Archive of SID

مقایسه و امکان‌سنجی روش‌های ژئورادار و انتشارآوایی در بررسی گسترش ترک در بدنه سدهای بتنی دوقوسی

محمد حسین عرب نژاد[۱]،مرتضی احمدی [۲]
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک سنگ ، دانشگاه تربیت مدرس ، Arabnejad.m.h@gmail.com
[۲] عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس (دانشیار) مکانیک سنگ ، دانشگاه تربیت مدرس، moahmadi@modares.ac.ir

چکیده
ترک‌خوردگی در سازه‌های بتنی دارای دلایل و انواع مختلفی است. در رابطه با سدهای بتنی مهم‌ترین عامل کاهش عمر مفید آن‌ها نشت آب می‌باشد که دلیل آن نیز ترک خوردگی و گسترش ترک در بدنه است.روش‌های مختلفی برای بررسی ترک و گسترش آن در بدنه سدها موجود می‌باشد که دارای مکانیزم و تئوری‌های مختلفی هستند و هر کدام دارای مزایا و معایب مختلفی می‌باشند. در این مقاله با بررسی دو روش ژئورادار و انتشارآوایی که دارای مکانیزم‌های مختلفی برای بررسی‌های زیر سطحی هستند، سعی شده مزایا و معایب و محدودیت‌های محیطی سدهای بتنی برای اجرای روش‌ها مورد بحث قرار گیرد و یک سری توصیه‌های اجرایی در این رابطه مدنظر قرار گیرد.و در نهایت با توجه به ملزومات ساخت سدهای بتنی مانند لوله‌های سرد کننده و قطعات فلزی جاذب امواج الکترومغناطیس در بدنه سد روش‌های لرزه‌ای دارای ارجعیت می‌باشد و روش انتشار آوایی به دلیل داشتن مزایای ویژه در رابطه با بررسی گسترش ترک می‌تواند روش مناسبی برای بررسی سدهای در حال اجرا و مانیتورینگ سدهای در حال بهره برداری باشد.

واژه‌های کلیدی: انتشار آوایی، ترک های زیرسطحی ، ژئورادار، سد بتنی دوقوسی، گسترش ترک

۱ مقدمه
یکی از بزرگ‌ترین و مخاطره آمیزترین عملیاتِ مهندسی در طبیعت ساخت و بهره‌برداری سدها است که با هدف مهار و ذخیره آب برای کاربری‌های شرب، صنعت،کشاورزی، تولید نیرو، گردشگری و... صورت می‌پذیرد، و برای ساخت آنها افراد زیادی با تخصص‌های مختلف دست به دست هم می دهند. لذا دقت در طراحی و ساخت می‌تواند بسیار بر روی ایمنی و جلوگیری از مخاطرات و هزینه‌های بعدی بهره‌برداری موثر باشد.

بتن تحت تاثیر تنش های فشاری رفتار بسیار خوبی از خود نشان می دهد ولی در کشش بسیار ضعیف است و نظر به عدم کاربرد آرماتور در بدنه سدهای بتنی جهت تحمل کشش لذا اکثر ترک های ایجاد شده در بدنه سدها از نوع ترک های کششی هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

عامل این نشت می‌باشند مهمترین عامل کاهش عمر مفید سدها نشت آب از سازه و ساختگاه آن‌ها می‌باشد که ترک‌ها نیز یکی از موضوعات مهم در بحث ابزاربندی و رفتارنگاری اینگونه سازه‌ها می‌باشد. بنابراین رفتارنگاری سدها برای این منظور این مطلب که تمام المان‌های سدهای دو قوسی تحت نیروی فشاری می‌باشند یکی از خصوصیات منحصر بفرد این سازه‌ها است و در نتیجه از تقویت کننده‌های فلزی(آرماتور) استفاده نمی‌شود اما در بدنه اینگونه سدها قطعات فلزی مثل لوله‌های سرد کننده، پلکان‌های فلزی و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد.

عوامل دیگری نظیر اثرات شیمیایی، حرارتی، تمرکز تنش، عدم پیوستگی، تغییر مقطع و نفوذ پذیری از عوامل دیگر در سدها هستند که منجر به ایجاد ترک می‌گردد.ترک های ایجاد شده در مقاطع بتن را می توان به انواع زیر تقسیم کرد(حسینی و همکاران, ۱۳۸۲):

ترک های پس از سخت شدن بتن

- ترک‌های فیزیکی
- ترک‌های شیمیایی
- ترک‌های حرارتی
- ترک‌های سازه‌ای

ترک های پیش از سخت شدن بتن

- ترک‌های پلاستیکی
- ترک‌های ناشی از یخ زدگی اولیه بتن

۲ روش های شناسایی

استفاده از تست‌ها بویژه تست‌های غیرمخرب از دهه ۶۰ میلادی شروع گردید اولین تست‌های غیرمخرب بر روی سدها در کشور امریکا بوده است، در ابتدا این تست‌ها با روش های سنتی با توجه به تکنولوژی، تعداد و تنوع ابزارهای دقیق آن زمان شروع شد.از میان روش‌های آزمایش غیرمخرب بتن چند روش برای بررسی گسترش ترک مطرح گردیده و مورد مطالعه قرار گرفته اند. این روش‌ها عموما از نتایج و تغییراتی که در هنگام شکست در مصالح رخ می‌دهد، استفاده می‌کنند. در هنگام رشد ترک یکسری از خصوصیات و پدیده های منحصر بفرد رخ می‌دهد که بعنوان مثال انتشار امواج لرزه‌ای و الکترومغناطیسی ،تفاوت دمایی ایجاد شده بین ترک و مصالح را می‌توان نام برد که روش‌های منحصر بفردی با استفاده از این پارامترها توسعه داده شده است که در ادامه به بررسی مختصر آن‌ها پرداخته می‌شود.

۲.۱ روش برپایه امواج الکترومغناطیسی

۲.۱.۱ تست‌های غیر فعال الکترومغناطیس

اولین مشاهدات در رابطه با انتشار امواج الکترومغناطیسی از موادی که تحت تنش برشی بوده‌اند، در سال ۱۹۳۳ مشاهده شده است. بعد از آن تعدادی از مطالعات در رابطه با انتشار بر روی مواد مختلف در شرایط آزمایشگاهی انجام گرفت و اثباتی بر صحت تشعشات و میزان بالای آن‌ها در هنگام شکست بود. منبع دقیق تولید این تشعشات به خوبی با استفاده از تئوری‌های

www.SID.ir

Archive of SID

موجود تبیین نشده است. تئوری مورد استفاده و پر استناد در بین دانشمندان که در رابطه با شکست مطرح است، جدایش‌های اتمی در حین شکست را عامل این تشعشات مطرح می‌کند(Hons & Ceng, ۲۰۰۴) .

محدوده فرکانسی این انتشارات در رابطه با شکست در توده سنگ و نمونه‌های بتنی بین ۱ کیلو هرتز تا ۱۰ مگاهرتز با طول موج بین ۳۰ متر تا ۳۰۰ کیلومتر قرار دارد. مطالعات نشان دادند که بیشتر میزان فرکانس را بین ۰/۵ تا ۱ مگاهرتز درنظرگرفتند (Hons & Ceng, ۲۰۰۴)(Bodare, ۲۰۰۵).

۲.۱.۲ تست‌های فعال الکترومغناطیس

در این روش با انتشار امواج الکترومغناطیس به آشکارسازی عیوب به وسیله خاصیت ذرات مغناطیسی پرداخته می‌شود و بر خلاف روش دیگر نیاز به یک منبع تولید دارد و از تغییرات میدان الکتریکی یا از امواج بازتاب شده از درون ماده برای بررسی-et حسینی)ها استفاده می‌شود.امروزه بطور وسیعی جهت اشکارسازی ناپیوستگی‌ها، ترک‌های ناشی از خستگی با استفاده از روش‌های الکترو مغنایسی استفاده می‌شود.(al., ۱۳۸۲

از این روش بیشتر در آزمایش‌های بتن برای مشخص کردن موقعیت آرماتورها در بتن استفاده می‌گردد و همچنین ترک‌ها نیز به دلیل ایجاد یک اغتشاش در میدان‌های الکترومغناطیس قابلیت شناسایی شدن را دارند. استفاده از این روش همچنان در قالب کارهای آزمایشگاهی بوده و به دلیل خواص میرایی زیاد این امواج درون بتن استفاده از این روش محدود می باشد.

۲.۲ روش برداشت حرارتی

در چند سال اخیر محققان به امکان استفاده از این ابزارهای کنترلی برای شناسایی مناطق دچار شکستگی و ترک خورده در توده‌ی سنگ و همچنین بتن توجه کرده اند(Hons & Ceng, ۲۰۰۴) . در این روش تابش حرارتی یک سازه اندازه گیری و بر اساس آن خصوصیات بتن تعیین می‌گردد. به عنوان مثال میزان حرارت محو شده توسط درزه و شکاف‌ها و دیگر عوامل که به طریقی باعث اتلاف حرارت می شوند باعث می‌گردد که دستگاه ردیاب اختلاف را بین علائم فرستاده شده و دریافت شده نشان داده و باعث شناسایی موارد فوق گردد.این روش نیز هنوز در حال توسعه و برای بررسی‌های آزمایشگاهی مورد استفاده می‌باشد.عمق کم بررسی‌ها و نتایج نامناسب کیفی برای بررسی‌های زیر سطحی از معایب این روش می‌باشد (Hons & Ceng, ۲۰۰۴).

۲.۳ روش‌های لرزه‌ای

خواص الاستیک در سطح گسترده‌تری نسبت به روش‌های الکتریکی، الکترو مغناطیسی و حرارتی قابل تعیین‌اند. بنابراین روش-های لرزه‌نگاری به صورت گسترده برای مطالعات زیرسطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش‌های لرزه‌ای نیز دارای انواع مختلفی می‌باشند و هر کدام بر اساس محدوده فرکانسی، نحوه ایجاد و دریافت سیگنال ها و همچنین محدوده بررسی قابل تقسیم‌بندی هستند. دو روش لرزه‌ای سرعت امواج پالسی ماورای صوت و انتشارآوایی بیشتر مد نظر می باشند که در ادامه به توضیح مختصری در رابطه با این روشها پرداخته می شود(Hons & Ceng, ۲۰۰۴)(Long, ۱۹۹۶).

www.SID.ir

Archive of SID

۲.۳.۱ روش‌های سرعت امواج پالسی ماورای صوت و انعکاس امواج

روش سرعت امواج ماورای صوت علاوه بر تخمین مقاومت بتن روش ایده آلی برای تعیین ترک‌ها و فضاهای خالی در توده‌ی بتن است. روش انعکاسی امواج به کمک آنالیز امواج منعکس شده اطلاعات با ارزشی از معایب و ناپیوستگی‌های داخلی بتن در اختیار ما قرار می‌دهد. مزیت این روش در این است که آزمایش در مواردی که فقط یک سطح قابل استفاده در دسترس است می‌تواند انجام شود تولید امواج صوتی می‌تواند به کمک وسائل مکانیکی صورت پذیرد این روش در آزمایش پایه‌های بتنی به کار می‌رفته است و اکنون به صورت روز افزونی در بسیاری از کشورها برای تعیین شکافها و عدم پیوستگی در بتن بکار می رود تفسیر موج‌های منعکس شده روی نوسان سنج آسان نیست و به تجربه اپراتور بستگی دارد(Uomoto, ۲۰۰۰)

۲.۳.۲ روش انتشار آوایی

روش انتشار آوایی یا روش تابش تنش در سال های اخیر برای مطالعات چگونگی ایجاد و رشد ترک در بتن تحت تنش مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتشارهای آوایی امواج دامنه کوتاه تنش الاستیک بوجود آمده از تغییر شکل در نقاطی است که در آن‌ها بتن تحت کرنش بالای الاستیک قرار می‌گیرد. امواج حاصل از تغییرشکل‌های فوق به وسیله منشورهایی که روی سطح بتن مورد آزمایش تعبیه شده است اشکار می‌گردد. از تاخیر و ترتیب زمانی رسیدن امواج حاصل از فشار برای تعیین منبع و مرکز تغییر شکل استفاده می‌گردد و نکته مهم در رابطه با این روش این است که مشاهدات در یک دوره زمانی افزایش تغییر شکل و تنش صورت می‌گیرد و در حالتی که بتن تحت تاثیر یک فشار ثابت قرار دارد (حالت استاتیکی) نمی تواند مورد استفاده قرار گیرد(Uomoto, ۲۰۰۰).

از میان روش‌های ذکر شده برای شناسایی گسترش ترک‌های زیرسطحی دو روش رادار نفوذی زمین و انتشار آوایی برای کاربرد در بدنه سدهای بتنی دو قوسی مدنظر قرار گرفت. هر دو روش انتشار آوایی و رادار از قوانین موج و انتشار تبعیت می-کنند و فقط بر اساس امواج مکانیکی(تنشی) و امواج الکترومغناطیس تفاوت در ابزار وآنالیزها را منجر می‌شود وگرنه در تئوری های موج و انتشار مشابه‌اند. تفاوت اولیه در این دو روش علاوه بر تفاوت در نوع موج و تبیعتا محدوده فرکانسی امواج مورد استفاده این است که تست رادار نفوذی به زمین جز روش‌های فعال الکترومغناطیس است و نیاز به یک منبع تولید کننده موج دارد و امواج بازتاب شده را مورد تحلیل قرار می‌دهد ولی روش انتشار آوایی جز روش های غیر فعال تست‌های لرزه ای است و بر روی امواج الاستیک ناشی ازترک خوردگی تحلیل و آنالیزها را انجام می‌دهد. در ادامه توضیح مختصری از این دو روش و مزایا و معایب و کاربردهای آنها در سازه های بتنی و مخصوصا سد های بتنی آورده شده است.

۳ روش رادار نفوذی به زمین

این روش بر اساس نفوذ زیرسطحی قسمتی از اشعه ایکس و قسمت میکروموج طیف الکترومغناطیسی بنا شده است.فرکانس امواج رادار نفوذیِ زمین بین ۱۰ تا ۲۵۰۰ مگاهرتز متغیر است. از فرکانس‌های حدود ۱۰ تا ۵۰ مگاهرتز، برای کاوش‌های عمیق بسته به جنس لایه‌های زمین حداکثر تا حدود ۲۵۰ متراستفاده می شود که عمدتاً کاربرد زمین شناسی دارند. فرکانس های بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ مگاهرتز برای مطالعه‌ی تأسیسات شهری و باستان شناسی مورد استفاده قرار می‌گیرند و فرکانس‌های بالاتر معمولاً برای اهداف ساختمانی نظیر بررسی دقیق بتن وآسفالت کارآیی دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

اساس کار این روش، اندازه گیری زمان رفت و برگشت[۱] موج تا سطح بازتابنده [۲]است. با در دست داشتن این زمان و تخمین سرعت متوسط انتشار امواج تا سطح بازتابنده، می توان عمق آن را محاسبه نمود. دستگاه ژئورادار دارای یک فرستنده و یک گیرنده است که در فاصلهٔ کمی از یکدیگر روی سطح زمین حرکت می‌کنند. پالس‌های موج در فواصل زمانی یا مکانی مساوی از فرستنده به داخل زمین گسیل شده و توسط گیرنده دریافت می‌گردد. این اطلاعات در هر نقطهٔ برداشت بصورت یک رد [۳]، که تغییرات دامنهٔ موج نسبت به زمان رفت و برگشت را نشان می‌دهد و توسط سیستم کنترل دستگاه رقومی می‌گردد، در حافظه ذخیره می‌شود در نهایت با کنار هم قرار دادن این ردها، یک مقطع بازتابی به دست می‌آید که شکل بازتابنده ها و در حقیقت عوارض زیر سطحی را نشان می دهد و آنرا رادارگرام [۴] می نامند(Jol, ۲۰۰۸).

به طورکلی، عمق نفوذ امواج رادار در زمین با توان دوم فرکانس امواج نسبت عکس دارد، بدین معنی که با افزایش فرکانس موج، عمق نفوذ به شدت کاهش می‌یابد، زیرا فرکانس‌های بالا به سرعت در محیط جذب می شوند .از طرف دیگر هرچه فرکانس بالاتر باشد، قدرت تفکیک[۵] عوارض بیشتر می شود. بر این اساس، با افزایش عمق شناسایی عوارض زیرسطحی، بازشناسی و تفکیک نابهنجاری‌های کوچک، مشکل تر بوده و حداقل اندازه قابل شناسایی و خطای تعیین عمق افزایش می یابد(Jol, ۲۰۰۸).

در اصل انتشار امواج الکترومغناطیس بسیار تاثیر پذیر از خواص دی‌الکتریک مصالح است. بنابراین میرایی و بازتاب این امواج از این خصوصیات بسیار تاثیرپذیر است.خود بتن خواص میرایی کمی دارند با استثنا زمانی که هر گونه قطعه فلزی درون بتن باشد میرایی امواج الکترومغناطیس بسیار بالا می‌رود و این قطعات به عنوان جاذب امواج الکترومغناطیس عمل کرده و باعث ایجاد نویز یا عدم دریافت امواج بازتاب شده از محیط می‌گردد.

حساسیت و وضوح دو عبارتی اند که برای توانایی روش های تست غیرمخرب در تعیین محل ومشخصات ترک و ناپیوستگی-های مورد نظر بکار می روند. حساسیت توانایی روش برای تعیین ناپیوستگی کوچک تعریف می شود و متاثر از نسبت سیگنال به نویز می باشد. این نسبت برای مقایسه امواج با نویزهای محیطی بکارمی‌رود سطح نویزها و همچنین امواج بازتابی به پارامترهای مختلفی وابسته است که عبارتند از:فرکانس، طول موج و کارایی انتن های رادار(حساسیت عموما با افزایش فرکانس افزایش می یابد(طول موج کوتاهتر)) و نویزهای طبیعی محیط(Rhazi et al., ۲۰۰۰)

اندازه و شکل(موج داری و زبری سطح ترک) موقعیت و جهت یافتگی از پارامترهای مهم ترک می‌باشد که بر روی حساسیت روش برای شناسایی ترک‌های زیرسطحی بسیار تاثیر گذار است.

---

[۱] Two Way Time
[۲] Reflector
[۳] Trace
[۴] Radargram
[۵] Resolution

www.SID.ir

Archive of SID

وضوح سیستم راداری در رابطه با توانایی تمیز دادن بین دو بازتاب که ناشی از دو بازتاب از دو سطح نزدیک به یک دیگر می‌باشد، تعریف می‌گردد. درعمل این هدف زمانی میسر است که فاصله بین دو سطح کمتر از یک چهارم طول موج باشد بنابراین برای بالا بردن میزان وضوح نیاز به بالا بردن فرکانس امواج الکترومغناطیس می‌باشد که برای تعیین ترک در بتن باید از فرکانس‌های بالا استفاده کرد(Rhazi et al., ۲۰۰۰).

نکته مهم دیگر در مطالعات زیر سطحی عمق بررسی است امواج الکترومغناطیس بسیار به میزان آب محتوی بتن حساس‌اند بنابراین دراین مورد روش‌های لرزه ای ارجعیت دارند.اب دو اثر بر روی میرایی امواج الکترومغناطیس دارد اولین اینکه یون‌های آب بر روی قابلیت هدایت الکتریکی در حجم کلی مصالح تاثیرگذار است دوم اینکه ملکول های آب انرژی امواج بالاتر از ۱۰۰۰ مگاهرتز را جذب می‌کنند(Rhazi et al., ۲۰۰۰).

در مصالح با مقاومت بالا برای بررسی‌های تا عمق ۱۰۰ متر رنج فرکانسی ۲۰ تا ۱۰۰ مگاهرتز نیاز است در موادی مثل بتن اشباع این عمق در حدود چند متر است به عنوان مثال رادارهای با فرکانس بالا (۱۰۰۰تا ۲۰۰۰ مگاهرتز) برای پل‌های بتنی برای تعیین ترک و فضاهای خالی درون بتن و برای آسفالت و بتن برای تعیین ضخامت استفاده می‌شود. در مواد متخلخلی مثل بتن قابلیت هدایت الکتریکی با افزایش فرکانس زیاد می شود برای استفاده از این روش در سدهای بتنی که بتن اشباع می باشد باید نسبت سیگنال به نویز را افزایش داد و فیلترهای عبوری پایین ۲۵ تا ۱۰۰ مگاهرتز مورد استفاده قرار گیرد(Rhazi et al., ۲۰۰۰)

نوع هدف، محیط برداشت داده‌ها، اطلاعات جانبی و دیگر متغییرها در نوع پردازش‌ها و محدوده آنها موثر است در نتیجه چون محیط مورد مطالعه بتن بوده و دارای خواص خاصی است نیاز به تعیین فرکانس‌های مشخص و همچنین استفاده از پردازش های خاص می‌باشد. استفاده از افست صفر که در ابتدا برای برداشت امواج سطحی بکار می‌رود بدیهی بوده و برای رفع نویزها نیز از حذف بسامدهای کم از بسامدهای زیاد دریافتی باید استفاده گردد به علت وجود آب و میرایی امواج استفاده از بهره‌ها یا توابع متغیر با زمان برای تقویت سیگنال های ضعیف عمقی الزامی است و در ادامه با فیلترینگ فرکانسی و تعیین محدوده مناسب می توان به وضوح نتایج کمک گردد و پردازش پوش که مبدل امواجی سینوسی به یک تیپ خاص است باعث حذف نوسان‌ها گردیده و برای نمایش مرزهای شکستگی و ترک بسیار مناسب می‌باشد بعضی از تکنیک‌های مدولاسیون و پردازش داده‌ها مثل بهینه سازی موج یا کنولوشن و روش‌های آنالیز طیفی بسیار می‌تواند مفید باشند.

بصورت یک جمع بندی کلی در رابطه با بکارگیری روش رادار نفوذی به زمین در سدهای بتنی می‌توان گفت که برای بررسی-ها درون بتن باید از سیگنال‌های فرکانس بالا(بیش از ۱۰۰۰مگاهرتز) استفاده کرد و به دلیل وجود محیط اشباع و یک سطح آب(آب پشت سد) و همچنین قطعات فلزی درون بدنه از نسبت بالای نویز به سیگنال استفاده گردد تا سیگنال‌های دریافتی قابلیت آنالیزها و فیلترهای تحلیلی مختلف را داشته باشد با توجه به مسائل مطرح شده عمق بررسی‌های درون بتن سدهای بتنی بیش از چند متر تجاوز نخواهد کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد

- تعیین موقعیت قطعات تقویت کننده درون بتن (آرماتورها)،
- شناسایی ترک‌های بزرگ و فضای خالی درون بتن،
- ارزیابی کیفیت بتن ،
- ارزیابی پل های پیش تنیده،
- شناسایی عدم پیوستگی در کانال‌ها و مجاری بتنی با محیط اطراف و
- شناسایی نشتی از مخازن بتنی مدفون.

مزایا:

- غیرمخرب و دقیق با قدرت تفکیک زیاد،
- سهولت حمل و نقل و کاربرد،
- سریع و اقتصادی و
- توانایی ارائه تصویر سه بعدی از محل بررسی را داراست.

معایب:

- نیاز به فرکانس بالا در محیط بتن،
- محدودیت عمق بررسی با توجه به فرکانس بالا،
- میرایی زیاد امواج درون بتن اشباع،
- حساسیت بالا به قطعات جاذب و
- وجود سطح آب پشت سد که عامل جذب و میرایی بالایی در بررسی‌ها است.

۴ روش انتشار آوایی

آکوستیک به معنی تولید، انتقال و دریافت انرژی به صورت ارتعاش در ماده است. اگر اتم‌ها و مولکول‌های ماده از اوضاع طبیعی خود تغییر مکان یابند نیروی الاستیک در آن پدید می‌آید که مربوط به سختی جسم می‌باشد، و تمایل دارد جسم را به حالت اول خود بازگرداند تاثیر این نیروی الاستیک برگرداننده توام با خاصیت اینرسی دستگاه می‌باشد که با ارتعاشهای نوسانی و در نتیجه انتقال موج‌های آکوستیکی را منجر می‌شود.

صدا به عنوان یک پالس فشار در محیط دارای فشار تعریف می شود.با این تعریف برای انتشار صدا نیاز به یک محیط کشسان و با فشار می باشد.این محیط می‌تواند جامد، مایع یا گاز باشد.چگونگی انتشار صدا را می توان به روش ریاضی با استفاده از قوانین

www.SID.ir

Archive of SID

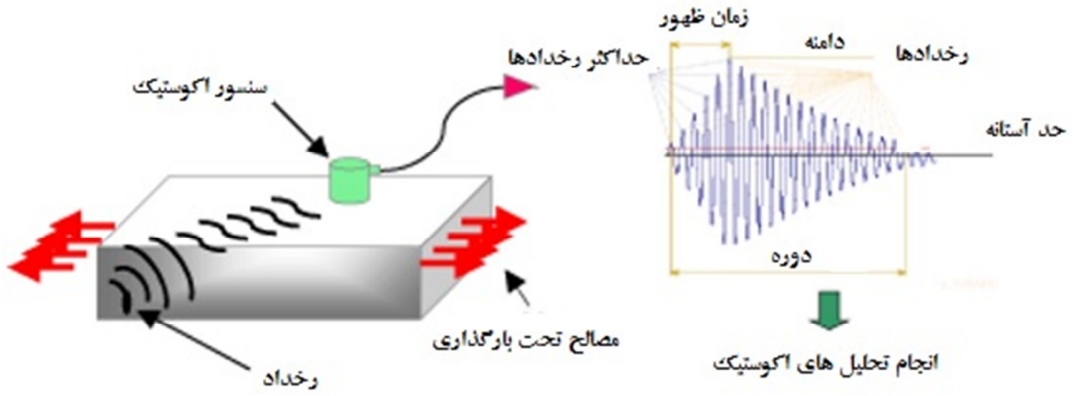
کشسانی و چگالی محیط تعیین کرد.ساختمان پالس فشار می تواند ساده و یا پیچیده باشد و میزان تکرار آن نیز متغیر باشد. صدا و انتشار آن شکلی از حرکت موجی می‌باشد.

طبق تعریف ASTM E۱۳۱۶ ، انتشار آکوستیک دسته ای از پدیده های گذرا هستند که به موجب آن امواج الاستیک با انتشار سریع انرژی از منابع محلی در درون یک ماده تولید شده است.در اکثر آزمایش های غیر مخرب انتشار آکوستیک در محدوده ۱۰کیلوهرتز تا ۱ مگاهرتز وارسی می شود(Chotickai, ۲۰۰۱).

۴.۱ مبانی آزمایش انتشار آوایی

آزمایش انتشار آوایی یک تکنیک غیر فعال است که پالسهای فراصوتی منتشر شده به وسیله منابع مختلف درون ماده را در لحظه وقوع آن تحلیل می‌کند و تفاوت اصلی آن با روشهایی مانند التراسونیک، الکترومغناطیسی و پرتونگاری نیز همین مطلب است. در حالی که در این روش‌ها برای به دست آوردن اطلاعات راجع به مصالح مورد نظر نیاز به اعمال انرژی خارجی است، در روش انتشارآوایی انرژی آزاد شده از ماده مورد نظر برای آنالیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. این امواج می‌توانند بر اثر پدیده‌های مختلفی که در طبیعت وجود دارد مانند زلزله و یا مکانیزم‌های درون مواد مانند ایجاد و رشد ترک، حرکت نابجایی‌ها، لغزش صفحات، ایجاد دوقلویی، لغزش مرز دانه، شکست و جداشدن ناخالصی‌ها در زمینه‌های کامپوزیتی، اصطکاک (برای مثال در یاتاقانهای چرخشی)، تشکیل مذاب و انجماد مواد، تغییر فازهای جامد- جامد، هرگونه نشت و ... بوجود آیند.

اساس روش آزمون انتشار آوایی به این صورت است. که اول باید امواج از منابع انتشار آکوستیک مانند عیوب ساختاری، ترکها و غیره نشر شود. عامل فعال شدن منابع امواج آکوستیک در مواد، نیروی اعمالی به قطعه می‌باشد. این نیرو سبب ایجاد و یا رشد عیوب در مواد می‌شود. با رشد عیوب نیروی اعمالی به صورت امواج الاستیک در ماده آزاد می‌شود. این امواج پس از برخورد با سنسورها، توسط این ابزار ردیابی می‌شوند. خروجی سنسورها، سیگنالهای الکتریکی می‌باشند که به وسیله کامپیوتر دستگاه اصلی مورد پردازش و آنالیز قرار می‌گیرند.درک ویژگی های امواج آکوستیک بسیار مهم می باشد مخصوصاً برای جدا سازی اطلاعات نا خواسته موجود بسیار مهم و ضروری می باشد(Nair & Cai, ۲۰۱۰)



www.SID.ir

Archive of SID

شکل۱. نحوه انجام آزمایش انتشار آوایی

۴.۲ ارزیابی فعالیت های اکوستیک

داده‌های حاصل از برداشت‌های آکوستیکی به دو روش کمی و کیفی تجزیه و تحلیل می گردند (Kencanawati & Shigeishi, ۲۰۱۱).با توجه به پیچیدگی و برای تجزیه و تحلیل شکل موج انتشار اکوستیک بهتر است از یک مفهوم نسبی و از یک اندازه گیری کیفی به جای تجزیه و تحلیل کمی استفاده کرد(Eberhardt et al, ۱۹۹۷)

(Hardy H.Reginland, ۲۰۰۳).

به طور کلی می توان در دو حالت وابسته به زمان و وابسته به فرکانس این تحلیل ها را انجام داد. در حالت تجزیه و تحلیل به روش وابستگی زمانی از پارامترهای تعداد رویداد، دامنه سیگنال، انرژی سیگنال و توزیع دامنه استفاده می شود. در روش تحلیل فرکانس سیستم ثبت انتقال سیگنال به تجزیه و تحلیل بسامد سیگنال می‌پردازد(Eberhardt et al., ۱۹۹۷)

اندازه گیری نرخ رویدادها یکی از آسان‌ترین و کاربردی‌ترین آنالیز داده‌های آکوستیک است فعالیت‌های آکوستیک ممکن است به وسیله مجموع انرژی انتشار آوایی یا شمارش رویداد ها تعیین گردد.افزایش شمارش رویداد ها یا میزان انرژی رویدادها نشان دهنده بحرانی شدن شرایط کلی سازه و در آستانه شکست قرار گرفتن بتن می‌باشد و با استفاده از پارامترهای سیگنال می-توان محل دقیق رخداد را با استفاده از تعداد سنسور مناسب بدست آورد.

تعیین تعداد سنسور بستگی به بزرگی محیط بررسی و پارامترهای محیطی دارد و با انجام تست توسط منابع معلوم، خواص لرزه-ای محیط تعیین می‌گردد. نویز گیری امواج محیطی یکی از عملیات مهم در بررسی‌ها انتشار آوایی است، استفاده از سنسورهای اضافی می‌تواند این امر را تسهیل کند و نویز های محیطی را قابل تشخیص، شناسایی و رفع نماید.نتایج اولیه داده‌های آکوستیک نیاز به یک حجم بالای محاسبات ریاضی برای ارائه نتایج عددی می‌باشد و در ادامه بررسی‌ها و آنالیز های زیادی بر روی سیگنال‌ها، تعداد و همچنین موقعیت دریافت سیگنال‌ها به صورت مجزا انجام می‌گیرد. این روش حساسیت و کاربرد بالای در مانیتورینگ ترک خوردگی‌ها و رشد آن دارا است(Eberhardt et al., ۱۹۹۷).

کاربرد:

- یافتن محل ترک در سازه های بزرگ
- بررسی رفتار بتن های تقویت شده
- بررسی رفتار در حین خشک شدن، زهکشی و هیراسیون بتن
- با استفاده از اثر کایزر میتوان تنش قبلی در بتن و سازه را با مغزه گیری بدست اورد
- پیش بینی شکست خستگی
- تعیین مود شکست

www.SID.ir

Archive of SID

- از دیگر کاربرد ها در مخازن لوله ها کانال ها و همچنین سد های بتنی و سازه های بتنی استفاده گردیده است.

مزایا:

- محدوده بررسی در این روش گسترده می باشد و زمان محل و بزرگی رخدادها را به صورت مستقیم بررسی می‌نماید،
- با توجه به میزان شدت موج میزان رشد ترک و با استفاده از تعداد سنسور مناسب می‌توان محل دقیق ترک را تعیین کرد،
- حساسیت بالایی دارد،یک سیستم نظارت مداوم و پیوسته می‌باشد و برای اعلام هشدار در مواقع شکست مناسب می-باشد،
- دارای قابلیت برای اتوماسیون می باشد توانایی کنترل از راه دور دارند و با ابزاری مثل GPS کاملا هماهنگ می‌باشد و می توان داده ها را با کمک آن انتقال داد، ابزار مورد استفاده در این روش بسیار توسعه یافته‌اند و دقیق و کوچک و قابل حمل و چند کاناله بوده و
- ترک و ناپیوستگی‌های دور از سنسورها را می‌توان بدون آسیب به سنسور ها تعیین کرد

معایب:

- تعداد نشر امواج صوتی به نحوه بارگذاری بر روی سیستم وابسته بوده و شناسایی در زمان انتشار امواج انجام شده،
- تعیین اندازه ناپیوستگی کار مشکل و نیاز به داده‌های زیادی دارد،
- نویزهای محیطی و نامناسب در تحلیل باید با استفاده از تصحیحهای آنالیزهای مختلف باید شناسایی و رفع گردد.

۵ نتیجه گیری:

با توجه به مطالب ذکر شده روش رادار توانایی بررسی مداوم ترک و رشد آنی آن را ندارد و این موضوع توسط روش انتشار آوایی به خوبی بررسی می‌گردد اما روش انتشار آوایی برای مکان‌یابی ابتدایی ترک‌های استاتیک توانایی لازم را ندارد و به دلیل بزرگی اغلب سازه‌های بتنی رفتارنگاری کل سازه با این روش امکان پذیر نیست و برای این منظور استفاده از روش رادار برای مکان‌یابی اولیه برای محدود کردن تمرکز برای اجرای روش انتشار آوایی بسیار مفید و کاربردی است در نتیجه ترکیب استفاده از این روش ها برای بررسی های جامع و کلی ترک های زیر سطحی کلیه سازه های بتنی به منظور مانیتورینگ سازه میتواند بسیار مفید و کاربردی باشد.

۶ مراجع:

حسینی, ن., راستی, وزین رام,(۱۳۸۲) ***کنترل پایداری سدهای بتنی***.دانشگاه صنعت آب و برق.

Bodare, A. (۲۰۰۵). ***Non Destructive Test Methods Of Stone And Rock*** (pp. ۱–۳۲).

www.SID.ir

Archive of SID

Chotickai, P. (۲۰۰۱). ***Acoustic emission monitoring of prestressed bridge girders with premature concrete deterioration***. University of Texas at Austin.

Eberhardt, E., Stead, D., Stimpson, B., & Read, R. S. (۱۹۹۷). Changes in acoustic event properties with progressive fracture damage. ***International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences***, ۳٤(۳), ۷۱–e۱.

Hardy H.Reginland. (۲۰۰۳). ***Acoustic emission/microseismic activity****: volume ۱: principles, techniques and geotechnical applications* (Vol. ۱). Taylor & Francis.

Hons, D. B., & Ceng, M. (۲۰۰٤). ***Novel mobile and portable methods for detecting rock failure Prepared by Rock Mechanics Technology***.

Jol, H. M. (۲۰۰۸). ***Ground penetrating radar theory and applications***. elsevier.

Kencanawati, N. N., & Shigeishi, M. (۲۰۱۱). Acoustic emission sources of breakdown failure due to pulsed-electric discharge in concrete. ***Construction and Building Materials***, ۲٥(٤), ۱٦۹۱–۱٦۹۸.

Long, J. C. S. (۱۹۹٦). ***Rock fractures and fluid flow****: contemporary understanding and applications*. National Academies Press.

Nair, A., & Cai, C. S. (۲۰۱۰). Acoustic emission monitoring of bridges: Review and case studies. ***Engineering Structures***, ۳۲(٦), ۱۷۰٤–۱۷۱٤.

Rhazi, J., Dous, O., & Kaveh, S. (۲۰۰۰). Detection of Fractures in Concrete by GPR Technique. ***۱٦th World Conference on NDT*** ۲۰۰٤, ۱–٥.

Uomoto, T. (۲۰۰۰). ***Non-destructive testing in civil engineering*** ۲۰۰۰. Elsevier.

www.SID.ir

Archive of SID

Compare and Feasibility Study of Acoustic Emission and GPR Techniques for Crack Propagation in Concrete Arch Dams

Mohammad Hossein Arabnejad[۱], Morteza Ahmadi[۲]
[۱] *Graduate Student of Rock Mechanics, Tarbiyat Modares University, Arabnejad.m.h@gmail.com*
[۲] *Faculty member of Rock mechanics at the Tarbiyat Modares University, moahmadi@modares.ac.ir*

Abstract
Cracking in concrete structures have different kinds and reasons. The most important factor in reducing the useful life of concrete dam is water leak and its reason is a cracking and crack propagation in the fuselage. Many different methods exist for investigation of crack and propagation in concrete arch dams. They have variety mechanisms and theory that have different advantage and disadvantage. In this paper we study both methods GPR and acoustic emission that have different mechanisms for subsurface review and trying to discuss the advantages and disadvantages, and environmental limitations to perform the methods in concrete dams and a series of action recommendation in this regard be considered. Finally according to the requirements of construction concrete dams such as cooling tubes and electro-magnetic wave's metal absorber, the seismic methods are preferred in the dam. Acoustic emission due to have special advantages about crack propagation investigation can be suitable method to investigation ongoing dams and the monitoring of dams are being exploited.

Key words: GPR, Acoustic Emission, Crack Propagation, concrete arch dam, subsurface cracks

www.SID.ir