

مثال طرح اختلاط بتن

مطلوب است طرح اختلاط بتن با مشخصات زیر:

- شرایط محیطی: ملایم
- حداکثر اندازه سنگدانه: ۳۷/۵ میلی‌متر
- اسلامپ: بین ۷۵ تا ۱۰۰ میلی‌متر
- مقاومت فشاری ۲۸ روزه: ۲۵ مگاپاسکال
- سیمان پرتلند معمولی با وزن مخصوص بین ۱۰۰۰ تا ۱۴۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب
- درصد جذب آب درشت دانه ۰/۵ و رطوبت کل ۲ درصد
- درصد جذب آب ریز دانه ۰/۶ و رطوبت کل ۵ درصد
- مدول نرمی ریزدانه ۲/۸
- وزن مخصوص شن خشک متراکم ۱۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب

حل مثال:

گام اول: انتخاب اسلامپ

جدول ۱- اسلامپ های پیشنهادی برای سازه‌های مختلف (ACI-211-89)

اسلامپ ، mm		نوع سازه
حداقل	حداکثر	
۲۵	۷۵	پی‌ها و شالوده دیوارهای بتن آرمه
۲۵	۷۵	پی‌ها و دیوارهای غیر مسلح
۲۵	۱۰۰	تیرها و دیوارهای بتن آرمه
۲۵	۱۰۰	ستونهای سازه
۲۵	۷۵	روسازی‌ها و دالها
۲۵	۷۵	بتن حجیم

مرحله اول: اسلامپ بین ۷۵ تا ۱۰۰ میلی‌متر داده شده است.

گام دوم: انتخاب بزرگ‌ترین اندازه اسمی سنگدانه‌ها

گام دوم: حداکثر اندازه سنگدانه ۳۷/۵ میلی‌متر داده شده است.

گام سوم: تخمین مقدار آب اختلاط لازم و میزان هوای محبوس (W و A)

مقدار تقریبی آب لازم و میزان هوا را می‌توان از جدول ۲ به دست آورد. همچنین درصد تقریبی هوای محبوس (غیرعمدی) که در بتن بدون حباب هوا ایجاد می‌شود، در این جدول ارائه شده است.

جدول ۲- مقادیر طبیعی آب و هوا بر اساس اسلامپ و بزرگ‌ترین بعد دانه‌ها (ACI-211-89)

مقدار تقریبی آب بر حسب kg/m^3 بر اساس بزرگترین بعد دانه‌ها								اسلامپ ، میلیمتر
۱۵۰	۷۵	۵۰	۳۷٫۵	۲۵	۱۹	۱۲٫۵	۹٫۵	
بتن بدون حباب هوا								
۱۱۳	۱۳۰	۱۵۴	۱۶۶	۱۷۹	۱۹۰	۱۹۹	۲۰۷	۲۵ - ۵۰
۱۲۴	۱۴۵	۱۶۹	۱۸۱	۱۹۳	۲۰۵	۲۱۶	۲۲۸	۷۵ - ۱۰۰
—	۱۶۰	۱۷۸	۱۹۰	۲۰۲	۲۱۶	۲۲۸	۲۴۳	۱۵۰ - ۱۷۵
۰٫۲	۰٫۳	۰٫۵	۱	۱٫۵	۲	۲٫۵	۳	درصد تقریبی هوای غیرعمدی در بتن بدون حباب هوا
بتن هوادار								
۱۰۷	۱۲۲	۱۴۲	۱۵۰	۱۶۰	۱۶۸	۱۷۵	۱۸۱	۲۵ - ۵۰
۱۱۹	۱۳۳	۱۵۷	۱۶۵	۱۷۵	۱۸۴	۱۹۳	۲۰۲	۷۵ - ۱۰۰
—	۱۵۴	۱۶۶	۱۷۴	۱۸۴	۱۹۷	۲۰۵	۲۱۶	۱۵۰ - ۱۷۵
								مقادیر متوسط درصد هوای پیشنهادی بر اساس شرایط محیطی :
۱٫۰	۱٫۵	۲٫۰	۲٫۵	۳٫۰	۳٫۵	۴٫۰	۴٫۵	شرایط عادی
۳٫۰	۳٫۵	۴٫۰	۴٫۵	۴٫۵	۵٫۰	۵٫۵	۶٫۰	شرایط متوسط
۴٫۰	۴٫۵	۵٫۰	۵٫۵	۶٫۰	۶٫۰	۷٫۰	۷٫۵	شرایط شدید

گام سوم: از جدول (۲) مقدار آب مخلوط برابر ۱۸۱ کیلوگرم برای هر مترمکعب بتن و مقدار هوای بتن برابر ۱ درصد به دست می‌آید.

گام چهارم: انتخاب نسبت آب به سیمان (W/C)

انتخاب نسبت آب به سیمان باید بر اساس مقاومت مورد نیاز بتن و شرایط محیطی صورت گیرد. (جدول ۳ الف و ب)

جدول ۳ الف- نسبت آب به سیمان بر اساس مقاومت فشاری بتن (ACI-211-89)

نسبت آب به سیمان		مقاومت فشاری ۲۸ روزه، مگاپاسکال
بتن هوادار	بتن بدون حباب هوا	
—	۰٫۴۲	۴۰
۰٫۳۹	۰٫۴۷	۳۵
۰٫۴۵	۰٫۵۴	۳۰
۰٫۵۲	۰٫۶۱	۲۵
۰٫۶۰	۰٫۶۹	۲۰
۰٫۷۰	۰٫۷۹	۱۵

جدول ۳ ب- حداکثر نسبت مجاز آب به سیمان در شرایط محیطی نامناسب (ACI-211-89)

نوع سازه	سازه‌هایی که بطور پیوسته یا متناوب مرطوبند و تحت اثر سیکل‌های یخ زدن و آب شدن قرار دارند	سازه‌های در معرض آب دریا و یا سولفات‌ها
مقاطع ظریف (نظیر نرده‌ها، جان پناه‌ها، تیرچه‌ها و کارهای تزئینی) و مقاطعی با پوشش کمتر از ۵ میلی‌متر روی آرماتورها	۰٫۴۵	۰٫۴۰
سایر سازه‌ها	۰٫۵۰	۰٫۴۵

گام چهارم: با استفاده از جدول (۳-الف) مقدار آب به سیمان ۰٫۶۱ به دست می‌آید.

گام پنجم: محاسبه مقدار سیمان (C)

پس از تخمین مقدار آب مورد نیاز و محاسبه نسبت آب به سیمان می‌توان مقدار سیمان را محاسبه کرد.

گام پنجم: مقدار سیمان برابر است با:

$$181 / 0.61 = 296.72 \text{ kg/m}^3$$

گام ششم: تخمین مقدار سنگدانه‌های درشت (CA)

حجم دانه‌های درشت به صورت خشک در واحد حجم بتن را می‌توان بر اساس جدول ۴ به دست آورد. با در نظر گرفتن این که وزن مخصوص شن خشک در محدوده ۱۶۰۰ تا ۱۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است، وزن شن خشک مورد نیاز بر حسب کیلوگرم به دست می‌آید.

جدول ۴- حجم دانه‌های درشت در واحد حجم بتن (ACI-211-89)

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

گام ششم: با استفاده از جدول (۴) حجم سنگدانه درشت خشک در واحد حجم بتن بدست می‌آید و سپس مقدار جرم دانه‌های درشت خشک در واحد حجم بتن، از حاصلضرب حجم بدست آمده در وزن مخصوص متراکم درشت دانه خشک بدست می‌آید:

$$\text{جرم شن خشک مورد نیاز در واحد حجم بتن: } 0.71 \times 1600 = 1136 \text{ kg/m}^3$$

سنگدانه	خشک kg	اشباع با سطح خشک kg	مرطوب kg	آب داخلی kg	آب سطحی kg
شن	1136	1142	1159	6	17
ماسه	790	795	830	5	35

گام هفتم: تخمین مقدار سنگدانه‌های ریز (ماسه)، (FA)

پس از اتمام مرحله‌ی ششم از طرح اختلاط بتن، تمام اجزای بتن غیر از سنگدانه ریز تخمین زده شده‌اند. مقدار ماسه در این مرحله با کم کردن اجزای معلوم از کل مقادیر واحد حجم بتن بدست می‌آید. اگر بتوان جرم واحد حجم (یک مترمکعب) بتن را فرض کرد یا از تجربیات قبلی مقدار آن را تخمین زد، جرم مورد نیاز سنگدانه ریز (ماسه) با کم کردن جرم دیگر اجزا از جرم واحد حجم بتن تازه بدست می‌آید. برای تخمین جرم واحد حجم بتن تازه از جدول شماره ۵ استفاده می‌شود.

جدول ۵- تخمین اولیه جرم واحد حجم بتن تازه (ACI-211-89)

تخمین اولیه جرم واحد حجم بتن تازه (kg/m ³)		بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه (mm)
بتن بدون حباب هوا	بتن با حباب هوا	
2200	2280	9.5
2230	2310	12.5
2275	2345	19
2290	2380	25
2350	2415	37.5
2345	2445	50
2405	2490	75
2435	2530	150

گام هفتم: با استفاده از جدول (۵) جرم واحد حجم بتن تازه بدست می‌آید و سپس با کم کردن دیگر اجزا جرم سنگدانه ریز در حالت اشباع با سطح خشک (SSD) بدست می‌آید.

وزن ماسه در حالت SSD برابر است با:

$$FA=2415-(181+297+1142) = 795 \text{ kg/m}^3$$

گام هشتم: اصلاح مربوط به رطوبت سنگدانه

در هنگام طرح مخلوط بتن، شرایط رطوبت سنگدانه‌ها به صورت اشباع با سطح خشک (SSD) در نظر گرفته می‌شود و آب به صورت آب مؤثر یا آب آزاد در محاسبات منظور می‌گردد.

در مراحل قبلی فرض بر این بود که سنگدانه‌ها در حالت اشباع با سطح خشک هستند. هنگام وزن کردن مقادیر واقعی سنگدانه برای بتن باید رطوبت سنگدانه‌ها در نظر گرفته شود. عموماً سنگدانه‌ها خیس و مرطوب هستند و وزن خشک آنها باید به اندازه درصد رطوبت کل شامل جذب آب و رطوبت سطحی افزایش یابد. همچنین لازم است از آب اختلاط به اندازه آب آزادی که توسط سنگدانه‌ها (یعنی رطوبت کل سنگدانه منهای درصد جذب داخلی) به مخلوط اضافه می‌شود، کاسته شود.

$$\text{مقدار آب اضافه شونده به بتن} = 181 - [(1159 - 1142) + (830 - 795)] = 129 \text{ kg}$$

بدین ترتیب نسبت‌های جدید طرح اختلاط بتن بصورت زیر تعیین گردید.

$$\text{مقدار سیمان} = 297 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{مقدار آب اضافه شونده به مخلوط} = 129 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{مقدار شن مرطوب} = 1159 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{مقدار ماسه مرطوب} = 830 \text{ kg/m}^3$$