

بخش چهارم از ضابطه ۷۱۴ بارهای وارده بر اجزاء نما و معیارهای پذیرش

(قسمت اول)



مهندس شهرام علیزاده، مدیر عامل شرکت آلوکد

۳-۱- مقدمه:

در این فصل انواع بارهای وارده بر نمای ساختمان شامل بار ثقلی، زلزله، باد و اثرات ضربه تعریف و ضوابط موجود در تعیین بار، نحوه ترکیب و معیارهای ارزیابی و پذیرش آن ارائه می‌شود.

۳-۱-۱- سطوح کاربردی ساختمان

سطوح عملکردی ساختمان و نمای ساختمان را می‌توان از روی سطح کاربری ساختمان تعیین کرد. سازه‌ها به لحاظ سطوح کاربری در ۴ سطح I و IV طبقه‌بندی می‌گردند. سطوح کاربری سطح I، ساختمان‌هایی را دربرمی‌گیرد که خرابی آنها، خطر کمی برای جان انسان‌ها ایجاد می‌کند. بالاترین سطح کاربری، یا سطح IV، ساختمان‌هایی را دربرمی‌گیرد که ضروری و حیاتی هستند.

در این شماره به بررسی بارهای وارده بر اجزاء نما و معیارهای پذیرش بر اساس (ضابطه ۷۱۴) دستورالعمل اجرایی می‌پردازیم. این ضابطه توسط سازمان برنامه به ارگان‌های اجرایی از مورخه ۹۰/۱/۱۰ ابلاغ شده و لازم‌الاجرا می‌باشد. توجه به این بخش را به خوانندگان عزیز توصیه کرده و پس از بررسی این قسمت در شماره‌های آتی نسبت به جمع‌بندی و نتایج مثبت و منفی این ضابطه خواهیم پرداخت.

طبقه‌بندی ساختمان‌ها با توجه به نوع سطوح کاربردی

طبقه‌بندی سطوح کاربردی	کاربری ساختمان	ردیف
I	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که خرابی در آنها خطر کمی برای جان انسان ایجاد می‌کند. این ساختمان‌ها شامل موارد زیر می‌شوند: • سازه‌ها و ساختمان‌های مربوط به کشاورزی • سازه‌ها و ساختمان‌های موقت • انبارهای کوچک	۱
II	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در طبقه‌بندی کاربردی I، III و IV ذکر نشده‌اند. همچنین نیروگاه‌های فرعی که منشأ تامین برق شبکه نیرو نیستند، نیز شامل این دسته می‌شوند.	۲
III	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که خرابی آنها خطر قابل توجهی را برای جان انسان ایجاد کند، یا خرابی آنها باعث ایجاد ضربه اقتصادی قابل ملاحظه‌ای گردد، و یا باعث اختلال در زندگی روزانه شهروندان شود. این ساختمان‌ها شامل موارد زیر می‌شوند: • محل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر زیر یک سقف • ساختمان‌های دارای مهد کودک با ظرفیت بیش از ۱۵۰ نفر • مدارس ابتدایی و راهنمایی با ظرفیت بیش از ۲۵۰ نفر و دبیرستان‌ها و آموزشگاه‌های بزرگسالان با ظرفیت بیش از ۵۰۰ نفر • درمانگاه‌هایی با بیش از ۵۰ نفر بیمار که دارای تجهیزات جراحی و اورژانس نمی‌باشند. • بازداشتگاه‌ها و زندان‌ها • ایستگاه‌های تولید برق (پست‌های برق) • مراکز مخابراتی ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در طبقه‌بندی کاربردی IV قرار ندارند ولی مواد سمی یا منفجره درون آنها به اندازه‌ای باشد، که در صورت آزاد شدن برای عموم خطرناک باشد.	۳
IV	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که تاسیسات ضروری و حیاتی محسوب می‌شوند شامل موارد زیر می‌شوند: • بیمارستان‌ها و مراکز درمانی با امکانات جراحی اورژانس • ایستگاه‌های آتش‌نشانی، پلیس، نجات، آمبولانس و گاراژهای وسایل نقلیه اورژانسی • پناهگاه‌های مواقع اضطراری • تاسیسات مربوط به آمادگی و واکنش در مواقع اضطراری • پست‌های برق و امکانات عمومی مورد نیاز برای بازسازی و واکنش در مواقع اضطراری • سازه‌های فرعی لازم برای ادامه فعالیت سازه‌ها و ساختمان‌های طبقه‌بندی کاربردی IV • برج مراقبت و کنترل هوایی و ... • انبارهای آب و ایستگاه‌های پمپاژ آب مورد نیاز برای خاموش کردن آتش (اطفاء حریق) • ساختمان‌ها و سازه‌های لازم برای دفاع ملی • ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در آن موارد بسیار سمی یا مواد منفجره به مقداری که خطری برای عموم تلقی گردد، نگهداری می‌شود.	۴

۳-۲- بار ثقیل

بارهای ثقیل وارد بر نما شامل وزن قطعه نما، اتصالات آن یا مواد چسباننده نما به سازه است که بر اساس مبحث ششم مقررات ملی باید محاسبه شوند. این بار بسته به نوع سیستم نما و نحوه اتصال نما به سازه اصلی منتقل می‌شود.

در نماهای پرده‌ای این بار توسط قاب نگهدارنده نما به تیرها و ستون‌های سازه منتقل می‌شود. درحالی که در دیوارهای نما (veneer) یا میان قابی، بار ثقیل از طریق ماده چسباننده (در نماهای چسباننده شده) یا اتصالات مکانیکی (در نماهای مهارشده) به دیوار پشتیبان نما منتقل شده و از طریق دیوار پشتیبان به سازه منتقل می‌شود. بسته به نوع سیستم نما و مسیر انتقال بار ثقیل، اجزای تحمل‌کننده و انتقال‌دهنده بار ثقیل باید برای تحمل مجموع بارهای ثقیل و شتاب قائم زلزله طراحی شوند.

۳-۳- بارها و اثرات ناشی از زلزله

اجزاء نما علاوه بر اینکه باید برای نیروهای اینرسی ناشی از شتاب وارده بر خود قطعه، پایدار بمانند، در عین حال، حساس به جابه‌جایی‌های نسبی نیز می‌باشند. این اجزاء باید علاوه بر نیروهای طراحی لرزه‌ای برای تغییر شکل ناشی از جابه‌جایی نسبی جانبی طبقات در زلزله نیز کنترل شوند.

نیاز به ارزیابی لرزه‌ای انواع مختلف نما بسته به جنس آن و میزان وزن آن در واحد سطح در جدول ۳-۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است ترازهای لرزه خیزی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد مورد استفاده در جدول ۳-۱ مطابق تقسیم‌بندی استاندارد ۲۸۰۰ ایران می‌باشد. در صورتی که نما نیاز به ارزیابی لرزه‌ای داشته باشد باید خود و اتصالاتش برای نیروهای محاسبه‌شده و جابه‌جایی نسبی محاسبه‌شده کنترل شود.

ملزومات طراحی لرزه‌ای نمای ساختمانی

خطر لرزه‌خیزی سایت		نوع جزء
لرزه‌خیزی متوسط و کم	لرزه‌خیزی خیلی زیاد و زیاد	
۱- نمای آجری یا سنگی		
+	+	- نمای چسبانده شده
-	+	- نمای مهار شده
-	+	۲- بلوک شیشه‌ای
+	+	۳- پانل پیش ساخته
+	+	۴- نماهای شیشه‌ای
-	+	۵- نمای سرامیک
+	+	۶- نماهای سیمانی (اتیکس، استاکو، EIFS)
-	-	۷- نماهای کامپوزیت و سایر نماهای سبک

+ : کنترل لرزه‌ای لازم است

- : کنترل لرزه‌ای لازم نیست

که در این روابط:

F_p : نیروی لرزه‌ای افقی طراحی وارده بر جزء نما که در مرکز ثقل آن وارد می‌شود
یا به صورت گسترده متناسب با توزیع جرم اعمال می‌شود.
 a_p : ضریب عملکرد بر اساس ضوابط بند ۱-۱ می‌باشد.
 A : شتاب مبنای طرح (استاندارد ۲۸۰۰).
 B_s : ضریب بازتاب برای پریودهای کوتاه (در محدوده ۰/۲ ثانیه) که با توجه به نوع خاک سایت طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایران تعیین می‌شود.
 a_p : ضریب تشدید اجزاء این ضریب معیاری است برای سنجش مقدار نزدیک بودن پریود طبیعی ساختمان و جزء نما. هرچه پریود طبیعی ساختمان و جزء نما به هم نزدیک‌تر باشند، a_p بزرگ‌تر خواهد بود. برعکس، هراندازه پریود طبیعی نما و سازه از هم فاصله داشته باشند، a_p کوچک‌تر خواهد بود. مقادیر این ضریب برای انواع مختلف نما در جدول (۳-۳) ارائه شده است.
 W_p : وزن بهره‌برداری عضو نما است که برای کنترل نما و اتصالات آن برابر وزن خود نما و برای کنترل اتصالات دیوار پشتیبان به سازه برابر با مجموع وزن نما و دیوار نگهدارنده و اتصالات می‌باشد.
 R_p : ضریب اصلاح پاسخ (ضریب رفتار) که بین ۱/۵ تا ۲/۵ بوده و بر اساس نوع نما متغیر است. این ضریب معیاری برای سنجش میزان شکل‌پذیری و شکنندگی نما و متعلقات آن است. مقادیر R_p برای نماهای مختلف در جدول پیوست ارائه شده است.
 X : ارتفاع نصب اتصالات نما در ساختمان نسبت به تراز پایه ساختمان.
 h : ارتفاع بام ساختمان که از تراز پایه ساختمان اندازه‌گیری می‌شود.

۳-۳-۱- محاسبه نیروها و تغییر شکل‌های وارده به اجزاء نما

۳-۳-۱-۱- نیروهای وارد به اجزاء نما

۳-۳-۱-۱-۱- نیروهای افقی طراحی در زلزله

نیروهای افقی زلزله وارده به جزء نما مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

(۱-۳)

$$F_p = \frac{0.4 a_p A B_s W_p I_p}{R_p} \left(1 + 2 \frac{x}{h} \right)$$

نیروهای افقی زلزله وارده بر جزء نما لازم نیست بزرگ‌تر از مقدار زیر در اختیار شود:

(۲-۳)

$$F_p = 1.6 A B_s W_p I_p$$

همین طور نیروی افقی زلزله وارده بر جزء نما نباید کمتر از مقدار زیر شود:

(۳-۳)

$$F_p = 0.3 A B_s W_p I_p$$

محاسبه تغییر مکان

مقادیر مکان نسبیه ناشی از زلزله (D_p) باید بر اساس روابط این بند محاسبه گردند. اگر نما، دو نقطه واقع در ترازهای X و Y در یک ساختمان یا سیستم سازه‌ای را به هم متصل کند، باید از رابطه ۳-۹ استفاده شود:

(۳-۹)

$$D_p = I_p (\delta_{xA} - \delta_{yA}) / (h_x - h_y)$$

در محاسبه تفاوت تغییر مکان طبقه در رابطه بالا می‌توان با استفاده از روش طیفی معرفی شده در استاندارد ۲۸۰۰ تغییر مکان هر طبقه برای هر مورد را محاسبه و ترکیب کرد.

در این حالت نیازی وجود ندارد که D_p از مقدار محاسبه شده از رابطه ۳-۱۰ بیشتر اختیار شود:

(۳-۱۰)

$$D_p = I_p \frac{(h_x - h_y) \Delta_{aA}}{h_{sx}}$$

اگر نما، دو نقطه هم‌تراز در دو بلوک (مجزا از نظر سازه‌ای) از یک ساختمان را به هم وصل کند (این حالت فقط در صورتی اتفاق می‌افتد که نما در محل درز انقطاع قطع نشده باشد) باید از رابطه ۳-۱۱ استفاده شود.

(۳-۱۱)

$$D_p = I_p (|\delta_{xA}| + |\delta_{xB}|)$$

در این حالت نیاز نیست D_p از مقدار محاسبه شده در رابطه ۳-۱۲ بیشتر اختیار شود:

(۳-۱۲)

$$D_p = I_p \left(\frac{h_x \Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_y \Delta_{aB}}{h_{sx}} \right)$$

در این روابط:

D_p = تغییر مکان نسبیه جانبی که قطعه نما باید برای تطابق با آن طرح شود

I_p = ضریب عملکرد

h_x = ارتفاع اتصال تکیه‌گاه فوقانی (تراز X) نسبت به تراز پایه.

h_y = ارتفاع اتصال تکیه‌گاه تحتانی (تراز Y) نسبت به تراز پایه.

δ_{xA} = تغییر مکان جانبی قسمت A ساختمان در تراز X ، تعیین شده بر اساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰.

δ_{xB} = تغییر مکان جانبی قسمت B ساختمان در تراز Y ، تعیین شده بر اساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰.

δ_{xB} = تغییر مکان جانبی قسمت B ساختمان در تراز X ، تعیین شده بر اساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰.

Δ_{aA} = دررفت مجاز در قسمت A ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰

Δ_{aB} = دررفت مجاز در قسمت B ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰

h_{sx} = ارتفاع طبقه که در محاسبه دررفت مجاز (Δ_{aA} و Δ_{aB}) مورد استفاده قرار گرفته است.

اثر تغییر مکان‌های نسبیه لرزه‌ای باید در ترکیب با تغییر مکان‌های ناشی از دیگر بارها در نظر گرفته شوند.

ضریب $\left[1 + 2 \frac{x}{h}\right]$ نمایانگر این است که پاسخ کف و طبقه‌ای که جزء نما در آن قرار دارد با افزایش ارتفاع از سطح تراز پایه تشدید شده و افزایش می‌یابد.

نیروی افقی زلزله باید به‌صورت مستقل به اجزاء نما اعمال شود. این نیرو باید همراه با بارهای مرده و سرویس مورد انتظار به جزء نما اعمال شده و به‌صورتی باشد که بیشترین تنش را در تکیه‌گاه‌ها و مهارهای آنها ایجاد کند به‌جای محاسبه نیرو از رابطه ۱ می‌توان شتاب را در هر تراز با روش تحلیل طیفی مذکور در استاندارد ۲۸۰۰ به دست آورد. نیروهای زلزله در این حالت از رابطه زیر به دست می‌آید:

(۳-۴)

$$F_p = \frac{a_i a_p W_p I_p}{R_p} A$$

که در آن a_i مقدار شتاب در تراز i به دست آمده از تحلیل طیفی و A_x فاکتور بزرگنمایی پیچشی حاصل از رابطه زیر می‌باشد:

(۳-۵)

$$A_x = \left(\frac{\delta_{\max}}{1.2 \delta_{\text{avg}}} \right)^2$$

که در آن:

$\delta_{\max}$: بیشترین تغییر مکان در تراز X که با فرض $A_x = 1$ محاسبه شده است.
 δ_{avg} : متوسط مقادیر تغییر مکان در نقاط انتهایی سازه در تراز X که با فرض $A_x = 1$ محاسبه شده است.

لازم به یادآوری است که فاکتور بزرگنمایی پیچش نباید کمتر از ۱ منظور شده و در ضمن لازم نیست بیش از ۳ در نظر گرفته شود. در محاسبه F_p به این روش نیز، حد بالا و پایین حاصل از روابط ۳-۳ و ۳-۳ برقرار است.

۳-۳-۱-۱-۲- نیروی قائم زلزله

اجزاء نما، تکیه‌گاه‌ها و مهارهای آنها باید برای نیروی قائم زلزله که هم‌زمان با نیروهای افقی زلزله اثر می‌کند، کنترل گردد. جهت اعمال این نیروی قائم باید به‌گونه‌ای باشد که بیشترین تنش را در تکیه‌گاه و مهارهای آن ایجاد کند و در نتیجه محافظه کارانه‌ترین نتایج را ارائه دهد. نیروی قائم طراحی زلزله از رابطه زیر تعیین می‌شود:

(۳-۶)

$$F_{pv} = \frac{0.27 a_p A B_s W_p I_p}{R_p}$$

مقدار F_{pv} محاسبه شده از رابطه بالا لازم نیست از رابطه ۳-۷ بیشتر و از رابطه ۳-۸ کمتر باشد.

(۳-۷)

$$F_{pv} = 1.1 A B_s W_p I_p$$

(۳-۸)

$$F_{pv} = 0.2 A B_s W_p I_p$$

۳-۱-۳-۱-۳-۳ ضرایب R_p و a_p

جزء نما و تکیه گاه های آن یک سیستم ارتعاشی را تشکیل می دهد که پر یود طبیعی ارتعاش آن به جرم آن جزء و سختی تکیه گاه ها وابسته است. ضریب تشدید جزء نما (a_p) معیاری برای سنجش میزان نزدیک بودن پر یود جزء غیر سازه ای به پر یود طبیعی ساختمان است. مقدار $a_p=1.0$ برای نما های صلب یا با اتصالات صلب است، در حالی که $a_p=2.5$ برای نما های شکل پذیر یا با اتصالات شکل پذیر است (جدول ۳-۳).

ضریب اصلاح پاسخ جزء نما (ضریب رفتار) R_p معیاری است برای سنجش اینکه چه مقدار انرژی توسط جزء نما و تکیه گاه و اتصالات آن بدون آسیب دیدگی قابل ملاحظه جذب می گردد. این ضریب با شکل پذیری مجموعه جزء و اتصالات آن ارتباط دارد. برای نما های ترد $R_p=1.0$ است و برای نما های شکل پذیر $R_p=2.5$ می باشد.

جدول ۳-۳

ضرایب تشدید و اصلاح پاسخ، a_p و R_p برای اجزای نما

اجزای نما	a_p	R_p
سنگ چسبانده شده	۱	۱/۵
سنگ مهار شده	۱	۲/۵
آجر چسبانده شده	۱	۱/۵
آجر مهار شده	۱	۲/۵
سرامیک چسبانده شده	۱	۱/۵
سرامیک با اتصال خشک	۱	۲/۵
تخته سیمانی و GRP	۱	۲/۵
کامپوزیت	۱	۲/۵
اتیکس	۱	۱/۵
EIFS	۱	۱/۵
نمای سیمانی (Stucco)	۱	۱/۵
شیشه curtain wall	۱	۲/۵
شیشه store front	۱	۲/۵
نمای پیش ساخته بتنی	۱	۲/۵
نمای سنگ پرده ای	۱	۲/۵
اجزای سیستم اتصال نما	۱	۲/۵
پیچ های سیستم اتصال نما	۱	۱
دیوارهای نگهدارنده نما و اتصالات آنها		
دیوارهای آجری غیر مسلح	۱	۱/۵
سایر انواع دیوار	۱	۲/۵
اجزای سیستم اتصال دیوار	۱	۲/۵
پیچ های سیستم اتصال دیوار	۱/۲۵	۱

۳-۳-۲-۲-۳ ضوابط و الزامات لرزه ای اجزاء نما

در این بخش رفتار لرزه ای انواع نما و معیارهای پذیرش آن ارائه شده است. چنانچه طبق جدول ۳-۳ کنترل لرزه ای برای نما مورد نظر ضرورت داشته باشد، نما و اتصالات آن باید تحت اثر نیروهای اینرسی کنترل شود. علاوه بر این با توجه به حساس بودن نما به جابه جایی، بررسی جابه جایی نسبی سیستم سازه ای در بردارنده نما و اثر آن در رفتار نما نیز ضروری می باشد.

اتصالات نما باید با روش های مناسب که در این دستورالعمل ارائه شده است، طراحی و اجرا گردند. در صورتی که نما و اتصالات آن معیار جابه جایی نسبی را برآورد نکند باید نسبت به جایگزینی آن با نما یا اتصالات نوع دیگری یا کاهش دریفت طراحی طبقات به منظور کاهش جابه جایی ها تا حدی که نما و اتصالات آن قابلیت تحمل آن را داشته باشند و یا جداسازی نما از سازه به گونه ای که دریفت طبقات بر آن اثر نگذارد اقدام کرد.

در این بخش، معیارهای پذیرش لرزه ای نماهایی که طبق جدول ۳-۳ کنترل لرزه ای آنها ضرورت دارد، ارائه شده است. علاوه بر مقایسه عملکرد جزء با معیارهای پذیرش، ارزیابی چشمی و ظاهری نیز باید طبق ضوابط انجام شود. وضعیت تکیه گاه ها و مهارهای جزء به دقت مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت نیاز تعمیر گردد.

همچنین کنترل پایداری دیوارهای نگهدارنده نما نیز باید انجام پذیرد.

۳-۳-۱-۲-۳-۳ نماهای چسبانده شده

این نوع نما شامل نماهای سنگی، آجری و سرامیکی چسبانده شده، نمای اتیکس، نمای آستر سیمانی STUCCO و نمای EIFS می باشد.

در نماهای چسبانده شده، اتصال و مهار پشت بندی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه ای افقی محاسبه شده در بند ۳-۳-۳ باشند.

با توجه به اینکه نماهای چسبانده شده حساس به جابه جایی محسوب می شوند، ممکن است در اثر تغییر شکل لایه زیرین ترک خورده یا از جای خود بیرون رانده شوند. در صورتی که این اجزاء به طور مستقیم روی دیوارهای برشی یا اعضای سازه ای که تحت جابه جایی بزرگ قرار گیرند، نصب شوند، در زلزله آسیب پذیر خواهند بود. در نماهای چسبانده شده در صورتی که اتصال نما ضعیف باشد (خوب چسبانده باشد)، ممکن است در اثر شتاب مستقیم، اتصال از بین برود و قطعه آزاد گردد. این امر می تواند به دلیل نفوذ آب در طول زمان یا خرابی لایه زیرین رخ دهد. در نماهای چسبانده شده خرابی داخل صفحه نما معمولاً بر اثر تغییر شکل سازه دربرگیرنده دیواری که نما بر روی آن چسبانده شده است رخ می دهد که باعث به وجود آمدن ترک و گسترش آن می شود. خرابی خارج از صفحه که به صورت بیرون افتادن نما رخ می دهد، مستقیماً به دلیل شتاب می باشد. چنانچه تغییر شکل نما و دیوار پشتیبان آن، معیارهای پذیرش را برآورده ن سازد، باید تغییر مکان جانبی نسبی طبقات را محدود کرد یا با ارائه جزئیات ویژه، اتصال دیوار پشتیبان به سازه محیطی را جدا کرد. در محاسبه تغییر مکان جانبی نسبی طبقات، اثر رفتار دیوارهای پشتیبان بر روی سازه باید در نظر گرفته شود.

در سطح عملکرد کاربری بی وقفه با توجه به هدف کاربردی نماها، سازه باید به گونه ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به 0.01 ارتفاع طبقه محدود گردد. در سطح عملکرد ایمنی جانی برای نماهای چسبانده شده، سازه باید به گونه ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به 0.02 ارتفاع طبقه محدود گردد.

۳-۳-۲-۲-۳-۳ نماهای مهار شده

نماهای مهار شده شامل نماهای آجری و سنگی مهار شده، نماهای سرامیکی مدولار، تخته های سیمانی می شود. این نماها به دیوار پشتیبان فولادی (دیوار غیر باربر LSF)، دیوار بتنی یا دیوار بلوکی متصل می گردند. در نمای مهار شده اتصالات باید بارهای ثقلی ناشی از وزن نما به همراه بارهای لرزه ای ناشی از شتاب افقی

در این رابطه:
(۱۵-۳)

$$D_{clear} = 2c_1 \left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1} \right)$$

که در آن:

- h_p : ارتفاع شیشه
 b_p : عرض شیشه
 D_p : تغییر مکان نسبی لرزه‌ای که نما بر مبنای آن طراحی شده است و از رابطه ۹ و ۱۰ به دست می‌آید.
۲- شیشه‌های یکپارچه کاملاً بازپخت شده که در ارتفاعی کمتر از ۳ متر از سطح پیاده‌رو قرار گرفته‌اند.
۳- شیشه‌های لمینیت کاملاً بازپخت شده با آنیل با ضخامت بیشتر از ۷/۵ میلی‌متر که به‌صورت مکانیکی در قاب نگهدارنده خود محصور شده‌اند. لبه‌های این شیشه‌ها توسط زبانه‌های wet-glazed که دارای حداقل عرض تماس ۱۲ میلی‌متر می‌باشند و یا توسط سایر سیستم‌های مهارتی تأیید شده به قاب نگهدارنده خود محکم می‌شوند.

۴- هر جزء شیشه‌ای که شرایط تغییر مکان نسبی رابطه زیر را برآورده سازد.
(۱۶-۳)

$$\Delta_{fallout} \geq \max(1.25D_p, 12.5mm)$$

که در این رابطه:

- D_p : تغییر مکان نسبی لرزه‌ای
 $\Delta_{fallout}$: تغییر مکان نسبی لرزه‌ای که موجب بیرون افتادن شیشه از قاب نگهدارنده خود می‌شود و باید به روش تحلیلی تأیید شده‌ای به دست آمده باشد.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه

نماهای شیشه‌ای و سازه نگهدارنده آنها باید قادر به تحمل نیروهای لرزه‌ای طراحی محاسبه شده باشد. اجزای شیشه‌ای که یکی از ضوابط زیر را برآورده سازند، سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه را برآورده می‌کنند:

- ۱- هر جزء شیشه‌ای که دارای فاصله کافی از قاب نگهدارنده خود باشد به‌طوری که در تغییر مکان نسبی لرزه‌ای که جزء باید بر اساس آن طراحی شود تماس فیزیکی بین شیشه و قاب رخ ندهد. این فاصله از رابطه ۳-۹ یا ۳-۱۰ به دست می‌آید.
۲- هر جزء شیشه‌های یکپارچه کاملاً بازپخت شده که دارای فاصله کافی از قاب نگهدارنده خود باشد به‌طوری که در تغییر مکان نسبی لرزه‌ای که جزء باید بر اساس آن طراحی شود تماس فیزیکی بین شیشه و قاب رخ ندهد. این فاصله از رابطه ۳-۱۰ به دست می‌آید.
۳- هر جزء شیشه‌ای که شرایط تغییر مکان نسبی رابطه زیر را برآورده سازد.
(۱۷-۳)

$$\Delta_{fallout} \geq \max(1.5 \times 1.25D_p, 12.5mm)$$

پارامترهای مختلف این رابطه قبلاً تعریف شده‌اند.

داخل صفحه، خارج صفحه و قائم زلزله را تحمل کند.

در سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه با توجه به هدف کاربردی نماهای مهارشده، سازه باید به‌گونه‌ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به ۰/۰۱ ارتفاع طبقه محدود گردد.

در سطح عملکرد ایمنی جانی برای نماهای مهار شده، سازه باید به‌گونه‌ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به ۰/۰۲ ارتفاع طبقه محدود گردد.

۳-۲-۳-۳- پانل‌های پیش‌ساخته بتنی

پانل پیش‌ساخته بتنی نیز حساس به پارامترهای تغییر شکل و شتاب می‌باشند. این اجزاء معمولاً توسط اتصالات مکانیکی در فاصله‌های مشخص به سازه محیطی (تیرهای طبقات) وصل می‌شوند. اتصالات این نماها نیز باید برای بارهای ثقلی ناشی از وزن و شتاب‌های داخل صفحه و خارج صفحه زلزله به همراه شتاب قائم زلزله طراحی گردند.

۳-۲-۳-۴- نماهای کامپوزیت

با توجه به وزن واحد سطح پایین این نماها و جنس شکل‌پذیر آنها نیازی به کنترل لرزه‌ای این نماها نیست. این نماها باید برای سایر انواع بار وارده شامل بار باد و ضربه طراحی شوند.

۳-۲-۳-۵- نماها و دیوارهای شیشه‌ای

دیوارهای شیشه‌ای در اصل حساس به جابه‌جایی محسوب می‌شوند، ولی ممکن است بر اثر نیروهای بزرگ حاصل از شتاب، دچار تغییر شکل و ازهم‌گسیختگی گردند. عملکرد شیشه در طول زلزله سیستم دیوار و شیشه بستگی دارد و به‌صورت یکی از موارد زیر می‌تواند رخ دهد:

- شیشه بدون شکستن در قاب یا تکیه‌گاه خود باقی بماند.
شیشه خرد شود ولی همچنان در قاب یا تکیه‌گاه خود باقی بماند و به‌عنوان مانعی برای ورود و خروج هوا عمل کند. در این شرایط شیشه هنوز قادر به سرویس‌دهی می‌باشد.
شیشه خرد شود ولی در شرایطی پرمخاطره در قاب یا تکیه‌گاه خود باقی بماند. به طوری که امکان فروریزی آن در هر لحظه وجود داشته باشد.
شیشه به صورت خردشده و یا کامل از قاب خود بیرون بریزد.
چنانچه تغییر شکل دیواره‌های شیشه‌ای معیارهای پذیرش را برآورده نسازد، باید تغییر مکان جانبی نسبی طبقات سازه را محدود کرد یا با ارائه جزئیات ویژه، اتصال سیستم دیواره شیشه‌ای به سازه را جدا کرد. همچنین می‌توان از شیشه‌ای استفاده کرد که هنگام خرد شدن ایمنی بالایی داشته باشد یا پس از خرد شدن در قاب خود باقی بماند.

سطح عملکرد ایمنی جانی

نماهای شیشه‌ای و سازه نگهدارنده آنها باید قادر به تحمل نیروهای لرزه‌ای طراحی محاسبه‌شده طبق بند ۳-۲ باشند.
اجزای شیشه‌ای که یکی از ضوابط زیر را برآورده سازند، سطح عملکرد ایمنی جانی را برآورده می‌کنند:

- ۱- هر جزء شیشه‌ای که دارای فاصله کافی از قاب نگهدارنده خود باشد به‌طوری که در تغییر مکان نسبی لرزه‌ای که جزء باید بر اساس آن طراحی شود تماس فیزیکی بین شیشه و قاب رخ ندهد. این فاصله از رابطه زیر به دست می‌آید:

(۱۴-۳)

$$D_{clear} \geq 1.25 D_p$$

