١٠٩٤٤

وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری
دانشگاه علوم و فنون مازندران

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران
گرایش سازه

**عنوان**

# تعیین موقعیت بهینه مهاربـــازویی در ساختمان‌های بلنـــد

**استاد راهنمـــا**
جناب آقای دکتر حسن حاجی‌کاظمی

**استاد مشاور**
جناب آقای دکتر مرتضی اسکندری قادی

**نگـــارش**
مرتضی کاظمی تربقان

سال تحصیلی ۸۷-۱۳۸۶

۱۳۸۸ /۲/ -۵



۱۰۹۴۳۰

بسمه تعالی

وزارت علوم،تحقیقات و فناوری
دانشگاه علوم وفنون مازندران

## صورت جلسه نهائی پایان نامه کارشناسی ارشد

* مشخصات دانشجو:

نام ... خانوادگی ... شماره دانشجوئی .....

رشته تحصیلی: ... گرایش: ... تاریخ دفاعیه: .....

موضوع رساله: .....

واحد: ... نمره رساله: (به عدد) ... به حروف: ... نمره مقاله .....

نمره کل: ... به حروف ... درجه ارزشیابی .....

* اساتیدان راهنما و مشاور:

نام و نام خانوادگی (راهنما): ... رتبه دانشگاهی: ... از دانشگاه: ... امضاء

نام و نام خانوادگی (راهنما): ... رتبه دانشگاهی: ... از دانشگاه: ... امضاء

نام و نام خانوادگی (مشاور): ... رتبه دانشگاهی: ... از دانشگاه: ... امضاء

* اساتید مدعو:

نام و نام خانوادگی: ... رتبه دانشگاهی: ... از دانشگاه: ... امضاء

نام و نام خانوادگی: ... رتبه دانشگاهی: ... از دانشگاه: ... امضاء

نام و نام خانوادگی: ... رتبه دانشگاهی: ... از دانشگاه: ... امضاء

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه

معاون تحصیلات تکمیلی و پژوهشی دانشگاه

# سپاسگزاری

اینک که به یاری خداوند متعال این رساله به پایان رسیده است، نگارنده بر خود لازم می‌داند از زحمات دلسوزانه و بی‌دریغ استاد محترم **جناب‌آقای دکتر حسن حاجی کاظمی** و راهنمایی‌های ارزنده ایشان در زمینه انتخاب موضوع، تهیه منابع و تدوین پایان‌نامه سپاسگزاری نماید. همچنین از **جناب‌آقای دکتر مرتضی اسکندری قادی** که در طول دوره از حضورشان بهره گرفته است، صمیمانه قدردانی نموده و توفیق‌روز افزون آنها را از درگاه خداوند منان آرزو دارد.

با نهایت احترام

**مرتضی کاظمی تربقان**

تقدیم به :

از اولین نفس تا آخرین وداع مدیون الطاف بیکران

دو گوهر نایاب زندگی‌ام هستم و این تلاش را به مانند تمامی داشته‌های زندگی‌ام با جان و دل

تقدیمشان می‌دارم و پیشکش می‌کنم به برادران و خواهران عزیزم که چون همیشه

موجبات دلگرمی‌ام بوده‌اند.

## چکیده

ایجاد ساختمان‌های بلند همیشه یکی از اهداف بشر بوده، که در این راه با مشکلاتی نیز روبه‌رو بوده است. از آن جمله می‌توان به عدم دسترسی به مصالح با مقاومت بالا و نیز عدم آنالیز دقیق سازه اشاره نمود. این عوامل باعث ایجاد ساختمان‌هایی با فرم‌های سازه‌ای مشابه شدند، که با گذشت زمان و بوجود آمدن مصالح جدید و هم چنین امکان طراحی و آنالیزسازه‌های سه‌بعدی پیچیده به وسیله نرم‌افزارها، فرم‌های سازه‌ای مختلف جهت ساخت ساختمان‌های بلند بوجود آمدند. یکی از این فرم‌های سازه‌ای، سازه‌های با مهار بازویی می‌باشد. این فرم سازه‌ای دارای یک هسته مرکزی می‌باشد که متشکل از دیوارهای برشی و یا قاب‌های مهاربندی شده می‌باشد، که هسته مرکزی توسط خرپاهای بازو مانند یا شاه‌تیرها به ستون‌های خارجی متصل می‌شود. از سازه‌هایی که این فرم سازه‌ای را دارا بودند می‌توان به ساختمان WTC در آمریکا اشاره نمود.

در این پایان‌نامه سعی براین است که موقعیت بهینه مهار بازویی با استفاده از روش‌های متعارف موجود مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد. در ادامه ضمن مروری بر تاریخچه مطالعات و هم‌چنین بررسی عوامل موثر بر رفتار سازه‌ها، این فرم سازه مدل‌سازی شده و مقایسات عددی انجام می‌پذیرد.

## Abstract

One of the goals of human being has always been construction tall buildings for which they haws faced with many problems some of which are no accessing to materials with high strength and lack of precise analysis of structure .These factors has led to developing buildings with the same structure forms. These forms, during the time with emergence of new materials and also with the opportunity for planning and analysis of complex T-dimension structures by means of softwares has resulted different structure forms for construction tall buildings. One of these structure forms is outrigger – braced ones. This form benefit from a centeral core which consist of shear walls or braced frame structures. The centeral core is connected to external column by jib-like trusses or girders. WTC building in America is an example of this form.

In this thesis, it has been tried to investigate optimum location of outrigger- braced by using available known methods. in continue with review the study history and study of effective factors on structures' behavior, the structure form is modelized and quantitative comparison is performed.

# فهـرست مطـالب

**عنوان** **صفحه**


**فصل اول : مقدمـه**

۱ـ۱ تعریف سازه بلند ---------- ۲

۱ـ۲ دلایل بلندمرتبه سازی ---------- ۲

۱ـ۳ تاریخچه سازه‌های بلند ---------- ۳

۱ـ۴ انواع سازه‌های بلند ---------- ۸

۱ـ۵ فرم‌های سازه‌ای ---------- ۹

۱ـ۵ـ۱ قاب‌های مهار بندی شده ---------- ۱۰

۱ـ۵ـ۲ قاب‌های صلب ---------- ۱۲

۱ـ۵ـ۳ قاب‌های میان‌پر ---------- ۱۴

۱ـ۵ـ۴ تاوه‌های تخت و قارچی ---------- ۱۴

۱ـ۵ـ۵ دیوارهای برشی ---------- ۱۵

۱ـ۶ـ۶ دیوار کوپل ---------- ۱۶

۱ـ۵ـ۷ سازه‌های قاب ـ دیوار ---------- ۱۷

۱ـ۵ـ۸ قاب‌های محیطی ---------- ۱۷

۱ـ۵ـ۹ قاب‌های محیطی تو در تو ---------- ۱۹

۱ـ۵ـ۱۰ قاب‌های محیطی دسته‌بندی شده ---------- ۲۰

۱ـ۵ـ۱۱ قاب‌های محیطی مهاربندی شده ---------- ۲۱

۱ـ۵ـ۱۲ سازه‌های با مهار بازویی ---------- ۲۲

۱ـ۶ اهداف ---------- ۲۳

**فصل دوم : بارگـذاری**


۲ـ۱ مقدمه ---------- ۲۶

۲ـ۲ بارهای قائم ---------- ۲۸

۲ـ۲ـ۱ بارمرده ---------- ۲۸

۲ـ۲ـ۲ بارزنده ---------- ۲۸

۲ـ۲ـ۲ـ۱ روش‌ها وفلسفه کاهش بارزنده ---------- ۲۸

۲ـ۳ بارهای جانبی ---------- ۲۹

۲ـ۳ـ۱ بار باد ---------- ۲۹

۲ـ۳ـ۱ـ۱ روش‌ساده استاتیکی ---------- ۲۹

۲ـ۳ـ۱ـ۲ روش‌آزمایش تونل باد ---------- ۳۱

۲ـ۳ـ۱ـ۳ روش تحلیل دینامیکی ---------- ۳۲

۲ـ۳ـ۲ بار زلزله ---------- ۳۴

۲ـ۳ـ۲ـ۱ روش تحلیل استاتیکی معادل ---------- ۳۵

۲ـ۳ـ۲ـ۲ روش تحلیل دینامیکی طیفی ---------- ۳۷

۲ـ۳ـ۲ـ۳ ترکیب اثرمودها ---------- ۴۰


**فصل سوم : مدل سازی رفتار هسته در سازه‌های بلند**


۳ـ۱ مقدمه ---------- ۴۳

۳ـ۲ سازه‌های جدار نازک ---------- ۴۴

۳ـ۲ـ۱ برش در تیرهای جدار نازک ---------- ۴۴

۳ـ۲ـ۲ روابط تعادل درتیرهای جدارنازک ---------- ۴۵

۳ـ۳ آنالیز سازه‌های جدار نازک ---------- ۴۷

۳ـ۳ـ۱ مختصات قطاعی ---------- ۴۷
۳ـ۳ـ۲ مرکز برش ---------- ۴۷
۳ـ۳ـ۳ تعیین ممان اینرسی قطاعی ---------- ۴۹
۳ـ۳ـ۴ تعیین ثابت پیچش برشی ---------- ۵۰
۳ـ۴ تئوری تابیدگی گیردار هسته‌های یک‌نواخت تحت اثر پیچش ---------- ۵۱
۳ـ۴ـ۱ معادلات دیفرانسیل حاکم ---------- ۵۱
۳ـ۴ـ۲ حل پیچش گسترده یک نواخت ---------- ۵۳
۳ـ۴ـ۳ تنش‌های تابیدگی ---------- ۵۴
۳ـ۴ـ۴ هسته‌های با مقطع نیمه بسته ---------- ۵۴
۳ـ۴ـ۵ نیروهای تیرهای اتصالی ---------- ۵۶
۳ـ۴ـ۶ بارگذاری گسترده مثلثی پیچشی ---------- ۵۷
۳ـ۴ـ۷ بارگذاری متمرکز پیچشی دربالای مقطع ---------- ۵۸
۳ـ۵ آنالیز به کمک منحنی‌های طراحی ---------- ۵۸
۳ـ۶ محاسبه ضخامت دیافراگم برشی به روش سختی ---------- ۵۹

**فصل چهارم: رفتارقاب‌های محیطی در سازهای بلند**

۴ـ۱ مقدمه ---------- ۶۳
۴ـ۲ بررسی رفتارقاب صلب ---------- ۶۳
۴ـ۲ـ۱ آنالیز تقریبی به روش طره‌ای ---------- ۶۴
۴ـ۳ پاسخ یک قاب دو بعدی به نیروهای افقی ---------- ۶۵
۴ـ۳ـ۱ تغییرمکان افقی ---------- ۶۸
۴ـ۳ـ۱ـ۱ جابجایی طبقه‌در اثر خمش شاه تیر ---------- ۶۸

۴-۳-۱-۲ جابجایی طبقه اثر خمش ستون ---------- ۶۹
۴-۳-۱-۳ جابجایی در اثر خمش کلی سازه ---------- ۶۹
۴-۴ قاب‌های محیطی ---------- ۷۲
۴-۴-۱ مود رفتاری قاب‌های محیطی ---------- ۷۴
۴-۴-۲ آنالیز سازه ---------- ۷۵
۴-۵ لنگی برش ---------- ۷۶
۴-۶ روش‌های کاهش لنگی برش ---------- ۷۸

**فصل پنجم: تعیین موقعیت بهینه مهار بازویی**

۵-۱ مقدمه ---------- ۸۶
۵-۲ فرضیات آنالیز ---------- ۸۷
۵-۳ تعیین موقعیت بهینه مهار بازویی ---------- ۸۸
۵-۳-۱ تعیین لنگرگیرداری اعمالی از مهار بازویی به هسته ---------- ۸۸
۵-۳-۲ تعیین تغییر مکان افقی ---------- ۹۰
۵-۳-۳ تعیین موقعیت بهینه مهار بازویی ---------- ۹۱
۵-۳-۴ تعیین موقعیت بهینه مهار بازویی در یک سازه تحت بار جانبی گسترده یکنواخت ---------- ۹۲
۵-۳-۵ تعیین موقعیت بهینه مهاربازویی درسازه غیر یکنواخت ---------- ۹۵
۵-۳-۶ بررسی تغییرشکل کلی سازه با قرارگیری مهاربازویی در ترازهای مختلف ---------- ۹۶
۵-۳-۷ تعیین موقعیت بهینه مهار بازویی ---------- ۹۹
۵-۴ تعیین موقعیت بهینه مهارهای بازویی تحت انواع بارگذاری جانبی ---------- ۱۰۵
۵-۴-۱ تعیین موقعیت بهینه مهار بازویی تحت بار متمرکز دربالای سازه ---------- ۱۰۵
۵-۴-۲ تعیین موقعیت بهینه بازویی تحت بار گسترده مثلثی با قاعده دربالای سازه ---------- ۱۰۷

۵ـ۴ـ۳ تعیین موقعیت بهینه بازویی تحت ترکیب بار گسترده و متمرکز ---------- ۱۰۹
۵ـ۴ـ۴ تعیین موقعیت بهینه دو مهار بازویی تحت بار گسترده مثلثی با قاعده در بالای سازه --- ۱۱۲
۵ـ۵ تعیین موقعیت بهینه مهار بازویی دریک قاب محیطی ---------- ۱۱۶

**فصل ششم: نتیجه‌گیری**

نتیجه‌گیری ---------- ۱۱۹

**فصل هفتم: مثال‌های عددی**

مثال‌های عددی ---------- ۱۲۴

**پیوست**

پیوست۱ ---------- ۱۳۴
پیوست۲ ---------- ۱۳۸
منابع و مآخذ ---------- ۱۴۲

# فصل اول

# مقدمه

### ۱ ـ ۱ تعریف سازه بلند

بلندی خود یک مفهوم نسبی است و نمی‌توان سازه را بر حسب ارتفاع یا تعداد طبقات آن دسته‌بندی و تعریف نمود.یکی از معیارهای تعیین بلندی سازه، شرایط اجتماعی و تصورات فرد از محیط می‌باشد. به طوری که ممکن است در شهری کوچک یک ساختمان حدود ۱۰ طبقه بعنوان آسمان خراش خوانده شود، حال آنکه در شهرهای بزرگ که‌دارای تعدادزیادی ساختمان بلند مرتبه می‌باشند، یک ساختمان باید حدود ۵۰ تا ۷۰ طبقه داشته باشد تا نسبت به ساختمان‌های اطراف خود بلند به نظر بیاید. پس همانطور که گفته شد بلندی ساختمان را نمی‌توان با تعداد طبقات و ارتفاع سنجید و همانطور که ذکر خواهد شد آیین نامه کشورهای مختلف تعریف‌های مختلفی از سازه بلند دارند. از نقطنظر مهندسی، هنگامی می‌توان سازه را بلند نامید که ارتفاع آن به اندازه‌ای باشد که نیروهای جانبی ناشی از باد و زلزله، بر طراحی آن تاثیر قابل توجهی گذارند. لذا باید تاثیر این عوامل از ابتدای مراحل طراحی در نظر گرفته شود. [۱]

### ۱ ـ ۲ دلایل بلند مرتبه‌سازی

به طور کلی می‌توان دلایل ساخت و ایجاد سازهای بلند را در چند مورد زیر خلاصه نمود.

۱ـ پاسخی به تقاضای جامعه بازرگانی. با توجه به این‌که می‌توان تمامی مایحتاج و نیازهای مورد نیاز مردم را در آن مکان مهیا نمود و با توجه به این که این سازه‌ها نیاز به فضای کمی دارند، در نتیجه مکان بسیار مناسبی جهت ارائه خدمات می‌باشند.

۲ـ ایجاد یک مکان مناسب جهت تبلیغات. با توجه به مطرح بودن ساختمان‌های بلند به عنوان یک نماد در داخل شهر و یا کشور ،در نتیجه مکان بسیار مناسبی جهت تبلیغات می‌باشند.

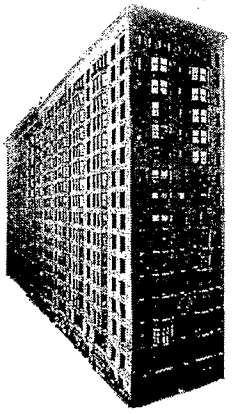
۳ـ افزایش سریع جمعیت شهری و محدودیت فضا. با توجه به افزایش سریع جمعیت شهری، یکی از راه‌حل‌های مناسب جهت فراهم ساختن مسکن برای افراد، ایجاد ساختمان‌های بلند می‌باشد، که به وسیله آن می‌توان از کم‌ترین فضا بیشترین استفاده را نمود.

٤ـ جذب توریست و کثرت مراجعه کننده. با توجه به ویژگی‌های خاص ساختمان‌های بلند می‌توان از آن‌ها در جذب توریست استفاده نمود.

۵ـ نماد پیشرفت و قدرت آن کشور در این زمینه. با توجه به این‌که طراحی و احداث ساختمان‌های بلند کار نسبتاً پیچیده‌ای می‌باشد و نیاز به نیروهای ماهر و توانا در این زمینه دارد. در نتیجه احداث این چنین ساختمان‌هایی می‌تواند برای مهندسین آن کشور یک افتخار بزرگ تلقی شود.

### ۱ ـ ۳ تاریخچه سازه‌های بلند[۱]

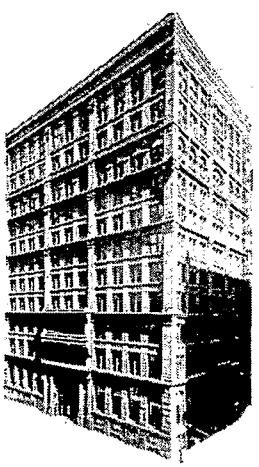
ساختمان‌های چهار طبقه چوبی شامل تیروستون یکی از متداولترین فرم‌های سازه‌ای در رم باستان بود. ولی چوب دارای ضعف‌هایی بود که از آن جمله می‌توان به نداشتن مقاومت کافی برای ساختمان‌هایی با بیش از ۵ طبقه و هم‌چنین خطر آتش‌سوزی که ساختمان‌های چوبی را تهدید می‌کرد، نام برد. دلایل ذکر شده موجب شد که آجر جای چوب را بگیرد و در سال ۱۸۹۱ مرتفع ترین ساختمان آجری با ١٦ طبقه در شهر شیکاگو ساخته شود، که به ساختمان Monadnock مشهور است (شکل۱ـ۱).



شکل۱ـ۱ ساختمان Monadnock

ساختمان‌های آجری خود نیز دارای مشکلاتی بودند که از آن جمله می‌توان به وزن زیاد آن‌ها و بزرگ بودن مقاطع دیوارها اشاره نمود، که بار زیادی را به سازه تحمیل می‌کردند و فضای بسیاری را اشغال می‌کردند. به طوری که ساختمان ذکر شده در بالا، دارای دیوارهایی به ضخامت ۲ متر در پایین‌ترین طبقه خود بود. به همین خاطر این ساختمان آخرین سازه بلند با مصالح سنگین بود.در اواسط قرن نوزدهم دو ابداع باعث شد تاثیر بسیار زیادی در ساخت سازه‌های بلند ایجاد شود.

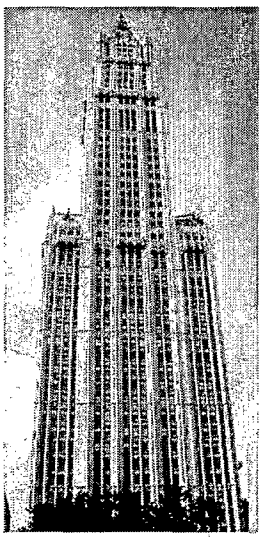
این دو عبارت بودند از: آسانسور و دست یابی به مواد با مقاومت و کارآیی بالا نظیر فولاد و آهن. با دست‌یابی به این ابداعات مشکلاتی که در مورد سنگینی سازه، فضای داخلی، بازشوها و پنجره‌ها وجود داشت تا حدودی مرتفع شد و مشکل ارتفاع زیاد نیز از بین رفت و طبقات بالای ساختمان نیز متقاضی پیدا کرد. اولین سازه بلند با اسکلت فلزی ساختمان ۱۱ طبقه Home Insurance شیکاگو به سال ۱۸۸۳ بود (شکل ۱ـ۲).



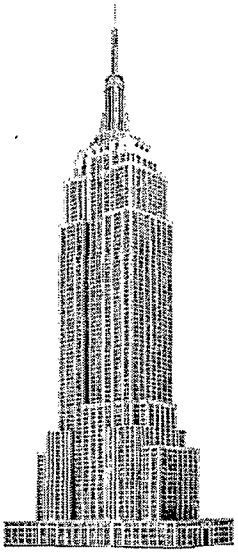
شکل ۱ـ۲ ساختمان Home Insurance

پس از آن در سال ۱۸۹۹ ساختمان ۹ طبقه Rand –McNally با قاب‌های فولادی ساخته شد. روش‌های پیشرفته طراحی و تکنولوژی ساخت باعث گردیدند که حداکثر ارتفاع سازه‌هایی فولادی به تدریج افزایش یابد. در سال ۱۹۱۳ ساختمان WoolWorth با ۶۰ طبقه در نیویورک اجرا گردید( شکل ۱ـ۳). روند رشد در این مرحله که به دوران طلایی آسمان

خراش‌سازی‌معروف بود به سال ۱۹۳۱ با اجرای ساختمان ۱۰۲ طبقه امپایراستیت Empire State به اوج خود رسید. شکل(۱ـ٤). در ساختمان مزبور که ارتفاع آن ۳۸۱ متر می‌باشد، از قاب‌های فولادی مهاربندی شده استفاده شده است.



شکل۱ـ۳ ساختمان Woolworth

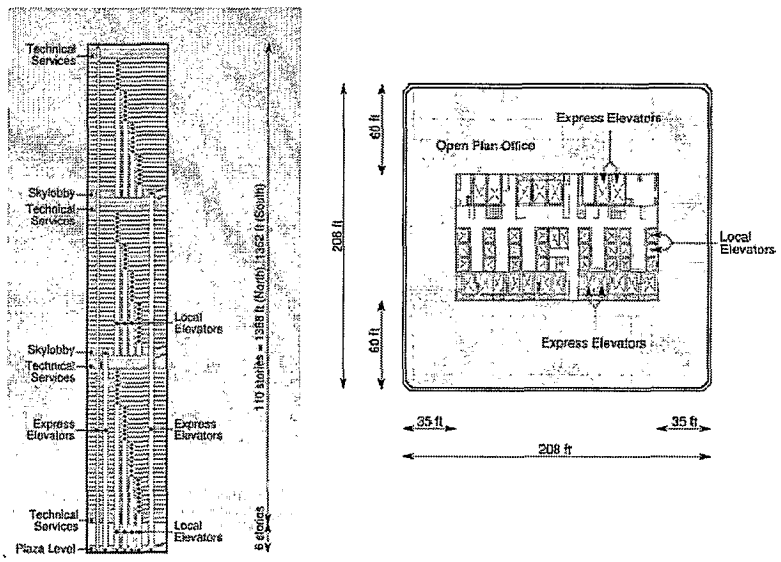


شکل۱ـ٤ ساختمان Empire State

استفاده از بتن آرمه در اواخر قرن نوزدهم و شروع قرن بیستم متداول گردید. ولی با توجه به این‌که تا قبل از جنگ جهانی اول هنوز خواص مواد مرکب و قابلیت‌های باربری و شکل‌پذیری آن‌ها شناخته نشده بود، در ساخت سازه‌های بلند از آن استفاده چندانی به عمل نیامده بود. به طوری که هنگامی که ساختمان فلزی امپایراستیت کامل گردید، بلندترین سازه بتنی، ساختمان ۲۳ طبقه Exchange Building واقع در شهر سیتل آمریکا بود.

رکود اقتصادی سال‌های دهه ۱۹۳۰ پایان‌گر دوران اول آسمان خراش سازی بود. دوره بعد، پس از جنگ جهانی دوم و دست‌یابی به راه‌حل‌های سازه‌ای و معماری جدید شروع گردید. در این دوره به جای تلاش در افزایش ارتفاع، متخصصین به معرفی سیستم‌های جدید سازه‌ای، مواد با کیفیت و کارآیی بهتر و روش‌های طراحی و ساخت پیشرفته‌تر پرداختند این روند ادامه داشت تا این که در سال ۱۹۷۳ با استفاده از سیستم سازه‌ای قاب‌های محیطی، برج‌های ۱۱۰ طبقه

World Trade Center نیویورک به ارتفـاع ٤١٢ متـر( شـکل۱ــ۵)، و پـس از آن در سـال ۱۹۷٤ عملیات اجرایی ساختمان Sears Tower شیکاگو به ارتفاع ٤٤٢ متر با استفاده از سیـستم سـازه‌ای قاب‌های محیطی دسته شده به پایان رسید و رکورد ارتفاع ساختمان امپایراستیت شکسته شـد. در سال ۱۹۹٦ برج های دو قلوی پتروناس به ارتفاع ٤٥۱/۹ متر که در مرکز شهر کوالالامپـور مـالزی واقع شده‌اند، به بهره‌برداری رسید.




شکل۱ـ۵ پلان و نمای ساختمان WTC

**جدول ۱ـ ۱ تعداد سازه‌های بلند در قاره‌های مختلف جهان [2]**

| قاره | تعداد | درصد |
|---|---|---|
| آسیا | ۲٤۳۰۲ | ۳۳/۱٦ |
| آمریکای شمالی | ۲۲۸٦۳ | ۳۱/۲ |
| اروپا | ۱۳۱۱٤ | ۱۷/۸۹ |
| آمریکای جنوبی | ۹۹۰۳ | ۱۳/۵۱ |
| اقیانوسیه | ۲۲٤٤ | ۳/۰٦ |
| آفریقا | ۸۵۹ | ۱/۱۷ |

جدول ۱ـ۲ بلندترین سازه‌های دنیا [2]

| ساختمان | محل | سال اتمام ساخت | تعداد طبقات | ارتفاع (m) |
|---|---|---|---|---|
| Center of India Tower | Katangi,India | ۲۰۰۸؟ | ۲۲٤ | ٦٦۷ |
| Shanghai World Financial Center | Shanghai,China | ۲۰۰٤ | ۹٥ | ٤٦۰ |
| Pontronas Twin Towers | Kuala Lumpur,Malaysia | ۱۹۹۸ | ۸۸ | ٤٥۲ |
| Sears Tower | Chicago,USA | ۱۹۷٤ | ۱۱۰ | ٤٤۲ |
| AsiaPlaza | Kaohsiung,Taiwan | ۲۰۰۸؟ | ۱۰۳ | ٤۳۱ |
| Taipeid Int'Finace Center | Taiwan | ۲۰۰۸؟ | ۱۰۱ | ٤۲۸ |
| Jin Mao Building | Shanghai,China | ۱۹۹۹ | ۸۸ | ٤۲۱ |
| World Trade Center درتاریخ۱۱سپتامبر۲۰۰۱فروریخت | New York,USA | ۱۹۷۳ | ۱۱۰ | ٤۱۷ |
| Empire State Building | New York,USA | ۱۹۳۱ | ۱۰۲ | ۳۸۱ |
| Central plaza | Hong Kong,China | ۱۹۹۲ | ۷۸ | ۳۷٤ |
| Bank of China Tower | Hong Kong,China | ۱۹۸۹ | ۷۰ | ۳٦۹ |
| T&C Tower | Kasohiung,Taiwan | ۱۹۹۷ | ۸٥ | ۳٤۸ |
| AmocoBuilding | Chicago,USA | ۱۹۷۳ | ۸۰ | ۳٤٦ |
| Central Sttion | HongKong,China | ۱۹۹۸ | ۷۹ | ۳٤٦ |
| JohnHancock Center | Chicago,USA | ۱۹٦۹ | ۱۰۰ | ۳٤٤ |
| Shun HingSquare | Shenzhen,China | ۱۹۹٦ | ٦۹ | ۳۲٥ |
| Civtic plaza | Guangzhou,China | ۱۹۹۷ | ۸۰ | ۳۲۲ |
| Burj Al Arab Hotel | Dubai ,UAE | ۱۹۹۸ | ٦۰ | ۳۲۱ |
| BaiyokeTower II | Bangkok,Thailand | ۱۹۹۷ | ۹۰ | ۳۲۰ |
| Chrysler Building | New York,USA | ۱۹۳۰ | ۷۷ | ۳۱۹ |
| Nation Bank Plaza | Atlanta,USA | ۱۹۹۳ | ٥٥ | ۳۱۲ |
| Library Tower | LosAngeles,USA | ۱۹۹۰ | ۷٥ | ۳۱۰ |
| AT&T Corporate Center | Chicago,USA | ۱۹۸۹ | ٦۰ | ۳۰۷ |
| Texas Commerce Tower | Houston,USA | ۱۹۸۲ | ۷٥ | ۳۰٥ |
| Two prudential Plaza | Chicago,USA | ۱۹۹۰ | ٦٤ | ۳۰۳ |
| Ryugyong Hotel | Pyongyang,N.Korea | ۱۹۹٥ | ۱۰٥ | ۳۰۰ |
| Commerzbank Tower | Frankfurt,Germany | ۱۹۹۷ | ٥٦ | ۲۹۹ |
| Firt Interstate Bank Plaza | Houston,USA | ۱۹۸۳ | ۷۱ | ۲۹٦ |
| Landmark Tower | Yokohama,Japan | ۱۹۹۳ | ۷۰ | ۲۹٦ |
| 311 South Wacker Drive | Chicago ,USA | ۱۹۹۰ | ٦٥ | ۲۹۳ |

### ۱ ـ ٤ انواع سازه‌های بلند

سازه‌های بلند بر اساس آن که چه موادی در ساخت آن‌ها مصرف شده باشد به سازه‌های بلند بتنی، سازه‌های بلند فولادی و سازه‌های بلند ترکیبی تقسیم بندی می‌شوند. هر یک از این سازه‌های بلند دارای مزیت‌ها و محدودیت‌هایی می‌باشد، که در ادامه هر یک از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته می‌شود. در این پایان نامه بیشتر سازه‌های بلند فولادی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

سازه‌های فولادی در طول تاریخ ساختمان‌های بلند همیشه پیشگام بوده‌اند. از آن جا که قاب‌های فولادی برای هر نوع ارتفاع مناسب می‌باشند و نسبت مقاومت به وزن بسیار بالایی دارند، همیشه به عنوان انتخاب اصلی در ساختمان‌های بلند بوده‌اند. سازه‌های فولادی ضمن ایجاد امکان دهانه‌های بزرگ، قابل پیش سازی بوده و در نتیجه دارای سرعت اجرای بیشتری هستند و نیاز به فضای کارگاهی کمتری دارند. مهم‌ترین معایب سازه‌های فولادی، نیاز به پوشش مقاوم در برابر آتش‌سوزی و زنگ زدگی، مهاربندهای قطری، اتصالات ویژه در قاب‌های صلب و نماسازی پرهزینه آن‌ها می‌باشد.

سازه‌های بلند بتن آرمه تقریباً دو دهه پس از اولین ساختمان‌های بلند فلزی مطرح گردیدند. قابل ذکر است که ساختمان‌های بتنی اولیه از نظر فرم سازه‌ای متاثر از سازه‌های مشابه فولادی و دارای اسکلت شامل ستون‌ها و شاه تیرها بودند، با این تفاوت که به علت صلب بودن قاب‌ها، بدون نیاز به مهاربند قطری در برابر بارهای جانبی مقاومت می‌کردند. با معرفی دیوارهای برشی مقاوم در برابر بارهای افقی، گام مهمی در تکامل فرم سازه‌ای ساختمان‌های بلند بتن آرمه برداشته شد.اتصالات سازه‌های بتن آرمه اقتصادی‌تر و اجرای آن از سازه‌های فلزی آسان‌تر می‌باشد.