دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران

سازه هیدرولیکی

مدل سازی عددی اثر تغییر تحریکات لرزه ای بر رفتار سد بتنی قوسی

استاد راهنما:

دکتر حسن میرزابزرگ

توسط:

معصومه اکبری

مرداد ۱۳۹۰

چکیده

به دلیل طبیعت پیچیده پوسته زمین، تحریکات زلزله در طول سازه های طویل مانند خطوط لوله، پل ها و سدها یکسان نیستند. واضح است که به دلیل سرعت محدود موج و عدم انسجام ناشی از انکسار و انعکاس امواج در تکیه گاه های سازه، تحریکات زلزله در معرض تغییرات اساسی می باشد. این تغییرات باعث ایجاد نیروهای داخلی ناشی از جابجایی شبه استاتیک می باشد. تحریکات متغیر زمین ناشی از سه مکانیزم می باشد: "اثر عبور موج" ناشی از اختلاف زمانی رسیدن موج به نقاط تکیه گاهی بسته به فاصله از منبع، "اثر عدم انسجام" ناشی از انعکاس و انکسار امواج زلزله در خاک در طی گسترش آنها و "اثر پاسخ محلی" ناشی از اختلاف شرائط خاک در نقاط تکیه گاهی.

آنچه در این تحقیق به آن پرداخته می شود مدل سازی عددی همزمان اثر عبور موج و اثر عدم ارتباط در تغییرات مکانی حرکات زمین با استفاده از نرم افزار MATLAB و اعمال آن بر سد بتنی قوسی در نرم افزار ANSYS و مقایسه نتایج پاسخ یکنواخت و غیریکنواخت در تحلیل های خطی و غیر خطی می باشد. همچنین از طیف های زلزله در سه سطح خطر DBL,MDL و MCL برای تولید رکوردهای زلزله و تحلیل تاریخچه زمانی استفاده شده است. به همین منظور سد بتنی دو قوسی دز به ارتفاع ۲۰۳ متر، به عنوان مدل عددی به کاربرده شده است. تراز مخزن در NHWL قرار دارد و شرائط دمایی زمستان برای تحلیل حرارتی به کار رفته است. در تحریک غیریکنواخت زیر پی در جهت بالادست-پایین دست به ۱۴ ناحیه مساوی تقسیم می شود و رکوردها بر طبق این فواصل و سرعت موج $2000\,m/s$ منطبق بر طیف پاسخ تولید می شوند.

به عنوان نتیجه کلی می توان گفت تحریکات غیریکنواخت باعث افزایش تنش در سد بتنی قوسی می شود که این نسبت بین یک تا سه متغیر می باشد. محل ایجاد تنش حداکثر و حداقل در تحریکات یکنواخت و

غیریکنواخت متغیر است. تحریکات غیریکنواخت باعث کاهش فشار هیـدرودینامیک مـی شـود. در اکثـر مـوارد جابجایی تاج سد در تحریکات غیر یکنواخت کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: تحریکات غیریکنواخت، اثر عبور موج، اثر عدم انسجام، سد بتنی قوسی

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

فهرست مطالب

فصل اول ۱

مقدمه ۱

۱-۱-کلیات ۱

۱-۲-تعریف مسئله ۴

۱-۳-هدف از مطالعه ۵

۱-۴-نوآوری ها ۵

۱-۵-ساختار تحقیق ۶

فصل دوم ۹

مدلسازی تحریکات غیریکنواخت و تاریخچه تحقیقات گذشته ۹

مقدمه ۹

۲-۱- تئوری تحریک چند تکیه گاهی ۱۲

۲-۱-۱- فرمول بندی آنالیز دینامیکی غیر همزمان ۱۲

۲-۲- اندرکنش خاک و سازه ۱۵

۲-۲-۱- سینماتیک اندرکنش خاک و سازه ۱۶

۲-۲-۲- نحوه اعمال ورودی حرکت چند تکیه گاهی در معادلات ۱۹

۲-۳-فرمول بندی تحریک غیر یکنواخت در تحقیقات گذشته ۲۲

۲-۳-۱- ساده سازی $\boldsymbol{P_{eff}}$ ۲۵

۲-۳-۲- تفسیر $\boldsymbol{P_{eff}}$ ۲۶

۲-۴- تحقیقات انجام شده ۲۷

۲-۴-۱-تحقیقات انجام شده در پل ها ۲۷
۲-۴-۲-تحقیقات انجام شده در سد ها ۳۱
فصل سوم ۵۹
بارگذاری و روشهای تحلیل و طراحی سدهای قوسی ۵۹
مقدمه ۵۹
۳-۱-بارگذاری سدهای قوسی ۵۹
۳-۱-۱-بارمرده ۵۹
۳-۱-۱-۱- نحوه اعمال بارمرده درروش FEM ۵۹
۳-۱-۲-بارگذاری هیدرولیکی ۶۱
۳-۱-۲-۱- بارهای معمولی آب ۶۱
۳-۱-۲-۱-۱- نحوه اعمال بار آب در روشFEM ۶۲
۳-۱-۲-۲-بارسیلاب ۶۴
۳-۱-۲-۳-برکنش ۶۴
۳-۱-۲-۳-۱-نحوه اعمال بار برکنش در روشFEM ۶۴
۳-۱-۲-۴-بار رسوب ۶۵
۳-۱-۲-۵-باریخ ۶۷
۳-۱-۲-۵-۱-بار استاتیکی یخ ۶۷
۳-۱-۲-۵-۲-برخورد یخ (بار دینامیکی یخ) ۶۸
۳-۱-۲-۵-۳-نحوه اعمال بار یخ در روش FEM ۶۸
۳-۱-۲-۶-بار هیدرولیکی سرریزها ۶۸

۳-۱-۳-بارگذاری زمین لرزه ۶۹
۳-۱-۳-۱-ارزیابی ایمنی لرزه ای ۷۰
۳-۱-۳-۲-ورودی طیف پاسخ زمین لرزه ۷۰
۳-۱-۳-۳-نحوه تولید طیف پاسخ ساختگاه ۷۱
۳-۱-۳-۴-ورودی تاریخچه شتاب-زمان زمین لرزه ۷۱
۳-۱-۳-۵-ترکیب بارها ۷۲
۳-۱-۳-۵-۱-ترکیب بارگذاری عادی ۷۲
۳-۱-۳-۵-۲-ترکیب بارگذاری غیرعادی ۷۲
۳-۱-۳-۵-۳-ترکیب بارگذاری فوق العاده ۷۳
۳-۱-۳-۵-۴-ضرایب اطمینان ومعیارهای ارزیابی تنش ۷۳
۳-۲-روشهای تحلیل و طراحی سدهای قوسی ۷۵
۳-۲-۱-تحلیل استاتیکی سدهای قوسی ۷۵
۳-۲-۱-۱-تحلیل به روش اجزای محدود ۷۵
۳-۲-۲-تحلیل لرزه ای سدهای قوسی ۷۶
۳-۲-۲-۱-تحلیل شبه استاتیکی(ضریب لرزه ای) ۷۶
۳-۲-۲-۲-تحلیل دینامیکی ۷۸
۳-۲-۲-۲-۱-تحلیل اجزا محدود تاریخچه زمانی ۷۹
۳-۲-۲-۲-۱-۱-روشهای انتگرالگیری مستقیم ۸۰
۳-۲-۲-۲-۱-۲-تحلیل در محدوده زمان و فرکانس ۸۲
فصل چهارم ۸۳

اندرکنش سد و دریاچه ۸۳

۴-۱-اندرکنش سد و دریاچه در فضای سه بعدی ۸۳

۴-۱-۱-تاریخچه حل اندرکنش سد -دریاچه ۸۳

۴-۱-۲-معادله دیفرانسیل حاکم بر رفتار دریاچه ۸۶

۴-۱-۲-۱-شرایط مرزی برای حل معادله هلمهولتز ۸۷

۴-۱-۲-۱-۱-مرز بین سد و دریاچه ۸۸

۴-۱-۲-۱-۲-مرز بین دریاچه و دیواره اطراف و بسترکف ۸۹

۴-۱-۲-۱-۳-سطح آزاد دریاچه ۹۰

۴-۱-۲-۱-۴-انتهای دور دریاچه ۹۰

۴-۱-۳-معادلات کوپله سد و دریاچه ۹۱

فصل پنجم ۹۳

شبیه سازی تحریکات متغیر ۹۳

مقدمه ۹۳

۵-۱- مدل هایی برای حرکات متغیر زمین ۹۴

۵-۲- اثر حرکات متغیر زمین بر پاسخ سازه ۹۵

۵-۳- تئوری ارتعاش تصادفی ۹۷

۵-۳-۱- روش فرکانس-عدد موج ۹۷

۵-۴- روش شبیه سازی Monte Carlo ۱۰۰

۵-۴-۱-فرایند تصادفی غیرثابت چند متغیری ۱۰۱

۵-۴-۲- فرایند تصادفی غیرثابت یکنواخت تعدیل شده ۱۰۴

۵-۴-۳- فرمول بندی شبیه سازی ۱۰۵
۵-۴-۴- شبیه سازی تحریکات زمین منطبق بر طیف طرح ۱۰۸
فصل ششم ۱۱۱
مدل المان محدود سد دز و تعریف بارگذاری ها ۱۱۱
۶-۱-معرفی سد ۱۱۱
۶-۲-مشخصات هندسی سد ۱۱۳
۶-۳-شرایط زمین شناسی ۱۱۶
۶-۴-لاغری سد ۱۱۷
۶-۵-مدل المان محدود سیستم سد-دریاچه-پی ۱۱۸
۶-۵-۱-نرم افزارهای المان محدود ۱۱۸
۶-۵-۲-مدلسازی در ANSYS ۱۱۹
۶-۵-۳-مشخصات مصالح ۱۲۳
۶-۵-۳-۱-رفتار الاستیک خطی مصالح ۱۲۳
۶-۵-۳-۱-۱-خصوصیات مکانیکی پی و تکیه‌گاه ۱۲۳
۶-۵-۳-۱-۲-رفتار دینامیکی مصالح ۱۲۵
۶-۵-۳-۲-خصوصیات رسوب ۱۲۶
۶-۵-۳-۳-خصوصیات آب مخزن ۱۲۶
۶-۶-تحلیل دینامیکی ۱۲۶
۶-۶-۱-ترکیب بارگذاری ۱۲۶
۶-۶-۱-۱-بار وزن ۱۲۷

۶-۶-۱-۲-فشار هیدرواستاتیک مخزن ۱۲۷
۶-۶-۱-۳- بارگذاری حرارتی ۱۲۸
۶-۶-۱-۴- بارگذاری زلزله ۱۲۹
فصل هفتم ۱۳۰
تحلیل الاستیک خطی ۱۳۰
مقدمه ۱۳۰
۷-۱- رکوردهای تولید شده ۱۳۱
۷-۲-بررسی پاسخ ها در یک نقطه خاص ۱۳۵
۷-۲-۱-تفسیر نتایج تغییرمکان تاج طره مرکزی ۱۳۶
۷-۲-۱-۱-نتیجه گیری کلی در مورد پاسخ تغییرمکان ۱۳۷
۷-۲-۲-تفسیر نتایج فشار هیدرودینامیک گره کف طره مرکزی ۱۳۸
۷-۲-۲-۱-نتیجه گیری کلی در مورد پاسخ فشار هیدرودینامیک گره کف طره مرکزی ۱۳۹
۷-۲-۳-تفسیر نتایج تنش حداکثر و حداقل در گره تاج طره مرکزی ۱۴۰
۷-۲-۳-۱-نتیجه کلی در مورد پاسخ تنش حداکثر و حداقل ۱۴۴
۷-۳-پوش تنش های غیرهمزمان اصلی ۱۴۶
۷-۳-۱-سطح خطرDBL ۱۴۶
۷-۳-۲-سطح خطرMDL ۱۴۹
۷-۳-۳-سطح خطرMCL ۱۵۲
فصل هشتم ۱۵۷
تحلیل غیرخطی درز ۱۵۷

مقدمه ۱۵۷
۸-۱-انواع مدل غیرخطی سد بتنی قوسی ۱۵۷
۸-۱-۱-مدل غیرخطی المان درز ۱۵۹
۸-۲- تحلیل های غیرخطی درز ۱۶۱
۸-۲-۱- بررسی پاسخ ها در یک نقطه ی خاص ۱۶۲
۸-۲-۱-۱-تفسیر نتایج تغییرمکان تاج طره ی مرکزی ۱۶۲
۸-۲-۱-۱-۱- نتیجه گیری کلی در مورد پاسخ تغییر مکان ۱۶۴
۸-۲-۱-۲-تفسیر نتایج فشار هیدرودینامیک کف طره ی مرکزی ۱۶۶
۸-۲-۱-۲-۱- نتیجه گیری کلی در مورد پاسخ فشار هیدرودینامیک کف طره مرکزی ۱۶۷
۸-۲-۱-۳-تفسیر نتایج تنش حداکثر و حداقل در گره تاج طره ی مرکزی و در بدنه سد ۱۶۷
۸-۲-۱-۳-۱- نتیجه کلی در مورد پاسخ تنش حداکثر و حداقل ۱۷۱
۸-۲-۱-۴-پوش تنش های غیرهمزمان اصلی ۱۷۳
۸-۱-۱-۴-۱-سطح خطرDBL ۱۷۳
۸-۱-۱-۴-۲-سطح خطرMDL ۱۷۶
۸-۲-۱-۴-۳-سطح خطرMCL ۱۷۹
فصل نهم ۱۸۲
نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۸۲
مقدمه ۱۸۲
۹-۱- نتیجه گیری ۱۸۳
۹-۲- پیشنهادات ۱۸۶

فهرست شکل ها

شکل۱-۱: نمای کلی تز.....۸

شکل ۲-۱: مدل اندرکنش خاک و سازه.....۱۶

شکل ۲-۲ : تعریف درجات آزادی روسازه و تکیه گاه ها.....۲۲

شکل ۲-۳ : امواج متقارب.....۳۳

شکل ۲-۴ : (a) مدل المان محدود سد و بردارهای r (b) $\boldsymbol{r_1}$ (c) $\boldsymbol{r_2}$ (d) $\boldsymbol{r_3}$ (e) $\boldsymbol{r_4}$.....۳۵

شکل ۲-۵ : موقعیت ۱۷ کانال در سد Pacomia.....۳۷

شکل ۲-۶ : مدل المان محدود سیستم اندرکنش سد-مخزن Torul.....۳۹

شکل ۲-۷ : تنش های افقی در طول دال بتنی برای مخزن (a) پر و (b) خالی.....۴۱

شکل ۲-۸ : تاریخچه زمانی تنش برشی در نقطه گوسی A دال بتنی برای مخزن (a)خالی و (b) پر.....۴۲

شکل ۲-۹ : پاسخ تاج سد برای تحریکات موج SH . مخزن پر.....۴۴

شکل ۲-۱۰ : ابعاد و مدل المان محدود سد Sariyar.....۴۵

شکل ۲-۱۱ : پوش فشار هیدرودینامیک.....۴۶

شکل ۲-۱۲ : پوش فشار هیدرودینامیک.....۴۸

شکل ۲-۱۳ : مقطع عرضی سد خاکی Santa Felicia.....۴۹

شکل ۲-۱۴ : تنش برشی $\boldsymbol{\tau_{max}}$ در پی برای تحریکات (a)غیریکنواخت، (b) یکنواخت و (c) غیرهمزمان.....۵۰

شکل ۲-۱۵ :نحوه المان بندی و شماره گذاری درزهای بلوک.....۵۶

شکل۳-۱: اعمال بار مرده بصورت مرحله ای درسدهای قوسی.....۶۱

شکل ۳-۲: سطح فرعی و تجمع سازگار نیروهای گره ای مطابق با فشار.....۶۳

شکل ۳-۳: فرایند اعمال برکنش بین سد قوسی و پی.....۶۵

شکل ۳-۴: اثر رسوب بر تغییرمکان سد در ارتفاع(دره U شکل) ۶۶

شکل ۳-۵: اثر رسوب بر تغییرمکان سد در ارتفاع (دره V شکل) ۶۷

شکل۳-۶: پیشنهادUSBR در مورد نحوه تحلیل سدها با توجه به ویژگی ساختگاه و فاصله رو مرکـزی و بزرگـی زلزله.....۶۹

شکل۳-۷:مقایسه طیف پاسخ هموار و طیف اصلاح شده تاریخچه شتاب زمان با میرایی– 5 % ۷۰

شکل ۳- ۸:تولید طیف پاسخ ساختگاه.....۷۱

شکل ۳-۹:پوش شکست دو بعدی بتن.....۷۴

شکل ۳-۱۰:پوش شکست شبه دو بعدی بتن.....۷۴

شکل ۳-۱۱: تحلیل به روش ضریب لرزه ای..... ۷۷

شکل ۳-۱۲: ضریب لرزه و طیف پیشنهادی Chopra در سدهای وزنی..... ۷۸

شکل۴-۱:سیستم سد -دریاچه به همراه مرزهای دریاچه..... ۸۸

شکل۵-۱:modulating function..... ۱۰۳

شکل۶-۱ : جانمایی سد و تجهیزات مربوطه..... ۱۱۳

شکل ۶-۲ : تیپ مقطع عمودی سد دز..... ۱۱۵

شکل۶-۳ : نمای پایین دست سد..... ۱۱۶

شکل ۶-۴ : ضریب لاغری سد..... ۱۱۸

شکل۶-۵ : شمای کلی المان‌های مکعبی ۸ گرهی..... ۱۱۹

شکل ۶-۶ : شمای کلی المان‌های مکعبی Fluid..... ۱۲۰

شکل ۶-۷ : شمای کلی المان‌های CONTACT52..... ۱۲۱

شکل ۶-۸ : مدل المان محدود بدنه سد و پی..... ۱۲۲

شکل ۶-۹ : مدل المان محدود مخزن بهمراه شرایط مرزی..... ۱۲۲

شکل ۶-۱۰ : شماتیک درزهای قائم و محیطی..... ۱۲۳

شکل ۶-۱۱ : منحنی طراحی مقاومت کششی ظاهری (Raphael 1984) ۱۲۴

شکل ۶-۱۲: فشار هیدرودینامیک در بالادست سد و PULVINO.....۱۲۸

شکل ۶-۱۳ : تغییرات دما در محل ساختگاه سد.....۱۲۸

شکل۶-۱۴:Temperature Gradient / downstream face ۱۲۹

شکل ۶-۱۵:Temperature Gradient / upstream face ۱۲۹

شکل۷-۱: طیف پاسخ برای سه سطح خطر مفروض(a) Horizontal ، (b) Vertical.....۱۳۱

شکل۷-۲: تاریخچه زمانی تولید شده در سطح خطر DBL ، (a) Horizontal ، (b) Vertical.....۱۳۲

شکل ۷-۳: تاریخچه زمانی تولید شده در سطح خطر MDL ، (a) Horizontal ، (b) Vertical ۱۳٤

شکل ۷-۴: تاریخچه زمانی تولید شده در سطح خطر MCL، (a) Horizontal ، (b) Vertical ۱۳۵

شکل ۷-۵: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی پاسخ تغییرمکان در جهت بالادست- پایین دست در گره تاج طره مرکزی برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطرهای (a) DBL, (b) MDL, (c) MCL.....۱۳۶

شکل ۷-۶: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی پاسخ فشار هیدرودینامیک در کف طره مرکزی برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطرهای (a) DBL, (b) MDL, (c) MCL.....۱۳۸

شکل ۷-۷: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی تنش های اصلی در گره تاج طره مرکزی برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت (a) DBL-S1، (b) MDL-S1، (c) MCL-S1، (d) DBL-S3 ، (e) MDL-S3، (f) MCL-S3.....۱۴۲

شکل ۷-۸: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی تنش های اصلی در نقاط حداکثر تنش اصلی S1 و حداقل تنش S3 برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطرDBL (a) یکنواخت-S1، S1–(b) غیریکنواخت-S1، (c)یکنواخت-S3 ،(d) غیریکنواخت-S3.....۱۴۲

شکل ۷-۹: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی تنش های اصلی در نقاط حداکثر تنش اصلی S1 و حداقل تنش S3 برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطرMDL (a) یکنواخت-S1، S1–(b) غیریکنواخت-S1، (c)یکنواخت-S3 ،(d) غیریکنواخت-S3.....۱۴۳

شکل ۷-۱۰: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی تنش های اصلی در نقاط حداکثر تنش اصلی S1 و حداقل تنش S3 برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطرMCL (a) یکنواخت-S1، S1–(b) غیریکنواخت-S1، (c)یکنواخت-S3 ،(d) غیریکنواخت-S3.....۱۴۴

شکل ۷-۱۱ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداکثر در وجوه بالادست و پایین دست بدنه سد برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر DBL.....۱۴۷

شکل ۷-۱۲ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداقل در وجوه بالادست و پایین دست بدنه سد برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر DBL.....۱۴۸

شکل۷-۱۳ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداکثر در وجوه بالادست و پایین دست بدنه سد برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر MDL.....۱۵۰

شکل ۷-۱۴ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداقل در وجوه بالادست و پایین دست بدنه سد برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر MDL.....۱۵۱

شکل ۷-۱۵ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداکثر در وجوه بالادست و پایین دست بدنه سد برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر MCL.....۱۵۳

شکل ۷-۱۶ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداقل در وجوه بالادست و پایین دست بدنه سد برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر MCL.....۱۵۴

شکل ۸-۱: فلوچارت محاسبه نیرو در درزها.....۱۵۹

شکل ۸-۲: رابطه نیرو -تغییرمکان در درز.....۱۶۰

شکل ۸-۳: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی پاسخ تغییرمکان در جهت بالادست- پایین دست در گره تاج طره مرکزی برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطرهای a) DBL b) MDL c) MCL. ۱۶۳

شکل ۸-۴: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی فشار هیدرودینامیک در کف طره مرکزی برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطرهای a) DBL b) MDL c) MCL.....۱۶۶

شکل ۸-۵: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی تنش های اصلی در گره تاج طره مرکزی برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت (a) DBL-S1، (b) MDL-S1، (c) MCL-S1، (d) DBL-S3، I MDL-S3، (f) MCL-S3.....۱۶۸

شکل ۸-۶: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی تنش های اصلی در نقاط حداکثر تنش اصلی S1 و حداقل تنش S3 برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطرDBL (a) S1– یکنواخت، (b) S1– غیریکنواخت، (c) S3– یکنواخت، (d) S3– غیریکنواخت ۱۶۹

شکل ۸-۷: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی تنش های اصلی در نقاط حداکثر تنش اصلی S1 و حداقل تـنش S3 برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطرMDL (a) S1– یکنواخت، (b) S1– غیریکنواخت، (c) S3– یکنواخت، (d) S3– غیریکنواخت ۱۷۰
شکل ۸-۸: نمودار مقایسه تاریخچه زمانی تنش های اصلی در نقاط حداکثر تنش اصلی S1 و حداقل تـنش S3 برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطرMCL (a) S1– یکنواخت، (b) S1– غیریکنواخت، (c) S3– یکنواخت، (d) S3– غیریکنواخت ۱۷۱
شکل ۸-۹ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداکثر در وجوه بالادست و پایین دست بدنـه سـد بـرای رکوردهـای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر DBL.....۱۷۴
شکل ۸-۱۰ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداقل در وجوه بالادست و پایین دست بدنه سـد بـرای رکوردهـای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر DBL.....۱۷۵
شکل ۸-۱۱ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداکثر در وجوه بالادست و پایین دست بدنه سد برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر MDL.....۱۷۷
شکل ۸-۱۲ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداقل در وجوه بالادست و پایین دست بدنه سد برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر MDL.....۱۷۸
شکل۸-۱۳ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداکثر در وجوه بالادست و پایین دست بدنـه سـد بـرای رکوردهـای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر MCL.....۱۸۰
شکل ۸-۱۴ : پوش تنش غیرهمزمان اصلی حداقل در وجوه بالادست و پایین دست بدنه سد برای رکوردهای یکنواخت و غیریکنواخت در سطح خطر MCL.....۱۸۰

فهرست جدول ها

جدول ۲-۱ : پاسخ های ماکزیمم محاسبه شده از تحلیل SCADA.....۳۸

جدول۳-۱ :ضرایب ایمنی برای سدهای موجود در ترکیبهای مختلف بارگذاری براساس مرجع FERC ۷۳

جدول ۵-۱: شبیه سازی تحریکات زمین منطبق بر طیف طرح زلزله.....۱۰۹

جدول ۶-۱ : مشخصات عمومی سد دز.....۱۱۱

جدول۶-۲ : پارامترهای در نظر گرفته شده برای تحلیل دینامیکی.....۱۲۵

جدول ۷-۱: پوش جابجایی در جهت طولی برای تاج سد ۱۳۷

جدول ۷-۲: پوش فشار هیدرورینامیک در کف طره مرکزی.....۱۳۹

جدول۷-۳: پوش تنش در جهت طولی برای تاج سد.....۱۴۵

جدول ۷-۴: حداکثر و حداقل تنش بدنه سد.....۱۴۵

جدول ۸-۱: پوش جابجایی در جهت طولی برای تاج سد.....۱۶۴

جدول ۸-۲: پوش فشار هیدرودینامیک کف طره مرکزی.....۱۶۷

جدول۸-۳: پوش تنش در جهت طولی برای تاج سد.....۱۷۲

جدول۸-۴ : حداکثر و حداقل تنش بدنه سد.....۱۷۳

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تأییدیّه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی/ کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما			
۲- استاد مشاور			
۳- استاد مشاور			
۴- استاد ممتحن			
۵- استاد ممتحن			
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی			