به نام خدا



دانشکده مهندسی

بخش عمران

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی سازه

بهینه سازی عملکردی و اطمینان پذیری سازه های ترکیبی RCS

استاد راهنما:

پروفسور عیسی سلاجقه

استاد مشاور:

دکتر جواد سلاجقه

مؤلف:

هومن حبیب آگهی

فهرست مطالب

عنوان مطالب	شماره صفحه
فصل اول: مقدمه	
۱-۱ کلیات	۲
۱-۲ ضرورت بحث	۳
۱-۳ مروری بر پژوهش های گذشته	۵
۱-۳-۱ سازه‌های ترکیبی	۵
۱-۳-۲ بهینه سازی	۶
۱-۳-۳ طرح عملکردی و اطمینان پذیری	۷
فصل دوم: اتصال تیر به ستون در سازه های ترکیبی RCS	
۲-۱ رفتار اتصال	۱۰
۲-۲ اجزاء اتصال	۱۲
۲-۳ رفتار دینامیکی اتصال	۱۴
۲-۴ اتصال پیشنهادی	۱۷
۲-۴-۱ کلیات	۱۷
۲-۴-۲ تکنولوژی ساخت	۱۷

۲-۵ قطعات اتصال در مدل رایانه ای ۱۹
۲-۶ خواص مصالح ۲۱
۲-۶-۱ بتن ۲۱
۲-۶-۲ فولاد ۲۶
۲-۷ مونتاژ اجزاء ۲۶
۲-۸ مراحل تحلیل ۲۷
۲-۹ اندر کنش اجزا ۲۸
۲-۱۰ مِش ۲۸
۲-۱۰-۱ تراکم المان ها ۲۹
۲-۱۰-۲ نوع المان ها ۲۹
۲-۱۰-۳ کنترل المان ها ۳۱
۲-۱۱ نتایج ۳۲
۲-۱۱-۱ تأثیر نیروی محوری ۳۴
۲-۱۱-۲ تأثیر مقاومت فشاری بتن ۳۴
۲-۱۲ تحلیل نتایج ۳۶

فصل سوم: طرح عملکردی سازه های ترکیبی RCS

۳-۱کلیات ۳۸
۳-۲ سطوح عملکرد ۳۸
۳-۳ اهداف ایمنی پایه ۴۱
۳-۴ ترکیبات بارگذاری ۴۳
۳-۵ روش‌های تحلیل ۴۳
۳-۵-۱ تحلیل استاتیکی خطی ۴۳
۳-۵-۱-۱ محاسبه برش پایه ۴۴
۳-۵-۱-۲ توزیع برش پایه در ارتفاع ۴۷

۳-۵-۲ تحلیل دینامیکی خطی ۴۹
۳-۵-۳ تحلیل استاتیکی غیرخطی ۴۹
۳-۵-۳-۱ رفتار مصالح ۵۰
۳-۵-۳-۲ روند تحلیل ۵۱
۳-۵-۴ تحلیل دینامیکی غیرخطی ۵۴
۳-۶ شرایط پذیرش طرح ۵۵
۳-۶-۱ تحلیل‌های خطی ۵۵
۳-۶-۲ تحلیل‌های غیرخطی ۵۶
۳-۷ نرم افزار تحلیل گر ۵۷
۳-۷-۱ مصالح ۵۸
۳-۷-۱-۱ بتن ۵۸
۳-۷-۱-۲ میلگرد ۵۹
۳-۷-۱-۳ فولاد ۶۰
۳-۷-۱-۴ مواد الاستیک، الاستوپلاستیک و موازی ۶۲
۳-۷-۱-۵ هیسترتیک ۶۴
۳-۷-۲ سطح مقطع اجزا ۶۴
۳-۷-۳ عناصر سازه ای ۶۵
۳-۸ اعتبار سنجی نرم افزار OpenSEES ۶۵
۳-۸-۱ تحلیل با استفاده از نرم افزار SAP ۶۶
۳-۸-۱-۱ تحلیل استاتیکی معادل ۶۶
۳-۸-۱-۲ تحلیل طیفی ۶۷
۳-۸-۱-۳ تحلیل تاریخچه زمانی خطی ۶۷
۳-۸-۱-۴ تحلیل بارافزون ۶۸
۳-۸-۲ تحلیل با استفاده از نرم افزار OpenSEES ۶۸
۳-۸-۲-۱ تحلیل بار افزون (استاتیکی غیر خطی) ۶۸

۳-۸-۲-۲ تحلیل دینامیکی غیرخطی ۶۹
۳-۹ اتصال تیر به ستون ۷۰
۳-۱۰ مطالعه عددی پیرامون طرح عملکردی سازه های RCS ۷۴
۳-۱۰-۱ بررسی سازه ای با ۴ طبقه و ۴ دهانه ۷۵
۳-۱۰-۲ بررسی سازه ای با ۸ طبقه و ۲ دهانه ۸۰
۳-۱۱ تحلیل نتایج ۸۵

فصل چهارم: بهینه سازی عملکردی سازه‌های ترکیبی RCS به کمک تئوری مورچگان

۴-۱ کلیات ۸۹
۴-۲ مبانی روش ۸۹
۴-۳ بهینه سازی به کمک تئوری مورچگان ۹۰
۴-۴ طرح بهینه‌ی سازه‌ها ۹۴
۴-۵ مراحل بهینه سازی سازه‌های ترکیبی ۹۶
۴-۵-۱ متغیر های اصلی مدل و پارامترهای بهینه سازی ۹۷
۴-۵-۲ مدل سازه و مجموعه‌ی مقاطع ۹۸
۴-۵-۲-۱ مقاطع ستون ها ۹۹
۴-۵-۲-۲ مقاطع تیرها ۱۰۱
۴-۵-۳ محاسبات اولیه ۱۰۳
۴-۵-۴ روند هر سیکل ۱۰۴
۴-۶ مطالعه عددی ۱۰۷
۴-۷ نتیجه گیری ۱۱۰
ضمیمه فصل چهارم: متن برنامه رایانه ای ۱۱۲

فصل پنجم: اطمینان پذیری سازه های ترکیبی RCS

۵-۱ مقدمه ۱۳۷
۵-۲ تابع عملکرد ۱۳۸
۵-۳ منابع و انواع متغیرهای تصادفی (عدم قطعیت) ۱۴۱
۵-۴ بررسی اطمینان پذیری در طرح عملکردی ۱۴۲
۵-۵ مدل سازی ۱۴۴
۵-۵-۱ توابع توزیع حاشیه‌ای ۱۴۴
۵-۵-۲ ساختارهای همبستگی ۱۴۵
۵-۵-۳ توابع توزیع توأم احتمال ۱۴۵
۵-۶ تخمین احتمال عملکرد و پاسخ‌های آماری ۱۴۹
۵-۶-۱ کلیات تحلیل FORM ۱۵۰
۵-۷ یافتن نقطه طرح ۱۵۰
۵-۷-۱ کلیات روند یافتن نقطه طرح ۱۵۱
۵-۷-۲ همگرایی ۱۵۲
۵-۷-۳ انتخاب اندازه گام ها و مسیر جستجو ۱۵۴
۵-۷-۴ الگوریتم تصویر گرادیان ۱۵۵
۵-۷-۵ الگوریتم HLRF ارتقا یافته (iHLRF) ۱۵۸
۵-۸ مطالعه عددی ۱۵۹
۵-۹ نتیجه ۱۷۱

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهاد پژوهش های آتی

۶-۱ خلاصه مباحث و نتایج ۱۷۳
۶-۲ پیشنهاد پژوهش های آتی ۱۷۸
۶-۳ کلام آخر ۱۷۹

پیوست ۱: تحلیل غیر خطی به روش نیوتن-رافسون ۱۸۳

پیوست ۲: تحلیل سازه های با اتصالات نیمه صلب با استفاده از روش اجزاء محدود ۱۹۱
پیوست ۳: آمار و احتمال کاربردی ۲۰۷

مراجع ۲۱۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱ کلیات

افزایش فعالیت‌های عمرانی جهت پاسخگویی به نیازهای روزمره شهروندان متناسب با رشد جمعیت و شرایط زمانی بخش عمده‌ای از منابع مالی و انسانی کشور را به خود اختصاص داده است؛ در حالیکه با اتخاذ تدابیری می‌توان این منابع را تا حد امکان به بخش‌های مولد و زیرساخت‌ها سوق داد تا زمینه‌ی توسعه‌ی پایدار کشور را فراهم آورند. گسترش ساخت و سازهای انفرادی توسط کارفرمایان عمدتاً غیرمتخصص و در نتیجه پراکندگی پروژه‌ها و مشکل نمودن نظارت دقیق در کنار هزینه‌های زیاد ساختِ صنعتی منجر به کاهش کیفیت و دوام سازه ها و ایجاد عدم تطابق کافی میان طرح و اجرا گردیده است. از طرفی در سال‌های اخیر، هم پیشرفت‌های چشمگیری در دانش مهندسی زلزله اتفاق افتاده و هم امکانات نرم افزاری در راستای بهبود مدل های رایانه‌ای به سرعت افزایش یافته‌اند؛ بنابراین به نظر می‌رسد زمان آن فرا رسیده است که با نگرشی ملی و در جهت استفاده ی بهینه از نیروی انسانی، مصالح و انرژی مصرفی، تحولات عمده‌ای در صنعت ساختمان ایجاد شود. امید است این پایان نامه بتواند از منظری علمی ـ کاربردی چند گام اولیه به سمت این هدف بزرگ بردارد.

برای این منظور ابتدا با طرح موضوع سازه های ترکیبی یا RCS [۱] و بیان پیشینه‌ای از پژوهش های گذشته وارد بحث شده و در فصل دوم با تکیه بر مزایای ذاتی سازه‌های ترکیبی

[۱] Reinforced Concrete column-Steel beam

نسبت به سازه‌های فولادی و بتنی، پیشنهادی خاص برای اتصال تیر به ستون ارائه شده است و همزمان به کمک روش اجزاء محدود و مدل سازی به کمک نرم افزار ABAQUS سختی دورانی اتصال پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل بعد، با اعمال رفتار اتصال در مدل سازه ی ترکیبی و انجام تعدادی تحلیل استاتیکی غیرخطیِ مرحله به مرحله به کمک نرم افزار OpenSEES تخمینی از ضوابط طرح عملکردی[1] این سازه‌ها به روش استاتیکی خطی بدست آمده و در فصل پنجم، به کمک یک برنامه رایانه ای نوشته شده در محیط نرم افزار MATLAB، امکان بهینه سازی مدلِ تا حد امکان دقیقِ سازه های RCS به کمک تئوری مورچگان و روش طرح عملکردی نیز فراهم شده است. آخرین بخش به معرفی ابزار لازم جهت انجام تحلیل‌های احتمالاتی یا RELIABILITY اختصاص یافته تا امکان بررسی تأثیر عواملی چون بار جانبی، سختی اتصال، مقاومت مصالح و ... بر رفتار سازه‌های ترکیبی در پژوهش های آتی فراهم و زمینه بهینه سازی بر مبنای اطمینان پذیری این سازه ها مهیا گردد؛ به این ترتیب سعی شده است جنبه های گوناگون پیرامون سازه های ترکیبی به صورت مجموعه ای همزمان مورد مطالعه قرار گیرند.

به منظور آشنایی بیشتر مخاطب با برخی مبانی تئوری مباحث اصلی، سه پیوست به متن اصلی اضافه شده اند: پیوست اول اساس تحلیل غرخطی به روش نیوتن–رافسون را شرح می دهد، پیوست دوم تأثیر اتصالات نیمه صلب در روند تحلیل به روش اجزاء محدود را مورد بحث قرار می دهد و سومین پیوست به مرور مقدمات و کاربرد علم آمار در مهندسی زلزله و تحلیل های اطمینان پذیری اختصاص یافته است.

۱-۲ ضرورت بحث

تا دهه‌ی ۷۰ میلادی تنها سازه‌های فولادی و بتنی دو نوع رایج در ساخت و سازهای بلند مرتبه بودند، درحالیکه هر یک مشکلات ساختاری خاص خود را دارد. لزوم صرف وقت و هزینه‌ی زیاد برای آرماتوربندی و قالب بندی تیرها و وزن مرده بسیار بالای سیستم مخصوصاً در

[1] Performance Based Design

صورت وجود دیوارهای برشی دو مشکل اساسی در سازه‌های بتنی هستند. از طرف دیگر در سازه‌های فلزی چون اغلب کمانش و لاغری حاکم بر طرح ستون‌ها هستند، این اجزاء بسیار گران‌تر از مشابه بتنی تمام می شوند؛ به علاوه اینکه صعوبت کار در ارتفاع و لزوم دقت زیاد در ساخت و نصب اسکلت‌های فلزی مخصوصاً در مورد ستون ها، دستمزد اجرای چنین سازه‌هایی را در قیاس با سیستم‌های بتنی افزایش می دهد. با توجه به مجموعه‌ی این عوامل و برخی مشکلات ساختاری و اجرایی دیگر در دهه‌ی ۸۰ میلادی ایده‌ی سازه‌های ترکیبی به منظور استفاده بهینه از مصالح شکل گرفت. از آنجا که ستون ها عناصری عمدتاً فشاری هستند و بتن رفتاری ایده‌آل در فشار دارد و خمش، حاکم بر رفتار تیرهاست و مقاطع I شکل فولادی در صورت مدفون بودن بال فشاریشان در بتن کاملاً مناسب هستند؛ انتظار می‌رود سازه‌های ترکیبی یا RCS متشکل از ستون های بتن مسلح و تیرهای فولادی علاوه بر کاهش هزینه و مشکلات اجرایی، نسبتاً سریع و ایمن اجرا شوند. افزایش سختی و میرایی این سیستم‌ها در مقایسه با سازه‌های فلزی از مزیت‌های جنبی دیگر به شمار می آید. پس از طرح بحث سازه‌های ترکیبی، در چند دهه‌ی اخیر همواره دو شبهه‌ی مهم مطرح بوده: یکی وضعیت اتصال تیر به ستون و دیگری رفتار دینامیکی این سازه‌ها. تاکنون تحقیقات بسیار مفیدی در این زمینه‌ها انجام شده و می‌توان انتظار داشت در چند سال آینده این نوع سیستم با اقبال عمومی بیشتری در سراسر جهان مواجه گردد.

هماطور که اشاره شد، اغلب ساخت و سازها در کشور ما علیرغم وجود خطر بسیار زیاد انواع بلاهای طبیعی به ویژه زلزله به صورت غیرمتمرکز و به روشی کاملاً سنتی انجام می‌شوند اما در صورت بهره گیری از سیستم پیشنهادی به دلیل امکان ساخت نیمه صنعتی علاوه بر کاهش هزینه می‌توان با کنترلِ کیفیتِ اجزاء مهمی مانند اتصالات در کارخانه و حذف جوشکاری در محل سایت کیفیت و دوام را به شکل قابل ملاحظه ای افزایش داد. بنابراین برای اثبات کارایی این سازه‌ها لازم بود به صورت جامع به آن پرداخته شود؛ یعنی علاوه بر بررسی اتصال و رفتار دینامیکی سازه به کمک دانش نوین مهندسی زلزله، ارائه‌ی طرح بهینه و اطمینان پذیری این سازه‌ها هم برای اولین بار مورد مطالعه قرار گیرند؛ هرچند در اغلب تحقیقات

دانشگاهی تمرکز بر بار علمی موضوع است اما در این پایان نامه سعی بر آن بوده تا ابعاد علمی و عملی به منظور بررسی برخی از مشکلات جامعه همزمان مورد مطالعه قرار گیرند و امید است به این وسیله مسیر اقدامات آینده به ویژه تحقیقات آزمایشگاهی پیرامون سازه های RCS در کشورهموار گردد.

۱ -۳ مروری بر پژوهش های گذشته

۱-۳-۱ سازه‌های ترکیبی

تا پیش از دهه ۸۰ میلادی استفاده از سازه‌های مرکب به منظور بهره‌گیری مناسب از مصالح با اتصالات ساده تیر به ستون به ندرت در نقاط مختلف دنیا مطرح بوده؛ اما در سال ۱۹۸۹ میلادی Sheikh، Deierlein و همکارانشان در دانشگاه Austin در ایالت Texas آمریکا مجموعه آزمایش هایی بر روی پانزده مدل اتصال تیر به ستون با مقیاس ۲/۳ در سازه‌های ترکیبی RCS متشکل از ستون بتنی و تیر فلزی انجام دادند تا زوال برشی و محوری اتصال خمشی تیر به ستون را بررسی کنند[۱و۲]. براساس نتایج این تحقیقات در سال ۱۹۹۴ کمیته‌ای از انجمن مهندسین عمران آمریکا[1] (ASCE) ضوابطی به عنوان راهنمای طرح اتصالات در سازه‌های RCS منتشر نمود[۳]. Kanno در سال ۱۹۹۳ با انجام آزمایش های سیکلیک غیر خطی بدون در نظر گرفتن اثرات دال سقف، تأثیر پارامترهایی نظیر نیروی محوری ستون، جزئیات اتصال و مقاومت فشاری بتن بر رفتار چند اتصال خاص را بررسی نمود. نتیجه این تحقیق نشان داد می‌توان اتصالات خمشی تیر به ستون در سازه‌های ترکیبی را به نحوی طراحی نمود که عملکرد لرزه‌ای مناسبی مانند اتصالات در سازه‌های بتنی و فلزی داشته باشند. در قالب تحقیقات مشترک میان آمریکا و ژاپن مطالعات فراوانی پیرامون سازه‌های RCS توسط سایر محققین ژاپنی انجام شده که متأسفانه اغلب صرفاً به زبان ژاپنی در نشریات مؤسسه معماری ژاپن AIJ درج شده‌اند. از آن جمله می‌توان به مقالات منتشر شده توسط Sakaguchi در ۱۹۸۸، Nishiyama در ۱۹۹۸ و Uchida در ۱۹۹۸ اشاره نمود. در دهه ی ۹۰ میلادی و اوایل

[1] American Society of Civil Engineers

قرن حاضر تحقیقات تئوری زیادی پیرامون این سازه های در نقاط مختلف دنیا انجام شده که عنوان برخی در مراجع ۴ تا ۱۱ ذکر شده اما در چند سال اخیر مطالعات آزمایشگاهی پیرامون سازه های RCS عملاً تحولات عظیمی را باعث شده اند؛ محققینی از آمریکا و تایوان در سال ۲۰۰۳ قاب RCS دو بعدی سه طبقه با مقیاس واقعی را در مرکز ملی مطالعات زلزله تایوان مورد مطالعه قرار دادند که از آن به عنوان پیشرفتی عظیم در زمینه سازه‌های ترکیبی یاد می‌شود [۱۲ و ۱۳].

بررسی دقیق رفتار لرزه‌ای اتصالات تیر به ستون بر ای نخستین بار در قالب مقاله‌ای توسط Montesinos و Liang در سال ۲۰۰۴ به چاپ رسید که عملکرد لرزه‌ای اتصالات خمشی در سازه‌های RCS را حتی برای مناطق دارای خطر نسبی زلزله زیاد هم مناسب می‌داند [۱۴]. مراجع ۱۵ تا ۱۸ برخی دیگر از منابع موجود و قابل دسترس در مورد سازه‌های ترکیبی را معرفی می نمایند.

به دلیل هزینه بسیار زیاد تحقیقات آزمایشگاهی و مشکلات فراوان آنها، عمده اقدامات پژوهشی در مورد سازه های مختلف از جمله سازه های RCS به مدل سازی توسط نرم افزارهای تحلیل گر به ویژه ABAQUS [۱۹] و ANSYS محدود هستند. آگاهی از روند تحلیل های غیرخطی، [۲۰ تا ۲۳] و پارامترهای عددی لازم در فراید مدل سازی که اغلب از نتایج پژوهش های سایر محققین مانند مراجع ۲۴ و ۲۵ استنباط می شوند به افزایش دقت در مطالعات تحلیلی و ایجاد بیشینه تطابق ممکن با مطالعات آزمایشگاهی بسیار کمک می نمایند.

۱-۳-۲ بهینه سازی

هرچند در سه دهه اخیر روش های عددی متعددی به منظور حل مسائل بهینه سازی عرضه شده‌اند اما هیچیک نتوانسته است کارایی صد درصد خود را اثبات نماید. در مهندسی سازه روند طراحی با انتخاب مقادیری نظیر اندازه و شکل مقاطع مختلف همراه است که حل مسائل بهینه سازی گسسته را طلب می‌کند در حالیکه بیشتر تئوری های موجود بهینه سازی پیوسته را مدنظر قرار داده‌اند و همین موضوع از دشواری های بهینه- سازی سازه‌ها به شمار

می‌آید. برخی روش ها شامل تکنیک‌های عددی کامل[1] و برنامه- ریزی دینـامیکی[2] در گذشـته برای حل مسائل بهینه سازی گسسته مطرح بوده‌اند اما در دو دهه اخیر تکنیـک‌هـای محاسـباتی نرم[3] مانند الگوریتم ژنتیک با استقبال بیشتری مواجه شده‌اند. از سال ۱۹۸۶ میلادی که Samtani و Goldberg نتایج تحقیقات خود پیرامون الگوریتم ژنتیک را منتشر نمودنـد تـا امـروز مقـالات علمی متعددی در این زمینه به چاپ رسیده است. ایـن الگـوریتم کـه بـر مبنـای علـم ژنتیـک و انتخاب طبیعی استوار است از جهـاتی بـا روش هـای پـیش از خـود تفـاوت دارد: اول اینکـه بـا متغیرهای کد گذاری شده کار می‌کند و نه خود متغیرها و دیگر آنکـه بـه جـای بهبـود جـوابی خاص در طول زمان با جمعیتی از جوابهای بالقوه پیش می‌رود.

محققینی از جمله Dorigo و همکارانش در فاصله سـال هـای ۱۹۹۱ تـا ۱۹۹۶ بـا الهـام از زندگی طبیعی توده‌های مورچه تئوری مورچگـان را در حـل مسـائل بهینـه سـازی پایـه‌گـذاری کردند [۲۶ تا ۲۸]. زیست شناسان به این نتیجه رسیده اند که مورچه‌ها علیرغم نابینایی مطلـق در طول جستجو برای یافتن منبع غذایی، پس از شناسایی آن و با گذشت زمان همواره کوتـاهترین مسیر ممکن را انتخاب می‌نمایند Denuebourg در سال ۱۹۸۳ برای اولـین بـار بـه ایـن موضـوع پی‌برد و تا سال ۱۹۹۰ تحقیقات خود را در این زمینه کامل نمود.

Camp و Bichon در سال ۲۰۰۴ از تئـوری مورچگـان بـرای طراحـی خرپاهـای فضـایی استفاده کردند [۲۹] و متعاقب آن همین افراد به کمک Stoval جزئیات طراحی قاب های فلزی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی تئوری مورچگان را تشریح نمودند [۳۰] که سرآغاز ورود این شیوه به حیطه دانش مهندسی سازه شناخته می‌شـود. در سـال ۲۰۰۵ تئـوری مورچگـان بـا اقبـال بیشتری مواجه شد و چندین مستند علمی دیگر در این زمینه به چاپ رسیدند [۳۱ تا ۳۴].

۱-۳-۳ طرح عملکردی و اطمینان پذیری

[1] Complete Enumeration Techniques
[2] Dynamic Programming
[3] Soft Computing Techniques

با وقوع زلزله های مهیب دهه ی ۹۰ در آمریکا بحث مقاوم سازی سازه ها و آنالیز ریسک در این کشور به شدت مورد توجه قرار گرفت و پروژه های تحقیقاتی متعددی به سفارش سازمان مدیریت بحران آمریکا (FEMA)[1] در این زمینه انجام گرفت که نتایج آنها در قالب مستنداتی نظیر مراجع ۳۵ تا ۴۱ به عنوان طرح عملکردی یا لرزه ای منتشر شدند. ویژگی بارز این تحقیقات در اصل استفاده حداکثر از دانش روز مهندسی زلزله، هماهنگی با آیین نامه های طراحی عناصر سازه ای [۴۲ و ۴۳] و توجه خاص به رفتار غیرخطی سازه ها [۴۴ تا ۴۹] می باشد. نتیجه مهم چنین مباحثی تغییر نگرش در طرح لرزه ای سازه ها به معنای عام محسوب می شود که عملاً تحولی عظیم در مسیر تحقیقات زلزله در سراسر دنیا ایجاد نمود و به دلیل جامع بودن، بحث طرح عملکردی علاوه بر مقاوم سازی بناهای قدیمی به طراحی سازه های جدید هم بسط داده شد [۵۰].

هرچند مباحث اطمینان پذیری[2] سازه ها از سال های قبل هم مطرح بوده اند [۵۱ و ۵۲] اما توجه بیشتر به مقوله های اقتصادی ساختمان و بیمه در برابر بلایای طبیعی به ویژه زلزله در سال های اخیر باعث برقراری ارتباط میان عملکرد مورد انتظار از سیستم و قابلیت اطمینان آن شده است به نحوی که از طراحی عملکردی بر اساس حداکثر اطمینان پذیری ممکن به عنوان نسل بعدی روش های طراحی ابنیه یاد می شود. این بحث به عنوان یکی از مباحث بسیار جدید تحقیقاتی در سراسر دنیا مطرح است و محققین مختلف سرگرم فراهم آوردن ابزارهای لازم جهت توسعه آن هستند [۵۳ تا ۶۳].

به دلیل پیچیده تر شدن روند تحلیل و طراحی در صورت استفاده از مفاهیم طرح عملکردی و اطمینان پذیری، لزوم بهره گیری از ابزارهای محاسباتی به شدت نمایان شده است. تدوین نرم افزارهای تحلیل گری همچون OpenSEES[3] [۶۴ تا ۶۶] در راستای تسهیل استفاده از این مفاهیم به شمار می آید.

---

[1] Federal Emergency Management Agency
[2] Reliability
[3] Open System for Earthquake Engineering Simulation

متأسفانه تاکنون تحقیق جامعی پیرامون طرح عملکردی، بهینه سازی و اطمینان- پذیری سازه های ترکیبی RCS به عنوان برترین شیوه ساخت، انجام نشده است؛ از طرفی مشکلات بخش مسکن در کشور از ابعاد کیفیت، دوام، هزینه و سرعت اجرا به آستانه یک بحران ملی نزدیک شده است. بنابراین به نظر می رسید با عنایت به امکانات و وضعیت موجود در صنعت ساختمان کشور، پیشرفت های حاصل شده در دانش مهندسی زلزله و فناوری های نوین در سطح دنیا باید هرچه زودتر به بومی سازی دانش و تکنولوژی ساخت خاص ایران اقدام نمود. امید است پایان نامه حاضر بتواند گامی در این مسیر مهم بردارد.