اثر گیرداری بر ترک خوردگی بتن حجیم

ضیاءالدین ایدی، دانشجوی کارشناسی عمران دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور
پست الکترونیکی: z_aidi2000@yahoo.com

چکیده

در اثر گرادیان حرارتی ایجاد شده در بتن حجیم در اثر حرارت هیدراسیون، تغییر حجم متفاوت ایجاد خواهد شد که به همراه قید یا گیرداری که وجود دارد کرنش و تنش کششی به وجود آمده که می تواند منجر به ترک خوردگی شود.

تنش های منتج شده از کرنش های ناشی از گیرداری سازه باعث این گونه ترک خوردگی در سازه بتن حجیم می گردد که با توجه به کاربرد زیاد این بتن در پروژه های درحال اجرای کشور، نیاز به بررسی و شناخت خصوصیات آن آشکار می گردد .

در این مقاله به بررسی مکانیزم این عامل ترک خوردگی در بتن حجیم پرداخته شده و جمع شدگی و انواع گیرداری که باعث این گونه ترک هاست در آن مورد بحث قرار گرفته، در نهایت روشهای پیشگیری از این گونه ترک خوردگی نیز توصیه شده است.

کلید واژه ها: *جمع شدگی ،بتن حجیم ، گیرداری ، ترک خوردگی*

۱ – مقدمه

عوامل مختلفی باعث ایجاد ترک در سازه های بتنی حجیم می شوند که مهمترین آنها عبارتند از :[۱]

_ترک خوردگی در اثر مقید نمودن سازه بتنی در قبال تغییر شکل های حاصله در حین شکل گیری نهایی.

-اثرات تغییرات جسمی و گرادیان های حرارتی در ترک خوردگی بتن.

- اثرات نوع و کیفیت سیمان در شکل گیری ترک ها در ابنیه فنی بتن حجیم.

بنابرین از دلایل عمده ایجاد ترک در بتن حجیم وجود گیرداری در این گونه سازه ها می باشد.

ابتدا باید تعریفی از قیدها در اطراف یک بتن تازه ریخته شده صورت گیرد.

طبق آیین نا مه ACI منظور از قید یا گیرداری عامل جلوگیری کننده از تغییرات حجمی آزاد بتن و فعالیت بدون قید وشرط آن می باشد.[۲]

از این تعریف چنین بر می آید که وجود قید منجر به ایجاد کرنش و تغییر شکل در ابعاد سه گانه عضو مورد نظر می شود و این کرنش ها تنش را به دنبال می آورند. در کلیه اعضای بتن حجیم به دلیل وجود همیشگی یک یا چند قید، چنین کرنش هایی حاصل می شوند.

نوع و میزان تنش ها به نوع قید و کاهش یا افزایش تغییرات حجمی بستگی دارد. افزایش غیر مجاز تنشهای کششی حاصل از وجود قیدهای جانبی می تواند خطر آفرین باشد.

۲– جمع شدگی در بتن

جمع شدگی باعث ایجاد تغییر شکل در سازه بتنی می شود و می تواند در دراز مدت اتفاق بیفتند. در اثر گذشت زمان مقاومت افزایش می یابد و لذا ترک خوردگی را کاهش می دهد، اما از طرف دیگر مدول الاستیسیته به مرور زمان افزایش می یابد، بطوریکه مقدار تنش القا شده توسط یک جمع شدگی مشخص، زیادتر می شود.[۳]

یکی از مهمترین عوامل ترک خوردگی، نسبت آب به سیمان مخلوط است، زیرا افزایش آن، به ازدیاد جمع شدگی و کاهش مقاومت بتن تمایل دارد. افزایش در مقدار سیمان بتن، مقدار جمع شدگی و بنابراین تمایل به ترک خوردگی را افزایش می دهد. اما تاثیر آن بر مقاومت مثبت است.[۳]

تغییر حجم در اثر جمع شدگی ناشی از خشک شدن مانند جمع شدگی حرارتی موجب تنش کششی می شود. البته تفاوت در این است که از دست دادن رطوبت با سرعت بسیار کمتری(در مقایسه با از دست دادن حرارت) انجام می پذیرد.[۴]

در جدول (۱) مقادیر اندازه گیری شده جمع شدگی ناشی از خشک شدن و جمع شدگی خود به خودی برای طرح اختلاط بتن های چند سد مهم ارائه شده است:[۵]

جدول(۱): *تغییرات حجمی و نفوذپذیری بتن حجیم*

نام سد	جمع شدگی خودبخودی		جمع شدگی ناشی از خشک شدن
	۹۰ روز (10^{-6})	یک سال(10^{-6})	یک سال(10^{-6})
Hoover	–	–	-۲۷۰
Grand Coulee	–	–	-۴۲۰
Hungry Horse	-۴۴	-۵۲	-۵۲۰
Canyon Ferry	+۶	-۳۷	-۳۹۷
Monitisello	-۱۵	-۳۸	-۹۹۸
Clen Canyon	-۳۲	-۶۱	-۴۵۹
Flaming Gorge	–	–	-۴۹۶
Yellowtail	-۱۲	-۳۸	-۳۴۵
Dwarshk	+۱۰	-۸	-۵۱۰
Libby	+۳	+۱۲	-۴۸۰
Lower Gratie	+۴	+۴	–

همان گونه که مشاهده می شود مقدار جمع شدگی خود بخودی در مقایسه باجمع شدگی ناشی از خشک شدن ناچیز است. جمع شدگی خود بخودی در اثر از دست رفتن آب مصرف شده در هیدراسیون به وجود می آید.

از آنجا که تنش های کششی به دلیل جمع شدگی ناشی از خشک شدن با تنش های کششی ناشی از تغییر حجم بدلیل حرارت(جمع شدگی حرارتی) تشابه دارند ACI روشی را برای در نظر گرفتن جمع شدگی ناشی از خشک شدن بتن حجیم بکار برده که به صورت حرارت معادل است. بدین صورت که با استفاده از فرمول زیر مقدار T_{DS} (حرارت معادل به واسطه

جمع شدگی ناشی از خنک شدن) محاسبه شده و به مقدار درجه حرارت ماکزیمم ناشی از هیدراسیون اضافه و با توجه به گرادیان حرارتی، تنش کششی کل بدست خواهد آمد.[۶]

$$T_{DS} = 1.8(30 - 21\frac{V}{S} * 2.54)(\frac{0.5933Wu - 125}{100}) + 32 \quad (۱)$$

که در آن:

T_{DS} : حرارت معادل بواسطه جمع شدگی ناشی از خشک شدن ($^{\circ}c$)

Wu : مقدار آب موجود در بتن تازه (kg/m^3) ،البته مقدار آن نباید کمتر از $133.5\ kg/m^3$ در نظر گرفته شود.

V :حجم کل نمونه(cm^3)

s :سطح نمونه در تماس با هوا(cm^2)

در این فرمول مقدار جمع شدگی ناشی از خشک شدن ۱۵۰×۱۰^{-۶} وضریب انبساط حرارتی بتن $۵\times۱۰^{-۶}/^{\circ}F$ در نظر گرفته شده. همچنین در آن مقدار حداکثر v/s(نشانگر طول خط جریان آب) که می تواند در تغییر حجم موثر باشد برابر ۳۸ سانتی متر بوده و برای مقادیر بزرگتر از شرایط ذکر شده فوق این حرارت معادل برابر صفر فرض می شود.[۶]

۳- مکانیزم ایجاد ترک در اثر گیرداری

زمانی که میزان رطوبت بتن متناسب با رطوبت نسبی هوای محیط کاهش می یابد، ژل سیلیکات کلسیم سیمان منقبض می شود و جمع شدگی ناشی از خشک شدن اتفاق می افتد. ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی زمانی که انواع گیر داری مانع از انقباض بتن شود، اتفاق می افتد. [۷]

مکانیزم این ترک شبیه به ترک حرارتی می باشد. کاهش رطوبت متناسب با کاهش دما بوده و گرادیان رطوبتی نیز متناسب با گرادیان حرارتی است. گیرداری ها نیز همچنین شبیه می باشد. اغلب تمایز ما بین ترک جمع شدگی و ترک حرارتی بخاطر آنکه نقش ترک ها به هم شبیه هستند، با مشکل مواجه است. البته ترک جمع شدگی دیرتر از ترک حرارتی بوجود می آید. علت پیدایش ترک جمع شدگی میتواند ترک حرارتی باشد.[۷]

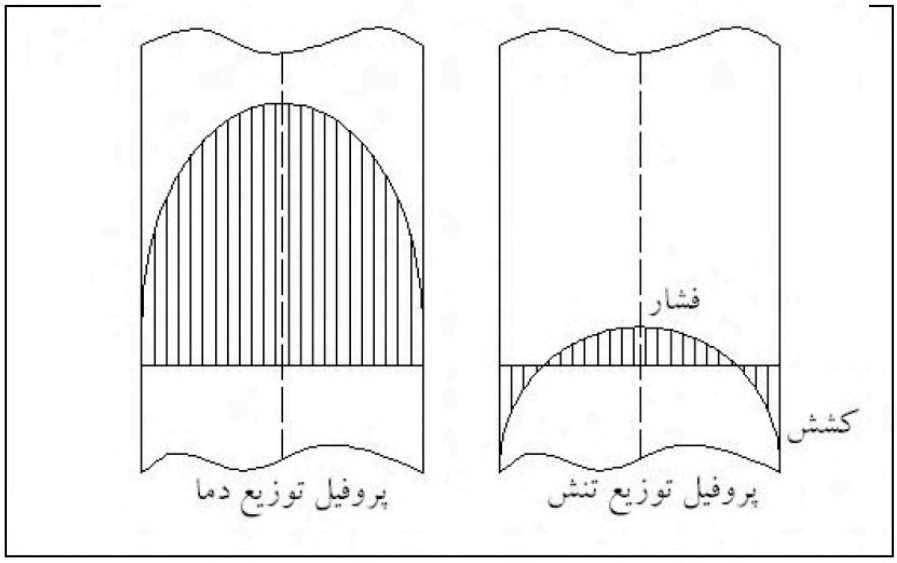
۴- انواع گیرداری

قید هایی را که تغییر شکل آزاد بتن را محدود کرده و ایجاد تنش های حرارتی می کنند را به دو گروه عمده، قیدهای داخلی و قیدهای خارجی می توان تقسیم کرد:[۸]

۴-۱- قید داخلی

گیرداری داخلی به واسطه ایجاد درجه حرارت متغیر در سازه ایجاد می شود و عملا اجتناب ناپذیر است مگر آنکه سازه مذکور کاملا عایق بندی شده باشد. در روزهای اول، وسط بتن گرمتر از سطح خارجی سازه است که این می تواند منجر به ایجاد ترک هایی در مرحله حرارت زایی بتن گردد. این نوع ترک ها در بعضی از موارد به هم بسته شده و کاملا ناپدید می شوند. به همین دلیل باز کردن پیش از موقع قالبها در درجه حرارت پایین می تواند باعث ایجاد ترک گردد. [۷]

در شکل (۱) پروفیل های توزیع دما و تنش برای یک مقطع دیوار بتنی نشان داده شده است.[۸]

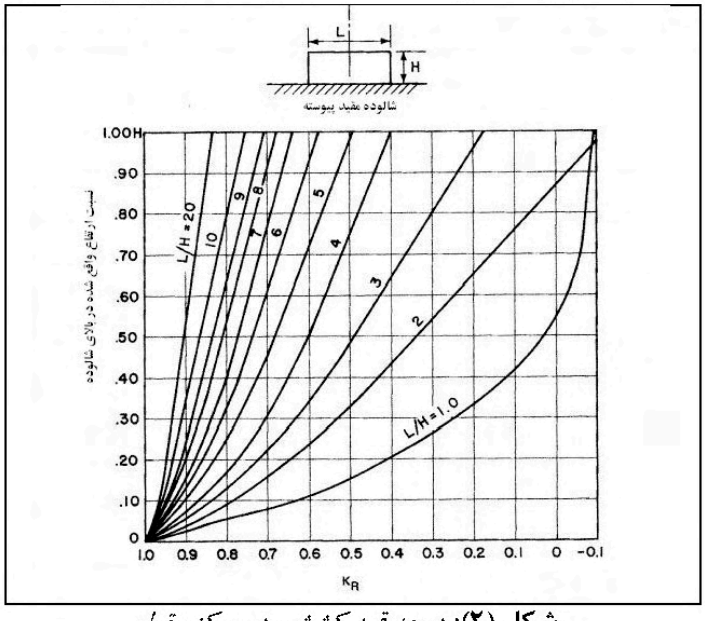


شکل(۱): *قید داخلی ناشی از توزیع غیر یکنواخت دما در مقطع بتنی*

۲-۴- قید خارجی

گیرداری خارجی در اثر اتصال سازه ها به یکدیگر و پی که مانع از حرکت حرارتی بتن می شوند، بـه وجـود مـی آیـد. گـاهی اوقات این گیرداری ها موضعی می باشد. گیرداری ها می توانند در برابر ازدیاد طـول و یـا انقبـاض، بـرش و خمـش، مقاومـت نمایند. گیرداری خارجی می تواند به هنگام خنک شدن بتن باعث ایجاد ترک هایی در کل سازه گردد.[۷]

اگر تغییرات طولی یا حجمی همراه با کاهش دما داخل حجم بتن یا المان بتنی بتوانند بدون هیچ قیدی آزاد گردند هیچ تنش و کرنش کششی بوجود نمی آید. اما بتن ریخته شده روی فونداسیون سخت سنگی اساسا در سطح مشترک با بـتن گیـرداری ایجاد می کند. البته همانگونه که در شکل (۲) نمایش داده شده با افزایش فاصله از پی، این گیرداری کاهش می یابد.[۶]



شکل (۲): *درجه قید کششی در مرکز مقطع*

۵- پیشگیری از ترک خوردگی ناشی از گیرداری

برای پیشگیری از این پدیده می بایست میزان جمع شدگی بتن و یا گیرداری سازه و یا هر دو عامل را تقلیل داد. بکار بستن توصیه های زیر باعث می شود تا بتن کمتر مستعد جمع شدگی گردد:[۷]

- استفاده کمتر از آب در بتن
- استفاده از سنگدانه درشت برای کاهش میزان خمیر سیمان
- بتن ریزی تا حد امکان در دمای پایین
- مرطوب نگه داشتن پی و قالبها
- مرطوب نگه داشتن سنگدانه ها در صورت خشک و یا جاذب الرطوبه بودن
- تعبیه درز های انقباض کافی برای کاهش گیرداری

۶- نتیجه گیری

جمع شدگی ناشی از خشک شدن بتن، یک متغیر دراز مدت حجمی می باشد که در اثر تبخیر رطوبت بتن حاصل می شود. اگر چنانچه جمع شدگی بتواند بدون هیچ مقاومتی صورت پذیرد درآن صورت هیچگونه صدمه ای به بتن وارد نمی آید. اما بتن سازه همواره متاثر از شرایط مرزی متعدد پی و یا دیگر اجزاء سازه و یا اختلاف روند جمع شدگی و عوامل گیرداری باعث ایجاد تنش های کششی می گردد که نهایتا منجر به ایجاد ترک می شود.

جهت جلوگیری از این پدیده همانگونه که بیان شد، باید از جمع شدگی بتن و یا گیرداری یا هر دو عامل ممانعت کرد تا ترک خوردگی ایجاد نشود. برای این کار روش هایی چون کاهش میزان آب، استفاده از سنگدانه درشت تر، بتن ریزی در دمای پایین و مرطوب نگه داشتن پی و قالب و سنگدانه ها پیشنهاد می گردد.

۷- مراجع

[۱] شمسایی، ابوالفضل، "طراحی و ساخت سدهای مخزنی " ، جلد سوم، "سدهای بتنی"،۱۳۸۲

[۲] ACI 207.4R-93,"Cooling and insulating systems for mass concrete", reported by ACI Committee 207, American Concrete Institute ,1998

[۳] حسنی، نعمت و راستی، رضا و وزین رام، فرشاد،"کنترل پایداری سدهای بتنی"،۱۳۸۲

[۴] شکرچی زاده ،محمد، "ترک خوردگی در بتن حجیم"، مجله انجمن بتن ایران، سال سوم، شماره هفتم،تابستان۱۳۸۱

[۵] ACI 207.1R -96, "Mass concrete " reported by ACI committee 207, American Concrete Institute,1996

[۶] ACI 207 ,2R -95, "Effect of restraint , volume change and reinforcement on cracking of mass concrete", reported by ACI committee 207,American Concrete Institute, 1995

[۷] نوشاد سهیلی ، سعید ،"ترک خوردگی در سد های بتنی"، کمیته ملی سد های بزرگ ایران ، کمیته فنی ترمیم و بازسازی سدها ، نشریه شماره۱۹، ۱۳۷۸ .

[۸] باقری، علیرضا، "نقش نوع مواد سیمانی در ترک خوردگی حرارتی سازه های بتنی حجیم"، مجله انجمن بتن ایران، سال دوم، شماره چهارم، پاییز۱۳۸۰.