**اثر نانوسیلیس برمقاومت فشاری بتن**

**محمد مرادقلی1، سیف اله همتی**

1. دانشجوی دکترای عمران – سازه ، دانشگاه سمنان
2. استادیار گروه عمران، دانشگاه سمنان

M1339morasgholi @gmail.com

Shemati@semnan.ac.ir

چکیده :

کشور ایران از نظر اقلیمی وآب وهوای دارای شرایط متغییری می باشد. دربسیاری از مناطق جهان وهمچنین ایران شرایط آب وهوایی به گونه ای است که بتن روزانه درفصولی از سال درمعرض تغیرات آب و هوای محل استفاده قرار می گیرد . ﺑﺘﻦ ﻳﻜﻲ از ﻣﻬﻢ ترین و پر مصرف ترین ﻣﺼﺎﻟﺢ ﺳﺎﺧﺘﻤﺎﻧﻲ ﺑﻮده که درﺳﺎﻟﻬﺎي اﺧﻴﺮ ﺑﻌﻨﻮان اوﻟﻴﻦ ﻣﺎده ﭘﺮﻣﺼﺮف دﻧﻴﺎ ﺷﻨﺎﺧﺘﻪ شده است . ﺑﺘﻦ از ﺟﻤﻠﻪ ﻣﺼﺎﻟﺤﻲ اﺳﺖ ﻛﻪ در ﺳﺎﺧﺖ و ﺳﺎز از ﺟﺎﻳﮕﺎه وﻳﮋه برخوردار بوده وباﺣﺠﻢ ﺑﺎﻻﻳﻲ در ﻋﻤﻠﻴﺎت ﺳﺎﺧﺘﻤﺎﻧﻲ و ﻋﻤﺮاﻧﻲ ﺑﻜﺎر ﮔﺮﻓﺘﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد . ﺑﺘﻦ ﻣﺘﺸﻜﻞ از ﺷﻦ، ﻣﺎﺳﻪ، ﺳﻴﻤﺎن، آب و ﮔﺎﻫﻲ ﻣﻮاد اﻓﺰودﻧﻲ اﺳﺖ ﻛﻪ ﺑﺎ ﻧﺴﺒﺖ ﻣﻌﻴﻦ و ﻣﻨﺎﺳﺐ ﺑﺎ ﻫﻢ ﺗﺮﻛﻴﺐ ﺷﺪه و ﺟﺴﻤﻲ ﻣﺘﺮاﻛﻢ و ﺳﻨﮓ ﮔﻮﻧﻪاي را ﭘﺪﻳﺪ ﻣﻲ آورﻧﺪ .ﺷﺎﺧﺺﺗﺮﻳﻦ ﺧﺎﺻﻴﺖ ﺑﺘﻦ، ﻣﻘﺎوﻣﺖ ﻓﺸﺎري آن می ﺑﺎﺷﺪ زﻳﺮا اﻳﻦ ﻣﺸﺨﺼﻪ ﻳﻚ ﺗﺼﻮﻳﺮ ﻛﻠﻲ ازﻛﻴﻔﻴﺖ ﺑﺘﻦ را ﺑﻪ دﺳﺖ ﻣﻲ دﻫﺪ . ﻣﻘﺎوﻣﺖ ﺑﺘﻦ ﻫﻤﻴﺸﻪ ﺑﻪ ﻋﻨﻮان ﻳﻚ وﻳﮋﮔﻲ ﺿﺮوري در ﻃﺮاحی ﺑﻪ ﻣﻨﻈﻮر ارزﻳﺎﺑﻲ دﻳﮕﺮ ﻣﺸﺨﺼﺎت ﺑﺘﻦ در ﻧﻈﺮ ﮔﺮﻓﺘﻪ ﻣﻲ ﺷﻮد . ﻣﻘﺎوﻣﺖ ﺑﺘﻦ ﺑﺎ ﻃﺮح اﺧﺘﻼط ﻫﺎي ﻣﻌﻴﻦ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﻛﺎﻣﻼ ﻣﺸﻬﻮد ﺗﺤﺖ ﺗﺄﺛﻴﺮ ﻛﺎرآﻳﻲ آن واﻗﻊ ﻣﻲ شود . بررسی رفتار بتن برای شرایط سنگین مهم به نظر می رسد. برای افزایش دوام ومقاومت بتن دربرابر تغیرات ،راه های متفاوتی وجود دارد یک روش اضافه کردن مواد پوزولانی است. دراین تحقیق افزودنی نانوسیلیس برای اثر گذاری برمقاومت فشاری بتن بکار رفته است درصدهای1،2،3و4درصد نانوسیلیس به عنوان جایگزین بخشی از سیمان استفاده گردید ،.براساس نتایج بدست آمده ، در بتن سخت شده وگروه شاهد ،نانوسیلیس باافزایش درصد مواد ، مقاومت فشاری نمونه ها افزايش مي يابد.

کلمات کلیدی: نانوسیلیس،مقاومت فشاری،طرح اختلات ،پوزولان

**مقدمه**

برای افزایش سطح دانش جامعه مهندسین و پیمانکاران نسبت به بتن دارای مقاومت بالا ضروری است که تحقیقاتی فراوانی در این رابطه صورت گیرد تا بتوان کمبود اطلاعات کاربردی در مورد بتن با مقاومت ، دوام و کارایی بالا را در کشور جهت بهره مندی بیشتر افزایش داد. بتن ازجمله مصالحی است که در ساخت و ساز از جایگاه ممتاز و ویژه ای برخوردار است . امروزه حجم بالایی از عملیات ساختمانی و عمرانی با بتن اجرای می گردد. ساختن ساختمان ها چندین طبقه بزرگ، سدها ، پل ها ، فرودگاه ها وحتی فندانسیون و دال ساختمان های اسکلت فلزی از بتن ساخته می شود. استفاده از پوزولان ها به عنوان ماده جایگزین در بتن علاوه بر کمک به کاهش مصرف سیمان وانرژی وتولید گازهای گلخانه ای ، خواص مکانیکی مانند مقاومت فشاری در سنین بالا ودوام بتن نظیر نفوذ پذیری را افزایش می بخشد،.[1]. با توجه به خواص پوزولانی نانوسیلیس، می توان آنرا جایگزین بخشی از سیمان مصرفی و جزئی اصلی در بتن نمود. درسال2006جو و همکارانش نشان دادند که افزودن مواد نانوسیلیس می تواند به بهبود مقاومت فشاری بتن کمک شایانی کند . [7] ..در پژوهش حاضر به بررسی خواص مکانیکی بتن حاوی درصدهای مختلف نانوسیلیس درشرایط عادی پرداخته شده است. به همین منظورتعداد4طرح حاوی 1و2و3و4 درصد نانوسیلیس، ویک طرح شاهدازسیمان در شرایط مستغرق در آب اقدام شده است .

1-1 ) – هدف از طرح اختلاط بتن : در طرح اختلاط بتن ،تعیین نسبت اجزای بتن است به نحوی که بتن ساخته شده تا حد امکان مقرون به صرفه باشد و شرایط لازم (مانند مقاومت فشاری ،کارایی بتن تازه ودوام آن) را تامین نماید.

1-2) - مقاومت فشاری بتن: مقاومت فشاری بتن مهمترین شاخصه بتن است که دیگر خواص نیز براساس این فاکتور سنجیده می شود. مقاومت فشاری به نسبت آب به سیمان، سنگدانه ها وآب و مواد افزودنی بستگی دارد.

1-3)-کارایی بتن تازه: کارایی بتن براساس درجه سهولت ، ریختن و کارکردن با بتن است. کارایی به عواملی زیادی مثل نسبت آب به سیمان ،نوع سنگدانه و دانه بندی آنها، آب ومواد افزودنی بستگی دارد.

1-4)- دوام و پایایی بتن : دوام و پایایی بتن ساخته شده به مقاومت آن در برابر عوامل جوی ،حملات شیمیایی،سایش، فرسایش و فرایند تخریبی دیگر گفته می شود. بتنی را پایا گویند که در محیط مورد نظرشکل اولیه و کیفیت خود را به نحوبهتری حفظ کند.

1-5 )-مصالح سنگی : مصالح سنگی در بتن تقریبا سه چهارم حجم آن را تشکیل می دهد از این رو کیفیت آنها از اهمیت خاصی برخوردار است . مصالح سنگی نه تنها در مقاومت بتن موثرند ، بلکه دوام و پایداری بتن نیز تا حد زیادی تحت تاثیر مصالح است .

1-6)- آزمایش دانه بندی مصالح سنگی: آزمایش دانه بندی مصالح سنگی بر اساس استاندارد ASTM C13 به روش شستوشوی مصالح سنگدانه ریزدانه انجام پذیرد. آنچه قابل اهمیت است مصالح سنگدانه ریزدانه باید در محدوده دانه بندی استاندارد ASTM C33 یا شماره 302 استاندارد ملی ایران ومدول نرمی ماسه که نشانه زبری و نرمی ماسه است منطبق باشد.منحنی دانه بندی های زیر از مصالح معدن لار زاهدان در آزمایشگاه دانشگاه می باشد.

نمودار ارزش ماسه ای (دانه بندی ماسه)

1-7)- آزمایش مرغوبیت مصالح سنگی : سنگدانه های ریز و درشت مصرفی در بتن، باید سخت وپایا باشند مواد زیان آور موجود در آنها نباید ازمقادیر مجازدر آیین نامه بتن ایران تجاوز نماید .

به منظور مرغوبیت مصالح سنگی در این تحقیق آزمایشات زیر صورت گرفته است :

الف- آزمایش ارزش ماسه ای : ارزش ماسه ای مصالح ریزدانه بر اساس آیین نامه بتن ایران نباید کمتراز75 درصد باشد.

ب- آزمایش تطویل و تورق : درصد دانه های پولکی (تورق) وسوزنی (تطویل) در سنگدانه ها باید حد اکثربه ترتیب 30 و40 باشد.

ج- آزمایش سایش به روش لس آنجلسی به منظور تعیین مقاومت ساییدگی مصالح سنگی درشت دانه به وسیله سایش و ضربه ، سایش مصالح درشت دانه باید از 40 در صد بیشتر نشود.

د)- آزمایش افت وزنی در مقابل سولفات سدیم ومنزیم.

- افت وزنی مصالح درشت دانه پس از 5 نوبت آزمایش با محلول سولفات سدیم نباید از 12 درصد تجاوز نماید.

- افت وزنی مصالح ریز دانه پس از 5 نوبت آزمایش با محلول سولفات سدیم نباید از 10 درصد تجاوزکند.

جدول 1- نتایج آزمایشات مکانیکی مصالح

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نوع مصالح | ارزش ماسه ای | ضریب تورق | ضریب طویل | درصد سایش | درصد شکستگی سنگدانه ها | افت وزنی در برابر سولفات ها |
| شماره استاندارد | AASHTO  T-176 | B.S 812 | B.S 812 | AASHTO  T-96 | --------- | AASHTO  T-104 |
| مخلوط شن و ماسه | 75 % | 29 % | 37 % | 27 % | 100 % | 3 % |
| حدود مشخصات مصالح | 75 < | 30 > | 40 > | 40 > | -------- | 12> |

1-8)- وزن مخصوص وجذب آب مصالح سنگی : آزمایش های تعیین وزن مخصوص ظاهری ، حقیقی ودر صد جذب آب بر اساس استاندارد ASTM C128 ,ASTM C127 به تفکیک نمونه ها انجام شده است.

1-9)- وزن واحد حجم متراکم مصالح سنگی : آزمایش وزن واحد حجم مصالح سنگی در دو حالت، متراکم به تفکیک تمونه ها وهمچنین برای مخلوط شن ، با توجه به اختلاط آنها انجام گرفته است.

جدول 2 – نتایج آزمایشات فیزیکی مصالح

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نوع مصالح مصرفی | وزن واحد حجم ASTM 75gm/cm^2 | وزن مخصوص و جذب آب مصالح مانده روی الک نمره 4 | | وزن مخصوص و جذب آب مصالح رد شده ازالک نمره 4 | |
| شن درشت | 31.1 | 2.61 % | 1.5 % | ---- | ---- |
| ماسه | 51.1 | ---- | ---- | 2.58 | 1.75 |

مصالح : طرح اختلاط نمونه ها مطابق آیین نامهACI- به روش وزنی وحجمی طبق جدول زیر استفاده گردیده است.[2]

جدول 3- طرح اختلاط

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| C/W | سیمان  kg | ریزدانه  kg | درشتدانه  kg | آب  W Litr |
| 457/0 | 350 | 820 | 1080 | 160 |

دراین آزمایش بزرگترین اندازه دانه ها سنگیmm37.5و وزن واحد حجم بتنm3/kg2410

می باشد. مصالح ریز دانه باضریب نرمی دو و مصالح درشتدانه که ازمعدن لارزاهدان انتخاب شده است.

1-10 ) سیمان : سیمان مورد استفاده در این طرح از نوع پرتلند تیپ دو تولید شده درکارخانه سیمان سیستان منطبق با استاندارد ASTM C595می باشد.

1-11 )-آب : بر اساس آیین نامه بتن ایران، آب مصرفی در ساخت بتن باید تمیز و صاف باشد.و از آب حاوی مواد زیان آور به بتن ومیلگرد خوداری کرد. بر اساس آیین نامه بتن ایران PHآب بین 5 تا 8 باشد.

1-12 )- مواد افزودنی : مواد افزودنی ، ماده ای است به غیر از مواد چهارگانه تشکیل دهنده بتن که به صورت پودر یا مایع به عنوان یکی از مواد تشکیل دهنده بتن وبرای اصلاح خواص بتن، کمی قبل از اختلاط یا در حین اختلاط به آن اضافه می شود.

2- برنامه آزمایش

در این تحقیق ازنانوسیلیس به عنوان جایگزین بخشی از سیمان استفاده شده است. برای تعیین مقاومت فشاری بر اساس استاندار(BS1881-part116) . سن نمونه های بتن 7،14،28روز در نظرگرفه شده است. . آزمایش های تعیین وزن مخصوص ظاهری، حقیقی ودرصد جذب آب ASTM C128 وASTM c127

با جایگزین کردن نانو سیلیس بر حسب درصدی از وزن سیمان 4 طرح اختلاط اصلی بدست آمد. به منظور ساخت نمونه ها مورد اشاره در بالا به روش زیر عمل شده است. برای ساخت مخلوط بتن در ابتدا یک سوم آب را وارد بتونیر می کنیم، سپس مواد درشت دانه وریزدانه به آن اضافه شده وبه مدت 1تا2 دقیقه باهم مخلوط می گردد. سپس نوبت اضافه کردن سیمان ومقداری دیگر ازآب است .در پایان باقیمانده آب را که محلول نانوسیلیس با آن مخلوط شده ، در داخل بتونیر ریخته وبه مدت 6دقیقه مخلوط می گردد.پس ازآماده شدن بتن ،در سه لایه در هر لایه 25 ضربه چکش قالب ریزی می شود. نمونه‌ها پس از 24 ساعت ، از قالب خارج ودرحوضچه اولیه برای مدت 6،13،27 روز در آب مستغرق می شود. و پس ازطی زمان برای عملیات تست به آزمایشگاه منتقل می گردد.

3-تحلیل وبررسی نتایج

در نمودار شماره یک ، مقاومت فشاری گروه شاهد نشان داده شده است.

شکل1- مقاومت فشاری گروه صفر درصد نانو سیلیس (kg/cm2)

در نمودار شماره دو ، مقاومت فشاری گروه یک در صد نانوسیلس نشان داده شده است. افزایش باعث متوازن شدن مواد گردیده است .

شکل 2- مقاومت فشاری گروه یک درصد نانو سیلیس (kg/cm2)

در نمودار شماره سه ، مقاومت فشاری گروه دو در صد نانوسیلس نشان داده شده است. افزایش باعث متوازن شدن مواد گردیده است .

شکل 3- مقاومت فشاری گروه دو درصد نانو سیلیس (kg/cm2)

در نمودار شماره چهار، مقاومت فشاری گروه سه در صد نانوسیلس نشان داده شده است. افزایش باعث متوازن شدن مواد و بیشترین مقاومت گردیده است .

شکل 4- مقاومت فشاری گروه سه درصد نانو سیلیس (kg/cm2)

در نمودار شماره پنج ، مقاومت فشاری گروه 4 در صد نانوسیلس نشان داده شده است. افزایش باعث متوازن شدن مواد گردیده است .

شکل 5- مقاومت فشاری گروه چهار درصد نانو سیلیس (kg/cm2)

درشکل6-نمودارگروه شاهد نانوسیلیس نشان داده شده است ملاحظه میگردد با افزایش درصد نانوسیلیس مقاومت مقاومت فشاری نمونه ها افزایش می یابد . که باتوجه به نتایج آزمایش ،بهترین نمونه N3 نانوسیلیس سه درصد می باشد. N0 نماد بتن بدون مواد افزودنی، N نماد نانوسیلیس واعداد نشان دهنده درصد وزنی مواد جایگزین پوزولان با سیمان است.

شکل 6- مقاومت فشاری گروه شاهد وگروه های نانو سیلیس (kg/cm2)

4 - نتیجه گیری

(4-1 در گروه شاهد افزایش مقاومت فشاری بتن ساخته شده ،با افزایش زمان متوازن نیست

(4-2در گروه نانوسیلیس افزایش مقاومت فشاری بتن ساخته شده ،با افزایش زمان متوازن شده است .

4-3 -(درگروه نانوسیلیس ، باافزایش درصد مواد ، مقاومت فشاری ا فزایش می یابد. ،بهترین نمونه N3 می باشد.

(4-4 در گروه نانوسیلیس دوام و مقاومت فشاری با افزایش مواد افزایش می یابد.

مراجع:

1- Slag ,and Natural Pozzolans In Concrete,Proseedings Second ,Malhotra, V.M. (1986). Fly Ash, Silica fume .

Conference, Madrid, Spain International .

2-Jo.B.W et al,2006 characteristics of cement mortar with nano-sio2 particles,construction and Building materials Article in press.

3-Concrete Technology Today2001,” Freeze-Thaw Durability of High-Strength Concrete”, Vol. 21, No. 1 .

4-Virtanen J.1983 “Freeze-Thaw Resistance of Concrete Containing Blast FurnanceSlag,Fly ash or Condensed Silica Fume”, ACI Special Publication SP-79, Vol.11,pp.923-942.

5- چهکندی،.س. 1390 در تحقیق خود به عنوان بررسی خواص بتن خود تراکم حاوی الیاف پلی پروپیلین و نانوسیلس .

6- مستوفی نژاد،د.1386تکنولوژی وطرح اختلاط بتن،چاپ سیزدهم،اصفهان-انتشارات ارکان دانش.

7- مرادقلی ، م ، (1392) در تحقیق خود به عنوان بررسی اثر حضور متاکائولین و نانوسیلیس بر رفتار بتن در معرض ذوب و انجماد .