

تأثیرات پودر پوکه معدن دماوند به عنوان سوپر پوزولان در ساخت بتن

چکیده:

این مقاله تحقیقی است به منظور تعیین نسبت‌های طرح مخلوط بتن سازه‌ای با مقاومت بالاتر از بتن ساده که برای دستیابی به این بتن از پودر پوکه معدنی پومیس معدن دماوند که در این معدن به‌عنوان باطله معدنی دیو گردیده بوده، استفاده شده و با بتن حاوی پودر میکرو سیلیس مقایسه گردیده است. با توجه به رویکرد حفاظت از محیط‌زیست و تولید ارزش پایدار شرکت بتن پارت تصمیم بر این شد که این نوع باطله معدن را تهیه، بررسی و موارد استفاده آن در بتن مورد بررسی قرار گیرد. در نظر داشتن جنبه‌های اجرایی این نوع از بتن، متغیرها در طرح‌های مختلف عبارت‌اند از: نسبت آب به مصالح سیمانی، مقدار پودر پوکه و میکرو سیلیس. آزمایش‌های مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته‌شده در آزمایشگاه بتن شرکت تا روز آزمایش در حوضچه عمل‌آوری قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که می‌توان با استفاده از پودر پوکه معدنی باقیمانده نازل‌تر از میکرو سیلیس به مقاومت فشاری نزدیک به بتن حاوی پودر میکرو سیلیس رسید.

واژه‌های کلیدی: پودر پوکه پومیس، میکرو سیلیس، سبک دانه، سوپر پوزولان، بتن، پوکه معدنی.

مقدمه:

پوزولان هم‌بافت بالا رفتن مقاومت فشاری و هم افزایش دماوند در بتن می‌شوند. پودر پوکه معدنی دماوند با داشتن ۶۰ درصد سیلیس به‌عنوان یک سوپر پوزولان هم‌بافت بالا رفتن مقاومت فشاری و هم دماوند بتن می‌گردد. این پودر در اصل باطله پوکه پومیس در معدن پوکه دماوند می‌باشد. استفاده از این پودر در بتن تولیدی با این روش دارای قابلیت‌های زیر می‌باشد:

- کاهش نسبی وزن مخصوص

- کاهش اسلامپ بتن و در چند دقیقه اولیه به علت جذب آب بالای آن و قابلیت استفاده در شاکرتیت

- قیمت آن نسبت به پودرهای مصنوعی پایین‌تر است و به‌وفور یافت می‌شود.

- فاقد مواد زیان‌آوری است که ممکن است در تولید پودرهای مصنوعی بکار رفته باشد.

در حال حاضر منابع غنی از پوکه‌های معدنی در کشور وجود دارند که تعدادی از آن‌ها در حال استخراج و بهره‌برداری هستند که از جمله این معادن می‌توان به معادن حاشیه کوه دماوند اشاره نمود. کن‌علیرغم پتانسیل بالای این مواد مصرف آن‌ها از لحاظ حجمی و تنوع کاربرد به‌صورت شایسته انجام نمی‌گیرد. یکی از دلایل عمده این مسأله عدم شناخت کاربردهای بالقوه آن‌هاست. هدف اصلی از این تحقیق تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی این نوع از مصالح در ناحیه اطراف دماوند می‌باشد. این پودر همان‌طور که قبلاً ذکر شد از باطله معدن کاری، خردایش و آسیاب سنگ معدن پومیس حاصل شده



و با وجود سیلیس بالا (حدود ۶۰ درصد) می‌تواند به‌عنوان یک سوپر پوزولان باعث افزایش مقاومت فشاری و دماوند گردد. جزئیات آزمایش:

۱۰ طرح مقایسه‌ای در بتن با کلاس C۳۰ با مشخصات موجود در جدول ۸ ساخته شد که طرح اول شاهد و بدون هیچ‌گونه افزودنی، طرح دوم با ۱۰ درصد پودر پوکه و طرح سوم با ۱۰ درصد میکرو سیلیس‌زده شد. مصالح به‌کاررفته به شرح زیر است: سیمان به‌کاررفته در این پژوهش سیمان تهران تپ ۴۲۵-۱ می‌باشد که دارای مشخصات زیر است:

ویژگی	استاندارد	حد استاندارد	نتیجه آزمون
وزن مخصوص	میلی ۳۸۹ ایران	۳۱۵	۳۱۵
تراسی	میلی ۳۸۹ ایران	۲۸۰۰	۳۰۰۰
مقاومت فشاری	میلی ۳۸۹ ایران	۴۲۵	۴۳۸

جدول ۱ - نتایج آزمایش‌های انجام‌شده بر روی سیمان ۴۲۵-۱

پوکه استفاده‌شده از نوع پوکه معدنی، معدن دماوند با مشخصات زیر است:

پوکه‌های معدنی به دلیل بعضی از خواص فیزیکی خود همچون سبکی، مقاومت در مقابل آتش، ضربه هدایت صوتی و حرارتی پایین (عایق صوتی و حرارتی) دارای کاربردهای بسیار متنوع در بخش‌های مختلف صنعت می‌باشند. در بسیاری از کشورهای صنعتی دنیا این منابع به‌صورت شایسته‌ای مورد شناسایی قرار گرفته و در صنایع مختلف استفاده می‌شوند.



شکل ۱ - پوکه معدنی پومیس

آزمایش‌های مربوط به این قسمت بر اساس استاندارد ASTM-C۹۴ و ASTM-C۹۷ انجام‌شده که در آن‌ها با داشتن وزن مصالح در حالت خشک اشباع در هوا و به‌صورت غوطه‌ور در آب پارامترهای مذکور محاسبه می‌شوند. پودر پوکه استفاده‌شده از نوع پودر پوکه پومیس بوده و دارای مشخصات زیر است:

پودر مورد نظر از نوع پومیس بوده و آنالیز شیمیایی آن از قرار زیر است:

جدول ۲- آنالیز شیمیایی پودر پوکه پومیس

sample	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	سایر عناصر
	%	%	%	%	%
۷۵۹۲	۶۵	۲۵	۵	۲	۳

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی پوکه معدنی پومیس

درصد جذب آب (%)	وزن مخصوص خشک (%)	وزن مخصوص در حالت نوع نمونه
12.58	0.55	1.55
		زیر الک #۱۶

دانه بندی پودر پوکه به شرح زیر است:

جدول ۴- دانه بندی پودر پوکه

Standard Test Sieve Size	weight of material retained	cumulative weight retained	percentage retained	percentage passing	specification limit for passing
	(g)	(g)	(%)	(%)	MIN. MAX.
# 16 (1.19 mm)	0.0	0	0.0	100.0	50 85
# 30 (0.590 mm)	100.0	100	14.7	85.3	25 60
# 50 (0.300 mm)	100.0	200	29.4	70.6	5 30
# 100 (0.150 mm)	120.0	320	47.1	52.9	0 10
# 200 (0.075 mm)	40.0	360	52.9	47.1	0 3
Pan	320.0	680			
Total	680.0				
Passing 200%					47.06%
F.M					0.91

مشخصات میکرو سیلیس استفاده شده بر مبنای کیفی ASTM C140 - EN 12۳۲۳ به شرح زیر است.

مشخصات شیمیایی:

درصد	ترکیب شیمیایی مواد
95-97%	SiO2
1-2%	Al2O3
0.4-0.5%	CaO
1-1.5%	L.O.I

جدول ۷- آنالیز شیمیایی میکرو سیلیس

مشخصات فیزیکی:

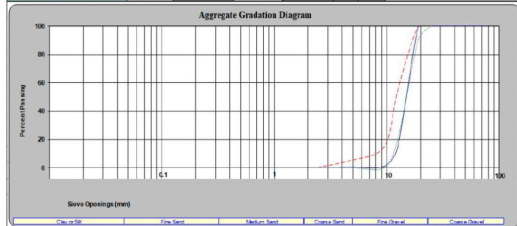
مشخصات فیزیکی	مقدار
چگالی	g/cm3 2.2
چگالی حجمی	600
چگالی ظاهری	0.36
ضریب فعالیت پوزولانی (هفت روزه)	114-1

جدول ۸- مشخصات فیزیکی میکرو سیلیس

شن و ماسه استفاده، شن و ماسه تولیدی شرکت پرفاب با مشخصات و دانه بندی زیر می باشد.

جدول ۵- دانه بندی و مشخصات شن استفاده شده (ASTM C ۳۳)

Standard Test Sieve Size	weight of material retained (g)	cumulative weight retained (g)	percentage retained (%)	percentage passing (%)	specification limit for passing MIN. MAX.	REMARKS
4" (100 mm)						
3" (75 mm)						
2" (50 mm)						
1.5" (37.5 mm)						
1.18" (30 mm)	0.0	0	0.0	100.0	100 100	
95" (2.5 mm)	28.0	28	1.2	98.8	96 100	
75" (3.0 mm)	195.0	197.9	85.2	14.8	20 55	
60" (4.75 mm)	322.0	2361	59.1	0.9	0 15	
47.5" (4.75 mm)	16.0	2377	99.7	0.3	0 5	
4.75" (4.75 mm)	2.0	2379	99.8	0.2	0 0	
Pan	4.0	2383	100.0	0.0		
Total	2372.0					

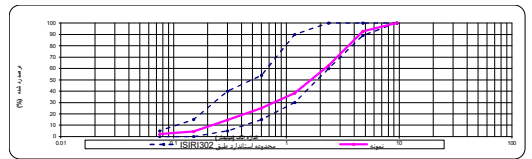


نتیجه آزمایش	روش آزمایش	منتهی آزمایش	روش آزمایش	روش آزمایش
-	ASTM C131-03	۶۰٪	روش آرمایش	آب آرمایش
-	BS A11	-	روش آرمایش	آب آرمایش
-	ASTM C128-11	۲.۵۱	روش آرمایش	آب آرمایش
-	BS A11	-	روش آرمایش	آب آرمایش
-	ASTM C128-11	-	روش آرمایش	آب آرمایش
-	IS 2386-part4	۲.۲۱	روش آرمایش	آب آرمایش

جدول ۶- دانه بندی و مشخصات ماسه استفاده شده (ISIRI ۳۹۷۷)

محدوده استاندارد طبق ISIRI302	درصد عبوری از الک	حداکثر	حداقل	درصد مانده	درصد مانده	وزن	شماره و اندازه الک (mm)
100	100.0	100	100	0	0	9.5	3/8"
100	92.6	89	100	7	7	4.75	نمره ۴
100	62.5	60	100	38	30	2.36	نمره ۸
90	38.2	30	90	62	24	1.18	نمره ۱۶
54	25.0	15	54	75	13	0.6	نمره ۳۰
40	14.7	5	40	85	10	0.3	نمره ۵۰

نمره	15	0	4.4	96	10	140	0.15	نمره ۱۰۰
نمره ۲۰۰	5	0	2.2	98	2	30	0.07	نمره ۲۰۰
زیر الک	40	3	100					
معدل نرمی (FM)	3.6							



نتیجه آزمون	روش آزمایش	نام آزمایش	نتیجه آزمایش	روش آزمایش	نام آزمایش
-	ASTM C131-03	درصد سایش	۲۹.۹%	ASTM C117-03	درصد گذشته از الک
-	BS 812	تخلخل	۳.۳۸	ASTM C128-01	چگالی ریخته‌شده (SSD)
-	BS 812	تورق	-	ASTM C127-01	چگالی درشت‌دانه (SSD)
-	روش طرح ملی مخلوط بتن	درصد شکستگی	۳.۲۴	ASTM C128-01	جذب آب ریزانه
۹۲٪	ASTM D2419	ارزش ماسه‌ای	-	ASTM C127-01	جذب آب درشت‌دانه

مشخصات مصالح در طرح‌های مخلوط به شکل زیر است.

جدول ۹- مشخصات مصالح مورد استفاده

درصد گذشته از الک ۲۰۰ میکرون	درصد گذشته از الک ۷۵ میکرون	چگالی SSD Kg/m ³	جذب آب %	سهم %	حداکثر اندازه سنگدانه MSAm	مصالح
2.00	3.50	2.38	3.24	65.0	4.75	ماسه طبیعی
0.4		2.51	2.22	35.0	25	شن نیمه شکنه
39.5	0.91	1.55	12.58	10.0	2	پودر پوکه
0.87	4.48	2.29	100	25		ترکیب سنگدانه‌ها
		3.15	تیپ ۱.۴۲۵ تهران			مواد
		2.2				سیمان میکرو سیمانی

طرح مخلوطها و نسبت‌های بکار رفته در طرح‌های آزمایشی:

تمامی طرح‌های آزمایشی در رده مقاومتی C30 طراحی شده و طرح اول که به صورت شاهد خواهد بود بدون استفاده از هیچ گونه افزودنی می‌باشد. در طرح‌ها چون حالت مقایسه‌ای، مابین بتن بدون افزودنی، پودر پوکه و میکرو سیلیس می‌باشد. در این طرح‌ها مقدار سیمان و اسلامپ ثابت گرفته شده است. البته به جز بتن نمونه ۱۰۴ که سیمان به میزان ۱۰ درصد نسبت به طرح‌های قبلی افزایش داشته تا مشاهده شود که با افزایش سیمان به میزان ۱۰ درصد می‌توان جایگزین به مقاومت بتن حاوی پودر پوکه یا میکرو سیلیس رسید یا نه.

جدول ۱۰- اجزای مخلوط‌های آزمایشی در یک مترمکعب بتن (kg) و وزن مخصوص نمونه‌ها (kg/m³)

از طرح‌های که در جدول ۱۰ ذکر شده طرح‌های ۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳ و ۱۰۴ نتایج نزدیکتری به حالت مقایسه‌ای دارد که رفتار سنجی نمونه‌ها بعد از تولید به شرح زیر است.

بتن شاهد بتنی بدون هیچ نوع افزودنی می‌باشد که طبق جدول ۱۰ با شماره ۱۰۰ نامگذاری شده است. این بتن از کلاس C30 بوده و با اسلامپ ۸ و با W/C ۰.۵۵ درصد تهیه گردیده و مشخصات آن به شکل زیر است.

جدول ۱۱- مشخصات بتن نمونه ۱۰۰ (شاهد)

زمان	5 min	15 min	min ۳۰				
اسلامپ cm	۸	۶	۳.۰				
تراکم پدیری	خوب	خوب	خوب	آب نداشتن	خمیری بودن	خوب	خوب
چگالی بتن تازه دمای بتن تازه °C	۲۱	۲۳.۵	۲۱.۹	جداشدگی ندارد	چگالی محاسباتی kg/m ³	چگالی بتن تازه kg/m ³	دمای بتن تازه °C

بتن حاوی پودر پوکه بومیس با ۶۰ درصد سیلیس با شماره ۱۰۱ نامگذاری شد و با W/C ۰.۵۲ درصد تهیه و به اسلامپ ۸ رسید اما بعد از حدوداً ۵ دقیقه با جذب آب آزاد مخلوط بتن به اسلامپ ۳ رسید. تا دقیقه ۱۵ اسلامپ تغییر محسوسی نداشت و این فکر که این پودر باعث زود گیر می‌شود را از ذهن دور کرد و تنها عامل افت اسلامپ جذب آب بالای آن است. ضمناً باید ذکر کرد که پودر پوکه در ۱۰ درصد حجمی سنگدانه شرکت داده شده است و به همان اندازه از ماسه کم شده است. به این دلیل که پودر پوکه به همانند پودر میکرو سیلیس میکرونیزه نبوده و به علت اینکه از الک با مش ۱.۱۸ میلی‌متر به پایین است مقداری زیادی از آن در مخلوط جایگزین ماسه خواهد شد.

جدول ۱۲- مشخصات بتن نمونه ۱۰۱ (با ۱۰ درصد پودر پوکه)

زمان	5 min	15 min	min ۳۰	hr 1			
اسلامپ cm	۸	۲	۰				
تراکم پدیری	خوب	خوب	خوب	آب نداشتن	خمیری بودن	خوب	خوب
چگالی بتن تازه دمای بتن تازه °C	۲۱	۲۳.۲	۲۰.۵۴	جداشدگی ندارد	چگالی محاسباتی kg/m ³	چگالی بتن تازه kg/m ³	دمای بتن تازه °C

بتن	5 min	15 min	min ۳۰	hr 1	تراکم پدیری	چگالی محاسباتی	چگالی بتن تازه	دمای بتن تازه
۱۰۰	۸	۶	۳.۰		خوب	۲۱.۹	۲۳.۵	۲۱
۱۰۱	۸	۲	۰		خوب	۲۰.۵۴	۲۳.۲	۲۱

جدول ۱۳- مشخصات بتن نمونه ۱۰۲ (با ۱۰ درصد میکرو سیلیس)

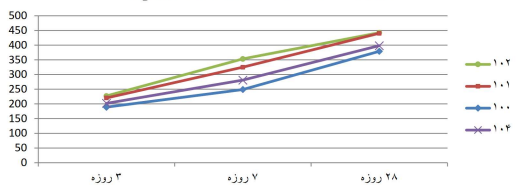
نمونه‌های ۱۰۵۱۰۵۱۰ تهیه‌شده در موعد ۳ روزه ۷ روزه و ۲۸ روزه مقاومت سنجی شد که نتایج زیر حاصل گردید.

جدول ۱۴ - مقاومت فشاری مکمی کسب‌شده توسط نمونه‌ها Kg/cm^2

نمونه	تاریخ	چگالی kg/m^3	۳ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه
100	94/09/10	2.3	189	249	379
101	94/09/10	2.29	220.4	325	440
102	94/09/12	2.35	227	353	442
104	94/09/14	2.32	202	281	398

بررسی رشد مقاومت در نمونه بیز به شکل زیر است.

نمودار رشد مقاومت ۷، ۲۸ روزه نمونه‌ها Kg/cm^2



شکل ۲- نمودار رشد مقاومت نمونه‌ها

با توجه به جدول ۱۴ و نمودار بالا مقاومت فشاری در نمونه ۱۰۰ و ۱۰۴ که فقط از سیمان خالی استفاده‌شده است با نمونه‌های ۱۰۱ و ۱۰۲ که حاوی پودر بوکه و میکرو سیلیس است مقاومت کمتری داشته و نمونه ۱۰۱ در ۲۸ روز خود را به نزدیک‌ترین فاصله مقاومتی به نمونه ۱۰۲ رسانده است و با توجه به قیمت پایین بت به میکرو سیلیس در نوز بالاتر از ۱۰ درصد مطمئناً به مقاومت بتن حاوی میکرو سیلیس خواهد رسید.

نتیجه‌گیری:

با توجه به نمودارهای رشد مقاومت و با توجه به چگالی پایین نسبت به نمونه شاهد و نمونه میکروسیلیس دار و افت اسلامپ در کمتر از ۱۰ دقیقه از ۸ سانتی‌متر به ۲ سانتی‌متر نتیجه می‌شود که پودر بوکه معدنی بومیس را می‌توان به‌عنوان یک افزودنی همانند سوپر پوزولان که هم خاصیت بالابرنده مقاومت فشاری و هم دوام دارد استفاده کرد و هم نسبتاً باعث سبک‌تر کردن مخلوط بتن می‌گردد. اختصاصاً مورد استفاده این نوع پودر می‌تواند به‌عنوان مقاومساز در شاکت‌ریت باشد که به علت سبکی و جذب آب بالا درصد اتلاف (rebound per cent) را پایین‌تر می‌آورد.

