عنوان:

طراحی سد بتنی وزنی و طراحی هندسی سد بتنی دوقوسی

رشته : سازه های هیدرولیکی

فهرست

عنوان

فصل اول:طرح مقدماتی سد بتنی وزنی

صورت پروژه 7

طرح مقدماتی 8

طراحی بر مبنای پایداری در برابر واژگونی 9

طراحی بر مبنای پایداری لغزشی 10

اصلاح طرح اولیه 10

فصل دوم: تحلیل سد بتنی وزنی با استفاده از نرم افزار CADAM

اجرای گام به گام مدلسازی و تحلیل در نرم افزار CADAM 13

وارد کردن اطلاعات عمومی پروژه 13

معرفی هندسه سد و اطلاعات پایه 14

معرفی مشخصات مصالح بدنه سد و پی 14

معرفی ترازهای تحلیل 16

اطلاعات بارهای استاتیکی 17

وارد کردن سایر نیروها 19

اطلاعات بارهای زلزله 20

ترکیبات بار 22

ترکیب بارگذاری شماره 1 22

ترکیب بارگذاری شماره2 22

ترکیب بارگذاری شماره 3 23

ترکیب بارگذاری شماره 4 23

ترکیب بارگذاری شماره 5 23

ترکیب بارگذاری شماره 6 24

ترکیب بارگذاری شماره 7 25

نحوه اعمال ترکیبات بار در برنامه CADAM 25

نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 1 28

نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 2 29

نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 3 31

نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 4 32

نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 5 34

نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 6 35

نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 7 37

فصل سوم : تحلیل سد بتنی وزنی با استفاده از نرم افزار ANSYS

تعیین نوع المانها 38

تعیین خصوصیات ماده	39
مدلسازی هندسه سد و پی	41
مش بندی سطوح	42
وارد کردن بارها و نیروها	43
اعمال بار	46
اعمال شرایط مرزی تکیه گاهی	48
تحلیل مدل	49
مشاهده نتایج تحلیل	49
نتایج تحلیل سد بدون در نظر گرفتن پی	51
ترکیب بارگذاری شماره 1	51
ترکیب بارگذاری شماره 2	53
ترکیب بارگذاری شماره 3	55
ترکیب بارگذاری شماره 4	57
ترکیب بارگذاری شماره 5	59
ترکیب بارگذاری شماره 6	61
ترکیب بارگذاری شماره 7	64
نتایج تحلیل سد با در نظر گرفتن پی	67
ترکیب بارگذاری شماره 1	67

ترکیب بارگذاری شماره 2 69
ترکیب بارگذاری شماره 3 71
ترکیب بارگذاری شماره 4 73
ترکیب بارگذاری شماره 5 76
ترکیب بارگذاری شماره 6 78
ترکیب بارگذاری شماره 7 80

فصل چهارم : طراحی هندسی سد بتنی دو قوسی

صورت پروژه 83
هدف پروژه 83
تعیین ارتفاع سد 84
تعیین محور سد 84
تعیین عرض بالا (L1) و عرض پایین (L2) سد 85
تعیین محل کنسول اصلی و تعیین صفحه مرجع 86
تعیین هندسه کنسول اصلی 87
تعیین خط تقاطع سد با تکیه گاههای جانبی (DAM FOOT PRINT) 89
تعیین هندسه قوس ها 90
مقطع قائم از صفحه مرجع 91
رسم پلان سد 92

رسم پروفیل طولی سد 93

محاسبه حجم تقریبی بتن به کار رفته 93

فصل پنجم :آلبوم نقشه های سد بتنی دو قوسی

فصل اول:طرح مقدماتی سد بتنی وزنی

صورت پروژه : طراحی مقدماتی، بار گذاری و تحلیل پایداری سد بتنی وزنی غیر سرریزی با مشخصات زیر:

ارتفاع سد: 56 متر

ارتفاع رسوبات در پشت سد : 16.8 متر

حداقل تراز آب در بالا دست :22.4 متر

حداکثر تراز آب در بالا دست (در حالت spf) :50.4 متر

حداکثر تراز اب در بالا دست (در حالت mpf) : 56 متر

تراز نرمال آب در بالا دست: 36.4 متر

حداقل تراز آب در پایین دست : 5.6 متر

حداکثر تراز آب در پایین دست : 14 متر

تراز نرمال آب در پایین دست : 8.4 متر

حداقل تراز کف پی نسبت به سطح زمین : 6.72- متر

وزن مخصوص بتن : $24\ KN/M^3$

وزن مخصوص رسوبات : $18\ KN/M^3$

زاویه اصطکاک داخلی رسوبات : 34 درجه

چسبندگی رسوبات : 5 Kpa

ضریب ارتجاعی مصالح پی : 10^4 mpa

ضریب پواسون مصالح پی : 0.25

وزن مخصوص مصالح پی : $20\ KN/M^3$

زاویه اصطکاک داخلی مصالح پی : 60 درجه

چسبندگی مصالح پی : 30 kpa

مقاومت فشاری لهیدگی مصالح پی : 2.9mpa

شتاب افقی زلزله (OBE): 0.1g

شتاب افقی زلزله (MCE): 0.15g

حداکثر سرعت باد : 70KM/h

طول مستقیم دریاچه در معرض باد : 16KM

ضریب ارتجاعی بتن : 2.8×10^4mpa

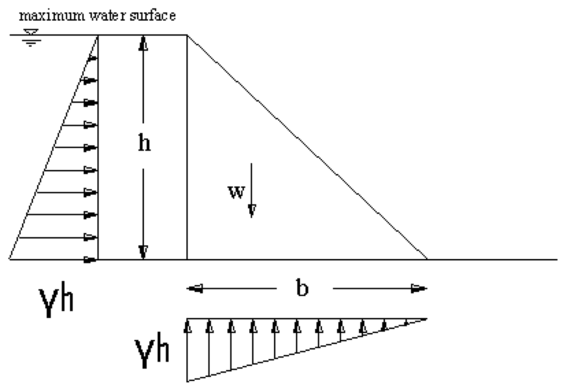
ضریب پواسون بتن : 0.15

مقاومت فشاری مشخصه بتن : 35mpa

❖ طرح مقدماتی

در این قسمت هدف به دست آوردن هندسه اولیه سد براساس شرایط سه گانه پایداری یعنی پایداری در برابر لغزش ، پایداری در برابر واژگونی و عدم تجاوز تنشها از حد مجاز می باشد. در ابتدا سد را به صورت یک مثلث فرض می کنیم که در معرض فشار هیدرواستاتیکی و فشار

uplift‌و وزن سد قرار دارد. با توجه به شرایط سه گانه پایداری قاعده و ارتفاع این مثلث به شکل زیر به دست می آید.



❖طراحی بر مبنای پایداری در برابر واژگونی

σ_{zw}= تنش قائم در کف پی ناشی از وزن سد

$$\sigma_{zw} = \frac{W}{b}\left[1+\frac{6ew}{b}\right] = \frac{\frac{\gamma_{cHb}}{2}}{b}\left[1+\frac{6\frac{b}{6}}{b}\right] = \gamma_c H$$

σ_{zu}= تنش قائم در کف پی ناشی از نیروی برخاست

$$\sigma_{zu} = -\frac{U}{b}\left[1+\frac{6e_w}{b}\right] = -\frac{\frac{\gamma_w Hb}{2}}{b}\left[1+\frac{6\frac{b}{6}}{b}\right] = -\gamma_w H$$

σ_{zp}= تنش قائم کف پی ناشی از نیروی هیدرواستاتیک آب

$$\sigma_{zp} = \pm\frac{6M}{b^2} = \pm\frac{6[\frac{\gamma_w H^2}{2}\cdot\frac{H}{3}]}{b^2} = \pm\frac{\gamma_w H^3}{b^2}$$

$\longleftarrow 0 \le \sigma_{zw}+\sigma_{zU}+\sigma_z$ تنش مجاز کششی بارگذاری عادی

$$b \ge \sqrt{\frac{\gamma_w}{\gamma_c-\gamma_w}}\,H \xrightarrow{\gamma_w=10\,,\gamma_c=24} b \ge 0.8451\,H$$

❖ طراحی بر مبنای پایداری لغزشی

$$b \geq \frac{1.33\gamma_w}{\gamma_c - \gamma_w}\ H \rightarrow b \geq 0.95\ H$$

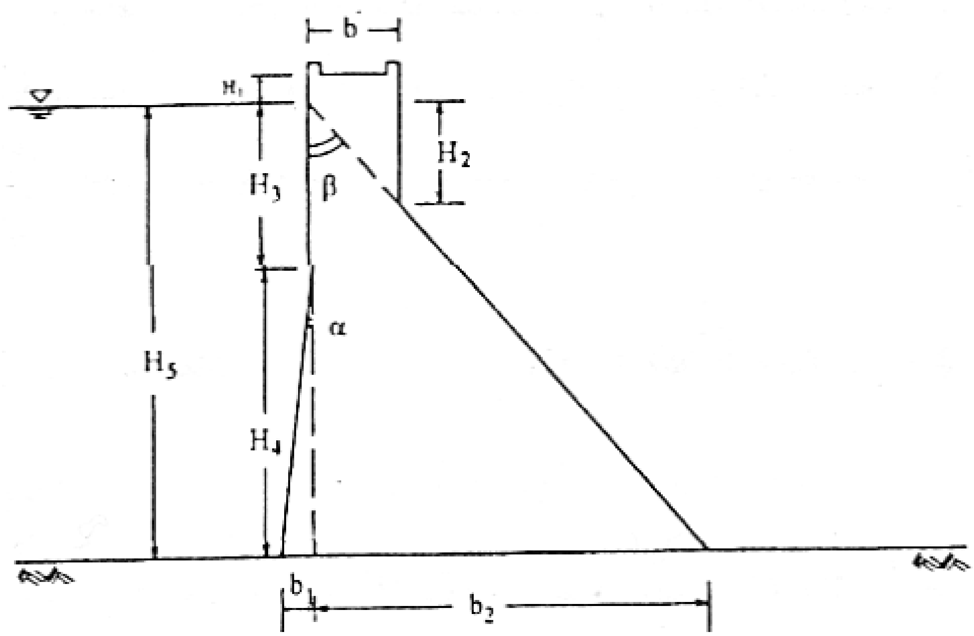
همانطور که دیده می شود پایداری لغزشی تعیین کننده است اما با در نظر گرفتن توجیه اقتصادی پروژه b>0.9H در نظر گرفته می شود.

b>0.9 H ⟹ b>0.9×56=50.4m

bرا برابر 50.5 متر می گیریم.

❖ اصلاح طرح اولیه

طرح اولیه باید متناسب با سایر نیازها مثل پایداری در برابر تنشهای داخلی اصلاح شود وبه شکل عملی و قابل اجرا در بیاید.



b'= عرض تاج سد

برای سدهای کوتاه $b'=0.15\ H_5$ و برای سدهای بلند $b'=0.1\ H_5$ در نظر گرفته می شود.اگر بخواهیم از تاج سد برای گذر اتومبیل استفاده کنیم باید $6m<b'<12m$ باشد. در این پروژه سطح فوقانی تاج به عنوان پل دسترسی در نظر گرفته می شود بنابراین داریم:

$b'=0.1\times56=5.6\ m$

b' را برابر 8 متر انتخاب می کنیم.

H_1 = ارتفاع قائم آزاد (freeboard)

$H_1\geq Hd+1$ و $H_1\geq1.5\ h_{wave}$

h_{wave} : ارتفاع موج

H_d : اختلاف بین بیشترین تراز سطح آب در زمان سیل طراحی و تراز تاج سرریز

F=16Km   F≤32Km

$$hwave = 0.032\sqrt{F.V} + 0.736 - 0.271\ F^{\frac{1}{4}} = 1.26$$

$H_1>1.5\times1.26=1.89$

$H_1=2m$

شیب بدنه در بالادست و پایین دست سد(α,β)

$$tan\beta = \frac{b2}{H5} = \frac{50.5}{56} = 0.9$$

در سدهای کوتاه و متوسط باید $tan\alpha + tan\beta = 0.7$ باشد.

در سدهای بلند باید $0.8 \leq tan\alpha + tan\beta \leq 0.9$ باشد اما در هر صورت باید

$0 \le tan\alpha \le 0.1$ باشد و این به این معنی است که حتما باید در بالادست شیب اجرا شود.

با توجه به موارد بالا $tan\alpha = 0.1$ اختیار می کنیم.

محاسبات سایر ابعاد (b_1, H_4, H_3, H_2)

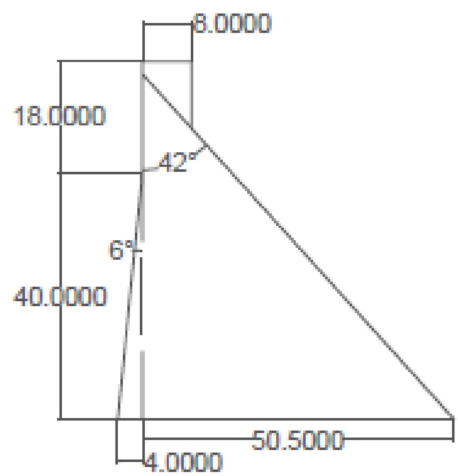
$$H_2 = \frac{b'}{tan\beta} = \frac{8}{0.9} = 8.9$$

$$H_3 = 2b' = 2 \times 8 = 16m$$

$$H_4 = H_5 - H_3 = 56 - 16 = 40$$

$$b_1 = H_4 . tan\alpha = 40 \times 0.1$$

شمای کلی سد به صورت زیر است.



پس از این که هندسه سد به دست آمد باید هندسه مورد نظر تحت بارها یی نظیر فشار هیدرو استاتیکی ، فشار uplift ، وزن سد ، نیروی زلزله و ترکیبات این بارها قرار گیرد و سازه سد تحلیل شود و شرایط سه گانه پایداری سد براساس آیین نامه ای معتبر مورد بررسی قرار گیرد.

برای تحلیل نرم افزارهای مختلفی وجود دارد که ما در اینجا از دو نرم افزار CADAM و ANSYS استفاده می کنیم . در ضمن از آیین نامه USACE برای تحلیل و چک کردن نتایج بهره می گیریم.

❖فصل دوم :تحلیل سدبتنی وزنی با استفاده از نرم افزار CADAM

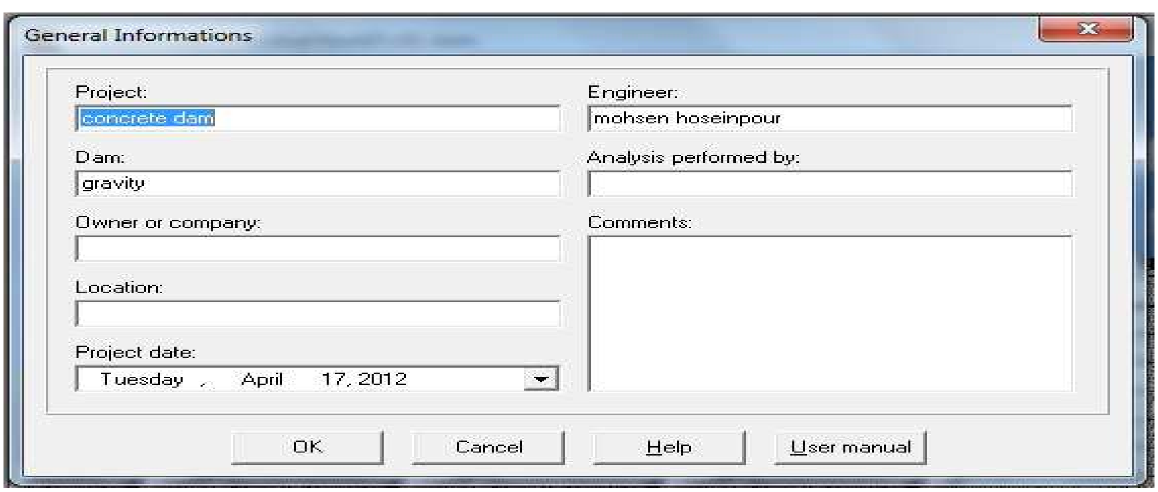
نرم افزار CADAM قابلیت بررسی پایداری در مقابل واژگونی و لغزش و تحلیل تنش در سدهای بتنی وزنی را دارا می باشد کلیه نیروهای هیدرواستاتیکی از جمله فشار هیدرواستاتیکی آب ، فشار رسوبات ، فشار یخ قابل محاسبه می باشد. مهمترین کاربرد این نرم افزار مدل سازی زلزله می باشد که در دو حالت شبه استاتیکی و شبه دینامیکی می توان نیروی زلزله را حساب کرد.

اجرای گام به گام مدلسازی و تحلیل سد در نرم افزار CADAM

❖ وارد کردن اطلاعات عمومی پروژه

>>>parameters>general information

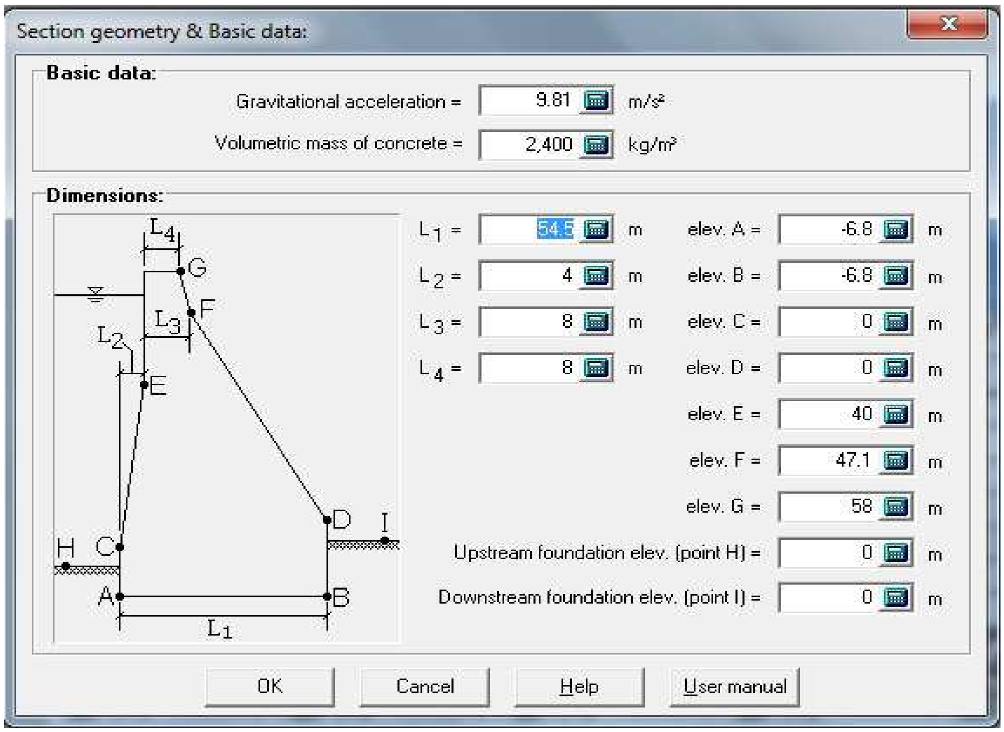
در پنجره general information اطلاعات کلی پروژه مانند نام پروژه ، مکان آن ، نام کارفرما یا مشاور و همچنین نام مهندس طراح وارد می شود.



❖ معرفی هندسه سد و اطلاعات پایه

>>>parameters>model>section geometry

در این قسمت شتاب جاذبه و وزن مخصوص بتن در قسمت بالای پنجره وارد می شود و در قسمت پایین آن ابعاد سد با توجه به شکل راهنمای مقابل آن وارد می شود.

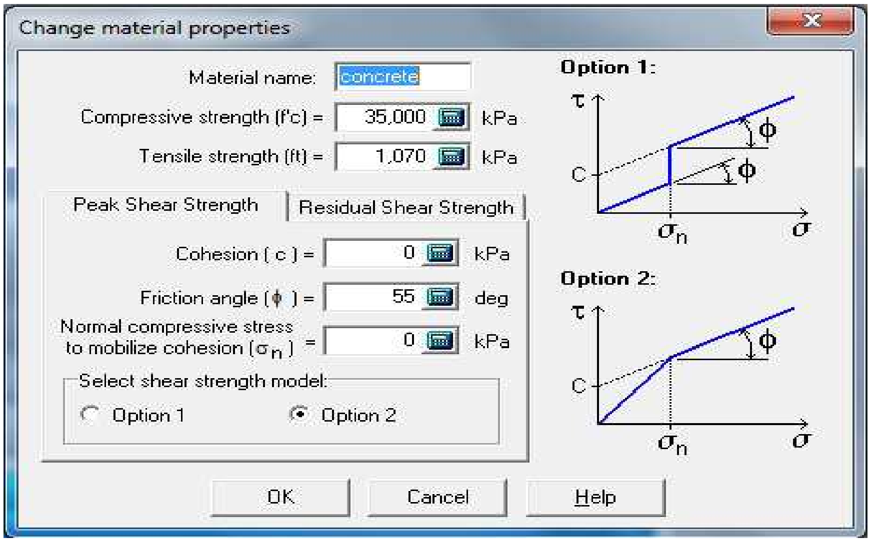


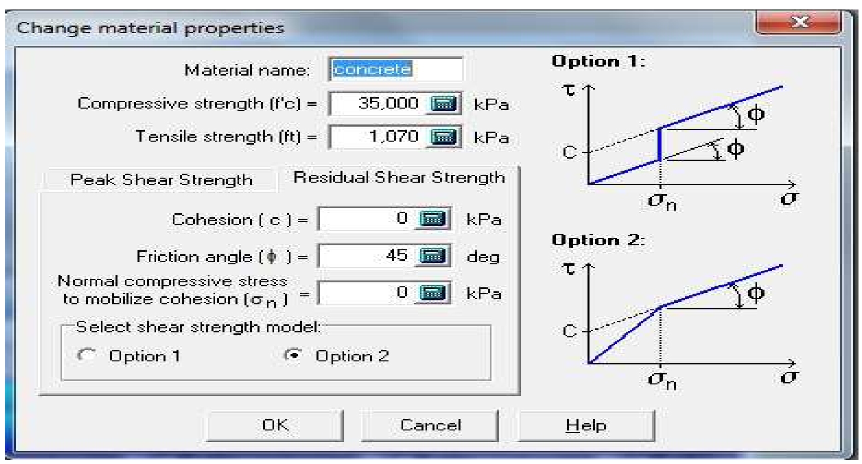
❖ معرفی مشخصات مصالح بدنه سد و پی

>>>parameters>model>lift joint materials

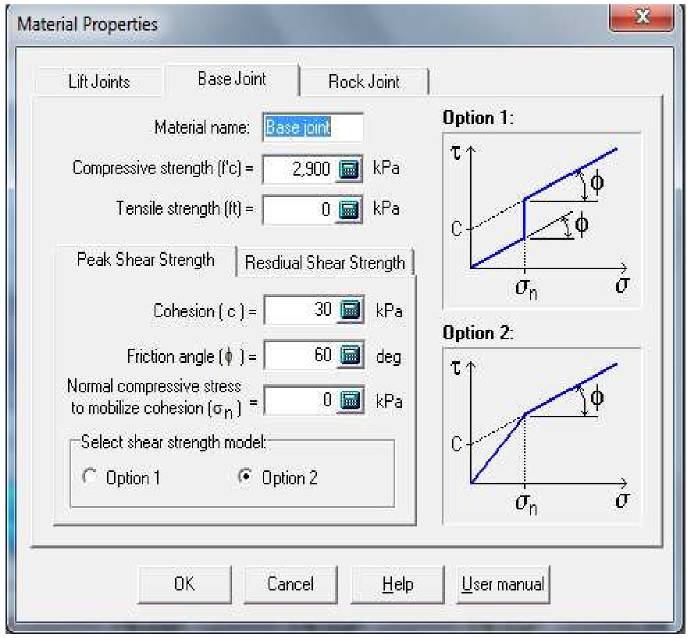
در این پنجره سه سربرگ lift joint,base joint,rock joint وجود دارد.در قسمت lift joint بر روی گزینه creat material کلیک کرده و مشخصات مصالح بدنه سد را که در اینجا بتن می باشد به شکل زیر وارد می کنیم. در قسمت بالای پنجره به ترتیب مقاومت فشاری و کششی وارد

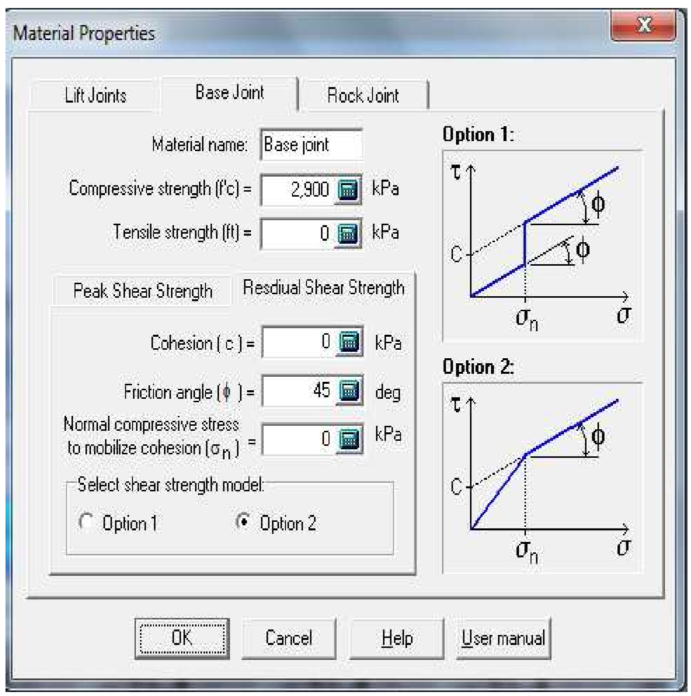
می گردد و در قسمت پایین به ترتیب چسبندگی ، زاویه اصطکاک داخلی و تنش نرمال مربوط به چسبندگی وارد می گردد.





در قسمت base joint باید مشخصات مصلح پی را به شکل زیر وارد کنیم.

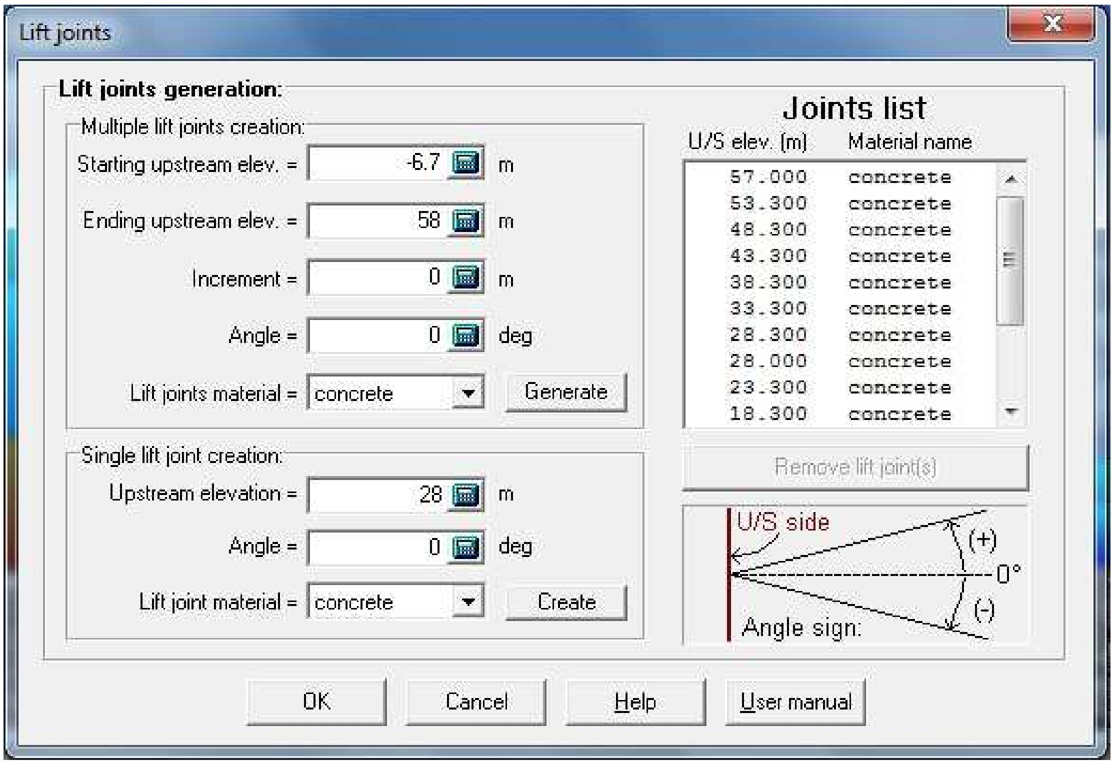




❖معرفی ترازهای تحلیل

>>>parameters>model>liftjoint

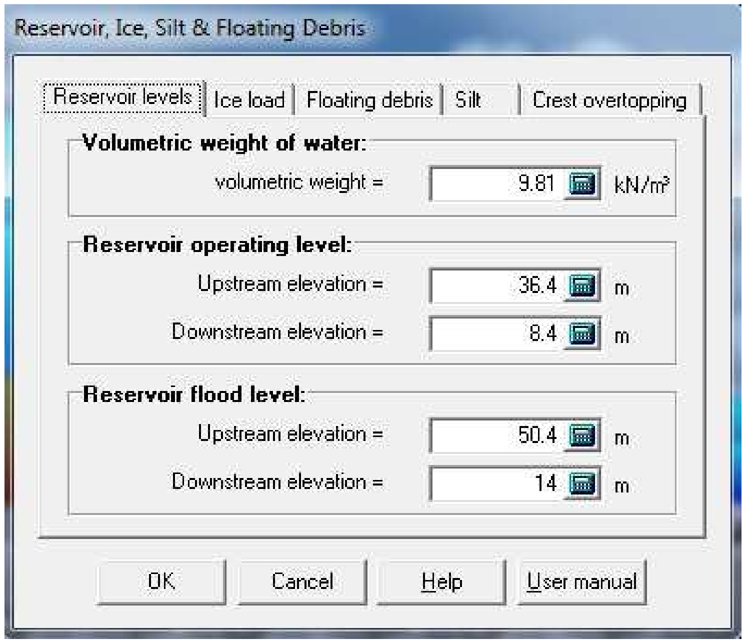
در این قسمت رقوم ارتفاعی را که می خواهیم سد در آن رقوم تحلیل شود را معرفی میکنیم. در این قسمت کافی است تراز ابتدا و انتهای بالادست و همچنین مقدار فاصله بین ترازها را وارد کنیم تا برنامه به طور خودکار ترازها را ایجاد کند. اگر بخواهیم ترازی را به صورت جدا معرفی کنیم از قسمت پایین استفاده می کنیم و تراز مربوطه را در باکس upstream elevation وارد می کنیم.



❖ اطلاعات بارهای استاتیکی

>>>parameters>static loads>reservoir,ice,floating,debris

این قسمت شامل 5 سربرگ است. در سربرگ reservoir levels ترازهای نرمال و ترازهای آب در حالت سیلابی به برنامه معرفی می شوند و برنامه به طور خودکار فشار هیدرواستاتیکی را از روی همین ترازها محاسبه می کند.



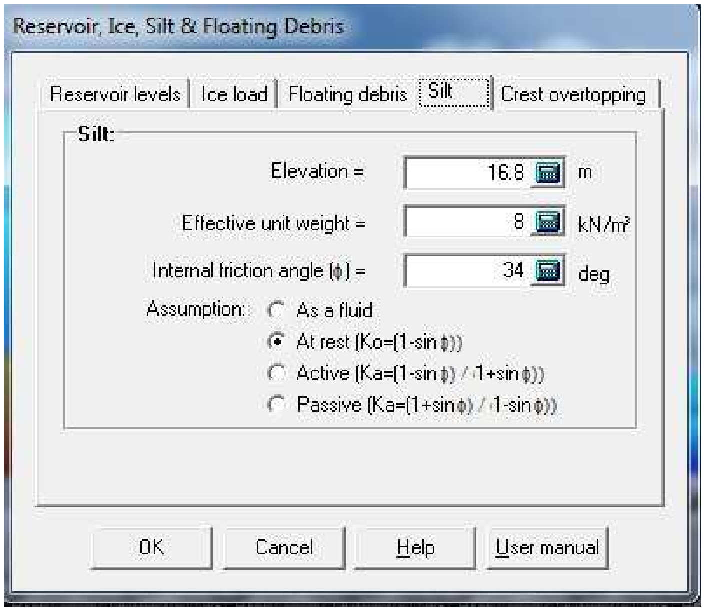
در سربرگ ice load مقدار بار یخ را بر حسب kN/m وارد می کنیم.در این پروژه از نیروی ناشی از یخبندان صرف نظر شده است.

در سربرگ floating debris می توانیم بار مربوط به اجسام شناور در آب را که با برخورد به بدنه سد به آن نیرو وارد می کنند معرفی کنیم.در این پروژه از نیروی اجسام شناور و معلق در آب صرف نظر شده است.

در سربرگ silt تراز رسوبات پشت سد و مشخصات ژئوتکنیکی رسوبات را وارد می کنیم. در قسمت effective unit weight باید وزن مخصوص غوطه وری رسوبات وارد گردد که برای به دست آوردن آن باید وزن مخصوص آب را از وزن مخصوص اشباع کم کنیم.

$18\text{-}10=8kN/m^3$

با انتخاب گزینه at rest رسوبات را در حالت سکون در نظر می گیریم.



در قسمت crest overtopping درصد تاثیر فشار را هنگامی که آب از روی تاج سرریز عبورمی کند وارد می کنیم.

❖ وارد کردن سایر نیروها

>>>parameters>static load>applied forces

در این قسمت می توانیم نیرو را به صورت متمرکز و در تراز مورد نظر وارد کنیم. برای وارد کردن نیروی موج از این قسمت استفاده می کنیم.

محاسبه نیروی موج

$$F_{\mathrm{w}} = 2\gamma_{\mathrm{w}}.\mathrm{h_w}^2 = 2 \times 9.81 \times 1.26^2 = 31.15\ \mathrm{kN/m}$$

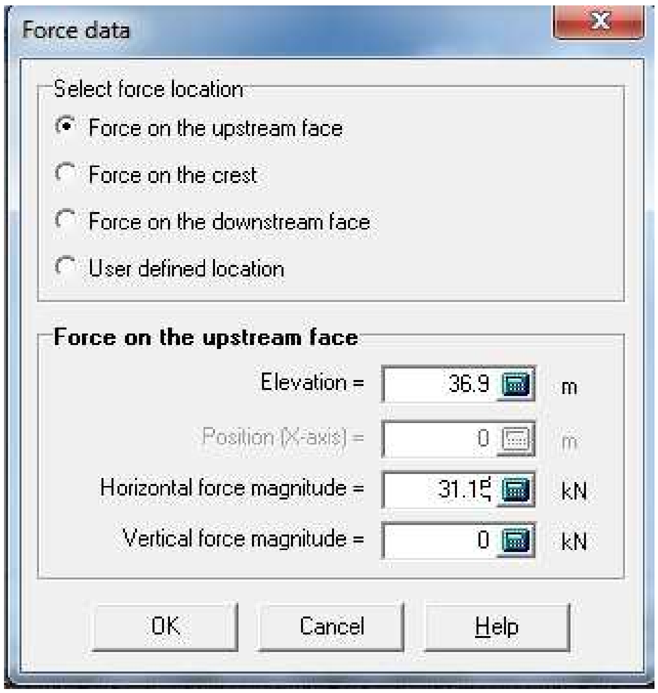
محل اثر نیرو نسبت به تراز آب بالا دست برابر است با

$$\frac{3}{8} \times h_{\mathrm{w}} = \frac{3}{8} \times 1.26 = 0.48 \sim 0.5\mathrm{m}$$

تراز نیروی موج در حالت نرمال = 36.9m

تراز نیروی موج در حالت سیلابی (spf)=50.9m

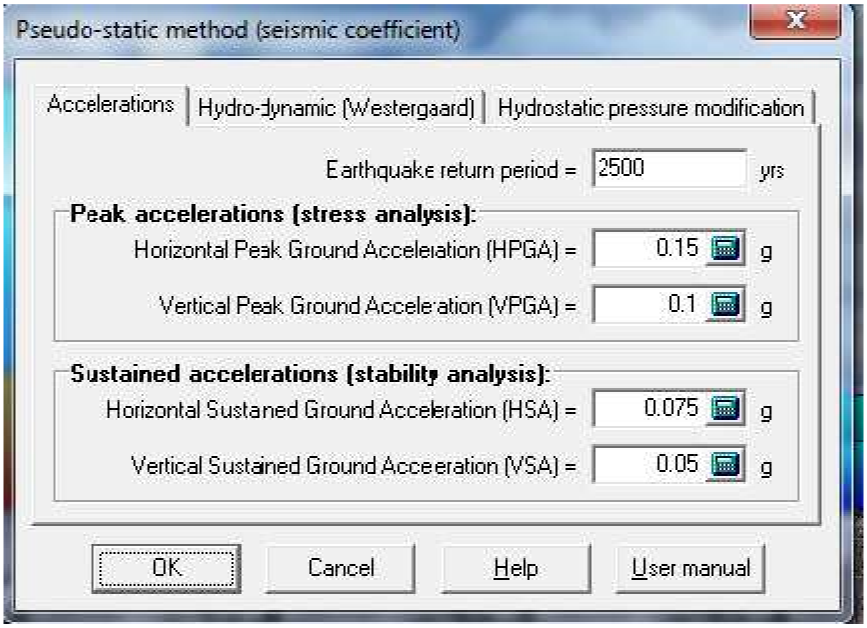
تراز نیروی موج در حالت سیلابی (pmf)=56.5m



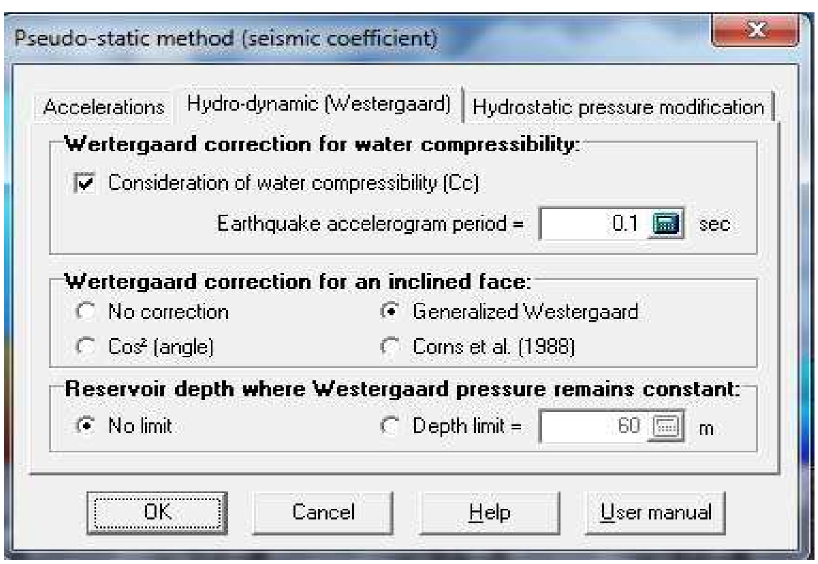
❖ اطلاعات بارهای زلزله

>>>parameters>seismic loads>pseudo-static analysis

در این پنجره تنظیمات تحلیل شبه استاتیکی بارهای زلزله صورت می پذیرد. در این نوع تحلیل نیروهای اینرسی شامل زلزله از روی جرم و شتاب محاسبه می شوند.در سربرگ acceleration شتاب افقی و قائم زلزله وارد می گردد که شتاب قائم0.1g فرض می گردد.



در این پروژه برای محاسبه و اعمال نیروی هیدرودینامیکی از روش جرم افزوده وسترگارد استفاده می شود. بنابراین در سربرگ hydrodynamic در قسمت دوم پنجره گزینه generalized westergaard انتخاب می شود.در قسمت اول این پنجره با انتخاب گزینه مورد نظر تراکم پذیری آب در محاسبات منظور می گردد و در قسمت سوم پنجره می توانیم عمق آبی را که می خواهیم از آن عمق پایین تر فشار وسترگارد ثابت بماند را وارد کنیم. اگر نخواستیم گزینه no limit را انتخاب می کنیم.



❖ ترکیبات بار

با توجه به عدم همزمانی رخ داد بعضی از نیروها با بعضی دیگر، تفاوت در پذیرش ریسک برای هر یک از نیروها ، خنثی شدن اثر برخی از آنها توسط برخی دیگر و تفاوت در احتمال و دقت تعیین هر یک از نیروها ، می بایست حالات مختلف بارگذاری را در نظر گرفت و سازه را بر اساس این ترکیبات بارگذاری تحلیل نمود. در زیر ترکیبات بارگذاری مبنا بر اساس آیین نامه USACE و بر اساس حالات بارگذاری معمول ، غیر معمول و حدی آورده شده است .

❖ ترکیب بارگذاری شماره 1(حالت بارگذاری غیر معمول)

- ✓ سازه سد کامل شده
- ✓ بدون در نظر گرفتن سرآب و پایآب
- ✓ ضریب اطمینان در برابر لغزش برابر با 1.7 است.
- ✓ تنش فشاری مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $0.5\ f_c'$
- ✓ تنش کششی مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $0.6\ {f_c'}^{2/3}$
- ✓ برآیند نیروهای وارده به سد باید در 1/2 میانی قاعده سد قرار گیرد.

❖ ترکیب بارگذاری شماره 2(حالت بار گذاری معمول)

- ✓ سر آب را در تراز نرمال در نظر می گیریم.(در این پروژه 36.4 متر)
- ✓ پاپآب را در در تراز حداقل در نظر می گیریم.(در این پروژه 5.6 متر)
- ✓ در نظر گرفتن فشار برخاست
- ✓ در نظر گرفتن فشار رسوبات
- ✓ می توان فشار یخ را در نظر گرفت.
- ✓ ضریب اطمینان در برابر لغزش برابر با 2 است.
- ✓ تنش فشاری مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $0.3\ f_c'$

- ✓ تنش کششی مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر با صفر است.
- ✓ برآیند نیروهای وارده به سد باید در 1/3 میانی قاعده سد قرار گیرد.

❖ ترکیب بارگذاری شماره 3(حالت بار گذاری غیر معمول)

- ✓ سرآب را در تراز مربوط به سیلاب استاندارد پروژه(spf) در نظر می گیریم.(در این پروژه 50.4 متر)
- ✓ پایاب را در تراز حداکثر در نظر می گیریم.(در این پروژه 14 متر)
- ✓ در نظر گرفتن فشار برخاست
- ✓ در نظرگرفتن فشار رسوبات
- ✓ فشار یخ را در نظر نمی گیریم.
- ✓ ضریب اطمینان در برابر لغزش برابر با 1.7 است.
- ✓ تنش فشاری مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $0.5\ f_c'$
- ✓ تنش کششی مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $0.6\ {f_c'}^{2/3}$
- ✓ برآیند نیروهای وارده به سد باید در 1/2 میانی قاعده سد قرار گیرد.

❖ تر کیب بارگذاری شماره 4(حالت بار گذاری حدی)

- ✓ سرآب و پایاب را در نظر نمی گیریم.
- ✓ زلزله مبنای عملکرد (OBE) را در نظر می گیریم.
- ✓ شتاب افقی زلزله را در جهت بالا دست به بدنه سد اعمال می کنیم.
- ✓ ضریب اطمینان در برابر لغزش برابر با 1.3 است.
- ✓ تنش فشاری مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $0.9\ f_c'$
- ✓ تنش کششی مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $1.5\ {f_c'}^{2/3}$
- ✓ برآیند نیروهای وارده به سد نباید خارج از قاعده سد قرار گیرد.

❖ ترکیب بارگذاری شماره 5(حالت بارگذاری غیر معمول)

- ✓ سرآب را در تراز نرمال در نظر می گیریم.(در این پروژه 36.4 متر)
- ✓ پایاب را در تراز حداقل در نظر می گیریم.(در این پروژه 5.6 متر)
- ✓ زلزله مبنای عملکرد (OBE) را در نظر می گیریم.
- ✓ شتاب افقی زلزله را در جهت پایین دست به بدنه سد اعمال می کنیم.
- ✓ در نظر گرفتن فشار برخاست در تراز مربوط به زمان قبل از وقوع زلزله
- ✓ در نظر گرفتن فشار رسوبات
- ✓ فشار یخ را در نظر نمی گیریم.
- ✓ ضریب اطمینان در برابر لغزش برابر با 1.7 است.
- ✓ تنش فشاری مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $0.5\,f_c'$
- ✓ تنش کششی مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $0.6\,{f_c'}^{2/3}$
- ✓ برآیند نیروهای وارده به سد باید در 1/2 میانی قاعده سد قرار گیرد.

❖ ترکیب بارگذاری شماره 6(حالت بارگذاری حدی)

- ✓ سرآب را در تراز نرمال در نظر می گیریم.(در این پروژه 36.4 متر)
- ✓ پایاب را در تراز حداقل در نظر می گیریم.(در این پروژه 5.6 متر)
- ✓ حداکثر زلزله ممکن (MCE) را در نظر می گیریم.
- ✓ شتاب افقی زلزله را در جهت پایین دست به بدنه سد اعمال می کنیم.
- ✓ در نظر گرفتن فشار برخاست در تراز مربوط به زمان قبل از وقوع زلزله
- ✓ در نظر گرفتن فشار رسوبات
- ✓ فشار یخ را در نظر نمی گیریم.
- ✓ تنش فشاری مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $0.9\,f_c'$
- ✓ تنش کششی مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $1.5\,{f_c'}^{2/3}$
- ✓ برآیند نیروهای وارده به سد نباید خارج از قاعده سد قرار گیرد.

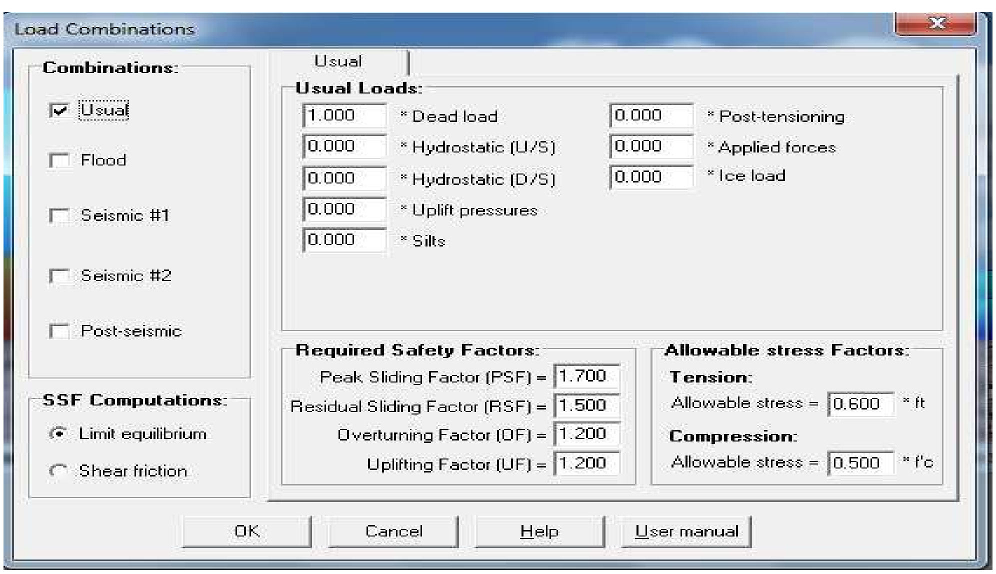
❖ ترکیب بارگذاری شماره 7(حالت بارگذاری حدی)

- ✓ سرآب را در تراز مربوط به حداکثر سیلاب ممکن (PMF) در نظر می گیریم.(در این پروژه 56 متر)
- ✓ پایاب را در تراز حداکثر در نظر می گیریم.(در این پروژه 14 متر)
- ✓ در نظر گرفتن فشار برخاست
- ✓ در نظر گرفتن فشار رسوبات
- ✓ فشار یخ را در نظر نمی گیریم.
- ✓ تنش فشاری مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $0.9\ f_c'$
- ✓ تنش کششی مجاز بتن در این حالت بارگذاری برابر است با $1.5\ {f_c'}^{2/3}$
- ✓ برآیند نیروهای وارده به سد نباید خارج از قاعده سد قرار گیرد.

❖ نحوه اعمال ترکیبات بار در برنامه CADAM

>>>parameters>load combinations

هنگامی که مسیر بالا را اجرا می کنیم با پنجره ای به شکل زیر مواجه می شویم.



در سمت چپ پنجره گزینه usual هنگامی به کار می رود که بارگذاری ما فقط شامل فشار سرآب در حالت نرمال و فشار پایاب در تراز حداقل باشد و یا وقتی که فقط سازه سد را می خواهیم تحلیل کنیم.

اگر با ترکیب بارهایی مواجه شویم که ترازهای آب در حالت ماکزیموم قرار دارند آنگاه علاوه بر انتخاب گزینه usual گزینه flood را هم باید انتخاب کنیم.

اگر در ترکیب بار ما بار زلزله هم قرار گرفته باشد آنگاه علاوه بر انتخاب گزینه usual گزینه seismic را هم باید انتخاب کنیم.

در سمت راست پنجره انواع بارهای وارد بر سد مانند وزن سد(dead load)،فشار سرآب(u/s) ، فشار پایآب (d/s)،فشار برخاست(uplift pressure)،فشار رسوبات(silts)و...لیست شده اند که جلوی هر کدام از آنها باکسی قرار داده شده است که کاربر می تواند با وارد کردن مقدار در آن میزان تاثیر نیرو را در ترکیب بار مورد نظر اعمال کند.مثلا اگر عدد 1 وارد شود برنامه کل نیروی محاسباتی را اعمال می کند،اگر 2 وارد شود دو برابر نیرو را در ترکیب بار در نظر می گیرد و به این ترتیب می توانیم هر عددی را که مد نظر است در باکس مربوطه وارد کنیم.

در قسمت required safety factors ضرایب اطمینان در برابر لغزش و واژگونی را وارد می کنیم و در قسمت allowable stress factors مقدار تنشهای مجاز کششی و فشاری بتن وارد می گردد.

پس از آنکه ترکیب بارها را وارد کردیم باید تحلیل سد توسط نرم افزار انجام شود که برای آن از مسیر زیر اقدام می کنیم.

>>>analysis>start analyses

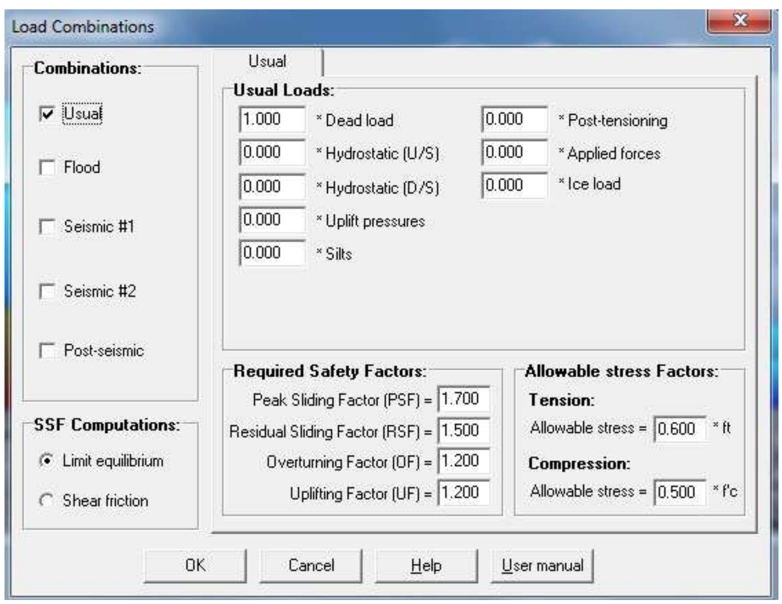
برای مشاهده نتایج تحلیل هم از مسیر زیر اقدام می کنیم.

>>>results>reports>analyses result

در بررسی نتایج لازم است دقت شود که مقادیر تنش موجود از مقادیر تنش مجاز کمتر ، و مقادیر ضریب اطمینان ها از مقادیر داده شده بیشتر باشد .

در ادامه هر ترکیب بار تحلیل می شود و نتایج آن ارائه می گردد.

- ✓ **ترکیب بار شماره 1**



نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 1

CADAM - Results report Page 3

by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Usual Combination (Stability):

Joint		Safety factors					Resultants over ligament				Final uplift	Rock wedge
ID	U/S elevation (m)	Sliding Peak	Sliding Residual	Overturning toward U/S	Overturning toward D/S	Uplifting	Normal (kN)	Shear (kN)	Moment (kN·m)	Position % of joint	Normal (kN)	Resistance (kN)
1	57.000	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-188.35	0.00	0.0	50.00000	0.00	0.000
2	53.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-885.25	0.00	0.0	50.00000	0.00	0.000
3	48.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-1827.01	0.00	0.0	50.00000	0.00	0.000
4	43.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-2922.16	0.00	-4221.0	37.36113	0.00	0.000
5	38.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-4536.53	0.00	-12171.8	33.34588	0.00	0.000
6	33.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-6728.05	0.00	-23370.7	33.55468	321.17	0.000
7	28.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-9509.54	0.00	-39557.0	34.08305	1038.31	0.000
8	28.000	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-9695.20	0.00	-40712.7	34.11452	1089.16	0.000
9	23.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-12881.02	0.00	-61914.4	34.56720	2001.28	0.000
10	18.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-16842.46	0.00	-91626.0	34.95412	3210.06	0.000
11	13.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-21393.88	0.00	-129875.3	35.25423	4664.67	0.000
12	8.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-26535.28	0.00	-177845.8	35.48690	6387.75	0.000
13	3.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-32266.65	0.00	-236720.8	35.66895	9591.95	0.000
14	-1.700	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-38553.89	0.00	-282126.5	36.57299	12884.94	0.000
15	-6.700	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-44969.63	0.00	-282126.5	38.48860	15558.17	0.000
16	Base joint	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-45097.94	0.00	-282126.5	38.52135	15611.63	0.000
	Required:	1.700	1.500	1.200	1.200	1.200						

CADAM - Results report Page 2

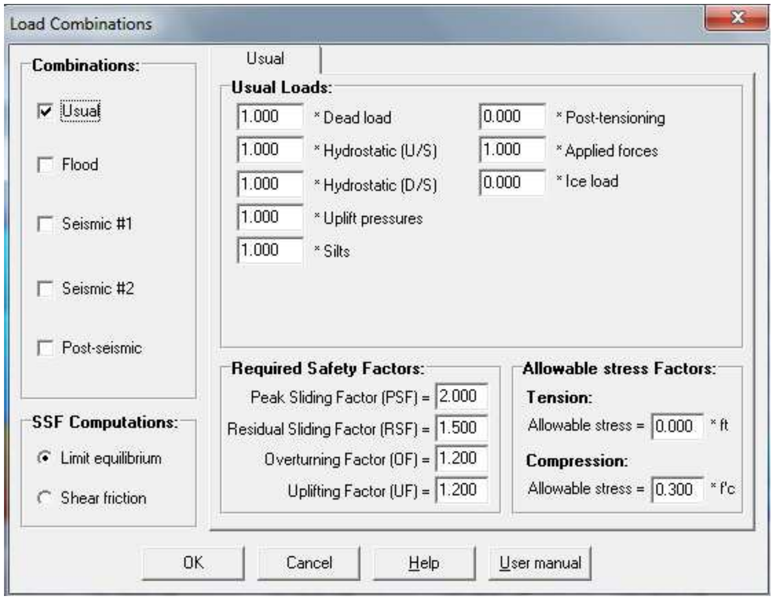
by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Usual Combination (Stresses):

Joint		Cracking		Normal stresses		Allowable normal stress		Shear stresses			
ID	U/S elevation (m)	Upstream (%) of joint	Downstream (%) of joint	Upstream (kPa)	Downstream (kPa)	Tension (kPa)	Compression (kPa)	Upstream (kPa)	Maximum (kPa)	Maximum at (% of joint)	Downstream (kPa)
1	57.000			-23.544	-23.544	642.000	-17500.000				
2	53.300			-110.657	-110.657	642.000	-17500.000				
3	48.300			-228.377	-228.377	642.000	-17500.000				
4	43.300			-449.574	-61.790	642.000	-17500.000				
5	38.300			-562.963	-0.212	642.000	-17500.000				
6	33.300			-632.828	-4.230	642.000	-17500.000				
7	28.300			-711.387	-16.368	642.000	-17500.000				
8	28.000			-716.332	-17.191	642.000	-17500.000				
9	23.300			-796.531	-30.618	642.000	-17500.000				
10	18.300			-886.324	-45.299	642.000	-17500.000				
11	13.300			-979.429	-59.893	642.000	-17500.000				
12	8.300			-1074.949	-74.246	642.000	-17500.000				
13	3.300			-1172.277	-88.329	642.000	-17500.000				
14	-1.700			-1277.315	-137.506	642.000	-17500.000				
15	-6.700			-1395.035	-255.226	642.000	-17500.000				
16	Base joint			-1397.390	-257.581	0.000	-1450.000				

همانطور که مشاهده می شود در همه ترازها تنشهای به دست آمده کمتر از مقدار مجاز می باشد و ضرایب اطمینان به دست آمده از مقادیر آیین نامه ای بیشتر است.

✓ ترکیب بار شماره2



نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 2

CADAM - Results report

by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Page 3

Usual Combination (Stability):

Joint		Safety factors					Resultants over ligament				Final uplift	Rock wedge
ID	U/S elevation (m)	Sliding Peak	Sliding Residual	Overturning toward U/S	Overturning toward D/S	Uplifting	Normal (kN)	Shear (kN)	Moment (kN·m)	Position % of joint	Normal (kN)	Resistance (kN)
1	57.000	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-188.35	0.00	0.0	50.00000	0.00	0.000
2	53.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-885.25	0.00	0.0	50.00000	0.00	0.000
3	48.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-1827.01	0.00	0.0	50.00000	0.00	0.000
4	43.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-2922.16	0.00	-4221.0	37.36113	0.00	0.000
5	38.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-4536.53	0.00	-12171.8	33.34588	0.00	0.000
6	33.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-6728.05	0.00	-23370.7	33.55468	321.17	0.000
7	28.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-9509.54	0.00	-39557.0	34.08305	1038.31	0.000
8	28.000	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-9695.20	0.00	-40712.7	34.11452	1089.16	0.000
9	23.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-12881.02	0.00	-61914.4	34.56720	2001.28	0.000
10	18.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-16842.46	0.00	-91626.0	34.95412	3210.06	0.000
11	13.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-21393.88	0.00	-129875.3	35.25423	4664.67	0.000
12	8.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-26535.28	0.00	-177845.8	35.48690	6387.75	0.000
13	3.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-32266.65	0.00	-236720.8	35.66895	9591.95	0.000
14	-1.700	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-38553.89	0.00	-282126.5	36.57299	12884.94	0.000
15	-6.700	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-44969.63	0.00	-282126.5	38.48860	15558.17	0.000
16	Base joint	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-45097.94	0.00	-282126.5	38.52135	15611.63	0.000
	Required:	1.700	1.500	1.200	1.200	1.200						

CADAM - Results report
by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

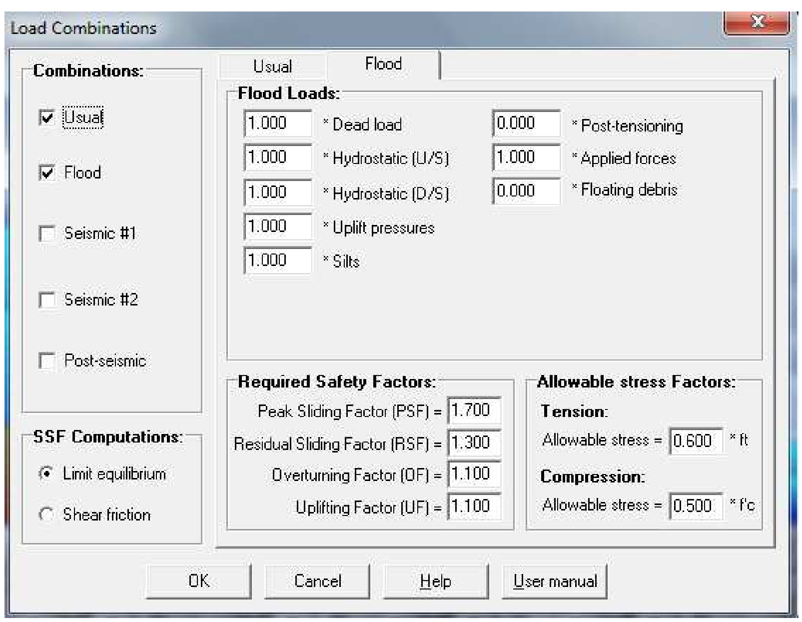
Page 2

Usual Combination (Stresses):

Joint		Cracking		Normal stresses		Allowable normal stress		Shear stresses			
ID	U/S elevation (m)	Upstream (%) of joint	Downstream (%) of joint	Upstream (kPa)	Downstream (kPa)	Tension (kPa)	Compression (kPa)	Upstream (kPa)	Maximum (kPa)	Maximum at (% of joint)	Downstream (kPa)
1	57.000			-23.544	-23.544	642.000	-17500.000				
2	53.300			-110.657	-110.657	642.000	-17500.000				
3	48.300			-228.377	-228.377	642.000	-17500.000				
4	43.300			-449.574	-61.790	642.000	-17500.000				
5	38.300			-562.963	-0.212	642.000	-17500.000				
6	33.300			-632.828	-4.230	642.000	-17500.000				
7	28.300			-711.387	-16.368	642.000	-17500.000				
8	28.000			-716.332	-17.191	642.000	-17500.000				
9	23.300			-796.531	-30.618	642.000	-17500.000				
10	18.300			-886.324	-45.299	642.000	-17500.000				
11	13.300			-979.429	-59.893	642.000	-17500.000				
12	8.300			-1074.949	-74.246	642.000	-17500.000				
13	3.300			-1172.277	-88.329	642.000	-17500.000				
14	-1.700			-1277.315	-137.506	642.000	-17500.000				
15	-6.700			-1395.035	-255.226	642.000	-17500.000				
16	Base joint			-1397.390	-257.581	0.000	-1450.000				

همانطور که مشاهده می شود در همه ترازها تنشهای به دست آمده کمتر از مقدار مجاز می باشد و ضرایب اطمینان به دست آمده از مقادیر آیین نامه ای بیشتر است.

✓ ترکیب بار شماره 3



نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 3

CADAM - Results report

by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Page 5

Flood Combination (Stability):

Joint		Safety factors					Resultants over ligament				Final uplift	Rock wedge
ID	U/S elevation (m)	Sliding Peak	Sliding Residual	Overturning toward U/S	Overturning toward D/S	Uplifting	Normal (kN)	Shear (kN)	Moment (kN·m)	Position % of joint	Uplift (kN)	Resistance (kN)
1	57.000	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-188.35	0.00	0.0	50.00000	0.00	0.000
2	53.300	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	-885.25	0.00	0.0	50.00000	0.00	0.000
3	48.300	47.20561	33.05373	33.69461	13.64412	22.17143	-1744.61	52.78	206.0	51.47600	82.40	0.000
4	43.300	12.94795	9.06625	8.77101	5.42728	7.34181	-2524.14	278.41	-2640.9	40.84539	398.02	0.000
5	38.300	6.85992	4.80337	5.38710	3.61509	4.76410	-3599.12	749.29	-6465.0	38.85032	956.17	0.000
6	33.300	4.91842	3.44391	4.52445	2.86026	3.84866	-5046.79	1465.42	-9336.9	41.24113	1771.64	0.000
7	28.300	4.03888	2.82806	4.17982	2.49001	3.42263	-6863.13	2426.80	-11207.0	43.75170	2832.93	0.000
8	28.000	4.00193	2.80218	4.16620	2.47399	3.40455	-6983.83	2492.28	-11276.7	43.89177	2904.42	0.000
9	23.300	3.55644	2.49025	4.00866	2.27756	3.18552	-9048.15	3633.43	-11588.5	45.88783	4140.04	0.000
10	18.300	3.25824	2.28144	3.91122	2.14256	3.03792	-11601.85	5085.31	-9994.7	47.61742	5692.98	0.000
11	13.300	3.02147	2.11566	3.71133	2.03731	2.88520	-14389.93	6801.64	-6940.3	48.82849	7633.09	0.000
12	8.300	2.74312	1.92075	3.02908	1.89655	2.54208	-16696.83	8692.85	-6399.0	49.17011	10827.46	0.000
13	3.300	2.59179	1.81479	2.66924	1.79939	2.33448	-19367.87	10672.23	-2468.2	49.75106	14513.48	0.000
14	-1.700	2.55502	1.78904	2.55082	1.72446	2.24708	-22602.70	12633.95	22755.3	51.84725	18124.47	0.000
15	-6.700	2.60933	1.82707	2.64003	1.64865	2.26674	-26345.22	14419.37	90388.6	56.29529	20797.69	0.000
16	Base joint	3.27884	1.82774	2.64154	1.64718	2.26708	-26420.07	14455.08	91832.4	56.37772	20851.16	0.000
	Required:	1.700	1.300	1.100	1.100	1.100						

CADAM - Results report

by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

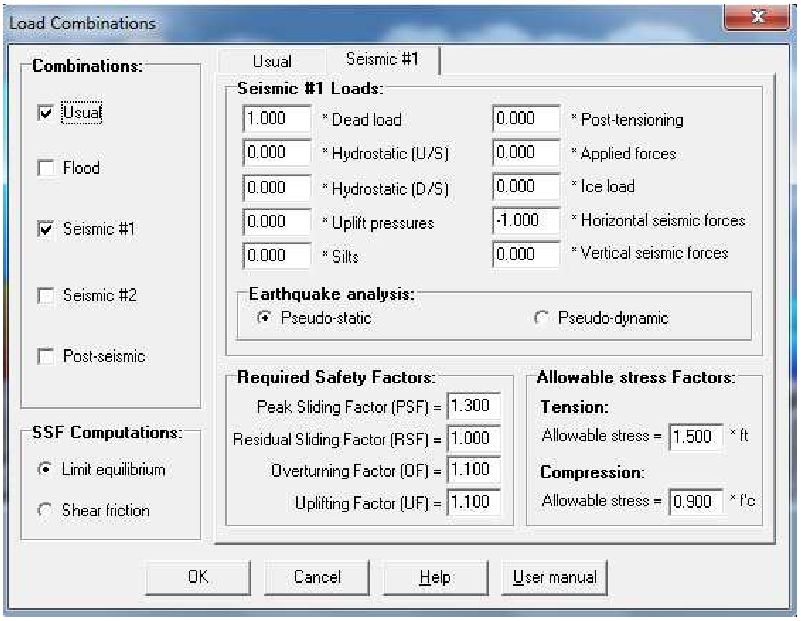
Page 4

Flood Combination (Stresses):

Joint		Cracking		Normal stresses		Allowable normal stress		Shear stresses over the ligament			
ID	U/S elevation (m)	Upstream (%) of joint	Downstream (%) of joint	Upstream (kPa)	Downstream (kPa)	Tension (kPa)	Compression (kPa)	Upstream (kPa)	Maximum (kPa)	Maximum at (% of joint)	Downstream (kPa)
1	57.000			-23.544	-23.544	642.000	-17500.000				
2	53.300			-110.657	-110.657	642.000	-17500.000				
3	48.300			-198.763	-237.389	642.000	-17500.000	0.000	9.896	50.000	0.000
4	43.300			-342.168	-99.545	642.000	-17500.000	0.000	-2.273	13.578	89.823
5	38.300			-372.853	-73.950	642.000	-17500.000	37.285	37.190	5.367	66.728
6	33.300			-364.499	-113.366	642.000	-17500.000	36.450	102.294	100.000	102.294
7	28.300			-361.067	-164.160	642.000	-17500.000	36.107	148.128	100.000	148.128
8	28.000			-361.018	-167.368	642.000	-17500.000	36.102	151.022	100.000	151.022
9	23.300			-362.189	-218.833	642.000	-17500.000	36.219	197.461	100.000	197.461
10	18.300			-366.742	-275.002	642.000	-17500.000	36.674	248.144	100.000	248.144
11	13.300			-374.103	-324.965	642.000	-17500.000	37.410	293.227	100.000	293.227
12	8.300			-379.558	-343.552	642.000	-17500.000	37.956	309.999	100.000	309.999
13	3.300			-383.987	-372.685	642.000	-17500.000	38.399	336.287	100.000	336.287
14	-1.700			-368.762	-460.695	642.000	-17500.000	0.000	347.723	50.000	0.000
15	-6.700			-300.811	-665.986	642.000	-17500.000	0.000	396.863	50.000	0.000
16	Base joint			-299.268	-670.276	0.000	-1450.000	0.000	397.846	50.000	0.000

همانطور که مشاهده می شود در همه ترازها تنشهای به دست آمده کمتر از مقدار مجاز می باشد و ضرایب اطمینان به دست آمده از مقادیر آیین نامه ای بیشتر است.

✓ ترکیب بار شماره 4



نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 4

CADAM - Results report

by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Page 5

Seismic #1 Combination - Peak accelerations analysis (Stability):

Joint		Safety factors					Resultants over ligament				Final uplift	Rock wedge
ID	U/S elevation (m)	Sliding Peak	Sliding Residual	Overturning toward U/S	Overturning toward D/S	Uplifting	Normal (kN)	Shear (kN)	Moment (kN·m)	Position % of joint	Uplift (kN)	Resistance (kN)
1	57.000	9.52099	6.66667	> 100	53.33333	> 100	-188.35	28.25	14.1	50.93750	0.00	0.000
2	53.300	9.52099	6.66667	> 100	11.34752	> 100	-885.25	132.79	312.1	54.40625	0.00	0.000
3	48.300	9.52099	6.66667	> 100	5.49828	> 100	-1827.01	274.05	1329.2	59.09375	0.00	0.000
4	43.300	9.52099	6.66667	> 100	6.78826	> 100	-2922.16	438.32	-1139.3	46.58866	0.00	0.000
5	38.300	9.52099	6.66667	> 100	8.33509	> 100	-4536.53	680.48	-6327.3	41.34268	0.00	0.000
6	33.300	9.29586	6.50903	> 100	9.38427	> 100	-6728.05	1033.65	-13308.5	40.63518	321.17	0.000
7	28.300	8.87847	6.21677	> 100	9.97760	> 100	-9509.54	1529.66	-23138.5	40.68955	1038.31	0.000
8	28.000	8.85705	6.20177	> 100	10.00190	> 100	-9695.20	1563.29	-23830.2	40.70182	1089.16	0.000
9	23.300	8.57836	6.00664	> 100	10.27178	> 100	-12881.02	2144.46	-36358.1	40.93735	2001.28	0.000
10	18.300	8.37757	5.86603	> 100	10.41049	> 100	-16842.46	2871.18	-53576.4	41.20223	3210.06	0.000
11	13.300	8.20807	5.74735	> 100	10.46897	> 100	-21393.88	3722.39	-75404.2	41.43877	4664.67	0.000
12	8.300	8.04854	5.63565	> 100	10.47139	> 100	-26535.28	4708.47	-102349.3	41.64779	6387.75	0.000
13	3.300	7.91643	5.54314	> 100	10.44158	> 100	-32266.65	5821.00	-134952.4	41.83000	9591.95	0.000
14	-1.700	7.92377	5.54829	> 100	9.95910	> 100	-38553.89	6948.79	-148307.2	42.94174	12884.94	0.000
15	-6.700	8.11807	5.68433	> 100	8.81766	> 100	-44969.63	7911.15	-111157.3	45.46453	15558.17	0.000
16	Base joint	10.05585	5.68672	> 100	8.79736	> 100	-45097.94	7930.40	-110365.3	45.50966	15611.63	0.000
	Required:	1.300	1.000	1.100	1.100	1.100						

CADAM - Results report Page 4

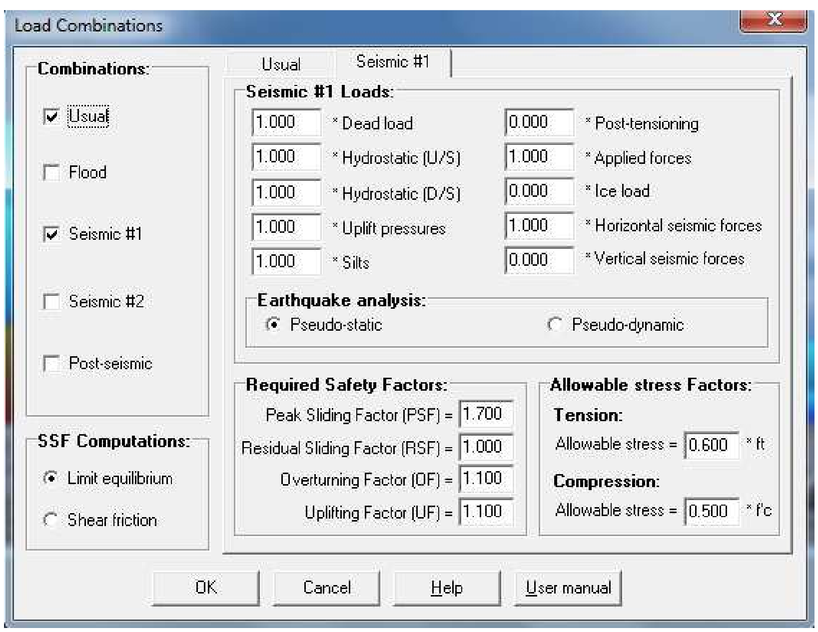
by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Seismic #1 Combination - Peak accelerations analysis (Stresses):

Joint		Cracking		Normal stresses		Allowable normal stress		Shear stresses over the ligament			
ID	U/S elevation (m)	Upstream (%) of joint	Downstream (%) of joint	Upstream (kPa)	Downstream (kPa)	Tension (kPa)	Compression (kPa)	Upstream (kPa)	Maximum (kPa)	Maximum at (% of joint)	Downstream (kPa)
1	57.000			-22.220	-24.868	963.000	-52500.000	0.000	5.297	50.000	0.000
2	53.300			-81.402	-139.912	963.000	-52500.000	0.000	24.898	50.000	0.000
3	48.300			-103.769	-352.985	963.000	-52500.000	0.000	51.385	50.000	0.000
4	43.300			-308.015	-203.349	963.000	-52500.000	0.000	-14.618	21.361	183.489
5	38.300			-427.855	-135.320	963.000	-52500.000	42.785	15.615	33.560	122.104
6	33.300			-497.507	-139.551	963.000	-52500.000	49.751	23.272	33.682	125.922
7	28.300			-567.150	-160.606	963.000	-52500.000	56.715	29.722	32.617	144.920
8	28.000			-571.374	-162.149	963.000	-52500.000	57.137	30.064	32.550	146.313
9	23.300			-638.459	-188.690	963.000	-52500.000	63.846	34.963	31.602	170.261
10	18.300			-711.697	-219.925	963.000	-52500.000	71.170	39.525	30.855	198.446
11	13.300			-786.597	-252.725	963.000	-52500.000	78.660	44.176	30.220	228.042
12	8.300			-862.547	-286.648	963.000	-52500.000	86.255	49.143	29.621	258.653
13	3.300			-939.277	-321.328	963.000	-52500.000	93.928	54.129	29.119	289.946
14	-1.700			-1006.996	-407.826	963.000	-52500.000	0.000	191.251	50.000	0.000
15	-6.700			-1049.672	-600.589	963.000	-52500.000	0.000	217.738	50.000	0.000
16	Base joint			-1050.427	-604.544	0.000	-4350.000	0.000	218.268	50.000	0.000

همانطور که مشاهده می شود در همه ترازها تنشهای به دست آمده کمتر از مقدار مجاز می باشد و ضرایب اطمینان به دست آمده از مقادیر آیین نامه ای بیشتر است.

✓ ترکیب بار شماره 5



نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 5

CADAM - Results report Page 5

by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Seismic #1 Combination - Peak accelerations analysis (Stability):

Joint		Safety factors					Resultants over ligament				Final uplift	Rock wedge
ID	U/S elevation (m)	Sliding Peak	Sliding Residual	Overturning toward U/S	Overturning toward D/S	Uplifting	Normal (kN)	Shear (kN)	Moment (kN·m)	Position % of joint	Uplift (kN)	Resistance (kN)
1	57.000	9.52099	6.66667	53.33333	> 100	> 100	-188.35	-28.25	-14.1	49.06250	0.00	0.000
2	53.300	9.52099	6.66667	11.34752	> 100	> 100	-885.25	-132.79	-312.1	45.59375	0.00	0.000
3	48.300	10.74197	7.52161	5.55922	> 100	> 100	-1827.01	-242.90	-1248.2	41.46036	0.00	0.000
4	43.300	10.24937	7.17669	4.12570	> 100	> 100	-2922.16	-407.17	-7066.0	28.84247	0.00	0.000
5	38.300	9.97773	6.98648	4.23705	> 100	> 100	-4536.53	-649.33	-17623.9	25.88609	0.00	0.000
6	33.300	9.58454	6.71117	3.91792	20.42904	20.96297	-6411.59	-955.36	-31754.6	26.55228	321.17	0.000
7	28.300	10.32057	7.22654	3.38857	9.20859	9.18964	-8503.41	-1176.69	-50292.0	27.36912	1038.31	0.000
8	28.000	10.40441	7.28524	3.36574	8.94032	8.93332	-8640.65	-1186.05	-51561.9	27.42591	1089.16	0.000
9	23.300	12.31401	8.62236	3.09176	6.30621	6.47846	-10963.91	-1271.57	-73820.8	28.38195	2001.28	0.000
10	18.300	15.97476	11.18565	2.91470	4.99358	5.29683	-13793.09	-1233.11	-102428.6	29.46172	3210.06	0.000
11	13.300	23.06658	16.15139	2.80255	4.25438	4.64353	-16995.85	-1052.28	-136276.3	30.52364	4664.67	0.000
12	8.300	43.43553	30.41388	2.72772	3.78278	4.23426	-20586.38	-676.87	-175625.5	31.52655	6365.10	0.000
13	3.300	> 100	> 100	2.48074	3.35940	3.70130	-24011.48	-116.07	-224703.9	31.71954	8888.88	0.000
14	-1.700	87.54718	61.30120	2.23481	3.00894	3.25099	-27319.03	445.65	-262441.5	32.37331	12136.44	0.000
15	-6.700	44.62684	31.24805	2.16883	2.79087	3.09738	-31061.55	994.03	-258842.3	34.70971	14809.67	0.000
16	Base joint	55.28843	30.98152	2.16769	2.78700	3.09487	-31136.40	1005.00	-258742.4	34.75236	14863.13	0.000
	Required:	1.700	1.000	1.100	1.100	1.100						

CADAM - Results report Page 4

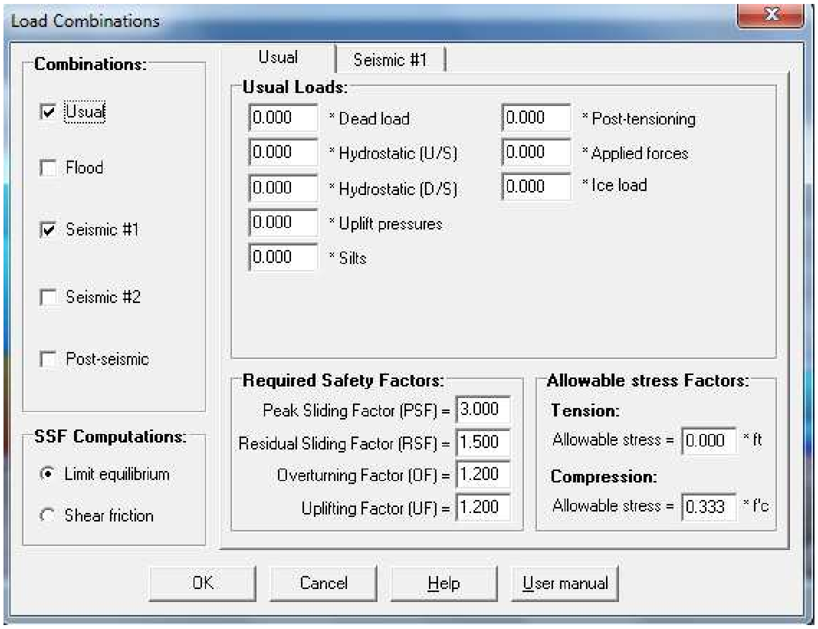
by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Seismic #1 Combination - Peak accelerations analysis (Stresses):

Joint		Cracking		Normal stresses		Allowable normal stress		Shear stresses over the ligament			
ID	U/S elevation (m)	Upstream (%) of joint	Downstream (%) of joint	Upstream (kPa)	Downstream (kPa)	Tension (kPa)	Compression (kPa)	Upstream (kPa)	Maximum (kPa)	Maximum at (% of joint)	Downstream (kPa)
1	57.000			-24.868	-22.220	535.000	-21000.000	0.000	-5.297	50.000	0.000
2	53.300			-139.912	-81.402	535.000	-21000.000	0.000	-24.898	50.000	0.000
3	48.300			-345.392	-111.362	535.000	-21000.000	0.000	-45.544	50.000	0.000
4	43.300			-580.258	68.894	535.000	-21000.000	0.000	-62.166	100.000	-62.166
5	38.300			-688.998	125.823	535.000	-21000.000	68.900	-113.534	100.000	-113.534
6	33.300			-730.596	123.502	535.000	-21000.000	73.060	-111.440	100.000	-111.440
7	28.300			-767.195	116.438	535.000	-21000.000	76.719	-105.081	99.101	-105.066
8	28.000			-769.595	115.857	535.000	-21000.000	76.959	-104.575	98.671	-104.542
9	23.300			-808.623	104.580	535.000	-21000.000	80.862	-95.410	92.854	-94.366
10	18.300			-851.566	88.615	535.000	-21000.000	85.157	-83.407	87.491	-79.961
11	13.300			-895.260	69.596	535.000	-21000.000	89.526	-69.860	82.612	-62.799
12	8.300			-939.885	48.326	535.000	-21000.000	93.988	-54.377	78.775	-43.606
13	3.300			-983.506	45.417	535.000	-21000.000	98.351	-43.877	87.513	-40.981
14	-1.700			-1031.407	28.874	535.000	-21000.000	0.000	12.266	50.000	0.000
15	-6.700			-1092.806	-47.067	535.000	-21000.000	0.000	27.359	50.000	0.000
16	Base joint			-1093.978	-48.642	0.000	-1740.000	0.000	27.661	50.000	0.000

همانطور که مشاهده می شود در همه ترازها تنشهای به دست آمده کمتر از مقدار مجاز می باشد و ضرایب اطمینان به دست آمده از مقادیر آیین نامه ای بیشتر است.

✓ ترکیب بار شماره 6



نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 6

CADAM - Results report

Page 5

by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Seismic #1 Combination - Peak accelerations analysis (Stability):

Joint		Safety factors					Resultants over ligament				Final uplift	Rock wedge
ID	U/S elevation (m)	Sliding Peak	Sliding Residual	Overturning toward U/S	Overturning toward D/S	Uplifting	Normal (kN)	Shear (kN)	Moment (kN·m)	Position % of joint	Uplift (kN)	Resistance (kN)
1	57.000	9.52099	6.66667	53.33333	> 100	> 100	-188.35	-28.25	-14.1	49.06250	0.00	0.000
2	53.300	9.52099	6.66667	11.34752	> 100	> 100	-885.25	-132.79	-312.1	45.59375	0.00	0.000
3	48.300	10.74197	7.52161	5.55922	> 100	> 100	-1827.01	-242.90	-1248.2	41.46036	0.00	0.000
4	43.300	10.24937	7.17669	4.12570	> 100	> 100	-2922.16	-407.17	-7066.0	28.84247	0.00	0.000
5	38.300	9.97773	6.98648	4.23705	> 100	> 100	-4536.53	-649.33	-17623.9	25.88609	0.00	0.000
6	33.300	9.58454	6.71117	3.91792	20.42904	20.96297	-6411.59	-955.36	-31754.6	26.55228	321.17	0.000
7	28.300	10.32057	7.22654	3.38857	9.20859	9.18964	-8503.41	-1176.69	-50292.0	27.36912	1038.31	0.000
8	28.000	10.40441	7.28524	3.36574	8.94032	8.93332	-8640.65	-1186.05	-51561.9	27.42591	1089.16	0.000
9	23.300	12.31401	8.62236	3.09176	6.30621	6.47846	-10963.91	-1271.57	-73820.8	28.38195	2001.28	0.000
10	18.300	15.97476	11.18565	2.91470	4.99358	5.29683	-13793.09	-1233.11	-102428.6	29.46172	3210.06	0.000
11	13.300	23.06658	16.15139	2.80255	4.25438	4.64353	-16995.85	-1052.28	-136276.3	30.52364	4664.67	0.000
12	8.300	43.43553	30.41388	2.72772	3.78278	4.23426	-20586.38	-676.87	-175625.5	31.52655	6365.10	0.000
13	3.300	> 100	> 100	2.48074	3.35940	3.70130	-24011.48	-116.07	-224703.9	31.71954	8888.88	0.000
14	-1.700	87.54718	61.30120	2.23481	3.00894	3.25099	-27319.03	445.65	-262441.5	32.37331	12136.44	0.000
15	-6.700	44.62684	31.24805	2.16883	2.79087	3.09738	-31061.55	994.03	-258842.3	34.70971	14809.67	0.000
16	Base joint	55.28843	30.98152	2.16769	2.78700	3.09487	-31136.40	1005.00	-258742.4	34.75236	14863.13	0.000
	Required:	1.700	1.000	1.100	1.100	1.100						

CADAM - Results report Page 4

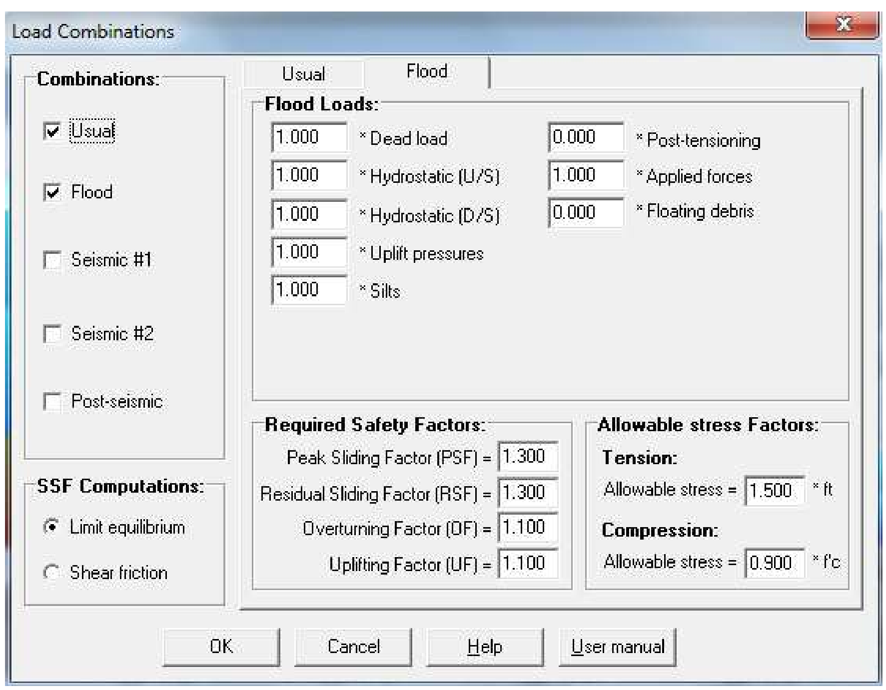
by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Seismic #1 Combination - Peak accelerations analysis (Stresses):

Joint		Cracking		Normal stresses		Allowable normal stress		Shear stresses over the ligament			
ID	U/S elevation (m)	Upstream (%) of joint	Downstream (%) of joint	Upstream (kPa)	Downstream (kPa)	Tension (kPa)	Compression (kPa)	Upstream (kPa)	Maximum (kPa)	Maximum at (% of joint)	Downstream (kPa)
1	57.000			-24.868	-22.220	535.000	-21000.000	0.000	-5.297	50.000	0.000
2	53.300			-139.912	-81.402	535.000	-21000.000	0.000	-24.898	50.000	0.000
3	48.300			-345.392	-111.362	535.000	-21000.000	0.000	-45.544	50.000	0.000
4	43.300			-580.258	68.894	535.000	-21000.000	0.000	-62.166	100.000	-62.166
5	38.300			-688.998	125.823	535.000	-21000.000	68.900	-113.534	100.000	-113.534
6	33.300			-730.596	123.502	535.000	-21000.000	73.060	-111.440	100.000	-111.440
7	28.300			-767.195	116.438	535.000	-21000.000	76.719	-105.081	99.101	-105.066
8	28.000			-769.595	115.857	535.000	-21000.000	76.959	-104.575	98.671	-104.542
9	23.300			-808.623	104.580	535.000	-21000.000	80.862	-95.410	92.854	-94.366
10	18.300			-851.566	88.615	535.000	-21000.000	85.157	-83.407	87.491	-79.961
11	13.300			-895.260	69.596	535.000	-21000.000	89.526	-69.860	82.612	-62.799
12	8.300			-939.885	48.326	535.000	-21000.000	93.988	-54.377	78.775	-43.606
13	3.300			-983.506	45.417	535.000	-21000.000	98.351	-43.877	87.513	-40.981
14	-1.700			-1031.407	28.874	535.000	-21000.000	0.000	12.266	50.000	0.000
15	-6.700			-1092.806	-47.067	535.000	-21000.000	0.000	27.359	50.000	0.000
16	Base joint			-1093.978	-48.642	0.000	-1740.000	0.000	27.661	50.000	0.000

همانطور که مشاهده می شود در همه ترازها تنشهای به دست آمده کمتر از مقدار مجاز می باشد و ضرایب اطمینان به دست آمده از مقادیر آیین نامه ای بیشتر است.

✓ ترکیب بار شماره 7



نتایج تحلیل ترکیب بار شماره 7

CADAM - Results report

Page 5

by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Seismic #1 Combination - Peak accelerations analysis (Stability):

Joint		Safety factors					Resultants over ligament				Final uplift	Rock wedge
ID	U/S elevation (m)	Sliding Peak	Sliding Residual	Overturning toward U/S	Overturning toward D/S	Uplifting	Normal (kN)	Shear (kN)	Moment (kN·m)	Position % of joint	Uplift (kN)	Resistance (kN)
1	57.000	9.52099	6.66667	53.33333	> 100	> 100	-188.35	-28.25	-14.1	49.06250	0.00	0.000
2	53.300	9.52099	6.66667	11.34752	> 100	> 100	-885.25	-132.79	-312.1	45.59375	0.00	0.000
3	48.300	10.74197	7.52161	5.55922	> 100	> 100	-1827.01	-242.90	-1248.2	41.46036	0.00	0.000
4	43.300	10.24937	7.17669	4.12570	> 100	> 100	-2922.16	-407.17	-7066.0	28.84247	0.00	0.000
5	38.300	9.97773	6.98648	4.23705	> 100	> 100	-4536.53	-649.33	-17623.9	25.88609	0.00	0.000
6	33.300	9.58454	6.71117	3.91792	20.42904	20.96297	-6411.59	-955.36	-31754.6	26.55228	321.17	0.000
7	28.300	10.32057	7.22654	3.38857	9.20859	9.18964	-8503.41	-1176.69	-50292.0	27.36912	1038.31	0.000
8	28.000	10.40441	7.28524	3.36574	8.94032	8.93332	-8640.65	-1186.05	-51561.9	27.42591	1089.16	0.000
9	23.300	12.31401	8.62236	3.09176	6.30621	6.47846	-10963.91	-1271.57	-73820.8	28.38195	2001.28	0.000
10	18.300	15.97476	11.18565	2.91470	4.99358	5.29683	-13793.09	-1233.11	-102428.6	29.46172	3210.06	0.000
11	13.300	23.06658	16.15139	2.80255	4.25438	4.64353	-16995.85	-1052.28	-136276.3	30.52364	4664.67	0.000
12	8.300	43.43553	30.41388	2.72772	3.78278	4.23426	-20586.38	-676.87	-175625.5	31.52655	6365.10	0.000
13	3.300	> 100	> 100	2.48074	3.35940	3.70130	-24011.48	-116.07	-224703.9	31.71954	8888.88	0.000
14	-1.700	87.54718	61.30120	2.23481	3.00894	3.25099	-27319.03	445.65	-262441.5	32.37331	12136.44	0.000
15	-6.700	44.62684	31.24805	2.16883	2.79087	3.09738	-31061.55	994.03	-258842.3	34.70971	14809.67	0.000
16	Base joint	55.28843	30.98152	2.16769	2.78700	3.09487	-31136.40	1005.00	-258742.4	34.75236	14863.13	0.000
	Required:	1.700	1.000	1.100	1.100	1.100						

CADAM - Results report

Page 4

by Martin Leclerc, M. Ing., Research Engineer
NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Structural Safety of Concrete Dams
École Polytechnique de Montréal, Canada

Seismic #1 Combination - Peak accelerations analysis (Stresses):

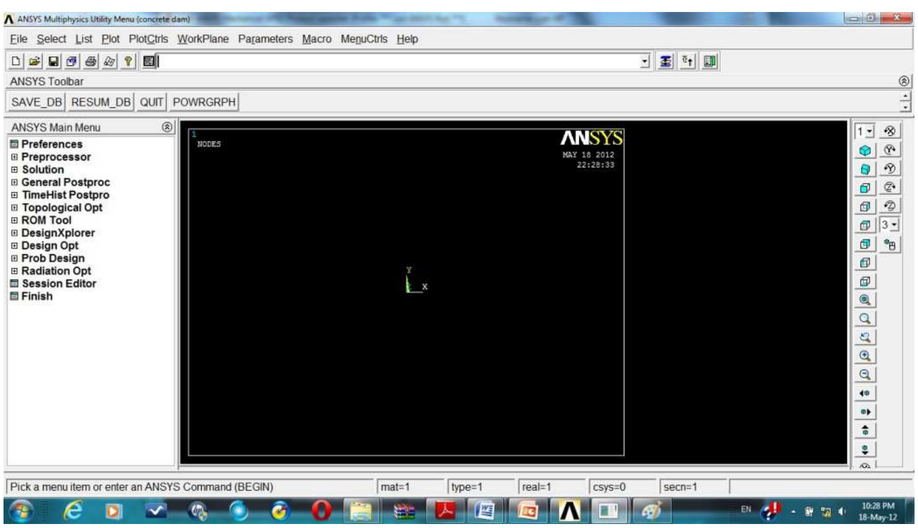
Joint		Cracking		Normal stresses		Allowable normal stress		Shear stresses over the ligament			
ID	U/S elevation (m)	Upstream (%) of joint	Downstream (%) of joint	Upstream (kPa)	Downstream (kPa)	Tension (kPa)	Compression (kPa)	Upstream (kPa)	Maximum (kPa)	Maximum at (% of joint)	Downstream (kPa)
1	57.000			-24.868	-22.220	535.000	-21000.000	0.000	-5.297	50.000	0.000
2	53.300			-139.912	-81.402	535.000	-21000.000	0.000	-24.898	50.000	0.000
3	48.300			-345.392	-111.362	535.000	-21000.000	0.000	-45.544	50.000	0.000
4	43.300			-580.258	68.894	535.000	-21000.000	0.000	-62.166	100.000	-62.166
5	38.300			-688.998	125.823	535.000	-21000.000	68.900	-113.534	100.000	-113.534
6	33.300			-730.596	123.502	535.000	-21000.000	73.060	-111.440	100.000	-111.440
7	28.300			-767.195	116.438	535.000	-21000.000	76.719	-105.081	99.101	-105.066
8	28.000			-769.595	115.857	535.000	-21000.000	76.959	-104.575	98.671	-104.542
9	23.300			-808.623	104.580	535.000	-21000.000	80.862	-95.410	92.854	-94.366
10	18.300			-851.566	88.615	535.000	-21000.000	85.157	-83.407	87.491	-79.961
11	13.300			-895.260	69.596	535.000	-21000.000	89.526	-69.860	82.612	-62.799
12	8.300			-939.885	48.326	535.000	-21000.000	93.988	-54.377	78.775	-43.606
13	3.300			-983.506	45.417	535.000	-21000.000	98.351	-43.877	87.513	-40.981
14	-1.700			-1031.407	28.874	535.000	-21000.000	0.000	12.266	50.000	0.000
15	-6.700			-1092.806	-47.067	535.000	-21000.000	0.000	27.359	50.000	0.000
16	Base joint			-1093.978	-48.642	0.000	-1740.000	0.000	27.661	50.000	0.000

همانطور که مشاهده می شود در همه ترازها تنشهای به دست آمده کمتر از مقدار مجاز می باشد و ضرایب اطمینان به دست آمده از مقادیر آیین نامه ای بیشتر است.

❖فصل سوم:تحلیل سدبتنی وزنی با استفاده از نرم افزار ansys

این نرم افزار بر پایه اجزا محدود کار می کند. می توان در آن هندسه های پیچیده را مدل کرد و خواص ماده را وارد کنیم، مش بندی کنیم و در نهایت نرم افزار به روش اجزا محدود کار تحلیل را انجام می دهد. در این پروژه سدی که هندسه آن در قسمت بالا به دست آمده یک بار بدون در نظر گرفتن پی و یک بار با در نظر گرفتن پی در نرم افزار ansys مدل می شود و تحلیل می گردد.لازم به ذکر است که نیروها و ترکیبات بار همانند قسمت قبل است. در ادامه روند مدلسازی در نسخه 13 این نرم افزار ارائه می شود.

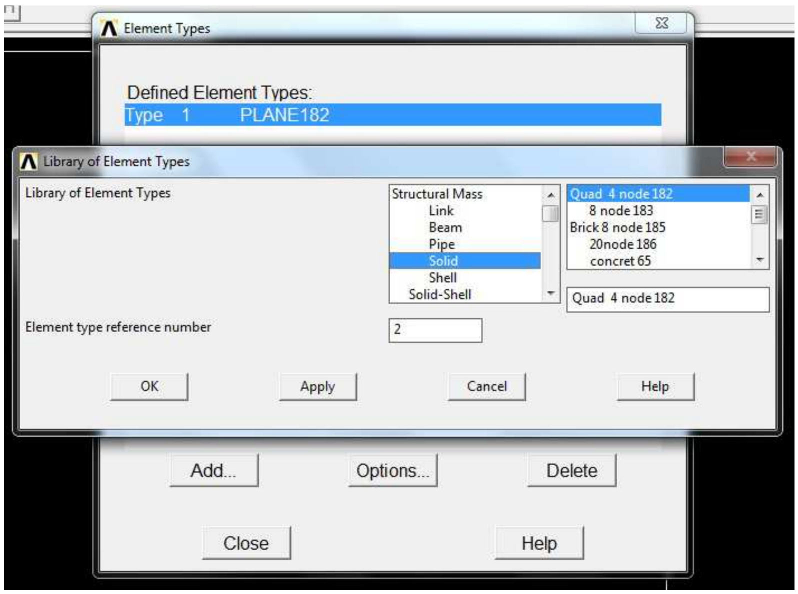
وقتی که نرم افزار ansys را اجرا می کنیم با پنجره زیر مواجه می شویم. همانطور که ملاحظه می شود تمام منوها در قسمت چپ صفحه قرار می گیرند و تمام کارها را با همین منوها باید انجام دهیم.



❖ تعیین نوع المانها

>>>> Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delete

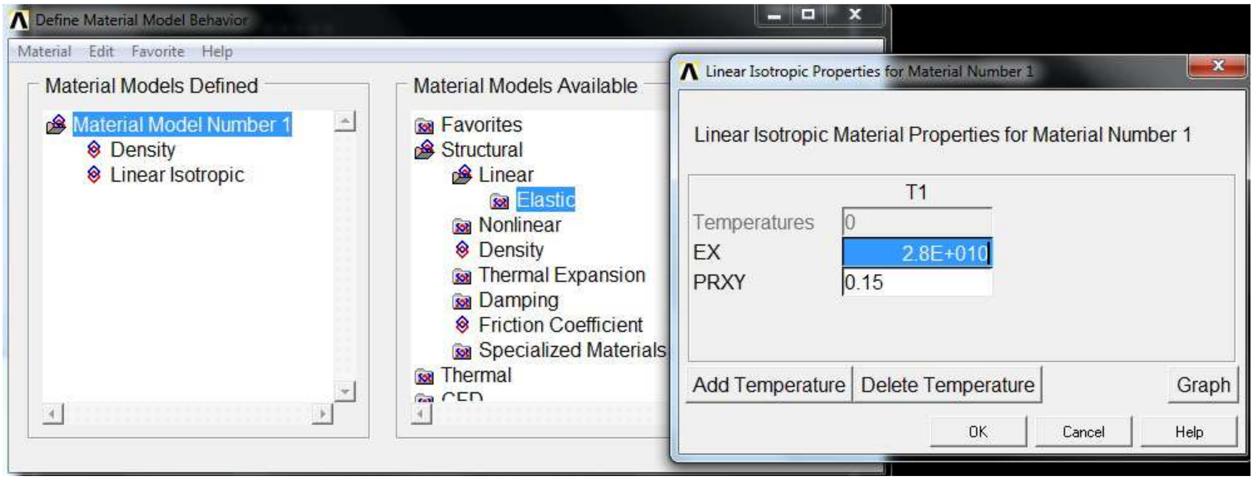
در پنجره باز شده بر روی گزینه addکلیک کرده ودر پنجره باز شده در کادر سمت چپ solid و در کادر سمت راست quad 4node 182 را انتخاب می کنیم. بدین صورت ما المان 4 گرهی را برای هندسه سد در نظر گرفته ایم.



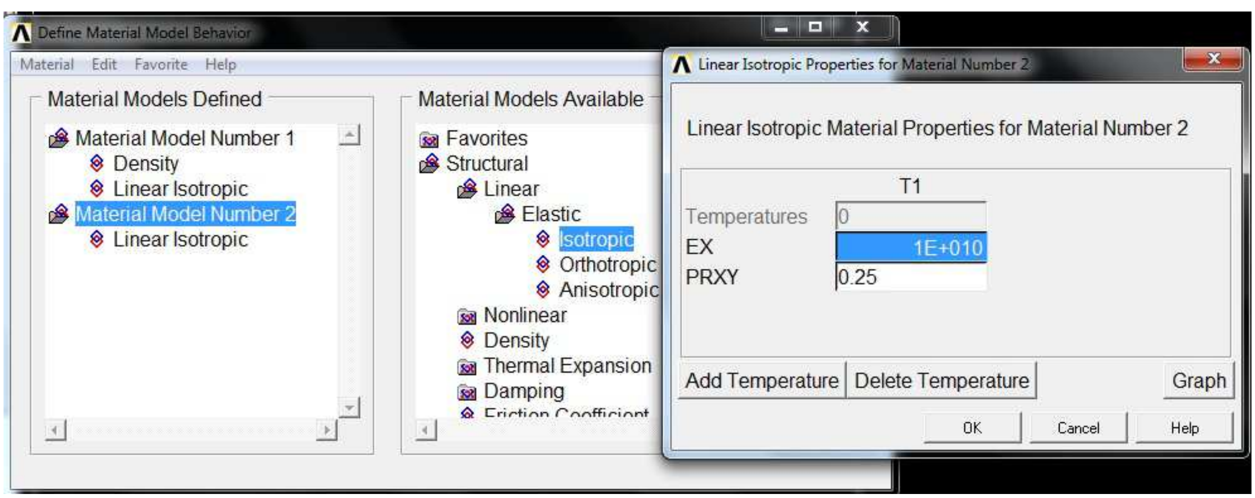
❖ تعیین خصوصیات ماده

>>>> Preprocessor > Material Props > Material Models

در قسمت سمت چپ پنجره باز شده می توانیم شماره ماده ها و نام آنها را وارد کنیم.برای تعریف خصوصیات مواد از قسمت سمت راست پنجره استفاده می کنیم.برای تعریف بتن بدنه سد مسیر >>>structural>linear>elastic>isotropic را طی می کنیم و پنجره ای باز می شود که در قسمت Ex ضریب ارتجاعی بتن و در قسمت PRXY ضریب پواسون بتن را وارد می کنیم.بعد از ok کردن قسمت nonlinear>density انتخاب می کنیم و در جلوی DENS وزن مخصوص بتن را بر حسب kg/m^3 وارد می کنیم.

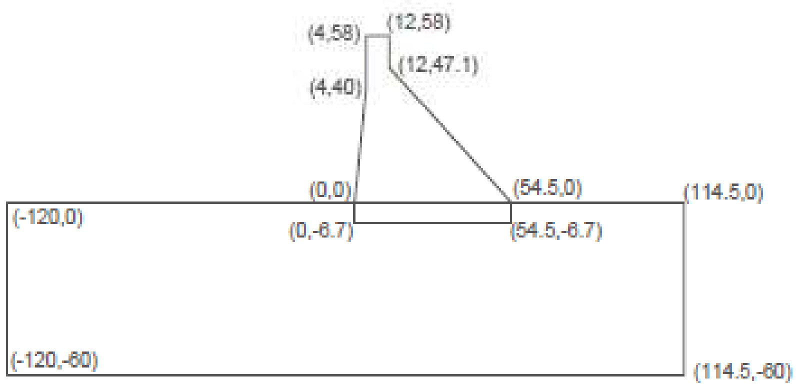


برای تعریف مصالح پی از نوار بالایی پنجره اول >>>material>new model را انتخاب می کنیم و در سمت چپ پنجره ماده material model number 2 نمایش داده می شود.روی آن کلیک می کنیم و مسیر >>>structural>linear>elastic>isotropic را طی می کنیم و در قسمت EX مدول الاستیسیته مصالح پی و در قسمت PRXY ضریب پواسون مصالح پی را وارد می کنیم.به دلیل این که از تحلیل خطی اجزای محدود استفاده می کنیم می توان از وزن پی صرف نظر کرد تا از به وجود آمدن تغییر شکلها و تنشهای غیر واقعی اضافی ناشی از وزن پی جلوگیری شود. بنابراین در قسمت DENSITY عددی وارد نمی کنیم.

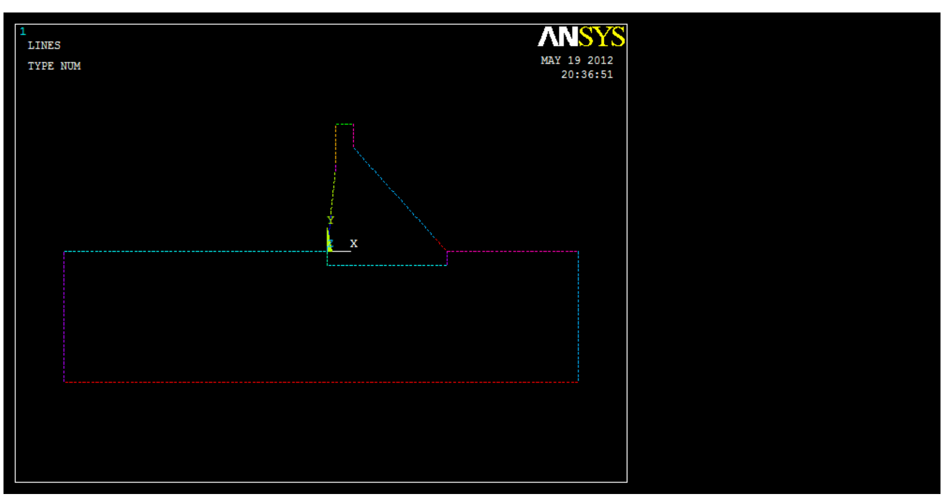


❖ **مدلسازی هندسه سد و پی**

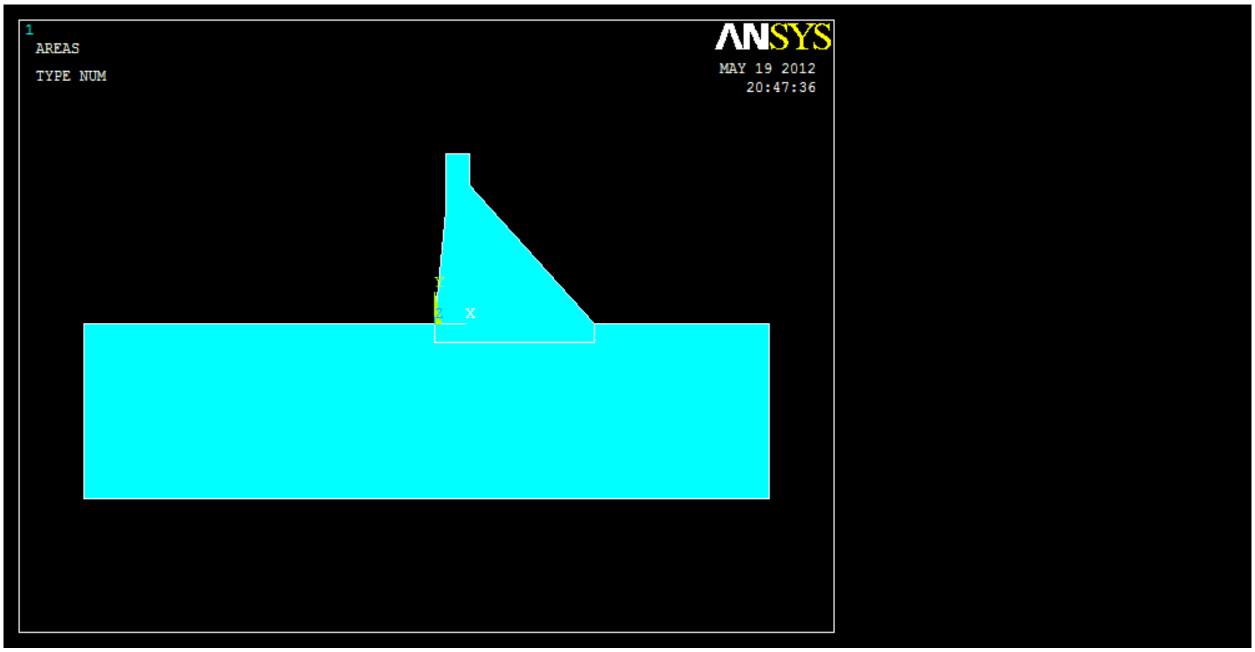
در قدم اول برای تعریف هندسه سد ما باید نقاط کلیدی را به برنامه معرفی کنیم برای این کار از مسیر MODELING>CREAT> KEYPOINT>IN ACTIVE CS<<< اقدام می کنیم.پنجره ای برای ما باز می شود که می توانیم مختصات نقاط کلیدی را به آن بدهیم. در شکل زیر این نقاط نشان داده شده اند.توجه شود که ترازهای سرآب و پایاب هم به عنوان نقاط کلیدی باید معرفی شوند و چون در همه ترکیب بار این ترازها یکسان نیستند بنابراین برای ترازهای متفاوت باید هندسه های جدا تعریف کنیم.



بعد از تعریف نقاط وارد قسمت CRAET>LINES>STRAIGHT LINES<<< می شویم و نقاط را با کلیک روی هر نقطه و کشیدن موس به طرف نقطه دیگر به هم وصل می کنیم.



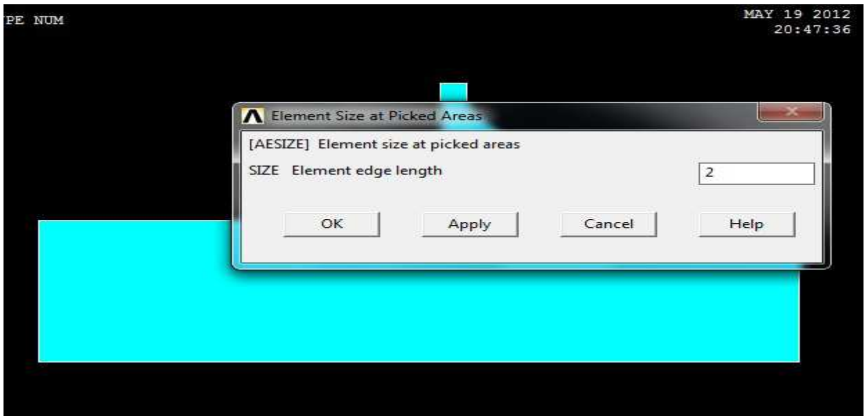
بعد از ترسیم خطوط حال باید برای این خطوط بسته مساحت تعریف کنیم. برای این کار مسیرCREAT>AREAS>ARBITRARY>BY LINES<<< را انتخاب می کنیم و بعد از آن روی خطوط بدنه سد کلیک می کنیم و آنها را انتخاب می کنیم و پس از انتخاب خطوط OK را در پنجره باز شده می زنیم و به این ترتیب برای بدنه سد مساحتی اختصاص داده می شود.همه موارد بالا را عینا برای خطوط پی انجام می دهیم تا به پی هم مساحتی داده شود.



بعد از تعریف مساحتها از طریق MODELING>OPERATE>BOOLEANS>GLUE>AREAS<<< بدنه سد و پی را انتخاب کرده و آنها را به هم می چسبانیم.

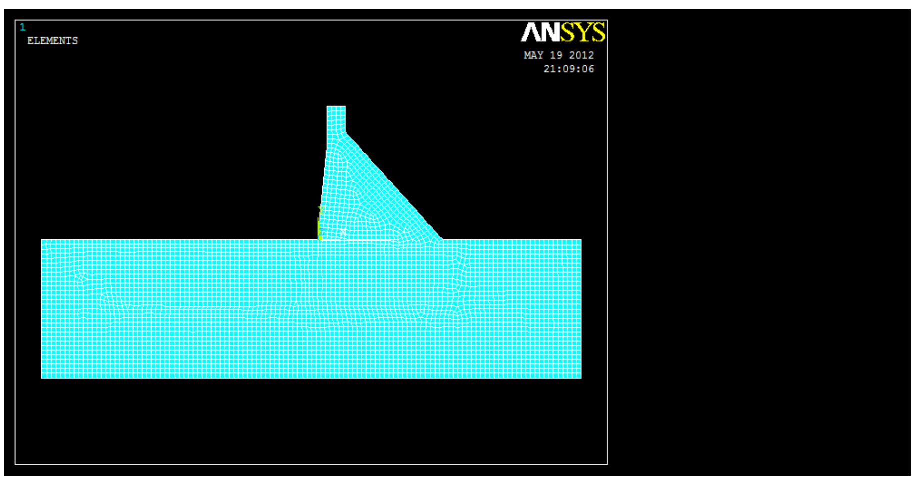
❖ مش بندی سطوح

مسیر MESHING>MESH TOOL<<< را طی می کنیم. پنجره ای باز می شود.در قسمت بالای پنجره گزینه SET را انتخاب می کنیم و MATERIAL NUMBER=1 را انتخاب می کنیم تا مصالح بدنه سد انتخاب شود.در قسمت SMART SIZEمی توانیم درشتی و ریزی شبکه را با اعداد بین 1 تا 6 تعیین کنیم (1 ریزترین و 6 درشت ترین).در قسمت SIZE CONTROLS روبروی AREASگزینه SET را انتخاب می کنیم و در پنجره باز شده عدد 2 را وارد می کنیم.



بعد از آن گزینه MESHرا می زنیم ، سطح را انتخاب می کنیم و OK را می زنیم تا مش بندی انجام شود.

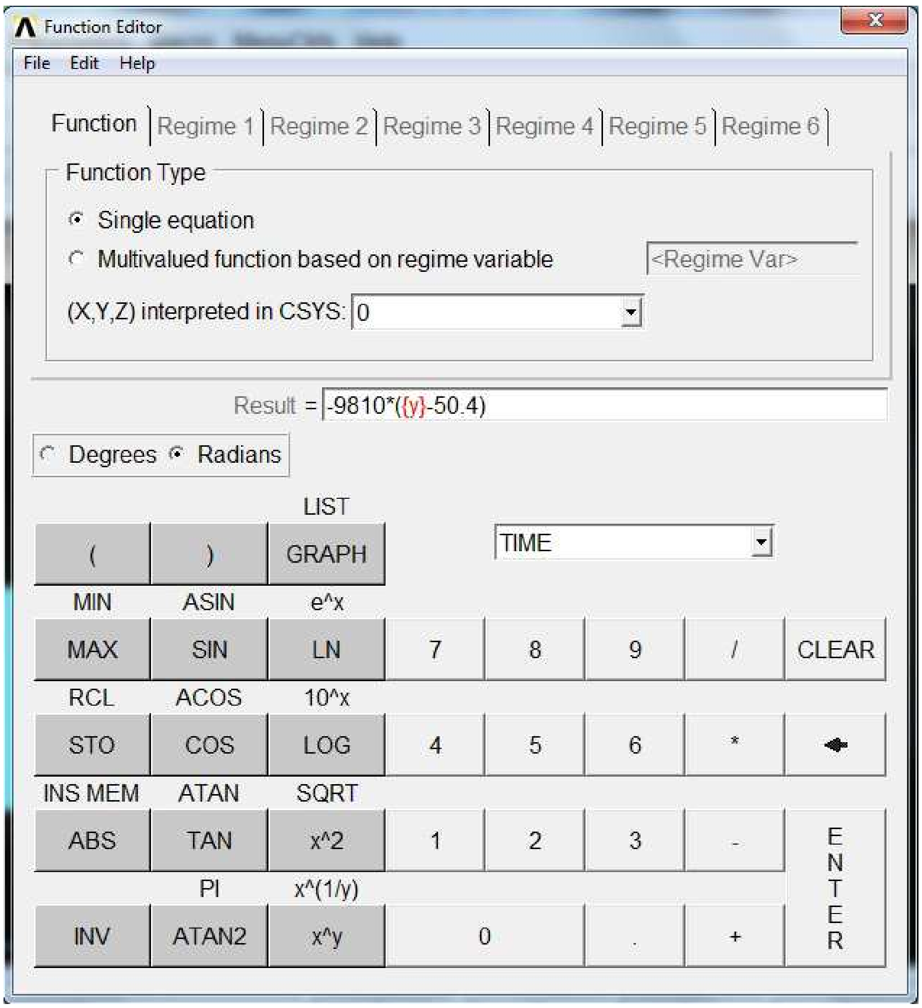
برای مش بندی پی هم باید عینا همان کارهای بالا انجام شود منتهی باید خواص مصالح شماره2 انتخاب شود یعنی در قسمت ELEMENT TYPE NUMBER=2 را انتخاب می کنیم.



❖ وارد کردن بارها و نیروها

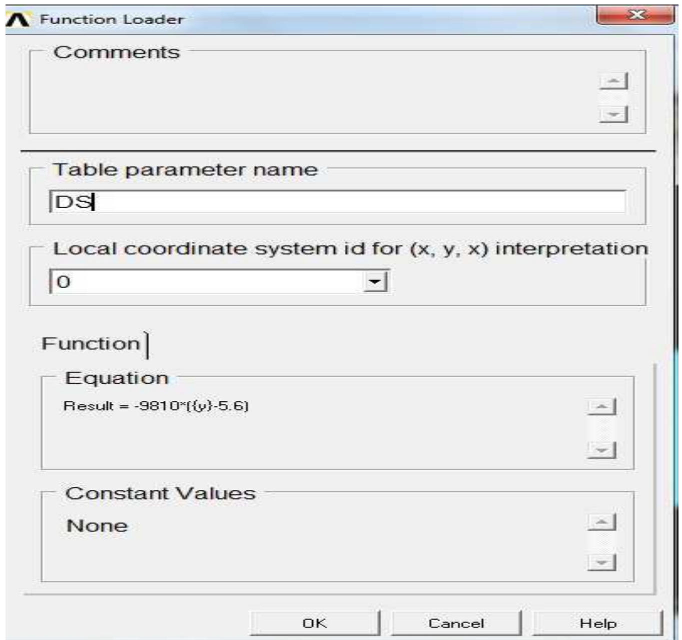
برای بار گذاری باید ابتدا نیروها و فشارهای مورد نظر را تعریف کنیم.برای این کار ما باید فشار سرآب ؛ فشار پایاب ؛ فشار UPLIFT ؛ فشار رسوبات و فشار هیدرودینامیکی وستر گارد را با

استفاده از توابعی که مقدار این بارها را در هرتراز به ما بدهد به برنامه معرفی کنیم. برای این کار از مسیر PARAMETERS>FUNCTION>DEFINE/EDIT<<< اقدام می کنیم.پس از آن با پنجره ای به شکل زیر مواجه می شویم که در قسمت RESULT آن تابع را وارد می کنیم و بعد آن را SAVE می کنیم. توجه شود که در هنگام نوشتن تابع در قسمت RESULTS متغیر باید در داخل علامت {} قرار گیرد.



بعد از این که تمام توابع بارها را به برنامه معرفی کردیم از طریق PARAMETERS>FUNCTION>READ FROM FILE<<< آنها را فراخوانی می کنیم و

در پنجره باز شده در قسمت TABLE PARAMETR NAMEنام بارها را وارد می کنیم و OK را می زنیم.



جداول زیر توابع مربوط به هر بار در ترکیب بار مورد نظر را نمایش می دهد.

شماره ترکیب بار	فشار هیدرو استاتیکی سرآب	فشار هیدرو استاتیکی پایاب	فشار UPLIFT
1	سر آب را در نظر نمیگیریم	پایاب را در نظر نمیگیریم	UPLIFT را در نظر نمیگیریم
2	$-9810 \times (Y - 36.4)$	$-9810 \times (Y - 5.6)$	$-5544X + 357084$
3	$-9810 \times (Y - 50.4)$	$-9810 \times (Y - 14)$	$-6552X + 494424$
4	سر آب را در نظر نمیگیریم	پایاب را در نظر نمیگیریم	UPLIFT را در نظر نمیگیریم
5	$-9810 \times (Y - 36.4)$	$-9810 \times (Y - 5.6)$	$-5544X + 357084$
6	$-9810 \times (Y - 36.4)$	$-9810 \times (Y - 5.6)$	$-5544X + 357084$
7			

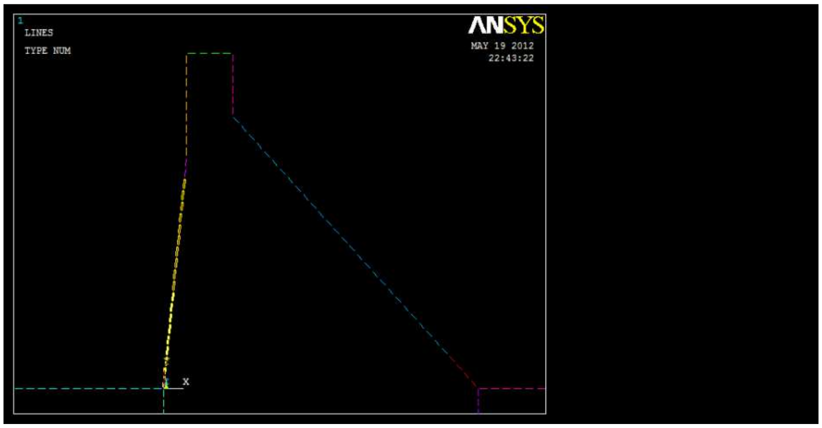
شماره ترکیب بار	فشار رسوبات	فشار هیدرودینامیکی وسترگارد
1	رسوبات را در نظر نمی گیریم	زلزله را در نظر نمی گیریم
2	$-8000 \times (Y - 16.8)$	زلزله را در نظر نمی گیریم
3	$-8000 \times (Y - 16.8)$	زلزله را در نظر نمی گیریم
4	رسوبات را در نظر نمی گیریم	سرآب را در نظر نمی گیریم
5	$-8000 \times (Y - 16.8)$	$858.375 \times \sqrt{36.4 \times (36.4 - Y)}$
6	$-8000 \times (Y - 16.8)$	$1287.5 \times \sqrt{36.4 \times (36.4 - Y)}$
7	$-8000 \times (Y - 16.8)$	زلزله را در نظر نمی گیریم

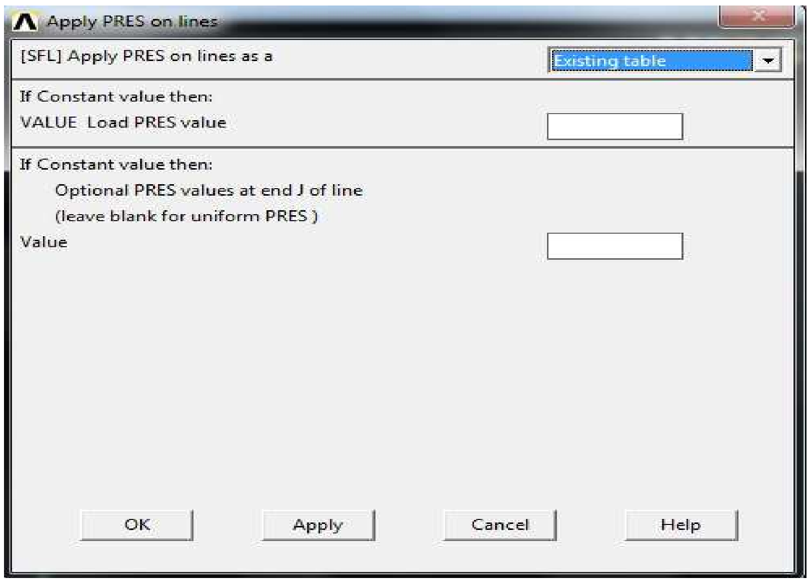
❖اعمال بار

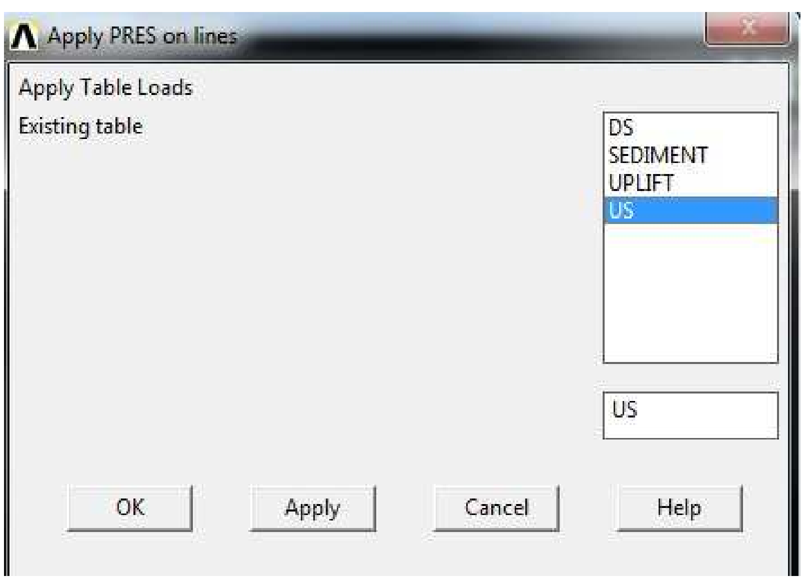
برای اعمال بارهای بالا یعنی فشار سرآب ، فشار پایاب، فشار رسوبات ، فشار UPLIFT و فشار هیدرودینامیکی وسترگارد مسیر زیر را طی می کنیم.

>>>DEFINE LOADS>APPLY>STRUCTURAL>PRESSURE>ONLINES

پنجره ای باز می شود، سپس خط مربوط به هر بار را انتخاب می کنیم و APPLYرا می زنیم، بعد از آن پنجره دیگری باز می شود که در آن پنجره در قسمت APPLY PRESSURE ON LINE ، EXISTING TABLEرا انتخاب می کنیم و APPLY را می زنیم سپس از لیست بارهای داده شده که خودمان به برنامه معرفی کردیم بار مورد نظر را انتخاب می کنیم و OK را می زنیم.به این ترتیب بار مورد نظر اعمال می شود. در زیر به صورت تصویری نحوه اعمال فشار سرآب نشان داده شده است.


LINES
TYPE NUM
ANSYS
MAY 19 2012
22:43:22

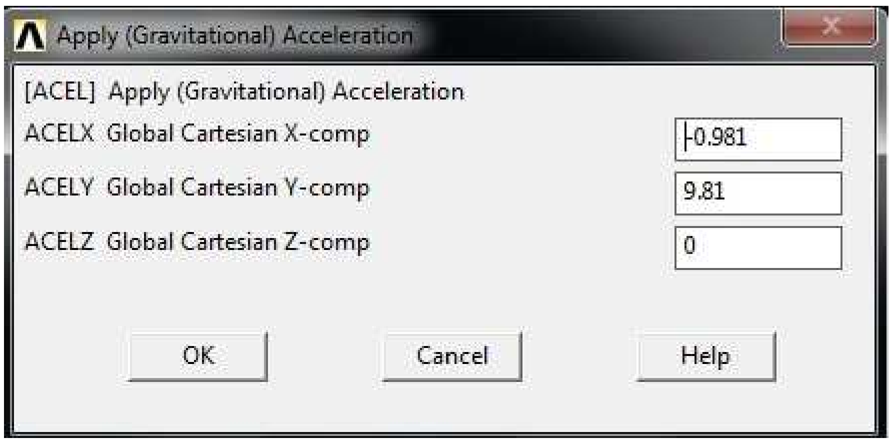

Apply PRES on lines
[SFL] Apply PRES on lines as a
Existing table
If Constant value then:
VALUE Load PRES value
If Constant value then:
Optional PRES values at end J of line
(leave blank for uniform PRES)
Value
OK
Apply
Cancel
Help


Apply PRES on lines
Apply Table Loads
Existing table
DS
SEDIMENT
UPLIFT
US
US
OK
Apply
Cancel
Help

برای اعمال بار وزن و بار زلزله از مسیر زیر اقدام می کنیم.

>>>LOADS>APPLY>STRUCTURAL>INERTIA>GRAVITY>GLOBAL

در قسمت Y-COMP شتاب جاذبه زمین را برابر $9.81 m/S^2$ وارد می کنیم. شتاب زلزله را در قسمت X-COMP وارد می کنیم اگر زلزله در جهت بالا دست باشد شتاب را مثبت و اگر زلزله در جهت پایین دست باشد شتاب را منفی وارد می کنیم.

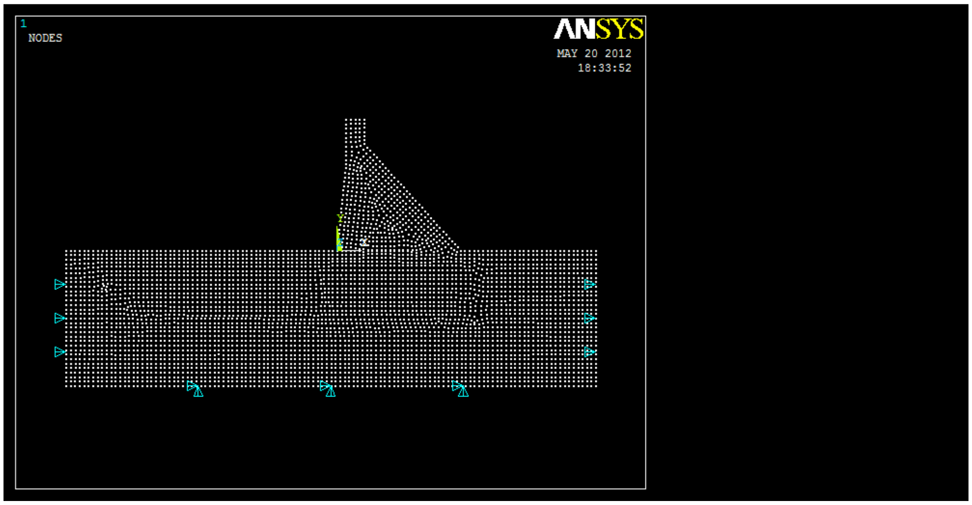


❖ اعمال شرایط مرزی تکیه گاه

شرایط مرزی تکیه گاه شامل فیکس کردن تمام درجات آزادی پی و فیکس کردن درجات آزادی مرزهای چپ و راست پی در جهت افقی می باشد.برای این منظور مسیر زیر را طی می کنیم.

>>>loads>define loads>apply>structural>displacement>on lines

سپس خطوط سمت چپ و راست قلمرو پی را انتخاب می کنیم و پس از تایید در بالای باکس پدید آمده درجه آزادی Ux را انتخاب کرده و apply را می زنیم و سپس خط پایین قلمرو پی را انتخاب می کنیم و پس از تایید درجات آزادی UxوUy را انتخاب کرده و تایید (ok) می کنیم.



❖ تحلیل مدل

قبل از تحلیل مدل باید نوع تحلیل را که استاتیکی می باشد از مسیر زیر تعیین کنیم.

>>>solution>analysis type>new analysis>static

برای تحلیل مدل مسیر زیر را طی می کنیم.

>>>solution>solve>current ls

❖ مشاهده نتایج تحلیل

برای مشاهده نتایج تحلیل بایستی پردازنده General Post Processing را فعال کنیم. بعد از آن به طرق زیر تغییر شکلهای سازه را مشاهده می کنیم.

برای مشاهده شکل تغییر فرم یافته سازه مسیر زیر را طی می کنیم.

>>>general postproc>plot result>deformed shape

برای مشاهده کانتور تغییر شکلهای سازه مسیر زیر را طی می کنیم.

>>>general postproc>plot result>contour plot>nodal solu>dof solu

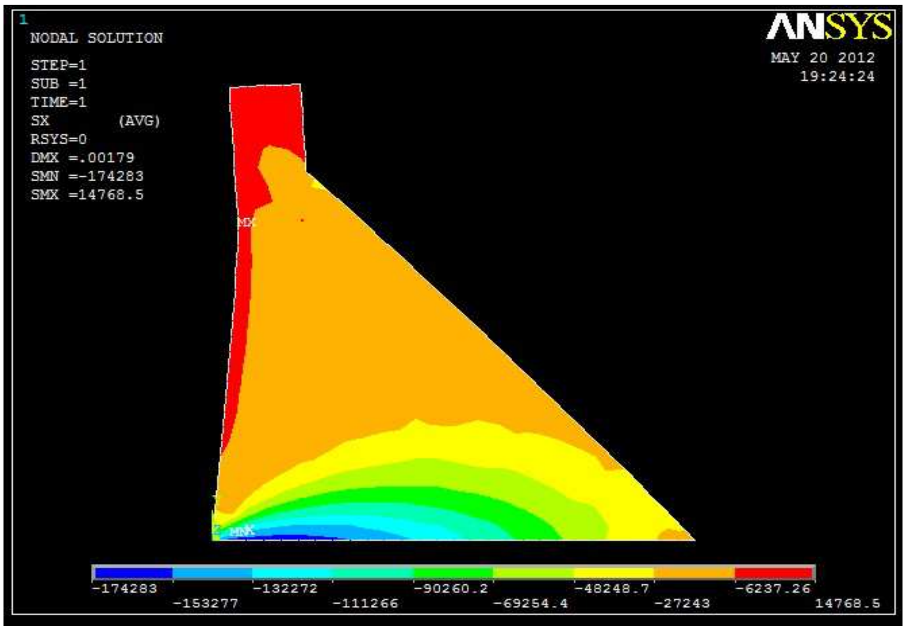
برای مشاهده کانتورهای تنش مسیر زیر را طی می کنیم.

>>>general postproc>plot result>contour plot>nodal solu>stress

❖ نتایج تحلیل سد بدون در نظر گرفتن پی

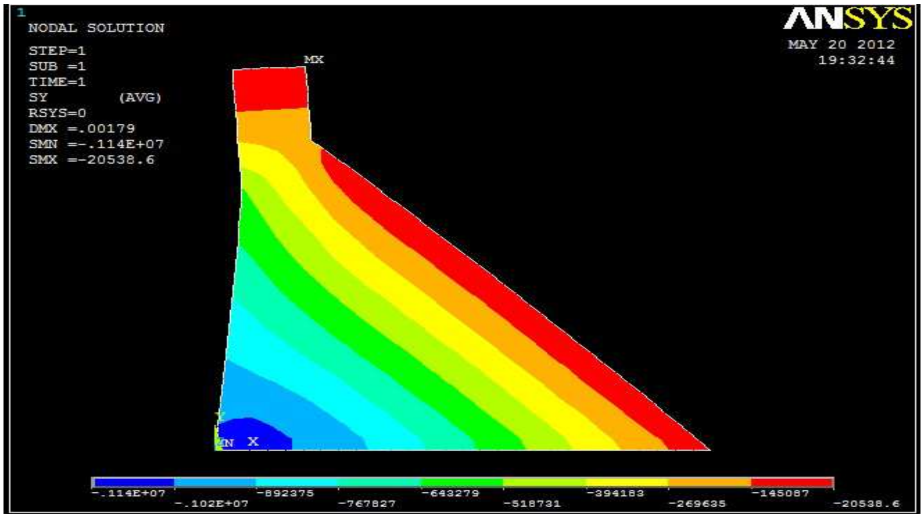
✓ ترکیب بار شماره 1

تنش در راستای x



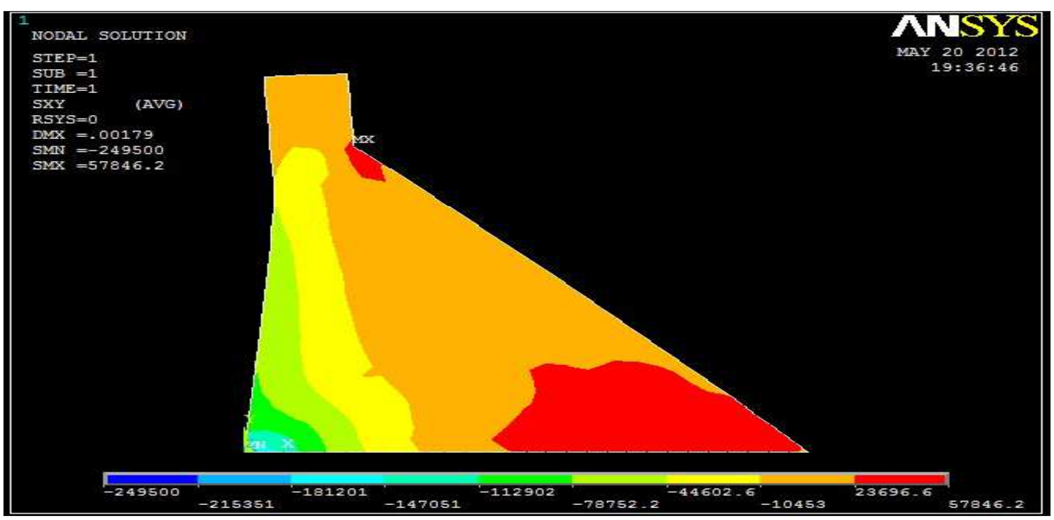
حداکثر تنش فشاری در پاشنه می باشد برابر 0.17mpa است که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.5\,f'c = 17.5mpa$) می باشد.

تنش در راستای y



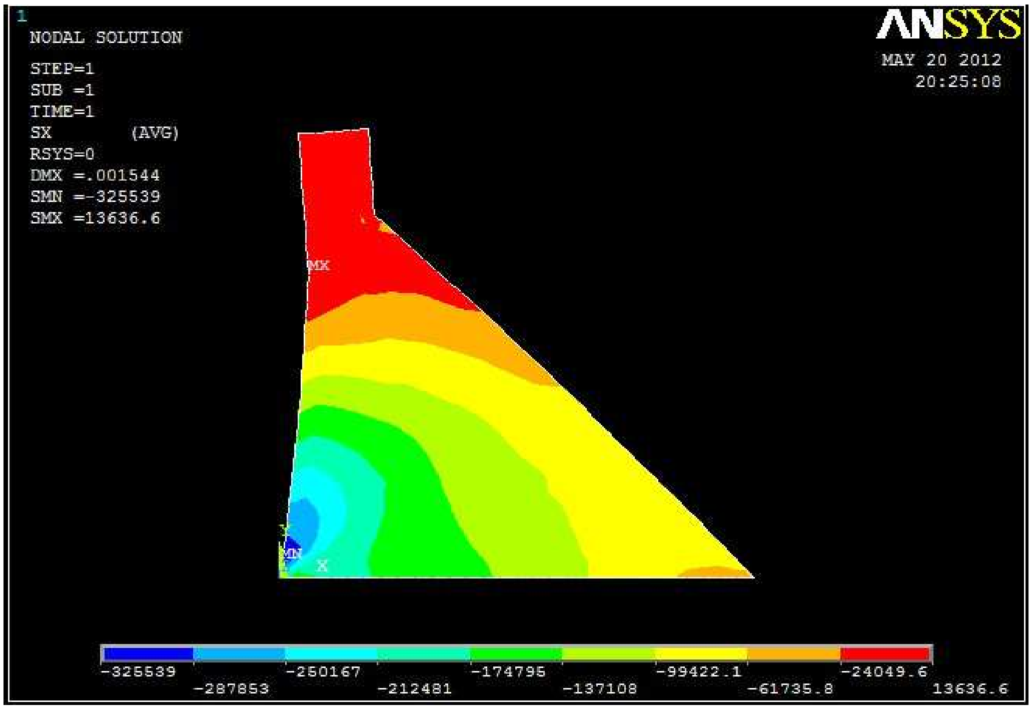
حداکثر تنش فشاری در پاشنه می باشد برابر 1.14mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.5\, f'c = 17.5mpa$) می باشد.

تنش برشی xy



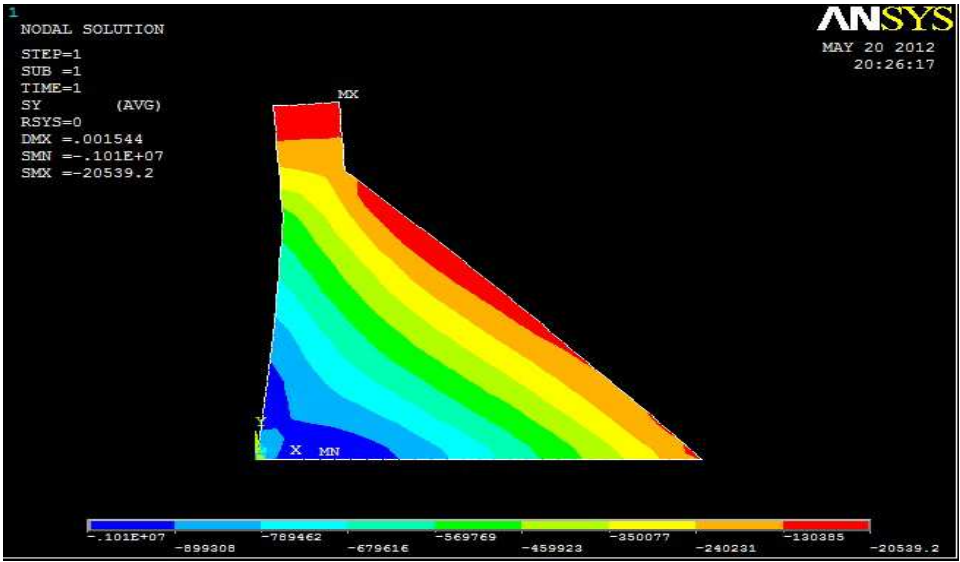
✓ ترکیب بار شماره 2

تنش در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر 0.32mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن $(0.3\ f_c' = 10.5mpa)$ می باشد.

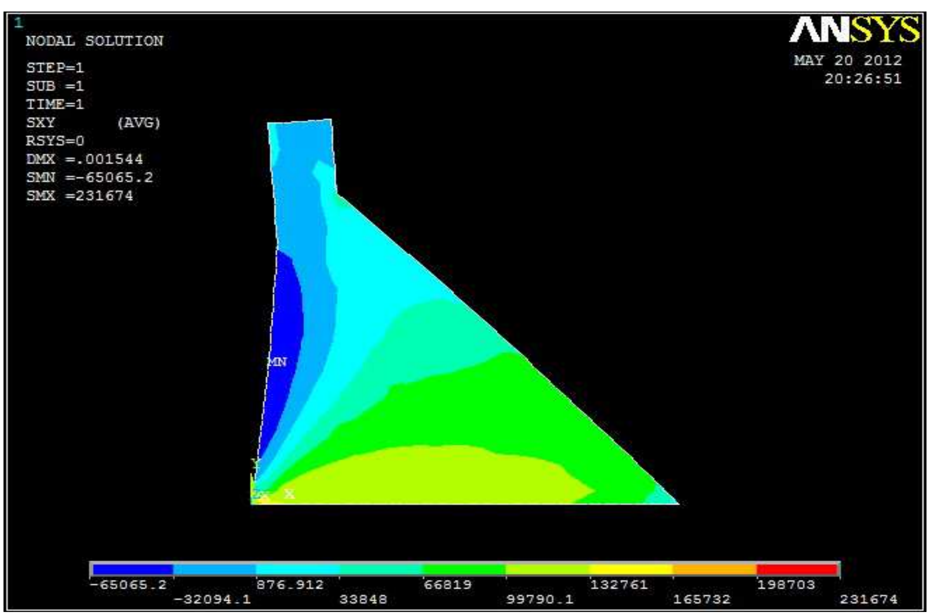
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 1mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن $(0.3\ f_c' =)$ $10.5mpa$ می باشد.

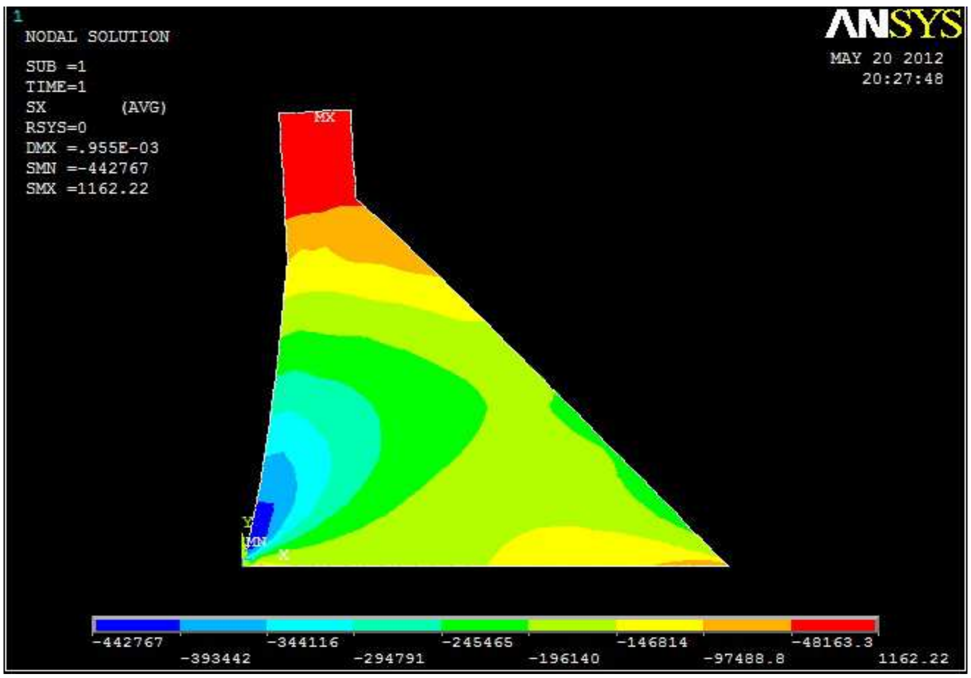
در این حالت تنش کششی نداریم.

تنش برشی xy



✓ ترکیب بار شماره 3

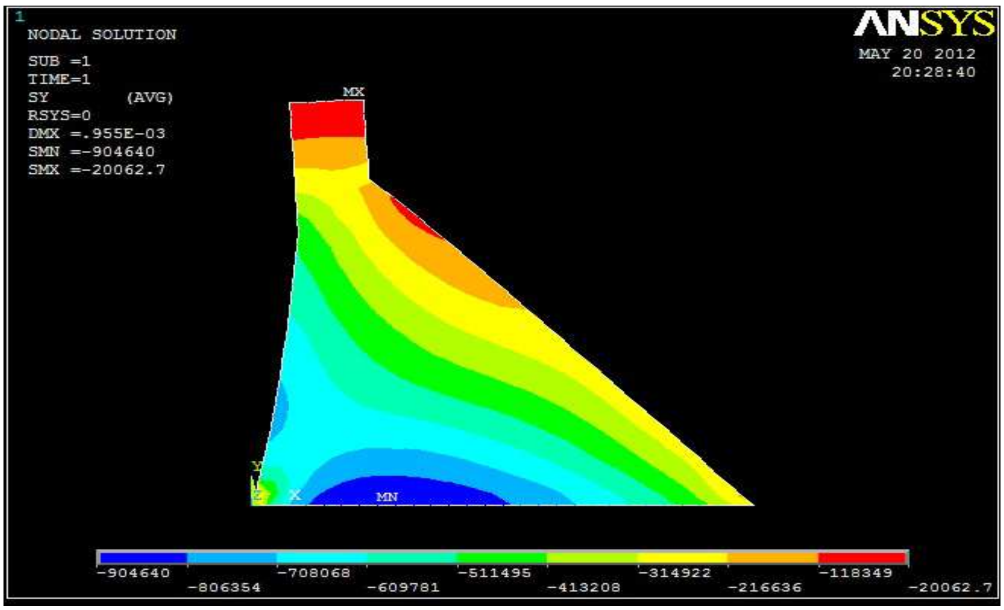
تنش در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر 0.44mpa است که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن $(0.5\ f'c = 17.5mpa)$ می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر 0.0011mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن $(0.6\ f'c^{\frac{2}{3}} = 6.41mpa)$ می باشد.

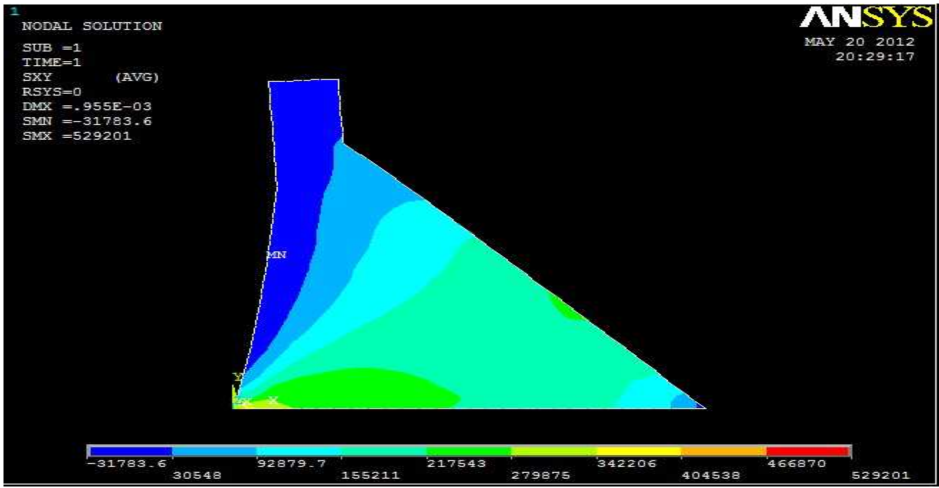
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 0.9mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.5\,f'c = 17.5mpa$) می باشد.

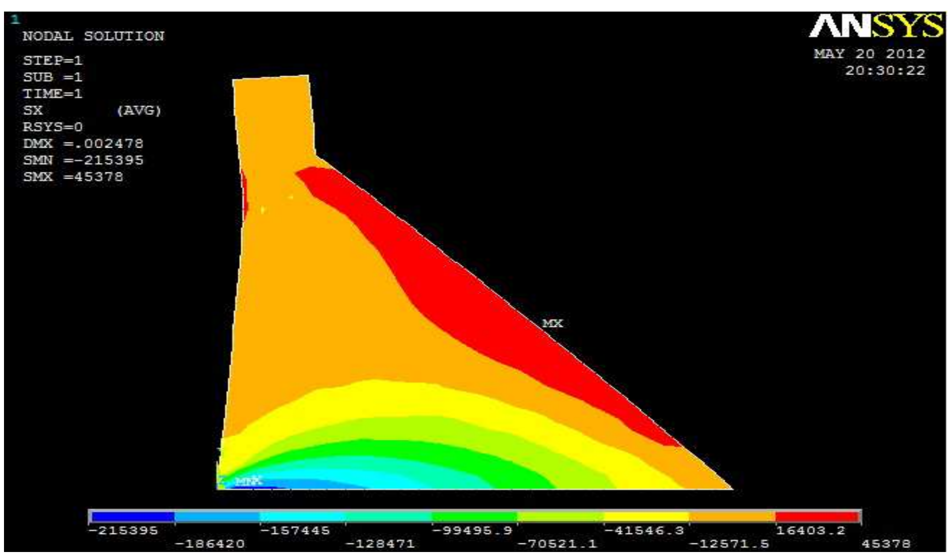
در این حالت تنش کششی نداریم.

تنش برشی xy



✓ **ترکیب بار شماره 4**

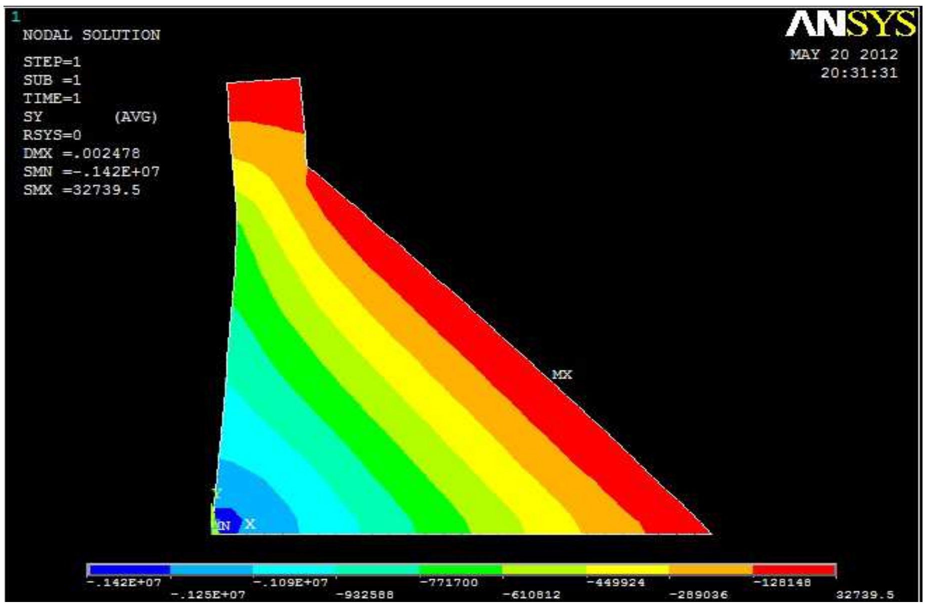
تنش در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر 0.21mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\ f'c = 31.5mpa$) می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر 0.045mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($1.5\ f'c^{\frac{2}{3}} = 16mpa$) می باشد.

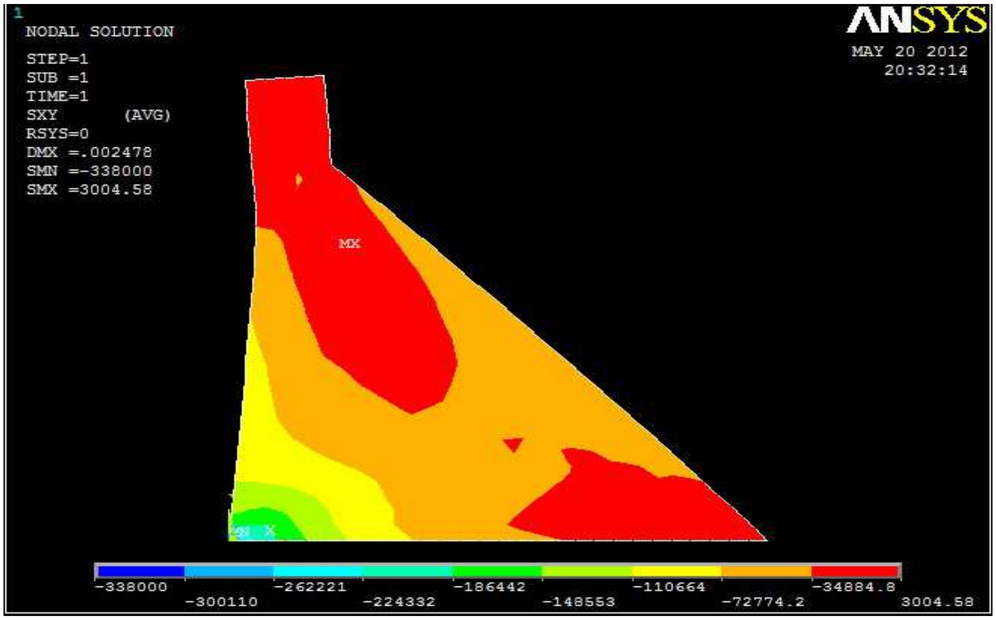
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 1.42mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\ f'c = 31.5mpa$) می باشد.

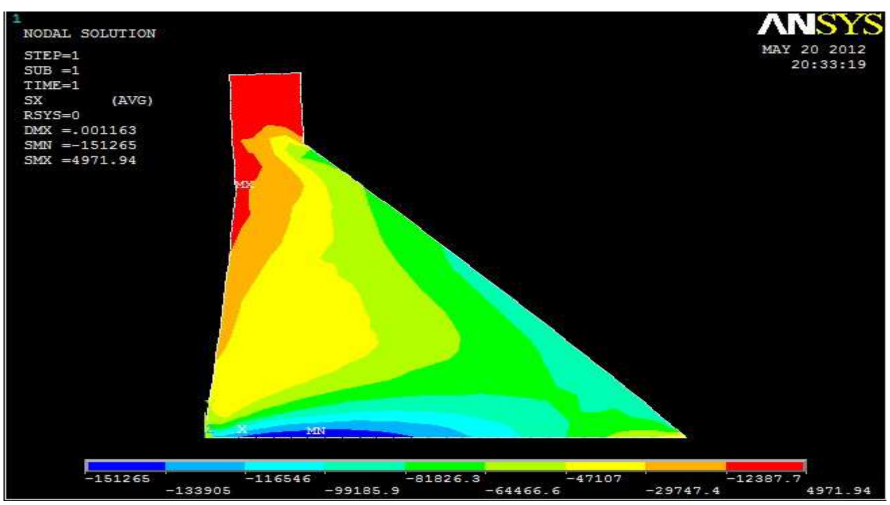
حداکثر تنش کششی برابر 0.032mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($1.5\ f'c^{\frac{2}{3}} = 16mpa$) می باشد.

تنش برشی xy



✓ **ترکیب بار شماره 5**

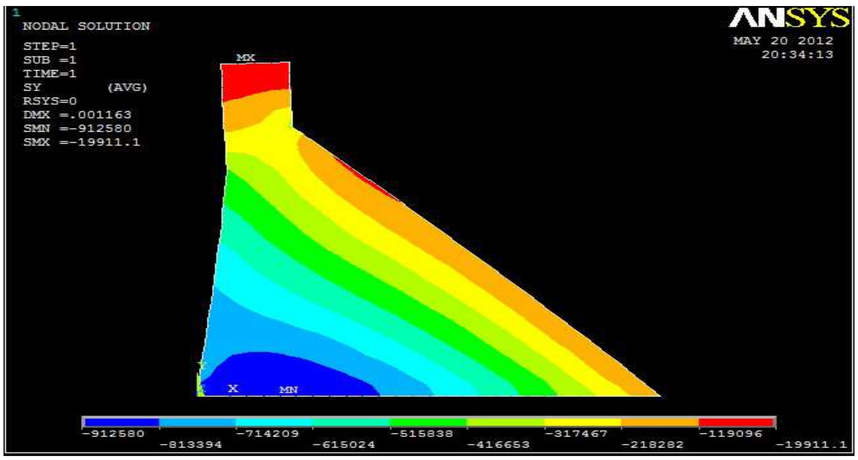
تنش در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر 0.15mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.5\, f'c = 17.5mpa$) می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر 0.005mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($0.6\, f'c^{\frac{2}{3}} = 6.41mpa$) می باشد.

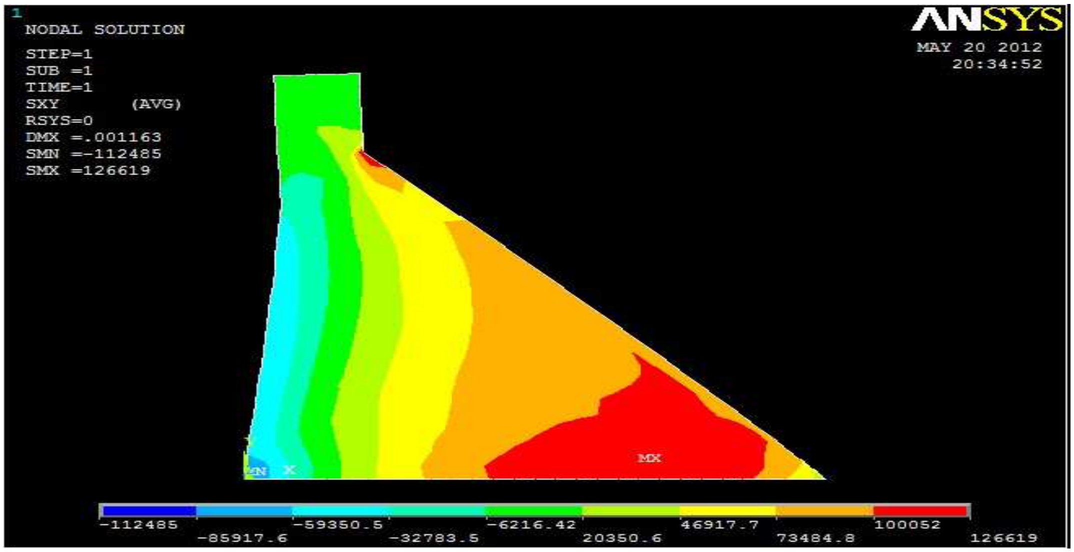
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 0.91mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.5\, f'c = 17.5mpa$) می باشد.

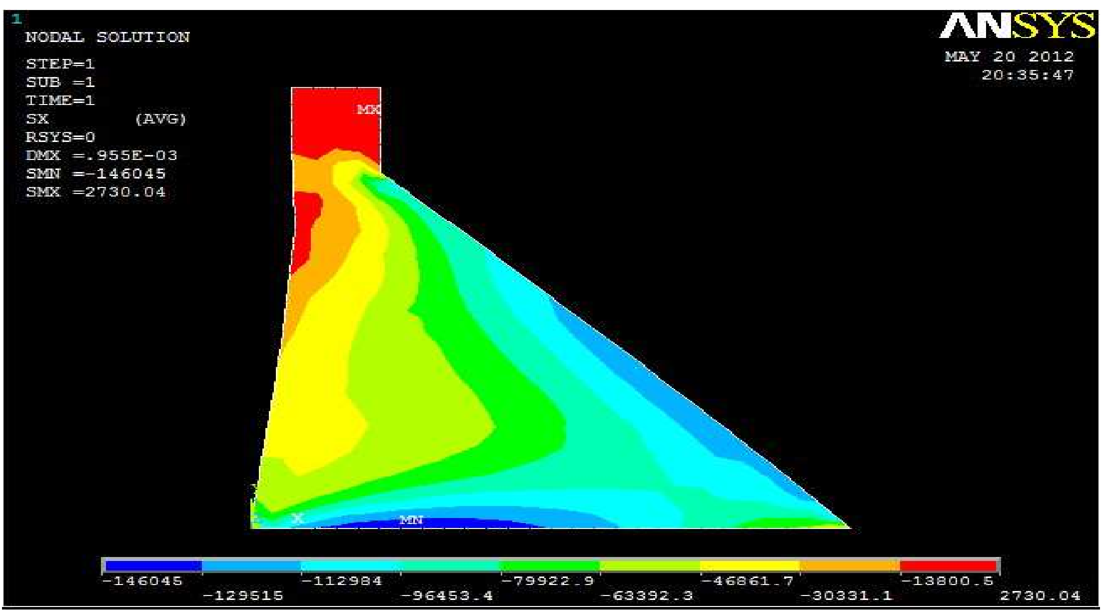
در این حالت تنش کششی نداریم.

تنش برشی xy



✓ **ترکیب بار شماره 6**

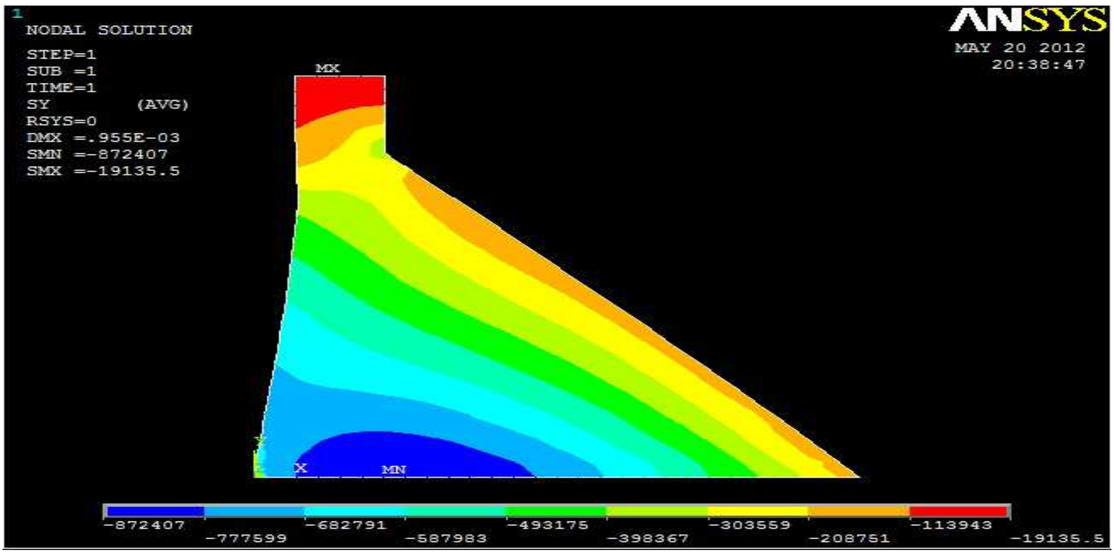
تنش برشی در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر 0.14mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\,f'c = 31.5mpa$) می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر 0.0027mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($1.5\, f'c^{\frac{2}{3}} = 16mpa$) می باشد.

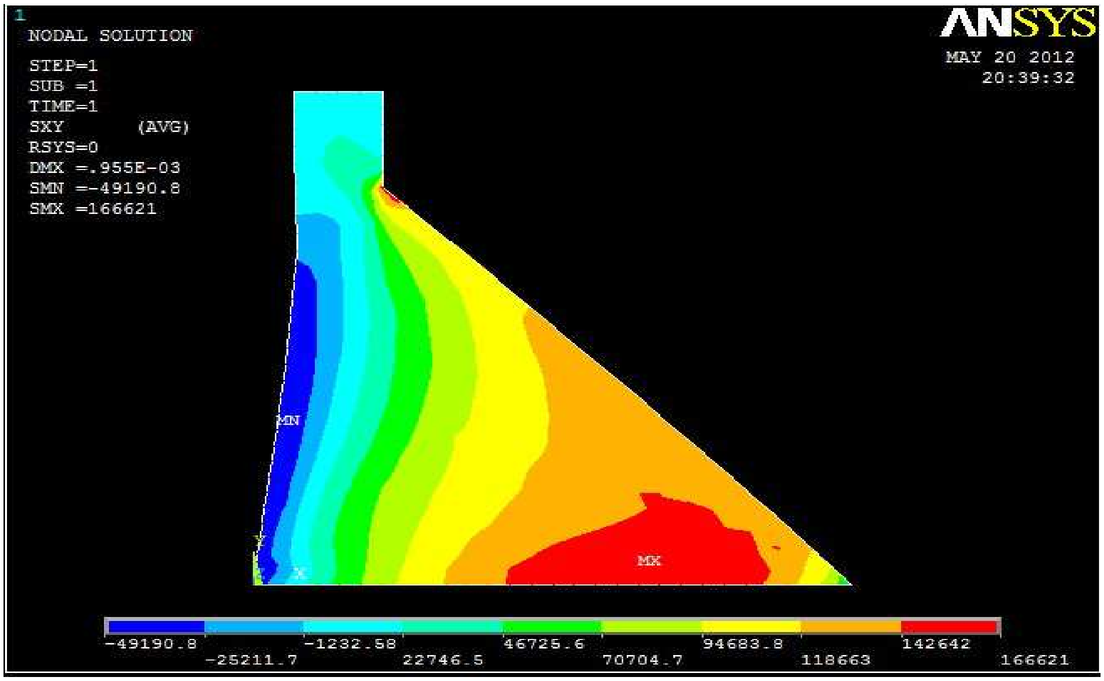
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 0.87mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\, f'c = 31.5mpa$) می باشد.

در این حالت تنش کششی نداریم.

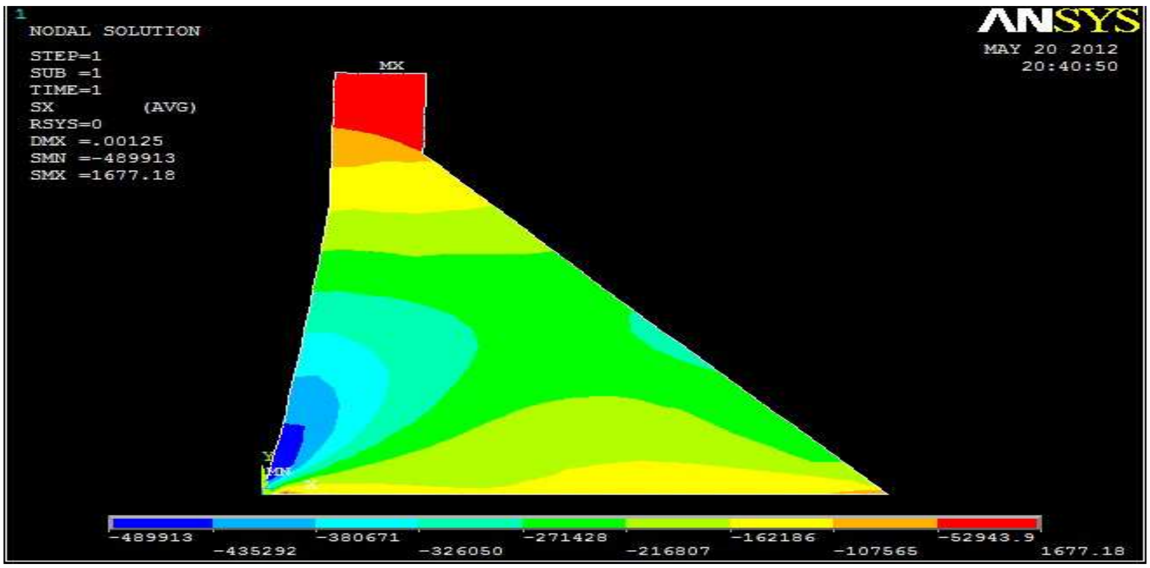
تنش برشی xy



1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SXY (AVG)
RSYS=0
DMX =.955E-03
SMN =-49190.8
SMX =166621
ANSYS
MAY 20 2012
20:39:32
MN
MX
-49190.8
-25211.7
-1232.58
22746.5
46725.6
70704.7
94683.8
118663
142642
166621

- ✓ **ترکیب بار شماره 7**

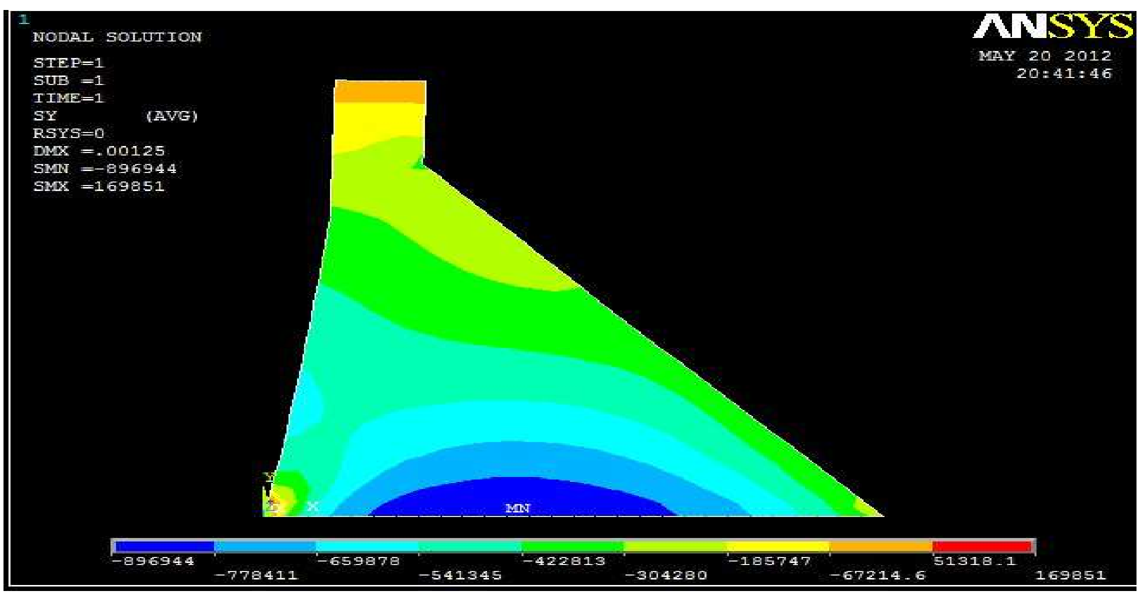
تنش در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر 0.49mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\ f'c = 31.5mpa$) می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر 0.0017mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($1.5\ f'c^{\frac{2}{3}} = 16mpa$) می باشد.

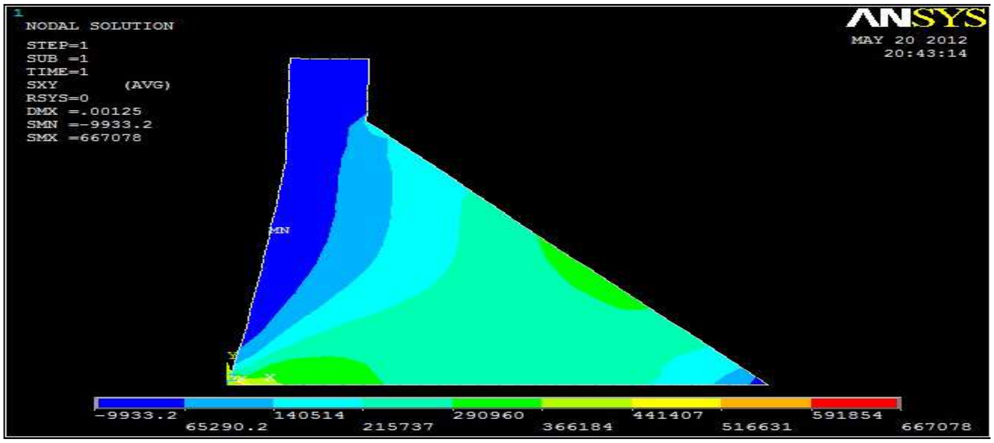
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 0.9mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\ f'c = 31.5mpa$) می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر 0.17mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($1.5\ f'c^{\frac{2}{3}} = 16mpa$) می باشد.

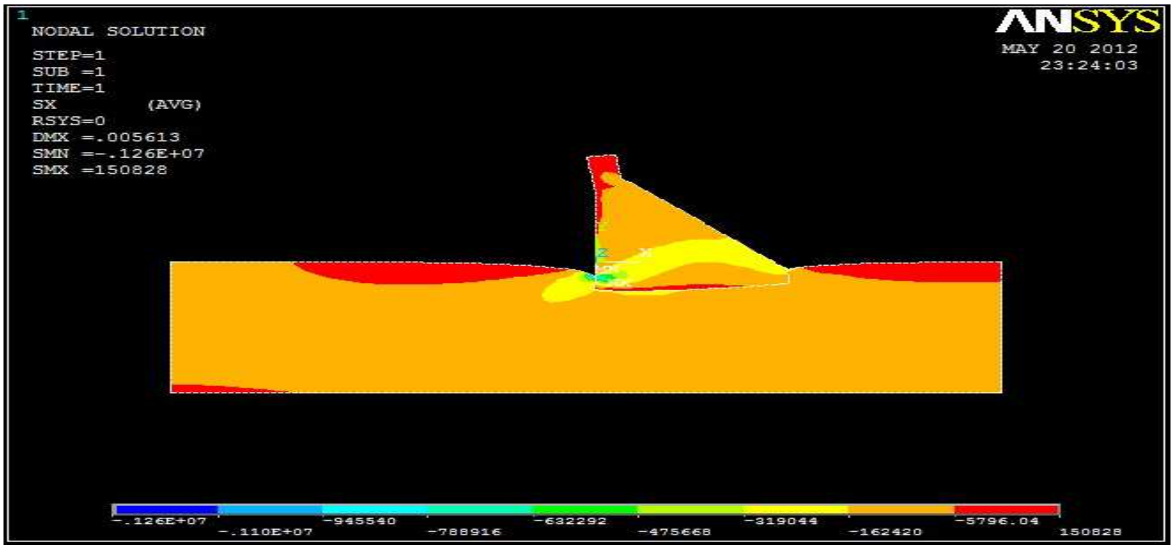
تنش برشی xy


1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SXY (AVG)
RSYS=0
DMX =.00125
SMN =-9933.2
SMX =667078
ANSYS
MAY 20 2012
20:43:14
MN
-9933.2
65290.2
140514
215737
290960
366184
441407
516631
591854
667078

❖ نتایج تحلیل سد با در نظر گرفتن پی

✓ ترکیب بار شماره 1

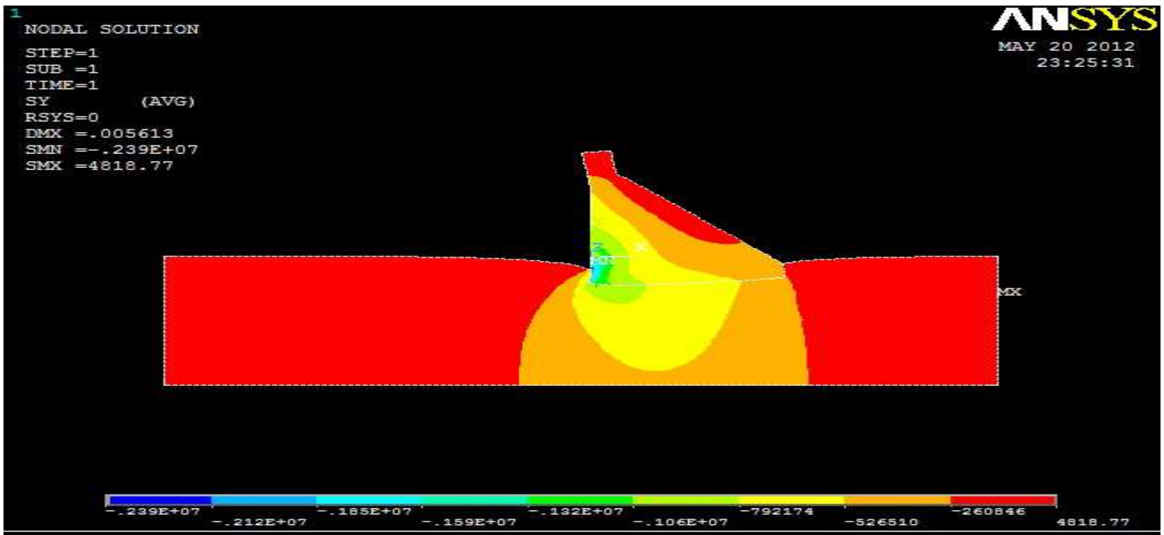
تنش در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر 1.2mpa است که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.5\, f'c = 17.5mpa$) می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر 0.15mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($0.6\, f'c^{\frac{2}{3}} = 6.41mpa$) می باشد.

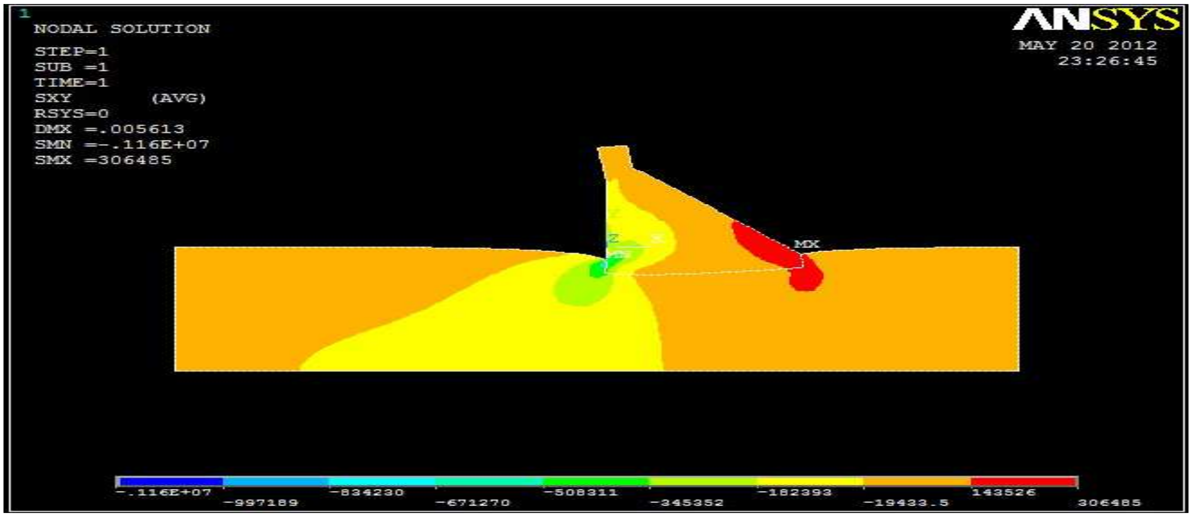
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 2.4mpa است که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.5\ f'c = 17.5mpa$) می باشد.

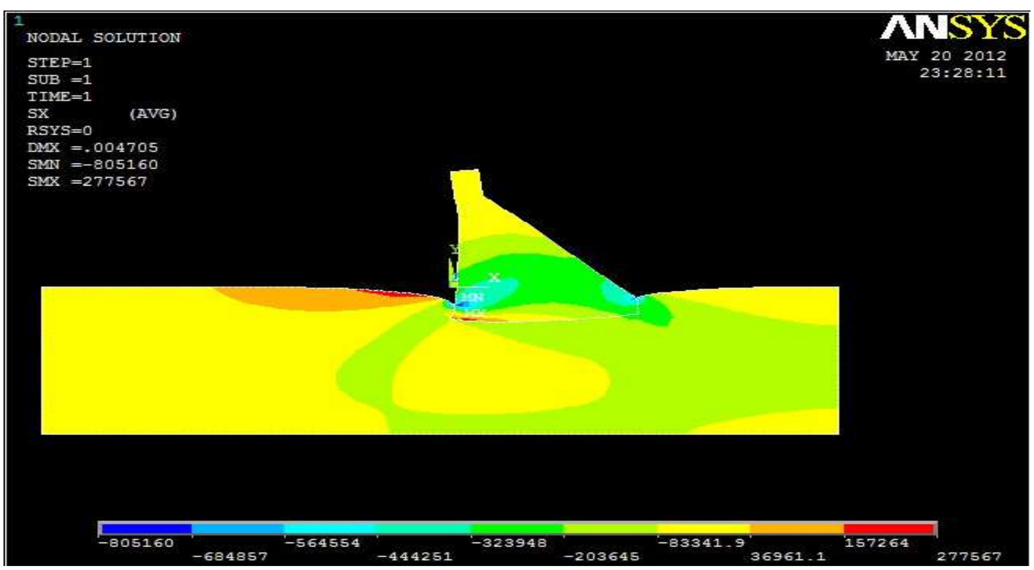
حداکثر تنش کششی برابر 0.0048mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($0.6\ f'c^{\frac{2}{3}} = 6.41mpa$) می باشد.

تنش برشی xy



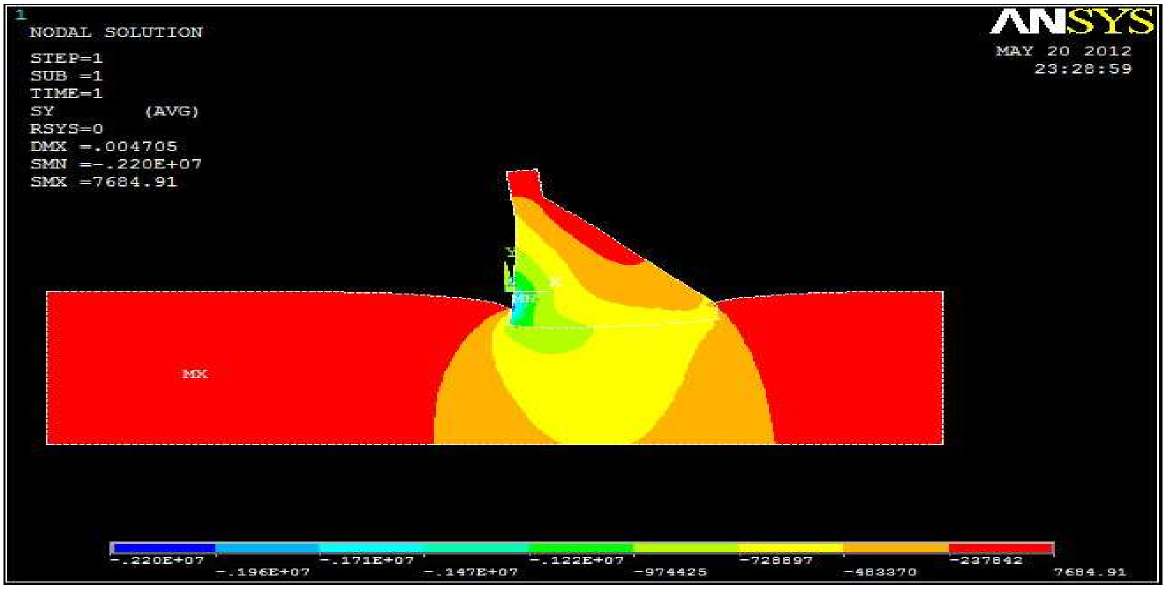
✓ **ترکیب بار شماره2**

تنش در راستای x



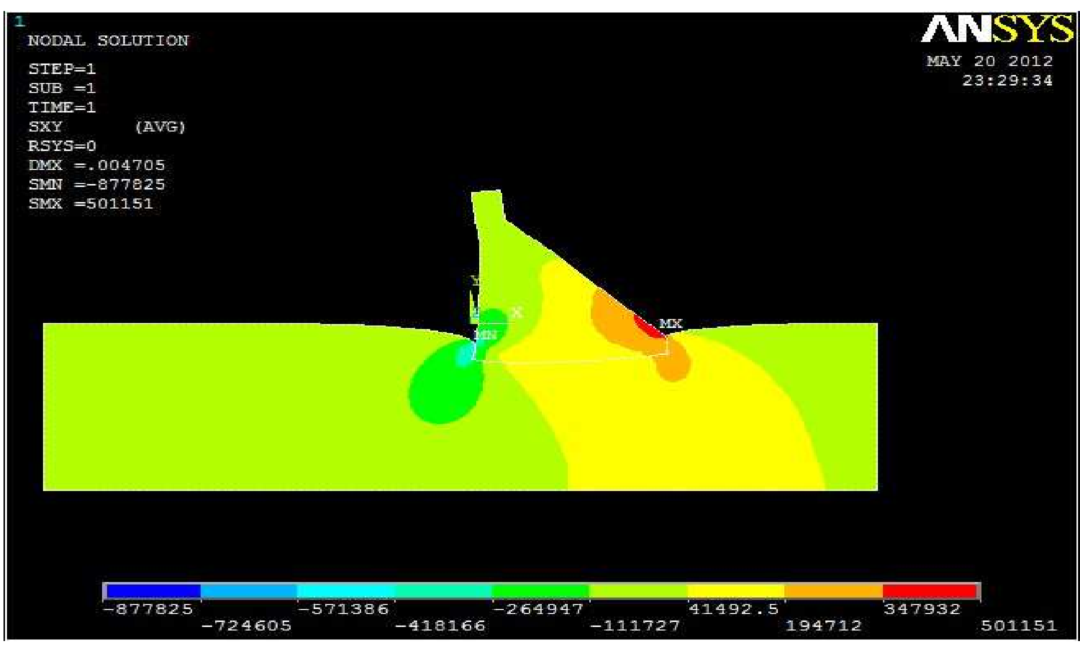
حداکثر تنش فشاری برابر 0.8mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن $(0.3\ f_c' =)$ $10.5mpa$ می باشد.

تنش در راستای y



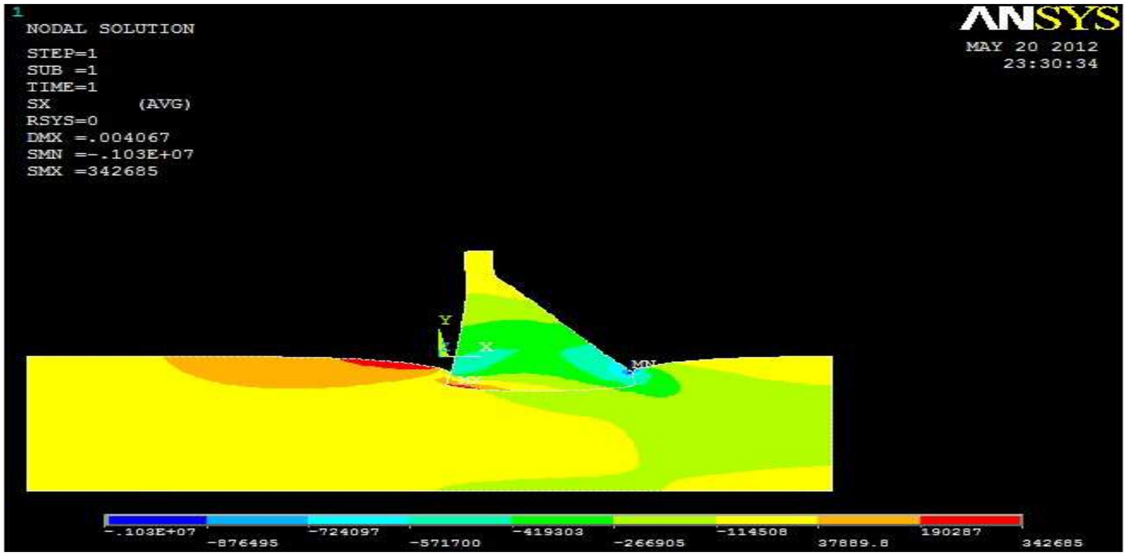
حداکثر تنش فشاری برابر 2.2mpa است که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.3\ f_c' =$ $10.5mpa$) می باشد.

تنش برشی xy



✓ ترکیب بار شماره 3

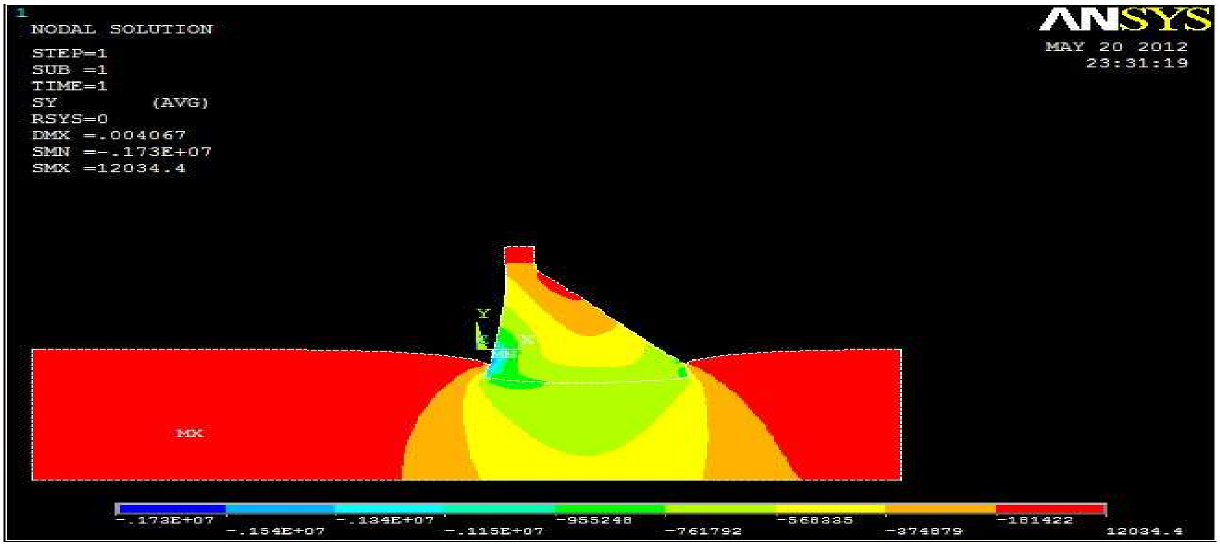
تنش در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر 1.03mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن $(0.5\ f'c = 17.5mpa)$ می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر 0.34mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن $(0.6\ f'c^{\frac{2}{3}} = 6.41mpa)$ می باشد.

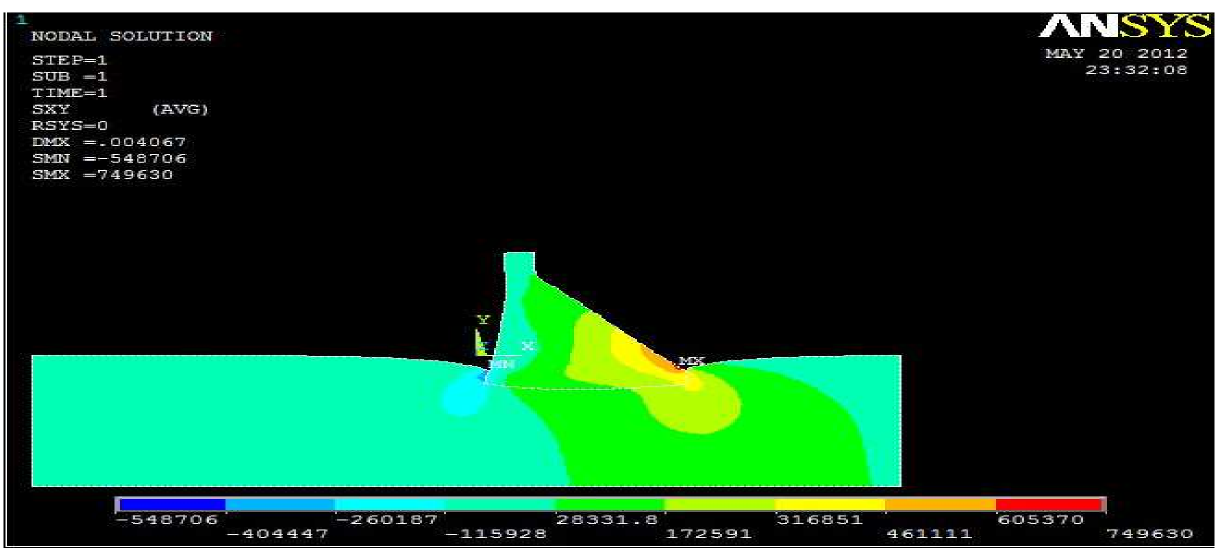
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 1.7mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن $(0.5\, f'c = 17.5mpa)$ می باشد.

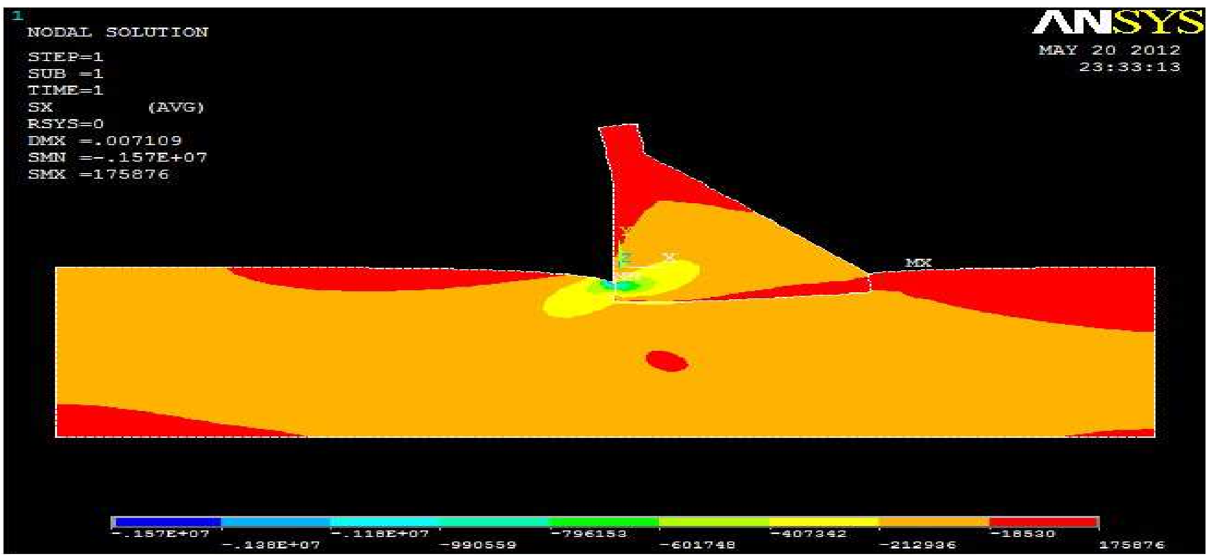
حداکثر تنش کششی برابر 0.013mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن $(0.6\, f'c^{\frac{2}{3}} = 6.41mpa)$ می باشد.

تنش برشی xy



✓ ترکیب بار شماره 4

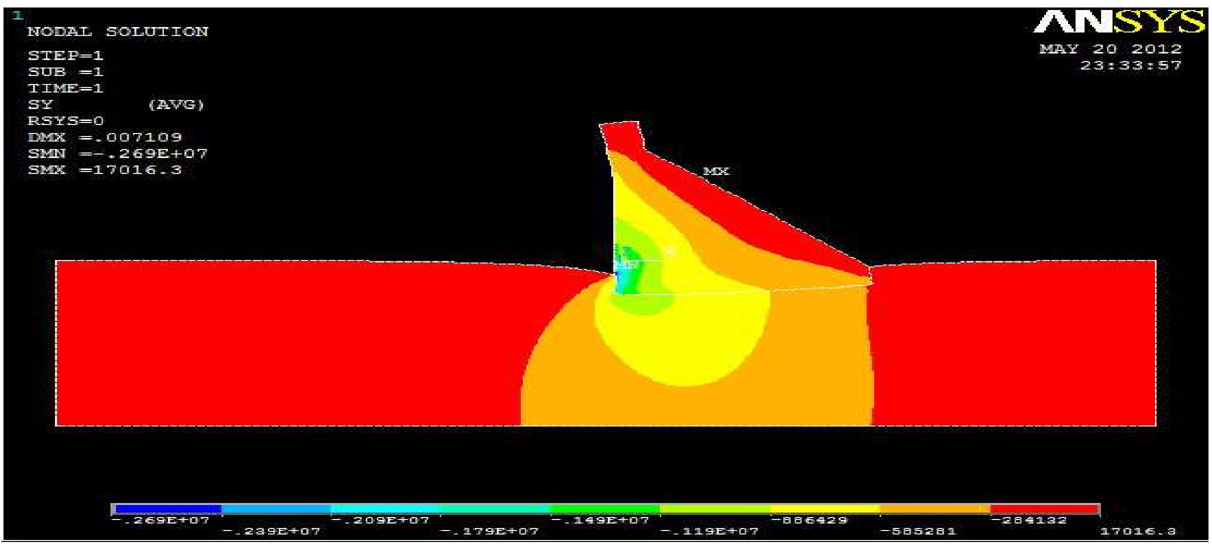
تنش در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر 1.6mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\ f'c = 31.5mpa$) می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر 0.175mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($1.5\ f'c^{\frac{2}{3}} = 16mpa$) می باشد.

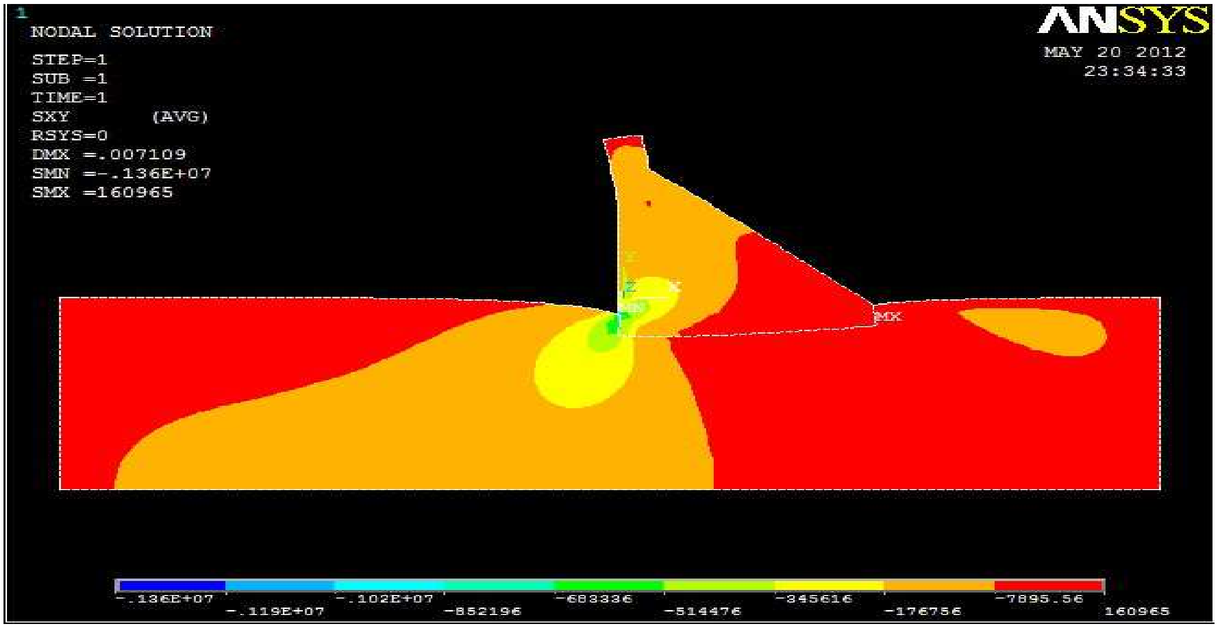
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 2.7mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\ f'c = 31.5mpa$) می باشد.

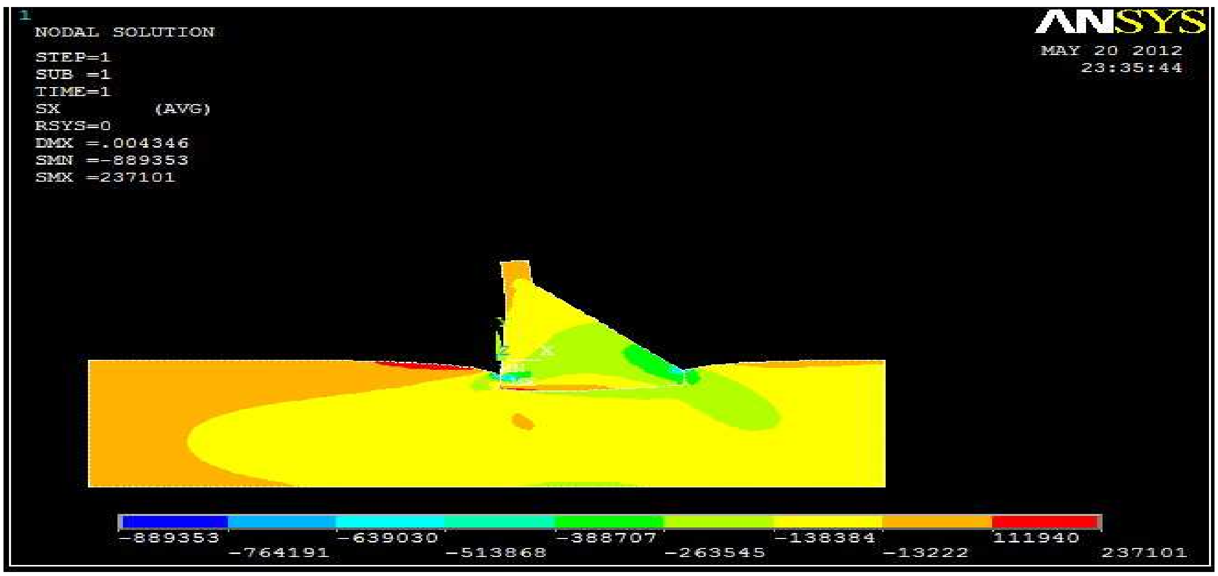
حداکثر تنش کششی برابر 0.017mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($1.5\ f'c^{\frac{2}{3}} = 16mpa$) می باشد.

تنش برشی xy


1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SXY (AVG)
RSYS=0
DMX =.007109
SMN =-.136E+07
SMX =160965
ANSYS
MAY 20 2012
23:34:33
MX
-.136E+07
-.119E+07
-.102E+07
-852196
-683336
-514476
-345616
-176756
-7895.56
160965

✓ ترکیب بار شماره 5

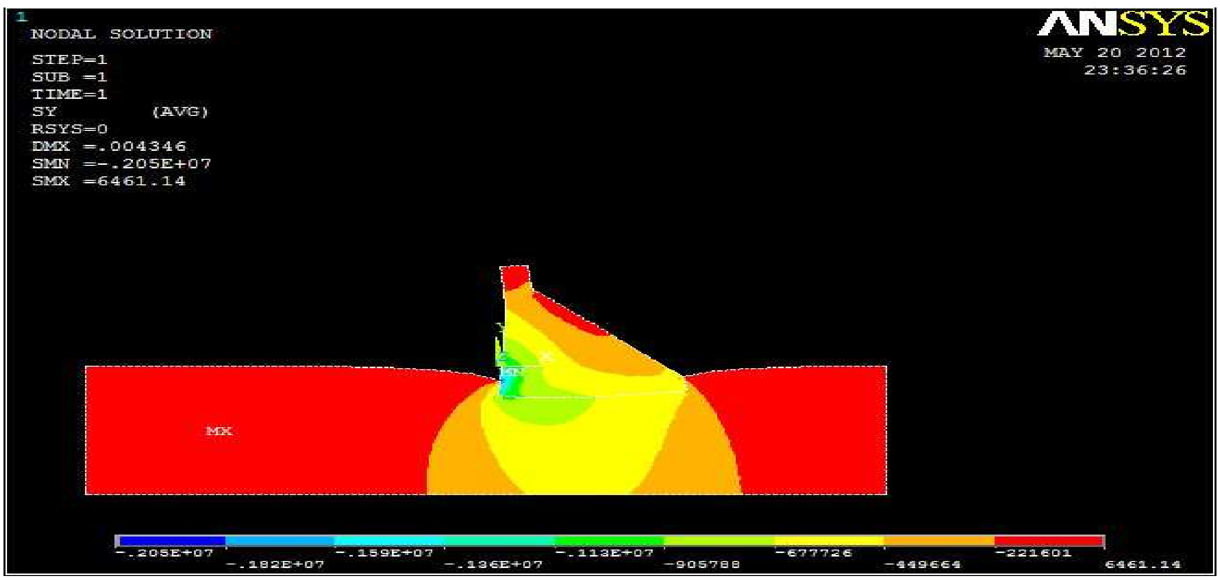
تنش در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر 0.89mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.5\,f'c = 17.5mpa$) می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر 0.23mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($0.6\,f'c^{\frac{2}{3}} = 6.41mpa$) می باشد.

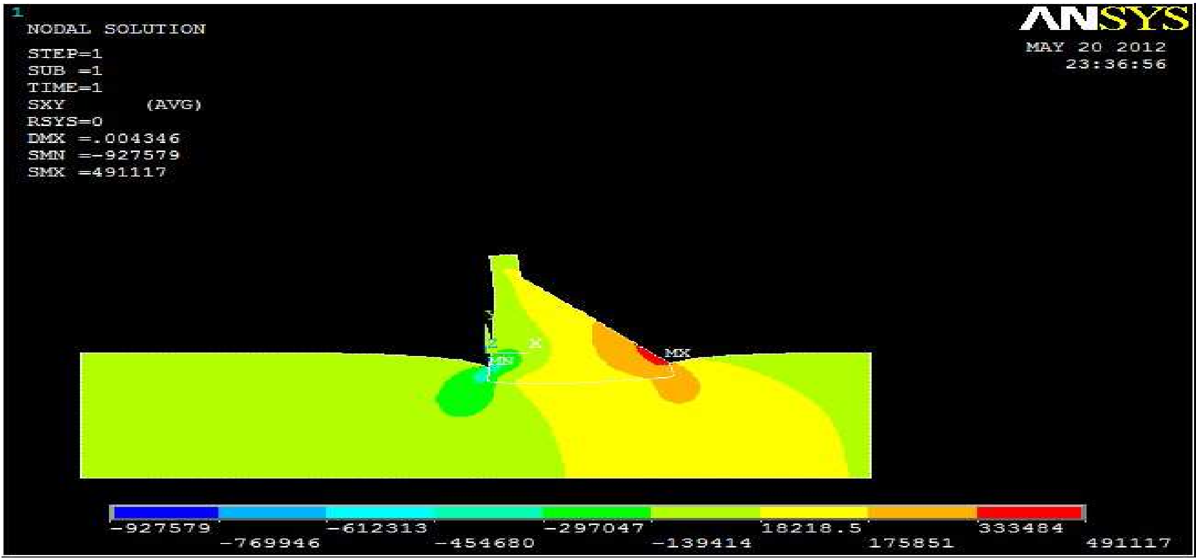
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 2.05mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.5\ f'c = 17.5mpa$) می باشد.

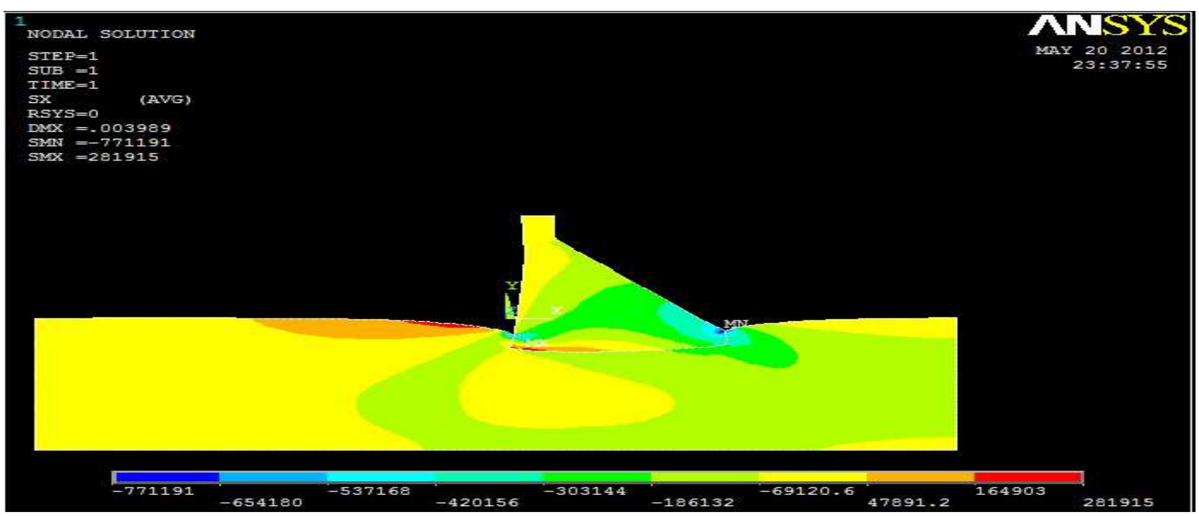
حداکثر تنش کششی برابر 0.0065mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($0.6\ f'c^{\frac{2}{3}} = 6.41mpa$) می باشد.

تنش برشی xy



✓ **ترکیب بار شماره 6**

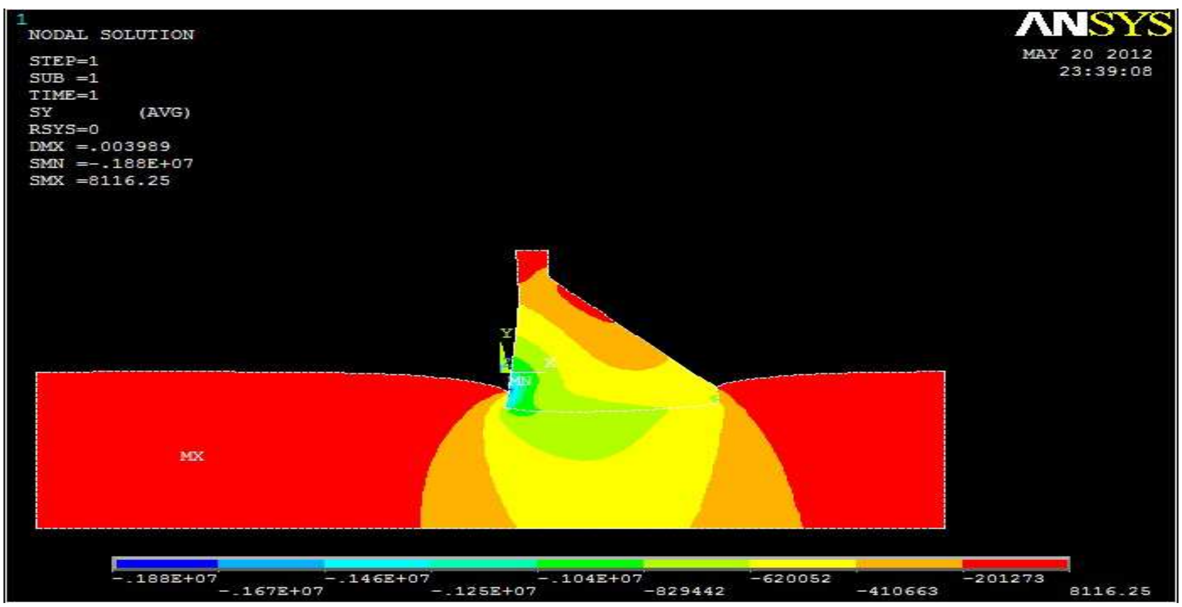
تنش در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر0.77mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\ f'c = 31.5mpa$) می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر0.28mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($1.5\ f'c^{\frac{2}{3}} = 16mpa$) می باشد.

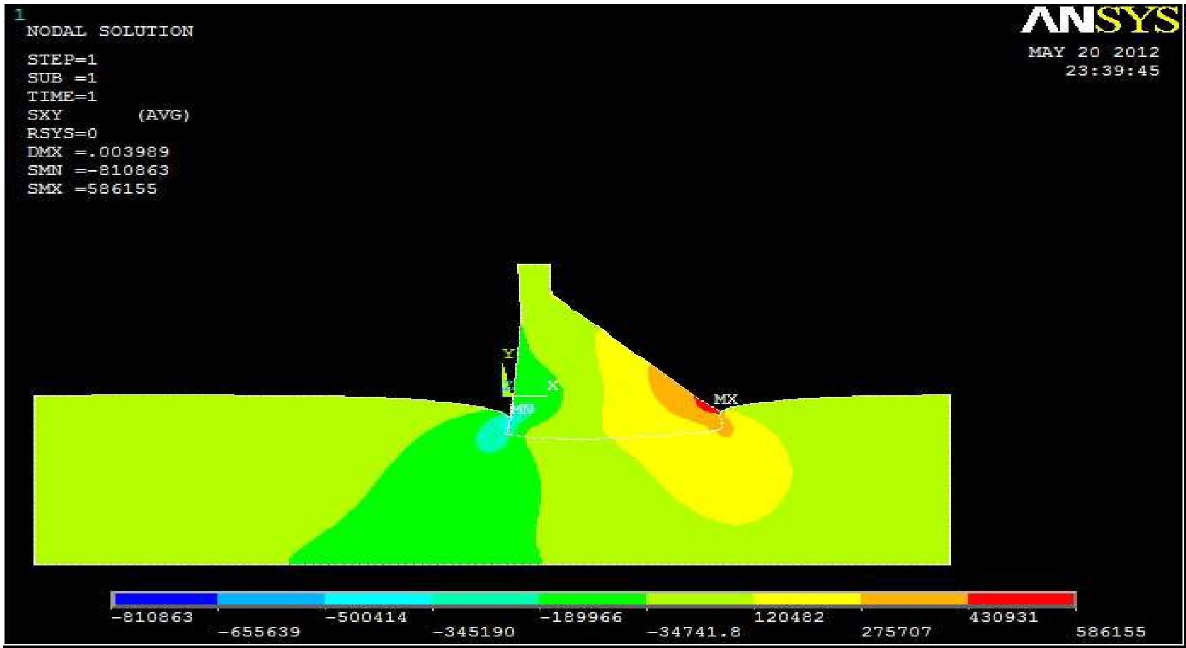
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 1.8mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\ f'c = 31.5mpa$) می باشد.

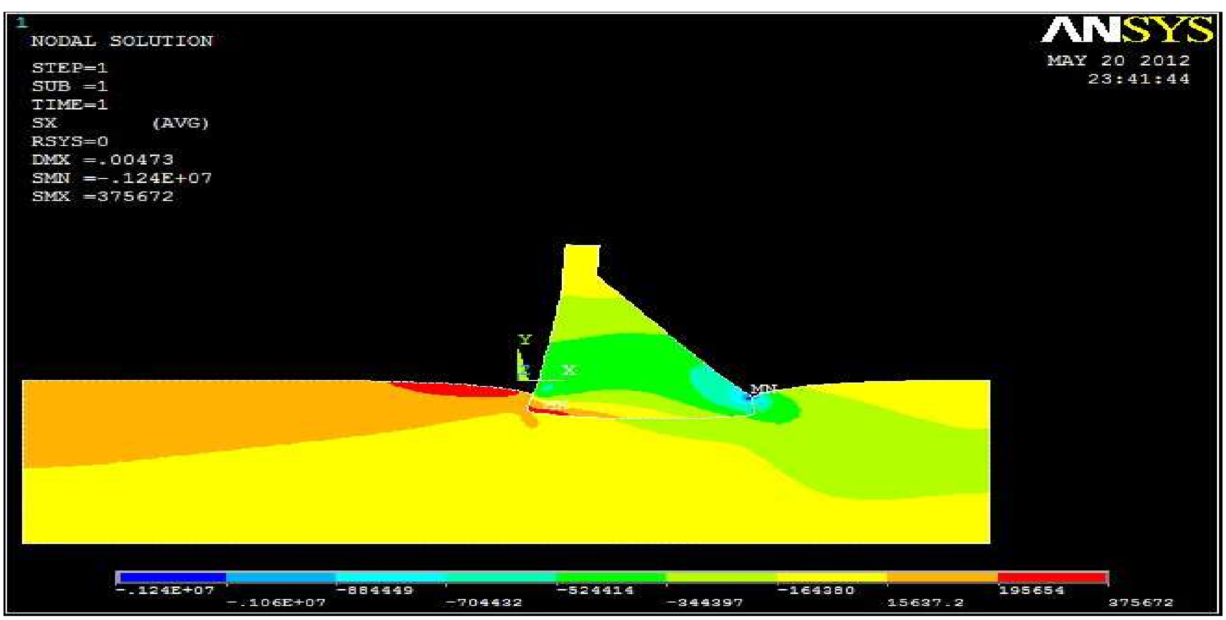
حداکثر تنش کششی برابر 0.0081mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($1.5\ f'c^{\frac{2}{3}} = 16mpa$) می باشد.

تنش برشی xy



✓ **ترکیب بار شماره 7**

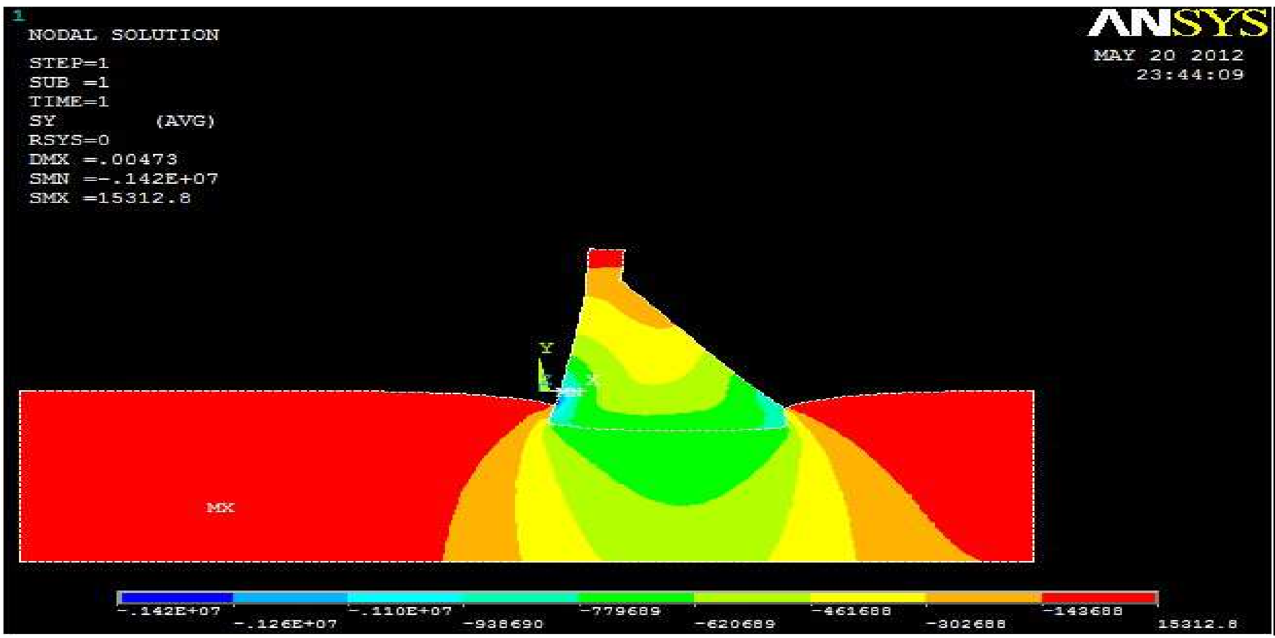
تنش در راستای x



حداکثر تنش فشاری برابر 1.24mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\ f'c = 31.5mpa$) می باشد.

حداکثر تنش کششی برابر 0.375mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($1.5\ f'c^{\frac{2}{3}} = 16mpa$) می باشد.

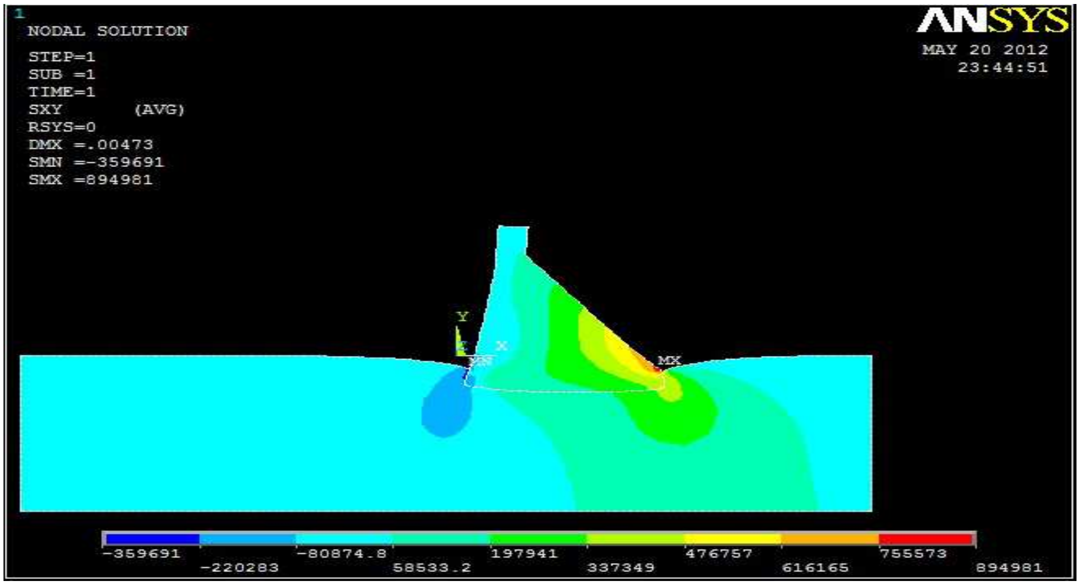
تنش در راستای y



حداکثر تنش فشاری برابر 1.42mpaاست که کمتر از تنش فشاری مجاز بتن ($0.9\ f'c = 31.5mpa$) می باشد.

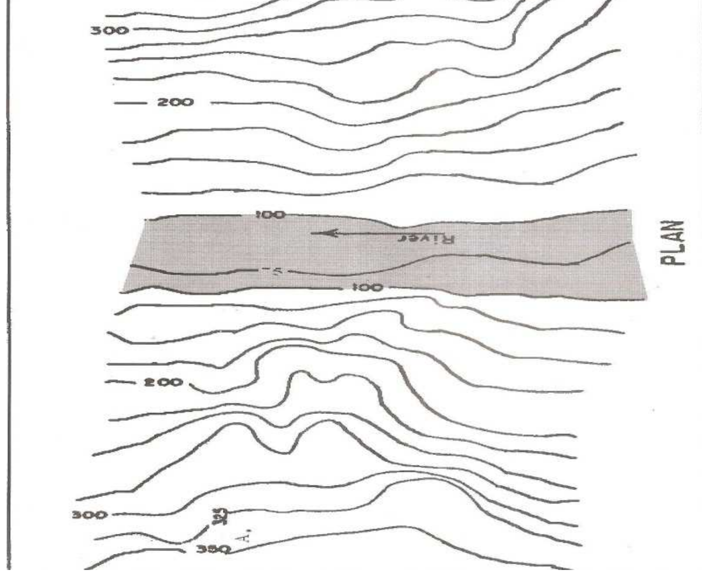
حداکثر تنش کششی برابر 0.015mpa است که کمتر از تنش کششی مجاز بتن ($1.5\ f'c^{\frac{2}{3}} = 16mpa$) می باشد.

تنش برشی xy


1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SXY (AVG)
RSYS=0
DMX =.00473
SMN =-359691
SMX =894981
ANSYS
MAY 20 2012
23:44:51
Y
X
MN
MX
-359691
-220283
-80874.8
58533.2
197941
337349
476757
616165
755573
894981

فصل چهارم :طراحی هندسی سد بتنی دو قوسی

صورت پروژه : طراحی سد بتنی دو قوسی(Double Curvature)و تک مرکزی(Single-Center) برای دره ای که نقشه توپوگرافی آن در زیر آمده به نحوی که شرایط مطلوب هندسی بدنه و تکیه گاه به بهترین نحو در آن تامین شده باشد. رقوم تاج سد برابر 325ft می باشد و نقاط A و B (به فاصله 360ft) در تکیه گاههای چپ و راست نشان دهنده نقاط ابتدا و انتهای محور سد می باشند و کف رودخانه در رقوم 75ft قرار دارد.



هدف پروژه: هدف از این پروژه طراحی هندسی و مقدماتی سد بتنی دو قوسی همراه با تهیه نقشه های زیر:

- پلان کامل سد با تمام جزئیات
- مقطع قائم سد در امتداد صفحه مرجع که در آن هندسه خطوط مراکز مشخص شده باشد.
- مقاطع قائم کنسول ها (5 کنسول)
- مقاطع افقی کمان ها (5 کمان در رقوم های 100و150و200و250و325 فوت)

- پروفیل طولی سد

در نهایت حجم تقریبی بتن به کار رفته نیز باید محاسبه شود.

❖ تعیین ارتفاع سد

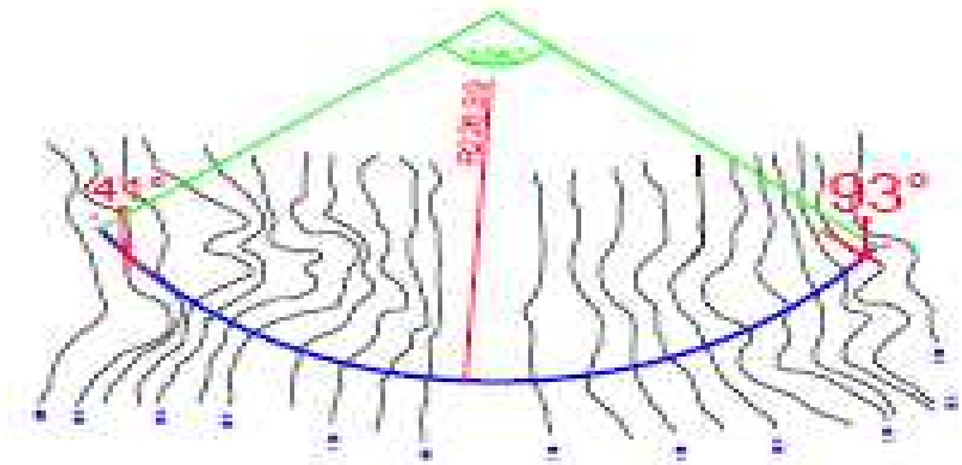
با توجه به این که تراز کف رودخانه در رقوم 75 است و تراز تاج سد در رقوم 325 ارتفاع سد برابر اختلاف این دو تراز است که با ارتفاع کنسول اصلی سد نیز برابر است.

$$H = 325 - 75 = 250$$

❖ تعیین محور سد

صفحه ای به شکل منحنی است که از محل تقاطع وجه بالا دست سد و تاج عبور می کند و در پلان به شکل قوس دیده می شود.برای مشخص کردن این قوس بر روی پلان باید به گونه ای قوس زده شود که هم از نقاط تکیه گاهی تعیین شده عبور کند و هم شرایط تکیه گاهی مناسب تامین شود.منظور از شرایط تکیه گاهی مناسب این است که نقطه برخورد سد با تکیه گاه دارای گوشته کافی باشد و و ضعیت لایه های زمین شناسی در آن منطقه طوری باشد که نیرویی که از طرف سد به تکیه گاه وارد می شود باعث ایجاد ترک و یا گسترش آن نشود.طراحان معیاری که برای رعایت این نکته به کار می برند زاویه بین برآیند نیروهای وارده از طرف سد به تکیه گاه و سطح لایه ها می باشد. برای انتقال مطلوب بار این زاویه باید بین 30 تا کمی بزرگتر از 90 درجه هم می تواند باشد و هر چه به 90 درجه نزدیک تر باشد مطلوب تر است.همچنین زاویه مرکزی این قوس باید بین 100 تا 120 درجه باشد. در این پروژه به دلیل این که ما از وضعیت سطح لایه ها اطلاعاتی نداشتیم به همین خاطر مبنای کار را زاویه بین خط مماس قوس زده شده و خط مماس از تراز در نقطه تکیه گاهی را ملاک قرار دادیم. با توجه به آزمون و خطایی که انجام دادیم و ایجاد چندین قوس نهایتا قوسی با زاویه مرکزی 105 درجه انتخاب گردید.این قوس در نقطه

تکیه گاهی A زاویه ای برابر 41 درجه با خطوط تراز در آن نقطه ایجاد کرد و در نقطه B زاویه ای برابر با 93 درجه ایجاد کرد.



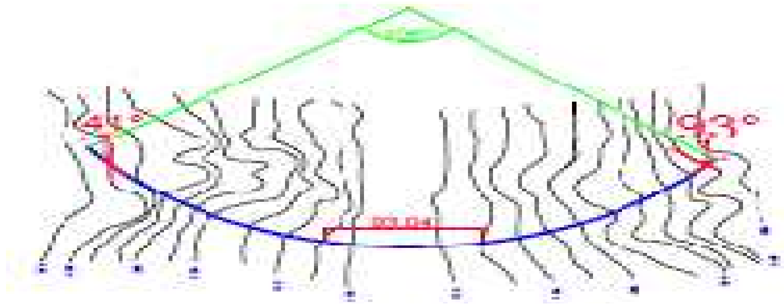
$$Raxis = 227ft$$

❖ تعیین عرض بالا(L1) و پایین سد(L2)

عرض بالای سد(L1) همانطور که در صورت پروژه گفته شده برابر فاصله نقاط AوB است و مقدار آن برابر 360ft می باشد. برای به دست آوردن عرض پایین سد (L2)ما باید از روی نقشه توپوگرافی مقدار عرض دره را در تراز 0.15H به دست آوریم.برای این کار ابتدا این تراز را پیدا می کنیم و سپس در روی نقشه توپوگرافی این تراز را در دو طرف دره پیدا می کنیم و فاصله بین آنها را اندازه می گیریم ؛ این فاصله همان عرض پایین سد می باشد.

تراز عرض پایین دره $\quad 0.15 \times H + 75 = 0.15 \times 250 + 75 = 112.5$

بر روی نقشه توپوگرافی این تراز بین ترازهای 125 قرار دارد. بنابراین فاصله بین ترازهای 125 را در محل برخورد با محور سد پیدا می کنیم و با استفاده از درونیابی خطی فاصله بین ترازهای 112.5 را پیدا می کنیم.

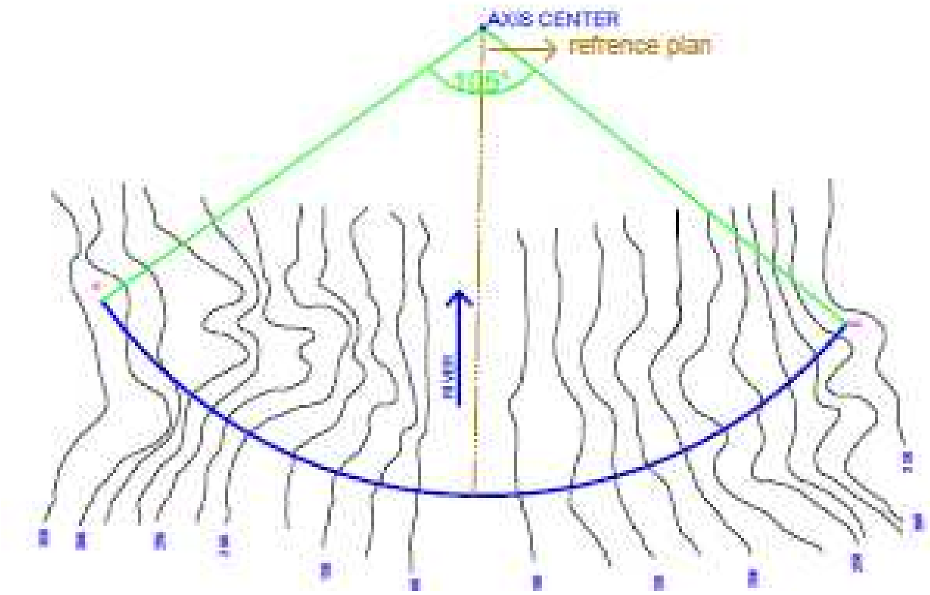


فاصله این ترازها برابر 93ft است.بنابراین L2 به صورت زیر به دست می آید.

$$93.11 \times \frac{112.5}{125} = 83.8\text{ft}$$

❖ تعیین محل کنسول اصلی و تعیین صفحه مرجع

کنسول اصلی در مرتفعترین قسمت سد قرار دارد. صفحه مرجع صفحه ای است قائم که از محل کنسول اصلی و مرکز محور سد می گذرد و مکان هندسی مرکز قوس های افقی سد می باشد. چون کنسول اصلی در مرتفعترین قسمت سد قرار دارد بنابراین می توان گفت که این کنسول باید در پایین ترین تراز ممکن قرار داشته باشد که در نقشه تو پوگرافی داده شده وسط تقاط تقاطع محور سد با کانتورهای 100 است.در شکل زیر محل صفحه مرجع نشان داده شده است.



❖ تعیین هندسه کنسول اصلی

برای تعیین هندسه کنسول ابتدا با فرمولهای زیر ضخامت کنسول در سه تراز را به دست می آوریم و سپس با رسم کمان وجه بالادست و پایین دست کنسول به دست می آید.

ضخامت کنسول اصلی در تراز فوقانی (تاج سد)

$$T_c = 0.01(H + 1.2L_1) = 0.01(250 + 1.2 \times 360) = 6.82\ ft$$

$$\rightarrow \quad T_c = 6.82\ ft$$

ضخامت کنسول اصلی در تراز تحتانی (قاعده سد)

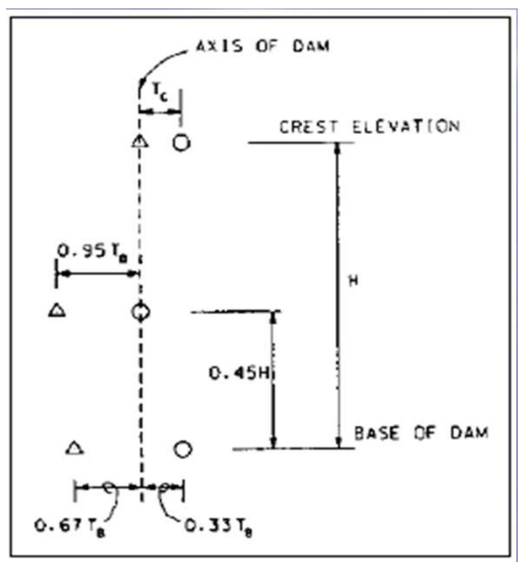
$$T_B = \sqrt[3]{0.0012HL_1L_2(\frac{H}{400})^{\frac{H}{400}}} = \sqrt[3]{0.0012 \times 250 \times 360 \times 83.8 \times (\frac{250}{400})^{\frac{250}{400}}}$$

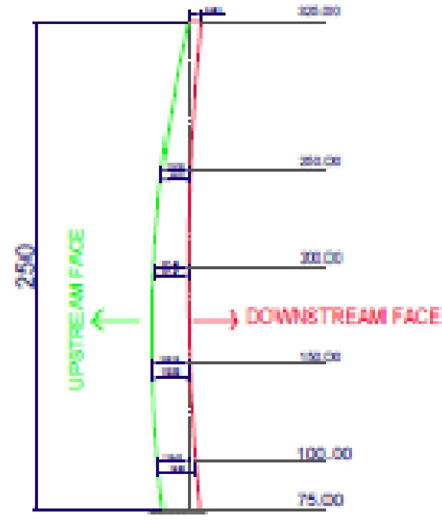
$$\rightarrow \quad T_B = 18.9\ ft$$

ضخامت کنسول اصلی در تراز 0.45 ارتفاع سد

$T_{0.45H} = 0.95T_B = 17.95\ ft$

در تراز تاج سد ، وجه بالا دست بر روی محور سد و وجه پایین دست به اندازه ضخامت کنسول اصلی در تراز فوقانی ، عقب تر قرار می گیرد. در تراز 0/45 از ارتفاع ، وجه پایین دست بر روی محور سد و وجه بالادست به اندازه ضخامت کنسول اصلی در این تراز ، جلوتر قرار گرفته و در نهایت در تراز قاعده کنسول اصلی ، وجه بالادست به اندازه ی 0/67 از ضخامت جلوتر و وجه پایین دست به اندازه 0/33 از ضخامت عقب تر واقع می شود. حال کافی است که از سه نقطه ی پایین دست یک کمان و از سه نقطه بالادست کمانی دیگر ترسیم شود و در تراز های فوقانی و تحتانی ، این دو دایره به هم متصل شوند تا هندسه ی کنسول اصلی سد تکمیل گردد.

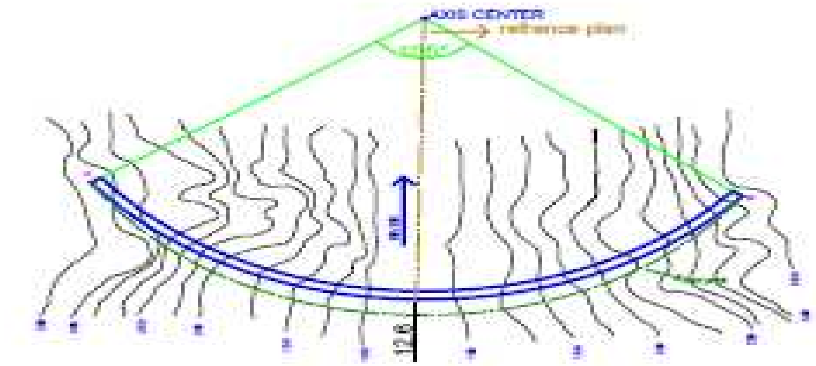




CROWN CONTILEVER

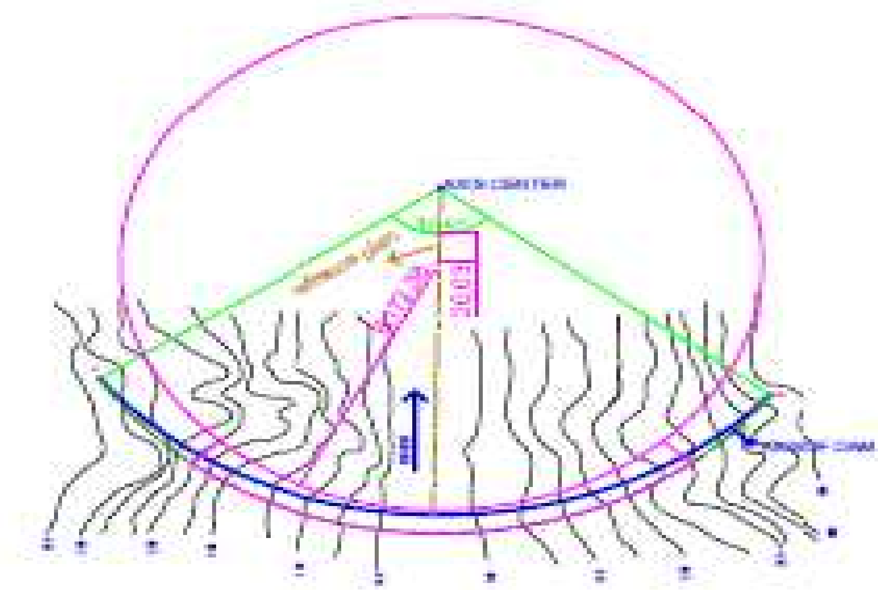
❖ تعیین خط تقاطع سد با تکیه گاههای جانبی (Dam Foot Print)

Dam Foot Print یا به اصطلاح رد پای سد قوسی است که نقاط تکیه گاهی و نقطه بالادست کنسوا اصلی در تراز تحتانی که همان 0.67 از ضخامت کنسول اصلی است را به هم وصل می کند.این خط برای ترسیم قوسهای افقی نیاز است زیرا در هر ترازی که می خواهیم قوس بزنیم باید نقاط شروع و انتهای قوس در Dam Foot Printباشد. مثلا قوسهای افقی تراز 100 باید از محل تقاطع رد پای سد با کانتورهای 100 عبور کند و به تکیه گاه جانبی برسد.در شکل زیر رد پای سد نشان داده شده است.



❖ تعیین هندسه قوس ها

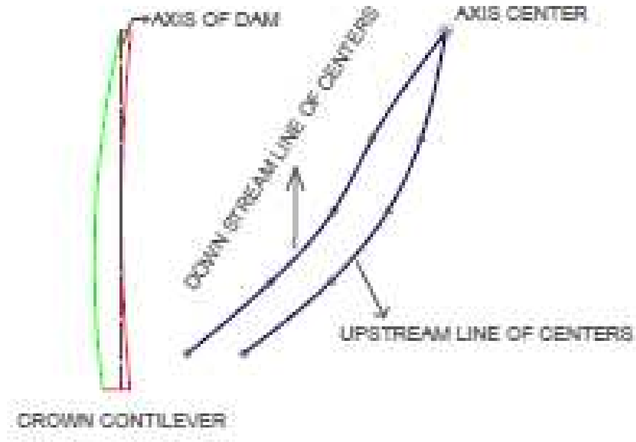
ابتدا در هر ترازی که می خواهیم قوس بزنیم باید در آن تراز فاصله وجه بالادست کنسول اصلی تا محور سد رابیابیم . سپس این فاصله را بر روی پلان پیاده می کنیم و آن را علامت گذاری می کنیم.محل برخورد تراز مورد نظر با رد پای سد را نیز علامت گذاری می کنیم و به این ترتیب دو نقطه دیگر به دست می آید. حال این سه نقطه را با رسم کمانی به هم وصل می کنیم تا کمان خارجی قوس به دست آید.علی القاعده باید مرکز این قوس در صفحه مرجع قرار گیرد. برای رسم کمان داخلی قوس ابتدا ضخامت قوس در تراز مورد نظر را از کنسول اصلی به دست می آوریم.سپس این فاصله را در محل کنسول اصلی روی پلان علامت می زنیم. حال باید طوری کمان داخلی رسم شود که ضخامت قوس در تکیه گاهها بیشتر از ضخامت قوس در محل کنسول باشد.برای این کار از مرکز کمان خارجی قوس به فاصله مشخص در صفحه مرجع جلو می رویم و فاصله آن نقطه تا محل برخورد قوس خارجی با صفحه مرجع را تعیین می کنیم و به شعاع این فاصله و مرکزیت نقطه مورد نظر دایره ای می زنیم. قطاعی از این دایره قوس داخلی می شود.شکل زیر نحوه زدن قوس در تراز 250 را نشان میدهد.



مقاطع افقی کمانها در نقشه های پایانی آورده شده است.

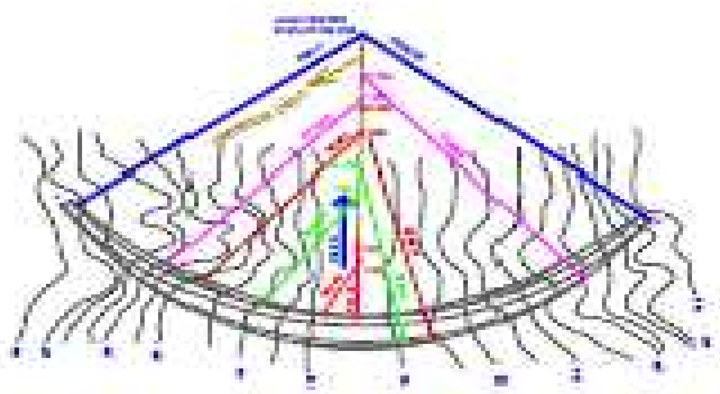
❖ مقطع قائم از صفحه مرجع

با ترسیم قوسها و مشخص شدن شعاع آنها می توان مقطعی از صفحه مرجع که در آن هندسه خطوط مراکز مشخص شده باشد را تشکیل داد.برای این کار کافی است در ترازهای مشخص در وجه بالا دست کنسول اصلی به اندازه شعاع قوس وجه بالادست و از وجه پایین دست کنسول اصلی به اندازه شعاع قوس وجه پایین دست یر روی صفحه مرجع حرکت کرد و مراکز قوسها را علامت گذاری کرد.حال باید این مراکز را به وسیله منحنی هایی به یکدیگر وصل کنیم. اگر منحنی های به دست آمده منحنی های نرم و همواری باشند طرح قابل قبول است.



❖ رسم پلان سد

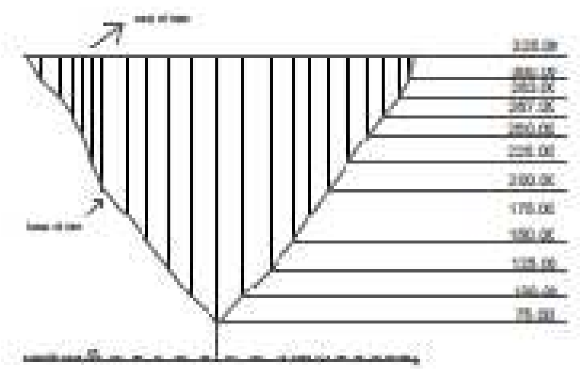
پلان سد دید از بالای سد می باشد. در پلان باید تمام جزئیات از جمله شعاع و مراکز قوسها ، نقاط تکیه گاهی ، ترازهای ارتفاعی مشخص شده باشد. برای رسم پلان باید قسمتهایی از کمانهای داخلی که در داخل بالاترین قوس قرار داده شده اند حذف شوند و انتهای آنها توسط منحنی به هم وصل شوند.همچنین در مورد کمانهای خارجی باید بیرونی ترین قسمت آنها حذف شوند،سپس انتهای قوسها توسط منحنی به هم وصل شوند.بدین صورت شکل اسکلت سد مشخص می گردد.



PLAN

❖ رسم پروفیل طولی سد

جهت رسم پروفیل طولی سد می توان طول قسمتی از قوس محور سد که در بین خطوط کانتور قرار دارد را محاسبه کرده و با استفاده از ترازها و طولها ، نقاط برخورد محور سد با تکیه گاهها را مشخص نمود و با اتصال آنها به یکدیگر پروفیل طولی سد را ترسیم نمود.



❖ محاسبه حجم تقریبی بتن به کار رفته

جهت محاسبه حجم تقریبی بتن به کاربرده شده در سد می توان از فرمول زیر استفاده نمود :

$$V = 0.00002H^2L_2\{(H + 0.8L_2)/(L_1 - L_2)\} + 0.0004HL_1(H + L_1)$$

$$V = 0.00002 \times 250^2 \times 83.8 \times \left\{\frac{(250 + 0.8 \times 83.8)}{(360 - 83.8)}\right\}$$

$$+0.0004 \times 250 \times 360 \times (250 + 360) = 21984 \quad (\mathrm{ft}^3)$$

فصل پنجم :آلبوم

نقشه های سد بتنی

دو قوسی