

بارگذاری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها

بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۹۲

فصل دوم: ترکیبات بارگذاری

نویسنده:

بیژن سیاف‌زاده

کارشناس ارشد شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب

بازنگری علمی:

ایرج رسولان

عضو هیأت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز

ویراستار:

محمد حسین فیاض‌مهر

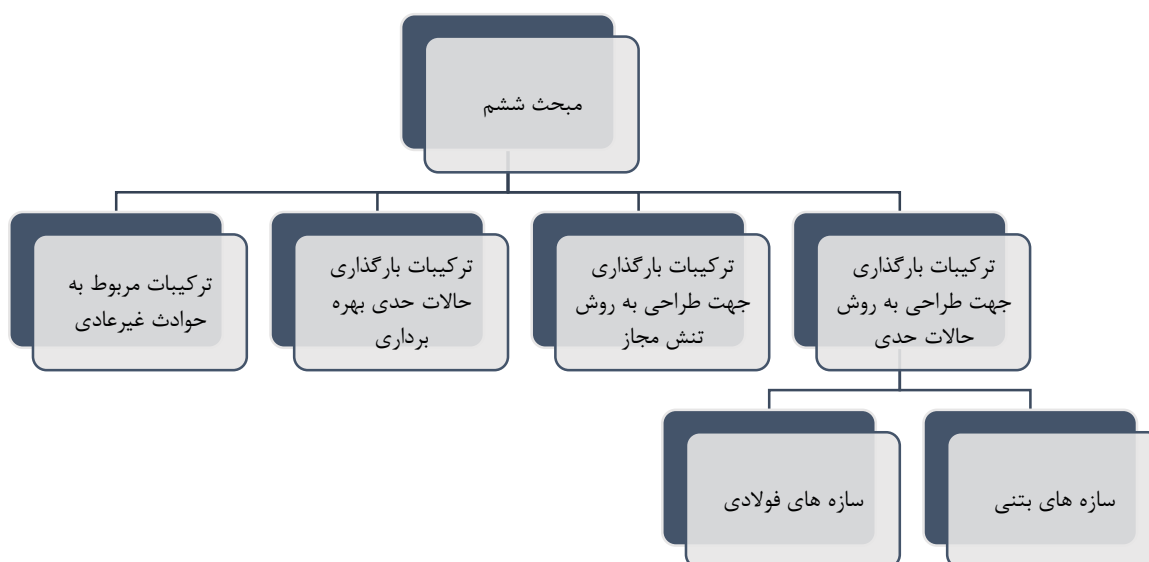
کارشناس عمران دانشگاه آزاد اسلامی دزفول

۲- فصل دوم : ترکیبات بارگذاری

۲-۱- مقدمه

بارهای وارده برساختمان هریک با نامی جداگانه تعریف و نحوه محاسبه آنها توسط آیین نامه های بارگذاری مشخص و به ساختمان اعمال می گردند و نتایج ناشی از تحلیل آنها با ضرایبی که توسط آیین نامه مشخص می شوند، با هم تجمیع می گردند که به هریک از این حالات تجمیع این بارها ترکیب بار گفته می شود.

مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران تعریف و نحوه محاسبه بارهای وارده بر ساختمان را تعیین می نماید که در این فصل به تعیین نحوه ترکیب کردن نتایج ناشی از انواع بارها به سازه می پردازد.



۲-۲- علائم

طبق مبحث ششم علائم زیر برای نامگذاری بارها مشخص شده اند :

$$D_i = \text{باریخ}$$

$$E = \text{بارزلزله}$$

$$F = \text{بار ناشی از سیال با فشار و ارتفاع حداکثر}$$

$$F_a = \text{بارسیل}$$

$$H = \text{بار ناشی از فشار جانبی خاک}$$

$$L = \text{بار زنده طبقات به جز بام}$$

$$W = \text{بارباد}$$

$$W_i = \text{یازید وارد بریخ}$$

$$D = \text{بارمرده}$$

$$L_0 = \text{حداقل بار زنده بام}$$

$$R = \text{بار باران}$$

$$L_r = \text{بار زنده بام}$$

$$S = \text{باربرف}$$

$$T = \text{بار خود کرنشی از قبیل دما، نشست پایه، وارفنگی}$$

۳-۲- ترکیب بارهای حالت حدی در ساختمان بتن آرمه

با توجه به اینکه مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران (ساختمان‌های بتن آرمه) برگرفته از آیین‌نامه کانادا می‌باشد، مبحث ششم ناگزیر به ارائه ترکیبات بارگذاری حالت حدی کانادا شده است و به همین دلیل ترکیبات بارگذاری حالات حدی در دو دسته فولای و بتنی ارائه شده است :

- 1) $1.25D + 1.5L + 1.5 (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- 2) $D + 1.2L + 1.2 (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + 1.2 (W \text{ یا } 0.7E)$
- 3) $0.85D + 1.2(W \text{ یا } 0.7E)$
- 4) $1.25D + 1.5L + 1.5 (L_r + S \text{ یا } R) + 1.5(H \text{ یا } 0.84F)$
- 5) $0.85D + 1.5(H \text{ یا } 0.84F)$
- 6) $D + 1.2L + 1.2 (L_r \text{ یا } S) + T$
- 7) $1.25D + 1.5T$

- هریک از پارامترهای فوق یک نوع بارگذاری می‌باشد که امکان دارد به سازه وارد گردد. مقدار و نحوه اعمال هریک به سازه در فصل‌های آتی ارائه می‌گردد.
- برای بارهای زلزله و باد که رخداد آنها با جهات متفاوت محتمل است، می‌بایستی در ترکیب بار^۱ مربوطه یک بار با علامت مثبت و بار بعد با علامت مخالف اعمال شود.

مثال) اگر بارهای وارده به ساختمانی بتن آرمه به دسته‌های $D, L, L_r, S, W_x, W_y, E_x$ محاسبه و به سازه اعمال شده باشند، طراحی سازه باید چه ترکیبات باری انجام گردد؟

^۱ زلزله و باد پدیده‌هایی تصادفی و غیر قابل پیش‌بینی می‌باشند و که با توجه به آمار وقوع این پدیده‌ها در منطقه مورد نظر با تخمین زدن نیروهای معادل آن پدیده‌ها در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به اینکه جهت اعمال این پدیده‌ها مشخص نبوده و عمدتاً بصورت رفت و برگشی می‌باشند، نیروهای تخمین زده شده برای آنها باید در هر دو جهت هر راستا به سازه بصورت جداگانه اعمال گردد تا در صورت تغییر جهت بار در هر راستا سازه بتواند آن را حمل نماید.

- 1) $1.25D + 1.5L + 1.5 \times \max(L_r \text{ یا } S \text{ و } R)$
- 2) $D + 1.2L + 1.2 \times \max(L_r \text{ یا } S \text{ و } R) + 1.2\max(W_x \text{ و } E_x)$
- 3) $D + 1.2L + 1.2 \times \max(L_r \text{ یا } S \text{ و } R) - 1.2\max(W_x \text{ و } E_x)$
- 4) $D + 1.2L + 1.2 \times \max(L_r \text{ یا } S \text{ و } R) + 1.2 \max(W_y \text{ و } E_y)$
- 5) $D + 1.2L + 1.2 \times \max(L_r \text{ یا } S \text{ و } R) - 1.2 \max(W_y \text{ و } E_y)$
- 6) $0.85D + 1.2\max(W_x \text{ یا } 0.7E_x)$
- 7) $0.85D - 1.2\max(W_x \text{ یا } 0.7E_x)$
- 8) $0.85D + 1.2\max(W_y \text{ یا } 0.7E_y)$
- 9) $0.85D - 1.2\max(W_y \text{ یا } 0.7E_y)$

- طبق مجوز آیین نامه اگر L_0 (حداقل بار زنده تعیین شده توسط بخش مربوط به بارهای زنده) کمتر از $500 \frac{kg}{m^2}$ یا $5 \frac{KN}{m^2}$ باشد، می‌توان بار زنده L را برای تمام کف‌ها به غیر از کف پارکینگ و بام و محل اجتماع در ترکیب بارهای ۲ و ۴ به اندازه ۵۰ درصد کاهش داد.

- مثال) برای مثال قبل چنانچه $L_0 = 400$ باشد، ترکیب بارها به چه نحوی می‌گردند؟
تنها ردیف‌هایی که دارای بار زنده هستن و تغییر می‌کنند به شرح زیر اصلاح می‌شوند :
- 2) $D + 0.6L + 1.2 \max(L_r \text{ و } S \text{ و } R) + 1.2\max(W_x \text{ و } 0.7E_x)$
 - 3) $D + 0.6L + 1.2 \max(L_r \text{ و } S \text{ و } R) - 1.2\max(W_x \text{ و } 0.7E_x)$
 - 4) $D + 0.6L + 1.2 \max(L_r \text{ و } S \text{ و } R) + 1.2\max(W_y \text{ و } 0.7E_y)$
 - 5) $D + 0.6L - 1.2 \max(L_r \text{ و } S \text{ و } R) + 1.2\max(W_y \text{ و } 0.7E_y)$

- مطابق با بحث ششم چنانچه اثر بار زنده در هریک از ترکیب بارها کاهنده باشد (یعنی حضور بارزنده باعث کاهش تلاش های تولیدی در المان‌ها شود) باید این اثر برابر صفر منظور گردد، یعنی بارزنده لحاظ نگردد. به طور مثال در تیرهای طره‌ای که بار متمرکز در انتهای آن به صورت قائم به بالا و پایین باید اعمال گردد در حالت اعمال به سمت بالا، مسلماً بار زنده که به سمت پایین است باعث کاهش اثر آن می‌گردد. باتوجه به اینکه بررسی این مورد به سادگی نمی‌باشد، پیشنهاد می‌گردد بعد از اعمال محاسبه تمامی ترکیبات بار کلیه ترکیبات بار بدون حضور بارزنده

^۱ تحت بارهایی که به سازه اعمال می‌گردد نیروهایی از قبیل نیروی برشی، نیروی محوری و یا لنگر خمشی در اعضا بوجود می‌آید که به آنها در کل تلاش گفته می‌شود و بجای گفتن نیروی برشی یا محوری یا خمشی، از کلمه تلاش استفاده می‌گردد.

مجدداً برای نرم افزار تعریف گردد. آیین نامه این نکته را به کلیه بارها تعمیم داده است و بررسی اثر نبود هر یک از بارها که امکان نبود آن وجود دارد را متذکر شده است.

- در صورت حضور بار بار سیل F_a باید دو ترکیب بار اضافه به ترکیبات فوق افزوده گردد. بر این اساس ترکیبات بار گذاری ۲ و ۳ با جایگزینی $1.2w + 2F_a$ بجای $1.2w$ اصلاح و افزوده می گردند یعنی دو ترکیب بار زیر به ترکیب بارهای موجود باید افزوده گردد :

$$D + 1.2L + 1.2(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + 1.2w + 2F_a$$

$$0.85D + 1.2w + 2F_a$$

۲-۴- ترکیب بارهای حالت های حدی مقاومت در طراحی ساختمان های فولادی و سایر ساختمان ها

جهت طراحی ساختمان های فولادی به روش حالات حدی نهایی، ترکیبات بار معرفی شده توسط مبحث ششم به شرح زیر می باشد :

- 1) $1.4D$
- 2) $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- 3) $1.2D + 1.6(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + (L \text{ یا } 0.5(1.4W))$
- 4) $1.2D + 1.4W + L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- 5) $1.2D + 1E + L + 0.2S$
- 6) $0.9D + 1.4w$
- 7) $0.9D + E$
- 8) $1.2D + 0.5L + 0.5(L_r \text{ یا } S) + 1.2T$
- 9) $1.2D + 1.6L + 1.5(L_r \text{ یا } S) + T$

مثال) مثال قبل را برای ترکیب بارهای $R, E_y, E_x, S, L_r, L, D$ تکرار کنید؟

- 1) $1.4D$
- 2) $1.2D + 1.6L + 0.5\max(L_r, S, R)$
- 3) $1.2D + 1.6\max(L_r, S, R) + L$
- 4) $1.2D + E_x + L + 0.2S$
- 5) $1.2D - E_x + L + 0.2S$
- 6) $1.2D + E_y + L + 0.2S$
- 7) $1.2D - E_y + L + 0.2S$
- 8) $0.9D + E_x$
- 9) $0.9D + E_x$

$$10) 0.9D + E_y$$

$$11) 0.9D - E_y$$

- طبق مجوز آیین نامه اگر L_0 (حداقل بار زنده تعیین شده توسط بخش مربوط به بارهای زنده) کمتر از $500 \frac{kg}{m^2}$ یا $5 \frac{KN}{m^2}$ باشد، می‌توان بار زنده L را برای تمام کف‌ها به غیر از کف پارکینگ و بام و محل اجتماع در ترکیب بارهای ۳ و ۴ و ۵ به اندازه ۵۰ درصد کاهش داد. لذا در این صورت ترکیب بارهای فوق به شکل زیر اصلاح می‌شوند:

$$3) 1.2D + 1.6 \left(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R \right) + \left(0.5L \text{ یا } 0.5(1.4W) \right)$$

$$4) 1.2D + 1.4W + 0.5L + 0.5 \left(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R \right)$$

$$5) 1.2D + 1E + 0.5L + 0.2S$$

- مطابق با بحث ششم چنانچه اثر بار زنده در هریک از ترکیب بارها کاهش یافته باشد (یعنی حضور بارزنده باعث کاهش تلاش های تولیدی در المان‌ها شود) باید این اثر برابر صفر منظور گردد، یعنی بارزنده لحاظ نگردد.
- به طور مثال در تیرهای طره‌ای که بار متمرکز در انتهای آن به صورت قائم به بالا و پایین باید اعمال گردد در حالت اعمال به سمت بالا، مسلماً بار زنده که به سمت پایین است باعث کاهش اثر آن می‌گردد. با توجه به اینکه بررسی این مورد به سادگی نمی‌باشد، پیشنهاد می‌گردد بعد از اعمال محاسبه تمامی ترکیبات بار کلیه ترکیبات بار بدون حضور بارزنده مجدداً برای نرم افزار تعریف گردد. آیین‌نامه این نکته را به کلیه بارها تعمیم داده است و بررسی اثر نبود هر یک از بارها که امکان نبود آن وجود دارد را متذکر شده است.
- در صورت حضور بار سیال، این بار با ضریبی برابر با ضریب بار مرده D در ترکیبات بارگذاری ۱ تا ۵ و ۷ باید منظور گردد. لذا این ترکیبات بارگذاری به شرح زیر می‌گردند:

$$1) 1.4D + 1.4F$$

$$2) 1.2D + 1.2F + 1.6L + 0.5 \left(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R \right)$$

$$3) 1.2D + 1.2F + 1.6 \left(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R \right) + \left(L \text{ یا } 0.5(1.4W) \right)$$

$$4) 1.2D + 1.2F + 1.4W + L + 0.5 \left(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R \right)$$

$$5) 1.2D + 1.2F + 1E + L + 0.2S$$

$$7) 0.9D + 0.9F + E$$

^۱ تحت بارهایی که به سازه اعمال می‌گردد نیروهایی از قبیل نیروی برشی، نیروی محوری و یا لنگر خمشی در اعضا بوجود می‌آید که به آنها در کل تلاش گفته می‌شود و بجای گفتن نیروی برشی یا محوری یا خمشی، از کلمه تلاش استفاده می‌گردد.

- در صورت وجود فشار جانبی خاک (H) یا آب زیر زمینی یا مواد انباشته در تمامی ترکیبات بارگذاری عنوان شده $1.6H$ اضافه می‌گردد :

- 1) $1.4D + 1.6H$
- 2) $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + 1.6H$
- 3) $1.2D + 1.6(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + (L \text{ یا } 0.5(1.4W)) + 1.6H$
- 4) $1.2D + 1.4W + L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + 1.6H$
- 5) $1.2D + 1E + L + 0.2S + 1.6H$
- 6) $0.9D + 1.4w + 1.6H$
- 7) $0.9D + E + 1.6H$
- 8) $1.2D + 0.5L + 0.5(L_r \text{ یا } S) + 1.2T + 1.6H$
- 9) $1.2D + 1.6L + 1.5(L_r \text{ یا } S) + T + 1.6H$

اما اگر وجود این بار در ترکیب باری دارای اثر کاهندگی باشد باید با ضریب $0.9H$ باشد و اگر بار دائمی نباشد و طراحی اثر کاهندگی داشته باشد با ضریب صفر باید لحاظ گردد.

از آنجایی که ارزیابی تاثیر کاهندگی به سادگی نمی‌باشد، می‌توان ترکیبات بارگذاری را همزمان در هر دو صورت لحاظ نمود و در کنار ترکیبات بارگذاری فوق، ترکیبات با ضریب 0.9 و صفر (بسته به دائمی و غیر دائمی بودن بار)

- در صورت حضور بار بار سیل F_a باید دو ترکیب بار اضافه به ترکیبات فوق افزوده گردد. بر این اساس ترکیبات بارگذاری ۴ و ۶ با جایگزینی $1.4w + 2F_a$ بجای $1.4w$ اصلاح و افزوده می‌گردند یعنی دو ترکیب بار زیر به ترکیب‌بارهای موجود باید افزوده گردد :

- 4) $1.2D + 1.4w + 2F_a + L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- 6) $0.9D + 1.4w + 2F_a$

- در صورتی که سازه تحت اثر بار یخ جوی و با باد وارده بر یخ قرارگیرد، ترکیبات زیر باید اصلاح گردد (منظور از بار یخ جوی، یخزدگی است که در بدنه ساختمانی بوجود می‌آید و جداره ساختمانی یخ می‌زنند که البته بیشتر این پدیده در سازه‌های صنعتی رایج‌تر می‌باشد):

- 2) $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) \xrightarrow{\text{اصلاح میشود به}} 1.2D + 1.6L + 0.2D_i + 0.5S$
- 4) $1.2D + 1.4W + L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) \xrightarrow{\text{اصلاح میشود به}} 1.2D + 1.4W_i + L + D_i + 0.5S$
- 6) $0.9D + 1.4W \xrightarrow{\text{اصلاح میشود به}} 0.9D + 1.4W_i + D_i$

۵-۲- ترکیبات بارگذاری جهت طراحی به روش تنش مجاز

با توجه به شباهت توضیحات مورد نیاز به حالات حدی از ارائه توضیحات مشابه خودداری می‌گردد و صرفاً بندهای مبحث قید می‌گردد.

در طراحی به روش تنش مجاز و یا مقاومت مجاز، بارهای ذکر شده در این مبحث باید در ترکیب بارهای زیر منظور شود؛ و هرکدام که بیشترین اثر نامطلوب را بر روی ساختمان، شالوده یا اعضای سازه‌ای تولید می‌کنند، می‌بایست مد نظر قرار گیرد. اثرات یک یا چند بار که امکان وارد نشدن آن‌ها بر سازه وجود دارد، باید در ترکیب بارها بررسی گردد.

- 1) D
- 2) $D + L$
- 3) $D + (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- 4) $D + 0.75L + 0.75(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- 5) $D + [0.6(1.4W) \text{ یا } 0.7E]$
- 6) $D + 0.75L + 0.75[0.6(1.4W)] + 0.75(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- 7) $D + 0.75L + 0.75(0.7E) + 0.75S$
- 8) $0.6D + 0.6(1.4W)$
- 9) $0.6D + 0.7E$
- 10) $1.0D + 1.0T$
- 11) $1.0D + 0.75[L + (L_r \text{ یا } S) + T]$

- بیشترین اثرات نامطلوب ناشی از بارهای باد و زلزله باید مورد ارزیابی قرار گیرد، ولی نیازی نیست که اثرات آن‌ها به‌طور همزمان بر سازه منظور شود. در هر حال باید ضوابط شکل پذیری لرزه‌ای رعایت گردد.
- افزایش تنش مجاز در ترکیب بارهای ارائه شده در این مبحث نباید انجام شود.
- در مواردی که بار سیال F بر سازه وارد می‌شود، اثر این بار باید با ضریب باری همانند ضریب بار مرده D در ترکیب بارهای ۱ تا ۷ و ۹ منظور شوند.
- در صورت وجود فشار جانبی خاک، فشار آب زیرزمینی و یا فشار مواد انباشته شده، H ، اثر آن‌ها را باید به صورت زیر منظور نمود:
 - ۱- اگر اثر بار در جهت افزودن به اثرات دیگر متغیرهای اصلی بارگذاری باشد، اثر بار H باید با ضریب ۱/۰ در ترکیب بارها منظور شود.
 - ۲- اگر اثر این بار در جهت کاهش اثرات دیگر متغیرهای اصلی بارگذاری باشد، در صورت وجود دائمی بار H اثر آن باید با ضریب ۰/۶ در ترکیبات بارها منظور شود و در بقیه موارد باید از اثر بار H صرف‌نظر شود.

- زمانی که سازه در محدوده وقوع سیل واقع شده است، علاوه بر ترکیب بارهای ارائه شده در بالا، باید عبارت $1.5F_d$ به ترکیب بارهای ۵ تا ۸ اضافه شده و ضریب بار E در ترکیب بارهای ۵ و ۷ برابر صفر منظور شود.
- در صورتی که سازه تحت اثر بارهای یخ جوی و بار باد وارده بر یخ قرار گیرد، ترکیب بارهای زیر در طراحی سازه باید منظور شود:
 ۱- عبارت $0.7D_i$ باید به ترکیب بار شماره ۲ اضافه شود.
 ۲- عبارت R یا S یا L_r در ترکیب بار شماره ۳ باید با عبارت $0.7D_i + 0.7(1.4W_i) + S$ جایگزین شود.
 ۳- عبارت $0.6(1.4W)$ در ترکیب بار شماره ۸ باید با عبارت $0.7D_i + 0.7(1.4W_i)$ جایگزین شود.

۶-۲- ترکیبات مربوط به رخدادهای غیرعادی و فوق العاده

این ترکیبات براساس تقاضای مالک یا الزام آیین نامه بکار می‌رود. جهت کنترل مقاومت و پایداری سازه در برابر رخدادهای فوق العاده همانند آتش سوزی، انفجار یا ضربات وسایل نقلیه.

جهت بررسی ظرفیت سازه :

$$(0.9 \text{ یا } 1.2) D + A_K + 0.5L + 0.2S$$

که در آن A_K بار ناشی از رویداد فوق العاده می‌باشد.

ظرفیت پسماند :

جهت بررسی ظرفیت پسماند یک سازه که تحت اثر یک رویداد مخرب قرار گرفته است، ظرفیت سازه آسیب دیده با استفاده از ترکیب بار ثقیل روبرو باید ارزیابی گردد:

$$(0.9 \text{ یا } 1.2) D + 0.5L + 0.2(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$$

ارزیابی پایداری

جهت ارزیابی پایداری سازه، از هر روشی که اثرات تحلیل مرتبه دوم را دربرگیر می‌توان استفاده نمود.