Imam Khomeini International University- Ministry of science , Research and & Technology

Egineering Faculty – civil Department

Master of science Thesis

Subject:

The Air-entrained Agents effects on Durability parameters of Road & Railway concrete superstructure

Supervisor PRO:

DR.M.R.Keymanesh

Advisor PRO:

DR.M.Tadayon

Student:

Amir Sheybani

FALL 2009

تقدیم به مادر بزرگ عزیزم که از لحظه سفر کردن به دیار ابدی

خاکیان در سوگ فراقند و افلاکیان هلهله وصال سر میدهند

فهرست مطالب.....ا

فهرست اشکال.....ج

فهرست جداول.....خ

فصل اول: مقدمه

۱-۱- کلیات.....۱

۱-۲- هدف تحقیق.....۲

۱-۳- اصول کلی تحقیق.....۴

۱-۴- تقسیم بندی فصول پایان نامه.....۵

فصل دوم: جمع آوری اطلاعات

۲-۱- مقدمه.....۷

۲-۲- محیط مهم ترین علل آسیب دیدگی ۸

۲-۳- ریز ساختار و نفوذ سیالات در بتن.....۹

۲-۳-۲- ساختار فیزیکی بتن ۹

۲-۳-۳- منافذ و تخلخل ۱۰

۲-۳-۴- مکانیزم های انتقال در بتن.....۱۱

۲-۳-۵- عوامل مؤثر در نفوذ پذیری بتن ۱۳

۲-۳-۵- ۱– نسبت آب به سیمان ۱۳

۲-۳-۵- ۲– تخلخل بتن.....۱۴

۲-۳-۵- ۳– درجه هیدراسیون.....۱۵

۲-۳-۵- ۴- خواص سیمان.....۱۵

۲-۳-۵- ۵– اثر دما ۱۴

۲-۳-۵- ۶- تأثیر عیارسیمان بر نفوذ پذیری بتن.....۱۶

۲-۳-۵- ۷- تاثیر حبابزا ها بر نفوذپذیری بتن..... ۱۸
۲-۳-۶- جذب آب اولیه و نهایی ۱۹
۲-۳-۷- جذب آب موئینه ۲۰
۲-۴- دوام و انواع خرابی های بتن روسازی ۲۱
۲-۴-۱- طبقه بندی علل آسیب دیدگی بتن ۲۱
۲-۴-۲- علل آسیب دیدگی فیزیکی..... ۲۲
۲-۴-۲-۱- آسیب دیدگی روسازی بتنی ناشی از فرسودگی سطحی..... ۲۴
۲-۴-۲-۲- آسیب دیدگی روسازی بتنی بر اثر یخ زدگی..... ۲۴
۲-۴-۲-۳- ایجاد حباب هوا..... ۲۶
۲-۴-۲-۴- مشخصه های مجموعه حباب های هوا..... ۲۷
۲-۴-۲-۵- الزامات حباب هوای ایجاد شده..... ۲۹
۲-۴-۲-۶- عوامل مؤثر بر ایجاد حباب هوا..... ۳۳
۲-۴-۲-۷-ثبات حباب های هوای ایجاد شده..... ۳۶
۲-۴-۲-۸- ایجاد حباب هوا به وسیله ریز کره ها..... ۳۷
۲-۴-۲-۹- سنجش مقدار هوای بتن تازه..... ۳۸
۲-۴-۲-۱۰- سایر اثرات ایجاد حباب هوا در بتن..... ۴۰
۲-۴-۲-۱۱- اثرات عوامل یخ زدا..... ۴۳
۲-۵- مقاومت ویژه الکتریکی بتن ۴۵
۲-۵-۱- پلاریزاسیون ذرات..... ۴۶
۲-۵-۲- هدایت الکتریکی بتن ۴۸
۲-۵-۳- مقاومت ویژه الکتریکی ۵۰

فصل سوم : مصالح مصرفی و برنامه آزمایشگاهی

۳-۱- مقدمه ۵۶

۳-۲- مصالح مصرفی..... ۵۷

۳-۲-۱- سنگدانه های معمولی ریز دانه (ماسه) ۵۷

۳-۲-۲- سنگدانه های معمولی درشت دانه (شن) ۵۷

۳-۲-۳- سیمان ۶۰

۳-۳- طرح اختلاط های آزمایش ۶۰

۳-۴- نحوه عمل آوری آزمونه ها..... ۶۲

۳-۵- مدت زمان عمل آوری آزمونه ها..... ۶۲

۳-۶- نامگذاری طرح اختلاط ها وآزمونه ها..... ۶۳

۳-۷- اصول انتخاب طرح اختلاط ها ۶۳

۳-۸- فرضیات مورد استفاده در طرح اختلاط ها ۶۵

۳-۹- روش تعیین و ساخت طرح اختلاط ها ۶۵

۳-۱۰- مقادیر مصالح مصرفی در طرح اختلاط ها ۶۶

۳-۱۱- تشریح ساخت بتن و آزمایش های انجام شده ۶۷

۳-۱۱-۱- آزمایش اسلامپ..... ۶۸

۳-۱۱-۲- آزمایش درصد هوای بتن تازه ۶۸

۳-۱۱-۴- نمونه گیری و نگهداری آزمونه ها در آزمایشگاه ۶۸

۳-۱۱-۵- تعیین مقاومت فشاری مکعبی ۶۸

۳-۱۱-۶- آزمایش جذب آب نهایی ۶۸

۳-۱۱-۷- آزمایش جذب آب موئینه..... ۶۹

۳-۱۱-۸- آزمایش تعیین مقاومت ویژه الکتریکی بتن سخت شده ۶۹

فصل چهارم: نتایج آزمایشها

۴-۱- مقدمه..... ۷۲
۴-۲- نتایج آزمایشهای بتن تازه ۷۲
۴-۳- نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۷۳
۴-۴- نتایج آزمایش جذب آب نهایی ۷۵
۴-۵- نتایج آزمایش جذب آب موئینه ۷۷
۴-۶- نتایج آزمایش مقاومت ویژه الکتریکی..... ۸۱

فصل پنجم : تجزیه و تحلیل نتایج

۵-۱- مقدمه ۸۳
۵-۲- تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش های بتن تازه ۸۴
۵-۳- تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش مقاومت فشاری..... ۸۵
۵-۴- تجزیه و تحلیل نتایج جذب آب نهایی بتن ۸۶
۵-۵- تجزیه و تحلیل نتایج جذب آب موئینه بتن..... ۸۸
۵-۶- تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش مقاومت ویژه الکتریکی ۸۹

فصل ششم : نتیجه گیری نهایی و پیشنهادها

۶-۱- نتیجه گیری نهایی..... ۹۱
۶-۲- پیشنهادهایی برای ادامه تحقیق ۹۲

فهرست اشکال

شکل ۲- ۱- رابطه بین ارتباط منافذ وبر نفوذ پذیری..... ۱۰
شکل۲-۲- تصویر شماتیک از آب انداختگی بتن تازه ریخته شده..... ۱۲
شکل ۲-۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی ناحیه انتقال..... ۱۲
شکل۲-۴- نمایش شماتیک ناحیه انتقال و بخش توده ای خمیر سیمان در بتن..... ۱۲
شکل ۲-۵- اثر نسبت آب به سیمان بر ماهیت ساختار منافذ ونفوذ پذیری بتن..... ۱۳
شکل ۲- ۶- اثر دما و نسبت آب به سیمان در مقدار تخلخل..... ۱۵
شکل ۲ –۷- اثر دما بر کل تخلخل و منافذی که بزرگتر از ۷۵۰ آنگسترم..... ۱۵
شکل ۲ – ۸- تصویر آزمایش موئینگی..... ۲۱
شکل ۲ – ۹- نمودار موئینگی..... ۲۱
شکل ۲-۱۰: تاثیر درجه اشباع بتن بر روی مقاومت آن در برابر یخ زدن ۲۵
شکل ۲- ۱۱: افزایش در حجم بتنی که در معرض یخ زدن و آب شدن قرار گرفته..... ۲۵
شکل۲-۱۲: رابطه بین دوام و فاصله بین حباب های هوای ایجاد شده در بتن..... ۲۸
شکل ۲-۱۳: تاثیر نسبت آب به سیمان بر فاصله بین حباب های هوا ۳۰
شکل۲-۱۴: رابطه بین مقدار هوا و تعداد دورهای دستگاه مخلوط کن..... ۳۵
شکل ۲-۱۵: اثر حباب هوای ایجاد شده و هوای اتفاقی بر مقاومت بتن..... ۴۱
شکل ۲-۱۶: تاثیر غلظت کلرید کلسیم بر پوسته شدن بتن ۴۴
شکل ۲– ۱۷- مکانیزم های پلاریزاسیون..... ۴۷
شکل ۲- ۱۸- هدایت جریان الکتریکی توسط بتن..... ۴۸
شکل۲- ۱۹- مدل الکتریکی بتن در جریان مستقیم..... ۴۹
شکل ۲-۲۰- مدل الکتریکی بتن در جریان متناوب..... ۴۹
شکل۲- ۲۱- نحوه اندازه گیری مقاومت الکتریکی بتن..... ۵۰
شکل ۲-۲۲- تغییر مقاومت الکتریکی در ۲۴ ساعت اولیه پس از ریختن خمیر سیمان در قالب..... ۵۲
شکل ۲-۲۳- تغییر مقاومت الکتریکی در ۲۴ ساعت اولیه پس از ریختن بتن با نسبت ۱:۲:۴ در قالب.۵۲
شکل ۲-۲۴- تغییر مقاومت الکتریکی با گذشت زمان برای خمیر سیمان سخت شده..... ۵۳

شکل ۲-۲۵- تغییر مقاومت الکتریکی با گذشت زمان برای بتن سخت شده با نسبت ۱:۲:۴.....۵۳
شکل۳- ۱- منحنی دانه بندی مخلوط سنگدانه ها و طرح اختلاط ملی ایران.....۶۴
شکل ۳-۲- نحوه آماده سازی آزمونه برای اندازه گیری مقاومت الکتریکی.....۷۰
شکل۳-۳- تصویر شماتیک اتصال کوتاه در اندازه گیری مقاومت الکتریکی.....۷۱
شکل ۴-۱: نمودار جذب آب حجمی طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۵.....۷۶
شکل ۴-۲: نمودار جذب آب حجمی طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵.....۷۶
شکل ۴-۳: نمودار جذب آب حجمی طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۴.....۷۶
شکل۴-۴: نمودار جذب آب موئینه $M - 0.5\text{-}2$ برحسب جذر زمان.....۷۹
شکل ۴-۵: نمودار جذب آب موئینه $M - 0.5\text{-}2$برحسب جذر زمان.....۷۹
شکل ۴-۶: نمودار جذب آب موئینه $M - 0.5\text{-}2$برحسب جذر زمان.....۷۹
شکل۴-۷- نمودارمقاومت ویژه الکتریکی- زمان.....۸۲
شکل۴-۸- نمودارمقاومت ویژه الکتریکی- زمان طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۵.....۸۲
شکل۴-۹- نمودارمقاومت ویژه الکتریکی- زمان طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵.....۸۲
شکل۵-۱: نمودار آزمایش اسلامپ برای طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۵.....۸۴
شکل۵-۲: نمودار آزمایش اسلامپ برای طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵.....۸۵
شکل۵-۳- نمودار مقاومت فشاری ۷ روزه.....۸۵
شکل۵-۴- نمودار مقاومت فشاری ۲۸ روزه.....۸۶
شکل۵-۵- مقایسه نتایج جذب آب اولیه بتن.....۸۷
شکل۵-۶- مقایسه نتایج جذب آب نهایی بتن.....۸۸
شکل۵-۷- نمودار ضریب جذب آب موئینه.....۸۹
شکل۵-۸- نتیجه مقاوت ویژه الکتریکی در پایان ۹۲ روز نگهداری در آب.....۹۰

فهرست جداول

جدول۲-۱- میزان نسبت سیمان به سنگدانه با تغییر عیار سیمان..... ۱۷
جدول ۲-۲- میزان سهم شن با استفاده از حبابزاها..... ۱۹
جدول ۲-۳- میزان حباب هوای مورد نیاز در بتن برای یک فاصله بین حباب ها برابر ۲۵۰ میکرومتر... ۳۱
جدول ۲-۴- تاثیر عیار سیمان عیار سیمان مخلوط بر سطح مخصوص حباب های هوا..... ۳۱
جدول ۲-۵- مقادیر هوای توصیه شده برای بتن های حاوی سنگدانه های با حد اکثر اندازه مختلف... ۳۲
جدول۳- ۱- نتایج دانه بندی سنگدانه ها(درصد تجمعی عبوری)..... ۵۸
جدول۳-۲- نتایج آزمایش های سنگدانه های معمولی..... ۵۹
جدول ۳-۳- مشخصات شیمیایی سیمان مصرفی..... ۶۰
جدول۳- ۴- مشخصات فیزیکی فازهای تشکیل دهنده سیمان..... ۶۰
جدول۳-۵- تعداد و نوع آزمونه ها برای آزمایش های مختلف..... ۶۱
جدول ۳-۶- سهم هر یک از سنگدانه ها ۶۲
جدول۳- ۸ - مقادیر مصالح در هر طرح اختلاط..... ۶۷
جدول ۴- ۱ نتایج آزمایش های بتن تازه(مربوط به طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۵)..... ۷۳
جدول ۴- ۲: نتایج آزمایش های بتن تازه(مربوط به طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵)..... ۷۳
جدول ۴- ۳: نتایج آزمایش های بتن تازه(مربوط به طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۴)..... ۷۳
جدول۴-۴- نتایج مقاومت فشاری (مربوط به طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۵)..... ۷۴
جدول۴-۵- نتایج مقاومت فشاری (مربوط به طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵)..... ۷۴
جدول۴-۶- نتایج مقاومت فشاری (مربوط به طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۴)..... ۷۴
جدول۴-۷- نتایج جذب آب نهایی..... ۷۵
جدول۴-۸- نتایج جذب آب موئینه طرح M-0.5-2..... ۷۸
جدول۴-۹- نتایج جذب آب موئینه طرح های با نسبت آب به سیمان ۰/۵..... ۷۸
جدول۴-۱۰-نتایج جذب آب موئینه طرحهای با نسبت آب به سیمان ۰/۵..... ۸۰
جدول۴-۱۱-نتایج جذب آب موئینه طرحهای با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵..... ۸۰
جدول۴-۱۲-نتایج جذب آب موئینه طرحهای با نسبت آب به سیمان ۰/۴..... ۸۰

چکیده

بتن با طراحی و اجرای مناسب همواره یکی از پرکاربردترین مصالح ساختمانی می باشد. با توجه به گسترش ساخت سازه های بتنی دوام آنها در شرایط محیطی بهره برداری به جهت هزینه های سنگین تعمیر و نگهداری از اهمیت ویژه ای برخوردار است. امروزه از بتن در روسازی راه و راه آهن بطور گسترده استفاده می شود. با توجه به گسترش خطوط ریلی به مناطق مختلف کشور اعم از مناطق سردسیر و مناطق خورنده جنوبی کشور دوام آن حائز اهمیت می باشد.

هدف این تحقیق آزمایشگاهی بررسی تاثیر مواد حبابزا بر برخی پارامترهای دوام بتن روسازی راه و راه آهن (جذب آب اولیه، جذب آب نهایی، جذب آب مویینه، مقاومت ویژه الکتریکی) می باشد. از آنجا که هدف این تحقیق آزمایشگاهی بررسی تاثیر مواد حبابزا بر برخی پارامتهای دوام بوده، سعی شد در کلیه طرح مخلوطها عوامل تاثیر گذار بر دوام بتن، نظیر عیار سیمان، نسبت آب به سیمان،... ثابت نگه داشته شده و تنها در صد هوای آنها با یکدیگر متفاوت می باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش هوای بتن توسط حبابزاها جذب آب بتن کاهش یافته و مقاومت ویژه الکتریکی بتن افزایش خواهد یافت.

کلمات کلیدی: بتن، دوام، حبابزاها، جذب آب اولیه، جذب آب نهایی، جذب آب مویینه، مقاومت ویژه الکتریکی.

فصل اول: مقدمه

۱-۱- کلیات

پس از گذشت حدود ۱۸۰ سال از پیدایش و ثبت سیمان پرتلند توسط معماری در شهر لیدز در سال ۱۸۲۴ میلادی، بتن دستخوش تحولات و پیشرفتهای شگرفی شده است. در دسترس بودن و فراوانی مصالح تشکیل دهنده آن، شکل پذیری و دوام نسبتاً زیاد بتن، نسبت به سایر مصالح ساختمانی از مزایای این محصول به شمار می‌رود. استفاده از مصالحی دیگر نظیر فولاد به عنوان مکمل بتن و در برخی موارد به عنوان رقیب آن نیز همواره مرسوم و متداول بوده است. بتن در کشش مقاومت کمی دارد و با مسلح کردن آن به وسیلهٔ میلگرد مقاومت کششی آن افزایش پیدا می‌کند.

بهبود مقاومت بتن با حباب هوا در برابر حمله یخ زدن به صورت اتفاقی کشف گردید. مشاهدات نشان دادند وقتی که از پیه گاو به عنوان ماده کمکی در آسیاب نمودن سیمان استفاده می شد، بتن ساخته شده با این سیمان دوام بیشتری از بتنی که به سیمان آن ماده کمک کننده اضافه نشده بود، داشت. انواع عمده مواد حبابزا عبارت اند از:

الف) نمک اسیدهای چرب مشتق از چربی‌های حیوانی و گیاهی و روغن‌ها (پیه گاو مثالی از مواد این گروه است)

ب) نمک‌های قلیایی صمغ‌های چوب

ج) نمک‌های قلیایی ترکیبات آلی سولفاته و یا سولفوناته

د) نمک‌های اسیدی ترکیبات پروتئینه[۱۱]

۱-۲- هدف تحقیق

دوام بتن به ویژه در مناطق سردسیر و گرم و خورنده، شبیه آنچه در سواحل جنوبی کشور و استان‌هایی نظیر آذربایجان، خراسان، همدان، چارمحال و بختیاری برقرار است از موضوعات مهم ساخت بتن بوده است. در سال‌های اخیر تعداد زیادی از سازه‌های بتنی در کشورهای مختلف دچار آسیب دیدگی یا خرابی زودرس شده‌اند.

خوردگی آرماتورهای فولادی در نتیجه نفوذ یونهای کلرید و کربناسیون بتن خصوصاً برای بتن‌های با کیفیت پایین مهمترین عاملی بود که برای این خرابی زودرس تشخیص داده شده است.

ترک خوردگی و پکیدگی بتن در اثر دوره‌های یخبندان و آب شدگی مکرر نیز یکی دیگر از عوامل تخریب بتن در مناطق سردسیر به شمار می‌رود.

کشور عزیزمان ایران نیز که شاهد استفاده گسترده از این مصالح در ساخت پروژه‌های عظیم صنعتی بوده است از این مورد مستثنی نبوده و در بعضی موارد شاهد خرابی بسیار زودرس سازه‌های بتنی حتی قبل از زمان بهره برداری بوده‌ایم.

در بررسی ۱۰۰ سازه بتن آرمه در خلیج فارس توسط Matta مشخص شد که عمر مفید این سازه‌ها ۱۰ تا ۲۰ سال خواهد بود در صورتیکه این سازه‌ها برای عمر مفید ۱۲۰ سال طراحی شده بودند.

مطالعات انجام شده توسط گروه‌های کارشناسی (CIRIA[۱]) نشان می‌دهد که از سال ۱۹۸۰ تاکنون، کیفیت سازه‌های بتنی و عمر مفید آنها در مناطق عربی حاشیه خلیج فارس افزایش یافته است [۱]. این پیشرفت احتمالاً با جمع‌آوری اطلاعات موجود و استفاده از راهنمائی‌های جامع در خصوص روش‌های صحیح انتخاب مصالح مناسب و روش‌های طراحی و اجرای صحیح شکل گرفته است. متأسفانه طی همین مدت، مشاهدات و گزارشها نشان می‌دهد که در ناحیه جنوبی کشور ما، هنوز سازه‌هایی با کیفیت اجرای ضعیف و عدم دقت کافی در مراحل انتخاب مصالح، روش‌های ساخت و بدون توجه به شرایط آب و هوایی منطقه احداث می‌شود به گونه‌ای که، سالیانه سرمایه‌های هنگفتی در این منطقه بر اثر ساخت و ساز نامناسب به هدر می‌رود.

عوامل متعددی بر خوردگی میلگرد مؤثر می‌باشند که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- نسبت آب به سیمان بتن
- وجود افزودنی‌ها در بتن (بخصوص میکروسیلس ، سرباره ، ...)
- نحوه عمل آوری رطوبتی
- شرایط محیطی بهره برداری

[۱]-Construction Industry Research and Information Association

- مواد پوششی روی بتن
- نوع سیمان (پوزولانی، سربارهای، میزان بعضی ترکیبات نظیر C_3A)
- وجود مواد پلیمری در بتن
- وجود حبابزاها
- دمای بتن در هنگام ریختن در قالب
- عیار سیمان
- حداکثر اندازه اسمی سنگدانه
- شرایط سطحی میلگرد (میزان زنگ زدگی که در ابتدا بر روی میلگرد وجود دارد)
- نوع میلگرد (از لحاظ جنس)
- میزان موادی نظیر رس ولای
- الیاف فولادی، پلیمری
- دانه بندی سنگدانه
- نحوه ریختن و متراکم کردن بتن
- ایجاد درز سرد
- دمای عمل آوری
- شکل سنگدانه‌ها و بافت سطحی آنها
- بتن ریزی در هوای گرم
- بتن ریزی با دمای زیاد

تاکنون بجز تاثیر حبابزاها بر دوام بتن در برابر یخبندان تحقیقات بسیار کمی بر روی اثر حبابزاها بر روی دوام بتن انجام شده است.

با توجه به گسترش خطوط راه، راه‌آهن و قطارهای شهری به مناطق مختلف کشور اعم از مناطق سردسیر نظیر تبریز و مشهد و مناطق جنوبی کشور و اهمیت دوام روسازی بتنی در شرایط محیطی، بررسی بتن‌هایی با درصدهای مختلف هوای کل و تأثیر آن بر پارامترهای دوام، از اهداف این تحقیق به شمار می‌رود.

اغلب تحقیقات به عمل آمده درخصوص تاثیر مواد حبابزا بر دوام بتن در برابر یخبندان می باشد، ور درخصوص تاثیر آنها بر پارامتر هایی نظیر جذب آب و به خصوص مقاومت ویژه الکتریکی بتن تحقیقی صورت نگرفته است که پروژه فعلی در این زمینه دارای نوآوری می باشد.

۱-۳- اصول کلی تحقیق

از آنجائیکه روش تحقیق بصورت آزمایشگاهی و تجربی است، با مشخص شدن اهداف و محدوده فعالیت پژوهشی، برنامه ریزی جهت ساخت آزمونه‌های آزمایشگاهی و انجام آزمایشهای مربوطه انجام شد.

در این تحقیق سعی شده است با ثابت نگه داشتن نسبت آب به سیمان، دانه‌بندی، حداکثر اندازه سنگدانه، نوع سیمان و سایر پارامترهای مؤثر، تنها با تغییر درصد هوای کل، رفتار بتن در خصوص جذب آب اولیه، جذب آب نهائی، جذب آب مویینه و مقاومت ویژه الکتریکی بررسی شود.

لذا با توجه به اینکه انتظار می‌رود با افزایش هوای کل اثرات مطلوب بر دوام بتن گذاشته شود، تلاش شده است پس از انجام آزمایش‌های این تحقیق اثر مقدار هوای بتن بر برخی از پارامترهای دوام بررسی شود.

البته ابتدا آزمایش‌های قابل انجام در تحقیق مشخص شدند. سپس در خصوص تهیه ملزومات آزمایش‌ها اقدام گردید و همزمان اطلاعات لازم برای انجام آنهاجمع آوری شد. سپس اقدامات لازم جهت تأمین مصالح مناسب انجام شد. در نهایت با معلوم بودن آزمایشها، تعداد آزمونه‌ها، نسبت‌های مناسب اختلاط و شرایط لازم برای عمل آوری بتن، اقدام به ساخت بتن و تهیه آزمونه‌ها در آزمایشگاه گردید.

با در نظر گرفتن زمان مورد نیاز برای انجام آزمایش‌های مختلف، انجام دقیق این آزمایش‌ها در دستور کار قرار گرفت. پس از انجام آزمایش‌ها نتایج به نحو مطلوب جمع آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به اهداف تحقیق، نتیجه گیری نهایی و پیشنهادها جهت تداوم ارائه شد.

۱-٤- تقسیم بندی فصول پایان نامه

این پایان نامه علاوه بر چکیده مطالب، شامل فصولی به شرح زیر می‌باشد:

۱-٤-۱ – مقدمه

این فصل به معرفی پایان نامه می‌پردازد و شامل بخش‌های تاریخچه بتن، اهداف تحقیق، روش تحقیق و برنامه مطالعات و نهایتاً تقسیم بندی پایان نامه و تعریف فصول می‌باشد.

۱-٤-۲- جمع آوری اطلاعات

در این فصل ابتدا شرایط مهاجم و خورنده‌ای که در آب‌های خلیج فارس و شرایط نواحی سردسیر وجود دارد مطالبی بیان شده است. سپس به بررسی ساختار فیزیکی و شیمیایی بتن و مکانیزم‌های انتقال مواد در بتن پرداخته شده است. در ادامه این فصل انواع آسیب دیدگی بتن، مکانیزم یخ زدن بتن، مکانیزم‌های خوردگی میلگردها، عوامل مؤثر بر خوردگی و آزمایش‌های مربوط به دوام بیان شده است.

۱-٤-۳ - مصالح مصرفی و برنامه آزمایشگاهی

در این فصل ابتدا به معرفی مصالح مصرفی اشاره شده است. سپس نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی مصالح مصرفی و ویژگی‌های آنها، مشخص کردن برنامه کار آزمایشگاهی شامل نوع آزمایش‌ها، اندازه و شکل، و تعداد آزمونه‌ها و تعداد مخلوط‌های بکار گرفته شده در این فصل ارائه شده است. نحوه نامگذاری مخلوط‌های بتنی، اصول انتخاب مخلوط‌ها، فرضیات و داده‌های بکار رفته در تعیین نسبت اختلاط، مقادیر و نسبت‌های مخلوط‌های بتن مصرفی و در نهایت شرح مختصر از آزمایش‌های انجام شده، تشکیل دهنده مطالب این فصل است.

۱-٤-۵ – نتایج آزمایش‌ها

در این فصل نتایج آزمایش‌های کارایی، درجه تراکم پذیری بتن تازه، درصد هوای بتن تازه، مقاومت فشاری، جذب آب نهایی، جذب آب موئینه بتن، مقاومت ویژه الکتریکی بتن به صورت جدول، نمودار و منحنی‌های مختلف ارائه می شود. در رابطه با این نتایج توضیح مختصری نیز در این فصل مطرح می‌گردد.

۱-٤-۵ - تجزیه و تحلیل نتایج

در این فصل به تجزیه و تحلیل نتایج حاصله از آزمایش‌های مورد نظر و مندرج در فصل چهارم پرداخته می‌شود.

۱-٤-٦- نتیجه گیری نهایی و پیشنهاد

با توجه به اطلاعات و نکاتی که در فصل‌های اول تا چهارم ذکر شد و با توجه به بررسی‌ها و نتیجه گیری‌هایی که در فصل پنجم صورت گرفته است، خلاصه نتایج این تحقیق در فصل ششم بیان شده است. در خصوص تداوم این تحقیق و مشخص شدن زوایای بیشتری از تأثیر حبابزاها بر بتن، پیشنهادهایی مطرح شده که در انتهای این فصل آمده است.

از آنجایی که روش مطالعه در این تحقیق به صورت آزمایشگاهی بوده است، با ارائه تصاویری از مراحل انجام آزمایش‌ها و برخی از جداول در قالب پیوست، به تشریح کامل تر فعالیت‌های انجام شده پرداخته‌ایم.

فهرست منابع نیز در پایان جلد اول ذکر شده است. در جلد دوم دستورالعمل‌های آزمایش‌های انجام شده آورده شده است.

فصل دوم: جمع‌آوری اطلاعات

۲-۱- مقدمه

بتن خوب تحت انواع وسیعی از شرایط محیطی متنوع، ماده‌ای نسبتاً با دوام است. اصولاً در هر سازه بتنی لازم است عملکردی که برای آن در نظر گرفته شده است تداوم یابد، به این معنا که مقاومت و بهره‌دهی آن در عمر مشخصی که برای آن منظور شده است، حفظ گردد. عمرخدمت‌دهی طولانی مترادف با دوام در نظر گرفته می‌شود. بر طبق تعریف کمیته ۲۰۱ انستیتوی بتن آمریکا، دوام بتن سیمان پرتلند به توانایی آن برای مقاومت در برابر عوامل هوازدگی، حمله شیمیایی، سایش، و یا هر فرآیندی که موجب آسیب دیدگی شود، گفته می‌شود. بنابراین بتن بادوام، بتنی است که شکل اولیه، کیفیت و قابلیت خدمت دهی خود را در شرایط محیطش حفظ کند.

آنچه مسلم است دوام بتن به معنای عمر بینهایت آن نیست و همچنین به این معنی نیست که بتن می‌تواند هرگونه شرایطی را تحمل کند. اصولاً هیچ مصالحی ذاتاً با دوام نیست و در نتیجه عوامل محیطی، ریز ساختار مصالح، متعاقب آن، خواص این مصالح با گذشت زمان تغییر می‌کند. یک ماده وقتی به پایان عمر خدمت‌دهی خود می‌رسد که، خواصش، تحت شرایط مفروض استفاده از آن، به حدی آسیب دیده باشدکه ادامهٔ استفاده از مصالح نا ایمن یا غیر اقتصادی شناخته شود.

در بسیاری از شرایط محیطی، دوام از اهمیت فوق العاده برخوردار است. تا سال‌های اخیر پیشرفت‌های بدست آمده در زمینه تکنولوژی سیمان و بتن عمدتاً بر دستیابی به بتن با مقاومت‌های زیاد و زیادتر متمرکز بودند. اصولاً این تصور وجود داشت که «بتن با مقاومت، بتنی با دوام است». تنها ملاحظات خاصی که اعمال می‌شد در مورد اثر یخزدگی و آب شدن متناوب و برخی از انواع حمله شیمیایی بود. امروزه مشخص شده است که برای بسیاری از شرایط رویارویی سازه بتنی، لازم است در مراحل طراحی و اجرا، هر دو خاصیت «مقاومت» و «دوام» کاملاً در نظر گرفته شوند.

ممکن است بتنی ساخته شود که مقاومت کافی را داشته باشد اما در برخورد با شرایط محیطی از لحاظ دوام ناکارآمد باشد. طبیعی است که عکس این مطلب نیز صحیح است، یعنی بتنی که دوام مناسبی دارد لزوماً به معنی داشتن مقاومت کافی نیست و لذا تاکید می‌شود که «مقاومت» و «دوام» توأماً باید مورد توجه قرار گیرند.

ساختن رویه راه با بتن از پایان قرن نوزدهم آغاز شد. در آن زمان چون جنس سیمان نامناسب بوده و در حجم زیاد تولید نمی‌شد و تکنولوژی بتن سازی هم در ابتدای کار بوده، رویه‌های بتنی گسترش چندانی نیافت. در جنگ جهانی اول با بکارگیری ارابه‌های موتوری در میدان‌های نبرد و نیز استفاده از خودروها و بارکش‌های سنگین، نیاز به رویه‌های بتنی در راهسازی را افزایش داد. از آن زمان تا پایان جنگ جهانی دوم پژوهش‌های زیادی در مورد جنس راه و ضخامت لایه رویه، روش ساختن، فولادگذاری، ایجاد درز و نگهداری راه‌های بتنی و غیره صورت گرفت که همواره بر اساس فرضیات ضعیف بتنی بوده است. بطوریکه امروزه کمتر از روش‌های قبل از سال ۱۹۶۰ بهره گیری می‌شود. با پیشرفت‌های حاصله در این زمینه روش‌های مطلوبی چه بصورت آزمایشگاهی و چه بصورت تئوری بدست آمده است.

جاده آزمایشی مری لند در سال ۱۹۴۹ میلادی بعنوان پروژه تحقیقاتی به اجرا در آمد و رویه بتنی به عرضهای ۷ و ۹ متر و طول ۱/۱ مایل با درزهای انقباضی ۱۲ متری و درزهای انبساطی ۳۶ متر که بوسیله توری فلزی مسلح گردیده بود احداث گردید.

در خطوط ریلی عموما از بالاست بعنوان سیستم روسازی استفاده می‌شود. در داخل تونل‌ها به جهت محدودیت فضا برای عملیات تعمیر و نگهداری از بتن بعنوان سیستم روسازی استفاده می‌شود. در محل ایستگاه‌ها نیز از بتن بجای بالاست استفاده می‌شود[۴].

در خطوط ریلی درون شهری اعم از مترو و تراموا از بتن بعنوان سیستم روسازی استفاده می‌شود. در خطوط ریلی زیر زمینی به جهت محدودیت‌های تعمیر و نگهداری نیز از بتن در سیستم روسازی استفاده می‌شود.

۲-۲- محیط مهم ترین علل آسیب دیدگی

ممکن است سازه‌ای بتنی در محیطی ۵۰ سال عمر مفید داشته باشد، اما همان سازه (همان مصالح و نحوه ساخت) در محیط دیگر فقط ۵ سال عمر کند. از میان انواع مصالح ساختمانی شاید بتوان گفت که بتن تنها ماده‌ای است که ساختار فیزیکی و ساختار سازه‌ای آن تابع شرایط محیط است. وجود عناصر

مخرب مانند کلر در محیط سبب آسیب دیدگی میلگرد شده و متعاقب آن به بتن آسیب رسانده و از عمر مفید آن به مقدار قابل توجهی می‌کاهد[۳].

۲-۳- ریز ساختار و نفوذ سیالات در بتن

ساختار بتن را می‌توان به دو دسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم نمود. ساختار شیمیایی بتن، در واقع واکنش‌های شیمیایی (هیدراسیون) است که بین سیمان و آب انجام می‌گردد. ساختار فیزیکی یا به عبارت دیگر، ریزساختار شامل منافذ موجود در بتن است. بتن دارای منافذ گوناگون در اندازه‌های مختلف می‌باشد.

به طور کلی، خمیر سیمان هیدراته شده شامل سه سیستم مهم است:

۱- سیستم جامد

۲- سیستم منافذ

۳- سیستم محلول در منافذ

سیستم‌های جامد و محلول در منافذ مربوط به ساختار شیمیایی و سیستم منافذ محدود به ساختار فیزیکی بتن می‌باشد. سیستم جامد در واقع محصولات هیدراسیون است که شامل ژل C - S - H، هیدروکسید کلسیم و فازهای آلومینات و فریت است.

سیستم منافذ شامل منافذ ژل است که اندازه آن‌ها بسیار کوچک، در حدود ۴۰ mm و منافذ موئین که نسبتاً بزرگترند و اندازه آنها حدود ۵۰۰ nm – ۲۰۰ است. به علاوه منافذ دیگری نیز وجود دارند که اندازه آن‌ها بزرگتر از منافذ موئین است که در نتیجه تراکم ناقص بتن ایجاد می‌شود.

بخشی یا تمام سیستم منافذ با محلول پر می‌گردد، که این محلول عمدتاً شامل هیدروکسید سدیم NaOH، هیدروکسید پتاسیم KOH، هیدروکسید کلسیم $Ca(OH)_2$ است[۹و۱۰].

۲-۳-۲- ساختار فیزیکی بتن

اگر سیمان‌های پرتلند پس از انجام هیدراسیون بطور کامل در شرایط معمولی درنظر گرفته شوند، ۱۰۰گرم سیمان با ۲۳ گرم آب واکنش می‌کند. بعبارت دیگر نسبت آب به سیمان ۰/۲۳ برای انجام هیدراسیون کافی است. ولی برای کسب کامل هیدراسیون و همچنین برای کارایی مناسب بتن، نیاز به مقدار بیشتری آب است.

۲-۳-۳- منافذ و تخلخل

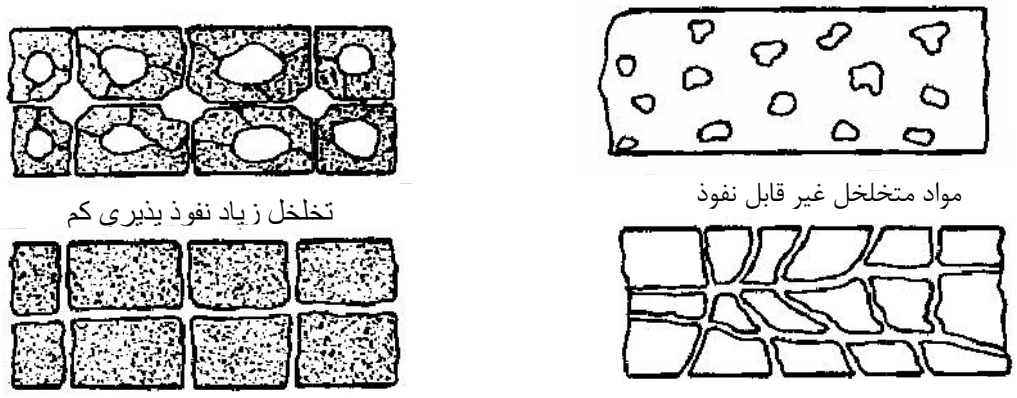
در یک سیستم خمیر سیمان که به طور کامل هیدراته شده است، ۵۰ تا ۶۰ درصد کل حجم جامد را کریستال‌های C-S-H اشغال می‌کند، ۲۵ درصد حجم از کریستال‌های CH و بقیه حجم جامد از کریستال‌های سوزنی شکل اترینگایت و ورق‌های نازک شش ضلعی منوسولفات و ذرات سیمان هیدراته نشده تشکیل می‌شود.

در کنار فازهای جامد ذکر شده، انواع منافذ به اندازه ۱nm تا ۱ mm در خمیر سیمان موجود است. کوچکترین منافذ بین لایه های ساختار C-S-H قرار دارد که اندازه آن‌ها بین ۰/۵ تا ۲/۵ nm است. منافذ ژل به اندازه‌ای کوچک هستند که عملاً تاثیری در مقاومت و نفوذ پذیری ندارند.

منافذ بزرگتری در خمیر سیمان هیدراته شده موجود است که به منافذ موئین موسوم می‌باشند. اندازه منافذ موئین بین ۱۰ nm تا ۱ Mm است[۱۱].

کل حجم منافذ موئین موسوم به تخلخل است و معمولاً برای مقیاس کیفیت بتن از مقدار تخلخل استفاده می‌شود. ارتباط بین منافذ موئین نقش تعیین کننده‌ای در نفوذپذیری و دوام دارد. در واقع منافذی که مستقل و بدون ارتباط به یکدیگر هستند، اثری در نفوذپذیری ندارند و در شکل (۲-۱) رابطه بین ارتباط منافذ بر نفوذپذیری نشان داده شده است[۱۰و۱۲].

حجم منافذ موئین تابع نسبت آب به سیمان می‌باشد. بعبارت دیگر، مقدار آب اولیه خمیر سیمان و درجه هیدراسیون بر حجم و خصوصیات منافذ موئین اثر می‌گذارد. هرچه نسبت آب به سیمان بیشتر باشد حجم منافذ موئین افزایش می‌یابد [۵].



شکل ۲- ۱- رابطه بین ارتباط منافذ وبر نفوذ پذیری[۳]