دوام سازه‌های بتنی

علی‌اکبر رمضانیانپور
دانشیار دانشکدهٔ عمران
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مقدمه

بتن به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین مصالح ساختمانی، سالهاست که در ساخت انواع سازه‌های بتنی در کشورهای مختلف جهان به کار رفته است. دوام و عمر چنین سازه‌هایی در مقایسه با سازه‌های ساخته شده از مصالح دیگر و تا حدی جنبه‌های اقتصادی کاربرد آن، مصرف آن را روزافزون کرده است.

استفاده از مصالح نامناسب و غیراستاندارد در بتن، عدم رعایت اصول فنی در ساخت و اجرای سازه‌های بتنی، وجود عوامل و شرایط محیطی بسیارخورنده، عدم دقت در عمل‌آوری بتن و عدم حفاظت و نگهداری بتن و عدم انجام تعمیرات جزئی لازم در حین بهره‌برداری، از عوامل عمدهٔ خرابیهای زودرس سازه‌های بتنی در کشورهای جهان سوم بوده است.

خرابیهای شیمیایی

بخش عمده‌ای از خرابیهای سازه‌های بتنی بر اثر واکنشهای سیمان و نفوذ مایعات و گازهای مضر برای بتن که اغلب باعث ترکیبات شیمیایی مخرب می‌شوند، پیش می‌آیند.

از شناخته‌شده‌ترین این خرابیها، خرابی سولفاتی را می‌توان نام برد. حملهٔ سولفاتها به بتن از طریق مصالح بتن و خاک و آب، سبب ایجاد واکنش با هیدروکسید کلسیم و هیدروآلومینات کلسیم سیمان شده و کریستالهای جدید سنگ گچ و اترینگایت تشکیل می‌شود. این واکنشها، علاوه بر ایجاد سفیدک سبب شروع تَرَک و سرانجام، ریزش بتن از سطح به داخل می‌شود. برای جلوگیری و کاهش اثر سولفاتها بر بتن، می‌توان تا حد امکان بتن را کم نفوذ ساخت. ساخت بتن با نسبت آب به سیمان پایین از شناخته‌شده‌ترین این خرابیها، خرابی سولفاتی را می‌توان نام برد. و تراکم کافی و نگهداری و عمل‌آوری مناسب دوام بتن را افزایش می‌دهد. استفاده از سیمانهای ضدسولفات با درصد پایین C_3A و سیمانهای پوزولانی و مخلوط نظیر سیمانهای سرباره‌ای نیز مقاومت بتن در مقابل سولفاتها را بهبود می‌بخشد.

خرابی دوم تحت عنوان حمله کرورها و خوردگی آرماتور از مهم‌ترین مسائل سازه‌های بتنی در اغلب کشورهای جهان بوده است.

لایهٔ محافظی که در محیط قلیایی بتن آرماتور را از زنگ‌خوردگی حفظ می‌کند براثر نفوذ یون کلر از بین رفته و با ایجاد یک پیل زنگ‌زدگی آرماتور آغاز می‌شود. فشار بالای زنگِ ایجاد شده، سبب بروز تَرَک در بتن و ریزش آن می‌شود.

در خصوص خود آرماتور نیز روشهای مختلفی در جهان به کار گرفته شده است. گالوانیزه کردن آرماتور فولادی تا حدی موفق بوده است لیکن نتوانسته جلوی زنگ‌زدگی را بگیرد. استفاده از آرماتورهایی با پوشش اپوکسی نیز چند سال است که برای کنترل زنگ‌زدگی آرماتور کاربرده پیدا کرده است. کاربرد انواع گران آرماتور نظیر فولاد ضدزنگ و آرماتورهای پلیمری بسیار محدود بوده و هنوز مراحل تحقیقاتی را می‌گذراند. در برخی سازه‌های مهم نیز روش حفاظت کاتدی به کار رفته و نتایج نسبتاً خوبی اخذ شده است.

خرابی شیمیایی مهم دیگری که خسارتهای فراوانی در اغلب کشورهای جهان و بخصوص در سدها و سازه‌های هیدرولیکی پدید آورده است، خرابی موسوم به واکنش قلیایی دانه‌ها (AAR) بوده است. این خرابیها در پاره‌ای موارد به حدی بوده که در کشورهای اروپایی به سرطان بتن معروف شده است.

برای پیشگیری از این خرابی لازم است سنگدانه‌ها قبل از مصرف آزمایش شوند تا با سیمان با قلیایی بالا واکنش نامطلوب ایجاد نکنند. در سالهای اخیر، نتایج حاصل از تحقیقات نشان داده است که کاربرد سیمانهای پوزولانی و بخصوص سیمانهای سرباره‌ای تا حد زیادی از پیدایش این پدیده جلوگیری کرده است.

خرابیهای فیزیکی

یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین خرابیهای فیزیکی بتن که در کشورهای سردسیر اتفاق می‌افتد یخ زدن بتن و خرابی حاصل از یخ زدن آب‌شدنهای متوالی آن بوده است. به مدت چندین سال، کلرورکلسیم به عنوان مادهٔ زودگیر برای جلوگیری از یخ زدن بتن تازه مصرف می‌شده است امّا به دلیل ایجاد زنگ در آرماتور، چندسالی است که مصرف آن در بسیاری از کشورها ممنوع شده است. در حال حاضر، از مواد زودگیر دیگری که خوردگی ایجاد نکند، استفاده می‌شود.

برای مقابله با سیکلهای یخ زدن ـ آب شدن بتن سالهاست که مواد حباب هوازا در بتن کاربرد دارد. تقریباً تمامی بتن‌هایی که در کشورهای سردسیر ساخته می‌شوند، دارای مادهٔ افزودنی حباب هوازا هستند. مصرف این مواد، مقاومت بتن در مقابل پدیده یخ زدن ـ آب شدن را بالا برده است.

خرابیهای فیزیکی دیگر در بتن، اغلب، بر اثر سایش و فرسایش و پدیدهٔ خلاءزایی به وجود می‌آیند. این خرابیها، اغلب در کفهای در معرض برخورد اجسام سخت و یا در کانالها و سازه‌های هیدرولیکی نظیر سرریزها مشاهده شده است. در چند سرریز کشورمان نیز پدیدهٔ خلاءزایی سبب خرابیها و خساراتی شده است. استفاده از بتن‌های دارای میکروسیلیس و کاربرد الیاف در بتن و استفاده از بتن‌های پلیمری در این نوع سازه‌ها، توانسته است تا حد بالایی بتن را در مقابل سایش و فرسایش و پدیدهٔ خلاءزایی مقاوم کند.

نکاتی چند در افزایش دوام بتن

به منظور افزایش دوام بتن پیشنهادهایی در زمینه‌های مواد و مصالح به کار رفته و در ساخت بتن و اجرای سازه بتنی و نگهداری آنها تدوین شده است.

درخصوص سیمان، انتخاب سیمان براساس استانداردهای مشخص، نگهداری مناسب سیمان، کاربرد سیمانهای پوزولانی طبیعی و مصنوعی در مواردی که خوردگی سولفاتی، کلروری و واکنش قلیایی دانه‌ها مطرح است، استفاده و انتخاب نوع مناسب سیمان باتوجه به شرایط محیطی و املاح موجود در آب و خاک محل بتن‌ریزی، رعایت میزان حداقل و حداکثر سیمان در بتن براساس توصیه‌های آیین‌نامه‌های موجود، از موارد مهم در افزایش دوام بتن نام برده می‌شوند.

درخصوص سنگدانه‌ها، کنترل میزان مواد زیان‌آور و املاح در سنگدانه‌ها، انتخاب شکل و بافت مناسب، کنترل حداکثر اندازه دانه‌ها و رعایت استاندارد دانه‌بندی آنها، کنترل میزان ریزدانه و میزان جذب آب سنگدانه‌ها، کنترل فعال نبودن سنگدانه‌ها در ایجاد واکنش قلیایی و بالاخره در بتن‌های با مقاومت بالا، کنترل مقاومت دانه‌ها در دوام تأثیر قابل توجهی داشته است.

کاربرد بتن‌های جدید و با استفاده از افزونه‌های مختلف و مصرف آرماتورهای نسبتاً مقاوم در مقابل زنگ‌خوردگی و حفاظت کاتدی سازه‌های بتنی مسلح مهم و انجام بازرسی منظم و تعمیرات جزیی لازم، از مواردی است که سبب افزایش دوام سازه‌های بتنی شده‌اند.