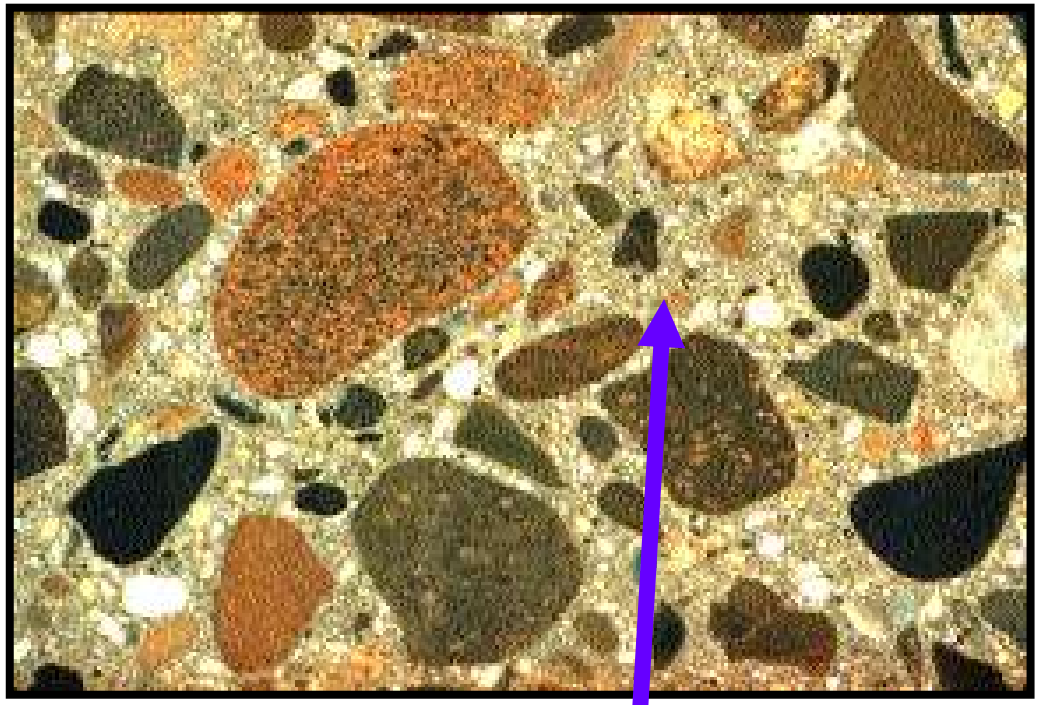
بسم الله الرحمن الرحيم

هیدراسیون سیمان

آب

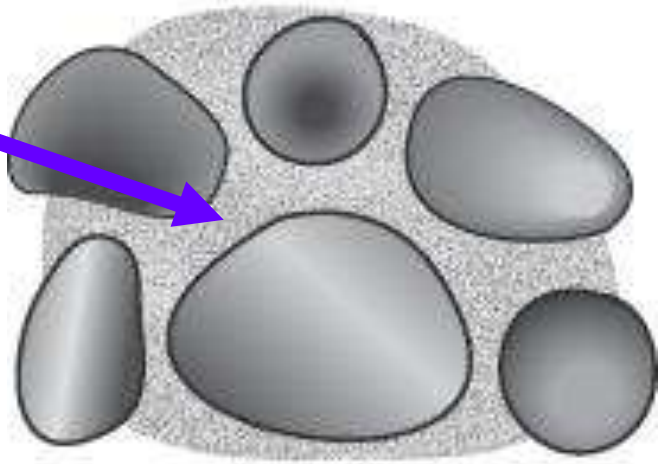
= بتن

Concrete

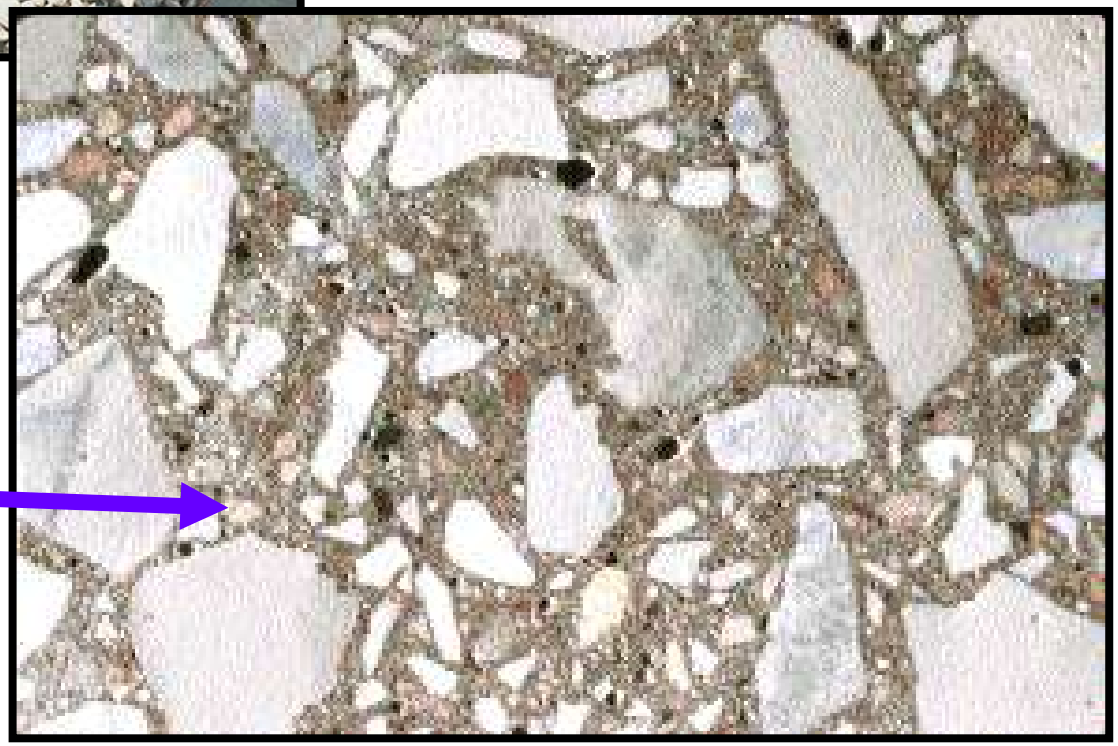


ـاحاطه شدن دانه هاي سنگي
توسط خمير سيمان

Dispersion of Aggregates



Range of
Particle Sizes



-اندازه هاي متنوع
دانه هاي سنگي

مصالح بتن

سیمان‌های پرتلند پنج گانه

سیمان‌های ویژه.

سیمان‌های پرتلند پنج گانه

کلینکر،

مشخصات شیمایی الزامی سیمان های پرتلند

CaO، SiO_2، Al_2O_3 و Fe_2O_3

$3CaO.SiO_2 (C_3S)$

$2CaO.SiO_2 (C_2S)$

$3CaO.Al_2O_3 (C_3A)$

$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3 (C_4AF)$

۱) سیمان پرتلند نوع یک (I)، یا سیمان پرتلند معمولی، که با نماد «پ-۱» نشان داده می‌شود.
سیمان پرتلند نوع یک، خود به سه نوع «۳۲۵-۱»، «۴۲۵-۱» و «۵۲۵-۱» تقسیم می‌شود.

۲) سیمان پرتلند نوع دو (II)، یا سیمان پرتلند اصلاح شده، که با نماد «پ-۲» نشان داده می‌شود.

۳) سیمان پرتلند نوع سه (III)، یا سیمان زود سخت شونده، که با نماد «پ-۳» نشان داده می‌شود.

۴) سیمان پرتلند نوع چهار (IV)، یا سیمان با حرارت زایی کم، که با نماد «پ-۴» نشان داده می‌شود.

۵) سیمان پرتلند نوع پنج (V)، یا سیمان مقاوم در برابر سولفات، که با نماد «پ-۵» نشان داده می‌شود.

سیمان‌های پرتلند را به صورت کیسه‌ای بسته‌بندی و مصرف کرده و یا به صورت فله‌ای مصرف می‌کنند.

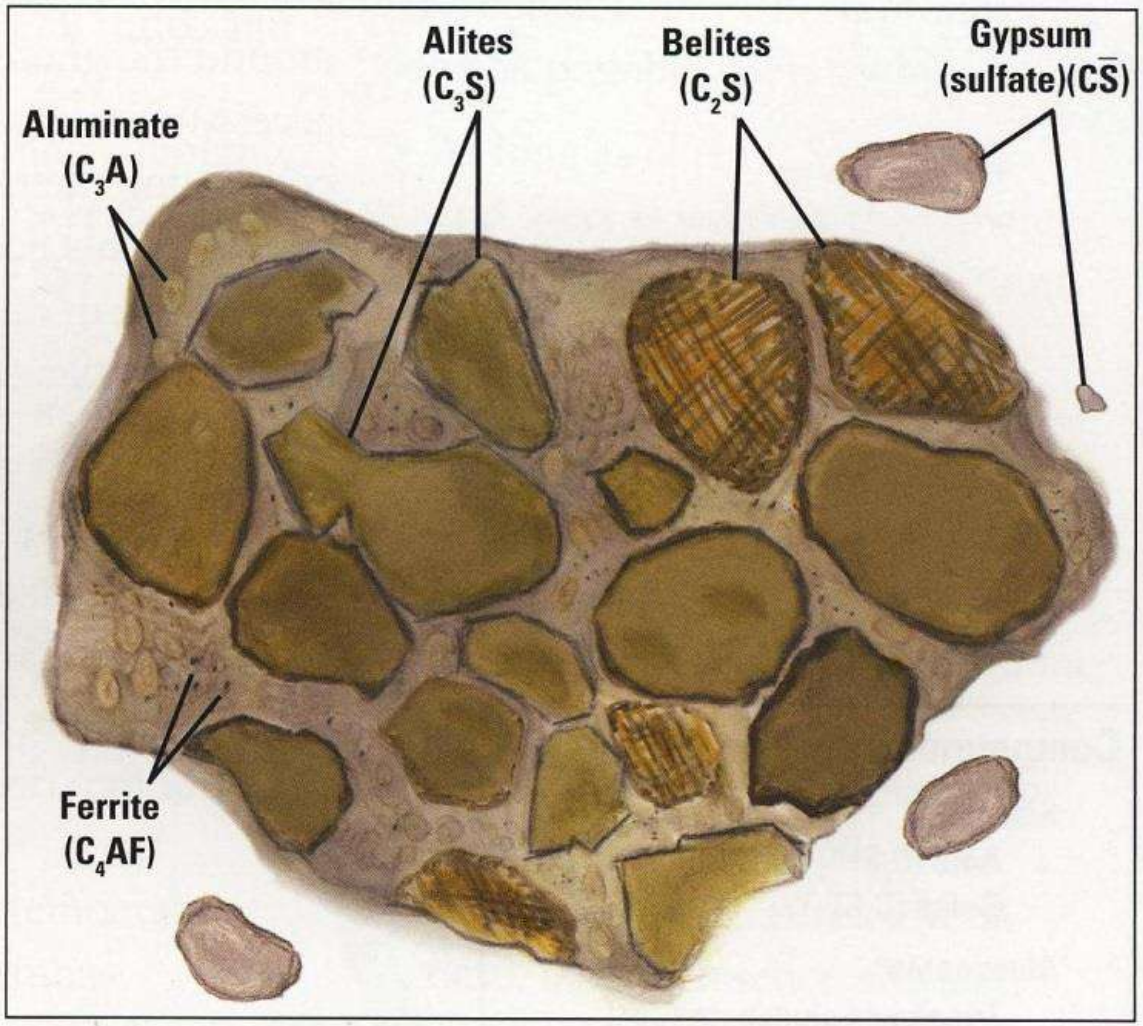
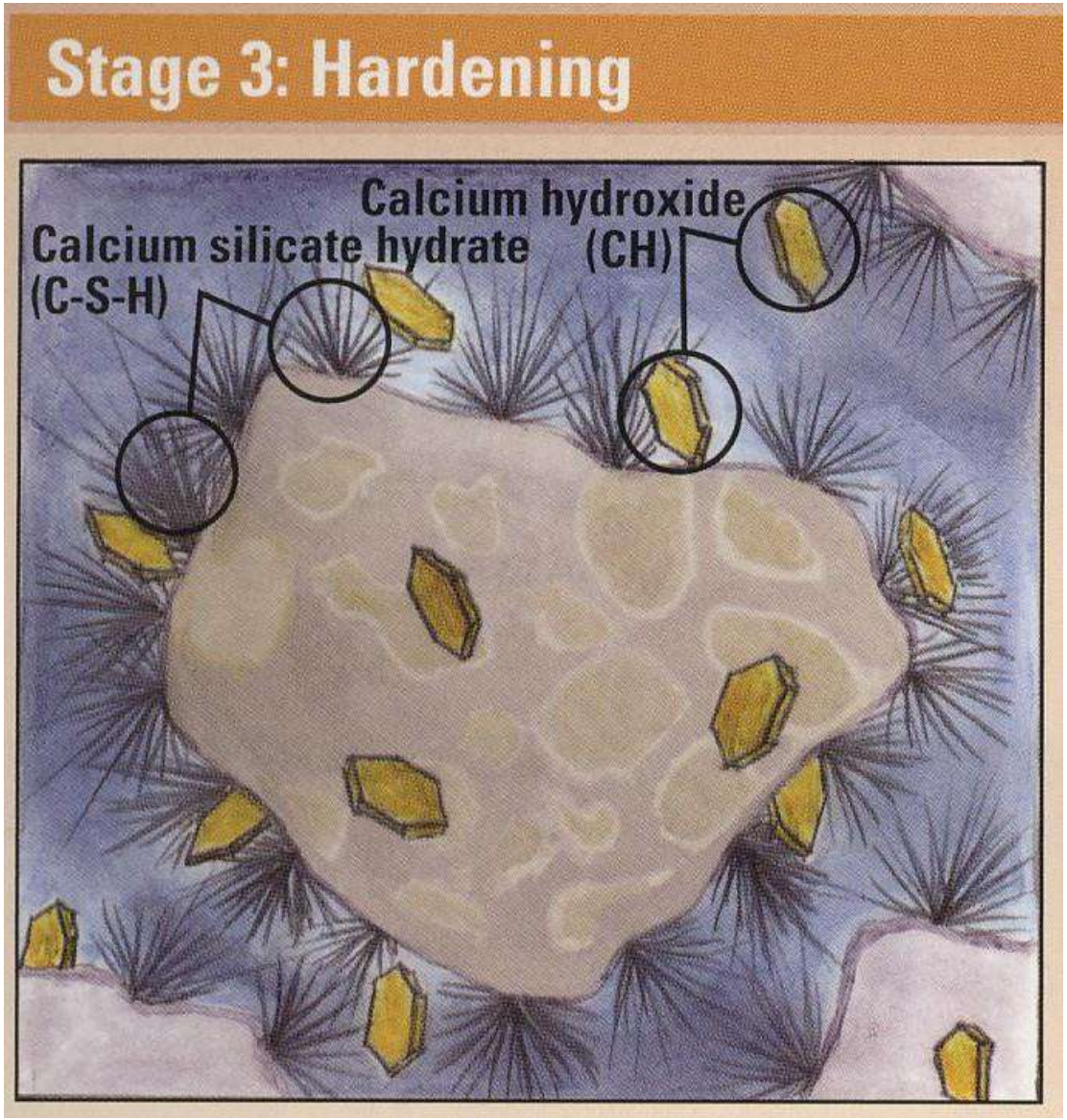


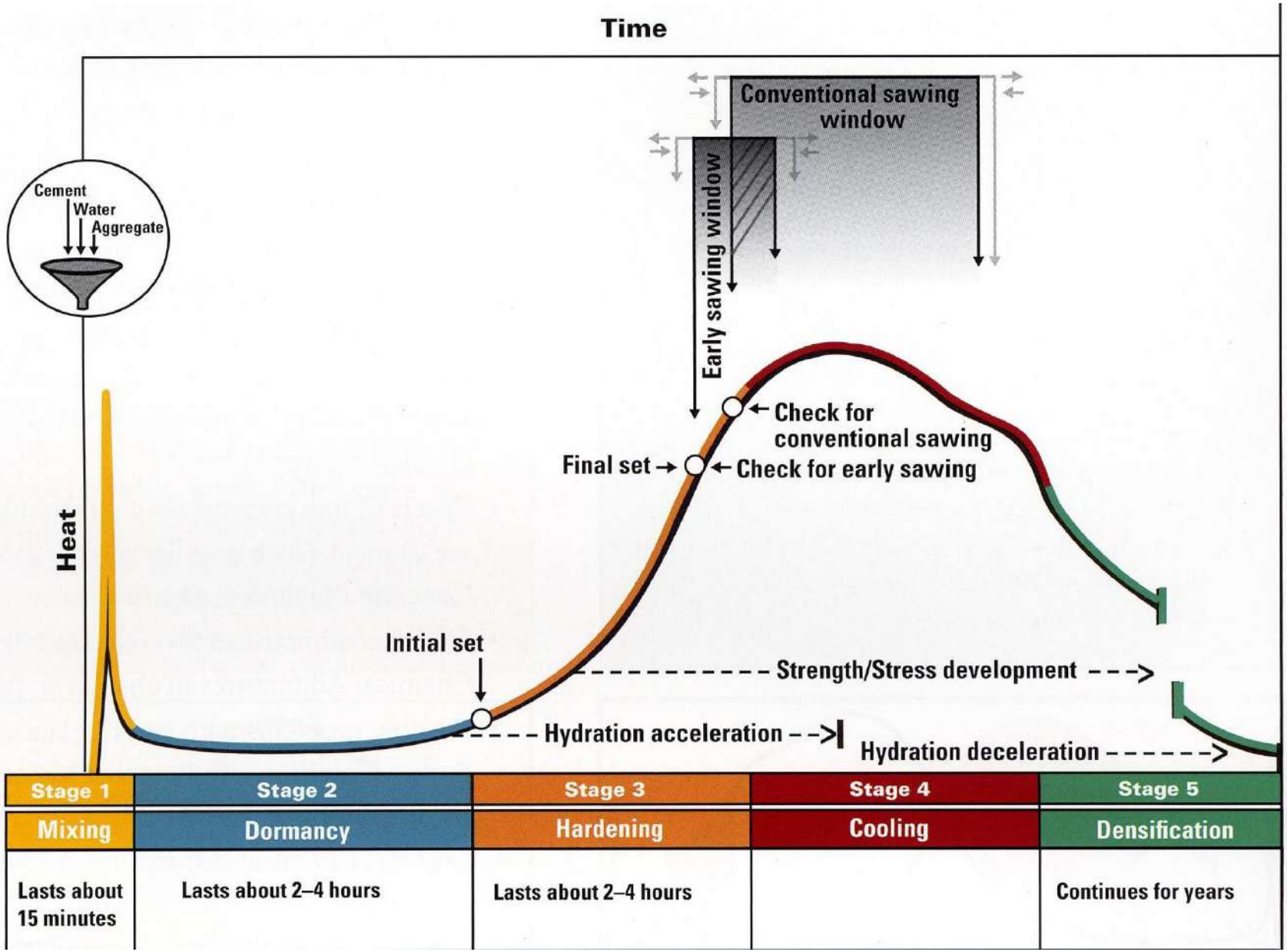
Figure 4-14. Compounds in cement

Cement Particle



Early Stage of Hydration

Hydration Stages (25 ºC)



مشخصات فیزیکی الزامی سیمان های پرتلند

ویژگی فیزیکی		نوع سیمان پرتلند				
		۱	۲	۳	۴	۵
سطح مخصوص، به دست آمده از آزمایش بلین (Cm^2/gr)	حداقل مقدار مجاز	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۳۲۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰
زمان گیرش اولیه به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا(دقیقه)	حد اقل مقدار مجاز	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵
زمان گیرش نهایی، به دست آمده از آزمایش با سوزن ویکا (ساعت)	حد اکثر مقدار مجاز	۶	۶	۶	۶	۶

مشخصات مکانیکی الزامی سیمان های پرتلند

ویژگی مکانیکی		نوع سیمان پرتلند					
		۱			۲	۳	۴	۵
		۳۲۵ ۱-	-۴۲۵ ۱	-۵۲۵ ۱	۲	۳	۴	۵
مقاومت فشاری نمونه بیست و هشت روزه N/mm²	حداقل مجاز	۳۲/۵	۴۲/۵	۵۲/۵	۳۱/۵	-	۱۸/۰	۲۷/۰
	حداکثر مجاز	۵۲/۵	۶۲/۵	-	-	-	-	-

مقاومت فشاری نمونه سه روزه ۲۴/۰ N/mm²

میانگین حداقل ۴ آزمونه

تواتر نمونه برداری از سیمان های پرتلند

حداقل ماهی یک بار،

۵ کیلو گرم نمونه	هر محموله وارده به کارگاه
	تسمه نقاله یا لوله انتقال سیمان هر ٤٠ تن
	تخلیه سیمان از سیلو، به ازای هر یکصد تن
یک کیسه	کیسه‌های سیمان،به ازای هر ۵ تن سیمان کیسه‌ای

ضوابط پذیرش سیمان های پرتلند

مشخصات شیمایی الزامی سیمان های پرتلند

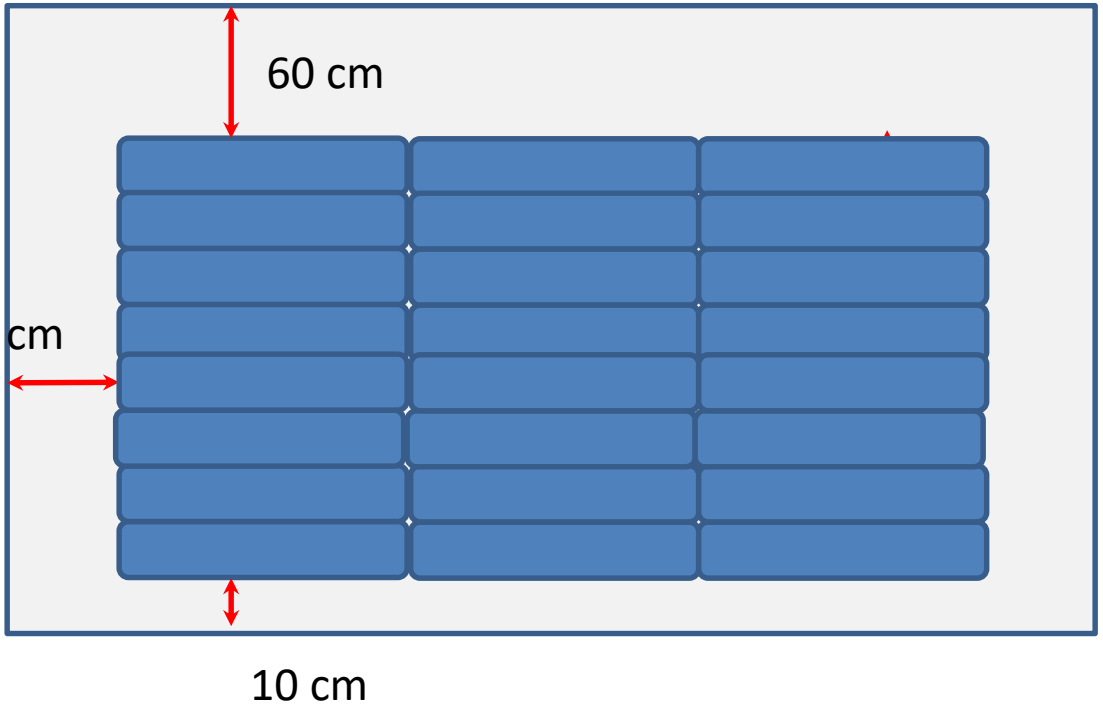
مشخصات فیزیکی الزامی سیمان های پرتلند

یک آزمونه یا میانگین نتـای‌ج حاصـل از دو آزمونـه متوالـی

مشخصات مکانیکی الزامی سیمان های پرتلند

دو آزمونه متوالی یا میانگین نتای‌ج حاصل از سـه آزمونه متوالی

ضوابط الزامی بسته بندی،حمل و نقل، انبار کردن و مصرف سیمان های کیسه ای



رطوبت و مواد خارجی

پاره نشود.

به ترتیب ورود به انبار مصرف شوند

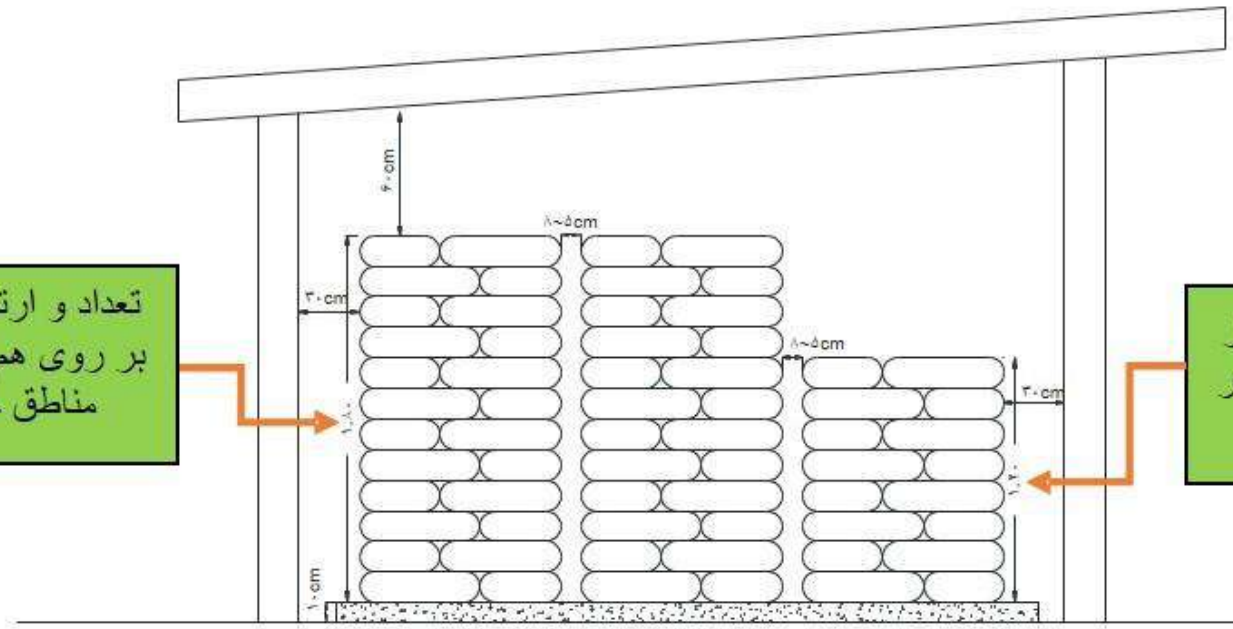
مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد به یکدیگر چسب‌انیده شوند.

در مناطق خشک

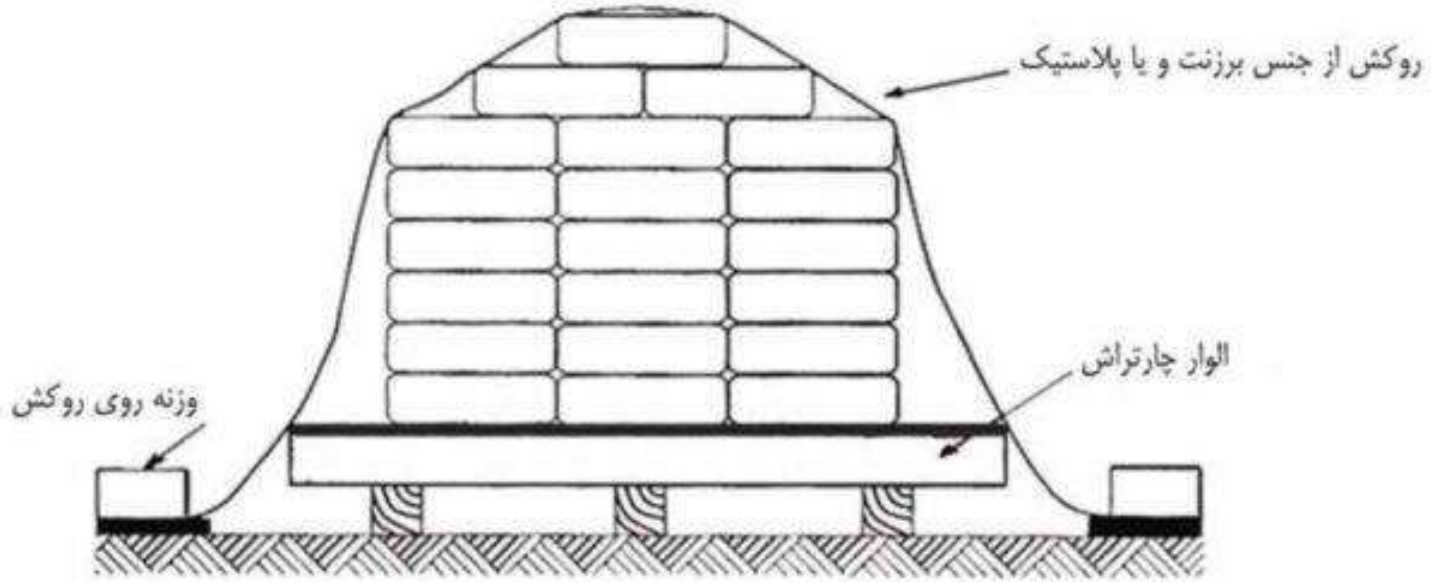
با فاصله ۵۰ تا ۸۰ میلیمتر از یکدیگر

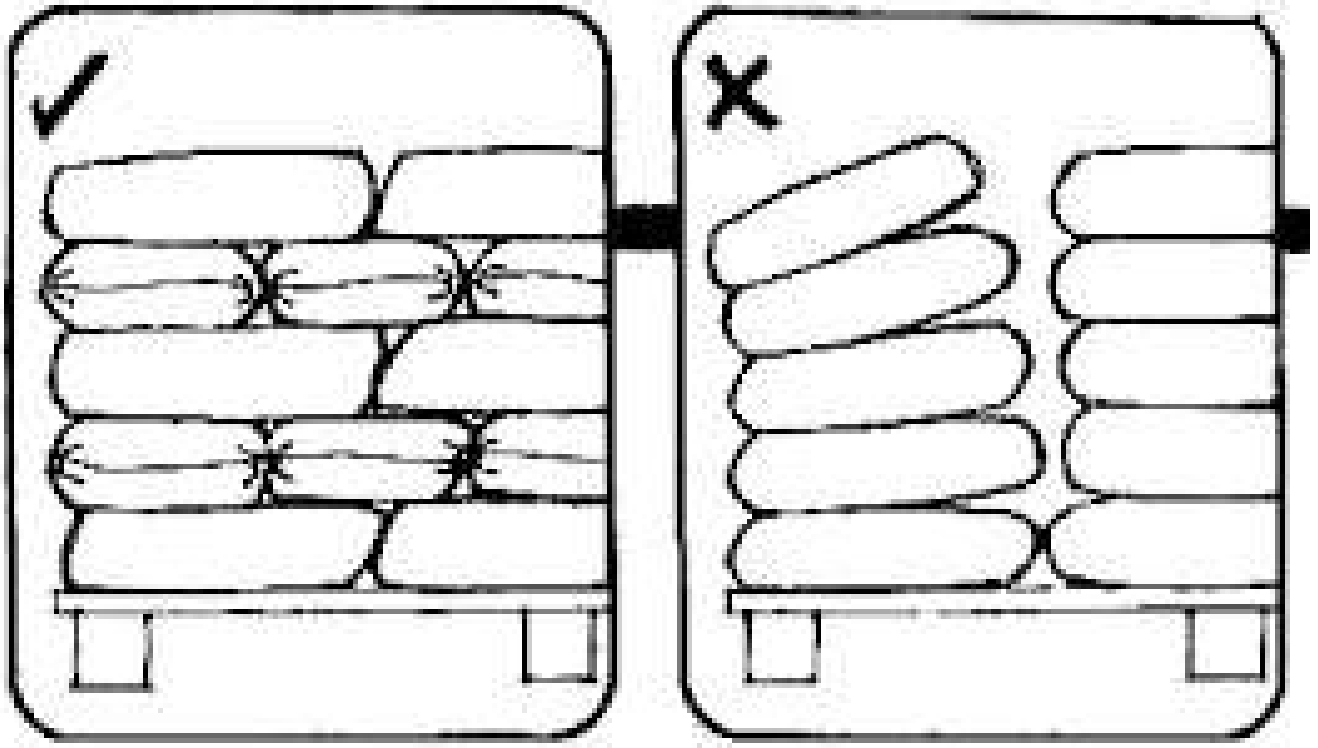
Lincolnshire Lime

تعداد و ارتفاع مجاز بر روی هم چیدن در مناطق خشک



تعداد و ارتفاع مجاز بر روی هم چیدن در مناطق مرطوب


روکش از جنس برزنت و یا پلاستیک
الوار چارتراش
وزنه روی روکش



tehranpooya.com
tehranpooya.com
tehranpooya.com
tehranpooya.com
tehranpooya.com

مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد	۸ پاکت و ۱/۲ متر
در مناطق خشک	۱۲ پاکت ۱/۸ متر
مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد	٤٥ روز
در مناطق خشک	۹۰ روز

با یک بار غلتانیدن

ضوابط الزامی انبار کردن و مصرف سی‌مان های فله

سیلوهای استاندارد

طاق زدن سیمان

هوای فشرده متورم ۸۰ درصد ظرفیت اسمی سیلوها

حداکثر ۹۰ روز پس از تولید

سیمان‌های ویژه.

- سیمان پرتلند سفید
- سیمان پرتلند رنگی
- سیمان پرتلند آمیخته
  - سیمان پرتلند پوزولانی
    - پ.پ
    - پ.پ.و
  - سیمان پرتلند روباره‌ای یا سرباره‌ای
  - سیمان بنایی

INSO
17518-1
1st.Edition
2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۷۵۱۸-۱
چاپ اول
۱۳۹۳

سیمان- قسمت ۱: ویژگی‌ها

Cement - Part 1: Specifications

- گروه۱: CEM I سیمان پرتلند؛
- گروه۲: CEM II سیمان پرتلند آمیخته؛
- گروه۳: CEM III سیمان سرباره؛
- گروه۴: CEM IV سیمان پوزولانی؛
- گروه۵: CEM V سیمان مرکب.

منبع :

EN 197-1: 2011, Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements

کلینکر سیمان پرتلند (K)

سرباره دانه‌ای[1] (S)

مواد پوزولانی (P و Q)

- پوزولان طبیعی (P)
- پوزولان طبیعی کلسینه شده (Q) که با عملیات حرارتی فعال شده

خاکسترهای بادی[1] (V و W)

- خاکستر بادی سیلیسی (V) میزان سیلیسیم اکسید واکنش‌زا نباید کم‌تر از ۲۵٫۰ درصد وزنی باشد.
- خاکستر بادی آهکی (W) نباید بیش‌تر از ۲۵ درصد وزنی، سیلیسیم اکسید فعال داشته باشد.

شیل پخته (T)[1]

دوده سیلیسی (D)

سنگ آهک (L وLL)

پ- میزان کل کربن آلی (TOC) هنگامی که طبق استاندارد EN 13639 تعیین می‌شود، باید با یکی از معیارهای زیر مطابقت داشته باشد:

۱- برای LL: نباید از ۰٫۲ درصد وزنی بیش‌تر باشد.

۲- برای L: نباید از ۰٫۵ درصد وزنی بیش‌تر باشد.

جدول۱- تعداد ۳۵ نوع محصول خانواده سیمان‌های معمول

گروه اصلی	نام محصول		علائم	ترکیبات (درصد وزنی [الف])									
				اجزی اصلی									اجزای افزودنی فرعی
				کلینکر K	سرباره کوره بلند S	دوده سیلیس D	پوزولان		خاکستر بادی		رس یا شیل پخته T	سنگ آهک	
							کلسینه Q	طبیعی P	سیلیسی V	آهکی W		LL	L
گروه ۱ CEMI	سیمان پرتلند	معمولی	CEM I-O	۹۵-۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
		ضد سولفات فرا ویژه	CEM I-SR0	۹۵-۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
		ضد سولفات ویژه	CEM I-SR3	۹۵-۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
		ضد سولفات	CEM I-SR5	۹۵-۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
		ضد سولفات متوسط	CEM I-SR10 [ب]	۹۵-۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
گروه۲ CEMII	سیمان پرتلند سرباره‌ای		CEM II/A-S	۸۰-۹۴	۶-۲۰	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
			CEM II/A-S	۶۵-۷۹	۲۱-۳۵	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
	سیمان پرتلنددوده سیلیسی		CEM II/A-D	۹۰-۹۴	-	۶-۱۰	-	-	-	-	-	-	۰-۵
	سیمان پرتلند پوزولانی		CEM II/A-P	۸۰-۹۴	-	-	-	۶-۲۰	-	-	-	-	۰-۵
			CEM II/B-P	۶۵-۷۹	-	-	-	۲۱-۳۵	-	-	-	-	۰-۵
			CEM II/A-Q	۸۰-۹۴	-	-	۶-۲۰	-	-	-	-	-	۰-۵
			CEM II/B-Q	۶۵-۷۹	-	-	۲۱-۳۵	-	-	-	-	-	۰-۵
	سیمان پرتلند خاکستر بادی		CEM II/A-V	۸۰-۹۴	-	-	-	-	۶-۲۰	-	-	-	۰-۵
			CEM II/B-V	۶۵-۷۹	-	-	-	-	۲۱-۳۵	-	-	-	۰-۵
			CEM II/A-W	۸۰-۹۴	-	-	-	-	-	۶-۲۰	-	-	۰-۵
			CEM II/B-W	۶۵-۷۹	-	-	-	-	-	۲۱-۳۵	-	-	۰-۵
	سیمان پرتلند شیل پخته		CEM II/A-T	۸۰-۹۴	-	-	-	-	-	-	۶-۲۰	-	۰-۵
			CEM II/B-T	۶۵-۷۹	-	-	-	-	-	-	۲۱-۳۵	-	۰-۵

جدول۱- ادامه

گروه اصلی	نام محصول	علائم	ترکیبات (درصد وزنی [الف])											
			اجزی اصلی											اجزای افزودنی فرعی
			کلینکر K	سرباره کوره بلند S	دوده سیلیس [ب] D	پوزولان		خاکستر بادی		رس یا شیل پخته T	سنگ آهک		
						کلسینه Q	طبیعی P	سیلیسی V	آهکی W		LL	L	
ادامه CEMII	سیمان پرتلند آهکی	CEM II/A-L	۸۰-۹۴	-	-	-	-	-	-	-	۶-۲۰	-	۰-۵
		CEM II/B-L	۶۵-۷۹	-	-	-	-	-	-	-	۲۱-۳۵	-	۰-۵
		CEM II/A-LL	۸۰-۹۴	-	-	-	-	-	-	-	-	۶-۲۰	۰-۵
		CEM II/B-LL	۶۵-۷۹	-	-	-	-	-	-	-	-	۲۱-۳۵	۰-۵
	سیمان پرتلند مرکب [ت]	CEM II/A-M	۸۰-۸۸	۱۲-۲۰									۰-۵
		CEM II/B-M	۶۵-۷۹	۲۱-۳۵									۰-۵
گروه ۳ CEMIII	سیمان سرباره‌ای	CEM III/A	۳۵-۶۴	۳۶-۶۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
		CEM III/B	۲۰-۳۴	۶۶-۸۰	-	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
		CEM III/C	۵-۱۹	۸۱-۹۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
		CEM III/B-SR	۲۰-۳۴	۶۶-۸۰	-	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
		CEM III/C-SR	۵-۱۹	۸۱-۹۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۰-۵
گروه ۴ CEMIV	سیمان پوزولانی [ت]	CEM IV/A	۶۵-۸۹	-	۱۱-۳۵					-	-	-	۰-۵
		CEM IV/B	۴۵-۶۴	-	۳۶-۵۵					-	-	-	۰-۵
		CEM IV/A-SR	۶۵-۷۹	-	-	-	۲۱-۳۵		-	-	-	-	۰-۵
		CEM IV/B-SR	۴۵-۶۴	-	-	-	۳۶-۵۵		-	-	-	-	۰-۵
گروه ۵ CEMV	سیمان مرکب [ت]	CEM V/A	۴۰-۶۴	۱۸-۳۰	-	۱۸-۳۰			-	-	-	-	۰-۵
		CEM V/B	۲۰-۳۸	۳۱-۴۹	-	۳۱-۴۹			-	-	-	-	۰-۵

الف- مقادیر موجود در این جدول مربوط به اجزای اصلی و فرعی می‌باشد.

ب-نسبت دوده سیلیسی به ۱۰ درصد محدود می‌شود.

پ-این سیمان که تحت عنوان سیمان ویژه دریایی نیز به‌کار می‌رود برای مناطقی که در معرض سولفات و کلر به‌صورت توام می‌باشد مناسب است.

ت- در سیمان‌های پرتلند آمیخته CEMII/A-M و CEMII/B-M، سیمان‌های پوزولانی CEMIV/A-SR و CEMIV/B-SR و سیمان‌های مرکب CEMV/A و CEMV/B، اجزای اصلی به‌جز کلینکر برحسب نام سیمان باید اظهار گردد.

جدول ۲- الزامات فیزیکی و مکانیکی

رده مقاومتی	مقاومت فشاری (مگا پاسکال)				زمان گیرش اولیه (دقیقه)	نرمی [ب] (سانتی‌متر مربع بر گرم)	سلامت			انبساط [پ] سولفات ۱۴ روزه (درصد)
	مقاومت اولیه		مقاومت استاندارد				انبساط به روش اتوکلاو (درصد) (الزامی)	انقباض [ت] به روش اتوکلاو (درصد) (الزامی)	انبساط به روش لوشاتلیه (میلی‌متر) (اختیاری)	
	۲ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه							
L ۳۲٫۵ [الف]	-	≥۱۲٫۰	≥۳۲٫۵	≤۵۲٫۵	≥۷۵	۲۸۰۰ تا ۳۶۰۰	≤۰٫۸	≤۰٫۲	≤۱۰	۰٫۰۴
N ۳۲٫۵	-	≥۱۶٫۰								
R ۳۲٫۵	≥۱۰٫۰	-								
L ۴۲٫۵ [الف]	-	≥۱۶٫۰	≥۴۲٫۵	≤۶۲٫۵	≥۶۰					
N ۴۲٫۵	≥۱۰٫۰	-								
R ۴۲٫۵	≥۲۰٫۰	-	≥۴۲٫۵	≤۶۲٫۵	≥۶۰	≥۲۸۰۰				
L ۵۲٫۵ [الف]	≥۱۰٫۰	-	≥۵۲٫۵	-	≥۴۵					
N ۵۲٫۵	≥۲۰٫۰	-								
R ۵۲٫۵	≥۳۰٫۰	-								
روش آزمون	ISIRI۳۹۳				EN196-3	ISIRI۳۹۱	ISIRI۳۹۰		EN196-3	ISIRI۱۱۷۹۰

الف- این رده مقاومتی فقط برای سیمان‌های CEM III تعریف شده است.

ب- الزام نرمی برای سیمان‌های گروه ۳ کاربرد ندارد.

پ- این خصوصیت فقط برای سیمان CEM I-SR5 الزامی است و چنانچه محدودیت انبساط سولفات ۱۴روزه رعایت شود، محدودیت C_3A جدول ۴ در نظر گرفته نمی شود. بدیهی است انبساط مربوط به سیمان‌های CEM I-SR0 و CEM I-SR3 باید به‌مراتب کمتر از ۰٫۰۴ درصد باشد ، اما در حال حاضر معیار روشنی برای آن ارائه نشده است.

ت- این الزام برای سیمان‌های گروه ۱ کاربرد ندارد.

مثال ۳: سیمان پرتلند مرکب حاوی (۱۲ تا ۲۰) سرباره دانه‌ای (S)، خاکستر بادی سیلیسی (V) و سنگ آهک (L) با رده مقاومتی ۳۲٫۵ و مقاومت اولیه سریع به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

CEM II/A-M(S-V-L)-32.5 R

مثال ۴: سیمان مرکب حاوی (۱۸ تا ۳۰) درصد وزنی سرباره دانه‌ای (S) و (۱۸ تا ۳۰)درصد وزنی خاکستر بادی سیلیسی (V) رده مقاومتی ۳۲٫۵ و مقاومت اولیه معمولی به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

CEM V/A (S-V)-32.5 N

سیمان پرتلند سفید

سطح مخصوص به دست آمده از آزمایش بلین(Cm^2/gr)	حداقل مقدار مجاز	۳۰۰۰
زمان گیرش اولیه، به دست آمده از آزمایش با سوزن و یکا (دقیقه)	حداقل مقدار مجاز	۴۵
زمان گیرش نهایی، به دست آمده از آزمایش با سوزن و یکا (ساعت)	حداکثر مقدار مجاز	۸
مقاومت فشاری نمونه مکعبی به بعد ، پس از ۲۷ روز قرار گیری در آب		۳۱/۵

سیمان پرتلند رنگی

مواد رنگی معدنی بی اثر شیمیایی به سیمان پرتلند

سیمان معمولی	قرمز، قهوه‌ای و سیاه
سیمان سفید	رنگ های دیگر

سیمان پرتلند پوزولانی

پوزولان‌های طبیعی

پ.پ	حداقل ۵ و حد اکثر ۱۵ درصد وزنی	مصارف عمومی
پ.پ.و	۱۵ درصد تا ٤٠ درصد	بتن‌های حجیم تهاجم شیمیایی

		سیمان پ.پ	سیمان پ.پ.و
سطح مخصوص به دست آمده از آزمایش بلین(Cm^2/gr)		۳۰۰۰	۳۲۰۰
زمان گیرش اولیه به دست امده از آزمایش با سوزن ویکا (دقیقه)	**حداقل مقدار مجاز**	۶۰	۶۰
زمان گیرش نهایی به دست آمده از آزمایش با سوزن و یکا (ساعت)	**حداکثر مقدار مجاز**	۷	۷
مقاومت فشاری نمونه مکعبی به بعد 50 mm و ۲۸ روزه		۳۰۰	۲۷۵

سیمان پرتلند روباره‌ای یا سرباره‌ای

۱۵ تا ۹۵ درصد

سیمان بنایی

فقط در ملات و مانند آن

در بتن و بتن‌آرمه مجاز نیست

آب

آب آشامیدنی مزه یا بوی مشخصی ندارد، و تمیز و صاف است

آب غیر آشامیدنی

pH نباید کمتر از ۵ یا بیشتر از ۸/۵

مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه با آب غیر آشامیدنی ۹۰ درصد آب مقطر

زمان گیرش اولیه خمیر سیمان نباید بیش از یک ساعت

تواتر نمونه برداری

1. در ابتدای کار
2. پس از هر بار تغییر منبع تامین آب

ضوابط پذیرش آب های غیر آشامیدنی

یـک آزمونـه یـا میـانگین نتـایج حاصـل از دو آزمونـه متوالی

ضوابط حمل و نقل، نگهداری و ذخیره کردن آب مصرفی در بتن

خزه‌ها و موادآلی

جدول ۹-۱۰-۱۸ حداکثر مقدارمجاز مواد زیان‌آور در آب مصرفی در بتن

ردیف	نوع ماده زیان‌آور	شرح مصرف	شماره استاندارد ایران برای روش آزمون مربوط	حداکثر مقدار مجاز (وزنی) (ppm)
۱	ذرات معلق جامد	بتن پیش‌تنیده در هر شرایط محیطی	–	۱۰۰۰
۲		بتن غیر مسلح و بدون آرماتور	–	۲۰۰۰
۳		بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط	–	۲۰۰۰
۴		بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بسیار شدید و فوق العاده شدید	–	۱۰۰۰
۵	کل مواد محلول در آب	بتن پیش تنیده در هر شرایط محیطی	–	۱۰۰۰
۶		بتن غیر مسلح و بدون اقلام فلزی مدفون	–	۵۰۰۰
۷		بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط	–	۲۰۰۰
۸		بتن آرمه در شرایط محیطی شدید و بسیار شدید و فوق العاده شدید	–	۱۰۰۰
۹	کل یون کلرید (Cl^-)	بتن پیش تنیده در هر شرایط محیطی	–	۵۰۰
۱۰		بتن غیرمسلح و بدون آرماتور و بدون اقلام فلزی مدفون	–	۱۰۰۰۰
۱۱		بتن آرمه در شرایط محیط شدید و بسیار شدید و فوق‌العاده شدید	–	۵۰۰
۱۲		بتن آرمه در شرایط محیطی ملایم و متوسط	–	۱۰۰۰
۱۳		بتن غیر مسلح و بدون آرماتور ولی دارای مواد آلومینیومی یا فلزات غیر مشابه یا دارای قالب‌های گالوانیزه	–	۱۰۰۰
۱۴	کل یون سولفات (SO_4^-)	بتن پیش تنیده در هر شرایط محیطی	–	۱۰۰۰
۱۵		بتن آرمه در هر شرایط محیطی	–	۱۰۰۰
۱۶		بتن غیر مسلح و بدون اقلام فلزی مدفون	–	۳۰۰۰
۱۷	قلیایی معادل	در تمامی انواع بتن‌ها	–	۶۰۰

توضیحات جدول:

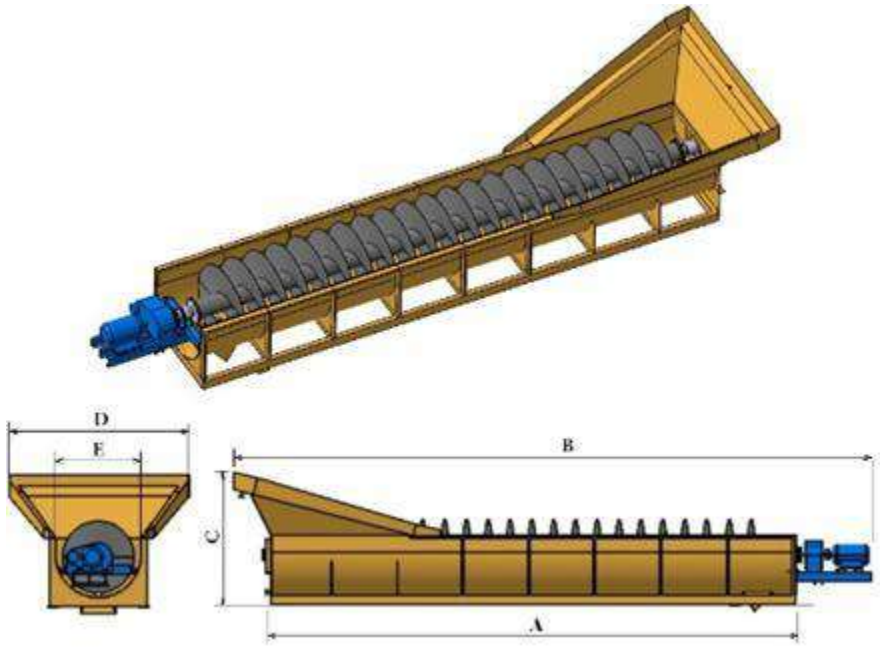
توضیح ۱- منظور از قلیایی معادل، میزان وزنی ($Na_2O + 0/658K_2O$) است.

دانه های سنگی:

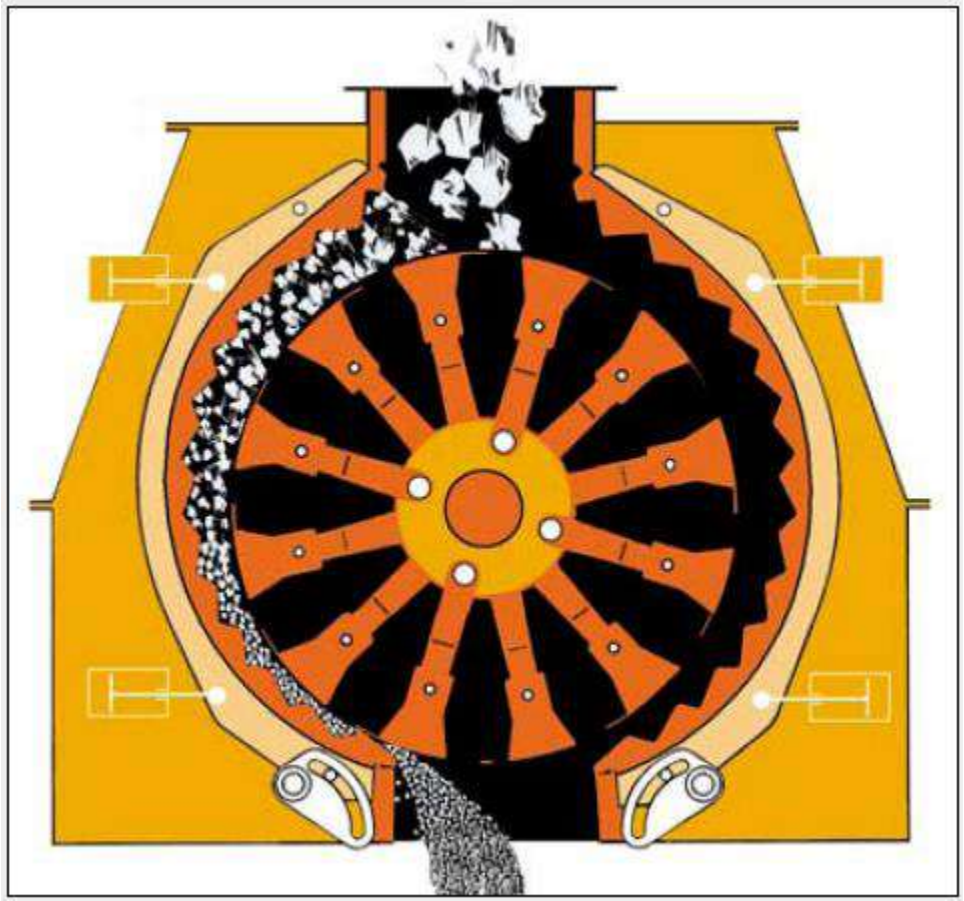
- ۷۰ تا ۸۵ % وزن ۶۰-۷۵%حجم بتن

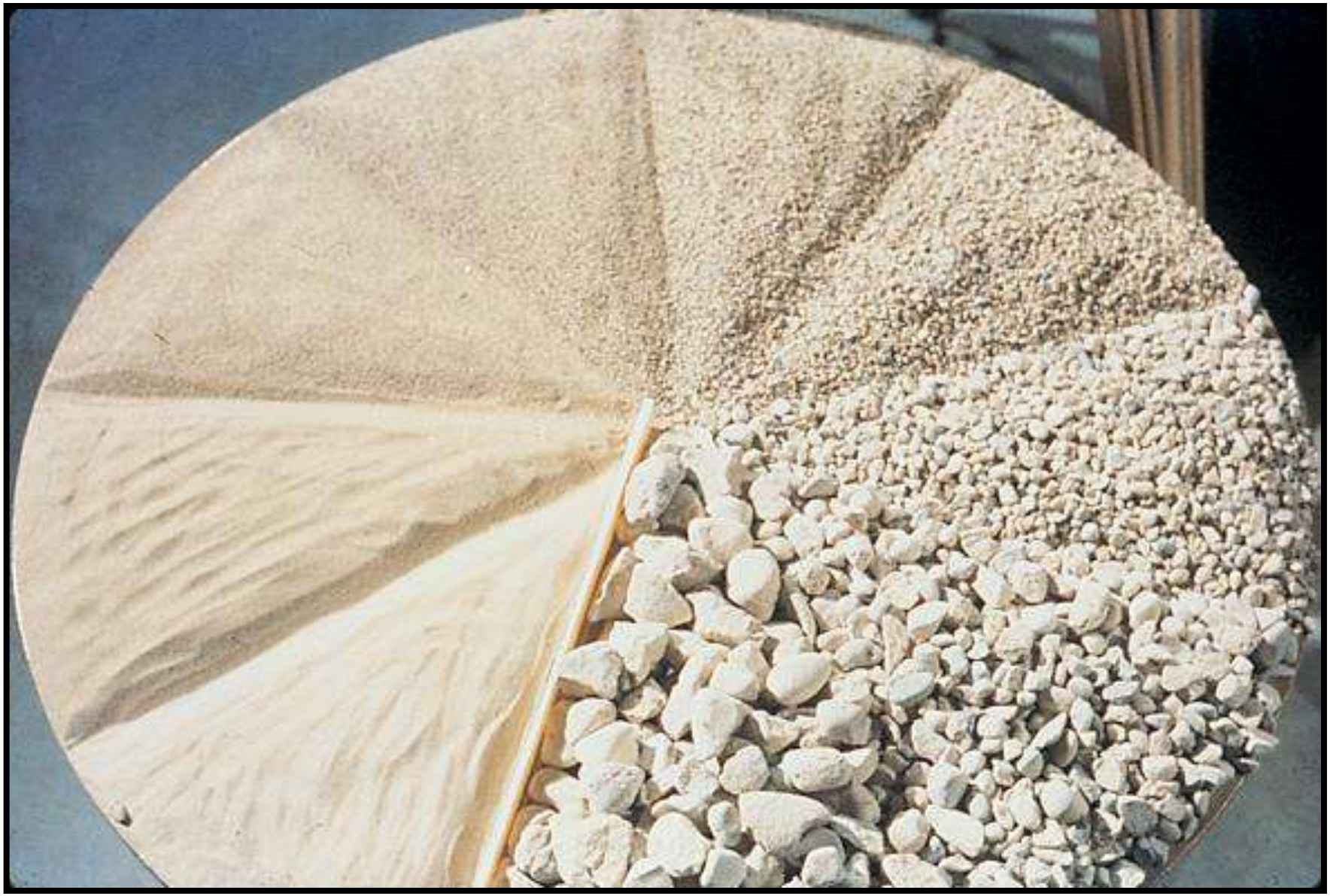
- طبیعی نیمه مصنوعی مصنوعی
- شکسته رودخانه ای
- شسته نشسته
- سطح دانه ها
- شکل دانه ها

HYUNDAI

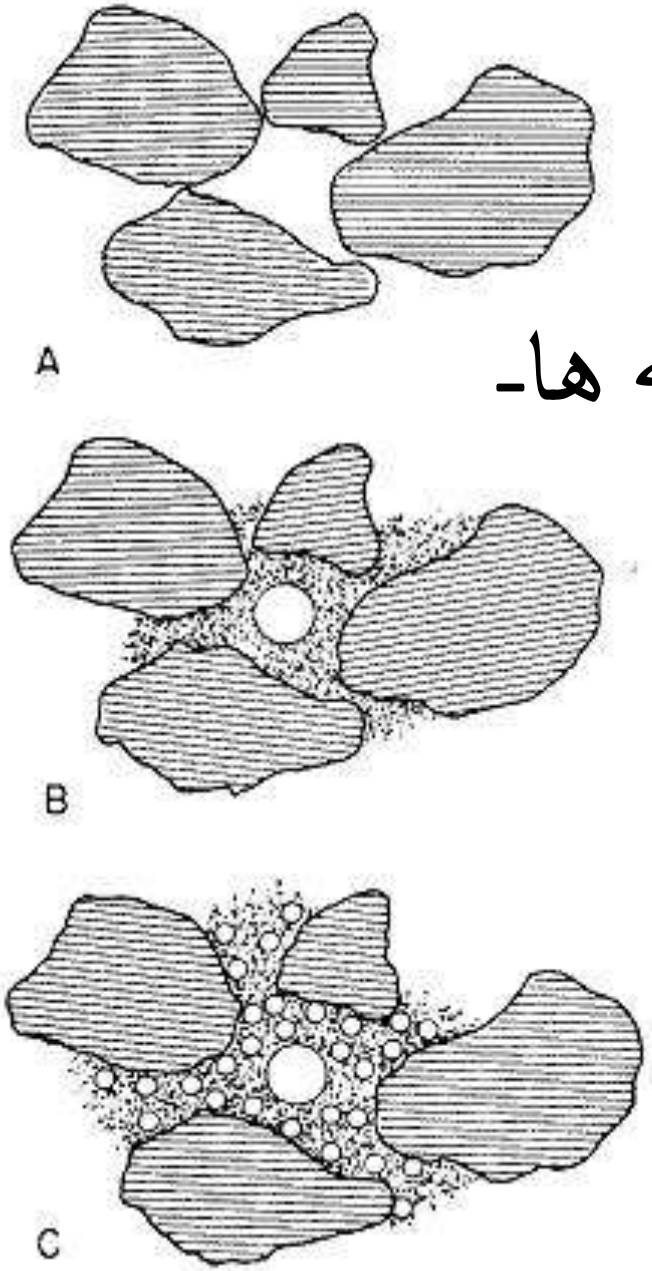

D
E
B
C
A

fam.de

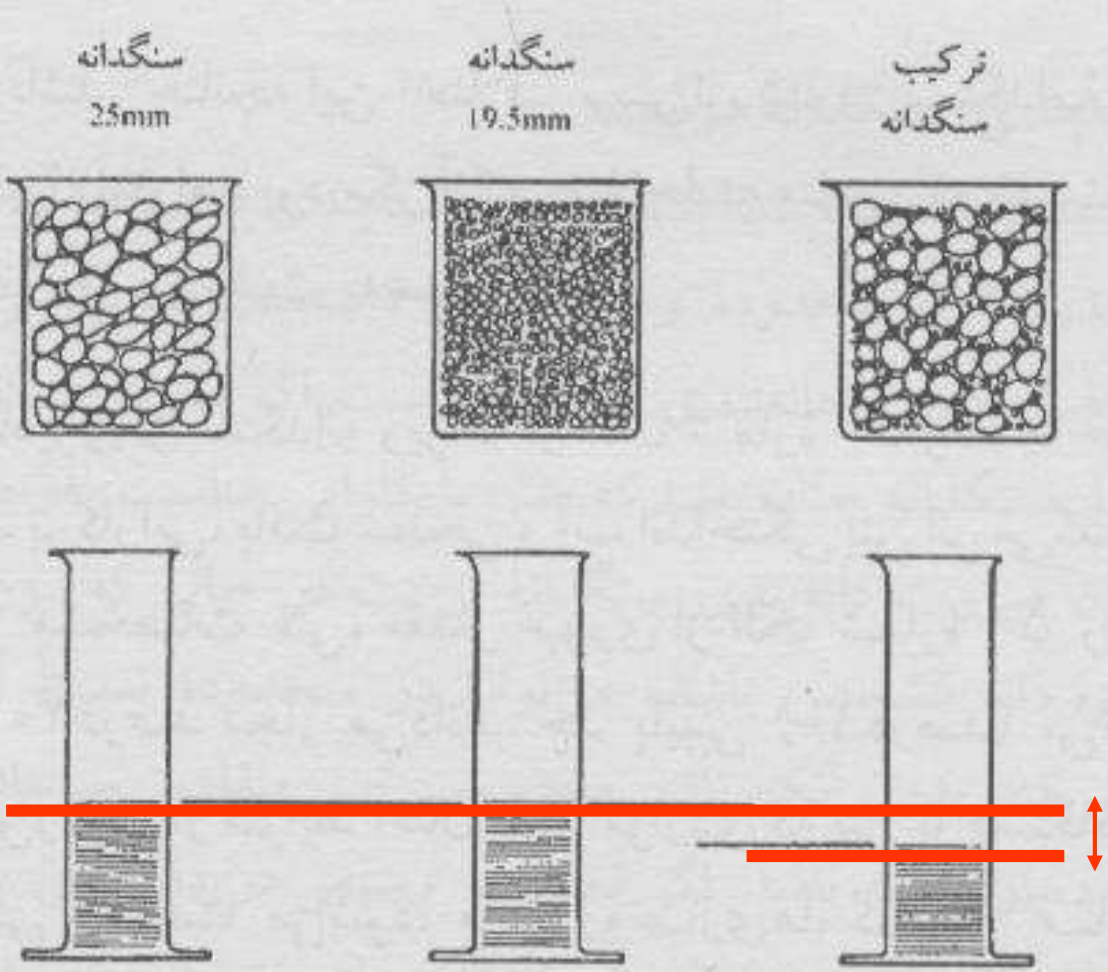




دانه بندی سنگدانه ها-



شکل ۴ـ۵: نمایش پراکندگی دانه‌ها در مخلوطهای بتن چسبنده.



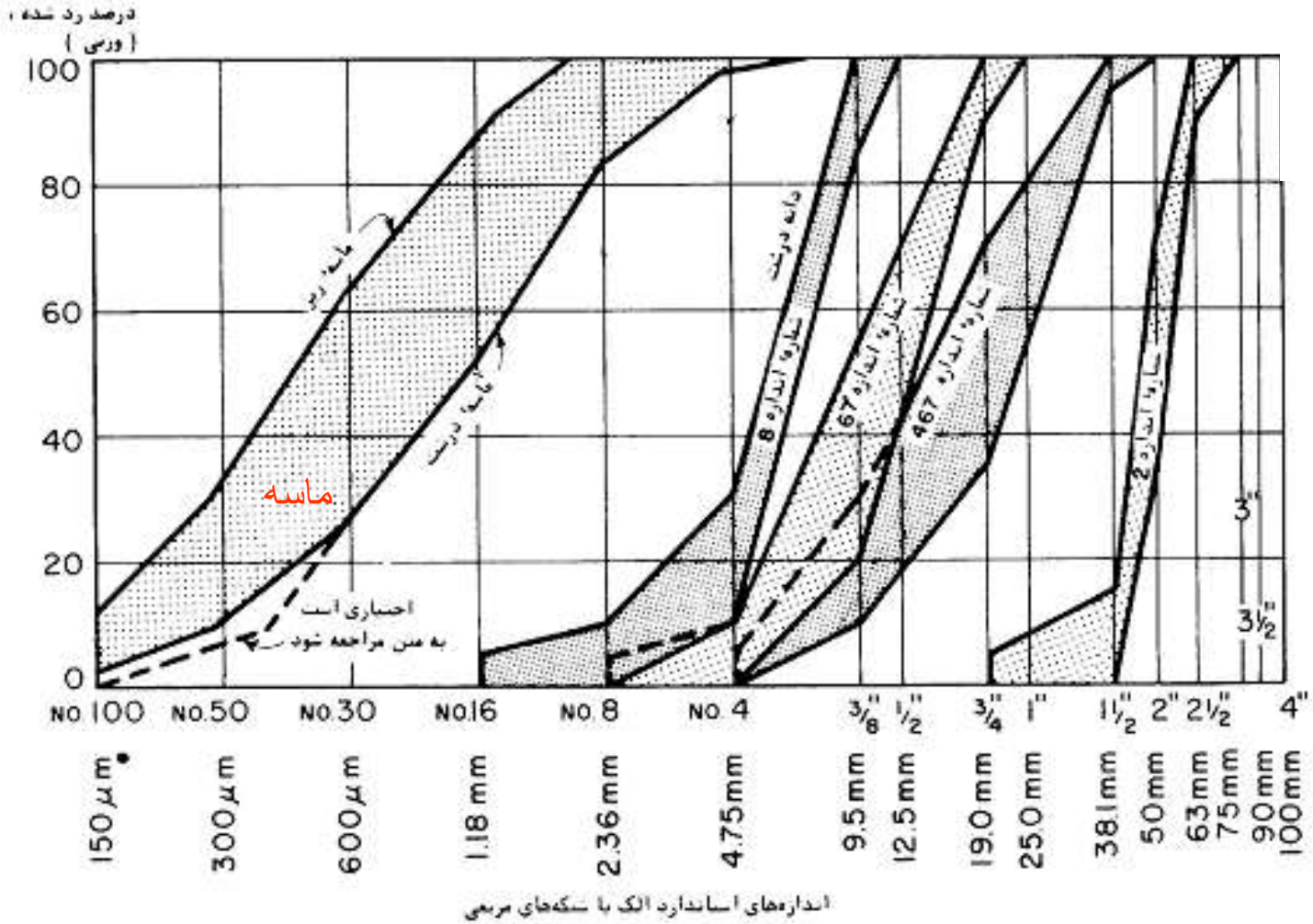
شکل ۴.۴ سطح مایع در استوانه‌های مدرج، که نشانگر مقدار فضای خالی است، برای حجم‌های مطلق یکسان از سنگدانه‌های با دانه‌های یکنواخت اما اندازه‌های مختلف، ثابت است. وقتی اندازه‌های مختلف با یکدیگر ترکیب می‌شوند، مقدار فضای خالی کاهش می‌یابد. در این شکل‌ها، مقیاس رعایت نشده است.

دانه بندی سنگدانه ها-

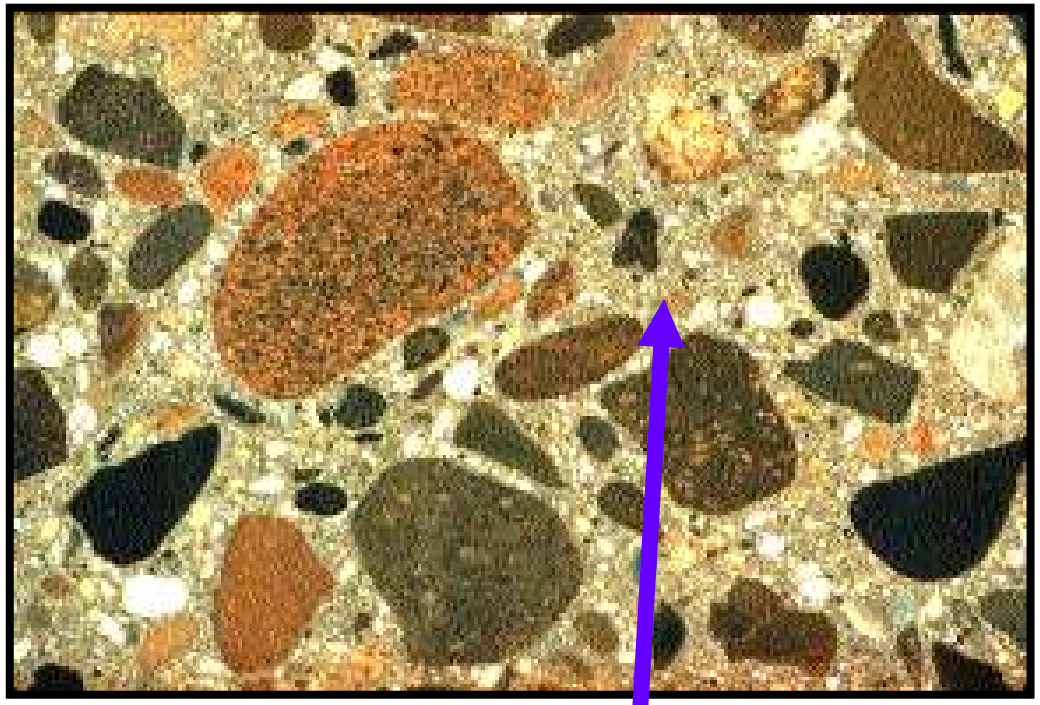
- آب و سیمان لازم
- کارآیی
- اقتصادی بودن
- تخلخل – پیوسته نبودن

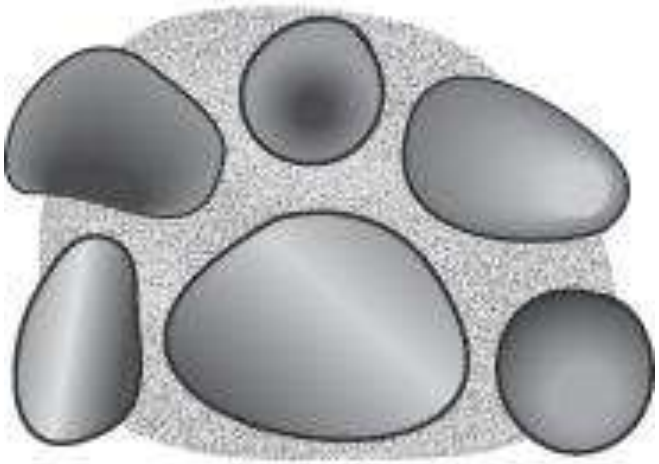
AS 450

شماره اندازه	اندازه اسمی (الکهای با سوراخهای مربعی)
1	3½ ب 1½ in. (90 ب 37.5 mm)
2	2½ ب 1½ in. (63 ب 37.5 mm)
357	2 in. ب No. 4 (50 ب 4.75 mm)
467	1½ in. ب No. 4 (37.5 ب 4.75 mm)
57	1 in. ب No. 4 (25.0 ب 4.75 mm)
67	¾ in. ب No. 4 (19.0 ب 4.75 mm)
7	½ in. ب No. 4 (12.5 ب 4.75 mm)
8	⅜ in. ب No. 8 (9.5 ب 2.36 mm)
3	2 ب 1 in. (50.0 ب 25.0 mm)
4	1½ ب ¾ in. (37.5 ب 19.0 mm)



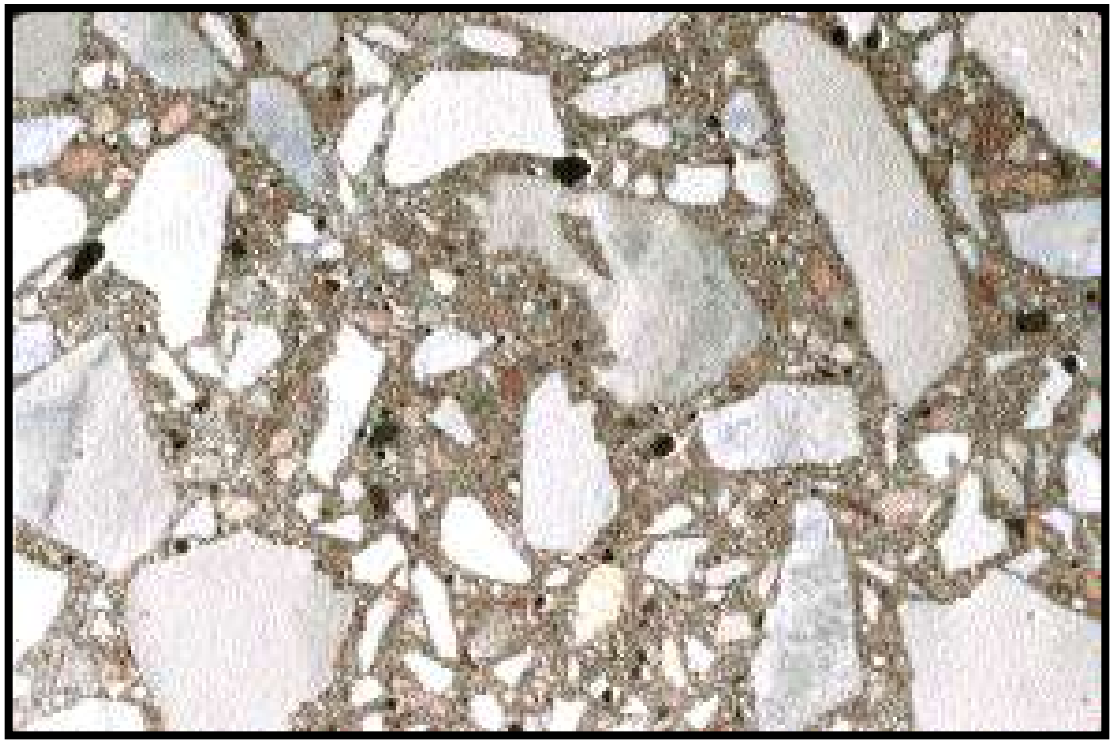
شکل ۴ـ۲: منحنیها حدود مشخص شده را توسط آزمایش ASTM C۳۳ برای دانه‌های ریز و چهار شماره‌ٔ اندازه (اندازه‌های دانه‌بندی) برای دانه‌های درشت نشان می‌دهند .



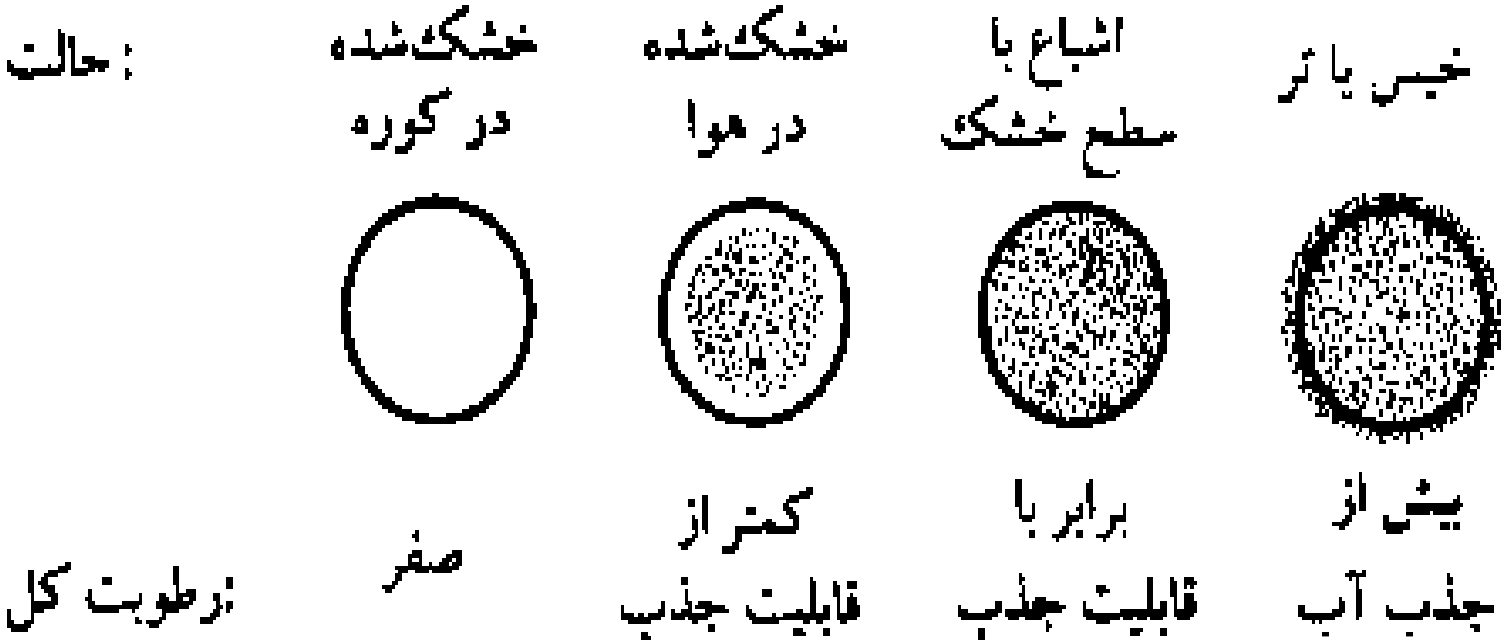


ـاحاطه شدن دانه هاي سنگي
توسط خمير سيمان

Dispersion of Aggregates



SSD



شکل ۷.۴ شرایط رطوبتی سنگدانه‌ها.

- خواص حرارتی دانه ها کوارتز ۵۷۵ درجه منبسط

- تمیز بودن دانه ها چسبندگی خمیر سیمان به دانه ها

- مقاومت سایشی دانه ها (لس آنجلس)

- واکنش قلیایی های سیمان با سنگدانه های دارای سیلیس فعال

- یخ زدن و ذوب شدن

سنگدانه

۴/۷۵ mm ماسه

طبق تعریف، «بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه» عبارت است از اندازه کوچکترین الکی‌که حداکثر ۱۰ درصد وزنی سنگدانه روی آن باقی بماند.

محدودیت بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه های درشت

یک پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب بتن
یک سوم ضخامت دال
سه چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها
سه چهارم ضخامت پوشش روی میلگردها
۳۸ میلیمتر در بتن آرمه
۶۳ میلیمتر در بتن غیر مسلح

ضریب نرمی ماسه(ریز دانه)

مجموع درصد تجمعی مانده روی الکهای نمره ۴ و ۸ و ۱۶ ۳۰و۵۰و۱۰۰ بخش بر ۱۰۰

بین ۲/۳ تا ۳/۲

عبور از الک ۱۰۰ (۱۵۰ میکرون) بیشتر از ۳% کمتر از ۱۰ %

الک	مانده روی الک (gr)	درصد مانده روی الک (%)	درصد تجمعی مانده روی الک (%)	درصد تجمعی عبوری از الک (%)
۱۹mm	۰	۰	۰	۱۰۰
نمرهٔ ۴ (۴/۷۵mm)	۲۲	۴/۰	۴/۰	۹۶
نمرهٔ ۸ (۲/۳۶mm)	۶۵	۱۲/۰	۱۶/۰	۸۴
نمرهٔ ۱۶ (۱/۱۸mm)	۱۰۳	۱۹/۰	۳۵/۰	۶۵
نمرهٔ ۳۰ (۶۰۰μm)	۱۱۹	۲۱/۹	۵۶/۹	۴۳
نمرهٔ ۵۰ (۳۰۰μm)	۱۵۷	۲۹/۰	۸۵/۹	۱۴
نمرهٔ ۱۰۰ (۱۵۰μm)	۶۰	۱۱/۱	۹۷/۰	۳/۰
سینی	۱۶	۳/۰		
کل	۵۴۲	۱۰۰/۰	۲۹۴/۸	
مدول نرمی			$\frac{۲۹۴/۸}{۱۰۰} = ۲/۹۵$	

دانه بندی و مدول نرمی ماسه

اندازه الک		درصد جزیی مانده هر الک	درصد تجمعی مانده روی هر الک
9.5 mm	(3/8 in.)	0	0
4.75 mm	(No. 4)	2	2
2.36 mm	(No. 8)	13	15
1.18 mm	(No. 16)	20	35
600 µm	(No. 30)	20	55
300 µm	(No. 50)	24	79
150 µm	(No. 100)	18	97
	Pan	3	—
Total		100	283

مدول نرمی $283 \div 100 = 2.83$

دهر آروین ناب
Dahr Arvine Nab

حداکثر میزان مجاز دانه‌های پولکی و سوزنی در سنگدانه‌های درشت

دانه‌های پولکی

اندازه کوچکترین بعد آنها کمتر از ۰/٦ برابر میانگین اندازه الک‌ها

دانه‌های سوزنی

بزرگترین بعد آنها بیشتر از ۱/۸ برابر میانگین اندازه الکها

جدول ۹-۱۰-۱۴حداکثر میزان مجاز دانه‌های پولکی و سوزنی در سنگدانه‌های درشت مصرفی در بتن

ردیف	شرح	حداکثر درصد وزنی سنگدانه سوزنی یا پولکی نسبت به کل نمونه	شماره استاندار ملّی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	دانه‌های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه‌های مانده برروی الک ۶/۳ میلی‌متر	۳۰	-
۲	دانه‌های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۹/۵ میلی‌متر	۴۵	-
۳	دانه‌های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۱۲/۵میلی‌متر	۴۵	-
۴	دانه‌های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۱۹ میلی‌متر	۴۰	-
۵	دانه‌های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۲۵ میلی‌متر	۴۰	-
۶	دانه‌های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۳۸ میلی‌متر	۴۰	-

جدول ۹-۱۰-۱۵ برخی از مشخصات الزامی سنگدانه‌های مصرفی در بتن

ردیف	شرح	نوع سنگدانه	حداکثر مقدار مجاز	حداقل مقدار مجاز	شماره استاندار ملّی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	میزان کاهش وزن در آزمایش لس‌آنجلس (درصد)	شن	۵۰	–	۴۴۸
۲	میزان افت وزنی در آزمایش سلامت با سولفات‌سدیم (درصد)	شن	۱۲	–	۴۴۹
۳	میزان افت وزنی در آزمایش سلامت با سولفات‌سدیم (درصد)	ماسه	۱۰	–	۴۴۹
۴	میزان افت وزنی در آزمایش سلامت با سولفات‌منیزیم (درصد)	شن	۱۸	–	۴۴۹
۵	میزان افت وزنی در آزمایش سلامت با سولفات‌منیزیم (درصد)	ماسه	۱۲	–	۴۴۹

جدول ۹-۱۰-۱۲ حداکثر میزان مجاز مواد زیان‌آور در سنگدانه‌های ریز

ردیف	ماده زیان‌آور		حداکثر وزنی ماده زیان‌آور نسبت به کل نمونه
۱	کلوخ‌های رسی و ذرات سست		۳
۲	ذرات ریزتر ار ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰) حاوی رس یا شیل	در بتن‌هایی که در معرض سایش قرار می‌گیرند.	۳
		در بتن‌هایی که در معرض سایش قرار نمی‌گیرند.	۵
۳	ذرات ریزتر ار ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰) فاقد رس یا شیل	در بتن‌هایی که در معرض سایش قرار می‌گیرند.	۵
		در بتن‌هایی که در معرض سایش قرار نمی‌گیرند.	۷

جدول ۹-۱۰-۱۳ حداکثر میزان مجاز مواد زیان‌آور در سنگدانه‌های درشت

ردیف	ماده زیان‌آور	حداکثر وزنی ماده زیان‌آور نسبت به کل نمونه	شماره استاندار ملّی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	کلوخه‌های رسی و ذرات سست	۵	-
۲	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰) حاوی رس یا شیل	۱	۴۴۶
۳	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰) فاقد رس یا شیل	۱/۵	۴۴۶

سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن

جدول ۹-۱۰-۱۶ ویژگی فیزیکی و مکانیکی الزامی نمونه‌های بتن سازه‌ای با سنگدانه‌های سبک

ردیف	نوع بتن حداکثر مقدار میانگین وزن مخصوص سه آزمونه بتنی ۲۸ روزه خشک شده در هوا (kg/m^3)	حداقل مقدار میانگین مقاومت فشاری سه آزمونه بتنی ۲۸ روزه (MPa)	حداقل مقدار میانگین مقاومت کششی در آزمایش دونیم شدن در هشت آزمونه بتنی ۲۸ روزه (MPa)
۱	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند. ۱۷۶۰	۲۸	۲/۲
۲	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند. ۱۶۸۰	۲۱	۲/۱
۳	تمامی سنگدانه‌ها سبک هستند. ۱۶۰۰	۱۷	۲/۰
۴	سنگدانه‌ها، شامل سنگدانه‌های سبک و ماسه هستند. ۱۸۴۰	۲۸	۲/۳
۵	سنگدانه‌ها، شامل سنگدانه‌های سبک و ماسه هستند. ۱۷۶۰	۲۱	۲/۱
۶	سنگدانه‌ها، شامل سنگدانه‌های سبک و ماسه هستند. ۱۶۸۰	۱۷	۲/۱

تواتر نمونه برداری از سنگدانه‌ها

هر محموله وارده به کارگاه

دانه‌بندی سنگدانه‌های مصرفی در بتن باید هر هفته تعیین

درصد رطوبت جذب شده سنگدانه‌ها، باید هنگام عملیات ساخت بتن، هر روزه در محل تولید بتن

ضوابط پذیرش سنگدانه‌های مصرفی در بتن

یک آزمونه یا میانگین نتایج حاصل از دو آزمونه متوالی

ضوابط حمل و نقل، تحویل و نگهداری سنگدانه‌های مصرفی در بتن

شن‌های با حد اکثر اندازه بیش از ۳۸ میلیمتر، در دو گروه کمتر و بیشتر از ۲۵ میلیمتر

اندازه ۳۸ میلیمتر یا کمتر در دو گروه کمتر و بیشتر از ۱۹ میلیمتر

حداقل ۱۲ ساعت درمحل باقی مانده و سپس مصرف شود.

رطوبت سنگدانه‌ها به حد یکنواخت و پایدار برسد.

مواد افزودنی

کمی قبل از اختلاط یا در حین اختلاط به بتن

مواد افزودنی معمولاً به صورت گرد یا مایع هستند

اصلاح برخی از این ویژگی‌ها بروز عیب در پاره‌ای از ویژگی‌های

تک منظوره

چند منظوره

میزان مصرف

حد اکثر ۵ درصد وزنی سیمان

کلرید کلسیم فقط در بتن بدون فولاد ۲ درصد

انواع مواد افزودنی تک منظوره

ماده افزودنی کندگیر کننده

ماده افزودنی تندگیر کننده

ماده افزودنی زود سخت کننده یا تسریع کننده زمان سخت شدگی

ماده افزودنی حباب هواساز

ماده افزودنی نگهدارنده آب

ماده افزودنی کاهنده جذب آب

انواع مواد افزودنی چند منظوره

ماده افزودنی کاهنده آب / روان کننده

ماده افزودنی کاهنده آب قوی/ روان کننده قوی، یا فوق کاهنده آب / فوق روان کننده

ماده کندگیر کننده / کاهنده آب / روان کننده

ماده افزودنی تندگیر کننده/ کاهنده آب / روان کننده

ضوابط بسته‌بندی، عرضه و انبار کردن

F
E
D
C
B
A

ضد یخ یا تسریع کننده

-کلریدی: کلرید کلسیم یا کلرور کلسیم

-فقط چند درجه نقطه انجماد آب

-افزایش سرعت هیدراسیون سیمان

خطرناك –خوردگي ولي ارزان

-غیر کلریدی: کلسیم مات یا کلسیم نیتریت یا کلسیم نیترات

تاثیر کمتر ولي گرانتر

CORRODION INHIBITORS

بازدارنده هاي خوردكي

Commercially available corrosion inhibitors include:

calcium nitrite,
sodium nitrite,
dimethyl ethanolamine,
amines,
phosphates, and ester amines

Anodic inhibitors, such as nitrites, block the corrosion reaction of the chloride- ions by chemically reinforcing and stabilizing the passive protective film on the steel; this ferric oxide film is created by the high pH environment in concrete. The nitrite-ions cause the ferric oxide to become more stable.

Dampproofing admixtures

- افزودنيهاي نم بند
- Retard moisture penetration into dry concrete
- Soaps of calcium or
- ammonium stearate
- Petroleum products

They may, but generally do not, reduce the permeability of concretes that have low cementing material contents, high water-cementing materials ratios, or a deficiency of fines in the aggregate. Their use in well-proportioned mixes, may increase the mixing water required and actually result in increased rather than reduced permeability.

Permeability reducers

افزودنيهاي كاهنده نفوذ پذيري

(water under pressure) Decrease permeability

Latex

Calcium stearate (powder)

Some supplementary cementing materials, especially silica fume, reduce permeability through the hydration and pozzolanic-reaction process. Other admixtures that act to block the capillaries in concrete have been shown to be effective
in reducing concrete corrosion in chemically aggressive environments. Such admixtures, designed for use in high-cementing materials content/low-water-cementing materials ratio concretes, contain aliphatic fatty acid and an aqueous emulsion of polymeric and aromatic globules

Bonding admixtures or Bonding agents

چسب بتن یا افزودنیهاي پیوندساز

Increase bond strength

increase the bond strength between old and new concrete

Polyvinyl chloride,
polyvinyl acetate,
acrylics
epoxy resins (ASTM C 881)
latex (ASTM C 1059)

- فوق روان کننده ها

SuperPlasticizer = 1%~3% C

Lignosulfonate Naphthalene Sulfonate Melamine Sulfonate

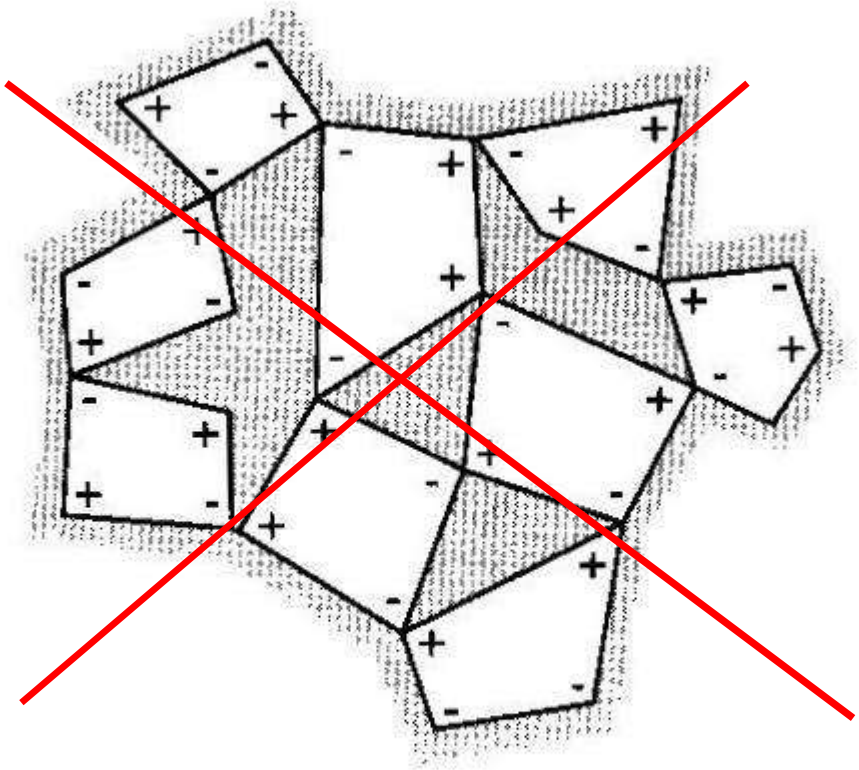
حباب زایی و کندکردن

W/C → W/P+C W/Binder 0.5 → 0.35 → 0.3 → 0.25

High-Range Water reducing < 1% C

Flocculation of cement particles → Less water to lubricate the mix

SuperPlasticizer:
neutralize electric charges → Dispersion of cement particles



Cement paste particles in a flocculated structure

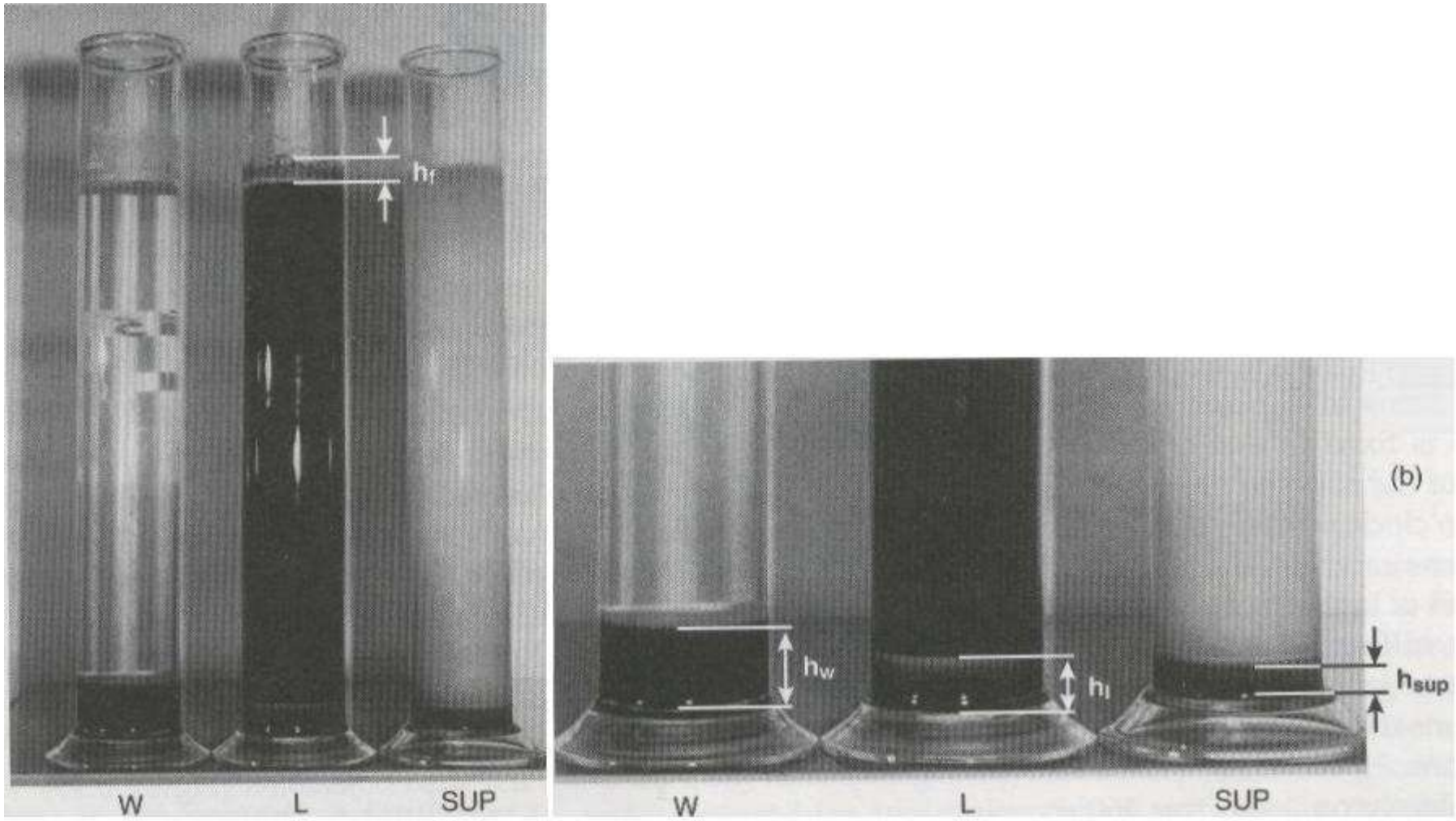


Fig. 6.18 Setting of Portland cement: (a) view of the beakers after 48 hours; (b) detailed view of the volume occupied by the settled particles. W: in water; L: in water + water reducer; SUP: in water + superplasticizer.

مواد جایگزین سیمان

پوزولان ها و مواد شبه سیمانی

- کاهش مصرف سیمان
- کاهش سرعت و میزان حرارت آبگیری
- افزایش مقاومت بتن
- افزایش پایایی بتن از طریق کاهش نفوذپذیری آن

پوزولان ها

پوزولان‌های طبیعی — خاکستر های آتشفشانی غیر بلورین

پوزولان‌های مصنوعی یا صنعتی — دوده سیلیسی
خاکستر بادی
خاکستر پوسته برنج

مواد شبه سیمانی

سرباره کوره آهنگدازی

پوزولانها

پوزولانهای طبیعی و مصنوعی

$$P+W+C \longrightarrow C\text{-}S\text{-}H$$

Calcium Silicate Hydrate

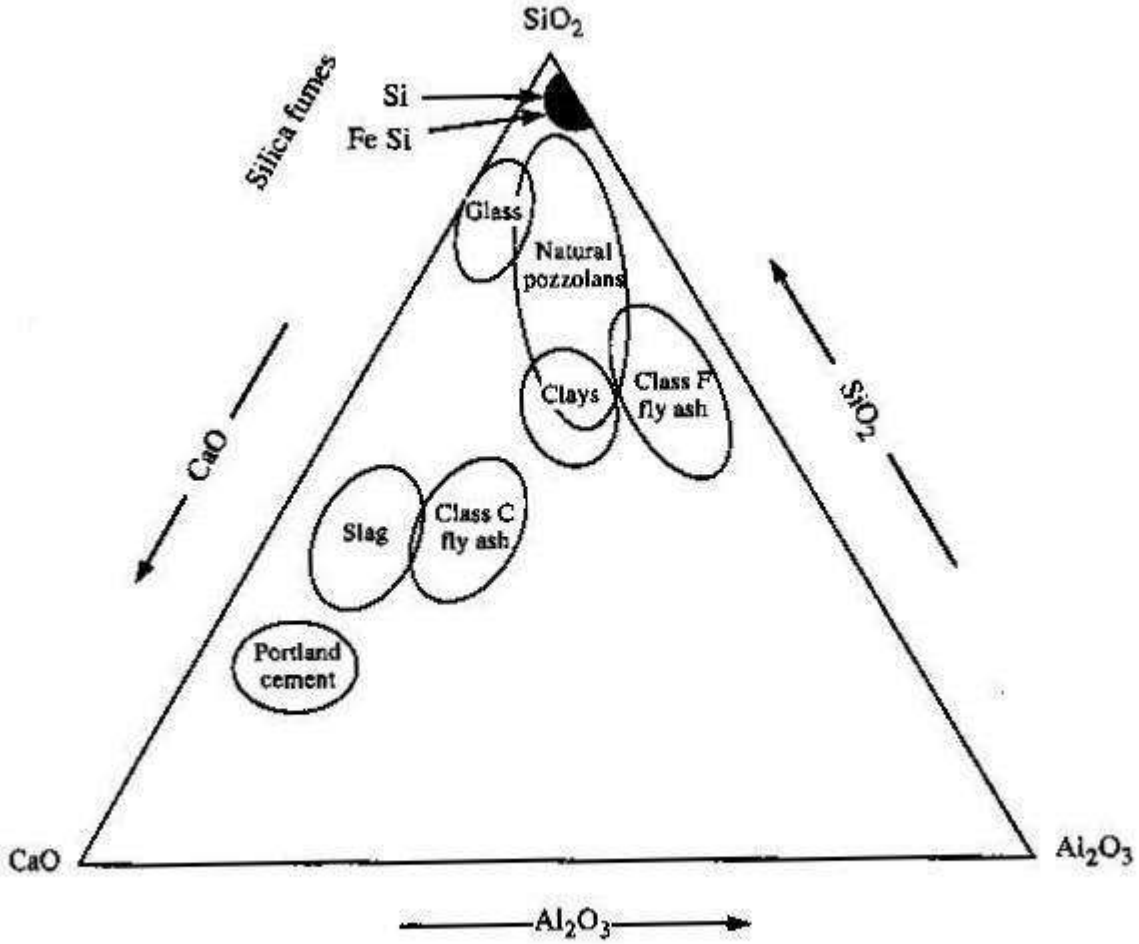
$Ca(OH_2)$

ماده مضر

ماده مفید

مزایا :

- اقتصاد
- کارآیی
- مقاومت در برابر عوامل خورنده
- حرارت کم



Representation of the principal cementitious materials in a SiO_2–CaO–Al_2O_3 ternary diagram.

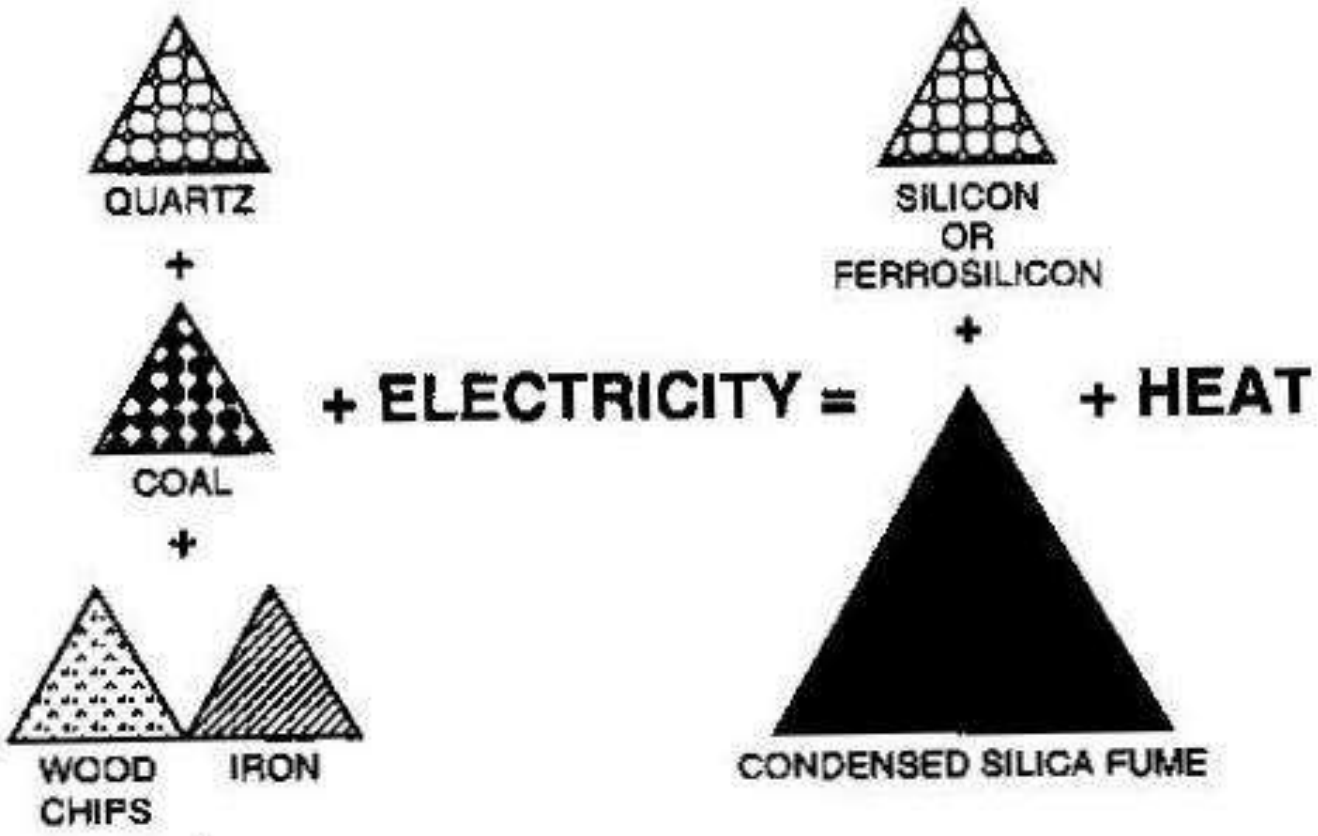
Silica Fume

1952 ⟶ 1972 نروژ ⟶ 1987 آمریکا

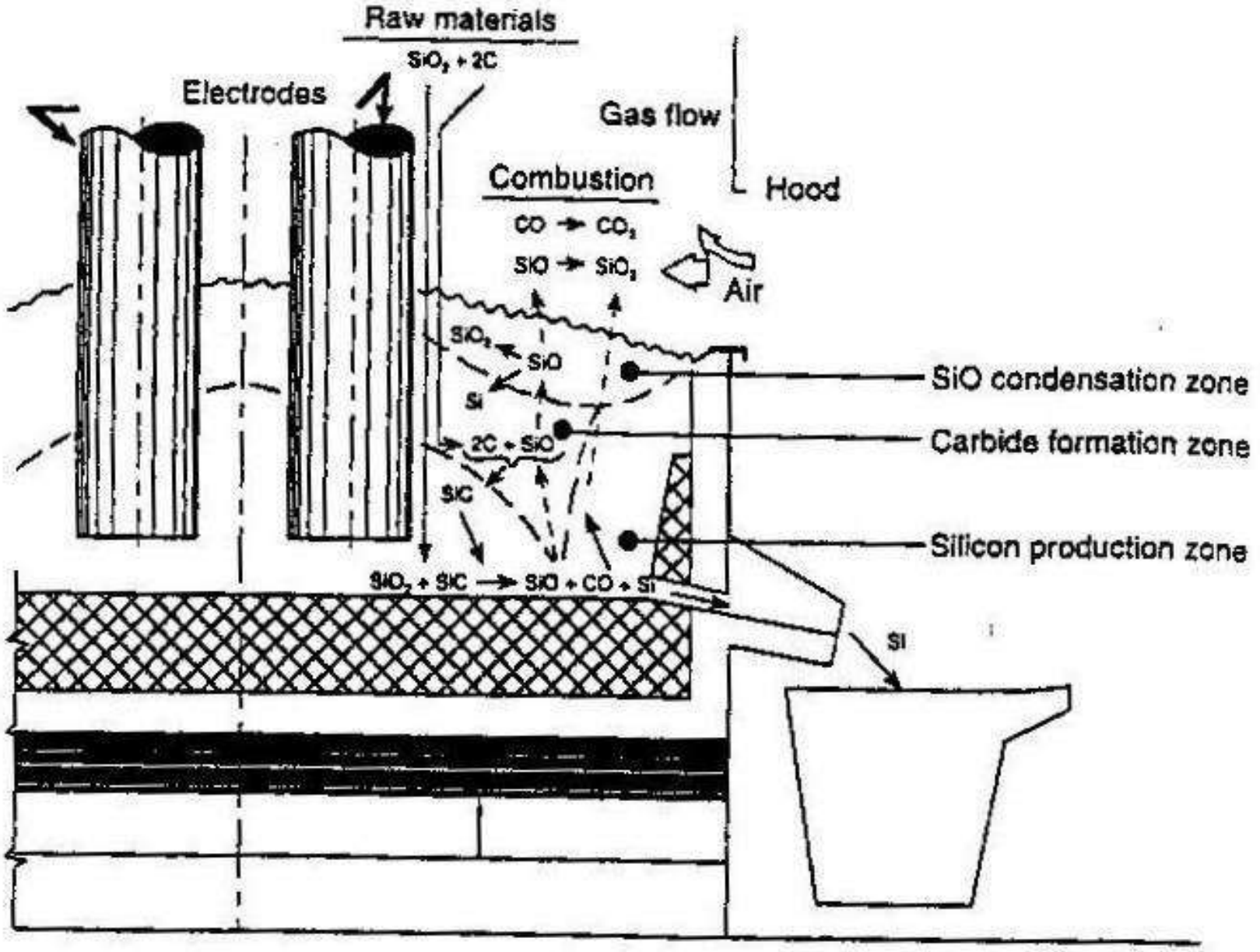
یک انقلاب در بتن

	C	W	Admix.	Slump	F’c
1973-1975	430	175	4 lit	12 cm	550
1980	400	165	6 lit + 10 kg Silica Fume	24 cm	790

Silica Fume Microsilica ميكروسيليس



Principle of the manufacture of silicon or ferrosilicon.



Chemical reactions taking place in the reaction zone of a furnace.

امتیازاتSilica Fume

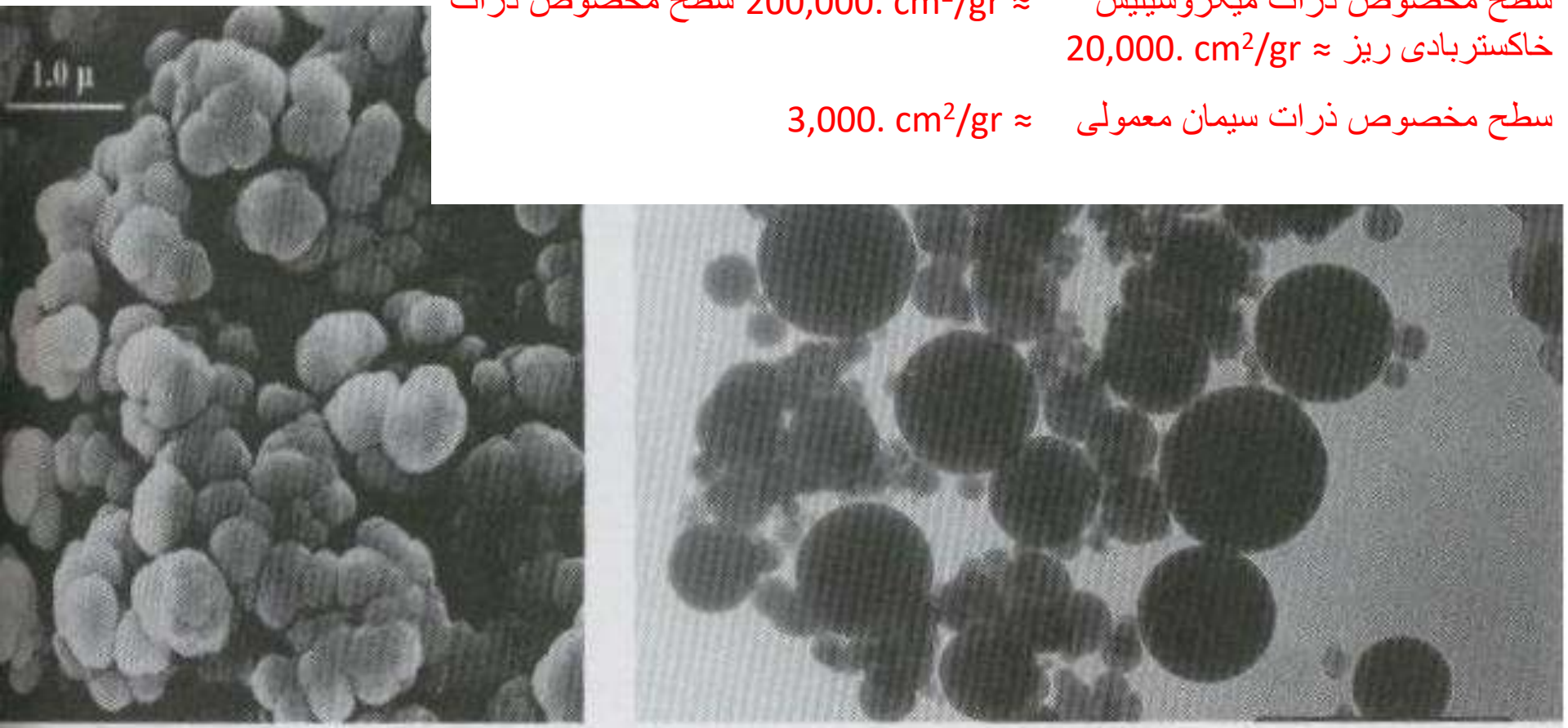
- سیلیس فعال
- آمورف بودن
- ریزدانه و فعال بودن
- پر کنندگي
- ناحیه تماس دانه ها با خمیر سیمان
- آب انداختگي

Typical chemical composition of some silica fumes (after Aïtcin, 1983)

	Grey silicon	*Grey ferrosilicon*	*White ferrosilicon*
SiO_2	93.7	87.3	90.0
Al_2O_3	0.6	1.0	1.0
CaO	0.2	0.4	0.1
Fe_2O_3	0.3	4.4	2.9
MgO	0.2	0.3	0.2
Na_2O	0.2	0.2	0.9
K_2O	0.5	0.6	1.3
Loss on ignition	2.9	0.6	1.2

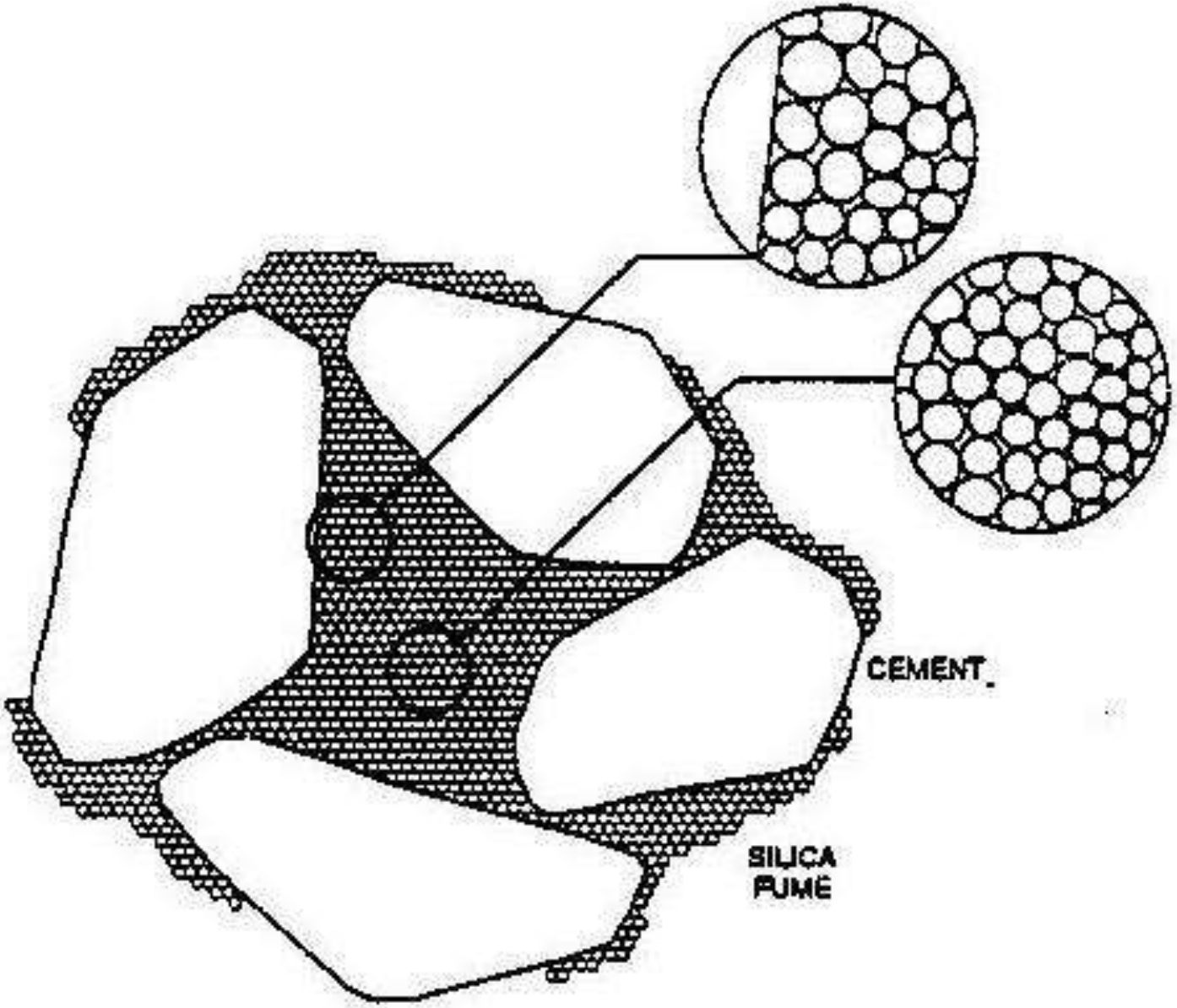
سطح مخصوص ذرات میکروسیلیس ≈ 200,000. cm^2/gr سطح مخصوص ذرات خاکستربادی ریز ≈ 20,000. cm^2/gr

سطح مخصوص ذرات سیمان معمولی ≈ 3,000. cm^2/gr



(a) (b) ×50 000

Fig. 6.33 Electron microscope pictures of silica fume: (a) scanning electron microscope – naturally agglomerated silica fume particles in an as-produced silica fume; (b) transmission electron microscope – dispersed individual particles.



Filler effect of silica fume according to H. Bache.

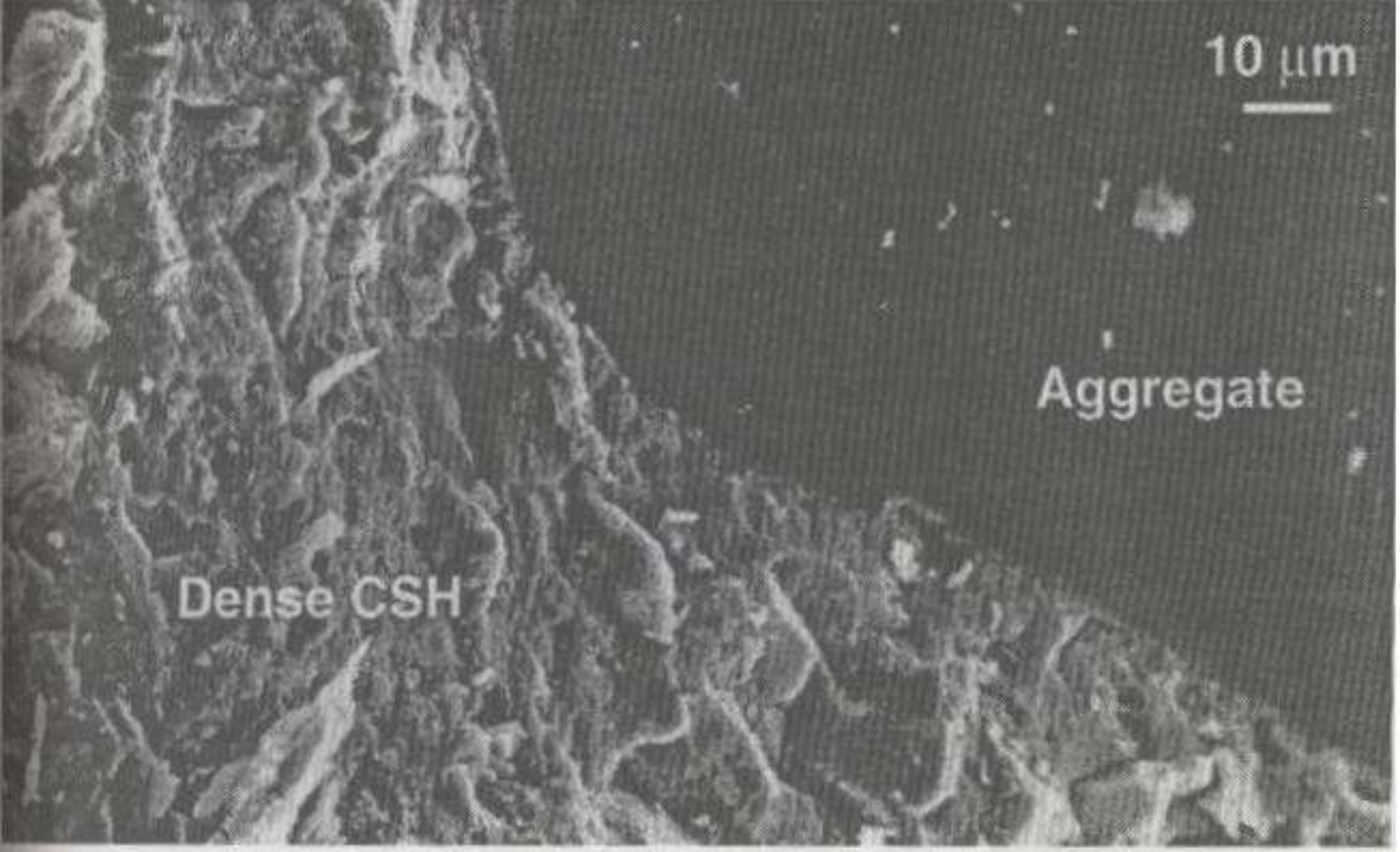
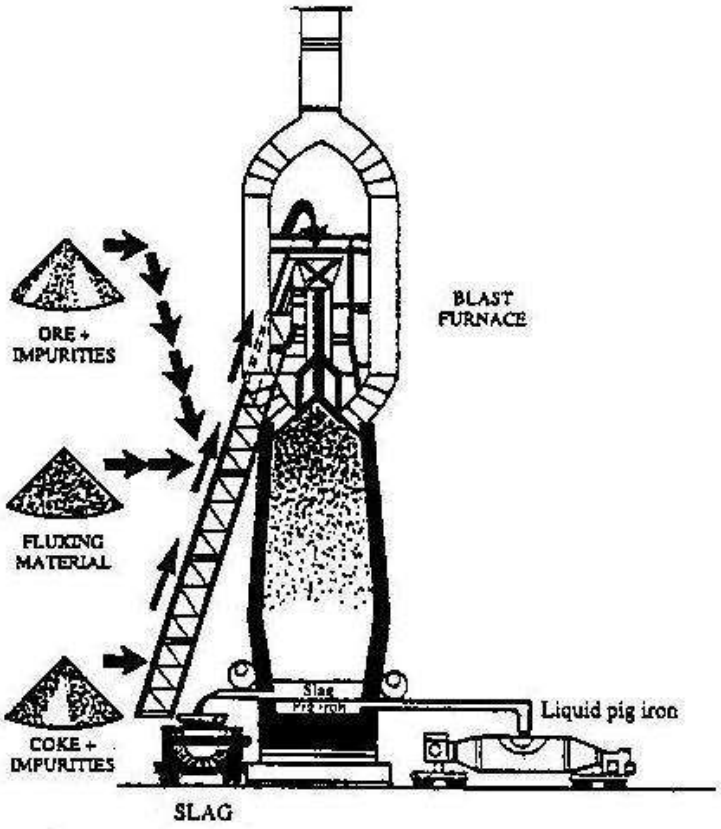
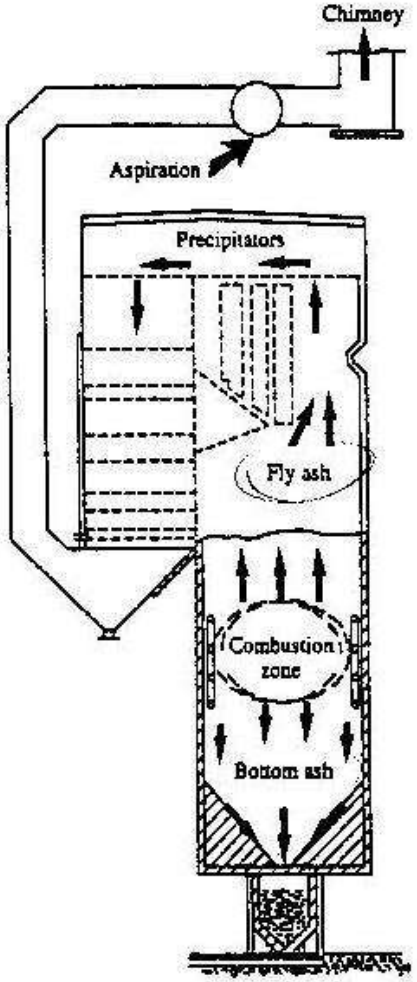


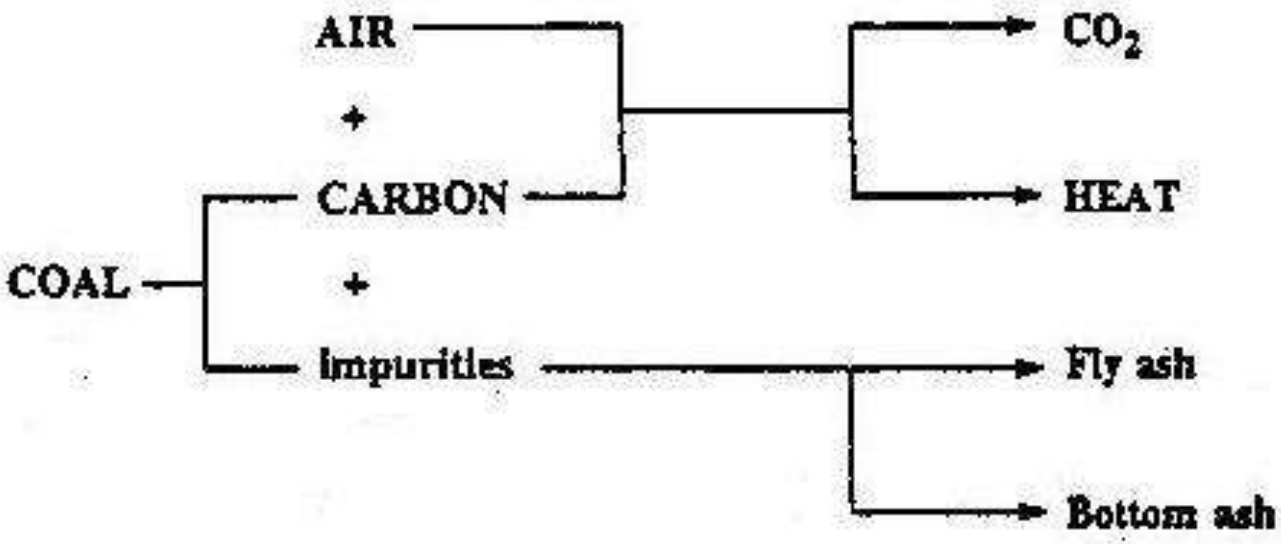
Fig. 6.36 Dense C–S–H in a silica fume concrete around an aggregate. The absence of a transition zone between the aggregate and the paste can be noticed.



Schematic representation of a blast furnace.



Schematic representation of the formation of fly ashes



Schematic representation of the formation of fly ashes.

Typical chemical composition of some fly ashes (Aïtcin *et al.*, 1986). Reproduced by permission of ACI

	Class F	*Class F*	*Class C*	*Sulfocalcic*	*Sulfocalcic*
SiO_2	59.4	47.4	36.2	24.0	13.5
Al_2O_3	22.4	21.3	17.4	18.5	5.5
Fe_2O_3	8.9	6.2	6.4	17.0	3.5
CaO	2.6	16.6	26.5	24.0	59.0
MgO	1.3	4.7	6.6	1.0	1.8
Na_2O equivalent	2.2	0.4	2.2	0.8	–
SO_3	2.4	1.5	2.8	8.0	15.1
Loss on ignition	2.0	1.5	0.6	–	–
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$	90.7	74.9	60.0	59.5	22.5
Free lime	–	–	–	–	28.0

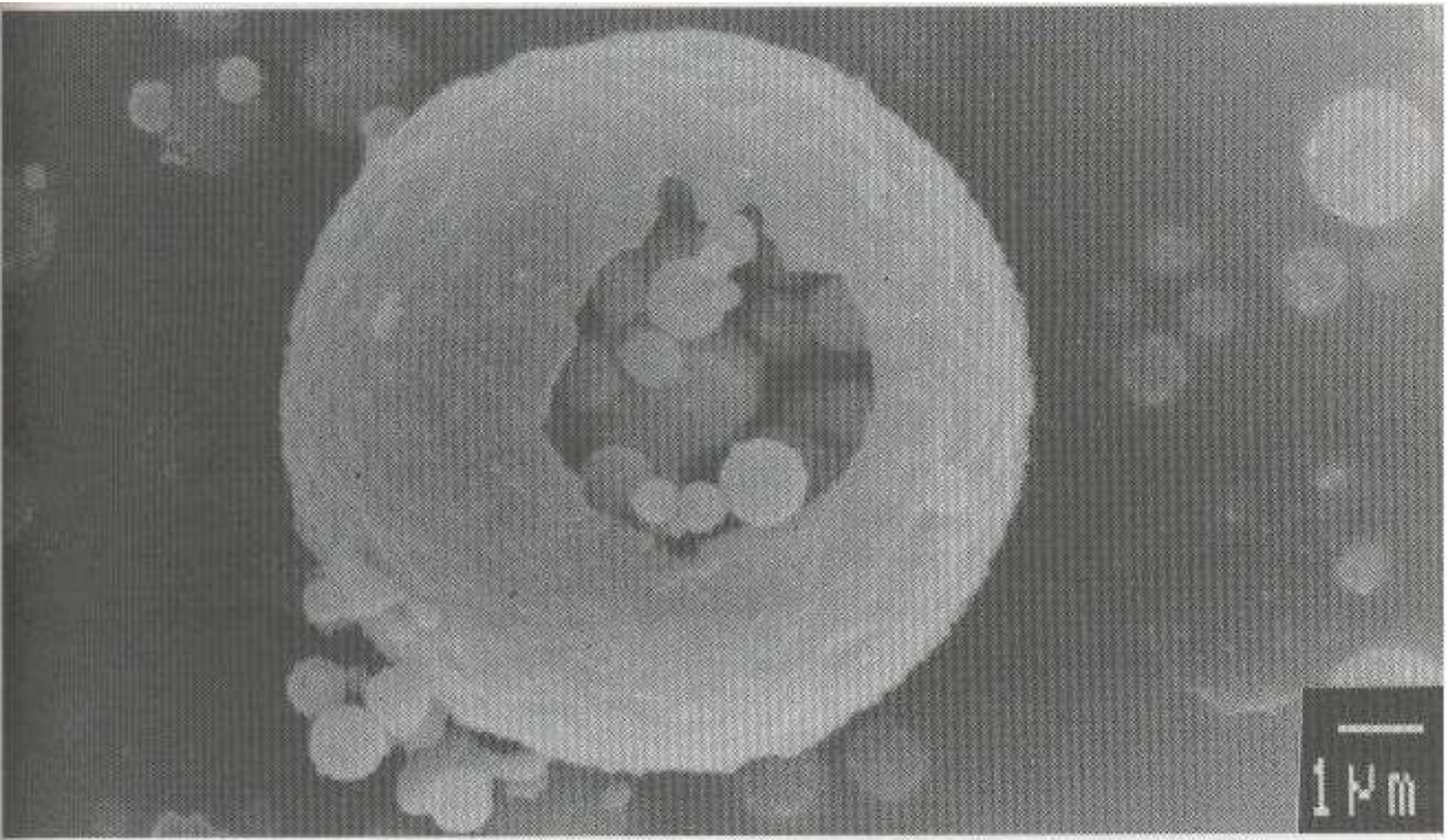


Fig. 6.47 Plerosphere containing cenospherical particles of fly ash.

Typical chemical composition of some blast-furnace slags (Aïtcin, 1968)

	French slag	*North American slag*
SiO_2	29 to 36	33 to 42
Al_2O_3	13 to 19	10 to 16
CaO	40 to 43	36 to 45
Fe_2O_3	< 4%	0.3 to 20
MgO	< 6%	3 to 12
S^-	< 1.5%	–

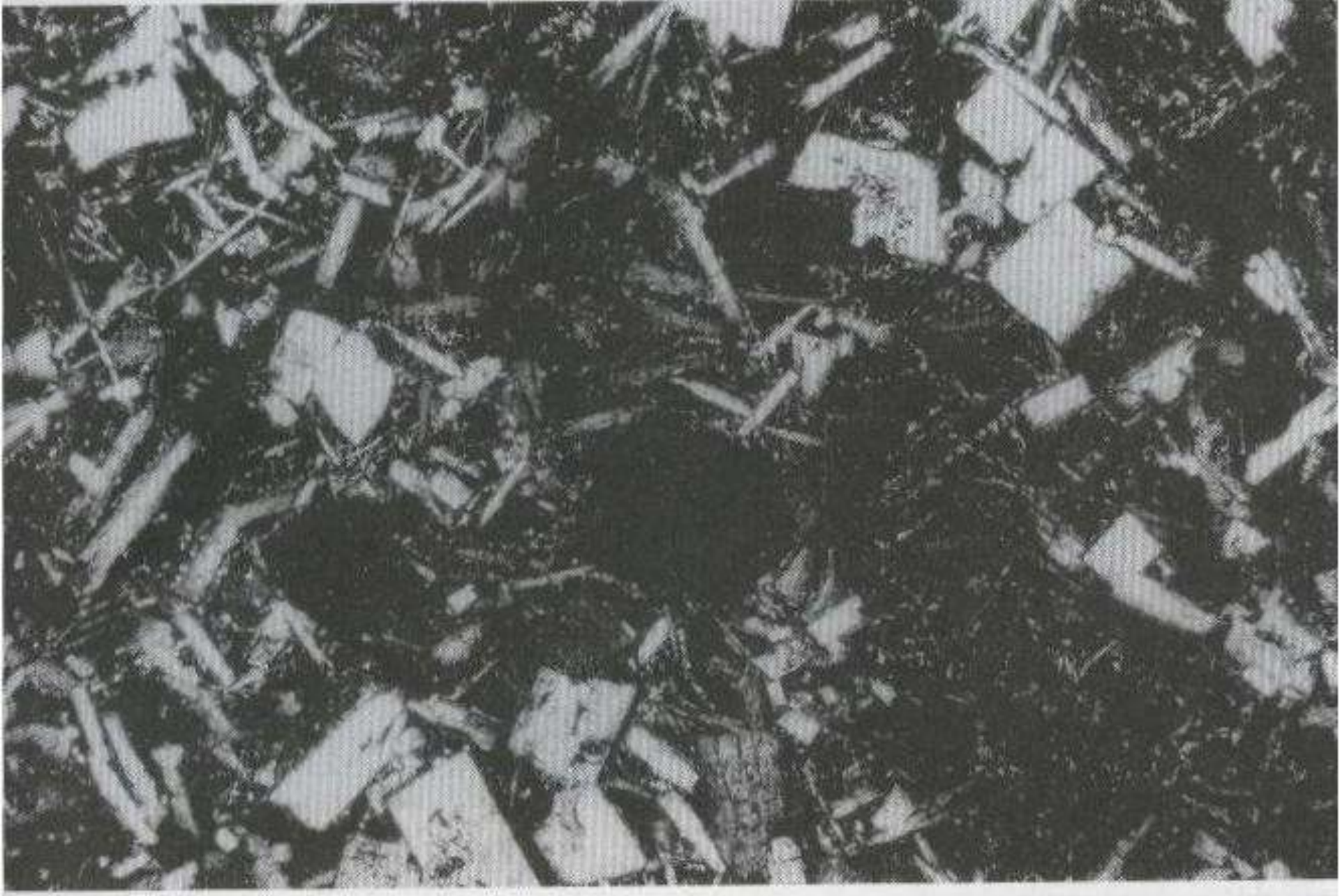


Fig. 6.39 Air-cooled or crystallized slag under polarized light in an optica microscope. The white prismatic crystals are melilite.

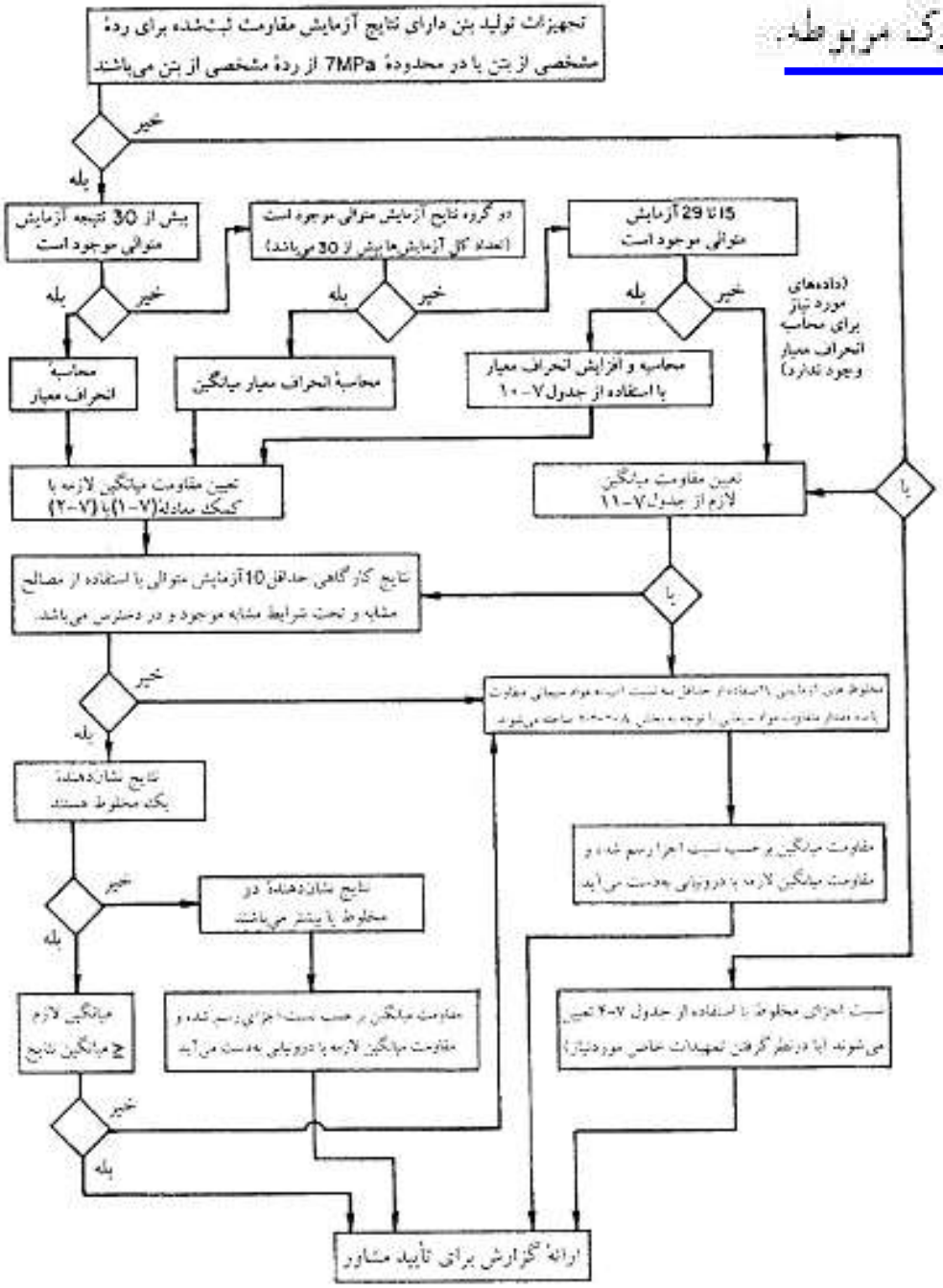
تعیین نسبت مخلوط‌های بتن معمولی

هدف از طرح مخلوط بتن، تعیین صرفه‌جویانه‌ترین و عملی‌ترین مخلوط بتنی

۱. کارایی قابل‌قبول بتن تازه
۲. پایایی (دوام)، مقاومت، و ظاهر یکنواخت بتن سخت شده
۳. صرفه‌جویی

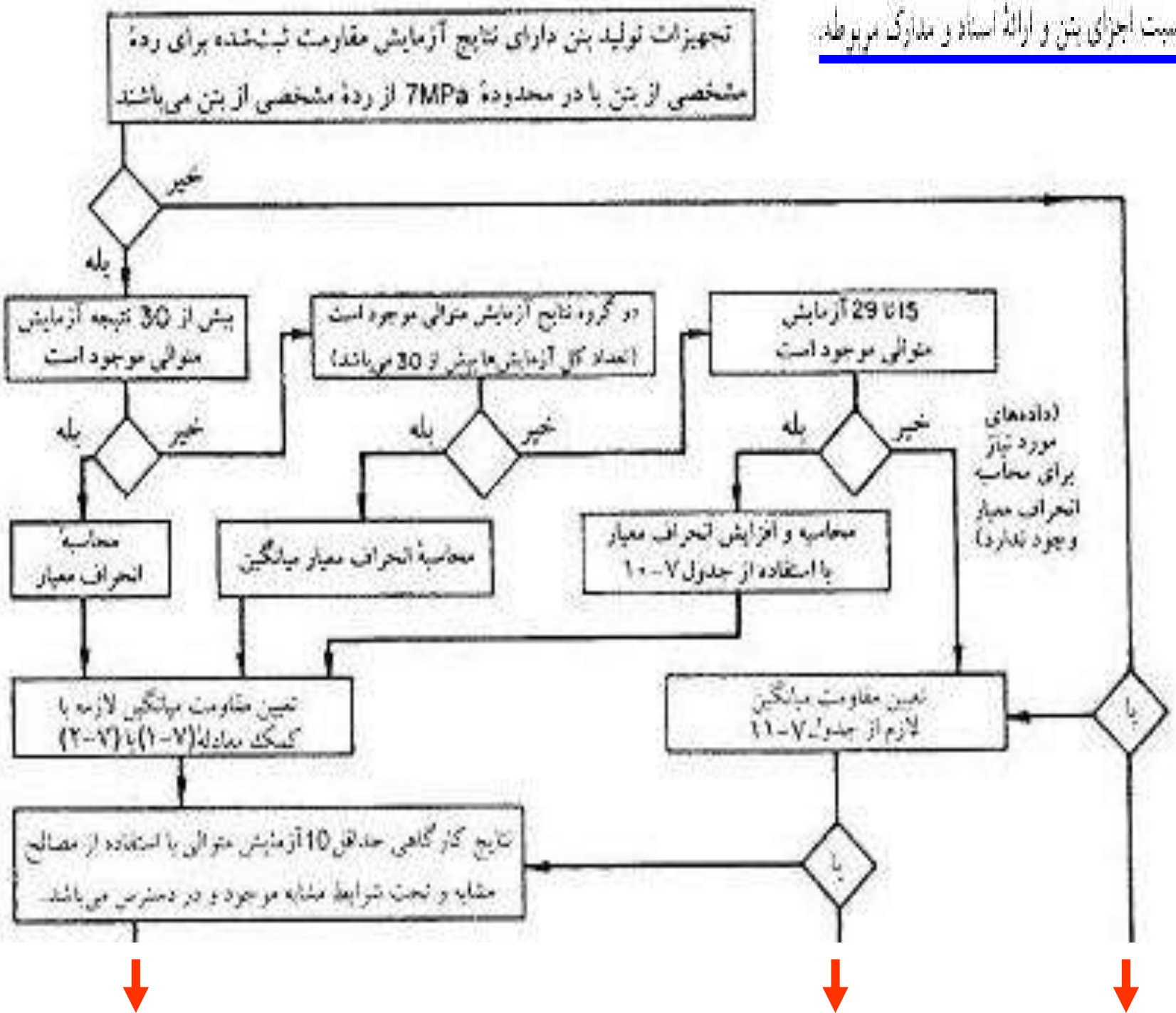
انتخاب مشخصه‌های مخلوط

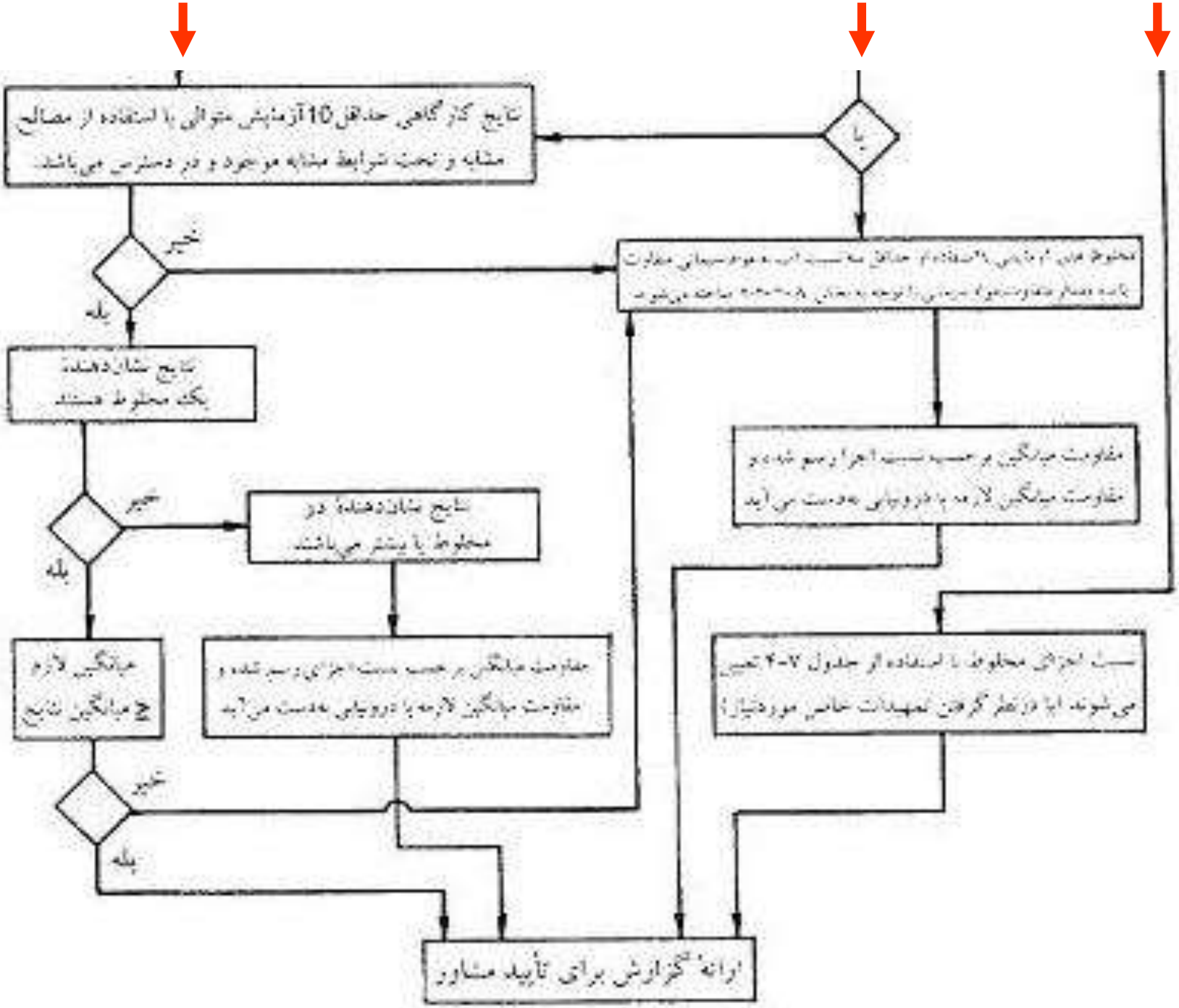
روند نمای انتخاب تسبت اجزای بتن و ارائهٔ اسناد و مدارک مربوطه.



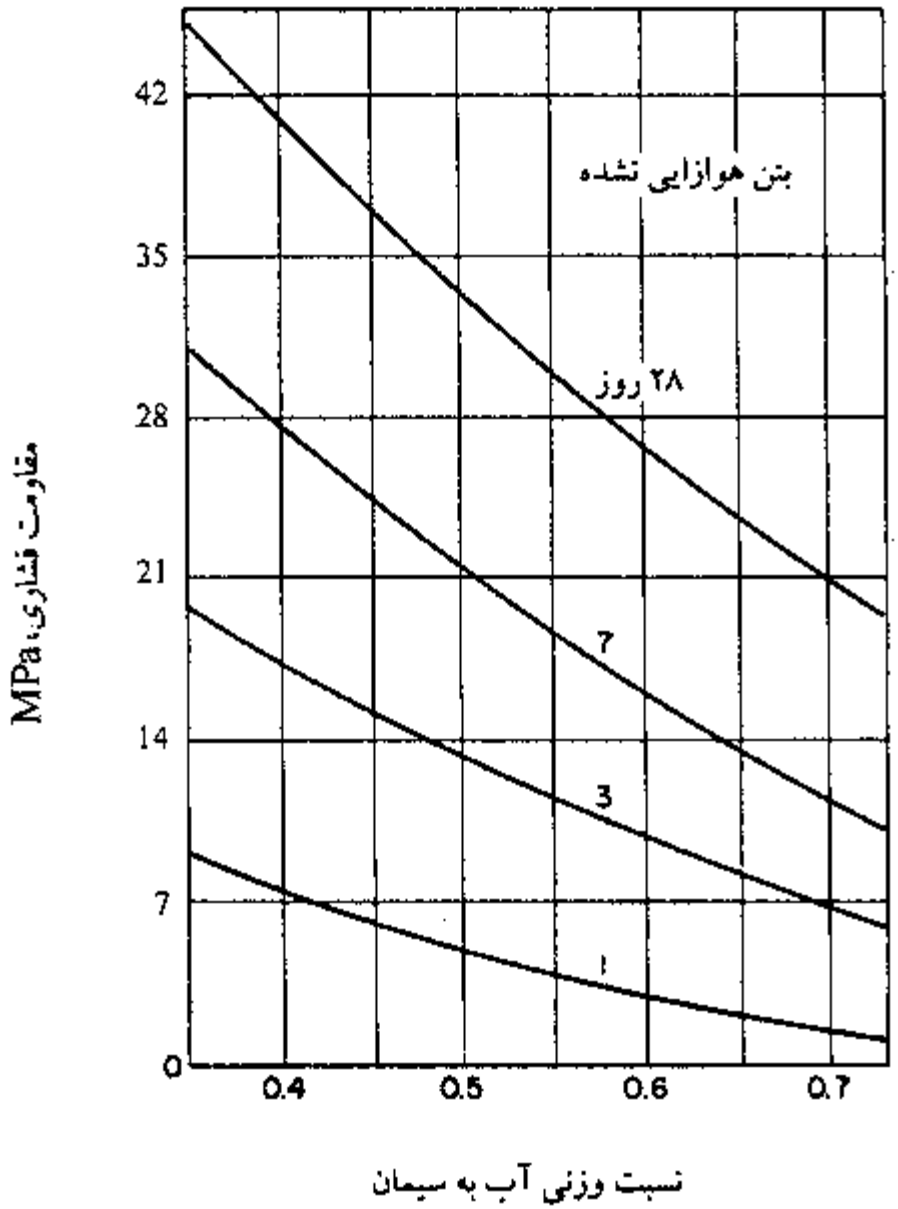
شکل ۴.۷ روند نمای انتخاب تسبت اجزای بتن و ارائهٔ اسناد و مدارک مربوطه.

روند نمای انتخاب نسبت اجزای بتن و ارائهٔ اسناد و مدارک مربوطه




نتایج کارگاهی حداقل 10 آزمایش متوالی با استفاده از مصالح مشابه و تحت شرایط مشابه موجود و در دسترس می‌باشد.
یا
خیر
بله
نتایج نشان‌دهنده یک محلوط هستند
خیر
نتایج نشان‌دهنده دو محلوط یا بیشتر می‌باشند
بله
میانگین لازم ج میانگین نتایج
خیر
بله
ارائه گزارش برای تأیید مشاور

رابطهٔ بین مقاومت و نسبت آب به سیمان



۱ـ مقاومت

۲ـ دوام

W/C

قانون آبرامز

W/C ⟹ strength

دوام

جدول ۱.۷ نسبت‌های آب به سیمان حداکثر برای شرایط محیطی گوناگون.[۱]

شرایط محیطی	حداکثر نسبت وزنی آب به سیمان برای بتن معمولی
بتنی که با به‌کار بردن مواد شیمیایی یخ‌زدا در برابر یخ زدن و آب شدن محافظت می‌شود.	نسبت آب به سیمان بر پایه مقاومت، کارایی، و نیازهای پرداخت‌کردن انتخاب می‌شود.
بتن آب‌بند:	
(الف) بتن در تماس با آب شیرین	۰٫۵۰
(ب) بتن در تماس با آب شور یا آب دریا	۰٫۴۵
بتن در معرض یخ زدن و آب شدن در شرایطی مرطوب[۲]	
(الف) جدول‌ها، نهرها، نرده‌ها، و مقاطع نازک بتنی	۰٫۴۵
(ب) سایر اعضا	۰٫۵۰
(پ) در صورت وجود مواد شیمیایی یخ‌زدا	۰٫۴۵
به منظور حفاظت در برابر خوردگی بتن مسلح در معرض نمک‌های یخ‌زدا، آب شور، آب دریا، یا ترشح این مواد	۰٫۴۰[۳]

دوام

جدول ۲.۷ ضوابط مربوط به بتن در تماس با محلول‌های حاوی سولفات.[۱]

میزان سولفاتی بودن محیط	سولفات محلول در آب (SO_4) موجود در خاک، درصد وزنی	سولفات (SO_4) موجود در آب، قسمت درمیلیون	نوع سیمان[۲]	بتن با سنگدانه معمولی	بتن با سنگدانه سبک
				حداکثر نسبت وزنی آب به سیمان	حداقل مقاومت فشاری، MPa
قابل‌چشم پوشی	۰٫۰۰-۰٫۱۰	۰-۱۵۰	-	-	-
متوسط[۳]	۰٫۱۰-۰٫۲۰	۱۵۰-۱۵۰۰	II, IP(MS), IS(MS) P(MS), I(PM)(MS) I(SM)(MS)	۰٫۵۰	۲۶٫۲۵
شدید	۰٫۲۰-۲٫۰۰	۱۵۰۰-۱۰۰۰۰	V	۰٫۴۵	۲۹٫۷۵
خیلی شدید	بیش‌تر از ۲٫۰۰	بیش‌تر از ۱۰۰۰۰	نوع ۵ همراه با پوزولان[۴]	۰٫۴۵	۲۹٫۷۵

مقاومت فشاری میانگین موردنیاز

مقاومت فشاری مشخصه ← مقاومت فشاری میانگین موردنیاز

مقاومت متوسط هدف و مقاومت مشخصه بتن

$$f_{cm} = f_c + ۱/۳۴s + ۱/۵MPa$$

مقاومت فشاری متوسط

$$f_{cm} = f_c + ۲/۳۳s - ۴MPa$$

انحراف استاندارد S

نتایج آزمایش حداقل ۳۰ نمونه متوالی باید از پروژه مشابه قبلی موجود باشد.

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(x-m)^2}{n-1}} \qquad (۳-۵-۹)$$

انحراف استاندارد

x: مقاومت فشاری آزمونه

m: میانگین مقاومت فشاری آزمونه‌ها

n: تعداد آزمونه‌ها

منظور از پروژه‌های مشابه پروژه‌هایی است که:

- مصالح مصرفی بکار رفته در آن و پروژه موجود از نظر نوع و مشخصات فنی تشابه داشته باشند.
- شرایط نظارت و کنترل کیفیت آنها و پروژه موجود تشابه داشته باشند.
- مقدار تفاوت در مقاومت فشاری مشخصه بتن در آنها و پروژه موجود از ۵ مگاپاسکال بیشتر نباشد.

چنانچه نتایج آزمایش حداقل ۳۰ نمونه متوالی موجود نباشد، می‌توان از دو گروه نمونه‌های متوالی با مجموع حداقل ۳۰ آزمایش استفاده کرد. در چنین حالتی باید انحراف استاندارد دو گروه آزمایش بر اساس رابطه (۹-۵-۵) به صورت میانگین آماری محاسبه گردد.

$$\bar{S} = \left[\frac{(n_1-1)S_1^2+(n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}\right]^{1/2} \qquad (۹-۵-۵)$$

که در آن:

$\bar{S}$: میانگین آماری انحراف استاندارد در گروه نمونه‌های متوالی

S_1 و S_2: انحراف استاندارد محاسبه شده از دو گروه نمونه‌های متوالی

n_1 و n_2: تعداد نمونه‌ها در دو گروه متوالی

. اگـر کمتـر از ۳۰ نتیجـه ضریب اصلاحی $R = ۰/۷۵ + (\frac{۲}{n})^{\frac{۱}{۲}}$

- در هیچ شرایطی نباید انحراف استاندارد کارگاهی کمتر از ۲/۵ مگاپاسکال در نظر گرفته شود.

تعیین انحراف استاندارد در صورت عدم دسترسی به اطلاعات آماری

جدول ۹-۵-۵ 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 دانه بندی 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	در سطح 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

جدول ۹-۵-۴ انحراف استاندارد بر اساس رتبه بندی کارگاه و مقاومت مشخصه بتن

رتبه‌بندی کارگاه	مقاومت مشخصه بتن (مگاپاسکال)				
	۱۶	۲۰	۲۵	۳۰و ۳۵	۴۰ و بیشتر
الف	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵
ب	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۵/۵
ج	۴/۵	۵	۵/۵	۶	۶/۵

$$f_{cm} = f_c + ۱/۳۴s + ۱/۵MPa$$

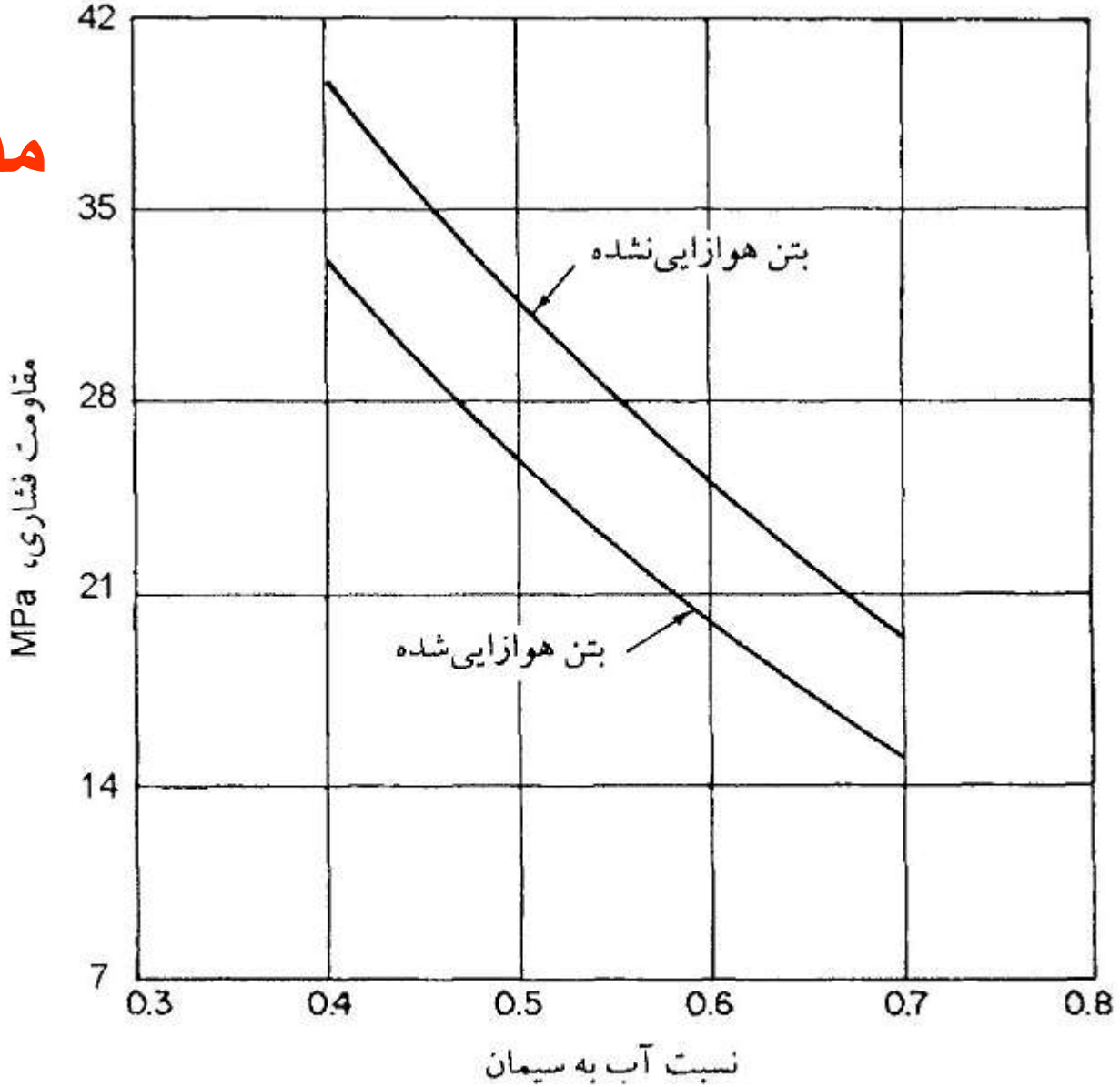
مقاومت فشاری متوسط

$$f_{cm} = f_c + ۲/۳۳s - ۴MPa$$

جدول ۱۱.۷ مقاومت فشاری میانگین موردنیاز، وقتی داده‌های مقاومتی برای تعیین انحراف معیار در دسترس نباشد.

مقاومت فشاری مشخصه، f'_c، (MPa)	مقاومت فشاری میانگین مورد نیاز، f'_{cr}، (MPa)
کم‌تر از ۲۱	$f'_c + ۷/۰$
۲۱ تا ۳۵	$f'_c + ۸/۴$
بیش‌تر از ۳۵	$f'_c + ۹/۸$

مقاومت



شکل ۱.۷ نمونه‌ای از منحنی‌های مقاومتی بر مبنای مخلوط‌های آزمایشی یا داده‌های کارگاهی.

برای انتخاب نسبت آب به سیمان مخلوطهای آزمایشی (چنانچه داده های دیگری در دسترس نباشد.)

جدول ۳.۷ رابطهٔ بین نسبت آب به سیمان و مقاومت فشاری بتن.

مقاومت فشاری ۲۸ روزه، (MPa) [۱]	نسبت وزنی آب به سیمان	
	بتن هوازایی نشده	بتن هوازایی شده
۴۲	۰/۴۱	–
۳۵	۰/۴۸	۰/۴۰
۲۸	۰/۵۷	۰/۴۸
۲۱	۰/۶۸	۰/۵۹
۱۴	۰/۸۲	۰/۷۴

۱. این مقادیر، مقاومت‌های میانگین تخمینی بتنی‌اند که مقدار هوای آن از درصد هوای نشان داده شده در جدول ۶.۷ بیش‌تر نباشد. برای نسبت آب به سیمان ثابت، مقاومت بتن با افزایش مقدار هوا کاستی می‌پذیرد.

مقاومت ارائه شده بر اساس استوانه‌های ۱۵۲×۳۰۵mm استوار است که مطابق بخش 9b از ASTM C31 به مدت ۲۸ روز در دمای ۲۳± ۱°C به‌طور مرطوب عمل آورده شده باشند.

این رابطه با فرض بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه، ۱۹mm (۳/۴ in) تا ۲۵mm (۱ in)، به‌دست آمده است.

برگرفته شده از مرجع ۶.۷.

جدول ۴.۷ حداکثر نسبت‌های مجاز آب به سیمان بتن وقتی داده‌های مقاومتی کارگاهی یا مخلوط‌های آزمایشی در دسترس نباشند.

مقاومت فشاری مشخصهٔ ۲۸ روزه، f'_c، (MPa)	نسبت وزنی آب به سیمان	
	بتن هوازایی نشده	بتن هوازایی شده
۱۷٫۵	۰٫۶۷	۰٫۵۴
۲۱٫۰	۰٫۵۸	۰٫۴۶
۲۴٫۵	۰٫۵۱	۰٫۴۰
۲۸٫۰	۰٫۴۴	۰٫۳۵
۳۱٫۵	۰٫۳۸	*
۳۵٫۰	*	*

نسبت‌های آب به سیمان نشان داده شده، با اکثر مصالح، مقاومت‌های میانگینی بزرگ‌تر از مقاومت‌های موردنیاز فراهم می‌آورند. این جدول را فقط با اجازهٔ خاص مهندس مشاور پروژه می‌توان به‌کار برد. استفاده از این جدول را برای طراحی پیمانه‌های آزمایشی موردنظر نیست. برای طرح پیمانه آزمایشی از جدول ۳.۷ بهره بگیرید.

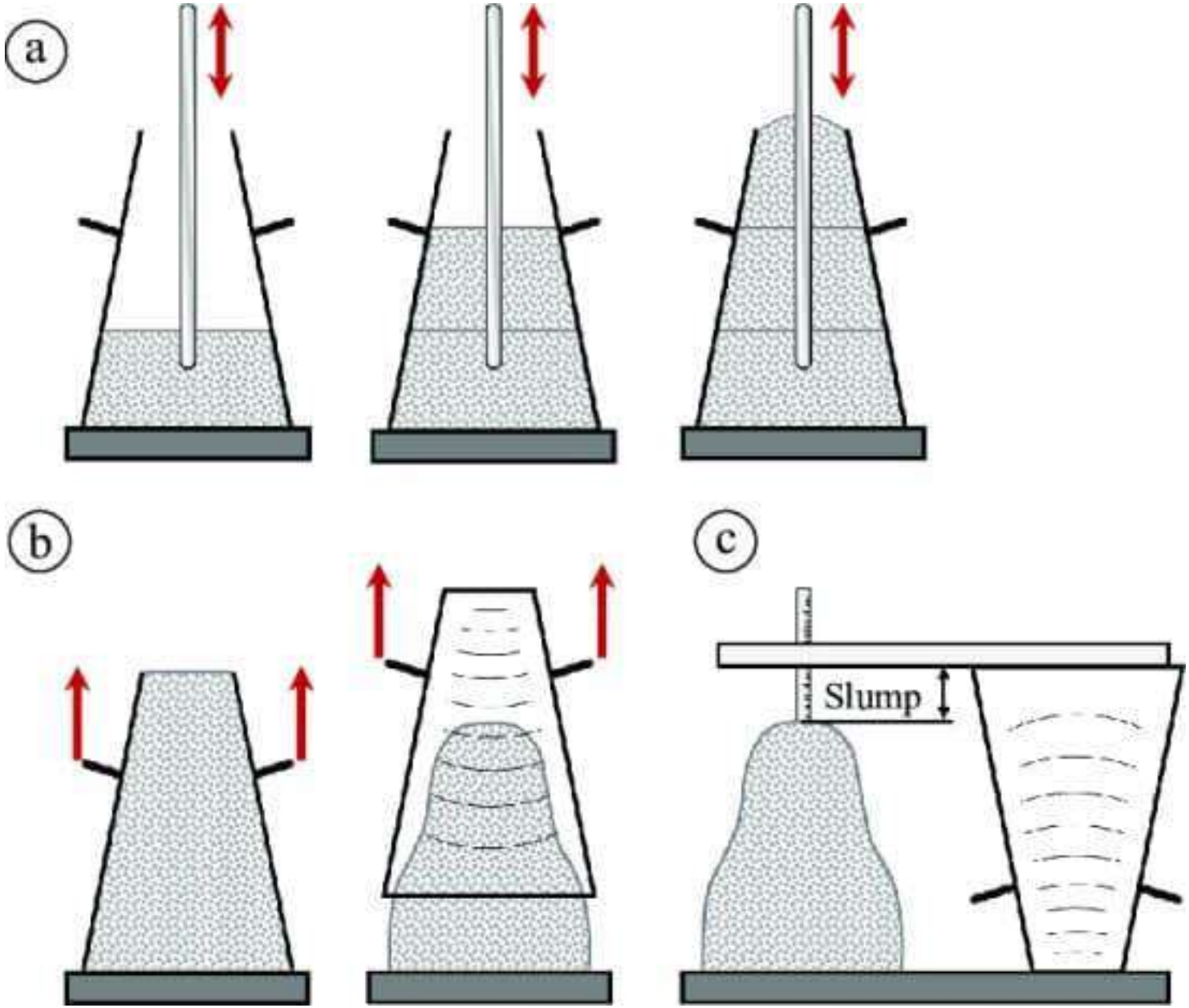
* برای مقاومت‌های بالاتر از ۳۱٫۵MPa (بتن هوازایی نشده) و بالاتر از ۲۸٫۰MPa (بتن هوازایی شده) نسبت اجزای بتن باید براساس داده‌های کارگاهی یا بر مبنای مخلوط‌های آزمایشی تعیین شوند.

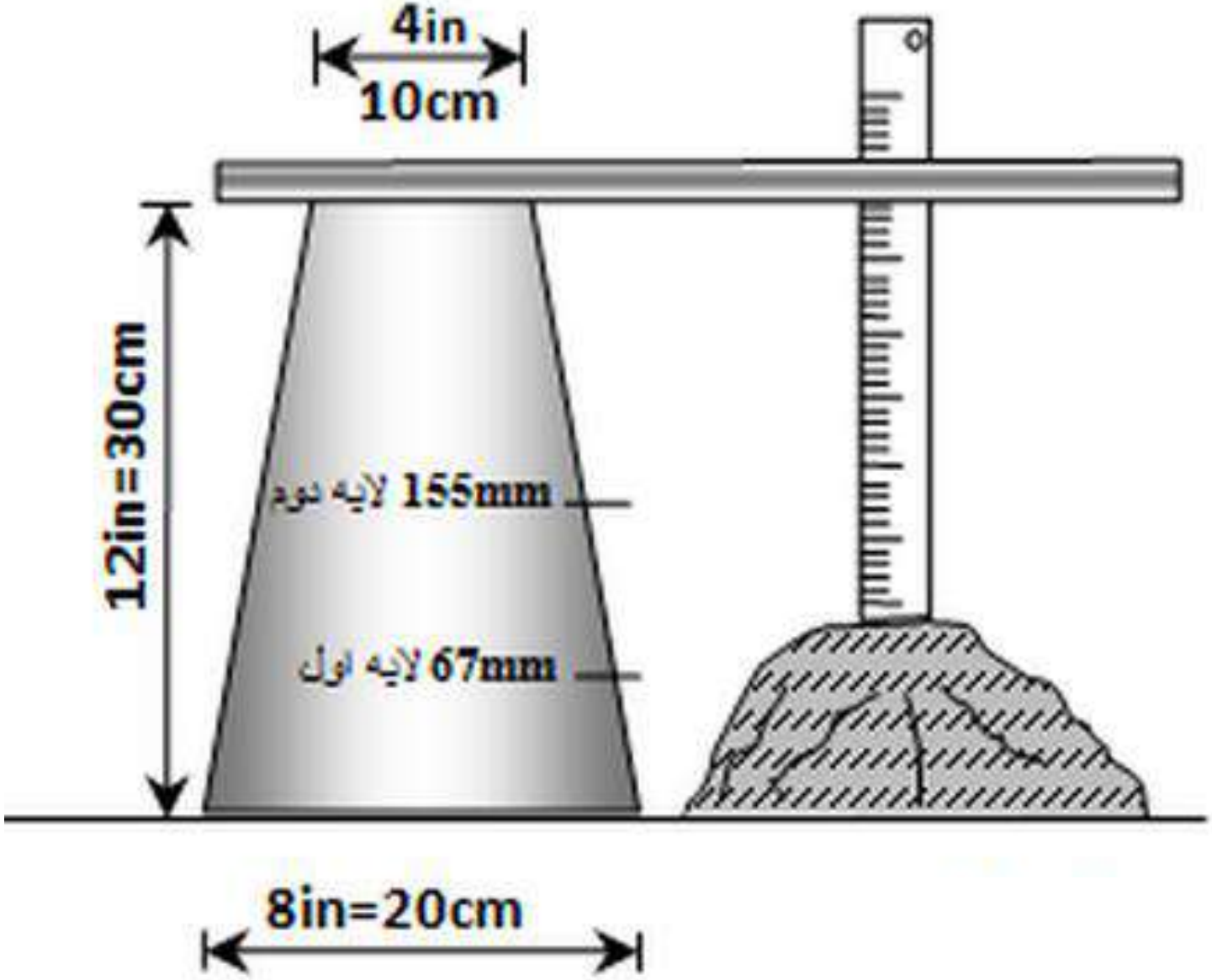
برگرفته شده از مرجع ۹.۷.

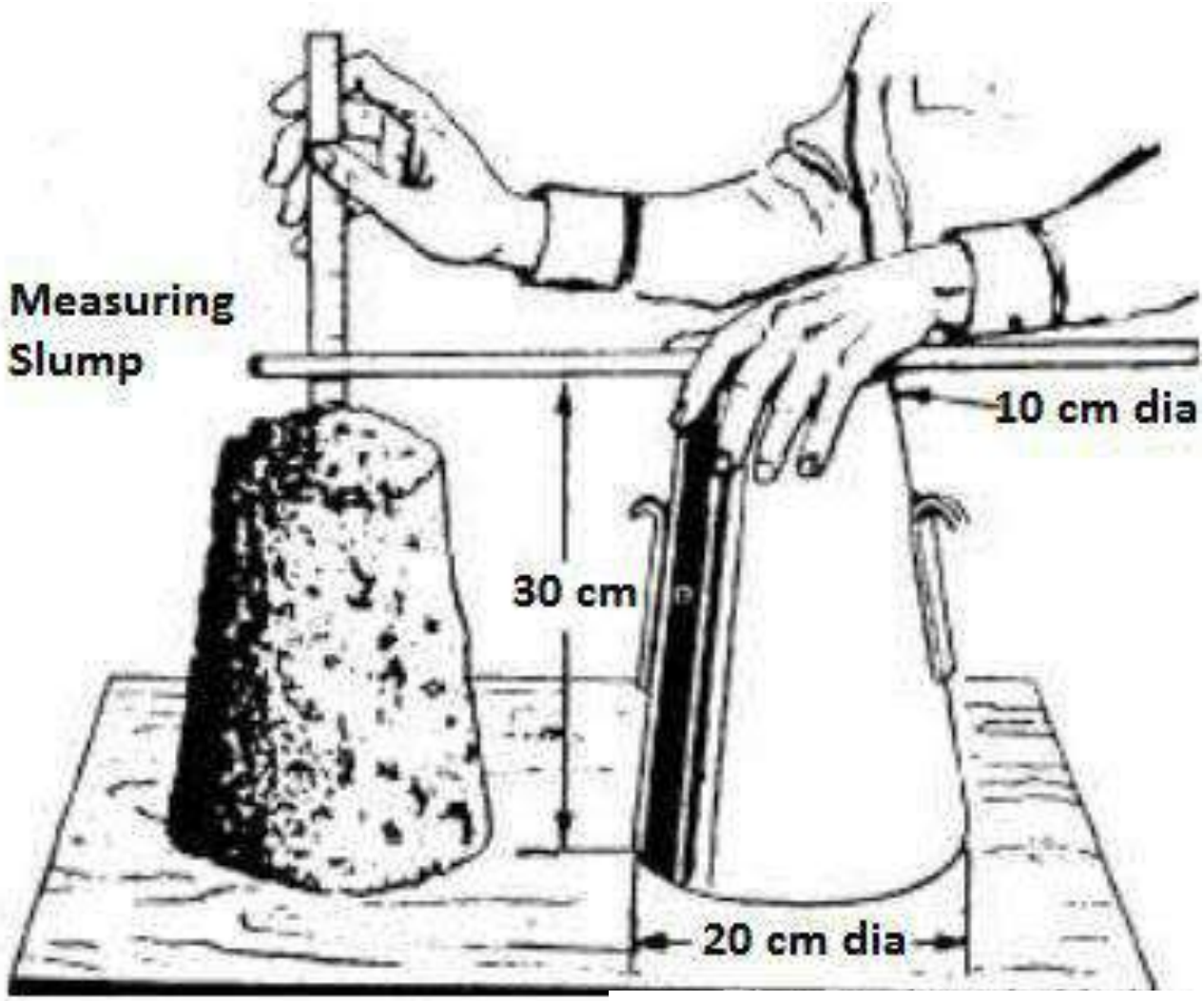
جدول ۷.۷ اسلامپ‌های پیشنهادی برای موارد مختلف اجرایی.

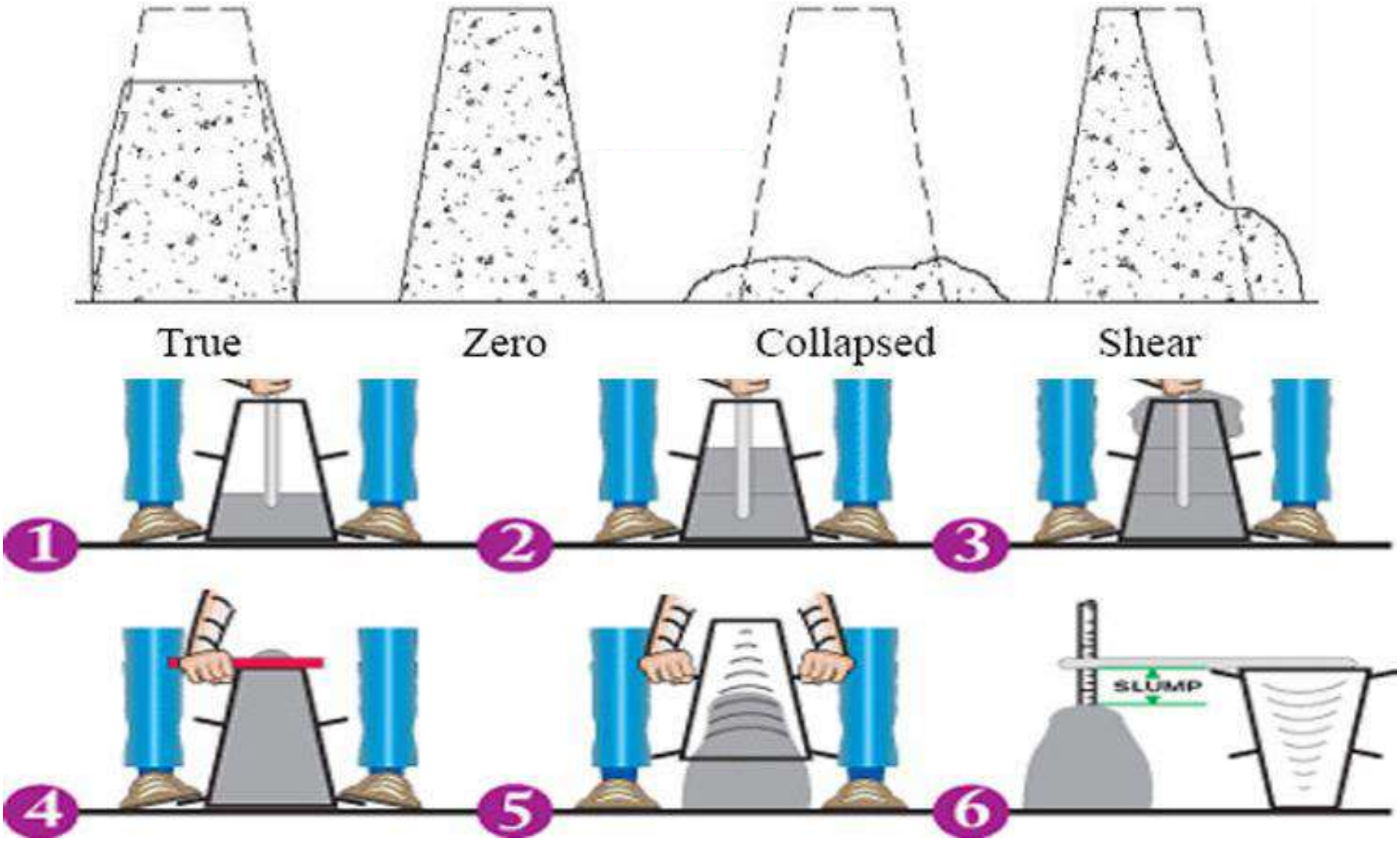
مورد اجرایی و سازهٔ بتنی	اسلامپ، mm	
	حداکثر [۱]	حداقل
پی‌های مجزای مسلح و پی‌های دیواری مسلح	۷۵	۲۵
پی‌های مجزای غیرمسلح، صندوقچه‌ها، و دیوارهای زیرسازه‌ای	۷۵	۲۵
تیرها و دیوارهای مسلح	۱۰۰	۲۵
ستون‌های ساختمانی	۱۰۰	۲۵
روسازی‌ها و دال‌ها	۷۵	۲۵
بتن حجیم	۵۰	۲۵

۱. برای متراکم کردن با روش‌های دستی مانند میله‌کوبی بیلچه‌زنی، می‌توان اسلامپ حداکثر را به اندازهٔ ۲۵mm افزایش داد.


a
b
c
Slump


4in
10cm
12in=30cm
155mm لایه دوم
67mm لایه اول
8in=20cm


Measuring
Slump
10 cm dia
30 cm
20 cm dia


True
Zero
Collapsed
Shear
1
2
3
4
5
6
SLUMP

مقدار آب

برای سنگدانه های نسبتا تیزگوشه kg ۱۲ و

برای شن با برخی دانه های شکسته kg ۲۱ و

برای شن گردگوشه kg ۲۶

آب را میتوان کاهش داد.

افزودن kg۶ آب، اسلامپ را mm۲۵

افزایش میدهد.

با ۱%کاهش هوا، مقدارآب kg ۳ افزایش

می یابد.

جدول ۶.۷آب اختلاط تقریبی و مقدار هوای هدف موردنیاز برای اسلامپ‌های متفاوت وبزرگ‌ترین اندازه‌های مختلف سنگدانه.

اسلامپ (mm)	آب، کیلوگرم بر متر مکعب بتن، برای بزرگ‌ترین اندازه‌های سنگدانه نشان داده شده[1]							
	۹/۵mm (⅜ in)	۱۲/۵mm (½ in)	۱۹/۰mm (¾ in)	۲۵/۰mm (۱ in)	۳۸/۰mm (۱½ in)	۵۰/۰mm[2] (۲ in)	۷۵mm[2] (۳ in)	۱۵۰mm[2] (۶ in)
بتن هوازایی نشده								
۲۵ تا ۵۰	۲۰۸	۱۹۹	۱۸۷	۱۷۸	۱۶۳	۱۵۴	۱۳۱	۱۱۳
۷۵ تا ۱۰۰	۲۲۸	۲۱۷	۲۰۲	۱۹۳	۱۷۸	۱۶۹	۱۴۵	۱۲۵
۱۵۰ تا ۱۷۵	۲۴۳	۲۲۸	۲۱۴	۲۰۲	۱۸۷	۱۷۸	۱۶۰	–
مقدار تقریبی هوای محبوس در بتن هوازایی نشده، بر حسب درصد	۳	۲٫۵	۲	۱٫۵	۱	۰٫۵	۰٫۳	۰٫۲
بتن هوازایی شده								
۲۵ تا ۵۰	۱۸۱	۱۷۵	۱۶۶	۱۶۰	۱۴۸	۱۴۲	۱۲۲	۱۰۷
۷۵ تا ۱۰۰	۲۰۲	۱۹۳	۱۸۱	۱۷۵	۱۶۳	۱۵۷	۱۳۳	۱۱۹
۱۵۰تا ۱۷۵	۲۱۷	۲۰۵	۱۹۳	۱۸۴	۱۷۲	۱۶۶	۱۵۴	–
مقدار میانگین کل هوای پیشنهادی برای شرایط محیطی گوناگون[3] بر حسب درصد:								
شرایط محیطی مساعد (ملایم)	۴٫۵	۴٫۰	۳٫۵	۳٫۰	۲٫۵	۲٫۰	۱٫۵	۱٫۰
شرایط محیطی نیمه‌مساعد (متوسط)	۶٫۰	۵٫۵	۵٫۰	۴٫۵	۴٫۵	۴٫۰	۳٫۵	۳٫۰
شرایط محیطی نامساعد (شدید)	۷٫۵	۷٫۰	۶٫۰	۶٫۰	۵٫۵	۵٫۰	۴٫۵	۴٫۰

۱. این مقادیر آب اختلاط برای محاسبهٔ مقادیر سیمان در پیمانه‌های آزمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مقادیر، حداکثر مقادیر برای سنگدانه‌های تیزگوشهٔ با شکل مناسبی‌اند که دانه‌بندی آن‌ها در محدوده‌های مورد قبول مشخصات فنی قرار داشته باشد.

۲. مقادیر اسلامپ برای بتن‌هایی که دارای سنگدانهٔ بزرگ‌تر از ۳۷٫۵mm (۱½in) هستند، بر اساس آزمایش اسلامپ انجام شده پس از زدودن دانه‌های بزرگ‌تر از ۳۷٫۵mm به کمک الک کردن بتن تازه استوارند.

۳. برای شرایط محیطی نیمه‌مساعد و نامساعد، مقدار هوای بتن ارسال شده به‌کارگاه در مشخصات فنی باید در محدودهٔ ۱- تا ۲+ درصد مقادیر مشخص جدول باشد.

سیمان

شرایط محیطی شدید یخ زدن و آب شدن شدید،
قرارگیری در معرض یخ زدا،
تماس با سولفات

→ حداقل مقدار سیمان ۳۳۵ کیلوگرم در مترمکعب (ACI 302)

جدول ۸.۷ ضوابط حداقل مقدار سیمان برای بتن معمولی مورداستفاده در سطوح مسطح.

بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه، mm	سیمان، کیلوگرم بر مترمکعب [۱]
۳۷٫۵	۲۸۰
۲۵٫۰	۳۱۰
۱۹٫۰	۳۲۰
۱۲٫۵	۳۵۰
۹٫۵	۳۶۰

۱. برای شرایط محیطی شدید و نامساعد ممکن است لازم باشد مقادیر سیمان افزایش یابند.

سنگدانه ها

-کارآیی و آب مورد نیاز

-صرفه جویی

-مقاومت

مدول نرمی

مجموع درصد تجمعی مانده روی الکهای نمره۸/۳و ۴ و ۸ و ۱۶ ۳۰و۵۰و۱۰۰ بخش بر ۱۰۰

جدول ۵.۷ حجم سنگدانهٔ درشت در واحد حجم بتن.

بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه، mm(in)	حجم سنگدانهٔ درشت خشک میله کوبیده[1] در واحد حجم بتن برای مدول‌های نرمی متفاوت سنگدانهٔ‌ریز			
	۲٫۴۰	۲٫۶۰	۲٫۸۰	۳٫۰۰
۹٫۵(۳″/۸)	۰٫۵۰	۰٫۴۸	۰٫۴۶	۰٫۴۴
۱۲٫۵(۱″/۲)	۰٫۵۹	۰٫۵۷	۰٫۵۵	۰٫۵۳
۱۹٫۰(۳″/۴)	۰٫۶۶	۰٫۶۴	۰٫۶۲	۰٫۶۰
۲۵٫۰(۱″)	۰٫۷۱	۰٫۶۹	۰٫۶۷	۰٫۶۵
۳۷٫۵(۱۱″/۲)	۰٫۷۵	۰٫۷۳	۰٫۷۱	۰٫۶۹
۵۰٫۰(۲″)	۰٫۷۸	۰٫۷۶	۰٫۷۴	۰٫۷۲
۷۶٫۰(۳″)	۰٫۸۲	۰٫۸۰	۰٫۷۸	۰٫۷۶
۱۵۲٫۰(۶″)	۰٫۸۷	۰٫۸۵	۰٫۸۳	۰٫۸۱

۱. حجم‌های انبوهی بر پایهٔ سنگدانه‌های در حالت خشک میله کوبیده، مطابق توصیفی که در ASTM C29 آمده، هستند. این حجم‌ها از روابط تجربی انتخاب شده‌اند تا بتنی با درجهٔ کارایی مناسب برای کارهای متداول بتن مسلح فراهم آورند. برای بتنی با کارایی کم‌تر، مانند بتنی که برای اجرای روسازی بتنی موردنیاز است، می‌توان این حجم‌ها را حدود ۱۰ درصد افزایش داد. برای بتن با کارایی بیش‌تر، مانند بتنی که گاهی در هنگام بتن‌ریزی با پمپ موردنیاز است، می‌توان این حجم‌ها را تا حدود ۱۰ درصد کاهش داد.

روش حجم مطلق ACI 211.1

مثال شرایط آب و هوایی یخ زدن ـ آب شدن شدید در معرض رطوبت

یک دال ۳۰۰ mm

f'_c ۲۴٫۵MPa

پوشش بتنی روی آرماتورهای فولادی را ۷۵mm

حداقل فاصلهٔ بین میلگردها، ۱۰۰ mm

هیچگونه داده‌های آماری دربارهٔ مخلوط‌های قبلی در دسترس نیست.

سیمان نوع I

سنگدانهٔ درشت شن دارای مقداری دانه‌های شکسته

بزرگ‌ترین اندازهٔ ۱۹mm

چگالی خشک ۲٫۶۸

وزن مخصوص میلهٔ کوبیده خشک ۱۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب

جذب SSD ۰٫۵ درصد

نمونهٔ دارای مقدار رطوبت ۲ درصد

سنگدانهٔ ریز ماسهٔ طبیعی چگالی خشک ۲٫۶۴

SSD جذب ۰٫۷ درصد

نمونهٔ دارای مقدار رطوبت ۶ درصد

مدول نرمی ۲٫۸۰ ← مجموع درصد تجمعی مانده روی الکهای نمره۸/۳و ۴ و ۸ و ۱۶ ۳۰و۵۰و۱۰۰ بخش بر ۱۰۰

مقاومت

جدول ۱۱.۷ مقاومت فشاری میانگین موردنیاز، وقتی داده‌های مقاومتی برای تعیین انحراف معیار در دسترس نباشد.

مقاومت فشاری مشخصه، f'_c (MPa)	مقاومت فشاری میانگین مورد نیاز، f'_{cr} (MPa)
کم‌تر از ۲۱	$f'_c + ۷٫۰$
۲۱ تا ۳۵	$f'_c + ۸٫۴$
بیش‌تر از ۳۵	$f'_c + ۹٫۸$

f'_c ۲۴٫۵MPa ← ۲۱ تا ۳۵ ← $f'_c + ۸٫۴$ ← $f'_{cr} = ۲۴٫۵ + ۸٫۴ = ۳۲٫۹$ MPa

مقاومت

هیچگونه داده‌های آماری دربارهٔ مخلوط‌های قبلی در دسترس نیست.

جدول ۳.۷ رابطهٔ بین نسبت آب به سیمان و مقاومت فشاری بتن.

مقاومت فشاری ۲۸ روزه، (MPa) [1]	نسبت وزنی آب به سیمان	
	بتن هوازایی نشده	بتن هوازایی شده
۴۲	۰٫۴۱	–
۳۵	۰٫۴۸	۰٫۴۰
۲۸	۰٫۵۷	۰٫۴۸
۲۱	۰٫۶۸	۰٫۵۹
۱۴	۰٫۸۲	۰٫۷۴

۱. این مقادیر، مقاومت‌های میانگین تخمینی بتنی‌اند که مقدار هوای آن از درصد هوای نشان داده شده در جدول ۶.۷ بیش‌تر نباشد. برای نسبت آب به سیمان ثابت، مقاومت بتن با افزایش مقدار هوا کاستی می‌پذیرد.

مقاومت ارائه شده بر اساس استوانه‌های ۱۵۲×۳۰۵mm استوار است که مطابق بخش 9b از ASTM C31 به مدت ۲۸ روز در دمای ۲۳± ۱°C به‌طور مرطوب عمل آورده شده باشند.

این رابطه با فرض بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه، ۱۹mm (۳/۴ in) تا ۲۵mm (۱ in)، به‌دست آمده است.

برگرفته شده از مرجع ۶.۷.

با درونیابی

W/C<0.42

f'_{cr} = ۲۴٫۵ + ۸٫۴ = ۳۲٫۹ MPa

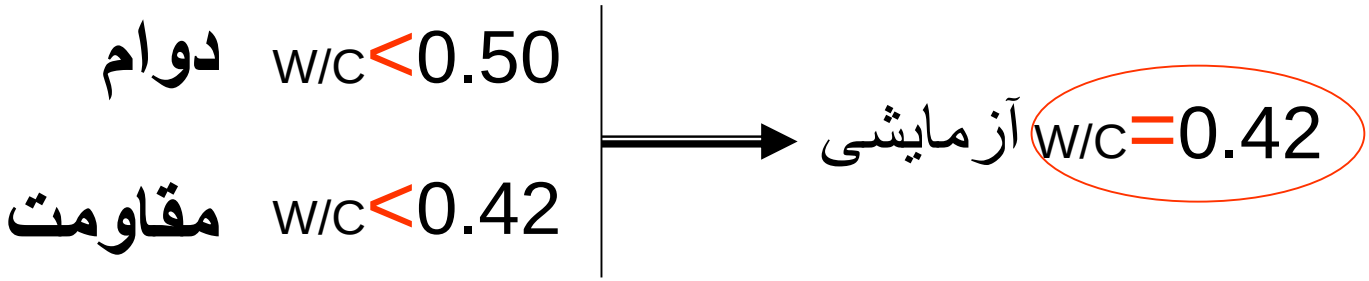
دوام

یخ زدن و آب شدن مرطوب

جدول ۱.۷ نسبت‌های آب به سیمان حداکثر برای شرایط محیطی گوناگون.[۱]

شرایط محیطی	حداکثر نسبت وزنی آب به سیمان برای بتن معمولی
بتنی که با به‌کار بردن مواد شیمیایی یخ‌زدا در برابر یخ زدن و آب شدن محافظت می‌شود.	نسبت آب به سیمان بر پایه مقاومت، کارایی، و نیازهای پرداخت‌کردن انتخاب می‌شود.
بتن آب‌بند:	
(الف) بتن در تماس با آب شیرین	۰٫۵۰
(ب) بتن در تماس با آب شور یا آب دریا	۰٫۴۵
بتن در معرض یخ زدن و آب شدن در شرایطی مرطوب[۲]	
(الف) جدول‌ها، نهرها، نرده‌ها، و مقاطع نازک بتنی	۰٫۴۵
(ب) سایر اعضا	۰٫۵۰
(پ) در صورت وجود مواد شیمیایی یخ‌زدا	۰٫۴۵
به منظور حفاظت در برابر خوردگی بتن مسلح در معرض نمک‌های یخ‌زدا، آب شور، آب دریا، یا ترشح این مواد	۰٫۴۰[۳]

w/c<0.50


دوام
w/c<0.50
مقاومت
w/c<0.42
آزمایشی w/c=0.42

یک دال

جدول ۷.۷ اسلامپ‌های پیشنهادی برای موارد مختلف اجرایی.

مورد اجرایی و سازهٔ بتنی	اسلامپ، mm	
	حداکثر [۱]	حداقل
پی‌های مجزای مسلح و پی‌های دیواری مسلح	۷۵	۲۵
پی‌های مجزای غیرمسلح، صندوقچه‌ها، و دیوارهای زیرسازه‌ای	۷۵	۲۵
تیرها و دیوارهای مسلح	۱۰۰	۲۵
ستون‌های ساختمانی	۱۰۰	۲۵
روسازی‌ها و دال‌ها	۷۵	۲۵
بتن حجیم	۵۰	۲۵

حداکثر اسلامپ ۷۵ mm

۱. برای متراکم کردن با روش‌های دستی مانند میله‌کوبی بیلچه‌زنی، می‌توان اسلامپ حداکثر را به اندازهٔ ۲۵mm افزایش داد.

مقدار آب.

جدول ۶.۷آب اختلاط تقریبی و مقدار هوای هدف موردنیاز برای اسلامپ‌های متفاوت وبزرگ‌ترین اندازه‌های مختلف سنگدانه.

اسلامپ (mm)	آب، کیلوگرم بر متر مکعب بتن، برای بزرگ‌ترین اندازه‌های سنگدانه نشان داده شده[1]							
	۹/۵mm (۳/۸ in)	۱۲/۵mm (۱/۲ in)	۱۹/۰mm (۳/۴ in)	۲۵/۰mm (۱ in)	۳۸/۰mm (۱ ۱/۲ in)	۵۰/۰mm[2] (۲ in)	۷۵mm[2] (۳ in)	۱۵۰mm[2] (۶ in)
بتن هوازایی نشده								
۲۵ تا ۵۰	۲۰۸	۱۹۹	۱۸۷	۱۷۸	۱۶۳	۱۵۴	۱۳۱	۱۱۳
۷۵ تا ۱۰۰	۲۲۸	۲۱۷	۲۰۲	۱۹۳	۱۷۸	۱۶۹	۱۴۵	۱۲۵
۱۵۰ تا ۱۷۵	۲۴۳	۲۲۸	۲۱۴	۲۰۲	۱۸۷	۱۷۸	۱۶۰	–
مقدار تقریبی هوای محبوس در بتن هوازایی نشده، بر حسب درصد	۳	۲٫۵	۲	۱٫۵	۱	۰٫۵	۰٫۳	۰٫۲
بتن هوازایی شده								
۲۵ تا ۵۰	۱۸۱	۱۷۵	۱۶۶	۱۶۰	۱۴۸	۱۴۲	۱۲۲	۱۰۷
۷۵ تا ۱۰۰	۲۰۲	۱۹۳	۱۸۱	۱۷۵	۱۶۳	۱۵۷	۱۳۳	۱۱۹
۱۵۰تا ۱۷۵	۲۱۷	۲۰۵	۱۹۳	۱۸۴	۱۷۲	۱۶۶	۱۵۴	–
مقدار میانگین کل هوای پیشنهادی برای شرایط محیطی گوناگون[3] بر حسب درصد:								
شرایط محیطی مساعد (ملایم)	۴٫۵	۴٫۰	۳٫۵	۳٫۰	۲٫۵	۲٫۰	۱٫۵	۱٫۰
شرایط محیطی نیمه‌مساعد (متوسط)	۶٫۰	۵٫۵	۵٫۰	۴٫۵	۴٫۵	۴٫۰	۳٫۵	۳٫۰
شرایط محیطی نامساعد (شدید)	۷٫۵	۷٫۰	۶٫۰	۶٫۰	۵٫۵	۵٫۰	۴٫۵	۴٫۰

۱. این مقادیر آب اختلاط برای محاسبهٔ مقادیر سیمان در پیمانه‌های آزمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مقادیر، حداکثر مقادیر برای سنگدانه‌های تیزگوشهٔ با شکل مناسبی‌اند که دانه‌بندی آن‌ها در محدوده‌های مورد قبول مشخصات فنی قرار داشته باشد.

۲. مقادیر اسلامپ برای بتن‌هایی که دارای سنگدانهٔ بزرگ‌تر از ۳۷٫۵mm (۱ ۱/۲in) هستند، بر اساس آزمایش اسلامپ انجام شده پس از زدودن دانه‌های بز ۳۷٫۵mm به کمک الک کردن بتن تازه استوارند.

۳. برای شرایط محیطی نیمه‌مساعد و نامساعد، مقدار هوای بتن ارسال شده به‌کارگاه در مشخصات فنی باید در محدودهٔ ۱- تا ۲+ درصد مقادیر مشخص جدول باشد.

برای شن با برخی دانه های شکسته

۲۱ kgآب را میتوان کاهش داد.

$۱۸۱ - ۲۱ = ۱۶۰ \ kg/m^3$

مقدار سیمان

آزمایشی w/c=0.42

w=160

→ c=381

شرایط محیطی شدید یخ زدن و آب شدن شدید،
قرارگیری در معرض یخ زدا،
تماس با سولفات

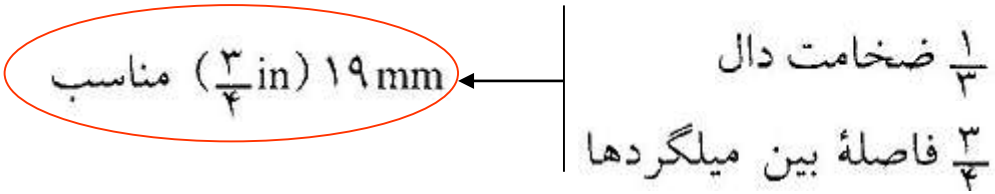
→ حداقل مقدار سیمان ۳۳۵ کیلوگرم در مترمکعب

جدول ۸.۷ ضوابط حداقل مقدار سیمان برای بتن معمولی مورداستفاده در سطوح مسطح.

بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه، mm	سیمان، کیلوگرم بر مترمکعب[۱]
۳۷٫۵	۲۸۰
۲۵٫۰	۳۱۰
۱۹٫۰	۳۲۰
۱۲٫۵	۳۵۰
۹٫۵	۳۶۰

۱. برای شرایط محیطی شدید و نامساعد ممکن است لازم باشد مقادیر سیمان افزایش یابند.

اندازهٔ سنگدانهٔ درشت



مقدار سنگدانهٔ درشت.

مدول نرمی ۲٫۸۰

وزن مخصوص میلهٔ کوبیده خشک

$۱۶۰۰ \times ۰٫۶۲ = ۹۹۲ kg/m^3$

جدول ۵.۷ حجم سنگدانهٔ درشت در واحد حجم بتن.

بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه، mm(in)	حجم سنگدانهٔ درشت خشک میله کوبیده[1] در واحد حجم بتن برای مدول‌های نرمی متفاوت سنگدانهٔ‌ریز			
	۲٫۴۰	۲٫۶۰	۲٫۸۰	۳٫۰۰
۹٫۵(۳/۸")	۰٫۵۰	۰٫۴۸	۰٫۴۶	۰٫۴۴
۱۲٫۵(۱/۲")	۰٫۵۹	۰٫۵۷	۰٫۵۵	۰٫۵۳
۱۹٫۰(۳/۴")	۰٫۶۶	۰٫۶۴	۰٫۶۲	۰٫۶۰
۲۵٫۰(۱")	۰٫۷۱	۰٫۶۹	۰٫۶۷	۰٫۶۵
۳۷٫۵(۱ ۱/۲")	۰٫۷۵	۰٫۷۳	۰٫۷۱	۰٫۶۹
۵۰٫۰(۲")	۰٫۷۸	۰٫۷۶	۰٫۷۴	۰٫۷۲
۷۶٫۰(۳")	۰٫۸۲	۰٫۸۰	۰٫۷۸	۰٫۷۶
۱۵۲٫۰(۶")	۰٫۸۷	۰٫۸۵	۰٫۸۳	۰٫۸۱

۱. حجم‌های انبوهی بر پایهٔ سنگدانه‌های در حالت خشک میله کوبیده، مطابق توصیفی که در ASTM C29 آمده، هستند. این حجم‌ها از روابط تجربی انتخاب شده‌اند تا بتنی با درجهٔ کارایی مناسب برای کارهای متداول بتن مسلح فراهم آورند. برای بتنی با کارایی کم‌تر، مانند بتنی که برای اجرای روسازی بتنی موردنیاز است، می‌توان این حجم‌ها را حدود ۱۰ درصد افزایش داد. برای بتن با کارایی بیش‌تر، مانند بتنی که گاهی در هنگام بتن‌ریزی با پمپ موردنیاز است، می‌توان این حجم‌ها را تا حدود ۱۰ درصد کاهش داد.

مقدار هوا

شرایط آب و هوایی یخ زدن ـ آب شدن شدید در معرض رطوبت

جدول ۶.۷ آب اختلاط تقریبی و مقدار هوای هدف موردنیاز برای اسلامپ‌های متفاوت وبزرگ‌ترین اندازه‌های مختلف سنگدانه.

اسلامپ (mm)	آب، کیلوگرم بر متر مکعب بتن، برای بزرگ‌ترین اندازه‌های سنگدانه نشان داده شده [۱]							
	۹/۵mm ($\frac{۳}{۸}$ in)	۱۲/۵mm ($\frac{۱}{۲}$ in)	۱۹/۰mm ($\frac{۳}{۴}$ in)	۲۵/۰mm (۱ in)	۳۸/۰mm (۱$\frac{۱}{۲}$ in)	۵۰/۰mm [۲] (۲ in)	۷۵mm [۲] (۳ in)	۱۵۰mm [۲] (۶ in)
بتن هوازایی نشده								
۲۵ تا ۵۰	۲۰۸	۱۹۹	۱۸۷	۱۷۸	۱۶۳	۱۵۴	۱۳۱	۱۱۳
۷۵ تا ۱۰۰	۲۲۸	۲۱۷	۲۰۲	۱۹۳	۱۷۸	۱۶۹	۱۴۵	۱۲۵
۱۵۰ تا ۱۷۵	۲۴۳	۲۲۸	۲۱۴	۲۰۲	۱۸۷	۱۷۸	۱۶۰	–
مقدار تقریبی هوای محبوس در بتن هوازایی نشده، بر حسب درصد	۳	۲٫۵	۲	۱٫۵	۱	۰٫۵	۰٫۳	۰٫۲
بتن هوازایی شده								
۲۵ تا ۵۰	۱۸۱	۱۷۵	۱۶۶	۱۶۰	۱۴۸	۱۴۲	۱۲۲	۱۰۷
۷۵ تا ۱۰۰	۲۰۲	۱۹۳	۱۸۱	۱۷۵	۱۶۳	۱۵۷	۱۳۳	۱۱۹
۱۵۰تا ۱۷۵	۲۱۷	۲۰۵	۱۹۳	۱۸۴	۱۷۲	۱۶۶	۱۵۴	–
مقدار میانگین کل هوای پیشنهادی برای شرایط محیطی گوناگون [۳] بر حسب درصد:								
شرایط محیطی مساعد (ملایم)	۴٫۵	۴٫۰	۳٫۵	۳٫۰	۲٫۵	۲٫۰	۱٫۵	۱٫۰
شرایط محیطی نیمه‌مساعد (متوسط)	۶٫۰	۵٫۵	۵٫۰	۴٫۵	۴٫۵	۴٫۰	۳٫۵	۳٫۰
شرایط محیطی نامساعد (شدید)	۷٫۵	۷٫۰	۶٫۰	۶٫۰	۵٫۵	۵٫۰	۴٫۵	۴٫۰

مقدار هوای ٪۷

٪۶ ± ٪۱٫۵

۱. این مقادیر آب اختلاط برای محاسبهٔ مقادیر سیمان در پیمانه‌های آزمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مقادیر، حداکثر مقادیر برای سنگدانه‌های تیزگوشهٔ با شکل مناسبی‌اند که دانه‌بندی آن‌ها در محدوده‌های مورد قبول مشخصات فنی قرار داشته باشد.

۲. مقادیر اسلامپ برای بتن‌هایی که دارای سنگدانهٔ بزرگ‌تر از ۳۷٫۵mm (۱$\frac{۱}{۲}$in) هستند، بر اساس آزمایش اسلامپ انجام شده پس از زدودن دانه‌های بز ۳۷٫۵mm به کمک الک کردن بتن تازه استوارند.

۳. برای شرایط محیطی نیمه‌مساعد و نامساعد، مقدار هوای بتن ارسال شده به‌کارگاه در مشخصات فنی باید در محدودهٔ ۱- تا ۲+ درصد مقادیر مشخص جدول باشد.

مـــقدار مـــادهٔ افـزودنی.

برای مقدار هوای ۷٪ مصرف ۰٫۵۸۷ میلی‌لیتر به‌ازای هر کیلوگرم سیمان

تولیدکنندهٔ مادهٔ افزودنی هواساز

$$۰٫۵۸۷ \times ۳۸۱ = ۲۲۴ \ ml/m^{۳}$$

مقدار سنگدانهٔ ریز

حجم اجزا

$$\text{آب} = \frac{۱۶۰}{۱\times۱۰۰۰} = ۰,۱۶۰\ m^۳$$

$$\text{سیمان} = \frac{۳۸۱}{۳,۱۵\times۱۰۰۰} = ۰,۱۲۱\ m^۳$$

$$\text{هوا} = \frac{۷,۰}{۱۰۰} \times ۱,۰۰۰ = ۰,۰۷۰\ m^۳$$

$$\text{سنگدانهٔ درشت} = \frac{۹۹۲}{۲,۶۸\times۱۰۰۰} = ۰,۳۷۰\ m^۳$$

حجم کل اجزای شناخته شده $= ۰,۷۲۱\ m^۳$ ← حجم مطلق محاسبه‌شدهٔ سنگدانهٔ ریز

$۱,۰۰۰ - ۰,۷۲۱ = ۰,۲۷۹\ m^۳$

چگالی خشک ۲,۶۴ ← وزن سنگدانهٔ ریز خشک $۰,۲۷۹ \times ۲,۶۴ \times ۱۰۰۰ = ۷۳۷\ kg$

نسبت اجزای مخلوط برای یک مترمکعب بتن اختلاط آزمایشی

آب	۱۶۰ kg
سیمان	۳۸۱ kg
سنگدانهٔ درشت (خشک)	۹۹۲ kg
سنگدانهٔ ریز (خشک)	۷۳۷ kg
وزن کل	۲۲۷۰ kg
مادهٔ افزودنی هواساز[۲]	۲۲۴ ml

شن ← SSD جذب ۰٫۵ درصد سنگدانهٔ درشت ← (۰٫۵ درصد جذب:۱۰۰)+۱=۱٫۰۰۵

ماسهٔ طبیعی ← SSD جذب ۰٫۷ درصد سنگدانهٔ ریز ← (۰٫۷ درصد جذب:۱۰۰)+۱=۱٫۰۰۷

وزن مخصوص تخمینی (با استفاده از سنگدانهٔ SSD) = [۱۶۰+۳۸۱+(۹۹۲×۱٫۰۰۵)
+(۷۳۷×۱٫۰۰۷)]= ۲۲۸۰ kg/m^3

رطـــوبت.

اصلاحاتی بـــرای جـــبران رطـــوبت سـنگدانـه‌ها،

(مقدار رطوبت ۲٪) سنگدانهٔ درشت = ۹۹۲ × ۱٫۰۲ = ۱۰۱۲ kg/m^3

(مقدار رطوبت ۶٪) سنگدانهٔ ریز = ۷۳۷ × ۱٫۰۶ = ۷۸۱ kg/m^3

آب جذب شده به‌عنوان بخشی از آب اختلاط به حساب نمی‌آید و باید در تنظیم آب آن را در نظر نگرفت.

رطوبت سطحی سنگدانهٔ درشت ← (SSD جذب ۰٫۵ درصد) نمونهٔ دارای مقدار رطوبت ۲ درصد ← ٪۲ − ٪۰٫۵ = ٪۱٫۵

رطوبت سطحی سنگدانهٔ ریز ← (SSD جذب ۰٫۷ درصد) نمونهٔ دارای مقدار رطوبت ۶ درصد ← ٪۶ − ٪۰٫۷ = ٪۵٫۳

مقدار آب تخمینی مخلوط ۱۶۰ − (۹۹۲ × ۰٫۰۱۵) − (۷۳۷ × ۰٫۰۵۳) = ۱۰۶ kg/m^3

وزن تخمینی اجزای پیمانه به‌ازای یک مترمکعب بتن، با در نظر گرفتن رطوبت سنگدانه‌ها از این قرار اصلاح می‌شود:

۱۰۶ kg	آب (اضافه‌شونده به مخلوط)
۳۸۱ kg	سیمان
۱۰۱۲ kg	سنگدانهٔ درشت (مرطوب با رطوبت ۲٪)
۷۸۱ kg	سنگدانهٔ ریز (مرطوب با رطوبت ۶٪)
۲۲۸۰ kg	جمع
۲۲۴ ml	مادهٔ افزودنی هواساز

specimens are needed:

- 3 100 × 200 mm cylinders for tests at 1, 7, 28 and 91 days in compression;
- 3 150 × 300 mm cylinders for tests at 28 days in compression;
- 3 150 × 300 mm cylinders for tests for elastic modulus at 28 days;
- 3 100 × 100 × 400 mm beams for tests for modulus of rupture at 7 and 28 days, plus one spare for a total of 7.

slump test air content test unit mass test

پیمانهٔ آزمایشی

حجم ۵۰ لیتر یا ۰٫۰۵۰ مترمکعب

پیمانهٔ آزمایشی آزمایشگاهی

آب	۱۰۶ × ۰٫۰۵ =	۵٫۳۰ kg
سیمان	۳۸۱ × ۰٫۰۵ =	۱۹٫۰۵ kg
سنگدانهٔ درشت (مرطوب)	۱۰۱۲ × ۰٫۰۵ =	۵۰٫۶۰ kg
سنگدانهٔ ریز (مرطوب)	۷۸۱ × ۰٫۰۵ =	۳۹٫۰۵ kg
مجموع		۱۱۴٫۰ kg
مادهٔ افزودنی هواساز[1]	۲۲۴ × ۰٫۰۵ =	۱۱٫۲ ml

جدول ۱۳.۷ نمونه مخلوطهای آزمایشی برای بتن هوازایی نشده با روانی متوسط، اسلامپ ۷۵ تا ۱۰۰ میلی‌متر.

نسبت آب به سیمان	بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه، mm	مقدار هوا (هوای محبوس)، درصد	مقدار آب، kg/m^3	سیمان، kg/m^3	با ماسهٔ ریز ۲٫۵۰ = مدول نرمی			با ماسهٔ درشت ۲٫۹۰ = مدول نرمی		
					درصد سنگدانهٔ ریز از کل سنگدانه	سنگدانهٔ ریز، kg/m^3	سنگدانهٔ درشت، kg/m^3	درصد سنگدانهٔ ریز از کل سنگدانه	سنگدانهٔ ریز، kg/m^3	سنگدانهٔ درشت، kg/m^3
۰٫۴۰	۹٫۵	۳	۲۲۸	۵۷۳	۵۰	۷۳۶	۷۴۸	۵۴	۸۰۱	۶۸۲
	۱۲٫۵	۲٫۵	۲۱۷	۵۴۳	۴۲	۶۵۳	۹۰۲	۴۷	۷۲۴	۸۳۱
	۱۹٫۰	۲	۲۰۲	۵۰۴	۳۵	۵۷۰	۱۰۶۸	۳۹	۶۴۱	۹۹۷
	۲۵٫۰	۱٫۵	۱۹۳	۴۸۴	۳۲	۵۴۰	۱۱۵۱	۳۶	۶۰۵	۱۰۸۶
	۳۷٫۵	۱	۱۷۸	۴۴۵	۲۹	۵۲۲	۱۲۵۲	۳۳	۵۹۳	۱۱۸۱
۰٫۴۵	۹٫۵	۳	۲۲۸	۵۰۷	۵۱	۷۸۹	۷۴۸	۵۶	۸۵۴	۶۸۲
	۱۲٫۵	۲٫۵	۲۱۷	۴۸۱	۴۴	۷۰۰	۹۰۲	۴۸	۷۷۱	۸۳۱
	۱۹٫۰	۲	۲۰۳	۴۴۸	۳۷	۶۱۷	۱۰۶۸	۴۱	۶۸۸	۹۹۷
	۲۵٫۰	۱٫۵	۱۹۳	۴۲۷	۳۴	۵۸۷	۱۱۵۱	۳۸	۶۵۳	۱۰۸۶
	۳۷٫۵	۱	۱۷۸	۳۹۵	۳۱	۵۷۰	۱۲۵۲	۳۵	۶۴۱	۱۱۸۱
۰٫۵۰	۹٫۵	۳	۲۲۸	۴۵۷	۵۳	۸۳۱	۷۴۸	۵۷	۸۹۶	۶۸۲
	۱۲٫۵	۲٫۵	۲۱۷	۴۳۳	۴۵	۷۴۲	۹۰۲	۴۹	۸۱۳	۸۳۱
	۱۹٫۰	۲	۲۰۲	۴۰۳	۳۸	۶۵۳	۱۰۶۸	۴۲	۷۲۴	۹۹۷
	۲۵٫۰	۱٫۵	۱۹۳	۳۸۶	۳۵	۶۲۳	۱۱۵۱	۳۹	۶۸۸	۱۰۸۶
	۳۷٫۵	۱	۱۷۸	۳۵۶	۳۲	۵۹۹	۱۲۵۲	۳۶	۶۷۰	۱۱۸۱

برای کارهای کوچک و برای بتن ریزی کمتر از یک مترمکعب

جدول ۱۵.۷ نسبت‌های وزنی برای ساخت یک متر مکعب بتن برای کارهای کوچک.

بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه درشت، mm	بتن هوازایی شده				بتن هوازایی نشده			
	سیمان، kg	سنگدانه‌ریز خیس، kg	سنگدانه درشت خیس، kg[1]	آب، kg	سیمان، kg	سنگدانه‌ریز خیس، kg	سنگدانه درشت خیس، kg	آب، kg
۹,۵	۴۶۵	۸۲۹	۷۳۷	۱۶۰	۴۶۵	۹۴۵	۷۳۷	۱۷۶
۱۲,۵	۴۳۳	۷۳۷	۸۸۱	۱۶۰	۴۳۳	۸۴۹	۸۸۱	۱۷۶
۱۹,۰	۴۰۱	۶۷۳	۱۰۴۱	۱۶۰	۴۰۱	۷۵۳	۱۰۴۱	۱۶۰
۲۵,۰	۳۸۴	۶۲۵	۱۱۲۱	۱۴۴	۳۸۴	۷۲۱	۱۱۲۱	۱۶۰
۳۷,۵	۳۶۸	۶۰۹	۱۲۰۲	۱۴۴	۳۶۸	۶۸۹	۱۲۰۲	۱۴۴

۱. چنانچه از سنگ خرد شده استفاده می‌شود، مقدار سنگدانهٔ درشت را به اندازهٔ ۴۸kg کاهش و سنگدانهٔ ریز را ۴۸kg افزایش دهید. (برگرفته شده از مرجع ۱.۷)

جدول ۱۶.۷ نسبت‌های حجمی[1] بتن برای کارهای کوچک.

بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه درشت، mm	بتن هوازایی شده				بتن هوازایی نشده			
	سیمان	سنگدانه‌ریز خیس	سنگدانه درشت خیس	آب	سیمان	سنگدانه‌ریز خیس	سنگدانه درشت خیس	آب
۹,۵	۱	$۲\frac{۱}{۴}$	$۱\frac{۱}{۲}$	$\frac{۱}{۲}$	۱	$۲\frac{۱}{۲}$	$۱\frac{۱}{۲}$	$\frac{۱}{۲}$
۱۲,۵	۱	$۲\frac{۱}{۴}$	۲	$\frac{۱}{۲}$	۱	$۲\frac{۱}{۲}$	۲	$\frac{۱}{۲}$
۱۹,۰	۱	$۲\frac{۱}{۴}$	$۲\frac{۱}{۴}$	$\frac{۱}{۲}$	۱	$۲\frac{۱}{۲}$	$۲\frac{۱}{۴}$	$\frac{۱}{۲}$
۲۵,۰	۱	$۲\frac{۱}{۴}$	$۲\frac{۳}{۴}$	$\frac{۱}{۲}$	۱	$۲\frac{۱}{۲}$	$۲\frac{۳}{۴}$	$\frac{۱}{۲}$
۳۷,۵	۱	$۲\frac{۱}{۴}$	۳	$\frac{۱}{۲}$	۱	$۲\frac{۱}{۲}$	۳	$\frac{۱}{۲}$

۱. حجم ترکیب شدهٔ مصالح تقریباً $\frac{۲}{۳}$ مجموع حجم‌های انبوهی اولیه است. (برگرفته شده از مرجع ۱.۷)

فصل هفتم

اختلاط بتن و بتن ریزی

تجهیزات و وسایل به طریق وزنی قابل مقایسه با روش وزنی

± ۳ درصد

رطوبت مصالح سنگی بویژه ماسه

آماده سازی محل بتن ریزی مواد زاید تمیز و اندود خیس

اختلاط بتن ۱/۵ دقیقه، پس از ریختن تمامی‌مواد

۲ تا ۶ دور در دقیقه همزن
۶ تا ۸ و بیشتر اختلاط

انواع میکسرهای بتن

۱- مخلوط کن های معمولی
۲- کامیون مخلوط کن Truck Mixer
۳- مخلوط کن های افقی
۴- مخلوط کن کفی Pan Mixer

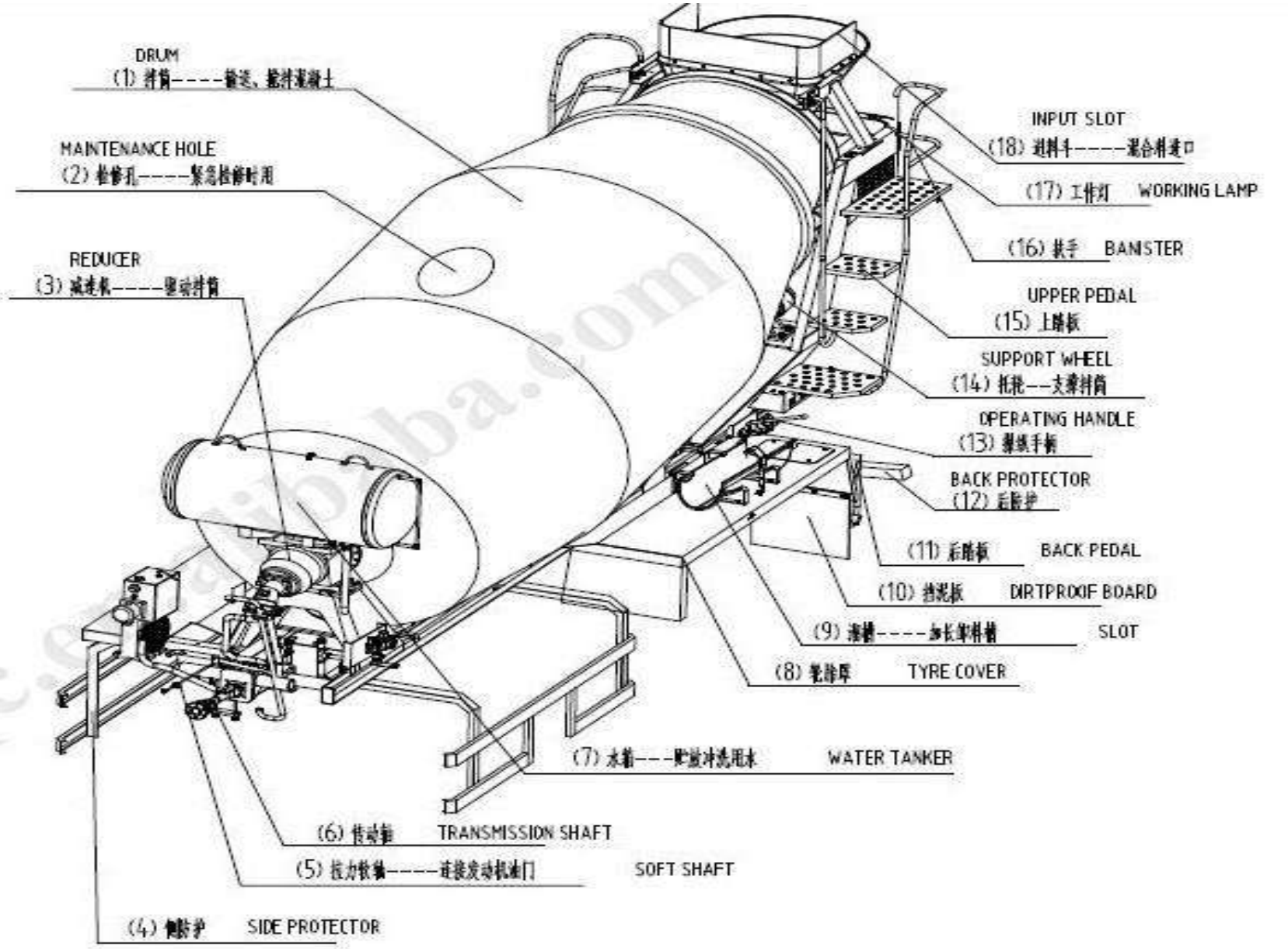
میکسر های معمولی

نمای بیرونی وداخلی

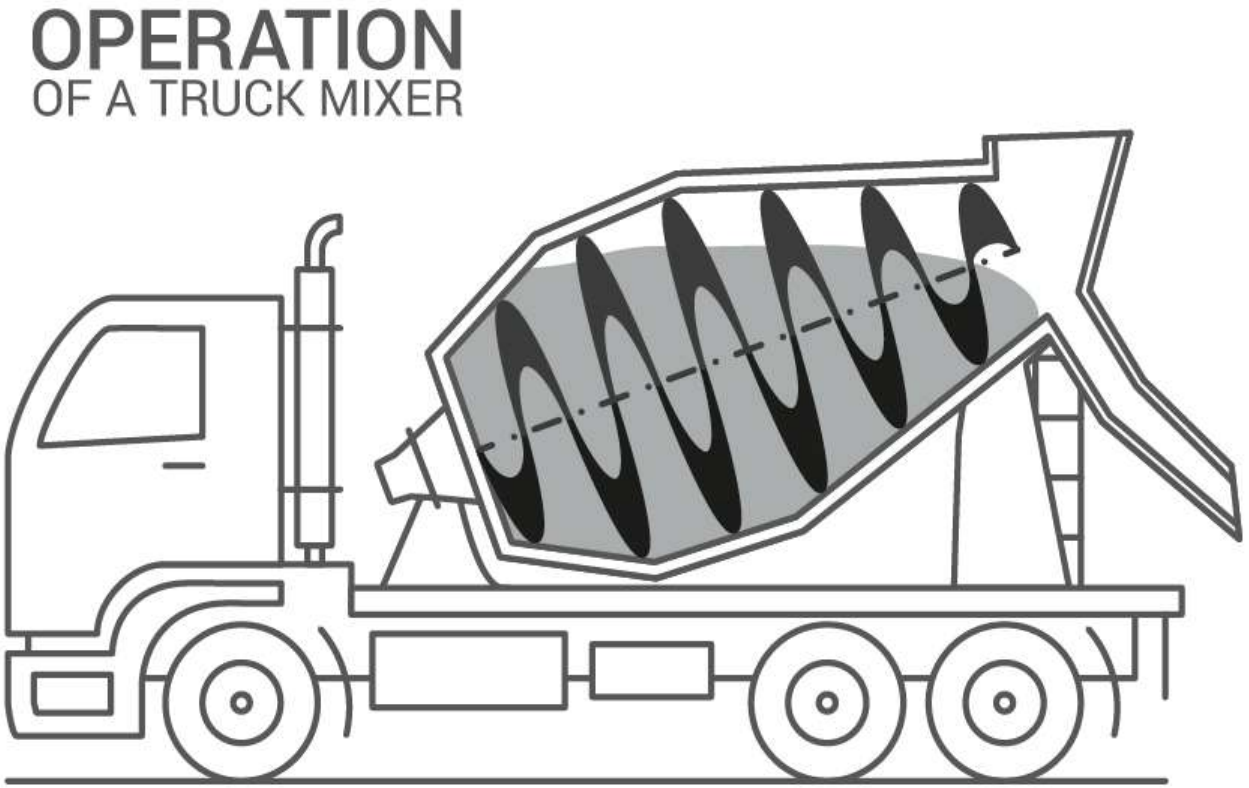
Putzmeister

نمای بیرونی

نمای داخلی


DRUM
(1) 料筒----输送、搅拌混凝土
MAINTENANCE HOLE
(2) 检修孔----紧急检修时用
REDUCER
(3) 减速机----驱动料筒
(4) 侧防护 SIDE PROTECTOR
(5) 软力软轴----连接发动机油门 SOFT SHAFT
(6) 传动轴 TRANSMISSION SHAFT
(7) 水箱---贮放冲洗用水 WATER TANKER
(8) 轮挡泥 TYRE COVER
(9) 滑槽----加长卸料槽 SLOT
(10) 挡泥板 DIRTPROOF BOARD
(11) 后踏板 BACK PEDAL
BACK PROTECTOR
(12) 后防护
OPERATING HANDLE
(13) 操纵手柄
SUPPORT WHEEL
(14) 托轮--支撑料筒
UPPER PEDAL
(15) 上踏板
(16) 扶手 BANISTER
(17) 工作灯 WORKING LAMP
INPUT SLOT
(18) 进料斗----混合料进口

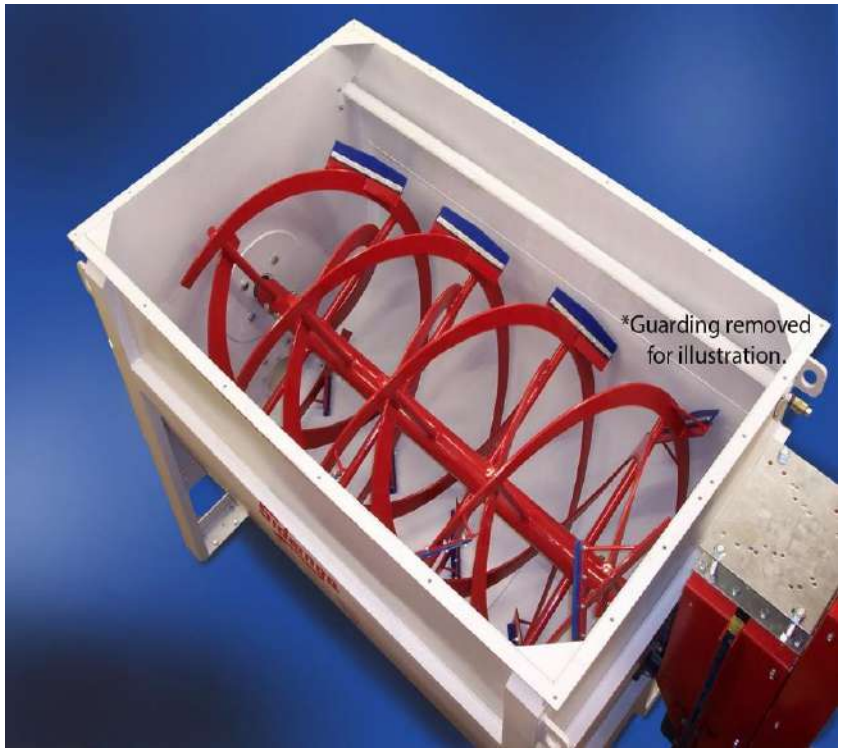
نحوه ی کار تراک میکسر

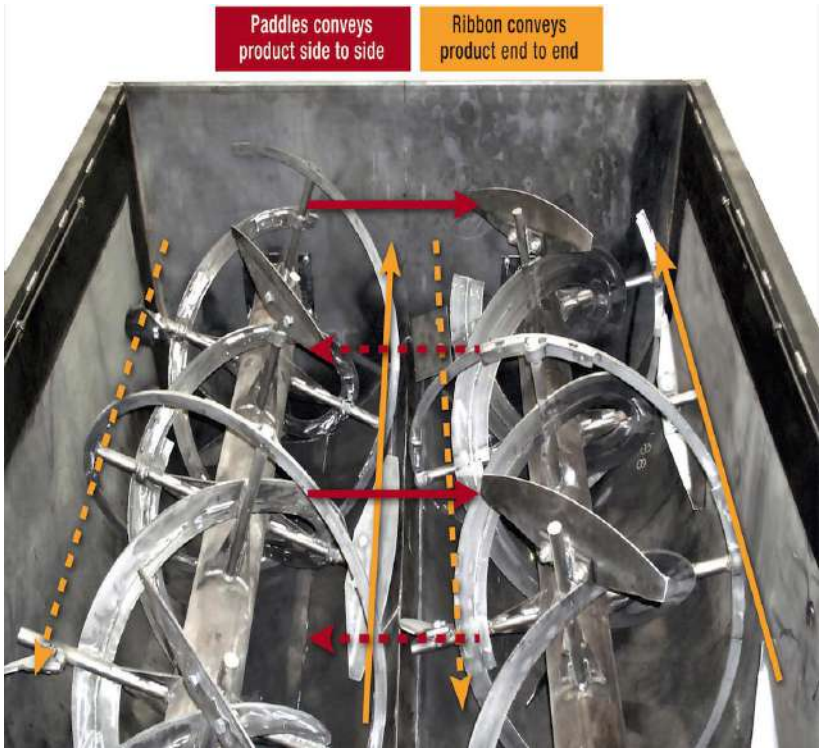


میکسر های افقی

نمای بیرونی

نمای داخلی

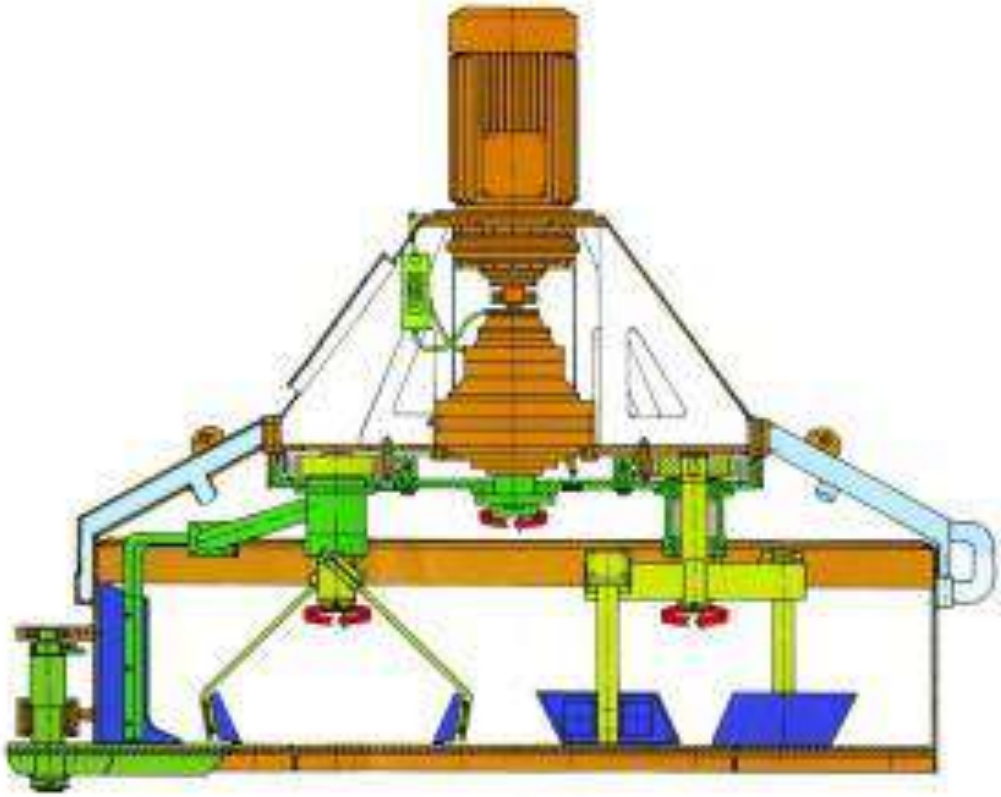

*Guarding removed
for illustration.

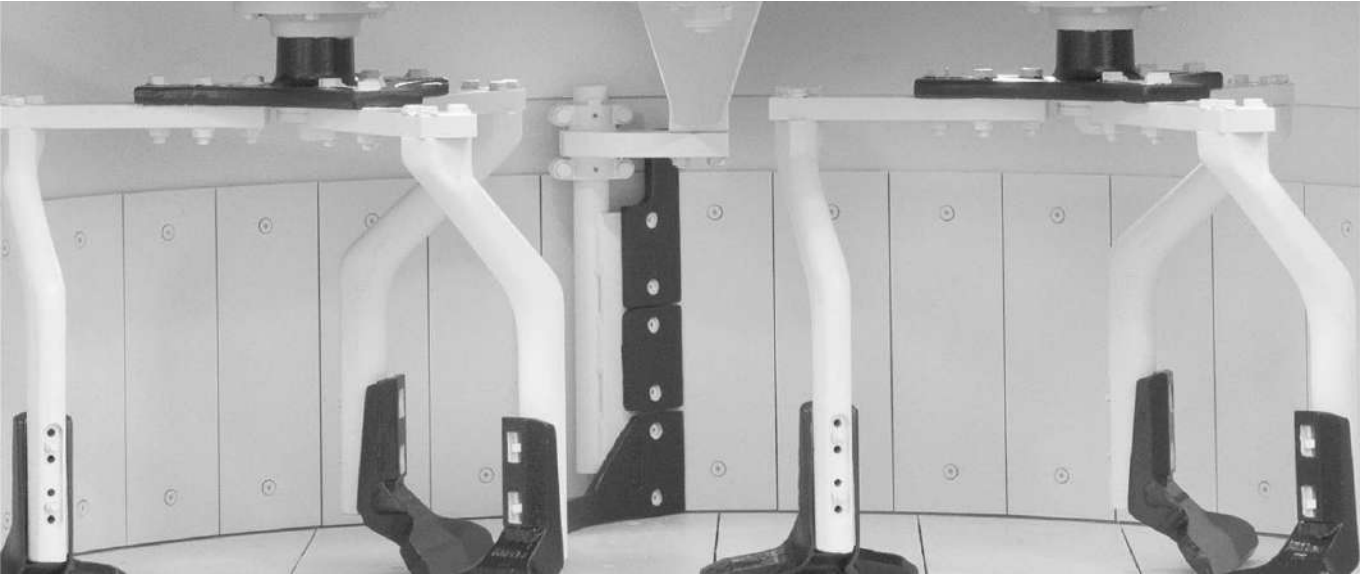

Paddles conveys
product side to side
Ribbon conveys
product end to end

نمای بیرونی

نمای داخلی

پن میکسر





اختلاط با دست

به هیچ وجه مجاز نیست

موارد استثنایی و کم اهمیت

بتن از رده پائین تر ازC16

د ستور دستگاه نظارت

۳۰۰ لیتر

ضخامت دو قشر نبایستی از ۳۰ سانتیمتر

حداکثر ۳۰ دقیقه پس از ساخت مصرف شود

باز آمیختن با آب پس از اتمام اختلاط

استثنایی و با کسب مجوز از دستگاه نظارت.

انتقال بتن

جداشدن

حالت خمیری بتن ریزی های متوالی

چرخ های دستی و دامپر

- ۳۰۰ لیتر در هر نوبت
- C16 کمتر
- چرخهای دستی حداکثر ۶۰ متر
- دامپر حداکثر ۱۲۰ متر
- چرخهای لاستیکی
- مسیر حمل کاملاً صاف و افقی

5/30/2009
Photo from New York State Department of Transportation

WACKER NEUSON
Kaveh beton

ناو ه شیب دار

روکش فلزی

آب بند

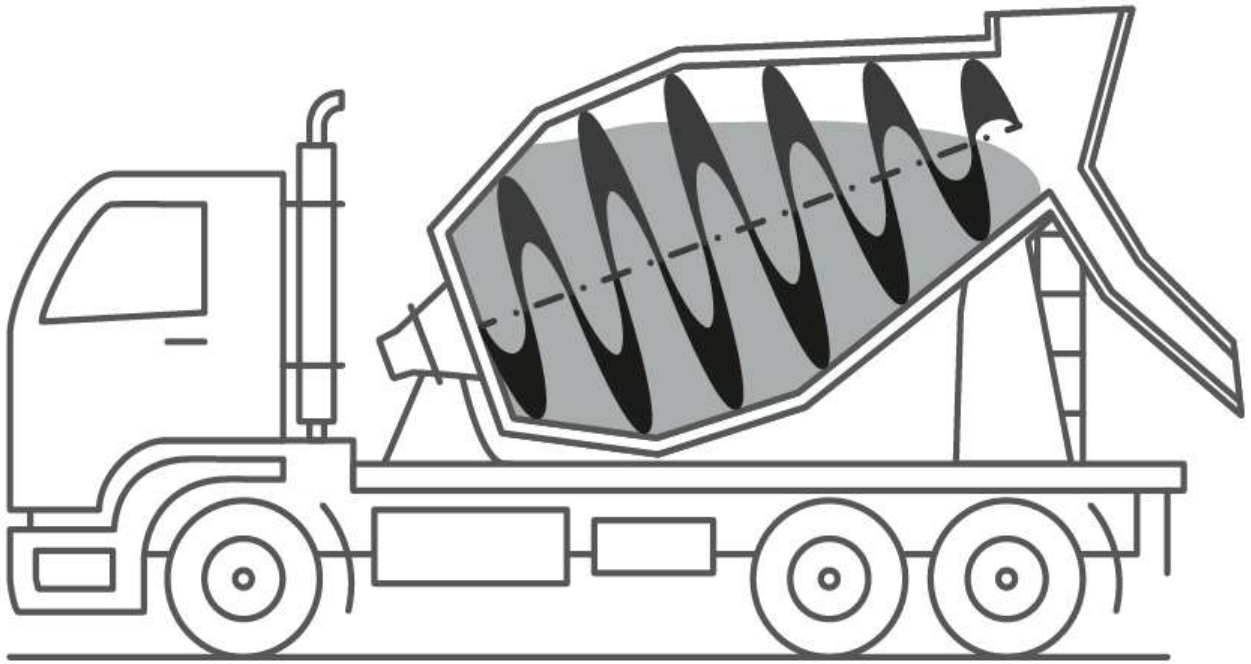
شیب آن ثابت

در انتهای ناوه باید قیف قائم برای تخلیه بتن

تسمه نقاله

کامیون مخلوط کن

۲ تا ۶ دور در دقیقه همزن
۶ تا ۸ و بیشتر اختلاط



باکت یا جام

اندازه دهانه بازشو 1/3 طول باکت و ۵ برابر قطر بزرگترین دانه

شـیب جـدار باکـت ٦٠

محفظه هدایت ارتفاع حـداقل ٦٠ سـانتمیتری

BOSCARO
BOSCARO

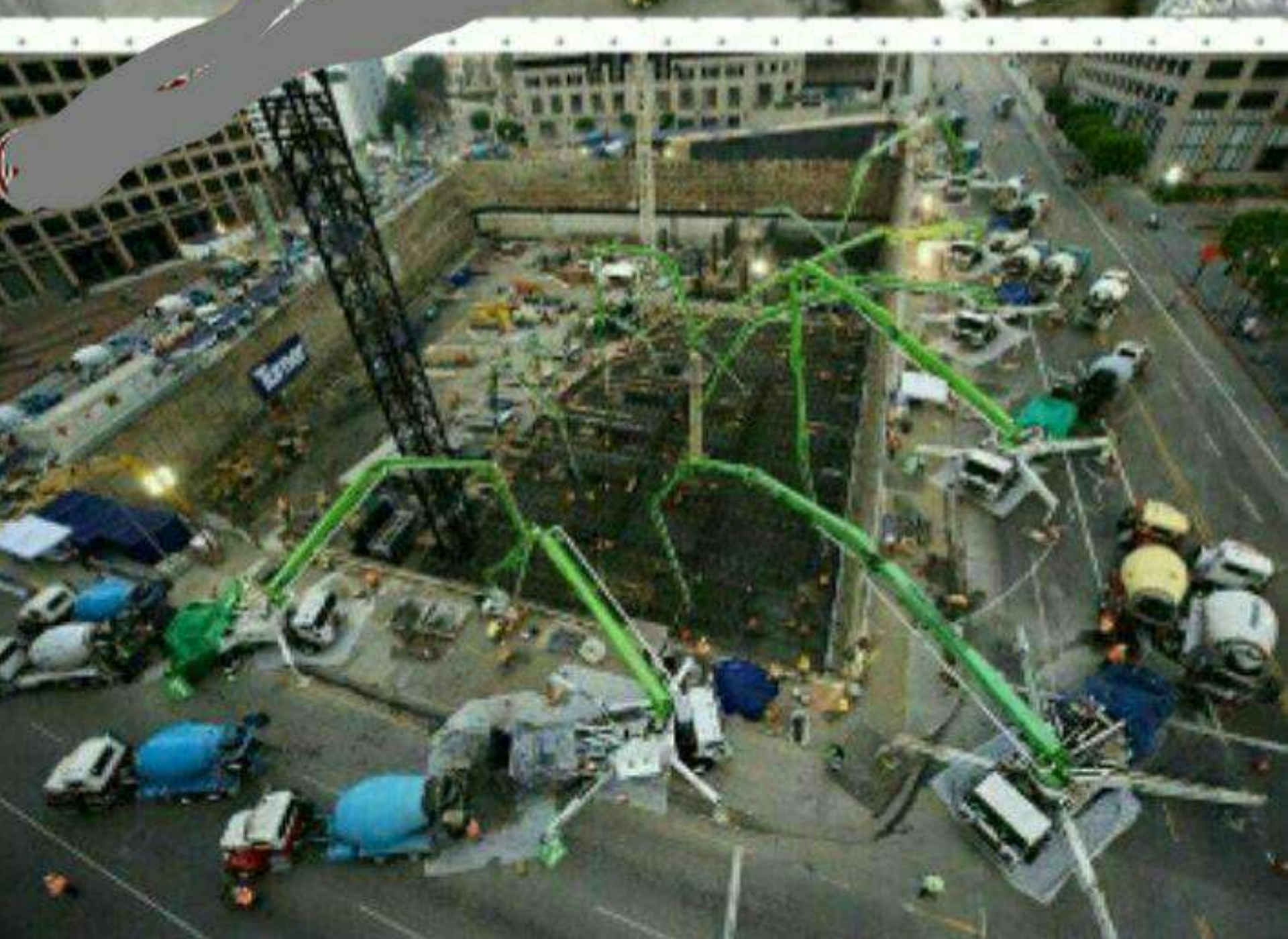
تلمبه (پمپ) بتن

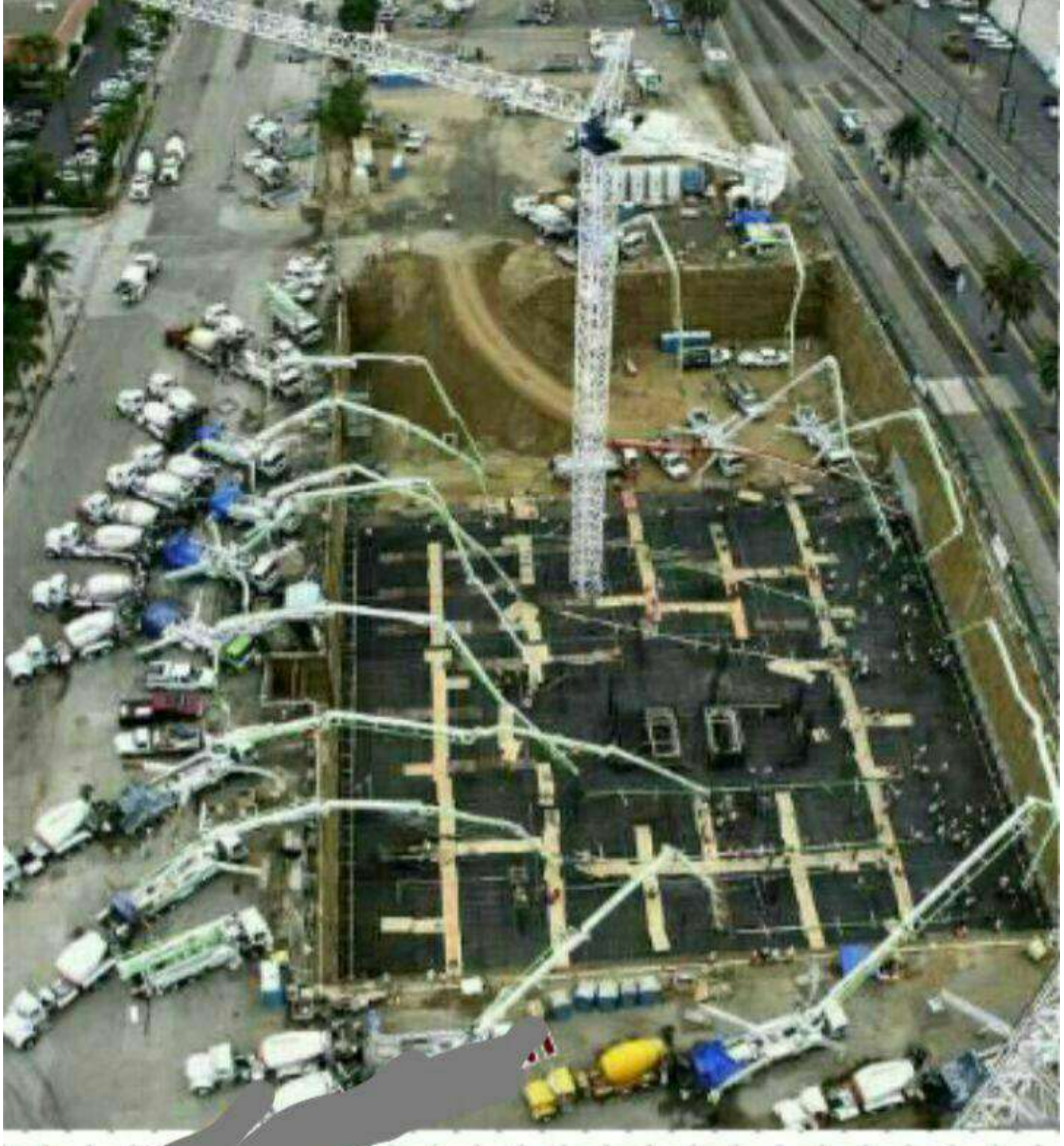
نسبت‌اندازه‌سنگدانه‌ها به‌کوچکترین‌قطر داخلی‌لوله‌انتقال‌بتن

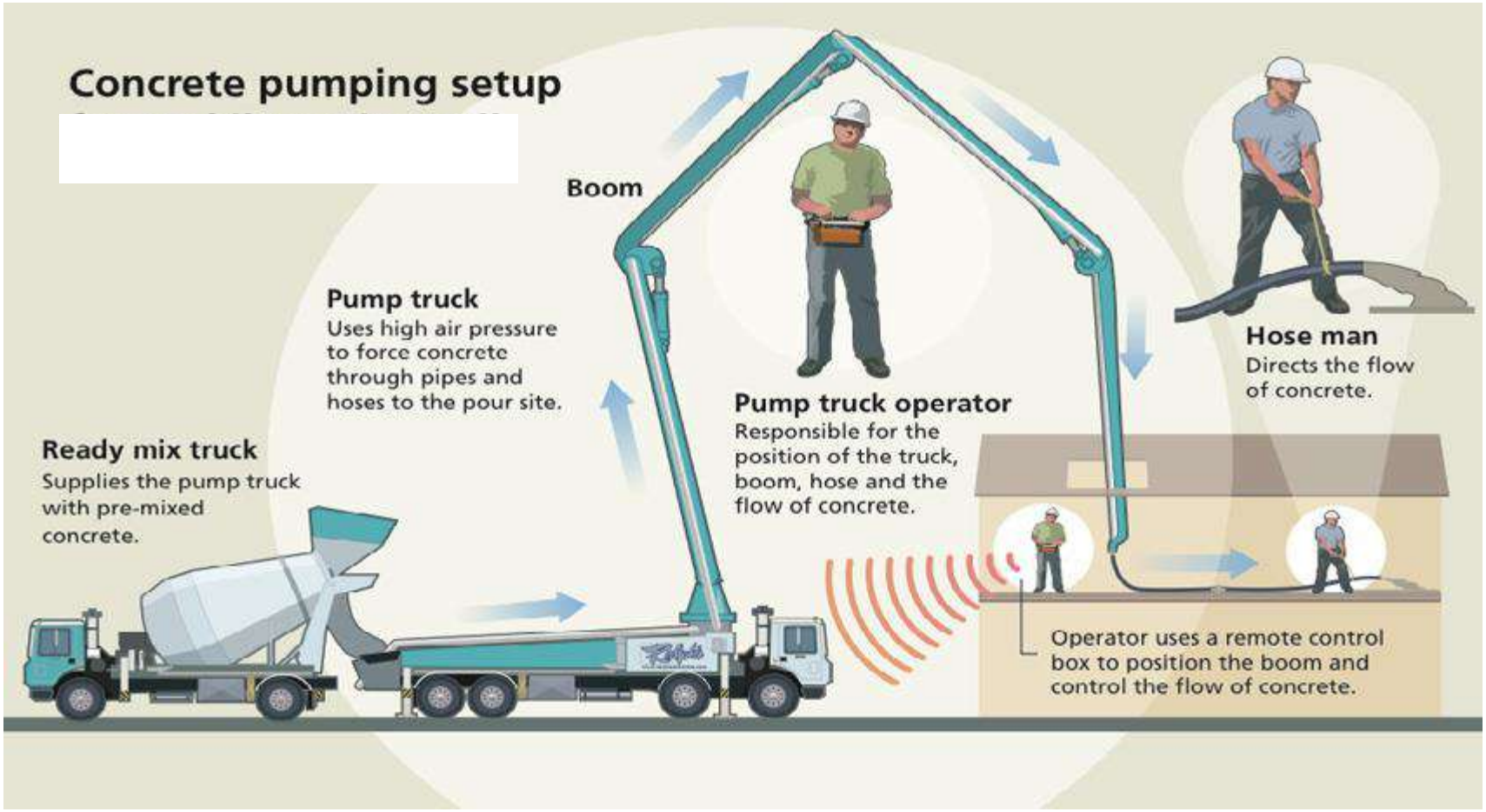
۰/۳۳ برای سنگدانه‌های تیزگوشه

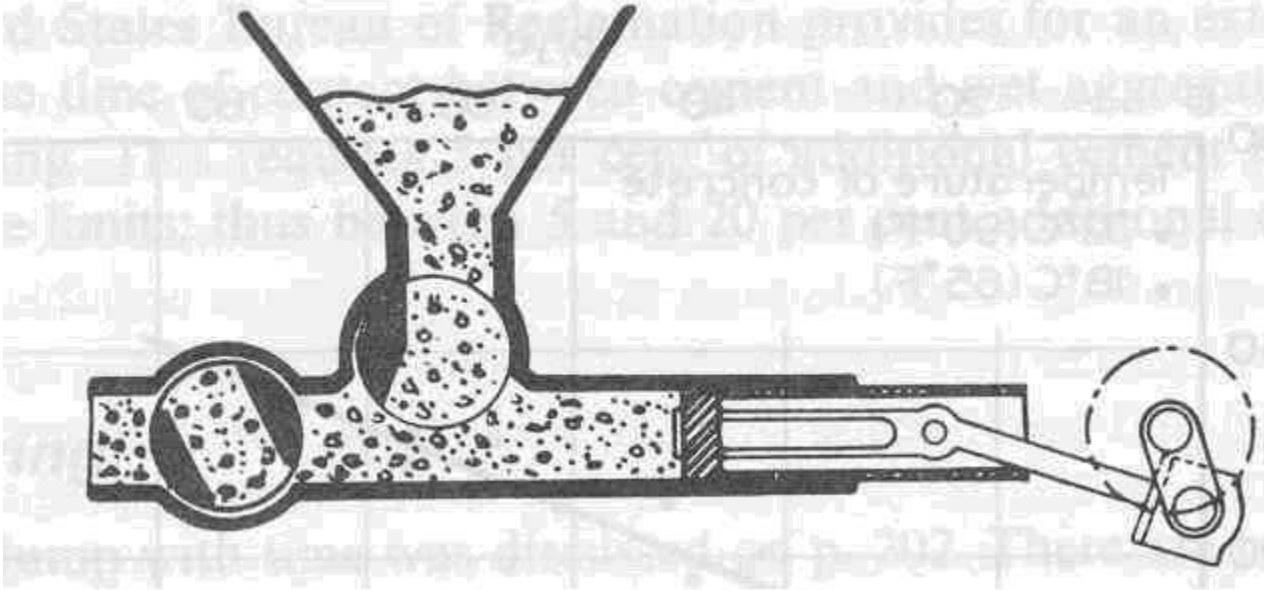
۰/٤ برای سنگدانه‌های کاملا گردگوشه

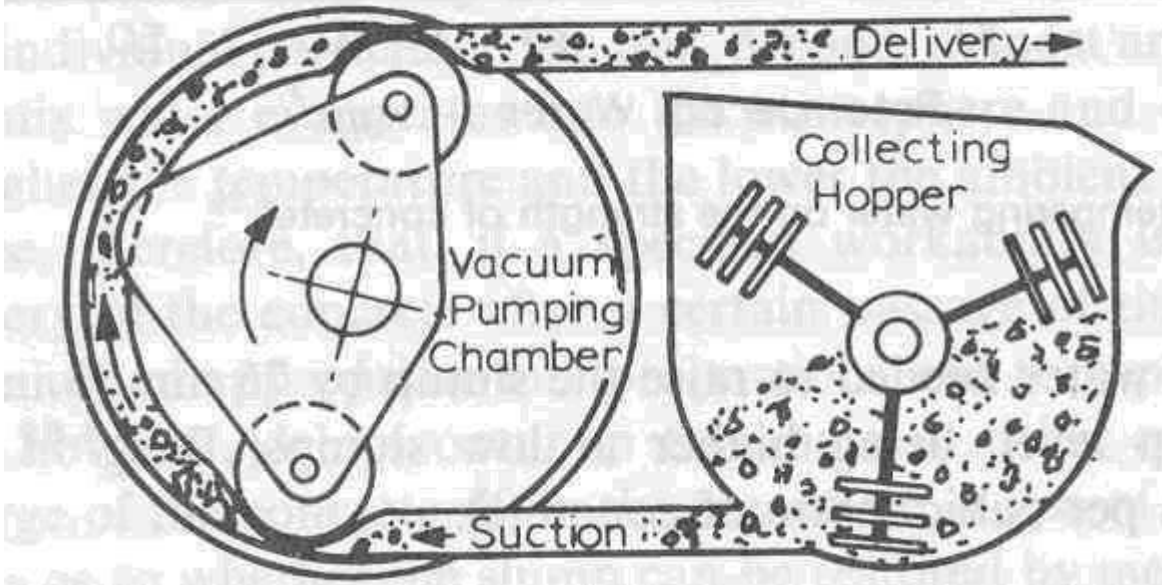
HAMEL

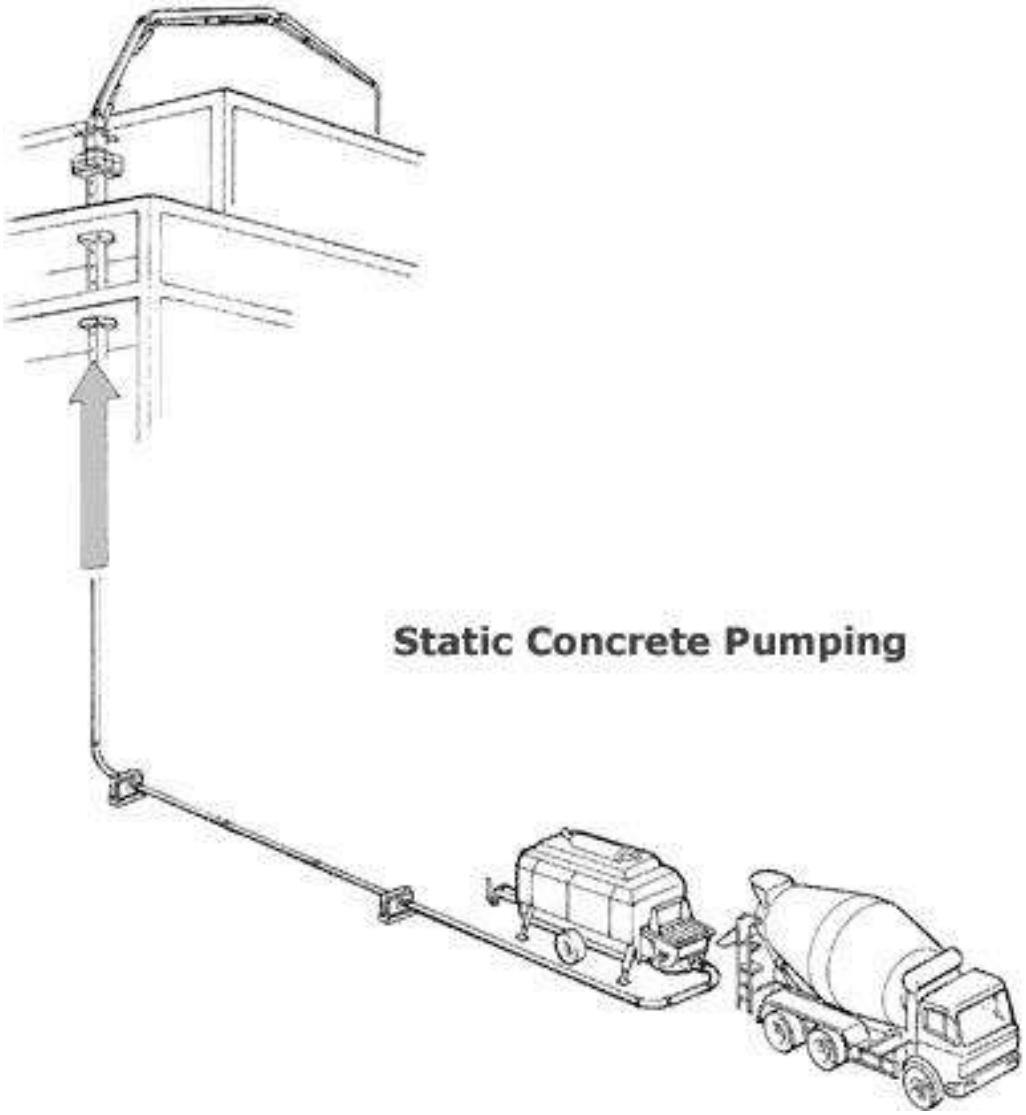





Concrete pumping setup
Boom
Pump truck
Uses high air pressure to force concrete through pipes and hoses to the pour site.
Ready mix truck
Supplies the pump truck with pre-mixed concrete.
Pump truck operator
Responsible for the position of the truck, boom, hose and the flow of concrete.
Hose man
Directs the flow of concrete.
Operator uses a remote control box to position the boom and control the flow of concrete.

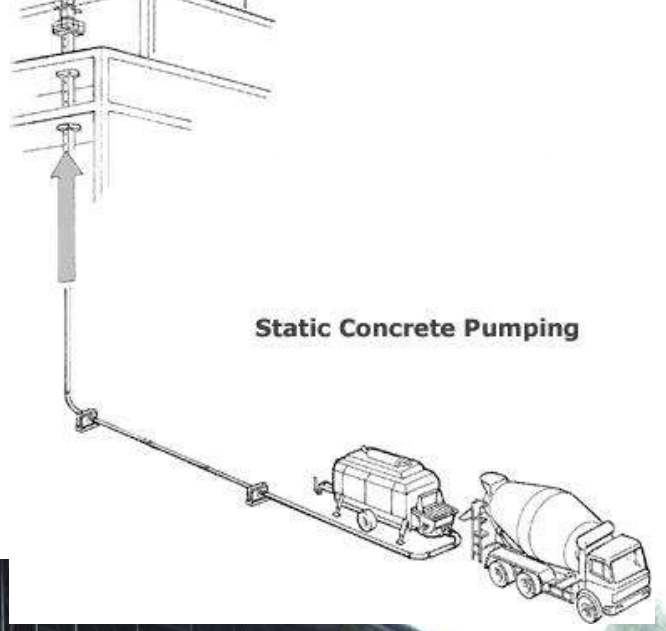


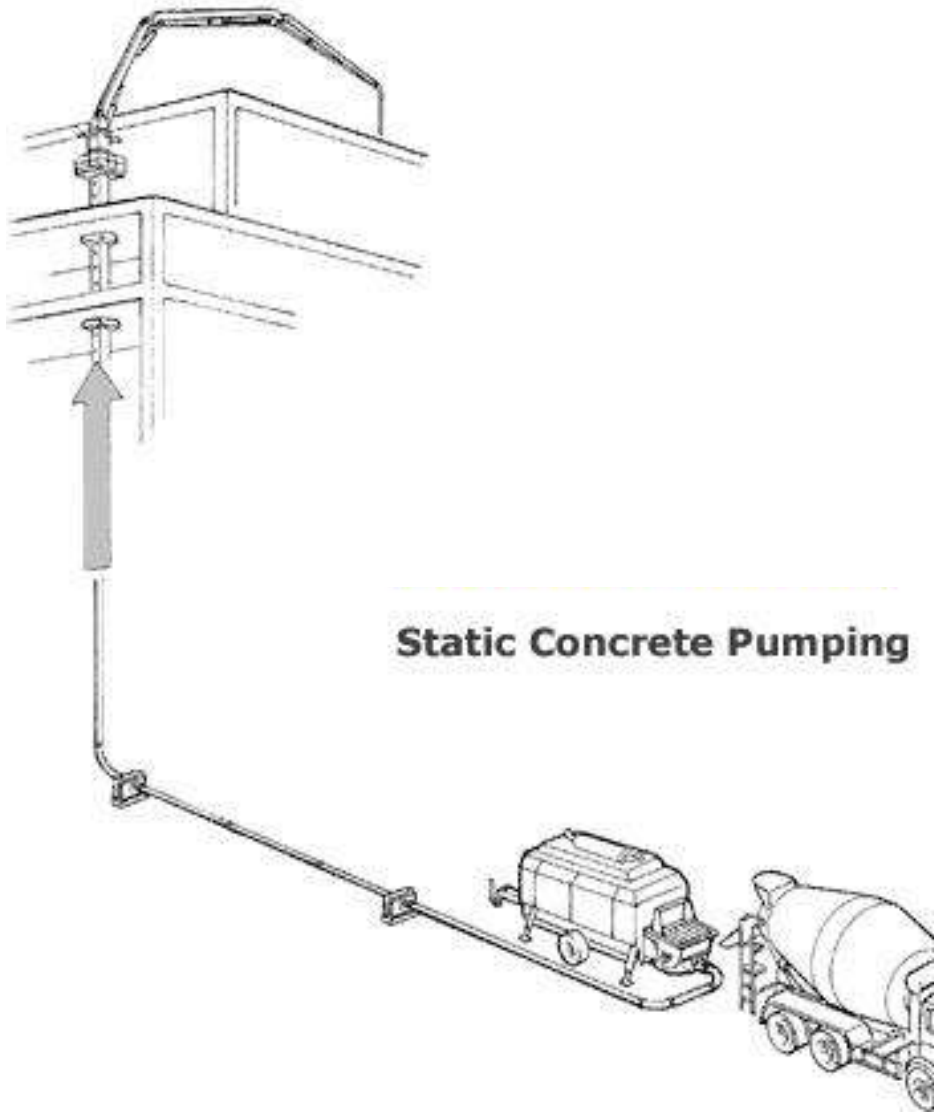

Delivery
Collecting
Hopper
Vacuum
Pumping
Chamber
Suction



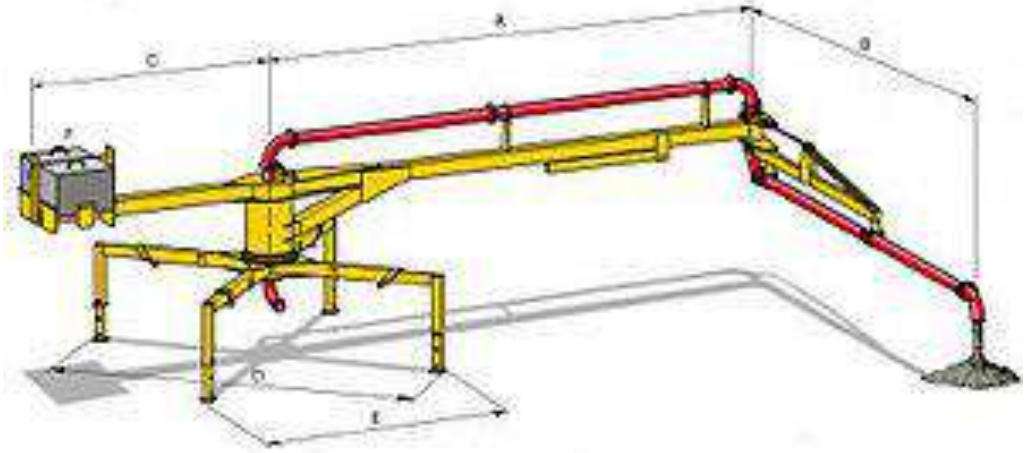
Static Concrete Pumping

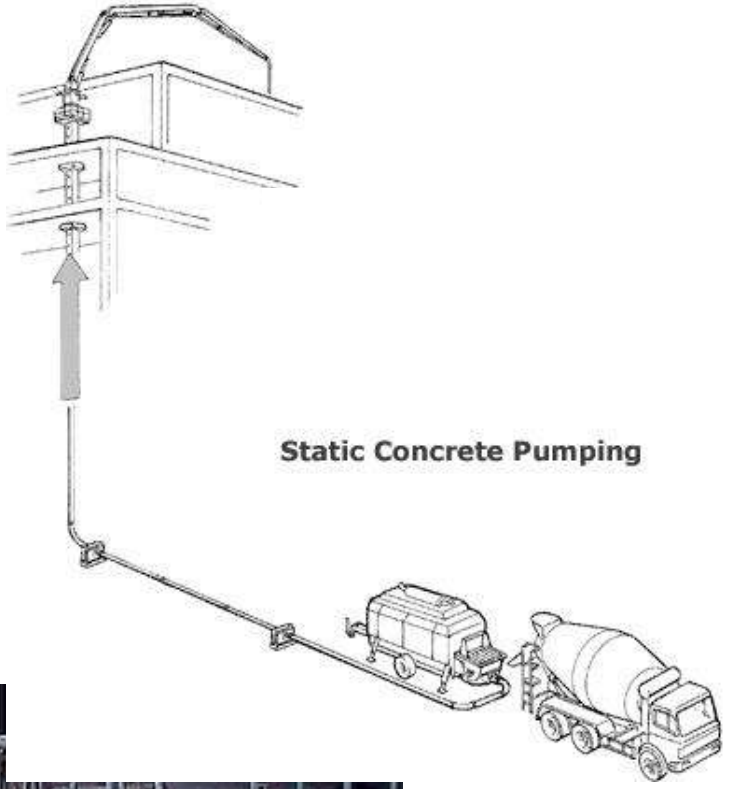
Camfaud
01892 560898
Putzmeister


Static Concrete Pumping



Static Concrete Pumping




Static Concrete Pumping

بتن ریزی

محل نهایی خود جدایی دانه‌ها در اثر جابجایی مجدد

هنگام ریختن و جا دادن به حالت خمیری باقی بماند

افزودن اسلامپ بتن تا هنگامی‌که هنوز از مخلوط کن تخلیه نشده

فقط با اجازه دستگاه نظارت

افزودن دوغاب سیمان با یا بدون مواد افزودنی روان کننده

نسبت آب به سیمان

سطح بتن ریخته شده به صورت لایه‌های افقی باید تراز باشد

بستر پی باید با حداقل ۱۰ سانتیمتر بتن رده C_{10} آماده و رگلاژ شود.

بتن‌ریزی دال‌ها و سقف‌ها

بتن‌ریزی در دال‌ها باید در یک جهت و بطور متوالی انجام شود.

~~پراکنده~~

~~پخش و تسطیح~~

~~افقی در طول قالب حرکت~~

بتن‌ریزی دیوار، ستون و تیرهای اصلی

لایه های افقی با ضخامت یکنواخت

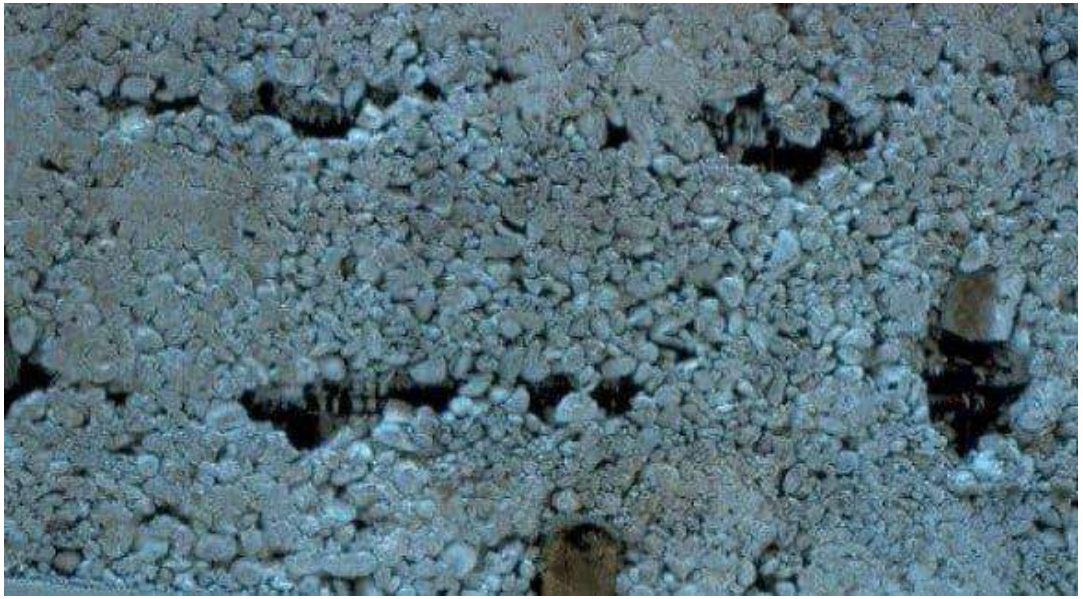
هنگام ریختن لایه جدید، لایه قبلی در حالت خمیری

پیمانه‌های اولیه بتن باید از دو انتهای عضو به سوی قسمت مرکزی سازه

آب در انتها و گوشه‌ها جلوگیری

- ارتفاع سقوط آزاد بتن ۰/۹ تا ۱/۲ متر

تراكم Consolidation



تراکم

بتن باید در طول عملیات بتن‌ریزی با استفاده از وسایل مناسب متراکم شود،

بتن های خودتراکم

دو قسمت لرزانیده شده، با هم همپوشانی

قسمتی از ویبراتور باید در لایه زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود.

ویبراتور باید تا حد امکان به صورت قائم وارد بتن گردد به آرامی‌بیرون کشیده شود

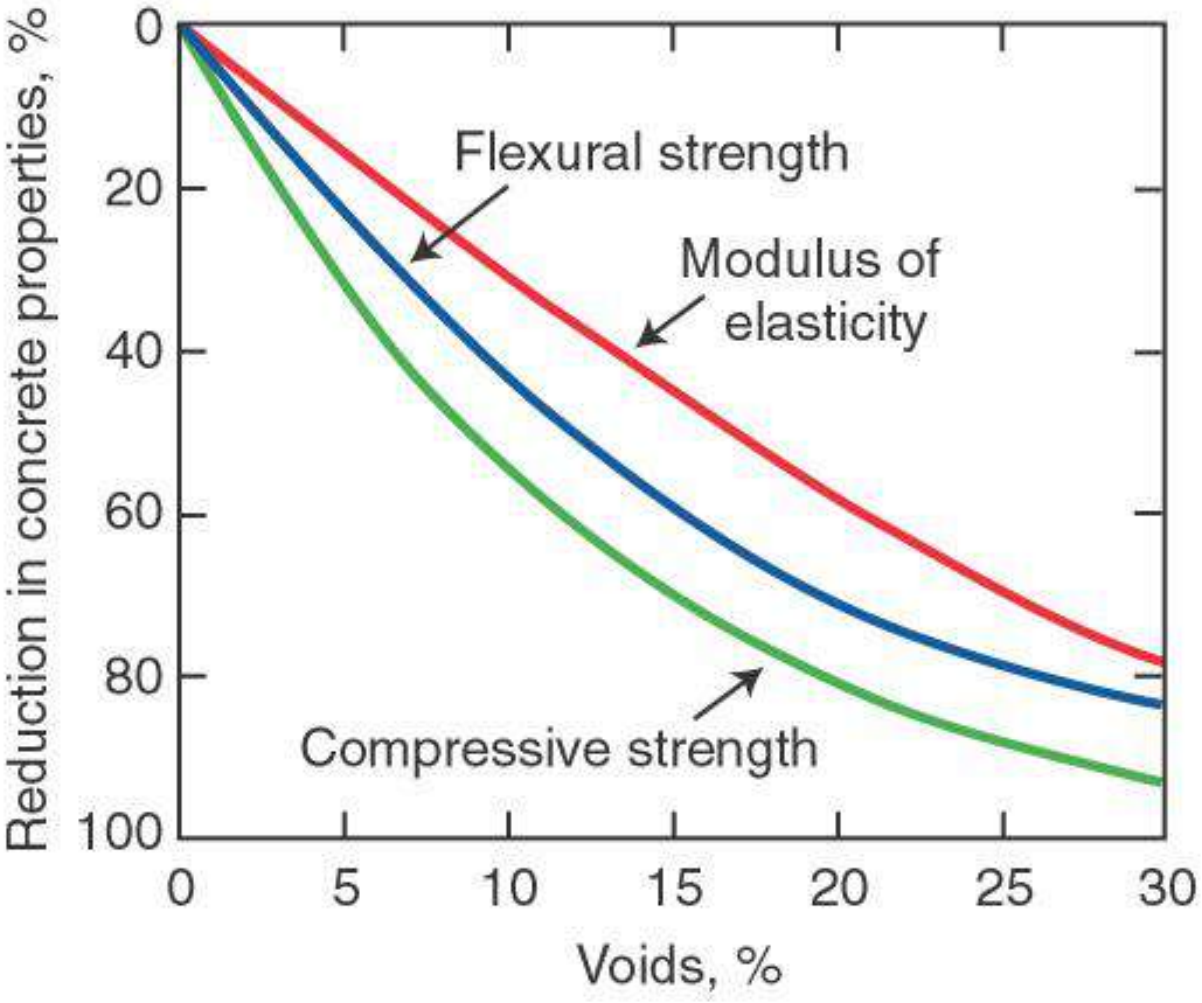
متراکم کردن با دست میله فولادی (تخماق)

کارهای کوچک و محدود

مخلوطهای خمیری و روان

با اجازه دستگاه نظارت

Effect of Voids in Concrete on Modulus of Elasticity, Compressive Strength, and Flexural Strength.



روشهاي تراكم :

لرزشي

ضربه اي **خرد شدن مصالح**

مقاومت رطوبت منافذ (فشار منفذي)

ضربه اي لرزشي

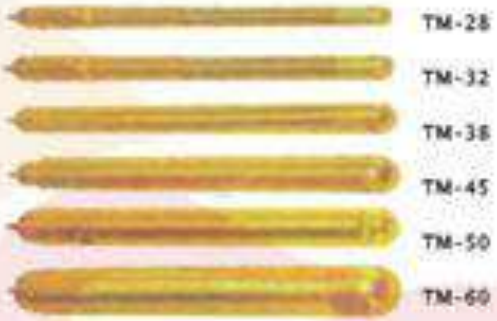
فشاري يا پرسي

فشاري لرزشي

دستي با ميله

ویبراتور داخلی

Vibrator & Engine Set

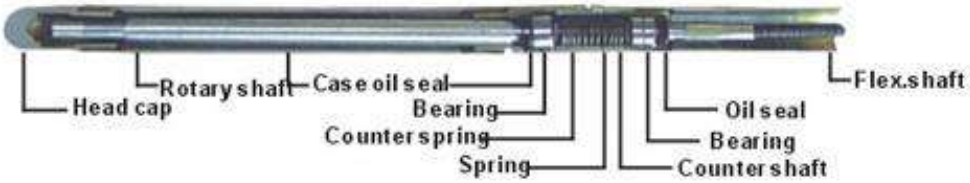


Head Of Vibrator

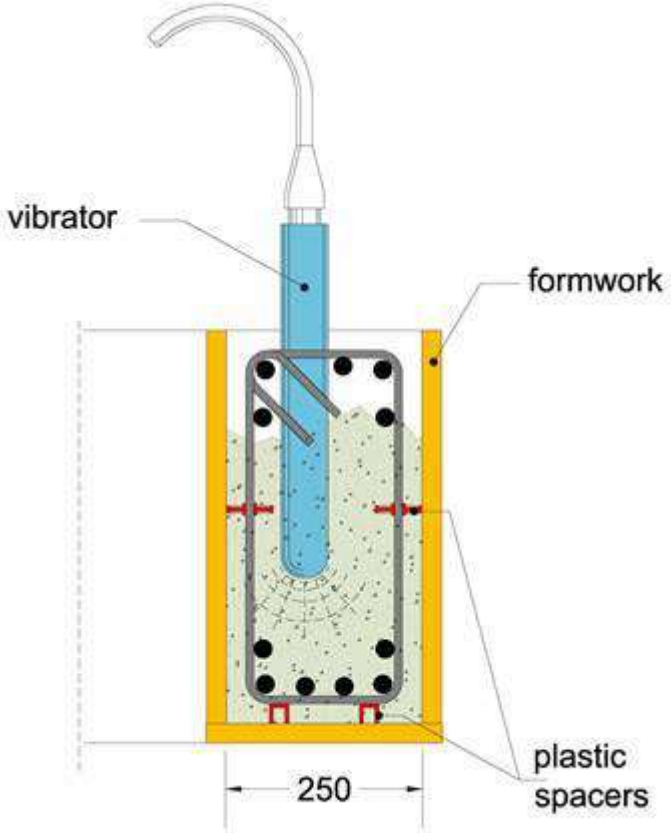
Malaysia type

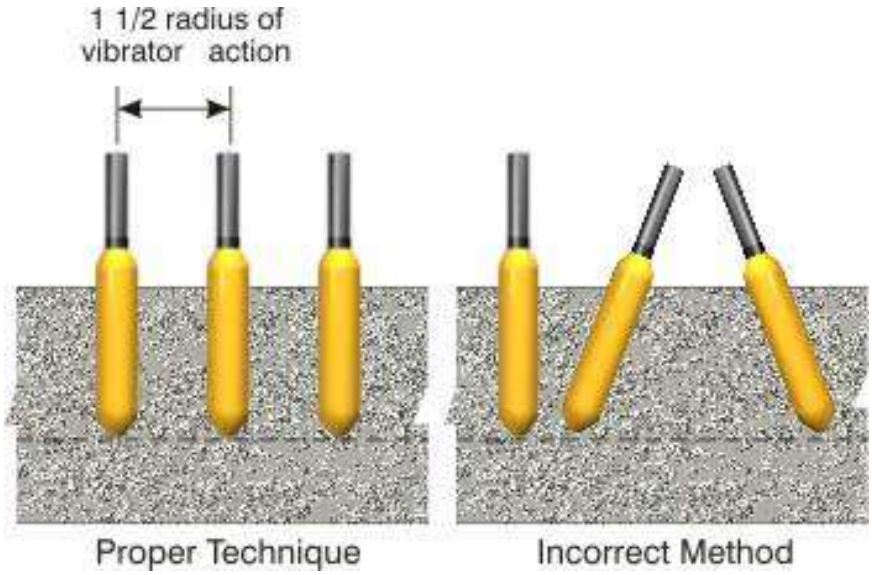
Japan type

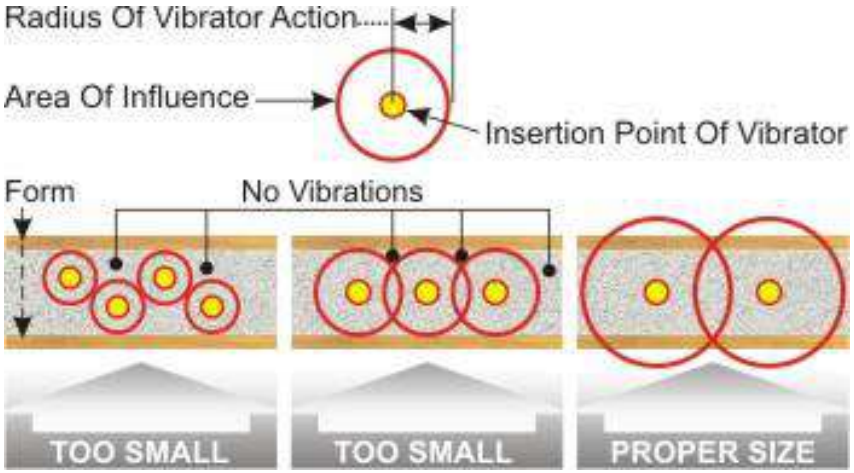
The simple type without a spring in the vibrator head

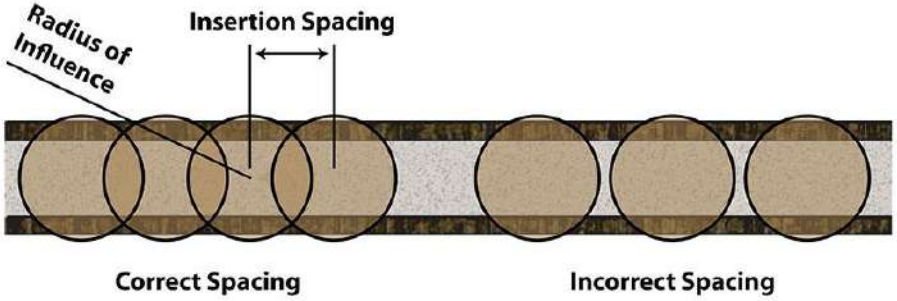


SQUARE HEAD

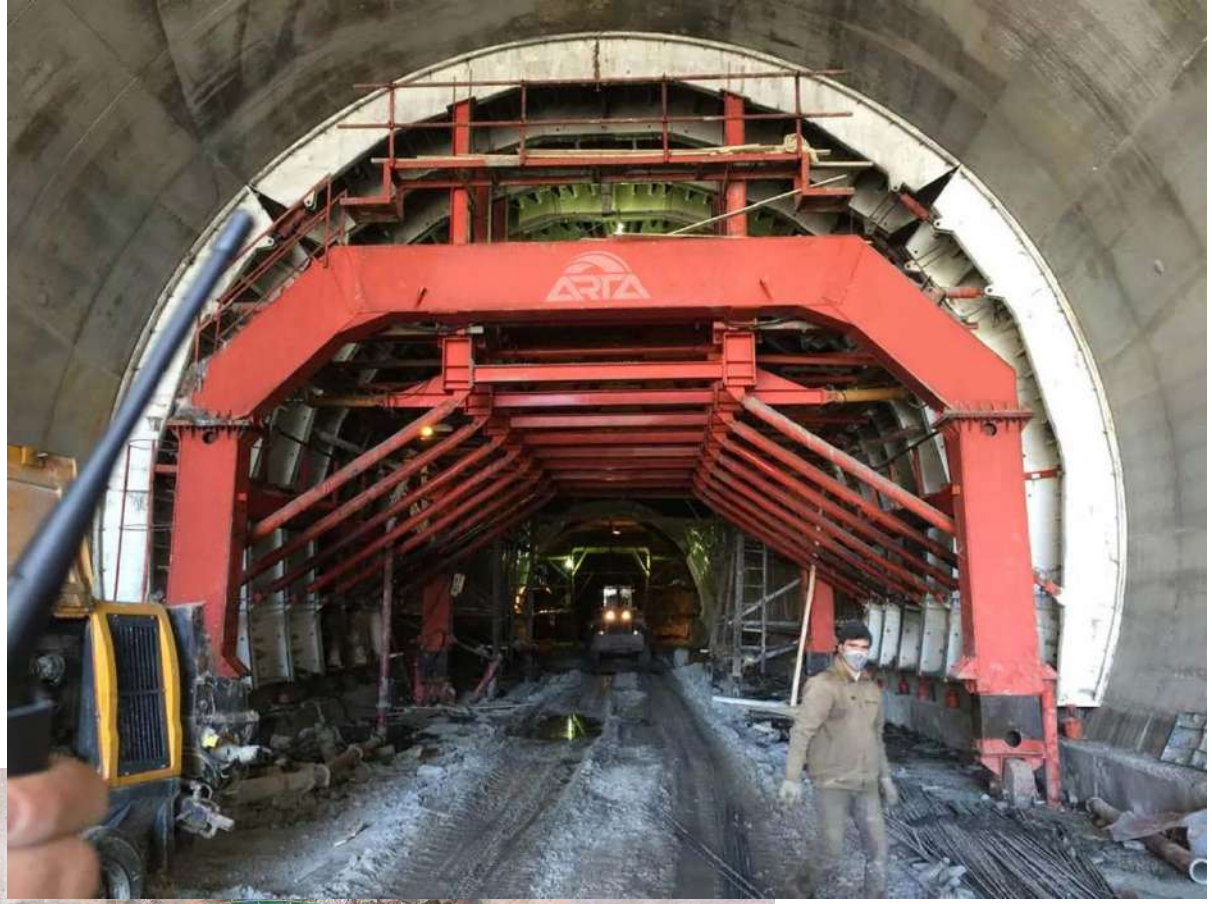

vibrator
formwork
250
plastic
spacers


1 1/2 radius of
vibrator action
Proper Technique
Incorrect Method


Radius Of Vibrator Action
Area Of Influence
Insertion Point Of Vibrator
Form
No Vibrations
TOO SMALL
TOO SMALL
PROPER SIZE


Radius of
Influence
Insertion Spacing
Correct Spacing
Incorrect Spacing

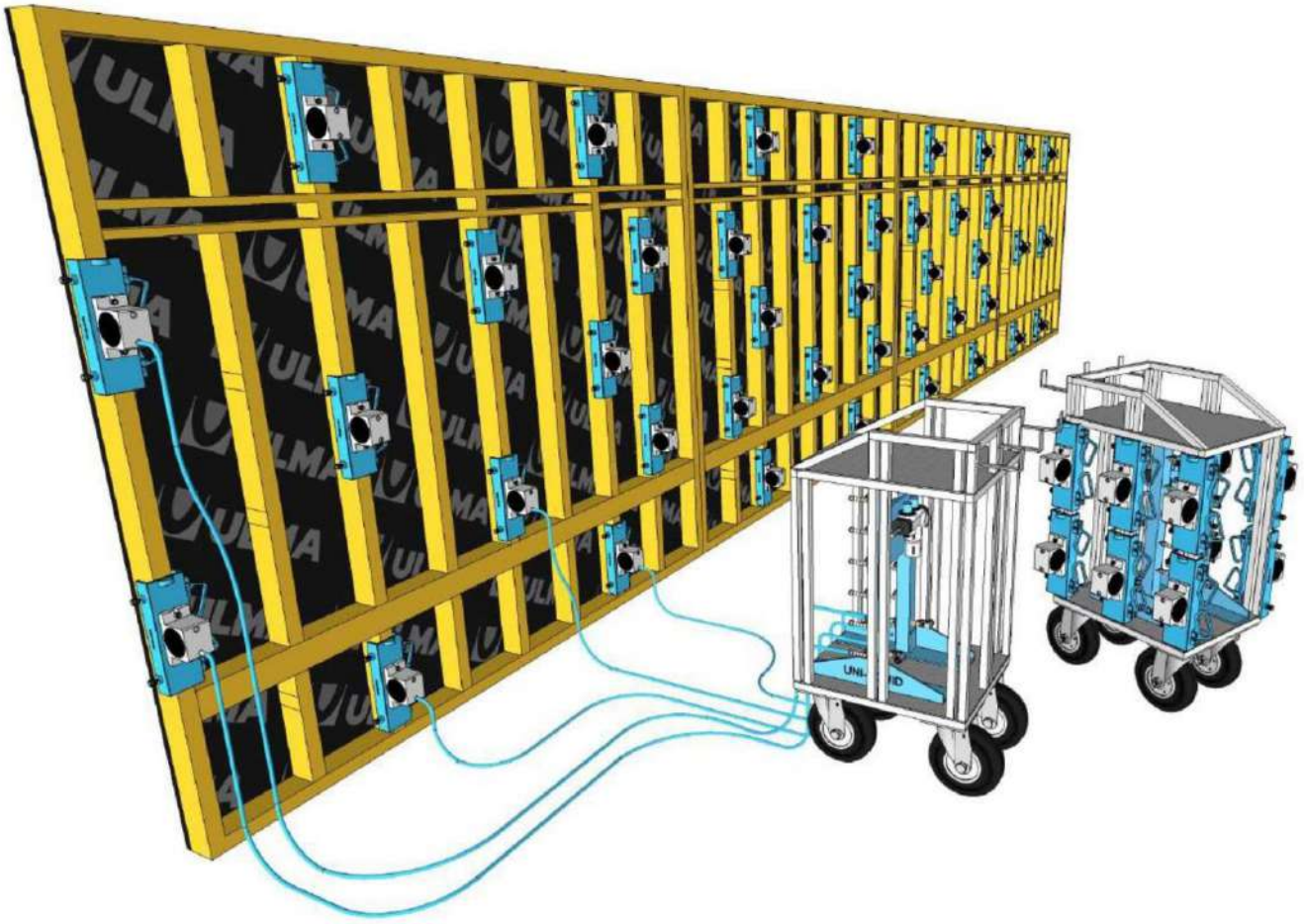
ویبراتور خارجی یا ویبره قالب


ARTA

BOOZARJOMEHR
INDUSTRIAL GROUP

2.40 x 0.75
1.20 x 0.75
2.40 x 0.75
1.20 x 0.75

16



تراکم سطوح افقی یا دالهای بتنی

کمپکتور دستی یا صفحه ای خاک

شمشه دستی

WACKER
NEUSON

Preparation Before Placing Includes:

- Trimming the subgrade

Preparation Before Placing Includes:

- Moistening the subgrade

Preparation Before Placing Includes:

- Compacting the subgrade

Screeding (Strikeoff)

The process of cutting off excess concrete to bring the top surface of a slab to proper grade

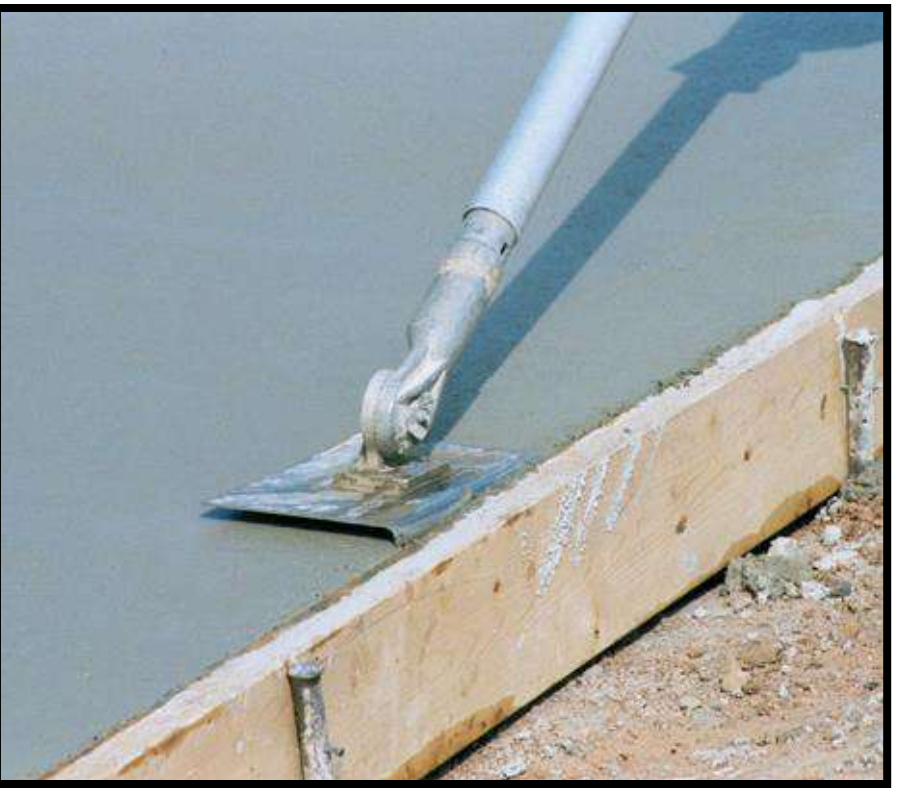
Vibratory Screeds

Bullfloating

- To eliminate high and low spots and to embed large aggregate particles

Edging

Edging densifies and compacts concrete next to forms where floating is less effective



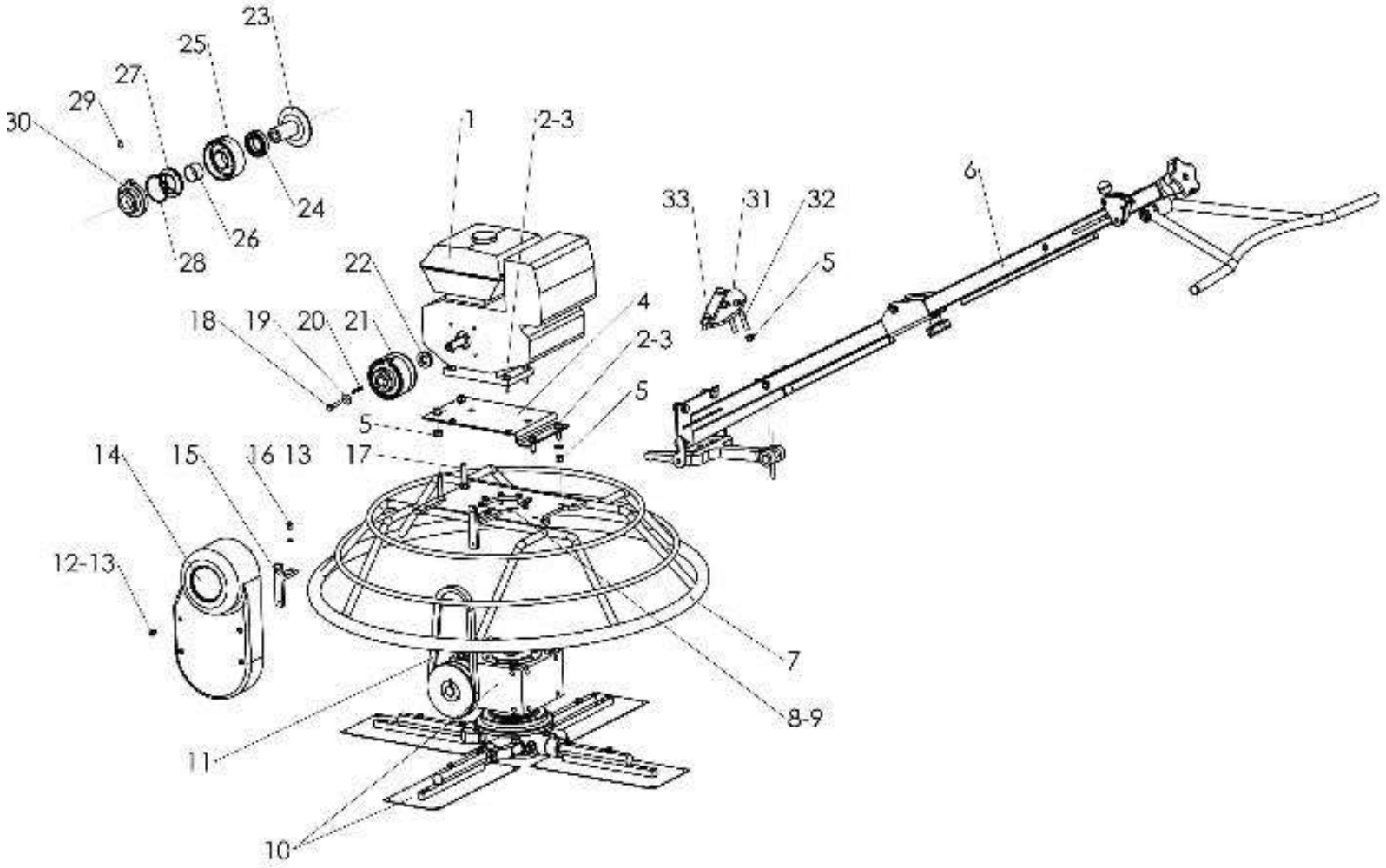
- Required along all edge forms, isolation and construction joints in floors and exterior slabs
- Cut concrete away from forms to a depth of 25 mm with a pointed mason or margin trowel
- Edging may be required after each subsequent finishing operation for interior slabs

Highway Straightedges

Floating (Power or Hand)

ماله پروانه ای (بتن اکسپوز)

- To embed aggregate particles just beneath the surface
- To remove slight imperfections, humps, and voids
- To compact the mortar at the surface in preparation for additional finishing operations.


23
25
27
29
30
28
26
24
1
2-3
22
18
19
20
21
4
2-3
5
5
14
15
16
13
17
12-13
11
10
7
8-9
33
31
32
5
6

Troweling

- Creates smooth, hard,dense surface
- Exterior concrete should not be troweled because:
  - it can lead to a loss of entrained air caused by overworking the surface
  - troweled surfaces can be slippery when wet.

Brooming

Tining

ماله کشی و پرداخت بتن

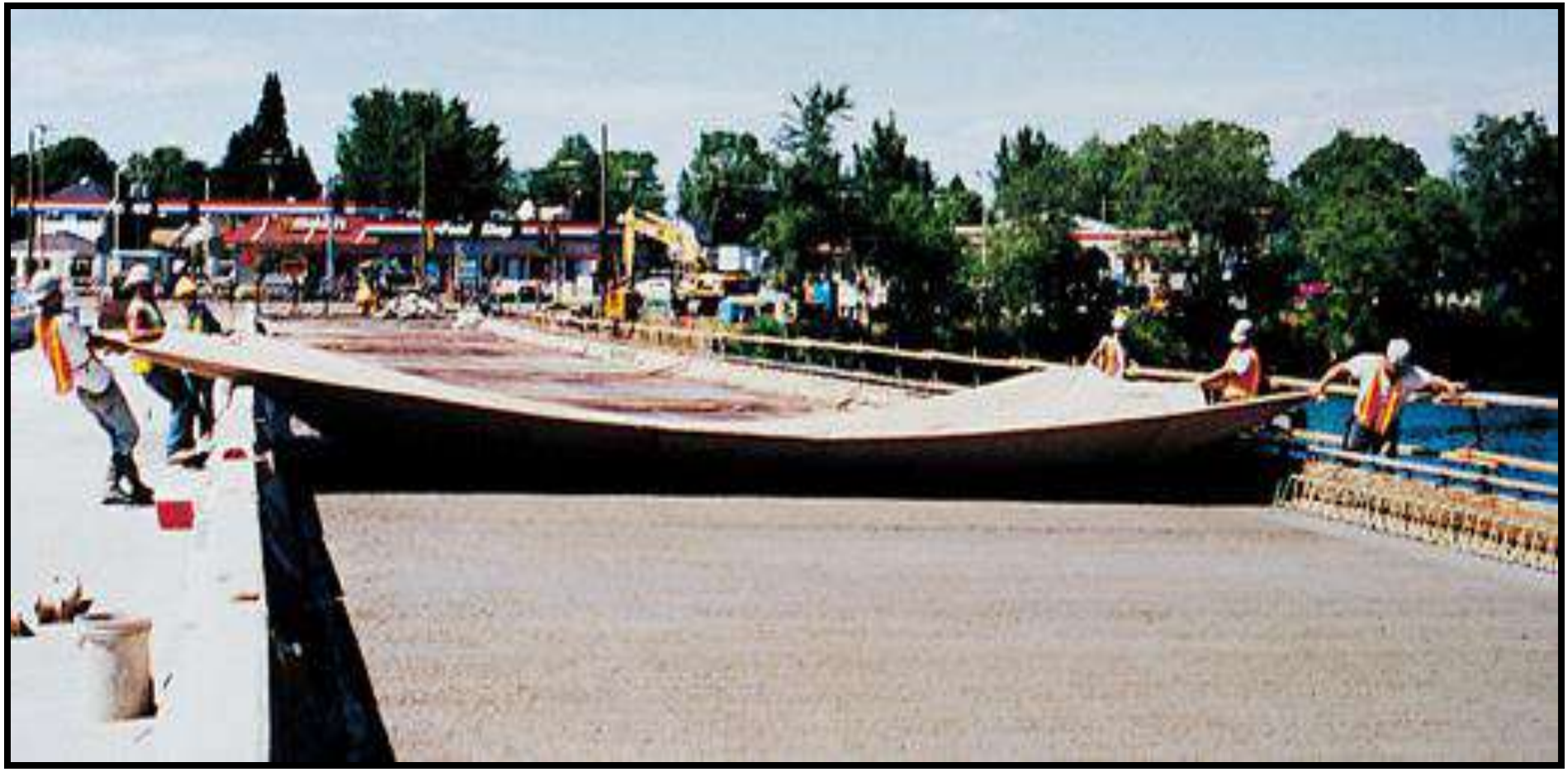
آب ناشـی از آب انـداختگی

ماله کشی

لیسه ای کردن

پاشیدن سیمان خشک

Curing and Protection



- Curing should begin immediately after finishing – F/T exposure 7d @ 10°C min.

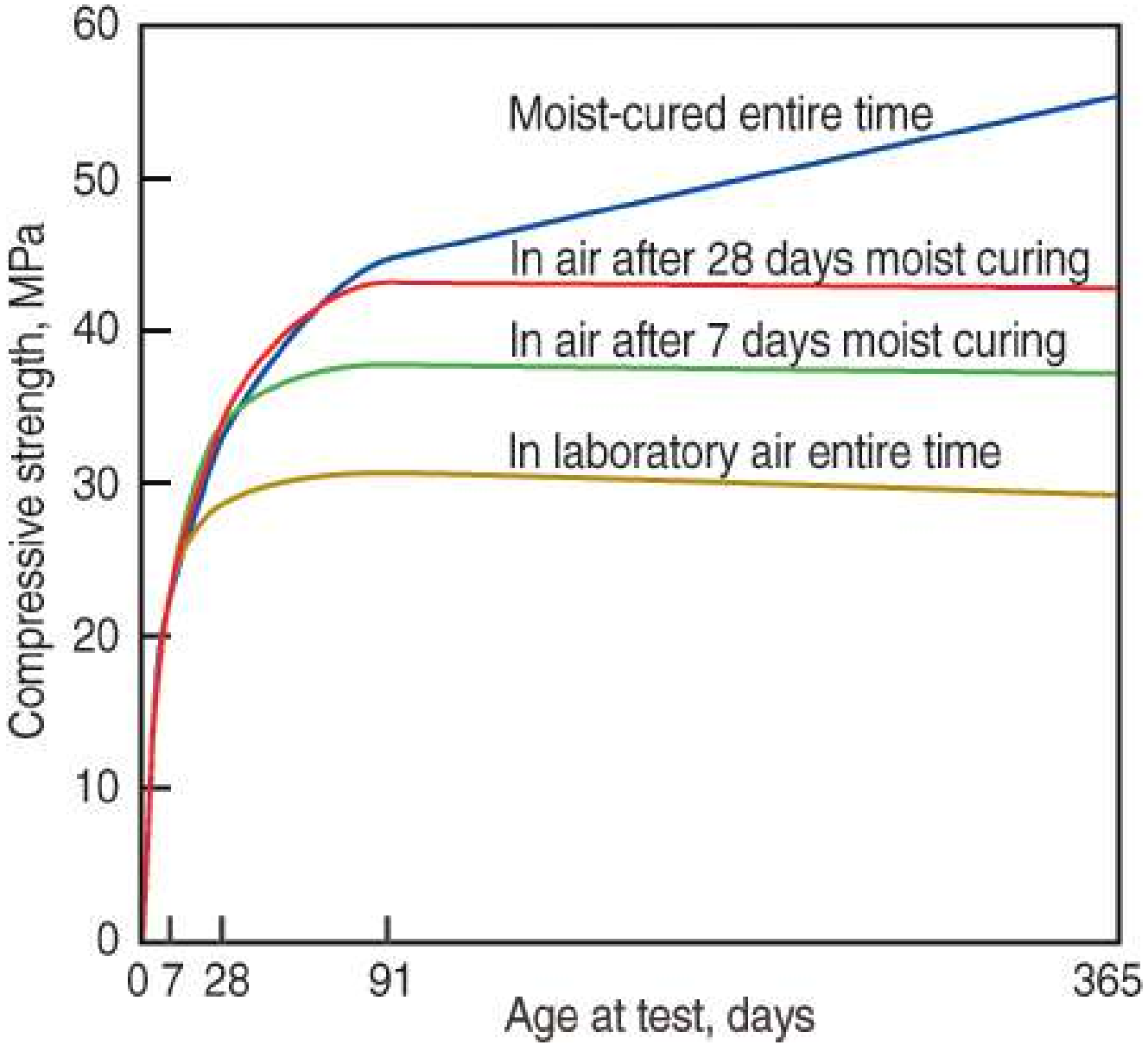
Curing

Curing requires adequate —

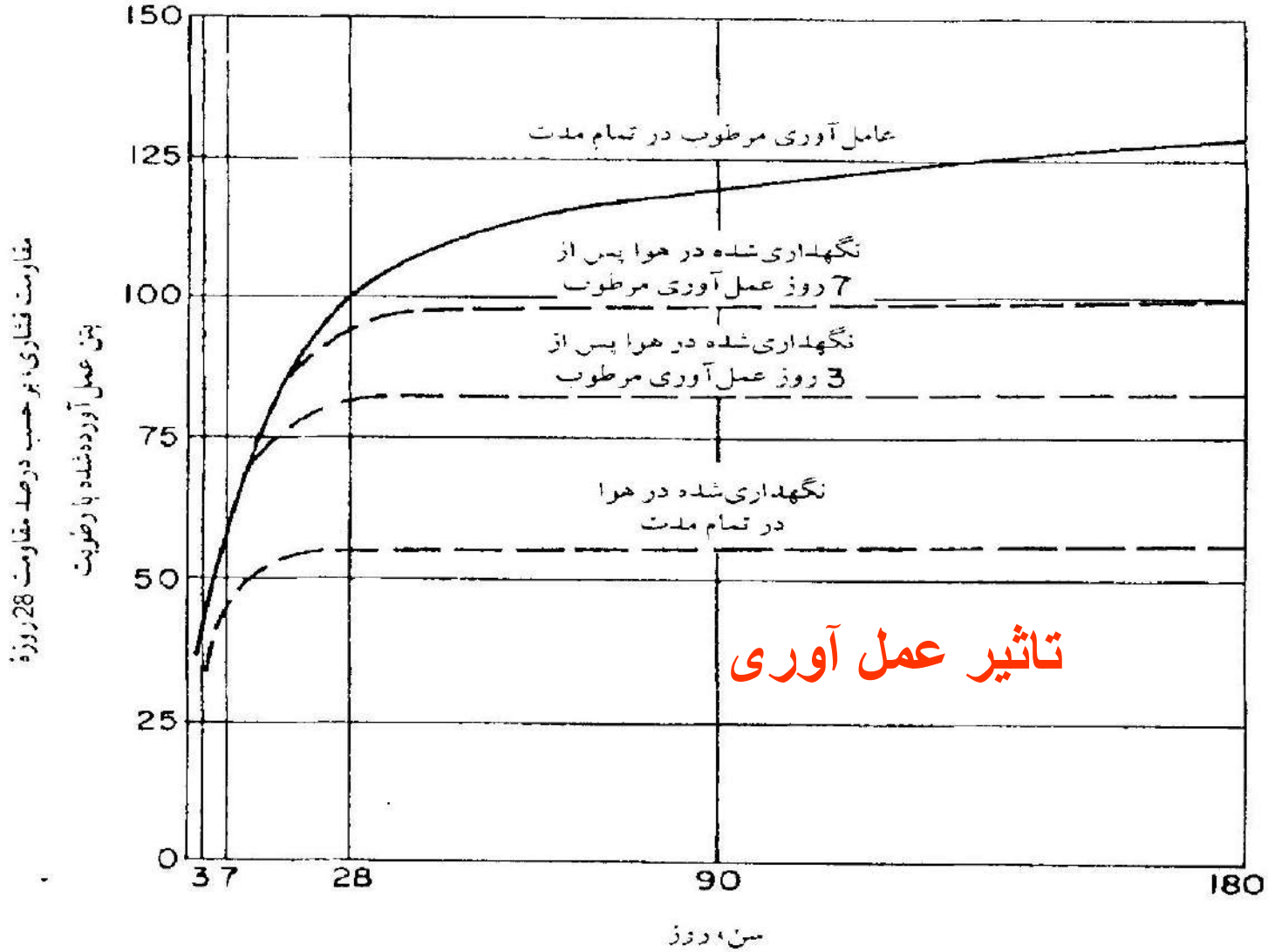
- Moisture
- Temperature
- Time

If any of these factors are neglected, the desired properties will not develop

تاثیر عمل آوری بر مقاومت بتن



Effect of Curing on Compressive Strength

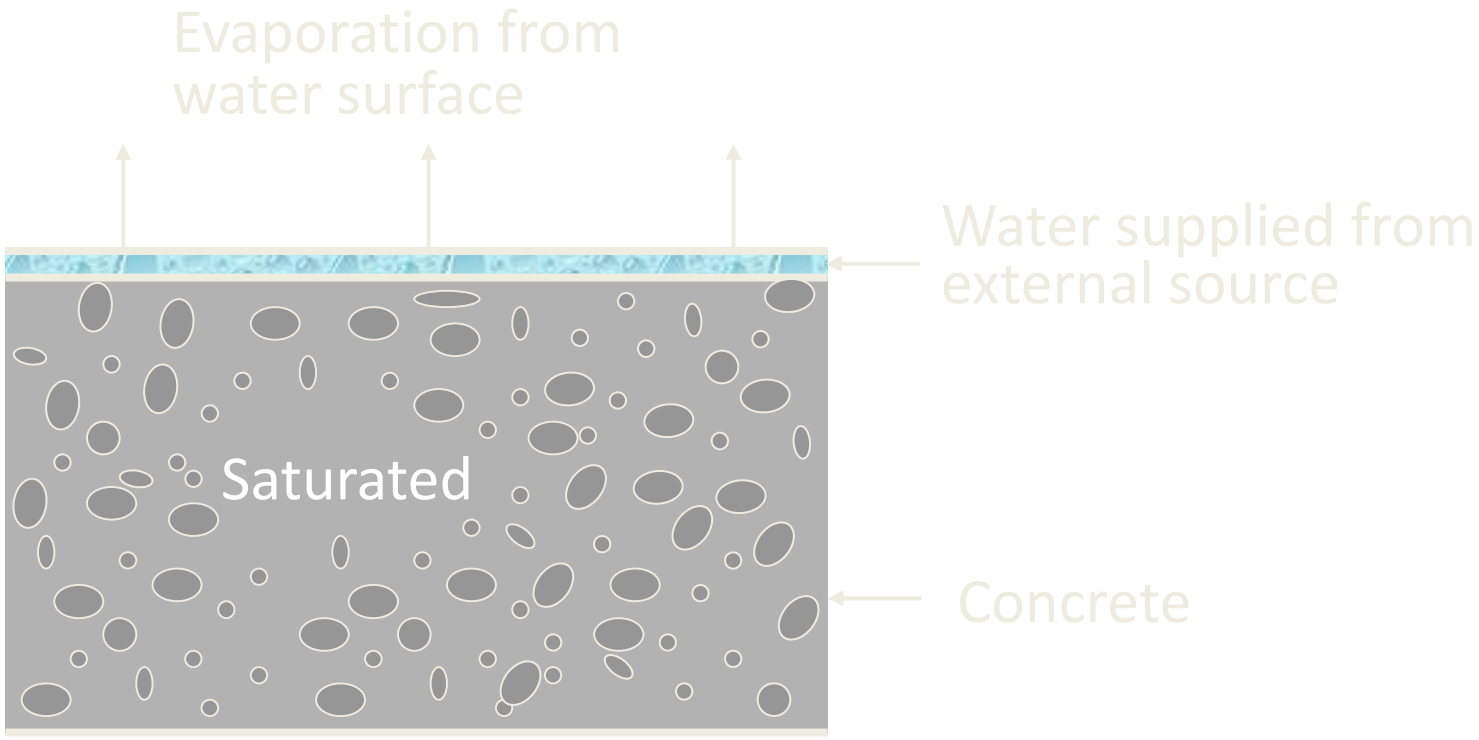


شکل ۱.۱۰ تا زمانی که رطوبت و دمایی مساعد برای آبگیری سیمان وجود داشته باشد، مقاومت بتن به تناسب سن افزایش می‌یابد.

Curing Methods

1. **Supply Additional Water for Evaporation by:**
   - **Ponding or immersion**
   - **Spraying or fogging**
   - **Saturated wet coverings**

Curing of Concrete by Supplying Water for Evaporation



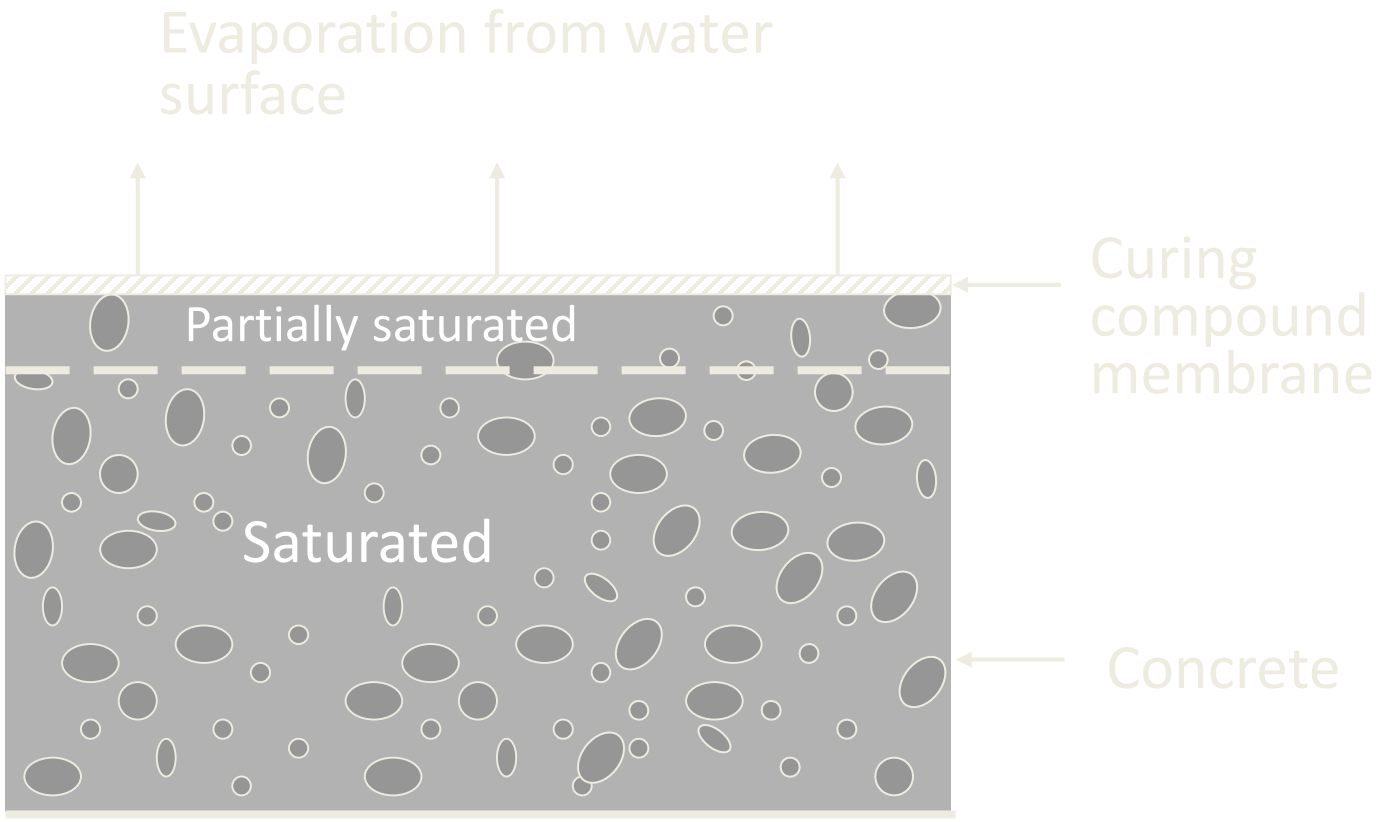
Curing Methods

2. Seal in Mixing Water

روش عایقی

- Plastic sheets
- Membrane-forming curing compounds

Membrane Curing of Concrete



۷-۷-۲ عمل‌آوری اولیه یا محافظت

عمل‌آوری اولیه مربوط به مرحله‌ای است که بتن، سخت نشده است یا مراحل ابتدایی سخت شدن را می‌گذراند. در این مرحله بتن ممکن است تحت اثر آسیب‌ها و اثرات نامطلوب، مانند، شسته شدن با جریان آب یا رگبار، خشک شدگی اولیه در اثر وزش باد یا تابش مستقیم آفتاب، یخزدن سریع در هوای بسیار سرد و لرزش و ضربه ناگهانی قرار گیرد. برای جلوگیری از این آسیب‌ها باید تدابیر و اقدامات لازم پیش‌بینی شود.

۷-۷-۳ عمل‌آوری نهایی یا مراقبت

۷-۷-۳-۱عمل‌آوری نهائی مربوط به زمان پس از گیرش بتن و در مرحله سخت شدن است، که در آن باید رطوبت سطحی و حداقل دمای لازم برای هیدراته شدن سیمان فراهم شود.

جدول ۷-۴ تعریف رده‌های عمل‌آوری با توجه به اهمیت

شرایط	رده عمل‌آوری			
	۱	۲	۳	۴
دستیابی به درصد مقاومت فشاری مشخصه	-(۱)	۳۵	۵۰	۷۰

(۱) برای زمان گیرش بتن کمتر از ۵ ساعت و دمای سطح بتن بیش از ۵ درجه سلسیوس و هوای مرطوب (شرجی) بدون باد و آفتاب (رده عمل‌آوری «۱»)، مدت زمان عمل‌آوری حداقل ۱۲ ساعت در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۷-۵ تعریف رده‌های عمل‌آوری با توجه به شرایط محیطی

رده عمل‌آوری	شرایط محیطی
۱	صرفا برای عمل‌آوری اولیه
۲	شرایط محیطی خوب پس از پایان عمل‌آوری (دارای رطوبت نسبی میانگین هوا بیش از ۸۰ درصد و به‌دور از باد و تابش مستقیم آفتاب)
۳	شرایط محیطی متوسط پس از مدت عمل‌آوری (دارای رطوبت نسبی میانگین بین ۴۰ تا ۸۰ درصد یا گاه دارای باد و تابش مستقیم آفتاب)
۴	شرایط محیطی ضعیف پس از پایان مدت عمل‌آوری (رطوبت نسبی کمتر از ۴۰ درصد یا دارای باد و تابش مستقیم آفتاب)
چنانچه در هر مورد، شرایط رویارویی «مهاجم» باشد، یا اهمیت عضو بتنی از نظر دوام در این شرایط بیشتر باشد، رده عمل‌آوری ۲ یا ۳ را باید یک درجه افزایش داد.	

جدول ۷-۶ حداقل مدت عمل‌آوری برای رده‌های مختلف عمل‌آوری با توجه به دمای سطح بتن و روند کسب مقاومت آن (۱)

دمای متوسط سطح بتن (درجه سلسیوس)	حداقل مدت عمل‌آوری بر حسب روز برای روندهای کسب مقاومت بتن								
	سریع (تند) $r \geq 0/5$			متوسط $0/5 > r \geq 0/3$			کند (آهسته) $0/3 > r \geq 0/15$ (۲)		
	رده ۲	رده ۳	رده ۴	رده ۲	رده ۳	رده ۴	رده ۲	رده ۳	رده ۴
$t \geq 25$	۱	۲	۳	۲	۳	۵	۳	۵	۶
$25 > t \geq 15$	۱	۲	۵	۳	۴	۹	۵	۷	۱۲
$15 > t \geq 10$	۲	۳	۷	۴	۷	۱۳	۸	۱۲	۲۱
$10 > t \geq 5$	۳	۴	۹	۵	۹	۱۸	۱۱	۱۸	۳۰

r: نسبت مقاومت فشاری ۲ روزه به ۲۸ روزه

t: دمای متوسط سطح بتن

(۱) چنانچه دمای متوسط روزانه در مدت عمل‌آوری بیش از ۳۰ درجه سلسیوس شود، استفاده از حداقل مدت زمان عمل‌آوری ارایه شده، محافظه‌کارانه می‌باشد.

(۲) چنانچه رشد مقاومت بتن کندتر باشد لازم است از شیوه‌های مستقیم یا غیرمستقیم برای دستیابی به درصدی از مقاومت ۲۸ روزه مورد نظر استفاده نمود.

۷-۸ کنترل کفایت عمل‌آوری

۷-۸-۳ کفایت عمل‌آوری وقتی حاصل می‌شود، که نسبت میانگین مقاومت آزمونه‌های عمل‌آوری شده در شرایط واقعی کارگاهی در سن مقاومت مشخصه، حداقل ۰/۸۵ مقاومت میانگین آزمونه‌های عمل‌آوری شده در شرایط استاندارد در همان سن باشد.

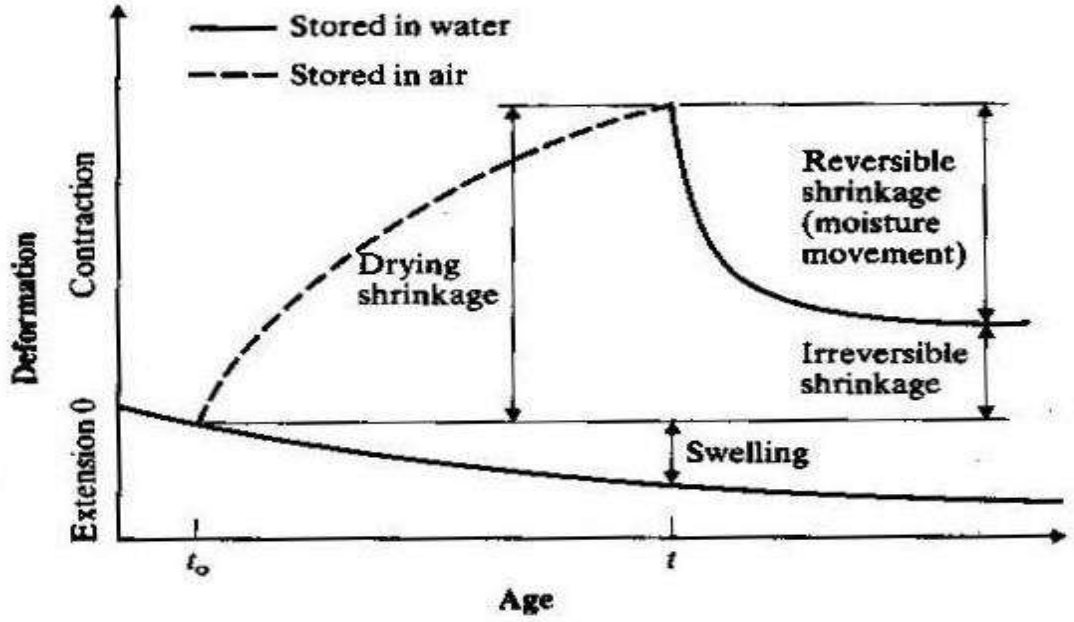
در مواردی‌که این شرط برآورده نشود، اگر میانگین مقاومت آزمونه‌های عمل‌آوری شده در شرایط واقعی کارگاهی، حداقل به میزان ۱۰ درصد بیش از مقاومت مشخصه بتن، در همان سن باشد، مدت و شیوه عمل‌آوری تأیید می‌شود.

۷-۸-۴ در مواردی‌که مدت و شیوه عمل‌آوری قابل قبول نباشد، لازم است با تغییر مدت یا شیوه عمل‌آوری و یا هر دو، آزمایش مزبور دوباره انجام شود تا امکان رد یا قبول کفایت عمل‌آوری فراهم شود.

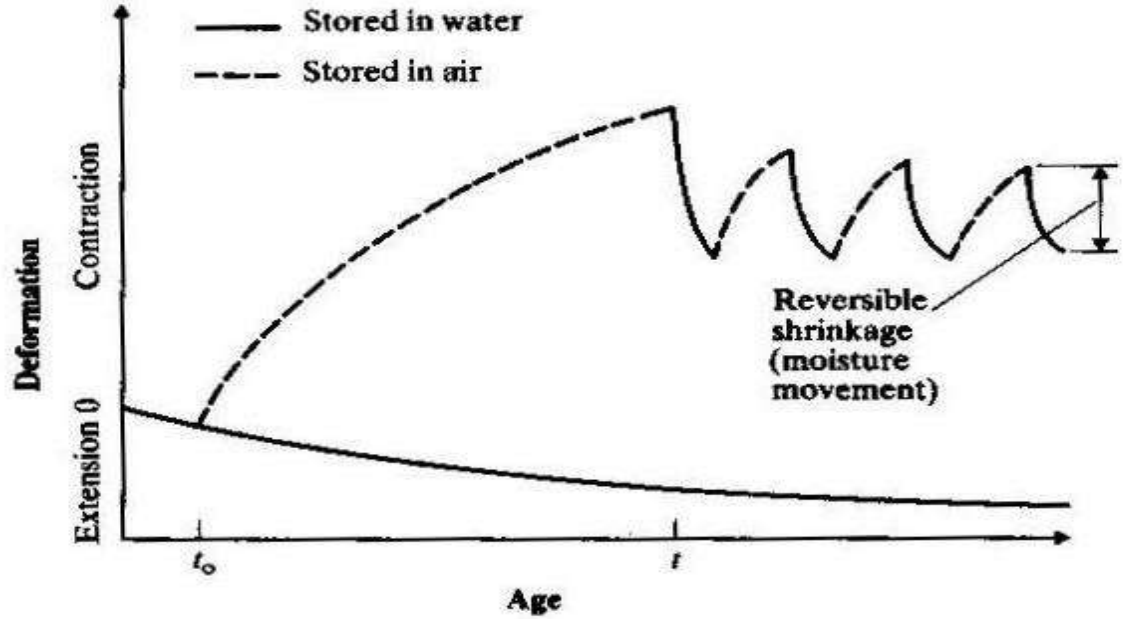
۹-۷-۷-۲-۵ در شرایط محیطی هوای گرم به خصوص در رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد و سرعت وزش باد بیش از ۵ km/h، حفاظت بتن از تبخیر آب باید بلافاصله پس از اتمام عملیات پرداخت و با استفاده از پوشش پلاستیک انجام شود. پس از سخت شدن بتن، روش مجاز عمل‌آوری طبق جدول ۹-۷-۱ باید اعمال گردد.

جدول ۹-۷-۱ روش‌های مجاز عمل‌آوری

نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن	روش مجاز عمل‌آوری بر اساس شرایط محیطی		
	شرایط محیطی معمولی	شرایط محیطی هوای گرم	شرایط محیطی هوای سرد
بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۰/۴۳ و بیشتر	روش آب‌رسانی و روش عایقی	روش آب‌رسانی و روش عایقی	روش عایقی
بتن حاوی مواد افزودنی معدنی مانند دوده سیلیس، سرباره و متاکائولین، با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۳	روش آب‌رسانی	روش آب‌رسانی	روش عایقی برای بتن با نسبت آب به سیمان ۰/۴ تا ۰/۴۳ مجاز است. اما ساخت بتن با نسبت آب به سیمان ۰/۴ و کمتر در هوای سرد مجاز نیست.

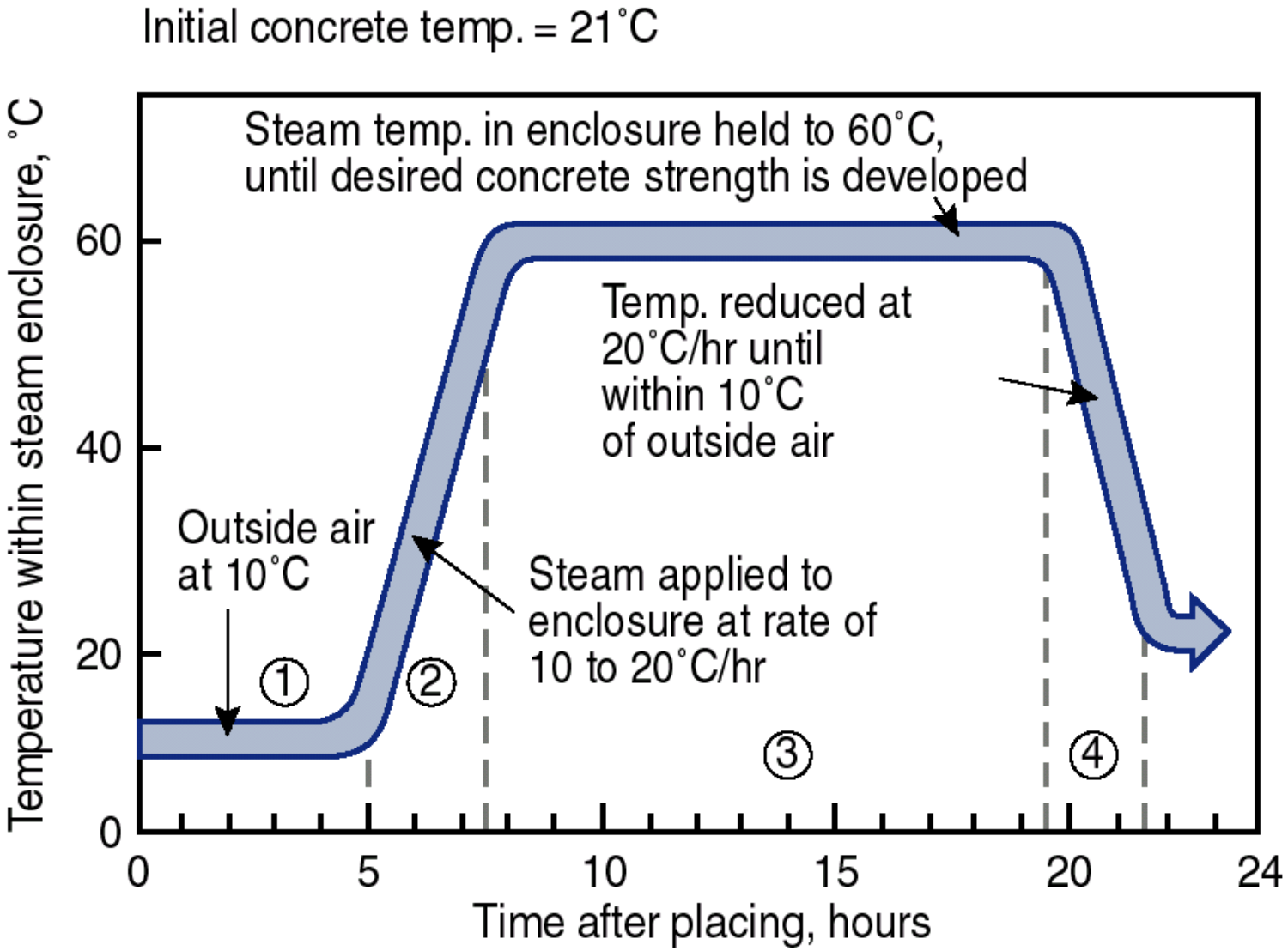

Stored in water
Stored in air
Deformation
Contraction
Extension 0
Drying shrinkage
Reversible shrinkage (moisture movement)
Irreversible shrinkage
Swelling
t_o
t
Age

(a)

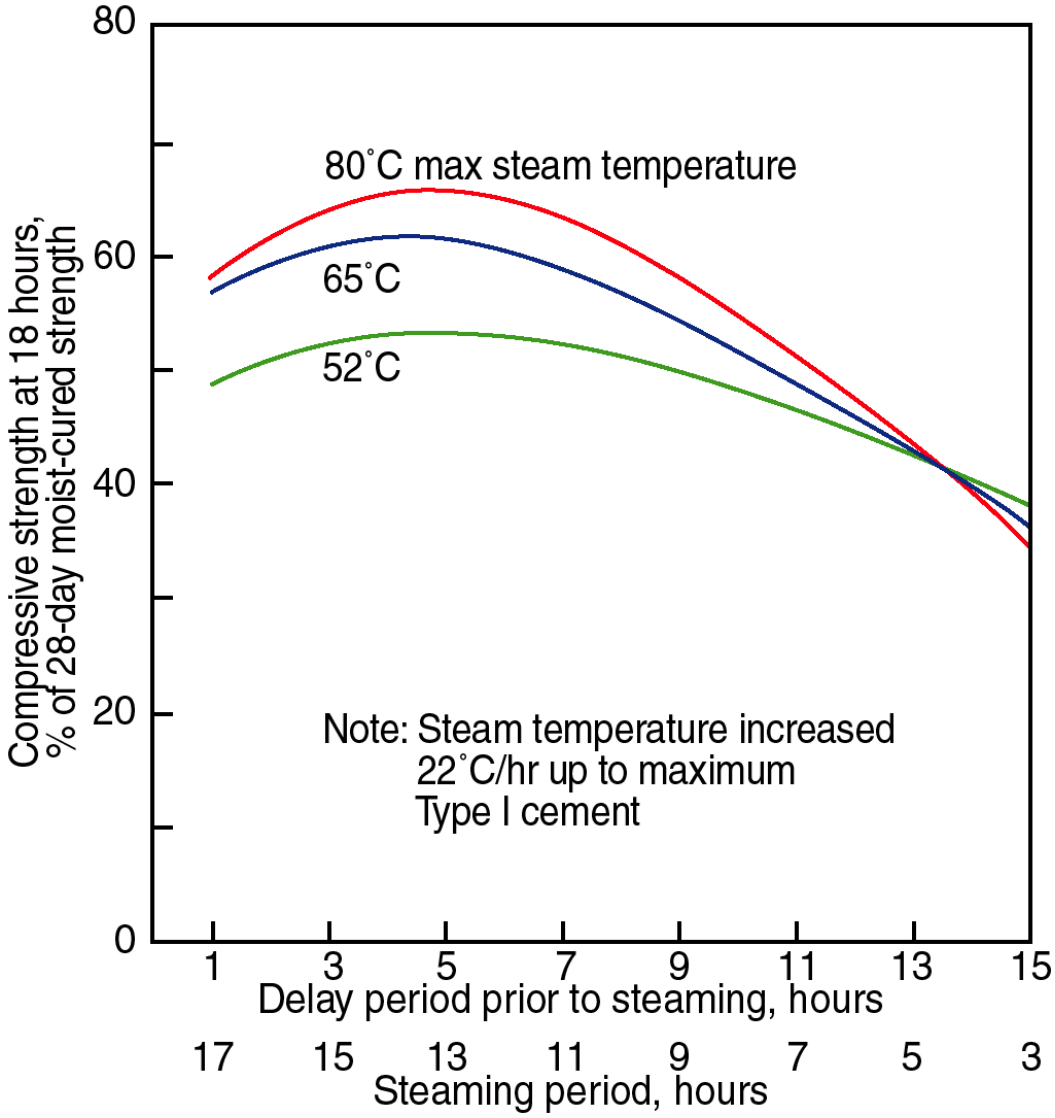

Stored in water
Stored in air
Deformation
Contraction
Extension 0
Reversible shrinkage (moisture movement)
t_o
t
Age

(b)

Steam Curing



Relationship Between Strength and Steam Curing



بتن‌ریزی در هوای گرم

مشکلاتی در بتن‌ریزی و متراکم کردن

تبخیر سریع آب

افزایش سرعت آبگیری

کاهش کارایی

تسریع گیرش

کاهش مقاومت نهایی

تشدید جمع‌شدگی خمیری

ترک در بتن جوان

حداکثر جذب آب سنگدانه‌های مصرفی

سنگدانه‌های درشت به ۲/۵ درصد

سنگدانه‌های ریز به ۳ درصد

دمای بتن در هنگام بتن‌ریزی

۳۲ درجه سلسیوس برای بتن معمولی

۱۵ درجه سلسیوس برای بتن حجیم

بکار بردن سیمان‌های مناسب با حرارت زایی کم

جایگزین کردن مقداری از سیمان با مواد پوزولانی

سیمان پرتلند پوزولانی یا روباره‌ای

طرح اختلاط مناسب به منظور احتراز از مصرف سیمان زیاد.

عدم استفاده از سیمان با دمای بیش از ۷۵ درجه سلسیوس.

آب‌پاشی میلگردها، اجزای توکارو قالب‌های با دمای بیش از ۵۰ درجه سلسیوس

مدت عمل آوردن بتن از ۷ روز کمتر نباشد.

نمونه‌اي از آسيب‌هاي وارده در اسكله‌اي واقع در خليج‌فارس

بتن‌ریزی در مناطق ساحلی خلیج فارس و دریای عمان

رعایت ضوابط بتن‌ریزی در هوای گرم

نسبت آب به سیمان

نفوذپذیری کاهش

حداقل مقدار سیمان ۳۵۰ کیلوگرم حداکثر آن ٤٥٠ کیلوگرم

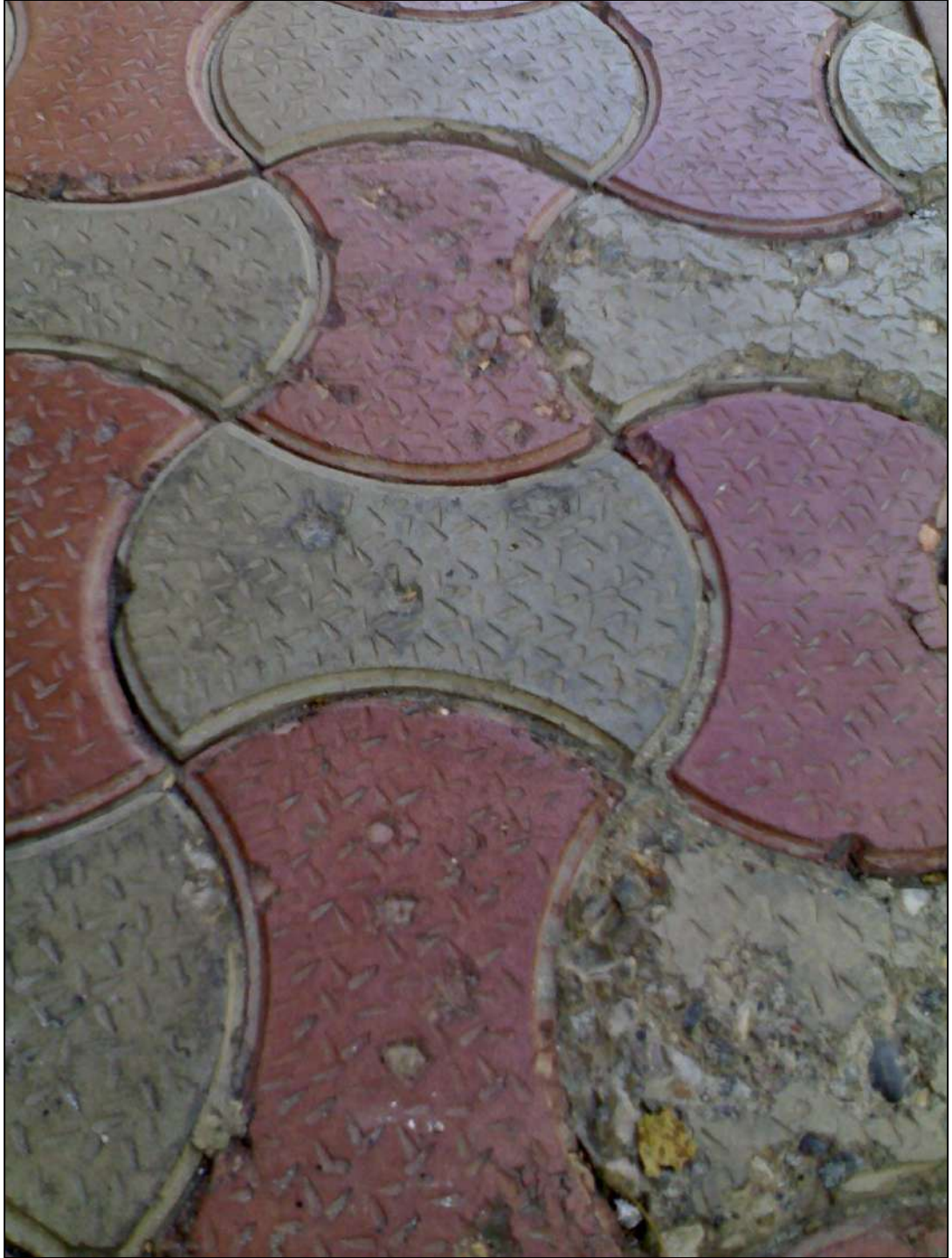
کلریدهای آب مصرفی باید کمتر از ۵۰۰ قسمت در میلیون

آب دریا برای شستشوی سنگدانه‌ها، تهیه و عمل آوردن بتن مجاز نمی‌باشد.

حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی (سیمان بعلاوه مواد پوزولانی و یا روباره‌ای) ۰/٤ باشد.

پوشش بتنی میلگردها

Popouts



بتن‌ریزی در هوای سرد

سه روز متوالی
- دمای متوسط هوا در شبانه‌روز کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد
- دمای هوا برای بیشتر از نصف روز از ۱۰ درجه سلسیوس زیادتر نباشد.

تدابیر احتیاطی

سیمان زودگیر

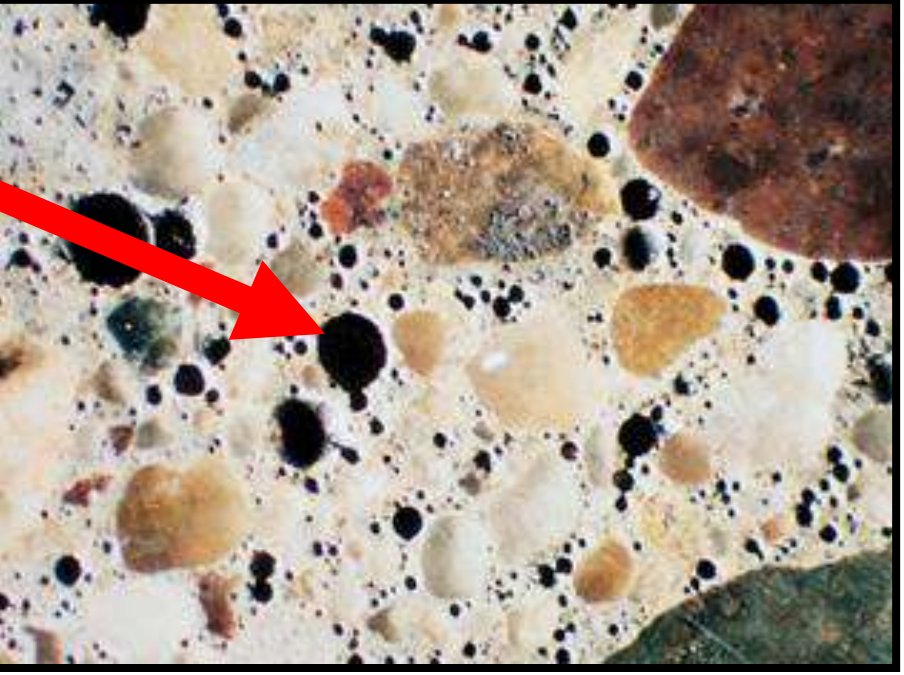
سیمان روباره‌ای و سیمان‌های آمیخته

آب گرم تماس مستقیم

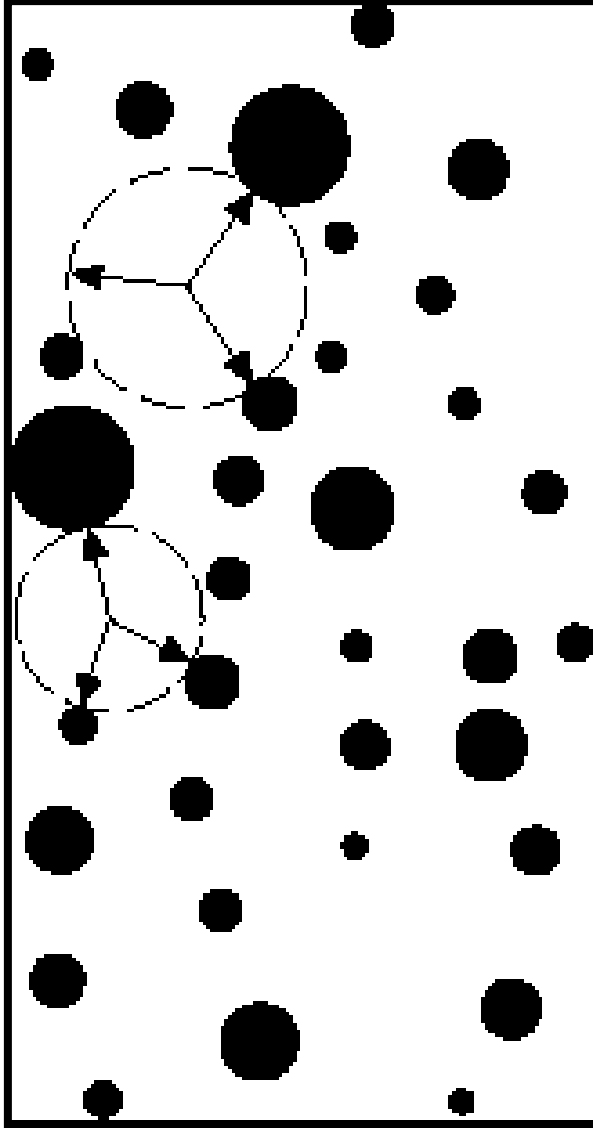
نسبت آب به سیمان ۰/۵

اسلامپ بتن نباید بیشتر از ۵۰ میلیمتر انتخاب گردد. روان کننده

حباب هوا:

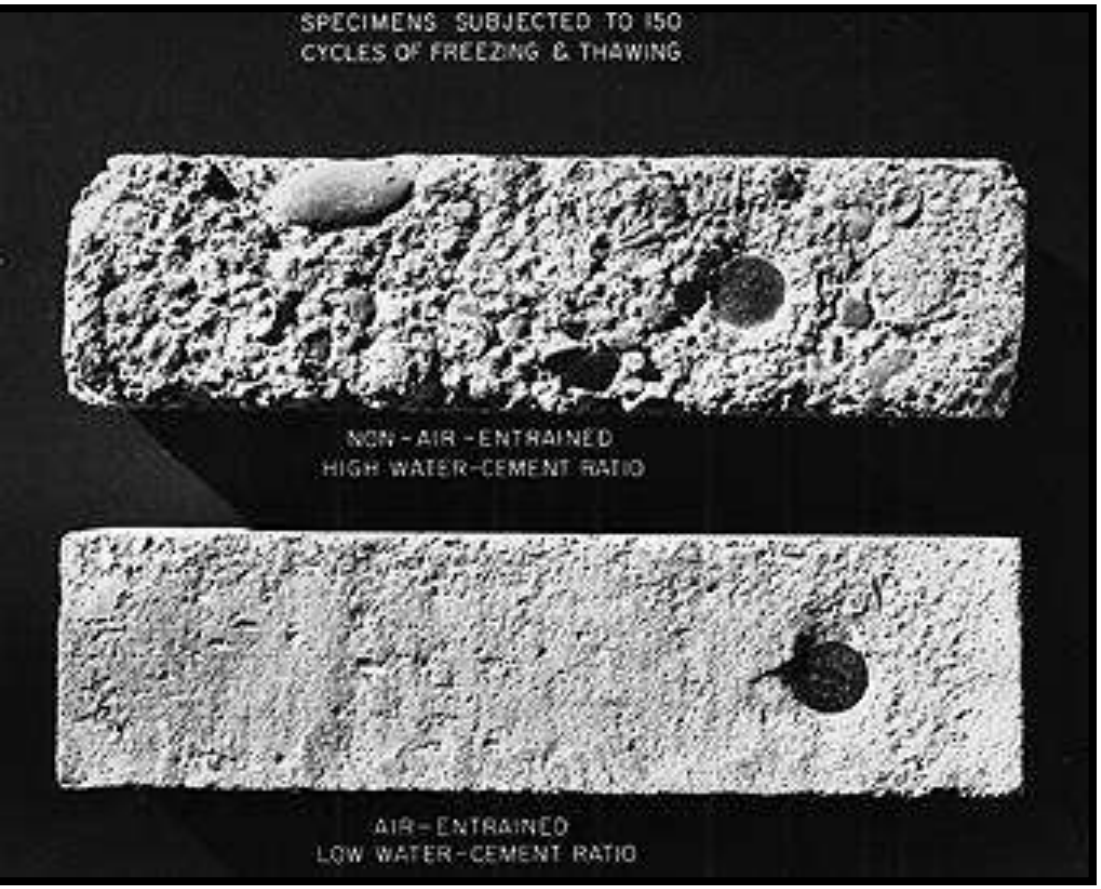


Air-Entrained Concrete



Air-Void System

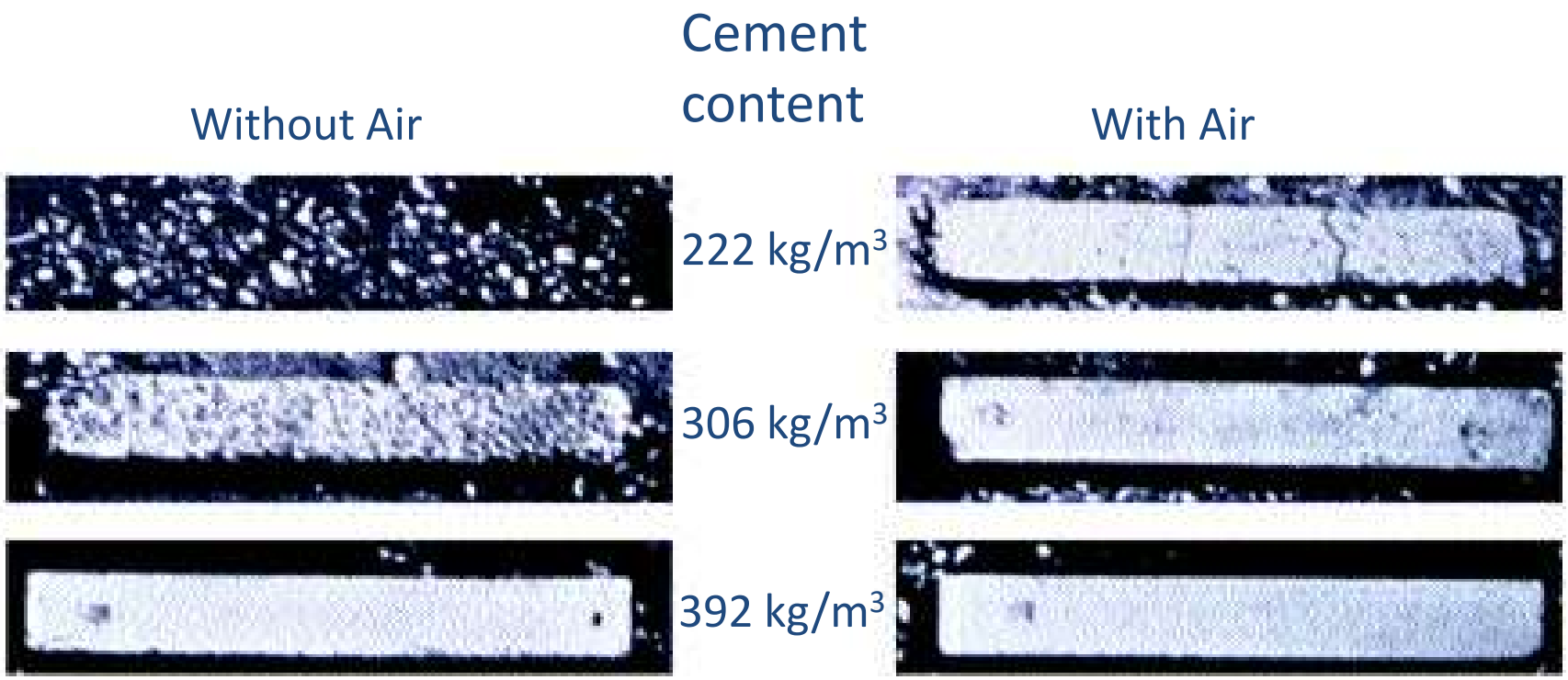
Specimens subjected to 150 Cycles of Freezing and Thawing



- Non-air-entrained
- High water-cement ratio

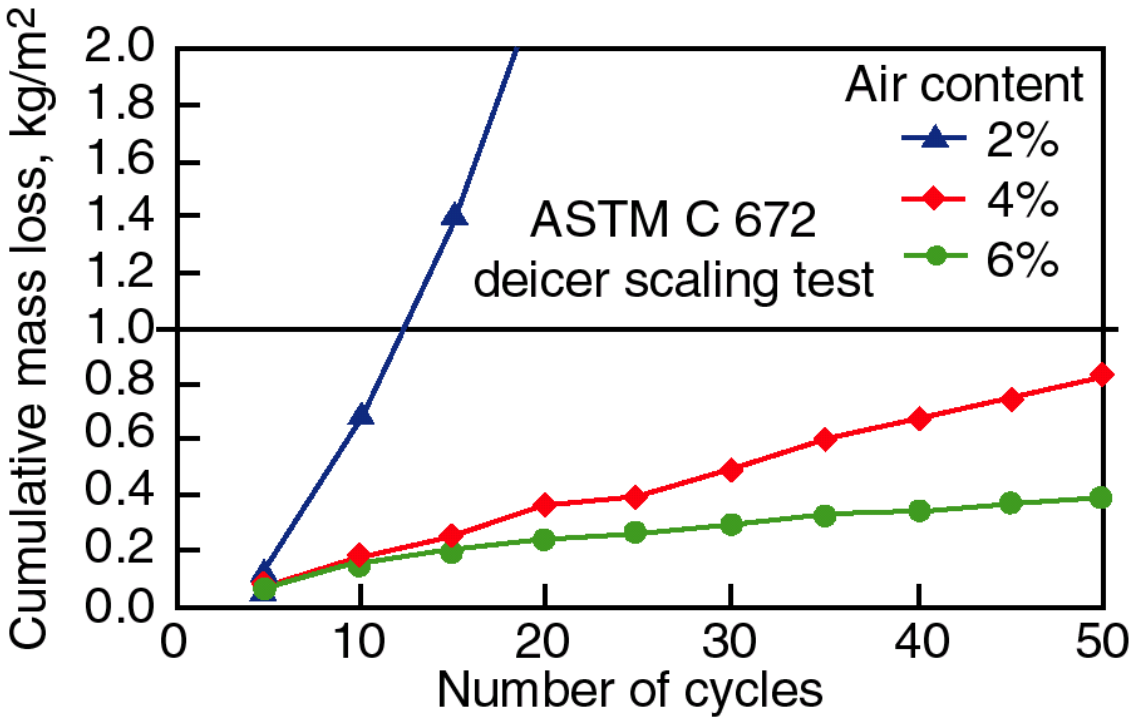
- Air-entrained
- Low water-cement ratio

Effect of Air and Cement Content on Performance of Concrete in Sulphate Soil



5 years exposure to sulphate soil

Effect of Air Content on Scaling



جدول۹-٦-۱- مقدار کل حباب های هوا برای بتن مقاوم در برابر یخ زدن و آب شدن

حداکثر اندازه اسمی سنگدانه (میلیمتر)	مقدار درصد هوا * درشرایط محیطی	
	+ ۱	+ + ۲
۹/۵	۷/۵	۶
۱۲/۵	۷	۵/۵
۱۹	۶	۵
۲۵	۶	۴/۵
۳۸	۵/۵	۴/۵
۵۰	۵	۴
۶۳	۴/۵	۳/۵

عمل آوردن بتن تازه

عمل آوردن بتن تازه باید حداقل ٢٤ ساعت و تا رسیدن بتن به مقاومت ٥ مگاپاسکال ادامه یابد.

کربناتی شدن سطوح بتن

تبخیر

از یخزدگی بتن اشباع شده‌ای که مقاومت آن به ١٤ مگاپاسکال نرسیده باشد، جلوگیری به عمل آید.

روش‌های ویژه کاربرد بتن

بتن پاشیده

نسبت آب به سیمان در محدوده ۰/۳۵ الی ۰/۵

حداکثر اندازه سنگدانه مخلوط مصرفی ۲۰ میلیمتر

کمانه کردن و برگشت سنگدانه‌ها

بتن‌ریزی در زیر آب

بتن ریزی با قیف و لوله (ترمی)

حداقل ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب مواد سیمانی

نسبت آب به سیمان ۰/۴۵

قطر لوله ترمی باید حداقل ۸ برابر قطر بزرگترین اندازه سنگدانه مصرفی

اسلامپ بتن باید ۱۷۰ تا ۲۵۰ میلیمتر

سرلوله ترمی همواره باید به میزان ۶۰ تا ۱۵۰ سانتیمتردر داخل بتن ریخته شده

بتن‌ریزی با پمپ

نسبت آب به سیمان ۰/۶

مقدار سیمان باید نسبتاً زیاد باشد (در محدوده ۳۵۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب)

حداکثر اندازه ۳۸ میلیمتر سنگدانه‌های گرد گوشه

مقدار کافی ریزدانه

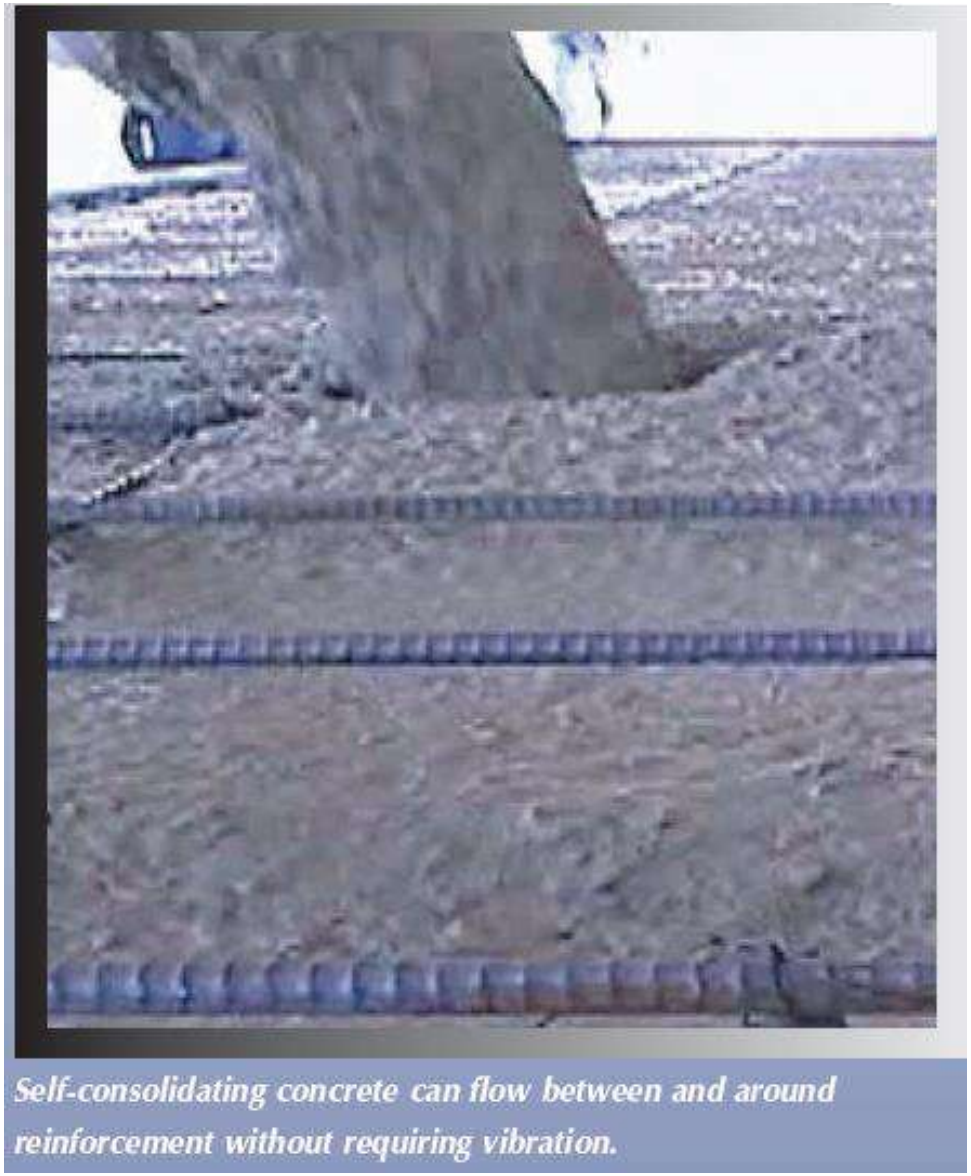
چسبندگی کافی مواد ریز

بتن خود تراکم و ویژگی های آن

Self-Compacting Concrete

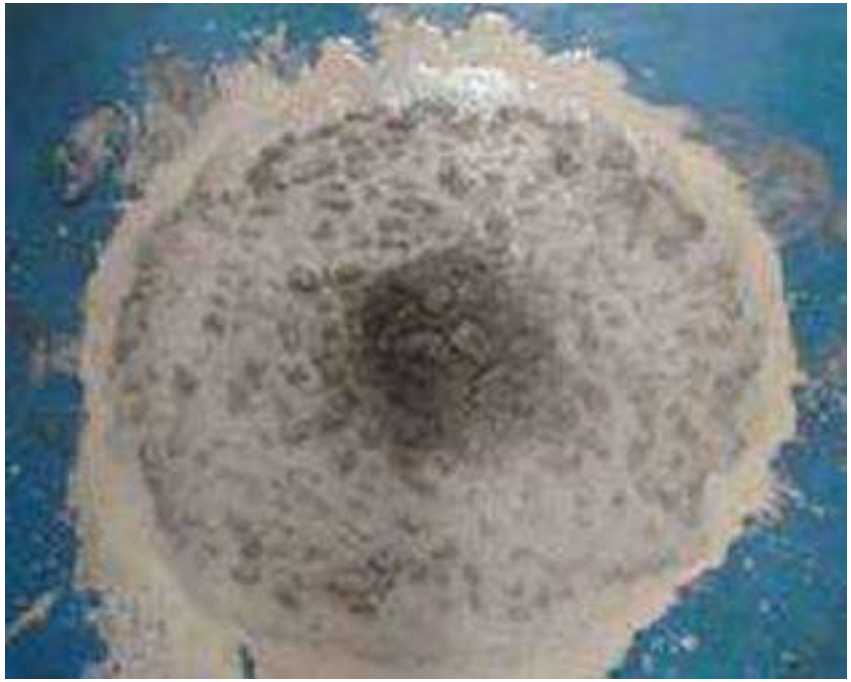
(SCC)

تحت اثر وزن خود متراکم



Self-consolidating concrete can flow between and around reinforcement without requiring vibration.

بـــالا بـــردن نســـبت آب بـــه ســـیمان



با استفاده از طرق دیگر

تاریخچه بتن خود تراکم :

بتن خود تراکم نخست در ۱۹۸۶ H. Okamura در ژاپن پیشنهاد گردید ودر سال ۱۹۸۸ این نوع بتن در کارگاه ساخته شد و نتایج قابل قبولی را از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی بتن ارائه داد. مقاله ای در مورد این نوع بتن توسط K.Ozawa و همکارانش در سال ۱۹۸۹ منتشر گردید. اولین کارگاه آموزشی معتبر که به بررسی مصالح مورد استفاده در بتن خود تراکم اختصاص داشت در اوت ۱۹۹۸ در دانشگاه تکنولوژی Kochi در کشور ژاپن برگزار گردید و مقالات متعددی در ارتباط با توسعه بتن خود تراکم در دنیا ارائه شد.

نمونه های اجرایی بتن خود تراکم :

۱- پل معلق Akashi-Kaiko در Awagi-Shima و Kobe ژاپن (طولانی ترین و بلند ترین پل دنیا)

مهندسین :
Honshu-Shikoku Bridge Authority

برج Landmark در Minato Mirai ۲۱ شهر یوکوهاما – ژاپن :

بلندترین برج در ژاپن با ۲۹۵/۸ متر (۹۷۰ فوت) ارتفاع و ۷۰ طبقه.

ستون های ۹ طبقه اول این برج با استفاده از بتن خود تراکم اجرا شده است (باتوجه به فشردگی میلگردها)

تعداد ستونهای ۹ طبقه : ۶۶ستون

مقدار بتن خود تراکم مصرفی : ۸۸۵ متر مکعب

Uses of SCC

Akashi-Kaikyo (Pearl) bridge in Kobe is the first large scale construction to use SCC.
(Source: http://en.wikipedia.org/wiki)

- SCC has been successfully utilized in almost all sectors that utilized conventional concrete: like dam, bridge, tunnel, culverts, walls, ordinary and high rise buildings
- Proved highly beneficial for precast concrete industry
- As of 2006, SCC makes up about 5% of the Japanese concrete market and around 15% of the Danish and Swedish markets. (Source: www.cementindustry.co.uk)

بازار بزرگ Midsummer Place واقع در لندن-انگلستان :

ستونهای بیضوی با میلگردهای خیلی تراکم و به ارتفاع ۱۰-۸/۵ متر.

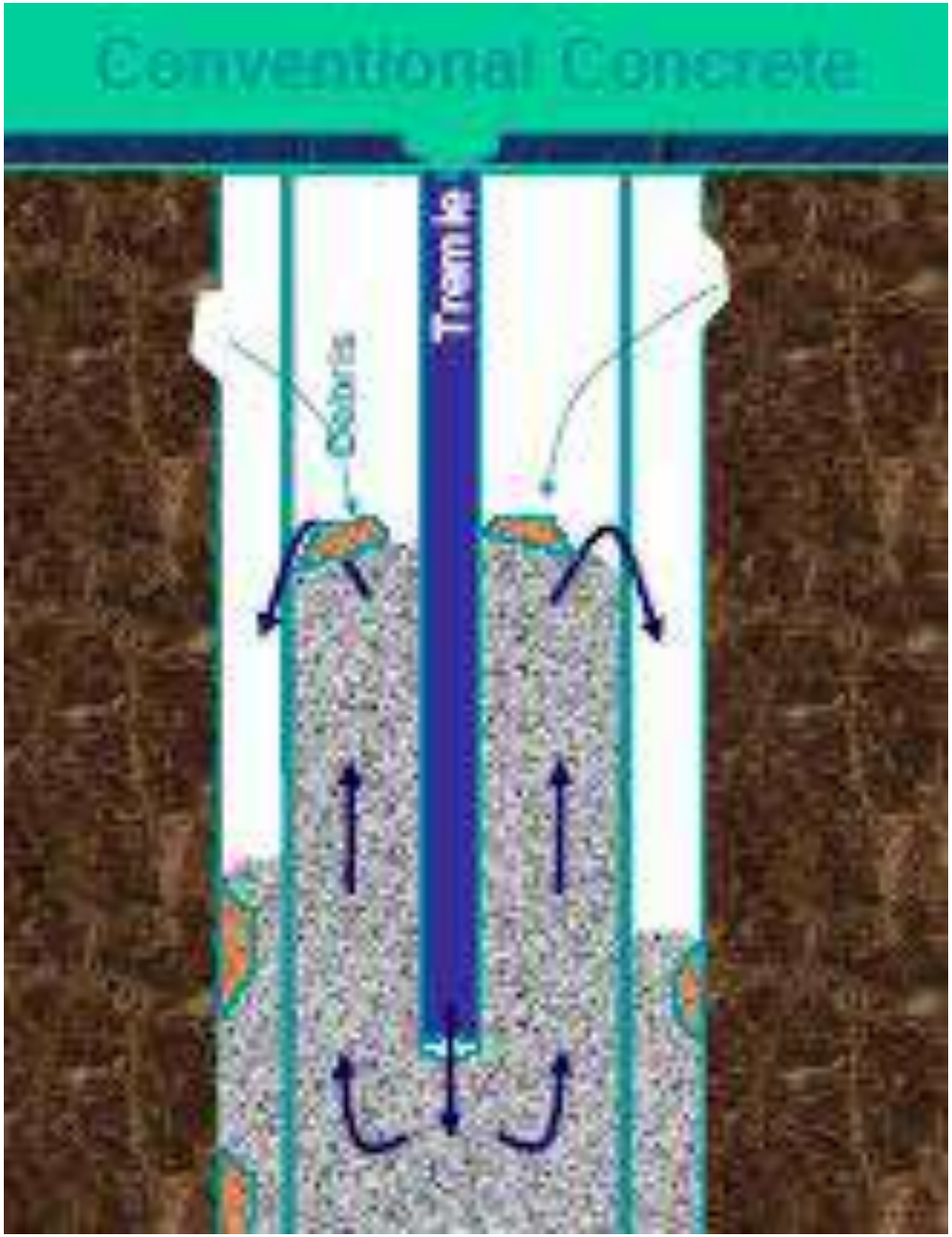
ارزش پروژه = ۶۵ میلیون پوند

صرفه جویی در مدت زمان ساخت = حدود ۴۰ درصد در مقایسه با بتن معمولی.

صرفه جویی در هزینه ها = حدود ۱۰ درصد در مقایسه با بتن معمولی.

امروزه بتن خود تراکم همزمان با کشور ژاپن در مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی کشورهای اروپائی ، کانادا و آمریکا (تحت عنوان Self-Consolidating Concrete) موضوع بحث، بررسی و اجرای سازه های بتنی است.در ایران نیز استفاده از بتن خود تراکم از چند سال قبل آغاز شده و از مزایای آن بهره گرفته شده است. برای مثال می توان از مصرف بتن خود تراکم در تونل جدید الاحداث رسالت در تهران نام برد.

در ضمن دستورالعمل هایی نیز مانند (EFNARC) در اروپا، (Brite Eu Ram) در سوئد، (AFGC) در فرانسه، (TC 73.04 , BRL 1801) در هلند و (NCS) در نروژ برای آن تهیه شده است.

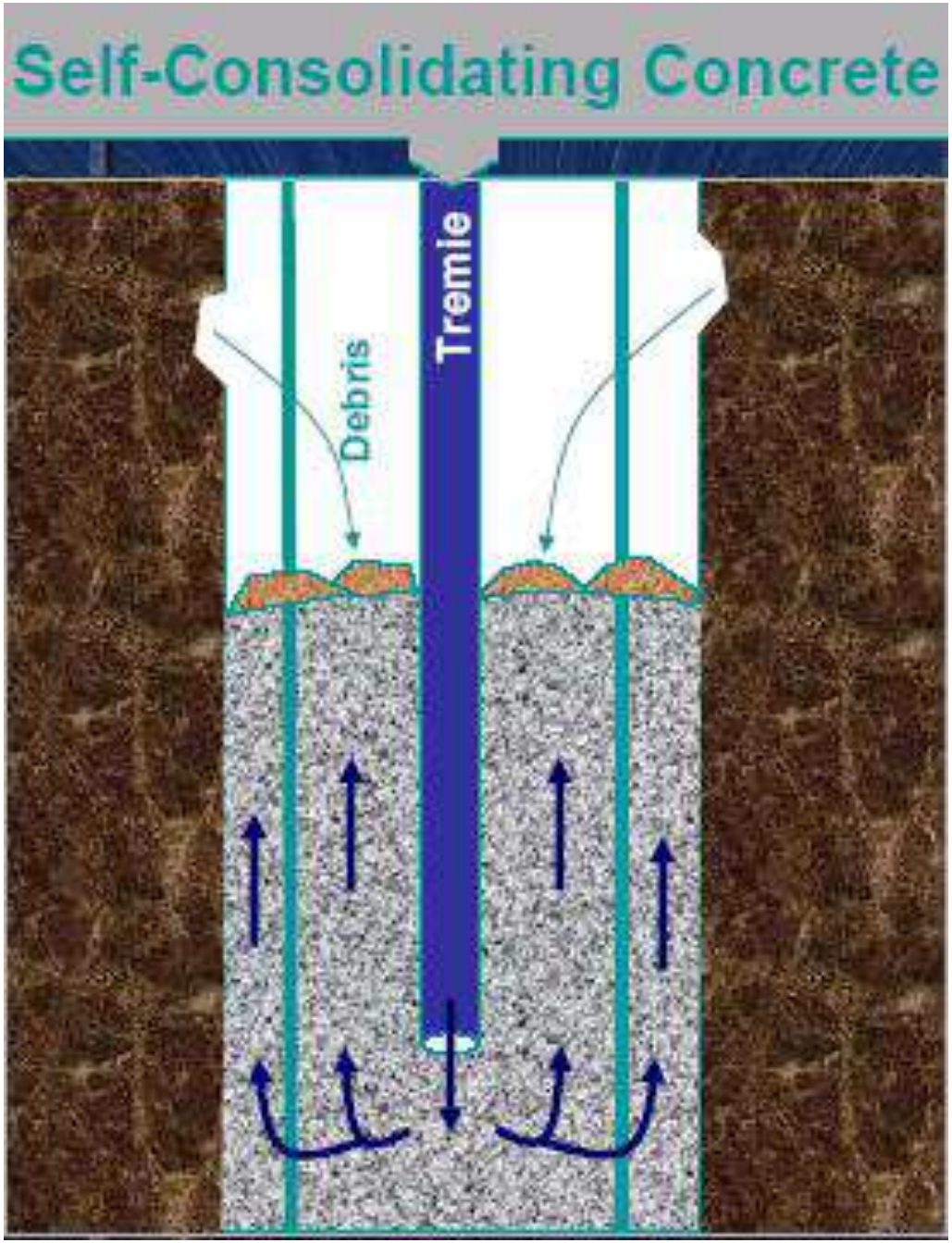

Conventional Concrete
Tremie

Casting Problems with Conventional Drilled-Shaft Concrete

Turnpike, miscellaneous drill-shaft structure

Casting Problems with Conventional Drilled-Shaft Concrete

Self-Consolidating Concrete



مواد تشکیل دهنده بتن خود تراکم :

۱- افزودنی ها

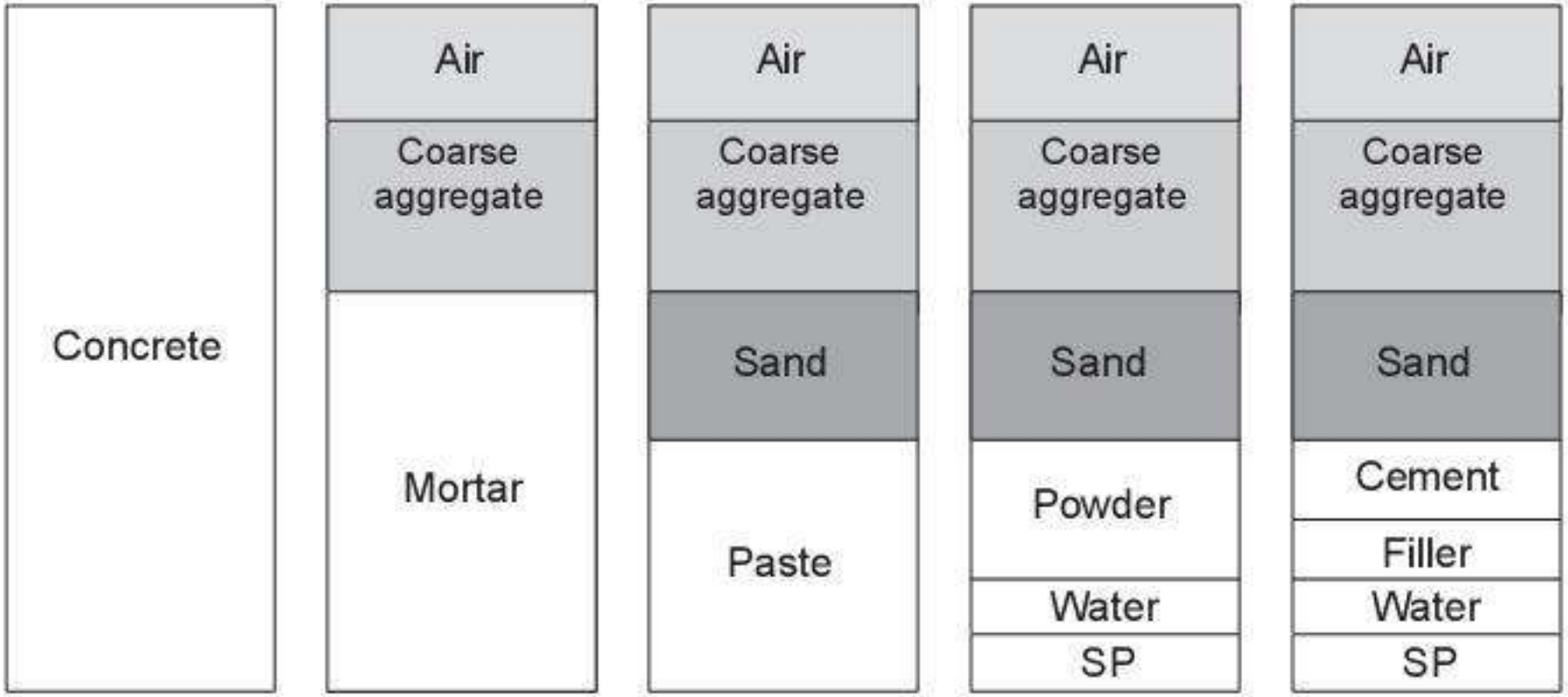
۲- فوق روان کننده ها

۳- پودر سنگ

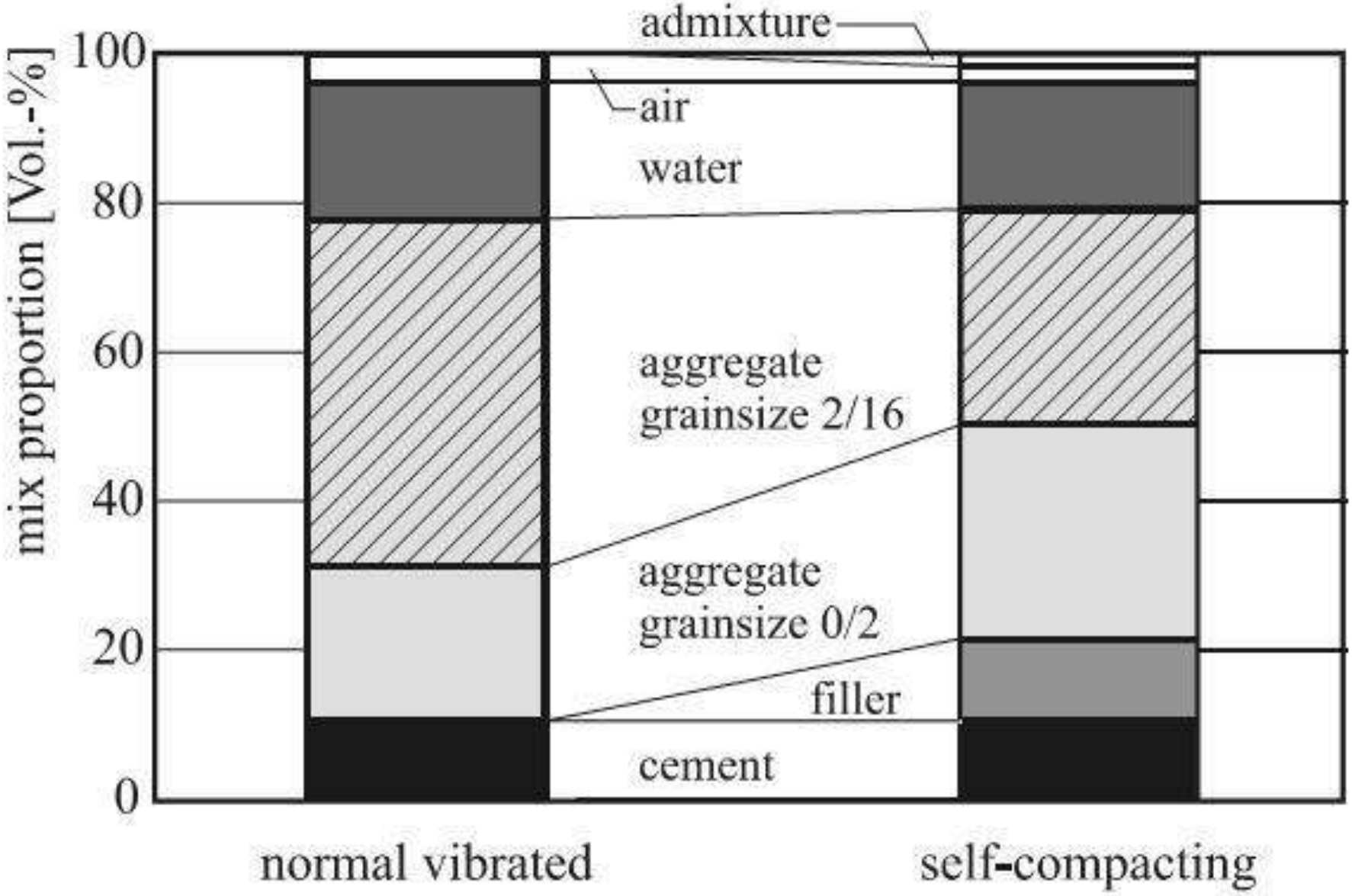
۴- میکروسیلیس

۵- نانو سیلیس

۶- خاکستری بادی



Schematic composition of SCC


admixture
air
water
aggregate
grainsize 2/16
aggregate
grainsize 0/2
filler
cement
mix proportion [Vol.-%]
100
80
60
40
20
0
normal vibrated
self-compacting

مواد تشکیل دهنده بتن خود تراکم :

فوق روان کننده ها :

افزودنی های شیمیایی:

-فوق روان کننده بر پایه پلی کربوکسیلات (PCE) و

-افزودنی اصلاح کننده قوام (VMA)

جهت تولید بتن خود تراکم به کار می رود.

از آنجایی که ساخت افزودنی های شیمیایی بر مبنای PCE جهت کاربردهای خاص و مختلف بسیار مناسب می باشد، توسعه افزودنی نوین با خاصیت مقاوم دهی زود رس برای مخلوطهای بتن خود تراکم را امکان پذیر نموده است.

پودر سنگ :

پودر سنگ آهک، دولمیت، گرانیت خرد شده ریز که میزان اندازه آنها ریزتر از اندازه ماسه ها *D<0.150mm (No.100)* می باشد ودر قسمت پراکنده ها قرار گرفته و فواید زیادی از جمله پرکردن منافذ خالی و در بتن خود تراکم در دوام و مقاومت ، نقش اساسی ایفا می کنند.

میکروسیلیس :

میکروسیلیس در بتن SCC باعث چسبندگی بالای بتن تازه شده و دوام بتن را نیز افزایش می دهد و نقش های مهمی در چسبندگی و پرکنندگی در توسعه بتن با عملکرد بالا دارد

میکروسیلیس دارای حدود ۹۰ درصد دی اکسید سیلیس می باشد.

نانو سیلیس:

محلول نانو سیلیس دی اکسید سیلیس (SiO_2) است که اندازه ذرات آن در ابعاد نانومتری می باشد.

محلول نانوسیلیس متشکل از ذراتی است گرد شکل که با قطر کمتر از ۱۰۰ nm یا به صورت ذرات خشک پودر یا به صورت معلق در مایع محلول قابل انتشار می باشد.

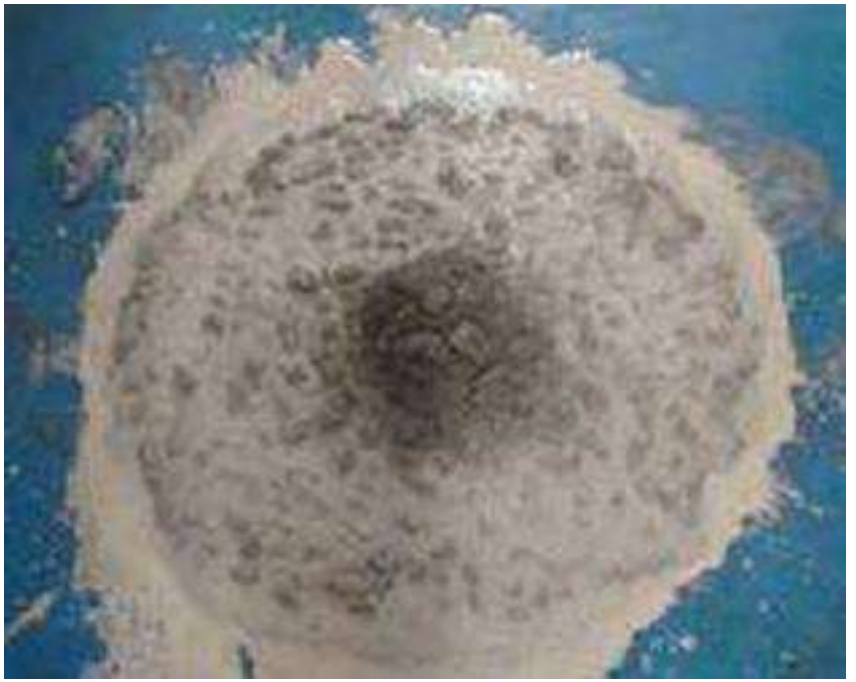
سنگدانه ها :

تمامی ماسه هایی که در بتن معمولی استفاده می شود در بتن خود تراکم هم کاربرد دارد. کمترین اندازه سنگدانه ها *D=0.150mm (No.100)* می باشد و ریزتر از این مقدار را به عنوان پودر استفاده می شود که در روانی بتن خود تراکم بسیار مهم است و کاربرد فراوانی دارد.

اندازه ماکزیمم معمول سنگدانه ها در بتن خود تراکم (SCC) ***بین 16-20 mm*** می باشد. اگرچه اجزایی که تا 40 mm نیز می باشد در بتن SCC استفاده شده اند

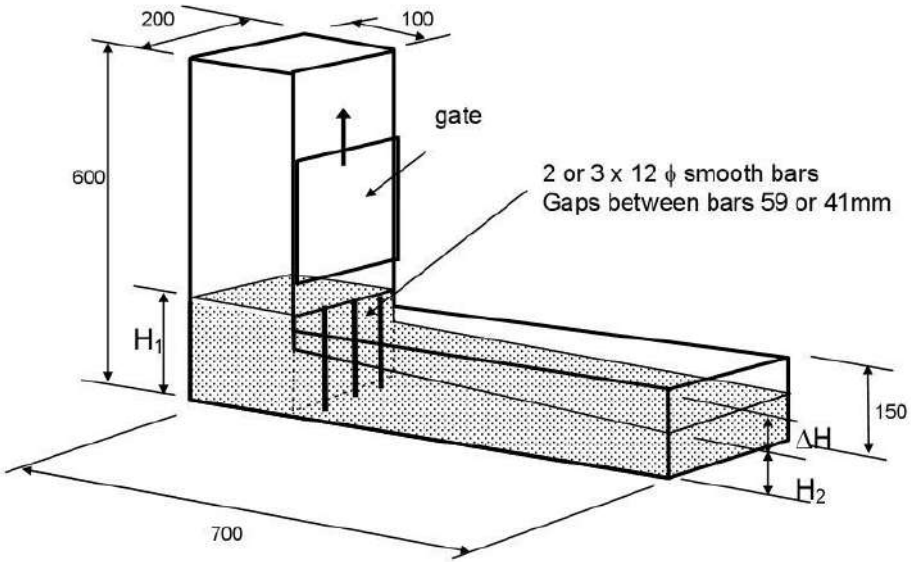
سنگدانه های گرد گوشه روانی بتن را بهبود می بخشد زیرا اصطکاک درونی کاهش می یابد.

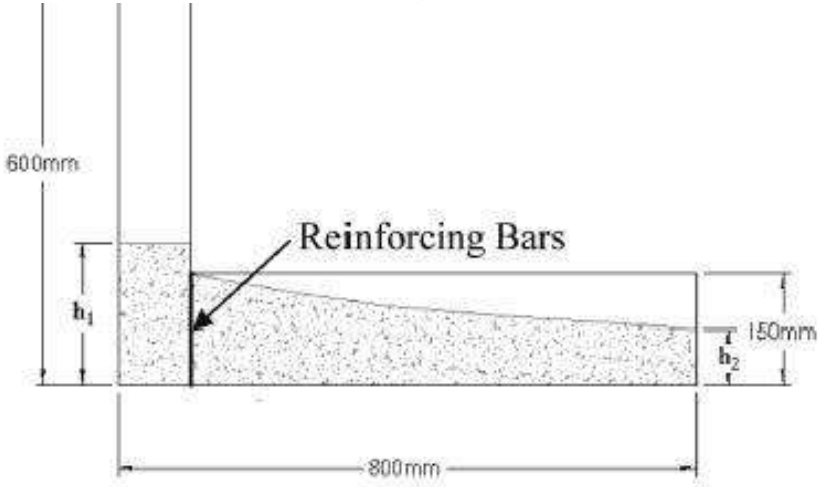
دانه بندی ماسه اهمیت زیادی در مشخصات رفتارشناسی بتن تازه دارد. در حالت کلی با کاهش میزان مدول نرمی ماسه، آب مورد نیاز برای دستیابی به یک کارایی معین به مقدار جزئی بیشتر می شود زیرا سطح مخصوص دانه ها افزایش می یابد.ولی از سوی دیگر قوام، لزجت و پایداری بتن بهبود قابل ملاحظه ای می یابد. معمولا قطر ماسه بین 4 mm تا 162. mm می باشد. اهمیت دانه بندی شن بر مشخصات رفتارشناسی بتن تازه کمتر از اهمیت دانه بندی ماسه است به طوری که قرارگیری دانه بندی شن در محدوده ذکر شده در استاندارد ASTM C33 کفایت می کند. معمولا قطر سنگدانه های درشت D>4 mm می شود .



آزمایش جعبه L شکل :

- قابلیت پرکنندگی
- قابلیت عبور
- مشاهده جداشدگی به صورت چشمی





Schematic of L-box

(الف) بتن به صورت کاملا همگن و یکنواخت عبور کرده

(ب) پخش بتن به صورت گلبرگ می باشد

فصل ششم

کیفیت بتن

مشخصه هاي مهم بتن

- مقاومت: دربرابر بار و تنشهاي وارده
- دوام: **Durability**

مقاومت فشاری مشخصه بتن ۵ درصد

استوانه استاندارد

تبدیل مقاومت نمونه‌های غیر استاندارد

$$\text{مقاومت نظیر استوانه استاندارد} = \frac{\text{مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد ۲۰۰ میلیمتر}}{\phi}$$

مقادیر ϕ

مقاومت فشاری نمونه مکعبی (MPa)	≤ ۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
ϕ	۱/۲۵	۱/۲۰	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱۰
مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای (MPa)	با توجه به ضریب	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰

مقاومت فشاری متوسط مورد نظر

آزمایش های مقاومت کششی بتن نباید مبنای پذیرش بتن در کارگاه باشد.

تعیین نسبت مخلوط‌های بتن معمولی

هدف از طرح مخلوط بتن، تعیین صرفه‌جویانه‌ترین و عملی‌ترین مخلوط بتنی

۱. کارایی قابل‌قبول بتن تازه
۲. پایایی (دوام)، مقاومت، و ظاهر یکنواخت بتن سخت شده
۳. صرفه‌جویی

مقاومت متوسط هدف و مقاومت مشخصه بتن

$$f_{cm} = f_c + ۱/۳۴s + ۱/۵MPa$$

مقاومت فشاری متوسط

$$f_{cm} = f_c + ۲/۳۳s - ۴MPa$$

حداقل ۳۰ نمونه متوالی یا دو گروه نمونه‌های متوالی با مجموع حداقل ۳۰ آزمایش نمونه‌های متوالی در مدت حداقل ٤٥ روز

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(x-m)^۲}{n-۱}} \qquad (۳-۵-۹)$$

انحراف استاندارد

x: مقاومت فشاری آزمونه

m: میانگین مقاومت فشاری آزمونه‌ها

n: تعداد آزمونه‌ها

جدول ۹-۵-۵ 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 دانه بندی 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	در سطح 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

جدول ۹-۵-۴ انحراف استاندارد بر اساس رتبه بندی کارگاه و مقاومت مشخصه بتن

رتبه‌بندی کارگاه	مقاومت مشخصه بتن (مگاپاسکال)				
	۱۶	۲۰	۲۵	۳۰و ۳۵	۴۰ و بیشتر
الف	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵
ب	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۵/۵
ج	۴/۵	۵	۵/۵	۶	۶/۵

$$f_{cm} = f_c + ۱/۳۴s + ۱/۵MPa$$

مقاومت فشاری متوسط

$$f_{cm} = f_c + ۲/۳۳s - ۴MPa$$

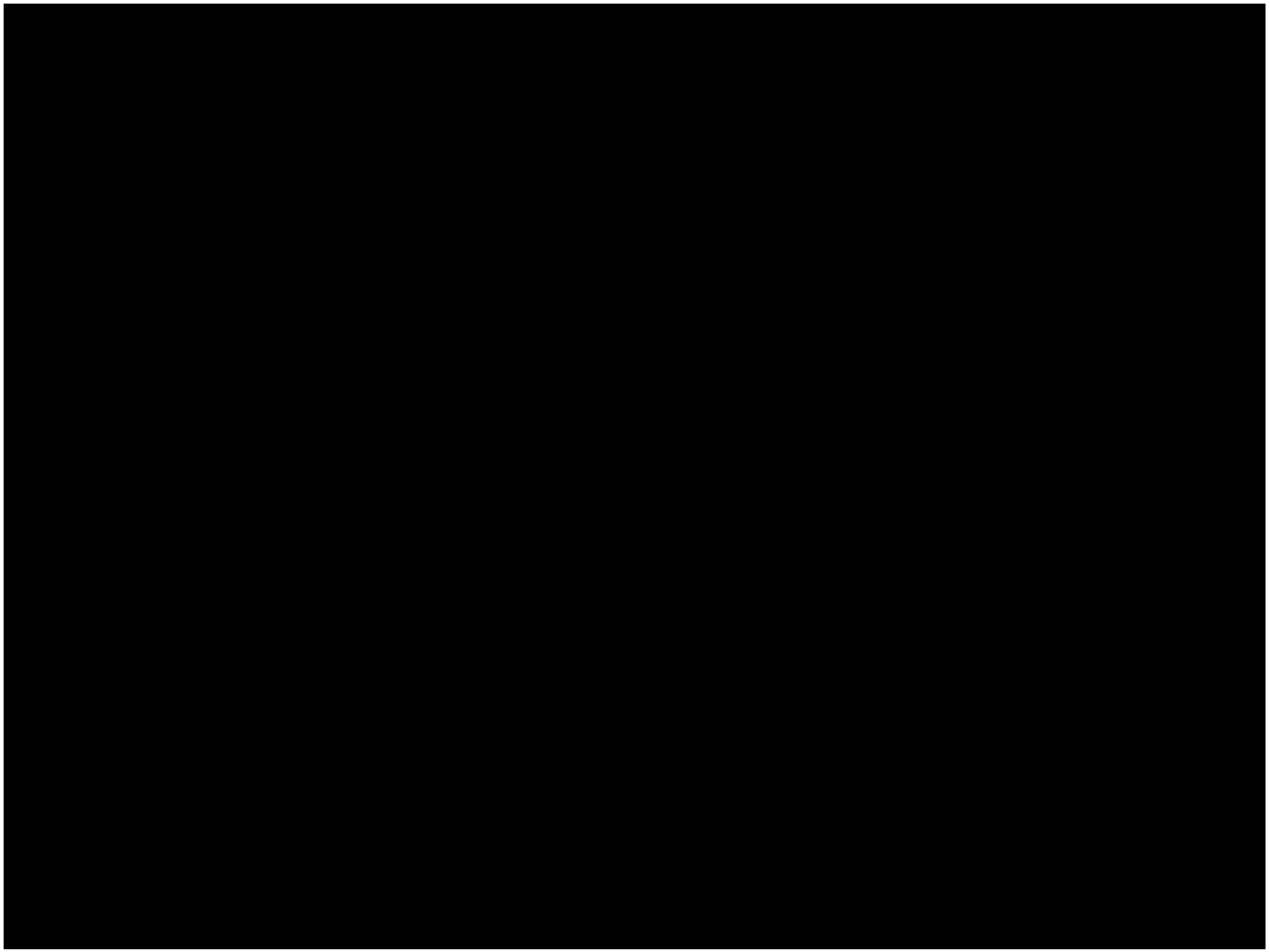
دوام- Durability

حفظ خصوصيات مهندسي بتن

در برابر محيط و عوامل مهاجم

- هوازدگي — سيكلهاي يخ بندان و ذوب
- حملات شيميايي — فاضلاب و پسابها - يخ زداها
- سايش — عبور اشخاص و وسايل نقليه
- حملات بيولوژيكي — ريشه گياهان و درختان

آسیب دیدگی بر اثر دوره‌های یخ زدن و آب شدن



Freezing Effect

Sulphate Attack حمله سولفاتی

سولفات+آلومینات ⟵ سولفوآلومینات

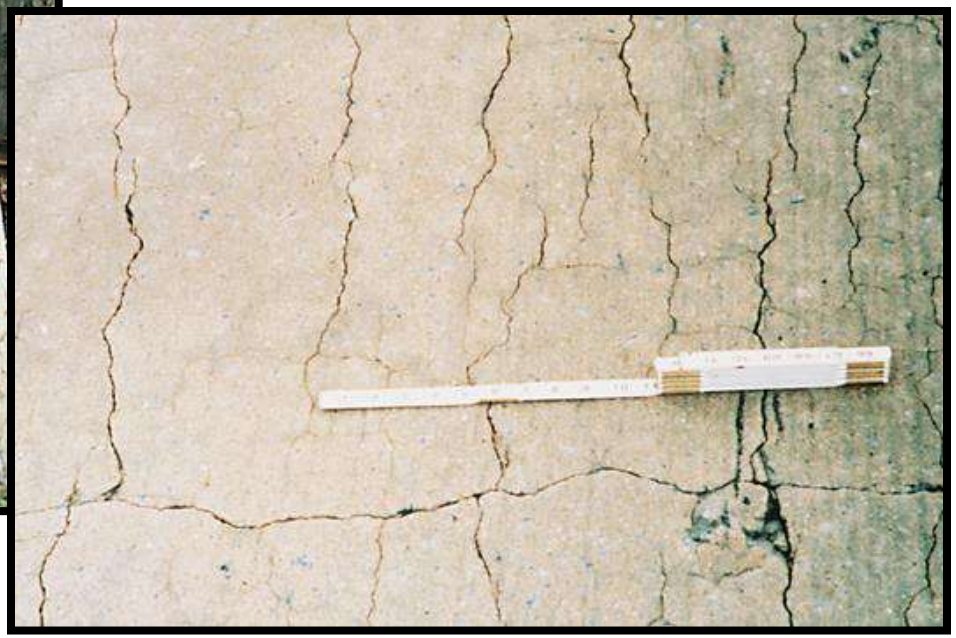
منبسط شونده

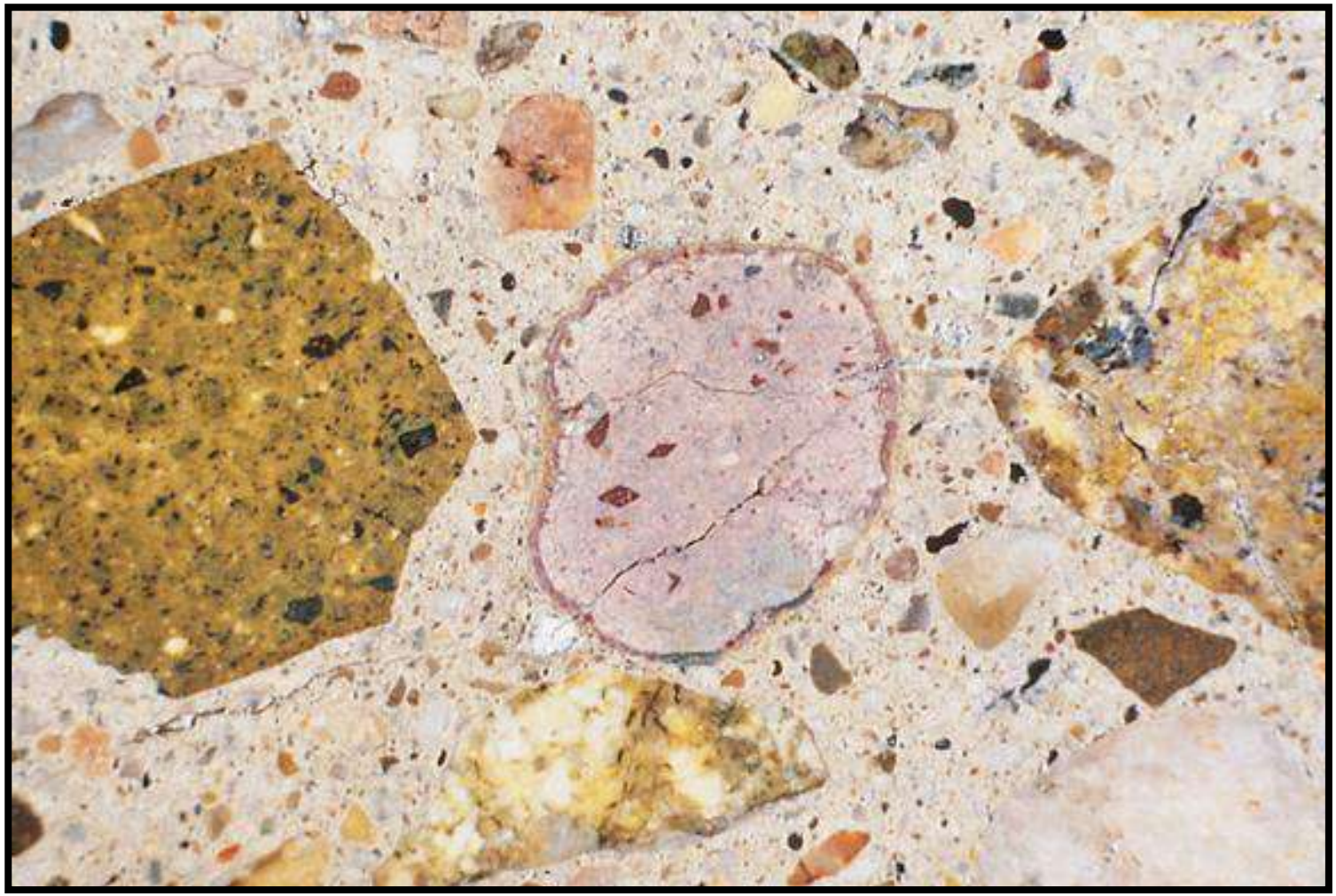
Concrete Beams After Seven Years of Exposure to Sulphate-Rich Wet Soil

Alkali-Silica Reaction: "The Cancer of Concrete"

واکنش قلیایی سنگدانه‌ها

Alkali-Silica Reaction: "The Cancer of Concrete"





Alkali-Aggregate Reactions (AAR):

(a) Alkali-carbonate reaction (ACR)

(b) Alkali-silica reaction (ASR)

•

ASR

Pyramid of ASR

Alkalis

Main cations :

Sodium (Na^+)

Potassium (K^+)

Common sources:

Alkalis from cement

Alkalis from de-icing salts

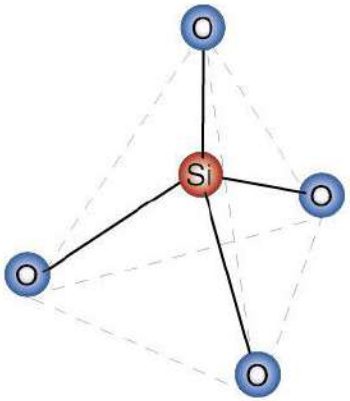
Supplementary cementing materials

Aggregates

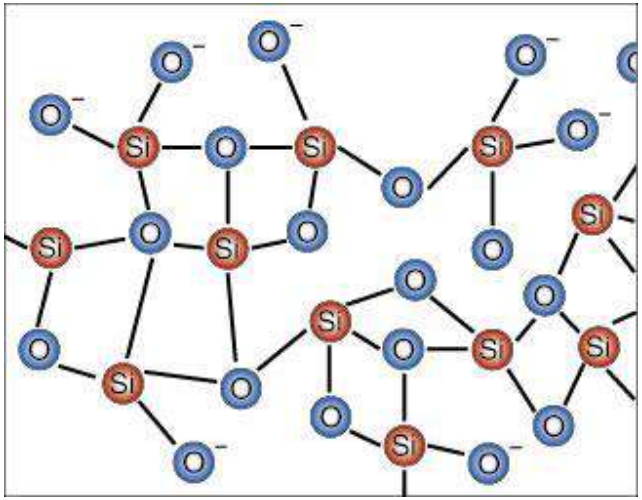
Others

Reactive Silica

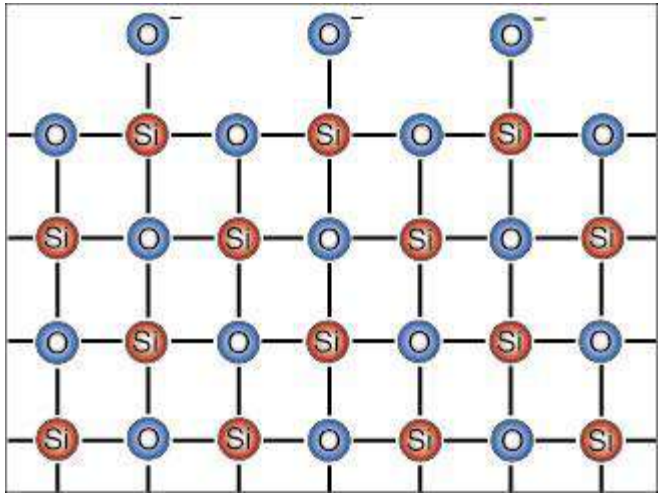
Silica tetrahedron:



Amorphous Silica



Crystalline Silica



Reactive Silica

Amorphous or disordered silica = most chemically reactive

Common reactive minerals:

- *strained quartz*
- *opal*
- *obsidian*
- *cristobalite*
- *tridymite*
- *chelcedony*
- *cherts*
- *cryptocrystalline volcanic rocks*

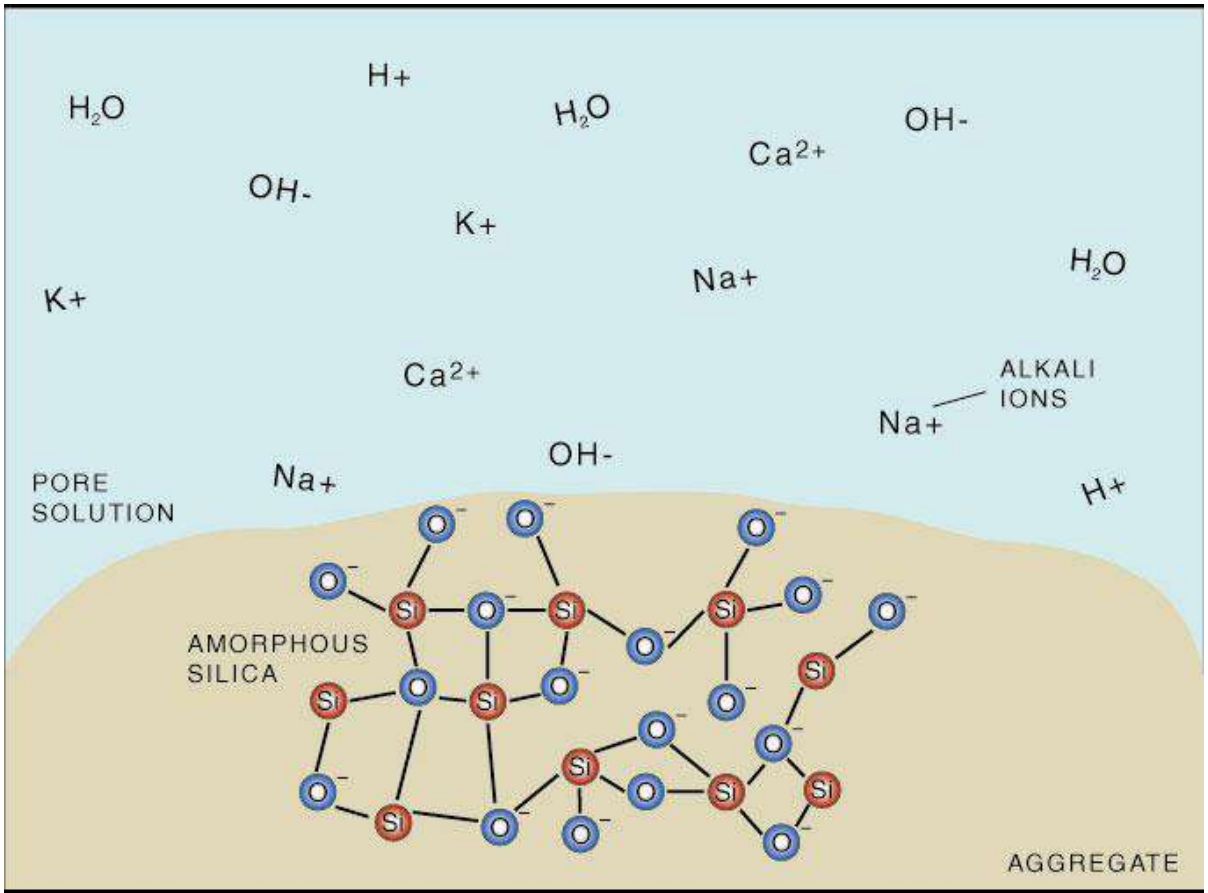
Moisture

Found in pore spaces in concrete

Sources:
Addition of water to concrete mixture
Moist environment/permeable concrete

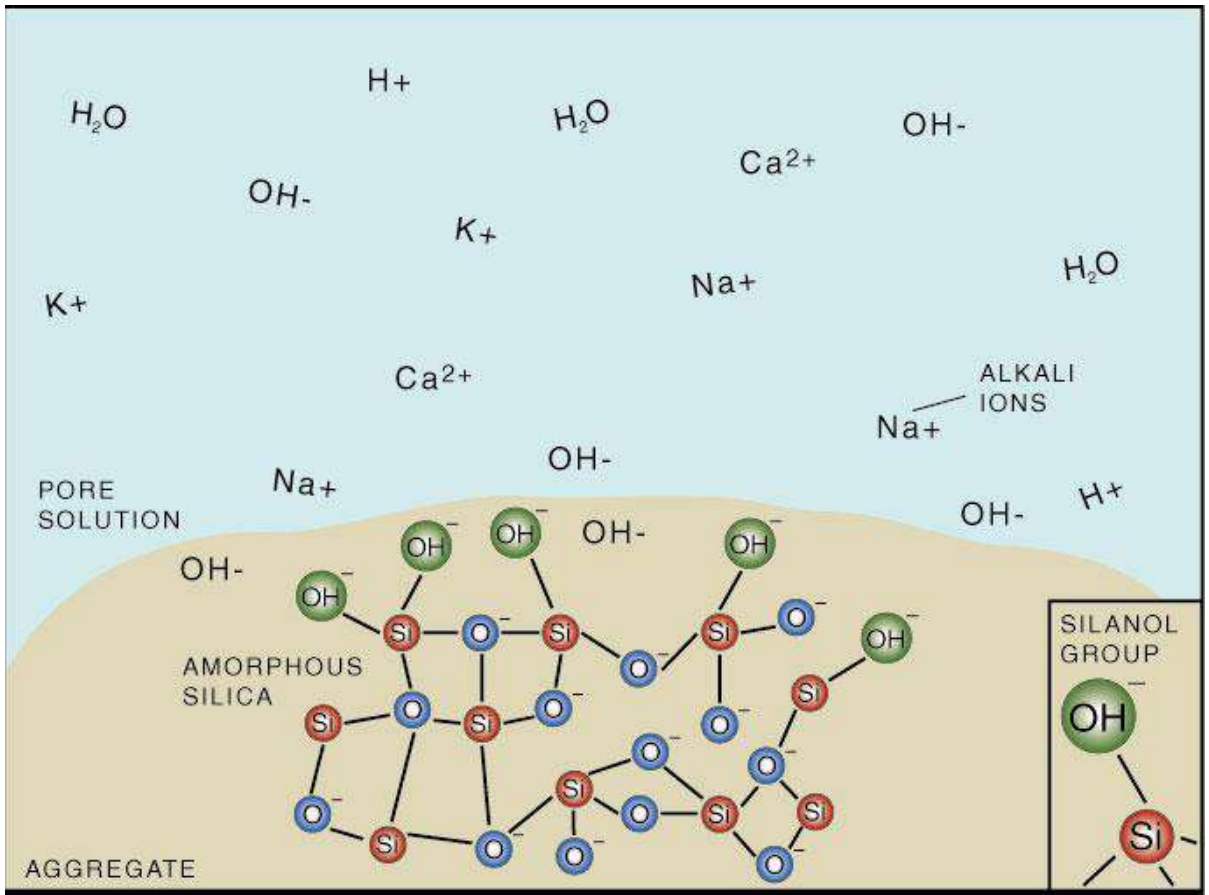
Creation of alkali-silica gel

1. Siliceous aggregate in solution



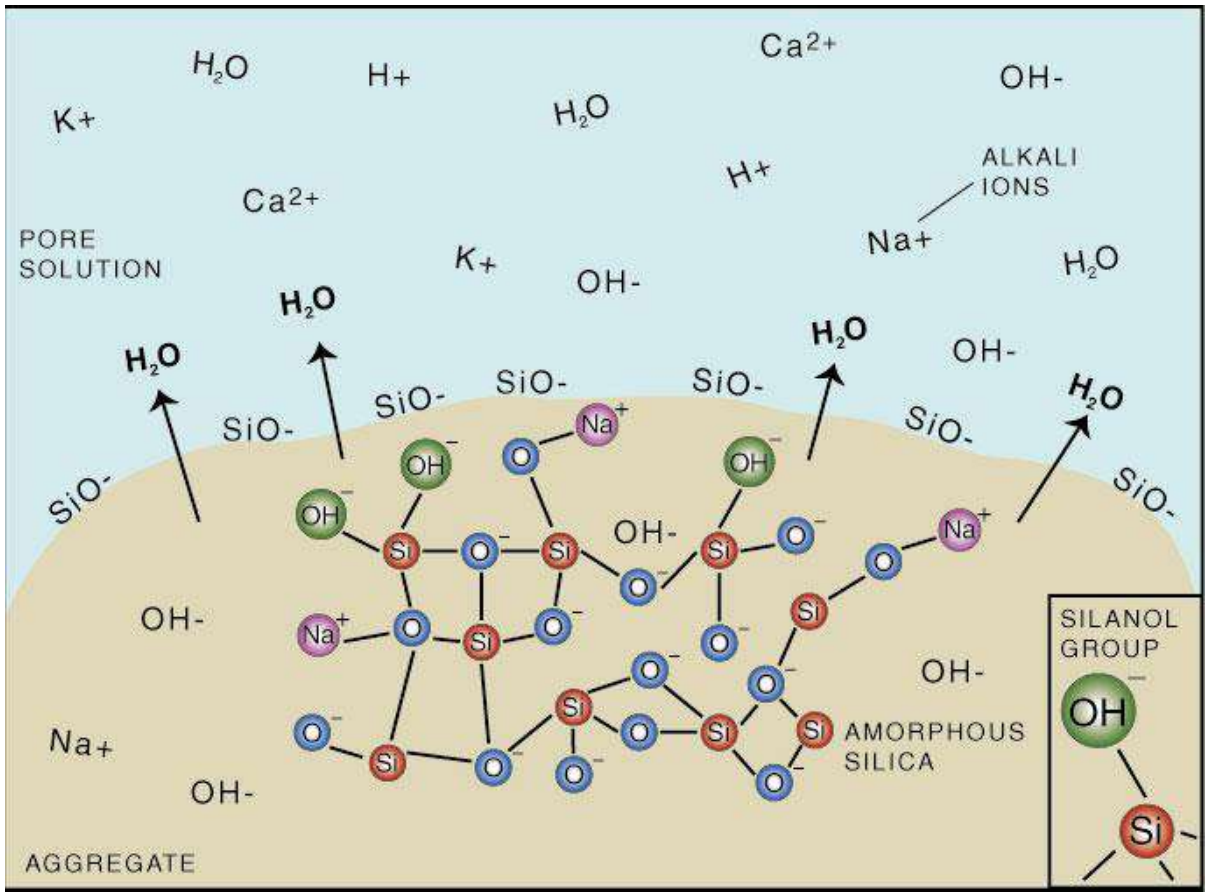
2. Surface of aggregate is attacked by OH^-

$$H_20 + Si\text{-}O\text{-}Si \Rightarrow Si\text{-}OH\ldots OH\text{-}Si$$



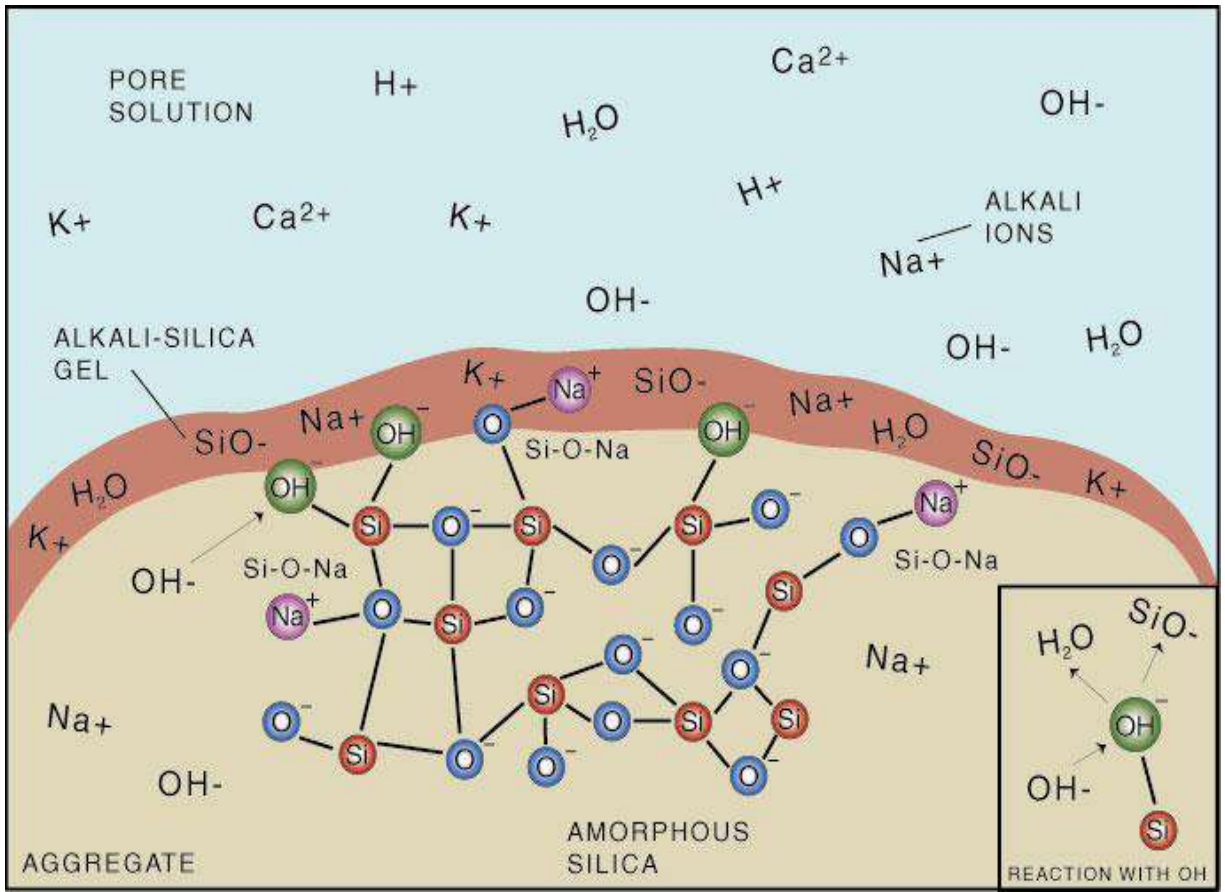
3. Silanol groups (Si-OH) on surface are broken down by OH^- into SiO^- molecules

$Si\text{-}OH + OH^- \Rightarrow SiO^- + H_20$

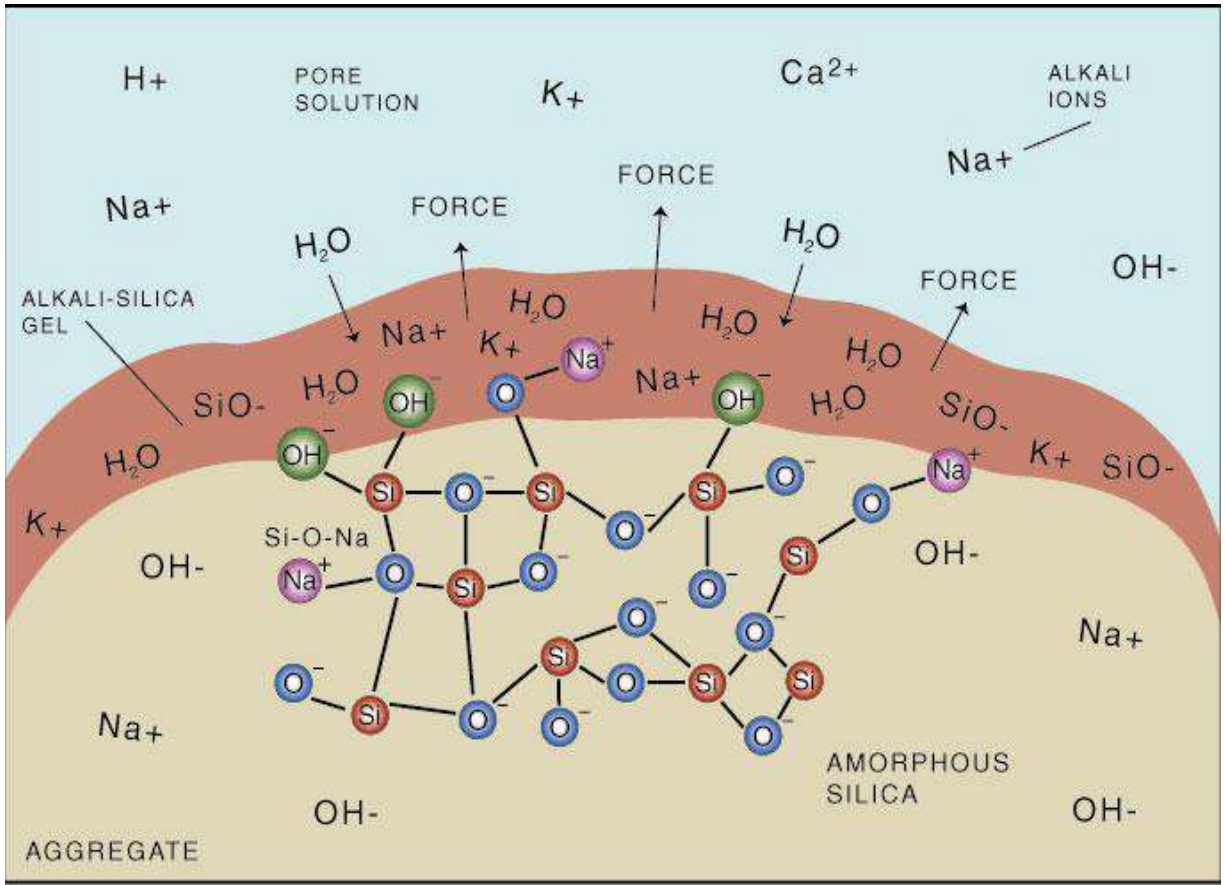


4. Released SiO^- molecules attract alkali cations in pore solution, forming an alkali-silica gel around the aggregate.

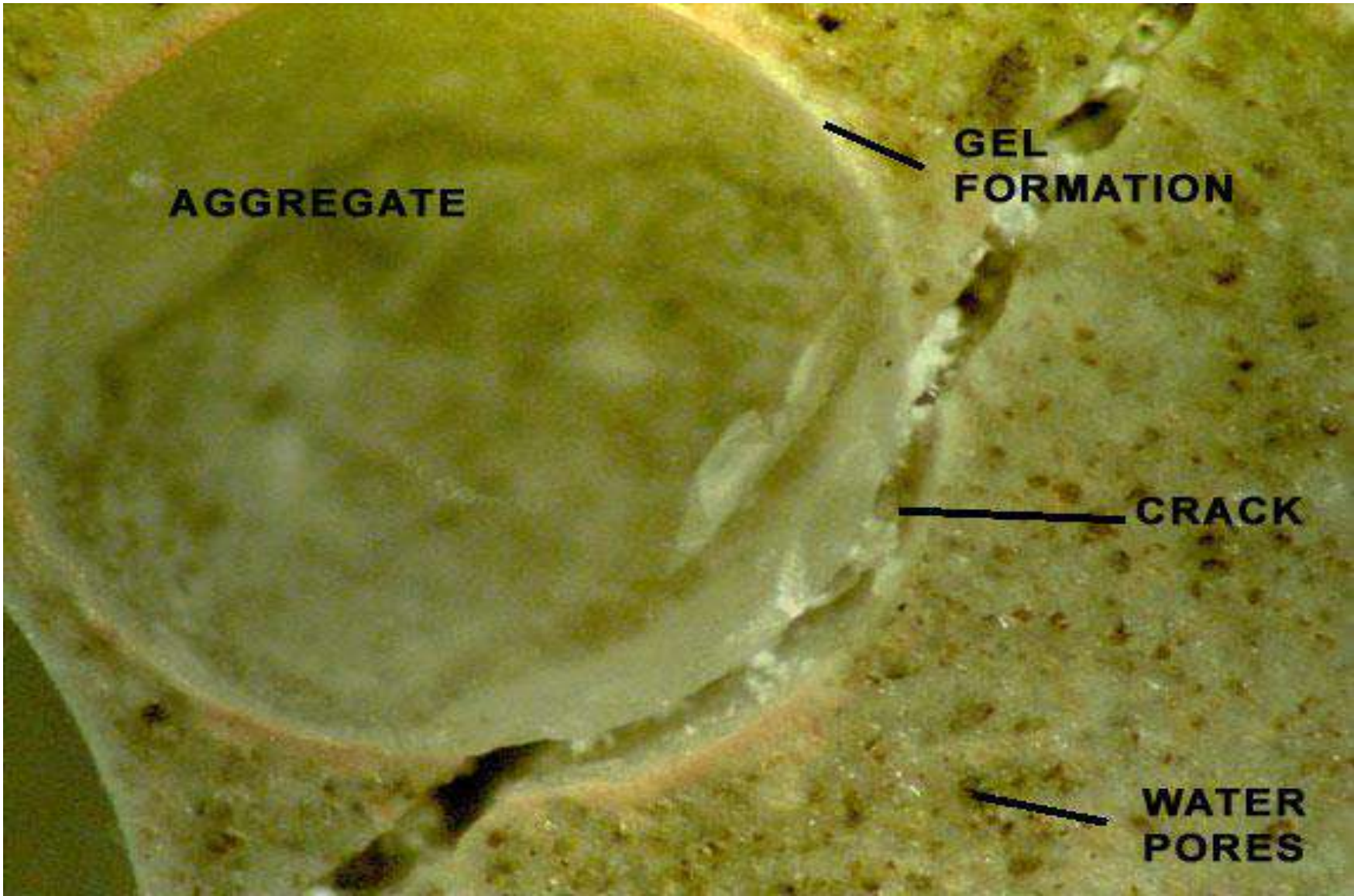
$$Si\text{-}OH + OH^- + Na^+ \Rightarrow Si\text{-}O\text{-}Na + H_20$$



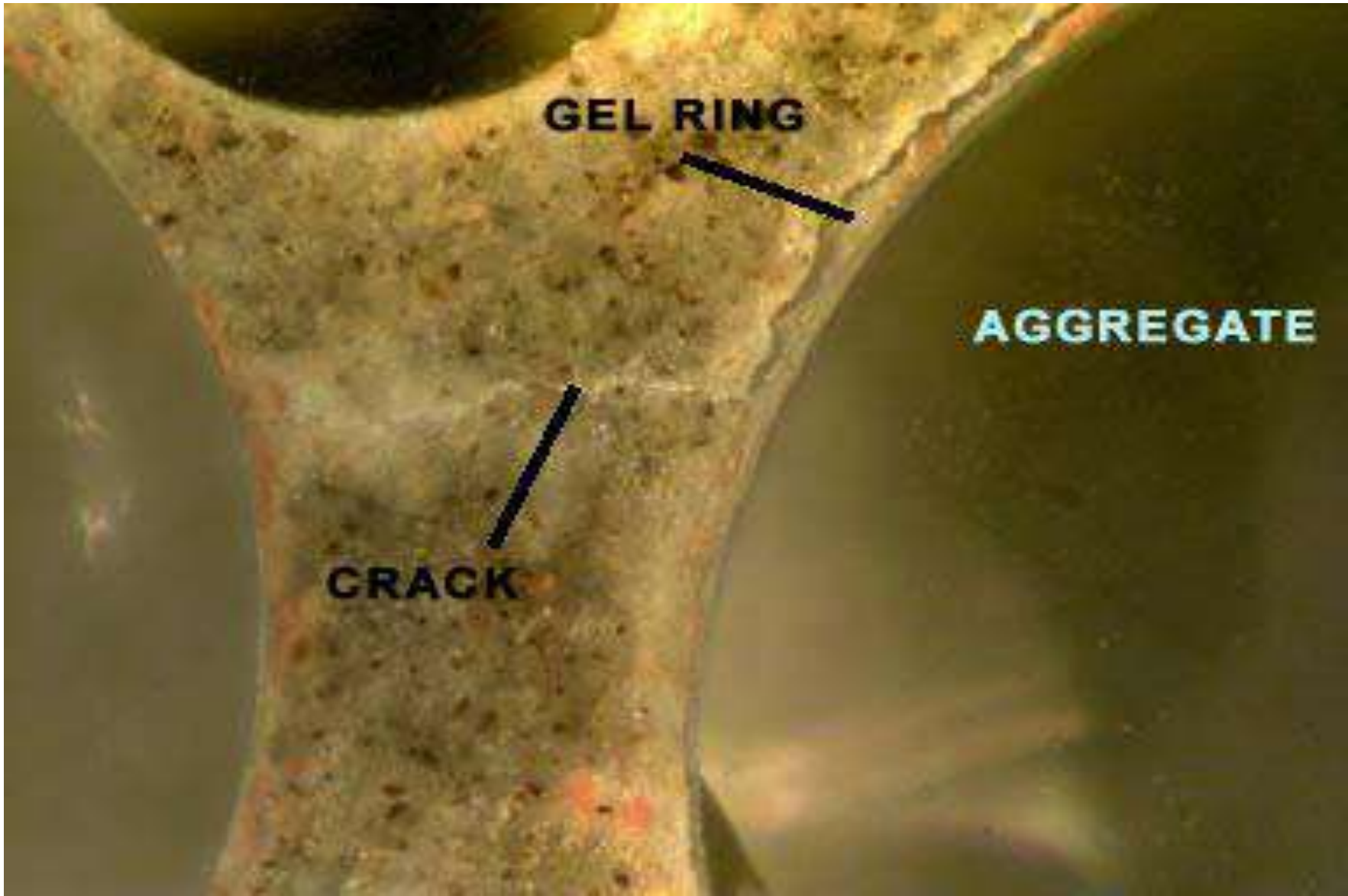
5. Alkali-silica gel takes in water, expanding and exerting an osmotic pressure against the surrounding paste or aggregate.



Images of ASR damage



Images of ASR damage



Concrete failure due to ASR

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6

خوردگی فولاد مدفون در بتن

سایش و فرسایش

ضوابط ویژه برای افزایش پایایی در شرایط محیطی مختلف

مقاومت فشاري

شرط لازم

دوام بتن

~~شرط کافي~~

نفوذپذيري

شرط لازم

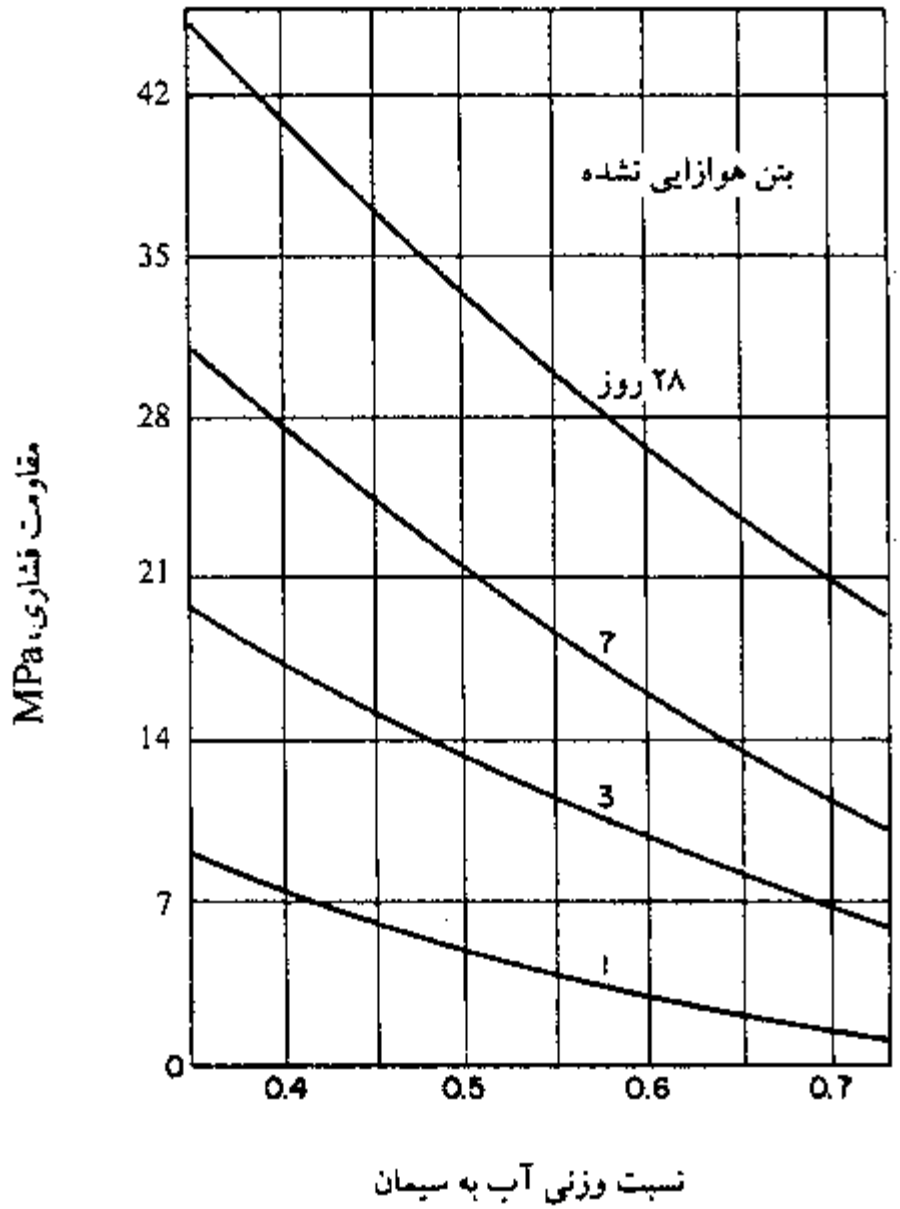
دوام بتن

~~شرط کافي~~

عوامل موثر بر کاهش نفوذ پذیری بتن

- برای افزایش بتن باید نفوذپذیری آن را با رعایت موارد زیرتقلیل داد:
- استفاده از سیمان مناسب
- بهینه سازی عیار سیمان
- انتخاب صحیح و مناسب نسبت‌های اختلاط بتن
- استفاده از افزودنی های شیمیایی مانند روان کننده، مواد حباب هواساز و...
- کاهش و محدود نمودن نسبت آب به مواد سیمانی (سیمان و پوزولان و مواد شبه سیمانی)
- تامین حداکثر تراکم با وسایط و روش های مناسب
- عمل‌آوری دقیق و کافی با روشهای مناسب

رابطهٔ بین مقاومت و نسبت آب به سیمان



۱ـ مقاومت

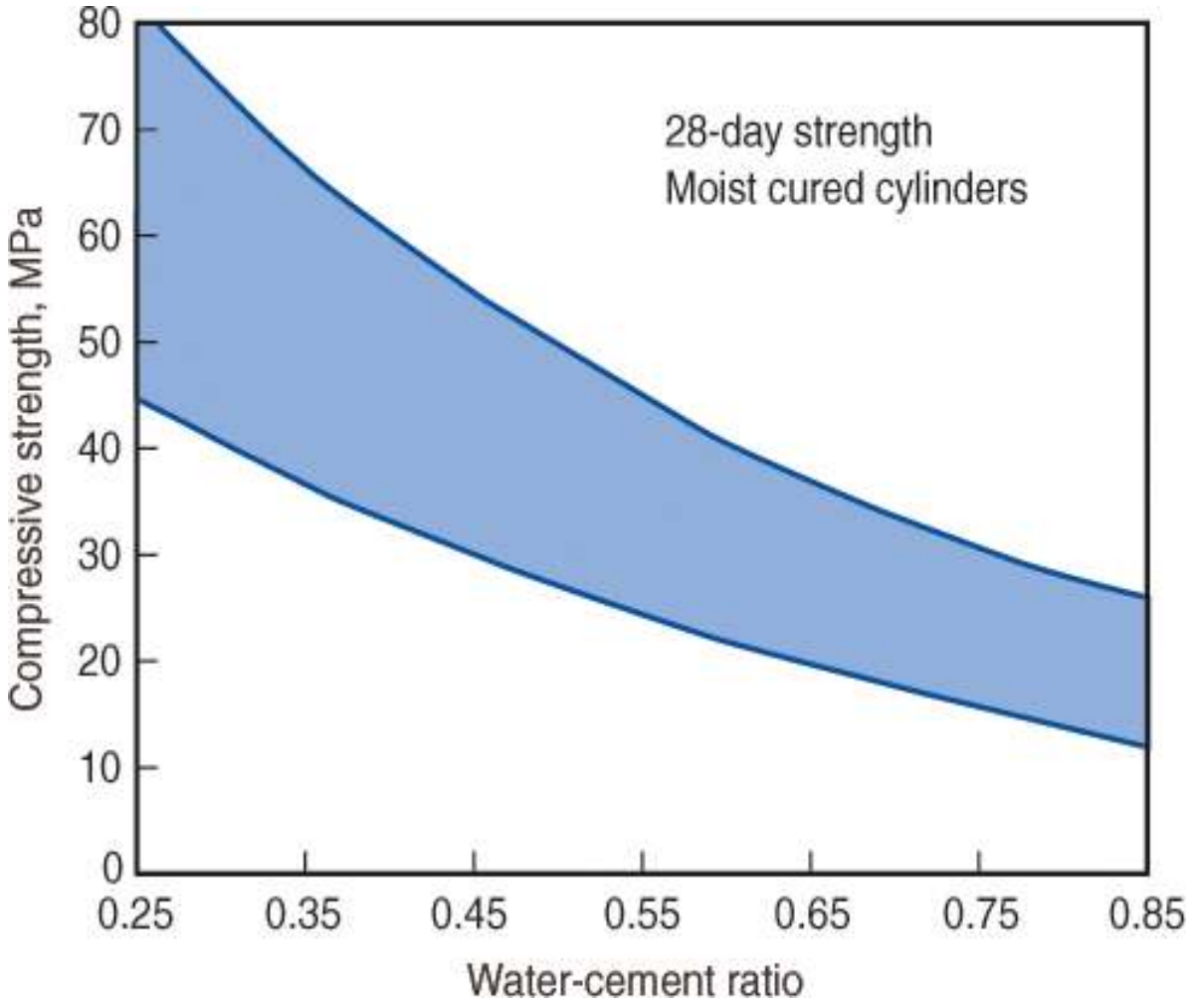
۲ـ دوام

W/C

قانون آبزامز

W/C ⟹ strength

Typical Relationships of Strength to W/C-Ratio



انواع شرايط محيطي

شرايط محيطي ملايم:

شرايط محيطي متوسط:

شرايط محيطي شديد:

شرايط محيطي بسيار شديد:

شرايط محيطي فوق العاده شديد:

محدودیت نسبت آب به سیمان، حداقل مقاومت و حداکثر مقدار سیمان

جدول۹-۶-۲- الزامات مربوط به شرایط محیطی ویژه

شرایط محیطی یا موقعیت سازه	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل مقاومت مشخصه بتن (مگا پاسکال)	حداقل مقدار سیمان
متوسط	۰/۵	۳۰	۳۰۰
شدید	۰/۴۵	۳۰	۳۲۵
بسیار شدید	۰/۴	۳۵	۳۵۰
فوق العاده شدید	۰/۴	۴۰	۳۵۰

TABRIZ

PERSIAN GULF

تدابیر احتیاطی در محیط های سولفاتی

سیمان

نسبت آب به سیمان

مواد سیلیسی ریزدانه فعال

- در مناطقی که علاوه بر سولفات آلوده به کلرید می‌باشند، باید در انتخاب نوع سیمان برای اعضا و قطعات بتن آرمه دقت بیشتری به عمل آید. بویژه از کاربرد سیمان پرتلند نوع پنج به تنهایی، که حفاظت ناچیزی در مقابل نفوذ یون کلر به بتن و ممانعت از خوردگی میلگردها دارد، خودداری گردد.

مقدار مجاز سولفات ها در بتن

برحسب SO3 نباید از ٤ درصد وزن سیمان

کل سولفات موجود نباید از ٥ درصد وزن سیمان

۹-۶-۳-۳-۹-۴-در صورتی که بتن در جوار دیواره خاکی مقاوم ریخته شود و بطور دائم با آن در تماس باشد،ضخامت پوشش نباید کمتر از ۷۵ میلیمتر باشد.

جدول۹-۶-۵- مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها (میلیمتر)*

نوع قطعه	نوع شرایط محیطی				
	ملایم	متوسط	شدید	بسیار شدید	فوق العاده شدید
تیرها و ستونها	۳۵	۴۵	۵۰	۶۵	۷۵
داله، دیوارها و تیرچه‌ها	۲۰	۳۰	۳۵	۵۰	۶۰
پوسته‌ها و صفحات پلیسهای	۲۰	۲۵	۳۰	۴۵	۵۵
شالوده‌ها	۴۰	۵۰	۶۰	۷۵	۹۰

۹-۶-۴ دسته‌بندی شرایط محیطی و الزامات برای بتن مسلح در معرض یون‌های کلرید

الف) شرایط محیطی متوسط (دسته‌بندی A): ساختمان‌های رو زمینی که در معرض خطر نفوذ یون کلرید بر اثر وزش بادهای دارای یون‌های نمک نیستند.

ب) شرایط محیطی شدید (دسته‌بندی B): ساختمان‌های رو زمینی در نواحی نزدیک به ساحل و در معرض وزش بادهای حاوی یون‌های کلرید.

پ) شرایط محیطی شدید (دسته‌بندی C): قسمتهایی از ساختمان که در تماس با خاک است و بالای ناحیه موییننگی واقع شده است (به علت فشار کم آب یا وجود سیستم زهکشی، خطر نفوذ شدید آب از سطح به داخل بتن وجود ندارد) و یا قسمت‌هایی که دائماً در زیر آب دریا واقع‌اند.

ت) شرایط محیطی خیلی شدید (دسته‌بندی D): قسمتهایی از ساختمان که در تماس با خاک مهاجم است و در زیر سطح آب زیر زمینی واقع شده است (آب براحتی می‌تواند از سطح به داخل نفوذ پیدا کند).

ث) شرایط محیطی فوق‌العاده شدید (دسته‌بندی E): ساختمان‌های دریایی (دارای قسمتهایی در ناحیه جزر و مدی و ناحیه پاشش).

جدول۹-۶-۶ مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها (میلیمتر) در شرایط محیطی بند ۹-۶-۴

نوع قطعه	نوع شرایط محیطی			
	متوسط	شدید	خیلی شدید	فوق‌العاده شدید
تیرها و ستون‌ها	۴۵	۵۰	۷۵	۷۵
دال ها و تیرچه‌ها	۳۰	۳۰	۶۰	۶۰
دیوار ها وپوسته‌ها	۲۵	۳۰	۵۵	۵۵
شالوده‌ها	۵۰	۶۰	۹۰	۹۰

رده بندی بتن

C6 C8 C10 C12 C16 C20 C25 C35 C40 C45 C50

روشهای تعیین نسبت های اختلاط

برای بتن های رده C20و بالاتر،

ارزیابی و پذیرش بتن

نمونه‌ها باید از محل نهایی مصرف برداشته شوند.

هر نمونه برداری از بتن، تهیه حداقل دو آزمونه

اختلاف بین مقاومت دو آزمونه کمتر از ۵ درصدِ میانگین

در غیر این صورت نتیجه آزمونه سوم تعیین کننده خواهد بود.

حداقل ۳ آزمونه به جای ۲ آزمونه تهیه شود.

ارزیابی و بررسی و پذیرش براساس آزمونه‌ها مجاز و قابل قبول نیست، بلکه فقط بر اساس نمونه‌گیری مجاز است.

عدم نمونه‌گیری

۳۰ متر مکعب کمتر

تواتر نمونه برداری و آزمایش مقاومت

حجم هر اختلاط بتن بیشتر از یک متر مکعب

الف- برای دالها و دیوارها و پی ها، یک نمونه برداری از هر ۳۰ متر مکعب بتن یا ۱۵۰ متر مربع سطح.

ب- برای تیرها وکلاف ها، در صورتی که جدا از قطعات دیگر بتن ریزی می‌شوند، یک نمونه برداری از هر۱۰۰ متر طول.

پ- برای ستون ها، یک نمونه برداری از هر ۵۰ متر طول

حجم هر اختلاط بتن کمتر از یک متر مکعب باشد ← متناسباً کاهش

حداقل یک نمونه برداری از هر رده بتن درهر روز الزامی‌است.

حداقل ٦ نمونه برداری از کل هر سازه الزامی‌است.

هر رده بتن و از هر نوع بتن

این نمونه‌ها فقط شاخصی برای تعیین کیفیت بتن ساخته شده،

قبل

جدول ۹-۵-۱ مقادیر r_1

a×۲a	۱۰۰ ×۲۰۰	۱۵۰ ×۳۰۰	۲۰۰ ×۴۰۰	۲۵۰ ×۵۰۰	۳۰۰ ×۶۰۰
r_1	۱/۰۲	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۱

جدول ۹-۵-۲ مقادیر r_2

مکعبی b	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
r_2	۱/۰۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹

جدول ۹-۵-۳ مقادیر r_3

مقاومت فشاری نمونه مکعبی (MPa)	≤ ۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
r_3	۱/۲۵	۱/۲۰	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱۰
مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای (MPa)	با توجه به ضریب	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰

حداقل سه نمونه برداری متوالی

ارزیابی مقاومت بتن ساخته شده

۲-۱ قابل قبول

۲-۲ غیر قابل قبول

۲-۳- عدم پذیرش قطعی

قبل

گام اول:

$x_1 \geq f_c$

و

$x_2 \geq f_c$

و

$x_3 \geq f_c$

← «قابل قبول»

قبل

گام دوم:

$$x_m = \frac{x_۱ + x_۲ + x_۳}{۳} \geq f_c + ۱/۵ MPa$$

و

$$x_{min} \geq f_c - ۴ MPa$$

→ «قابل قبول»

قبل

گام سوم:

$x_{min} < f_c - ۴MPa$

یا

$x_m < f_c$

→ «غیر قابل قبول»

قبل

در غیر اینصورت: ← «عدم پذیرش قطعی»

مقاومت آزمونه‌ها نباید از مقدار ۱۶ مگاپاسکال

جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

آیین‌نامه بتن ایران

(تجدیدنظر دوم)

جلد دوم

مصالح و اجرا

ضابطه شماره ۲-۱۲۰

آخرین ویرایش ۱۴۰۰/۰۱/۰۱

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی
امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
nezamfanni.ir

وزارت راه و شهرسازی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
aba.bhrc.ac.ir

۱۴۰۰

اعضای کمیته تایید کننده (کمیته بازنگری آیین نامه بتن ایران):

نام	نام خانوادگی	مدرک تحصیلی	محل اشتغال
مرتضی	زاهدی (رئیس)	دکتری عمران	دانشگاه علم و صنعت ایران
امیر مازیار	رئیس قاسمی (دبیر)	کارشناس ارشد مهندسی عمران	مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی
محمد رضا	اصفهانی	دکتری عمران	دانشگاه مشهد
حسن	افشین	دکتری عمران	دانشگاه سهند تبریز
فریدون	امینی	دکتری عمران	دانشگاه علم وصنعت
احمد	انوار	دکتری عمران	دانشگاه شیراز
علیرضا	آقا بابایی	دکتری عمران	مهندسین مشاور
رحیم	بادامیان	کارشناس ارشد مهندسی عمران	سازمان مجری ساختمان‌ها و تاسیسات عمومی و دولتی
علیرضا	باقری	دکتری عمران	دانشگاه خواجه نصیرالدین
طیبه	پرهیزکار	دکتری عمران	مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی
منصور	پیدایش	کارشناس ارشد مهندسی عمران	دانشگاه صنعتی امیر کبیر
سعید	تاریوردی‌لو اصل	دکتری عمران	دانشگاه ارومیه
علی	تبار	کارشناس ارشد مهندسی عمران	شرکت ایمن سازه فدک
محسن	تدین	دکتری عمران	انجمن بتن ایران، مهندسین مشاور سیناب غرب
عباسعلی	تسنیمی	دکتری عمران	دانشگاه تربیت مدرس
علیرضا	توتونچی	کارشناس ارشد مهندسی عمران	سازمان برنامه و بودجه کشور
حمید	جاسمی زرگانی	دکتری عمران	دانشگاه چمران
محمد	جبروتی	کارشناس ارشد مهندسی عمران	مهندسین مشاور مهاب قدس

۸-۴-۲ پذیرش مقاومت بتن

۸-۴-۲-۱ در هر سازه و برای هر نوع و هر رده مقاومت بتن، انطباق بر رده مورد نظر زمانی وجود دارد که هر دو شرط «الف» و «ب» زیر برقرار باشد:

الف- میانگین نتایج هر سه نمونه متوالی مقاومت فشاری بتن کمتر از مقاومت مشخصه نباشد.

ب- هیچ یک از نتایج مقاومت فشاری نمونه بتن کمتر از ۹۰ درصد مقاومت مشخصه نباشد.

۸-۴-۲-۲ منظور از نتیجه مقاومت فشاری هر نمونه، میانگین نتایج حداقل دو آزمونه استوانه‌ای به قطر اسمی ۱۵۰ و ارتفاع اسمی ۳۰۰ میلی‌متر، در سن ۲۸ روز یا هر سن مقرر شده دیگری برای مقاومت مشخصه است. در مواردی‌که از آزمونه‌های استوانه‌ای به قطر اسمی ۱۰۰ و ارتفاع اسمی ۲۰۰ میلی‌متر استفاده می‌شود، میانگین نتایج حداقل سه آزمونه باید به‌عنوان نتیجه هر نوبت نمونه‌برداری در نظر گرفته شود.

۸-۴-۲-۳ در مواردی‌که اختلاف مقاومت دو آزمونه، کمتر از ۱۵ درصد میانگین آن‌ها باشد، میانگین مزبور گزارش می‌شود. در غیر این‌صورت نتیجه آن نوبت نمونه‌برداری از فهرست نتایج حذف خواهد شد، مگر آن‌که بتوان نشان داد که «نتیجه کمتر» به‌دلیل وجود یک نقص در نمونه‌برداری یا قالب‌گیری و نگهداری و آزمایش آن آزمونه بوده است. در این حالت «نتیجه کمتر» حذف و «نتیجه بیشتر» به‌عنوان نتیجه نمونه‌برداری گزارش می‌شود.

جدول ۸-۱ تبدیل مقاومت بتن معمولی و سبکدانه، از آزمونه مکعبی ۱۵۰ میلی‌متر به آزمونه استوانه‌ای به قطر ۱۵۰ میلی‌متر

مقاومت فشاری مکعبی ۱۵۰ میلی‌متری، مگاپاسکال	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۷۰	۷۵
مقاومت فشاری استوانه استاندارد، مگاپاسکال	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۷۰

۱- برای تبدیل مقاومت مکعبی کمتر از ۲۵ مگاپاسکال به استوانه استاندارد، مقدار آن بر ۱/۲۵ تقسیم می‌شود.

۲- برای مقاومت‌های بین اعداد ذکر شده در جدول، کافی است ۵ مگاپاسکال از نتیجه مکعبی کم شود تا نتیجه استوانه‌ای حاصل شود.

۳- در صورت استفاده از مکعب ۱۰۰ میلی‌متری، تبدیل آن به استوانه ۱۰۰ میلی‌متری مشابه جدول فوق خواهد بود. هرچند در عمل مقاومت مکعب ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متری و همچنین مقاومت استوانه ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متری با یکدیگر تفاوت دارند، اما تبدیل آن‌ها ضرورت ندارد و صرفا از حداقل سه آزمونه کوچک‌تر به‌جای حداقل دو آزمونه بزرگتر استفاده می‌شود. به‌هرحال حداقل قطر آزمونه استوانه‌ای باید از سه برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه کمتر نباشد و برای آزمونه مکعبی نیز باید از ۳/۵ برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه کمتر نباشد.

۴- برای بتن‌های سبکدانه، نسبت مقاومت فشاری آزمونه مکعبی ۱۵۰ میلی‌متری به استوانه به قطر ۱۵۰ میلی‌متر، برای رده‌های مقاومتی تا ۴۰ مگاپاسکال برابر با ۱/۰۵ و برای مقاومت‌های بیشتر تقریباً یک است.

۸-۴-۲-۵ در مواردی‌که ضوابط پذیرش مقاومت بتن طبق بند ۸-۴-۲-۱ برآورده نشود، بتن منطبق بر رده یا مقاومت مشخصه نیست. ولی اگر تنها ضابطه «ب» برقرار باشد، می‌توان نتیجه بتن را از نظر سازه‌ای پذیرفت، اما باید با اصلاح طرح مخلوط و یا دقت در ساخت بتن از تکرار آن جلوگیری شود.

در مواردی‌که ضابطه «ب» برآورده نشود، لازم است بررسی «بتن کم مقاومت» در دستور کار قرار گیرد.

در بررسی «بتن کم مقاومت»، امکان دارد، پذیرش بتن از نظر تامین مقاومت سازه‌ای فراهم آید.

۸-۵ بررسی بتن کم مقاومت

۸-۵-۱ کلیات

در مواردی‌که طبق بند ۸-۴-۲-۵ نیاز به بررسی «بتن کم مقاومت» باشد، اقدامات این بخش را می‌توان انجام داد تا مشخص شود، آیا بتن از نظر تامین مقاومت سازه‌ای قابل پذیرش است؟

این اقدامات شامل: بررسی‌های تحلیلی، مغزه‌گیری، بارگذاری و سایر اقدامات مقتضی است.

۸-۵-۲ روش‌های تحلیلی

۸-۵-۲-۱ روش اول

در مواردی که با استفاده از تحلیل موجود سازه و بازبینی طراحی مقاطع همسان سازی شده، بتوان نشان داد که ظرفیت باربری سازه به ازای مقاومت کم بتن در همه اعضا، قابل قبول می‌باشد،

۸-۵-۲-۲ روش دوم

در این روش، سازه با فرض وجود بتن کم مقاومت در اعضای مورد نظر، مجدداً تحلیل می‌شود، چنان‌چه بتوان نشان داد که ظرفیت باربری این اعضا و سازه قابل قبول است، کیفیت بتن

۸-۵-۳-۲ آزمایش مقاومت فشاری مغزه‌ها باید با توجه به ملاحظات زیر انجام شود:

الف- برش کاری و سایش مرطوب مغزه‌ها باید حداکثر طی مدت ۴۸ ساعت از زمان مغزه‌گیری انجام شود، مگر اینکه طراح پروژه ضوابط دیگری را تعیین کرده باشد.

ب- آزمایش مغزه‌ها نباید دیرتر از ۷ روز پس از اخذ آن‌ها انجام شود، مگر آن‌که در مشخصات فنی، زمان دیگری ذکر شده‌باشد.

پ- در مواردی‌که سازه در زمان بهره‌برداری در شرایط مرطوب قرار نمی‌گیرد، مغزه‌ها قبل از آزمایش باید به مدت حداقل ۵ روز پس از آخرین مرطوب‌سازی (برش یا سایش مرطوب)، در رطوبت نسبی کمتر از ۶۰ درصد و دمای (۶ ± ۲۱) درجه سلسیوس، خشک شوند.

ت- در مواردی‌که سازه در زمان بهره‌برداری در شرایط مرطوب یا اشباع قرار می‌گیرد، مغزه‌ها قبل از آزمایش باید حداقل به مدت ۴۰ ساعت در آب غرقاب شوند.

جدول ۸-۲ ضریب تصحیح مقاومت فشاری مغزه‌ها

نسبت ارتفاع به قطر	۱/۷۵	۱/۵۰	۱/۲۵	۱/۰۰
ضریب تصحیح مقاومت فشاری	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۸۷

۸-۵-۳-۶ در مواردی که دستگاه نظارت به نحوه صحیح ریختن بتن در عضو، تراکم و عمل‌آوری آن مطابق بند ۸-۲-۱-۲ تردید داشته باشد، می‌تواند نسبت به مغزه‌گیری و انجام آزمایش روی آن‌ها اقدام نماید، هر چند نمونه‌های تهیه و عمل‌آوری شده در شرایط استاندارد، انطباق با رده را برآورده کرده باشد.

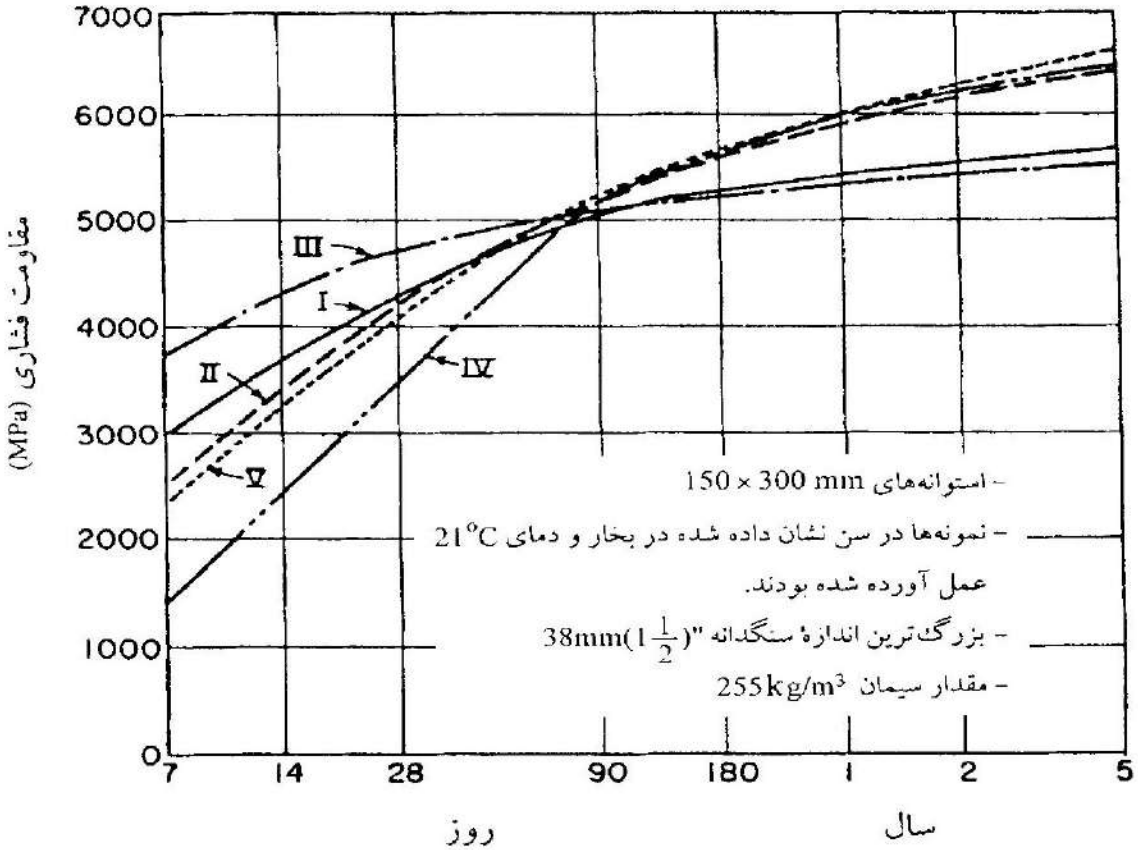
۸-۵-۵ سایر اقدامات

در مواردی‌که انجام آزمایش بارگذاری بر روی عضو مورد نظر ممکن نباشد و یا نتیجه قابل قبولی از آن حاصل نشود و کیفیت مقاومتی بتن از نظر پذیرش سازه‌ای همچنان در پرده ابهام باقی بماند، می‌توان اقدامات دیگری را به مرحله اجرا گذاشت این اقدامات شامل موارد «الف» تا «پ» زیر است:

الف- به‌کارگیری مقاومت مغزه در محاسبات تحلیلی روش اول و دوم؛

ب - کاهش بارهای مرده و زنده، با تغییر کاربری سازه، یا تغییر در نقشه‌های تیغه‌بندی و تغییر مصالح مصرفی آن‌ها؛

پ- تقویت عضو دارای بتن مشکوک.



شکل ۲. ۱۰ میزان رشد مقاومت فشاری برای بتن ساخته شده با انواع گوناگون سیمان.

۹-۱۰-۲۴ تاثیر نوع سیمان و سن بتن بر روی مقاومت فشاری نسبی بتن

نوع سیمان	مقاومت فشاری (به صورت نسبی)			
	۱ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه
سیمان نوع I	۰/۳۰	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۲۰
سیمان نوع II	۰/۲۳	۰/۵۶	۰/۹۰	۱/۲۰
سیمان نوع III	۰/۵۷	۰/۷۹	۱/۱۰	۱/۲۰
سیمان نوع IV	۰/۱۷	۰/۴۳	۰/۷۵	۱/۲۰
سیمان نوع V	۰/۲۰	۰/۵۰	۰/۸۵	۱/۲۰

۳. به عنوان مثال در صورت ساخت بتن با سیمان پرتلند نوع II، می‌باید در روابط (۹-۱۰-۹) تا (۹-۱۰-۱۶) به جای f_c مقدار ۰/۹ f_c را قرار داده و نتایج مقاومت ۲۸ روزه نمونه‌ها را با آن سنجید. همچنین در بتن‌های ساخته شده با سیمان پرتلند نوع II، می‌باید مقاومت معیار هفت روزه را به جای ۰/۶۶ f_c مربوط به سیمان پرتلند نوع یک، برابر با ۰/۵۶ f_c در نظر گرفت.

۴. استفاده از مقاومت‌های نمونه‌ها در سنین ۱۱ و ۴۲ روزگی به جای ۷ و ۲۸ روزه در بتن‌های ساخته شده با سیمان‌های پرتلند نوع دو یا پنج مجاز نیست و فاقد وجاهت قانونی است.

آیین‌نامه بتن ایران

(تجدیدنظر دوم)

جلد دوم

مصالح و اجرا

ضابطه شماره ۲-۱۲۰

آخرین ویرایش ۱۴۰۰/۰۱/۰۱

۴-۴ دوام و حفاظت آرماتورها در برابر خوردگی ۷۸

جدول ۶-۲ ضوابط طرح مخلوط بتن برای شرایط محیطی در معرض یون‌های کلرید

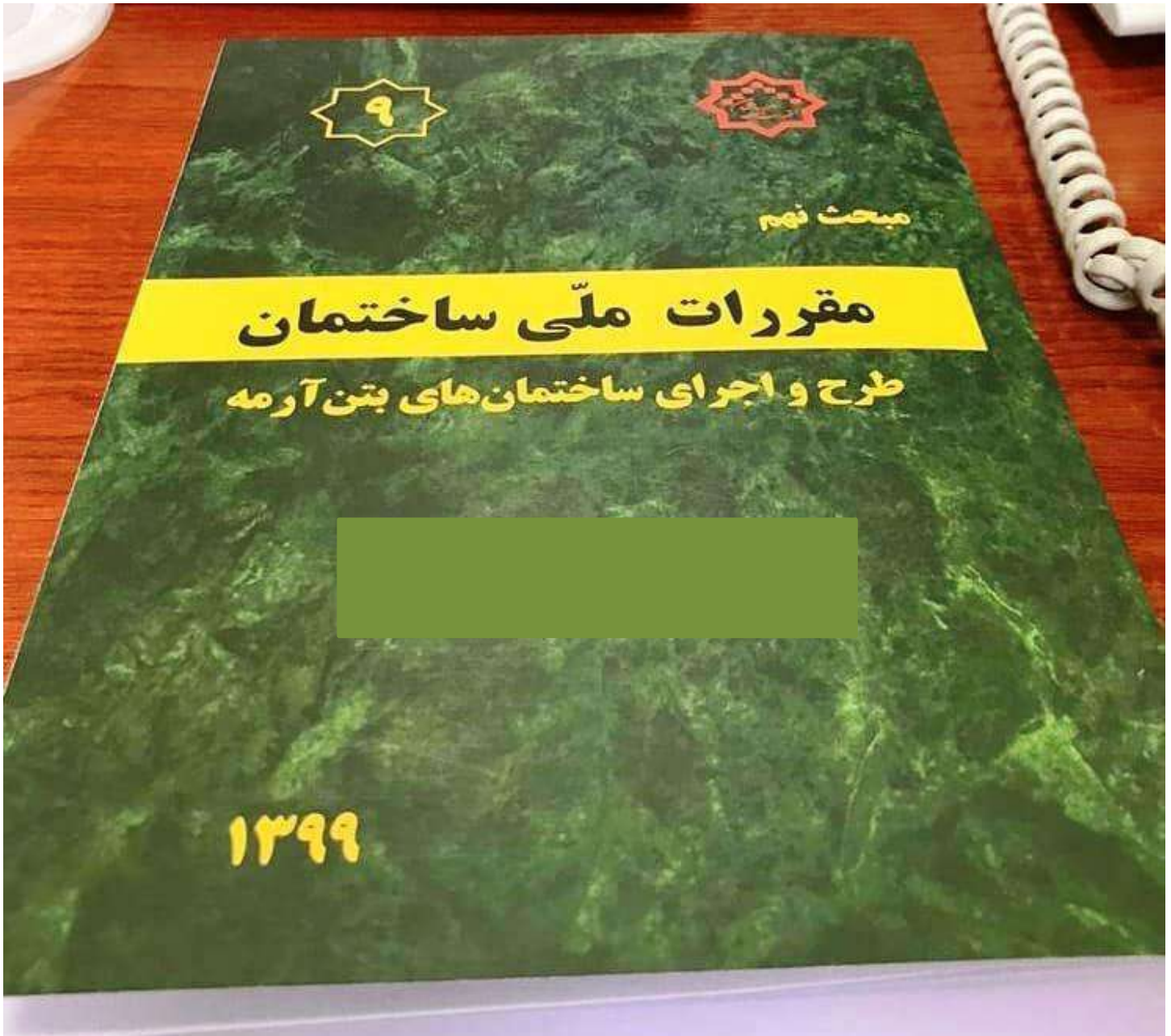
طبقه‌بندی	دسته‌بندی	نوع سیمان انتخابی	حداقل مقدار مواد سیمانی، کیلوگرم در متر مکعب	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل رده بتن
۱	XCD1 XCS1	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 و سایر سیمان‌های آمیخته	۳۲۵	۰/۵	C30
۲	XCD2 XCD3 XCS2	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 و سایر سیمان‌های آمیخته	۳۲۵	۰/۴۵	C35
۳	XCD4 XCS3	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 با مواد پوزولانی یا سرباره یا سیمان‌های آمیخته	۳۵۰	۰/۴۰	C35
۴	XCS4	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 با مواد پوزولانی یا سرباره یا سیمان‌های آمیخته	۳۷۵	۰/۳۷	C40

جدول ۶-۵ مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها در شرایط محیطی خورنده کلریدی، میلی‌متر

نوع عضو	نوع شرایط محیطی			
	(۱) XCD1 XCS1	(۲) XCS2 XCD2 XCD3	(۳) XCS3 XCD4	(۴) XCS4
تیرها اصلی، ستون‌ها و دیوارها	۴۵	۵۰	۶۰	۷۵
دال‌ها و تیر فرعی، تیرچه	۳۵	۴۰	۵۰	۶۰
پوسته‌ها و صفحات پلیسه‌ای	۳۰	۳۵	۴۵	۵۵
شالوده‌ها	۵۰	۶۰	۷۵	۹۰

- در مواردی‌که حفاظت‌های سطحی بتن با مواد مناسب انجام شود، مقادیر پوشش بتنی را می‌توان کاهش داد. میزان کاهش، باید بر اساس نوع پوشش و نتایج مطالعات آزمایشگاهی بدست آید.
- اگر رده بتن ۵ مگاپاسکال بیش از حداقل رده مندرج در جدول ۶-۲ باشد می‌توان حداقل میزان پوشش را ۵ میلی‌متر کاهش داد.
- برای میلگرد با قطر بیش از ۳۶ میلی‌متر، مقادیر پوشش باید ۱۵ درصد اضافه شود.
- حداکثر مقدار پوشش روی میلگرد نباید از ۱/۱۵ برابر مقدار «حداقل»، بیشتر شود.

۶-۴-۲-۶-۵ جنس «فاصله نگهدار» یا لقمه‌ها باید ترجیحا از نوع بتنی باشد. کیفیت بتن یا ملات بکار رفته باید مشابه بتن اصلی در نظر گرفته شود.


۹
مبحث نهم
مقررات ملّی ساختمان
طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه
۱۳۹۹

جدول ۹-۴-۶ حداقل ضخامت **پوشش بتن روی میلگرد برای اجزای بتنی**

شرایط محیطی سازه‌ی بتنی	نوع عضو	میلگردها	پوشش روی میلگردها، میلی‌متر
بتن در تماس دائم با خاک است.	کلیه‌ی اعضا	کلیه‌ی میلگردها	۷۵
بتن در تماس با هوا و یا تماس غیر دائم با خاک است.	کلیه‌ی اعضا	میلگردهای به قطر ۱۸ تا ۵۸ میلی متر	۵۰
		میلگردها و سیم‌های به قطر ۱۶ میلی متر و کم‌تر	۴۰
بتن در تماس با هوا و یا خاک نیست.	دال‌ها، تیرچه‌ها و دیوارها	میلگردهای بزرگتر از قطر ۳۶ میلیمتر	۴۰
		میلگردهای قطر ۳۴ میلی متر و نازک‌تر	۲۰
	تیرها، ستون‌ها، ستون پایه‌ها و اعضای کششی	آرماتورهای طولی، خاموت‌ها، بست‌ها، دورپیچ‌ها و تنگ‌ها	۴۰