



# سومین کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در مهندسی سازه و مدیریت ساخت دانشگاه صنعتی شریف - تیر ۱۳۹۸



## هوشمندسازی فرآیند ترمیم بتن با فناوری نانو

معصومه عرفانی جزی

عضو هیئت علمی موسسه آموزش عالی عقیق شاهین شهر، اصفهان، ایران

masoomeherfani@yahoo.com

### خلاصه

فرآیند خود ترمیمی بتن با بکارگیری فناوری نانو در سازه های بتنی براساس الگوبرداری از سیستم های بیولوژیکی پدیده ای است که می تواند مفهوم ساختمان های جاندار را در صنعت ساختمان محقق سازد. توسعه چنین روش های هوشمندی سبب افزایش دوام و طولانی نمودن عمر مفید سازه ها شده و برای سازه های مهم و حساسی از جمله سازه های فضایی، سازه های زیرزمینی، زیر آبی یا مخازن ذخیره مایعات به دلیل دسترسی بسیار محدود و دشوار سیستم نظارت و هزینه های گزاف ترمیم و تقویت بسیار حائز اهمیت است. در مقاله حاضر دستاوردهای صورت گرفته در زمینه خود ترمیمی ترک های ایجاد شده در بتن با استفاده از تکنولوژی نانو تشریح می گردد.

کلمات کلیدی: ترمیم ترک، فناوری نانو، سازه های بتنی، سیستم بیولوژیکی.

### ۱. مقدمه

تکنولوژی نانو به عنوان یک تکنیک و رویکرد جدید به مواد با خواص قابل کنترل در مقیاس نانو، کاربرد وسیعی در زمینه های مختلف پزشکی، الکترونیک تا صنعت ساختمان پیدا کرده است. این علم با ورود به حیطه ابعادی که اتم ها با یکدیگر ترکیب شده و ملکولها بر هم اثر متقابل دارند، سعی دارد ملکولها را آن گونه که خود می خواهد مرتب کند تا رفتار مورد تقاضا را از ترکیب حاصله داشته باشد. متخصصان علم نانو بر این باورند که بعد از تولید ماشین های بخار و توسعه IT، تکنولوژی نانو افق تازه ای را به دنیای انسان امروزی خواهد گشود. اهمیت کاربرد تکنولوژی نانو در صنعت، با مطرح شدن توسعه پایدار به عنوان یک ضرورت حفظ محیط زیست و منافع نسل های آتی، روند تحقق اهداف توسعه پایدار را شدت بیشتری می بخشد. نانو تکنولوژی در صنعت ساختمان در حوزه های مختلف فلزات، بتن، خاک، شیشه، انرژی و تهویه مطلوب، تصفیه آب، حسگرها، پوشش ها، رنگ ها و عایق ها وارد شده است. در دهه اخیر تحقیقات گسترده ای برای کاربرد فناوری نانو در تکنولوژی بتن انجام شده است.

بتن به عنوان یک ماده ماکرو به شدت تحت تاثیر خصوصیات نانویی می باشد. فهم رفتار بتن و عملکرد سازه در مقیاس میکرو و نانو سبب بهبود و ارتقا ویژگی های بتن و در نتیجه ساخت و تولید بتن هایی با عملکرد متناسب با نیاز امروزی می گردد. تاکنون تکنولوژی نانو در صنعت بتن امکان بهبود مشخصات بنیادی بتن نظیر مقاومت، دوام، سبکی، انعطاف پذیری، نفوذ ناپذیری، نیز ساخت سنگدانه های هوشمند و سیمان های بهبود یافته، هم چنین تولید بتن هایی با قدرت عایق صوتی و حرارتی بالا، خود پاک شوندگی و خود ترمیمی را به اثبات رسانده است و تحقیقات مستمر هم چنان راه هایی را فرا روی این صنعت می گشاید.

یکی از دغدغه های اصلی در هر سازه بتنی، کنترل و جلوگیری از بروز ترک خوردگی می باشد. ترک خوردگی در بتن ممکن است به صورت داخلی تحت تاثیر مصالح تشکیل دهنده خود بتن صورت گرفته و یا تحت اثر عوامل و محیط خارجی نظیر محیط های شیمیایی خورنده که دارای سولفات و کلرید بوده، نفوذ نمک ها و اسیدها، اثرات جوی و محیطی، تغییرات شدید دمایی و ضربات و بارهای وارد بر بتن ایجاد گردد. نه تنها این گونه ترک ها بلکه حتی ترک های ریز میکروسکوپی در ناحیه کنشی بتن که امری بدیهی تلقی می شود در شرایطی ممکن است عملکرد سازه بتنی را مختل نماید. چرا که ترک ها مسیری ساده برای نفوذ مواد خورنده نظیر یون کلر، نفوذ نمک ها و اسیدهای مضر و یا پدیده کرناسیون در اثر نفوذ CO<sub>2</sub> به همراه آب در بتن بوده و سبب خوردگی میلگردها و در نتیجه زوال عضو بتن آرمه می گردند. تاکنون تحقیقات زیادی برای کنترل و ترمیم