

کاربرد حفاظت کاتدی در ساختمان های اسکلت فلزی

توماج چمنی¹، فروغ طرفی²، شهاب طرفی³، ناصر الهی⁴، جمشید سلحشور⁵

۱-۲- دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی عمران مدیریت ساخت و پروژه واحد شوشتر

3- دانشجوی کارشناسی عمران - عمران دانشگاه دولتی ایلام

4- دکتری مدیریت ایمنی صنعتی و استادیار دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

5- دکتری هیدرولیک و استاد دانشگاه آزاد شوشتر

ToumajChamani@ yahoo.com

Forough.Torfi@yahoo.com

Torfeeshahab@yahoo.com

چکیده:

خوردگی در سازه های فلزی از اوایل قرن بیستم سبب صدمات جدی به یکپارچگی و ظاهر بسیاری از سازه های مهم تاریخی شده است. تکنولوژی های تعمیرات متداول، گران و مشکل زا هستند و ممکن است موجب شوند تا سازه های حساس به چیزی بیشتر از بازسازی های مدرن تبدیل شوند. علاوه بر این، روش های تعمیر سنتی لزوما سبب افزایش عمر کافی سازه نمی شوند. حفاظت کاتدی می تواند به عنوان اولین راهکار مهندسی برای حل مشکلات مربوط به خوردگی آلیاژ آهنی دیده شود. پیشرفت های اخیر در طراحی و کنترل آند و نظارت بر سخت افزار، این تکنیک را برای استفاده در سازه های اسکلت فلزی به روشی که هم از نظر تجاری و هم از نظر حفاظتی قابل قبول باشد مناسب ساخته است.

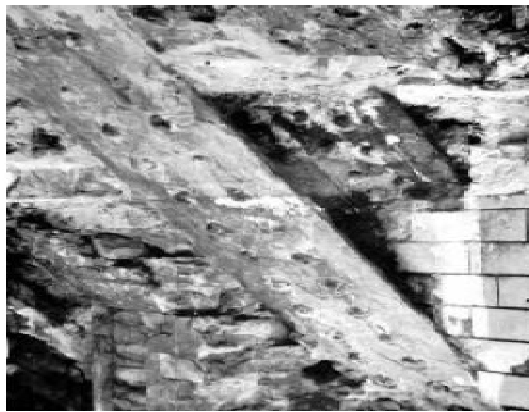
حفاظت کاتدی یک ابزاری است در خدمت بشر، برای آن که بتواند از خسارت ناشی از خوردگی تأسیسات و سازه های فلزی بکاهد، خسارتی که هر چند از دیرباز با آدمی عجین شده است، ولی می توان گفت زائیده تکنولوژی و گسترش روز افزون مدرنیته در جوامع بشری است، که خوردگی یا همان زوال و انهدام فلز در اثر ترکیب شیمیایی با محیط اطراف، بیش از پیش رخ می نمایاند. حفاظت کاتدی که کاربردی ترین ابزار در پیشگیری از خوردگی سازه های مدفون در صنایع نفت و گاز، پتروشیمی، آب و فاضلاب و نیروگاهی است، سازه را در پیل خوردگی به کاتد تبدیل می نماید؛ عموماً از دو روش کاربردی برای حفاظت بهره می برند: سیستم حفاظتی گالوانیکی با کمک آند های فنا شونده که از لحاظ الکتروشیمیایی الکترون گاتیوتر از سازه ای است که بناسط حفاظت شود، روش دیگر استفاده از تزریق جریانی است، که انرژی سازه ای را که بناسط حفاظت شود را از یک منبع DC تغذیه می نمایند. این مقاله به بررسی عملی بودن حفاظت کاتدی ساختمان های اسکلت فلزی پرداخته است.

واژه‌های کلیدی: اسکلت فلزی، خوردگی، حفاظت کاتدی، آند

مقدمه:

ساخت سازه های فلزی، که در ابتدا در شیکاگو و متعاقباً در بیشتر شهرهای عمده غربی در دو دهه نخست قرن بیستم مورد استفاده قرار گرفت، سبب پیامدهایی جدی از نظر قابلیت سرویس دهی، ایمنی و اصول زیباشناختی شد. در عمده ترین نمونه، شناسایی "بیماری خیابان Regent" در بریتانیا در اواخر دهه 1970 برای اولین بار مشکلات خوردگی سازه های فلزی را به طور جدی عیان نمود. بسیاری از سازه های بزرگ، شاخص، و اغلب حفاظت شده در مراکز بسیاری از شهرها تحت تاثیر قرار گرفتند (Gibbs ۲۰۰1). با اینکه مشکل "مدرن" خوردگی سازه های فلزی به کمتر از 25 سال پیش باز می گردد، ولی این مشکل اساساً 64 سال پیش رخ داد و شناسایی شد، در سال 1947 دپارتمان تحقیقات علمی و صنعتی گزارش داد: "یک حالت جالب خوردگی در یک ساختمان فلزی با همکاری لابراتوار تحقیقات شیمی مورد تحقیق قرار گرفت. خوردگی وسیع در بخش فولادی سبب ترک خوردگی در دیوارهای بیرونی شده بود. عکس نشان داده شده در شکل 1، یک لایه زنگ با ضخامت تا نیم اینچ را روی یک عضو خرپا نشان می دهد. این اسکلت در ساختار آجری در یک ملات لعاب سیاه قرار داده شد، و با آجر لعاب داده شده یا سنگ پورتلند پوشانده شد. در نهایت نتیجه گیری شد که خوردگی بخش فولادی ابتدا به خاطر نقایص در طراحی بوده که به آب امکان دسترسی به فولاد را داده بود، که احتمالاً با استفاده از یک ملات لعابی، با وجود نمکهای قابل حل در آجر، و با رنگ آمیزی نامناسب فولاد تشدید شده بود."

مشکلات مشاهده شده بخشی از الگوی پوسیدگی را تشکیل می دهند که تنها در چند سال اخیر رسماً شناسایی شده است و چیزی است که انتظار می رود در دهه آینده نمایان تر شود.



شکل 1- اسکلت فلزی در اوائل قرن بیستم که، همانطور که در سال 1947 گزارش شده، نشان از خوردگی دارد.

حفاظت کاتدی، که در ابتدا توسط Humphry Davy که رییس انجمن سلطنتی بود توسعه داده شد و بعدها به طور گسترده ای در سازه های خاکی و آبی مورد استفاده قرار گرفت، ابتدا برای بتن مسلح در اواخر دهه 1950 مورد استفاده قرار گرفت. این حفاظت پس از توسعه سیستم های آندی بهبود یافته در اوائل دهه 1980 به یک راهکار تجاری جدی تبدیل شد. انتقال به سازه های فولادی تا حدودی کندتر پیش رفت و در سال 1997 بود که نخستین سازه قابل ملاحظه توسط چنین سیستمی مورد حفاظت قرار گرفت .

متن مقاله:

خوردگی فولاد

فولاد در حضور رطوبت و اکسیژن زنگ می زند. نرخ و طبیعت این پروسه به ترکیب آلیاژ، فاکتورهای محیطی، طراحی ها، و طبیعت حفاظت اضافی بستگی دارد؛ ولی به طور متوسط، در بریتانیا هر 90 ثانیه 1 تن فولاد در نتیجه خوردگی از دست می رود.

پروسه خوردگی در ساده ترین شکلش می تواند در یک الکترولیت آبی با حضور دو فلز نامشابه نشان داده شود که به یکدیگر وصل شده اند تا الکترون ها بتوانند از آند به کاتد انتقال یابند. در واقع، وقتی یک فلز دچار خوردگی می شود، نواحی آندی و کاتدی می توانند در یک سطح واحد در تماس با محیط آبی مهاجم شکل بگیرند. در نتیجه، خوردگی می تواند در قسمت های وسیعی از روی سطح فلز رخ دهد. یون های فلزی حل نشده با یون های هیدروکسی واکنش نشان می دهند تا محصولات خوردگی شکل بگیرند (Lambert 2001).

رطوبت نسبی تأثیری عمیق بر نرخ خوردگی فولاد دارد. یک سطح بحرانی وجود دارد که پایین تر از آن خوردگی رخ نمی دهد، و اغلب در سطوح دوم و سوم و بالاتر از آن است که خوردگی به طور قابل توجهی رخ می دهد. در مورد فولاد، خوردگی در نرخ کندی در حدود 60% RH آغاز می شود، این نرخ به 75 تا 80% RH افزایش می یابد و به 90% هم می رسد. آلودگی محیط به کاهش رطوبت نسبی تمایل دارد که در آن خوردگی آغاز می شود به عنوان مثال: وجود نمک (Vernon 1935).

خوردگی اسکلت فلزی

یک الگوی آسیب حاصل از خوردگی اکنون در سازه های فلزی مشاهده می شود، به ویژه آنهایی که پیش از دهه 1930 ساخته شده اند (Jones et al. 1999). مکانیسم آسیب همان طور که در شکل 3 تشریح شده است به صورت زیر می تواند خلاصه شود:

- باید اسکلت فلزی در برابر میل طبیعی اش به سمت خوردگی محافظت شود (یعنی از طریق یک واکنش الکتروشیمیایی در حضور رطوبت و اکسیژن به شرایط پایدارتری باز گردد).

در زمان ساخت، حفاظت معمولاً شامل چیزی بیشتر از عمل آوری بتن یا اندود قیری نازک است که پس از آن روکش دهی جزئی در بتن و ملات انجام شود. با اینکه پوشش بتنی می تواند، هم به عنوان یک مانع فیزیکی و شیمیایی، حفاظت بلندمدت عالی برای فولاد فراهم آورد، ولی پوشش اصلی نمی تواند برای ممانعت از خوردگی در حضور سطوح بالای رطوبت اعمال شده کافی باشد.

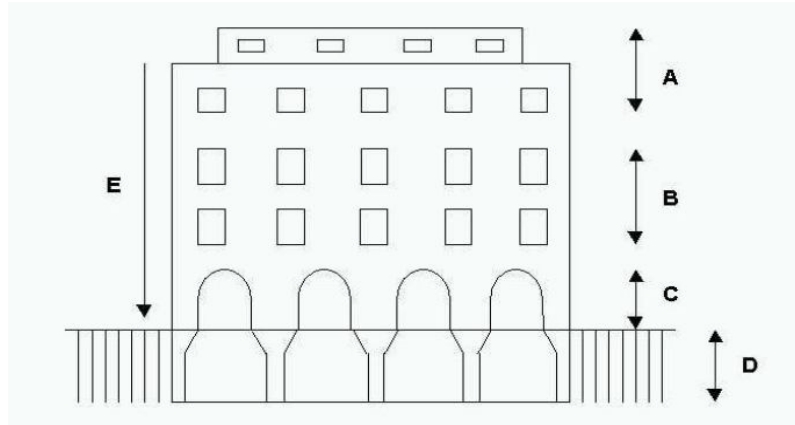
- فروپاشی تدریجی اتصالات، بندکشی و درزپوشی به طور فزاینده ای امکان ورود آب را فراهم می آورد. با افزایش مواد حاصل از خوردگی، روکش آجری یا سنگی ممکن است از محل خود جدا شود که باز شدن بیشتر بندها و ترک خوردگی ها و نتیجتاً امکان نفوذ بیشتر آب را فراهم می آورد. در نتیجه نرخ تخریب تمایل به شتاب گرفتن خواهد داشت.

جابجایی ناشی از انبساط و انقباض که باز شدن بندها را تشدید می کنند نیز به شتاب گرفتن آسیب منجر خواهند شد، که عموماً در گوشه های سازه هایی که در معرض آب قرار دارند مشاهده می شود.

نرخ آسیب وارد شدن به روکش با چند فاکتور مشخص می شود:

- زمانی که در آن خوردگی آغاز می شود - که وابستگی زیادی به مکان و سطح نگهداری قبلی دارد.
- نرخ پیشرفت خوردگی - که عمدتاً به وجود رطوبت و اکسیژن بستگی دارد.
- خصوصیات تماس بین فولاد در معرض خوردگی و روکش - فاصله های بین فولاد و روکش می تواند موجب خوردگی زیادی شود، بدون آنکه آسیب حاصل از آن قابل رویت باشد.

در جایی که فولاد با یک فاصله احاطه شده است، ریسک جایگزینی پوشش بنا به طور قابل توجهی کاهش می یابد، هرچند احتمال افت قابل توجه مقطع خیلی بیشتر می باشد، به ویژه در سطوح بالاتر ساختمان ها که شرایط قرار گرفتن در معرض عوامل مخرب به مراتب شدیدتر است. در واقع موقعیت و شدت آسیب به یک ساختمان اغلب می تواند، آن گونه که در شکل 2 نشان داده شده است، در پیروی از یک الگوی خاص دیده شود.



شکل 2- الگوی معمول توزیع آسیب

ناحیه A: سطوح بالایی، شامل پنت هاوس.

آسیب دیدگی در این موقعیت اغلب در شدیدترین حالت است، که با پوشش نامناسب بام و محافظها در برابر آب باران تشدید می شود. سطوح بالایی چنین ساختمان هایی اغلب با ظرافت تزئین می شود و با توجه به اینکه خطر افتادن و جابجایی مصالح بسیار زیاد است به شدت تحت مراقبت قرار می گیرند. جابجایی و تثبیت مواد آسیب دیده ممکن است در چنین نواحی مورد نیاز باشد.

ناحیه B: سطوح میانی.

در بخش های میانی سازه های فولادی اغلب تنها سطوح متوسطی از خوردگی دیده می شود. در صورتی که به خوردگی در اینجا توجه نشود نهایتا به مرحله ای خواهد رسید که شکستن پوشش بنایی رخ می دهد.

ناحیه C: سطح زمین.

به طور کلی، سطوح زمین یا آسیب نمی بینند یا آسیب دیدگی آنها جدی نیست. چنین نواحی علاوه بر اینکه بیشتر پوشیده هستند، بالاترین سطوح نگهداری مداوم در موردشان اعمال می شود و مشکلات به سرعت و سهولت شناسایی و رفع می شوند. مصالح بنایی موجود در سطح زمین نیز سنگین تر هستند و کیفیت ساخت بالاتری دارند که این نیز بدون تردید در کاهش خطر آسیب دیدگی تاثیر دارد.

ناحیه D: زیر زمین.

سطح آسیب مرتبط با زمین اغلب ممکن است بسیار بالا باشد. این ممکن است به خاطر چند فاکتور از جمله مخزن سازی نامناسب که منجر به نفوذ آب زمین می شود و نزدیکی به پیاده روها و جاده هایی که یخ آنها آب شده است باشد. آسیب مرتبط با نشت آب باران و سایر لوله های انتقال آب باران نیز در سطح زیرزمین متمرکز است.

ناحیه E: گوشه ای که در معرض عوامل خوردگی قرار دارد.

همه ترک خوردگی های در ساختمان های اسکلت فلزی به دلیل خوردگی به وجود نمی آیند، هر چند خوردگی در پیشرفت آنها نقش قابل توجهی دارد. جابجایی ناشی از انقباض و انقباض می تواند باعث باز شدن بندها و فراهم شدن امکان آغاز و پیشروی خوردگی شوند. نمای بیرونی که در معرض خورشید و باران توام با باد غالب قرار دارد آسیب بیشتری را متحمل خواهد شد. گوشه ها و کناره ها، فارغ از این که در چه جهتی باشد، عموما بیش از نمای میانی در معرض آسیب خواهند بود. در جایی که گوشه های ساختمان دچار ترک خوردگی ناشی از انقباض و انقباض و خوردگی مربوطه شده باشند ممکن است تعمیر قابل ملاحظه ای مورد نیاز باشد.

اطلاع از چنین الگویی برای صدمات می تواند وقتی ارزشمند باشد که به توسعه نظارت بر ساختمان های فولادی و به خصوص، کمک به انجام هرگونه بررسی عمیقی درباره چنین سازه هایی، کمک کند. الگوی تشریح شده در بالا عموما بر مبنای تجربه حاصله از بریتانیاست و بنابراین به طور تدریجی به سازه هایی با کمتر از 10 طبقه که در معرض دمای محیط هستند بستگی دارد.

جدول 1- گزینه های تعمیر برای خوردگی اسکلت فلزی

ملاحظات	توضیحات	رویکرد
چنین رویکردی برای آن قسمت هایی مناسب	تعمیرات حداقلی را انجام دهید و تخریب مداوم	بدون انجام کار/نظارت

<p>است که پتانسیل لازم برای خوردگی را دارند ولی در حال حاضر خیلی درگیر خوردگی نیستند، مثلاً نواحی C یا D در شکل 4.</p>	<p>را تا جایی که به اقدام بیشتری نیاز باشد انجام دهید. این می تواند شامل استفاده از سنسورهای تعبیه شده باشد.</p>	
<p>بازسازی موثرین راهکار بلندمدت است ولی سبب بروز وقفه شده و گران تمام می شود. به طور مثال مناسب برای ناحیه A است.</p>	<p>آن نواحی فولادی که دچار افت قابل توجه مقطع شده اند و نواحی که خوردگی وسیع منجر به اختلال در بافت ساختمان مجاور شده است را تعمیر کنید.</p>	<p>تعمیر معمول</p>
<p>زیر نظر گرفتن خوردگی به منظور کسب اطمینان از کارایی بازدارنده توصیه می شود و استفاده مجدد از آن در فواصل 5 تا 10 ساله پیش بینی می شود. مناسب ترین روش برای ناحیه C است.</p>	<p>بازدارنده ها، که معمولاً بر مبنای آمینو الکلها ساخته می شوند، قابل اعمال به سطوح در معرض خوردگی، تزریق شده، دفن شده به عنوان ساینده کننده (emitter)، یا افزوده شده به حفره ها برای کنترل خوردگی قاب فولادی می باشند</p>	<p>بازدارنده خوردگی</p>
<p>نظارت مداوم و تنظیمات، مورد نیاز می باشد. اولین زمان نگهداری با برداشتن آندها تعیین می شود که باید حداقل 25 سال خدماتدهی کنند. برای نواحی B، C و D مناسب می باشد.</p>	<p>اسکلت فلزی با استفاده از یک جریان اندک با ولتاژ پایین مورد حفاظت قرار می گیرد. این جریان توسط آندهای جای داده شده در ملات بین روکش و چارچوب فولادی یا بین بندها در مصالح سنگی تامین می شود.</p>	<p>حفاظت کاتدی</p>

مشخص شده است که تغییرات در ارتفاع ساختمان، محیط و روشهای محلی ساخت و ساز بر این الگوی اولیه تاثیر می گذارند و باید در هنگام بازرسی و توسعه، راهکارهای تعمیراتی در نظر گرفته شوند.

حفاظت کاتدی

اگرچه اثرات مفید حفاظت کاتدی از اواسط قرن هجدهم مورد شناسایی قرار گرفته بود، ولی در نیمه دوم این قرن بود که این تکنیک به طور جدی، عمدتاً در حفاظت از خطوط لوله، کشتیها و سازه های نفتی، به کار گرفته شد. اخیراً این تکنولوژی مورد بازبینی قرار گرفته و برای حفاظت از فولاد ساختمانی، به ویژه فولادی که در بتن جاسازی می شود، به کار گرفته شده است، ولی به همین میزان برای سایر عناصر فولادی که با ملات، گچ، یا سنگ پوشش داده شده اند مناسب می باشد.

سیستم های به کار گرفته شده برای سازه های فولادی از تجربه مداوم به دست آمده در حفاظت کاتدی بتن تقویت شده توسعه داده شده اند (Chess 1998). خوردگی فولاد، به عنوان یک پروسه الکتروشیمیایی، سبب پدید آمدن قسمت های آندی و کاتدی در سطح فولادی می شود. تحت شرایط جوی معمول فلز در بخش های آندی حل می شود ولی نواحی کاتدی تاثیر نمی پذیرند. با اعمال جریان اندک، که منشاء بیرونی دارد، به فولاد امکان کاتدی کردن تمام فولاد، و در نتیجه، عدم خوردگی وجود دارد.

جریان اعمالی که در بیرون تولید شده است می تواند توسط ماده ای تولید شود که مقدم بر فولاد دچار خوردگی می شود - یک آند "فداشونده" مانند سیلیکون آبیرون، یا تامین نیرو توسط یک منبع فشار ضعیف DC از طریق یک ماده خنثای موثر به منظور فراهم آوردن یک جریان موثر برای فولاد.

سیستم های جریان موثر با کاربرد یک جریان مستقیم از طریق یک بی اثر یا آند خنثای موثر به حرکت در می آیند. اختلاف پتانسیل با افزایش جریان اعمال شده، که عموماً با استفاده از یک ترانس رکتیفایر/یکسوکننده به منظور تامین جریان مستقیم تغذیه می شود، کاهش داده می شود. به طور ایده آل، این پتانسیل باید تا سطحی کاهش یابد که خوردگی از نظر ترمودینامیک امکانپذیر نباشد، ولی هرگونه کاهش در پتانسیل منجر به کاهش در نرخ خوردگی خواهد شد. حفاظت کاتدی را می توان در همه سازه هایی که فولاد در تماس مداوم با پوشش بتنی یا ملاتی است مورد استفاده قرار داد که محلول آبیرونی آن به عنوان یک الکترولیت عمل می کند. اگر فولاد در تماس مداوم نباشد، مکان های آندی و کاتدی محلی ممکن است تحت تاثیر

جریان موثر توسعه یابند که منجر به خوردگی جریانهای سرگردان می شود. در جایی که ناپیوستگی الکتریکی یافت شود یا امکان آن وجود داشته باشد، پیوند یا اتصال توسط کابل قابل تامین است تا تداوم کامل الکتریکی تضمین گردد. یونهای هیدروکسی که در کاتد تولید شده اند، که خاصیت قلیایی را افزایش می دهد. امکان اندکی وجود دارد که این افزایش خاصیت قلیایی سبب واکنش سنگدانه-قلیا در سنگدانه های حساس شود، هرچند این اثر در هیچ یک از سازه های حفاظت شده گزارش نشده است. اگر پتانسیل برای الکترولیز آب (الکترولیت) مناسب باشد گاز هیدروژن می تواند تولید شود. از این رو پتانسیل فولاد/بتن باید به دقت ذکر گردد. تکامل هیدروژن می تواند سبب شکنندگی فولاد بسیار فشرده شود. به این منظور، سازه های بتنی پیش تنیده یا پس تنیده عموماً در بریتانیا با حفاظت کاتدی مورد حفاظت قرار نمی گیرند، هرچند حفاظت کاتدی سازه های پیش تنیده در ایتالیا به اجرا در می آید. سیستم های حفاظت کاتدی جریان موثر نیاز به نظارت منظم دارند زیرا ممکن است جریان مورد نیاز سیستم بر اساس فاکتورهای بسیاری از جمله تغییرات در مقاومت بتن به خاطر تغییرات در میزان رطوبت، و تغییرات در محیط اطراف قسمت تقویت کننده (در نتیجه جریان اعمال شده و غیره) تغییر یابد. سیستم های حفاظت کاتدی باید به دقت طراحی شوند و فاکتورهای متفاوت بسیاری باید در نظر گرفته شوند، همچون خشونت محیط، ناحیه ای از فولاد که باید تحت حفاظت قرار گیرد، مقاومت مواد احاطه کننده، موقعیت هر یک از اشیاء فلزی خارجی که می تواند تحت تاثیر سیستم قرار گیرد، و نوع آند مورد استفاده شده.

طراحی

طراحی حفاظت کاتدی متداول بر مبنای ناحیه محاسباتی فولاد تحت حفاظت و انتخاب یک چگالی جریان مناسب است. سپس یک سیستم آندی مناسب می تواند بر مبنای برخی ملاحظات مکانی همچون دسترسی، محیط، و میزان جریان مورد نیاز قابل انتخاب باشد. یک نکته اولیه مهم در طراحی حفاظت کاتدی برای سازه های فولادی، اجتناب از اختلال آن در نمای بیرونی سازه است. سیستم های آندی بر مبنای این معیارها انتخاب می شوند. دستیابی به توزیع جریان مناسب ملاحظه مهم بعدی است. به خاطر طبیعت متغیر ماده پرکننده، اغلب بهتر است یک نصب آزمایشی روی بخش کوچکی از سازه، که معمولاً شامل طول تیر و ستون می باشد، انجام شود.

انتخاب سیستمهای آند

سه سیستم پایه برای حفاظت کاتدی سازه هایی از این دست وجود دارند: آندهای مجزا بر مبنای سرامیک اکسید تیتانیوم یا تیتانیوم و آندهای روبان تیتانیوم توسعه داده شده. در جایی که فلز تیتانیوم به کار گرفته می شود، سطح باید با ترکیبی از اکسیدهای فلزی پوشش داده شود تا از آندی کردن تیتانیوم جلوگیری شود. آندهای مجزا معمولاً بسیار کوچکتر از آن هایی هستند که در بتن تقویت شده مورد استفاده قرار گیرند تا به این ترتیب تاثیر منفی زیباشناختی تجهیزات کاهش یافته و حتی الامکان توزیع جریان بهتری فراهم گردد. آندهای روبان سالهاست که در سیستم های حفاظت کاتدی برای بتن تقویت شده چه در ترکیب با سایر مواد و چه به تنهایی مورد استفاده قرار گرفته اند (Atkins and Davies ۲۰۰۱). بیشتر سیستم های حفاظت کاتدی نصب شده در ساختمان های اسکلت فلزی تاکنون بر مبنای آندهای جداگانه بوده اند. این به خاطر سهولت نصب و انطباق پذیری چنین سیستمی است. با این حال، در صورتی که امکان دسترسی به نوارهای پیوسته ملات فراهم باشد، آندهای روبان گزینه مناسبی خواهند بود. به عنوان مثال، اگر قسمت خالی مناسبی در سازه وجود داشته باشد که امکان دسترسی مستقیم به قسمت های میانی را فراهم آورد، یا بخش های بزرگی از اسکلت در معرض عوامل خوردگی قرار داشته باشند و در جریان فرایند تعمیر مجدداً با ملات پر شوند، آندهای روبان قابل استفاده خواهند بود.

سیستم سوم استفاده از آند سیلیکون آیرون است. بر اساس تحقیقات انجام شده این آند در ساختمان های اسکلت فلزی مورد استفاده قرار نرفته است. طریقه نصب این آند به شرح زیر است.

نصب

فرایند نصب برای هر دو سیستم نسبتاً سراسر است و لزوماً به حضور یک تعمیرکار متخصص نیاز ندارد. اگر سیستم در بیرون سازه نصب شود، بخش عمده کار شامل ایجاد شیارهای باریک برای کابل کشی و ایجاد سوراخ هایی با قطر کم برای آندها و دستگاه های نظارتی خواهد بود. فرایند نصب برای آند سیلیکون آیرون به این صورت است که، کابل های متصل به آند های فرو رفته در چاه وارد باند باکس می شود. این کابل ها در باند باکس، به یک کابل تبدیل شده و از خروجی باند باکس به داخل ترانس رکتیفایر وارد شده و به قطب مثبت ترانس رکتیفایر متصل می شود. از

طرفی دیگر دو عدد کابل به اسکلت فلزی ساختمان بوسیله جوش احتراقی متصل می شوند. این دو کابل به داخل باند باکس وارد شده و یکی از کابل ها از باند باکس خارج می شود و به قطب منفی ترانس رکتیفایر متصل می شود. کابل دوم در باند باکس جهت اندازه گیری مقدار ولتاژ اسکلت، باقی می ماند. برق ترانس رکتیفایر بوسیله یک کابل از بیرون وارد جعبه فیوز ترانس رکتیفایر می شود.

توان، نظارت و کنترل

نظارت بر سیستم برای تمام شکل های حفاظت کاتدی مهم می باشد و این موضوع برای کاربردهای فولادی نیز به همین میزان صادق می باشد. خوشبختانه، پیشرفتهای حاصل شده در داده پردازی، اصلاح، و انتقال امکان نظارت موثر را به شکلی نسبتاً آسان فراهم نموده است، حتی برای تاسیسات بزرگ و پیچیده.

توسعه سیستم های کوچکتر و یکپارچه تر نظارت و کنترل، نقشی حیاتی در به کارگیری بسیاری از تازه ترین پیشرفت ها در تکنولوژی دیجیتال و ارتباطات اینترنتی در توسعه راهکارهای حفاظت کاتدی در سازه های ساختمانی بازی کرده است. ملاحظات خاص برای سازه های فولادی شامل محدود کردن مقدار الکتریسته و نظارت بر پوشش ها و محدوده کابل کشی است. در هر دو حالت، تعیین مقدار تغییرات امکان پذیر شده است، که به تاسیسات امکان پیشرفت بدون ایجاد وقفه در ساختمان سازی یا تغییر نمای بیرونی را می دهد.

معیارهای حفاظت

معیارهای حفاظتی مختلفی در استانداردهای بین المللی برای حفاظت کاتدی وجود دارد. اینها عموماً بر مبنای تجربیات عملی هستند، مثلاً، پوسیدگی 100 mV در 24 ساعت (موسسه استانداردهای بریتانیا، 2000)، یا ملاحظات تنوریکی که می توانند بر اساس فرضیات نامناسب باشند، مثلاً، پتانسیل -600 mV در برابر الکتروود هیدروژن استاندارد (Pourbaix ۱۹۷۴). در مورد ساختمان های اسکلت فلزی، مورد اول فوق الذکر مناسب تر است، هرچند راهنمای رسمی اندکی درباره آن و سایر معیارها وجود دارد.

جریان سرگردان

موضوع خوردگی جریانهای سرگردان در سیستمهای حفاظت کاتدی اغلب یک نکته قابل توجه محسوب می شود. در سیستم های بتنی تقویت شده به عنوان مثال، تیرچه ها به ندرت به یکدیگر جوش داده می شوند، به این خاطر در اغلب فولاد ناپیوسته الکتریکی به دست می آید. اگر برای این چاره ای اندیشیده نشود، تقویت کننده مجزاسازی شده می تواند در معرض خوردگی جریان سرگردان باشد که در آن سیستم حفاظت کاتدی جریان را از فولاد ناپیوسته عبور می دهد، که در جایی که جریان تخلیه می شود به خوردگی تسریع شده منجر می گردد. معمولاً برای سیستم های بتنی تقویت شده، تداوم بین تیرچه های تقویت کننده در جریان فاز نصب مورد بررسی قرار می گیرد تا اطمینان حاصل گردد که تمام تقویت کننده از نظر الکتریکی پیوستگی دارد.

برای سازه های فولادی، تداوم الکتریکی بین اعضای سازه ای به ندرت مشکلی محسوب می شود زیرا اتصالات سازه ای با پیچ یا پرچ بسته یا جوش شده اند. با این حال، آیتم های مختلفی، همچون چارچوب های فلزی پنجره یا ناودان ها وجود دارند، که مطلقاً از نظر الکتریکی ناپیوسته می باشند؛ اینها باید در جریان فاز اجرایی کارها لحاظ شوند. اگر این ها، همانطور که از هر وسیله الکتریکی - مثلاً تیرهای چراغ - انتظار می رود، به زمین متصل شوند، سیستم ارت (زمین) مانع از بروز اثرات جریان سرگردان می شود.

نتیجه گیری:

از آنجایی که حفاظت کاتدی برای جلوگیری از خوردگی با استفاده از سیستم سوم در خطوط لوله های گاز انجام می شود و نتایج آن نیز مثبت است می توان این سیستم را برای ساختمان های اسکلت فلزی پیاده کرد. امید است که امکان برقراری ارتباط با هیات های خارجی در سایر نقاط جهان که در آنجا نیز خوردگی اسکلت فلزی یک نگرانی محسوب می شود و تاکنون از حفاظت کاتدی استفاده کرده اند فراهم شود تا مشکل خوردگی در ساختمان های اسکلت فلزی در ایران ما حل شود.

1-آهنگری، ب.، (1386)، "خوردگی در خطوط لوله فولادی انتقال و شبکه های توزیع نفت و گاز" شرکت ناقوس اندیشه، 205-582

2-مورگان، ج.، (1384)، "حفاظت کاتدیك" ترجمه:جمالی، ح، 136-465

3-جوهردشتی، ر. (1381)، "مدیریت خوردگی"، 78-236

4-اقتباسی از مقاله "حفاظت کاتدی مصداق عینی اصلاح الگوی مصرف" ایمان ایثاری و بهمن خلیل
زاده شبستری

۵. Atkins, CP, "Cathodic Protection Of Steel Framed Heritage Structures"

۶. Broomfield, J, "Cathodic Protection of Early ۲۰th Century Steel Framed Buildings"

۷. Lambert, P, "Cathodic Protection Solutions for Steel-Framed Heritage Buildings"