بسم الله الرحمن الرحيم

پروژه طراحی سازه‌های صنعتی (سوله ورزشی)

نام و نام خانوادگی:

رسول احمدی حسن آبادی

استاد:

جناب آقای دکتر عطایی

دانشکده عمران و حمل و نقل

ترم دو ۱۴۰۱

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: تعریف مشخصات پروژه، مصالح و بارگذاری

بخش اول: تعریف پروژه ---------- ۲
۱-۱- مشخصات پروژه ---------- ۲
۱-۱-۱- سایت پلان ---------- ۳
۱-۱-۲- نمای شرقی و شمالی ---------- ۴
بخش دوم: آیین‌نامه‌ها ---------- ۶
۱-۲- آیین نامه‌های مورد استفاده ---------- ۶
بخش سوم: مصالح مصرفی ---------- ۶
۱-۳- مشخصات مصالح مصرفی ---------- ۶
۱-۳-۱- مشخصات بتن مصرفی ---------- ۶
۱-۳-۲- مشخصات فولاد مصرفی برای مقاطع ---------- ۷
۱-۳-۳- مشخصات آرماتورهای طولی ---------- ۷
۱-۳-۴- مشخصات آرماتورهای عرضی ---------- ۷
بخش چهارم: بارگذاری ---------- ۸
۱-۴- بارگذاری ---------- ۸
۱-۴-۱- بار ثقلی ---------- ۸
۱-۴-۱-۱- بار مرده ---------- ۸
۱-۴-۱-۱-۱- بار مرده سقف ---------- ۸
۱-۴-۱-۱-۲- بار مرده دیوار ---------- ۹
۱-۴-۱-۲- بار زنده ---------- ۹
۱-۴-۱-۲-۱- بار زنده کف ---------- ۹
۱-۴-۱-۲-۲- بار زنده بام ---------- ۱۰
۱-۴-۱-۳- بار برف ---------- ۱۰

۱-۴-۱-۳-۱- بار برف متوازن ---------- ۱۰
۱-۴-۱-۳-۲- بار برف نامتوازن (محاسبات در اکسل) ---------- ۱۱
۱-۴-۲- بار جانبی ---------- ۱۲
۱-۴-۲-۱- بار زلزله ---------- ۱۳
۱-۴-۲-۱-۱- مشخصات سیستم مقاوم جانبی ---------- ۱۳
۱-۴-۲-۱-۲- مشخصات خاک محل ---------- ۱۳
۱-۴-۲-۱-۳- ضریب نامعینی سیستم سازه (ρ) ---------- ۱۴
۱-۴-۲-۱-۴- ضریب اهمیت سازه (I) ---------- ۱۴
۱-۴-۲-۲- بار باد ---------- ۱۵
۱-۴-۲-۲-۱- فشار مبنای باد ---------- ۱۵
۱-۴-۲-۲-۲- ارتفاع مبنای طرح ---------- ۱۶
۱-۴-۲-۲-۳- ضریب باد گیری ---------- ۱۶
۱-۴-۲-۲-۴- ضریب پستی بلندی زمین ---------- ۱۶
۱-۴-۲-۲-۵- ضرایب اثر تند باد و فشار ---------- ۱۶
۱-۴-۲-۲-۶- ضریب اهمیت ---------- ۱۸
۱-۴-۲-۲-۷- ضریب اثر بازشو (***Cpi***) ---------- ۱۸
۸-۲-۲-۴-۱- ضریب هم راستایی باد (*Cd*) ---------- ۱۸
۱-۴-۲-۲-۹- بار باد داخلی ---------- ۱۸
۱-۴-۲-۲-۱۰- بار باد خارجی ---------- ۱۹
۱-۴-۳- بار حرارت ---------- ۲۰
۱-۴-۴- نشست تکیه‌گاه ---------- ۲۱
۱-۴-۵- خلاصه بارگذاری ---------- ۲۲

فصل دوم: تحلیل تقریبی و طراحی اولیه سوله

بخش اول: تحلیل تقریبی ---------- ۲۴
۲-۱- تحلیل تقریبی تحت اثر بار ثقلی ---------- ۲۴
۲-۱-۱- بار مرده سقف ---------- ۲۶

۲-۱-۲- بار زنده سقف ---------- ۳۱
۲-۱-۳- بار برف متوازن ---------- ۳۲
۲-۲- تحلیل تقریبی تحت اثر بار جانبی ---------- ۳۳
۲-۲-۱- وزن لرزه‌ای کل در جهت عرضی ---------- ۳۳
۲-۳- خلاصه نیروهای به‌دست آمده از تحلیل تقریبی ---------- ۳۴
بخش دوم: طراحی اولیه مقاطع ---------- ۳۵
۲-۴- طراحی اولیه قاب اصلی شامل رفتر و ستون ---------- ۳۵
۲-۴-۱- طراحی اولیه رفترها ---------- ۳۵
۲-۴-۲ طراحی اولیه ستون ---------- ۴۴
۲-۵- طراحی مهاربندهای طولی و سقفی ---------- ۵۰
۲-۶- طراحی استرات‌ها ---------- ۵۱
۲-۷- مقطع انتخابی برای پداستال بتنی ---------- ۵۳
۲-۸- خلاصه مقاطعی که به صورت تقریبی طراحی شدند ---------- ۵۳

فصل سوم: مدلسازی در نرم‌افزار

بخش اول: مدلسازی ---------- ۵۸
۳-۱- تنظیمات اولیه و ترسیم خطوط راهنمای ترسیم (Grid Lines) ---------- ۵۸
بخش دوم: تعریف مصالح ---------- ۵۹
۳-۲- تعریف مصالح ---------- ۵۹
۳-۲-۱- تعریف مصالح بتنی ---------- ۵۹
۳-۲-۲- تعریف مصالح آرماتورها ---------- ۶۰
۳-۲-۳- تعریف مصالح فولاد ساختمانی ---------- ۶۲
بخش سوم: تعریف مقاطع ---------- ۶۳
۳-۳- تعریف مقاطع مورد نیاز ---------- ۶۳
۳-۳-۱- تعریف مقطع تیر شیبدار (Rafter) ---------- ۶۳
۳-۳-۲- تعریف مقطع ستون ---------- ۶۳
۳-۳-۳- تعریف مقطع استرات‌ها ---------- ۶۴

۳-۳-۴- تعریف مقطع مهاربندها ---------- ۶۵
۳-۳-۵- تعریف مقطع پداستال بتنی ----------۶۶
۳-۳-۶- تعریف وال پست‌ها ---------- ۶۸
۳-۴- اختصاص شرایط مرزی المان‌ها ---------- ۷۰
۳-۴-۱- اختصاص تکیه‌گاه سازه ---------- ۷۰
۳-۴-۲- شرایط تکیه‌گاهی وال پست‌ها ---------- ۷۰
۳-۴-۳- شرایط مرزی المان‌های سازه ---------- ۷۰
۳-۴-۴- مش‌بندی المان سازه ---------- ۷۱
۳-۴-۵- اختصاص رفتار کششی به مهاربندها ---------- ۷۳

فصل چهارم: بارگذاری در نرم‌افزار

۴-۱- تعریف الگوی بار (Load Pattern)---------- ۷۴
۴-۲- تعیین نوع تحلیل و تعریف Load Case ---------- ۷۶
۴-۲-۱- تعیین نوع روش تحلیل بارها ---------- ۷۶
۴-۲-۲- تعریف Case برای P-Delta---------- ۷۷
۴-۲-۳- تعریف Case تحلیل مودال ---------- ۷۷
۴-۲- تعریف ترکیبات بارگذاری (Load Combination) ---------- ۷۸
۴-۲-۱- بسط ترکیب بار ۱/۴ D ---------- ۷۸
۴-۲-۲- بسط ترکیب بار ۱/۲ Dl+ 1/6 Lr+ (LL+0/8W) ---------- ۷۸
۴-۲-۳- بسط ترکیب بار 1/2 Dl+1/6 W+LL+0/5(Lr or S) ---------- ۷۹
۴-۲-۴- بسط ترکیب بار 1/2 Dl+1/6 S+ 0/8 W برای بار برف نامتوازن ---------- ۷۹
۴-۲-۵- بسط ترکیب بار 1/2 Dl+1/6 LL+ 0/5 S برای بار برف نامتوازن---------- ۷۹
۴-۲-۶- بسط ترکیب بار 1/2 Dl+1/6 S+ LL برای بار برف نامتوازن ---------- ۸۰
۴-۲-۷- اثر قائم زلزله ---------- ۸۰
۴-۲-۸- بسط ترکیب بار لرزهای 1/2 Dl+LL+E+ 0/2 S ---------- ۸۰
۴-۲-۹- بسط ترکیب بار 0/9 Dl+1/6 W ---------- ۸۰
۴-۲-۱۰- بسط ترکیب بار لرزه‌ای 0/9 Dl+E---------- ۸۰

۴-۲-۱۱- بسط ترکیب بار حرارتی 1/2 Dl+ 0/5LL+ 0/5 Lr or S+ 1/2 T ---------- ۸۱
۴-۲-۱۲- بسط ترکیب بار حرارتی 1/2 Dl+ 1/6 LL+ 1/6 Lr or S+ T ---------- ۸۱
۴-۲-۱۳- تبدیل ترکیبات بار به Load Case غیرخطی P-D ---------- ۸۱
۴-۳- اختصاص بار در نرم‌افزار ---------- ۸۲
۴-۳-۱- تعیین سهم بارگیر ستون‌ها، رفترها و وال پست‌های میانی و کناری و ستونها و رفترهای یکی مانده به آخر ------- ۸۲
۴-۳-۲- اختصاص بار مرده سقف به تیرهای شیبدار ---------- ۸۵
۴-۳-۳- اختصاص بار زنده بام به رفترها ---------- ۸۶
۴-۳-۴- اختصاص بار برف متوازن به رفترها ---------- ۸۷
۴-۳-۵- اختصاص بار برف نامتوازن به رفترها ---------- ۸۸
۴-۳-۶- اختصاص باز زلزله به سازه ---------- ۸۸
۴-۳-۷- اختصاص بار باد خارجی ---------- ۸۹
۴-۳-۸- اختصاص بار فشار و مکش داخلی ---------- ۹۰
۴-۳-۹- اختصاص بار نشست تکیه‌گاهی ---------- ۹۱
۴-۳-۱۰- اختصاص بار حرارت ---------- ۹۲
۴-۴- تعریف جرم لرزه‌ای ---------- ۹۳
۴-۵- اختصاص نواحی صلب انتهایی ---------- ۹۴

فصل پنجم: تحلیل و طراحی سازه

بخش اول: تحلیل سازه ---------- ۹۷
۴-۶- انجام تحلیل سازه ---------- ۹۷
۴-۷- تعیین زمان تناوب مود غالب ---------- ۹۷
۴-۸- نمایش نیروی داخلی اعضا ---------- ۱۰۰
۴-۹- کنترل برش پایه زلزله ---------- ۱۰۴
بخش دوم: طراحی سازه ---------- ۱۰۴
۴-۱۰- تنظیمات طراحی در نرم‌افزار ---------- ۱۰۴
۴-۱۰-۱- تعریف تنظیمات عمومی آیین‌نامه در نرم‌افزار ---------- ۱۰۴
۴-۱۰-۲- تعریف تنظیمات اختصاصی المان‌ها ---------- ۱۰۵

۴-۱۰-۳- تنظیم ترکیبات بارگذاری---------- ۱۰۹
۴-۱۰-۴- تعیین ایستگاه طراحی ---------- ۱۰۹
۴-۱۰-۵- طراحی ستونک بتنی ---------- ۱۱۰
۴-۱۱- نتایج خروجی یک رفتر ---------- ۱۱۰
۴-۱۲- طراحی سوله ---------- ۱۱۲
۴-۱۲-۱- تغییر المان‌ها درجهت اقتصادی کردن سوله ---------- ۱۱۳
۴-۱۲-۲- کنترل برش پایه پداستال ---------- ۱۱۳
۴-۱۲-۳- نمای سه‌بعدی از سازه طراحی شده ---------- ۱۱۴
۴-۱۳- کنترل حالات بهره‌برداری ---------- ۱۱۵
۴-۱۳-۱- کنترل تغییر شکل سازه تحت اثر بار ثقلی---------- ۱۱۵
۴-۱۳-۱-۱- کنترل خیز تیرها تحت اثر با رثقلی ---------- ۱۱۵
۴-۱۳-۲- کنترل تغییر شکل تحت اثر بار جانبی باد ---------- ۱۱۶
۴-۱۳-۳- کنترل تغییر شکل تحت اثر بار جانبی زلزله ---------- ۱۱۷

فصل ششم: طراحی اتصالات

۶-۱- طراحی اتصال فلنجی ---------- ۱۲۰
۶-۲- طراحی اتصال تاج سوله ---------- ۱۳۰
۶-۳- طراحی اتصال مهاربندهای قائم ---------- ۱۳۶
۶-۵- کنترل کف ستون---------- ۱۳۹
۶-۶- طراحی لاپه‌های سقفی---------- ۱۵۱
۶-۷- طراحی گیرت‌های دیوار پانلی---------- ۱۵۵
۶-۸- طراحی وال پست---------- ۱۵۷
۶-۹- طراحی اتصال استرات‌ها---------- ۱۵۷
۶-۱۰- طراحی میل مهارهای سقفی ---------- ۱۶۳
۶-۱۲- طراحی سینه بندها---------- ۱۶۴

فصل هفتم: طراحی فونداسیون

۷- طراحی فونداسیون ---------- ۱۶۹
۷-۱- انتقال نیروهای موجود در سازه به SAFE برای طراحی فونداسیون: ---------- ۱۶۹
۷-۲- تعریف مشخصات مصالح: ---------- ۱۷۰
۷-۲-۱- تعریف مشخصات آرماتور ---------- ۱۷۰
۷-۲-۲- تعریف مشخصات بتن ---------- ۱۷۱
۷-۲-۳- تعریف خاک و مدول بستر ---------- ۱۷۱
۷-۳- تعریف مقاطع ---------- ۱۷۲
۷-۳-۱- تعریف Slab ---------- ۱۷۲
۷-۳-۲- تعریف شناژ ---------- ۱۷۳
۷-۳-۳- تعریف پداستال :---------- ۱۷۳
۷-۴- تعریف حالت‌های بار ---------- ۱۷۴
۷-۵- تعریف ترکیبات بار ---------- ۱۷۵
۸-۵-۱- ترکیب بارهای طراحی پی ---------- ۱۷۵
۸-۵-۲- ترکیب بارهای کنترل تنش خاک زیر پی ---------- ۱۷۵
۷-۵-۳- ساخت سه ترکیب بار Envelope ---------- ۱۷۷
۷-۵-۳-۱- ترکیب بار Envelope بارهای ثقلی ---------- ۱۷۷
۸-۵-۳-۲- ترکیب بار Envelope بارهای باد ---------- ۱۷۷
۷-۵-۳-۳- ترکیب بار Envelope بارهای لرزهای ---------- ۱۷۸
۷-۶- اختصاص مشخصات خاک ---------- ۱۷۹
۸-۷- آنالیز و طراحی فونداسیون ---------- ۱۷۹
۷-۸- تعیین درجات آزادی پی ---------- ۱۸۰
۷-۹- انتخاب آیین نامه و سایر جزییات ---------- ۱۸۰
۸-۱۰-۲- کنترل عدم وجود کشش در پی ---------- ۱۸۱
۷-۱۰-۳- کنترل تنش خاک زیر فونداسیون ---------- ۱۸۲
۷-۱۰-۴- کنترل برش پانچ پی ---------- ۱۸۴
۷-۱۱- محاسبه میلگرد فونداسیون---------- ۱۸۵

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل ۱- لنگر تکیه‌گاهی قاب شیبدار ---------- ۲۴
شکل ۲- نیروی معادل قاب شیبدار ---------- ۲۵
شکل ۳- نمودار لنگر قاب معادل ---------- ۲۵
شکل ۴- بار مرده سقف ---------- ۲۷
شکل ۵- نمودار لنگر خمشی ناشی از بار مرده ---------- ۲۸
شکل ۶- نیروی محوری ستون ناشی از بار مرده ---------- ۳۰
شکل ۷- نمودار لنگر خمشی ناشی از بار زنده ---------- ۳۱
شکل ۸- نمودار لنگر خمشی ناشی از بار برف متوازن ---------- ۳۲
شکل ۹- نمودار نیروی محوری و لنگر خمشی ناشی از زلزله ---------- ۳۴
شکل ۱۰- نمودار لنگرهای خمشی بار مرده، زنده، برف و زلزله ---------- ۳۶
شکل ۱۱- مقطع A-A ---------- ۴۰
شکل ۱۲- مقطع B-B ---------- ۴۲
شکل ۱۳ - مقطع C-C ---------- ۴۳
شکل ۱۴- نمای اولیه رفتر طراحی شده ---------- ۴۴
شکل ۱۵- مقطع D-D ---------- ۴۸
شکل ۱۶- نمای اولیه ستون طراحی شده ---------- ۴۹
شکل ۱۷- مقطع اولیه استرات ---------- ۵۲
شکل ۱۸- پداستال بتنی ---------- ۵۳
شکل ۱۹- گرید بندی ---------- ۵۹
شکل ۲۰- تعریف بتن ---------- ۶۰
شکل ۲۱- تعریف آرماتور عرضی ---------- ۶۱
شکل ۲۲- تعریف آرماتور طولی ---------- ۶۱
شکل ۲۳- تعریف فولاد ---------- ۶۲
شکل ۲۴- تعریف تیب شیبدار ---------- ۶۳
شکل ۲۵- تعریف ستون ---------- ۶۴
شکل ۲۶- تعریف استرات ---------- ۶۴
شکل ۲۷- تعریف مهاربند سقفی و دیواری ----------۶۶
شکل ۲۸- تعریف پداستال بتنی ---------- ۶۷

شکل ۲۹- تعریف وال پست قائم ---------- ۶۸
شکل ۳۰- تعریف وال پست افقی ---------- ۶۹
شکل ۳۱- اختصاص مقاطع وال پست، ستون و رفتر ---------- ۶۹
شکل ۳۲- اختصاص مهاربندهای دیواری، استرات‌ها---------- ۶۹
شکل ۳۳- اختصاص تکیه‌گاه سازه ---------- ۷۰
شکل ۳۴- اختصاص تکیهگاه وال پست ---------- ۷۰
شکل ۳۵- اختصاص شرایط مرزی استرات، مهاربند ---------- ۷۰
شکل ۳۶- اختصاص شرایط مرزی ستونها---------- ۷۱
شکل ۳۷- اختصاص شرایط مرزی وال پست ---------- ۷۱
شکل ۳۸- Mesh Less کردن مهاربندها---------- ۷۲
شکل ۳۹- مش بندی کردن المانهای قائم ---------- ۷۲
شکل ۴۰- اختصاص رفتار کششی به مهاربندها---------- ۷۳
شکل ۴۱- تعریف الگوی بار در نرم‌افزار ---------- ۷۶
شکل ۴۲- تعریف P-Delta ---------- ۷۷
شکل ۴۳- تعریف حالت بار مودال---------- ۷۷
شکل ۴۴- تبدیل ترکیبات بار خطی به غیر خطی ---------- ۸۱
شکل ۴۵- بار مرده اعمال شده به رفترها ---------- ۸۵
شکل ۴۶- بار زنده سقف اعمال شده به رفترها ---------- ۸۶
شکل ۴۷- بار برف متوازن اعمال شده به رفترها ---------- ۸۷
شکل ۴۸- بار برف نامتوازن اعمالی به رفترها---------- ۸۸
شکل ۴۹- بار باد خارجی در جهت X ---------- ۸۹
شکل ۵۰—بار باد خرجی در جهت Y ---------- ۹۰
شکل ۵۱- بار نشست تکیه‌گاهی در نرم‌افزار ---------- ۹۱
شکل ۵۲- اعمال بار فزاینده و کاهنده حرارت در نرم‌افزار ---------- ۹۲
شکل ۵۳- تعریف جرم لرزه‌ای ---------- ۹۳
شکل ۵۴- اختصاص نواحی صلب انتهایی رفترها و ستون‌ها ---------- ۹۵
شکل ۵۵- تنظیمات قبل از تحلیل ---------- ۹۷
شکل ۵۶- نمودار مود غالب در جهت X و Y ---------- ۹۸
شکل ۵۷- مشاهده مود غالب در نرم‌افزار---------- ۹۹
شکل ۵۸- نمایش نیروی خمشی بار مرده در یک قاب ---------- ۱۰۰
شکل ۵۹- نمایش دیاگرام نیروهای داخلی یک رفتر---------- ۱۰۱
شکل ۶۰- مشاهده رفتار صرفا کششی مهاربندها ---------- ۱۰۲

شکل ۶۱- مشاهده میزان نشست تکیه‌گاه ها ---------- ۱۰۳
شکل ۶۲- کنترل برش پایه زلزله ---------- ۱۰۴
شکل ۶۳- تنظیمات عمومی طراحی ---------- ۱۰۵
شکل ۶۴- تنظیمات اختصاصی ستون‌های دهانه مهاربندی و وال پست‌ها ---------- ۱۰۵
شکل ۶۵- تنظیمات سایر ستون‌ها و رفترها ---------- ۱۰۶
شکل ۶۶- تنظیمات مربوط به طراحی رفترها ---------- ۱۰۷
شکل ۶۷- اختصاص مشخصات طراحی استرات‌ها ---------- ۱۰۸
شکل ۶۸- انتخاب ترکیبات بارگذاری ---------- ۱۰۹
شکل ۶۹- تعیین ایستگاه‌های طراحی برای المان‌های غیرمنشوری ---------- ۱۰۹
شکل ۷۰- تنظیم آیین‌نامه طراحی اعضای بتنی ---------- ۱۱۰
شکل ۷۱- ترکیب بار بحرانی حاکم بر طراحی رفتر ---------- ۱۱۱
شکل ۷۲- کنترل برش پایه پداستال ---------- ۱۱۳
شکل ۷۳- نمای سه‌بعدی سازه طراحی شده ---------- ۱۱۴
شکل ۷۴- تغییر شکل‌های مجاز ---------- ۱۱۵
شکل ۷۵- میزان تغییر شکل تحت بار مرده ---------- ۱۱۵
شکل ۷۶- میزان تغییر شکل تحت بار زنده ---------- ۱۱۶
شکل ۷۷- میزان تغییر شکل تحت بار برف متوازن ---------- ۱۱۶
شکل ۷۸- میزان تغییر شکل تحت اثر بار جانبی باد خارجی WPY ---------- ۱۱۶
شکل ۷۹- میزان تغییر شکل تحت اثر بار جانبی باد داخی WPi ---------- ۱۱۷
شکل ۸۰- تغییر شکل تحت اثر زلزله جهت X ---------- ۱۱۷
شکل ۸۱- تغییر شکل تحت اثر زلزله جهت Y در محل شانه ---------- ۱۱۸
شکل ۸۲- تغییر شکل تحت اثر زلزله جهت Y در محل راس ---------- ۱۱۸
شکل ۸۳- هندسه اولیه اتصال ---------- ۱۳۲
شکل ۸۴- نیروی برشی معادل پلاستیک شدن دو سر ستون ---------- ۱۴۰
شکل ۸۵- نیروی محوری ناشی از بار مرده ---------- ۱۴۲
شکل ۸۶– نیروی محوری ناشی از بار برف ---------- ۱۴۲
شکل ۸۷- نیروی محوری ناشی از بار زلزله EX ---------- ۱۴۳
شکل ۸۸- نیروی محوری ناشی از بار زلزله EY ---------- ۱۴۳
شکل ۸۹- هندسه و ابعاد کف ستون ---------- ۱۴۵
شکل ۹۰- نیروی محوری پداستال تحت ترکیب بار بحرانی ۸۵ ---------- ۱۴۶
شکل ۹۱- نیروی برشی پداستال تحت ترکیب بار بحرانی ۸۵ ---------- ۱۴۶
شکل ۹۲- نمودار لنگر خمشی حول محور قوی و ضعیف ---------- ۱۵۲

شکل ۹۳- مناسب‌ترین حالت قرارگیری پرلین---------- ۱۵۳
شکل ۹۴- مشخصات هندسی مقطع پرلین انتخابی ---------- ۱۵۴
شکل ۹۵- نحوه قرارگیری پرلین راس ---------- ۱۵۵
شکل ۹۶- بارهای وارده بر گیرت‌های دیواری---------- ۱۵۵
شکل ۹۷- نمودار ضریب $CpCg$ ---------- ۱۵۵
شکل ۹۸- نیروی برشی ناشی از بار باد WPX---------- ۱۵۷
شکل ۹۹- نیروی برشی ناشی از بار باد WNi---------- ۱۵۸
شکل ۱۰۰- میزان تغییر شکل تحت اثر بار مرده ---------- ۱۵۹
شکل ۱۰۱- میزان تغییر شکل تحت اثر بار برف ---------- ۱۵۹
شکل ۱۰۲- نحوه اتصال سینه‌بند ---------- ۱۶۴
شکل ۱۰۳- انتقال بارها به SAFE ---------- ۱۶۹
شکل ۱۰۴- تعریف آرماتور در SAFE ---------- ۱۷۰
شکل ۱۰۵- تعریف بتن در SAFE---------- ۱۷۱
شکل ۱۰۶- تعریف ضریب برجهندگی خاک---------- ۱۷۲
شکل ۱۰۷- تعریف پی منفرد---------- ۱۷۲
شکل ۱۰۸- تعریف شناژ ---------- ۱۷۳
شکل ۱۰۹- تعریف حال های بار ---------- ۱۷۴
شکل ۱۱۰- ترکیب بارهای طراحی پی ---------- ۱۷۵
شکل ۱۱۱- ترکیب بارهای کنترل تنش خاک زیر پی ---------- ۱۷۶
شکل ۱۱۲- ترکیب بار ENV برای بارهای ثقلی، باد و زلزله---------- ۱۷۷
شکل ۱۱۳- ترکیب بار Envelope بارهای لرزه‌ای ---------- ۱۷۸
شکل ۱۱۴- اختصاص مشخصات خاک ---------- ۱۷۹
شکل ۱۱۵- تنظیمات مش بندی ---------- ۱۷۹
شکل ۱۱۶- انتخاب آیین نامه و تنظیمات طراحی ---------- ۱۸۰
شکل ۱۱۷- کنترل نشست پی---------- ۱۸۱
شکل ۱۱۸- کنترل بلندشدگی پی ---------- ۱۸۱
شکل ۱۱۹- اعمال بار کف‌سازی و زنده کف ---------- ۱۸۲
شکل ۱۲۰- کنترل تنش زیر پی ---------- ۱۸۳
شکل ۱۲۱- کنترل برش پانچ---------- ۱۸۴
شکل ۱۲۲- محاسبه میلگرد مورد نیاز ---------- ۱۸۵

فصل اول

تعریف پروژه، مشخصات مصالح و بارهای وارد

بخش اول: تعریف پروژه

۱-۱- مشخصات پروژه

نام پروژه	ورزشگاه
کاربری	ورزشی
محل پروژه	تهران
تراز شانه	۵/۵ متر
تراز تاج	با توجه به شیب سقف (۲۲.۵ درصد) داریم: $\alpha = tan^{-1}(0.225) = 12.68$ $X = tan(12.68) * \frac{22.5}{2} = 2.5$ بنابراین تراز تاج ۸ متر می‌شود
شیب بام	۲۲/۵ درصد
نوع خاک	III
طول سوله	۴۵ متر
تعداد قاب	۹ قاب
دهانه سوله	۲۲/۵ متر
سرعت مبنای باد	۱۰۰ km/h
سیستم ساختمانی در جهت طولی	مهاربند همگرای معمولی
سیستم ساختمانی در جهت عرضی	قاب خمشی معمولی
منطقه (برای آنالیز حرارتی)	معتدل

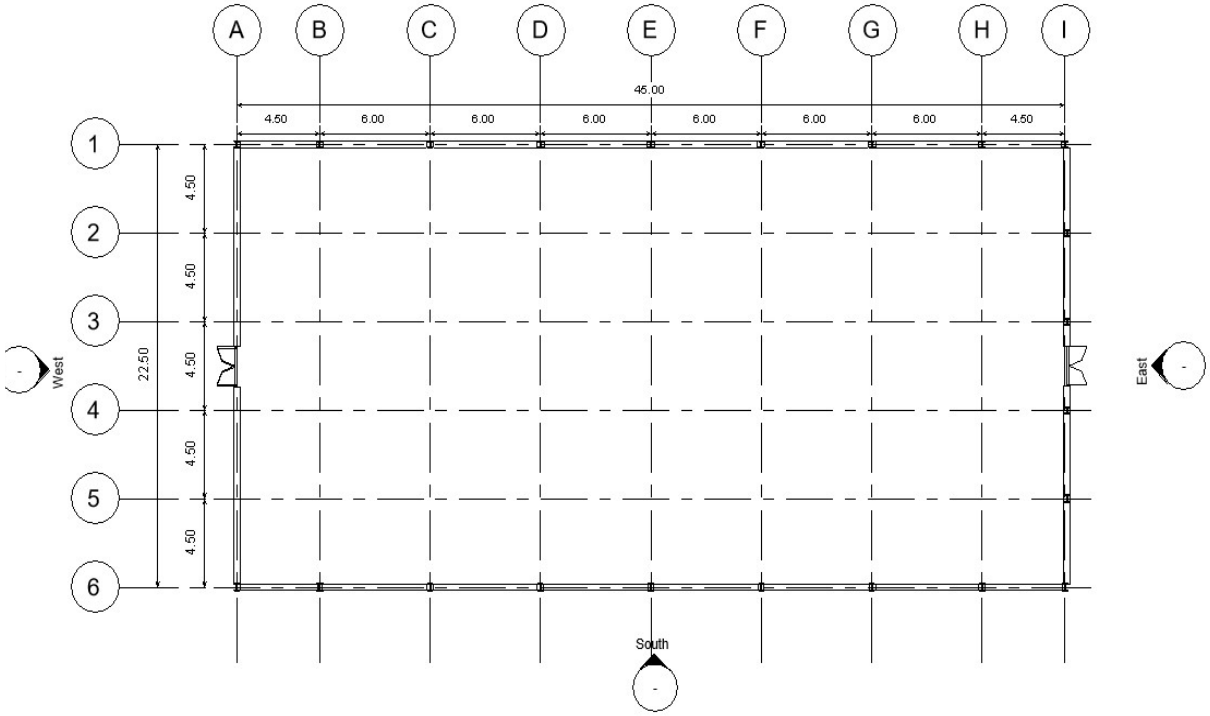
جدول ۱- مشخصات پروژه

لازم به ذکر است که محل احداث ورزشگاه در بیرون از محیط شهر می‌باشد و در اطرف آن ساختمان بلندتر وجود ندارد، بنابراین بام سوله از نوع نیمه برف گیر در نظر گرفته می‌شود.

۱-۱-۱- سایت پلان

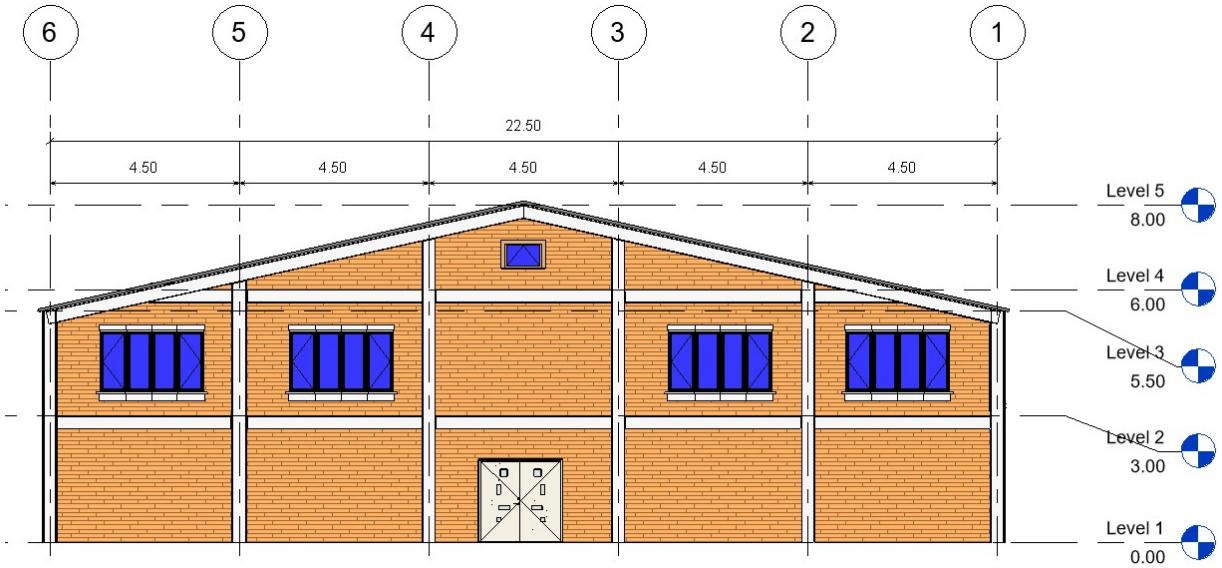
با توجه به طول زمین و همچنین ذکر این نکته که طول استرات‌ها ۶ متر می‌باشد، حداکثر فاصله قاب‌ها ۶ متر می‌شود. برای قرینه شدن سازه، ۶ دهانه ۶ متری در وسط و ۲ دهانه ۴/۵ متری در دو انتها قرار داده می‌شود.

درقاب ابتدا و انتها برای نگهداری دیوارها از وال پست استفاده می‌شود. طبق آیین‌نامه حداکثر فاصله افقی وال پست‌ها ۶ متر و حداکثر ارتفاع دیوار بدون وال پست ۳/۵ متر می‌باشد. در این پروژه برای یکسان شدن فاصله وال پست‌ها، ۴/۵ متر لحاظ شده است. در هر ۳ متر ارتفاع نیز از یک المان افقی برای نگهداری دیوار استفاده شده است.

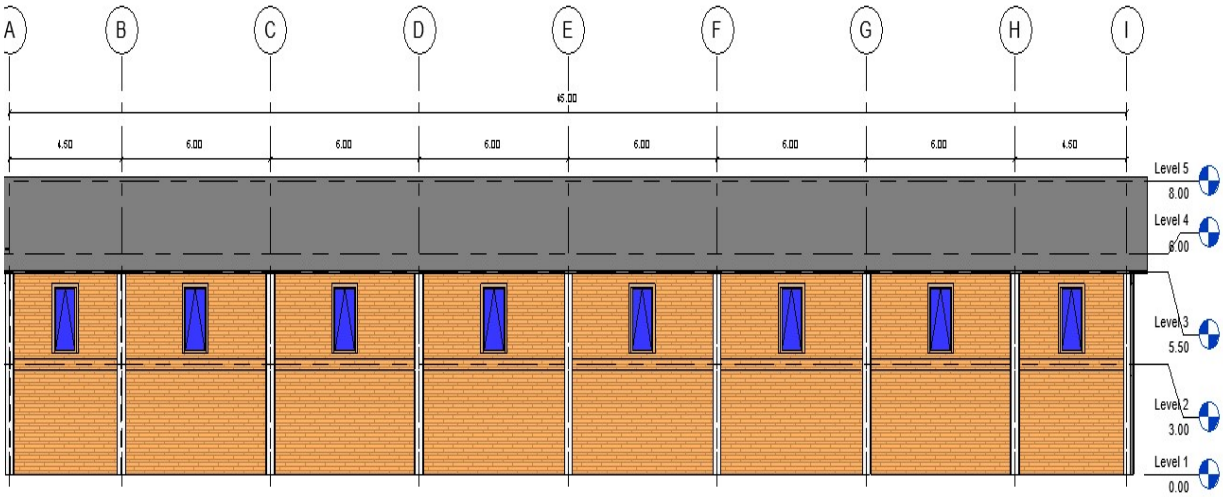


سایت پلان

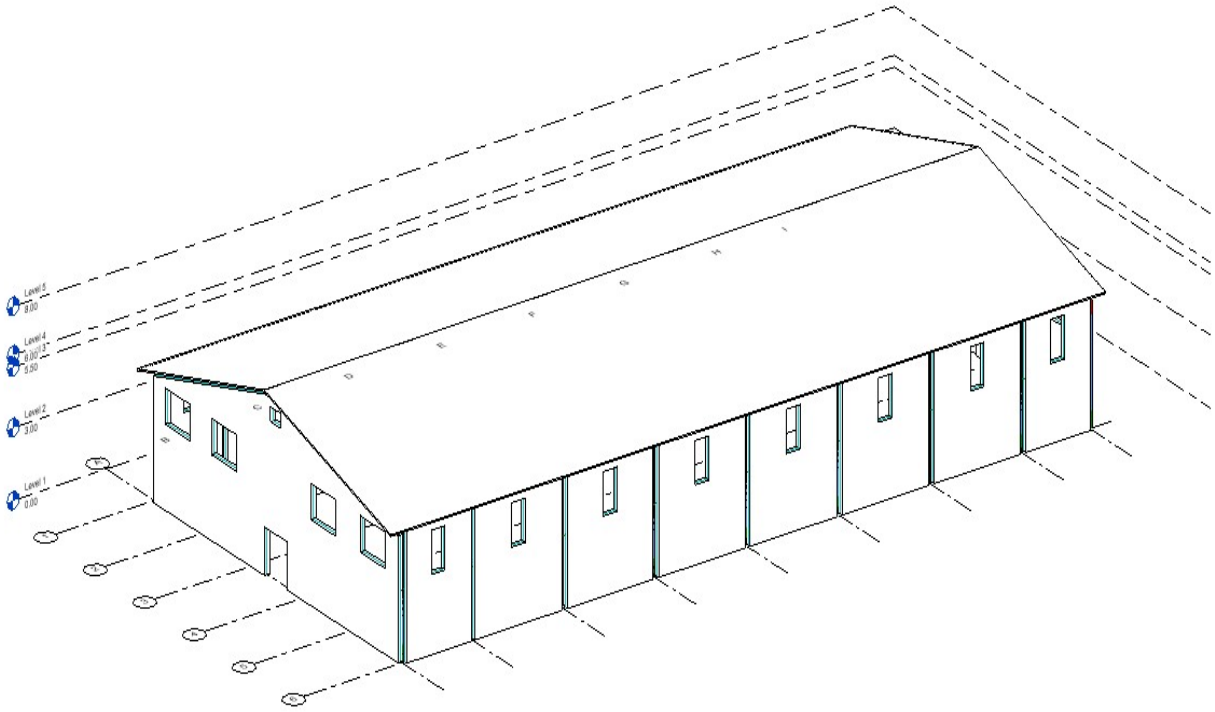
۱-۱-۲- نمای شرقی و شمالی



نمای شرقی و غربی



نمای شمالی و جنوبی



نمای سه بعدی

بخش دوم: آیین‌نامه‌ها

۱-۲- آیین نامه‌های مورد استفاده

- مبحث ششم سال ۱۳۹۸
- مبحث دهم سال ۱۴۰۱
- آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم
- نشریه ۳۲۵ (ضوابط طرح و محاسبه ساختمان‌های صنعتی فولادی)
- نشریه شماره ۰۳۸ صنعت نفت
- *AISC 360-16* (ضوابط عمومی طراحی اعضای فلزی در ایالت متحده امریکا)
- *AISC 341-16* (ضوابط طراحی لرزه‌ای اعضای فولادی در ایالت متحده امریکا)
- *AISC 358-16* (طراحی اتصالات فلزی از پیش تائید شده در ایالت متحده امریکا)
- *ASCE 7-22* (آیین‌نامه بارگذاری در ایالت متحده امریکا)

بخش سوم: مصالح مصرفی

۱-۳- مشخصات مصالح مصرفی

در این پروژه چهار نوع مصالح استفاده می‌شود که عبارتند از: بتن برای پداستال بتنی، آرماتور طولی پداستال، آرماتور عرضی پداستال و فولاد برای اعضایی مانند رفتر، ستون، استرات، لاپه، گیرت و ....

۱-۳-۱- مشخصات بتن مصرفی

وزن واحد حجم (W)	$2400\ \frac{kgf}{m^3}$
جرم واحد حجم (M)	$\frac{2400}{9/80665}\ \frac{kgf}{g}$
مقاومت مشخصه بتن (f_c')	$250000\ \frac{kg}{m^2}$
مدول الاستیسیته (E)	$E = 15100\sqrt{f_c'} = 23875/19\ \frac{kgf}{cm^2}$
ضریب پوآسون (U)	0.15
ضریب انبساط حرارتی (A)	$10^{-5}\left(\frac{1}{°C}\right) = 0/0000099$
مدول برشی (G)	$\frac{E}{2(1+\nu)} = 1/022E+9\ \frac{kgf}{m^2}$

جدول ۲- مشخصات بتن مصرفی

۱-۳-۲- مشخصات فولاد مصرفی برای مقاطع

در این پروژه از فولاد ساختمانی رایج St-37 استفاده می‌شود

وزن واحد حجم (W)	$7850\ \frac{kgf}{m^3}$
جرم واحد حجم (M)	$\frac{7850}{9/80665}\ \frac{kgf}{g}$
مدول الاستیسیته (E)	$E = 2/06E + 6\ \frac{kgf}{cm^2}$
ضریب پوآسون (U)	0.3
ضریب انبساط حرارتی (A)	$0/0000117$
مدول برشی (G)	$769230\ \frac{kgf}{m^2}$
تنش تسلیم تعیین شده (Fy)	$2400\ \frac{kgf}{cm^2}$
تنش تسلیم مورد انتظار (Fye)	$2400*1/15=2760\ \frac{kgf}{cm^2}$
تنش نهایی تعیین شده (Fu)	$3700\ \frac{kgf}{cm^2}$
تنش نهایی مورد انتظار (Fue)	$3700*1/15=4255\ \frac{kgf}{cm^2}$

جدول ۳- مشخصات فولاد مصرفی

۱-۳-۳- مشخصات آرماتورهای طولی

برای آرماتورهای طولی از رده میلگرد AIII استفاده می‌شود.

۱-۳-۴- مشخصات آرماتورهای عرضی

برای آرماتورهای عرضی از رده میلگرد AII استفاده می‌شود.

رده میلگرد	تنش تسلیم (MPa)	تنش نهایی (MPa)
A-II	300	500
A-III	400	600

جدول ۴- مشخصات آرماتورها

برای تعیین Ry از جدول ۱۰-۳-۲-۱۰ مبحث ۱۰ استفاده شد.

جدول ۱۰-۳-۲-۱: مقادیر R_y و R_t فولاد و R_c بتن

مقادیر R_y و R_t فولاد		
نوع مصالح	R_y	R_t
مقاطع لوله‌ای و قوطی‌شکل نوردشده	1.25	1.1
سایر مقاطع نوردشده I شکل و H شکل و ناودانی و سپری و نبشی	1.2	1.1
مقاطع ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها	1.15	1.1
میلگردها	1.2	1.2

جدول ۵- مقدار Ry

بخش چهارم: بارگذاری

۱-۴- بارگذاری

۱-۴-۱- بار ثقلی

۱-۴-۱-۱- بار مرده

۱-۴-۱-۱-۱- بار مرده سقف

برای سقف از پوشش ساندویچ پانل استفاده می‌شود، بنابراین وزن واحد سطح سقف برابر است با

اجزای معماری	ساندویچ پانل سقفی	ورق فوقانی	$0/0005*1*1*7850=3/925\ \frac{kgf}{m^2}$	$9/45\ \frac{kgf}{m^2}$	$19/45\ \frac{kgf}{m^2}$
		ورق تحتانی	$3/925\ \frac{kgf}{m^2}$		
		فوم میانی	$0/04*1*1*40=1/6\ \frac{kgf}{m^2}$		
	فلاشینگ، آویز، تاسیسات آویز		-	$10\ \frac{kgf}{m^2}$	
اجزای سازه‌ای	لاپه‌ها		$0/00132*7850=10/3\ \frac{kgf}{m^2}$	$10/3\ \frac{kgf}{m^2}$	$15/03\ \frac{kgf}{m^2}$
	اتصالات لاپه‌ها		-	$2\ \frac{kgf}{m^2}$	
	وزن sagrod به طول ۱/۲ متر و فاصله ۲ متر		$0/7*0/7*0/0314*7850*(1/2*0/5)=0/73\ \frac{kgf}{m^2}$	$0/73\ \frac{kgf}{m^2}$	
	مهاربند سقفی و اتصالات		-	$2\ \frac{kgf}{m^2}$	
	مجموع				$34/5\ \frac{kgf}{m^2}$