دانشگاه گیلان

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی تاثیر استفاده از مصالح رودخانه ای و شکسته در بتن خودتراکم و نقش انواع پوزولان و فیبر بر آن

از:

محسن جهانی

استادان راهنما:

دکترعلی صدر ممتازی

دکتر سید حسین قاسمزاده موسوی نژاد

اسفند۱۳۹۱

تقدیر نامه

خداوند بزرگ را سپاس می گویم که روحش را در جسممان دمید تا بر روی زمینی که جسم از آن بر آمده است مدت زمانی را به زندگی بپردازیم.سختی ها و مصیبت هایی که همواره در طول زندگی همراهمان هستند اما چیزی از شیرینی زندگی نمی کاهند.تلاش برای اوج گرفتن و تلاش برای رسیدن به نقطه ای از معنویت که بتواند ما را از لحاظ روحی به کمال برساند در وجود همه ی انسان هاست.علم نیز تلاشی برای رسیدن به کمال است.راهی برای شناخت بهتر فلسفه ی وجودی هرچیز و به کمال رساندن آن و همچنین راهی برای درک بهتر هستی و خالق هستی.همه ی ما انسان ها می توانیم سهمی هرچند کوچک در تولید علمی داشته باشیم که به دید ما و آیندگان وسعت ببخشد و در نتیجه درک ما را از خالق بزرگمان افزایش دهد.

لازم می دانم در انجام این پایان نامه ی علمی از تمام کسانی که بطور مستقیم و غیر مستقیم من را یاری نمودند کمال تشکر را داشته باشم.از پدر و مادر عزیزم که در دوره ی انجام آزمایش های مربوطه، مانند تک تک لحظات زندگی ام پشتیبان و تکیه گاهم بودند متشکرم.از استادان راهنمای عزیزم،آقایان دکتر علی صدر ممتازی و دکتر سید حسین قاسمزاده موسوی نژاد که در طول این مدت بی دریغ از تجربیات خود در اختیار بنده قرار داده و مرا یاری نمودند تا این مهم به بهترین شکل ممکن به انجام برسد نهایت تشکر و قدردانی را دارم و امیدوارم همواره در طول زندگیم بتوانم از مساعدت و راهنمایی های این بزرگواران استفاده نمایم.از استادان گرامی،دکتر رحمت مدندوست و دکتر عطاء الله حاجتی مدارایی به عنوان استادان داور که زحمت بازبینی پایان نامه را کشیده و با نکات ارزشمند و علمی خود به هرچه پربارتر شدن این پایان نامه کمک نمودند نیز کمال تشکر و قدردانی را دارم.در نهایت از مسئولین محترم کارگاه های گروه عمران دانشکده فنی دانشگاه گیلان،سرکار خانم مهندس جعفری،آقایان سرمست،کاتبی و جهانگیری که در طول مدت انجام آزمایش ها از همراهی بی دریغ این بزرگواران بهره مند بودم،کمال تشکر و قدردانی را دارم.

این پایان نامه قدم کوچکی در اعتلای علمی مقوله ی بتن می باشد.امید است نتایج علمی بدست آمده در تمام زمینه ها در جهت پیشرفت و تعالی میهن عزیزمان ،ایران بزرگ،بکار گرفته شود .

چکیده

بررسی تاثیر استفاده از مصالح رودخانه ای و شکسته در بتن خودتراکم و نقش انواع پوزولان و فیبر بر آن

بتن خودتراکم بتنی است که بدون نیاز به ویبره تحت اثر وزن خود متراکم می شود و در قالب به راحتی جریان می یابد و تمام گوشه های آن را پر می کند.وقتی که تراکم آرماتور در قالب بالا باشد، ویبره نمودن بتن معمولی یک مشکل بزرگ خواهد بود.از این رو بتن خود تراکم بنا به خاصیتی که دارد،باید قابلیت جریان مناسب بین آرماتورها و پر کردن تمام گوشه های قالب را داشته باشد.بتنی که نیاز به ویبره نداشته باشد چالش بزرگی در ساختمان سازی است از آنرو که این بتن باید همزمان،هم خاصیت روانی بالا و هم پیوستگی دانه بندی خود را حفظ کند.

در بسیاری موارد جایگزینی مواد سیمانی به بهبود این مشکلات و بهبود روانگرایی بتن کمک می کند.از جمله مواد سیمانی جایگزین می توان به خاکستر بادی،دوده سیلیس،خاکستر پوسته شلتوک برنج ،سرباره و پودر سنگ آهک اشاره کرد.در پروژه ی پیش روی از دو نوع ماده ی پوزولانی دوده سیلیس و خاکستر پوسته ی شلتوک برنج با ترتیب درصدهای ۱۰ و ۲۰درصد جایگزین سیمان استفاده شده است.آزمایش های مکانیکی فشاری،کششی،خمشی و آزمایش های سرعت عبور امواج (التراسونیک)، انبساط و انقباض و آزمایش جذب آب نهایی بر روی تمامی طرح های اختلاط انجام شده است.تمامی طرح ها با دو نوع سنگ دانه های گردگوشه (رودخانه ای) و شکسته شده بصورت مجزا ساخته شده اند.۹ طرح اختلاط برای سنگدانه های رودخانه ای و ۹ طرح برای سنگدانه های شکسته شده انجام شد.همچنین از دو نوع الیاف مختلف پلی پروپیلن و فولادی نیز جهت بررسی تاثیرشان بر خواص مختلف مکانیکی و غیر مکانیکی نمونه ها در حضور پوزولان ها و در عدم حضور پوزولان ها استفاده شده است.مقایسه های متنوع در این خصوص انجام شده است.

کلید واژه ها: بتن خودتراکم ، بتن الیافی، الیاف پلی پروپیلن،الیاف فولادی،دوده سیلیس،خاکستر پوسته شلتوک برنج.

Abstract

The Investigation Of Effects Of Rounded Aggregate And Broken Aggregate On Self-Compacting Concrete, And Effects Of Use Of Different Pozzolans And Fibers On It

Self compacting concrete is a kind of concrete that compact under his own weight and flow easily on all of the corners of molds and full up the molds without ay vibrate.there is a big problem with very compression reinforcement.the need of vibration of the ordinary concrete is inevitable.hence self-compacting concrete should have some factors as suitable flowability among the reinforcement to fill up all the corners of molds.of course it should preserve its own aggregate adherence.

Replacing a percentage of cement of concrete with pozzolans results a lot of good effects of concrete.some of the cement replacements are fly ash,silica fume,rice husk and slag and …

In this project two kind of pozzolans as silica fume and rice husk ash are used in some mixes with replacement of cement in percentage of 10% and 20%.some tests such as compressive strength,tensile strength,flexural strength,ultrasonic test,expansion and shrinkage tests and water absorption had been performed and the results are registered.all of the mixtures had made with rounded aggregate and broken aggregate separately.at all 9 mixtures had made with rounded aggregate and 9 mixtures had made with broken aggregate.of course two kind of fibers are used in some mixtures.the effects of the shapes of the aggregate in the concrete and the effects of use of pozzolans and fibers on concrete are examined.

Key words: selfcompacting concrete , silica fume, rice husk ash, rounded aggregate, broken aggregate, polypropylene fibers, steel fibers

فهرست عناوین

۱.فصل اول : بتن خودتراکم ۱
۱-۱.مقدمه ۲
۱-۲.تاریخچه بتن خودتراکم ۲
۱-۳.موارد مطرح استفاده از بتن خودتراکم ۴
۱-۴.مزایا و معایب بتن خودتراکم ۸
۱-۴-۱.مشکلات استفاده از بتن خود متراکم ۹
۱-۴-۲.محدودیت های استفاده از بتن خودتراکم ۹
۱-۵.کاربردهای استفاده از بتن خودمتراکم ۹
۱-۶.مواد تشکیل دهندۀ بتن خودتراکم ۱۰
۱-۷.خصوصیات ویژه بتن خود تراکم ۱۰
۱-۸.پارامترهای اساسی تهیه بتن خودتراکم ۱۱
۱-۹.افزودنی های شیمیایی ۱۲
۱-۹-۱.فوق روان کننده ۱۲
۱-۹-۲.اصلاح کننده ویسکوزیته VMA: ۱۳
۱-۱۰.رئولوژی ۱۳
۱-۱۱.طبقه بندی بتن خودتراکم ۱۵
۱-۱۲.بررسی اقتصادی استفاده از بتن خودمتراکم ۱۵
۱-۱۳.استفاده از انواع بتن خودتراکم ۱۷
۱-۱۴.مواد تشکیل دهنده بتن خود تراکم ۱۷
۱-۱۵.کنترل های تولید بتن خودمتراکم ۱۹
۱-۱۵-۱.کنترل مواد اولیه ۱۹
۱-۱۵-۲.کنترل تولید ۱۹
۱-۱۵-۳.کنترل حمل و نقل ۲۰
۱-۱۵-۴.طراحی قالب ۲۰
۱-۱۵-۵.آماده سازی قالب ۲۱
۱-۱۵-۶.روغن قالب ۲۱
۱-۱۵-۷.قالب چوبی (بدون روکش) ۲۱
۱-۱۶.آزمایش های بتن خودتراکم تازه ۲۲
۱-۱۶-۱.جریان اسلامپ ۲۲
۱-۱۶-۲.آزمایش قیف V شکل ۲۴
۱-۱۶-۳.آزمایش جعبه ۲۴
۱-۱۶-۴.آزمایش حلقه ی J ۲۶
۱-۱۶-۵.آزمایش U-Box ۲۸
۱-۱۷.طرح اختلاط بتن خودتراکم ۲۸
۱-۱۷-۱.طرح اختلاط مستدل ۲۹
۱-۱۷-۲.طرح اختلاط در مرجع EFNARC ۳۰
۲.فصل دوم ۳۲

۲-۱.مقدمه ۳۳
۲-۲.تاریخچه بتن الیافی ۳۵
۲-۳.انواع الیاف ۳۵
۲-۴.مکانیزم عملکرد الیاف در بتن ۳۸
۲-۵.تاثیر الیاف بر مشخصات مکانیکی بتن ۳۹
۲-۶.الیاف فولادی ۴۰
۲-۷.الیاف پلیمری ۴۱
۲-۸.الیاف معدنی ۴۳
۲-۹.الیاف طبیعی ۴۳
۲-۱۰.بتن مسلح به الیاف پلیمری ۴۳
۲-۱۱.الیاف پلی پروپیلن ۴۴
۲-۱۱-۱.مشخصات الیاف پلی پروپیلن ۴۵
۲-۱۱-۲.تاثیر الیاف پلی پروپیلن بر خواص مکانیکی و شیمیایی بتن ۴۷
۲-۱۲.مروری بر مطالعات انجام شده در مورد الیاف پلی پروپیلن و فولادی در بتن ۴۸
۳.فصل سوم:افزودنی های پوزولانی ۵۵
۳-۱.مقدمه ۵۶
۳-۲.تاریخچه استفاده از مواد پوزولانی ۵۷
۳-۳.انواع پوزولان ها ۵۸
۳-۴.میکرو سیلیس Silica Fume ۵۸
۳-۴-۱.خواص شیمیایی میکروسیلیس ۶۰
۳-۴-۲.خواص فیزیکی میکروسیلیس ۶۰
۳-۴-۳.اثر میکروسیلیس بر بتن تازه ۶۳
۳-۴-۳-۱.افزایش چسبندگی ۶۳
۳-۴-۳-۲.کاهش آب انداختگی ۶۴
۳-۴-۴.اثر میکروسیلیس بر بتن سخت شده ۶۴
۳-۴-۴-۱.افزایش خواص مکانیکی ۶۵
۳-۴-۴-۲.افزایش مقاومت فشاری ۶۵
۳-۴-۵.مطالعات انجام شده ۶۶
۳-۵.خاکستر پوسته شلتوک برنج ۶۹
۳-۵-۱.تاریخچه استفاده از خاکستر پوسته شلتوک برنج ۷۲
۳-۵-۲.خواص شیمیایی خاکستر پوسته شلتوک برنج ۷۳
۳-۵-۳.خواص فیزیکی خاکستر پوسته شلتوک برنج ۷۳
۳-۵-۴.مطالعات انجام شده ۷۴
۴.فصل چهارم : برنامه آزمایشگاهی ۷۸
۴-۱.مقدمه ۷۹
۴-۲.برنامه آزمایشگاهی ۷۹
۴-۳.مصالح مصرفی ۸۱
۴-۳-۱.سیمان پرتلند ۸۱
۴-۳-۲.میکروسیلیس ۸۱

۴-۳-۳.خاکستر پوسته شلتوک برنج ۸۲
۴-۳-۳-۱.بررسی قابلیت پوزولانی ۸۳
۴-۳-۴.مصالح سنگی ۸۴
۴-۳-۴-۱.شن ۸۴
۴-۳-۴-۲.ماسه ۸۵
۴-۳-۵.آب ۸۷
۴-۳-۶.فوق روان کننده ۸۷
۴-۳-۷.پلی پروپیلن ۸۸
۴-۳-۸.فیبرهای فولادی ۸۹
۴-۳-۹.پودر سنگ ۸۹
۴-۴.ساخت نمونه ها ۹۰
۴-۴-۱.طرح اختلاط ۹۰
۴-۴-۲.ساخت میکس ها ۹۳
۴-۴-۳.عمل آوری نمونه ها ۹۳
۴-۴-۴.نمونه های مورد آزمایش ۹۴
۴-۵.آزمایش های بتن سخت شده ۹۴
۴-۵-۱.مقاومت فشاری ۹۴
۴-۵-۲.مقاومت کششی ۹۵
۴-۵-۳.مقاومت خمشی ۹۶
۴-۵-۳-۱.سختی خمشی ۹۸
۴-۵-۳-۲.روابط بین مقاومت فشاری و کششی ۹۸
۴-۵-۴.تعیین مدول الاستیسیته ۹۹
۴-۵-۴-۱.رفتار ارتجاعی ۹۹
۴-۵-۴-۲.تعیین مدول ارتجاعی استاتیکی بتن ۱۰۱
۴-۵-۵.ارزیابی میزان انبساط و انقباض ۱۰۲
۴-۵-۵-۱.انبساط ۱۰۲
۴-۵-۵-۲.انقباض(جمع شدگی ناشی از خشک شدن) ۱۰۲
۴-۵-۶.آزمایش اولتراسونیک ۱۰۳
۴-۵-۶-۱.آرایش قرار گیری مولدها ۱۰۵
۴-۵-۷.آزمایش جذب آب ۱۰۶
۴-۵-۸.مطالعه نمونه ها با میکروسکوپ الکترونی روبشی ۱۰۷
۴-۵-۸-۱.آماده سازی نمونه ها ۱۰۹
۵.فصل پنجم :بحث بر روی نتایج ۱۱۰
۵-۱.مقدمه ۱۱۱
۵-۲.نتایج بتن تازه ۱۱۱
۵-۳.نتایج آزمایش های بتن سخت شده ۱۱۲
۵-۳-۱.مقاومت فشاری ۱۱۲
۵-۳-۱-۱.تاثیر دوده سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج بر مقاومت فشاری ۱۱۲
۵-۳-۱-۲.تاثیر همزمان پوزولان و الیاف بر طرح ها ۱۱۴

۵-۳-۱-۳.مقاومت های فشاری بالاتر از ۲۸ روز ۱۱۹
۵-۳-۲.آزمایش شکافتن(دو نیم شدن برزیلی) ۱۲۲
۵-۳-۳.مقاومت خمشی ۱۲۶
۵-۳-۴.ارزیابی میزان انبساط-انقباض ۱۲۸
۵-۳-۴-۱.انبساط(تورم)(Expansion) ۱۲۸
۵-۳-۴-۲.انقباض(جمع شدگی)(Shrinkage) ۱۲۹
۵-۳-۵.آزمایش اولتراسونیک ۱۳۴
۵-۳-۶.آزمایش جذب آب نهایی ۱۳۷
۶.فصل ششم:نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۴۳
۶-۱ مقدمه ۱۴۴
۶-۲.نتیجه گیری ۱۴۴
۶-۳-پیشنهادها برای کارهای آینده ۱۴۷
منابع ۱۴۹

فهرست جداول

جدول ۱-۱-طبقه بندی بتن خودتراکم بر اساس مقدار مواد پودری (۱۵)
جدول ۱-۲-جدول آزمایش های مختلف تعیین بتن خودمتراکم و ویژگی های آنها (۲۶)
جدول ۲-۱-خواص انواع فیبرها (۳۶)
جدول ۲-۲-مشخصات الیاف فولادی ساخت دو شرکت درامیکس و هارکس (۴۱)
جدول ۲-۳-الیاف پلیمری و مشخصات آنها (۴۲)
جدول ۲-۴-مشخصات مکانیکی الیاف پلی پروپیلن (۴۷)
جدول ۲-۵-نتایج آزمایشات ناجاناتان و القادی و همکاران (۴۹)
جدول ۲-۶-مشخصات الیاف بکار رفته در طرح های کورینالدسی و موریکونه (۵۳)
جدول ۲-۷-طرح های اختلاط کورینالدسی و موریکونه (۵۳)
جدول ۲-۸-نتایج بتن تازه آزمایش های کورینالدسی و موریکونه (۵۳)
جدول ۳-۱- مشخصات فیزیکی کلی میکروسیلیس (۶۱)
جدول ۳-۲-نتایج hooton در مورد اثر میکروسیلیس با درصدهای مختلف بر مقاومت فشاری بتن در سنین ۱ روزه تا ۵ ساله (۶۶)
جدول ۳-۳- نتایج Hooton در مورد اثر میکروسیلیس با درصدهای مختلف بر مقاومت کششی بتن در سنین مختلف (۶۷)
جدول ۳-۴- نتایج wong & Razak (۶۷)
جدول ۳-۵-مقایسه خواص شیمیایی پوسته برنج و خواص خاکستر پوسته شلتوک برنج (۷۳)
جدول ۳-۶-نتایج تاشیما و داسیلوا در مورد مقاومت کششی بتنهای حاوی درصدهای مختلف خاکستر پوسته شلتوک برنج (۷۵)
جدول ۴-۱- مشخصات شیمیایی مصالح سیمانی مورد مصرف در پروژه (۸۳)
جدول۴-۲-الزامات بروز خاصیت پوزولانی در مواد در ASTM C618 (۸۴)
جدول ۴-۳- دانه بندی شن (۸۵)
جدول ۴-۴-دانه بندی ماسه (۸۶)
جدول ۴-۵- مشخصات فیزیکی-شیمیایی فوق روان کننده مصرفی(مشخصات از کارخانه سازنده) (۸۷)
جدول ۴-۶-مشخصات الیاف پلی پروپیلن بکار رفته در پروژه (۸۸)
جدول ۴-۷-مشخصات الیاف فولادی بکار رفته در پروژه (۸۹)
جدول۴-۸-طرح های اختلاط مصالح رودخانه ای و شکسته (۹۲)
جدول ۴-۱۰- طبقه بندی کیفیت بتن بر اساس سرعت پالس (۱۰۵)
جدول ۵-۱-نتایج بتن تازه ساخته شده با سنگدانه های گردگوشه (۱۱۲)
جدول ۵-۲-نتایج بتن تازه ساخته شده با سنگدانه های شکسته (۱۱۲)
جدول ۵-۳– مقاومت فشاری نمونه های بالای ۲۸ روز (۱۲۲)

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- پل آکاشی کایکیو Akashi-Kaikyo Bridge (۴)
شکل ۱-۲- منبع ذخیره گاز مایع طبیعی اوزاکای ژاپن (۵)
شکل ۱-۳- برج خلیفه در دبی (۶)
شکل ۱-۴-برج ژین مائو در چین (۶)
شکل ۱-۵-نقش فوق روان کننده-اوکامورا (۱۳)
شکل۱-۶-رابطه ی ویسکوز پلاستیک و نقطه تسلیم (۱۴)
شکل۱-۷-شکل آزمایش اسلامپ (۲۳)
شکل۱-۸-ابعاد استاندارد تخته و قیف اسلامپ (۲۳)
شکل ۱-۹-شکل قیف V شکل (۲۴)
شکل ۱-۱۰-شکل جعبه ی L شکل (۲۵)
شکل ۱-۱۱-ابعاد استاندارد جعبه ی Lشکل (۲۶)
شکل۱-۱۲-شکل آزمایش J رینگ (۲۷)
شکل ۱-۱۳-شکل آزمایش جعبه U (۲۸)
شکل ۱-۱۴-مقایسه ی بتن معمولی و بتن خودتراکم بر اساس مواد تشکیل دهنده (۲۹)
شکل۲-۱-طبقه بندی فیبرها در Bisfa (۳۶)
شکل۲-۲-شکل انواع فیبرها (۳۷)
شکل ۲-۳-نحوه ی عمل الیاف در دوختن ترک ها (۳۹)
شکل ۲-۴- تاثیر افزودن الیاف بر رفتار بتن (۴۰)
شکل ۲-۵-نسبت شکل برای اشکال مختلف الیاف فولادی (۴۱)
شکل ۲-۶-ساختار مولکولی پلی پروپیلن (۴۴)
شکل ۲-۷-فرار گاز از داخل ماتریس حین اتش سوزی (۴۶)
شکل ۲-۸- مقایسه مقاومت فشاری و کششی نمونه های شاهد و خاوی الیاف پلی پروپیلن آلونسو و سانچز (۵۱)
شکل ۲-۹- مقایسه مقاومت های فشاری و کششی نمونه های شاهد و حاوی الیاف آلونسو و سانچز در دماهای بالا (۵۱)
شکل ۲-۱۰-دیاگرام مقاومت فشاری نمونه های کورینالدسی-موریکونه به عمر نمونه ها (۵۴)
شکل ۲-۱۱-دیاگرام مقاومت خمشی نمونه های کورینالدسی-موریکونه به عمر نمونه ها (۵۴)
شکل ۳-۱-نحوه تولید میکرو سیلیس (۵۹)
شکل ۳-۲-تصویر ذرات میکرو سیلیس در زیر میکروسکوپ الکترونی (۵۹)
شکل ۳-۳-مقایسه ی یک ذره میکرو سیلیس با یک ذره سیمانی (۶۲)
شکل ۳-۴-اثر میکرو سیلیس بر بتن تازه (۶۳)
شکل ۳-۵-اثر میکروسیلیس بر بتن سخت شده (۶۵)
شکل ۳-۶-پوسته ی برنج که پس از سوزاندن به یک پوزولان مبدل می شود (۷۰)
شکل ۳-۷-تصویر دو خاکستر پوسته شلتوک برنج (۷۱)

شکل ۴-۱-شکل و اندازه ی سیمان مصرف شده (۸۱)
شکل ۴-۲-تصویر میکروسیلیس مورد استفاده در پروژه (۸۲)
شکل ۴-۳-تصویر خاکستر پوسته شلتوک برنج مورد استفاده در پروژه (۸۳)
شکل ۴-۴-دانه بندی شن مصرفی در استاندارد ASTM C33 (۸۵)
شکل ۴-۵-دانه بندی ماسه مصرفی در استاندارد ASTM C33 (۸۶)
شکل ۴-۶- فوق روان کننده پلاستیمنت(فرکوپلاست) P10-3R (۸۸)
شکل ۴-۷-الیاف پلی پروپیلن مورد استفاده (۸۸)
شکل۴-۸-شکل الیاف فولادی بکار رفته در پروژه (۸۹)
شکل ۴-۹-تصویر نمونه های مورد آزمایش در حوضچه ی آب (۹۳)
شکل ۴-۱۰-دستگاه ثبت کامپیوتری مقاومت فشاری (۹۵)
شکل ۴-۱۱- نحوه ی قرار گیری نمونه استوانه ای در آزمایش شکافت برزیلی (۹۶)
شکل ۴-۱۲-نحوه ی انجام آزمایش مقاومت خمشی (۹۷)
شکل ۴-۱۳-بدست آوردن مدول الاستیسیته (۱۰۱)
شکل ۴-۱۴-تصویر کرنش سنج Demac Gage (۱۰۳)
شکل ۴-۱۵- دستگاه اولتراسونیک (۱۰۴)
شکل ۴-۱۶– روش های انتقال و دریافت پالس های مافوق صوت (۱۰۵)
شکل ۴-۱۷-شکل دستگاه SEM مورد استفاده در این پروژه واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران (۱۰۸)
شکل ۴-۱۸-شکل دستگاه K550X برای Sputter Coating (۱۰۹)
شکل ۵-۱-تاثیر دوده سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج بر مقاومت فشاری بتن کنترل با سنگدانه های گرد گوشه (۱۱۳)
شکل ۵-۲-تاثیر دوده سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج بر مقاومت فشاری بتن کنترل با سنگدانه های شکسته (۱۱۴)
شکل ۵-۳- تاثیر دوده سیلیس و الیاف بر مقاومت فشاری طرح کنترل گردگوشه (۱۱۵)
شکل ۵-۴– تاثیر دوده سیلیس و الیاف بر مقاومت فشاری طرح کنترل شکسته (۱۱۵)
شکل۵-۵ – تاثیر خاکستر پوسته شلتوک برنج و الیاف بر مقاومت فشاری طرح کنترل گرد گوشه (۱۱۶)
شکل۵-۶– تاثیر خاکستر پوسته شلتوک برنج و الیاف بر مقاومت فشاری طرح کنترل شکسته (۱۱۷)
شکل ۵-۷- مقایسه ی مقاومت های فشاری ۲۸ روزه ی تمامی طرح ها با سنگدانه های شکسته و گردگوشه (۱۱۷)
شکل ۵-۸-تاثیر میکروسیلیس بر خصوصیات ناحیه ی تماسی الیاف و ماتریس بتن (۱۱۸)
شکل ۵-۹-چسبندگی الیاف پلی پروپیلن به ماتریس بتن در ناحیه ی گوشه های نمونه زیر میکروسکوپ روبشی الکترونی (۱۱۹)
شکل ۵-۱۰- مقاومت فشاری نمونه های حاوی دوده سیلیس با سنگدانه های گرد گوشه در سنین بالای ۲۸ روز (۱۲۰)
شکل ۵-۱۱ – مقاومت فشاری نمونه های حاوی دوده سیلیس با سنگدانه های شکسته در سنین بالای ۲۸ روز (۱۲۱)
شکل ۵-۱۲- مقاومت فشاری نمونه های حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج با سنگدانه های گرد گوشه در سنین بای ۲۸ روز (۱۲۱)
شکل۵-۱۳– مقاومت فشاری نمونه های حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج با سنگدانه های شکسته در سنین بالای ۲۸ روز (۱۲۲)
شکل ۵-۱۴-تغییرات مقاومت فشاری و کششی در نمونه های مختلف در سن ۲۸ روز (۱۲۳)
شکل۵-۱۵-مقاومت کششی ۲۸ روزه طرح های مختلف سنگدانه های گرد گوشه (۱۲۴)
شکل ۵-۱۶–مقایسه ی مقاومت های کششی ۲۸ روزه طرح های مختلف با سنگدانه های گرد گوشه (۱۲۴)

شکل۵-۱۷– مقاومت کششی ۲۸ روزه طرح های مختلف با سنگدانه های شکسته (۱۲۵)
شکل۵-۱۸ –مقایسه ی مقاومت های کششی ۲۸ روزه طرح های مختلف با سنگدانه های شکسته (۱۲۵)
شکل ۵-۱۹ –مقاومت های خمشی تمامی نمونه های ساخته شده با مصالح گرد گوشه و شکسته در سن ۲۸ روزگی (۱۲۶)
شکل ۵-۲۰-تغییرات مقاومت فشاری با مقاومت خمشی برای نمونه های مختلف (۱۲۷)
شکل ۵-۲۱-پل الیاف پلی پروپیلن در ناحیه ی شکست خمشی (۱۲۷)
شکل ۵-۲۲-نمای نزدیکتر از دوختگی دو طرف نمونه ی تحت آزمایش خمشی توسط الیاف پلی پروپیلن (۱۲۸)
شکل ۵-۲۳-دوختگی دو طرف نمونه در ناحیه ی شکستگی تحت آزمایش خمشی توسط الیاف فولادی (۱۲۸)
شکل ۵-۲۴–انقباض ناشی از جمع شدگی در طرح های حاوی دوده سیلیس با سنگدانه های گردگوشه (۱۳۰)
شکل۵-۲۵–انقباض ناشی از جمع شدگی در طرح های حاوی دوده سیلیس با سنگدانه های شکسته (۱۳۱)
شکل۵-۲۶ – انقباض ناشی از جمع شدگی در طرح های حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج با سنگدانه های گردگوشه (۱۳۲)
شکل ۵-۲۷- انقباض ناشی از جمع شدگی در طرح های حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج با سنگدانه های شکسته (۱۳۳)
شکل ۵-۲۸– مقایسه ی تاثیر پوزولان های دوده سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج بر انقباض (۱۳۳)
شکل ۵-۲۹- رابطه ی بین مقاومت فشاری(MPa) و سرعت انتشار امواج مافوق صوت (Km/s) در نمونه های ساخته شده با مصالح گرد گوشه در سن ۳ روزگی (۱۳۴)
شکل ۵-۳۰– رابطه ی بین مقاومت فشاری(MPa) و سرعت انتشار امواج مافوق صوت (Km/s) در نمونه های ساخته شده با مصالح گرد گوشه در سن ۷ روزگی (۱۳۵)
شکل ۵-۳۱– رابطه ی بین مقاومت فشاری(MPa) و سرعت انتشار امواج مافوق صوت (Km/s)در نمونه های ساخته شده با مصالح گرد گوشه در سن ۲۸ روزگی (۱۳۵)
شکل ۵-۳۲ – رابطه ی بین مقاومت فشاری(MPa) و سرعت انتشار امواج مافوق صوت (Km/s) در نمونه های ساخته شده با مصالح شکسته در سن ۳روزگی (۱۳۶)
شکل۵-۳۳ – رابطه ی بین مقاومت فشاری(MPa) و سرعت انتشار امواج مافوق صوت (Km/s) در نمونه های ساخته شده با مصالح شکسته در سن ۷روزگی (۱۳۶)
شکل ۵-۳۴ – رابطه ی بین مقاومت فشاری(MPa) و سرعت انتشار امواج مافوق صوت (Km/s) در نمونه های ساخته شده با مصالح شکسته در سن ۲۸ روزگی (۱۳۷)
شکل۵-۳۵ – رابطه ی مقاومت فشاری به درصد جذب آب نمونه های ساخته شده با سنگدانه های گرد گوشه در ۲۸ روزگی (۱۳۸)
شکل ۵-۳۶– رابطه ی مقاومت فشاری به درصد جذب آب نمونه های ساخته شده با سنگدانه های شکسته در ۲۸ روزگی (۱۳۹)
شکل ۵-۳۷–درصد جذب آب نمونه های مختلف با سنگدانه های رودخانه ای (۱۳۹)
شکل ۵-۳۸ –درصد جذب آب نمونه های مختلف با سنگدانه های شکسته (۱۴۰)
شکل۵-۳۹ – نمودار سطری درصد جذب آب تمامی نمونه های ساخته شده با مصالح رودخانه ای و شکسته (۱۴۱)
شکل ۵-۴۰-مقایسه ی نمونه ی حاوی دوده سیلیس(راست) و نمونه ی حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج(چپ) زیر میکروسکوپ الکترونی روبشی (۱۴۲)
شکل ۵-۴۱-مقایسه ی نمونه های حاوی دوده سیلیس(راست) و خاکستر پوسته شلتوک برنج(چپ)با یک بزرگنمایی یکسان (۱۴۲)

پیشگفتار

مقدمه

بتن و فولاد دو نوع مصالحی هستند که امروزه بیشتر از سایر مصالح در ساختمان انواع بناها از قبیل ساختمان پلها،ساختمان سدها، ساختمان متروها،ساختمان فرودگاه ها ، ساختمان بناهای مسکونی و اداری و غیره به کار برده می شوند. شاید به جرأت بتوان گفت که بدون این دو مصالح، پیشرفت جوامع بشری به شکل کنونی میسر نبود. با توجه به اهدافی که از ساخت یک بنا دنبال می شود،بتن و فولاد به تنهایی و یا به صورت مکمل کار برد پیدا می کنند. فولاد به لحاظ اینکه در شرایط به دقت کنترل شده ای تولید می شود و مشخصات و خواص آن از قبل تعیین و با آزمایشات متعددی کنترل می شود،دارای کاربری آسانتر از بتن است. اما بتن در یک شرایط کاملا متفاوتی با توجه به پارامتر های مختلف از قبیل نوع سیمان،نوع مصالح و شرایط آب و هوایی تولید و استفاده می شود و عدم اطلاع کافی از خواص مواد تشکیل دهنده بتن و نحوه تولید و کاربرد آن می تواند ضایعات جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشد .با توجه به پیشرفت علم و تکنولوژی در قرن اخیر، علم شناخت انواع بتن و خواص آنها نیز توسعه قابل ملاحظه ای داشته است، به نحوی که امروزه انواع مختلف بتن با مصالح مختلف تولید و استفاده می شود و هر یک خواص و کاربری مخصوص به خود را داراست.هم اکنون انواع مختلفی از سیمانها که حاوی پوزولانها ،خاکستر بادی،سرباره کوره های آهن گدازی،سولفورها،پلیمرها،الیافهای مختلف،و افزودنیهای متفاوتی هستند،تولید می شوند. ضمن اینکه تولید انواع بتن نیز بااستفاده از حرارت،بخار،اتوکلاو،تخلیه هوا،فشار هیدرولیکی،ویبره و قالب انجام می گیرد .

آنچه در مورد بتن اهمیت پیدا می کند کیفیت بتن و مهمترین خاصیت بتن یعنی مقاومت فشاری بالا می باشد.با اینحال انتظار می رود که با استفاده از مواد مرغوب و جایگزین های مناسب برای مواد سیمانی و سنگدانه ها و همچنین مواد افزودنی مناسب و جدید،و همچنین عامل مهم طرح های مناسب اختلاط،سایر خواص بتن مانند مقاومت کششی، وزن مخصوص، مقاومت دربرابر سایش، نفوذ ناپذیری، دوام، مقاومت دربرابر سولفاتها و... نیز همسو با مقاومت فشاری ،بهبود یابند تا بتوان ایراداتی که می توان بر بتن گرفت را تا حدود زیادی مرتفع نمود.

در مواد تشکیل دهنده بتن نیز تحولات شگرفی حاصل شده است. استفاده از افزودنی های مختلف به عنوان ماده چهارم بتن، گسترش وسیعی یافته و در پاره ای از کشورها، دیگر بتنی بدون استفاده از یک افزودنی در آن ساخته نمی شود .استفاده از سیمان های مختلف با خواص جدید و سیمان های مخلوط با مواد پوزولانی و نیز مواد زائد کارخانه های صنعتی روز به روز بیشتر شده و امید است که بتواند تحولی عظیم در صنعت بتن چه از نقطه نظر اقتصادی و چه از نظر دوام و نیز حفظ محیط زیست در دهه های آینده بوجود آورد. در سازه های بتنی مسلح نیز جهت پرهیز از خوردگی آرماتور فولادی از مواد دیگری چون فولاد ضد زنگ و نیز مواد پلاستیکی و پلیمری (FRP) استفاده می شود که گسترش آن منوط به عملکرد آن در دراز مدت گشته است.

هدف

امروزه استفاده از الیاف مختلف بمنظور بهبود خواص مکانیکی و حتی شیمیایی بتن بسرعت در حال افزایش است.نقش الیاف یک نقش پنهان و تاثیرگذار بر بهبود خواص مختلف بتن بوده و می تواند در مناطقی که تهیه ی این الیاف به آسانی صورت می گیرد و از طرفی از بتن مورد استفاده در آن مناطق انتظارات فرای انتظارات یک بتن معمولی می رود،مورد استفاده در بتن قرار گیرند.

تفکر استفاده از الیاف در بتن و نمونه های بتنی،از آنجا شروع می شود که محققان به دنبال بهبود نواقص و ضعف های عمده بتن برآمدند و بدنبال راه حلی بودند که بتوانند این نواقص و ضعف ها را مرتفع سازند.از جمله ضعف های بتن مقاومت کششی بتن می باشد.ضعفی که بتن را در مقابل فولاد بسیار ضعیف می کند و باعث عدم اطمینان به این کشف بزرگ قرون اخیر می شود.

الیاف پلی پروپیلن از پرمصرف ترین الیاف پلیمری مورد استفاده در بتن محسوب می شوند که به منظور کنترل ترکهای بوجود آمده بواسطه تغییرات حجمی ناشی از افت بتن و نیز جهت بهبود مشخصات مکانیکی آن اعم از مقاومت کششی، خمشی، قابلیت جذب انرژی و ... مورد استفاده قرار می گیرند.

ساختار پایان نامه

پایان نامه ی حاضر شامل یک مقدمه و شش فصل می باشد.در فصل اول به معرفی کلی بتن خودمتراکم پرداخته شده است.در این فصل به خواص،کاربردها،طبقه بندی ها ،کنترل ها،آزمایش ها و طرح های اختلاط این بتن پرداخته شده است.در فصل دوم به بتن الیافی و مکانیزم عملکرد الیاف مختلف مورد نظر پایان نامه در بتن خودتراکم به تفصیل پرداخته شده است و در پایان فصل نیز مروری بر تحقیقات گذشته در نقاط مختلف دنیا در سال های مختلف در خصوص تاثیر استفاده از این الیاف در بتن پرداخته شده است.در فصل سوم به تاریخچه ی استفاده از مواد پوزولانی در بتن و پس از آن به معرفی و تاثیر انواع پوزولان های مورد نظر پایان نامه بر بتن خودتراکم پرداخته شده است و در پایان این فصل نیز مروری بر مطالعات پیشین استفاده از این پوزولان ها در تحقیقات محققین نقاط مختلف دنیا پرداخته شده است.در فصل چهارم برنامه ی آزمایشگاهی به طور کامل معرفی شده است.نوع مصالح مصرفی و معرفی کامل آنها و همچنین معرفی انواع آزمایش های انجام گرفته با توضیح روش انجام آنها و شکل های مورد نیاز آورده شده است.سعی شده است دید کاملا روشن و واضحی از کارهای انجام شده در کارگاه به خواننده ارائه شود.در فصل پنجم به بررسی نتایج مختلف بدست آمده از آزمایش ها پرداخته شده است.تمامی نتایج کسب شده ،ثبت شده و بر روی دیاگرام ها و نمودارهای متنوع آورده شده است.در نهایت در فصل ششم نتایج بدست آمده بصورت تیتر وار آورده شده و همچنین چند پیشنهاد در خصوص کارهایی که در آینده می توان انجام داد ذکر گردیده است.

فصل اول

بتن خودتراکم

۱-۱.مقدمه

یکی از نقاط ضعف بتن های عادی آن است که این بتن ها دارای سیالیت زیاد نیستند .کمبود سیالیت باعث می شود که بتن درمناطق محدود و مناطقی که دارای تراکم آرماتور باشند به خوبی نفوذ نکرده و بتن پوک یا کرمو اجرا شود.

بتن خود تراکم از آخرین دستاوردهای تکنولوژی بتن است . مهم ترین ویژگی این بتن آن است که نیاز به تراکم نداشته و تحت وزن خود و در قالب قرار می گیرد .این خاصیت روانی بتن همراه با عدم جداشدگی سنگدانه ها و همچنین عدم آب انداختگی می باشد. از مزایای مهم استفاده از این نوع بتن می توان به کاهش زمان ساخت، صرفه جویی اقتصادی و بالارفتن کیفیت نهایی بتن های تولید شده اشاره کرد. امروزه به وفور از آن؛ در صنعت بتن پیش ساخته، معماری (زیبا شناسی)، پل سازی ها، ساختمان های بلند و آسمان خراش ها، مخازن نگهدارنده مایعات و گازها، سد سازی ها، بتن های حجیم، سازه های دریایی و زیردریایی، تونلهای شهری و آبی (که در آنها مسافت طولانی بتن معمولی و حفظ کیفیت و تراکم آن از مشکلات اجرایی است) و... استفاده می شود.

سنگدانه ها که بیش از ۶۰٪حجم بتن را تشکیل می دهند،نقش بسیار مهمی در مهمترین خواص بتن تازه و سخت شده دارند.بتن خودتراکم نسبت به تغییرات سنگدانه ها (شکل،زبری،بزرگ ترین سایز دانه ها،دانه بندی و ساختار) بسیار حساس می باشد و مهم است که در انتخاب سنگ دانه ها دقت کافی صورت گیرد. واضح است که این ویژگی مهم کاربرد های فراوانی را برای این بتن ممکن می سازدکه تاکنون برای بسیاری ازمهندسان هنوز ناشناخته ودست نیافتنی می باشد[4-1] .

یکی از مهم ترین مشکلاتی که در استفاده عملی از بتن خود تراکم وجود دارد، آن است که به دلیل جدید بودن این تکنولوژی، هنوز شناخت دقیقی ازآن وجود ندارد و استانداردهای آن در حال تکوین می باشند. با اینحال بعنوان نمونه در سال ۲۰۰۵ در کشورهای بزرگ اروپایی ۱۰-۱۵٪ کل بتن ساخته شده،بتن خودمتراکم بوده و طبق آمار انجمن بتن پیش ساخته ایالات متحده بیش از ۷۵٪ کل بتن پیش ساخته ی کشور مذکور را بتن خود متراکم تشکیل داده است(در همان سال۲۰۰۵).

۱-۲.تاریخچه بتن خودتراکم

برای سالیان متمادی دست یابی به بتنی با قابلیت خودترازی و خود تراکمی بدون افت در مقاومت ، روانی و یا جداشدگی ، آرزوی مهندسین در کشورهای مختلف جهان بوده است در اوایل قرن بیستم به دلیل خشک بودن مخلوط بتنی ، تراکم بتن تنها از طریق اعمال ضربه های سنگین در مقاطع وسیع و در دسترس ممکن بود . با شیوع استفاده از بتن های مسلح و آشکار شدن مشکلات اجرایی کاربرد مخلوطهای خشک ، گرایش به استفاده از مخلوطهای روان تر گسترش یافت اما شناسایی تاثیر نسبت آب به سیمان در دهه ۱۹۲۰ نشان داد که افزایش این نسبت می تواند موجب افت در مقاومت بتن گردد . در سالهای بعد ، توجه به مسئله دوام

بتن همچنین تاثیر مخرب افزایش نسبت آب به سیمان را به نفوذ پذیری و کاهش دوام بتن آشکار ساخت .این همه باعث گردید تا توجه ویژه ای بر خواص کارایی و رئولوژی بتن و نیز روشهای تراکم ، با هدف بهبود خواص مقاومت و دوام آن صورت گیرد . این تحقیقات در نهایت منجر به معرفی بتن خود تراکم در ژاپن گردید . بتنی با قابلیت جریان زیاد که می تواند تنها تحت تاثیر نیروی ثقل و بدون نیاز به انجام هرگونه فرآیند دیگری تمامی زوایای قالب را پر کرده و آرماتور ها را دربرگیرد، بدون آنکه جداشدگی یا آب انداختن ایجاد گردد[5]

بتن خود تراکم نخست در سال ۱۹۸۶ توسط H.okamura در ژاپن پیشنهاد گردید و در سال ۱۹۸۸ این نوع بتن در کارگاه ساخته شد و نتایج قابل قبولی را از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی بتن ارائه داد. این بتن اولین بار با مصالح اولیه ی موجود در بازار همان دوره ساخته شد و انتظارات لازم را براورده نمود و" بتن با کارایی بالا"[1] نام گذاری شد.درست در همان زمان پروفسور آیتکین[2] بتن با کارایی بالا" را به عنوان بتن با دوام بالا با توجه به نسبت پایین آب به سیمان آن ،اثبات کرد.از آن زمان "بتن با کارایی بالا" به عنوان "بتن با دوام بالا"[3] در تمام دنیا شناخته شد.بهمین علت اوکامورا لفظ بتن مطرح شده را به "بتن خودمتراکم با کارایی بالا"[4] تغییر داد [6].بتن خودتراکم اولیه در ژاپن بر اساس استفاده از فوق روان کننده ها ی معمول بود و مهندسین ژاپنی با این فوق روان کننده ها روانی و کارایی مورد نیاز بتنشان را کسب می کردند.همچنین استفاده ازVMA [5] که ویسکوزیته پلاستیک بتن را افزایش می داد و از جداشدگی دانه ها جلوگیری می کرد بسیار معمول بود.در دهه ۹۰ میلادی که تکنولوژی بتن خودتراکم به اروپا رسید،اروپاییان روش دیگری برای افزایش ویسکوزیته بتن پیشنهاد دادند.روش آنها افزودن پودر بتن نظیر سیمان،پودرهای جایگزین سیمان و پودرهای بسیار ریز از سنگ آهک،دولومیت و ذرات گرانیت بود که ابعادشان کمتر از ۱۵۰میکرو متر بوده و به عبارتی از الک نمره ۱۰۰ عبور داده می شد.ظهور فوق روان کننده های پایه پلی کربوکسیلات[6] و بهینه کردن دانه بندی برای بتن خودتراکم نو ظهور باعث بهبود کیفیت این نوع بتن و کاهش هزینه های ساخت حتی بدون استفاده از VMA در ساخت شد.

[1] High performance concrete
[2] Aitcin
[3] High durability concrete
[4] Self-compacting high performance concrete
[5] Viscosity modifying agents
[6] polycarboxylate

۱-۳.موارد مطرح استفاده از بتن خودتراکم

پل آکاشی کایکیو[1]

پل آکاشی کایکیو واقع در ژاپن که ساخت آن در ۱۹۹۸ به اتمام رسید از جمله سازه هایی است که در ساخت دو لنگرگاه کششی[2] دو طرف دهانه پل،از بتن خودمتراکم استفاده شده است(شکل شماره۱).این پل با ۱۹۹۱ متر، بلندترین دهانه را در بین کل پل های معلق موجود در جهان دارد.حجم بتن ریخته شده در دو تکیه گاه کششی پل ۲۹۰۰۰۰ متر مکعب است.سیستم مدرن سازه ای که در این پل استفاده شده است و یک نمونه مثال زدنی از کاربرد بتن خودمتراکم با کارایی بالا می باشد.بتن در باچر پلانت هایی در اطراف محل ساخت ،ساخته شده و ۲۰۰متر را از درون لوله ها طی کرده تا به محل بتن ریزی برسد.مدت ساخت ۲۰٪ کاهش را در مقایسه با استفاده از بتن استاندارد معمولی نشان می دهد[7].

شکل ۱-۱- پل آکاشی کایکیو Akashi-Kaikyo Bridge [7]

تانکر های عظیم ذخیره گاز مایع طبیعی[3]

برای دیواره ی تانکر های عظیم ذخیره گاز مایع طبیعی (شکل شماره۲) در تانکر های عظیم ذخیره گاز شهر اوزاکای ژاپن از بتن خود متراکم استفاده شده است.حجم بتن مورد استفاده ۱۲۰۰۰ متر مکعب بوده و در سال ۱۹۹۸ به اتمام رسیده است.از جمله

[1] Akashi kaikyo bridge
[2] anchorage
[3] LNG(liquefied natural gas) huge tanks osaka

دلایل استفاده از این بتن در این سازه عظیم کاهش تعداد کارگر ماهر بتنی از ۱۵۰ نفر به ۵۰ نفر و کاهش دوره ی ساخت از ۲۲ ماه به ۱۸ ماه.حذف سر و صدای ویبره کردن بتن و امکان بتن ریزی در تمام طول شبانه روز در محیط شهری از دیگر دلایل استفاده از این بتن است[7].

شکل ۱-۲- منبع ذخیره گاز مایع طبیعی اوزاکای ژاپن [7]

برج خلیفه[1]

برج خلیفه،بلندترین سازه ی دنیا با طول ۸۲۹.۸ متر در شهر دبی واقع شده است(شکل شماره ۳) و در این سازه از بتن خودمتراکم استفاده شده است.پمپاژ بتن در این پروژه بلندترین طول پمپاژ در ارتفاع بوده و بتن تا ۱۶۶ طبقه بالا پمپاژ شده است.اسلامپ بتن مورد استفاده ۲۴-۲۸ اینچ (۶۰-۷۰ سانتیمتر)بوده است.در این پروژه بیش از ۳۳۰۰۰۰ متر مکعب بتن ریزی شده است و ۴۵۰۰۰ متر مکعب بتن ریزی پی برج که شامل ۱۹۲ شمع با قطر ۱.۵متر و با عمق بیش از ۵۰ متر است،می باشد.

[1] Burj khalifa