کنگره استحصال آب و آبخیزداری
Water Harvesting and Watershed Management Congres
سومین همایش بین المللی سامانه های سطوح آبگیر باران
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems
February 18-19, 2015 Birjand, Iran ۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند

آنالیز پایداری شیروانی بالادست سد نهرین با استفاده از روش‌های تعادل حدی

فضل اله سلطانی[۱] و علی نظری نسب[۲]

۱- استادیار گروه خاک و پی ،دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی وفناوری پیشرفته
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد خاک وپی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی وفناوری پیشرفته

چکیده

کنترل مستمر و پایداری سدهای خاکی درحین ساخت، اولین آبگیری و نیز درزمان بهره‌برداری از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با کمک ابزاردقیق نصب شده دراین گونه سدها ،پایداری آن رامی‌توان کنترل کرد. باتوجه به رفتارغیر خطی سد خاکی برای تحلیل باید ازروش عناصرمحدودومدل‌های رفتاری مناسب بهره جست. به این منظور دوران ساخت سد با استفاده ازدو مدل رفتاری مور-کلمب وسخت شوند، تحلیل گشته است. یکی ازموارد بسیار مهم درسدهای خاکی پایداری شیروانی هاست. روش های عددی ونرم‌افزاری متعددی برای آنالیز شیروانی‌ها وجود دارد که دراین بین نرم افزارهای FLAK، GEO STUDIO وPLAXIS مقبولیت بیشتری یافته‌اند. در این تحقیق ازنرم افزار GEO STUDIO با استفاده از داده‌های واقعی سد نهرین برای مدل‌سازی استفاده شده است. پایداری شیروانی درحالت بهره‌برداری مورد آنالیز قرار گرفته‌است.

واژه های کلیدی: پایداری شیروانی، روش‌های تعادل حدی، سد خاکی، مدل رفتاری،مدل‌سازی.

Stability Analysis of Upstream Slope of Nahrein Dam Using Limit Equilibrium Methods

F.Soltani[1], A. Nazari nasab[2*]

1- Assis.prof of soil and foundation group. University of supplementary industrial and advanced technology.

2- Msc Student of soil and foundation group. University of supplementary industrial and advanced technology.

Abstract

Continuous control and stability of earth dams which are under construction is the first dewatering that is regarded really considerable during the operation. With the help of exact instrument which has been installed in these dams, stability may be controlled, while according to the non-linear behavior of the earth dams, in order to analyze the dams, methods of limited elements and appropriate behavioral models have to be used. Thus, the dam building was done by using two behavioral models namely; Mohr-Coulomb and they have been analyzed. One of the most important things in the earth dams is stability of slopes. There are different numerical and software methods to analyze the slops, however, software such as FLAK, GEO STUDIO and PLAXIS have been more acceptable. Therefore, in this study GEO STUDIO software by using actual data for Nahrain Dam model was used for modeling. Besides, the stability of slopes during operation was analyzed.

Key words: Slope stability, limit equilibrium methods, earth dam, behavioral model, modeling.

Corresponding Author's E-mail(alinazarinasab92@yahoo.com) *

الف- مقدمه

امروزه سدهای بزرگ اعم از خاکی یا بتنی از مهمترین سازه های آبی به‌شمار می‌روند که در تامین اب مورد نیاز جوامع انسانی نقش اساسی را ایفا می‌کنند. بنابراین پایداری سدها به ویژه دردهه‌های اخیرمورد توجه خاص مهندسین طراح سدهای خاکی و بتنی بوده است. طبیعت متفاوت سازندهای طبیعی در محل احداث سدهای خاکی ازیک طرف وازطرف دیگر ارزیابی کمی وکیفی پارامترهای رفتاری خاک را ضروری می‌نماید. تحقیقات نشان می‌دهند که ارزیابی غلط این گونه پارامترها اغلب به علت به مخاطره افتادن پایداری سدهای خاکی بوده است. ایمنی وعملکرد یک سد باید درحین ساخت،اولین آبگیری ودر دوران بهره‌برداری کنترل شود. اولین دوره آبگیری احتمالا بحرانی‌ترین زمان درطول عمر سد است. رفتارغیرخطی وغیر ارتجای مصالح سدهای خاکی در بارگذاری وبابربرداری ودر حالت زهکشی شده یازهکشی نشده استفاده از مدل‌های رفتاری که قادر به مدل‌سازی رفتار هرچه دقیق‌ترخاک را باشند ضروری می‌سازد. مدل‌های رفتاری ساده اگر چه نیاز به پارامترهای رفتاری راندارند اما نتایج حاصل ازتحلیل با اینگونه مدل‌ها بانتایج واقعی ممکن است اختلاف زیادی داشته‌باشند. ازطرف دیگرمدل‌های رفتاری پیچیده نیاز به پارامترهای ژئوتکنیکی دقیق‌تری دارند که تعیین آنها ازنظر اقتصادی و آزمایشگاهی چندان ساده نیست. بنابراین انتخاب یک مدل رفتاری مناسب یکی ازوظایف مهم مهندسین طراح سداست. یکی از دغدغه‌های طراحان وپیمانکاران سدها ومعادن، پایداری شیب‌هاست دلیل این امر از ایمنی وهمچنین اقتصاد پروژه است. ازاین رو روش‌های متفاوت وپیچیده‌ای وجود دارد که برخی ازاین روش‌ها متداول‌ترند. GEO STDUIO یکی ازنرم افزارهای تخصصی آنالیز سدخاکی می‌باشد که بیشتر برای کارهای پژوشی واکادمیک صورت می‌گیرد.

تحلیل وپایداری شیروانی‌ها برای اولین بار توسط الکساندرکولین (۱۸۴۶) انجام شد و باروش‌های ریاضی توسط کی ای پیترسون (۱۹۵۵) انجام واولین تحرکات سیستماتیک به صورت تعدادی گسیختگی شیروانی درسوید رخ داد. روش حالات حدی توسط تیلور (۱۹۳۷)، بیشاپ (۱۹۵۵)، مورگن استرن، وپرایس (۱۹۶۵)، جانبو (۱۹۷۳)، به انجام رسید. روش‌های

اجزامحدودی ونرم‌افزاری توسط ریفییس (۱۹۹۹)، کاندو استرک (۱۹۷۹)، ژانگ (۱۹۹۹)، داوسون (۱۹۹۹) انجام شد ودرسال های اخیر تحلیل‌های سه بعدی ودینامیکی به انجام رسیده است.

ب- مواد و روش‌ها

۱-مشخصات عمومی سد نهرین

سد ذخیره‌ای نهرین در ناحیه شمال استان یزد در ۲۱ کیلومتری شرق شهرستان طبس ودرموقیعت جغرافیایی ۵۷۳۱ طول شرقی و ۳۳۳۹ عرض شمالی وواقع شده است. این سد ازنوع خاکی با هسته مرکزی رسی است که باارتفاع ۴۸ متر ازبستر رود خانه و ۶۰ متر ازپی سنگی، قادر به ذخیره‌سازی حدود ۸۶ / ۴ میلیون متر مکعب است. با تکمیل سد،حدود۲ / ۸میلیون متر مکعب آب رودخانه تنظیم خواهد شد که علاوه بر تامین ۵ میلیون مترمکعب آب شیرین شهرستان طبس، حدود۳۲۵ هکتار ازاراضی پایاب نیز آبیاری خواهد شد . طول تاج سد نهرین باخاکریز جناح راست۳۰۷ متر و عرض تاج آن۱۰ متر است. حوضه آبریز طبس که به حوضه مهربانی یا نهرین نیز مشهور است درشرق شهرستان درشرق شهرستان طبس قراردارد. مساحت حوضه ابریز ۱۸۸ کیلومتر مربع ومحیط ان ۷۷کیلومتر است. محل سد نهرین در ارتفاعات شتری قرار دارد. بخشی از ارتفاعات محدوده سد در ارتباط با رسوبات تراسی حاشیه رودخانه بوده که با شیب بسیار تند ،تکیه گاه جناح راستسد را تشکیل می-دهد. تکیه‌گاه چپ با شیب ملایم‌تر عمدتا از رسوبات شیل وماسه سنگ تشکیل شده است. واز ساختارهای زمین‌شناسی محدوده تبعیت می‌کند. لایه های شیل و ماسه با روند شمال‌شرق- جنوب غرب امتداددارد و رودخانه نهرین سری مذکور را با روند جنوب شرق-شمال غرب قطع می‌کند.

۲-پارامترهای ژئو تکنیکی مصالح سد

مصالح مورد نیاز سد از دو منبع قرضه در محدوده۳۰ و ۱۲ کیلومتری از محل سد تعیین شد. پارامترهای رفتاری و مشخصات مصالح تشکیل دهنده بدنه سد نهرین که شامل سه بخش اصلی هسته رسی، فیلتروپوسته است. همچنین مشخصات تکمیلی مصالح در مدل رفتاری سخت‌شونده در جدول (۱) آورده شده است. مقادیر وزن مخصوص مرطوب ،gwet و وزن مخصوص

خشک gd از ازمایش تراکم (۹۸٪تراکم)بدست امده است. پارامترهای رفتاری خاک در این جدول از آزمایشات سه محوری CD روی نمونه‌هایی که با همان وزن مخصوص مرطوب ، gwetتهیه شده بودند بدست‌آمده بود.

جدول۱ مشخصات ژئوتکنیکی مصالح مورد استفاده در این تحقیق

	وزن حجمی خشک	وزن حجمی مرطوب	مدول الاستی سیته	ضریب چسبندگی	زاویه اصطکاک داخلی	ضریب پواسون	نفوذپذیری درجهت x,y	
	γ_d (kN/m^3)	γ_{wet} (kN/m^3)	E (kN/m^2)	c (kN/m^2)	ϕ (درجه)	v	kx (m/day)	ky (m/day)
هسته رسی	۱۹	۲۰	۶۰۰۰۰	۲۰	۲۹	۰/۳۵	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱۳
فیلتر	۲۰	۲۱	۱۰۰۰۰۰	۰/۲	۳۵	۰/۲۵	۳۹	۳۲
پوسته	۲۱/۵	۲۲/۵	۸۰۰۰۰	۰/۲	۳۸	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۱۸

۳- معرفی نرم افزار Geo studio

این نرم افزار برای پایداری سطوح و تعیین ضریب اطمینان در طراحی شیب است. این فرآیند از طریق روش‌های تعادل حدی از قبیل بی شاپ و جانبو صورت می‌گیرد. در این تحقیق از روش مورگن استرن استفاده می‌شود.

۳-۱- اساس روش Morgenstern:

این روش یک روش ترسیمی –تعادل حدی برای تعیین پایداری شیب است که در آن از طریق تعادل نیروها و لنگرها برای مقطع لغزشی تعیین شده باروش‌هایی از Entry and Exit و یا روش Grid and Radius،ضریب اطمینان مشخص می‌شود. این روش به نوعی هم نیروهای نرمال و هم نیروهای برشی را وارد محاسبات می‌کند در این روش نسبت نیروهای برشی به نرمال (با عنوان lamba) برای قطعات ،ثابت نیست و از یک تابع مشخص پیروی می‌کند . در این روش، یک ضریب اطمینان برای تعادل لنگرها به عنوان Fm و یک ضریب اطمینان برای تعادل نیروهای افقی با عنوان Ff برای مقادیر مختلف نسبت lamba بدست آمده و در نهایت با سعی و خطا این دو ضریب اطمینان به هم همگرا می‌شوند که مقدار نهایی، همان ضریب اطمینان مورد نظر است.

۳-۲- روش Grid and Radius :

این روش ترسیمی برای تعیین مقطع لغزشی است به این صورت که در یک طرف شیب ،مجموعه‌ای از نقاط را با ترسیم یک شبکه با ابعاد دلخواه مشخص کرده و در طرف دیگر شیب،مجموعه ای از خطوط را ترسیم می‌کنند . سپس نرم افزار از نقاط واقع بر شبکه ،یک سری دایره به مرکز همین نقاط به خطوط radius مماس می‌کند که شعاع این دایره برابر فاصله عمودی این نقاط grid تا خطوط radius است. این دایره‌ها روی شیب مورد نظر، مقطعی ایجاد می‌کنند که در نهایت ضریب اطمینان پایداری این مقطع تعیین می‌شود. مقطع بحرانی گسیختگی مقطعی است که کمترین ضریب اطمینان را داشته‌باشد.

حالت‌هایی که در این تحقیق مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفته است

۱- حالت تراوش یکنواخت در شرایطی که مخزن دارای حداکثر آب باشد

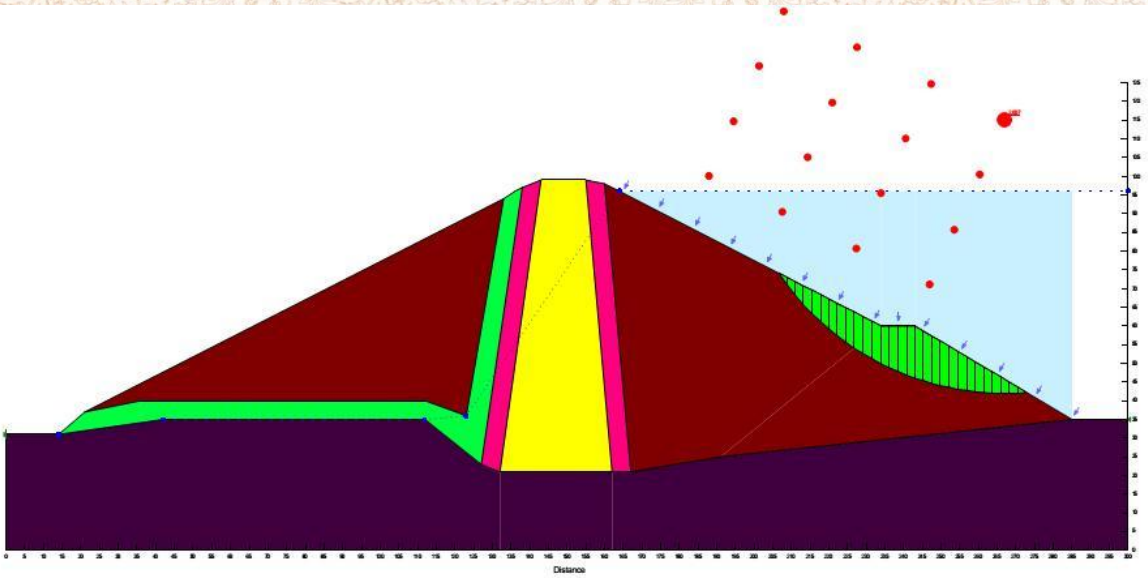
۲- حالت دریاچه در وضعیت نیمه‌پر برای شیروانی بالادست.

۳- مرحله پس از اتمام ساختمان سد و پیش از آبگیری بالادست

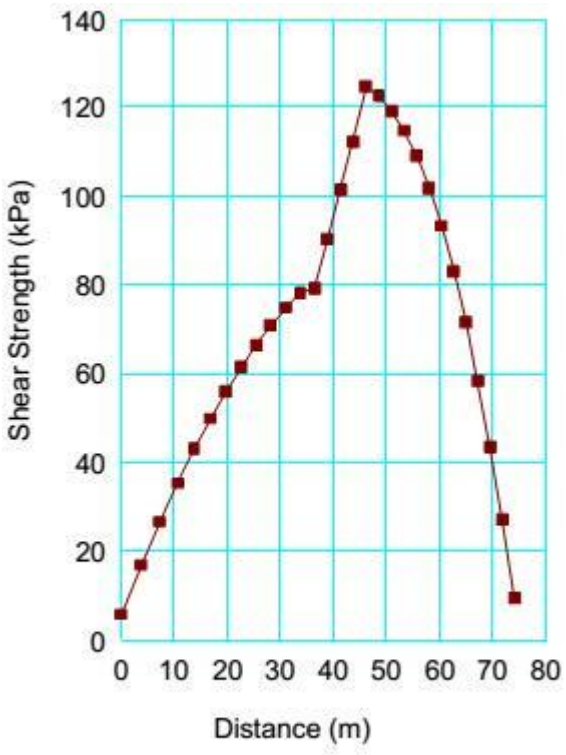
ج- نتایج و بحث

همه حالت‌های بالا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است .ارتفاع تاج سد از روی پی(۶۰)متر است. با توجه به تحقیق شکل‌های (۱)، (۷) و (۴) نشان‌دهنده مقطع بحرانی گسیختگی در بالادست سد نهرین به ترتیب در حالی که سد پر از آب است ، سد نیمه‌پر است و سد آبگیری نشده‌است. با توجه به آنالیز شکل‌های (۲)، (۸) و (۵) نمودارهای تنش برشی وشکل‌های (۳)، (۹) و (۶) نمودارهای تنش نرمال هستند که توسط نرم افزار ترسیم شده اند. درشکل (۲) تنش برشی ماکسیمم تقریبا ۱۲۷ کیلو پاسکال و در۴۷ متری ازمبدا از راست به چپ وتنش برشی مینیمم۵ کیلوپاسکال درمبدا بدست آمده است. درشکل (۸) تنش برشی ماکسیمم تقریبا ۳۲۷ کیلو پاسکال و در۷۲ متری از مبدا از راست به چپ وتنش برشی مینیمم تقریبا۲۰ کیلو پاسکال و در ۱۱۵ متری از مبدا ازراست به چپ بدست آمده است. در شکل (۵) تنش برشی ماکسیمم تقریبا ۲۲۵ کیلوپاسکال ودر ۴۷ متری ازمبدا وتنش برشی مینیمم تقریبا۱۵ کیلو پاسکال و درمبدا بدست آمده است.

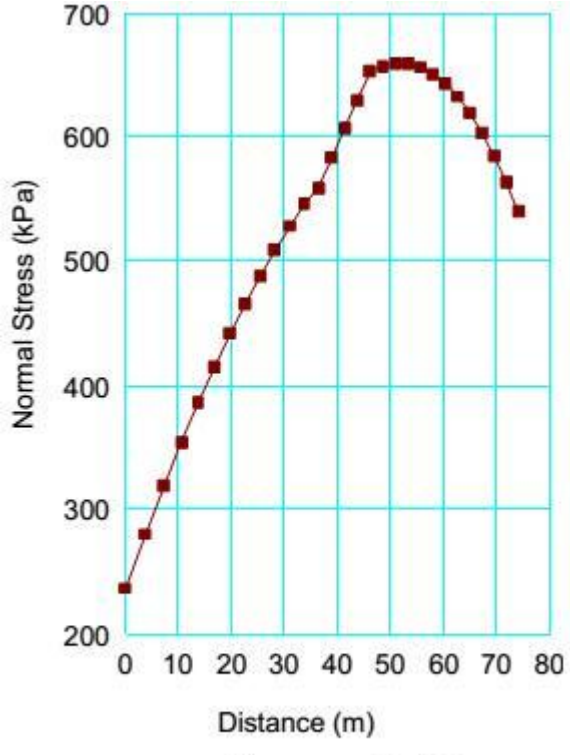
در شکل (۳) تنش نرمال ماکسیمم تقریبا ۶۶۰ کیلو پاسکال و در ۵۳ متری از مبدا وتنش نرمال مینیمم تقریبا ۲۴۰ کیلو پاسکال و در مبدا بدست آمده‌است. درشکل (۹) تنش نرمال ماکسیمم تقریبا ۵۰۷ کیلو پاسکال و در۹۰ متری از مبدا وتنش نرمال مینیمم ۲۵ کیلو پاسکال و در مبدا بدست آمده‌است. در شکل (۶) تنش نرمال ماکسیمم تقریبا ۲۸۰ کیلو پاسکال و در ۴۷متری از مبدا و تنش نرمال مینیمم ۱۰ کیلو پاسکال و درمبدا بدست آمده‌است.



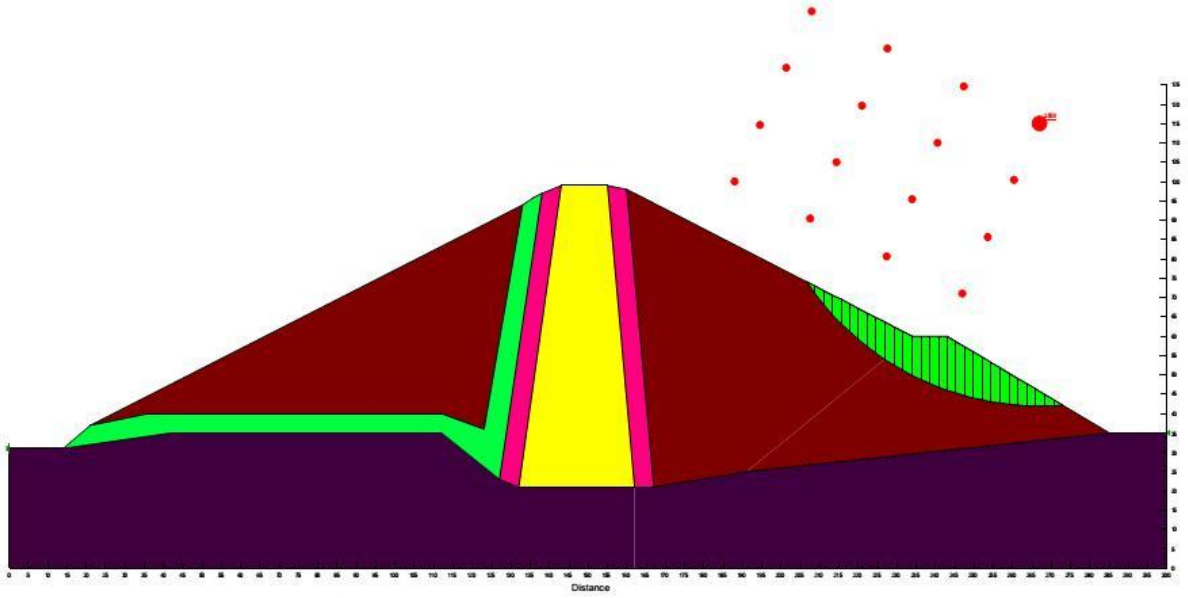
شکل(۱):مقطع بحرانی گسیختگی در بالا دست سد نهرین در حالی که سد پر از آب است



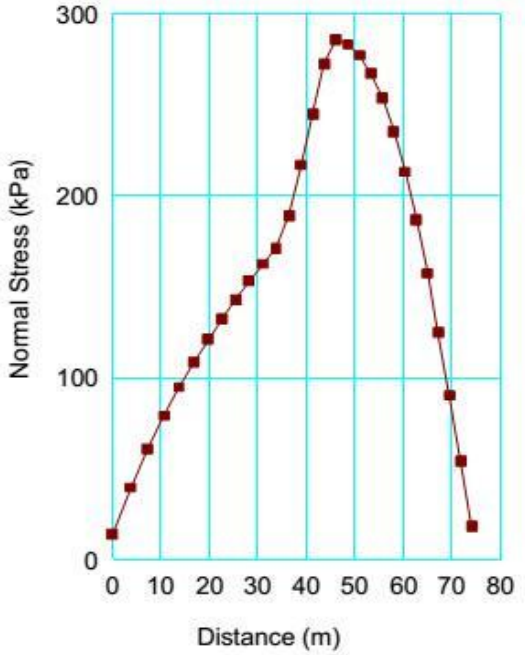
شکل(۲):تنش برشی



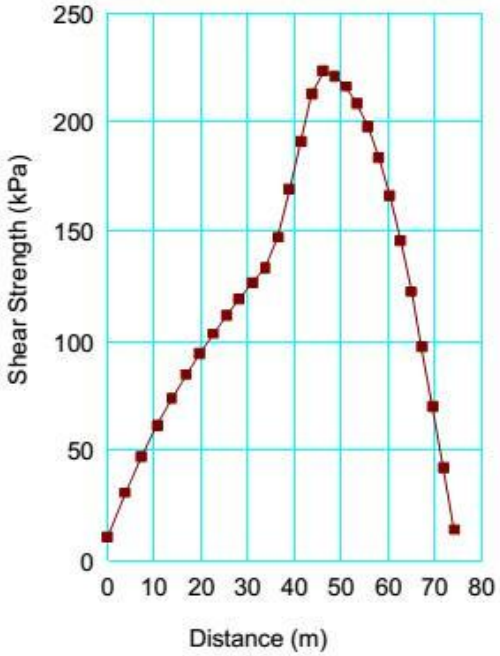
شکل(۳):تنش نرمال



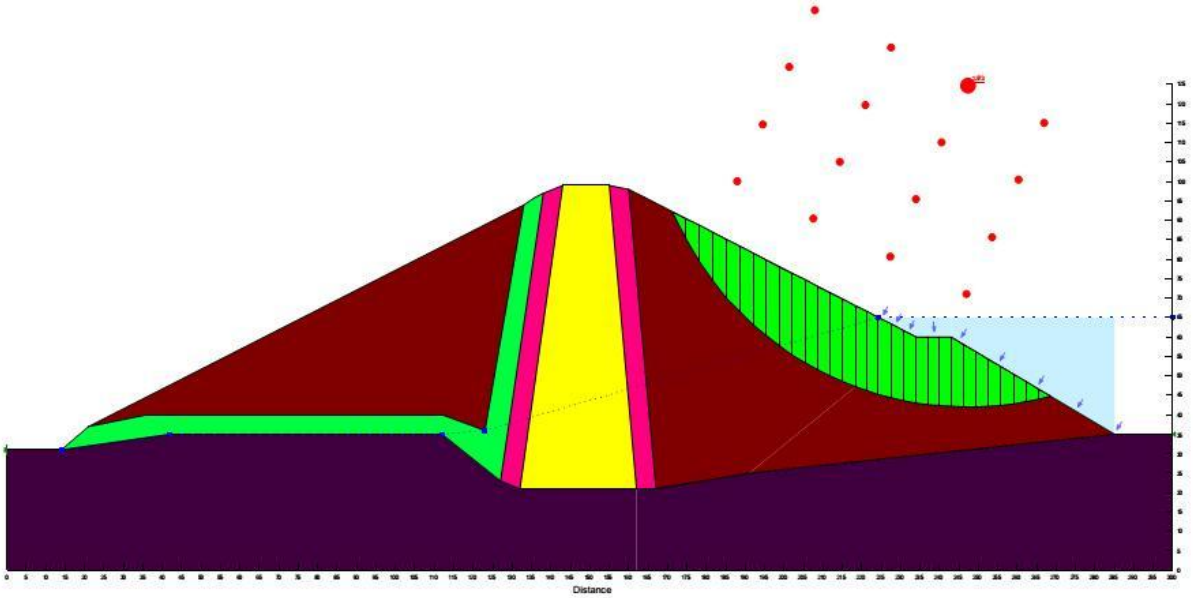
شکل(۴):مقطع بحرانی گسیختگی در بالادست سد نهرین درحالی که سد آبگیری نشده است



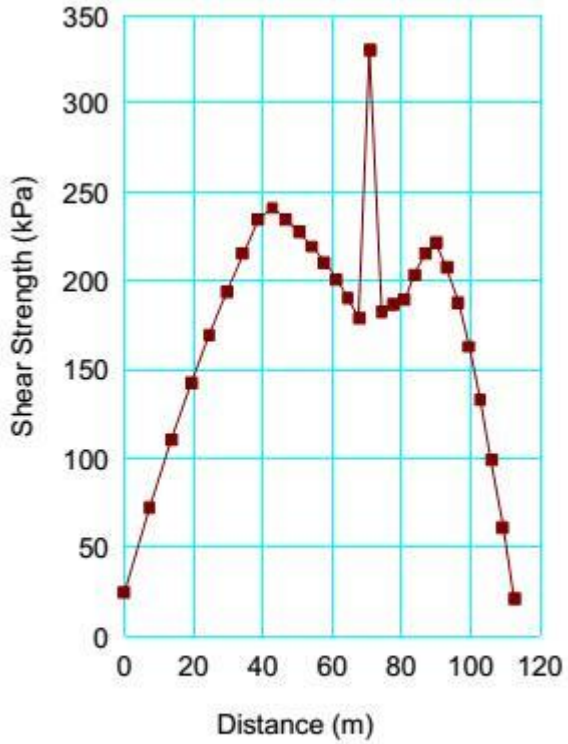
شکل(۶):تنش نرمال



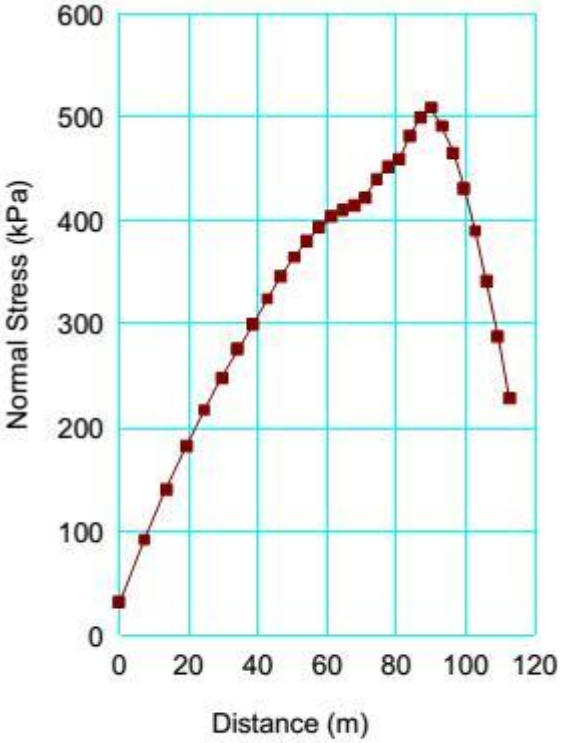
شکل(۵):تنش برشی



شکل(۷):مقطع بحرانی گسیختگی در بالا دست سد نهرین در حالی که سد نیمه پر است



شکل(۸):تنش برشی



شکل(۹):تنش نرمال

د- نتیجه‌گیری

در این تحقیق پایداری شیروانی سد نرین در زمان پایان ساخت در سه حالت توسط نرم افزارGEO STUDIO مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سه ضریب اطمینان برای سه حالت به‌دست آمد که در زیر آمده است.

ضریب اطمینان در نرم افزار geostudio،برای حالت (۱) ،۲.۰۰۷۴ به‌دست آمد.

ضریب اطمینان در نرم افزار geostudio،برای حالت(۲) ،۱.۹۷۳به‌دست آمد.

ضریب اطمینان در نرم افزار geostudio،برای حالت(۳) ،۲.۰۰۲۶به‌دست آمد.

می‌توان دریافت که گسیختگی در نرم افزار ژئواستودیو در هیچ حالتی از پی نمی‌گذردو سطح لغزش در تراوش یکنواخت در نرم‌افزار Geostudio در همه حالت‌ها به سمت هسته میل کرده است.

ه – منابع

طاحونی، ش.، ۱۳۸۸. اصول مهندسی ژئوتکنیک جلد اول، مکانیک خاک

امیر رضا امین جواهری، ا. ر.، و پاک نیت، ا. ۱۳۸۸. تحلیل استاتیکی و دینامیکی سدهای خاکی با استفاده از GeoStudio.“چاپ نخست

گزارش فنی سد ذخیره ای نهرین طبس ،۱۳۸۱

Y.M.Cheng and C.K.Lau(2008) “slope stability ”analysis and stabilization