INSO
12485-3
1st.Edition
2017
Identical with ISO 16311-3: 2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۲۴۸۵-۳
چاپ اول
۱۳۹۶

تعمیر و نگهداری سازه‌های بتنی-
قسمت۳: طراحی تعمیرات و پیشگیری

Repair and Maintenance of concrete structures -Part 3:Design of repairs and prevention

ICS: 91.100.30

استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۳-۱۲۴۸۵: سال ۱۳۹۶

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به‌عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«تعمیر و نگهداری سازه‌های بتنی- قسمت۳: طراحی تعمیرات و پیشگیری »

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
عبدالعلی، شرقی (دکتری مهندسی عمران)	دانشگاه شهید بهشتی
دبیر:	
قشقایی، محمدمهدی (کارشناسی ارشد مهندسی عمران-زلزله)	پژوهشگاه استاندارد
اعضا:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آقامحمدی، مهرداد (کارشناسی ارشد مهندسی معدن- فرآوری)	پژوهشگاه استاندارد
احمدی، جمال (دکتری مهندسی عمران- سازه)	دانشگاه زنجان
اسماعیلی، حسین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- زلزله)	عضو مستقل
امامی، محسن (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه)	عضو مستقل
امرالهی، محمدحسن (کاردانی مکانیک-تاسیسات)	پژوهشگاه استاندارد
امینی، حمیدرضا (دکتری مهندسی عمران- سازه)	عضو مستقل
انصاری، ایرج (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه)	شرکت بتن سازان
بامری، محمدحسین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت سرمایه گذاری و ساختمان تجارت
بسطامی، مرتضی (دکتری مهندسی عمران- زلزله)	پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

اعضا:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال**:
بغدادی، مصطفی (کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه)	شرکت سی سی
پوریوسفیان، مهدی (کارشناسی مدیریت صنعتی)	پژوهشگاه استاندارد
پهلوان، حسین (دکتری مهندسی عمران-سازه)	دانشگاه صنعتی شاهرود
جوادی، احمدرضا (کارشناسی مهندسی عمران- عمران)	شهرداری کرج
چگینی، جواد (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- زلزله)	شرکت صنایع بتنی سالم کار قزوین
چمن آرا، محمدمهدی (کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه)	شرکت نواندیشان سازه
حسن پور، شهره (دکتری زمین شناسی)	دانشگاه پیام نور
حسین ناظر، محمد (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه)	پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله
حسینی اقدم، سیدرضا (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه)	عضو مستقل
حقیقت، نگین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه)	معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه صنعتی امیرکبیر
خسروی، سعید (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- خاک)	شهرداری ایزدشهر
رضوانی الوار، حسین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه)	شهرداری کرج
رئیس قاسمی، امیر مازیار (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
زینوندفرد، محمدرضا (کارشناسی مهندسی عمران)	شرکت بهنام سازه
سامانیان، حمید (کارشناسی ارشد مهندسی مواد-سرامیک)	پژوهشگاه استاندارد
سعیدی رضوی، بهزاد (دکتری زمین شناسی)	پژوهشگاه استاندارد
سقطچی، غزاله (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه)	شرکت مرصوص بتن
سلیمانی، رضا (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	پژوهشگاه استاندارد
شاکرمی، علی (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه)	عضو مستقل
شهبازی، محسن (دکتری مهندسی عمران- سازه)	شرکت سی سی
صفری، نوید (کارشناسی مهندسی مکانیک)	پژوهشگاه استاندارد
عباسی، علیرضا (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- زلزله)	شرکت شمال بتن
عباسی رزگله، محمدحسین (کارشناسی مهندسی مواد- سرامیک)	سازمان ملی استاندارد ایران
فلاح، عباس (کارشناسی ارشد زمین شناسی)	سازمان ملی استاندارد ایران
قربانی، محمد (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه)	شرکت شمال بتن
قشقایی، محمدرضا (کارشناسی نقشه کشی معماری)	شهرداری ورامین

اعضا:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
قعری، هما (کارشناسی ارشد شیمی)	پژوهشگاه استاندارد
کثیری، محمدجواد (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه)	موسسه آموزش عالی آبا
کیهانی، مهدی (کارشناسی مهندسی عمران)	شرکت پارس لانه
کیهانی، میلاد (کارشناسی ارشد مدیریت استراتژیک)	شرکت پارس لانه
مجتبوی، سید علیرضا (کارشناسی مهندسی مواد-سرامیک)	سازمان ملی استاندارد ایران
محرری، حسن (کارشناسی ارشد معماری)	سازمان ملی استاندارد ایران
مرادی، مهتاب (کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی)	پژوهشگاه استاندارد
منتظریان، آرمان (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه)	شرکت پارس لانه
مهدیخانی، بهزاد (دکتری مهندسی مواد)	دانشگاه علمی و کاربردی سازمان ملی استاندارد ایران
مهراکبری، مرتضی (کارشناسی مهندسی عمران)	پژوهشگاه استاندارد
میرزایی، داریوش (کارشناسی ارشد معماری)	شهرداری ورامین
نازی، محمدباقر (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه‌های هیدرولیکی)	عضو مستقل
نجاری سی سی، منصور (کارشناسی مهندسی عمران)	شرکت سی سی

اعضا:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و/یا محل اشتغال:

نظرپور، مهدی
(دکتری مهندسی عمران-زلزله)
پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

نظرپور، هادی
(دکتری راه و ساختمان)
پژوهشگاه نیرو

نوروزی، محمدحسین
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه)
وزارت راه و شهرسازی

ویراستار:

سامانیان، حمید
(کارشناسی ارشد مرمت آثار باستانی)
پژوهشگاه استاندارد

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ح
مقدمه ط
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ حداقل ملاحظات قبل از طراحی تعمیر و پیشگیری ۴
۴-۱ کلیات ۴
۴-۲ ارزیابی خطر اولیه ۴
۴-۳ ارزیابی عیوب و علل آنها ۴
۵ راهکارهایی برای نگهداری، تعمیر و پیشگیری ۵
۵-۱ کلیات ۵
۵-۲ گزینه‌ها ۶
۵-۳ عوامل ۶
۵-۴ انتخاب راهکار مناسب ۷
۶ مبنایی برای انتخاب اصول خاص طراحی تعمیر و پیشگیری، راهکارها، راه‌حل‌ها و روش‌ها ۷
۶-۱ کلیات ۷
۶-۲ راه‌حل‌های تعمیر و روش‌های نگهداری، تعمیر و پیشگیری ۸
۷ مشخصات محصولات و سامانه‌های مورد نیاز برای انطباق با راه‌حل‌های تعمیر و پیشگیری ۱۱
۸ الزامات مستندات طراحی ۱۲
۹ رعایت الزامات سلامتی، ایمنی و محیطی ۱۲
۱۰ صلاحیت کارکنان ۱۳
پیوست الف (آگاهی دهنده) طراحی تعمیر و پیشگیری ۱۴
کتاب‌نامه ۳۰

پیش‌گفتار

استاندارد « تعمیر و نگهداری سازه‌های بتنی- قسمت۳: طراحی تعمیرات و پیشگیری » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در هفتصد و بیست و سومین امین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۶/۰۷/۰۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی/منطقه‌ای زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی/منطقه‌ای مزبور است:

ISO 16311-3: 2014, Maintenance and repair of concrete structures - Part 3: Design of repairs and prevention

مقدمه

تعمیر و پیشگیری از عیوب و خرابی در سازه‌های بتنی، مستلزم عملیات پیچیده طراحی است. این استاندارد، به تعریف اصول طراحی، راهکارها، راه‌حل‌ها و روشهایی برای جلوگیری از خرابی سریع و تعمیر سازه‌های بتنی صدمه دیده یا تحت آسیب و فرسودگی می‌پردازد. و دستورالعمل‌هایی در مورد انتخاب اصول طراحی تعمیر، راهکارها، راه‌حل‌ها، روش‌ها و انتخاب محصولات و سامانه‌های مناسب با کاربرد از پیش تعیین شده ارائه می‌نماید.

این قسمت از استاندارد، مراحل اصلی در فرآیند تعمیر را مشخص می‌کند:

- ضرورت ارزیابی و ضعیت ساختار؛
- ضرورت شناسایی علل خرابی؛
- ارزیابی گزینه‌های تعمیر و پیشگیری و تصمیم‌گیری؛
- انتخاب راه‌حل‌های مناسب تعمیر و پیشگیری؛
- انتخاب روش‌ها؛
- تعریف خواص محصولات و سامانه‌ها؛
- مشخصات الزامات نگهداری پس از تعمیر و پیشگیری

این استاندارد به امور مربوط به طراحی سازه و بررسی عملکرد سازه در هر دو حالت فرسوده و تعمیر شده، اختصاص ندارد.

این استاندارد شامل پیوست **الف** است که دستورالعمل‌ها و اطلاعات پیش‌زمینه‌ای متن اصلی را ارائه می‌کند.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای شماره ۱۲۴۸۵ است. سایر قسمت‌ها عبارتند از:

- قسمت ۱: اصول کلی
- قسمت ۲: ارزیابی سازه‌های بتنی موجود
- قسمت ۴: اجرای تعمیرات و پیشگیری

تعمیر و نگهداری سازه‌های بتنی- قسمت۳: طراحی تعمیرات و پیشگیری

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه ملاحظات کلی و تصمیم‌گیری در مورد مشخصات راه حل‌های مرتبط با تعمیرات و پیشگیری و راهکارهای مدیریتی برای سازه‌های بتنی مسلح و غیرمسلح با استفاده از محصولات و سامانه‌های مشخص شده در سایر استانداردهای ملی با مشخصات فنی، است.

این استاندارد، برای موارد زیر کاربرد دارد:

- تنها سازه‌های در معرض هوا؛
- سازه‌های زیرزمینی؛
- سازه‌های غوطه‌ور قابل رویت که در دسترس هستند.

این قسمت از استاندارد، شامل اصول طراحی تعمیر و پیشگیری و راهکارهای مرتبط با عیوب و خرابی پیش‌رونده است، اما به آن محدود نمی‌گردد:

- اقدامات مکانیکی مانند: ضربه، اضافه بار، حرکت ناشی از نشست، انفجار، لرزش و فعالیت‌های لرزه‌ای؛
- فعالیت‌های شیمیایی و بیولوژیکی محیط مانند: حمله سولفات، واکنش قلیایی سنگدانه‌ها؛
- فعالیت‌های فیزیکی مانند چرخهٔ یخ‌زدگی-یخ‌گشایی، تجزیه حرارتی، حرکت رطوبت، تبلور نمک، آتش و فرسایش؛
- خوردگی آرماتور؛
- عیوب اصلی ساختمان که از زمان ساخت آن باقی مانده و درنظر گرفته نشده‌اند.

اجرای فرآیند تعمیر و نگهداری در قسمت چهارم این استاندارد مطرح می‌شود.

اطلاعات بیشتر و مرتبط با هدف این قسمت از استاندارد در پیوست **الف** ارائه می‌شود.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 14040, Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۰۴۰: سال ۱۳۸۹، اتصالات فشاری برای لوله‌های رسی ویتره شده و متعلقات، با استفاده از استاندارد ISO 14040 : 1997 تدوین شده است.

2-2 ISO 14044, Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ISIRI-ISO۱۴۰۴۴ : سال ۱۳۸۶، مدیریت زیست محیطی - ارزیابی چرخه زندگی - الزامات و راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 14044 : 2006 تدوین شده است.

2-3 ISO 16311-1, Maintenance and repair of concrete structures — Part 1: General principles

2-4 ISO 16311-2, Maintenance and repair of concrete structures — Part 2: Assessment of existing concrete structures

2-5 ISO 16311-4, Maintenance and repair of concrete structures — Part 4: Execution of repairs and prevention

2-6 ISO 22965-1, Concrete — Part 1: Methods of specifying and guidance for the specifier

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۲۲۴۸: سال ۱۳۹۰، بتن - قسمت ۱- راهنمای نگارش مشخصات فنی، با استفاده از استاندارد ISO 22965-1 : 2007 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۳-۱

عیب

defect

نقص و یا انحراف از سطح درنظر گرفته شده برای عملکرد یک سازه و یا اجزای آن را گویند.

[منبع: ISO 15686-1:2000]

۳-۲

عمر خدمت طراحی

design service life

مدت زمان مشخص شده‌ای که یک سازه و یا اعضای آن برای هدف مشخص شدهٔ خود، بدون نیاز به تعمیر عمده، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[منبع: ISO 16311-1]

۳-۳

نگهداری

maintenance

مجموعه‌ای از فعالیت‌های انجام شده برای بررسی، ارزیابی عملکرد یک سازه و حفاظت / ترمیم آن به‌طوری که الزامات عملکردی در حین خدمت را برآورده می‌سازد.

[منبع: استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۳]

۴-۳

کنش‌ناپذیری

passivity

حالتی که فولاد در بتن با یک غشاء نازک محافظت می‌شود و نرخ خوردگی به حداقل می‌رسد.

یادآوری- این غشاء، هنگامی که کربنات‌های بتن به سطح فولاد تقویتی می‌رسند و یا نمک‌های مهاجم تغلیظ شده و فولاد را مورد حمله قرار می‌دهند و یا تمام اکسیژن در سطح فولاد مصرف می‌شود (برای مثال، بخش غوطه‌ور در آب بتن پس از سال‌ها)، ناپایدار شده و یا از بین می‌رود.

۵-۳

اقدامات پیشگیرانه

prevention

عملیات ترمیمی برای جلوگیری و یا کاهش سرعت خرابی یک سازه و یا عضو سازه‌ای و کاهش احتمال آسیب به کاربر و یا هر شخص ثالث، ممانعت و جلوگیری از پیشرفت خرابی و جلوگیری همه‌جانبه از خرابی است.

۶-۳

حفاظت

protection

اقدام درنظر گرفته شده برای جلوگیری و یا کاهش توسعه عیوب در سازه را گویند.

۷-۳

تعمیر

repair

احیاء یک سازه و یا اجزای آن به یک شرایط قابل قبول از طریق نوسازی و یا جایگزینی اجزای فرسوده، آسیب دیده و یا رو به خرابی گذارده.

[منبع: استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۷۶]

۴ حداقل ملاحظات قبل از طراحی تعمیر و پیشگیری

۴-۱ کلیات

این بند به تشریح روش‌هایی می‌پردازد که باید برای ارزیابی وضعیت فعلی یک سازهٔ بتنی قبل از طرح‌ریزی برنامه‌های تعمیر و پیشگیری درنظر گرفته شوند. دستورالعمل‌های کلی در پیوست الف ارائه می‌شوند.

۴-۲ ارزیابی خطر اولیه

خطرات مرتبط با سلامتی و ایمنی ناشی از سقوط آوار و یا خرابی موضعی سازه در اثر از بین رفتن مواد فرسوده و اثر خرابی بر روی پایداری مکانیکی سازهٔ بتنی باید قبل از عملیات تعمیر، تعیین شده و همچنین به‌هنگام عملیات تعمیر، بارها و نیروها پیش‌بینی شوند.
سلسله اقدامات مناسب قبل از سایر عملیات پیشگیری و یا تعمیر باید در مکانی که سازهٔ بتنی و یا بخشی از آن که ناایمن تشخیص داده شده است، صورت پذیرد و مادامی که در دست اقدام است، امکان ایجاد هر گونه خطر اضافی از خود عملیات تعمیر، درنظر گرفته و پیش‌بینی شود. چنین اقدامی می‌تواند شامل پیشگیری موضعی و یا تعمیرات، نصب پشتیبان و یا سایر اقدامات پایدارسازی موقت با انهدام جزئی و یا حتی کامل باشد.

۴-۳ ارزیابی عیوب و علل آنها

یک ارزیابی از عیوب موجود در سازه‌های بتنی، علل آن‌ها و توانایی سازهٔ بتنی در انجام وظیفه خود برحسب دستورالعمل‌های دقیق ارائه شده در قسمت دوم این استاندارد می‌بایست انجام شود. این اطلاعات به اختصار در پاراگراف‌های بعدی ارائه می‌شوند.

فرآیند ارزیابی سازه باید شامل موارد زیر باشد، اما به آنها محدود نمی‌شود:

الف- مستندات مواد و سامانه‌های تشکیل دهنده سازه؛

ب- شرایط قابل مشاهده در سازهٔ بتنی موجود؛

ج- انجام آزمون برای تعیین وضعیت بتن و فولاد تقویتی؛

ت- معایب و روش طراحی اصلی و طراحی بالقوه؛

ث- مسائل زیست‌محیطی از جمله مواجهه با انواع مواد زیان آور؛

ج- تاریخچهٔ سازهٔ بتنی از جمله شرایط قرار گرفتن در معرض محیط و برنامه‌های قبلی تعمیر و نگهداری؛

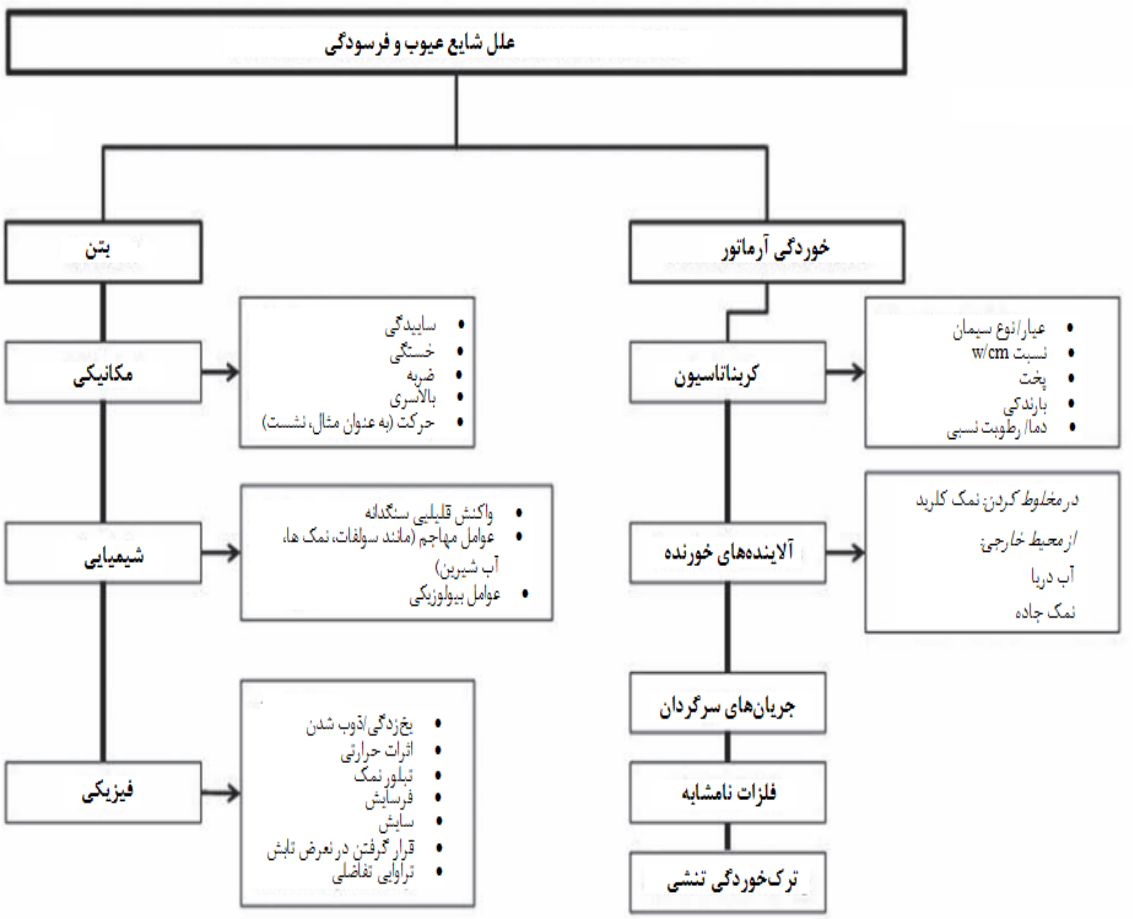
ح- شرایط استفاده (به‌عنوان مثال، بارگذاری و یا سایر کنش‌های طبیعی)؛

د- الزامات برای استفاده در آینده.

ماهیت و علل معایب و نقایص از جمله علل ترکیبی باید شناسایی و ثبت شوند (به شکل ۱مراجعه شود).

سپس، مقدار تقریبی و نرخ احتمالی افزایش عیوب باید ارزیابی گردد. یک برآورد زمانی اجرا می‌شود که عضو و یا سازهٔ بتنی بدون اعمال هیچ‌گونه اقدامات پیشگیری و یا تعمیری (به غیر از سامانه‌های نگهداری موجود)، دیگر قادر به انجام وظایف تعیین شده نباشد.

نتایج ارزیابی تکمیل شده باید در زمانی که پیشگیری و تعمیرات، طراحی شده و انجام شده اند، معتبر باشند. اگر در اثر گذشت زمان و یا به هر علتی شبهاتی در مورد صحت ارزیابی وجود داشته باشد، باید ارزیابی جدیدی ارائه گردد.



شکل ۱- علل شایع معایب و خرابی

۵ راهکارهایی برای نگهداری، تعمیر و پیشگیری

۵-۱ کلیات

این بند، به شناسایی گزینه‌ها و عواملی اختصاص دارد که باید در انتخاب یک راهکار مدیریتی برای سازه درنظر گرفت.

۵-۲ گزینه‌ها

طبق قسمت اول این استاندارد، گزینه‌های زیر باید هنگام تصمیم‌گیری دربارهٔ اقدام مناسب برای پاسخ‌گویی به نیازهای آینده در طی عمرسازه مورد توجه قرار گیرند:

الف- هنگام نظارت سازه در یک بازهٔ زمانی خاص، عملی صورت نپذیرد؛

ب- تحلیل دوباره ظرفیت سازه که احتمالاً منجر به کاهش کارکرد می‌شود؛

پ- جلوگیری و یا کاهش خرابی بیشتر؛

ت- مقاوم‌سازی و یا تعمیر و حفاظت از کل و یا بخشی از سازهٔ بتنی؛

ث- بازسازی تمام و یا بخشی از سازهٔ بتنی؛

ج- تخریب تمام و یا بخشی از سازهٔ بتنی.

۵-۳ عوامل

عوامل درنظر گرفته شده در انتخاب یک راهکار مدیریتی باید بر اساس موارد زیر و بدون محدود شدن به آن‌ها باشد:

۵-۳-۱ کلیات

الف- کاربرد از قبل تعیین شده و عمر خدمت باقیماندهٔ سازه؛

ب- عملکرد موردنیاز سازه؛

یادآوری- این امر می‌تواند شامل مقاومت در برابر آتش و مقاومت در مقابل نفوذ آب باشد.

پ- عمر خدمت احتمالی پس از عملیات تعمیر و پیشگیری؛

ت- قابلیت دسترسی مورد نیاز سازه، وقفهٔ مجاز در استفاده از آن و فرصت‌هایی برای عملیات مکمل پیشگیری، تعمیر و نظارت بر کار؛

ث- تعداد و هزینه قابل قبول دوره‌های تعمیر در طی عمر طراحی سازهٔ بتنی؛

ج- هزینه نسبی کل عمر راه‌کارهای مدیریتی از جمله بازرسی و نگهداری در آینده و یا چرخه‌های بیشتر تعمیر؛

چ- خواص و روش‌های محتمل برای آماده‌سازی بستر موجود؛

ح- ظاهر سازه حفاظت شده و تعمیر شده.

۵-۳-۲ سازه‌ای

اقدامات و چگونگی مقاوم‌سازی آنها از جمله در مدت اجرای راه‌کار و پس از آن

۵-۳-۳ ارزیابی خطر

الف- عواقب ناشی از خرابی سازه؛

ب- الزامات سلامتی و ایمنی؛

ج- اثرات وارده بر ساکنان و یا استفاده‌کنندگان از سازه و در سازه‌های مجاور و عموم مردم.

۵-۳-۴ محیطی

الف- قرار گرفتن سازه در محیط و شرایط محیطی و این که آیا می‌توان آن را به‌صورت موضعی تغییر داد؛

یادآوری- رده‌های در معرض بودن سازه در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۲۲۸۴ ، در پیوست الف قسمت الف-۲ ارائه می‌شود.

ب- نیاز و یا فرصتی برای حفاظت از بخش و یا کل سازهٔ بتنی در برابر آب و هوا، آلودگی، ریزش نمک و غیره، از جمله حفاظت بستر در طی عملیات تعمیر.

۵-۴ انتخاب راهکار مناسب

انتخاب راهکار برای سازه‌ها باید بر اساس ارزیابی انجام شده اشاره شده در بالا از سازه، نیازهای مشتری و مقررات معتبر مربوطه (مانند الزامات ایمنی) در محل اجرا باشد. تمامی عملیات تعمیر و پیشگیری باید به‌عنوان بخشی از یک راهکار مدیریتی سازه و منطبق بر این قسمت از استاندارد، درنظر گرفته شوند.

راه‌حل و یا راه حل‌های تعمیراتی یا پیشگیری باید مطابق با بند ۶ انتخاب شود که عبارتند از:

الف- مناسب بودن بر حسب نوع، علت و یا ترکیبی از علل و وسعت عیوب؛

ب- مناسب بودن بر حسب شرایط خدماتی آینده.

۶ مبنایی برای انتخاب اصول خاص طراحی تعمیر و پیشگیری، راهکارها، راه‌حل‌ها و روش‌ها

۶-۱ کلیات

این بند، مشخص‌کننده راهکارها و راه‌حل‌های اصلی تعمیر و پیشگیری است که باید به‌طور جداگانه و یا به‌صورت ترکیبی برای حفاظت، نگهداری و یا تعمیر سازه‌های بتنی مورد استفاده قرار گیرند. شایستگی این راه‌حل‌ها و روش‌ها در تعیین یک وضعیت خاص را تنها می‌توان پس از ارزیابی کامل بخش و یا کل سازه برحسب قسمت دوم این استاندارد و مطابق با اصول طراحی تعمیر و پیشگیری مورد ارزیابی قرار داد که شامل موارد زیر است، اما به آنها محدود نمی‌شود:

الف- عدم آسیب‌رسانی به سازه و یا عضو؛

ب- اتخاذ روش‌ها و محصولات اثبات شده همراه با سابقه مستند از موفقیت در پروژه‌های مشابه؛

ج- راهکارهای هماهنگ پیشگیری، تعمیر و نگهداری همراه با بودجه‌بندی و برنامه‌ریزی؛

۶-۲ راه‌حل‌های تعمیر و روش‌های نگهداری، تعمیر و پیشگیری

۶-۲-۱ کلیات

راه‌حل‌های نگهداری، تعمیر و پیشگیری بر اساس راه‌حل‌های شیمیایی، الکتروشیمیایی و یا فیزیکی هستند که می‌توان برای جلوگیری و یا تثبیت خرابی بتن و یا خوردگی فولاد یا سایر فلزات مدفون در بتن یا برای مقاوم‌سازی سازه‌های بتنی به‌کار برد.

جدول ۱، شامل نمونه‌هایی از روش‌های تعمیر و پیشگیری با استفاده از راه‌حل‌ها است. تنها روش‌های منطبق بر راه‌حل‌ها با درنظر گرفتن عواقب نامطلوب احتمالی از اعمال روش خاص و یا ترکیبی از روش‌ها تحت شرایط خاصی از تعمیر جداگانه، انتخاب می‌شوند.

قسمت چهارم این استاندارد، به اجرای تعمیرات و پیشگیری اختصاص یافته است.

۶-۲-۲ راه‌حل‌ها و روش‌های پرداختن به معایب بتن و خوردگی آرماتور

راه‌حل‌های ۱ تا ۶ در جدول ۱، به بررسی عیوب موجود در بتن و یا سازه‌های بتنی می‌پردازد که می‌توانند به‌طور جداگانه و یا به‌صورت ترکیبی، در اثر کنش‌های زیر ایجاد شوند:

الف- کنش‌های مکانیکی: مانند ضربه، اضافه بار، حرکت ناشی از نشست، لرزش، کنش‌های لرزه‌ای و انفجار؛

ب- کنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی: مانند حمله سولفات، واکنش قلیایی سنگدانه؛

ج- کنش‌های فیزیکی: مانند کنش چرخهٔ انجماد/ ذوب، آتش، ترک‌خوردگی حرارتی، حرکت رطوبت، تبلور نمک و فرسایش؛

راه‌حل‌های ۷ تا ۱۱ در جدول ۱ ارائه شده و به خوردگی آرماتور در اثر موارد زیر می‌پردازد:

الف- از بین رفتن فیزیکی پوشش محافظ بتن؛

ب- از دست رفتن شیمیایی PH قلیایی در پوشش محافظ بتن در اثر واکنش با دی‌اکسید کربن جو (کربناسیون)؛

پ- آلودگی پوشش محافظ بتن با عوامل خورنده (معمولاً یون‌های کلرید) که هنگام مخلوط کردن بتن، با آن ترکیب می‌شوند و یا از محیط اطراف به داخل آن نفوذ می‌کنند؛

ت- جریان‌های الکتریکی سرگردان که به دلیل وجود تأسیسات الکتریکی مجاور در آرماتور هدایت و یا القاء می‌شوند؛

ث- ترک‌خوردگی ناشی از خوردگی تنشی در اعضای پیش‌تنیده؛

ج- خوردگی گالوانی[1] (به‌عنوان مثال، فلزات نامشابه، محیط‌های نامتشابه)؛

در مکانی که خوردگی آرماتور و یا خطر بروز خوردگی در آینده وجود دارد، یک و یا چند راه‌حل مربوط به تعمیر و پیشگیری از خوردگی باید انتخاب گردند.

علاوه بر این، در صورت نیاز، خود بتن نیز باید مطابق با راه‌حل‌های ۱ تا ۶ تعمیر گردد.

1- Galvanic corrosion

جدول ۱- راه‌حل‌ها و روش‌های تعمیر و پیشگیری سازه‌های بتنی

راه‌حل		مثال‌هایی از راهکارهای تعمیر و پیشگیری
۱	**حفاظت در برابر نفوذ**	۱-۱ باروری آب گریزی ۱-۲ آغشته‌سازی ۱-۳ پوشاندن ۱-۴ پوشاندن سطحی ترک‌ها ۱-۵ پُر کردن ترک‌ها ۱-۶ انتقال ترک‌ها به مفاصل ۱-۷ نصب پانل‌های خارجی(الف) ۱-۸ استفاده از غشاء (الف)
۲	**کنترل رطوبت**	۲-۱ باروری آب گریزی ۲-۲ آغشته‌سازی ۲-۳ پوشش ۲-۴ نصب پانل‌های خارجی ۲-۵ عملیات الکتروشیمیایی
۳	**ترمیم بتن**	۳-۱ تکه‌های موضعی، تعمیرات دستی ۳-۲ قالب‌گیری مجدد اعضاء با بتن و یا ملات ۳-۳ پاشش بتن و یا ملات ۳-۴ تعویض اعضاء
۴	**مقاوم‌سازی سازه**	۴-۱ اضافه نمودن و یا تعویض میلگردهای داخلی و یا خارجی ۴-۲ افزودن مهارهای تقویت‌کننده در سوراخ‌های از پیش تعیین شده و یا حفر شده ۴-۳ استفاده از صفحات تقویتی چسبنده ۴-۴ افزودن ملات و یا بتن ۴-۵ ترزیق ترک‌ها، حفره‌ها و یا شکاف‌ها ۴-۶ پرکردن ترک‌ها، حفره‌ها و یا شکاف‌ها ۴-۷ مقاوم سازی از نوع پیش‌تنیدگی (پس کشیدگی) و یا FRP
۵	**افزایش مقاومت فیزیکی**	۵-۱ استفاده از پوشش و یا غشاءها ۵-۲ آغشته‌سازی ۵-۳ اضافه کردن ملات و یا بتن ۵-۴ استفاده از غشاء
۶	**مقاومت در برابر مواد شیمیایی**	۶-۱ پوشش ۶-۲ آغشته‌سازی ۶-۳ اضافه کردن ملات و یا بتن

ادامه جدول ۱- راه‌حل‌ها و روش‌های تعمیر و پیشگیری سازه‌های بتنی

راه‌حل		مثال‌هایی از راهکارهای تعمیر و پیشگیری
۸	**افزایش مقاومت**	۸-۱ باروری آب گریزی ۸-۲ آغشته‌سازی ۸-۳ پوشاندن
۹	**کنترل کاتدی**	۹-۱ محدود کردن مقدار اکسیژن (در کاتد) از طریق اشباع‌سازی یا پوشش سطحی
۱۰	**حفاظت کاتدی**	۱۰-۱ اعمال جریان الکتریکی برای دستیابی به یک پتانسیل الکتروشیمیایی محافظ
۱۱	**کنترل مناطق آندی**	۱۱-۱ پوشانندهٔ فعال آرماتور ۱۱-۲ پوشاندن حائل آرماتور ۱۱-۳ استفاده از بازدارنده‌های خوردگی در بتن ۱۱-۴ نصب آندهای گالوانی مجزاء
الف) این روش‌ها به سایر راه‌حل‌ها نیز اعمال می‌شوند.		

۶-۲-۳ حفاظت و تعمیر بتن و آرماتور با استفاده از روش‌های ذکر نشده در این استاندارد

فقدان یک روش خاص یا کاربرد یک روش در یک وضعیت جدید در این قسمت از استاندارد نباید به معنی رضایت‌بخش نبودن چنین روش‌هایی باشد. به‌کارگیری این روش‌ها در شرایط پیش‌بینی نشده در این قسمت از استاندارد و یا استفاده از روش‌هایی که سابقهٔ عملکرد موفقی ندارند و در این قسمت از استاندارد به آنها مشخص نشده است، ممکن است در مواقع مناسب، رضایت‌بخش باشد.

۷ مشخصات محصولات و سامانه‌های مورد نیاز برای انطباق با راه‌حل‌های تعمیر و پیشگیری

پس از مشخص شدن رویکرد تعمیر در بند ۶، محصولات و سامانه‌های مورد استفاده باید مطابق با الزامات تعیین شده در یک و یا چند مورد زیر باشند:

الف- استانداردهای بین‌المللی؛

ب- استانداردهای منطقه‌ای؛

ج- استانداردهای ملی؛

د- مصوبات فنی ملی؛

ه- مصوبات با توجه به مشخصات فنی پروژه.

تعاریف و مقادیر قابل قبول خواص مرتبط با محصولات و سامانه‌های مخصوص باید بر اساس روش‌های آزمون معتبر در محل سازه و تعیین شده در مشخصات فنی پروژه، مستند شوند.

باید دقت نمود که محصولات و سامانه‌ها در معرض واکنش‌های فیزیکی و یا شیمیایی نامطلوب با یکدگیر و با سازه‌های بتنی قرار نگیرند.

محصولات به‌کار رفته در تعمیر که بخشی از یک سامانه تحت تعمیر هستند، معمولاً نباید به‌طور جداگانه مورد آزمایش قرار گیرند، مگر این‌که تأمین الزامات عملکردی خاص یک و یا چندین مواد تعمیری، در آن کاربری از قبل تعیین شده باشد.

این قسمت از استاندارد، جزئیاتی از مقررات مربوط به محل مورد استفاده را ارائه می‌کند. اگر شرایط کاربری تصریح شده برای مواد و یا محصولات و سامانه‌های تعمیری، با شرایط استفاده در محل (سازهٔ مورد تعمیر) تطابق نکند، باید محصولات ترمیمی جایگزین (در صورت وجود) و یا راه‌حل‌ها و روش‌های تعمیراتی جایگزین برای اجتناب از این ناسازگاری، تعیین شوند.

۸ الزامات مستندسازی از طراحی

به‌غیر از موارد مورد توافق، موارد زیر در خصوص نتایج تلاش برای طراحی می‌بایست به مالک سازه ارائه شود:

۱) اسناد طراحی تعمیر و پیشگیری شامل هر گونه نتایج حاصله از آزمون مربوط به طراحی؛

۲) اسناد مربوط به الزامات کنترل و تضمین کیفیت برای اجرای طراحی تعمیر و پیشگیری

۳) دستورالعمل‌های درنظر گرفته شده برای بازرسی و نگهداری در طول عمر خدمت باقیماندهٔ طراحی از بخش تعمیر شده در سازهٔ بتنی.

۹ رعایت الزامات سلامتی، ایمنی و زیست‌محیطی

طراحی فرآیند تعمیر و پیشگیری در محل استفاده باید منطبق بر الزامات سلامتی و ایمنی مناسب، حفاظت محیطی و مقررات معتبر مربوط به آتش باشد.

در صورت وجود ناسازگاری بین خواص محصولات و یا سامانه‌های خاص و حفاظت محیطی و یا مقرارت مربوط به آتش، باید از راه‌حل‌ها و یا روش‌های جایگزین تعمیر استفاده نمود.

۱۰ صلاحیت کارکنان

این قسمت از استاندارد ملزم می‌دارد که کارکنان درگیر با فرآینـد تعمیـر، دارای مهـارت لازم و تجهیـزات و منابع کافی برای طراحی، تفسیر و اجرای عملیات مطابق با بخش‌های مربوطه در این استاندارد ملی و الزامات مشخصات فنی پروژه باشند.

یادآوری- در برخی از کشورها، با توجه به سطح دانش، آموزش و تجربه کارکنان درگیر در وظـایف مختلـف، الزامـات خاصـی وجود دارند.

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

طراحی تعمیر و پیشگیری

الف -۱ کلیات

این پیوست، دستورالعمل‌ها و اطلاعات پیش‌زمینه‌ای از متن اصلی را ارائه می‌کند.

الف -۲ هدف

برخی از جنبه‌های مورد توجه، به دانش تخصصی و طراحی سازه نیاز خواهد داشت. مثال‌ها شامل الزامات سازه‌ای بتن آسیب دیده از آتش، ارزیابی و تعمیر بتن پیش‌تنیده، آسیب ناشی از کنش‌های لرزه‌ای و افزایش ظرفیت سازه با تعویض و یا افزودن مدفون و یا خارجی، ملاحظات مربوط به مسائل الکتروشیمیایی و مواد می‌باشد. حدود و دامنهٔ کاربرد این بخش، مشمول مصالح ساختمانی غیرسازه‌ای به‌کار رفته با بتن مانند کف‌سازی، پرداخت‌های شمل شده از اندود و یا گچ‌کاری نمی‌شود.

الف- دستورالعمل‌های دقیق در زمینه بازرسی، آزمون و ارزیابی قبل و بعد از تعمیر تحت محدوده این قسمت از استاندارد قرار ندارد. این مجموعه در قسمت دوم این استاندارد ارائه می‌شود.

ب- سازه‌های بتنی که بر اساس استانداردهای طراحی، اجراء و مواد مورد تأیید، به خوبی طراحی و ساخته شده‌اند، تحت شرایط محیطی عادی و در محیط‌های طبیعی از جمله محیط‌های دریایی و مکان‌هایی که از نمک یخزدا[1] استفاده می‌شود، پوشش بتن معمولاً باید ازخوردگی آرماتور محافظت کند. سازه‌های قدیمی طراحی شده با استانداردهای قبلی، ممکن است برای شرایط محیطی عادی مناسب نباشند. به ویژه، در سازه‌های با «طراحی و یا ساخت نامناسب و یا استفاده از مصالح ساختمانی نامناسب» ممکن است منجر به کیفیت ضعیف پوشش بتنی، تراکم ضعیف و در نتیجه کاهش دوام و یا پایایی بتن مسلح گردد. سایر مکانیزم‌ها ممکن است موجب تخریب زودرس از جمله حریق، کنش‌های مکانیکی و یا حمله شیمیایی شوند.

ج- برای ضدآب کردن و یا آب‌بندی سطوح عمودی معمولاً از مواد قابل نفوذ با بخار استفاده می‌شود. این مواد معمولاً مانع نفوذ آب و بخار آب می‌شوند، اما این امر به کاربرد تعیین شدهٔ سازه و الزامات مربوط به عبور بخار بستگی دارد.

1- De-icing salts

د- عملیات و جزئیات روش‌های تعمیر و پیشگیری در کارگاه (سازه) در قسمت چهارم این استاندارد ارائه می‌شوند و شامل آماده‌سازی بتن و آرماتور قبل از استفاده از محصولات و سامانه‌های ترمیم است.

از محصولات و سامانه‌های ترمیم می‌توان برای اهداف دیگر به‌غیر از تعمیر و پیشگیری نیز استفاده نمود. به‌عنوان مثال، منحصراً و یا عمدتاً برای بهبود ظاهر سازه و یا تغییر سازهٔ بتنی برای یک کاربرد متفاوت.

الف -۳ حداقل ملاحظات قبل از تعمیر و پیشگیری

الف -۳-۱ کلیات

این زیربند، یک دستورالعمل دقیق برای انجام ارزیابی سازه‌ای و یا ارزیابی وضعیت یک سازهٔ بتنی را تشریح نمی‌کند؛ این اطلاعات در قسمت دوم استاندارد ملی شماره ۱۲۴۸۵ ارائه می‌شوند. برای کمک به کاربران این استاندارد، شکل الف -۱، یک نمونه از مراحل پروژه را نشان می‌دهد.

قبل از آغاز هر گونه عملیات تعمیر و پیشگیری باید عمل جمع‌آوری داده‌ها برای ایجاد وضعیت فعلی سازه، تاریخچه نگهداری و عملکرد محتمل در آینده تکمیل گردد. به‌طور ایده‌آل، این امر باید در چارچوب یک راهکار مدیریتی سازه، اجرا شود که با جزئیات بیشتر در زیربند الف-۴ ارائه شده است.

شکل الف -۱- مراحل یک پروژهٔ تعمیر و پیشگیری

الف -۳-۲ ارزیابی از معایب و علل آنها

این زیربند یک مجموعه اطلاعات اصلی در خصوص ارزیابی عیوب و علل آنها ارائه می‌کند و به‌طور مجزاء، توضیح دقیقی در خصوص بندهای بیان شده، ارائه نمی‌کند.

الف-۳-۳ عیوب و علل

عیوب در سازه‌های بتنی می‌تواند ناشی از طراحی، مشخصات فنی، نظارت، اجراء و مواد نامناسب باشند، از جمله:

الف- طراحی نامناسب سازه؛

ب- طراحی اختلاط نامناسب، تراکم ناکافی، مخلوط کردن ناکافی؛

پ- پوشش ناکافی؛

ت- آب‌بندی ناکافی و یا معیوب؛

ث- سنگدانه‌های آلوده، ضعیف و یا واکنشی؛

ج- عمل‌آوری ناکافی.

سایر عیوب ممکن است در طی بهره‌برداری از سازه آشکار گردند، از جمله اثرات:

الف- خوردگی آرماتور؛

ب- تغییرات شدید آب و هوایی، آلودگی هوا، کلرید، دی اکسید کربن، مواد شیمیایی مهاجم؛

پ- حرکت شالوده، حرکت ضربه‌ای اتصالات، اضافه بارگذاری؛

ت- آسیب ناشی از ضربه، گسترش نیروهای ناشی از حریق؛

ث- فرسایش، آب‌های زیر زمینی مهاجم، کنش‌های لرزه‌ای؛

ج- فلزات نامتشابه و یا محیط‌هایی که موجب خوردگی فولاد تقویتی می‌شوند.

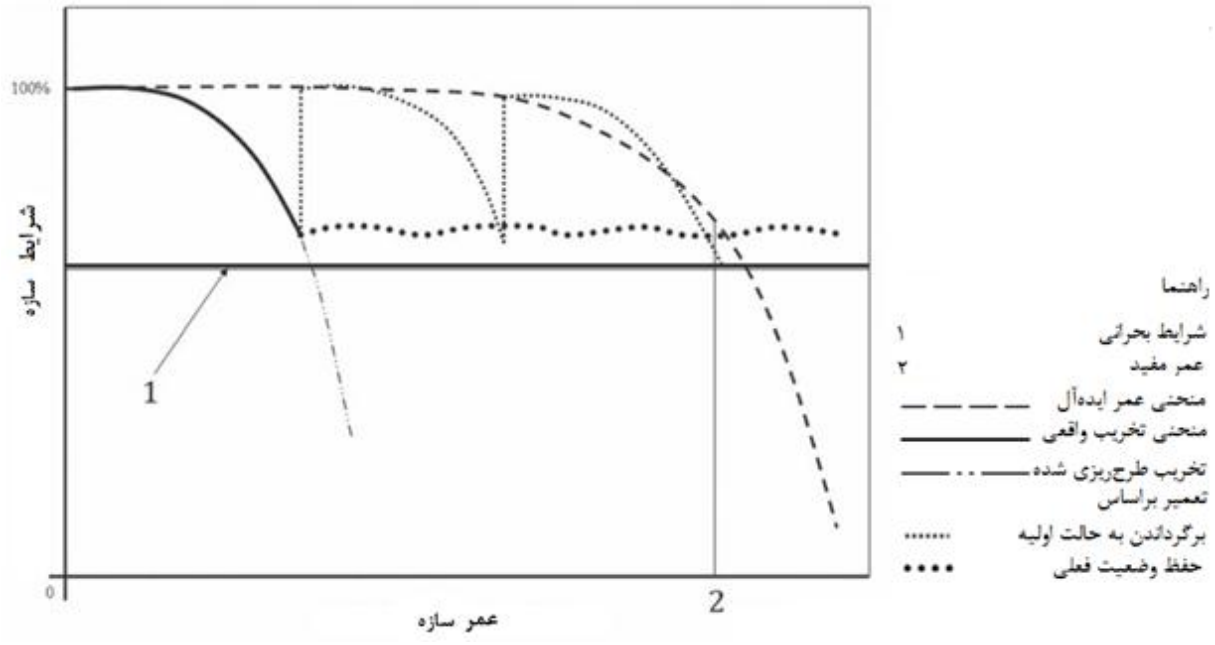
علل شایع عیوب در بتن و آرماتور در شکل ۱ به‌طور خلاصه ارائه شده است.

الف -۴ راهکارهایی برای نگهداری، تعمیر و پیشگیری

الف -۴-۱ کلیات

یک راهکار مدیریتی برای سازه، تنها بر اساس زمینه‌های فنی انتخاب نمی‌شود، بلکه بر اساس عوامل اقتصادی، کاربری، محیطی و سایر عوامل و از همه مهم‌تر، تقاضای کارفرما سازه انتخاب می‌شود.

عمر طراحی یک سازهٔ بتنی تعمیر شده، یک امر کلیدی در طراحی سامانه تعمیر و پیشگیری است. همان‌گونه که در شکل الف-۲ دیده می‌شود، گزینه‌ها از مواردی که قادر به بازیابی عمر طراحی سازهٔ بتنی در یک عملیات جامع هستند تا موارد ساده‌تر که به نگهداری مکرر نیاز دارند و یا مکانی که اعمال مجدد تعمیر اجزاء در آن ضروری است، تغییر می‌کنند.



شکل الف -۲- چرخه‌های تعمیر و پیشگیری در سراسر عمر یک ملک رو به خرابی

الف -۴-۲ گزینه‌ها

نگهداری و یا بازگرداندن ایمنی یک نیاز ضرروی در راهکار مدیریتی سازه است. ممکن است محدوده‌ای از گزینه‌ها برای پاسخ‌گویی به این پیش‌نیاز در دسترس باشند. این گزینه‌ها باید به‌طور معمول برای اثربخشی خود در طول عمر باقیماندهٔ سازه مورد ارزریابی قرار گیرند، در استانداردهای ملی ایران شماره‌های ۱۴۰۴۰ و ۱۴۰۴۴ هزینه‌یابی چرخه عمر نامیده می‌شوند.

توجه به گزینه‌ها و عواقب آنها به‌طور کلی شامل بررسی جنبه‌های مختلف مانند هزینهٔ اولیه، هزینه‌های نگهداری و نیاز احتمالی به افزودن محدودیت‌ها در استفاده از سازه می‌باشد. هر گزینه احتمالاً دارای سطوح متفاوتی از خطر خرابی در آینده است.

هنگام انتخاب گزینه‌ها برای سامانه‌های تعمیر و پیشگیری، یک ملاحظه مهم، عمر نگهداری اولیه محصولات مجزا است. زیرا ممکن است دوام آنها در طی طول عمر طراحی سازهٔ بتنی به پایان برسد. نوسازی و بازپرداخت به سامانه‌های تعمیر و نگهداری از ملاحظات مهم است.

الف -۴-۳ عوامل

در این بند، عواملی ذکر می‌گردند که باید در زمان قضاوت آگاهانه دربارهٔ هزینه‌های نسبی و مزایای گزینه‌های فنی محتمل، درنظر گرفته شوند.

الف - ۴-۳-۱ کلیات

الف- نظارت و نگهداری صحیح از عملیات تعمیر و پیشگیری باید به عمر خدمت طولانی‌تر برای تعمیرات و سازه منجر گردد.

ب- ماهیت و استفاده از سازه ممکن است دارای تأثیر قابل توجهی بر انتخاب راهکار مدیریتی، راه‌حل‌های تعمیر و تجهیزات و سامانه‌های مورد استفاده به خصوص تولید نویز و گرد و غبار در زمان آماده‌سازی زیربستر باشد (به‌عنوان مثال، ساختمان‌های اداری، بیمارستان‌ها و غیره).

ج- در مورد تخریب زودرس، می‌توان عمر خدمت را با تعمیر و پیشگیری افزایش داد. با این وجود، خرابی یک فرآیند مستمر است و ممکن است یک انتخاب آگاهانه از بین موارد زیر ضروری باشد:

۱- انجام تعمیر و پیشگیری که عمر خدمت را برای دستیابی به عمر طراحی اصلی افزایش دهد؛

۲- انجام تعمیر و پیشگیری که عمر را در دوره کوتاه‌تر با آگاهی از آن که در آینده، هزینه‌های بیشتری برای امر تعمیر و پیشگیری، وجود خواهند داشت.

د- خواص و روش‌های محتمل برای آماده‌سازی بستر موجود، می‌توانند بر ظاهر نهایی سازهٔ حفاظت شده و تعمیر شده تأثیر بگذارند.

الف -۴-۳-۲ سازه‌ای

ارزیابی سازه‌ای را می‌توان قبل از تعمیر، به پیش‌بینی اثرات تعمیر بر ظرفیت سازه در طی انجام تعمیر و پس از تکمیل کار، گسترش داد.

حجم بتن و آرماتور به‌دقت و توجه خاصی نیاز دارد، به‌ویژه آرماتورها که باربری سازه‌ای اعضاء را قطع می‌کنند و به‌طور مستقیم بر روی ظرفیت سازه اثر گذار هستند. به‌عنوان مثال، حذف بتن از اعضای فشاری، الگو و مسیر بار را تغییر می‌دهد، به‌گونه‌ای که تعمیرات به‌طور مؤثری متحمل بار نگردند. این امر باید به عنوان یک ملاحظهٔ سازه‌ای به شمار آید، راه حل‌های تعمیر باید به‌گونه‌ای اجرا شوند که فرو ریزش سازه در احتمال حداقل قرار بگیرد و شمع‌زنی به منظور تخفیف و تسلی بار مرده در طی تعمیر درنظر گرفته شود.

الف -۴-۳-۳ ارزیابی خطر

الف- یک مرحله مهم در راهکار مدیریتی سازه، ارزیابی پیامدهای سازه‌ای ناشی از خرابی و خود فرآیند تعمیر قبل از آغاز عملیات است.

ب- الزامات سلامتی و ایمنی در مقررات و دستورالعمل‌های ملی ارائه می‌شوند.

ج- مواد و روش‌های به‌کار رفته در راه‌حل‌های منتخب تعمیر به‌طور بالقوه بر روی کارگران، سکنه و کاربران و یا اشخاص ثالث تأثیر می‌گذارند. به‌عنوان مثال: محصولات دارای اجزای مضر و یا بدبو؛ تولید نویز، گرد و غبار و لرزش؛ آب و مواد زائد موجود در هوا که در فرآیندهای آماده‌سازی ایجاد شده‌اند؛ یا حرکت ماشین آلات.

الف - ۴-۴ انتخاب راهکار مناسب

راهکار مدیریتی باید بیانگر الزامات کارفرما در طراحی و عمر خدمت سازه و گزینه‌های تعمیر و نگهداری باید منعکس‌کننده ضرورت توسعه راهکار مدیریتی باشند.

علل اولیه عیوب باید شناسایی شوند. به‌طور کلی، تعمیر و پیشگیری موفق، با علل و عواقب عیوب سروکار دارد. در برخی از موارد، امکان مشارکت سایر مسائل در خرابی وجود دارد (به‌عنوان مثال، مجرای زه‌کشی مسدود شده در عرشهٔ پل‌ها، منجر به آلودگی کلرید *زیرساخت*[1] می‌شود) و ممکن است مقابلهٔ جداگانه با این مسائل قبل از اجرای یک تعمیر موفق ضرروی باشد. اگر تصحیح علت میسر نباشد (به‌عنوان مثال در یک محیط دریایی)، تعمیر و پیشگیری باید به گونه‌ای طراحی شوند که تا حد امکان در برابر علت مقاومت نمایند.

الف -۵ مبنایی برای انتخاب راه‌حل‌های خاص تعمیر و پیشگیری و روش‌ها

الف -۵-۱ کلیات

در پروژهٔ تعمیر، انتخاب گزینه‌های مناسب تعمیر مهم‌ترین بخش از طراحی است. با انتخاب نهایی بر اساس عوامل مختلف، ممکن است رویکردهای متعددی میسر گردند (به بند الف-۴ پیوست الف مراجعه شود).

روش‌های مناسب تعمیر باید برای همه راه‌حل‌های برگزیده، مشخص شوند. در صورت امکان، مشخصات فنی باید دربرگیرندهٔ الزامات عملکردی مناسب برای محصولات و سامانه‌ها در کاربرد تعیین شده، باشند. تولیدکنندگان ممکن است برای بررسی تامین الزامات درنظر گرفته شده توسط محصولاتشان به مشاوره نیاز داشته باشند.

محصولات و سامانه‌های تعمیر در کاربرد تعیین شده باید با توجه به شرایط زیربستر و ارزیابی عیوب و علل آنها که به‌طور دقیق در زیربند ۴-۳ استاندارد ۱۲۴۸۵ و قسمت دوم استاندارد ۱۲۴۸۵ارائه شده است، انتخاب شوند.

الف -۵-۲ راه‌حل‌ها و روش‌های نگهداری، تعمیر و پیشگیری

1- Substructure

الف -۵-۲-۱ کلیات

می‌توان ترکیبی از روش‌های مختلف تعمیر و پیشگیری را انتخاب نمود. عوارض جانبی احتمالی روش‌های برگزیده و عواقب تعاملات بین آن‌ها را باید مد نظر قرار داد.

نمونه‌هایی از اثرات مضر احتمالی عبارتند از:

الف- سامانه باروری[1] آب‌گریزی به‌کار برده شده برای کاهش رطوبت بتن، می‌تواند نرخ کربناسیون را افزایش دهد؛

ب- پوشاندن سطوح، می‌تواند موجب به‌دام افتادن رطوبت شده و در نتیجه به اختلال در چسبندگی و یا موجب کاهش مقاومت در برابر یخزدگی گردد؛

ج- پس‌کشیدگی در اعضای سازه، می‌تواند خرابی ناشی از تنش‌های کششی ایجاد نماید؛

د- روش‌های الکتروشیمیایی می‌توانند موجب شکنندگی فولاد پیش‌تنیده، واکنش قلیایی سنگدانه با سنگدانه‌های آسیب‌پذیر، کاهش مقاومت در سرما در اثر افزایش مقدار رطوبت و یا در صورت زیر آب بودن، به خوردگی سازه‌های مجاور و یا لوله‌ها منجر گردد.

محصولات و سامانه‌ها باید با یکدگیر و با سازهٔ بتنی اصلی سازگار باشد.

در صورت وجود تاریخچه و یا خطر خوردگی آرماتور، باید راه‌حل‌های ۷ تا ۱۱ ارائه شده در جدول ۱ علاوه بر راه‌حل‌های ۱ تا ۶ درنظر گرفته شوند، زیرا اثرات گسترده خوردگی مدوام آرماتور ممکن است در آینده در صورت عدم بررسی و کنترل، به بتن آسیب برسانند.

الف -۵-۲-۲ راه‌حل‌ها و روش‌های بررسی عیوب در بتن

این بند، اطلاعات عمده را در مورد راه حل‌های تعمیراتی ۱ تا ۶ ذکر شده در جدول۱، ارائه می‌نماید و اما توضیح دقیق زیربندها در متن اصلی نمی‌باشد.

راه حل ۱- حفاظت در برابر نفوذ

حفاظت در برابر نفوذ شامل اقداماتی برای کاهش تخلخل و یا نفوذپذیری سطح بتن است. این امر با کار بر روی سطح بتن (به‌عنوان مثال، استفاده از سامانه حفاظتی سطحی) و یا آب‌بندی ترک‌ها (به‌عنوان مثال، ترزیق ترک‌ها و یا بستن یا پُر کردن سطح) حاصل می‌گردد.

ترک‌های عادی سازه دارای عرضی هستند که در محدوده تعیین شده از سوی استانداردهای معتبر طراحی قرار می‌گیرند و با کنترل آرماتور بتن، باز و مسدود می‌شوند. اضافه بار و یا طراحی ضعیف یک سازه ممکن است به ترک‌های سازه‌ای منجر گردد که بیشتر از حدود تعریف شده در استانداردهای اصلی سازه هستند.

1- Hydrophobic Impregnation System

ترک‌های غیرسازه‌ای ممکن است به دلایل متعددی در بتن ایجاد شوند، به‌عنوان مثال، جمع‌شدگی پلاستیک[1] و یا نشست، حرارت هیدراسیون، انقباض حرارتی و این موارد ممکن است بسیار گسترده‌تر از ترک‌های سازه‌ای بوده و احتمال باز و مسدود شدن آنها در پاسخ به بارهای سازه‌ای و اثرات محیطی نظیر تغییرات دما وجود دارد.

ترک‌ها با هر عرض می‌توانند موجب خرابی شده و عواقب آن باید مدنظر قرار گیرد. در صورت وجود خطر آلاینده‌های خورنده که در ترک‌های بتن نفوذ خواهند کرد، ملاحظات باید معطوف به حفاظت از ترک‌هایی باشد که به‌طور معمول با پُر کردن آنها مطابق با روش ۱-۴، به‌دور از آلودگی قرار بگیرند.

زمانی که علل با محدوده‌ای از حرکات و اثرات تعیین شود، به عنوان مثال، این‌که آیا ترک فعال است (ترک-هایی که در پاسخ به بارها و یا اثرات حرارتی باز و بسته می‌شوند) و یا غیر فعال، می‌توان گزینه‌های تعمیر را از روش ۱-۱ تا ۱-۸ انتخاب نمود. برخی از سامانه‌های حفاظتی سطح برای استفاده در ترک‌های سطحی فعال عادی مناسب هستند، اما اندکی موجب اتصال ترک‌های گسترده غیر سازه‌ای می‌شوند که ممکن است برای درزگیری آنها به روش‌های دیگری نیاز گردد.

برخی از ترک‌ها در بتن سخت شده در اثر خوردگی آرماتور تشکیل می‌شوند. این ترک‌ها غالباً اولین نشانه‌های بصری از وجود مشکل خوردگی هستند. ترک‌های ایجاد شده در اثر خوردگی نباید به سادگی با پر کردن و یا درزگیری تعمیر شوند. این عیوب باید با روش‌هایی که از راه‌حل‌های ۷ تا ۱۱ استفاده می‌کنند، تعمیر گردند.

امکان حرکت بیشتر ترک‌ها که دارای تأثیر منفی بر تعمیر است، نیز باید درنظر گرفته شود.

لازم به ذکر است که روش ۱-۸ (استفاده از غشاء) می‌تواند معادل راه‌حل‌های ۹، ۶ و ۸ باشد.

راه‌حل ۲- کنترل رطوبت

کنترل رطوبت در تعمیر بتن برای کنترل واکنش‌های جانبی و از طریق فراهم‌ساختن شرایط خشک شدن بتن و جلوگیری از ایجاد رطوبت به‌کار برده می‌شوند. کنش‌های مضر می‌تواند شامل واکنش قلیایی سیلیس و حمله سولفات باشد. همچنین، بتن اشباع شده می‌تواند در معرض آسیب ناشی از چرخهٔ انجماد-ذوب باشد.

سامانه‌های حفاظت سطحی اعمال شده به سطوح عمودی و زیر طاق‌ها باید نسبت به بخار آب نفوذپذیر باشند تا امکان خارج شدن رطوبت از بتن فراهم گردد.

سطوح فوقانی در اعضای افقی بتنی (دال معلق در پارکینگ) می‌توانند دارای سامانه حفاظتی سطحی نفوذناپذیر باشند.

1- Plastic Shrinkage

سامانه‌های حفاظتی سطحی بتن نباید به‌طور معمول به بتنی اعمال گردد که بیش از حد دارای روطوبت است و تولیدکنندگان محصول باید شرایط کاربری مناسب را برای این سامانه‌ها، توصیه نمایند.

راه‌حل ۳- بازسازی بتن

بازسازی بتن معمولاً با استفاده از تعمیرات سطحی انجام شده با دست و یا قالب‌ریزی مجدد بتن مایع و یا ملات‌ها یا پاشش بتن و یا ملات صورت می‌پذیرد.

راه‌حل ۴ - مقاوم‌سازی سازه‌ای

هنگام استفاده از راه‌حل ۴، ضرروی است که تمام تنش‌های مرتبط با تعمیر و سازه اصلی و یا سازهٔ در حال خرابی، مد نظر قرار گیرند. سامانه‌های خاص ممکن است به سازه تنش‌های اضافی تحمیل کند و در نتیجه منجر به تغییرات در عملکرد سازهٔ اصلی شود.

در حالی که ترزیق و یا آب‌بندی کردن ترک‌ها به‌طور سازه‌ای به مقاوم‌سازی یک سازه نمی‌انجامد، می‌توان از ترزیق برای بازگرداندن شرایط سازه به قبل از ایجاد ترک‌خوردگی استفاده نمود (به‌عنوان مثال، هنگامی که اضافه بار موقت رخ داده است).

راه‌حل ۵ - افزایش مقاومت فیزیکی

حذف سطح بتن به‌واسطهٔ کنش‌های فیزیکی نظیر ضربه و یا سایش ممکن است عملکرد سازه‌ای و یا دوام سازه را تحت تأثیر قرار دهد. شناسایی علل یک امر ضروری است و ممکن است نیاز به اقدامات حفاظتی فیزیکی برای کاهش اثرات آنها و به‌کارگیری روش‌های تعمیر باشند.

راه‌حل ۶ - افزایش مقاومت در برابر مواد شیمیایی

هنگامی که بتن مورد حمله قرار می‌گیرد، مواد شیمیایی باید شناسایی شده و اقدام پیشگیرانهٔ مناسب و همچنین اعمال روش‌های تعمیر، درنظر گرفته شوند.

مقاومت بتن بر حسب رده‌های مختلف حمله محیطی در استانداردملی ایران شماره ۱-۱۲۲۸۴تعریف می‌شود.

این قسمت از استاندارد، محصولات و سامانه‌هایی را تحت پوشش قرار داده است که می‌توانند از بتن در برابر حملهٔ محیطی از طریق مواد شیمیایی ذکر شده در استانداردملی ایران شماره ۱-۱۲۲۸۴و در برابر حملات شیمیایی شدید با مواد شیمیایی ذکر شده در استاندارد معتبر در محل استفاده، محافظت نمایند.

تحت شرایط خاص، خاک، عملیات تصفیه آب و فاضلاب‌ها می‌توانند اسیدها و یا سولفات‌هایی تولید کنند که بتن و آرماتور را تحت حمله قرار دهد.

خوردگی آرماتور، عمومی

آرماتور می‌تواند به دلایل گسترده از جمله کیفیت پایین و یا فقدان پوشش بتن، آلودگی مانند کلریدها، کربناسیون پیشرونده و یا سایر اثرات فیزیکی، شیمیایی یا محیطی در معرض خطر خوردگی قرار گیرد.

کربناسیون

در صورت حفاظت آرماتور از طریق پوشش باقیمانده که بدون کربنات هستند (همان‌گونه که با آزمون مرتبط با کربناسیون و با اشاره به استانداردهای معتبر در محل استفاده، نشان داده شد)، روش‌های ۱-۲، ۱-۳ و ۱-۸ نمونه‌هایی هستند که می‌توان برای کاهش دی‌اکسیدکربن در بتن به‌کار برد.

هنگامی که آرماتور بتن در تماس با بتن کربناته شده، است، کنش‌ناپذیری از بین خواهد رفت و امکان شروع خوردگی وجود دارد. می‌توان برای توقف خوردگی در این وضعیت، از یک و یا تعداد بیشتری از راه‌حل‌ها و روش‌های مختلف استفاده نمود.

علاوه بر دی‌اکسیدکربن، سایر آلاینده‌های اسیدی هوا از قبیل دی‌اکسید گوگرد می‌توانند بتن و آرماتور را در مناطق بسیار آلوده مانند دودکش مورد حمله قرار دهند.

کلریدها و یا سایر آلاینده‌های خورنده

زودودن خوردگی ناشی از نفوذ یون‌های کلرید در بتن سخت‌تر از خوردگی ناشی از کربناسیون است.

حضور یون‌های کلرید در عمق آرماتور، لایه غیرفعال در بتن کربناته‌نشده را شکننده می‌کند و خوردگی آغاز می‌شود. با تشخیص مقادیر یون کلرید که از طریق آزمون مقدار یون کلرید بیان می‌شود (به استانداردهای معتبر در محل استفاده، مراجعه کنید)، خطر رخ دادن خوردگی در آرماتور وجود دارد. غلظتی که عامل خوردگی است، در هر مورد متفاوت بوده و به عوامل زیادی از قبیل نوع سیمان، نسبت آب به سیمان، منبع کلرید، قلیایی بودن بتن و شرایط محیط بستگی دارد.

منبع کلریدها نیز مهم است، به ویژه اینکه آیا کلرید در زمان ساخت در بتن پخش شده و یا پس از سخت شدن بتن به آن وارد شده است. به ازای یک مقدار معین کلرید، کلریدی که از یک منبع خارجی وارد بتن شده است، از نظر خطر خوردگی تهاجمی‌تر است. همچنین، خطر خوردگی می‌تواند با کربناسیون بتنی که حاوی غلظت نسبتاً کم یون کلرید است، افزایش یابد.

به‌طور سنتی، مقدار ۰/۴ درصد بر حسب جرم سیمان که به‌عنوان آستانه مورد استفاده قرار می‌گرفت، بالاتر از مقداری است که خوردگی آرماتور در آن رخ خواهد داد. بیشتر تحقیقات اخیر نشان می‌دهند که مقدار می‌تواند بسیار پایین‌تر از این عدد بوده و گاهی اوقات ۰/۲ درصد نیز باشد. هر چند که می‌توان مقادیر بسیار بالاتر را در شرایط محیطی خاصی تحمل نمود. بنابراین، سنجیدن خطر خوردگی بر حسب شرایط غالب واقعی هر سازه مهم است و هیچ‌گونه قید «امن» نباید درنظر گرفته شود.

همچنین خوردگی آرماتور می‌تواند در اثر هالیدهایی[1] به‌غیر از کلریدها و یا سایر مواد شیمیایی محلول در آب ایجاد شود.

سطوح موضعی بتن آلوده شده با یون کلرید را می‌توان با تعمیر سطحی و یا حذف کل بتن آلوده، ترمیم نمود. با این وجود، در مکانی با آلودگی گسترده، ترمیم نواحی آسیب‌دیده به تنهایی بیانگر یک راه‌حل تعمیری پایدار نیست. مناطق تعمیر شده با ملات و یا بتن جدید می‌توانند موجب شوند تا خوردگی در مناطق مجاور بتن آلوده، آغاز گردد (اغلب آند اولیه و یا اثر آند حلقه نیز نامیده می‌شوند). در این شرایط، در صورت نیاز به توقف خوردگی مانند موارد تعیین شده در راه‌حل‌های ۷ تا ۱۱، راه‌حل‌های تعمیراتی اضافی باید درنظر گرفته شوند.

راه‌حل ۷- حفظ و یا برگرداندن کنش‌ناپذیری

کلیات

این روش‌ها، بیانگر ترمیم و یا جایگزینی بتن اطراف آرماتور برای کاهش خطر خوردگی هستند. برخی از روش‌ها، شامل ترمیم الکتروشیمیایی آرماتور هستند.

روش ۷-۱- افزایش پوشش با ملات و یا بتن اضافی (تنها حفاظت) و یا استفاده از روش پوشاندن

می‌توان یک لایه اضافی از ملات و یا بتن را در مکانی که آرماتور غیر فعال است، در سراسر بتن کربناته شده اضافه کرد و یا از یک پوشش برای فراهم‌سازی حفاظت اضافی استفاده نمود.

روش ۷-۲- جایگزینی بتن آلوده و یا کربناته شده

در صورت از بین رفتن حفاظت آرماتور در اثر کربناسیون و یا نفوذ کلرید، می‌توان سازه را با تعویض بتن آلوده و یا کربناته شده با بتن یا ملات جدید مطابق با روش ۷-۲ تعمیر نمود. ممکن است حفاظت اضافی در قالب یک سامانه حفاظتی سطحی مطابق با راه‌حل ۱ مورد نیاز واقع گردد. در این مورد، در محل اقامت یون‌های کلرید در بتن، خطر آلودگی مجدد تعمیرات، با انتشار و شکل‌گیری آندهای اولیه در آرماتور بتن اطراف وجود دارد. در این شرایط، راه‌حل‌های اضافی تعمیر باید درنظر گرفته شوند.

روش ۷-۳-قلیایی شدن مجدد با استفاده از روش الکتروشیمیایی در بتن کربناته شده

می‌توان حفاظت اضافی در برابر خوردگی را در مکانی که آرماتور فعال و یا منفعل است، توسط قلیایی کردن مجدد از طریق روش‌های الکتروشیمیایی فراهم نمود که قلیایی بودن بتن کربناته شده را افزایش داده و کنش‌ناپذیری آرماتور را میسر می‌سازد. استفاده از پوشش‌های مناسب ممکن است عمر ترمیم را افزایش دهد.

1- Halides

روش ۷-۴- قلیایی کردن مجدد بتن کربناته شده با انتشار

تجارب محدودی درباره این روش وجود دارند. اما دو رویکرد در برخی از شرایط مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از این رویکردها، شامل استفاده از یک بتن و یا ملات سیمانی به‌شدت قلیایی در سطح بتن کربناته شده است که اجازه می‌دهد تا بتن از طریق انتشار از سطح، مجدداً قلیایی گردد. این رویکرد بر حفظ بتن در شرایط مرطوب متکی است که امکان نفوذ مؤثر به عمق میله‌های تقویتی را طی فرآیند ترمیم فراهم می‌سازد و ممکن است ماه‌های زیادی به طول بیانجامد.

رویکرد دیگر، استفاده از یک پوشش نفوذناپذیر (پلی اورتان)[1] در سطح بتن است که در آن، بتن در شرایط پایین‌تر از اشباع نگه داشته می‌شود. مواد قلیایی در عرض یکسال در سراسر پوشش بتنی که دچار کربناسیون نشده است، باقی خواهند ماند تا که بتن در عمق میله‌های تقویتی، دوباره قلیایی شود. بتن باید توسط آب‌های زیرزمینی، آب‌های تغلیظ شده و غیره، اشباع گردد و نمی‌تواند در معرض یخزدگی قرار گیرد.

روش ۷-۵- استخراج الکتروشیمیایی کلرید

اگر آرماتور در اثر نفوذ یون کلرید، فعال و یا منفعل شده باشد حفاظت اضافی در برابر خوردگی را می‌توان با استخراج الکتروشیمیایی کلرید فراهم ساخت که باعث کاهش مقدار یون کلرید بتن اطراف آرماتور شده و کنش‌ناپذیری را ممکن می‌سازد.

راه‌حل ۸- افزایش مقاومت الکتروشیمیایی

به‌طور طبیعی، خوردگی در ساختمان‌های خشک به ندرت به‌عنوان یک مشکل مطرح می‌شود. حتی اگر بتن در عمق آرماتور دچار کربناسیون گردد. دلیل، این است که رطوبت کم بتن در ساختمان‌های محصور تمایل دارد تا مقاومت الکتریکی بتن را تا سطحی افزایش دهد که نرخ خوردگی در آن ناچیز شود.

در برخی از موقعیت‌ها، مقاومت ویژه بتن خارجی را می‌توان با استفاده از پوشش‌های خارجی، عملیات مقاوم‌سازی سطح در برابر آب، پر کردن منافذ و یا پوشش‌های سطحی (راه‌حل‌های ۱ و ۲) افزایش داد. روش کاهش نرخ خوردگی با محدود کردن مقدار رطوبت است، به‌عنوان مثال با پوشاندن سراسری، منحصر به شرایطی می‌شود که می‌توان از برداشت آب از سایر منابع توسط بتن جلوگیری کرد. همچنین، خروج رطوبت از بتن نباید با مشکلی مواجه گردد.

خطر خوردگی در بتن آلوده به کلرید، قابل توجه است. روش‌های افزایش مقاومت ویژهٔ بتن، به‌خودی‌خود برای کاهش خوردگی آرماتور مناسب نیستند. در این وضعیت ممکن است راه‌حل‌های اضافی تعمیر، مورد نیاز باشند.

1- Polyurethane

راه‌حل ۹- کنترل کاتدی[1]

در این راه حل، دسترسی به اکسیژن در تمام مناطق کاتدی بالقوه، به نقطه‌ای محدود می‌شود که سلول‌های خوردگی مهار گشته و با جلوگیری فعالیت کاتدها، از خوردگی جلوگیری می‌شود.

اشباع کل یک واحد بتن مسلح سالم، مثالی از کاربرد این راه‌حل است. محدودسازی مقدار اکسیژن (در کاتد) با استفاده از اشباع‌سازی بتن، باید تنها در مکانی به‌کار رود که کل عضو در زیر آب قرار گرفته و آرماتور عضو غوطه‌ور، به‌طور الکتریکی از آرماتور سایر اعضای بیرون از آب، جدا شده باشد و یا مکانی که در آن هیچ مسیر برگشتی مؤثر در بتن برای جریان‌های یونی وجود نداشته باشد.

حتی در این وضعیت، امکان افزایش خطر خوردگی در حضور ناخالصی‌هایی از قبیل کلرید وجود داشته و بنابراین راه‌حل‌های اضافی، مورد نیاز هستند.

با این‌که امکان استفاده از پوشش‌های سطحی با نرخ انتشار کم اکسیژن در سازه‌های بتنی وجود دارد، اما در عمل، کنترل خوردگی در این روش ممکن است دشوار باشد؛ به ویژه مکان‌هایی که کلریدها حضور دارند. کیفیت آماده‌سازی و کاربری‌های سطحی برای ارائه یک مانع بدون نقص، به یک استاندارد ویژه نیاز دارد.

توجه داشته باشید که استفاده از روش‌های پوشاندن که یک مانع جزئی برای اکسیژن به شمار می‌رود، می‌تواند انتخاب سایر راه‌حل‌های تعمیری را محدود کند، به‌عبارت دیگر، بعید است که یک سامانه حفاظتی کاتدی جریان اعمالی، در صورت به‌کارگیری یک پوشش مقاوم در برابر اکسیژن، عمل نماید.

راه‌حل ۱۰- حفاظت کاتدی

حفاظت کاتدی در مکان‌هایی مناسب است که آلودگی کلرید در آن قابل توجه باشد و یا کربناسیون در عمق آرماتور گسترش یافته باشد که خطر بالای خوردگی آرماتور را در پی دارد.

حفاظت کاتدی جریان اعمالی می‌تواند خوردگی را بدون توجه به سطح آلودگی کلرید در بتن کنترل نموده و میزان حذف بتن آسیب دیده در اثر خوردگی را محدود سازد. تأثیر طولانی مدت آن به نظارت و نگهداری کافی بستگی دارد. آندها، اجزای اصلی آن را تشکیل می‌دهند که دارای عمر خدمت بسیار طولانی و بیش از ۲۰ سال می‌باشند.

حفاظت کاتدی برای دستیابی به کنترل بلند مدت خوردگی بسیار مؤثر است و از بروز مشکل آند اولیه و اثر آلودگی بتن جلوگیری می‌کند.

انواع بسیار مختلفی از سامانه‌های آند خارجی به‌کار رفته در حفاظت کاتدی وجود دارند که برخی از آنها از جریان اعمالی یک منبع خارجی و سایرین از فعالیت گالوانیک (آند قربانی شده) استفاده می‌کنند.

1- Cathodic Control

راه‌حل ۱۱- کنترل مناطق آندی

در مکانی که آلودگی بتن گسترده است، ولی امکان حذف همهٔ بتن آلوده وجود ندارد، برای جلوگیری از خوردگی، تشکیل آند اولیه می‌تواند کار بر روی سطح آرماتور را در تعمیر وصله‌ای، کنترل کند. در جایی که بتن در معرض بازسازی است، امکان اعمال مستقیم پوشش به آرماتور وجود دارد. این پوشش‌ها می‌توانند شامل رنگدانه‌های فعال باشد که ممکن است به‌عنوان مهارکننده آندی و یا با کنش‌های گالوانی قربانی شونده، عمل کنند. همچنین برای کنترل آند اولیه، امکان نصب آندهای گالوانی مجزا در محیط قطعه وجود دارد.

انواع دیگری از پوشش می‌توانند موانعی در سطح آرماتور تشکیل دهند. این روش تنها در صورتی مؤثر هستند که آرماتور برای خلاصی از خوردگی آماده گردد و پوشش کامل باشد؛ به عبارت دیگر، میله باید به‌طورکامل محصور شده و پوشش بدون نقص باشد. از این روش را نباید درنظر گرفت، مگر این که بتوان کل محیط میلهٔ تقویتی را پوشاند. اثر پوشش بر پیوند و یا پیوستگی بین آرماتور و بتن نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

در روش دیگر، می‌توان از بازدارنده‌های خوردگی[1] استفاده نمود که از نظر شیمیایی، سطح فولاد را تغییر داده و یا یک غشاء واکنش‌ناپذیر در آن تشکیل می‌دهند. بازدارنده‌های خوردگی را می‌توان با اضافه کردن محصولات و سامانه تعمیر بتن و یا با استفاده از عملیات سطحی بتن، پس از مهاجرت به عمق آرماتور معرفی کرد. بازدارنده‌های اعمال شده به سطح بتن برای تأثیرگذار بودن باید به سطح آرماتور بتن نفوذ نمایند. در حال حاضر، هیچ استانداردی برای این بازدارنده‌ها وجود ندارد، بنابراین شواهد اثربخشی هر محصول باید قبل از مشخص شدن کاربرد آن، تعیین گردد. لازم به ذکر است که برخی از بازدارنده‌های خوردگی با کنترل مناطق آندی و کاتدی عمل می‌کنند (به راه‌حل ۹ مراجعه کنید).

در شرایط سخت، ممکن است به راه‌حل‌های اضافی نیز نیاز باشد.

الف -۶ خواص محصولات و سامانه‌های مورد نیاز برای انطباق با راه‌حل‌های تعمیر و پیشگیری

برای جلوگیری از سردرگمی‌های احتمالی، تصریح می‌شود که خواص یک سامانه تعمیری باید آزمایش شود و با عملکرد مربوطه مورد نیاز در مشخصات فنی پروژه و یا استانداردهای معتبر در محل استفاده مقایسه گردد. توصیه نمی‌شود که هر یک از اجزای محصولات یک سامانه، به‌طور جداگانه برای بررسی الزامات عملکردی، آزمایش و ارزیابی شوند، مگر این‌که بتوان خود محصولات را برای ارزیابی از تأمین الزام عملکردی استفاده کرد. به‌عنوان مثال، خواص یک سامانه حفاظت سطحی برای کف پارکینگ می‌تواند شامل محصولات مختلفی مانند لایهٔ رویه، لایه الاستیک و لایه آب‌بندی و لایه پوشاننده باشد، ضخامت هر لایه توسط سازنده مشخص می‌شود. انطباق با الزامات عملکردی در سامانه مورد استفاده با توجه به مقادیر توصیه شده از سوی

1- Corrosion Inhibitors

سازنده، اندازه‌گیری می‌شود و این امر در گواهی ارائه شده برای محصولات تشکیل‌دهندهٔ سامانه ذکر خواهد شد.

در زمان استفاده می‌بایست شرایط دمایی و رطوبتی مورد توجه قرار گیرند، زیرا بیشتر محصولات تعمیر به گونه‌ای فرمول‌بندی شده‌اند که در محدودهٔ معینی از شرایط محیط کاربردی، عمل می‌نمایند. دستورالعمل‌های کاربردی در قسمت چهارم این استاندارد ارائه شده‌اند.

الف -۷ الزامات مستندسازی طراحی

هم‌زمان با توسعهٔ طراحی تعمیر بتن، سامانه مدیریت نگهداری باید توسعه یابد و به‌عنوان دستورالعملی برای دستیابی به عمر خدمت طراحی در عملیات تعمیر پیشنهادی سازه به کارفرما گزارش شود.

بخش‌هایی از بتن محافظت شده یا تعمیر شده در مقایسه با سایر قسمت‌های سازهٔ بتنی، ممکن است دارای یک عمر خدمت طراحی باقیماندهٔ کوتاه باشند. مثال‌ها عبارتند از: سامانه‌های حفاظت سطحی، درزگیرها و مواد مقاوم در برابر آب. یکپارچگی سازه باید به عملکرد این محصولات و سامانه‌ها وابسته باشد، ضرروی است که آنها به‌طور منظم مورد بازرسی و آزمایش قرار گیرند و در صورت لزوم، نوسازی شوند.

اطلاعات لازم که باید در نگهداری آینده مدنظر قرار گیرند، عبارتند از:

الف- عمرخدمت طراحی سازهٔ بتنی؛

ب- شناسایی هر محصول و سامانهی در جایی که انتظار می‌رود عمرخدمت طراحی آن کمتر از عمر خدمت باقیمانده طراحی در سازهٔ بتنی باشد؛

پ- تاریخ نزدیک به بازرسی و یا آزمایش هر محصول و سامانه؛

ت- روش مورد استفاده در بازرسی، از جمله چگونگی ثبت نتایج و چگونگی تصمیم‌گیری در مورد زمان بازرسی بعدی؛

ث- مشخصات فنی سامانه تعمیر با توجه به رسیدگی و نظارت مداوم به‌عنوان مثال، آنچه که در یک سامانه حفاظت کاتدی جریان اعمالی، به‌کار می‌رود؛

ج- تشریح اقدامات احتیاطی درنظر گرفته شده و یا محدودیت‌های اعمال شده به‌عنوان مثال، نگهداری از سطح زهکشی آب، حداکثر فشار برای شست‌وشو و یا ممنوعیت استفاده از نمک یخ‌زدا.

الف - ۸ سلامتی، ایمنی و محیط

الف-۹ صلاحیت کارکنان

کارکنانی باید منصوب شوند که آشنا با عملیات تعمیر و پیشگیری بتن بوده و شایسته، تشخیص داده شده باشند. این الزام، برای همه افراد درگیر در فرآیند تعمیر از جمله طراحان طرح تعمیر، پیمانکاران تعمیر و بازرسان عملیات تعمیر، ضروری است.

برای اطمینان از اینکه الزامات کیفی تصریح شده و استفاده از روش‌های صحیح تعمیر، تأمین و اجراء می‌گردند، بهتر است یک سامانه کیفی تعیین شود.

برای بازرسی پدیرش، تمهیدات مناسبی باید درنظر گرفته شوند.

همهٔ اسناد مربوط به عملیات تعمیر باید در یک سامانه مدیریت پروژه مناسب، ذخیره گردند.

کتاب‌نامه

[1] ISO 15686-1:2000, Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 1: General principle

[2] ISO 13823:2008, General principles on the design of structures for durability