آز تکمیلی بتن و طرح اختلاط

مدرس: اصغر قلی زاده
موسسه آموزش عالی علاءالدوله سمنانی
پاییز ۹۱

آزمایش های مورد نظر جهت انجام

سیمان

- ✓ تعیین وزن مخصوص سیمان
- ✓ تهیهٔ خمیر نرمال و تعیین غلظت استاندارد سیمان
- ✓ تعیین زمان گیرش اولیه و ثانویه سیمان
- ✓ تعیین نرمی (سطح ویژه) ذرات سیمان
- ✓ تعیین مقاومت فشاری ملات استاندارد سیمان

سنگدانه های بتن

- ✓ آزمایش دانه بندی مصالح سنگی
- ✓ تعیین درصد جذب آب مصالح سنگی
- ✓ تعیین وزن مخصوص شن و ماسه در حالت طبیعی، خشک و SSD
- ✓ آزمایش تعیین بهترین نسبت اختلاط وزنی سنگدانه ها جهت نیل به متراکم ترین حالت
- ✓ آزمایش تعیین ارزش ماسه ای
- ✓ آزمایش تعیین ارزش خردشدگی سنگدانه ها
- ✓ آزمایش تعیین ارزش ضربه ای سنگدانه ها
- ✓ آزمایش تعیین مقاومت سایشی سنگدانه ها

کنترل کیفیت آب بتن

- ✓ تعیین pH آبی مصرفی بتن
- ✓ تعیین ذرات معلق محلول در آب مصرفی بتن

بتن تازه و سخت شده

- ✓ ارائه طرح اختلاط و ساخت بتن بروش ملی طرح مخلوط بتن
- ✓ تعیین میزان هوای بتن تازه، دانسیته بتن تازه، دمای بتن تازه. عمل آوری و تعیین مقاومت فشاری و کششی بتن سخت شده

آشنایی با روش های گزارش نویسی

گزارش عبارتست از آنچه که از بررسی های خود دربارۀ موضوع های گوناگون با مشاهده های خود از وقایع و نتایج آزمایشات بدست می آوریم و آنها را به دیگری بازگو می کنیم و یا به صورت کتبی می نویسیم.

گزارشات بر دو قسم هستند:

الف – گزارش شخصی و غیر رسمی

ب – گزارش اداری و رسمی

این گونه گزارش ها مربوط به مسائل علمی، تحقیقانی، اداری، صنعتی و غیر اینهاست. بنابراین تهیه گزارش های اداری محتاج دقت و تحمل مشکلات می باشد.

آشنایی با روش های گزارش نویسی

ارکان گزارش در سه مطلب زیرخلاصه می شود:

- ✓موضوع گزارش چیست؟
- ✓گیرنده کیست ؟
- ✓هدف از تهیه آن چیست ؟

موضوع گزارش مهمترین پایه گزارش است و اگر کسی به درستی از آن آگاه نباشد و نداند درباره چه نکته ای تحقیق می کند ، هرگز در کار خود توفیق نخواهد یافت. گیرنده یا گیرندگان گزارش و همچنین هدف از تهیه گزارش نیز باید معلوم و مشخص باشد و تهیه کننده باید بداند برای چه مقام و به چه منظوری به کار خود اقدام کرده است.

آشنایی با روش های گزارش نویسی

مراحل تهیه گزارش :

۱- بررسی و مطالعهٔ استانداردهای موجود در خصوص روش تحقیق و آزمایش:

برای همهٔ آزمایشاتی که در خصوص مصالح ساختمانی صورت می گیرد استانداردهایی نظیر:

- ASTM (American Society of Testing Materials)
- BS (British Standard)
- AASHTO (American Association State Highway and Transportation Officials Standard)

"آبا (آیین نامهٔ بتن ایران)" و "مؤسسهٔ ملی استاندارد"

آشنایی با روش های گزارش نویسی

مراحل تهیه گزارش :

۲- تجربه و مشاهده ، بررسی و مطالعه

۳- تهیه اسناد و مدارک

۴- تحریر گزارش

آشنایی با روش های گزارش نویسی

چکیدهٔ گزارش :

الف- موضوع و هدف گزارش
ب- نحوه بررسی و تحقیق
ج- نتیجه بررسی و تحقیق
د- پیشنهادها

آشنایی با روش های گزارش نویسی

مقدمه:

در این بخش می توان به اهمیت مطلب، مرور مبانی نظری و مفاهیم علمی و اشاره نمود و ذهن خواننده را به سمت اهداف تحقیق سوق داد.

روش انجام آزمایش:

در این بخش باید به صورت مشروح مراحل انجام آزمایش را که بر مبنای یکی از روش های پیشنهاد شده توسط استانداردهای بین المللی استوار است توضیح داد.

نتایج و بحث:

در این بخش باید نتایج آزمایش ها بدون دخل و تصرف و بصورتی که برای خواننده قابل فهم و پیگیری باشد ارائه شده و در خصوص پدیده های مشاهده شده و نتایج بدست آمده بحث نمود.

آشنایی با روش های گزارش نویسی

نکات مهم در تحریر گزارش:

۱ -ذکر تاریخ و عنوان شخص یا اداره ای که گزارش برای آن تهیه می شود.

۲- تمامی جملات باید به زبان مجهول (passive) نوشته شوند. بعنوان مثال بجای نوشتن *۱۰۰ گرم آهک وزن می کنیم* نوشته شود *۱۰۰ گرم آهک وزن می شود*.

۲ -بیان خلاصه و هدف از تهیه گزارش در مقدمه.

۳ -ذکر متن کامل گزارش به وجهی منطقی و مستدل و همراه ساختن آن با ارقام و اعداد و محاسبات لازم و دقیق.

۴ -حذف قسمتهای زائد و تکراری و اجتناب از طول و تفصیل بی مورد و حاشیه روی و تاریخچه نویسی
۵ -تقسیم گزارشها به فصلها و بخش های متعدد در صورت لزوم.

۶ -تنظیم آن به صورت ساده ، روشن و خودداری از ذکر نکات مبهم.

۷ -پرهیز از مبالغه درباره موضوع یا طرز کار و مطالعه و زحمات خود و تمجید از کارهایی که کرده ایم .

آشنایی با روش های گزارش نویسی

نکات مهم در تحریر گزارش:

۸ -ذکر نکته هایی برجسته در تهیه گزارش و خودداری از مطالب عادی و بی اهمیت.

۹ -از آغاز کردن گزارش بر پایه گزارشهای ضد و نقیض دیگران یا بر اساس احتمالات و یا فرضیات تنظیم شده دوری نماید ، زیرا چنین گزارشی کامل و معتبر نمی تواند باشد.

۱۰ -در پایان گزارش پیشنهادهای تهیه کننده قرار می گیرد ، این پیشنهاد ها باید قابل اجرا، مطمئن و قاطع و کم هزینه باشد و بهترین راه حل را ارائه دهد.

۱۱ -ماخذ اطلاعات و هزینه ای که به مصرف رسیده و افرادی که به نحوی به آن مربوط می شوند نیز بیان می شود .

۱۲ -نام گزارشگر یا گزارشگران در پایان نوشته شود و زیر آن امضاء گردد.

دستورالعمل ها و الزمات تنظیم گزارشات کلاسی

۱- گزارش ها صرفاً بصورت تایپ شده پذیرفته می شوند.

۲- گزارش ها باید بصورت گروهی تنظیم و تحویل گردند.

۳- تحویل گزارش ها دارای دو مرحلهٔ اولیه و نهایی می باشد.

۴- مهلت تحویل اولیهٔ گزارش هر آزمایش دو هفته پس انجام همان آزمایش است.

۵- مهلت تحویل نهایی گزارش ها روز امتحان می باشد.

دستورالعمل ها و الزمات تنظیم گزارشات کلاسی

۶- تمامی گزارش های اولیه پس از تحویل، کنترل و رفع اشکال توسط استاد، به دانشجو عودت گردیده و اصلاحات لازم روی آن ها صورت می پذیرد.

۷- دانشجویان موظفند اصلاحات را اعمال نموده و گزارش های نهایی خود را بصورت کتابچه در روز امتحان تحویل نمایند.

۸- تمام دانشجویان هر گروه باید ضمن انجام آزمایش فرم مخصوص آزمایش را بهمراه داشته و داده ها و نتایج را شخصاً ثبت نموده و برای تنظیم گزارش نزد خود نگاه دارند.

دستورالعمل ها و الزمات تنظیم گزارشات کلاسی

۹-گزارش ها باید الزاماً طبق فرمت ارائه شده تنظیم گردند.

۱۰- گزارش های اولیه باید دارای سربرگ و داخل cover ارائه شوند.

۱۱- فایل های مربوط به راهنمای نحوهٔ تنظیم گزارش را می توان از وب سایت آزمایشگاه به نشانی www.ccmlaboratory.webs.com دریافت نمود.

آزمایش دانه بندی مصالح سنگی

مقدمه:

بتن: مهم ترین مصالح مصرفی در پروژه های عمرانی

سنگدانه‌ها حدود ۷۵ درصد حجم بتن را تشکیل می‌دهند.

از این‌رو کیفیت سنگدانه‌های مصرفی و نوع دانه‌بندی سنگدانه‌های بتن بر مقاومت فشاری کارایی و جداشدگی در بتن تاثیر دارد.

⇦دوام بتن ⇔کیفیت سنگدانه

خصوصیات مورد توجه سنگدانه ها:

- ✓جنس و ترکیب سنگدانه ها
- ✓ویژگیهای ظاهری و فیزیکی سنگدانه ها
- ✓ویژگیهای مکانیکی
- ✓ویژگیهای واکنش زایی
- ✓ویژگیهای مقاومت در برابر محیط های خورنده

آزمایش دانه بندی مصالح سنگی

ویژگیهای ظاهری و فیزیکی سنگدانه ها:

- ✓دانه بندی
- ✓شکل و بافت سطحی سنگدانه ها
- ✓وزن مخصوص و فضاهای خالی
- ✓چگالی سنگدانه ها
- ✓جذب آب و رطوبت سطحی

آزمایش دانه بندی مصالح سنگی

دانه بندی:

به توزیع اندازهٔ ذرات سنگدانه، دانه بندی آن گفته می شود.

اندازهٔ ذرات سنگدانه توسط الک نمودن سنگدانه ها روی الک های استاندارد تعیین می شود.

معتبر ترین استاندارد در خصوص الک ها استاندارد ASTM E11 می باشد.

جدول زیر الک های متعارف ASTM E11 را نمایش می دهد.

شماره الک	۳ ½	۳	۲ ½	۲	۱ ½	۱	¾	½	۳/۸
اندازهٔ چشمهٔ بازشو (mm)	۹۰	۷۵	۶۳	۵۰	۳۷،۵	۲۵	۱۹	۱۲،۵	۹،۵

شماره الک	۴	۸	۱۶	۳۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
اندازهٔ چشمهٔ بازشو (mm)	۴،۷۵	۲،۳۶	۱،۱۸	۰،۶	۰،۳	۰،۱۵	۰،۰۷۵

Nominal Dimensions, Permissible Variation for Wire Cloth of Standard Testing Sieves (U.S.A.) Standard Series

Sieve Designation		Nominal Sieve Opening, in. (see c below)	Permissible Variation of Average Opening from the Standard Sieve Designation	Opening Dimension Exceeded by not more than 5% of the Openings	Maximum Individual Opening	Nominal Wire Diameter (mm) (see a below)
Standard (b)	Alternative					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
125 mm	5"	5	±3.70 mm	130.0 mm	130.9 mm	8.00
106 mm	4.24"	4.24	±3.20 mm	110.2 mm	111.1 mm	6.30
100 mm d	4"	4	±3.00 mm	104.0 mm	104.8 mm	6.30
90 mm	3 ½"	3.50	±2.70 mm	93.6 mm	94.4 mm	6.30
75 mm	3"	3	±2.20 mm	78.1 mm	78.7 mm	6.30
63 mm	2 ½"	2.50	±1.90 mm	65.6 mm	66.2 mm	5.60
53 mm	2.12"	2.12	±1.60 mm	55.2 mm	55.7 mm	5.00
50 mm d	2"	2	±1.50 mm	52.1 mm	52.6 mm	5.00
45 mm	1 ¾"	1.75	±1.40 mm	46.9 mm	47.4 mm	4.50
37.5 mm	1 ½"	1.50	±1.10 mm	39.1 mm	39.5 mm	4.50
31.5 mm	1 ¼"	1.25	±1.00 mm	32.9 mm	33.2 mm	4.00
26.5 mm	1.06"	1.06	±.800 mm	27.7 mm	28.0 mm	3.55
25.0 mm d	1.00"	1	±.800 mm	26.1 mm	26.4 mm	3.55
22.4 mm	7/8"	0.875	±.700 mm	23.4 mm	23.7 mm	3.55
19.0 mm	¾"	0.750	±.600 mm	19.9 mm	20.1 mm	3.15
16.0 mm	5/8"	0.625	±.500 mm	16.7 mm	17.0 mm	3.15
13.2 mm	.530"	0.530	±.410 mm	13.83 mm	14.05 mm	2.80
12.5 mm d	½"	0.500	±.390 mm	13.10 mm	13.31 mm	2.50
11.2 mm	7/16"	0.438	±.350 mm	11.75 mm	11.94 mm	2.50
9.5 mm	3/8"	0.375	±.300 mm	9.97 mm	10.16 mm	2.24
8.0 mm	5/16"	0.312	±.250 mm	8.41 mm	8.58 mm	2.00
6.7 mm	.265"	0.265	±.210 mm	7.05 mm	7.20 mm	1.80
6.3 mm d	¼"	0.250	±.200 mm	6.64 mm	6.78 mm	1.80
5.6 mm	No. 3 ½	0.223	±.180 mm	5.90 mm	6.04 mm	1.60
4.75 mm	No. 4	0.187	±.150 mm	5.02 mm	5.14 mm	1.60
4.00 mm	No. 5	0.157	±.130 mm	4.23 mm	4.35 mm	1.40
3.35 mm	No. 6	0.132	±.110 mm	3.55 mm	3.66 mm	1.25
2.80 mm	No. 7	0.110	±.095 mm	2.975 mm	3.070 mm	1.12
2.36 mm	No. 8	0.0937	±.080 mm	2.515 mm	2.600 mm	1.00
2.00 mm	No. 10	0.0787	±.070 mm	2.135 mm	2.215 mm	0.900
1.70 mm	No. 12	0.0661	±.060 mm	1.820 mm	1.890 mm	0.800
1.40 mm	No. 14	0.0555	±.050 mm	1.505 mm	1.565 mm	0.710
1.18 mm	No. 16	0.0469	±.045 mm	1.270 mm	1.330 mm	0.630
1.00 mm	No. 18	0.0394	±.040 mm	1.080 mm	1.135 mm	0.560
850 µm	No. 20	0.0331	±35 µm	925 µm	970 µm	0.500
710 µm	No. 25	0.0278	±30 µm	775 µm	815 µm	0.450
600 µm	No. 30	0.0234	±25 µm	660 µm	695 µm	0.400
500 µm	No. 35	0.0197	±20 µm	550 µm	585 µm	0.315
425 µm	No. 40	0.0165	±19 µm	471 µm	502 µm	0.280
355 µm	No. 45	0.0139	±16 µm	396 µm	426 µm	0.224
300 µm	No. 50	0.0117	±14 µm	337 µm	363 µm	0.200
250 µm	No. 60	0.0098	±12 µm	283 µm	306 µm	0.160
212 µm	No. 70	0.0083	±10 µm	242 µm	263 µm	0.140
180 µm	No. 80	0.0070	±9 µm	207 µm	227 µm	0.125
150 µm	No. 100	0.0059	±8 µm	174 µm	192 µm	0.100
125 µm	No. 120	0.0049	±7 µm	147 µm	163 µm	0.090
106 µm	No. 140	0.0041	±6 µm	126 µm	141 µm	0.071
90 µm	No. 170	0.0035	±5 µm	108 µm	122 µm	0.063
75 µm	No. 200	0.0029	±5 µm	91 µm	103 µm	0.050
63 µm	No. 230	0.0025	±4 µm	77 µm	89 µm	0.045
53 µm	No. 270	0.0021	±4 µm	66 µm	76 µm	0.036
45 µm	No. 325	0.0017	±3 µm	57 µm	66 µm	0.032
38 µm	No. 400	0.0015	±3 µm	48 µm	57 µm	0.030
32 µm	No. 450	0.0012	±3 µm	42 µm	50 µm	0.028
25 µm d	No. 500	0.0010	±3 µm	34 µm	41 µm	0.025
20 µm d	No. 635	0.0008	±3 µm	29 µm	35 µm	0.020

مشخصات الک های استاندارد
ASTM E 11

هدف آزمایش:

این آزمایش دقیقاً برای تعیین توزیع اندازه دانه‌ها با مشخصات لازم برای سنگدانه‌ها و همچنین تهیه اطلاعات موردنیاز برای کنترل تولید سنگدانه‌های مختلف و مخلوطهای حاوی سنگدانه‌ها کاربرد دارد.

خلاصه روش آزمون

نمونه توزین شده از سنگدانه خشک، از یک سری الک که به ترتیب اندازه چشمه از بزرگ به کوچک قرار داده شده اند، عبور داده می شود و توزیع اندازه دانه-ها تعیین می گردد.

شرح آزمایش

آزمایش‌های تعیین خواص مختلف سنگدانه‌ها الزاماً بروی نمونه‌ای از آنها انجام می‌شود و لذا نتایج این آزمایش‌ها فقط در مورد سنگدانه‌های موجود در نمونه آزمایش صدق می‌کند. به چنین نمونه‌ای یک نمونه معرف می‌گویند و باید برای تهیه آن دقت معینی به عمل آید. وزن مصالحی که برای آزمایش نمونه‌گیری می‌شوند مهم می‌باشد.

روش استاندارد نمونه گیری از مصالح: ASTM D 75

حداقل جرم نمونه قابل برداشت از منبع قرضه

حداکثر اندازهٔ اسمی دانه‌ها، چشمه‌های مربعی (میلی‌متر)	حداقل وزن قابل برداشت (کیلوگرم)
ریزدانه	
۲،۳۶	۱۰
۴،۷۵	۱۰
درشت‌دانه	
۹،۵	۱۰
۱۲،۵	۱۵
۱۹	۲۵
۲۵	۵۰
۳۷،۵	۷۵
۵۰	۱۰۰
۶۳	۱۲۵
۷۵	۱۵۰
۹۰	۱۷۵

روش استاندارد کاهش وزن نمونه به ابعاد آزمایش: ISIRI 4977

حداقل جرم نمونه لازم برای آزمایش دانه‌بندی بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۷۷

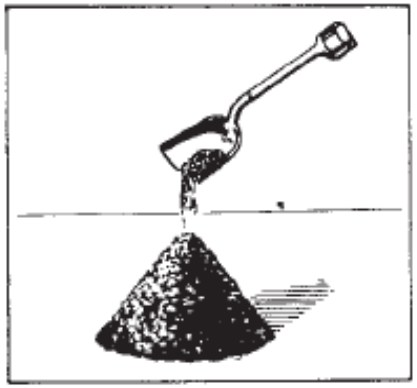
حداکثر اندازهٔ اسمی دانه‌ها، چشمه‌های مربعی (میلی‌متر)	حداقل وزن نمونه مورد آزمون (کیلوگرم)
۹،۵	۱
۱۲،۵	۲
۱۹	۵
۲۵	۱۰
۳۷،۵	۱۵
۵۰	۲۰
۶۳	۳۵
۷۵	۶۰
۹۰	۱۰۰
۱۰۰	۱۵۰
۱۱۲	۲۰۰
۱۲۵	۳۰۰
۱۵۰	۵۰۰

روش کاهش وزن نمونه به اندازهٔ مورد نیاز:

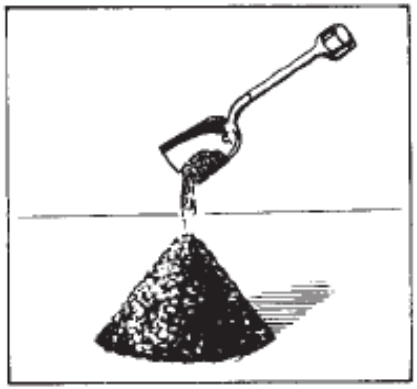
با توجه به اینکه ممکن است نمونه اصلی بزرگ باشد، لذا قبل از آزمایش باید نمونه را کاهش داد. برای کاهش دادن اندازه‌ی نمونه دو روش وجود دارد:

۱- روش یک چهارم نمودن

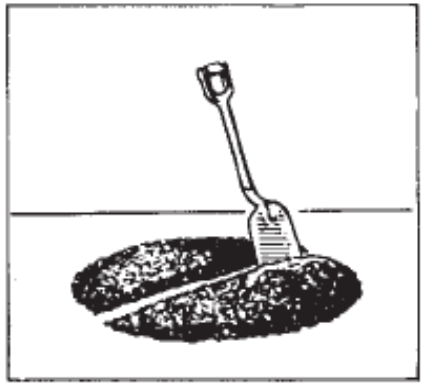
۲- قوطی مقسم



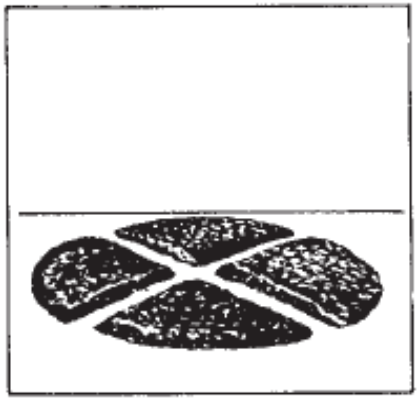
Cone Sample on Hard Clean Surface



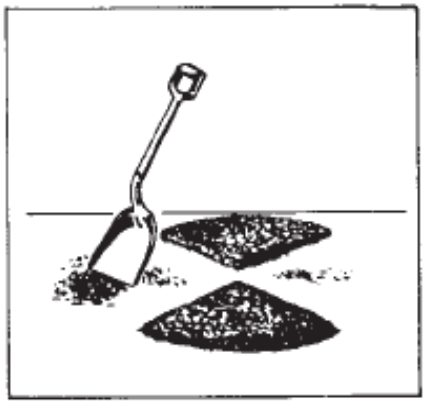
Mix by Forming New Cone



Quarter After Flattening Cone

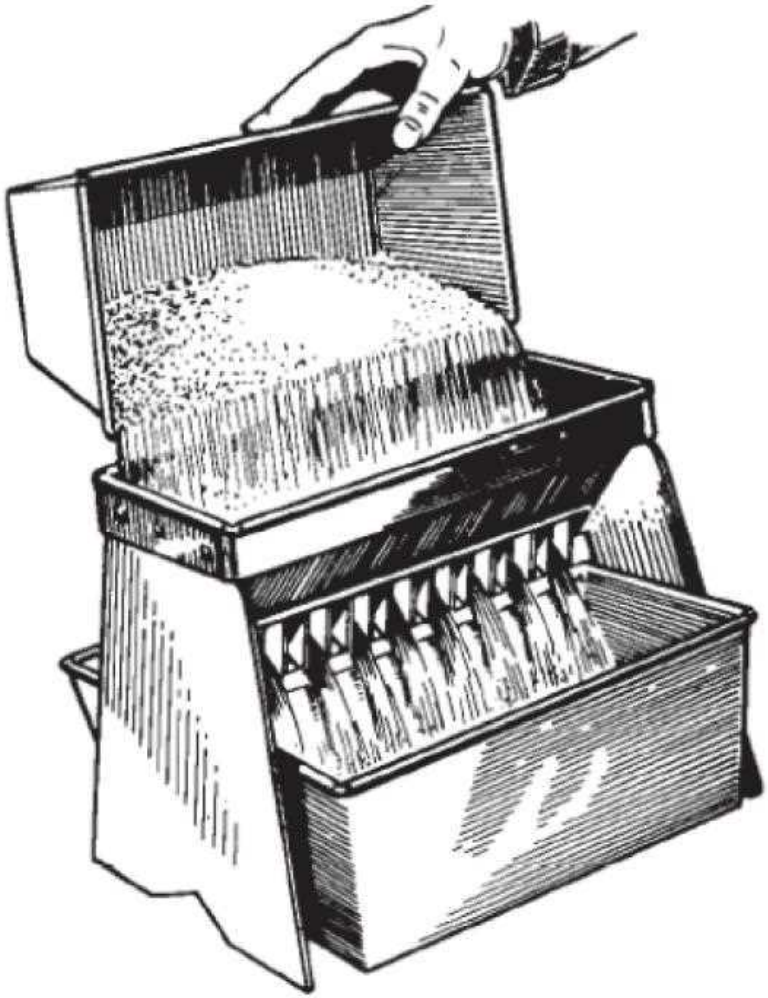


Sample Divided into Quarters

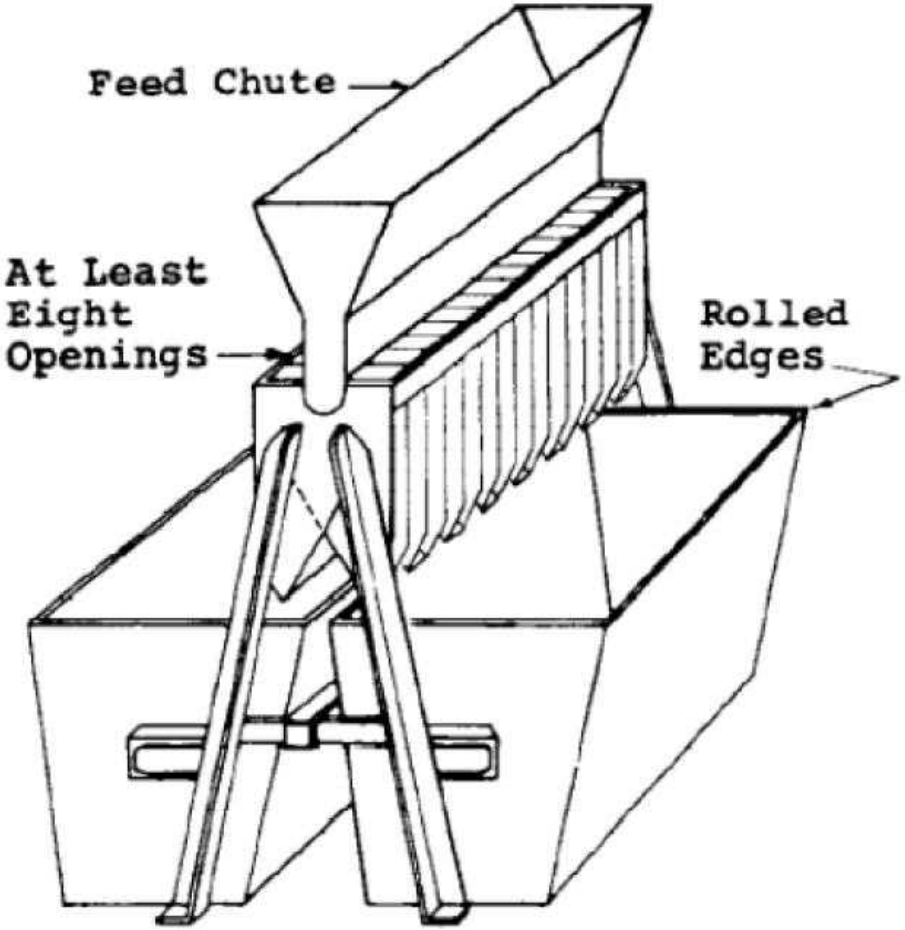


Retain Opposite Quarters
Reject the Other Two Quarters

نمایش تصویری روش یک‌چهارم نمودن



(ب)



(الف)

شکل ۱-۴: نمونه‌هایی از قوطی مقسم . الف) مربوط به درشت دانه، ب) مربوط به ریزدانه

وسایل مورد نیاز برای دانه‌بندی ماسه

۱- الک‌های استاندارد شماره: ۳/۸#، ۴، ۸، ۱۶، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰ :

۲- ترازوی دستی یا دیجیتالی: برای سنگدانه‌های ریز خوانائی باید 0/1gr و دقت باید 0/1gr یا 0/1درصد بار آزمایش، هر کدام که بزرگتر است، باشد. (در هر نقطه ای از دامنه مورد استفاده).

۳- ظرف‌های نمونه گیری

۴- دستگاه لرزاننده

۵- کوارتر (اسپیلیتر یا قوطی مقسم)

۶- گرمخانه : گرمخانه ای به اندازه مناسب که بتواند دمای یکنواخت 110±5ºC را حفظ کند.

وسایل مورد نیاز برای دانه‌بندی شن

۱- الک‌های استاندارد: ½ ۱#، ۱#، ¾ #، ½ #، ۳/۸ #، ۴

۲- ترازوی دستی یا دیجیتالی: دقت و خوانائی ترازو برای سنگدانه‌های درشت و یا مخلوطی از سنگدانه‌های ریز و درشت باید ۰،۱ درصد بار آزمایش و یا ۰،۵ gr، هر کدام که بزرگتر است، باشد (در هر نقطه از دامنه مورد استفاده).

۳- ظرف‌های نمونه گیری

۴- دستگاه لرزاننده

۵- قوطی مقسم

۶- گرمخانه : گرمخانه ای به اندازه مناسب که بتواند دمای یکنواخت 110±5ºC را حفظ کند.

دستگاه لرزاننده (Shaker–شیکر):

لرزاننده مکانیکی باید به طور قائم و یا قائم و جانبی لرزش را به الک انتقال دهـد. بـدین طریق دانه‌ها در روی الک به بالا و پائین پریده و می غلطند تا در جهت‌های مختلف روی الک قرار گیرند.

حداقل مدت زمان الک نمودن:

مدت الک کردن باید آنچنان باشد در اگر یک دقیقـه دیگـر پـس از اتمـام الـک نمـودن، سنگدانه ها مجدداً الک شوند اخـتلاف وزن سـنگدانه روی هـر الـک بـیش از ۰،۱درصـد مقدار قبلی تغییر ننمایند.

روش آزمون:

مقداری نمونه به وزن مشخص شده در ASTM D 75 توزین نمایید.

بروش قوطی مقسم وزن نمونه را به مقادیر ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۷۷ کاهش دهید.

نمونه مورد آزمون را در دمای $110\pm5^{o}C$ تا رسیدن به وزن ثابت خشک نمائید.

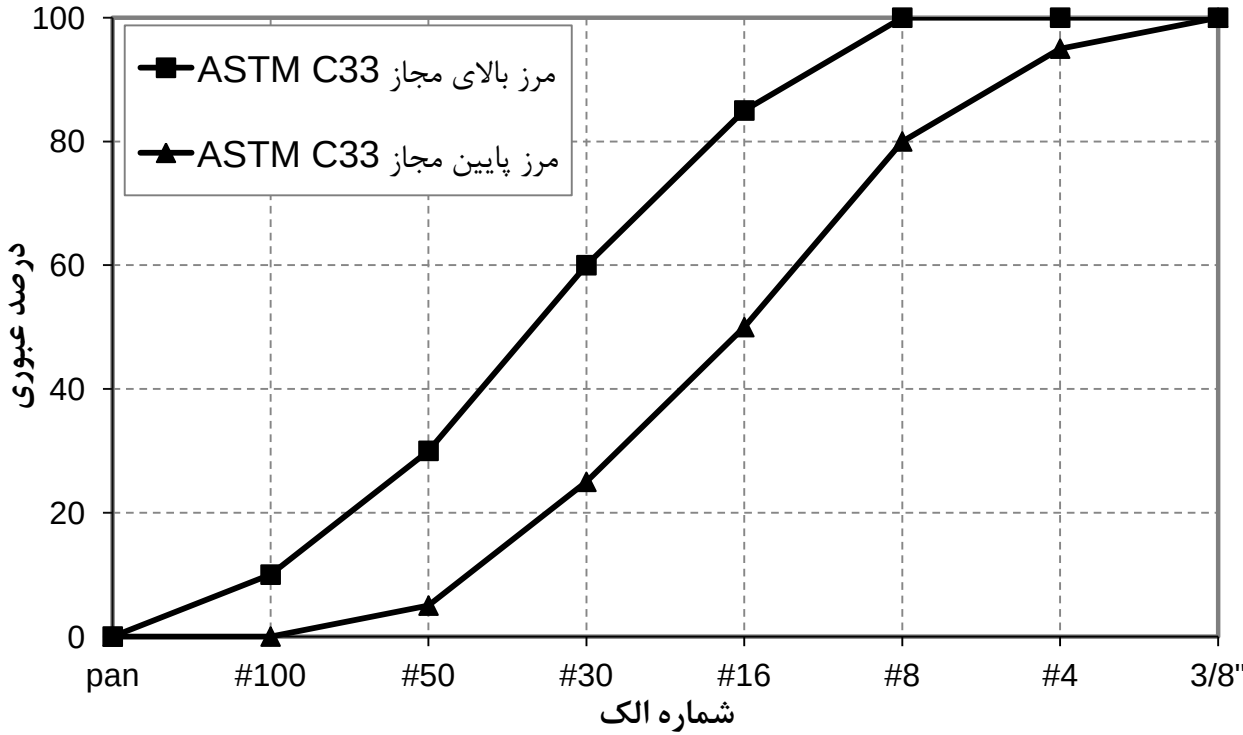
الک های استاندارد را به ترتیب از اندازهٔ چشمهٔ بزرگ و کوچک چیده و مصالح را روی الک ها بریزید.

سپس با استفاده از دست و یا شیکر سنگدانه ها را تا زمان حداقل تعریف شده الک نمایید.

ماندهٔ روی هر الک را توزین نموده و اقدام به ترسیم گراف دانه بندی نمایید.

محدودهٔ مجاز دانه بندی ماسه (ASTM C33):

شماره الک (اندازه بازشو)	درصد عبوری
۹،۵ mm	۱۰۰
۴،۷۵ mm	۹۵ تا ۱۰۰
۲،۳۶ mm	۸۰ تا ۱۰۰
۱،۱۸ mm	۵۰ تا ۸۵
۶۰۰ µm	۲۵ تا ۶۰
۳۰۰ µm	۵ تا ۳۰
۱۵۰ µm	صفر تا ۱۰



تمرین: محدودهٔ مجاز دانه بندی ماسه طبق استاندارد ملی ایران ۳۰۲ تحقیق و با ASTM مقایسه شود (در گزارش کار وارد شود)

جدول پیوست: الزامات دانه بندی برای سنگدانه های درشت (طبق استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۳۰۲)

شماره اندازه معادل در ASTM C 33	اندازه اسمی الک با چشمه مربع	درصد وزنی عبور کرده از هر الک								
		۶۳ (mm)	۵۰ (mm)	۳۷،۵ (mm)	۲۵ (mm)	۱۹ (mm)	۱۲،۵ (mm)	۹،۵ (mm)	۴،۷۵ (mm)	۲،۳۶ (mm)
۳	۲۵ تا ۵۰ میلیمتر	۱۰۰	۹۰ تا ۱۰۰	۳۵ تا ۷۰	۰ تا ۱۵	–	۰ تا ۵	–	–	–
۳۵۷	۴،۷۵ تا ۵۰ میلیمتر	۱۰۰	۹۵ تا ۱۰۰	–	۳۵ تا ۷۰	–	۱۰ تا ۳۰	–	۰ تا ۵	–
۴	۱۹ تا ۳۷،۵ میلیمتر	–	۱۰۰	۹۰ تا ۱۰۰	۲۰ تا ۵۵	۰ تا ۱۵	–	۰ تا ۵	–	–
۴۶۷	۴،۷۵ تا ۳۷،۵ میلیمتر	–	۱۰۰	۹۵ تا ۱۰۰	–	۳۵ تا ۷۰	–	۱۰ تا ۳۰	۰ تا ۵	–
۵	۱۲،۵تا ۲۵ میلیمتر	–	–	۱۰۰	۹۰ تا ۱۰۰	۲۰ تا ۵۵	۰ تا ۱۰	۰ تا ۵	–	–
۵۶	۹،۵ تا ۲۵ میلیمتر	–	–	۱۰۰	۹۰ تا ۱۰۰	۴۰ تا ۸۵	۱۰ تا ۴۰	۰ تا ۱۵	۰ تا ۵	–
۵۷	۴،۷۵ تا ۲۵ میلیمتر	–	–	۱۰۰	۹۵ تا ۱۰۰	–	۲۵ تا ۶۰	–	۰ تا ۱۰	۰ تا ۵
۶	۹،۵ تا ۱۹ میلیمتر	–	–	۱۰۰	۱۰۰	۹۰ تا ۱۰۰	۲۰ تا ۵۵	۰ تا ۱۵	۰ تا ۵	–
۶۷	۴،۷۵ تا ۱۹ میلیمتر	–	–	–	۱۰۰	۹۰ تا ۱۰۰	–	۲۰ تا ۵۵	۰ تا ۱۰	۰ تا ۵
۷	۴،۷۵ تا ۱۲،۵ میلیمتر	–	–	–	–	۱۰۰	۹۰ تا ۱۰۰	۴۰ تا ۷۰	۰ تا ۱۵	۰ تا ۵

فرم دانه بندی ماسه:

شماره الک	میزان باقیمانده (gr)	درصد باقیمانده	درصد تجمعی باقیمانده	درصد عبوری
$3/8$ "				
#۴				
#۸				
#۱۶				
#۳۰				
#۵۰				
#۱۰۰				
pan				
مجموع				
مدول نرمی				

فرم دانه بندی شن:

شماره الک	میزان باقیمانده (gr)	درصد باقیمانده	درصد تجمعی باقیمانده	درصد عبوری
۳ "				
۲ ۱/۲"				
۲ "				
۱ ۱/۲ "				
۱"				
۳/۴ "				
۱/۲ "				
۳/۸ "				
#۴				
#۸				
Pan				
مجموع				

آزمایش ارزش ماسه ای

این آزمایش عموماً در تکمیل آزمایش دانه بندی انجام می شود.

هدف اصلی این آزمایش تعیین سریع نسبت ذرات ریز یا مواد رس گونه در خاک ها یا مصالح ریزدانه (عبوری الک ۴#) می باشد.

ارزش ماسه ای (Sand Equivalent) به نوعی نشان دهندهٔ میزان وجود آلودگی های از نوع رس و لای در مصالح سنگی می باشد.

ارزش ماسه ای بصورت تئوریک عددی بین ۰ الی ۱۰۰ درصد می باشد. این عدد نشان دهندهٔ درصد مصالح سنگی دانه ای تمیز به کل مصالح می باشد.

هرچه این عدد به ۱۰۰٪ نزدیکتر باشد مصالح اصطلاحاً تمیزتر و مرغوب تر خواهند بود.

روش استاندارد اندازه گیری ارزش ماسه ای در ASTM D 2419 شرح داده شده است.

به عنوان یک توصیه مقدار ارزش ماسه‌ای در بتن نباید کمتر از ۷۵ درصد باشد.

آزمایش ارزش ماسه ای

نکته: این آزمایش برای ماسهٔ عبوری از الک نمرهٔ ۴ قابل کاربرد است.

وسایل مورد نیاز برای انجام آزمایش

- ✓۱۰ کیلوگرممماسه
- ✓محلول استوکس
- ✓استوانه مدرج
- ✓سمبه یک پوندی
- ✓قیف
- ✓بشر پلاستیکی

روش انجام آزمایش

۱- ابتدا بروش ASTM D 75 باندازهٔ kg ۱۰ ماسه از مخزن برداشت می نماییم.

آزمایش ارزش ماسه ای

۲- سپس بروش ASTM C 702 با استفاده از قوطی مقسم وزن نمونه را بـه محـدودهٔ ۱۰۰۰ الی ۱۵۰۰ گرم کاهش دهید.

۳- سپس بروش یک چهارم نمودن وزن نمونه را محدودهٔ ۱۰۰ الی ۱۵۰ گرم کاهش دهید.

۴- سپس داخل استوانهٔ شیشه ای (یا پلاستیک شفاف) مدرج تا ارتفاع ۴ اینچ محلول اسـتوکس بیفزایید.

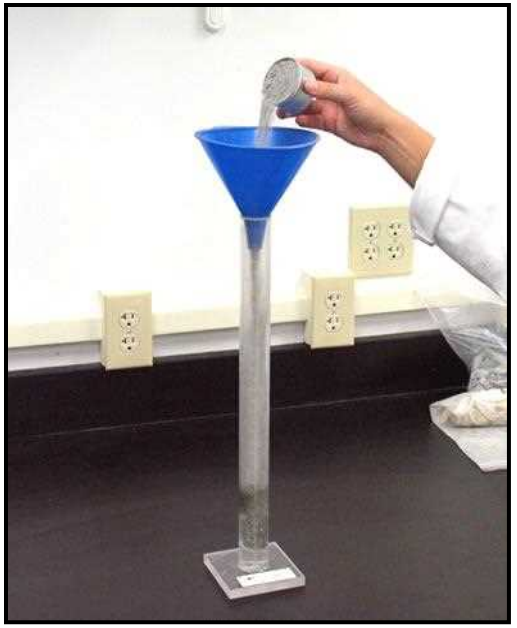
۵- ماسه را داخل بشر پلاستیکی بریزید.

۶- با استفاده از قیف ماسه را به محلول داخل استوانه بریزید.

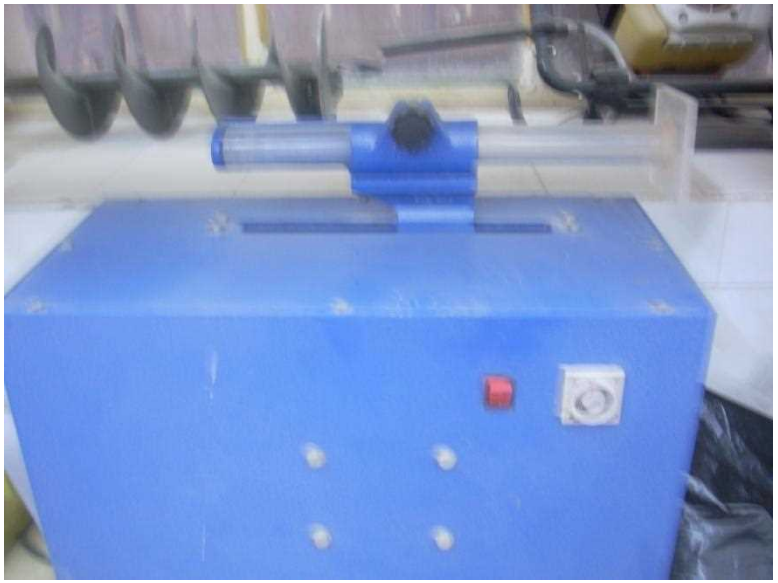
۷- سپس به مدت ۱۰ الی ۱۵ دقیقه به محلول فرصت دهید تا فعل و انفعالات لازم بین محلـول استوکس و ناخالصی های روی سنگدانه ها صورت گیرد.

۸- پس از این مرحله باید درب استوانهٔ مدرج را با درپوش پلاستیکی کاملاً بسته شده و مخلـوط سنگدانه و محلول به یکی از این دو روش تکان داده شوند:

آزمایش ارزش ماسه ای



روش دستی: در این روش استوانه را بصورت افقی در دست گرفته شده و طی ۳۰ ثانیه ۹۰ مرتبه بصورت افقی با دامنهٔ نوسان ۲۳±۳ cm تکان دهید تا ناخالصی های مصالح بخوبی داخل محلول شسته شوند.

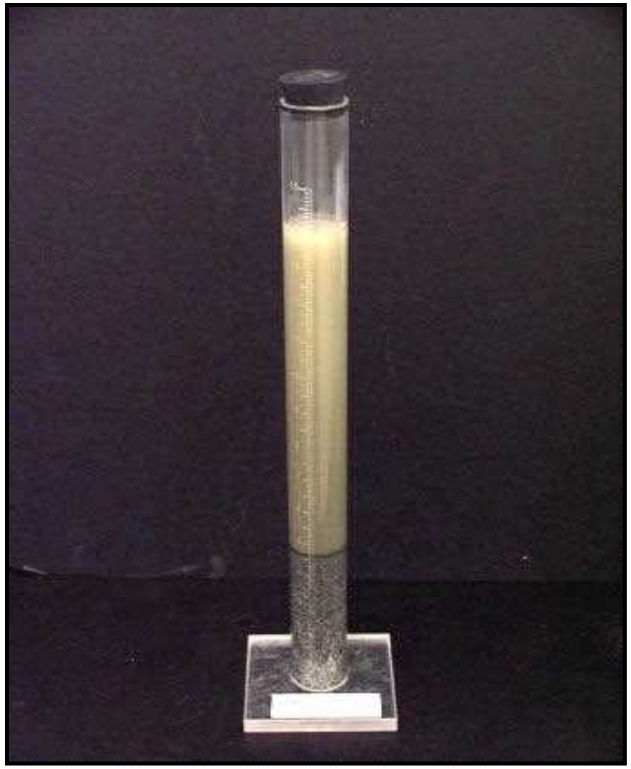


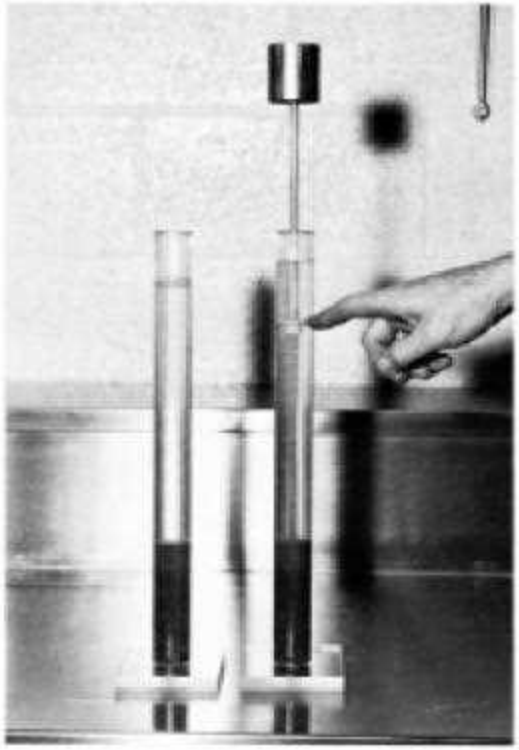
روش مکانیکی: در این روش استوانه را روی دستگاه شیکر مکانیکی بسته و آن را روشن می نماییم تا به مدت ۱±۴۵ s کار کند.

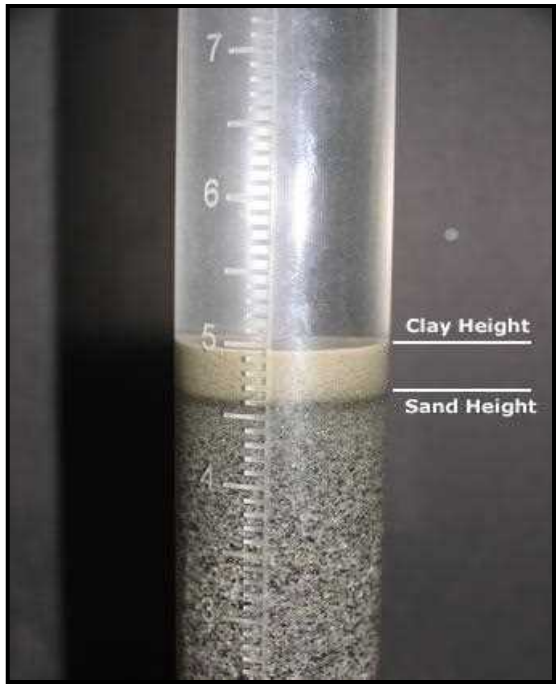
سپس با استفاده از شلنگ متصل به بطری حاوی محلول استوکس داخل استوانه را به صورت چرخشی بشوئید تا محلول استوکس را تا ارتفاع ۱۵ اینچ در لوله آزمایش پبالا بیاید.

سپس حدود ۱۰ الی ۱۵ دقیقه جهت ته نشین شدن ریزدانه ها بر روی مصالح تمیز فرصت دهید.

پس از گذشت زمان اشاره شده، عددی را که ماسه و گل و لای در لوله آزمایش نشان می‌دهد را خوانده و یادداشت نمایید.







آزمایش تعیین چگالی سیمان هیدرولیکی

روش استاندارد آزمون: ASTM C 188

چگالی سیمان: جرم واحد حجم واقعی ذرات سیمان

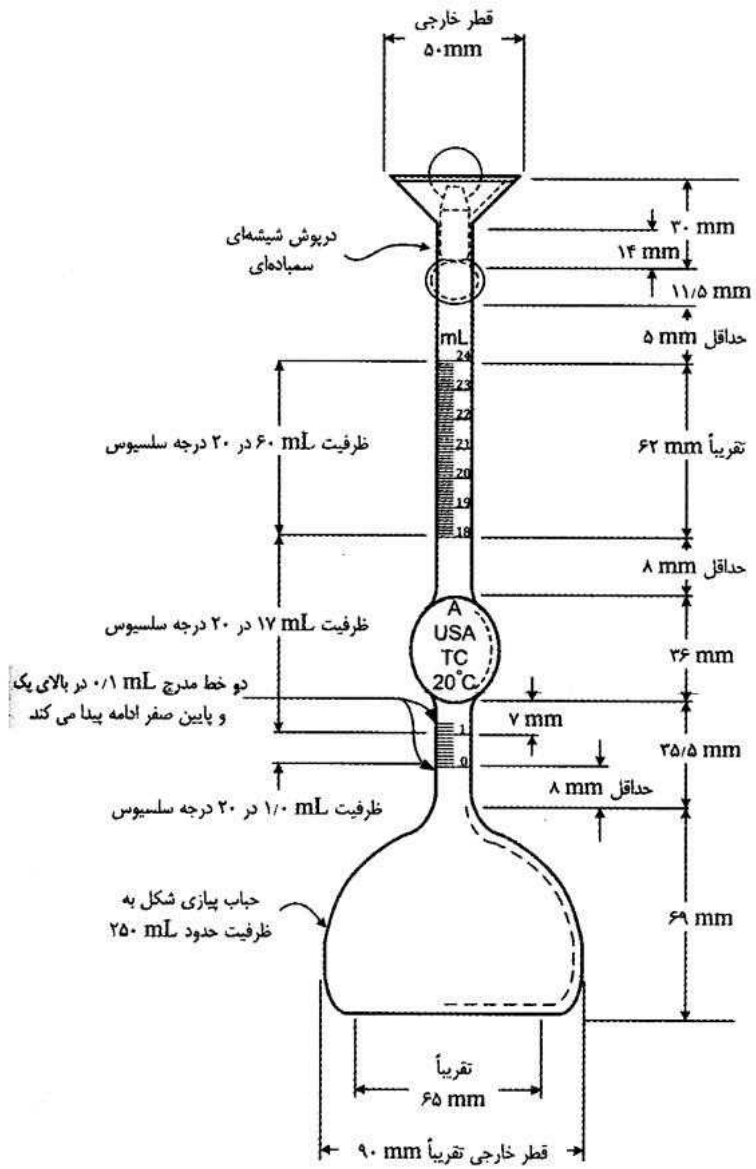
وسایل: بالن لوشاتلیه، نفت سفید، ترازو با دقت۰،۰۵ گرم، قیف شیشه ای، ظرف مناسب جهت توزین سیمان (بشر یا شیشه ساعت).

روش انجام آزمایش: ابتدا بالن را تا درجه ای بین ۰ الی ۱ سی سی با نفت پر می نماییم.

سپس مقداری سیمان (حدود ۶۴ گرم) توزین می نماییم.

سپس با استفاده از قیف، سیمان را به آهستگی کامل داخل بالن می ریزیم.

پس از اتمام عملیات، بالن با بصورت افقی جهت خروج حباب هاب هوا تکان می دهیم. سپس بالن را روی یک سطح افقی قرار داده و حجم ثانویه را قرائت می نماییم.



آزمایش تعیین نرمی سیمان با استفاده از نفوذپذیری هوا

- ✓ **روش استاندارد آزمون** (ASTM C 204، استاندراد ملی ایران شماره ۳۹۰)

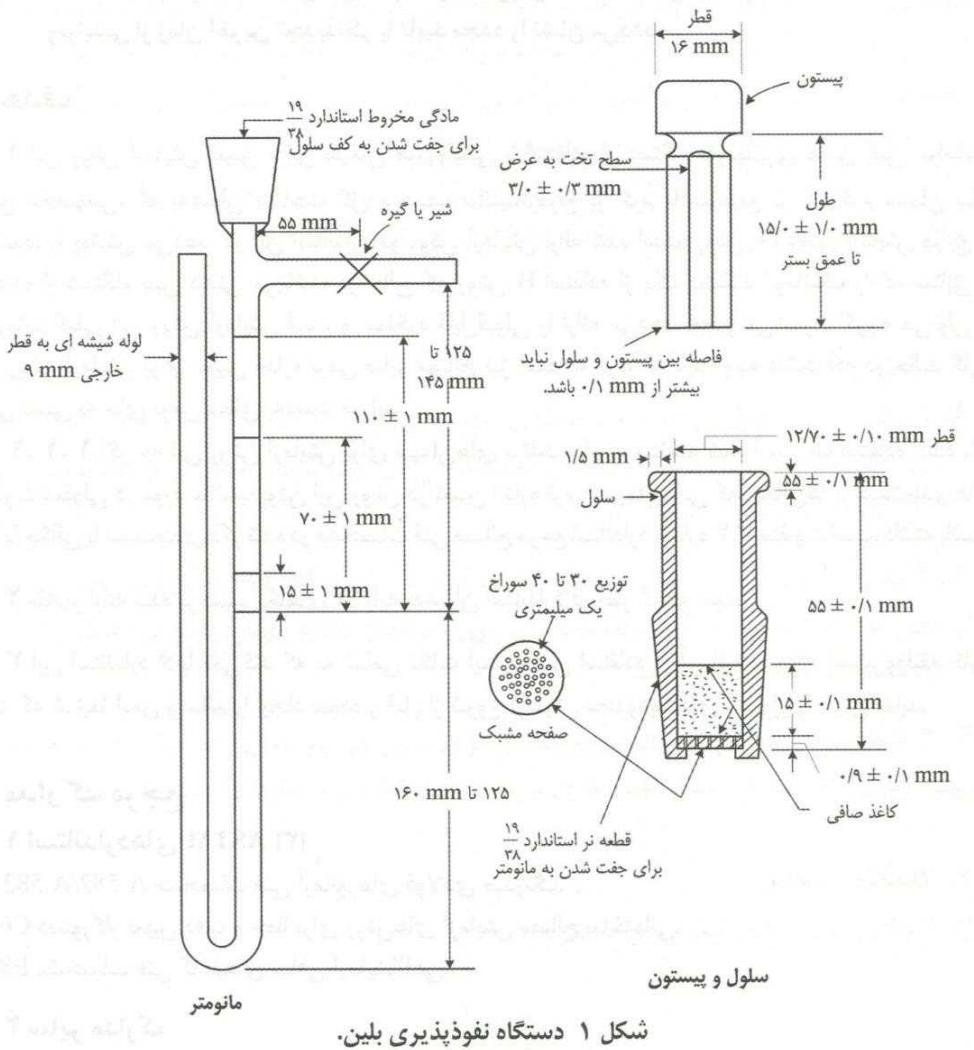
- ✓ **اهمیت آزمایش:** تعیین سطح ویژه، ریزی و واکنش پذیری ذرات سیمان
- ✓ **تعریف سطح ویژه:** به مجموع سطوح جانبی ذرات موجود در هر یک واحد جرمی از یک ماده، سطح ویژهٔ آن ماده گفته می شود.
- ✓ **الزامات آیین نامه:** (ASTM C 150 **و استاندارد ملی ایران ۳۸۹):**

طبق استاندارد ملی ایران سطح ویژهٔ تیپ های ۱ تا ۵ سیمان باید حداقل برابر با cm^2/gr ۲۸۰۰ باشد.
از آنجاکه سیمان از سطح جانبی خود با آب واکنش می دهد، هرچه سطح ویژهٔ آن بیشتر باشد واکنش پذیری بیشتری با آب خواهد داشت. لذا کلینکر خروجی از کوره باید تا حد مشخص شده در آیین نامه آسیاب گردد تا از واکنش پذیری لازم برخوردار باشد.

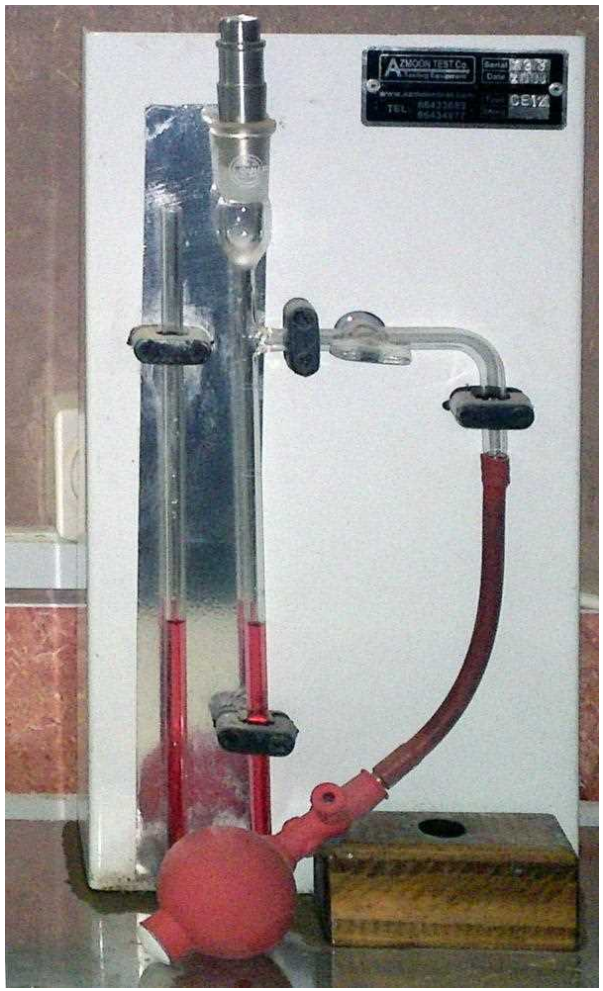
- ✓ **اصول آزمایش:** اگرچه اندازه گیری سطح ویژهٔ ذرات سیمان بطور دقیق بسیار دشوار می باشد، اما با توجه به نکتهٔ مقابل می توان بصورت غیر مستقیم اقدام به محاسبهٔ ریزی ذرات نمود.

هرچه ذرات سیمان ریزتر باشند، عبور هوا داخل تودهٔ سیمان دشوارتر خواهد بود.
به عبارت دیگر مدت زمان لازم برای عبور حجم مشخصی از هوا از داخل تودهٔ سیمان طولانی تر خواهد بود.

✓**وسایل مورد نیاز:** دستگاه بلین، ترازو، گریس، کاغذ صافی، کرنومتر، پوار.



شکل ۱ دستگاه نفوذپذیری بلین.



روش انجام آزمایش:

۱- ابتدا صفحهٔ مشبک و سپس کاغذ صافی را داخل سیلندر می گذاریم.

۲- سپس به میزانی سیمان داخل سیلندر می ریزیم تا پس از قرار دادن پیستون تخلخل آن به ۰،۵±۰،۰۰۵ برسد.

محاسبهٔ وزن سیمان:

$$m=(1-\varepsilon)\times\rho_c\times V$$

در این رابطه:

m: جرم سیمان مورد نیاز برای آزمایش.

ε: تخلخل تودهٔ سیمان (برابر با ۰،۵ در نظر گرفته می شود).

ρ: وزن مخصوص سیمان (که یا باید با آزمایش بالون لوشاتلیه دقیقا محاسبه گردد و یا برابر با ۳۱۴۰ kg/m^3 در نظر گرفته شود).

V: حجمی از سلول که پس از بسته شدن پیستون به سیمان اختصاص داده خواهد شد.

$\rho=3.14\ kg/m3\ ,\ V=1.76214cm3 \Rightarrow m=0.5\times3.14\times1.76214=2.77\ gr$

۳- پس از ریختن سیمان یک لایه دیگر کاغذ صافی گذاشته و سیلندر را نیز قرار می دهیم.

۴- سپس محل های لازم را گریس کاری نموده و با استفاده از پوار سطح مایع را تا M1 بالا می بریم.

۵- سپس پیستون را به آهستگی بر میداریم. ضمن پایین آمدن محلول در لوله، با رسیدن محلول به نقطهٔ M2 کرنومتر را روشن نموده و با رسیدن به M3 زمان را متوقف می نماییم.

۶- سپس با استفاده از رابطهٔ مقابل سطح ویژه را اندازه گیری می نماییم.

در این رابطه:

K: ثابت کالیبراسیون دستگاه

ρ_c : چگالی سیمان

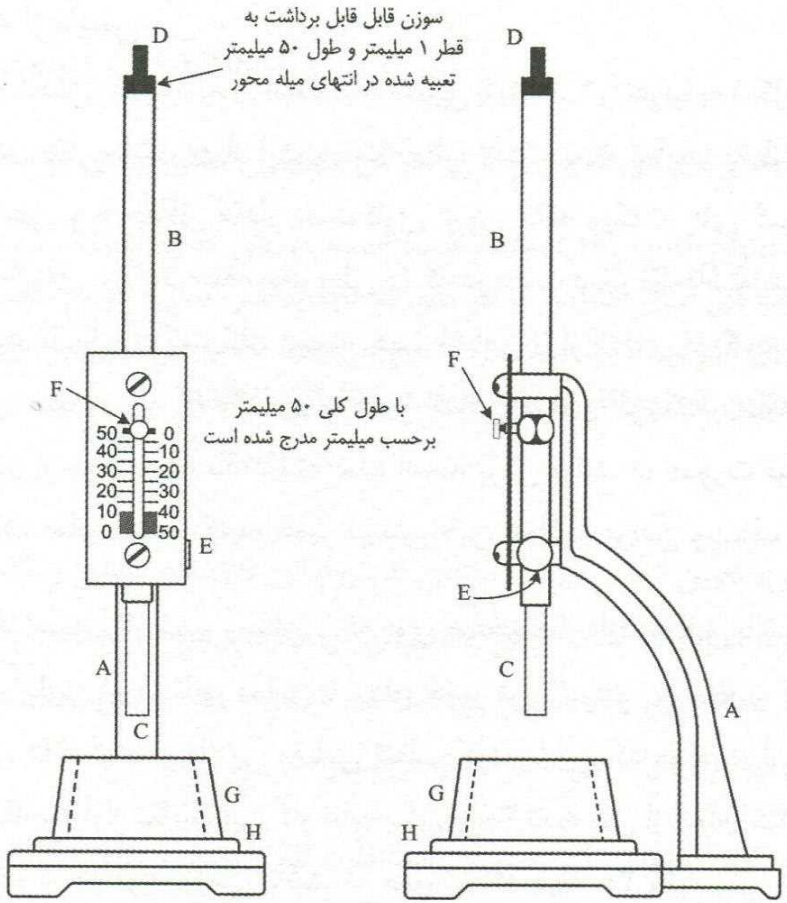
t: زمان اندازه گیری شده توسط کرنومتر

η: لزجت دینامیکی هوا (طبق جدول زیر بر حسب دمای محیط آزمایش تغییر می کند)

$$SSA = k \times \frac{\sqrt{\varepsilon^3}}{1-\varepsilon} \times \frac{\sqrt{t}}{\rho_c \cdot \sqrt{\eta}}$$

θ	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶
η	۰،۰۱۳۳۷	۰،۰۱۳۴۱	۰،۰۱۳۴۴	۰،۰۱۳۴۸	۰،۰۱۳۵۱	۰،۰۱۳۵۴

آزمایش تعیین غلظت نرمال خمیر سیمان



شکل ۱ دستگاه ویکات.

- ✓**روش استاندارد آزمون: ASTM C 187**
- ✓**تعریف خمیر نرمال:**

به خمیری گفته می شود که سوزن ۱۰ میلی متری ویکات طی ۳۰ ثانیه بتواند ۱۰mm±۱mm در آن نفوذ نماید.

- ✓**اهمیت آزمایش:**

تعیین نسبت آب به سیمان لازم جهت دستیابی به غلظت استاندارد و نهایتا استفاده از خمیر تولید شده و متعاقبا انجام تعیین زمان گیرش اولیه و نهایی سیمان.

- ✓**وسایل مورد نیاز:**

دستگاه ویکات، ترازو، مخلوط کن طبق الزامات ASTM C 305، کاردک، کرنومتر، دستکش لاستیکی.

روش انجام آزمون:

۱- ابتدا ۶۵۰ گرم سیمان وزن می شود.

۲- سپس به میزان مشخصی آب (بین ۰،۲۲ تا ۰،۲۷ وزنی سیمان) داخل کاسهٔ میکسر افزوده می گردد.

۳- سپس سیمان به آب افزوده شده و طبق روش ASTM C305 با یکدیگر مخلوط می گردند؛ بدینصورت که:

الف) ابتدا ۳۰ ثانیه جهت انجام عمل جذب به سیمان فرصت داده می شود.

ب) سپس مجموعه به مدت ۳۰ ثانیه در دور ۱ مخلوط می گردد.

ج) دستگاه به مدت ۱۵ ثانیه خاموش شده و در این فرصت مواد مخلوط نشده توسط اسپاتول به داخل خمیر بازگردانده می شوند.

د) نهایتا خمیر به مدت یک دقیقه در دور ۲ مخلوط می گردد.

۴- سپس دستکش های خود را مرطوب نموده، باندازهٔ کف دست از مخلوط داخل کاسهٔ میکسر جدا می گردد. خمیر شش مرتبه از فاصلهٔ ۶ اینچی بین دو دست پرتاب می شود تا یک خمیر توپی شکل بدون تخلخل ایجاد گردد.

۵- نهایتا خمیر از قاعدهٔ بزرگتر وارد مخروط ناقص دستگاه ویکات شده و مخروط روی صفحهٔ شیشه ای تمیز قرار داده می شود.

۶- سطح مخروط با استفاده از کاردک، بدون اعمال فشار، با حرکت اره ای شکل صاف شده و وسط قاعدهٔ بالایی مخروط زیر سوزن دستگاه قرار داده می شود.
۷- سوزن روی سطح خمیر مماس شده و رها می گردد. بلافاصله کرنومتر روشن شده و میزان نفوذ را در مدت ۳۰ ثانیه قرائت می شود.
۸- اگر میزان نفوذ سوزن خارج از محدودهٔ مذکور باشد، باید آزمایش مجددا با نسبت آب به سیمان دیگری تکرار شود.
۹- در مراحل بعدی آزمایش با بهره گیری از میزان نفوذ بدست آمده از مرحلهٔ قبلی باید نسبت آب به سیمان اصلاح شده و آزمایش تکرار گردد.
۱۰- این آزمایش با تغییر نسبت آب به سیمان بصورت سعی و خطا تا رسیدن به خمیر نرمال تکرار می شود.

نکته:

نسبت آب به سیمان بدست آمده را اصطلاحاً آب متعارف، غلظت نرمال و یا غلظت استاندارد می نامند.
خمیری که با این نسبت آب به سیمان بدست می آید را خمیر نرمال نامیده و این خمیر مبنای انجام آزمایش های مربوط به زمان گیرش اولیه و نهایی سیمان می باشند.

آزمایش تعیین زمان گیرش سیمان با استفاده از سوزن ویکات

روش استاندارد آزمون: ASTM C 191

هدف آزمایش:

تعیین زمان گیرش اولیه و نهایی سیمان

اهمیت آزمایش:

کنترل عدم وجود گیرش های غیر نرمال و خارج از محدوده های مجاز در مورد سیمان

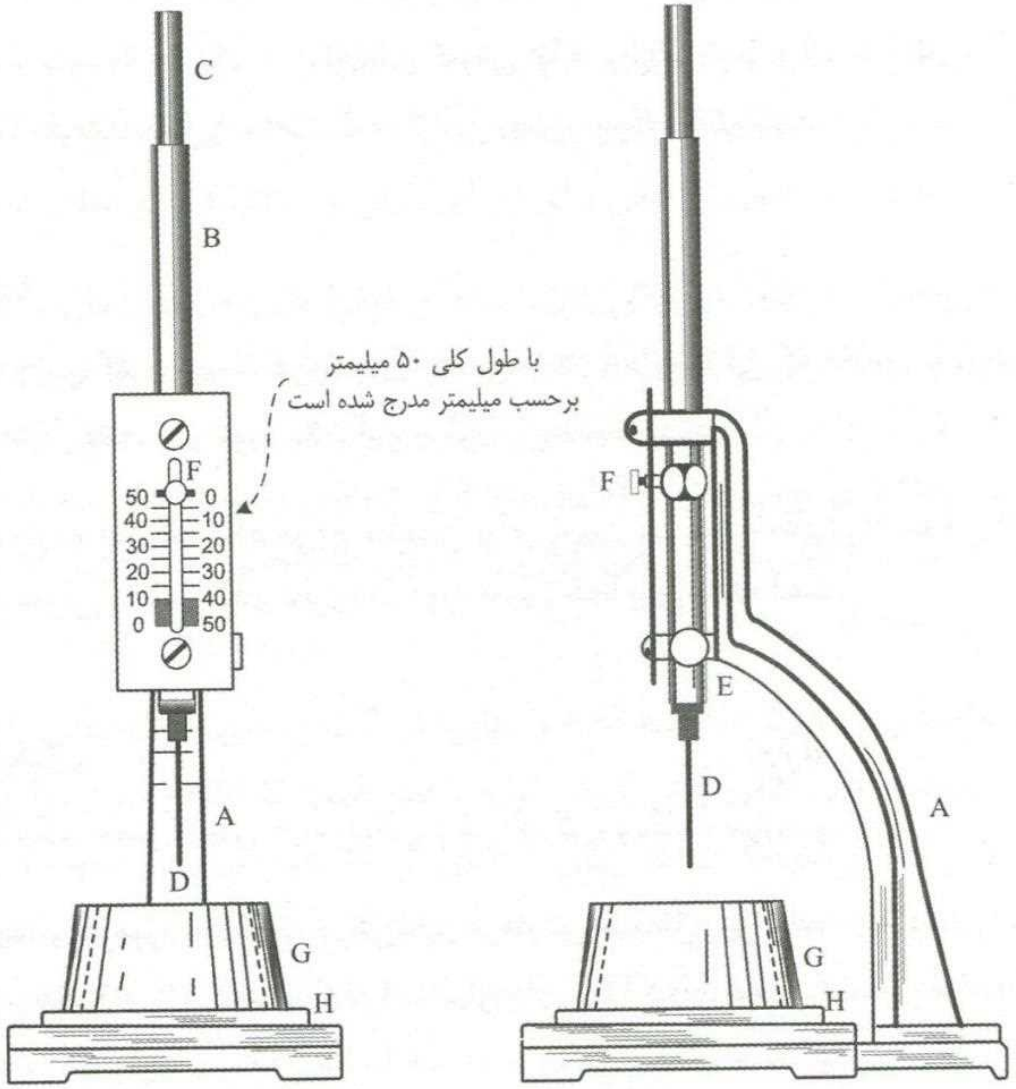
الزامات آیین نامه (ASTM C 150 و استاندارد ملی ایران ۳۸۹)

در مورد تمام تیپ های پنج گانهٔ سیمان: زمان گیرش اولیه باید حداقل برابر با ۴۵ دقیقه بوده و زمان گیرش نهایی باید حداکثر برابر با ۶ ساعت باشد

تعریف زمان گیرش اولیه: به لحظه ای گفته می شود که سوزن ۱ میلی متری ویکات طی ۳۰ ثانیه بتواند نهایتاً ۲۵mm±۱mm در خمیر نرمال سیمان نفوذ نماید.

تعریف زمان گیرش نهایی: به لحظه ای گفته می شود که سوزن ۱ میلی متری ویکات نتواند نفوذ محسوسی در خمیر سیمان نماید.

نکته: اندازه گیری زمان گیرش ازلحظهٔ افزودن سیمان به آب شروع می شود.


C
B
با طول کلی ۵۰ میلیمتر
برحسب میلیمتر مدرج شده است
F
50 40 30 20 10 0
0 10 20 30 40 50
A
D
G
H
F
E
D
A
G
H

روش انجام آزمایش:

۱- ابتدا یک خمیر نرمال از سیمان مورد نظر تهیه و قالب گیری می نماییم (با استفاده از نتایج مربوط به آزمایش تعیین غلظت نرمال سیمان).
۲- از لحظهٔ اختلاط آب با سیمان کرنومتر را روشن می نماییم.
۳- نمونهٔ خمیر را وارد مخروط نموده و به مدت ۳۰ دقیقه درون محفظهٔ مرطوب باقی می گذاریم.
۴- سپس سوزن یک میلی متری ویکات را در این لحظه و در هر ۱۵ دقیقه پس از آن، روی خمیر مماس نموده و رها می نماییم (در مورد سیمان تیپ III هر ۱۰ دقیقه).
۵- در هر بار آزمایش، میزان نفوذ را قرائت و ثبت می نماییم.
۶- این آزمایش را تا رسیدن به نفوذ ۲۵mm ادامه می دهیم. طبق تعریف، لحظه ای که نفوذ سوزن به داخل دستگاه به ۲۵ ±۱ mm برسد لحظهٔ گیرش اولیه می باشد.
۷- پس از حصول این نقطه، قرائت ها را هر ۳۰ دقیقه یک بار انجام می دهیم. لحظه ای که سوزن هیچ نقطه ای از خمیر نفوذی نکند لحظهٔ گیرش نهایی می باشد.

ملاحظات:

a) محل نفوذ سوزن در هر بار قرائت باید حداقل ۱۰mm از جدارهٔ مخروط و ۵ میلی متر از محل نفوذ قبلی فاصله داشته باشد.
b) در فواصل زمانی بین هر قرائت خمیر سیمان باید در محیط مرطوب نگهداری شود.

روش انجام آزمایش:

۱- ابتدا یک خمیر نرمال از سیمان مورد نظر تهیه و قالب گیری می نماییم (با استفاده از نتایج مربوط به آزمایش تعیین غلظت نرمال سیمان).
۲- از لحظهٔ اختلاط آب با سیمان کرنومتر را روشن می نماییم.
۳- نمونهٔ خمیر را وارد مخروط نموده و به مدت ۳۰ دقیقه درون محفظهٔ مرطوب باقی می گذاریم.
۴- سپس سوزن یک میلی متری ویکات را در این لحظه و در هر ۱۵ دقیقه پس از آن، روی خمیر مماس نموده و رها می نماییم (در مورد سیمان تیپ III هر ۱۰ دقیقه).
۵- در هر بار آزمایش، میزان نفوذ را قرائت و ثبت می نماییم.
۶- این آزمایش را تا رسیدن به نفوذ ۲۵mm ادامه می دهیم. طبق تعریف، لحظه ای که نفوذ سوزن به داخل دستگاه به ۲۵ ±۱ mm برسد لحظهٔ گیرش اولیه می باشد.
۷- پس از حصول این نقطه، قرائت ها را هر ۳۰ دقیقه یک بار انجام می دهیم. لحظه ای که سوزن هیچ نقطه ای از خمیر نفوذی نکند لحظهٔ گیرش نهایی می باشد.

ملاحظات:

a) محل نفوذ سوزن در هر بار قرائت باید حداقل ۱۰mm از جدارهٔ مخروط و ۵ میلی متر از محل نفوذ قبلی فاصله داشته باشد.
b) در فواصل زمانی بین هر قرائت خمیر سیمان باید در محیط مرطوب نگهداری شود.

طرح اختلاط بتن

روش های مرسوم:

۱- روش انجمن بتن آمریکا: ACI 211

۲- روش بریتانیایی: BS 5328

۳- روش آلمانی

۴- روش ملی طرح مخلوط بتن: نشریهٔ ض-۴۷۹، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

روش ملی طرح مخلوط بتن

پارامترهای الزامی ورودی طرح اختلاط:

۱- مقاومت مشخصهٔ نمونه های استوانه ای بتن مورد انتظار (در سن ۲۸ روز)
۲- اطلاعات آماری پروژه های مشابه قبلی
۳- شرایط تولید، نظارت و کنترل کیفیت بتن (در صورت عدم دسترسی به اطلاعات آماری)
۴- محدودهٔ اسلامپ بتن
۵- نوع سیمان
۶- چگالی ریزدانه ها و درشت دانه های بتن
۷- میزان جذب آب ریزدانه ها و درشت دانه های بتن
۸- شکل ظاهری ریزدانه ها و درشت دانه ها از نظر میزان خرد شدگی
۹- دانه بندی ریزدانه ها و درشت دانه ها
۱۰- نحوه و محل اجرای بتن

روش ملی طرح مخلوط بتن

پارامترهای اختیاری ورودی طرح اختلاط:

۱- حداکثر/حداقل عیار مجاز سیمان
۲- حداکثر/حداقل نسبت آب به سیمان
۳- استفاده از روان کننده و یا فوق روان کننده
۴- استفاده از مواد هواساز
۵- استفاده از میکروسیلیس (دودهٔ سیلیسی)
۶- استفاده از خاکستر بادی

مثال:

مطلوبست ارائه طرح اختلاط برای بتنی جهت ساخت تیر، دال و ستون یک ساختمان مسلح بتنی با نمای متوسط. این بتن توسط یک شرکت تهیهٔ بتن آماده با رتبه بندی "الف" تهیه می گردد. سایر الزامات بتن به شرح زیر می باشد:

مقاومت مشخصهٔ ۲۸ روزهٔ نمونه های مکعبی: f_c (MPa)	**۳۷**
اسلامپ بتن (mm)	**۵۰-۹۰**
حداقل سیمان مجاز (kg/m^3)	**۳۲۵**
حداکثر سیمان مجاز (kg/m^3)	**۴۰۰**
نوع سیمان مصرفی	**تیپ ۱**
چگالی سیمان	**۳،۱۴**
نمای لازم	**متوسط**

مثال:

اطلاعات مربوط به سنگدانه ها

پارامتر	شن	ماسه
وزن مخصوص SSD (gr/cm^3)	۲،۵۸	۲،۴۸۸
درصد جذب آب SSD	۱،۸	۶،۶۴
درصد رطوبت طبیعی	۰،۴۹	۰،۷۷
شکل	نیمه شکسته	نیمه شکسته
درصد شکستگی (α)	۴۰	۱۰

دانه بندی سنگدانه ها

الک	۱”	۳/۴”	۱/۲”	۳/۸”	#۴	#۸	#۱۶	#۳۰	#۵۰	#۱۰۰
شن	۱۰۰	۸۰،۶	۳۵	۲۱،۲	۲،۶	۰	۰	۰	۰	۰
ماسه	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۶۴،۹	۳۲،۳	۱۲،۴	۴	۰،،۶

گام های طرح اختلاط

۱- تعیین حاشیهٔ ایمنی و مقاومت فشاری متوسط مبنا (مبنای محاسبات طرح اختلاط)

۳- تعیین نسبت آب آزاد به سیمان

۴- انتخاب نسبت اختلاط سنگدانه ها

۵- تعیین آب آزاد بتن

۶- تعیین مقدار سیمان در بتن (عیار سیمان)

۷- تعیین مقدار کل سنگدانه در بتن

گام اول: تعیین حاشیهٔ ایمنی و مقاومت فشاری متوسط مبنا

حاشیهٔ ایمنی:

به دلیل تغییرات در مقدار مقاومت بتن، ناشی از غیریکنواختی احتمالی در مصالح، اجزای بتن، ساختن، ریختن، تراکم، عمل‌آوری و ... ،مخلوط بتن باید طوری طرح گردد که از مقاومت میانگین بیشتری نسبت به مقاومت مورد نظر برخوردار باشد. بنابراین، مقاومت مشخصه، که در واقع همان مقاومت مورد نظر در طراحی و ساخت سازه می‌باشد، باید به اندازه حاشیه ایمنی افزایش داده شود (مقاومت فشاری متوسط لازم). حاشیه ایمنی مقاومت بر اساس اطلاعات آماری تعیین می‌گردد.

محاسبهٔ حاشیهٔ ایمنی (بخش ۳-۲):

a) در صورت وجود اطلاعات آماری ← با استفاده از بخش ۳-۲-۱

b) درصورت عدم وجود اطلاعات آماری ← با استفاده از:

۱- رتبهٔ کارگاه از نظر سطح نظارت و کنترل کیفیت ۲- مقاومت مشخصه

رتبهٔ کارگاه از نظر سطح نظارت و کنترل کیفیت:

جدول ۳-۲ رتبه‌بندی کارگاه‌ها بر اساس وضعیت تولید بتن، نظارت و کنترل کیفیت

شرایط تولید و کنترل	وضعیت کنترل کیفیت		
	الف	ب	ج
توزین یا پیمانه کردن سیمان	وزنی	وزنی	حجمی
توزین یا پیمانه کردن سنگدانه	وزنی	حجمی	حجمی
کنترل دانه‌بندی سنگدانه	کنترل شده	کنترل شده	بدون کنترل
کنترل رطوبت سنگدانه	کنترل شده	کنترل شده	بدون کنترل
نظارت بر تولید	در سطح عالی	در سطح خوب	درسطح ضعیف
امکانات آزمایشگاهی	موجود است	موجود است	در سطح محدود
تداوم در آزمایش	مداوم	گاهی اوقات	در سطح محدود
نیروی متخصص تولید بتن	وجود دارد	وجود دارد	در سطح محدود

مقادیر مقاومت مشخصه با توجه به رتبهٔ کارگاه و میزان مقاومت مشخصه:

جدول ۳-۱ انحراف معیار بر اساس رتبه‌بندی کارگاه و مقاومت مشخصه بتن

رتبه‌بندی کارگاه	مقاومت مشخصه بتن (N/mm^2)				
	۱۶	۲۰	۲۵	۳۰ و ۳۵	۴۰ و بیشتر
الف	۲/۵	۳	۳/۵	٤	٤/٥
ب	۳/۵	٤	٤/٥	٥	٥/٥
ج	٤/٥	٥	٥/٥	٦	٦/٥

در مورد این مثال چون مقاومت مشخصه برای نمونه های مکعبی داده شده بود: با استفاده از "آبا" می توان گفت مقاومت مشخصهٔ معادل برای نمونه های استوانه ای برابر:

$$fc_{cube} = ۳۷ \text{MPa} \quad \rightarrow \quad fc_{cylinder} = ۳۰ \text{ MPa}$$

با توجه به اینکه مقاومت مشخصه برابر با ۳۰ MPa بوده و رتبهٔ شرکت "الف" می باشد: S=۴/۰

محاسبهٔ مقاومت فشاری متوسط لازم با استفاده از مقاومت مشخصه و انحراف معیار:

مقاومت فشاری متوسط لازم مطابق با " آیین‌نامه بتن ایران"، باید برابر با بزرگترین مقدار به دست آمده از هر یک از دو رابطه زیر در نظر گرفته شود:

$$f_{cm} = f_c + 1.34S + 1.5 \text{ N/mm}^2 \qquad (۱-۳)$$

$$f_{cm} = f_c + 2.33 S - 4 \text{ N/mm}^2 \qquad (۲-۳)$$

$f_{cm۱}$= fc+۱/۳۴×S+۱/۵=۳۰+۱/۳۴×۴+۱/۵=۳۶/۸۶ MPa
$f_{cm۲}$= fc+۲/۳۳×S−۴=۳۰+۲/۳۳×۴−۴=۳۴/۸۲ MPa

f_{cm}=max($f_{cm۱}$,$f_{cm۲}$)=۳۶/۸۶ MPa

تمامی محاسبات طرح اختلاط بر مبنای این مقاومت بوده و در واقع طرح اختلاط سعی در رسیدن به این مقاومت دارد.

در اینصورت به احتمال تقریبا ۵۰٪ مقاومت بدست آمده از بتن های ساخته شده از این طرح اختلاط از این عدد پایین تر خواهند بود اما احتمال کمتر شدن مقاومت از ۳۰ MPa حدوداً ۵٪ می باشد.

گام دوم: تعیین نسبت آب به سیمان (بخش ۴-۱):

پارامترهای موثر در نسبت آب به سیمان:

۱- مقاومت فشاری متوسط لازم fc=۳۶/۸۶ MPa

۲- ردهٔ مقاومتی سیمان ۳۲۵

۳- تیز گوشه یا گرد گوشه بودن شن ۴۰٪ شکستگی

عوامل دیگر:

استفاده از هواساز

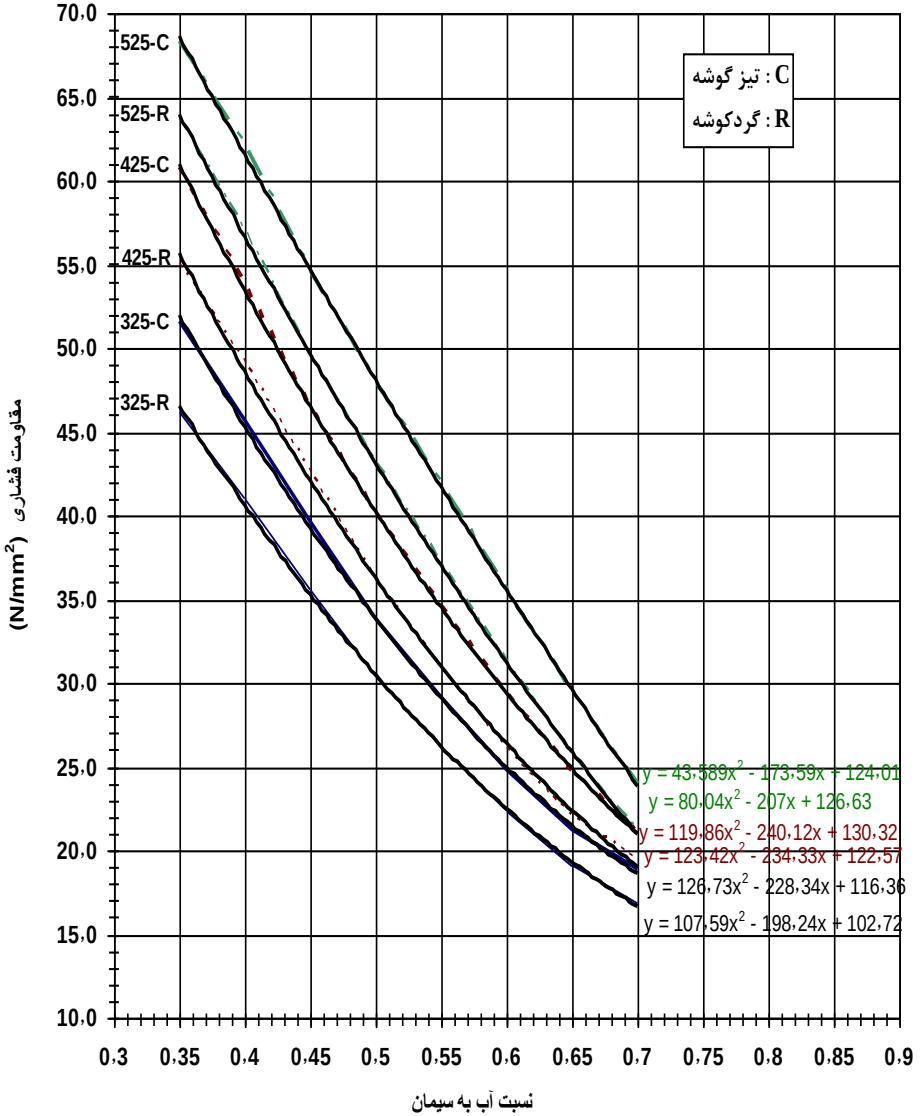
تعیین نسبت آب به سیمان:

روش کار با گراف:

۱- مقاومت مشخصهٔ بدست آمده را یک بار به منحنی مربوط به ردهٔ مورد نظر سیمان مصرفی و در حالت سنگدانهٔ گردگوشه (R) وصل کرده و نسبت آب به سیمان را قرائت می نماییم.

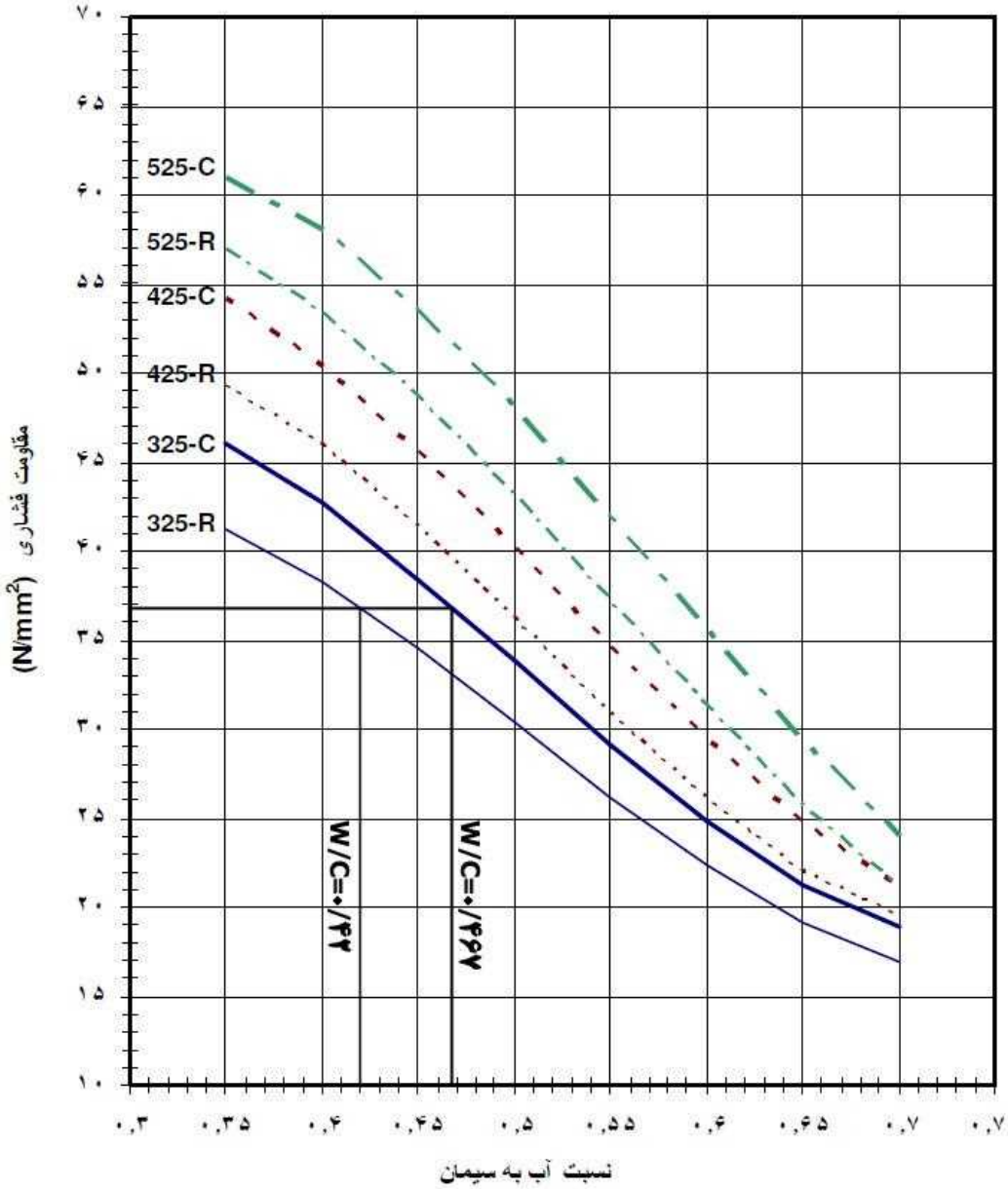
۲- بار دیگر به منحنی مربوط به ردهٔ مورد نظر سیمان مصرفی و در حالت سنگدانهٔ شکسته (C) وصل کرده و نسبت آب به سیمان را قرائت می نماییم.

۳- با توجه به درصد شکستگی شن، درون یابی می کنیم.



$$\frac{W}{C}=(\frac{W}{C})_R+\alpha_{CA}\times\left\{(\frac{W}{C})_C-(\frac{W}{C})_R\right\}$$

$$=0.42+0.4\times(0.467-42)=0.439$$



سیمان رده ۳۲۵ و شن شکسته C — سیمان رده ۳۲۵ و شن گرد گوشه R

سیمان رده ۴۲۵ و شن شکسته C — سیمان رده ۴۲۵ و شن گرد گوشه R

سیمان رده ۵۲۵ و شن شکسته C — سیمان رده ۵۲۵ و شن گرد گوشه R

نکته:

اگر ردهٔ مقاومتی سیمان مصرفی، هیچ یک از مقادیر ۳۲۵، ۴۲۵ و یا ۵۲۵ نبود، باید:

۱- با توجه به مقاومت ملات استاندارد آن سیمان اقدام به اصلاح نسبت آب به سیمان نمود.

۲- اگر این اطلاعات هم در دسترس نبود: باید با استفاده از استانداردهای ۳۸۹، ۳۴۳۲ و یا ۵۳۱۷ مقدار مقاومت را قرائت و اصلاحات را اعمال نمود.

$$\text{نسبت آب به سیمان اصلاحی} = \text{(نسبت آب به سیمان اولیه)} \times \frac{\text{مقاومت سیمان مصرفی}}{\text{رده مقاومتی انتخاب شده}}$$

مقادیر حداقل مقاومت ۲۸ روزهٔ انواع سیمان:

پرتلند ۳۲۵-۱	۳۲۵	پرتلند پوزولانی	۳۰۰
پرتلند ۴۲۵-۱	۴۲۵	پرتلند پوزولانی ویژه	۲۷۵
پرتلند ۵۲۵-۱	۵۲۵	پرتلند سرباره‌ای	۳۲۰
پرتلند نوع ۲	۳۱۵	پرتلند سرباره‌ای ضد سولفات	۳۰۰
پرتلند نوع ۵	۲۷۰	پرتلند آهکی	۳۳۰
پرتلند سفید	۳۱۵		

گام سوم: تعیین نسبت اختلاط سنگدانه:

در این روش چهار ردهٔ قطر حداکثر، و برای هر رده سه نوع دانه بندی A، B و C معرفی گردیده است: قطر حداکثرهای ۹،۵، ۱۹، ۲۵ و ۳۷،۵ میلی متر.

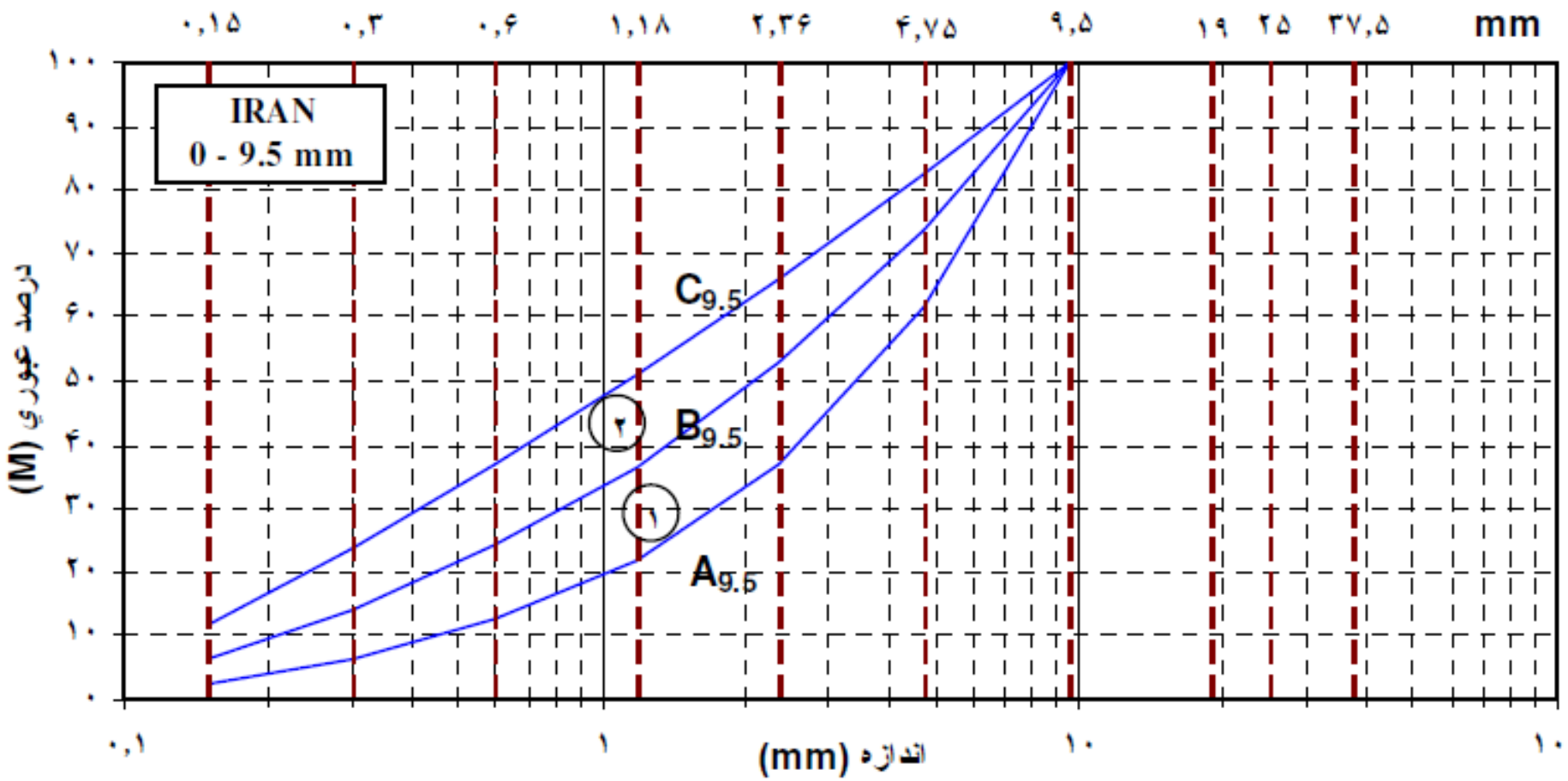
ردهٔ A: زبرترین دانه بندی مجاز ردهٔ C: نرم ترین دانه بندی مجاز

در مورد هر یک، اگر سنگدانه در محدودهٔ بین:

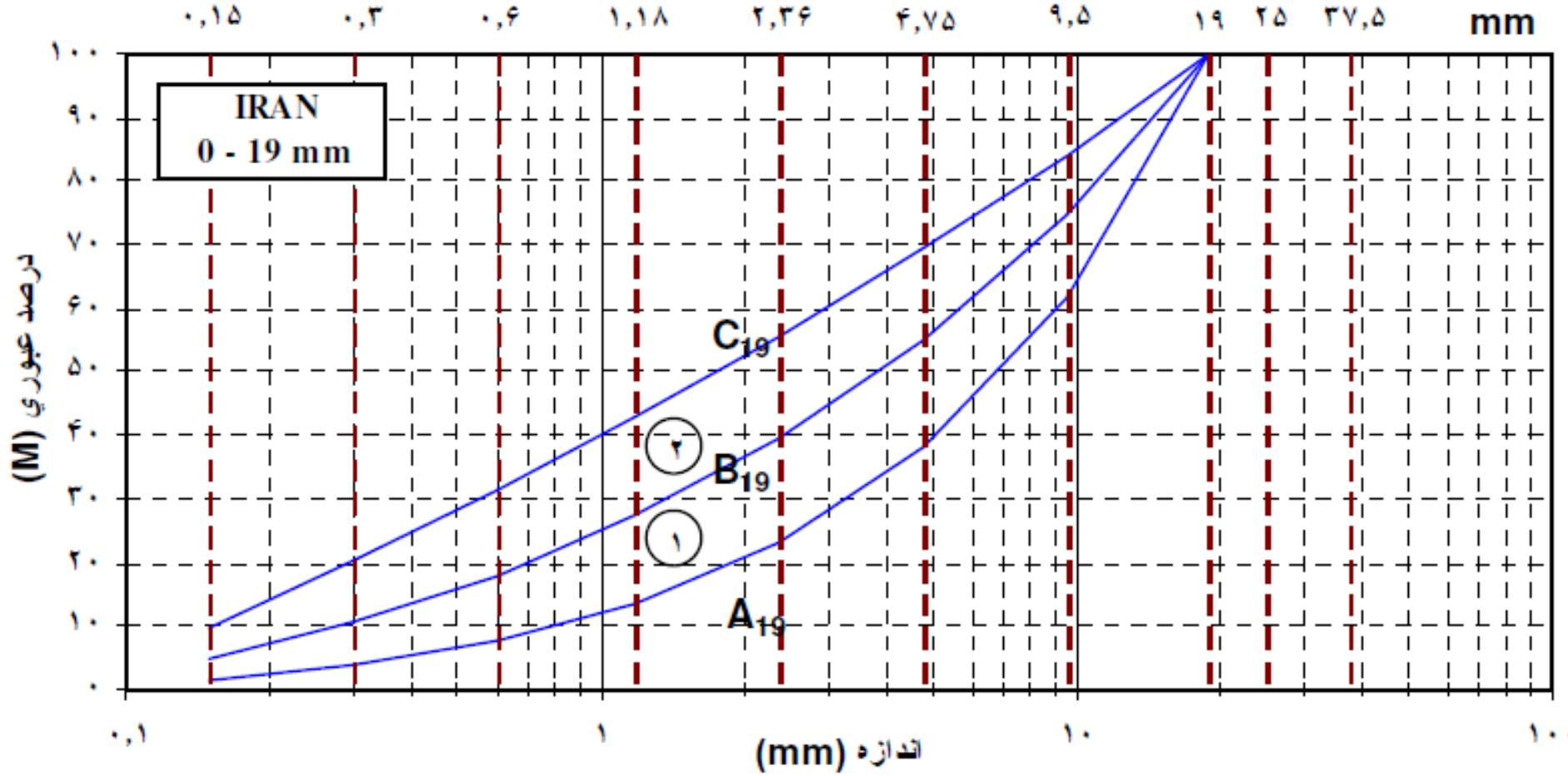
A و B باشد: مناسب برای بتن ریزی های معمول ساختمانها و نمای متوسط.

B و C باشد: مناسب برای بتن خود تراکم، کارایی بسیار مناسب و بتن با نمای بسیار مطلوب.

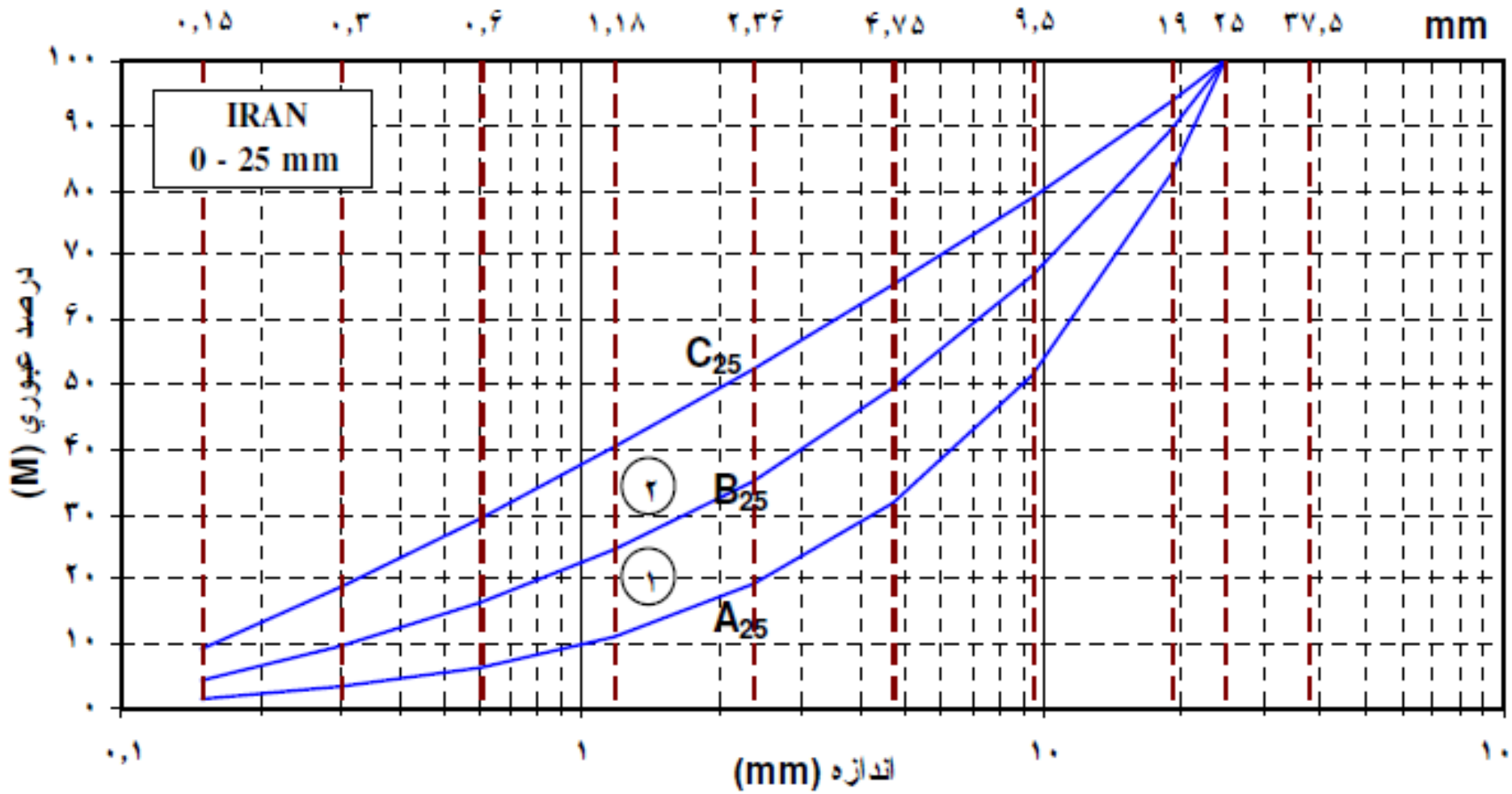
نزدیک B باشد: بتن پمپی با نمای مطلوب.



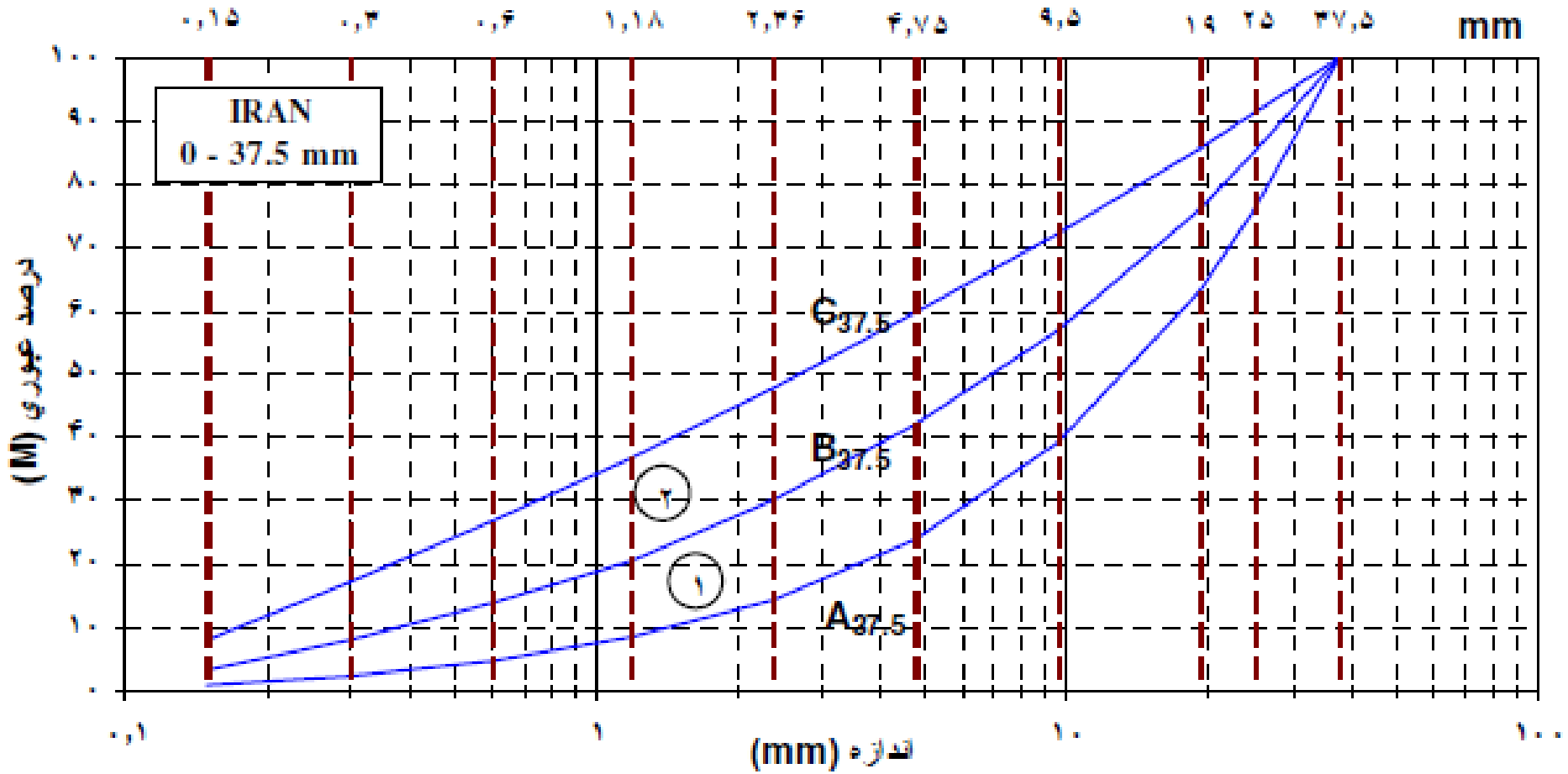
شکل ٤-٢ منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۶/۵ میلی‌متر



شکل ٤-٣ منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۱۹ میلی‌متر



شکل ٤-٤ منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۲۵ میلی‌متر



شکل ٤-٥ منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۳۷/۵ میلی‌متر

الک (م.م)	حداکثر اندازه															
	۳۷/۵ میلی متر			۲۵ میلی متر			۱۹ میلی متر			۱۲/۵ میلی متر			۹/۵ میلی متر			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
۳۷/۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۲۵	۷۵	۸۵	۹۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۱۹	۶۲	۷۶	۸۶	۸۳	۸۹	۹۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۱۲/۵	۴۷	۶۴	۷۷	۶۲	۷۵	۸۵	۷۵	۸۴	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۹/۵	۳۹	۵۷	۷۲	۵۱	۶۷	۷۹	۶۲	۷۵	۸۴	۸۳	۸۹	۹۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۶/۳۵	۲۹	۴۸	۶۵	۳۹	۵۶	۷۱	۴۷	۶۳	۷۶	۶۲	۷۵	۸۴	۷۵	۸۴	۹۰	
۴/۷۵	۲۴	۴۲	۶۰	۳۲	۴۹	۶۵	۳۸	۵۵	۷۰	۵۱	۶۶	۷۷	۶۱	۷۴	۸۳	
۲/۳۸	۱۴	۳۰	۴۸	۱۹	۳۶	۵۲	۲۳	۴۰	۵۶	۳۱	۴۷	۶۲	۳۷	۵۳	۶۶	
۱/۱۹	۹	۲۱	۳۷	۱۱	۲۵	۴۱	۱۴	۲۸	۴۳	۱۸	۳۳	۴۸	۲۲	۳۷	۵۱	
۰/۶	۵	۱۴	۲۷	۶	۱۶	۲۹	۸	۱۸	۳۱	۱۰	۲۱	۳۵	۱۲	۲۴	۳۷	
۰/۳	۲	۸	۱۷	۳	۹	۱۹	۴	۱۱	۲۰	۵	۱۳	۲۲	۶	۱۴	۲۴	
۰/۱۵	۱	۴	۸	۱	۴	۹	۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۱	۲	۶	۱۲	

انتخاب نسبت اختلاط شن و ماسه جهت نیل به نمای متوسط

الک	۳۷.۵ mm	۲۵ mm	۱۹ mm	۱۲.۵ mm	۹.۵ mm	۴.۷۵ mm	۲.۳۶ mm	۱.۱۸ mm	۰.۶ mm	۰.۳ mm	۰.۱۵ mm
A۲۵ (عبوری)	۱۰۰	۱۰۰	۸۳	۶۱	۵۲	۳۲	۲۹	۱۲	۷	۳	۱
B۲۵ (عبوری)	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۷۴	۶۷	۵۰	۳۵	۲۵	۱۶	۱۰	۴
شن	۱۰۰	۱۰۰.۰۰	۸۰.۶۰	۳۵.۰۰	۲۱.۲۰	۲.۶	۰	۰	۰	۰	۰
ماسه	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰.۰۰	۶۴.۹۰	۳۲.۳۰	۱۲.۴۰	۴.۰۰	۰.۶
شن: ماسه											
۰،۴۵ : ۰،۵۵	۱۰۰	۱۰۰	۸۹.۳۳	۶۴.۲۵	۵۶.۶۶	۴۶.۴۳	۲۹.۲۰۵	۱۴.۵۳۵	۵.۵۸	۱.۸	۰.۲۷
۰،۵ : ۰،۵	۱۰۰	۱۰۰	۹۰.۳	۶۷.۵	۶۰.۶	۵۱.۳	۳۲.۴۵	۱۶.۱۵	۶.۲	۲	۰.۳
ماندهٔ تجمعی (حالت ۰،۵:۰،۵)	۰	۰	۹.۷	۳۲.۵	۳۹.۴	۴۸.۷	۶۷.۵۵	۸۳.۸۵	۹۳.۸	۹۸	۹۹.۷

گام چهارم: تعیین آب آزاد بتن

مراحل تعیین:

۱- تعیین مدول نرمی سنگدانه ها
۲- تعیین درصد شکستگی معادل کل سنگدانه ها
۳- تعیین آب آزاد با استفاده از گراف های ۴-۶ و ۴-۷

تعیین آب آزاد بتن

۱- تعیین مدول نرمی سنگدانه ها

تعریف: مدول نرمی (ریزی) مخلوط سنگدانه بتن در روش ملی، مجموع درصدهای تجمعی مانده بر روی الک‌های ۳۷/۵، ۱۹، ۹/۵، ۴/۷۵، ۲/۳۶، ۱/۱۸، ۰/۶، ۰/۳، و ۰/۱۵میلی متر تقسیم‌بر ۱۰۰ می‌باشد.

- لازم است دقت شود که از الک ۲۵ میلی متر، ۱۲/۵، ۶/۳۵و سایر الک‌هایی که از آن ها در تعریف مدول نرمی سنگدانه نام برده نشده است، نباید در محاسبه مدول نرمی استفاده نمود، هر چند در آزمایش دانه‌بندی یا محاسبه مخلوط سنگدانه بتن از این الک‌ها نیز استفاده شده باشد.

تعیین مدول نرمی سنگدانه ها

الک	۳۷.۵ mm	۲۵ mm	۱۹ mm	۱۲.۵ mm	۹.۵ mm	۴.۷۵ mm	۲.۳۶ mm	۱.۱۸ mm	۰.۶ mm	۰.۳ mm	۰.۱۵ mm
۰،۵ : ۰،۵	۱۰۰	۱۰۰	۹۰.۳	۶۷.۵	۶۰.۶	۵۱.۳	۳۲.۴۵	۱۶.۱۵	۶.۲	۲	۰.۳
ماندهٔ تجمعی (حالت ۰،۵:۰،۵)	۰	۰	۹.۷	۳۲.۵	۳۹.۴	۴۸.۷	۶۷.۵۵	۸۳.۸۵	۹۳.۸	۹۸	۹۹.۷

$$F.M. = \frac{9.7 + 39.4 + 48.7 + 67.55 + 83.85 + 93.8 + 98 + 99.7}{100} = 5.4$$

تعیین آب آزاد بتن

$$F.M. = \frac{9.7+39.4+48.7+67.55+83.85+93.8+98+99.7}{100} = 5.4$$

۲- تعیین درصد شکستگی معادل کل سنگدانه ها

$$a_{ne} = \frac{P_G.a_{nG} + 2P_s.a_{ns}}{P_G + 2P_s}$$

a_{ne}= معادل درصد شکستگی متوسط مخلوط سنگدانه‌های بتن

a_{nG}= درصد شکستگی متوسط شن‌ها

a_{ns}= درصد شکستگی تقریبی ماسه

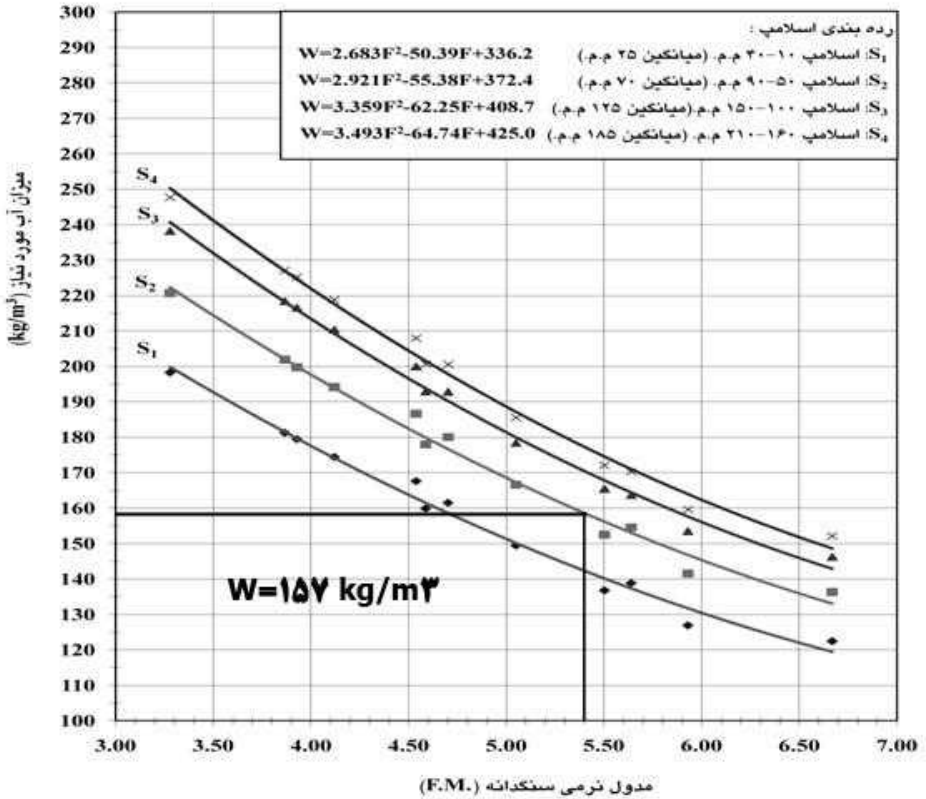
P_G= مجموع سهم شن‌ها

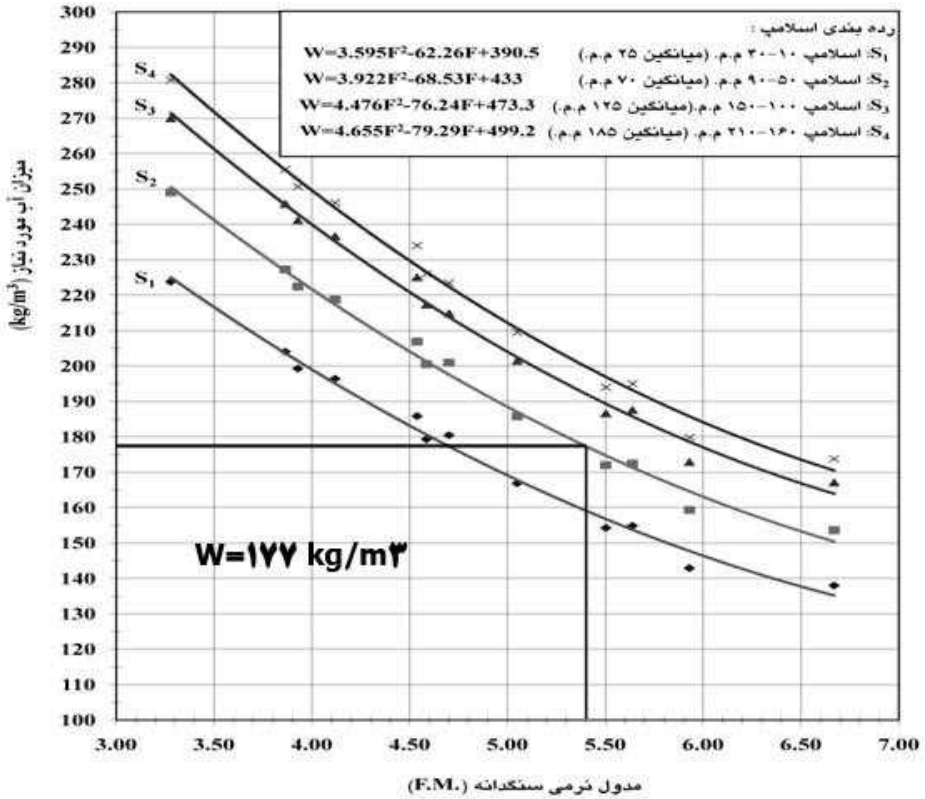
P_s= سهم ماسه

$$a_{ne} = \frac{0.5\times 40 + 2\times 0.5\times 10}{0.5 + 2\times 0.5} = 20.0$$

تعیین آب آزاد بتن

۳- تعیین آب آزاد با استفاده از گراف های ۴-۶ و ۴-۷





$$W_f = 157 + \frac{20}{100} \times (177 - 157) = 161 \, kg/m^3$$

گام پنجم: تعیین عیار سیمان

$$C = \frac{W_f}{\frac{W}{C}} = \frac{161}{0.439} = 367 \, kg/m^3$$

گام ششم: اصلاح میزان آب آزاد و عیار سیمان

این گراف ها برای عیار سیمان ۳۵۰kg/m^3 تنظیم گردیده اند. از آنجا که عیار سیمان بزرگتر از ۳۵۰ می باشد، بازای هر ۱۰ واحد عیار سیمان بیشتر از ۳۵۰، ۱.۵ واحد به آب آزاد افزوده می گردد.

$$W = W_f + \frac{(C - 350)}{10} \times 1.5 = 161 + \frac{367 - 350}{10} \times 1.5 = 163.5 \, kg/m^3$$

عیار سیمان نیز به تبع باید اصلاح شود (یک بار)

$$C = \frac{W_f}{\frac{W}{C}} = \frac{163.5}{0.439} = 373 \, kg/m^3$$

گام هفتم: تعیین مقدار سنگدانه در بتن

$$A_{SSD} = \rho_{A_{SSD}} \times (1 - \frac{C}{\rho_c} - \frac{W_f}{\rho_w} - \frac{D}{\rho_D} - V_a)$$

$$= 2533 \times (1 - \frac{373}{3140} - \frac{163.5}{1000} - 0.01) = 1816 \, {kg}/{m^3}$$

- A_{SSD} = جرم کل سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک بر حسب kg/m^3
- c = جرم سیمان بر حسب kg/m^3
- w_f= جرم آب آزاد بر حسب kg/m^3
- D = جرم مواد جایگزین سیمان بر حسب kg/m^3
- V_a = حجم هوای موجود دربتن (عمدی و ناخواسته) بر حسب m^3
- $\rho_{A^{SSD}}$ = وزن مخصوص متوسط سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک بر حسب kg/m^3
- ρ_c = جرم مخصوص سیمان بر حسب kg/m^3
- ρ_w = جرم مخصوص آب بر حسب kg/m^3 که معادل ۱ منظور می‌شود
- ρ_D = جرم مخصوص افزودنی معدنی بر حسب kg/m^3

درصد هوای غیر عمدی بتن

حداکثر اندازه سنگدانه (mm)	۹/۵	۱۲/۵	۱۹	۲۵	۳۸
درصد هوای ناخواسته	۳-۱/۵	۲/۵-۱/۲۵	۲-۱	۱/۷۵-۱/۵	۱-۰/۵

گام هشتم: تعیین میزان شن و ماسه

$$FA_{SSD} = A_{SSD} \times \frac{FA}{A} = 1816 \times 0.5 = 908 \, {kg}/{m^3}$$

$$CA_{SSD} = A_{SSD} \times \frac{CA}{A} = 1816 \times 0.5 = 908 \, {kg}/{m^3}$$

گام نهم: تعیین مقادیر قابل توزین شن و ماسه

$$FA_{natural} = FA_{SSD} \times \frac{(1+\omega_{natural})}{1+w_{SSD}} = 908 \times \frac{1+0.0077}{1+0.0664} = 858 \, {kg}/{m^3}$$

$$CA_{natural} = CA_{SSD} \times \frac{(1+\omega_{natural})}{1+w_{SSD}} = 908 \times \frac{1+0.0049}{1+0.018} = 896 \, {kg}/{m^3}$$

گام دهم: تعیین آب کل بتن

$$W_{total} = W_{free} + 0.6 \times \{(FA_{SSD} - FA_{natural}) + (CA_{SSD} - CA_{natural})\}$$

$$= 163.5 + 0.6 \times \{(908 - 858) + (908 - 896.2)\} = 199 \, {kg}/{m^3}$$

نتایج طرح اختلاط

در هر متر مکعب

آب (kg/m^3)	۱۹۹
سیمان (kg/m^3)	۳۷۳
شن (kg/m^3)	۸۹۶
ماسه (kg/m^3)	۸۵۸

حجم بتن لازم

$$V = 1.25 \times (4 \times \frac{\pi \times D^2}{4} \times l + 2 \times a^3) = 1.25 \times (4 \times \frac{\pi \times 15^2}{4} \times 30 + 2 \times 15^3) \cong 35 liters$$

در ۳۵ لیتر

آب (kg)	۶/۹۸
سیمان (kg)	۱۳/۰۴
شن (kg)	۳۱/۴
ماسه (kg)	۳۰

آزمایش های مربوط به بتن سخت شده

۱- وزن مخصوص

۲- مقاومت فشاری

۳- مقاومت خمشی

۴- مقاومت کششی (الف- مستقیم، ب- دو نیم شدگی)

۵- آزمایش های مربوط به دوام

مقاومت فشاری

- نوع نمونه های متداول
- استاندارد انجام آزمایش

تاثیر شرایط انجام آزمایش بر نتایج

۱- شکل (هندسه) نمونه

۲- اندازه نمونه

۳- نسبت طول به قطر نمونه

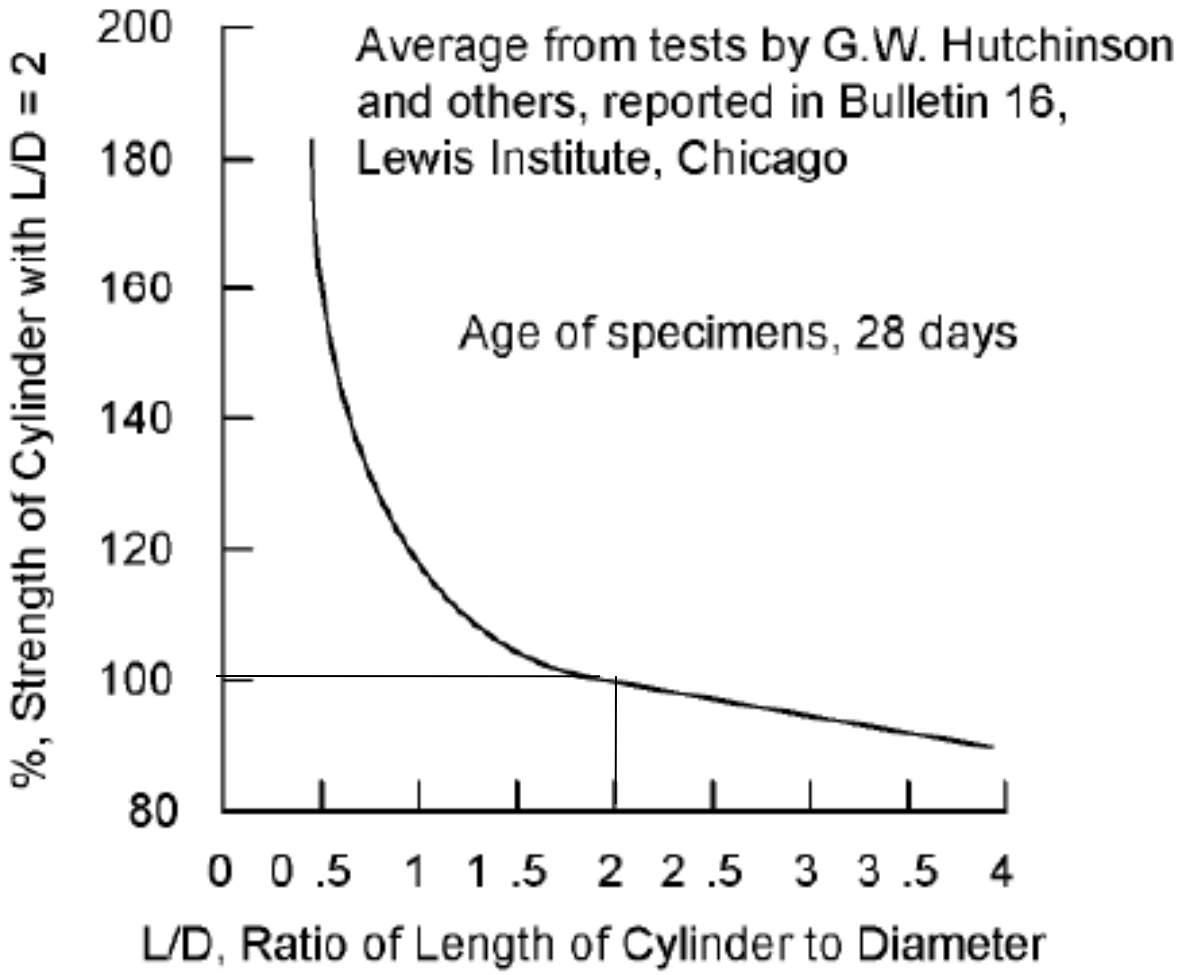
۴- رطوبت نمونه

۵- شرایط عمل آوری نمونه

۶- دمای نمونه

۷- سرعت بارگذاری

تاثیر ابعاد نمونه بر مقاومت



تاثیر شکل نمونه بر مقاومت فشاری آن

	مقاومت فشاری نمونه استوانه ای	مقاومت فشاری نمونه مکعبی
	N/mm^2	N/mm^2
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

آماده سازی نمونه های استوانه ای

- کلاهک گذاری (با استفاده از مخلوط ماسه-گوگرد مذاب)

مقاومت کششی

- نوع نمونه های متداول
- استاندارد انجام آزمایش

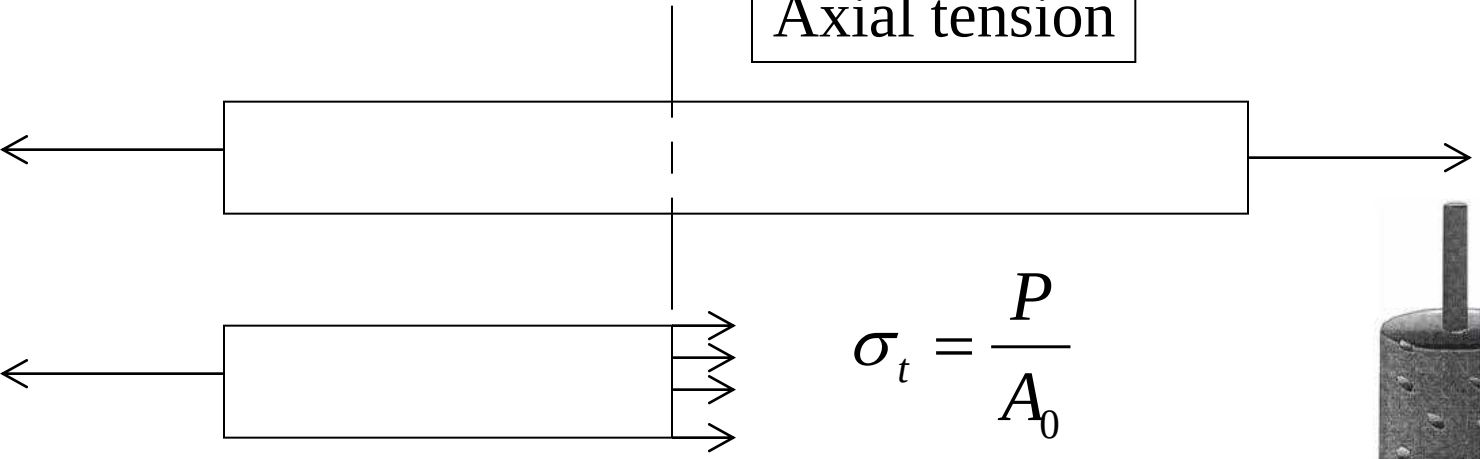
- انواع آزمایش

۱- مقاومت کششی مستقیم

۲- مقاومت کششی دو نیم شدگی (روش برزیلی)

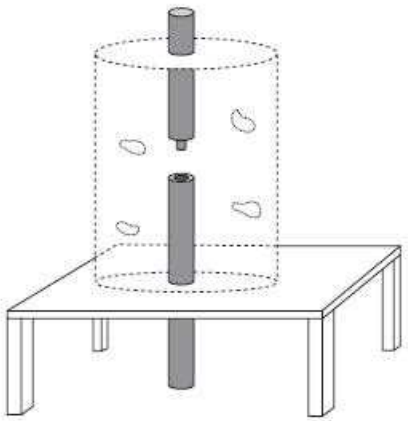
مقاومت کششی مستقیم

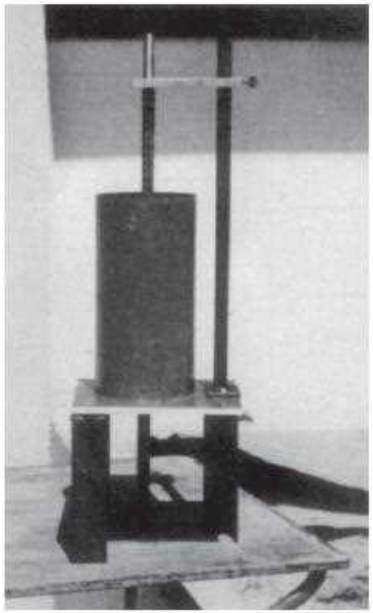
Axial tension



$$\sigma_t = \frac{P}{A_0}$$

Figure 42
Sketch of a tension specimen ready for testing.





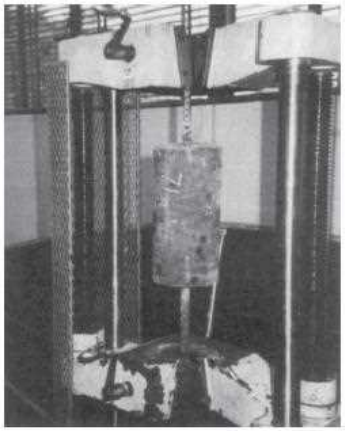
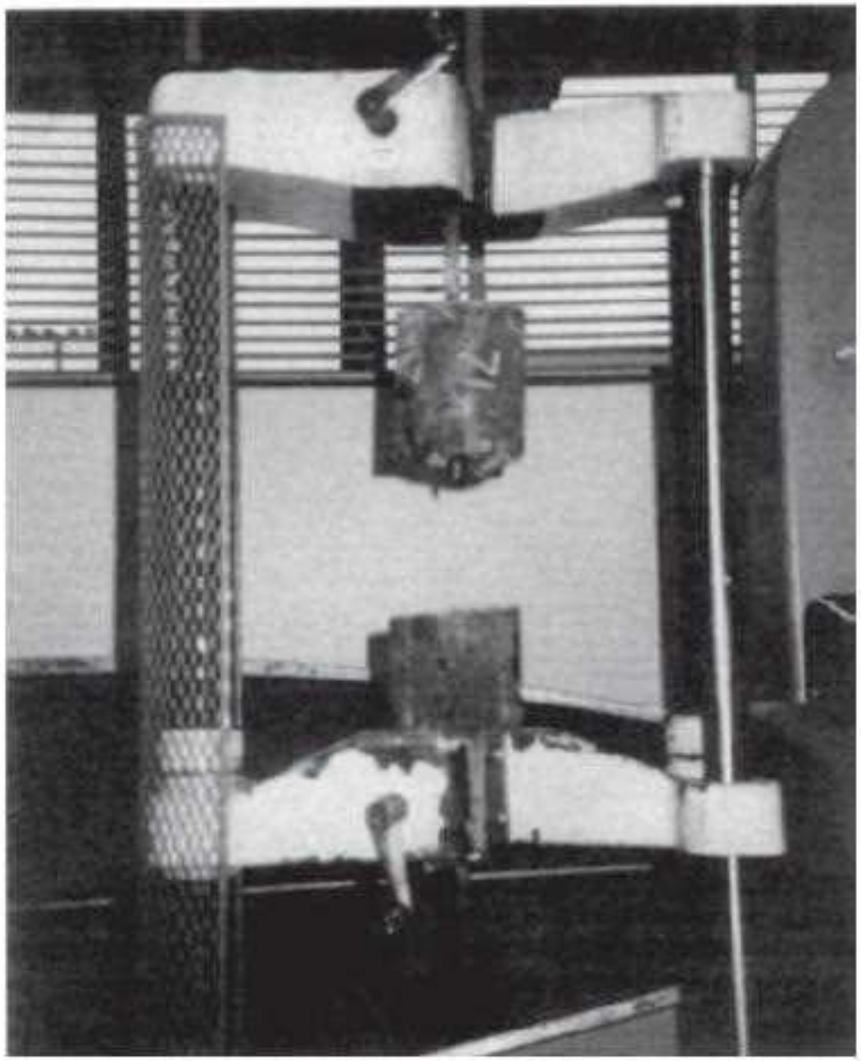


Figure 43
Cylindrical tension specimen in the testing machine.



مقاومت کششی دو نیم شدگی (روش برزیلی)

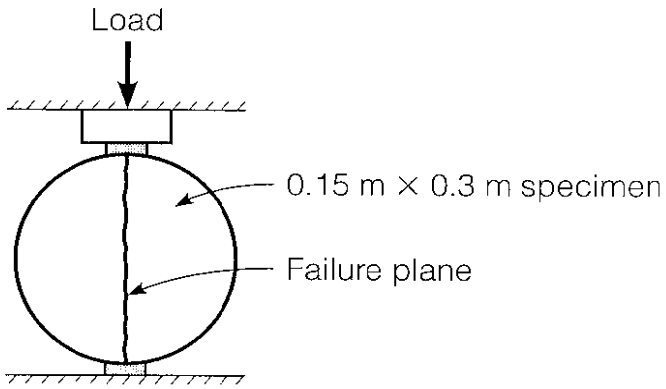


FIGURE 7.12 Split-tension test apparatus.

$$\sigma_{st} = \frac{2P}{\pi D l}$$

Splitting Tensile Strength

مقاومت خمشی

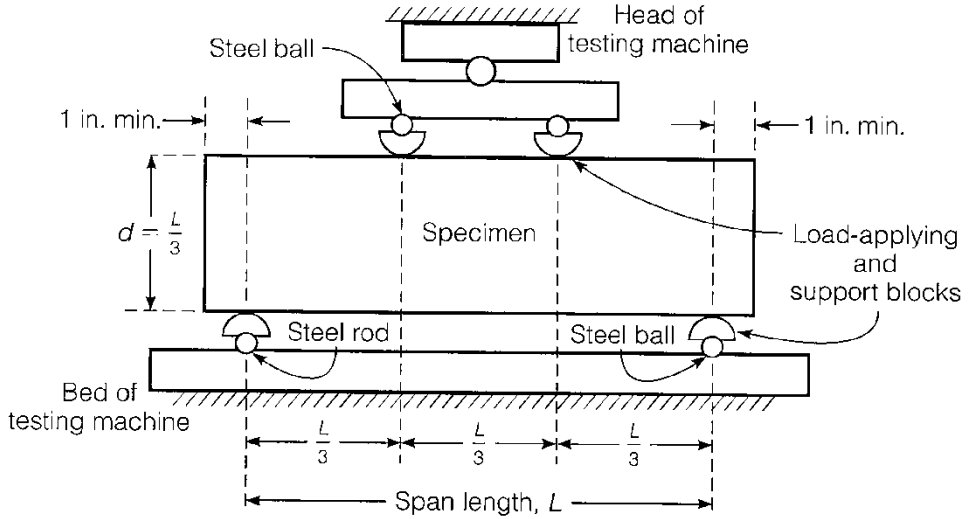
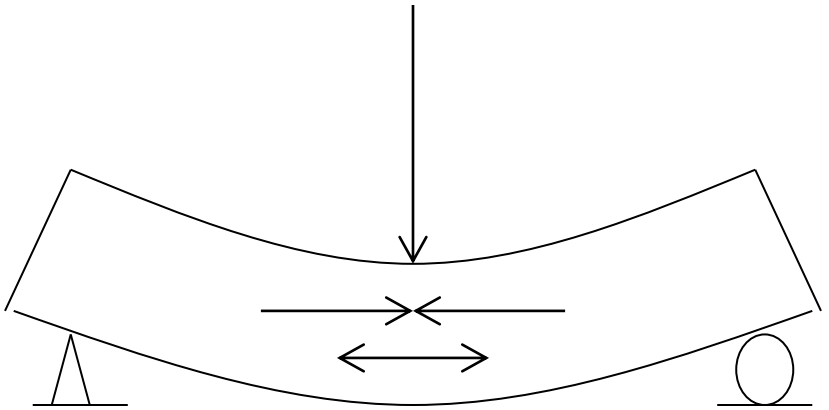
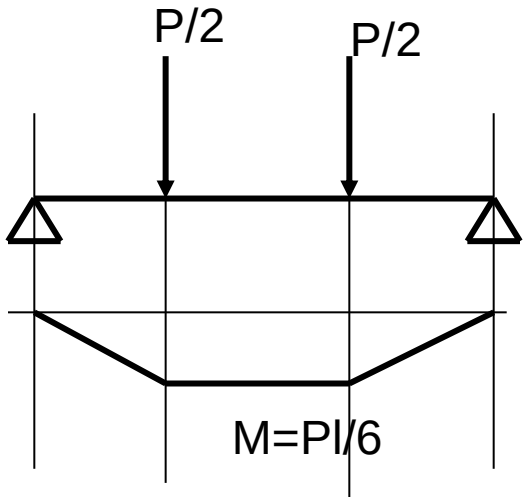


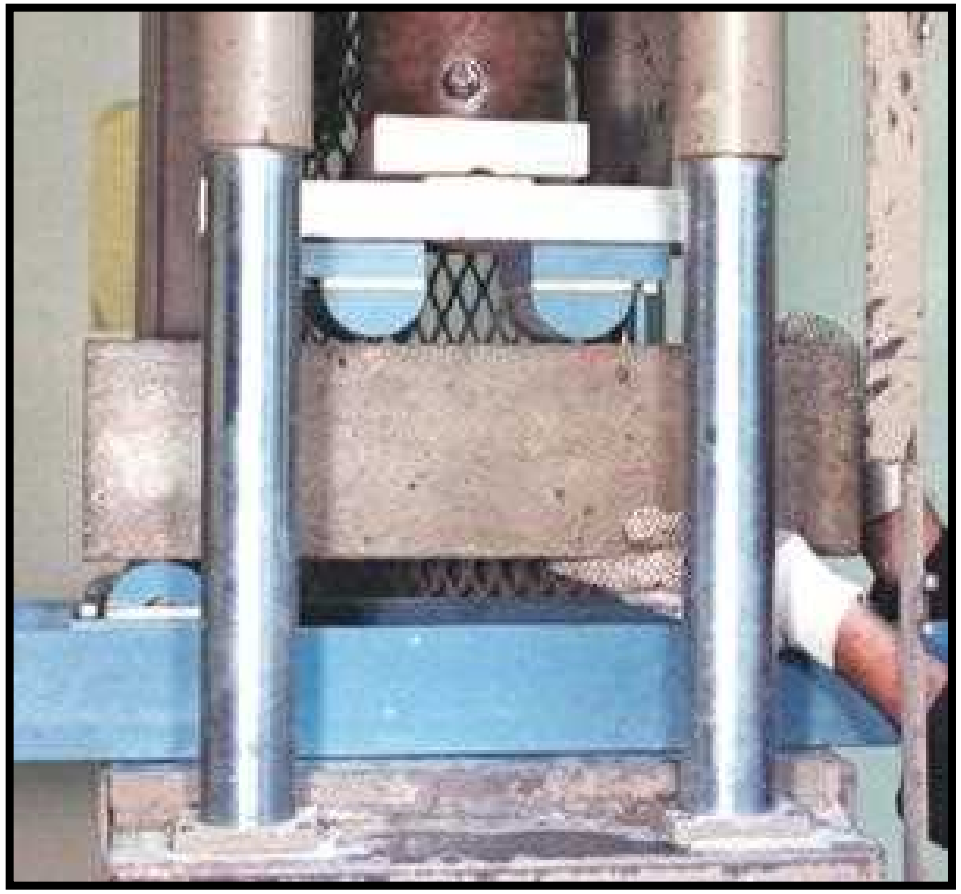
FIGURE 7.13 Apparatus for flexure test of concrete by third-point loading method. Copyright ASTM. Reprinted with permission.

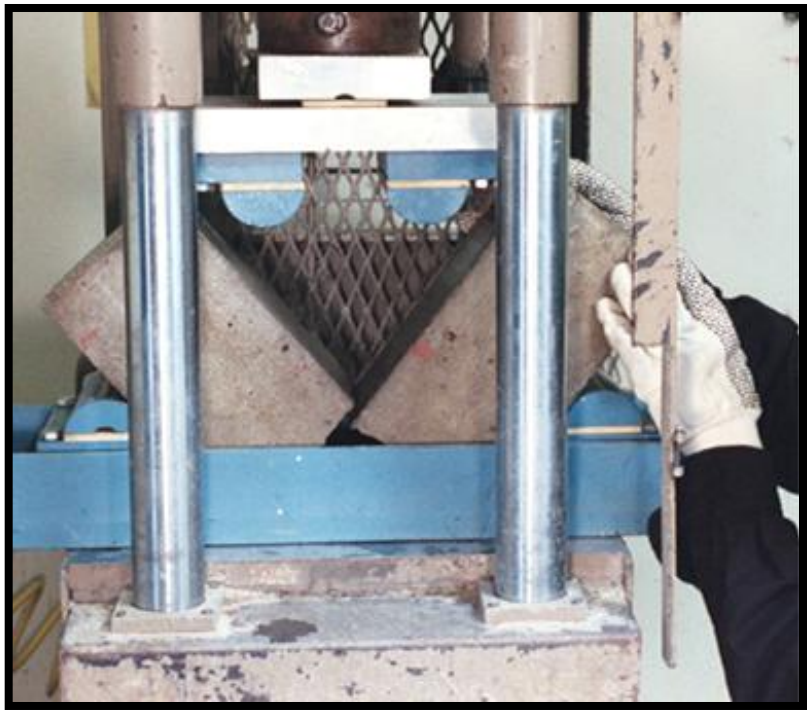




$$\sigma = \frac{My}{I}$$

$$\sigma = \frac{(Pl/6)\ (d/2)}{bd^3/12} = \frac{Pl}{bd^2}$$





خلاصه مراحل انجام آزمایش:

۱- خارج نمودن نمونه ها از حوضچه

۲- خشک نمودن رطوبت سطحی نمونه ها

۳- توزین نمونه ها

۴- تعیین سطح بارگیر نمونه های فشاری مکعبی

خلاصه مراحل انجام آزمایش:

۵- تعیین ابعاد نمونه ها توسط کولیس و خط کش

۶- کلاهک گذاری نمونه های استوانه ای فشاری

۷- قراردهی نمونه های استوانه ای کششی داخل قالب

۸- آزمایش نمونه ها توسط جک هیدرولیکی و تکمیل فرم