راهنمای طراحی محاسبه مناره

امروزه مناره جزء جدایی ناپذیر امکان مذهبی و مساجد می باشد. البته از مناره به اشکال متنوع در امکان مقدس سایر ادیان نیز استفاده می شود. در واقع وجود مناره به پیش از ظهور اسلام باز می گردد که درآن زمان از مناره به عنوان چراغ فانوس در بیابان استفاده می شد. جالب است بدانید دولت سوئیس پس از یک همه پرسی ساخت مناره برای مساجد را ممنوع کرد. اولریش اشلوئر از رهبران مخالف ساخت مناره‌ها در مصاحبه‌ای مناره‌ها را سمبل ادعای برتری اسلام بر مسیحیت دانست، این اقدام با اعتراض گسترده نهادهای اروپایی و واتیکان روبرو شد. در ادامه بررسی تحلیل و طراحی سازه های خاص در وبسایتCivil808 ، در این خبر تحلیلی قصد داریم طراحی سازه مناره ها را بررسی کنیم:

کاربردهای مناره

- میل راهنما : برای راهنمایی کاروان‌ها در مسیر جاده‌ها و نشان دادن مکانهای اصلی بافت شهری.
- اذان‌گویی و خبررسانی: مکانی برای گفتن اذان.
- مناره نماد پیروزی: این نوع مناره‌ها را از جمجمه سر انسان‌ها و حیوانات می‌ساختند.

اجزاء تشکیل دهنده مناره

- پایه یا سکو: مربعی‌شکل یا چندپهلو بوده که بدنه یا ساقه مناره در وسط آن قرار می‌گیرد.
- ساقه: در ایران در مناره‌های پیش از اسلام اغلب مربعی شکل و در دوران اسلامی به شکل استوانه یا مخروطی ساخته می‌شده.
- سرپوش: مربع و هشت گوش که مهم‌ترین بخش مناره‌است.
- رأس: سایبان که به اشکال مختلف ساخته می‌شود.

چند نمونه

مناره مسجد جامع عقبه واقع در تونس (قدیمی ترین مناره پا برجا)

مناره های مصلی تهران به ارتفاع ۱۴۰ متر

مناره های مسجدالنبی به ارتفاع ۱۰۵ متر

مناره مسجد ملک حسن ثانی در کازابلانکا به ارتفاع ۲۱۰ متر (بلندترین مناره موجود)

مناره مسجد استقلال در جاکارتا به ارتفاع ۹۷ متر

مناره مسجد بیت الفتوح در لندن با ارتفاع ۳۵ متر

مناره های مرکز اسلامی میشیگان به ارتفاع ۳۲ متر

مصالح مورد استفاده

در گذشته مناره ها غالباً از مصالحی همچون خشت و گل و پس از آن آجر و آهک ساخته می شد. رفته رفته با پیدایش مصالحی همچون سیمان و فولاد روشهای سنتی طرح و اجرای این سازه ها به فراموشی سپرده شد.امروزه به ویژه از فولاد می توان سازه های بسیار عظیمی را بنا نهاد که قاعدتاً این نوع سازه ها از این قاعده مستثنی نیستند.

وسائل دسترسی

عمومی ترین وسیله دسترسی به بخشهای فوقانی مناره پله می باشد که به جهت فرم و ابعاد سازه عمدتاً از نوع مارپیچ می باشد. در بعضی موارد از نرده بان استفاده می شود و گاها مناره ها فاقد وسیله دسترسی دائمی می باشند. امروزه انواع بلندتر حتی به بالابر نیز مجهز هستند که مناره های مصلی تهران شامل این مورد می شوند.

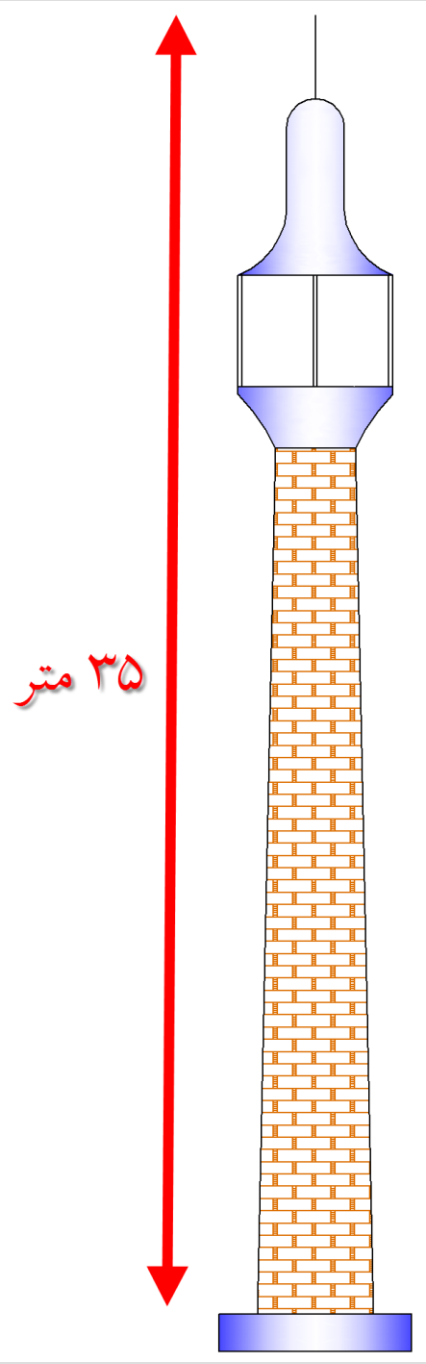
پله مارپیچ عمومی ترین وسیله دسترسی به بخشهای فوقانی مناره

بارهای وارده

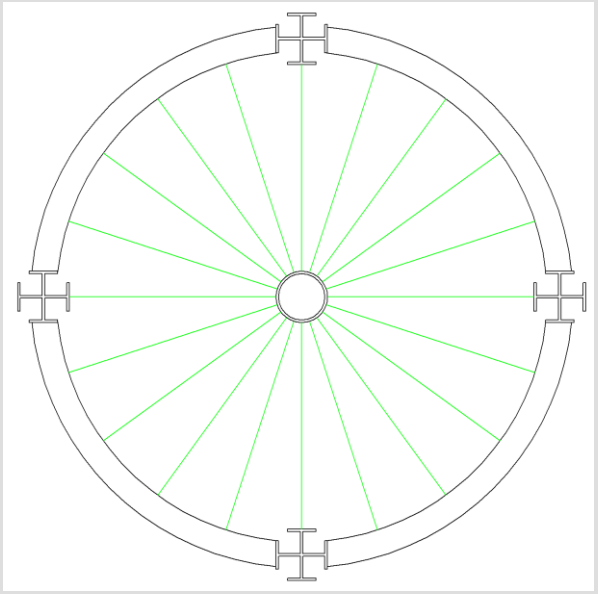
این سازه های به طور کلی تحت بارهای مرده، باد و زلزله قرار دارند. با توجه به کاربری سازه بار زنده قابل توجهی به سازه وارد نمی شود و می توان از اثر آن صرف نظر کرد. با توجه به نسبت ارتفاع به قطر زیاد سازه به ویژه در انواع بلندتر لازم است سازه جهت بار باد و زلزله تحلیل دینامیکی شود.

مثال

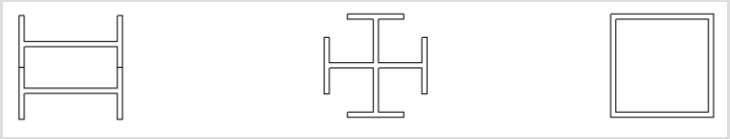
به جهت آشنایی شما به کلیات طرح مناره، یک نمونه به ارتفاع ۳۵ متر از قاب فولادی طراحی خواهیم کرد. قطر مناره در بخش تحتانی ۳ متر بوده که در انتها به ۲ متر کاهش می یابد. ۳۰ متر اولیه از قاب فولادی بوده که به کمک آجر مجوف بین قابها پر می شود. در انتها به کمک یک اتصال فلنجی بخش فوقانی به بخش تحتانی متصل می شود. لازم به ذکر است مناره به صورت مجزا از ساختمان اصلی مسجد و در شهر بوشهر قرار دارد.



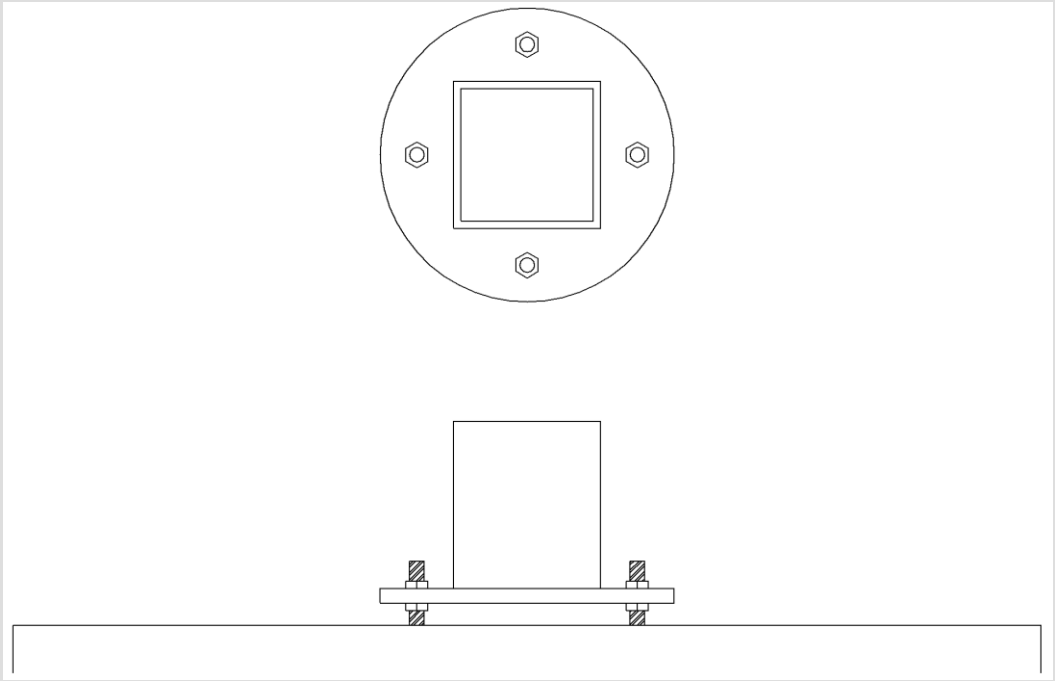
نمای کلی از مناره به صورت شماتیک



سیستم قاب خمشی (تیرها در تراز ۵ متری از یکدیگر به صورت عمود قرار می گیرند)



فرمهای پیشنهادی جهت ستونها



سیستم پیشنهادی جهت اتصال کف ستون

بارگذاری برای باد

بارگذاری این سازه ها بسیار ساده بوده و بر اساس ضوابط ارائه شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان انجام می شود، بنابراین بخش های مربوط به بارگذاری این نوع سازه را عیناً نقل می کنیم.

۶-۶-۵ فشار یا مکش ناشی از باد

فشار یا مکش ناشی از باد بر روی سطوح ساختمان، در هر ارتفاعی از آن، از رابطه زیر محاسبه می شود. اصطلاح فشار برای حالتی است که جهت نیرو رو به سطح و اصطلاح مکش برای حالتی است که جهت نیرو از طرف سطح به طرف خارج باشد.

$$p = C_e . C_q . q \qquad (۶-۶-۳)$$

در این رابطه:

q فشار مبنای باداست که مطابق ضابطه بند ۶-۶-۳ محاسبه می شود.

C_q ضریبی است به نام «ضریب اثر تغییر سرعت» که مطابق ضابطه بند ۶-۶-۶ تعیین می شود.

C_e ضریبی است به نام «ضریب شکل» که با توجه به نوع سازه و شکل هندسی آن به شرح زیر تعیین می گردد:

الف- برای سازه اصلی باربر جانبی ساختمان مطابق ضوابط بند ۶-۶-۷

ب- برای پوشش بامها و دیوارهای ساختمان و عناصر سازه ای نگهدارنده آنهامطابق ضوابط ۶-۶-۸

پ- برای سازه های غیر از ساختمان مطابق ضوابط بند ۶-۶-۹

۶-۶-۶ ضریب اثر تغییر سرعت، C_e

۶-۶-۶-۱ ضریب اثر تغییر سرعت، C_e، در برگیرنده آثار زیر است:

- ارتفاع تراز مورد نظر در ساختمان که فشار باد برای آن محاسبه می شود.
- موقعیت ساختمان به لحاظ تراکم ساختمانها و درختان موجود در ناحیه.

- اوج باد که معرف تغییرات لحظه ای سرعت باد می باشد.

این ضریب باید، با توجه به آنکه ساختمان در نواحی با تراکم زیاد یا کم قرار گرفته باشد، به شرح زیر تعیین گردد و در کاربرد آن باید ضابطه بند ۶-۶-۶-۲ نیز رعایت گردد.

الف- در نواحی داخل شهرها و یا محلهائی که دارای ساختمانهای متعدد و یا انبوه درختان اند:

$$C_e = ۱/۶\left(\frac{Z}{۱۰}\right)^{۰/۲۴} \qquad C_e \geq ۱/۶ \qquad (۶-۶-۴)$$

ب- در نواحی باز خارج از شهرها و یا محلهایی که دارای ساختمانها و یا درختان پراکنده اند:

$$C_e = ۲/۰\left(\frac{Z}{۱۰}\right)^{۰/۱۶} \qquad C_e \geq ۲/۰ \qquad (۶-۶-۵)$$

در این روابط Z ارتفاع تراز مورد نظر در ساختمان برای محاسبه فشار باد است.

ضریب اثر تغییر سرعت را می توان به جای محاسبه از روابط فوق به طور محافظه کارانه به شرح جدول شماره ۶-۶-۲ در نظر گرفت.

جدول شماره ۶-۶-۲ ضریب اثر تغییر سرعت برای ارتفاع ترازهای مختلف

ارتفاع تراز موردنظر (به متر)	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	۶۰-۸۰	۸۰-۱۰۰	۱۰۰-۱۲۰
نواحی بند (الف)	۱/۶	۱/۹	۲/۱	۲/۲	۲/۳	۲/۴	۲/۶	۲/۸	۲/۹
نواحی بند (ب)	۲/۰	۲/۲	۲/۴	۲/۵	۲/۶	۲/۷	۲/۸	۲/۹	۳/۰

۶-۶-۱۰ ضوابط عمومی طراحی سازه ها برای باد

۶-۶-۱۰-۱ در طراحی سازه ها برای باد، کل سازه باید از نظر واژگونی پایدار باشد. لنگر واژگونی مؤثر بر سازه باید نسبت به محور واقع بر فصل مشترک وجه انتهایی شالوده با صفحه زیر آن، در سمت پشت به باد، تعیین گردد. ضریب اطمینان موجود در مقابل واژگونی نباید کمتر از ۱/۷۵ اختیار شود. در محاسبه لنگر مقاوم در مقابل واژگونی می توان وزن شالوده و خاک روی آن را نیز به حساب آورد.

۶-۶-۱۰-۳ سختی جانبی سازه باید به حدی باشد که تغییر مکان جانبی ایجاد شده در هر تراز سازه، زیر اثر بارهای ناشی از باد، از ۰/۰۰۵ برابر ارتفاع آن تراز از سطح زمین تجاوز نکند. در ساختمانها، این محدودیت باید در مورد تغییر مکانهای نسبی طبقات و یا بام نیز رعایت گردد.

البته با توجه به ارتفاع سازه نسبت به قطر آن لازم است تا محاسبه بار باد بر اساس روش دینامیکی انجام شود که پرداختن به آن از حوصله این دست نوشته خارج می باشد.

همانطور که می دانید فشار حاصل از باد برابر است با :

$$P = C_e . C_q . q$$

همچنین نیروی باد بر سازه برابر است با :

$$F = P . A$$

۶-۶-۹ ضریب شکل برای سازه های غیر ساختمانی

۶-۶-۹-۱ دودکشها، مخازن، برجهای با دیوار توپر: ضریب شکل برای این سازه ها باید با توجه به شکل هندسی آنها در پلان، به شرح زیر در نظر گرفته شوند:

الف- سازه های با پلان مربع یا مستطیل C_q= ۱/۴

ب- سازه های با پلان شش ضلعی یا هشت ضلعی C_q= ۱/۱

پ- سازه های با پلان دایره یا بیضی C_q= ۰/۸

ت- سازه های گنبدی شکل C_q= ۰/۶

بار باد در این سازه ها باید با منظور کردن مساحت سطح تصویر سازه بر روی صفحه عمود بر جهت باد، در رابطه ۶-۶-۲ محاسبه شود.

*فشار مبنای باد شهر بوشهر برابر است با ۵۰ دکانیوتن بر متر مربع

بنابراین برای ۱۰ متر تحتانی خواهیم داشت :

$$F = 1.6 \times 0.8 \times 50 \times \frac{3 + 2.67}{2} = 181.5\ Kg/m$$

برای ۱۰ متر دوم خواهیم داشت :

$$F = 1.9 \times 0.8 \times 50 \times \frac{2.67 + 2.33}{2} = 190\ Kg/m$$

و در نهایت برای ۱۰ متر فوقانی خواهیم داشت :

$$F = 2.1 \times 0.8 \times 50 \times \frac{2.33 + 2}{2} = 181.9\ Kg/m$$

بارگذاری برای زلزله

همانطور که می دانید نیروی زلزله وارد بر سازه ها حاصلضرب وزن سازه در ضریب زلزله می باشد.

$$C = \frac{ABI}{R}$$

شتاب مبنای طرح برای شهر بوشهر برابر با ۰/۲۵ می باشد.

ضریب اهمیت سازه را برابر واحد در نظر می گیریم.

همچنین با فرض استفاده از سیستم قاب خمشی متوسط ضریب رفتار برابر با ۷ می باشد.

نوع زمین را III فرض می کنیم.

جهت محاسبه ضریب بازتاب طرح ابتدا زمان تناوب سازه را محاسبه می کنیم.

$$T = 0.08H^{0.75}$$

$$T = 0.08 \times 30^{0.75} \approx 1\ sec$$

$$T = 1 \rightarrow B = 2.75$$

بنابراین ضریب زلزله برابر خواهد شد با :

$$C = \frac{0.25 \times 2.75 \times 1}{7} = 0.098$$

*همانطور گفته شد، سازه ای مثل این حداقل باید تحلیل شبه دینامیکی شود.

با تشکر از حسن توجه شما

گروه آموزشی ۸۰۸

سید صادق علوی

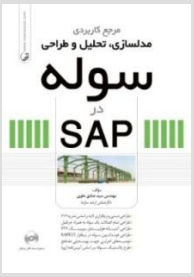
sadeghalavi@yahoo.com

درباره نویسنده

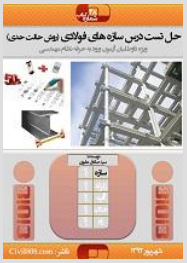
سید صادق علوی هستم طراح و مدرس در زمینه سازه که از پاییز ۹۲ افتخار همکاری با گروه ۸۰۸ را دارم. مهندسان، شرکتهای مشاور و کارفرمایان محترم جهت مشاوره ، برون سپاری پروژه ها خود یا آموزش در زمینه طراحی سازه و نرم افزار می توانید از طریق پست الکترونیک با من در تماس باشید.

تالیفات

۱) کتاب مرجع کاربردی مدلسازی، تحلیل و طراحی سوله در *SAP* (خرید آنلاین از *www.noavarpub.com*)



۲) ایبوک حل تست درس سازه های فولادی ویژه آزمون ورود به حرفه در حالت حدی (عرضه شده در سایت *www.civil808.com*)



۳) ایبوک رایگان راهنمای طراحی سازه های خاص (ارائه شده در سایت *www.civil808.com*)

سوابق طراحی

۱) طراحی ساختمانهای اسکلت فلزی با اتصالات پیچی در سطح استان بوشهر
۲) طراحی ساختمانهای اسکلت بتنی با کاربری های متفاوت در سطح استان بوشهر
۳) طراحی سازه نگهبان خرپایی
٤) طراحی سوله های صنعتی ویژه شهرک های صنعتی استان بوشهر
٥) طراحی مناره های فلزی و بتنی به ارتفاع ۱۵ متر
٦) طراحی تابلوهای تبلیغاتی با ابعاد مختلف