

## تأثیر افت سطح آب سد های خاکی در پایداری استاتیکی آنها

جلال منتظری فشتالی<sup>۱\*</sup>، دکتر عسگر جانعلیزاده<sup>۲</sup>

۱- مدرس آموزشگاه فنی و حرفه ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، سیاهکل، ایران

jalal.montezeri@gmail.com

۲- دانشیار دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

چکیده:

سدهای خاکی از سازه هایی با درجه اهمیت بالا می باشند زیرا سبب رونق اقتصادی در بخشهای کشاورزی و انرژی و همچنین جلوگیری از سیلاب های ویرانگر، می شوند. در این تحقیق، با نرم افزار دو بعدی پلاکسیس، یک سد در حال ساخت مدل می شود. سرریز سد در فاصله ده متری تاج واقع شده است. پس از مدل کردن سد و آبیگری تا نقطه سرریز، تنش آب منفذی و تغییر شکل سد بدست می آید. در نهایت ضریب پایداری سد که ملاک پایداری آن است، محاسبه می شود. در مرحله دوم افت آب ده متری را برای این سد در نظر می گیریم و تنش ها و تغییر شکل سد و همچنین ضریب اطمینان سد بدست می آید. نتایج حاصله نشان می دهد که افت اندک سطح آب تأثیری در پایداری سد نخواهد داشت و اگر سدها به گونه ای طراحی شوند که مصالح زهکشی و فیلتر در رنج متوسط باشد و سریع تخلیه آب صورت نگیرد، سد دچار ناپایداری استاتیکی نخواهد شد.

## کلمات کلیدی:

سد خاکی، نرم افزار پلاکسیس، سرریز، تنش بدنه سد، افت آب، ضریب اطمینان.

## مقدمه:

از زمانهای بسیار دور، بنای سدهای خاکی به منظور کنترل و ذخیره آب معمول بوده است. اما بعلا امکان محدود و عدم شناخت قوانین مکانیک خاک و هیدرولیک، ارتفاع سدها و بناهای خاکی از یک مقدار محدودی بیشتر نمیشده است. امروزه با پیشرفت علم مکانیک خاک و توسعه امکانات تکنولوژی و مطالعات دقیق تر توانسته اند سدهای خاکی را با ارتفاعات قابل ملاحظه ای احداث کنند، بطوریکه در حال حاضر، از مرتفع ترین سدهای دنیا، سدهای خاکی و پاره سنگی هستند. اما بعلا پیچیدگی های خاص سدهای خاکی، همواره طراحی این سدها بر خلاف اجرای شان، از سدهای دیگر مشکلتر است. از جمله مشکلات این سدها، آب شستگی مصالح، دنفوذ آب به داخل سد و در نهایت تخریب آن می باشد. برای ایجاد عایق رطوبتی در هسته مرکزی سد، هسته سدهای خاکی را عموماً از رس می سازند. جدا از مشکل طراحی این سدها، ناپایداری شدید این سدها در برابر افت ناگهانی سطح آب مخزن سد می باشد. برای ارزیابی سدهای خاکی، می توان از روشهای عددی المان محدود استفاده نمود. در این مطالعه، با نرم افزار plaxis 8.2، به تحلیل پایداری سد خاکی در دراز مدت، می پردازیم.

## مشخصات هندسی و ژئوتکنیکی سد خاکی لاسک:

هندسه محل، شامل مشخصات ابعادی سازه و پیرامون آن را شامل می شود. اولین گام مدل سازی، تهیه ابعاد فیزیکی و مشخصات

ژئوتکنیکی آن است. سد لاسک به طول ۴۵۰ متر و ارتفاع ۶۱٫۷ متر از گف رودخانه می باشد. محدوده ترسیم را در طول ۵۰۰ متر و در

عرض (محور، با توجه به ارتفاع سد و هفتاد متر اضافه بر آن جهت تحلیل بستر سد، ۱۴۰ متر در نظر گرفتیم. تاج، ده متر، ارتفاع از پی،

۸۷٫۲ متر، ارتفاع از بستر رودخانه ۶۱٫۷ متر، می باشد،

مصالح شیب بالادست و پایین دست، (خاک ۱)، شن رس دار می باشد.

مصالح هسته، رس (خاک ۲) می باشد. مصالح فیلتر و زهکش پنجه سنگی، (خاک ۳)، ماسه است.

مصالح پی (خاک ۴)، ماسه رسی است.

مشخصات قراضه به کار رفته این سد، به شرح زیر می باشد. (جدول 1)

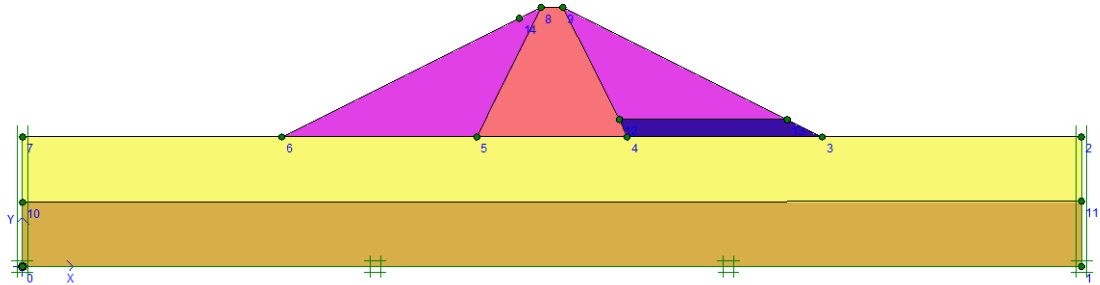
جدول 1، مشخصات ژئوتکنیکی سد لاسک

نوع خاک	E ( KN/ M <sup>2</sup> )	ضریب پواسون	C kn/m <sup>2</sup>	ضریب اتساع	ϕ	ky	Kx m/day
خاک ۱، شن رس دار	۵۴۵۰	۰,۳۵	۵	۰	۳۵	۰,۲	۰,۲
خاک ۲، رس	۲۷۰۰	۰,۳۵	۶۰	۰	۲۳	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱
خاک ۳، ماسه رس دار	۴۵۰۰	۰,۳۵	۵	۰	۳۵	۰,۴	۰,۴
خاک ۴، فیلتر زهکش و پنجه سنگی، ماسه	۵۰۰۰	۰,۳۵	۱	۰	۳۴	۲۰	۲۰
خاک ۵، ماسه رس دار	۴۲۰۰	۰,۳۵	۶	۰	۳۳	۰,۰۵	۰,۰۵

# کنفرانس بین المللی مهندسی عمران

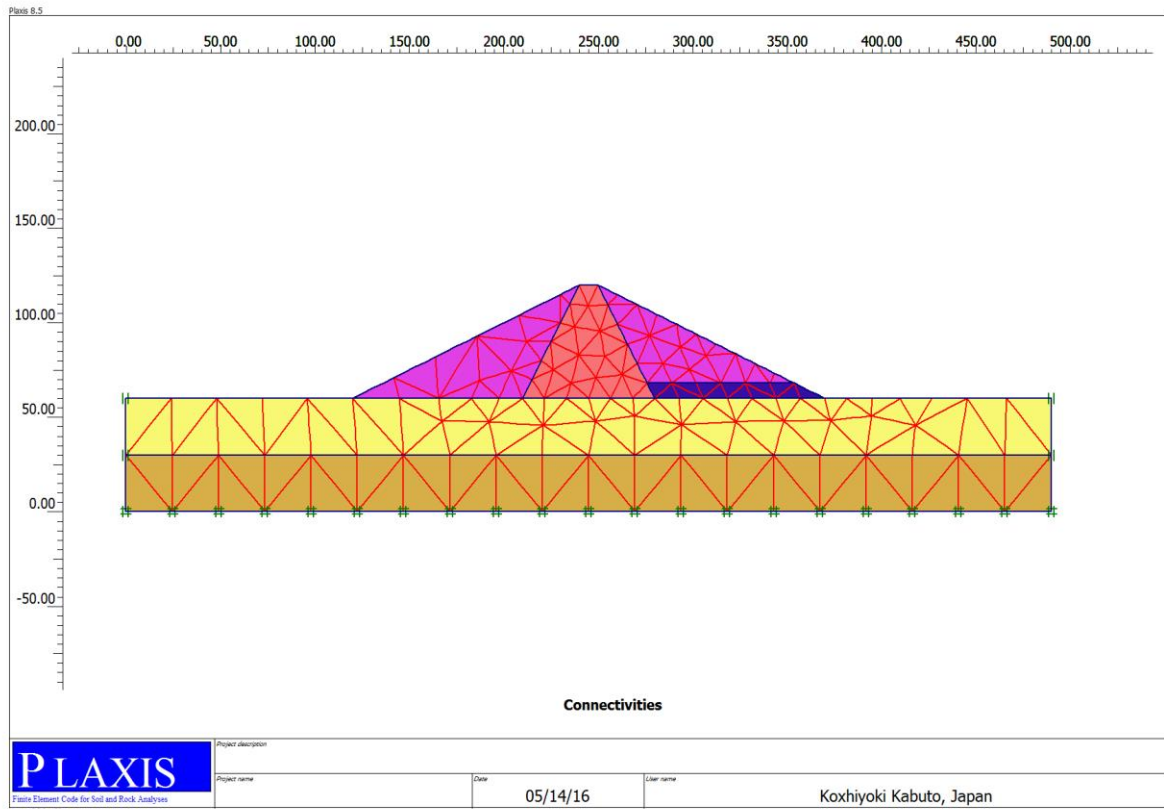
آذر داد ۹۵، تهران، ایران

International Conference on Civil Engineering



شماتیک هندسی سد نیز در بالا نمایش داده می شود.

مش بندی سد بصورت زیر است. ما از المان شش گره ای استفاده نمودیم.



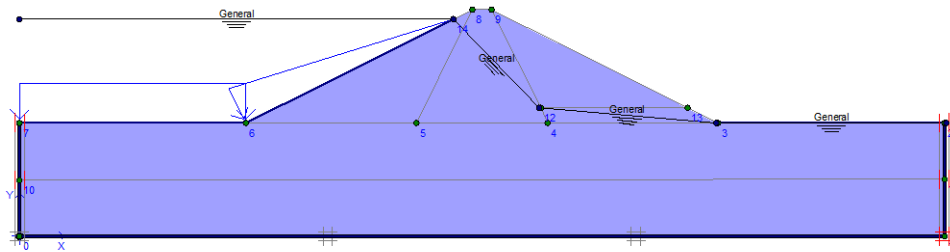
فاصله سرریز سد تا نوک سد ، ده متر می باشد. حداکثر آبیگری را در نظر میگیریم. یعنی ده متر مانده به تاج سد.

# کنفرانس بین المللی مهندسی عمران

۹ خرداد ۹۵، تهران، ایران

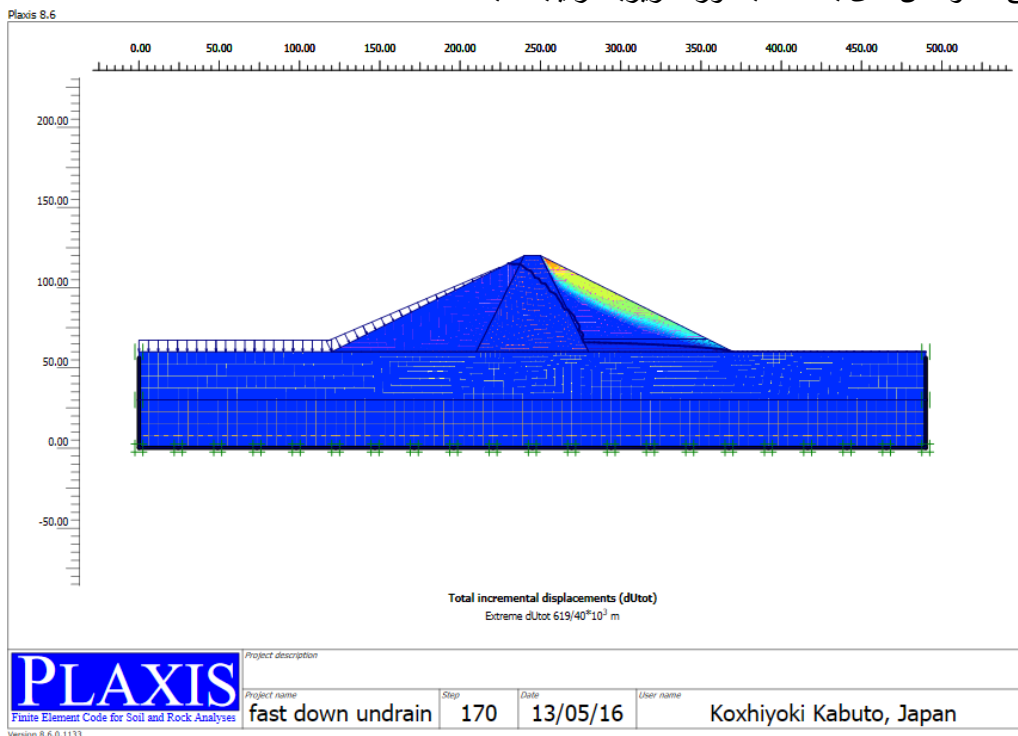
International Conference on Civil Engineering

تنش های بدنه سد بصورت زیر نشان داده می شود.



در تصویر فوق سطح آب را در نقطه سرریز سد در نظر گرفتیم. مرحله بعدی، خروجی گسیختگی و تنش های بدنه سد بدست می آید

گسیختگی سد و تنش های بدنه سد بصورت زیر به ترتیب، قابل مشاهده هست

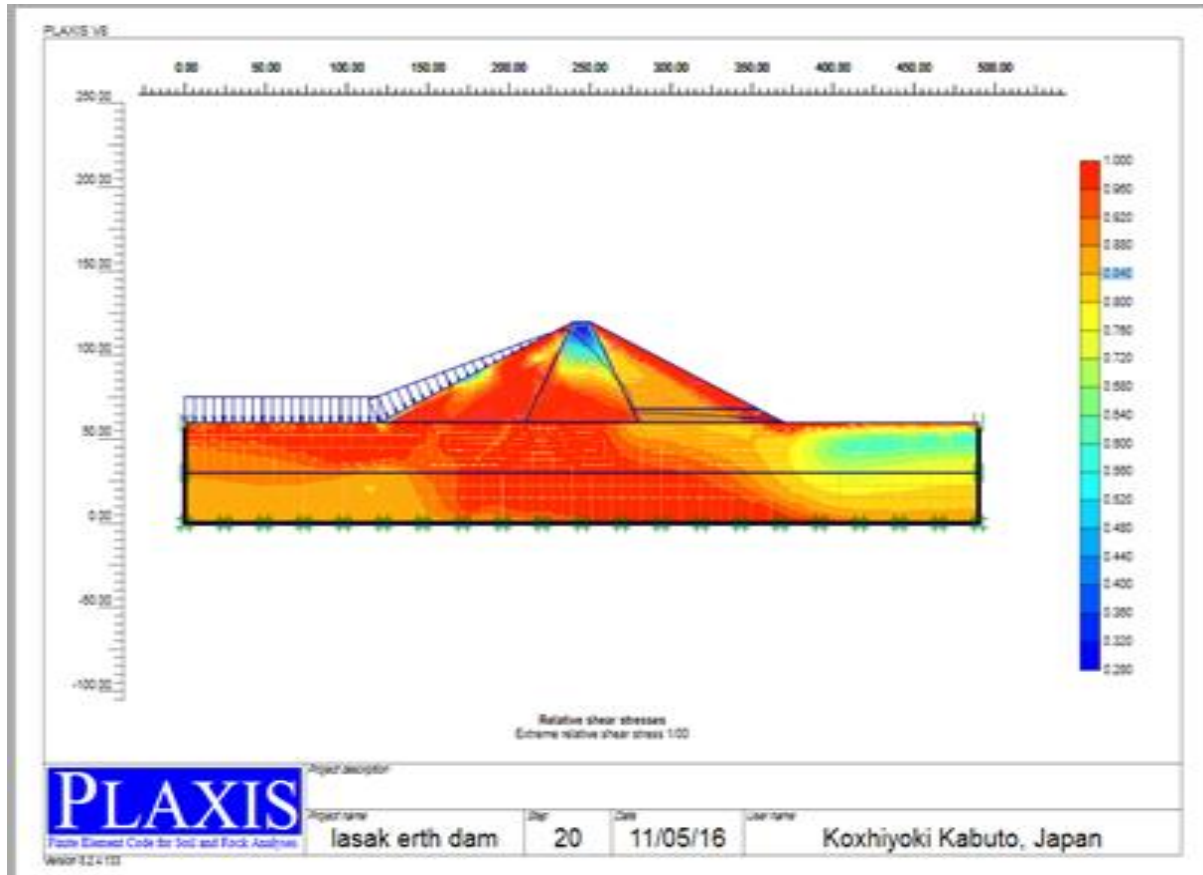


کنفرانس بین المللی

# مهندسی عمران

آذر داد ۹۵، تهران، ایران

International Conference on Civil Engineering

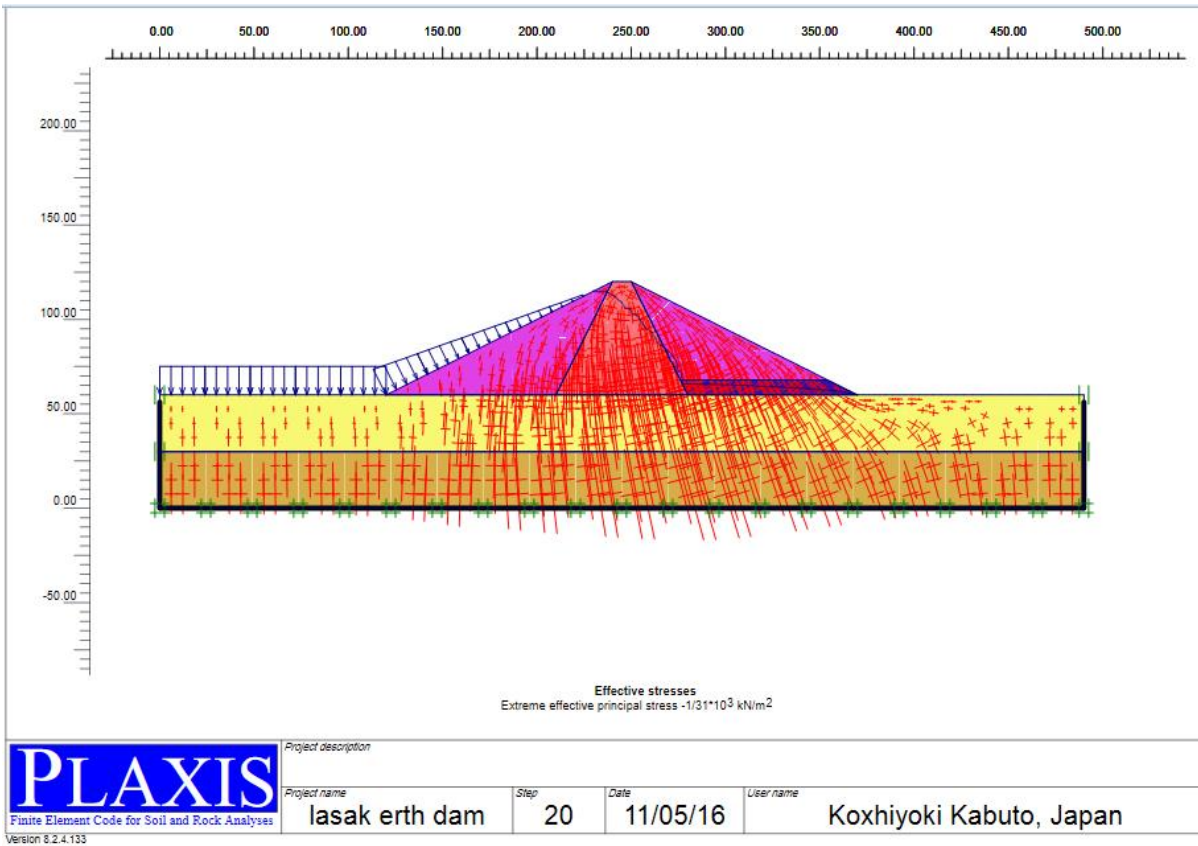




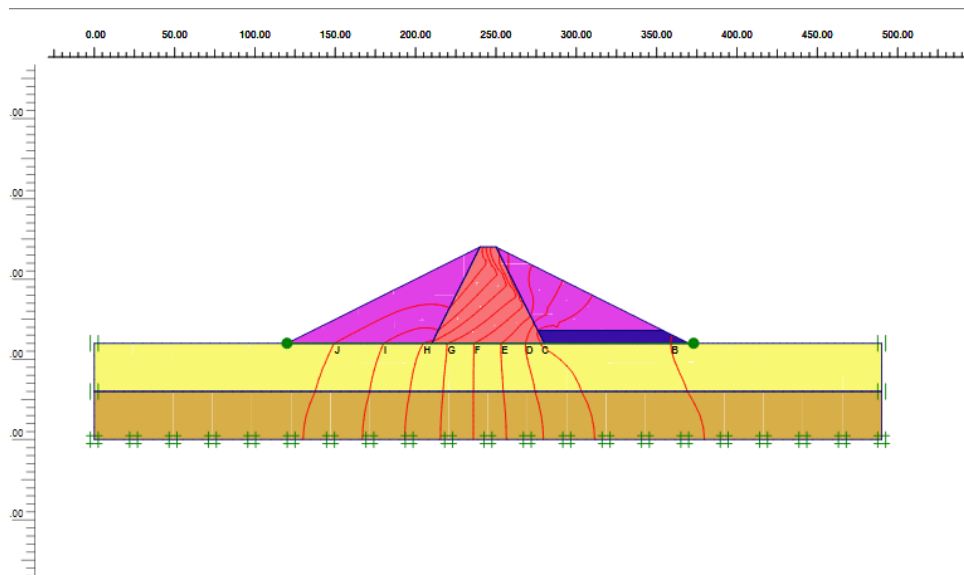
# کنفرانس بین المللی مهندسی عمران

۷ خرداد ۹۵، تهران، ایران

International Conference on Civil Engineering



در تصویر زیر هد آبی نقاط مختلف سد بدست آمده است.

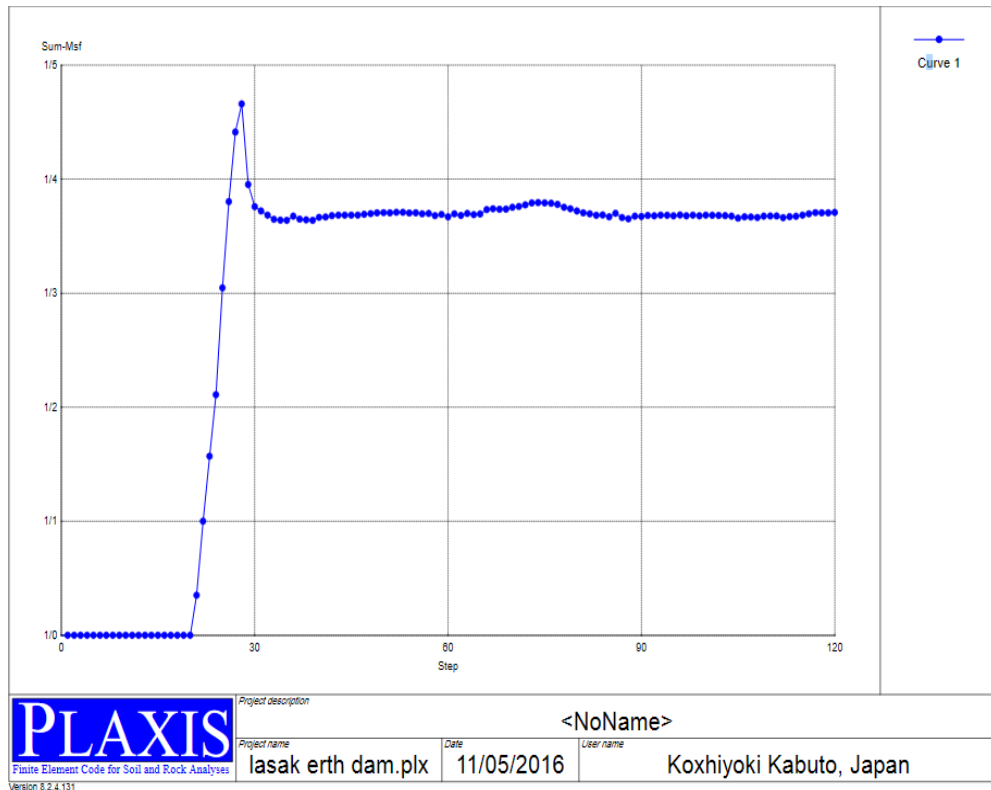


در نهایت ضریب اطمینان سد پس از آبیگری تا نقطه سرریز بدست می آید. عدد بدست آمده، ۱/۴۷ است که نشانگر این است سد فوق پس از ساخت در صورت آبیگری پایداری خود را حفظ خواهد نمود. در تصویر زیر، خروجی ضریب اطمینان سد، نمایش داده شده است.

# کنفرانس بین المللی مهندسی عمران

۷ خرداد ۹۵، تهران، ایران

International Conference on Civil Engineering

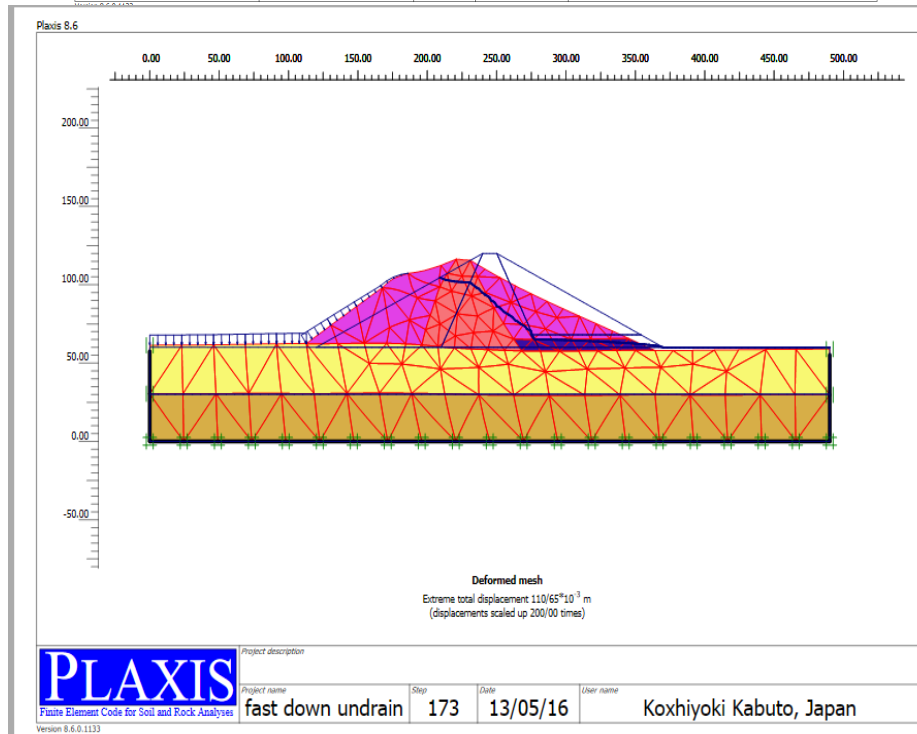
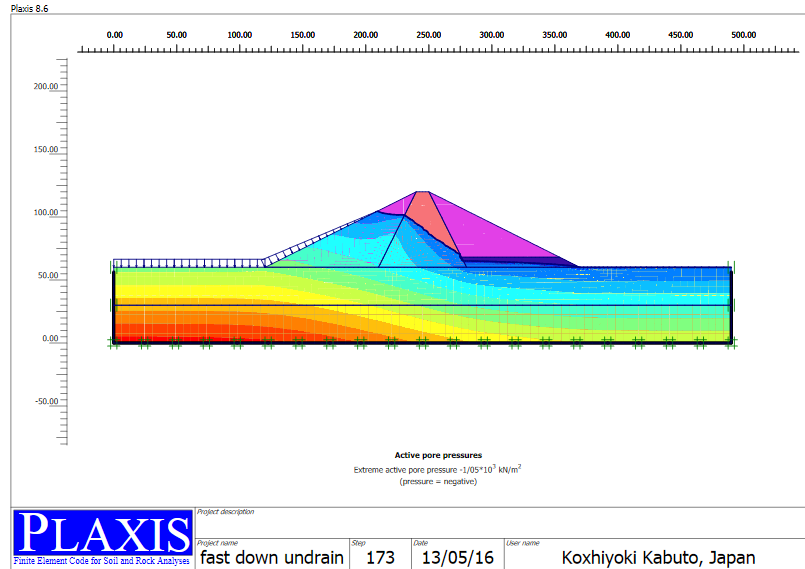


در مرحله دوم افت ده متری برای سد در نظر گرفته می شود. سپس تنش ها و جابجایی سد بدست می آید. در آخر ضریب پایداری سد نتیجه می شود.

# کنفرانس بین المللی مهندسی عمران

۷ خرداد ۹۵، تهران، ایران

International Conference on Civil Engineering



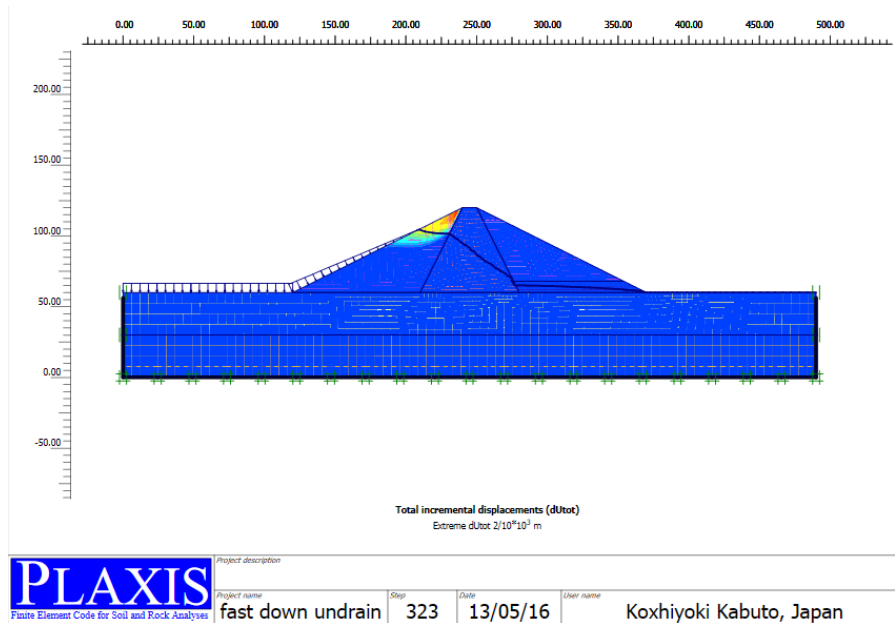
در تصاویر فوق تنش های بدنه و تغییر مش پس از افت ده متری قابل مشاهده است. بیشترین میزان تنش در سطح آب در قسمت بالادست سد وجود دارد.



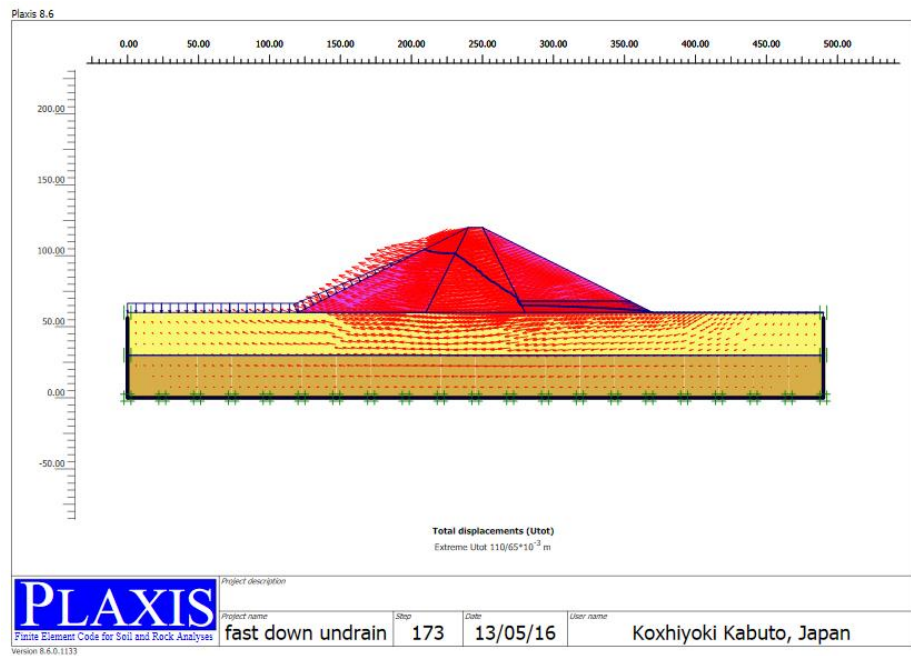
# کنفرانس بین المللی مهندسی عمران

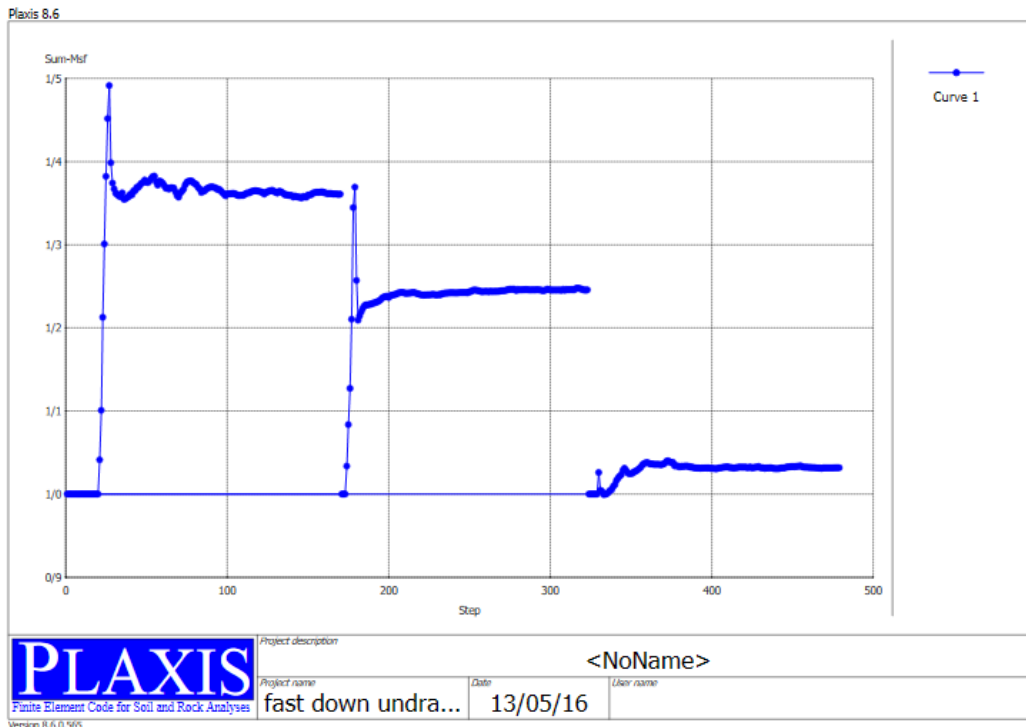
۷ خرداد ۹۵، تهران، ایران

International Conference on Civil Engineering



در تصویر فوق گسیختگی سد مدل شده ملاحظه می شود که خط گسیختگی از نقطه سطح آب شده شده و بطور مورب با شیب ملایم تری نسبت به مدل قبل (سرریزی سد)، می باشد و در زهکش سد بطور کاملاً افقی می باشد. همچنین جابجایی و تغییر شکل ناشی از افت ده متری آب در تصویر زیر قابل مشاهده است.





در نمودار فوق ، خروجی ضریب اطمینان سد پس از افت ده متری آب می باشد. ضریب اطمینان بدست آمده عدد ۱/۴۹ می باشد.

ضریب اطمینان با وجود افت آب ، بزرگتر از قبل بوده است. چون افت آب با مقدار کمی بوده است تاثیری چندانی در ناپایداری سد نداشته است. از طرفی ، سرریز شدن سد در کاهش پایداری تاثیر گذار است. ولی اختلاف بسیار کمی بین این دو حالت وجود داشته است.

### نتایج:

در سدهای خاکی با ابعاد و مشخصات معمول در ایران ، پایداری استاتیکی سدها در حالت سرریز شدن آب و افت به میزان اندک سطح آب، ناچیز و قابل صرف نظر کردن است. در نتیجه اگر بتوان سرعت افت آب را در سدها با طراحی درست زهکش و دانه بندی اصولی آن، در حدی که زهکش دارای مکش کم تا متوسط باشد ، در نظر گرفت ، در این صورت سد با هیچ گونه ناپایداری استاتیکی مواجه نخواهد شد.

با توجه به اینکه سد مورد مطالعه که سد لاسک نام دارد و در شهرستان شفت از توابع استان گیلان ، در دست احداث است، پیش بینی پایداری این سد پس از آبیگری با توجه به تحقیق حاضر ، پس از ساخت و آبیگری ، پایداری خود را حفظ خواهد نمود( با توجه به ضرایب اطمینان بدست آمده).

## مراجع:

- ۱- بهجتی لاکانی، ا.، ابراهیمی، حسین، جعفری، سروش، احمدی، بهروز.، "شبيه سازی پایداری سد خاکی بوسیله نرم افزار Plaxis در شرایط ساخت"، ششمین کنگره ملی مهندسين عمران، سمنان، ۱۳۹۰.
  - ۲- بدو، ک.، افخمی فرد. م.، "تحليل نشست سد شهرچای ارومیه در دوره های ساخت و بهره برداری"، چهارمین کنگره ملی مهندسين عمران، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۱۳۸۷، ص ۱۹۰.
  - ۳- اصغری پری، سیدعلی و اولی پور، مسعود، "مقایسه آنالیز استاتیکی سد خاکی با هسته آسفالتی و هسته رسی"، چهارمین همایش بین المللی مهندسی ژئوتکنیک و مکانیک خاک ایران، ۱۳۸۹، ص ۲۰-۱۲.
  - ۴- قنبری، علی. اولادی، محمد و نصراله تبار، مصطفی، "روش شبه استاتیکی برای تحلیل سدهای خاکی بادر نظر گرفتن اثر پی ( مطالعه موردی سد مسجد سلیمان)، ششمین همایش محیط زیست پایدار، (۱۳۹۱)، ص ۲۰-۱۴.
- 5-Aitchison, G., Ingles, O. and Wood, C. (1963) "Post Construction Deflocculation As a Contributory Factor in the Failure of Earth Dams", Proc. 4th Aust-NZ Conf. on Soil Mech. and Fiden. Eng., pp.275-279.
- 6-Al-Saigh, N.H., Mohammed, Z.S., Dahham, M.S., 1994. Detection of Water leakage from Dams by Self-potential Method. Engineering Geology 37, pp 115-121.
- 7-Sen, S.C., Venkatesha, C.R., 1989. Concrete and Masonry Dams. Proceedings of the International Workshop on Research Needs in Dam Safety, Central Board of Irrigation and Power. New Delhi, India, pp. 111-118.
- 8-Wilt, H.J., Corwin, R.F., 1988. Numerical Modelling of Self-Potential