

## سنگدانه هوشمند در بتن: شرح فرایند اختراع و شیوه کاربرد

محمد نیسی پور<sup>۱</sup>

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران، آزمایشگاه مکانیک خاک و بتن شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب

m.naisipour@gmail.com

### چکیده

مقاله حاضر شرح تحقیقات، آزمایشات و فعالیت های صورت گرفته برای اختراع و کاربرد سنگدانه هوشمند به منظور رهگیری نمونه های بتنی است. سنگ هوشمند یا سنگدانه هوشمند عنوان سنگدانه ای است که بر اساس ایده، طراحی و نمونه آزمایشی ساخته شده توسط نگارنده مقاله حاضر و حمایت آزمایشگاه مکانیک خاک و بتن مناطق نفتخیز جنوب و سرمایه گذاری شرکت دانش بنیان بینا صنعت پرشین ساخته شده است. یکی از الزامات مهم استاندارد ۱۷۰۲۵ قابلیت رهگیری نمونه های آزمایشگاهی است که با توجه گستره وسیع فعالیت شرکت ملی مناطق نفتخیز و قرارگیری پروژه ها در مناطق دوردست و صعب العبور پیش از این با مشکلات فراوانی همراه بود. با طراحی و بکارگیری سنگدانه هوشمند رهگیری نمونه های آزمایشگاه به سهولت و دقت ممکن شده است.

کلمات کلیدی: سنگدانه هوشمند، سنگ هوشمند، بتن، آزمایشگاه بتن، رهگیری

### ۱. مقدمه

مقاله حاضر شرح تحقیقات، آزمایشات و فعالیت های صورت گرفته برای اختراع و کاربرد سنگدانه هوشمند به منظور رهگیری نمونه های بتنی است. سنگ هوشمند یا سنگدانه هوشمند عنوان سنگدانه ای است که بر اساس ایده، طراحی و نمونه آزمایشی ساخته شده توسط نگارنده مقاله حاضر و حمایت آزمایشگاه مکانیک خاک و بتن مناطق نفتخیز جنوب و سرمایه گذاری شرکت دانش بنیان بینا صنعت پرشین ساخته شده است. یکی از الزامات مهم استاندارد ایزو ۱۷۰۲۵ [۱] قابلیت رهگیری نمونه های آزمایشگاهی است که با توجه به گستره وسیع فعالیت شرکت ملی مناطق نفتخیز و قرارگیری پروژه ها در مناطق دوردست و صعب العبور امکان استقرار آزمایشگاه در هر یک از کارگاه ها و کنترل نمونه در ۲۴ ساعت اول بعد از تهیه را ناممکن می نماید. لذا این آزمایشگاه با یک دفتر مرکزی و یک شعبه اقماری در گچساران فعالیت می کند و نمونه گیری بتن در محل پروژه ها انجام شده و نمونه ها بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در کارگاه توسط پیمانکار به محل آزمایشگاه منتقل می شوند. با توجه به بعد مسافت و تعداد زیاد نمونه ها گهگاه نمونه های متعلق به نقاط مختلف بطور همزمان به آزمایشگاه منتقل می شوند. همچنین در مواردی که به دلایلی امکان ارسال قالب وجود نداشته باشد قالب های روز قبل باز شده و برای نمونه گیری جدید استفاده می شود.

تعداد زیاد نمونه ها و و تنوع موقعیت پروژه ها احتمال جابجایی نمونه های نقاط مختلف را افزایش می دهد. هر چند که در کف هر قالب، کاغذی شامل مشخصات اصلی نمونه شامل تاریخ نمونه گیری، اسلامپ، شماره پروژه و المان نمونه گیری ثبت

می گشت اما با توجه به موارد بالا و نیز مواردی چون میله زدن در هنگام نمونه گیری، کم رنگ شدن جوهر در مجاورت آب و سیمان و یا جداسدگی کاغذ ها پس از باز کردن قالب ها گهگاه در مورد مشخصات نمونه های بتنی تردید هایی بوجود می آمد. اهمیت پروژه های شرکت ملی نفت از یک سو و الزامات استاندارد ISO 17025 - که آزمایشگاه بتن مناطق در سال ۱۳۹۲ موفق به دریافت آن شده است - از سوی دیگر الزام می نماید که هیچگونه شک و شبه در اصالت نمونه بتنی وجود نداشته باشد.

لذا در اواسط سال ۹۵ بعد از بررسی مشکلات و ضعف های موجود در این زمینه شرح نیاز برای ایده و روشی که بتواند تمامی مشکلات پیش آمده از جمله خطای انسانی در ثبت نمونه ها، عدم جابجایی نمونه ها در انتقال به آزمایشگاه و یا هرگونه امکان دخل و تصرف نیروهای پیمانکار در نمونه ها مشخص گردید. در ادامه توضیحات کامل در خصوص جزییات کار ارایه می شود.



شکل ۱- شیوه رایج رهگیری نمونه های بتنی

## ۲. سنگدانه هوشمند

سنگ هوشمند یا سنگدانه هوشمند عنوان تجاری سنگدانه ای است که برای رهگیری نمونه های بتنی طراحی و توسعه داده شده است. این سنگدانه بخش اصلی سیستم کنترل و رهگیری نمونه های تهیه شده از بتن در مجموعه آزمایشگاه بتن می باشد. بدین صورت که اطلاعات مربوط به هر نمونه بتنی بر روی حافظه سنگدانه ذخیره می شود. فرایند ثبت اطلاعات بطور کاملاً بی سیم (Wireless) بوده و از طریق ارسال و دریافت امواج الکترومغناطیس میان سنگ و دستگاه گیرنده-فرستنده میسر می گردد. سنگدانه هوشمند نیازی به منبع تغذیه ندارد و انرژی مورد نیاز را از امواج دریافتی از دستگاه شناسایی بدست می آورد.



شکل ۲- سنگدانه هوشمند

### ۳. روش انجام کار

از آنجاییکه پروژه های شرکت ملی نفت دارای اهمیت فراوان بوده و هزینه اجرای بتن ریزی در مناطق دوردست به مراتب بیش از مناطق شهری است در نتیجه مقاومت نمونه های بتنی از حساسیت بسیار بالایی برخوردار است. مقاومت پایین نمونه بتنی می تواند منتج به دستور تخریب المان سازه ای مورد نظر گردد که علاوه بر هزینه بر بودن باعث افزایش زمان اجرای پروژه نیز می گردد. در این میان مسایل حقوقی میان کارفرما و پیمانکار نیز دارای اهمیت زیادی می باشد. در نتیجه استفاده از سنگدانه هوشمند می توانست حساسیت های زیادی برانگیزد. لذا استفاده از این سیستم نیازمند حصول اطمینان از عدم تاثیر این سنگدانه بر مقاومت نمونه بود. لذا به منظور اطمینان از بی اثر بودن سنگ هوشمند بر مقاومت نمونه های بتنی مجموعه آزمایشاتی بر روی این سنگ می بایست انجام می گردید. این آزمایشات می توانست شامل تمامی آزمایشات سنگدانه شامل مقاومت، سایش، ورقه ای شدن و ... باشد. اما از آنجاییکه در صورت مشابهت کامل مشخصات مکانیکی و حتی شیمیایی سنگ هوشمند با سنگدانه معمول مورد استفاده در بتن، باز هم نمی توان با قطعیت اظهار داشت که کاربرد سنگدانه هوشمند بر مقاومت بی تاثیر می باشد لذا از تست های سنگدانه صرفنظر شد و به جای آن آزمایش سنگدانه در شرایط عملی مدنظر قرار گرفت.



شکل ۳- نمونه های بتنی تهیه شده در کارگاه

سالانه تعدادی بالغ بر ۱۵۰۰ تست مقاومت بتن در آزمایشگاه مناطق انجام می گردد. این تعداد بالا فرصتی فراهم می آورد تا کارایی سنگدانه هوشمند در شرایط واقعی و با جامعه آماری بسیار بالا مورد بررسی قرار گیرد. برای انجام آزمایش تعداد ۱۰۰ سنگ هوشمند بکار گرفته شد. هر یک از سنگدانه ها در یک قالب بتنی قرار می گرفت و در نتیجه ۱۰۰ نمونه آزمایشی فراهم شد. به ازای هر نمونه آزمایشی دو نمونه نیز با مشخصات کاملاً یکسان ولی بدون سنگدانه هوشمند تهیه گردید. در واقع روال انجام کار در شرایط عادی پروژه ها تهیه ۴ نمونه بتنی شامل دو نمونه ۷ روزه و دو نمونه ۲۸ روزه از هر المان بتنی می باشد. تنها تغییر در روال عادی کار تهیه یک نمونه پنجم از همان بتن و در همان زمان تهیه نمونه های اصلی بود. نمونه های آزمایشی از سمپل یکسان و بیج یکسان با نمونه های اصلی تهیه شد. سنگدانه مورد نظر در لایه دوم و حدوداً در مرکز قالب استوانه ای قرار داده می شد. هیچ تفاوتی در تعداد ضربه های میله و چکش که طبق استاندارد نمونه گیری بتن [۲ و ۳] اجرا میگردد وجود نداشت. هر پنج نمونه پس از ۲۴ ساعت گیرش و عمل آوری در کارگاه بطور همزمان به آزمایشگاه منتقل شده و در حوض بتنی قرار گرفتند. در آزمایشگاه توسط دستگاه مخصوص شناسایی، نمونه های آزمایشی از نمونه های اصلی قابل تشخیص بود و تمامی سنگدانه ها پس از فرایند میله زدن و گیرش بتن و نیز شرایط کارگاه و جابجایی، سالم باقی مانده و سیگنال را دریافت و پاسخ می دادند.



شکل ۴- دستگاه خوانش بتن در حال خواندن اطلاعات نمونه بتنی

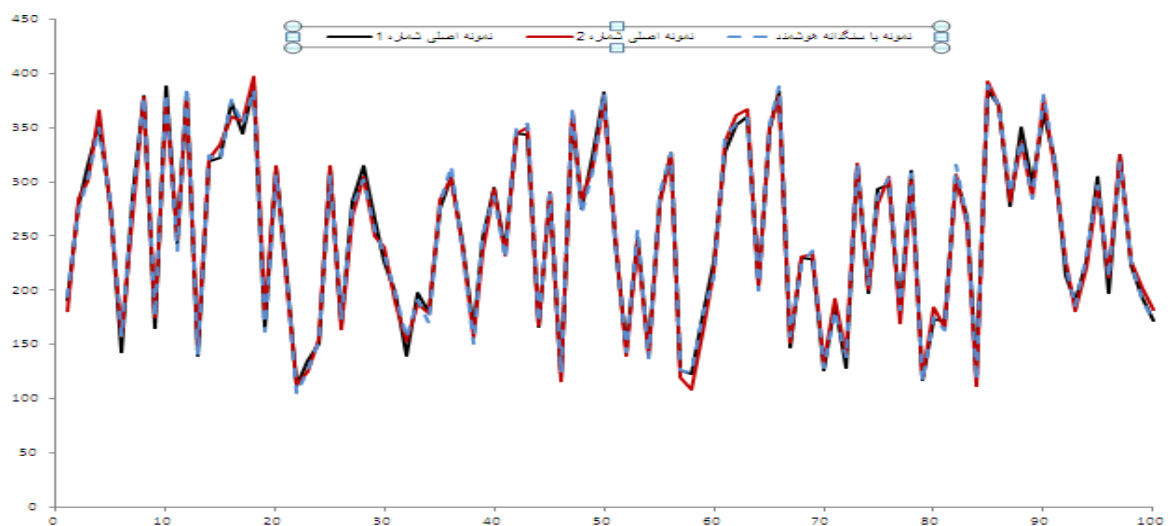
تمامی روال اداری برای ثبت نمونه ها و نیز عمل آوری طی مدت ۲۸ روز برای همه نمونه ها بطور یکسان طبق پروتکل آزمایشگاه صورت گرفت. عمل آوری در آزمایشگاه بطور کاملا کنترل شده طبق استاندارد مربوطه [۴ و ۵] انجام گردید. دیتالاگرهای آزمایشگاه بطور ۲۴ ساعته و ۷ روز در هفته شرایط حوض بتن را کنترل می نمود. فرایند نمونه گیری طی مدت ۳ ماه در اواخر بهار و تابستان انجام شد. محدوده نمونه گیری از حوزه نفتی رامشیر در کرانه های خلیج فارس تا منطقه کبود در مرز استان خوزستان و لرستان گستره بود. پس از ۲۸ روز عمل آوری نمونه ها از حوض بتن خارج شده و بطور مناسب آب سطحی آنها گرفته شد. نمونه های آزمایشی همانند نمونه های اصلی ۲۸ روزه معادل، طبق استاندارد با جک های ساخت شرکت (IBERTEST) اسپانیا شکسته شد. نتایج مقاومت ۲۸ روزه نمونه های اصلی و آزمایشی در ادامه ارائه شده است.



شکل ۵- شکستن نمونه های آزمایشی جک شرکت IBERTEST

#### ۴. نتایج

نتایج حاصل از بررسی و آزمایشات صورت گرفته در این قسمت ارایه می شود. چنانچه گفته شد هر مجموعه (یا ست) آزمایش شامل دو نمونه استوانه ای بدون سنگدانه هوشمند و یک نمونه همراه با این سنگدانه می باشد. هر سه نمونه در شرایط کاملا یکسان تهیه شده و تنها تفاوت در وجود سنگدانه هوشمند در یکی از آنهاست. دو نمونه استوانه ای بدون سنگدانه هوشمند در واقع نمونه های اصلی ۲۸ روزه ای هستند که از المان های بتنی به طور معمول و طبق استاندارد تهیه می شوند. بر این اساس این آزمایش شامل ۳۰۰ عدد نمونه بتنی است که نتایج مقاومت آنها مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل زیر نتایج مقاومت هر سه نمونه بصورت نمودار آورده شده است.



شکل ۶- مقایسه مقاومت نمونه های اصلی و نمونه همراه با سنگدانه هوشمند

چنانچه مشاهده می گردد هیچ تفاوت معناداری میان مقاومت دو نمونه ۲۸ روزه اصلی و نمونه همراه با سنگدانه هوشمند وجود ندارد. میانگین اختلاف میان مقاومت نمونه آزمایش با نمونه اصلی در ۳۰۰ نمونه در محدوده اختلاف دو نمونه اصلی استوانه ای قرار دارد و در نتیجه می توان نتیجه گرفت که سنگدانه هوشمند همانند هر سنگدانه دیگری در بتن بوده و جایگزینی آن در بتن هیچگونه اثری بر مقاومت بتن ندارد.

#### ۵. نتیجه گیری

در این مقاله نتایج تحقیقات، آزمایشات و فعالیت های صورت گرفته برای اختراع و کاربرد سنگدانه هوشمند به منظور رهگیری نمونه های بتنی ارایه شد. سنگ هوشمند یا سنگدانه هوشمند عنوان تجاری سنگدانه ای است که بر اساس ایده، طراحی و نمونه آزمایشی ساخته شده توسط نگارنده مقاله یکی از الزامات مهم استاندارد ایزو ۱۷۰۲۵ قابلیت رهگیری نمونه های آزمایشگاهی است که با توجه گستره وسیع فعالیت شرکت ملی مناطق نفتخیز و قرارگیری پروژه ها در مناطق دوردست و صعب العبور امکان استقرار آزمایشگاه در هر یک از کارگاه ها و کنترل نمونه در ۲۴ ساعت اول بعد از تهیه را نا ممکن می نماید. با طراحی و بکارگیری سنگدانه هوشمند رهگیری نمونه های آزمایشگاه به سهولت و دقت ممکن شده است. همچنین

برای اطمینان از عدم تاثیر معنادار این سنگدانه بر مقاومت بتن آزمایشهایی صورت گرفت که نتایج آن در این مقاله آورده شد. این نتایج به خوبی نشان داد که این سنگدانه تغییری بر مقاومت بتن برجای نمی گذارد.

## ۶. قدردانی

نویسنده از شرکت ملی نفت ایران (NIOC) و شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب (NISOC) برای حمایت انجام شده تشکر و قدردانی می نماید.  
همچنین نگارنده از حمایت جناب آقای مهندس دستان ریاست آزمایشگاه مکانیک خاک و بتن شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب سپاسگزاری می نماید.

## ۷. مراجع

- [1] ISO (1997). ISO 4287 Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters.
- [2] ASTM C172 / C172M-14a, Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, [www.astm.org](http://www.astm.org)
- [3] ASTM C470 / C470M-15, Standard Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015, [www.astm.org](http://www.astm.org)
- [4] ASTM C31 / C31M-17, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, [www.astm.org](http://www.astm.org)
- [5] ASTM C192 / C192M-16a, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, [www.astm.org](http://www.astm.org)