

راهنمای فشرده و سریع آزمون نظام مهندسی

# بارگذاری سازه‌ها و مهندسی زلزله

مهندس حسین صباغیان



انتشارات جاودان خرد



انتشارات جاودان خرد

راهنمای فشرده و سریع آزمون نظام مهندسی

### بارگذاری سازه‌ها و مهندسی زلزله

نویسنده: حسین صباغیان

صفحه‌آرایی: طرح نگار پارسی - ۶۶۴۷۵۰۵۳

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۴

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۶۸-۲۵-۰

قیمت: ۱۱,۰۰۰ تومان

حق چاپ برای ناشر محفوظ می‌باشد و هرگونه استفاده به هر شکل بدون اجازه کتبی ناشر پیگرد قانونی دارد.

این اثر در چاپ نخست با همکاری پرتال جامع مهندسی ایران، برگزار کننده دوره‌های نظام مهندسی و تولید کننده بسته‌های آموزش از راه دور منتشر گردیده است.

تلفن: ۰۲۱-۸۸۹۰۷۵۲۳ و ۰۲۱-۸۸۹۰۶۷۵۸ سامانه پیام کوتاه: ۳۰۰۰۳۴۸۰۰۰

[www.dnbr.ir](http://www.dnbr.ir)

مراکز پخش: تهران - خیابان انقلاب - مقابل دانشگاه تهران - پلاک ۱۲۱۲ - انتشارات گوتنبرگ

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۱۳۹۹۸

مشهد - خیابان احمد آباد - مقابل محتشمی - انتشارات جاودان خرد ۰۵۱۱-۸۴۳۴۵۲۷

تقدیم به ساحت مقدس آقا امام زمان (عج)

تقدیم به

مقدسترین واژه‌ها در لغت نامه دلم؛ مادر مهربانم که

زندگیم را مدیون مهر و عطوفت او می‌دانم.

پدر؛ مهربانی مشفق، بردبار و حامی.

همسرم؛ که نشانه لطف الهی در زندگی من است.

خانواده عزیزم؛ همراهان همیشگی و پشتوانه‌های زندگیم.



## مقدمه

تقدیم به مهندسان با استعداد این مرز و بوم

### یا مدبر

خداوند متعال را بی اندازه سپاس می‌گوییم که کریمانه ما را در مراحل نگارش و تدوین مجموعه کتاب‌های فشرده و سریع آمادگی نظام مهندسی یاری نمود. قبولی در آزمون نظام مهندسی رشته عمران، دغدغه بسیاری از مهندسين تازه فارغ‌التحصیل و حتی مهندسين با تجربه و کارکشته این مرز و بوم شده‌است. قبولی در این آزمون‌ها به ویژه آزمون محاسبات، مستلزم یادگیری و تسلط به مطالب تخصصی مهندسی عمران، جهت حل سوالات می‌باشد. بنابراین مهندسين عزیز بایستی با توجه به حجم مواد آزمون، وقت بسیاری را صرف مطالعه و یادآوری مطالب فرا گرفته شده در دانشگاه نمایند. کاملاً منطقی است که فرآیند مطالعه و مرور آموخته‌های دانشگاهی برای کسانی که سالیان متمادی از فارغ‌التحصیل شدن آن‌ها از دانشگاه گذشته و به علت مشغله کاری فراوان یا هر علتی موفق به کسب پروانه نظام مهندسی نشده‌اند، دشوارتر بوده و زمان بیشتری را می‌طلبد. از طرفی مهندسين عزیزی که با دنیای کار حرفه‌ای مهندسی عمران، ارتباط تنگاتنگ دارند فرصت کافی برای مطالعه کتاب‌های کمک آموزشی حجیم موجود در بازار نشر را ندارند. توجه به چنین دغدغه‌هایی ما را بر آن داشت تا اقدام به نگارش و تدوین مجموعه کتاب‌های فشرده و سریع آمادگی نظام مهندسی نماییم. شما مهندسين عزیز می‌توانید با مطالعه این مجموعه کتاب‌ها در کم‌ترین زمان ممکن،

بیشترین استفاده را برده و با صرف کم‌ترین انرژی ممکن، شرایط قبولی خود را در آزمون نظام مهندسی عمران فراهم نمایند.

بر خود لازم می‌دانیم تا از مدیریت محترم موسسه آموزشی نوآوران دانش و پورتال جامع مهندسی ایران، جناب آقای مهندس علمدار که در طی این سال‌ها با ایجاد فضایی مناسب، زمینه برگزاری کلاس‌های آمادگی آزمون نظام مهندسی را به بهترین نحو فراهم کردند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشیم و از خداوند متعال برای ایشان به واسطه قدم‌هایی که در راه تعالی آموزش این مرز و بوم برمی‌دارند، توفیق روزافزون مسئلت می‌نماییم. همچنین از کلیه عزیزانی که در چاپ این مجموعه، با ما همکاری نمودند به ویژه آقایان بابک کاشی‌چی و فرهاد قره‌زاده شریبانی و سرکار خانم لیلا زارعی صادقانه تشکر و قدردانی می‌نماییم.

از خداوند متعال، توفیق این مجموعه کتاب‌ها و اعتلای مسیری که در آن قدم برداشته‌ایم را خواستاریم. ارائه پیشنهادهای سازنده شما مهندسان عزیز در سایت پورتال جامع مهندسی ایران به آدرس [www.dnbr.ir](http://www.dnbr.ir) و یا سامانه پیامک ۳۰۰۰۳۴۸۰۰۰ جهت بهبود مجموعه کتاب‌های فشرده و سریع نظام مهندسی، یاری‌کننده ما خواهد بود.

مبحث ششم (بارگذاری) از منابع مهم آزمون نظام مهندسی هست که در تمامی آزمون ها، تعداد زیادی از سوالات را به خود اختصاص می دهد. طی تدریس های مکرر در زمینه آمادگی آزمون نظام مهندسی و تجارب به دست آمده، همواره دو نکته زیر قابل توجه بوده است.

۱ : تعدد منابع آزمون

۲ : روش قبولی در آزمون

همان طور که می دانیم حدّ نصاب قبولی در آزمون های نظام مهندسی، کسب ۵۰ درصد نمره می باشد، بنابراین مهندسان عزیز بایستی حجم زیادی از مطالب را مطالعه کرده تا بتوانند حدّ نصاب قبولی در آزمون را کسب نمایند.

با توجه به تعدّد منابع آزمون های نظام مهندسی، نویسندگان می بایست بیشترین و مفیدترین مطالب را در کمترین زمان و حجم ممکن به خوانندگان انتقال دهند. بنابر این تصمیم گرفتم تا تمام سعی و تلاش خود را در زمینه نگارش کتاب «بارگذاری» به کار گرفته تا مطالب بصورت جامع و روان ارائه شود و استفاده کنندگان از این کتاب بتوانند در مدت زمان محدودی که برای مطالعه منابع مختلف آزمون دارند، خود را برای آزمون نظام مهندسی به خوبی آماده نمایند.

کتاب « بارگذاری » شامل ۶ فصل زیر می باشد:

فصل اول : ترکیب های بارگذاری

فصل دوم : بارهای ثقلی (مرده و زنده)

فصل سوم : بارگذاری برف بر سازه ها  
فصل چهارم : بارگذاری باد وارد بر سازه ها  
فصل پنجم : بارگذاری زلزله  
فصل ششم : آشنایی با چند نوع بارگذاری دیگر

در پایان هر فصل، نمونه سوال های مختلف آزمون های قبلی نظام مهندسی بر اساس مطالب کتاب مذکور ارائه گردیده و در انتهای هر فصل به همراه حل دقیق و جزئی آورده ایم.

در پایان از مهندسان عزیز خواهشمندم انتقادات و پیشنهادهای سازنده خود را از اینجانب دریغ ندارند.

با آرزوی موفقیت

حسین صباغیان



## فصل اول: ترکیب‌های بارگذاری

- ۱  
 ۱-۱- معرفی علائم  
 ۲-۱- ترکیب بارها  
 ۲-۱-۱- حالت حدی نهایی (طراحی ساختمان‌های بتن آرمه)  
 ۲-۲-۱- حالت حدی مقاومت (طراحی ساختمان‌های فولادی)  
 ۳-۲-۱- روش تنش مجاز  
 ۴-۲-۱- حالت بهره‌برداری

## فصل دوم: بارهای ثقلی (مرده و زنده)

- ۵-۲-۱- بار مرده  
 ۵-۲-۲- بار زنده  
 ۶-۲-۱- بارهای زنده استاتیکی  
 ۶-۲-۲- بار دیوارهای تقسیم کننده (تیغه‌ها)  
 ۷-۲-۲- نامناسب‌ترین وضعیت بارگذاری  
 ۷-۲-۲- کاهش بار زنده یکنواخت  
 ۱۰-۲-۲- بار زنده دینامیکی  
 ۱۰-۲-۲- بار ضربه‌ای  
 ۱۱-۲-۲- بار جراثقال  
 ۱۲- مثال‌ها

## فصل سوم: بارگذاری برف بر سازه‌ها

- ۱۹-۱-۳- بار برف در سطح زمین  
 ۲۲-۲-۳- بار برف در بام‌ها

- ۲۴ ۳-۲-۱- ضریب برف‌گیری ( $C_e$ )
- ۲۴ ۳-۲-۱-۱- میزان برف‌گیری بام
- ۲۵ ۳-۲-۱-۲- ناهمواری محیط
- ۲۶ ۳-۲-۲- ضریب شرایط دمایی ( $C_i$ )
- ۲۶ ۳-۲-۳- ضریب شیب ( $C_s$ )
- ۲۷ ۳-۳- بار متوازن و نامتوازن در بام‌های مختلف
- ۲۷ ۳-۳-۱- بار متوازن و نامتوازن در بام‌های با شیب دو طرفه
- ۲۷ ۳-۳-۱-۱- بار متوازن
- ۲۷ ۳-۳-۱-۲- بار نامتوازن
- ۲۸ ۳-۳-۲- بار متوازن و نامتوازن در بام‌های قوسی
- ۲۸ ۳-۳-۲-۱- بار متوازن
- ۲۹ ۳-۳-۲-۲- بار نامتوازن
- ۳۰ ۳-۳-۳- بار متوازن و نامتوازن در بام‌های کنگره‌ای
- ۳۰ ۳-۳-۳-۱- بار متوازن
- ۳۰ ۳-۳-۳-۲- بار نامتوازن

۳۱

مثال‌ها

۳۷

### فصل چهارم: بارگذاری باد وارد بر سازه‌ها

- ۳۷ ۴-۱- فشار مبنای باد
- ۴۰ ۴-۲- نحوه محاسبه فشار باد وارد بر ساختمان
- ۴۱ ۴-۳- تعیین ضرب بادگیری  $C_e$
- ۴۱ ۴-۳-۱- تعیین ارتفاع مبنا
- ۴۱ ۴-۳-۲- محاسبه ضریب بادگیری
- ۴۲ ۴-۳-۳- محاسبه ضریب جهشی باد
- ۴۲ ۴-۳-۳-۱- محاسبه ضریب جهشی خارجی باد ( $C_{g_e}$ )
- ۴۲ ۴-۳-۳-۲- محاسبه ضریب جهش داخلی باد ( $C_{g_i}$ )
- ۴۳ ۴-۳-۴- محاسبه ضریب فشار باد
- ۴۳ ۴-۳-۴-۱- محاسبه ضریب فشار باد خارجی ( $C_{p_e}$ )
- ۴۸ ۴-۳-۴-۲- محاسبه ضریب فشار باد داخلی ( $C_{p_i}$ )

۴۹

مثال‌ها

## فصل پنجم: بارگذاری زلزله

۵۷

۵۷

۱-۵- تعاریف

۵۸

۲-۵- روش تحلیل استاتیکی معادل

۵۸

۱-۲-۵- نسبت شتاب مبنای طرح

۵۹

۲-۲-۵- ضریب بازتاب ساختمان

۶۱

۳-۲-۵- زمان تناوب اصلی نوسان،  $T$

۶۲

۴-۲-۵- ضریب اهمیت ساختمان،  $I$

۶۲

۵-۲-۵- ضریب رفتار ساختمان ( $R$ )

۶۲

۶-۲-۵- وزن کل ساختمان

۶۲

۷-۲-۵- توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

۶۴

۸-۲-۵- کنترل سازه در مقابل واژگونی

۶۵

۳-۵- توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان

۶۵

۱-۳-۵- تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

۶۷

۲-۳-۵- درز انقطاع

۶۷

۳-۳-۵- اثر  $P-\Delta$  در سازه‌ها

۶۸

۴-۵- نیروی قائم ناشی از زلزله

۶۹

۵-۵- نیروی جانبی زلزله وارد بر اجزای ساختمان و قطعات الحاقی

۷۰

۶-۵- نیروی جانبی زلزله مؤثر بر دیافراگم‌ها

۷۰

۷-۵- نیروی جانبی زلزله مؤثر بر سازه‌های غیر ساختمانی

۷۱

۱-۷-۵- محاسبه زمان تناوب سازه‌های غیرساختمانی

۷۲

۸-۵- تعیین بار زلزله سطح بهره‌برداری

۷۳

۹-۵- روش‌های تحلیل دینامیکی

۷۳

۱-۹-۵- طیف طرح استاندارد

۷۳

۲-۹-۵- طیف طرح ویژه ساختگاه

۷۳

۳-۹-۵- روش تحلیل دینامیکی طیفی یا روش تحلیل مودها

۷۴

۴-۹-۵- تعداد مودهای نوسان تأثیرگذار

۷۴

۵-۹-۵- ترکیب آثار مودها

۷۴

۱-۵-۹-۵- روش جذر مجموع مربعات ( $SRSS$ )

۷۵

۲-۵-۹-۵- روش ترکیب مربعی کامل ( $CQC$ )

۷۵

۳-۵-۹-۵- اصلاح مقادیر بازتاب‌ها

۵-۹-۶- روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی

۷۶

مثال‌ها

۷۷

فصل ششم: آشنایی با چند نوع بارگذاری دیگر

۹۹

۶-۱- بار سیل

۹۹

۶-۲- بار باران

۹۹

۶-۳- بار یخ

۱۰۱

۶-۴- بار انفجار

۱۰۲

مثال

۱۰۴