خرپشته ساختمان؛ بررسی ضوابط و نکات اجرایی

امیررضا داودی یکتا

ناظر علمی:

معین شاهانی

Sabzsaze Group

sabzsaze.com

Sabzsaze Sabzsaze

سبزسازه

گروه صنعتی سبزسازه

خرپشته ساختمان؛ بررسی ضوابط و نکات اجرایی

مقدمه

خرپشته ساختمان چیست؟

خرپشته اتاقک کوچکی است که امکان دسترسی به بام را از طریق راه پله فراهم می‌کند. از طرفی در صورت وجود آسانسور در سازه، خرپشته محل قرارگیری اتاق آسانسور نیز می‌باشد. از آن‌جایی که نکات معماری و سازه‌ای مربوط به این قسمت سازه معمولاً کمتر مورد توجه طراحان قرار می‌گیرد، در این مقاله ضوابط معماری و سازه‌ای مربوط به طراحی خرپشته ساختمان مورد بررسی قرار گرفته است. در ضمن برخی نکات اجرایی مهم در ساخت خرپشته نیز در قسمت انتهایی مقاله ارائه شده است.

نام مقاله: ..... خرپشته ساختمان؛ بررسی ضوابط و نکات اجرایی
نویسنده: .....مهندس امیررضا داودی یکتا
ناظر علمی: ..... مهندس معین شاهانی
ناشر: ..... سبزسازه
نسخه: ..... بهمن ماه ۱۴۰۳

نشانی دفتر مرکزی: تهران، خیابان مطهری، خیابان ملایری پور غربی،
پلاک ۱۰۲، طبقه ۵، واحد ۱۳

نشانی دفتر آموزش: بیرجند، معلم ۲۴، پلاک ۱۴
تلفن: ۰۵۶۳۲۰۱۷۰۰۱
کد پستی: ۹۷۱۷۶۳۴۶۷۲
پرسش و پاسخ درباره این کتاب:

https://sabzsaze.com/**ridge**

حق چاپ و نشر محفوظ و مخصوص ناشر می باشد. لذا هرگونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب بدون ذکر نام سبزسازه ممنوع بوده، شرعا حرام است و پیگرد قانونی دارد.

فهرست مطالب

صفحه

۱ علائم و تعاریف ٤

۲ ضوابط معماری در طراحی خرپشته ٥

۳ مدل‌سازی و طراحی سازه خرپشته ۷

٤ بارگذاری خرپشته ۱۰

۴.۱ بارمرده ۱۰

۴.۲ بار زنده ۱۲

۴.۳ بار برف ۱۴

۴.۴ بار Mass ۱۴

٥ نکات اجرایی ساخت خرپشته ۱٥

٦ نتیجه گیری و جمع بندی ۱۹

۱ علائم و تعاریف

در این بخش علائم اختصاری و تعاریف اصطلاحات استفاده شده در این مقاله را با هم بررسی و تعریف می‌کنیم.

علامت	تعریف	واحد
L_r	بار زنده طراحی کاهش یافته بام در هر متر مربع، تحمل شده توسط عضو	کیلونیوتن بر مترمربع
L_o	بار زنده طراحی کاهش نیافته بام در هر متر مربع، تحمل شده توسط عضو	کیلونیوتن بر مترمربع
T	دوره تناوب	دور بر دقیقه
A_T	سطح بارگیر	مترمربع
F_{ui}	نیروی جانبی در تراز طبقه i ام	کیلو نیوتن
W_i	وزن طبقه i ام	کیلونیوتن
h_i	ارتفاع تراز سقف طبقه i ام از تراز پایه	متر
n	تعداد طبقات سازه	-

۲ ضوابط معماری در طراحی خرپشته

در طراحی خرپشته باید نکات معماری و سازه‌ای مختلفی مورد توجه قرار گیرد. به‌عنوان اولین موضوع باید به این سؤال پاسخ داده شود که در چه صورت طراحی و اجرای خرپشته در یک سازه الزامی است؟ مطابق با بند ۴-۵-۱-۷-۷ از مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان، در ساختمان‌های دارای چهار طبقه و بیشتر بالای زمین، حداقل یک پلکان عمومی ساختمان باید تا سطح بام امتداد یابد. در این صورت و بر اساس بند ۴-۵-۱-۷-۸ دسترسی به بام باید از طریق اتاقک خرپشته تأمین گردد که مساحت آن برابر یا کمتر از قفسه راه پله می‌باشد.

۴-۵-۱-۷-۷ در ساختمان‌های دارای چهار طبقه و بیشتر بالای زمین، حداقل یک پلکان عمومی ساختمان باید تا سطح بام امتداد یابد، مگر در بام‌هایی با شیب تندتر از ۳۳ درصد و یا بام‌هایی که هیچ‌گونه استفاده‌ای ندارند، که دسترسی از طبقه آخر به آن‌ها از طریق دیگر امکانات مانند نردبام مجاز است.

۴-۵-۱-۷-۸ در ساختمانی که برای بام آن پلکان وجود دارد، دسترسی به بام باید از طریق یک اتاقک خرپشته با مساحت برابر یا کمتر از قفسه راه پله تأمین شود.

در صورت طراحی خرپشته باید دقت شود که مطابق با بند ۴-۴-۱-۱-۲ مبحث ۴ مقررات ملی ساختمان، محل قرارگیری خرپشته تا حد امکان در مرکز پلان ساختمان باشد تا تأثیر کمتری بر روی نمای ساختمان داشته باشد.

۴-۴-۱-۱-۲ درصورت طراحی اتاقک آسانسور و خرپشته بر روی بام، محل استقرار این مجموعه حتی الامکان به سمت وسط پلان ساختمان انتقال داده شود، تا تأثیر آن بر نما تقلیل یابد.

ارتفاع مجاز خرپشته چند متر می‌باشد؟

درصورتی‌که ساختمان فاقد آسانسور باشد، ارتفاع اتاقک خرپشته از کف طبقه آخر تا زیر سقف آن ۲/۲ متر در نظر گرفته می‌شود. در حالتی که اگر ساختمان دارای آسانسور باشد، ارتفاع خرپشته باید به‌نحوی تنظیم گردد که حداقل ارتفاع لازم جهت قرارگیری موتورخانه آسانسور و نیز حداقل ارتفاع بالاسری آسانسور تأمین گردد. بدین منظور حداقل ارتفاع خرپشته باید برابر ۲/۸ متر در نظر گرفته شود. دقت شود که حداقل ارتفاع قسمت بالاسری آسانسور در جداول مبحث ۱۵ مقررات ملی ساختمان ارائه شده است.

شکل ۱- ساختمان‌هایی که در آن‌ها خرپشته در اطراف پلان اجرا شده است

شکل ۲- ساختمانی که در آن‌ها خرپشته در وسط پلان اجرا شده است

ضوابط نورگیری و تهویه خرپشته چیست؟ چه زمانی صورت تعبیه نورگیر و تهویه در خرپشته الزامی می‌باشد؟

مطابق با بند ۴-۵-۱-۱۰-۳ مبحث ۴ مقررات ملی ساختمان، درصورت عدم امکان نورگیری راه‌پله‌ها با پنجره‌های دیواری، تأمین نـور طبیعـی از سقف محفظه پلکان یا به عبارتی سقف خرپشته الزامی می‌باشد. در ضمن مطابق با بند ۴-۵-۱-۱۰-۵ درصورتی‌که تعویض هوای راه‌پله به صورت طبیعی انجام شود، یکی

از راه‌های تعویض هوا از طریق سقف محفظه راه‌پله یعنی خرپشته می‌باشد. در هر دو مورد نورگیری و تهویه، رعایت الزامات بخش ۴-۹-۷ برای تأمین حداقل مساحت بازشو سقف الزامی می‌باشد.

۴-۵-۱-۱۰ نورگیری و تهویه

۴-۵-۱-۱۰-۱ در راهروها و فضاهای عمومی مستقیم و یا دارای پنجره در دو انتها در مواردی که تأمین نور بصورت طبیعی انجام شود، سطح شیشه طبق جدول ۴-۶ و حداقل ۱/۸۰ مترمربع یا یک چهلم سطح کف است و در غیر از موارد فوق حداقل یک بیستم سطح کف می‌باشد.

۴-۵-۱-۱۰-۲ در راه‌پله‌ها، در مواردی که تأمین نور بصورت طبیعی صورت گیرد، سطح شیشه الزامی طبق جدول ۴-۶ و حداقل ۰/۹۰ مترمربع به ازای هر طبقه است.

۴-۵-۱-۱۰-۳ درصورت عدم امکان نورگیری راه‌پله‌ها با پنجره‌های دیواری، تأمین نور طبیعی از سقف محفظه پلکان نیز منطبق با الزامات قسمت ۴-۹-۷ مجاز است.

۴-۵-۱-۱۰-۴ در ساختمان‌های گروه‌های ۶ تا ۸ در صورت عدم امکان نورگیری راه‌پله‌ها با پنجره دیواری، علاوه بر تأمین نور طبیعی از سقف راه‌پله، تعبیه برق اضطراری برای تأمین نور مصنوعی طبق مبحث سیزدهم مقررات ملّی ساختمان الزامی است.

۴-۵-۱-۱۰-۵ در صورتی‌که راه‌پله‌ها به طور طبیعی تعویض هوا شوند، تعویض هوا باید به یکی از دو طریق زیر انجام شود:

الف- اگر تعویض هوا از در و پنجره‌های میانی در تمام ارتفاع محفظهٔ راه‌پله ممکن باشد، سطح بازشو در هر طبقه نباید از یک شانزدهم سطح تصویر افقی راه پله یا ۰/۴۵ مترمربع (مقدار بیشتر ملاک عمل است) کمتر باشد.

ب- اگر تعویض هوا فقط از سقف محفظهٔ راه‌پله انجام گیرد، سطح بازشو برای تمام راه‌پله باید در انطباق با قسمت ۴-۹-۷ باشد.

۴-۵-۱-۱۰-۶ در ساختمان‌های گروه چهار به بالا (بیش از ۲ طبقه)، مطابق مبحث سوم این مقررات، بین قفسه پلکان و فضای توقفگاه و موتورخانه باید فضای جداکننده‌ای تعبیه و یا فشار مثبت هوا در راه پله جهت جلوگیری از انتقال دود و سر و صدا ایجاد شود.

۳ مدل‌سازی و طراحی سازه خرپشته

مدل‌سازی و طراحی خرپشته یکی از چالش برانگیزترین قسمت‌های طراحی یک سازه است. مهم‌ترین نکته و سؤال این است که برای محاسبه و توزیع نیروی زلزله در چه صورت باید خرپشته به‌عنوان یک قسمت جداگانه در طراحی سازه مدل شود و در چه صورت می‌توان از مدل‌سازی آن صرف نظر نمود!؟ بر اساس بند ۳-۳-۶ ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان بر اساس وزن موثر لرزه‌ای صورت می‌گیرد. بر اساس تبصره موجود در این بند که در ادامه ارائه شده است، درصورتی‌که وزن خرپشته بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام ساختمان باشد، خرپشته به عنوان یک طبقه جداگانه در نظر گرفته می‌شود و در غیر این صورت می‌توان خرپشته را به عنوان بخشی از بام در نظر گرفت.

۳-۳-۶ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

نیروی برشی پایه V_u، که طبق بند (۳-۳-۱-۱) محاسبه شده است، مطابق رابطه زیر در ارتفاع ساختمان توزیع می‌گردد:

$$F_{ui} = \frac{W_i h_i^{\,k}}{\sum_{j=1}^{n} W_j h_j^{\,k}} V_u \qquad (۳-۶)$$

در این رابطه:

F_{ui}: نیروی جانبی در تراز طبقه i

W_i: وزن طبقه i شامل وزن سقف و قسمتی از سربار آن مطابق جدول (۳-۱) و نصف وزن دیوارها و ستون‌هایی که در بالا و پایین سقف قرار گرفته‌اند.

h_i: ارتفاع تراز سقف طبقه i از تراز پایه

n: تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا

k: ضریبی است که با توجه به زمان تناوب نوسان اصلی سازه T از رابطه زیر به‌دست آورده می‌شود:

$$K=0.5T+0.75 \qquad 0.5 \le T \le 2.5 \ Sec \qquad (۳-۷)$$

مقدار K برای مقادیر T کوچک‌تر از ۰/۵ ثانیه و بزرگ‌تر از ۲/۵ ثانیه باید به ترتیب برابر با ۱/۰ و ۲/۰ در نظر گرفته شود.

تبصره: در صورتی که وزن خرپشته ساختمان بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، باید به عنوان یک طبقه مستقل محسوب شود. در غیر این صورت خرپشته به عنوان بخشی از بام در نظر گرفته می‌شود.

همانطور که در بند فوق مشاهده می‌شود، درصورتی‌که وزن خرپشته بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد خرپشته باید در نرم‌افزار مدل شده و نیروی زلزله استاتیکی تا سقف آن توزیع شود. در این حالت برای محاسبه زمان تناوب سازه (T)، ارتفاع سازه با در نظر گرفتن ارتفاع خرپشته محاسبه می‌شود. امّا درصورتی‌که وزن خرپشته کمتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، محاسبه و توزیع بار زلزله تا سقف خرپشته اختیاری بوده و می‌توان نیروی زلزله را تا طبقه آخر محاسبه و توزیع نمود. دراین‌صورت اثرات ناشی از خرپشته باید به نحوی در مدل‌سازی لحاظ گردد که در بخش مربوط به بارگذاری در مورد آن صحبت خواهد شد. دقت شود که در این حالت برای محاسبه زمان تناوب سازه (T) ارتفاع سازه بدون در نظر گرفتن خرپشته و تا سقف طبقه آخر در نظر گرفته می‌شود. توصیه می‌شود جهت آشنایی بیشتر با مدل‌سازی خرپشته در نرم‌افزار ایتبس به مقاله «آموزش گام به گام مدلسازی خرپشته در ایتبس» مراجعه شود.

درصورتی‌که وزن خرپشته کمتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، آیا می‌توان در نرم‌افزار از مدل‌سازی آن صرف نظر نمود؟

مطابق با جدول ۴-۱ استاندارد ۲۸۰۰، اگر خرپشته به‌صورت یکپارچه با سایر طبقات عمل نکند، می‌توان اجزای آن را غیرسازه‌ای در نظر گرفت و از مدل‌سازی آن در نرم‌افزار صرف نظر کرد، اما از آن‌جایی‌که معمولاً ستون‌های خرپشته به صورت یکپارچه با طبقات پائین خود اجرا می‌شوند، بنابراین خرپشته دارای عملکرد یکپارچه با سازه بوده و لازم است در نرم‌افزار مدل‌سازی شود حتی اگر نیروی زلزله به آن اعمال نشود.

جدول ۱- ضرایب اجزاء معماری در استاندارد ۲۸۰۰

جزء معماری	a_p	R_{pu}
۱- دیوار غیرسازه‌ای داخلی و تیغه		
- دیوار غیرمسلح مصالح بنایی	۱	۱/۵
- انواع دیگر دیوار و تیغه	۱	۲/۵
۲- اجزای طره‌ای نظیر جان‌پناه، دیوار غیرسازه‌ای و دودکش که مهار نشده یا در محلی پایین‌تر از مرکز ثقل جزء مهار شده باشد.	۲/۵	۲/۵
۳- اجزای طره‌ای نظیر جان‌پناه، دودکش و دیوار غیرسازه‌ای که در محلی بالاتر از مرکز ثقل جزء مهار شده باشند.	۱	۲/۵
۴- دیوار خارجی غیرسازه‌ای و اتصالات آن		
- دیوار و اتصال آن	۱	۲/۵
- بست‌های سیستم اتصال	۱/۲۵	۱
۵- پوشش نما		
- اجزای با شکل‌پذیری متوسط و اتصالات آنها	۱	۲/۵
- اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آنها	۱	۱/۵
۶- خرپشته (به استثنای حالتی که این بخش به‌صورت یکپارچه با سازه ساختمان ساخته شده باشد که در آن‌صورت باید همراه با سازه تحلیل و طراحی شود)	۲/۵	۲/۵
۷- پله فراری که جزئی از سازه اصلی ساختمان نباشد	۱	۲/۵
۸- سقف کاذب	۱	۲/۵
۹- قفسه و کابینت	۱	۲/۵

آیا خرپشته باعث ایجاد نامنظمی در سازه می‌شود؟

بر اساس بند ۱-۷-۲ از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ درصورتی‌که جرم یک طبقه بیش از ۵۰ درصد با طبقات مجاور خود متفاوت باشد، نامنظمی جرمی در ارتفاع سازه ایجاد خواهد شد. شاید تصور اولیه این باشد که در صورت مدل‌سازی خرپشته و با توجه به اختلاف وزن آشکار آن با سایر طبقات، سازه دچار نامنظمی در ارتفاع از نوع نامنظمی جرمی شود، امّا همانطورکه در ادامه نشان داده شده است، در بند مذکور طبقات خرپشته و بام به صراحت مستثنا شده‌اند؛ یعنی درصورتی‌که خرپشته در طراحی سازه مدل شود، سازه دچار نامنظمی جرمی نخواهد شد.

۱-۷-۲ نامنظمی در ارتفاع

الف- نامنظمی هندسی: در مواردی که ابعاد افقی سیستم باربر جانبی در هر طبقه بیشتر از ۱۳۰ درصد آن در طبقات مجاور باشد.

ب- نامنظمی جرمی: در مواردی که جرم هر طبقه بیشتر از ۵۰درصد با جرم‌های طبقات مجاور تفاوت داشته باشد.

طبقات بام و خرپشته از این تعریف مستثنا هستند.

پ – نامنظمی قطع سیستم باربرجانبی: در مواردی که جزئی از سیستم بار بر جانبی در ارتفاع قطع شده باشد، به‌طوری‌که آثار ناشی از واژگونی روی تیرها، دال‌ها، ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی تغییراتی ایجاد کند.

ت- نامنظمی مقاومت جانبی: در مواردی که مقاومت جانبی طبقه از ۸۰ درصد مقاومت جانبی طبقه روی خود کمترباشد، چنین طبقه‌ای اصطلاحاً "طبقه ضعیف" نامیده می‌شود.

در مواردی که مقدار فوق به ۶۵ درصد کاهش یابد، طبقه اصطلاحاً "طبقه خیلی ضعیف" توصیف می‌شود.

ث- نامنظمی سختی جانبی: در مواردی که سختی جانبی هر طبقه کمتر از ۷۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰ درصد متوسط سختی‌های جانبی سه طبقه روی خود باشد. چنین طبقه‌ای اصطلاحاً "طبقه نرم" نامیده می‌شود.

در مواردی که مقادیر فوق به ترتیب به ۶۰ درصد و ۷۰ درصد کاهش پیدا کنند، طبقه اصطلاحاً "طبقه خیلی‌نرم" توصیف می‌شود.

ضمنا درصورتی‌که تراز نیروی زلزله تا بام در نظر گرفته شود نیاز به کنترل **نامنظمی پیچشی** در خرپشته نخواهد بود.

توجه: قرارگیری خرپشته(راه‌پله) در کنار یا گوشه ساختمان موجب جابه‌جا شدن مرکز سختی سازه و ایجاد نامنظمی در پلان(نامنظمی پیچشی) می‌شود.

٤ بارگذاری خرپشته

همانند سایر قسمت‌های سازه، در قسمت خرپشته نیز بارهای مشخصی به ساختمان وارد می‌شوند که در ادامه آن‌ها را بررسی خواهیم کرد.

٤. ١ بارمرده

بار مرده وارد بر سقف خرپشته شامل بار مرده کف و بار دیوارهای پیرامونی(جان پناه) می‌شود. بار کف بر اساس نوع سقف و مشخصات کف‌سازی محاسبه شده و به سقف خرپشته اعمال می‌شود. برای مثال در جدول صفحه بعد نمونه‌ای از بار مرده وارد بر سقف خرپشته محاسبه شده است. بار جان‌پناه نیز باید به‌صورت یک بار خطی به تیرهای پیرامونی خرپشته اعمال شود. در محاسبه این بار ارتفاع جان پناه مطابق با بند ۴-۹-۹-۱-۱ از مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان برابر با ۱/۱ متر در نظر گرفته می‌شود(ارتفاع جان‌پناه خرپشته معمولاً ۸۰-۷۰ سانتی‌متر اجرا می‌شود). همچنین بر اساس بند ۶-۱-۴-۶ از پیوست ۶ استاندارد ۲۸۰۰، حداقل ارتفاع چان‌پناه برابر با ۱/۲ می‌باشد. در جدول ۳ یک مثال از نحوه محاسبه بار خطی جان پناه ارائه شده است.

جدول ۲- نحوه محاسبه بار مرده خرپشته

ایزوگام	۰/۲ kN/m^2
ملات ماسه سیمان	۰/۰۳ × ۲۱ = ۰/۶۱ kN/m^2
بتن با پوکه معدنی و سیمان	۰/۱۲ × ۱۳ = ۱/۵۶ kN/m^2
یونولیت	۰/۰۵ kN/m^2
سقف کاذب	۰/۵ kN/m^2
جمع کل	۲/۹۴ kN/m^2

۴-۹-۹ حفاظ‌ها، جان‌پناه‌ها و میله‌های دستگرد

حفاظ، جان پناه‌ها و میله‌های دستگرد باید با تمهیدات مناسب، به نحوی تهیه شوند که در زمان استفاده و بهره برداری از مقاومت و ایمنی لازم برخوردار باشند.

۴-۹-۹-۱ حفاظ و جان‌پناه

هرجا که نصب جان‌پناه یا حفاظ و دست‌انداز الزامی اعلام شده باشد، باید در انطباق با مقررات زیر اجرا شود:

۴-۹-۹-۱-۱ ارتفاع دست‌اندازها یا جان‌پناه‌ها از سطح فضا یا بام در دسترس، باید حداقل ۱/۱۰ متر و از لبهٔ پله یا سطح شیب‌دار حداقل ۰/۹۰متر باشد.

۴-۹-۹-۱-۲ فاصلهٔ خالی بین دو نرده عمودی دست‌انداز و جان‌پناه نباید بیشتر از ۰/۱۱ متر باشد. در صورت وجود نرده‌های تزئینی، نباید از هیچ قسمت آن کره‌ای به قطر بیش از ۰/۱۱ متر عبور کند.

پ۶-۱-۴-۶- جان‌پناه‌ها

با توجه به ضوابط سازمان آتش‌نشانی حداقل ارتفاع جان‌پناه‌ها ۱٫۲ متر توصیه می‌شود. در این حالت مناسب است که ستون‌های پیرامونی بام، تا ارتفاع ۱٫۳۵ متر بر روی بام ادامه پیدا کنند. این ارتفاع برای مهار لرزه‌ای جان‌پناه می‌باشد (شکل پ۶-۳۵). در فاصله بین ستون‌ها در صورت نیاز با اجرای وادار طبق جزییات ارائه شده، طول آزاد دیوار کوتاه شده و دیوار جان‌پناه بین وادارها باید به نحو مناسبی مشابه جزییات ارائه شده در شکل پ۶-۳۶ یا روش‌های مشابه جهت تحمل بارهای خارج صفحه مسلح شود.

جدول ۳- محاسبه بار خطی جان پناه خرپشته

سنگ نما	۰/۰۲ × ۲۸ = ۰/۵۶ kN/m^2
ملات ماسه سیمان	۰/۰۲ × ۲۱ = ۰/۴۲ kN/m^2
بلوک سفالی	۰/۲ × ۸/۵ = ۱/۷ kN/m^2
گچ و خاک	۰/۰۲ × ۱۶ = ۰/۳۲ kN/m^2
اندود گچ	۰/۰۱ × ۱۳ = ۰/۱۳ kN/m^2
جمع کل	۳/۱۳ kN/m^2
بار گسترده خطی	۳/۱۳ × ۱/۱ ≅ ۳/۴۴ kN/m

دقت شود که در صورت اجرای کاشت گیاهان در فضای خرپشته، مقدار بار مرده (و زنده) افزایش خواهد یافت. برای آشنایی بیشتر با اجرای روف گاردن و نیز میزان افزایش بارهای وارده توصیه می‌شود به مقاله" نکات طراحی، بارگذاری و اجرای روف گاردن "مراجعه کنید.

۲.٤ بار زنده

مطابق با جدول ۶-۵-۱ از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بار زنده خرپشته که بخشی از بام محسوب می‌شود، برابر ۱/۵ کیلونیوتن بر متر مربع می‌باشد. مطابق با بند ۶-۵-۶ بارهای زنده ارائه شده در این جدول را می‌توان با استفاده از ضرایبی کاهش داد و مقدار کمتری برای آن‌ها در نظر گرفت. برای کاهش بار زنده خرپشته‌ها که معمولاً بام تخت محسوب می‌شوند، از روابط ۶-۵-۶-۱ که در ادامه ارائه شده است، استفاده می‌شود. باید توجه شود که مطابق با یادداشت[1] جدول بارهای زنده، اگر بار زنده گسترده یکنواخت بام پس از کاهش به کمتر از ۱ کیلونیوتن بر متر مربع برسد، اعضایی که تحت این بار قرار گرفته‌اند و وظیفه یکپارچگی و پیوستگی سقف را نیز برعهده دارند، بایستی برای نامناسب‌ترین وضع بارگذاری طراحی شوند. توضیحات کامل‌تر در مورد بار زنده کاهش‌یافته، نحوه نامناسب‌ترین وضع بارگذاری و نیز نحوه اعمال کاهش بار زنده در ایتبس در مقاله «بار زنده ساختمان» ارائه شده است.

۶-۵-۶ کاهش بارهای زنده بام

حداقل بار زنده گسترده یکنواخت بام، L_0، درجدول ۶-۵-۱ را می‌توان برای محاسبه بار زنده طراحی بام (L_r) طبق ضوابط بندهای ۶-۵-۶-۱ و ۶-۵-۶-۲ کاهش داد.

۶-۵-۶-۱ بام‌های تخت، شیب دار و قوسی

بار زنده بام‌های معمولی تخت، شیب‌دار و قوسی و سایبان‌ها را می‌توان با استفاده از رابطه ۶-۵-۲ کاهش داد. در سازه‌هایی مانند گلخانه نیز که در آن از داربست‌های مخصوص عبور کارگران و حمل مصالح در زمان نگهداری و تعمیر استفاده می‌شود، مقادیر بار زنده بام نباید کمتر از مقدار داده‌شده توسط رابطه ۶-۵-۲ باشد.

$$L_r = L_0 R_1 R_2 \qquad ۰/۶ \text{ kN/m}^2 \le L_r \le ۱/۵ \text{ kN/m}^2 \qquad (۶-۵-۲)$$

که در این رابطه:

L_r: بار زنده طراحی کاهش‌یافته بام درهر مترمربع تصویر افقی سطح نگهداری‌شده توسط عضو

L_0: حداقل بار زنده گسترده یکنواخت کاهش‌نیافته بام درهر مترمربع تصویر افقی سطح نگهداری شده توسط عضو (جدول۶-۵-۱)

ضرایب کاهش R_1 و R_2 مطابق روابط زیر تعیین می‌شوند:

$$R_1 = \begin{cases} ۱ & \text{برای} \quad A_T \le ۱۸ \text{ m}^2 \\ ۱/۲ - ۰/۱۱۱ A_T & \text{برای} \quad ۱۸ \text{ m}^2 < A_T \le ۵۴ \text{ m}^2 \\ ۰/۶ & \text{برای} \quad A_T > ۵۴ \text{ m}^2 \end{cases} \qquad (۶-۵-۳)$$

که در آن A_T سطح بارگیر عضو (بر حسب مترمربع) می‌باشد.

ضریب R_2 از رابطه ۶-۵-۴ محاسبه می‌شود.

$$R_2 = \begin{cases} ۱ & \text{برای} \quad S \le ۳۳ \\ ۱/۲ - ۰/۰۰۶ S & \text{برای} \quad ۳۳ < S < ۱۰۰ \\ ۰/۶ & \text{برای} \quad S \ge ۱۰۰ \end{cases} \qquad (۶-۵-۴)$$

که در آن، برای بام‌های شیب‌دار، S شیب سقف (به درصد)، و در بام‌های قوسی و گنبدی، S معادل ۲۶۷ برابر نسبت ارتفاع به طول دهانه قوس است.

جدول٤- بار زنده وارد بر بام‌ها

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱	**بام‌ها**		
۱-۱	بام معمولی تخت، شیب‌دار و قوسی	۱٫۵[۱]	۱٫۳
۱-۲	بام با پوشش سبک	۰٫۵	۱٫۳
۱-۳	بام باغ (بام دارای باغچه و گلخانه)	۵	—
۱-۴	بام از نوع پوشش پارچه‌ای با سازه اسکلتی	۰٫۲۵ (غیرقابل کاهش)	۱٫۳
۱-۵	بام با امکان تجمع و ازدحام	بسته به نوع کاربری	—
۱-۶	قاب نگهدارنده فضابند	۰٫۲۵ (غیرقابل کاهش، فقط به اعضای قاب‌ها وارد می‌شود)	۱

٤.٣ بار برف

بار برف وارد بر سقف خرپشته مانند بار برف بام محاسبه می‌شود. برای محاسبه این بار از رابطه ۶-۷-۱ مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان استفاده می‌شود که در زیر ارائه شده است.

$$P_r = I_s C_n C_h C_s P_s$$

در این رابطه P_s بار برف مبنا، I_s ضریب اهمیت بار برف، C_n ضریب برف‌گیری، C_h ضریب شرایط دمایی و C_s ضریب شیب می‌باشد. توضیحات مربوط به هریک از این موارد در بخش‌های ۶-۷-۳ تا ۶-۷-۶ ارائه شده است که جهت درک بهتر آن‌ها می‌توانید به مقاله محاسبات بار برف در ساختمان همراه با آموزش نحوه اعمال بار برف در ایتبس مراجعه کنید.

٤.٤ بار Mass

همانطور که در بخش‌های قبل اشاره شد، درصورتی‌که وزن خرپشته کمتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، می‌توان در محاسبه نیروی زلزله و توزیع آن در ارتفاع سازه از وجود خرپشته صرف نظر نمود. در این حالت باید اثرات ناشی از وجود خرپشته(اصلاح بار مؤثر لرزه‌ای) به نحوی در سازه اعمال شود. به عبارت دیگر با وجود اینکه در محاسبه نیروی زلزله از خرپشته صرف نظر کردیم، امّا باید وزن موثر لرزه‌ای آن را به نحوی بر سازه اعمال کنیم. برای این کار بار مرده با ۲۰ درصد بار زنده خرپشته جمع شده و در مساحت آن ضرب می‌شود و به صورت بار متمرکز از نوع Mass در گره‌های اطراف اتاقک خرپشته، به طبقه بام اعمال می‌شود. دقت شود درصورتی‌که حضور خرپشته در محاسبه بار زلزله در نظر گرفته شود، دیگر نیاز به انجام فرایند فوق نیست. اما باید نصف بار مرده دیوارهای پیرامونی خرپشته به صورت بار خطی از نوع Mass به تیرهای سقف خرپشته اعمال شوند.

نکته: ممکن است به دلایل مختلف سازندگان مایل به اجرای خرپشته‌های شیشه، خرپشته شیروانی و یا خرپشته با سقف شیبدار باشند. در این موارد بارهای وارد بر سقف باید متناسب با نوع سقف محاسبه شوند.

شکل ۳- تصویر خرپشته با سقف شیروانی

۵ نکات اجرایی ساخت خرپشته

بتن‌ریزی خرپشته

به دلیل حجم کم بتن مورد نیاز سقف و ستون‌های خرپشته، سازندگان معمولاً ترجیح می‌دهند که بتن‌ریزی سقف و ستون‌ها در خرپشته به صورت همزمان انجام شود. در این حالت ضمن رعایت الزامات بتن‌ریزی که در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین‌نامه بتن ایران (آبا) ارائه شده است، رعایت بند ۷-۴-۴-د آبا ضروری است. مطابق با این بند در مواردی که بتن‌ریزی تیر و سقف به‌صورت پیوسته با دیوار و ستون انجام می‌شود، برای جلوگیری از ترک‌های ناشی از نشست بتن، باید ابتدا بتن‌ریزی ستون و دیوار و سپس بتن‌ریزی تیر و سقف انجام شود. در تفسیر این بنده عنوان شده است که به‌دلیل اختلاف در ضخامت مقطع، نشست‌های خمیری متفاوتی به وجود می‌آید. این اختلاف نشست تمایل به ترک‌خوردگی در محل این تغییر مقطع را افزایش می‌دهد. در چنین مواردی باید ابتدا بتن ستون‌ها ریخته شود و با یک وقفه زمانی، اجازه نشست به بتن داده شده و یا تراکم مجدد انجام گیرد؛ سپس بتن تیر و دال ریخته شوند. این زمان حدود ۱ الی ۲ساعت است که البته به دما و نسبت های مخلوط نیز بستگی دارد.

در صورت بتن‌ریزی همزمان سقف و ستون‌های خرپشته، تعداد نمونه لازم جهت انجام آزمایش مقاومت فشاری چه تعداد خواهد بود؟

مطابق با بند ۸- ۳-۲-۲ آبا، در هر نوبت کاری روزانه باید حداقل یک نمونه‌برداری جهت انجام آزمایش مقاومت فشاری انجام شود. با توجه به این که در تفسیر این بند هر نوبت نوبت کاری حداقل ۸ ساعت ذکر شده است درصورتی‌که ساعت بین بتن‌ریزی ستون‌ها و سقف در یک روز و با رعایت فاصله زمانی ۱ الی ۲ انجام شود، می‌توان برای کل قسمت خرپشته تنها به یک نمونه‌برداری اکتفا کرد. البته دقت شود درصورتی‌که تعداد نمونه‌های حاصل از سایر موارد ذکر شده در این بند بیشتر از ۱ باشد در این صورت حداقل تعداد نمونه برابر با آن مقدار خواهد بود.

۸-۳-۲-۲ در مواردی‌که حجم هر پیمانه بتن در پای کار یک متر مکعب باشد، تواتر نمونه‌برداری باید برای یک سازه و هر نوع و رده بتن، حداقل برابر با بیشترین مقادیر «الف» تا «ث» زیر باشد:

الف- یک نمونه‌برداری در هر نوبت کاری روزانه؛

ب- هر ۳۰ مترمکعب بتن؛

پ- هر ۱۵۰ متر مربع سطح دال و دیوار؛

ت- هر ۱۰۰ متر طول تیر و کلاف، در مواردی‌که جدا از سایر قطعات بتن‌ریزی شوند؛

ث- هر ۵۰ متر طول ستون و تیر طره‌ای.

ت ۸-۳-۲-۲ به تفسیر بند ۸-۳-۱ مراجعه شود.

الف- هر نوبت کاری، بخشی از شبانه روز را تشکیل می‌دهد که ممکن است ۸ ساعت یا بیشتر باشد.

ب- در این مورد شالوده یا سایر اعضا می‌تواند در نظر گرفته شود.

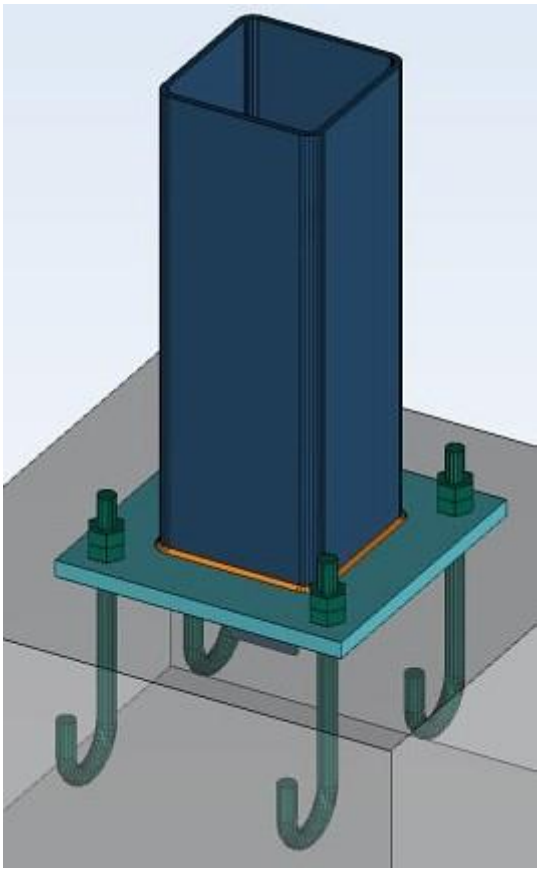
پ- مقصود از سطح دال و دیوار، سطح یک وجه آن می‌باشد و نباید مجموع دو وجه در نظر گرفته شود.

ت- در صورتی‌که تیر و کلاف با دال یا شالوده بتن‌ریزی شوند، ضوابط آن قطعات نیز در نظر گرفته می‌شود و هر یک تعداد نوبت بیشتری بدست دهد ملاک خواهد بود.

ث- مقصود از طول ستون ارتفاع از کف طبقه تا زیر تیر یا دال خواهد بود. تیرهای طره‌ای دارای ضوابطی مانند ستون خواهد بود.

خرپشته فلزی

در برخی از سازه‌های بتنی سازندگان به دلایل مختلف تمایل دارند که خرپشته از نوع فولادی ساخته شود. در این موارد باید ضوابط اتصال سازه فولادی به بتنی رعایت گردد. برای اتصال ستون‌های فولادی به بتنی ابتدا یک صفحه فولادی با استفاده از میلگردهای خم شده بر روی ستون طبقه آخر تعبیه می‌شود. بعد از بتن‌ریزی و گیرش بتن، صفحه فولادی به ستون بتنی متصل شده و امکان اجرای ستون فولادی خرپشته را فراهم می‌کند. با اجرای ستون‌های فلزی در مرحله آخر تیرهای فولادی به این ستون‌ها متصل می‌شوند که این کار معمولاً با اتصال مفصلی انجام می‌شود.



شکل ٤- جزئیات اتصال ستون فولادی به ستون بتنی

حفاظ و جان‌پناه خرپشته

همانطور که در بخش بارگذاری اشاره شد، مطابق به ضوابط بند ۴-۹-۹ مبحث ۴ مقررات ملی ساختمان، حداقل ارتفاع جان‌پناه بام باید برابر ۱/۱ متر باشد، امّا از آن‌جایی‌که در این بند اشاره مستقیمی به خرپشته نشده، معمولاً در اجرا ارتفاع جان‌پناه خرپشته بین ۷۰ تا ۸۰ سانتی متر در نظر گرفته می‌شود. همچنین در صورت استفاده از نرده به‌عنوان حفاظ، فاصله خالی بین دو نرده خرپشته(در حالتی که نرده‌ها عمودی اجرا شده باشند) نباید بیش از ۱۱ سانتی‌متر باشد. در ضمن اگر نرده‌ها افقی اجرا شوند، باید دقت شود که از امکان بالا رفتن کودکان از آن‌ها جلوگیری گردد.

۴-۹-۹-۱-۱ ارتفاع دست‌اندازها یا جان‌پناه‌ها از سطح فضا یا بام در دسترس، باید حداقل ۱/۱۰ متر و از لبهٔ پله یا سطح شیب‌دار حداقل ۰/۹۰متر باشد.

۴-۹-۹-۱-۲ فاصلهٔ خالی بین دو نرده عمودی دست‌انداز و جان‌پناه نباید بیشتر از ۰/۱۱ متر باشد. در صورت وجود نرده‌های تزئینی، نباید از هیچ قسمت آن کره‌ای به قطر بیش از ۰/۱۱ متر عبور کند.

۴-۹-۹-۱-۳ در صورت استفاده از میله های افقی در دست‌انداز و جان‌پناه، غیر از فاصله مندرج در بند ۴-۹-۹-۱-۲ ، طراحی دست‌انداز باید به گونه‌ای باشد که از بالا رفتن کودکان و احتمال سقوط آنها با تدابیری چون شیب داخلی یا هلالی برگشته جلوگیری کند.

۴-۹-۹-۱-۴ استفاده از شیشه ایمن و غیر ریزنده در جان‌پناه‌ها و دست‌اندازهای دارای شیشه به هر قطع و اندازه، الزامی است.

عایق‌بندی و شیب‌بندی خرپشته

دقیقاً مشابه با کف پشت بام، شیب‌بندی خرپشته و عایق‌بندی آن باید به نحو مناسب انجام شود تا خرپشته در اثر رطوبت و آب باران دچار آسیب نشود. جهت عایق‌بندی خرپشته باید ضوابط بند ۴-۹-۱۰ مبحث چهام مقررات ملی ساختمان که در ادامه آمده است رعایت گردد.

۴-۹-۱۰ آب‌بندی و عایق‌کاری رطوبتی

۴-۹-۱۰-۱ در تمام ساختمان‌ها حفاظت در برابر بارش نزولات جوی و رطوبت خاک الزامی است. بام‌های تخت، ایوان‌ها، فضاهای نیمه باز (غیر از بالکن‌های کم‌عرض)، کف‌های در تماس با زمین‌های نمناک، کف کلیه فضاهای بهداشتی در طبقات، دیوارهای زیرزمین و سایر دیوارهای در تماس با زمین نمناک، بدنه و کف و دیوار استخرها و منابع آب، باید عایق رطوبتی شوند. بام‌های شیب‌دار و قوسی و گنبدها و نماهایی که در معرض بوران‌های موسمی قرار می‌گیرند، باید با روش مناسب در برابر نزولات جوی و کج‌باران حفاظت شوند.

۴-۹-۱۰-۲ در تمام فضاهای داخلی بنا، هرجا که شیر برداشت آب تعبیه شود، کف فضا باید عایق رطوبتی شده و کفشوی دارای شترگلویی یا سیفون و تمهیدات لازم دیگر برای دفع فاضلاب، مطابق با ضوابط مبحث شانزدهم مقررات ملّی ساختمان، پیش بینی شود.

۴-۹-۱۰-۳ محافظت سطح کف و عایق‌کاری دیواره‌های زیرزمین، جهت جلوگیری از نفوذ آب های سطحی و زیرزمینی و نشت آب لوله‌کشی، در ساختمان الزامی است.

اتاقک آسانسور در خرپشته

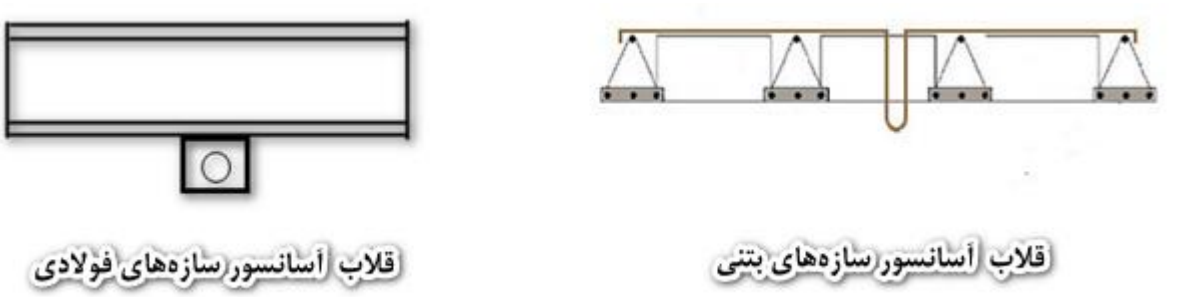
معمولاً جهت قرارگیری اتاقک موتورخانه آسانسور، فضایی در خرپشته به آن اختصاص داده می‌شود؛ امّا آسانسورهای جدید روملس که به اختصار به آن‌ها آسانسورهای MRL نیز می‌گویند، نوع خاصی از آسانسور کششی یا هیدرولیکی است که نیاز به اتاقی به‌عنوان موتورخانه در فضای خرپشته ندارند. این نوع آسانسور برای ساختمان‌هایی مناسب هستند که: ۱) فضای کافی برای ساختن موتورخانه وجود ندارد ۲) آسانسور در پشت بام توقف دارد.

موتور این آسانسورها بسته به نوع آن‌ها در داخل چاله و یا بر روی شاستی آسانسور و در زیر سقف قرار می‌گیرد و تابلو فرمان آن‌ها در بالاترین طبقه‌ای که آسانسور در آن توقف دارد، نصب می‌شود.

شکل ۵- جزئیات یک آسانسور روملس

قلاب آسانسور

یکی از موارد بسیار مهمی که باید در ساخت خرپشته مورد توجه قرار گیرد، نصب قلاب آسانسور است. در هنگام نصب آسانسور قلاب متصل به سیم بکسل موتور آسانسور به این قلاب وصل شده و این قلاب وزن موتور آسانسور که حدوداً ۱/۵ الی ۲ تن می‌باشد را تحمل می‌کند. به این ترتیب با روشن شدن موتور، موتور آسانسور خودش را بالا کشیده تا در نهایت در اتاقک آسانسور واقع در خرپشته قرار بگیرد. در ساختمان‌های فولادی یک ورق سوراخ شده به زیر یکی از تیرهای سقف خرپشته جوش شده و به‌عنوان قلاب آسانسور عمل می‌کند. امّا در سازه‌های بتنی یک میلگرد در وسط به شکل U خم شده و در دو طرف داخل سقف ادامه پیدا می‌کند و داخل سقف قرار می‌گیرد. در نتیجه این میلگرد نقش قلاب آسانسور را خواهد داشت. در شکل زیر قلاب آسانسور برای سازه بتنی و فولادی به صورت شماتیک نمایش داده شده است.



شکل ٦- نحوه اجرای قلاب آسانسور در سازه بتنی و فولادی

پرسش و پاسخ

۱. بر اساس مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان، حداقل ارتفاع خرپشته چند متر می‌باشد؟

پاسخ: بر اساس مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان، حداقل ارتفاع خرپشته در صورت عدم وجود آسانسور ۲/۲ متر و در صورت وجود آسانسور ۲/۸ متر می‌باشد.

۲. در چه صورت می‌توان از مدل‌سازی خرپشته در نرم‌افزار صرف نظر کرد؟

پاسخ: از آن‌جایی که معمولاً بتن‌ریزی ستون‌های خرپشته همراه با طبقه آخر انجام می‌شود، خرپشته دارای عملکرد یکپارچه با سازه می‌باشد و به هیچ عنوان نمی‌توان از مدل‌سازی آن صرف نظر نمود(حتی اگر از وجود خرپشته در محاسبه نیروی زلزله صرف نظر شده باشد).

٦ نتیجه گیری و جمع بندی

خرپشته یکی از عناصر تاثیرگذار در طراحی سازه است که می‌تواند طراحی سازه را دستخوش تغییر کند. در این مقاله ضمن بررسی ضوابط معماری خرپشته، نحوه مدل‌سازی و نیز تأثیر وجود یا عدم وجود آن در محاسبه نیروی زلزله وارد بر ساختمان مورد بررسی قرار گرفت. همانطورکه مشاهده شد، درصورتی‌که وزن خرپشته کمتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد می‌توان آن را به عنوان بخشی از بام در نظر گرفت و در محاسبه نیروی زلزله از ارتفاع آن صرف نظر نمود. می‌توان گفت این موضوع مهم‌ترین عامل تأثیرگذار خرپشته در طراحی سازه است که باید مورد توجه طراحان قرار گیرد. در بخش‌های بعدی این مقاله نیز ابتدا انواع بارهای وارد بر خرپشته و نحوه محاسبه آن‌ها بررسی شد و در نهایت نکات اجرایی مهم در ساخت خرپشته از جمله نحوه بتن‌ریزی و نحوه اجرای قلاب آسانسور که کمتر مورد توجه محریان و سازندگان ساختمان‌ها می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفت.

منابع

۱. مبحث چهارم مقررات ملی ساختمان، ویرایش ۱۳۹۶
۲. مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، ویرایش سال ۱۳۹۸.
۳. مبحث پانزدهم مقررات ملی ساختمان، ویرایش ۱۳۹۲
٤. آیین نامه‌ی ASCE7 ویرایش سال ۲۰۲۲ آمریکا
٥. آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰
٦. آیین‌نامه بتن ایران، آبا، ویرایش ۱۴۰۰

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای شرکت مهندسی سبز سازه محفوظ می باشد و هرگونه کپی برداری ، تقلید یا باز نشر غیر قانونی بوده و تحت پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.