

نباشد. هم چنین اگر حداکثر اندازه سنگدانه‌ها از ۱۹ میلی متر کمتر باشد (تا ۹/۵ میلی متر) حداکثر می‌توان  $50 \text{ kg/m}^3$  به مقادیر زیر اضافه نمود که مجموعاً با توجه به تغییر عیار سیمان و افزایش روانی یا بکزرگیری پوزولان‌ها و سرباره‌ها این افزایش به  $100 \text{ kg/m}^3$  محدود می‌شود (به جز در مورد بتن‌های خودتراکم).

حداکثر ذرات ریز یا خیلی ریز برای حداکثر اندازه ۱۹ تا ۳۸ میلی متر

عیار سیمان	ذرات ریزتر از ۰/۳ میلی متر $\text{kg/m}^3$	ذرات ریزتر از ۰/۱۵ میلی متر $\text{kg/m}^3$
۳۰۰ یا کمتر	۴۷۵	۳۷۵
۳۵۰	۵۲۵	۴۲۵

پیوست ۸: مثال هایی از طرح مخلوط بتن

مثال ۱-

مطلوب است طراحی مخلوط اولیه بتنی برای ساخت شالوده بتنی مسطح یک ساختمان و تعیین مقادیر، سیمان، آب آزاد، آب کل، سنگدانه ریز و درشت اشباع با سطح خشک و خشک و وزن یک متر مکعب بتن تازه با توجه به اطلاعات مربوط به نتایج آزمایش های انجام شده بر روی مصالح مصرفی در حالی که بتن ریزی با جرتفیل و ناوه کامیون مخلوط کن، انجام گردد. اطلاعاتی در مورد نحوه ساخت بتن و کنترل و نظارت آن وجود ندارد.

جدول ۱- اطلاعات و داده‌های مربوط به بتن مورد نظر (مقاومت، دوام و...)

۲۰	Mpa	مقاومت مشخصه استوانه ای ۲۸ روزه $f_c$
-	Mpa	انحراف معیار بتن S
۵۰ و ۷۰	mm	اسلامپ متوسط پس از ۵ و ۳۰ دقیقه
۰/۱۵۵	W/C	حداکثر مجاز نسبت آب به سیمان
۳۰۰	$\text{Kg/m}^3$	حداقل سیمان مجاز
۳۵۰	$\text{Kg/m}^3$	حداکثر سیمان مجاز
متوسط تا درشت بافت		نمای مورد نیاز

جدول ۲- اطلاعات و داده‌های مربوط به سیمان مصرفی

نوع سیمان	چگالی ذرات سیمان	مقاومت فشاری ملات استاندارد
پرتلند ۱-۳۲۵	-	-

جدول ۳- اطلاعات و داده های مربوط به سنگدانه‌ها

چگالی ذرات SSD	شن	ماسه
۲/۱۵۶۰	۲/۱۵۶۰	۲/۴۸۰

۲/۷	۲/۳	درصد ظرفیت جذب آب
گردگوشه	گردگوشه	شکل
-	-	درصد شکستگی
-	۲۰	درصد یولکی
-	۲۳	درصد کشیدگی

جدول ۴- دانه بندی سنگدانه

۰/۱۵	۰/۳	۰/۶	۱/۱۹	۲/۳۸	۴/۷۵	۹/۵	۱۲/۵	۱۹	۲۵	الک
				۰	۱	۱۵	۴۰	۷۰	۱۰۰	شن
۲	۶	۱۵	۳۰	۶۰	۸۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	ماسه

راه حل -

گام ۱: تعیین مقاومت فشاری متوسط لازم برای طرح مخلوط بتن (مقاومت هدف)  
از آن جا که هیچ گونه اطلاعاتی در مورد کارخانه و نحوه ساخت بتن و کنترل و نظارت آن وجود ندارد و سطح طبقه بندی کارخانه مشخص نیست؛ بنابراین از حاشیه امنیت پیشنهادی و توصیه شده آيا استفاده می کنیم.

$$f_{cm} = f_c + (SM) = 20 + 8/5 = 28/5 \text{ Mpa}$$

گام ۲: تعیین سهم سنگدانه ها با توجه به دانه بندی مطلوب

دانه بندی مطلوب بین منحنی A و B و نزدیک تر به منحنی A می باشد زیرا بافت دانه بندی ریز یا متوسط مد نظر نمی باشد و می توان از دانه بندی درشت تری استفاده نمود. بنابراین  $\pi$  از ۰/۵۵ تا ۰/۶۷ انتخاب می شود. حداکثر اندازه سنگدانه ۲۵ میلی متر است. در حدس اول سهم ماسه ۴۰ و سهم شن ۶۰ درصد منظور می گردد. لازم به ذکر است که ماسه موجود تقریباً درشت ترین دانه بندی را در ارتباط با استاندارد اجباری ایران دارا می باشد.

۰/۱۵	۰/۳	۰/۶	۱/۱۹	۲/۳۸	۴/۷۵	۹/۵	۱۲/۵	۱۹	۲۵	الک
					۰/۶	۹	۲۴	۴۲	۶۰	۶۰ درصد شن
۰/۱۸	۲/۴	۶	۱۲	۲۴	۳۵/۶	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰ درصد ماسه
۱	۲	۶	۱۲	۲۴	۳۶	۴۹	۶۴	۸۲	۱۰۰	مخلوط سنگدانه
۴	۹	۱۶	۲۵	۳۶	۴۹	۶۷	۷۵	۸۹	۱۰۰	منحنی B (n=۰/۵)
۲	۵	۹	۱۵	۲۴	۳۸	۵۷	۶۷	۸۵	۱۰۰	منحنی n=۰/۵۵
۱	۳	۶	۱۱	۱۹	۳۲	۵۱	۶۲	۸۳	۱۰۰	منحنی A (n=۰/۶۷)
					۰/۵	۸/۲	۲۲	۳۸/۵	۵۵	۵۵ درصد شن
۱/۹	۲/۷	۶/۸	۱۳/۵	۲۷	۴۰	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵ درصد ماسه
۱	۳	۷	۱۳/۵	۲۷	۴۰/۵	۵۳	۶۷	۸۳/۵	۱۰۰	مخلوط سنگدانه

وضعیت فعلی باعث شده است منحنی مخلوط سنگدانه با سهم ۶۰ درصد شن و ۴۰ درصد ماسه تقریباً منطبق بر منحنی A باشد و خیلی درشت است. اگر سهم ماسه ۴۵ درصد و شن ۵۵ درصد باشد مخلوط حاصله (به ویژه در بخش های ریز) از وضعیت بهتری برخوردار خواهد شد. به هر حال در این طرح از همان سهم ۵۵ درصدی شن و ۴۵ درصدی ماسه بهره می گیریم. هر چند سهم ماسه ۴۲/۵ و سهم شن ۵۷/۵ درصد نیز قابل قبول بنظر می رسد.

### گام ۳: محاسبه مدول نرمی مخلوط حاصله

مجموع درصدهای تجمعی مانده روی الک های مورد نظر تقسیم بر ۱۰۰ همان مدول نرمی مخلوط سنگدانه بدست آمده است باید دقت داشت در تعریف مورد نظر الک ۲۵ و ۱۲/۵ میلی متر وجود ندارد.

$$F.M. = \frac{۱۶/۵ + ۴۷ + ۵۹/۵ + ۷۳ + ۸۶/۵ + ۹۳ + ۹۷ + ۹۹}{۱۰۰} = ۵/۷۲$$

مدول ریزی منحنی A<sub>۲۵</sub> منحنی n=۰/۵۵ و B<sub>۲۵</sub> به ترتیب ۵/۹۴، ۵/۶۳ و ۵/۰۵ می باشد و جایگاه منحنی حاصله را در این رابطه نیز می توان حدس زد. اگر سهم ۴۰ درصد ماسه بکار می رفت، مدول ریزی حاصله ۵/۸۸ بود که به مدول ریزی A<sub>۲۵</sub> بسیار نزدیک بود.

### گام ۴: تعیین چگالی متوسط اشباع با سطح خشک مخلوط سنگدانه

با توجه به سهم ۴۵ درصدی ماسه و ۵۵ درصدی شن، چگالی متوسط تبارت است از

$$P_{Assd} = \frac{۱}{\frac{۰/۱۵۵}{۲/۵۶۰} + \frac{۰/۴۵}{۲/۴۸۰}} = ۲/۵۲۳$$

در صورت تعیین حجم سنگدانه، نیازی به محاسبه این مقدار نیست.

### گام ۵: تعیین نسبت آب به سیمان

با توجه به این که سیمان از نوع پرتلند ۱-۳۲۵ و فاقد نتیجه مقاومتی ملات ماسه سیمان استاندارد می باشد و شن گردگوشه استفاده شده است می توان از منحنی R-۳۲۵ استفاده نمود درحالی که هیچ گونه مصرف روان کننده ای نیز در دستور کار نیست. بنابر این با داشتن مقاومت هدف استوانه ای ۲۸ روزه برابر ۲۸/۵ عملاً نسبت آب به سیمان در حدود ۰/۵۲ بدست می آید که کمتر از حداکثر مجاز است.

### گام ۶: تعیین مقدار آب آزاد طرح مخلوط

با توجه به این که می توان بتن را در رده S<sub>F</sub> منظور نمود و با توجه به گردگوشگی سنگدانه ها از شکل ۴-۶ (نیاز به آب کم) استفاده می شود و با در نظر گرفتن مدول نرمی ۵/۷۲، مقدار آب آزاد در حدود ۱۵۲ کیلوگرم بدست می آید.

گام ۷: تعیین مقدار سیمان طرح مخلوط

با توجه به نسبت آب به سیمان و آب آزاد بدست آمده می توان عیار سیمان را تعیین کرد.

$$C = \frac{152}{0.152} = 292/5 \text{ kg/m}^3$$

با توجه به این که حداقل سیمان ۳۰۰ کیلوگرم می باشد بنابراین باید عیار سیمان را ۳۰۰ کیلوگرم در نظر گرفت و عملاً مقدار آب را نیز می توان ۱۵۶ کیلوگرم منظور نمود زیرا نسبت آب به سیمان نباید از ۰.۱۵۲ بیشتر شود.  
در این طرح عیار سیمان ۳۰۰ کیلوگرم و آب ۱۵۶ کیلوگرم می تواند بکار رود و ممکن است اسلامپ بتن بیشتر از ۷۰ میلی متر گردد.

گام ۸: تعیین مقدار سنگدانه اشباع با سطح خشک

با استفاده از رابطه حجم مطلق می توان مقدار کل سنگدانه بتن را با فرض ۱ درصد هوا در بتن (معادل ۱۰ لیتر) بدست آورد اما نیاز به چگالی ذرات سیمان وجود دارد. طبق این راهنما چگالی ذرات سیمان نوع ۱-۳۲۵ بین ۳/۰۵ تا ۳/۱۰ می تواند فرض شود زیرا نتیجه آزمایشی برای تعیین این مقدار وجود ندارد.  
چگالی ذرات سیمان در این مثال ۳/۱۰ فرض می گردد.

$$A_{SSD} = 2/523 \left( 1000 - \frac{300}{3/1} - \frac{156}{1} - 10 \right) = 1875 \text{ Kg/m}^3$$

با توجه به سهم هر یک از سنگدانه ها مقدار سنگدانه درشت و ریز اشباع با سطح خشک عبارتند از:

$$G_{SSD} = 1875 \times 0.55 = 1031 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_{SSD} = 844 \text{ Kg/m}^3$$

بهترست ابتدا حجم کل سنگدانه بدست آید و سپس حجم هر یک و وزن آن ها محاسبه شود.

$$V_{ASSD} = 734/35 \text{ lit}$$

$$V_G = 408/94 \text{ lit}$$

$$V_S = 334/50 \text{ lit}$$

$$G_{SSD} = 1046/5 \text{ Kg/m}^3$$

$$S_{SSD} =$$

$$829/5 \text{ Kg/m}^3$$

گام ۹: تعیین مقادیر سنگدانه خشک و آب کل

برای این که بتوان مخلوط آزمون را ساخت بهتر است از مقادیر سنگدانه خشک و آب کل بهره بگیریم.

$$\left\{ \begin{aligned} G_d &= \frac{1031}{1+0.023} \approx 1008 \text{ kg/m}^3 \\ S_d &= \frac{844}{1+0.027} \approx 814 \text{ kg/m}^3 \end{aligned} \right.$$

حالت اول:

$$\left\{ \begin{aligned} G_d &= \frac{1046/5}{1+0.023} \approx 1023 \text{ kg/m}^3 \\ S_d &= \frac{829/5}{1+0.027} \approx 800 \text{ kg/m}^3 \end{aligned} \right.$$

حالت دوم:

آب کل مجموع آب آزاد و آب موجود در سنگدانه ها در حالت اشباع با سطح خشک است.