٤٨٩٠٠

۱۳۸۲ /۵/ ۳۰

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکدهٔ فنی - بخش مهندسی عمران

سازمان اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه شده در مرکز

پایان نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد سازه

تحت عنوان

روشی جدید برای یافتن پاسخ مقاطع بتن آرمهٔ مستطیلی تحت اثر ترکیب لنگر خمشی و پیچش

مؤلّف: مهرداد بنی هاشمی

استاد راهنما: دکتر محمّدجواد فدایی

اردیبهشت ۱۳۸۱

٤٨٩٠٠

بسمه تعالی

این پایان نامه

به عنوان یکی از شرایط احراز درجهٔ کارشناسی ارشد

به

بخش مهندسی عمران دانشکدهٔ فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

نام و نام خانوادگی　　امضاء

دانشجو: مهرداد بنی هاشمی

استاد راهنما: دکتر محمّدجواد فدایی

داور۱: دکتر علی‌اکبر مقصودی

داور۲: دکتر رضا رهگذر

حقّ چاپ محفوظ و مخصوص مولف است

دانشگاه شهید باهنر
کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

راهروگر صد هنر دارد توکّل بایدش

از استاد گرانقدر، جناب آقای دکتر محمّد جواد فدایی جهت راهنمایی‌شان در انجام این تحقیق تشکر می‌کنم. همچنین از اساتید بخش مهندسی عمران که در طول تحصیل افتخار بهره‌گیری از علم و دانش‌شان را داشتم و از جناب آقای دکتر علی‌اکبر مقصودی و دکتر رضا رهگذر که زحمت داوری این تحقیق را پذیرفتند، متشکرم.

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

تقدیم به:

پدرمرحوم ومادرگرانقدرم که

هرچه دارم از آنهاست

و

جویندگان راستین طریقت علم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: پیشگفتار

فصل دوم: مروری بر روند تحقیقات انجام شده در زمینه پیچش خالص و ترکیب آن با سایر نیروها در مقاطع بتن آرمه

۲-۱- مقدّمه ۵

۲-۲- بررسی تئوریهای پیچش خالص و چگونگی تغییرات این تئوریها تا به حال ۵

فصل سوم: بررسی عملکرد تئوری میدان فشار قطری در یافتن پاسخ یک مقطع در برابر ترکیب نیروها

۳-۱- مقدّمه ۱۴

۳-۲- فرضیّات اساسی تئوری میدان فشار قطری ۱۴

۳-۳- چگونگی تجزیه و تحلیل مقطع مستطیلی تحت اثر ترکیب نیروها ۱۵

۳-۴- بررسی معادلات حاکم بر تئوری میدان فشاری قطری ۱۶

۳-۴-۱- معادلات تعادل ۱۶

۳-۴-۱-۱- تعیین β و η ضرایب بلوک تنش معادل در دستکهای فشاری قطری ... ۲۵

۳-۴-۱-۲- بررسی روابط حاکم بر المانهای گوشه ۲۹

۳-۴-۱-۳- بررسی پارامترهای β و γ برای المانهای گوشه ۳۳

۳-۴-۲- بررسی سهم آرماتورهای طولی مقطع در تحمّل نیروهای وارد بر مقطع ... ۳۷

۳-۴-۳- معادلات سازگاری ۴۱

۳-۴-۳-۱- بررسی معادلهٔ سازگاری تغییر شکل مقطع ۴۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۵- روش تعیین پاسخ یک مقطع مستطیلی بتن آرمه در برابر ترکیب نیروهای وارد برآن با استفاده از تئوری میدان فشار قطری[۱۴] ۴۶

فصل چهارم: روشی جدید در حلّ معادلات حاکم برای تعیین پاسخ یک مقطع بتن آرمه در برابر ترکیب بارگذاری

۴-۱- مقدّمه ۵۰

۴-۲- چگونگی تبدیل مسألهٔ تعیین پاسخ یک مقطع به ترکیب بارگذاری وارد بر آن به مسأله‌ای با دو متغیّر مستقل ۵۰

۴-۳- بررسی المان واقع در دیوارهٔ اوّل ۵۳

۴-۴- بررسی المانهای واقع در دیوارهٔ دوّم ۵۷

۴-۵- المانهای دیوارهٔ سوّم ۵۸

۴-۶- یافتن α_2 و ε_{h_4} برای المانهای واقع در دیوارهٔ دوّم ۵۹

۴-۷- المانهای واقع در دیوارهٔ چهارم ۶۰

۴-۸- بررسی حالتی که خاموتها در المانها جاری شوند ۶۲

۴-۸-۱- حالتی که المان موجود در دیواره اوّل جاری گردد ۶۳

۴-۸-۲- حالتی که خاموتهای المان واقع در دیوارهٔ اوّل جاری شوند و خاموتهای المان مورد بررسی در دیوارهٔ دیگر جاری نگردند ۶۴

۴-۸-۳- حالتی که خاموتهای المان دیوارهٔ اوّل جاری نگردد و خاموتهای المان مورد جاری شوند ۶۵

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و تحقیقات آتی

۵-۱- مقدّمه ۶۸

۵-۲- ارائهٔ یک الگوریتم موثّر در یافتن پاسخ یک مقطع بتن آرمهٔ مستطیلی در برابر ترکیب نیروها ۶۸

۵-۳- خلاصهٔ نتایج ۷۲

۶-۳- پیشنهاد برای تحقیقات آینده ۷۳

فهرست مراجع ۸۷

چکیده ۹۱

چکیده

در سالهای اخیر تحقیقات زیادی در زمینهٔ رفتار مقاطع بتن مسلّح تحت اثر پیچش خالص انجام گرفته است و نتایج حاصل از تئوریهای ارائه شده، با نتایج آزمایشگاهی تا حدود زیادی انطباق دارند. کارهای زیادی در زمینهٔ رفتار مقاطع بتن مسلّح تحت اثر ترکیب بارگذاری (ترکیب نیروی محوری، لنگر خمشی و پیچش) بر مبنای تئوری مدل خرپائی انجام شده است. مهمترین تئوری موجود در زمینهٔ رفتار مقاطع بتن مسلّح تحت ترکیب بارگذاری تئوری میدان فشار قطری می‌باشد.

در تئوری میدان فشار قطری یک مقطع بتن مسلّح تحت اثر کنشهای اعمال شده، به یک مقطع توخالی تبدیل میگردد. هر دیوارهٔ مقطع به المانهای تقسیم میشوند و برای هر المان، کرنش سطحی بتن، کرنش در خاموتها و زاویهٔ تشکیل دستکهای بتنی، متغیر می‌باشند.
بنابراین برای هر المان ۳ متغیّر در نظر گرفته میشود. اگر n تعداد کلّ المانهای مقطع باشد ۳n+۳ معادلهٔ غیر خطّی به جهت یافتن پاسخ مقطع در برابر ترکیب بارگذاری باید حل گردد. بنابراین هر چه تعداد کلّ المانهای مقطع افزایش می‌یابد تعداد معادلات نیز افزایش پیدا می‌کند. در این پایان نامه، الگوریتمی پیش رونده برای یافتن پاسخ مقطع تحت اثر ترکیبهای بارگذاری ارائه میگردد. در روش ارائه شده ثابت می‌شود همواره دو متغیّر مستقل وجود دارد و سایر متغیّرها به این دو متغیّر وابسته می‌شوند.

در روشهای معمول برای حلّ دستگاه معادلات غیر خطّی، کنشهای اعمال شده به مقطع معلومند در حالی که انحناء مقطع، ϕ، زاویهٔ پیچش مقطع، ψ و کرنش در خطّ مرکزی بتن، ε_0، به عنوان مجهولهائی وارد مسأله می‌گردند.

در روش ارائه شده ϕ و ψ معلوم فرض میگردند و هدف پیدا نمودن کنش‌هائی است که

تولید چنین پاسخی در مقطع می‌کنند. در این روش بر خلاف روشهای قبلی وقتی که تعداد کلّ المانها در مقطع افزایش می‌یابد تنها تعداد متغیّرهای وابسته افزایش می‌یابد و همواره دو متغیّر مستقل وجود دارد. بنابراین میتوان به جهت افزایش دقّت، تعداد المانهای مقطع را به دلخواه افزایش داد بدون این که محاسبات پیچیده گردند.

در انتهای این پایان نامه، روش مورد نظر برای حلّ یک مثال مورد استفاده قرار می‌گیرد و نتایج در یک جدول خلاصه می‌شوند. با استفاده از جدول ذکر شده، منحنی‌های ممان خمشی - انحناء برای مقادیر مختلف پیچش رسم می‌گردند. منحنی‌ها میتوانند به جهت تحقیق در زمینهٔ اثر پیچش بر سختی خمشی مقطع بتن آرمه مورد استفاده قرارگیرند.

روش ارائه شده، پاسخهای مقطع را بسیار دقیقتر از روشهای معمول حلّ دستگاه معادلات غیر خطّی ارائه می‌کند از طرفی در روش ارائه شده نیازی به شروع از یک جواب نزدیک به جواب واقعی برای متغیّرهای مستقل وجود ندارد بنابراین جوابها بسیار سریعتر بدست می‌آید.

در این پایان نامه واژه‌های معادل فارسی ذکر شده در ذیل مورد استفاده قرار گرفته است:

واژه‌های معادل فارسی	واژه‌های انگلیسی
روش مکانیزم	mechanism method
روش مدل خرپائی	truss model method
دستکهای فشاری قطری	compression struts
زاویهٔ میل کششی مورب	angle of inclination of the diagonal tensile
تئوری میدان کشش	tension field theory
نرم شدگی کششی	tension softening
ضریب نرم شدگی	softening coefficient
تئوری مدل خرپائی نرم شده	softened truss model theory
تئوری میدان فشار مورب	diagonal compression field theory
اجزاء اصلی	main elements
اجزاء گوشه	corner elements
آنالوگ (عمل) خرپائی	truss analogy
اعوجاج	warping

فصل اوّل

پیشگفتار

بررسی عملکرد یک مقطع بتن آرمه در برابر نیروهای مختلفی که به آن اثر می‌کند سالهاست مدّ نظر محقّقین بوده است و همواره سعی شده است روشهای جدید با عملکرد ساده‌تر، دید بهتری نسبت به چگونگی رفتار مقاطع بتن آرمه در برابر این نیروها ارائه نمایند.

در زمینهٔ رفتار مقاطع بتن مسلّح در برابر نیروی محوری و لنگر خمشی طیّ سالهای گذشته تحقیقات زیادی صورت گرفته است و می‌توان گفت رفتار چنین مقاطعی در برابر این نیروها برای محقّقین، تا حدود زیادی شناخته شده است. امّا در مورد رفتار برشی و پیچشی مقاطع بتن آرمه، از سال ۱۹۸۰ به بعد بود که با ارائهٔ تئوریهای جدید، سعی بر شناخت بهتر رفتار این مقاطع در برابر برش و پیچش گردید و نتایج حاصل از این تئوریها با نتایج آزمایشگاهی از انطباق خوبی برخوردارند[۹]. در زمینهٔ رفتار مقاطع بتن آرمه در برابر ترکیب نیروهای (ترکیب نیروی محوری، لنگر خمشی و پیچش و یا برش) وارد بر آنها نیز در سالهای اخیر تحقیقاتی صورت گرفته است. آنچه در تحقیق حاضر آمده است ارائهٔ یک راه حلّ بسیار ساده‌تر برای پی بردن به رفتار مقاطع بتن مسلّح در برابر ترکیبی از خمش، نیروی محوری و پیچش وارد بر آن‌ها می‌باشد. بررسی رفتار مقاطع بتن آرمه در برابر پیچش خالص و بحث در مورد تئوریهای موجود در این زمینه در فصل دوّم تحقیق حاضر آمده است. اهمّیت این قضیّه از آنجا ناشی می‌شود که تئوریهای جدید ارائه شده در زمینهٔ ترکیب نیروهای وارد بر مقاطع بتن آرمه تشابه زیادی با تئوریهای پیچش خالص دارند و در اصل، گسترش یافتهٔ تئوریهای پیچش خالص می‌باشند و برای درک بهتر این تئوریها بسیار مهم است که ابتدا آشنایی کامل با تئوریهای پیچش خالص صورت گیرد. در فصل سوّم این تحقیق، مهمترین تئوری موجود در زمینهٔ رفتار مقاطع بتن آرمه در برابر ترکیب نیروهای وارد بر آن (تئوری میدان فشار قطری) مورد بررسی قرار می‌گیرد و در مورد اصول و مفاهیم حاکم بر آن بحث می‌شود. در فصل مزبور همچنین نحوهٔ بدست آوردن پاسخ یک مقطع بتن آرمهٔ مستطیلی در برابر ترکیب نیروهای وارد بر آن توسّط این تئوری و معایب موجود در آن به طور مفصّل بحث خواهد شد.

در فصل چهارم، روشی جدید برای حلّ معادلات پاسخ مقطع در برابر ترکیب نیروهای وارد بر آن، ارائه و با استدلالهای ریاضی ثابت می‌شود که می‌توان شیوهٔ حلّ مستقیم دستگاه معادلات غیرخطّی را به یک شیوهٔ بسیار ساده‌تر تبدیل نمود. ایدهٔ اصلی روش جدید ارائه شده، از الگوریتم ارائه شده توسّط سو (Hsu) [۱۲ و ۱۱] در زمینهٔ پیچش خالص اخذ شده است.

سو (Hsu) بجای حلّ سیستم دستگاه معادلات غیرخطّی در یافتن پاسخ یک مقطع بتن آرمه در برابر لنگر پیچشی خالص، الگوریتمی ارائه نموده است. در روش جدید ارائه شده در این تحقیق، یک الگوریتم پیش رونده برای حلّ دستگاه معادلات غیرخطّی حاکم بر مسأله ارائه می‌گردد. مزایا و کاربرد این روش در ساده نمودن حلّ مسألهٔ پاسخ یک مقطع بتن آرمه در برابر ترکیب نیروهای وارد بر آن، به طور مفصّل در فصل چهارم بحث خواهد شد.

در فصل پنجم با ارائهٔ مثالی، نحوهٔ استفاده از این الگوریتم دریافتن پاسخ یک مقطع بتن آرمهٔ مستطیلی با ارائهٔ نتایج، مورد بحث قرار می‌گیرد و کاربرد این روش در رسم نمودارهای لنگر خمشی - انحناء برای پیچش‌های مختلف اعمالی به مقطع بررسی شده است.

فصل دوّم

مروری بر روند تحقیقات انجام شده در زمینه پیچش خالص و ترکیب آن با سایر نیروها در مقاطع بتن آرمه