

طرح اختلاط بتن پر مقاومت

طرح اختلاط بتن پر مقاومت تحت تأثیر مشخصات سیمان، سنگدانه و نسبت آب به سیمان قرار دارد و مقاومت آن بیشتر از ۴۰ مگا پاسکال است.

برای به دست آوردن مقاومت بالا، استفاده از حداقل نسبت آب به سیمان ضروری است. این کار کارایی اختلاط را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در نتیجه نیاز به استفاده از روش‌های ویریهی خاص برای تراکم مناسب احساس می‌شود.

گراف‌های تجربی Erntroy و Shacklock

ارنتروی و شکلاک گراف‌های تجربی را پیشنهاد دادند که مقاومت فشاری را به یک عدد مرجع برای بتن ساخته‌شده با گرانیت شکسته، سنگدانه‌ی درشت و شن نامنظم مرتبط می‌کند.

این گراف‌ها در شکل ۱ و ۲ برای مخلوط‌هایی با سیمان پرتلند معمولی و در شکل‌های ۳ و ۴ برای سیمان پرتلند زودگیر نشان داده شده‌اند.

رابطه‌ی بین نسبت آب به سیمان و عدد مرجع برای حداکثر اندازه‌ی سنگدانه‌ی ۲۰ و ۱۰ میلی‌متر در شکل ۵ نشان داده شده است که در آن پنج درجه‌ی مختلف کارایی در نظر گرفته شده است. بازه‌ی درجات کارایی از خیلی پایین تا بالا، به ترتیب با مقادیر ضریب تراکم ۰٫۶۵ تا ۰٫۹۵ متناظر هستند.

رابطه‌ی بین نسبت‌های سنگدانه به سیمان و آب به سیمان، برای به دست آوردن درجه‌ی کارایی مطلوب که متناسب با نوع و حداکثر اندازه‌ی سنگدانه‌ی هستند در جدول ۱ و ۲ برای دو نوع سیمان تحت بررسی قرار گرفته است. محدودیت این جداول این است که از سنگدانه‌هایی به دست آمده‌اند که ۳۰ درصد آن‌ها از الک استاندارد ۴٫۷۵ میلی‌متر عبور کرده‌اند؛ بنابراین اگر از مواد و مصالح دیگری استفاده شود باید تعدیل‌های مناسبی لحاظ گردد. سنگدانه‌های موجود در کارگاه ممکن است به روش گرافیکی با هم مخلوط شوند تا شرایط فوق را داشته باشند. اگر تغییرات قابل ملاحظه‌ای در مشخصات سنگدانه‌ها وجود داشته باشد، معمولاً پیشنهاد می‌شود که مخلوط‌های آزمایشی تهیه شوند و سپس تعدیل‌های مناسبی در دانه‌بندی و نسبت‌های اختلاط لحاظ گردد تا نتایج مطلوب به دست آید.

جدول ۱: نسبت سنگدانه به سیمان (وزنی) مورد نیاز برای به دست آوردن چهار درجه‌ی کارایی با نسبت‌های آب به سیمان مختلف با

استفاده از سیمان پرتلند معمولی

Type of coarse aggregate ^a	Irregular gravel								Crushed granite								
	20 mm				10 mm				20 mm				10mm				
	EL	VL	L	M	EL	VL	L	M	EL	VL	L	M	EL	VL	L	M	
Maximum size of aggregate																	
Degree of workability ^{**}																	
Water / cement ratio by weight	0.30	3.0	-	-	-	2.4	-	-	-	3.3	-	-	-	2.9	-	-	-
	0.32	3.8	2.5	-	-	3.2	-	-	-	4.0	2.6	-	-	3.6	2.3	-	-
	0.34	4.5	3.0	2.5	-	3.9	2.6	-	-	4.6	3.2	2.6	-	4.2	2.8	2.3	-
	0.36	5.2	3.5	3.0	2.5	4.6	3.1	2.6	-	5.2	3.6	3.1	2.6	4.7	3.2	2.7	2.3
	0.38	-	4.0	3.4	2.9	5.2	3.5	3.0	2.5	-	4.1	3.5	2.9	5.2	3.6	3.0	2.6
	0.40	-	4.4	3.8	3.2	-	3.9	3.3	2.7	-	4.5	3.8	3.2	-	4.0	3.3	2.9
	0.42	-	4.9	4.1	3.5	-	4.3	3.6	3.0	-	4.9	4.2	3.5	-	4.4	3.6	3.1
	0.44	-	5.3	4.5	3.8	-	4.7	3.9	3.3	-	5.3	4.5	3.7	-	4.8	3.9	3.3
	0.46	-	-	4.8	4.0	-	5.1	4.2	3.6	-	-	4.8	4.0	-	5.1	4.2	3.6
	0.48	-	-	5.2	4.4	-	5.4	4.5	3.8	-	-	5.1	4.2	-	5.5	4.5	3.8
	0.50	-	-	5.5	4.7	-	-	4.8	4.0	-	-	5.4	4.5	-	-	4.7	4.0

^aNatural sand used in combination with both types of coarse aggregate
^{**}EL = extremely low
 VL = very low
 L = low
 M = medium

TheConstructor.Org

جدول ۲: نسبت سنگدانه به سیمان (وزنی) مورد نیاز برای به دست آمدن چهار درجه‌ی کارایی با نسبت‌های آب به سیمان مختلف با

استفاده از سیمان زودگیر

Type of coarse aggregate*	Irregular gravel								Crushed granite								
	20 mm				10 mm				20 mm				10 mm				
Maximum size of aggregate	EL	VL	L	M	EL	VL	L	M	EL	VL	L	M	EL	VL	L	M	
Degree of workability**																	
Water / cement ratio by weight	0.30	3.0	-	-	-	2.4	-	-	-	3.3	-	-	-	2.9	-	-	-
	0.32	3.8	2.5	-	-	3.2	-	-	-	4.0	2.6	-	-	3.6	2.3	-	-
	0.34	4.5	3.0	2.5	-	3.9	2.6	-	-	4.6	3.2	2.6	-	4.2	2.8	2.3	-
	0.36	5.2	3.5	3.0	2.5	4.6	3.1	2.6	-	5.2	3.6	3.1	2.6	4.7	3.2	2.7	2.3
	0.38	-	4.0	3.4	2.9	5.2	3.5	3.0	2.5	-	4.1	3.5	2.9	5.2	3.6	3.0	2.6
	0.40	-	4.4	3.8	3.2	-	3.9	3.3	2.7	-	4.5	3.8	3.2	-	4.0	3.3	2.9
	0.42	-	4.9	4.1	3.5	-	4.3	3.6	3.0	-	4.9	4.2	3.5	-	4.4	3.6	3.1
	0.44	-	5.3	4.5	3.8	-	4.7	3.9	3.3	-	5.3	4.5	3.7	-	4.8	3.9	3.3
	0.46	-	-	4.8	4.0	-	5.1	4.2	3.6	-	-	4.8	4.0	-	5.1	4.2	3.6
	0.48	-	-	5.2	4.4	-	5.4	4.5	3.8	-	-	5.1	4.2	-	5.5	4.5	3.8
	0.50	-	-	5.5	4.7	-	-	4.8	4.0	-	-	5.4	4.5	-	-	4.7	4.0

*Natural sand used in combination with both types of coarse aggregate

**EL = extremely low

VL = very low

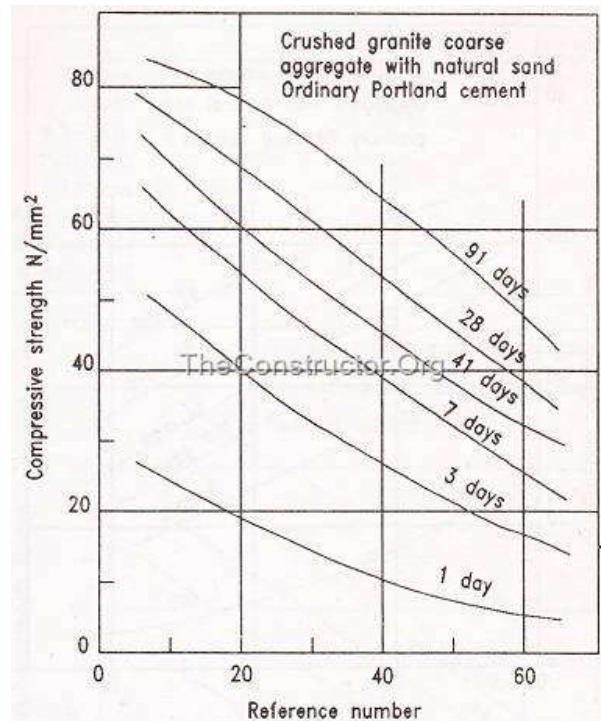
L = low

M = medium

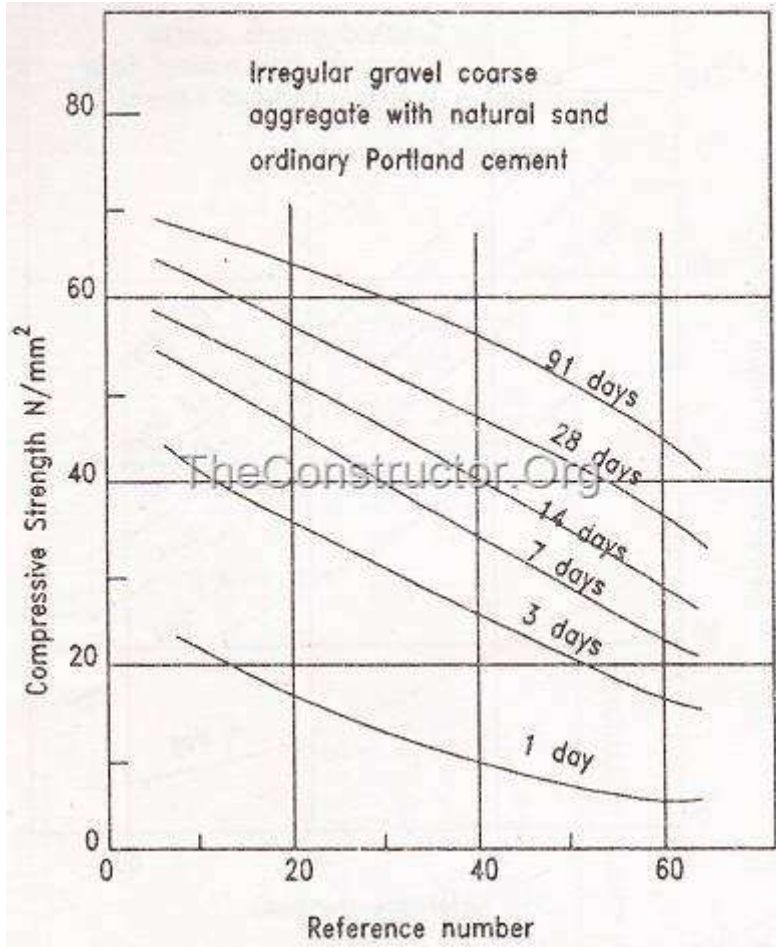
TheConstructor.Org

طرح اختلاط بتن پر مقاومت - فرآیند

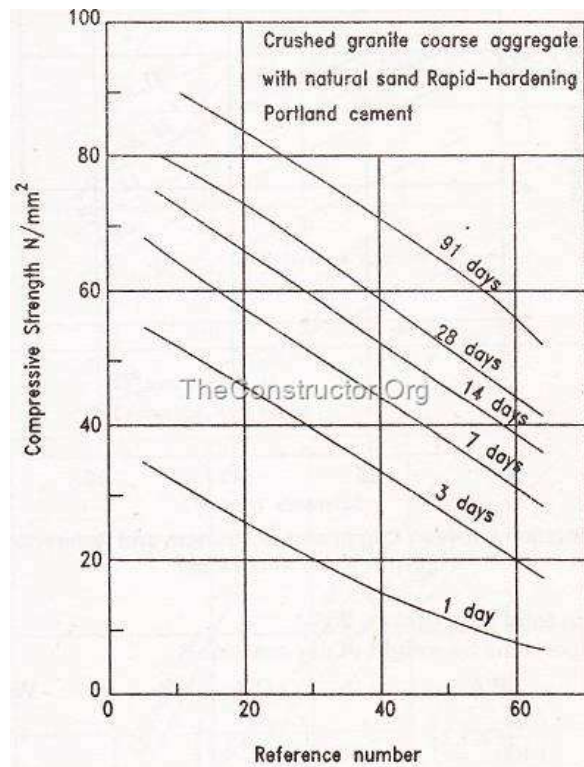
۱. مقاومت طراحی متوسط با اعمال ضرایب کنترلی مناسب به حداقل مقاومت مشخص شده تعیین می‌شود.
۲. برای یک نوع سیمان خاص و سنگدانه، عدد مبنای متناظر با مقاومت طراحی در سن مشخص به واسطه درون‌یابی از شکل‌های ۱ تا ۴ به دست می‌آید.
۳. نسبت آب به سیمان برای به دست آوردن کارایی مورد نیاز و متناظر با عدد مبنای به دست آمده از شکل ۵ برای سنگدانه‌هایی با حداکثر اندازه ۲۰ و ۱۰ میلی‌متر، به دست می‌آید.
۴. نسبت سنگدانه به سیمان برای کارایی مطلوب با نسبت آب به سیمان معلوم با روش حجم مطلق به دست می‌آید.



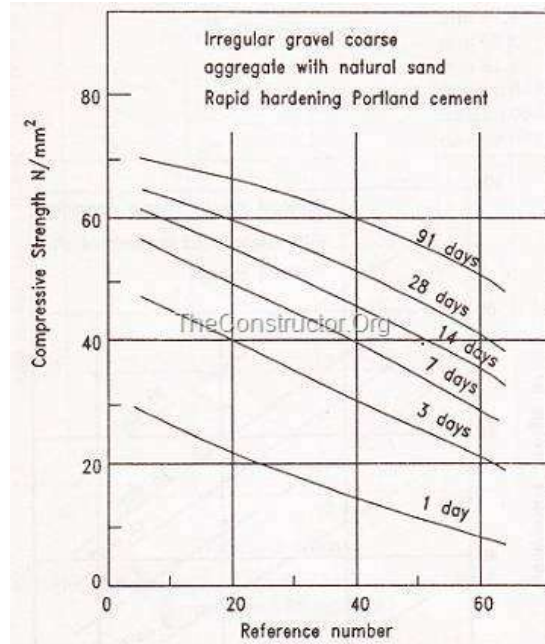
شکل ۱. رابطه‌ی بین مقاومت فشاری و عدد مبنای (ارنتروی و شکلاک)



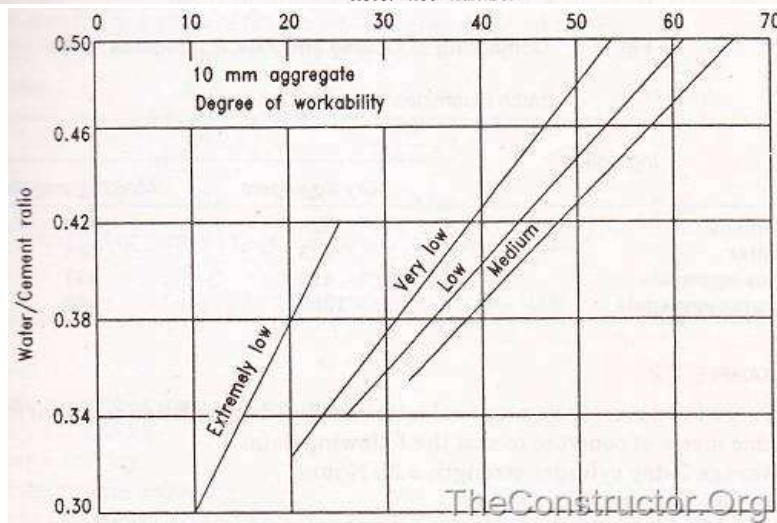
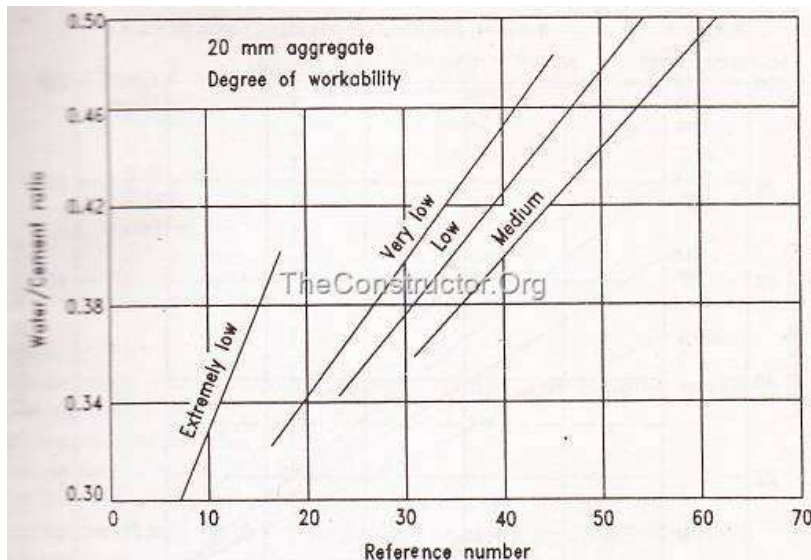
شکل ۲. رابطه‌ی بین مقاومت فشاری و عدد مینا (ارنتروی و شکلاک)



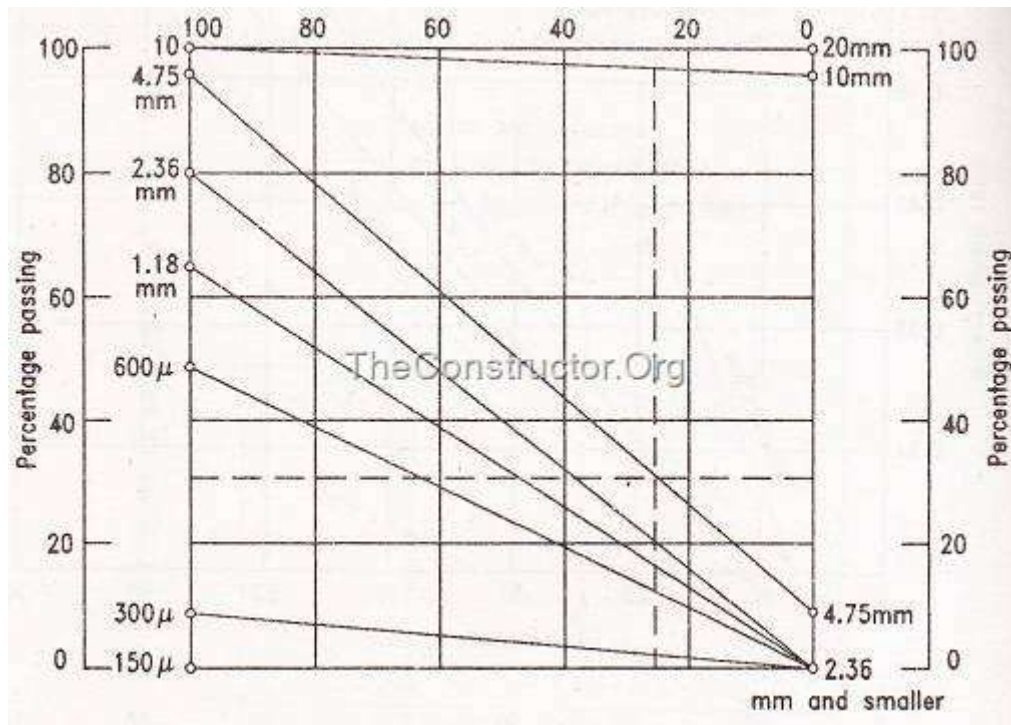
شکل ۳. رابطه‌ی بین مقاومت فشاری و عدد مینا (ارنتروی و شکلاک)



شکل ۴. رابطه‌ی بین مقاومت فشاری و عدد مبنا (ارنتروی و شکلاک)



شکل ۵. رابطه‌ی بین نسبت آب به سیمان و عدد مبنا



شکل ۶. ترکیب سنگدانه‌های نرم و درشت

جدول ۳. مقادیر برای یک مترمکعب بتن

TheConstructor.Org Ingredient	kg	
	Dry aggregate	Moist aggregate
Cement	520	520
Water	182	148
Fine aggregate	416	437
Coarse aggregate	1250	1263

مثال

یک بتن پر مقاومت برای ساخت المان بتنی پیش‌ساخته‌ی پیش‌تنیده طراحی کنید که مشخصات زیر را داشته باشد:

مقاومت مکعبی ۲۸ روزه = ۵۰ مگا پاسکال

درجه‌ی کنترل خیلی خوب، ضریب کنترل = ۰.۸۰

درجه‌ی کارایی = خیلی پایین

نوع سیمان = سیمان پرتلند معمولی

نوع سنگدانه‌ی درشت = گرانیت شکسته (گوشه‌دار) با حداکثر اندازه‌ی ۱۰ میلی‌متر

نوع سنگدانه‌ی ریز = ماسه‌ی طبیعی

جرم مخصوص ماسه = ۲,۶۰

جرم مخصوص سیمان = ۳,۱۵

جرم مخصوص سنگدانه‌های درشت = ۲,۵۰

سنگدانه‌های ریز و درشت به ترتیب ۵ و ۱ درصد رطوبت داشته و مشخصات دانه‌بندی آن‌ها به شرح زیر است:

درصد عبوری		اندازه‌ی الک استاندارد
سنگدانه‌ی ریز	سنگدانه‌ی درشت	
-	۱۰۰	۲۰ میلی‌متر
۱۰۰	۹۶	۱۰ میلی‌متر
۹۸	۸	۴,۷۵ میلی‌متر
۸۰	-	۲,۳۶ میلی‌متر
۶۵	-	۱,۱۸ میلی‌متر
۵۰	-	۶۰۰ میکرون
۱۰	-	۳۰۰ میکرون
۰	-	۱۵۰ میکرون

طراح اختلاط بتن

مقاومت متوسط = $۰,۸۰ / ۰,۵۰ = ۶۳$ مگا پاسکال

عدد مبنا (شکل ۱) = ۲۵

نسبت آب به سیمان (شکل ۵) = ۰,۳۵

برای حداکثر اندازه‌ی سنگدانه‌ی ۱۰ میلی‌متر و کارایی خیلی پایین، نسبت سنگدانه به سیمان برای کارایی مطلوب از جدول

$$۳,۲ = ۱$$

سنگدانه‌ها به روش گرافیکی که در شکل ۶ نشان داده شده است با هم مخلوط شده‌اند به گونه‌ای که ۳۰ درصد از مصالح از الک استاندارد ۴,۷۵ میلی‌متر عبور می‌کنند.

نسبت سنگدانه‌ی ریز به کل = ۲۵٪

نسبت‌های وزنی مورد نیاز مصالح:

سیمان - ۱

سنگدانه‌ی ریز - $0.8 = [(25/100)*3.2]$

سنگدانه‌ی درشت - $2.4 = [(75/100)*3.2]$

آب = ۰,۳۵

اگر C را وزن سیمان مورد نیاز برای یک مترمکعب بتن در نظر بگیریم، آنگاه:

$$\left[\frac{C}{3.15} + \frac{0.8C}{2.6} + \frac{2.4C}{2.5} + \frac{0.35C}{1} \right] = 1000$$

$$C = 520kg$$

مترجم: علی اکبر خلیلی

منبع:

<https://theconstructor.org/concrete/prestressed/mix-design-of-high-strength-concrete/۳۳۳۳>