دانشکده مهندسی عمران

گروه مهندسی سازه

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران گرایش سـازه

عنوان

تحـلیل دینامیکی غیرهمـزمان و غیریکـنواخت پـلهای چند دهـانه

استاد راهنما

دکتر حسین غفارزاده

استاد مشاور

دکتر مجید برقیان

پژوهشگر

مهدی یار بهرامی اصل

مهر ۱۳۸۸

بِسم اللّه الرَحمن الرَحيم

تقدیم به

یگانه منجی عالم بشریت

امام منتظر مهدی موعود (عج)

تقدیم به

پدر و مادر

عزیز و گرامی

تشکر و سپاس

اکنون که با یاری خداوند متعال و توجهات حضرت ولی العصر (عج) موفق به اتمام این پژوهش گردیده ام، مراتب سپاس و قدردانی خود را با عنایت به فرمایش گرانقدر حضرت علی (ع) : « مَن عَلَّمَنی حَرفاً قد سَیَّرَنی عَبداً » ، خدمت بزرگوارانی که در کلیه مراحل این تحقیق من را یاری نمودند ابراز نمایم:

جناب آقای دکتر حسین غفارزاده استاد راهنمای گرامی این پایان نامه که صبورانه و با شکیبایی هر چه تمام و ژرف اندیشانه پشتیبان اینجانب بوده اند و الطافشان توفیق و افتخار بزرگی است که نصیب این کمترین شده است.

همچنین از جناب آقای دکتر مجید برقیان استاد مشاور محترم که همواره من را در انجام این پژوهش یاری فرموده اند، به واسطه حسن توجه شان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

سپاسگزارم از آنان که در حیاتم وامدار و شرمنده آنانم، پدر بزرگوار و مادر گرامی، دایی عزیزم جناب آقای دکتر فرزدی، خواهر مهربانم و نیز دوست گرامی جناب آقای مهندس مجتهدی و تمامی کسانی که در تمام مراحل زندگی و تحصیل به یاریم همت گماردند تا به اتمام این مرحله از تحصیل نائل گردم.

الحمد للّه

نام: مهدی یار **نام خانوادگی:** بهرامی اصل

عنوان پایان نامه: تحلیـل دینامیکی غیرهمـزمان و غیریکـنواخت پلهای چند دهـانه

استاد راهنما: دکتر حسین غفارزاده

استاد مشاور: دکتر مجید برقیان

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** عمران **گرایش:** سازه

دانشگاه: تبریز **دانشکده:** عمران

تاریخ فارغ التحصیلی: ۸۸/۰۷/۰۶ **تعداد صفحات:** ۱۶۳

کلمات کلیدی: تحلیل دینامیکی، تغییرات فضایی موج لرزه ای، غیرهمزمانی، غیریکنواختی، تحریک چند تکیه گاهی، SMART1-Array ، شتابنگاشت مصنوعی، نیروهای داخلی، OpenSEES

چکیده

هنگامیکه یک سازه برای جابجایی ها و شتابهای زلزله در پایه های خود مورد بررسی قرار میگیرد، معمول آنست که تمامی نقاط اتصال سازه با زمین تحریکهای لرزه ای را بطور کاملاً همزمان و یکنواخت دریافت نمایند. چنین فرضی مستلزم پذیرفتن دو شرط اساسی خواهد بود: الف) بینهایت بودن سرعت انتشار امواج لرزه ای، ب) یکنواختی و بدون تغییر بودن ماهیت امواج لرزه ای در طول مسیر انتشار خود.

در این پایان نامه با کنار گذاشتن دو فرض یاد شده در تحلیل دینامیکی، تاثیر اعمال انواع مختلف تحریکهای لرزه ای در تکیه گاه های سازه بخشی از پلهای قطار شهری تبریز بررسی خواهد شد. بدلیل کم بودن و یا عدم وجود اطلاعات کافی مربوط به تحریکهای لرزه ای در طول یک سازه با ابعاد محدود، اعمال تحریک چند تکیه گاهی در پایه های یک سازه با مشکل مواجه خواهد بود. بدین منظور وضعیت تحریکهای لرزه ای غیریکنواخت و غیرهمزمان با استفاده از قابلیت های نرم افزار (OpenSEES) تولید شده و تحلیل دینامیکی با در نظر گرفتن کردن اثر انتشار غیرهمزمان و غیریکنواخت امواج لرزه ای بصورت مجزا و یا توام انجام می پذیرد. نهایتاً رفتار سازه مورد نظر در سه حالت: الف) تحریک غیرهمزمان و یکنواخت، ب)تحریک همزمان و غیریکنواخت و ج) تحریک غیرهمزمان و غیریکنواخت مورد بررسی قرار گرفته و با نتایج تحلیل دینامیکی معمولی و رایج مقایسه شده اند.

این پژوهش نشان می دهد با عدم لحاظ نمودن دو فرض یاد شده در تحلیل دینامیکی سازه هایی حتی با طول متوسط نیز می توان انتظار تولید خطای محسوس و غیر قابل چشم پوشی در مقدار نیروهای داخلی اعضای سازه ای را داشت. این در حالی است که در سازه های با طول نسبتاً زیاد و طویل، این مسئله از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول – مقدمه ۱

۱-۱ کلیات **۱**

۱-۱-۱ **تحلیل دینامیکی غیر همزمان و غیر یکنواخت** ۱

۱-۱-۲ **مقایسه ای بر تحلیل دینامیکی معمولی و تحلیل دینامیکی غیر همزمان و غیریکنواخت** ۳

۱-۱-۳ **مدل کاهیدگی شتاب زلزله** ۵

۱-۲ هدف از پژوهش **٦**

۱-۳ ساختار پایان نامه **۷**

فصل دوم - مروری بر کارهای انجام شده ۹

۲-۱ کلیات ۹

۲-۲ تحقیقات پیرامون اثر عبور موج بر پاسخ سازه ها ۱۰

۲-۳ تحقیقات پیرامون تاثیر توام عبور موج و کاهش همبستگی بر پاسخ سازه ها ۱۳

فصل سوم - پایه های نظری و تئوری مسئله ۲۱

۳-۱ مقدمه ۲۱

۳-۲ خاستگاه موضوع، پایه ها نظری و اصول تئوری ۲۲

۳-۲-۱ خاستگاه موضوع ۲۲

۳-۲-۲ شتابنگارهای El Centro Differential Array ۲۷

عنوان **صفحه**

۳-۲-۳ شتابنگارهای Chiba Array ۲۷

۳-۲-٤ شتابنگارهای SMART-1 ARRAY ۲۸

۳-۳ پایه های نظری و اصول تئوری ۳۰

۳-۳-۱ دیدگاه های حل مسائل تحریک غیر همزمان و غیریکنواخت ۳۰

۳-۳-۱-۱ آنالیز متعین پاسخ زلزله ۳۱

۳-۳-۱-۲ آنالیز نا متعین پاسخ زلزله ۳۲

۳-۳-۲ روشهای تعیین پاسخ دینامیکی بر اساس روشهای مورد استفاده ۳۳

۳-٤ معادله حرکت دینامیکی ۳۵

۳-۵ محاسبه بردارهای شکل ، r ٤۲

۳-٦ وارد نمودن حالت غیر همزمانی و غیر یکنواختی در شتاب ورودی ٤۲

۳-۷ کاهیدگی امواج زلزله ٤۳

فصل چهارم - روش انجام کار ٤۵

٤-۱ مشخصات عمومی مدل ٤۵

٤-۲ تغییرشکل های مودال سازه ٤۷

٤-۳ کلیات مدل سازی در نرم افزار (OpenSEES) ٤۸

٤-٤ مراحل مختلف مدل سازی ۵۰

٤-٤-۱ مدل پایه (بخش اول) ۵۱

٤-٤-۱-۱ فاز اول - مدل پایه با مقاطع الاستیک ۵۱

٤-٤-۱-۱-۱ اعمال شرایط استاتیکی ۵۱

٤-٤-۱-۱-۲ اعمال شرایط دینامیکی ۵٦

عنوان **صفحه**

٤-٤-١-٢ فاز دوم - مقطع الاستیک با بارهای ثقلی ٦٠

٤-٤-١-٣ فاز سوم - مقطع الاستیک با جرمهای متمرکز ٦١

٤-٤-١-٤ فاز چهارم - مقطع الاستیک همراه جرمهای متمرکز و بارهای ثقلی..... ٦٢

٤-٤-١-٥ فاز پنجم - مقاطع فیبری به همراه جرمهای متمرکز و بارهای ثقلی..... ٦٣

٤-٤-١-٦ فاز ششم - تکمیل دامنه ثبت کننده ها و لحاظ نمودن اثر میرایی..... ٦٤

٤-٤-١-٧ فاز هفتم - افزودن جرمهای مشارکت کننده در راستای قائم سازه..... ٦٥

٤-٤-١-٨ فاز هشتم- تغییر وضعیت جرمهای مشارکت کننده ٦٦

٤-٤-١-٩ فاز نهم- شبیه سازی تحریک غیر همگن..... ٦٦

٤-٤-١-١٠ فاز دهم- تبدیل مدل دو بعدی (2D) به مدل سه بعدی (3D) ٦٦

٤-٤-٢ تشریح روند بارگذاری دینامیکی در وضعیت ایده آل (بخش دوم)..... ٦٧

٤-٤-٢-١ رکوردهای لرزه ای انتخابی ٦٧

٤-٤-٢-٢ انواع حالات بارگذاری تحریک چندتکیه گاهی ٧٤

٤-٤-٣ تشریح روند بارگذاری دینامیکی با استفاده از شتابنگاشت های ثبت شده در منطقه شتابنگارهای متراکم به همراه شتابنگاشتهای مصنوعی مصنوعی (بخش سوم) ٧٦

فصل پنجم - نتایج پژوهش ٨١

٥-١ مقدمه **٨١**

٥-٢ وضعیت بارگذاری دینامیکی ایده آل **٨٣**

٥-٢-١ حالت بارگذاری غیریکنواخت(InCoherence Effect)..... ٨٤

٥-٢-١-١ بررسی موارد کلی ٨٤

٥-٢-١-٢ بررسی موارد خاص..... ٩٠

عنوان **صفحه**

۵-۲-۲ حالت بارگذاری غیرهمزمان**(Wave Passage Effect)** ۹۳

۵-۲-۲-۱ بررسی موارد کلی ۹٤

۵-۲-۲-۲ بررسی موارد خاص ۹۸

۵-۲-۳ حالت بارگذاری چندتکیه گاهی**(WPI)** ۱۰۲

۵-۲-۳-۱ نتایج پاسخ ها برای المان ستون ۱۰۲

۵-۲-۳-۲ نتایج پاسخ ها برای المان تیر ۱۰۵

۵-۳ وضعیت بارگذاری حقیقی ۱۰۷

۵-۳-۱ تحریک لرزه ای در راستای طولی سازه (X) برای المان ستون ۱۰۸

۵-۳-۲ تحریک لرزه ای در راستای قائم سازه (Y) برای المان ستون ۱۱۱

۵-۳-۳ تحریک لرزه ای در راستای جانبی سازه (Z) برای المان ستون ۱۱٤

۵-۳-٤ تحریک لرزه ای در راستای طولی سازه (X) برای المان تیر ۱۱٦

۵-۳-۵ تحریک لرزه ای در راستای قائم سازه (Y) برای المان تیر ۱۱۸

۵-۳-٦ تحریک لرزه ای در راستای جانبی سازه (Z) برای المان تیر ۱۲۱

فصل ششم – نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۲٤

٦-۱ نتیجه گیری ۱۲٤

٦-۲ پیشنهادات ۱۲۸

فهرست منابع ۱۳۰

پیوست (الف) – معرفی نرم افزار های مورد استفاده ۱۳۵

فهرست شکلها

عنوان **صفحه**

فصل سوم : پایه های نظری و تئوری مسئله **۲۱**

شکل ۳-۱ : نحوه انتشار و انکسار موج لرزه ای از منبع تا محل ۲۴

شکل ۳-۲ : شتاب نگاشتهای ثبت شده در ایستگاههایی به فاصله ۲۰۰ متر ۲۵

شکل ۳-۳ : آرایه های لرزه نگار SMART 1 ..... ۳۰

شکل ۳-۴ : سیستم یک درجه آزادی تحت اثر انتقال پایه به عنوان تحریک لرزه ای ۳۶

فصل چهارم : روش انجام کار **٤٣**

شکل ۴-۱ : الف- نمای سه بعدی از هندسه سازه پل چند دهانه و محورهای کلی،

ب- برش مقطع عرشه پل به همراه محورهای محلی و

ج- برش مقطع پایه پل به همراه محورهای محلی ۴۶

شکل ۴-۲ : اشکال مودی سازه پل چند دهانه تا ۱۰ مود ارتعاشی ۴۷

شکل ۴-۳ : الف- رکورد شتاب بر حسب (g) و

ب - رکورد تغییر مکان بر حسب (cm) مربوط به زمین لرزه

امپریال ولی H-E12140 ..... ۵۷

شکل ۴-۴ : الف- مولفه طولی شتاب برای رکورد TABAS-P0144 بر مبنای (g)

ب - مولفه طولی تغییرمکانی برای رکورد TABAS-P0144 بر مبنای (cm) ۶۸

شکل ۴-۵ : الف- مولفه جانبی شتاب برای رکورد TABAS-P0144 بر مبنای (g)

ب - مولفه جانبی تغییرمکانی برای رکورد TABAS-P0144 بر مبنای cm) ۶۹

شکل ۴-۶ : الف- مولفه قائم شتاب برای رکورد TABAS-P0144 بر مبنای (g)

ب - مولفه قائم تغییرمکانی برای رکورد TABAS-P0144 بر مبنای (cm) ۶۹

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۷ : الف- مولفه افقی شتاب برای رکورد IMPVALL-P0166 بر مبنای (g)

ب - مولفه قائم تغییرمکانی برای رکورد IMPVALL -P0166 بر مبنای (cm) .. ۷۰

شکل ۴-۸ : الف- مولفه جانبی شتاب برای رکورد IMPVALL-P0166 بر مبنای (g)

ب - مولفه جانبی تغییرمکانی برای رکورد IMPVALL -P0166 بر مبنای (cm) .. ۷۱

شکل ۴-۹ : الف- مولفه قائم شتاب برای رکورد IMPVALL-P0166 بر مبنای (g)

ب - مولفه قائم تغییرمکانی برای رکورد IMPVALL -P0166 بر مبنای (cm) ۷۱

شکل ۴-۱۰ : الف- مولفه افقی شتاب برای رکورد DUZCE-P1547 بر مبنای (g)

ب - مولفه قائم تغییرمکانی برای رکورد DUZCE-P1547 بر مبنای (cm) ۷۲

شکل ۴-۱۱ : الف- مولفه جانبی شتاب برای رکورد DUZCE-P1547 بر مبنای (g)

ب - مولفه جانبی تغییرمکانی برای رکورد DUZCE-P1547 بر مبنای (cm) ۷۳

شکل ۴-۱۲ : الف- مولفه قائم شتاب برای رکورد DUZCE-P1547 بر مبنای (g)

ب - مولفه قائم تغییرمکانی برای رکورد DUZCE-P1547 بر مبنای (cm) ۷۳

شکل ۴-۱۳ : الف- شتابنگاشت AC39O03ew در ST1 بر مبنای (g)

ب - مولفه تغییرمکانی برای رکورد فوق بر مبنای (cm)..... ۷۸

شکل ۴-۱۴ : الف- شتابنگاشت شبیه سازی شده در ایستگاه ST2 در فاصله ۳۰۰ متر از ST1

بر مبنای (g)، ب - مولفه تغییرمکانی برای رکورد فوق بر مبنای (cm) ۷۸

شکل ۴-۱۵ : الف- شتابنگاشت شبیه سازی شده در ایستگاه ST3 در فاصله ۶۰۰ متر از ST1 بر

مبنای (g)، ب - مولفه تغییرمکانی برای رکورد فوق بر مبنای (cm) ۷۹

شکل ۴-۱۶ : الف- شتابنگاشت AC39M03ew در ST1 بر مبنای (g)

ب- مولفه تغییرمکانی برای رکورد فوق بر مبنای (cm) ۷۹

شکل ۴-۱۷ : الف- شتابنگاشت AC39I03ew در ST1 بر مبنای (g)

ب- مولفه تغییرمکانی برای رکورد فوق بر مبنای (cm) ۸۰

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱۸ : الف- شتابنگاشت AC39C00ew در ST1 بر مبنای (g)

ب- مولفه تغییرمکانی برای رکورد فوق بر مبنای (cm)..... ۸۰

فصل پنجم : نتایج پژوهش ۸۱

شکل ۵-۱ : نمودار مراحل بارگذاری دینامیکی ۸۲

شکل ۵-۲ : وضعیت تلاش های داخلی در سطح مقطع یک المان..... ۸۳

شکل ۵-۳ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و

غیر یکنواخت در راستای تحریک طولی برای المان ستونی

تحت رکورد IMPVALL-BCR ۸۵

شکل ۵-۴ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و

غیر یکنواخت در راستای تحریک طولی برای المان ستونی

تحت رکورد IMPVALL-BCR ۸۵

شکل ۵-۵ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و

غیر یکنواخت در راستای تحریک قائم برای المان ستونی

تحت رکورد DUZCE-BOL ۸۶

شکل ۵-۶ : مقایسه نیروی برشی Fz در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و

غیر یکنواخت درراستای تحریک جانبی برای المان ستونی

تحت رکورد IMPVALL-BCR ۸۶

شکل ۵-۷ : مقایسه لنگر خمشی My در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و

غیر یکنواخت درراستای تحریک جانبی برای المان ستونی

تحت رکورد DUZCE-BOL ۸۷

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۸ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر یکنواخت درراستای تحریک طولی برای المان تیری
تحت رکورد IMPVALL-BCR ۸۷
شکل ۵-۹ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر یکنواخت درراستای تحریک قائم برای المان تیری
تحت رکورد DUZCE-BOL ۸۸
شکل ۵-۱۰ : مقایسه نیروی برشی Fy در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر یکنواخت درراستای تحریک جانبی برای المان تیری
تحت رکورد TABAS-TAB ۸۸
شکل ۵-۱۱ : مقایسه لنگر خمشی My در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر یکنواخت درراستای تحریک جانبی برای المان تیری
تحت رکورد IMPVALL-BCR ۸۹
شکل ۵-۱۲ : مقایسه لنگر خمشی Fz در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر یکنواخت درراستای تحریک قائم برای المان تیری
تحت رکورد DUZCE-BOL ۸۹
شکل ۵-۱۳ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر یکنواخت در راستای تحریک طولی برای المان تیری
تحت رکورد IMPVALL-BCR ۹۰

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۱۴ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر یکنواخت در راستای تحریک طولی برای المان تیری
تحت رکورد DUZCE-BOL ۹۱

شکل ۵-۱۵ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر یکنواخت در راستای تحریک طولی برای المان تیری
تحت رکورد TABAS-TAB ۹۱

شکل ۵-۱۶ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر یکنواخت در راستای تحریک قائم برای المان ستونی
تحت رکورد IMPVALL-BCR ۹۲

شکل ۵-۱۷ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر یکنواخت در راستای تحریک قائم برای المان ستونی
تحت رکورد DUZCE-BOL ۹۲

شکل ۵-۱۸ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای المان ستونی
تحت رکورد IMPVALL-BCR ۹۴

شکل ۵-۱۹ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان د راستای تحریک X برای المان ستونی
تحت رکورد DUZCE-BOL ۹۵

شکل ۵-۲۰ : مقایسه نیروی برشی Fy در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای المان ستونی
تحت رکورد IMPVALL-BCR ۹۵

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۲۱ : مقایسه نیروی برشی Fy در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای المان ستونی
تحت رکورد DUZCE-BLO ۹۶
شکل ۵-۲۲ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای المان ستونی
تحت رکورد IMPVALL-BCR ۹۶
شکل ۵-۲۳ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای لمان ستونی
تحت رکورد DUZCE-BOL ۹۷
شکل ۵-۲۴ : مقایسه نیروی برشی Fy در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای المان تیری
تحت رکورد IMPVALL-BCR ۹۷
شکل ۵-۲۵ : مقایسه نیروی برشی Fy در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای المان تیری
تحت رکورد DUZCE-BOL ۹۸
شکل ۵-۲۶ : مقایسه نیروی برشی Fy در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای المان ستونی
تحت رکورد TABAS-TAB ۹۹
شکل ۵-۲۷ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای المان ستونی
تحت رکورد TABAS-TAB ۹۹

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۲۸ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای المان تیری
تحت رکورد IMPVALL-BCR ۱۰۰

شکل ۵-۲۹ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای المان تیری
تحت رکورد DUZCE-BOL ۱۰۰

شکل ۵-۳۰ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک X برای المان تیری
تحت رکورد TABAS-TAB ۱۰۱

شکل ۵-۳۱ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
غیر همزمان در راستای تحریک Y برای المان تیری
تحت رکورد IMPVALL-BCR ۱۰۱

شکل ۵-۳۲ : مقایسه نیروی محوری F_x در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
حالت تحریک چند تکیه گاهی تحریک در راستای X برای المان ستونی
تحت رکورد TABAS-TAB ۱۰۳

شکل ۵-۳۳ : مقایسه نیروی برشی F_y در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
حالت تحریک چند تکیه گاهی تحریک در راستای X برای المان ستونی
تحت رکورد TABAS-TAB ۱۰۴

شکل ۵-۳۴ : مقایسه لنگر خمشی M_z در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
حالت تحریک چند تکیه گاهی تحریک در راستای X برای المان ستونی
تحت رکورد TABAS-TAB ۱۰۴

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۳۵ : مقایسه نیروی محوری F_x در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
حالت تحریک چند تکیه گاهی تحریک در راستای X برای المان تیری
تحت رکورد TABAS-TAB ۱۰۵
شکل ۵-۳۶ : مقایسه نیروی برشی F_y در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
حالت تحریک چند تکیه گاهی تحریک در راستای X برای المان تیری
تحت رکورد TABAS-TAB ۱۰۶
شکل ۵-۳۷ : مقایسه لنگر خمشی M_z در دوحالت بارگذاری کاملاً یکنواخت و
حالت تحریک چند تکیه گاهی تحریک در راستای X برای المان تیری
تحت رکورد TABAS-TAB ۱۰۶
شکل ۵-۳۸ : مقایسه رکورد های شش گانه اعمال شده در تکیه گاه های مختلف سازه ۱۰۷
شکل ۵-۳۹ : مقایسه نیروی محوری Fx در دوحالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۰۹
شکل ۵-۴۰ : مقایسه نیروی برشی Fy در دوحالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۰۹
شکل ۵-۴۱ : مقایسه لنگر پیچشی Mx در دوحالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۰
شکل ۵-۴۲ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دوحالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۰
شکل ۵-۴۳ : مقایسه نیروی محوری Fx در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۰

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۴۴ : مقایسه نیروی برشی Fy در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۲
شکل ۵-۴۵ : مقایسه نیروی برشی Fz در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۲
شکل ۵-۴۶ : مقایسه لنگر پیچشی Mx در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۳
شکل ۵-۴۷ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۳
شکل ۵-۴۸ : مقایسه نیروی برشی Fz در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۴
شکل ۵-۴۹ : مقایسه لنگر پیچشی Mx در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۵
شکل ۵-۵۰ : مقایسه لنگر خمشی My در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۵
شکل ۵-۵۱ : مقایسه نیروی محوری Fx در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۶
شکل ۵-۵۲ : مقایسه نیروی برشی Fy در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۷
شکل ۵-۵۳ : مقایسه لنگر خمشی My در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۷

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۵۴ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۸
شکل ۵-۵۵ : مقایسه نیروی محوری Fx در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۹
شکل ۵-۵۶ : مقایسه نیروی برشی Fy در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۱۹
شکل ۵-۵۷ : مقایسه لنگر خمشی My در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۲۰
شکل ۵-۵۸ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۲۰
شکل ۵-۵۹ : مقایسه نیروی برشی Fz در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۲۱
شکل ۵-۶۰ : مقایسه لنگر پیچشی Mx در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۲۲
شکل ۵-۶۱ : مقایسه لنگر خمشی My در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۲۲
شکل ۵-۶۲ : مقایسه لنگر خمشی Mz در دو حالت تحریک کاملاً یکنواخت و
چند تکیه گاهی ۱۲۳