ضریب کاهش بار زنده در طراحی سازه بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان

بار زنده یکی از مهم‌ترین بارهای وارد بر ساختمان است که در طراحی اعضای سازه‌ای نقش اساسی دارد. این بار برخلاف بار مرده، ماهیتی متغیر دارد و شدت آن بسته به نوع بهره‌برداری، موقعیت فضا و شرایط استفاده تغییر می‌کند. در عمل نیز به‌ندرت همه قسمت‌های یک ساختمان به‌طور هم‌زمان تحت حداکثر بار زنده اسمی قرار می‌گیرند. به همین دلیل در آیین‌نامه‌ها، امکان کاهش بار زنده برای برخی اعضا و تحت شرایط مشخص در نظر گرفته شده است.

در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، ضوابط مربوط به کاهش بار زنده در بند **6-5-5** ارائه شده و در ادامه، محدودیت‌ها، استثناها و نحوه استفاده از آن در ترکیب بارها نیز بیان شده است. شناخت صحیح این بندها برای دانشجویان، فارغ‌التحصیلان و مهندسان محاسب اهمیت زیادی دارد؛ زیرا هم بر دقت طراحی اثر می‌گذارد و هم می‌تواند از محافظه‌کاری غیرضروری یا برعکس، از اعمال نادرست کاهش جلوگیری کند.

تعریف بار زنده مبنا و بار زنده طراحی

در مبحث ششم، بار زنده گسترده‌ای که از جدول‌های بارگذاری استخراج می‌شود، معمولاً با L_0 نمایش داده می‌شود. این مقدار همان بار زنده مبنا یا اسمی است. اما در برخی شرایط، این بار می‌تواند برای طراحی عضو به مقدار کمتری کاهش یابد که آن را با L نشان می‌دهند. بنابراین:

L_0: بار زنده گسترده مبنا

L: بار زنده طراحی کاهش‌یافته

این تفکیک بسیار مهم است؛ چون یکی از اشتباهات رایج در طراحی، خلط کردن این دو مقدار با یکدیگر است.

مبحث ۶ بند ۶-۵-۵

کاهش بارهای زنده طبقات

مقادیر حداقل بارهای زنده گسترده (L_0) طبقات را که در جدول ۶-۵-۱ داده شده، می توان بر طبق ملاحظات بندهای ۶-۵-۵-۱ الی ۶-۵-۵-۵ برای محاسبه بار زنده طراحی (L) کاهش داد.

مبحث ۶ بند ۶-۵-۵-۱

کاهش در بارهای زنده گسترده طبقات

بار زنده گسترده اعضایی را که برای آنها، مقدار $K_{LL}A_T$ برابر ۳۷ متر مربع یا بیشتر باشد، می توان با در نظر گرفتن محدودیت های بندهای ۶-۵-۵-۲ تا ۶-۵-۵-۵، طبق رابطه (۶-۵-۱) کاهش داد:

L : بار زنده طراحی کاهش‌یافته در هر مترمربع، وارد شده بر عضو

L_0: حداقل بار زنده گسترده یکنواخت در هر مترمربع، وارد شده بر عضو (از جدول ۶-۵-۱)

K_{LL}: ضریب موقعیت عضو (از جدول ۶-۵-۲)

A_T: سطح بارگیر (مترمربع)

L برای اعضایی که بار یک طبقه را تحمل می‌کنند نباید از $0.5\ L_0$ و برای اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند از $0.4\ L_0$ کمتر باشد.

مبنای آیین‌نامه‌ای کاهش بار زنده

بر اساس بند **6-5-5-1** مبحث ششم، حداقل بارهای زنده گسترده طبقات را می‌توان، با رعایت ضوابط مشخص، برای محاسبه بار زنده طراحی کاهش داد. منطق این بند آن است که احتمال وارد شدن هم‌زمان بار زنده کامل به تمام سطح بارگیر یک عضو کم است؛ به‌ویژه وقتی عضو مورد نظر از سطح وسیع‌تری بار می‌گیرد یا بار چند طبقه را تحمل می‌کند.

مطابق رابطه (**6-5-5-1**)، بار زنده طراحی کاهش‌یافته از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$L = L_o \left[۰/۲۵ + \frac{۴/۵۷}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right]$$

TAVAT

که در آن:

L: بار زنده طراحی کاهش‌یافته وارد بر عضو

L_0: حداقل بار زنده گسترده یکنواخت وارد بر عضو

K_{LL}: ضریب موقعیت عضو

A_T: سطح بارگیر عضو بر حسب متر مربع

این رابطه برای اعضـایی قابل اسـتفاده اسـت که مقدار $K_{LL} * A_T$ برای آن‌ها برابر **37** متر مربع یا بیشتر باشد. این شرط در بند **6-5-5-1** تصریح شده است.

نقش ضریب موقعیت عضو

یکی از پارامترهای مهم در کاهش بار زنده، ضـریب موقعیت عضـو یا K_{LL} اسـت که در جدول **6-5-2** مبحث شـشـم آمده اسـت. این ضـریب نشـان‌دهنده موقعیت عضـو در سـازه و نحوه توزیع بار روی آن است. به طور خلاصه:

جدول ۶-۵-۲ ضریب موقعیت عضو برای بار زنده K_{LL}

ردیف	عضو سازه‌ای	K_{LL}
۱	ستون داخلی	۴
۲	ستون‌خارجی بدون دال‌های طره‌ای	۴
۳	ستون کناری با دال طره‌ای	۳
۴	ستون گوشه‌ای با دال طره‌ای	۲
۵	تیر کناری بدون دال طره‌ای	۲
۶	تیر داخلی	۲
۷	بقیه اعضاء ذکر نشده شامل:	
۷-۱	تیر کناری با دال طره‌ای،	۱
۷-۲	تیر طره‌ای،	۱
۷-۳	دال یک‌طرفه،	۱
۷-۴	دال دو طرفه،	۱
۷-۵	اعضایی که فاقد قابلیت انتقال پیوسته برش در جهت عمود بر دهانه خود باشند.	۱

Figure 1 جدول ضریب موقعیت عضو برای کاهش بار زنده

مفهوم مهندسی این ضرایب آن است که هرچه عضو از ناحیه بزرگ‌تر و متنوع‌تری بار جمع‌آوری کند، امکان اعمال کاهش بار زنده بیشتر می‌شود.

حدود پایین کاهش بار زنده

مبحث ۶ بند ۶-۵-۵-۱

کاهش در بارهای زنده گسترده طبقات

بار زنده گسترده اعضایی را که برای آنها، مقدار $K_{LL}A_T$ برابر ۳۷ متر مربع یا بیشتر باشد، می توان با در نظر گرفتن محدودیت های بندهای ۶-۵-۵-۲ تا ۶-۵-۵-۵، طبق رابطه (۶-۵-۱) کاهش داد:

L : بار زنده طراحی کاهش‌یافته در هر مترمربع، وارد شده بر عضو

L_0: حداقل بار زنده گسترده یکنواخت در هر مترمربع، وارد شده بر عضو (از جدول ۶-۵-۱)

K_{LL}: ضریب موقعیت عضو (از جدول ۶-۵-۲)

A_T: سطح بارگیر (مترمربع)

L برای اعضایی که بار یک طبقه را تحمل می‌کنند نباید از $0.5\ L_0$ و برای اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند از $0.4\ L_0$ کمتر باشد.

آیین‌نامه برای جلوگیری از کاهش بیش از حد، مقدار مجاز مشخصی تعریف کرده است. مطابق نکته تصریح‌شده در بند **6-5-5-1**:

- برای اعضایی که بار یک طبقه را تحمل می‌کنند، مقدار **L** نباید از $\mathbf{0.5L_0}$ کمتر باشد.
- برای اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند، مقدار **L** نباید از $\mathbf{0.4L_0}$ کمتر باشد.

این محدودیت بسیار مهم است و نشان می‌دهد که حتی در صورت بزرگ بودن سطح بارگیر، کاهش بار زنده نامحدود نیست.

مواردی که کاهش بار زنده مجاز نیست یا محدود می‌شود

مبحث ششم در بندهای بعدی، استثناها و محدودیت‌های روشنی را بیان می‌کند:

مبحث ۶ بند ۶-۵-۵-۲

بارهای زنده سنگین

کاهش بارهای زنده بیش از ۵ کیلونیوتن بر متر مربع مجاز نمی باشد.

استثناء: کاهش بارهای زنده اعضائی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند ، به میزان ۲۰٪ مجاز میباشد.

1. بارهای زنده سنگین

طبق بند **6-5-5-2**، کاهش بارهای زنده بیش از **5** کیلونیوتن بر متر مربع مجاز نیست.

البته برای اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند، کاهش تا **20** درصد مجاز دانسته شده است.

مبحث ۶ بند ۶-۵-۵-۳ **محل عبور یا پارک خودروهای سواری**

بارهای زنده محل عبور و یا پارک خودروهای سواری کاهش داده نمی‌شود.

استثناء: کاهش بارهای زنده اعضائی که بار ۲ طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند، به میزان ۲۰٪ مجاز می‌باشد.

2. محل عبور یا پارک خودروهای سواری

بر اساس بند **6-5-5-3**، بارهای زنده مربوط به محل عبور و پارک خودروهای سواری کاهش داده نمی‌شوند.

استثنا این است که برای اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند، کاهش تا **20** درصد امکان‌پذیر است.

مبحث ۶ بند ۶-۵-۵-۴ **محل اجتماع و ازدحام**

بار زنده محل‌های اجتماع و ازدحام کاهش نمی‌یابد.

3. محل‌های اجتماع و ازدحام

مطابق بند **6-5-5-4**، بار زنده محل‌های اجتماع و ازدحام کاهش نمی‌یابد.

این موضوع به دلیل حساسیت بهره‌برداری و لزوم اطمینان بیشتر در این فضاهاست.

مبحث ۶ بند ۶-۵-۶ **کاهش بارهای زنده بام**

حداقل بار زنده گسترده یکنواخت بام، L_0، درجدول۶-۵-۱ را می‌توان طبق ضوابط بندهای ۶-۵-۶-۱ و ۶-۵-۶-۲ کاهش داد.

4. کاهش بار زنده بام

در بند **6-5-6** آمده است که حداقل بار زنده گسترده یکنواخت بام L_0 را نیز می‌توان طبق ضوابط مشخصی کاهش داد. بنابراین کاهش بار زنده بام تابع مقررات خاص خود است و نباید با کاهش بار زنده طبقات یکسان فرض شود.

ارتباط با ترکیب بارها

مبحث ۶ بند ۶-۲-۳-۲

۶-۲-۳-۲ ترکیب بارها در طراحی به روش حالت های حدی مقاومت (ضرایب بار و مقاومت)

در طراحی به روش حالت های حدی مقاومت، سازه‌ها، اعضاء و شالوده‌های آنها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آنها، بزرگتر یا برابر با اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریب‌دار زیر باشد:

۱) $1/4D$

۲) $1/2D+1/6L+0/5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۳) $1/2D+1/6(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)+[L \text{ یا } 0/5(1/4W)]$

۴) $1/2D+1/0(1/4W)+L+0/5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۵) $1/2D+1/0E+L+0/2S$

۶) $0/9D+1/0(1/4W)$

۷) $0/9D+1/0E$

۸) $1/2D+0/5L+0/5(L_r \text{ یا } S)+1/2T$

۹) $1/2D+1/6L+1/6(L_r \text{ یا } S)+1/0T$

الف) ضرایب بار مربوط به L در ترکیب بارهای ۳، ۴ و ۵ را برای کاربری‌هایی که بار L_0 (طبق جدول ۶-۵-۱) آن‌ها کمتر از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع است، به استثناء کف پارکینگ‌ها یا محل‌های اجتماع عمومی می‌توان برابر با ۰/۵ منظور نمود. مشروط بر آنکه طبق ضوابط بند ۶-۵-۵ کاهش بارهای زنده در محاسبه بار L منظور نشده باشد.

اهمیت کاهش بار زنده فقط در محاسبه بار ثقلی عضو نیست، بلکه در ترکیب بارهای طراحی نیز اثر می‌گذارد. آیین نامه به ما اجازه می دهد در ترکیبات بارهای **3** تا **5**، بجای ضریب یک برای بار زنده، از ضریب **0.5** می توانیم بهره بگیریم. مسلما این امکان به ما کمک می کند تا راحتتر از سازه خود جواب بگیریم. اما محدودیتی نیز لحاظ شده است. گفته شده، در صورت در نظر گرفتن این بند، باید از اثر کاهش بار زنده صرفنظر شود. پس یا مجاز به ضریب کاهش هستیم یا تغییر ضریب یک به نیم. در فول پک طراحی سازه تاوات مفصل به این جزییات می پردازیم.

این نکته از نظر آموزشی بسیار مهم است، چون نشان می‌دهد آیین‌نامه بین کاهش در خود مقدار بار زنده طراحی و اعمال ضرایب مشخص در ترکیب بارها تفکیک قائل شده است. بنابراین طراح باید دقیقاً بداند در هر مرحله، با چه نوع باری سر و کار دارد.

جمع‌بندی

ضـریب کاهش بار زنده یکی از مفاهیم مهم و در عین حال کاربردی در مبحث شـشـم اسـت که اگر درسـت فهمیده و به‌درسـتی اعمال شـود، می‌تواند طراحی را منطقی‌تر و اقتصـادی‌تر کند، بدون آنکه از سـطح ایمنی مورد انتظار کاسـته شـود. این ضـوابط در بندهای **6-5-5-1** تا **6-5-5-4** و نیز جدول **6-5-2** بیان شـده‌اند و درک دقیق آن‌ها برای دانشـجویان، مهندسـان جوان و محاسـبان حرفه‌ای ضـروری است.

از منظر آموزشی، یکی از بهترین راه‌های یادگیری این موضوع، بررسی هم‌زمان دو حالت طراحی است:

حالت اول، زمانی که کاهش بار زنده اعمال می‌شـود و حالت دوم، زمانی که این کاهش در نظر گرفته نمی‌شود. مقایسه این دو رویکرد به‌خوبی نشان می‌دهد که کاهش بار زنده چه اثری بر بارهای وارد بر اعضـــا، ابعاد مقاطع، میزان آرماتور یا حتی نتایج تحلیل و طراحی دارد. به همین دلیل، در یک آموزش جامع طراحی سـازه، پرداختن به هر دو حالت می‌تواند دید محاسـباتی دقیق‌تر و اجرایی‌تری به طراح بدهد.

برای آموزش جامع طراحی سازه که به این مطالب مهم پرداخته شده است، به صفحه فول پک طراحی سازه رجوع کنین.