



ساخت سدهای CSG (سد آبپا)

نادر جعفری

کمیته ملی سدهای بزرگ ایران
۷ اسفند ۱۳۹۳

- تعریف مسئله
- چرا CSG
- معرفی سد آپا
- زمین شناسی و ژئوتکنیک
- منابع قرضه
- طراحی سد آپا با مصالح CSG



ساخت سد های CSG (سد آپا)

❖ تعریف مسئله

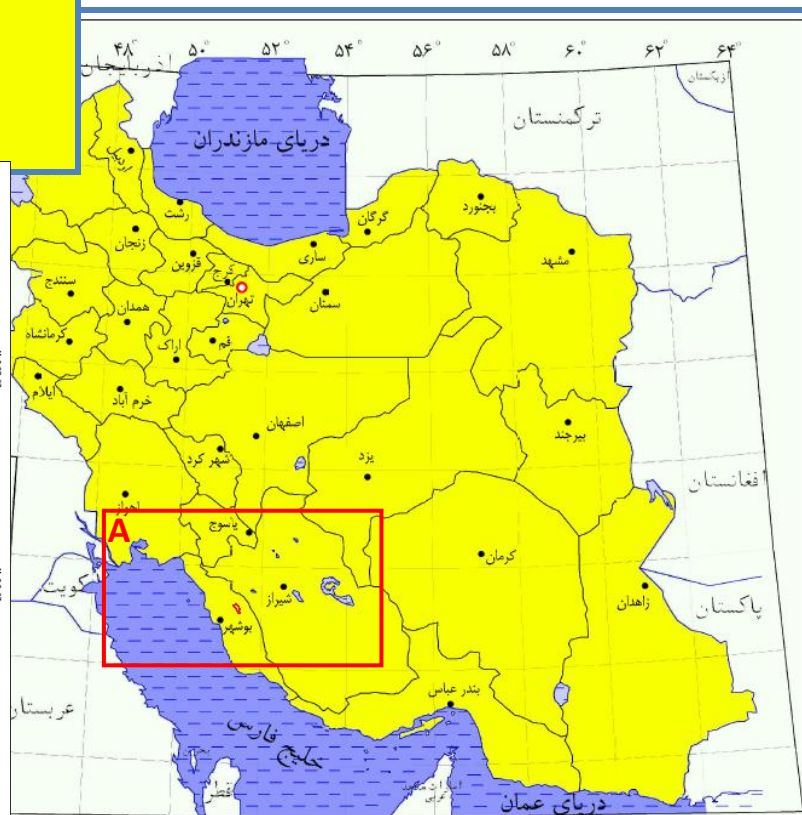
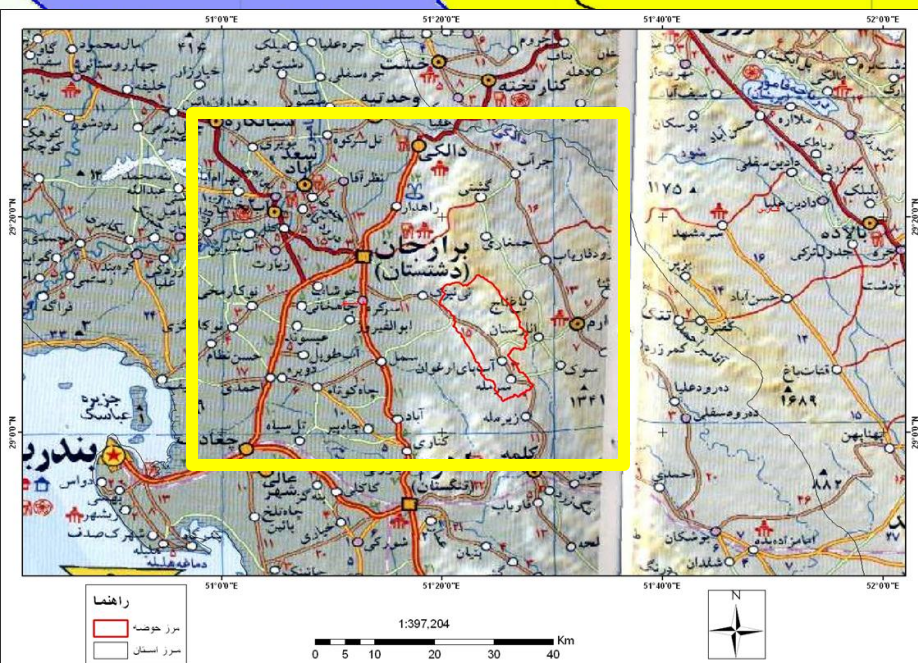
■ معرفی طرح

- بخش دشتستان به مرکزیت شهرستان برازجان در جنوب شرق کشور در استان بوشهر واقع شده است که حدود ۸۰ کیلومتر با مرکز استان فاصله دارد. این بخش به لحاظ تولید انواع خرما یکی از مراکز مهم کشاورزی استان و کشور محسوب میشود. متأسفانه وقوع سیل های مکرر سالانه در این منطقه و نگرانی های ناشی از احتمال تکرار سیلاب در آینده، ضرورت انجام مطالعات جامع سیل در منطقه را نشان می دهد. که بر این اساس مطالعات کنترل سیلاب دره اردو به مهندسين مشاور آب و توسعه پایدار گردید.
- هدف از انجام چنین مطالعاتی به دست آوردن تصویری کلی و جامع از وضعیت موجود منطقه از نقطه نظر سیلخیزی و بر آن اساس، ارائه طرح ها و راه کارهای مناسب ساماندهی حوزه های آبریز و رودخانه های داخل محدوده به منظور به حداقل رساندن خطرات و خسارات ناشی از وقوع سیل های احتمالی آینده بوده است.
- بنابراین در وهله اول حوزه اردو از نظر مورفولوژیکی، بهره برداری منابع و مصالح، اقلیمی، زمین شناسی و منابع قرضه، پوشش گیاهی، هیدرولوژی، هیدرولیکی و سیستم رودخانه ای مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس تلفیق مطالعات و سنتز نتایج به پیشنهاد گزینه های موثر کنترل سیلاب اقدام گردید.



ساخت سد های CSG (سد آپیا)

❖ موقعیت منطقه طرح در کشور و استان بوشهر



ساخت سد های CSG (سد آپا)

۴ کشته در سیل برازجان

در اثر بارندگی و سیلاب، چهار نفر در برازجان مرکز دشتستان جان خود را از دست دادند.

به گفته مدیر پیت بحران استانداری بوشهر، شدت بارش ها در دشتستان و وقوع سیلاب باعث شد یکی از شهروندان برازجانی در اثر برق گرفتگی و سه نفر هم در اثر خفگی در سیل دیشب جان خود را از دست بدهند. مقصودی افزود: شدت بارش ها باعث تخریب، قطع آب، برق و خطوط مخابراتی در برخی مناطق دشتستان شده و به برخی خطوط مواصلاتی روستایی هم آسیب زده است. وی افزود: جاری شدن سیل باعث آبگرفتگی معابر و منازل در روستاها و در برخی شهرهای استان شده و ضمن آسیب به زیرساخت های روستایی و شهری باعث تخریب بخشی از خط انتقال آب کازرون بوشهر و قطع آب در برخی مناطق استان و همچنین باعث تخریب زیرساخت های برق و قطع دکل های مخابراتی شده است.



ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ منشاء تولید بخشی از سیلاب شهر برازجان و روستاهای پائین دست



ساخت سد های CSG (سد آپا)

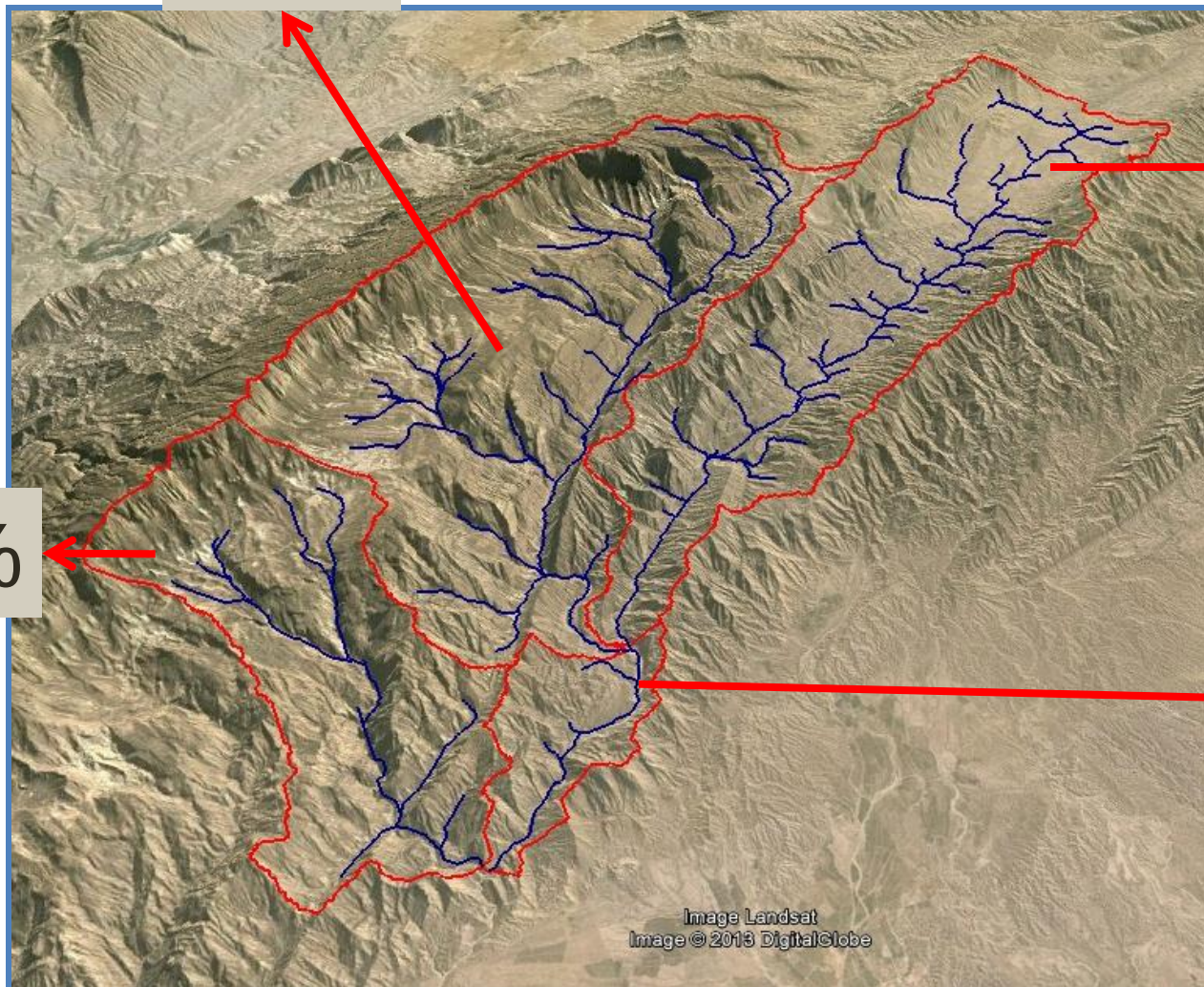
❖ نقش هر زیرحوزه در تولید حجم سیلاب

30%

40%

22%

8%



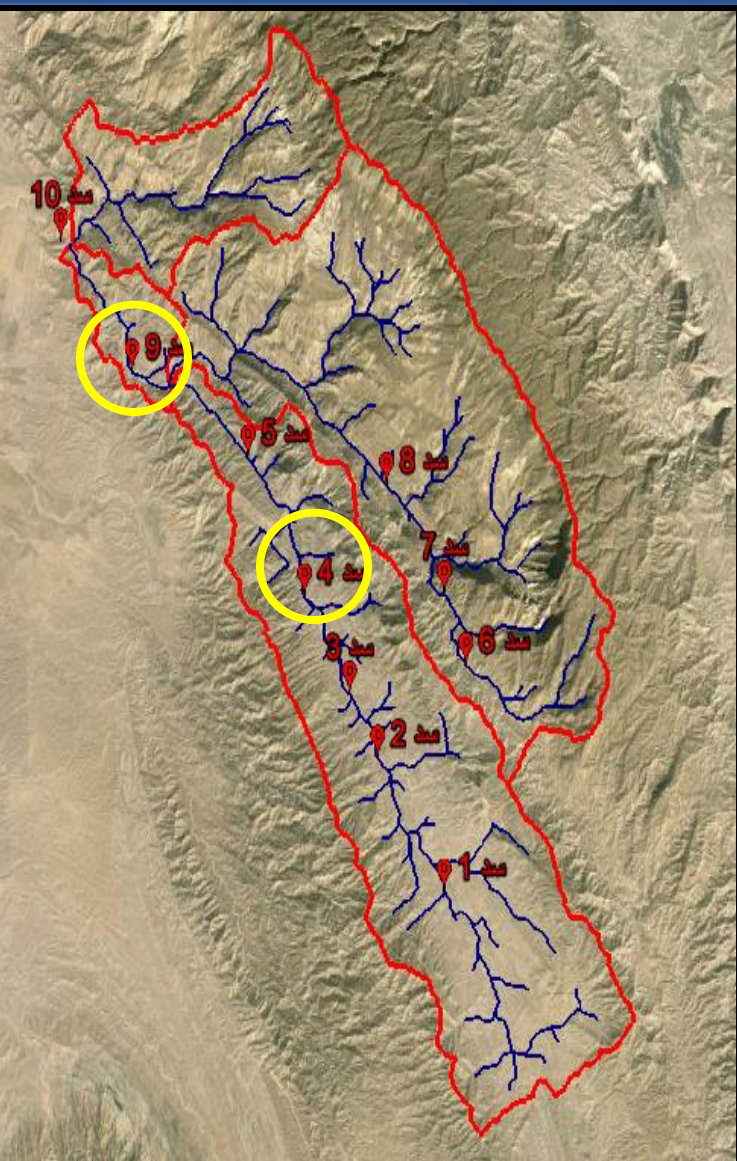
ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ کارهای انجام گرفته

۱۰ گزینه جهت احداث بندهای تاخیری گابیونی یا سنگی ملاتی

۸ گزینه با سناریو های مختلف

محور ۴ و ۹ جهت احداث سد (گزینه های منتخب)



-
-
-



ساخت سد های CSG (سد آبیا)

❖ انتخاب محل سد

❖ در انتخاب محل سد موارد ذیل مد نظر قرار گرفت:

- ۱- با توجه به هدف طرح حداقل امکان قرار گیری محل ساختگاه در قسمت های انتهایی حوزه آبریز باشد بطوریکه مخزن سد بتواند حداکثر آبهای حاصل از آبراهه های اصلی و فرعی را جمع آوری نموده و از ایجاد سیل بزرگ جلوگیری نماید.
- ۲- مطالعه توپوگرافی و مورفولوژی حوزه آبریز و انتخاب دره مناسب از نظر بازشدگی که حداقل حجم بدنه و سازه های جنبی داشته باشد.
- ۳- قسمت عمده حوزه آبریز واحدهای مارنی سازند می باشد. بدلیل کنترل سیلاب و پر و خالی شدن های مکرر مخزن سد، ساختگاه سد در موقعیتی قرار داده شده که توده سنگهای ساختگاه حداقل شرایط حساسیت نسبت به فرسایش و هوازدهی داشته باشد.
- ۴- شرایط ژئوتکنیکی ساختگاه در شرایط مناسب از نظر پایداری، نفوذپذیری و کیفیت سنگ باشد.
- ۵- عدم نیاز به احداث راه دسترسی به ساختگاه و به تبع آن کاهش هزینه های طرح.



ساخت سد های CSG (سد آبیا)

❖ چرا CSG

- در انتخاب نوع سد شرایط توپوگرافی ، مورفولوژی و شکل دره ، مسائل ژئوتکنیکی و زمین شناسی ساختگاه ، منابع قرضه ، هدف احداث سد ، لرزه خیزی منطقه ، برنامه زمانبندی و سرعت مورد نیاز جهت ساخت سد ، ارتفاع سد ، اندازه و عملکرد سریز ، توجه به شرایط زیست محیطی و مسائل اقتصادی از فاکتورهای مهم و تعیین کننده هستند.
- با عنایت به اینکه هدف طرح آبیا احداث سد تاخیری (کنترلی) بوده و مخزن سد همواره در شرایط پر و خالی شدن می باشد و احتمال سرریزهای مکرر از روی بدنه سد انتظار می رود لذا سعی شده با این شرایط انتخاب مناسب تری انجام پذیرد.
- عدم وجود مصالح مناسب ریزدانه در منطقه هم به لحاظ کمیت و نیز کیفیت و همچنین بعد مسافت از دیگر پارامترهای تاثیر گذار بوده است.



ساخت سد های CSG (سد آبپا)

- با توجه به فصلی بودن رودخانه و نیز عدم احداث سیستم انحراف امکان عبور آب از روی بدنه در حین ساخت سدو حساسیت کمتر بدنه سد نسبت به فرسایش پذیری در صورت عبور آب از روی آن.
- کاهش احجام بدنه و امکان اجرای آن در یک فصل خشک هم به لحاظ کاهش زمانبندی اجرای طرح و هم کاهش هزینه ها.
- تامین مصالح از حفاریهای داخل مخزن و نیز پی و تکیه گاه سد و ایجاد کمترین دست خوردگی در شرایط زیست محیطی.
- قابل اجرا ی آن بر روی پی نسبتا ضعیف و نامتقارق دره(مخصوصا در تکیه گاه راست)
- تجربه پذیری برای احداث این نوع سد در موقعیت های مشابه استان بوشهر.



ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ معرفی سد آبپا

سد و مخزن	
نوع سد	شن و ماسه سیمانی شده (CSG)
ارتفاع سد از بستر رودخانه	۲۳/۷۵ متر
طول تاج	حدود ۱۵۳ متر
عرض تاج	۶ متر
رقوم تاج	۵۱۹/۵ متر از سطح دریا
رقوم نرمال سطح آب مخزن	۵۱۶/۰ متر از سطح دریا
کل حجم مخزن در رقوم نرمال	۱/۱۳ میلیون مترمکعب
حداکثر رقوم سیلابی مخزن در هنگام وقوع	
سیلاب ۱۰۰۰	۵۱۷/۸۷ متر از سطح دریا
تراز بستر رودخانه در محل محور سد	۴۹۵/۷۵ متر از سطح دریا



ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ معرفی سد آبپا

سیستم تخلیه سیلاب	
نوع	سرریز شوت آزاد
موقعیت	واقع در روی بدنه
رقوم تاج سرریز	۵۱۶/۰ متر از سطح دریا
عرض سرریز	۱۵ متر
سیلاب طراحی	۵۰۰ ساله
حداکثر دبی عبوری از سرریز در حالت	۶۸ مترمکعب در ثانیه
وقوع سیل	۵۰۰ ساله
سیستم استهلاک انرژی	حوضچه آرامش تیپ U.S.B.R.II
طول حوضچه	۱۷ متر
عرض حوضچه	۱۵ متر



ساخت سد های CSG (سد آپا)

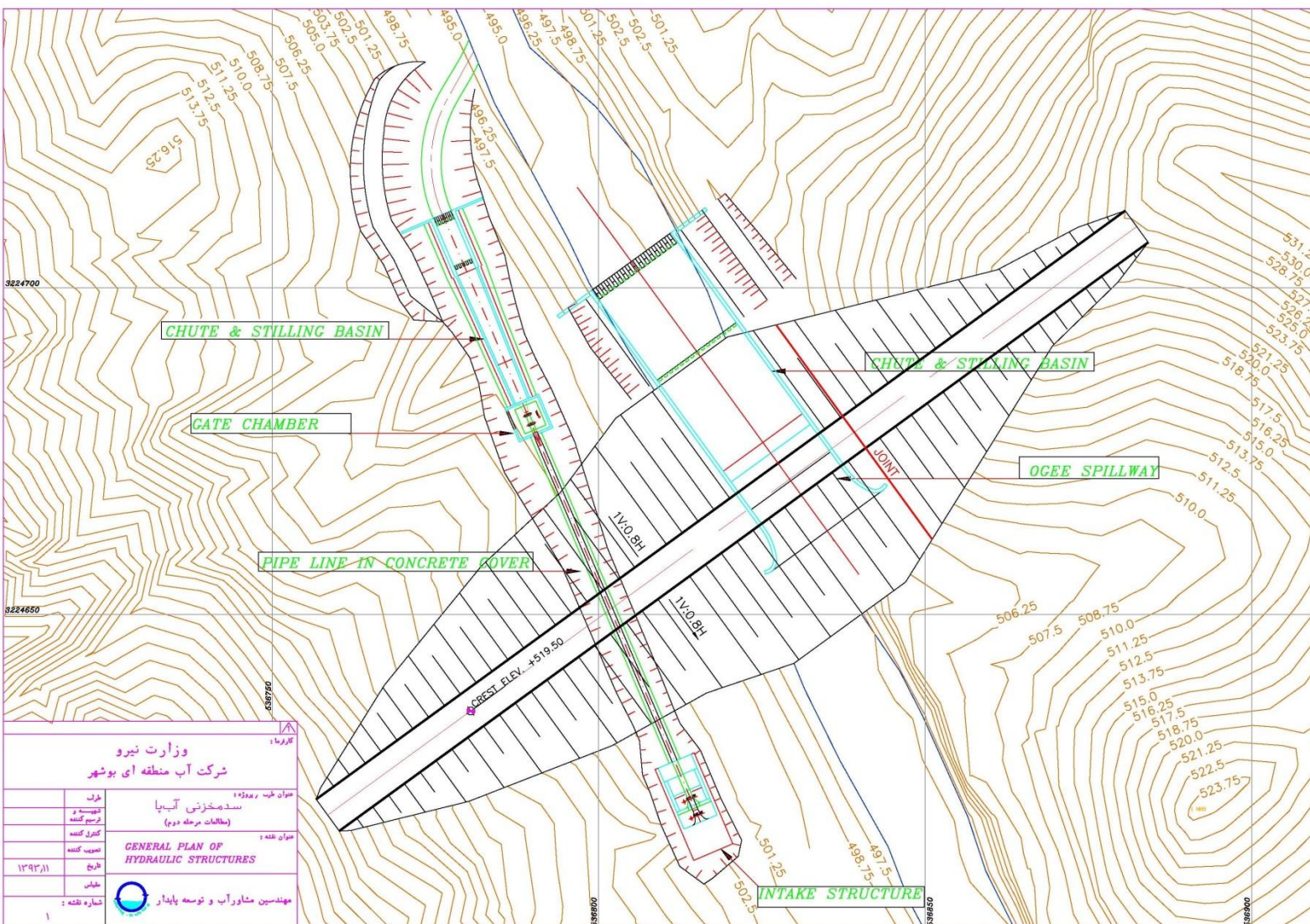
❖ معرفی سد آپا

تخلیه کننده تحتانی	
تعداد تخلیه کننده های تحتانی	یک عدد با ۲ دهانه ورودی
موقعیت	تکیه گاه چپ
حد اکثر دبی تخلیه در تراز	
نرمال سطح آب مخزن (رقوم ۵۱۶/۰ متر)	۴/۴۶ متر مکعب در ثانیه در حالت بازشدگی کامل دریچه ها
طول مجرای فولادی تخلیه کننده	۷۵/۰ متر
قطر مجرای فولادی تخلیه کننده	۸۰۰ میلیمتر
دریچه اضطراری در اتاق دریچه	دریچه کشویی محفظه دار به ابعاد ۰/۶۵x۰/۷ متر
دریچه کنترل در اتاق دریچه	دریچه کشویی محفظه دار به ابعاد ۰/۶۵x۰/۵۵ متر
تراز آگیری دهانه ورودی	۵۱۰/۰ متر از سطح دریا
سازه پایانه تخلیه کننده	شوت و حوضچه آرامش



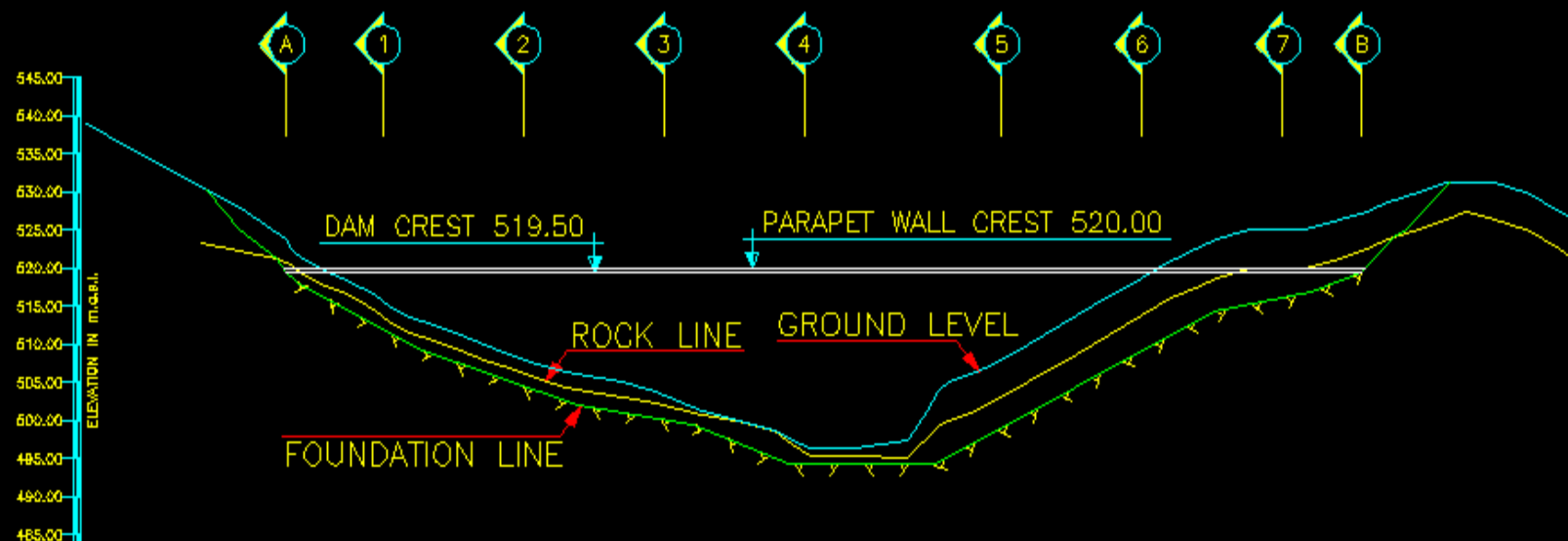
ساخت سد های CSG (سد آپا)

معرفی سد آپا



ساخت سد های CSG (سد آبی)

پروفیل طولی محور سد آب پیا

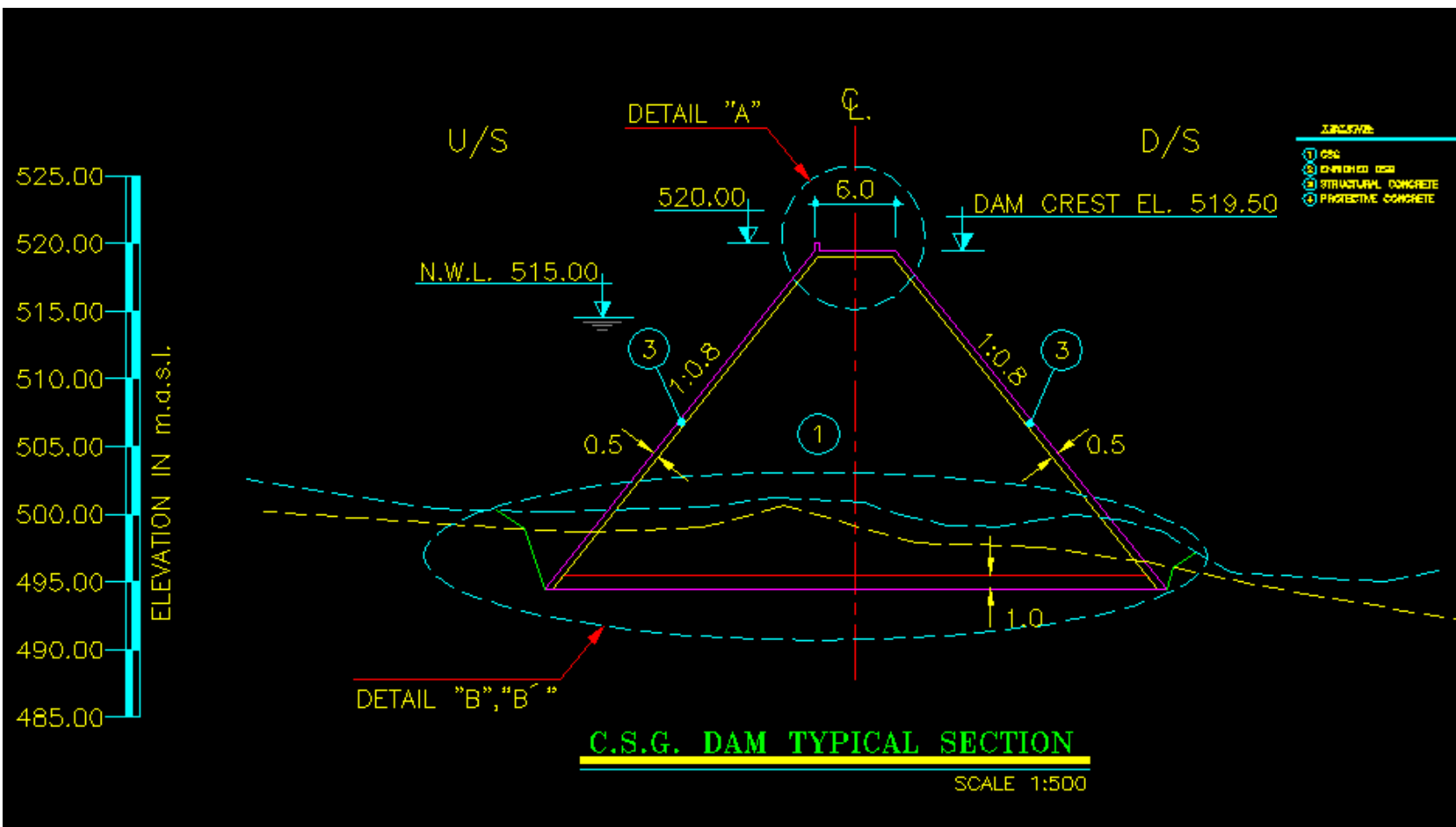


DISTANCE		13.73	20.00	20.00	20.00	28.12	20.00	20.00	11.33	
SECTIONS	A	1	2	3	4	5	6	7	8	
GROUND LINE ELEVATION	519.50-523.75	512.04-515.88	504.55-508.08	500.14-503.27	494.25-498.83	498.06-502.08	503.11-518.78	518.03-525.00	519.50-527.31	
FOUNDATION ELEVATION	519.50	512.04	504.55	500.14	494.25	498.06	503.11	518.03	519.50	

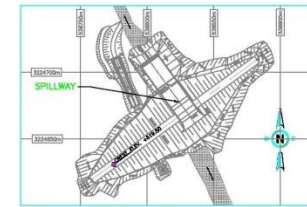
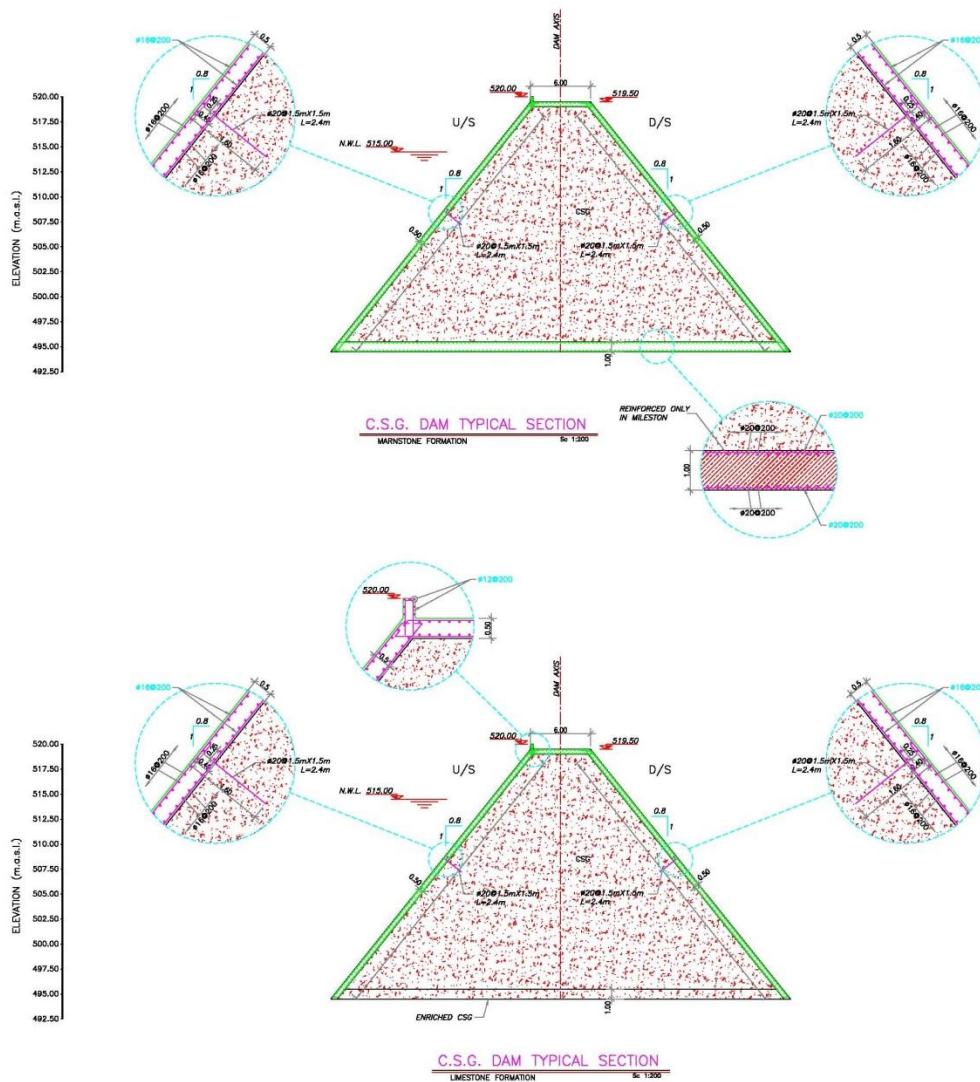


ساخت سد های CSG (سد آپا)

مقطع تیپ سد آپا



ساخت سد های CSG (سد آبی)



KEY PLAN

LEGEND:

	REINFORCED CONCRETE
	MASS & FILL CONCRETE

NOTES:

- 1- REINFORCED CONCRETE : $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$
LEAN CONCRETE : $f'c = 120 \text{ kg/cm}^2$
- 2- ALL MEASUREMENTS AND DIMENSIONS SHOULD BE CONTROLLED BY THE CONTRACTOR PRIOR TO CONSTRUCTION
- 3- ALL CONSTRUCTION TASKS SHOULD COMPLY WITH THE TECHNICAL SPECIFICATIONS OR OTHERWISE AS STATED BY THE ENGINEER
- 4- THE POSITION AND LOCATION OF CONSTRUCTION JOINTS SHOULD BE APPROVED BY THE ENGINEER
- 5- STEEL BARS : All $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$
- 6- THE LAP & DEVELOPMENT LENGTH OF BARS SHOULD BE ACCORDING TO IRAN CONCRETE CODE.
- 7- CONCRETE COVER IS 7.5 Cm.

ALL DIMENSIONS IN METERS
ALL ELEVATIONS IN METERS
ALL STEEL WORKS IN MILLIMETERS

0 10 20m
SCALE 1:200

وزارت نیرو
شرکت آب منطقه ای بوشر

کارفرما:

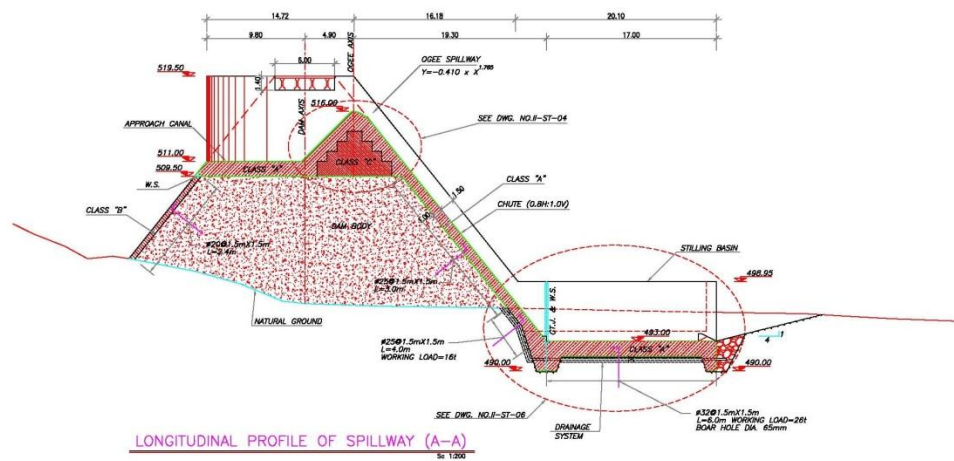
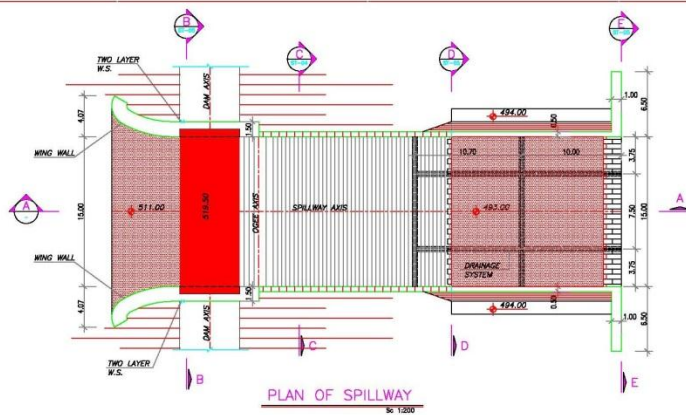
نوع طرح	مهندسی مشاور آب و توسعه پایدار
سازمان	سازمان منطقه ای آب و توسعه پایدار
تاریخ	۱۳۹۳/۸
مقیاس	1:200
تعداد نقشه	II-ST-02



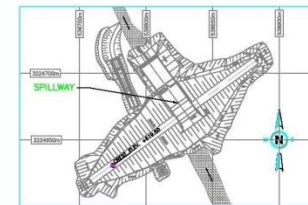
مهندسين مشاور آب و توسعه پایدار



ساخت سد های CSG (سد آبی)



STATION (M)	504.25 (2+000)	505.50 (2+020)	509.50 (2+050)	516.25 (2+070)	516.45 (2+080)	516.50 (2+090)	516.50 (2+100)	516.50 (2+110)	516.50 (2+120)	516.50 (2+130)	516.50 (2+140)	516.50 (2+150)	516.50 (2+160)	516.50 (2+170)	516.50 (2+180)	516.50 (2+190)	516.50 (2+200)
NATURAL GROUND EL. (m.a.s.l.)	504.25	505.50	509.50	516.25	516.45	516.50	516.50	516.50	516.50	516.50	516.50	516.50	516.50	516.50	516.50	516.50	516.50
DESCRIPTION	RESERVOIR	APPROACH CHAN.	Ogee	CHUTE 0.8H:1.0V	STILLING BASIN	EXCAVATION											
LENGTH OF STRUCTURE (M)		9.48	7.26	17.25	17.00	10.56											
STRUCTURE INVERT EL. (m.a.s.l.)		511.00	511.00	516.00	516.50	516.50											



KEY PLAN

LEGEND:

	~REINFORCED CONCRETE
	~MASS & FILL CONCRETE

NOTES:

1. REINFORCED CONCRETE :
CLASS "A" : $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$
CLASS "B" : $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$
CLASS "C" : $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
LEAN CONCRETE : $f_c = 120 \text{ kg/cm}^2$
2. ALL MEASUREMENTS AND DIMENSIONS SHOULD BE CONTROLLED BY THE CONTRACTOR PRIOR TO CONSTRUCTION.
3. ALL CONSTRUCTION TASKS SHOULD COMPLY WITH THE TECHNICAL SPECIFICATIONS OR OTHERWISE AS STATED BY THE ENGINEER.
4. THE POSITION AND LOCATION OF CONSTRUCTION JOINTS SHOULD BE APPROVED BY THE ENGINEER.
5. FOR ANCHORAGE SYSTEM PULL OUT TEST SHOULD BE DONE BASED ON WORKING LOAD.

ALL DIMENSIONS IN METERS
ALL ELEVATIONS IN METERS
ALL STEEL WORKS IN MILLIMETERS

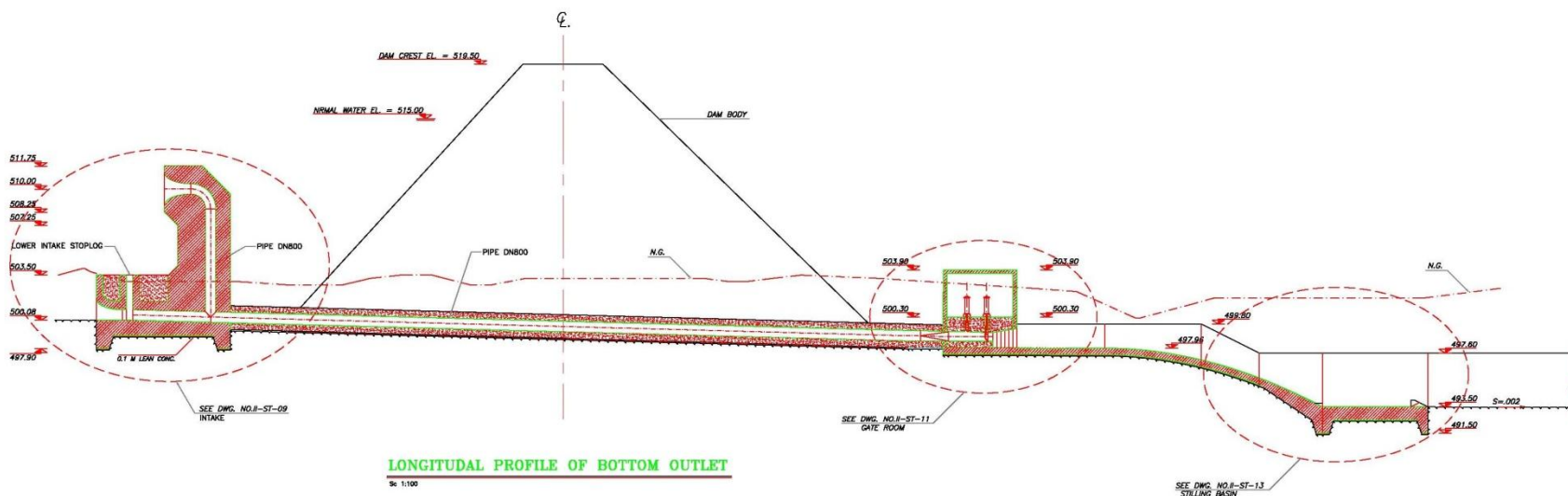
0 10 20m
SCALE 1:200

وزارت نیرو
شرکت آب منطقه ای بوشهر

کارفرما:

نوع پروژه:	سد مخزنی آبپایا
مراحل:	(مطالعات مرحله دوم)
محل:	سیستم انتقال آبپایا
تاریخ:	پلان تیر و فولاد - ریزش
مقیاس:	1:200
تعداد نقشه:	1:200
مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار	
II-ST-03	

ساخت سد های CSG (سد آپا)



STATION (M)	500.50	501.00	502.25	503.10	503.25	503.14	503.30	503.25	503.10	502.75	501.75	501.75	500.24
NATURAL GROUND EL. (m.a.s.l.)	500.50	501.00	502.25	503.10	503.25	503.14	503.30	503.25	503.10	502.75	501.75	501.75	500.24
DESCRIPTION	INTAKE STR.			STEEL OUTLET PIPE (Ø=0.80 m)					GATE ROOM	CHUT		STILLING BASIN	NATURAL TRAPEZOIDAL CANAL
LENGTH OF STRUCTURE (M)	10.20			54.20					5.60	23.26		8.00	26.65
STRUCTURE INVERT EL. (m.a.s.l.)	500.08	500.37	500.37						498.85	498.82	498.50	493.50	493.50



• زمین شناسی و ژئوتکنیک ساختگاه



ساخت سد های CSG (سد آپا)

❖ زمین شناسی و ژئوتکنیک ساختگاه

- ساختگاه سد آپا دارای محوری تقریبا متقارن اما از نظر لیتولوژی نامتجانس می باشد. آهک مقاوم گوری تشکیل دهنده جناح چپ و بستر رودخانه و واحد مارنی میشان تشکیل دهنده جناح راست می باشد. از نظر زمین شناسی ، ساختگاه سد در زون زاگرس چین خورده قرار دارد و سازند مارنی میشان و واحد آهک گوری تشکیل دهنده توده سنگهای ساختگاه و مخزن سد می باشند.

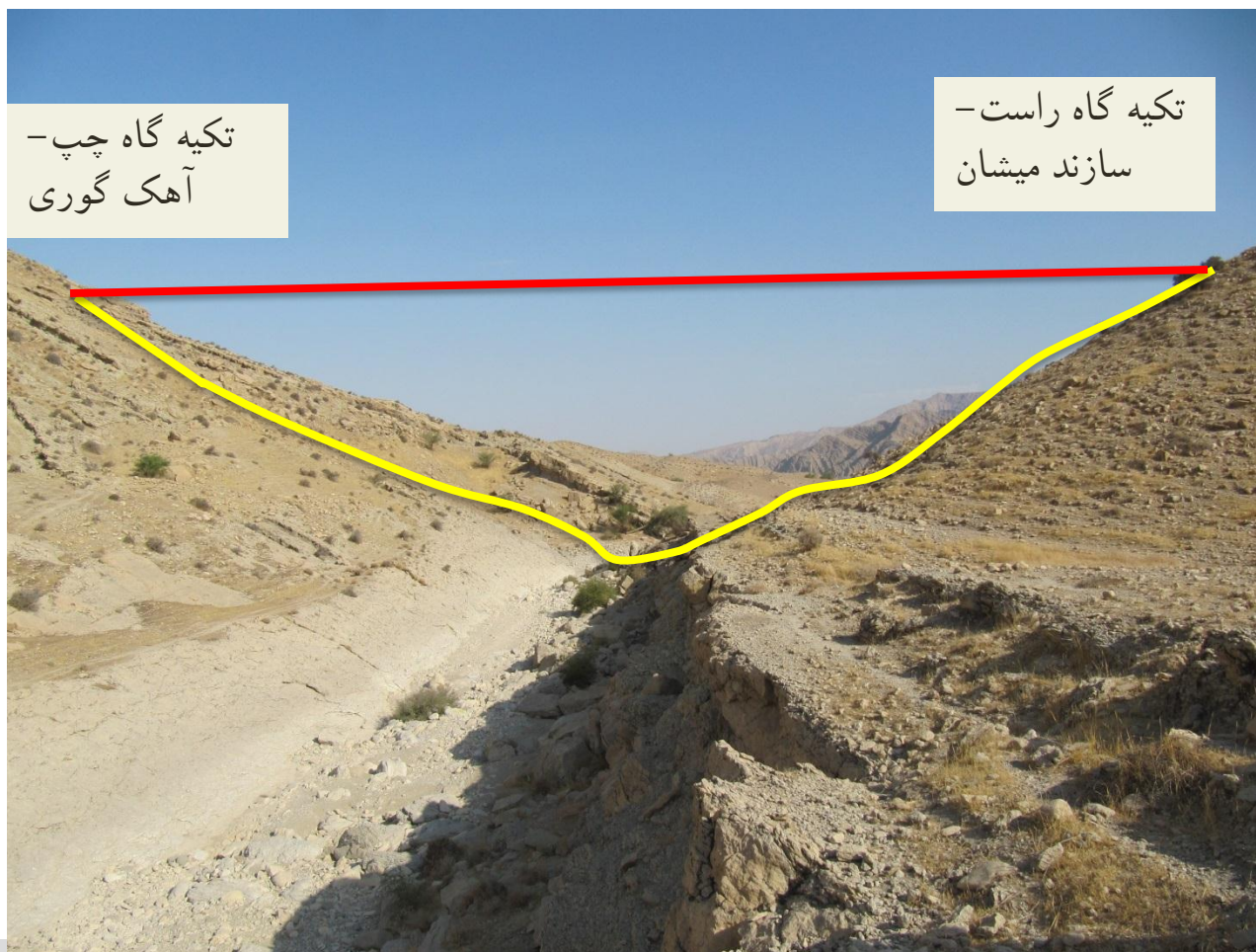
- تعداد ۶ حلقه گمانه های اکتشافی به عمق ۱۷۳ متر حفاری شده است. نتایج حاصله از گمانه های اکتشافی ۵ متر خاک برجا در جناح راست، ۲ متر خاک برجا در جناح چپ و یک متر آبرفت در بستر رودخانه می باشد. نفوذپذیری مارن در جناح راست در حدود ۳ واحد لوژان و در واحد آهکی در حدود ۲۰ لوژان می باشد. از نظر خصوصیات مهندسی توده سنگ آهکی در طبقه خوب و واحد مارنی در طبقه ضعیف قرار دارد.



ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ زمین شناسی و ژئوتکنیک ساختگاه

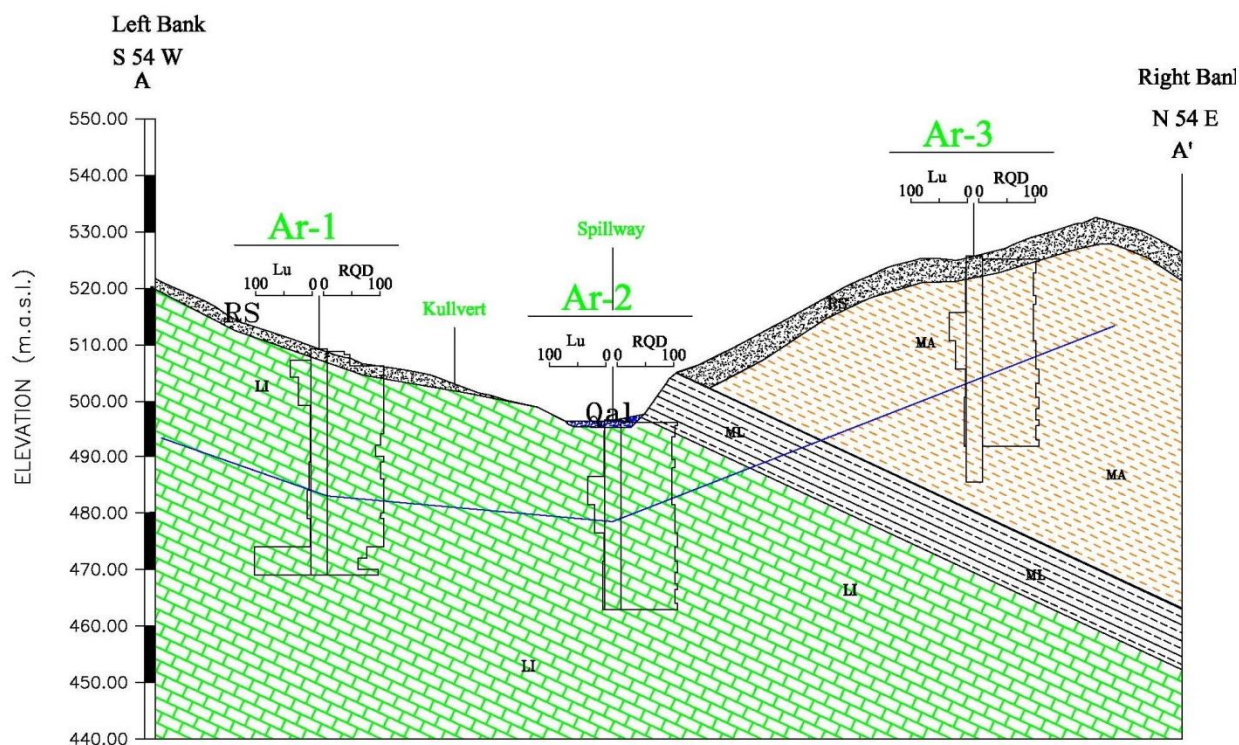
■ نمایی از محل محور سد آب پا (دید از بالا دست)



ساخت سد های CSG (سد آپا)

❖ زمین شناسی و ژئوتکنیک ساختگاه

■ مقطع عرضی زمین شناسی محور سد



Geological Section Along Axis Dam



ساخت سدهای CSG (سد آپا)

زمین شناسی و ژئوتکنیک ساختگاه

■ عملیات ژئوتکنیک انجام شده در ساختگاه

اهداف حفاری	آزمایش نفوذ استاندارد		آزمایش نفوذ پذیری		سنگ (m)	حفاری آبرفت	عمق گمانه (متر)	موقعیت گمانه	شماره گمانه	ردیف
	C.P.T	S.P.T	لوژن	لفران						
A-B-C	♦	♦	۸	♦	۳۹/۶	۰/۴	۴۰	تکیه گاه چپ - محور	Ar-01	۱
A-B-C	♦	♦	۶	♦	۳۳/۱	۰/۵	۳۳/۶	بستر رودخانه - محور	Ar-02	۲
A-B-C	۱	♦	۷	۱	۳۶	۴	۴۰	تکیه گاه راست - محور	Ar-03	۳
A-B-C	♦	♦	۴	♦	۱۸/۶	۱/۴	۲۰	ورودی کالورت	Ar-04	۴
A-B-C	♦	♦	۴	♦	۱۹	۱	۲۰	خروجی کالورت	Ar-05	۵
A-B-C	♦	♦	۴	♦	۲۰	♦	۲۰	حوضچه سرریز	Ar-06	۶
	۱	♦	۳۳	۱	۱۶۶/۳	۷/۳	۱۷۳/۶	جمع		
توضیحات A- : تعیین ضخامت آبرفت B- : تعیین نفوذپذیری در آبرفت و سنگ C- : تعیین تراز آب زیرزمینی										



ساخت سد های CSG (سد آپا)

❖ زمین شناسی و ژئوتکنیک ساختگاه

■ پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگهای ساختگاه

نوع سنگ	چسبندگی توده سنگ (Mpa)	زاویه اصطکاک داخلی توده سنگ (درجه)
آهک	۰/۶	۳۲
مارن	۰/۲۵	۲۲

پارامتر	آهک	مارن
مقاومت فشاری سنگ بکر (مگاپاسکال)	محکم (۷)	ضعیف (۲)
درصد متوسط شاخص کیفی سنگ	خوب (۱۷)	نسبتاً خوب تا خوب (۱۳)
فاصله تکرار ناپیوستگی ها (متر)	متوسط تا زیاد (۱۰-۱۵)	متوسط تا کم (۸-۱۰)
شرایط سطوح درزه ها	مسطح ، زبر کمی هوازده تا هوازده ، جدایش سطح سنگ کمتر از ۱ میلیمتر (۲۰)	مسطح ، زبر کمی هوازده تا هوازده ، جدایش سطح سنگ کمتر از ۱ میلیمتر (۲۰)
شرایط آب زیرزمینی	خیس تا مرطوب (۷-۱۰)	خیس تا مرطوب (۷)
تصحیح نسبت به جهت ناپیوستگی ها	نسبتاً خوب	
جمع امتیازها برای سنگ بعد از اعمال تصحیحات	۶۵-۷۰	۴۰-۴۵



ساخت سد های CSG (سد آپا)

❖ زمین شناسی و ژئوتکنیک ساختگاه

■ پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگهای ساختگاه

نوع سنگ	پارامترهای شاخص	میانگین
مارن	دانسیتته (gr/cm^3) خشک	۲/۴۶
	دانسیتته اشباع (gr/cm^3)	۲/۵۹
	رطوبت (%)	۴
	جذب آب (%)	۱۶
	تخلخل (%)	۱۳

نوع سنگ	پارامترهای شاخص	میانگین
آهک	دانسیتته (gr/cm^3) خشک	۲/۶۰
	دانسیتته اشباع (gr/cm^3)	۲/۶۲
	رطوبت (%)	۱
	جذب آب (%)	۲
	تخلخل (%)	۳

نوع سنگ	پارامتر	میانگین
آهک	مقاومت فشاری نا محصور سنگ بکر (Mpa)	۴۵-۵۵
	مدول تغییر شکل پذیری یا مدول الاستیسیته توده سنگ (Gpa)	۳/۸
	نسبت پواسن	۰/۲۵

نوع سنگ	پارامتر	میانگین
مارن	مقاومت فشاری نا محصور سنگ بکر (Mpa)	۱۰-۱۵
	مدول تغییر شکل پذیری یا مدول الاستیسیته توده سنگ (Gpa)	۰/۵
	نسبت پواسن	۰/۳



• منابع قرضه



ساخت سد های CSG (سد آپا)

❖ منابع قرضه

- مطالعات منابع قرضه در سه بخش قرضه ریزدانه، قرضه سنگی و قرضه درشت دانه انجام گرفته است :
- قرضه ریزدانه : برای شناسایی قرضه ریزدانه تا فاصله حدود ۲۰ کیلومتری ساختگاه مورد مطالعه قرار گرفته و تعداد ۹ عدد چاهک به عمق متوسط ۲ متر حفاری شده است. عوامل زیر باعث شده است که قرضه ریزدانه مورد توجه طراحی سد قرار نگیرد:
- ۱ - نتایج حفاری قرضه ریزدانه حاکی از سیلتی و ماسه ای بودن مصالح با درجه کم خمیری می باشد.
- ۲ - عمده قرضه ریزدانه در محدوده سازند گچساران قرار دارد و این مصالح دارای املاح انحلالی مانند گچ می باشند.
- ۳ - راه دسترسی و حمل مصالح به ساختگاه کاملاً سخت و صعب العبور می باشد. برای حمل مصالح بایستی از گردنه نینیزک با جاده درجه ۲ روستایی در حاشیه دره های عمیق تردد نمود که شرایط ناامن ترافیکی وجود دارد.
- قرضه سنگی : قرضه سنگی در جناح چپ ساختگاه قرار دارد. ۵ بلوک سنگی آهکی اخذ و نتایج آزمایشگاهی حاکی از کیفیت عالی مصالح سنگی می باشد.
- قرضه درشت دانه : تعداد ۱۱ عدد چاهک در مصالح نامحدود بستر رودخانه با عمق متوسط ۱.۵ متر حفاری شده که نتایج آزمایشگاهی نیز حاکی از کیفیت خوب مصالح شن و ماسه می باشند.

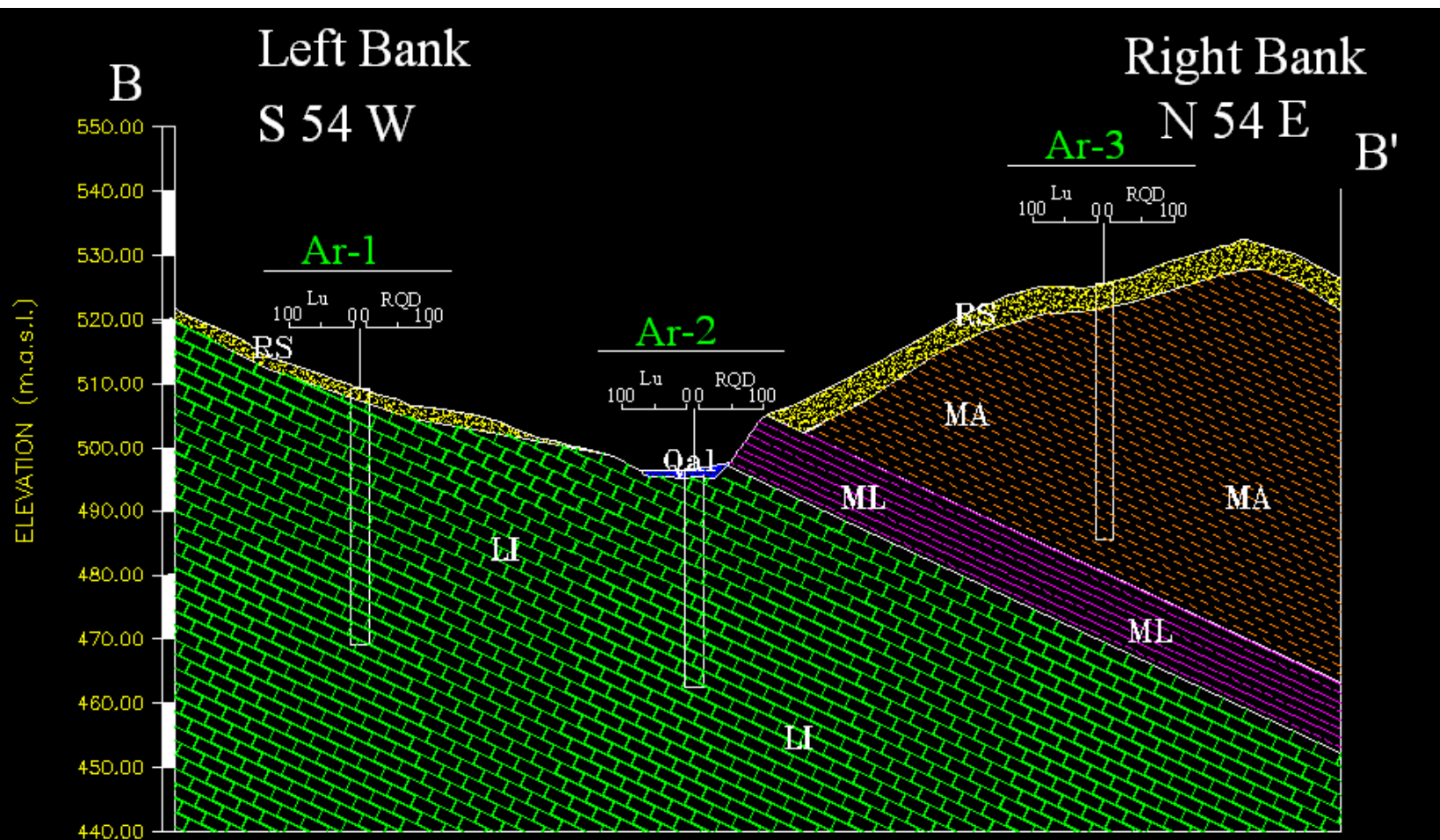


• طراحی سد آپا از نوع CSG



ساخت سد های CSG (سد آپا)

❖ مقطع زمین شناسی در محل محور



ساخت سد های CSG (سد آپا)

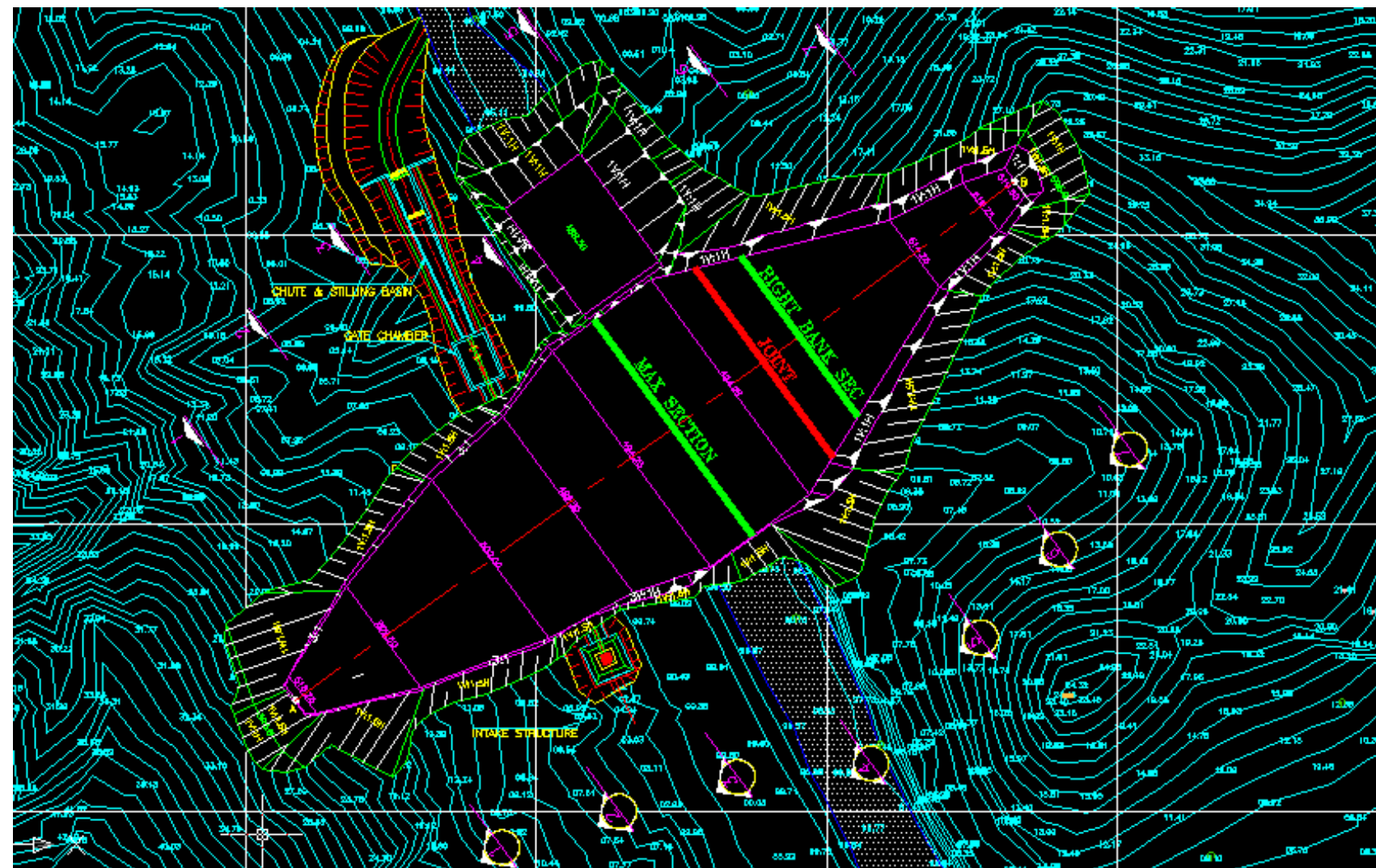
❖ پارامترهای مقاومتی مصالح

$f'C$ (MPa)	ϕ	C (MPa)	E (GPa)	
2.5	30	0.7	4	مصالح CSG
--	32	0.6	4	سنگ آهک
--	22	0.25	0.5	سنگ مارن



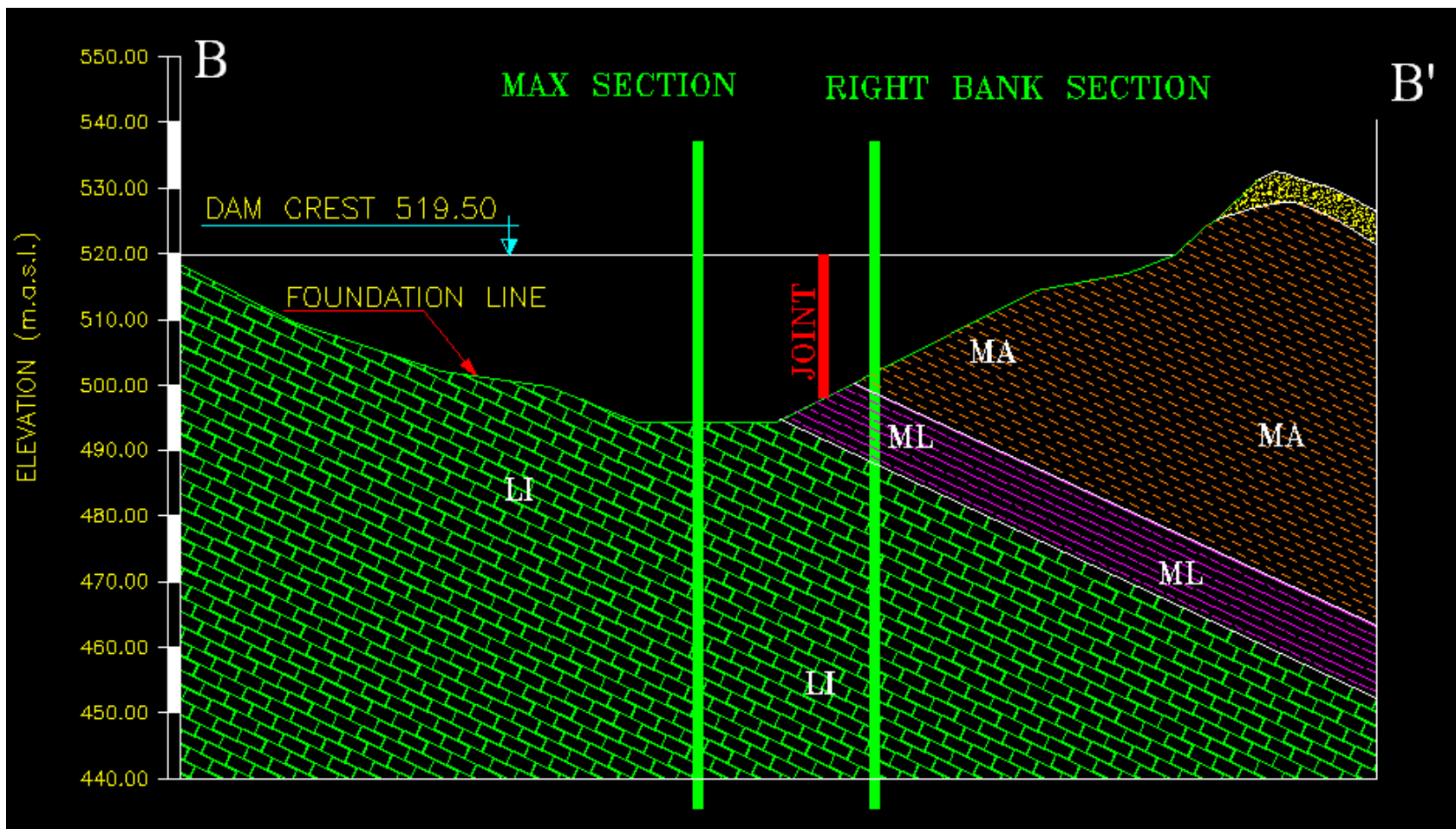
ساخت سد های CSG (سد آبیا)

مقاطع آنالیز



ساخت سد های CSG (سد آپا)

❖ مقاطع آنالیز



ساخت سدهای CSG (سد آپا)

❖ ترکیب بارگذاری

شرایط	ترکیب بارگذاری	بارهای وارده
پایان ساخت- مخزن خالی	عادی	وزن بدنه سد- نیروی رسوب
سیلاب	غیر عادی	وزن بدنه سد- نیروی رسوب- نیروی آب- فشار برگشت
زلزله	غیر عادی	وزن بدنه سد- نیروی رسوب- نیروی اینرسی



ساخت سد های CSG (سد آپا)

❖ ضرایب اطمینان و تنش های مجاز

تنش کششی مجاز مصالح خاک-سیمان	تنش فشاری مجاز مصالح خاک-سیمان	تنش مجاز وارد بر پی	محل عبور برایند نیروها از پی	حداقل ضریب اطمینان لغزش	ترکیب بارگذاری
0	$0.3 f'c$ =750KPa	$\leq$ Allowable	۱/۳ میانی	2	عادی
R/3 =200KPa	$0.5 f'c$ =1.25MPa	$\leq$ Allowable	۱/۲ میانی	1.7	غیر عادی

✓ $f'c$: مقاومت فشاری محصور نشده مصالح CSG برابر با 2.5MPa

✓ R : مقاومت کششی مصالح CSG برابر با 0.6MPa

$$R = 0.51 (f'c)^{0.88}$$

در این رابطه R و $f'c$ با واحد psi می باشد



ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ نتایج آنالیزهای مقطع حداکثر

تنش حداکثر (Kpa)	تنش حداقل (Kpa)	محل عبور برایند نیروها از پی	ضریب اطمینان لغزش	بارگذاری
309	316	۱/۳ میانی	>10	مخزن خالی
243	382	۱/۳ میانی	8.3	زلزله
-87	820	۱/۳ میانی	7.08	سیلاب



ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ نتایج آنالیزهای مقطع تکیه گاه راست

تنش حداقل (Kpa)	تنش حداکثر (Kpa)	محل عبور برایند نیروها از پی	ضریب اطمینان لغزش	بارگذاری
232	232	۱/۳ میانی	>10	مخزن خالی
178	286	۱/۳ میانی	5.02	زلزله
-58	596	۱/۳ میانی	4.59	سیلاب



ساخت سد های CSG (سد آبی)

❖ پایداری در مقابل لغزش و واژگونی

طراحی سد آب پا از مصالح CSG - ترکیب بارگذاری شماره ۳ (غیر عادی)

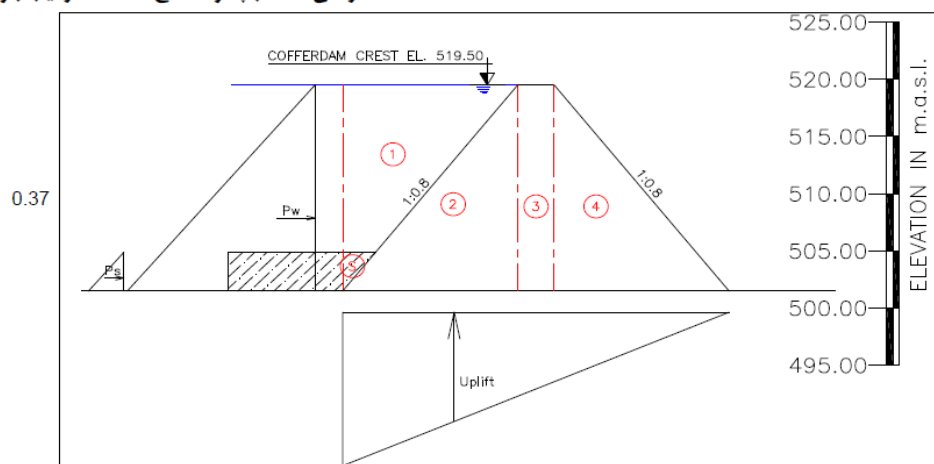
ys-c=	22	KN/m3	Foun. C=	600	Kpa
yw=	10	KN/m4	Foun. Φ =	32	degree
y's=	7				
b=	6	m	joint C=	400.00	
H=	25	m	joint Φ =	21.33	
Hw=	25	578.75-532			
Hs=	5	541-532			
1V:auH	US slope=	0.8			
1V:adH	DW slope=	0.8			

عرض تاج
ارتفاع

عرض در کف

B=	46 m
Bu=	20 m
Bd=	20 m
Pw=	3125 KN
Ps=	87.5 KN
uplift=	5750 KN
Mo=	202520.83 KN.m

zone	area (m2)	weight (KN)	d (m)	moment (KN.m)
1		2500	39.3333	98333.33333
sediment		70	44.6667	3126.66667
2	250	5500	32.6667	179666.6667
3	150	3300	23	75900
4	250	5500	13.3333	73333.33333
sum=	650	16870		430360



slide	over turning
Presist=	22742.96 KN
S.F. slide=	7.08
S.F. over.T.=	2.13
OK	OK

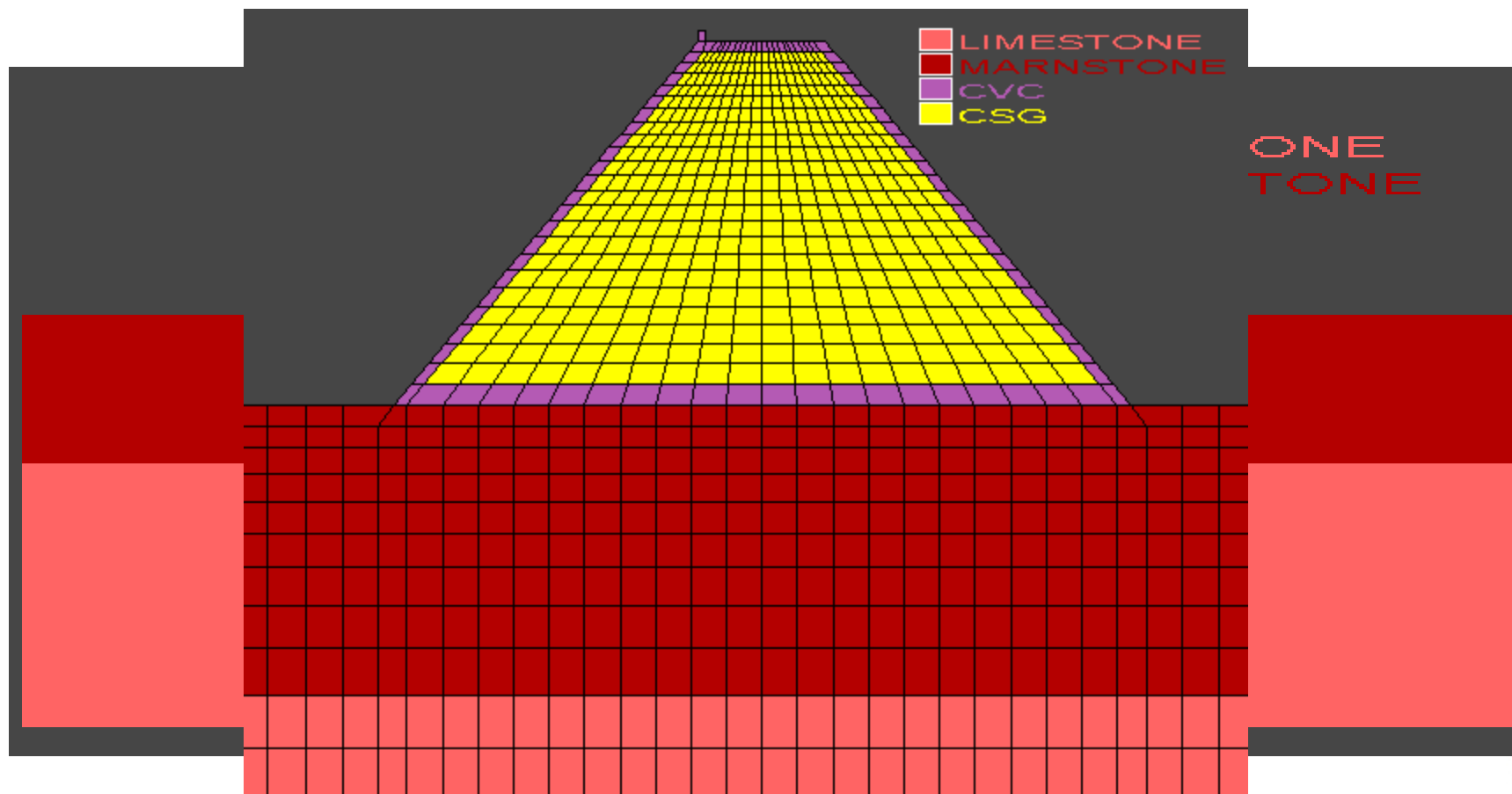
Xo= 13.51

OK	e=	9.49	qmax=	8.2091	kg/cm2
	w/A(1+6e/B)	820.91	qmin=	-0.874	kg/cm2
	w/A(1-6e/B)	-87.43	<R/3	OK	



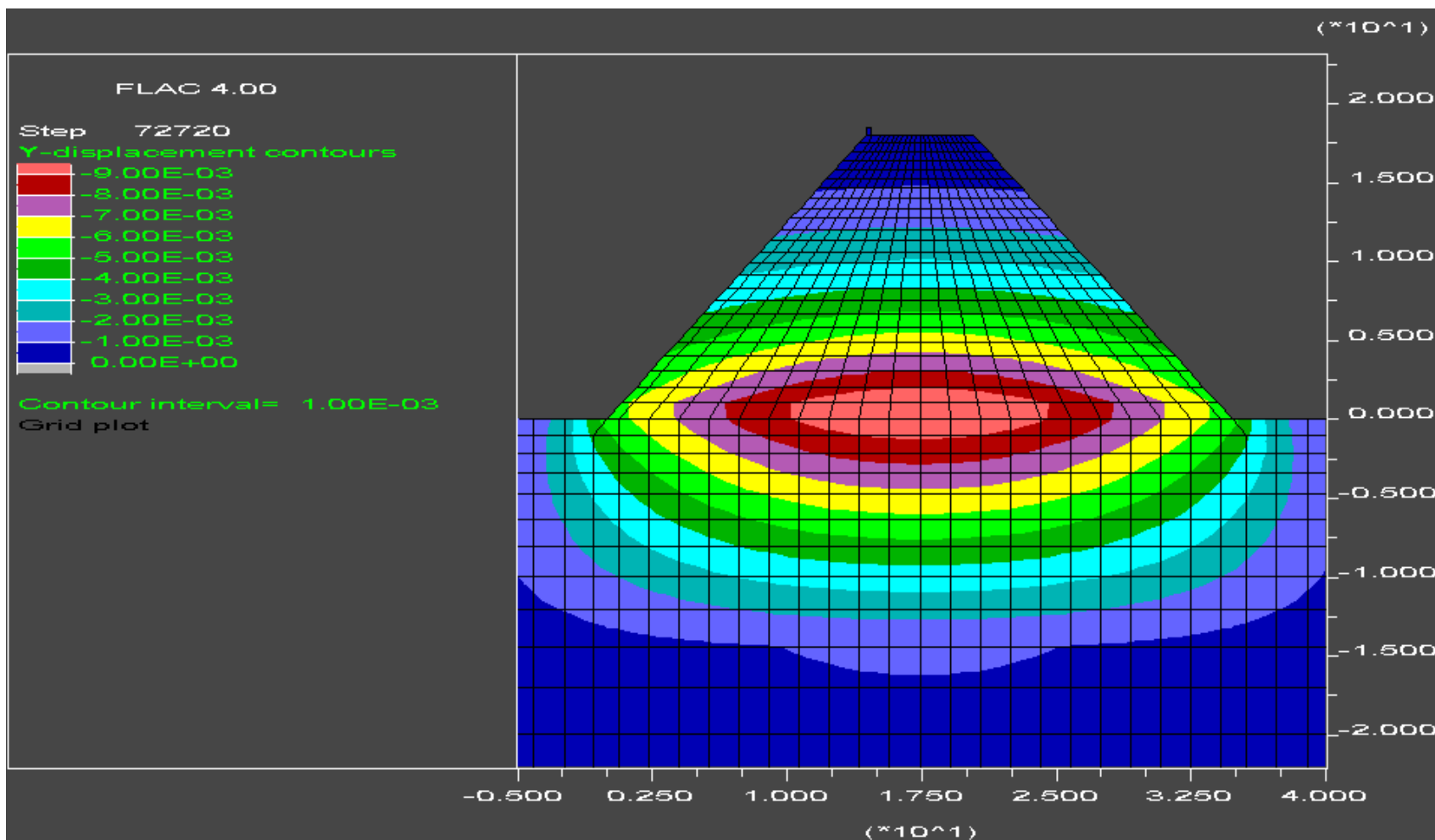
ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ آنالیزهای عددی مقطع تکیه گاه راست



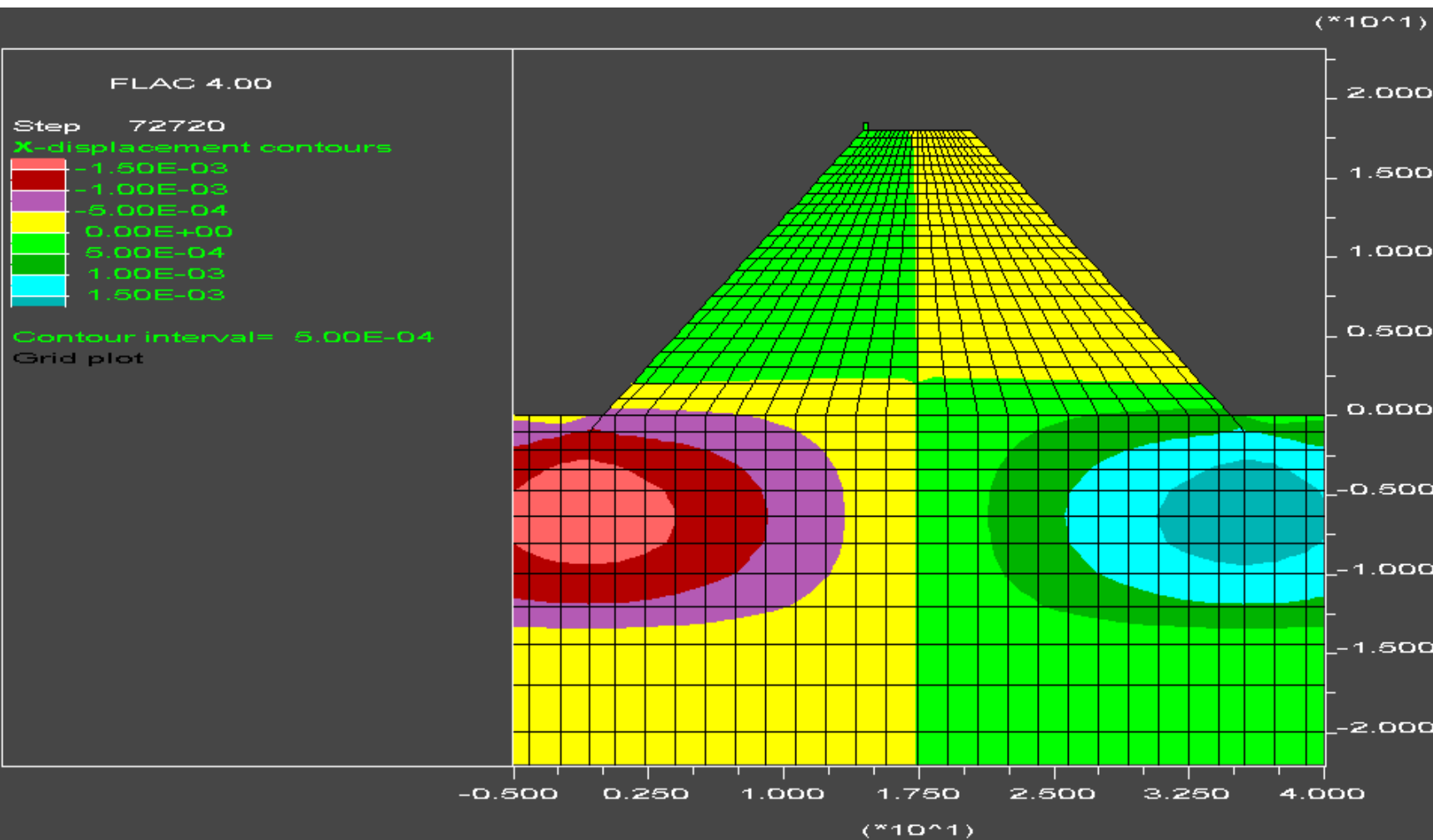
ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ نشست در انتهای ساخت



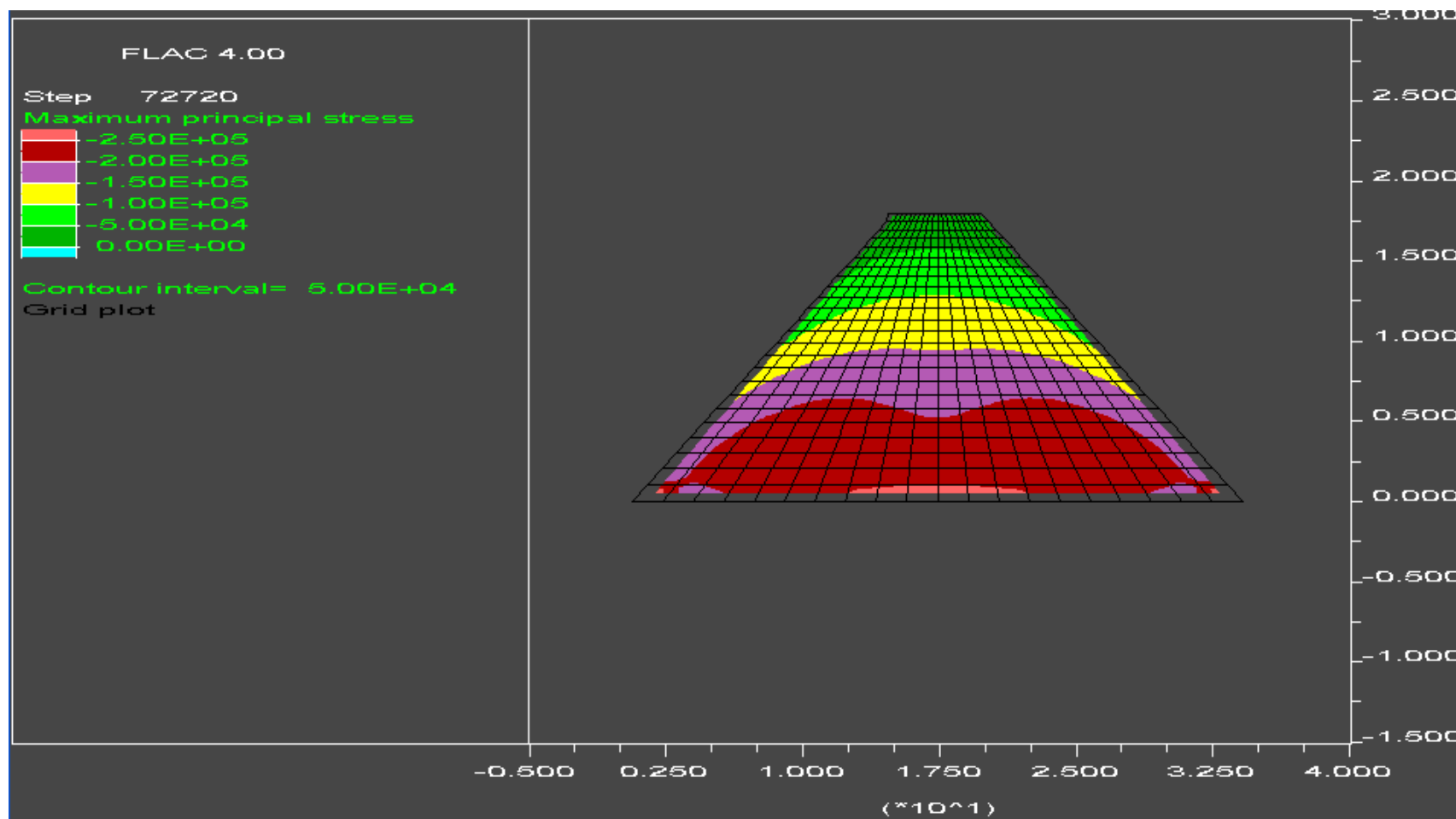
ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ تغییر شکل های افقی در انتهای ساخت



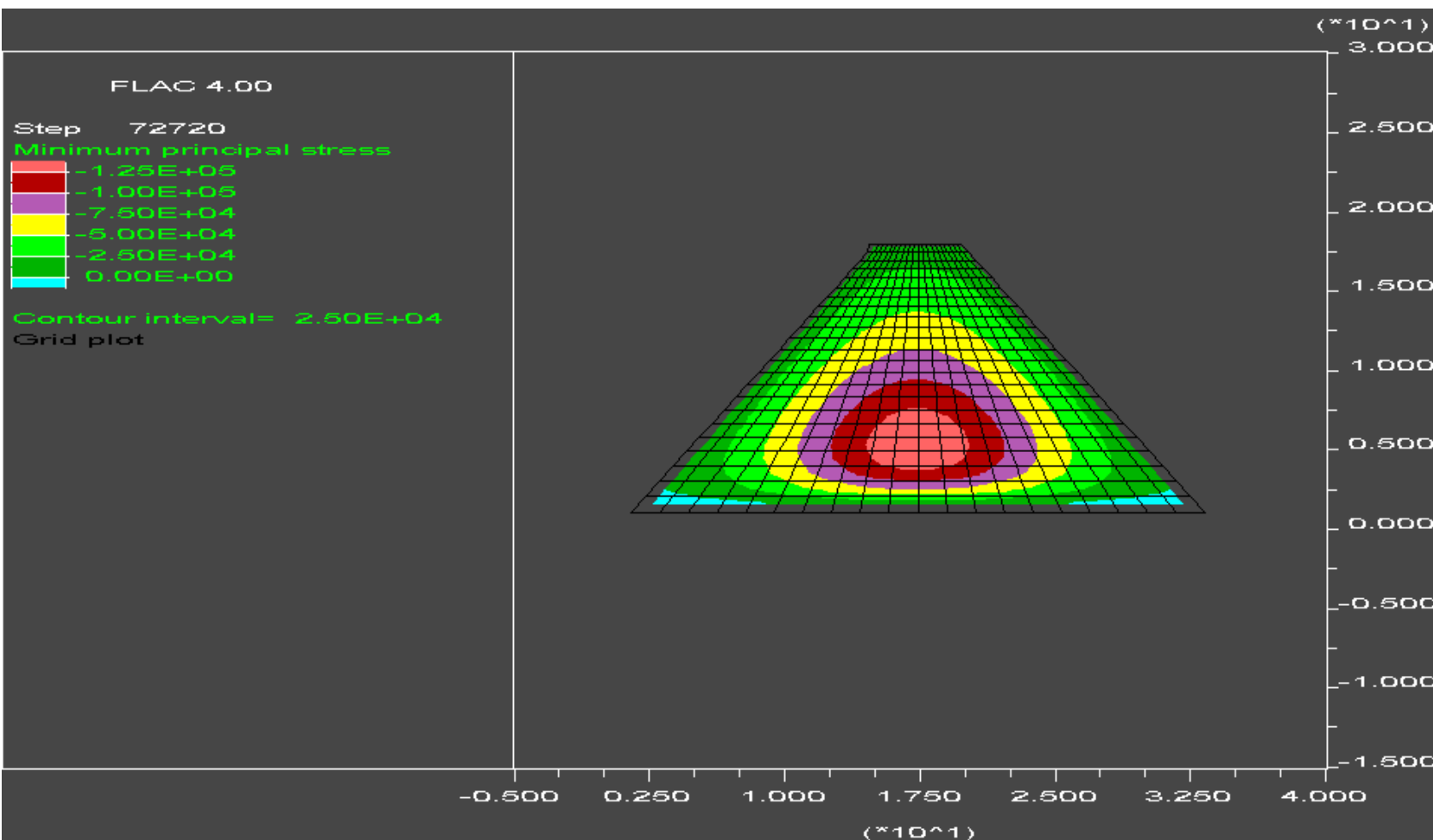
ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ تنشهای اصلی حداکثر در مصالح CSG
انتهای ساخت



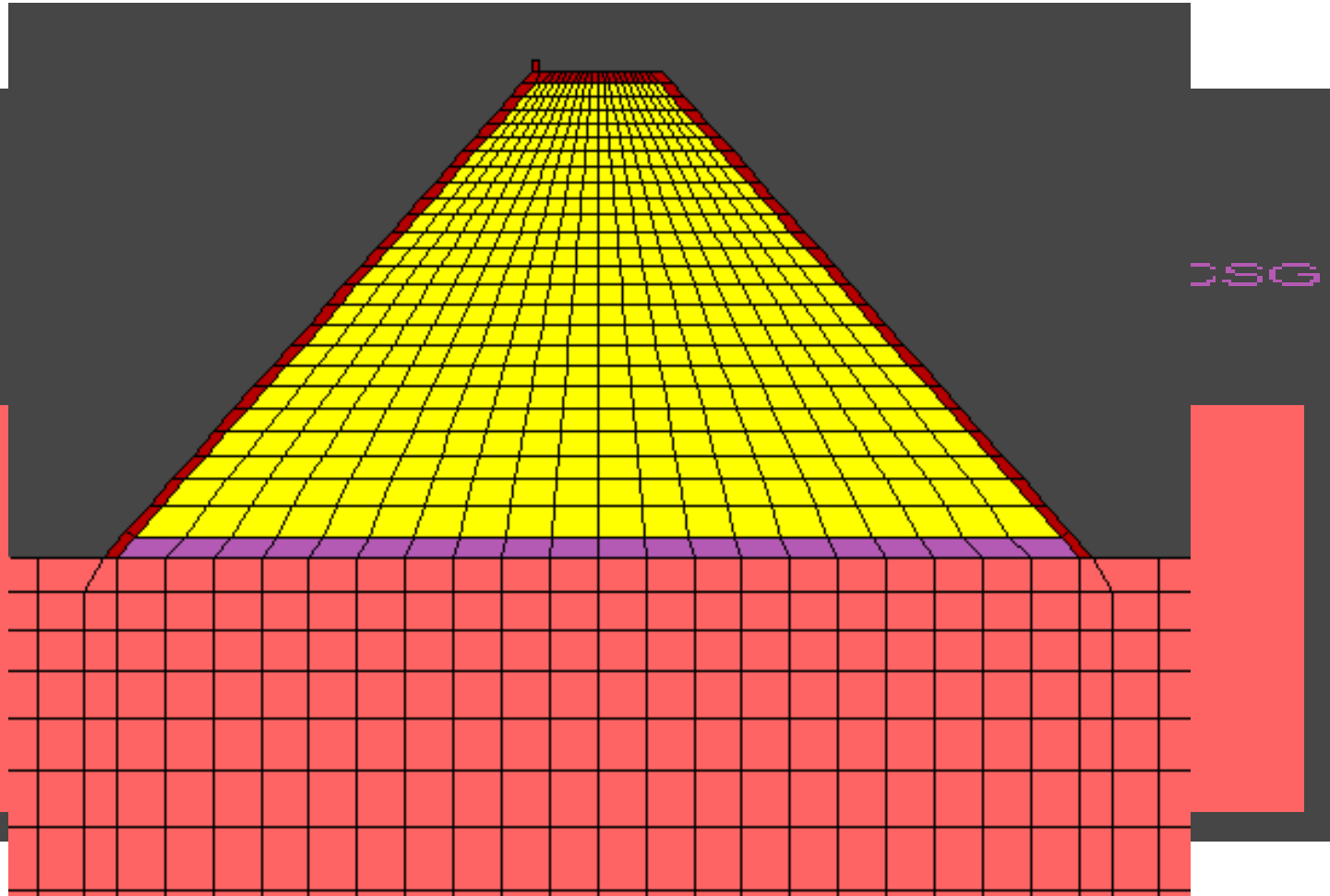
ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ تنش های اصلی حداقل در مصالح CSG
انتهای ساخت



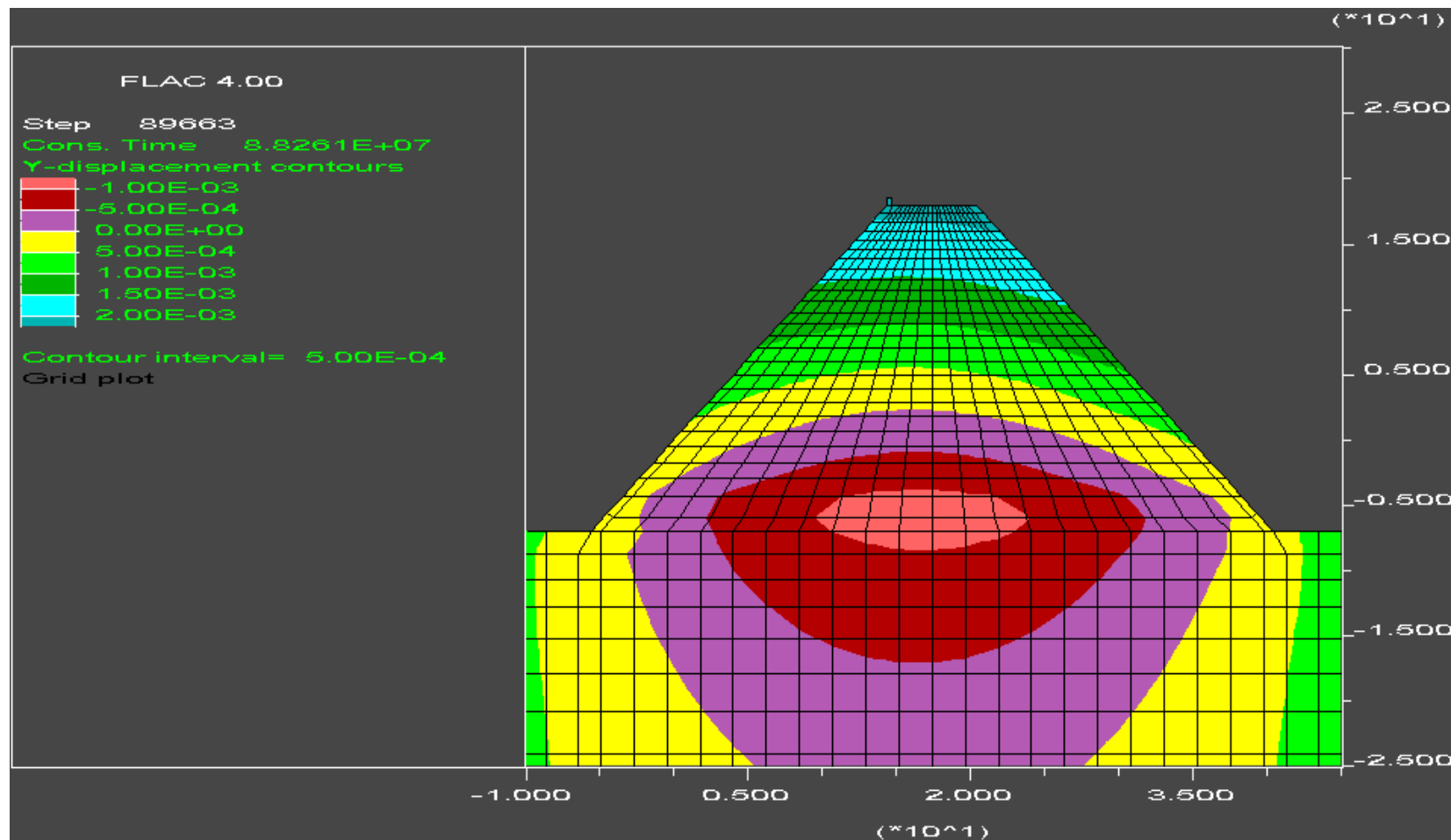
ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ آنالیزهای عددی مقطع حداکثر



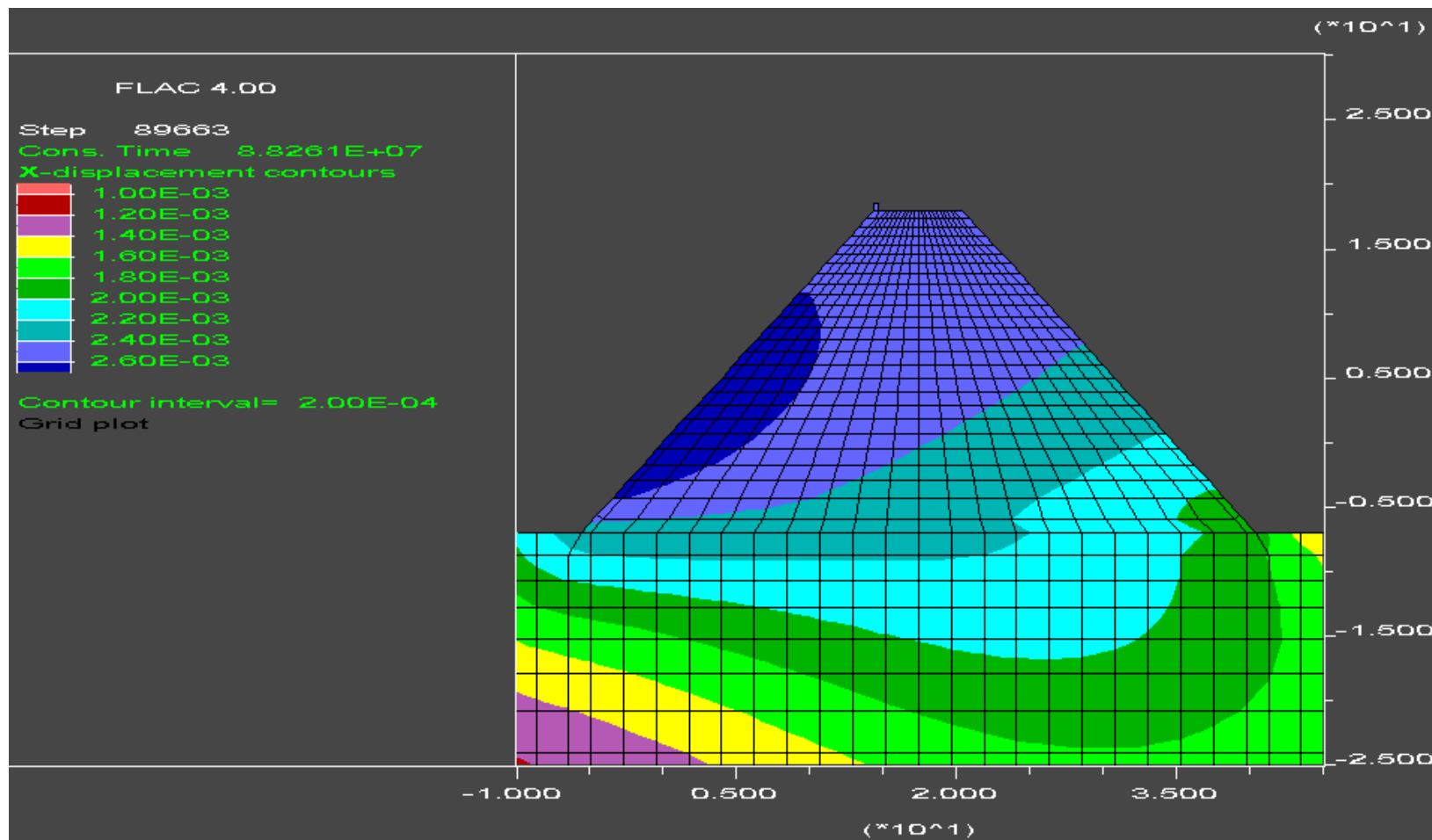
ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ تغییر شکل های قائم - سیلاب



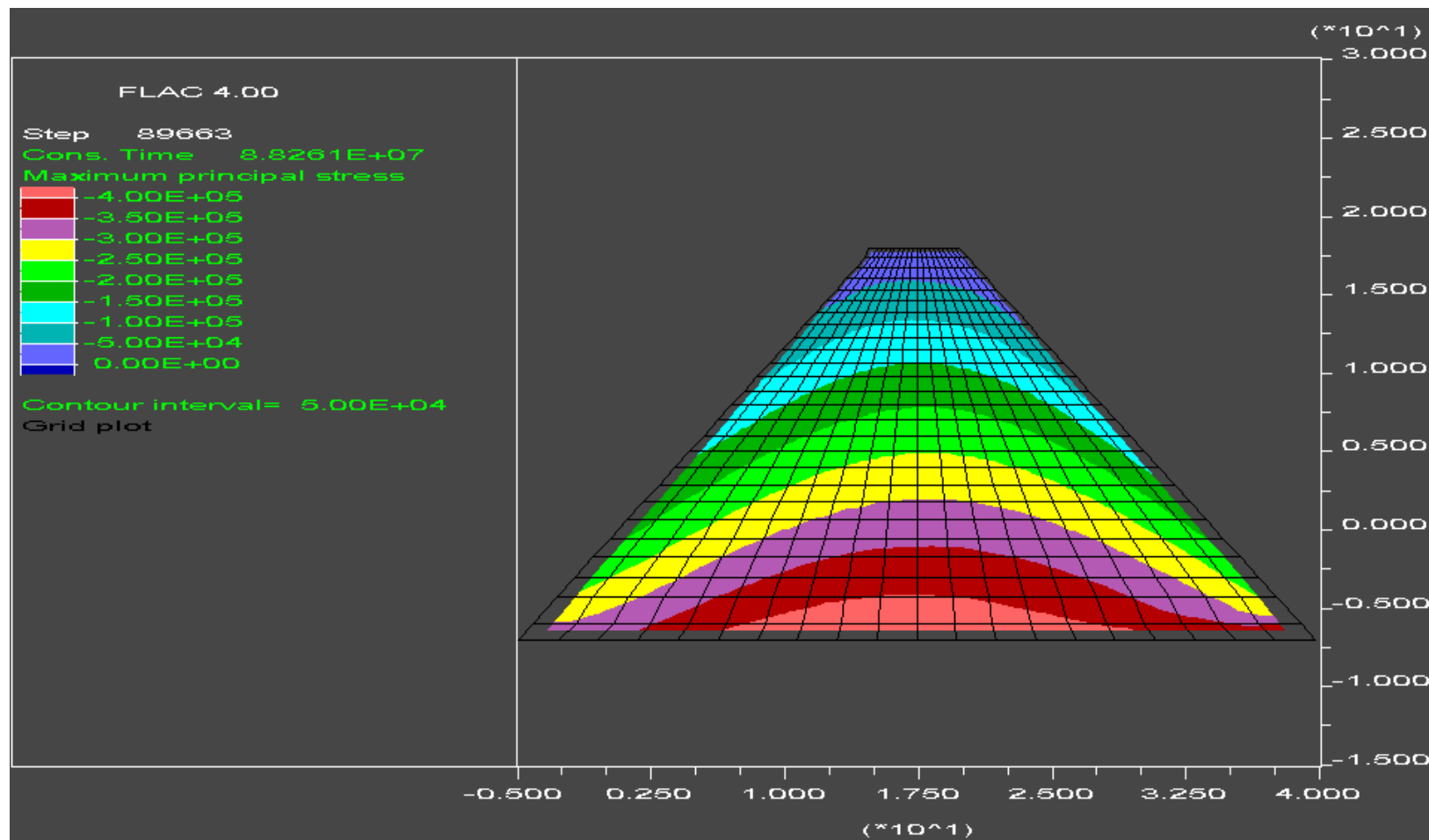
ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ تغییر شکل های افقی - سیلاب



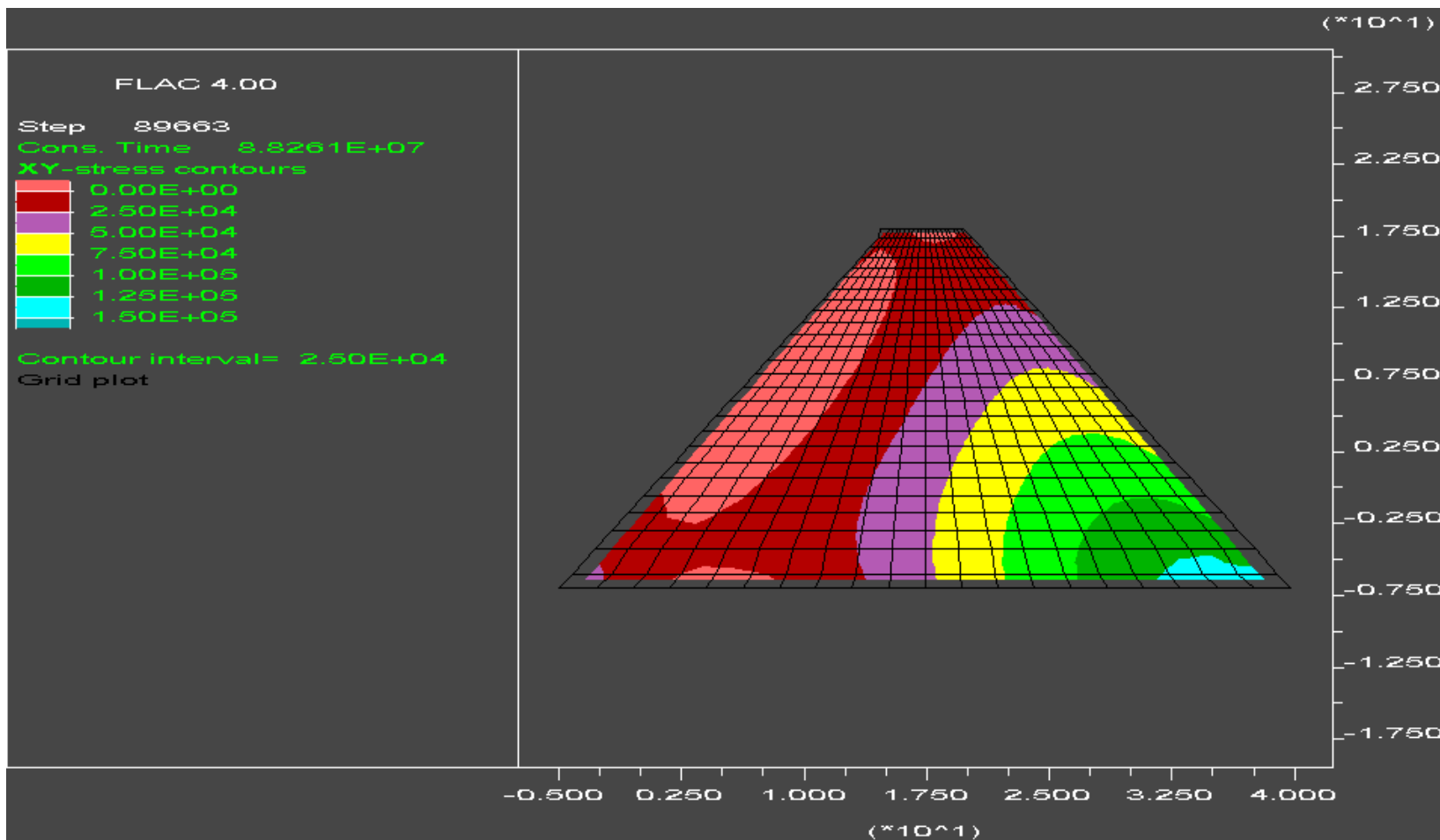
ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ تنش های اصلی حداکثر در مصالح
سیلاب



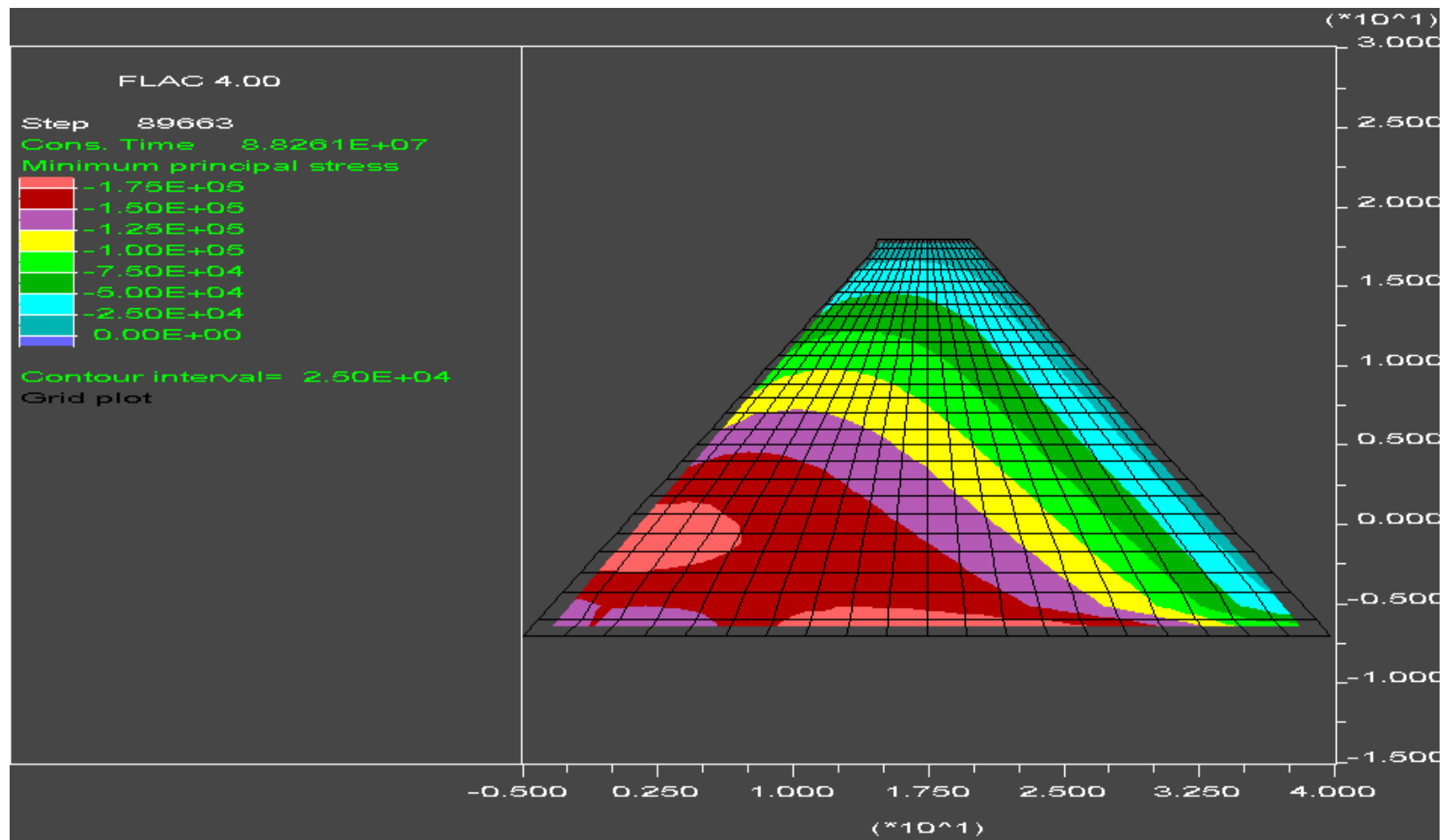
ساخت سد های CSG (سد آبپا)

❖ تنش های اصلی حداقل در مصالح سیلاب



ساخت سد های CSG (سد آپا)

❖ تنش های برشی در مصالح CSG سیلاب



با تشکر از توجه شما

