

آزمایش بهینه سازی طرح مخلوط بتن خود تراکم (SCC) برای سازه های هیدرولیکی

حسین سرکویه^۱، سمیه پوربخشیان^۲

کارشناس ارشد سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور
استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رامسر

1- hosein.sarkoyeh@yahoo.com

2- somayyehpourbakhshian@gmail.com

چکیده

زمان، هزینه و کیفیت سه عامل مهم در اجرا میباشند که تاثیر مهمی در صنعت ساخت دارند. هرگونه پیشرفت و یا توسعه ای که باعث بهبود این سه عامل گردد، همواره مورد علاقه مهندسان عمران خواهد بود. بتن خود تراکم (SCC) با توجه به خصوصیات ویژه خود، یکی از این توسعه ها می باشد که میتواند تاثیر قابل توجهی بر صنعت ساخت داشته باشد. با استفاده از نمونه طرح مخلوط MDR78 که ترکیبی از ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب سیمان پوزولان ویژه (۲۵ درصد میکروسلیس $\pm 2\%$)، فوق روان کننده و سنگدانه با اندازه حداکثر ۱۹ میلیمتر آن را از سایر طرح مخلوطها متمایز می کند، می توان به سرعت دستیابی به مقاومت و باز کردن قالب و کاهش سطوحی که نیاز به ترمیم دارند به میزان کمتر از ۱۵٪ سطح تمام شده و همچنین افزایش ارتفاع سقوط بتن در داخل قالب را تا حداقل ۲۹۰٪ نسبت به کلیه آیین نامه های بتن افزایش داد بدون آنکه هیچگونه جداشدگی در دانه بندی بتن ساخته شده خللی ایجاد گردد.

کلید واژه: بتن خود تراکم، قابلیت خود تراکمی، طرح مخلوط، کنترل آزمایشگاهی، کنترل میدانی، بهینه سازی، ارتفاع سقوط

۱- مقدمه و مروری بر تحقیق گذشتگان

با توجه به توسعه روز افزون سازه های بتنی و تلاش بر مقاومت ودوام و سهولت اجرای آن از یکسو و کمبود یا نبود کارگران ماهر از طرف دیگر و همچنین گسترش صنایع ساخته قطعات بتنی پیش ساخته در دنیا موجب گردید که بتنی طراحی و ساخته شود که براحتی به توان برای تراکم و جاکیری مناسب خود در داخل قالب نیاز به ارتعاش زیاد و نیز کارگر ماهر نداشته باشد.

در دو پروژه بزرگ کشورمان ایران با نام های الف- سد و نیروگاه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه ب- سد و نیروگاه رودبار لرستان برای ساخت سازه های هیدرولیکی، زیر زمینی و همچنین نیروگاه های آنها با توجه به شرایط خاص و طراحی آن توسط شرکتهای مشاور خارجی با مشکل بزرگی مثل تراکم بالای آرماتور و نیز تیرهای عمیق در مقاطع بتن آرمه مواجه بودند. به ناچار با توجه به اهمیت موضوع و ضرورت کیفیت بالای مقاطع بتن ریزی شده به دلیل وجود جریان هیدرولیکی و جلوگیری از بروز درز سرد و سطوح زیاد جهت ترمیم به ناچار تصمیم بر این شد که بر روری طرح مخلوطی کار شود که بتوان خصوصیات فوق را فراهم آورد.

در جدول شماره ۱ طرح مخلوط بتن خود تراکم به همراه نتایج آزمایشگاهی مقاومت فشاری بدست آمده توسط پژوهشگران مشاهده می گردد.

جدول ۱- (طرح مخلوط های پیشنهادی پژوهشگران)

Day28 Mpa	W/C	Water (L/m3)	Sement (kg/m3)	Silica (kg/m3)	Limestone (powder)	PCE (L/m3)	Sand (kg/m3)	Leca (kg/m3)	Mix No	پژوهشگران
20.8	0.38	256.4	360	40	150	4.95	175	1133.8	SL1	Maghsoudi و همکاران [۱]
28.5	0.35	240.33	450	40	150	4.675	175	1153.4	SL2	
W/C	SP (L/m3)	Sand (kg/m3)	12.5mm (kg/m3)	16mm (kg/m3)	Water (L/m3)	Fly Ash (kg/m3)	Sement (kg/m3)	Binder (kg/m3)	Mix No	پژوهشگران
0.36	4.824	836.04	308.74	463.10	192.96	-----	536	536	29-60:40	Krishna و Murthy.N همکاران [۲]
W/C	SP (L/m3)	Sand (kg/m3)	10mm (kg/m3)	20mm (kg/m3)	Water (L/m3)	Fly Ash (kg/m3)	Sement (kg/m3)	Binder (kg/m3)	Mix No	پژوهشگران
0.55	4.46	862.46	291.67	437.51	178.2	173.25	321.75	495	28-60:40	J.Gurm و Jawahar همکاران [۳]
Day28 Mpa	Day7 Mpa	Viscosity Modifying Agent (%)	SP (%)	Water (L/m3)	Coarse Aggregate (L/m3)	Fine Aggregate (kg/m3)	Silica (kg/m3)	Sement (kg/m3)	Mix No	پژوهشگران
45.87	31.56	1	2	195	740	890	26.5	503.5	S1	T.Jeevetha و همکاران [۴]
33.45	23.42	1	2	195	740	890	53	477	S2	
34.23	23.96	1	2	195	740	890	30	570	S3	
31.57	22.04	1	2	195	740	890	60	540	S4	
15.74	11.23	0.5	2	195	740	890	250	250	S5	
41.21	29.45	0.5	2	195	740	890	27.5	522.5	S6	
32.54	20.6	0.5	2	200	740	890	55	495	S7	

۲- برنامه آزمایشگاهی مورد استفاده در طرح مخلوط

جهت اجرای و ساخت طرح مخلوط بتن خود تراکم و مشاهده نتایج حاصل از آن یک سری از آزمایشات میبایست صورت پذیرد که در ذیل به ترتیب کار انجام شده به آن اشاره می گردد.

۱-۲ آزمایش دانه بندی (Coarse Aggregates Test)

انجام آزمایش تست دانه بندی مصالح بر اساس آیین نامه های ASTM D422 و ASTM C136 و ASTM C33 صورت گرفته است.

۲-۲ آزمایش بر روی آب مصرفی جهت ساخت نمونه (Water Test)

جهت ساخت نمونه آزمایشگاهی مقداری از آب مصرفی را مورد آزمایش مقدار املاح موجود در آن قرار گرفته است.

۳-۲ اجرای طرح مخلوط (Mix Design)

۴-۲ آزمایش تعیین درصد هوای بتن (Air Test)

انجام آزمایش تعیین مقدار هوای محبوس شده در داخل بتن بر اساس آیین نامه ASTM C231 و ASTM C173 صورت گرفته است.

۵-۲ آزمایش مقاومت فشاری (Compressive Test)

انجام آزمایش تعیین مقاومت فشاری بر اساس آیین نامه ASTM C39 مورد استفاده قرار گرفته است.

۶-۲ آزمایش مقاومت کششی (Splitting Tensile Strength)

انجام آزمایش تعیین مقاومت کشش به روش برزلی که بر اساس آیین نامه ASTM C496 مورد استفاده قرار گرفته است.

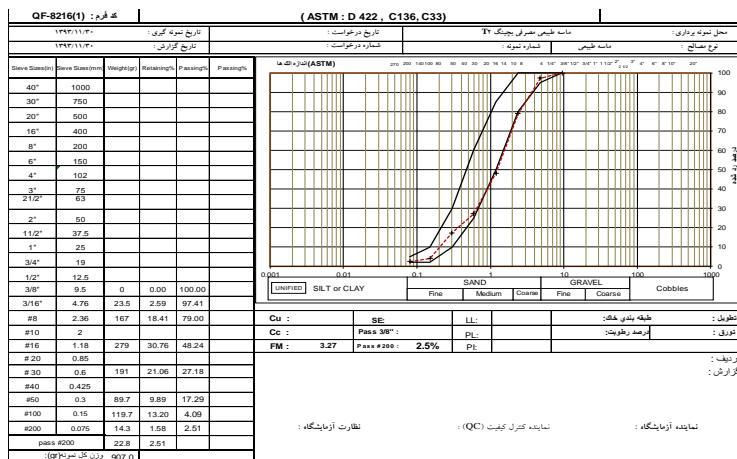
۷-۲ کنترل‌های میدانی (Site Test)

جهت کنترل نتایج حاصل از کارهای آزمایشگاهی و صحت آنها، یک سری از آزمونها به صورت میدانی صورت می پذیرد.

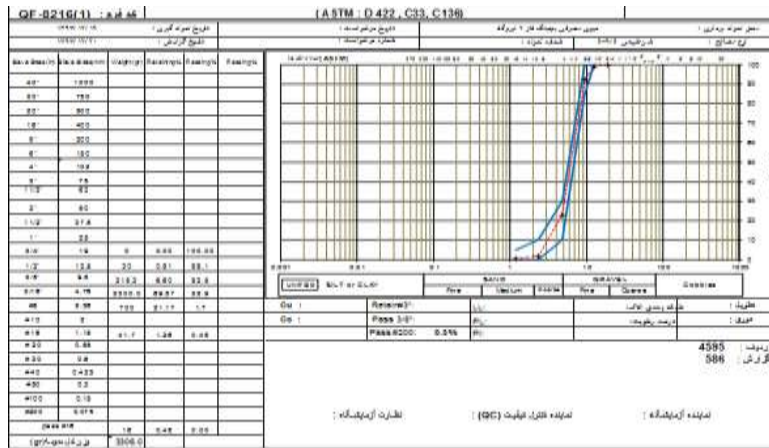
۳- نتایج آزمایشگاهی

۳-۱- دانه بندی مصالح

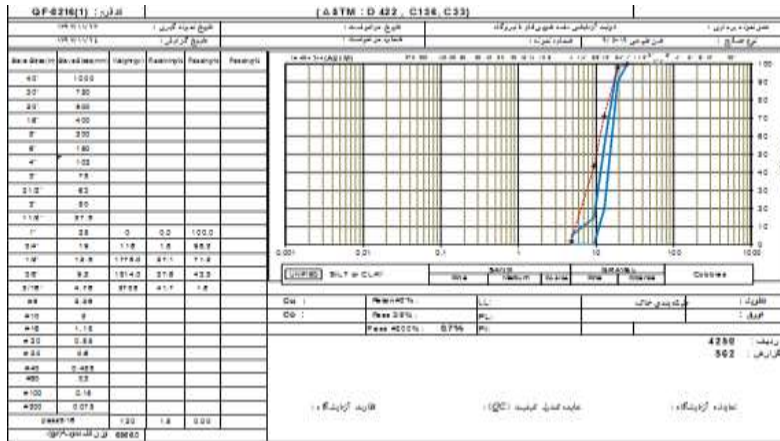
در نمودارهای ۱ و ۲ و ۳ پوش دانه بندی مصالح مورد استفاده در طرح مخلوط و درصد مصالح رد شده از هر الک مشاهده می گردد.



نمودار ۱- (منحنی دانه بندی ماسه طبیعی نمونه اول)



نمودار ۲- (منحنی دانه بندی شن طبیعی ۵-۹/۵ نمونه اول)



نمودار ۳- (منحنی دانه بندی شن طبیعی ۵/۹-۱۹ نمونه اول)

۳-۲- آب مصرفی

در جدول شماره ۲ نتایج حاصل از آزمایشات شیمیایی و مقدار ناخالصیهای موجود در آب مورد استفاده در طرح مخلوط مشاهده می گردد.

جدول ۲- (مقدار املاح و ناخالصیهای موجود در آب)

مشخصات نمونه	PH	هدایت الکتریکی Mhos/cm 25°C	کربنات CO3 ppm	کربنات CO3 epm	بی کربنات HCO3 ppm	بی کربنات HCO3 epm	املاح محلول HDS ppm	کلر CL ppm	کلر CL epm
مقدار	7.3	1632	NIL	NIL	239	3.9	846	330	9.3
مشخصات نمونه	کلسیم Ca ppm	کلسیم Ca epm	منیزیم Mg ppm	منیزیم Mg epm	سختی کل Caco3 ppm	سختی کل Caco3 epm	سدیم Na ppm	سدیم Na ppm	سولفور سدیم Na2s epm
مقدار	68	3.4	41	3.4	340	6.8	225	9.8	NIL
مشخصات نمونه	پتاسیم K ppm	پتاسیم K epm	سولفات So4 ppm	سولفات So5 epm	قلیایت کل Caco3 ppm	قلیایت کل Caco3 epm	قلیایت Na2+0.658K2 ppm	قلیایت Na2+0.658K3 ppm	
مقدار	1	0.02	100	2.1	196	3.9	304	13.2	

۳-۳- طرح مخلوطهای اجرا شده

با در نظر گرفتن سه پارامتر زمان باز کردن قالب در کوتاه ترین مدت، مخصوصاً در مورد قالبهای لاینینگ و دالها که از اهمیت بالایی برخوردار می باشد و پراکندگی مناسب در حدود ۶۰ سانتیمتر بر روی سطح افقی و نیز افزایش ارتفاع سقوط بتن بدون جداشدگی دانه بندی، سه نمونه طرح مخلوط صورت گرفته که در جداول زیر مشاهده می گردد.

طرح مخلوط اول (MDR10)

MDR10		شماره سبیل:	W/C: 0.405			OPTIMA270R		1.05	نوع و درصد مواد افزودنی: %
C30		کلاس بتن:	AIR G100	0.030	نوع و درصد مواد افزودنی: %				
سیمان پوزولانی شهر کرد		نوع سیمان:							
مصلح	وزن SSD	حجم	وزن مخصوص مصالح	درصد رطوبت	جذب آب	اختلاف %	آب اضافی (Kg)	درجالت موجود (Kg)	
آب	162.000	0.162	1000					10.658	
سیمان	400.000	0.131	3050					28.000	
پوزولان	0.000	0.000	2960					0.000	
شن ۵-۲۵	0.000	0.000	2710	0.00	0.64	-0.640	0.000	0.000	
شن ۲۰-۹.۵	410.000	0.152	2700	0.00	0.95	-0.950	-3.895	28.427	
شن ۹.۵-۱۹	330.000	0.122	2710	0.00	0.60	-0.600	-1.980	22.961	
ماسه طبیعی	1100.000	0.414	2660	3.00	1.60	1.400	15.400	78.093	
ماسه شکسته	0.000	0.000	2640	0.00	1.80	-1.800	0.216	0.000	
مواد افزودنی ۱	4.200	0.004	1100				0.000	294.000	
مواد افزودنی ۲	0.120	0.0001	1100				0.000	8.400	
مجموع	2406.320	0.984					9.741	470.540	

OPTIMA 270R (1.03%) AIR G100 (0.03%)										18.5		MDR10		نام طرح:	
مواد افزودنی:										نسبت بتن:		نسبت بتن:		نسبت بتن:	
جرم سیمان:										نسبت بتن:		نسبت بتن:		نسبت بتن:	
W/C: 0.405										60 cm		C30		ردیف بتن:	
شماره	سازنده	انواع سازه (Cm)	سطح انبساط	حجم انبساط (Cm)3	وزن انبساط (gr)	وزن مخصوص (gr/cm ³)	تراکم ماسه (Kg)	تراکم شن (Kg/cm ²)	تراکم بتن (Mpa)	خواص بتن					
MDR10-1	3	14.83	29.82	172.6	5148.2	12320	2.39	33500	194	19.0					
MDR10-2	7	14.92	29.91	174.7	5226.7	12500	2.39	46800	268	26.3					
MDR10-3		14.94	29.93	175.2	5244.2	12520	2.39	47100	269	26.4					
MDR10-4	28	14.91	29.98	174.5	5231.9	12500	2.39	64900	372	36.5					
MDR10-5		14.92	29.90	174.7	5224.9	12560	2.40	71400	409	40.1					
MDR10-6		14.88	30.00	173.8	5214.3	12540	2.40	71900	414	40.6					
MDR10-7	56	14.85	29.90	173.1	5176.0	12420	2.40	77000	445	43.6					

طرح مخلوط دوم (MDR78)

SCC MDR78		شماره سبب: W/C: 0.400		C30		کلاس بتن:		AIRG100		0.05		OPTIMA270R		0.95		نوع و درصد مواد افزودنی: %	
درجهت موجود (Kg)		آب انبساط (Kg)		انقباض %		جذب آب		درصد رطوبت		وزن مخصوص مصالح		حجم		وزن SSD		مصالح	
0.065	130.264									1000	0.160	160.000	آب				
26.000	400.000									3050	0.131	400.000	سیمان				
0.000	0.000									2960	0.000	0.000	پوزولان				
0.000	0.000	0.000	-0.640	0.64	0.00	2710	0.000	0.000	شن ۵-۲۵								
26.477	407.335	-2.665	-0.650	0.95	0.30	2700	0.152	410.000	شن ۲.۳۶-۹.۵								
20.717	318.720	-1.280	-0.400	0.60	0.20	2710	0.118	320.000	شن ۹.۵-۱۹								
73.039	1123.681	32.700	3.000	1.60	4.60	2660	0.410	1090.000	ماسه طبیعی								
0.000	0.000	0.000	-1.800	1.80	0.00	2640	0.000	0.000	ماسه شسته								
247.0	3.800	.				1100	0.003	3.800	مواد افزودنی ۱								
13.0	0.200	.				1010	0.0002	0.200	مواد افزودنی ۲								
414.700	2384.000	29.736					0.975	2384.000	مجموع								

نام طرح :	MDR78	نوع بتن :	C30-SCC	مواد افزودنی :	Optima 270R0.8%	پرزولان :	--	W/B :	--		
رده بتن :	C30-SCC	نمای محیط :		میار سیمان :	400	میکروسیلیس :	--	B/C :	--		
میزاندر (cm) :	61	پشتلخت :	--	W/C :	0.4						
شماره	سین نمونه	ابعاد نمونه (Cm)		سطح نمونه	حجم نمونه	وزن نمونه	وزن مخصوص	تراکم ماکسین	مقاومت فشاری	مقاومت فشاری	توضیحات
		ارتفاع	قطر	(Cm)2	(Cm)3	(gr)	gr/cm ³	Kg	Kg/cm ²	Mpa	
MDR78-1	3	15.00	30.00	176.6	5298.8	12660	2.39	45000	255	25.0	
MDR78-2	7	14.90	29.92	174.3	5214.4	12462	2.39	61200	351	34.4	
MDR78-3		14.92	29.92	174.7	5228.4	12469	2.38	56800	325	31.9	
MDR78-4	28	14.92	30.04	174.7	5249.4	12546	2.39	83400	477	46.8	
MDR78-5		14.92	30.07	174.7	5254.6	12559	2.39	80800	462	45.3	
MDR78-6		14.91	30.07	174.5	5247.6	12542	2.39	80100	459	45.0	

طرح مخلوط سوم (MDR67)

MDR67 C30 دورودبا پوزولان دودهک		شماره سیمیل: W/C: 0.395 کلاس بتن:	نوع و درصد مواد افزودنی: 1.3 OPTIMA270R		نوع و درصد مواد افزودنی: 0.030 AIR G100	نوع و درصد مواد افزودنی: 0.030 % افزودنی: 2	وزن مخصوص مصالح		درصد رطوبت	جذب آب	اختلاف %	آب اضافی (Kg)	رطوبت موجود (kg)	0.07
مصالح	وزن SSD	حجم	وزن مخصوص مصالح	درصد رطوبت	جذب آب	اختلاف %	آب اضافی (Kg)	رطوبت موجود (kg)	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
آب	158.000	0.158	1000	0.00	0.64	-0.640	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	127.043	8.893	
سیمان	400.000	0.131	3050	0.00	0.95	0.150	0.615	410.615	28.743	0.150	0.615	328.680	23.008	
پوزولان	0.000	0.000	2960	0.00	0.60	-0.400	-1.320	328.680	28.000	-0.400	-1.320	400.000	28.000	
شن ۵-۲۵	0.000	0.000	2710	0.00	1.80	1.800	0.000	0.000	0.000	1.800	0.000	0.000	0.000	
شن ۲۳۶-۹.۵	410.000	0.152	2700	1.10	0.95	0.150	0.615	410.615	28.743	0.150	0.615	410.615	28.743	
شن ۹.۵-۱۹	330.000	0.122	2710	0.20	0.60	-0.400	-1.320	328.680	23.008	-0.400	-1.320	328.680	23.008	
ماسه طبیعی	1100.000	0.414	2660	4.40	1.60	2.800	30.800	1131.662	79.216	2.800	30.800	1131.662	79.216	
ماسه شکسته	0.000	0.000	2640	0.00	1.80	1.800	0.000	0.000	0.000	1.800	0.000	0.000	0.000	
مواد افزودنی ۱	5.200	0.005	1100					5.200	364.000			5.200	364.000	
مواد افزودنی ۲	0.120	0.0001	1100					0.120	8.400			0.120	8.400	
مجموع	2403.320	0.981					30.957	2403.320	540.260		30.957	2403.320	540.260	

نام طرح: MDR67		صافی بتن:		مواد افزودنی: Optima270R1.3% AIR G100 0.03%		پوزولان: --		W/B: --	
رده بتن: C30		صافی محیط: --		خار سیمان: 400		میکروسیلیس: --		B/C: --	
		بهره برآورد: 63		پشتلایت: --		W/C: 0.395			
شماره	توضیحات	مقدار فشاری		مقدار کششی		مقدار انقباض		مقدار تغییرات	
		Mpa	Kg/cm ²	Kg	gr/cm ³	(Cm)	(Cm)	(Cm)	(Cm)
MDR67-1	3	20.1	205	35900	2.39	12580	5252.9	175.2	29.98
MDR67-2	7	33.3	339	59700	2.39	12597	5277.6	175.9	30.00
MDR67-3		34.2	349	61000	2.40	12600	5242.4	174.7	30.00
MDR67-4	28	45.6	465	81300	2.40	12550	5237.2	175.0	29.93
MDR67-5		45.3	462	80800	2.39	12520	5228.4	174.7	29.92
MDR67-6		44.8	457	80200	2.39	12580	5267.0	175.7	29.98
MDR67-7	56	52.0	530	92700	2.40	12540	5228.4	174.7	29.92
MDR67-8		51.0	520	90700	2.39	12440	5210.9	174.3	29.90

۳-۴- تعیین درصد هوای بتن

یکی دیگر از مراحل اجرای کار در طرح مخلوط کنترل درصد هوای محبوس در بتن می باشد. به جهت اینکه در داخل طرح مخلوط از مواد افزودنی هواساز به جهت مقاومت در برابر یخ زدگی و همچنین راحتی پمپاژ بتن مطابق استاندارد ملی ایران ۳۸۲۱ ایران برحسب سنگدانه و شرایط محیطی تعیین شده است. همانطوری که در در جداول طرح مخلوطهای

MDR10 و MDR78 و MDR67 مشاهده می گردد مقدار مواد هواساز تا ۵٪ به طرح افزوده شده و نیز حداکثر مقدار هوای موجود در طرح بین ۶ تا ۷ درصد محدود گردیده است. این در حالی می باشد که حداکثر درصد هوای بتن طبق استاندارد ملی ایران ۳۵۲۰ حداکثر درصد هوای موجود در بتن معمولی به دو درصد محدود گردیده است. [۵]



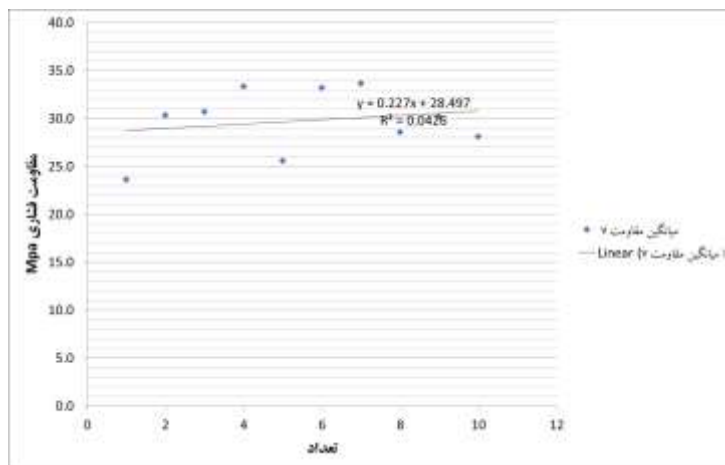
شکل ۱- (آزمایش تعیین درصد هوای محبوس شده در بتن)

۳-۵- تعیین مقاومت فشاری

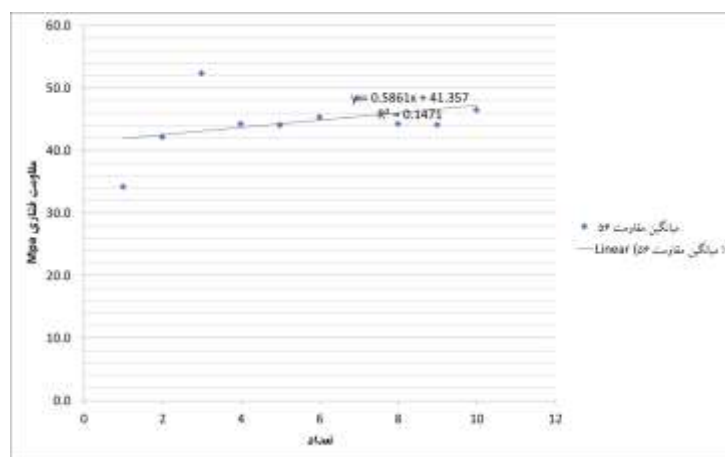
بعد از اجرای طرح مخلوطهای MDR10 و MDR78 و MDR67 میبایست نتایج حاصله را مورد بررسی قرار دهیم. لذا برای این منظور با توجه به سن نمونه ها نسبت به تعیین مقاومت فشاری آنها اقدام گردیده است که در نمودارهای ۱ الی ۷ میانگین نتایج مقاومت فشاری هفت و بیست و هشت روزه نمونه ها مشاهده می گردد.



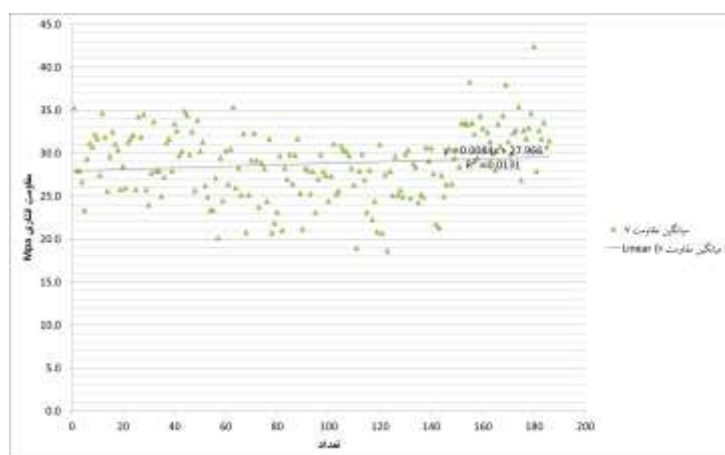
شکل ۲- (اجرای عملیات تعیین مقاومت فشاری نمونه ها)



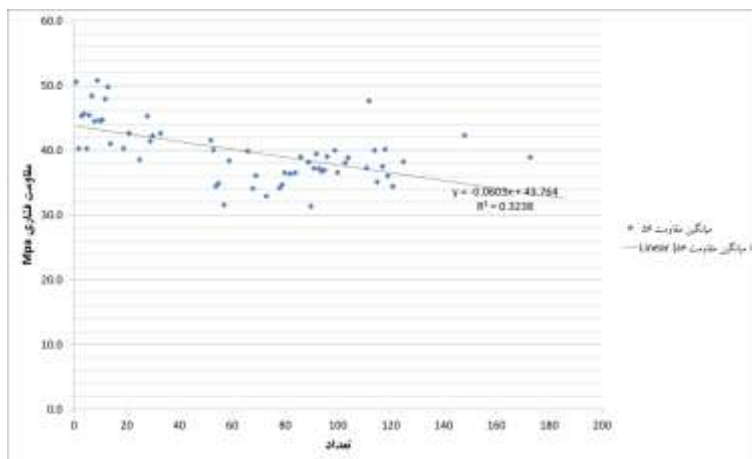
نمودار ۴- (میانگین مقاومت نمونه های هفت روزه طرح MDR10)



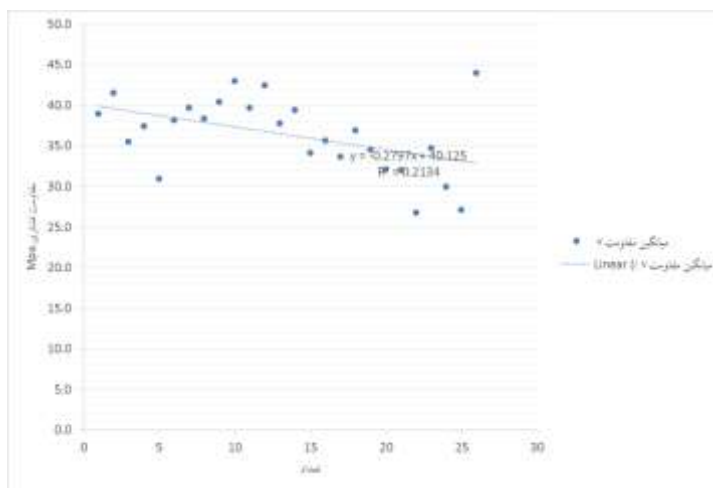
نمودار ۵- (میانگین مقاومت نمونه های پنجاه و شش روزه طرح MDR10)



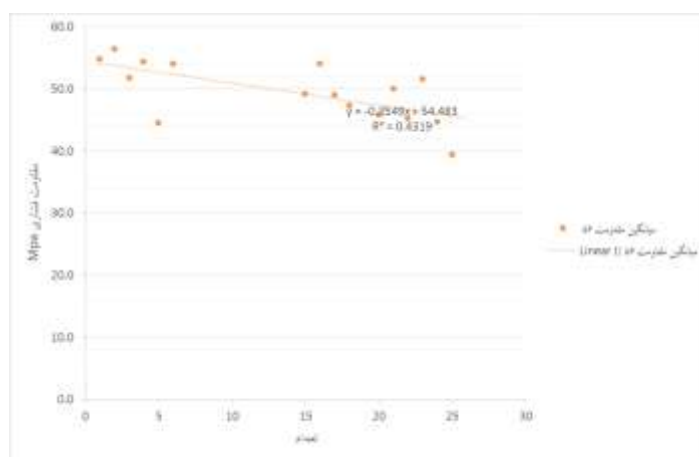
نمودار ۶- (میانگین مقاومت نمونه های هفت روزه طرح MDR78)



نمودار ۷- (میانگین مقاومت نمونه پنجاه و شش روزه طرح MDR 78)



نمودار ۸- (میانگین مقاومت نمونه های هفت روزه طرح MDR67)



نمودار ۹- (میانگین مقاومت نمونه های پنجاه و شش روزه طرح MDR67)

۳-۶- تعیین مقاومت کششی

بعد از اجرای طرح مخلوطهای MDR10 و MDR78 و MDR67 و انجام تعیین مقاومت فشاری نمونه ها که نتایج حاصله در بالا مشاهده گردید نوبت به تعیین مقاومت کششی نمونه های ساخته شده می باشد که با توجه با نتایج حاصل از

طرح MDR78 تنها بر روی این نمونه صورت پذیرفت. لذا برای این منظور با توجه به سن نمونه ها نسبت به تعیین مقاومت کششی آنها به روش برزلی اقدام گردیده است که در جداول ۳ نتایج حاصل از آنها مشاهده می گردد.



شکل ۳- (تعیین مقاومت کششی به روش برزلی)

جدول ۳- (مقاومت کششی برزلی طرح MDR78)

سن نمونه فشاری (days)	تاریخ آزمایش فشاری	تاریخ آزمایش کششی	مقاومت کششی (Mpa)	نیروی وارده (ton)	مقاومت فشاری (Mpa)	شماره نمونه
29	93.11.25	93.12.24	2.5	17.5	32.5	S3377
56	93.10.28	93.12.24	3.6	25.2	34.7	S3248
56	93.10.28	93.12.24	4	28.2	34.7	S3248

۳-۷- کنترل‌های میدانی

حال با توجه به انجام آزمایشات فوق در آزمایشگاه و نیز انجام ساخت بتن در کارگاه نوبت به دیدن نتایج حاصل از کارهای میدانی می باشد. برای این منظور شروع به گرفتن مغزه هایی از بتنهای اجرا شده بر روی سازه های حجیم که هم از نظر کنترل دما و همچنین چسبندگیها بین لیفتهای مختلف بتن ریزی و نیز کنترل دمای بتن در زمان اجرا بسیار مهم می باشد نمودیم.



شکل ۴- (نمایی از بتن ریزی انکر بلاک)

۳-۷-۱- اهداف اجرای مغزه از بتن

الف - مقدار تراکم در هر لیفت بتن ریزی

ب - مقدار چسبندگی بین دو لیفت بتن (یکپارچگی درزهای اجرایی)

پ - چسبندگی بین آرماتور و بتن

ت - مقاومت نمونه های بتن در محل

ث - تأثیر گرمای هیدراتاسیون در زمان گیرش بتن

همانطوری که در شکل شماره ۵ مشاهده می گردد چگونگی چسبندگی و درگیری در بتن ساخته شده که به صورت کاملاً درست صورت گرفته است.



شکل ۵- (نمایی از چسبندگی بین آرماتور و بتن)

همانطوری که در شکل شماره ۶ مشاهده می گردد چگونگی و آرایش سنگدانه ها و همچنین تراکم ایجاد شده در بتن ساخته شده که به صورت کاملاً یکنواخت در تمامی نقاط صورت گرفته و هیچگونه نامنظمی در داخل آن مشاهده نمی گردد.



شکل ۶- (نمایی از پراکندگی سنگدانه ها در داخل بتن)

همانطوری که در شکل شماره ۷ میزان چسبندگی بین دو لیفت بتن ریزی (درز سرد) ایجاد شده به دلیل عدم اجرای همزمان بتن به وجود می آید، قابل مشاهده می باشد که به نحوی این اتصال برقرار گردیده که گویی بتن در یک مرحله و به صورت یکجا اجرا گردیده است.



شکل ۷- (نمایی از چسبندگی بین دو لیفت بتن ریزی)

همانطوری که در شکل شماره ۸ مشاهده می گردد با استفاده از این طرح می توان ارتفاع سقوط بتن به داخل قالب را تا ارتفاع ۳,۵ متر افزایش داد. این در حالی می باشد که مطابق آیین نامه این ارتفاع به کمتر از ۱,۲ متر [۶] محدود می گردد.



شکل ۸- (نمایی از اجرای بتن ریزی از ارتفاع ۳,۵ متر)

بعد از انجام مغزه گیری از سازه های اجرا شده در مرحله بعد نوبت به تعیین مقاومت از آنها گردید که در این صورت مقایسه ای با نمونه های آزمایشگاهی صورت می پذیرد. ابتدا نمونه ها را به ارتفاع استاندارد برش داده شده و سپس نمونه را به وسیله گوگرد مورد کپ گذاری قرار می گیرد و نمونه را جهت تعیین مقاومت فشاری در زیر فک جک مورد نظر قرار می دهیم. نتایج حاصل که در جدول شماره ۴ مشاهده می گردد.

جدول ۴- (نتایج شکست مقاومت فشاری مغزه ها)

مقاومت فشاری Mpa	مقاومت فشاری kg/cm ²	نیرو در زمان شکست	ضریب تبدیل Lc/D	نسبت Lc/D	وزن مخصوص نمونه	وزن نمونه gr	حجم نمونه V	سطح مقطع A	ابعاد نمونه Cm		قطر D	شماره نمونه
									طول			
									Lc	L		
۳۲	۳۲۷	۲۲۲۰	۱	۱.۹	۲.۳۶	۲۷۲۴	۱۱۵۴	۶۷.۹	۱۷.۴	۱۷	۹.۳	N11-NO1
۴۹	۴۹۶	۳۳۶۰	۱	۲.۰	۲.۳۶	۲۹۰۴	۱۲۲۹	۶۷.۹	۱۸.۵	۱۸.۱	۹.۳	ABS1-NO2
۴۷	۴۷۹	۳۲۵۱۰	۱	۲.۰	۲.۱۸	۲۶۹۰	۱۲۳۶	۶۷.۹	۱۸.۶	۱۸.۲	۹.۳	NSA-NO7
۳۶	۳۶۸	۲۵۰۰۰	۱	۱.۹	۲.۲۸	۲۷۴۴	۱۲۰۲	۶۷.۹	۱۸	۱۷.۷	۹.۳	ABN3-NO1
۳۱	۳۲۰	۲۱۷۱۰	۱	۲.۰	۲.۲۱	۲۶۸۴	۱۲۱۵	۶۷.۹	۱۸.۳	۱۷.۹	۹.۳	NS1-NO2.1
۴۵	۴۶۱	۳۱۳۲۰	۱	۲.۰	۲.۳۰	۲۸۴۴	۱۲۳۶	۶۷.۹	۱۸.۶	۱۸.۲	۹.۳	NS1-NO3.1
۳۱	۳۱۳	۲۱۲۷۰	۱	۲.۰	۲.۲۸	۲۷۳۵	۱۲۰۲	۶۷.۹	۱۸.۲	۱۷.۷	۹.۳	NS1-NO4.1
۳۰	۳۰۱	۲۰۴۸۰	۱	۱.۹	۲.۳۱	۲۶۳۴	۱۱۴۱	۶۷.۹	۱۷.۳	۱۶.۸	۹.۳	NSA-NO6
۴۹	۴۹۵	۳۳۶۲۰	۱	۱.۹	۲.۴۱	۲۸۲۶	۱۱۷۵	۶۷.۹	۱۷.۶	۱۷.۳	۹.۳	NSA-NO8
۳۶	۳۶۴	۲۴۷۰۰	۱	۱.۸	۲.۳۴	۲۵۶۹	۱۱۰۰	۶۷.۹	۱۶.۶	۱۶.۲	۹.۳	NSA-NO1
۳۵	۳۵۴	۲۴۰۲۰	۱	۱.۹	۲.۳۲	۲۶۷۴	۱۱۵۴	۶۷.۹	۱۷.۴	۱۷	۹.۳	NSA-NO5
۴۹	۴۹۹	۳۳۹۳۰	۱	۱.۹	۲.۳۳	۲۷۲۴	۱۱۶۸	۶۷.۹	۱۷.۶	۱۷.۲	۹.۳	NS2-NO1
۳۵	۳۶۰	۲۴۴۷۰	۱	۲.۰	۲.۳۹	۲۹۵۰	۱۲۳۶	۶۷.۹	۱۸.۶	۱۸.۲	۹.۳	NS2-NO2
۴۵	۴۶۴	۳۱۴۹۰	۱	۱.۹	۲.۲۸	۲۶۶۵	۱۱۶۸	۶۷.۹	۱۷.۶	۱۷.۲	۹.۳	N1-NO1
۴۷	۴۸۳	۳۲۸۱۰	۱	۱.۹	۲.۳۰	۲۶۹۷	۱۱۷۵	۶۷.۹	۱۷.۷	۱۷.۳	۹.۳	N1-NO4

۴- نتیجه

با توجه به کلیه موارد فوق و نتایج آزمایشگاهی و کارگاهی کاملاً مشخص می باشد که طرح MDR78 نسبت به کلیه طرحهای دیگر چه از نظر زمان گیرش و رسیدن به مقاومت اولیه برتری دارد. علاوه بر آن از نظر سرعت در روند اجرا و عدم نیاز به افراد ماهر جهت اجرای ارتعاش به بتن تازه و نیاز و نیز کاهش آلودگی صوتی خصوصاً در فضاهای زیر زمینی برتری دارد. شاید می توان به جرات گفت که هزینه های ناشی از ترمیم را به کمتر از ۱۵٪ از کل سطوح کاهش خواهند یافت. با استفاده از این طرح قابلیت سقوط بتن را تا ارتفاع ۳,۵ متر (بیشتر از ۲۹۰٪ حالت استاندارد) افزایش خواهد یافت.

۵- قدر دانی

در پایان جا دارد از کلیه دوستان و همکاران در شرکت مهندسی مشاور سکو و مشانیر و شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران و نیز شرکتهای ساختمانی تابلیه، سپاسد و موسسه حرا که دو پروژه بزرگ کشورمان ایران با نام های الف- سد و نیروگاه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه ب- سد و نیروگاه رودبار لرستان که اینجانب را در این راه کمک و همراهی نموده اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

مرجع:

۱. **Maghsoudi**, *Mix design and mechanical properties of self compacting light weight concrete* .۱
September 2011, International Journal Of : Iran- Tehran .**Maghsoudi, M** و **A.A, Mohamadpour, Sh**
Civil Engineering, جلد ۹. ۳.
۲. **Krishna Murthy, N** *Mix Design Procedure for Self Compacting Concrete* .۲
(September 2012, IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), جلد ۲.
۳. **Guru Jawahar, J** *A SIMPLE TOOL FOR SELF COMPACTING CONCRETE MIX DESIGN* .۳
غیره, و غیره. ۲, Technology & May 2012, International Journal of Advances in Engineering, جلد ۳.
۴. *STUDY ON STRENGTH PROPERTIES OF SELF-COMPACTING CONCRETE WITH MICRO* .۴
April 2014, International .**Rampradheep, G.S** و **Jeevetha, T, Dr Krishnamoorthi, S** *SILICA*
Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, جلد ۳.
۵. (آبا), آیین نامه بتن ایران. ایران-تهران : سیمای دانش, ۱۳۸۸. فصل ششم صفحه ۸۷.
۶. ساختمان, مقررات ملی. طرح و اجرای ساختمانهای بتن آرمه. ایران-تهران : نشر توسعه ایران, ۱۳۹۲. مبحث نهم
صفحه ۶۵.

Abstract

Cost, time and quality are three factors that have a great impact on construction industry. Any progress and developing that improve these three factors are welcomed by civil engineers particularly whom like to perform the construction with the best quality. Self compaction concrete (SCC) regarding its special characteristics is one of these advantages that can have a significant role on construction industry. By using sample of mix design MDR78 composed of 400 Kg/m³ special pozzolanic cement(25% micro silica $\pm 2\%$), plasticizer and maximum aggregate size 19mm that distinguishes it from other mix design, we can reach to acceptable strength and remove form works, therefore treatment and repair of surface decrease to 15% of total surface. We also can increase the fall height of concrete in the formwork at least to 290% than all concreting regulations without segregation.

Key Words: Self Compacted Concrete, Self Compacted Possibility, Mix Design, Laboratory Control, Site Control, Optimized, High Fall