نام خانوادگی: اللّهیاری ثانی **نام:** علی

عنوان پایان‌نامه: کاربرد کابل به جای بادبند در سازهای بتن آرمه سه بعدی و تعیین ضریب رفتار

استاد راهنما: دکتر مجید برقیان

استاد مشاور: دکتر حسین غفارزاده

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی عمران **گرایش:** سازه **دانشگاه:** تبریز

دانشکده: مهندسی عمران **تاریخ فارغ‌التحصیلی:** ۱۳۸۸/۷/٤ **تعداد صفحات:** ۱۵۷

کلید واژه‌ها: مهاربند کابلی میرا، ضریب رفتار، سیستم مقاوم جانبی، ضریب شکل‌پذیری، ضریب مقاومت افزون، ضریب نامعینی، سازه‌های سه بعدی

چکیده:

خسارت جانی و مالی ناشی از زلزله‌های اخیر اهمیت مقاوم سازی سازه‌ها را در برابر زلزله بیش از پیش آشکار نموده است. از روشهای مقاوم سازی سازه‌ها در برابر نیروی زلزله استفاده از سیستم‌های بادبندی می‌باشد. کابل به عنوان یک عنصر انعطاف‌پذیری که فقط قادر به تحمل نیروهای کششی است و هیچ گونه مقاومت فشاری ندارد، شناخته شده است، که استفاده از اعضای فقط کششی در مهاربندی سازه‌ها، ایدهٔ استفاده از کابل را به عنوان سیستم مهاربند جانبی در سازه‌ها ایجاد کرده است. موضوع این پژوهش معرفی سیستم کابلهای پیش تنیده و میراگر جهت مقاوم‌سازی ساختمانهای بتن آرمهٔ سه بعدی در برابر بارهای جانبی ناشی از زلزله و تعیین ضریب رفتار می‌باشد.

در سیستم با کابل یکپارچه، کابل‌ها از طبقات مختلف قابها با اتصالات لغزشی عبور می‌کنند و در طبقه آخر مهار می‌شوند. در این حالت برآیند مولفه‌های نیروی کششی کابل در طبقات مجاور که به علت شکستگی امتداد آن ایجاد می‌شوند، باعث ایجاد مقاومت در برابر تغییر مکانهای جانبی قاب می‌گردند.

با توجه به اینکه ضریب رفتار سازه‌ها اهمیت زیادی در طراحی آنها دارد، از این رو در این پژوهش ضریب رفتار سیستم فوق‌الذکر بررسی می‌گردد. هدف اصلی این پژوهش بررسی ضریب رفتار با در نظر گرفتن تأثیر سه عامل: ضریب کاهش به علت شکل‌پذیری، ضریب مقاومت افزون و ضریب نامعینی سازه‌هاست که با در نظر گرفتن تغییرات ارتفاع سازه و سهم مهاربندها از برش پایه ارزیابی می‌شوند.

مدل‌های مورد استفاده در این پایان نامه قابهای بتنی سه بعدی با ارتفاع ٦،٣، ۹ طبقه می‌باشند که در هر یک از آنها سهم مهاربندهای کابلی میرا، صفر، ۲۵ و ۵۰ درصد از برش پایه در نظر گرفته شده و باقیمانده توسط قاب خمشی تحمل می‌گردد.

با انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی (Pushover) توسط نرم‌افزار SAP 2000 منحنی ظرفیت هر یک از سازه‌ها، به دست آمده و پارامترهای مؤثر در تعیین ضریب رفتار تعیین می‌شوند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که در حالت کلی با افزایش ارتفاع مقدار ضریب رفتار کاهش و با افزایش سهم مهاربند از برش پایه مقدار آن افزایش می‌یابد.

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول: بررسی منابع

مقدمه ۲
۱-۱ کابل و مفاهیم اساسی سازه‌های کابلی ۳
۱-۱-۱ کابل ۳
۱-۱-۲ انواع اصلی کابل ها ۳
۱-۱-۲-۱ کابلهای حلزونی یا مارپیچی (Spiral Strands) ٤
۱-۱-۲-۱-۱ انواع کابل های حلزونی از نظر هستهٔ مرکزی ٤
۱-۱-۲-۱-۲ دسته‌بندی کابل ها از نظر نحوهٔ تاب ٥
۱-۱-۲-۱-۲-۱ کابل ها با تاب معمولی ٥
۱-۱-۲-۱-۲-۲ کابل ها با تاب لنگ (Lang) ٥
۱-۱-۲-۱-۲-۳ تاب راستگرد و چپ گرد ٦
۱-۱-۲-۱-۳ دسته‌بندی کابل ها از نظر نحوهٔ بافت ٦
۱-۱-۲-۱-۳-۱ بافت سیل (Seale) ۷
۱-۱-۲-۱-۳-۲ بافت وارینگتن (warrington) ۷
۱-۱-۲-۱-۳-۳ بافت فیلر (Filler) ۷
۱-۱-۲-۱-۳-٤ بافت استاندارد (Standard) ۷
۱-۱-۲-۲ کابل‌های میله موازی (Parallel - bar cables) ۸
۱-۱-۲-۳ کابل‌های سیم موازی (Parallel - wire cables) ۸
۱-۱-۲-٤ کابل‌های رشته‌ای (Stranded cables) ۹
۱-۱-۲-٥ کابل‌های پرس شدهٔ هسته‌دار (Locked - coil cables) ۹
۱-۱-۳ کابل‌ها و مصالح ساخت آنها ۱۰
۱-۱-۳-۱ کابل‌های فولادی بدون روکش یا غیر گالوانیزه ۱۰
۱-۱-۳-۲ کابل‌های فولادی گالوانیزه ۱۱
۱-۱-۳-۳ کابل‌های فولادی ضد زنگ (Stainless steel) ۱۱
۱-۱-٤ مقاومت گسیختگی انواع کابل ها ۱۱

عنوان ..... صفحه

۱-۱-۵ پیش شکل دادن کابل ها ۱۲
۱-۱-٦ روغن کاری کابل های فولادی ۱۲
۱-۱-۷ نحوهٔ تعیین قطر کابل ۱۳
۱-۱-۸ انواع اتصالات مربوط به کابل ۱٤
۱-۱-۸-۱ حلقه‌های انتهایی (Sling) ۱٤
۱-۱-۸-۱-۱ ایجاد حلقهٔ فولادی بادو سرپرس کردن کابل واتصال بست گلویی(Ferrule) ۱٤
۱-۱-۸-۱-۲ ایجاد حلقه و تثبیت آن با بست‌های U شکل (Wire rope grips) ۱٤
۱-۱-۸-۱-۳ درست کردن حلقه توسط دست (گیس باف کردن) ۱٤
۱-۱-۸-۲ سوکت‌های باز یا بسته ۱۵
۱-۱-۹ مدول الاستیسیتهٔ کابل (E) ۱۷
۱-۱-۱۰ مقاومت کابل ها (مقاومت کششی f_{cb}) ۱۷
۱-۱-۱۱ پیش تنیدگی در کابل ها ۲۱
۱-۱-۱۲ نامگذاری کابل ها بر طبق استاندارد BS انگلستان ۲۲
۱-۱-۱۳ محاسبهٔ حداقل بار گسیختگی کابل‌ها ۲۳
۱-۱-۱٤ وزن واحد طول کابل ها ۲۷
۱-۱-۱۵ حد بار مجاز حلقه‌ها برحسب نوع و نحوهٔ استفاده طبق استاندارد DIN3088 ..... ۲۸
۱-۱-۱٦ اثرات تغییر دما و حرارت در کابل ها ۳۳
۱-۱-۱۷ سازه‌های کابلی بعنوان یک سازهٔ کششی ۳٤
۱-۱-۱۸ مزایای سازه‌های کابلی ۳۵
۱-۲ سیستم‌های مقاوم جانبی ۳٦
۱-۲-۱ مقدمه ۳٦
۱-۲-۲ انواع سیستم‌های مهاربندی و مقاوم‌سازی سازه ۳۷
۱-۲-۲-۱ قاب خمشی ۳۸
۱-۲-۲-۲ قاب های میان پر ۳۸
۱-۲-۲-۳ تاوه‌های تخت و قارچی ۳۹
۱-۲-۲-٤ دیوار برشی بتنی ۳۹
۱-۲-۲-۵ سازه‌های قاب – دیوار ٤۱
۱-۲-۲-٦ قاب‌های محیطی ٤۱

عنوان ..... صفحه

۱-۲-۲-۷ دیوار برشی فولادی ٤۲
۱-۲-۲-۸ مهاربندی‌های فلزی ٤٤
۱-۲-۳ سیستم مهاربندی کابلی ٤٥
۱-۲-٤ پیشینهٔ پژوهش ٤۹
۱-۳ ضریب رفتار سازه‌ها ٥۱
۱-۳-۱ مقدمه ٥۱
۱-۳-۲ تاریخچه پیدایش و شکل گیری محاسبه ضریب رفتار ٥۲
۱-۳-۳ ضریب شکل پذیری و نسبت آن ٥٤

فصل دوم:مواد و روشها

۲-۱ موارد تحلیلی کابل ها ٥۷
۲-۱-۱ مقدمه ٥۷
۲-۱-۲ رفتار غیر خطی کابل ٥۸
۲-۱-۳ مقایسهٔ تیر با کابل ٦۲
۲-۱-٤ انواع المان های کابلی ٦۳
۲-۱-٤-۱ المان کابل محوری ٦٤
۲-۱-٤-۲ المان کابل تحلیلی ٦٥
۲-۱- ٥ المان کابلی دو بعدی ٦٥
۲-۱-٥-۱ نظریهٔ عمومی کابل ها ٦٦
۲-۱-٥-۲ کابل تحت اثر بار گستردهٔ یکنواخت ٦۷
۲-۱-٥-۳ نیروی کششی در کابل ها تحت اثر بار گستردهٔ یکنواخت در امتداد افق ٦۹
۲-۱-٥-٤ طول کابل تحت اثر بار گستردهٔ یکنواخت در امتداد افق ۷۰
۲-۱-٥-٥ افزایش طول یا اتساع الاستیک کابل ۷۲
۲-۲ معرفی میراگرهای غیر فعال ۷٤
۲-۲-۱ میراگرهای اصطکاکی ۷٤

عنوان ..... صفحه

۲-۲-۱-۱ میراگر پال ۷۵
۲-۲-۱-۲ میراگرهای اصطکاکی سومیتومو ۷۶
۲-۲-۱-۳ میراگر اصطکاکی فلور – دانیل (EDR) ۷۶
۲-۲-۱-٤ اتصالات پیچی با سوراخ لوبیایی (Slotted Bolted Conections) ۷۶
۲-۲-۱-۵ میراگرهای فلزی ۷۷
۲-۳ نحوهٔ عملکرد سیستم های کابلی و مدلسازی آنها در نرم افزار SAP 2000 ..... ۷۹
۲-۳-۱ مقدمه ۷۹
۲-۳-۲ نحوهٔ عملکرد سیستم های کابلی ۷۹
۲-۳-۲-۱ سیستم با کابل یکپارچه ۸۰
۲-۳-۲-۲ سیستم کابلی ضربدری ۸۳
۲-۳-۳ معرفی برنامهٔ SAP 2000 ..... ۸۶
۲-۳-۳-۱ عضوهای غیر خطی Nlink در نرم افزار SAP2000 ..... ۸۶
۲-۳-۳-۱-۱ عضو Hook ۸۷
۲-۳-۳-۱-۲ عضو Gap ۸۷
۲-۳-۳-۱-۳ عضو Damper ۸۷
۲-۳-۳-۲ نحوهٔ مدل کردن کابل ۸۷
۲-۳-۳-۳ غیر خطی هندسی ۸۹
۲-۳-۳-۳-۱ اثرات P-Δ ۹۰
۲-۳-۳-۳-۲ اثر تغییر مکان های بزرگ ۹۱
۲-۳-۳-٤ بارهای حرارتی ۹۲
۲-۳-۳-۵ غیرخطی مصالح ۹۳
۲-۳-۳-٦ قیدها (Constraints) ۹۳
۲-۳-٤ نحوهٔ مدلسازی اتصال لغزشی کابل با سازه در SAP 2000 ..... ۹۵
۲-۳-۵ شرح مدل های ساخته شده ۹٦
۲-٤ ضریب رفتار سازه‌ها ۱۰۳
۲-٤-۱ ضریب کاهش نیرو (ضریب رفتار R) ۱۰۳
۲-٤-۱-۱ ضریب کاهش ناشی از شکل پذیری (Rμ) ۱۰۳
۲-٤-۱-۲ ضریب کاهش به علت مقاومت افزون Rs ۱۰٤

عنوان ..... صفحه

۲-٤-۱-۳ ضریب کاهش به علت نامعینی R_R ۱۰۵
۲-٤-۱-٤ ضریب کاهش به علت میرایی، R_ξ ۱۰٦
۲-٤-۲ نگرش های طراحی ۱۰۷
۲-٤-۲-۱ طراحی به روش حالت حدی و یا ضرایب بار و مقاومت نهایی ۱۰۷
۲-٤-۲-۲ طراحی به روش تنش مجاز ۱۰۸
۲-٤-۳ روابط موجود در مورد ضریب کاهش نیروی زلزله در اثر شکل پذیری (R_μ) ۱۱۰
۲-٤-۳-۱ Newmark - Hall ۱۱۰
۲-٤-۳-۲ Riddell - Hidalgo – Cruz ۱۱۲
۲-٤-۳-۳ Nassar - Krawinkler ۱۱۳
۲-٤-۳-٤ Miranda – Bertero ۱۱٤
۲-۵ تحلیل استاتیکی غیر خطی ۱۱٦
۲-۵-۱ مقدمه ۱۱٦
۲-۵-۲ تحلیل پوش‌آور (بار افزون) ۱۱۷
۲-۵-۳ روند تحلیل استاتیکی غیر خطی (پوش‌اور) ۱۱۸
۲-۵-٤ مزایای تحلیل پوش‌اور ۱۱۸
۲-۵-۵ کاستی‌ها و محدودیت‌های عمده روش تحلیل پوش‌اور سنتی ۱۱۹
۲-۵ الگوی توزیع بار در آنالیز غیرخطی پوش اور (Push Over) ۱۲۱
۲-٦ روشهای دو خطی کردن منحنی ظرفیت ۱۲۳
۲-٦-۱ دستورالعمل دو خطی کردن منحنی ظرفیت براساس آئین نامه FEMA ۱۲۳
۲-٦-۲ دستورالعمل دوخطی کردن منحنی ظرفیت براساس ATC-40 ..... ۱۲٤
۲-۷ روند تحلیل پوش آور و محاسبه ضریب رفتار ۱۲۵

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱ مقایسه وزن سیستم قاب خمشی و سیستم‌های مهاربندی کابلی میرا ۱۲۷
۳-۲ نتایج تحلیل استاتیکی غیر خطی (Push Over) ۱۲۷
۳-۳ نتایج تحلیل مقدار ویژه و تعیین دورهٔ تناوب ۱۳۲
۳-٤ ضریب کاهش به علت مقاومت افزون (Ro) ۱۳۳
۳-٤-۱ ضریب مقاومت افزون و سیستم مقاوم جانبی ۱۳٤

عنوان ..... صفحه

۳-۵ ضریب کاهش به علت شکل‌پذیری (R_μ) ۱۳۵
۳-۵-۱ ضریب کاهش به علت شکل‌پذیری براساس روابط نیومارک – هال ۱۳۵
۳-۵-۱-۱ ضریب کاهش شکل‌پذیری و ارتفاع سازه ۱۳۵
۳-۵-۱-۲ ضریب کاهش شکل‌پذیری و سیستم مقاوم جانبی ۱۳۷
۳-۵-۲ ضریب کاهش به علت شکل‌پذیری براساس روابط میراندا برترو ۱۳۸
۳-۵-۲-۱ ضریب کاهش شکل‌پذیری و ارتفاع سازه ۱۳۹
۳-۵-۲-۲ ضریب کاهش شکل‌پذیری و سیستم مقاوم جانبی ۱۴۰
۳-۵-۳ مقایسهٔ مقادیر ضریب کاهش ناشی از شکل‌پذیری براساس روابط میراندا- برترو و نیومارک- هال ... ۱۴۱
۳-۶ ضریب کاهش به علت نامعینی R_R ۱۴۳
۳-۷ نتایج بدست آمده برای ضریب رفتار ۱۴۴
۳-۷-۱ بررسی ضریب رفتار براساس رابطه نیومارک- هال و ارتفاع سازه ۱۴۵
۳-۷-۲ بررسی ضریب رفتار براساس رابطه نیومارک-هال و سیستم مقاوم جانبی ۱۴۷
۳-۷-۳ بررسی ضریب بر اساس روابط میراندا- برتر و ارتفاع سازه ۱۴۷
۳-۷-۴ بررسی ضریب رفتار بر اساس روابط میراندا- برترو و سیستم مقاوم جانبی ۱۴۹
۳-۷-۵ مقایسهٔ ضریب رفتار بر اساس روابط نیومارک- هال و میراندا- برترو ۱۵۰
۳-۸ نتیجه گیری ۱۵۳
۳-۹ پیشنهادات ۱۵۴
منابع ۱۵۵

فهرست جداول

عنوان ..... صفحه

فصل اول: بررسی منابع

جدول (۱-۱): مقاطع و مشخصات کابل های مصرفی در پل های کابلی ۱۰
جدول (۱-۲) مقادیر مقاومت گسیختگی مفتول های فولادی ۱۱
جدول (۱-۳): انواع سوکت های مورد استفاده در اتصالات کابل ها ۱۶
جدول (۱-٤) حداقل بار گسیختگی کابل ۱۹×٦ استاندارد با هستهٔ الیافی با استاندارد DIN 3060 ..... ۲٤
جدول (۱-٥) حداقل بار گسیختگی کابل ۱۹×٦ وارینگتون با هستهٔ فولادی با استاندارد DIN 3059 ..... ۲٥
جدول (۱-٦) حداقل بار گسیختگی تعدادی از کابل ها مطابق با استاندارد BS30.2:PART2:1987 ..... ۲٦
جدول (۱-۷) مقادیر ضرایب تجربی k، k_{1n}، k_{1p}، k_2 ..... ۲۸
جدول (۱-۸) حد بار مجاز حلقه‌ها مطابق با استاندارد DIN3088 ..... ۲۹
جدول (۱-۹) حد بار مجاز حلقه‌ها مطابق با استاندارد DIN3088 ..... ۳۰
جدول (۱-۱۰) حد بار مجاز حلقه‌ها مطابق با استاندارد DIN3088 ..... ۳۱
جدول (۱-۱۱) حد بار مجاز حلقه‌ها مطابق با استاندارد DIN3088 ..... ۳۲

فصل دوم:مواد و روشها

جدول (۲-۱) سازهٔ ۳ طبقه: مقاطع طراحی شده برای قاب ۱۰۰٪ سهم برش پایه ۹۹
جدول (۲-۲) سازهٔ ۳ طبقه:: مقاطع طراحی شده برای قاب ۷۵٪ و مهاربند ۲۵٪ سهم برش پایه ۹۹
جدول (۲-۳) سازهٔ ۳ طبقه: مقاطع طراحی شده برای قاب ۵۰٪ و مهاربند ۵۰٪ سهم برش پایه ۹۹
جدول (۲-٤) سازهٔ ٦ طبقه: مقاطع طراحی شده برای قاب ۱۰۰٪ سهم برش پایه ۱۰۰
جدول (۲-٥) سازهٔ ٦ طبقه: مقاطع طراحی شده برای قاب ۷۵٪ و مهاربند ۲۵٪ سهم برش پایه ۱۰۰
جدول (۲-٦) سازهٔ ٦ طبقه: مقاطع طراحی شده برای قاب ۵۰٪ و مهاربند ۵۰٪ سهم برش پایه ۱۰۱
جدول (۲-۷) سازهٔ ۹ طبقه: مقاطع طراحی شده برای قاب ۱۰۰٪ سهم برش پایه ۱۰۱
جدول (۲-۸) سازهٔ ۹ طبقه: مقاطع طراحی شده برای قاب ۷۵٪ و مهاربند ۲۵٪ سهم برش پایه ۱۰۲
جدول (۲-۹) سازهٔ ۹ طبقه: مقاطع طراحی شده برای قاب ۵۰٪ و مهاربند ۵۰٪ سهم برش پایه ۱۰۲
جدول (۲-۱۰): ضریب مربوط به نامعینی R_R ۱۰۵
جدول (۲-۱۱) ضریب میرایی بر اساس UBC-94 ..... ۱۰۷

عنوان ..... صفحه

جدول (۲-۱۲) : مقادیر پارامترهای بکار رفته در رابطهٔ کاهش پیشنهادی توسط هیدالگو و کروز ۱۱۲
جدول (۲-۱۳) مقادیر پارامترهای a و b ۱۱۳
جدول (۲-۱٤) : مقادیر وزن طبقات در مدل های مورد مطالعه (ton) ۱۲۲

فصل سوم: نتایج و بحث

جدول (۳-۱) وزن سیستم‌های سازه‌ای و مقایسه آنها با هم ۱۲۷
جدول (۳-۲) نتایج تحلیل مدل‌ها توسط SAP 2000 ..... ۱۳۱
جدول (۳-۳) مقادیر ضریب کاهش به علت مقاومت افزون ۱۳۳
جدول (۳-٤) مقادیر ضریب کاهش شکل‌پذیری براساس روابط نیومارک – هال ۱۳۵
جدول (۳-۵) مقادیر R_μ برحسب روابط میراندا- برترو ۱۳۸
جدول (۳-٦) مقادیر ضریب کاهش ناشی از نامعینی R_R ۱٤۳
جدول (۳-۷) مقادیر ضریب رفتار (R) براساس روابط نیومارک- هال ۱٤٤
جدول (۳-۸) مقادیر ضریب رفتار (R) براساس روابط میراندا- برترو ۱٤٤

فهرست اشکال

عنوان ..... صفحه

فصل اول: بررسی منابع

شکل (۱-۱) کابل و اجزای تشکیل دهندهٔ آن ٤
شکل (۱-۲) کابل های راست گرد و چپ گرد با تاب های معمولی و لنگ ٦
شکل (۱-۳) انواع بافت ها در کابل ها ۸
شکل (۱-٤) نحوهٔ اندازه گیری قطر کابل ها ۱۳
شکل (۱-۵) (الف) سه روش موجود جهت درست کردن حلقه ، (ب) اجرای صحیح بستهای U شکل ۱۵
شکل (۱-٦) نمودار رفتار کابل ۱۸
شکل (۱-۷) پدیدهٔ سست‌شدگی کابل ۲۰
شکل (۱-۸) مقاومت کابل ها در برابر خستگی و فرسایش ۲۱
شکل(۱-۹) نامگذاری انواع کابل های فولادی طبق استاندارد BS انگلستان ۲۳
شکل(۱- ۱۰) پارامترهای F، L، S_0 ..... ۳۳
شکل (۱-۱۱) شمای کلی سیستم مهاربندی کابلی از نوع سیستم ضربدری ٤۵
شکل (۱-۱۲) شمای کلی سیستم با کابل یکپارچه (الف) بصورت داخلی (ب) بصورت خارجی ٤۷
شکل (۱-۱۳) استفاده از سیستم با کابل یکپارچه، با چندین جفت کابل در امتداد طولی ساختمان ٤۸
شکل (۱-۱٤) ساختمان ساخته شده جهت مقاوم سازی با سیستم کابلی میرا
در پروژهٔ تحقیقاتی SPIDER ۵۰
شکل (۱-۱۵) منحنی برش پایه در مقابل تغییر مکان بام ۵۵

فصل دوم:مواد و روشها

شکل (۲-۱) چند ضلعی تعادل برای کابل آویزان از دو نقطهٔ A و B ٦۰
شکل (۲-۲) کابل آویزان از دو نقطهٔ A و B، با بارهای متمرکزPو 2P و منحنی بار- تغییرشکل مربوطه ٦۲
شکل (۲-۳) تیر سه مفصلی بعنوان مدل رفتارسازهٔ کابلی ٦۲
شکل (۲-٤) وزن W که توسط کابلی آویزان شده و بار جانبی P را تحمل می کند ٦٤
شکل (۲-۵) حصول نظریهٔ عمومی کابل ٦٦
شکل (۲-٦) کابل تحت اثر بار گستردهٔ یکنواخت در امتداد افق ٦۸

عنوان ..... صفحه

شکل (۲-۷) کابل تحت اثر بار گسترده با وتر افقی ٦٩
شکل (۲-۸) میراگر پال ۷۵
شکل (۲-۹) عملکرد سیستم با کابل یکپارچه در برابر بارهای جانبی، بار جانبی
(الف) به طرف راست(ب) به طرف چپ ۸۱
شکل (۲-۱۰) نحوهٔ اتصال لغزشی کابل به کف طبقات میانی و اتصال آن به پی در طبقهٔ اول ۸۲
شکل (۲-۱۱) عملکرد سیستم کابلی ضربدری در برابر بارهای جانبی، بار جانبی
(الف) به طرف راست(ب) به طرف چپ ۸٤
شکل (۲-۱۲) نحوهٔ اتصال کابل به اعضای قاب با استفاده از سوکت ها ۸۵
شکل (۲-۱۳) نحوهٔ اتصال کابل به اعضای قاب توسط ایجاد حلقه ۸۵
شکل (۲-۱٤) مشخصات عضوهای غیر خطی برای تغییر شکل محوری ۸٦
شکل (۲-۱۵) تعریف امتداد و زاویهٔ میانگین ۹۵
شکل (۲-۱٦) پلان تیپ مدل های مورد بررسی ۹۷
شکل (۲-۱۷)منحنی برش پایه بر حسب جابجایی در طراحی به روش حالت حدی ۱۰۸
شکل (۲-۱۸) منحنی برش پایه بر حسب جابجایی در طراحی به روش تنش مجاز ۱۱۰
شکل (۲-۱۹) رابطه بین بیشینهٔ جابجایی سازهٔ ارتجاعی با سازهٔ واقعی برای پریودهای کوتاه
(نیومارک و هال) ۱۱۱
شکل (۲-۲۰) رابطه بین بیشینهٔ جابجایی سازهٔ ارتجاعی با سازهٔ واقعی برای پریودهای بلند
(نیومارک و هال) ۱۱۱
شکل (۲-۲۱) مقادیر R_μ طبق روابط هیدالگو و کروز ۱۱۳
شکل (۲-۲۲) ضریب اصلاح مربوط به سیستم چند درجه آزادی ۱۱٤
شکل (۲-۲۳) تغییرات ضریب شکل‌پذیری (R_μ) بر حسب پریود سازه برای نسبت‌های
شکل‌پذیری ۲، ٤ و ٦ ..... ۱۱۵
شکل (۲-۲٤) منحنی ظرفیت دوخطی براساس آئین نامهٔ FEMA ۱۲۳
شکل (۲-۲۵) ایده آل‌سازی منحنی برش پایه برحسب جابجایی براساس ATC-40 ..... ۱۲٤

فصل سوم: نتایج و بحث

شکل (۳-۱) نمودارهای نیرو- جابجایی الف) سازهٔ ۳ طبقه، ب) سازهٔ ٦ طبقه ج) سازهٔ ۹ طبقه ۱۳۰

عنوان ..... صفحه

شکل (۳-۲) تغییرات دورهٔ تناوب سازه‌ها ۱۳۲
شکل (۳-۳) تغییرات ضریب مقاومت افزون با تغییر ارتفاع سازه‌ها ۱۳٤
شکل (۳-٤) تغییرات ضریب مقاومت افزون با تغییر سهم مهاربند از نیروی جانبی ۱۳٤
شکل (۳-۵) تغییرات R_μ با ارتفاع سازه در سازه‌های مورد بررسی در سیستم قاب خمشی ۱۳٦
شکل (۳-٦) تغییرات R_μ با ارتفاع سازه در سازه‌های مورد بررسی در سیستم قاب مهاربندی شده
با سیستم کابل میرا با سهم ۷۵٪ برش پایهٔ قاب خمشی ۱۳٦
شکل (۳-۷) تغییرات R_μ با ارتفاعسازه در سازه‌های مورد بررسی در سیستم قاب مهاربندی شده
با سیستم کابلی میرا با سهم ۵۰٪ برش پایهٔ قاب خمشی ۱۳۷
شکل (۳-۸) تغییرات R_μ با تغییر سهم مهاربند کابلی میرا از برش پایه ۱۳۸
شکل (۳-۹) تغییرات R_μ با ارتفاع سازه در سازه‌های مورد بررسی در سیستم قاب خمشی ۱۳۹
شکل (۳-۱۰) تغییرات R_μ با ارتفاع سازه در سازه‌های مورد بررسی در سیستم قاب مهاربندی
کابلی میرا با سهم برش پایه ۷۵٪ برای قاب خمشی ۱۳۹
شکل (۳-۱۱) تغییرات R_μ با ارتفاع سازه در سازه‌های مورد بررسی در سیستم قاب مهاربندی
کابلی میرا با سهم برش پایه ۵۰٪ برای قاب خمشی ۱٤۰
شکل (۳-۱۲) تغییرات R_μ با تغییر سهم مهاربند کابلی میرا از برش پایه ۱٤۱
شکل (۳-۱۳) مقایسهٔ مقادیر R_μ براساس روابط نیومارک – هال و میراندا- برترو در سازهٔ ۳ طبقه ۱٤۲
شکل (۳-۱٤) مقایسهٔ مقادیر R_μ براساس روابط نیومارک – هال و میراندا- برترو در سازهٔ ٦ طبقه ۱٤۲
شکل (۳-۱۵) مقایسهٔ مقادیر R_μ براساس روابط نیومارک – هال و میراندا- برترو در سازهٔ ۹ طبقه ۱٤۲
شکل (۳-۱٦) تغییرات ضریب رفتار سیستم قاب خمشی با ارتفاع براساس روابط نیومارک- هال ۱٤۵
شکل (۳-۱۷) تغییرات ضریب رفتار با ارتفاع در سیستم قاب مهاربند کابلی میرا با سهم برش
پایه ۷۵٪ برای قاب خمشی و ۲۵٪ برای سیستم مهاربند براساس روابط نیومارک- هال ۱٤٦
شکل (۳-۱۸) تغییرات ضریب رفتار با ارتفاع در سیستم قاب مهاربند کابلی میرا با سهم برش
پایه ۵۰٪ باری قاب خمشی و ۵۰٪ برای سیستم مهاربند براساس روابط نیومارک- هال ۱٤٦
شکل (۳-۱۹) تغییرات (R) با تغییر سهم مهار بند کابلی میرا از برش پایه ۱٤۷
شکل (۳-۲۰) تغییرات ضریب رفتار سیستم قاب خمشی با ارتفاع سازه بر اساس روبط میراند- برترو ۱٤۸
شکل (۳-۲۱) تغییرات ضریب رفتار با ارتفاع در سیستم قاب مهاربند کابلی میرا با سهم برش
پایه ۷۵٪ برای قاب خمشی و ۲۵٪ سیستم مهاربند بر اساس روابط میراندا- برترو ۱٤۸

عنوان ..... صفحه

شکل (۳-۲۲) تغییرات ضریب رفتار با ارتفاع در سیستم قاب مهاربند کابلی میرا با سهم برش
پایه ۵۰٪ قاب خمشی و ۵۰٪ سیستم مهاربند بر اساس روابط میراندا- برترو..... ۱۴۹
شکل (۳-۲۳) تغییرات (R) با تغییر سهم مهار بند کابلی میرا از برش پایه..... ۱۵۰
شکل (۳-۲٤) مقایسهٔ R در سازهٔ ۳ طبقه ۱۵۱
شکل (۳-۲۵) مقایسهٔ R در سازهٔ ٦ طبقه..... ۱۵۱
شکل (۳-۲٦) مقایسهٔ R در سازهٔ ۹ طبقه..... ۱۵۲

بررسی منابع

بررسی منابع

مقدمه

در طول تاریخ همواره زلزله به عنوان یکی از بلاهای طبیعی که بیشترین تلفات را چه در بعد مادی و چه در بعد معنوی بر جوامع بشری وارد کرده، مورد توجه بوده است. این توجه تا چند صدهٔ پیش صرفاً به صورت ترس از زلزله و سعی در فرار از آن بوده است. اما با پیشرفت جوامع بشری و بخصوص پیشرفت علم مهندسی عمران، همواره در پی راه‌حلی برای مقابله با آن یا کنترل خسارت ناشی از آن به بهترین نحو ممکن بوده‌اند. علم مهندسی امروزه به این نتیجه رسیده است که با شناخت این پدیده و اثرهای آن و نیز تحقیق و پژوهش در ساخت و ساز صحیح و شناخت مصالح نوین و استفاده از سیستم‌های جدید و بررسی نتایج حاصل از زلزله‌های گذشته می‌تواند منجر به راه‌حل‌های در تقلیل اثر زلزله‌ها در نواحی مختلف داشته باشد.

همگام با پیشرفت علم مهندسی عمران و تاکید بر مقاوم‌سازی سازه‌ها در مقابل نیروهای جانبی، استفاده از سیستم‌های مناسب و با عملکرد مطمئن برای مقابله با این نیروها احساس می‌شود.

قابهای مهاربندی شده با مهارهای هم مرکز، خارج از مرکز و قابهای خمشی در سازه‌های فولادی و دیوارهای برشی و قاب‌های خمشی در سازه‌های بتنی از انواع سیستم‌های تحمل بارهای جانبی و استفاده از انواع FRP، انواع میراگر، آلیاژهای هوشمند (SMA) و کابل نیز به عنوان مصالح نوین در علم مهندسی عمران اهمیت خاصی برای خود پیدا کرده‌اند.

کابل یا همان طناب فلزی مصالحی است که از تابیدن رشته‌های باریک فولادی به طرزی خاص بدست می‌آید. با توجه به خواصی که کابل ها دارند، استفاده از آنها در سازه‌های مانند پل های کابلی و معلق، برج‌ها و دکل‌های مهار شده و... رایج است. کابل ها با سطح مقطع کوچک و وزن کم دارای

مقاومت کششی بسیار بالایی بوده و مقاومت خوبی در برابر خوردگی، سایش و خستگی دارنـد. گـاه مقاومت کششی کابل تا ۱۰ برابر مقاطع فولادی معمولی می‌رسد. این مزایا باعـث شـده کـه محققـین علم سازه اخیراً به فکر استفاده از کابل به عنوان یک سیستم مقاوم‌سازی در انواع سازه‌ها بیافتند.

۱-۱ کابل و مفاهیم اساسی سازه‌های کابلی

۱-۱-۱ کابل

منظور از کابل مجموعه‌ای از مفتولهای فولادی است که بدنهٔ واحدی را تشکیل می‌دهند. کابل‌ها قطعات انعطاف‌پذیری هستند که مقاومت کششی بسیار بالائی در مقایسه با فولاد معمولی در سازه‌هـا دارند. کابل‌ها شکل‌پذیری (ductility) کمتری داشته و کرنش نهایی در آنهـا تنهـا یـک پـنجم فـولاد سازه‌ای است [۳].

کابلها در بسیاری از سازه‌های مهندسی کاربرد دارند. عناصر اصلی بابر انواع پلهای معلق، کـابلی یا سقف‌های معلق، کابلها می‌باشند. همچنین کابلها در انواع جرثقیل‌ها، آسانسورها، دکـل‌هـای انتقـال نیرو و .... و همچنین بتن پیش تنیده استفاده می‌شوند.

۱-۱-۲ انواع اصلی کابل ها

۱-۱-۲-۱ کابلهای حلزونی یا مارپیچی (Spiral strands)

۱-۱-۲-۲ کابلهای میله موازی (Parallel - barcables)

۱-۱-۲-۳ کابلهای سیم موازی (Parallel - wirecables)

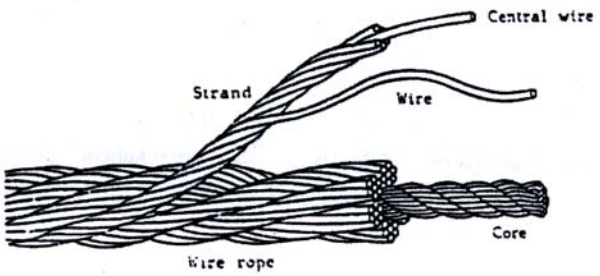
۱-۱-۲-٤ کابلهای رشته‌ای (stranded cables)

۱-۱-۲-۵ کابلهای پرس شدهٔ هسته‌دار (Locked - coil cables)

۱-۱-۲-۱ کابلهای حلزونی یا مارپیچی (Spiral Strands)

کابلهای حلزونی یا مارپیچی، شامل یک بخش مرکزی به نام هسته است که چندین رشته مفتول فولادی به صورت مارپیچ به دور آن تابیده شده است. هر رشته خود از چند مفتول فلزی که به طور مارپیچ به دور یک مفتول مرکزی قرار می‌گیرند، تشکیل می‌شود.

اجزای تشکیل دهندهٔ این نوع کابل در شکل (۱-۱) نشان داده شده است [۱].



شکل (۱-۱): کابل و اجزای تشکیل دهندهٔ آن

کابلهای حلزونی انواع مختلف و کاربردهای مختلفی دارند و با توجه به این خصیصه می‌توان آنها را از روی نوع هستهٔ مرکزی، تاب مفتول، نوع بافت و... به انواع مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱-۱-۲-۱-۱ انواع کابل های حلزونی از نظر هسته مرکزی

رشته‌های مفتول در کابل به دور هسته مرکزی تابیده می‌شوند. نقش هسته، نگهداری رشته‌های پیرامون خود می‌باشد. بنابراین باید قطر آن به اندازهٔ کافی بزرگ باشد تا هنگام بارگذاری مانع تماس بین رشته‌ها باشد. هسته کابل می‌تواند از مواد فولادی یا الیافی باشد.

هسته فولادی ممکن است، یک کابل فولادی مستقل باشد که به آن هستهٔ کابل فولادی مستقل[1] (IWRC) می‌گویند یا یک رشته مفتول فولادی[2] (WSC) باشد که برای کابلهای با قطر کمتر از ۱۰

1 - Independent wire rope core
2 - wire strand core

میلیمتر استفاده می‌شود. هستهٔ الیافی می‌تواند از مواد الیافی طبیعی یا مصنوعی باشد اگرچه از کنف طبیعی در ساخت کابلهای فولادی به عنوان هسته استفاده می‌شود اما، الیاف مصنوعی مانند پلی‌پروپیلن نیز امروزه به صورت روز افزون در هستهٔ کابلهای فولادی استفاده می‌شود.

کابلهای دارای هستهٔ فولادی دارای نیروی کششی و استحکام بیشتری هستند در صورتیکه کابل‌های دارای هسته الیافی انعطاف‌پذیری بیشتری دارند [۱].

۱-۱-۲-۱-۲ دسته‌بندی کابلها از نظر نحوهٔ تاب

کابلها از نظر نحوهٔ قاب به دو دسته تاب معمولی و تاب لنگ (Lang) دسته‌بندی می‌شوند.

۱-۱-۲-۱-۲-۱ کابلها با تاب معمولی

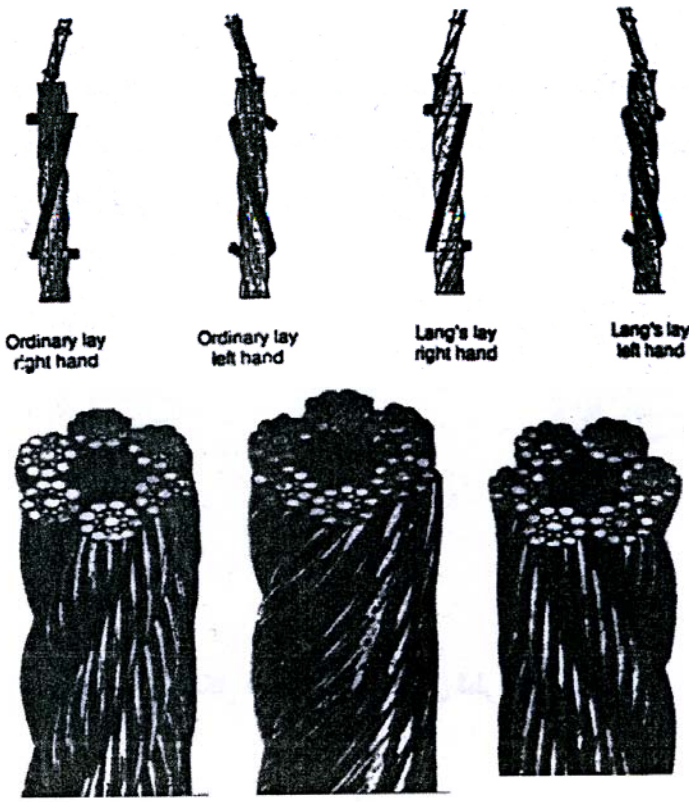
در کابل اگر جهت تاب مفتولها در یک رشته، مخالف جهت تاب رشته‌ها باشد آنگاه کابل دارای تاب معمولی است که از ویژگی‌های آن می‌توان به تمایل کمتر برای از هم باز شدن یا گره خوردن و مقاومت بیشتر در برابر تغییر شکل اشاره کرد. در مقابل مقاومت کم در برابر سایش و قابلیت انعطاف‌پذیری کمتر نسبت به کابل با تاب لنگ از نقاط ضعف این نوع کابل‌ها می‌باشند.

۱-۱-۲-۱-۲-۲ کابلها با تاب لنگ (Lang)

در کابل اگر جهت تاب مفتولها در یک رشته با جهت تاب رشته‌ها در کابل یکی باشد، آنگاه کابل دارای تاب لنگ است. این نوع کابلها دارای مقاومت بیشتری در برابر سایش در مقایسه با کابل با تاب معمولی هستند. اما این نوع کابلها تمایل زیادی به از هم باز شدن یا گره خوردن دارند، فلذا از این کابلها بیشتر در مواقعی که هر دو سر کابل مهار شده است استفاده می‌شود. به طور کلی استفاده از کابل با تاب معمولی بیشتر از کابل با تاب لنگ است اما در مواردی که نیاز به مقاومت بیشتر در برابر سایش است. نظیر آسانسورها از کابل با تاب لنگ استفاده می‌شود.

۱-۱-۲-۱-۲-۳ تاب راستگرد و چپ گرد

این اصطلاحات مربوط به جهت تابیده شدن رشته‌ها در کابل می‌باشد، کابلهای راست گرد متداولترین نوع کابلها می‌باشند، با این حال بنا به سفارش و برای مصارف خاص، کابلهای چپ گرد نیز تولید می‌شوند. معمولاً تاب راستگرد با حرف Z و تاب چپگرد با حرف S مشخص می‌شود. نمونه‌ای از انواع تاب کابلها در شکل (۱-۲) نشان داده شده است [۲].



شکل (۱-۲): کابل های راست گرد و چپ گرد با تاب های معمولی و لنگ

۱-۱-۲-۱-۳ دسته‌بندی کابلها از نظر نحوهٔ بافت

در مورد کابلها ٤ نوع بافت زیر متداول است [۱]:

۱-۱-۲-۱-۳-۱ بافت سیل (Seale)

در این نوع بافت در هر رشته از کابل، تعداد مفتولهای هر ردیف کـه دور مفتـول مرکـزی قـرار می‌گیرند با هم برابر است. قطر مفتولهای ردیف بیرونی بیشتر از قطر مفتولهای ردیـف درونـی اسـت ولی در هر ردیف، قطر کلیه مفتولها با هم یکسان هستند. به علت ضخیم بودن مفتول‌های بیرونی، این نوع کابلها دارای مقاومت سایشی بالایی هستند (شکل۱-۳).

۱-۱-۲-۱-۳-۲ بافت وارینگتن (warrington)

در بافت وارینگتن، هر رشته کابل در ردیف بیرونی به طور متناوب و یک در میان دارای مفتـول ضخیم و نازک می‌باشد. به علت ترکیب مفتولهای ضخیم و نازک در ردیف بیرونی، ایـن نـوع کابلهـا دارای انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به کابلهای دارای بافت سیل هستند (شکل ۱-۳).

۱-۱-۲-۱-۳-۳ بافت فیلر (Filler)

در این بافت، قطر مفتول‌ها در تمامی ردیف‌ها مساوی هستند. در فضای خالی بـین مفتـول‌هـای ردیف بیرونی و ردیف درونی، مفتول‌های نازکی بنام فیلر قرار مـی‌گیرنـد، کابلهـای سـاخته شـده بـه روش بافت فیلر دارای سطح فلزی بیشتر، و از قابلیت انعطاف و مقاومت سایشی بـالاتری برخـوردار هستند(شکل ۱-۳).

۱-۱-۲-۱-۳-۴ بافت استاندارد (Standard)

در این نوع بافت کابل، قطر کلیه مفتول‌های تشکیل دهندهٔ هر رشته، یکـسان هـستند. ایـن نـوع کابلها به علت قابلیت انعطاف‌پذیری بالا، کاربردهای بسیاری در صنعت دارند.

در شکل (۱-۳) نمونه‌ای از این بافت قابل مشاهده است [۲].