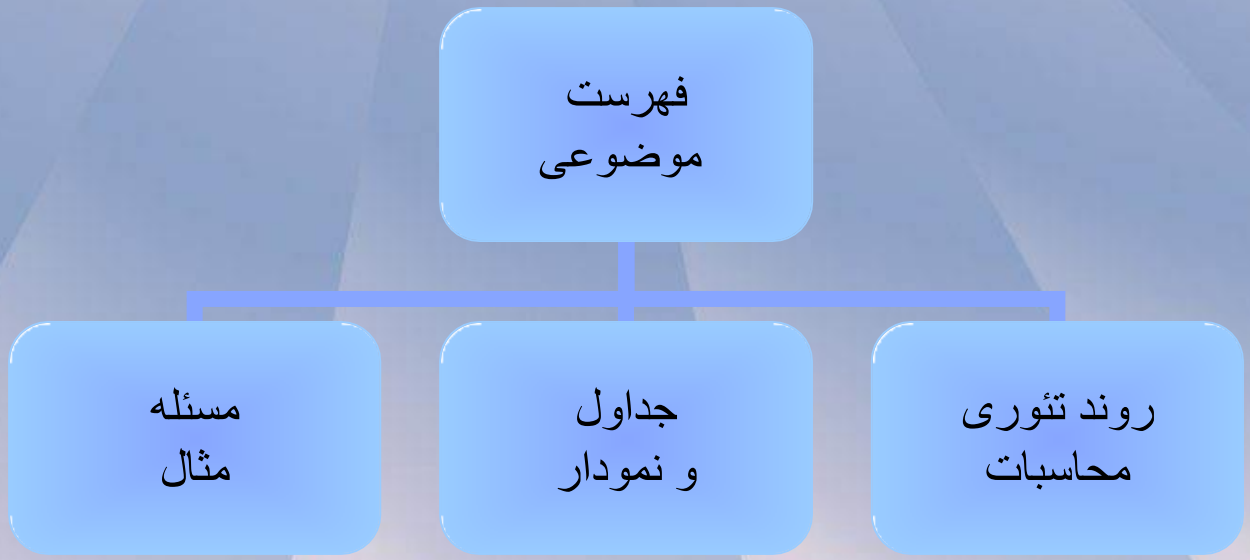
بسم الله الرحمن الرحيم

طرح اختلاط

Concrete Design



طرح اختلاط بتن *Mix Design of Concrete*

برای طرح اختلاط نیاز داریم به:

۱- مقاومت مشخصه بتن f_c' (مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه استوانه ای)

۲- کارایی ⟵ اسلامپ

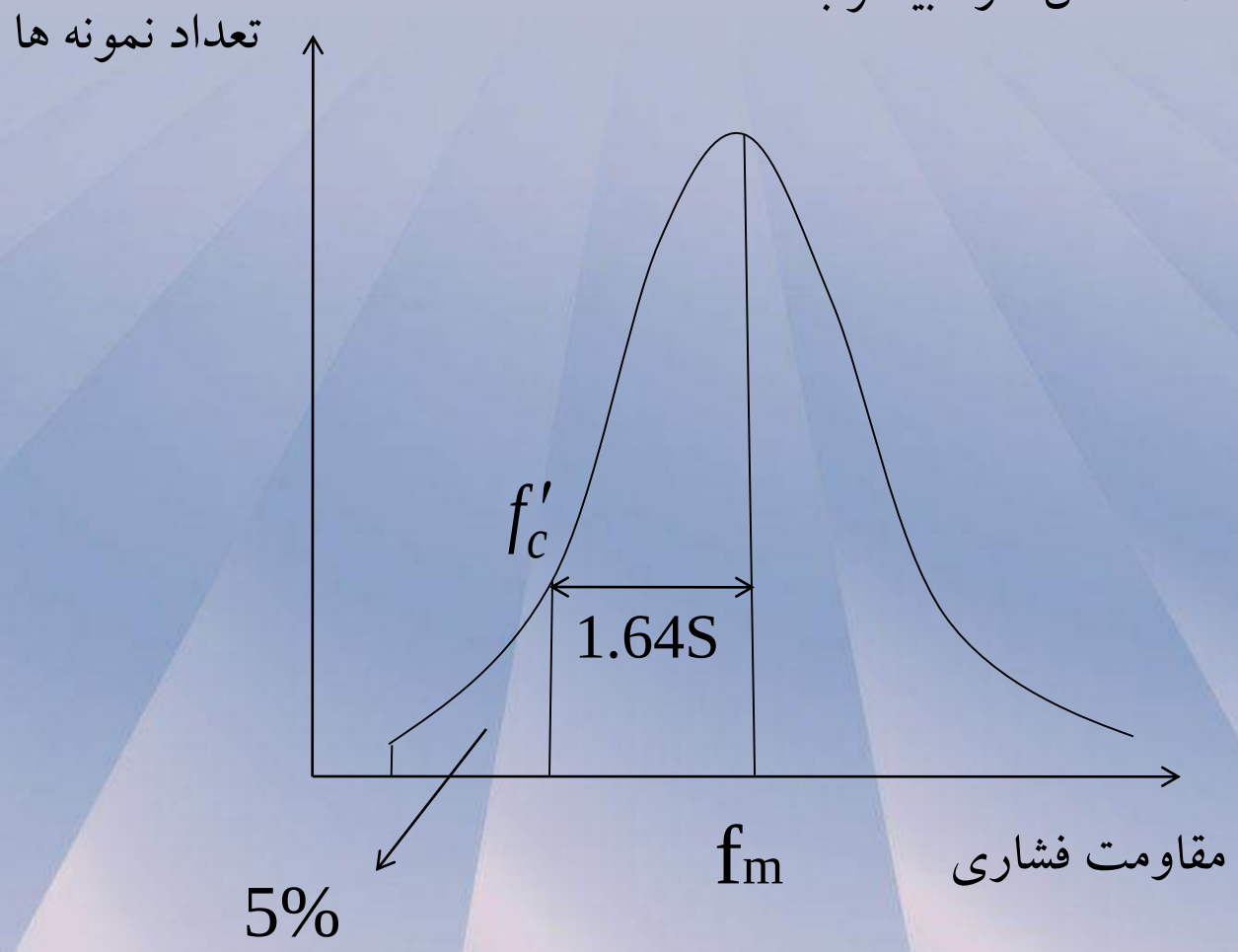
۳- مقدار هوا

بتن بدون هوا : به طور طبیعی یک مقداری هوا وجود دارد.

بتن هوازا:به طور عمد مقداری هوا در بتن ایجاد می کنیم با استفاده از مواد حباب زا

✓ کارایی و مقدار هوا با توجه به نوع کار انتخاب می شوند.

✓این منحنی یعنی ۵۰٪ احتمال دارد مقاومت نمونه کمتر از f_m باشد و ۵۰٪ احتمال دارد بیشتر باشد.



✓ طبق آئین نامه ACI مقاومت متوسط طرح اختلاط را بایستی به صورتی در نظر گرفت که تنها ۵٪ نمونه ها مقاومتشان از مقدار مقاومت مشخصه بتن f'_c کمتر باشد.

$$f_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i}{n}$$

انحراف معیار نمونه ها ← $$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (f_i - f_m)^2}{n-1}}$$

$$f_m = f'_c + 1.64 \ S$$

- f_m = مقاومت متوسط در نظر گرفته شده برای طرح اختلاط بتن
- S بر اساس تست ۳۰ نمونه متوالی بدست می آید.
- اگر تعداد آزمایشات کمتر از ۳۰ عدد بود، از ضریب تصحیح استفاده می کنیم.

تعداد آزمایشات	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰ >
ضریب تصحیح انحراف معیار	۱/۱۶	۱/۰۸	۱/۰۳	۱

طبق آئین نامه بتن ایران (آبا)

$$f_m = \max \begin{cases} f_c' + 1.34\ S + 1.5 \quad MPa \\ f_c' + 2.33\ S - 4 \quad MPa \end{cases}$$

و اگر S در دسترس نباشد.

مقاومت فشاری بتن	<12 MPa	16	20	25	30-35	>40
مقاومت فشاری متوسط	$f_c' + 6$	$f_c' + 7.5$	$f_c' + 8.5$	$f_c' + 9.5$	$f_c' + 10.5$	$f_c' + 11$

روش های تعیین نسبت اختلاط بتن

۱- برای مقاومت های $f'_c < 10\ MPa$ ⟵ لازم نیست کار آزمایشگاهی انجام شود. از طرح اختلاط های آئین نامه ای استفاده شود.

۲- برای مقاومت های $10\ MPa < f'_c < 25 MPa$ از نسبت طرح اختلاط پیشنهادی استفاده می شود.

مشخصات فنی و عمومی کارهای ساختمانی

مقاومت فشاری بتن MPa	مقدار سیمان kg/m^3	مقدار ماسه kg/m^3	مقدار شن kg/m^3
10	150	530	1050
12	200	530	970
16	250	530	930
20	300	530	880
25	350	530	830

درقدیم با نسبت	آب	سیمان	ماسه	شن
	۰/۵	۱	۲	۳

۳- برای مقاومت های $f'_c > 25\ MPa$ بایستی حتماً از طرح اختلاط استفاده شود.

طرح اختلاط بتن:

۱- طرح اختلاط اولیه Initial Mix Design

۲- ساخت نمونه های آزمون Trial Mix

۳- چک و اصلاح طرح اولیه Adjustment Mix

۴- طرح اختلاط نهایی Final Mix

❖ دو روش برای طرح اختلاط بتن

۱- روش وزنی

$$U = FA + CA + W + C + AD$$

U= وزن مخصوص بتن

FA = Fine Aggregate ماسه

CA = Course Aggregate شن

W = Water آب

C = Cement سیمان

AD = Admixture مواد افزودنی

۲- روش حجمی

$$۱.m^{۳} = V_{FA} + V_{CA} + V_C + V_W + V_{AD} + V_a$$

✓ مزیت روش حجمی این است که می توان حجم هوا را دخالت دهیم.

$$1m^3 = \frac{FA}{G_{FA}\gamma_w} + \frac{CA}{G_{CA}\gamma_w} + \frac{C}{G_C\gamma_w} + \frac{W}{\gamma_w} + \frac{AD}{G_{AD}\gamma_w} + \frac{A}{100}$$

G_{FA} = چگالی ظاهری ماسه

G_{FA} = ۲/۶۴ به طور تقریبی

G_{CA} = ۲/۶۸

G_c = ۳/۱۵

❖ شن و ماسه درطرح اختلاط بتن

فرض:

شن و ماسه نه آبی جذب می کند و نه آب به مخلوط اضافه می کند و شن و ماسه محاسبه شده در مخلوط در حالت SSD است.
جذب آب و شن و ماسه قبلاً بایستی بدست آیند.

پیش فرض:

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_{SSD,FA} = \%0.7 \\ \omega_{SSD,CA} = \%0.5 \end{array} \right\}$$

مدول نرمی $(F.M.)$
درصد های باقیمانده بر روی الک های استاندارد تقسیم بر ۱۰۰
دانه بندی بایستی در محدوده دانه بندی استاندارد $ASTM\ C33$ باشد.

شماره ی اندازه	اندازه ی اسمی (الک هابا سوراخ های مربعی)	درصد تجمعی وزنی عبور کرده از هر الک (با سوراخ های مربعی)												
		۱۰۰mm (۴in.)	۹۰mm ($3\frac{1}{2}$ in .)	۷۵mm (۳in.)	۶۳mm ($2\frac{1}{2}$ in .)	۵۰mm (۲ in.)	۳۷/۵mm ($1\frac{1}{2}$ in .)	۲۵/۰mm (۱in.)	۱۹/۰mm ($\frac{3}{4}$ in .)	۱۲/۵ ($\frac{1}{2}$ in .)	۹/۵mm ($\frac{3}{8}$ in .)	۴/۷۵mm (No .4)	۲/۳۶mm (No .8)	۱۸,۱mm (No .16)
۱	۳۷/۵ -۹۰mm ($1\frac{1}{2}$ - $3\frac{1}{2}$ in .)	۱۰۰	۹۰ -۱۰۰	...	۲۵ -۶۰	...	۰ -۱۵	...	۰ -۵	...	...	...	...	...
۲	۳۷/۵ -۶۳ ($1\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$ in .)	...	...	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۳۵ -۷۰	۰ -۱۵	...	۰ -۵	...	...	...	...	...
۳	۲۵/۰ -۵۰mm (۱-۲ in.)	...	...	...	۱۰۰	۹۰ -۱۰۰	۳۵ -۷۰	۰ -۱۵	...	۰ -۵	...		...	...
۳۵۷	۴/۷۵ -۵۰mm (No.۴-۲in.)	...	...	...	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	...	۳۵ -۷۰	...	۱۰ -۳۰	...	۰ -۵	...	...
۴	۱۹/۰ -۳۷/۵mm ($\frac{3}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ in .)	...	...	...	...	۱۰۰	۹۰ -۱۰۰	۲۰ -۵۵	۰ -۱۵	...	۰ -۵	...	...	...
۴۶۷	۴/۷۵ -۳۷/۵mm (No .4 - $1\frac{1}{2}$ in .)	...	...	...	...	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	...	۳۵ -۷۰	...	۱۰ -۳۰	۰ -۵	...	...
۵	۱۲/۵ -۲۵mm ($\frac{1}{2}$ - 1in .)	...	...	...	...	...	۱۰۰	۹۰ -۱۰۰	۲۰ -۵۵	۰ -۱۰	۰ -۵	...	...	...
۵۶	۹/۵ -۲۵/۰mm ($\frac{3}{4}$ - 1in .)	...	...	...	...	...	۱۰۰	۹۰ -۱۰۰	۴۰ -۸۵	۱۰ -۴۰	۰ -۱۵	۰ -۵	...	...
۵۷	۴/۷۵ -۲۵/۰mm (No .4 – 1in .)	...	...	...	...	...	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	...	۲۵ -۶۰	...	۰ -۱۰	۰ -۵	...
۶	۹/۵ -۱۹/۰mm ($\frac{3}{8}$ - $2\frac{3}{4}$ in .)	...	...	...	...	...	...	۱۰۰	۹۰ -۱۰۰	۲۰ -۵۵	۰ -۱۵	۰ - ۵	...	...
۶۷	۴/۷۵ -۱۹/۰mm (No .4 - $\frac{3}{4}$ in .)	...	...	...	...	...	...	۱۰۰	۹۰ -۱۰۰	...	۲۰ -۵۵	۰ -۱۰	۰ - ۵	...
۷	۴/۷۵ -۱۲/۵mm (No .4 - $\frac{1}{2}$ in .)	...	...	...	...	...	...	...	۱۰۰	۹۰ -۱۰۰	۴۰ -۷۰	۰ -۱۵	۰ - ۵	...
۸	۲/۳۰ -۹/۵mm (No .8 - $\frac{3}{8}$ in .)	...	...	...	...	...	...	...	...	۱۰۰	۸۵ -۱۰۰	۱۰ -۳۰	۰ -۱۰	۰ -۵

جدول ۱- ۵: ملزومات دانه بندی برای دانه های شنی مطابق ASTM-C-33

جدول ۲ـ ۵:اسلامپ ها پیشنهادی برای سازه های مختلف(ACI-211-89)

نوع سازه	اسلامپ،mm	
	حد اکثر	حد اقل
پی ها و شالوده های بتن آرمه	۷۵	۲۵
پی ها و دیوار های غیر مسلح	۷۵	۲۵
تیر ها و دیوار های بتن آرمه	۱۰۰	۲۵
ستون های سازه	۱۰۰	۲۵
رو سازی ها و دال ها	۷۵	۲۵
بتن حجیم	۷۵	۲۵

جدول ۳ ـ ۵:مقادیر تقریبی آب و هوا بر اساس اسلامپ و بزرگترین بعد دانه ها(ACI-211-89)

اسلامپ، میلیمتر	مقدار تقریبی آب بر حسب kg/m3بر اساس بزرگترین بعد دانه ها							
	۹/۵	۱۲/۵	۱۹	۲۵	۳۷/۵	۵۰	۷۵	۱۵۰
بتن بدون حباب هوا								
۵۰- ۲۵	۲۰۷	۱۹۹	۱۹۰	۱۷۹	۱۶۶	۱۵۴	۱۳۰	۱۳۳
۱۰۰ -۷۵	۲۲۸	۲۱۶	۲۰۵	۱۹۳	۱۸۱	۱۶۹	۱۴۵	۱۲۴
۱۷۵- ۱۵۰	۲۴۳	۲۲۸	۲۱۶	۲۰۲	۱۹۰	۱۷۸	۱۶۰	—
درصد تقریبی هوای غیر عمدی در بتن بدون حباب هوا	۳	۲/۵	۲	۱/۵	۱	۰/۵	۰/۳	۰/۲
بتن هوا دار								
۵۰- ۲۵	۱۸۱	۱۷۵	۱۶۸	۱۶۰	۱۵۰	۱۴۲	۱۲۲	۱۰۷
۱۰۰- ۷۵	۲۰۲	۱۹۳	۱۸۴	۱۷۵	۱۶۵	۱۵۵	۱۳۳	۱۱۹
۴۷۵-۱۵۰	۲۱۶	۲۰۵	۱۹۷	۱۸۴	۱۷۴	۱۶۶	۱۵۴	–
مقادیر متوسط درصد هوای پیشنهادی بر اساس شرایط محیطی								
شرایط عادی	۴/۵	۴/۰	۳/۵	۳/۰	۲/۵	۲/۰	۱/۵	۱/۰
شرایط متوسط	۶/۰	۵/۵	۵/۰	۴/۵	۴/۵	۴/۰	۳/۵	۳/۰
شرایط شدید	۷/۵	۷/۰	۶/۰	۶/۰	۵/۵	۵/۰	۴/۵	۴/۰

جدول الف ۴ـ ۵: نسبت آب به سیمان بر اساس مقاومت فشاری بتن(ACI-211-89)

مقاومت فشاری ۲۸ روزه،مگاپاسگال	نسبت آب به سیمان	
	بتن بدون حباب هوا	بتن هوادار
٤٠	۰/۴۲	—
۳۵	۰/۴۷	۰/۳۹
۳۰	۰/۵۴	۰/۴۵
۲۵	۰/۶۱	۰/۵۲
۲۰	۰/۶۹	۰/۶۰
۱۵	۰/۷۹	۰/ ۷۰

جدول ب ـ ۵ ـ ۴: حد اکثر نسبت مجاز آب به سیمان در شرایط محیطی نا مناسب(ACI-211-89)

نوع سازه	سازه هایی که به طور پیوسته یا متناوب مرطوبند تحت اثر سیکل های یخ زدن و آب شدن قرار دارند	سازه ها در معرض آب دریا و یا سولفات ها
مقاطع ظریف(نرده ها،جان پناه ها،تیرچه ها و کار های تزیینی) ومقاطعی با پوشش کمتر از ۵ میلیمتر روی آرماتور ها سایر سازه ها	۰/۴۵	۰/۴۰
	۰/۵۰	۰/۴۵

جدول ۵ ـ ۵: حجم دانه های درشت در واحد حجم بتن(ACI-211-89)

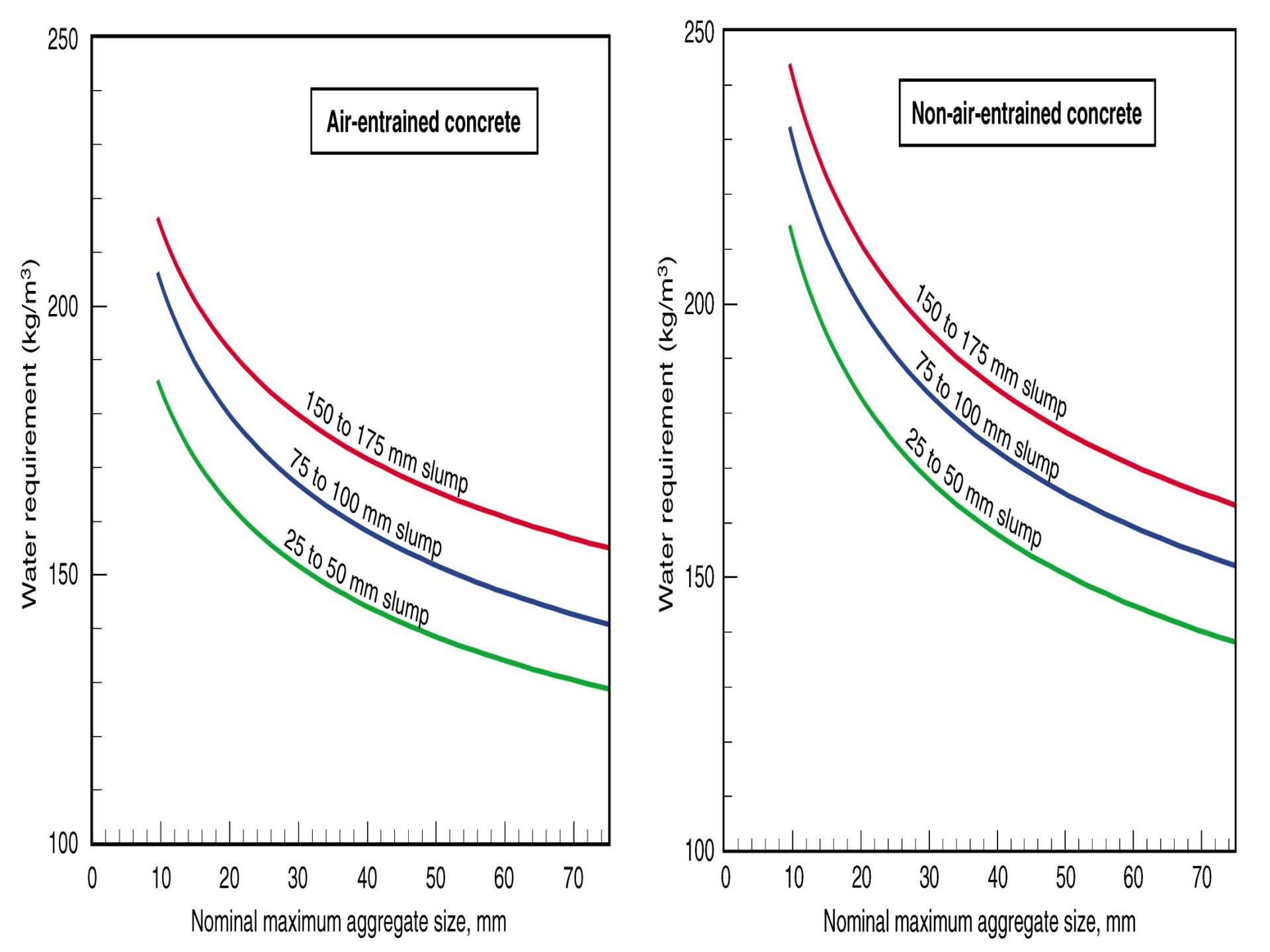
بزرگترین اندازه ی اسمی دانه ها، میلیمتر	حجم دانه های خشک میله خورده در واحد حجم بتن بر اساس مقادیر مختلف مدول نرمی سیمان			
	۲/۴۰	۲/۶۰	۲/۸۰	۳/۰۰
۹/۵	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۴۴
۱۲/۵	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۳
۱۹	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۶۰
۲۵	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۶۵
۳۷/۵	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۶۹
۵۰	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۲
۷۵	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۷۶
۱۵۰	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۱

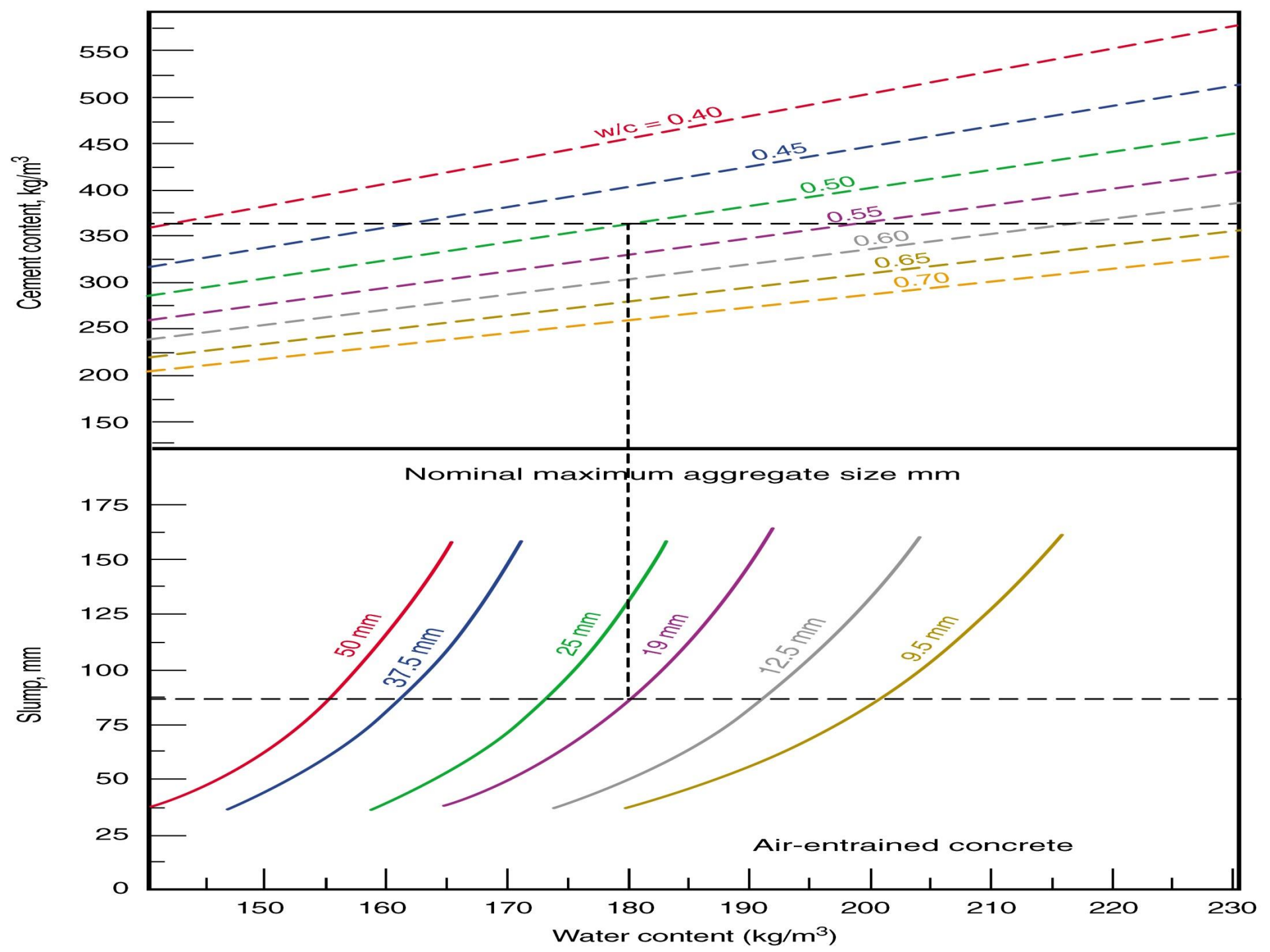
جدول ۶ ـ ۵: تخمین مقدماتی برای وزن واحد حجم بتن تازه(ACI-211-89)

بزرگ ترین اندازه ی اسمی دهنه ها، میلیمتر	تخمین مقدماتی برای وزن واحد حجم بتن، kg/m 3	
	بتن بدون حباب هوا	بتن هوادار
۹/۵	۲۲۸۰	۲۲۰۰
۱۲/۵	۲۳۱۰	۲۲۳۰
۱۹	۲۳۴۵	۲۲۷۵
۲۵	۲۳۸۰	۲۲۹۰
۳۷/۵	۲۴۱۰	۲۳۵۰
۵۰	۲۴۴۵	۲۳۴۵
۷۵	۲۴۹۰	۲۴۰۵
۱۵۰	۲۵۳۰	۲۴۳۵

جدول ۷ ـ ۵: مخلوط های بتنی برای کارهای کوچک (پیشنهادی ACI-211)

بزرگترین بعد دانه ها (mm)	طرح مخلوط	اوزان تقریبی اجزا جامد، kg/m3				
		سیمان	ماسه		شن	
			بتن هوادار	بتن بدون هوا	دانه های شنی با سنگ شکسته	دانه های سرباره ای
۱۲/۵	A	۴۰۰	۷۷۰	۸۲۰	۸۶۰	۷۵۰
	B	۴۰۰	۷۴۰	۷۸۰	۹۰۰	۷۸۰
	C	۴۰۰	۷۰۰	۷۵۰	۹۳۰	۸۲۰
۲۰	A	۳۷۰	۷۲۰	۷۸۰	۹۹۰	۸۶۰
	B	۳۷۰	۶۹۰	۷۵۰	۱۰۲۰	۹۰۰
	C	۳۷۰	۶۶۰	۷۲۰	۱۰۶۰	۹۳۰
۲۵	A	۳۵۰	۶۶۰	۷۲۰	۱۱۲۰	۹۸۰
	B	۳۵۰	۶۲۰	۶۹۰	۱۱۵۰	۱۰۱۰
	C	۳۵۰	۵۹۰	۶۶۰	۱۱۸۰	۱۰۴۰
۴۰	A	۳۲۰	۶۶۰	۷۲۰	۱۲۰۰	۱۰۴۰
	B	۳۲۰	۶۲۰	۶۹۰	۱۲۳۰	۱۰۷۰
	C	۳۲۰	۵۹۰	۶۶۰	۱۵۶۰	۱۱۰۰
۵۰	A	۳۰۰	۶۴۰	۷۲۰	۱۲۶۰	۱۱۰۰
	B	۳۰۰	۶۱۰	۶۹۰	۱۳۰۰	۱۱۴۰
	C	۳۰۰	۵۸۰	۶۶۰	۱۳۳۰	۱۱۵۰


Air-entrained concrete
Water requirement (kg/m³)
250
200
150
100
150 to 175 mm slump
75 to 100 mm slump
25 to 50 mm slump
0
10
20
30
40
50
60
70
Nominal maximum aggregate size, mm
Non-air-entrained concrete
Water requirement (kg/m³)
250
200
150
100
150 to 175 mm slump
75 to 100 mm slump
25 to 50 mm slump
0
10
20
30
40
50
60
70
Nominal maximum aggregate size, mm


Cement content, kg/m3
550
500
450
400
350
300
250
200
150
w/c = 0.40
0.45
0.50
0.55
0.60
0.65
0.70
Nominal maximum aggregate size mm
Slump, mm
175
150
125
100
75
50
25
0
50 mm
37.5 mm
25 mm
19 mm
12.5 mm
9.5 mm
Air-entrained concrete
150
160
170
180
190
200
210
220
230
Water content (kg/m3)

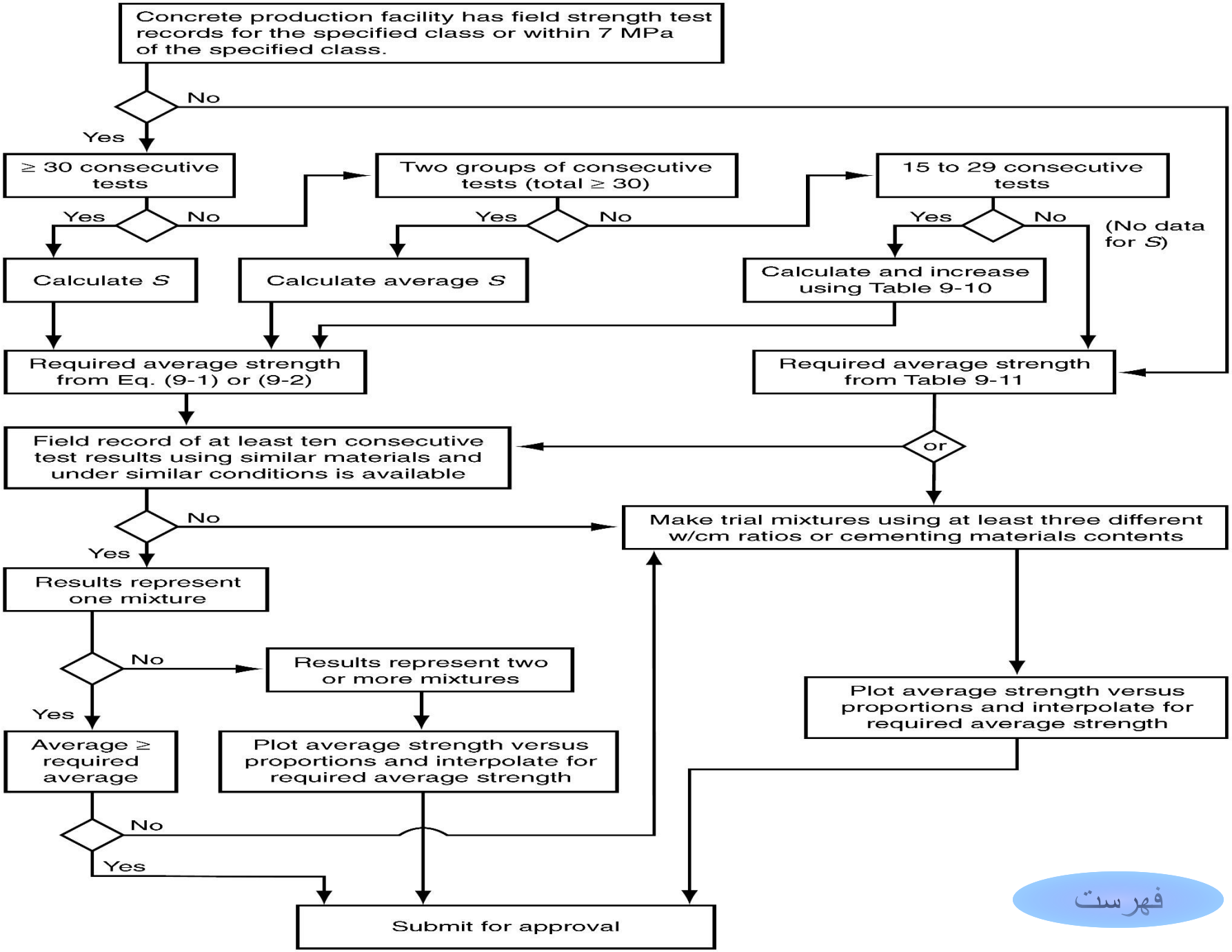


Fig. 9-7. Flowchart for selection and documentation of concrete proportions.

مثال:

مطلوبست طرح اختلاط بتن یک پی پل با مشخصات زیر:

* مقاومت 28 روزه ی نمونه استوانه ای $f'_c = 21\ MPa$
* پی در معرض یخ زدن و ذوب شدن متوالی است.
* اسلامپ بتن $5\ cm$
* حداکثر سایز دانه ها $37.5\ mm$
* رطوبت شن و ماسه (در حالت طبیعی) به ترتیب 1.5٪ و 5٪
* مدول نرمی ماسه : 3
* انحراف معیار نمونه های آزمایشی $3\ MPa$

گام ۱ : تعیین اسلامپ (با استفاده از جدول)

اسلامپ = $5cm$

گام ۲ : تعیین ماکزیمم سایز دانه ها

$$MSA = 37.5\ mm$$

با استفاده از مقادیر حداقل و حداکثر سایز دانه ها:

گام ۳ : تعیین آب اختلاط و درصد هوا $W = 150\ \ lit/m^3$

$$A = 5.5\%$$

گام ۴ : تعیین نسبت آب به سیمان $\left(\frac{W}{C}\right)$

$$\frac{W}{C} = ۰/۵$$

$$f_m = \max\begin{cases} f_c' + 1.34\ S + 1.5 = 21 + 1.34 \times 3 + 1.5 = 26.5 \quad MPa \\ f_c' + 2.33\ S - 4 = 21 + 2.33 \times 3 - 4 = 24 \quad MPa \end{cases}$$

$$\rightarrow f_m = 26.5\ MPa$$

گام ۵ : تعیین مقدار سیمان

$$\frac{W}{C}=0.5 \rightarrow C=\frac{W}{0.5}=\frac{150}{0.5}=300\ kg/m^3$$

گام ۶ : مقدار دانه درشت با توجه به مقدار حداکثر سایز دانه و مدول نرمی

وزن شن (دانه درشت) = ۰.۶۹ × ۱۶۰۰ = ۱۱۰۴ Kg/m^3

وزن حجمی شن = $1600\ kg/m^3$

گام ۷ : تعیین مقدار ماسه

روش وزنی: در این روش نیاز به وزن مخصوص بتن داریم

- با استفاده از جدول
- با استفاده از فرمول

با استفاده از جدول $\longrightarrow$ $U = 2350\ kg/m^3$

$$U = G_a \times 10(100 - A) + C\left(1 - \frac{G_a}{G_c}\right) - W\left(G_a - 1\right)$$

وزن مخصوص بتن تازه

Ga= چگالی متوسط شن و ماسه

G_c = چگالی سیمان

$$G_a = \frac{G_{CA} + G_{FA}}{2} = \frac{2.64 + 2.68}{2} = 2.66$$

$$\Rightarrow U = 10 \times 2.66(100 - 5.5) + 300\left(1 - \frac{2.66}{3.15}\right) - 150(2.66 - 1) = 2311\ Kg/m^3$$

$$FA = U - (CA + W + C) = 2311 - (1104 + 300 + 150) = 757 \ \ kg / m^3$$

↓

وزن ماسه

روش حجمی:

$$FA = 10 G_{FA} (100 - A) - G_{FA} \left(\frac{CA}{G_{CA}} + \frac{C}{G_C} + W \right)$$

$$FA = 10 \times 2.64 (100 - 5.5) - 2.64 \left(\frac{1104}{2.68} + \frac{300}{3.15} + 150 \right) = 760 \, kg / m^3$$

	روش وزنی	روش حجمی
آب	۱۵۰	۱۵۰
سیمان	۳۰۰	۳۰۰
شن	۱۱۰۴	۱۱۰۴
ماسه	۷۵۷	۷۶۰

گام ۸: تصحیح به جهت رطوبت دانه ها

روش وزنی:

وزن شن در حالت تر:

$$\text{دانه درشت (شن بارطوبت طبیعی ۱/۵٪)} = ۱۱۰۴ \times ۱/۰۱۵ = ۱۱۲۱\ kg/m^3$$

وزن ماسه در حالت تر:

$$\text{دانه ریز (ماسه با رطوبت طبیعی ۵٪)} = ۷۵۷ \times ۱/۰۵ = ۷۹۵\ kg/m^3$$

$$\text{آب اضافی برای شن} \quad ۱/۵ - ۰/۵ = ۱\%$$

$$\text{آب اضافی برای ماسه} \quad ۵ - ۰/۷ = ۴/۳\ \%$$

$$W = ۱۵۰ - ۱۱۰۴ \times ۰/۰۱ - ۷۵۷ \times ۰/۰۴۳ = ۱۰۶/۴\ kg/m^3$$

روش حجمی:

وزن شن در حالت تر:

$$\text{شن بارطوبت طبیعی } ۱/۵٪ = ۱۱۰۴ \times ۱/۰۱۵ = ۱۱۲۱\ kg/m^3$$

وزن ماسه در حالت تر:

$$\text{ماسه با رطوبت طبیعی } ۵٪ = ۷۶۰ \times ۱/۰۵ = ۷۹۸\ kg/m^3$$

$$W = ۱۵۰ - ۱۱۰۴ \times ۰/۰۱ - ۷۶۰ \times ۰/۰۴۳ = ۱۰۶/۲\ kg/m^3$$

	روش وزنی	روش حجمی
آب	۱۰۶/۴	۱۰۶/۲
سیمان	۳۰۰	۳۰۰
شن تر	۱۱۲۱	۱۱۲۱
ماسه تر	۷۹۵	۷۹۸

✓ اصلاح طرح اختلاط با ساخت یک نمونه آزمایشی با حجم $0/02\ m^3$

روش وزنی:

آب $۱۰۶/۴ \times ۰/۰۲ = ۲/۱۳\ kg$

سیمان $۳۰۰ \times ۰/۰۲ = ۶\ kg$

شن با ۱/۵٪ رطوبت $۱۱۲۱ \times ۰/۰۲ = ۲۲/۴۲\ kg$

ماسه با ۵٪ رطوبت $۷۹۵ \times ۰/۰۲ = ۱۵/۹\ kg$

✓ فرض می کنیم اگر تمام ۲/۱۳ کیلوگرم آب در طرح اختلاط ریخته شود.

درصد هوا = ۶/۲٪

اسلامپ = ۴ cm

وزن مخصوص $U = ۲۳۴۵\ kg/m^3$

تذکر:

۱- در مورد اسلامپ های کمتر از 5cm برای هر ۱ cm اسلامپ بایستی 2.5 تا 3 لیتر آب استفاده کرد.

۲- در مورد اسلامپ های ۵cm تا ۱۰ برای هر ۱ cm اسلامپ بایستی 1.5 تا 2.5 لیتر آب استفاده کرد.

۳- در مورد اسلامپ های بیشتر از 10 cm برای هر ۱ cm اسلامپ بایستی 1 تا 1.5 لیتر آب استفاده کرد.

✓ برای هر ۱٪ هوای اضافی، بایستی 3 kg/m آب اضافه کرد.

آب موجود در نمونه

$$\text{آب اضافی ناشی از شن} = \frac{22.42}{1.015}(0.015-0.005)$$

$$\text{آب اضافی ناشی از ماسه} = \frac{۱۵/۹}{۱/۰۵}(۰/۰۵-۰/۰۰۷)$$

$$2.13+\frac{22.42}{1.015}(0.015-0.005)+\frac{15.9}{1.05}(0.05-0.007)=3kg$$

$$\text{وزن نمونه} = 2.13+22.42+15.9+6 = 46.45\,kg$$

$$\text{حجم نمونه} = \frac{۴۶/۴۵}{۲۳۴۵} = ۰/۰۱۹۸\ m^{۳}$$

$$W = \frac{3}{0.0198} = 151.45\ kg / m^3$$

تفاوت اسلامپ = (5–4)

تفاوت درصد هوا = (6.2–5.5)

اصلاح شده $W = 151.45 + (5-4) \times 2.5 + (6.2-5.5) \times 3 = 156.05$

$$\frac{W}{C} = 0.5 \rightarrow C = \frac{W}{0.5} = \frac{156.05}{0.5} = 312.1 \quad kg / m^3$$

$$CA_w = \frac{22.42}{0.0198} = 1132.3 \quad kg / m^3$$ شن تر

$$CA_d = \frac{1132.3}{1.015} = 1115.6 \quad kg/m^3$$ شن خشک

$$CA_{SSD} = 1115.6 \times (1 + 0.005) = 1121.2 kg/m^3$$ شن اشباع با سطح خشک

تصحیح وزن مخصوص بتن :

$$U = \frac{U}{1 - \Delta A} = \frac{2345}{1 - \left(\frac{6.2 - 5.5}{100} \right)} = 2361.5 \quad kg/m^3$$

$$FA_{SSD} = U - \left(CA_{SSD} + C + W \right) = 2361.5 - (1121.2 + 312.1 + 156.05) = 772.2 \ kg/m^3$$

$$FA_w = \frac{772.2}{1.007} \times 1.05 = 805.2 \ kg/m^3$$

تصحیح آب :

$$W = 156.05 - \left[1115.6(0.015 - 0.005) + 768.8 \times (0.05 - 0.007)\right] = 111.9 \ kg/m^3$$

	روش وزنی
آب	111.9
سیمان	312.1
شن تر	1132.3
ماسه تر	805.2
جمع	2361.5

برابر با وزن مخصوص بتن اصلاح شده

روش حجمی:

۲۰ لیتر نمونه بتنی ساخته می شود.

$106.2 \times 0.02 = 2.12\ kg$ آب

$300 \times 0.02 = 6\ kg$ سیمان

$1121 \times 0.02 = 22.42\ kg$ شن تر

$798 \times 0.02 = 15.96\ kg$ ماسه تر

فرض می کنیم همان شرایط حاصل شود.

وزن مخصوص $U = 2345 \quad kg/m^3$ اسلامپ $= 4\ cm$ هوا $= 6.2\%$

وزن نمونه $= 2.12 + 6 + 22.42 + 15.96 = 46.5\ kg$

آب موجود در نمونه $= 3\ kg$

$$\text{حجم نمونه} = \frac{۴۶/۵}{۲۳۴۵} = ۰/۰۱۹۸\ m^۳$$

مقدار آب در ۱ مترمکعب $$W = \frac{۳}{۰/۰۱۹۸} = ۱۵۱/۴۵\ Kg/m^۳$$

اصلاح به علت اختلاف اسلامپ و هوا $W = 151.45 + (5-4) \times 2.5 + (6.2-5.5) \times ۳ = 156.05\ kg/m^3$

$$\frac{W}{C} = 0.5 \rightarrow C = \frac{156.05}{0.5} = 312.1 \quad kg / m^3$$

$$CA_w = \frac{22.42}{0.0198} = 1132.3 \quad kg / m^3$$

$$CA_d = \frac{1132.3}{1.015} = 1115.6 \quad kg / m^3$$

$$FA_d = 10 G_{FA} (100 - A) - G_{FA} \left(\frac{CA}{G_{CA}} + \frac{C}{G_c} + W \right)$$

$$FA_d = 10 \times 2.64 (100 - 5.5) - 2.64 \left(\frac{1115.6}{2.68} + \frac{312.1}{3.15} + 156.05 \right) = 722.31 \quad kg / m^3$$

$$FA_w = 722.31 \times 1.05 = 758.4 \quad kg / m^3$$

آب اصلاح شده به واسطه رطوبت طبیعی شن و ماسه:

$$W = 156.05 - \left[1115.6 \times (0.015 - 0.005) + 722.31 \times (0.05 - 0.007) \right] = 113.8 \ kg / m^3$$

	روش حجمی
آب	113.8
سیمان	312.1
شن تر	1132.3
ماسه تر	758.4

امتحان مسئله:

$$\frac{156.05}{1000} = 0.156\ m^3$$ حجم آب

$$\frac{312.1}{3.15 \times 1000} = 0.099\ m^3$$ حجم سیمان

$$\frac{1132.3}{1.015 \times 2.68 \times 1000} = 0.416\ m^3$$ حجم شن خشک

$$\frac{758.4}{1.05 \times 2.64 \times 1000} = 0.274\ m^3$$ حجم ماسه خشک

$0.055\ m^3$ هوا

جمع

$1\ m^3$

- تولید سیمان
- ذخیره سیمان
- حمل سیمان

- جمع آوری دانه ها
- سرند کردن دانه ها
- دپوی سنگدانه ها
- شکل ظاهری دانه ها
- اندازه بزرگترین دانه ها (1 & 2)
- رطوبت سطح دانه ها
- جذب آب دانه ها با توجه به ابعاد

- مخلوط کردن بتن (1 & 2)
- حمل بتن آماده

- نفوذ آب و پدیده یخ زدگی
- بتن ریزی در هوای سرد

- آزمایش اسلامپ
- گرفتن نمونه استوانه ای
- کنترل کیفی برای بتن در حال اجرا

- پرداخت سطح بتن
- مزیت استفاده درزها برای بتن
- بریدن بتن

- پمپ کردن بتن
- ویبره بتن
- بتن وکیوم شده (1 & 2)

با تشکر از توجه شما