

راهنمای بهسازی و ترمیم سازه‌های بتنی

گردآوری و تألیف:

فرید غفاری مقدم

به سرپرستی سعید محمد



سازمان
قراگاه سازندگان آلبا



شرکت مهندسی سپاسد
SEPASAD ENGINEERING CO.

سرشناسه	غفاری، فرید، ۱۳۵۹-، گردآورنده
عنوان و نام پدیدآور	راهنمای بهسازی و ترمیم سازه‌های بتنی / گردآوری و تألیف فرید غفاری مقدم: به سرپرستی سعید محمد؛ [برای] شرکت مهندسی سپاسد.
مشخصات نشر	تهران: سپاه پاسداران انقلاب اسلامی؛ قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء (ص)، قرب مرکز، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	[۴]، ۲۵۶ ص.؛ مصور، جدول، نمودار
فروست	شرکت مهندسی سپاسد؛ ۱۱.
شابک	978-600-6741-19-2
وضعیت فهرست‌نویسی	فیا
موضوع	پایداری سازه‌ها
موضوع	سازه‌های بتنی — طرح و ساختمان
موضوع	ضریب بار و مقاومت
موضوع	سازه‌های بتنی — نگهداری و تعمیر
شناسه افزوده	محمد، سعید
شناسه افزوده	شرکت مهندسی سپاسد
شناسه افزوده	سپاه پاسداران انقلاب اسلامی. قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء (ص). قرب مرکز
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۳ ۶۷۲/۸۶۵۶ TA
رده‌بندی دیویی	۶۲۴/۱۷۱
شماره کتابشناسی ملی	۲۵۹۱۸۱۰

راهنمای بهسازی و ترمیم سازه‌های بتنی

گردآوری و تألیف: فرید غفاری مقدم

به سرپرستی محمد

چاپ نخست: ۱۳۹۳؛ شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۳۰۰۰۰ ریال

چاپ و نظارت: امید انقلاب

ناظر فنی: ارتباطات و روابط بین الملل سپاسد

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۷۴۱-۱۹-۲

دفتر مرکزی شرکت مهندسی سپاسد: میدان ونک، ابتدای خیابان ملاصدرا، نبش خیابان شاد، پلاک ۱۱

تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۴۳۷۵۰؛ نمابر: ۰۲۱-۸۸۶۴۳۷۰۰؛ کدپستی: ۱۴۳۵۷۶۳۳۱۱

www.scpasad.ir

Email: info@sepasad.ir

نشانی وبگاه:

يرفع الله الذين آمنوا منكم و الذين اتوا العلم درجات
خداوند مقام اهل ايمان و دانشمندان عالم را در دو جهان رفيع مي گرداند.
«سوره مبارکه مجادله آيه ۱۱»

سخن ناشر

يکي از راه‌هاي کمال و نزديکي به ذات مقدس الهي کسب علم و دانش است. علمي که به تعبير استاد شهيد- دکتر مرتضي مطهري- زيبايي عقل است؛ علمي که انسان خداجو در آن نشانه‌هاي معبود را مي‌جويد؛ علمي که هر چه فزون‌تر مي‌شود، صاحب آن را به خداوند جان و خرد نزديکتر مي‌کند.

دانش و تجربه سازمان‌ها در زمره گرانبهارين سرمايه‌هاي آنها محسوب مي‌شود. به تبع آن ثبت، نگهداري، توسعه و به‌کارگيري مطلوب و هدفمند اين دانش امري ضروري است و به همين دليل است که توجه بسياري از مراکز علمي جهان - به ويژه فني مهندسي - را معطوف خود ساخته است.

شرکت مهندسي سپاسد نيز در راستاي رسالت خود در امر خدمت به جامعه علمي و انتشار دانش کسب‌شده، و با فصل الخطاب قراردادن فرمايش مقام معظم رهبري در خصوص ثبت دانش، که مي‌فرمايند: "همچنان‌که شاهد بوديم، بعضي از بخش‌ها تجربيات فني را کتاب مي‌کنند و نگه مي‌دارند، اين دانش بايستي نهادينه و ثبت گردد و براي آينده محفوظ بماند"، تهيه و تدوين تجارب خود را در دستور کار قرار داده‌اند. اين شرکت مهندسي با پيش از دو دهه تجربه گرانسنگ در زمينه اجرائي پروژه‌هاي عظيم ملي بر آن شده است تا تجربه و دانش متخصصان خود را در اختيار مجمع‌هاي علمي، استادان دانشگاهي و پژوهشگران علاقه‌مند به اين مباحث قرار دهد. بديهي است که در اين ارتباط شکاف ميان مباحث نظري آکادميک و مباحث عملي و کارگاري کمتر مي‌شود.

در پايان با سپاس از زحمات دست‌اندرکاران و همکاران محترم در تحقق اين مهم، اميد است مجموعه تلاش‌هاي صورت گرفته مورد رضاي خداوند متعال - صاحب لوح و قلم - و امام عصر (عج) و استادان محترم علم و فن قرار گيرد.

پیشگفتار نویسنده

سیستم مجموعه‌ای است که اجزای آن با نوعی فعل و انفعال و روابط متقابل به یکدیگر متصل شده‌اند. اجزاء به صورت مشترک نسبت به یک ورودی عمل کرده و تولید نوعی محصول می‌کنند. اجزاء و به همین ترتیب سیستم، تحت تأثیر عوامل محدودکننده معینی در اطراف خود ایجاد محدوده می‌نمایند. اجزاء سیستم می‌توانند خود، در شکل عالی‌تری سیستم‌ها و زیرسیستم‌های یک سیستم باشند.

با این نگرش بتن به عنوان یک سیستم زنده دارای مجموعه‌ای از سه زیرسیستم کلی؛ زیرسیستم مجموعه سنگدانه‌ها، زیرسیستم خمیر سیمان (سیمان، آب و شامل حباب‌های هوا، افزودنی‌های شیمیایی) و زیرسیستم ناحیه فصل مشترک که در کل به عنوان یک سیستم بزرگتر ایجاد هم‌افزایی می‌نمایند.

در واقع ارتباط تک‌تک اجزاء یک سیستم از خود اجزاء آن سیستم، مهمتر است و این نگرش می‌تواند محور بررسی آسیب‌ها، صدمات و عیوب بتن باشد و رویکردی سیستمی می‌تواند روابط پیچیده اجزای بتن را مشخص کند تا ضمن پیشگیری از بروز آسیب به بتن، در بهسازی و ترمیم آن نیز روش بهینه‌ای استفاده شود.

رنولوژی علم بررسی و مطالعه تغییر شکل و جریان مواد می‌باشد که امروزه در تحلیل و بررسی رفتار بتن تازه نقش بارزی را ایفاء می‌کند.

در نگرش نوین به بتن، اهمیت درک صحیح از عملکرد بتن در فاز خمیری به عنوان یک اصل بنیادی مطرح شده و علم رنولوژی در این زمینه کاربرد وسیعی پیدا کرده است.

خصوصیات بتن سخت شده به خصوصیات بتن تازه وابسته است. جابدهی یا تراکم ضعیف منجر به مشکلاتی در بتن شده و کاهش مقاومت فشاری و افزایش نفوذپذیری را به دنبال دارد و بنابراین بتن تحت حمله شیمیایی قرار می‌گیرد، حتی با این وجود خصوصیات بتن تازه همیشه به درستی اندازه‌گیری و پیش‌بینی یا محاسبه نمی‌شود و پیشگیری چندانی در عدم بروز آسیب صورت نمی‌گیرد مشکل اساسی دیگر در عدم شناخت و بررسی دقیق نوع و علل خرابی‌ها و آسیب‌ها و همچنین انواع مواد ترمیمی و روش‌های ترمیم است. لذا بر آن شدیم تا با رویکردی جامع‌نگر کتاب حاضر را با توجه به حجم بسیار بالای اجرای ترمیم بتن در پروژه‌های عمرانی کشور، تدوین کنیم.

در این کتاب سعی شده است مجموعه کاملی از تشریح آسیب‌ها، خرابی‌ها و فرسودگی‌ها (نقص‌ها و عیوب)، آماده‌سازی و روش‌های تخصصی ترمیم بتن، انواع مواد ترمیمی، خصوصیات مواد ترمیمی و اهمیت آنها، معیارهای انتخاب مواد ترمیمی، سیستم‌های حفاظتی و روش‌های مقاوم‌سازی در قالب فصول مختلف کتاب بر پایه آیین‌نامه‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای جهانی گنجانده شود تا سلیقه‌ای عمل کردن ترمیم بتن و یا اعمال روش‌ها و مواد به دور از صرفه اقتصادی با اعمال نظر فروشندگان مواد ترمیمی حداقل شود. علاوه بر این در فصل نهم خوردگی بتن مسلح در برابر آب دریا و در فصل دهم بررسی پدیده واکنش قلیایی سنگدانه‌ها در بتن در پروژه‌های سده‌سازی به عنوان دو پدیده غالب در پروژه‌های عمرانی تشریح شده است. فصل آخر نیز تجربیات ترمیم در پروژه‌های سده‌سازی به منظور آشنایی با اشکالات رایج در پروژه‌های سده‌سازی و روش‌های اعمالی در ترمیم بتن، آورده شده است.

فهرست

فصل اول: کلیات	۱
۱-۱ دامنه	۱
۲-۱ گام‌های ضروری ترمیم بتن	۲
۳-۱ هدف استفاده از این کتاب	۲
۴-۱ اصطلاحات	۴
۵-۱ روش شناسایی ترمیم	۵
۶-۱ ملاحظات طراحی	۱۱
۷-۱ ترمیم ویژه و بهره‌برداری محیطی	۱۳
۸-۱ ساختار منافذ	۱۳
فصل دوم: تشریح آسیب‌ها، خرابی‌ها و فرسودگی‌ها (نقص‌ها و عیب‌ها)	۱۹
۱-۲ ترک‌خوردگی	۱۹
۲-۲ آسیب‌ها، نواقص و خرابی‌های بتن	۲۳
۳-۲ شکل بافت و عارضه‌های مرتبط با رشد آنها	۳۵
فصل سوم: برداشتن بتن، آماده‌سازی و روش‌های تخصصی ترمیم	۴۱
۱-۳ مقدمه و ملاحظات کلی	۴۱
۲-۳ برداشتن بتن	۴۱
۳-۳ آماده‌سازی سطح	۴۷
۴-۳ ترمیم میلگردها	۴۹
۵-۳ مواد و روش‌های مهاربندی	۵۴
۶-۳ جایدهی مواد در روش‌های مختلف ترمیم	۵۵
۷-۳ روش‌های چسبیدن (پیوند و اتصال)	۶۲
فصل چهارم: مواد ترمیمی	۶۵
۱-۴ مقدمه	۶۵

۶۵	۲-۴ مواد سیمانی
۷۹	۳-۴ مصالح پلیمری (بسیاری)
۸۴	۴-۴ مواد چسبنده
۸۵	۵-۴ پوشش روی مسلح کننده ها
۸۵	۶-۴ مسلح کننده ها
۸۷	۷-۴ انتخاب مواد
۹۱	فصل پنجم: ویژگی های مواد ترمیمی و اهمیت آنها
۹۱	۱-۵ کلیات
۹۲	۲-۵ پایداری حجم
۹۴	۳-۵ خصوصیات مکانیکی
۹۸	۴-۵ ویژگی های قابلیت اجرا
۹۹	۵-۵ خصوصیات هنری (زیبایی)
۱۰۰	۶-۵ عوامل تأثیرگذار بر دوام
۱۰۴	۷-۵ ترکیب شیمیایی
۱۰۵	فصل ششم: انتخاب مواد ترمیمی
۱۰۶	۱-۶ بتن جایگزین شده (تعویضی) و رویه ها
۱۲۱	۲-۶ دوام ترک
۱۳۱	فصل هفتم: سیستم های حفاظتی
۱۳۱	۱-۷ مقدمه و شاخص های انتخاب
۱۳۳	۲-۷ آماده سازی سطح بتن و الزامات اجرایی
۱۳۴	۳-۷ مشکلات معمول در انتخاب
۱۳۸	۴-۷ مفهوم سیستم ها
۱۳۹	۵-۷ درمان سطح
۱۵۱	۶-۷ درزگیرهای اتصالات
۱۵۲	۷-۷ محافظت کاتدی
۱۵۵	۸-۷ استخراج کلراید
۱۵۶	۹-۷ قلیایی کردن مجدد
۱۵۹	فصل هشتم: روش های مقاوم سازی
۱۵۹	۱-۸ کلیات
۱۵۹	۲-۸ ترمیم سازه ای داخلی (تأمین مجدد مقاومت عضو اصلی)
۱۶۱	۳-۸ مسلح کننده های داخلی

۱۶۵	۴-۸ مسلح کننده بیرونی
۱۶۸	۵-۸ پوشش ها و بست ها
۱۷۱	۶-۸ اعضای تکمیلی (مکمل)
۱۷۳	۷-۸ ترمیم ستون های بتنی
۱۷۴	۸-۸ شاخص های ترمیم ستون
۱۷۷	فصل نهم: خوردگی بتن مسلح در برابر آب دریا
۱۷۸	۱-۹ مقدمه
۱۷۸	۲-۹ سازوکار انتقال در بتن
۱۷۹	۳-۹ ساختار منافذ بتن
۱۸۰	۴-۹ سازوکار انتقال
۱۸۱	۵-۹ فرایند فیزیکی و ترک خوردگی
۱۸۲	۶-۹ فرایند شیمیایی
۱۸۴	۷-۹ دوام بتن
۱۹۳	فصل دهم: بررسی پدیده واکنش قلیایی سنگدانه های بتن در پروژه های سدسازی
۱۹۳	۱-۱۰ مقدمه
۱۹۴	۲-۱۰ واکنش قلیایی - سیلیسی (ASR)
۱۹۷	۳-۱۰ واکنش قلیایی - کربناتی
۱۹۸	۴-۱۰ شرایط وقوع پدیده واکنش قلیایی سنگدانه ها
۱۹۹	۵-۱۰ ارزیابی سنگدانه های مستعد واکنش قلیایی
۲۰۶	۶-۱۰ آزمون های آزمایشگاهی برای شناسایی واکنش پذیری قلیایی - سیلیسی سنگدانه ها
۲۰۸	۷-۱۰ آزمون های آزمایشگاهی برای شناسایی واکنش قلیایی - کربناتی سنگدانه ها
۲۱۰	۸-۱۰ راهبردها و معیارهای توسعه آزمایش کردن
۲۱۲	۹-۱۰ اقدامات جلوگیری کننده از واکنش AAR
۲۱۸	۱۰-۱۰ آزمون هایی برای ارزیابی تأثیر پوزولان ها و سربارها بر روی ASR
۲۱۹	۱۱-۱۰ استفاده از افزودنی های شیمیایی
۲۲۱	فصل یازدهم: تجربیات ترمیم در پروژه های سدسازی
۲۲۱	۱-۱۱ مقدمه
۲۲۲	۲-۱۱ معرفی انواع اشکالات بتن در کارگاه
۲۲۷	۳-۱۱ مراحل کلی اجرای عملیات ترمیم
۲۳۱	۴-۱۱ روش های ترمیم اشکالات بتن در کارگاه
۲۴۱	منابع