مجله علمی – پژوهشی
«عـمـران مـدرس»
دوره دهم، شماره2، تابستان 1389

بررسی تأثیر وزن سد بر رفتار وابسته به زمان پی ساختگاه سد گتوند

حسین محمودی دوم نیاسر[1]*،محمد فاروق حسینی[2]، مرتضی احمدی[3]، محمد اسماعیل جلالی[4]

۱- دانشجوی کارشناس ارشد دانشکده مهندسی معدن دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران
۲- دانشیار دانشکده مهندسی معدن پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران
۳- دانشیار بخش معدن دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس
۴- استادیار دانشکده معدن و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود

mahmoodi_2@yahoo.com*
(دریافت مقاله: بهمن ۱۳۸۵، پذیرش مقاله: فروردین ۱۳۸۷)

چکیده - سد گتوند از نوع سنگریزه‌ای بوده و در استان خوزستان روی رودخانه کارون در حال ساخت می‌باشد. پی سد در سازند آغاجاری قرار خواهد گرفت که شامل ماسه سنگ و گل‌سنگ بوده که به صورت تناوبی روی هم قرار گرفته‌اند. مقاومت تک‌محوره سنگهای مذکور به ترتیب برابر 15 و 25 مگاپاسکال است یعنی جزو سنگ‌های ضعیف و متوسط محسوب می شوند. عواملی مانند باربرداری مداوم روباره حاصل از فرسایش بر اثر جریان رودخانه و همچنین بارهای افقی تکتونیکی در منطقه، تاقدیسی محلی را در پی و ساختگاه سد ایجاد کرده است. با توجه به تحلیل ها مشخص شد که روند تاقدیسی شدن ادامه دارد. در این تحقیق به بررسی تأثیر وزن سد بر تغییرشکل‌های وابسته به زمان در پی سد پرداخته شده است. با توجه به داده‌های آزمایش‌های انجام شده در منطقه که نسبت تنش افقی به عمودی (k) را برابر 0/7- 0/4 ارائه کرده، تحلیل عددی ساختگاه سد با نسبت تنش‌های افقی به عمودی 0/4، 0/55و 0/7 انجام شد. ابتدا مدل‌ها در حالت استاتیکی اجرا و نشست حاصل از ساخت سد تعیین شد. مقدار بیشینه نشست برابر 37 سانتی متر بدست آمد. پس از این مرحله، رفتار سنگ‌های پی ویسکوپلاستیک ماکسول در نظر گرفته شد و مدل برای 100 سال - برابر با عمر بهره‌برداری سد- اجرا شد. نتایج تحلیل عددی حاکی آن است که روند بالازدگی نقاط سطح پی حتی در نقاط مرکزی - که بیشینه وزن سد روی آن قرار دارد- در نسبت‌های تنش افقی به عمودی 0/55 و 0/7 در طول زمان ادامه دارد؛ اما در مقدار 0/4 در نقاط مرکزی، در 60 سال ابتدایی ساخت سد جابجایی‌های خزشی رو به پایین ایجاد شده و پس از آن تغییرشکل‌ها به سمت بالا تغییر جهت خواهند داد.

کلید واژگان: سد گتوند، خزش، تحلیل وابسته به زمان، پی سد، تحلیل عددی، نرم‌افزار FLAC3D.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

1- مقدمه

یکی از مشخصات مواد نرم، تغییر شکل وابسته به زمان[1] یا رفتار خزشی است. خزش با عنوان تغییر شکل غیرقابل بازگشت در زمان شناخته می‌شود و اغلب در سنگ‌های نرم مانند سنگ نمک، زغال‌سنگ و سنگ‌های رسوبی نرم دیده می‌شود.

تمامی سنگ‌های سخت پس از گذشت زمان نسبتاً طولانی رفتار خزشی را از خود نشان می‌دهند[1]. بنابراین یکی از نیازهای اساسی در طراحی مهندسی سازه‌های سنگی، مدل سازی صحیح کرنش خزشی است. موفقیت در طراحی‌هایی که تأثیر زمان در محاسبات آنها وارد شده، مشخص ساخته است که زمان، عامل بسیار مهمی در پایداری سازه‌های سنگی بوده و به ویژه باید در مورد سازه‌های دائمی یا با طول عمر زیاد، بعنوان یکی از پارامترهای اصلی طراحی مدنظر قرار گیرد[2]. روشن است که سنگ‌های مختلف تغییرشکل‌های مختلفی را از خود نشان می‌دهند. این شباهت‌ها و تفاوت‌ها باید در مسائل مهندسی در نظر گرفته شوند. برای این منظور آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی باید در بلندمدت و کوتاه‌مدت انجام شده و پارامترهای مختص هر سنگ بدست آید[1].

سد خاکی و نیروگاه برق- آبی گتوند علیا در شمال شهرستان گتوند و در حدود 12 کیلومتری بالادست بند تنظیمی بر روی رودخانه کارون ساخته خواهد شد. در این سد از نوع سنگریزه‌ای با هسته رسی به ارتفاع 177 متر، از تراز 65 در کف پی تا تراز 244 در تاج سد و طول تاج 640 متر است.

2- زمین شناسی عمومی منطقه گتوند علیا

در منطقه مورد بررسی از محدوده سد تا انتهای دریاچه مخزن، از قدیم به جدید سازندهای گچساران، میشان، آغاجاری، بختیاری و نهشته‌های عصر حاضر گسترش دارند. از این میان سازندهای آغاجاری و بختیاری به عنوان سنگ بستر و نهشته‌های عهد حاضر بعنوان روباره در محل طرح دیده می شود[2]. در محدوده ساختگاه سد در دو سوی رودخانه کارون تا تراز حدود 110 متر سازند آغاجاری رخنمون دارد که یک تاقدیس محلی در آن تشکیل شده است. محور تاقدیس تقریباً شرقی-غربی و به سمت جنوب شرق میل پیدا کرده است. لیتولوژی این سازند بطور کلی تناوبی از ماسه‌سنگ و گل‌سنگ نسبتاً ضعیف است که با مرز تدریجی روی سازند میشان قرار گرفته است.

در شکل (1) وضعیت لایه‌ها و مقطع زمین شناسی ساختگاه سد نشان داده شده است.

3- اهمیت این تحقیق

با توجه به نقشه‌ها و مقاطع زمین‌شناسی، تاقدیسی محلی در پی و در محل ساخت سد قابل مشاهده است که ایجاد آن می‌تواند بر اثر عوامل زیر باشد:

1) قرارگیری لایه‌ها با منشأ رسوبی در محل ساخت سد که ابتدا به صورت افقی بوده به دلیل قرار گرفتن در قسمت چین‌خوردگی بزرگ زاگرس، عوامل تکتونیکی

1. Time-dependant

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

نیرویی را بر لایه‌ها وارد کرده و این باعث بروز چین‌خوردگی در محل شده است.

2) با گذشت زمان و بر اثر فرسایش، به ویژه فرسایش ناشی از جریان رودخانه، باربرداری از روی سنگ پی ایجاد و از طرف دیگر باعث ایجاد عدم یکنواختی در توزیع بار حاصل از روباره در محل شده است. به بیانی دیگر سنگ‌های سازند آغاجاری در زیر تکیه‌گاه‌ها تحت فشارند، درحالیکه سنگ‌های پی واقع در زیر بستر رودخانه تحت تأثیر هیچ روباره‌ای نیستند. این عامل و همچنین وجود سنگ‌های نسبتاً ضعیف سازند آغاجاری، باعث حرکت این سازند بر اثر فشار زیاد به سوی بستر رودخانه با بار کمتر شده که به صورت چین‌خوردگی نمایان شده است.

این بالازدگی در زمان بهره‌برداری سد نیز ادامه خواهد یافت. از آنجا که تونل تزریق در زیر سد و همچنین پرده آب بند سد باید در طی این مدت بدون آسیب‌دیدگی حفظ شوند، بررسی تأثیر این تغییرشکل بر مستقیم بودن تونل تزریق و همچنین پرده آب بند در طول زمان، ضروری و اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. در این تحقیق هر دوی این ساز و کارها در تحلیل عددی مد نظر قرار گرفته است.

٤- نتایج آزمایشگاهی

به منظور تعیین پارامترهای خزشی سنگ‌های مورد نظر آزمایش خزش انجام شد. این آزمایش‌ها به وسیله دستگاه آزمایش خزش در دانشکده عمران دانشگاه امیرکبیر انجام شد. دستگاه در مدت 20 ثانیه بار محوری مورد نیاز در آزمایش را به نمونه وارد کرده و آن را با دقت 2 درصد در طول آزمایش ثابت نگاه می‌دارد. همزمان با وقوع کرنش و در نتیجه تغییر سطح نمونه، بار باید طوری افزایش یابد که میزان تنش ثابت بماند. آزمایش‌های شبه استاتیک برای بدست آوردن پارامترهای خزشی بر روی نمونه‌سنگ‌های پی شامل ماسه‌سنگ و گل‌سنگ انجام شد. مقاومت تک‌محوره و مشخصات عمومی نمونه‌ها، در جدول (1) آورده شده است.

نمونه‌های ماسه‌سنگ تحت تنش محوری ثابت برابر 17/72، 20/44 و19/08 مگا پاسکال و نمونه‌های گل‌سنگ تحت تنش محوری ثابت 7/8 و 7/01 مگا-پاسکال قرار گرفتند. داده‌های بدست آمده از این آزمایش‌ها به صورت نمودار خزش (کرنش- زمان) برای هر یک از سنگ‌های ذکر شده بترتیب در شکل‌های (2) و (3) ارائه شده است. انجام آزمایش تا رسیدن نمونه سنگ به مرحله خزش ثانویه (خطی شدن نمودار کرنش- زمان) ادامه یافت. این زمان برای نمونه‌های مختلف از 8 تا 14 روز متفاوت است.

جدول 1 مقاومت و مشخصات نمونه‌های آزمایش خزش

نوع سنگ	مقاومت تک‌محوره (MPa)	طول (mm)	قطر (mm)
ماسه نگ	٢٥	١٤٢	٦٢
گل‌سنگ	١٥	١٨١	٨٢

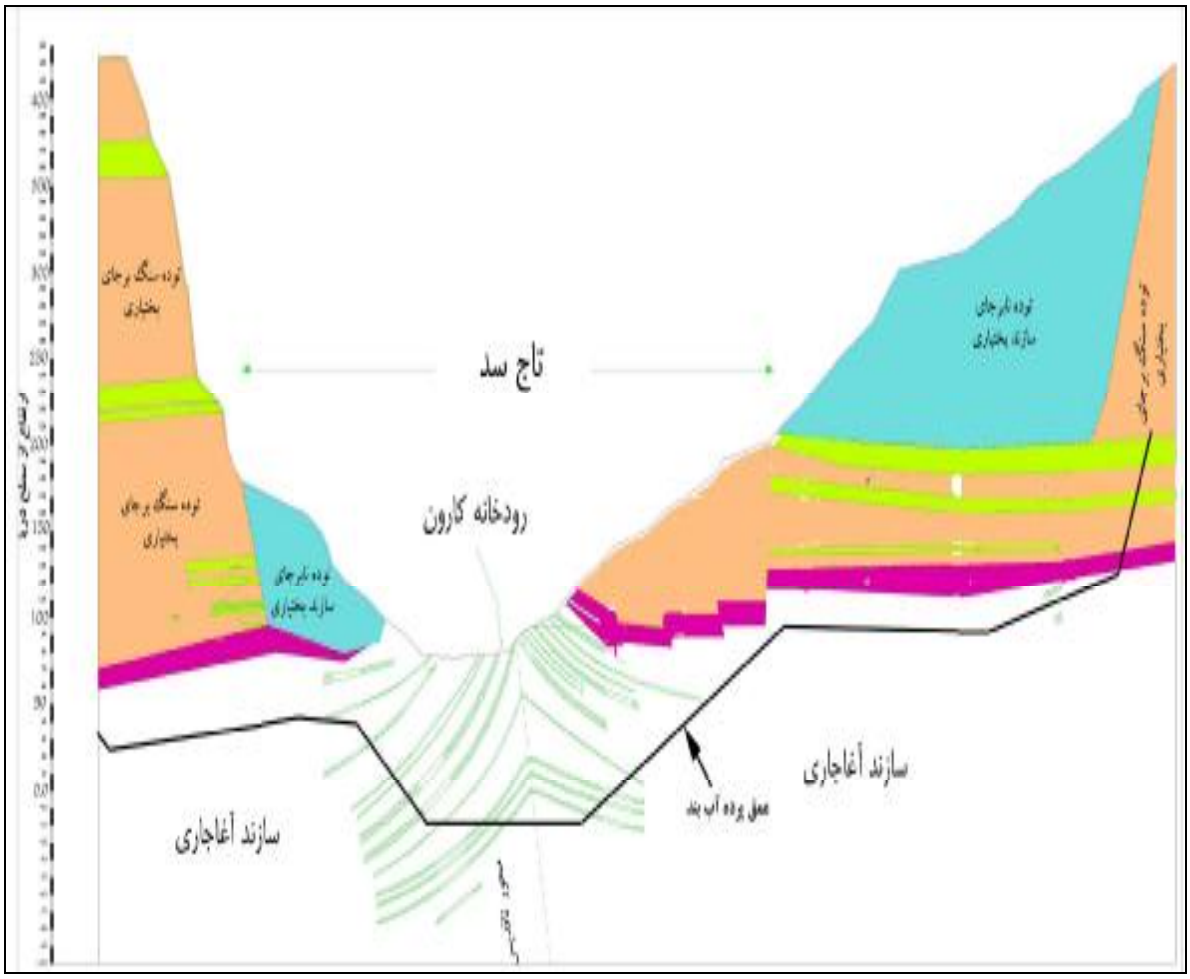
5- تحلیل عددی

از آنجایی که در منطقه مورد بررسی بارگذاری‌های حاصل از روباره و نیروهای تکتونیکی در زمان‌های طولانی زمین‌شناسی اعمال شده، چنین نتیجه می‌شود که

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

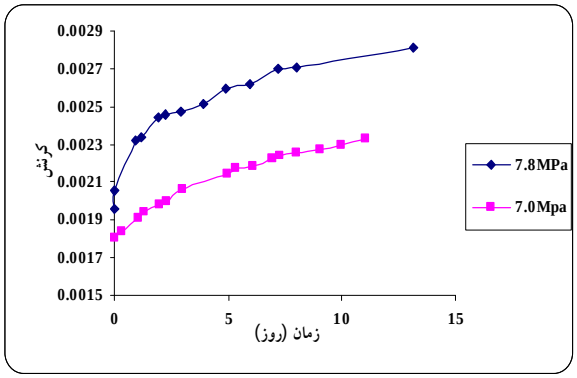
تغییرشکل‌های الاستیک و مرحله اول خزش در سنگ‌های محل انجام شده و تغییرشکل‌های پی به صورت ثابت و یکنواخت ادامه پیدا کند. به بیان دیگر تغییرشکل‌های آینده در سنگ‌های منطقه، مربوط به مرحله ثانویه خزش است. لذا مدل ویسکوپلاستیک خزشی ماکسول -که رفتار سنگ در مرحله دوم خزش را توصیف می‌کند- برای مدل سازی سنگ‌های پی در نظر گرفته شد. شکل و نمودار رفتاری مدل ماکسول در شکل (4) آورده شده و رابطه آن به صورت زیر است[5]:

$$e(t)=\frac{s}{E_m}+\frac{s}{3h_m}t \qquad (۱)$$

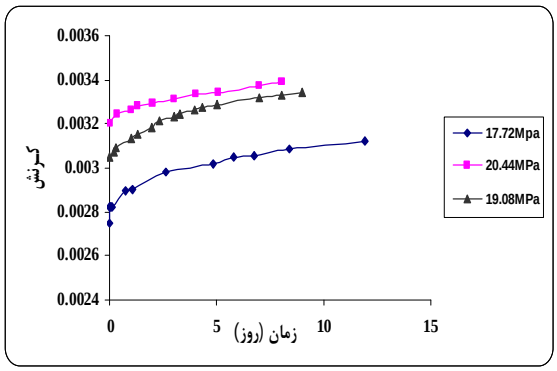


شکل(۱) مقطع زمین‌شناسی ساختگاه سد در جهت محوری سد[۳]

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]



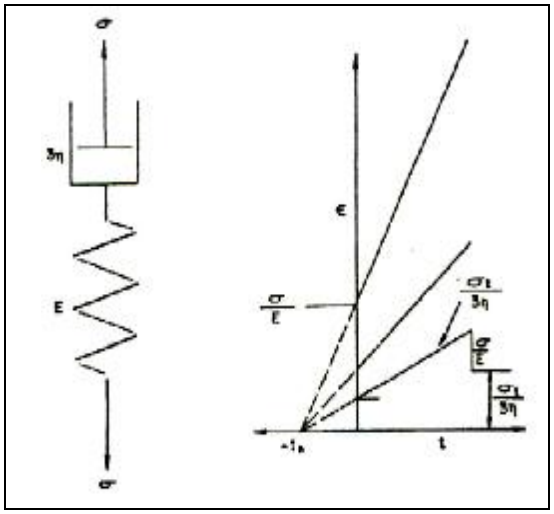
شکل (2) نمودار خزش نمونه‌های ماسه‌سنگ (تحت تنش‌های مختلف)



شکل3 نمودار خزش نمونه‌های گل‌سنگ (تحت تنش‌های مختلف)

که E_m و η_m پارامترهای خزشی و σ تنش اعمالی (ثابت در طول آزمایش) است.

برای بدست آوردن دو پارامتر خزشی سنگ بر اساس مدل ماکسول از نمودارهای کرنش- زمان حاصل از آزمایش‌ها استفاده شد، بدین ترتیب که شیب نمودار در حالت خطی برابر $\frac{\sigma}{3\eta_m}$ و نقطه تقاطع خط مذکور با محور کرنش‌ها برابر $\frac{\sigma}{E_m}$ است. پارامترهای خزشی برای نمونه‌های تحت آزمایش در جدول (2) آورده شده است.



شکل 4 مدل ماکسول و نمودار رفتاری آن[5]

جدول2 پارامترهای خزشی نمونه‌ها بر اساس مدل ماکسول

	ماسه‌سنگ	ماسه‌سنگ	ماسه‌سنگ	گل‌سنگ	گل‌سنگ
E_m (GPa)	۵/۹۱	۶/۲	۵/۹۶	۳/۱۲	۳/۵
h_m (GPa/day)	۵۹۰	۳٤۰/۷	۳۱۸	۸٦/٦	۷۷/۹

برای تحلیل عددی ساختگاه پی سد از نرم‌افزار FLAC-3D -که توانایی تحلیل رفتار وابسته به زمان را دارد- استفاده شد. مدلی با ابعاد 1500×850×650m به صورت سه‌بعدی ساخته شد. مدل ساخته شده در برگیرنده عمق 200- تا ارتفاع 450 متر نسبت به سطح دریا است که کل تکیه‌گاه‌ها و تاقدیس موجود در پی را شامل می‌شود. طول (1200 تا x=-300) و عرض (850 تا y=0) مدل طوری انتخاب شده که تأثیر تکیه‌گاه‌ها بر لایه‌های آغاجاری را در نظر بگیرد و همچنین از تأثیر شرایط مرزی بر تغییر شکل‌های تاقدیس محلی جلوگیری شود. در قسمت زیر سد که تاقدیس محلی را شامل می‌شود، به دلیل اهمیت رفتار وابسته به زمان،

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

نواحی با تراکم بیشتری ساخته شد. برای ساده‌سازی، لایه‌های ماسه‌سنگ را که با فاصله کمی از هم قرار گرفته‌اند یکی در نظر گرفته و از لایه‌های کوچک و منفرد آن صرف نظر شده است. باتوجه به اینکه هر چه فاصله از محور تاقدیس بیشتر شود از انحنای لایه‌ها کاسته می‌شود، چنین استنتاج می‌شود که لایه‌ها هر چه به کنارهای مدل نزدیکتر شوند بیشتر افقی می‌شوند. در مدل سازی لایه‌های آغاجاری در زیر تکیه‌گاه‌ها به صورت افقی در نظر گرفته شد.

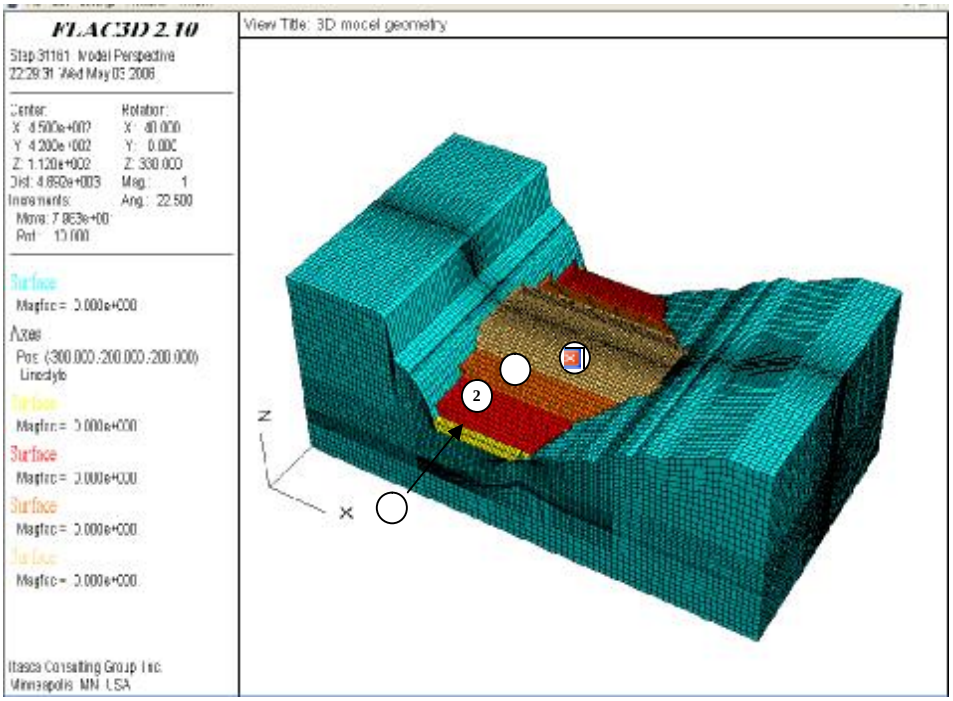
آزمایش‌های برجا مقدار نسبت تنش افقی به تنش عمودی در منطقه را بین 0/7-0/4 بدست داده است[6]. با توجه به این داده‌ها، مقدار تنش‌های افقی در مدل‌های عددی بترتیب با ضرایب تنش‌های افقی به عمودی 0/4، 0/55 و 0/7 اعمال شد. هندسه سد در پنج لایه برای مدل سازی ساخت مرحله‌ای آن مدل سازی شد (شکل 5). این امر از بارگذاری ناگهانی و ایجاد نیروی دینامیکی در مدل جلوگیری می‌کند.

برای ساخت چنین مدلی به پارامترهای ژئومکانیکی پارامترهای خزشی ماده‌سنگ نیاز است. پارامترهای خزشی و ژئومکانیکی استفاده شده در تحلیل عددی بترتیب در جدول‌های(2) و (3) آورده شده است. سنگ‌های زیر سطح ایستابی در حالت اشباع در نظر گرفته شده و در شکل (6) سنگ‌های مختلف در مدل نشان داده شده است.

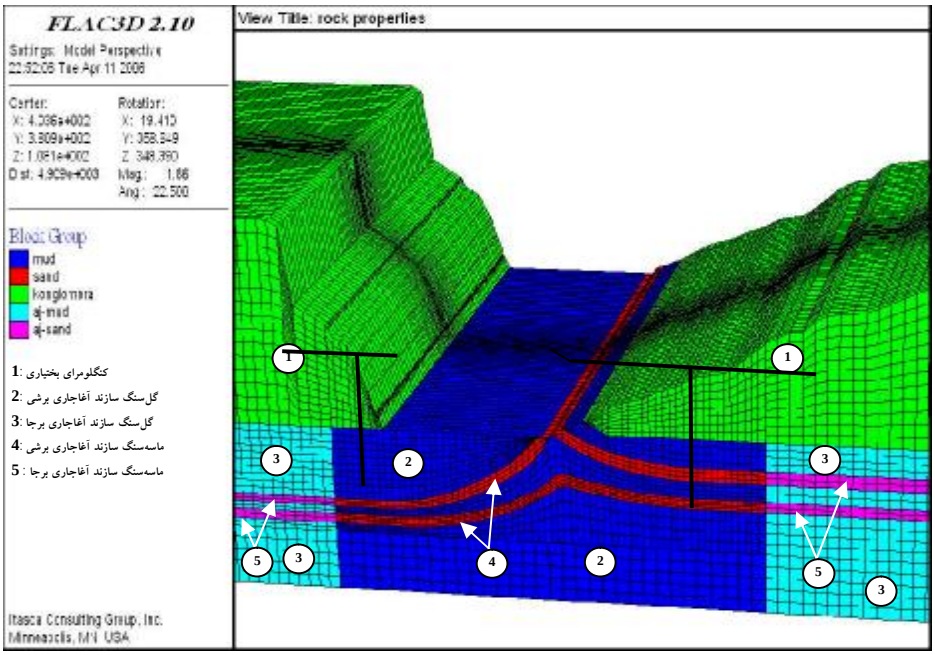
جدول 3 خواص ژئومکانیکی توده‌سنگ‌ها [2]

نوع سازند	مدول یانگ (**E**) **(GPa)**	ضریب پواسون (ν)	چسبندگی (**C**) **(MPa)**	زاویه اصطکاک داخلی(φ) (درجه)
آغاجاری	۱/۲	۰/۳	۰/٥٤	٢٦
بختیاری	٤/٨	۰/٢٥	۰/٦٩	٣٥

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]



شکل 5 مدل سازی مرحله ای سد

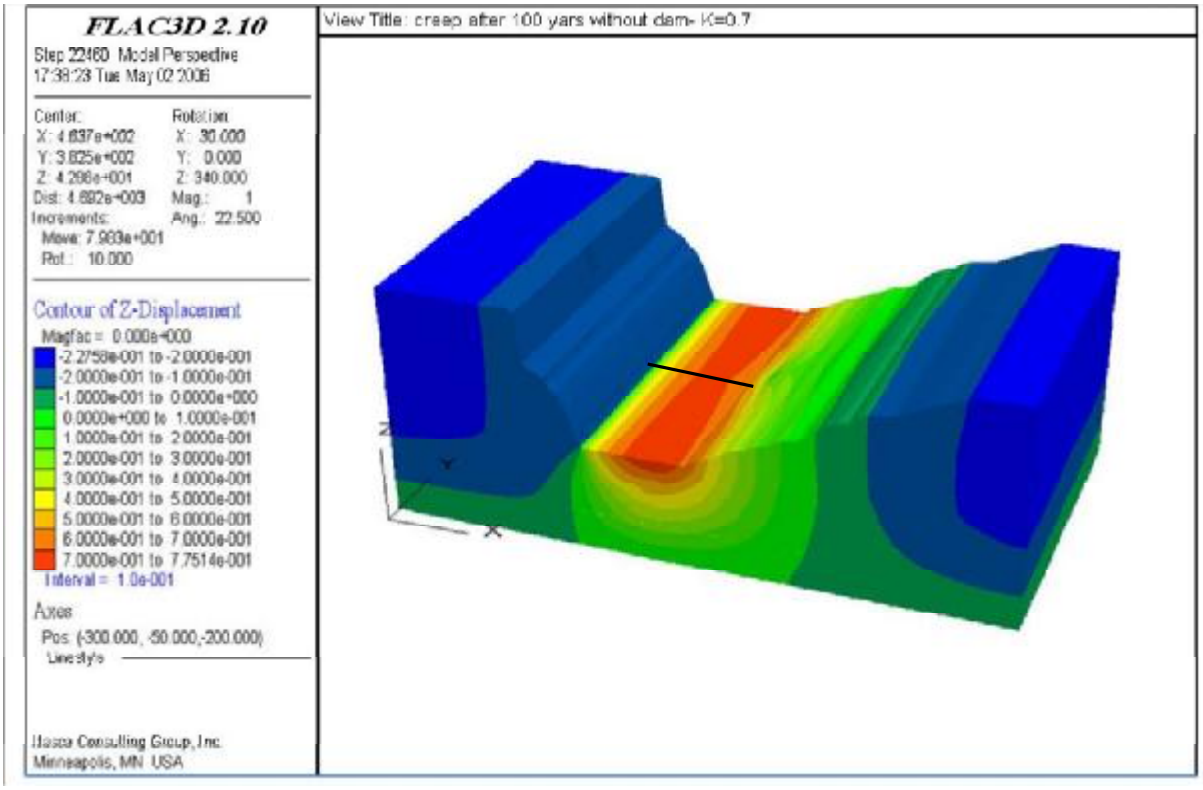


شکل 6 سنگ‌های مختلف موجود در محل سد در مدل سه‌بعدی

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

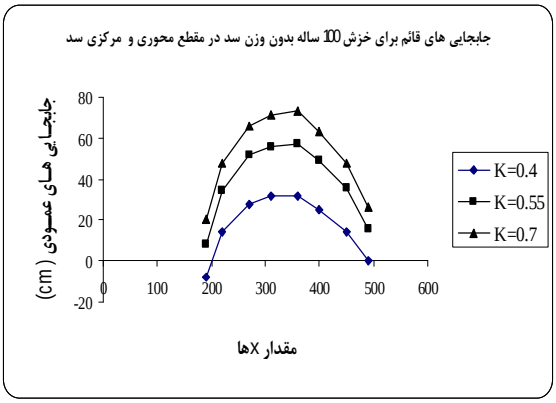
7- تجزیه و تحلیل

هدف از این تحلیل عددی، پیش‌بینی رفتار سنگ‌های پی در ساختگاه سد گتوند همراه با سد در طول زمان بهره‌برداری سد است. در مدل سازی‌های خزشی بدون سد، مشخص شد که در بستر رودخانه جابجایی‌های روبه بالا ادامه خواهد یافت که این بیانگر ادامه روند تاقدیسی شدن است. شکل (7) خطوط تراز جابجایی‌های قائم را پس از 100 سال برای مدل با مقدار K=0/7 بدون اعمال وزن سد نشان می‌دهد. جابجایی‌ها در پی در مقاطع مـوازی با مـــحور سد برای سـه مـدل مذکور با Kهـای مختلف، یکسان است. بدین منظور برای درک صحیح‌تر چگونگی تغییرشکل‌ها، جابجایی‌های عمودی نقاط سطحی پی در مقطع مرکزی مدل (y=420) پس از خزش 100 ساله به صورت نموداری برای ضرایب مختلف K در شکل (8) ارائه شده است. همان طور که از این شکل‌ها قابل مشاهده است جابجایی‌های خزشی روبه بالا بوده و با افزایش K افزایش می‌یابد و همچنین نشان‌دهنده روند تاقدیسی شدن است.



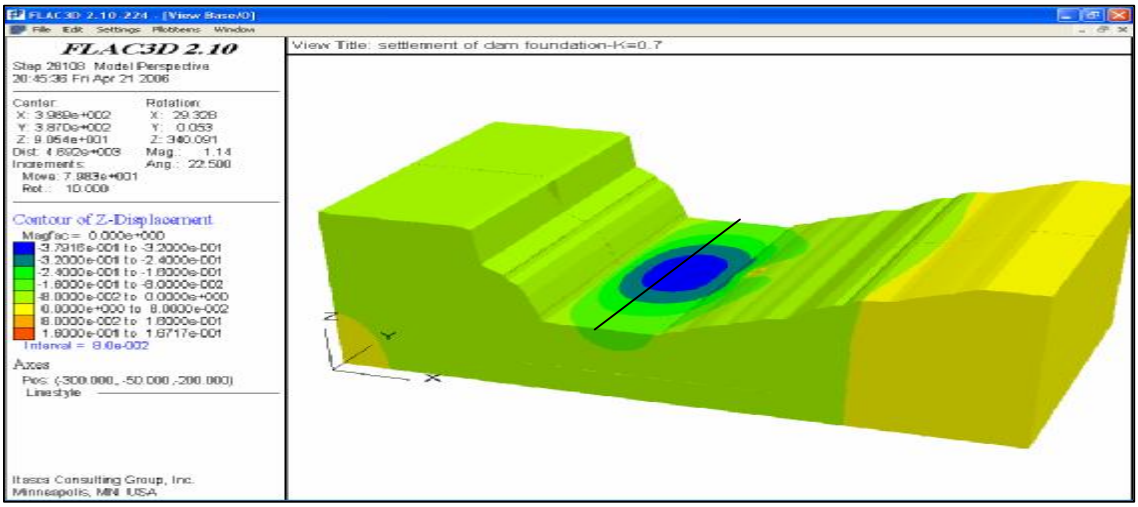
شکل (۷) خطوط تراز جابجایی‌های قائم پس از خزش ۱۰۰ ساله بدون اعمال وزن سد برحسب متر برای K=۰/۷

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

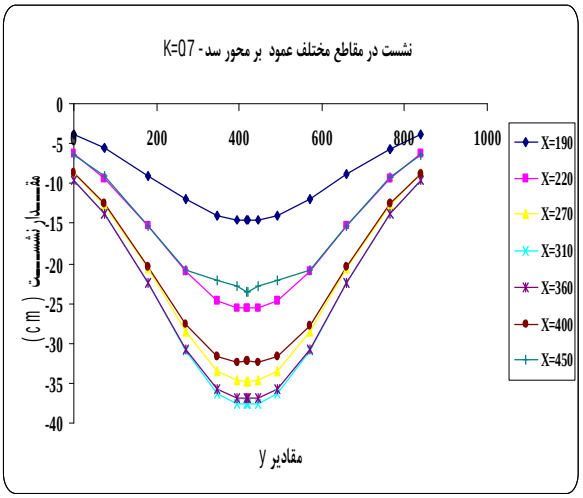


شکل 8 مقادیر جابجایی‌های عمودی برای چند نقطه روی سطح پی در مقطع محوری و مرکزی برای مقادیر مختلف K برای خزش 100 ساله بدون اعمال وزن سد

در مرحله بعدی از تحلیل عددی، تأثیر وزن سد بر رفتار خزشی پی بررسی شد. اعمال وزن سد بر پی علاوه بر ایجاد نشست استاتیکی، می‌تواند به عنوان عامل بازدارنده‌ای در تاقدیسی شدن عمل کند و حتی ممکن خزشی را رو به پایین ایجاد کند. جابجایی‌های پی باید در طراحی سازه‌های جانبی و حتی خود سد مد نظر قرار گیرد. در این مرحله از تحقیق، ابتدا نشست سد در حالت استاتیکی بر اثر وزن سد محاسبه و سپس رفتار خزشی آن تحلیل شده است. مدل پس از ساخت هر لایه از سد در حالت استاتیک اجرا شد. پس از ساخت کامل سد، نشست استاتیکی پی حاصل می‌شود. برای سه مدل اجرا شده، مقادیر نشست تا حد زیادی با هم یکسانند. در شکل (9) خطوط تراز نشست پی و در شکل (10) نشست‌های استاتیکی برای نقاط سطحی پی در مقاطع مختلف عمود بر محور سد نشان داده شده است. همان طور که دیده می شود بیشترین نشست در مقاطع x=310 تا x=370 در حدود 37cm پیش‌بینی می‌شود.



[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

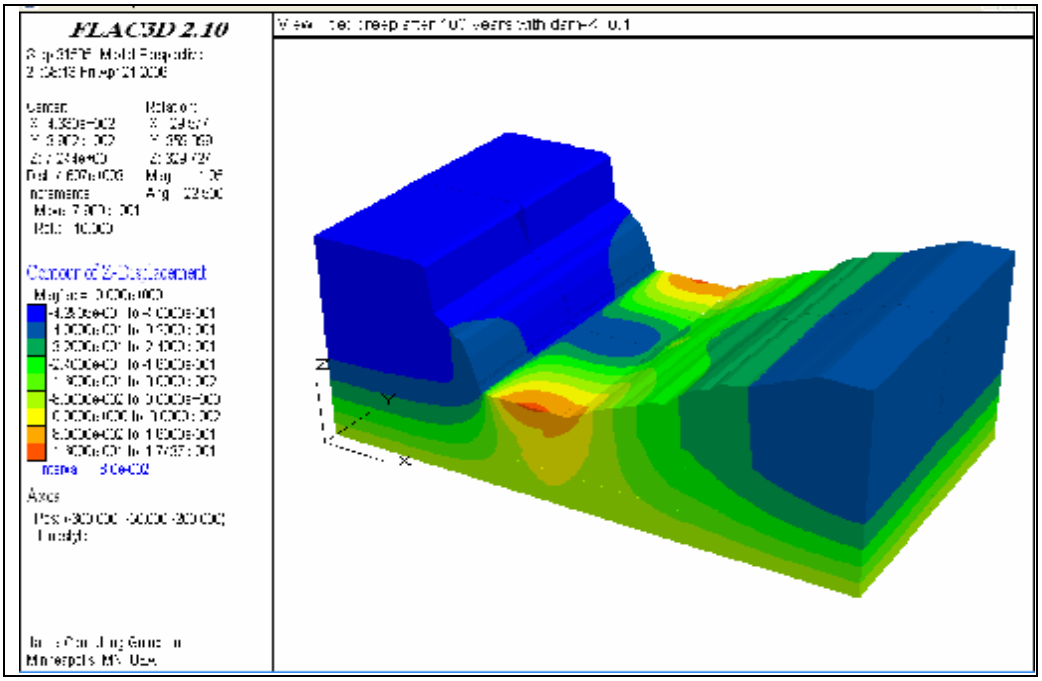


شکل10 تغییرات نشست در مقاطع مختلف عمود بر محور سد با تغییر مقدار K=0/7

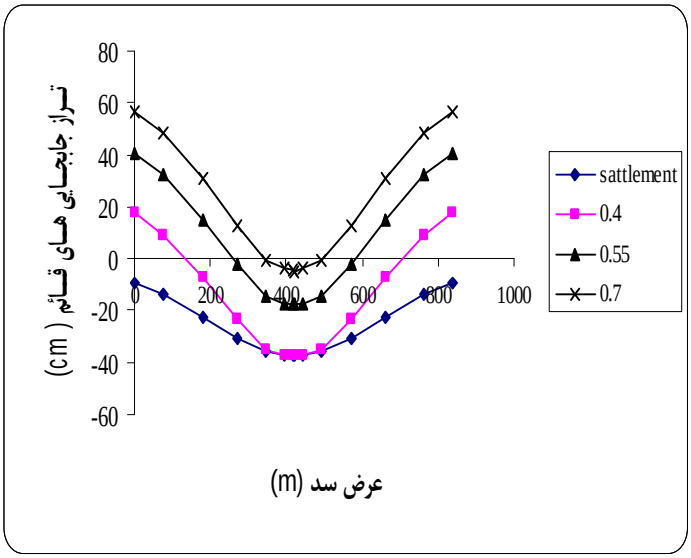
پس از تعیین نشست‌های استاتیکی، مدل رفتاری سنگ‌های پی به صورت خزشی معرفی شده و مدل‌ها اجرا می‌شوند. باید توجه شود که وزن سد در طول ساخت، می‌تواند خزش اولیه ای را در پی ایجاد کند. از آنجا که این مرحله از خزش اندکی به طول می‌انجامد، لذا می‌توان فرض کرد که جابجایی‌های خزشی اولیه حاصل از ساخت سد، در جابجایی‌های نشست استاتیکی نهفته است. به بیان ساده‌تر، جابجایی‌های برآورد شده برای نشست پی، شامل خزش اولیه حاصل از ساخت سد هم می‌شود. با توجه به این مطلب، مدل رفتار خزشی سنگ‌های پی پس از نشست استاتیکی، خطی در نظر گرفته و مدل ویسکوپلاستیک ماکسول برای آن معرفی شد. وزن سد می‌تواند بعنوان عاملی بازدارنده در برابر بالازدگی پی بر اثر خزش عمل کند و حتی می‌تواند جهت جابجایی‌ها را نیز تغییر دهد.

شکل (11) خطوط تراز برآیند جابجایی‌های قائم حاصل از نشست و خزش 100 ساله را برای مدل با K=0/55 نشان می‌دهد. در مقطعی عمود بر محور سد (X=360)، وضعیت نقاط مختلف روی آن همراه با نمودار نشست در همان نقاط برای مدل‌ها با مقادیر مختلف K بررسی شده است (شکل 12). همانطور مشاهده می‌شود، وزن سد، یکنواختی در بالازدگی خزشی در پی را تحت تأثیر قرار داده است، به طوری که نرخ خزش در کنارهای عرضی سد که وزن سد کمتر است، بیشتر از قسمت مرکزی آن است. در هر سه حالت اجرا شده، خزش در کنارها جابجایی‌هایی را رو به بالا ایجاد می‌کند. شکل (13) روند جابجایی‌های قائم خزشی را با گذشت زمان برای چند نقطه در قسمت مرکزی که بیشینه وزن سد روی آن قرار دارد برای سه حالت مختلف نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که در قسمت مرکزی در مدل‌ها با K برابر 0/7 و 0/55 بالازدگی خزشی رو به بالا است اما کمتر از جابجایی در کنارها است. نرخ خزش نیز نسبت به نرخ خزش در تحلیل پی بدون سد کمتر است. در حالت K=0/4 وضعیت تا حدودی متفاوت است. در این حالت در 60 سال نخست، وزن سد باعث ایجاد جابجایی خزشی رو به پایین در پی خواهد شد و پس از این مدت پی رو به بالا خزش خواهد داشت. قابل ذکر است که در تحلیل عددی و حالت‌های مختلف از جریان‌های هیدرولیکی در پی صرف نظر شده است.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

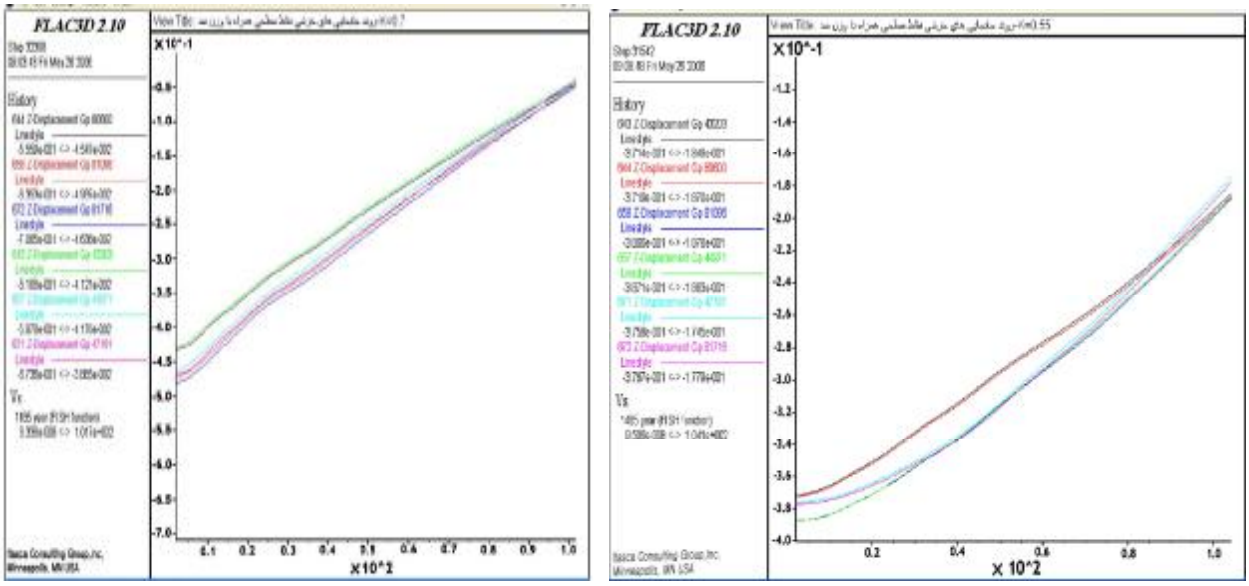


شکل 11 خطوط تراز جابجایی‌های عمودی پس از خزش 100 ساله همراه با سد بر حسب متر برای K=0/55

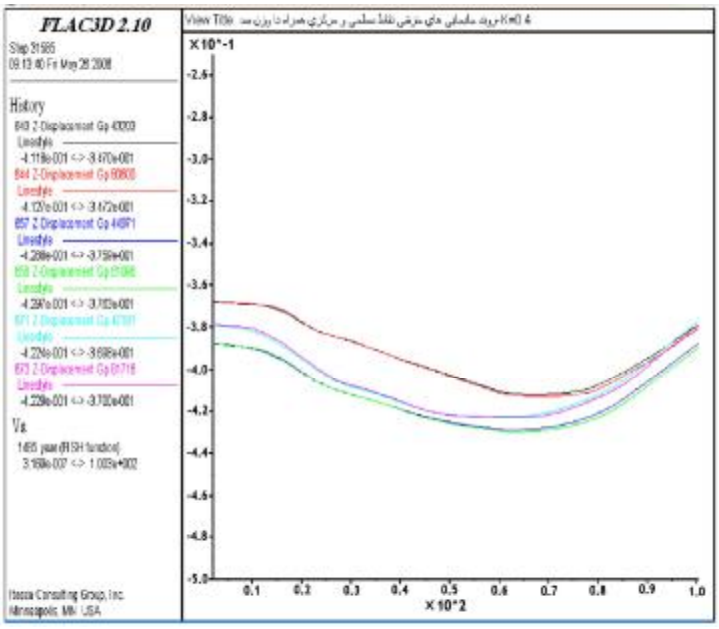


شکل12 نمودارهای نشست و تراز نهایی سطح پی در مقطع X=360 برای مقادیر مختلف K

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]



(الف) (ب)



(ج)

شکل 13 نمودارهای جابجایی خزشی (متر، محور افقی) در نقاط مرکزی مدل بر حسب زمان (سال، محور قائم) همراه با اعمال وزن سد الف) K=0/7، ب) K=0/55 و ج) K=0/4

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]

8- نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه رفتار وابسته به زمان پی سد گتوند می‌تواند تأثیرهای مخربی را بر سازه‌های سد داشته باشد لذا در این تحقیق به بررسی رفتار خزشی پی تحت تأثیر وزن سد پرداخته شد. ابتدا با انجام آزمون‌های آزمایشگاهی شبه استاتیک، پارامترهای خزشی سنگ‌های پی طبق مدل خزشی ویسکوپلاستیک ماکسول بدست آمد. سپس بمنظور تحلیل عددی مدلی در نرم‌افزار FLAC3D ساخته شد. ابتدا مقدار نشست استاتیکی پی بر اثر ساخت سد تعیین و سپس روند جابجایی‌های خزشی پی همراه با وزن سد بررسی شد. نتایج حاصل به شرح زیر است:

1) وزن سد علاوه بر ایجاد نشست استاتیکی در پی می‌تواند روند تغییر شکل خزشی و بالازدگی پی را بر اثر عوامل زمین‌شناسی کُند، و حتی تغییر دهد.
2) برای بررسی تأثیر سد بر رفتار خزشی پی، ابتدا نشست پی بر اثر وزن سد در حالت استاتیکی تعیین شد. نشست استاتیکی پی بر اثر ساخت سد، در سه مدل کاملاً یکسانند. بیشینه نشست بین مقاطع X=310 تا X=360 و در حدود 37 سانتیمتر رخ می دهد.
3) پس از محاسبه نشست استاتیکی، مدل در حالت خزشی برای پی مانند مرحله مدل سازی خزشی بدون سد اجرا شد. به دلیل شکل هندسی سد در نقاطی که وزن سد کمتر است، نرخ خزش و در نتیجه بالازدگی پی بیشتر است (کنارهای عرضی سد).
4) جابجایی‌های خزشی پی در این مرحله در مدل‌ها با K برابر 0/7 و 0/55 از ابتدا در جهت بالا ایجاد می‌شود، اما در مدل با K=0/4، جابجایی‌های قائم در 50 تا 60 سال ابتدایی در نقاطی که وزن سد بیشینه است رو به پایین و سپس به سمت بالا تغییر جهت می‌دهد.
5) با توجه به نتایج فوق ضروری به نظر می‌رسد که این جابجایی‌ها در طراحی و ساخت سد مد نظر قرار گیرد.

9- تقدیر و تشکر

از آقای دکتر فهیمی‌فر عضو محترم استاد دانشگاه امیرکبیر که امکان استفاده از آزمایشگاه دانشکده عمران دانشگاه امیرکبیر را فراهم کردند، کمال تشکر و قدردانی میشود.

10- منابع

[1] Cristescu, N., D., Hunsche, U., "Time Effects in Rock Mechanics", John Wiley & Sons, 1998.

[2] شاهرخی، زهرا، "کاربرد طبقه‌بندی توده‌های سنگی در تخمین پارامترهای ژئوتکنیکی سد گتوند علیا"، چهارمین کنفرانس سدسازی، 1372، صفحات 861-840.

[3] فهیمی‌فر، احمد، سروش، حامد، "آزمایش‌های مکانیک سنگ (مبانی نظری و استانداردها)"، شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، 1380.

[4] Itasca Consulting Group, "FLAC-3D Manual", version 4.0, Minnesota USA, 2003

[5] Goodman, R., E., "Introduction to Rock Mechanics", University of California at Berkeley, John Wiley & Sons(1989),.

[6] گزارش "زمین‌شناسی عمومی و مطالعات مکانیک سنگی منطقه سد و مخزن سد گتوند علیا"، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس پیوست 16، 1383.

[7] Chuhe Yang, Daemen, J.J.K., Jian-Hun Yin, "Experimental Investigation of Creep Behavior of Salt Rock", International Journal of Rock Mechanics and Mining science, Vol.36, 1999.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2024-03-29]