۲-۱- مشخصات سکوی مورد مطالعه

هدف از این پایان نامه، مطالعه شرایط پایداری یک سکوی حفاری خود بالابر مت ساپورت تحت حرکات شدید زمین می‌باشد. برای این منظور ابتدا به معرفی سکوی مورد مطالعه پرداخته سپس به کمک نرم افزار SACS آن را مدلسازی نموده و در راستای بررسی پایداری در این نرم افزار به تحلیل استاتیکی و دینامیکی آن خواهیم پرداخت.

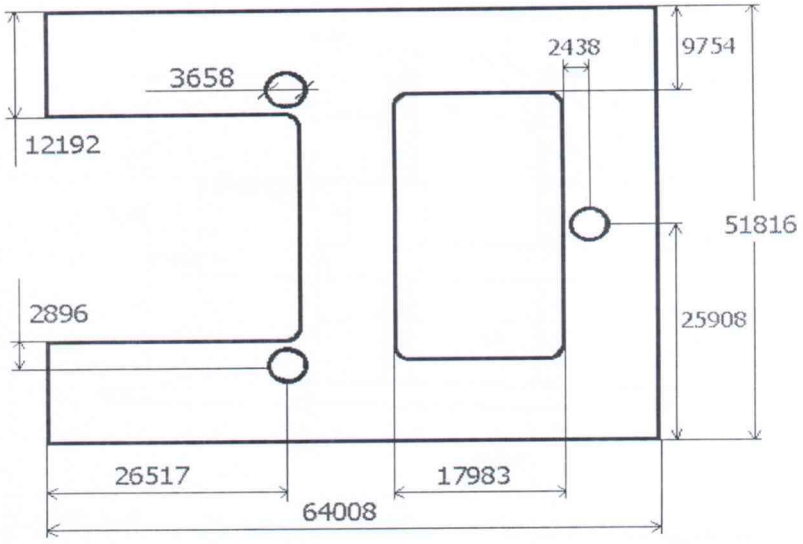
سکوی حفاری مورد مطالعه یک سکوی حفاری خودبالابر از نوع مت ساپورت می باشد(شکل ۲-۱). این سکو در ابتدا به سفارش کشور آمریکا و به منظور حفاری درخلیج مکزیک توسط شرکت Bethlehem درسال ۱۹۷۴م، درکشور سنگاپور، که یکی از کشورهای پیشگام در ساخت سکوهای دریایی می‌باشد ساخته شد و بعدها به منظور توسعه صنعت نفت دریایی ایران(دوران قبل از انقلاب ایران) و به دلیل مشابه بودن وضعیت بستر خلیج فارس با خلیج مکزیک این سکو توسط یک شرکت آمریکایی با نام ردی اند بتس، درآب‌های خلیج فارس شروع به حفاری نمود. لازم به ذکر است در آن زمان با نام Miton.G.Hulme مشغول به کار بود.

بعد از انقلاب ایران در سال ۱۳۵۷ این سکو به مالکیت شرکت ملی حفاری ایران در آمد و هم اکنون با نام سکوی شهید مدرس در آب‌های خلیج فارس مشغول به انجام عملیات حفاری می‌باشد. درسال ۱۹۸۶م توسط شرکت Bethlehem در سنگاپور مورد بازید و تعمیرات اولیه و در سال ۲۰۰۸م توسط شرکت QGM در دبی مورد باز سازی دوم قرار گرفت. همچنین تعمیرات و باز سازی دور سوم آن در سال ۲۰۱۴ توسط شرکت Blue Dee و شرکت ایرانی BGH (بحر گسترش هرمز) در بندرعباس اسکله ایزوایکو صورت گرفت.

بدنه اصلی سکو[1]: ۳۳×۶۰ متر و برابر با ۱۹۸۰ متر مربع که ارتفاع آن با در نظر گرفتن کمپ سکو برابر با ۱۱ متر و در قسمت بدنه اصلی ۵ متر می‌باشد.

پایه ها به قطر ۳/۶۵ متر و ارتفاع آنها از زیر مت ۹۵/۷ متر و ضخامت متغیر از نقطه اتصال به مت[2] تا تاج به ترتیب برابر با ۵۴ و ۳۶ میلیمتر می باشد.

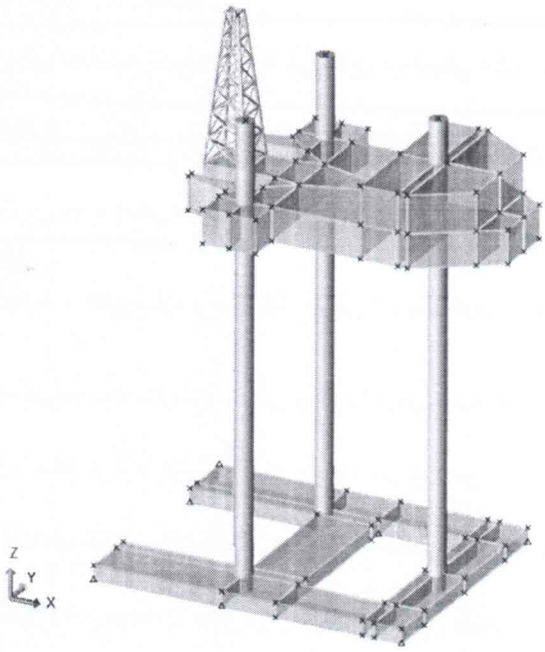
مت به شکل حرف A می‌باشد و با ابعاد ۵۲×۶۴ متر مساحتی در حدود ۳۳۳۰ متر مربع از کف دریا را احاطه می کند که با توجه به شکل ظاهری مت و در نظر گرفتن فضاهای خالی تنها سطحی برابر با ۱۹۳۴ متر مربع از آن روی بستر دریا در تماس با خاک می‌باشد، همچنین ارتفاع مت که به شکل مکعب تو خالی است، تقریبا ۳ متر می‌باشد. (شکل ۲-۳)



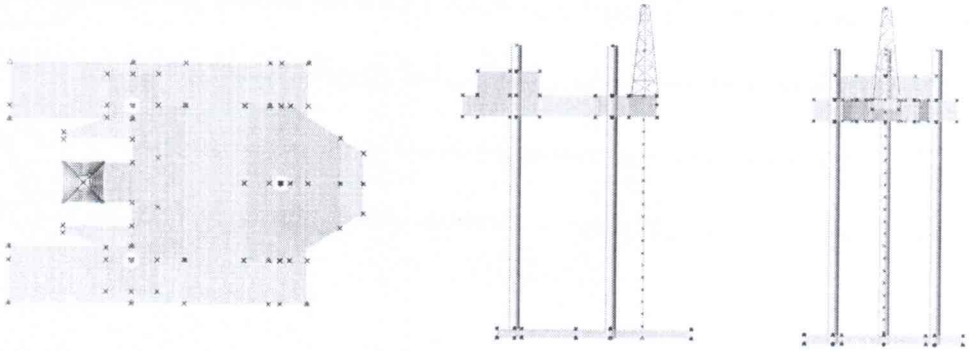
شکل ۲-۳: ابعاد مت که درون آب و روی بستر قرار می-گیرد

Hull-[1]
Mat [2]

حال با داشتن مدل سه بعدی سکو ابتدا بارهای مختلف را برای آن تعریف می‌کنیم تا بتوان سازه را تحت حرکات شدید زمین از لحاظ پایداری و تعادل بررسی نمود.



شکل ۲-۴: تصویر مدل شده از سکو مورد مطالعه



شکل ۲-۵: سکوی مدلسازی شده مورد مطالعه از نما-های مختلف

۱-۲- آنالیز برجا سکو

یکی از تکنیک های آنالیز برای محاسبه پاسخ سازه به بارگذاری دینامیکی آنالیز مودال می‌باشد در آنالیز مودال پاسخ سازه به مودهای مختلف تفکیک می شود. مود با فرکانس و شکل آن تعریف می شود. در مهند سی سازه مود را با کوچکترین فرکانس با بیشترین دوره زمانی می شناسند.[۵۱]

فرکانس طبیعی سیستم تنها به سختی سازه و مشارکت جرمی آن وابسته است و تابع بارگذاری آن بستگی ندارد.

برای محاسبه مودهای سازه می‌بایست ماتریس سختی و جرم اجزای سازه را داشته و برای محاسبه و بدست آوردن این مقادیر با مدلسازی سازه سکو در نرم افزار SACS در مرحله اول ماتریس جرم و سختی را از خروجی اول نرم افزار استخراج می‌نماییم سپس با تنظیمات نرم افزار تعداد مود ها را مشخص نموده و در ادامه در پاسخ بعدی نرم افزار که شامل همه مشخصات سکو می باشد مودهای سکو نیز قابل مشاهده می باشد.

همانطور که در جدول زیر قابل مشاهده است جرم اجزای مختلف سازه تحت عنوان های وزن پایه ها که در سه راستای Z،Y،X به تفکیک قابل مشاهده است، مت و بدنه اصلی و ۲ وزن دیگری نیز که در این تحلیل مورد مطالعه قرار گرفته است وزن آب درون ستون ها و وزن اعمالی از جریان آب می باشد که به تفکیک در راستای Z،Y، X در جدول آمده است. بر اساس وزن سازه مرکز جرم تک تک اجزای سازه نیز محاسبه گردیده و به طور کلی مرکز جرم کل سازه در راستا های Z،Y،X نیز در جدول آمده است. اطلاعات موجود در این جدول در خروجی اول نرم افزار که در پیوست آمده است قابل مشاهده می باشد.

جدول ۲-۲: وزن و مراکز جرم سازه

اجزا	وزن			مرکز جرم		
	X	Y	Z	X	Y	Z
	KN	KN	KN	M	M	M
جرم اجزای مختلف سازه	۱۵۴۸۸,۹۱۷	۱۵۴۸۸,۹۱۷	۱۵۴۸۸,۹۱۷	-۲۳,۸۵	۰,۰۰۰	-۶,۹۷۹
وزن آب درون ستون ها	۲۰۳۰۱,۰۷	۲۰۳۰۱,۰۷	۰,۰۰۰	-۲۱,۲۱۹	۰,۰۰۰	-۳۴,۲۹۱
وزن اعمالی از جریان آب	۱۷۷۹۳,۲۰۶	۱۷۷۹۳,۲۰۶	۱۷۷۹۳,۲۰۶	-۲۱,۱۳۲	۰,۰۰۰	-۲۴,۲۲۹
وزن مت و هال	۸۶۶۶۹,۵۶۲	۸۶۶۶۹,۵۶۲	۸۶۶۶۹,۵۶۲	-۱۸,۰۱۸	-۱,۲۵۷	-۲۸,۵۷۸
کل	۱۴۰۲۵۲,۶۹۱	۱۴۰۲۵۲,۶۹۱	۱۱۹۹۵۱,۶۸۵	-۱۹,۵۲۲	-۰,۷۷۷	-۲۵,۱۵۴

بدنه سازه در ۳ بخش LG1، L1، B1، مدلسازی شده است که به ترتیب (بدنه، پایه، وزن آب بین پایه و بدنه) و نقاط تحت زیر گروه های زیر با وزن و مرکز جرمی زیر مدل شده‌اند.

جدول ۲-۳: جرم گروه های مختلف تعریف شده در سیستم

خروجی وزن های گروه های تعریف شده				
گروه ها	وزن	مراکز جرم		
	KN	X	Y	Z
B1	۱۴۵۶.۱	-۴۲.۲	۰	۲۵.۴
L1	۵۴۸.۳۹	-۴۲.۲	۰	۳۴.۱
LG1	۱۳۴۸۴	-۲۱.۱	۰	۱۲.۱

سکو با ۲۷ درجه آزادی مدل شده و برای آن ۱۵ مود لحاظ شده است(جدول ۲-۴) تا بیش از ۹۰ درصد مشارکت جرمی سکو را شامل شود و آنالیز درستی را برای ما انجام دهد. تعداد ۱۵ مود به صورت تجربی بوده و برای بیش از ۱۵ مود تغییرات ثابت می‌گردد.

مفهوم عمومی ضریب مشارکت جرمی[1] در تحلیل لرزه ای سازه‌ها ، درصدی از جرم سازه است که در هر مود ارتعاشی سازه دخالت دارد. این ضرایب در منابع مختلف با متغیرهائی معرفی گردیده‌اند و تعاریف گوناگونی برای آنها ارائه شده است.

جدول ۲-۴: مود های سازه

مود های سازه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
درجه آزادی	DIS Y	DIS X	DIS Y	DIS Z	DIS Z	DIS Z	DIS X	DIS X	DIS Y	DIS Y	DIS X	DIS X	DIS X	DIS Y	DIS X

همانطور که در بالا به آن اشاره شد مودهای سازه باید به تعدادی باشد تا بیش از ۹۰ درصد مشارکت جرمی داشته باشند. در ادامه در جدول ۲-۵ درصد مشارکت جرمی هر مود به همراه مقادیر تجمعی آن ها قابل مشاهده است و با استناد به این جدول و پارامتر تجمعی مود ها بیشترین مشارکت جرمی با ۱۵ مود حاصل شده است.

[1] Mass Participation Factor

جدول ۲-۵:مشارکت جرمی سازه در مود های مختلف

مد	درصد مشارکت جرمی			فاکتور تجمعی		
	X	Y	Z	X	Y	Z
۱	۰.۰۰۲	۰.۳۳۲	۰	۰.۰۰۲	۰.۳۳۲	۰
۲	۰.۷۶۴	۰.۰۰۶	۰	۰.۷۶۶	۰.۳۳۸	۰
۳	۰.۰۰۳	۰.۵۱	۰	۰.۷۶۹	۰.۸۴۸	۰
۴	۰	۰	۰.۱۸۶	۰.۷۷	۰.۸۴۸	۰.۱۸۶
۵	۰	۰	۰.۵۸۱	۰.۷۷	۰.۸۴۸	۰.۷۶۷
۶	۰	۰	۰.۰۱۲	۰.۷۷	۰.۸۴۸	۰.۷۷۹
۷	۰	۰	۰	۰.۷۷	۰.۸۴۸	۰.۷۷۹
۸	۰	۰	۰	۰.۷۷	۰.۸۴۸	۰.۷۷۹
۹	۰	۰	۰	۰.۷۷	۰.۸۴۸	۰.۷۷۹
۱۰	۰	۰	۰	۰.۷۷	۰.۸۴۸	۰.۷۷۹
۱۱	۰.۱۴۴	۰	۰.۰۱۹	۰.۹۱۳	۰.۸۴۸	۰.۷۹۸
۱۲	۰	۰	۰	۰.۹۱۳	۰.۸۴۸	۰.۷۹۸
۱۳	۰	۰	۰	۰.۹۱۳	۰.۸۴۸	۰.۷۹۸
۱۴	۰	۰	۰	۰.۹۱۳	۰.۸۴۸	۰.۷۹۸
۱۵	۰	۰	۰	۰.۹۱۳	۰.۸۴۸	۰.۷۹۸

جدول ۲-۶: مشخصات مود های مختلف سازه

مود	فرکانس	مشارکت جرمی	مقادیر ویژه
۱	۰.۰۷	۴۴۲۹۷.۵۳	۴.۵۵
۲	۰.۰۹	۶۰۵۷۳.۹۹	۳.۱۶
۳	۰.۱	۴۰۴۰۳.۵۱	۲.۶۶
۴	۱.۰۵	۴۴۹۳۴.۴۲	۰.۰۲
۵	۱.۶۲	۲۹۷۱۶.۹۷	۰.۰۱
۶	۱.۷	۲۶۲۸۰.۳۹	۰.۰۱
۷	۴۰.۶۴	۲۹۹۷۵.۷۸	۰
۸	۴۲.۸۹	۷۱۶۵۱.۵۷	۰
۹	۴۴.۹۳	۲۳۱۲۷.۹۸	۰
۱۰	۶۰.۹۴	۳۷۹۱۳.۷۵	۰
۱۱	۶۱.۲۹	۱۱۸۵۲.۶۵	۰
۱۲	۶۳.۶	۱۶۰۲۵.۸۶	۰
۱۳	۶۹.۶۳	۲۰۸۰۴.۰۷	۰
۱۴	۷۴.۶۸	۲۷۳۴۶.۲۹	۰
۱۵	۸۱.۴۷	۲۲۱۵۸.۲۸	۰

۱-۳- تحلیل سکو مورد مطالعه

با توجه به زلزله خیزی کشور کنترل سکوهای ساخته شده در سواحل جنوبی در برابر حرکات زمین ضروری است. هرچند که معمولا در خلیج فارس اثر نیروهای ناشـــی از باد و امواج بیش از حرکات زمین می‌باشـــد. در برآورد تاثیر زلزله بر سازه و محاسبه پاسخ سازه در برابر حرکات زمین در برابر زلزله، تخمین رفتار دینامیکی سازه ضروری می باشد. در روش معمول دینامیک سازه ها تعیین مقادیر ویژه(فرکانس ها یا پریود های طبیعی ارتعاش) بردارهای ویژه (شکل مود های ارتعاش آزاد) و سپس استفاده از روش طیفی یا آنالیز مودال در برآورد پاسخ سازه در حین زلزله متداول می باشـــد و با توجه به ماهیت آنالیز دینامیکی و پیچیدگی های تحلیل غیر خطی در آنالیز ســـکو ها در برابر زلزله از فرمولاسیون خاصی با رفتار خطی برای فوندانسیون استفاده شده است و به این ترتیب مشکلات تحلیل آن به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.

آنالیز لرزه ای سکوها در راستای اهداف زیر انجام می شود:

- برای ارزیابی مقاومت اعضا و پایداری و تعادل سازه در شرایط لرزه ای
- برای اطمینان از عملکرد سیستم در شرایط مناسب عملیاتی

طیف پاسخ خطی[1] یکی از کامل‌ترین و اصلی ترین روش‌های جمع اثر مودها[2] است که می توان بوسیله آن پاسخ هرنقطه یا جابجایی هر نقطه از سازه را در برابر زلزله اعمال شده بدست آورد .

این روش آنالیز[2] مشکلاتی دارد از جمله آن می‌توان به این اشاره نمود که حجم زیادی از اطلاعات بدست می‌آید که باید آنها را ترکیب کرد و دیگری آنکه باید تعداد زلزله های زیادی را روی ســـازه اعمال کرد تا بدترین حالت بدســـت آید. همچنین نقطه قوت این روش این اســـت که به راحتی می‌توان با یکی از روش های آماری مثل CQC ، اثر مودها را با یکدیگر ترکیب کرد و با روش SRSS بیشترین نیروی هر عضو را حساب کرد . لازم به ذکر است که بیشتر آیین نامه‌ها از این روش استفاده می‌کنند .

---

[1] RESPONSE SPECTRA ANALYSIS
[2] Mode superposition

۲-۳- آنالیز دینامیکی توسط طیف پاسخ

بهترین و اصلی ترین روش جمع آثار مودها که در حالت الاستیک سازه را تحلیل می کند و یک تاریخچه کامل از عکس العمل نقطه های سازه و اعضاء آن می دهد این روش است .

تنها اشکال این روش در این است که حجم زیادی از داده ها را تولید می‌کند و یکی اینکه باید زلزله های زیادی را روی سازه اعمال کرد تا بهترین نتیجه بدست آید که این مشکل توسط آئین‌نامه‌ها حل شده است.

تعریف طیف پاسخ :

برای حرکت یک سازه ۳ بعدی تحت اثر زلزله معادله زیر را می توان نوشت :

$$\ddot{Y}(t)n + 2fn\,Wn\,y(t)n + w2\,n\,y(t)\,n = Pn\ \ddot{u}(t)\,gx + Pny\,\ddot{u}(t)\,gy + Pnz\,\ddot{u}(t)\,gy \qquad ۱-۳$$

اگر معادلهٔ بالا در ۳ جهت جدا گردد و برای هر یک از جهات x,y, z جداگانه نوشته شود معادلهٔ زیر حاصل می‌شود:

$$\ddot{Y}(t)n + 2\,fn\,Wn\,y(t)n + \bar{w}2\,n\,y(t)\,n = Pni\,\ddot{u}(t)\,g \qquad ۲-۳$$

در معادلهٔ بالا y(t) معادلهٔ حرکت یک گره ، n شمارهٔ مود n ام ، P_{ni} = -1.0 و W_n فرکانس مود n ام و f_n میرایی مود n ام است. همچنین $\ddot{u}(t)_y$ شتاب زمین در جهت موردنظر است.

می توان معادلهٔ بالا را با دادن مقدار به w حل کرد و یک منحنی پاسخ سازه با یک ماکزیمم بدست آورد. برای یک شتاب مشخص زمین منحنی بدست آمده ، منحنی جابجایی پاسخ سازه نام دارد .

همچنین اگر میرایی را تغییر کند منحنی های دیگری بدست خواهند آمد.

اگر منحنی $W(w)_{max}$ نیز رسم شود منحنی بدست آمده برای مقادیر مختلف w، منحنی پاسخ غیر واقعی سرعت نام دارد. برای شتاب نیز یک منحنی می توان به همین صورت رسم کرد .

اما مقادیر بدســـت آمده در اثر مقدار دادن به معادلهٔ بالا بدســـت آمده اند و جواب‌های حقیقی را باید با حل کردن معادله بدست آورد .

شتاب هر گره از سازه با یک درجهٔ آزادی از معادلهٔ زیر بدست می‌آید :

$$\ddot{u}(t)T = \ddot{Y}(t) + \ddot{u}(t)g \qquad ۳-۳$$

اگر معادلهٔ قبلی را برای $\ddot{Y}(t)$حل کنیم و مقدار $\ddot{Y}(t)$ را در معادلهٔ بالا قراردهیم معادلهٔزیر حاصل می‌گردد :

$$\ddot{u}(t)\,T = -w2\,y(t) - 2f\,w\,\dot{Y}(t) \qquad ۴-۳$$

بنابراین اگر میزان صفر باشد شتاب نهایی سازه برابر $w^2\,y(t)$ است .

با توجه به مطالب بالا بهتر ا ست که منحنی پا سخ جابه‌جایی را برا ساس $w, y(w)_{max}$ ر سم نگردد و به این صورت عمل شود که یک تابع $S(w)$ تعریف کرده که وابسته به T یا پریود باشد .

$$S(w)\,a = w2\,y(w)\,max \;\&\; T = 2\pi/w \qquad ۵-۳$$

تابع $S(w)_a$ واحد شتاب را دارد و در حالتی که میرایی صفر باشد وابسته به پریود سازه است .

تابع $S(w)_a$ با میرایی صفر برای هر منطقهٔ زلزله خیز یک تابع خاص است و بستگی به خواص سازه ندارد و با اثر دادن میرایی یک سازه به صورت یک تابع خاص در می آید . لازم به ذکر ا ست که این تابع بیانگر شتاب وارد بر سازه در حالتی است که زمین صلب در نظر گرفته شده است یعنی این شتاب یک شتاب مطلق است.

با دا شتن اطلاعات بالا مثل $S(w)$ و T برای یک مود از سازه میتوان میزان ماکزیمم جابه‌جایی را بد ست آورد. (مود برای یک سازه عبارت است از شکل تغییر یافته آن سازه که در طول ارتعاش سازه تغییر می‌کند و به دلیل میرا بودن ارتعاش و توزیع جرم هر مود شکل خاص و فرکانس خاصی دارد) :

$$Y(Tn)\,max = S(wn)/w2 \qquad ۶-۳$$

همچنین با داشتن جابه‌جایی‌ها و ماتریس سختی می‌توان نیروهای درونی را محاسبه کرد و سپس با داشتن نیروها و عکس العمل سازه در هر مود ، اثرات مودها را به وسیله یکی از روش‌های آماری با هم جمع کرد. بهترین روش آماری برای این کار روش ترکیب مجذور کامل است .

این روش می‌تواند برای هر گره از سازه و تمامی خصوصیات دینامیکی هر گره به کار گرفته شود از جمله شتاب‌ها جابجایی‌ها و یا برش پایه .

آئین‌نامه ها با میانگین گرفتن بین چندین زلزله وقوع یافته یک منحنی طیف پاسخ بدست می آورند و از آن برای طراحی سازه‌ها استفاده می‌کنند . این منحنی‌ها براساس خاک ناحیه و فاصله ناحیه مورد نظر تا مرکز نزدیکترین زلزله بدست می‌آیند.

مدلسازی بارهای زلزله مطابق آئین نامه ها :

اصلی‌ترین تفاوت و مزیت آنالیز دینامیکی نسبت به آنالیز استاتیکی این است که توزیع بارهای بدست آمده از آنالیز دینامیکی با توزیع بارهای استاتیکی آیین نامه ای تفاوت دارد.

روش قدیمی و مرسوم برای طراحی در مقابل بارهای زلزله این بوده است که بارهای زلزله را به صورت استاتیکی روی یک مدل دو بعدی قرار می دادند و مدل را آنالیز و طراحی می کرده اند ولی در حال حاضر به دلیل وجود کامپیوترهای جدید و نرم افزارهای تحلیل سازه ها ، مدل ۳ بعدی سازه ها باید ساخته شود و تحت بارهای وارده تحلیل شود که بیشتر مهندسان آشنایی با این نرم افزار ها ندارند.

آئین‌نامه‌هایی که در حال حاضر وجود دارند می‌گویند که برش پایه مدل دینامیکی باید ، با برش پایه استاتیکی دو بعدی برابر با شد . اکثر طراحان بر این باور هستند که این روش روش درستی نیست و مبنای تئوری درستی ندارد ولی تا موقعی که روش دیگری ابداع شود باید از آیین‌نامه‌ها استفاده کرد.

غلط

حساب کردن برش پایه از روش آیین‌نامه‌ها بسیار ساده و راحت است و تقریباً در حدود ٪۳۵ وزن سازه بدست می آید. تعریف سازه های نامنظم، به مقیاس کردن برش پایه دینامیکی مطابق با استاتیکی، پیچش تصادفی بوجود آمده و بارهای زلزله عمود بر هم بر روی محورهای اصلی سازه نکاتی هستند که در آیین نامه ها روشن نشده‌اند. غلط

مدل ۳ بعدی سازه، پیچش تصادفی و حقیقی باید برای همهٔ سازه ها در نظر گرفته شود پس همهٔ سازه ها باید به صورت ۳ بعدی آنالیز شوند. همچنین به خاطر نامنظم بودن سازه ها و یا توزیع جرم متفاوت در طبقات تحلیل کردن یک سازه به صورت ۳ بعدی لازم به نظر می‌رسد.

در این مدل ۳ بعدی فقط عضوهایی از سازه که در مقابل بارها مقاومت می‌کنند و به عبارتی سختی و قابلیت شکل پذیری دارند باید مدل شوند.

نخستین قدم برای محاسبهٔ دینامیکی یک سازه حساب کردن شکل ۳ بعدی مودها و فرکانس های لرزش است. لازم به ذکر است که در بدست آوردن نیروهای هر مد باید ٪۹۰ از جرم سازه در جهت مورد نظر دخالت داشته باشند یعنی اینکه جمع نیروه‌ی حاصله از آنالیز دینامیکی باید در اثر وارد شدن شتاب زلزله به ٪۹۰ از جرم سازه باشند. غلط

مطابق با آئین‌نامه‌ها، باید فقط مودهایی از سازه در نظرگرفته شوند که ٪۹۰ از جرم سازه در آنها شرکت دارند. غلط

در آنالیز ۳ بعدی دینامیکی می‌توان در صورت داشتن حرکت زمین در یک منطقه یک آنالیز دینامیکی با تاریخچه زمانی و یا گام به گام کرد ولی این امکان برای همه جا وجود ندارد و حرکت زمین برای همهٔ مناطق در دست نیست به همین دلیل اکثر طراحان سازه رو به روش طیف پاسخ[1] آورده‌اند.

مطابق ضوابط آیین نامه API RP 2 برای آنالیز زلزله ۲ حالت مجزا به شرح زیر در نظر گرفته می‌شوند:

الف: زلزله تراز مقاومت[2] (منظور از زلزله تراز مقاومت زلزله با دوره بازگشت کوتاه و شتاب پایین بوده که احتمال وقوع آن بیشتر اما شدت کم آن موجب می‌گردد که در طراحی سازه و تحلیل آن برای مقاومت در برابر زلزله تنها نیازمند

---

[1] Response Spectra Analysis
[2] SLE strength level earthquake

آن است سازه دارای سختی و مقاومت کافی باشد.) به صورت ضریبی از شتاب ثقل به عنوان نمونه ۰,۰۹ شتاب موثر افقی زمین(با دوره بازگشت مشخص)

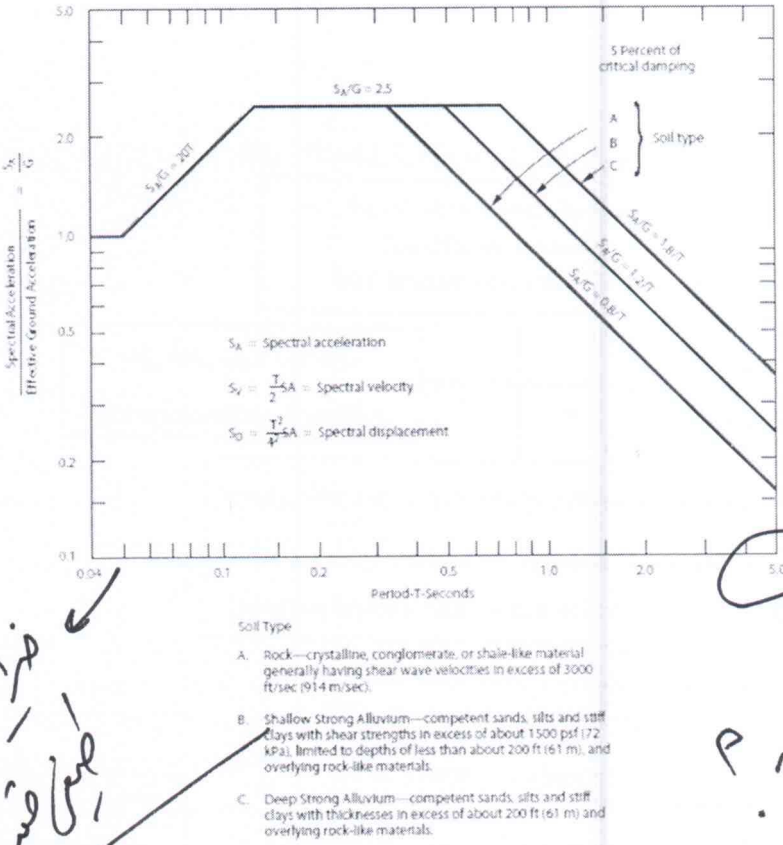
هدف از این تراز زلزله این است که سازه دارای سختی و مقاومت کافی باشد تا در برابر سطوحی از زلزله با دوره بازگشت مشخص (در خلیج فارس معمولا ۲۰۰ سال[۵۰]) دچار آسیب نشود.

ب: زلزله تراز شکل پذیری[۱] یا زلزله شدید که احتمال وقوع آن در طول عمر مفید سازه از مقدار معلوم منطقی خاص کمتر باشد. به عنوان نمونه زلزله با شتاب گرانش ۰,۱۶ با دوره بازگشت ۲۰۰۰ سال از مقادیر متداول در خلیج فارس می باشد[۵۰]. هدف از این تراز زلزله این است که سازه دارای ظرفیت شکل پذیری کافی باشد تا در برابر زمین لرزه های شدید و نادر دچار انهدام کلی نگردد.

مطابق آیین نامه API RP 2A در مناطقی که حداکثر شتاب افقی زمین در زلزله سطح مقاومت کمتر از ۰,۱ با شد به جای تحلیل اثرات زلزله در دو سطح مختلف مقاومت و شکل پذیری طراحی سکو می‌تواند بر اساس تامین نیازمندی های مربوط به مقاومت با در نظر گرفتن شدت و مشخصات مربوط به حرکات زمین در زلزله شدید و نادر زمین انجام شود.

با توجه به مطالب ذکر شده در بالا بر مبنای روش دینامیکی طیف بازتاب بر اساس زلزله سطح شکل پذیری با شتاب افقی متوسط ۰,۱۵ (با استناد به مقالاتی که در این زمینه مطالعه شده است)[۵۲] در این پایان‌نامه مورد بررسی و بر اساس طیف پاسخ به مقیاس در آمده API خاک نوع C در تحلیل سکو مدلسازی شده شهید مدرس مبنای محاسبات نرم افزاری قرار گرفته است. (شکل ۳-۱)

[۱] RIE rare intense earthquake



Soil Type

A. Rock—crystalline, conglomerate, or shale-like material generally having shear wave velocities in excess of 3000 ft/sec (914 m/sec).

B. Shallow Strong Alluvium—competent sands, silts and stiff clays with shear strengths in excess of about 1500 psf (72 kPa), limited to depths of less than about 200 ft (61 m), and overlying rock-like materials.

C. Deep Strong Alluvium—competent sands, silts and stiff clays with thicknesses in excess of about 200 ft (61 m) and overlying rock-like materials.

شکل ۳-۱: طیف بازتاب زلزله بر اساس انواع خاک مطابق API RP 2A

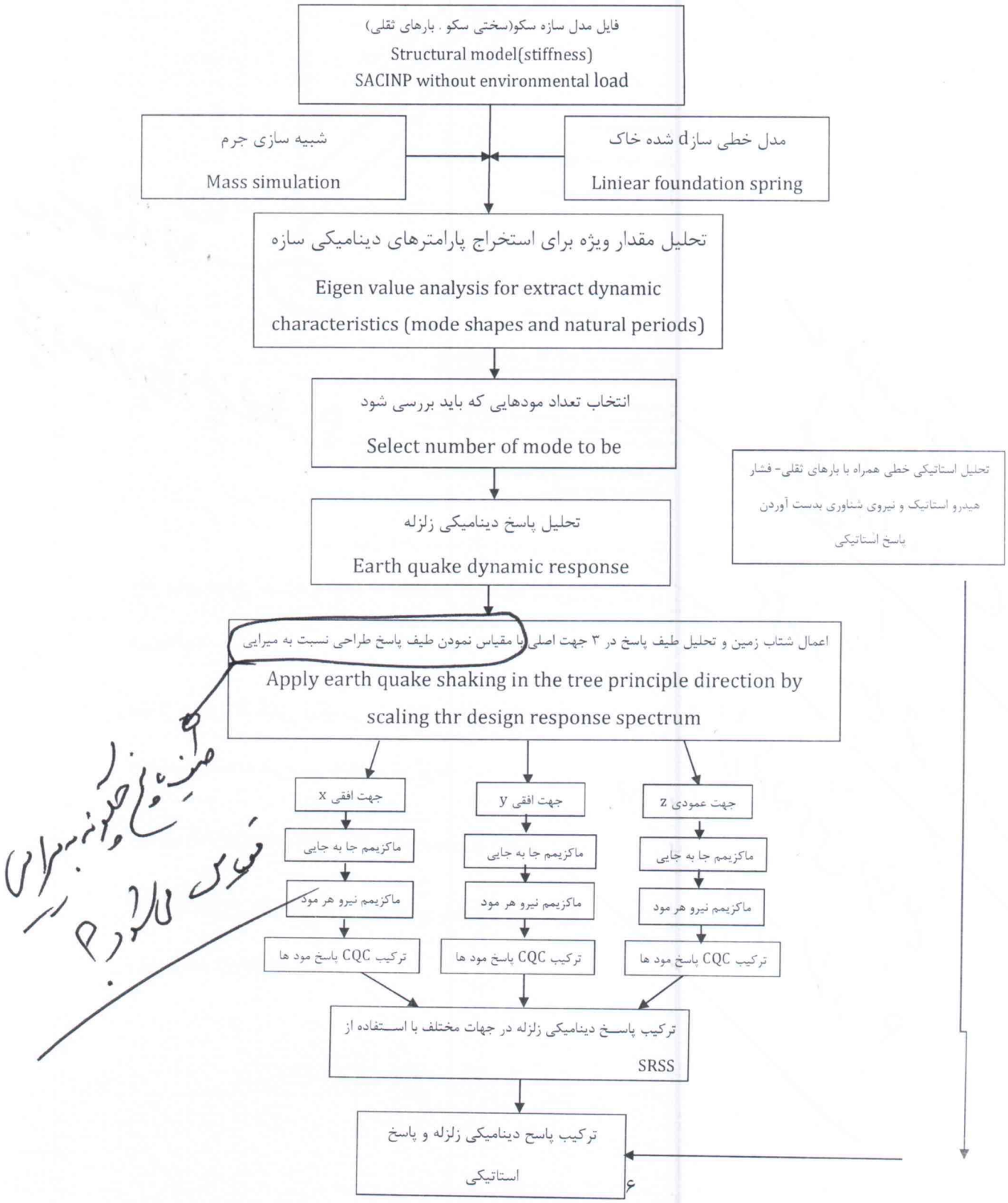
حال برای تحلیل سازه با توجه به مطالب ذکر شده به بررسی گام به گام آنالیز لرزه‌ای سازه در نرم افزار SACS می‌پردازیم.

نمودار جریان کار آنالیز سکو در برابر زلزله مطابق شکل ۳-۲ ارائه می‌گردد. با توجه به نمودار شکل ۳-۲ مراحل آنالیز به هفت مرحله به شرح زیر تفکیک می‌گردد:

گام اول: استخراج مدل خطی سازی شده سازه و خاک

گام دوم: تحلیل مقدار ویژه برای استخراج پارامترهای دینامیکی سازه (شکل مود ها و پریود طبیعی سازه) با استفاده از زیر برنامه DYNPAC

شکل ۳-۴: تحلیل لرزه ای به روش طیف پاسخ



گام سوم: تحلیل استاتیکی خطی همراه با بارهای ثقلی فشار هیدرواستاتیک و نیروی شناوری به منظور بدست آوردن پاسخ استاتیکی

گام چهارم: تحلیل لرزه ای برای بدست آوردن پاسخ دینامیکی زلزله

گام پنجم: ترکیب پاسخ دینامیکی زلزله و پاسخ استاتیکی

گام ششم: مرحله پردازش (post processing) روی نتایج و کنترل المان‌ها و گره‌ها

گام هفتم: کنترل سازه با استفاده از ماکزیمم بارهای ترکیب شده ثقلی و زلزله

با توجه به اینکه روش آنالیز مودال از مجموعه تعدادی آنالیز خطی در مودهای مختلف سازه انجام می پذیرد، فونداسیون بو سیله ماتریس سختی خطی مدل می شود که این مدل تو سط سوپر المان فونداسیون SACS ایجاد می‌گردد. این ماتریس سختی برای سازه بر اساس متوسط جابه جایی مطابق با بار انتخابی ایجاد می‌شود.

پس از آن توسط زیر برنامه DYNPAC برای بدست آوردن پارامتر های دینامیکی شامل بردارهای ویژه با پریود طبیعی و فرکانس های طبیعی ارتعاش سازه و بردار های نیرو و تنش های داخلی مودال برای یک سازه انجام می‌شود. در این مرحله ماتریس سختی خطی شده از مدل فونداسیون از خروجی dynsef به همراه یک فایل ورودی برای اجرای برنامه dynap ایجاد می‌گردد. این برنامه فایل های خروجی شامل شکل مودهای فرکانس‌ها و نیروی تنش‌های مودی همچنین ماتریس جرم سازه را برای استفاده در تحلیل زلزله تشکیل می‌دهد.

تحلیل زلزله سازه با زیر برنامه پاسخ دینامیکی به اطلاعات زیر نیاز دارد:

- مودهای سازه ای بدون بار گذاری
- ماتریس جرم دینامیکی
- مودهای دینامیکی
- فایل dynap
- ماتریس سختی خطی مدل فوندانسیون