



## شرح و درس آزمون‌های نظام مهندسی مبحث ششم بارهای وارد بر ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش چهارم)



- ارائه نکات مهم آزمون‌های نظام مهندسی (عمران محاسبات، عمران نظارت)
- تفسیر جامع مبحث ششم مقررات ملی ساختمان
- تشریح کامل مفاهیم پایه‌ای بارگذاری سازه‌ها
- پاسخ کاملاً تشریحی تست‌های آزمون‌ها

مؤلف:

امین‌الله کرمی  
« مدرس و کارشناس ارشد زلزله »



۲۸	ترکیب بارها برای حوادث غیرعادی
۲۸	ظرفیت
۲۸	ظرفیت باقیمانده
۲۸	پایداری
۲۹	تست‌های مربوط به قسمت اول: مفاهیم اساسی

### قسمت دوم: بارهای ثقیلی

#### بخش اول: بارهای مرده و زنده

#### فصل اول: بار مرده (D.L) Dead Loads ۳۲

۳۲	بار متمرکز
۳۲	بار گسترده خطی
۳۲	بار گسترده سطحی

#### فصل دوم: تخمین بارهای مرده ۳۷

#### فصل سوم: تخمین بار مرده ... ساختمان ۳۸

۳۸	تخمین بار مرده کفها
۳۸	۱) سقف تیرچه و بلوک
۳۹	۲) سقف طاق ضربی
۳۹	۳) سقف دال بتنی
۴۱	تخمین بار مرده راه‌پله‌ها
۴۶	وزن تأسیسات و تجهیزات ثابت

#### فصل چهارم: بارهای زنده (L.L) Live Loads ۴۷

۴۷	انواع بارهای زنده
۴۸	بار زنده گسترده یکنواخت کفها و بامها
۴۸	بار زنده متمرکز کفها و بامها
۵۱	بار زنده مشخص نشده کفها
۵۳	ضوابط مربوط به تیغه‌ها و جداکننده‌ها
۵۶	بررسی سهم باربری اجزاء مختلف سازه ناشی ...
۶۳	نامناسب‌ترین وضع بارگذاری
۶۴	مروری بر خط تأثیر
۶۶	تعیین سهم باربری اعضای مختلف سازه ناشی ...
۶۶	انواع کفها از نظر چگونگی انتقال بار قائم
۶۷	۱) کفهای یک طرفه
۷۰	۲) کفهای دو طرفه
۷۴	کاهش بار زنده طبقات
۷۷	محدودیت‌های مربوط به دال یک‌طرفه
۸۷	بار وارده بر سیستم‌های نرده حفاظ و جان‌پناه
۸۸	بار وارده بر دست‌انداز بام و بالکن
۸۸	بار وارده به سیستم حفاظ پارکینگ
۸۹	بار وارد بر نردبان ثابت
۹۰	بارهای ضربه‌ای
۹۱	ضرایب ضربه در حالت‌های مختلف
۹۲	بارهای جرثقیل
۹۴	تست‌های مربوط به بخش اول: بارهای مرده و زنده

### مقدمه کتاب: مروری بر بارگذاری سازه‌ها و ...

#### مروری بر بارگذاری سازه‌ها و انواع بارها ۱۲

۱۲	فصل اول: مروری بر بارگذاری سازه‌ها
۱۲	فصل دوم: انواع بارها
۱۲	• بارهای مرده (D.L) Dead Loads
۱۴	• بارهای زنده (L.L) Live Loads
۱۴	• بار برف (S.L) Snow Load
۱۴	• بار باران (Rain Load)
۱۴	• بار زلزله
۱۵	• بار باد (Wind Load)
۱۵	• بار ناشی از فشار جانبی خاک و یا ...
۱۶	• بار سیل
۱۶	• بار انفجار
۱۶	• بار یخ

### قسمت اول: مفاهیم اساسی

#### بخش اول: تعاریف

#### تعاریف ۱۸

#### بخش دوم: الزامات مبنا

#### الزامات مبنا ۲۰

۲۰	سختی و مقاومت
۲۰	۱) روش طراحی ضرایب بار و مقاومت (LRFD)
۲۰	۲) طراحی به روش تنش مجاز
۲۱	۳) طراحی با روش‌های عملکردی
۲۱	قابلیت بهره‌برداری
۲۱	اثرات بارهای خود کرنشی
۲۲	• تحلیل
۲۲	• تلاش‌ها یا نیروهای مقابله‌کننده در سازه
۲۲	انسجام کلی سازه

#### بخش سوم: مقادیر بارها

#### مقادیر بارها ۲۳

۲۳	بارهای خود کرنشی
۲۳	بارهای ناشی از حوادث غیرعادی

#### بخش چهارم: ترکیب بارها

#### فصل اول: کلیات ۲۴

#### فصل دوم: ترکیب بارها در انواع روش‌های طراحی ۲۵

۲۵	ترکیب بارها در طراحی در برابر بارهای ...
۲۵	ترکیب بارهای حالت‌های حدی نهایی ...
۲۵	ترکیب بارهای حالت‌های حدی مقاومت ...
۲۶	ترکیب بارها در طراحی به روش تنش مجاز
۲۷	ترکیب بارهای حالت‌های حدی بهره‌برداری

۱۶۲..... بارهای ناشی از بار باران  
 ۱۶۴..... ناپایداری برکهای و انباشتگی آب

**قسمت سوم: بارهای جانبی**

**بخش اول: بار زلزله**

**۱۶۶ فصل اول: مفاهیم پایه و پارامترهای اساسی ...**

۱۶۶..... مفاهیم پایه  
 • کلیات ..... ۱۶۶  
 • بار زلزله ..... ۱۶۶  
 • کانون، مرکز و عمق زلزله ..... ۱۶۶  
 • شدت و بزرگی زلزله ..... ۱۶۶  
 • زلزله‌های مبنای طراحی ..... ۱۶۷  
 • گروه‌بندی ساختمان بر حسب اهمیت ..... ۱۶۷  
 • گروه‌بندی ساختمان‌ها بر حسب سیستم سازه‌ای ..... ۱۶۷  
 • وزن مؤثر لرزه‌ای ..... ۱۷۰  
 • تراز پایه در بارگذاری زلزله ..... ۱۷۱  
 • مرکز جرم ..... ۱۷۲  
 • سیستم‌های باربر نیروهای جانبی ..... ۱۷۵  
 • مرکز سختی ..... ۱۷۹  
 • پارامترهای اساسی در محاسبه‌ی نیروی زلزله ..... ۱۸۱  
 • کلیات ..... ۱۸۱  
 • نسبت شتاب مبنای طرح (A) ..... ۱۸۱  
 • ضریب بازتاب ساختمان (B) ..... ۱۸۲  
 • نحوه‌ی محاسبه‌ی ضریب اصلاح طیف (N) ..... ۱۸۲  
 • نحوه‌ی محاسبه‌ی ضریب شکل طیف (B<sub>1</sub>) ..... ۱۸۳  
 • محاسبه‌ی ضریب اصلاح طیف (N) ..... ۱۸۵  
 • طبقه‌بندی نوع زمین ..... ۱۸۸  
 • ضریب اهمیت ساختمان (I) ..... ۱۹۱  
 • ضریب رفتار ساختمان (R<sub>ii</sub>) ..... ۱۹۳  
 • ضریب اضافه مقاومت (Q<sub>o</sub>) ..... ۱۹۷  
 • ضریب بزرگنمایی تغییر مکان (C<sub>d</sub>) ..... ۱۹۸  
 • ضریب نامعینی سازه (ρ) ..... ۱۹۸  
 • ترکیب سیستم‌های سازه‌ای در پلان و ارتفاع ..... ۲۰۲  
 • گروه‌بندی ساختمان‌ها بر حسب نظم کالبدی ..... ۲۰۷  
 • کلیات ..... ۲۰۷  
 • نامنظمی در پلان ..... ۲۰۷  
 • نامنظمی در ارتفاع ..... ۲۱۲  
 • محدودیت‌های احداث ساختمان‌های نامنظم ..... ۲۱۵  
 • تست‌های مربوط به فصل اول: مفاهیم پایه ... ..... ۲۱۸

**۲۲۲ فصل دوم: ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های ...**

۲۲۲..... تحلیل استاتیکی معادل ..... ۲۲۲  
 • کلیات ..... ۲۲۲  
 • موارد کاربرد روش تحلیل استاتیکی معادل ..... ۲۲۲  
 • انواع سیستم‌های سازه‌ای و باربر جانبی ..... ۲۲۲  
 • سیستم‌های سازه‌ای ..... ۲۲۳

**فهرست مطالب**

**بخش دوم: بار برف**

**۱۱۲ فصل اول: کلیات و ضوابط ... بار برف بر ساختمان‌ها و سازه‌ها**

۱۱۲..... کلیات  
 ۱۱۲..... بار برف بام (P<sub>r</sub>)

**۱۱۳ فصل دوم: پارامترهای اساسی در محاسبه بار برف ...**

۱۱۳..... بار برف زمین (P<sub>g</sub>) ..... ۱۱۳  
 ضریب اهمیت بار برف (I<sub>s</sub>) ..... ۱۱۵  
 • بار برف حداقل برای بام‌های با شیب کم ..... ۱۱۶  
 ضریب برف‌گیری (C<sub>e</sub>) ..... ۱۱۷  
 • ناهمواری‌های محیطی ..... ۱۱۷  
 • میزان برف‌گیری بام: ..... ۱۱۸  
 ضریب شرایط دمایی (C<sub>t</sub>) ..... ۱۲۲  
 ضریب شیب (C<sub>s</sub>) ..... ۱۲۲  
 • A- لغزنده بودن سطح بام ..... ۱۲۲  
 • B- دمای داخلی ساختمان ..... ۱۲۲  
 • C- مانع‌دار بودن بام ..... ۱۲۲  
 محاسبه‌ی ضریب شیب (C<sub>s</sub>) ..... ۱۲۳  
 • ۱) ضریب شیب برای بام‌های مسطح ..... ۱۲۳  
 • ۲) ضریب شیب برای بام‌های شیب‌دار ..... ۱۲۳  
 محاسبه ضریب اثر شیب ... بام‌های قوسی شکل ..... ۱۲۹  
 محاسبه ... بام‌های کنگره‌ای و شیب‌دار دندان‌ه‌ای ..... ۱۳۱  
 محاسبه‌ی بار برف بام و ضریب شیب برای طره‌ها ..... ۱۳۱  
 بار متوازن و نامتوازن برف ..... ۱۳۳  
 بار متوازن و نامتوازن برف در بام‌های با شیب ... ..... ۱۳۳  
 • A- بار برف متوازن ..... ۱۳۳  
 • B- بار برف نامتوازن ..... ۱۳۳  
 بار متوازن و نامتوازن برف در بام‌های قوسی ..... ۱۳۶  
 بار متوازن و نامتوازن برف در بام‌های دندان‌دار، ... ..... ۱۴۰  
 بار متوازن و نامتوازن برف در بام‌های گنبدی شکل ..... ۱۴۱  
 بارگذاری جزئی ..... ۱۴۲  
 انباشتگی برف در بام‌های پایین‌تر ..... ۱۴۲  
 محاسبه انباشتگی برف در بام پایین‌تر ... ..... ۱۴۳  
 • ۱) انباشتگی برف در حالت پشت به باد ..... ۱۴۳  
 • ۲) انباشتگی برف در حالت رو به باد ..... ۱۴۳  
 بررسی شرایط در نظر گرفتن انباشتگی برف ... ..... ۱۴۳  
 محاسبه انباشتگی برف بر روی بام ... ..... ۱۴۶  
 انباشتگی برف در اطراف قسمت‌های بالا آمده ... ..... ۱۴۷  
 برف لغزنده ..... ۱۴۸  
 سربرار باران بر برف ..... ۱۵۰  
 ناپایداری برکهای و انباشتگی آب ..... ۱۵۰  
 بام‌های موجود ..... ۱۵۰  
 تست‌های مربوط به بخش دوم: بار برف ..... ۱۵۲

**بخش سوم: بار باران**

**۱۶۱ بار باران (Rain Load)**

۱۶۱..... کلیات ..... ۱۶۱  
 ۱۶۱..... زهکش بام ..... ۱۶۱

## فصل چهارم: ضوابط طراحی لرزه‌ای اجزای ... ۳۱۵

۳۱۵	طراحی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای
۳۱۵	• کلیات
۳۱۵	• محدودیت‌های کاربرد ضوابط طراحی لرزه‌ای ...
۳۱۵	• محاسبه نیروی جانبی مؤثر بر اجزای ...
۳۱۶	• روش تحلیل استاتیکی معادل
۳۱۶	• محاسبه ضریب اهمیت جزء ( $I_p$ )
۳۱۶	• محاسبه $R_{p_i}$ (ضریب رفتار جزء) و $a_p$
۳۱۹	• مروری بر نحوه محاسبه $Z$ (ارتفاع جزء)
۳۲۱	• روش تحلیل طیفی
۳۲۱	• طریقه محاسبه $a_j$
۳۲۲	• طریقه‌ی محاسبه $A_j$
۳۲۲	• مؤلفه قائم نیروی لرزه در اجزای غیرسازه‌ای
۳۲۲	• کنترل تغییر مکان جانبی اجزای غیرسازه‌ای
۳۲۳	• ضوابط خاص اجزای معماری
۳۲۳	• کنترل نیروها و تغییر مکان‌ها در اجزای معماری
۳۲۳	• ضوابط دیوارهای خارجی در اجزای معماری
۳۲۴	• ضوابط دیوارهای داخلی - تیغه‌ها، ...
۳۲۴	• ضوابط سقف کاذب در اجزای معماری
۳۲۴	• مهار اجزای غیرسازه‌ای
۳۲۵	• طراحی لرزه‌ای سازه‌های غیرساختمانی
۳۲۵	• کلیات
۳۲۵	• ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های ...
۳۲۶	• وزن مؤثر لرزه‌ای سازه‌های غیر ساختمانی
۳۲۶	• محاسبه ضرایب $A$ ، $B$ ، $I$
۳۲۷	• محاسبه پارامترهای نیروی جانبی در سازه‌های ...
۳۲۷	• ضوابط تغییر مکان جانبی سازه‌های ...
۳۲۷	• اثر $P-\Delta$ در سازه‌های غیرساختمانی مشابه ...
۳۲۸	• کنترل برش پایه حداقل ( $V_{i,min}$ )
۳۲۹	• ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های ...
۳۲۹	• محاسبه پارامترهای نیروی جانبی در ...
۳۳۰	• کنترل برش پایه ( $V_{ir}$ ) در سازه‌های ...
۳۳۲	• ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های ...
۳۳۴	• نحوه محاسبه زمان تناوب سازه‌های ...
۳۳۶	• تست‌های مربوط به فصل چهارم: ضوابط طراحی ...

## بخش دوم: بار باد

## فصل اول: کلیات و ضوابط تحلیل و طراحی فشار باد ... ۳۴۴

۳۴۴	مفاهیم پایه
۳۴۴	• علت پیدایش باد
۳۴۴	• عوامل مؤثر بر بار باد
۳۴۵	• $A$ - سرعت باد
۳۴۵	• $B$ - پستی و بلندی‌های زمین و ساختمان‌های ...
۳۴۵	• $C$ - ارتفاع ساختمان
۳۴۵	• $D$ - شکل ساختمان

۲۲۳	• زمان تناوب اصلی نوسان سازه
۲۲۶	• زمان تناوب تجربی سازه‌های ساختمانی متعارف
۲۲۸	• زمان تناوب ساختمان‌های غیرمتعارف
۲۳۰	• محاسبه برش پایه ( $V_{ii}$ )
۲۳۲	• توزیع برش پایه در ارتفاع سازه
۲۳۴	• توزیع نیروی جانبی در پلان سازه
۲۴۰	• کنترل برای شهر مشهد
۲۴۰	• کنترل برای شهر تهران
۲۴۱	• بررسی زمان تناوب و ضریب بازتاب‌ها
۲۴۴	• محاسبه‌ی زمان تناوب
۲۴۶	• محاسبه‌ی پیچش ایجاد شده در طبقه ...
۲۴۹	• توزیع برش و پیچش طبقه بین عناصر ...
۲۵۰	• توزیع نیرو در دیافراگم‌های صلب
۲۵۱	• توزیع نیرو در دیافراگم‌های انعطاف‌پذیری
۲۵۲	• نیروی جانبی لرزه مؤثر بر دیافراگم‌ها
۲۵۵	• نیروی قائم ناشی از لرزه
۲۵۹	• محاسبه‌ی ساختمان در برابر نیروی لرزه ...
۲۶۳	• تحلیل دینامیکی
۲۶۳	• کلیات
۲۶۴	• کلیات روش تحلیل دینامیکی طیفی
۲۶۴	• کلیات روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی
۲۶۵	• تاریخچه زمانی شتاب، شتاب نگاشت
۲۶۵	• حرکت زمین بر اثر لرزه
۲۶۶	• شتاب زمین
۲۶۶	• طیف طرح استاندارد
۲۶۷	• طیف طرح ویژه ساختگاه
۲۶۸	• تعداد مودهای نوسان
۲۶۹	• ترکیب آثار مودها
۲۷۱	• اصلاح مقادیر بازتاب‌ها در روش تحلیل طیفی
۲۷۳	• تست‌های مربوط به فصل دوم: ضوابط طراحی ...

## فصل سوم: کنترل لرزه‌ای سازه‌های ... ۲۹۴

۲۹۴	• کنترل تغییر مکان جانبی در سازه‌ها
۲۹۴	• کلیات
۳۰۰	• کنترل واژگونی، درز انقطاع، لرزه سطح ...
۳۰۰	• کلیات
۳۰۰	• کنترل واژگونی سازه
۳۰۵	• کنترل سازه برای لرزه سطح بهره‌برداری
۳۰۶	• کنترل محدودیت‌های تغییر مکان جانبی ...
۳۰۷	• افزایش بار جانبی در اعضای خاص
۳۰۷	• روش‌های ساده شده تحلیل و طراحی
۳۰۷	• کلیات
۳۰۷	• شرایط استفاده از روش ساده شده تحلیل و ...
۳۰۸	• محاسبه‌ی برش پایه در روش ساده شده‌ی ...
۳۰۸	• توزیع نیروی جانبی لرزه در ارتفاع ساختمان ...
۳۰۹	• توزیع نیروی برشی لرزه در پلان ساختمان ...
۳۱۱	• تست‌های مربوط به فصل سوم: کنترل لرزه‌ای سازه‌های ...

بخش سوم: بار ناشی از فشار جانبی خاک و آبهای زیرزمینی

۳۹۲ بار ناشی از فشار جانبی خاک و آبهای زیرزمینی

- ۳۹۲ کلیات
- ۳۹۲ فشار جانبی
- ۳۹۳ زیر فشار وارد بر کف شالوده‌ها
- ۳۹۳ ضرایب اطمینان در مقابل لغزش - واژگونی و برکنش

قسمت چهارم: بارهای متفرقه

بخش اول: بار سیل

۳۹۵ بار سیل

- ۳۹۵ کلیات
- ۳۹۵ تعاریف
- ۳۹۵ (۱) سیل طرح
- ۳۹۵ (۲) سیل یا جاری شدن سیل
- ۳۹۵ (۳) دیوار فرو ریزشی
- ۳۹۵ (۴) منطقه ویژه خطر سیل
- ۳۹۵ الزامات و بارهای طراحی
- ۳۹۷ ظرفیت باقیمانده

بخش دوم: بار انفجار

۳۹۷ بار انفجار

- ۳۹۷ کلیات
- ۳۹۷ بار وارد بر پوسته ساختمان

بخش سوم: بار یخ

۳۹۸ بار یخ

- ۳۹۸ کلیات
- ۳۹۸ (۱) محاسبه ضخامت اسمی یخ ( $t$ )
- ۳۹۸ (۲) محاسبه ضریب اهمیت یخ ( $I_i$ )
- ۳۹۹ (۳) محاسبه ضریب ارتفاع ( $F_z$ )
- ۳۹۹ (۴) محاسبه ضخامت طراحی یخ ( $t_d$ )
- ۳۹۹ (۵) محاسبه وزن یخ ( $D_i$ )
- ۴۰۲ اثر باد بر سازه‌ها و اجزای پوشیده از یخ

قسمت پنجم: سؤالات ادوار گذشته به همراه ...

۴۰۴ سؤالات ادوار گذشته به همراه پاسخ تشریحی

- ۴۰۴ آزمون (عمران - نظارت) - اسفند ماه ۱۳۹۵
- ۴۰۵ آزمون (عمران - محاسبات) - اسفند ماه ۱۳۹۵
- ۴۱۵ آزمون (عمران - نظارت) - مهر ماه ۱۳۹۶
- ۴۱۸ آزمون (عمران - محاسبات) - مهر ماه ۱۳۹۶
- ۴۲۷ آزمون (عمران - محاسبات) - اردیبهشت ماه ۱۳۹۷
- ۴۳۹ آزمون (عمران - نظارت) - بهمن ماه ۱۳۹۷
- ۴۴۱ آزمون (عمران - محاسبات) - بهمن ماه ۱۳۹۷

۴۴۷ منابع و مآخذ

مفهوم فشار یا مکش داخلی و خارجی

- ۳۴۶ (۱) فشار مثبت داخلی
- ۳۴۷ (۲) فشار منفی داخلی (مکش)
- ۳۴۷ (۱) اثر جریان باد بر سطوح عمود بر ...
- ۳۴۸ (۲) اثر جریان باد بر سطوح پشت به باد
- ۳۴۸ (۳) اثر جریان باد بر سطوح موازی جریان باد
- ۳۴۹ روش‌های تحلیلی بار باد بر سازه‌ها و ...
- ۳۴۹ (۱) تحلیل استاتیکی بار باد
- ۳۴۹ (۲) تحلیل دینامیکی بار باد
- ۳۴۹ (۳) تحلیل بار باد به کمک تونل باد
- ۳۵۰ تأثیر بار باد بر ساختمان‌های کوتاه مرتبه و ...
- ۳۵۰ سرعت مبنای باد ( $V$ )
- ۳۵۲ فشار مبنای باد ( $q$ )
- ۳۵۲ محاسبه‌ی فشار باد وارد بر ساختمان‌ها و ...
- ۳۵۲ (۱) فشار یا مکش خارجی باد
- ۳۵۲ (۲) فشار یا مکش داخلی باد
- ۳۵۳ نیروی باد ( $F_i$ )

فصل دوم: پارامترهای اساسی در محاسبه‌ی ...

- ۳۵۴ ضریب اهمیت بار باد ( $I_w$ )
- ۳۵۴ فشار مبنای بار باد ( $q$ )
- ۳۵۴ ارتفاع مبنا ( $h$ )
- ۳۵۴ (۱) نحوه‌ی محاسبه ارتفاع مبنا ( $h$ ) ...
- ۳۵۵ (۲) نحوه محاسبه ارتفاع مبنا ( $h$ ) ...
- ۳۵۵ (۳) نحوه محاسبه‌ی ارتفاع مبنا ( $h$ ) ...
- ۳۵۵ ضریب اثر بادگیری ( $C_e$ )
- ۳۵۵ (۱) محاسبه‌ی ضریب  $C_e$  در نواحی باز
- ۳۵۵ (۲) محاسبه ضریب  $C_e$  در نواحی پر تراکم
- ۳۶۰ ضریب اثر جهشی باد داخلی ( $C_g$ ) و ...
- ۳۶۰ ضریب اثر جهشی باد خارجی ( $C_g$ )
- ۳۶۰ ضریب اثر جهشی باد داخلی ( $C_g$ )
- ۳۶۱ محاسبه‌ی ضریب فشار خارجی ( $C_p, C_{pe}$ )
- ۳۶۱  $A$  - محاسبه‌ی ضریب فشار  $C_p$  ...
- ۳۶۲  $B$  - محاسبه‌ی ضریب فشار  $C_{pe}$  ...
- ۳۶۳ ضریب جهشی ( $C_g$ ) و ضریب فشار ( $C_p$ )
- ۳۶۳ ضرایب ترکیبی  $C_g C_p$  روی سازه‌ی باربر اصلی
- ۳۶۸ ضرایب ترکیبی  $C_g C_p$  روی اجزاء پوششی نما ...
- ۳۷۰ ضرایب ترکیبی  $C_g C_p$  روی اجزاء پوششی بام
- ۳۷۶ خیز سرعت در بالای تپه‌ها و بالآمدگی زمین
- ۳۷۷ ضریب فشار داخلی  $C_{pi}$
- ۳۷۹ بارگذاری‌های جزئی

فصل سوم: اثر بار باد بر روی سازه‌های مختلف ...

- ۳۸۲ بار باد افزایش یافته بدلیل یخ‌زدگی
- ۳۸۲ اثرات ریزش گردبادی
- ۳۸۲ تست‌های مربوط به بخش دوم: بار باد

## بسمه تعالی

خدای بزرگ را شاکرم که به نویسنده این توفیق را داد که در راه خدمت به کشور و جامعه مهندسی در حد توان خود به اندازه هر چند ناچیز تلاش نمائیم.

همانطور که مستحضرید یکی از چالش برانگیزترین موفقیت‌ها برای مهندسين عمران موفقیت در آزمون‌های نظام مهندسی می‌باشد. مجموعه پیش‌رو از مجموعه کتاب‌های شرح و درس ویژه آزمون نظام مهندسی، مبحث ششم (بارگذاری سازه‌ها) شامل پنج قسمت، مفاهیم اساسی، بارهای ثقلی، بارهای جانبی، بارهای متفرقه و مجموعه سوالات ادوار گذشته می‌باشد، که در آن شرح و درس بصورت کامل و کلیه بندهای آیین‌نامه‌ای بصورت مصور همراه با مثال‌های متنوع ارائه شده است. بارزترین و مهمترین خصوصیات این کتاب عبارتند از: (۱) کلیه ابهامات موجود در آیین‌نامه‌ها (مبحث ششم و آیین‌نامه ۲۸۰۰) با ساده‌ترین بیان حتی المقدور بصورت مصور ارائه شده و همچنین با حل مثال‌های متنوع درک مهندسين عزیز را از هر موضوع بالا برده‌ایم. (۲) با ساده‌ترین و شیواترین بیان کلیه مطالب و مفاهیم و بندهای آیین‌نامه‌ای را بصورت مصور جهت فهم و درک بیشتر ارائه داده‌ایم.

(۳) در درون درسنامه (متن و جداول) در سمت چپ و بالا، آدرس‌دهی بندهای آیین‌نامه‌ها (مبحث ششم و آیین‌نامه ۲۸۰۰) ارائه شده است.

(۴) در دورن متن و همچنین انتهای هر فصل مجموعه تست‌های آزمون‌های ادوار گذشته از سال ۱۳۸۰ به بعد و تست‌های تالیفی ارائه شده است، و همچنین با توجه به اینکه آیین‌نامه‌ها در این مدت بازنگری شده است در بعضی از سوالات اصلاحاتی مختصر مطابق با آیین‌نامه‌های جدید ارائه شده و حل سوالات مطابق با آخرین ویرایش آیین‌نامه‌ها انجام گرفته است.

(۵) با توجه به اینکه آزمون‌های نظام مهندسی بصورت کتاب باز (*Open book*) می‌باشد مطالب درون متن و فهرست مطالب کتاب به گونه‌ای تنظیم شده است که داوطلبین محترم بتوانند در کمترین زمان به موضوع دلخواه دسترسی پیدا کنند.

در پایان و طبقه خود می‌دانیم از تمام کسانی که در تهیه و تدوین این اثر مرا یاری نموده‌اند کمال تشکر و قدردانی را بعمل آورم.

هر چند طی بازخوانی‌های مکرر سعی و تلاش فراوانی بعمل آمده تا کتاب حاضر از حداقل اشتباهات برخوردار باشد، لیکن پیشاپیش از خوانندگان محترم به لحاظ احتمال وجود اشتباهات که از نظر دور ماند، صمیمانه پوزش می‌خواهم و همچنین به منظور هر چند پر بارتر شدن مطالب این مجموعه از تمام خوانندگان عزیز خواهشمندم با ارائه نظرات اصلاحی مؤلف را مورد لطف و عنایت خود قرار دهند، امید است این کتاب به عنوان قطره‌ای از دریای بی‌کران علم مورد پذیرش مهندسان و دانش‌پژوهان عزیز قرار گیرد.

با احترام فراوان

امین‌الله کرمی

## مروری بر بارگذاری سازه‌ها و انواع بارها

# مقدمه کتاب

موضوع اصلی این کتاب بارگذاری سازه‌هاست و بنابراین بطور اساسی درباره شناخت و ارزیابی انواع بارها نظیر بارهای مرده، زنده، برف، زلزله، و غیره بحث شده است. با توجه به اینکه محاسبات ساختمان‌ها در چند مرحله صورت می‌پذیرد، بنابراین در مرحله نخست باید به ارزیابی انواع بارهای وارد بر ساختمان و تعیین مقدار آنها که اصطلاحاً بارگذاری نامیده می‌شود، بپردازیم.

اساس کار و نحوه نگارش این کتاب به گونه‌ای می‌باشد که بارهای وارد بر ساختمان به انواع بارهای ثقلی شامل بارهای مرده و زنده، باربرف و بار باران و بارهای جانبی شامل بار زلزله، بار باد و بار ناشی از فشار جانبی خاک و آبهای زیرزمینی و بارهای متفرقه شامل بار سیل، بار انفجار و بار یخ تقسیم‌شده و در هر مرحله به طور مفصل به تشریح و تفصیل بارهای ذکر شده همراه با مثال‌های متنوع پرداخته می‌شود.

## فصل اول: مروری بر بارگذاری سازه‌ها

یکی از مهم‌ترین عوامل در طراحی یک سازه، بارهای وارد بر سازه می‌باشد. اما سؤالی که مطرح می‌شود این است که این بارها چگونه و با چه جهت‌هایی بر سازه اعمال می‌شوند.

در نتیجه باید بطور اساسی درباره شناخت و ارزیابی انواع بارها نظیر بارهای مرده، زلزله، باد و ... بحث نمود. می‌دانیم مباحث آمار و احتمال نقش اساسی و تعیین‌کننده‌ای در تعیین مقادیر کمی بسیاری از بارها دارد. در حقیقت بسیاری از بارها منشأ طبیعی داشته و در نتیجه مقدار قطعی و دقیقی نمی‌توان برای آنها تعیین نمود. در چنین مواردی بهترین وسیله برای تعیین این بارها مشاهداتی است که در گذشته از آن بارها در نتیجه وارد آمدن بر یک سازه بدست آمده است.

اجازه دهید برای روشن شدن بیشتر مطلب مثالی بزنیم. فرض کنید که می‌خواهیم ساختمانی را در شهر شیراز، در مقابل زلزله طراحی کنیم. در این ارتباط باید تصمیم بگیریم که این ساختمان تحت تأثیر چه زلزله طراحی شود.

واضح است که این مسئله به موقعیت شهر شیراز و گسل‌های اطراف آن بستگی دارد. در نتیجه بهترین راه برای پی بردن به این وضعیت استفاده از آمار گذشته می‌باشد. و هر چه این آمار زمان طولانی‌تری را پوشش دهد، نتایج رضایت‌بخش‌تری حاصل می‌شود.

اکثر مهندسين ساختمان می‌توانند بدون توجه به مباحث اساسی احتمالات و تنها با استناد به ضوابط آیین‌نامه‌های بارگذاری، بارهای وارد بر ساختمان را تعیین کرده و مراحل تحلیل و طراحی را انجام دهند. که در این کتاب هم با استفاده از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش سوم و آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله - ویرایش چهارم به بررسی کامل روش محاسبه انواع بارهای وارد بر سازه پرداخته می‌شود.

## فصل دوم: انواع بارها

بطور کلی انواع بارهایی که بر یک سازه وارد می‌شود یا بصورت ثقلی و یا بصورت جانبی و یا از نوع بارهای متفرقه می‌باشد که در زیر الگوریتم انواع بارهای وارد بر یک سازه ترسیم شده است.

بارهای وارد بر سازه	بارهای ثقلی	بار مرده	بار زنده	بار برف	بار باران
	بارهای جانبی	بار زلزله	بار باد	بار ناشی از فشار جانبی خاک و یا آب‌های زیرزمینی	
	بارهای متفرقه	بار سیل	بار انفجار	بار یخ	

در ادامه به تشریح هر یک از بارهای فوق می‌پردازیم.

**بارهای مرده (Dead Loads (D.L):** بارهای مرده، زنده و بار برف و باران موارد مشخصی از بارهای قائم می‌باشند. بارهای قائم به بارهای گفته می‌شود که بصورت مشخص در راستای ثقل زمین وارد می‌شوند. بطور کلی بار مرده عبارتند از وزن تمام قسمت‌های ثابت ساختمان شامل:

وزن دیوارها، کفها، بام‌ها، جداکننده‌های غیرقابل انتقال و وسایل و تجهیزات ثابتی که در تمام طول عمر سازه با آن همراه می‌باشد، (تیرها، ستون‌ها، راپله‌ها و ...)

♦ بارهای قائم ناشی از نیروی جاذبه زمین را می‌توان به دو دسته زیر تقسیم کرد:

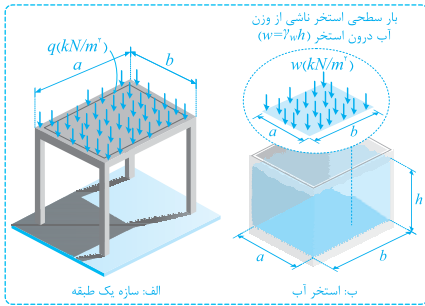
(۱) بارهای استاتیکی (۲) بارهای دینامیکی

بارهای استاتیکی مستقل از زمان در نظر گرفته می‌شود، ولی بارهای دینامیکی به زمان وابسته می‌باشند.

**یادآوری:** کلیه بارهای مرده و بخشی از بارهای زنده از نوع استاتیکی محسوب می‌شوند.



◆ بارهای مرده به یکی از حالت‌های زیر به سازه وارد می‌شوند:

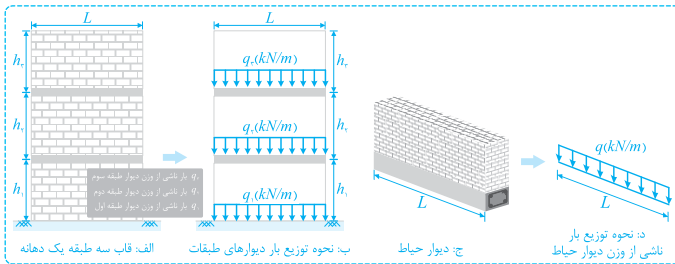


۱) بار گسترده سطحی، مانند وزن سقف‌ها، وزن بام‌ها و ...

$q$ : وزن سقف، (یک نوع بار گسترده سطحی)

$w$ : بار گسترده سطحی ناشی از وزن آب درون استخر ( $w = \gamma_w h$ )

۲) بار گسترده خطی، مانند بار دیوارهای پیرامونی سازه که معمولاً بر روی تیرها قرار می‌گیرد یا بار دیوارهای حیاط

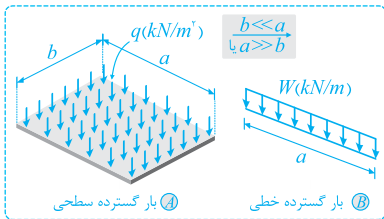


$q_1$ : بار ناشی از وزن دیوار طبقه اول

$q_2$ : بار ناشی از وزن دیوار طبقه دوم

$q_3$ : بار ناشی از وزن دیوار طبقه سوم

بطور کلی اگر در یک بار گسترده سطحی یکی از ابعاد نسبت به دیگری خیلی کوچک شود، تبدیل به بار گسترده خطی خواهد شد. به تعبیر بهتر بار گسترده خطی باری است سطحی که یک بعد آن نسبت به بعد دیگران خیلی کوچک می‌باشد.



$$w = q \times b$$

مثال: ۱- بار گسترده سطحی ۲- بار گسترده خطی

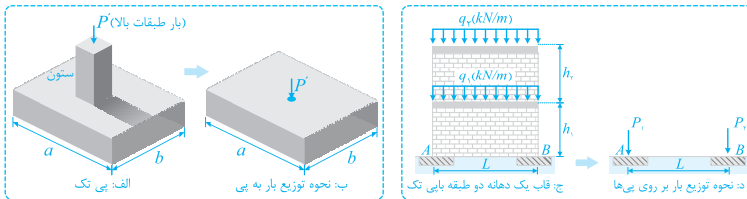
$w$ : بار گسترده خطی

$q$ : بار گسترده سطحی

$b$ : بُعد عمود بر راستای  $a$

۳) بار نقطه‌ای یا متمرکز: همانطوری که از نام این بار پیدا است این بار در یک نقطه یا در یک محل اعمال می‌شود.

مانند بار وارده از طرف یک ستون بر یک کف، یا وزن تجهیزات ثابت در یک طبقه:

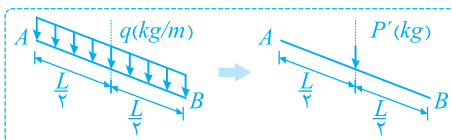


مثال:

$P_1$ : بار متمرکز وارد بر بی  $A$

$P_2$ : بار متمرکز وارد بر بی  $B$

**یادآوری** اگر در یک بار گسترده خطی، طول توزیع بار بسیار بسیار کوچک می‌شود تبدیل به یک بار متمرکز خواهد شد.



$$P' = q(L)$$

مثال:

$P_1$ : بار متمرکز

$q$ : بار گسترده خطی

$L$ : طول توزیع بار

**بارهای زنده (Live Loads (LL):** بارهای زنده به بارهایی گفته می‌شود که از لحاظ مقدار و محل اثر، وضعیت مشخصی ندارند. به عبارتی محل اعمال آنها و مقدار آنها در طول بهره‌برداری از سازه ثابت نیست. بارهایی که در هنگام استفاده و بهره‌برداری از ساختمان یا هر سازه دیگری بر آنها وارد می‌شود را بارهای زنده یا سربار گویند. تفاوت اساسی بین بارهای زنده و مرده این است که بارهای زنده، متغیر و غیرقابل پیش‌بینی بوده، و تغییر در آنها نه تنها در طول زمان اتفاق می‌افتد، بلکه تابعی از مکان می‌باشد.

#### یادآوری :

- (۱) بارهای زنده شامل بارهای محیطی مانند بار باد، بار باران، بار زلزله، بار برف و بار مرده نمی‌شود.
- (۲) بارهای زنده خود به دو گروه بارهای زنده استاتیکی و بار زنده دینامیکی تقسیم می‌شوند.

#### بارهای زنده:

- الف- بار زنده استاتیکی:** به بارهای ساکن ولی با قابلیت حرکت، بارهای زنده استاتیکی گویند، مانند، بارهای متحرک با سرعت کم، اثاثیه منزل و ...
- ب- بار زنده دینامیکی:** به بارهای متحرک با سرعت زیاد یا با اثر جنبشی قابل ملاحظه، بارهای زنده دینامیکی گویند. مانند، جرثقیل‌ها، خودروها، بار آسانسورها و ...
- (۳) مقدار بار زنده بر خلاف بار مرده بطور مستقیم توسط مهندس طراح و محاسب امکان‌پذیر نبود، و باید برای محاسبه آن از مطالعات آماری آیین‌نامه‌ها استفاده شود.

**بار برف (Snow Load (S.L):** بار برف یک فرآیند طبیعی است و سربار ناشی از آن به موقعیت جغرافیایی و محل ساختمان از نظر درجه برف‌گیر بودن و ارتفاع منطقه و شکل ساختمان و وضع آفتاب‌گیر آن بستگی دارد. سربار ناشی از بارش برف و انباشته شدن آن بر روی بام ساختمان، باعث ایجاد بار ثقلی (قائم) بر روی سازه می‌شود. و در صورتی که این مقدار سربار بحرانی شود در شرایط خاصی می‌تواند باعث تخریب سازه گردد.

♦ در یک جمع‌بندی کلی، بارهای حاصل از برف که به یک سازه وارد می‌شود به عوامل زیر بستگی دارد.

(۱) موقعیت جغرافیایی و محل ساختمان «شرایط اقلیمی»

(۲) شکل و وضع آفتاب‌گیر بودن ساختمان

(۳) کاربری ساختمان

(۴) تراکم ساختمان‌ها در آن محل «بافت منطقه، از نظر قرار گرفتن ساختمان‌ها کنار هم»

**بار باران (Rain Load):** در صورت بارندگی شدید و انباشته شدن آب باران بر روی بام، نیروی اضافی در اعضای سازه ایجاد خواهد شد. اما سؤال اینجاست که برای جلوگیری از انباشته شدن آب باران بر روی بام چه تدابیری باید اندیشیده شود؟ یکی از اساسی‌ترین کارها برای جلوگیری از انباشته شدن آب باران بر روی بام‌ها استفاده از زهکش بر روی بام می‌باشد.

#### یادآوری :

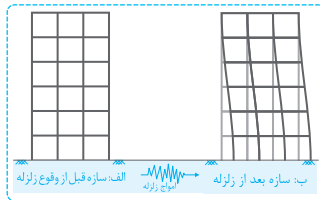
می‌دانیم برای تخلیه آب باران بر روی پشت بام‌ها از زهکش‌های اولیه استفاده می‌شود. در صورتی که زهکش‌های اولیه دچار گرفتگی شود، آب باران بر روی بام انباشته خواهد شد. مطابق با توصیه‌های آیین‌نامه جهت جلوگیری از انباشته شدن آب، تعبیه زهکش ثانویه در بام لازم‌الاجرا می‌باشد. زهکش ثانویه در سطحی بالاتر از سطح زهکش اولیه (اصلی) قرار گرفته و دارای مسیر انتقال آب مجزا می‌باشد.

**بار زلزله:** از اساسی‌ترین بارهای جانبی که به سازه‌ها وارد می‌شود بارهای باد و زلزله می‌باشد. بار باد بصورت نیروهای خارجی به بدنه و سطح سازه که در مقابل آن قرار می‌گیرد. اعمال می‌شود به عبارت بهتر بزرگی بار باد مستقیماً به سطح و شکل هندسی سازه که در معرض وزش باد قرار می‌گیرد، بستگی دارد.

مقدار نیروی زلزله به مشخصات دینامیکی امواج ناشی از آن و پارامترهای دینامیکی سازه از قبیل جرم، سختی، نوع زمین و خاکی که سازه روی آن بنا شده است، استهلاک سازه، و فاصله محل وقوع زلزله تا سازه و میزان بزرگی

و ... بستگی دارد. بزرگی نیروهای ناشی از زلزله شدیداً بستگی به جرم سازه دارد. یعنی هر چقدر جرم یا وزن یک سازه کمتر باشد، مقدار نیروی وارد به سازه کمتر و هر چقدر مقدار جرم یا وزن یک سازه بیشتر باشد، مقدار نیروی وارد به سازه ناشی از زلزله بیشتر خواهد بود. از بارزترین تفاوت بین نیروهای زلزله و باد این است که نیروهای جانبی باد به سازه اعمال می‌شود در حالی که نیروهای ناشی از زلزله در سازه ایجاد می‌شود. و این یعنی اینکه در حین تکان‌های سازه ناشی از حرکت شدید زمین در اثر زلزله، سازه از خود مقاومت نشان داده و نیروهای داخلی در اعضای سازه، جهت مقاومت در مقابل نیروی زلزله در اعضا بوجود می‌آید.

شکل زیر را در نظر بگیرید که در آن سازه تحت اثر امواج زلزله قرار گرفته است. با حرکت زمین که سازه روی آن واقع شده است، پایه‌های سازه تمایل به حرکت با زمین متصل به خود را دارد، و سازه قرار گرفته در بالای پایه بدلیل مقاومت ذاتی حاصل از جرم و سختی خود تمایل به حرکت همراه با زمین را ندارد و این عدم تمایل حرکت‌ها



موجب ایجاد تغییر شکل‌هایی در سازه می‌شود. و در صورت تداوم حرکت زمین، تغییر شکل‌ها در ارتفاع سازه گسترش می‌یابد. در اثر حرکت زمین ناشی از زلزله، شتاب  $\ddot{u}_g$  یا  $a_g$  در سازه ایجاد می‌شود، و طبق قانون دوم نیوتن اگر جرم کل سازه را برابر با  $m$  در نظر بگیریم، آنگاه نیروی ایجاد شده در سازه ناشی از نیروی زلزله بصورت زیر بدست می‌آید.

$$F = m\ddot{u}_g = ma_g \quad (\text{شتاب سازه}) = m\ddot{u}_g \Rightarrow F = m\ddot{u}_g = ma_g \quad (\text{جرم سازه}) = F = \text{نیروی زلزله وارد بر سازه}$$

**یادآوری:** به مجموع نیروهای جانبی ناشی از زلزله در تراز پایه نیروی برشی پایه یا برش پایه گفته می‌شود و داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} F = m\ddot{u}_g = ma_g \\ V = m\ddot{u}_g = ma_g \end{array} \right\} \Rightarrow F = V$$

$V$ : برش پایه

$F$ : نیروی زلزله وارد بر سازه

**بار باد (Wind Load):** باد در اثر اختلاف فشار هوا ایجاد می‌شود و اختلاف فشار هوا به دلیل تفاوت دمایی هوا می‌باشد. سرعت حرکت باد بستگی به اختلاف درجه حرارت دو منطقه دارد و هرچه این اختلاف درجه حرارت بیشتر باشد، سرعت ذرات هوا بیشتر خواهد بود. می‌دانیم که باد دارای انرژی جنبشی می‌باشد، و هنگامی که ذرات هوا به یک جسم ساکن (مثلاً یک ساختمان) برخورد می‌کند، این انرژی جنبشی به جسم منتقل شده و به آن فشار وارد می‌کند، و به طبع آن به سازه نیرو وارد می‌شود.

بار باد، معمولاً در ساختمان‌های کوتاه و یا دارای وزن زیاد، اثرات کمتری نسبت به بار زلزله داشته و اصولاً در این‌گونه ساختمان‌ها طراحی بر مبنای بار باد نمی‌باشد. ولی در ساختمان‌های بلند و سبک اثرات بار باد شدیدتر می‌باشد بخصوص اگر ساختمان در نواحی باز و بادخیز قرار گرفته باشد. اثر باد بر ساختمان، نه تنها به خصوصیات باد و شکل ظاهری ساختمان بلکه به شرایط محیط اطراف ساختمان وابسته می‌باشد.

**بار ناشی از فشار جانبی خاک و یا آبهای زیرزمینی:** سازه‌های زیادی وجود دارد که به عنوان نگهدارنده خاک عمل می‌کنند و در مجاورت خاک قرار دارند. که از جمله آنها می‌توان به دیوارهای حائل، سپرها، دیوارهای تونل و ... نام برد. در طراحی این سازه‌ها باید برآوردی از فشار جانبی خاک وارد بر آنها صورت گیرد.

در دیوارهای حائل، بسته به مقدار نیروهای وارد به دیوار ناشی از خاک پشت دیوار، دیوار می‌تواند نسبت به خاک به جلو یا عقب حرکت کند و یا حول پای خود دوران کند و یا حتی ثابت بماند. مقدار جابجایی دیوار روی تنش افقی وارد بر آن تأثیر می‌گذارد.

هنگامی که دیوار در حال سکون است یا جابجایی دیوار ناچیز می‌باشد، کرنش افقی خاک صفر بوده و خاک تغییر شکلی نخواهد داشت.

در صورتی که دیوار به سمت خاک نزدیک شود، در خاک تنش‌های مقاومی ایجاد می‌گردد، که به آن فشار مقاوم گوئیم. در صورتی که دیوار از خاک دور شود، مقدار تنشهای افقی خاک کاهش می‌یابد، که به آن فشار محرک گوئیم. قابل ذکر است فشار جانبی می‌تواند ناشی از وزن خاک، آبهای زیرزمینی و یا سربار روی خاک و ... باشد.

**بار سیل:** معمولاً وقتی رودخانه‌ها طغیان می‌کند و در زمین‌های اطراف جریان می‌یابد، می‌گوئیم سیل بوجود آمده است. گاهی اوقات سیل بسیار مخرب است و خانه‌ها را ویران می‌کند و تلفات انسانی و حیوانی زیادی به بار می‌آورد. در اثر وقوع سیل امواج ناشی از آن به ساختمان‌ها برخورد کرده و باعث اعمال نیرو و نهایتاً تخریب سازه شود. نیروهای ناشی از سیل شامل نیروهای هیدرواستاتیکی (فشار ستون آب) و یا هیدرودینامیکی یا برخورد امواج می‌باشد. در صورتی که امکان وقوع سیل در یک منطقه براساس مطالعات هیدرولوژیکی و آمار هواشناسی و ... وجود داشته باشد، باید تمهیدات خاصی را برای آن در نظر بگیریم و در صورت نیاز نیروهای ناشی از آن را لحاظ کنیم.

**بار انفجار:** انفجار به یک افزایش شدید در حجم و آزاد شدن ناگهانی انرژی گویند که معمولاً با افزایش دما و آزاد شدن گاز همراه می‌باشد.

در صورتی که در محلهایی که ساختمان‌ها یا سازه‌هایی وجود دارد انفجار رخ دهد، موج‌های ناشی از انفجار بارهای دینامیکی شدیدی به سازه وارد می‌کند، که می‌توان با یک سری ساده‌سازی‌های خاص آن را تحلیل نمود.

**بار یخ:** در مناطقی که هوای زمستان به اندازه کافی سرد است، بار ناشی از یخ‌زدگی باران و برف باید در طراحی سازه‌ها و اجزای حساس به یخ در نظر گرفته شود.

سازه‌ها و اجزای حساس به یخ شامل سازه‌های مشبک، لوله‌ها، کابل‌ها و پایه‌های آنها، سازه‌های شهر بازی، نرده، پله، نردبان، پل‌های عابر پیاده، تابلوها و سایر سازه‌ها و اجزای سبک نمایان و در معرض یخ‌زدگی و ... می‌باشند، که باید بار ناشی از یخ‌زدگی باران و برف در طراحی آنها لحاظ شود. در محاسبه نیروی باد در حالت وجود یخ، اثر افزایش ابعاد و به طبع آن افزایش سطح بادگیر باید در نظر گرفته شود.

مفاهیم اساسی

# قسمت اول

بخش اول: تعاریف

بخش دوم: الزامات مبنا

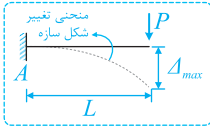
بخش سوم: مقادیر بارها

بخش چهارم: ترکیب بارها

• فصل اول: کلیات

• فصل دوم: ترکیب بارها در انواع روش‌های طراحی

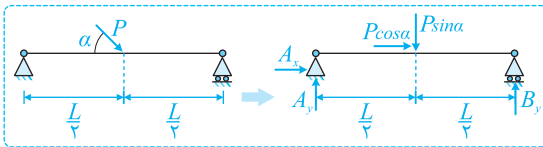
♦ **اثرات بار:** نیروها یا تغییر شکل‌هایی که در اعضا سازه‌ای در اثر بارهای اعمالی ایجاد می‌شود را گویند.



با بررسی شکل‌های زیر، می‌توانیم درک مناسبی از موضوع فوق داشته باشیم:

(۱) تیر یک سرگیردار تحت اثر بار متمرکز  $P$

$\Delta_{max}$ : تغییر شکل ماکزیمم در اثر اعمال بار  $P$ .



(۲) تیر دو سر ساده تحت اثر بار متمرکز مورب

$$\sum F_x^{\rightarrow+} = 0 \Rightarrow A_x + P \cos \alpha = 0 \Rightarrow A_x = -P \cos \alpha$$

$$\sum F_y^{\uparrow+} = 0 \Rightarrow A_y + B_y = P \sin \alpha$$

$$\sum m_A = 0 \Rightarrow -P \sin \alpha \left( \frac{L}{2} \right) + B_y (L) = 0 \Rightarrow B_y = \frac{P \sin \alpha}{2}$$

$$A_y + B_y = P \sin \alpha \Rightarrow A_y = P \sin \alpha - \frac{P \sin \alpha}{2} \Rightarrow A_y = B_y = \frac{P \sin \alpha}{2}$$

$A_x$ : نیروی محوری ایجاد شده در تیر  $AB$  ناشی از نیروی محوی  $P$

$A_y, B_y$ : نیروی برشی ایجاد شده در نقاط  $A$  و  $B$  ناشی از نیروی محوری  $P$

♦ **بار:** شامل نیرو یا سایر تلاش‌هایی که ناشی از وزن کل سازه، ساکنان آن و سایر لوازم داخلی بوه یا ناشی از اثرات

محیطی، و تغییرات ابعاد مقید سازه باشند. مانند بار مرده، بار زنده و ... که در ادامه توضیح خواهیم داد.

♦ **بارهای دائمی:** به بارهایی گفته می‌شود که تغییر آنها در طول زما به ندرت اتفاق می‌افتد، مانند بار ناشی از وزن

سقف، دیوارها، راپله‌ها و ... سایر بارها، بارهای متغیر می‌باشند.

♦ **بار اسمی:** بزرگی بارهای تعریف شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان برای بار مرده، زنده، خاک، باد، برف،

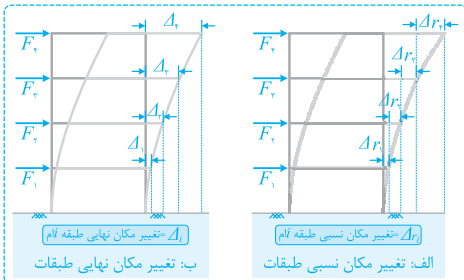
یخ، باران، سیل، زلزله، و انفجار را گویند.

♦ **بار ضریب‌دار:** به حاصل ضرب بار اسمی در ضریب بار، بار ضریب‌دار اطلاق می‌شود.

♦ **بناها و تأسیسات ضروری:** به ساختمان‌ها یا سازه‌هایی که باید قابلیت بهره‌برداری و استفاده بی‌وقفه خود را در

شرایط وقوع حوادث شدید مانند زلزله سیل، طوفان، برف، باد و ... حفظ کنند، بناها و تأسیسات ضروری گویند.

♦ **تغییر مکان نسبی طبقه:** تغییر مکان جانبی یک کف نسبت به کف زیرین خود را تغییر مکان نسبی طبقه گویند.



مانند شکل مقابل:

$\Delta r_i$ : تغییر مکان نسبی طبقه نام

$\Delta$ : تغییر مکان نهایی طبقه نام

♦ **حالت‌های حدی:** حالت‌های حدی ( $LSD$ )<sup>۱</sup> به شرایطی اطلاق می‌شود که اگر تمام یا بخشی از سازه به هر یک از آن حالت‌ها برسند قادر به انجام وظایف خود نبوده و از وضعیت کارایی خارج خواهد شد. در الگوریتم زیر می‌توان دسته‌بندی کلی حالت‌های حدی را نشان داد.

روش‌های حالات حدی: (۱) حالت‌های حدی نهایی (۲) حالت‌های حدی بهره‌برداری

♦ **حالت‌های حدی نهایی یا مقاومت:** حالت‌هایی هستند که سازه و اعضا و اتصالات آن ضمن حفظ انسجام و پایداری تحت اثر بارگذاری مختلف از مقاومت کافی و شکل‌پذیری مورد نظر برخوردار بوده و پس از رسیدن به هر یک از آن حالات پایداری خود را از دست دهند.

♦ **حالت‌های حدی بهره‌برداری:** حالت‌هایی هستند که سازه و اعضا و اتصالات آن تا رسیدن به آن حالت‌ها وظایف خود را بطور کامل انجام دهند و پس از رسیدن به هر یک از آن حالت‌ها قادر به انجام وظایف خود نباشد.

♦ **سازه‌های غیر ساختمانی:** به کلیه سازه‌ها، به جزء سازه‌هایی که بطور معمول در ساختمان بکار برده می‌شود اطلاق می‌گردد.

♦ **ساختمان‌ها:** به سازه‌هایی که برای تأمین سرپناه و سایر بهره‌برداری‌ها با دیوار و سقف محصور می‌گردد، ساختمان گویند.

♦ **ساختمان‌ها و تأسیسات موقت:** سازه‌هایی که برای یک مدت زمان کوتاه مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و تحت تأثیر کوتاه مدت عوامل محیطی قرار می‌گیرند.

♦ **سیستم‌های باربر جانبی:** قسمتی از کل سازه است که برای مقابله با بارهای جانبی نظیر باد، زلزله و... در سازه تعبیه می‌شود.

#### انواع متداول سیستم‌های باربر جانبی عبارتند از:

(۱) دیوارهای برشی (۲) مهاربندهای فولادی (۳) قاب‌های خمشی

♦ **ضریب اهمیت:** به ضریبی اطلاق می‌شود که برای در نظر گرفتن گروه خطرپذیری ساختمان استفاده می‌گردد.

♦ **ضریب بار:** با توجه به عدم قطعیت‌ها در مراحل تحلیل و همچنین احتمال رخداد همزمان بیش از یک بار حدی، از ضریب بار استفاده می‌شود. به عبارت بهتر ضریب بار ضریبی است که نسبت بار واقعی را نسبت به بار اسمی نشان می‌دهد یعنی:

$$\text{ضریب بار} = \frac{\text{بار واقعی}}{\text{بار اسمی}}$$

♦ **ضریب مقاومت:** ضریبی است که اختلاف مقاومت واقعی مصالح را از مقاومت اسمی و همچنین نحوه و تبعات شکست را در نظر می‌گیرد.

ضریب کاهش مقاومت در حالات مختلف توسط آیین‌نامه مشخص می‌شود و برای نیروهای ایجاد شده در اعضا مانند خمش، برش و معیارهای مختلف متفاوت است.

♦ **کاربری:** به نوع و نحوه استفاده از هر سازه یا هر نوع ساختمان اطلاق می‌شود. مانند کاربری اداری، مسکونی، ورزشی، و غیره

♦ **مقاومت:** به ظرفیت نهایی یک عضو برای تحمل نیروهای وارده اطلاق می‌شود.

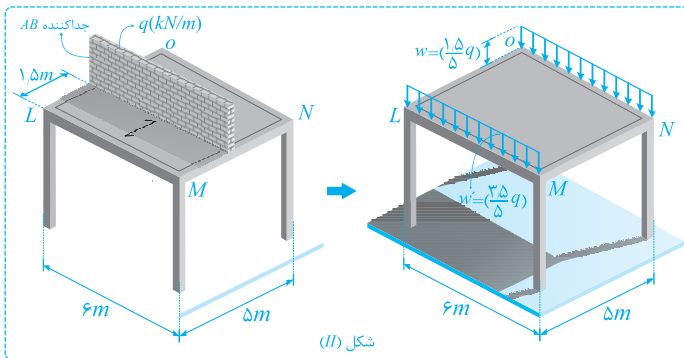
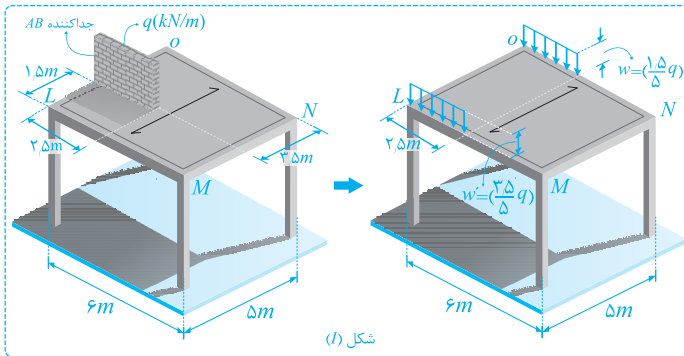
♦ **گروه خطرپذیری:** گروه‌بندی که میزان خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها را در برابر بارهای محیطی مانند زلزله، یخ، برف، باد و ... در نظر می‌گیرد.

♦ **مقاومت اسمی:** به ظرفیت سازه یا اعضای سازه‌ای که براساس مقاومت مشخصه مصالح و ابعاد عضو و همچنین روابط بدست آمده از علم مکانیک سازه‌ها محاسبه می‌شود و یا براساس آزمایش‌های میدانی یا آزمایشگاهی بر روی مدل‌های مقیاس شده بدست می‌آید، اطلاق می‌شود.

♦ **مقاومت طراحی:** به حاصلضرب مقاومت اسمی در ضریب مقاومت، مقاومت طراحی گفته می‌شود.

$$\text{مقاومت طراحی} = \text{مقاومت اسمی} \times \text{ضریب مقاومت}$$

◆ بررسی حالت اول: جهت تیرچه‌ریزی عمود بر جهت جداکننده‌ها:

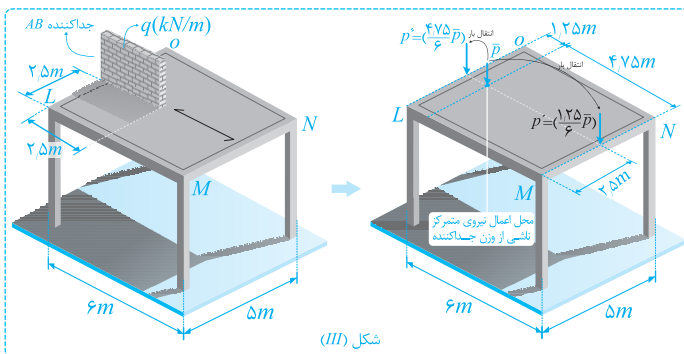


می‌دانیم در سقف‌هایی که عملکرد یک طرفه دارند، بارها فقط در یک طرف (جهت تیرچه‌ریزی) توزیع می‌شوند و همچنین سهم باربری اجزاء مختلف (تیرهای  $LM$ ،  $ON$ ) به نسبت دهانه‌های باربر آنها می‌باشد.

### نکته

در صورتی که طول تیغه از طول سقف که تیغه در آن قرار دارد کمتر باشد، مثلاً در شکل I، طول تیغه ۲/۵ متر و طول سقف ۶ متر، در این حالت بار ناشی از تیغه فقط در طولی برابر طول تیغه اعمال می‌شود.

◆ بررسی حالت دوم: جهت تیرچه‌ریزی در راستای جهت جداکننده‌ها:



در حالتی که جهت تیرچه‌ریزی و جهت اجرایی جداکننده‌ها هم راستا می‌باشد، ابتدا نیروی متمرکز ناشی از وزن جداکننده ( $\bar{P}$ ) را محاسبه و آن را در محل مرکز سطح دیوار جداکننده قرار می‌دهیم، آنگاه مقدار نیروی متمرکز  $\bar{P}$  به نسبت دهانه‌های باربر بین اعضای مختلف توزیع خواهد شد. و داریم:



## کلیات

با توجه به اینکه ذخیره شدن آب باران باعث ایجاد مقدار قابل توجهی بار بر روی بام می‌شود، در نتیجه در صورتی که سطح بام دارای شیب کافی و مناسب به سمت نقاط زهکش‌ها نداشته و یا مجراهای زهکش‌ها مسدود شده باشد، باران و یا برف ذوب شده ممکن است در قسمت‌هایی از بام جمع شود.

اگر آب ناشی از باران و یا برف ذوب شده؛ به دلیل عدم تخلیه به وسیله مجراهای زهکش، در قسمت‌هایی از سقف جمع شود، این وضعیت باعث تغییر شکل‌های موضعی در سازه خواهد شد، افزایش چنین تغییر شکل‌هایی سبب افزایش حجم فرورفتگی‌ها شده و این چرخه ادامه می‌یابد تا این که نمو تغییر شکل‌های پی در پی افزایش یافته و سیستم به یک حالت تعادل برسد و یا نمو تغییر شکل‌ها پی در پی افزایش یافته و سیستم به صورت موضعی گسیخته شود. به جمع‌شدگی آب بر روی بام در اثر تغییر شکل‌های موضعی سیستم، آب انباشتگی گفته می‌شود.

انباشتگی آب باران بر روی بام باعث ایجاد نیروهای اضافی در اعضای سازه خواهد شد در نتیجه برای جلوگیری از انباشت آب مطابق توصیه آیین‌نامه، تعبیه زهکش ثانویه در بام ضرورت پیدا می‌کند.

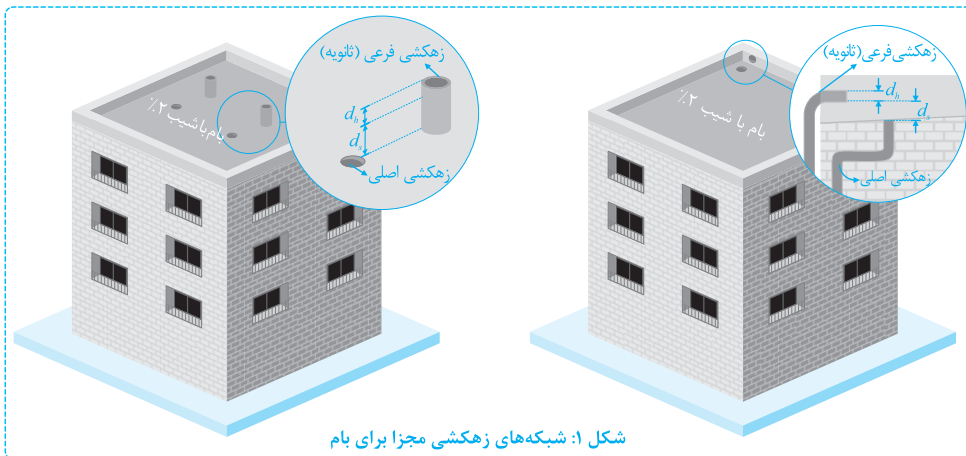
زهکش ثانویه در سطحی بالاتر از سطح زهکش اصلی قرار گرفته و دارای ورودی و مسیر انتقال آب مجزا می‌باشد.

## زهکش بام

برگرفته شده از بند ۶-۸-۳

طراحی زهکش بام باید براساس ملاحظات معماری، مکانیکی و سازه‌ای صورت گیرد، و همچنین طراحی زهکش بام باید مطابق با شرایط و ضوابط مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان (لوله‌کشی آب باران ساختمان) طراحی شوند. شبکه‌های زهکش فرعی، شامل مسیرها زهکش و نقاط تخلیه، باید از مسیرهای زهکش اصلی مجزا در نظر گرفته شود. قابل ذکر است که تراز زهکش‌های فرعی همواره بالاتر از شبکه‌های زهکش اصلی قرار دارد.

در شکل‌های زیر شبکه زهکش مجزا برای بام نشان داده شده است.



در صورتی که زهکش اصلی بگیرد، آب به اندازه زهکش ثانویه بالا می‌آید، به عبارت دیگر ارتفاع آب روی بام تغییر شکل نیافته تا دهانه ورودی شبکه زهکش فرعی (ثانویه) در زمانی که شبکه زهکش اصلی مسدود شده باشد بالا آمده که به آن ارتفاع استاتیکی گویند و آن را با  $d_s$  نشان می‌دهند و برحسب میلی‌متر بیان می‌شود.

آزمون (عمران - نظارت) - اسفند ماه ۱۳۹۵

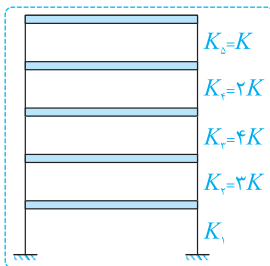
۵۷- در یک ساختمان ۵ طبقه، سختی جانبی طبقات اول تا پنجم به ترتیب برابر  $K_1, 2K, 3K, 4K, 2K$  و  $K$  است.

حداقل مقدار  $K_1$  بر حسب  $K$  چقدر باید باشد تا ساختمان مذکور طبقه خیلی نرم نداشته باشد؟

- (۱)  $2/1 K$       (۲)  $1/8 K$       (۳)  $2/4 K$       (۴)  $4/8 K$

پاسخنامه تشریحی سؤال

مطابق آیین‌نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، (بند ۱-۷-۲-ث) در صورتی که سختی جانبی هر طبقه کمتر از ۶۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۷۰ درصد میانگین سختی‌های جانبی سه طبقه روی خود باشد، آن طبقه نرم خواهد بود، یعنی:



$$\text{if: } \left\{ \begin{array}{l} K_i \leq 0.6K_{i+1} \\ K_i \leq 0.7 \sqrt{\frac{K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3}}{3}} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{طبقه مورد نظر نرم خواهد بود}$$

$$\text{if: } \left\{ \begin{array}{l} K_i \geq 0.6K_{i+1} \\ K_i \geq 0.7 \sqrt{\frac{K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3}}{3}} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{طبقه مورد نظر نرم نخواهد بود}$$

$$\text{شرط نداشتن طبقه نرم در ساختمان} = \left\{ \begin{array}{l} K_1 \geq 0.6(3K) \Rightarrow K_1 \geq 1.8K \\ K_1 \geq 0.7 \sqrt{\frac{3K + 4K + K}{3}} \Rightarrow K_1 \geq 2.1K \end{array} \right\} \Rightarrow K_1 \geq \max\{1.8K, 2.1K\} = 2.1K$$

گزینه ۱ صحیح است.

۵۸- اگر در کف‌سازی به جای سنگ موزاییک به ضخامت ۳۰ میلی‌متر از سنگ گرانیت به ضخامت ۲۰ میلی‌متر

استفاده شود، جرم هر مترمربع کف حدوداً چند کیلوگرم کاهش می‌یابد؟ (ضخامت و مشخصات بقیه جزئیات کف تغییر نکرده است)

- (۱) ۲۴      (۲) ۱۶      (۳) ۱۱      (۴) ۸

پاسخنامه تشریحی سؤال

با مراجعه به جدول (پ ۱-۶ و پ ۲-۱-۶) مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ابتدا جرم واحد حجم مصالح (موزاییک و سنگ گرانیت) را استخراج می‌کنیم:

\*: ضخامت سنگ

$$240 \times (0.03)^3 = 72 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow \text{جرم واحد سطح موزاییک} = 240 \times 0.03 = 7.2 \text{ kg/m}^2$$

$$280 \times (0.02)^3 = 56 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow \text{جرم واحد سطح موزاییک سنگ گرانیت} = 280 \times 0.02 = 5.6 \text{ kg/m}^2$$

$$72 - 56 = 16 \text{ kg/m}^2 = \text{اختلاف جرم‌های هر مترمربع کف بدلیل تغییر نوع مصالح از سنگ موزاییک به سنگ گرانیت}$$

گزینه ۲ صحیح است.

۵۹- محاسبات نشان می‌دهد که نیروی زلزله وارد به یکی از تجهیزات مکانیکی در ساختمانی، کمتر از ۵۷ درصد نیروی اصطکاک ناشی از وزن بین این قطعه و کف ساختمان است. در این ارتباط گزینه صحیح را انتخاب کنید.

- (۱) نباید از مقاومت اصطکاکی استفاده کرد
- (۲) ضریب اطمینان در برابر لغزش بیش از ۱/۷۵ بوده و قابل قبول است.
- (۳) می‌توان از مقاومت اصطکاکی به تنهایی استفاده کرد.
- (۴) ضریب اطمینان در برابر لغزش کمتر از ۲ بوده و قابل قبول نیست.

**پاسخنامه تشریحی سؤال**

مطابق آیین‌نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم (بند ۴-۴-۱) اجزای غیرسازه‌ای و تکیه‌گاه‌های آنها باید به گونه‌ای به سازه مهار شوند که بتوانند نیروهای جزء غیرسازه‌ای را به سازه منتقل کنند و تغییر شکل‌های ایجاد شده در آنها را پذیرا باشند. مسیر انتقال بار در این اجزا باید دارای مقاومت و سختی کافی بوده و محل اتصال به سازه توانایی تحمل اثر موضعی بارها را داشته باشد.

استفاده از اتصالات جوشی یا پیچ‌ها و نظایر آنها مجاز است ولی نباید از مقاومت اصطکاکی ناشی از بارهای ثقلی استفاده شود.

**گزینه ۱ صحیح است.**

۶۰- دودکش‌های بتنی طره‌ای روی پشت بام ساختمان‌ها جزء کدام دسته از گزینه‌های زیر قرار می‌گیرند؟

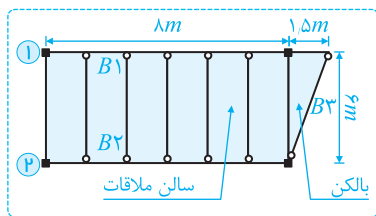
- (۱) اجزای غیرسازه‌ای
- (۲) اجزای غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان‌ها
- (۳) اجزای غیر ساختمانی غیر مشابه با ساختمان‌ها
- (۴) بسته به مورد می‌توانند جزء اجزای غیرسازه‌ای و یا همراه با ساختمان، سازه غیر ساختمانی باشند.

**پاسخنامه تشریحی سؤال**

مطابق آیین‌نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم (بند ۴-۱-۱)، اجزایی را که با سازه اصلی متکی می‌باشند ولی نقشی در تحمل بار جانبی ندارند جزء اجزای غیرسازه‌ای می‌باشند، اما در صورتی که وزن جزء بیش از ۲۵ درصد وزن کل سازه باشد، این جزء در گروه اجزای غیر ساختمانی و غیر مشابه ساختمان و متکی به سازه در نظر گرفته می‌شوند. (بند ۴-۱-۲-الف) با توجه به اینکه در این سؤال در مورد دودکش اطلاعاتی ارائه نشده است بنابراین بسته به مورد، دودکش مورد نظر می‌تواند جزء اجزای غیرسازه‌ای و یا همراه با ساختمان و ... باشد.

**گزینه ۴ صحیح است.**

**آزمون (عمران - محاسبات) - اسفند ماه ۱۳۹۵**



(۴)  $27kN.m$

(۳)  $25kN.m$

(۲)  $20kN.m$

(۱)  $18kN.m$

۶- در شکل مقابل پلان تیرریزی یک قسمت از ساختمان اداری نشان

داده شده است. لنگر خمشی حداکثر انتهای کنسول محور ۱ ناشی از بارهای مرده و زنده «بدون ضریب بار» به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟ «بار مرده سالن ملاقات و بالکن  $4kN/m^2$ ، از وزن جان‌پناه و وزن مرده تیرها صرف‌نظر گردد. اتصال تیر  $B3$  در دو طرف ساده فرض شود و توزیع بار در قسمت طره مطابق شکل یک‌طرف فرض شود.»