



## Investigation of Destructive Factors and Deterioration of Concrete Structures

*Masoome Heydarbeigi \**

\* M.Sc. Student of Civil Engineering, Structural Orientation, Payame Noor University, North Tehran Center, Iran

Email : [Masume\\_Heydarbeygi@yahoo.com](mailto:Masume_Heydarbeygi@yahoo.com)

### ABSTRACT

One of the most important issues for engineers regarding concrete structures has been the greater stability of these types of structures. Most reinforced concrete structures deteriorate over time due to environmental conditions or the impact of external loads on them, such as earthquakes, traffic loads, explosions and other sources that cause vibration in the structure. Structural damage causes adverse changes in the performance of the structure. Therefore, monitoring the health of structures and diagnosing their damage in the early stages has always been one of the topics of concern. Due to the destructive factors and Deterioration of concrete structures, it was necessary to address the set of factors that cause partial and general damage to the structure, and to provide solutions to address these problems. These factors include: improper design of the structure, overloading on the structure, cracking, improper substructure, fire and corrosion of rebars, which are among the mechanisms of causing damage in concrete structures.

In this article, an attempt has been made to review each of the mentioned factors and provide appropriate solutions to increase the life of concrete structures and reduce the effects of destructive factors.

### Keywords:

Concrete Structures, Erosion, Structural Damages, Structural Demolition



## بررسی عوامل مخرب و فرسودگی سازه های بتنی

معصومه حیدری‌بیگی

\* دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش سازه، دانشگاه پیام نور، مرکز تهران شمال، ایران

[Masume Heydarbeygi@yahoo.com](mailto:Masume Heydarbeygi@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۳۰

### چکیده

یکی از مسائل مهم برای مهندسین در خصوص سازه های بتنی، پایداری بیشتر این نوع سازه ها بوده است. اکثر سازه های بتن مسلح به مرور زمان و ناشی از شرایط محیطی و یا تاثیر بارهای خارجی وارد بر آنها مانند زلزله، بار ترافیک، انفجار و سایر منابعی که در سازه ارتعاش ایجاد می نمایند دچار زوال و آسیب می شوند. آسیب های سازه ای موجب تغییرات نامطلوب در کارایی سازه می گردد. بنابراین نظارت بر سلامت سازه ها و تشخیص آسیب های آن در مراحل اولیه یکی از موضوعات مورد توجه همیشگی بوده است. با توجه به عوامل مخرب و فرسودگی سازه های بتنی لازم دیده شد که به مجموعه عواملی که باعث آسیب جزئی و کلی بوده است. با توجه به عوامل مخرب و فرسودگی سازه های بتنی از جمله این عوامل عبارتند از: طراحی نادرست به سازه می شوند، پرداخته شده و برای رفع این ایرادات راه حل هایی ارایه گردد. از جمله این عوامل عبارتند از: طراحی نادرست سازه، بارگذاری بیش از حد بر روی سازه، ترک خوردنگی، زیرسازی نامناسب، آتش سوزی یا حریق و خوردنگی میگردها که از جمله ساز و کارهای ایجاد آسیب در سازه های بتنی می باشند.

در این مقاله سعی در بررسی کلی هریک از عوامل مذکور و ارائه راهکارهای مناسب درجهت افزایش عمر سازه های بتنی و کاهش تاثیرات عوامل مخرب شده است.

**کلمات کلیدی:** سازه های بتنی، فرسودگی، آسیب های سازه ای، تخریب سازه ها

## ۱- مقدمه

اسکلت بتنی یا در واقع همان سازه های بتنی می تواند در ساخت بسیاری از ساختمان ها مورد استفاده قرار گیرد به خصوص این روزها در بسیاری از پژوهه های اسکلت سازی ساختمان مدرن هم از اسکلت بتنی ساختمان استفاده می شود. برای ساخت یک سازه بتنی عموما از بتن آرمه استفاده می کنند. بتن آرمه از سیمان، شن، ماسه و فولاد-میلگرد ساده و یا آجدار تشکیل شده است. در واقع در صورتی که از بتن آرمه در تیرهای اصلی، ستون ها و پی استفاده شود سازه بتنی محسوب می شود. انتخاب این نوع اسکلت برای ساخت انواع سازه ها به شرایط آب و هوایی منطقه احداث پژوهه، نوع سازه، میزان هزینه اختصاص یافته به ساخت سازه، شرایط اجرای سازه، نظر کارفرمای پژوهه و عوامل فنی ساخت سازه بستگی دارد.

در ادامه تعدادی از مزایای استفاده از اسکلت بتنی را معرفی می کنیم :

- ارزان بودن هزینه استفاده از این نوع سازه به خاطر اینکه آن را از مواد ارزان و رایجی مثل شن و ماسه می سازند.
- استحکام و مقاومت بیشتری نسبت به سازه هایی دارد که با استفاده از مصالح دیگری ساخته می شوند.
- بتن به خاطر اینکه از مواد منعطف ساخته می شود، قابلیت شکل پذیری بسیار خوبی دارد. این ویژگی باعث شده تا بتوان از آن در جاهای مختلفی مثل پل هم استفاده کرد.
- این نوع سازه در مقابل حرارت بسیار مقاومت خوبی دارد. همین هم کمک می کند تا در موقع بروز آتش سوزی های بزرگ ساختمان هایی که با آن ساخته شده اند کمترین آسیب را بینند.
- با توجه به استفاده از آن در قسمت «پی» ساختمان هنگام رخداد زلزله احتمال ریزش بنا یا وارد شدن آسیب های جدی کم خواهد شد.
- با توجه به چنین مزیت هایی می توان نتیجه گرفت که برای بسیاری از ساختمان های مسکونی، اداری و تجاری بهتر است که از اسکلت بتنی بهره برد.

اما این واقعیت وجود دارد که سازه های بتنی دارای عمر طراحی هستند، بدین مفهوم که یک سازه بتنی برای عمری معین طراحی می شود گرچه این عمر ۵۰ یا ۶۰ سال باشد. بتن با گذشت عمر دچار افت و خرس می شود که نهایتا باعث تأثیر منفی در عملکرد سازه هنگام وقوع زلزله می شود. آرمانور بندی از حساسترین قسمت های اجرایی در مقاوم سازی سازه های بتنی است که در صورت عدم رعایت اصول و قوانین در اجرای آن، تحمل سازه در نیروهای برشی، کششی و فشاری، کمتر از مقدار محاسبه شده خواهد بود.

## ۲- عوامل موثر در فرسودگی و تخریب سازه های بتنی

### ۱-۱- اشتباہات طراحی سازه

طراحی مهندسی نقش مهمی در موفقیت پروژه های عمرانی دارد. فرایند طراحی بر عملکرد فعالیت ها در مراحل بعدی و راندمان کلی پروژه تأثیر می گذارد. برخی مهندسان به اشتباہ معتقدند که افزایش در برخی ابعاد و پارامترها می تواند به اینمی و بهبود شرایط ساخت کمک کند این در حالی است که این افزایش های بدون حساب و کتاب نه تنها مفید نبوده بلکه عاملی در جهت افت کیفیت خواهد بود. از اجمله این موارد به شرح زیر است.

### - افزایش سایز ستون ها

این کار سبب افزایش سختی ستون و در نتیجه افزایش بار جانبی وارد به آن ستون و کاهش بار وارد به ستون های دیگر شده در نتیجه علاوه بر غیر اقتصادی شدن سازه می تواند باعث بحرانی شدن اعضای دیگر سازه شود.

### - افزایش سایز تیرها

علاوه بر مشکلات گفته شده برای ستون ها، افزایش محاسبه نشده سایز تیرها می تواند باعث ایجاد مسئله تیر قوی ستون ضعیف شده که در نتیجه آن در موقع بحران مفصل پلاستیک بجای تیر در ستون رخ می دهد و خود عاملی خطرناک برای سازه بشمار می آید.

### - افزایش تعداد میلگردها

این مسئله علاوه بر امکان ترد شدن مقطع می تواند باعث تراکم بیش از حد میلگرد شده و مانع بتن ریزی مناسب شود هم چنین تراکم بالا باعث ایجاد مشکل در عمل ویبره کردن بتن خواهد شد.

### - افزایش ضخامت بتن دال در سقف های تیرچه و بلوک

علاوه بر افزایش بار مرده سازه باعث اعمال بارهای بیش از حد به تیرچه ها شده که در نتیجه آن خیز بیش از حد تیرچه ها و در نتیجه ترک های بزرگ در سقف رخ می دهد که از نظر روانی نیز بر کابران ساختمان تاثیر گذار خواهد بود.

## ۲-۲- اشکالات اجرایی سازه

در اجرای ساختمان ها با اسکلت بتن مسلح لازم است کلیه اصول اجرایی مندرج در مباحث مقررات مرتبط با این نوع ساختمان ها از جمله مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و مدارک فنی و جزئیات ارائه شده در نقشه های مصوب سازه رعایت شود. علاوه بر خطاهای طراحی و محاسباتی، خطاهای اشکالاتی در اجرای ساختمان های بتن آرمه مشاهده می شود که ممکن است حین وقوع زلزله عملکرد ساختمان را دچار مشکل نماید. علاوه بر آن، برخی اشکالات اجرایی هستند که در زمان بهره برداری ساختمان، مشکلاتی را بوجود می آورند.

نظر به اشکالات متداول در اجرای این ساختمان‌ها نکاتی که لازم است توسط مجریان ساختمان و مهندسین ناظر بیشتر مورد توجه واقع شوند و تعدادی از این اشکالات اجرایی در بخش زیر تشریح می‌شود:

### - کرمو بودن بتن سقف، ستون و تیر -

مهم ترین نقص و عیب سازه‌های بتنی موضوع کرمو یا شن نما شدن است. عامل بروز چنین نقصی، جداسدگی در بتن است. در بتن کرمو یا شن نما شده، ذرات درشت دانه (شن) در کنار هم دیده می‌شود که فضای بین آنها فاقد ملات و شیره کافی است. کرمو بودن یا شن نما شدن بتن، ظاهری کاملاً متفاوت با عدم تراکم کافی بتن دارد.

علل کرموشدن بتن:

- عدم ویره صحیح
- پایین بودن کیفیت اختلاط بتن
- عدم درز بندی مناسب قالب که باعث فرار شیره بتن و تفکیک دانه بندی آن می‌شود.



شکل شماره ۱

**- عدم رعایت خم ۱۳۵ درجه قلاب خاموت ها :**

وظیفه اصلی خاموت جلوگیری از باز شدن میلگردهای طولی و تحمل بار برشی است. یکی از مسایلی که در سازه های بتن آرمه حائز اهمیت است خم کردن صحیح خاموت ها است. طبق مبحث نهم این خم باید ۱۳۵ درجه باشد. میزان خم خاموت ها بصورت ۹۰ درجه اشتباهی رایج و خطرناک است. به دلیل باز شدن اسان قلاب ۹۰ درجه در اثر بارهای وارد مانند بار زلزله ، خاموت دیگر قادر نخواهد بود وظایف خود را انجام دهد. متأسفانه اکثر موقع آرماتور بندها برای راحتی فقط یک انتهای را بصورت ۱۳۵ درجه خم میکنند و انتهای دیگر را ۹۰ درجه خم میکنند.

**شکل شماره ۲****- عدم رعایت درز انقطاع :**

درز انقطاع برای جلوگیری از خسارت و کاهش خرابی ناشی از ضربه ساختمانهای مجاور به یکدیگر ، بویژه در زمان وقوع زلزله می باشد. ساختمانها باید به وسیله درز انقطاع از ساختمانهای مجاور جدا شوند ؛ این فاصله را می توان در محلهای لازم با مصالح کم

مقاومت که در هنگام زلزله در اثر برخورد دو ساختمان به آسانی مصالح مزبور خرد می‌شوند، پر کرد. ساختمان‌هایی که بین آنها درز انقطاع مناسبی وجود ندارد، به دلیل هم فاز نبودن ارتعاشات در حین زمین لرزه به یکدیگر ضربه می‌زنند که به آن تنه زدگی (pounding) گفته می‌شود.

در شکل زیر آثار عدم رعایت درز انقطاع دیده می‌شود:



شکل شماره ۳

#### - زیاد بودن فاصله خاموت ها :

خاموت‌ها با داشتن چندین خاصیت اهمیت فوق العاده‌ای دارند، لذا فاصله خاموت‌ها و نحوه اجرای صحیح آن در تیر و ستون باید رعایت گردد. خاموت‌های ستون علاوه بر تحمل نیروی برشی، هسته بتنی را محصور کرده و مقاومت بتن را افزایش می‌دهد. همچنین از کمانش میلگرد‌های طولی ستون و خارج شدن میلگرد از بتن جلوگیری می‌کند. خرابی ستون‌های بتن مسلح در زلزله‌های گذشته بسیار مشاهده شده است. یکی از علت‌های عمدۀ این شکست‌ها کمانش میلگرد‌های طولی ستون است که در اثر فاصله زیاد خاموت‌های عرضی بعد از ریخته شدن رویه بتنی نتوانسته است پایداری خود را حفظ کند. واضح است که در اثر خرزش بتن، نیروی میلگرد‌های طولی بعد از چند سال بهره برداری از ساختمان بیشتر می‌شود و در نتیجه در اثر نیروی اضافی ناشی از زلزله این میلگرد‌ها کمانه می‌کنند. لذا محصور کردن میلگرد‌های طولی ستون به وسیله خاموت‌های با فواصل مناسب از موارد بسیار اساسی و حساس در ستون‌های

بتن مسلح می باشد. کلیه میلگرد های طولی باید در گوشه خاموت ها قرار داشته باشند تا از کمانه آن ها به نحو مطلوب جلوگیری شود.



شکل شماره ۴

### ۲-۳- زیرسازی نامناسب

زیر سازی ساختمان از جمله موارد مهم و ضروری است که در هنگام ساختن ساختمان نیازمند توجه زیادی است. زیر سازی با استفاده از شیوه و روش های اصولی امری ضروری و غیر قابل اجتناب است. در یک تعریف کلی می توان زیر سازی را اینگونه توصیف کرد: زیر سازی عبارت است از واسطه اتصال ساختمان به زمین که نیروی ناشی از ساختمان از طریق آن به خاک منتقل می شود. به طور کلی زیر سازی ساختمان دو وظیفه اصلی را بر عهده دارد. اولین وظیفه ایجاد یک سطح مساوی و مستحکم در تراز است. این امر باید به گونه ای باشد که در هنگام اجرای فرش کف هیچ گونه برآمدگی وجود نداشته و کاملا صاف باشد. زیر سازی باید به گونه ای اجرا شود که توانایی تحمل وزن ساختمان، اشیایی

که در آن قرار خواهند گرفت و وزن افرادی که در آن رفت و آمد خواهند کرد را داشته باشد . زیر سازی با ایجاد یک سطح مساوی و یکسان مقاومت را تا حد امکان بالا می برد.

حفظ روسازی از نفوذ رطوبت نیز از دیگر مواردی است که در هنگام اجرا باید توجه زیادی به آن شود. اگر در هنگام تهیه طرح یا اجرای عملیات کف سازی، به خصوصیات زمین مورد نظر توجه نشود، ممکن است خسارات جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشد. ایجاد ترک های ناشی از نشست نا متجانس خاک، نفوذ رطوبت به محیط زندگی و مصالح ساختمانی از عوامل زیر سازی غیر اصولی است.

## ۴-۴- خوردگی میلگردها

خوردگی میلگردهای فولادی باعث بروز ترک در پوشش بتونی میلگردها شده این خوردگی با بروز پدیده کربناتاسیون و به ویژه نفوذ یون کلرید آغاز شده و شدت می یابد و نهایتاً به ترک خوردگی و ریختن سازه می انجامد. از نظر خوردگی فقط یون های آزاد کلرید پسر هستند و کلیه یون های کلرید موجود در منافذ به صورت آزاد نیستند، بلکه بخشی از یون های کلرید با محصولات هیدراتاسیون سیمان پیوند فیزیکی و یا شیمیایی برقرار می کنند. بقیه یون های کلرید که پیوند ایجاد نکرده اند به صورت آزاد در بتون باقی می مانند و تنها این کلرید آزاد در بتون نقش خوردگی دارد.

معمولًا میلگردها در بتون در محیط محافظت شده ای قرار دارند (مدفون در بتون)، این محافظت ناشی از دو عامل فیزیکی و شیمیایی است:

- عامل شیمیایی: به دلیل وجود یک قشر میکروسکوپی که بر سطح فولاد ایجاد می گردد در مخلوط بتون اساساً فولاد توسط خود بتون در برابر خوردگی محافظت می گردد زیرا در بتون تازه به علت بالا بودن درجه قلیایی آن که ناشی از ایجاد ایجاد هیدروکسید کلسیم و قلیایی های سدیم و پتاسیم در هیدراتاسیون سیمان است، یک لایه محافظتی روی میلگردها تشکیل می گردد، PH زیاد محیط اطراف فولاد که حدود ۱۳ الی ۱۴ می باشد ، اجزاء تشکیل یک لایه اکسید میکروسکوپی بر روی سطح فولاد می دهد که به صورت مانع در مقابل انحلال و متلاشی شدن فولاد عمل می نماید و از آن محافظت می کند. در این وضعیت بروز زنگ زدگی و خوردگی غیر ممکن است حتی اگر شرایط دیگر جهت تحقق این امر مانند رطوبت و اکسیژن نیز وجود داشته باشد.

- عامل فیزیکی: عامل دومی که از میلگردها محافظت می کند پوشش بتونی روی میلگرد است که یک مانع فیزیکی ایجاد می کند. این مانع نفوذ عناصر مخرب، مانند کلرید و دی اکسید کربن را به تاخیر می اندازد. اثر پوشش بتون در به تاخیر انداختن خوردگی تابع ضخامت و کیفیت پوشش است.

## ۵-۲- ترک خوردگی

در بتون آرمه ، حضور ترک ها می تواند منجر به خوردگی جدی آرماتورها شده که باعث می گردد عضو تحت تاثیر از لحاظ سازه ای نا ایمن شود.

در ادامه انواع اصلی ترک های غیرسازه ای را ارائه می نمائیم:

۱. ترک پلاستیک(خمیری)
۲. ترک نشست پلاستیک (خمیری)
۳. ترک ناشی از خوردگی آرماتور
۴. ترک انقباض خشک شدگی
۵. ترک انقباض حرارتی
۶. ترک نقشه وار(خرد شدگی)
۷. ترک ناشی از ساخت نامناسب
۸. ترک ناشی از واکنش قلیا- سیلیس
۹. ترک خمشی

می بایست خاطر نشان نمود که کدهای آین نامه ای طراحی سازه ای بتن آرمه پذیرفته اند که ترک های محدود شده در ناحیه کشن اعضا احتمالاً رخ داده و در صورتی که عرض ترک در سطح بتن محدود باشد، صدمه ای را وارد نمی کند. آین نامه پیشنهاد می کند که حداکثر عرض ترک نبایستی از  $0/3$  میلیمتر بیشتر باشد.

## ۲-۶- بارگذاری بیش از حد بر روی سازه

تخرب بتن در اثر بارگذاری بیش از حد معمولاً بسیار واضح است و به سادگی قابل شناسایی است. اضافه بار ایجاد شده بر روی سازه به بروز ترک های متمایزی منجر شده که بارگذاری بیش از حد و نقاط باربر را نمایان می کند. غالباً بارگذاری بیش از حد یکبار اتفاق می افتد و یک بار هم اثرا آن مشخص می شود و لذا در صورت ترمیم می توان انتظار داشت آثار تخریب بتن مجدداً بر روی بتن تعمیری عود نکند. باید توجه داشت که اطمینان حاصل شود که خرابی هایی شناسایی شوند که ظرفیت بار پذیری سازه را پایین می آورند چون برخی از آسیب ها برای اولین بار بتن را تضعیف نمی کند. ترمیم بتن آسیب دیده در اثر بارگذاری زیاد، میتواند به احتمال فراوان، بهترین عملکرد را با بتن جایگزین متداول داشته باشد. در صورت نیاز به تعمیر یا جایگزینی شبکه ای آرماتور بتن آسیب دیده می بایست این عملیات در پروسه تعمیراتی پیش بینی و تعییه گردد.

## ۲-۷- آتش سوزی یا حریق

بررسی رفتار و پاسخ سازه در برابر حریق، بحثی مهم در طراحی ساختمان ها در مهندسی سازه است که اخیراً با توجه به پیشرفت دانش و نیز شبکه های انتقال انرژی مورد نظر واقع شده است. رفتار بتن در هنگام حریق، مرتبط با طرح اختلاط آن و تغییر فیزیک و شیمیایی مشخصات مصالح مصرفی در آن است. از عمدۀ عوامل موثر در مقاومت بتن در برابر حریق می توان به موارد زیر اشاره

کرد : میزان متفاوت سیمان در بتن ، نوع و دانه بندی سنگ دانه ها ، نسبت آب به سیمان گسیختگی اعضای سازه های بتن آرمه بر اثر حریق، بسته به ماهیت حریق، سیستم بارگذاری و نوع سازه میتواند متفاوت باشد. گسیختگی اعضای سازه می تواند به دلیل کاهش مقاومت خمشی یا کششی، کاهش مقاومت پیوستگی بین فولاد و بتن، کاهش مقاومت برشی یا پیچشی، کاهش مقاومت فشاری، و یا ترکیدگی بتن باشد. در پروسه ای افزایش حرارت ، گرادیان دمایی صورت میگیرد که باعث ایجاد یکسری تنش های داخلی در قطعه ای بتنی میشود . علاوه براین ، تنش های داخلی به علت کرنش ها و تغییر شکل های زمان آتش سوزی و پس از آن تولید میشوند . در نتیجه، اعضای سازه ای باید به گونه ای طراحی شوند تا در زمان در نظر گرفته شده برای سازه ای در معرض حریق مقاومت خود را حفظ کرده و نقش سازه ای خود را ایفا کنند، تا به ساکنین فرست تخلیه کامل را بدهنند. در طراحی اعضا با هدف مقاوم بودن در برابر حریق باید از ابعاد کلی مقطع اطمینان حاصل کرده تا ضخامت لازم برای جلوگیری از نفوذ حرارت به لایه داخلی تامین شده باشد و پوشش روی آرماتورها به حدی باشد تا آرماتورها از قرار گرفتن در معرض مستقیم آتش در زمان مورد نظر طراح در امان باشند. کاهش مقاومت مکانیکی بتن در اثر افزایش دما از ۶۰۰ درجه سانتی گراد به بالا از معضلات رفتار بتن هنگام آتش سوزی می باشد. به عبارت دیگر بدلیل تفاوت انبساط و انقباض بین بتن ، آهن ، در هنگام خنک سازی ساختار درگیر حریق ، احتمال بروز انفجار در ساختمان های بتنی بسیار بالاست و دلیل اصلی نیاز به مقاوم سازی در ساختار های بتنی این مسئله می باشد. ترکیدگی انفجاری یکی از عوامل مخرب و حساس در سازه های بتن آرمه ای در معرض حریق است که باید مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر آن در هنگام طراحی سازه در نظر گرفته شود. موضوع مهم دیگر ، پوسته پوسته شدن (تورق) بتن است . این پدیده بدین معنی است که آتش سوزی میتواند رویه ای بتن را به صورت ورقه هایی که از هسته ای بتن جداشدنی است ، درآورد .

### ۳- نتیجه گیری

فرسودگی یک نقص است که در طول دوره ای از زمان اتفاق می افتد . بتن با گذشت عمر دچار افت و خرزش می شود که نهایتا باعث تأثیر منفی در عملکرد سازه می شود . نقص های مختلفی می تواند در خرابی سازه ها درگیر باشد . خرابی سازه های بتنی می تواند برای مالکان آن ها چالش برانگیز باشد. شناسایی معایب در زمان، برنامه ریزی و استراتژی تعمیر و بازسازی مسئله مهمی است. در این مقاله بعضی از خرابی های شناخته شده مورد بررسی قرار گرفت . به طور معمول یک یا تعدادی از این نقص ها می تواند در ساختمان ها دیده شود. . در سال های اخیر تحول عظیمی در تکنولوژی بتن و پیدایش بتن های جدید صورت گرفته است . این تحولات به پیدایش بتن های خاص برای مناطق و شرایط خاص، بتن های با مقاومت بسیار زیاد، بتن های با نرمی بالا، بتن های با آرماتورهای غیرفلزی، بتن با کارابی بسیار زیاد، بتن با سنتگانه های بازیافتی و بتن های ابداعی منجر شده است . باید اذعان نمود که نتایج تحقیقات سالهای آخر قرن حاضر و ادامه آن ها در قرن جدید می تواند باعث افزایش عمر سازه های بتنی و کاهش تاثیرات عوامل مخرب بتن گردد.

### مراجع

۱ - Professor Neville, Concrete Technology, translated by Dr. Ali Akbar Ramezanianpour [Persian ]

۲ - Professor Neville, Concretology (properties of concrete), translated by Dr. Hormoz Famili [Persian ]

- ۳- Ministry of Housing and Urban Development. ۱۳۹۲. National Building Regulations of Iran: The Ninth Issue of Design and Execution of Reinforced Concrete Buildings. [Persian ]
  
- ۴- Kakaei Ardakani, Mohsen, ۲۰۱۴, Causes of wear and tear of concrete structures and presentation of solutions to prevent it, The Second Conference on Materials and New Structures in Civil Engineering, Shiraz [Persian ]
  
- ۵- Alizadeh Afshar, Farhad and Abedi, Sima, ۲۰۱۱, Study, analysis and solutions to deal with the causes of wear and tear of concrete structures, the first regional conference on construction materials and new technologies in civil engineering, Marand [Persian ]