

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه ارومیه

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی

گروه عمران

شماره پایان نامه: ۲-۱۶۶

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)

در رشته

مهندسی عمران - سازه

رئیس هیأت مدیره
دانشگاه ارومیه

۱۳۸۱ / ۸ / ۲۰

عنوان:

بررسی تاثیرات آب دریاچه ارومیه بر روی بتن

استاد راهنما:

دکتر محمدعلی لطف‌اللهی یقین

نگارنده:

سعید معروفی

۴۲۰۶۹

زمستان ۸۰

بسمہ تعالیٰ

۸۰/۱۲/۲۵

پایان نامہ آقای سعید معروفی بہ تاریخ

مورد پذیرش ہیئت محترم داوران با رتبہ عالی و نمبرہ ۱۹۱- قرار گرفت.

اعضای ہیئت محترم داوران متشکل از آقایان:

استاد راہنما و رئیس ہیئت داوران

۱- دکتہ محمد علی لطف اللہی یقین

داور خارجی

۲- دکتہ صمد دیلمقانی

داور داخلی

۳- دکتہ حسین شوکتی

نمایندہ تحصیلات تکمیلی

۴- دکتہ اسفندیار مردانی

استاد مؤتم

۵- سعید طارق دہلوی

تقدیم به:

روح پدر بزرگوارم
که هر چه دارم و هر چه هستم
از او و بخاطر زحمات اوست.

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می‌دانم که از زحمات، الطاف و کمک‌های

بی‌دریغ....

- خانواده عزیزم که در همه حال یار و یاور من بوده‌اند.
- جناب آقای دکتر محمدعلی لطف‌اللهی یقین که زحمت استاد راهنمایی این پایان‌نامه را عهده‌دار بوده و به انجام رسیدن آن مرهون زحمات و الطاف ایشان می‌باشد.
- جناب آقای دکتر صمد دیلمقانی (استاد دانشکده فنی دانشگاه تبریز) که مسئولیت داور خارجی این مهم را عهده‌دار بوده‌اند.
- جناب آقای دکتر حسین شوکتی و جناب آقای دکتر ایرج میرزایی و جناب آقای دکتر اسفندیار مردانی دیگر اساتید گروه عمران و مسئولین محترم دانشگاه ارومیه
- سرکار خانم مهندس حاجی‌خانی که زحمت آزمایشات بخش شیمی این مهم را عهده‌دار بوده‌اند.
- مسئولین محترم مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن تهران
- مسئولین محترم اداره کل راه و ترابری استان آذربایجان غربی
- نماینده محترم شرکت سیکا (Sika) در ایران
- مسئولین محترم شرکت بتن شیمی (سازنده مواد شیمیایی بتن)
- سروران گرامی آقایان مهندس موسوی (در امر آزمایشات الکتریکی) و همچنین جناب آقای مهندس رضا شاهین‌پر و در نهایت از همه عزیزانی که در انجام این پایان‌نامه بنده را یاری فرمودند تقدیر و تشکر نمایم.

فهرست مطالب

عنوان مطالب	صفحه
خلاصه	ظ
تاریخچه	غ
پیشگفتار	ف

فصل اول - شاخص‌های محیطی، اقلیمی و جغرافیائی دریاچه ارومیه

۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- ویژگیهای جغرافیایی دریاچه ارومیه	۲
۱-۲-۱- اسکله و بنادر مهم دریاچه ارومیه	۴
۳-۱- شرایط محیطی دریاچه ارومیه	۵
۱-۳-۱- شرایط جوی دریاچه ارومیه	۶
۲-۳-۱- خصوصیات آب دریاچه ارومیه	۸
۱-۲-۳-۱- خواص ظاهری آب دریاچه ارومیه	۸
۲-۲-۳-۱- خواص فیزیکی آب دریاچه ارومیه	۹
۳-۲-۳-۱- خواص شیمیایی آب دریاچه ارومیه	۹

فصل دوم - ساختار فیزیکی و شیمیایی بتن

۱-۲- مقدمه	۱۵
۲-۲- ساختار شیمیایی بتن	۱۶
۱-۲-۲- مشخصه‌های سیمانهای پرتلند	۱۹
۲-۲-۲- هیدراتاسیون سیمان	۲۲
۱-۲-۲-۲- هیدراتاسیون سیلیکات ها	۲۳
۲-۲-۲-۲- هیدراتاسیون آلومینات‌ها	۲۴

۲-۳-۲- ساختار فیزیکی بتن	۲۶
۲-۳-۱- منافذ و تخلخل	۲۷
۲-۳-۲- مکانیزم انتقال در بتن	۳۲
۲-۳-۲-۱- مکانیزم انتقال در هوای مرطوب	۳۳
۲-۳-۲-۲- مکانیزم انتقال در محیط خیس	۳۴
۲-۳-۲-۳- مکانیزم انتقال در محیط غوطه ور	۳۵
۲-۳-۲- اثر شرایط محیط بر ساختار بتن	۳۶

فصل سوم - بررسی علل آسیب دیدگی بتن در محیط دریاچه ارومیه با توجه به شرایط محیطی آن

۱-۲- مقدمه	۳۸
۲-۲- آسیب دیدگی های شیمیایی	۳۸
۱-۲-۳- فرآیند خوردگی آرماتور در سازه های بتن آرمه	۳۹
۱-۲-۳-۱- مکانیزم محافظت آرماتور	۴۱
۲-۲-۳-۱- مکانیزم خوردگی آرماتور	۴۳
۲-۳-۱- عوامل مؤثر در تخریب لایه محافظ	۴۶
۲-۳-۱-۳- اثر کلر در خوردگی	۴۹
۲-۳-۱-۲- اثر مقاومت الکتریکی بتن	۵۴
۲-۳-۱-۳- اثر اختلاف پتانسیل و رطوبت	۵۵
۲-۳-۲- تهاجم سولفات ها به سازه بتنی دریایی	۵۷
۲-۳-۳- مکانیزم اندرکنش کلر و سولفات	۶۰
۲-۳-۴- تهاجم آب دریا به سازه بتنی	۶۱
۲-۳-۵- واکنشهای مضر سیمان با سنگدانه های فعال	۶۴
۲-۳-۵-۱- واکنش قلیایی سیمان با سنگدانه های سیلیسی	۶۴

۲-۵-۲-۳- واکنش قلیائی سیمان با سنگدانه‌های دولومیتی	۶۷
۳-۳- عوامل فیزیکی آسیب دیدگی	۶۸
۱-۳-۳- تاثیر هوای سرد و یخ زدگی (Freezing)	۶۸
۱-۱-۳-۳- تاثیر نمکها بر یخ زدن بتن	۷۰
۲-۳-۳- فرسایش (Erosion)	۷۱
۳-۳-۳- نفوذ پذیری بتن	۷۲
۱-۳-۳-۳- فضاهای خالی در بتن	۷۳
۱-۱-۳-۳-۳- فضاهای محتوی هوا	۷۴
۲-۱-۳-۳-۳- فضاهای موئین و فضاهای موجود در ژل سیمان	۷۴
۳-۱-۳-۳-۳- خلل و فرج موجود در مصالح سنگی بتن	۷۷
۴-۳-۳- پوشش بتن روی میلگرد	۷۸

فصل چهارم - روشهای محافظت بتن مسلح در برابر خوردگی در محیط دریا

۱-۴- مقدمه	۸۱
۲-۴- ایزوله کردن بتن از محیط خورنده	۸۲
۳-۴- ایجاد لایه پوشش روی آرماتور	۸۲
۴-۴- حفاظت کاتدی	۸۴
۱-۴-۴- سیستم‌های شکافدار بدون پوشش	۸۷
۲-۴-۴- سیستم نمایان با پوشش معمولی	۸۷
۳-۴-۴- استفاده از بتن پلیمری رسانای جریان الکتریسیته	۸۷
۴-۴-۴- سیستم متشکل از شبکه پلیمری	۸۷
۵-۴-۴- سیستم با پوشش رسانا	۹۰
۱-۵-۵-۴- مزایای پوشش رسانا جهت حفاظت کاتدی	۹۱

فصل پنجم - مشخصات مواد افزودنی بکار رفته در طرح

۱-۵-۱- مقدمه	۹۶
۲-۵- مشخصات و خواص میکروسیلیس	۹۶
۱-۲-۵- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میکروسیلیس	۹۶
۲-۱-۲-۵- خصوصیات شیمیایی میکروسیلیس	۹۸
۲-۲-۵- تأثیر میکروسیلیس بر خواص بتن	۱۰۰
۱-۲-۲-۵- تأثیر میکروسیلیس در نفوذ پذیری بتن	۱۰۰
۱-۱-۲-۲-۵- مکانیزم رفتار بتن میکروسیلیسی در مقابل نفوذ پذیری	۱۰۰
۲-۲-۲-۵- تأثیر میکروسیلیس بر شدت خوردگی بتن	۱۰۱
۱-۲-۲-۲-۵- مکانیزم کاهش شدت خوردگی در بتن میکروسیلیس	۱۰۲
۳-۲-۵- تأثیر میکروسیلیس بر مقاومت فشاری بتن	۱۰۳
۳-۵- مشخصات و خواص مواد افزودنی هوازا	۱۰۵
۱-۳-۵- مشخصات حباب‌های هوا	۱۰۷
۲-۳-۵- خواص بتن با حباب هوا	۱۰۸
۱-۲-۳-۵- بهبود مشخصات بتن تازه	۱۰۸
۲-۲-۳-۵- مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن	۱۰۸
۳-۲-۳-۵- آب بندی و مقاومت در برابر سولفات‌ها	۱۱۰
۴-۲-۳-۵- مقاومت فشاری و سایشی بتن	۱۱۰
۴-۵- تأثیر فوق روان کننده بر خواص بتن	۱۱۰
۵-۵- تأثیر آب بند کننده بر خواص بتن	۱۱۲

فصل ششم - آماده سازی نمونه‌ها و انجام آزمایشهای لازم

۲-۶- مقدمه	۱۱۵
------------	-----

صفحه	عنوان مطالب
۱۱۵	۶-۲-مشخصات مصالح.....
۱۱۵	۶-۲-۱-سنگدانه‌ها.....
۱۱۷	۶-۲-۱-۱-نمونه برداری از سنگدانه‌ها ASTM-D75 (دت ۲۰۴).....
۱۱۷	۶-۲-۱-۲-دانه بندی سنگدانه‌ها ASTM-C136 (دت ۲۰۶).....
۱۲۲	۶-۲-۱-۳-تعیین ضریب نرمی ریز دانه‌ها Fineness modulus.....
۱۲۲	۶-۲-۱-۴-سنجش مقدار کل رطوبت ASTM-C566 (دت ۲۰۷).....
۱۲۳	۶-۲-۱-۵-سنجش میزان رطوبت در حالت اشباع با سطح خشک ASTM-C70 (ssd) (دت ۲۰۸).....
۱۲۳	۶-۲-۱-۶-وزن مخصوص سنگدانه‌ها ASTM-C127, C128 (دت ۲۱۰ و ۲۱۱).....
۱۲۳	۶-۲-۱-۷-تعیین وزن مخصوص فضائی سنگدانه‌ها ASTM - C29 (دت ۲۰۹).....
۱۲۴	۶-۲-۱-۸-آزمایش مقاومت در برابر سایش (لس آنجلس) ASTM- C131 (دت ۲۱۵).....
۱۲۵	۶-۲-۱-۹-تعیین ارزش ماسه ASTM-C40 (S.E) (دت ۲۱۶).....
۱۲۵	۶-۲-۲-سیمان.....
۱۲۷	۶-۲-۲-۱-تعیین وزن مخصوص سیمان ASTM- C188 (دت ۱۰۸).....
۱۲۷	۶-۲-۲-۲-آزمایش زمان گیرش سیمان ASTM-C191 (دت ۱۱۳).....
۱۲۸	۶-۲-۳-آب.....
۱۲۹	۶-۲-۳-تهیه مخلوطهای بتن.....
۱۳۱	۶-۲-۱-مقدار مصالح بکار گرفته شده در هر ترکیب.....
۱۳۲	۶-۲-۳-ساختن بتن.....
۱۳۲	۶-۲-۴-آزمایشهای بتن تازه.....
۱۳۲	۶-۲-۴-۱-آزمایش اسلامپ SLUMP TEST.....
۱۳۳	۶-۲-۴-۲-وزن مخصوص بتن تازه.....
۱۳۴	۶-۲-۴-۵-آزمایشهای بتن سخت شده.....
۱۳۴	۶-۲-۴-۱-آزمایش مقاومت فشاری Compressive strength.....

۱۳۵	۶-۵-۲- آزمایش مقاومت کششی (ترکاندن) tensil Strength (Split Cylinder)
۱۳۵	۶-۵-۳- آزمایش مقاومت در برابر یخ زدگی frost resistance
۱۳۷	۶-۵-۴- آزمایش مقاومت سایشی بتن Abrasion resistance
۱۳۸	۶-۵-۵- آزمایش هدایت الکتریکی: Electrical Conductivity
۱۳۸	۶-۵-۶- اندازه گیری درصد نفوذ کلر

فصل هفتم - بررسی و تحلیل نتایج بدست آمده از آزمایشها

۱۴۲	۷-۱- مقدمه
۱۴۳	۷-۲- بررسی نتایج آزمایشهای مقاومت مکانیکی
۱۴۳	۷-۲-۱- آزمایش مقاومت فشاری:
۱۴۴	۷-۲-۱-۱- اثر نسبت آب به سیمان effect of water/ cement ratio
۱۴۸	۷-۲-۱-۲- اثر درصد جایگزینی میکروسیلیس effect of microsilica
۱۵۲	۷-۲-۱-۳- تأثیر به کار گیری مواد افزودنی مورد مطالعه
۱۵۵	۷-۲-۲- آزمایش مقاومت کشش
۱۵۶	۷-۲-۲-۱- تأثیر نسبت آب به سیمان بر روی مقاومت کششی نمونه‌ها
۱۵۸	۷-۲-۲-۲- تأثیر درصد جایگزینی میکروسیلیس بر مقاومت کششی
۱۶۰	۷-۲-۲-۳- تأثیر مواد افزودنی مورد مطالعه بر روی مقاومت کششی
۱۶۱	۷-۲-۳- آزمایش مقاومت سایشی Abrasion resistance
۱۶۲	۷-۲-۳-۱- تأثیر نسبت آب به سیمان بر روی مقاومت سایشی
۱۶۳	۷-۲-۳-۲- اثر درصد جایگزینی میکروسیلیس بر روی مقاومت سایشی
۱۶۵	۷-۲-۳-۳- تأثیر مواد افزودنی بر روی مقاومت سایشی
۱۶۵	۷-۳- آزمایش نفوذ کلر (آزمایش شیمیایی)
۱۶۸	۷-۴- آزمایشهای فیزیکی

۱-۴-۷- آزمایش مقاومت الکتریکی	۱۶۸
۲-۴-۷- آزمایش مقاومت در برابر یخ زدن آب شدن	۱۷۱
۳-۴-۷- مقدار جذب آب	۱۷۴
۴-۴-۷- تعیین وزن مخصوص	۱۷۷

فصل هشتم - نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد برای ادامه کار

۱-۸- نتیجه گیری کلی	۲۲۲
۲-۸- پیشنهاد برای ادامه کار	۲۲۳

پیوستها

۱- گزارش آزمایشهای انجام گرفته روی سنگدانه ها	۲۲۶
۲- گزارش آزمایشهای انجام گرفته روی سیمان	۲۳۱
۳- گزارش آزمایشهای انجام گرفته روی آب دریاچه ارومیه	۲۳۲
۴- عمق لجنهای موجود در کف دریاچه ارومیه	۲۳۴
۵- تصاویر	۲۳۵
مراجع	۲۴۴

فهرست اشکال و تصاویر

عنوان اشکال یا تصویر	صفحه
شکل ۱-۱- طراحی از دریاچه ارومیه	۴
شکل ۱-۲- مقاومت فشاری اجزای سیمان	۱۸
شکل ۲-۲- روند و محصولات هیدراتاسیون در ساختار خمیر سیمان	۲۲
شکل ۳-۲- اندازه فازهای جامد و منافذ در خمیر سیمان	۲۸
شکل ۴-۲- مدل ساده شده خمیر سیمان	۲۸
شکل ۵-۲- رابطه ارتباط منافذ بر نفوذپذیری	۳۱
شکل ۶-۲- انتقال آب درون منافذ بتن	۳۴
شکل ۷-۲- مکش موئین ناشی از انرژی سطحی	۳۵
شکل ۸-۲- غوطه‌ور شدن بتن در آب	۳۶
شکل ۱-۳- روند ترک خوردگی عضو سازه‌ای ناشی از خوردگی	۳۹
شکل ۲-۳- نمودار PH- پتانسیل Pourbiax	۴۲
شکل ۳-۳- مدل ساده مکانیزم خوردگی	۴۳
شکل ۴-۳- نسبت حجم محصولات خوردگی	۴۴
شکل ۵-۳- جزئیات فرآیند خوردگی در ماکروپیل	۴۵
شکل ۶-۳- روند کربناسیون	۴۷
شکل ۷-۳- نمودار Pourbiax در حضور کلر	۵۲
شکل ۸-۳- نحوه آسیب دیدگی بتن در آب دریا	۶۳
شکل ۹-۳- نمونه سطح بتنی ترک خورده در اثر ترکیب قلیائی سیمان و سنگدانه‌های سیلیسی	۶۵
شکل ۱۰-۳- رابطه بین نفوذ پذیری و نسبت $\frac{W}{C}$	۷۶
شکل ۱-۴- پیل الکتروشیمیایی خوردگی	۸۵
شکل ۲-۴- خوردگی ایجاد شده در بتن مسلح	۸۶
شکل ۳-۴- مراحل نصب شبکه آندی بر روی پل	۸۹

- شکل ۴-۴- پاشیدن بتن پلیمری اصلاح شده جهت ایجاد پوشش روی آند ۸۹
- شکل ۴-۵- استفاده از پوشش‌های رسانا در زیر پوشش سطحی پل ۹۲
- شکل ۴-۶- استفاده از پوشش‌های رسانا جهت حفاظت کاتدی پایه‌های داخل آب پل ۹۲
- شکل ۵-۱- دانه‌بندی ذرات میکروسیلیس در مقایسه با سیمان پرتلند ۹۷
- شکل ۵-۲- مقایسه نرمی دانه‌های سیمان و دانه‌های میکروسیلیس واقع در بین آنها ۹۷
- شکل ۵-۲- اثر میکروسیلیس بر شدت خوردگی ۱۰۲
- شکل ۵-۴- اثر میکروسیلیس بر مقاومت الکتریکی ۱۰۳
- شکل ۵-۵- اثرات مختلف میکروسیلیس بر روی مقاومت فشاری بتن ۱۰۴
- شکل ۵-۶- میکروگراف الکترونی از سطح بتن شکسته که حبابهای هوا به خوبی پراکنده شده‌اند ۱۰۶
- شکل ۵-۷- تأثیر سیکل‌های یخ زدن و آب شدن بر مدول الاستیسیته دینامیکی بتن ۱۰۹
- شکل ۵-۸- اثر فوق روان کننده و میکروسیلیس بر تراکم ذرات سیمان ۱۱۲
- تصویر ۵-۱- آزمایش سایش سنگدانه‌ها (بتن) ۲۳۵
- تصویر ۵-۲- نحوه تراکم کردن بتن در داخل قالب ۲۳۵
- تصویر ۵-۳- اندازه گیری اسلامپ مخلوط ۲۳۶
- تصویر ۵-۴- اندازه گیری مقاومت فشاری نمونه‌ها ۲۳۶
- تصویر ۵-۵- آزمایش نمونه‌های کششی ۲۳۷
- تصویر ۵-۶- اندازه گیری مقاومت الکتریکی نمونه‌ها ۲۳۷
- تصویر ۵-۷- برداشت نمونه برای انجام تجزیه شیمیایی ۲۳۸
- تصویر ۵-۸- آزمایش تجزیه شیمیایی برای یافتن مقدار نفوذ کلر ۲۳۸
- تصویر ۵-۹- مواد افزودنی بکار گرفته شده در تحقیق ۲۳۹
- تصویر ۵-۱۰- حوضچه نگهداری نمونه‌ها (آب دریاچه ارومیه) ۲۳۹
- تصویر ۵-۱۱- شکست کششی نمونه‌های فاقد میکروسیلیس (آرام) ۲۴۰
- تصویر ۵-۱۲- شکست کششی نمونه‌های حاوی میکروسیلیس (ناگهانی) ۲۴۰
- تصویر ۵-۱۳- مقایسه شکست کششی نمونه‌های فاقد و حاوی میکروسیلیس ۲۴۱

- تصویر ۵-۱۴- مقایسه مقدار سایش نمونه‌ها (با توجه به سیمان و آب) ۲۴۱
- تصویر ۵-۱۵- مقایسه مقدار سایش نمونه‌ها (با توجه به نوع سیمان و درصد میکروسیلیس) ۲۴۲
- تصویر ۵-۱۶- شکل ظاهری نمونه‌ها پس از ۱۵۰ سیکل یخ زدن و آب شدن ۲۴۲
- تصویر ۵-۱۷- مقایسه رفتار نمونه‌های حاوی میکروسیلیس و بدون آن تحت آزمایش فشار ۲۴۳
- تصویر ۵-۱۸- قسمتی از نمونه‌های آزمایش شده در تحقیقات آزمایشگاهی پایان نامه ... ۲۴۳