

# پرسش و پاسخ

## جناب آقای دکتر تدین

به استحضار می‌رساند: یکی از مشکلاتی که چند سالی است تولیدکنندگان بتن آماده با آن درگیر بوده و در عین حال حرکت مثبتی نیز در رابطه با افزایش کیفیت بتن می‌باشد، استفاده از افزودنیهای بتن خصوصاً روان کننده ها می‌باشد.

با توجه به اینکه در بیشتر مواقع کارفرما، راساً و با نظر خود، این مواد را تهیه و در محل پروژه استفاده می‌نماید حتی در بعضی مواقع، تولیدکننده ی بتن، مواد افزودنی مورد تایید خود را در کارخانه به بتن اضافه کرده ولی کار فرما مجدداً به منظور افزایش روانی بیشتر از مواد دیگر هم استفاده می‌نماید، استدعا دارد نظر فنی و کارشناسی خود را در خصوص موارد زیر کتباً اعلام فرمایید.

۱- مسئولیت کیفیت بتنی که بعد از افزودنی، از دهانه های پمپ خارج می‌شود به عهده ی تولیدکننده بتن یا کارفرما می‌باشد؟

۲- آیا اختلاف دو نوع افزودنی در بتن باعث کاهش مقاومت یا کیفیت بتن نمی‌شود؟ در اینگونه مواقع تولیدکننده چه تکلیفی دارد و چگونه بایستی عمل کند تا در آینده دچار مشکل نشود؟

سعید قاضی خانی

## جناب آقای مهندس قاضی خانی

### عضو محترم انجمن بتن ایران

موارد زیر در پاسخ به نامه پرسش جنابعالی به استحضار می‌رسد

۱- چنانچه کارفرما (خریدار) قصد دارد تا در محل اجرای پروژه و در پای کار، افزودنی روان کننده به بتن اضافه نماید، لازم است هماهنگی با فروشنده (تولیدکننده) بتن آماده صورت گیرد و در مورد اسلایمپ مورد نیاز خود در پای کار قبل از افزودن افزودنی و پس از اضافه کردن آن، اطلاعات لازم را به فروشنده بدهد تا تدابیر مناسبی برای مخلوط بتن و دانه بندی آن پیش بینی گردد.

بدیهی است مسئولیت کیفیت بتن تا پای کار قبل از زدن افزودنی بعهده فروشنده است و نمونه گیری از بتن، قبل از اضافه کردن افزودنی انجام می‌شود، در حالی که نیازمند کنترل بتن پس از استفاده از افزودنی نیز خواهیم بود.

لازم به ذکر است نمونه گیری از بتن، پس از افزودنی و قبل از مصرف بتن (خروجی پمپ) برای ارزیابی و پذیرش بتن پروژه نیز ضرورت دارد.

۲- در صورتی که افزودنی روان کننده توسط تولیدکننده بتن آماده در کارخانه بتن بکار می‌رود، بهتر است خریدار بتن در پای کار از مواد اضافی دیگری استفاده نکند و تدابیری اندیشیده شود تا با مصرف مقدار مناسب افزودنی در کارخانه، به روانی مطلوب در پای کار برسیم. بهر حال چنانچه بهر علت (مانند طول مدت حمل یا

معطلی های پیش بینی نشده) روانی بتن در پای کار کافی نباشد می توان افزودنی روان کننده بیشتری را در پای کار اضافه نمود. بدیهی است بهترین اقدام آنست که افزودنی مصرفی در پای کار، همان افزودنی بکار رفته در کارخانه (بچینگ) باشد. هم چنین لازم است به عواقب و نتایج مصرف بیش از حد افزودنی توجه داشت و با انجام آزمون های لازم مطمئن شویم تا بتن با توجه به بکارگیری مقدار معینی از افزودنی در پای کار، دچار جداسدگی و آب انداختن نگردد.

۳- در صورتی که بهر دلیل، قرار باشد از دو نوع افزودنی استفاده شود باید این عملیات در آزمایشگاه شبیه سازی شود (با رعایت مقادیر مصرفی از هر یک از آنها) تا عواقب این کار و سازگاری این مواد با یکدیگر قبلاً بررسی گردد.

بدیهی است مسئولیت بتن تحویلی در پای کار بعهده فروشنده است مگر اینکه مسئولیت کامل بتن پس از بکارگیری افزودنی اضافی در پای کار (از همان نوع یا نوع دیگر) را پذیرفته باشد.

۴- گاه دیده می شود که دو نوع افزودنی (اعم از روان کننده یا انواع دیگر افزودنی ها) مشکلات خاصی را برای بتن بوجود می آورد اما ممکن است مشکل خاصی نیز پیش نیاید یا بتوان بطریقی مشکلات ایجاد شده را تخفیف داد و یا با آن کنار آمد زیرا ممکن است علیرغم وجود مشکل، خواسته های ما از بتن برآورده شود.

بهر حال واضح است که همانطور که در بند فوق اشاره شد در این حالت نیاز به آزمایش های قبلی داریم. همانطور که مکرراً بیان شد، مسئولیت فروشنده بتن در چارچوب تعهدات و قراردادهای فیما بین معنا دارد و خارج از این چارچوب مسئولیتی بعهده فروشنده بتن آماده نیست.

۵- همانگونه که قبلاً بصورت حضوری نیز تذکر داده شد، لازم است فروشنده بتن، نیاز خریدار از نظر روانی مقاومت و دیگر خواسته ها را در پای کار تامین نماید. بدیهی است وقتی قرار است بتن پروژه، به کمک پمپ و لوله ریخته شود، روانی و اسلامپ بتن و بطور کلی کارائی آن مناسب با عمل پمپ کردن باشد. مسلماً تحویل بتنی با اسلامپ ۵ تا ۷ سانتی متر در پای کار، مشکلاتی را بوجود می آورد که ناگزیر از افزایش روانی در پای کار خواهیم بود. گاه این افزایش روانی، بکمک آب و گاه با توجه به اطلاعات و دانش خریدار به کمک افزودنی روان کننده تامین می شود. بدیهی است فروشنده بتن مسئول بروز مشکلات و تبعات آن خواهد بود مگر اینکه خریدار، درخواست چنین بتنی را کرده باشد.

همانگونه که در اغلب موارد دیده می شود، تولید کننده بتن، مسئولیت پمپ کردن آن را نیز بر عهده دارد بنابراین مسئولیت عواقب کم بودن روانی و اسلامپ بتن و افزودن این روانی بعهده فروشنده خواهد بود. بهر حال در اغلب موارد، خریدار درخواست بتن پمپی را داشته است و ارسال بتنی با اسلامپ کم توجیه ندارد مگر اینکه فروشنده مسئولیت اصلاح آن را بعهده داشته باشد.

محسن تدین

## جناب آقای دکتر تدین

بتن درخواستی جهت اجرای کف سازی یک پروژه عیار ۳۵۰ و حاوی ۰/۷ کیلوگرم الیاف پلاستیکی و ۰/۴ کیلوگرم الیاف پلی پروپیلن و فوق روان کننده پلی کربوکسیلات بوده است. این بتن با ضخامت تقریبی ۱۱ سانتی متر با مش ۲۰@۶ نیز اجرا گردیده است. تقاضا می گردد نظر خود را جهت علت ترک های بوجود آمده بسیار زیاد اعلام فرمایید.

## عراقی

### جناب آقای عراقی

#### عضو محترم حقوقی انجمن بتن ایران

در مورد علل ترک خوردگی در ساخت کف های اجرا شده بر روی دال بتنی سقف ساختمانها موارد زیر به استحضار می رسد.

۱- ترکهایی که بر روی کف ها و روکش ها رخ می دهد عمدتاً بصورت ترکهای جمع شدگی خمیری، ترکهای نشست خمیری و در نهایت ترکهای جمع شدگی بتن سخت شده می باشد.

ترکهای جمع شدگی خمیری اغلب در اثر تبخیر بوجود می آید هر چند عوامل دیگری نیز در هنگام گیرش موجب جمع شدگی می شوند اما تاثیر آنها در ایجاد جمع شدگی چندان جدی نیست. بهر حال این ترکها قابل پیشگیری هستند. ترکهای نشست خمیری در اثر جمع شدگی یا نشست قائم عمدتاً به دلیل آب انداختن و عدم تراکم مجدد در بتن مسلح حاصل می گردد که می توان از بروز آنها در حین اجرا یا قبل از اجرا جلوگیری نمود. ترکهای جمع شدگی ناشی از خشک شدگی بتن سخت شده پس از خاتمه عمل آوری رطوبتی به تدریج نمایانگر می شود. هر چند در حین اجرا می توان از بروز آنها جلوگیری کرد اما بهتر است منشا آن را در ساخت بتن و طرح مخلوط آن کاهش داد.

۲- ترکهای ناشی از جمع شدگی خمیری معمولاً در ساعات اولیه پس از ریختن و تراکم بتن عمدتاً بدلیل تبخیر زیاد آب از سطح بتن و جمع شدگی شدید ناشی از آن در بتن خمیری اتفاق می افتد. این ترکها بصورت نامنظم با طول کم (۱۰ تا ۵۰ سانتی متر) و عمق نسبتاً کم (۵ تا ۲۵ میلی متر) و اغلب به موازات هم خواهد بود.

نگهداری اولیه ناقص بویژه در هوای گرم، رطوبت کم، وزش باد و بویژه در زیر آفتاب و با دمای زیاد بتن تازه همراه با تبخیر زیاد و جمع شدگی شدید و ترک خوردگی خواهد شد. وقتی شدت تبخیر از سطح بیش از آهنگ رو زدن آب باشد سطح بتن ترک خواهد خورد. در بتن های معمولی وقتی آهنگ تبخیر بیش از  $0.5 \text{ kg/m}^2/h$  باشد احتمال ترک خوردگی وجود دارد. در بتن های حاوی میکروسیلیس و بتن های خود تراکم یا بتن هائی که آب انداختن ندارند یا کم آب می اندازند چنانچه آهنگ تبخیر از  $0.25 \text{ kg/m}^2/h$  بیشتر باشد به احتمال زیاد سطح آن ترک خواهد خورد.

با ساخت بتن خنک و ریختن آن در هوای معتدل و با رطوبت مناسب و بدون وزش باد و در زیر سایه بان می توان شدت تبخیر را کاهش داد و احتمال ترک خوردگی را کم نمود. وجود الیاف نیز تا حدودی به کاهش یا تاخیر در ایجاد ترک کمک می کند.

۳ - نوعی از ترکهای جمع شدگی اولیه که ترک های سوسماری ریز سطحی نامیده می شود می تواند ایجاد شود (Crazy Cracks) رو زدن شیره و ماله کشی زیاد، آب پاشی روی سطح و ماله زنی، ریختن و پاشیدن سیمان در سطح بتن تازه و ماله کشی، خنکی آب نگهداری و اختلاف دمای بیش از ۱۲ درجه سانتی گراد با سطح بتن، تری و خشکی در سنین و ساعات اولیه و وجود رس زیاد در سنگدانه از جمله عوامل ایجاد این ترکهاست. این ترک ها بسیار ریز و پخش در سطح (مانند ترکهای یک گل خشک شده در یک زمین کویری یا به شکل یک توری سیمی مرغی) هستند. عمق آنها بسیار کم و حتی کمتر از ۱ میلی متر و عرض آنها کمتر از ۰/۵ میلی متر می باشد و اهمیت زیادی ندارد.

۴ - ترکهای نشست خمیری در بتن مسلح و درست در بالای سر میلگرد و در امتداد آن ایجاد می شود. عمق آن قطعاً تا سطح میلگرد ادامه خواهد داشت و حتی ممکن است بیشتر از ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد و تا تمام ضخامت باشد. بنابراین از اهمیت کیفی بسیار زیادی برخوردار است Plastic Settlement نام این نوع نشست است و Pastic Subsidence نیز نام دارد.

عرض این ترکها و عمق آن می تواند بسته به میزان جمع شدگی های بتن تازه و سخت شده، افزایش محسوسی را داشته باشد.

آب انداختن و در نتیجه آن نشست خمیری بتن باعث خالی شدن زیر میلگردها می باشد و حتی ممکن است در زیر میلگردها، آب در حال رو زدن، تجمع باید و مشکل را افزایش دهد. بهر حال در حین گرفتن بتن و جمع شدگی های عادی و معمول ناشی از آن، منطقه ضعیف موجود، در جایی است که میلگرد و فضای خالی زیر آن وجود دارد. بنابراین ترک ها در این محل آشکار می گردد.

راهکار جلوگیری از آن، استفاده از بتنی است که آب نمی اندازد یا آب انداختن کمی دارد. کاهش اسلامپ، بکارگیری حداکثر اندازه کوچکتر، دانه بندی ریزتر، داشتن سیمان و مواد سیمانی بیشتر، کاهش نسبت آب به سیمان، افزایش ریزها در سنگدانه و افزایش پودر سنگ و رعایت مقدار مصرف افزودنی روان کننده یا دیر گیر کننده، می تواند به این کاهش آب انداختن کمک کند.

در صورتی که بتن آب بیندازد، می توان با تراکم مجدد (در دالهای کف، تراکم سطحی بتن و حتی ضربه زدن به کمک تخته ماله) فضای زیر میلگردها را با بتن پرنمود و مشکل را حل کرد.

لازم به ذکر است استفاده از نایلون و کاهش یا جلوگیری از تبخیر نمی تواند جلوی این نوع ترکها را بگیرد و همواره این ترک خوردگی ها باعث تعجب دست اندرکاران اجرا می شود زیرا احساس می کنند که با جلوگیری از تبخیر سطحی و عمل آوری رطوبتی مناسب نباید شاهد ترک خوردگی باشند، در حالی که علت ایجاد آنها به تبخیر سطحی ارتباطی ندارد. اضافه کردن افزودنی در پای کار به بتن همواره خطر آب انداختن را بدلیل عدم اختلاط کامل و یا عدم کنترل اسلامپ اولیه و بالا بودن نسبت آب به سیمان دنبال دارد که به ایجاد نشست خمیری و ترک خوردگی ناشی از آن منجر می گردد.

۵ - ترک های ناشی از جمع شدگی در بتن سخت شده در اثر تبخیر و کاهش رطوبت بتن از جمله مهم ترین انواع ترک خوردگی در دالها می باشد. این نوع جمع شدگی را **Drying shrinkage** می نامند. بتن سخت شده مرطوب، پس از خاتمه عمل آوری رطوبتی، در مجاورت محیط دستخوش کاهش رطوبت می گردد به شرطی که مرتباً با رندگی وجود نداشته باشد. عوامل کاهش رطوبت و تبخیر از بتن سخت شده همان عوامل شناخته شده مانند بالا بودن دمای هوا، رطوبت کم، وزش باد، تابش آفتاب و حتی ارتفاع از سطح دریا می باشد.

بخش اعظم خاک ایران در فلات مرتفعی است که ارتفاع متوسط آن از سطح دریا در حدود ۱۰۰۰ متر است و تبخیر بدلیل کاهش فشار هوا در مناطق مرتفع، افزایش جدی را در کاهش رطوبت سطحی بدنبال می آورد. شهر تهران با ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا دارای تبخیر زیادی خواهد بود. هم چنین کشور ما عمدتاً یک کشور گرم تلقی می شود بویژه آنکه اغلب عملیات اجرائی بتنی نیز در فصول معتدل و گرم انجام می گردد. فلات ایران یک منطقه نسبتاً خشک تا خیلی خشک را در بر دارد. در بسیاری از روزهای گرم و معتدل بهاری، تابستانی و حتی پائیزی، حداقل رطوبت نسبی هوا به کمتر از ۲۰ درصد و حتی تا حدود کمتر از ۱۰ درصد می رسد. شهر تهران نیز از این قاعده مستثنی نیست. تابش شدید آفتاب از جمله ویژگی های مهم اغلب نقاط کشور ما در بیشتر روزهای سال بویژه ایام معتدل و گرم است. تابش آفتاب صرفنظر از دمای هوا و سطح بتن، عامل مهمی در تبخیر است.

عوامل موثر بر این نوع جمع شدگی را می توان به دو دسته تقسیم کرد. دسته اول عوامل مرتبط با کیفیت و کمیت و نسبت اجزای بتن و دسته دوم عوامل اجرائی و غیر بتنی می باشد.

عوامل مرتبط با کیفیت و کمیت و نسبت اجزای بتن عبارتند از

الف - بالا بودن نسبت آب به سیمان

ب : عیار زیاد سیمان و مواد سیمانی

پ - حجم زیاد خمیر سیمان یا مواد سیمانی

ت - مصرف مواد پوزولانی به مقدار زیاد اعم از پوزولانهای طبیعی و مصنوعی بویژه میکروسیلیس

ث - بالا بودن حداکثر اندازه سنگدانه

ج - درشت بافت بودن دانه بندی مخلوط سنگدانه

چ - گردگوشه گی شن ها و صاف بودن بافت سطحی سنگدانه ها

ح - پائین بودن شدید نسبت آب به سیمان بویژه با توجه به زیادی سیمان یا مواد سیمانی

عوامل مرتبط با اجرا و غیر بتنی عبارتند از :

الف - کمبود میلگرد حرارتی (جمع شدگی) و فاصله زیاد آنها از یکدیگر

ب - کمبود یا فقدان الیاف مناسب بویژه وقتی که کمبود میلگرد حرارتی وجود دارد

پ - فاصله زیاد درزهای جمع شدگی از یکدیگر با توجه به ضخامت و قیود موجود (درگیری با قسمت زیرین)

ت - عمق کم درزهای تعبیه شده یا اراه شده

ث - تاخیر زیاد در برش و اراه کردن درزهای جمع شدگی

ج - مدت کم عمل آوری رطوبتی با توجه به استعداد جمع شدگی

چ - شدت تبخیر زیاد از سطح بتن پس از خاتمه عمل آوری (قرارگیری در محیط گرم و خشک و آفتابی و در معرض وزش باد بویژه سطوحی که در طبقات بالایی هستند).

ح : قید و درگیری زیاد بتن رویه یا بتن با سطح زیرین بویژه زمانی که از چسب های لاتکس یا اپوکسی بین این دو استفاده می شود.

بنظر می رسد شرایط کشور ما و شهر تهران ایجاب نماید تا دقت بیشتری به همه موارد داشته باشیم هرچند عوامل مختلف در دو دسته و هر کدام در چند بند گنجانده شده است اما باید اذعان نمود که همه اینها می توانند در ارتباط با هم و بصورت هم افزایی عمل نمایند و موجب تشدید مشکل شوند. برای مثال اگر عوامل مرتبط با بتن به نحوی باشد که استعداد جمع شدگی و ترک خوردگی را افزایش دهند توجه بیشتری به عوامل مرتبط با اجرا و غیر بتنی ضرورت دارد و شاید بتوان با تاکید بر آنها باعث کاهش ترک خوردگی گردید.

هم چنین در یک دسته نیز این امر صادق است. برای مثال ممکن است در صورت وجود شدت زیاد تبخیر، مدت عمل آوری را طولانی تر کرد و یا فاصله درزها را کمتر نمود و بالعکس. هم چنین برای مثال در صورتی که به دلایلی عیار سیمان و خمیر سیمان زیاد است می توان با ریز بافت کردن دانه بندی و کوچکتر کردن حداکثر اندازه یا مصرف شن های شکسته تر، مشکل را کمی تخفیف داد.

بهر حال چنین ترکهایی از وسط یا نزدیک به وسط یک ضلع و در فواصل نسبتاً مساوی ( در صورت وجود فاصله زیاد بین درزها) شروع می شود و عمود بر ضلع مربوطه ادامه می یابد هر چند ممکن است در ادامه به سمت اضلاع دیگر نیز متمایل گردد.

۶ - عوامل متفرقه دیگری نیز در ترک خوردگی های دالها و کف های بتنی موثر هستند که عبارتند از

الف- خنک شدن ناگهانی هوا پس از ریختن و تراکم و گیرش بتن

ب - اعمال بارهای ضربه ای به سطح بتن

پ - وارد شدن بارهای ترافیکی زود هنگام

ت - نشست سقف یا زیر سازی موجود پس از بتن ریزی

ث - لرزش های شدید زمین یا سقف مورد نظر پس از گیرش بتن

بهرحال در پایان امیدوارم این توضیحات نسبتاً جامع توانسته باشد پاسخی به پرسش جنابعالی محسوب گردد. در پروژه مورد نظر احتمالاً عیار سیمان بمراتب بیشتر بوده است و محتمل است که میکروسیلیس نیز استفاده شده باشد و ضمن تاکید بر اینکه از لاتکس در حد فاصل دو بتن در نقاط مورد نظر استفاده نشده است و شبکه میلگرد و الیاف مصرفی نیز کافی بنظر می رسد و با توجه به الگوی ترک خوردگی در وسط هر ضلع ( یک ترک در فاصله درزها) و ایجاد ترک پس از چند روز بنظر می رسد. ترکها از نوع جمع شدگی ناشی از خشک شدگی در بتن سخت شده باشد و با وجود اینکه طبق اظهارات جنابعالی و تائید ناظرین پروژه، در حدود ۶ تا ۷ روز عمل آوری رطوبتی به همراه نایلون و آب دادن وجود داشته است شاید تداوم بیشتر عمل آوری و خاتمه تدریجی آن می توانست در شرایط آب و هوایی موجود باعث کاهش یا جلوگیری از ترک ها شود.

محسن تدین

## جناب آقای محسن تدین

در خصوص پدیده جمع شدگی بتن که به دلایلی از جمله تاثیر رطوبت نسبی و شرایط پیرامون بتن، تبخیر آب بتن، دمای هوا، دمای بتن و سرعت باد ایجاد می گردد، لذا فارغ از هر گونه مباحث اجرایی بتن که باید تحت کنترل بوده تا پدیده جمع شدگی بتن رخ ندهد و یا لاقلاً مقدار آن کم بوده و منجر به ترک خوردگی نگردد، لذا چه آیتم هایی در طراحی بتن باید رعایت گردد که این پدیده رخ ندهد و یا لاقلاً مقدار آن کم بوده که منجر به ترک خوردگی نگردد؟ اصولاً چه بتنی و با چه مشخصاتی فاقد پدیده جمع شدگی می باشد؟ در خصوص استفاده از افزودنی های کاهنده جمع شدگی و یا افزودن برخی از ترکیبات ارگانیک قابل حل در آب به بتن تازه و اضافه کردن این مواد در مرحله آخر و در نزدیکی سطح بتن هنگام از دست رفتن رطوبت به منظور کنترل جمع شدگی، خواهشمند است توضیحات و راهنمایی های لازم را بفرمایید.

## نادر مهینی

## جناب آقای نادر مهینی

### عضو محترم حقیقی انجمن بتن ایران

در خصوص ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی خمیری و استفاده از مواد یا افزودنی های کاهنده جمع شدگی یا از دست دادن رطوبت، موارد زیر به استحضار می رسد.

۱- همانطور که به درستی اشاره فرموده اید عواملی در ایجاد تبخیر موثر می باشند که عمده آنها مربوط به محیط مجاور هستند. بهر حال لازم به ذکر است این عوامل صرفاً به تبخیر منجر می شوند و تبخیر موجب جمع شدگی خمیری در بتن تازه می گردد. بنابراین در پرسش جنابعالی چند نکته باید اصلاح شود. اولاً جمع شدگی مورد نظر شما، جمع شدگی خمیری است یا جمع شدگی ناشی از خشک شدگی در بتن سخت شده؟ زیرا هر دو مورد، تبخیر نقش مهمی را ایفا می کند. در مورد جمع شدگی خمیری، شدت تبخیر از سطح بتن تازه اهمیت دارد و در مورد دوم، علاوه بر شدت تبخیر، مقدار تبخیر نیز مهم است.

دمای بتن که در تبخیر نقش زیادی دارد مربوط به شرایط محیطی نیست بلکه به خود بتن و شرایط آن ارتباط دارد. در مورد جمع شدگی خمیری معمولاً هر چه حجم خمیر و آب موجود در بتن بیشتر باشد جمع شدگی بیشتری وجود خواهد داشت اما موضوع اصلی آهنگ آب انداختن بتن است. هر چه آهنگ آب انداختن بیشتر باشد بدلیل تاخیر در خشک شدن سطح، جمع شدگی خمیری کمتر خواهد شد. بتن های سفت و با  $w/c$  کم و فاقد آب انداختن (مانند بتن های خشک یا بتن خود تراکم در دو کرانه متفاوت از نظر روانی) مستعد ترک خوردگی زود هنگام هستند در حالیکه بتن های پر آب با حجم خمیر زیاد و  $w/c$  زیاد نیز از جهت دیگری استعداد ترک خوردگی دارند.

از آنجا که پارامترهای متعدد مربوط به بتن در جهات گوناگون بر تبخیر و جمع شدگی آن اثر گذارند لذا معمولاً در منابع مختلف صرفنظر از این عوامل، سعی می کنند در اجرا، آهنگ تبخیر را کنترل کنند.

هم چنین لازم به ذکر است که در مورد بتن های پرسیمان و یا حاوی مواد جایگزین سیمان (بویژه میکروسیلیس) که آب انداختن ناچیزی دارند، تبخیر می تواند در کوتاه مدت به خشک شدگی سطح بتن تازه و جمع شدگی و ترک خوردگی آن منجر گردد.

بنابراین مشاهده می شود که سفتی یا شلی، پرسیمانی و کم سیمانی،  $w/c$  کم یا زیاد و ... اثرات متضاد و متفاوت و گاه مشابه هم را بوجود می آورند که از پیچیدگی برخوردار است.

حتی ممکن است وجود برخی مواد در بتن باعث شود تا دیرتر آب خود را از دست دهد و تبخیر از سطح بتن کاهش یابد. برای مثال توده شن سریعتر از توده ماسه، آب خود را از دست می دهد و خشک می شود. بر این منوال می توان گفت که شدت تبخیر علاوه بر شرایط محیطی، به نوعی تابع دمای بتن و کیفیت آن و مقادیر و نسبت های اجزای آن و کیفیت اجزای مصرفی آن می باشد و اطلاعات زیادی در این مورد در دست نیست.

هم چنین برای مثال متذکر شوم که اگر سیمان و میکروسیلیس در یک بتن زیاد باشد یا از مواد محافظ و نگهداری کننده آب در بتن استفاده شود ضمن اینکه آب انداختن بتن کم می شود اما از طرفی عوامل محیطی نمی توانند براحتی آب را از بتن بصورت تبخیر خارج نمایند. بنابراین نباید پنداشت که آب انداختن کم حتماً به معنای تبخیر بیشتر خواهد بود اما می توان تصور نمود که آب انداختن کم و یا آهنگ کم در رو زدن آب می تواند به خشک شدگی سریعتر سطح بتن و احتمالاً ترک خوردگی آن منجر گردد.

این پیچیدگی ها باعث شده است تا پژوهش های کمتری در این موارد ساماندهی شود و نتایج واضح و روشنی برای آن ارائه نشده است. بنابراین سعی می شود در اجرا، تبخیر را با ترفندهای مختلف کم نمود.

۲ - گاه با استفاده از مواد نگهداری کننده آب مانند (VMA یا اصلاح کننده لزجت یا ماده ضد آب شستگی) سعی می شود تبخیر و در نتیجه جمع شدگی ناشی از آن در بتن تازه را کاهش دهند. لازم به ذکر است چون این مواد به کاهش آب انداختن می انجامد لذا از بابت دیگری خطر ترک خوردگی افزایش می یابد. بنابراین چنین موادی همچون چاقوی دولبه هستند. شبیه به این مورد می توان از مواد دیرگیرکننده نام برد که بدلیل کاهش آهنگ هیدراته شدن اولیه، بتن را خمیری نگه می دارد ولی تبخیر از سطح آن طبق روال عادی انجام می شود و خطر ترک خوردگی بیشتر می شود هر چند آهنگ آب انداختن کمتر نخواهد شد بلکه ممکن است با مواد دیرگیرکننده، آهنگ آب انداختن بیشتر شود. بنابراین مشاهده می کنید که چگونه یک ماده افزودنی می تواند تاثیرات مختلف و عجیبی را بوجود آورد. گاه ممکن است ماده هائی به سطح بتن پاشیده شود که در این حالت، افزودنی نام نمی گیرد. موادی مانند مواد معدنی یا آلی یا موم ها به نام مواد غشاء ساز مانع تبخیر (مواد عمل آوری) می تواند برای جلوگیری از تبخیر سطحی مورد استفاده قرارگیرد که به نوعی جمع شدگی خمیری ناشی از خشک شدگی در اثر تبخیر از سطح بتن تازه را کنترل می کند.

در این حالت، همان ترفندهای کاهش تبخیر را داریم اما نه با کنترل شرایط محیطی بلکه با ایجاد یک پوشش مانع تبخیر در سطح بتن. ضمناً لازم به ذکر است که می توان از نایلون بعنوان پوشش مانع تبخیر در سطح بتن استفاده نمود و جمع شدگی های مرتبط با بتن خمیری را کنترل کرد.

اگر مقصود شما از افزودنی های کاهنده جمع شدگی، مواد جبران کننده جمع شدگی یا منبسط کننده باشد باید گفت که این مواد جلوی ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی خمیری را نمی گیرند.

**محسن تدین**