

کد مقاله: 271D-2

## پیش بینی حداکثر دوره های یخ زدن و آب شدن روسازی بتن غلتکی توسط مقاومت کششی دو نیم

حسن ذوقی<sup>۱</sup>، علی منصورخاکی<sup>۲</sup>، کیانوش سیامردی<sup>۳</sup>

۱- استادیار، گروه مهندسی عمران، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۲- دانشیار، گروه مهندسی عمران، عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

۳- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - راه و ترابری، دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

Email: K.Siamardi@gmail.com

تلفن: ۰۹۳۷۴۵۰۵۴۶۵

### چکیده

آسیب های ناشی از یخ زدن و آب شدن در بتن های غلتکی یکی از عمده مشکلات خرابی در روسازی های اجرا شده با این مصالح می باشد. هرچند پارامترهای پیش بینی کننده آسانی برای تعیین دوام در برابر دوره های یخ زدن و آب شدن وجود ندارد. به منظور تعیین اثر تراکم نمونه های روسازی بتن غلتکی بر دوام آنها در برابر یخ بندان، عملیات تراکم با ۷۵ دوران با متراکم کننده دورانی و با چکش ارتعاشی برای هر طرح مخلوط انجام شد. منحنی دانه بندی ترکیبی مصالح سنگی مورد استفاده در اختلاط آزمایشگاهی در حدود قابل قبول توصیه شده توسط ACI 325.10R-95 قرار داشت. در این مقاله، مطالعه آزمایشگاهی برای ارزیابی رابطه بین مقاومت کششی دو نیم نمونه های روسازی بتن غلتکی و حداکثر دوره های متناوب یخ زدن و آب شدن قابل تحمل آنها انجام پذیرفت. نتایج مورد انتظار نشان داد نمونه های با دوام رضایتبخش حداکثر مقاومت کششی دو نیم را کسب کرده بودند. علاوه، علت اصلی دوام نمونه های در معرض دوره های یخ بندان میزان چسبندگی بین وجه تماس سنگدانه و شبکه خمیر سیمان می باشد. همچنین نتایج نشان داد نمونه هایی که مقاومت کششی دو نیم در حدود ۷ مگاپاسکال را کسب نمودند قادر به تحمل ۳۰۲ دوره یخ و ذوب در آب بر اساس ASTM C666 روش A با کاهش وزن کمتر از ۹ درصد بودند که نشان دهنده دوام مناسب نمونه ها می باشد.

**واژه های کلیدی:** دوره یخ زدن و آب شدن، مقاومت کششی، دوام، پیش بینی، روسازی بتن غلتکی.

## ۱- مقدمه

از میان انواع مختلف روسازی های بتنی، روسازی بتن غلتکی (<sup>1</sup>RCCP) اخیراً به عنوان راهکاری به عنوان جایگزین روسازی بتن سیمانی مورد استفاده قرار گرفته است. از طرفی به جهت هزینه بالای آسفالت و عملکرد نامناسب روسازی های انعطاف پذیر در نواحی مانند مناطق ساحلی، انبارهای کالا، نواحی خزش هواپیما در باند فرودگاه و محل های با ترافیک وسایل نقلیه سنگین، روسازی های بتنی بطور گسترده ای در سراسر دنیا بکاربرده می شود. از آنجاییکه روسازی های بتن غلتکی برای اهداف باربری وزین در دراز مدت بکاربرده می شود، لازم است خرابیهای بالقوه با بهینه سازی طرح های اختلاط به حداقل برسد. پدیده یخ زدن و آب شدن یکی از دلایل مهم خرابی بتن غلتکی می باشد. خرابی معمول بتنی که در معرض شرایط یخ زدن و آب شدن قرار می گیرد شامل ترک خوردگی تصادفی، پوسته شدگی سطحی، خرابی درز به علت ترک خوردگی D یا ترک خوردگی دوام می باشد. دو نوع اول ترک خوردگی مذکور به علت کمبود حباب هوای وارد شده در بتن یا لایه سطحی است و پدیده خرابی بعدی در درجه اول ناشی از سنگدانه های کم دوام می باشد [۱].

آسیب ناشی از دوره های یخ زدن و آب شدن در روسازی های درز دار بتن سیمانی یک مشکل جدی است. در شرایط آب و هوایی مرطوب به همراه یخ بندان، وجود پیوسته آب بر روی روسازی، درون روسازی و استفاده از نمک های یخ زدا اغلب منجر به آسیبی جدی تر می شود. ترک خوردگی D یا دوام الگویی از ترک ها بوده که به موازات و نزدیک یک درز روسازی تشکیل می شود یا ترک خطی ناشی از انبساط یخ زدن و آب شدن سنگدانه های بزرگ و کم دوام می باشد [۲].

Piggott عملکرد بسیار مناسب صحرایی بتن غلتکی را در محیط های اقلیمی سردسیر شهرهای شمالی کانادا را در نتایج تحقیقاتش یافت. با وجود مزیت های متعدد این بتن، نگرانی در خصوص قابلیت آن برای مقاومت در برابر حمله یخ بندان و پوسته شدگی ناشی از نمک های یخ زدا وجود دارد. بعلاوه حجم کم خمیر سیمان و طبیعت بسیار سخت این مخلوط ها، ورود حباب هوا در این نوع بتن فرایند بسیار مشکلی است با توجه به اینکه تراکم، حباب های هوا را نامنظم و کاهش می دهد [۳].

Luhr نتیجه گرفت که نمونه های بتن غلتکی از هر خرابی قابل توجه طی مدت زمان طولانی تحت شرایط شدید یخ زدگی آسیب می بینند. همچنین بر اساس نتایج دریافت که مقدار هوای بسیار کمی مورد نیاز است تا بتن غلتکی در برابر ریز ترک خوردگی های ناشی از یخ بندان محافظت شود [۴]. سیستم خلل و فرج در بتن غلتکی این امکان را به آب می دهد تا آزادانه از میان خمیر سیمان بر اساس فشار اسمزی حرکت داشته باشد و امکانی فراهم کند تا آب در زمان یخ زدن قابلیت انبساط بدون ایجاد ترک داخلی داشته باشد [۵].

برای حصول اطمینان از مقاومت و دوام بتن غلتکی در برابر یخ زدن و آب شدن، ضریب دوام ۶۰ درصد توسط Kuzu و همکاران توصیه شد که نشان می دهد تخلخل بتن نباید از ۳ درصد بیشتر شود [۶]. چگالی حاصل از نمونه های متراکم شده با متراکم کننده دورانی بسیار پایاتر بوده بویژه هنگامیکه ۷۵ یا ۱۰۰ دوران به متراکم کننده دورانی اعمال می شود [۷]. اخیراً دستورالعمل ASTM WK33682 روش جدید آماده سازی، تراکم و تعیین چگالی نمونه های آزمایشگاهی بتن غلتکی توسط متراکم کننده دورانی superpave یا SGC<sup>2</sup> را پیشنهاد نموده است [۸].

با افزایش تعداد دوران های تراکم از ۶۰ به ۱۰۰ مقاومت کششی دو نیم از ۵.۵ تا ۵.۹ مگاپاسکال افزایش می یابد و مقاومت فشاری از ۴۶.۵ به ۴۹.۶ مگاپاسکال افزایش می یابد. مقایسه مقادیر چگالی و مقاومت حاصل از مغزه های گرفته شده از مقاطع مورد ارزیابی روسازی نشان داد که نمونه های آزمایشگاهی متراکم شده با ۷۵ دوران چگالی بیشتر از نمونه های صحرایی را بدست دادند [۹]. در این مقاله، هیچگونه مواد افزودنی چسباننده یا مکمل سیمانی به مخلوط ها برای تهیه نمونه های بیشتر افزوده نشد. مخلوط های بتن غلتکی تهیه شده بسیار مشابه روسازی آسفالتی می باشد که با چکش ارتعاشی نیز بر اساس ASTM C1435 متراکم شدند [۱۰].

بنابراین، فرایند تراکم توسط دو روش چکش ارتعاشی Hilti TE76 و متراکم کننده دورانی با ۷۵ دوران در حین قالب گیری انجام گردید. به منظور ارزیابی دوام نمونه های بتن غلتکی در مقابل یخ زدن و آب شدن، کاهش وزن در مقایسه با وزن اولیه بر حسب درصد به عنوان معیار در نظر گرفته شد. بعلاوه، مقادیر مقاومت کششی دو نیم برای همان مجموعه نمونه های در معرض آزمون مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن بطور مجزا مورد ارزیابی قرار گرفت. لازم به ذکر است نمونه هایی که آزمون مقاومت کششی بر روی آنها انجام شد در آزمون دوام یخ زدن و آب شدن مورد ارزیابی قرار نگرفت.

<sup>1</sup> Roller Compacted Concrete Pavement

<sup>2</sup> Superpave Gyrotory Compaction

## ۲- مطالعه تجربی

در این بخش از مقاله نوع مصالح مورد استفاده، نسبت های اختلاط، مشخصات تراکم، آماده سازی نمونه ها برای انجام آزمون ها و مراحل آزمون ها شرح داده می شود. کلیه مراحل انجام آزمایش در آزمایشگاه شرکت آتی ساز وابسته به سازمان عمران بنیاد مستضعفان انقلاب اسلامی ایران صورت پذیرفته است.

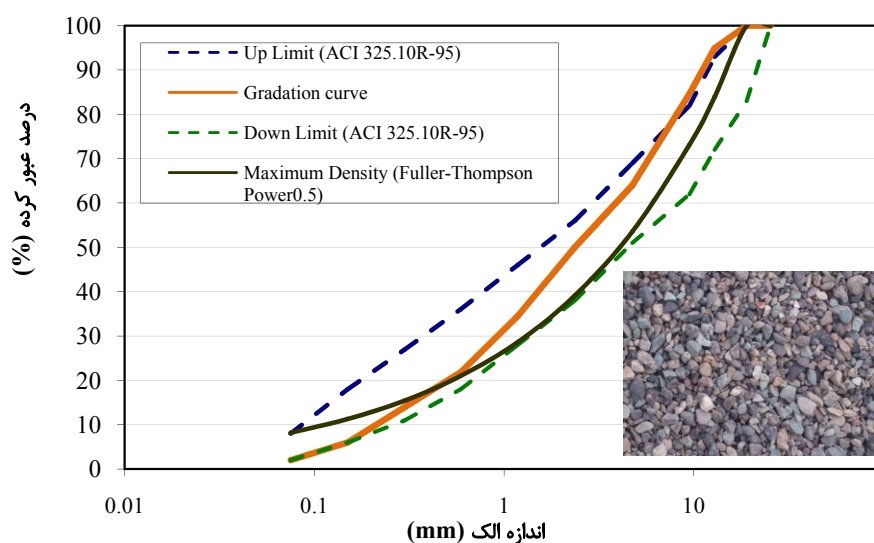
## ۲-۱- مشخصات مصالح

سیمان پرتلند نوع ۲ کارخانه سیمان تهران در این مطالعه آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت. ترکیب شیمیایی سیمان مصرفی در جدول (۱) نشان داده شده است. قبل از ساخت طرح های مخلوط کلیه سیمان از الک شماره ۵۰ عبور داده شد.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی سیمان پرتلند نوع ۲

ترکیبات	درصد
SiO <sub>2</sub>	۲۰.۹۶
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۴.۲
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۴.۶
MgO	۳.۴
CaO	۶۱.۸۸
SO <sub>3</sub>	۱.۷۹
Na <sub>2</sub> O+0.658 K <sub>2</sub> O	۱.۴۷
C <sub>3</sub> S	۵۲.۷۴
C <sub>2</sub> S	۲۰.۳۱
C <sub>3</sub> A	۷.۳۵

توزیع اندازه ترکیبی سنگدانه شکسته و طبیعی با حداکثر اندازه اسمی ۱۹ میلیمتر در شکل (۱) ارائه شده است که در محدوده توصیه شده ACI 325.10R-95 برای سنگدانه های مصرفی در روسازی بتن غلتکی قرار دارد [۱۱]. همچنین توزیع اندازه ها برای حصول حداکثر چگالی با روش فولر تامسون با توان نیم در شکل (۱) نیز ارائه می شود [۱۲]. واضح است که مقدار سنگدانه های مصرفی با اندازه بزرگتر از ۹.۵ تا ۱۲.۵ میلیمتر کمتر از منحنی توصیه شده دانه بندی در حد بالا می باشد. آب آشامیدنی برای ساخت طرح مخلوط ها بکار برده شد.



شکل ۱- توزیع اندازه سنگدانه های مصرفی در نمونه های مورد مطالعه

## ۲-۲- نسبت اختلاط

طراحی مخلوط بتن غلتکی بر اساس روش تراکم خاک با حداکثر چگالی و رطوبت بهینه توصیه شده در ACI 325.10R-95 انتخاب شد. جدول (۲) نسبت های اختلاط، روش های تراکم و چگالی نمونه ها را نشان می دهد. برای تراکم نمونه ها در قالب های استوانه ای، متراکم کننده دورانی و چکش ارتعاشی بکار برده شد. مواد مکمل سیمانی نظیر خاکستر بادی، ریز دانه سرباره و میکرو سیلیکا و غیره به هیچ اختلاطی به منظور دستیابی به سیستم خلل و فرج کافی پس از تراکم افزوده نشد [۱۳]. مقدار آب برای کلیه مخلوط ها ثابت نگاه داشته شد و مقادیر سیمان از ۲۶۰ تا ۳۷۲ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. بر اساس فناوری بتن، اگر مقدار سیمان بسیار کم و از طرفی نسبت آب به سیمان بسیار بالا بدست آید، بتن توسط عوامل مضر موجود در هوا مورد تهاجم قرار خواهد گرفت و در برابر تهاجم یخ زدن و آب شدن و اثرات ناشی از کربناتاسیون مستعد می شود [۱۴].

جدول ۲- نسبت های اختلاط، روش های تراکم و چگالی نمونه های بتن غلتکی

شماره نمونه	سیمان (kg/m <sup>3</sup> )	آب (kg/m <sup>3</sup> )	نسبت آب به سیمان	سنگدانه (kg/m <sup>3</sup> )	روش تراکم	چگالی (kg/m <sup>3</sup> )
RCC-0.35-H	۳۷۲	۱۳۰	۰.۳۵	۲۰۲۷	چکش ارتعاشی	۲۵۰۴
RCC-0.35-G	۳۷۲	۱۳۰	۰.۳۵	۲۰۲۷	۷۵ دوران متراکم کننده دورانی	۲۵۳۴
RCC-0.40-H	۳۲۵	۱۳۰	۰.۴۰	۲۰۶۸	چکش ارتعاشی	۲۵۱۲
RCC-0.40-G	۳۲۵	۱۳۰	۰.۴۰	۲۰۶۸	۷۵ دوران متراکم کننده دورانی	۲۵۴۴
RCC-0.45-H	۲۸۹	۱۳۰	۰.۴۵	۲۰۹۹	چکش ارتعاشی	۲۴۹۸
RCC-0.45-G	۲۸۹	۱۳۰	۰.۴۵	۲۰۹۹	۷۵ دوران متراکم کننده دورانی	۲۵۲۴
RCC-0.50-H	۲۶۰	۱۳۰	۰.۵۰	۲۱۲۵	چکش ارتعاشی	۲۴۹۱
RCC-0.50-G	۲۶۰	۱۳۰	۰.۵۰	۲۱۲۵	۷۵ دوران متراکم کننده دورانی	۲۵۱۰

\* نتایج ارائه شده به صورت میانگین ۳ نمونه است

به علت اینکه نسبت آب به سیمان پارامتر مهمی است، مخلوط های آزمایشگاهی با نسبت های آب به سیمان ۰.۳۵ و ۰.۴۰ و ۰.۴۵ و ۰.۵۰ تهیه شد. بطور کلی چهار طرح اختلاط ساخته شد که ۲۴ نمونه استوانه ای برای هر طرح مخلوط تهیه گردید. دوام یخ زدن و آب شدن مخلوط ها پس از برش اره ای نمونه های استوانه ای به قطعات منشوری توسط درصد کاهش وزن مورد ارزیابی قرار گرفت.

مصالح مخلوط های آزمایش در همزن آزمایشگاهی با ظرفیت حجمی ۷۵ لیتر با نسبت های اختلاط مذکور به صورت وزنی برای ۶۵ لیتر، مخلوط و نمونه برداری شد. سپس در قالب های استوانه ای به ابعاد ۱۵۰×۳۰۰ میلیمتر با استفاده از چکش ارتعاشی و در قالب های استوانه ای ویژه ۱۵۰×۲۰۰ میلیمتر با استفاده از متراکم کننده دورانی متراکم گردید.

## ۲-۳- آماده سازی نمونه ها

پس از گیرش نهایی، نمونه ها در حوضچه عمل آوری آب و آهک به مدت ۲۸ روز مراقبت گردید. به منظور ارزیابی دوام یخ زدن و آب شدن نمونه ها بر اساس روش آزمون ASTM C666 پروسه A نمونه های استوانه ای بشکل منشورهای با ابعاد ۷۵×۱۰۰×۲۰۰ میلیمتر برش داده شدند. بطور کلی منشورهای آزمایش مذکور بر اساس روش توصیه شده باید در قالب های منشوری قالب گیری و متراکم شود تا ابعاد ۷۵×۱۰۰×۴۰۰ میلیمتر را بدست دهد [۱۵].

بهرحال نمونه های منشوری تیر شکل از این نوع بیانگر نمونه ای با تراکم نزدیک به شرایط اجرایی بتن غلتکی نمی باشد و تراکم این نمونه ها در قالب های با ابعاد مذکور به جهت محدودیت ابعادی بسیار مشکل است. بنابراین، منشورهای برش شده در این

مطالعه بکاربرده شد. شکل (۲) نمونه های متراکم شده با چکش ارتعاشی و ۷۵ دوران متراکم کننده دورانی را نشان می دهد که برای آزمون دوام یخ زدن و آب شدن به صورت منشوره های برش شده از نمونه های استوانه ای آماده سازی شدند را نشان می دهد.



شکل ۲- نمونه های متراکم شده توسط چکش ارتعاشی و متراکم کننده دورانی

#### ۲-۴- پروسه آزمون

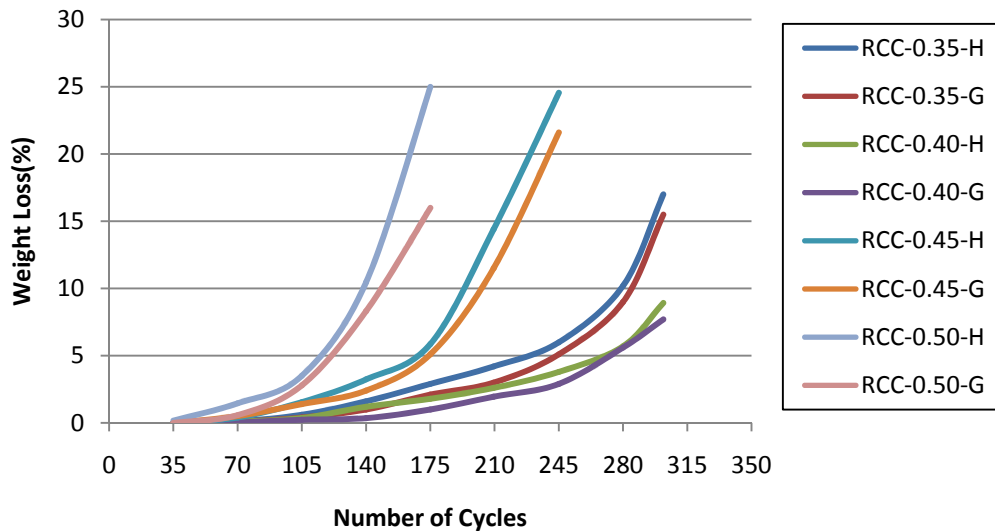
قبل از انجام آزمون یخ زدن و آب شدن، سه نمونه از هر اختلاط تحت آزمون مقاومت کششی دو نیم بر اساس استاندارد قرار گرفتند [۱۶]. منشورها در دستگاه آزمون دوام یخ بندان بر اساس روش A استاندارد ASTM C666 قرار داده شدند که در آن نمونه ها در هر دوره در حالت غرقاب از ۴ به ۱۸- درجه سانتیگراد یخ زده و بالعکس یخ زدگی نمونه ها از دمای ۱۸- تا ۴ درجه در مجاورت هوا آب می شود. مدت زمان هر دوره یخ زدن و آب شدن ۳ ساعت در نظر گرفته شد. منشورها پس از هر ۳۵ دوره یخ زدن و آب شدن توزین شدند و نتایج در مقایسه با نمونه اولیه قبل از آزمون محاسبه و درصد کاهش وزن ناشی از سست شدن و از دست رفتن تکه های نمونه در اثر آزمون مورد ارزیابی قرار گرفتند. شکل (۳) نمونه ها را قبل و بعد از آزمون و نمونه استوانه ای تحت فشار جک هیدرولیکی برای اندازه گیری مقاومت کششی دو نیم را نشان می دهد.



شکل ۳- چپ: نمونه ها قبل و بعد از آزمون یخ زدن و آب شدن، راست: مقاومت کششی دو نیم

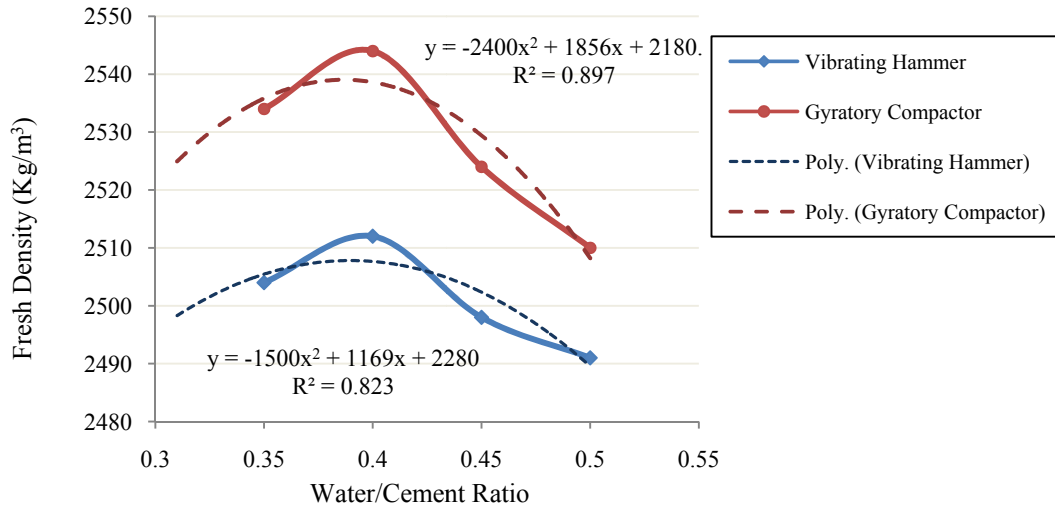
#### ۳- ارائه نتایج آزمون

مقادیر کاهش وزن بر حسب درصد در شکل (۴) ارائه می شود. یافته های تحقیق نشان داد که نتایج پارامتر درصد کاهش وزن، سازگارتر و منطقی تر از مدول الاستیسیته دینامیکی می باشد و از انحراف معیار بسیار کمتری برخوردار است. فقط یک طرح مخلوط قادر به گذراندن ۳۰۲ دوره یخ زدن و آب شدن با درصد کاهش وزن کمتر بود.



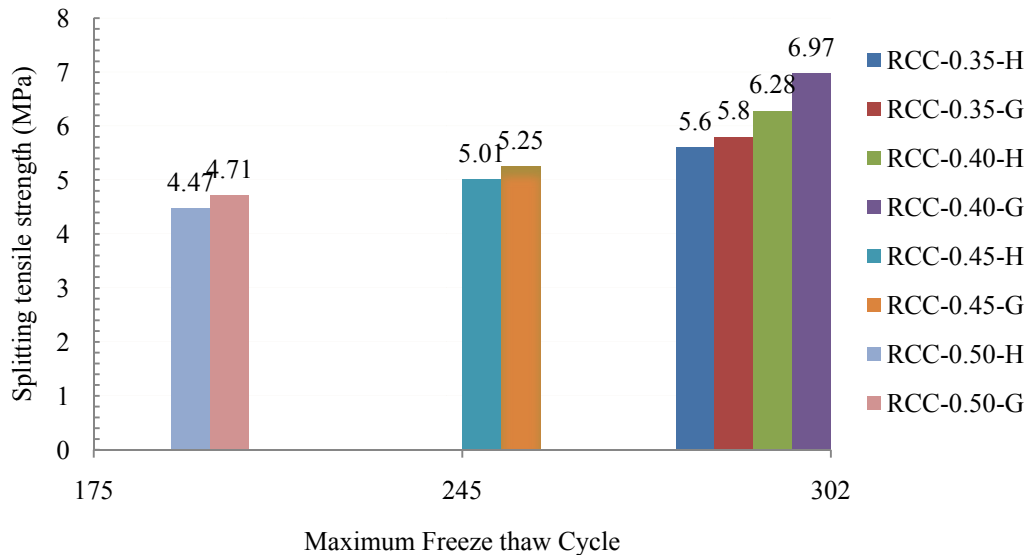
شکل ۴- کاهش وزن نمونه های RCCP تحت شرایط یخ زدن و آب شدن

نمونه های تهیه شده با نسبت آب به سیمان ۰.۴ تمام ۳۰۲ دوره یخ بندان را با مقادیر کاهش وزن کمتر از ۹ درصد تکمیل کردند. اما جداسدگی قطعات بزرگ از لبه نمونه ها مشاهده گردید. با وجود جداسدگی تکه های سست از گوشه ها مقادیر کاهش وزن بطور تقریبی ۹ درصد بود که کمتر از ۱۰ درصد مقدار مجاز توصیه شده توسط انجمن سیمان پرتلند در ۳۰۲ دوره یخ زدن و آب شدن بر اساس ASTM C666 روش A است. بر اساس نتایج، واضح است که مقاومت یخ بندان نمونه ها به درجات بالای چگالی و نسبت آب به سیمان کم بستگی دارد. همچنین نتایج نشان داد که افزایش چگالی، مقادیر درصد کاهش وزن ناشی از دوره های یخ زدن و آب شدن به مقادیر کمتری میل می کند. اگرچه دوران های متفاوت متراکم کننده دورانی اثر ناچیز بر مقادیر کاهش وزنی همان نمونه ها را داشت اما چگالی نمونه ها از ۱ تا ۱.۵ درصد بطور تقریبی افزایش یافت. دلیل این افزایش را میتوان به این صورت توضیح داد که نمونه های متراکم شده با چکش ارتعاشی تفاوت قابل توجهی در مقایسه با نمونه های متراکم شده با ۷۵ دوران داشت. مخلوط های آزمایشی RCC-0.4 که با نسبت آب به سیمان ۰.۴ تهیه شدند کمترین درصد کاهش وزن ناشی از یخ زدن و آب شدن را بدست دادند. با افزایش نسبت آب به سیمان مقادیر کاهش وزن نیز افزایش یافت. از آنجایی که نسبت های آب به سیمان کمتر نیازمند سیمان بیشتری می باشد بنابراین خمیر سیمان دوام یخ بندان مخلوط ها را افزایش می دهد. در نتیجه، خمیر سیمان بیشتر امکان ایجاد سیستم خلل و فرج در جهت بهبود دوام در برابر یخ بندان را فراهم می کند. از نتایج نیز یافت گردید که مخلوط های آزمایشی با حجم خمیر سیمان ۲۳۵ و ۲۱۰ لیتر به ازای هر مترمکعب از بتن حداکثر و حداقل مقاومت در برابر یخ بندان را بترتیب نشان دادند. در مورد مخلوط های RCC-0.5 این نمونه ها بطور متوسط ۱۷۵ دوره یخ و ذوب را تحمل کردند که پس از خروج از محفظه دستگاه آزمون دوام در برابر یخ بندان، بطور کامل شکسته و از هم گسسته بودند. شکل (۵) رابطه بین چگالی و نسبت آب به سیمان را برای هر دو روش تراکم نشان می دهد. واضح است که متوسط اختلاف چگالی نمونه های متراکم شده با متراکم کننده دورانی و چکش ارتعاشی بطور تقریبی ۱.۵ درصد بود که قابل اغماض می باشد.



شکل ۵- رابطه چگالی و نسبت های آب به سیمان

پارامتر تأثیرگذار دیگر بر دوام یخ زدن و آب شدن روسازی بتن غلتکی مقاومت کششی دو نیم نمونه ها می باشد. این مشخصه مربوط به چسبندگی بین خمیر سیمان و سنگدانه است. شکل (۶) رابطه بین حداکثر دوره های یخ زدن و آب شدن و حداکثر مقاومت کششی دو نیم را برای هر مخلوط نشان می دهد.



شکل ۶- رابطه بین حداکثر دوره های یخ زدن و آب شدن و حداکثر مقاومت کششی دو نیم

همانطور که در شکل (۶) نشان داده شده، نمونه هایی که مقاومت کششی دو نیم آنها بین ۶.۲۸ تا ۶.۹۷ مگاپاسکال است دوام بهتری تحت دوره های یخ زدن و آب شدن از خود نشان دادند در حالیکه نمونه های RCC-0.5-H بدترین عملکرد مقاومت کششی را به میزان ۴.۴۷ MPa نشان دادند. علاوه، واضح است نمونه های با چگالی بیشتر و مقاومت کششی دو نیم بالاتر قادر به گذراندن دوره های یخ زدن و آب شدن بیشتری بودند. مقادیر چگالی بین نمونه های RCC-0.4-H و RCC-0.5-G بسیار نزدیک بود در حالیکه نوع تراکم، مقاومت کششی دو نیم و درصد کاهش وزن و حداکثر تعداد دوره های یخ زدن و آب شدن قابل تحمل نمونه ها تفاوت قابل توجهی داشتند. بنابراین برای تسریع در سنجش دوام نیاز به پارامتر دیگری نظیر مقاومت کششی دو نیم علاوه بر چگالی می باشد تا پیوستگی کششی اجزای ماتریس بتن را مورد ارزیابی قرار دهد.

**۴- نتیجه گیری**

در مقاله حاضر، مقاومت نمونه های بتن غلتکی در برابر یخ زدن و آب شدن توسط روش A استاندارد ASTM C666 بصورت غوطه ور در آب مورد ارزیابی قرار گرفت. افزایش مقادیر چگالی، دوام یخ زدن و آب شدن را افزایش داد بجز در مورد نمونه های با نسبت آب به سیمان ۰.۳۵ که خشکی بیش از اندازه مخلوط در برابر تراکم از خود مقاومت نشان داد و مانع از حصول تراکم بهینه شد. درصد کاهش وزن ناشی از دوره های یخ زدن و آب شدن یک رویکرد مناسب برای تعیین شکست نمونه های ساخته شده با روش های تراکم مختلف می باشد. کاهش وزن ۷.۷ و ۸.۹۲ درصد می تواند یک معیار شناسایی نمونه های با دوام برای حداکثر مجاز کاهش وزن در ۳۰۲ دوره یخ زدن و آب شدن باشد. نمونه های ساخته شده با نسبت آب به سیمان ۰.۴ کلیه ۳۰۲ دوره یخ زدن و آب شدن را با میانگین درصد کاهش وزنی کمتر از ۹ درصد تکمیل نمودند در حالیکه این نمونه ها با هر دو روش ارتعاشی و دورانی متراکم شده بودند اما اثر متراکم کننده دورانی بر دوام قابل توجه بوده و مقادیر چگالی حاصل از نمونه های متراکم شده با این روش حتی از مغزه های اخذ شده از روسازی متراکم شده با غلتک بیشتر است. همپیکه حجم خمیر سیمان از ۲۱۰ به ۲۳۵ لیتر در هر مترمکعب بتن با ثابت ماندن آب اختلاط افزایش یابد درصد کاهش وزن و تعداد دوره های یخ زدن و آب شدن قابل تحمل به ترتیب از ۲۵ درصد و ۱۷۵ دوره به ۹ درصد و ۳۰۲ دوره در مورد نمونه های متراکم شده با چکش ارتعاشی بهبود یافت. نتایج نشان داد که متوسط تفاوت چگالی نمونه های متراکم شده با چکش ارتعاشی و متراکم کننده دورانی بطور تقریبی ۱.۵ درصد بود که این تفاوت ناچیز است. بعلاوه با کاهش نسبت آب به سیمان از ۰.۴ تا ۰.۳۵ چگالی به میزان ۰.۳ درصد کاهش یافت. از چنین مطالعات تجربی واضح است که آزمون های آزمایشگاهی می تواند مجموعه ای از دستورالعمل ها را فراهم کند تا بزرگراه های با دوام تری در دراز مدت با عملکرد فنی مناسب و مقرون به صرفه در مناطقی از کشور با دامنه اختلاف دمای بالا در روز و شب دست یافتنی گردد.

**۵- قدردانی**

این مقاله برگرفته از پایان نامه با عنوان "بررسی آزمایشگاهی اثر حجم خمیر سیمان بر دوام مخلوط های روسازی بتن غلتکی حاوی الیاف پلی پروپیلن تحت سیکل های یخ و ذوب" تصویب شده در اداره پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب برای اخذ کارشناسی ارشد مهندسی عمران-راه و ترابری دانشجو آقای مهندس کیانوش سیامردی به استادی راهنمای جناب آقای دکتر حسن ذوقی و استادی مشاور جناب آقای دکتر علی منصور خاکی می باشد. بدینوسیله از شرکت آتی ساز جهت فراهم آوردن امکانات آزمایشگاهی جهت انجام کلیه مراحل مطالعه آزمایشگاهی در آزمایشگاه پروژه آتی شهر کیلومتر ۱۷ اتوبان کرج، خیابان اردستانی قدردانی می گردد.

**۶- مراجع**

- [۱] Freeze Thaw Resistance of Pervious Concrete, NRMCA Report 888, www.nrmca.org, May 2004.
- [۲] Lynn D. Evans, A. Romine, R. Concrete Pavement Repair Manual for Practice; Materials and Procedures for the Repair of Joint Seals in Concrete Pavements, SHRP-H-349, Strategic Highway Research Program, National Research Council, ERES Consultants, Inc., Savoy, Illinois, 1994.
- [۳] Piggott, R. W., Roller Compacted Concrete Pavements – A Study of Long Term Performance, RP366, Portland Cement Association Research and Development, 1999.
- [۴] Luhr, D, R. Frost Durability of Roller-Compacted Concrete Pavements: Research Synopsis. PCA Publication IS692, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA, 4 pages; 2006.
- [۵] Mindess, S., Young, J.F., and Darwin. Concrete. 2nd Edition. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2003.
- [۶] Kuzu, T., Hara, J. & Kokubu, K., Freeze-Thaw Durability of Roller Compacted Concrete (in Japanese). Proceedings of annual symposium of the Japan Concrete Institute, 12 (1990) 697-702.
- [۷] Amer, N., Delatte, N., and Storey, C. Using Gyrotory Compaction to Investigate Density and Mechanical Properties of RCC, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1834. TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 77 – 84, 2003.
- [۸] American Society for Testing and Materials. New Test Method for Preparation, Compaction, and Density Determination of Roller-Compacted Concrete Specimens by Means of the Superpave Gyrotory Compactor, WK33682, ASTM International, Philadelphia, Pa. 2009.
- [۹] Delatte, N. J., Amer, N., Storey, C., Improved Management of RCC Pavement Technology, UTCA Report Number 01231. The University Transportation Center for Alabama, February 2003. [http://utca.eng.ua.edu/projects/final\\_reports/01231-rpt.pdf](http://utca.eng.ua.edu/projects/final_reports/01231-rpt.pdf)



[۱۰] American Society for Testing and Materials. Standard Practice for Molding Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Hammer, C1435/C1435M-07, ASTM International, Philadelphia, Pa. 2007.

[۱۱] American Concrete Institute Committee 325. State-of-the-Art Report on Roller-Compacted Concrete Pavements. ACI 325.10R-95, Farmington Hills, MI. 1995.

[۱۲] Fuller, W.B., Thompson, S.E., (1907) The Laws of Proportioning Concrete, Journal of Transportation Division, American Society of Civil Engineers, Volume 59.

[۱۳] Andersson R., "Swedish Experiences with RCC," Concrete International, Vol. 9, No. 2, pages 18-24, 1987.

[۱۴] Neville, A.M. Properties of Concrete, 3rd edn, Longman, London; 1981.

[۱۵] American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing. C 666-92 b, ASTM International, Philadelphia, Pa. 1992.

[۱۶] American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. C 496-96, ASTM International, Philadelphia, Pa. 1996.

Paper Number: 271D-2

## **Prediction of Maximum Freeze-thaw Cycles for RCCP Mixtures by Splitting Tensile Strength**

**Hasan Zoghi<sup>1</sup>, Ali MansourKhaki<sup>2</sup>, Kianoush Siamardi<sup>3\*</sup>**

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Karaj Branch, Islamic Azad University, Alborz, Iran.

2- Associate Professor, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

3- Master of Science Student, Department of Road & Transportation Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Email: K.Siamardi@gmail.com

Tel: 09374505465

### **Abstract**

Freeze thaw damage to roller compacted concrete is one of the major causes of distress for pavements. However there are no predictable parameters to predict the long term freeze thaw durability. In order to determine compaction effect on frost durability of RCC samples, compaction was performed by both 75 gyrations of gyratory compactor and vibrating hammer for each mixture. The combined aggregate gradation curve was in range recommended by ACI 325.10R-95. In this paper, laboratory study was conducted to evaluate the relation between splitting tensile strength and maximum cycles of freeze thaw for roller compacted concrete pavement samples. As expected, results have shown that high durable specimens have had maximum splitting tensile strength. Moreover, the main reason of freeze thaw durable specimens was found to be cohesion between aggregates and cement paste interface. It was found from results that mixtures by splitting tensile strength of 7 MPa approximately have passed more than 302 cycles of freeze-thaw by weight loss less than 9 % according to ASTM C666 procedure A.

**Keywords:** freeze thaw cycle, tensile strength, durability, prediction, RCCP.