به نام خدا

تئوری کاربرد فولاد نرم
در طراحی دیوار برشی فولادی ویژه

مولف :
محمدحسین اوجاقپور ملکی

انتشارات ارسطو
(سازمان چاپ و نشر ایران – ۱۴۰۳)
نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد
chaponashr.ir

سرشناسه : اوجاقپور ملکی، محمدحسین، ۱۳۷۹
عنوان و نام پدیدآور : تئوری کاربرد فولاد نرم در طراحی دیوار برشی فولادی ویژه/ مولف محمدحسین اوجاقپور ملکی.
مشخصات نشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)،۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری : ۲۲۳ ص.
شابک : ۱-۳۶۶-۴۰۸-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
موضوع : فولاد نرم - دیوار برشی فولادی ویژه - طراحی - کاربردها
رده بندی کنگره : PN۲۱۵۲
رده بندی دیویی : ۸۰۹/۲۱۲
شماره کتابشناسی ملی : ۹۴۹۳۸۶۲
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

نام کتاب : تئوری کاربرد فولاد نرم در طراحی دیوار برشی فولادی ویژه
مولف : محمدحسین اوجاقپور ملکی
ناشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
صفحه آرایی، تنظیم و طرح جلد: پروانه مهاجر
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول - ۱۴۰۳
چاپ : زبرجد
قیمت : ۳۹۱۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب‌رسان :
https://chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۱-۳۶۶-۴۰۸-۶۲۲-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www. chaponashr. ir

انتشارات ارسطو
چاپ و نشر ایران
Chaponashr.ir

تقدیر و تشکر:

با سپاس از سه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

موهایشان سپید شد تا ما روسفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

پدرانمان... مادرانمان... استادانمان

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا کتاب را به پایان برسانم. این کتاب را تقدیم می‌کنم به مقدس‌ترین واژه‌ها در لغت نامه دلم، مادر مهربانم که زندگیم را مدیون مهر و عطوفت آن می‌دانم؛ و پدرم،که همواره در سایه سار حمایتش، جرئت چشم دوختن به افق‌های دور را یافته ام؛ و برادرم، که همواره مانند کوهی استوار پشتوانه اینجانب بوده است.

از استادان فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر پرویز عبادی و جناب آقای دکتر فرنوش باسلیقه که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده‌اند ،کمال تشکر را دارم. همچنین از جناب آقای مهندس محمدحسین شهریاری به عنوان همراه و یاری دهنده در انجام تحلیل‌های صورت گرفته صمیمانه تشکر می‌کنم.

فهرست مطالب

چکیده ۱۱
واژه‌های کلیدی: ۱۱
فهرست علائم ۱۳

فصل اول : کلیات

۱.۱ مقدمه ۱۹
پیشینه مطالعات پیرامون موضوع ۲۱

فصل دوم : مطالعات گذشته مرتبط با موضوع

۱.۲ مقدمه ۲۵
۲.۲ معرفی سیستمهای مورد استفاده ۲۷
۳.۲ تاریخچه‌ی استفاده از دیوارهای برشی فولادی ویژه ۳۰
۴.۲ تاریخچه‌ی مطالعات انجام‌شده بر روی دیوارهای برشی فولادی‌ویژه ۳۰
۵.۲ خواص فولاد نرم در طراحی سازه‌ها ۳۲
۱.۵.۲ مقدمه ۳۲
۲.۵.۲ خواص فولاد نرم ۳۵
۱.۲.۵.۲ خواص مکانیکی ۳۵
۲.۲.۵.۲ خواص شیمیایی ۳۶
۳.۵.۲ مقاومت و سختی ۳۷
۴.۵.۲ بهبود پایداری کلی و موضعی ۳۹
۵.۵.۲ بهبود چرخه‌های هیسترزیس ۳۹

فصل سوم : طراحی نمونه‌ها

۱.۳ مقدمه ۴۵
۲.۳ ضوابط طراحی دیوارهای برشی فولادی‌ویژه براساس آئین‌نامه‌ی آمریکا ۴۵
۱.۲.۳ طراحی اولیه ۴۵
۱.۱.۲.۳ طراحی اولیه‌ی ورق جان ۴۶
۲.۱.۲.۳ طراحی اولیه‌ی ستون (VBE) ۴۷
۳.۱.۲.۳ طراحی اولیه‌ی تیرها (HBE) ۴۸
۲.۲.۳ طراحی نهایی ۵۰
۳.۲.۳ طراحی اتصالات ۵۱
۴.۲.۳ ضوابط طراحی دیوار برشی در مناطق با خطر نسبی زیاد ۵۲
۱.۴.۲.۳ طراحی ورق جان ۵۹
۲.۴.۲.۳ طراحی اعضای مرزی افقی (HBE) ۵۹
۳.۴.۲.۳ طراحی اعضای مرزی قائم (VBE) ۶۰
۳.۳ صحت‌سنجی مدل‌سازی ۶۴
۱.۳.۳ تاده زیرکیان و جیان ژانگ ۶۵
۱.۱.۳.۳ مدل‌سازی نرم‌افزاری ۶۵
۲.۳.۳ پارک و همکاران ۶۸
۳.۳.۳ صبوری و قلهکی ۶۹
۴.۳.۳ صحت‌سنجی نرم‌افزار تحت آنالیز دینامیکی غیرخطی ۷۱
۱.۴.۳.۳ مشخصات مصالح ۷۱
۲.۴.۳.۳ شتاب‌نگاشت‌های انتخابی ۷۱
۳.۴.۳.۳ مقایسه‌ی جابه‌جایی بام ساختمان ۷۲
۴.۴.۳.۳مقایسه‌ی دریفت نمونه‌ها ۷۳
۴.۳ معرفی و طراحی نمونه‌های مورد تحقیق ۷۳
۱.۴.۳ مشخصات سازه‌ای ۷۴
۲.۴.۳ فرضیات طراحی ۷۵
۳.۴.۳ نتایج طراحی نمونه‌های دیوار برشی فولادی برای ۱۰۰ درصد برش ۷۷
۱.۳.۴.۳ آنالیز استاتیکی خطی ۸۱
۲.۳.۴.۳ دیاگرام بار–جابه‌جایی ۸۴

۱.۲.۳.۴.۳ نمونه‌های ۱ طبقه..... ۸۴
۲.۲.۳.۴.۳ نمونه‌های ۳ طبقه..... ۸۵
۳.۲.۳.۴.۳ نمونه‌های ۵ طبقه..... ۸۷
۴.۲.۳.۴.۳ نمونه‌های ۸ طبقه..... ۹۰
۵.۲.۳.۴.۳ نمونه‌های ۱۰ طبقه..... ۹۳
۶.۲.۳.۴.۳ نمونه‌های ۱۵ طبقه..... ۹۶
۴.۴.۳ نتایج طراحی نمونه‌های دیوار برشی فولادی برای درصدی از برش طبقه (مقایسه با PFI)..... ۹۹
۵.۴.۳ نتایج طراحی نمونه‌های دیوار برشی فولادی برای درصدی از برش طبقه (مقایسه با پوش‌اور)..... ۱۰۴
۶.۴.۳ نتایج طراحی نمونه‌های طراحی‌شده برای درصدی از برش طبقه (بهینه‌سازی براساس دریفت مجاز)..... ۱۰۸

فصل چهارم : تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش‌اور)

۱.۴ مقدمه..... ۱۱۵
۲.۴ مدل‌سازی نرم‌افزاری نمونه‌ها..... ۱۱۵
۳.۴ آنالیز مقادیر ویژه..... ۱۱۶
۴.۴ آنالیز استاتیکی غیرخطی (PUSH-OVER)..... ۱۱۷
۱.۴.۴ منحنی ظرفیت..... ۱۱۹
۲.۴.۴ توزیع بار جانبی..... ۱۱۹
۱.۲.۴.۴ توزیع بار ثابت..... ۱۲۰
۲.۲.۴.۴ توزیع بار متغیر..... ۱۲۰
۳.۴.۴ اهداف آنالیز استاتیکی افزایشی غیرخطی..... ۱۲۱
۵.۴ بررسی تئوری PFI..... ۱۲۱
۱.۵.۴ نمونه‌های ۱ طبقه..... ۱۲۲
۲.۵.۴ نمونه‌های ۳ طبقه..... ۱۲۳
۳.۵.۴ نمونه‌های ۵ طبقه..... ۱۲۴
۴.۵.۴ نمونه‌های ۸ طبقه..... ۱۲۵
۵.۵.۴ نمونه‌های ۱۰ طبقه..... ۱۲۶

۶.۵.۴ نمونه‌های ۱۵ طبقه..... ۱۲۷
۶.۴ مقایسه‌ی نیروهای حاصل از تحلیل پوش‌اور و تحلیل دستی در نمونه‌های طراحی‌شده به روش اول..... ۱۲۸
۱.۶.۴ نمونه‌های ۱ طبقه..... ۱۲۸
۲.۶.۴ نمونه‌های ۳ طبقه..... ۱۲۹
۱.۲.۶.۴ نحوه‌ی توزیع نیروی اعضای مرزی در نمونه با فولاد نرم و معمولی..... ۱۲۹
۲.۲.۶.۴ مقایسه‌ی نیروی نرم‌افزاری و تحلیل عملکردی در نمونه با فولاد معمولی..... ۱۳۱
۳.۶.۴ نمونه‌های ۵ طبقه..... ۱۳۴
۱.۳.۶.۴ نحوه‌ی توزیع نیروی اعضای مرزی در نمونه با فولاد نرم و معمولی..... ۱۳۴
۲.۳.۶.۴ مقایسه‌ی نیروی نرم‌افزاری و تحلیل عملکردی در نمونه با فولاد معمولی..... ۱۳۷
۴.۶.۴ نمونه‌های ۸ طبقه..... ۱۴۰
۱.۴.۶.۴ نحوه‌ی توزیع نیروی اعضای مرزی در نمونه با فولاد نرم و معمولی..... ۱۴۰
۲.۴.۶.۴ مقایسه‌ی نیروی نرم‌افزاری و تحلیل عملکردی در نمونه با فولاد معمولی..... ۱۴۲
۵.۶.۴ نمونه‌های ۱۰ طبقه..... ۱۴۳
۱.۵.۶.۴ نحوه‌ی توزیع نیروی اعضای مرزی در نمونه با فولاد نرم و معمولی..... ۱۴۴
۲.۵.۶.۴ مقایسه‌ی نیروی نرم‌افزاری و تحلیل عملکردی در نمونه با فولاد معمولی..... ۱۴۶
۶.۶.۴ نمونه‌های ۱۵ طبقه..... ۱۴۷
۱.۶.۶.۴ نحوه‌ی توزیع نیروی اعضای مرزی در نمونه با فولاد نرم و معمولی..... ۱۴۸
۲.۶.۶.۴ مقایسه‌ی نیروی نرم‌افزاری و تحلیل عملکردی در نمونه با فولاد معمولی..... ۱۵۰
۷.۴ نقطه‌ی عملکرد..... ۱۵۲
۱.۷.۴ رسم منحنی نیاز..... ۱۵۳
۱.۱.۷.۴ نوع پروفیل خاک..... ۱۵۳
۱.۱.۱.۷.۴ محاسبه‌ی ZEN..... ۱۵۴
۲.۱.۱.۷.۴ محاسبه‌ی C_a و C_v..... ۱۵۵
۲.۱.۷.۴ استاندارد ۲۸۰۰..... ۱۵۶
۱.۲.۱.۷.۴ ضریب بازتاب ساختمان B..... ۱۵۷
۲.۲.۱.۷.۴ نسبت شتاب مبنای طرح A..... ۱۵۸
۲.۷.۴ محاسبه‌ی نقطه‌ی عملکرد براساس ATC-40..... ۱۵۹
۳.۷.۴ محاسبه‌ی نقطه عملکرد نمونه‌ها..... ۱۶۸

۱.۳.۷.۴ نمونه‌های ۱ طبقه ۱۶۸
۲.۳.۷.۴ نمونه‌های ۳ طبقه ۱۷۰
۳.۳.۷.۴ نمونه‌های ۵ طبقه ۱۷۲
۴.۳.۷.۴ نمونه‌های ۸ طبقه ۱۷۳
۶.۳.۷.۴ نمونه‌های ۱۵ طبقه ۱۷۷
۸.۴ پارامترهای لرزه‌ای ۱۷۸
۱.۸.۴ روش‌های محاسبه‌ی ضریب رفتار ۱۸۰
۱.۱.۸.۴ روش‌های کاربردی ۱۸۰
۲.۱.۸.۴ روش ضریب شکل‌پذیری یوآنگ ۱۸۰
۳.۱.۸.۴ روش طیف ظرفیت ۱۸۴
۲.۸.۴ تعریف شکل‌پذیری ۱۸۶
۳.۸.۴ ضریب کاهش در اثر شکل‌پذیری ($R\mu$) و مروری بر تحقیقات انجام‌شده ۱۸۸
۱.۳.۸.۴ رابطه‌ی نیومارک-هال ۱۹۰
۲.۳.۸.۴ رابطه‌ی ریدل[1] و نیومارک ۱۹۳
۳.۳.۸.۴ رابطه‌ی ریدل، هیدالگو و کروز ۱۹۵
۴.۳.۸.۴ رابطه‌ی ارياس و هیدالگو ۱۹۷
۵.۳.۸.۴ رابطه‌ی نسار و کراوینکلر ۱۹۸
۶.۳.۸.۴ رابطه‌ی تاکدا، هوآنگ و شینوزوکا ۱۹۹
۱.۴.۸.۴ عوامل مؤثر در اضافه مقاومت ۲۰۱
۲.۴.۸.۴ روش محاسبه‌ی ضریب اضافه مقاومت ۲۰۲

فصل پنجم : بحث و نتیجه‌گیری

۱.۵ نتیجه‌گیری ۲۰۷

منابع و مراجع ۲۱۱

چکیده

دیوارهای برشی فولادی (SPSW) از دهه ۱۹۷۰ میلادی به‌عنوان سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی در ساختمان‌ها، به‌ویژه در ساختمان‌های بلند مورد توجه قرار گرفته است. در این کتاب نمونه‌های دیوار برشی فولادی ویژه در طبقات ۱، ۳، ۵، ۸، ۱۰ و ۱۵ طبقه با استفاده از ۲ نوع فولاد با گرید پائین (نرم) و فولاد معمولی ساختمانی و با استفاده از فلسفه‌ی طراحی براساس عملکرد، طراحی گردیده‌اند. نمونه‌ها پس از طراحی، تحت تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی و دینامیکی غیرخطی (تاریخچه زمانی) مورد بررسی و مقایسه قرارگرفته‌اند. نتایج حاصل از این تحلیل‌ها نشان‌دهنده‌ی افزایش سختی، کاهش جابه‌جایی‌ها، افزایش ظرفیت و بهبود رفتار لرزه‌ای نمونه‌های با فولاد نرم می‌باشد. نتایج حاصل از آنالیز استاتیکی غیرخطی، نشان‌دهنده‌ی کاهش نقطه‌ی عملکرد و نیاز لرزه‌ای نمونه‌های ساخته شده با فولاد نرم نسبت به نمونه‌های با فولاد معمولی می‌باشند. همچنین اثر افزایش سختی ثانویه‌ی هر دو نوع فولاد، افزایش برش پایه در نمونه‌ها می‌باشد، با این تفاوت که درصد افزایش برش پایه در نمونه‌های با فولاد نرم بیشتر می‌باشد. پارامترهای لرزه‌ای محاسبه شده بیانگر بهبود رفتار لرزه‌ای نمونه‌های با استفاده از فولاد نرم نسبت به نمونه‌های با فولاد معمولی می‌باشند. شایان ذکر است این بهبود رفتار سازه‌ای برای سازه‌ها با ارتفاع کم(۱۰ طبقه) می‌باشد و برای نمونه ۱۵ طبقه فولاد ساختمانی رفتار مناسب‌تری نسبت به فولاد نرم از خود نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی:

دیوار برشی فولادی‌ویژه، فولاد نرم، تحلیل استاتیکی غیرخطی، تحلیل دینامیکی غیرخطی، ضریب رفتار

فهرست علائم

F_{pu}	بار نهائی پانل برشی
F_{fu}	بار برشی نهائی قاب
F_{wu}	بار برشی نهائی ورق فولادی
M_{fp}	ممان پلاستیک در ستون‌ها
d	ارتفاع پانل برشی
τ_{cr}	تنش برشی بحرانی (حد کمانش) ورق فولادی
σ_{ty}	تنش حد جاری شدن میدان کششی به وجود آمده در ورق فولادی
μ	ضریب پواسون
σ_0	حد جاری شدن ورق فولادی
K	سختی
K_w	سختی برشی ورق فولادی
K_f	سختی برشی قاب
U_{we}	تغییرمکان برشی حدالاستیک ورق فولادی

U_{fe} تغییرمکان برشی حدالاستیک قاب

$\mathbf{F}_{wu,r}$ بار برشی نهائی کاهش‌یافته‌ی ورق در اثر بازشو

$K_{w,r}$ سختی برشی کاهش‌یافته‌ی ورق فولادی در اثر بازشو

U_{we} تغییرمکان برشی حدالاستیک ورق فولادی

$F_{fu,a}$ بار برش نهائی تعدیل‌شده‌ی قاب در اثر بازشو

$K_{f,a}$ سختی برشی تعدیل‌شده‌ی قاب در اثر بازشو

U_{fe} تغییرمکان برشی حدالاستیک

D قطر بازشوی دایره‌ای و یا قطر دایره‌ی محیطی دربرگیرنده‌ی بازشو

d ارتفاع طبقه در دیوار برشی فولادی

φ_v ضریب مقاومت در برش

V_n مقاومت برشی اسمی عضو

V برش به کار گرفته‌شده در تحلیل

A_w مساحت برشی دیوار

C_v نسبت تنش بحرانی ورق در کمانش برشی به تنش تسلیم برشی

d_w فاصله‌ی پشت تا پشت بال‌های خارجی ستون‌ها

V_n	ظرفیت اسمی برشی ورق جان
F_y	تنش تسلیم فولاد
t_w	ضخامت ورق جان
L_{cf}	فاصله‌ی آزاد بین دو بر ستون (بال‌های ستون)
w_r	شدت بار گسترده‌ی یکنواخت اعمال‌شده به تیر در اثر کشش ورق جان
V	نیروی برشی موجود در ورق
Δt_w	تفاوت ضخامت ورق‌های جان در بالا و پائین تیر
r_{HBE}	نیروهای مؤثر در واحد طول برای اتصال ورق جان به تیر
r_{VBE}	نیروهای مؤثر در واحد طول برای اتصال ورق جان به تیر
w_{HBE}	ضخامت گلوی جوش موردنیاز برای اتصال ورق جان به تیر
w_{VBE}	ضخامت گلوی جوش برای اتصال ورق جان به ستون
E_m	حداکثر برش ناشی از نیروهای لرزه‌ای در اثر تشکیل لنگر پلاستیک در تیر
L_h	فاصله‌ی بین دو مفصل پلاستیک تیر
S_h	فاصله‌ی بین محور ستون تا محل تشکیل مفصل پلاستیک