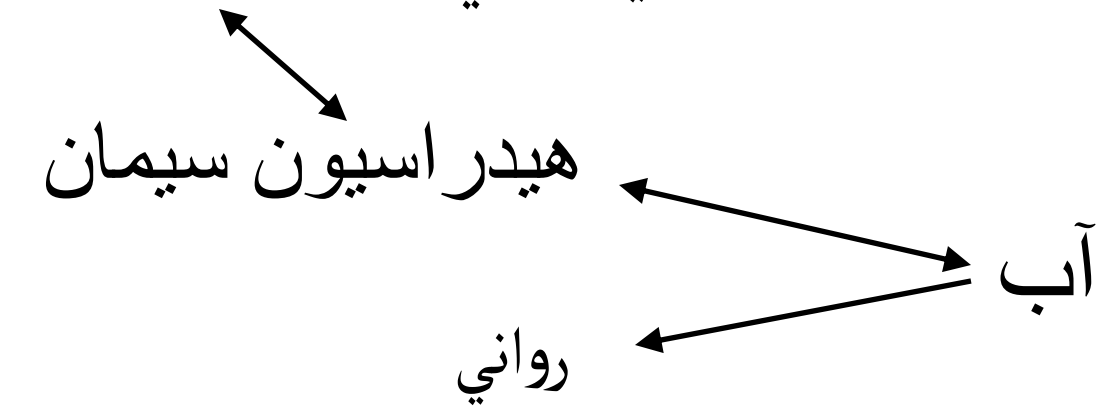
بتن = دانه هاي سنگي + چسب(سيمان)



دانه هاي سنگي + سيمان + آب

بتن = سنگ مصنوعي

مزايا:

-شكل خميري ، هر شكل دلخواه

-مقاومت خوب فشاري

-مقاومت خوب در برابر آتش و عوامل جوي (زنگ زدن)

-در دسترس بودن مصالح

معايب:

- كنترل كيفيت مشكل

- مقاومت كم كششي و خمشي

$$f_{ct} = 0.55\sqrt{f'_c}\,(N/mm^2)$$

$$f'_c = 21(N/mm^2) \Rightarrow f_{ct} = 0.55\sqrt{21} = 0.55 \times 4.58 = 2.5(N/mm^2)$$

$$f_{ct} \approx 0.1 f'_c\,(N/mm^2)$$

$$f'_c = 21(N/mm^2) \Rightarrow f_{ct} = 0.1 \times 21 = 2.1(N/mm^2)$$

$$f'_c = 210(kg/cm^2) \Rightarrow f_{ct} \approx 0.1 \times 210 = 21(kg/cm^2)$$

مواد تشکیل دهنده بتن

شبه جزیره

- سیمان پرتلند
  - نوع 1 معمولی
  - نوع 2 — سولفات متوسط، حرارت نسبتا کم
  - نوع 3 زودگیر — هوای سرد، زودبازکردن قالبها
  - نوع 4 دیرگیر — حرارت کم، بتن حجیم مثل سد
  - نوع 5 ضد سولفات — سولفات شدید مثل آبهای دارای املاح اسیدی یا فاضلاب
- سیمان انبساطی
- سیمان برقی
- سیمان بنایی
- سیمان رنگی

~~یون کلر (خلیج فارس)~~

انواع سیمان پرتلند
ASTM C150

نوع I	معمولی
نوع IA	معمولی هوازا
نوع VI	مقاومت متوسط در برابر سولفات
نوع IIA	مقاومت متوسط در برابر سولفات و یا خاصیت هوازایی
نوع III	با مقاومت اولیهٔ بالا
نوع IIIA	با مقاومت اولیهٔ بالا و با خاصیت هوازایی
نوع IV	با حرارت آبگیری کم
نوع V	بسیار مقاوم در برابر سولفات

نوع I ← برای مصارف عام

نوع II ← حملهٔ معتدل سولفات‌ها ← سولفات آب‌های زیرزمینی

گرمای کم‌تری
- در سازه‌های نسبتاً حجیم ← پایه‌های بزرگ پل‌ها و لوله‌ها و دیوارهای حایل سنگین
- بتن‌ریزی در هوای گرم

سیمان‌های هیدرولیکی آمیخته

صرفه‌جویی انرژی در سال‌های اخیر

شامل سیمان پرتلند
روبارهٔ آهن‌گدازی
خاکستر بادی و سایر پوزولان‌ها

سیمان پرتلند آمیخته با روبارهٔ آهن‌گدازی ـ نوع ۱S
سیمان پرتلند پوزولانی ـ نوع ۱P و نوع P
سیمان روباره‌ای ـ نوع S
سیمان پرتلند اصلاح شده با پوزولان ـ نوع ۱ (PM)
سیمان پرتلند اصلاح شده با روباره ـ نوع ۱ (SM)

نوع IP ساختمان‌های عمومی

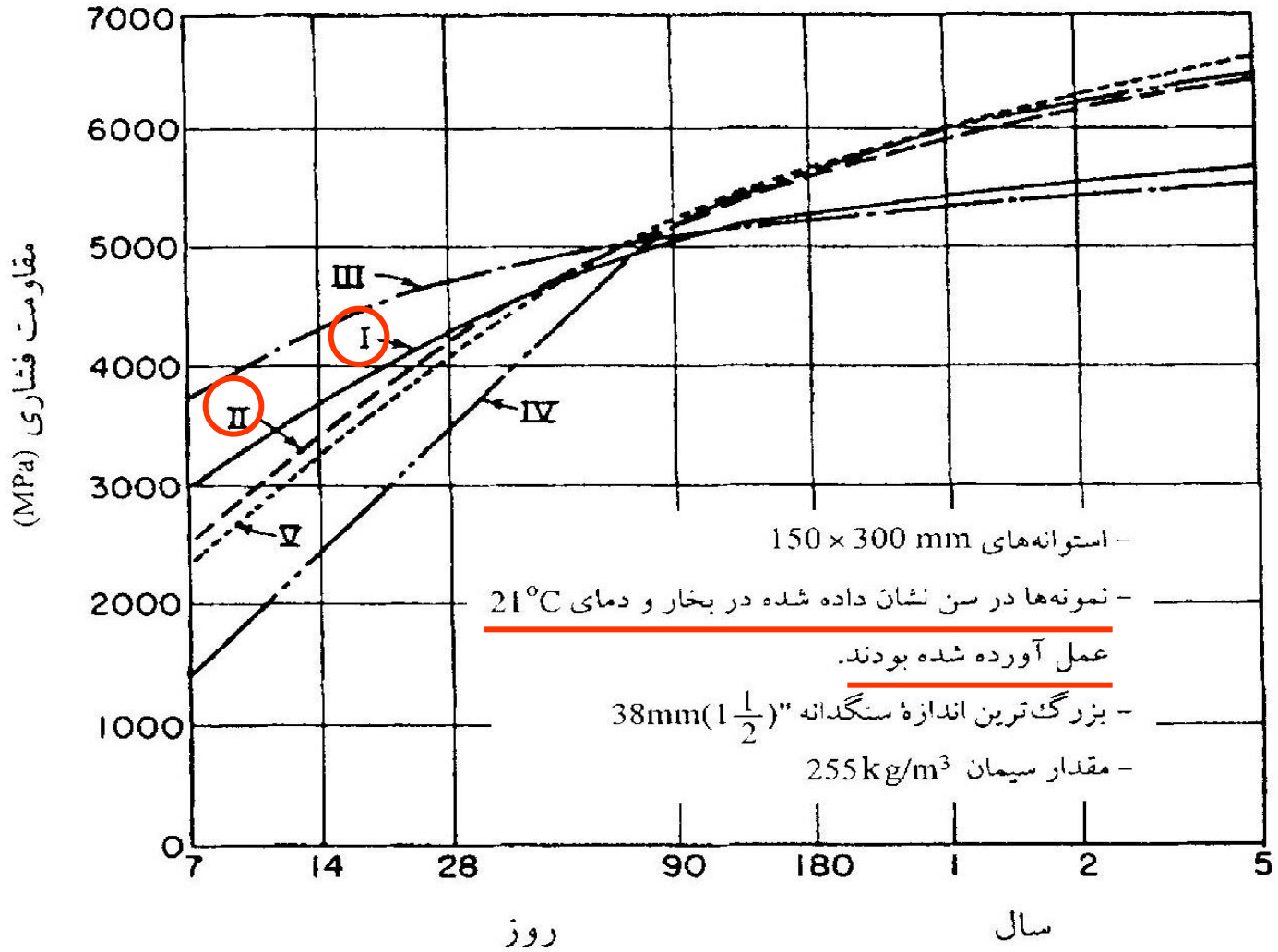
مشابه عملکرد بتن ساخته شده با سیمان نوع I

مقاومت‌های تا سن ۲۸ روزهٔ کم‌تر از بتن‌های با سیمان نوع I

آسیاب کردن کلینکر سیمان پرتلند به همراه یک پوزولان
۱۵ تا ۴۰ درصد وزنی

نوع I (PM) کمتراز 15درصد وزنی

رشد مقاومت برای انواع سیمان



شکل ۱۰.۲ میزان رشد مقاومت فشاری برای بتن ساخته شده با انواع گوناگون سیمان.

جدول ۵.۲ ضوابط مقاومت فشاری برای ملات‌های ساخته شده با انواع گوناگون سیمان.

نوع سیمان	حداقل مقاومت فشاری، MPa				شمارهٔ استاندارد ASTM
	۱ روزه	۳ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	
سیمان‌های پرتلند					
I	–	۱۲/۶	۱۹/۶	[1]۲۸	
IA	–	۱۰/۲	۱۵/۸	[1]۲۲/۴	
II	–	۱۰/۵	۱۷/۵	[1]۲۸	
	–	[2]۷	[2]۱۱/۹	[2,1]۲۲/۴	ASTM C150
		۸/۴	۱۴	[1]۲۲/۴	
IIA		[2]۵/۶	[2]۹/۵	[2,1]۱۷/۹	
III	۱۲/۶	۲۴/۵	–	–	
IIIA	۱۰/۲	۱۹/۶	–	–	
IV	–	–	۷	۱۷/۵	
V	–	۸/۴	۱۵/۴	۲۱	
سیمان‌های آمیخته					
IP,I(PM),IS,I(SM)	–	۱۲/۶	۱۹/۶	۲۴/۵	
IP-A, I(PM)-A,IS-A,I(SM)-A	–	۱۰/۲	۱۵/۸	۱۹/۶	
IP(MS),IS(MS)	–	۱۰/۵	۱۷/۵	۲۴/۵	
IP-A(MS),IS-A(MS)	–	۸/۴	۱۴	۱۹/۶	ASTM C595
S	–	–	۴/۲	۱۰/۵	
SA	–	–	۳/۵	۸/۸	
P	–	–	۱۰/۵	۲۱	
PA	–	–	۸/۸	۱۷/۵	
سیمان منبسط شونده					
E-1	–	–	۱۴/۷	۲۴/۵	ASTM C845
سیمان‌های بنایی					
N	–	–	۳/۵	۶/۳	
S	–	–	۹/۱	۱۴/۷	ASTM C91
M	–	–	۱۲/۶	۲۰/۳	

۱. ضابطه اختیاری

۲. هنگامی قابل‌کاربرد است که گرمای آبگیری اختیاری با محدودیت شیمیایی روی مجموع C_3S و C_4S مشخص شود.

توجه. زمانی که گرمای آبگیری پایین یا متوسط برای سیمان‌های آمیخته (ASTM C595) خواسته‌شده‌باشد، ضابطه مقاومت، ۸۰٪ مقادیر نشان‌داده‌شده است.

- نگهداری سیمان (کمتر از 10-5 کیسه روی هم)

در محیط مرطوب مدت زمان کوتاه نایلون غلتاندن

- آب آشامیدنی -- 90% مقاومت آب مقطر

تغییردرزمان گیرش کمتراز یک ساعت

- PH مابین 4.5 و 8.5

- دانه های سنگی: 70 تا 85 % وزن 60-75%حجم بتن

- طبیعی نیمه مصنوعی مصنوعی

- شکسته رودخانه ای

- شسته نشسته

- سطح دانه ها
- شکل دانه ها

- خواص حرارتی دانه ها کوارتز 575 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

- دانه بندی سنگدانه ها

آب و سیمان لازم

کارآیی

اقتصادی بودن

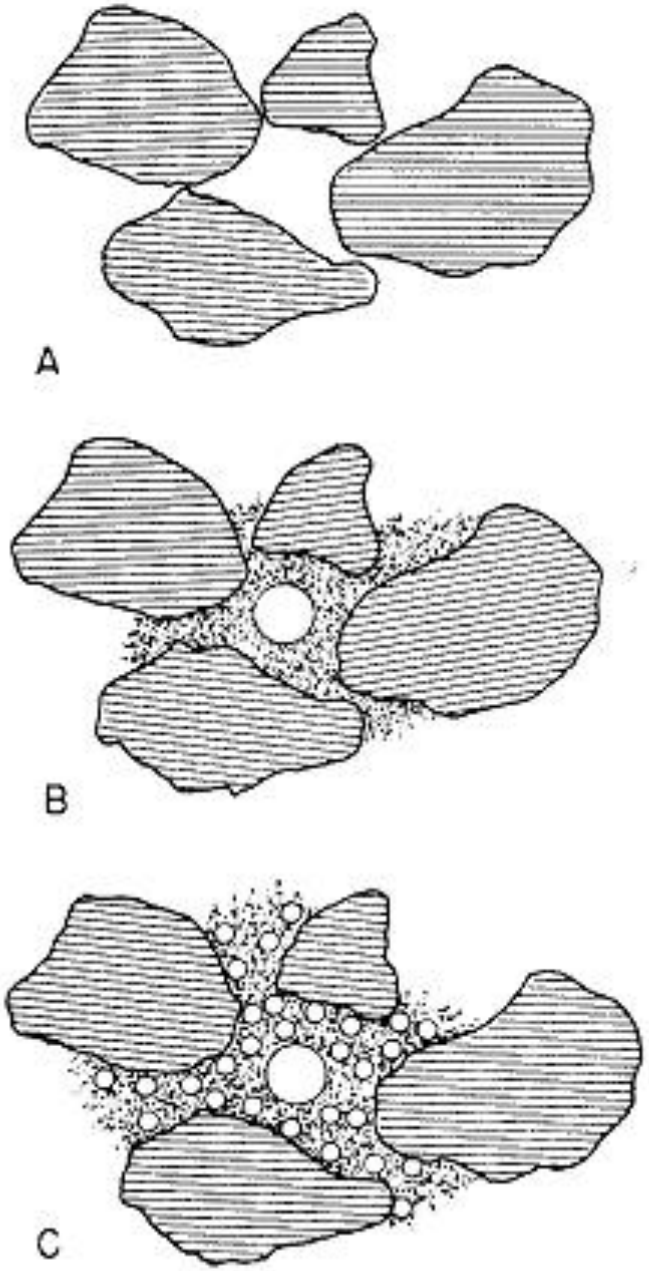
تخلخل – پیوسته نبودن

ضریب نرمی ماسه(ریز دانه)

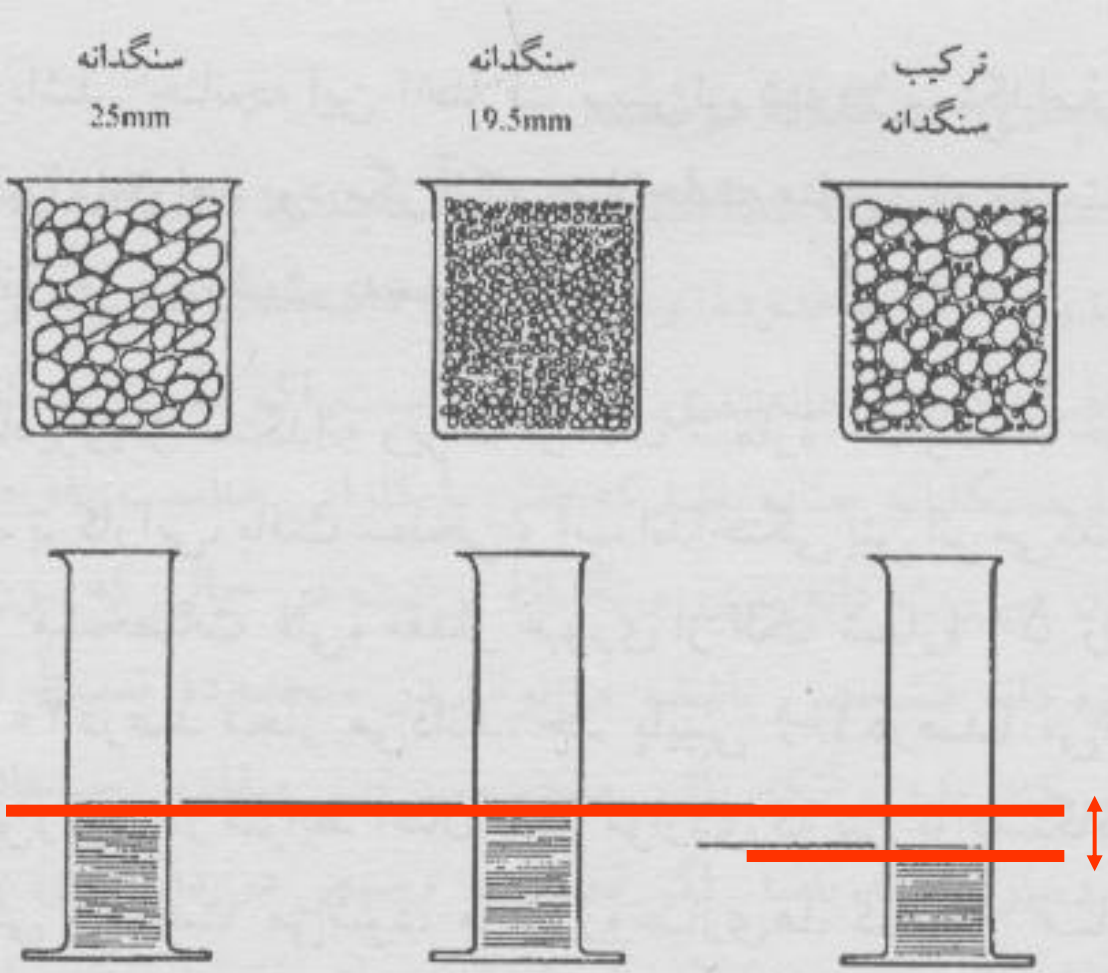
مجموع درصد تجمعی مانده روی الکهای نمره 4 و 8 و 16 30و50و100 بخش بر 100

بین 2/3 تا 3/2

عبور از الک 100 (150 میکرون) بیشتر از 3% کمتر از 10 %

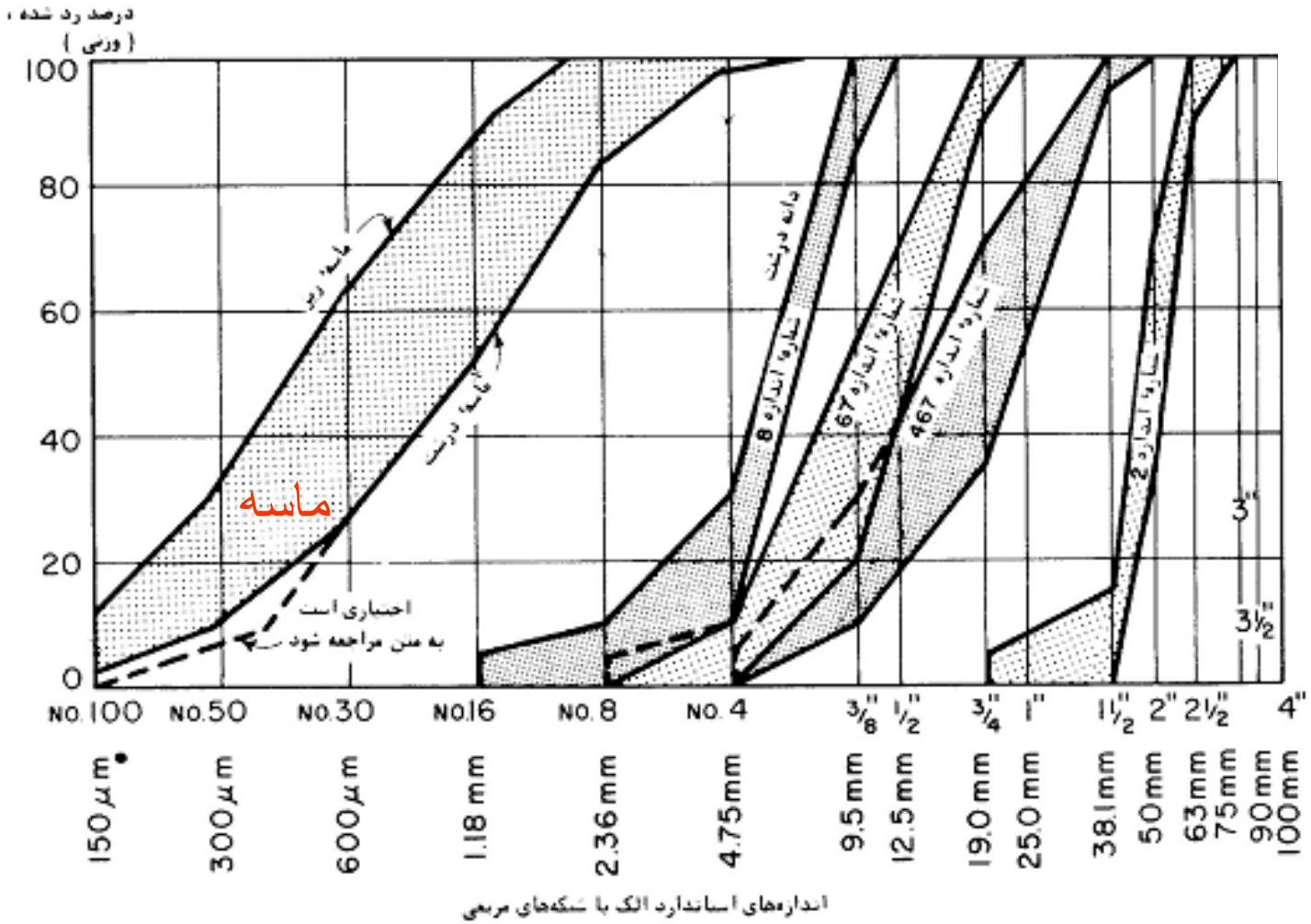


شکل ۴ـ۵: نمایش پراکندگی دانه‌ها در مخلوطهای بتن چسبنده.



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.

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



شکل ۴–۲: منحنیها حدود مشخص شده را توسط آزمایش ASTM C۳۳ برای دانه‌های ریز و چهار شماره اندازه (اندازه‌های دانه‌بندی) برای دانه‌های درشت نشان می‌دهند .

سنگدانه

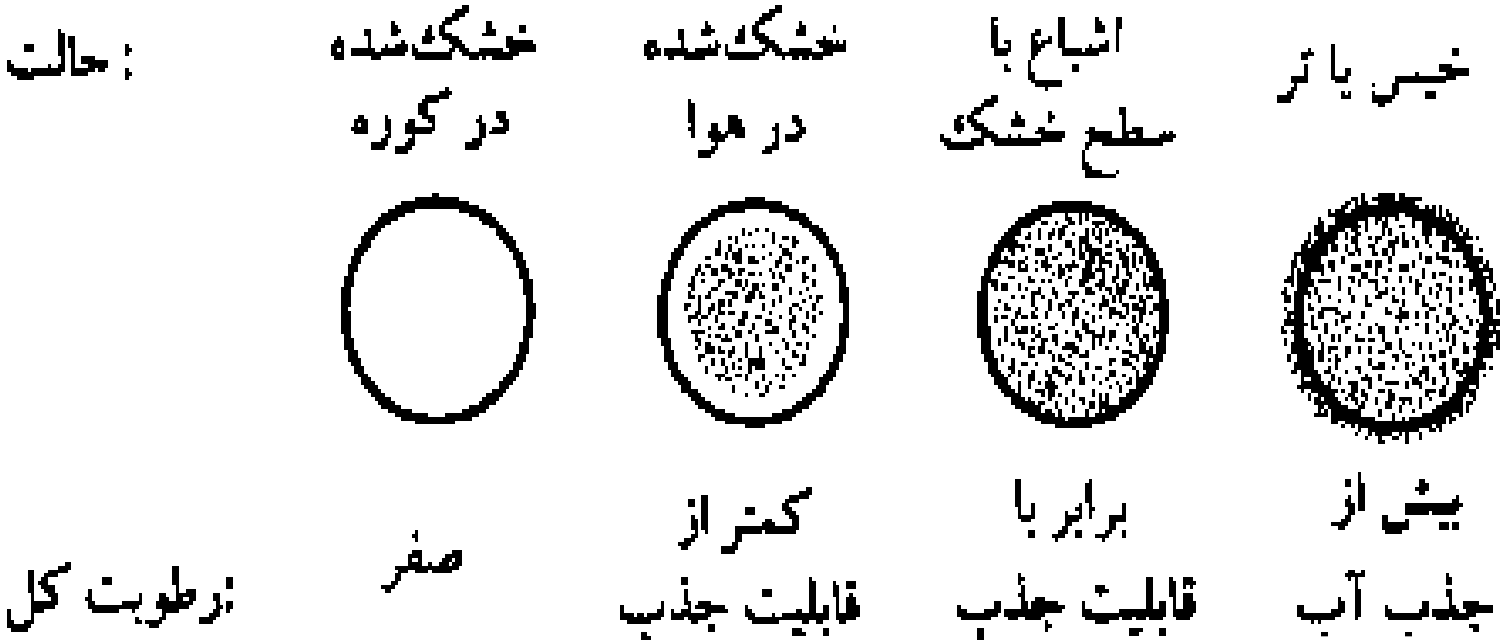
۴/۷۵ mm ماسه

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

SSD



شکل ۷.۴ شرایط رطوبتی سنگدانه‌ها.

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 از 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 از 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 ار ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰) حاوی رس یا شیل	۱	۴۴۶
۳	ذرات ریزتر ار 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

-حباب زا کارآیی یخ زدن نفوذپذیری کم

-کندگیر کننده

-تسریع کننده

-کلرید کلسیم یا کلرور کلسیم 2% ضد یخ

-کاهنده آب یا فوق روان کننده ها

- مواد افزودنی معدنی از جمله پوزولانهای طبیعی و مصنوعی

ضد يخ 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

CORROSION 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 _

Decrease permeability (water under pressure)

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

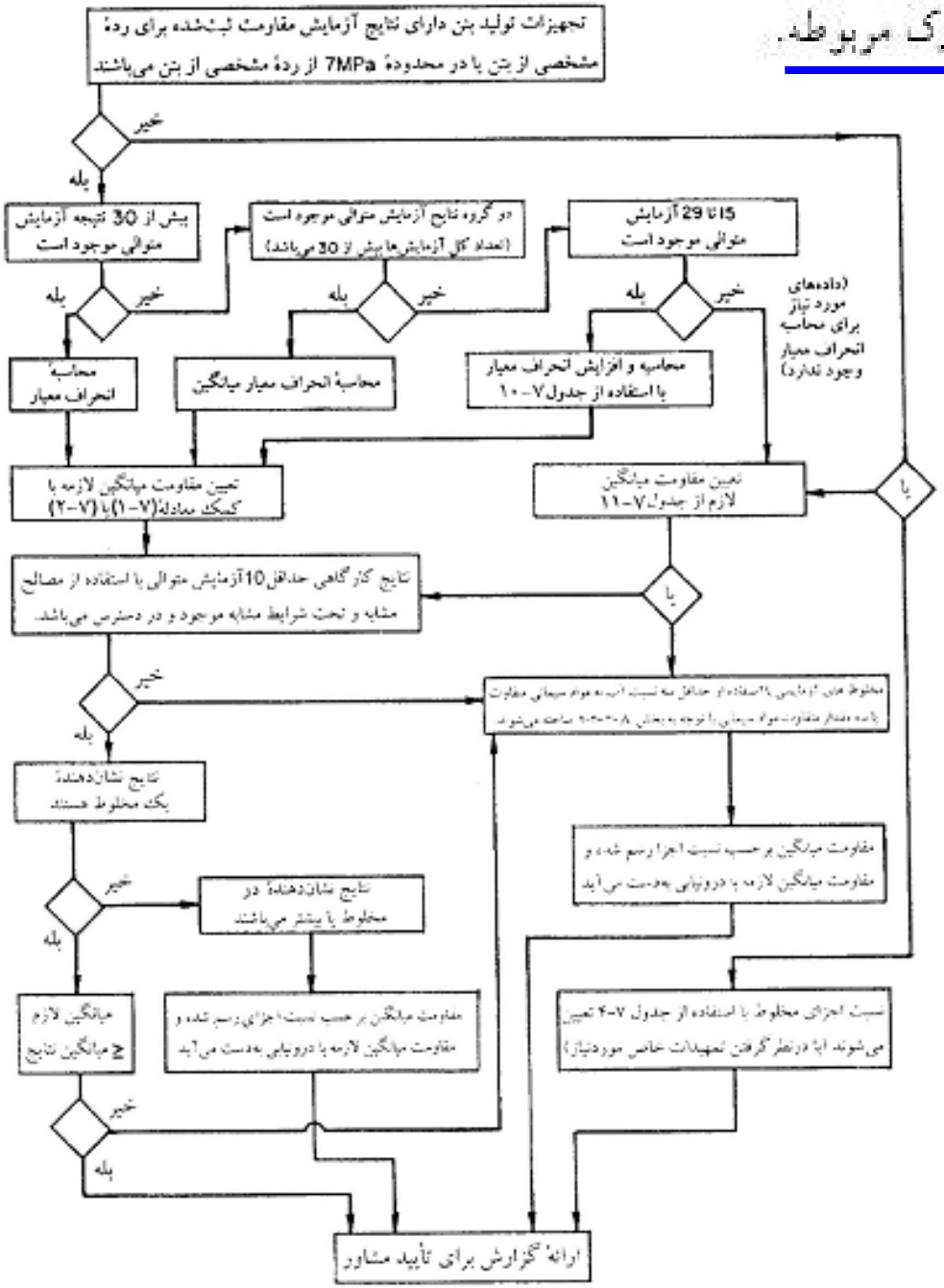
چسب بتن یا افزودنیهاي پیوندساز

Increase bond strength

increase the bond strength between old and new concrete

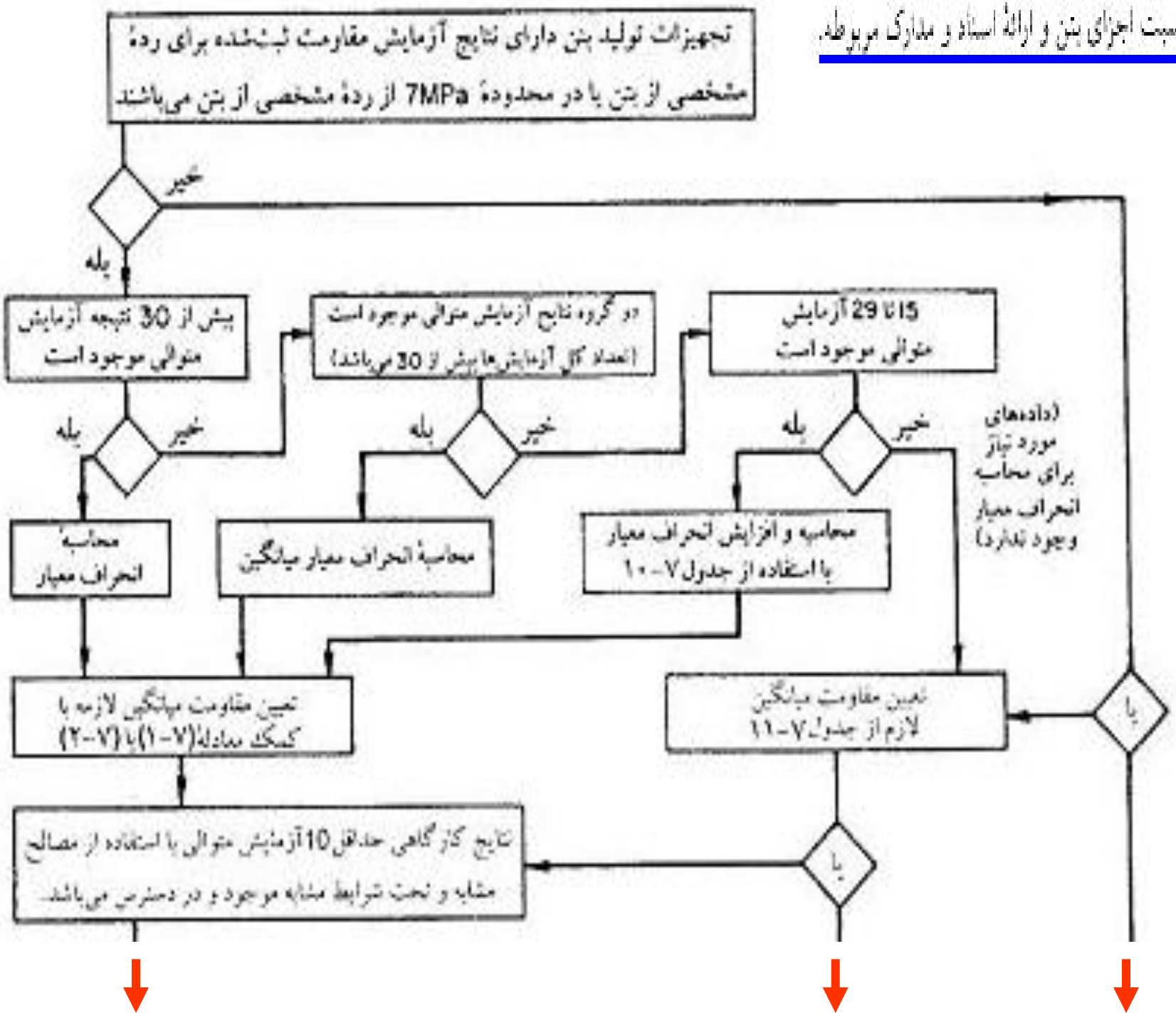
Polyvinyl chloride,
polyvinyl acetate,
acrylics
epoxy resins (ASTM C 881)
latex (ASTM C 1059)

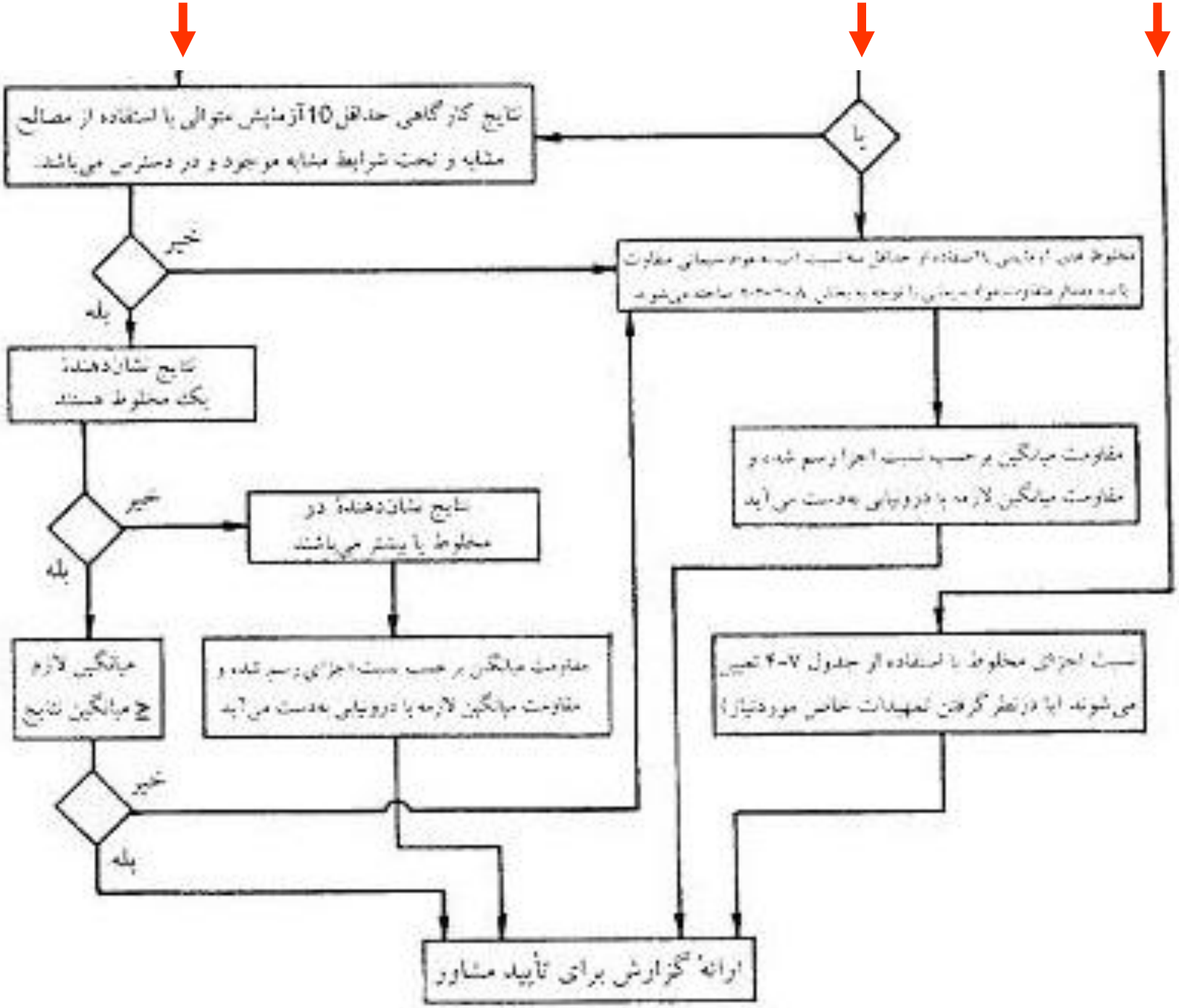
روند نمای انتخاب نسبت اجزای بتن و ارائهٔ اسناد و مدارک مربوطه.



شکل ۴.۷ روند نمای انتخاب نسبت 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 نشان‌دهندهٔ یک مخلوط هستند
نتایج نشان‌دهندهٔ دو مخلوط یا بیشتر می‌باشند
خیر
بله
میانگین لازم ج میانگین نتایج
خیر
بله
مقاومت میانگین بر حسب نسبت اجزای رسم شده و مقاومت میانگین لازمه با درونیابی به‌دست می‌آید
مقاومت میانگین بر حسب نسبت اجزای رسم شده و مقاومت میانگین لازمه با درونیابی به‌دست می‌آید
ارائهٔ گزارش برای تأیید مشاور

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

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.

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

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

$$f_{cm} = f_c + ۱/۳۴s + ۱/۵MPa$$

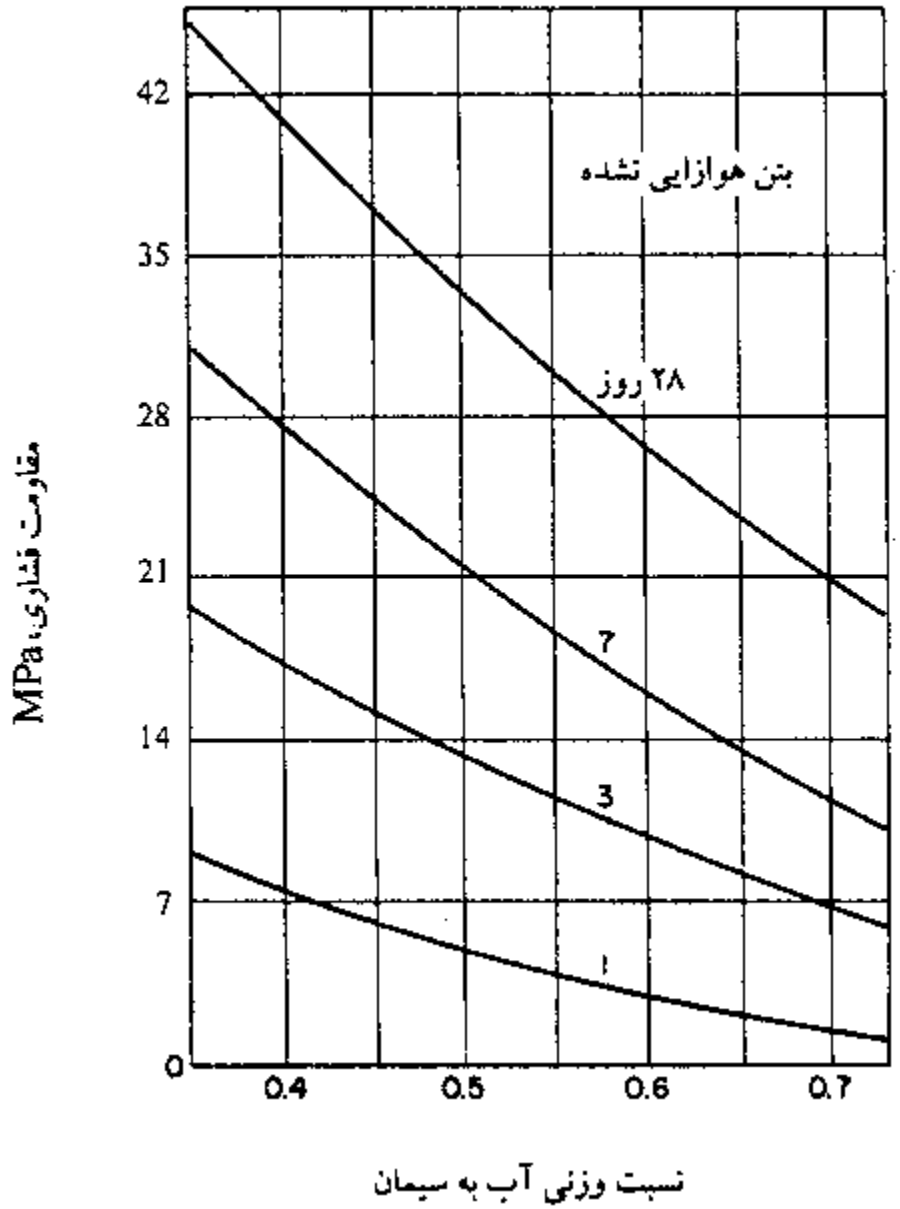
مقاومت فشاری متوسط

$$f_{cm} = f_c + ۲/۳۳s - ۴MPa$$

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	$f'_c + ۹/۸$

رابطهٔ بین مقاومت و نسبت آب به سیمان



- مقاومت
- دوام

W/C

قانون آبرامز

W/C ⟹ strength

دوام

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

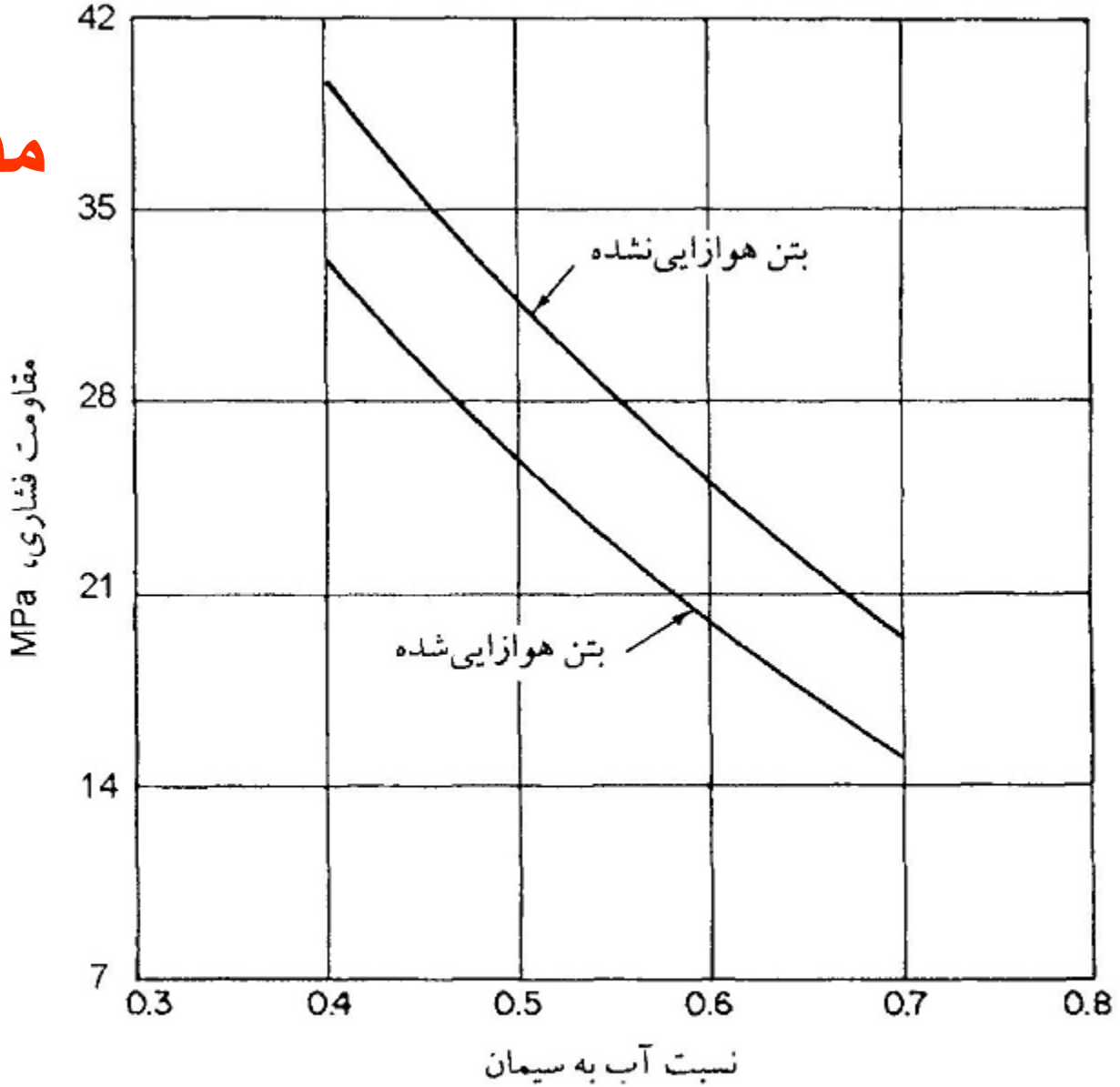
شرایط محیطی	حداکثر نسبت وزنی آب به سیمان برای بتن معمولی
بتنی که با به‌کار بردن مواد شیمیایی یخ‌زدا در برابر یخ زدن و آب شدن محافظت می‌شود.	نسبت آب به سیمان بر پایه مقاومت، کارایی، و نیازهای پرداخت‌کردن انتخاب می‌شود.
بتن آب‌بند:	
(الف) بتن در تماس با آب شیرین	۰/۵۰
(ب) بتن در تماس با آب شور یا آب دریا	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



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) [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 هـوای 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 ($\frac{۳}{۴}$ 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.

مقدار آب

برای سنگدانه های نسبتا تیزگوشه 12 kg و

برای شن با برخی دانه های شکسته 21 kg و

برای شن گردگوشه 26 kg

آب را میتوان کاهش داد.

افزودن 6kg آب، اسلامپ را 25mm

افزایش میدهد.

با 1%کاهش هوا، مقدارآب 3 kg افزایش

می یابد.

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

اسلامپ	آب، کیلوگرم بر متر مکعب بتن، برای بزرگ‌ترین اندازه‌های سنگدانه نشان داده شده[1]							
(mm)	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 335 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 نمره8/3و 4 و 8 و 16 30و50و100 بخش بر 100

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($\frac{3}{8}$")	۰٫۵۰	۰٫۴۸	۰٫۴۶	۰٫۴۴
۱۲٫۵($\frac{1}{2}$")	۰٫۵۹	۰٫۵۷	۰٫۵۵	۰٫۵۳
۱۹٫۰($\frac{3}{4}$")	۰٫۶۶	۰٫۶۴	۰٫۶۲	۰٫۶۰
۲۵٫۰(۱")	۰٫۷۱	۰٫۶۹	۰٫۶۷	۰٫۶۵
۳۷٫۵(۱$\frac{1}{2}$")	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

SSD جذب ۰٫۵ درصد

نمونهٔ دارای مقدار رطوبت ۲ درصد

سنگدانهٔ ریز ماسهٔ طبیعی چگالی خشک ۲٫۶۴

SSD جـذب ۰٫۷ درصـد

نـمونهٔ دارای مقدار رطوبت ۶ درصد

مدول نرمی ۲٫۸۰ ← مجموع درصد تجمعی مانده روی الکهای نمره8/3و 4 و 8 و 16 30و50و100 بخش بر 100

مـقاومت

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

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

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 ۹b از ASTM C31 به مدت ۲۸ روز در دمای ۲۳± ۱°C به‌طور مرطوب عمل آورده شده باشند.

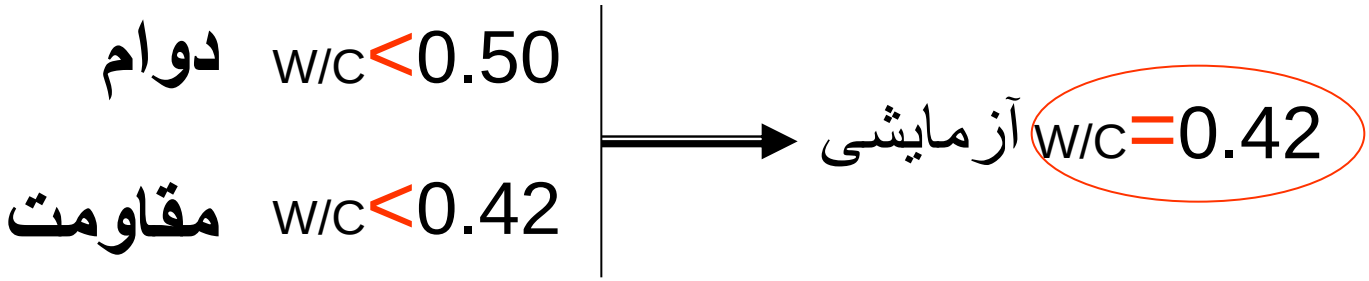
این رابطه با فرض بزرگ‌ترین اندازهٔ سنگدانه، ۱۹mm (۳/۴ in) تا ۲۵mm (۱ in)، به‌دست آمده است.

برگرفته شده از مرجع ۶.۷.

با درونیابی

W/C<0.42

$f'_{cr} = ۲۴٫۵ + ۸٫۴ = ۳۲٫۹$ MPa


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

اسلامپ

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

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

حداکثر اسلامپ

۷۵ mm

مقدار آب.

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[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 ۱/۲ 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.

برای شن با برخی دانه های شکسته

21 kg آب 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

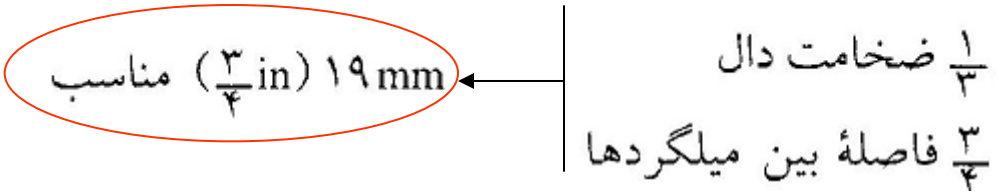
حداقل مقدار سیمان 335 کیلوگرم در مترمکعب

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 ± ٪۱٫۰

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$\frac{۱}{۲}$ in) 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.

مـــقدار مـــادهٔ افـــزودنی.

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 ماسهٔ طبیعی

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

SSD جذب ۰٫۷ درصد سنگدانهٔ ریز ← (۰٫۷ جذب درصد: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

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	۲۰۲	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

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

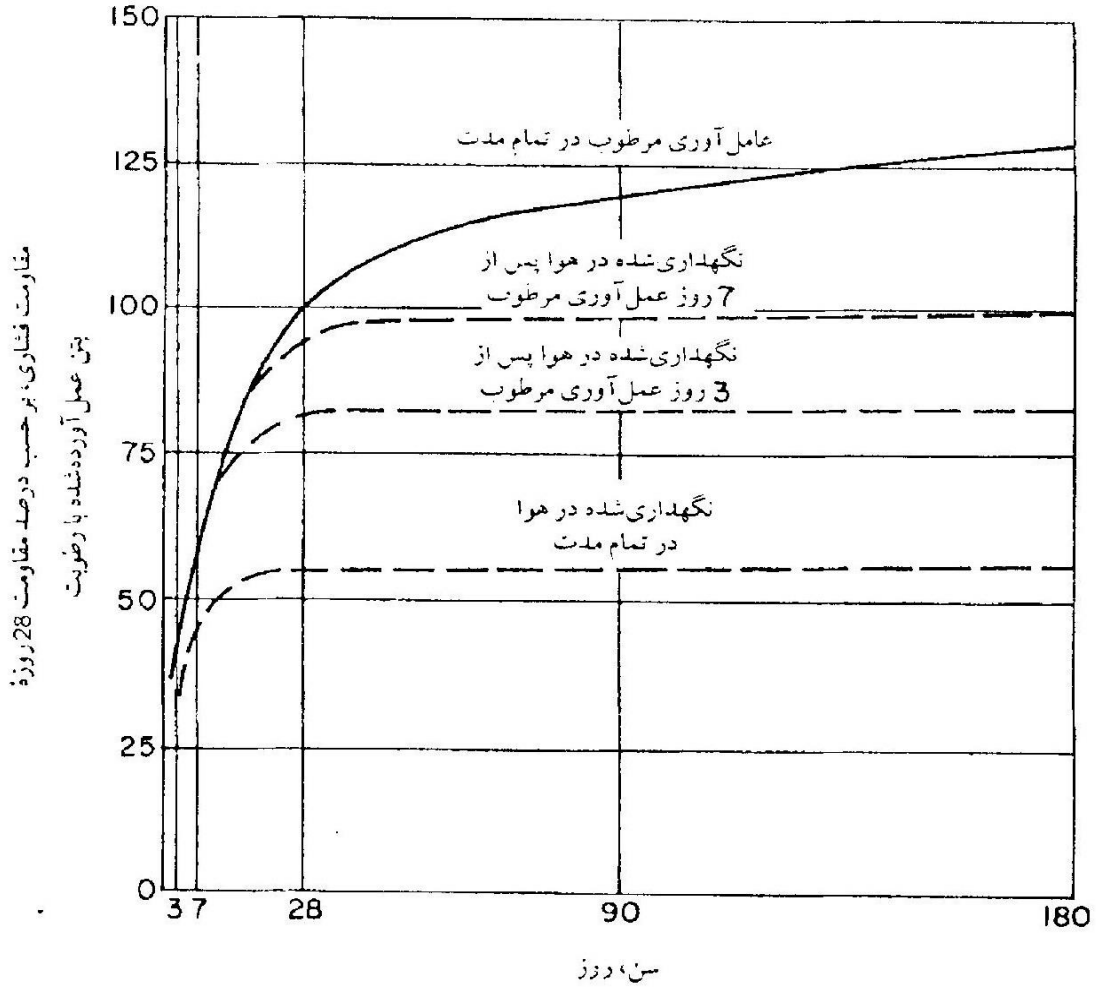
۱. چنانچه از سنگ خرد شده استفاده می‌شود، مقدار سنگدانهٔ درشت را به اندازهٔ ۴۸kg کاهش و سنگدانهٔ ریز را ۴۸kg افزایش دهید. (برگرفته شده از مرجع ۱.۷)

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	$۲\frac{۱}{۴}$	$۱\frac{۱}{۲}$	$\frac{۱}{۳}$	۱	$۲\frac{۱}{۲}$	$۱\frac{۱}{۲}$	$\frac{۱}{۲}$
۱۲٫۵	۱	$۲\frac{۱}{۴}$	۲	$\frac{۱}{۳}$	۱	$۲\frac{۱}{۲}$	۲	$\frac{۱}{۳}$
۱۹٫۰	۱	$۲\frac{۱}{۴}$	$۲\frac{۱}{۲}$	$\frac{۱}{۲}$	۱	$۲\frac{۱}{۲}$	$۲\frac{۱}{۲}$	$\frac{۱}{۳}$
۲۵٫۰	۱	$۲\frac{۱}{۴}$	$۲\frac{۳}{۴}$	$\frac{۱}{۲}$	۱	$۲\frac{۱}{۲}$	$۲\frac{۳}{۴}$	$\frac{۱}{۳}$
۳۷٫۵	۱	$۲\frac{۱}{۴}$	۳	$\frac{۱}{۲}$	۱	$۲\frac{۱}{۲}$	۳	$\frac{۱}{۳}$

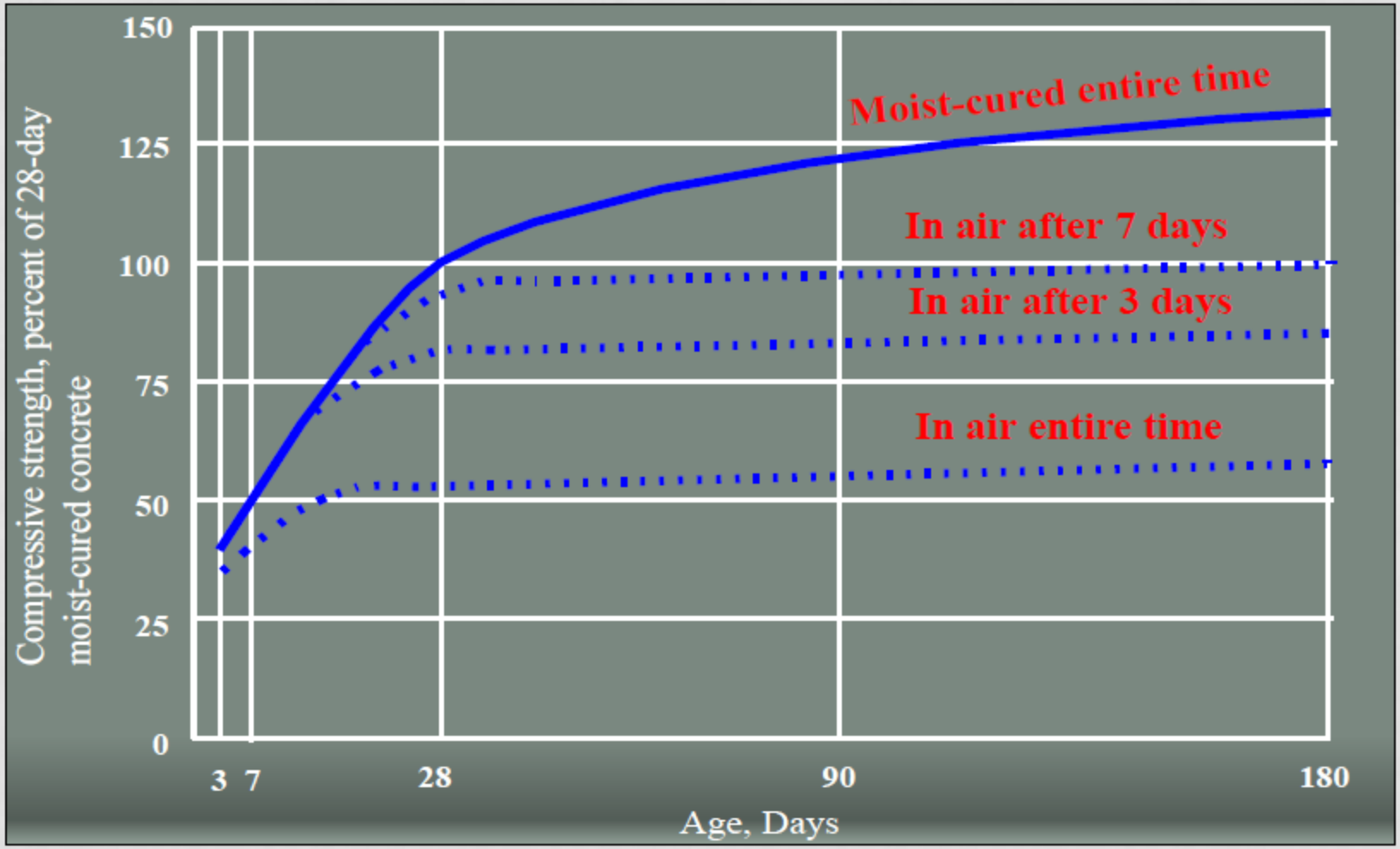
۱. حجم ترکیب شدهٔ مصالح تقریباً $\frac{۲}{۳}$ مجموع حجم‌های انبوهی اولیه است. (برگرفته شده از مرجع ۱.۷)

تاثیر عمل آوری



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

Effect of Curing on Compressive Strength



۶-۵ ارزیابی و پذیرش بتن

۶-۵-۱ پذیرش بتن، تواتر نمونه‌برداری و آزمایش مقاومت

پذیرش بتن در کارگاه بر اساس نتایج آزمایش فشاری نمونه‌های برداشته شده از بتن مصرفی صورت می‌پذیرد. دفعات نمونه‌برداری از بتن باید بنحوی یکنواخت در طول مدت تهیه و مصرف بتن توزیع شوند. نمونه‌ها باید از محل نهایی مصرف برداشته شوند.

۶-۵-۱-۱ مقصود از هر نمونه‌برداری از بتن، تهیه دو آزمونه از آن است که آزمایش فشاری آنها در سن ۲۸ روزه یا هر سن مقرر شده دیگری انجام می‌پذیرد و متوسط مقاومتهای فشاری به دست آمده به عنوان نتیجه نهایی آزمایش منظور می‌شود. برای ارزیابی کیفیت بتن قبل از موعد مقرر می‌توان یک آزمونه دیگر هم به منظور انجام آزمایش مقاومت فشاری تهیه کرد.

۶-۵-۱-۲ در صورتی که حجم هر اختلاط بتن بیشتر از یک متر مکعب باشد، تواتر نمونه‌برداری باید به ترتیب زیر باشد:

الف- برای دالها و دیوارها، یک نمونه‌برداری از هر ۳۰ متر مکعب بتن یا ۱۵۰ متر مربع سطح.

ب- برای تیرها و کلافها، در صورتی که جدا از قطعات دیگر بتن‌ریزی می‌شوند، یک نمونه‌برداری از هر ۱۰۰ متر طول.

پ- برای ستونها، یک نمونه‌برداری از هر ۵۰ متر طول.

۶-۵-۲ ضوابط پذیرش بتن- آزمونه‌های عمل آمده در آزمایشگاه

۶-۵-۲-۱ مشخصات بتن در صورتی منطبق بر رده مورد نظر و قابل قبول تلقی می‌شود که یکی از شرایط زیر برقرار باشد:

الف- در آزمایش سه نمونه برداری متوالی، مقاومت هیچکدام کمتر از مقاومت مشخصه نباشد:

$$X_{1,2,3} \geq f_c \qquad (۶-۳)$$

ب- متوسط مقاومتهای نمونه‌ها حداقل ۱/۵ مگاپاسکال (نیوتن بر میلیمتر مربع) بیشتر از مقاومت مشخصه باشد و کوچکترین مقاومت نمونه‌ها از مقاومت مشخصه منهای ۴ مگاپاسکال (نیوتن بر میلیمتر مربع) کمتر نباشد:

$$\bar{x}_3 \geq f_c + 1.5 \qquad (۶-۴)$$

$$x_{min} \geq f_c - 4 \qquad (۶-۵)$$

۶-۵-۲-۲ مشخصات بتن در صورتی غیر قابل قبول است که متوسط مقاومتهای نمونه‌ها از مقاومت مشخصه کمتر باشد یا کوچکترین مقاومت نمونه‌ها از مقاومت مشخصه منهای ۴ مگاپاسکال (نیوتن بر میلیمتر مربع) کمتر باشد:

$$\bar{x}_3 < f_c \qquad \text{یا} \qquad x_{min} < f_c - 4 \qquad (۶-۶)$$

۶-۵-۲-۳ مشخصات بتنی را که با توجه به شرایط بند ۶-۵-۲-۲ غیر قابل قبول نباشد ولی مطابق شرایط بند ۶-۵-۲-۱ ب قابل قبول هم به شمار نیاید می‌توان به تشخیص طراح بدون بررسی بیشتر، از نظر سازه‌ای قابل قبول تلقی کرد. در صورتی که مشخصات بتن مطابق بند ۶-۵-۲-۲ به هر حال غیر قابل قبول باشد اقداماتی مطابق بند ۶-۶ الزامی است.

۶-۵-۲-۴ در کنترل شرایط انطباق بتن بر رده مورد نظر، نباید از نتیجه آزمایش هیچکدام از نمونه‌ها صرفنظر شود مگر آن که با دلایل کافی ثابت شود خطای عمده‌ای در نمونه‌برداری، نگهداری، حمل، عمل آوردن، یا آزمایش روی داده است.

High Strength Concrete

Committee 363 adopted the following definition of HSC:

in 1992,
concrete, high-strength—concrete that has a specified compressive strength for design of (41 MPa) orgreater.

in 2001,
concrete, high-strength—concrete that has a specified compressive strength for design of (55 MPa) or greater.

بتن+آرماتور= بتن مسلح

میل گرد صاف ← میل گرد آجدار

↓

فولادهاي با مقاومت بالا { بتن پیش تنیده / بتن پس تنیده }

مزایا:
- کم شدن ترکها
- I_e زیادتر---EIزیادتر---سختی خمشی بالا-----کم شدن تغییرشکلها
- نیروی فشاری زیادتر---تحمل برش زیادتر

معایب:
- اجرای مشکل
- هزینه بالاتر

- دوام بتن

قبل از طرح بتن باید محیط کار و عملکرد بتن شناسایي گردد.

عوامل داخلی و خارجی موثر بر کیفیت و کارایی آن در طول عمر آن مشخص شود.

- آب زیاد در هنگام اختلاط
- تراکم نامناسب
- دانه های متخلخل

عوامل جوی مثل یخ بندان

کربناسیون

باران اسیدی

سایش و فرسایش

عوامل خورنده

سنگدانه های واکنش زا

خوردگی آرماتورها

خستگي –پل –پي ماشین آلات

مقاومت بالا

نفوذ پذیری کم

نسبت آب به سیمان کم

پوشش مناسب آرماتورها

.....

- گسترش ساختمانها افقی ⟵ قائم

⟵ مقاومت بالا

- فوق روان کننده ها SuperPlasticzer

- پوزولانها

- فوق روان کننده ها

SuperPlasticizer = 1%~3% C

Lignosulfonate ⟶ Naphthalene Sulfonate ⟶ Melamine Sulfonate

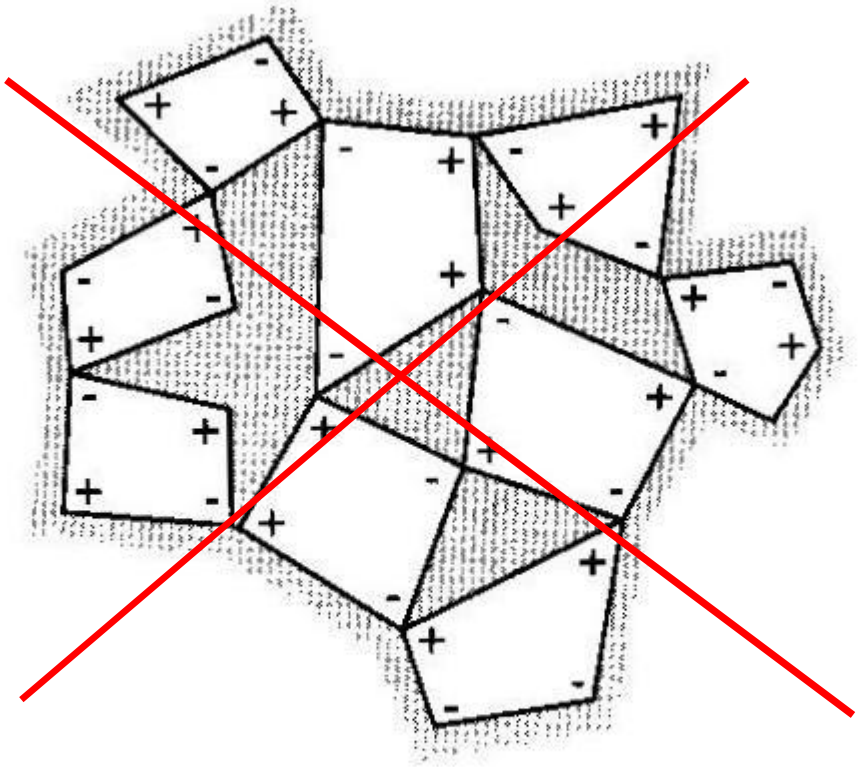
حباب زایی و کندکردن

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

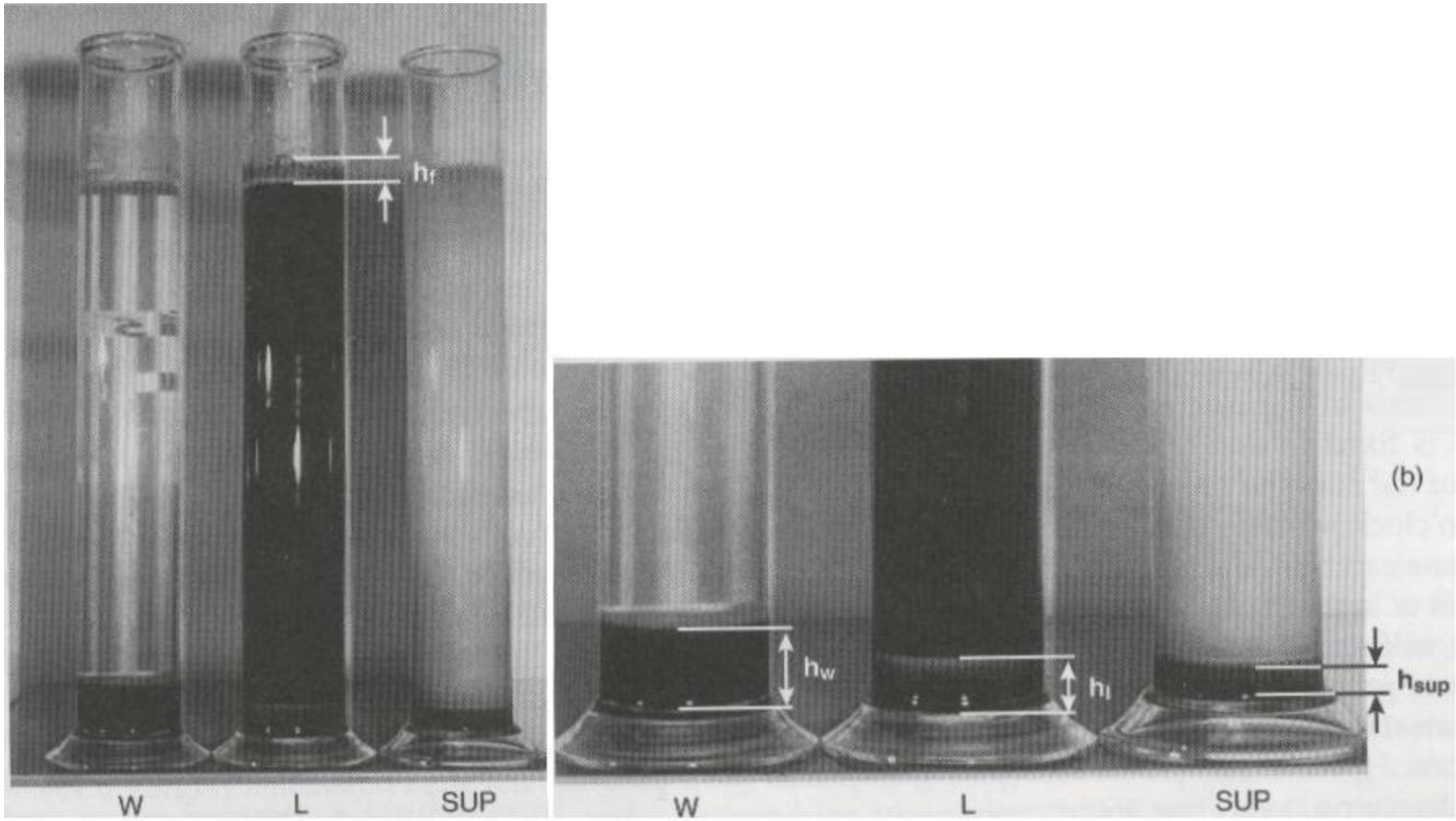


Fig. 6.18 Setting of Portland cement: (a) view of the beakers after 48 hours; (b) detailed view of the volume occupied by the settled particles. W: in water; L: in water + water reducer; SUP: in water + superplasticizer.

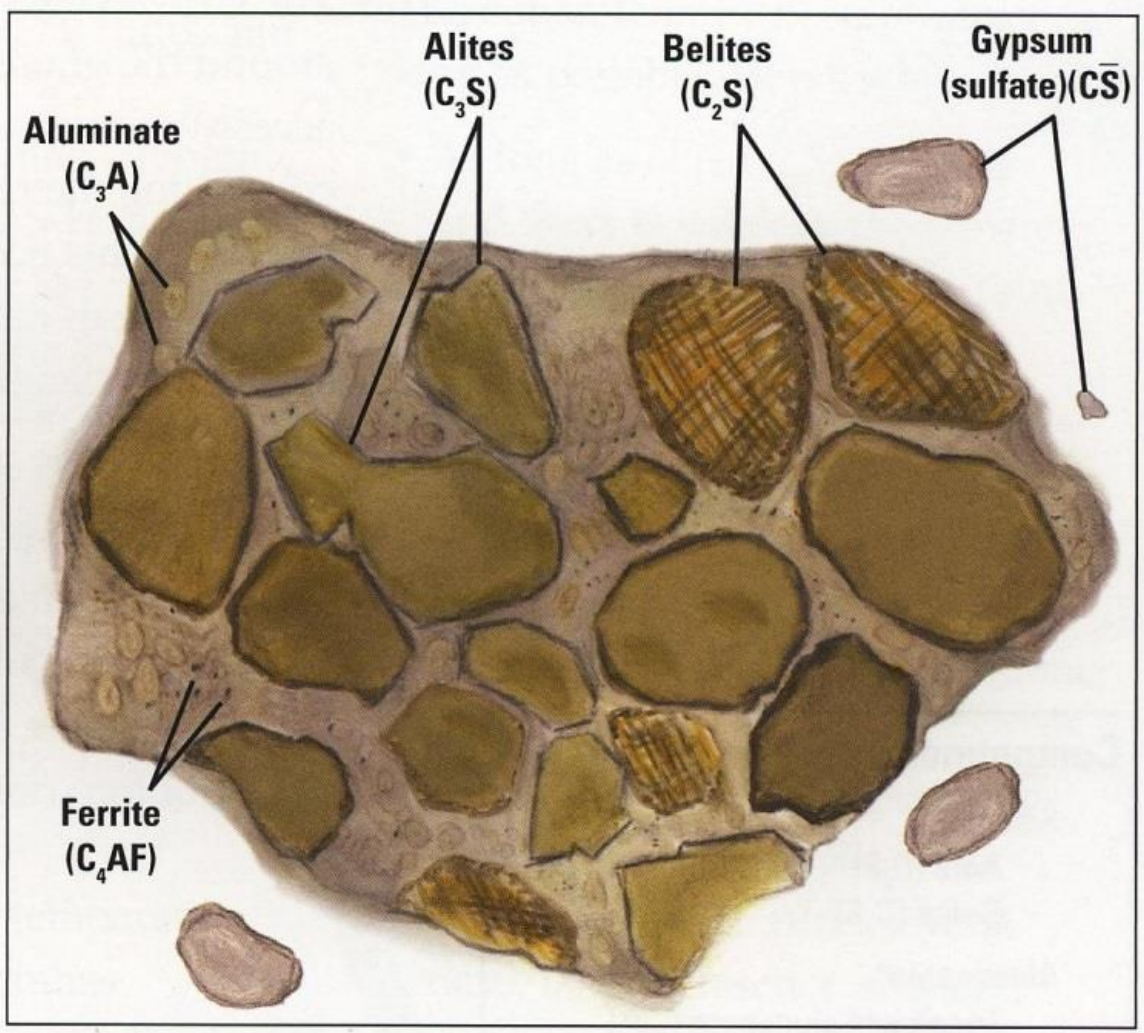
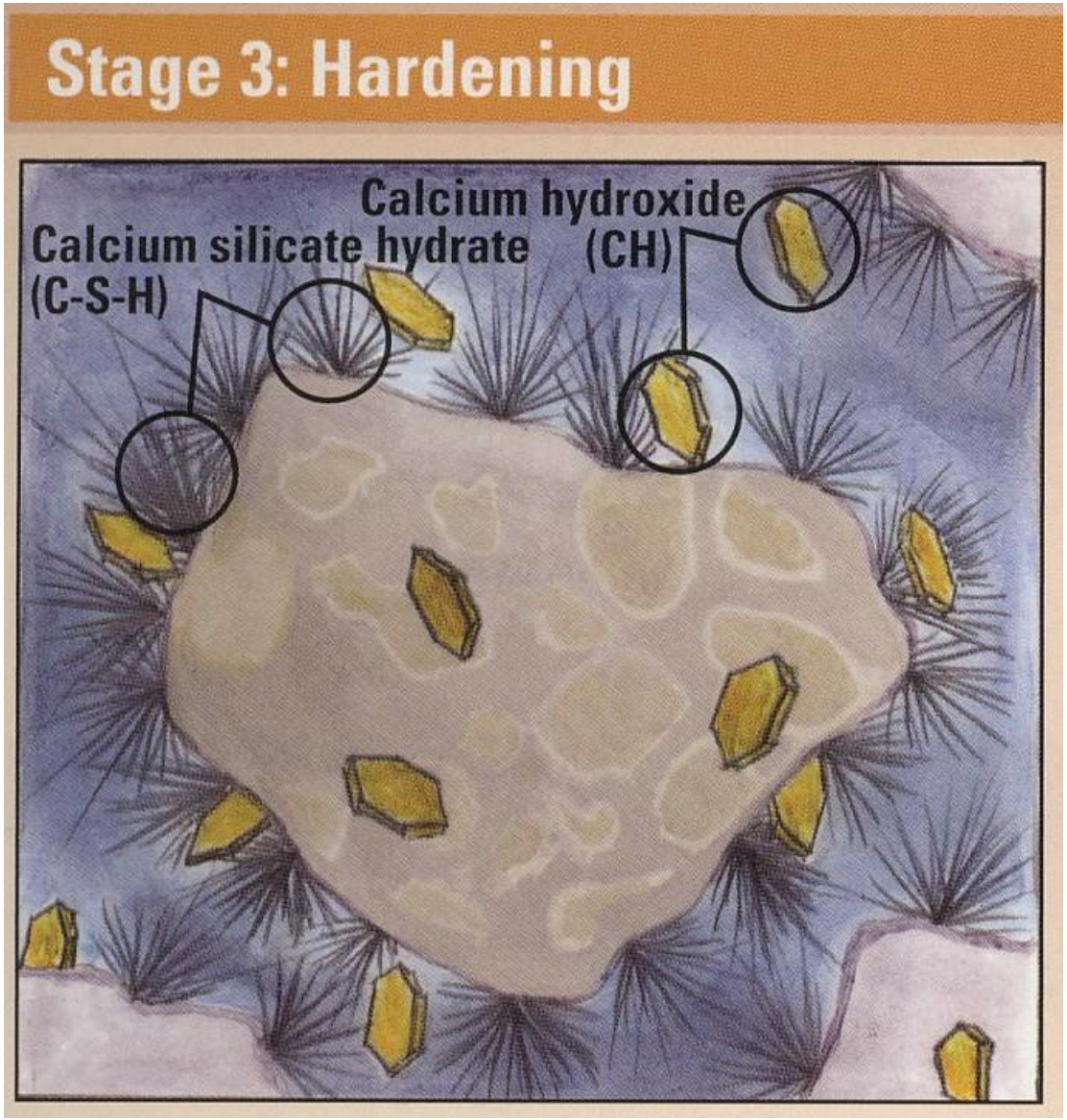


Figure 4-14. Compounds in cement

Cement Particle



Early Stage of Hydration

پوزولانها

پوزولانهای طبیعی و مصنوعی

$P+\underline{W+C} \longrightarrow C\text{-}S\text{-}H$ Calcium Silicate Hydrate

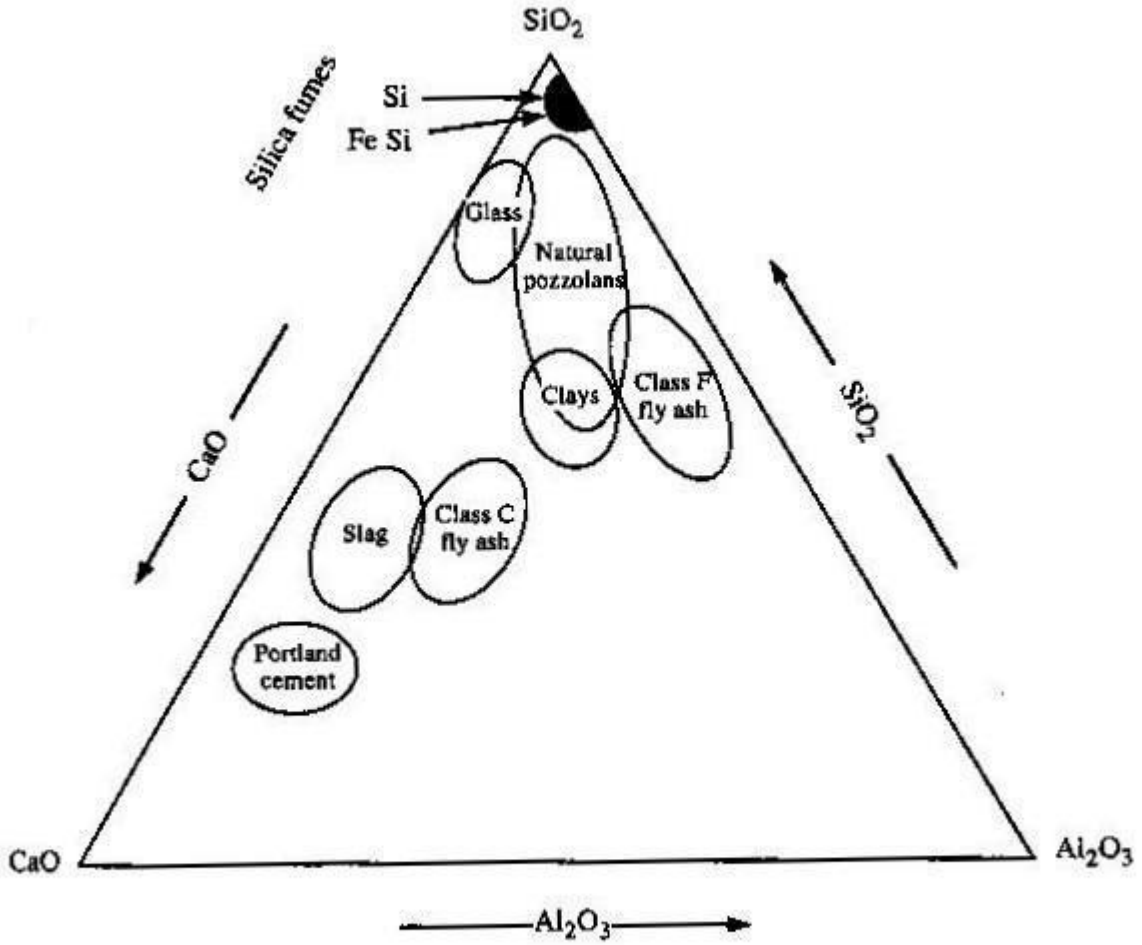
$Ca(OH_2)$

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.

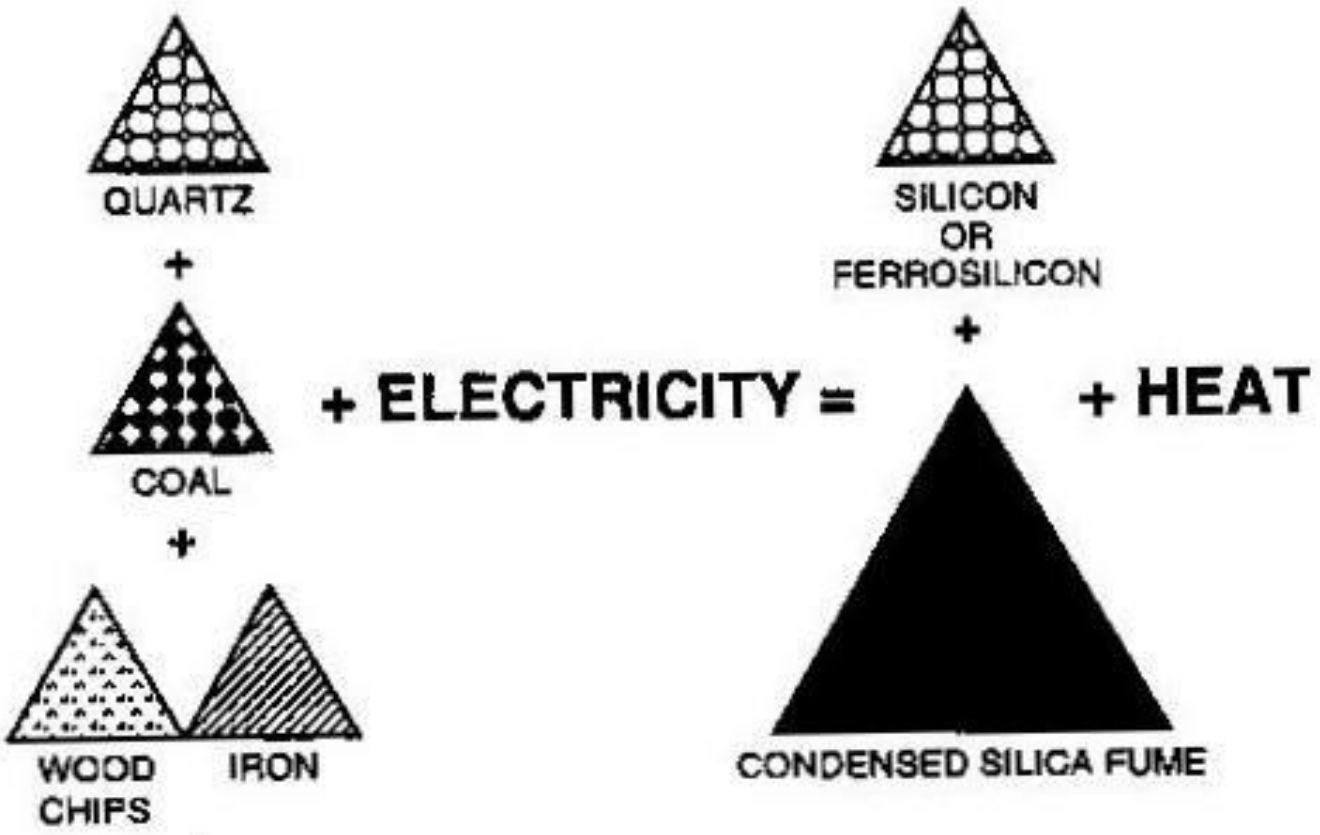
Silica Fume

1952 ⟶ 1972 نروژ ⟶ 1987 آمریکا

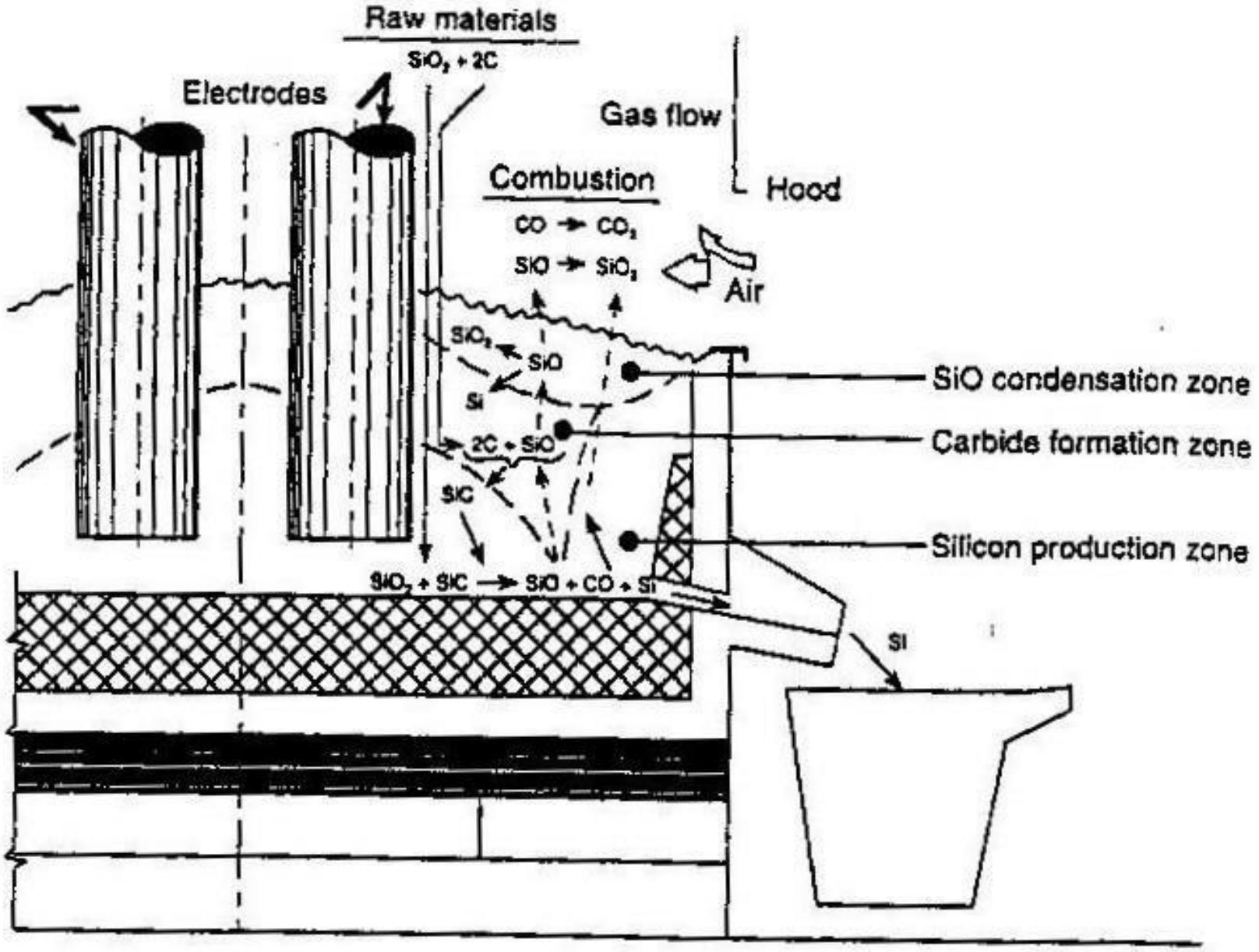
یک انقلاب در بتن

	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.

امتیازات Silica Fume

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

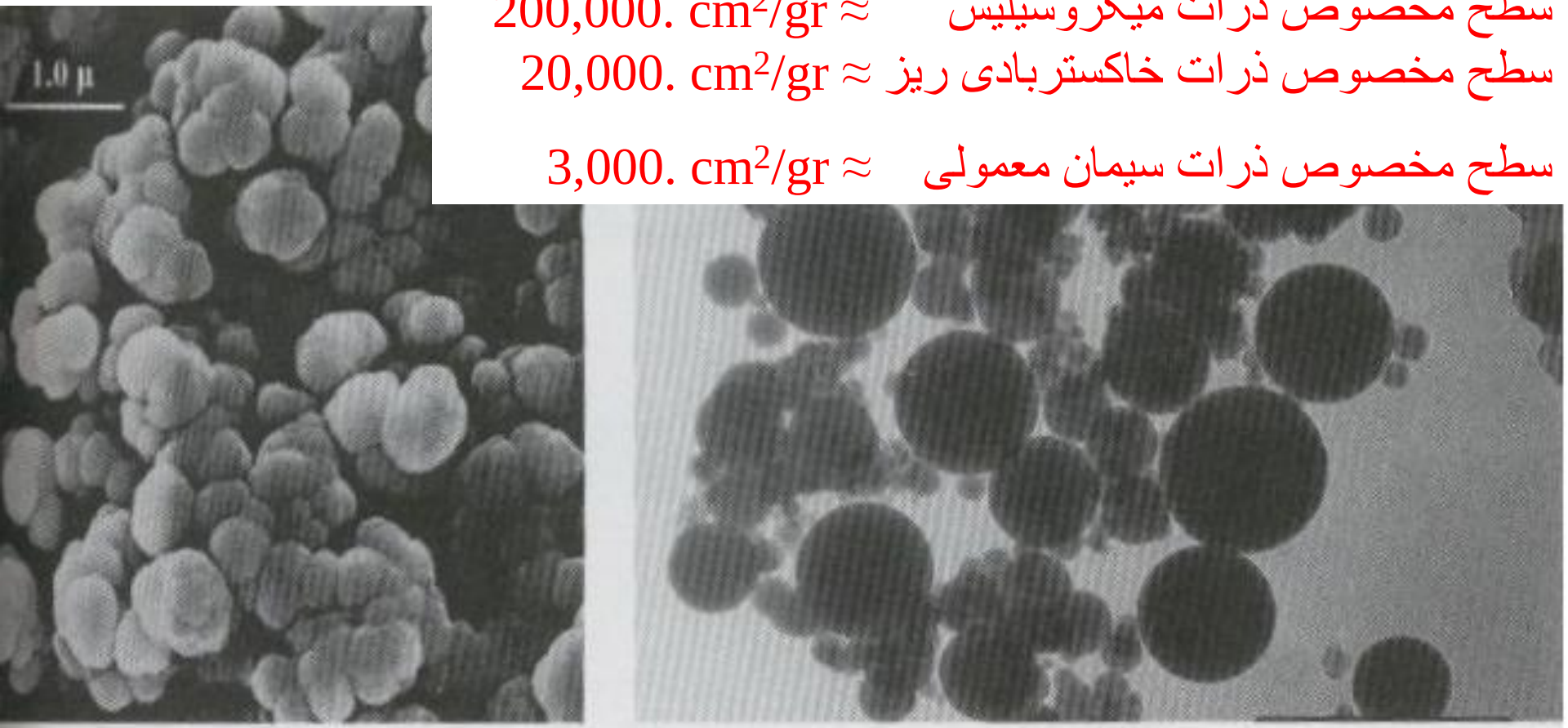
Typical chemical composition of some silica fumes (after Aïtcin, 1983)

	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

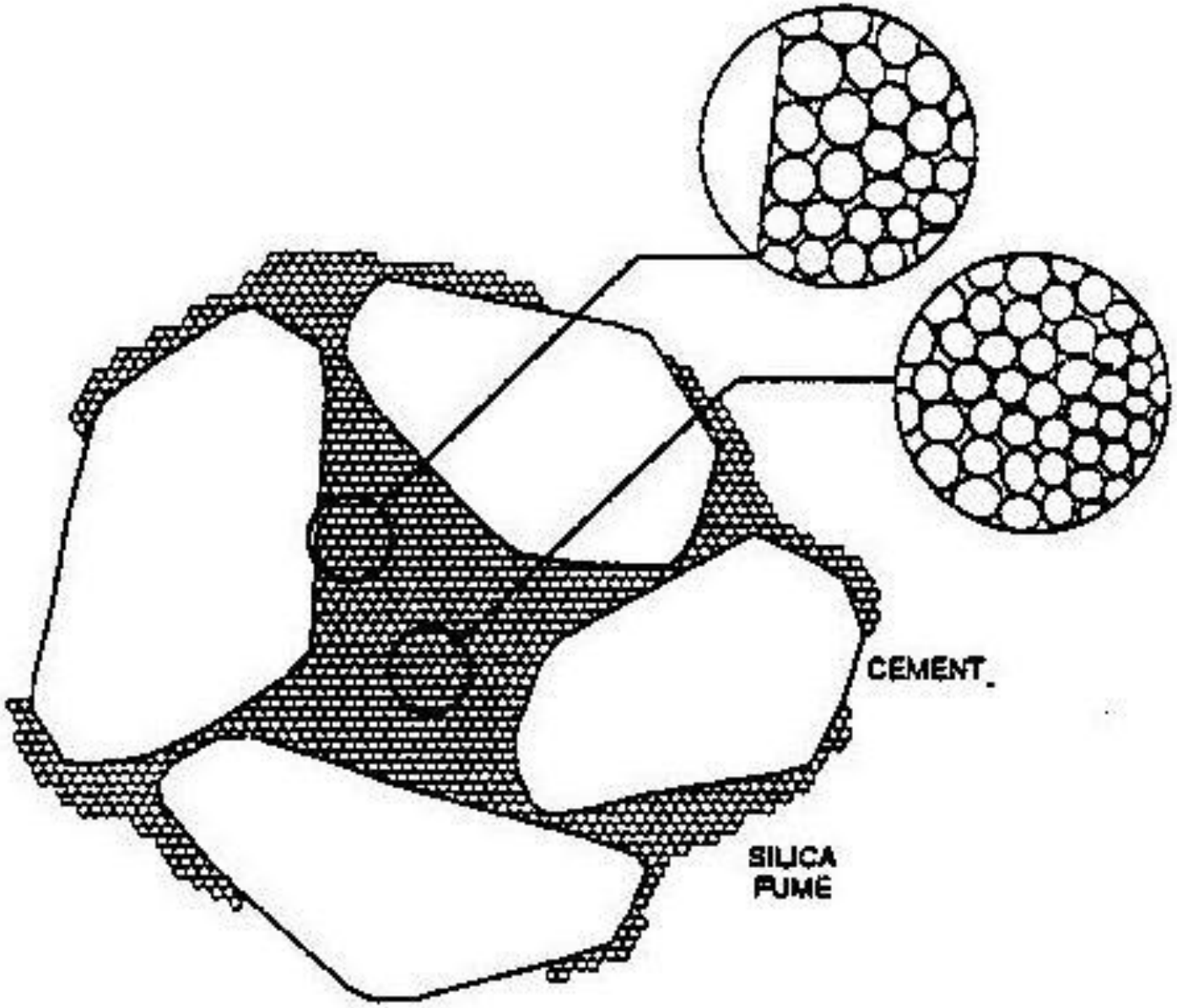
سطح مخصوص ذرات خاکستربادی ریز ≈ 20,000. cm^2/gr

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.

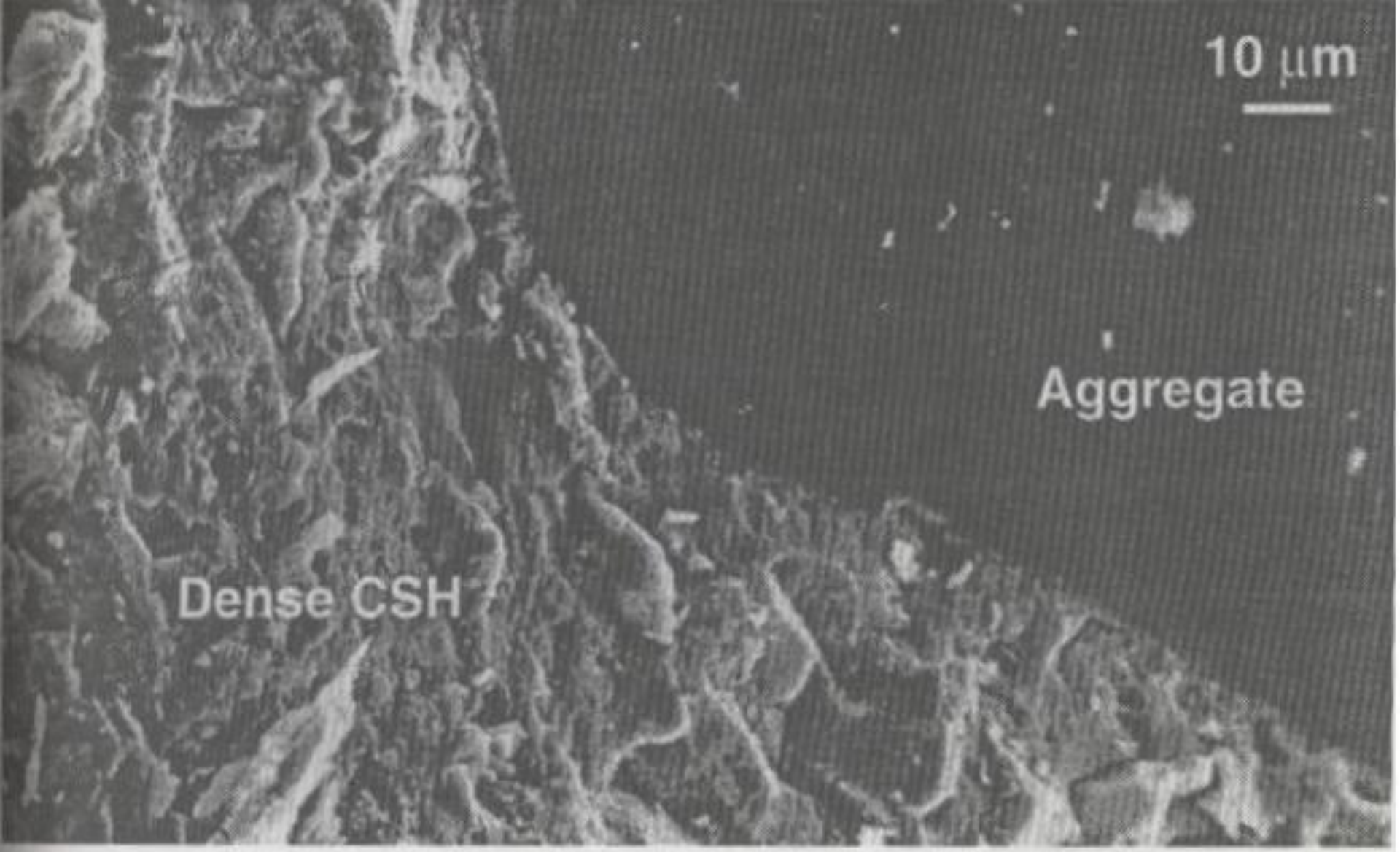


Fig. 6.36 Dense C–S–H in a silica fume concrete around an aggregate. The absence of a transition zone between the aggregate and the paste can be noticed.

Fly Ash

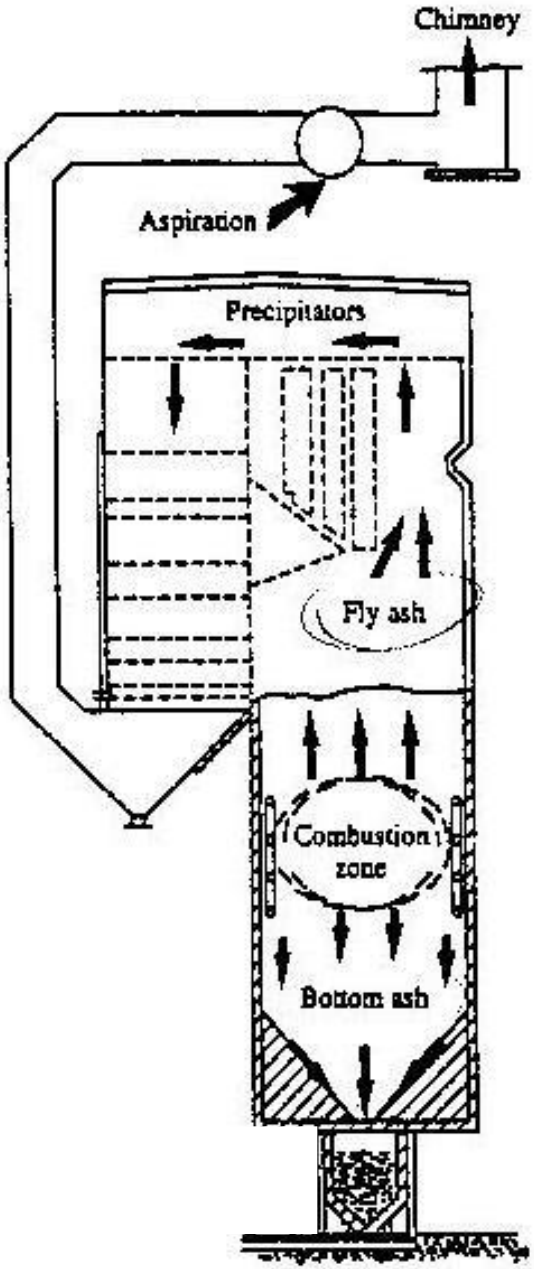
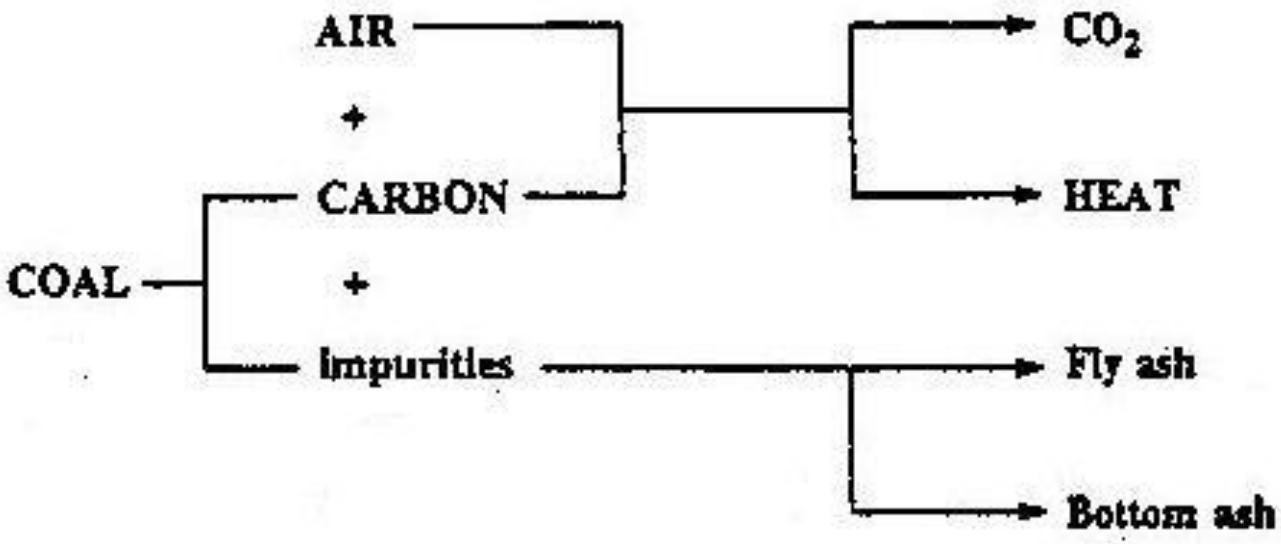


Fig. 6.44 Schematic representation of the formation of fly ash



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

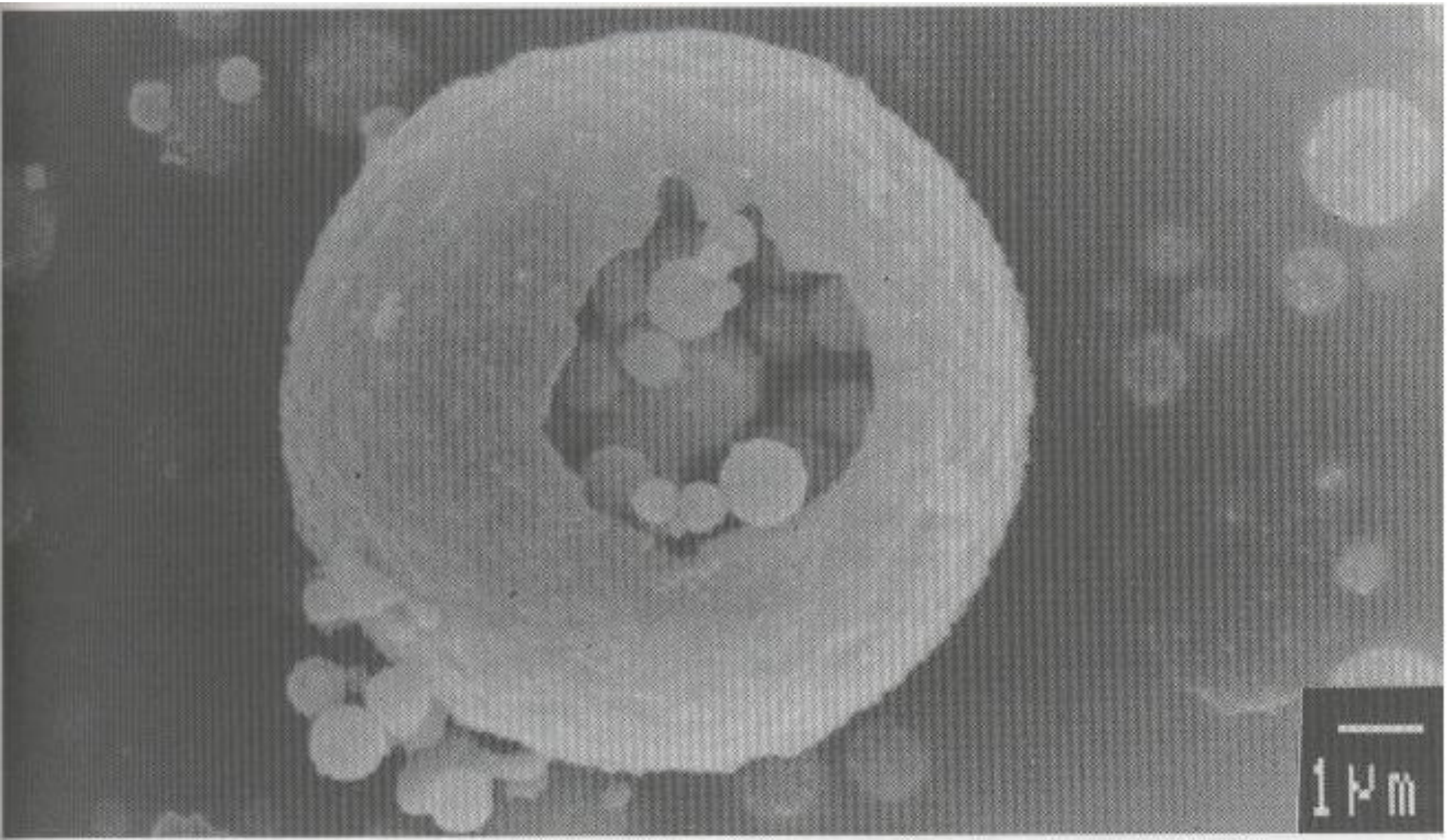


Fig. 6.47 Plerosphere containing cenospherical particles of fly ash.

Blast Furnace Slag

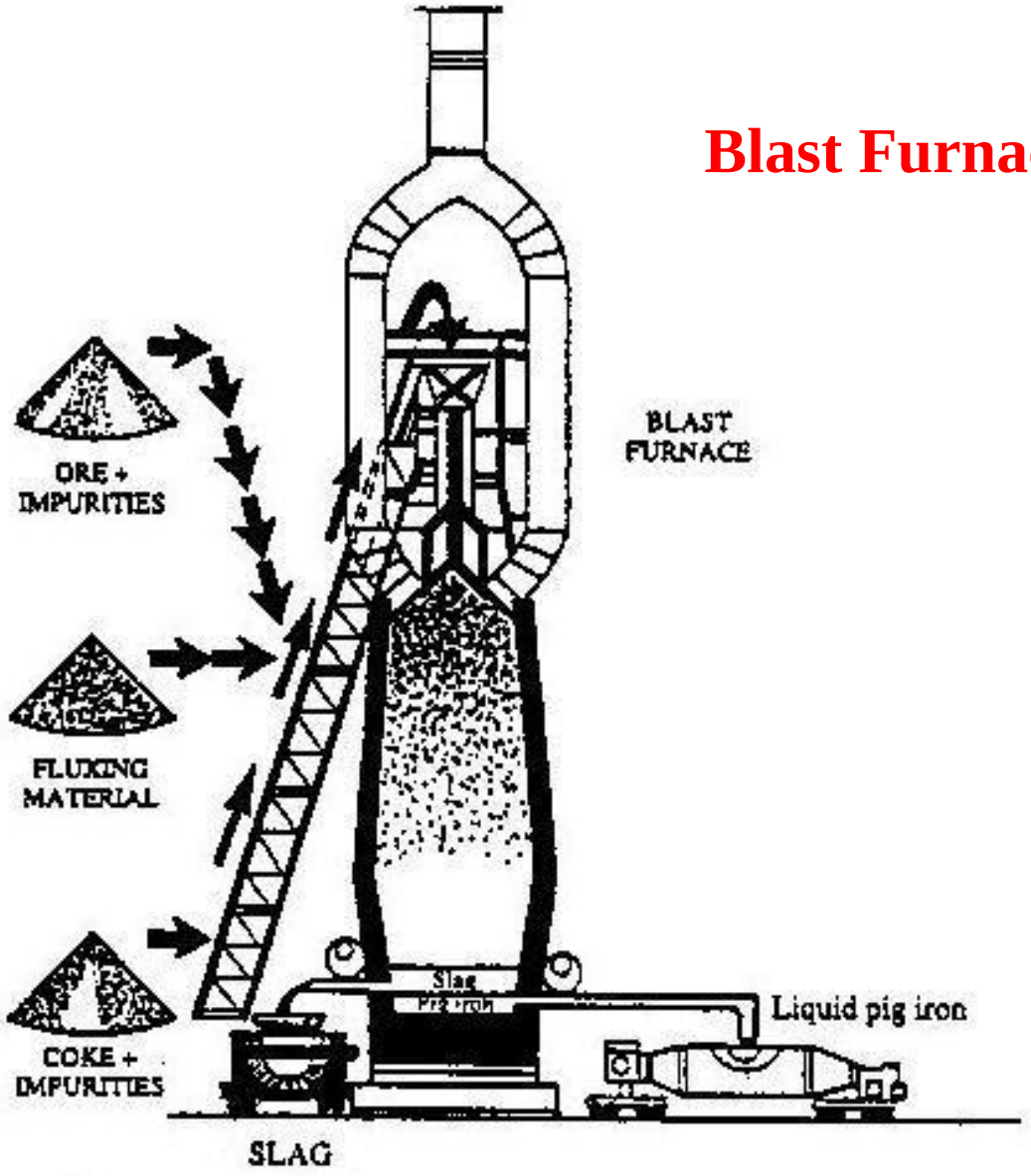


Fig. 5.37 Schematic representation of a blast furnace.

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%	–

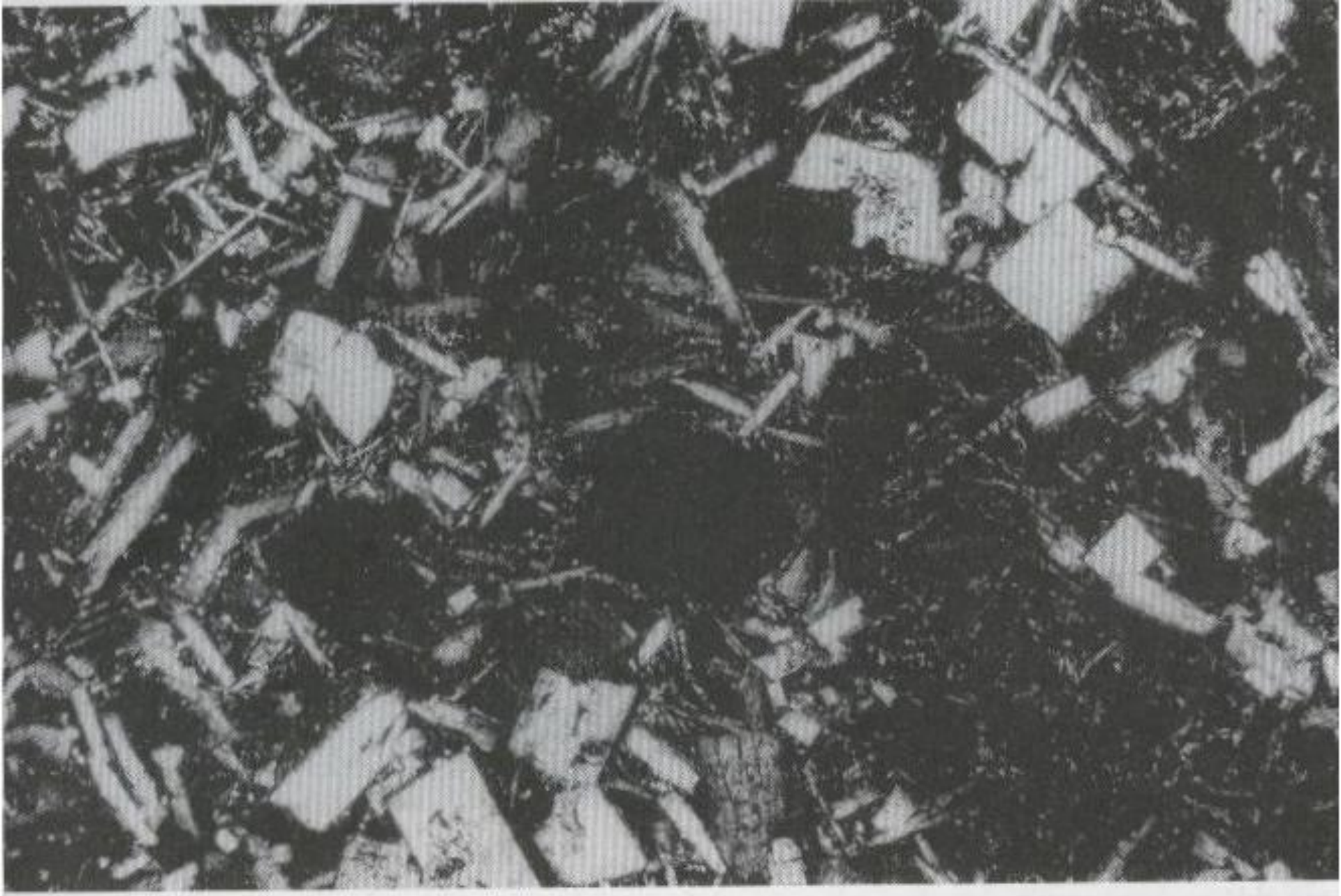


Fig. 6.39 Air-cooled or crystallized slag under polarized light in an optical microscope. The white prismatic crystals are melilite.

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

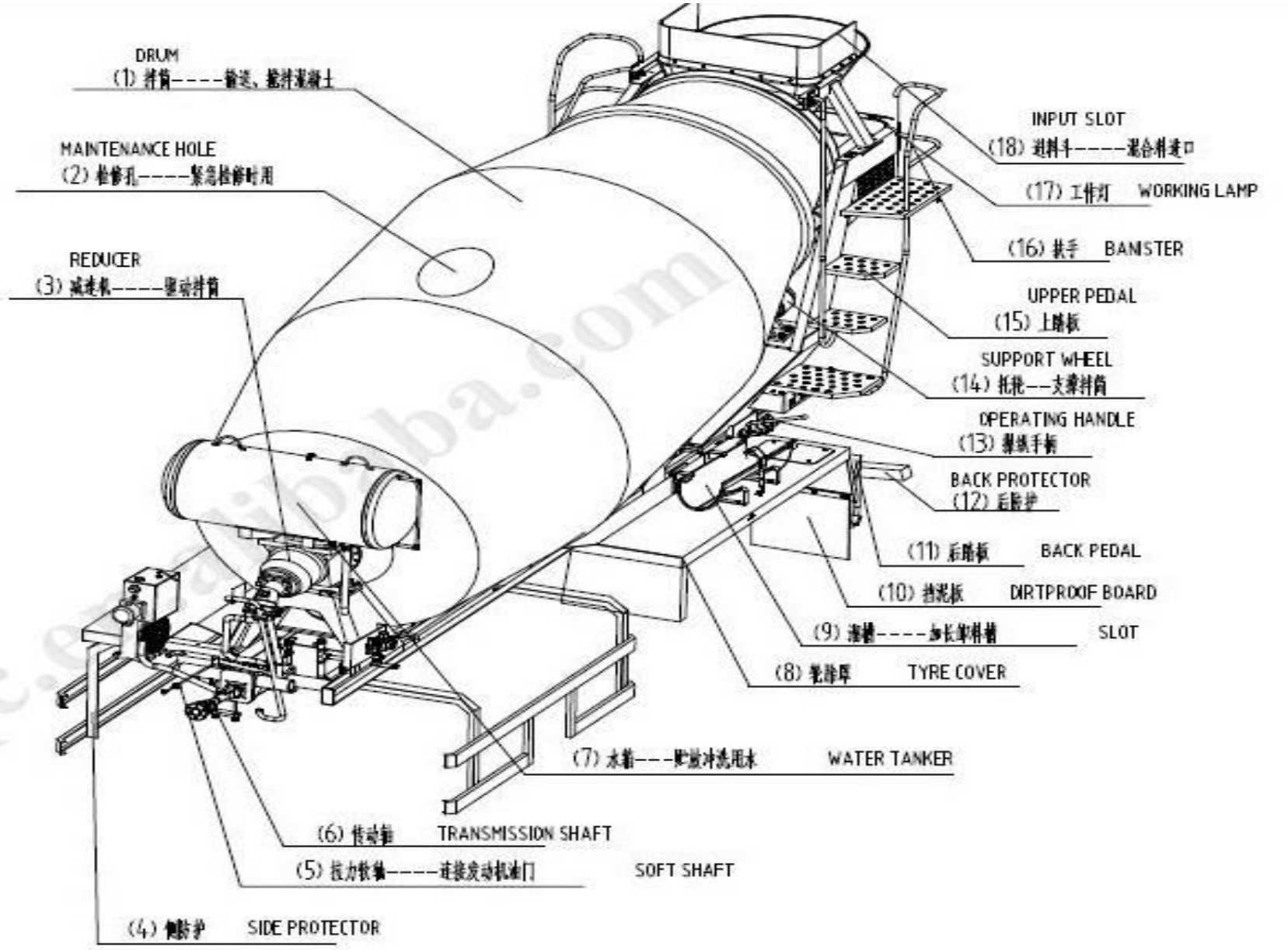
میکسر های معمولی

نمای بیرونی وداخلی

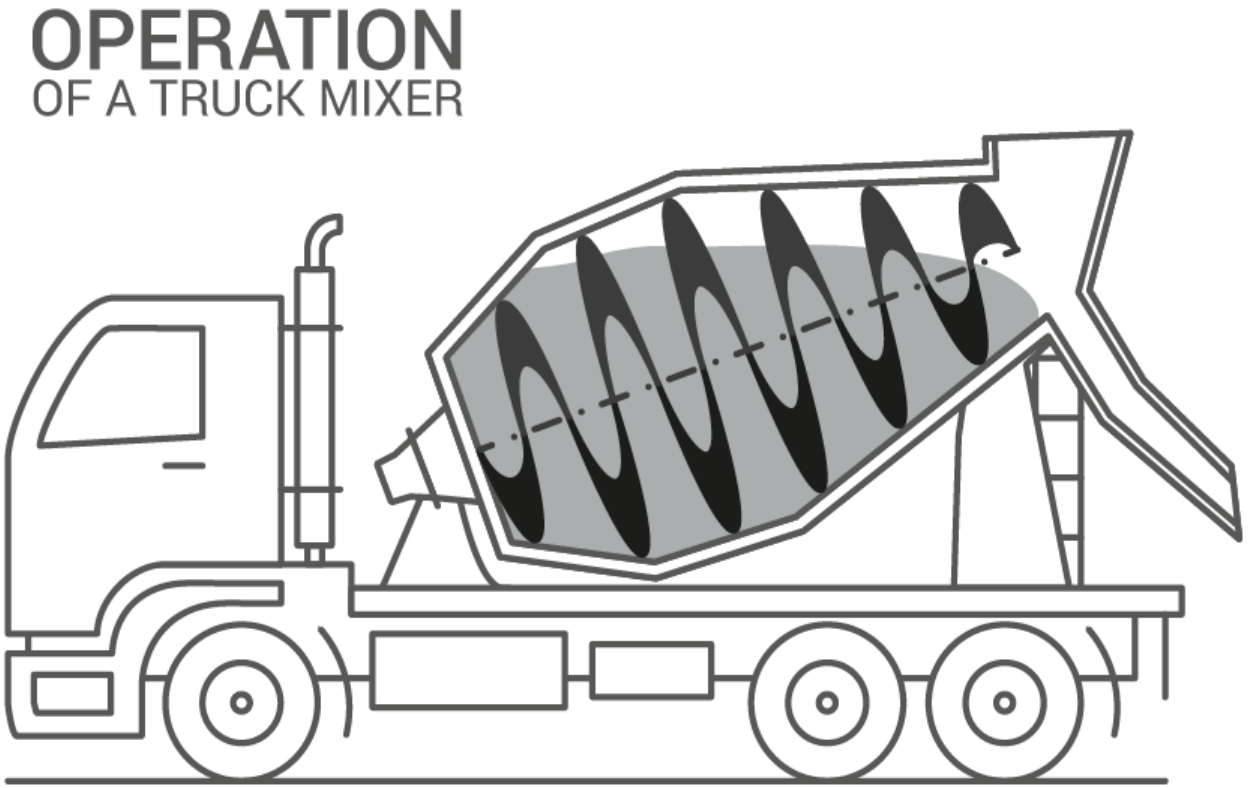
Putzmeister

نمای بیرونی

نمای داخلی


DRUM
(1) 拌筒----输送、搅拌混凝土
MAINTENANCE HOLE
(2) 检修孔----紧急检修时用
REDUCER
(3) 减速机----驱动拌筒
(4) 侧防护 SIDE PROTECTOR
(5) 拉力软轴----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) 轮防罩 TYRE COVER
(9) 溜槽----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--支撑拌筒
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

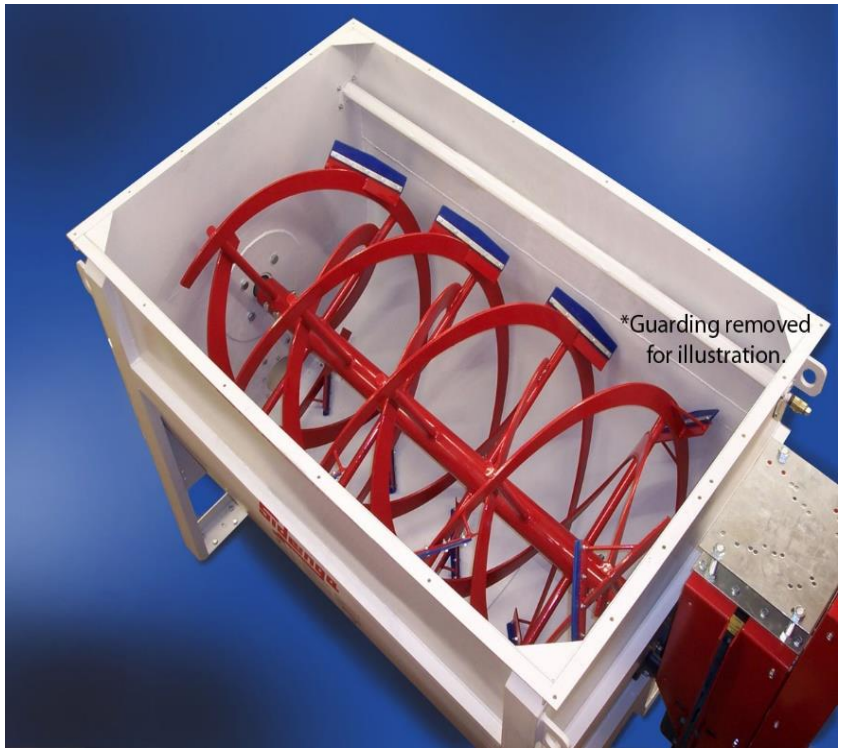
نحوه ی کار تراک میکسر

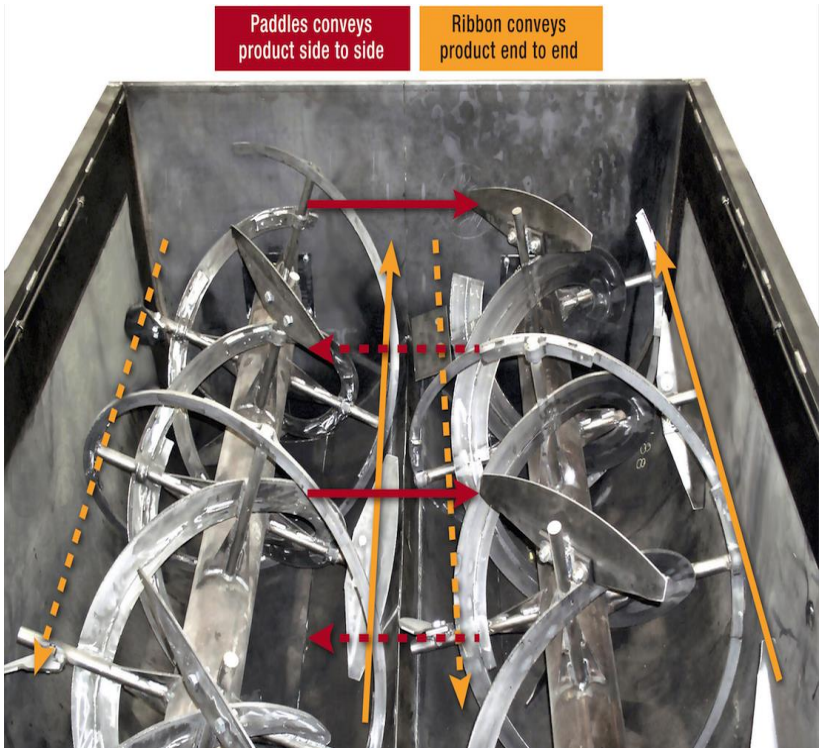


میکسر های افقی

نمای بیرونی

نمای داخلی

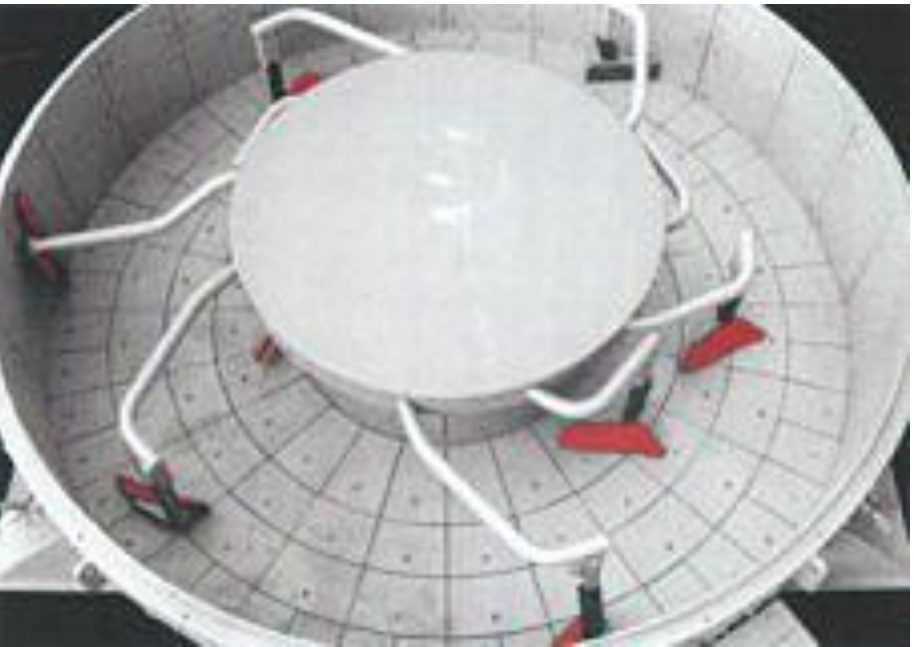

*Guarding removed
for illustration.

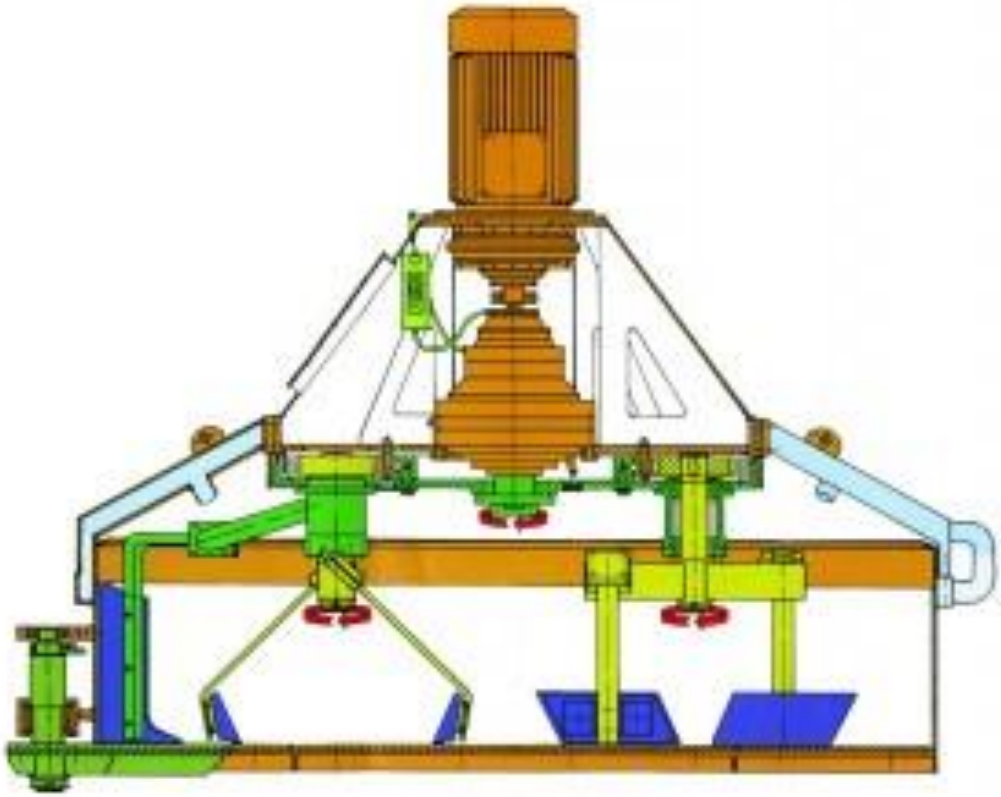

Paddles conveys
product side to side
Ribbon conveys
product end to end

نمای بیرونی

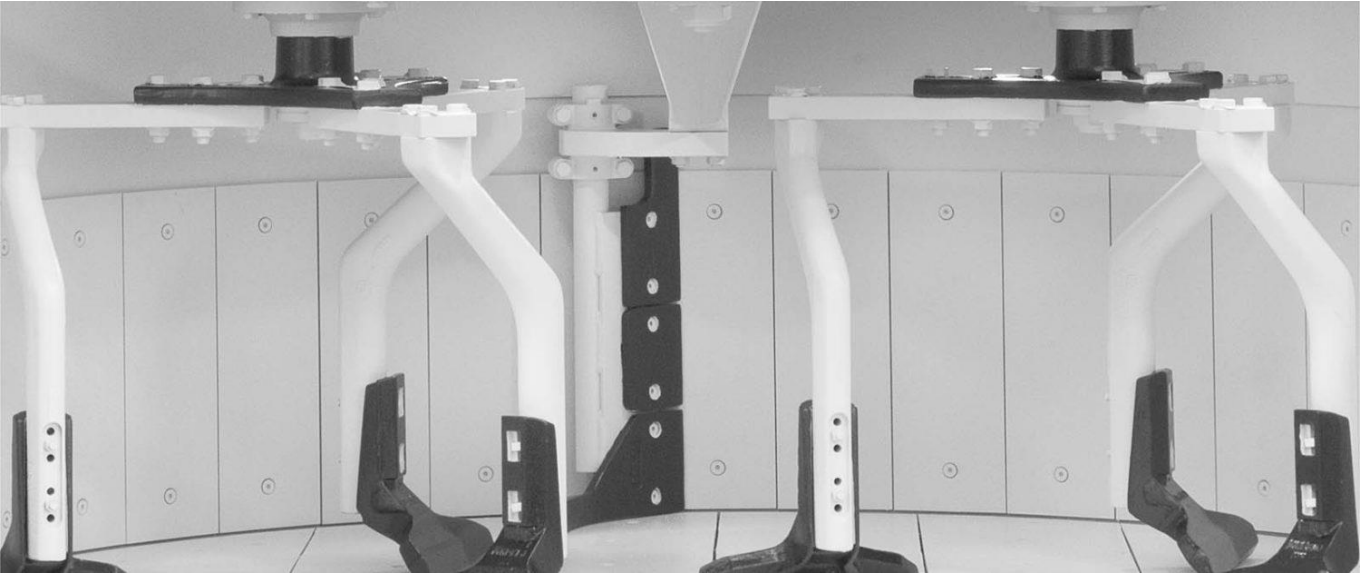
نمای داخلی

پن میکسر



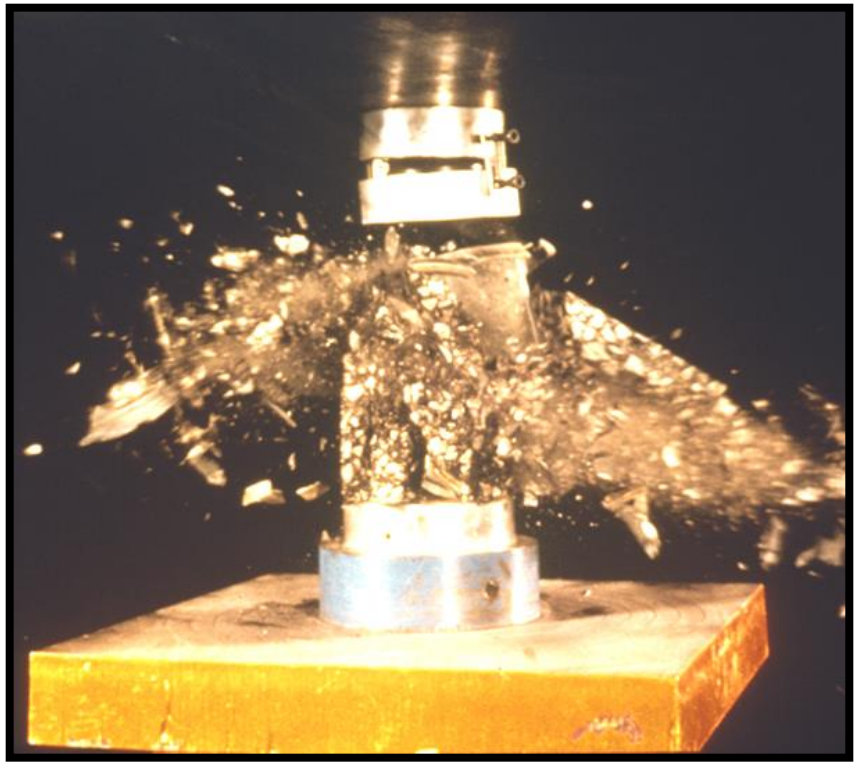


AJAX
FIORI



H.P.C

یک سنگ مصنوعی مقاوم
ولی
روان و قابل شکل دادن



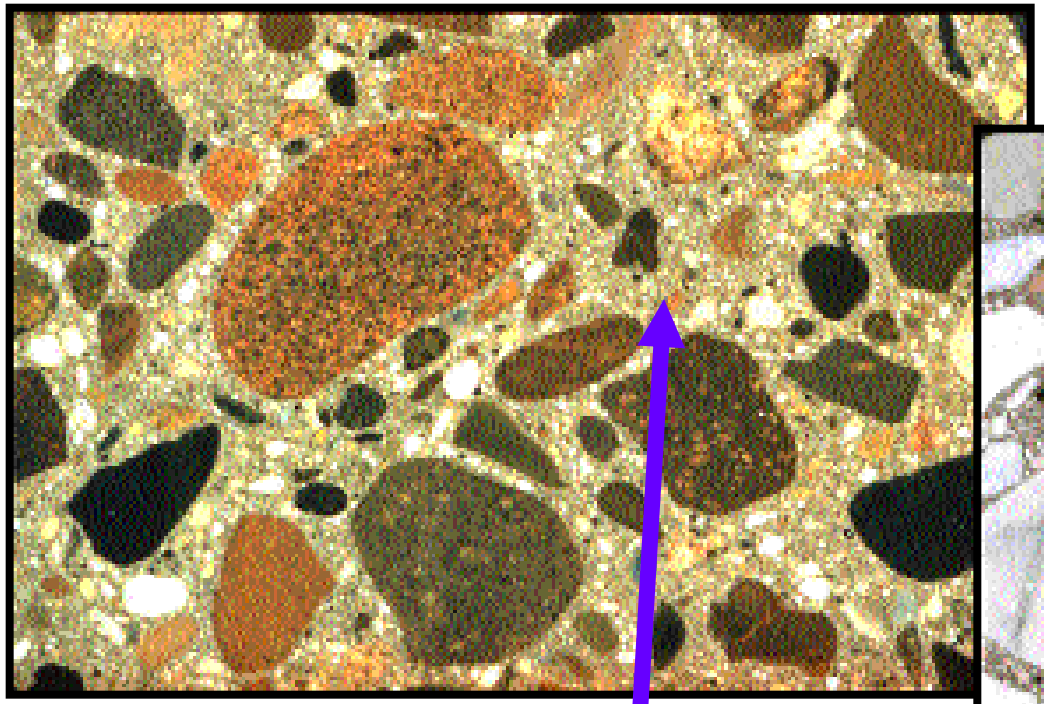
- ابعاد کمتر – فولاد کمتر
- مصالح کمتر
- انرژی کمتر
- قالب برداری زودتر
- سختی بیشتر و تغییر شکل کمتر
- دوام بیشتر و نفوذ کمتر
- نیاز به روانی بیشتر
- آب انداختن کمتر

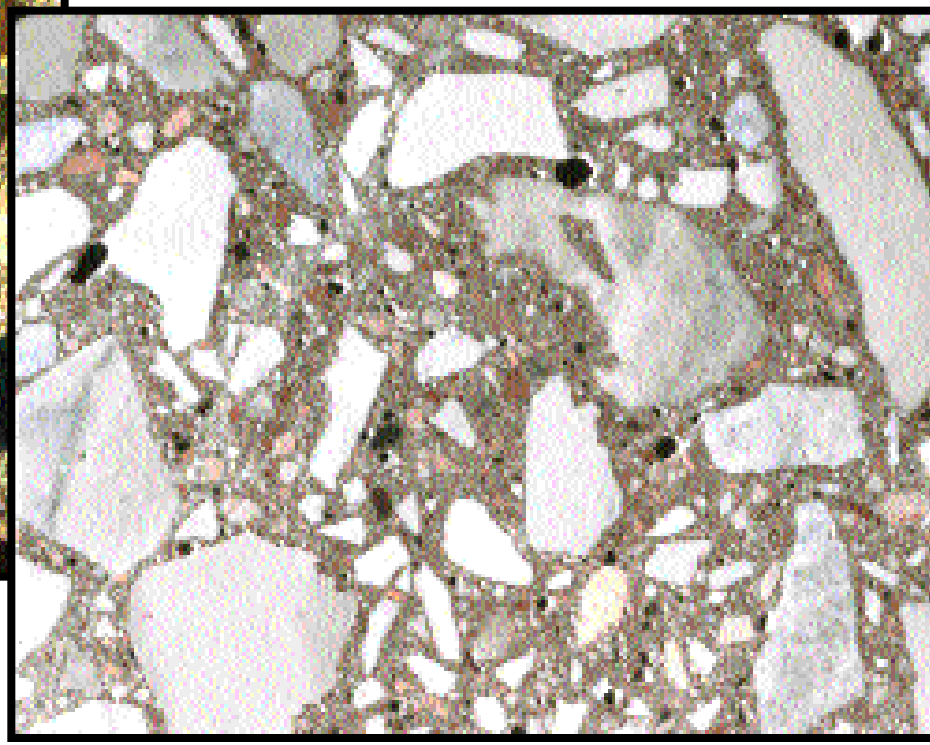
Committee 363 adopted the following definition of HSC:

in 1992,
concrete, high-strength—concrete that has a specified compressive strength for design of (41 MPa) orgreater.

in 2001,
concrete, high-strength—concrete that has a specified compressive strength for design of (55 MPa) or greater.

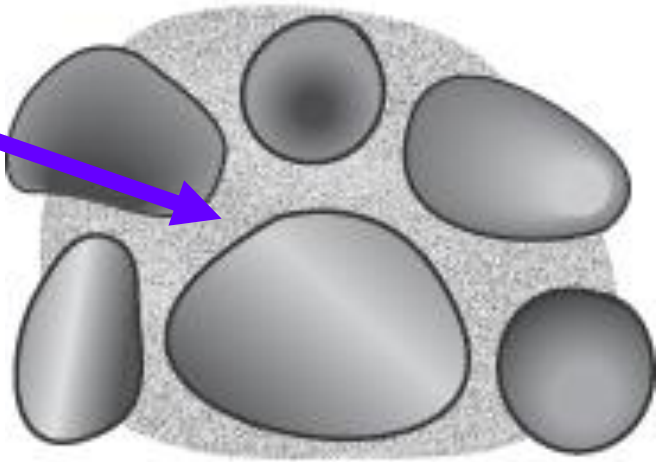
Concrete

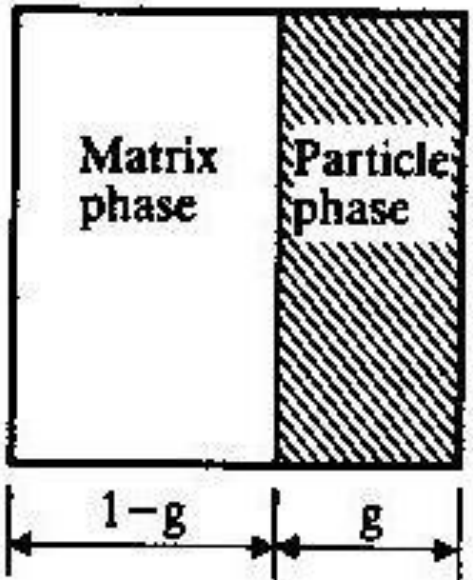




-احاطه شدن دانه هاي سنگي
توسط خمير سيمان

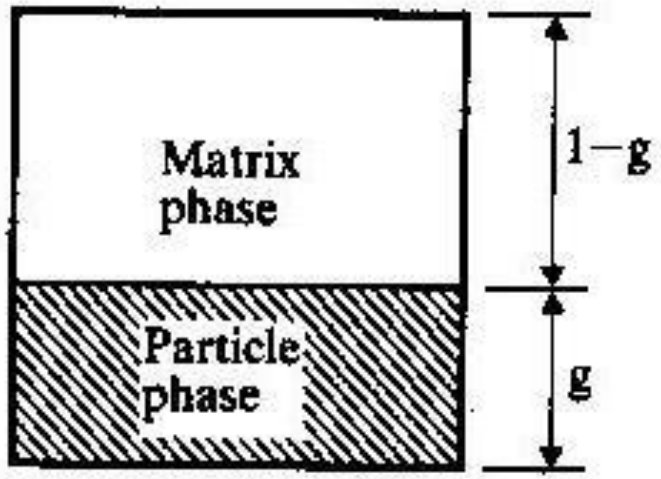
Dispersion of Aggregates





(a) Composite hard:

$E=(1-g) \times E_m + g \times E_p$



(b) Composite soft:

$$\frac{1}{E} = \frac{1-g}{E_m} + \frac{g}{E_p}$$

Models for: (a) composite hard, and (b) composite soft materials

Composite materials

for a composite hard material

$$E = (1 - g)E_m + gE_p$$

and for a composite soft material

$$E = \left[\frac{1 - g}{E_m} + \frac{g}{E_p}\right]^{-1}$$

where E = modulus of elasticity of the composite material,
E_m = modulus of elasticity of the matrix phase,
E_p = modulus of elasticity of the particle phase, and
g = fractional volume of the particles.

Factors influencing the modulus of elasticity

-strength ↗ ⟹ E ↗

-moisture condition of the specimen

moisture ↗ ⟹ strength ↘ but: E ↗

-properties of aggregates

-age of concrete: soft matrix ⟹ hard matrix

age ↗ ⟹ strength ↗ but: E ↗↗

$$E_c = 57{,}000\sqrt{f'_c} \quad \text{lb/in}^2 \text{ in USCS units}$$

$$= 4700\sqrt{f'_c} \quad \text{MPa in SI units}$$

مدول الاستيسيته بتن معمولى

Relationship between compressive strength and modulus of elasticity of High-Strength Concrete

T. Noguchi
University of Tokyo, Japan

K. M. Nemati
University of Washington, Seattle, Washington, USA
(Currently JSPS Fellow at the University of Tokyo, Japan)

$$E = k_1 k_2 \cdot 3.35 \times 10^4 (\gamma/2.4)^2 (\sigma_B/60)^{1/3}$$

is based on 60 MPa, a typical compressive strength of high-strength concrete, and uses a unit weight of 2.4, which leads to the compressive strength of 60 MPa.

Table 1.

Aggregate	k_1
River Gravel	1.005
Crushed Graywacke	1.002
Crushed Quartzitic Aggregate	0.931
Crushed Limestone	1.207
Crushed Andesite	0.902
Crushed Basalt	0.922
Crushed Clayslate	0.928
Crushed Cobbel Stone	0.955
Blast–furnace Slag	0.987
Calcined Bauxite	1.163
Lightweight Coarse Aggregate	1.035
Lightweight Fine and Coarse Aggregate	0.989

Table 2.

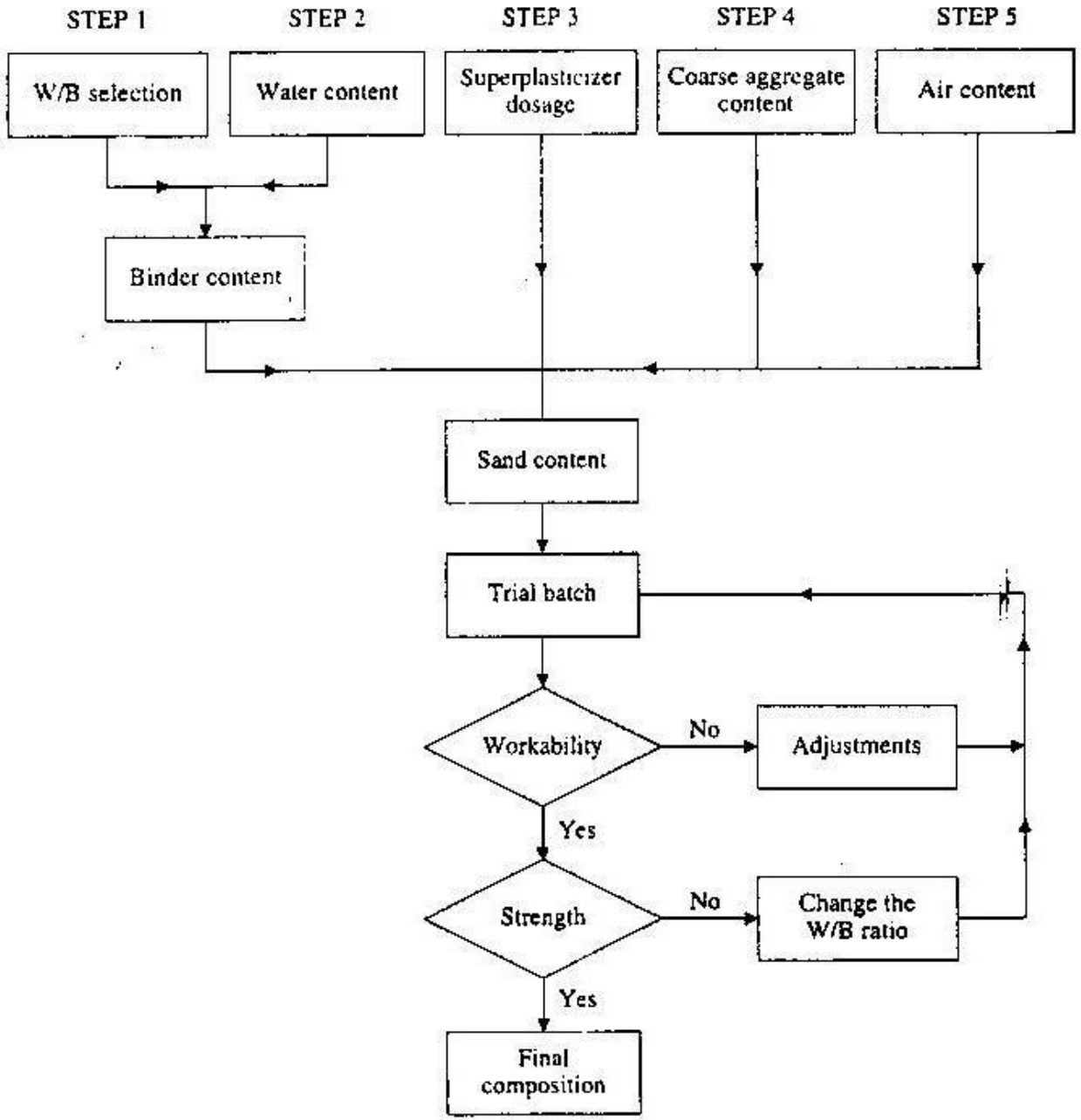
k_1	Lithological Type of Coarse Aggregate
1.20	Crushed Limestone, Calcined Bauxite
0.95	Crushed Quartzitic Aggregate, Crushed Andesite, Crushed Basalt, Crushed Clayslate, Crushed Cobbel Stone
1.00	Coarse Aggregate Other Than the Above

Table 3.

Coarse Aggregate	Silica Fume			Glanulated Blast-furnace Slag		Fly Ash Fume	Fly Ash
	<10%	10–20%	20–30%	<30%	30%<		
River Gravel	1.045	0.995	0.818	1.047	1.118	–	1.110
Crushed Graywacke	0.961	0.949	0.923	0.949	0.942	0.927	–
Crushed Quartzitic Aggregate	0.957	0.956	–	0.942	0.961	–	–
Crushed Limestone	0.968	0.913	–	–	–	–	–
Crushed Andesite	–	1.072	0.959	–	–	–	–
Crushed Basalt	–	–	–	–	–	–	1.087
Calcined Bauxite	–	0.942	–	–	–	–	–
Lightweight Coarse Aggregate	1.026	–	–	–	–	–	–
Lightweight Fine and Coarse Aggregate	1.143	–	–	–	–	–	–

Table 4.

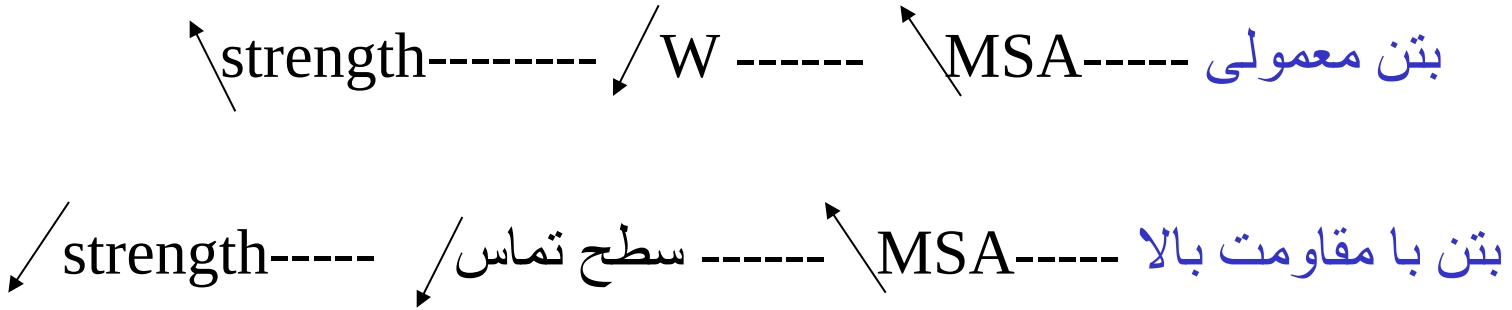
k_2	Type of Addition
0.95	Silica Fume , Ground Glanulated Blast-furnace Slag , Fly Ash Fume
1.10	Fly Ash
1.00	Addition Other Than the Above



Flow chart of the proposed mix design method.

حداکثر اندازه درشت دانه:

- 1/5 بعد قالب
- 3/4 فاصله میلگردها
- 1/3 ضخامت دال
- کمتر از 6 الی 7 سانتیمتر(سدها)
- کمتر از 3 الی 4 سانتیمتر(بتن معمولی)



10~12 mm

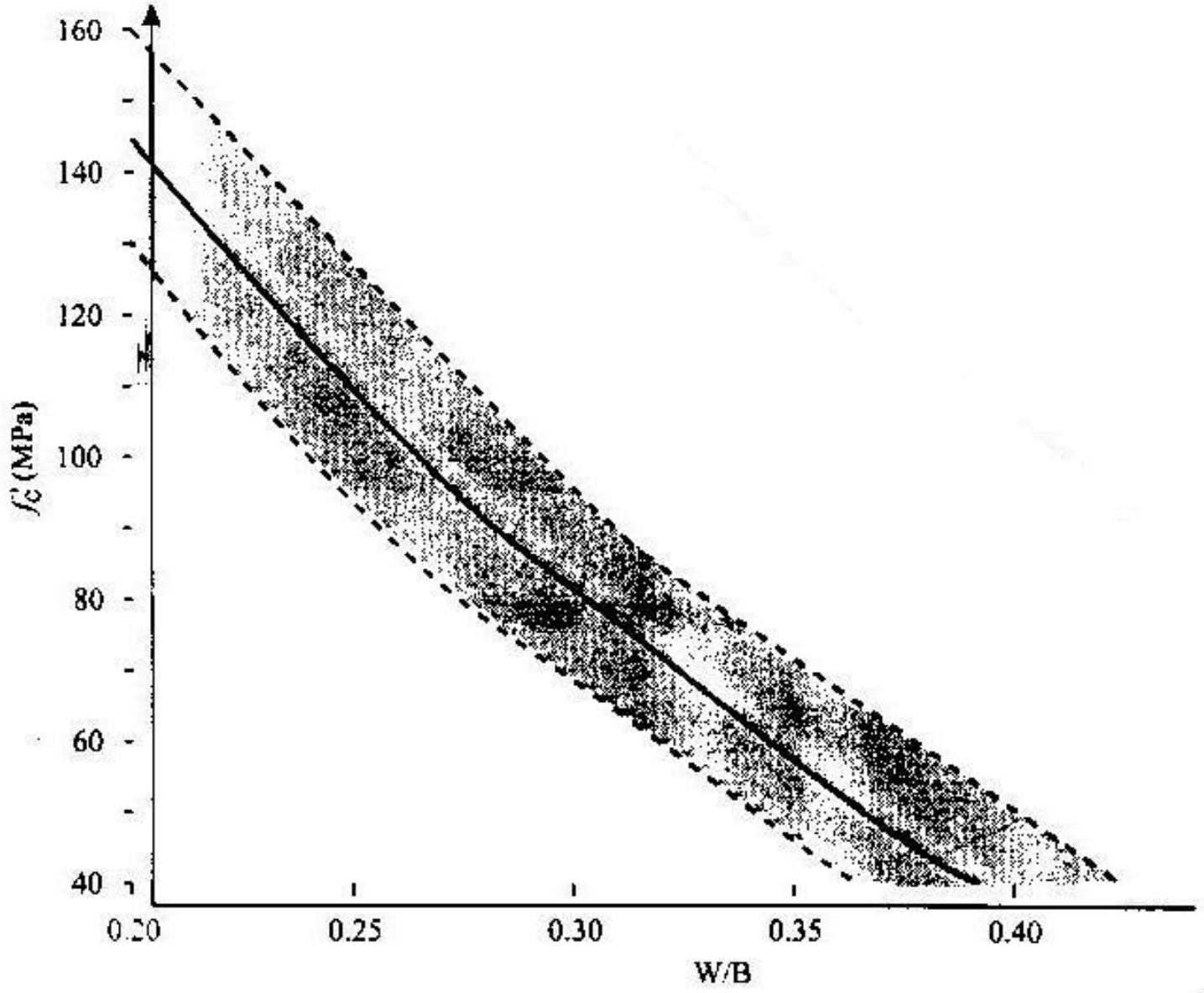


Fig. 8.9 Proposed W/B vs compressive strength relationship.

marsh cone test

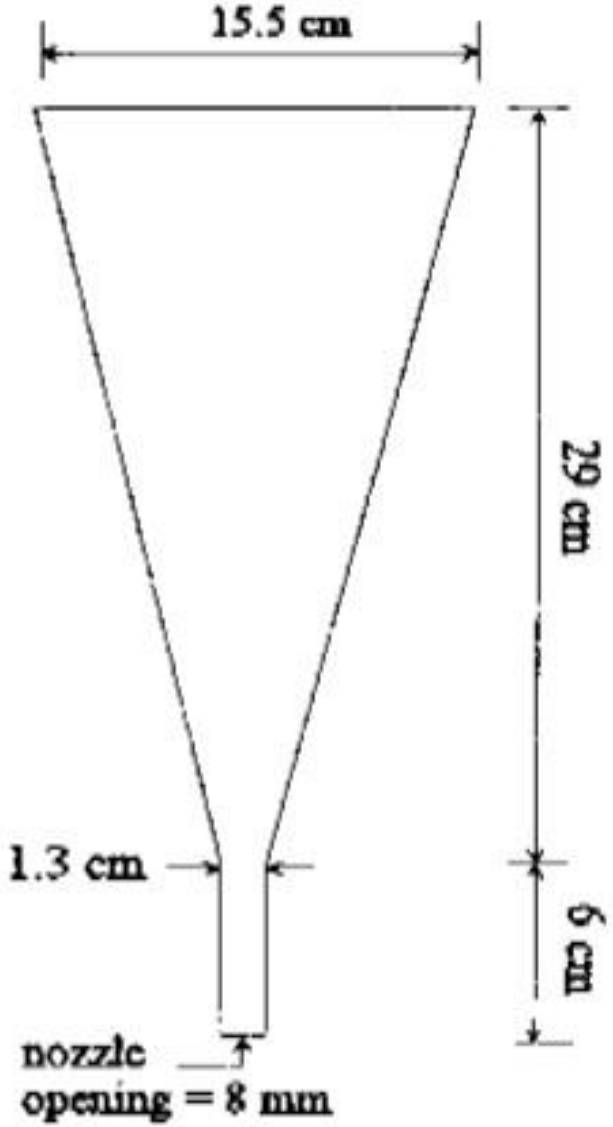
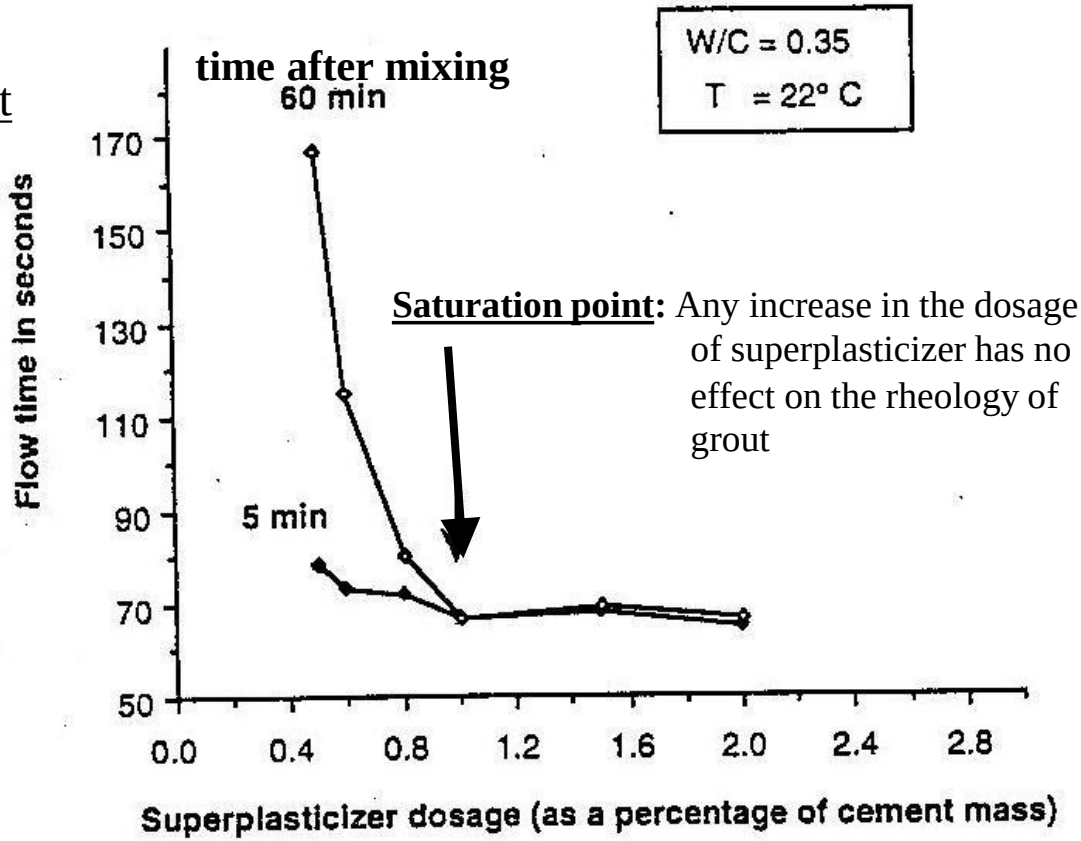


Table 7.1 Different classes of high-performance concrete

Compressive strength (MPa)	50	75	100	125	150
High-performance concrete class	I	II	III	IV	V

Marsh flow time test



Saturation point: Any increase in the dosage of superplasticizer has no effect on the rheology of grout

Fig. 7.9 Flow time as a function of the superplasticizer dosage.

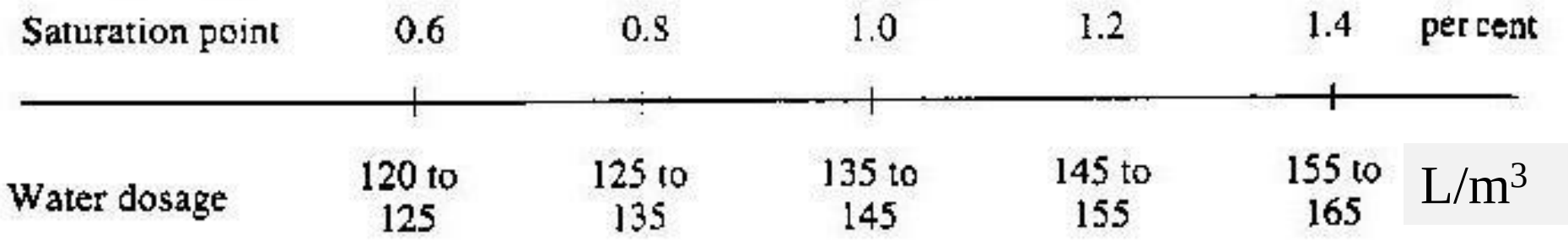


Fig. 8.10 Determination of the minimum water dosage.

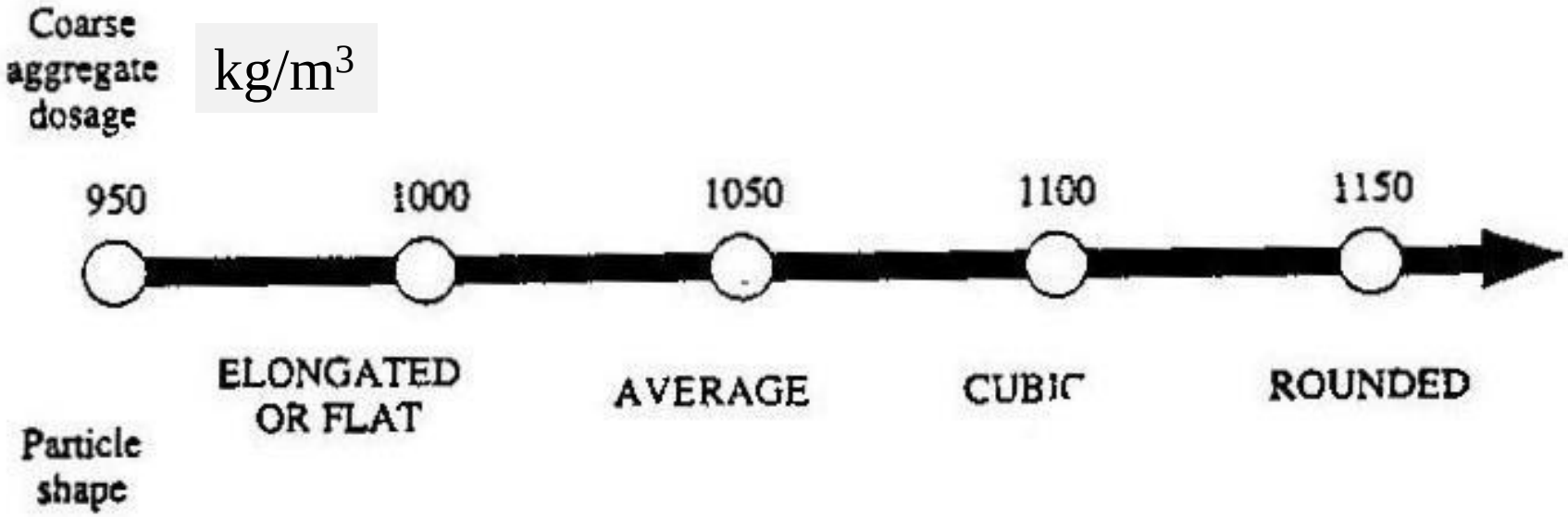


Fig. 8.11 Coarse aggregate content.

Proposed method

Sample calculation

100 MPa concrete

- a Type I Portland cement;
- a naphthalene-type superplasticizer

  total solids content of 40%
  specific gravity of 1.21

- a dolomitic limestone

  D_{max} = 10 mm G_{SSD} = 2.80 w_{abs} = 0.8% w_{tot} = 0%,

  shape particles between average and cubic

- a siliceous natural sand

  G_{SSD} = 2.65 w_{abs} = 1.2% w_{tot} = 3.5%

- silica fume
  specific gravity is 2.20
  10% replacement (of total cementitious material)

- the dosage of solids superplasticizer at the saturation point is 1.0%.

Calculations

Water/binder ratio

Figure 8.9 100 MPa water/binder between 0.25 and 0.30
let us write 0.27 in box 1

Water content

Figure 8.10 saturation point 1.0% water dosage between 135 and 145 l/m^3
Let us write 140 l/m^3 in box 2.

Binder content

$B = \frac{140}{0.27} = 518.5$ kg Let us round that value to 520 kg/m^3 (box 3)

10% silica fume, i.e. 52 kg 50 kg round numbers (box 4-2).

cement content 520 − 50 = 470 kg/m^3 (box 4-1).

Figure 8.11 content of coarse aggregate 1075 kg/m^3 box 5.

assume a 1.5% volume of entrapped air (box 6)

saturation point value dosage of superplasticizer 1% (box 7)

M_{sol} $520 \times (1/100) = 5.2$ kg round 5.0 (box E and 15)

V_{liq} $5.2/[(40/100) \times 1.21] = 10.74\,\mathrm{l/m^3}$ round 10.7 (box F and 24)

V_w $10.74 \times 1.21 \times (100 - 40)/100 = 7.8\,\mathrm{l/m^3}$ write 8.0 box G and 21

V_{sol} $10.74 - 7.80 = 2.94\,\mathrm{l/m^3}$ round $3.0\,\mathrm{l/m^3}$ box H and 11

volume of the cement $\frac{470}{3.14} = 149.7\ l/m^3$ write 150 in box 8-1

volume of silica fume $\frac{50}{2.2} = 22.7\ l/m^3$ write 23 in box 8-2

volume of coarse aggregate $\frac{1075}{2.80} = 383.9\ l/m^3$ write 384 in box 9

volume of entrapped air $1.5 \times 10 = 15\,l/m^3$ write 15 in box 10

volume of solids in the superplasticizer 3.0 box 11 already

column 2

$140 + 150 + 23 + 384 + 15 + 3 = 715$ in box 12

volume of the sand $1000 - 715 = 285\,l/m^3$ box 13

SSD mass of the sand $285 \times 2.65 = 755\,kg/m^3$ box 14

unit mass of concrete

$140 + 470 + 50 + 1075 + 755 + 5 = 2495\,kg/m^3$ box 16

water corrections
- aggregates
- superplasticizer

coarse aggregate is dry $M_c = 1075[1 - (0.8/100)] = 1066$ kg (box 17).

water absorb $1075 - 1066 = 9$ kg $+ 9$ box 18

fine aggregate is wet $w_h = 2.3\%$.

$$M_f = 755\left(1 + \frac{2.3}{100}\right) = 772 \text{ kg}$$ box 19.

water bring $772 - 755 = 17\ \text{l/m}^3$ $- 17$ box 20

water content correction

column 4: $+9 - 17 - 8 = -16\,l/m^3$ -16 box 22

mixing water $140 - 16 = 124\,l/m^3$ (box 23)

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 $100 \times 100 \times 400$ 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

- a 100 × 200 mm specimen weighs about 4 kg;
- a 150 × 300 mm specimen weighs about 13 kg;
- a 100 × 100 × 400 mm prism weighs about 10 kg;
- an air test needs 15 kg;

10% extra materials to compensate for losses:

	Specimen			*Air*	*Total*
	100 × 200 mm	*150 × 300 mm*	*100 × 100 × 400 mm*		
Number	12	6	7	1	
Mass needed (kg)	48	78	70	15	211

loss of 10% mix 232 kg 232/2495 = 0.093 of a cubic metre

0.093 multiplied by column 5

trial batch:

Mixing water	$124 \times 0.093 = 11.53 \rightarrow 11.5$	box 25
Cement	$470 \times 0.093 = 43.7$ kg	box 26-1
Silica fume	$50 \times 0.093 = 4.7$ kg	box 26-2
Coarse aggregate	$1066 \times 0.093 = 99.1$ kg $\rightarrow$ 99 kg	box 27
Fine aggregate	$772 \times 0.093 = 71.80$ kg $\rightarrow$ 72 kg	box 28
Superplasticizer	$10.7 \times 0.093 = 0.995$ l $\rightarrow$ 1 l	box 29

$$11.5 + 43.7 + 4.7 + 99 + 72 = 230.9 = 231 \text{ kg}$$

Reference: Sample calculation

MIX DESIGN SHEET

Comp. Strength:	100 MPa

Table A	G_c	%
Cement	3.14	90
S.F.	2.2	10

		%		
Aggregate	G_{SSD}	w_{abs}	w_{tot}	w_h
Coarse	2.80	0.8	0.0	-0.8
Fine	2.85	1.2	3.5	2.3

$w_h = w_{tot} - w_{abs}$ $\qquad M = M_{SSD}\ (1 + w_h)$

SUPERPLASTICIZER		$M_{sol} = C \times \frac{d}{100}$	$V_{liq} = \frac{M_{sol}}{s \times G_{sup}} \times 100$	$V_w = V_{liq} \times G_{sup} \times \left(\frac{100-s}{100}\right)$	$V_{sol} = V_{liq} - V_w = V_{liq}\left[1 - \left(\frac{100-s}{100}\right) \times G_{sup}\right]$
Spec. gravity (G_{sup})	Solids dosage s (%)	15 E	24 F	21 G	11 H
1.21	40	5	10.7	8.0	3.0

Fig. 8.13 Sample mix calculation.

	1	2	3	4	5	6
MATERIALS	Content kg/m³	Volume l/m³	Dosage SSD conditions kg/m³	Water correction l/m³	Composition 1 m³	Composition Trial batch
WATER	2 140	2 140	2 140		23 124	25 11.5
$\frac{W}{B} = 0.27$ (1)						
CEMENT	3 520	4-1 470	8-1 150	4-1 470	4-1 470	26-1 43.7
SILICA FUME		4-2 50	8-2 23	4-2 50	4-2 50	26-2 4.7
		4-3 —	8-3 —	4-3 —	4-3 —	26-3 —
COARSE AGGREGATE	5 1075		9 384	5 1075	18 + 9	17 1066	27 99
FINE AGGREGATE			13 285	14 755	20 - 17	19 772	28 72
AIR	PERCENT 6 1.5 %		10 15	0		
SUPER-PLASTICIZER	7 1.0 %	11 3.0	15 5	21 - 8	24 10.7 V_{liq}	29 1 V_{liq}
TOTAL		12 715	16 2495	22 - 16		30 231

Other Mix design Methods

ACI 363 Committee on high-strength concrete:

- Step1)Slump and required strength selection
- Step2)Selection of the maximum size of the coarse aggregate (MSA)
- Step3)Selection of coarse aggregate content
- Step4)Estimation of free water and air content
- Step5)Selection of W/B ratio
- Step6)Cement content
- Step7)First trial mixture with cement
- Step8)Other trial mixture with partial cement replacements
- Step9)Trial batches

De Larrard Method

$$f_c = \frac{Kg \times R_c}{\left[1 + \frac{3.1 \times w/c}{1.4 - 0.4\exp(-11\, s/c)}\right]^2}$$

f_c = the compressive strength of concrete cylinders at 28 days;

w, c, s = the mass of water, cement and silica fume for a unit volume of fresh concrete, respectively;

Kg = a parameter depending on the aggregate type (a value of 4.91 applies to common river gravels);

R_c = the strength of cement at 28 days (e.g. the strength of ISO mortar containing three parts of sand for each part of cement and one-half part of water).

size $d_i > d_i + 1$

$$\eta = \eta_0 H\left(\frac{\Phi_1}{\Phi_1 + \cdots \Phi_n + \Phi_0}\right) H\left(\frac{\Phi_2}{\Phi_2 + \cdots \Phi_n + \Phi_0}\right) \cdots H\left(\frac{\Phi_n}{\Phi_n + \Phi_0}\right)$$

Φ_i = the volume occupied by the i-class in a unit volume of mix;
Φ_0 = the volume of water;
η_0 = the viscosity of water;
H = a function representing the variation of the relative viscosity of a monodispersed suspension as a function of its solid concentration.

Mehta and Aitcin simplified method

- Step1)Strength determination
- Step2)Water content
- Step3)Selection of the binder
- Step4)Selection of aggregate content
- Step5)Bacth weight calculation
- Step6)Superplasticizer content
- Step7)Moisture adjustment
- Step8)Adjustment of trial batch