb/ft^2 (1.2 KN/m^2) و اضافه بار برف برابر با 15 lb/ft^2 (0.72 KN/m^2) می باشد. اگر بار مرده برابر با 50 lb/ft^2 ($2/4 \text{ KN/m}^2$) باشد (نسبت بار مرده به بار زنده برابر است با $0/5 = \frac{25}{50}$)؛ بنابراین، 15 lb/ft^2 که اضافه بار برف است، برابر با 20% اضافه بار در بار کلی می باشد ($1.2 = \frac{90}{75}$). از سوی دیگر، اگر بار مرده برابر 5 lb/ft^2 (0.24 KN/m^2) باشد (نسبت بار زنده به بار مرده، $5 = \frac{25}{5}$)، 15 lb/ft^2 که اضافه بار برف است، در این حالت برابر با 50% اضافه بار در بار کلی است ($1.5 = \frac{45}{30}$).

چنین تفاوت‌هایی زمانی بروز می کند که اطلاعات مورد بررسی کافی نباشند. به عنوان مثال، یکسری از حوادث ناشی از بارندگی ترکیبی (برف، یخ و باران) در شمال غربی اقیانوس آرام در فصل تعطیلات 1996-1997 منجر به وارد شدن خسارت به بیش از 1600 سازه گردید. اطلاعات دقیق‌تر درباره مجموعه‌ای شامل 88 سازه در گزارشی که انجمن مهندسان سازه واشنگتن (SEAW) در سال 1998 ارائه کرد آمده است. در این مجموعه اغلب سیستم‌های سقفی که دچار خسارت شدند از نوع سقف‌های تخت، سقف‌های ساخته شده با چوب چندلای آماده (36 تا از 88 مورد)؛ سقف‌های خرابی چوبی از جمله دهانه کوتاه و دهانه بلند، سقف خرابی چوبی بوسترینگ - نوعی خرابی قوسی - (18 تا 88 مورد)، سیستم سقف ساختمان‌های فلزی (7 تا از 88 مورد) و سیستم های خریا- شاه تیری چوبی (7 از 88) بودند. اخیراً مرکز انجمن مهندسان سازه واشنگتن در Spokane (شهری در شرق واشنگتن) در طی گزارشی به 95 مورد از سازه‌هایی که در منطقه Coeur d'Alene و در زمستان 2009-2008 دچار فروریزش شدند، اشاره کرد. از این تعداد، 27 مورد از گروه سازه‌های ثانویه (مانند سایه بان‌ها، پارکینگ‌های بدون سقف و پارکینگ ساختمان های مسکونی) بودند. در میان 68 سازه اصلی، 24 تا از آن‌ها خرابی‌های چوبی با اتصالات ورقی با میخ، 15 تا خرابی ساخته شده با الوار قطور و 11 تا ساختمان‌های فولادی مهندسی طرح شده بودند. عدم وجود دو سیستم نسبتاً

سنگین سقف‌های بتن مسلح و پیش‌تنیده در لیست SEWA دور از انتظار نیست. به ندرت می‌توان شاهد فروریزش دال تخت، دال تخت قارچی، تیرچه‌های یک طرفه یا نوع دیگری از ساختمان‌های بتنی بود.

در جدول G1-2 نوع بار برفی که دلیل اصلی ریزش نسبی یا کلی سازه شده در بیش از 50 ساختمان ارائه شده است. جدول G1-2 نشان می‌دهد که انباشتگی روی دیوار و دست انداز سقف و بارگذاری ناشی از انباشتگی روی سقف زیر شیروانی (بارگذاری نامتعادل ناشی از انباشتگی در یک سمت از خط الراس (محل تقاطع دوشیب)) باعث 33 و 22 درصد از خرابی‌ها شده اند. انباشتگی‌های ترکیبی نیز دلیل 15 درصد از خرابی‌ها هستند. برای مثال، شکل هندسی یک سقف زیر شیروانی با خط الراسی در راستای شرقی - غربی که در مجاورت یک سازه بلند قرار دارد، می‌تواند باعث انباشتگی از نوع ترکیبی شود. بادی که از جنوب شرقی می‌وزد، منجر به بارهای انباشتگی در گوشه شمال غربی سقف پایین‌تر می‌شود. این انباشتگی تا حدودی ناشی از انباشتگی روی دست انداز سقف (مؤلفه شرقی باد) در ترکیب با انباشتگی روی سقف زیر شیروانی (مؤلفه جنوبی باد) می‌باشد. از این رو، انباشتگی سقف از یک لحاظ سبب حدود 70% از خرابی‌ها است. دلایل دیگر به مقدار ناچیزی مربوط به بارگذاری یکنواخت روی ساختمان‌هایی با سقف باز و سازه‌های صنعتی سردکننده (15%) و بارهای ناشی از لغزش (2%) هستند. بقیه موارد شامل فروپاشی‌های جزئی هستند که به علت تشکیل سد کننده‌های ریزش یخ در لبه پایینی بام ساختمان اتفاق می‌افتند، تعدادی نیز به دلیل از بین رفتن مهاربندی در بال تیرها در ساختمان‌های فلزی و مانند آن روی می‌دهند.

سال	حادثه	برآورد خسارت بیمه (میلیارد دلار، در سال وقوع حادثه)
۲۰۰۵	طوفان کاترینا	۴۰
۱۹۹۲	طوفان اندرو	۱۵.۵
۱۹۹۴	زمین‌لرزه نورت ریج	۱۲.۵
۲۰۰۳	طوفان چارلی	۷.۵
۲۰۰۴	طوفان ایوان	۷.۱
۲۰۰۵	طوفان ویلما	۶.۱
۲۰۰۴	طوفان رینا	۴.۷
۲۰۰۵	طوفان فرانسز	۴.۶
۱۹۸۹	طوفان هوگو	۴.۲
۲۰۰۳	طوفان جین	۳.۷
۱۹۹۵	طوفان آیال	۲.۱
۱۹۹۳	طوفان زمستانی در ۲۰ ایالت	۱.۸
۱۹۹۱	آتش‌سوزی تبه اوکلند	۱.۷
۱۹۹۶	طوفان فرین	۱.۶
۱۹۹۲	طوفان اینیکی	۱.۶

جدول G1-1. منبع: NRC(1999)، ارتباط شخصی با James Florey، موسسه اطلاعات بیمه

خطرات ناشی از انواع مختلف بار برف		
درصد	تعداد موارد	نوع بار برف
۲۲	۱۲	انباشتگی روی دست انداز سقف
۱۱	۶	انباشتگی روی دیوارهای جان پناه
۲۲	۱۲	انباشتگی روی سقف شیبدار
۱۵	۸	انباشتگی ترکیبی
۱۵	۸	ساختمان‌های بدون سقف سردخانه‌ها
۳	۱	لغزش برف
۱۳	۷	دیگر موارد
۱۰۰	۵۴	کل

جدول G1-2. توجه داریم که این داده‌ها حاصل تلاش‌های قانونی و مهندسی نویسنده در طی 15 سال گذشته است.

هدف از این کتاب راهنما ارائه توضیحات کاملی در خصوص ضوابط بارگذاری بار برف مندرج در بخش 7 آیین‌نامه ASCE/SEI 7-10 و کتاب طراحی حداقل بارها برای ساختمان‌ها و دیگر سازه‌ها برای مهندسان سازه است. در این کتاب راهنما تحقیق و استدلال تشکیل دهنده اساس این ضوابط و همچنین شرح کاربرد آن‌ها به واسطه مثال‌های متعدد ارائه می‌شود؛ بنابراین، کاربر نه تنها با نحوه استفاده از این ضوابط آشنا خواهند شد، بلکه به دلیل و برهانی که در پس هر قانون هست پی می‌برد. در نتیجه، کاربران می‌توانند موضوعات مربوط به بارگذاری غیرمعمول بار برف را که به طور مستقیم در آیین‌نامه ASCE 7-10 به آن‌ها اشاره نشده است، بررسی کنند.

فصل 2 تا 10 این کتاب راهنما مطابق با بخش‌های آیین‌نامه ASCE 7-10 نام‌گذاری و شماره‌گذاری شده است. به‌عنوان مثال، بارگذاری نسبی در فصل 5 این کتاب و بخش 7.5 آیین‌نامه ASCE 7-10 بررسی شده است. این راهنما فصل مجزایی برای بخش 1.7 ندارد، زیرا علامت‌ها و نمادهای ارائه شده آن، در این کتاب هنگامی که برای اولین بار مورد استفاده قرار می‌گیرند، تعریف خواهند شد. فصل 11 مطابق با اصول بخش‌های 7.11 و 7.12 در آیین‌نامه ASCE 7-10 است. در فصل 12، سه نمونه طراحی کامل بار برف ارائه می‌شود و در فصل 13 به سؤالات متداول (FAQs) پاسخ داده خواهد شد.

مثال‌هایی که در انتهای فصل‌های 2 تا 10 به آن‌ها اشاره می‌شود، کاربرد صحیح ضوابط بار برف در آیین‌نامه ASCE 7-10 را نشان می‌دهند. فصل 11 دربردارنده اطلاعاتی در زمینه ضوابط مندرج در بخش‌های 7.11 و 7.12 آیین‌نامه ASCE 7-10 است و فصل 13 به دیدگاه‌ها، استدلال‌ها و ایده‌های مرتبط با موضوعات بارگذاری بار برف اشاره می‌کند که در آیین‌نامه ASCE 7-10 پوشش داده نشده‌اند. به همین ترتیب، روش‌ها و رویکردهایی که در فصل 13 ارائه شده‌اند، تفسیری رسمی از آیین‌نامه ASCE 7-10 نمی‌باشند و تنها نقش راهنما را دارند.

فصل دوم: بار برف روی زمین

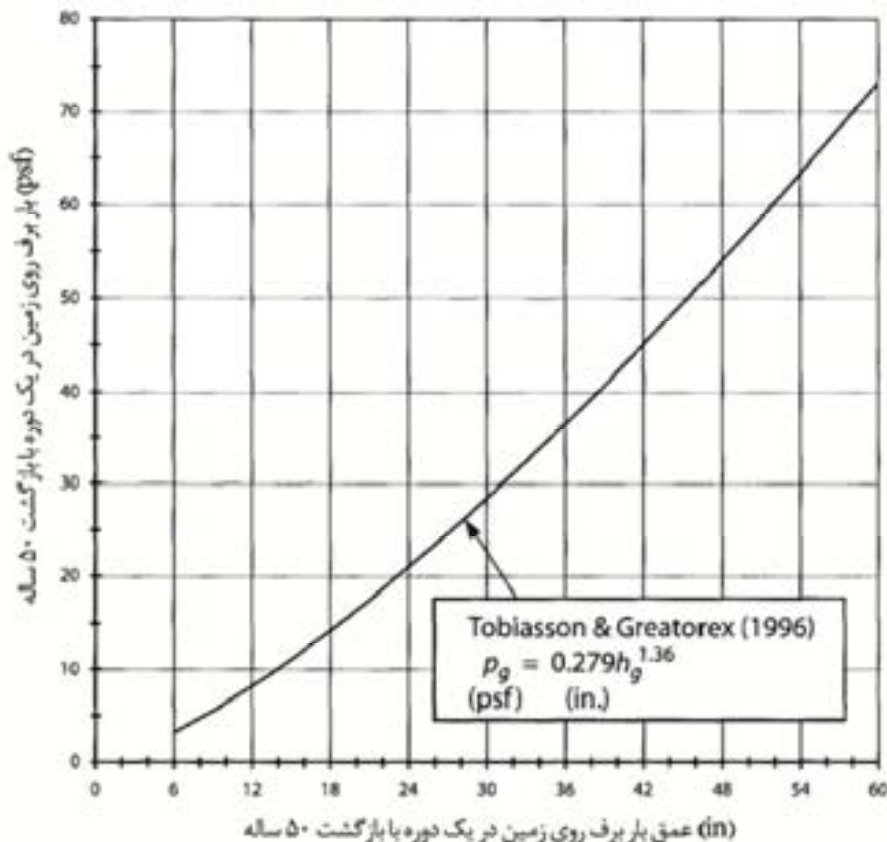
بار برف در آیین نامه ASCE 7-10 مبتنی بر بار برف روی زمین (P_g) و یا در ارتباط با آن است. به این دلیل که اطلاعات قابل ارزیابی بار برف روی زمین به طور نسبی فراوان تر از اطلاعات قابل ارزیابی بار برف روی سقف است، روشی که بازتابی از اقدامات آیین نامه کانادایی است، مورد استفاده قرار می گیرد. همان طور که در تفسیر آیین نامه ASCE 7-10، با جزئیات بیشتری شرح داده شده است، نقشه برف روی زمین (شکل 7-1) مبتنی بر گزارش های روزانه ثبت شده در 204 ایستگاه درجه یک اداره آب و هواشناسی (NWS) در خصوص بار برف روی زمین و عمق آن به همراه مطالعه روزانه عمق برف روی زمین در 9200 ایستگاه co-op (اسم ایستگاه محلی در ایالتی در امریکا) است. در راستای تهیه این نقشه از اطلاعات به دست آمده 3000 ایستگاه دیگر که در آن ها اطلاعات مربوط به عمق و میزان بار برف معمولاً به صورت ماهانه در هر زمستان توسط اداره محافظت از منابع طبیعی (NRCS، قبلاً اداره محافظت از خاک یا SCS) ثبت می شد هم استفاده شده است.

از آنجایی که عمق برف روی زمین به خودی خود کمتر مدنظر مهندسان سازه است، یک روش برای معادل سازی چگالی یا وزن مخصوص برف در استفاده از داده های عمق به کار رفته است. از این روش به طور ویژه ای در مورد داده های ایستگاه درجه یک NWS (که شامل عمق و بار می شود) برای ایجاد ارتباط بین عمق برف روی زمین در دوره بازگشت 50 ساله (50-year ground snow depth) و بار برف روی زمین با دوره بازگشت 50 ساله استفاده می شد. این رابطه به نوبه خود فقط برای داده های مربوط به عمق به کار می رفت (به عنوان مثال، ایستگاه NWS.co-op). رابطه Tobiasson و Greatorex (1996) بین بار برف روی زمین در طی 50 سال (P_g)، با واحد lb/ft^2 و عمق برف روی زمین در طی 50 سال (h_g)، با واحد اینچ به صورت زیر است:

$$P_g = 0.379 h_g^{1/36} \quad \text{معادله G2-1}$$

این رابطه در شکل G2-1 به صورت نمودار نشان داده شده است. در اصل، معادله G2-1 چگالی یا وزن مخصوص معادل را در اختیار قرار می دهد. به عنوان مثال، چگالی معادل در ارتفاع 1 فوتی (0/3 متری) برف حدوداً برابر با $8 lb/ft^3$ ($0.39 KN/m^3$) است (به طور مثال، ارتفاع 12 اینچی (0.3 متری) در یک دوره 50 ساله برابر با باری به میزان $8.2 lb/ft^2$ ($40.03 Kg/m^2$) است) و در ارتفاع 3 فوتی (0.91 متری) این میزان برابر با $12 lb/ft^2$ ($0.57 KN/m^2$)، (به طور مثال، ارتفاع 36 اینچی (0/9144 متری) در یک دوره 50 ساله برابر با باری به میزان $36 lb/ft^2$ ($1.72 KN/m^2$) است). این افزایش در تراکم معادل تا حدودی ناشی از وزن خود برف است. لایه های زیرین حجم کلی برف به دلیل وزن برف قرار گرفته در بالا فشرده تر (متراکم تر) هستند. Sack و Sheikh-Taheri (1986) رابطه جدیدی را بین عمق و بار ارائه کردند که به اسم Rocky Mountain Conversion Density (RMCD) شناخته شده است. رابطه RMCD دارای دو خط مستقیم یکی با شیب $0.9 lb/ft^2$ ($0.4 KN/m^2$) در هر 1 اینچ (2.54 سانتی متر) برای عمق 22 اینچ (0.55 متر) و کمتر از آن، دیگری با شیب $2.36 lb/ft^2$ ($0.12 KN/m^2$) در هر 1 اینچ (2.54 سانتی متر) و عمق های بیشتر است. به این ترتیب، مشابه رابطه Tobiasson و Greatorex در معادله G2-1، مقدار بار در معادله RMCD به ازای عمق 22 اینچ (0.55 متر) حدوداً برابر با $97.65 lb/ft^2$ ($4.67 KN/m^2$) است. برای عمق برف بیشتر از 22 اینچ (0.55 متر)، رابطه RMCD بارهای بزرگتری به نسبت رابطه Tobiasson و Greatorex تخمین می زند، برای مثال به ازای عمق 48 اینچ (1.22 متر) بار برف برابر با $82 lb/ft^2$ ($3.92 KN/m^2$) است. مقایسه ای که بین معادله G2-1 و دیگر رابطه های چگالی صورت گرفته است در فصل 7 ارائه خواهد شد. نقشه بار برف روی زمین در ایالت متحده آمریکا (شکل 7-1) میانگین دوره بازگشت 50 ساله برای بار برف روی زمین را ارائه می کند. سالانه حدود 2 درصد

احتمال افزایش بار برف روی زمین وجود دارد. بار برف روی زمین که در شکل 7-1 به آن اشاره شده برای هر آدرس و خیابانی به راحتی در دسترس است (در سایت www.groundsnowbyzip.com).



شکل G 2-1. ارتباط بار برف روی زمین در طی 50 سال با عمق برف روی زمین در دوره بازگشت 50 سال که در آیین نامه ASCE 7-10 برای تعیین بار برف از آن استفاده می شود.

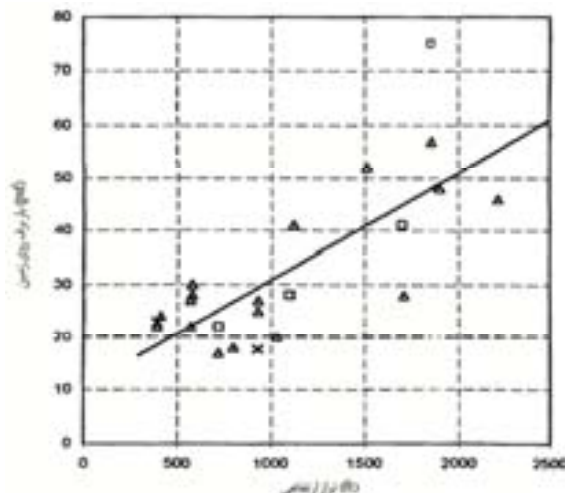
2.1 تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاع و خط ساحلی

در بسیاری از مناطق مرکزی ایالت‌های غرب میانه آمریکا بار برف روی زمین، تابعی از عرض جغرافیایی است. در شرق ایالات متحده، به طور کلی P_g با عرض جغرافیایی افزایش می یابد، اما دو متغیر دیگر نیز بر P_g اثرگذار هستند: ارتفاع منطقه و فاصله از خط ساحلی. به دلیل وجود امتداد رشته کوه آپالچی در شرق، ارتفاع یک عامل مؤثر محسوب می شود. در برخی از نقاط مانند New York و Rochester، Tennessee میزان بار برف اندازه گیری شده روی زمین در شکل 7-1 (40.10 lb/ft^2) یا $(0.91, 0.48/1\text{KN/m}^2)$ در نقاطی اعمال می شود که ارتفاع آن‌ها کمتر از حداکثر ارتفاع مشخص شده باشد (1800، 1000 فوت یا 549، 195.3). موقعیت‌هایی که در مسیر بادهای دریاچه‌های بزرگ (بئج دریاچه‌ای که در مرز آمریکا و کانادا هستند) قرار دارند به‌عنوان پدیده برف دریاچه‌ای (برف متأثر از دریاچه) شناخته می شوند. حفره‌های کم‌فشار که در سطح

دریاچه‌ها در حرکت هستند، رطوبت دریا را جذب می‌کنند و سپس آن را به صورت ریزش برف به مناطق خشک باز می‌گردانند. در نتیجه، مناطقی که نسبت به دریاچه پشت به باد هستند، به طور ویژه‌ای برف گیر و پوشیده از برف هستند. ارتفاع و عرض جغرافیایی در غرب، از عوامل موثر در میزان بار برف روی زمین محسوب می‌شوند. به عنوان مثال، بار برف روی زمین با دوره بازگشت 50 ساله در ارتفاع مشخصی در New Mexico معمولاً کمتر از میزان همین معیار در Montana و در ارتفاع مشابه است. با این حال، الگوی کلی در قسمت غربی به دلیل نوع زمین‌های ناهموار و ناپایدار آن، دارای پیچیدگی بیشتری است. برخلاف بسیاری از مناطق در غرب میانه و برخی نقاط در شرق که بار برف روی زمین با دوره بازگشت 50 ساله به شدت تحت تأثیر عامل عرض جغرافیایی است، همه طراحی‌های بار برف روی زمین در قسمت غربی بر اساس ارتفاع نقطه مورد نظر صورت می‌گیرد.

2.2 مطالعات موردی خاص در نقطه مورد نظر

در تمام مناطقی که با CS در شکل 1-7 نشان داده شده‌اند، لازم است برای تهیه نقشه بار برف روی زمین مطالعات موردی خاص انجام شود. همان‌طور که در نقشه اشاره شده است، در مناطق CS تغییرات موضعی شدید بار برف روی زمین، مانعی بر سر راه نقشه برداری در این مقیاس محسوب می‌شوند. همچنین در تمام مناطقی که در ارتفاعی بالاتر از حد تعیین شده در نقشه قرار دارند، باید برای محاسبه بار برف روی زمین، مطالعات موردی انجام گردند. به طور مثال، مطالعات موردی برای تمام مناطقی که در شرق Tennessee قرار دارند و ارتفاع آن‌ها بیشتر از 1800 فوت (548.8 متر) است، الزامی می‌باشد. همان‌طور که Greatedorex و Tobiasson (1996) مفصل شرح داده‌اند، یک مطالعه موردی شامل ایجاد ارتباط بین دو متغیر (رگرسیون) ارتفاع و بار برف روی زمین با دوره بازگشت 50 ساله برای چند نقطه در مجاورت محل مورد نظر می‌باشد. به این ترتیب تغییرات افت معکوس دما توسط خط مستقیم حداقل مربعات وضع می‌گردد، در این مورد دوره بازگشت را می‌توان برای نقطه مورد نظر برابر با 50 سال فرض نمود. در واقع، تغییرات افت دما، به معنای کاهش دما به ازای یک واحد افزایش در ارتفاع است. همان‌طور که اینجا نیز استفاده شده است، تغییرات افت معکوس دما به معنای افزایش بار برف روی زمین به ازای یک واحد افزایش در ارتفاع می‌باشد.



شکل 2-2. نمودار یک مطالعه موردی در خصوص بار برف روی زمین در مقابل ارتفاع برای مناطق مجاور Freedland در ایالت Pennsylvania

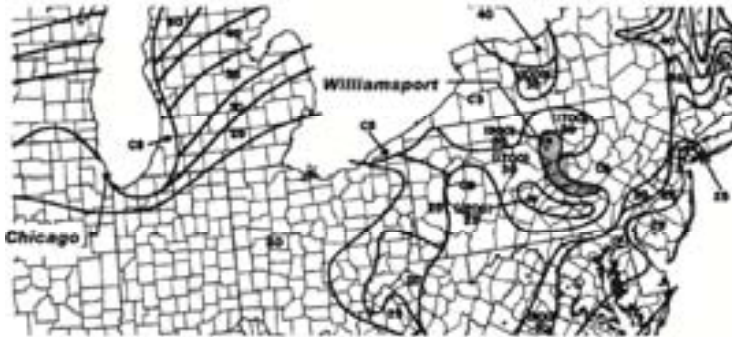
در شکل G2-2 یک مطالعه موردی که توسط آزمایشگاه فنی تحقیقاتی ارتش ایالت متحده آمریکا در مناطق سردسیر (U.S. Freedland در ایالت پنسیلوانیا انجام شده را مشاهده می نمایید. توجه داریم که 23 نقطه در شعاع 25 مایلی (CRREL - Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory 40.23 کیلومتری) Freedland قرار دارند که P_g مشخصی در مقابل ارتفاع رسم شده دارند. هنگامی که نقشه مورد نظر در مقابل ارتفاع رسم شد، خطی که در روش کمترین مربعات وجود دارد، شیب تقریبی برابر با 2 lb/ft^2 (0.096 KN/m^2) در هر 100 فوت (30.48 متر) اختلاف ارتفاع خواهد داشت. با توجه به نقشه، بار برف روی زمین در یک دوره بازگشت 50 ساله در Freedland و در ارتفاع 1800 فوتی (548.64 متری) برابر با 48 lb/ft^2 (2.3 KN/m^2) بود. در گذشته، CRREL بنا به درخواست‌های ارائه شده، اقدام به انجام مطالعات موردی خاص در یک نقطه به صورت رایگان کرد که مشابه مطالعات موردی منطقه Freedland بود که در شکل G2-2 نشان داده شده است.

توجه داریم که میزان افت معکوس دما در سراسر ایالت متحده یکسان نیست. با این حال، میزان 2 lb/ft^2 (0.096 KN/m^2) به ازای هر 100 فوت (30/48 متری) در شکل G2-2 در منطقه Freedland برابر با میزان 2.1 lb/ft^2 (0.1 KN/m^2) به ازای هر 100 فوت (30/48 متری) در روشی است که Tobiasson و همکارانش ارائه کردند. در مورد New Hampshire این میزان به طور قابل ملاحظه‌ای بزرگتر از میزان آن در بسیاری از مناطق غربی است. تفسیر آیین‌نامه ASCE 7-10 نیز با استناد به اطلاعات معتبری در خصوص بار برف در مناطق Colorado، Arizona، Washington، Oregon، New Hampshire، Montana، Idaho و بخش‌هایی از California صورت گرفته است. این منابع که به طور معمول توسط انجمن مهندسان سازه آمریکا (ASCE) و یا یک دانشگاه دولتی گردآوری و فراهم می شوند، دربردارنده اطلاعاتی درباره بار برف روی زمین در طی یک دوره بازگشت 50 ساله و برخی از ضوابط مرتبط با بار برف هستند. برای ایالت Tobiasson، New Hampshire و همکارانش (2002) فهرستی تهیه کردند که در آن بار برف روی زمین در ارتفاع مشخصی برای همه شهرهای این ایالت ارائه شده است. توجه داریم که در برخی از مناطق، میزان بار برف روی زمین در طی 50 سال در منابع محلی متفاوت از میزان آن در نقشه آیین‌نامه ASCE 7-10 است. به عنوان مثال، جدیدترین نقشه Washington (انجمن مهندسان سازه واشنگتن (SEWA) 1995) شامل مقادیری است که وقتی در ارتفاع ضرب می شوند، بار برف روی زمین در یک دوره بازگشت 50 ساله حاصل خواهد شد. در منطقه Bellingham در Washington که در ارتفاع 100 فوتی (30.48 متری) قرار دارد، بار برف روی زمین در یک دوره بازگشت 50 ساله در روش SEWA برابر با 15 lb/ft^2 (0.72 KN/m^2) است در حالی که در نقشه آیین‌نامه ASCE 7-10 برابر با 20 lb/ft^2 (0.95 KN/m^2) می باشد. متأسفانه متن و تفسیر آیین‌نامه ASCE 7-10 صراحت کافی را در بیان میزان بار برف در طی یک دوره بازگشت 50 ساله ندارد. به مهندسان سازه توصیه می شود، برای کسب راهنمایی با متخصصان سازمان نظام مهندسی و انجمن مهندسان سازه و یا سازمان اطلاعات هواشناسی ارتباط برقرار کنند. در هر حال، چیزی که واضح است این است که ضوابط بار برف روی زمین در طی یک دوره با بازگشت 50 ساله (MRI) مورد استفاده قرار می گیرند. علاوه بر این، صرف‌نظر از منبع دقیقی که در مورد میزان بار برف روی زمین وجود دارد، واضح است که اگر یک طرح طبق ضوابط آیین‌نامه ASCE 7-10 در شرایطی متفاوت نسبت به ضوابط جایگزین که جزئی از اسناد دولتی فوق‌الذکر هستند، باشد، نیاز به ضریب در معرض قرارگیری، ضریب حرارتی و روابط انباشتگی و ... دارد.

مثال 1-2 بار برف روی زمین

مسئله: تعیین بار برف روی زمین در طی یک دوره با بازگشت 50 سال برای الف، Chicago در ایالت Illinois (از ایالت‌های غرب میانه آمریکا) و ب، Williamsport در ایالت Pennsylvania:

راه حل: الف. Chicago واقع در ساحل غربی دریاچه میشیگان است و همان‌گونه که در شکل G2-3 مشاهده می‌کنید در منطقه ای قرار دارد که بار برف روی زمین در آن برابر با 25 lb/ft^2 (1.2 KN/m^2) است.



شکل G2-3. بخشی از نقشه آیین‌نامه ASCE 7-10 که در بردارنده مناطق Chicago و Williamsport است که در مثال 1-2 به آن‌ها اشاره شده است.

ب. Williamsport در منطقه هاشور زده شکل G2-3 قرار دارد که بار برف روی زمین آن در ارتفاع 800 فوتی (243.9 متری) برابر با 35 lb/ft^2 (1.67 KN/m^2) است. از آنجا که تراز ارتفاعی خاص این منطقه 528 فوت (160.93 متر) و کمتر از 800 فوت است، نیازی به انجام مطالعه موردی در این نقطه نیست و بار برف روی زمین آن در طی دوره 50 ساله برابر با همان مقدار 35 lb/ft^2 است.