مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تحت شماره ۴۰۴۳۶

بسم الله الرحمن الرحیم

۴۰۴۳۶

دانشگاه آزاد اسلامی
واحد کرمان

۱۳۸۱ /۱/ ۳۰

017230

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران گرایش سازه های هیدرولیکی

موضوع

برآورد مؤلفه های نیروهای آئروالاستیک بر برجهای بلند

۴۰۴۳۶

استاد راهنما

جناب آقای دکتر محمد جواد خانجانی

نگارش

محمد مهجوری

۴۰۴۳۶

شهریور ۱۳۸۰

ج

اعوذ بالله من الشیطان الرجیم

هو الذي یسیرکم في البر و البحر حتي اذا کنتم في الفلک و جرین بهم بریح طیبه وفرحوابها جائتها ریح عاصف و جائهم الموج من کل مکان وظنوا انهم احیط بهم دعوالله مخلصین له الدین لئن انجیتنا من هذه لنکونن من الشاکرین

آیه ۲۲ سوره یونس

خدا را یاد کنید، اوست آنکه شما را در زمین و دریا سیر می دهد تا آنگاه که در کشتی نشینید و باد ملایمی کشتی را بحرکت آرد و شما شادمان و خوشوقت باشید، که ناگاه باد تندی بوزد و کشتی از هر جانب باامواج خطر افتد و خود را در ورطه هلاک ببینید آنزمان خدا را باخلاص و دین فطرت بخوانید که بارالها اگر ما را از این خطر نجات بخشی دیگر همیشه شکر و سپاس تو را خواهیم کرد.

موضوع :

برآورد مؤلفه‌های نیروهای آئروالاستیک بر برجهای بلنـد

ارائه دهنده: محمد مهجوری

پایان نامه :

بـــرای دریافت درجـه کارشـناسی ارشـــد

مهندسی عمران گرایش سازه‌های هیدرولیکی

از پایان نامه فوق در تاریخ ۸۰/۶/۸ مقابل هیات داوران دفاع به عمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت.

عـضو هـیئت داوران: دکـتر مـحمدباقر رهـنما

عضو هـیت داوران: دکـتر غـلامعباس بـارانـی

اســتاد راهـنما: دکـتر مـحمدجواد خـانجانی

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی

دکتر محسن نایینده‌رودی

سرپرست گروه کارشناسی ارشد عمران

دکتر محمدباقر رهنما

تقدیم به پدر و مادر فداکارم که همواره از خود
گذشتند و خالصانه مرا با معنای ایثار آشنا ساختند.

با سپاس و قـدردانی از استاد گرانقـدر جناب آقای دکـتر خانجانی که راهنمائی این رساله را بر عهده داشته و بدون کمکهای بی دریغ ایشان انجام این تحقیق میسر نبود.

و با تشکر از پروفسور A. Kareem و N. Isyumov که در تهیه اطلاعات و داده های مورد نیاز این پایان نامه کمال همکاری و لطف را داشتند .

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲

فصل ۱ – ساختمانهای بلند و نیروهای وارد بر آن ۳
۱–۱ مقدمه ٤
۱–۲ بررسی ریشه های تاریخی ایجاد مسکن در ارتفاع ٤
۱–۳ نیروهای موثر بر ساختمانهای بلند ٦

فصل ۲ – رابطه بین مدل و مقیاس واقعی با استفاده از اعداد بی‌بعد ۱۳
۲–۱ مقدمه ۱٤
۲–۲ گروههای بی بعد مهم در مکانیک سیالات ۱۵
۲–۳ رابطه بین تحلیل ابعادی و تشابه ۲۰

فصل ۳ – بررسی معادلات حاکم بر جریان – معادله ناویر استوکس ۲٦
۳–۱ مقدمه ۲۷
۳–۲ معادلات عمومی حاکم ۲۷
۳–۳ معادلات حاکم بر جریان تراکم ناپذیر ۲۹

فصل ٤ – تونل های باد و مدلسازی جریان ۳۲
٤–۱ مقدمه –تونل باد، تامین اطلاعات مورد نیاز ۳۳
٤–۲ پیکربندی آیروالاستیک ۳۵
٤–۳ ضروریات مدل آیروالاستیک ۳۷
٤–٤ آزمایشهای مدل آیروالاستیک برای ساختمانهای بلند ٤۰
٤–۵ مدلهای آیروالاستیک رایج STICK ٤۱
٤–٦ مدلهای آیروالاستیک با چند درجه آزادی ٤۳

فهرست مطالب

٤-٧ بررسی تونل های باد موجود ٤٦
٤-٨ انواع تونلهای باد برای سازه های بلند ٤٧
٤-٩ قسمتهای مختلف تونل باد ٤٩
٤-١٠ تونل باد موجود در ایران ٥٠
٤-١٠-١ تونل باد استفاده شده در مطالعات باد برج چند منظوره تهران : ٥٠
٤-١٠-٢ دستگاههای اندازه گیری تونل باد برج یادمان ٥٣
٤-١١ قوانین مدل سازی در تونل باد ٥٥
٤-١٢ قوانین مدلسازی ٥٦
٤-١٢-١ قوانین مدل فرود ٥٨
٤-١٢-٢ قوانین مدل رینولدز ٥٩
٤-١٢-٣ قوانین مدل جنسن ٦٢

فصل ٥ – برآورد مولفه های نیروهای آئروالاستیک بر سازه های بلند ٦٤
٥-١ مقدمه – ضرورت بررسی باد القائی ٦٥
٥-٢ بررسی و برآورد مولفه نیرو در امتدادهای عمود بر سازه ٦٦
٥-٣ بررسی پارامترهای عامل ٦٨
٥-٥ عکس العمل ائروالاستیک ٧٦
٥-٦ مجموع فعالیت ها و نتایج حاصله ٧٦

فصل ٦ – بررسی اثرات نیروهای القائی بر سازه ٧٨
٦-١ مقدمه ٧٩
٦-٢ ویژگیهای باد و نیروهای ناشی از آن ٨٠
٦-٣ واکنش باد القائی ٨٣
٦-٤ واکنش باد القایی بر اساس آیین نامه ASCE 7-98 ..... ٨٣
٦-٥ عناوین ویژه : اثرات آئروالاستیک ٨٧

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

فهرست مطالب

٦-٦ نمونه موردی ٨٩

فصل ٧ - برآورد نیروها بر ساختمانهای بلند با استفاده ازمدل و مقایسه آنها ٩٣

٧-١ مقدمه ٩٤

٧-٣ مدلهای آزمایشی ١٠١

٧-٤ پردازش داده ها ١٠١

٧-٥ بررسی نتایج حاصل از آنالیز داده های تونل باد ١٠٣

٧-٥-١ در امتداد جهت باد ١٠٣

٧-٥-٢ در امتداد عمود برجهت باد ١٠٧

٧-٥-٣ اثرات پیچشی ١١٠

٧-٥-٤ مقایسه بین اجزا بار آیرودینامیک ١١٤

٧-٦ ارائه نرم افزار طراحی ١١٦

نتیجه گیری نهائی و پیشنهادات ١٢٤

مراجع ١٢٧

چکیده انگلیسی ١٢٩

پیوستـــــها ١٣١

فهرست نمودارها

٤-١ ضرائب درگ زیر هد برای مدل سه بعدی عمود بر جریان برج یادمان ٥١

٤-٢ ضرائب درگ زیر هد برای مدل دو بعدی عمود بر جریان برج یادمان ٥٢

٧-١ مقایسه تغییرات ضریب RMS با نسبت ابعاد با توجه به تغییرات ارتفاع و نوع منطقه (در امتداد جهت باد) ١٠٤

٧-٢ طیف نوسانات آیرودینامیکی هم امتداد با جریان باد بر اساس عدد استروهال برای ٧ مدل آزمایشی در دو ناحیه شهری و باز ١٠٥

٧-٣ طیف نوسانات آیرودینامیکی در امتداد باد بر اساس عدد استروهال برای ٧ مدل آزمایشی در دو گروه ارتفاعی ناحیه شهری ١٠٦

٧-٤ مقایسه تغییرات ضریب RMS با نسبت ابعاد با توجه به تغییرات ارتفاع و نوع منطقه (عمود بر جهت باد) ١٠٧

٧-٥ طیف نوسانات آیرودینامیکی عمود بر جهت باد بر اساس عدد استروهال برای ٧ مدل آزمایشی در دو ناحیه شهری و باز ١٠٨

٧-٦ طیف نوسانت آیرودینامیکی عمود بر جهت باد بر اساس عدد استروهال برای ٧ مدل آزمایشی در دو گروه ارتفاعی ناحیه شهری ١٠٩

٧-٧ مقایسه تغییرات ضریب RMS با نسبت ابعاد با توجه به تغییرات ارتفاع و نوع منطقه (طیف گشتاور) ١١١

٧-٨ طیف نوسانات پیچشی آیرودینامیکی بر اساس عدد استروهال برای ٧ مدل آزمایشی در دو ناحیه شهری و باز ١١٢

٧-٩ طیف نوسانات پیچشی آیرودینامیکی بر اساس عدد استروهال برای ٧ مدل آزمایشی در دو گروه ارتفاعی ناحیه شهری ١١٣

٧-١٠a مقایسه مقادیر ممان پایه در امتداد و عمود بر جریان باد در سه مقطع مستطیلی ١١٥

٧-١٠b مقایسه مقادیر ممان پایه پیچشی و عمود بر جریان باد در سه مقطع مستطیلی ١١٥

فهرست اشکال

۱-۱ تقسیم بندی برجها بر اساس ابعاد مقطع و ارتفاع ۷

۱-۲ عمل وزش باد روی ساختمان ۱۰

۱-۳ اثر فشار باد روی ساختمان ۱۱

۲-۱ وابستگی دو عدد استروهال و رینولدز برای یک سیلندر صاف ثابت و یک دودکش مدل آئروالاستیک ۱۹

۲-۲ وابستگی عدد استروهال برای ابعاد مقطع مستطیل ۲۰

۳-۱ تنش های وارد بر وجوه یک المان مکعب مستطیل ۲۷

۳-۲ مقادیر افزوده شده در پائین دست برای واحد سطح در امتداد محور x ۲۸

۳-۳ جزئی که تنش ها را در جهت x نشان میدهد ۳۰

٤-۱ نمونه مدل برج سیرز در تونل باد BLWTL ۳۵

٤-۲ نمونه شماتیک از مدل با دو درجه آزادی ٤۱

٤-۳ مدلهای آئروالاستیک واقع در تونل باد بهمراه شبیه سازی محیط پیرامون ٤۲

٤-٤ مدل آئروالاستیک برای سازه بلند با ٤ منطقه و ۱۲ درجه آزادی ٤۵

٤-۵ نمای شماتیک عناصر سختی در مدل آئروالاستیک با درجه آزادی بالا ٤٤

٤-٦ تونل باد بزرگ CLP POWER با سرعت باد ۰/۲ الی ۲۸ متر بر ثانیه ٤۹

٤-۷ تاثیر عدد رینولدز، گرد بودن گوشه ها و زبری سطح روی ضریب کشش ۵۷

٤-۸ تغییرات تدریجی مقدار میانگین ضریب C_D با عدد رینولدز برای استوانه هائی با مقطع دایره ای ٦۱

۵-۱ ضرائب ترکیب نیروها برای اعضا سازه با حساسیت مختلف در امتداد x و y و پیچش ۷۲

۵-۲ تغییر گشتاور خمش پایه x و y در جهات مختلف باد برای یک گرادیان سرعت باد ٤۰ متر بر ثانیه با دوره ۱۰۰ ساله بر روی محور برج ۷۳

۵-۳ تغییر گشتاور خمش پایه x و y در جهات مختلف باد برای اطلاعات مشابهی روی ارتفاع ۳٤۷/۵ متری روی نوک قسمت ۳ گانه لوله محور برج با مشخصات شکل ۵-۲ ۷۳

۵-٤ جزئیات مدل آئروالاستیک برج جاکارتا ۷٤

۵-۵ مقایسه گشتاورهای خمش پایه x و y ناشی از انتگرال‌گیری فشار و برآورد آئروالاستیکی برای سرعت متوسط ٤۰ متر بر ثانیه ۷٤

فهرست اشکال

٦-١ نمودار مطالعاتی بررسی اثر نیروهای باد بر سازه ٧٩
٦-٢ جزئیات مجموع رفتار و اثر نیروهای باد بر سازه ٨٠
٦-٣ تبدیل تغییرات سرعت باد به تغییرات نیروی باد در دامنه فرکانس ٨٢
٧-١ نه مقطع مدل آزمایشی ١٠١
٧-٢ ورود اطلاعات منطقه طراحی به نرم افزاز ١١٨
٧-٣ ورود اطلاعات مقطع طراحی به نرم افزار ١١٩
٧-٤ ورود اطلاعات سازه به نرم افزار ١٢٠
٧-٥ ورود اطلاعات محیطی به نرم افزار ١٢١
٧-٦ اطلاعات ورودی ١٢٢
٧-٧ نتایج ارائه شده توسط نرم افزار ١٢٣

فهرست جداول

٦-١ ضرائب مربوط به نواحی چهارگانه ٨٥

٦-٢ جدول محاسبه مقادیر RMS و ماکزیمم شتابهای وارد بر سازه ٩٢

٧-١ ضرائب طول ناهمواری و ضریب توانی..... ٩٩

عنوان پروژه : برآورد مولفه های نیروهای آئروالاستیک بر برجهای بلنـد

نگارش : محمد مهجوری

رشته : مهندسی عمران – سازه های هیدرولیکی

استاد راهنما : جناب آقای دکتر محمد جواد خانجانی

تصویب : ۸ / ٦ / ۱۳۸۰

چکیده

پیشرفت های حاصل از طراحی مصالح سبک با مقاومتهای بالا و پاسخ گویی این مصـالح بـه نیازهـای مهندسـان عمران باعث گردیده نیروهای وارد بر سازه متأثر از این کاهش وزن شوند. در نتیجه با توجه به وابسـتگی دو نـیروی زلزله و باد به وزن سازه، به تدریج اثرات نیروی زلزله کاهش یافته و اثرات سیال باد بعنوان عامل تعیین کننـده رفتـار سازه مطرح گردیده است. حال با عنایت به محدودیت اطلاعات ارائه شده از سوی آیین نامه های مقررات بارگـذاری در رابطه با اثرات سیال باد، به منظور آنالیز و طراحی واقعی این جریان، ضـرورت مدلسـازی مقـاطع متـأثر از بـاد و بررسی عملکرد رفتار سازه در مقابل این نیروها کاملاً محسوس خواهد بود.

در این رساله با مطالعه اثرات باد بر روی مدلهایی با مقطع مستطیل شکل و متفـاوت در نسـبت طـول بـه عـرض مقطع به بررسی نیروی باد القایی متشکل از اثرات استاتیکی و دینامیکی بـر روی ۷ مـدل مختلـف پرداختـه و بـر آن اساس به مقایسه مقادیر RMS[1] ممان پایه ناشی از نوسانات ائرودینامیکی در امتداد جریان شلیک شده، عمود بـر ایـن جریان و نهایتاً اثرات پیچشی در دو منطقه شهری[2] و باز[3] اقدام شده اسـت. بـا بـهره گـیری از نتـایج حـاصل از ایـن آزمایشها مشاهده می گردد ارتفاع مدل قرار داده شده در تونل باد پارامـتر تعیین کننده مقادیر RMS ممان پایه نبوده و در صورت مشخص بودن نسبت طول به عرض پلان سازه این امکان فراهم می شود که با اسـتخراج مقـادیر ضریـب لنگر بی بعد از داده های پایه، لنگر پایه رزونانسی، میانگین و زمینه[4] را بدست آورد و بر این اساس اقدام بـه بـرآورد نیروهای ناشی از باد نمود. همچنین سعی در مقایسه مقادیر حاصل از فرآیند طراحی فوق با مقـادیر بدسـت آمـده از آیین نامه های معتبر گردیده که نتایج بدست آمده خود ضرورت تأکید بیشتر بـر آزمایشـهای تونـل بـاد را بـه اثبـات میرساند.

در نهایت با بررسی مدل ائروالاستیک مشاهده می شود اهمیت نیروهای برا[5] و رزونانسی در امتـداد ارتفـاع سـازه قابل ملاحظه می باشد بطوریکه پاسخ دینامیکی سازه بر اساس این نیروها حاصل مـی شـود و نیروهـای موجـود در امتداد محورهای هم امتداد و عمود بر سازه پارامترهای تعیین کننده نخواهند بـود. بعبـارتی در واقـع اجـزا دینـامیکی غیررزونانسی و همچنین مقادیر میانگین، تغییرات نیروی باد خارجی را دنبال مـی کننـد در حالیکـه بخـش دینـامیک رزونانسی توزیع نیروهای داخلی را در هر ناحیه سازه متناظر با جرم و شتاب محلی سازه پیگیری می کنند.

---

1) Root mean square 2)Urban 3)Suburban 4) Background 5) Drag force

مقدمه

با کاهش وزن سازه ها ناشی از پیشرفت در ساخت مصالح سبک به تدریج اثرات جریان سیال باد عامل تعیین کننده رفتار سازه ای مطرح می گردد. اما متاسفانه تعداد محدودی فرمول بندی تحلیلی بمنظور محاسبه مولفه های نیروهای ناشی از باد وجود دارد. آئین نامه های حاضر نیز فقط به بررسی اثرات استاتیکی باد پرداخته اند که با توجه به نیازهای موجود کافی بنظر نمی رسد.

هنگامی که پاسخ سازه ای باد القائی شامل مجموع اثرات استاتیکی و دینامیکی را بعنوان باد القائی کامل در نظر بگیریم قادر خواهیم بود اثر باد را بر حسب زمان بعنوان یک عملکرد استاتیکی فرض و بر سازه وارد نماییم. و بدین سان ترکیبات عملکرد باد شامل میانگین اثرات دینامیک رزونانس و دینامیک غیررزونانس را در سازه پیش بینی نمود . البته در این فرآیند باید به تفاوت توزیع فضائی این نیروها بر سازه دقت نمود. به عبارتی با بررسی مدل آئروالاستیک مشاهده می شود اهمیت نیروهای برا و القائی در امتداد ارتفاع قابل ملاحظه است بطوریکه پاسخ دینامیکی بر اساس نیروهای برا و کشش القائی تعیین می شود نه نیروهای موجود در امتداد محورهای x و y. بعبارتی در واقع اجزاء دینامیک غیررزونانسی، میانگین تغییرات نیروی باد خارجی را دنبال می کنند در حالی که بخش دینامیک رزونانس توزیع نیروهای داخلی که در هر ناحیه سازه متناظر با جرم و شتاب محلی سازه است را پیگیری می کنند . در این روش حتماً می بایست بارهای استاتیکی مستقل مورد اصلاح و بهینه سازی قرار گیرند .در سازه های بلند این مسئله منتج به توزیعات جداگانه از بارهای جانبی x و y عمل کننده در حالت استاتیکی و نیروی پیچشی در نقاط مختلف در ارتفاع سازه می شود و به عبارتی برای اعضاء سازه ای با عملکردهای ویژه که متاثر از ترکیبات نیروهای باد در جهات مختلف می باشد . با عنایت به محدودیتهای موجود در آیین نامه ها، نیاز به بررسی این گروه از سازه ها با استفاده از تونل باد و بر آورد نیروهای زمینه و رزونانسی و نهایتاً انتخاب نیروهای آئروالاستیک بهینه با استفاده از اطلاعات موجود ضروری به نظر میرسد.