PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

مقایسه خواص پوزولانی نانو سیلیس، میکروسیلیس و پرلیت در خصوصیات رفتاری و دوام بتن خود تراکم و پیشنهاد دو روش آزمایش برای بتن خود تراکم

استاد راهنما:

دکتر سید حسین قاسم‌زاده موسوی نژاد

استاد مشاور:

دکتر یعقوب محمدی

توسط:

غلامرضا فلاح پسیخانی

تابستان 1389

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مقایسه خواص پوزولانی نانو سیلیس، میکروسیلیس و پرلیت در خصوصیات رفتاری و دوام بتن خود تراکم و پیشنهاد دو روش آزمایش برای بتن خود تراکم

توسط:

غلامرضا فلاح پسیخانی

پایان نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران- سازه

از

دانشگاه محقق اردبیلی

اردبیل-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه:.....

دکتر سید حسین قاسم‌زاده موسوی نژاد (استاد راهنما و رئیس کمیته)		**استادیار**
دکتر مشعشعی	**(داور داخلی)**	**استادیار**
دکتر رحمت مدندوست	**(داور خارجی)**	**استادیار**
دکتر یعقوب محمدی	**(استاد مشاور)**	**استادیار**

شهریور - 1389

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تقدیم

تحفه درویش را مزین به خاک پای اعضای خانواده‌ام بویژه مادرم می‌نمایم که با حمایت‌های خود سبب تداوم حرکت من در عرصه علم و دانش شدند.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تقدیر و تشکر

حال‌که با گذشتن از فراز و نشیب‌ها این پایان‌نامه به سرمنزل مقصود رسید، سزاوار است مراتب قدردانی و تشکر خود را به تمامی اساتید و کسانی که حقیر را در این مهم یاری فرمودند تقدیم نمایم. زحمات و راهنمایی‌های بی‌دریغ استاد گرامی جناب آقای دکتر سید حسین قاسم‌زاده موسوی‌نژاد که موجبات دلگرمی و استواری در تحقیقات را فراهم نمودند بدون‌شک رکن اساسی در انجام این رساله بود. از استاد گرامی جناب آقای دکتر یعقوب محمدی که بنده را از مشاوره و رهنمودهای ارزنده و والای خود بی‌بهره نگذاشتند سپاسگزار و ممنونم. در پایان از تمام عزیزانی که بنحوی در انجام و نگارش این پایان‌نامه حقیر را مساعدت نمودند کمال تشکر را دارم.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

نام خانوادگی دانشجو: فلاح پسیخانی	**نام: غلامرضا**
عنوان پایان نامه: مقایسه خواص پوزولانی نانو سیلیس، میکروسیلیس و پرلیت در خصوصیات رفتاری و دوام بتن خود تراکم و پیشنهاد دو روش آزمایش برای بتن خود تراکم	
استاد راهنما: دکتر سید حسین قاسم‌زاده موسوی نژاد **استاد مشاور: دکتر یعقوب محمدی**	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته : عمران** **گرایش : سازه**	**دانشگاه : محقق اردبیلی**
دانشکده : فنی و مهندسی **تاریخ فارغ التحصیلی :**	**تعداد صفحه : 116**
کلید واژ ه‌ها: بتن خودتراکم، نانوسیلیس، میکروسیلیس، پودرپرلیت، همگنی، ایزوتروپی	

چکیده:

بتن خودتراکم نوعی از بتن‌های توانمند می‌باشد که تحت وزن خود و بدون نیاز به ویبره در قالب جای می‌گیرد. از سوی دیگر خوردگی از مشکلاتی است که همواره عواقب زیان‌آوری برای جوامع بشری در پی داشته‌است. سازه های بتن مسلح از خوردگی یون کلر آسیب‌پذیر بوده و در سرتاسر جهان نمونه‌های فراوانی از این نوع خوردگی مشاهده شده‌است. در این تحقیق تأثیر پوزولان‌های نانوسیلیس (2,5، 5 و 7,5 درصد)، میکروسیلیس (5، 10 و 15 درصد) و پودرپرلیت (2,5، 5 و 7,5 درصد) بر خصوصیات رئولوژیکی و دوام بتن خودتراکم در برابر خوردگی کلریدی ارزیابی شد. جهت دستیابی به خواص خودتراکمی از فوق روان‌کننده (2 درصد وزن سیمان) و هوازا (0,2 درصد وزن سیمان) استفاده شد. آزمایش‌های جریان اسلامپ، حلقه J، قیف V، قیف U، جعبه L، مقاومت فشاری (مکعبی و استوانه‌ای)، پتانسیل نیم‌پیل، چکش اشمیت، مقاومت الکتریکی، جذب آب، تعیین عرض ترک و مدول الاستیسیته دینامیکی بر اساس روش التراسونیک به بتن های تازه و سخت شده اعمال گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهند که طرح‌های اختلاط حاوی 5 درصد نانوسیلیس، 10 درصد میکروسیلیس و 2,5 درصد پودر پرلیت در آزمایش‌های خودتراکم نتایج بهتری کسب نموده‌اند. همچنین در تمامی نمونه‌ها، هیچگونه احتمال خوردگی در آزمایش‌های پتانسیل نیم‌پیل تا سن 28 روزه وجود نداشته و در سن 90 روزه، پتانسیل نیم‌پیل نمونه حاوی 7,5 درصد نانوسیلیس 232 mV کمتر از نمونه کنترل بود. مقاومت الکتریکی نمونه‌های حاوی 10 و 15 درصد میکروسیلیس بیشتر از 120 کیلواهم بوده که مبین عدم وقوع خوردگی است. جذب آب نمونه‌های حاوی 5 و 7,5 درصد پودرپرلیت بترتیب 8,66 و 25,98 درصد کمتر از نمونه کنترل بوده است. در این پایان‌نامه دو روش آزمایش جدید جهت بررسی خواص ایزوتروپی و همگنی بتن خودتراکم پیشنهاد شده که لوازم و نحوه انجام آنها به تفصیل در فصل مربوطه تشریح گردیده است.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فهرست مطالب

فصل اول پیشگفتار

عنوان صفحه

1-1 بتن بعنوان یک مصالح ساختمانی 2
2-1 بتن خودتراکم 2
3-1 تاریخچه بتن خودتراکم 3
4-1 تعریف بتن خودتراکم 3
5-1 مشخصات بتن خودتراکم 3
6-1 مزایای بتن خودتراکم 4
7-1 نانو تکنولوژی و کاربرد آن در صنعت بتن 6
8-1 خوردگی 7
9-1 تاریخچه خوردگی و روند اقدامات 7
10-1 تعریف خوردگی 11
11-1 هزینه‌های خوردگی 11
12-1 سیمانهای پر تلند پوزولانی و پوزولانها 11
13-1 علل استفاده از پوزولان 12
14-1 هدف تحقیق 14
1-14-1 بررسی خواص ایزوتروپی و همگنی بتن خودتراکم 14
2-14-1 لزوم استفاده از فناوری نانو 14
3-14-1 لزوم بکارگیری بتن خودتراکم درایران 15
15-1 ضرورت تحقیق 15
1-15-1 ضرورت بررسی خواص ایزوتروپی و همگنی بتن خودتراکم 15
2-15-1 کاهش هزینه‌ها با بکارگیری SCC 15
3-15-1 آمار هزینه‌های خوردگی 16

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فصل دوم اصول خوردگی، پارامترهای مؤثر و روش‌های کنترل آن

عنوان صفحه

2-1 انواع خوردگی 18
2-1-1 حملات فیزیکی 18
2-1-2 حمله شیمیائی به بتن 18
2-2 کربناسیون – نفوذ CO2 19
2-3 حالتهای خوردگی فولاد در بتن 21
2-3-1 حالت روئین 22
2-3-2 حالت خوردگی حفره ای 22
2-3-3 حالت خوردگی یکنواخت 23
2-3-4 حالت فعال ، پتانسیل خوردگی کم 23
2-4 حمله آب دریا 24
2-5 طبیعت الکتروشیمیائی خوردگی 26
2-6 پتانسیلهای الکترود 27
2-7 اثر ترک ها در خوردگی فولاد 29
2-8 فرآیند خوردگی 30
2-9 باز دارنده های خوردگی 31

فصل سوم پوزولان‌ها و تحقیقات انجام شده روی آنها

عنوان صفحه

3-1 انواع پوزولان 34
3-2 پوزولانهای طبیعی 35
3-2-1 مصالح با منشأ آتشفشانی (سنگهای پیروکلاستیک) 35
3-2-2 مواد گسسته (ناهمدوس) 37
3-2-3 مواد متراکم (توفها) 39
3-2-4 مصالح دارای منشأ رسوبی 42
3-2-5 مصالح دارای منشأ ترکیبی (سنگهای هیبرید یا پیوندی) 43
3-3 پوزولانهای مصنوعی 45

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3-3-1 خاکستربادی 45
3-3-2 شل و رسهای پخته 48
3-3-3 میکروسیلیس 51
3-4 مواد دیگر 52
3-5 ریز ساختار، نفوذپذیری و جذب سطحی 55
3-6 مقاومت 59
3-7 دوام 63
3-7-1تأثیر شرایط 64
3-7-1-1 دی‌اکسید کربن 64
3-7-1-2 کلراید 67
3-8 تغییرات ریزساختاری و ترکیب 70
3-9 نتیجه گیری 72

فصل چهارم مصالح، آزمایش‌ها، نتایج و بحث در مورد آنها

عنوان صفحه

4-1 مصالح مصرفی 75
4-2 طرح‌های اختلاط 75
4-3 آزمایش جریان اسلامپ 77
4-4 آزمایش جعبه L شکل 78
4-5 آزمایش جعبه U 80
4-6 آزمایش قیف V 82
4-7 آزمایش حلقه J 84
4-8 آزمایش مقاومت فشاری 86
4-8-1 آزمایش استوانه 86
4-9 شرایط مهاجم خوردگی 87
4-10 آزمایش پتانسیل خوردگی 88
4-11 آزمایش ترکها 91
4-12 آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی اهمی 93
4-13 آزمایش جذب آب در 24 ساعت 95

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4-14 آزمایش سرعت پالس آزمایش سرعت پالس مافوق صوت 97
4-14-1 اندازه گیری سرعت نوسان 98
4-14-2 برآورد مدول الاستیسیته دینامیکی 98
4-15 آزمایش مکعب 100
4-16 آزمایش چکش اشمیت 102
4-17 آزمایش ایزوتروپی 104
4-17-1 وسایل آزمایش ایزوتروپی 105
4-17-1-1 مخزن تخلیه 105
4-17-1-2 قیف عبورکننده 105
4-17-1-3 قالب‌های زیر قیف عبوری 105
4-17-2 نحوه انجام آزمایش 106
4-17-3 نتایج آزمایش 106
4-17-4 تفسیر نتایج 107
4-17-4-1 وزن تخلیه شده 107
4-17-4-2 مقاومت فشاری 108
4-18 همگنی 108
4-18-1 آزمایش همگنی 108
4-18-2 وسایل آزمایش همگنی 108
4-18-3 نحوه انجام آزمایش 109
4-18-4 نتایج آزمایش 109
4-18-5 تفسیر نتایج 110
4-18-5-1 زمان 110
4-18-5-2 مقاومت فشاری 110

فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات

عنوان صفحه

5-1 نتیجه‌گیری 112
5-2 پیشنهادات 116

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل 1-1 طبقه‌بندی مراحل هیدراتاسیون بر مبنای کالری سنجی همدما 14
شکل 2-1 نمایش شماتیک فرآیند کربناسیون 20
شکل 2-2 نمایش کربناسیون بتن خشک شده 21
شکل 2-3 نمایش کربناسیون بتن اشباع 21
شکل 2-4 نمایش کربناسیون بتن خشک شده در رطوبت نسبی طبیعی 21
شکل 2-5 منحنی Evans، اثر غلظت اکسیژن بر مقدارE_{corr} فولاد روئین شده در بتن 22
شکل 2-6 منحنی Evans حالت فعال، پتانسیل خوردگی کم برای فولاد در بتن 24
شکل 2-7 منحنی پوربه برای سیستم $Fe-H_2O$ در دمای 25 درجه 24
شکل 2-8 اثر قرارگیری درمحلول5% سولفات‌سدیم بر مدول‌الاستیسیته دینامیکی 25
شکل 2-9 مقاومت بریکتهای ملات در محلول 0,15 مولار Na_2SO_4 26
شکل 2-10 خوردگی آهن در آب اکسیژن دمیده(راست) و در محلول کلریدریک(چپ) 27
شکل 2-11 ارتباط پتانسیلها و جریانهای تولید شده در پیل خوردگی 28
شکل 2-12 غلظت کلر در سطح فولاد در ناحیه ترک 29
شکل 2-13 آند، کاتد، اکسیداسیون و واکنشهای آبپوشی آهن خورده شده 30
شکل 2-14 نسبت حجم آهن و اکسیدهای آن 31
شکل 3-1 انواع پوزولان 35
شکل 3-2 عکس SEM پوزولان Bacoli(ایتالیا)(600برابر) 36
شکل 3-3 عکس SEM پوزولان Salone(ایتالیا)(300 برابر) 37
شکل 3-4 عکس SEM پوزولان Vizzini(ایتالیا)(300 برابر) 38
شکل 3-5 عکس SEM پوزولان Sacrofano(ایتالیا)(300 برابر) 44
شکل 3-6 موقعیت ماکزیمم اشعهX (شیشه) برحسب مقدار CaO در 16 خاکستربادی 50
شکل 3-7 مقدار هیدروکسید کلسیم،نمونه‌های 4و8و16 درصد دوده سیلیس و سیلیس کلوئیدی 53
شکل 3-8 افت وزنی خمیر سیمان در دمای 105 تا 400 درجه 54
شکل 3-9 افت وزنی خمیر سیمان در دمای 400 تا 500 درجه 54
شکل 3-10 تأثیر روش خشک کردن روی نفوذ اکسیژن 55
شکل 3-11 ضریب نفوذ اکسیژن برحسب مقاومت فشاری بتن 57
شکل 3-12 ضریب پخش اکسیژن برحسب مقاومت فشاری بتن 57
شکل 3-13 جذب سطحی بتن برحسب مقاومت فشاری بتن 58
شکل 3-14 تأثیر عمل‌آوری در آب(E_2) و در هوا(E_7) در جذب سطحی اولیه (a)28روزه (b)90روزه (c)180روزه.. 58
شکل 3-15 تغییر تخلخل خمیر نسبت به فاصله از سنگدانه 59

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

شکل 3-16 مقاومت فشاری بتن ساخته شده از 10% دوده سیلیس(1)، 25% خاکستربادی(2و2a)،سرباره(4و4a) و بتن معمولی(5و6) 61
شکل 3-17 تأثیر مقاومت فشاری روی عمق کربناسیون نهایی مورد انتظار 65
شکل 3-18 عمق کربناسیون یکساله برحسب مقاومت 28 روزه 65
شکل 3-19 رابطه بین مقاومت فشاری و عمق خنثی‌شده در نمونه‌های دوساله 66
شکل 3-20 نفوذپذیری کلر در بتن پوزولانی(a) و بتن معمولی (b) 68
شکل 3-21 تأثیر مقدار سیمان و دوده سیلیس در عمق نفوذ یون کل 69
شکل 4-1 توزین مصالح 76
شکل 4-2 آزمایش جریان اسلامپ 77
شکل 4-3 نتایج آزمایش اسلامپ طرح‌های شامل نانوسیلیس 77
شکل 4-4 نتایج آزمایش اسلامپ طرح‌های شامل میکروسیلیس 78
شکل 4-5 نتایج آزمایش اسلامپ طرح‌های شامل پودرپرلیت 78
شکل 4-6 آزمایش جعبه L 79
شکل 4-7 نتایج آزمایش جعبه L طرح‌های شامل نانوسیلیس 79
شکل 4-8 نتایج آزمایش جعبه L طرح‌های شامل میکروسیلیس 79
شکل 4-9 نتایج آزمایش جعبه L طرح‌های شامل پودرپرلیت 80
شکل 4-10 نمونه‌ای از آزمایش جعبه L شکل 80
شکل 4-11 دستگاه آزمایش جعبه U 81
شکل 4-12 نتایج آزمایش جعبه U طرح‌های شامل نانوسیلیس 81
شکل 4-13 نتایج آزمایش جعبه U طرح‌های شامل میکروسیلیس 81
شکل 4-14 نتایج آزمایش جعبه U طرح‌های شامل پودرپرلیت 82
شکل 4-15 نمونه‌ای از آزمایش جعبه U شکل 82
شکل 4-16 دستگاه آزمایش قیف V 83
شکل4-17 نتایج آزمایش قیف V طرح‌های شامل نانوسیلیس 83
شکل 4-18 نتایج آزمایش قیف V طرح‌های شامل میکروسیلیس 83
شکل 4-19 نتایج آزمایش قیف V طرح‌های شامل پودرپرلیت 84
شکل 4-20 دستگاه آزمایش حلقه J 84
شکل 4-21 نتایج آزمایش حلقه J طرح‌های شامل نانوسیلیس 85
شکل 4-22 نتایج آزمایش حلقه J طرح‌های شامل میکروسیلیس 85
شکل 4-23 نتایج آزمایش حلقه J طرح‌های شامل پودرپرلیت 85
شکل 4-24 نمونه‌ای از آزمایش حلقه J 86
شکل4-25 نمونه‌ها در محیط عمل‌آوری 87
شکل 4-26 چگونگی تعیین پتانسیل خوردگی آرماتور 88
شکل 4-27 نتایج آزمایش پتانسیل نیم‌پیل طرح‌های شامل نانوسیلیس 89

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

شکل 4-28 نتایج آزمایش پتانسیل نیم‌پیل طرح‌های شامل میکروسیلیس..... 90
شکل 4-29 نتایج آزمایش پتانسیل نیم‌پیل طرح‌های شامل پودرپرلیت..... 90
شکل 4-30 دستگاه آزمایش پتانسیل نیم‌پیل..... 91
شکل 4-31 نتایج آزمایش عرض ترک طرح‌های شامل نانوسیلیس..... 91
شکل 4-32 نتایج آزمایش عرض ترک طرح‌های شامل میکروسیلیس..... 92
شکل 4-33 نتایج آزمایش عرض ترک طرح‌های شامل پودرپرلیت..... 92
شکل 4-34 آزمایش تعیین عرض ترک..... 92
شکل 4-35 نتایج آزمایش مقاومت الکتریکی طرح‌های شامل نانوسیلیس..... 94
شکل 4-36 نتایج آزمایش مقاومت الکتریکی طرح‌های شامل میکروسیلیس..... 94
شکل 4-37 نتایج آزمایش مقاومت الکتریکی طرح‌های شامل پودرپرلیت..... 95
شکل 4-38 دستگاه آزمایش مقاومت الکتریکی..... 95
شکل 4-39 نتایج آزمایش جذب آب طرح‌های شامل نانوسیلیس..... 96
شکل 4-40 نتایج آزمایش جذب آب طرح‌های شامل میکروسیلیس..... 96
شکل 4-41 نتایج آزمایش جذب آب طرح‌های شامل پودرپرلیت..... 97
شکل 4-42 انواع حالت‌های کاربرد اندازه‌گیری سرعت پالس مافوق صوت (T فرستنده و R دریافت کننده)..... 97
شکل 4-43 دیاگرام سرعت- مدول..... 98
شکل 4-44 نتایج آزمایش مدول الاستیسیته دینامیکی طرح‌های شامل نانوسیلیس..... 99
شکل 4-45 نتایج آزمایش مدول الاستیسیته دینامیکی طرح‌های شامل میکروسیلیس..... 99
شکل 4-46 نتایج آزمایش مدول الاستیسیته دینامیکی طرح‌های شامل پودرپرلیت..... 100
شکل 4-47 آزمایش مدول الاستیسیته دینامیکی..... 100
شکل 4-48 نتایج آزمایش مقاومت فشاری مکعب طرح‌های شامل نانوسیلیس..... 101
شکل 4-49 نتایج آزمایش مقاومت فشاری مکعب طرح‌های شامل میکروسیلیس..... 101
شکل 4-50 نتایج آزمایش مقاومت فشاری مکعب طرح‌های شامل پودرپرلیت..... 101
شکل 4-51 نمونه‌ها پس از شکست..... 102
شکل 4-52 دستگاه آزمایش چکش اشمیت..... 102
شکل 4-53 نتایج آزمایش چکش اشمیت طرح‌های شامل نانوسیلیس..... 103
شکل 4-54 نتایج آزمایش چکش اشمیت طرح‌های شامل میکروسیلیس..... 103
شکل 4-55 نتایج آزمایش چکش اشمیت طرح‌های شامل پودرپرلیت..... 104
شکل 4-56 آزمایش چکش اشمیت..... 104
شکل 4-57 دستگاه آزمایش ایزوتروپی (قیف تخلیه)..... 105
شکل 4-58 چیدمان لوازم آزمایش ایزوتروپی..... 106
شکل 4-59 چیدمان لوازم آزمایش همگنی..... 109

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول 2-1 تأثیر بعضی از مواد شیمیایی روی بتن 19
جدول 2-2 نیم‌پیلها و پتانسیل آنها 29
جدول 3-1 آنالیز شیمیایی برخی از پوزولانهای آتشفشانی گسسته[درصد] 38
جدول 3-2 ترکیب معدنی برخی از پوزولانهای آتشفشانی 39
جدول 3-3 آنالیز شیمیایی توفهای پوزولانی (درصد) 40
جدول3-4 ترکیب شیمیایی سه لایه مجاور از پوزولان Napoli (درصد) 41
جدول 3-5 مواد معدنی موجود در مصالح زئولیتی [درصد] 42
جدول 3-6 آنالیز شیمیایی پوزولانهای پرسیلیس(درصد) 43
جدول 3-7 آنالیز خاکستر بادی کم آهک(درصد) 46
جدول 3-8 آنالیز معدنی خاکسترهای بادی (درصد) 47
جدول 3-9 آنالیز عنصری خاکسترخای بادی توسط electron microprobe 47
جدول 3-10 مشخصات انواع ذرات خاکستربادی توسط آزمایشهای میکروسکپی 49
جدول 3-11 آنالیز خاکستربادی پرآهک حاصل از زغالهای قیری و لیگنیت 50
جدول 3-12 ترکیبات معدنی خاکسترهای بادی پرآهک 50
جدول 3-13 آنالیز شیمیایی میکروسیلیس حاصل از تولید فلز سیلیکون و آلیاژ فروسیلیکونی 75 درصد (درصد) 52
جدول 3-14 آنالیز شیمیایی خاکستر پوسته برنج، ساقه برنج و خاکستر تفاله نیشکر در مقایسه با تراس و خاکستربادی 52
جدول 3-15 طرح اختلاطها(Kg/m^3) 60
جدول 3-16 مقاومت فشاری بتن برحسب زمان عمل‌آوری در 20 درجه 60
جدول3-17 شاخصهای تأثیر پوزولانی پرلیت (28 روزه) 62
جدول 3-18 مقاومت فشاری بتنهای معمولی و پرلیتی 62
جدول 3-19 طرح اختلاطها 63
جدول 3-20 مقاومت فشاری 63
جدول 3-21 اترینگایت=Et، گچ=Gp، هیدروکسیدکلسیم=Ch، هیدروکسید منیزیم=Mh. +++=خیلی شدید، ++=شـدید، +=ضعیف، -=غیرقابل رؤیت 70
جدول 3-22 طرح اختلاط 71
جدول 3-23 نتایج آزمایشها 71
جدول 3-24 خلاصه‌ای از تأثیرات مهم خاکستربادی روی دوام بتن 73
جدول 4-1 ترکیب شیمیایی سیمان و پوزولان‌های مصرفی 75
جدول 4-2 طرح اختلاطهای شامل نانوسیلیس 76
جدول 4-3 طرح اختلاطهای شامل میکروسیلیس 76
جدول 4-4 طرح اختلاطهای شامل پودرپرلیت 76

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول 4-5 نتایج آزمایش مقاومت فشاری استوانه طرح‌های شامل نانوسیلیس..... 86
جدول 4-6 نتایج آزمایش مقاومت فشاری استوانه طرح‌های شامل میکروسیلیس..... 87
جدول 4-7 نتایج آزمایش مقاومت فشاری استوانه طرح‌های شامل پودرپرلیت..... 87
جدول 4-8 پتانسیل خوردگی نسبت به الکترود مس (مطابق استاندارد ASTM C876)..... 89

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فصل اول

پیشگفتار

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

مقدمه

1-1 بتن بعنوان یک مصالح ساختمانی

بتن یکی از پرمصرفترین مصالح ساختمانی است، معمولاً از اختلاط سیمان پرتلند با ماسه، سنگدانه و آب ساخته می‌شود. سال 1992 در ایالات متحده 63 میلیون تن سیمان پرتلند به 500 میلیون تن بتن تبدیل شد، پنج برابر وزن فولادی که مصرف می‌گردد. در بسیاری از کشورها نسبت بتن مصرفی به فولاد مصرفی از 10 برابر فراتر رفته است. مصرف بتن در کل جهان در حدود 3 میلیارد تن (سال 1991) تخمین زده می‌شود، یا بعبارت دیگر یک تن برای هر انسان. بشر هیچ مصالحی به جز آب را به این مقدار هنگفت مصرف نمی‌کند.[84]

امروزه، نسبت استفاده از بتن بیش از آنچه که در آن زمان گفته شد می‌باشد. برآورد می‌گردد که استفاده از بتن در دنیا 11 میلیارد تن در هر سال باشد.

2-1 بتن خودتراکم

در سازه‌های بتنی برای رسیدن به مقاومت مورد نیاز و کاهش تخلخل و هوای درون بتن و حصول پایایی، بتن به روش‌های مختلف لرزانده می‌شود. با توسعه روز افزون کارهای بتنی و کمبود نسبی کارگران ماهر و یا سهل انگاری‌های آنان در کارگاه‌ها و یا به دلیل مزاحمت‌های جسمی و روحی و یا هزینه لرزاندن بتن در قالب، بویژه در مواقعی که تراکم میلگرد وجود دارد، عمل لرزاندن بطور کامل و صحیح انجام نگرفته و در نهایت مشخصات مکانیکی مطلوب بتن حاصل نمی‌گردد. لذا ساخت بتنی بدون نیاز به لرزاندن همواره راه حلی برای این معضل بنظر می‌رسید و از این‌رو ساختن چنین بتنی، رویایی برای دست‌اندرکاران بتن بوده است که بتوانند با استفاده از مواد افزودنی شیمیایی مختلف و تغییر در مقادیر مصالح طرح اختلاط، به این مهم دست یابند و بتن را از نقص اجرایی لرزاندن رها سازند. ابداع بتن خودتراکم SCC (Self-Compacting Concrete) نتیجه این تلاش‌ها بوده است. البته افزایش روانی بتن از طریق مصرف مواد افزودنی روان‌کننده یا فوق روان‌کننده امکان‌پذیر بوده است ولی چنانچه از این طریق روانی بتن بیش از حد معین افزایش یابد جداشدگی در بتن اتفاق افتاده و به کیفیت بتن صدمه می‌زند. با ابداع فوق روان‌کننده‌های نسل جدید که حاصل تلاش پژوهشگران ژاپنی بوده است امروزه می‌توان ضمن بدست آوردن روانی زیاد از ایجاد جداشدگی نیز جلوگیری نمود. می‌توان گفت

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

امروزه استفاده از بتن خودتراکم نه تنها خیال مجریان پروژه‌های بـزرگ را از عـدم کـارآئی و یـا ضـعف اجرائی کارگران آسوده می‌سازد بلکه موجب صرفه‌جوئی‌های چشمگیری در مدت زمان اجرا و به تبع آن ودر هزینه‌ها می‌گردد.[18و92و93]

3-1 تاریخچه بتن خودتراکم

بتن خودتراکم نخست در سال 1986 توسط Okamura در ژاپن ابداع گردید و در سال 1988 این نـوع بتن در کارگاه ساخته شد و نتایج قابل قبولی را از نظر خواص فیزیکی و مکـانیکی بـتن ارائـه داد [18 و 96]. مقاله‌ای در مورد این نوع بتن توسـط Ozawa و همکـارانش در سـال 1989 منتـشر گردیـد [22]. اولین کارگاه آموزشی معتبر که به بررسی مصالح مورد استفاده در بـتن خـودتراکم اختـصاص داشـت در اوت 1998 در دانشگاه فنی Kochi در کشور ژاپن برگزارگردید و مقالات متعددی در ارتباط با توسـعه بتن خودتراکم در دنیا ارائه شد [37 و 66].

4-1 تعریف بتن خودتراکم

تعاریف گوناگونی از بتن خودتراکم توسط محققان مختلف ارائه شده است که به بعـضی از آنـان اشـاره می‌شود:

الف- P.Bartos [17]: بتن خودتراکم بتنی است که تحت وزن خود جاری شده و بدون نیاز به هر نوع لرزاندنی بطور کامل قالب‌ها را پرکرده (حتی با وجود میلگردهای متراکم) و حالت همگن بودن خـود را حفظ نماید.

ب- K.Ozawa [93]: بتن خودتراکم تازه باید خواص زیر را داشته باشد:

- توانائی پرکنندگی: جاری شدن بتن خودتراکم در تمام فضای قالب تحت وزن خود.
- توانائی عبور: امکان عبور از فواصل تنگ بین میلگردها و قالب‌ها تحت وزن خود.
- مقاوم در برابر جداشدگی: بتن خودتراکم ضمن دارا بـودن خـواص اول و دوم بایـد شـکل و ترکیـب یکنواخت خود را در جریان حمل و بتن‌ریزی حفظ نماید.

ج- H.Okamura [92]: خاصیت ویژه بتن خودتراکم را به مشخصات مصالح و نسبت اختلاط وابـسته می‌داند و در تحقیقات خود در سال 1986 با ثابت نگه‌داشتن مقـدار سـنگدانه‌هـای درشـت در حـد 50 درصد حجم مواد جامد و سنگدانه‌های ریز در حد 40 درصد حجـم مـلات و بـا تنظـیم نـسبت آب بـه سیمان و با افزودن مقداری فوق روان‌ساز توانست به خاصیت خودتراکمی بتن دست یابد.

5-1 مشخصات بتن خودتراکم

امروزه برای بتن خودتراکم مشخصات کلی زیر را پیشنهاد می‌کنند [19]:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الف- کارآئی (Workability): از نظر کارآئی یک بتن خودتراکم مناسب دارای خواص زیر خواهد بود:

- در حالت معمولی دارای جریان اسلامپی بیش از 600 میلی‌متر و بدون جداشدگی.
- حفظ روانی به مدت حداقل 90 دقیقه (در صورت نیاز).
- توانائی مقاومت در شیب 3 درصد در سطح افقی آزاد (در صورت نیاز).
- قابلیت پمپاژ در لوله‌ها بطول حداقل 100 متر و به مدت حداقل 90 دقیقه (در صورت نیاز).

ب- مشخصات مکانیکی (Mechanical Characteristics): از نظر مقاومت فشاری دو محدوده زیر برای بتن خودتراکم منظور می‌گردد:

- مقاومت فشاری 28 روزه حدود 600-250 کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع.
- مقاومت فشاری اولیه برای بتن‌های مصرفی در خانه‌سازی حدود 200-50 کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع در 15-12 ساعت اولیه و در دمای 20 درجه سانتی‌گراد.

ج- دوام (Durability): از نظر دوام برای بتن خودتراکم سخت‌شده نکات زیر قابل ذکر است:

- مقاومت در مقابل خوردگی، تهاجم سولفات‌ها، کلریدها و دیگر عوامل شیمیائی.
- مقاومت در مقابل انجماد-ذوب مطابق استانداردها.
- کاهش خطر ترک‌های حرارتی در مقایسه با بتن معمولی لرزانده شده.

6-1 مزایای بتن خودتراکم

موارد زیر از جمله مزایای بتن خودتراکم در پروژه‌ها عملی است[5]:

1. پیشرفت سریع کار به دلیل افزایش ارتفاع بتن‌ریزی (Free Fall). با استفاده از بتن SCC می‌توان ارتفاع بتن‌ریزی را افزایش داد. در نتیجه این عمل، تعدد مراحل در پروسه ساخت کاهش می‌یابد. این امر همچنین موجب کاهش درزه‌های ساخت (Construction Joints) می‌شود که در اصل از نقاط ضعف سازه به حساب می‌آیند.
2. بهبود کیفیت ساخت به دلیل حذف فاکتور انسانی تراکم. از آنجایی که بدون نیاز به تراکم خارجی بتن SCC کلیه فضای قالب را پر می‌کند، نقص ساخت و خرابی‌هایی مانند لب‌پریدگی و غیره کاهش می‌یابد. سطح نهایی بتن بطور قابل توجهی بهبود یافته و مسطح می‌گردد. با توجه به تراکم بیشتر، محصولات هیدراته شده مانند C-S-Hهای اضافه‌ای که در واکنش‌های پوزولانی تولید می‌شوند به لایه انتقالی (Transition Zone) تقریباً غیرقابل نفوذی تبدیل شده و در نتیجه دوام بتن افزایش می‌یابد. علاوه بر این، دمای هیدراتاسیون نیز کاهش می‌یابد که این امر در بتن‌ریزی‌های حجیم بسیار پر اهمیت است.
3. افزایش امنیت در محیط کارگاه به دلیل حذف عامل انسانی تراکم و عامل انسانی تسطیح سطح نهایی.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com