

# آشنایی با مرمت ابنیه تاریخی

مدرس: بیتا باقری



.....  
انواع ترک ها و نشست در ابنیه



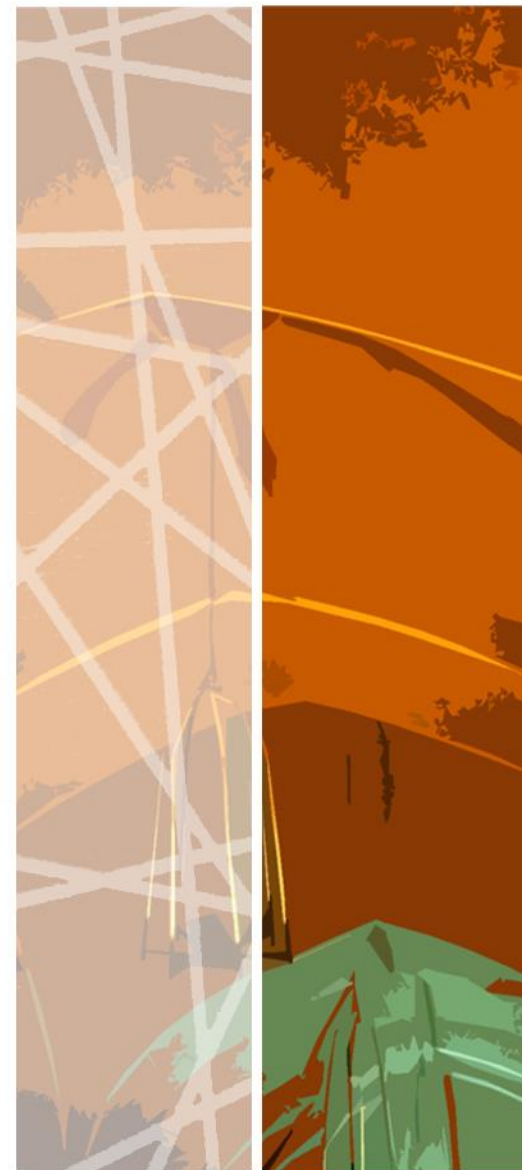
بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



## مفهوم ترک

ترک ها معمولاً بر اثر عوامل متعددی ایجاد می شوند که بر تعدادی از آنها اشاره میکنیم:

- ۱- ترک ناشی نشست طبیعی ساختمان در زمین
- ۲- ترک بر اثر نشست زمین در پی های ساختمانی
- ۳- ترک ناشی از خشک شدن لایه های ساختمان در زمان ساخت بنا و عوامل جوی در طول زمان.
- ۴- ترک ناشی از جابه جایی ناگهانی لایه های زمین بر اثر عواملی مانند زمین لرزه و بادهای شدید.
- ۵- ترک بر اثر کاهش یا افزایش بار وارد بر پی ها.
- ۶- ترک بر اثر وارد آمدن نیروهای رانشی به بنا.
- ۷- ترک ناشی از لرزش های پیرامون بنا بر اثر عواملی مانند ترافیک، انفجار، حفاری و غیره.
- ۸- ترک بر اثر احداث ساختمان بر روی بقایای بناهای سابق.
- ۹- ترک بر اثر تغییر فشار آب های زیرزمینی و تغییر میزان رطوبت در بخش زیر پی ها.
- ۱۰- ترک بر اثر تعبیه و فعالیت تأسیسات مدرن در داخل ساختمان قدیمی.
- ۱۱- ترک ناشی از کاهش تدریجی مقاومت در چسبندگی مصالح و ملات ها به علت فرسودگی در طول زمان.
- ۱۲- ترک بر اثر ساخت و ساز جدید (الحاق) بدون توجه به پیوستگی و همبستگی سازه های ساختمان های قدیمی.



## انواع ترک

### ۱- ترک ناشی نشست طبیعی ساختمان در زمین:

در ابنیه تاریخی و قدیمی، ساخت و ساز فشاری برقشرها و لایه‌های زمین تحمیل کرده و این عمل تا زمانی ادامه یافته است که تعادلی نسبی بین بار وارده و عکس‌العمل و مقاومت زمین برقرار شده است. با توجه به اینکه دستاوردهای چشمگیر احداث پی در زمان حاضر در گذشته وجود نداشته است، برای تعدیل نشست‌های احتمالی آتی و همچنین پیشگیری از تأثیرات منفی آن در کل ساختمان، به ناچار بنا را در مقاطع زمانی مختلف اجرا می‌کردند.

### ۲- ترک بر اثر نشست زمین در زیر پی‌های ساختمان

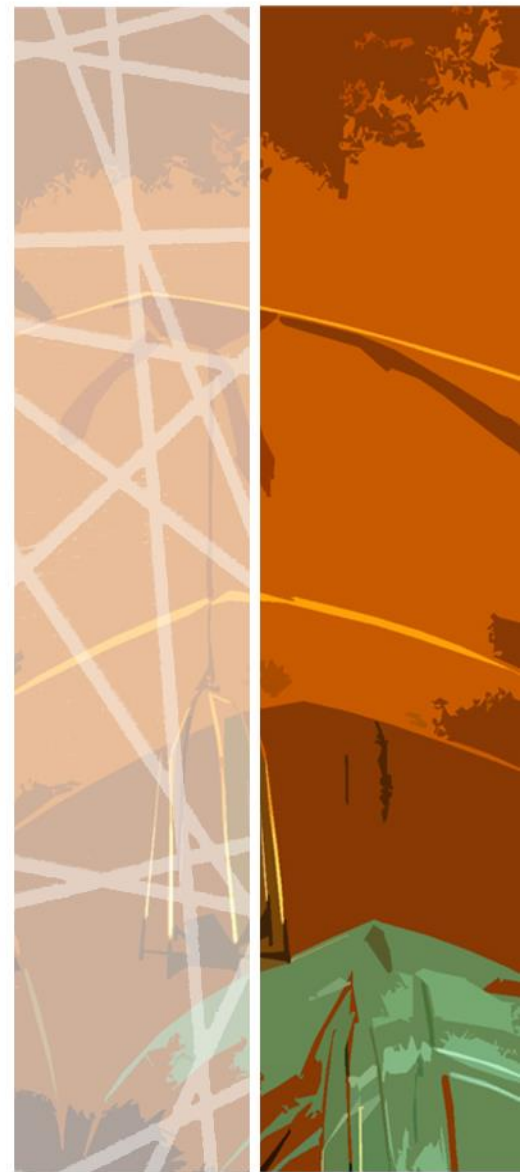
تغییرات حاصل بر اثر فشار آبهای زیرزمینی، که برای مصارف روزانه و صنعتی مورد استفاده واقع می‌شود، یا در مواقعی به وجود آمدن رطوبت در زیر پی‌ها (رسیدن رطوبت به رس زیر پی و عواقب طبیعی حاصل از آن) موجب ایجاد ترک در بنا می‌شود.

### ۳- ترک ناشی از خشک شدن لایه‌های ساختمان در زمان ساخت بنا و عوامل جوی در طول زمان

در زمان احداث هر بنا رطوبتی طبیعی در ملات و سایر مصالح ساختمان وجود دارد. این رطوبت به مرور زمان از بین می‌رود و موجب ایجاد ترک در بنا می‌شود. از طرف دیگر، بر اثر تغییر عوامل جوی (در فصول مختلف) و تغییرات جوی در گذر زمان (افزایش یا کاهش میزان رطوبت) نیز ترک پدیدار می‌شود. چنانچه می‌دانیم، افزایش دما در فصول گرم (انبساط) و تقلیل دما در فصول سرد (انقباض) موجب تغییرات مدامی است که در زمینه سازی و تشدید بروز ترک‌های ناشی از عوامل دیگر تأثیر مستقیم دارد و یا خود باعث ایجاد ترک می‌شود



تصویر ۱ ورامین-مسجد جامع، ترک بر اثر نشست پی در شبستان مسجد.

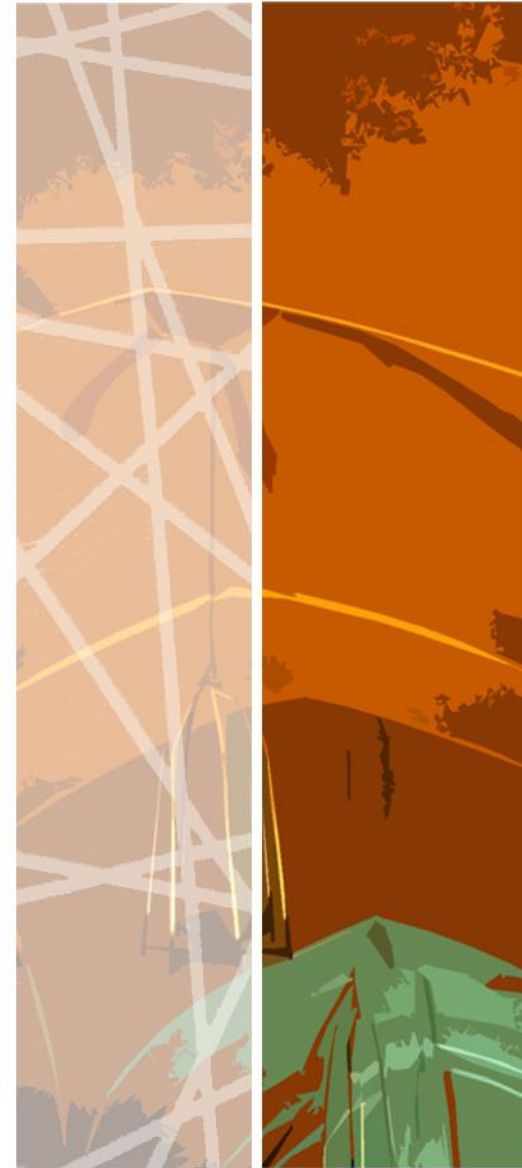


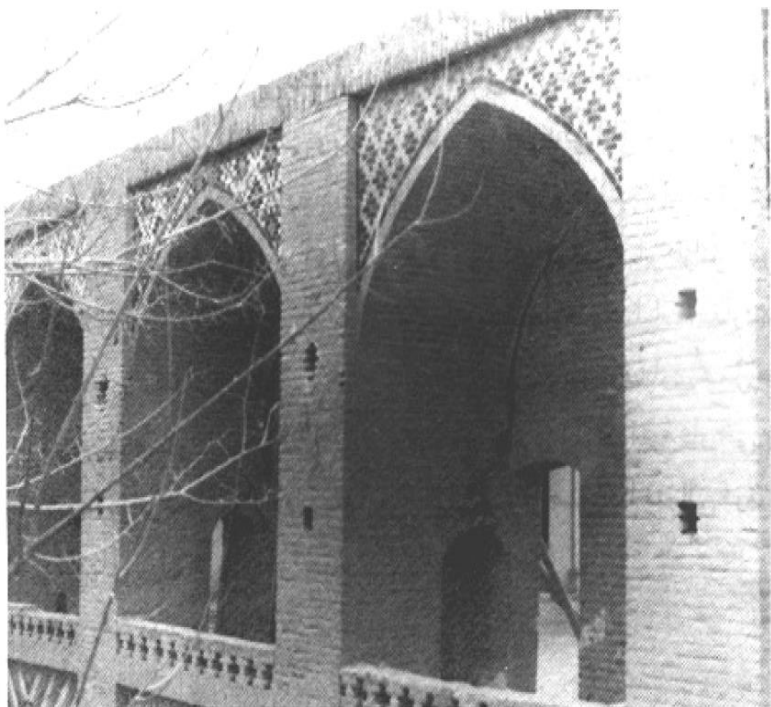
## معرفی انواع ترک

۴- ترک ناشی از جابه جایی ناگهانی لایه های زمین  
 جابه جایی لایه های زمین بر اثر عوامل سریعی مانند زمین لرزه و بادهای شدید موجب ایجاد ترک های قابل توجه در بناهای قدیمی می شود که گاه نیز به انفصال دوجداره می انجامد.



تصویر ۲ ارومیه-مسجد جامع، ترک ناشی از زمین لرزه در زیر گنبد.





تصویر ۳ ماهان کرمان-مقبره شاه نعمت الله ولی، شاه نشین صحن محمد شاهی،  
انفصال دو جداره بر اثر نیروهای وارد ناشی از زلزله.



تصویر ۴ مقبره‌ی شاه نعمت الله ولی، پیش از یافتن علت اصلی آسیب، با استفاده از  
شمع بندی، عمل رفع خطر انجام می‌گیرد.



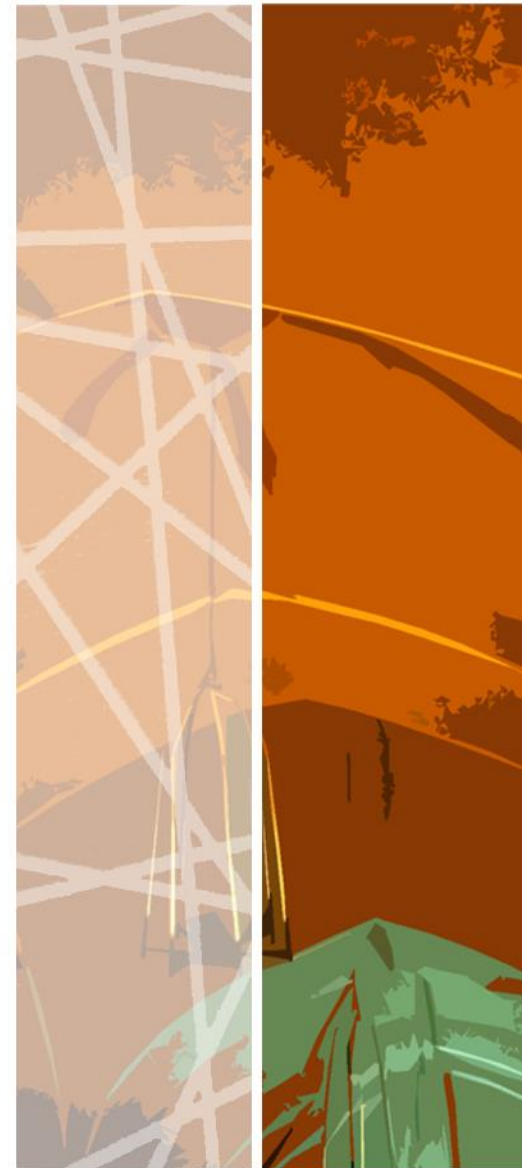
## معرفی انواع ترک

### ۵- ترک بر اثر کاهش یا افزایش بار وارد بر پی ها

در ابنیه قدیمی فشاری عمل کردن بیشتر اجزا و عناصر باربر ساختمان تعادلی را در بارگذاری ایجاد می‌کند. این تعادل تمام نیروهای رانشی و فشاری را خنثی و بار ساختمان را به صورت صحیح از مرکز ثقل پایه‌ها و دیواره‌ها به زمین منتقل می‌کند. هر گونه تغییر در بارگذاری (کم یا زیاد کردن) در این تعادل اختلال ایجاد می‌کند و در نتیجه ساختمان دچار ضایعات و ترک‌های شدید می‌شود.

برای مثال، اگر نیروی فشاری بار قائم گلدسته‌ها از کناره‌های ایوان‌ها حذف شود (بر اثر تخریب گلدسته یا مناره‌ها)، نیروهای رانشی تاق‌های ایوان در پایه‌های جانبی باربر زنده می‌شود و موجب رانش پایه‌ها می‌گردد، مانند سردر ورودی مسجد جامع ورامین.

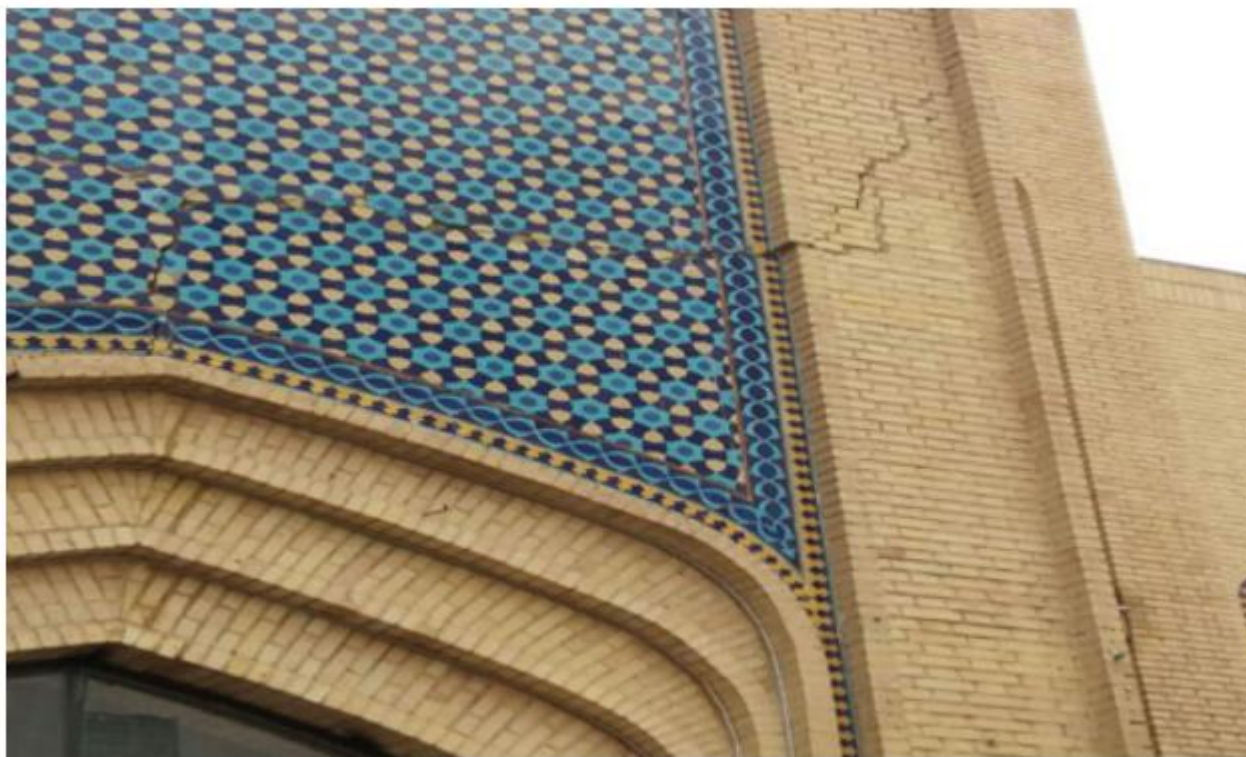
مثال دیگر را می‌توان در ساختمان کاخ مرمر تهران جستجو کرد که به دلیل انتقال بار اضافی سقف حفاظتی بر روی دیواره‌های جانبی، فشار زیادی در این دیواره‌ها ایجاد و موجب بروز ترک و خرد شدن لبه‌های سنگ مرمر شده است. نتیجه می‌گیریم که در بناهای قدیمی تغییراتی از قبیل افزودن و یا کم کردن حجمی از بنا باید با مطالعات قبلی و پیش‌بینی‌ها و محاسبات دقیق فنی همراه باشد تا به تنش‌های بعدی دامن نزنند.



## معرفی انواع ترک

### ۶- ترک بر اثر وارد آمدن نیروهای رانشی به بنا

همان طور که در پیش ذکر شد، اجزا بنای قدیمی بیشتر به صورت فشاری عمل می‌کنند و تمام نیروهای رانشی توسط نیروهای فشاری خنثی شده و به زمین انتقال می‌یابد. چنانچه نیرویی بدون در نظر گرفتن تعادل بنا از جهات مختلف به آن وارد گردد، خود به خود تعادل موجود را در ساختمان برهم می‌ریزد و در نتیجه ترک‌ها و جابه‌جایی‌ها ظاهر می‌گردند.





## معرفی انواع ترک

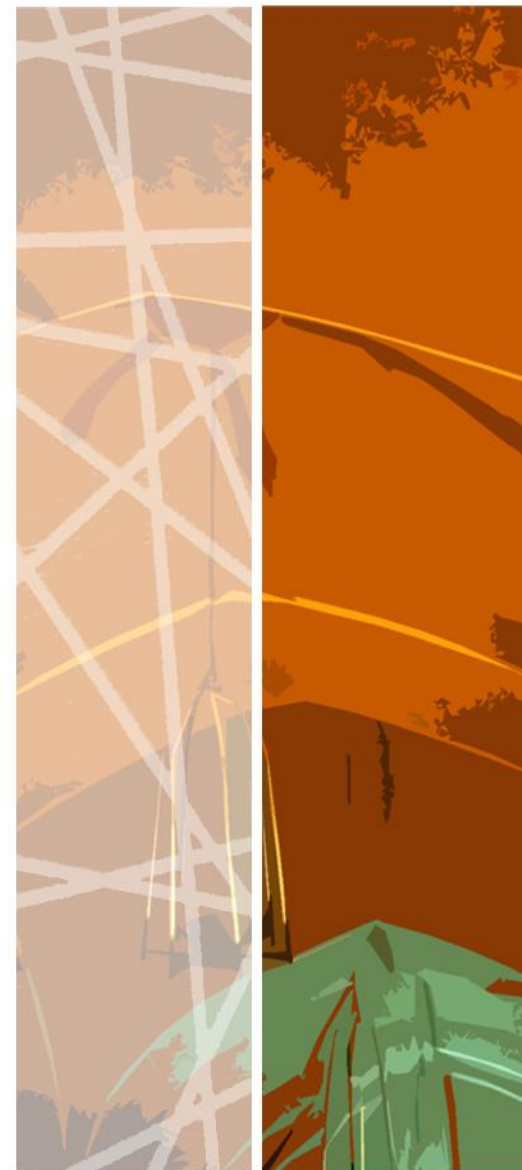
### ۷- ترک ناشی از لرزش‌های پیرامون بنا بر اثر عواملی مانند ترافیک، انفجار، حفاری و غیره

ابنیه قدیمی با توجه به زمان ساخت، در بستر طبیعی زمان و مکان خود به زندگی ادامه می‌دهند و هر عامل خارجی مانند احداث خیابان‌ها و در نتیجه ایجاد ترافیک سنگین همراه با صدا و لرزش، همچنین سایر عوامل نظیر احداث کارخانه‌ها و کارگاه‌ها، انفجارها عملیات حفاری، در تعادل طبیعی بنا که اجزا آن به صورت فشاری عمل می‌کنند اختلال ایجاد می‌کنند.

باید در اطراف ابنیه تاریخی و قدیمی حریم‌هایی تعیین کرد تا از صدمات احتمالی فوق به بناهای ارزشمند جلوگیری شود

### ۸- ترک بر اثر احداث ساختمان بر روی بقایای بناهای سابق

از آنجایی که پی‌های سازه‌های قدیمی، بر اثر گذشت زمان و فرسایش تدریجی مصالح، مقاومت خود را از دست داده‌اند، تحمل بار ساختمان جدید را ندارند و بارگذاری بلافاصله سبب خرد شدن لایه‌های پی و در نتیجه موجب ناپایداری و ظهور ترک در ساختمان جدید خواهد شد.



## معرفی انواع ترک

### ۹- ترک بر اثر تغییر فشار آب‌های زیر زمینی تغییر میزان رطوبت در بخش زیر پی‌ها

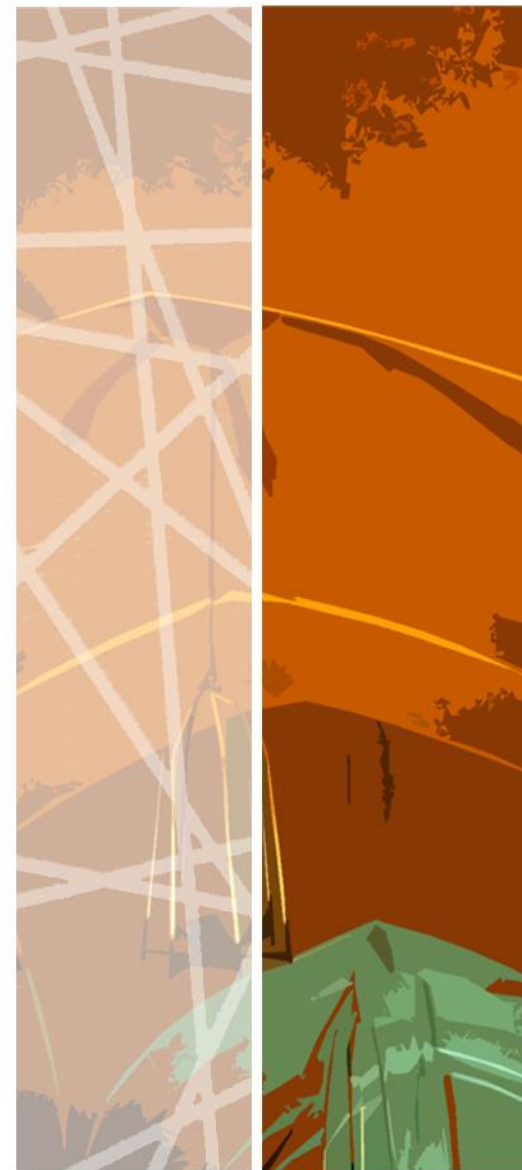
چنانچه روشن است بناهای قدیمی در طول سالیان متمادی خود را با طبیعت مکان و فشارهای موجود در قشرهای زیرین پی هماهنگ کرده و به تعادل رسیده‌اند. هرگونه تغییر در این نظام تعادلی دو جانبه (کاهش فشار آب یا افزایش آن) موجب بروز اختلالاتی در پی‌ها در نتیجه کل ساختمان می‌شود که به صورت نشست ایجاد ترک در ساختمان بروز می‌کند. بنابراین، کنترل ثابت نگه داشتن آب‌های زیرزمینی تا حد امکان برای حفاظت بنای تاریخی ضروری است

### ۱۰- ترک بر اثر تعبیه و فعالیت تأسیسات مدرن در داخل ساختمان قدیمی

در بناهای قدیمی تأسیسات در خارج از بنا احداث می‌شد و لوله کشی برای سرویس‌ها و تأسیسات گرمایشی و سرمایشی در داخل ساختمان وجود نداشت. اما اکنون به منظور احیا ابنیه قدیمی این تأسیسات به ناچار به داخل بنا منتقل می‌شوند.

در بیشتر این ابنیه، به علت اجرای نادرست این تأسیسات و در نتیجه نشست آب از لوله‌ها و نفوذ آن به زیر پی‌ها، نشست و ترک رخ می‌دهد. برای مثال، یکی از پایه‌های رواق گونه مدرسه شهید مطهری، که اخیراً به آشپزخانه تغییر کاربری یافته است، بر اثر نفوذ فاضلاب آشپزخانه کاملاً نشست کرده تا اندازه‌ای که در خطر فروریختن قرار گرفته است. همچنین، انتقال سرویس بهداشتی به داخل بنای کوشک در باغ هرنندی کرمان (که اخیراً به موزه تغییر عملکرد یافته است)، موجب ایجاد رطوبت در بنا شد. پس باید توجه داشت که مداخله در بنای قدیمی و احداث تأسیسات جدید، مشروط به رعایت اصولی خاص در طراحی با نگرشی ویژه به طبیعت بنای قدیمی است.

مثلاً اگر بتوان کانال‌هایی را در داخل ساختمان پیش‌بینی کرد و عایق‌کاری و زهکشی لازم را در این کانال‌ها انجام داد، می‌توان کلیه لوله‌های تأسیساتی را در آن‌ها کار گذاشت تا بتوان ضمن کنترل و تعویض اجزای فرسوده، مانع از عوارض ناشی از نشست آب و غیره شد و نفوذ اتفاقی آب به آن را به چاه‌های فاضلاب هدایت کرد



## معرفی انواع ترک

**۱۱- ترک ناشی از کاهش تدریجی مقاومت و چسبندگی مصالح و ملات ها به علت فرسودگی در طول زمان**  
فرسودگی و کهنه‌ت این‌به‌همراه با عوامل جوی، تاثیرات مستقیم و عوارض منفی برای ساختمان ها در پی دارد. میزان تاثیر عوامل جوی از قبیل تغییرات دما و رطوبت، بستگی به نوع مصالح مورد استفاده در بنا دارد. اجتماع این دو عامل، مقاومت بنا را در برابر نیروهای وارده تقلیل می دهد و بروز ترک یکی از عوارض آن است.

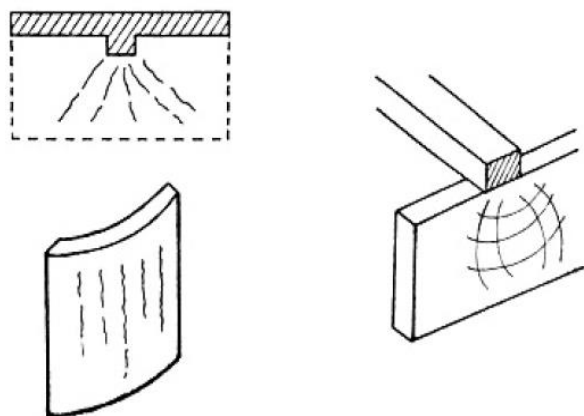
### ۱۲- ترک بر اثر ساخت و ساز جدید (الحاق)

بدون توجه به پیوستگی و همبستگی سازه‌های ساختمان های قدیمی با توجه به اینکه بناهای قدیمی دارای انسجام سازه‌ای و همچنین همبستگی در ترکیب و ساختار خود هستند، هر نوع دخل و تصرف در بنا که بی توجه به این اصول سازه‌ای و ترکیبی و بدون مطالعه انجام گیرد، مسلماً ضایعاتی را ایجاد می کند که یکی از آنها ایجاد ترک و جابه‌جایی در اسکلت بناست.

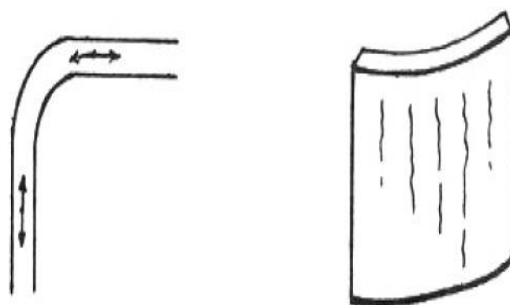
### ۱۳- فشارهای وارده و ترک ها

در شکل ۱، ترک‌هایی که به صورت عمود بر صفحه دیوار مشاهده می‌شوند معمولاً معلول فشارهای وارده یا فشار حاصل از تاق‌ها و یا فشارهای حاصل از فعل و انفعالات خود زمین‌اند. اگر پی مستعد نشست باشد، این فشارها ممکن است باعث چرخش شوند. از طرفی، حتی امکان دارد ترک های افقی نیز بر اثر این فشارها ایجاد شوند و این درست زمانی اتفاق می‌افتد که دیوار بر اثر استقامت زمین از دو جانب شکم داده و باعث فلج شدن آن بخش خاص و آن برش از دیوار شده باشد  
ترک در دیوار های منحنی  
ترک در نقاط اتصال دیوار ها  
ترک در جداره‌ها و دیوارهای پربازشو



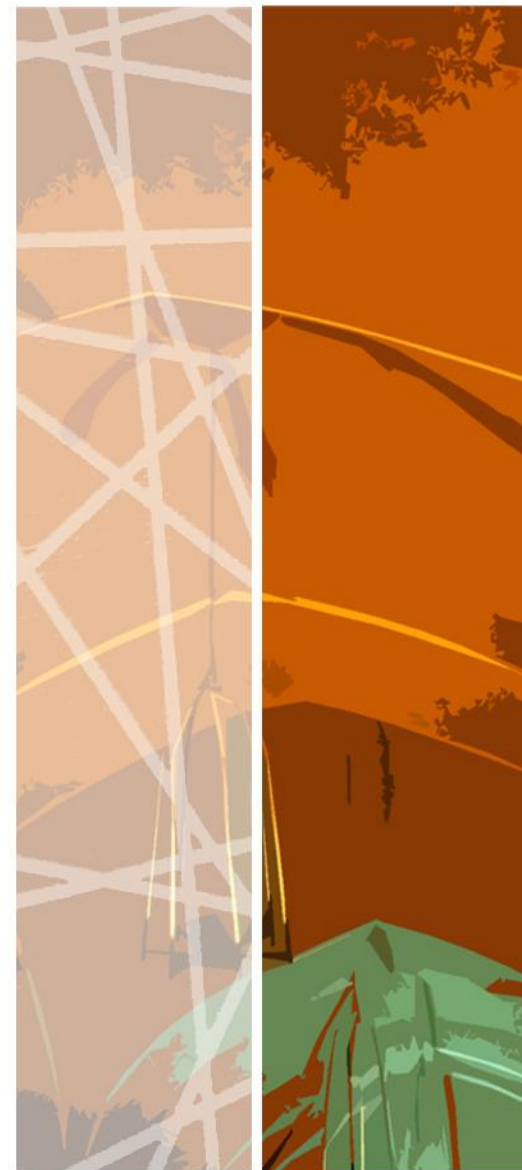


شکل ۱ فشارهای وارده و ترک‌های حاصل.



شکل ۲ ترک در دیوارهای منحنی.

در دیوارهای پشتیبان (پشتبندها)، معمولاً در بخش پر دیوار ترک‌های افقی وجود دارند ولی قابل رویت نیستند. اگر تغییر فشارهای وارده در طول دیواری همگن نباشند، در نوع انحراف طولی تغییر پدید می‌آید و در نتیجه ترک‌های عمودی به وجود می‌آیند. نیروها و فشارهای متمرکز، که بر اثر وجود تیرهای سقف حاصل می‌شوند، ممکن است یکی از عوامل ایجاد ترک‌های مایل و گاه متمایل به قائم شوند. هرگاه نیروهای متمرکز با مقاومت قابل توجه زمین مواجه شوند، شاهد بروز ترک‌های افقی نیز خواهیم بود.

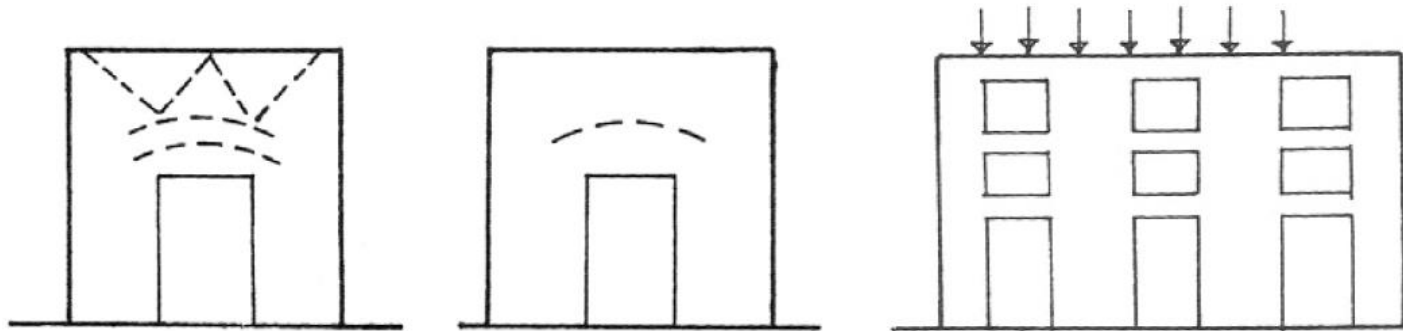


### ترک در دیوارهای منحنی

در این نوع دیوارها ترک‌ها خیلی بیشتر از دیوارهای صاف هستند زیرا فشارهای عمودی در جداره با تنش‌های کششی همراهاند (شکل ۲)

### ترک در نقاط اتصال دیوارها

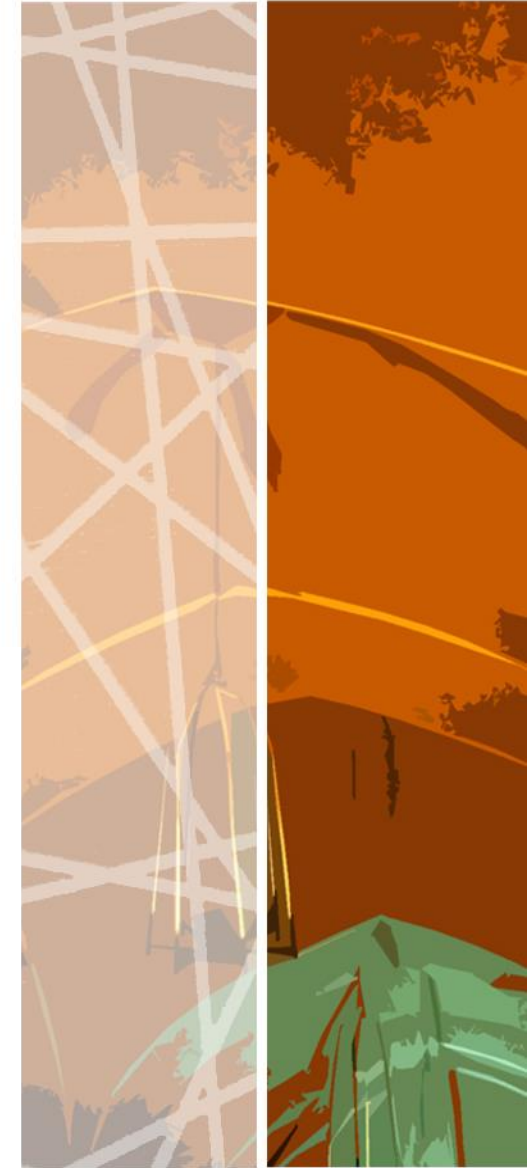
نقاط اتصال دیوارها در کنج به صورت L یا T و.... به صورت فاحشی تحت تأثیر نیروهای متمرکز قرار می‌گیرند. اگر اتصال به خوبی انجام نشده باشد، امکان ایجاد ترک و انفصال بسیار زیاد است. نشست‌های غیرهمگن لایه‌های مختلف زمین خود از دلایل بروز ترک و یا چرخش‌های شدیدند که معمولاً در گوشه‌ها و کنج‌های اتصالی بروز می‌کنند.



شکل ۵ موقعیت ترک در بالای یکی از سردرها در دیواری با مقاوت بالا.

شکل ۴ موقعیت ترک در بالای یکی از سردرها در دیواری با مقاوت کم.

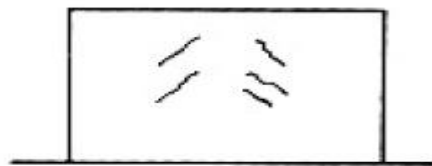
شکل ۳ روند ایزواستاتیکی در دیواری با بازشوهای زیاد.



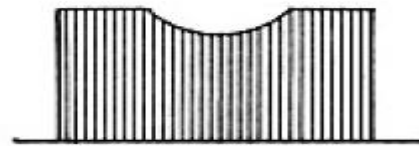
### ترک در جداره‌ها و دیوارهای پربازشو(پنجره و در)

وجود بازشوها در دیوار، جز افزایش نیروهای فشاری در بخش های اطراف و حواشی بازشو، باعث تشکیل و پخش شبکه نیروهای کششی و فشاری خاص می‌شود که معمولاً به انفصال قسمتی فوقانی از دیوار می‌انجامد (شکل‌های ۳ تا ۶)

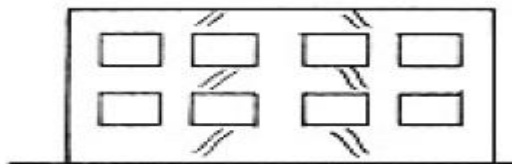
در نماهایی که تعداد بازشوها بیشتر باشد بر اثر نشست پی‌ها تعداد ترک‌ها افزایش می‌یابد (شکل ۷) و این ترک‌ها در نقاط ضعف بیشتر مشهودند.



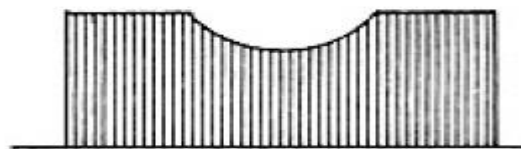
دیوار بدون وزن



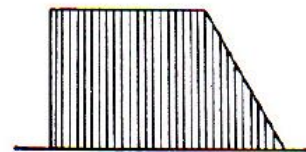
دیگرام فشارهای زمین



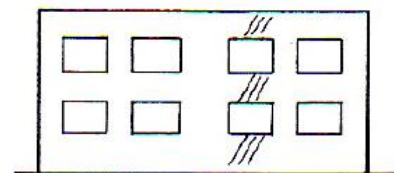
دیگرام فشارهای زمین



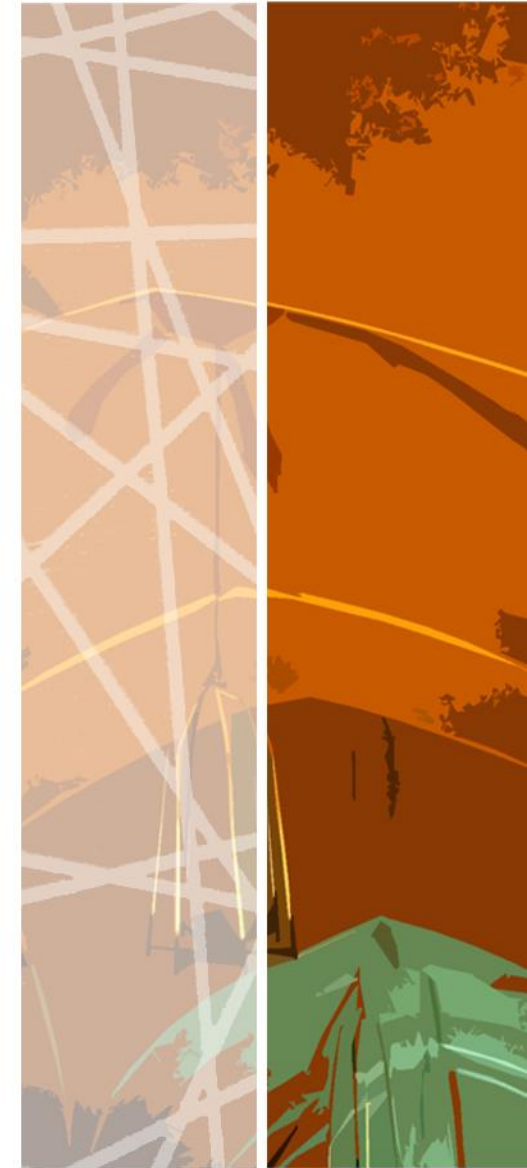
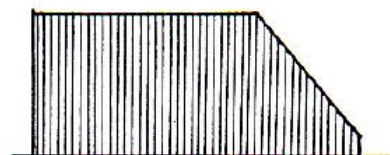
روند ترک‌ها در دیوار بدون وزن با بار وزن (ترک‌ها بر اثر نشست پی ایجاد شده)



دیگرام فشارهای زمین



دیگرام فشارهای زمین



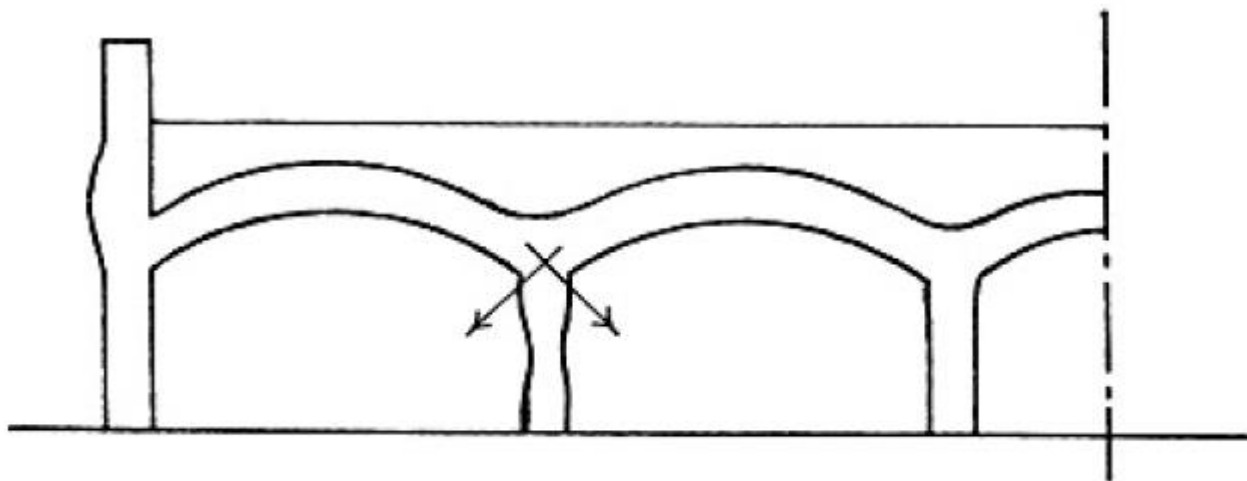
شکل ۶ وضع موجود جداره و بازشوها و دیگرام‌های مربوط به فشار زمین بر اثر وجود بازشوها و ترک‌های حاصله.

شکل ۷ وضع موجود و دیگرام‌ها مربوط به فشارهای زمین.



### ۱۴- سازه بنا و رابطه آن با ترک ها

سازه یک بنا در مجموع خیلی پیچیده تر از عناصری است که تا به حال در مورد آنها صحبت شده است. ایجاد و روند رشد ترکها معمولاً متأثر از مسایل مختلفی است. وجود بازشو و خلأ حاصل از محفظه راه پله ها به نوبه خود در پخش نیروها و میزان استحکام و انسجام در حجم بنا مؤثر هستند. تنها از طریق مطالعه دقیق این ارتباطات و وابستگی نیارشی در سطح بناست که می توان به ریشه ترک ها در بنا پی برد. برای مثال، در شکل ۸، افزایش بار وارده موجب ضعف و ایجاد اختلال در وضع ستون شده است. همچنین دیوار نهایی با تورم خود ضعف سازه را تشدید کرده است.



شکل ۸ تورم و انفصال در جداره ها در نتیجه فشارهای غیر متعادل در یک قوس.

