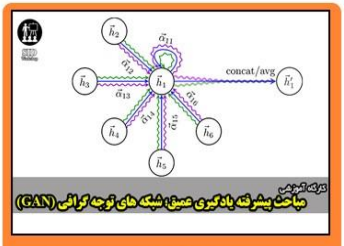
SID

فیلم های آموزشی | عضویت در خبرنامه | بلاگ مرکز اطلاعات علمی | کارگاه های آموزشی | سرویس ترجمه تخصصی | سرویس های ویژه

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی
بین المللی و
ترفند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)

کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI
ویژه فنی و مهندسی

Archive of SID

International Conference on
Modern Research in Civil Engineering,
Architectural & Urban Development
November 26, 2015
IRIB International Conference Center – Tehran
ISC ISI
کنفرانس بین المللی
پژوهش های نویـن در عمران، معماری و شهرسازی
۵ آذر ماه ۱۳۹۴ / تهران- مرکز همایش های بین المللی صدا و سیما

عمل آوری الکتریکی مستقیم بتن و ملات (D E C)

آرش صالحی
دانشجوی کارشناسی ارشد سازه – دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
arash7580@gmail.com
یوسف زندی
استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز
zandi@iaut.ac.ir
شهرام نامی ملایی
کارشناس ارشد سازه – مدیر عامل بنیاد بتن هرمزگان

چکیده :
عمل آوری بتن فرایندی ضروری برای کسب ویژگی های مطلوب بتن بعد از گیرش آن بوده که طی آن از طریق انجام اقداماتی از جمله جلوگیری از افت رطوبت ، حفظ دمای بتن در یک محدوده رضایت بخش و البته حفاظت فیزیکی آن ، تاثیر بسزایی در ویژگی های بتن سخت شده از جمله کاهش نفوذ پذیری ، مقاومت در برابر سیکل یخبندان و کسب مقاومت مورد نظر طراحی را خواهد داشت . با این حال و با توجه به ضرورت های اجرایی (از جمله در صنعت بتن پیش تنیده و پیش ساخته) و همچنین بعضی شرایط محیطی (بتن ریزی در هوای سرد) یا بعضی شرایط خاص (نظیر ضرورت کاهش در زمان قالب برداری یا موارد مشابه ...) نیاز به عمل آوری بتن و کسب مقاوت اولیه آن سریع تر از زمان معمول است .روشهای گوناگونی برای عمل آوری تسریع شده بتن بکار برده میشود . از جمله معمول ترین روشها روش گرمایش در بخار با فشار اتمسفر ، گرمایش در حرارت خشک ، گرمایش در آب گرم و گرمایش آب و سنگدانه ها می باشند . روش های دیگری نیز از جمله همین روش عمل آوری الکتریکی بتن برای این منظور ابداع گردیده اند که با توجه به شرایط موجود ؛ خواسته ها و همچنین معایب و مزایای هر روش برای استفاده در حالات مشخصی مناسب می باشند . در مقاله حاضر به خلاصه ای از نحوه عمل آوری الکتریکی مستقیم بتن و نتایج حاصله آن اشاره می گردد .

واژگان کلیدی: عمل آوری بتن ، عمل آوری مستقیم الکتریکی ، D E C ، افزایش مقاومت اولیه بتن

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه و تاریخچه روش عمل آوری الکتریکی بتن :

اولین بار در سال ۱۹۲۴ و در آمریکا تلاش هائی در این خصوص انجام گردید ؛ متعاقب آن و در سال ۱۹۳۲ در سوئد توصیه های رسمی بدین منظور تدوین و در ادامه تحقیقات گسترده ای در کشورهای آلمان ، فرانسه ، انگلیس ، شوروی و ژاپن انجام شده و توصیه هائی نیز تنظیم شده است.
در مقیاس گسترده اولین بار در فرانسه و در سال ۱۹۶۰ این روش بکار برده شده و متعاقب آن در صنعت ساخت تراورس های بتنی راه آهن در آمریکا نیز مورد استفاده قرار گرفته است . (زندی ، ۱۳۹۱)

انواع روش های عمل آوری الکتریکی (Gurley , 2011) **:**

روش های گوناگونی برای عمل آوری الکتریکی بکار برده میشود که در حالت کلی شامل یکی از حالتهای زیرخواهند بود :

- روش استفاده از خود بتن بعنوان رسانای جریان الکتریکی
- استفاده از میلگردهای داخل بتن بعنوان عنصر گرمایشی
- استفاده از یک سری مفتول یا سیم های ویژه جداگانه بعنوان عنصر گرمایش در داخل بتن .
- استفاده از پتوی برقی
- استفاده از مقاطع فولادی بعنوان عنصر گرمایش .

طبقه بندی روش ها :

- **روش عمل آوری الکتریکی عادی :**

این روش خود شامل دو روش استفاده از سیم های مخصوص جهت گرمایش داخل بتن و یا استفاده از روش پانل ترکیبی است که بیشترین استقبال را در این فرم داشته است . (استفاده از یک صفحه فولادی احاطه کننده بتن که البته سیم های فولادی نیز داخل بتن جاگذاری شده اند .)
بطور کلی برای عمل آوری الکتریکی بتن نیاز به محوطه ای است که رطوبت محیط و بتن را حفظ نماید .

- **روش نیمه مستقیم :**

در این روش یا از طریق جاسازی عناصر رسانای نسبتا ارزان داخل بتن و یا از طریق اتصال میلگردهای داخل بتن به یک منبع انرژی الکتریکی ، گرمای مورد نیاز برای عمل آوری حرارتی تامین می گردد .
البته این روش محدودیت هایی نیز دارد از جمله : از دست دادن عناصر گرمایش در داخل بتن و مشکلات در دستیابی به یک گرادیان دمائی یکنواخت در کل حجم بتن .
این روش هم اکنون در صنایع بزرگ در صنعت بتن قابل استفاده است ولی برای اجرا در صنایع کوچکتر نیاز به توسعه بیشتری دارد .

- **روش مستقیم (D E C) :**

روش مستقیم عمل آوری بتن (Direct Electric Curing) روشی است که در آن واکنش هیدراتاسیون در بتن توسط حرارت ناشی از عبور یک جریان الکتریکی متناوب از خود نمونه بتنی تسریع می شود .

www.SID.ir

Archive of SID

این استفاده از جریان الکتریسیته بعنوان وسیله ای جهت تامین و اعمال حرارت به بتن و ملات تازه بعنوان یک روش کارامد تر و با استفاده بهینه از انرژی نسبت به سایر روش های سنتی عمل آوری تسریع شده چون استفاده از بخار شناخته شده است . ضمن اینکه در این روش عمق و محدوده بیشتری از بتن تحت تاثیر قرار گرفته و دمای یکنواخت تری در سیستم اعمال میگردد .

مزایای این روش :

- ✓ DEC ، یکی از بهترین روش های تسریع در عمل آوری بتن از نظر استفاده بهینه از منابع انرژی می باشد .
- ✓ انرژی برق مورد نیاز در این روش را می توان در ساعات غیر پیک شبکه که نرخ برق ارزانتری نیز در دسترس است تامین نمود .
- ✓ با توجه به سرعت بالای عمل آوری دراین روش ، پروسه عمل آوری قبل از آغاز به کارشیفت بعدی کاری اتمام یافته است .
- ✓ بعد از سرمایه گذاری اولیه برای تامین تجهیزات مورد نیاز ، هزینه های اجرائی بعدی بطور قابل ملاحظه ای از روشهای دیگر عمل آوری کمتر است . (جدول شماره ۱)
- ✓ کنترل دقیق چرخه عمل آوری در این روش به راحتی امکان پذیر است که باعث بهبود امکان کنترل کیفی نیز خواهد گردید .
- ✓ در مقایسه با روش های دیگر عمل آوری ؛ سرعت قالب برداری به حدود ۲ الی ۳ برابر افزایش می یابد . این افزایش در ماههای سرد سال قابل توجه تر نیز خواهد بود .

جدول شماره ۱ (Panares , kosmatka , 1988)

Type of accelerated curing	Energy (kW.h) consumed per m^3 of concrete	Initial cost of equipment	Maintenance cost of equipment
Steam	160-180	High	High
Infra red	120-160	Moderate	Moderate
Hot water	140-160	Moderate	Moderate
Electrical curing (Semi-direct)	40-50	Low	Negligible
Electrical curing (DEC)	30-60	Very low	Negligible

انتقال جریان الکتریکی در بتن :

انتقال جریان الکتریکی در بتن تازه بطور کلی به سه طریق امکان پذیر است (heritage , 2001) :

- **انتقال ماکروسکوپیک (macroscopic) از طریق ذرات و اجزاء نیمه اشباع تشکیل دهنده خمیر سیمان :** مقاومت مصالح طبیعی در مقایسه با خمیر سیمان در حدود ۱۰۰ برابر بیشتر است . لذا بیشتر جریان از طریق فاز آبی خمیر سیمان منتقل می شود .
- **انتقال میکروسکوپیک (microscopic) از طریق فاز سیمان هیدراته شده :**

www.SID.ir

Archive of SID

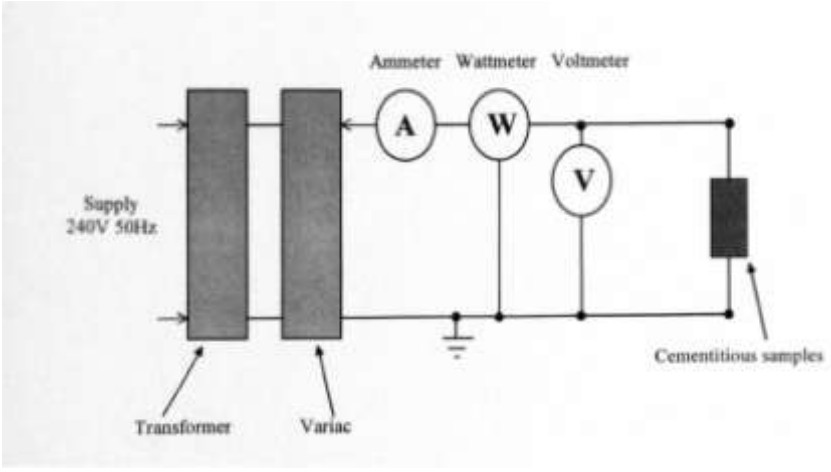
مقاومت اهمی ایجاد شده در نمونه بوسیله یک محدودیت در جریان جاری از میان ساختار هیدراته فاز هیدراته سیمان ایجاد می شود . آزمایشات هدایت الکتریکی نشان داده است که رسانائی یک نمونه مرطوب حدود ۱۰۰۰۰ برابر بیشتر از نمونه خشک شده در اون می باشد ، این بدان معنی است که فاز جامد بتن وقتی خشک باشد می تواند بعنوان یک عایق در نظر گرفته شود .

- **انتقال ساب میکروسکوپیک (submicroscopic) از طریق الکترولیت حاصله از فاز آبی بتن :**

بطور ساده تغییرات در شیمی مایع محیط از طریق عبور جریان ، ایجاد یون های غیر همنام و تشکیل جریان آندیک و کاتدیک .

در این راستا مفاهیمی همچون ساختار الکتریکی خمیر سیمان ، هدایت الکترولیتی ، غلظت یونی ، سرعت یونی در خمیر سیمان ، الکترود و الکترولیت رابط ، قطبش الکترولیت و الکترود و .... تعریف و بررسی و همچنین وابستگی اجرا به عواملی همچون دمای نمونه ، مقاومت ظاهری و مقاومت خازنی نمونه ، زمان اعمال جریان الکتریکی ، شدت جریان وارده ، شرایط دمای محیط و رطوبت ، هندسه نمونه ، طرح اختلاط بتن ، حجم بتن و ... مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته اند.

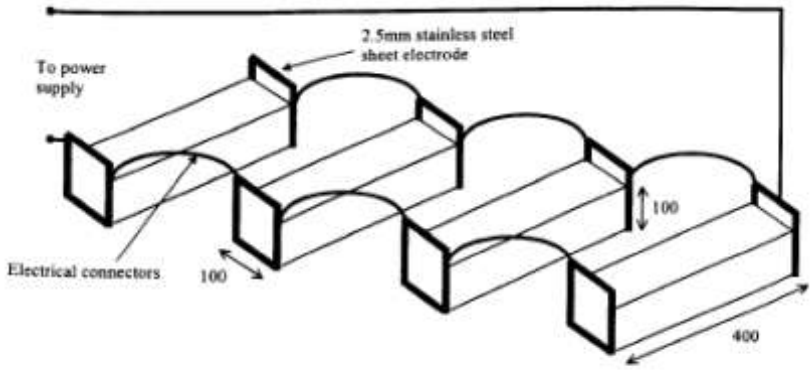
نهایتا مراحل طراحی این روش شامل : محاسبه ولتاژ کار ، طراحی طرح عمل آوری ، طراحی طرح کنترل و مشخص کردن تجهیزات می باشد . نمونه هائی از تجهیزات و نحوه انجام عمل آوری در این روش در تصاویر ۱ تا ۳ نشان داده شده است (heritage , 2001) :



تصویر شماره ۱ – تجهیزات مورد نیاز در روش عمل آوری مستقیم در حالت کلی

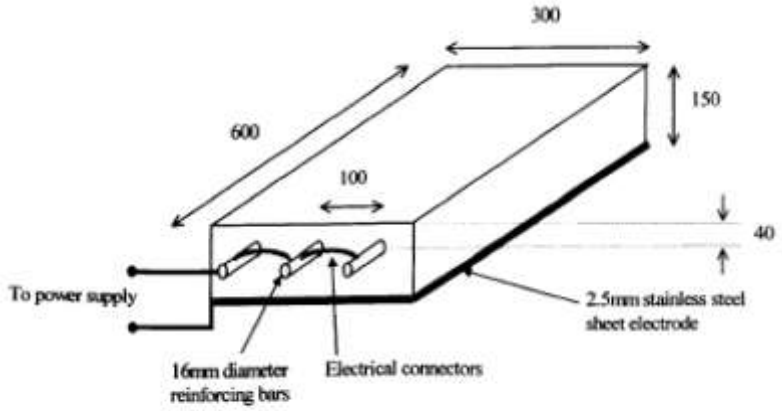
www.SID.ir

Archive of SID



Set-up for beam heating

تصویر شماره ۲ – نحوه عمل آوری تیرهای بتنی



Set-up for slab heating

تصویر شماره ۳ – نحوه عمل آوری دال بتنی

توصیه های اجرائی در روش DEC :

- قبل از آغاز به حرارت دادن به بتن (وصل جریان الکتریکی) ، یک دوره ۳ الی ۵ ساعته پس از شروع اختلاط (اضافه کردن آب به سیمان) نیاز است تاخیر ایجاد گردد .
- ضروری است تا حد امکان نسبت آب به سیمان کاهش و بتن به نحومناسبی ویبره زده و یکنواخت گردد .
- بایستی حداکثر تلاش از طریق استفاده از پوشش های مناسب بر روی بتن انجام تا از تبخیر آب از سطح بتن و همچنین اتلاف حرارت انجام گردد .

چرخه گرمایش :

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به ماهیت ناهمگون بتن که متشکل از مواد مختلفی با ضرایب حرارتی متفاوت می باشد ، بنابراین هنگام حرارت دهی به بتن تفاوت ناشی از ضرایب حرارتی متفاوت و تفاوت در گسترش موارد داخل بتن ممکن است باعث ایجاد حفره های حرارتی در داخل بتن و در نتیجه کاهش مقاومت نهائی آن گردد . لذا لازم است حتی الامکان ضمن رعایت توصیه های پیش گفته در اجرا ، چرخه گرمایشی مناسبی نیز برای آن پیش بینی تا از آسیب های احتمالی جلوگیری بعمل آید .

چرخه گرمایش شامل سه مرحله گرمادهی ، هم دمائی و خنک کردن سیستم می باشد که به شرح ذیل انجام میشوند :

مرحله گرما دهی :

همانطوریکه از اسم این مرحله پیداست در این مرحله برای سرعت بخشیدن به فرایند عمل آوری بتن گرما از طریق انرژی مستقیم الکتریکی وارد سیستم (بتن) می شود . بر خلاف روشهای دیگر ، DEC دارای این مزیت است که حرارت اعمال شده بصورت یکنواخت تری در حجم بتن گسترده میشود . بنابراین تفاوت در درجه حرارت داخل نمونه حداقل خواهد بود. در این خصوص بایستی به طراحی هندسی قالب ها نیز جهت جلوگیری از افت حرارتی توجه ویژه ای داشت . ضمنا زمان شروع عمل گرما دهی و آهنگ رشد آن بایستی به نحو مناسبی انتخاب تا از ایجاد آسیب های احتمالی در بتن اجتناب گردد .

مرحله هم دمایی :

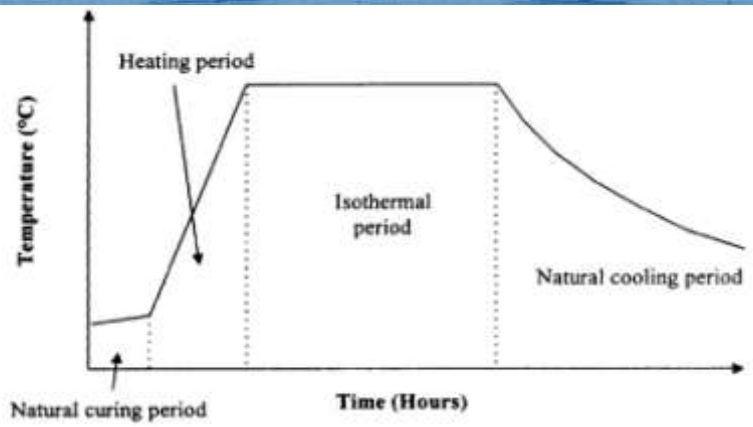
در این مرحله بعد از رسیدن دمای بتن به حداکثر مورد نیاز ، از طریق کنترل سیستم انرژی وارده به سیستم ، دمای بتن در یک محدوده ثابت مورد نظر تثبیت می گردد . انرژی مورد نیاز در این مرحله بستگی مستقیمی به سطح بیرونی بتن در حال عمل آوری دارد . بدیهی است سطح بزرگتر و ضخامت کمتر حرارت موجود را خیلی راحت تر از سطح کوچکتر با ضخامت بیشتر از دست خواهد داد و البته انرژی بیشتری نیز برای کنترل دمای ثابت در آن مورد نیاز خواهد بود .

مرحله خنک کردن بتن :

در این مرحله دمای سیستم به آرامی کمتر می شود تا به دمای محیط برسد . در این حالت نیز میزان کاهش انرژی لازم بستگی مستقیم به سطح بیرونی بتن در حال عمل آوری دارد . هر چقدر سطح تماس سیستم با محیط بیشتر باشد زودتر خنک می شود . لذا بایستی توجه و مراقبت ویژه ای انجام تا از زودتر سرد شدن قسمت های مختلف بتن جلوگیری گردد . بدیهی است در غیر این صورت خنک شدن خیلی سریع و متفاوت قسمتهای مختلف در بتن باعث ایجاد تنشهای مضاعف و نقاط ضعف احتمالی در بتن خواهد شد .

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر شماره ۴ – منحنی چرخه عمل آوری

توصیه های مختلفی در خصوص آهنگ رشد درجه حرارت در دوره گرمادهی و دوره اولیه عمل آوری طبیعی ارائه شده است. با این حال بطور متوسط دوره عمل آوری طبیعی اولیه بین ۳ الی ۵ ساعت ، آهنگ رشد درجه حرارت در مرحله گرمادهی ۲۰ الی ۲۵ درجه سانتیگراد در هر ساعت و حداکثر درجه حرارت دوره هم دمائی حدود ۶۵ الی ۸۰ درجه سانتیگراد توصیه شده است. توضیح این نکته ضروری است که درجه حرارت های بالاتر مقاومت های اولیه گاه بالاتر ولی مقاومت بلند مدت کمتری را نتیجه می دهند .

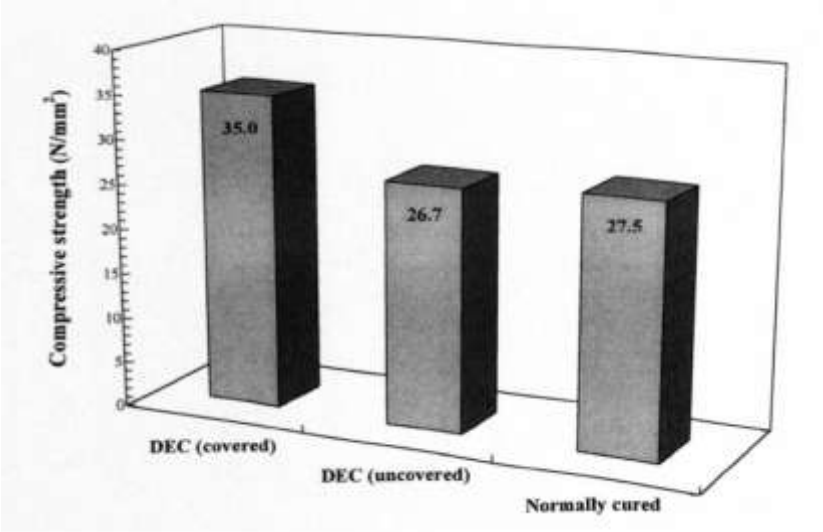
در خصوص حداکثر زمان عمل آوری در این روش نیز نتایج آزمایشات نشان میدهد در عمل آوری بیش از ۲۴ ساعت تاثیر خاصی روی مقاومت بتن ملاحظه نمی شود ، این در حالی است که مقاومت کسب شده بتن با عمل آوری الکتریکی بعد از ۲۴ ساعت بطور متوسط به اندازه ۲۵ نیوتن بر میلیمتر مربع خواهد بود .

اهمیت پوشش روی سطوح بتن :

عدم استفاده از پوشش عایق رطوبتی و حرارتی روی بتن باعث کاهش قابل ملاحظه مقاومت اولیه بتن عمل آوری شده در مقایسه با بتن عمل آوری شده عادی می گردد . این کاهش در نتایج آزمایشات انجام شده مشهود بوده و طبیعتا عامل آن کاهش قابل توجه رطوبت بتن و عدم امکان ایجاد هم دمائی مناسب در تمام نقاط حجم بتن بوده است . (تصویر شماره ۵)

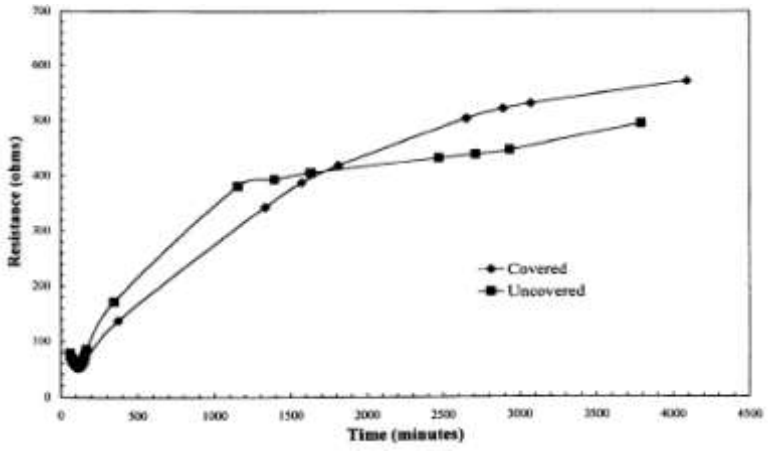
www.SID.ir

Archive of SID



تصویر شماره ۵ – مقایسه مقاومت نمونه های محافظت شده و نشده با نمونه عادی

در آزمایشات انجام شده مقاومت نمونه محافظت نشده با پوشش عایق تا حدود دقیقه ۱۸۰۰ بعد از اختلاط بیشتر از نمونه محافظت شده بوده ، لیکن بعد از این دقایق مقاومت نمونه محافظت شده از نمونه محافظت نشده پیشی گرفته است . (تصویر شماره ۶)



تصویر شماره ۶ – افت مقاومت نمونه محافظت نشده بعد از حوالی دقیقه ۱۸۰۰

نتایج مقاومت بتن :

- بعد از ۴ ساعت ، مقاومت فشاری نمونه ها به اندازه مقاومت ۲۴ ساعته نمونه های عمل آوری شده عادی می باشد .

www.SID.ir

Archive of SID

- بعد از ۲۴ ساعت مقاومت نمونه ها به ۷۰ درصد مقاومت بتن ۲۸ روزه خود خواهد رسید که تقریبا برابر مقاومت بتن ۲۸ روزه نمونه عمل آوری شده عادی میباشد .
- در پایان یک روز (۲۴ ساعت) تقریبا تمام نمونه های ساخته شده با نسبت های آب به سیمان مختلف مقاومت فشاری بیش از نمونه های مشابه با عمل آوری عادی دارند ، هر چند این موضوع در پایان روز سوم در تمامی نمونه ها صادق نیست .
- دوره تاخیر ۱ ساعته در شروع عمل آوری ، مقاومت فشاری اولیه بتن را بیشتر ولی در مقایسه با سایر نمونه ها با دوره تاخیر بیش از ۴ ساعت ، مقاومت فشاری طولانی مدت (۲۸ روزه و بیشتر) بتن را کاهش می دهد . دلیل این امر هم شاید افزایش شکست های جزئی در ساختار داخلی بتن به علت زمان کم بعد از اختلاط و عدم گیرش مناسب اولیه بتن قبل از مرحله شروع گرمایش بوده است .

بیشترین مقاومت فشاری ۲۸ روزه نیز با تاخیر ۳ ساعته شروع گرمایش در بتن ملاحظه شده است .

- روش عمل آوری با جریان الکتریکی مستقیم با طرح های اختلاط مختلف و با مصالح متفاوت آزمایش شده و نهایتا هر چند مقاومت فشاری اولیه بتن حاصله بسیار بالاتر از مقاومت نمونه های مشابه با عمل آوری عادی است ، با این حال در مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن مقداری کاهش نسبت به نمونه های عادی ملاحظه می گردد .

این البته جزو خصوصیات بدیهی ، طبیعی و اثبات شده روش های عمل آوری تسریع شده بوده که در این مورد نیز صدق می نماید .

- با توجه به نتایج آزمایشات انجام شده ، افزایش قابل توجه در مقاومت فشاری اولیه و مقداری کاهش در مقاومت بلند مدت بتن در این روش ، تقریبا برای مقاومت های خمشی و کششی بتن نیز صادق است .
- تخلخل ، چگالی و درصد جذب آب برای نمونه های عمل آوری شده به این روش با نمونه های عمل آوری شده عادی تفاوت محسوس ندارد .

نتایج :

نتایج تجربی و نظری ارائه شده ثابت می کند که طیف گسترده ای از انواع ملات و بتن را با مشخصات مختلف می توان با استفاده از روش های عمل آوری الکتریکی به خصوص روش عمل آوری الکتریکی مستقیم (DEC) تهیه نمود .

با این حال مقدار قابل توجهی افزایش در سنین اولیه و مقداری کاهش در مقاومت طولانی مدت بتن اجتناب ناپذیر خواهد بود که با توجه به شرایط موجود و خواسته ها و همچنین در نظر گرفتن معایب و مزایای روش بسته به هر مورد قابل تصمیم گیری و استفاده می باشد . ذکر این نکته ضروری است که علیرغم تقریبا ناشناخته بودن این روش حداقل در استفاده عمومی ، مزایای استفاده از این روش به قدری قابل توجه هست که در استفاده از آن بعنوان یک روش حداقل جایگزین برای روشهای فعلی به تدریج اقدام گردد .

تحقیقات انجام شده تاکنون در این خصوص جهت استفاده و تبدیل آن به روشی همه گیر بایستی ادامه یابد ، تا آن زمان روش فوق بعنوان یک روش کاملا تخصصی و نسبتا استفاده نشده باقی خواهد ماند .

منابع :

www.SID.ir

Archive of SID

زندی – یوسف . تکنولوژی پیشرفته بتن – انتشارات فروزش

Evan Gurley – to care or not to care - 2011

Heritage – Ian . Direct Electric Curing of Mortar and Concrete – 2001

Steven H&Panares Villiam C.Kosmatka–Design and Control of Concrete Mixtures–1988

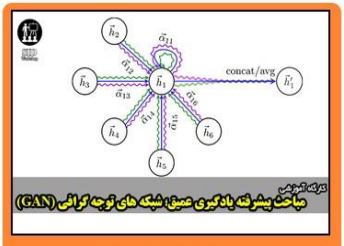
www.SID.ir

SID

فیلم های آموزشی | عضویت در خبرنامه | بلاگ مرکز اطلاعات علمی | کارگاه های آموزشی | سرویس ترجمه تخصصی | سرویس های ویژه

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی
بین المللی و
ترفند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)

کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI
ویژه فنی و مهندسی