





دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
دانشکده مهندسی زراعی

موضوع:

ارزیابی کارایی مدل‌های رفتاری پلاستیک در تحلیل سدهای
خاکریزه‌ای به روش آنالیز برگشتی (کاربرد موردی سد البرز)

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی آب گرایش سازه‌های آبی

استاد راهنما:

دکتر سید حسن گلمائی

استاد مشاور:

دکتر میرخالق ضیاءتبار احمدی

نگارش:

مهرآوه حصیرچیان

آذر ۱۳۸۹

با تقدیر و تشکر از

اساتید محترم و بزرگوارم جناب آقایان دکتر سید حسن گلمائی و دکتر ضیاء تبار احمدی که در تمامی مراحل تحصیل و انجام این پروژه با راهنمایی های علمی بسیار ارزنده و همچنین صبر و شکیبایی زیاد مسیر این پژوهش را بر من هموار نمودند و همچنین استاد گرانقدرم جناب آقای مهندس جانعلی تقوی که در تمامی مراحل تحصیل از مشاوره و راهنمایی های ایشان بهره فراوان برده ام.

باشد که این یاد آوری، نمایانگر سپاس بی پایان من نسبت به کمک های

بی دریغ آنان به شمار آید.

چکیده

تحلیل سدهای خاکی در مراحل مختلف ساخت و بهره‌برداری از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد به‌منظور نگهداری و اطمینان از وضعیت پایداری سد(سازه) از رفتارنگاری استفاده می‌شود. پروسه رفتارنگاری به معنی عملکرد یک سازه در دوران ساخت و مرحله بهره‌برداری و تطبیق آن با پیش‌بینی‌های زمان طراحی می‌باشد. به‌منظور انجام عملیات صحیح رفتار نگاری، داشتن اطلاعات حاصل از ابزار دقیق ضروری می‌باشد.

در این تحقیق رفتارنگاری سد البرز تا پایان ساخت و آبیگری تا تراز ۲۵۰ متر تا اسفند ۱۳۸۸ با استفاده از اطلاعات ابزار دقیق و انجام تحلیل برگشتی با نرم افزار پلاکسیس^۱ انجام شده است. ابزار بندی این سد در پنج مقطع عرضی انجام شده که از بزرگترین مقطع برای تطابق تحلیل‌های برگشتی استفاده شده است. مهم‌ترین ابزارهایی که در این تحقیق از آن‌ها استفاده شده عبارتند از: پیژومترهای الکتریکی، سلول‌های اندازه‌گیری فشار کل و نشست‌سنج‌ها. سد با سه مدل موهر کولمب^۲، نرم شونددگی^۳ و سخت شونددگی^۴ تحلیل عددی گردید تا مدل رفتاری با پارامترهای واقع بینانه که سازگاری خوبی با رفتار اندازه‌گیری شده داشته باشد، برای سد خاکی ایده‌آل انتخاب گردد.

اطلاعات حاصل از ابزار دقیق نصب شده در سد خاکی از آن است که فشار آب حفره‌ای ایجاد شده در هسته روند معقول و منطقی داشته است. با توجه به پایین بودن ضریب فشار آب حفره‌ای ماکزیمم بدست آمده برای مدل‌های موهر کولمب، نرم شونددگی و سخت شونددگی (به ترتیب 0/49، 0/67 و 0/72 می‌باشد)، احتمال وقوع گسیختگی هیدرولیکی وجود ندارد. مقدار پیش‌بینی طراحی این ضریب حداکثر 0/47 است.

حداکثر میزان نشست کلی توسط نشست‌سنج 104/1 سانتیمتر می‌باشد که آنالیز مدل‌های رفتاری توسط مدل‌های موهر کولمب، نرم شونددگی و سخت شونددگی به ترتیب 104/7، 116/1 و 90/2 سانتیمتر می‌باشد. الگوی کلی پروفیل‌های نشست اندازه‌گیری شده با الگوهای تحلیلی تطابق خوبی را نشان داد. در ارزیابی نشست‌های درازمدت مدل‌های نرم شونددگی و سخت شونددگی با دقت بسیار بهتری قادر به پیش‌بینی رفتار واقعی بوده است.

¹ Plaxis

² Mohr-Coulomb model

³ Soft soil model

⁴ Hardening soil model

مقادیر تنش‌های کل قرائت شده، ضریب قوس‌زدگی^۵ اندازه‌گیری شده حدود 0/75 بوده، و مقادیر بدست آمده برای مدل‌های موهر کلمب، نرم شوندگی و سخت شوندگی به ترتیب 0/61، 0/62 و 0/54 می‌باشد که میزان قوس‌زدگی نسبتاً کمی در مقایسه با سدهای مشابه می‌باشد.

بررسی رفتار سد البرز با استفاده از تفسیر قرائت‌های انجام شده توسط ابزار دقیق منصوبه در بدنه آن و همچنین مقایسه آن با آنالیزهای انجام شده بر روی مدل‌های عددی تا حد زیادی گویای رفتار خوب و طبیعی از سد می‌باشد. به‌طور کلی نتایج آنالیزها، رفتار مناسب سازه سد را در برابر شرایط مختلف بارگذاری استاتیکی تایید می‌نماید. نشست‌ها، تنش‌ها و فشار آب حفره‌ای در حدقابل قبول بوده و پایداری سد تامین است. ضریب اطمینان بدست آمده از هر سه مدل رفتاری براساس استاندارد گروه مهندسين ارتش آمریکا^۶ گواه پایداری سد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی:

مدل رفتاری، ابزار دقیق، آنالیز برگشتی، رفتارنگاری، سدخاکی.

⁵ Arching

⁶ USACE

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول - کلیات
۱-۱	مقدمه.....
۲-۱	ضرورت و اهداف تحقیق.....
۳-۱	ساختار پایان نامه.....
	فصل دوم - مروری بر ادبیات فنی موضوع
۱-۲	مقدمه.....
۲-۲	پیشینه‌ی موضوع.....
۳-۲	رفتارنگاری.....
۱-۳-۲	رفتارنگاری سد و ضرورت آن.....
۲-۳-۲	اهداف و علل رفتارنگاری و ابزار گذاری در سدهای خاکی.....
۳-۳-۲	علل تخریب سدهای خاکی.....
۴-۳-۲	طراحی و جایگذاری ابزار دقیق.....
۱-۴-۳-۲	برنامه ریزی نصب و قرائت ابزارها.....
۲-۴-۳-۲	تعداد ابزارها و کمیت‌های مورد اندازه گیری.....
۴-۲	مدل‌های مورد بررسی در مطالعه رفتار مصالح.....
۱-۴-۲	مدل موهر - کولمب (پلاستیک کامل).....
۱-۱-۴-۲	رفتار الاستیک - کاملاً پلاستیک.....
۲-۱-۴-۲	فرمولبندی مدل موهر- کولمب.....
۳-۱-۴-۲	پارامترهای مدل موهر- کولمب.....
۱-۳-۱-۴-۲	مدول یانگ.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۰	نسبت پواسون.....(۲-۳-۱-۴-۲)
۲۰	چسبندگی.....(۳-۳-۱-۴-۲)
۲۱	زاویه اصطکاک.....(۴-۳-۱-۴-۲)
۲۱	زاویه اتساع.....(۵-۳-۱-۴-۲)
۲۱	مدل خاک سخت شونده (سخت‌شوندگی ایزوتروپیک).....(۲-۴-۲)
۲۳	رابطه هیپربولیک برای آزمایش بارگذاری سه محوری زهکشی شده استاندارد.....(۱-۲-۴-۲)
۲۴	تقریب هیپربولیک با مدل رفتاری سخت شونده.....(۲-۲-۴-۲)
۲۷	کرنش حجمی پلاستیک برای حالت تنش سه محوری.....(۳-۲-۴-۲)
۲۸	پارامترهای مدل سخت‌شوندگی.....(۴-۲-۴-۲)
۲۸	سختی مدولی E_{Δ}^{ref} و $E_{\sigma\sigma\Delta}^{ref}$ و m توان.....(۱-۴-۲-۴-۲)
۲۹	کلاهیک سطح تسلیم در مدل رفتاری سخت‌شوندگی.....(۵-۲-۴-۲)
۳۱	مدل خاک نرم شونده.....(۳-۴-۲)
۳۲	حالات ایزوتروپیک تنش و کرنش.....(۱-۳-۴-۲)
۳۳	تابع سیلان برای حالت تنش سه محوری.....(۲-۳-۴-۲)
۳۶	پارامترهای مدل خاک نرم شونده.....(۳-۳-۴-۲)
۳۶	شاخص تورم و تراکم اصلاح شده.....(۱-۳-۳-۴-۲)
۳۷	چسبندگی.....(۲-۳-۳-۴-۲)
۳۸	زاویه اصطکاک.....(۳-۳-۳-۴-۲)
۳۸	زاویه اتساع.....(۴-۳-۳-۴-۲)
۳۸	نسبت پواسون.....(۵-۳-۳-۴-۲)

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل سوم - معرفی سد خاکی البرز
39	1-3) مقدمه.....
39	2-3) اهداف طرح سد مخزنی البرز.....
40	3-3) مشخصات کلی طرح.....
40	3-4) سیمای طرح و مشخصات زمین‌شناسی ساختگاه سد.....
41	3-5) طراحی پی و بدنه سد البرز.....
41	3-5-1) اصلاح پی.....
42	3-5-2) طراحی بدنه سد.....
44	3-5-2-1) هسته رسی.....
45	3-5-2-2) فیلترها.....
46	3-5-2-2-1) فیلتر پایین دست.....
46	3-5-2-2-2) فیلتر بالادست.....
47	3-5-2-3) زهکش‌ها.....
48	3-5-2-3-1) زهکش پایین دست و لایه انتقالی بالادست.....
50	3-5-2-3-2) زهکش افقی.....
50	3-5-2-3-3) مجاری جمع‌کننده آب‌های سطحی و تراوشی و هدایت‌کننده به کانال اصلی.....
51	3-5-2-4) پوسته‌ها.....
51	3-5-2-4-1) پوسته شن و ماسه‌ای.....
53	3-5-2-4-2) پوسته سنگریزه‌ای.....
55	3-5-2-4-3) لایه‌های محافظ شیروانی پوسته بالادست.....
56	3-5-2-5) تاج سد (جزئیات و سازه‌های وابسته).....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
57.....	۶-۳) سازه‌های جانبی سد البرز.....
58.....	7-3) مشخصات ابزارگذاری پی و بدنه سد.....
فصل چهارم - مدل‌سازی و انجام تحلیل برگشتی	
62.....	1-4) مقدمه.....
63	۲-۴) تاریخچه و قابلیت‌های برنامه.....
64.....	۳-۴) توصیف کلی برنامه.....
64	1-3-4) اطلاعات ورودی.....
65	۱-۱-۳-۴) المان‌ها.....
65	۲-۱-۳-۴) مش بندی.....
66.....	2-3-4) محاسبات.....
66	3-3-4) اطلاعات خروجی.....
66.....	4-3-4) منحنی‌ها.....
66.....	۴-۴) مدل‌سازی با نرم افزار پلکسیس.....
67.....	۵-۴) مدل‌سازی سد البرز و اعمال شرایط مرزی.....
69.....	۶-۴) روند انجام تحلیل‌های برگشتی و انتخاب مدل‌های رفتاری.....
69.....	1-6-4) معرفی مدل‌های رفتاری و پارامترهای آن‌ها.....
69	۱-۱-۶-۴) مدل موهر - کولمب.....
69	۲-۱-۶-۴) مدل خاک سخت شونده.....
70.....	۳-۱-۶-۴) مدل خاک نرم شونده.....
71.....	۲-۶-۴) روند انجام تحلیل‌های برگشتی.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
72.....	۴-۶-۲-۱) پارامترهای موثر بر فشار آب حفره‌ای.....
73.....	۴-۶-۲-۲) پارامترهای موثر بر تغییر شکل.....
74.....	۴-۶-۳) تعیین پارامترهای مصالح (بدست آمده از تحلیل‌های برگشتی).....

فصل پنجم - تجزیه و تحلیل رفتار سد

77	۵-۱) مقدمه.....
77.....	۵-۲) ارزیابی فشار آب حفره‌ای در بدنه‌ی سد.....
80.....	۵-۲-۱) سازماندهی اطلاعات پیزومترها.....
89.....	۵-۳) بررسی تغییر شکل‌های بدنه سد.....
92.....	۵-۴) بررسی فشار کل در توده خاک.....
100.....	۵-۵) ارزیابی ضریب اطمینان پایداری.....

فصل ششم - نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

102.....	۶-۱) بحث و نتیجه‌گیری.....
104.....	۶-۲) پیشنهادها.....

مراجع

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
16	شکل (1-2) ایده اساسی یک مدل الاستیک - کاملاً پلاستیک.....
17	شکل (2-2) سطح سیلان موهر کولمب در فضای تنش‌های اصلی.....
19	شکل (3-2) تعریف E_o و E_d برای نتایج آزمایش سه محوری زهکشی شده.....
21	شکل (4-2) دواپر تنش در سیلان.....
24	شکل (5-2) رابطه تنش- کرنش هیپربولیک در بارگذاری اولیه برای آزمایش سه محوری زهکشی شده استاندارد.....
26	شکل (6-2) توالی سطح تسلیم برای مقادیر متفاوت پارامتر سخت شونده γ^p
29	شکل (7-2) تعریف E_{oed}^{ref} در نتایج آزمایش ادئومتری.....
31	شکل (8-2) سطوح سیلان مدل خاک سخت شونده در صفحه (p, q)
31	شکل (9-2) نمایش طرح سیلان کلی مدل خاک سخت شونده در فضای تنش اصلی برای خاک غیر چسبنده.....
32	شکل (10-2) رابطه لگاریتمی بین کرنش حجمی و تنش متوسط.....
35	شکل (11-2) سطح سیلان مدل خاک نرم شونده در صفحه (p', q)
36	شکل (12-2) نمایش طرح سیلان کلی مدل خاک نرم شونده در فضای تنش اصلی.....
43	شکل (1-3) پروفیل طولی مقطع سد البرز.....
59	شکل (2-3) ابزار بندی در مقطع عرضی 7-7.....
59	شکل (3-3) ابزار بندی در مقطع عرضی 10-10.....
60	شکل (4-3) ابزار بندی در مقطع عرضی 13-13.....
60	شکل (5-3) ابزار بندی در مقطع عرضی 16-16.....
61	شکل (6-3) ابزار بندی در مقطع عرضی 19-19.....
65	شکل (1-4) استفاده از المان‌های 6 و 15 نقطه ای برای مش بندی مدل در برنامه.....
68	شکل (2-4) المان بندی و هندسه مدل سد البرز.....
68	شکل (3-4) تراز آبیگری سد البرز تا تراز 250 متر.....

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل (۱-۵) الگوی توزیع فشار آب حفره‌ای پس از آخرین مرحله خاکریزی.....	79
شکل (۲-۵) الگوی توزیع فشار آب حفره‌ای مازاد پس از آخرین مرحله خاکریزی.....	79
شکل (۳-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای با استفاده از مدل رفتاری موهر کولمب.....	81
شکل (۴-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای با استفاده از مدل‌های رفتاری نرم شوندگی و موهر کولمب.....	81
شکل (۵-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای با استفاده از مدل‌های رفتاری سخت شوندگی، نرم شوندگی و موهر کولمب.....	۸۲
شکل (۶-۵) محل نصب پیزومترهای تراز ۲۳۲ متر در مقطع (۱۳-۱۳).....	83
شکل (۷-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای در پیزومترهای بالادست محور هسته با استفاده از مدل موهر کولمب.....	۸۳
شکل (۸-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای در پیزومترهای بالادست محور هسته با استفاده از مدل‌های نرم شوندگی و موهر کولمب.....	۸۴
شکل (۹-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای در پیزومترهای بالادست محور هسته با استفاده از مدل‌های سخت شوندگی، نرم شوندگی و موهر کولمب.....	84
شکل (۱۰-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای در پیزومترهای پایین دست محور هسته با استفاده از مدل موهر کولمب.....	۸۵
شکل (۱۱-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای در پیزومترهای پایین دست محور هسته با استفاده از مدل‌های نرم شوندگی و موهر کولمب.....	۸۵
شکل (۱۲-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای در پیزومترهای پایین دست محور هسته با استفاده از مدل‌های سخت شوندگی، نرم شوندگی و موهر کولمب.....	۸۵
شکل (۱۳-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای در پیزومترهای بالادست محور هسته با استفاده از مدل‌های رفتاری.....	۸۶
شکل (۱۴-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای در پیزومترهای پایین دست محور هسته با استفاده از مدل‌های رفتاری.....	۸۶
شکل (۱۵-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای در پیزومتر مرکزی هسته واقع در تراز ۲۳۲ متر با استفاده از مدل‌های رفتاری.....	۸۷
شکل (۱۶-۵) تغییرات فشار آب حفره‌ای پیزومتر مرکزی هسته بدست آمده از پیزومتر الکتریکی و مدل‌های رفتاری.....	۸۷

فهرست اشکال

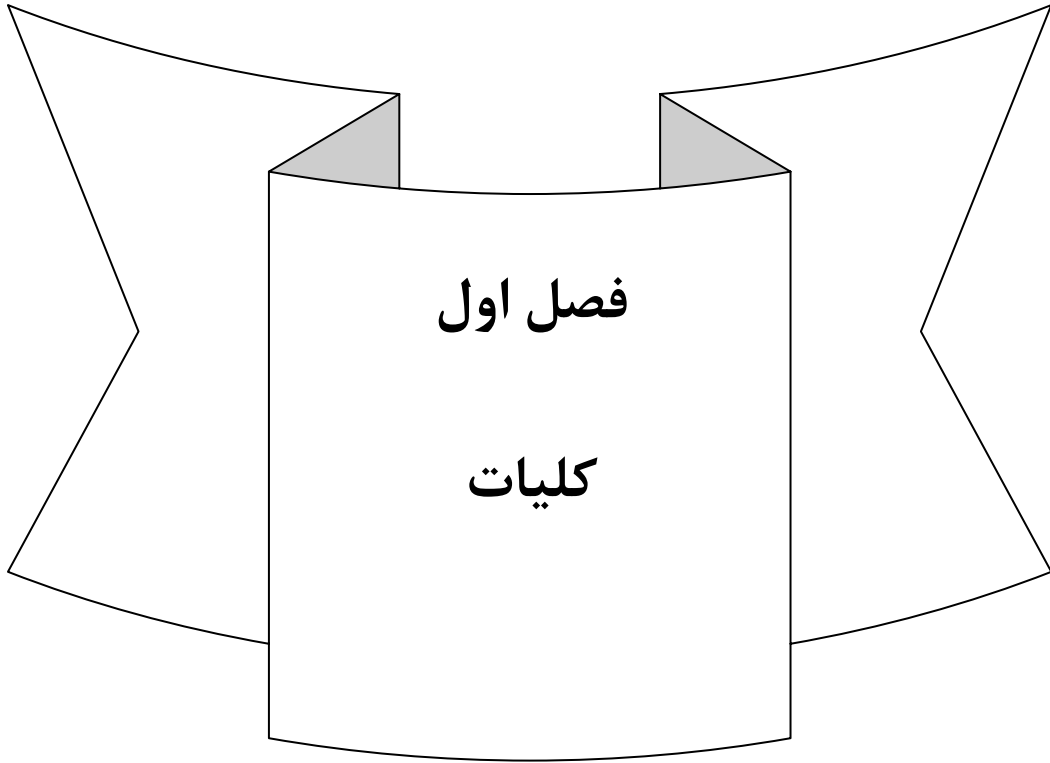
عنوان	صفحه
شکل (۵-۱۷) تغییرات فشار آب حفره‌ای پیزومتر مرکزی هسته بدست آمده از پیزومتر الکتریکی و مدل‌های رفتاری در رقوم مختلف خاکریزی.....	۸۸
شکل (۵-۱۸) تغییرات ضریب فشار آب حفره‌ای حداکثر اندازه‌گیری شده و حاصل از مدل‌های رفتاری.....	۸۹
شکل (۵-۱۹) تغییرات نشست اندازه‌گیری شده توسط ابزار و بدست آمده از مدل‌های رفتاری تا پایان ساخت بدنه سد.....	۹۰
شکل (۵-۲۰) کنتورهای تغییر مکان با مدل‌های رفتاری سخت شونده‌گی، نرم شونده‌گی و موهر کولمب.....	۹۱
شکل (۵-۲۱) تنش کل تا پایان ساخت سد.....	۹۳
شکل (۵-۲۲) تنش افقی تا پایان ساخت سد.....	94
شکل (۵-۲۳) تنش قائم تا پایان ساخت سد.....	۹۴
شکل (۵-۲۴) تغییرات فشار قائم کل سلول مرکزی هسته حاصل از سلول خوشه فشاری و مدل‌های رفتاری تا پایان ساخت سد.....	۹۶
شکل (۵-۲۵) ضریب قوس زدگی در تراز ۲۳۲ متر تا پایان ساخت سد برای مدل‌های رفتاری.....	۹۷
شکل (۵-۲۶) تغییرات فشار قائم کل با استفاده از مدل رفتاری موهر کولمب.....	۹۸
شکل (۵-۲۷) تغییرات فشار قائم کل با استفاده از مدل‌های نرم شونده‌گی و موهر کولمب.....	۹۸
شکل (۵-۲۸) تغییرات فشار قائم کل با استفاده از مدل‌های سخت شونده‌گی، نرم شونده‌گی و موهر کولمب.....	۹۹
شکل (۵-۲۹) نقاط پلاستیک تا پایان ساخت سد.....	۹۹
شکل (۵-30) ارزیابی ضرایب اطمینان مدل‌های رفتاری.....	۱۰۱

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (1-2) عوامل موثر در تخریب‌ها.....	۱۱
جدول (2-2) ابزارهای رفتارسنجی در سدهای خاکی.....	13
جدول (3-2) رابطه پارامترهای کم - کلی.....	36
جدول (4-2) رابطه مهندسی هلندی.....	37
جدول (5-2) رابطه پارامترهای نرمالیزه شده بین المللی.....	37
جدول (1-3) مشخصات بدنه سد.....	41
جدول (2-3) محدوده دانه بندی مصالح رسی.....	44
جدول (3-3) محدوده دانه بندی فیلتر پایین دست.....	46
جدول (4-3) محدوده دانه بندی فیلتربالادست.....	47
جدول (5-3) محدوده دانه بندی پایین دست.....	49
جدول (6-3) محدوده دانه بندی.....	50
جدول (7-3) محدوده دانه بندی مصالح شن و ماسه پوسته بالادست.....	51
جدول (8-3) محدوده دانه بندی مصالح شن و ماسه پوسته پایین دست.....	52
جدول (9-3) محدوده دانه بندی مصالح سنگریزه‌ای بالادست.....	54
جدول (10-3) محدوده دانه بندی مصالح سنگریزه ای پایین دست.....	55
جدول (11-3) دانه بندی مصالح ریپ- راپ.....	56
جدول (12-3) مشخصات فراز بند.....	57
جدول (13-3) مشخصات سیستم انحراف آب.....	58
جدول (14-3) مشخصات سیستم تخلیه سیلاب.....	58
جدول (1-4) مقادیر اولیه پارامترهای مصالح.....	71
جدول (2-4) مقادیر پارامترهای مصالح مدل رفتاری موهر کولمب.....	74

فهرست جداول

صفحه	عنوان
75	جدول (۳-۴) مقادیر پارامترهای مصالح مدل رفتاری نرم شوندگی و موهر کولمب.....
76	جدول (۴-۴) مقادیر پارامترهای مصالح مدل رفتاری نرم شوندگی و موهر کولمب و سخت شوندگی.....
91	جدول (۱-۵) مقادیر حداکثر نشست‌های اندازه‌گیری شده و سه مدل رفتاری.....
100	جدول (۲-۵) نتایج ضرایب اطمینان پایداری.....



۱-۱) مقدمه

امروزه فراهم نمودن آب مورد نیاز انسان یکی از مشکلات اساسی جوامع بشری می‌باشد. محدودیت منابع آب در جهان سبب اجرای روش‌های متعددی برای استفاده حداکثر از منابع موجود شده است. یکی از روش‌ها احداث سد می‌باشد.

مفهوم سد در فرهنگ فارسی و غرب، همچنین جامعه مهندسی آنقدر روشن است که بی‌نیاز از توضیح می‌باشد. به طوری که حتی مشتقات آن در فرهنگ ما کاملاً مأنوس است. مانند سد معبر، سد راه، مسدود، انسداد و غیره. به هر حال معنای خاص آن عبارت است از بنایی که بخشی را از بخشی دیگر جدا می‌کند و غالباً به مفهوم دیوار یا سازه‌ای است که از حرکت آب جلوگیری نماید تا آب ذخیره گردد یا انحراف یابد.

انواع سدها را می‌توان از دیدگاه مصالح، فرم ساختمانی، هدف از احداث سد، نوع سرریز یا ویژگی‌های دیگر رده‌بندی نمود.

سدهای ساخته شده از مصالح حاصل از خاکبرداری، بدون اضافه کردن هرگونه مصالح چسباننده مصنوعی، سدهای خاکریزه‌ای^۱ نامیده می‌شوند. سدهای خاکریزه‌ای به دو دسته سدهای خاکی^۲ و سدهای سنگریزه‌ای^۳ تقسیم می‌شوند.

یک سد خاکریزه‌ای وقتی سدی خاکی محسوب می‌شود که خاک متراکم شده بیش از ۵۰ درصد مصالح آن را تشکیل دهد و هنگامی که بیش از ۵۰ درصد مصالح به کار رفته در مقطع سد، از مصالح سنگ درشت دانه باشد، سد سنگریزه‌ای محسوب می‌شود.

سدسازی بخش مهم و حیاتی از داستان تمدن انسان را تشکیل می‌دهد و بی‌تردید ساختن مخازن ذخیره آب یکی از ابتدایی‌ترین پروژه‌های ملت‌ها و اقوام بوده است.

^۱ Embankment dam

^۲ Earth dam

^۳ Rockfill dam

در جوامعی که کشاورزی بخش اساسی اقتصاد و حرفه آنها را تشکیل می‌داده است، وجود سدها، توسعه منابع آب و نیز تخریب شدن آنها یا خشکسالی‌ها از عوامل اصلی توسعه یا افول مبنای رشد و قدرت آن جامعه بوده است. تاریخچه احداث سدها را احتمالاً می‌توان به ۵۰۰۰ سال پیش اتصال داد که از آن زمان‌ها در کشورهای چون ایران، هند، مصر و در تمدن‌های باستانی خاورمیانه با احداث سدهایی از مصالح موجود و خاک و سنگ به مهار آب‌های سطحی اقدام می‌کردند.

امروزه به دلیل مزایای سدهای خاکی بیش از ۷۰ درصد سدهای موجود دنیا از این نوع می‌باشد. دلیل استفاده از سدهای خاکی به قرار زیر می‌باشد:

مناسب بودن برای دامنه‌ی وسیعی از عرض دره، مناسب بودن برای طیف وسیعی از وضعیت شالوده از بستر سنگی تا نهشته‌های نرم با قابلیت فشردگی یا خاک نسبتاً نفوذپذیر، استفاده از مصالح طبیعی که در منابع قرضه نزدیک محل بدست می‌آید، قابلیت انعطاف طراحی، قابلیت ماشینی کردن عملیات اجرایی، پایین بودن بهای واحد کار و کم بودن نرخ رشد تورم آن.

۱-۲) ضرورت و اهداف تحقیق

سدهای خاکی از جمله مهم‌ترین و پیچیده‌ترین سازه‌های مهندسی می‌باشند، که هزینه‌های هنگفتی صرف مطالعه و اجرای این نوع پروژه‌ها می‌شود.

نه تنها خود سد که یک پروژه گران به شمار می‌آید بلکه جنبه‌های اقتصادی فرعی نظیر تولید نیرو، کنترل سیلاب، آبیاری و ... را نیز در بر می‌گیرد. خرابی سد یک فاجعه عظیم به شمار می‌آید، زیرا نه تنها خسارات اقتصادی بسیار زیادی را در بر دارد، بلکه ممکن است باعث از دست رفتن جان انسان‌ها و به طور کلی تخریب طبیعت گردد.

با توجه به اهمیت این موضوع، پرداختن به مسائل مربوط به ایمنی و پایداری سدها ضمن ساخت و دوران بهره‌برداری از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد و سدها همواره باید تحت کنترل باشند. به منظور بررسی عملکرد سد در مراحل مختلف ساخت و دوران بهره‌برداری از رفتارنگاری استفاده می‌شود.

در طراحی سازه نظیر یک سد خاکی، علاوه بر در نظر گرفتن یک سری مفروضات و معیارها برای بررسی و کنترل رفتار آن سد در دوره ساخت و بهره‌برداری، اندازه‌گیری برخی پارامترهایی که بتوان به کمک آن‌ها مفروضات طراحی و هم‌چنین عملکرد رفتاری آن‌را از نظر پایداری کنترل نموده توسط تجهیزاتی به نام ابزار دقیق^۴ انجام می‌شود.

بررسی عملکرد سد با استفاده از مشاهدات عینی و ابزارگذاری می‌تواند در ارزیابی پارامترها و فرضیات طراحی و کسب اطلاعات به منظور تعیین رفتار و هم‌چنین کنترل سد کمک شایانی نموده و امکان دریافت هشدارهایی در مورد احتمال مشکل آفرینی در سد جهت اقدامات ضروری را فراهم آورد.

به دلیل اهمیت پیش بینی رفتار خاک از نظر میزان تغییر شکل در سازه خاکی و تغییرات اضافه فشار آب حفره‌ای بررسی مدل‌های رفتاری ضروری می‌باشد. چرا که مدل‌های رفتاری ارتباط بین تنش و کرنش را برقرار می‌کنند، تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند به پیش بینی‌های دقیق‌تر رفتار سازه‌های خاکی بیانجامد. در حال حاضر یک مدل کامل و منحصر به فرد که بتواند تمام مسائل ژئوتکنیکی را در بر گیرد، وجود ندارد. لذا به منظور انتخاب مدل مناسب، باید با استفاده از مدل‌های موجود تحلیل انجام و با نتایج بدست آمده از واقعیت مقایسه شود. بدین صورت بهترین مدل انتخاب گردد.

در این تحقیق رفتار نگاری سد البرز تا پایان ساخت و آبگیری تا تراز ۲۵۰ متر با استفاده از اطلاعات ابزار دقیق و انجام تحلیل برگشتی با نرم افزار پلاکسیس انجام شده است. سد با سه مدل موهرکولمب، نرم شوندگی و سخت شوندگی تحلیل عددی گردید تا مدل رفتاری با پارامترهای واقع بینانه که سازگاری خوبی با رفتار اندازه‌گیری شده داشته باشد، برای سد خاکی ایده‌آل انتخاب گردد. هم‌چنین از این مدل جهت پیش بینی رفتار سد تحت بارگذاری و شرایطی که هنوز توسط سد تجربه نشده است مانند افزایش تراز آبگیری و هم‌چنین افت سریع تراز مخزن بهره گیریم.

^۴ Instrument

۳-۱) ساختار پایان نامه

تحقیق حاضر در شش فصل گنجانده شده که به اختصار در زیر آمده است:

فصل اول، کلیات می باشد که در برگیرنده‌ی مقدمه و تعریف مسئله می باشد.

فصل دوم، مروری بر ادبیات فنی موضوع، ضرورت و اهداف رفتارنگاری و ابزاربندی، معرفی و بررسی

مدل‌های رفتاری را شامل می شود.

فصل سوم، معرفی پروژه سد البرز، مشخصات فنی و طراحی سد، جزییات ابزاربندی می باشد.

فصل چهارم، شامل معرفی نرم افزار پلکسیس، مدلسازی سد، چگونگی و روند انجام تحلیل برگشتی و

انتخاب مدل‌های رفتاری برای رسیدن به مشخصات مکانیکی مصالح خاکی بکار رفته در سد می باشد.

فصل پنجم، در این فصل به تجزیه و تحلیل رفتار سد پرداخته می شود. نتایج حاصل از مدلسازی سد

با مدل‌های موهرکولمب، نرم شوندگی و سخت شوندگی با نتایج حاصل از ابزار دقیق مقایسه گشته و به

صورت نمودارهای فشار آب حفره‌ای، نشست و فشارهای قائم کل نشان داده شده، نتایج و نمودارهای معرف

رفتار مصالح سد و هم چنین ضرایب اطمینان پایداری ارائه شده است.

فصل ششم، شامل نتیجه‌گیری از تحقیق و ارائه‌ی پیشنهادات می باشد.