سازه‌های فلزی

فصل اول

« معرفی و بیان مشخصات مهندسی فولاد »

مقدمه

فولاد از مهم‌ترین مصالح ساختمانی است. مشخصات مهم فولاد که آن را نسبت به سایر مصالح ساختمانی ممتاز ساخته است مقاومت زیاد، شکل‌پذیری و یکسان بودن مقاومت آن در فشار و کشش می‌باشد. در کنار مزایای فوق فراوانی معادن سنگ آهن نیز از عوامل موثر در عمومیت یافتن مصرف فولاد می‌باشد. مهم‌ترین ویژگی رفتاری فولاد، نمودار تنش ـ کرنش آن تحت آزمایش کشش می‌باشد که از روی این نمودار تنش تسلیم یا جاری شدن فولاد بدست می‌آید.

۱ـ۱. انواع فولادها

فولاد کربن‌دار به فولادی اطلاق می‌شود که علاوه بر آهن، حداکثر درصد کربن و آلیاژهای مختلف آن به قرار ذیل باشد: کربن ۱/۷ درصد، منگنز ۱/۶۵ درصد، سیلیکن ۰/۶درصد و مس ۰/۶درصد.

کربن و منگنز عناصر اصلی افزایش مقاومت نسبت به‌آهن خالص می‌باشند. فولادهای کربن‌دار حد فاصل آهن خالص (صفر درصد کربن) و چدن (۱/۷ درصد کربن) برحسب درصد کربن شامل:

فولاد کم کربن: مقدار آن کم‌تر از ۰/۱۵درصد است.

فولاد با کربن ملایم: مقدار آن حدود ۰/۱۵الی ۰/۲۹درصد است.

فولاد با کربن متوسط: مقدار آن حدود ۰/۳الی ۰/۵۹درصد است.

فولاد با کربن زیاد: مقدار آن حدود ۰/۶الی۱/۷درصد است.

با توجه به توضیحات فوق فولادهای ساخته شده و قابل مصرف در صنعت عبارتند از:

فولاد نرمه (فولاد ساختمانی)

این فولاد در رده فولاد با کربن ملایم قرار دارد. این نوع فولاد دارای پله تسلیم مشخص بوده و پروفیل‌های ساختمانی براساس آن ساخته شده‌اند.

نکته ۱: افزایش درصد کربن باعث افزایش تنش تسلیم، کاهش شکل‌پذیری و مشکلات در جوش‌پذیری می‌شود.

نکته۲: در صورتیکه مقدار کربن از ۰/۳درصد تجاوز نماید عمل جوشکاری پر خرج شده و احتیاج به پیش گرمایش، پس گرمایش و الکترودهای خاص خواهد بود.

توجه : فولاد ساختمانی با علامت ST ۳۷ شناخته می‌شود. عدد پس از حروف ST بیانگر تنش نهایی فولاد بر حسب $\frac{kg}{mm^2}$ می‌باشند

یعنی فولاد ST ۳۷ دارای تنش نهایی ۳۷۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است.

فولادهای پرمقاومت کم آلیاژ

این فولادها با افزایش مقادیر ناچیزی آلیاژ نظیر کروم، کلمبیم، مس، منگنز، نیکل و ... به فولادهای کربن‌دار بدست می‌آید. افزایش آلیاژهای فوق باعث ریزتر شدن ساختمان بلوری آهن و در نتیجه افزایش مقاومت آن می‌شود. این نوع فولادها مانند فولاد نرمه دارای پله تسلیم مشخص بوده و به راحتی جوشکاری می‌شوند.

www.modaresanesharif.ac.ir

فولادهای آلیاژدار آب دیدهٔ بازپخت شده

اگر فولادهای پرمقاومت کم آلیاژ آب داده شوند و سپس بازپخت گردند، تنش تسلیم آن به ۵۵۰۰ الی ۷۶۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌رسد. این نوع فولادها پله تسلیم مشخصی نداشته لذا برای تعیین تنش تسلیم در آن‌ها از دو روش زیر می‌توان استفاده کرد.

الف) روش تنش نظیر اُفست کرنش ۰/۲ درصد (از محل کرنش ۰/۲ درصد خطی به موازات نمودار رسم کرده محل تلاقی تنش تسلیم است)

ب) روش تنش نظیر کرنش ۰/۵ درصد

فولادهای پیچ

برای ساخت پیچ از فولادهایی با مقاومت نهایی بین ۴۰۰۰ تا ۱۰,۰۰۰ کیلوگرم برسانتی‌متر مربع استفاده می‌شود.

فولادهای الکترود جوشکاری

این نوع فولادها در ساخت الکترودهای جوشکاری استفاده می‌شود که در فصل جوشکاری شرح داده شده است.

جدول ۱ـ انواع فولادهای ساختمانی

مورد استعمال	کرنش در هنگام گسیختگی (درصد)	تنش تسلیم (kg/cm^2)		تنش گسیختگی نهایی (kg/cm^2)	علامت اختصاری
		$40<t\le 80$	$t\le 40$		
-	۱۹	۱۷۰۰	۱۹۰۰	۳۳۰۰	St۳۳ – ۱ St۳۳ – ۲
تهیه پرچ برای فولاد St۳۷	۱۸	۱۹۰۰	۲۱۰۰	۳۴۰۰	St۳۴ – ۱ St۳۴ – ۲
مورد استعمال فراوان در ساختمان‌های معمولی	۲۸	۲۱۵۰	۲۴۰۰	۳۷۰۰	St۳۷ – ۱ USt۳۷ – ۲ RSt۳۷ – ۲ St۳۷ – ۳
-	۲۵	۲۳۵۰	۲۶۰۰	۴۲۰۰	St۴۲ – ۱ St۴۲ – ۲ St۴۲ – ۳
تهیه پرچ برای فولاد St۵۲	۲۴	-	-	۴۴۰۰	St۴۴
فولاد پرمقاومت برای استفاده در پل‌سازی و ساختمان‌های بلند	۲۲	۳۲۵۰	۳۶۰۰	۵۲۰۰	St۵۲ – ۳

مثال ۱: تنش تسلیم فولاد ST۵۲ چند $\frac{kg}{cm^2}$ است؟

۱) ۲۴۰۰ ۲) ۲۱۰۰ ۳) ۲۳۵۰ ۴) ۳۶۰۰

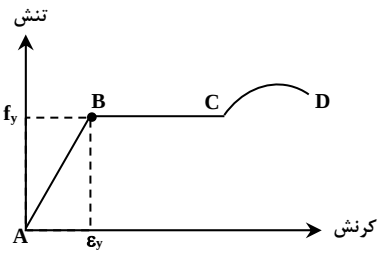
☑ **پاسخ :** گزینه «۴» طبق جدول ۱ـ۱ $f_y = 3600 \frac{kg}{cm^2}$ است.

مثال ۲: در فولاد ST۵۲ برای تعیین f_y از کدام روش استفاده می‌شود؟

۱) تنش نظیر کرنش ۰/۲ درصد ۲) تنش نظیر کرنش ۰/۵ درصد ۳) تنش نظیر کرنش ۲ درصد ۴) تنش نظیر کرنش ۵ درصد

☑ **پاسخ :** گزینه «۲»

۲ـ۱. نمودار تنش کرنش



مهم‌ترین ویژگی رفتاری در تعیین خواص فولاد نمودار تنش کرنش آن در آزمایش کشش است این نمودار دارای نواحی و نقاط مهم مقابل است.

ناحیه AB: به نام ناحیه خطی و ارتجاعی شهرت داشته و در این ناحیه قانون هوک صادق است. $\sigma = E.\varepsilon \rightarrow f_y = E.\varepsilon_y$ (قانون هوک)

www.modaresanesharif.ac.ir

نکته۳: به شیب نمودار تنش کرنش در ناحیه ارتجاعی مدول الاستیسیته فولاد (E) گفته می‌شود که برابر $۲/۱\times۱۰^{۶}\ \frac{kg}{cm^{۲}}$ می‌باشد.

نکته۴: به نقطه B اصطلاحاً پله تسلیم و به تنش نظیر آن تنش تسلیم یا جاری شدن (f_y) می‌گویند.

ناحیهBC: به نام ناحیه پلاستیک یا غیر الاستیک شهرت دارد. در این ناحیه به ازای تنش ثابت (f_y) کرنش در حال افزایش است. تغییر شکل‌های این ناحیه برگشت‌پذیر نیست.

ناحیهCD: به نام ناحیه سخت‌شدگی مجدد شهرت دارد. در این ناحیه فولاد دوباره مقداری مقاومت خواهد نمود تا به قله نمودار یعنی مقاومت کششی برسد (مقاومت نهایی). پس از قله، مقاومت کاهش یافته تا به نقطه گسیختگی (D) برسد که به آن حد گسیختگی می‌گویند.

نکته۵: با انجام عملیات سرد (مانند خم‌کاری و تغییر شکل) به بهای از دست دادن شکل‌پذیری، تنش جاری شدن افزایش می‌یابد.

با ترسیم نمودار تنش کرنش دو پارامتر مهم تعریف می‌گردد.

الف) ضریب فنریت: به مساحت زیر نمودار تنش کرنش در ناحیه خطی (AB) ضریب فنریت گفته می‌شود.

$$\text{ضریب فنریت} = \frac{f_y\varepsilon_y}{۲} = \frac{f_y^{۲}}{۲E}$$

ب) ضریب طاقت: به مساحت زیر نمودار تنش کرنش تا لحظه‌ی گسیختگی ضریب طاقت گفته می‌شود این ضریب نشان دهنده انرژی جذب شده در هنگام گسیختگی است.

نکته۶: ضریب فنریت و ضریب طاقت فولاد ساختمانی بترتیب برابر $۱/۵۴\frac{kg-cm}{cm^{۳}}$ و $۸۴۰\frac{kg-cm}{cm^{۳}}$ می‌باشد.

مثال ۳: اگر کرنش در فولاد کمی بیشتر از ε_y باشد، تنش در فولاد کدام است؟

۱) f_y ۲) بیشتر از f_y ۳) کمتر از f_y ۴) نمی‌توان اظهارنظر کرد

☑ **پاسخ :** گزینه «۱» در ناحیه خمیری با کرنش ثابت تنش تغییر نمی‌کند.

مثال ۴: ضریب فنریت فولادی با $f_y = ۲۴۰۰\frac{kg}{cm^{۲}}$ چقدر است؟ $\left(E = ۲\times۱۰^{۶}\ \frac{kg}{cm^{۲}}\right)$

۱) ۸۴۰ ۲) ۳/۰۱ ۳) ۱/۴۴ ۴) ۱/۷۵

☑ **پاسخ :** گزینه «۳» $\text{ضریب فنریت} = \frac{f_y^{۲}}{۲E} = \frac{(۲۴۰۰)^{۲}}{۲\times۲\times۱۰^{۶}} = ۱/۴۴$

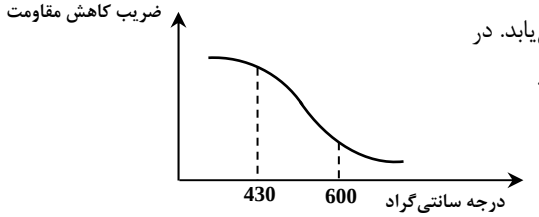
نکته۷: تنش تسلیم برشی در فولادها برابر $\frac{f_y}{\sqrt{۳}}$ می‌باشد.

نکته۸: مدول برشی فولاد براساس قوانین الاستیک برابر $G = \frac{E}{۲(۱+\mu)}$ می‌باشد که در فولاد ساختمانی با فرض $E = ۲/۱\times۱۰^{۶}\ \frac{kg}{cm^{۲}}$ و $\mu = ۰/۳$ مدول برش برابر $۰/۸\times۱۰^{۶}\ \frac{kg}{cm^{۲}}$ بدست خواهد آمد.

نکته۹: ضریب انبساط حرارتی فولاد (α) برابر ۱۲×۱۰^{-۶} بر درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود. برای عضوی به طول L که تحت درجه حرارت Δt درجه سانتی‌گراد قرار گرفته است تغییر طول برابر : $\Delta L = \alpha L \Delta t$

اثر درجه حرارت زیاد در مشخصات مکانیکی فولاد

با افزایش درجه حرارت، ضریب آلاستیسیته، تنش جاری شدن و مقاومت کششی کاهش می‌یابد. در محدوده‌ی بین ۴۳۰ الی ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد سرعت کاهش مقاومت کششی حداکثر است.



www.modaresanesharif.ac.ir

۱ـ۳. ترد شکنی (Brittle Fracture)

فولاد در درجه حرارت و شرایط متعارف و متعادل، مصالح شکل‌پذیری است، لیکن در شرایط خاصی می‌تواند حالت شکنندگی به خود بگیرد که به این پدیده تردشکنی گفته می‌شود. عوامل موثر بر تردشکنی عبارتند از:

درجه حرارت: هرچه درجه حرارت کم‌تر باشد فولاد تردتر است.

سرعت بارگذاری: با افزایش سرعت بارگذاری تردشکنی افزایش می‌یابد.

تمرکز تنش: وجود گوشه‌های تیز و اتصالات غلط سبب بروز تمرکز تنش و تردشکنی می‌شود.

وجود ترک‌های مویی: ترک مویی و شیار و زخم در قطعه فولادی سبب بروز تردشکنی می‌شود.

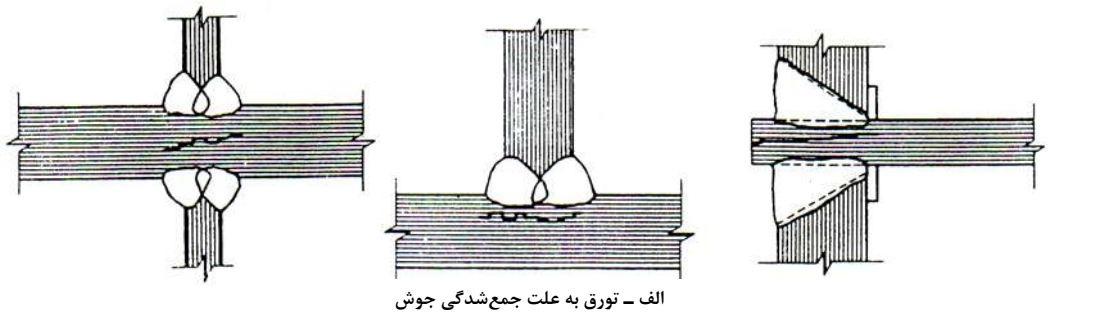
ضخامت ورق یا ممانعت از تغییر شکل: هرچه ضخامت بیش‌تر باشد امکان تردشکنی بیش‌تر است.

هندسه اتصال و اجرا: وجود اتصالات غلط سبب ایجاد تنش‌های چند محوره شده که خود باعث ایجاد تردشکنی است.

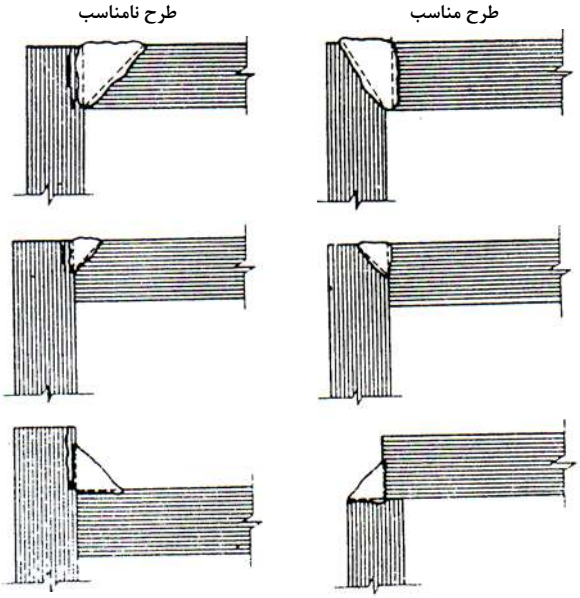
۱ـ۴. تورق یا پارگی لامینار (Laminar Tearing)

عمل نورد فولاد باعث ایجاد الیاف‌های موازی در قطعه فولادی می‌شود. اتصال جوشی نیز بدلیل سرد شدن منقبض می‌گردد. لذا ممکن است جهت کشش نیروی انقباضی جوش عمود بر الیاف‌های فولادی بوده و باعث پارگی شود به این پدیده پارگی لامینار گفته می‌شود در واقع می‌توان گفت که تورق یک نوع تردشکنی است که تحت کشش ایجاد می‌شود.

اشکال زیر نحوه‌ی ایجاد این نوع خرابی و راهکار مناسب برای رفع آن را نشان می‌دهند.



الف ـ تورق به علت جمع‌شدگی جوش



ب ـ اصلاح روش جوشکاری برای حذف تورق

شکل ۱ـ۱

مثال ۵: کدام عامل بر تردشکنی تاثیر ندارد؟

۱) سرعت بارگذاری ۲) ضخامت قطعه ۳) درجه حرارت ۴) تنش فشاری

☑ **پاسخ:** گزینه «۴»

www.modaresanesharif.ac.ir

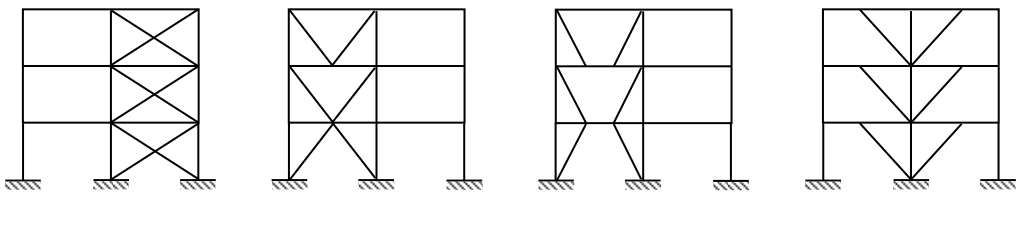
۵ـ۱. انواع سازه‌های ساختمانی

الف ـ قاب‌های خمشی (قاب‌های پیوسته): در این نوع قاب‌ها اتصال تیر به ستون به اندازه‌کافی صلب است به طوری‌که در تغییر شکل قاب، زاویه اولیه بین تیر و ستون بدون تغییر باقی می‌ماند.

ب ـ قاب‌های ساده: در این نوع قاب‌ها اتصال تیر به ستون مفصل است و صلبیت ندارد. این اتصالات می‌توانند آزادانه دوران کنند.

ج ـ قاب‌های مهاربندی شده: اگر در قاب‌های ساده برای تحمل نیروهای جانبی (باد و زلزله) از عضوهای مورب (مهاربند) استفاده شود، قاب را مهاربندی شده می‌گویند، این قاب‌ها به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

۱ـ قاب‌های مهاربندی هم‌محور (CBF) ۲ـ قاب‌های مهاربندی برون محور (EBF)



شکل ۲ـ۱

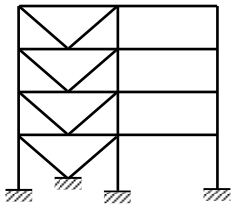
د ـ قاب‌های مرکب (ترکیبی): اگر اتصال تیر به ستون از نوع صلب باشد و از سیستم مهاربندی شده نیز استفاده گردد، قاب را ترکیبی می‌گویند.

مثال ۶: استفاده از کدام سیستم سازه‌ای در ساختمان مجاز نیست؟

۱) EBF ۲) CBF ۳) ترکیبی ۴) قاب ساده

☑ **پاسخ :** گزینه «۴» قاب ساده در برابر بارهای جانبی مقاومت ندارد.

مثال ۷: نام قاب ساختمانی مقابل چیست؟


(اتصال ساده)

۱) CBF
۲) EBF
۳) قاب ترکیبی
۴) قاب ساده

☑ **پاسخ :** گزینه «۱»

خوردگی فولاد

یکی از مشکلات فولاد نگهداری پرخرج، رنگ‌آمیزی و مقاوم‌سازی برای جلوگیری از خوردگی (زنگ‌زدگی) فولاد است. با افزایش درصد مشخصی از بعضی آلیاژها (مانند مس، نیکل و کروم) به فولاد پرمقاومت کم آلیاژ، پوسته اکسیده شده بسیار پرمقاومت و خوش ظاهری در سطح آن به وجود می آید که بسیار سخت است. به چنین فولادی که بدون رنگ‌آمیزی به صورت نما مورد استفاده قرار می‌گیرد فولاد ضدزنگ می‌گویند. به غیر از این مورد می‌توان از پوشش روی (گالوانیزه) یا قلع نیز برای جلوگیری از خوردگی فولاد استفاده کرد.

مثال ۸: سازه‌های دریایی فولادی را با کدام روش در مقابل خوردگی محافظت می‌کنند؟

۱) با پرایمر ۲) ضد زنگ ۳) پوشش با قلع ۴) حفاظت کاتدیک

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» حفاظت کاتدیک نوعی مهار خوردگی فولاد به روشهای الکتریکی است که در خصوص سازه فولادی دریایی و فولادهای تحت خوردگی شدید کاربرد دارد.

مثال ۹: علت ایجاد تورق در اتصال جوشی چیست؟

۱) عمود بودن فشار بر تارها
۲) عمود بودن کشش ایجاد شده بدلیل سرد شدن جوش بر تارها
۳) عمود بودن برش بر تارها
۴) تورق ناشی از اتصال فشاری است.

☑ **پاسخ :** گزینه «۲» تورق ناشی از ایجاد کشش در اتصال می‌باشد.

www.modaresanesharif.ac.ir

مثال ۱۰: به مساحت کل زیر سطح نمودار تنش کرنش فولاد ..... می‌گویند.

۱) ضریب طاقت ۲) ضریب فنریت ۳) شکل‌پذیری ۴) تورق

☑ **پاسخ :** گزینه «۱»

۶ـ۱. بارهای وارد بر ساختمان

برای طراحی یک سازه در ساختمان‌ها چهار نوع بارگذاری در نظر گرفته می‌شود که با ترکیب این بارگذاری‌ها با یکدیگر بارهای طراحی به دست می‌آید.
بارهای اصلی شامل:
الف) بارهای مرده (DL) مانند ورق دیوارهای پیرامونی، وزن سقف و اسکلت سازه
ب) بارهای زنده (LL) مانند وزن ساکنین درون ساختمان، وزن قطعات غیر ثابت
ج) بار زلزله (E)
د) بار باد (W)

نکته۱۰: سازه‌های ساختمانی بایستی توانایی تحمل بارهای مذکور و ترکیب آنها را داشته باشند.

مثال ۱۱: کدام سیستم سازه‌ای برای ساختمان مناسب نیست؟

۱) CBF ۲) EBF ۳) قاب‌های خمشی ۴) قاب‌های ساده

☑ **پاسخ :** گزینه «۴» قاب‌های ساده قادر به تحمل بارهای جانبی (E و W) نیستند.

www.modaresanesharif.ac.ir

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

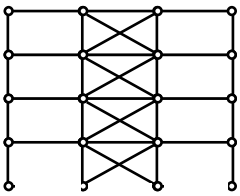
۱ـ رابطه صحیح بین E و G براساس ضریب پواسون (ν) کدام است؟ (سراسری ۸۰)

۱) $G=\frac{E}{۲(۱+\nu)}$ ۲) $G=\frac{E}{۲(۱-\nu)}$ ۳) $G=\frac{E}{(۱+۲\nu)}$ ۴) $G=\frac{E}{(۱-۲\nu)}$

۲ـ برای جلوگیری از زنگ زدگی فولاد در ساختمان‌های دریائی بیشتر از چه روشی استفاده می‌شود؟ (آزاد ۷۹ و ۸۰)

۱) پاشیدن مواد ماسه‌ای و خاک و شیشه و رنگ با فشار
۲) بکار بردن فولادهای کربن‌دار
۳) پوشش بوسیله فلزات زنگ نزن به طریق الکترولیز و حفاظت کاتدیک
۴) بکار بردن مواد ضد زنگ

۳ـ سیستم سازهٔ نشان داده شده کدام است؟ (سراسری ۸۰)



۱) مهاربندی شده + قاب خمشی
۲) مهاربندی شده + مهاربندی نشده
۳) مهاربندی شده
۴) مرکب

۴ـ منظور از ST۳۷ در فولاد ساختمانی، نشان دادن کدام کمیت برابر ۳۷ کیلوگرم بر میلیمتر مربع می‌باشد؟ (سراسری ۸۰)

۱) حد تناسب فولاد ۲) حد الاستیک فولاد ۳) مقاومت جاری شدن فولاد ۴) مقاومت نهایی فولاد در کشش

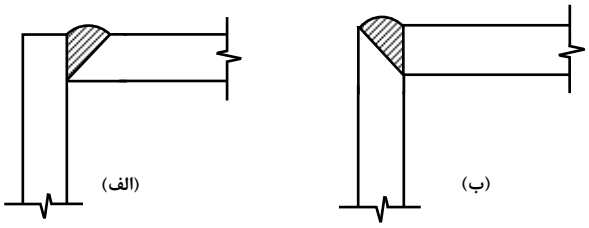
۵ـ هدف اصلی تعبیه درز انبساط در ساختمان‌های فلزی چیست؟ (سراسری ۸۱)

۱) امکان اجرای ساختمان توسط چند پیمانکار
۲) تفکیک ساختمان‌ها و بلوک‌های بزرگ به اجزای کوچکتر
۳) جلوگیری از اثرات انبساط و انقباض
۴) جلوگیری از ضربه ناشی از ساختمان‌های مجاور

۶ـ «تنش تسلیم برشی فولاد» کدام است؟ (سراسری ۸۲)

۱) $۰/۳۳Fy$ ۲) $۰/۷۵Fy$ ۳) $Fy\sqrt{۳}$ ۴) $\frac{Fy}{\sqrt{۳}}$

۷ـ کدام اتصال فلزی مناسبتر است و دلیل آن چیست؟ (سراسری ۸۲)



۱) الف ـ انقباض شدید جوش باعث پارگی لایه‌ای نمی‌شود.
۲) الف ـ مقاومت جوش در برابر خمش بیشتر است.
۳) ب ـ مقاومت جوش در برابر پیچش بیشتر است.
۴) ب ـ پارگی لایه‌ای بوجود نمی‌آید.

۸ـ ترد شکنی فولاد به چه عواملی بستگی دارد؟ (سراسری ۸۲)

۱) شدت جریان برق ۲) درجه حرارت و ضخامت قطعه ۳) درجه حرارت و نوع جوش ۴) قطر الکترود مصرفی

۹ـ اصطلاح (welded wire fabric) با اختصار wwf مربوط به کدام گزینه است؟ (سراسری ۸۳)

۱) مفتول‌ها ۲) میلگرد آجدار ۳) میلگرد ساده ۴) شبکه‌ها یا توری‌های جوش شده

۱۰ـ کدام عبارت در خصوص اثر ضخامت بر ترد شکنی صحیح است؟ (سراسری ۸۴)

۱) صفحات نازک بدلیل سرد شدن سریع جوش، ترد شکنی بیشتری دارند.
۲) صفحات نازک بدلیل عدم مقاومت کافی در برابر خمیدگی ترد شکنی بیشتری دارند.
۳) صفحات با ضخامت زیاد بدلیل جذب نیروهای زیاد و سنگین بودن وزن و آسیب‌های حین اجرا و جابجائی تردشکنی بیشتری دارند.
۴) صفحات با ضخامت زیاد بدلیل بوجود آمدن تنش‌های موجود در ضخامت و سرد شدن غیریکنواخت اثر ترد شکنی بیشتری دارند.

www.modaresanesharif.ac.ir

سازه‌های بتنی

فصل اول

« تکنولوژی بتن آرمه »

۱ـ۱. تعریف بتن و مشخصات الزامی مصالح تشکیل‌دهنده آن

تعریف بتن (concrete)

بتن سنگ مصنوعی است متشکل از دانه‌های جامد طبیعی سنگی به نام شن که درون خمیر سیمان قرار گرفته و این ماده خمیری با پر کردن فضاهای نامنظم هندسی بین شنها و انجام فعل و انفعالات شیمیایی با گذشت زمان از خمیری به جامدیت تغییر حالت داده و به دانه‌های جامد شن می‌چسبد و سخت می‌شود و به صورت مجموعه‌ای متراکم و تمام جامد دارای خواص مکانیکی و ظرفیت‌های مختلف باربری می‌باشد. کیفیت این ماده خمیری که از مخلوط کردن آب و سیمان و ماسه تشکیل می‌شود به کیفیت مصالح تشکیل‌دهنده و نحوه ساخت و یکنواختی توزیع آنها بستگی دارد. عمده مشکلات موجود در کیفیت بتن مانند خلل و فرج در سطح بتن، عدم تراکم بتن، عدم چسبندگی بتن و میلگرد، آب انداختن بتن و . . . ناشی از ضعف خمیر سیمان در بتن است و دانه‌های شن کمترین مشکل را در بتن ایجاد می‌کنند.

مزایا و معایب بتن

عواملی که مقبولیت عمومی در استفاده از بتن به عنوان پر مصرف‌ترین مصالح مهندسی را به وجود آورده است عبارتند از:

۱ـ توانایی بتن برای مقاومت در مقابل آب و عدم ایجاد خرابی در آن

۲ـ حالت خمیری بتن در حین ساخت، که باعث سهولت شکل دادن به آن برای ساخت اجزاء سازه‌ای به هر شکل دلخواه می‌شود.

۳ـ سهولت دسترسی و ارزانی مصالح تشکیل دهنده بتن در اغلب نقاط جهان

۴ـ مقاومت خوب آن در مقابل آتش‌سوزی و عوامل جوی

۵ـ داشتن مقاومت فشاری زیاد مانند سنگ‌ها

در مقابل این مزایا، عیب اصلی بتن مقاومت کششی ضعیف آن است که باعث می‌شود نتوان از بتن غیر مسلح در ساخت اعضای تحت کشش و یا خمش استفاده نمود. هم‌چنین مهارت لازم در اجرا و نظارت دقیق بر مراحل تهیه مصالح بتن و روش‌های ساخت و ریختن آن در قالب‌ها از سختی‌های ساخت سازه‌های بتنی می‌باشد.

انواع بتن

به منظور غلبه بر ضعف کششی بتن، آن را در قسمت‌هایی که تحت که کشش قرار می‌گیرد توسط میلگردهای فولادی که مقاومت کششی بالایی دارند تقویت می‌نماییم که به آن بتن مسلح گویند. راه حل دیگر غلبه بر ضعف کششی بتن آن است که قبل از بتن‌ریزی، فولادی که به صورت مفتول یا کابل است را تا نزدیکی حد جاری شدن بکشیم و پس از بتن‌ریزی و سخت شدن بتن با حذف عامل کشش در فولاد به دلیل چسبندگی کافی بین فولاد و بتن، نیروی کششی فولاد به صورت فشاری وارد بتن شود و در حین بارگذاری سازه تا مرحله‌ای که تنش فشاری موجود در بتن، تنش‌های کششی ناشی از خمش را خنثی نماید، عضو بتنی باربری دارد و دچار ترکهای موجود در ناحیه کششی و تغییر شکل های بزرگ نخواهد شد. به این نوع بتن، بتن پیش تنیده گویند.

مشخصات الزامی مصالح تشکیل دهنده بتن

به طور کلی مصالح اصلی تشکیل دهنده بتن عبارتند از سیمان و آب و سنگدانه در دو اندازه ماسه و شن که در کنار آن‌ها مصالح فرعی مانند آرماتور و پوزولانها و مواد افزودنی برحسب مورد استفاده می‌شود و بتن‌های با خواص گوناگون تولید می‌کنیم. لذا در کنار تأمین حداقل مقاومت فشاری انواع بتن موضوع مهم دیگری تحت عنوان دوام یعنی حفظ خواص بتن در شرایط مختلف محیطی اطرافش در سنین مختلف و تأمین حداکثر عمر مفید بتن ایجاب می‌کند که مصالح ساخت بتن از حداقل کیفیت الزامی برخوردار باشند. به عبارتی دیگر بتنی قابل قبول است که خود و مصالح تشکیل دهنده آن حداقل ضوابط الزامی مبحث نهم مقررات ملی ساختمان را برآورده سازند.

www.modaresanesharif.ac.ir

سیمان هیدرولیکی

ماده ریز و پودری است که به تنهایی خاصیت چسبندگی ندارد لیکن بر اثر عمل هیدراتاسیون (واکنش‌های شیمیایی آب و سیمان) خاصیت چسبندگی پیدا کرده و با گذشت زمان و تکمیل هیدراتاسیون، خمیر سیمان جامد شده و سختی پیدا می‌کند. از متداول‌ترین سیمان‌های هیدرولیکی برای ساخت بتن سازه‌ای، سیمان پرتلند است که مواد اصلی تشکیل دهنده آن اکسیدهای معدنی می‌باشندکه ابتدا آسیاب شده و مخلوط می‌گردند و سپس در کوره ای با دمای ۱۴۰۰ تا ۱۶۵۰ درجه سانتی‌گراد و فعل و انفعالات شیمیایی خاصی به فازهای سیمان یا کلوخه‌های سیمان به نام کلینکر تبدیل می‌شوند. بر حسب نسبت اختلاط فازهای سیمان انواع سیمان پرتلند پنج گانه با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی معینی تولید می‌شوند.

الف ـ سیمان پرتلند نوع یک (I) یا سیمان پرتلند معمولی که خود به سه نوع « ۱ـ۳۲۵» و «۱ـ۴۲۵» و «۱ـ۵۲۵» تقسیم می‌شود و در ساخت بتن با مصارف عمومی و بدون خواص ویژه مصرف می‌گردد.

ب ـ سیمان پرتلند نوع دو (II) یا سیمان پرتلند اصلاح شده که نسبت به سیمان پرتلند نوع یک حرارت هیدراتاسیون کمتری داشته و میل کمتری در واکنش با سولفات‌ها نشان می‌دهد.

ج ـ سیمان پرتلند نوع سه (III) یا سیمان زود سخت‌شونده که سرعت و حرارت واکنش هیدراتاسیون در آن بالاست و در زمان کوتاهی روند سخت شدن را طی می‌کند. لذا در بتن‌ریزی در هوای سرد و یا بتن‌ریزی‌های با شرایط قالب برداری کوتاه‌مدت پرمصرف است.

د ـ سیمان پرتلند نوع چهار (IV) یا سیمان با حرارت زایی کم و روند کسب مقاومت طولانی مدت که کاربرد اصلی آن ساخت بتن‌های حجیم مانند سدهای بتنی وزنی است.

هـ ـ سیمان پرتلند نوع پنج (V) یا سیمان مقاوم در برابر سولفات که در محیط‌های آبی یا خاکی که خطر واکنش سولفات با فازهای سیمان از جمله تری‌سلیکات آلومینیوم (C_3A) وجود دارد، به کار می‌رود.

سیمان‌های پوزولانی

پوزولان‌ها مواد سیلیسی یا آلومینی غیر بلورین (آمورف) هستند که به تنهایی فاقد ارزش چسباندگی‌اند اما به صورت ذرات بسیار ریز (یک صدم دانه‌های سیمان) در دمای متعارف و در مجاورت رطوبت با هیدروکسیدکلسیم $Ca(OH)_2$ که محصول بدی از واکنش هیدارتاسیون سیمان‌های پرتلند است، واکنش می‌دهند و ترکیباتی با ساختار ترکیبات هیدراتاسیون سیمان که چسباننده و سخت‌شونده‌اند، تولید می‌کنند. پوزولان‌ها دو نوع طبیعی و مصنوعی دارند که عمده‌ترین انواع مصنوعی آن شامل دوده سیلیسی، خاکستر بادی و خاکستر پوسته برنج می‌باشد.

سیمان پرتلند پوزولانی مخلوط یکنواخت و همگنی از انواع سیمان‌های پرتلند و پوزولان‌ها و سنگ گچ متبلور آسیاب شده می‌باشد که نوع معمولی آن دارای پوزولان به میزان حداقل ۵ و حداکثر ۱۵ درصد و نوع ویژه آن دارای پوزولان به میزان حداقل ۱۵ و حداکثر ۴۰ درصد، آمیخته با سیمان‌های پرتلند پنج گانه می‌باشد. واکنش شیمیایی پوزولانی وقت گیر بوده لذا زمان‌های گیرش و سخت شدن خمیر آن‌ها طولانی‌تر از سیمان‌های پرتلند است که مناسب‌ترین نوع سیمان در بتن‌ریزیهای حجیم می‌باشند. ضمناً مقاومت سیمان‌های پوزولانی در سنین اولیه کمتر از سیمان‌های پرتلند است، لیکن به دلیل ریزی خیلی زیاد و حداکثر تراکم در خمیر سیمان مقاومت فشاری در سنین بالا و آب‌بندی و دوام آنها نسبت به سیمان‌های پرتلند معمولی بیشتر است.

سیمان‌های پرتلند روباره‌ای یا سرباره‌ای

این سیمان از آسیاب کردن ۱۵ تا ۹۵ درصد سرباره کوره آهن گدازی فعال و غیر کریستالی (آمورف) با کلینکر سیمان پرتلند و مقدار مناسبی سنگ گچ متبلور به دست می‌آید که بتن ساخته شده با آن‌ها دیرگیرتر و گرمای آب‌گیری کمتری در مقایسه با سیمان‌های پرتلند دارد و به دلیل نفوذ پذیری کم دوام بیش‌تری در شرایط محیطی خورنده و سولفاتی از خود نشان می‌دهد.

مثال ۱: برای ساخت بتن در حضور محیط‌های سولفاته کدام نوع سیمان پرتلند مناسب‌تر است؟

۱) تیپ ۲ ۲) تیپ ۳ ۳) تیپ ۴ ۴) تیپ ۵

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» سیمان‌های تیپ ۵ به دلیل حداقل C_3A در آنها میل واکنشی کمتری با سولفات‌ها دارند.

مثال ۲: سیمان‌های پرتلند پوزولانی معمولی حداکثر چند درصد پوزولان دارند؟

۱) ۵ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۴۰

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» حداکثر پوزولان سیمان‌های (پ پ) ۱۵ درصد است.

آزمایشهای سیمان

برای کنترل خواص فیزیکی و مکانیکی سیمان، مشخصات سیمان را در کنار آب و ماسه یعنی همان ماده خمیری در برگیرنده شنهای طبیعی می‌سنجند که از جمله خواص و مشخصات الزامی سیمانهای پرتلند عبارتند از:

الف ـ سطح مخصوص به دست آمده از آزمایش بلین

سطح مخصوص یک مشخصه فیزیکی مواد دانه‌ای مانند سیمان یا سنگدانه‌ها می‌باشد که عبارتست از سطح واحد جرم دانه‌ها که به نوعی نشان‌دهنده نرمی و ریزی دانه‌هاست. به منظور حداکثر قدرت آبگیری دانه‌های سیمان و تکمیل واکنشهای هیدراتاسیون دانه‌های سیمان باید از حد مشخصی درشت‌تر نشوند

www.modaresanesharif.ac.ir

یا به عبارتی از مرز مشخصی ریزتر باشند. به دلیل ریزی بیش از حد دانه‌های سیمان (حدوداً ۷ میکرون) اندازه‌گیری سطح مخصوص آنها براساس افت فشار هوای دمیده به سطح سیمان و در دستگاه بلین انجام می‌گیرد که اصطلاحاً به آن بلین سیمان گویند حداقل بلین در سیمان پرتلند نوع ۳ $(۳۲۰۰\frac{cm^۲}{gr})$ و در سایر انواع سیمان $(۲۸۰۰\frac{cm^۲}{gr})$ است. یعنی سیمان پرتلند نوع سه ریزترین سیمان پرتلند هیدرولیکی است. همچنین حداقل بلین سیمان پرتلند پوزولانی $(۳۰۰۰\frac{cm^۲}{gr})$ و سیمان پرتلند پوزولانی ویژه $(۳۲۰۰\frac{cm^۲}{gr})$ است.

ب ـ زمان گیرش اولیه و نهایی سیمان

سنی از ماده خمیری بتن که شروع تغییر حالت فیزیکی از خمیری به جامد است، زمان گیریش اولیه سیمان و سنی که در آن جامدیت کامل و روند کسب مقاومت ماده خمیری بتن شروع شود را زمان گیرش نهایی سیمان می‌نامند. این زمانها در آزمایش سوزن ویکا (vicate) و در دمای آزمایشگاه به دست می‌آیند. برای سیمانهای پرتلند پنج‌گانه حداقل زمان گیرش اولیه ۴۵ دقیقه و حداکثر زمان گیرش نهایی ۶ ساعت است و در سیمانهای پوزولانی به ترتیب ۱ ساعت و ۷ ساعت می‌باشد. کاربرد زمان گیرش اولیه تعیین حداکثر زمان کارایی بتن است. یعنی تعیین حداکثر مدت زمانی که در آن قابلیت کارکردن با بتن مانند حمل ـ ریختن ـ متراکم کردن و پرداخت سطح وجود دارد. برای تغییر زمانهای گیرش می‌توان از مواد افزودنی استفاده کرد.

ج ـ مقاومت فشاری خمیر سیمان

به منظور تامین حداقل مقاومت فشاری بتن باید فاز اصلی تشکیل دهنده بتن یعنی خمیرسیمان که در برگیرنده دانه‌های شن است مقاومت فشاری حداقلی داشته باشد به نحوی که در تعیین مقاومت فشاری بتن، کیفیت خمیر سیمان بهتر از دانه‌های طبیعی شن بوده و شکست در دانه‌های شن رخ دهد نه خمیر سیمان. بدین منظور حداقل مقاومت فشاری میانگین چهار آزمونه مکعبی با ابعاد ۵۰ میلیمتر نباید از مقادیر جدول زیر کمتر شود.

جدول ۱ـ۱ـ ویژگی‌های مکانیکی الزامی سیمان‌های پرتلند و پوزولانی‌ها

ردیف	ویژگیهای مکانیکی	نوع سیمان پرتلند							پرتلند پوزولانی	پرتلند پوزولانی ویژه
		۱			۲	۳	۴	۵		
		۱ـ۳۲۵	۱ـ۴۲۵	۱ـ۵۲۵						
۱	حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه $(Mpa=\frac{N}{mm^۲})$	۳۲/۵	۴۲/۵	۵۲/۵	۳۱/۵	ـ	۱۸	۲۷	۳۰	۲۷/۵

مثال ۳: حداقل مقاومت فشاری خمیر سیمان تیپ دو در سن ۲۸ روزه چند مگاپاسکال است؟

۱) ۳۲/۵ ۲) ۱۸ ۳) ۳۱/۵ ۴) ۲۷

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» مطابق جدول ۱ـ۱ حداقل مقاومت فشاری خمیر سیمان تیپ دو در سن ۲۸ روزه ۳۱/۵ مگا پاسکال است.

ضوابط الزامی بسته‌بندی، حمل و نقل، انبار کردن و مصرف سیمانها

۱ـ سیمان‌های کیسه‌ای باید روی کف خشک، که دست کم به اندازه‌ی ۱۰ سانتیمتر از سطح اطراف خود بالاتر باشد، قرار گیرند.

۲ـ ترتیب قرار دادن کیسه‌های سیمان در انبار باید به گونه‌ای باشد که کیسه‌ها، به ترتیب ورود به انبار مصرف شوند.

۳ـ در مناطق خشک، حداکثر تعداد کیسه‌ی سیمان که می‌توان برروی هم انبار کرد ۱۲ پاکت است، مشروط براینکه ارتفاع کل آنها از ۱/۸ متر تجاوز نکند. اعداد فوق در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد، به ترتیب ۸ پاکت و ۱/۲ متر می‌باشد.

۴ـ در مناطق خشک، کیسه‌های سیمان باید نزدیک به یکدیگر، با فاصله‌ی ۵۰ تا ۸۰ میلیمتر از یکدیگر قرار داده شوند تا عبور جریان هوا از بین کیسه‌ها موجب خشک شدن سیمان بشود. در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد،کیسه‌های سیمان باید به یکدیگر چسبانیده شوند.

۵ـ کیسه‌های سیمان، در همه‌ی مناطق باید حداقل ۳۰۰ میلیمتر از دیوارها و ۶۰۰ میلیمتر از سقف فاصله داشته باشند.

۶ـ در مناطق و در فصل‌هایی که احتمال بارندگی وجود داشته باشد، کیسه‌های سیمان یا باید در انبارهای سرپوشیده نگهداری شود و یا اینکه روی آنها با ورقه‌های پلاستیکی پوشانیده شده و این ورقه‌ها به نحو کاملاً مطمئنی در اطراف پایدار و محکم شود. در این مناطق و در این فصل‌ها، درها، پنجره‌ها و سیستم‌های تهویه باید بسته نگهداشته شوند تا از جریان هوای مرطوب در انبار جلوگیری شود.

۷ـ سیمان‌های کیسه‌ای باید در مناطق با رطوبت نسبی حداکثر ۹۰%، ۴۵ روز پس از تولید، و در سایر مناطق ۹۰ روز پس از تولید مصرف شوند، و اگر بنا به دلایل غیرقبل اجتناب این امر میسر نشد، این سیمان‌ها باید قبل از مصرف مورد آزمایش قرار گیرند.

۸ـ سیمان‌های فله، باید در سیلوهای استاندارد نگهداری شوند.

www.modaresanesharif.ac.ir

۹ـ سیلوهای سیمان باید مجهز به ترازنما، برای تعیین موقعیت ترازسیمان در داخل سیلو و نیز دریچه‌ای در پایین برای میل زدن، در صورت طاق زدن سیمان باشند.

۱۰ـ از آنجا که انتقال سیمان از مخزن کامیون به داخل سیلو به کمک هوای فشرده صورت می‌گیرد و در نتیجه سیمان به تدریج متورم می‌شود، نباید بیش از ۸۰ درصد ظرفیت اسمی سیلوها را پرکرد.

۱۱ـ سیمان‌های فله را باید براساس نوع آنها به طور جداگانه نگهداری کرد، به گونه‌ای که امکان اشتباه آنها با هم وجود نداشته باشد، نوع سیمان موجود در هر سیلو باید به نحو مناسبی مشخص شود.

۱۲ـ سیمان نگهداری شده در سیلو، باید حداکثر ۹۰ روز پس از تولید مصرف شود، و اگر بنا به دلایل غیرقابل اجتناب این امر امکان‌پذیر نشد، باید قبل از مصرف تحت آزمایش قرار گیرد.

آب

آب به سه صورت در بتن به کار می‌رود، شامل آب شستشوی سنگدانه‌ها، آب به عنوان مصالح تشکیل‌دهنده بتن به منظور شروع و تکمیل واکنشهای هیدراتاسیون و ایجاد روانی و کارایی لازم در بتن تازه و آب مصرفی برای عمل آوری بتن. آب آشامیدنی بی‌بو و بی‌مزه مناسب‌ترین آب در مراحل ساخت بتن است. برای مصرف آبهای غیرآشامیدنی باید ضوابط زیر برآورده شود.

الف ـ pH آب مصرفی در بتن نباید کمتر از ۵ یا بیشتر از ۸/۵ باشد $(5 \le pH \le 8/5)$.

ب ـ مقاومت فشاری ۲۸ روزه آزمونه‌های خمیر سیمان ساخته شده با آب غیرآشامیدنی حداقل معادل ۹۰ درصد مقاومت نظیر آزمونه‌های مشابه ساخته شده با آب مقطر باشد.

ج ـ وزن یون سولفات قابل حل در آب حداکثر ۴ درصد وزن سیمان و کل یون سولفات موجود در محیط بتن حداکثر ۵ درصد وزن سیمان باشد.

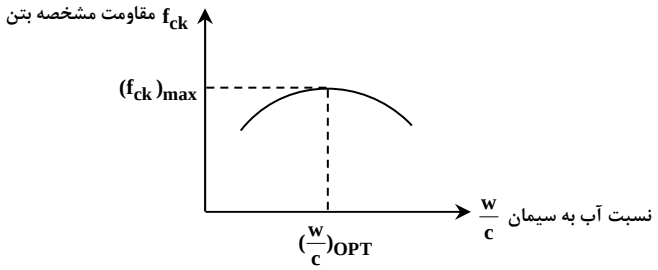
د ـ حداکثر کلراید قابل حل در آب بتن حداکثر ۱ درصد وزن سیمان مصرفی باشد و میزان چربی معدنی آب مصرفی در ساخت بتن حداکثر ۲/۵ درصد وزن سیمان باشد.

مثال ۴: حداکثر کلراید قابل حل در آب مصرفی برای ساخت بتن مسلح چه مقدار است؟

۱) ۱ درصد وزن سیمان ۲) ۲/۵ درصد وزن سیمان ۳) ۴ درصد وزن سیمان ۴) ۵ درصد وزن سیمان

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» حداکثر کلراید قابل حل در آب مصرفی برای ساخت بتن مسلح به منظور کاهش خطر خوردگی آرماتورها یک درصد وزن سیمان است.

اثر آب بر مقاومت بتن



نسبت وزنی آب به سیمان $(\frac{W}{C})$ یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده در مقاومت فشاری بتن است. در بتنهای با نسبت آب به سیمان کم به دلیل عدم تکمیل فرایند هیدراتاسیون و در بتنهای روان با نسبت آب به سیمان زیاد به دلیل اشغال حجم بتن با آب و کاهش جامدیت محیط بتن مقاومت فشاری بتن حداقل ممکن خواهد بود. لیکن بیشترین مقاومت فشاری بتن در نسبت آب به سیمان بهینه خواهد بود که حداکثر آن در هیچ شرایط محیطی نباید از ۰/۵ تجاوز کند.

سنگدانه

سنگدانه‌ها بین ۶۰ تا ۸۵ درصد از حجم بتن را تشکیل می‌دهند و به طور کلی باید از دانه‌های تمیز و سخت و مقاومی تشکیل شده باشند. سنگدانه‌ها بایستی عاری از مواد شیمیایی بوده و سطح آنها از رس و یا مواد ریز دانه دیگری که باعث کاهش چسبندگی دانه‌ها با خمیر سیمان می‌شود، پوشیده نشده باشد.

نکته ۱: شکل و ساخت مصالح سنگی عمدتاً بر خواص بتن تازه مؤثر است. دانه‌های سنگی شکسته و تیز گوشه کارایی بتن تازه را کاهش داده و نیز به آب و سیمان بیشتری نیاز دارند، از این رو این بتنها گرانتر هستند. توجه شود دانه‌های پولکی و سوزنی موجود در شنها باعث کاهش مقاومت و شکل‌پذیری بتن می‌شوند.

آزمایشهای سنگدانه

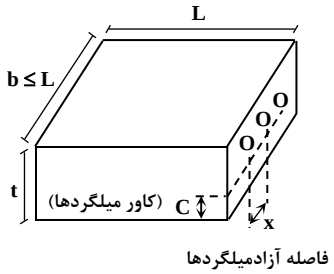
الف ـ مقاومت سایشی سنگدانه (آزمایش لوس آنجلس): نشانگر کیفیت مصالح سنگی بتن و مقاومت آن در مقابل سایش است که در بتنهای تحت سایش مانند کف بندرگاهها و باند فرودگاه و ... مهم است.

ب ـ مقاومت در مقابل یخ زدن و ذوب شدن: این ویژگی برای بتن‌های موجود در هوای آزاد و مناطق سردسیر بسیار مهم است و مقاومت مصالح سنگی در این خصوص بستگی به پوکی و خاصیت جذب آب دانه دارد.

www.modaresanesharif.ac.ir

ج ـ پایداری شیمیایی سنگدانه‌ها: سنگدانه‌های خاصی با اکسیدهای قلیایی سیمان واکنشهایی انجام می‌دهند که باعث انبساط بتن و ایجاد تنش‌های داخلی و ترک در بتن می‌شوند که این سنگدانه‌ها فاقد پایداری شیمیایی هستند. به منظور مقابله با این فرایند باید از سیمانهای با قلیایی معادل کمتر از ۰/۶ درصد استفاده شود.

د ـ دانه‌بندی مصالح سنگی: دانه‌بندی مصالح سنگی با گذراندن آنها از الکهای استاندارد تعیین می‌شود که نشانه توزیع وزنی دانه‌های سنگی است. به طور کلی مصالح عبوری از الک نمره ۴ و گیر کرده بر روی الک نمره ۲۰۰ ماسه هستند و سایر دانه‌های گیر کرده روی الک نمره ۴ شن هستند. بزرگترین اندازه اسمی شن عبارتست از اندازه کوچکترین الکی که حداکثر ۱۰درصد مصالح روی آن باقی که برحسب بتن مصرفی در هر قسمت از سازه و به منظور جلوگیری از جدایی شن از خمیر سیمان نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:



$$\text{بزرگترین اندازه اسمی شن از منحنی دانه‌بندی (MSA)} \le \min\begin{cases}\frac{b}{5}\\ \frac{t}{3}\\ \frac{3}{4}x\\ \frac{3}{4}C\\ 1/5'' = 38mm \quad \text{(در بتن مسلح)}\\ 2/5'' = 63mm \quad \text{(در بتن غیرمسلح)}\end{cases}$$

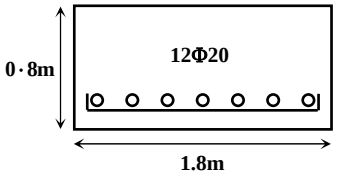
هـ ـ ضریب نرمی: معیاری برای سنجش نرمی و زبری ماسه است که مقدار معمول آن بین ۲/۳ تا ۳ می‌باشد.

مثال ۵: ابعاد هندسی دانه‌های ماسه‌ای مورد استفاده در ساخت بتن کدام گزینه است؟

۱) گیر کرده روی الک نمره ۴
۲) عبوری از الک نمره ۴ و گیر کرده روی الک نمره ۲۰۰
۳) عبوری از الک نمره ۲۰۰
۴) عبوری از الک نمره ۱۰ و گیر کرده روی الک نمره ۲۰۰

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» طبق تعریف هندسی ماسه، مصالح عبوری از الک نمره ۴ و گیره کرده روی الک نمره ۲۰۰، ماسه هستند.

مثال ۶: حداکثر اندازه اسمی شن در مقطع شالوده شکل زیر چند میلی‌متر است؟ (ضخامت پوشش روی آرماتورها از کف و بدنه در هر طرف ۷۵mm است.)



۱) ۲۶۷
۲) ۵۶/۲۵
۳) ۱۱۲/۵
۴) ۳۸

☑ **پاسخ:** گزینه «۴»

$$\text{بزرگترین اندازه اسمی شن} \le \min\begin{cases}\frac{t}{3} = \frac{800}{3} = 267mm\\ \frac{b}{5} = \frac{1800}{5} = 360mm\\ \frac{3}{4}C = \frac{3}{4}\times 75 = 56/25mm\\ \frac{3}{4}x = \frac{3}{4}\times 150 = 112/5mm\\ 1/5'' = 38mm\end{cases}$$

افزودنی‌ها

مواد افزودنی یا چاشنی‌های بتن موادی هستند که غیر از مواد اصلی (سیمان، آب، سنگدانه) کمی قبل از اختلاط یا در حین اختلاط به بتن افزوده می‌شوند. مقدار مصرفی آن‌ها کم و درصدی از وزن سیمان است، لذا در تعیین نسبت‌های اختلاط به حساب نمی‌آیند. افزودنی‌ها معمولاً به صورت گرد یا مایع هستند و به منظور بهبود برخی از ویژگی‌های بتن تازه یا سخت شده مصرف می‌شوند.

نکته۲: به منظور بررسی مشخصات و عملکرد مواد افزودنی باید آزمون‌های الزامی قبل از مصرف در بتن برروی آن‌ها انجام شود.

www.modaresanesharif.ac.ir

انواع افزودنی‌ها

الف ـ حباب سازه‌ها: در بتن حباب‌های بسیار ریز هوا (با اندازه‌های میکرونی) ایجاد می‌کنند که ضمن افزایش دوام بتن در برابر رطوبت و سیکل یخبندان، باعث افزایش کارایی بتن تازه و نفوذ ناپذیری بتن سخت شده و کاهش خطر جدایی مصالح در بتن از جمله آب انداختن یا جدایی شن از خمیر سیمان می‌شوند.

ب ـ روان کننده‌ها: موادی هستند که با کاهش نسبت آب به سیمان در عین حال بتن کارا و روانی با اسلامپهای بیش از ۱۹۰ میلیمتر تولید می‌کنند که می‌توان با اندکی لرزاندن یا متراکم کردن در محل‌های هم‌چون مقاطع نازک یا نواحی با آرماتوربندی فشرده یا در بتن‌های پمپ شونده به منظور کاهش فشار پمپ و افزایش ظرفیت ارتفاعی و فاصله‌ای پمپ مصرف کرد.

ج ـ کندگیر کننده‌ها: این مواد برای کند کردن گیرش بتن به کار گرفته که بدین ترتیب باعث افزایش مدت زمان کار کردن با بتن می‌شوند، لذا در بتن‌ریزی‌های دشوار مانند بتن‌های حجیم و یا بتن‌های که در هوای گرم سرعت گیرش بالایی دارند و فرصت کارکردن با آن‌ها کم است، پرمصرف هستند. توجه شود کندگیرکننده‌ها باعث کاهش دمای بتن نمی‌شوند.

د ـ تندگیر کننده‌ها: این مواد می‌توانند زمان گیرش و میزان افزایش مقاومت در سنین اولیه را تسریع کنند، لذا در آب و هوای سرد به منظور تسریع در عملیات پرداخت و بکارگیری سریع عایق برای محافظت سطح بتن و یا در پروژه‌های با زمان محدود با افزایش سرعت کسب مقاومت اولیه و کاهش زمان قالب‌برداری سودمند هستند. یکی از موثرترین تندگیرکننده‌ها کلرید کلسیم است که مصرف آن در بتن مسلح مجاز نمی‌باشد.

۲ـ۱. کیفیت و مشخصات مکانیکی بتن

مقاومت فشاری بتن: عبارت است از مقاومت فشاری آزمونه استوانه‌ای به ارتفاع ۳۰ و قطر قاعده ۱۵ سانتی متر درسن ۲۸ روزه که در مقررات ملی با f_c و برحسب نیوتن بر میلی‌متر مربع (مگاپاسکال) معرفی می‌شود (در آئین‌نامه آمریکا با f'_c معرفی می‌شود). این مقاومت ملاک رده‌بندی بتن است که پس از حرف c و به صورت زیر دسته‌بندی می‌شود:

$$c۶ - c۸ - c۱۰ - c۱۲ - c۱۶ - c۲۰ - c۲۵ - c۳۰ - c۳۵ - c۴۰ - c۴۵ - c۵۰$$

نکته ۳: پایین‌ترین رده بتن مصرفی به منظور تأمین حداقل پیوستگی بتن و فولاد درکنار آرماتور (بتن مسلح) $c۲۰$ و در کنار کابل‌ها (بتن پیش‌تنیده) $c۳۰$ می‌باشد.

نکته ۴: به طور کلی در آزمونه‌های بتنی مقاومت فشاری مکعبی‌ها بیش‌تر از استوانه‌ای‌ها می‌باشد و صرفه‌نظر از مکعبی یا استوانه‌ای بودن، هر آزمونه‌ای که حجم بیش‌تری داشته باشد، به دلیل بالا بودن احتمال وجود نقطه ضعف، مقاومت کم‌تری نشان می‌دهد. برای تبدیل مقاومت آزمونه‌های غیر استاندارد مکعبی یا استوانه به آزمونه استاندارد استوانه‌ای برحسب اندازه‌های مختلف آن‌ها، ضرایب تبدیل متفاوتی در فصل هفتم مبحث نهم مقررات ملی آورده شده است.

نکته ۵: رابطه تجربی زیر برای پیش‌بینی مقاومت ۲۸روزه برحسب Mpa از روی نتایج مقاومت ۷ روزه توصیه شده است.

$$(f_c)_{۲۸} = (f_c)_۷ + ۲/۵\sqrt{(f_c)_۷}$$

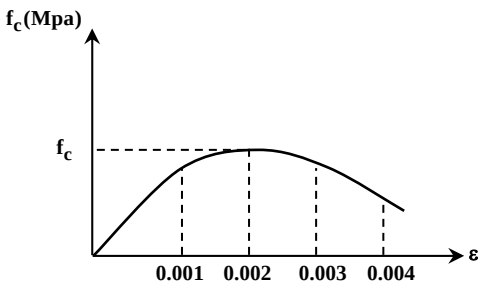
مثال ۷: اگر مقاومت در سن هفت روز ۱۲ مگاپاسکال شود، پیش‌بینی مقاومت ۲۸ روزه چند مگاپاسکال است؟

۱) ۲۱/۱۲ ۲) ۲۲/۳۹ ۳) ۲۰/۶۶ ۴) ۲۱/۸۶

پاسخ: گزینه «۳»

$$(f_c)_{۲۸} = ۱۲ + ۲/۵\sqrt{۱۲} = ۲۰/۶۶ \text{ Mpa}$$

نمودار تنش و کرنش فشاری بتن



نمودار تنش کرنش بتن برای آزمونه های ۲۸روز ه و در شرایط استاندارد آزمایشگاهی و بارگذاری، به شکل زیر است که از روی آن نکات مهم زیر واضح است.

الف ـ حداکثر مقاومت فشاری در کرنش‌های حدود ۰/۰۰۱۵ تا ۰/۰۰۲۰رخ می‌دهد.

ب ـ کرنش نهایی در آستانه خرابی حدود ۰/۰۰۳۰ تا ۰/۰۰۴۰ رخ می‌دهد که در طرح سازه‌های بتنی این کرنش در دورترین تار فشاری مقطع $(\varepsilon_{uc} = ۰/۰۰۳۵)$ در نظر گرفته می‌شود.

ج ـ رفتار بتن تا تنش‌های فشاری کم‌تر از $(۰/۵f_c)$ خطی فرض می‌شود.

مقاومت کششی بتن

مقاومت بتن در مقابل کشش تأثیر عمده‌ای در رشد و عرض ترک‌های سازه بتن آرمه دارد. این مقاومت از آزمایش شکافت نمونه استوانه‌ای (آزمایش برزیلی) به دست می‌آید که به آن مدول گسیختگی گویند و می‌توان آن را برحسب مقاومت فشاری بتن با واحد Mpa از رابطه زیر به دست آورد.

$$(f_r) = ۰/۶\sqrt{(f_c)}$$

www.modaresanesharif.ac.ir

ضریب الاستیسیته بتن

ضریب الاستیسیته بتن تابعی از مقاومت فشاری آن است و همانند فولادها مقدار ثابتی ندارد که می‌توان آن را از رابطه زیر بر حسب Mpa محاسبه کرد.

$$(E) = ۵۰۰۰\sqrt{(f_c)}$$

نکته ۶: رابطه فوق در سیستم متریک بر حسب $\frac{kg}{cm^۲}$ به صورت زیر است:

$$(E) = ۱۵۱۰۰\sqrt{(f_c)}$$

خزش و انقباض

خزش و انقباض تغییر شکل‌های وابسته به زمان هستند (کاهش حجم) که همواره با کاهش رطوبت و ترک همراه هستند. خزش تحت اثر بارهای دراز مدت با تنش ثابت رخ می‌دهد ولی انقباض به تأثیر نیروی خارجی وابسته نیست.

کارایی بتن

سهولت کارکردن با بتن شامل مراحل حمل ـ ریختن ـ متراکم کردن ـ پرداخت سطح بتن را کارایی گویند که ارتباط مستقیم با روانی محیط بتن دارد. معیار سنجش کارایی بتن آزمایش اسلامپ است. در این آزمایش بتن تازه در مخروط ناقصی به ارتفاع ۳۰۰mm و قطر قاعده تحتانی ۲۰۰mm و قطر قاعده فوقانی ۱۰۰mmدر سه لایه هم ارتفاع که هر لایه به طور جداگانه با ۲۵ ضربه میله‌ای استاندارد کوبیده و متراکم می‌شود، جا داده شده و پس از پر شدن، مخروط فلزی به سمت بالا کشیده می‌شود که منجر به کاهش ارتفاع بتن درون آن نسبت به ارتفاع قالب مخروطی خواهد شد. میزان کاهش ارتفاع مخروط بتن با واحد میلی‌متر شاخص روانی یا همان اسلامپ بتن خواهد بود که در ساختمان‌های معمولی اسلامپ بتن بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

نکته ۷: به جز آزمایش اسلامپ از آزمایش‌های (فاکتور تراکم، وی بی، میزسیلان، نفوذ نیم‌کره (آزمایش توپی)) برای تعیین روانی بتن نیز استفاده می‌شود.

مثال ۸: مدول الاستیسیته بتن با رده‌بندی مکانیکی $c-۳۰$ چند مگاپاسکال است؟

۱) ۱۵۰۰۰۰ ۲) ۲۷۳۸۶ ۳) ۸۲۷۰۶ ۴) ۸۶۶۰۲

☑ **پاسخ:** گزینه «۲»

$$E = ۵۰۰۰\sqrt{۳۰} = ۲۷۳۸۶\ Mpa$$

۳ـ۱. نکات اجرایی بتن

اختلاط بتن و روشهای تعیین نسبتهای اختلاط

در تعیین نسبتهای اختلاط مصالح تشکیل دهنده بتن، برای بتن‌های رده $c-۱۲$ و پایین‌تر می‌توان نسبت‌های اختلاط را براساس تجارب قبلی و بدون مطالعه آزمایشگاهی تعیین کرد در بتن‌های $c-۱۶$ و ضعیف‌تر می‌توان نسبت‌های اختلاط استاندارد مطابق دفترچه مشخصات فنی عمومی را ملاک قرار داد مشروط بر آنکه مصالح مصرفی استاندار باشند و در بتن‌های $c-۲۰$ و بالاتر، تعیین نسبت‌های اختلاط باید از طریق مطالعات آزمایشگاهی و با در نظر گرفتن ضوابط طراحی براساس دوام بتن صورت گیرد.

اختلاط بتن باید به گونه‌ای باشد که تمامی مواد تشکیل دهنده آن به صورت همگن و یکنواخت در مخلوط کن پخش شود لذا ترتیب ورود مصالح و سرعت مخلوط‌کن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

نکته ۸: عمل اختلاط باید حداقل ۱/۵ دقیقه پس از ریختن تمام مواد متشکله به داخل مخلوط کن ادامه یابد.

نکته ۹: اختلاط بتن به روش‌های دستی برای ساخت بتن مسلح مجاز نمی‌باشد.

انتقال بتن

انتقال بتن از مخلوط کن تا محل نهایی بتن‌ریزی باید چنان صورت گیرد که از جدا شدن یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود و حالت خمیری بتن در مراحل بتن‌ریزی از دست نرود.

نکته ۱۰: حمل بتن مصرفی در بتن مسلح (رده مقاومتی c۲۰ و بالاتر) با انواع چرخ دستی و دامپر مجاز نمی‌باشد.

بتن‌ریزی

حداکثر دمای بتن در هنگام بتن‌ریزی نباید بیش از ۳۲ درجه سلسیوس برای بتن معمولی و ۱۵ درجه سلیسوس برای بتن حجیم باشد و حداقل دمای بتن در تمام مراحل بتن‌ریزی ۵ درجه سلیسوس است. توجه به عدم جدایی مصالح بتن از یگدیگر خصوصاً جدایی شن از خمیر سیمان اساس کار در هر عملیات بتن‌ریزی است.

www.modaresanesharif.ac.ir

۴ـ۱. میلگردهای فولادی

بـه منظـور جبـران ضـعف کششـی بـتن در سـازه‌هـا، فولادهـای مسـلح کننـده بـتن در اشـکال میلگـرد، شـبکه جـوش شـده از مفتـول (Welded wire fabric (WWF)) یا کابلها استفاده می‌شوند. به منظور تأمین رفتار یکسان بتن و میلگرد در تحمل انواع تنش، میلگردها را بـه صـورت آجدار (Φ) در بتن مسلح مصرف می‌کنیم و میلگردهای با رویه صاف و ساده (ϕ) فقط در رده مکانیکی $S-۲۴۰$ و به عنوان دور پیچ در سازه‌های بتن آرمـه مجاز به مصرف است.

طبقه‌بندی میلگردها از نظر مکانیکی

در نمودار تنش و کرنش فولاد (موضوع فصل اول درس سازه‌های فلزی) مفاهیم تنش تسلیم و تنش نهایی مطـرح شـده اسـت کـه میلگردهـا را بـر حسـب مقاومت تسلیم آنها با واحد Mpa در تست کشش به چهار رده طبقه‌بندی می‌کنیم.

جدول ۲ـ۱ـ طبقه‌بندی مکانیکی میلگردها

رده	$\min F_y\,(Mpa)$	$\min F_u\,(Mpa)$	$F_{yk}\,(MPa)$ تنش تسلیم مبنای محاسبات	طبقه‌بندی از نظر شکل رویه	رده از نظر سختی
$S-۲۴۰$	۲۴۰	۳۶۰	۲۲۰	ساده	نرم
$S-۳۴۰$	۳۴۰	۵۰۰	۳۰۰	آجدار مارپیچ	نیمه سخت
$S-۴۰۰$	۴۰۰	۶۰۰	۴۰۰	آجدار جناقی	نیمه سخت
$S-۵۰۰$	۵۰۰	۶۵۰	۵۰۰	آجدار مرکب	سخت

نکته ۱۱: برای تبدیل هر عدد با واحد Mpa به عددی جدید با واحد $\frac{kg}{cm^2}$ کافی است آن را ده برابر بزرگ کنیم یعنی:

$$a_{(Mpa)} \times ۱۰ = b_{(\frac{kg}{cm^2})}$$

نکته۱۲: حداکثر رده مکانیکی فولادهای مصرفی در تیر و ستون‌های سازه‌های بتن آرمه که برای مقابله با نیروهای جانبی زلزله به کـاربرده مـی‌شـوند $(S-۴۰۰)$ است.

مثال ۹: بالاترین رده مکانیکی فولادهای مصرفی در سازه‌های بتن آرمه تحت اثر نیروی زلزله کدام است؟

۱) $S-۲۴۰$ ۲) $S-۳۴۰$ ۳) $S-۴۰۰$ ۴) $S-۵۰۰$

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» به منظور تأمین حداکثر شکل‌پذیری مقطع بتن آرمه استفاده از فولادهای سخت‌تر از رده مکانیکی $S-۴۰۰$ در تیـر و سـتون‌هـای سازه‌های تحت بار زلزله مجاز نیست.

نکات اجرایی آرماتوربندی

۱ـ میلگردها فقط به صورت شاخه مستقیم با طول‌های مساوی ۱۲ متری بسته‌بندی و مجاز به مصرف می‌باشد. فقط میلگردهای نرم و نیمه سـخت بـا قطـر کمتر از ۱۲mm را می‌توان به صورت کلاف بسته‌بندی کرد مشروط به آنکه قطر کلاف حداقل ۲۰۰ برابر قطر آرماتور باشد.

۲ـ مصرف میلگردهایی که تا حد پوسته شدن زنگ زده باشند پس از ماسه‌پاشی و انجام آزمایشـهای مکـانیکی و هندسـی بـر روی آنهـا و بـرآورده سـاختن ضوابط این آزمایشها بلا مانع است و در غیر اینصورت، غیرقابل قبول تلقی می‌شوند.

۳ـ جوش دادن خاموتها و سایر میلگردها به میلگردهای طولی مجاز نیست.

۴ـ میلگردها باید با وسایل مکانیکی بریده شوند، همچنین خم کردن آنها تا حد امکان باید به طور مکانیکی و بوسیله ماشین مجهز به فلکه خم کن و با یک بار عبور در سرعت ثابت انجام پذیرد.

۵ـ در شرایطی که دمای میلگردها از ۵ درجه سیلسیوس کمتر باشد باید از خم کردن آنها جلوگیری شود.

۶ـ به طور کلی باز و بسته کردن خمها به منظور شکل دادن مجدد به میلگرد مجاز نیست همچنین خم کردن میلگردهایی که یک سر آنها در بـتن مـدفون است مجاز نیست.

www.modaresanesharif.ac.ir

شکل‌پذیری میلگردها

به عنوان یکی از ضوابط مهم تأمین شکل‌پذیری فولاد در بتن مسلح، کرنش حداقل دو طول معیار پنج و ده برابر قطر باید برابر با مقادیر جدول زیر باشد.

جدول ۳ـ۱ـ حداقل کرنش میلگردها

رده فولاد / ازدیاد طول نسبی	S−۲۴۰	S−۳۴۰	S−۴۰۰	S−۵۰۰
حداقل مقدار مجاز $\varepsilon_{10\bar{\phi}}$	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۰۸
حداقل مقدار مجاز $\varepsilon_{5\bar{\phi}}$	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۰

۵ـ۱. اصول تحلیل و طراحی سازه‌های بتن آرمه

هدف از طراحی سازه، تعیین سیستم سازه، ابعاد و جنس مصالح مصرفی اعضای آن به شرطی که ایمنی و بهره‌برداری مناسب و پایایی سازه تامین گردد. روش طراحی در مقررات ملی براساس حالات حدی (نهایی و بهره‌برداری) است. یعنی اگر تمام یا بخشی از اعضای سازه به هر یک از آن حالات برسند قادر به انجام وظایف خود نباشند. لذا با انتخاب ضرایب ایمنی مناسب و ضرایب تشدید بارگذاری و ترکیب آنها با یکدیگر سازه نباید به هیچ یک از حالات حدی زیر برسد. روش کار مبتنی بر طراحی برای حالت حدی نهایی و سپس کنترل حالت حدی بهره‌برداری شامل کنترل مقدار حداکثر تغییر شکل و مقدار حداکثر عرض ترک می‌باشد.

الف ـ حالات حدی نهایی: به حالتی گفته می‌شود که حداکثر ظرفیت باربری عضو فرا رسیده است و عبارتند از:

۱ـ از بین رفتن تعادل استاتیکی سازه ۲ـ رسیدن به آستانه گسیختگی

ب ـ حالات حدی بهره‌برداری: وضعیتی است که معیارهای بهره‌برداری مانند تغییر شکل ـ لرزش ـ ترک و پایایی به حداکثر مقدار قابل قبول رسیده است.

۱ـ تغییر شکل بیش از حد اجزای سقف تحت اثر بار سرویس (بارگذاری بدون ضریب تشدید)

۲ـ ترک خوردگی بیش از حد و باز شدن آنها تحت اثر بار سرویس

۳ـ لرزش بیش از حد سازه تحت اثر بارهای سرویس یا بارهای متحرک و ماشین آلات

ضرایب تقلیل مقاومت مصالح

برای محاسبه ظرفیت مقاوم سازه مقادیر مقاومتهای مشخصه فولاد و بتن در ضرایب ایمنی به شرح روبرو ضرب می‌شوند: $f_{cd} = \varphi_c f_c$ $f_{yd} = \varphi_s f_s$

الف ـ ضریب ایمنی مقاومت بتن ب ـ ضریب ایمنی مقاومت فولاد $\phi_s = ۰/۸۵$

۱ـ برای بتن پیش ساخته $\phi_c = ۰/۷$

۲ـ برای بتن درجا $\phi_c = ۰/۶۵$

نکته ۱۳: در مقررات ملی سال‌های قبل بر تمام بتن‌ها $\varphi_c = ۰/۶$ در نظر گرفته می‌شد.

ضرایب تشدید بارگذاری و ترکیبات آنها

بارهای مؤثر در طراحی سازه‌ها شامل موارد زیر می‌باشد که به آنها بار سرویس یا بار بهره‌برداری گویند.

الف ـ بارهای دائمی (مرده)، شامل وزن اجزاء سازه و عوامل متکی بر آنها (D)

ب ـ سربارهای بهره‌برداری (زنده) و حین ساخت (L)

ج ـ بارهای جوی مانند باد و برف (W و S)

د ـ بارهای استثنایی مانند زلزله، حریق، برخورد وسایل نقلیه یا هواپیما به سازه (E)

نکته ۱۴: مشخصات و میزان بارهای وارده بر سازه براساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین می‌شود.

نکته ۱۵: به منظور تحلیل سازه‌های بتن آرمه از بارهای ضرب شده در ضرایب تشدید (بار نهایی) و ترکیب آنها با یکدیگر براساس احتمال همزمان بودن آنها و نامساعدترین وضعیت، به شرح زیر استفاده می‌شود.

www.modaresanesharif.ac.ir

۱ـ ترکیب نهایی مبنا $P_u = ۱/۲۵D + ۱/۵L$

۲ـ ترکیب بارهای دائمی و بهره‌برداری و زلزله
$$P_u = D + ۱/۲L + ۱/۲E$$
$$P_u = ۰/۸۵D + ۱/۲E$$

۳ـ ترکیب بارهای دائمی و بهره‌برداری و باد
$$P_u = D + ۱/۲L + ۱/۲W$$
$$P_u = ۰/۸۵D + ۱/۲W$$

نکته ۱۶: کنترل حالات حدی بهره‌برداری تحت اثر بارهای سرویس و بهره‌برداری یا همان بار خدمت (بدون ضرایب تشدید) و با ترکیبات فوق انجام می‌شود. یعنی ضرایب تشدید بار در تمام ترکیبات بارگذاری واحد در نظر گرفته می‌شود. همچنین در تعیین تنشهای موجود در بتن و فولاد ضرایب جزئی ایمنی واحد در نظر گرفته می‌شود. $(\phi_c = \phi_s = ۱)$

مثال۱۰: ضریب بارهای دائمی در ترکیب با بار باد بدون در نظر گرفتن بار زنده کدام گزینه است؟

۱) ۱/۲۵ ۲) ۱/۲ ۳) ۰/۸۵ ۴) ۱/۵

پاسخ: گزینه «۳» مطابق ترکیب بارهای مقررات ملی، (اشاره شده در نکته ۱۴)، ضریب بار مرده در ترکیب با بار باد $(۰/۸۵)$ می‌باشد.

www.modaresanesharif.ac.ir

تست‌های طبقه بندی شده فصل اول

۱ـ حد جاری شدن میلگرد S – ۲۴۰ چند کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است؟ (سراسری ۸۰)

۱) ۲۴۰۰ ۲) ۳۰۰۰ ۳) ۳۴۰۰ ۴) ۴۰۰۰

۲ـ اگر مقاومت مشخصه بتن $f_c = ۴۰ Mpa$ باشد مدول گسیختگی آن چند Mpa است؟ (سراسری ۸۰)

۱) ۱/۳۵۶ ۲) ۲/۳۵۶ ۳) ۳/۱۶۲ ۴) ۳/۸۰

۳ـ مفهوم f'_c کدام است؟ (سراسری ۸۰)

۱) مقاومت ترک‌خوردگی بتن تحت آزمایش
۲) جلوگیری از کمانش میلگردهای طولی
۳) نگهداری میلگردهای طولی
۴) مقاومت در برابر کشش

۴ـ در یک نوع بتن اگر $f'_c = ۴۰۰$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد، مدول گسیختگی آن چند کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است؟ (سراسری۸۰)

۱) ۱۳/۵۶ ۲) ۲۳/۵۶ ۳) ۲۰ ۴) ۴۰

۵ـ گروت چیست؟ (سراسری ۸۱)

۱) یک نوع آب‌بند شیمیایی
۲) ماده‌ای به منظور جلوگیری از سولفاته شدن
۳) ملاتی برای جلوگیری از زنگ‌زدگی
۴) ملاتی برای پر کردن زیر صفحه ستون

۶ـ رفتار بتن در حالت پلاستیک چگونه است؟ (سراسری ۸۱)

۱) خطی بدون ترک ۲) خطی توأم با ترک ۳) خطی ۴) غیرخطی

۷ـ حد جاری شدن فولاد A۲ چند کیلوگرم بر سانتیمترمربع است؟ (سراسری ۸۱)

۱) ۴۰۰۰ ۲) ۳۵۰۰ ۳) ۳۰۰۰ ۴) ۲۴۰۰

۸ـ برای ساختن یک مترمکعب بتون چند لیتر آب موردنیاز است؟ (سراسری ۸۱)

۱) ۱۵۰ ۲) ۱۸۰
۳) بستگی به مقدار مقاومت فشاری بتون دارد
۴) بستگی به مقدار سیمان مصرف شده دارد

۹ـ اسلامپ مناسب در کارهای بتنی مسلح چند سانتیمتر است؟ (سراسری ۸۱)

۱) ۱ تا ۵ ۲) ۵ تا ۱۰ ۳) ۱۰ تا ۱۵ ۴) ۱۵ تا ۲۰

۱۰ـ خزش عبارتست از: (سراسری ۸۱ و ۸۶)

۱) افزایش تدریجی تغییر شکل تحت اثر بار ثابت
۲) از دست رفتن آب بتن و کاهش حجم
۳) کاهش وزن مخصوص بتن در اثر تبخیر شدن آب آن
۴) تغییر شکل در اثر زیاد بودن آب بتن

۱۱ـ بارگذاری سریع در سازه‌های بتنی که مقاومت نهایی آن‌ها تأمین شده است، موجب چه عاملی می‌شود؟ (سراسری ۸۲)

۱) ایجاد ترک‌های برشی ۲) ایجاد ترک‌های خمشی ۳) افزایش مقاومت ۴) کاهش مقاومت

۱۲ـ کدام‌گزینه صحیح است؟ (سراسری ۸۲)

۱) برای کنترل افت بتن باید مقدار آب آن را کاهش داد.
۲) برای کنترل افت بتن باید مقدار آب را افزایش داد.
۳) در اثر اُفت بتن تنش میلگردها کاهش می‌یابد.
۴) هر چه نسبت آب به سیمان $(\frac{W}{C})$ بیشتر باشد، مقدار افت کمتر است.

۱۳ـ مقاومت نهایی بتن روی کدام نمونه بدست می آید؟ (سراسری ۸۲)

۱) استوانه‌ای به قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر
۲) استوانه‌ای به قطر ۲۰ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر
۳) مکعبی به ابعاد ۲۰ سانتیمتر
۴) مکعبی به ابعاد ۱۵ سانتیمتر

۱۴ـ رفتار بتن تا چه نسبتی از مقاومت نهایی بتن، الاستیک فرض می‌شود؟ (سراسری ۸۲)

۱) ۰/۳ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۷ ۴) ۰/۸

۱۵ـ حد جاری شده میلگرد $A_۲$ در هنگام گسیختگی چند درصد است؟ (سراسری ۸۳)

۱) ۲۴۰۰ ۲) ۳۰۰۰ ۳) ۳۷۰۰ ۴) ۴۰۰۰

www.modaresanesharif.ac.ir

۱۶ـ تغییر شکل نسبی میلگرد A_1 در هنگام گسیختگی چند درصد است؟ (سراسری۸۳)

۱) ۲۵ ۲) ۱۵ ۳) ۱۰ ۴) ۵

۱۷ـ طبق آیین‌نامه (آبا) مدول الاستیسیته کدام است؟ (سراسری ۸۳)

۱) $۴۴۰۰\sqrt{f_c}$ ۲) $۵۵۰۰\sqrt{f_c}$ ۳) $۴۰۰۰\sqrt{f_c}$ ۴) $۵۰۰۰\sqrt{f_c}$

۱۸ـ حداکثر کرنش بتن در لحظه ترک‌خوردگی کدام است؟ (سراسری۸۳)

۱) ۰/۰۰۳ ۲) ۰/۰۰۲ ۳) ۰/۰۰۴ ۴) ۰/۰۰۵

۱۹ـ در کدام موارد می‌توان رفتار بتن را الاستیک فرض نمود؟ (سراسری۸۳)

۱) در صورتی که تنش بتن از $\frac{۱}{۲}f'_c$ و تنش فولاد از F_y بیشتر نشود.

۲) در صورتی که تنش بتن از f'_c و تنش فولاد از F_y بیشتر نشود.

۳) در صورتی که تنش بتن از $\frac{۱}{۲}f'_c$ و تنش فولاد از $\frac{۱}{۳}F_y$ بیشتر نشود.

۴) برای هیچ مقداری از تنش نمی‌توان رفتار بتن را الاستیکی فرض نمود.

۲۰ـ ترکیبات بار نهایی در آیین‌نامه آبا برای بارهای زنده (L) و مرده (D) کدام است؟ (سراسری ۸۴)

۱) $D+۱/۲L$ ۲) $۱/۲۵D+۱/۵L$ ۳) $۱/۴D+۱/۵L$ ۴) $۱/۴D+۱/۷L$

۲۱ـ اگر مقاومت بتن در سن ۷ روزه $(f_c)_۷ = ۹\frac{N}{mm^۲}$ باشد آنگاه مقاومت آن در سن ۲۸ روزه کدام است؟ (سراسری ۸۵)

۱) ۱۱/۵ ۲) ۱۶/۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

۲۲ـ مقاومت کششی بتن در خمش یا مدول گسیختگی بتن، برابر کدام رابطه است؟ (سراسری ۸۶)

۱) $f_r = ۰/۲\sqrt{f_c}$ ۲) $f_r = ۰/۵\sqrt{f_c}$ ۳) $f_r = ۰/۶\sqrt{f_c}$ ۴) $f_r = ۰/۲\varphi_c\sqrt{f_c}$

۲۳ـ خزش بتن یعنی: (سراسری ۸۶)

۱) روانی بیش از حد بتن

۲) تغییر حجم بتن در اثر خشک شدن

۳) جداشدن دوغاب سیمان از دانه‌های سنگی

۴) افزایش تغییرشکل نسبی بتن تحت تنش مداوم و ثابت در دراز مدت

۲۴ـ مدول گسیختگی بتن در آیین‌نامه آبا، برحسب MPa کدام است؟ (سراسری ۸۷)

۱) $f_r = ۲\sqrt{f_c}$ ۲) $f_r = ۱/۷۸\sqrt{f_c}$ ۳) $f_r = ۰/۶۳\sqrt{f_c}$ ۴) $f_r = ۰/۵۵\sqrt{f_c}$

۲۵ـ ضرایب ایمنی جزیی تقلیل ظرفیت مصالح در آیین‌نامه بتن ایران، به ترتیب برای بتن و فولاد کدام است؟ (سراسری ۸۷)

۱) ۰/۶ و ۰/۸۵ ۲) ۱/۲۵ و ۱/۵ ۳) ۰/۸۵ و ۰/۶ ۴) ۰/۸۵ و ۱/۲

۲۶ـ اگر با توجه به نوع زمین، پی ساختمان در معرض حمله سولفات‌های قوی همراه با یون کلر قرار گیرد، کدام یک از سیمان‌های پرتلند برای پی‌سازی مناسب است؟ (سراسری ۸۸)

۱) نوع ۱ ۲) نوع ۲ ۳) نوع ۳ ۴) نوع ۵

۲۷ـ مطابق با ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان کدام یک از بتن‌ها، را می‌توان در بتن آرمه بکار برد؟ (سراسری ۸۸)

۱) C۱۰ ۲) C۱۲ ۳) C۱۶ ۴) C۲۰

۲۸ـ در کدام یک از بتن‌ها، می‌توان نسبت‌های اختلاط استاندارد مطابق دفترچه مشخصات فنی عمومی را ملاک قرار داد؟ (مشروط به آنکه مصالح مصرفی استاندارد باشند.) (سراسری ۸۸)

۱) C۱۶ ۲) C۲۰ ۳) C۲۵ ۴) C۳۰

۲۹ـ در مناطقی که رطوبت نسبی هوا از ۹۰% بیشتر است حداکثر زمان مصرف سیمان بدون انجام آزمایش کدام است؟ (سراسری ۸۹)

۱) سیمان کیسه‌ای ۹۰ روز و سیمان نگهداری شده در سیلو ۴۵ روز

۲) سیمان کیسه‌ای ۹۰ روز و سیمان نگهداری شده در سیلو ۴۵ روز

۳) سیمان کیسه‌ای ۹۰ روز و سیمان نگهداری شده در سیلو ۹۰ روز

۴) سیمان کیسه‌ای ۴۵ روز و سیمان نگهداری شده در سیلو ۹۰ روز

۳۰ـ شرایط محیطی جزایر و حاشیه خلیج‌فارس و دریای عمان کدام است؟ (سراسری ۸۹)

۱) فوق‌العاده شدید ۲) شدید ۳) بسیار شدید ۴) متوسط

۳۱ـ حدود PH آب مصرفی در بتن کدام است؟ (سراسری ۸۹)

۱) بین ۲/۵ تا ۵/۵ ۲) بین ۵ تا ۸/۵ ۳) بین ۳ تا ۶ ۴) بین ۶/۵ تا ۱۰

www.modaresanesharif.ac.ir

۳۲ـ مدول الاستیسیته بتن در مقررات ملی از چه رابطه‌ای به دست می‌آید؟ (مؤلف)

۱) $۴۴۰۰\sqrt{f_c}$ ۲) $۵۵۰۰\sqrt{f_c}$ ۳) $۴۰۰۰\sqrt{f_c}$ ۴) $۵۰۰۰\sqrt{f_c}$

۳۳ـ ضرایب ایمنی جزیی تقلیل ظرفیت مصالح در مقررات ملی به ترتیب برای بتن و فولاد کدام است؟ (مؤلف)

۱) ۰/۸۵،۰/۶ ۲) ۱/۵،۱/۲۵ ۳) ۱/۲،۰/۸۵ ۴) ۱/۷،۱/۴

۳۴ـ کدام مورد از معایب بتن محسوب می‌شود؟ (مؤلف)

۱) حالت خمیری بتن در حین ساخت
۲) مقاومت کشش
۳) مقاومت فشاری
۴) مقاومت در برابر آتش‌سوزی

۳۵ـ مشخصات الزامی در خصوص مصالح تشکیل‌دهنده بتن به منظور تامین کدام مشخصه بتن است؟ (مؤلف)

۱) مقاومت ۲) کارایی ۳) دوام ۴) هر سه مورد

۳۶ـ در اجرایی بتن‌ریزیهای حجیم مناسب‌ترین نوع سیمان کدام است؟ (مؤلف)

۱) پرتلند تیپ (۴) ۲) پرتلند تیپ (۲) ۳) پرتلند پوزولانی تیپ (۴) ۴) پرتلند پوزولانی تیپ (۲)

۳۷ـ به منظور تعیین سطح مخصوص سیمانهای پرتلند از چه آزمایشی استفاده می‌شود؟ (مؤلف)

۱) گیرش سیمان ۲) مقاومت فشاری خمیر سیمان ۳) بلین ۴) اتوکلاو

۳۸ـ حداقل و حداکثر زمان گیرش برای تمام سیمانهای پرتلند چقدر می‌باشد؟ (مؤلف)

۱) ۱ ساعت و ۷ ساعت ۲) ۱/۵ ساعت و ۶ ساعت ۳) ۴۵ دقیقه و ۶ ساعت ۴) ۴۵ دقیقه و ۷ ساعت

۳۹ـ حداقل PH آب غیر آشامیدنی برای ساخت بتن عبارتست از: (مؤلف)

۱) ۵ ۲) ۸/۵ ۳) ۷ ۴) ۴/۵

۴۰ـ بزرگترین اندازه اسمی شن برای بتن‌ریزی ستونی با ابعاد mm(۵۰۰×۵۰۰) با فاصله آزاد ۶۰mm بین میلگردها و پوشش بتن ۴۰mm بر روی آنها عبارتست از: (مؤلف)

۱) ۳۰mm ۲) ۳۸/۵mm ۳) ۴۵mm ۴) ۱۶۶mm

۴۱ـ به منظور افزایش دوام بتن در محیطهای با سیکل یخبندان متعدد کدام افزودنی موثرتر است؟ (مؤلف)

۱) روان کننده‌ها ۲) حباب سازها ۳) کندگیرکننده‌ها ۴) تندگیرکننده‌ها

۴۲ـ کدام روش در انتقال بتن‌های مصرفی در مقاطع بتن آرمه مجاز نمی‌باشد؟ (مؤلف)

۱) پاکت و جرثقیل ۲) ناوه شیبدار ۳) تراک میکسر ۴) چرخ دستی یا دامپر

۴۳ـ حداکثر دمای بتن در بتن‌ریزی حجم کدام است؟ (مؤلف)

۱) $۱۵^{\circ}c$ ۲) $۳۲^{\circ}c$ ۳) $۵^{\circ}c$ ۴) $۲۸^{\circ}c$

۴۴ـ حداکثر رده مکانیکی فولاد مصرفی در سازه بتن آرمه تحت اثر بارگذاری زلزله عبارتست از: (مؤلف)

۱) S−۲۴۰ ۲) S−۳۴۰ ۳) S−۴۰۰ ۴) S−۵۰۰

۴۵ـ اساس طراحی مقاطع بتن آرمه در مقررات ملی کدام است؟ (مؤلف)

۱) حالت حدی ۲) بارنهایی ۳) تنش مجاز ۴) تقلیل ظرفیت

۴۶ـ مفهوم f_c در تعیین رده مکانیکی بتن‌ها چیست؟ (مؤلف)

۱) مقاومت فشاری بتن ۲) مقاومت کششی بتن ۳) مقاومت برشی بتن ۴) مقاومت ضربه‌ای بتن

۴۷ـ حداقل دمای بتن در هر شرایط آب و هوایی چند درجه سانتیگراد است؟ (مؤلف)

۱) $۱۵^{\circ}c$ ۲) $۳۲^{\circ}c$ ۳) $۵^{\circ}c$ ۴) $۲۸^{\circ}c$

۴۸ـ دلایل استفاده از آرماتور در سازه‌های بتنی چیست؟ (مؤلف)

۱) جبران ضعف کششی بتن
۲) نزدیکی ضریب انبساط حرارتی بتن و فولاد
۳) پیوستگی بتن با فولاد در انتقال نیروهای داخلی سازه
۴) همه موارد

www.modaresanesharif.ac.ir

پاسخنامه تستهای طبقه بندی شده فصل اول

۱ـ گزینه «۱» رده‌بندی میلگردهای ساختمانی براساس مقاومت جاری شدن با واحد مگاپاسکال است لذا حد جاری شدن S−۲۴۰، ۲۴۰ مگاپاسکال معادل ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

۲ـ گزینه «۴» $f_r = ۰/۶\sqrt{(f_c)_{Mpa}} \Rightarrow f_r = ۰/۶\sqrt{۴۰} = ۳/۷۹۴$

۳ـ گزینه «۱» f'_c مقاومت فشاری بتن است.

۴ـ گزینه «۴» مطابق آیین‌نامه ACI داریم: $f_۲ = ۲\sqrt{f'_c} = ۲\sqrt{۴۰۰} = ۴۰\frac{kg}{cm^۲}$

۵ـ گزینه «۴» گروت ملات منبسط‌شونده‌ای است که برای پرکردن و تراز کردن صفحه ستون‌ها در سازه‌های فلزی مصرف می‌گردد.

۶ـ گزینه «۴» رفتار پلاستیک بتن یک رفتار برگشت‌ناپذیر غیرخطی است.

۷ـ گزینه «۳» فولاد $A_۲$ در دسته‌بندی روسیه معادل فولاد S−۳۴۰ در آئین‌نامه ایران است که حداقل حد جاری شدن آن ۳۴۰ مگاپاسکال یا ۳۴۰۰ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد. لیکن تنش تسلیم این فولاد جهت محاسبات $(f_{yk} = ۳۰۰\ MPa)$ در نظر گرفته می‌شود.

۸ـ گزینه «۴» برحسب مقدار نسبت آب به سیمان و وزن سیمان مصرفی که توسط طراح اختلاط بتن در آزمایشگاه تعیین می‌گردند، مقدار آب در بتن مشخص می‌شود.

۹ـ گزینه «۲» اسلامپ مناسب برای کارهای بتنی ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر است.

۱۰ـ گزینه «۱» خزش کاهش حجم بتن همراه با کاهش رطوبت در طول زمان و تحت اثر تنش ثابت است.

۱۱ـ گزینه «۳» افزایش سرعت بارگذاری، افزایش مقاومت را در پی خواهد داشت.

۱۲ـ گزینه «۱» برای کنترل و کاهش اسلامپ یا افت بتن باید مقدار آب در بتن کاهش یابد.

۱۳ـ گزینه «۱» مقاومت نهایی بتن بر روی سیلندر استاندارد با قطر قاعده ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری می‌شود.

۱۴ـ گزینه «۲» رفتار بتن در تنشهای فشاری کمتر از $(۰/۵f_c)$ خطی فرض می‌شود.

۱۵ـ گزینه «۲» فولاد $A_۲$ در دسته‌بندی روسیه معادل فولاد S−۳۴۰ در آئین‌نامه ایران است که حداقل حد جاری شدن آن ۳۴۰ مگاپاسکال یا ۳۴۰۰ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد. لیکن تنش تسلیم این فولاد جهت محاسبات $(f_{yk} = ۳۰۰\ MPa)$ در نظر گرفته می‌شود.

۱۶ـ گزینه «۱» حداقل کرنش گسیختگی میلگرد $A_۱$ روسیه یا S−۲۴۰ در طول معیار پنج برابر قطر، ٪۲۵ است.

۱۷ـ گزینه «۴» $E_c = ۵۰۰۰\sqrt{f_c}$

۱۸ـ گزینه «۱» در آئین‌نامه آب کرنش نهایی بتن در آستانه خرابی $\varepsilon_{uc} = ۰/۰۰۳$ فرض شده است.

۱۹ـ گزینه «۱» در صورتی‌که مقاومت فشاری بتن کمتر از $(۰/۵f_c)$ باشد و فولاد نیز به حد جاری شدن نرسیده باشد، رفتار سازه الاستیک است.

۲۰ـ گزینه «۲» ترکیب نهایی اثر توام بارهای دائمی و سربار عبارتست از $(P_u = ۱/۲۵D + ۱/۵L)$

۲۱ـ گزینه «۲» $(f_c)_{۲۸} = (f_c)_۷ + ۲/۵\sqrt{(f_c)_۷} \Rightarrow (f_c)_{۲۸} = ۹ + ۲/۵\sqrt{۹} = ۱۶/۵Mpa$

www.modaresanesharif.ac.ir