

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

(قسمت دوم)



مهندس شهرام علیزاده، مدیر عامل شرکت آلوکد

صورت عدم جداسازی به دلیل اینکه رفتار کلی سازه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، اغلب نقش عضو سازه‌ای را ایفا می‌کنند. دیوارهای با سختی زیاد که دارای گریز (دریفت) نسبی کوچک است (ساختمان‌های دارای دیوار برشی یا مهاربند هم‌محور) لزومی ندارد. آن دسته از دیوارهایی که تحت تغییر شکل‌های سازه قرار می‌گیرند را می‌توان با ایجاد درز پیوسته بین آنها و سازه محیطی محافظت کرد. برای این دیوارها باید اتصالاتی در نظر گرفت که قابلیت حرکت داخل صفحه و مهار خارج از صفحه را به دیوار بدهند.

دیوارهای سنگین باید قادر به تحمل نیروهای برون صفحه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۱-۳ باشند. مقدار تغییر مکان نسبی مجاز برای این دیوارها برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه برابر $0/05$ و برای سطح عملکرد ایمنی جانبی برابر $0/01$ است. این مقدار تغییر مکان نسبی مجاز برای دیوارهای سبک در سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه برابر $0/01$ است و در سطح عملکرد ایمنی جانبی نیازی به کنترل لرزه‌ای ندارند.

در شماره قبلی در قسمت اول به مقدمات بارهای وارده بر اجزاء نما و معیارهای پذیرش آن پرداختیم در قسمت دوم و آخر این بخش به ادامه این مبحث می‌پردازیم. در این قسمت همچنین به مباحث مربوط به تست‌های رایج در نما نیز اشاره شده است.

۳-۲-۳-۶- دیوارهای پشتیبان

دیوارهای پشتیبان، حساس به جابه‌جایی و شتاب محسوب می‌شوند. دیوارهایی که از بالا و پایین به کف طبقات متصل شده‌اند تحت اثر بارگذاری داخل صفحه می‌باشند، بر اثر تغییر شکل‌های به وجود آمده در سازه، ممکن است دچار ترک خوردگی برشی، تاب خوردگی و شکست شوند. این دیوارها تحت اثر بارگذاری خارج از صفحه ممکن است دچار ترک خوردگی خمشی، خرابی محل اتصال دیوار به سازه و فروپاشی گردند. خرابی دیوار پشتیبان باعث آسیب‌دیدگی نما می‌گردد. دیوارهای بنایی یا تری دی در

که در این رابطه:

$p =$ فشار خارجی که به صورت استاتیکی در جهت عمود بر سطح در حالت فشار وارد بر سطح یا مکش به سمت خارج عمل می کند. حداقل مقدار فشار خارجی وارده به نما 0.77 KN/m^2 می باشد.

$$q = \text{فشار مبنای باد که از رابطه زیر به دست می آید:} \\ (19-3)$$

$$q = 0.0000613 V^2 \text{ (KN/m}^2\text{)}$$

در رابطه فوق سرعت بر حسب Km/h است.

این فشار بر مبنای سرعت باد که امکان تجاوز از این مقدار در سال ۲ درصد می باشد و به طور متعارف با دوره بازگشت ۵ ساله بیان می گردد، به دست می آید.

$V =$ سرعت مبنای باد طبق جدول (۶-۱۰-۲) مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان

$C_e =$ ضریب بادگیری طبق بند ۳-۴-۱-۱ الف

$C_g =$ ضریب اثر جهشی باد طبق ۳-۴-۱-۱ الف

$C_p =$ ضریب فشار خارجی که بر اساس مساحت پانل یا قطعه نما تعیین می شود.

باید توجه شود که این مساحت برای پانل یا قطعه نما مساحت آن قطعه یا پانل بوده، برای پیچ یا اتصالات مساحت قسمتی از پانل که بار آن به پیچ وارد می شود و به عنوان نمونه در دیوار پشتیبان فولادی سرد نورد بر اساس میزان مساحت پانلهایی می باشد که به آن استاد متصل است. مقدار این ضریب مطابق بند ۳-۴-۱-۱ الف محاسبه می شود.

۳-۴-۱-۱-۱ نحوه محاسبه بار باد

● الف-روش استاتیکی

این روش برای اکثر موارد شامل طراحی سازه و ساختمان های با ارتفاع کم و متوسط و نیز نما و پوسته خارجی مناسب می باشد. (اثرات دینامیکی باد توسط بارهای استاتیکی معادل می شود). در روش استاتیکی، محاسبه بار باد به شرح زیر است:

برای زمین باز:

$$C_e = \max \left\{ 0.9, \left(\frac{h}{10} \right)^{0.2} \right\} \quad (20-3)$$

C_e : ضریب بادگیری که تغییرات سرعت باد با ارتفاع و نیز اثرات ناشی از تغییر در زمین اطراف و توپوگرافی را نشان می دهد.

h : ارتفاع ساختمان از سطح زمین

زمین باز زمینی است که در آن ساختمان ها، درختان و موانع دیگر به صورت پراکنده یا به دریاچه، دریا، یا کنار ساحل باز اطلاق می شود.

برای زمین تراکم:

$$(21-3)$$

$$C_e = \max \left\{ 0.7, 0.7 \left(\frac{h}{12} \right)^{0.3} \right\}$$

زمین پرتراکم به زمین حومه شهری، شهری، جنگل پرتراکم که تا یک کیلومتر یا ۲۰ برابر ارتفاع ساختمان در بالادست، هر کدام بیشتر باشد، امتداد یابد، اطلاق می شود.

هنگامی ناهمواری زمین کمتر از یک کیلومتر امتداد یابد و ساختمان کوتاه تر از ۱۰۰ متر باشد، مقدار C_e با درون یابی بین ۲ حالت قبل و با استفاده از بند ۶-۱۰-۲ مبحث ۶ مقررات ملی تعیین می گردد.

C_g : ضریب اثر جهش باد، طبق بند ۶-۱۰-۲-۴۰ الف مبحث ۶ مقررات ملی برای فشار خارجی و مکش در اعضای کوچک از جمله نما یا پوسته خارجی $C_g = 2.5$ می باشد. این ضریب به صورت حداکثر اثر بارگذاری تعریف می شود.

C_p : ضریب فشار که نسبت به بعد فشارهای ایجاد شده توسط باد روی سطح

۳-۴-۲ بار باد وارده بر اجزای نما

ساختمان ها به طور کلی و نما به عنوان جزء در معرض باد باید به صورت مستقل برای اثرات ناشی از باد طراحی و اجرا شوند. این اثر بر روی نما باید با توجه به میانگین سرعت باد در منطقه، ارتفاع، شکل هندسی ساختمان ها، میزان پوشش و گرفتگی که موانع مجاور برای آنها ایجاد می کنند محاسبه شود. جهت تعیین اثر ناشی از باد فرض می شود که باد به صورت افقی و در هر یک از امتدادها و به طور غیر هم زمان به نمای ساختمان اثر می کند.

این اثر با بار زلزله جمع نمی شود و کلیه اجزای نما باید برای اثر آن، طراحی شوند. بسته به نوع نما، سیستم نما باید برای اثرات مکشی باد یا اثرات مکش و فشار باد هر کدام به تنهایی طراحی شود در نماهای چسبانده شده بار باد حاکم بارهای مکش می باشد ولی در نماهای مهار شده بسته به نوع مهارها هر کدام از بارهای مکش یا فشار می تواند بحرانی شود و نما باید برای هر دو حالت کنترل شود جدول ۳-۴-۲ راستای بار بادی را که نما باید برای آن کنترل شود نشان می دهد.

جدول ۳-۴-۲-راستای بار بادی که باید نما برای آن کنترل شود

اجزای نما	مکش	فشار
سنگ چسبانده شده	+	-
سنگ مهار شده	+	+
آجر چسبانده شده	+	-
آجر مهار شده	+	+
سرامیک چسبانده شده	+	-
سرامیک با اتصال خشک	+	+
سرامیک چسبانده شده تخته سیمانی و GRP	+	+
کامپوزیت	+	+
اتیکس	+	-
EIFS	+	-
Stucco	+	-
شیشه curtain wall	+	+
شیشه store front	+	+
نمای پیش ساخته بتنی	+	-
نمای سنگ پرده ای	+	+
اجزای سیستم اتصال نمای مهار شده	+	+
اجزای سیستم اتصال نمای چسبانده شده	+	-
دیوارهای نگهدارنده نما و اتصالات آنها		
دیوار پشتیبان در نمای پرده ای	-	-
دیوار پشتیبان در سایر انواع نما	+	+
اجزای سیستم اتصال دیوار در نماهای پرده ای	-	-
اجزای سیستم اتصال دیوار در سایر انواع نما	+	+

۳-۴-۳-فشار یا مکش ناشی از باد بر سطح نما

فشار خارجی یا مکش تحت اثر باد بر نما از رابطه زیر به دست می آید: (۱۸-۳)

$$p = 1.25qC_e C_g C_p$$

۵- سطح مقطع راستای تحت آزمایش مدل ساختمان و سازه‌های آن باید کمتر از ۸ درصد سطح مقطع کل تونل باشد مگر آنکه ضرایب اصلاحی جهت سد مسیر باد در نتایج ضرب شود.

۵- گرادیان فشار طولی در مقطع تست در تونل باد باید گزارش شود.

و- اثر عدد رینولدز بر روی فشار و نیرو باید به حداقل رسانده شود.

ز- مشخصات ابزار گذاری در تونل باد باید به گونه‌ای باشد که بارهای وارده بر اجزای نما به خصوص در کناره‌های ساختمان و اطراف بازشوها را رصد کند.

ط- مقادیر به دست آمده از تونل باد نباید کمتر از ۸۰ درصد مقادیر به دست آمده از نتایج تحلیل استاتیکی باشد.

۳-۴-۲- معیار پذیرش نما برای بار باد

تمام اجزای نما در ساختمان باید مقاومت کافی در مقابل بار باد را دارا باشد. اجزای نما از قبیل قطعات نمای کامپوزیت و غیره به عنوان یک قطعه مجزا باید مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین مهارها و نیز در صورت وجود سازه نگهدارنده هر کدام باید مقاومت کافی برای انتقال نیروهای ناشی از بار باد به تکیه‌گاه را دارا بوده و سطح خدمت‌رسانی مورد نظر را تامین کنند. باید توجه شود که در نماهای پرده‌ای کل بار باد توسط نما و اجزای آن باید تحمل شده و به اسکلت سازه‌ای انتقال یابد و به دیوار پشتیبان در صورت وجود، باری وارد نمی‌شود.

۳-۴-۲-۱- معیار پذیرش نما در برابر نیروهای ناشی از بار باد

تمام اجزای نما شامل خود قطعه نما و اتصالات آن و همچنین دیوار پشتیبان نما در نماهای veneer و میان قابی باید توانایی تحمل در برابر نیروهای ناشی از بار باد را داشته باشند. تنش‌های خمشی ایجاد شده در قطعه نما با ظرفیت تنش خمشی نما به روش ذکر شده در بند ۳-۴-۲ یا ۳ روش‌های محاسباتی بر اساس مکانیک مهندسی و با اعمال ضریب ایمنی ۲/۵ مقایسه شود. همچنین تنش‌های برشی، فشاری و کششی ایجاد شده در اتصالات نما به سازه نیز باید از نظر ظرفیت تنش قابل تحمل در اتصالات کنترل شود.

۳-۴-۲-۲- معیار پذیرش نما در برابر تغییر شکل ناشی از بار باد
تغییر مکان‌های ناشی از بار باد در هر سیستم نما از جمله نما با قطعات چسبیده یا مهار شده اعم از مهار شده به دیوار پشتی یا مهار شده به سازه نگهدارنده باید در محدوده معینی باشد. محدودیت‌های تغییر شکل شامل اعمال بار باد به صورت مکش و فشار می‌باشد.

چنانچه مصالح دیوار از نوع شکننده و ترد باشد حد مجاز تغییر شکل خارج از صفحه نما $L/120$ می‌باشد. L فاصله بین تکیه‌گاه‌های جدار بیرونی است. لازم به ذکر است ضریب بار باد برای کنترل معیار تغییر شکل می‌تواند در ضریب ۰/۷ ضرب شود. برای ارزیابی این مسئله می‌توان از مدل‌سازی دقیق اجزای نما و اتصالات آن یا از تست‌های آزمایشگاهی استفاده کرد.

۳-۴-۲-۳- روش آزمون و تعیین ظرفیت قطعات و پانل‌های نما

جهت تعیین ظرفیت قطعات و پانل‌های نما می‌توان از تست آزمایشگاهی به شرح زیر بهره برد. آزمون باید تحت اثر افزایشی تدریجی سربار تا میزان مساوی یا بیش از دو برابر سربار طراحی قرار گیرد. بار آزمون باید ۲۴ ساعت حفظ شود. آزمایش در صورتی که پس از باربرداری بیش از ۷۵ درصد تغییر مکان‌ها بازگردد رضایت‌بخش تلقی می‌گردد. در ادامه آزمون مجدداً باید تحت سربار افزایشی قرار گیرد تا اینکه یا خرابی رخ دهد یا بار سربار مساوی ۲/۵ برابر باری باشد که محدودیت تغییر مکان جدول ۳-۵ در آن رخ داده یا اینکه بار به معادل ۲/۵ برابر نیروی سربار طراحی برسد. در مواردی که معیارهای تغییر مکان جدول ۳-۵ به هر دلیل، مینا قرار نگیرد، بارگذاری تا خرابی یا حصول ۲/۵ برابر نیروی سربار طراحی ادامه داده می‌شود. در اینجا مقدار مجاز نیروی قابل اعمال به قطعه معادل کمترین مقدار حاصل از بندهای زیر در نظر گرفته می‌شود.

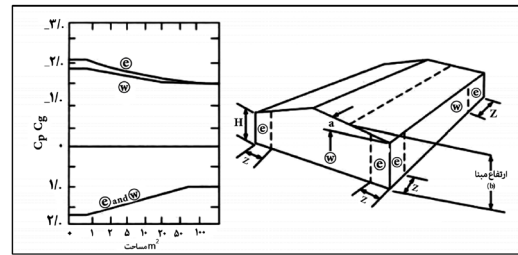
۱- نیرو در تغییر مکان برابر جدول ۳-۵

۲- نیروی خرابی تقسیم بر ۲/۵

۳- بیشترین بار اعمال شده تقسیم بر ۲/۵

ساختمان به فشار سرعتی باد در ارتفاع مینا می‌باشد. اثرات جهت وزش در بارهای ضریب دار لحاظ شده‌اند و نباید کاهش مجددی اعمال شود.

برای طراحی نما مقدار C_p می‌تواند برابر $0.9 \pm$ در نظر گرفته شود اما در نزدیک گوشه‌ها C_p برابر ۱/۲ مناسب است. به جای استفاده از ضرایب فوق‌الذکر می‌توان از ضریب ترکیبی بیشینه فشار و باد جهشی خارجی $C_p C_g$ برای طراحی نما که در شکل ۱-۳ ارائه شده است استفاده کرد. باید توجه شود که در شکل ۱-۳ ضریب ترکیبی بر اساس مساحت پانل یا قطعه نما تعیین می‌شود، که این مساحت برای پانل یا قطعه نما مساحت آن قطعه یا پانل بوده، برای پیچ یا اتصالات مساحت قسمتی از پانل که بار آن به پیچ وارد می‌شود و به عنوان نمونه در دیوار پشتیبان فولادی سرد نورد مساحت، میزان مساحت پانل‌هایی است که به آن استاد متصل است.



شکل ۱-۳- ضریب ترکیبی بیشینه فشار و باد جهشی خارجی $C_p C_g$ برای طراحی نما

در شکل ۱-۳ ضرایب برای هر شیب بام برقرار می‌باشد و به موارد این شکل باید توجه شود:

- ۱- در شکل ۱-۳ محور افقی در نمودار مساحت نمای مورد طراحی در ناحیه مشخص شده است.
- ۲- عرض ناحیه انتهایی Z برابر ۱۰ درصد کمترین بعد افقی یا ۴۰ درصد ارتفاع H هر کدام کوچک‌تر باشد است. این عرض نباید از ۴ درصد بعد افقی کوچک‌تر یا ۱ متر اختیار شود.
- ۳- ترکیب فشار خارجی و داخلی باید برای دستیابی به بحرانی‌ترین حالت بارگذاری ارزیابی شود.
- ۴- ضرایب مثبت نشان‌دهنده نیروهای رو به سطح هستند در حالی که ضرایب منفی، نیروهای دور از سطح را نشان می‌دهند. هر المان سازه‌ای باید برای هر دوی این نیروها طراحی شود.
- ۵- ضرایب فشار می‌تواند معمولاً برای نما به کار رود با این حال هنگامی که اعضای عمودی سازه عمیق‌تر از ۱ متر روی نما قرار می‌گیرند $C_p C_g = -2.8$ باید به منطقه e اعمال شود.

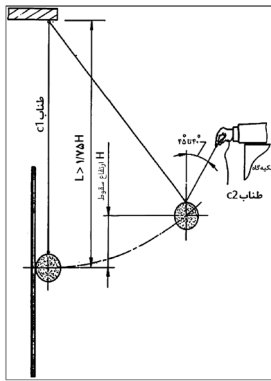
● ب- روش تجربی

این روش شامل آزمایش تونل باد یا سایر روش‌های تجربی می‌باشد که می‌تواند جایگزینی برای روش استاتیکی باشد. آزمایش تونل باد برای تعیین بار باد وارده بر نما در تمام انواع سازه‌ها، مجاز می‌باشد و در صورتی که ساختمان اداری نامنظمی‌های شدید در فرم سه‌بعدی خود باشد یا امکان ایجاد اثرات اغتشاش یا ایجاد کانال جریان هوا در اطراف سازه وجود داشته باشد انجام آزمایش تونل باد برای ارزیابی نیروهای وارده بر نما توصیه می‌شود. این روش، دقیق‌ترین روش تعیین بارهای وارده ناشی از باد به سازه و نما می‌باشد. آزمایش تونل باد یا آزمایش‌های دیگری که از سیال به غیر از هوا در آنها استفاده می‌شود باید با شرایط زیر برقرار باشد:

- الف- شرایط اتمسفریک واقعی باید برای مدل‌سازی تغییرات سرعت باد در ارتفاع مدل باشد.
- ب- مقیاس‌سازی توربولانس المان‌های طولی باید با مقیاس مشابه با آنچه برای مدل‌سازی سازه به کار می‌رود، انجام شود.
- ج- ساختمان مدل‌سازی شده و ساختمان‌های اطراف و توپولوژی آن باید مشابه ساختار واقعی آن باشد.

می‌شود. جهت ارزیابی حفظ معیار ایمنی ساکنان (بند ۳-۵-۲)، جسم سخت یک گوی فولادی یک کیلوگرمی به قطر ۶۲/۵ میلی‌متر است که جرم آن با مهره اتصال حدود $g(10 \pm 1000)$ خواهد بود. ضربه‌هایی که با این نوع گلوله اعمال می‌شود با علامت H_2 شناخته می‌شود.

در شکل (۳-۲) روش انجام آزمون نمایش داده شده است. ارتفاع سقوط بر مبنای انرژی ضربه‌ای تعیین می‌شود. شکل (۳-۳) نمونه‌ای از این تست را نمایش می‌دهد. این ارتفاع بر اساس انرژی ضربه موجود در جدول (۳-۶) تعیین می‌گردد.



شکل ۳-۲- انجام آزمایش ضربه جسم سخت

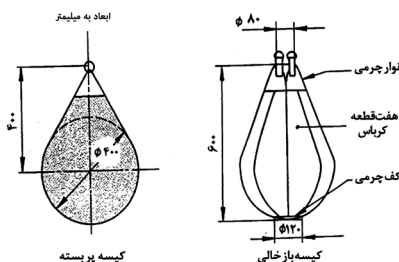


شکل ۳-۳- انجام تست ضربه جسم سخت بر روی نمای کامپوزیت

۳-۵-۲- ضربه جسم نرم بزرگ

ضربه جسم نرم بزرگ حاصل ضربه‌هایی است که از برخورد بدن انسان روی سطح اتفاق می‌افتد (به‌طور مثال ضربه شانه، ضربه حاصل از دویدن و برخورد به دیوار و یا ضربه حاصل از نردبان مورد استفاده به دیوار).

جسم ضربه زننده یک کیسه کروی مخروطی به جرم $kg(50 \pm 50)$ است. این کیسه از هشت قطعه پارچه کرباسی قیراندود که به هم دوخته شده‌اند، تشکیل یافته است. کیسه با گلوله‌های شیشه‌ای به قطر سه میلی‌متر پر شده است. جرم کیسه $kg(50 \pm 5)$ است. ضربه‌هایی که با این کیسه اعمال می‌شود با علامت H_2 نمایش داده می‌شود. در شکل (۳-۴) نمونه‌ای از کیسه مورد استفاده در آزمون نشان داده شده است.



شکل ۳-۴- کیسه کروی مخروطی پنجاه کیلوگرمی

جدول ۳-۵- محدوده قابل قبول تغییر شکل

دیوارهای خارجی	تحت بار باد
نمای سینمایی، Stucco، EIFS، و اتیکس	L/360
با پوشش مصالح شکننده	L/240
با پوشش مصالح شکل‌پذیر	L/120

بار باد مجاز به میزان 0.7 بار وارد بر اجزای نما برای تعیین محدوده تغییر مکان مجاز منظور شود.

۳-۵-۲- ارزیابی نمای ساختمان در مقابل بارهای ضربه‌ای

● ۳-۵-۱- مقدمه

یکی از الزامات در طراحی نمای ساختمان، تحمل نما در مقابل ضربات در طول دوره بهره‌برداری است.

این ضربات می‌تواند شامل ضربات سنگین اتومبیل‌ها، ضربات ناشی از برخورد افراد یا سایر اجسام باشد. بنا بر رویکرد استاندارد‌ها به‌طور معمول جدار خارجی ساختمان مورد ارزیابی در مقابل ضربه قرار می‌گیرد. این جدار می‌تواند شامل دیوار خارجی و نمای چسبیده به آن بوده یا شامل نما و سازه مجزای نگهدارنده نما که به آن متصل است باشد. از آنجا که معیارهای پذیرش مبتنی بر امکان ادامه بهره‌برداری ایمن از قطعات است لذا این آزمون‌ها برای نمای ساختمان الزامی است. در حالتی که نمای ساختمان از طریق یک سازه نگهدارنده به قطعات سازه‌ای متصل باشد (نمای پرده‌ای)، آزمون‌های ضربه به‌طور مستقل روی آن انجام می‌شود.

بدین منظور دو راهکار وجود دارد:

الف- مدل‌سازی اجزای محدود نما با جزییات نما و اتصالات آن و انجام تحلیل عملکرد نما تحت اثر بار دینامیکی ضربه؛

ب- در صورت عدم انجام تحلیل دیوار در برابر بارهای ضربه‌ای، انجام آزمایش روی نمونه نمای ساخته شده از جنس مورد نظر بر اساس ضوابط این بخش بر روی نما؛

روش عمومی انجام آزمون‌های ضربه‌ای بر اساس استانداردهای ملی ایران به شماره ۱۱۲۷۲ با عنوان "اجزای قائم ساختمان - آزمون مقاومت در برابر ضربه اجسام ضربه‌ای و روش‌های عمومی آزمون" می‌باشد. ضربات مورد بررسی در این فصل شامل ضربه‌های ایجادکننده شوک در انواع مشخصی از دیوارها و ضربه‌های ناشی از حرکت با سرعت بالای یک شیء (مانند پرتابه اسلحه گرم یا چکش) نمی‌شود.

۳-۵-۲- آزمون ضربه

آزمون‌های ضربه شامل جسم ضربه زننده‌ای است که مانند آونگ روی سطح نمونه قائم دیوار که در یک قاب جاسازی شده است، سقوط می‌کند. در هنگام برگشت، جسم ضربه زننده عقب نگهداشته می‌شود و اصابت مجدد صورت نمی‌گیرد.

برای نما دو نوع آزمون شامل ضربه اجسام سخت و ضربه بزرگ در نظر گرفته می‌شود.

۳-۵-۲-۱- ضربه‌های اجسام سخت

ضربه اجسام سخت فقط ضربه‌هایی است که از جابه‌جایی یا پرتاب اشیاء غیرقابل تغییر شکل حاصل می‌شود (به‌طور مثال پرتاب یک قطعه سخت یا یک تکه سنگ). ابزار اعمال این آزمون، گوی فولادی ساده است. جهت ارزیابی حفظ قابلیت خدمت‌رسانی قطعات نما (بند ۳-۵-۱) جسم سخت یک گوی فولادی پانصد گرمی به قطر ۵۰ میلی‌متر است که جرم آن با مهره اتصال حدود $g(500 \pm 50)$ خواهد بود. ضربه‌هایی که با این گلوله اعمال می‌شود با علامت H_1 شناخته

جدول ۳-۶- گروه‌بندی سطوح در معرض ضربه در ساختمان‌ها

گروه	شرح	مثال
A	در دسترس عمومی و افرادی که انگیزه‌ای برای ملاحظه کاری ندارند. در معرض نفوذهای خرابکارانه و یا اعمال خشن	دیوار منازل مسکونی یا ساختمان‌های عمومی در مناطق یا احتمال خرابکاری.
B	در دسترس عمومی و افرادی که انگیزه‌ای برای ملاحظه کاری ندارند. در معرض بروز تصادفات یا سوءاستفاده.	دیوارهای مجاور پیاده راه کنار شاهراه‌ها و یا مجاور زمین بازی که در گروه A بگنجد.
C	عمدتاً در دسترس افراد دارای انگیزه ملاحظه کاری احتمال وقوع تصادفات و سوءاستفاده وجود دارد.	دیوارهای مجاور فضای سبز خصوصی و دیوارهای عقب پانک‌ها
D	تنها در دسترس افراد دارای ملاحظه کاری و دور از مسیرهای عبور احتمال کم‌بروز یا تصادفات یا سوءاستفاده.	دیوارهای مجاور فضای سبز محصور بدون راه عبور
E	بالتر از ناحیه یا احتمال ضربه از سوی افراد ولی با احتمال برخورد انبساطی، پرتابی	در ارتفاع ۱/۵ متر تا ۶ متر در نواحی گروه A و B
F	نواحی بالاتر از ناحیه یا احتمال ضربه از سوی افراد و بدون احتمال برخورد انبساطی، پرتابی	نواحی یا ارتفاع بیش از ۶ متر که به طور معمولی با تجهیزات خاص قابل دسترس است.

۳-۵-۲- تعیین انرژی ضربه

ضوابط زیر شامل نماهای شیشه‌ای شفاف و مات و ورق‌های پلاستیک شفاف نمی‌شود و برای این موارد باید به ضوابط اختصاصی مراجعه کرد. انرژی ضربه جسم سخت و جسم نرم بزرگ بر اساس گروه عملکردی در جدول ۳-۷ ارائه شده است.

جدول ۳-۷- جدول تعیین انرژی ضربه

گروه عملکردی	انرژی ضربه‌های جسم سخت N.m		انرژی ضربه‌های جسم نرم بزرگ N.m	
	معیار حفظ شرایط عملکردی نما	معیار حفظ ایمنی افراد	معیار حفظ شرایط عملکردی نما	معیار حفظ ایمنی افراد
A	به توضیحات (الف) مراجعه شود			
B	(H2) 10	(H2) 10	(S1) 120	(S1) 500
C	(H1) 6	(H2) 10	(S1) 120	(S1) 500
D	(H1) 6	(H2) 10	(S1) 120	(S1) 500
E	(H1) 6	(H2) 10	-	(S1) 350
F	(H1) 3	-	-	(S1) 350

الف- برای این دسته از دیوارها هیچ معیاری ارائه نمی‌شود و با توجه به سطح و شدت خرابکاری محتمل باید ارزیابی صورت گیرد

۳-۵-۳- ارتفاع سقوط وزنه و کیسه در آزمون‌های ضربه

در جدول (۳-۶) انرژی ضربه برای حالات مختلف ارائه شده است در زیر بر اساس انرژی ضربه و وزن گلوله یا کیسه، ارتفاع رهاسازی ارائه شده است:

● ضربات جسم سخت

برای ایجاد انرژی ضربه ۱۰ Nm یک گلوله فولادی استیل با قطر ۶۲/۵mm و با جرم ۱/۰ kg از ارتفاع ۱۰۲۰ mm به‌صورت آونگی رها می‌شود. برای ایجاد انرژی ضربه ۶ Nm یک گلوله فولادی استیل با قطر ۵۰ mm و جرم ۰/۵ kg از ارتفاع ۱۲۲۰ mm به‌صورت آونگی رها می‌شود. برای ایجاد انرژی ضربه ۳ Nm یک گلوله فولادی استیل با قطر ۵۰ mm و با جرم ۰/۵ kg از ارتفاع ۶۱۰ mm به‌صورت آونگی رها می‌شود.

● ضربات جسم نرم

برای ایجاد انرژی ضربه ۵۰۰ mm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۱۰۲۰ mm به‌صورت آونگی رها می‌شود. برای ایجاد انرژی ضربه ۳۵۰ mm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۷۱۵ mm به‌صورت آونگی رها می‌شود. برای ایجاد انرژی ضربه ۱۲۰ mm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۲۴۵ mm به‌صورت آونگی رها می‌شود.

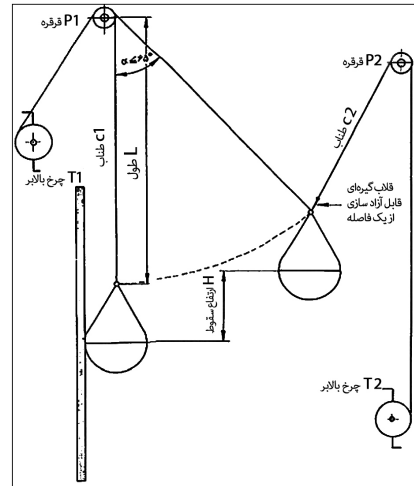
۳-۵-۴- موقعیت ضربات روی نما

موقعیت ضربات باید به‌گونه‌ای تعیین شود که احتمال وقوع بدترین اثرات به لحاظ ترک‌خوردگی یا جداسازی مهار از قطعه نما وجود داشته باشد. به‌طور نمونه در مورد نمای سنگی که متکی به چند مهار پشت سنگ می‌باشد عکس‌العمل یک

ضربه به‌وسیله سقوط آونگی کیسه کروی مخروطی که در بالا شرح داده شده است، اعمال می‌شود. ابزاری که برای کنترل سقوط کیسه به کار می‌رود، در شکل (۳-۵) نشان داده شده است. قرقره و چرخ بالای به کار گرفته شده در صفحه سقوط کیسه قرار می‌گیرند.

کیسه وقتی بالا برده می‌شود در موقعیت قائم قرار می‌گیرد. ارتفاع سقوط H با به‌کارگیری میله اندازه‌گیری قائم که روی زمین افقی تکیه دارد، اندازه‌گیری می‌شود. ارتفاع سقوط برابر با تفاوت بین تراز خط افقی مشخص شده در مرکز کیسه تا تراز محل برخورد بر روی دیوار است.

ارتفاع سقوط مطابق بند ۲-۳-۳ و مبتنی بر انرژی ضربه‌ای که در جدول ۳-۶ ارائه شده است تعیین می‌گردد.



شکل ۳-۵- set up انجام تست ضربه جسم نرم سنگین



شکل ۳-۶- آزمایش ضربه جسم نرم سنگین روی نمای کامپوزیتی

۳-۵-۳- گروه‌بندی عملکردی نما برای تعیین انرژی ضربه

ضربه اعمال شده بر روی سطح نما تابع موقعیت قرارگیری قطعه نما در ساختمان و میزان در معرض ضربه بودن آن قطعه است. به این منظور گروه‌بندی عملکردی برای قطعات پیرامونی یک ساختمان تعیین می‌شود.

۳-۵-۳-۱- گروه‌بندی عملکردی

با توجه به موقعیت یک نما در ساختمان و تنوع عملکردهایی که در اطراف ساختمان امکان‌پذیر است، دامنه وسیعی از حالات ممکن است ولی در اینجا این دامنه به ۶ گروه اصلی تقسیم می‌شود. گروه‌های A تا D مربوط به موقعیت‌های تا ۱/۵ متر بالاتر از سطح پیاده‌رو بوده و بالاتر از این تراز با توجه به کاهش خطرات ضربه به دو گروه دیگر تقسیم می‌شود. تعاریف این گروه‌ها در جدول ۳-۶ ارائه شده است.

شرایط خدمت پذیری نما و معیار حفظ ایمنی افراد به ترتیب، متناسب با ضربه سطح متوسط و ضربه شدید باید کنترل شود.

۱-۵-۳- حفظ سطح خدمت پذیری نما

دیواری که تحت ضربه سطح متوسط قرار می‌گیرد نباید کاهش سطح عملکرد داشته باشد. ارزیابی وضعیت سطح نمای دیوار پس از اعمال ضربه به صورت کیفی صورت می‌گیرد. در مورد مصالح ترد و شکننده هیچ‌گونه صدمه‌ای قابل قبول تلقی نمی‌شود. در مورد مصالح غیر ترد بروز سوراخ یا حفره باعث رد نمونه بوده و فرورفتگی گرچه تابع اثرات خرابی بر زیبایی نما است اما می‌تواند با معیار عمق فرورفتگی ارزیابی شود. به‌طور مثال در مورد نمای سنگ، یکپارچگی سنگ و مهارهای آن، بعد از یک ضربه با سطح متوسط، باید در نظر گرفته شود. هیچ‌گونه آسیبی به سنگ در اثر تست ضربه سطح خدمت‌پذیری مورد قبول نیست.

۳-۵-۲- حفظ ایمنی افراد

ضربه شدید نباید باعث هرگونه آسیب‌سازهای یا ناپایداری شود و نباید باعث جداسازی بخش‌هایی از ساختمان و بروز صدمه به ساکنان یا افراد خارج ساختمان باشد. هیچ یک از ادوات اعمال ضربه نباید از جدار گذر کند. با توجه به شدت ضربه برای ارزیابی نما در این وضعیت، خسارت به نما در این حالت قابل قبول تلقی می‌شود و بروز تغییر شکل دائمی در سمت دیگر دیوار امکان‌پذیر است.

به‌طور نمونه در مورد نمای سنگی در اثر تست ضربه نباید پانل‌های سنگی به‌گونه‌ای ترک بخورند که بخش‌های بزرگی از آن به سمت زمین سقوط کند و اینکه مهربندها و سنگ‌های اطراف نقاط مهربند آسیب ببینند.

۳-۶- بار انفجار

بر اساس ضوابط میحث ششم مقررات ملی، نماهای ساختمانی در ترکیب با دیوار پشتیبان آن باید در برابر فشار وارد از خارج به داخل برابر با ۲ کیلونیوتن بر مترمربع طراحی شوند. در این حالت ظرفیت مصالح نما و اتصالات آن را می‌توان بر اساس ضوابط میحث ۲۱ افزایش داد.

۳-۷- نحوه اعمال بارها و ترکیبات بارگذاری

به‌منظور عملکرد جزء نما و اتصالات آن پس از محاسبه نیروهای وارده شامل بار ثقلی، بار زلزله، باد و ضربه و تعیین عکس‌العمل‌ها، باید با انجام تحلیل و ترکیب بارهای وارده نسبت به بررسی نیروهای وارده بر مهارها اقدام شده یا میزان تحمل آنها مقایسه شود. کنترل مهارها و خود نما باید برای موارد زیر انجام شود که عبارتند از: نما باید قابلیت تحمل نیروی برشی ناشی از بارهای جانبی را داشته باشند. دیوار نگهدارنده نما و اتصالات آن باید قابلیت تحمل نیروهای وارده از نما و اتصالات آن را داشته باشد.

نیروی زلزله باید در جهت افقی به مرکز جرم نما وارد شود و با نیروهای بهره‌برداری وارد به آن ترکیب گردد.

در مورد طراحی اتصالات نما، روش LRFD به کار گرفته می‌شود. ظرفیت بسیاری از اجزاء استاندارد مانند میل مهارها، پیچ‌ها و با استفاده از روش ASD مشخص شده است. برای اجزائی که ظرفیت آنها بر اساس روش ASD به دست می‌آیند می‌توان بارهای حاصل از روش LRFD طبق روابط (۳-۱) الی (۳-۸) را با ۱/۴ برابر ظرفیت به دست آمده بر اساس روش ASD مقایسه کرد.

۳-۷-۱- ترکیب بار برای کنترل تکیه‌گاه اجزاء نما

- 1) 1.4 D
- 2) 1.2 D + 1.6 L
- 3) 1.2 D + L + 1.0 E
- 4) 0.9 D + E
- 5) 0.9 D + 1.4 W
- 6) 1.2 D + 1.4 W + L
- 7) 0.9 D + A_k = 0.5 L + 0.2 S

که در این روابط، D: بار مرده، L: بار زنده، W: بار باد، E: بار زلزله و A_k بار ناشی از انفجار می‌باشد.

پانل به ضربه، با توجه به مکان ضربه تغییر می‌کند. اگر یک پانل در نزدیکی نقطه مهاربند به‌طور مستقیم مورد ضربه قرار گیرد. ممکن است مهاربند در سطح خارجی پانل فرو رود. اگر در مرکز پانل ضربه وارد شود، پانل ممکن است بین مراکز اضلاع بلندتر به‌سادگی دچار ترک عرضی در وسط شود. در مقایسه با حالتی که ضربه بین دو پانل توزیع شود یا در عرض اضلاع یا گوشه‌های مشترک رخ دهد، بدترین حالتی که محتمل‌تر است، وقتی است که ضربه به یک پانل تک برخورد کند. اگر پانل دچار ضربه در یک گوشه شود، ممکن است به‌سادگی بشکند.

ماهیت (طبیعت) سیستم مهاربندی نیز در مقاومت در برابر ضربه موثر است. اگر سنگ با مهاربند کوتاه صلب به دیوار پشت بند صلب متصل شده باشد و ضربه در نزدیکی یک مهار وارد شده باشد هیچ انرژی‌ای توسط مهاربندها جذب نشده و ماکزیمم مقدار انرژی به سنگ می‌رسد (صرف سنگ می‌شود) اگر مهاربندها انعطاف‌پذیرتر باشند می‌توانند مقداری از انرژی را جذب کنند و مقاومت سنگ در برابر ضربه را بهبود بخشند. اگر دیوار پشت بند انعطاف‌پذیر باشد یا یک قاب فلزی منعطف از سنگ حفاظت کند، بنابراین مقدار قابل توجهی از انرژی ممکن است توسط آنها جذب شود.

اگر ضربه در فاصله دور از مهاربند رخ دهد، تنش ناشی از خمش در سنگ تولید می‌شود که احتمالاً موجب ایجاد ترک در نزدیکی نقطه ضربه در ترک می‌شود. اگر سنگ قادر به چرخش در مهاربندها باشد این ممکن است تنش‌ها را کاهش دهد اما ممکن است یک بخش نازکی از سنگ نزدیک به مهاربند دچار انحنا شود.

استانداردها به‌طور معمول برای جزئیات مختلف نما و روش‌های مختلف اتصال، حداقل تعداد آزمایش ضربه و نقاط اجباری انجام آزمون ضربه را معرفی می‌کنند. به‌طور نمونه برای نماهای سنگ مهار شده به دیوار بنایی ضوابط زیر برای تعیین موقعیت ضربه زیر ارائه شده است: در هنگام تعیین مکان تست ضربه، باید مکان‌های حداقل (یکی از مکان‌های ذکر شده در پایین که مقاومت ضربه در آن حداقل است) در موارد زیر مد نظر قرار گیرد:

(a) برای خود سنگ

- ۱- وسط پانل سنگ، در بیشترین فاصله از مهارها
- ۲- وسط طولانی‌ترین ضلع پانل
- ۳- وسط کوتاه‌ترین ضلع پانل
- ۴- وسط پانل

(b) برای سنگ با مهار نقطه‌ای (مهاربندها/ مهارهای جدا، یا صفحات موضعی corbel کوتاه).

- ۱- در نقطه‌ای بر روی خط بین دو نقطه قطری مهاربند، بین ۵۰ mm و ۱۰۰ mm از نقطه مهاربند.
- ۲- دقیقاً روی نقطه مهاربند.
- (c) برای سنگ با مهار ضلعی (ریل‌های ممتد با شیارهای کاملاً پر شده از ملات grout) یا درزگیر:

در نزدیکی نقطه یک چهار لبه طولانی، بین ۵۰ mm تا ۱۰۰ mm از لبه زبانه. **تبصره ۱:** برای ضربات نزدیک مهارها، بهتر است که ضربه در فاصله کمی از نقطه تکیه‌گاه وارد شود، تا تنش‌های ناشی از خمش در جدار نازک سنگ بین مهاربند و سطح پانل ایجاد شود.

تبصره ۲: اگر بعضی از انواع پدهای مقاوم در برابر ضربه در پشت پانل‌های سنگی قرار داده شوند، مناسب است که ضربه در فاصله بین مکان این پد و یکی از نقاط مهاربندی وارد شود.

اگر پانل سنگی توسط یک قاب فلزی منعطف محافظت می‌شود، باید مکان‌هایی که در آنها سیستم تکیه‌گاهی بیشترین و کمترین تاثیر را، در هنگامی که نیرو به صفحه سنگ وارد می‌شود، از خود نشان می‌دهد تعیین می‌شود. در قسمت کمترین مقدار، باید در حالتی که یکی از نقاط مهاربند سنگ دقیقاً روی بخش supporting framework که کمترین تاثیر را نشان می‌دهد انجام شود.

۳-۵-۵- معیار پذیرش

برای نما معیارهای پذیرش مقاومت در برابر ضربه برای دو سطح عملکرد حفظ