چرا ساختمان‌ها ترک می‌خورند؟

مترجم : مهندس گیسو قائم

ترجمه از مقاله :
Why Do Buildings Crack?

مأخذ :
BRE Digest 361, May 1991
Concise reviews of building Technology

پیشگفتار :

در این نوشتار علل ترک خوردن ساختمان‌ها مورد بررسی قرار گرفته و با توضیحات و تصاویر، بعضی از مشکلات تبیین شده است. مقاله می‌کوشد تا موجبات تفهیم عوامل موثر در ترک‌خوردگی را فراهم آورد و از این طریق احتمال تشخیص و تعمیر صحیح را افزایش دهد. مسلماً اجتناب از برخی اشتباهات، مشکلات بعدی را در ساختمان‌های جدید کاهش خواهد داد و به طرح و نحوهٔ ساخت بهتر منجر خواهد شد.

در کالبد بسیاری از ساختمان‌ها، ترک‌خوردگی رخ می‌دهد. این مساله، اغلب سریعاً بعد از ساخت بنا و زمانی که مصالح متعدد درحال خشک شدن هستند و گاهی پس از آن اتفاق می‌افتد. غالب ترک‌خوردگی‌های زودرس از نظر سازه‌ای مهم نیستند اما ممکن است به زیبایی ساختمان لطمه زده و راه‌های نفوذ آب باران را افزایش دهند. این گونه ترک‌خوردگی‌ها به آسانی تعمیر می‌شوند و بعید است که دوباره اتفاق بیفتند. به ندرت ممکن است وجود ترک‌ها دال بر کاهش قابلیت مقاومتی سازه باشد. بیشترین کاری که می‌توان برای به حداقل رسانیدن یا حتی جلوگیری از ترک برداشتن، انجام داد این است که با پذیرش آن که حرکت مصالح و اجزاء ساختمانی غیرقابل اجتناب است و باید در طراحی به آن توجه نمود برای تخفیف ترک‌خوردگی و حتی جلوگیری از آن تلاش کرد.

تشخیص دلایل ویژه ترک‌خوردگی غالباً دشوار است. هر ساختمان دارای شرایط خاص و منحصر به خود است و نواقص قابل مشاهده ممکن است زاییده ترکیب عوامل مختلفی باشد. قبل از آن که نحوه تعمیر یا چاره‌جویی در نظر گرفته شود، موارد زیر باید مورد تحقیق قرار گیرند :

- دلایل ترک‌خوردگی ؛
- تاثیر آن‌ها برکارآیی ساختمان ؛
- آیا جابجایی به صورت کامل، ناقص و یا دوره‌ای مانند جابجایی‌های فصلی است که باعث ترک‌خوردگی می‌شوند. جابجایی‌هایی که باعث ترک‌خوردگی می‌شوند در جدول ضمیمه جمعبندی شده‌اند.

گستره جابجایی :

بیشترین جابجایی اکثر مصالح ساختمانی، در انبساط طبیعی دوره‌ای (برگشت‌پذیر) رخ می‌دهد، که این امر به‌نوبه خود از تغییرات رطوبت و درجه حرارت فصلی و روزانه (بین ۰/۲۵ تا ۰/۵ میلیمتر در هر متر طول) منتج می‌گردد. مصالح غیرمتخلخل مثل فلزات، شیشه و بسیاری از پلاستیک‌ها، فقط با حرارت انبساط یا انقباض پیدا می‌کنند. مصالح متخلخل مانند آجر، بتن و چوب، با رطوبت نیز منبسط می‌شوند. چوب به دلیل رطوبت، در ذرات خود تغییرات زیادی می‌یابد. برخی از پلاستیک‌ها جابجایی حرارتی بسیار بالایی دارند، این مواد ممکن است در برابر حلال‌ها نیز متورم شوند.

میزان جابجایی‌های ناشی از تاثیرات شیمیایی یا حرکات زمین را نمی‌توان با اطمینان پیش‌بینی نمود. انبساط رطوبتی آجر قابل پیش‌بینی است و معمولاً بر مبنای یک میلیمتر در یک متر طول برای کل عمر مفید ساختمان، طراحی می‌گردد.

تاثیر جابجایی‌ها ـ چگونه ترک‌ها ایجاد می‌شوند ؟

ممکن است چنین به نظر رسد که ترک‌ها در بین یا داخل اجزاء ساختمان ایجاد می‌شوند. مثالی از نوع اول در کنج ساختمان در شکل شماره یک یعنی مکانی که بست‌های فلزی دیوار سفتکاری به دیوار شما از حرکت آزاد و برگشت‌پذیر آن جلوگیری می‌کنند، نشان داده شده است. شکل شماره دو به صورت شماتیک این مساله را نشان می‌دهد. جابجایی دوره‌ای بلوک A در برابر حرارت، دایماً بلوک B را به جلو می‌راند و بدون آنکه باعث ترک درونی در هریک از اجزاء شود، یک ترک‌خوردگی در ساختمان به وجود می‌آورد. به سبب ورود نخاله‌ها در داخل ترک‌ها، حرکت بلوک B ممکن است پیش‌رونده باشد.

ترک‌های کششی به وجود آمده در دیواری با طول زیاد ممکن است ناشی از گسیختگی [۱] باشد. این پدیده در شکل شماره سه، یعنی محلی که مطالب زیر در آن اتفاق می‌افتد نشان داده شده است :

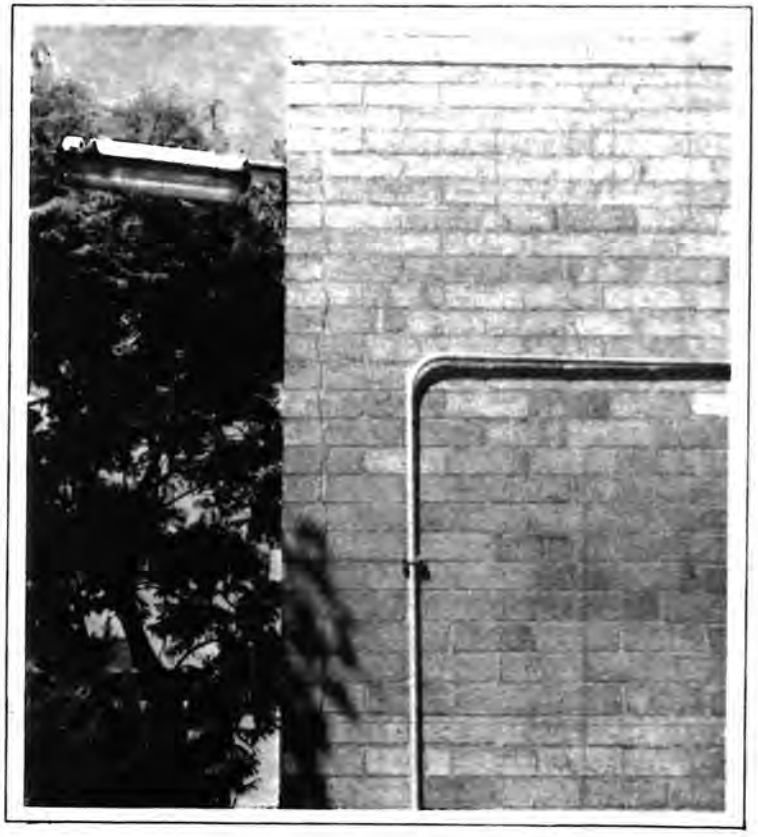
۱ـ دیوار به سبب حرارت خورشید یا رطوبت منبسط می‌شود و در زمستان میعان (تبدیل بخار به مایع) پیدا می‌کند.

۲ـ از آنجایی که تنش فشاری برای شکستن مصالح دیوار ناکافی ولیکن برای غلبه بر نیروی اصطکاک بین دیوار و لایه عایق رطوبت کافی است، به همین دلیل دیوار در جهت طول لغزش پیدا می‌کند.

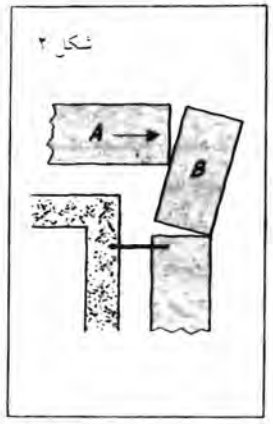
۳ـ زمانی که دیوار سرد یا خشک می‌شود، پدیده انقباض به وقوع می‌پیوند و از همین رو دیوار به کشش می‌افتد و چون مقاومت کششی کمتر از مقاومت فشاری آن و کمتر از مقاومت اصطکاکی لایهٔ عایق رطوبتی است، دیوار ترک برمی‌دارد.

۴ـ سرانجام تا اندازه‌ای ترک‌خوردگی با سنگ‌ریزه‌های موجود در مصالح به کار رفته در دیوار پر می‌شود و این روند ادامه می‌یابد، و از همین رو به تدریج ترک‌خوردگی پهن‌تر می‌شود.

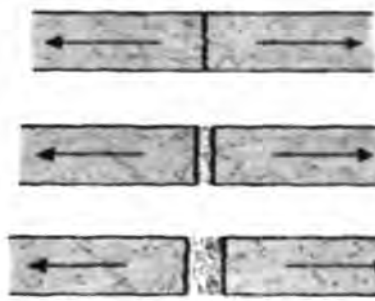
تغییر شکل مشاهده شده غالباً عمود بر نیروها یا جابجایی است که آن را ایجاد می‌کند. جابجایی حدود ۰/۵ میلیمتر در یک پانل سه متری می‌تواند



شکل ۲



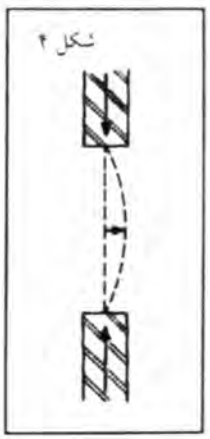
شکل ۳



حدود ۲۵ میلیمتر برآمدگی نسبت به سطح، ایجاد نماید (شکل شماره چهار).

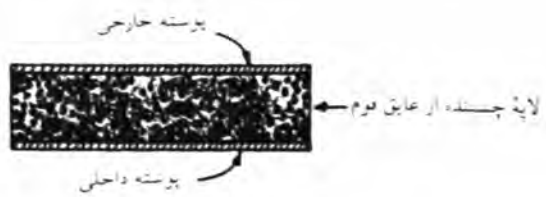
ترک در داخل اجزای ساختمان، مستقیماً در مقاومت مصالح ایجاد اشکال محسوسی نمی‌نماید. زمانی که اجزای ساختمانی گیردار[۲] شده‌اند، اغلب مقاومت آن‌ها در برابر فشارهایی که از جابجایی در مصالح به وجود می‌آید افزایش یافته و در نتیجه ترک‌خوردگی رخ می‌دهد. بنابراین در عمل، یک طرح خوب اگر براساس آگاهی از موارد دوگانه حد قابل تحمل[۳] انبساط مصالح و جابجایی‌های وارده تهیه شده باشد، بالمآل به واسطه کنترل و محدود کردن گیرداری‌ها، از گسترش میزان تنش‌های صدمه زننده ممانعت می‌نماید. در حالت فشار سازه‌های با مصالح کاملاً گیردار شده و با مقاومت فشاری خوب، ممکن است ایستایی بیشتری را ارایه دهند و به ترک خوردن تمایل کمتری را نشان دهند. در مقابل، مصالحی که آزادانه مجاز به حرکتند وضع معکوسی را دارند. این مسأله ممکن است در برخی موارد عامل انتخاب و ارجحیت طرح باشد. بتن پیش فشرده مثال شناخته شده‌ای از کاربرد محاسبه شده این روش طراحی است.

شکل ۴



وقتی در قطعه‌ای نشست‌های متفاوت اتفاق می‌افتد، مقاومت داخلی به وسیله خود قطعه تامین می‌شود. (نتیجه خشک شدن یک سمت، یا وجود درجهٔ حرارت متفاوت در دو وجه مقابل هم به عنوان نمونه مطرح می‌شوند). اغلب پیچش و ترک‌خوردگی، به دنبال یکدیگر بروز می‌نمایند. به نظر می‌رسد که این مسأله بیشتر در مصالح یا اجزای ضخیم و مصالحی که در مقابل رطوبت عایقکاری شده‌اند یا مانعی برای جلوگیری از رطوبت در آن‌ها وجود دارد، اتفاق بیفتد. بنابراین اختلاف درجهٔ حرارت یا رطوبت در دو وجه مقابل هم بسیار بالاست. پانل‌های ساندویچی نمونه‌ای از این نوع رایج هستند که تنش‌های مختلف در آن‌ها می‌توانند به سطح بسیار بالایی رسیده و موجب اسیب جدی یا ویرانی گردند (شکل شماره پنج).

شکل ۵



تشخیص :

علت ترک‌خوردگی را همیشه نمی‌توان از یک دید و با اطمینان کامل تعیین نمود. با هدف تشخیص تکرار و وضعیت طبیعی جابجایی‌هایی که علت به وجود آمدن ترک‌ها به شمار می‌روند، باید در فواصل زمانی مشخص، بازرسی ترک‌ها انجام گیرد. ممکن است، کنترل جابجایی یا ترک‌خوردگی برای تشخیص این که مشکل هنوز موجود و فعال است یا خیر، امری ضروری باشد. شناخت کامل تاریخچهٔ اجزای ساختمان، می‌تواند تشخیص را کامل نماید. علل احتمالی ترک‌خوردگی باید بر مبنای تعداد، پهنا، عمق، طول، محل قرارگیری، جهت و تغییرات احتمالی عوامل مؤثر در استحکام گیرداری ساختمان مورد بررسی قرارگیرد. تعداد محدودی ملاحظات عمومی وجود دارد که می‌تواند مفید باشد.

- جابجایی پی به طور معمول باعث می‌شود که به تمامی اجزای باربر سازه، شامل کف‌ها و هر دو طرف دیوار دوجداره آسیب برساند : ترک‌هایی که از جابجایی پی ناشی می‌شوند اغلب بسیار پهن هستند. پهنای ۵ تا ۲۵ میلیمتر در این مورد غیرمعمول نیست.
- در حالت عادی معضلات مصالحی که بریک سطح دیوار دو جداره قرار گرفته‌اند باعث ایجاد ترک بر روی سطح دیگر دیوار نمی‌شود، مگر در نقاطی که بست‌های فلزی منصوبه در دیوار سفتکاری یا دیگر اجزای اتصالی ملنع و گیرداری ناخواسته به وجود آورده باشند. نمونه‌ای از این مورد بست‌هایی هستند که در نزدیکی یا بر روی کنج‌ها[۴] در داخل دیوار سفتکاری قرار داده می‌شوند. این مسأله می‌تواند باعث ترک عمودی بر روی سنگ نبش شود (شکل شماره ۱).
- معمولاً عرض ترک‌های ایجاد شده از جابجایی به دلیل تغییر دما و میزان رطوبت بین ۰/۵ و ۵ میلیمتر است.
- تیغه‌های نازک نسبت به سطح، به آسانی به طرف بیرون حالت خمیدگی پیدا می‌کنند. دیوارهای آجری یا بتنی دارای ضخامت معمولی که به نحوی در برابر کمانش جانبی قیدبندی شده باشند و تحت بارگذاری متقارنی نسبت به محور قرار گیرند، به آسانی خم نمی‌شوند. خمیدگی دیوارهای آجری در ساختمان‌های قدیمی معمولاً به دلیل بارگذاری غیرمتقارن است. گاهی این گونه دیواری‌ها با بارگذاری غیرمتقارن ممکن است واجد و یا فاقد دیوارهای حایل باشند (مانند نقاطی که در فاصلهٔ دو تکیه‌گاه کف هیچ بستی به موازات دیوار وجود ندارد). امروزه خمیدگی در آجرکاری‌ها، بیشتر به علت حملهٔ سولفات‌ها، یا از عدم دقت در اجرای سازه ناشی می‌شود.
- ترک اتفاقی صفحات بتنی، اجزای بتنی، یا اندودهایی که ماده اصلی آن سیمان است ممکن است براثر تعدادی از مکانیسم‌های شیمیایی - زمین‌شناسی باشد. معمولاً استفادهٔ از اشعهٔ ایکس برای آنالیز مصالح تحت تاثیر در جهت اثبات علل ترک‌خوردگی، مورد نیاز است.

اهمیت ترک خوردن :

ترک خوردن یک ساختمان می‌تواند براثر عوامل مختلفی اتفاق بیفتد. اگر ترک‌خوردگی شدید باشد، ضایعات ناشی از آن ممکن است به ضعف ایستایی، ازدیاد راه‌های نفوذ باران، عبور تدریجی هوا و کاهش عایق صوتی منجر گردد. تمامی این مسایل به مفهوم صدمه به کارآیی ساختمان است. ترک‌خوردگی ممکن است شدید نباشد اما اغلب نمای ساختمان را بدمنظر می‌کند و برای ساکنان نیز قابل قبول نیست. در این گونه موارد صحیح‌ترین تشخیص شامل این تصمیم خواهد بود که آیا تعمیر رضایتمندانه امکان‌پذیر است، یا در موارد حاد، این کار از وجه اقتصادی مقرون به صرف است؟ و آیا نیاز به تعمیر آن صرفاً از لحاظ زیبایی است، یا برای نگهداری و ایمنی سازه الزامی است ؟

تغییرات دما :

تغییرات دما در مواقع حاد ممکن است باعث آسیب آشکاری شوند. شکل شماره شش آجرکاری رانش یافته‌ای که به وسیله خرپای فولادی در زمان

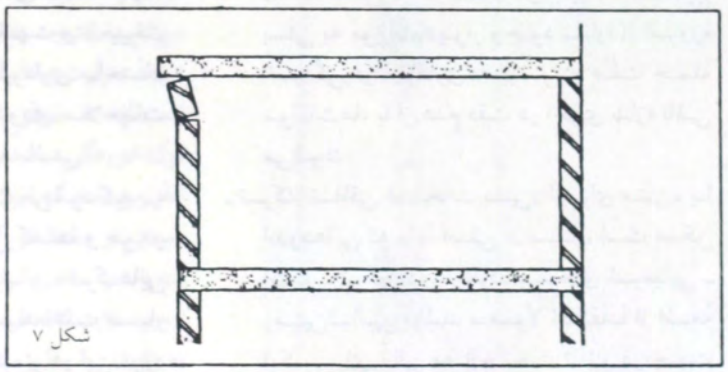
شکل ۶

آتش‌سوزی منبسط گردیده است را نشان می‌دهد. ترک‌خوردگی‌هایی که در دیواره‌های با باربری سبک یا در قطعات نماکاری سبک اتفاق می‌افتند و به صورت طویل نیز ایجاد می‌شوند، به سادگی با تعبیه تعدادی درز انبساط قابل جلوگیری هستند.

جابجایی حرارتی سقف‌های مسطح که به طور متناوب در معرض تابش آفتاب و سرمای شب قرار دارند ممکن است بسیار باشد : حدود پنج میلیمتر برای هر ده متر بتن. این جابجایی در تمام مدت حیات ساختمان ادامه دارد. جابجایی‌ها اغلب در برخی نقاط محدود می‌شوند. برای مثال، جایی که سقف در مجاورت ساختمان دیگری است یا جایی که چاه آسانسور یا خرپشته از درون صفحه بام بیرون زده است. تاثیرات جابجایی در چنین حالتی در نقطه‌ای دیگر متمرکز می‌شود.

شکل شماره هفت نشان می‌دهد که چگونه دیوارها در زوایای نود درجه در محور طولی سقف، و در دورترین محل از قسمت‌های گیردار شده صفحه سقف، به دلیل پیچش بخش‌هایی که در ارتباط با قسمت‌های پایین صفحه هستند، ترک برداشته‌اند. علاوه براین، در بالای دیوارهایی که در جهت محور طولی متحرک هستند به صورت برشی ترک ایجاد می‌شود. این دو نوع ترک خوردگی با تمایل صفحه به خم شدن به سمت بالا در مرکز آن، زمانی که سطح بالایی گرمتر از قسمت زیرسطح باشد، بغرنج‌تر می‌شود.

بعید به نظر می‌رسد که تعمیرات تا کاسته شدن جابجایی سقف دوام داشته باشد. معمولاً پیش‌بینی‌های عملی، وسعت اقدام‌های تعمیراتی مانند ترمیم عایقکاری رطوبتی و حرارتی و یا رفتار انعکاسی سطح را محدود می‌کند. در ساختمان‌های جدید، سقف‌های زین‌اسبی [۵] (سقفی که انحنای معکوس دارد)، بست‌ها و دیوارهای داخلی جدا از سقف‌ها می‌توانند در جلوگیری از وقوع چنین مشکلی برای سقف کمک نمایند.


شکل ۷

شکل ۸

خشک شدن اولیهٔ رطوبت و تر و خشک شدن :

فرآورده‌های سیمان پرتلند، بتن [۶] هوادار به عمل آمده در گرمخانه (اتوکلاو)، قطعات ماسه آهکی و فرآورده‌های چوبی.

ترک‌خوردگی ایجاد شده براثر جمعشدگی [۷] شاید متداولترین دلیل ترک‌خوردگی در ساختمان‌ها باشد. این نوع ترک خوردگی در بسیاری از مصالح ساختمانی از جمله : آجرهای ماسه آهکی، فرآورده‌های بتن سبک، صفحات بتن غیرمسلح، بعضی گچکاری‌ها، اندودها و چوب‌ها تاثیر می‌نماید.

جمعشدگی در فرآورده‌های بتنی، با افزایش میزان سیمان و آب بالا می‌رود. جمعشدگی اولیه ممکن است پنجاه درصد بزرگتر از جابجایی ایجاد شده از طریق خشک و تر شدن بعدی که ایجاد می‌شود، باشد. معمولاً بتن متراکم، جمعشدگی کمتری نسبت به بتن سبک (با مصالح سنگی) دارد. بسیاری از جابجایی‌ها ناشی از خمیر سیمان است اما برخی از مصالح دانه‌بندی، خود قابلیت جمعشدگی دارند. دیوارهای آجری سیلیکات کلسیم همانند بتن عمل می‌کند و باید مانند آن طراحی شود.

شکل شماره هشت نمونه‌ای از گسیختگی کششی را در دیواری از سیلیکات کلسیم در یک نقطهٔ غیرمسلح ضعیف نشان می‌دهد.

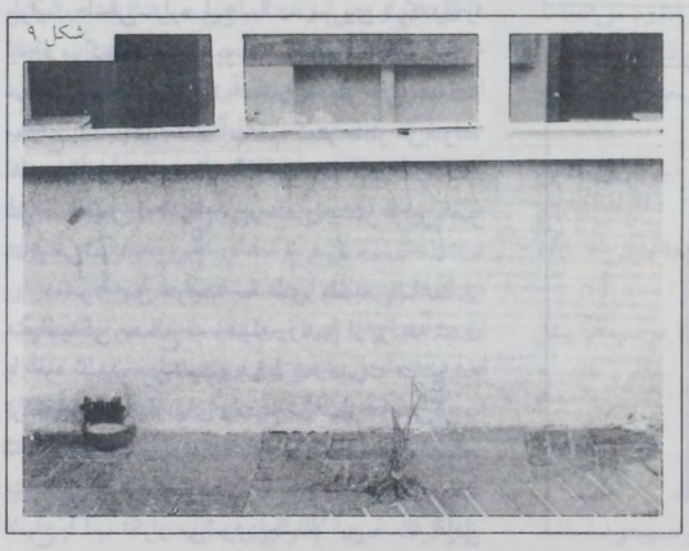
بازشوی پنجره بتن هوادار به عمل آمده در گرمخانه (اتوکلاو)(AAC) به شکلی مشابه دارای جمعشدگی است و مقاومت کم کششی آن طراحی دقیقی را ایجاب می‌نماید. ملات‌های بیش از حد قوی (با عیار بالای سیمان) ایجاد چنین ترک‌خوردگی‌های آشکار و وسیع را به علت چسبانیدن خیلی سخت واحدهای آجری به یکدیگر تشدید می‌کند و باعث افزایش کلی جمعشدگی می‌شود. ملات کم مایه‌تر (ضعیفتر) ممکن است ترک‌های میکروسکوپی گسترده‌ای را ایجاد نماید که در برابر جابجایی‌ها، بدون شکستن تمامیت دیوار، مقاومت کند. ترک‌های نقش‌گونه[۸] نمونه‌ای از جمعشدگی به علت خشک شدن به شمار می‌رود و خرابی معمول گزارش شده در میزان پوشش نمای خارجی با ماسه سیمان است که در شکل شماره نه نشان داده شده است. این اندودها اغلب برای جلوگیری از نفوذ آب باران به کار می‌روند، اما عملاً در انجام دادن چنین کاری به دلیل جمعشدگی و ترک‌خوردگی شکست می‌خورند.

دلیل دیگر خرابی اندودها، استفاده از ملات‌های بیش از حد قوی بر روی مصالح ضعیف زیرین است، مانند بتن هوادار به عمل آمده در گرمخانه و اندود سنتی مثل ماسه ـ آهک، آجرهای سبک و دیوارهای گلی. اندود پرملات جمع می‌شود و تاب برمی‌دارد، و پیوستگی‌های نزدیک به سطح مصالح ضعیفتر زیرین می‌شکنند و سپس پوسته پوسته می‌شوند. در اندودکاری جدید، قدرت هر اندود موفق در سیستم پوشش باید نسبت به اندود قبلی ضعیفتر (یا با همان مقاومت ولی نازکتر) باشد. شرایط رطوبت لازم برای حملهٔ سولفات‌ها ممکن است در مکان‌هایی که در معرض هوا قرار گرفته‌اند، ایجاد شود. اختلاف بین ترک‌های نقش‌گونه و ترک‌خوردگی در ارتباط با حملهٔ سولفات‌ها باید مورد توجه قرار گیرد.

چوب جمعشدگی بسیار بالایی در اطراف ذراتش دارد. زمانی که چوب از یک رطوبت فصلی به یک وضعیت متعادل می‌رسد جمعشدگی آن حدود ۱۲ تا ۱۵ درصد در ساختمان‌هایی که به صورت عادی گرم می‌شوند، می‌گردد. در سیستم‌های اسکلت چوبی، اجزای افقی چوبی در قاب (تیرچه‌های کف و تیرهای افقی و غیره) به مقدار حدود ۳۰۰ میلیمتر در هر طبقه و در مسیر بارگذاری قرار دارند. مسأله یاد شده می‌تواند به یک جمعشدگی کلی قاب تا حد شش میلیمتر در هر طبقه منجر گردد. معمولاً این مسأله باعث اشکالاتی در پوشش سبکی که با قاب تقویت می‌شود نخواهد شد. اما اگر پوشش به وسیله شالوده تحمل شود می‌تواند باعث جابجایی‌های متفاوتی گردد. مشکلات عمده عبارتند از :

- تاثیر متقابل از طریق کلاف‌های دیوار که می‌توانند مصالح را به بیرون برانند ؛
- در پنجره‌های با قاب ثابت اگر یک اتصال قابل انعطاف بین پایه و بازشو در مصالح بنایی تعبیه نشده باشد، کف پنجره حرکت می‌نماید ؛
- در بالاسری پنجره‌ها، جایی که نعل درگاهی بار مصالح بنایی بالای باز شو را تحمل می‌کند و به قاب چوبی وصل می‌شود.

شکل ۹



افت فرّارها :

فرآیند جمعشدگی با از دست دادن حلال‌هایی که درون رنگ‌ها، بعضی ماستیک‌ها (مانند بتونه‌ها) و برخی درزگیرها وجود دارند، مربوط می‌شود. جمعشدگی مهمترین مسأله ذاتی این فرآورده‌ها به شمار می‌رود. بنابراین اگر نحوهٔ ساخت حساس باشد، روش دیگر، استفاده از مبنای غیرحلال‌هاست.

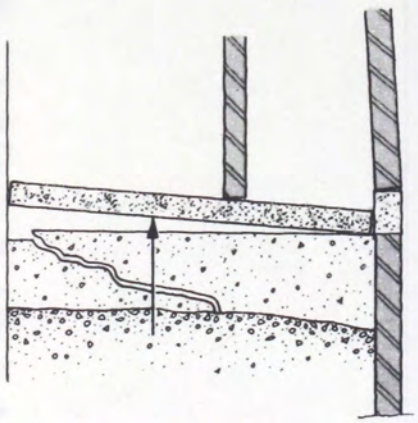
یخزدگی و دوباره آب شدن آب جذب شده :

یخزدگی و دوباره آب شدن آب جذب شده مکانیسم از همپاشیدگی است که می‌تواند بر روی تمامی مصالح متخلخل که همزمان هم در معرض اشباع قرار می‌گیرند، و هم دمای آن‌ها تا صفر درجه سانتیگراد تغییر می‌یابد، تاثیر بگذارد. دگرگونی زمانی اتفاق می‌افتد که آب در دمای صفر درجه سانتیگراد به یخ ۴- درجه سانتیگراد تبدیل می‌شود و انبساط می‌یابد. یخزدگی در مرحله اول در منافذ نزدیک به سطح ایجاد می‌شود و آب باقیمانده محبوس در داخل، هیچ جایی برای منبسط شدن در زمان کم شدن درجهٔ حرارت داخلی ندارد. این حالت، نیروی ترکاندن را ایجاد می‌کند که باعث پوسته پوسته شدن لایه‌های سطحی مصالح می‌شود. آشکارا به نظر می‌رسد که مصالح با قابلیت جذب آب کم، کمتر متاثر می‌شوند. اما مصالح با خلل و فرج گسترده به ندرت تحت شرایط طبیعی به اشباع می‌رسند و بیشتر از این امر متأثر می‌شوند.

معمولاً این فرآیند به طور طبیعی باعث از همپاشیدگی مصالح به وسیله روندی از پوسته شدن یا خرد شدن می‌شود و فقط به ندرت منتج به ترک‌هایی در اندازه‌های وسیع در سازه‌ها می‌گردد. شکل شماره ده نمونه‌ای از خسارات وارد به مصالح متخلخل را نشان می‌دهد که با یخزدگی در زمان اشباع با آب تکرار می‌شود. احتمالاً این مسأله عامل

شکل ۱۰

شکل ۱۱



شکست دیوارهای خارجی محوطه و قسمتی از ساختمان، که بین زمین و لایه عایق رطوبتی کف قرار دارد و همچنین دست‌انداز می‌گردد. این‌ها مسایلی هستند که احتمالاً در نزدیکی پی به دلیل رطوبت بالارونده، ترشح کردن و نفوذ باران به سطوح بالاتر انجام می‌گیرد.

در انگلستان، در ساختمان‌های مسکونی شالوده‌ها به ندرت ممکن است بر اثر جابجا شدن از یخزدگی در خاک آسیب ببینند و صدمه معمولاً منحصر به بخش‌هایی از ساختمان می‌گردد که در خاک‌های عمدتاً گچی و ماسه‌ریز، قرار دارند.

در بعضی از این خاک‌ها ممکن است لایه‌هایی از یخ ساخته شود که باعث جابجایی پی‌ها گردد، اما این وضع نامطلوب فقط در زمستان‌های خیلی شدید و استثنایی ایجاد می‌شود. شکل شماره یازده نمونهٔ کاملی از این تاثیرات را نشان می‌دهد. خانه‌ای به تازگی بر روی خاک گچی، با پرکنندهٔ گچی که در زیر لایه کف قرار گرفته، ساخته شده است. در این ساختمان، هنوز کسی ساکن نشده و بنابراین هنوز گرم نشده است. بخش‌هایی که بیشترین آسیب را دیده‌اند بخش‌هایی هستند که در معرض عوامل جوّی قرار دارند.

تبلور نمک‌های محلول در زیر سطح شوره‌زنی نهایی [۹] یا حملهٔ نمک‌ها:

شوره‌زنی روندی است که در آن آب جذب شده در مصالح متخلخل ابتدا نمک‌های محلول در آب را حل می‌نمایند، که این نمک‌های محلول بر اثر یک واکنش شیمیایی به وجود آمده یا از یک منبع آلوده به مواد شیمیایی (مانند زمین) نتیجه شده‌اند، سپس آن‌ها را به شکل بلور روی سطح همزمان با خشک شدن مصالح باقی می‌گذارند. شوره‌زنی نهانی مرحله‌ای است که روند بلوری شدن در زیر سطح انجام می‌گیرد و در نتیجه تغییرات حجمی ایجاد شده مانند یخزدگی صدمه زننده می‌شود. معمولاً در این مرحله است که پوسته‌های کلی به جای ترک‌خوردگی در ابعاد وسیع دیده می‌شوند.

حملهٔ سولفات‌ها:

حملهٔ سولفات‌ها واکنشی است بین حل شدن نمک‌های محلول در آب مثل سدیم، پتاسیم یا منیزیم و یک جزء ترکیب کننده از سیمان پرتلند (یا آهک آبی). اگر اشباع بیش از حد و طولانی مدت باشد، نمک‌های کلسیم نیز می‌توانند مشکل ایجاد کنند. در آجرکاری، معمولاً ملات‌ها یا اندودهای سیمانی که مورد حمله قرار می‌گیرند و آجرهای رسی منبع نمک‌هایی هستند که قابلیت حل شدن را دارند. نمک‌ها همچنین می‌توانند در تماس آب‌های زیرزمینی با دیوارهای حایل زمینی، یا از گچ استفاده شده در گچکاری به وجود آیند. این واکنش انتقال متغیری از تری‌کلسیم آلومینات (C3A) به اترنژیت[۱۰] است. این تغییر انبساط در ابتدا به ترک‌خوردگی و پوسته شدن ملات و اندود می‌انجامد اما سرانجام به انبساط فاحش مصالح که به جابجایی، خم شدن، قوس برداشتن و گسیختگی عمومی است، منجر خواهد شد.

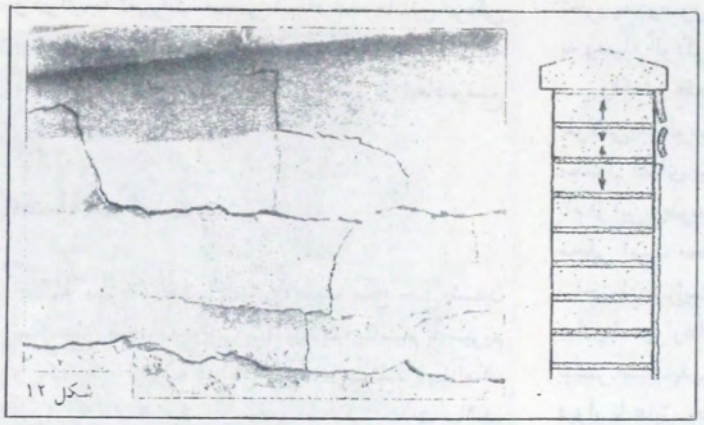
برای حملهٔ جدی سولفات‌ها در آجرکاری تمامی پنج شرط زیر باید وجود داشته باشد.

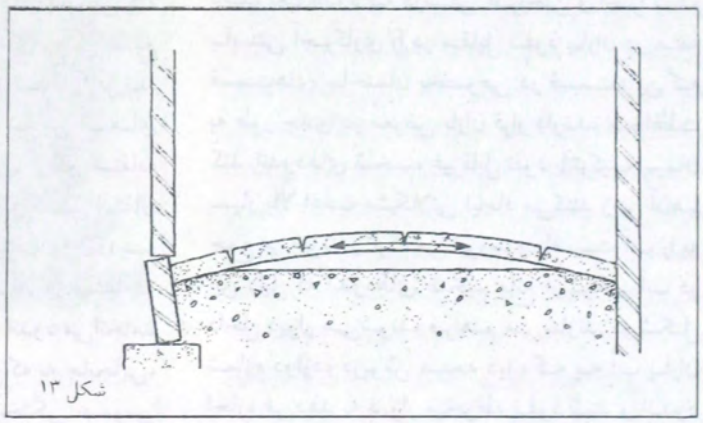
- سولفات‌های حلّال موجود در آجرها بیش از ۰/۵ درصد،
- تری‌کلسیم آلومینات (C3A) موجود در سیمان بیش از ۸ درصد،
- ملات نفوذپذیر،
- رطوبت دراز مدت،
- تغییر رطوبت بین آجر و ملات‌اندود.

اگر نمک‌های خاصی در آجر موجود نباشد تخریب درصورتی اتفاق می‌افتد، که سولفات‌ها فقط به وسیله آلودگی‌های شیمیایی داخل شوند.

واکنش فقط در زمانی که مصالح برای مدتی طولانی مرطوب است به وجود می‌آید، البته به طور معمول فضای بین لایه عایق رطوبتی و پیشآمدگی لبهٔ بام از این رطوبت تاثیر می‌گیرد. زیرا این قسمت محلی است محافظت شده و به وسیله گرمایی که از ساختمان سرایت می‌کند گرم می‌شود. دیوارهای جان‌پناه دیوارهای مستقل خارجی و دیوارهای حایل بیشتر آسیب‌پذیرند، به ویژه اگر جزییات درپوش دیوار یا عایق رطوبتی به نحوی قابل نفوذ آب باشد.

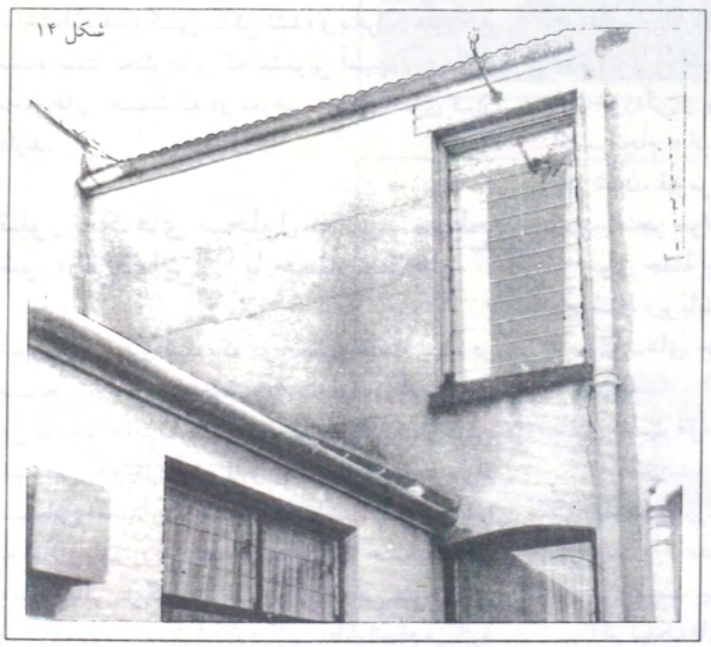
آجرکاری اندود شده نیز می‌تواند دردسر آفرین باشد. یک اندود به درستی طراحی و اجرا شده بایستی آجرکاری را در مقابل نفوذ باران در همهٔ قسمت‌های ساختمان بخصوص در قسمت‌هایی که به طور جدی در معرض باران قرار دارند، محافظت کند. اندودهای ضخیم، غیرقابل نفوذ با ترکیب سیمان بسیار بالا اغلب مشکلاتی ایجاد می‌کنند زیرا آن‌ها جمع می‌شوند و ترک می‌خورند و راه نشت آب را به این دلیل که اندودهای ضخیم مانع از تبخیر آب در داخل دیوار می‌شوند، فراهم می‌سازند. در شکل شماره دوازده درپوش صدمه دیده که به آب باران اجازه می‌دهد به دیوار محوطه نفوذ کند و اندود ضخیم که از تبخیر آب جلوگیری می‌کند، به نمایش گذاشته شده است. در ملات‌ها در مرحلهٔ اول سیمان مورد حمله قرار می‌گیرد، و همین امر باعث انبساط در درزهای زیرین و ترک‌های افقی معمول در اندود می‌شود. استحکام ایجاد شده صدمه ندیده و درپوش نیز به آب اجازه نفوذ نمی دهد. اندود می‌تواند با یک اندود متخلخل ضعیفتر بر روی سطح سیمان مقاوم در برابر حملهٔ سولفات‌ها جایگزین شود و می‌توان از جابجایی آجرکاری توسط عنصر ساخته شده از یک کاغذ متخلخل نمگیر که بر روی آن یک مهار حلبی قرار گرفته است، جلوگیری نمود.


شکل ۱۲


شکل ۱۳

سولفات‌ها می‌توانند از اکسیداسیون پیریت‌ها (سولفورهای طبیعی) و دیگر سولفورها به وجود آیند. خرابی بلوک‌های ساختمانی و دیگر بتن‌های ساخته شده از زواید معدنی معمولاً به عنوان پیریت‌ها در کرن وال[۱۱] و دون[۱۲] اتفاق افتاده‌اند. ظاهراً این خرابی از ناپایداری بعضی سولفورهای طبیعی (پیریت‌ها) و اجزای ترکیب کنندهٔ سنگی به وجود می‌آید.

حملهٔ سولفات‌ها به دال‌های کف که روی زمین قرار دارند کاملاً عادی است و معمولاً به دلیل استفاده نامناسب از پرکننده‌ها به وجود می‌آید. مصالح آواری یا پرکننده که شامل مقدار محسوسی از سولفات‌ها هستند نباید در زیر سطوح بتنی کف مورد استفاده قرار گیرند. فرآورده‌های سنگ گچ گاهی سهواً به عنوان مصالح آواری به کار می‌روند، اما بیشترین موارد گزارش شده خرابی شامل سنگ‌های رسی معادن ذغال سنگ بوده است که اغلب به نام سنگ رس قرمز نامیده می‌شوند. این سنگ‌های رس قرمز اغلب شامل مقدار معتنابهی از سولفات‌های محلول در آب هستند. شکل شماره سیزده نشان می‌دهد که چگونه حملهٔ سولفات‌ها از زیر دال بتنی می‌تواند باعث قوس و ترک برداشتن و شکم دادن دیوارها شود. در این گونه موارد، اگر ایستایی سازه صدمه ندیده باشد، پرکننده می‌تواند با مصالح بدون سولفات جابجا شود. البته دال شکسته کف نباید مجدداً مورد استفاده قرار گیرد زیرا ممکن است آلوده به سولفات باشد.


شکل ۱۴

برآمدگی کف ممکن است با به کار بردن سربارهٔ آهنگدازی شیست‌های پیریتی[۱۳]، آجرهای منیزی و بعضی سرباره‌های با سولفات بالا ایجاد شده باشد.

خوردگی یا اکسیداسیون فولاد :

خوردگی فولاد مشکل بسیار معمولی است که بر روی اتصالات، آرماتورگذاری‌ها و سازه‌های فولادی قرار گرفته در مصالح ساختمانی متخلخل که مرطوب می‌شوند، تاثیر می‌گذارد. مشکل اصلی تشکیل هیدروکسید آهن است، که معمولاً زنگ نامیده می‌شود و حجم را در چهار وجه افزایش می‌دهد. افزایش حجم می‌تواند باعث جابجایی، پوسته پوسته شدن یا ترک خوردگی مصالح در تماس با فلز شود. بیشترین خرابی‌های متداول در خانه‌هایی است که در دیوارهای این خانه‌ها، بست‌های فولادی به کار رفته است (شکل شماره چهارده) و بتن آرمه با فولاد کربن‌دار[۱۴] و یا آلوده به کلراید یا جوش داده شده به وسیله گاز کربنیک موجود در جوّ اتفاق می‌افتد (شکل شماره پانزده).

انبساط ناشی از رطوبت فرآورده‌های رسی پخته :

آجرهای رسی پس از پخته شدن و جذب رطوبت محیط، لاجرم منبسط می‌شوند و برخلاف فرایند جذب سطحی شیمیایی که یک عمل برگشت‌پذیر طبیعی است، رطوبت جذب شده را از دست نمی‌دهند. این عمل پس از سرد شدن فرآورده‌های رسی به سرعت انجام می‌گیرد و تا بیست سال یا بیشتر ادامه می‌یابد. مصالح با مشخصه‌های مختلف تفاوت می‌کنند. برای مثال، آجرهای استوک لندن[۱۵]، انبساط پایین‌تر و آجرهای ساخته شده از شیل مشخصاً انبساط بالاتری دارند. گرچه، برای بسیاری از طرح‌های ساده، یک حد ثابت به ابعاد یک میلیمتر برای انبساط آجرکاری رسی در نظر گرفته می‌شود.

دیوارهای تازه‌ساز، به ویژه اگر دارای شکستگی‌های کوتاه باشند، در برابر گسترش رطوبت افقی مستعد پذیرش خسارت‌اند. در شکل شماره شانزده، لایه عایق رطوبتی، که به عنوان یک لایهٔ بدون اتصال[۱۶] عمل می‌کند، به آجرکاری بالای لایه یاد شده اجازه می‌دهد که بدون گیرداری مشخص منبسط شود و آجری که در قسمت شکستگی قرار دارد، در دیوار جابجا شده و ترک بردارد. شکل شماره یک، مشکل همانندی را نشان می‌دهد که ترک بر اثر مهار شدن و جلوگیری از حرکت جلوآمدگی در نبش دیوار، ایجاد شده است. در تعمیر این مشکل می‌تواند با خیلی نزدیک قرار ندادن بست‌ها به شکستگی‌ها، کاهش داده شود. تنها مرمت رضایتبخش، در نظر گرفتن یک درز انبساط است که اجازه انبساط در آینده را می‌دهد. در بعضی موارد درز انبساط ممکن است با گسترش ترک‌های موجود انجام گیرد اما در بعضی مواقع وضع ترک‌ها به گونه‌ای است که آجرکاری باید

شکل ۱۵

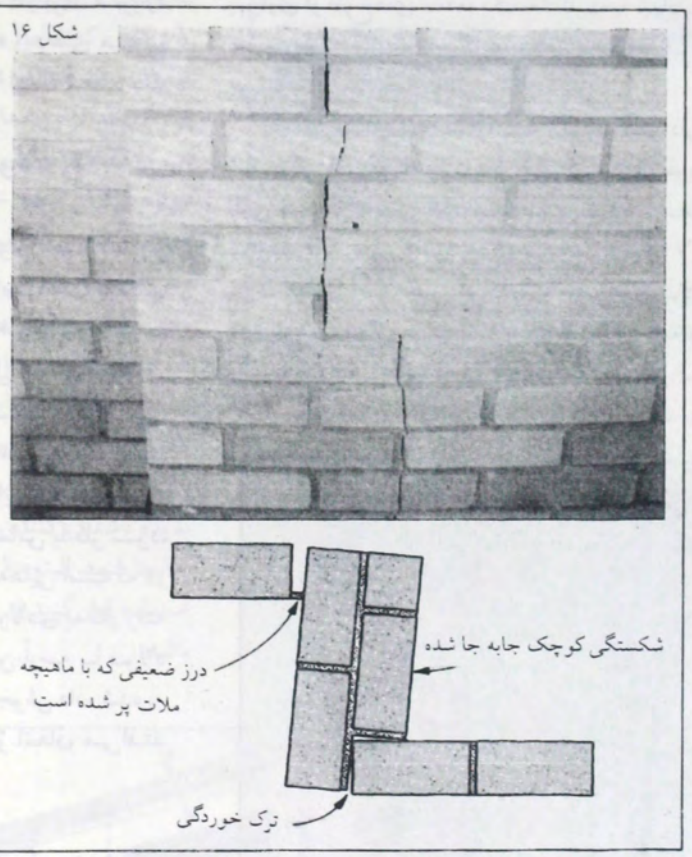
تعمیر و وصله‌کاری (۱۷) شود و بست در جای دیگری جای گیرد. ایستایی سازه اصلاح شده باید قبل از انجام دادن چنین‌کاری آزمایش شود و افزودن بست‌ها با تکیه‌گاه‌ها ممکن است ضروری به نظر رسد.

مشکل دیگر، ممکن است از تفاوت انبساط واحدهای مختلف آجرچینی با هم در یک سازه به وجود آید. برای مثال، در زمان معاصر به کار گرفتن لایه‌های افقی تزیینی با انبساط کم و از رنگ متضاد با آجرکاری با انبساط زیاد و از رنگ دیگر بسیار مرسوم است. اختلاف در رنگ به اختلاف در جابجایی حرارتی منجر خواهد شد. نتیجه این می‌شود که توده منبسط شده آجرکاری در لایه افقی ایجاد تنش کرده و در آن ترک ایجاد می‌نماید (شکل شماره هفده).

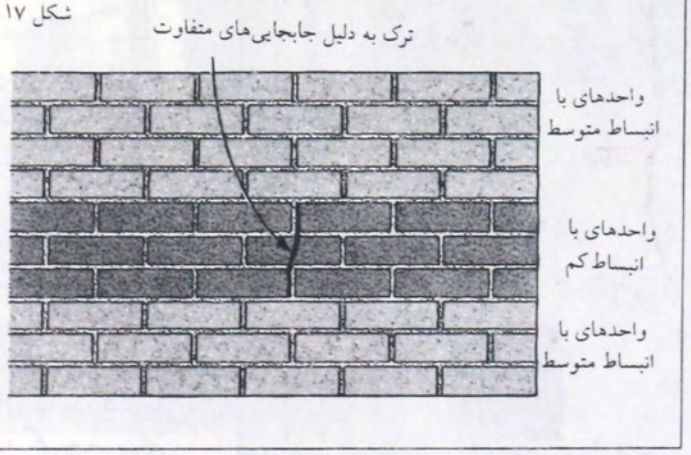
مشکلات مشابه در جایی که آجرهای رسی به عنوان نواری در نمای بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند و همچنین در جایی که دیوارهای جداکننده از سمت داخل با بتن و از سمت خارج با آجر پوشانده شده‌اند و در قسمت جان تیر دچار خمش می‌شوند، اتفاق می‌افتد. اگر مصالح متفاوت در یک سازهٔ واحد با یکدیگر ترکیب شوند، طرز عمل تنش‌های مفروض برای هریک باید در نظر گرفته شود. اگر آن‌ها به صورت خاصی با یکدیگر متفاوت باشند، خصوصیات و یا طراحی سازه باید تغییر یابد تا تنش‌ها تطبیق داده شود. برای مثال با جا دادن سطوح شیبدار لغزنده می‌توان این عمل را انجام داد. بسیاری از کارخانه‌های تولید کننده آجر رسی می‌توانند جزییات تنش در فرآورده‌های خود را تامین نمایند.

بالا رفتن عمودی رطوبت در آجرکاری می‌تواند باعث اشکال در اتصال دیوارها یا ستون‌های بتن درجا به دلیل جمعشدگی بر اثر خشک شدن گردد. در شکل شماره هیجده توسعهٔ رطوبت، آجرکاری پرکننده را تحت تاثیر نیروی فشاری خارج از محور قرار داده است. فشار حاصل با خم شدن آجرکاری به

شکل ۱۶



شکل ۱۷



سمت بیرون نشان داده شده است. بزرگی نیروهای
ارد به شکلی تصویر شده که نوک آن در قسمت
سط به سمت خارج کشیده شده است. آب‌بندی و
یستایی آجرکاری تعمیر شده است لیکن بازسازی
ناسبی برای عناصر صدمه دیده مورد نیاز است.

کربناتاسیون :

کربناتاسیون واکنش شیمیایی بین گاز دی‌اکسیدکربن
موجود در جوّ و اجزای قلیایی مصالح ساختمانی
است (مانند سدیم، پتاسیم و هیدروکسیدکلسیم و
سیلیکات‌های موجود در فرآورده‌های سیمانی،
آجرهای ماسه آهکی و AAC). نتیجه این واکنش
تبدیل مصالح بسیار قلیایی (PH۱۲-۱۴) به حالت
ضعیف اسیدی (PH۸) است. روند این مساله از
پوستهٔ خارجی به داخل پیشرونده است و سرعت آن
بستگی به خلل و فرج لایه دارد یعنی برای رخنه
پنجاه میلیمتر، حدود یک تا دو سال در بلوک‌های
AAC که در معرض جریان هوا قرار دارد لازم است.
اما در بتن به خوبی فشرده شده برای بیست وپنج
میلیمتر، حدود پنجاه تا یکصد سال زمان نیاز دارد.
سرعت کربناتاسیون از مقدار رطوبت نیز تاثیر
می‌پذیرد، این تاثیر در دیوارهای خیلی خشک و
دیوارهای نسبتاً مرطوب به کندی انجام می‌گیرد و در
دیوارهای با میزان رطوبت پنجاه تا هفتاد درصد با
سرعت خیلی زیادی تاثیر می‌پذیرد (شرایط معمولی
در انگلستان).

این روند دارای دو نتیجه است :

- کربناتاسیون لایهٔ غیرفعال کربن روی سطح آرماتور
  فولادی و بست‌ها را از بین می‌برد و باعث ایجاد
  خوردگی می‌شوند؛
- کربناتاسیون تغییر حجم را القاء می‌نماید. در اولین
  سال‌های موجودیت، فرآورده‌های متخلخل
  معمولاً جمعشدگی می‌یابند، به طوری که تفاوت
  تاثیرات ناشی از آن را نمی‌توان بر روی دیوارها
  از جمعشدگی بر اثر خشک شدن اولیه دانست که
  در همان فاصله زمانی اتفاق افتاده است.

واکنش قلیا ـ سیلیس :

واکنش بین نوع مشخصی از سیلیس‌ها (سیلیکون
دی‌اکسید) که در سنگدانه‌های بتن وجود دارد و مواد
قلیایی (سدیم و پتاسیم) موجود در خمیر سیمان
پرتلند، اتفاق می‌افتد.

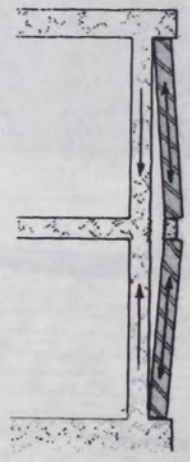
این روند فقط در زمان وجود رطوبت اتفاق
می‌افتد. معمولاً، شرایط مرطوبتر بدترین اثرها را
نشان می‌دهد. بارندگی عادی زمستانی می‌تواند
رطوبت کافی ایجاد نماید. فرآورده‌های ایجاد شده بعد
از واکنش دارای حجم بیشتری می‌شوند. این حجم
ناشی از انبساطی است که باعث ترک‌های نقش‌گونه
بی‌نظم و همچنین تضعیف مقاومت در برابر نیروهای
کششی و برشی می‌شود.

هیدراسیون اکسیدها و تراکم ناپایدار سنگدانهٔ کلینکر :

هیدراسیون در آجرهای رسی در جایی که ذرات
اکسید کلسیم و گاهاً اکسید منیزیم در روند پخته شدن
شکل می‌گیرند، معمول است. این امور به صورت
گسترده با رطوبت واکنش نشان می‌دهند که باعث
ایجاد هیدرواکسیدهای مربوط به خود می‌شود و
اغلب پوسته پوسته شدن قطعات کوچکی از سطح را
باعث می‌شود. این نوع تخریب به عنوان آلوئک
نامیده می‌شود و بر زیبایی سطح اثر می‌گذارد و تاثیر
بر سازه ندارد. شکل شماره نوزده نمونه‌ای از آلوئک
شدید را نشان می‌دهد که به علت عبور ذرات آهک از
الک بزرگتر از حد معمول ایجاد شده است.

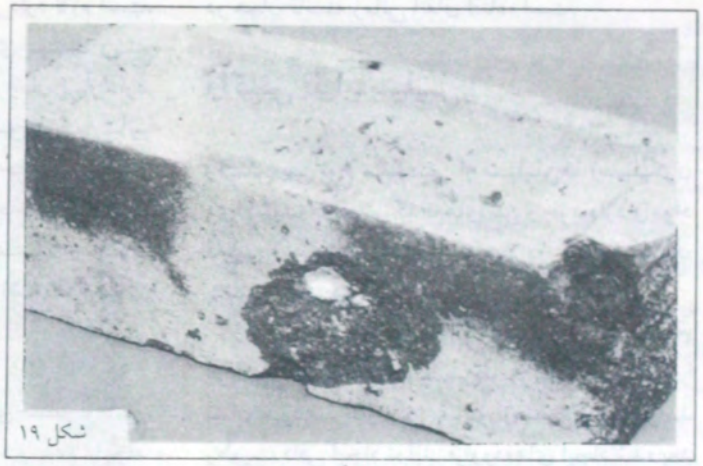
گاهی اوقات، دانه‌های کلینکری باعث آبله‌رو
شدن بلوک‌های بتنی می‌شود که در مقابل روند کربن
پخته نشده حساس نسبت به رطوبت ایجاد می‌شود
و زیبایی مصالح را به هم می‌زند.

شکل ۱۸

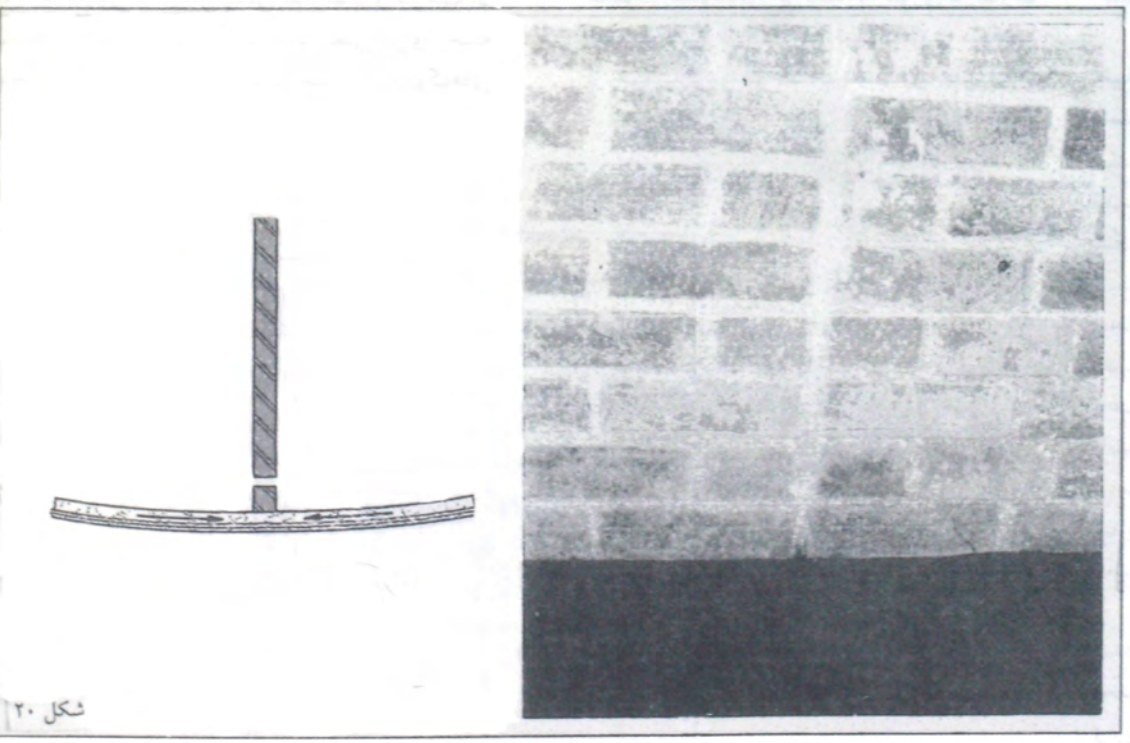


اثرات بار تحمیلی :

از قبل باید انتظار داشت که صفحات مسلح کف معلق تحت اثر نیروی وزن خودشان و همچنین بارهای اضافی تحمیلی تغییر شکل دهند. در بعضی موارد، جمعشدگی بر اثر خشک شدن در یک صفحه مسلح نامتقارن ممکن است به طور محسوسی موجب تغییر شکل بیشتری شود. در شکل شماره بیست تغییر شکل با نتیجهٔ جمعشدگی مصالح سنگی در بتن بستگی دارد. تغییر شکل اضافی نتیجه شده تکیه‌گاه را از پایهٔ دیوار به حرکت درآورده و ترک خوردگی به وجود آورده است. در موارد مشابه، بی‌نهایت مشکل است که بگوییم چند عامل مجموعاً باعث ترک‌خوردگی هستند (طراحی ضعیف و یا ممکن



شکل ۱۹



شکل ۲۰

است اجرا نیز در این مساله تاثیر داشته باشد) : با این حال، نمی‌توان گفت که کدام یک از این چند عامل در وجود آوردن تغییر شکل دخالت داشته‌اند. این نمونه جهت یادآوری موارد مختلف تشخیص دلایل ترک خوردگی آورده شده است.

بارگذاری‌های بیش از حد، در جایی که بارها در فضای کوچکی متمرکز هستند از طریق تیرچه، تیر یا بست تیرچه، اتفاق می‌افتد. بار ناشی از قلاب تیرچه‌ها به ویژه در تنش‌های بالا در بافت سطح خارجی دیوار مجاور بارگذاری تاثیر می‌گذارد و خرابی‌هایی نیز در این باره گزارش شده است.

جابجایی پی :

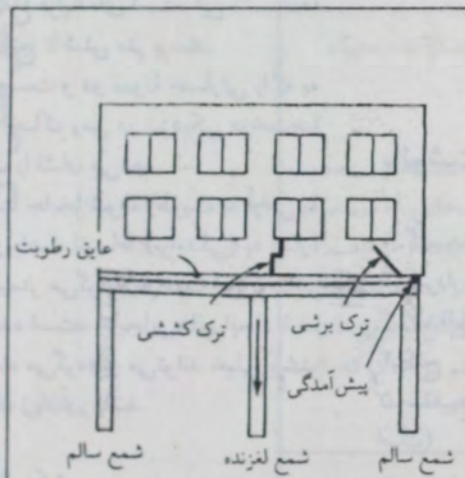
متداولترین علت جابجایی پی، جمعشدگی، یا متورم شدن خاک رس است. تمامی خاک‌های رسی وقتی که خشک می‌شوند، جمعشدگی، و وقتی که مرطوب گشتند انبساط می‌یابند. این تغییرات حجمی منجر به بدترین شکل‌پذیری رس‌های خشک می‌شود که در سراسر جنوب انگلستان معمول است. در این نوع خاک، تغییرات حجمی فصلی می‌تواند باعث جابجایی عمودی در زمین باز تا حد بیست وپنج میلیمتر یا بیشتر شود. تاثیر، معمولاً محدود به لایه‌های سطحی است و احتمالاً فقط چند میلیمتر در عمق یک متر جابجا می‌گردد. روند، برگشت‌پذیر است و ترک‌هایی که در طول مرحلهٔ خشک شدن اتفاق می‌افتند اغلب در طول زمستان بسته می‌شوند.

پی‌ها ممکن است در نتیجه بارهایی که به وسیلهٔ ساختمان به زمین وارد می‌شوند جابجا شوند و یا در نتیجه عوامل خارجی که مستقل از این بارها عمل می‌کنند، به وجود آیند. مقادیر مختلف جابجایی پی (جابجایی‌های متفاوت)، ساختمان را بد شکل می‌نماید و ممکن است دلیل آسیبی باشد که به ساختمان وارد گردیده است.

نشست پی احتمالاً به وسیلهٔ ساختمانی که بار آن از مقدار نیروی بار مجاز بیشتر نباشد، قابل تحمل است. بیشتر خاک‌های طبیعی در انگلستان به جز ماسهٔ بادی ، رس بسیار نرم و خاک‌های نباتی قابلیت تحمل بار ساختمان‌های کوتاه‌مرتبه را دارند (تا حد V۵kpa). در مواقعی که ساختمان بر روی خاک دستی یا پر شده ساخته می‌شود باید توجه خاصی انجام پذیرد.

دلایل ممکن برای جابجایی پی که بستگی به بارگذاری ساختمان ندارند شامل موارد زیر است :

- برآمدگی ناشی از یخزدگی ؛
- تغییرات در سطح آب‌های زیرزمینی ؛
- فرسایش به علت آب‌های جاری، مجاورت با گودبرداری، لغزندگی زمین، فرسایش ساحلی ؛



شکل ۲۱

- فرونشینی ایجاد شده به علت سنگ چال‌ها یا فعالیت‌های معدنی ؛
- نشست زمین ساخته شده.

شکل شماره بیست ویک شکستگی در سطوح خارجی ساختمانی قرار گرفته بر روی سنگ‌های معدنی پرکننده، یعنی جایی که بعضی از شمع‌های پی به روی سطح کانسنگ[۲۰] نرسیده است و در دورهٔ باران‌های سنگین لغزش پیدا کرده است را نشان می‌دهد.

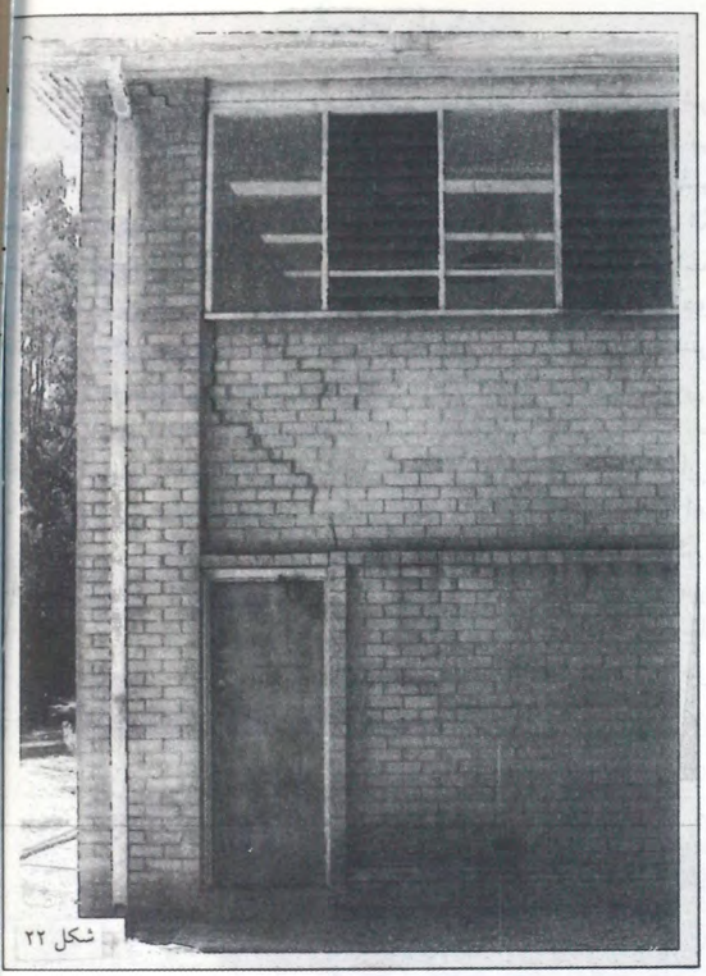
بالارفتن رطوبت از زمین به دلیل جهت خمش درخت‌ها، تغییرات حجمی فصلی را شدیدتر می‌نماید. به طور مثال، حرکت زمینی که درخت‌های بزرگی در آن وجود دارد، حدوداً چهار برابر بیش از اندازه‌ای است که در زمین خالی چنین اتفاقی می‌افتد. درخت‌ها همچنین تاثیر دراز مدتی دارند. زیرا بارندگی در زمستان ممکن نیست به طور کامل تمامی رطوبت از دست رفته در فصل رشد را جانشین سازد. در منطقه‌ای با خاک دائماً خشک همراه با رشد درخت‌ها انبساط‌هایی به وجود می‌آید، که پیامد آن نشست‌هایی با شعاع فزاینده‌ای است، این نشست‌ها می‌توانند به عمق پنج تا شش متر برسند.

شکل شماره بیست و دو نمونهٔ خسارتی را که به دلیل جمعشدگی خاک رس در نزدیکی درخت‌ها شدیدتر شده است را نشان می‌دهد.

اگر یک درخت جابجا شود، رطوبت به آرامی به خاک برمی‌گردد و باعث انبساط (برآمدگی) به اندازهٔ یکصد وپنجاه میلیمتر می‌گردد. به علت این که تاثیر درخت محدود شده است، جابجایی‌های ایجاد شده در نزدیکی متفاوت می‌گردد و می‌تواند خیلی بیشتر از تنش‌های یکسان زیان‌آور باشد.

ارتعاش (لرزش) :

مدارک و شواهدی مبنی بر خسارت جدی به وسیله ارتعاش به جز در موارد بسیار شدید مانند : تاثیرات انفجار، تجسس در معادن و زلزله وجود ندارد●



شکل ۲۲

پانوشت‌ها :

۱ـ گسیختگی Ratcheting
۲ـ گیردار Restraint
۳ـ حدقابل تحمل Tolerance
۴ـ کنج Return
۵ـ سقف‌های زین‌اسبی (سقفی که با انحنای معکوس است) Inverted roofs
۶ـ بتن هوار به عمل آمده در گرمخانه (اتوکلاو) Autoclaved aerated concrete (AAC)
۷ـ جمعشدگی Shrinkage
۸ـ ترک‌های نقش‌گونه Map pattern cracks
۹ـ شوره‌زنی نهانی Crypto efflorescence
۱۰ـ اترنژیت Ettringite
۱۱ـ کرن‌وال Corn Wall
۱۲ـ دون Devon
۱۳ـ شیست‌های پیریتی Pyritic shales
۱۴ـ فولاد کربن‌دار Carbon steel
۱۵ـ آجرهای استوک لندن London Stock brick
۱۶ـ لایهٔ بدون اتصال Slip joint
۱۷ـ وصله کاری Restitched

جدول ضمیمه -نشت هاوعلل اصلی آن

عمل	اثر و مدت	مصالحی که تاثیر می‌گیرند	اجزایی که تاثیر می‌گیرند
تغییرات فیزیکی			
تغییرات درجه حرارت	انبساط و انقباض در طول روز و سال.	تمامی مصالح به جز سرامیک‌ها و آلیاژهای خاص.	دیوارها و سقف‌ها بخصوص روکارهای سیاه بخوبی عایق‌بندی شده و بام‌های رو به جنوب.
خشک شدن اولیه	جمعشدگی در طول هفته‌ها یا سال‌ها.	ملات، بتن، بتن‌هوادار، قطعات ماسه آهکی، چوب.	دیوارهای بزرگ، دیوارهای با مصالح بنایی با کیفیت پایین، قاب‌ها و کف‌های چوبی، قاب‌های بتنی بزرگ.
مرطوب و خشک شدن	انبساط و انقباض، فصلی و بسته به آب و هوا، به صورت دوره‌ای در طول حیات مصالح.	اکثر مصالح، به خصوص چوب، فرآورده‌های بتن متخلخل، خاک‌های رسی با قابلیت جمعشدگی به خصوص اگر به وسیله درخت‌های بزرگ تاثیر پذیرفته باشند.	چوب و بتنی که مستقیماً در معرض هوا قرار دارند، پی‌های دارای عمق کم بر روی خاک‌های رسی با قابلیت جمعشدگی.
کاهش مواد فرّار	جمعشدگی در طی ساعت‌ها یا سال‌ها برگشت ناپذیر.	برپایه حلال (رنگ‌ها، ماستیک‌ها، پلاستیک‌های روان شده).	نازککاری‌ها، اتصالات متحرک هوابندها.
یخزدن و ذوب شدن آب بلیعده شده	انبساط، صدمه داخلی، پوسته شدن به صورت دوره‌ای، بستگی به آب‌وهوا دارد.	مصالح متخلخل،به خصوص فرآورده‌های خاک رس پخته، سنگ‌های طبیعی، مصالح بتنی ضعیف، خاک‌ها.	دیوارها و سقف‌هایی که در معرض بارندگی شدید بوده و متعاقب آن یخزدگی و ذوب شدن یخ قرار دارند. سرویس‌ها و پی‌های با عمق خیلی کم در خاک که باعث یخزدگی می‌شود.
تبلور نمک‌های محلول در آب زیرسطح (شوره‌زدن)	مانند مورد بالا همراه با زنگ‌زدگی از نمک.	مصالح متخلخل، به خصوص آجرهای رسی، کاشی‌ها و سنگ‌های طبیعی که شامل نمک‌ها یا تابع آلودگی محیط هستند.	دیوارها، بام‌ها طبقاتی که در معرض مرطوب شدن و خشک شدن هستند و سازه‌هایی که در ارتباط با آلوده‌کننده‌هایی چون آب‌های زیرزمینی، آب دریا، آب‌های جاری و باران‌های اسیدی هستند.

عمل	اثر و مدت	مصالحی که تاثیر می‌گیرند	اجزایی که تاثیر می‌گیرند
تغییرات شیمیایی			
حمله سولفات‌ها	انبساط دایمی در طول ماه‌ها تا سال‌ها	سیمان پرتلند، ملات‌های آهکی آب‌بند، بتن، بلوک‌ها.	سازه‌هایی که برای دوره طولانی مرطوب می‌مانند برای مثال دیوارها یا صفحات نما.
خوردگی، اکسیداسیون	انبساط دایمی در طول ماه‌ها تا سال‌ها.	فلزات، بخصوص فولادهای نرم و با حد کششی بالا.	گیرداری‌ها بخصوص در سازه‌های نمایان: آرماتورگذاری در بتن کربنیزه شده یا آلوده.
انبساط رطوبت در سرامیک‌ها	انبساط دایمی در بیش از یک دهه،در سازه‌های‌جوان نیز بدتر است.	آجرها و کاشی‌ها بسته به واکنش شیمیایی با رطوبت جو.	دیوارهای آجری باریک (به‌خصوص روکارها و دست‌اندازها): کف‌ها و دیوارهای روکش شده.
کربناتاسیون	جمعشدگی دایمی در بیش از ۵۰ سال بسته به خلل و فرج.	بتن متخلخل و فرآورده‌های سیلیکات کلسیم.	دیوارها، بخصوص در جایی که به وسیله بازشوها تضعیف شده‌اند.
واکنش قلیایی سیلیکات‌ها	انبساط غیرقابل برگشت بعد از سال‌های زیاد.	بتن‌های شامل مصالح واکنش‌زا و مواد قلیایی کافی.	بتنی که برای مدتی طولانی مرطوب باقی می‌ماند، مانند صفحات، پل‌ها، سدها، سازه‌های محافظ زمین.
جذب آب اکسیدها و تراکم ناپایدار مصالح دانه‌بندی	انبساط دایمی در طول ماه‌ها یا چند سال.	معمولاً در آهک غیرهیدراته یا منیزیم در ذرات آجر اتفاق می‌افتد. ممکن است مصالح دانه‌بندی B.S.1074 موافق باشد.	پوسته شدن نمای آجرکاری که بسیار معمول است، از نظر مسایل زیبایی اهمیت دارد و ممکن است دلیل کمک کننده‌ای از انبساط حجمی رطوبت در برخی آجرها و بلوک‌های بتنی باشد. برآمدگی صفحات کف در بالای پرکننده‌های غیرمقاوم.

جدول ضمیمه -نشت هاوعلل اصلی آن

عمل	اثر و مدت	مصالحی که تاثیر می‌گیرند	اجزایی که تاثیر می‌گیرند
جابجایی متفاوت خاک			
نشست، معدن‌کاری، فرونشست، سنگ‌چال، زمین‌لغزش، وارفتگی خاک، زلزله	نشست‌های متفاوت. می‌تواند در هرزمانی از ساختمان اتفاق افتد.	لایه‌های پی	دیوارها و کف‌ها. معمولاً در هر دو سطح دیوار صندوقه‌ای اتفاق می‌افتد اما ترک‌خوردگی بسته به بارگذاری و گیرداری متفاوت تغییر می‌کند.
ارتعاش			
ترافیک،به کارگرفتن ماشین‌آلات، غرش‌های صوتی، معدن‌کاری، انفجار	محدوده‌های تغییر شکل نوسانی.	مصالح شکننده دیوار سازی	دلیل محتمل صدمهٔ پل‌ها و ساختمان‌ها در نزدیکی تسهیلات رفت و آمد، اما اثبات آن مشکل است.
اثرات بار تحمیلی			
بارهای مرده و تحمیلی بر روی سازه‌بامحدودیت‌های طراحی	واخمش ارتجاعی لحظه‌ای خزشی در طول سال‌ها.	تمامی مصالح در مسیر بارگذاری.	به ندرت باعث ترک‌خوردگی می‌شود.
بارگذاری سازه	واخمش ارتجاعی لحظه‌ای خزشی در طول سال‌ها.	تمامی مصالح در مسیر بارگذاری.	دیوارهای در معرض بار متمرکز، برای مثال جایی که تیرچه‌ها و بست‌های تیرچه‌ها بار تحمل می‌نمایند.
بارگذاری برروی زمین- پی‌ها	نشست، در طی ماه‌ها تا سال‌ها.	بخصوص خاک‌های رسوبی یا نباتی و هر زمین ساخته‌شده.	دیوارهای اصلی از مصالح شکننده جایی که نشست‌های متفاوت اتفاق می‌افتد.