اندازه‌گیری ضریب نفوذ بخار آب برای بررسی خطر میعان

(تجربه به دست آمده برای نماسازی مجلس شورای ملی سابق)

محمد حسین ماجدی اردکانی - بهروز محمد کاری - جمشید ریاضی
مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

چکیده

میعان پدیده‌ای است که در طول سالها مشکلات و خرابی‌های ناشی از آن در نما به مراتب بیشتر از موارد ناشی از نفوذ آب باران در پوسته خارجی و نشتی و ترکیدگی لوله‌کشی است. ظاهر شدن قارچ و کپک در طرف رو به داخل پوسته، طبله کردن لایه خارجی دیوار یا سقف عموماً ناشی از بروز میعان است و موجب تخریب عایق حرارتی و رطوبتی یا دیگر لایه‌های دیوار و تحمیل هزینه‌های سنگین جهت تعمیر و رفع نواقص می‌گردد.

در این مقاله برای انتخاب نمای مناسب برای بازسازی مجلس شورای ملی سابق محاسبات مربوط به پدیده میعان انجام شده که می توان از الگوی آن برای بررسی بروز پدیده میعان به منظور اطمینان از تأثیر نداشتن آن بر عملکرد عایقهای حرارتی استفاده کرد.

۲- روش اندازه‌گیری ضریب نفوذ بخار آب

ضریب نفوذ بخار آب گچ آمیخته (مسلح به الیاف پلی پروپیلن) براساس آزمایش ظروف خشک تعیین گردیده است. این آزمایش با استفاده از محلولهای $MgCl_2$ و NaCl و همچنین آب خالص انجام شده و اتلاف وزن ظروف حاوی نمونه ها که در یک آون خشک در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداری می شدند، اندازه گرفته شده است. این مقدار برابر با $۱/۸۴\times۱۰^{-۸}$ gr/m.Pa sec بوده است.

۳- روش بررسی بروز میعان در پوسته ساختمان

روش برتیه۱ از جمله روشهای بررسی مخاطرات پدیده میعان است. در این روش، فرض می شود که رطوبت در مواد تشکیل دهنده پوسته ناچیز است در حدی که انتقال رطوبت فقط به صورت بخار آب صورت می گیرد. به عبارت دیگر، به محض اینکه پدیده میعان در بخشی از پوسته ظاهر شود، این روش فاقد اعتبار می شوند.

در این روش، دبی رطوبت در پوسته متناسب با گرادیان فشار جزئی بخار آب فرض می شود. ضریب تناسب ((نفوذپذیری بخار آب) خود تابعی از رطوبت نسبی بخار آب و دما ست. برای ساده شدن مسئله، در اکثر موارد (ثابت فرض می شود و بدین ترتیب اگر انتقال رطوبت یک‌بعدی باشد، معادله انتقال رطوبت در حالت پایدار به صورت زیر نوشته می شود:

$$M_{7} = \frac{(P_{ve} P_{vi})}{d} (kg/m^2.s) \quad =$$

برای استفاده از این روش، لازم است مشخصات حرارتی - رطوبتی (مقاومت حرارتی و نفوذپذیری بخار آب) لایه های مختلف تشکیل دهنده جدار شناخته شده باشد.

با اتکا بر مطالعات انجام شده و دانش روز می توان خطرهای بروز میعان را با دقت قابل قبول پیش بینی نمود. این امر نه تنها در جهت تضمین عمر مفید ساختمانها است، بلکه در تأمین شرایط حداقل بهداشت ساکنان عامل تعیین کننده ای نیز هست.

در این مقاله براساس مطالعات به عمل آمده برای انتخاب نمای مناسب برای بازسازی مجلس شورای ملی سابق روش اندازه گیری ضریب نفوذ بخار آب و بررسیهای انجام شده در مورد پدیده میعان شرح داده می شود.

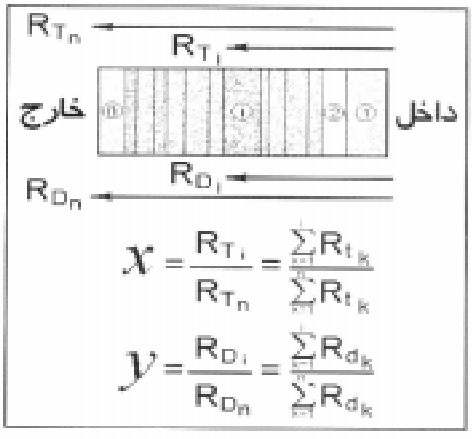
۱- مقدمه

انتقال رطوبت در مصالح متخلخل ساختمانی بر اثر اختلاف دما و اختلاف فشار جزئی بخار آب (که از اختلاف دما و رطوبت نسبی ناشی می شود) در فضاهای طرفین صورت می گیرد و بخش اعظم آن به صورت بخار آب انجام می شود. در صورتی که طراحی جدارهای پوسته خارجی ساختمان به صورت اصولی انجام نگردد، خطر بروز میعان وجود دارد.

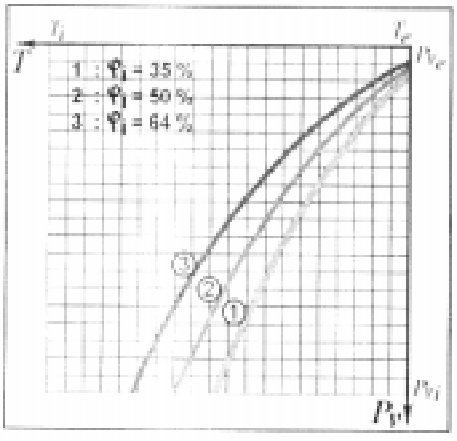
میعان به معنی تشکیل قطرات آب بر روی عنصر ساختمانی (میعان سطحی) و یا در خلل و فرج تشکیل دهنده آن (میعان عمقی) است. میعان پدیده‌ای است که در طول سالها مشکلات و خرابی های ناشی از آن به مراتب بیشتر از موارد ناشی از نفوذ آب باران در پوسته خارجی و نشتی و ترکیدگی لوله کشی ایجاد کرده است. ظاهر شدن قارچ و کپک در طرف رو به داخل پوسته، طبله کردن لایه خارجی دیوار یا سقف عموماً ناشی از بروز میعان است و موجب افزایش قابل ملاحظه ضریب هدایت حرارت عایق های حرارتی، تخریب عایق حرارتی و رطوبتی یا دیگر لایه های دیوار و تحمیل هزینه های سنگین جهت تعمیر و رفع نواقص می گردد.

با اتکا بر مطالعات انجام شده و دانش روز می توان خطرهای بروز میعان را با دقت قابل قبول پیش بینی کرد. این امر نه تنها در جهت تضمین عمر مفید ساختمانها است، بلکه در تأمین شرایط حداقل بهداشت ساکنان عامل تعیین کننده ای نیز هست. با توجه به اهمیتی که مسئله میعان بر عملکرد عایق های حرارتی دارد، در راهنمای مبحث ۱۹ نیز اصول کلی در این زمینه مطرح گردیده است.

برای حصول اطمینان از عدم وجود خطر میعان در جدار، لازم است برای هر فصل مشترک دو لایه، نقطه‌ای را روی نمودار زیر مشخص نماییم. مختصات x نقطه مورد نظر مساوی با مقاومت حرارتی نسبی لایه های داخلی (نسبت مجموع مقاومت های حرارتی لایه های واقع در طرف رو به داخل نقطه مورد نظر برمقاومت های حرارتی کل جدار) و y آن مساوی با مقاومت رطوبتی نسبی لایه های داخلی (نسبت مجموع مقاومت های رطوبتی لایه های واقع در طرف رو به داخل فصل مشترک موردنظر بر مقاومت رطوبتی کل جدار) می باشد (شکل ۳). اگر خطوط وصل کننده این نقاط با منحنی ترسیم شده تلاقی کند، خطر میعان وجود خواهد داشت.



شکل ۳- روش محاسبه مختصات نقاط فصل مشترکهای لایه‌های تشکیل دهنده پوسته



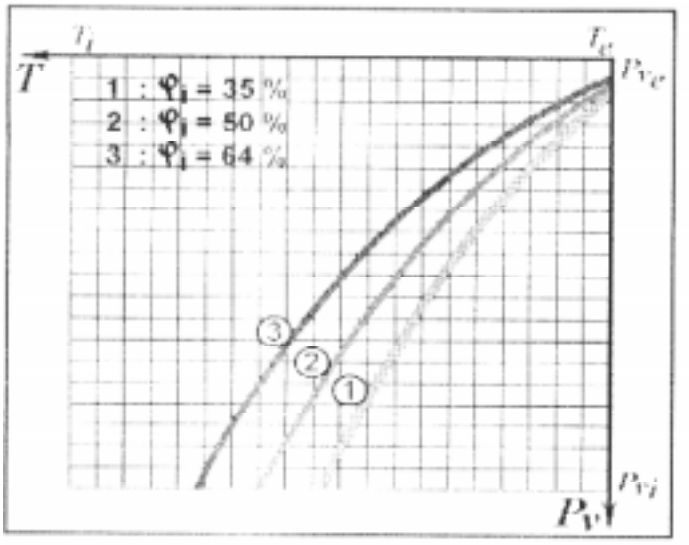
شکل ۴- منحنی‌های تغییرات فشار جزئی بخار آب در حالت اشباع (P_{sv})

۴- بررسی پدیده میعان در دیوارهای مجلس

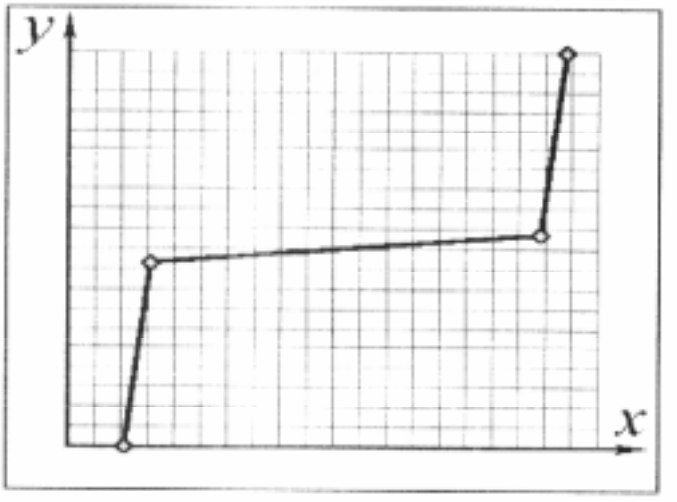
برای محاسبه تعیین مخاطرات میعان در دیوارهای بازسازی شده مجلس، حالتهای مختلفی در نظر گرفته شده و سعی شده است تا تمامی حالتهای ممکن مدل شود و رفتار جدارها در بدترین شرایط ارزیابی شود. پارامترهای مربوط به این محاسبات بدین قرار است:

- دمای فضاهای داخلی ۲۰ درجه سانتیگراد، دمای خارجی ۰ و ۱۰- درجه سانتیگراد؛
- رطوبت نسبی خارجی ۸۰ و ۱۰۰ درصد و رطوبت نسبی داخلی ۳۵، ۵۰ و ۶۴ درصد فرض شده است؛

شکل ۱ - نمودار روش برتیه



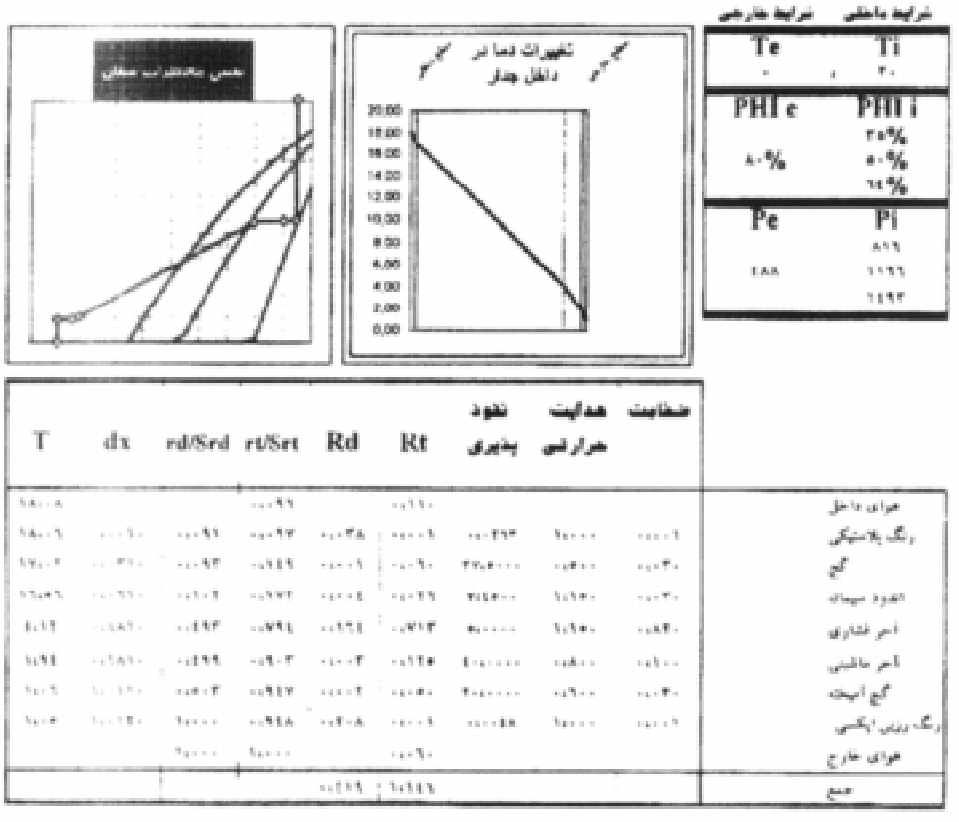
شکل ۲ الف- منحنی مربوط به تغییرات فشار جزئی بخار آب(Pv) مربوط به نقاط داخلی جدار



روش برتیه دارای نقاط قوتی نسبت به دیگر روش های مطرح در این زمینه، از جمله روش گلازر است و به گونه ای طراحی شده است که منحنی های تغییرات فشار جزئی بخار آب در حالت اشباع(Pvs)، فقط به شرایط حاکم در فضاهای دو طرف پوسته بستگی داشته باشد (شکل ۱) و تعیین خطر میعان تنها با رسم منحنی مربوط به تغییرات فشار جزئی بخار آب(Pv) مربوط به نقاط داخلی جدار و مقایسه آن با منحنی قبلی صورت گیرد. گفتنی است که در این روش، ترسیم منحنی(Pv) مربوط به نقاط داخلی جدار که از چند پاره خط تشکیل می شود به سهولت انجام می گردد (شکل ۲).

۵- بحث و نتیجه گیری

با توجه به بررسیهای فوق نشان داده شده است که در صورت استفاده از رنگ روغن در نمای خارجی ساختمان، حتی در حالتی که میزان رطوبت نسبی داخلی کم است، خطر بروز میعان وجود دارد. به همین علت توصیه شده است که در نمای خارجی برای محافظت سطح اندود از رنگ روغنی استفاده نشود، ولی رنگ پلاستیک قابل استفاده است. از طرف دیگر به دلیل کم بودن مقدار نفوذپذیری دیوارها در صورت استفاده از رنگ، لازم است طراحی سیستم تاسیساتی تهویه مطبوع با دقت فراوان صورت گیرد تا از بالا بودن میزان رطوبت نسبی داخلی و بروز میعان سطحی بر روی پنجره‌ها و دیگر جدارها در ماههای سرد سال جلوگیری شود.



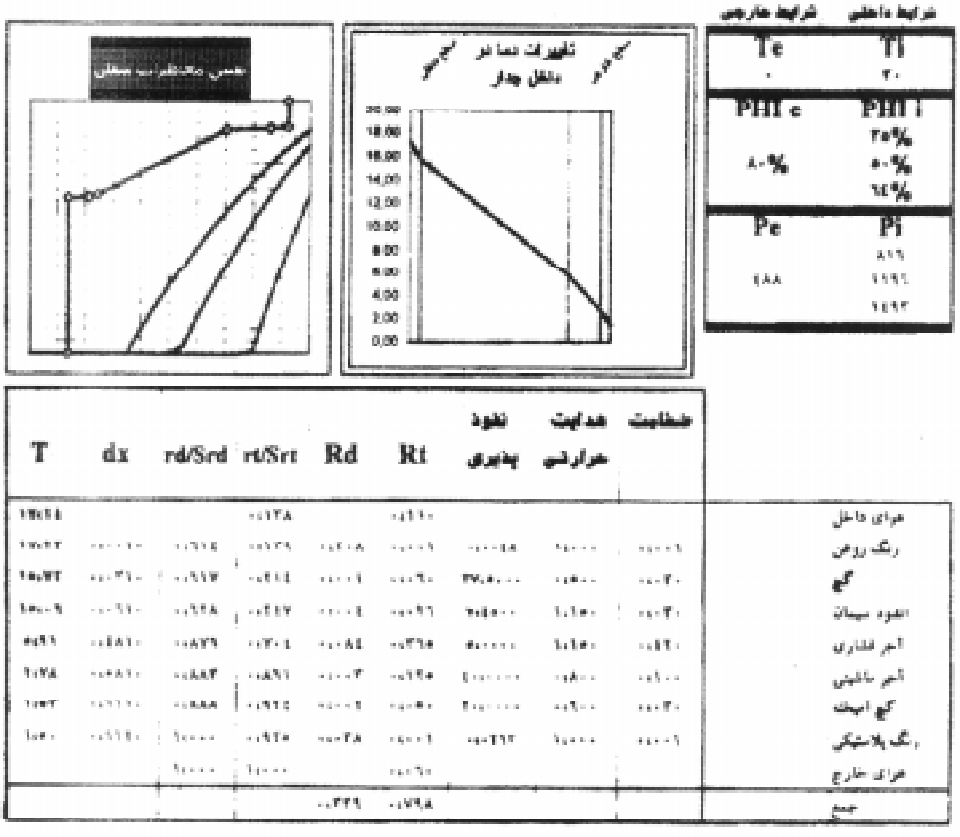
شکل ۵ – نمونه‌ای از نمودار برنیه که در آن پدیده میعان رخ داده‌است

- میزان نفوذپذیری بخار آب گچ آمیخته مساوی با کمترین مقدار به دست آمده با نمونه های آزمایش شده؛

- رنگ روغنی (با قابلیت نفوذ پذیری کم) و پلاستیکی (با قابلیت نفوذ پذیری زیاد) در رویه خارجی دیوارها؛

- رنگ روغنی (با قابلیت نفوذ پذیری کم) و پلاستیکی (با قابلیت نفوذ پذیری زیاد) در رویه داخلی دیوارها،

با توجه به اعداد فوق، براساس روش برتیه محاسبات مربوط به تعیین مخاطرات میعان به عمل آمده است که دو مورد آن در شکلهای ۴ و ۵ نشان داده شده است.



شکل ۴ – نمونه‌ای از نمودار برتیه که در آن پدیده میعان رخ نداده‌است

			$R = d / \lambda$ $R=(T_i-T_e)/q$	
$W/(m^2.°c)$	h	Surface coefficient of heat transfer	ضریب تبادل حرارتی در سطح جدار بیانگر شدت جریان حرارت سطحی به اختلاف دما بین سطح جدار و محیط اطراف در حالت پایدار.	۷
Pa	Pv	Partial water vapour pressure	فشار جزئی بخار آب	۸
kg/(Pa.m.s)	π	Water vapour permeability diffusivity	ضریب نفوذپذیری بخار آب مقدار شدت جریان بخار آب که از یک متر می گذرد و این که اختلاف فشار جزئی بخار آب (در حالت پایدار) دو دو طرف لایه یک پاسکال باشد $m_v = - \pi . grad Pv$	۹
$m^2.Pa.s/kg$	R_v	Water vapour diffusion resistance	مقاومت در برابر نفوذ بخار آب مقدار اختلاف فشار جزئی بخار آب لازم بین دو طرف لایه یا جدار (در حالت پایدار) برای این که شدت جریان بخار آبی برابر با واحد از آن عبور کند.	۱۰
	PHI φ	Relative humidity	رطوبت نسبی بخار آب	۱۱

اندیس‌ها

s	saturated	در حالت اشباع	۱
i	internal	داخلی	۲
e	external	خارجی	۳
n	total	کل	۴

۷- مراجع

۱- ماجدی اردکانی، محمد حسین. محمدکاری، بهروز. ریاضی، جمشید. اندودکاری با مصالح آمیخته. تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. نشریه شماره ۲۶۷، ۱۳۷۶

۲- محمدکاری، بهروز. ماجدی اردکانی، محمد حسین. شیوه های انتخاب نمای همساز با اقلیم برای مرمت بناهای تاریخی، چهارمین همایش بین المللی سالانه حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی - فرهنگی و تزیینات و ابسته به معماری اصفهان: دانشگاه هنر، اسفند ۱۳۷۸

۳- ریاضی، جمشید. محمدکاری، بهروز. ماجدی اردکانی، محمد حسین. خطرهای میعان در اجزای ساختمانی. مجله صفه. ۱۳۸۰

۴. Gorman, J.R, Jaffe, S. Pruter, W.F.,

Rose, J.J. Plaster and Drywall Systems Manual. McGrawHill Book Co. ۱۹۸۸

۵. Shestoperov, S. Road and Building Materials. Mir Pub. Moscow, ۱۹۸۸