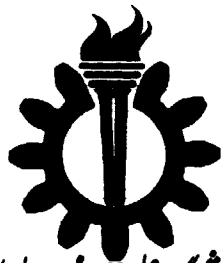


۱۳۸۰ / ۸ / ۲۰



دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

ارزواطلاعات در آرد علم ایران  
توسعه عمران

## جمع شدگی ملاتهای تعمیری

علی کشاورزی

اساتید راهنما:

دکتر رضا عباس نیا

دکتر پرویز قدوسی

۳۲۶۵۷

همین ماه ۱۳۷۹

013:78

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم به پاس فداکاریها و زحمات بی دریغشان و همه آنانی که  
دوستشان دارم.

مرکز اطلاعات و آرکای علمی ایران  
تجربیه آرک

## چکیده

با توجه به اهمیت جمع شدگی در رفتار ملات های تعمیری، در این پروژه جمع شدگی در حالت آزاد و مقید شش نوع ملات تعمیری مورد آزمایش قرار گرفته است. تاثیر متغیرهایی از قبیل وجود میکروسیلیس، وجود لاتکس، پودرهای جبران کننده جمع شدگی و نسبت آب به سیمان و نوع سنگدانه مورد توجه بوده است.

برای جمع شدگی در حالت مقید، چهار سطح تماس مختلف در نظر گرفته شده است. همچنین برای هر یک از سطوح تماس، میزان جمع شدگی در سه ناحیه مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

روز اول اندازه گیری جمع شدگی، روز پایان عمل آوری بوده است پس از آن برای دو ماه هر هفته یک اندازه گیری انجام شده است.

بر روی نمونه های ساخته شده از ملات های مختلف، دو آزمایش مقاومت کششی و فشاری در سنین ۴ و ۱۴ و ۲۸ روز و دو ماه انجام شده است.

طبق نتایج بدست آمده استفاده از لاتکس به میزان ۱۵ درصد باعث افزایش جمع شدگی شده است. مصرف ۷ درصد میکروسیلیس باعث کاهش جمع شدگی شده است. همچنین استفاده از ماسه سیلیسی باعث کاهش جمع شدگی شده است. با کاهش نسبت آب به سیمان از ۰/۳۴ به ۰/۳، جمع شدگی کاهش یافته است. استفاده از پودرهای جبران کننده نیز باعث کاهش جمع شدگی شده است.

بررسی سطوح مختلف در حالت مقید نشان می دهد که خراشدار بودن سطوح باعث کاهش جمع شدگی مقید شده است. وجود تکیه گاه جانبی نیز باعث کاهش جمع شدگی مقید شده است. نسبت جمع شدگی مقید به جمع شدگی آزاد حدود ۰/۴-۰/۳ بوده است.

## سپاس گذاری

باسپاس و قدردانی فراوان از آقایان دکتر رضا عباس نیا و دکتر پرویز قدوسی که در کلیه مراحل از نظرات ارزشمند ایشان جهت انجام این پروژه استفاده نمودم با تشکر فراوان از آقایان ترکاشوند و یوسفی ، مسئولان محترم آزمایشگاه تکنولوژی بتن دانشکده مهندسی عمران دانشگاه علم و صنعت ایران که نهایت همکاری را مبذول داشته اند.

بر خود لازم می بینم که از زحمات خالصانه تمامی اساتید و کارکنان بخش مهندسی عمران ، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم .

## فصل اول - مقدمه

۲	۱-۱- اهمیت موضوع
۲	۱-۲- تاریخچه
۴	۱-۳- هدف پروژه
۴	۱-۴- فرضیات پروژه و مطالعات آزمایشگاهی انجام شده
۵	۱-۵- سر فصل ها

## فصل دوم جمع شدگی ملاتهای تعمیری

۷	۲-۱- ویژگی های انواع مصالح تعمیری
۸	۲-۱-۱- ملات تعمیری با پایه سیمانی
۸	۲-۱-۱-۱- اثر مواد افزودنی در ملات تعمیری
۹	۲-۱-۱-۲- میکرو سیلیس و اثر آن در بتن و ملات تعمیری
۱۱	۲-۱-۱-۳- ملاتهای سیمانی اصلاح شده با پلیمر
۱۷	۲-۲- انواع جمع شدگی
۱۸	۲-۲-۱- جمع شدگی خمیری
۱۹	۲-۲-۲- جمع شدگی خودزا
۲۰	۲-۲-۳- جمع شدگی کربناسیون
۲۱	۲-۲-۴- جمع شدگی خشک
۲۲	۲-۳- مکانیزم جمع شدگی
۲۲	۲-۳-۱- آب در ساختار خمیر سیمان

- ۲۴ ۲-۳-۲ - فشار بخار ، رطوبت نسبی
- ۲۵ ۲-۳-۳ - جمع شدگی برگشت پذیر
- ۲۸ ۲-۳-۴ - مکانیزم جمع شدگی برگشت ناپذیر
- ۲۹ ۴-۴ - عوامل موثر بر جمع شدگی
- ۲۹ ۲-۴-۱ - عوامل مربوط به بتن
- ۲۹ ۲-۴-۱-۱ - اثر سنگ دانه
- ۲۹ ۲-۴-۱-۱-۱ - حجم سنگدانه
- ۳۰ ۲-۴-۱-۱-۲ - خواص الاستیسیته سنگدانه ها
- ۳۳ ۲-۴-۱-۱-۳ - اندازه و دانه بندی سنگدانه ها
- ۳۳ ۲-۴-۱-۲ - اثر سیمان
- ۳۴ ۲-۴-۱-۳ - اثر مواد افزودنی جبران کننده جمع شدگی :
- ۳۵ ۲-۴-۱-۴ - اثر لاتکس
- ۳۶ ۲-۴-۱-۵ - اثر میکروسیلیس
- ۳۷ ۲-۴-۱-۶ - اثر مواد افزودنی
- ۳۸ ۲-۴-۱-۷ - اثر مقدار آب و نسبت آب به سیمان
- ۴۰ ۲-۴-۲ - عواملی که مربوط به شرایط بیرون بتن است
- ۴۰ ۲-۴-۲-۱ - اثر عمل آوری
- ۴۱ ۲-۴-۲-۲ - اثر رطوبت نسبی
- ۴۳ ۲-۴-۲-۳ - اثر شکل و اندازه
- ۴۶ ۲-۴-۲-۴ - شدت خشک شدگی

- ۴۶ ۲- ۵- ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی
- ۴۸ ۲- ۶- روش تعیین عملکرد ملات از نظر جمع شدگی در آزمایشگاه

## فصل سوم- برنامه آزمایشگاهی

- ۵۱ ۳- ۱- مصالح مورد استفاده
- ۵۱ ۳- ۱- ۱- سیمان
- ۵۱ ۳- ۱- ۲- سنگدانه
- ۵۲ ۳- ۱- ۳- میکرو سیلیس
- ۵۲ ۳- ۱- ۴- لاتکس
- ۵۳ ۳- ۱- ۵- فوق روان کننده
- ۵۳ ۳- ۱- ۶- پودر منبسط کننده
- ۵۳ ۳- ۱- ۷- آب
- ۵۳ ۳- ۲- برنامه ریزی اولیه آزمایش ها
- ۵۴ ۳- ۲- ۱- مشخصات ملاتهای ساخته شده
- ۳- ۳- شکل و تعداد نمونه ها ، محیط نگهداری و عمل آوری ،
- ۶۰ سنین آزمایش
- ۶۰ ۳- ۴- شرح آزمایشها
- ۶۱ ۳- ۴- ۱- آزمایش جمع شدگی آزاد
- ۶۱ ۳- ۴- ۲- جمع شدگی مقید
- ۶۱ ۳- ۴- ۳- مقاومت کششی



۶۱ ۳ - ۴ - ۴ - مقاومت فشاری

## فصل چهارم - نتایج آزمایشهای انجام شده

۶۳ ۴ - ۱ - مقاومت کششی

۶۵ ۴ - ۲ - مقاومت فشاری

۶۷ ۴ - ۳ - جمع شدگی آزاد

۷۰ ۴ - ۴ - جمع شدگی مقید

## فصل پنجم - تحلیل و تفسیر نتایج

۷۶ ۵ - ۱ - تجزیه و تحلیل نتایج مقاومت کششی

۷۸ ۵ - ۲ - تجزیه و تحلیل نتایج مقاومت فشاری

۸۰ ۵ - ۳ - تجزیه و تحلیل نتایج جمع شدگی آزاد

۸۳ ۵ - ۴ - تجزیه و تحلیل نتایج جمع شدگی مقید

۸۸ ۵ - ۵ - بررسی روابط جمع شدگی مقید بر حسب جمع شدگی آزاد

## فصل ششم - نتیجه گیری

۹۱ ۶ - ۱ - نتیجه گیری و جمع بندی

۹۲ ۶ - ۲ - ارائه پیشنهادات و زمینه های ادامه پروژه

۹۳ منابع و مراجع

## فصل دوم

- جدول ۲-۱ - مقایسه ترکیبات سیمان و میکرو سیلیس بر حسب درصد ۱۰
- جدول ۲-۲ - اثر فوق روان کننده بر روی جمع شدگی ۳۷
- جدول ۲-۳ - نمونه ای از مقادیر جمع شدگی نمونه های ۳۸
- ملات و بتن با نسبت های مختلف w/c

## فصل سوم

- جدول ۳-۱ - دانه بندی ماسه طبق ACI C33 ۵۲
- جدول ۳-۲ - مشخصات ملات های ساخته شده ۵۵
- جدول ۳-۳ - طرح اختلاط ملاتها ۵۶
- جدول ۳-۴ - ابعاد و تعداد نمونه ها ۵۸

## فصل چهارم

- جدول ۴-۲ - نتایج مقاومت فشاری ملاتهای مختلف ۶۶

## فصل دوم

- شکل ۲-۱ - بلافاصله بعد از مخلوط شدن ۱۳
- شکل ۲-۲ - روند واکنش لاتکس در دومین مرحله ۱۳
- شکل ۲-۳ - روند واکنش لاتکس در سومین مرحله ۱۴
- شکل ۲-۴ - روند واکنش لاتکس در ساختار سخت شده ۱۴
- شکل ۲-۵ - تصاویر میکروسکوپی شکل گیری فیلم پلیمری ۱۵
- در ملات اصلاح شده با لاتکس ۱۵
- شکل ۲-۶ - مدل C-S-H ۲۳
- شکل ۲-۷ - وضعیت مولکول A, B, C در کشش سطحی ۲۸
- شکل ۲-۸ - جمع شدگی خشک خمیر سیمان و ملات و بتن با نسبت  $w/c=0.4$  در 50% رطوبت نسبی بر حسب حجم سنگدانه ۲۹
- شکل ۲-۹ - جمع شدگی خشک بر حسب حجم سنگدانه در رطوبت نسبی 50 درصد ۳۰
- شکل ۲-۱۰ - رابطه بین جمع شدگی خشک نهایی بتن و مدول الاستیسیته سنگدانه مصرفی ۳۱
- شکل ۲-۱۱ - رابطه بین جمع شدگی حاصل از خشک شدن پس از دو سال و مدول الاستیسیته بتن ۳۲
- شکل ۲-۱۲ - جمع شدگی بتن های با نسبت های مخلوط ثابت ولی حاوی سنگدانه های مختلف ۳۲
- شکل ۲-۱۳ - نمای تصویری تغییرات طول بتنهای حاوی سیمان های با جمع شدگی جبران شده و سیمان پرتلند ۳۵
- شکل ۲-۱۴ - جمع شدگی به صورت تابعی از سن بتن و مقدار پلیمر ۳۶

- شکل ۲-۱۵ - جمع شدگی آزاد مخلوط های مختلف بتن  
۳۶
- شکل ۲-۱۶ - الگوی جمع شدگی به عنوان تابعی از نسبت آب به سیمان و مقدار آب و سیمان  
۳۹
- شکل ۲-۱۷ - تاثیر نسبت آب به سیمان و مقدار سنگدانه بر جمع شدگی  
۴۰
- شکل ۲-۱۸ - جمع شدگی خشک نهایی ملات و خمیر سیمان در مقابل رطوبت نسبی  
۴۲
- شکل ۲-۱۹ - رابطه بین جمع شدگی و زمان برای بتن های نگهداری شده در رطوبت های نسبی مختلف  
۴۲
- شکل ۲-۲۰ - جمع شدگی خشک نمونه های نازک و منشوری در مقابل زمان خشک شدگی برای خمیر  
۴۳
- شکل ۲-۲۱ - جمع شدگی نمونه های منشوری و سیلندری دز مقابل زمان خشک شدگی برای بتن  
۴۴
- شکل ۲-۲۲ - جمع شدگی در مقابل زمان خشک شدگی به ازای نسبت های مختلف  $V/S$   
۴۵
- شکل ۲-۲۳ - جمع شدگی در مقابل زمان خشک شدگی به ازای نسبت های مختلف  $V/S$   
۴۵
- شکل ۲-۲۴ - شکل شماتیک توسعه ترک وقتی که تنش کششی ناشی از جمع شدگی مهار شده توسط خزش از بین می رود  
۴۸

## فصل سوم

- شکل ۳-۱ - شکل نمونه مقید حالت ۱ ( سطح خراشدار است )  
۵۹
- شکل ۳-۲ - شکل نمونه مقید حالت ۲ ( سطح صاف می باشد )  
۵۹
- شکل ۳-۳ - شکل نمونه مقید حالت ۳ ( سطح خراشدار می باشد )  
۵۹
- شکل ۳-۴ - شکل نمونه مقید حالت ۴ ( سطح صاف می باشد )  
۵۹

## فصل چهارم

- شکل ۴-۱ تا ۴-۴ نتایج آزمایشات مقاومت کششی ۶۴
- شکل ۴-۵ تا ۴-۱۰ نتایج آزمایشات جمع شدگی آزاد ۶۸
- شکل ۴-۱۱ تا ۴-۱۹ نتایج آزمایشات جمع شدگی مقید ۷۲

## فصل پنجم

- شکل ۵-۱ تا ۵-۵ مقایسه مقاومت کششی ملاتهای مختلف ۷۷
- شکل ۵-۶ تا ۵-۹ مقایسه مقاومت فشاری ملاتهای مختلف ۷۹
- شکل ۵-۱۰ تا ۵-۱۴ مقایسه جمع شدگی آزاد ملاتهای مختلف ۸۱
- شکل ۵-۱۵ تا ۵-۲۳ مقایسه جمع شدگی مقید ملاتهای مختلف ۸۵
- شکل ۵-۲۴ تا ۵-۲۵ رابطه بین جمع شدگی مقید و آزاد ۸۹

# فصل اول

## مقدمه

## ۱ - ۱ - اهمیت موضوع

وجود شرایط آب و هوایی متنوع در نقاط مختلف کشور، سبب ایجاد خرابی های متفاوتی در سازه های بتنی شده است. بخصوص در نواحی ساحلی جنوب، کلر باعث شده تا سازه های بتنی از دوام و عمر کافی برخوردار نباشند. این مسئله باعث شده تا بحث تعمیر، مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

مشکل عمده تعمیر سازه های بتنی، ناسازگاری ملات تعمیری و بتن پایه می باشد. از مهمترین عوامل در تعیین مواد تعمیری برای بتن آسیب دیده، حصول پیوستگی بین مواد تعمیری و بتن پایه می باشد. برای حفظ یکپارچگی، باید بین خواص مکانیکی و فیزیکی مصالح تعمیری و بتن پایه سازگاری برقرار باشد. از جمله این خواص می توان به مقاومت، جمع شدگی، مدول الاستیسیته و خزش و ضریب انبساط حرارتی و ... اشاره نمود.

به این دلیل، مسئله تعمیر بتن نظر اکثر کار شناسان و دست اندر کاران را به خود جلب کرده است و این امر شناخت خواص بتن، تکنولوژی و کاربرد صحیح آن را برای عمر مفید طراحی شده، ضروری می سازد.

## ۱ - ۲ - تاریخچه

یکی از موارد بسیار مهمی که در ملات های تعمیری باید به آن توجه شود مسئله جمع شدگی ملات های تعمیری می باشد که با وجود تحقیقات وسیع انجام گرفته بر روی آن، کلیه ابعاد آن به درستی مشخص نمی باشد. از جمله تحقیقات انجام شده،