دفترچه محاسبات سازه

پروژه طراحی تابلوهای تبلیغاتی برج آریان

طراح سازه :

مهندس احمدرضا جعفری

فوق لیسانس مهندسی زلزله

مهندس پایه 2 طراحی نظارت و اجرای شهر همدان
arjafari2004@gmail.com

شهریور 85

مهندس احمدرضا جعفری، فوق لیسانس مهندسی زلزله، مهندس پایه 2 همدان
آدرس وبسایت: www.Saze808.com - www.Iransaze.com

مقدمه

1- سازه به طور ویژه برای بار باد طراحی گردیده است و بارهای دیگر از جمله بار زلزله در طراحی آن بحرانی نمیباشد.

2- بارگذاری باد بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمانی انجام شده است.

3- بار مرده تابلوها با توجه به نامعلوم بودن جنس تابلوها و با توجه به آنکه بار مرده در طراحی تابلوها نقش آنچنانی ندارد به میزان 50 کیلوگرم بر متر مربع فرض شده است.

4- با توجه به آنکه تابلوها به صورت عمودی اجرا میشوند و سطح بارگیر افقی قابل توجهی ندارند، از بار زنده و برف بر روی این سازه صرفنظ شده است.

5- با توجه به آنکه سطح بادگیر تابلوها در جهت محور طولی آنها ناچیز است، از اثر باد در راستای طولی تابلوها صرفنظر شده و تنها اثر باد عمود بر سطح تابلوها در نظر گرفته شده است.

مهندس احمدرضا جعفری، فوق لیسانس مهندسی زلزله، مهندس پایه 2 همدان
آدرس وبسایت: www.Saze808.com - www.Iransaze.com

توضیحات کلی درباره سازه و فرآیند طراحی آن

تابلوها بر بام برج با ارتفاع حدود 45متر اجرا میشود. برای اجرای تابلوها بر ستونهای پیرامونی برج بر بـام بایـد سـتونهای جدیدی اجرا شود. ارتفاع ستونها به علت وجود دیوار 3.5 متری در سمت خیابان برابر با فرض نیم متر فاصله بین زیر تابلو با روی دیوار و 4 متر ارتفاع دیوار برابر 8 متر فرض شده است. در سمتهای دیگر ارتفاع ستونها با فرض 2.5 متـر فاصـله بین روی بام تا زیر تابلو و 5 متر ارتفاع تابلو برابر 7.5 متر فرض شده است. با توجه به آنکه بارگذاری بر سازه به صـورت جانبی میباشد لازم است سازه به طور جانبی دارای سیستم باربر باشد. این سیستم باربر با نصب یکسری دستک به ستونها در ترازهای زیر و بالای تابلوها و نصب دستکها از سمت دیگر بر روی تراز بام ستونهای قدیمی برج مجـاور سـتونهای جدیـد تابلوها ایجاد میشود. جهت انتقال بار باد به ستونها و از ستونها به دستکها از دو پل اصلی در ترازهـای زیـر و بـالای تـابلو استفاده میشود. این پلها ستونهای اصلی حمال تابلوها را در راستای طولی تابلوها به هم متصل مینماید. بـا توجـه بـه آنکـه بارگذاری اصلی بر این پلها به صورت جانبی میباشد، لازم است پلها در جهتی قرار داده شوند که جهت قوی آنهـا در جهـت جانبی قرار گیرد. برای تحمل بارهای ثقلی احتمالی وارد بر پلها در اثر وزن تابلوها پلهـا بـه صـورت مقطـع دوبـل انتخـاب میشوند تا بتوانند با ایجاد یک مقطع جعبه ای علاوه بر تحمل بارهای جانبی بارهای ثقلی را هم تحمل نماینـد. بـرای انتقـال بارهای جانبی به پلها از یکسری تیرهای فرعی استفاده شده است. این تیرهای فرعی به صورت عمودی و در فواصل مناسب مابین پلها و در پشت تابلوها متصل میشوند. همانند پلها جهت قرارگیری این تیرها باید به گونه ای باشد که جهت قوی آنهـا عمود بر راستای بارگذاری باد باشد. دستکها نیز برای نیروی فشاری ناشی از باد باید طراحی شوند.

سازه باید برای واژگونی با ضریب اطمینان 1.75 کنترل شود. اما با توجه به آنکه سازه بر روی بام یک سازه 15 طبقه قرار دارد، سازه سنگین زیرین جلوی واژگونی آن را میگیرد و نیازی به کنترل واژگونی نیست. البته برای انتقال نیروهـای کششـی احتمالی ناشی از نیروی باد باید اتصال ستونها جدید به ستونهای قدیمی با طول جوش مناسب طراحی شود.

مهندس احمدرضا جعفری، فوق لیسانس مهندسی زلزله، مهندس پایه 2 همدان
آدرس وبسایت: www.Saze808.com - www.Iransaze.com

بارگذاری باد

همانطور که گفته شد، بارگذاری باد باید بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمانی انجام شود. این بارگذاری بر اساس ضوابط فصل ششم این آیین نامه انجام میشود. مقدار بار باد وارد بر سازه حاصلضرب فاکتورهای مساحت سطح بادگیر، فشار مبنای باد، ضریب اثر تغییر سرعت و ضریب شکل میباشد.

$P=C_e.C_q.q$

$q= 50KG/M^2$

(بر اساس جدول 6-6-1 برای شهر همدان)

برای محاسبه ضریب اثر تغییر سرعت از جدول 6-6-2 استفاده میکنیم. با توجه به آنکه ارتفاع تراز بام برج از تراز خیابان حدود 45 متر است و ارتفاع بالاترین قسمت تابلوها در بیشترین حالت از کف بام 8 متر است، در نتیجه ارتفاع ماکسیمم برابر 53 متر میشود که بر اساس این جدول و با توجه به آنکه سازه مذکور نسبت به سازه های مجاور خود در ارتفاع بسیار بالاتری قرار دارد و در اطراف در ارتفاع بیش از 50 متر چیزی وجود ندارد که بتواند سرعت باد را تعدیل کند مطابق بند 6-6-6-1 سازه در ناحیه بند ب فرض شده و ضریب اثر تغییر سرعت برابر 2.7 در نظر گرفته میشود.

$Ce=2.7$

برای محاسبه مقدار ضریب شکل با توجه به آنکه سازه باربر غیرساختمانی محسوب میشود باید بر اساس بند 6-6-9 عمل شود. با توجه به آنکه نوع سازه تابلو میباشد باید ضوابط بند 6-6-9-4 را در نظر گرفت. با فرض عدم وجود بازشو در تابلو مطابق قسمت ب در بند مذکور ضریب شکل برابر 2 باید فرض شود.

$Cq=2$

با توجه به موارد بالا فشار باد بر سطح تابلو به شرح زیر بر اساس رابطه 6-6-3 محاسبه میشود:

$P=Ce.Cq.Q=2.7*2*50=270KG/M^2$

این فشار باید به صورت بار گسترده جانبی بر سطح تابلو اعمال گردد.

مهندس احمدرضا جعفری، فوق لیسانس مهندسی زلزله، مهندس پایه 2 همدان
آدرس وبسایت: www.Saze808.com - www.Iransaze.com

طراحی تیرهای فرعی

پس از محاسبه مقدار بار گسترده باد برای اولین مرحله طراحی سازه، به طراحی تیرهای فرعی میپردازیم. تیرهای فرعی در دو طول 5 متر و 4 متر میباشند. در اینجا به طور نمونه تیرهای فرعی با دهانه 5 متر که بحرانیتر هم میباشد مورد طراحی قرار میگیرند. فرض میشود که تیرها در فواصل هر یک متر اجرا میشوند.

بار گسترده وارد بر تیر: $270kg/m^2$

اساس مقطع مورد نیاز با توجه به 33 درصد افزایش تنش مجاز به خاطر بار اتفاقی باد

$$Sreq=270*1*5^2/8*100/1584/1.33=40cm^3$$

از تیرآهن IPE14 با اساس مقطع 77 سانتیمتر مکعب در فواصل هر یک متر استفاده میکنیم.

طراحی پلها

تمامی پلها به دهانه 5 متر میباشند و فاصله محور تا محور پلها در راستای عمودی در سمت خیابان 4 متر و در سه سمت دیگر 5 متر میباشد. در اینجا به طور مثال تیرهای مربوط به تابلوهای با ارتفاع 5 متر را طراحی مینماییم.

اساس مقطع مورد نیاز با توجه به 33 درصد افزایش تنش مجاز به خاطر بار اتفاقی باد

$$Sreq=270*5/2*5^2/8*100/1584/1.33=133cm^3$$

از دو تیرآهن IPE14 با اساس مقطع 144سانتیمتر مکعب استفاده میکنیم. برای بقیه قسمتها هم از همین مقطع استفاده میکنیم.

طراحی دستکها

دستکها بر اساس نیروی محوری فشاری طراحی میشوند. بدین منظور لازم است در ابتدا نیروی محوری فشاری دستکها را محاسبه نماییم. برای هر ستون از دو دستک استفاده میشود. دستکها به ستون مجاور در داخل برج در تراز بام متصل میشود. یکی از دو دستک به تراز زیر تابلو و دیگری به تراز بالای تابلو متصل میشود.

در ابتدا به بررسی دستک متصل به تابلوهای 5 متری متصل میشود، میپردازیم.

محاسبه زاویه دستک پایین با افق

تابلوهای 5 متری از زیر تابلو تا تراز بام 2.5 متر ارتفاع دارند و ارتفاع بالای آنها از تراز روی بام 7.5 متر است. فاصله هر ستون تا ستون مجاور داخلی برج که دستک به آن متصل میشود در راستای افق 5 متر است.

$$A=TAN^{-1}(2.5/5)=26.6$$

برای دستک بالا هم به همین شکل زاویه را محاسبه میکنیم:

$$\beta=TAN^{-1}(7.5/5)=56.3$$

محاسبه طول دستکها:

دستک پایین:

$$L1=(5^2+2.5^2).5=5.6m$$

دستک بالا:

$L2=(5^2+7.5^2).5=9.01m$

کل نیروی افقی وارد بر دستکها با توجه به سطح بادگیر هر ستون که برابر 5*5 متر است برابر 6750 کیلوگرم میشود. برای محاسبه نیرو در ستون و دستکها با توجه به آنکه هر سه عضو به صورت عضو خرپایی عمل میکنند، میتوان تعادل نیروها را در هر یک از این سه گره نوشته و نیروها را محاسبه کرد. برای شروع از گره بالای ستون در قسمت بالای تابلو آغاز میکنیم. کل نیروی وارد بر تابلو بین دو گره بالا و زیر تابلو به تساوی تقسیم میشود. به این ترتیب به هر گره 3375 کیلوگرم است. با نوشتن معادله تعادل در جهت افقی میتوان نیروی دستک را محاسبه نمود. داریم:

$\sum Fx=0$

$3175-F1*COS56.3=0$

$F1=5722KG$

(نیروی دستک بالا)

$\sum Fy=0$

$5722*SIN56.3-F2=0$

$F2=4760$

(نیرو محوری کششی در قسمت بالای ستون)

حال معادلات تعادل را در گره اتصال دستک پایین به ستون را هم مینویسیم. داریم:

$\sum Fx=0$

$3175-F3*COS26.6=0$

$F1=3550KG$

(نیروی دستک پایین)

$\sum Fy=0$

$3550*SIN26.6+4760-F3=0$

$F3=6350KG$

(نیرو در قسمت پایین ستون زیر تابلو به صورت کششی)

برای دستکهایی که به تابلوهای 4 متری متصل میشوند هم به همین شکل محاسبات را تکرار میکنیم:

تابلوهای 4 متری از زیر تابلو تا تراز بام 4 متر ارتفاع دارند و ارتفاع بالای آنها از تراز روی بام 8متر است. فاصله هر ستون تا ستون مجاور داخلی برج که دستک به آن متصل میشود در راستای افق 5 متر است.

$A1=TAN^{-1}(4/5)=38.7$

برای دستک بالا هم به همین شکل زاویه را محاسبه میکنیم:

$B1=TAN^{-1}(8/5)=58$

محاسبه طول دستکها:

دستک پایین:

$L'1=(5^2+4^2).5=6.4m$

دستک بالا:

$L'2=(5^2+8^2).5=9.4m$

کل نیروی افقی وارد بر دستکها با توجه به سطح بادگیر هر ستون که برابر 5*4 متر است برابر 5400 کیلوگرم میشود. بـرای محاسبه نیرو در ستون و دستکها با توجه به آنکه هر سه عضو به صورت عضو خرپایی عمل میکنند، میتوان تعادل نیروهـا را در هر یک از این سه گره نوشته و نیروها را محاسبه کرد. برای شروع از گره بالای ستون در قسمت بالای تابلو آغاز میکنیم. کل نیروی وارد بر تابلو بین دو گره بالا و زیر تابلو به تساوی تقسیم میشود. به این ترتیب به هر گره 2700 کیلوگرم است. با نوشتن معادله تعادل در جهت افقی میتوان نیروی دستک را محاسبه نمود. داریم:

$\sum Fx=0$

$2700-F'1*COS58=0$

$F'1=5095KG$

(نیروی دستک بالا)

$\sum Fy=0$

$5095*SIN58-F'2=0$

$F'2=4320$

(نیرو محوری کششی در قسمت بالای ستون)

حال معادلات تعادل را در گره اتصال دستک پایین به ستون را هم مینویسیم. داریم:

$\sum Fx=0$

$2700-F'3*COS38.7=0$

$F1=3460KG$

(نیروی دستک پایین)

$\sum Fy=0$

$3460*SIN38.7+4320-F'3=0$

$F3=6483KG$

(نیرو در قسمت پایین ستون زیر تابلو به صورت کششی)

مهندس احمدرضا جعفری، فوق لیسانس مهندسی زلزله، مهندس پایه 2 همدان

آدرس وبسایت: www.Saze808.com - www.Iransaze.com

طراحی دستکها

حال با توجه به محاسبات قسمت قبل به طراحی دستکها میپردازیم.

ابتدا دستک بالای به طول 9.01 متر را طراحی میکنیم. نیروی محوری فشاری موجود در این دستک 5722 کیلوگرم است. برای مقطع این دستک باید مقطعی انتخاب کنیم که لاغری ماکسیسمم آن کمتر از 200 باشد. پس برای سعی اول مقطع دوبل ناودانی 14 استفاده میکنیم. برای این مقطع شعاع ژیراسیون حول محور x و y به ترتیب برابر 5.5 و 4.9 سانتیمتر و مساحت آن 40.8 سانتیمتر مربع است و در نتیجه لاغری حداقل مقطع به شکل زیر محاسبه میشود:

$(kl/r)min=904/4.9=184.5<200$

در نتیجه مقدار تنش مجاز به شکل زیر به دست می آید:

$184.5>Cc=130$

$Fa=10400000/184.5^2=308kg/cm^2$

$Pall=308*40.8=12566kg>5722kg$

برای دستک بالا در تابلوهای به ارتفاع 4 متر نیز همین مقطع مورد استفاده قرار میگیرد

در مورد دستک پایین حالت دستک برای تابلوهای 5 متری که طول دستک بیشتر است مورد طراحی قرار میگیرد و برای حالت دیگر هم همان مورد استفاده قرار میگیرد. در اینجا برای شروع مقطع دوبل ناودانی 8 را استفاده میکنیم. برای این مقطع سطح مقطع برابر 22 سانتیمتر مربع و شعاع ژیراسیون در جهات اصلی و فرفی به ترتیب برابر 3.1 و 3.6 سانتیمتر میباشد. طول دستک هم 6.4 متر است. داریم:

$(kl/r)min=640/3.1=206.5>200$

با توجه به اینکه مقداری از طول 6.4 متری در نظر گرفته شده در ابتدا و انتهای دستک جز طول گیرداری بوده و از طول دستک برای محاسبه لاغری قابل کاهش هستند، از اختلاف به وجود آمده در بالا صرفنظر کرده و لاغری را همان برابر 200 فرض میکنیم.

$200>Cc=130$

$Fa=10400000/200^2=260kg/cm^2$

$Pall=2608*22=5720kg>3460kg$

برای دستکهای پایین تیپ دیگر هم همین مقطع مورد استفاده قرار میگیرد.

مهندس احمدرضا جعفری، فوق لیسانس مهندسی زلزله، مهندس پایه 2 همدان

آدرس وبسایت: www.Saze808.com - www.Iransaze.com

کنترل بادبندهای برج برای تحمل نیروهای باد وارد بر تابلوها

نیروهای جانبی باد از طریق دستکها به ستونها و بادبندهای برج منتقل میشود و بادبندها باید توانایی تحمل این نیروها را داشته باشند. در این زمینه لازم نیست به طور همزمان نیروهای زلزله را به سازه اعمال نمود. همچنین میتوان از با توجه به آنکه در هر جهت هم بادبندهای فشاری و هم بادبندهای کششی وجود دارد میتوان تمام نیروهای جانبی را به بادبندهای کششی داد و از بادبندهای فشاری صرفنظر نمود. همچنین با توجه به آنکه تقریبآ نیروهای باد در مرکز سطح بام وارد میشوند نیازی به اعمال لنگر پیچشی نیست. با توجه به نقشه سازه برج ضعیفترین طبقه از لحاظ بادبندگذاری طبقه بام است و اگر این طبقه کنترل شود دیگر نیازی به کنترل طبقات پایینتر نیست. در این طبقه در جهت موازی با خیابان 6 دهانه و در جهت عمود بر خیابان 7 دهانه بادبندی شده است و تمامی بادبندها به صورت ضربدری یا هشتی هستند و مقطع بادبندها در کمترین حالت دوبل نبشی 8 میباشد. در سمت خیابان 4 دهانه (جمعآ به طول 20 متر) به ارتفاع 4 متر و در سمت پشت به خیابان 3 دهانه (جمعآ به طول 15 متر) به ارتفاع 5 متر تابلو قرار دارد، که در نتیجه سطح بادگیر برابر 155 متر مربع و کل نیروی باد برابر 41850 کیلوگرم میشود . این نیرو اگر به تساوی بین 7 دهانه بادبندی شده تقسیم شود سهم هر دهانه برابر حدود 6تن میگردد. با توجه به آنکه در بدترین حالت زاویه بادبند با افق حدود 45 درجه است (در مورد بادبندهای هشتی) و در بقیه موارد زاویه کوچکتر است، سهم هر بادبند حداکثر برابر 8.5 تن میشود. با توجه به آنکه میتوان تنش مجاز را 33 درصد افزایش داد و تنش مجاز برای حالت کشش 1440 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است، مقدار بار مجاز برای دوبل نبشی 8 با سطح مقطع تقریبی 25 سانتیمتر مربع برابر حدود 48 تن میشود که بسیار بیشتر از بار موجود است و در نتیجه از این جهت مشکلی وجود ندارد. بادبندهای جهت عمود بر خیابان را هم به همین شکل میتوان کنترل نمود. در مورد ستونهای برج نیز این کنترل باید انجام شود که با توجه به ناچیز بودن نیروهای محوری ایجاد شده در ستونها که در تمامی حالات مقداری کمتر از 7 تن میباشد و با توجه به امکان افزایش 33 درصدی تنشهای مجاز این نیروها مشکلی برای ستونهای برج ایجاد نمیکنند. برای ستونهای تابلوها نیز با توجه به ناچیز بودن نیروهای محوری از ستون حداقل با مقطع دوبل ipe14 استفاده میکنیم.