

به نام آنکه جان را فکرت آموخت



# مسائل مهندسی زلزله

تالیف

دکتر محمدرضا تابش پور

(عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف)

دکتر سید فرید قهاری



# مسائل مهندسی زلزله



|               |                                   |
|---------------|-----------------------------------|
| تألیف :       | محمدرضا تابش پور - سید فرید قهاری |
| مدیر تولید :  | مجیدرضا زروئی                     |
| صفحه آرای :   | طلیعه قمری - مونا سروری           |
| نوبت چاپ :    | اول - ۱۳۹۳                        |
| تیراژ :       | ۵۰۰                               |
| چاپ و صحافی : | یزدا                              |
| قیمت :        | ۲۳۰۰۰۰ ریال                       |
| شابک :        | ۹۷۸ - ۶۰۰ - ۱۶۰ - ۱۷۸ - ۱         |

دفتر انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین لیاپی نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰  
تلفن: ۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱  
نمایندگی : خیابان انقلاب - نبش ۱۲ فروردین - پلاک ۱۳۱۲ - انتشارات صانعی  
تلفن: ۶۶۴۰۵۳۸۵ - ۶۶۴۰۹۹۲۴

ایمیل و وبسایت: [www.fadakbook.ir](http://www.fadakbook.ir) - [info@fadakbook.ir](mailto:info@fadakbook.ir)

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات فدک ایستاتیس می باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات فدک ایستاتیس ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی  
انتشارات بنای دانش



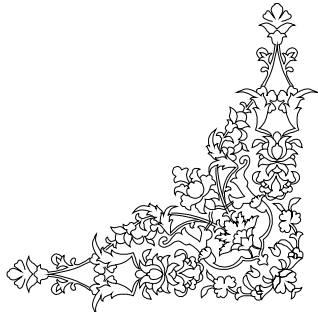
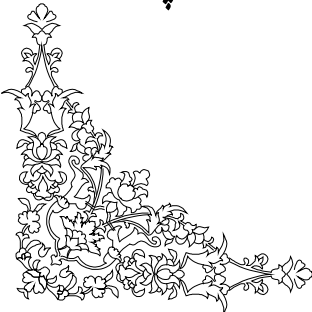
تقديم به:

پدر

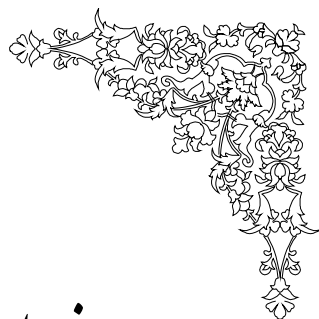
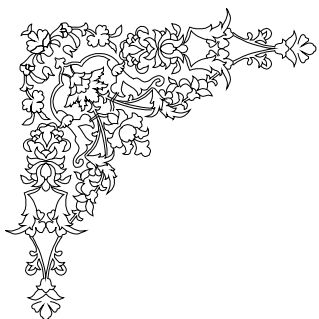
مادر

و همسر

محمدرضا تابش پور



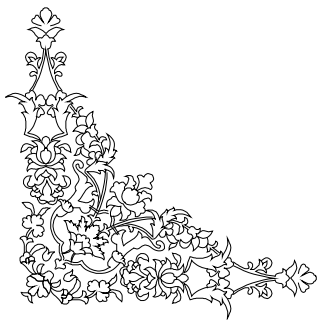




باساس فراوان از زحمات مادرم

تقدیم به روان پاک پدرم

سید فرید قماری





## سخن مؤلف اول

یکی از راه‌های مهم برای افزایش درک و عمق نگرش دانشجویان و مهندسان، طرح و حل مسائل مفهومی و کاربردی است. در برخورد با مسائل، قدرت تفکر و خلاقیت افزایش پیدا می‌کند. کتاب مبتنی بر مسأله باید خواننده را به تفکر وادارد و او را تشویق کند که دانسته‌های خود را تکمیل تر کند. چنین منبعی می‌تواند علاوه بر استفاده‌های آموزشی در دانشگاه، مورد استفاده‌ی مهندسان نیز قرار گیرد. به‌منظور انجام وظیفه در راستای این رسالت، اینجانب بر آن شدم تا بر اساس دستاوردهای مهندسی زلزله و با توجه به تجربیات مربوط به زلزله‌های گذشته، دوره‌ی «دستنامه‌ی مهندسی زلزله» را به جامعه‌ی مهندسی عمران و معماری کشور تقدیم کنم. این دوره شامل مجموعه‌ی نسبتاً کاملی از مطالب علمی این زمینه است. کتاب حاضر هفتمین کتاب از این سری بوده و در شش فصل تدوین شده است. ترکیب‌بندی ارائه‌شده در این کتاب برای اولین بار صورت گرفته است. در فصل اول فرض بر این است که خواننده به‌طور مقدماتی با نرم افزارهای Bispec و Nonlin آشنا است. این آشنایی در کلاس درس و یا به‌طور خودآموز صورت می‌گیرد. در فصل دوم، مسائل سیستم‌های چنددرجه‌آزادی ارائه شده است. برای آشنایی بیشتر می‌توان به «دستنامه‌های ۴ و ۲» مراجعه کرد. مسائل مفهومی و کاربردی دیوارهای پرکننده در فصل سوم آورده شده است. پیشنهاد می‌شود این فصل با دقت خاصی بررسی شود. قبل از مطالعه‌ی این فصل بهتر است «دستنامه‌های ۱۸، ۱۹ و ۲۰» مطالعه شود. اثر پی-دلتا با نگرش مفهومی و نرم‌افزاری در فصل چهارم ارائه شده است. این فصل دید خوبی به طراحان سازه می‌دهد. برای آگاهی با مفاهیم مربوطه می‌توان به «دستنامه‌ی ۸» مراجعه کرد. در فصل پنجم، روش‌های کنترل سازه و مسائل مربوطه مورد تحلیل قرار گرفته است. تحلیل خطر لرزه‌ای به‌طور مفصل در فصل ششم آورده شده است. امید است این کتاب قسمتی از نیازهای جامعه‌ی دانشگاهی و مهندسی عمران کشور را برطرف کند.

از زحمات سرکار خانم طلیعه قمری در تکمیل صفحه‌آرایی و بازخوانی قسمت‌هایی از کتاب تشکر می‌گردد. سرکار خانم‌ها مونا سروری و زهره احتشام‌فر بازخوانی قسمت‌های عمده‌ای از کتاب را بر عهده داشتند که از زحمات ایشان صمیمانه تقدیر می‌شود. آقای محمد کرمی شاهنده کمک بی‌شائبه‌ای در فرآیند تولید این کتاب داشته‌اند. از لطف ایشان صمیمانه تشکر می‌شود. آقای رضا کرمی شاهنده علاوه بر مدیریت تولید انتشارات فدک ایستایس، تلاش‌های زیادی در راستای افزایش کیفیت چاپ کتاب و صفحه‌آرایی آن انجام

داده‌اند. آقای مجیدرضا زروئی مدیرعامل این انتشارات با دقت فراوانی فرآیند تولید کتاب را پی‌گیری می‌کنند؛ از حوصله و زحمات این عزیزان تقدیر می‌شود.

از مهندسان و صاحب‌نظران محترم خالصانه تقاضا دارم که بنده را مورد منت قرار داده و نظرات و پیشنهادات خود را به اینجانب اطلاع دهند، تا مورد نظر قرار گیرد.

برای تهیه‌ی نرم‌افزارهای MDOF ANALYZER و PSHA با یکی از مؤلفین تماس بگیرید.

برای اطلاعات بیشتر از کتب دوره‌ی «دستنامه‌ی مهندسی زلزله» به سایت [dastnameh.ir](http://dastnameh.ir) مراجعه شود.

دکتر محمدرضا تابش‌پور  
تهران، ۱۳۹۳  
[tabeshpour@sharif.edu](mailto:tabeshpour@sharif.edu)



## سخن مؤلف دوم

زندگی صحنه یکتای هنرمندی ماست،  
هرکسی نغمه خود خواند و از صحنه رود،  
صحنه پیوسته به جاست،  
خرم آن نغمه که مردم بسپارند به یاد!

به علت گستردگی موضوعی مبحث مهندسی زلزله، دروس مختلفی در دانشگاه‌های کشور تحت عناوین متفاوت به این موضوع می‌پردازند. دروسی نظیر مبانی مهندسی زلزله، مهندسی زلزله‌ی پیشرفته، دینامیک سازه‌ها، طراحی لرزه‌ای و کنترل سازه‌ها از آن جمله است. این گستردگی موضوعی باعث شده است تا کتب مختلفی در این زمینه تألیف و ترجمه شود که هر کدام از این مراجع می‌تواند اطلاعات بالارزشی را در اختیار علاقمندان قرار دهد. اما در میان همه‌ی منابع موجود، کمبود متنی که بتواند مباحث گوناگون مهندسی زلزله، نظیر تحلیل خطر، تحلیل سیستم‌های غیرخطی، اثرات دیوار پرکننده‌ی آجری و اثرات پی-دلتا، را به وسیله مثال‌های کاربردی ارائه دهد، به خوبی احساس می‌گردد. بی‌شک اکثر مدرسین و دانشجویان نیز با مؤلفین این کتاب هم‌عقیده هستند که میزان تأثیر آموزشی یک مثال، از تکرار مطالب تئوری به مراتب بالاتر است. البته زمانی مسائل عددی می‌توانند مؤثر باشند که پیش‌تر، خواننده با مفاهیم تئوری به خوبی آشنا باشد. بنابراین اینجانب هرگز مطالعه‌ی کتاب پیش‌روی را به عنوان جای‌گزین متن درسی پیشنهاد نکرده، بلکه تنها آن‌را مکملی در کنار کتب بالارزش و جامع موجود در این زمینه، می‌دانم. درواقع تلاش مؤلفین در این جلد، در راستای تهیه‌ی کتابی بوده است که بتواند مفاهیم پیشرفته‌ی مهندسی زلزله را در قالب مثال‌های کاربردی و ساده ارائه نماید. بنابراین امید است تا مثال‌های جمع‌آوری شده برای دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد و مهندسانی که با مفاهیم مهندسی زلزله پیشرفته آشنایی دارند، سودمند واقع شود.

اینجانب جهت تهیه‌ی بخشی از مسائل موجود در این کتاب، از تمرین‌های درسی که در دوران تحصیل از کارشناسی تا دکترا در دانشگاه صنعتی شریف گردآوری شده، استفاده نموده‌ام. از همین روی لازم است تا از همه‌ی اساتید گران‌قدری که در این مدت نسبتاً طولانی افتخار شاگردی آن‌ها را داشته و دارم، صمیمانه قدردانی نمایم. در این میان لازم می‌دانم عمیق‌ترین قدردانی خود را نسبت به استاد بزرگوaram جناب دکتر قناد ابراز نمایم. در پایان ضمن تشکر از تمامی دوستانی که با نظرات خود در بهبود مطالب این کتاب مشارکت داشته‌اند، بی‌صبرانه در انتظار دریافت نظرات خوانندگان گرامی جهت بهبود مطالب کتاب و کاهش ایرادات موجود در آن می‌باشیم.

سید فرید قهاری

تهران، ۱۳۹۳



## فهرست مطالب

- فصل اول: ارتعاش سیستم یک درجه آزادی ۱
- فصل دوم: ارتعاش غیرخطی سیستم‌های یک درجه آزادی و طیف پاسخ ۷۱
- فصل سوم: بررسی نگاشت‌های زلزله ۱۲۵
- فصل چهارم: طیف پاسخ ۱۴۵
- فصل پنجم: پاسخ سیستم‌های چند درجه آزادی ۲۰۹
- فصل ششم: بارگذاری لرزه‌ای، آئین‌نامه‌ی ۲۸۰۰ (مبحث ششم) ۲۴۹
- فصل هفتم: اثر  $P-\Delta$  ۳۰۹
- فصل هشتم: مسائل دیوار پرکننده‌ی آجری ۳۲۱
- فصل نهم: کنترل سازه‌ها ۳۶۱
- فصل دهم: تحلیل خطر لرزه‌ای ۴۰۹
- پیوست‌ها:
- پیوست اول: راهنمای استفاده از نرم افزار MDOF Analyzer ۴۶۵
- پیوست دوم: راهنمای استفاده از نرم افزار PSHA ۴۷۷