



به نام خدا



دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی عمران

۱۳۸۰ / ۱۲ / ۲۸

016582

عنوان :

**بررسی رفتار غیر خطی قاب بتنی با بادبند فلزی برای تحمل  
بارهای جانبی**

**مؤلف : محسن اهواری**

۳۹۸۹۵

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته عمران - زلزله

**استاد راهنما : دکتر محسنعلی شایانفر**

دیماه ۱۳۸۰

۳۹۸۹۵

## چکیده فارسی

یکی از روشهای رایج امروزی برای مقاوم سازی قاب‌های بتنی برای تحمل بارهای جانبی استفاده از بادبند فلزی میباشد. این روش علاوه بر اینکه باعث افزایش مقاومت و سختی جانبی قاب می‌شود، حرکت جانبی قاب بتنی و تغییر مکان نسبی طبقات را محدود می‌کند.

در این پژوهش هدف بررسی رفتار غیرخطی قاب‌های بتن مسلح با بادبند فلزی است و برای این منظور از نرم افزار غیرخطی DRAIN-3DX استفاده شده است. به کمک قاب‌های نمونه ۱ تا ۲۰ طبقه برای مقاومت‌های مختلف بادبندی، اثر این بادبندهای فلزی در قاب بتنی بررسی گشته است.

با استفاده از نتایج بیش از ۲۰۰ تحلیل دینامیکی غیرخطی عملکرد بادبند های فلزی در کنترل جابجایی نسبی طبقات، جابجایی تراز بام و دوران گره ها بررسی شده و با ارائه روابطی کارایی مقاومت‌های مختلف بادبندی در قاب‌های با تعداد طبقات مختلف برای کنترل جابجایی نسبی طبقات بدون نیاز به انجام تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی پیش بینی شده است.

نتایج حاصل از تحلیل‌ها نشان میدهد که نحوه توزیع نیروی جانبی زلزله آیین نامه ۲۸۰۰ در طراحی بادبندها، قادر نیست جابجایی نسبی طبقات را به صورت همگونی در آورد. لذا در این تحقیق سعی شده توزیع بهینه ای برای سختی بادبندی در ارتفاع قاب نمونه ارائه شود.

**کلمات کلیدی:** ۱- قاب بتنی ۲- بادبند فلزی ۳- مقاوم سازی ۴- تحلیل دینامیکی

۵- جابجایی نسبی ۶- توزیع بهینه

## تقدیر و تشکر

در اینجا مناسب است که از زحمات بیدریغ استاد گرانقدر آقای دکتر محسنعلی شایانفر که از هیچ

راهنمایی و کمکی در انجام این پروژه دریغ ننموده اند، تشکر و قدردانی کنم. از خداوند متعال

توفیق هر چه بیشتر این استاد گرانمایه را مسالت دارم.

همچنین از استادان گرامی آقایان دکتر مرتضی زاهدی و دکتر محمدرضا بهاری که این پایان نامه

را مطالعه کرده و مورد ارزیابی قرار داده اند صمیمانه تشکر می کنم.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

علائم اختصاری

### فصل اول : پیشگفتار

- ۱-۱ مقدمه ..... ۱
- ۲-۱ سازماندهی پایان نامه ..... ۲

### فصل دوم : تاریخچه

- ۱-۲ کارهای گذشته و تحقیقات انجام شده ..... ۶

### فصل سوم: روش های تحلیل دینامیکی غیرخطی

- ۱-۳ مقدمه ..... ۲۲
- ۲-۳ معادله حرکت دینامیکی ..... ۲۴
- ۳-۳ انتگرال گیری مستقیم از معادلات حرکت ..... ۲۵
- ۱-۳-۳ روش شتاب متوسط ..... ۲۸
- ۲-۳-۳ روش شتاب خطی ..... ۳۱
- ۳-۳-۳ روش Wilson- $\theta$  ..... ۳۱

۳۲	..... Newmark's $\beta$ روش ۴-۳-۳
۳۲	..... (Finite Difference) روش تفاضل محدود ۵-۳-۳
۳۲	..... خطاهای عددی موجود در انتگرال گیری سیستم های غیرخطی ۴-۳
۳۴	..... Newton - Raphson شیوه ۱-۴-۳
۳۶	..... شیوه سختی سکانتی ۲-۴-۳
۳۸	..... Event to Event شیوه ۳-۴-۳
۴۲	..... ۵-۳ ماتریس میرایی سازه ۵-۳

## فصل چهارم: مدل رفتاری بتن و آرماتور

۴۴	..... ۱-۴ مدل رفتاری بتن ۱-۴
۴۴	..... ۱-۱-۴ مقدمه ۱-۱-۴
۴۵	..... ۲-۱-۴ رفتار بتن در فشار ۲-۱-۴
۵۰	..... ۳-۱-۴ مدل رفتاری تناوب بتن ۳-۱-۴
۵۱	..... ۲-۴ مدل رفتاری آرماتور ۲-۴
۵۱	..... ۱-۲-۴ مقدمه ۱-۲-۴
۵۱	..... ۲-۲-۴ انواع مدل های رفتاری برای آرماتور ۲-۲-۴
۵۳	..... ۳-۲-۴ پاسخ تک محدوده تنش - کرنش آرماتور ۳-۲-۴
۵۷	..... ۴-۲-۴ رفتار متناوب فولاد مسلح کننده ۴-۲-۴
۵۸	..... ۱-۴-۲-۴ منحنی پوس متناوب ۱-۴-۲-۴
۵۹	..... ۲-۴-۲-۴ شاخه های برگشتی ۲-۴-۲-۴
۶۱	..... ۳-۴-۲-۴ توابع بارگذاری و باربرداری ۳-۴-۲-۴

## فصل پنجم : مدل سازی

- ۱-۵ ساخت مدل و بارگذاری ..... ۶۳
- ۱-۱-۵ ساخت مدل ..... ۶۳
- ۲-۱-۵ بارگذاری ..... ۶۴
- ۲-۵ آنالیز و طراحی سازه ..... ۷۰
- ۱-۲-۵ آنالیز و طراحی قاب بتنی ..... ۷۰
- ۲-۲-۵ طراحی بادبند فلزی ..... ۷۲
- ۳-۵ آنالیز و تحلیل دینامیکی غیرخطی سازه ..... ۷۵
- ۱-۳-۵ مشخصات آنالیز دینامیکی ..... ۷۵
- ۱-۱-۳-۵ شتابنگاشت ..... ۷۵
- ۲-۱-۳-۵ میرایی ..... ۷۵
- ۳-۱-۳-۵ روش تحلیل دینامیکی به کار رفته در برنامه ..... ۷۶
- ۲-۳-۵ معرفی مدل به برنامه DRAIN-3DX ..... ۷۶
- ۱-۲-۳-۵ معرفی المانهای بکار رفته ..... ۷۶
- ۱-۱-۲-۳-۵ المان تیر و ستون ..... ۷۶
- ۲-۱-۱-۳-۵ المان بادبندی ..... ۷۹

## فصل ششم: عملکرد بادبندهای فلزی در قابهای بتن مسلح

- ۱-۶ تاثیر بادبندهای فلزی در کنترل جابجایی نسبی طبقات ..... ۸۱
- ۲-۶ تاثیر بادبندهای فلزی در کنترل حداکثر جابجایی بام ..... ۹۹
- ۳-۶ تاثیر بادبندهای فلزی در کنترل دوران گره ها ..... ۱۰۳

۴-۶ توزیع مناسب بادبندها در ارتفاع سازه ..... ۱۰۹

### فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهاد برای ادامه کار

۱-۷ خلاصه نتایج فصل هفتم ..... ۱۱۸

۲-۷ پیشنهاد برای ادامه کار ..... ۱۲۱

مراجع ..... ۱۲۲

پیوست ۱ ..... ۱۲۵

پیوست ۲ ..... ۱۳۳



- شکل ۳-۵ شیوه Event-to-Event ۴۱
- شکل ۴-۱ منحنی تنش - کرنش بتن برای نمونه های استوانه ای در فشار تک محوره ۴۶
- شکل ۴-۲ دیاگرام عمومی منحنی تنش - کرنش بتن در فشار تک محوره ۴۶
- شکل ۴-۳ برخی از منحنیهای تنش - کرنش که برای بتن محصور شده با تنگهای مستطیلی پیشنهاد شده است ۴۸
- شکل ۴-۴ منحنی تنش - کرنش برای بتن محصور شده با تنگهای مستطیلی ۴۹
- شکل ۴-۵ ارتباط تنش و کرنش در بتن ۵۱
- شکل ۴-۶ مدل‌های مختلف برای منحنی تنش - کرنش فولاد ۵۴
- شکل ۴-۷ منحنیهای تنش - کرنش برای آرماتور ۵۵
- شکل ۴-۸ منحنی تنش - کرنش آرماتور تحت کشش یکنواخت ۵۷
- شکل ۴-۹ منحنی های پوش در کشش و فشار ۵۹
- شکل ۴-۱۰ شکل کلی شاخه های برگشتی ۶۲
- شکل ۵-۱ قاب بادبندی شده یک طبقه ۶۵
- شکل ۵-۲ قاب بادبندی شده سه طبقه ۶۵
- شکل ۵-۳ قاب بادبندی شده پنج طبقه ۶۶
- شکل ۵-۴ قاب بادبندی شده هفت طبقه ۶۷
- شکل ۵-۵ قاب بادبندی شده ده طبقه ۶۸
- شکل ۵-۶ قاب بادبندی شده پانزده طبقه ۶۹

- شکل ۷-۵ قاب بادبندی شده بیست طبقه ۷۰
- شکل ۸-۵ فرم کلی المان استفاده در مدل سازی تیرها و ستونهای قاب ۷۷
- شکل ۹-۵ فرم کلی رفتار بتن در مدل سازی تیرها و ستونها ۷۷
- شکل ۱۰-۵ فرم کلی رفتار فولاد در مدل سازی آرماتورها ۷۸
- شکل ۱۱-۵ فرم کلی المان استفاده شده در مدل سازی بادبندها ۷۹
- شکل ۱۲-۵ فرم کلی رفتار المان بادبندی ۷۹
- شکل ۱-۶ حداکثر جابجایی نسبی قابهای مختلف به ازای نسبتهای مختلف مقاومت بادبندی ۸۳
- شکل ۲-۶ حداکثر جابجایی نسبی قابهای مختلف بدون بادبندی تحت هفت شتابنگاشت ۸۵
- شکل ۳-۶ حداکثر جابجایی نسبی طبقات تحت زلزله منجیل برای نسبتهای مختلف مقاومت بادبندی ۸۷
- شکل ۴-۶ مقادیر DI برحسب TI برای قابهای مختلف تحت زلزله السنترو ۸۸
- شکل ۵-۶ مقادیر میانگین DI برحسب TI برای قابهای مختلف تحت هفت زلزله ۸۹
- شکل ۶-۶ مقادیر میانگین DI برحسب TI برای قابهای ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ طبقه تحت هفت شتابنگاشت ۹۰
- شکل ۷-۶ نمودار دو خطی ارایه شده برای DI برحسب TI ۹۲
- شکل ۸-۶ مقادیر شیب ناحیه اول و دوم ۹۵
- شکل ۹-۶ عملکرد بادبندی های قوی نسبت به ضعیف ۹۵
- شکل ۱۰-۶ منحنی های برآزش شده و معادلات آنها برای شیب ناحیه اول و دوم ۹۸

- شکل ۱۱-۶ مقادیر میانگین RFI برحسب TI برای قابهای مختلف تحت هفت شتابنگاشت ۱۰۰
- شکل ۱۲-۶ مقادیر میانگین RFI برحسب TI برای سه قاب ۳ و ۱۵ و ۲۰ طبقه ۱۰۲
- شکل ۱۳-۶ مقایسه عملکرد بادبندی های ضعیف در کنترل حداکثر جابجایی نسبی طبقات و بام ۱۰۲
- شکل ۱۴-۶ مقادیر میانگین RTI برحسب TI برای قابهای مختلف تحت هفت شتابنگاشت ۱۰۷
- شکل ۱۵-۶ مقادیر میانگین RTI برحسب TI برای قابهای ۱ و ۵ و ۲۰ طبقه تحت هفت شتابنگاشت ۱۰۸
- شکل ۱۶-۶ حداکثر جابجایی نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه به ازای نسبتهای مختلف مقاومت بادبندی تحت زلزله السنترو ۱۱۱
- شکل ۱۷-۶ حداکثر جابجایی نسبی طبقات در طبقه بحرانی برای قاب ۱۰ طبقه در هر گام ۱۱۴
- شکل ۱۸-۶ نسبت وزنی سیستم بادبندی در هر گام ۱۱۴
- شکل ۱۹-۶ حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای قاب بهینه و قاب بدون بادبندی و بادبندی ۱۰۰ درصد ۱۱۶
- شکل ۲۰-۶ سطح مقطع بادبندی استفاده شده در سیستم بهینه در طبقات مختلف ۱۱۶

$h_1 =$  ارتفاع طبقه ۱ ام

$I =$  ضریب اهمیت ساختمان

$K_s =$  ماتریس سختی سکانتی

$K_T =$  ماتریس سختی مماسی

$l_p =$  طول ناحیه پلاستیک

$M =$  ماتریس جرم

$m =$  جرم

$P =$  بار اعمال شده خارجی

$R =$  ضریب رفتار

$RF_p =$  ضریب بدون بعد که برابر نسبت حداکثر جابجایی تراز بام در سازه بادبندی شده به

سازه بدون بادبندی است

$RT_p =$  ضریب بدون بعد که برابر نسبت حداکثر دوران ایجاد شده در نقطه بحرانی در سازه

بادبندی شده به سازه بدون بادبندی است

$s_n =$  فاصله بین خاموتها

$T_0 =$  عددی که بر حسب نوع زمین مشخص می شود

$t =$  زمان

$T_1 =$  نسبت مقاومت بادبندی

$\tan \alpha$  = شیب ناحیه بادبندهای ضعیف

$\tan \beta$  = شیب ناحیه بادبندهای قوی

$V$  = برش پایه

$W_i$  = وزن طبقه  $i$  ام

$v$  = سرعت

$\dot{v}$  = شتاب

$\xi_n$  = نسبت میرایی

$\omega_n$  = سرعت زاویه ای

$\omega$  = دانسیته بتن

$\rho_s$  = نسبت حجم آما تور عرضی

$\varepsilon_s$  = کرنش بتن

$\varepsilon_s$  = کرنش فولاد

$\sigma_s$  - تنش در بتن

$\phi_n$  = بردار شکل مود  $n$  ام

$\phi_{pu}$  = دوران پلاستیک قابل تحمل عضو

$\phi_u$  = انحناء مناظر با نقطه گسیختگی

# فصل اول

## پیشگفتار

### ۱-۱ مقدمه

کشور ایران به عنوان یکی از کشورهای زلزله خیز جهان، در طی سالیان گذشته همواره در معرض زلزله های ویران کننده قرار داشته است. شرایط طبیعی زمین ساختاری ایران، از نقطه نظر استعداد وقوع زلزله های مخرب، ایجاب می کند که مساله مقاوم سازی سازه ها، در برابر زلزله به عنوان یکی از مسایل مهم جامعه مطرح گردد.

امروزه یکی از سیستم های متداول در کشور ما و اغلب نقاط جهان برای ساختمانهای شهری استفاده از اسکلت بتنی است که در این ساختمانها، برای تحمل بارهای جانبی عموماً قاب بتنی به همراه دیوار برشی یا قاب بتنی با اتصالات صلب بکار برده می شود. در سیستم اسکلت بتن مسلح، اگرچه استفاده از دیوار برشی می تواند بسیار کارساز باشد ولی اغلب به دلایل معماری یا صعوبت اجرا برای مقاوم سازی سازه بتن مسلح به همان قاب خمشی بتن مسلح اکتفا می گردد. استفاده از

قاب خمشی تنها نیز سبب بزرگ شدن نامطلوب ابعاد ستونها و ارتفاع تیرها می شود که باعث افزایش هزینه بوده و حتی تغییر مکان نسبی طبقات و تغییر مکان کل نیز افزایش می یابد. با توجه به این موارد استفاده از بادبند فولادی در ساختمانهای بتنی می تواند مورد توجه قرار گیرد. استفاده از این سیستم باعث افزایش مقاومت و سختی جانبی قاب می شود و حرکت جانبی قاب بتنی و تغییر مکان نسبی طبقات را محدود می کند و قسمت عمده ای از نیروی جانبی توسط این مهار بندها جذب می شود. این سیستم وزن اضافی قابل توجهی به سازه تحمیل نمی کند و همچنین امکان استفاده از باز شوها، در دهانه های بادبندی را فراهم می سازد. استفاده از بادبند فولادی در ساختمانهای بتنی، در مواردی چون اجرای غیر قابل قبول سازه بتن مسلح، تغییر کاربری سازه و یا صدمه ناشی از زمین لرزه، آتش سوزی و یا غیره، که سازه فاقد مقاومت لازم در برابر زلزله است، یکی از روش های تقویت لرزه ای این سازه ها می باشد، که یک سیستم مقاوم سازی مطلوب به حساب می آید، زیرا کمترین وزن اضافی را به سازه می افزاید و حتی بعد از تعبیه سیستم بادبندی می توان از باز شوهای گسترده بهره برد. سرعت اجرا و به حداقل رساندن خرابی می تواند از مزیت های دیگر این روش باشد.

در این پروژه هدف، بررسی رفتار غیر خطی قاب های بتنی همراه با بادبند فولادی است و برای این منظور از نرم افزار غیر خطی DRAIN-3DX استفاده شده است. در این راستا سعی شده ، با کمک نتایج حاصل از تعداد زیادی تحلیل غیر ارتجاعی بر روی قابهای بتنی با تعداد طبقات مختلف عملکرد این بادبندها در قاب های بتنی بررسی شود.

## ۲-۱ سازماندهی پایان نامه

تحقیق انجام شده در ۷ فصل مطابق با توضیحات زیر، جمع آوری شده است: