

ترمیم سازه ها

فصل اول:

ارزیابی سازه های بتنی

حر خسروی

تشخیص علت خرابی بتن مساله و دقیق و دشواری است، در حالی که ارتباط بین نشانه و علت خرابی غالباً مبهم است. (سیدنی جانستون)

مراحل ترمیم سازه:

- (۱) ارزیابی سازه و مشخص کردن مناطق آسیب دیده و علت خرابی
- (۲) آماده سازی بستر کار
- (۳) انتخاب مصالح تعمیر و روش تعمیر

ارزیابی وضعیت سازه شامل مراحل زیر است:

- ۱- تطبیق اطلاعات
- ۲- بررسی شرایط بهره برداری
- ۳- بازدید کارگاهی
- ۴- بررسی جزئیات
- ۵- ارزیابی و جمع بندی اطلاعات

* بازدید و ارزیابی توسط مهندس سازه انجام می گیرد ولی برای بررسی عمیق نتایج آزمایشگاهی، نیاز به همکاری مهندس آزمون مواد دارد.

مراحل ارزیابی وضعیت سازه

* طی بازدید مهندس سازه، موارد زیر مورد بررسی قرار می گیرد:

- ۱- گزارش محل و میزان خرابی ها
- ۲- تشخیص علل محتمل هر گونه خرابی قابل رویت
- ۳- اطمینان از یکپارچگی سازه ای و رضایت بخشی عملکرد سازه

مرحله اول: جمع آوری و تطبیق اطلاعات

اولین فعالیت جمع آوری و تطبیق کل اطلاعات موجود سازه است که شامل مشخصات فنی، نقشه ها، سوابق کار ساختمانی، عکس ها، گزارش های آزمایشگاهی در مورد مصالح، نام مهندس طراح و مهندس مجری سازه، رویدادهای غیرعادی در دوره ساخت، تعمیرهای اولیه و بعدی انجام شده روی سازه می باشد.

مرحله دوم: بررسی شرایط بهره برداری

(۱) در این مرحله بررسی می شود که آیا شرایط بهره برداری موجود با بهره برداری مورد انتظار در زمان ساخت انطباق دارد یا خیر؟ پس از ارزیابی اولیه کارکرد ساختمان، موارد زیر را که خرابی آنها از اهمیت بیشتری برخوردار است و یا احتمال خرابی در آنها بیشتر است، باید مشخص کرد.

(۲) مناطق با تنش زیاد، مناطق در معرض نظیر یخ زدن و آب شدن، نوسانات دما و محیط، خشک و خیس شدن متوالی و مناطق تحت سایش یا ضربه

مراحل ارزیابی وضعیت سازه

مرحله سوم: بازدید کارگاهی

فهرست فعالیت هایی که طی بازدید کارگاهی باید تکمیل شوند، عبارتند از:

- ۱- مشاهده شرایط ظاهری ۲- تهیه عکس ۳- ثبت وضعیت مناطق با تنش زیاد ۴- ثبت وضعیت مناطق محتمل خرابی مانند مناطق در معرض یخ زدن و آب شدن، نوسانات دما و محیط خشک و خیس شدن متوالی و مناطق تحت سایش یا ضربه ۵- مشخص کردن ترک ها و محل های بتن قلوه کن شده و تخریب شده ۶- سنجش مقدماتی مثل تعیین طول و عرض ترک

مرحله چهارم: بررسی جزئیات

بررسی جزئیات شامل موارد زیر است:

- ۱) برنامه ریزی و انجام آزمایش های غیر مخرب، ۲) تعیین دقیق محل نمونه برداری و انجام آزمایش های مغزه گیری، ۳) مشخص کردن ترک ها روی نقشه، ۴) نصب ابزارهای پایش برای حرکات ترک ها در صورت نیاز

مرحله پنجم: ارزیابی اطلاعات

در این مرحله، مهندس سازه به بررسی کلی اطلاعات اولیه، بازدیدهای کارگاهی، آزمایش های کارگاهی، تست های آزمایشگاهی و نتیجه گیری از آنها می پردازد.

* در این مرحله اگر مطابق تشخیص مهندس سازه، رضایت بخشی عملکرد سازه به علت خرابی های موجود زیر سوال باشد، نیاز به تحلیل و ارزیابی کمی سازه است.

روش های ارزیابی

جهت ارزیابی بتن از دو دسته تست استفاده می شود:

(۱) مخرب (مغزه گیری)

(۲) غیرمخرب (NDT)

نمونه گیری از بتن

- * مغزه گیری با سرمته الماسی سوار بر دستگاه مته کاری انجام می شود.
- * انتخاب منطقه مغزه گیری در مناطق آسیب دیده و بر اساس آزمایشهای غیر مخرب قبلی انجام می شود.
- * انتخاب اندازه مغزه با توجه به اندازه سنگدانه و معمولاً با حداقل قطر ۱۰۰ میلیمتر انجام می شود.
- * پس از مغزه گیری، بازرسی چشمی مغزه، گزارش شرایط ظاهری مغزه و ترک ها و پر کردن برکه اطلاعات برای مغزه الزامی است.
- * در بتن های به شدت آسیب دیده، امکان خرد شدن بتن در حین مته کاری وجود دارد.



آزمایش های مغزه

- ۱) تحلیل سنگ شناسی توصیفی از جمله واکنش سنگدانه-خمیرسیمان (چرا که علت مثلا حمله سولفات یا کلرید یا واکنش قلیایی سنگدانه یا ... از روی مشاهده ترک معلوم نیست).
- ۲) تعیین مقاومت فشاری، چگالی، جذب و درصد تخلخل
- ۳) تعیین سیستم حفره های هوادار (سیستم تخلخل)
- ۴) تعیین مقدار کلرید
- ۵) تعیین سرعت امواج ماورا صوت
- ۶) تعیین درصد سنگدانه، سیمان و توزیع اندازه سنگدانه
- ۷) تجزیه شیمیایی خمیر سیمان

آزمایش های مغزه

(۱) تحلیل سنگ شناسی توصیفی

* به صورت آزمایش روی مقاطع صیقل کاری شده مغزه ها یا روی مقاطع نازک جهت بررسی وضعیت سنگدانه، تشخیص علت خرابی بتن، ارزیابی کفایت نسبت اختلاط بتن و ... انجام می شود.

* این مقاطع در زیر یک میکروسکوپ دو چشمی با بزرگنمایی کم، ترکیب تقریبی سنگدانه های درشت و ریزدانه و شکل دانه ها، وقوع ترک ها یا محصولات واکنشی بتن را به دست می دهد.

* اما ترکیب محصولات واکنشی سیمان نیاز به میکروگرافی با میکروسکوپ الکترونی، ریزسنجشگر الکترونی یا پراش اشعه X دارد.

(۲) ارزیابی کفایت نسبت اختلاط بتن

با تحلیل تصویری مقاطع نازک که اپوکسی فلورسنت اشباع شده باشند، به راحتی می توان درصد سیمان و حتی نسبت $\frac{w}{c}$ را تعیین کرد.

(۳) آزمایش درصد تخلخل

هوای محبوس در درون بتن (تخلخل)، عامل مهمی در عملکرد مناسب بتن در برابر یخ زدن و آب شدن است که با عنوان تعیین میکروسکوپی مقدار تخلخل در روش ASTM C457 آمده است.

آزمایش های مغزه

(۴) مقاومت فشاری

* برای تعیین مقاومت فشاری از آزمون های مغزه استفاده می شود.

* مقاومت مغزه از عواملی چون نسبت قطر به ارتفاع مغزه، درصد رطوبت و وجود رطوبت تاثیر می پذیرد.

(۵) تعیین مقدار کلرید

وجود بیش از اندازه کلرید، باعث خوردگی فولاد می شود. مقدار کلرید را می توان از آزمایش های روی نمونه کوچک پودر شده و تحلیل نمونه از مغزه گیری بدست آورد.

(۶) سیستم های نوین تحلیل تصویر

از این نوع سیستم، برای تعیین تخلخل، درصد خمیر در مخلوط و اندازه ترک استفاده می شود.

(۷) آزمایش های دقیق

برای تعیین علت دقیق خرابی بسیار مفید می باشد که شامل روش های زیر است:

۱- پراش پرتوی X (XRD) ۲- اسکن کردن با میکروسکوپ الکترونی (SEM) ۳- تجزیه حرارت وزنی (TGA) ۴- تخلخل سنجی با جیوه (TP) ۲- تحلیل حرارتی تفاضلی (DTA)

تشخیص علت خرابی

خرابی بتن در اثر واکنش قلیایی سنگدانه ها (AAR) یا سرطان بتن

(۱) وجود ترک در سنگدانه واکنش زا: معمولا ۱۵-۱۰٪ سنگدانه قبل از ورود به بتن دارای ترک هستند ولی دانه های ترک برداشته در بتن دچار AAR بیش از ۴۰٪ است.

(۲) وجود ژل قلیا- سیلیسی که حفره های هوا را پر کرده است.

(۳) ایجاد هاله های واکنشی پیرامون سنگدانه

* وجود ترک در سنگدانه ها نشانه ای است که می تواند ناشی از یخ زدن و آب شدن متناوب نیز باشد. با توجه به تداخل نشانه، نشانه هایی نظیر وجود ژل در ترک ها و هاله های واکنشی پیرامون سنگدانه راهگشاست.

خرابی بتن در اثر حمله سولفاتی

در اثر واکنش سولفات با C_3A موجود در سیمان، اترنژیت تشکیل می شود که نتیجه آن، از هم گسیختگی خمیر سیمان است. به خصوص در سیمان پرتلند معمولی (تیپ I) به علت گسیختگی خمیر سیمان، به سرعت خراب می شود.

نشانه ها:

(۱) با تشکیل اترنژیت به شکل رشته های سوزنی مانند کوچکی متبلور می شود (مشاهده با میکروسکوپ)

(۲) پوسته شدن سطح بتن در اثر تبلور گچ (مشاهده با چشم)

تشخیص علت خرابی

کربناسیون خمیر سیمان و خوردگی آرماتور

PH بتن معمولا بین ۱۲-۱۳ است که با وقوع کربناسیون در خمیر سیمان، PH به کمتر از ۱۰ افت می کند.

روش تشخیص کربناسیون:

(۱) سنجش PH با PH سنج الکترونی یا فنل فتالین: در سطح بریده شده بتن معمولی فنل فتالین رنگ صورتی می سازد ولی اگر $PH < 10$ باشد بیرنگ خواهد شد.

(۲) میکرو گرافی مقاطع نازک: خمیرسیمان در بتن معمولی خاکستری تیره است ولی با وقوع کربناسیون و تشکیل $CaCO_3$ زرد کم رنگ می شود.

(۳) در بتن کربناته شده که هنوز فولاد دچار خوردگی نشده، یک لایه نازک $Ca(OH)_2$ بین فولاد و بتن مشاهده می شود که با شروع خوردگی فولاد، این فضا با محصولات خوردگی پر می شود.

آزمایش غیر مخرب (NDT)

هدف از آزمون های غیرمخرب:

(۱) تعیین مقاومت تقریبی اجزای بتنی، (۲) تعیین وسعت و شدت ترک خوردگی، (۳) موقعیت و اندازه فولاد، (۴) وجود حفره ها و کرمو بودن، (۵) میزان رطوبت و (۶) میزان وسعت و شدت خرابی

آزمون های غیر مخرب عبارتند از:

(۱) بازرسی چشمی، (۲) آزمایش سنجش سختی سطح (چکش اشمیت)، (۳) مقاومت نفوذ میله (آزمایش میله وینسور)، (۴) آزمایش بیرون کشیدن، (۵) اندازه گیری سرعت پالس ماورا صوت، (۶) روش فرکانس تشدید (۷) روش انتشار صوت، (۸) روش ضربه-پژواک، (۹) تعیین ورقه و پوسته شدن، (۱۰) آزمایش فعالیت خوردگی، (۱۱) پوشش بتنی روی میلگرد و (۱۲) اندازه گیری کربنایسون در بتن.

بازرسی چشمی

* علیرغم سریع و آسان بودن و عدم نیاز به تجهیزات پیشرفته از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

* جهت کاهش خطاهای انسانی، زمان بازرسی باید محدود باشد و از روش عکس برداری به منظور مقایسه و مراجعه در آینده استفاده شود.

* وسایل مورد نیاز در بازرسی چشمی:

۱- چکش برای ضربه زدن (شبیه چکش زمین شناسی) ۲- ذره بین جیبی برای اندازه گیری ابعاد ترک، ۳- تیغه های فاصله سنجی (فیلر) ۴- دوربین دو چشمی ۵- دوربین با عدسی کشویی ۶- متر نواری ۷- خط کش فولادی ۸- بروسکوپ (چال سنج): لوله ای متصل به عدسی و آینه که برای بازرسی درون حفره مفید است. ۹- فایبرسکوپ: فیبرهای اپتیکی انعطاف پذیر و عدسی جهت بررسی چال دسترسی کوچک ۱۰- دوربین تلویزیونی گمانه بینی

آزمایش سنجش سختی سطح (چکش اشمیت)

* در سال ۱۹۴۸ توسط مهندس سوئیسی، ارنست اشمیت، جهت محاسبه سختی سطح بتن ساخته شد که سختی سطح را با استفاده از واجهش یک جرم ضربه زن می سنجد.

* در این روش، شرکت سازنده رابطه همبستگی بین عدد برگشتی و مقاومت بتن ارائه می دهد که معمولاً در شروع کار، دستگاه نیاز به کالیبره شدن دارد.

* این روش دقت پایینی دارد و به شدت به تغییرات موضعی کیفیت بتن حساس است. به طوری که اگر سنگدانه بزرگی زیر پیستون قرار گیرد، عدد سختی به صورت غیر واقعی بزرگ و برعکس در صورت وجود فضای خالی زیر آن، عددی کمتر از واقعیت گزارش می کند. همینطور همواری سطح بتن، رطوبت سطحی و درونی بتن، نوع سنگدانه های درشت و کربناسیون سطح بتن بر نتایج چکش اشمیت تاثیرگذار است.

* برای هر ft^2 حداقل ۱۶ قرائت انجام می شود، که ۳ قرائت حداکثر و ۳ قرائت حداقل کنار گذاشته می شود و میانگین ۱۰ قرائت باقی مانده را به عنوان عدد واجهش ضربه در نظر می گیرند.

* این روش به هیچ وجه جایگزین آزمون مغزه نمی شود و برای تعیین یکنواختی کیفی بتن و مقایسه بتن منطقه های مختلف و تعیین محل مغزه گیری مفید است.



The Schmidt Hammer

Jeff Boggs & Daryl Dagesse
Brock University
Department of Geography
©2012



کلینیک فنی و تخصصی بتن

021-44618462-44618379

0611-4443202-4441648



WWW

مقاومت نفوذ میله (آزمایش میله وینسور)

* در این آزمایش برای تعیین مقاومت اجزای سازه ای، تفنگ خاصی، میله ای از جنس آلیاژ فولاد سخت شده را به سمت بتن شلیک می کنند و میزان نفوذ میله در بتن، نشان دهنده مقاومت بتن است .

* در تعیین مقاومت معادل، عامل تصحیح مناسبی بر اساس نوع سنگدانه در نظر گرفته می شود (بسته ای حاوی یک سری سنگ با سختی ۲ تا ۷ در استاندارد سختی با این ابزار همراه است).

آزمایش بیرون کشیدن (Pull Out)

نیروی بیرون کشیدن به مقاومت برشی و آن هم به مقاومت فشاری بتن بستگی دارد. این روش قبلا برای بررسی سازه های قدیمی مناسب نبود اما جدیداً شکلی از آن معروف به روش کاپو (CAPO) ابداع شده است که برای بتن های موجود نیز مناسب است. در این روش تویی فولادی را با روش خاصی در بتن مته کاری کرده، جایگذاری می کنند و بعداً بیرون می کشند.

اندازه گیری سرعت پالس ماورا صوت

هدف: تعیین وجود و وسعت ترک های درونی و نیز عمق ترک های سطحی

هنگامی که امواج ماورا صوتی با فرکانس زیاد (۱۵-۲۵ KHz) در میان فضاهای خالی در یک جسم منتقل می شوند، دامنه نوسانی آنها به طور قابل توجهی کاهش می یابد و بیشتر امواج صوتی در ناپیوستگی حاصل از فضای خالی یا ترک منعکس می شوند اما پالس های صوتی از اطراف حفره ها عبور می کنند و اندازه زمان عبوری آن ها، امکانی برای تعیین وجود و محل تقریبی حفره ها و ناپیوستگی ها ایجاد می کند. بنابراین با اندازه گیری سرعت و دامنه نوسانی پالس، می توان شرایط داخلی توده بتن را مورد مطالعه قرار داد.

* این روش به جز در شرایط ویژه برای تعیین مقاومت مناسب نیست. البته برای تخمین مقاومت بتن باید تاثیر مقدار سیمان، اندازه و نوع سنگدانه، میزان رطوبت را بر سرعت پالس ماورا صوت در نظر گرفت.

روش های اندازه گیری سرعت: ۱- ارسال مستقیم (معتبرترین) ۲- ارسال نیمه مستقیم ۳- ارسال سطحی

EPOCH 1000 Series
Tip Diffraction
Application Overview

روش فرکانس تشدیدي

در این روش برای مطالعه مکانیزم های خرابی در بتن، از تعیین فرکانس های طبیعی ارتعاش نمونه (منشوری یا استوانه ای) استفاده می شود. با استفاده از این فرکانس ها، مدول الاستیسیته دینامیکی تعیین می شود. البته با اندازه گیری تغییر در فرکانس می توان میزان فرسایشی یا خرابی نمونه ها در اثر دوره های یخ زدن و آب شدن یا حمله شیمیایی را تخمین زد.

روش انتشار صوت

این شیوه، روش مناسبی برای تعیین سلامت سازه ای (health monitoring) بتن است. تفاوت اساسی روش انتشار صوت و روش ماورا صوت این است که انتشار صوت توسط خود مصالح در معرض تنش تولید می شود ولی موج ماورا صوتی از طریق یک منبع بیرونی تولید و در مصالح منتشر می شود.

* ابزار این آزمایش گران و تفسیر نتایج نیاز به تخصص و خبرگی دارد.

روش ضربه-پژواک

امواج تنشی گذرا با ضربه مکانیکی به سطح بتن تولید می شوند و در اثر ناپیوستگی داخلی و یا وجود نقص هایی مانند کرمو بودن منعکس شده و به سطح بر می گردد. بنابراین موقعیت ناپیوستگی های داخلی را می توان با این روش تعیین کرد.

تعیین ورقه و پوسته شدن

ورقه و پوسته شدن ناشی از خوردگی فولاد است و به صورت یک صفحه شکست در تراز فولاد رخ می دهد. روش های ضربه چکش، شیوه های کشیدن زنجیر، ابزارهای الکترومکانیکی خودکار و گرما نگاری مادون قرمز برای تعیین وسعت ورقه شدن در سازه های بتنی استفاده می شود.



بىارتىغان آموزىش

موقعیت میلگرد و پوشش بتنی روی میلگرد

از ابزار اندازه گیری پوشش (معروف به پوشش سنج) برای تعیین موقعیت های فولادی قرار گرفته در درون بتن استفاده می شود.



پایان

