

## دفترچه محاسبات طراحی قسمت عمرانی بخش دوم (بخش احیا)

کنترل پایه رک های موجود در بخش احیا تحت لوله گذاری جدید  
پروژه انجام عملیات های اجرایی و تصحیح قسمتی از خطوط و سیستم های  
آتشنشانی در سایت شرکت فولاد هرمزگان به روش EPC

(ویرایش دوم - بهمن ۱۴۰۲)

پیمانکار: شرکت کیهان گستره غرب

شرکت مهندسی  
گریت غریب

کارفرما: شرکت فولاد هرمزگان



شماره قرارداد: ۱۴۴۸۴۸

فهرست

|    |                                        |
|----|----------------------------------------|
| ۳  | مقدمه                                  |
| ۴  | خلاصه دفترچه محاسبات                   |
| ۴  | کنترل تیر عرضی پایپ رک به روش LRFD     |
| ۷  | طراحی برشی تیر                         |
| ۸  | کنترل تغییر شکل تیر اصلی از نوع IPB240 |
| ۸  | محاسبه بار زلزله                       |
| ۸  | محاسبه نیروی برش پایه Vu               |
| ۱۰ | محاسبه ی ضریب زلزله                    |

## مقدمه

این دفترچه محاسبات به جهت کنترل و تحلیل پایپ رک های وضع موجود تحت بارگذاری خط لوله جدید تدوین شده است. مدل سازی در نرم افزار SAP انجام شده است و طراحی دستی در ادامه انجام می شود. مطابق طراحی های دستی و خروجی مدل سازی نرم افزار همانطور که در ادامه ارائه خواهد شد تمامی نسبت تنش ها زیر عدد ۰.۲ هستند که نشانگر قوی بودن سازه فوق تحت خط لوله جدید می باشد.

مطابق وضع موجود ستون های پایپ رک از مقطع IPB240 و تیر های عرضی از مقطع IPB240 و تیر های طولی از مقطع IPB200 هستند. تحلیل تنش مطابق آیین نامه AISC 360 و مبحث ۱۰ مقررات ملی صورت می پذیرد. مصالح استفاده شده فولاد ST37 و بارگذاری مطابق مبحث ۶ و همچنین ASCE 2016 صورت گرفته است. طراحی لرزه ای مطابق ویرایش ۴ آیین نامه ۲۸۰۰ انجام شده است.

## خلاصه دفترچه محاسبات

| شرح کنترل            | نتیجه کنترل (حداکثر نسبت تنش) | آیین نامه مورد استفاده |
|----------------------|-------------------------------|------------------------|
| ستون های پایپ رک     | 0.2 Ok                        | AISC360                |
| تیر های عرضی پایپ رک | 0.2 Ok                        | AISC360                |
| تیر های طولی پایپ رک | 0.2 Ok                        | AISC360                |

### کنترل تیر عرضی پایپ رک به روش LRFD

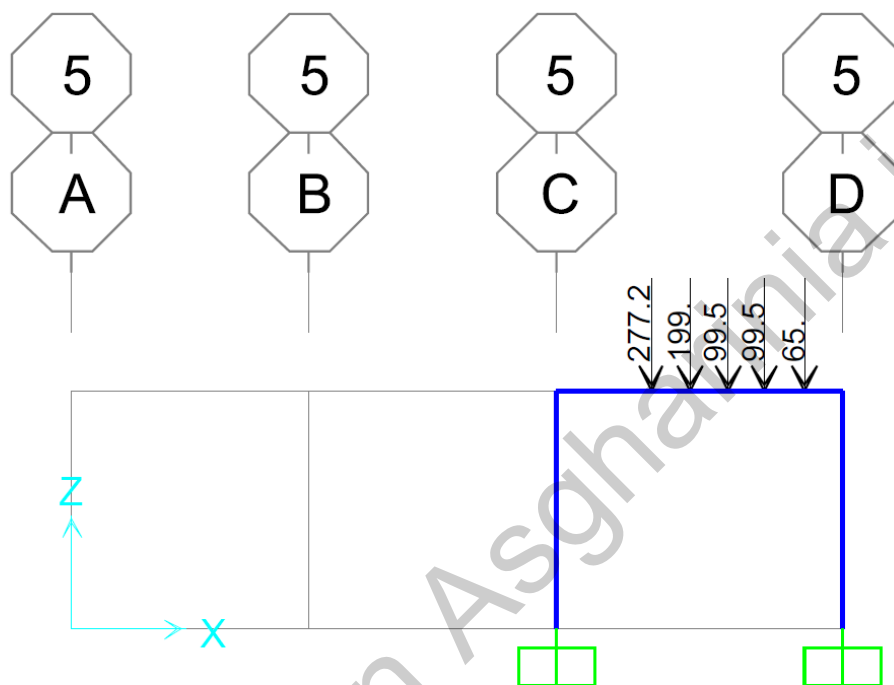
نیرو مربوط به لوله موجود ۴ اینچ: فرض شده است لوله کربن استیل سایز ۴ اینچ با رده ۸۰ اجرا شده باشد. وزن هر متر طول لوله برابر با ۲۲.۳ کیلوگرم است و وزن آب داخل آن برابر ۷.۸۵ کیلوگرم می باشد. حداکثر فاصله بین تکیه گاه های لوله (تیر های عرضی) برابر ۳.۳ متر است پس سهم بار متمرکز بابت لوله موجود در محل مورد نظر بر روی تیر عرضی برابر با ۹۹.۵ کیلوگرم می باشد

نیرو مربوط به لوله موجود ۲ اینچ: فرض شده است لوله کربن استیل سایز ۲ اینچ با رده ۸۰ اجرا شده باشد. وزن هر متر طول لوله برابر با ۱۵.۲۵ کیلوگرم است و وزن آب داخل آن برابر ۴.۴۱ کیلوگرم می باشد. حداکثر فاصله بین تکیه گاه های لوله (تیر های عرضی) برابر ۳.۳ متر است پس سهم بار متمرکز بابت لوله موجود در محل مورد نظر بر روی تیر عرضی برابر با ۶۵ کیلوگرم می باشد

نیرو مربوط به لوله موجود ۶ اینچ: فرض شده است لوله کربن استیل سایز ۶ اینچ با رده ۸۰ اجرا شده باشد. وزن هر متر طول لوله برابر با ۴۲.۵۲ کیلوگرم است و وزن آب داخل آن برابر ۱۷.۶۲ کیلوگرم می باشد. حداکثر فاصله بین تکیه گاه های لوله (تیر های عرضی) برابر ۳.۳ متر است پس سهم بار متمرکز بابت لوله موجود در محل مورد نظر بر روی تیر عرضی برابر با ۱۹۹ کیلوگرم می باشد

نیرو مربوط به لوله جدید: فرض شده است لوله کربن استیل سایز ۸ اینچ با رده ۴۰ اجرا شود. وزن هر متر طول لوله برابر با ۴۲.۴۹ کیلوگرم است و وزن آب داخل آن برابر ۳۱.۴ کیلوگرم می باشد. حداکثر فاصله بین تکیه گاه های لوله (تیر های عرضی) برابر ۳.۳ متر است پس سهم بار متمرکز بابت لوله جدید در محل مورد نظر بر روی تیر عرضی برابر با ۲۷۷.۲ کیلوگرم می باشد

شکل زیر دیاگرام آزاد نیرو های وارده بر تیر را پایپ رک را نمایش می دهد:



در محاسبه دستی مجموع بار های فوق را بصورت بار متمرکز در وسط دهانه تیر (بحرانی ترین حالت وقوع) اعمال می کنیم.

$$P_{Live} = 277.2 + 199 + 99.5 + 99.5 + 65 = 740.2Kg$$

$$W = 250Kg$$

$$P_u = 1.2W + 1.6P_{Live} = 1.2 * 250 + 1.6 * 740.2 = 1484.32Kg$$

تیر بصورت گیردار به ستون ها متصل شده است.

ابتدا به طراحی خمشی تیر حول محور قوی می پردازیم:

$$M_u = \frac{P_u l}{8} = \frac{1484.32 * 300}{8} = 55662Kg.cm = 0.556Ton.m$$

کنترل حالت حدی کمانش پیچشی-جانبی:

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$r_y = 5.07cm$$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.76 * 5.07 * \sqrt{\frac{2 * 10^6}{2400}} = 257.5cm = 2.57m < 3.6m = L_b$$

$$M_n = 1 * \left[ 15.43 - (15.43 - 0.7 * 13.68) \left( \frac{3.6 - 2.57}{7.413 - 2.57} \right) \right] = 14.185Ton.m$$

$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{JC}{S_x} + \sqrt{\left( \frac{JC}{S_x h_o} \right)^2 + 6.76 \left( \frac{0.7F_y}{E} \right)^2}}$$

$$L_r = 1.95 * 9.61 * \frac{2 * 10^6}{0.7 * 2400} \sqrt{\frac{59.5 * 1}{570} + \sqrt{\left( \frac{59.5 * 1}{570 * 18.5} \right)^2 + 6.76 \left( \frac{0.7 * 2400}{2 * 10^6} \right)^2}} = 7413cm$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2S_x}} = \sqrt{\frac{5700 * 18.5}{2 * 570}} = 9.61cm^2$$

$$M_p = \phi M_n = 0.9 * 14.15 = 12.735Ton.m > 0.556Ton.m \triangleright OK$$

## طراحی برشی تیر

مطابق طراحی بر اساس LRFD ترکیب بار برای نیروی برشی از رابطه زیر محاسبه می شود:

- ۱)  $1/4 D$
- ۲)  $1/2 D + 1/6 L + 0.5 (L_T \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۳)  $1/2 D + 1/6 (L_T \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0.5 (1/4 W)]$
- ۴)  $1/2 D + 1/6 (1/4 W) + L + 0.5 (L_T \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۵)  $1/2 D + 1/6 E + L + 0.5 S$
- ۶)  $0.9 D + 1/6 (1/4 W)$
- ۷)  $0.9 D + 1/6 E$
- ۸)  $1/2 D + 0.5 L + 0.5 (L_T \text{ یا } S) + 1/2 T$
- ۹)  $1/2 D + 1/6 L + 1/6 (L_T \text{ یا } S) + 1/2 T$

حالت ۲ بحرانی ترین حالت بارگذاری می باشد که مطابق آن نیروی برشی عدد  $V=1.484 \text{ Ton}$  می شود.

مقاومت برشی اسمی ( $V_n$ ) اعضای با مقطع دارای جان سخت نشده (بدون سخت کننده) و سخت شده (با سخت کننده) بر اساس حالت های حدی تسلیم برشی و کمانش برشی از رابطه زیر تعیین می شود.

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v \quad (10-6-1)$$

که در آن:

$$F_y = \text{تنش تسلیم فولاد جان}$$

$$A_w = \text{مساحت جان مقطع که برابر است با حاصل ضرب عمق کلی مقطع (d) در ضخامت جان (t_w)}$$

$$C_v = \text{ضریب برشی جان به شرح زیر:}$$

$$\text{الف) برای جان مقاطع I شکل نورد شده با } \frac{h}{t_w} \leq 2/24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$V_n = 0.6 * F_y * A_w * C_v = 0.6 * 2400 * 16.6 * 1 = 23.9 \text{ Ton}$$

$$V_p = \phi_v * V_n = 1 * 23.9 = 23.9 \text{ Ton} > 1.484 \text{ Ton} \triangleright OK$$

### کنترل تغییر شکل تیر اصلی از نوع IPB240:

خیر بار تیر طبق بند ۶-۷ نشریه ۳۲۵ نباید از ۱/۱۰۰۰ طول دهانه بیشتر باشد که این عدد ۰.۱۲۳ میلیمتر است که از ۳.۳ میلیمتر کمتر است پس مقطع انتخابی مورد قبول است.  
همچنین مطابق محاسبات دستی و روابط تحلیل سازه حداکثر خیر در وسط تیر ناشی از بار متمرکز در وسط تیر دو سر مفصل برابر با زیر خواهد بود:

$$\delta_{\max} = \frac{PL^3}{192EI_{IPB240}} = \frac{1484 * 330^3}{192 * 2 * 10^6 * 11260} = 0.0123cm = 0.123mm < L / 1000 = 3.3mm \triangleright OK$$

که در محدوده مجاز آیین نامه می باشد.

### محاسبه بار زلزله

مطابق بند ۳-۲-۲ آیین نامه ۲۸۰۰ می توانیم از روش استاتیکی معادل برای محاسبه بار زلزله استفاده کنیم:  
"روش های تحلیل خطی را می توان در کلیه ساختمان ها با هر تعداد طبقه به کاربرد . تنها، روش استاتیکی معادل را می توان در ساختمان های سه طبقه و کوتاه تر، از تراز پایه و یا ساختمان های زیر به کار گرفت:

الف- ساختمان های منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه

ب- ساختمان های نامنظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه که دارای:

-نامنظمی زیاد و شدید پیچشی در پلان نباشد

-نامنظمی جرمی، نرم و خیلی نرم در ارتفاع نباشد"

### محاسبه نیروی برش پایه $V_u$

نیروی برشی پایه، یا برش پایه، به مجموع نیروهای جانبی زلزله اطلاق می شود که در تراز پایه به ساختمان اعمال می شود. ای نیرو بایستی در هر یک از امتداد های سازه در نظر گرفته شود.

حداقل نیروی برشی پایه یا مجموع نیروهای زلزله در هر یک از امتدادهای ساختمان با استفاده از رابطه زیر محاسبه میگردد:

$$V = CW$$

که در این رابطه:  $V$ : نیروی برش پایه



C: ضریب زلزله و W وزن کل ساختمان شامل تمام بار مرده و وزن تاسیسات ثابت به اضافه درصدی از بار برف

ضریب زلزله از رابطه ی زیر بدست می آید:

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

مشخصات مورد نیاز برای بدست آوردن ضریب زلزله:

۱-نسبت شتاب مبنای طرح که درواقع نسبت شتاب زلزله به شتاب ثقل میباشد باتوجه به لرزه خیزی منطقه و بر اساس جدول (۲) آیین نامه ی ۲۸۰۰ بدست می آید:

بندرعباس: منطقه با خطر نسبی زیاد

A=0.3

نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف

| منطقه | توصیف                      | نسبت شتاب مبنای طرح |
|-------|----------------------------|---------------------|
| ۱     | پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد | ٪۳۵                 |
| ۲     | پهنه با خطر نسبی زیاد      | ٪۳۰                 |
| ۳     | پهنه با خطر نسبی متوسط     | ٪۲۵                 |
| ۴     | پهنه با خطر نسبی کم        | ٪۲۰                 |

۲-ضریب اهمیت ساختمان که با توجه به گروه بندی ساختمان از جدول (۵) آیین نامه ۲۸۰۰ بدست می آید.

کاربری: تاسیسات ضروری و کارکرد بی وقفه - گروه ساختمان از نظر اهمیت: گروه ۱ با اهمیت متوسط I=1.4

۳-ضریب رفتار ساختمان بر اساس سیستم های باربر جانبی مورد استفاده در سازه مطابق با جدول ۶ بدست می آید.

سیستم مهاربندی همگرای معمولی فولادی (به جهت وجود بادبند در دهانه جهت X) در جهت X: R=3.5

سیستم قاب خمشی متوسط در جهت Y: R=5

ضریب بازتاب ساختمان: برای محاسبه ی ضریب بازتاب ساختمان ابتدا بایدزمان تناوب سازه را در هردوجهت با توجه به سیستم های باربر جانبی بدست آورد:

مطابق با بند ۲-۳-۶ آیین نامه ۲۸۰۰ زمان تناوب اصلی نوسان بستگی به مشخصات ساختمان و ارتفاع آن از تراز پایه با استفاده از روابط تجربی زیر تعیین میگردد:

- در قاب های فولادی  
(۳-۳)

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

$$T = 0.08H^{0.75} = 0.08 * 6^{0.75} = 0.3s$$

با توجه به تیپ خاک که از نوع تیپ ۲ میباشد بر اساس جدول ۳ پارامترهای مربوط به محاسبه ی ضریب بازتاب ساختمان مشخص میشوند:  $T=0.15$   $T_s=0.7$   $S=1.75$

$$B = 1 + S \left( \frac{T}{T_0} \right) \quad 0 \leq T \leq T_0$$

$$B = S + 1 \quad T_0 \leq T \leq T_s$$

$$B = (S + 1) \left( \frac{T_s}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \quad T \geq T_s$$

همانطور که مشخص است در هر دو جهت زمان تناوب سازه بین دو عدد ۰.۱ و ۰.۵ میباشد که از فرمول دوم استفاده می شود

$$B = 1.75 + 1 = 2.75$$

**محاسبه ی ضریب زلزله:**

بعد از بدست آوردن کلیه پارامترهای مورد نیاز آنها را در فرمول جایگذاری کرده و ضریب زلزله را بدست می آوریم:

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

$$C_x = \frac{1.4 * 2.75 * 0.3}{3.5} = 0.33$$

$$C_y = \frac{1.4 * 2.75 * 0.3}{5} = 0.231$$

### ۳-۳-۹ نیروی قائم ناشی از زلزله

۳-۳-۹-۱ نیروی قائم ناشی از زلزله که اثر مؤلفه قائم شتاب زلزله در ساختمان است، در موارد زیر باید در محاسبات منظور شود.

الف- کل سازه ساختمان‌هایی که در پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد واقع شده‌اند.

ب- تیرهایی که دهانه آنها بیشتر از پانزده متر می‌باشد، همراه با ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی آنها.

پ- تیرهایی که بار قائم متمرکز قابل توجهی در مقایسه با سایر بارهای منتقل شده به تیر را تحمل می‌کنند، همراه با ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی آنها. در صورتی که بار متمرکز حداقل برابر با نصف مجموع بار وارده به تیر باشد، آن بار قابل توجه تلقی می‌شود.

ت- بالکن‌ها و پیش‌آمدگی‌هایی که به صورت طره ساخته می‌شوند.

۳-۳-۹-۲ مقدار نیروی قائم از رابطه (۳-۱۰) محاسبه می‌شود. در مورد بالکن‌ها و پیش‌آمدگی‌ها، این نیرو باید در هر دو جهت رو به بالا و رو به پایین و بدون منظور نمودن اثر کاهنده بارهای ثقلی در نظر گرفته شود.

$$F_{Vu} = 0.6 A I W_p \quad (3-10)$$

در این رابطه:

A و ا مقادیری هستند که برای محاسبه نیروی برشی پایه منظور شده‌اند.

$W_p$ : در مورد بند الف بالا بار مرده و در مورد سایر بندها بار مرده به اضافه کل سربار است.