بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی معدن

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، رشته مهندسی معدن

گرایش مکانیک سنگ

تحلیل نتایج مدول تغییرشکل حاصل از آزمایش دیلاتومتر

(مطالعه موردی: ساختگاه سد سیمره)

استادان راهنما :

دکتر سعید کریمی نسب

دکتر حسین جلالی‌فر

مشاورصنعتی:

مهندس محمد القاصی چگینی

مؤلف:

یعقوب رشیدیان زرینی

شهریور ماه ۱۳۹۰

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه: مهندسی معدن
دانشکده: فنی ومهندسی
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

نام و نام خانوادگی: **امضاء:**

دانشجو : یعقوب رشیدیان زرینی

استاد راهنمای اول: دکتر سعید کریمی نسب

استاد راهنمای دوم: دکتر حسین جلالی فر

داور ۱: دکتر رضا رحمان نژاد

داور۲ : دکتر محمّدحسین باقری پور

نماینده تحصیلات تکمیلی حاضر در جلسه: دکتر آزاده حجت

معاونت پژوهشی وتحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر حجت ا... رنجبر

حق چاپ محفوظ ومخصوص دانشگاه شهید باهنر کرمان است ۰

تقدیم به :

پدر،

و

مادر،

و تمامی اعضای خانواده‌ام

تشکر و قدردانی :

منت خدای را عزّ و جلّ که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت. هر نفسی که فرو می‌رود، مدد حیات است و چون برمی‌آید مفرح ذات. پس در هر نفسی، دو نعمت موجود است و بر هر نعمتی شکری واجب.

از دست و زبان که برآید کز عهده شکرش به در آید

بعد از حمد و سپاس ذات اقدس الهی، که با الطاف بی دریغش توانسته‌ام؛ گامی دیگر در تحصیل علم بردارم؛ بر خود واجب می‌دانم که در ابتدای این پایان‌نامه از زحمات **پدر، مادر** و **تک‌تک اعضای خانواده‌ام** که همواره مشوق و پشتیبان من بوده‌اند؛ تشکر و قدردانی نمایم.

از اساتید ارجمند،جناب آقای **دکتر سعید کریمی‌نسب** وجناب آقای **دکتر حسین جلالی‌فر** که راهنمایی‌های بی‌دریغ و ارزشمند ایشان راهگشای بنده در تهیه این پایان‌نامه بوده است؛ صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

همچنین از زحمات جناب آقای **مهندس محمد القاصی چگنی** از شرکت مهندسی مشاوره مهاب قدس، که هماهنگی‌های لازم، جهت تهیه اطلاعات مورد نیاز پایان‌نامه را فراهم آورده‌اند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان برای تمامی این عزیزان و تمامی کسانی که به نحوی به بنده در تهیه این پایان‌نامه، یاری رسانده‌اند آرزوی سلامتی و موفقیت دارم.

چکیده

مدول تغییرشکل پذیری توده سنگ، یکی از مهمترین پارامترهای طراحی سازه‌ها در سازندهای سنگی است. این پارامتر میزان قابلیت تغییرشکل سنگ تا قبل از مرحله گسیختگی را نشان می‌دهد. روش‌های متفاوتی مانند روش‌های تجربی، آزمون‌های آزمایشگاهی و آزمون‌های برجا برای اندازه‌گیری این پارامتر وجود دارد. یکی از روش‌های برجا، آزمایش دیلاتومتری است. عوامل متعددی بر نتایج حاصل از این روش تاثیرگذار هستند که مهمترین آنها، وجود ناپیوستگی‌ها در توده سنگ می‌باشد. در این تحقیق به بررسی نحوه تغییرات مدول دیلاتومتری با توجه به تغییرات خصوصیات توده سنگ سد سیمره در ایلام پرداخته شد. بدین منظور با بهره‌گیری از روش آماری، به ارزیابی نتایج آزمایش‌های دیلاتومتری پرداخته شد. در ادامه قابلیت برخی روابط تجربی برای تخمین مدول دیلاتومتری مورد ارزیابی قرار گرفت و همچنین رابطه‌ای بر اساس نتایج آزمایشگاهی مدول برای تخمین مدول دیلاتومتری ارائه شد. علاوه بر آن مشخص شد که ارزیابی مدول تغییرشکل توده سنگ با استفاده از پارامتر شاخص کیفیت سنگ مناسب نیست. نتایج بدست آمده مشخص کرد که در محدوده آزمون‌های دیلاتومتری در ساختگاه سد سیمره، ریز درزه‌ها و حفره‌های ریز، بیشترین تاثیر را بر نتایج مدول دارند.

کلمات کلیدی: مدول تغییرشکل، تاثیر ناپیوستگی‌ها، آزمایش دیلاتومتری، سد سیمره.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- اهمیت تعیین مدول تغییرشکل‌پذیری توده سنگ ۲

۱-۳- هدف از انجام پژوهش. ۳

۱-۴- فرایند انجام پژوهش..... ..... ۳

فصل دوم: مدول تغییرشکل و روش‌های اندازه‌گیری آن

۲-۱-کلیات ۶

۲-۲- تعاریف ۸

۲-۳- اندازه‌گیری مدول..... ۹

۲-۳-۱- آزمون‌های آزمایشگاهی ۹

۲-۳-۲- روش‌های تجربی برآورد مدول تغییرشکل ۹

۲-۳-۳- روش‌های برجا برآورد مدول تغییرشکل ۱۱

۲-٤- نتیجه‌گیری..... ۱۲

فصل سوم: روش انجام آزمایش دیلاتومتری و عوامل موثر بر آن

۳-۱- مقدمه ۱۴

۳-۲- تعیین مدول تغییرشکل‌پذیری توده سنگ با استفاده از دیلاتومتر انعطاف‌پذیر با اندازه‌گیری تغییرشکل شعاعی (ISRM)..... ۱۵

۳-۲-۱- کلیات ۱۵

۳-۲-۲- تجهیزات مورد نیاز ۱۵

۳-۲-۳- روش کار ۱۶

فهرست مطالب(ادامه)

عنوان **صفحه**

۳-۲-۴- محاسبات ۱۸

۳-۲-۵- تئوری محاسبات آزمایش دیلاتومتر ۱۹

۳-۳- عوامل تاثیرگذار بر نتایج آزمایش دیلاتومتری ۲۵

۳-۴- تحلیل آزمایش دیلاتومتری در توده سنگ‌های ناهمسانگرد ۲۹

۳-۴-۱- اثر ناهمسانگردی سنگ بکر بر روی مدول تغییرشکل ۳۱

۳-۴-۲- اثر ناهمسانگردی درزه القایی بر مدول تغییرشکل ۳۴

۳-۵- نتیجه‌گیری ۳۶

فصل چهارم: مطالعات انجام شده در رابطه با آزمایش دیلاتومتری

۴-۱- مقدمه ۳۸

۴-۲- مطالعات انجام شده ۳۸

۴-۳- نتیجه‌گیری ۴۹

فصل پنجم: معرفی ساختگاه سد سیمره

۵-۱- ساختگاه سد ۵۱

۵-۲- زمین‌شناسی محل سد ۵۲

۵-۳- چینه‌شناسی ۵۳

۵-۴- زمین‌ساخت ۵۵

۵-۵- آزمایش‌های مکانیک سنگ ۵۷

۵-۵-۱- آزمایش‌های آزمایشگاهی ۵۷

۵-۵-۲- آزمایش‌های برجا ۵۹

۵-۶- نتیجه‌گیری ۵۹

فهرست مطالب(ادامه)

عنوان **صفحه**

فصل ششم: تحلیل نتایج آزمایش دیلاتومتری سد سیمره و بررسی تاثیر ناپیوستگی‌ها بر تغییرات آن

۶-۱- مقدمه ٦١

٦-۲- معرفی آزمایش‌های دیلاتومتری سد سیمره ٦١

٦-۳- بررسی ناهمسانگردی توده سنگ با روش تحلیل واریانس ٦٨

٦-۳-۱- مقایسه با استفاده از نتایج مدول تغییرشکل ٦٩

٦-۳-۱-۱- نتایج بدست آمده از تحلیل واریانس با نتایج مدول تغییرشکل ٧٠

٦-۳-۲- بررسی ناهمسانگردی سنگ با استفاده از مقدار تغییرشکل سنگ ٧٣

٦-٤- تغییرات مدول تغییرشکل دیلاتومتری با روباره..... ٧٦

٦-٥- تغییرات جابجایی توده سنگ در طول گمانه دیلاتومتر ٨٠

٦-٦- بررسی نتایج آزمایش دیلاتومتری با توجه به جهت درزه‌ها ٨٤

۶-۷- تاثیر حفره بر نتایج آزمایش دیلاتومتری ۹۱

۶-۸- مقایسه نتایج مدول تخمین زده شده با روابط تجربی و مدول دیلاتومتری ۹۵

۶-۸-۱- تاثیر درزه‌ها بر عملکرد RQD برای تخمین مدول تغییرشکل ۹۸

۶-۸-۱-۱- بررسی تغییرات مدول تغییرشکل با تغییرات شاخص کیفیت سنگ ۱۰۱

۶-۸-۲- ارائه رابطه تجربی برای تخمین مدول تغییرشکل دیلاتومتری ۱۰۵

۶-۹- نتیجه‌گیری ۱۰۸

فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۷-۱- نتیجه‌گیری ۱۱۰

۷-۲- پیشنهادات ۱۱۱

مراجع ۱۱۲

پیوست ۱۱۵

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱: نحوه بدست آوردن مدول اوج تا اوج..... ۸

شکل۲-۲: مدول‌های بازیابی، وتری و مماسی ۸

شکل۳-۱: نمایی از تجهیزات و نحوه انجام آزمایش دیلاتومتر ۱۴

شکل۳-۲: تنش‌های وارد بر یک المان در استوانه جدار ضخیم.....۲۰

شکل۳-۳: نحوه اعمال تنش در یک استوانه جدار ضخیم یا دیلاتومتر ۲۱

شکل۳-۴: گمانه‌ای در یک توده سنگ با صفحاتی از ناهمسانگردی ۳۰

شکل۳-۵: نمایی از نحوه بارگذاری در آزمایش دیلاتومتری ۳۰

شکل۳-۶: چهار حالت از ناهمسانگردی ۳۱

شکل۴-۱: رابطه بین نسبت مدول تغییرشکل به مقاومت تک محوره با مقدارRMR ۴۲

شکل۴-۲: تغییرات مدول با زوایای مختلف بین راستای بارگذاری و شیستوزیته در سد جاوه ۴۴

شکل۴-۳: رابطه بین مدول تغییرشکل دیلاتومتری و تنش محصور در سد جاوه ۴۵

شکل۴-۴: مقایسه مدول دیلاتومتری با مدول تخمین زده شده تجربی ۴۶

شکل۴-۵: مقایسه مدول تخمین زده شده با معادله تجربی با مدول دیلاتومتری ۴۸

شکل۵-۱: موقعیت ساختگاه سد سیمره بر روی نقشه جغرافیایی ۵۱

شکل۵-۲: پلان زمین‌شناسی سد سیمره مربوط به تراز ۶۷۰ .....۵۴

شکل ۵-۳: نمودار اشمیت مربوط به ناپیوستگی‌های محور سد سیمره ۵۶

شکل۶-۱: نحوه قرارگیری سنسورها در آزمایش دیلاتومتر سد سیمره ۶۲

شکل٦-۲: یک نمونه از منحنی بارگذاری و باربرداری در آزمایش دیلاتومتر سد سیمره ۶۴

شکل۶-۳: پلانی از سد به همراه جانمایی آزمایش‌های دیلاتومتری در آن ۶۶

شکل۶-۴ : نمودار تغییرات مدول تغییرشکل کلی دیلاتومتر بر حسب روباره در تکیه‌گاه سمت چپ سد سیمره ۷۶

فهرست اشکال(ادامه)

عنوان **صفحه**

شکل۶-۵: نمودار تغییرات مدول تغییرشکل برحسب روباره درتکیه‌گاه راست سد سیمره..... ۷۶

شکل۶-۶: نمودارتغییرات جابجایی برحسب روباره در تکیه‌گاه چپ سد سیمره درفشار۶MPa ۷۸.

شکل۶-۷: تغییرات جابجایی برحسب روباره در تکیه‌گاه راست سد سیمره در فشار۶MPa ۷۵

شکل۶-۸ : برخی از منحنی‌های تغییرات جابجایی به عمق گمانه دیلاتومتر، در سد سیمره ۸۱

شکل۶-۹: منحنی تغییرات جابجایی سنگ با عمق گمانه در سنسور۲ و در فشار۴ MPa ۸۲

شکل۶-۱۰: منحنی تغییرات جابجایی سنگ با عمق گمانه در سنسور۳ و در فشار۶ MPa ۸۲

شکل۶-۱۱: تعدادی از نمودارهای ناهمسانگردی آزمایش دیلاتومتر در سد سیمره ۸۵

شکل۶-۱۲: راستای دسته درزه‌های اصلی و لایه‌بندی در ساختگاه سد سیمره ۸۶

شکل۶-۱۳: وضعیت نمودار ناهمسانگردی نسبت به راستای ناپیوستگی‌های اصلی سد سیمره ۸۷

شکل۶-۱۴: نمودارهای ناهمسانگردی که از کشیدگی سایر نمودارها تبعیت نمی‌کنند ۹۰

شکل۶-۱۵ : مقایسه نتایج مدول نقاط حفره‌دار و بدون حفره در آزمایش‌های درزه‌دار ۹۲

شکل۶-۱۶: مقایسه نتایج مدول نقاط حفره‌دار و بدون حفره در آزمایش‌های بدون درزه ۹۴

شکل۶-۱۷:مقایسه نتایج حاصل از آزمایش دیلاتومتری با نتایج تجربی بر اساس RQD ۱۰۰

شکل۶-۱۸: تغییرات مدول تغییرشکل با عمق و همچنین تغییرات RQD با عمق ۱۰۲

شکل۶-۱۹: منحنی تغییرات مدول تغییرشکل دیلاتومتری با مدول سنگ بکر اشباع ۱۰۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۴-۱: معادلات تجربی مورد استفاده برای تخمین مدول تغییرشکل ۳۹

جدول۴-۲: مقادیر تخمین روش‌های تجربی مدول تغییرشکل توده سنگ با توجه به RMR ۳۹

جدول۵-۱: کلاسه‌بندی ژئومکانیکی توده‌سنگ تکیه‌گاه‌های سد سیمره ۵۵

جدول۵-۲: نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی انواع مختلف سنگ در ساختگاه سد سیمره ۵۸

جدول۶-۱: نتایج آزمایشگاهی بر روی مغزه‌های بدست آمده از گمانه‌های دیلاتومتری ۶۵

جدول۶-۲: روابط مورد استفاده در محاسبات روش تحلیل واریانس ۶۸

جدول۶-۳: نحوه چیدمان سطرها و ستون‌ها در تحلیل واریانس با استفاده از مدول تغییرشکل ۷۰

جدول۶-۴: یک نمونه از نتایج تحلیل آماری مدول‌های آزمایش دیلاتومتری درگالری GL1.....۷۱

جدول٦-۵: نتایج درصد احتمال ناهمسانگردی سنگ در گالری‌ها در موقعیت‌های بدون درزه ..۷۱

جدول٦-٦: نتایج درصد احتمال ناهمسانگردی سنگ در گالری‌ها در موقعیت‌های درزه‌دار.....۷۲

جدول۶-۷:چیدمان سطرها و ستون‌ها در تحلیل واریانس با استفاده از تغییرشکل دیواره گمانه ...۷۴

جدول۶-۸: مقایسه مدول تغییرشکل کلی سنسورها، با تغییر روباره در تکیه‌گاه سد سیمره ۷۷

جدول۶-۹: مقایسه تغییرشکل‌های قرائت شده سنسورها، با تغییر روباره در تکیه‌گاه سد سیمره.. ۷۹

جدول۶-۱۰: مشخصات سیستم ناپیوستگی‌های اصلی ساختگاه سد سیمره ۸۴

جدول۶-۱۱: چیدمان داده‌ها برای رسم منحنی‌های همسانگردی ۸۵

جدول۶-۱۲: مقایسه نتایج مدول تخمینی با روش‌های تجربی، با مقدار مدول دیلاتومتری ۹۷

جدول۶-۱۳: مقایسه نتایج مدول تجربی مبتنی بر RQD، با مقدار مدول دیلاتومتری ۹۹

جدول۶-۱۴: معادلات حاکم بر مدول دیلاتومتری و مدول سنگ بکر اشباع ۱۰۷

فهرست علائم

CP: فشار محصور

C: چسبندگی سنگ

D_1: فاکتور آشفتگی سنگ

D: قطر گمانه

ΔD: متوسط افزایش قطر گمانه در اثر افزایش فشار از صفر به P_i در آزمایش دیلاتومتری

Df: درجه آزادی

E_{rm}: مدول تغییرشکل پذیری توده سنگ

E_i: مدول الاستیسیته سنگ بکر

E_c: مدول یانگ استوانه کالیبراسیون در آزمایش دیلاتومتری

E_d: مدول دیلاتومتری وتری

E: مدول یانگ در صفحه ناهمسانگردی

E': مدول یانگ در صفحه عمود برصفحه همسانگردی

E_n: مدول یانگ در جهت محور مختصات n

E_s: مدول یانگ در جهت محور مختصات s

E_t: مدول یانگ در جهت محور مختصات t

E_D: مدول دیلاتومتری

E_a: مدول تغییرشکل دیلاتومتری در محیط ناهمسانگرد

E_L: مدول تغییرشکل بزرگ مقیاس

Fr: مولفه شعاعی نیروی حجمی

G': مدول برشی در صفحه نرمال بر همسانگردی عرضی

G_c : مدول برشی استوانه کالیبراسیون در آزمایش دیلاتومتری

G_{ns}: مدول برشی در صفحه موازی با صفحهns

فهرست علائم (ادامه)

G_{nt}: مدول برشی در صفحه موازی با صفحهnt

G_{st}: مدول برشی در صفحه موازی با صفحه st

h: عمق موقعیت آزمایش دیلاتومتر

Kn: سختی نرمال

Ks: سختی برشی

K: نسبت تنش افقی به قائم

mi: ثابت هوک وبراون

MS: میانگین مربعات

N: تعداد نمونه‌ها

P_i: فشار وارده در آزمایش دیلاتومتری

R: مولفه نیروی حجمی

S: انحراف استاندارد

SS: مجموع مربعات

t: تی استیودنت آزمون

u : تغییر مکان شعاعی

Ud: تغییرشکل شعاعی دیواره گمانه

v : تغییر مکان محیطی

WD: درجه هوازدگی ناپیوستگی‌ها

ν_c: ضریب پوآسون استوانه کالیبراسیون در آزمایش دیلاتومتری

ν_R: ضریب پوآسون سنگ در آزمایش دیلاتومتری

υ: ضریب پوآسون در صفحه همسانگردی

υ': ضریب پوآسون در صفحه عمود بر صفحه همسانگردی

فهرست علائم (ادامه)

υ_{ij}: ضریب پوآسون در جهت j و عمود بر محور تنش در جهت i

σ_{θ}: تنش مماسی

σ_{r}: تنش شعاعی

σ_{m}: مقاومت فشاری تک محوره توده سنگ

σ_{c}^{i}: مقاومت فشاری سنگ بکر

σ_{c}: مقاومت فشاری تک محوری سنگ بکر برای نمونه‌های با قطر ۵۰ میلی‌متر

σ_{L}: مقامت فشاری بزرگ مقیاس

ε_{r}: کرنش شعاعی

ε_{Θ}: کرنش مماسی

γ: دانسیته توده سنگ

Θ: نیروی حجمی مماسی

φ: زاویه اصطکاک داخلی

فهرست اختصارات

ARPE: قدر مطلق خطای نسبی پیش‌بینی

GSI: شاخص مقاومتی زمین‌شناسی

MARPE: میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی پیش‌بینی

n,s,t: دستگاه مختصات

Q: سیستم طبقه‌بندی Q (بارتن)

RMR: سیستم طبقه‌بندی توده سنگ بینیاوسکی

RQD: شاخص کیفیت توده سنگ

RMI: شاخص توده سنگ

RMSE: ریشه خطای مربع حسابی

x,y,z: دستگاه مختصات دکارتی

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

در این فصل به تعریف موضوع پژوهش، ضرورت و هدف از انجام آن و روش‌های انجام این تحقیق پرداخته می‌شود. در پایان خلاصه‌ای در مورد فصول مختلف این پژوهش بیان می‌شود.

مدول تغییرشکل پذیری توده سنگ در واقع، نسبت تنش به کرنش متناظر در طول بارگذاری توده سنگ، شامل رفتار الاستیک و غیرالاستیک تعریف می‌شود. این پارامتر نشان دهنده میزان قابلیت تغییرشکل پذیری توده سنگ در پاسخ به هرگونه بارگذاری یا باربرداری است. شاخص و معیار تغییرشکل پذیری در سنگ بکر مدول الاستیسیته و در توده سنگ مدول تغییرشکل پذیری است.

۱-۲- اهمیت تعیین مدول تغییرشکل‌پذیری توده سنگ

مدول تغییرشکل پذیری توده سنگ بعنوان یکی از مهمترین پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ است؛ که در مهندسی سنگ استفاده می‌شود. بطوریکه این مدول بهترین پارامترِ نمایانگر رفتار مکانیکی توده سنگ و سنگ بکر، قبل از شکست می‌باشد. بنابراین مدول تغییرشکل پذیری، زیربنای اغلب تحلیل‌های ژئومکانیکی است؛ و در پروژه‌هایی همچون نیروگاه‌های زیرزمینی، سدها، تونل‌ها، برج‌های مسکونی و بویژه سازه‌هایی که نسبت به تغییرشکل‌های حتی کم نیز حساس هستند؛ اهمیت زیادی پیدا می‌کند. هنگامی که توده سنگ‌ها برای اهداف ژئومکانیکی طبقه‌بندی می‌شوند؛ لازم است که طبقه‌بندی آنها براساس مقاومت یا مدول استاتیکی تغییرشکل صورت گیرد. علاوه بر آن، مقاومت و مدول تغییرشکل‌پذیری پارامترهای ورودی لازم توده سنگ در استفاده از روش‌های تحلیلی، عددی و یا تجربی می‌باشند.

تعیین مدول تغییرشکل‌پذیری توده سنگ، از طریق آزمایش‌های بارگذاری و یا باربرداری برجا، روش‌های ژئوفیزیکی، آزمون‌های آزمایشگاهی، روش‌های مبتنی بر روابط تجربی صورت می‌گیرد. هر یک از این روش‌ها محاسن و معایب خاص خود را دارند. کاربرد آزمون‌های برجا، از جمله، جک صفحه‌ای، بارگذاری صفحه‌ای، جک شعاعی، جک تخت، دیلاتومتری و غیره نیاز به مراحل دشوار دارد؛ و انجام آن‌ها مستلزم صرف هزینه و وقت زیادی است. از این رو هر نوع تحقیقی برای بهینه‌سازی این آزمایش‌ها، و همچنین تفسیر صحیح نتایج بدست آمده، حائز اهمیت است؛ چرا که از طریق این نتایج می‌توان با عوامل تاثیرگذار بر نتایج این آزمایش‌ها بیشتر آشنا شده؛ و در آزمایش‌های مشابه بعدی از نتایج حاصل از هر تحقیق برای تفسیر بهتر رفتار زمین استفاده نمود.

۱-۳- هدف از انجام پژوهش

هدف از انجام این پژوهش، بررسی نتایج بدست آمده از آزمایش دیلاتومتری در ساختگاه سد سیمره است. که در آن سعی می‌شود؛ با توجه به عوارض ساختاری موجود، و همچنین عوامل تاثیرگذار دیگر مانند تنش‌های محصور، به بررسی علت اختلاف بین نتایج آزمایش در نقاط مختلف ساختگاه پرداخته شود.

۱-۴- فرآیند انجام پژوهش

برای انجام تحقیق حاضر، ابتدا نتایج آزمایش دیلاتومتری ساختگاه سد سیمره از طریق کارفرما تهیه شد. اطلاعات به صورت‌های مختلف دسته‌بندی شد؛ که از جمله آنها می‌توان به دسته‌بندی بر اساس سنگ بکر یا سنگ درزه‌دار محدوده آزمایش، حفره‌دار بودن یا عدم وجود حفره در محدوده آزمایش، موقعیت گالری‌ها اکتشافی نسبت به تکیه‌گاه سد و غیره اشاره کرد. مهمترین مرجع برای انواع مختلف دسته‌بندی‌ها و همچنین تفسیرها، استفاده از لاگ گمانه‌های دیلاتومتری بود. بعد از دسته‌بندی نتایج آزمایش دیلاتومتری، با استفاده از روش‌های آماری به تعیین اختلافات مقادیر مدول‌های بدست آمده پرداخته شد. در ادامه با استفاده از نتایج لاگ و عوامل تاثیرگذار دیگر به بحث در مورد علل تفاوت در مقادیر مدول پرداخته شد.

علاوه بر مقایسه بین نتایج، در بخشی دیگر از این تحقیق به بررسی قابلیت تخمین مدول تغییرشکل توسط روابط تجربی موجود به منظور تخمین مدول دیلاتومتری ساختگاه مورد نظر اقدام شد.

این پژوهش در هفت فصل تنظیم شده است؛ که در ادامه به مختصری از هر فصل اشاره می‌شود.
در فصل اول به معرفی تحقیق و ضرورت انجام آن، روش‌های مورد استفاده و هدف از انجام آن پرداخته شد.
در ادامه و در فصل دوم به بیان کلیاتی در مورد مدول تغییرشکل‌پذیری، عوامل موثر بر آن و روش‌های محاسبه این پارامتر پرداخته می‌شود.
در فصل سوم، به توضیح مختصری از مراحل استاندارد انجام آزمایش دیلاتومتری انعطاف‌پذیر، نحوه محاسبات در این آزمایش و همچنین عوامل تاثیرگذار بر نتایج مدول آزمایش دیلاتومتری پرداخته می‌شود. همچنین در این فصل به تحلیل آزمایش دیلاتومتری در توده سنگ‌های ناهمسانگرد، که مربوط به تحقیقی از آمدیه[1] و سویج[2] بوده است؛ اشاره شده است.

1 - Amadei
2 - Savage

در فصل چهارم، برخی از مطالعات انجام شده، در زمینه نتایج بدست آمده از آزمایش دیلاتومتری و عوامل تاثیرگذار بر آن بیان می‌شود.

در فصل پنجم، به معرفی ساختگاه سد سیمره پرداخته خواهد شد. و در آن، ساختگاه مورد نظر از لحاظ آزمایش‌های انجام شده و همچنین خصوصیات زمین‌شناسی معرفی می‌شود.

در فصل ششم این تحقیق به تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از آزمایش دیلاتومتری سد سیمره پرداخته می‌شود. در این فصل سعی می‌شود؛ نحوه تغییرات مدول بدست آمده و اختلاف بین آنها با توجه به وجود ناپیوستگی‌های مختلف موجود در توده سنگ، در طول گمانه دیلاتومتر[1] تفسیر شده؛ و با توجه به این اختلافات و ناپیوستگی‌ها، تاثیر وجود ناپیوستگی‌ها و نحوه اثرگذاری آنها بررسی شود. از جمله ناپیوستگی‌های مورد نظر عبارتند از لایه‌بندی، درزه‌های اصلی، ریز درزه‌ها و حفرات ریز موجود در سنگ. همچنین در این فصل، قابلیت اعتماد روابط تجربی، برای تخمین مدول دیلاتومتری بررسی شده و در آن به معایب استفاده از RQD برای تخمین مدول تغییرشکل دیلاتومتری پرداخته خواهد شد. در نهایت رابطه‌ای برای تخمین مدول دیلاتومتری با استفاده از نتایج آزمایشگاهی مدول سنگ بکر در حالت اشباع، پیشنهاد خواهد شد.

در فصل هفتم به بیان نتایج بدست آمده از این تحقیق و همچنین پشنهاداتی در مورد روش‌های مختلف بررسی تاثیر ناپیوستگی‌ها بر نتایج آزمایش دیلاتومتری پرداخته خواهد شد.

[1] - Dilatometer