

خلاصه ای از عوامل مخرب بتن و ارزیابی آن

علیرضا فاروقی

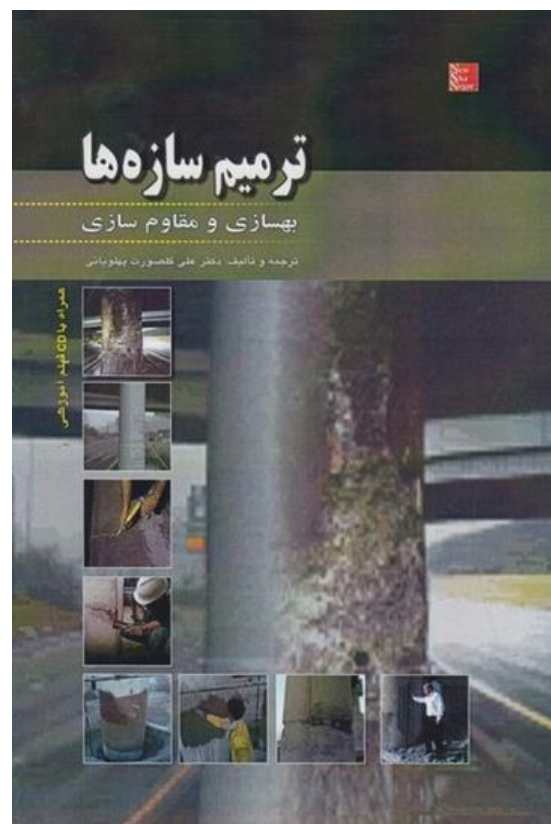
فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	۱- خوردگی فلزات داخل بتن.....
۱۰.....	۲- ساز و کارهای تجزیه.....
۱۵.....	۳- مقدمه ایی بر اثرات رطوبت.....
۲۲.....	۴- اشتباهات انسانی.....
۲۹.....	۵- ارزیابی بتن.....
۳۷.....	۶- آماده سازی سطح.....

مرجع: ترمیم سازه ها

بهسازی و مقاوم سازی

دکتر علی گلصورت پهلویانی



مقدمه

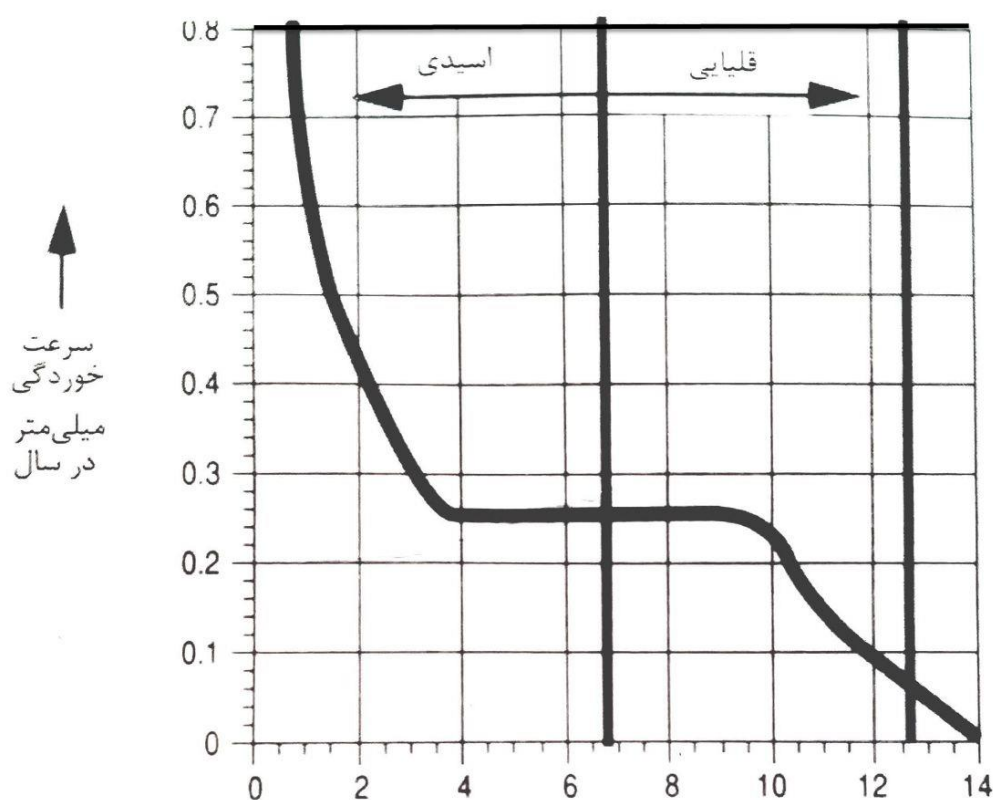
بتن همواره طبق دلخواه عمل نمی کند و نشست، شسته شدگی، لخت شدگی و افتادگی ممکن است رخ دهد که در رفتار بتن عوامل زیادی از جمله طراحی، مصالح، اجرا، بارهای بهره برداری، شرایط بهره برداری و شرایط محیطی موثر اند.

بتن اساساً از خاک رس و آهک تشکیل شده است. مواد اولیه پس از پخت در کوره، کلینکر سیمان را تولید کرده و به همراه ۲ تا ۳ درصد سمگ گچ آسیاب شده تا پودر سیمان تشکیل شود.

خوردگی فلزات داخل بتن

۱

بتن یک ماده بسیار قلیایی است (در اثر هیدراتاسیون سیمان با آب ، محیط قلیایی می شود) و مقدار PH محصول بتن تازه معمولا در حدود ۱۲ و ۱۳ است. در این بازه قلیایی فولاد در بتن به وسیله قشر نازک محافظ که در سطح آن وجود دارد در مقابل خوردگی محافظت می شود، زمانی که این قشر محافظ با واکنش ها از بین می رود خوردگی شروع می شود.



ارتباط بین pH بتن و سرعت خوردگی

مخلوط تازه و مرطوب دوغاب بتن الکترولیت مناسبی است و فولاد مسلح کننده آن قطب های آند و کاتد را تشکیل می دهد که جریان الکتریکی بین آند و کاتد برقرار و در نتیجه فولاد اکسید شده و با افزایش حجم فولاد و تغییررنگ آن به رنگ ((زنگ آهن)) تبدیل می شود. برای انجام این آزمایش وجود آب و اکسیژن الزامی می باشد و در یک بتن با کیفیت خوب سرعت خوردگی بسیار پائین است.

فرایند خوردگی زمانی تسریع می شود که PH یا درجه قلیایی بودن محیط پائین باشد.

*عوامل افزایش دة خوردگی

عواملی زیر باعث افزایش خوردگی اجزای فولادی می شوند:

۱- اکسیژن

۲- آب

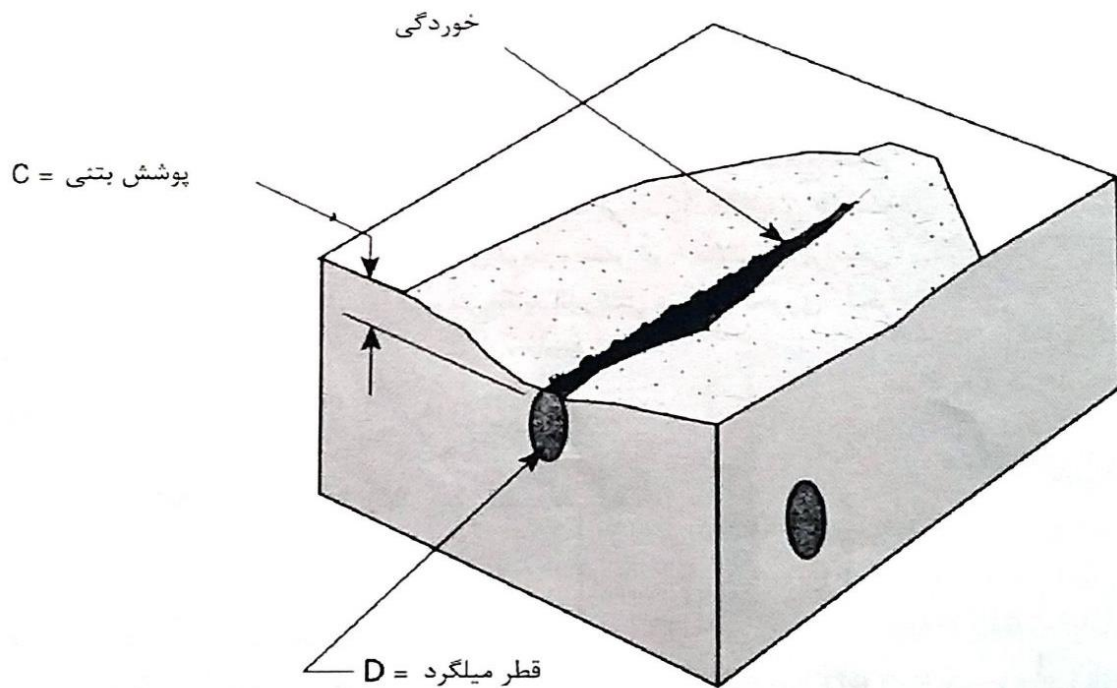
۳- جریان های الکتریکی پیش بینی شده

۴- محیط ناسازگار شیمیایی در اطراف میلگرد ها

۵- محیط های کاهنده PH یا درجه قلیایی بودن

۶- کلریدها(کلر)

* ترک خوردگی و کند شدگی ناشی از خوردگی



نسبت C/D	پوشش in./mm	قطر میلگرد	درصد خوردگی برای ایجاد ترک
۷	۳.۵/۸۹	Φ۱۲	۴%
۳	۱.۵/۳۸	Φ۱۲	۱%

این مورد ناشی از خوردگی فولاد، تابع عوامل زیر است:

- ۱- مقاومت کششی بتن
- ۲- کیفیت پوشش بتن روی میلگردها
- ۳- وضعیت جسبندگی بین میلگرد ها و بتن محصور کننده آنها
- ۴- قطر میلگردهای مسلح کننده
- ۵- درصد مقدار خوردگی میلگرد نسبت به وزن اولیه آن

* ترک خوردگی های بتن

ترک ها و درزهای اجرایی موجود در بتن اجازه می دهند که عوامل شیمیایی خورنده مانند نمک های ذوب یخ به داخل بتن نفوذ و در مجاورت فولادهای مدفون در آن قرار گیرند. مطابق نشریه ACI 224R عرض مجاز دهانه های ترک خوردگی را مشخص می کند.

۱- هوای خشک یا دارای قشای محافظ، عرض مجاز دهانه ترک ۰,۴۱ میلیمتر می باشد

۲- رطوبت و هوای مرطوب و خاک، عرض مجاز دهانه ترک ۰,۳ میلیمتر می باشد.

۳- عوامل شیمیایی ذوب یخ، عرض مجاز دهانه ترک ۰,۱۸ میلیمتر می باشد.

۴- آب دریا، مرطوب و خشک شدگی، عرض مجاز دهانه ترک ۰,۱۵ میلیمتر می باشد.

۵- سازه های آبی، عرض مجاز دهانه ترک ۰,۱ میلیمتر می باشد.

* کلریدها

بتن ساخته شده از ماسه ساحلی و یا حاوی آب دریا به عنوان آب اختلاط به طور طبیعی دارای املاح کلرید است. کلریدهای محلول در آب بسیار مخرب ترند، زیرا برای تهاجم به میلگرد ها به سرعت آزاد می شود.

جدول ۹-۱-۳ حداکثر مجاز یون‌های کلرید در بتن آرمه از نظر خوردگی فولاد برای ساخت جدید

نسبت کلرید به مواد سیمانی بر حسب درصد وزنی		نوع عضو بتنی
قابل حل در آب طبق استاندارد ملی ایران به شماره‌ی ۸۹۴۷	قابل حل در اسید طبق استاندارد ملی ایران به شماره‌ی ۸۹۴۶	
۰/۰۸	۰/۱	بتن آرمه‌ای که در زمان بهره برداری در معرض رطوبت و کلریدها قرار گیرد؛ مطابق رده‌ی XCS3 و XCS4 و XCD4
۰/۱	۰/۱۳	بتن آرمه‌ای که در زمان بهره برداری در معرض رطوبت و کلریدها قرار گیرد؛ مطابق رده‌ی XCS1 و XCS2 و XCD1 و XCD2 و XCD3
۰/۱۵	۰/۲۰	بتن آرمه‌ای که در زمان بهره برداری در معرض رطوبت بدون تماس با یون‌های کلرید باشد.
۰/۳۰	۰/۴۰	بتن آرمه‌ای که در زمان بهره برداری در حالت خشک باشد یا از رطوبت محافظت شود.

*کربناته شدن

کربناته شدن بتن واکنشی بین گازهای اسیدی موجود در هوا و محصولات ناشی از هیدراته شدن سیمان است. هوای معمولی شامل چند نوع گاز از جمله: گاز دی اکسید کربن یا CO_2 با غلظت برابر ۰,۰۳ درصد. گاز دی اکسید کربن از طریق روزنه های موجود در بتن نفوذ کرده و با هیدرواکسید کلسیم محلول در آب بتن واکنش حاصل می کند. در نتیجه واکنش فوق درجه قلیایی بودن بتن کاهش یافته و به

مقدار $PH=10$ و یا کمتر می رسد. در این وضعیت بتن پوششی اطراف میلگردها از حالت قلیایی به اسیدی نزدیک تر شده که در نتیجه نمی تواند نقش خود را بعنوان محافظ میلگردها در مقابل خوردگی ایفا می کند و مرز بین بتن کربناته شدن و بتن کربناته نشده سالم PH در حدود ۱۰ می باشد.

بتن در شرایط رطوبت متوسط یعنی نه بصورت اشباع و نه بصورت خشک، خصوصا تحت شرایط تر و خشک شدن متوالی باعث جذب CO_2 ، کربناته شدن و خوردگی میلگرد است.

ساز و کارهای تجزیه

۲

*ساز و کارهای تجزیه

این فصل مباحثی در مورد فرایندهای مختلفی که باعث می شود:

۱- از طریق مکانیزمهای تغییر حجم انبساطی تجزیه شوند.

۲- در اثر سایش یا حباب زائی لخت شوند

۳- در اثر تجزیه حل شود

*مجاورت با عوامل شیمیایی مهاجم

مواد شیمیایی مهاجم را می توان به صورت های زیر طبقه بندی کرد:

۱- اسیدهای غیر آلی

۲- اسیدهای آلی

۳- محلول های قلیایی

۴- محلول های نمک و...

***تجزیه در اثر یخ زدگی و ذوب شدگی**

تخریب یا تجزیه در اثر یخ زدگی و ذوب شدگی زمانی اتفاق می افتد که شرایط زیر محیا باشد:

- ۱- درجه حرارت بتن به حد یخ زدن آب و سپس ذوب شدن آن برسد.
 - ۲- وجود حفره ها، خلل و فرج و لوله های موئین در بتن که آب را جذب می کند.
- تخریب در اثر یخ زدگی و ذوب شدگی معمولاً در سطوح افقی بتن (دال ها و...) که در تماس با آب هستند و یا سطوح قائم سازه های مجاور سطح آب رخ می دهد. در این وضعیت آب موجود در حفره ها و خلل و فرج بتن تبدیل به یخ شده و ازدیاد حجم پیدا می کند.

***عوامل افزایش سرعت تخریب**

- ۱- خلل و فرج و حفره های زیاد در بتن
- ۲- محیط اشباع شده از رطوبت
- ۳- تعداد چرخه هایی یخ زدگی و ذوب شدگی
- ۴- سطوح افقی در بتن که آب را در خود نگه می دارند
- ۵- سنگ دانه های دارای ساختار متخلخل و موئی

*واکنش های قلیا- سنگدانه

معمولا در آزمایشات برای تشخیص واکنش های قلیا- سنگدانه شامل پرتوگرافی یا سنگ نگاری بتن مربوطه است. این واکنش مربوط است انبساط و ترک های شدید در سازه ها و روسازی های بتنی ایجاد کند (چنانچه مقادیر قلیایی ها بیش از ۰,۶٪ وزنی سیمان باشند). آنچه در مورد این واکنش درک شده است آن است که محلول قلیائی موجود در بافت بتن (سیمان) وکانیهای سیلیسی درشن و ماسه (مانند اپال) تشکیل یک ژل قلیائی می دهد که همان سیلیکات کلسیم می باشد، این ژل به خصوص در سازه هایی که در مجاورت آب باشند به مرور زمان خاصیت انبساطی پیدا می کند و سازه را از درون بایک تنش بزرگتر از مقاومت کششی بتن مواجه می سازد که نهایتا موجب ترکهای زیادی در سطح بتن و در عمق بتن میگردد. با گذشت زمان آب جذب شده از محیط اطراف، باعث افزایش حجم بیشتر شده و انبساط فشارافزا، باعث تخریب کلی سازه می گردد. به این پدیده سرطان بتن نیز گفته می شود.

*تهاجم سولفاتها

وجود سولفات های محلول (ترکیبات گوگردی) در مناطق مربوطه معادن، صنایع شیمیایی و کاغذ سازی امری طبیعی است در خاک ها، آبها، سولفاتهای سدیم و کلسیم بیشترین فراوانی را دارند. سولفات منیزیم کمتریافت می شود اما بسیار مخرب تر است و خاک ها و آب هایی که حاوی سولفات های فوق هستند، خاک ها و آب های قلیایی نامیده می شوند. کلیه سولفات ها بطور بالقوه برای بتن مضر

هستند. سولفات‌ها با خمیر سیمان واکنش حاصل می‌کنند. در نتیجه این واکنش‌ها محصولات حاوی با حجم بزرگتر به وجود می‌آیند. در نتیجه واکنش‌های فوق تخریب سطح بتن به صورت پوسته‌ها و ورقه‌های کوچک است و مقاومت بتن در برابر سولفات‌ها با کاهش نسبت آب به سیمان و با استفاده از یک سیمان مناسب و همچنین با استفاده از مواد هوازی مناسب افزایش می‌یابد، مقدم بر همه چیز کاهش مقدار عناصر لازم در واکنش انبساطی سولفات‌ها (**کلسیم**) است.

تری **کلسیم** سیلیکات یا C_3S گیرش سریع داشته و عامل اصلی کسب مقاومت بتن در روزهای اولیه بتن است و زمینه مستعدی برای حمله سولفات‌ها فراهم می‌کند.

همچنین تری **کلسیم** آلومینات یا C_3A نیز مانند فوق با نمک‌های سولفاتی، **میکروب بتن** را تولید کرده که آن نیز باعث انبساط و فروپاشی بتن می‌شود.

در محیط‌هایی که توام آلوده به سولفات و کلر هستند همین C_3A (که در سیمان تیپ ۲ زیاد است) با ترکیب با کلر، **نمک فریدل** ایجاد کرده که باعث جلوگیری از خوردگی میلگردها می‌شود.

همچنین هرچقدر این ترکیب (C_3A) کمتر باشد تاثیر فوق روان کننده‌ها بیشتر می‌شود.

***فرسایش، حباب زائی، سایش**

پدیده تشکیل حباب‌های هوا

با بخار آب حاصل از تغییرات فشار در جریان های پرسرعت آب، حباب زائی نامیده می شود که نتیجه آن فرسایش سطحی بتن است. وقتی حباب های هوا یا بخار تشکیل می شوند همواره با آن در پائین دست جریان منتقل شده در هنگام وارد شدن به منطقه با فشار بیشتر جریان به شدت به سمت کف بستر سقوط کرده که پدیده تشکیل این حباب ها و سقوط به قسمت عمیق تر جریان حباب زائی خوانده می شود و انرژی آزاد شده از این برخورد تخریب ناشی از حباب زائی نامیده می شود. حباب ها در نزدیکی موج ها، اختلاف سطح ها و انحنای کف بستر در مرکز گرداب ها تشکیل شده و تخریب ناشی از حباب زائی است. با ایجاد سطح صاف روی بتن و هم چنین اجتناب از موانع برجسته در کف بستر جریان کاهش می یابد.

*سایش

عبارت است از سائیدگی و لخت شدگی سطح بتن در اثر مالش و اصطحاک می باشد و عوامل زیر سبب سایش می شود:

- ۱- مقاومت فشاری
- ۲- مقاومت سنگدانه
- ۳- روش های ساخت نهایی بتن مثل لیسه ایی کردن
- ۴- استفاده از مصالح مناسب جهت پرداخت و رویه نهائی بتن
- ۵- پروراندن بتن

مقدمه ایی بر اثرات رطوبت

*مقدمه ایی بر اثرات رطوبت

در بتن تازه فضای بین ذرات کاملاً با آب پر شده است. در طی سخت شدگی بتن آب اضافی تبخیر شده و حجم خمیر بتن کاهش یافته که در نتیجه آن تنش های انقباضی و ترک خوردگی رخ می دهد.

انقباض ناشی از خشک شدگی

بتن در مجاورت هوای آزاد بخشی از آب خود را از طریق تبخیر از دست داده، دچار انقباض می شود. معمولاً بتن با وزن عادی در حدود ۴۰۰ الی ۸۰۰ میکرومتر منقبض می شود و به طور مثال اگر طول یک دال بتنی شش متر باشد، واکنش انقباضی آن ۶۰۰ میکرومتر است. تبخیر آب باعث کاهش طول آن بدون ایجاد و تنش های انقباضی است اما در صورتی که عضو بتنی مقید شده باشد تنش انقباضی حاصله ممکن است از حد مقاومت کششی بتن تجاوز نکند که نتیجه آن ترک خوردگی انقباضی و حتی ایجاد شکاف در بتن است. به کاهش حجم بتن در ۱ تا ۸ ساعت اولیه بتن، **افت** (شیرینکیج) پلاستیک بتن گفته شده که حدود ۱ درصد حجم بتن

است. باعث **ترک‌های سطحی** شده و بهترین راه کار مقابله با آن استفاده از ماله دوم (تاخیری) است.

افت خشک شدگی با از دست دادن رطوبت پس از ۸ ساعت اولیه شروع شده و مقدار آن قابل ملاحظه است و باعث **ترک‌های تمام عمق** می شود. راهکارهای مقابله با آن کم کردن: "نسبت آب به سیمان" و "میزان سیمان" است.

عوامل مؤثر بر انقباض ناشی از خشک شدگی		
عامل	کاهنده انقباض	افزاینده انقباض
نوع سیمان	نوع I و II	نوع III
اندازه سنگدانه	۳۸ mm	۱۹ mm
نوع سنگدانه	کوارتز	ماسه سنگ
عیار سیمان	۳۲۵ kg / m ^۳	۴۱۵ kg / m ^۳
اسلامپ	۷۶ mm	۱۵۲ mm
پروراندن بتن	۷ روز	۳ روز
درجه حرارت بتن ریزی	۱۶°C	۲۹°C
تمیزی سنگدانه	شسته شده	خاک دار

Table 1.1—Contraction joint spacings

Author	Spacing
Merrill (1943)	20 ft (6 m) for walls with frequent openings, 25 ft (7.5 m) in solid walls.
Fintel (1974)	15 to 20 ft (4.5 to 6 m) for walls and slabs on grade. Recommends joint placement at abrupt changes in plan and at changes in building height to account for potential stress concentrations.
Wood (1981)	20 to 30 ft (6 to 9 m) for walls.
PCA (1982)	20 to 25 ft (6 to 7.5 m) for walls depending on number of openings.
ACI 302.1R	15 to 20 ft (4.5 to 6 m) recommended until 302.1R-89, then changed to 24 to 36 times slab thickness.
ACI 350R-83	30 ft (9 m) in sanitary structures.
ACI 350R	Joint spacing varies with amount and grade of shrinkage and temperature reinforcement.
ACI 224R-92	One to three times the height of the wall in solid walls.

Table 1.2—Expansion joint spacings

Author	Spacing
Lewerenz (1907)	75 ft (23 m) for walls.
Hunter (1953)	80 ft (25 m) for walls and insulated roofs, 30 to 40 ft (9 to 12 m) for uninsulated roofs.
Billig (1960)	100 ft (30 m) maximum building length without joints. Recommends joint placement at abrupt changes in plan and at changes in building height to account for potential stress concentrations.
Wood (1981)	100 to 120 ft (30 to 35 m) for walls.
Indian Standards Institution (1964)	45 m ($\approx$ 148 ft) maximum building length between joints.
PCA (1982)	200 ft (60 m) maximum building length without joints.
ACI 350R-83	120 ft (36 m) in sanitary structures partially filled with liquid (closer spacings required when no liquid present).

* تغییر حجم حرارتی و بارهای حرارتی نامتعادل

به عنوان مثال افزایش درجه حرارتی معادل ۳۸ درجه در یک عضو بتنی به طول ۳۰ متر به طول آن می افزاید. اثرات حرارتی معادل درجه حرارتی در بسیاری از سازه ها وجود دارد به طوری که درجه حرارت در سطح فوقانی دال که در معرض تابش مستقیم آفتاب است نسبت به سطح زیرین دال که دارای دمای پائین تری است ایجاد و اختلاف حرارت کرده و به عنوان تفاوت دمای روزانه آفتاب نامیده می شود. ACI224.3 با توجه به اینکه با اختلاف دمای ۱۴ درجه و طول ۶۱ متر، ۱ سانتیمتر تغییر طول وجود دارد این اثرات برای سازه های بیش از این طول و یا بیش از این اختلاف باید در نظر گرفته شود.

سطح فوقانی دال نسبت به سطح تحتانی آن افزایش طول بیشتری پیدا می کند و در نتیجه ناحیه وسط دهانه دال به سمت بالا حرکت می کند. بعنوان مثال یک قاب به دهانه ۱۸ متر دارای دو قسمت طره ای، تحت اختلاف دمای متوسط روزانه، به اندازه ۱۹ میلیمتر در وسط دهانه به سمت بالا حرکت کرده در حالی که قسمت های طره ای آن چرخیده و به سمت پائین حرکت می کنند.

* دهانه های پیوسته

تفاوت دمای روزانه آفتاب نسبت به شکل و پیکربندی سازه ها، روی آن ها اثرات متفاوتی دارد. سازه های دارای دهانه ساده در تکیه گاه ها آزادی چرخش دارند لذا فقط تغییر شکل داده ها در آنها تنشی به وجود نمی آید. اما سازه های پیوسته رفتار متفاوتی از خود نشان می دهند زیرا در تکیه گاه ها آزادی چرخشی ندارند. در صورتی که تغییرات درجه حرارت زیاد بوده مقاوت کششی عضو نیز در ناحیه تحتانی آن کم باشد ممکن است در برخی نقاط ترک

خوردگی و در نتیجه مفصل ایجاد شود. مفصل ها معمولا در نقاط ترک خوردگی جدید و یا در محل درزهای اجرایی نزدیک ستون ها به وجود می آیند و با تغییرات درجه حرارت روزانه مرتبا باز و بسته می شوند.

***مقید بودن در برابر تغییرات حجمی**

اگر یک عضو سازه ایی آزاد باشد تا در برابر تغییرات درجه حرارت، رطوبت و بارها تغییر شکل دهد، تنش داخلی در آن بوجود نمی آید. اما در صورتی که عضو مورد نظر مقید باشد تنش های داخلی در آن بوجود می آیند که می توانند بسیار مهم باشند. این تنش ها در ضعیف ترین قسمت عضو سازه ایی و یا در محل اتصال آن به دیگر بخش های سازه بحرانی شده و باعث تولید ترک های کششی، ترک های برشی و وقوع کمانش می شوند.

ترک خوردگی حرارتی زودرس در بتن تازه

در بتن تازه ریخته شده درجه حرارت در اثر گرمای تولیدشده ناشی از هیدراسیون سیمان بالا می رود، درجه حرارت بتن در ساعات اولیه یا روز اول بعد از بتن ریزی بالا رفته سپس تا درجه حرارت محیط سرد می شود. وقتی دو یا سه روز از بتن ریزی می گذرد، سرد شدن به تدریج اتفاق می افتد که بتن هنوز مقاومت کششی اندکی دارد، مقاومت کششی در جسمی که در حال سرد شدن و انقباض است ضمیمه بروز ترک ها می باشد و عواملی همچون دمای مصالح مثل سنگدانه ها، درجه حرارت محیط، ابعاد مقاطع بتنی، قالب های چوبی درجه حرارت بیشتری نسبت به فلزی تولید می کند، عیار سیمان (هر اندازه میزان سیمان در مخلوط بتن بیشتر باشد

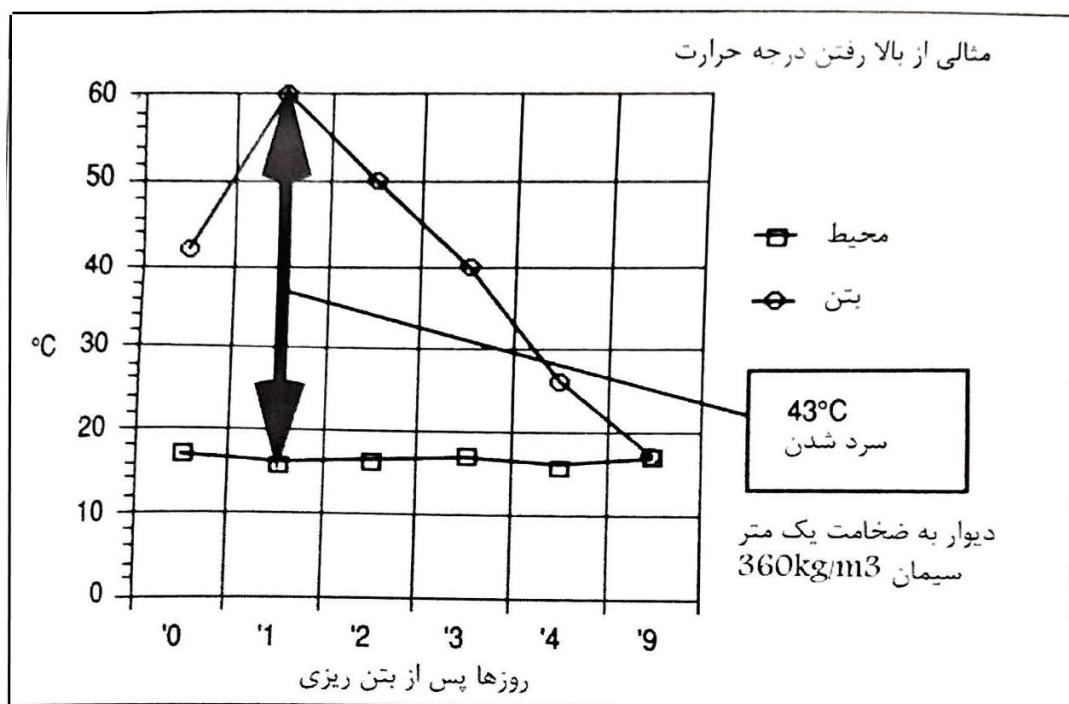
حرارت زیاد تری تولید می شود) و نوع سیمان (پرتلند تیپ سه حرارت بیشتری تولید می کند) در بالا بردن درجه حرارت اولیه بتن نقش دارند.

* کاهش دادن درجه حرارت اولیه بتن

- ۱- پروراندن (آب دادن به بتن درجه حرارت آن را می کاهش دهد).
- ۲- زمان قالب برداری (زود برداشتن آن درجه حرارت را کم می کند)
- ۳- افزودنی ها (خاکسترهای آتش فشانی درجه حرارت را کاهش می دهند)

* روش های جلوگیری و کاهش اثرات ناشی از انقباض بتن

- ۱- ایجاد و درز انقطاع در بتن
- ۲- انتخاب و قراردادی صحیح میلگردهای مسلح کننده که در این کار تنش های انقباضی را توضیح کرده و عرض ترک ها را کنترل می کند.



*تخریب در اثر آتش سوزی

آتش به روش های مختلف روی بتن اثر میگذارد که به شرح زیر است:

۱- تغییرات حجم در اعضای سازه در نتیجه اعوجاج (کج شدن) کمانش، ترک خوردگی و... تغییرات درجه حرارت دامنه وسیعی دارد، از درجه حرارت محیط معادل ۲۱ درجه سانتی گراد تا حرارت ۸۰۰ درجه سانتی گراد که در مرکز آتش رخ می دهد.

۲- کنده شدگی سطوحی از بتن که در اثر حرارت زیاد سریعاً منبسط می شود. بعضی از سنگدانه ها ازدیاد حجم پیدا کرده و جسم بتن مجاور را ترکانده، رطوبت در بتن هم تبخیر و باعث کنده شدگی قطعات کوچک بتن می شود.

۳- در حرارت حدود ۴۰۰ درجه سانتی گراد ملات سیمانی بتن به آهک زنده یا اکسید کلسیم تبدیل شده که نتیجه آن تجزیه جسم آن بتن است.

۴- در درجه حرارت بالا میلگرد های مسطح کننده بتن مقاومت کششی خود را از دست می دهد.

۵- در اثر کنده شدگی پوشش بتنی روی میلگرد ها، به دلیل در معرض مستقیم آتش قرار گرفته اند و فولاد ان ها سریعتر از بتن منبسط می شود، در نتیجه میلگرد ها دچار کمانه شده و پیوستگی و چسبندگی آن ها با بتن مجاور از بین می رود.

اشتباهات انسانی

۴

*مقدمه

روش های به کار رفته در اجرای سازه های بتنی با روش های اجرای دیگر سازه ها متفاوت است؛ بتن یکی از معدود موادی است که مصالح تشکیل دهنده آن به صورت خام در کنار یکدیگر قرار داده می شوند. با یکدیگر ترکیب و در قالب ریخته می شود تا نهایتاً محصول مدنظر بدست آید.

عوامل متعدد تاثیرگذاری در روند تولید بتن وجود دارد که هر یک مستعد به خراب کردن کیفیت بتن نهایی اند. در هر ساختمان از طرح اولیه تا سازه تمام شده یک روند گام به گام باید طی شود تا نهایتاً بتن مطلوب تولید شود .

*میلگردگذاری نادرست

دو دلیل بسیار مهم برای کنترل موقعیت درست میلگردها در سازه های بتنی وجود دارد:

- ۱- دلیل قرار دادن میلگرد در عضو بتنی آن است که تنش کششی را در آن عضو تحمل کند ؛ اگر میلگرد در مکان نادرست قرار گیرد تنش های کششی را بتن باید تحمل کند و بتن این توانایی را ندارد.
- ۲- آن که فولاد مسلح کننده در مقابل خوردگی به پوشش مناسب احتیاج دارد. خاصیت قلیائی بتن خود یک بازدارنده طبیعی در مقابل خوردگی میلگرد ها است ؛ اگر پوشش بتن روی فولاد کافی باشد محافظ بلند مدت از میلگرد تامین نمی شود. میزان پوشش روی میلگرد به عامل شرایط محیطی و نوع عضو سازه ای بستگی دارد. هر چه محیط دارای شرایط خوردگی یا سرد و خشک شدگی محیط مختلف باشد ضخامت قشر محافظ بیشتر می شود . به طور مثال بیشترین ضخامت پوشش بتنی در شرایط متوسط محیطی در فونداسیون رعایت می شود . (به علت مجاورت با خاک).

جدول ۹-۴-۶ پوشش بتن روی میلگرد برای اجزاء بتنی

شرایط محیطی سازه بتنی	نوع عضو	میلگردها	پوشش روی میلگردها (mm)
بتن در تماس دائم با خاک است	کلیه اعضاء	کلیه میلگردها	۷۵
بتن در تماس با هوا و یا تماس غیر دائم با خاک است	کلیه اعضاء	میلگردهای به قطر ۱۸ تا ۵۸ میلیمتر	۵۰
		میلگردها و سیم‌های به قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر	۴۰
بتن در تماس با هوا و یا خاک نیست	دال‌ها، تیرچه‌ها و دیوارها	میلگردهای بزرگتر از قطر ۳۶ میلیمتر	۴۰
		میلگردهای قطر ۳۴ میلیمتر و نازک‌تر	۲۰
	تیرها، ستون‌ها، ستون‌پایه‌ها و اعضای کششی	آرماتورهای طولی، خاموت‌ها، بست‌ها، دورپیچ‌ها و تنگ‌ها	۴۰ 

*برداشت زود هنگام قالب ها و داربست ها (شمع ها)

قبل از اینکه بتن به مقاومت مناسب خود رسیده باشد ممکن است منجر به ترک خوردگی، خیز و حتی فرو ریختن سازه شود. زمان برداشتن قالب ها همانند ضخامت پوشش بتن به نوع عضو و شرایط محیطی بستگی دارد.

حداقل مقاومت لازم بتن جهت بازکردن قالب های اعضای خمشی و پایه های اطمینان آن ها، باید توسط مهندس مشاور یا دستگاه نظارت مشخص گردد. در مواردی که این حداقل تعیین نشده باشد، چنانچه مقاومت آزمون های آگاهی، حداقل 70 درصد مقاومت مشخصه باشد، می توان قالب های سطوح زیرین را

برداشت. برای پایه های اطمینان نیز این زمان متناظر با رسیدن مقاومت آزمونه های آگاهی به 90 درصد مقاومت مشخصه است.

نوع عضو یا قالب								حدافل زمان بازکردن قالب بر حسب دمای متوسط مجاور بتن (۳)	
								۱۵°C	۲۵°C یا بیشتر
قالب های عمودی (مانند: ستون و جدار جانبی تیرها)،								۱۰	۸
تیرچه های سقف مانند تیرچه ی بلوک یا سقف های وافل (با فاصله ی تیرچه های کمتر از ۷۵۰ میلی متر)، روز								۲/۵	۲
تیرهای فرعی و اصلی (D: بار مرده و L: بار زنده)								L>D	L<D
با دهانه ی آزاد کمتر از ۳ متر، روز								۵/۵	۴
با دهانه ی آزاد بین ۳ تا ۶ متر و قالب های قوسی، روز								۱۱	۸
با دهانه ی بیشتر از ۶ متر، روز								۱۶	۱۲
دال یکطرفه (D: بار مرده و L: بار زنده) (۴)								L>D	L<D
با دهانه ی خالص کمتر از ۳ متر، روز								۳	۲/۵
با دهانه ی خالص بین ۳ تا ۶ متر، روز								۵/۵	۴
با دهانه ی خالص بیشتر از ۶ متر، روز								۸	۵/۵
(۱) توصیه می شود شمع ها (پایه های اطمینان) در تیرها حداقل ۵۰ درصد و در دال ها، حداقل ۱۰۰ درصد زمان قالب برداری قالب زیرین، همچنان به عنوان پایه ی اطمینان بعد از قالب برداری سطح زیرین در زیر اعضاء باقی بمانند.									
(۲) در مواردی که عمل آوری تسریع شده یا نحوه ی قالب بندی یا حرکت خاص قالب (مانند قالب لغزان)، مورد نظر باشد، تقلیل زمان های فوق امکان پذیر است.									
(۳) این زمان ها برای سیمان های پرتلند نوع ۱ و ۲ با رده ی مقاومتی ۳۲۵ است. برای سیمان هایی با مقاومت اولیه بیشتر، مانند رده ی ۴۲۵ و ۵۲۵ و نوع ۳، این زمان ها متناسب با تغییر مقاومت سیمان در سنین ذکر شده، کمتر خواهد بود و برای سیمان های با مقاومت اولیه کمتر، مانند سیمان های آمیخته و گاه سیمان پرتلند نوع ۵، این زمان ها ممکن است متناسب با تغییر مقاومت سیمان در سنین ذکر شده، افزایش یابد. در صورت استفاده از مواد افزودنی دیرگیر کننده یا زود سخت کننده می توان این زمان ها را به طور متناسب افزایش یا کاهش داد. در صورتیکه دمای متوسط بین اعداد ذکر شده باشد، می توان از طریق درون یابی خطی برای تعیین مدت قالب برداری استفاده کرد.									
(۴) در مورد دال های دو طرفه باید بر اساس نظر مهندس مشاور یا ناظر اقدام شود. حداکثر زمان آن معادل دال یکطرفه است.									

*روداداری های اجرایی (اشکالات مجاز)

اعضای سازه ای که خارج از روداداری های سازه بتن ریزی می شوند هم از نقطه نظر سازه ای و هم به لحاظ زیبایی شناختی مسئله دار خواهند بود ؛ چنین اعضایی ممکن است دارای پوشش بتن ناکافی روی میلگرها، کم بودن سطح مقطع عرضی و بالاخره بارگذاری خارج از مرکز باشند.

*رواداری های برای سطوح قالب بندی شده

جدول ۹-۴ رواداری های قالب بندی

ردیف	شرح		رواداری
۱	الف	انحراف از امتداد قائم	در لبه و سطح ستون‌ها، پایه‌ها، دیوارها، نبش‌ها و کنج‌ها
			۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول
	ب		برای گوشه‌ی نمایان ستون‌ها، درزهای کنترل، شیارها و دیگر خطوط برجسته نمایان و مهم
			حداکثر ۲۵ میلی‌متر در کل طول
۲	الف	انحراف از سطوح یا ترازهای مشخص‌شده در نقشه‌ها	در سطح‌زیرین دال‌ها، سقف‌ها، سطح زیرین تیرها، نبش‌ها و کنج‌ها قبل از برچیدن حایل‌ها
			۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول
			۹ میلی‌متر در هر چشمه یا هر ۶ متر طول
			حداکثر ۱۹ میلی‌متر در کل طول
	ب		در نعل درگاه‌ها، زیرسری‌ها، جان‌پناه‌های نمایان شیارهای افقی و دیگر خطوط برجسته‌ی نمایان و مهم
			۶ میلی‌متر در هر ۶ متر طول
			حداکثر ۱۲ میلی‌متر در کل طول
۳		انحراف ستون‌ها، دیوارها و تیغه‌های جداکننده از موقعیت مشخص‌شده در پلان ساختمان	در هر دهانه
			در هر شش متر طول
			حداکثر در کل طول
۴	انحراف از اندازه و موقعیت بازشوهای واقع در کف و دیوار و غلاف‌ها		۶± میلی‌متر
۵	الف	اختلاف در مقطع عرضی ستون‌ها و تیرها و ضخامت دال‌ها و دیوارها	در جهت نقصانی
	ب		در جهت اضافی
۶	الف		اختلاف اندازه‌ها در پلان
			نقصانی
	ب		جابه‌جایی یا خروج از مرکز شالوده
	پ	ضخامت	کاهش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده
			افزایش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده
۷	الف	در تعداد محدودی پله	ارتفاع پله
			کف پله
	ب	در پله‌های متوالی	ارتفاع پله
			کف پله

*کرموزدگی بتن (کرموشدگی)

کرموشدگی یک نوع فضای خالی در بتن در اثر فقدان ملات پرکننده در فضاهای بین سنگ دانه های درشت است . تجمع سنگ دانه ها وضعیت بدتری نسبت به کرموشدگی است و در آن مقدار زیادی از سنگدانه ها بدون ملات یافت می شود.

*دلایل اصلی کرموشدگی

۱- طراحی اعضا

الف) بالا بودن درصد میلگرد ها

ب) مقطع باریک و تداخل میلگردها

۲- قالب بندی

الف) قالب پوسیده و یا مستعمل

ب) نشت در درزها و اتلاف شدید دوغاب

۳- شرایط اجرایی

الف) نزدیک بودن میلگردها به بدنه قالب

ب) درجه حرارت بالا

ج) قابلیت دسترسی

۴- وضعیت بتن

الف) ناکافی بودن ریزدانه ها

ب) کارایی کردن کم بتن و روان نمون آن

ج) زود سخت شدگی

د) بزرگی بیش از حد سنگ دانه ها

هـ) نحوه بتن ریزی

الف) سقوط آزاد زیاد

ب) حرکت زیاد درون قالب

ج) بالا رفتن زیاد بتن

د) لوله یا شوت

ه) بتن ریزی نامناسب

***لرزاندن بتن (ویبره) به وسیله ویبراتور vibrator**

در هنگام بتن ریزی حتما باید انجام شود:

۱- کوچک بودن لرزاننده

۲- کم بودن ارتعاش و لرزش

۳- کوچک بودن دامنه لرزش

۴- کوچک بودن زمان غوطه وری

۵- زیاد بودن فواصل مکانی لرزان

۶- ناکافی بودن نفوذ

ارزیابی بتن

۵

* روند بررسی شرایط و ارزیابی بتن

مراحلی که در ارزیابی یک سازه بتنی باید اجرا شود:

۱- بازرسی چشمی به طور کامل و جزء به جزء

۲- بازنگری اطلاعات مهندسی شامل :

الف (نقشه های مربوط به طراحی و ساخت

در صورتی که نقشه های سازه موجود نباشند باید نسبت به تهیه نقشه های وضع موجود سازه که نقشه های چون ساخت نامیده می شوند اقدام شود .

ب) اطلاعات مربوط به اجرا و نگهداری

ج (اطلاعات مربوط به بتن و مواد استفاده شده آن

د _ اطلاعات مربوط به بازرسی های دوره ای

۳- بررسی شرایط وضعیت موجود سازه شامل :

الف : بررسی انواع نقص ها و کاستی ها

ب : مشاهده نقایص توسط دستگاه های نشان دهنده آنها

ج :بازرسی اتصالات و درزها

د: نمونه گیری و آزمایش

ه: آزمایش های غیر مخرب

و: تحلیل سازه در حالت آسیب دیده

ز: ارزیابی نهایی

گزارش های حاصل از بررسی شرایط موجود نتایج هر بررسی به خصوص در مورد تعیین علل و میزان وسعت مسئله مورد نظر به میزان درک مسئله و میزان دقتی که در بررسی شرایط موجود به کار گرفته شده بستگی دارد از طرفی باید توجه داشت که بازرسی سطحی حتی به طور دقیق نمی تواند به اندازه بررسی جزء به جزء شامل نمونه گیری ،آزمایش و بررسی های اکتشافی از دقت کافی برخوردار باشد.

***شرایط بهره برداری و تعامل با محیط**

مقدمه

ارزیابی بتن تنها به وضعیت فیزیکی ، خصوصیات مکانیکی ، ساختار شیمیایی و ظاهر بیرونی آن محدود نمی شود.

درک و فهم اندر کنش بتن با محیط اطراف آن نیز به همان میزان مهم است.

در بسیاری از موارد علل بروز مشکل در بتن مربوط به حالت بهره برداری از آن و تعامل آن با محیط اطراف است.

***بررسی های بصری و اکتشافی**

رسیدگی کامل به یک کاستی یا نقص در بتن با بازرسی چشمی آغاز می شود
موارد کلیدی که در هنگام بازرسی باید به آنها توجه کرد عبارتند از:

۱- ترک خوردگی

۲- نقص های سطحی شامل:

الف: قله کن شدن

ب: متلاشی شدن سطح بتن

پ: کرمو شدن سطح بتن

ت: پوسته شدن سطح بتن

۳- نشت آب شامل:

الف: رطوبت سطحی

ب: تراوش سطح آب به درون ترک ها و درزها

۴- جابجایی و تغییر شکل ها شامل:

الف: تغییر مکان

ب: برآمدگی

پ: نشست

۵- خوردگی فلزات شامل:

الف) زنگ زدن

ب) رشته های فولاد های مسلح کننده بتن که در معرض هوا قرار دارند.

۶- سایر موارد شامل:

الف: پوسته پوسته شدن روکش ها و سطوح

ب) : برکه ای شدن آب (جمع شدن)

پ): تغییر رنگ بتن (شوره زدن)

*ترمیم سطح

مقدمه : ترمیم سطح بتن از زمان اولین بتن ریزی انجام می شود عملیات

اصلی ترمیم به روش زیر است

۱- تحلیل راهبرد و طراحی پروژه ترمیم

۲-انتخاب مصالح

۳- آماده سازی سطح

۴- تمیز کردن ، ترمیم و محافظت از فولادهای مسلح کننده

۵- چسباندن ترمیم های سطحی به لایه زیرین

۶- روش های اجرایی

*تعیین راهبرد و طراحی

۱- الزامات عملکردی

عبارتند از: محافظت - ظاهر - ظرفیت باربری

هدف از فرآیند تحلیل تعیین عملکرد دقیق قسمت ترمیم شده است؛ به این منظور باید خصوصیات لازم مصالح مصرفی را شناخت .

۲- نیازهای سازه ای

سطح ترمیم شده بتن باید جایگزین بتن آسیب دیده شود.

عملکرد سازه مورد نیاز را به حالت اول برگرداند.

برای احیای توزیع بار اولیه باید طی فعالیت ترمیم باربرداری کامل صورت گیرد. مصالح ترمیم کار گذاشته شده و عمل آورده شود. بعد از رسیدن به مقاومت تعیین شده بارگذاری به روی عضو مجدد انجام شود .

باربرداری از روی اعضا معمولاً با شمع زنی و جک زنی موقت صورت می گیرد.

۳- انواع تنش های وارد بر قسمت های ترمیم شده

۱- نیروهای سازه ای (داخلی)

۲- نیروهای ثابت متمرکز (خارجی)

۳- بارهای متحرک (افقی و قائم)

۴- بارهای ضربه ای و دینامیکی

۵- انبساط حرارتی

۶- انقباض حرارتی

۷- انبساط ناشی از شوک حرارتی

۸- انقباض ناشی از شوک حرارتی

۹- انبساط ناشی از رطوبت داخلی

۱۰- انقباض ناشی از رطوبت داخلی

۱۱- ترک انعکاسی

*انتخاب مصالح

مقدمه

برای انتخاب مصالح ترمیم باید درک درستی از رفتار مصالح در حالت های عمل آمده و یا عمل نیامده در شرایط بهره برداری محیطی مختلف داشت ؛ یکی از بزرگترین چالش های عملکرد موفقیت آمیز مصالح ترمیم – رفتار تابع ابعاد آنها نسبت به لایه زیرین است. تغییرات نسبی ابعاد باعث ایجاد تنش های داخلی در مصالح ترمیم و لایه زیر می شود .

تنش های داخلی بالا ممکن است منجر به ایجاد ترک های کششی و کاهش ظرفیت های باربری – لایه به لایه شدگی یا خرابی گردد و برای به حداقل رساندن این تنش ها باید مصالحی انتخاب کرد که تغییرات نسبی ابعاد در آنها سازگار باشد تا سازه مورد نظر بدست آید.

***تعیین خصوصیات مصالح**

خصوصیات باربری هدف و الزامات عملکردی از تعیین خصوصیات مصالح عبارتند از:

- ۱- در نظر گرفتن نحوه اتصال به لایه زیرین یا لایه مجاور با توجه به مواردی از قبیل تنش داخلی بالا ناشی از ناسازگاری حرارتی و یا انقباض
- ۲- باربری مورد نظر با توجه به تغییر شکل های تنش، وارفنگی و یا انقباض

***خصوصیات بهره برداری و محیطی**

هدف و الزامات عملکردی عبارتند از:

- ۱- تغییرات درجه حرارت
- ۲- تغییرات درجه حرارت در مصالح عینی در حین اجرا
- ۳- گازهای جوی به طوری که شرایط مرطوب فولاد مسلح کننده زنگ زده و ملات سیمان از هم فرو می پاشد.
- ۴- تماس با مواد شیمیایی ، در این حالت نیز نفوذپذیری کم یا مقاومت شیمیایی در برابر مواد موجود از خواص مورد نظر
- ۵- شرایط موجود مرطوب که باعث یخ زدگی و ذوب شدگی متناوب می شود در این حالت نیز نفوذ پذیری کم از خصوصیات مورد نظر است.

- ۶- عدم افتادن و شکم ندادن در زیر سطوح افقی که چسبندگی داخلی بالا و چسبندگی خوب به سطوح خارجی از خصوصیات خوب در این زمینه است
- ۷- سهولت اجرا ؛ که طرح اختلاط سازه و مواد اضافی مشخص از خصوصیات مطلوب است .
- ۸- ظاهر ؛ ترک خوردگی سطح ناشی از خشک شدگی مطلوب بوده و نیاز است از مصالح با انقباض پایین و سطح انعطاف پذیر و با کاهش آب سطحی کم استفاده شود.

***اثرات تغییر حجم**

فرآیند ناشی از خشک شدگی:

- ۱- اگر مصالح ترمیم مقید نشود در اثر انقباض ناشی از خشک شدگی کاه حجم خواه داد.
- ۲- از آن جا که لایه زیرین از تغییر شکل انقباضی جلوگیری می کند تنش کششی داخلی در مصالح ترمیم افزایش خواهد یافت.

آماده سازی سطح

*آماده سازی سطح

مقدمه

آماده سازی سطح شامل بهبود وضعیت بتن موجود برای پذیرش و تحمل مصالح ترمیم است. برای بهبود وضعیت باید بتن خراب آغشته یا آسیب دیده برداشته شود تا سطحی به دست آید که چسبندگی لازم با مصالح ترمیم را فراهم کند.

*روش های کلی آماده سازی سطح

گام یک: محلی که قرار است ترمیم شود مشخص کنید (بخش ارزیابی بتن) برای محل یا بتن قسمت های خراب از عمق یابی با جکش یا روش های دیگر استفاده می شود. پیش از برداشتن بتن نامناسب یک سیستم تکیه گاه را تهیه و نصب کنیم.

گام دو: بتن خراب با استفاده از روش قابل قبول از سازه جدا شود. در صورت رسیدن به میلگردهای مدفون در بتن بر اساس توصیه های اجرا شده عمل شود.

لخت کردن کامل میلگردهای نمایان در موفقیت طولانی مدت ترمیم نقش حیاتی دارد.

میلگردهایی که در حین برداشتن بتن خراب شده اند؛ یا قسمتی عمده ای از آنها از بین رفته است نیز ممکن است نیاز به ترمیم داشته باشد.

گام سوم: برای اجتناب از لبه های تیز و گوشه دار محدوده سطوح ترمیم را صاف کنید. محدوده کنده شده بتن باید دارای اضلاع مستقیم باشد تا طول لبه های آن حداقل شود.

گام چهارم: سطح میلگردهای فولادی نمایان بتن را تمیز کنید برای دست یابی به چسبندگی مناسب بین مصالح ترمیم و بتن موجود تمیز کردن بسیار اهمیت دارد.