بسم الله الرحمن الرحيم

١١١٤٣

۸۷/۱/۱۰۸۰۷۵
۸۸/۱/۲۲

دانشگاه بین المللی امام خمینی
IMAM KHOMEINI INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده فنی و مهندسی

مطالعه تأثیر نوع سیمان و نوع الیاف (فولادی و شیمیایی) بر نتایج بدست آمده از روش انتقال اصطکاک برای تعیین مقاومت درجای بتن

نگارش: **حمید شفیع پور**

استاد راهنما: **آقای دکترمحمود نادری**

مرکز اطلاعات و مدارک علمی
۱۳۸۸/۱/۲۱

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران- سازه

۱۱۱۱۴۳

دی ۱۳۸۷

بسمه تعالی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

صورت جلسه دفاع از پایان‌نامه

جلسه دفاع از پایان‌نامه آقای حمید شفیع پور دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه در روز ۱۳۸۷/۱۰/۲۱ در محل آمفی تئاتر دانشکده علوم دانشگاه امام خمینی(ره) برگزار گردید و این پایان‌نامه مورد تأیید نهایی هیئت داوران قرار گرفت.

۱- استاد راهنما : **آقای دکتر محمود نادری**
عضو هیئت علمی دانشگاه امام خمینی (ره)

۲- داور خارجی : **آقای دکتر حسن صادقی**
عضو هیئت علمی دانشگاه امام حسین (ع)

۸۷/۱۱/۱۲

۳- داور داخلی : **خانم دکتر فرزانه حامدی**
عضو هیئت علمی دانشگاه امام خمینی (ره)

۴- نماینده تحصیلات تکمیلی : **آقای مهندس محمد حسین پروین نیا**
عضو هیئت علمی دانشگاه امام خمینی (ره)

نمایندگی تحصیلات تکمیلی حوزه آموزشی دانشگاه بین المللی امام خمینی

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

چکیده

بتن الیافی از افزودن الیاف به بتن معمولی بدست می آید. در بتن های الیافی، مانند بتن معمولی، می توان از پوزولان ها و دیگر مواد مضاف استفاده کرد. الیاف در شکل ها و اندازه های متفاوت، و از جنس فولاد، شیشه، پلی پروپیلین، کربن، نایلون، کولار، کنف، بامبو و ... مورد استفاده قرار می گیرد. بتن های الیافی دارای کاربردهای سازه ای و غیر سازه ای هستند. معین نبودن خواص و رفتار مواد در شرایط خدمت، به تغییر شرایط اجرا، عمل آوری و عمر مفید سازه مرتبط می باشد. با توجه به ارزیابی تمامی این اطلاعات به طور کمی، توزیع تصادفی نتایج اجتناب ناپذیر است. نظر به اینکه اطلاعات کامل درباره توزیع آماری تمامی پارامترها در دسترس نمی باشد، انجام آزمون هایی جهت ارزیابی مقاومت بتن در محل از اهمیت خاصی برخوردار است. از جمله آزمون های نیمه مخرب، روش "انتقال اصطکاک[1] " می باشد. این روش دارای کاربری وسیع در تعیین مقاومت انواع بتن هم در آزمایشگاه و هم در محل می باشد. همچنین به عنوان روشی سریع، دقیق و کم هزینه با خرابی جزئی، می تواند پاسخگوی انجام آزمایش جهت ارزیابی مقاومت انواع بتن در محل و آزمایشگاه باشد. هدف از تدوین این پایان نامه مطالعه تأثیر نوع سیمان و نوع الیاف (فولادی و شیمیایی) بر نتایج بدست آمده از روش "انتقال اصطکاک" برای تعیین مقاومت درجای بتن می باشد که برای نیل به آن دو نوع سیمان پوزولانی و تیپ II و سه نوع الیاف فولادی، شیشه و پلی پروپیلن مورد بررسی قرار گرفت. برای ارائه نمودارهای کالیبراسیون مربوطه، مشخصه های مقاومت فشاری و مدول گسیختگی در مقابل نتایج بدست آمده از روش "انتقال اصطکاک" در نمودارهای مربوط به انواع بتن های ساخته شده در آزمایشگاه ترسیم شده اند. مطالعه این آزمون ها نشان می دهد که یک همبستگی شدید خطی میان مقاومت فشاری و مدول گسیختگی بتن الیافی با نتایج حاصل از انجام آزمون "انتقال اصطکاک" برقرار است.

کلمات کلیدی: بتن، بتن الیافی، مقاومت درجا، روش "انتقال اصطکاک"، مدول گسیختگی.

---

[1] Friction Transfer Method

باسپاس از الطاف بیکران حق تعالی

بر خود واجب می دانم از اساتید دوره کارشناسی ارشدم **آقای دکتر نادری** و **خانم دکتر حامدی**، که زحمات دلسوزانه و راهنمایی های ارزشمندشان در طول این دوره، چه در عرصه علم و چه در عرصه زندگی همواره مرا یاری داده است، تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از حمایت های استاد راهنمای گرامی **آقای دکتر نادری**، که مرا برای رسیدن به اهداف این پایان نامه یاری فرمودند تشکر می نمایم.

از پدر و مادرم و تمام دوستان و همکلاسی هایم که با دلگرمی هایشان مرا ترغیب و تشویق کردند نیز کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه ۱

فصل اول: بتن و عناصر تشکیل دهنده آن..... ۴

۱-۱ اهداف و کلیات ۵

۱-۲ ارتباط خواص عناصر تشکیل دهنده بتن با مقاومت آن ۵

۱-۲-۱ سنگدانه ها ۵

۱-۲-۱-۱ طبقه بندی کلی سنگدانه‌ها ۶

۱-۲-۱-۲ نمونه برداری ۸

۱-۲-۱-۳ شکل و بافت سنگدانه ها ۹

۱-۲-۱-۴ مقاومت سنگدانه ها ۱۲

۱-۲-۱-۵ دانه بندی ۱۴

۱-۲-۱-۶ چسبندگی سنگدانه ها ۱۷

۱-۲-۱-۷ بزرگ ترین اندازه سنگدانه ۱۸

۱-۲-۲ آب اختلاط بتن ۲۰

۱-۲-۳ سیمان ۲۰

۱-۲-۳-۱ ترکیب شیمیایی سیمان پرتلند ۲۱

۱-۲-۳-۲ انواع سیمان ها ۲۳

۱-۲-۴ فضاهای خالی ۳۲

۱-۳ خواص مکانیکی بتن سخت شده ۳۲

فصل دوم: بتن الیافی و مشخصات آن ۳۵

۲-۱ تاریخچه ۳۶

۲-۲ کلیات ۳۷

۲-۳ انواع الیاف ۳۸

۲-۴ مزایای بتن الیافی ۳۹

۲-۵ ویژگیهای الیاف مورد استفاده در بتن ۴۰
۲-۵-۱ شکل و اندازه الیاف ۴۰
۲-۵-۲ نسبت ظاهری الیاف ۴۱
۲-۵-۳ ضریب ارتجایی الیاف ۴۲
۲-۵-۴ پیوستگی الیاف به ماتریس ۴۲
۲-۵-۵ خاصیت ارتجاعی ۴۳
۲-۵-۶ مقاومت کششی الیاف ۴۴
۲-۵-۷ کرنش پذیری الیاف ۴۴
۲-۵-۸ حجم بحرانی الیاف ۴۵
۲-۵-۹ شیوه قرار گرفتن و توزیع الیاف در ماتریس ۴۵
۲-۵-۱۰ رابطه علل و اثر ها ۴۵
۲-۶ رفتارالیاف در بتن و مکانیزم افزایش طاقت ۴۶
۲-۷ خواص بتن الیافی ۴۸
۲-۷-۱ خواص و دوام بتن مسلح به الیاف فولادی ۴۸
۲-۷-۲ خواص و دوام بتن مسلح به الیاف شیشه ۶۲
۲-۷-۳ خواص و دوام بتن مسلح به الیاف پلیمری ۶۴
۲-۷-۴ بتن مسلح به الیاف پلیمری ۷۲
۲-۷-۵ بتن الیافی با تزریق دوغاب ۷۲
۲-۷-۶ بتن الیافی فوق توانمند ۷۴
۲-۸ طرح و تولید بتن مسلح به الیاف ۷۶
۲-۸-۱ طرح اختلاط بتن الیافی ۷۶
۲-۸-۲ استفاده از فوق روان کننده ها ۷۹
۲-۸-۳ روش تولید بتن الیافی ۸۳
۲-۹ آزمایشهای بتن الیافی ۸۵
۲-۹-۱ آزمایش اسلامپ ۸۵
۲-۹-۲ آزمایش زمان جریان در اسلامپ وارونه ۸۵
۲-۹-۳ آزمایش زمان Vebe ۸۶
۲-۹-۴ درصد هوا و وزن مخصوص ۸۶

۲-۹-۵ آماده سازی آزمونه ۸۷
۲-۹-۶ مقاومت فشاری ۸۷
۲-۹-۷ مقاومت خمشی ۸۷
۲-۹-۸ خستگی خمشی ۸۸
۲-۹-۹ مقاومت کشش برزیلی ۸۸
۲-۹-۱۰ آزمایش بیرون کشیدگی استاتیک و دینامیک الیاف ۸۹
۲-۱۰ کاربردهای بتن الیافی ۹۰
فصل سوم: طاقت و ضریب طاقت بتن الیافی ۹۳
۳-۱ تعریف ۹۴
۳-۲ ضریب طاقت ۹۵
۳-۲-۱ اصول محاسبه ضریب طاقت در روش آیین نامه ACI ۹۵
۳-۲-۲ اصول محاسبه ضریب طاقت در روش آئین نامه JSCE-SF4 ..... ۱۰۰
۳-۲-۲-۱ ضریب طاقت خمشی ۱۰۱
۳-۲-۲-۲ ضریب طاقت فشاری ۱۰۳
فصل چهارم: روش های تعیین مقاومت بتن در آزمایشگاه ۱۰۶
۴-۱ اهمیت ۱۰۷
۴-۲ آزمایش های مقاومت فشاری استاندارد ۱۰۷
۴-۲-۱ خلاصه آزمایش نمونه استوانه ای ۱۰۷
۴-۲-۲ خلاصه آزمایش نمونه مکعبی ۱۰۹
۴-۲-۳ خلاصه آزمایش نمونه منشور ۱۰۹
۴-۲-۴ مکانیزم شکست نمونه های فشاری ۱۱۰
۴-۲-۵ عوامل موثر بر آزمایش مقاومت فشاری ۱۱۲
۴-۲-۵-۱ پارامتر های نمونه ۱۱۲
۴-۲-۵-۲ پارامتر های بارگذاری ۱۱۶
۴-۳ آزمایش های مقاومت کششی استاندارد ۱۲۱
۴-۳-۱ آزمایش کشش مستقیم ۱۲۲
۴-۳-۲ آزمایش کشش دو نیمه شدن (ترکاندن) ۱۲۲
۴-۳-۳ آزمایش خمش ۱۲۳

فصل پنجم: روش های تعیین مقاومت درجای بتن ۱۲۷

۵-۱ کلیات ۱۲۸

۵-۲ آزمون‌های غیرمخرب ۱۲۹

۵-۲-۱ آزمایش سرعت امواج اولتراسونیک ۱۲۹

۵-۲-۲ روش امواج کوتاه رادار ۱۳۲

۵-۲-۳ روش پتانسیل الکتریکی Half-Cell ۱۳۵

۵-۲-۴ روش تکامل یافتگی بتن ۱۳۸

۵-۲-۵ آزمایش چکش اشمیت ۱۴۰

۵-۳ آزمون‌های نیمه‌مخرب ۱۴۴

۵-۳-۱ آزمایش کشیدن از سطح ۱۴۴

۵-۳-۲ روش قطع کردن ۱۴۷

۵-۳-۳ آزمایش بیرون کشیدن ۱۵۰

۵-۳-۴ مقاومت در برابر نفوذ میله ۱۵۳

۵-۳-۵ روش پیچش ۱۵۷

۵-۳-۶ روش انتقال اصطکاک ۱۶۰

۵-۴ آزمونهای مخرب ۱۶۲

۵-۴-۱ روش مغزه گیری ۱۶۲

فصل ششم: برنامه ریزی برای تحقیق و آزمایش ۱۶۶

۶-۱ برنامه ریزی جهت انجام تحقیق ۱۶۷

۶-۱-۱ ارزیابی از گستره کاربرد آزمون ۱۶۷

۶-۱-۲ بررسی محدودیت های آزمون ۱۶۷

۶-۱-۳ انتخاب تعداد و محل آزمون ۱۶۷

۶-۱-۴ محاسبه دقت و ضریب تغییرات آزمون ۱۶۸

۶-۱-۵ بررسی نتایج آزمون ۱۶۸

۶-۲ برنامه ریزی جهت انجام آزمون ها ۱۶۸

۶-۲-۱ برنامه ریزی برای مطالعه ۱۶۸

۶-۲-۲ برنامه ریزی برای انجام آزمایش ها ۱۶۹

۶-۲-۳ مصالح و لوازم مورد نیاز برای انجام آزمایش ها ۱۶۹

۶-۲-۴ طرح اختلاط بتن مورد استفاده در ساخت نمونه ها ۱۷۶
۶-۲-۵ آماده سازی نمونه ها ۱۷۸
۶-۲-۶ تعیین مقاومت فشاری نمونه های مکعبی ۱۵ سانتیمتری ۱۸۰
۶-۲-۷ تعیین مقاومت خمشی و مدول گسیختگی تیرها ۱۸۱
۶-۲-۸ تعیین مقاومت پیچشی نهایی نیم مغزه با استفاده از آزمون انتقال اصطکاک ۱۸۵
فصل هفتم: ارائه و بررسی نتایج آزمایشگاهی ۱۸۸
۷-۱ کلیات ۱۸۹
۷-۲ نتایج آزمون انتقال اصطکاک بر روی نمونه های مکعبی و آزمون مدول خمشی تیر ۱۸۹
۷-۲-۱ نتایج حاصل برای بتن معمولی با سیمان پوزولانی (حداکثر قطر سنگدانه ۱۹ میلیمتر) ۱۹۲
۷-۲-۲ نتایج حاصل برای بتن معمولی با سیمان تیپ II (حداکثر قطر سنگدانه ۱۹ میلیمتر) ۱۹۹
۷-۲-۳ نتایج حاصل برای بتن مسلح به الیاف پلی پروپیلن با سیمان پوزولانی(۲٪ حجمی الیاف) ۲۰۵
۷-۲-۴ نتایج حاصل برای بتن مسلح به الیاف پلی پروپیلن با سیمان تیپ II (۲٪ حجمی الیاف) ۲۱۲
۷-۲-۵ نتایج حاصل برای بتن مسلح به الیاف شیشه با سیمان پوزولانی (۲٪ حجمی الیاف) ۲۱۹
۷-۲-۶ نتایج حاصل برای بتن مسلح به الیاف شیشه با سیمان تیپ II (۲٪ حجمی الیاف) ۲۲۶
۷-۲-۷ نتایج حاصل برای بتن مسلح به الیاف فولادی با سیمان تیپ II (۲٪ حجمی الیاف) ۲۳۳
۷-۳ مطالعه و بررسی تاثیر نوع سیمان در نتایج بدست آمده از آزمون انتقال اصطکاک ۲۴۱
۷-۴ مطالعه و بررسی تاثیر نوع الیاف در نتایج بدست آمده از آزمون انتقال اصطکاک ۲۴۶
۷-۵ مطالعه و بررسی تاثیر نوع الیاف در نتایج آزمون مدول گسیختگی ۲۴۸
۷-۶ مقایسه نتایج آزمون انتقال اصطکاک و آزمون پیچش برای انواع بتن الیافی ۲۵۰
۷-۷ آنالیز و تحلیل غیر خطی آزمون انتقال اصطکاک با استفاده از نرم افزار اجزا محدود ABAQUS/CAE ۶.۷ ۲۵۵
فصل هشتم: نتیجه گیری ۲۶۴
توصیه و پیشنهاد برای ادامه کار ۲۷۰
فهرست منابع و مأخذ ۲۷۱

مقدمه

روش های آزمایشگاهی تعیین مقاومت بتن، تنها کیفیت مصالح مورد استفاده در تهیه بتن را کنترل می نماید و ارزیابی مناسبی از روند کسب مقاومت بتن در سازه و کنترل استانداردهای پس از ساخت ارائه نمی نمایند. بنابراین ضرورت نیاز به انجام آزمون های تعیین مقاومت بتن در محل سرویس دهی سازه (آزمونهای درجا) به همراه کنترل کیفیت مصالح مصرفی اجتناب ناپذیر می باشد. همچنین در بسیاری از موارد، تعیین مقاومت بتن پس از ساخت ضروری به نظر می رسد. مواردی همچون تغییر در کاربری سازه (تغییر در بار وارده)، نامطلوب بودن شرایط اجرا و آسیب دیدگی سازه از جمله مواردی است که تعیین مقاومت بتن در سازه را اجتناب ناپذیر می سازد. از سوی دیگر تعیین مقاومت بتن جهت تصمیم گیری در انجام تقویت، مقاوم سازی، ارزیابی و تعمیر سازه ها دارای اهمیت بسیار زیادی می باشد. در این خصوص اهمیت تعیین مقاومت بتن در سازه در حدی است که می تواند به دلیل عدم شناخت کافی از روش ها، منجر به اتلاف سرمایه ملی شود. زیرا امکان دارد مقاومت سازه ای در حد قابل قبول باشد اما تصمیم به تخریب آن گرفته شود یا بلعکس. روش های متعددی جهت آزمایش بتن در محل ابداع شده که به طور کلی به سه گروه مخرب، نیمه مخرب و غیر مخرب تقسیم می گردد.

روش های مخرب قابل اطمینان ترین روش جهت تخمین مقاومت در سازه می باشد که شامل برداشتن قسمتی از بتن به وسیله مغزه گیری و آزمایش آن در آزمایشگاه و در شرایط استاندارد می باشد. معایب اصلی این روش خسارت قابل توجه وارده به سازه، هزینه بالا و قابلیت تکرار محدود آن می باشد .

روش های نیمه مخرب مانند روش کشیدن از سطح، قطع کردن، بیرون کشیدن، مقاومت در برابر نفوذ میله، آزمون انتقال اصطکاک و .... می توانند با ایجاد خرابی کم نتایج با ارزشی از مقاومت فشاری بتن با استفاده از منحنی های کالیبراسیون ارائه نمایند. آسیب حاصل از انجام این آزمونها کم و به سادگی قابل ترمیم می باشد.

روش های غیر مخرب مانند آزمون سرعت عبور امواج مافوق صوت، آزمون امواج کوتاه رادار، چکش ارتجاعی، آزمون تکامل یافتگی بتن و ... می توانند بدون حضور نیروهای مخرب، برخی از ویژگیهای بتن مانند تغییر در خواص مصالح را نسبت به زمان با تکرار آزمایش بر روی نمونه ای معین ، اندازه گیری نمایند .

آزمون انتقال اصطکاک که در قلمرو آزمونهای نیمه مخرب محسوب می گردد، روشی سریع، دقیق، کم هزینه و با کاربری وسیع در تعیین مقاومت بتن می باشد. آزمایش های وسیعی که در خصوص این روش صورت گرفته نشان می دهد از این روش می توان به خوبی در زمینه های تعیین مقاومت بتن، تعیین روند کسب مقاومت بتن، ارزیابی سازه های موجود، تعیین زمان حمل قطعات پیش ساخته، تعیین زمان اعمال نیروی پیش تنیدگی و ... استفاده نمود. خرابی حاصل از این روش جزئی بوده و از دقت بالاتری نسبت به سایر آزمونهای مشابه برخوردار است. حساس بودن کاربری محل های ساخته شده با بتن الیافی، اهمیت استفاده از روش های غیر مخرب یا نیمه مخرب نظیر آزمون انتقال اصطکاک برای تعیین مقاومت بتن الیافی در خدمت را پر اهمیت می کند.

نمونه های استفاده از بتن الیافی در باند فرودگاه ها، تاسیسات تصفیه فاضلاب، بتن بدون جمع شدگی، بتن مقاوم در برابر تخریب ناشی از انفجار و ضربه برای ساخت ایستگاه های راکتورها، زلال سازها، افزودنی های قوام آور، مخازن هضم، و ایستگاه های پمپاژ، به وفور یافت می شود. حساس بودن محل های کاربرد بتن الیافی، اهمیت اطلاع از مقاومت بتن الیافی در خدمت را بیشتر جلوه می نماید.

لذا مطالب این پایان نامه با هدف ارائه منحنی های کالیبراسیون روش انتقال اصطکاک با استفاده از آزمون های آزمایشگاهی جهت تعیین مقاومت در جای بتن الیافی، و بررسی تاثیر نوع سیمان و نوع الیاف بر نتایج حاصل از این روش تدوین گردیده است. بدین منظور پنج نوع بتن الیافی و دو نوع بتن معمولی مطالعه گردیده است. برای مطالعه تاثیر نوع سیمان و نوع الیاف، از دو نوع سیمان پوزولانی و سیمان تیپ II و سه نوع الیاف فولادی، الیاف شیشه و الیاف پلی پروپیلین استفاده شده و نتایج بدست آمده از

بتن های الیافی مذکور، با بتن معمولی با سیمان پوزولانی و تیپ II مقایسه گردیده است. لازم به توضیح است که برای ارائه نمودارهای کالیبراسیون مربوطه، مشخصه های مقاومت فشاری و مدول گسیختگی در مقابل نتایج بدست آمده از روش انتقال اصطکاک در نمودارهای مربوط به انواع بتن های ساخته شده ترسیم شده اند.

مطالعات انجام شده در قالب هشت فصل ارائه شده است. فصل اول به بررسی خواص مصالح و رفتار آنها در ارتباط با رفتار پیچیده بتن اختصاص یافته است. زیرا این خصوصیات در نتایج حاصل از آزمایشات و پیش بینی رفتار بتن تحت بارگذاری و بررسی نتایج یک تحقیق از اهمیت خاصی برخورار می باشد. در فصل دوم به معرفی بتن الیافی، خصوصیات انواع الیاف، تاثیر انواع الیاف در خواص بتن، نحوه تولید بتن الیافی، آزمایشات بتن الیافی و کاربردهای بتن الیافی پرداخته شده است. در فصل سوم طاقت و ضریب طاقت بتن الیافی بررسی شده است. فصل چهارم به معرفی روش های تعیین مقاومت بتن در آزمایشگاه و بررسی تاثیر شرایط آزمون در تعیین مقاومت بتن اختصاص یافته است. در این زمینه آشنایی با هر یک از روش ها و تاثیر شرایطی که آزمون تحت آن شراط صورت می گیرد در تعیین مقاومت اندازه گیری شده به ویژه در پژوهش ها و در مقایسه روش های تعیین مقاومت بتن ضروری می باشد. در فصل پنجم روش های موجود در تعیین مقاومت در جای بتن جهت مقایسه با روش انتقال اصطکاک، مورد مطالعه قرار گرفته است. فصل ششم از این پایان نامه به برنامه ریزی برای مطالعه و انجام آزمایشات، تهیه مصالح و نمونه ها، انجام آزمون های تعیین مقاومت فشاری و مدول گسیختگی نمونه ها، و انجام آزمون انتقال اصطکاک در قالب آزمایشگاهی اختصاص یافته است. نتایج حاصل از انجام آزمونها، بررسی های آماری و ارائه منحنی های کالیبراسیون روش انتقال اصطکاک برای انواع بتن الیافی در فصل هفتم ارائه شده است. نتیجه گیری از مباحث صورت گرفته نیز فصل هشتم ارائه گردیده است.

فصل ۱

بتن و عناصر تشکیل دهنده آن

۱-۱ اهداف و کلیات

عناصر تشکیل دهنده بتن در فعالیت های تحقیقاتی نقش مهم و قابل توجه ای را در بررسی نتایج ایفا می نماید. در مورد رفتار بتن، هر یک از عناصر به کار گرفته شده در آن، نقش بسزایی در ویژگی های مورد انتظار بتن و رفتار آن دارد. هدف از این فصل، بررسی عناصر تشکیل دهنده بتن و رفتار آنها در ارتباط با رفتار پیچیده بتن می باشد. زیرا این خصوصیات در طراحی، آزمایش و پیش بینی رفتار بتن تحت بارگذاری و بررسی نتایج یک تحقیق، ازاهمیت خاصی بر خوردار است[۱].

۱-۲ ارتباط خواص عناصر تشکیل دهنده بتن با مقاومت آن

بتن ماده ای مرکب است و اجزا ترکیبی آن مخلوطی از سیمان پرتلند با آب، سنگدانه ریز (ماسه)، سنگدانه درشت (شن)، فضای بین دانه ها با ماتریسی که ملات سیمان نامیده می شود و آنها را به هم می چسباند، پر شده است. در ادامه خواص هر کدام از عناصر بتن و تأثیر آن در مقاومت بتن مورد بررسی قرار می گیرد.

۱-۲-۱ سنگدانه ها

از آنجا که حداقل سه چهارم حجم بتن را سنگدانه‌ها تشکیل می‌دهند لذا جای تعجب نیست که کیفیت این مواد از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. نه فقط ممکن است سنگدانه‌ها مقاومت بتن ساخته

شده با آنها را محدود نمایند (زیرا سنگدانه‌های ضعیف نمی‌توانند ایجاد بتن پر قدرت نمایند) بلکه همچنین خواص سنگدانه‌ها به میزان چشمگیری بر دوام و عملکرد ساختمانی بتن تأثیر خواهد گذاشت.

در ابتدا سنگدانه‌ها را عمدتاً از نقطه نظر اقتصادی به عنوان مواد خنثی که در میان خمیر سیمان پخش شده‌اند در نظر می‌گرفتند ولیکن امکان دارد به این مسئله از نقطه نظر دیگری نیز نگاه نمود و سنگدانه‌ها را به عنوان یک مصالح ساختمانی که به وسیله خمیر سیمان به مجموعه یکپارچه‌ای تبدیل شده در نظر گرفت (مانند ساختمان آجری). در حقیقت سنگدانه‌ها کاملاً خنثی نبوده و خواص فیزیکی، حرارتی و در بعضی مواقع خواص شیمیایی آنها بر عملکرد بتن تأثیر خواهد داشت. سنگدانه ها از سیمان ارزانتر بوده و بنابراین اقتصادی است که مقدار سنگدانه‌ها در مخلوط را در حداکثر مقدار ممکن و مقدار سیمان آن را در حداقل ممکن تعیین نمود. ولی اقتصاد تنها دلیل به کار بردن سنگدانه‌ها در بتن نمی باشد بلکه کاربرد آن‌ها امتیازات فنی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می نماید و به بتن ثبات حجمی و دوام بیشتری از خمیر سیمان خالص می‌دهد[۱].

مقاومت فشاری بتن نمی تواند از مقاومت سنگدانه ها بیشتر گردد. ارتباط بین مقاومت سنگدانه و بتن سخت شده خطی نمی باشد. برای بتن های با عملکرد مناسب هم مقاومت سنگدانه ها و اتصال سنگدانه باید مورد توجه قرار گیرد به طوریکه هر چه بتوان شرایط چسبندگی خوب به خمیر سیمان را فراهم نموده و همچنین در انتخاب مصالح مدول الاستیسیته و مقاومت سنگدانه را نزدیک به این خصوصیات در ماتریس سیمان سخت شده در نظر گرفت و بلعکس، توزیع تنش یکنواخت تر و از تمرکز تنش های ناشی از سنگدانه جلوگیری به عمل می آید[۱].

۱-۲-۱-۱ طبقه بندی کلی سنگدانه‌ها

اندازه‌های مصرف شده در بتن از چندین ده میلیمتر تا حد پایین ذراتی که مقطع آنها از یکدهم میلیمتر تجاوز نمی‌کند، تشکیل می‌گردد. حداکثر اندازه‌ای که در عمل مصرف می‌شود متغیر است اما در هر مخلوط، ذرات به اندازه‌های مختلف ریخته می‌شوند و توزیع اندازه ذرات را دانه بندی می‌گویند. در بعضی

موارد برای ساختن بتن با کیفیت پایین سنگدانه‌های استخراج شده از معادنی که حاوی کلیه اندازه‌ها (از درشت‌ترین تا ریزترین اندازه) هستند را به کار می برند و به آنها مخلوط شن و ماسه و یا مخلوط از معدن آمده می‌گویند.

روش دیگری که بسیار متداول می‌باشد و همیشه در تولید بتن با کیفیت خوب به کار می‌رود آن است که سنگدانه‌ها را حداقل در دو گروه اندازه‌ای تهیه می‌کنند که عبارتند از سنگدانه‌های ریز که اغلب ماسه نامیده می‌شوند و ذرات آن‌ها بزرگتر از ۵ میلیمتر (۳/۱۶ اینچ) نمی‌باشند و سنگدانه‌های درشت که شامل موادی می‌شوند که حداقل اندازه آنها ۵ میلیمتر است. عموماً حد پایین اندازه ماسه را حدود ۰/۰۶ میلیمتر و یا قدری کمتر در نظر می‌گیرند. موادی که اندازهٔ آنها بین ۰/۰۶ و۰/۰۰۲ میلیمتر است لای و ذرات کوچکتر را خاک رس می نامند. خاک ماسه‌ای[۱] یک ماده رسوبی نرمی است که تقریباً از قسمتهای مساوی ماسه، لای و خاک رس تشکیل شده است[۱].

کلیه ذرات سنگدانه‌ها در اصل جزئی از یک انبوه بزرگتر اصلی را تشکیل می‌داده‌اند که یا به وسیله عوامل طبیعی جوی و سایش و یا مصنوعاً به وسیله دستگاه‌های سنگ شکن خورد شده‌اند. بنابراین بسیاری از خواص سنگدانه‌ها بستگی کامل به خواص سنگ اصلی آن دارند. برای مثال می توان ترکیبات شیمیایی، بافت منافذ، رنگ و غیره را نام برد. در مقابل پاره‌ای از خواص سنگدانه در سنگ اصلی وجود ندارد مانند شکل ذرات و اندازه آنها، بافت سطحی و جذب آب. ممکن است کلیه این خواص بر کیفیت بتن (یا در حالت تر و یا در حالت سخت شده) تأثیر قابل ملاحظه‌ای بگذارند.

منطقی است که اضافه شود اگرچه می‌توان خواص مختلف سنگدانه‌ها را به خودی خود مورد آزمایش قرار داد ولیکن توصیف سنگدانه‌های خوب مشکل است، مگر اینکه گفته شود آنها سنگدانه‌هایی می‌باشند که بتوانند تولید بتن مناسب (برای شرایط معین) نمایند. با اینکه همواره می‌توان از سنگدانه‌های با خواص رضایت بخش، بتن مناسب ساخت و لیکن عکس این عبارت الزاماً صحیح نیست و بدین دلیل است که

[۱] Loam

باید از ضابطه عملکرد آنها در بتن استفاده نمود. به خصوص نتایج آزمایش‌ها نشان داده‌اند که ممکن است سنگدانه‌ها از پاره‌ای جهات رضایت بخش نباشند ولیکن وقتی که در بتن مصرف می شوند ضرورتاً ایجاد اشکال ننماید[۱].

۱-۲-۱-۲ نمونه برداری

آزمایش‌های خواص مختلف سنگدانه‌ها الزاماً بر روی نمونه‌ای از آن‌ها انجام می‌شود و بنابراین اگر دقیقاً بخواهیم نتایج این آزمایش‌ها فقط درباره نمونه‌ای که مورد آزمایش قرار گرفته است صدق می‌کند. ولی چون خواص انبوه مصالح به صورتی که تحویل کارگاه می‌گردد و یا به صورت موجود مورد توجه می‌باشد لذا لازم است اطمینان حاصل شود که نمونه معرف متوسط خواص انبوه سنگدانه‌ها خواهد بود. به چنین نمونه‌ای یک نمونه معرف می‌گویند و برای تهیه آن دقت‌های معینی باید به عمل آیند. ولیکن نمی‌توان هیچ گونه روشی را به صورت مشروح برای این کار تعیین نمود زیرا شرایط و موقعیت‌های مربوطه می‌توانند از حالتی به حالت دیگر بسیار متغیر باشند. به هر حال اگر یک آزمایشگر آگاه در کلیه موارد این نکته را به خاطر داشته باشد که نمونه تهیه شده باید معرف انبوه مصالح مورد آزمایش باشد، می‌توان نتایج قابل اطمینانی را بدست آورد[۱].

نمونه‌ای از اینگونه دقت عمل آن است که از سرطاس به جای بیل استفاده شود تا در هنگام بلند کردن بیل از غلتیدن برخی از اندازه‌های ذرات به خارج جلوگیری شود. این امر در تجدید نظر سال ۱۹۶۷ آئین نامه BS ۸۱۲ منظور شده است. نمونه اصلی از تعدادی از نمونه‌های کوچکتر که هر کدام از بخشی از انبوه کلی برداشته شده تشکیل می گردد. حداقل تعداد نمونه‌های کوچک که به آن‌ها اجزا می‌گویند، ۱۰ می‌باشد و نباید مجموع وزن آن‌ها کمتر از آنچه که در توصیه قسمت اول ۱۹۷۵: ۸۱۲ BS برای اندازه‌های مختلف ذرات داده شده، باشد[۲].

ولی اگر چنانچه منبعی که از آن نمونه بدست می‌آید متغیر باشد و یا ذرات آن از یکدیگر جدا شده باشند تعداد بیشتری از اجزا باید تهیه شوند و لازم است نمونه بزرگتری برای آزمایش ارسال گردد. این

امر به خصوص در مورد دپوهایی که باید از کلیه قسمت‌های انبوه آن‌ها (نه فقط از نقاط نزدیک به سطح بلکه هم چنین از قسمت مرکزی آن‌ها) نمونه تهیه نمود صدق می کند. ممکن است نمونه اصلی به خصوص در مواردی که سنگدانه‌های با اندازه بزرگ مصرف می‌شوند، نسبتاً زیاد باشد و لذا قبل از انجام آزمایش باید مقدار نمونه را کاهش داد. در کلیه مراحل کوچک نمودن مقدار نمونه لازم است اطمینان حاصل شود که خصوصیات معرف آن حفظ گردند، به طوریکه نمونه کوچک شده مورد آزمایش دارای همان خواص نمونه اصلی و در حقیقت دارای خواص انبوه سنگدانه‌ها باشد[۱].

۱-۲-۱-۳ شکل و بافت سنگدانه ها

علاوه بر خصوصیات سنگ شناسی سنگدانه ها، کیفیت خارجی ذرات آنها نیز حائز اهمیت می باشند. در این رابطه بویژه می توان شکل سنگدانه و بافت سطحی آنها را نام برد. توصیف شکل اجسام سه بعدی نسبتاً مشکل است و لذا تعریف بعضی از خصوصیات هندسی این نوع اجسام آسانتر خواهد بود. با استفاده از پارامتر گردی می توان تیزی نسبی و یا گوشه دار بودن لبه ها و کنج های ذرات را سنجید. میزان گردی سنگدانه عمدتاً توسط مقاوت فشاری و مقاومت در برابر سایش سنگ مادر کنترل می شود و به مقدار سایشی که ذرات در معرض آن قرار گرفته اند بستگی دارد. در مورد سنگدانه های خرد شده شکل سنگدانه به ماهیت جنس سنگ مادر و به نوع سنگ شکن و ضریب خرد کنندگی آن (نسبت اندازه مواد تغذیه شده بداخل سنگ شکن به اندازه ذراتی که از سنگ شکن خارج می شوند) بستگی دارد[۱]. یک طبقه بندی کلی از نقطه نظر گردی سنگدانه که بر اساس قسمت اول آئین نامه ۱۹۷۵ : ۸۱۲ BS می باشد در جدول ۱-۱ داده شده است[۲].