

## اثر استقرار نامتقارن دوجته بادبندها در تحلیل لرزه ای سازه های فولادی

دکتر محمود میری

استاد یار گروه عمران دانشکده فنی دانشگاه سیستان و بلوچستان

mmiri@hamoon.usb.ac.ir

سلیمان مارامایی

دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

maramaee.s@gmail.com

### چکیده

به دلایل مربوط به معماری ونحوه استفاده ازساختمان، برخی اوقات مرکز جرم و مرکز سختی بر یکدیگر منطبق نبوده، وسازه نامنظم محسوب می شود. عدم تقارن سازه گاهی باعث توزیع نامتعادل سختی ناشی ازاستقرار نامتقارن بادبندها در پلان و گاهی باعث توزیع نامتعادل جرم اتفاق می افتد، که در هر دو حالت سبب ایجاد خروج از مرکزیت و به طبع آن، پیچش در سازه می گردد.

نقص آئین نامه های متداول در ارزیابی عملکرد سازه های فولادی در برابر زلزله موجب شده است که روش طراحی بر اساس عملکرد یا روش طیف ظرفیت مورد توجه قرار گیرد، تا بتوان سازه ای طرح کرد که عملکرد آن در مقابل زلزله های مختلف قابل پیشگویی باشد. در این مقاله ساختمان فولادی ۵ طبقه با درصد تقارن های مختلف درجهت X،Y که باعث تغییر سختی در سازه ایجاد شده، طراحی و سپس آنالیز استاتیکی غیر خطی صورت گرفته و در نهایت سطح عملکرد سازه ها بدست آمده است.

**کلمات کلیدی:** طراحی لرزه ای، پیچش، نامتقارن، نامنظم، مرکز سختی، مرکز جرم، بادبند.

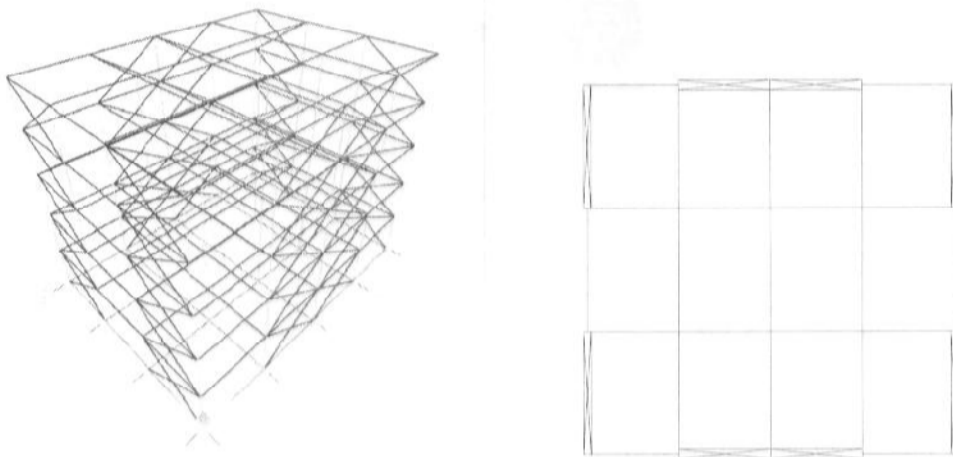
### ۱- مقدمه

در تحقیقی که بر روی اثرات زمین لرزه انجام شد [۱] به این نتیجه رسیدند، سازه هایی که با آئین نامه های متداول طراحی شده اند، از لحاظ تامین امنیت و سلامت جانی عملکرد خوبی ندارند. ولی فاقد مکانیزم لازم جهت کنترل ساختمان در سطوح عملکرد متفاوت می باشند. در آئین نامه های جدید با توجه به عملکردی که از عناصر سازه ای و غیر سازه ای یک بنا انتظار می رود، طراحی صورت می گیرد. [۲،۳،۴] به عنوان مثال در دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود [۵] اهداف عملکردی شامل جلوگیری از تخریب کامل، مصونیت جانی، استقرار فوری و قابل کاربری بودن پس از زلزله را در بر می گیرد. در این آئین نامه برای هر کدام از قسمتهای سازه ای و غیر سازه ای سطوح عملکردی مشخص می شود، که ترکیبات قابل قبول و منطقی این دو سطح عملکرد، سطوح عملکردی کل ساختمان را تشکیل می دهد. پس از تشخیص سطح عملکرد مورد نظر ساختمان نوبت به تعیین هدف عملکردی می رسد، که با

توجه به سطح عملکرد ساختمان و سطح خطر زلزله یکی از اهداف عملکردی برگزیده می شود، که این خود بستگی به اهمیت ساختمان و در خواست کاربران دارد. در این مقاله عملکرد ساختمانهای فلزی پنج طبقه با تاثیر عدم تقارن در عملکرد سازه، طی آنالیز غیر خطی استاتیکی بر روی سازه ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

## ۲- معرفی مدل‌های مورد مطالعه

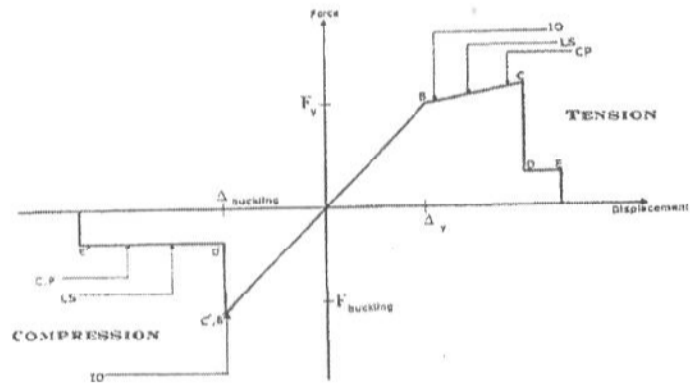
در این مقاله سازه های پنج طبقه فولادی با ارتفاع ۳/۲ متر به ترتیب با ۴ و ۳ دهانه در جهت طولی و عرضی با طول دهانه ۵ متر در منطقه ای با لرزه خیزی زیاد و خاک نوع II با کاربری مسکونی، به صورت متقارن و نامتقارن مورد بررسی قرار گرفته است. عدم تقارن با جابجایی مکان باد بندها اعمال شده است. به منظور تفکیک نتایج سازه هادر جهت X به نامهای A, B, C, D نامگذاری شده است. که در آن سازه A بیانگر مدل متقارن، سازه های B, C, D به ترتیب با خروج از مرکزیت های ۱۲/۵٪، ۲۵٪ و ۳۷/۵٪ می باشد. همچنین تمایز مدلها در جهت Y بایشوند. های C1 (Case 1) و C2 (Case 2) صورت می گیرد، که به ترتیب نشاندهنده مدل‌های متقارن و نامتقارن با خروج از مرکزیت ۳۳٪ می باشد. سازه های مذکور بر اساس آیین نامه های ملی ایران [۶، ۷ و ۸] طراحی گردیده اند، که در شکل (۱) مدل CIA به اختصار نشان داده شده است. پس از طراحی اولیه مدلها و بدست آوردن پروفیل های سازه ای، به منظور ارزیابی لرزه ای سازه، آنالیزهای استاتیکی غیر خطی بر روی سازه ها توسط نرم افزارهای Etabs 2000 و ویرایش ۹/۱۴، Sap 2000 و ویرایش ۱۱/۴ به صورت سه بعدی انجام گرفته است.



شکل (۱) - پلان کلی و شکل سه بعدی مدل CIA

## ۳- تعریف مفاصل پلاستیک

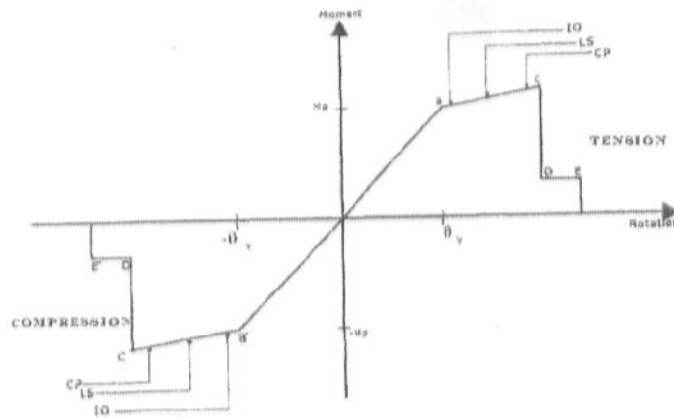
نیروی داخلی در باد بندها و ستونها عمدتاً از نوع کششی یا فشاری بوده و از این رو برای مدل کردن رفتار غیر خطی اعضای کششی یا فشاری لازم است که یک مفصل محوری بر یک نقطه از طول المان اختصاص داده شود. رفتار نیرو-جابجایی یک مفصل پلاستیک محوری را در حالت کلی می توان به صورت شکل (۲) تعریف نمود. [۲]



شکل (۲) - رفتار یک عضو محوری تحت کشش و فشار (مفصل پلاستیک محوری) [۲]

امانیه‌های داخلی در تیرها و ستونهای قاب‌های خمشی عمدتاً خمشی یا خمشی محوری است. از طرفی تغییر شکل‌های پلاستیک در این اعضا تحت بارهای جانبی زلزله، معمولاً به صورت مفصل‌های پلاستیک در دو انتهای تیرها و ستون‌ها ظاهر می‌گردد، که البته به خاطر بارگذاری روی تیرها، ممکن است در طول تیرها نیز مفصل پلاستیک خمشی ایجاد گردد. به دو انتهای تیرها، محل بارهای متمرکز و به دو انتهای بالا و پایین ستون‌ها بایستی مفصل خمشی محوری (P-M-M) اختصاص داده شود. رابطه لنگر - دوران یک مفصل پلاستیک خمشی در حالت کلی به صورت شکل

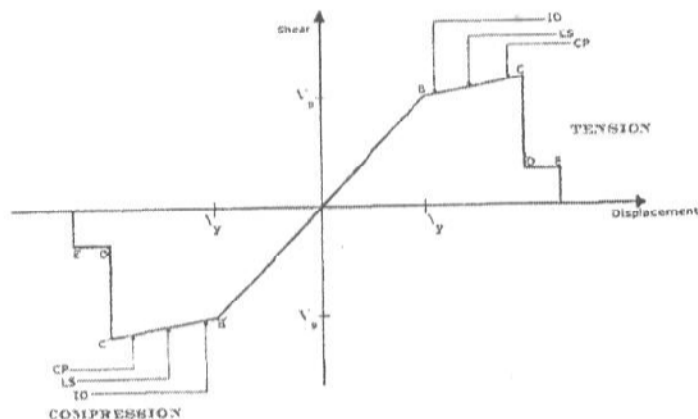
(۳) می‌باشد. [۲]



شکل (۳) - مدلسازی رفتار تیر و ستون (مفصل پلاستیک خمشی یا خمشی - محوری) [۲]

وبالآخره در برخی اعضای سازه همچون ستونهای کوتاه در نیم طبقه‌ها و یا در دو انتهای تیرها تغییر شکل‌های داخلی عمدتاً از نوع برشی است. لذا برای مدلسازی رفتار غیر خطی این اعضا لازم است از مفاصل پلاستیک برشی استفاده

گردد. در شکل (۴) رابطه برش - جابجایی یک مفصل پلاستیک برشی نشان داده شده است. [۲]



شکل (۴) - مدلسازی رفتار برشی تیر [۲]

#### ۴- مشخصات مدل‌های مورد مطالعه

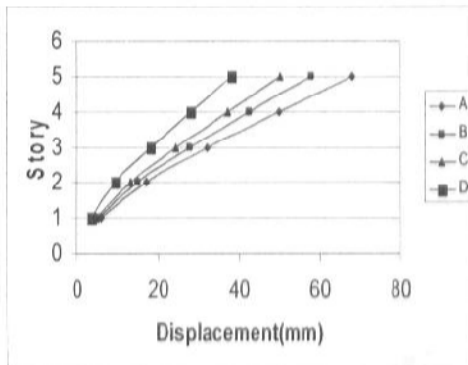
مدل‌ها به صورت قاب ساده باد بندی شده طراحی گردیده اند. بار مرده طبقات و بام ساختمان به ترتیب معادل ۵۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و بار زنده طبقات و بام به ترتیب معادل ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمربع در نظر گرفته شده است. ضریب رفتار بر اساس جدول آیین نامه ۲۸۰۰، سیستم قاب ساختمانی ساده با مهار بندی هم محور در دو جهت برابر ۶ در نظر گرفته شده است. اثر پیچش اتفاقی طبق آیین نامه برای سازه هایی با ارتفاع کمتر از ۱۸ متر قابل نظر کردن است. در مدل‌های نامتقارن برای طراحی در برابر نیروی جانبی علاوه بر نیروی وارد بر هر جهت، ۳۰٪ نیروی زلزله جهت دیگر نیز مورد توجه قرار گرفته است. در طراحی مدل‌ها اثر  $P-\Delta$  به علت تغییر مکان جانبی کمتر از  $0.02/R$  در نظر گرفته نشده است. اتصال ستونها به پی گیر دار فرض شده، و تمامی مقاطع ستونها از پروفیل های IPB متوسط (HE-B) و مقاطع تیرها از IPE و برای بادبندها از مقاطع ناودانی دویل استفاده شده است. مدول الاستیسیته، تنش تسلیم و تنش گسیختگی فولاد به ترتیب  $21000 \times 10^4$ ،  $2400 \times 10^4$  و  $4000 \times 10^4$  کیلوگرم نیرو بر مترمربع فرض شده است. بررسی رفتار سازه ها با تغییر آرایش باد بندها در جهت X، Y و از نتایج تحلیل در لبه های نرم و سخت سازه در جهت Y استفاده شده است. منظور از لبه نرم و سخت، قابهای انتهایی سازه است، که به ترتیب به مرکز جرم و مرکز سختی نزدیکتر باشد. مرکز جرم همه طبقات ثابت و در وسط سازه فرض شده است. نیروی برشی طبقات بر اساس آیین نامه محاسبه و در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱) - نیروی برشی طبقات

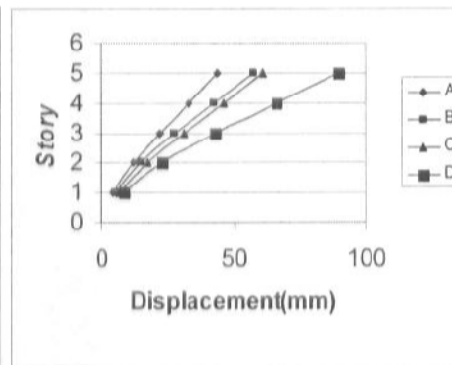
طبقه	۱	۲	۳	۴	۵
Fx(ton)	۸/۷۷	۱۷/۴۲	۲۶/۲	۳۵/۱	۳۹/۷۹
Fy(ton)	۸/۷۷	۱۷/۴۲	۲۶/۲	۳۵/۱	۳۹/۷۹

## ۵- آنالیز استاتیکی غیر خطی

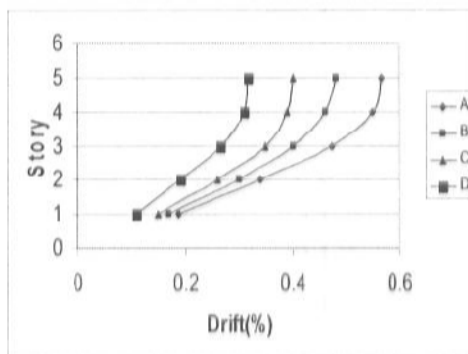
نقطه عملکرد سازه در واقع محل تقاطع منحنی ظرفیت سازه با منحنی نیاز سازه می باشد. که از آنالیز استاتیکی غیر خطی جهت تعیین آن استفاده شده است. پس از محاسبه تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه در نقطه ای بر روی بام، باید تغییر مکان نقاط نظیر این نقطه را در طبقات دیگر بدست آورد. این عمل برای سازه های مختلف انجام و در شکل های (۵) و (۶) جابجایی طبقات در لبه های نرم و سخت سازه و همچنین تغییر مکان نسبی هر طبقه نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود، با افزایش خروج از مرکزیت، جابجایی و تغییر مکان نسبی در لبه نرم سازه روند افزایشی داشته و در لبه سخت سازه سیر نزولی را طی کرده است، که اثرات پیچش سازه را در کاهش عملکرد سازه نشان می دهد.



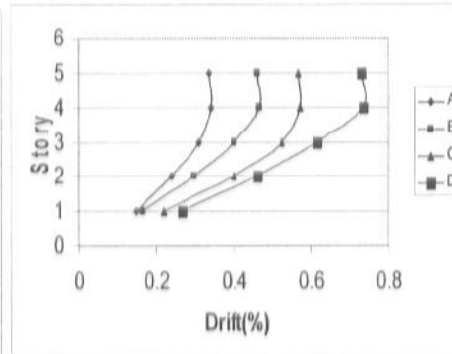
ب- جابجایی لبه سخت



الف - جابجایی لبه نرم

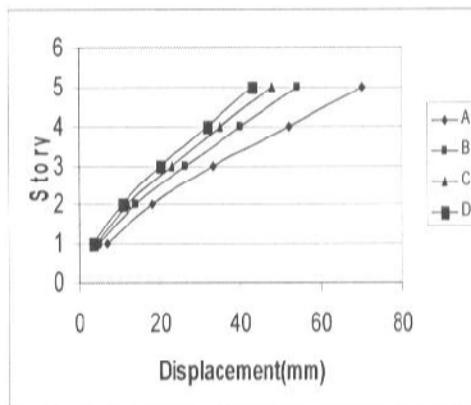


د- تغییر مکان نسبی لبه سخت

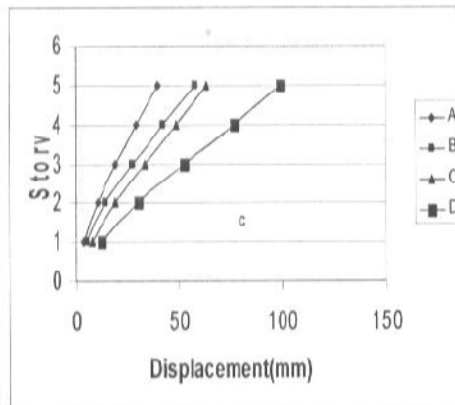


ج- تغییر مکان نسبی لبه نرم

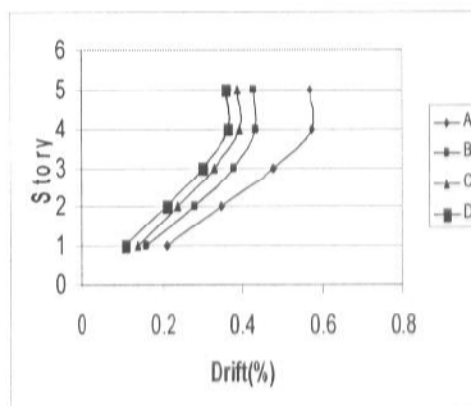
شکل (۵) - جابجایی و تغییر مکان نسبی لبه نرم و سخت مدل های CI



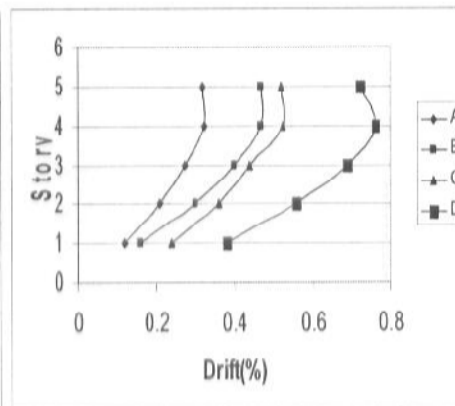
ب- جابجایی لبه سخت



الف- جابجایی لبه نرم



د- تغییر مکان نسبی لبه سخت



ج- تغییر مکان نسبی لبه نرم

شکل (۶) - جابجایی و تغییر مکان نسبی لبه نرم و سخت مدل های C2

برای کنترل نقطه عملکرد سازه ها از معیار تغییر مکان نسبی طبقات استفاده میشود. با توجه به دستور العمل بهسازی لرزه ای سازه های موجود [۵] برای قابهای باد بندی شده باید معیار تغییر مکان نسبی طبقات را که در دو حالت گذرا و ماندگار ارائه شده اند، را در نظر گرفت. در این جدول برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه تغییر مکان نسبی گذرا ۰/۵ درصد، برای سطح عملکرد ایمنی جانی تغییر مکان نسبی گذرا ۱/۵ درصد و تغییر مکان نسبی ماندگار ۰/۵ درصد و در نهایت برای سطح عملکرد آستانه فرو ریزش تغییر مکان نسبی گذرا ۲ درصد و تغییر مکان نسبی ماندگار ۲ درصد در نظر گرفته شده است. طبق مواردی که در دستور العمل بهسازی سازه های موجود برای تعیین نقطه عملکرد وجود دارد، و مقادیر ماکزیمم تغییر مکان نسبی موجود در روش آنالیز استاتیکی غیر خطی<sup>۱</sup> نتایج زیر برای سازه های مدل شده به صورت خلاصه در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲- بررسی عملکرد مدل ها

سازه	ماکزیمم دریفت	کنترل	عملکرد سازه
C1A	۰/۳۴	۰/۳۴ < ۰/۵	IO
C1B	۰/۴۶	۰/۴۶ < ۰/۵	IO
C1C	۰/۵۲	۰/۵ < ۰/۵۲ < ۱/۵	LS
C1D	۰/۷۱	۰/۵ < ۰/۷۱ < ۱/۵	LS
C2A	۰/۴	۰/۴ < ۰/۵	IO
C2B	۰/۴۸	۰/۴۸ < ۰/۵	IO
C2C	۰/۵۵	۰/۵ < ۰/۵۵ < ۱/۵	LS
C2D	۰/۷۶	۰/۵ < ۰/۷۶ < ۱/۵	LS

### ۶- نتیجه گیری

سازه های متقارن و نامتقارنی که بر اساس آئین نامه های متداول برای یک سطح خطر طراحی می شوند، دارای سطح عملکرد یکسانی نیستند. با توجه به آئین نامه ۲۸۰۰ که هدف طراحی سازه های مسکونی را با ضریب اهمیت ۱ برای زلزله هایی با سطح خطر ۱، مصونیت جانی می داند. طراحی این گونه سازه ها بصورت متقارن و با ۱۲/۵٪ دارای سطح عملکرد بالاتری می باشند. با مقایسه مدل های C1 و C2 می توان نتیجه گرفت که با افزایش خروج از مرکزیت در جهت Y، تغییرات جابجایی و دریفت نسبی طبقات در لبه های نرم و سخت سازه در این جهت اندک بوده است. با افزایش خروج از مرکزیت سطح عملکرد تنزل می یابد. با توجه به این که در همه این سازه ها مرکز جرم ثابت بوده است، لذا در صورت تغییر در مرکز جرم، این گونه سازه ها ممکن است الزامات آئین نامه ای را بر آورده نکرده و سازه ضعیف تلقی گردند.

### منابع

- [1] Ghobarah Ahmed , " Performance – based desing in earthquake engineering: state of Development" , structures , vol 23 , pp 878 – 884 , 2001.
- [2] Federal Emergency Management Agency . guideline for the seismic rehabilitation of building. FEMA273. 1998
- [3] Applied Technology Council, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building, ATC 40, Volumn 1 and 2, Rport NO.SSC 96-01, Seismic Saftey Commision, Redwood City, 1996.
- [4] Structural Engineering Association of California (SEAOC), Vision 2000: Performance Based Seismic Engineering of Building, Sacramento, California, 1995.
- [5] پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ، " دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود " ، خرداد ماه ۸۱ ،
- [6] آئین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله ، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ، ویرایش سوم ، ۱۳۸۵
- [7] مبحث ششم مقررات ملی ساختمان: بارهای وارد بر ساختمان، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۵
- [8] مبحث دهم مقررات ملی ساختمان: طرح و اجرای ساختمانهای فولادی، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۵