

ساخت و اجرای روسازی بتنی اپرون فرودگاه بوشهر

علی طالبی^۱، مهدی محرابی^۲

^۱ کارشناس عمران - مهندسين مشاور بانيان ديماس

Email : info@alitalebi.com

^۱ کارشناس عمران - مهندسين مشاور بانيان ديماس

Email : info@baniandimas.com

چکیده

فرودگاه بین المللی بوشهر یکی از مهمترین فرودگاههای کشور به شمار می رود. با افزایش ترافیک هوایی در سالهای اخیر و اتمام عمر روسازی های موجود فرودگاه، پروژه بهسازی گسترده ای شامل بهسازی بتنی اپرون موجود و بهسازی باندهای فرود و به مرحله اجرا گذاشته شده است. در این راستا بهسازی اپرون فرودگاه در سال ۱۳۹۵ به روش قالب های ثابت و دال های بتنی و در فازهای مختلف انجام گردید. پژوهش کنونی مشخصات فنی مصالح و بتن و روشهای اجرایی به کار رفته در ساخت اپرون را جهت مقایسه و استفاده آتی مستند سازی می نماید. مستندسازی کنونی این فرصت را فراهم می کند که بتوان اثر مصالح محلی، گذر زمان، شرایط اقلیمی، ترافیک و خاک بستر را بر مشخصات و عمر روسازی بتنی بررسی کرده و به این صورت مصالح محل، شرایط محیطی و تکنولوژی اجرا را برای پروژه های روسازی و دیگر پروژه های بتنی مورد ارزیابی قرار داد.

کلمات کلیدی : رویه های بتنی، روسازی فرودگاه، دوام بتن، بتن و توسعه پایدار

Construction of Bushehr Airport Concrete Apron (A Case Study)

Abstract

Bushehr International Airport is one of Iran's important Airports. In recent Years a complete pavement Rehabilitation program is undergoing due to increasing Air traffic and end of pavements service life. According to this fact rehabilitation of Airport Apron in form of Joint Plain Concrete Pavement is undergoing in the current Year. This Case Study Shows and represents the Materials Characteristics and Technical data of this rehabilitation project. Case study will enable us to inspect the effect of local materials, climatic and environmental impact and construction technology in long term characteristics of concrete pavements and in this way have a better perspective on these parameters in other projects.

۱. مقدمه

فرودگاه بین‌المللی بوشهر یکی از مهمترین فرودگاههای کشور به شمار می‌رود. در راستای اهمیت فرودگاه، بهسازی فرودگاه در سال ۱۳۹۴ آغاز گردید. در همین راستا و با افزایش ترافیک هوایی و نیاز به اصلاح و گسترش اپرون، بهسازی اپرون آسفالتی موجود با دال‌های بتنی ساده به روش قالب‌های ثابت مد نظر قرار گرفت. در سال جاری، توسعه کامل اپرون بتنی در حال انجام است. مطالعه موردی حاضر جمع‌بندی مشخصات فنی بکار رفته در تولید بتن مصرفی رویه بتنی اپرون بتنی این فرودگاه در مجاورت محیط نامساعد ساحل خلیج فارس و مقایسه مستندسازی کنونی با تغییرات کیفی بتن در سالهای آتی موضوع پژوهش حاضر می‌باشد.

۲. روشهای اجرای رویه بتنی فرودگاهی

روشهای اجرای رویه بتنی به طور کلی به سه دسته اصلی سنتی با قالب ثابت، مدرن با قالبهای لغزان و روشهای ساخت سریع تقسیم می‌شود. در روش سنتی معمولاً ابتدا در سطح مورد نظر قالب بندی‌هایی مربع شکل بصورت خالی و پر انجام می‌شود و بدین صورت دال‌ها یکی در میان و در کل سطح بصورت شطرنجی از دال‌ها ساخته شده و فضای خالی بین آنها بوجود می‌آید بصورتی که دیواره دال‌های ساخته شده بصورت قالب دیواره دال‌های ساخته نشده عمل می‌کند. با این روش زمان قالب بندی و باز کردن قالب‌ها و همچنین خطای تجمعی به حداقل می‌رسد. استفاده از روش مدرن دستگاه‌های بتن ریز با قالب لغزان باعث بالا رفتن سرعت کار و همچنین بدلیل استفاده از دستگاه‌های دال‌گذار حذف سبدهای نگهدارنده دال‌ها و تای بارها، برش زود هنگام درز و همچنین بتن ریزی، و بیره کردن و دال‌گذاری با دقتی بالاتر از روش دستی سنتی می‌گردد. در نهایت نیز روش ساخت سریع علاوه بر سرعت بخشدن به ساخت با وسایل مدرن، شامل تسریع در کسب مقاومت نیز می‌گردد گرچه در رویه‌های عادی زمانی حدود ۵ تا ۱۴ روز برای نگهداری و سپس تردد بروی آنها لازم است اما مقاومت لازم جهت بازگشایی در این روش در کمتر از ۱۲ ساعت حاصل می‌گردد. [۱] روش اجرا در این پروژه با توجه به امکانات پیمانکار، روش قالب ثابت با مضرس سازی دستی سطح و عمل آوری با چتایی مرطوب در نظر گرفته شده است.

۳. طرح اختلاط رویه بتنی فرودگاهی

در مرحله اول برای تامین مصالح سنگی بتن از منابع تولید مصالح شن و ماسه اقدام به نمونه گیری و انجام مطالعات گوناگون برای شناخت کیفیت مصالح شن و ماسه شده است در بررسی و مطالعات اولیه کلیه منابع مصالح واقع در اطراف بوشهر مورد بازدید قرار گرفت. از منابع مصالح سنگی مناسب در این فاصله می‌توان از معادن صادقی برازجان در فاصله ۵۰ کیلومتری و معدن زرین شن خورموج در فاصله ۶۰ کیلومتری نام برد. به منظور ارزیابی کامل آزمایشهای دانه بندی، جذب آب، شستشوی روی الک دوپست، هم ارز ماسه ای، تعیین ناخالصی آلی، درصد کلوخه های رسی، ضریب تطویل و تورق و واکنش قلیایی در آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان بوشهر انجام گرفته است. همچنین آزمایشهای سیمان شامل میله ضخیم ویکات، گیرش، مقاومت فشاری، سلامت و آنالیز شیمیایی بوده است در نهایت آب مصرفی بتن نیز آزمایش گردیده است. هدف طرح اختلاط بتن رویه، تولید بتنی کار پذیر، مطابق مقاومت طراحی و با دوام در مقابل سایش و عوامل شیمیایی مهاجم می‌باشد. با توجه به اینکه نسبت آب به سیمان روسازی بتنی معمولاً در حدود ۰.۴ است که این میزان آب تابع حداکثر اندازه سنگدانه، دانه بندی، کارایی، نوع بافت و شکل دانه‌ها می‌باشد که در این پروژه بر اساس شرایط نیاز به مقاومت بالا و آیین نامه بتن ایران ۰.۳۷ تا ۰.۳۸ است. براساس منحنی تعیین مقدار آب براساس

"هشتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران - تهران - ۱۵ مهرماه ۱۳۹۵"

مدول نرمی در استاندارد ACI مقدار آب آزاد بتن حدود ۲۰۰ لیتر می باشد که این میزان برای مدول نرمی حدود ۳ در نظر گرفته شده با توجه به اینکه مدول نرمی ماسه زریں شن خورموج ۳.۸۹ و صادقی برازجان ۳.۴۵ و کلا زبر می باشد برای اصلاح زبری ماسه تا حد مناسب تمهیدات دیگری مانند تغییر در درصد دانه بندی های صفر تا ۳ میلیمتر و ۳ تا ۶ میلیمتر انجام می گیرد تا مدول نرمی به حد مورد نیاز برسد. در اینجا لازم به ذکر است که آب آزاد با آب کل که شامل آب آزاد بعلاوه آب جذب شده سنگدانه می باشد متفاوت می باشد. سپس ترکیب دانه بندی بر اساس توصیه های موسسه بتن آمریکا و بتن ایران انجام و منحنی دانه بندی نهایی تهیه شده با منحنی های میانگین سایر استانداردها کنترل مضاعف می گردد. یک نمونه از فرمولهای تعیین دانه بندی فرمول فولر می باشد که در آن d قطر دانه ها به میلی متر، P درصد رد شده از الک به قطر d و D حد اکثر قطر دانه ها به میلی متر می باشد فرمول دانه بندی فولر بصورت $P = 100(d/D)^{0.333}$ می باشد. مقاومت مشخصه پیش بینی شده استاندارد سازمان هوانوردی آمریکا برای این نوع روسازی بتنی مقاومت فشاری ۳۷۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع نمونه استوانه ای استاندارد آمریکا و نمونه منشوری خمشی دو نقطه ای معادل ۴۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد. برای حصول کارایی اسلامپ بتن تازه حداکثر ۵ سانتیمتر، با نسبت آب به سیمان زیر ۰.۴ و در شرایط آب و هوای گرم از افزودنی فوق روان کننده تهیه شده از شرکتهای داخلی به میزان نیم درصد وزنی سیمان استفاده گردیده است. میزان سیمان مورد استفاده از تیپ ۲ کارخانه سیمان دشتستان بر اساس مقاومت مشخصه و مقدار آب آزاد و نسبت آب به سیمان تعیین می گردد. [۲]، [۳]

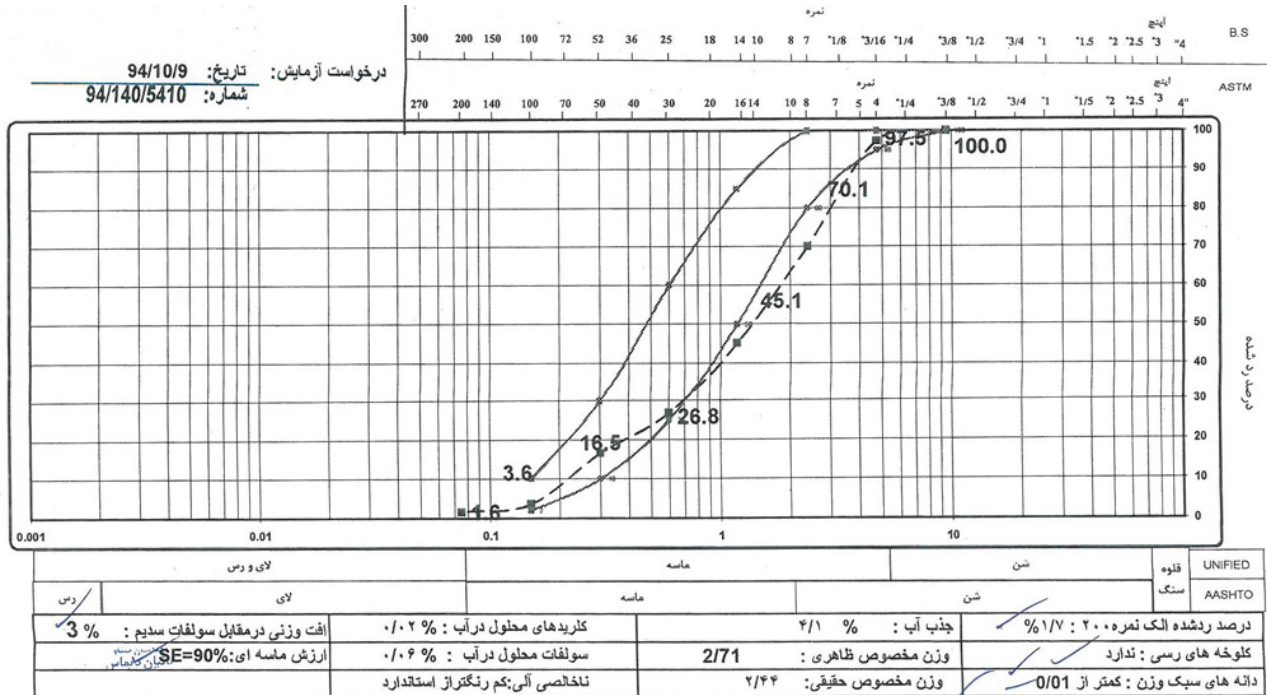
جدول ۱ - آزمایشات سیمان دشتستان مورد استفاده در روبه اپرون بتنی فرودگاه بوشهر [۴]، [۵]، [۶]، [۷]، [۸]، [۹]

کد فرم: FR 310-01		تاریخ: 94/10/09		شماره: 94/36/1		صفحه: 1 از 1		شماره کار: 10399V		شماره نمونه: 10399V	
NACI		نتایج آزمایشات شیمیایی و فیزیکی سیمان پرتلند		مطابق با استاندارد های ASTM به همراه حدود الزامات استاندارد ASTM:C150-05		شگاه فنی و مکانیک خاک استان بوشهر		پروژه: بتن اپرون فرودگاه بوشهر (سیمان دشتستان)		منبع: اداره کل بهسازی و توسعه فرودگاههای کشور	
تاریخ دریافت نمونه: 94/10/22		تاریخ گزارش: 94/11/17		ASTM:C14 آزمایشات شیمیایی		حدود الزامات برکنار شیمیایی برای تنب های مختلف سیمان پرتلند		نوع آزمایش		مقدار	
نوع آزمایش		مقدار		نوع آزمایش		تیب سیمان پرتلند		شرایط		V	
I		II		III		IV		V		V	
کسید سیلیسیم (SiO ₂)	20.42	حد اکثر	-	20	-	-	-	-	-	-	-
سد آلومینیم (Al ₂ O ₃)	4.80	حد اکثر	-	6	-	-	-	-	-	-	-
کسید آهن (Fe ₂ O ₃)	3.80	حد اکثر	-	6	-	6.5	-	-	-	-	-
کسید کلسیم (CaO)	62.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
سید منیزیم (MgO)	3.39	حد اکثر	6	6	6	6	6	6	6	6	6
کسید سدیم (Na ₂ O)	0.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
کسید پتاسیم (K ₂ O)	0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
اکسید گوگرد (SO ₃)	2.71	حد اکثر	2.3	2.3	3.5	3	3	3	3.5	3.5	3.5
لرید ها بر حسب Cl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
نسب وزنی در اثر حرارت	1.9	حد اکثر	3	3	3	3	3	3	3	3	3
باقیمانده نامحلول	0.53	حد اکثر	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
آهک آزاد	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
لیانی بر حسب Na ₂ O	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C ₃ S	52.3	حد اکثر	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C ₂ S	19.1	حد اکثر	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C ₃ A	6.3	حد اکثر	5	7	15	8	-	-	-	-	-
C ₄ AF	11.6	حد اکثر	25	-	-	-	-	-	-	-	-
C ₄ AF + 2C ₃ A	24.1	حد اکثر	25	-	-	-	-	-	-	-	-

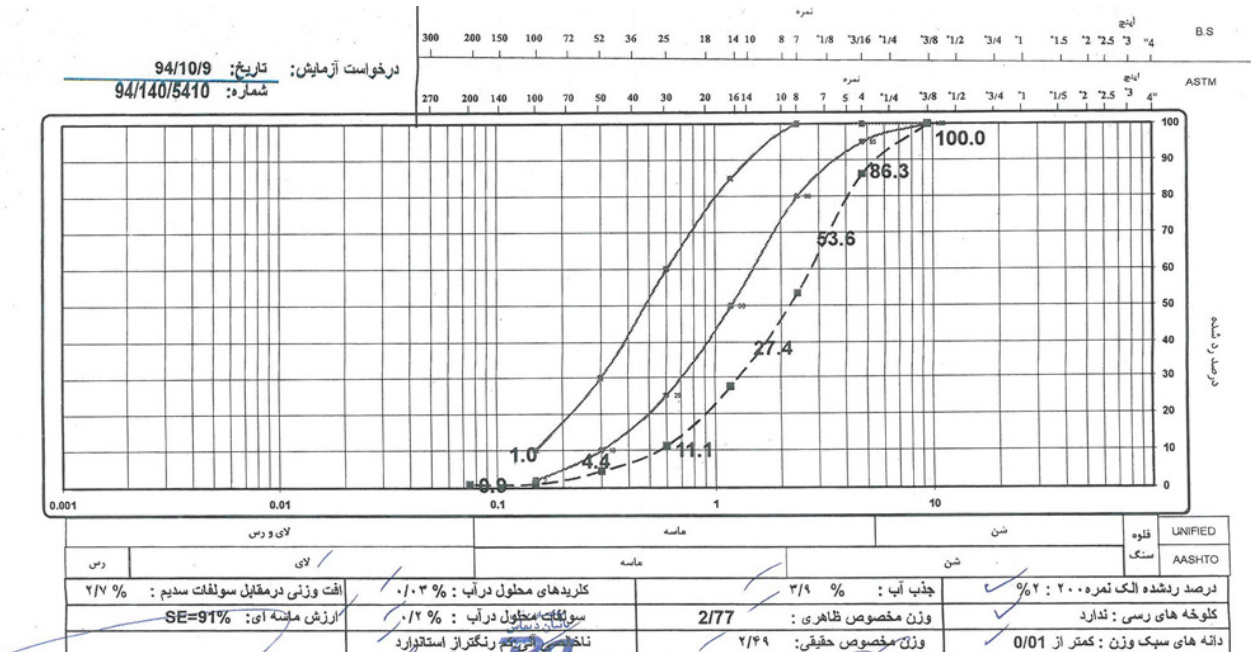
قلیایی معادل $Na_2O, Na_2O \cdot 0.658 K_2O$

"هشتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران - تهران - ۱۵ مهرماه ۱۳۹۵"

جدول ۲ - دانه بندی، وزن مخصوص، ارزش ماسه ای و جذب آب ماسه معدن صادقی برازجان [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]

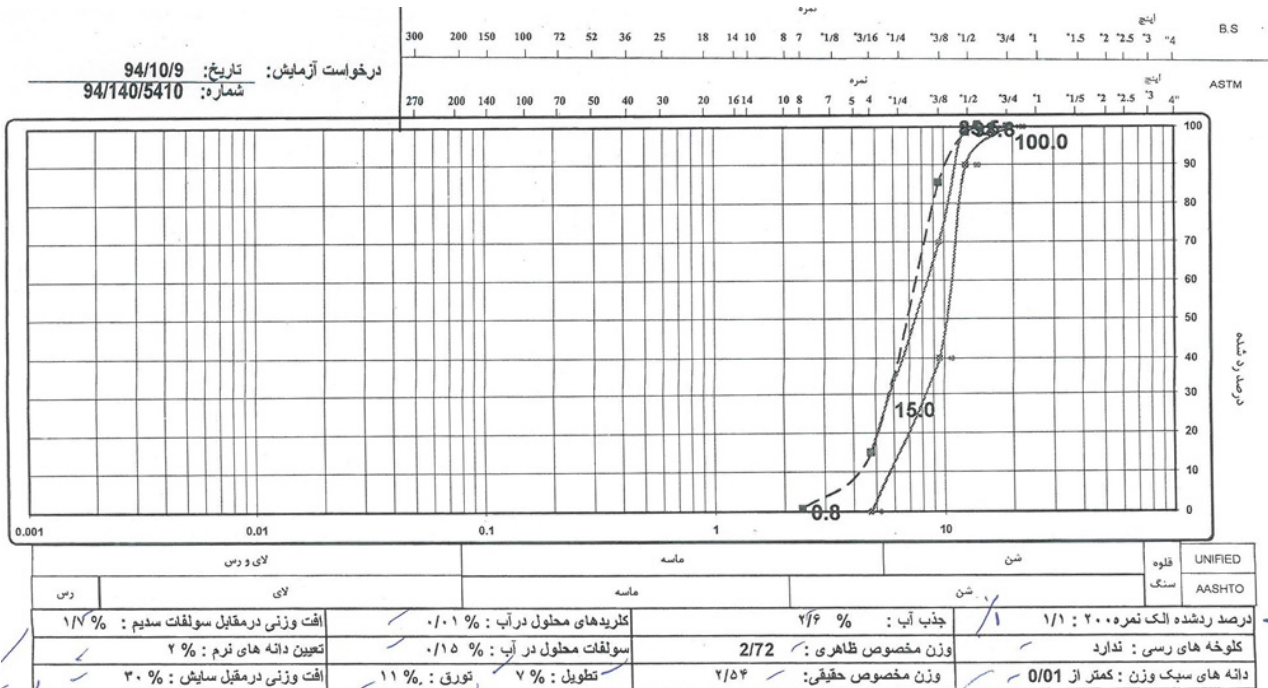


جدول ۳ - دانه بندی، وزن مخصوص، ارزش ماسه ای و جذب آب ماسه معدن زرین شن خورموج [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]

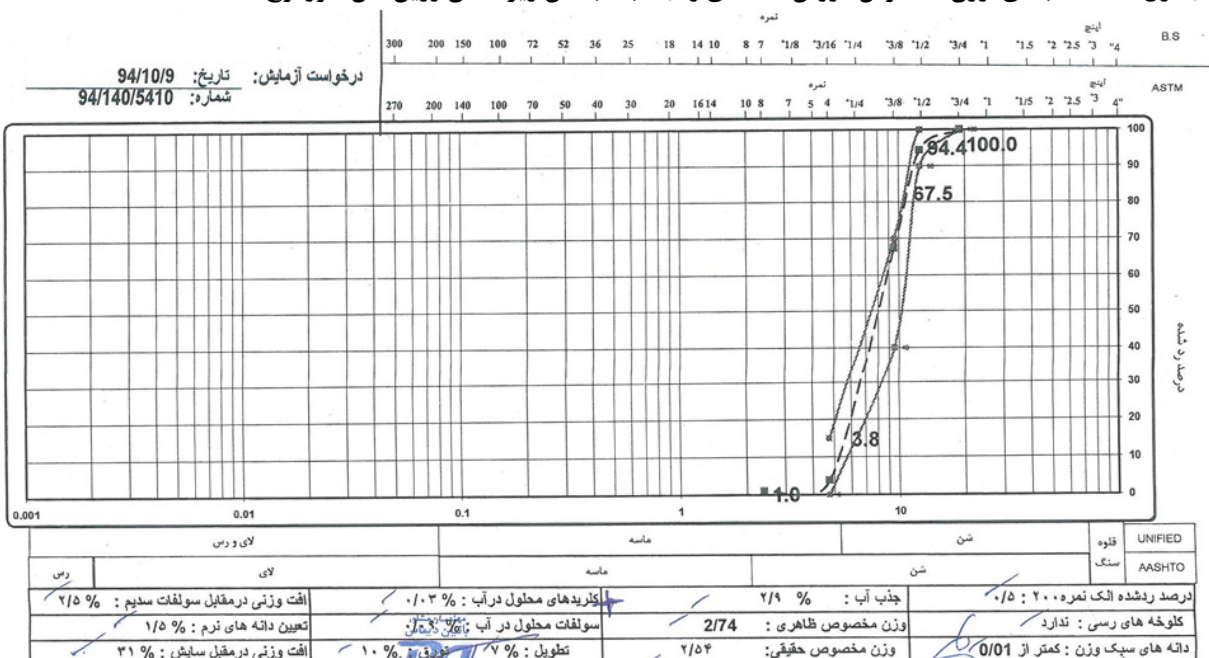


"هشتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران - تهران - ۱۵ مهرماه ۱۳۹۵"

جدول ۴ - دانه بندی، وزن مخصوص، ارزش ماسه ای و جذب آب شن ریز معدن صادقی برازجان [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]

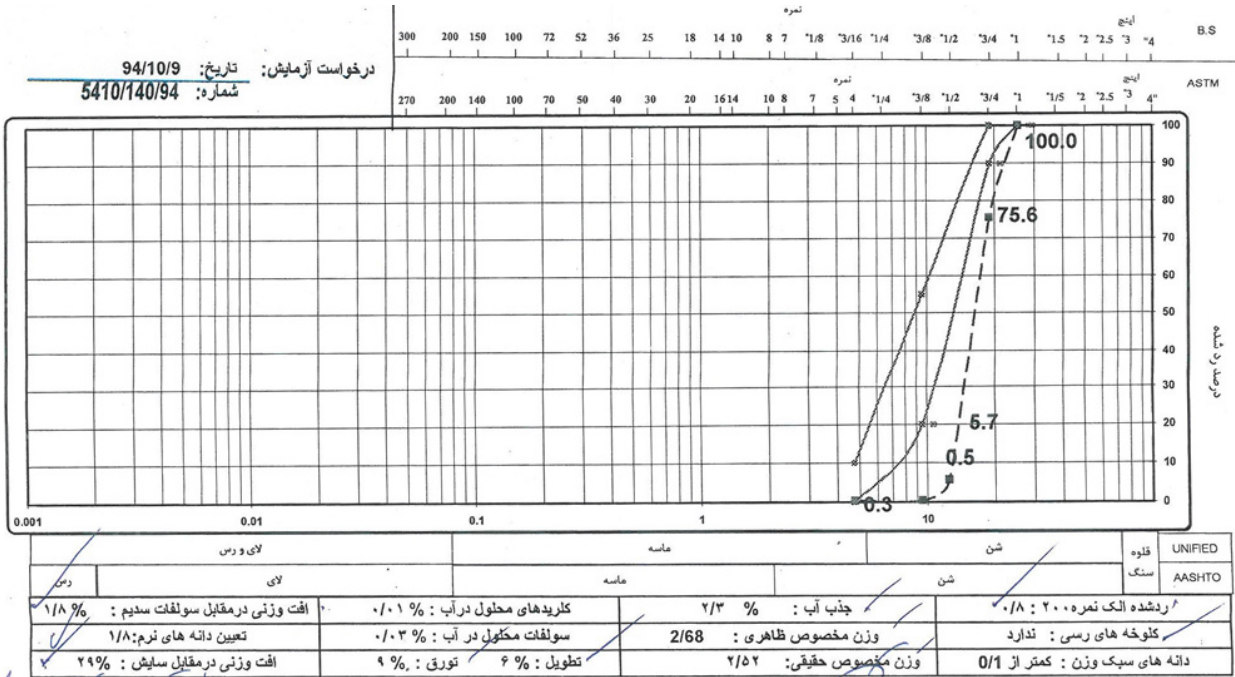


جدول ۵ - دانه بندی، وزن مخصوص، ارزش ماسه ای و جذب آب شن ریز معدن زرین شن خورموج [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]

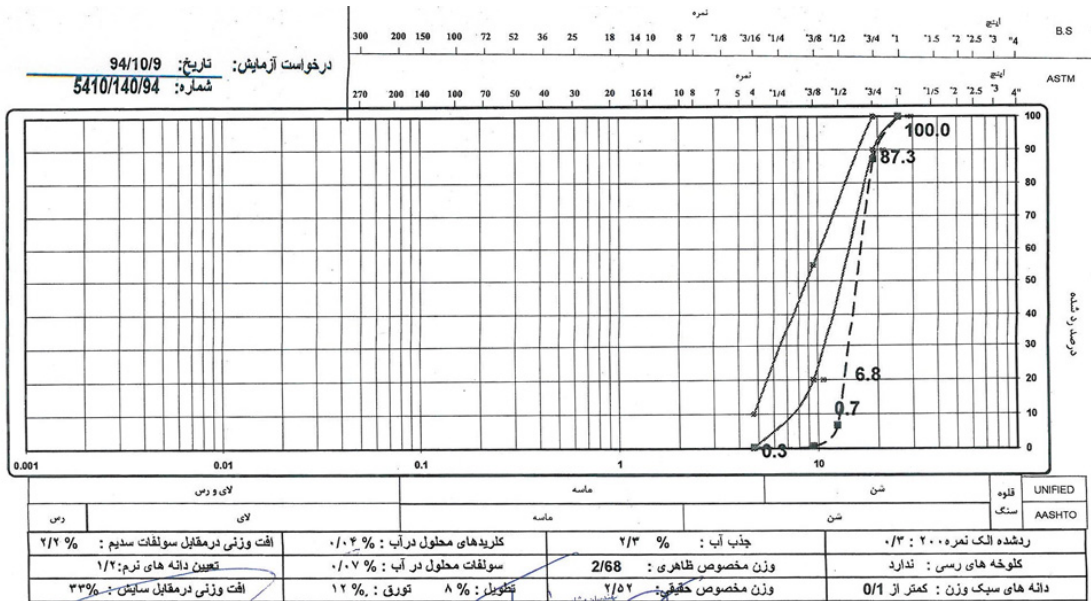


"هشتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران - تهران - ۱۵ مهرماه ۱۳۹۵"

جدول ۶ - دانه بندی، وزن مخصوص، ارزش ماسه ای و جذب آب شن درشت معدن صادقی برازجان [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]



جدول ۷ - دانه بندی، وزن مخصوص، ارزش ماسه ای و جذب آب شن درشت معدن زرین شن خورموج [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]



"هشتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران - تهران - ۱۵ مهرماه ۱۳۹۵"

جدول ۸ - نتایج شیمیایی مصالح سنگی معدن صادقی برازجان که در محدوده مناسب قرار دارند [۱۴]، [۱۵]، [۱۶]

Sample No	%Cl (BS 1377-3)	%SO ₃ (BS 812-part 118)	ناخالصی آلی (ASTM C40&AASHTO-T267)
10298 (شن درشت)	0.01 ✓	0.03 ✓	0.53 ✓
10299 (شن نخودی)	0.01 ✓	0.15 ✓	0.57 ✓
10300 (ماسه)	0.02 ✓	0.06 ✓	کم رنگ تر از استاندارد

جدول ۹ - نتایج شیمیایی مصالح سنگی معدن زرین شن خورموج که در محدوده مناسب قرار دارند [۱۴]، [۱۵]، [۱۶]

Sample No	%Cl (BS 1377-3)	%SO ₃ (BS 812-part 118)	ناخالصی آلی (ASTM C40&AASHTO-T267)
103998 (ماسه شسته)	0.03 ✓	0.20 ✓	کم رنگ تر از استاندارد ✓
103999	- 0.03	0.09 ✓	0.58 ✓
104000	- 0.04	0.07 ✓	0.61 ✓

جدول ۱۰ - خلاصه جمع بندی نتایج مشخصات فنی مصالح سنگی معدن صادقی برازجان [۱۷]، [۱۸]، [۱۹]، [۲۰]، [۲۱]

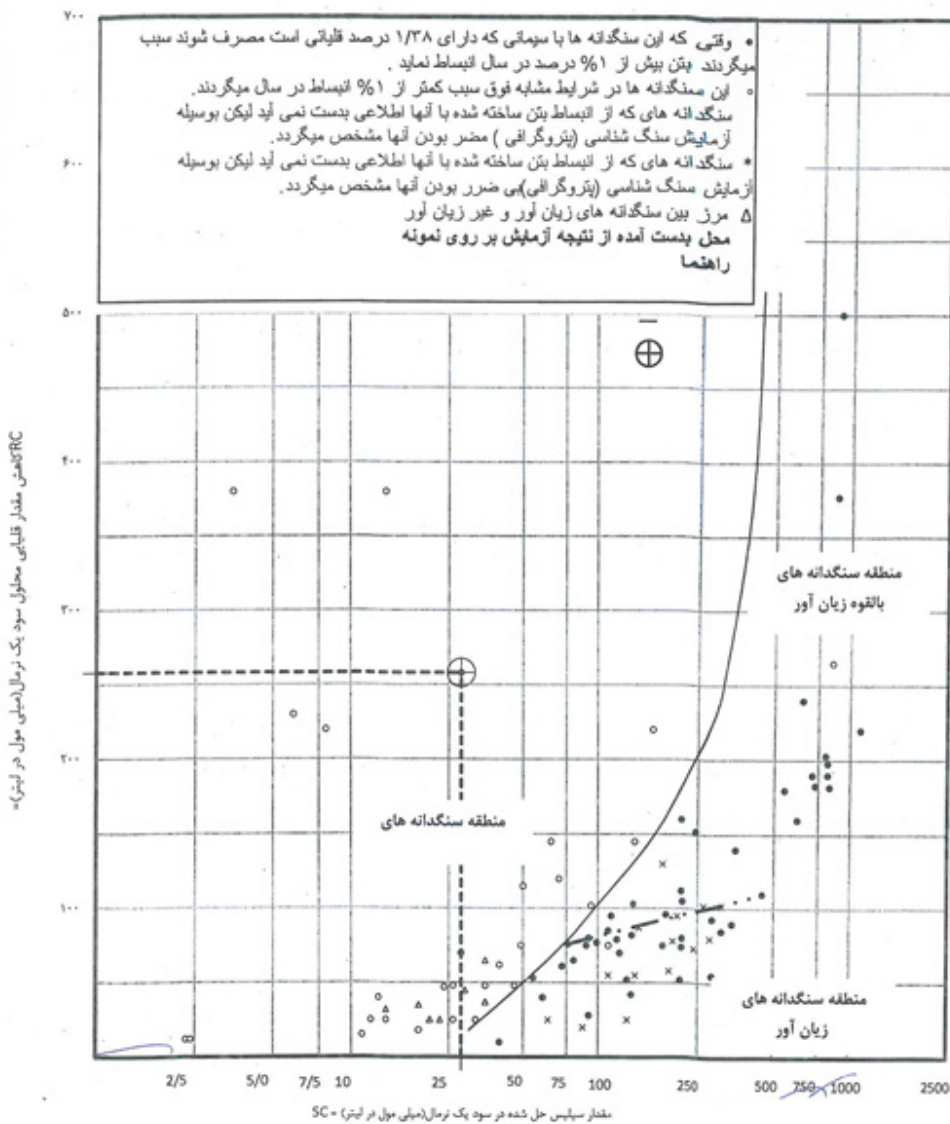
مشخصات نمونه طبق اظهار متقاضی	شماره نمونه آزمایشگاهی	ضریب نرمی ماسه (ASTM C136)	هم ارز ماسه‌ای (ASTM D2419) (درصد)	افت وزنی در مقابل سایش به روش لوس آنجلس (ASTM C131)			تطویل و تورق (ASTM D4791)		وزن مخصوص و جذب آب (ASTM - C127,128)			وزن واحد حجم (ASTM - C29)											
				نوع دانه‌بندی	تعداد دور دستگاه در دقیقه	سایش (درصد)	تطویل (درصد)	تورق (درصد)	ظاهری	حقیقی	جذب آب (درصد)	متراکم Kg/m ³	غیرمتراکم Kg/m ³	مخلوط درشت دانه متراکم Kg/m ³									
شن درشت دانه	12509	-	-	B	500	32	16	24	2/69	2/57	1/7	1360	1360										
														C	500	29	8	17	2/71	2/57	2/0	1390	1520
																						-	-
شن ریز دانه	12510	-	-	C	500	29	8	17	2/71	2/57	2/0	1390	1520										
ماسه شسته	12511	3/45	78	-	-	-	-	-	2/72	2/50	3/3	1590	1750										

جدول ۱۱ - خلاصه جمع بندی نتایج مشخصات فنی مصالح سنگی معدن زرین شن خورموج [۱۷]، [۱۸]، [۱۹]، [۲۰]، [۲۱]

مشخصات نمونه طبق اظهار متقاضی	شماره نمونه آزمایشگاهی	ضریب نرمی ماسه (ASTM C136)	هم ارز ماسه‌ای (ASTM D2419) (درصد)	افت وزنی در مقابل سایش به روش لوس آنجلس (ASTM C131)			تطویل و تورق (ASTM D4791)		وزن مخصوص و جذب آب (ASTM - C127,128)			وزن واحد حجم (ASTM - C29)											
				نوع دانه‌بندی	تعداد دور دستگاه در دقیقه	سایش (درصد)	تطویل (درصد)	تورق (درصد)	ظاهری	حقیقی	جذب آب (درصد)	متراکم Kg/m ³	غیرمتراکم Kg/m ³	مخلوط درشت دانه متراکم Kg/m ³									
شن درشت دانه	12501	-	-	B	500	33	12	19	2/69	2/53	2/3	1330	1470										
														C	500	30	24	27	2/74	2/56	2/5	1360	1510
																						-	-
شن ریز دانه	12502	-	-	C	500	30	24	27	2/74	2/56	2/5	1360	1510										
ماسه شسته (خروجی شماره 3)	12505	3/89	78	-	-	-	-	-	2/77	2/52	3/6	1580	1750										

جدول ۱۲- واکنش قلیایی ماسه معدن صادقی برازجان که مصالح در محدوده مناسب قرار دارد [۲۲]

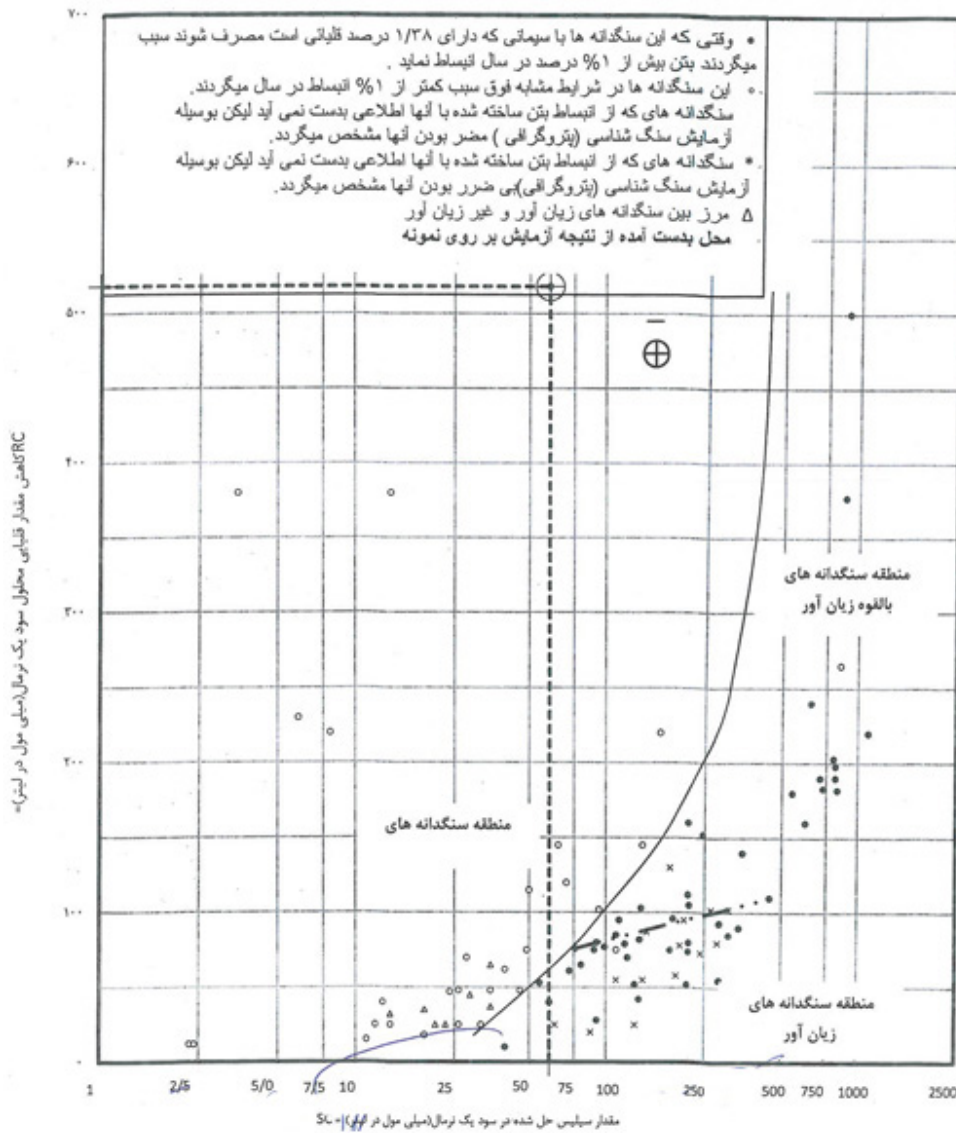
واکنش قلیایی ASTM C 289-94	
۲۵۸	کاهش مقدار قلیایی محلول سود یک نرمال (میلی مول در لیتر) = RC
۲۸	مقدار سیلیس حل شده در سود یک نرمال (میلی مول در لیتر) = SC



"هشتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران - تهران - ۱۵ مهرماه ۱۳۹۵"

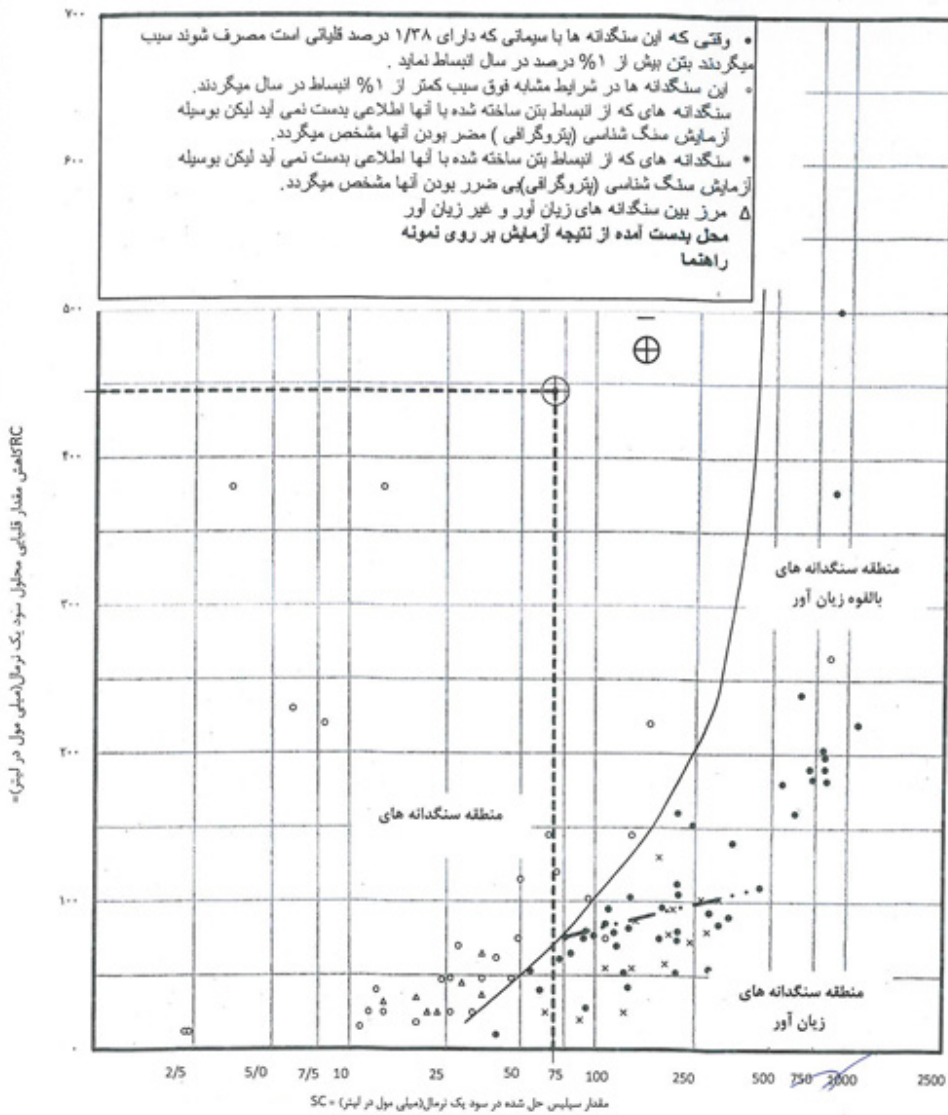
جدول ۱۳ - واکنش قلیاییی ماسه معدن زرین شن خورموج که مصالح در محدوده مناسب قرار دارد [۲۲]

واکنش قلیاییی ASTM C 289-94	
۵۱۸	کاهش مقدار قلیاییی محلول سود یک نرمال (میلی مول در لیتر) RC=
۶۰	مقدار سیلیس حل شده در سود یک نرمال (میلی مول در لیتر) SC=



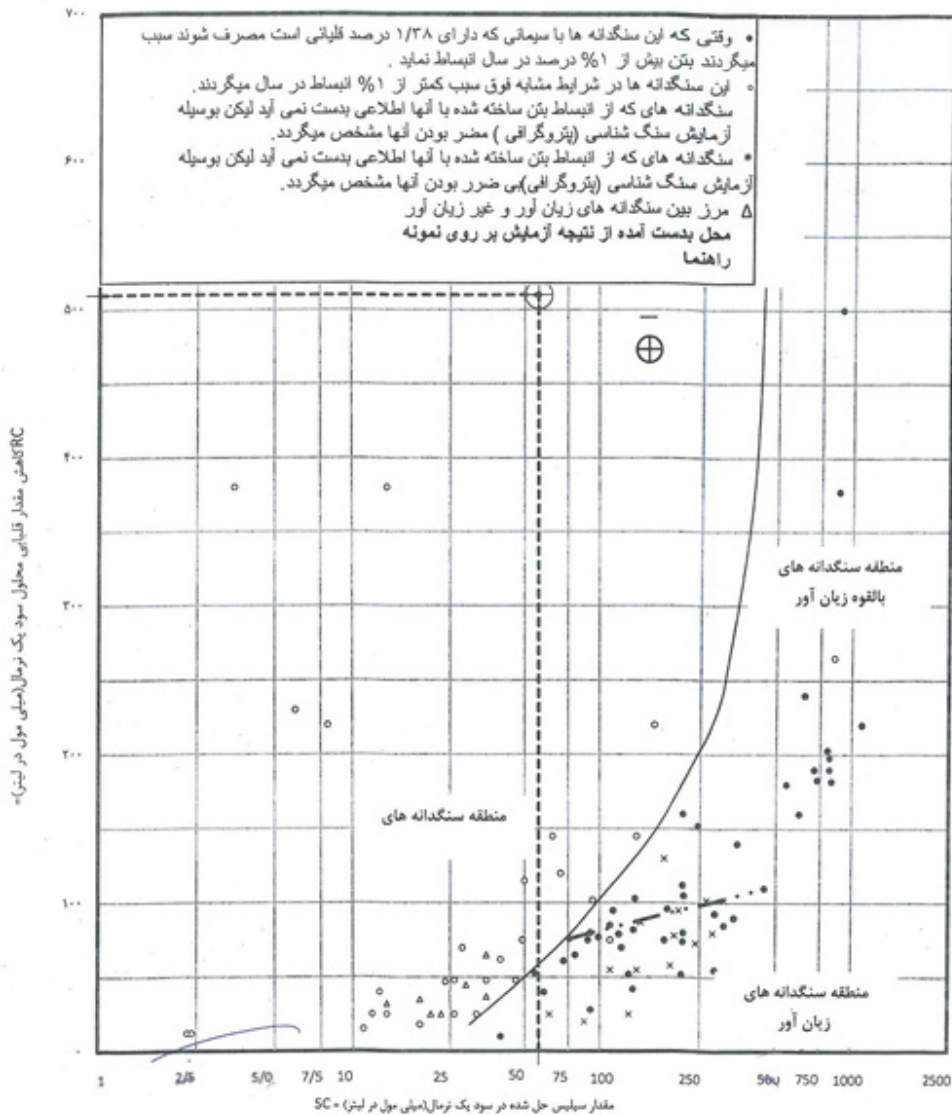
جدول ۱۴ - واکنش قلیایی شن معدن صادقی برازجان که مصالح در محدوده مناسب قرار دارد [۲۲]

واکنش قلیایی ASTM C 289-94	
۴۴۵	کاهش مقدار قلیایی محلول سود یک نرمال (میلی مول در لیتر) RC=
۶۸	مقدار سیلیس حل شده در سود یک نرمال (میلی مول در لیتر) SC=



جدول ۱۵ - واکنش قلیایی شن معدن زرین شن که مصالح در محدوده مناسب قرار دارد [۲۲]

واکنش قلیایی ASTM C 289-94	
۵۱۰	کاهش مقدار قلیایی محلول سود یک نرمال (میلی مول در لیتر) RC=
۵۷	مقدار سیلیس حل شده در سود یک نرمال (میلی مول در لیتر) SC=



۴. آزمایشات دوام در محیط خلیج فارس و دریای عمان

در این پروژه چنان که مشاهده می شود به شکل خاص آزمایشهای دوام مصالح بر روی آب، سیمان، سنگدانه ریز و درشت انجام شد و مصالح از نظر هندسه، مقاومت فیزیکی و واکنشهای شیمیایی مورد بررسی قرار گرفتند و از صحت آنها اطمینان حاصل گردید. اهمیت انجام این آزمایشات از آن است که پروژه فوق در فاصله ۹۰۰ متری سواحل خلیج فارس اجرا می گردد و افزایش دوام و پایایی بتن در مجاورت اثرات خورنده شدید منطقه خلیج فارس و دریای عمان در بلند مدت مورد توجه می باشد. همچنین برای داشتن بتنی با دوام در محیط خورنده خلیج فارس آیین نامه بتن ایران در طرح اختلاط نیز شرایطی وضع کرده و نسبت آب به سیمان تولید بتن در این مناطق را به ۰.۴ و عیار سیمان را حداقل ۳۵۰ کیلوگرم و حداکثر ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب محدود کرده است که در این پروژه رعایت شده است. همچنین سیمان مورد استفاده می بایست سیمان با گرمایی کم مانند سیمان نوع ۲ و یا سیمان نوع ۱ پوزولانی بوده و حداکثر جذب آب درشت دانه برای پروژه های اجرا شده در منطقه خلیج فارس ۲.۵ درصد و برای ریزدانه ۳ درصد می باشد. که این موارد نیز در این پروژه رعایت شده است. [۳]

۵. آزمایشات مقاومتی

مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های استوانه ای ساخته شده با مصالح رزین شن خورموج و سیمان دشتستان حدود ۵۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های استوانه ای ساخته شده با مصالح صادقی برازجان و سیمان دشتستان نیز حدود ۵۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع با طرح اختلاط مشابه بوده است. همچنین مقاومت خمشی ۲۸ روزه نمونه های منشوری ساخته شده با مصالح رزین شن خورموج و سیمان دشتستان ۵۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و مقاومت خمشی فشاری ۲۸ روزه نمونه های منشوری ساخته شده با مصالح صادقی برازجان و سیمان دشتستان ۴۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بوده است. لازم به ذکر است که کنترل و رد و قبول مقاومت دال های بتنی در درجه اول بر اساس مقاومت خمشی انجام می گیرد. به این صورت که بر اساس طراحی انجام گرفته و با توجه به ضخامت و مقاومت بستر و دیگر شرایط، مقاومت نمونه دال بالاتر و مساوی با مقاومت مشخصه خمشی ۴۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع مورد قبول است. با توجه به این موضوع بتن تولیدی از مصالح هر دو معدن از نظر مشخصات فنی مورد قبول می باشد و در اینجا پارمترهای دیگر مانند فاصله حمل و امکان تهیه دیگر مصالح مورد نیاز (بیس و ساب بیس) از همان تولید کننده و موارد دیگر معیار انتخاب خواهد بود [۲۳]، [۲۴]

۶. نتیجه گیری

در این مقاله مشخصات فنی بتن به کار رفته در ساخت آخرین قسمت اپرون بتنی فرودگاه بوشهر جهت مقایسه آتی مورد بررسی و مستند سازی قرار گرفت. اجرای این پروژه در مجاورت ساحل منطقه خلیج فارس و دریای عمان اهمیت این مستند سازی را چند برابر می کند. چرا که با توجه به محیط خورنده خلیج فارس و دریای عمان و بارگذاری سنگین ناشی از ترافیک زیاد یک فرودگاه بین المللی می توان در مدت زمان کمتری اثر مشخصات مصالح و طرح اختلاط و روش اجرا را بر دوام بتن روسازی بتنی مشاهده نمود. این امر به ما این امکان را می دهد که از مقایسه اطلاعات موجود و اطلاعات اپرون بتنی فوق در آینده، اثر بارگذاری ترافیک و شرایط اقلیمی، تکنولوژی اجرا، خاک بستر و اثر گذر زمان بر بتن را مورد ارزیابی قرار دهیم. البته از نتایج مقاومتی بتن در زمان حاضر نیز می توان این نتیجه را گرفت که رعایت مشخصات فنی مصالح تولید بتن، به تولید بتنی با مقاومت بیشتر و با انحراف از معیار کمتر می انجامد.

۷. منابع و مراجع

- ۱- معرفی روش **Fast - Track** در احداث رویه های بتنی و بررسی روش احداث باند، اپرون و تاکسیوی بتنی از دیدگاه تکنولوژی ساخت - محمد علی ارجمندی نژاد، محمد صادق چیت فروش، علی طالبی - اولین کنفرانس رویه های بتنی - ۱۳۹۴
- ۲- یادداشتهای دفتر فنی کارگاه، دستورکارها، گزارشات روزانه و دیگر اطلاعات پروژه مهندسان مشاور بنیان دیماس - ۱۳۹۳-۱۳۹۴
- ۳- آیین نامه بتن ایران (آبا) - نشریه شماره ۱۲۰ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور - معاونت امور فنی و تدوین معیارها - تجدید نظر اول - ۱۳۸۳
- ۴- آزمایش شیمیایی سیمان - **ASTM C114** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۵- آزمایش درصد وزنی آب غلظت طبیعی - **ASTM C187** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۶- آزمایش درصد انبساط سیمان اتوکلاو - **ASTM C151** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۷- آزمایش وزن مخصوص سیمان - **ASTM C188** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۸- آزمایش مقاومت فشاری ملات سیمان - **ASTM C109** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۹- آزمایش زمان گیرش به دو روش سوزن گیلومر و ویگات - **ASTM C191** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۱۰- آزمایش دانه بندی سنگدانه های مصرفی - **ASTM C23** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۱۱- آزمایش کلوخه های رسی - **ASTM C142** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۱۲- آزمایش ارزش ماسه ای - **ASTM D2419** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۱۳- آزمایش جذب آب مصالح سنگی - **ASTM C127** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۱۴- آزمایش ناخالصی آلی مصالح سنگی - **ASTM C40** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۱۵- آزمایش درصد سولفاتهای محلول - **BS 812-118** موسسه استاندارد بریتانیا
- ۱۶- آزمایش درصد کلریدهای محلول - **BS 1377** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۱۷- آزمایش وزن واحد حجم مصالح سنگی - **ASTM C29** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۱۸- آزمایش وزن مخصوص مصالح سنگی - **ASTM C128** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۱۹- آزمایش تطویل و تورق مصالح - **ASTM C4791** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۲۰- آزمایش سایش لوس انجلس - **ASTM C131** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۲۱- آزمایش مقاومت مصالح کالیفرنیا - **ASTM C146** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۲۲- آزمایش مقاومت مصالح کالیفرنیا - **ASTM C289** موسسه استاندارد مصالح و آزمایشات امریکا
- ۲۳- جداول و شیت‌های آزمایشگاهی پروژه بهسازی اپرون فرودگاه بوشهر- تهیه شده توسط آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان بوشهر به سفارش شرکت مادر تخصصی فرودگاه‌های کشور - ۱۳۹۴
- ۲۴- مطالعات طراحی توسعه و بهسازی اپرون و تاکسیوی فرودگاه بوشهر - ۱۳۹۳