

# دیوارهای برشی فولادی

( عملکرد، تحلیل و طراحی )

تالیف:

دکتر جواد واثقی امیری ( دانشیار دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل )  
دکتر مرتضی حسینعلی بیگی ( استادیار دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل )  
ایمان محمد پور نیک بین ( عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد رشت )

## انتشارات دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۱۱۲

سرشناسه	: واثقی امیری، جواد، ۱۳۴۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: دیوارهای برشی فولادی (عملکرد، تحلیل و طراحی) /تالیف جواد واثقی امیری، مرتضی حسینعلی بیگی، ایمان محمدپور نیک‌بین.
مشخصات نشر	: بابل: حدیث مهتاب، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۵۶۵ ص.: مصور، جدول، نمودار (رنگی).
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۹۶۹۰۸-۹-۶: یال ۵۵۰۰۰۰
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: یادداشت
یادداشت	: کتابنامه: ص ۱۶۰.
موضوع	: دیوارهای برشی
شناسه افزوده	: حسینعلی بیگی، مرتضی، ۱۳۳۱ -
شناسه افزوده	: محمدپور نیک‌بین، ایمان، ۱۳۶۱ -
رده بندی کنگره	: ۲۲۴۷TH / ۹ د ۲ ۱۳۹۰
رده بندی دیویی	: ۶۹۰/۸۵۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۴۰۰۱۳۲
تاریخ درخواست	: ۱۳۹۰/۰۱/۲۸
کد پیگیری	: ۲۳۰۵۸۱۳

عنوان	: دیوارهای برشی فولادی (عملکرد، تحلیل و طراحی)
تالیف و گردآوری	: جواد واثقی امیری، مرتضی حسینعلی بیگی، ایمان محمدپور نیک‌بین
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
تاریخ انتشار	: ۱۳۹۰ (چاپ اول)
محل انتشار	: بابل
تعداد صفحات	: ۴۴۳
تیراژ	: ۲۰۰۰ نسخه
قیمت	: ۵۵۰۰۰ ریال

«کلیه حقوق برای دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل محفوظ است.»

همان‌گونه که می‌دانیم سازه‌ها برای انتقال نیروی جانبی نیازمند سیستم‌های مقاوم جانبی بخصوصی می‌باشد. از سال ۱۹۷۰ دیوارهای برشی فولادی در بسیاری از ساختمان‌های با اهمیت و بلند مرتبه به عنوان یک سیستم مقاوم در برابر زلزله و باد بکار رفته است. این سیستم در آغاز در ژاپن به صورت دیوارهای برشی سخت شده در ساخت سازه‌های بلند و سپس در ایالات متحده به منظور بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود معرفی گردید. دیوار برشی فولادی با داشتن مقاومت و سختی کافی و در عین حال شکل پذیری زیاد موجب پدید آمدن یک سیستم مقاوم جانبی بسیار کارآمد و اقتصادی شده است. در شرح کار آمد بودن این سیستم همین بس است که تحت اثر زلزله‌هایی با شدت نسبتاً زیاد در سازه‌هایی که دارای دیوار برشی فولادی بوده اند آسیب سازه‌ای قابل توجهی مشاهده نشده است.

در این کتاب سعی شده است تا مهندسين طراح سازه و خصوصاً دانشجویان کارشناسی ارشد و دکترای مهندسی عمران با سیستم دیوار برشی آشنا شده و روشهای مدل سازی و طراحی دیوار برشی فولادی را بر اساس ضوابط آیین نامه‌های مبنای دنیا نظیر آیین نامه AISC و برخی دیگر از استانداردها فرا گیرند.

در فصل اول این کتاب تاریخچه‌ای از مهمترین کاربردهای دیوارهای برشی فولادی در دنیا و عملکرد آنها طی زلزله‌های گذشته به همراه محاسن و معایب این سیستم‌ها بیان شده است. فصول دوم و سوم به ترتیب به بیان مدل‌های تحلیلی و آزمایشگاهی مورد مطالعه توسط محققین مختلف در مراکز علمی معتبر دنیا می‌پردازد. عمده‌ماخذ این فصول گزارش‌های معتبر در دانشگاه‌های کانادا و آمریکا خصوصاً گزارش رفتار لرزه‌ای و طراحی دیوارهای برشی فولادی گردآوری شده توسط پروفیسور آستانه اصل در دانشگاه برکلی می‌باشد. فصل چهارم در این کتاب به بررسی مطالعات انجام شده در زمینه شکل پذیری و ضریب رفتار سیستم‌های مختلف دیوارهای برشی فولادی می‌پردازد. در فصول پنجم و ششم روش‌های طراحی موجود برای دیوارهای برشی فولادی بر مبنای آیین نامه‌های معتبر دنیا که در تدوین آنها عمدتاً از

ماخذ AISC کمک گرفته شده را معرفی می‌نماید. فصل هفتم این کتاب نیز یک نمونه طراحی دیوار برشی فولادی را بر اساس ضوابط آیین نامه AISC که با آیین نامه فولاد ایران مطابقت داده شده است را ارائه می‌نماید. بخش هایی از نمونه طراحی فوق از راهنمای آیین نامه AISC در زمینه طراحی دیوار های برشی فولادی گرفته شده است.

مؤلفان بر خود لازم می‌دانند که از زحمات دکتر بهرام نوائی نیا عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی بابل که زحمت ویرایش این کتاب را تقبل نموده اند تقدیر نمایند. از آقایان مهندس امید لطفی ، مهندس حسین فلاح نژاد دانشجویان کارشناسی ارشد سازه و خاتم مهندس مونا اسلامی جهت بازسازی بخش هایی از اشکال و متن کتاب و همچنین حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی بابل صمیمانه تشکر و قدر دانی می‌گردد.

علی رغم سعی و تلاش فراوان مؤلفین بر این باورند که کتاب حاضر دارای اشکالات و کاستی هایی می‌باشد. پیشاپیش از تمامی اساتید، دانشجویان و مهندسانی که این مجموعه را مطالعه می‌نمایند به خاطر اشکالات و انتقادات احتمالی که از نظر دور مانده است عذر خواهی نموده و امید است خوانندگان محترم ما را از نقطه نظرات خود بهره مند سازند که موجب امتنان خواهد شد.

ایمان محمد پور نیک بین

مرتضی حسینعلی بیگی

جواد واثقی امیری

## فهرست

### عنوان

### صفحه

فصل اول: تاریخچه استفاده از دیوارهای برشی فولادی.....	۱۳
۱-۱. مقدمه.....	۱۳
۲-۱. انواع دیوارهای برشی فولادی.....	۱۴
۳-۱. امتیازات استفاده از دیوارهای برشی فولادی.....	۱۷
۴-۱. معایب استفاده از دیوارهای برشی فولادی.....	۱۹
۵-۱. کاربرد های عملی استفاده از دیوارهای برشی فولادی.....	۱۹
۱-۵-۱. استفاده از دیوارهای برشی فولادی در ژاپن.....	۱۹
۱-۵-۱-۱. ساختمان ۲۰ طبقه اداری در توکیو ژاپن.....	۲۱
۲-۵-۱-۱. ساختمان ۵۳ طبقه در توکیو.....	۲۳
۳-۵-۱-۱. ساختمان اداری ۳۵ طبقه در کوبه.....	۲۴
۲-۵-۱-۲. استفاده از دیوارهای برشی فولادی در آمریکا.....	۲۶
۱-۵-۱-۲-۱. هتل ۳۰ طبقه در دالاس ، تگزاس.....	۲۶
۲-۵-۱-۲-۲. بیمارستان ۶ طبقه در لس آنجلس - کالیفرنیا.....	۲۸
۳-۵-۱-۲-۳. ساختمان دادگستری ۲۲ طبقه در سیاتل، واشنگتن.....	۳۰
۴-۵-۱-۲-۴. مرکز درمانی در چارلزتون ، کالیفرنیا جنوبی.....	۳۲
۵-۵-۱-۲-۵. کتابخانه ایالتی در آمریکا.....	۳۳
۶-۵-۱-۲-۶. برج کنترل ترافیک هوایی.....	۳۴
۷-۵-۱-۲-۷. دیوار برشی فولادی در ساختمانهای مسکونی کوتاه مرتبه.....	۳۵
۳-۵-۱-۳-۱. استفاده از دیوارهای برشی فولادی در کانادا و مکزیک.....	۳۷
۱-۵-۱-۳-۲. ساختمان ۶ طبقه نامنظم در کبک، کانادا.....	۳۷
۲-۵-۱-۳-۳. ساختمان ۷ طبقه در کبک، کانادا.....	۳۸
۴-۵-۱-۴-۱. استفاده از دیوارهای برشی فولادی در ایران.....	۴۰
۵-۵-۱-۵-۱. استفاده از دیوارهای برشی فولادی با تسلیم پایین (LYS).....	۴۱
فصل دوم: مدل های تحلیلی در مطالعه سیستم دیوار برشی فولادی.....	۴۵
۱-۲-۱. مقدمه.....	۴۵
۲-۲-۱. مفهوم مقاومت برشی پس از کماتش.....	۴۹

۵۲	..... مدل های تحلیلی برای مطالعه سیستم های دیوار برشی فولادی.....
۵۲	..... ۱-۳-۲. مقاومت پس از کماتش صفحه دیوار برشی فولادی.....
۵۳	..... ۲-۳-۲. مدل نواری در دیوار برشی فولادی.....
۵۴	..... ۳-۳-۲. مدل خرپای معادل در دیوار برشی فولادی.....
۵۶	..... ۱-۳-۳-۲. تعیین سطح مقطع عضو قطری در خرپای معادل برای صفحات با ستونهای صلب.....
۵۷	..... ۲-۳-۳-۲. تعیین سطح مقطع عضو قطری در خرپای معادل برای صفحات با ستونهای انعطاف پذیر.....
۶۰	..... ۳-۳-۲. مدل خرپا بر اساس تغییر شکل های مدل نواری.....
۶۴	..... ۴-۳-۲. نظریه آستانه اصل در زمینه مدل سازی دیوار برشی فولادی.....
۶۶	..... ۱-۴-۳-۲. مدل سازی دیوار برشی صفحه ای فولادی فشرده.....
۶۶	..... ۲-۴-۳-۲. مدل سازی دیوارهای برشی صفحه ای فولادی غیرفشرده و لاغر.....
۶۷	..... ۵-۳-۲. جنبه های دیگر مدل سازی دیوار برشی فولادی.....
۷۲	..... ۶-۳-۲. مدل های تحلیلی رفتار سیستم های دیوار برشی فولادی.....
۷۳	..... ۱-۶-۳-۲. مدل های تحلیلی پارامتر های تاثیر گذار در رفتار دیوار برشی فولادی.....

## فصل سوم: مدل های آزمایشگاهی در مطالعه سیستم دیوار برشی فولادی..... ۸۱

۸۱	..... ۱-۳. مقدمه.....
۸۱	..... ۱-۱-۳. مدل آزمایشگاهی تاکاناشی و همکاران (۱۹۷۲).....
۸۲	..... ۲-۱-۳. مدل آزمایشگاهی تیملر و همکاران (۱۹۸۳).....
۸۴	..... ۳-۱-۳. مدل آزمایشگاهی ترومیچ و همکاران (۱۹۸۷).....
۸۶	..... ۴-۱-۳. مدل آزمایشگاهی یامادا و همکاران (۱۹۹۲).....
۸۶	..... ۵-۱-۳. مدل آزمایشگاهی رابرتس و همکاران (۱۹۹۲).....
۸۷	..... ۶-۱-۳. مدل آزمایشگاهی کیسز و همکاران (۱۹۹۳).....
۸۹	..... ۷-۱-۳. مدل آزمایشگاهی ناکاشیما و همکاران (۱۹۹۵).....
۹۱	..... ۸-۱-۳. مدل آزمایشگاهی سوگی و همکاران (۱۹۹۶).....
۹۲	..... ۹-۱-۳. مدل آزمایشگاهی لوبل و همکاران (۱۹۹۷).....
۹۵	..... ۱۰-۱-۳. مدل آزمایشگاهی درایور و همکاران (۱۹۹۷).....
۹۹	..... ۱۱-۱-۳. مدل آزمایشگاهی شوماخر و همکاران (۱۹۹۹).....
۱۰۱	..... ۱۲-۱-۳. مدل آزمایشگاهی رضایی (۱۹۹۹).....
۱۰۳	..... ۱۳-۱-۳. مدل آزمایشگاهی آستانه اصل (۲۰۰۱).....
۱۱۱	..... ۱۴-۱-۳. مدل آزمایشگاهی بهبهانی فرد و همکاران (۲۰۰۳).....
۱۱۵	..... ۱۵-۱-۳. مدل آزمایشگاهی برمن و همکاران (۲۰۰۳).....
۱۱۸	..... ۱۶-۱-۳. مدل آزمایشگاهی ویان و همکاران (۲۰۰۵).....
۱۲۴	..... ۱۷-۱-۳. مدل آزمایشگاهی کو و همکاران (۲۰۰۸).....

فصل چهارم: شکل پذیری و ضریب رفتار دیوار های برشی فولادی .....	۱۲۹
۱-۴. مقدمه .....	۱۲۹
۲-۴. مفهوم ضریب رفتار (R) و روش های تعیین آن .....	۱۲۹
۱-۲-۴. بررسی پارامتر های تاثیر گذار در ضریب رفتار (R) .....	۱۳۲
۱-۲-۴. عملکرد مشاهده شده و یا پیش بینی شده تحت اثر زلزله .....	۱۳۲
۲-۱-۲-۴. ظرفیت تغییر شکل غیرارتجاعی .....	۱۳۲
۳-۱-۲-۴. آسیب پذیری سیستم باربر قائم .....	۱۴۳
۴-۱-۲-۴. درجه نامعینی در سیستم باربر جانی .....	۱۴۴
۵-۱-۲-۴. وجود مسیر های مقاومت اضافی .....	۱۴۴
۶-۱-۲-۴. ضریب اضافه مقاومت (R <sub>q</sub> ) .....	۱۴۶
فصل پنجم: روش های طراحی موجود در زمینه دیوار های برشی فولادی .....	۱۵۳
۱-۵. مقدمه .....	۱۵۳
۲-۵. استفاده از مفهوم طراحی تیر ورق در طراحی دیوار برشی فولادی .....	۱۵۴
۱-۲-۵. معیار های طراحی برای طراحی بر اساس عملکرد در دیوار برشی فولادی .....	۱۵۴
۲-۲-۵. توسعه روشهای طراحی لرزه ای برای سیستمهای دیوار برشی فولادی .....	۱۵۵
۱-۲-۲-۵. حالت های گسیختگی اصلی در سیستم دیوار برشی فولادی .....	۱۵۵
۱-۱-۲-۲-۵. حالت های گسیختگی دیوار صفحه ای فولادی .....	۱۵۶
۲-۱-۲-۲-۵. حالت های گسیختگی تیرهای بالا و پایین .....	۱۵۶
۳-۱-۲-۲-۵. حالت های گسیختگی ستونهای مرزی .....	۱۵۶
۲-۲-۲-۵. سلسله مراتب حالت های گسیختگی در سیستم دیوار برشی فولادی .....	۱۵۷
۳-۲-۲-۵. معادلات طراحی برای حالت های گسیختگی .....	۱۵۸
۳-۲-۵. ظرفیت های برش، خمش و ترکیب برش و خمش در دیوارهای برشی فولادی .....	۱۵۹
۱-۳-۲-۵. ظرفیت برشی دیوارهای برشی فولادی .....	۱۵۹
۲-۳-۲-۵. ظرفیت خمشی دیوار برشی فولادی .....	۱۶۱
۳-۳-۲-۵. ظرفیتهای ترکیب شده V-M-P و V-M در یک دیوار برشی فولادی .....	۱۶۱
۴-۲-۵. طراحی اتصالات صفحات دیوار برشی فولادی به تیرها و ستونهای مرزی .....	۱۶۲
۵-۲-۵. طراحی ستون های و تیرهای بالا و پایین .....	۱۶۳
۳-۵. استفاده از مفهوم تحلیل پلاستیک در طراحی دیوار برشی فولادی .....	۱۶۴
۱-۳-۵. تحلیل پلاستیک دیوار برشی فولادی یک طبقه با اتصالات مفصلی تیر به ستون .....	۱۶۴
۲-۳-۵. تحلیل پلاستیک دیوار برشی فولادی یک طبقه با اتصالات گیردار تیر به ستون .....	۱۶۶
۳-۳-۵. تحلیل پلاستیک دیوار برشی فولادی چند طبقه با اتصالات گیردار تیر به ستون .....	۱۶۷

- ۱۶۹-۴-۳-۵. مقایسه نتایج تحلیل پلاستیک دیوار برشی فولادی با نتایج مدل های آزمایشگاهی.....
- ۱۷۱-۵-۳-۵. تاثیر نسبت طول به ارتفاع در طراحی دیوار به روش تحلیل پلاستیک.....
- ۱۷۳-۶-۳-۵. مراحل گام به گام طراحی دیوار به روش تحلیل پلاستیک.....
- ۱۷۴-۴-۵. مدل اندرکنش قاب و صفحه در طراحی دیوار برشی فولادی.....
- ۱۷۵-۵-۵. توسعه ضوابط آیین نامه ای مربوط به طراحی دیوار برشی فولادی.....
- ۱۷۵-۱-۵-۵. آیین نامه CSA S16-01.....
- ۱۷۷-۲-۵-۵. آیین نامه AISC 341-05.....

### فصل ششم: طراحی دیوار های برشی فولادی بر مبنای آیین نامه AISC..... ۱۷۹

- ۱۷۹-۱-۶. مقدمه.....
- ۱۷۹-۲-۶. مکانیزم رفتاری دیوار های برشی فولادی سخت نشده.....
- ۱۸۷-۳-۶. روشهای آیین نامه AISC341 در مدل سازی و تحلیل دیوار برشی فولادی ویژه.....
- ۱۸۸-۱-۳-۶. روش مدل نواری آیین نامه AISC341 در مدل سازی و تحلیل دیوار برشی فولادی.....
- ۱۸۹-۲-۳-۶. روش مدل غشایی ارتوتروپ آیین نامه AISC341 در مدل سازی و تحلیل دیوار برشی فولادی.....
- ۱۹۰-۴-۶. ملزومات کلی طراحی دیوار های برشی فولادی ویژه بر مبنای آیین نامه AISC341.....
- ۱۹۰-۱-۴-۶. طراحی مقدماتی دیوار های برشی فولادی ویژه بر مبنای آیین نامه AISC341.....
- ۱۹۶-۲-۴-۶. طراحی نهایی دیوار های برشی فولادی ویژه بر مبنای آیین نامه AISC341.....
- ۱۹۶-۱-۲-۴-۶. طراحی اتصالات صفحه جان و اجزاء مرزی بر اساس تنش در صفحه.....
- ۱۹۹-۵-۶. طراحی دیوار های برشی فولادی ویژه در مناطق با لرزه خیزی بالا بر مبنای آیین نامه AISC341.....
- ۱۹۹-۱-۵-۶. عملکرد قابل انتظار دیوار های برشی فولادی ویژه در مناطق با لرزه خیزی بالا.....
- ۲۰۰-۲-۵-۶. ملزومات و ضوابط لرزه ای دیوار های برشی فولادی ویژه بر مبنای آیین نامه AISC341.....
- ۲۰۷-۳-۵-۶. ملزومات طراحی لرزه ای اجزای دیوار های برشی فولادی ویژه بر مبنای آیین نامه AISC341.....
- ۲۰۸-۱-۳-۵-۶. ملزومات طراحی لرزه ای صفحه جان بر مبنای آیین نامه AISC341.....
- ۲۰۸-۱-۳-۵-۶. ملزومات طراحی لرزه ای HBE بر مبنای آیین نامه AISC341.....
- ۲۱۰-۲-۳-۵-۶. ملزومات طراحی لرزه ای VBE بر مبنای آیین نامه AISC341.....
- ۲۱۳-۱-۲-۳-۵-۶. کاهش نیروی محوری در VBE بر مبنای آیین نامه AISC341.....
- ۲۱۶-۳-۳-۵-۶. ملزومات طراحی لرزه ای اتصالات بر مبنای آیین نامه AISC341.....
- ۲۱۷-۱-۳-۳-۵-۶. ملزومات طراحی لرزه ای اتصالات صفحه جان بر مبنای آیین نامه AISC341.....

### فصل هفتم: طراحی یک دیوار برشی فولادی ویژه بر مبنای AISC..... ۲۱۹

- ۲۱۹-۱-۷. مقدمه.....
- ۲۱۹-۲-۷. معرفی ساختمان.....
- ۲۲۰-۳-۷. تعیین نیروی جانبی وارد بر سازه.....



۲۲۱	.....	۱-۳-۷	روش تحلیل استاتیکی معادل
۲۲۳	.....	۲-۳-۷	توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان
۲۲۵	.....	۴-۷	طراحی دیوار برشی فولادی ویژه
۲۲۵	.....	۱-۴-۷	طراحی اولیه دیوار برشی فولادی ویژه
۲۳۲	.....	۲-۴-۷	تحلیل دیوار برشی فولادی ویژه
۲۳۶	.....	۳-۴-۷	طراحی HBE
۲۴۰	.....	۱-۳-۴-۷	کنترل فشردگی لرزه‌ای HBE
۲۴۱	.....	۲-۳-۴-۷	کنترل مهاربندی جانبی برای HBE
۲۴۲	.....	۳-۳-۴-۷	کنترل مقاومت برشی برای HBE
۲۴۳	.....	۴-۳-۴-۷	کنترل ترکیب خمش و فشار در HBE
۲۴۴	.....	۵-۳-۴-۷	کنترل ممان اینرسی HBE
۲۴۴	.....	۶-۳-۴-۷	کنترل ضخامت جان HBE
۲۴۵	.....	۴-۴-۷	طراحی VBE
۲۵۰	.....	۱-۴-۴-۷	کنترل فشردگی لرزه‌ای VBE
۲۵۱	.....	۲-۴-۴-۷	کنترل مقاومت برشی VBE
۲۵۱	.....	۳-۴-۴-۷	کنترل ترکیب فشار و خمش در VBE
۲۵۲	.....	۵-۴-۷	اتصال صفحه جان و اجزای مرزی
۲۵۴	.....	۶-۴-۷	اتصال HBE به VBE
۲۵۴	.....	۱-۶-۴-۷	کنترل تیر ضعیف- ستون قوی در اتصال HBE به VBE
۲۵۵	.....	۲-۶-۴-۷	کنترل چشمه اتصال در اتصال HBE به VBE
۲۵۷	.....	۳-۶-۴-۷	کنترل خمش موضعی بال
۲۵۷	.....	۴-۶-۴-۷	کنترل تسلیم جان
۲۵۸	.....	۵-۶-۴-۷	کنترل لهیدگی جان
۲۵۸	.....	۶-۶-۴-۷	کنترل اتصال جان
۲۵۹	.....	۷-۴-۷	وصله های VBE و اتصال کف
۲۵۹	.....	۱-۷-۴-۷	کنترل وصله VBE در طبقه ششم
۲۶۰	.....	۲-۷-۴-۷	کنترل اتصال کف
۲۶۳	.....		واژه نامه
۱۹۴	.....		مراجع