INSO
14751
1st. Edition
Nov.2012

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۴۷۵۱
چاپ اول
آبان ۱۳۹۱

# مبانی طراحی سازه‌ها- ارزیابی سازه‌های موجود

# Bases for design of structures — Assessment of existing structures

ICS:91.080.01

## به نام خدا

## آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

---

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

## « مبانی طراحی سازه‌ها- ارزیابی سازه‌های موجود »

| **رئیس:** | **سمت و/ یا نمایندگی** |
| --- | --- |
| روا، افشین<br>(کارشناس ارشد مهندسی عمران) | اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی آذربایجان شرقی |
| **دبیران:** | |
| ادریسی، نازیلا<br>(کارشناس ارشد معماری) | دانشگاه آزاد واحد سردرود |
| تبریزی، آذر<br>(کارشناس مهندسی عمران) | شرکت کیفیت آفرینان آذر |
| **اعضاء**: (اسامی به ترتیب حروف الفبا | |
| الفت، علیرضا<br>(کارشناس ارشد مهندسی شیمی) | اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی آذربایجان شرقی |
| پورابا، مسعود<br>(کارشناسی ارشد مهندسی عمران) | دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه و عضو هیئت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان استان آذربایجان شرقی |
| جدیری، محمدعلی<br>(کارشناس مهندسی عمران) | شرکت پیشگامان کیفیت هستی آذر |
| فرشی حق‌رو، ساسان<br>(کارشناس ارشد مهندسی عمران) | اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی آذربایجان شرقی |
| قدیرزاده، ایوب<br>(کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی) | سازمان نظام مهندسی معدن استان آذربایجان شرقی |
| قدیمی کلجاهی، لیدا<br>(کارشناس زبان) | موسسه آموزش عالی مهرگان |
| قدیمی کلجاهی، فریده<br>(کارشناس ارشد شیمی) | اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی آذربایجان شرقی |

قدیمی کلجاهی، نیما
(کارشناس ی مهندسی عمران)
شرکت کیفیت آفرینان آذر

مشاور، عاطف
(کارشناسی  مهندسی عمران)
آزمایشگاه همکار تکین ساز آزما

## پیش گفتار

استاندارد « مبانی طراحی سازه‌ها- ارزیابی سازه‌های موجود » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت کیفیت آفرینان آذر تهیه و تدوین شده و در سیصد و پنجاه و پنجمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی تاریخ۱۳۹۰/۱۲/۲۱ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در موقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استاندارد ها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوطه مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ISO 13822: 2010 Bases for design of structures — Assessment of existing structures

# مبانی طراحی سازه‌ها- ارزیابی سازه‌های موجود

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارایه الزامات و روش‌هایی برای ارزیابی سازه‌های موجود( ساختمان‌ها، پل‌ها، سازه‌های صنعتی و غیره) بر مبنای اصول قابلیت اطمینان سازه‌ای و نتایج شکست بر مبنای استاندارد ISO 2394 است.

این استاندارد برای ارزیابی هر نوع سازه موجود که بر مبنای اصول پذیرفته شده مهندسی یا قوانین طراحی، طراحی، تحلیل و بیان شده است و همچنین سازه‌هایی که بر پایه مناسب بودن اجرا، تجربه تاریخی و روش حرفه‌ای پذیرفته شده ساخته شده است، کاربرد دارد. این ارزیابی را می‌توان تحت شرایط زیر انجام داد:

- تغییر پیش‌بینی شده در استفاده یا توسعه طراحی عمر کاری ؛
- بررسی قابلیت اطمینان(مانند برای زمین لرزه‌ها، افزایش تاثیر ترافیک) در صورتی که توسط مسئولین، شرکت‌های بیمه،مالکان وغیره لازم دانسته شود؛
- زوال سازه‌ای ناشی از اقدامات وابسته به زمان( مانند خوردگی، خستگی)؛
- آسیب سازه‌ای ناشی از اقدامات غیر مترقبه(به استاندارد ISO 2394 مراجعه کنید).

همچنین این استاندارد برای سازه‌های میراث فرهنگی ملاحظات بیشتری در پیوست الف ارایه می‌کند.

این استاندارد برای سازه‌های موجود از هرنوع مصالح کاربرد دارد هر چند ممکن است تطبیق ویژه بسته به نوع مصالح مانند بتن، فولاد، چوب مصالح سنگی و غیره مورد نیاز باشد.

این استاندارد اصولی در مورد اقدامات و تاثیرات زیست محیطی ارایه می‌کند. ملاحظات دقیق‌تر برای حوادثی مانند آتش‌سوزی و زمین‌لرزه ضروری می‌باشند.

**یادآوری**- مقاومت در برابر آتش نیازمند خواص متفاوتی از ایمنی و کامل بودن سازه می‌باشد. همچنین خطر آتش‌سوزی ممکن است با تغییر در کاربرد به وجود آید. در نظر گرفتن الزمات ویژه برای خطرات زلزله با در نظر گرفتن اعمال دینامیکی و پاسخ سازه‌ای ضروری است.

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن مورد نظر است.

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد استاندارد الزامی است:

**2-1** ISO 2394:1998, General principles on reliability for structures

## ۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

در این استاندارد علاوه بر تعاریف و اصطلاحات به کار رفته در استاندارد ISO 2394 ، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

**یادآوری**- پیوست الف نیز ملاحظه شود.

**۳-۱**

**ارزیابی**[1]

مجموعه اقداماتی که به منظور ممیزی قابلیت اطمینان سازه موجود برای استفاده بیشتر انجام می‌شود.

**۳-۲**

**آسیب**[2]

تغییر نامطلوب در شرایط سازه که ممکن است بر عملکرد سازه‌ای تاثیر بگذارد.

**۳-۳**

**زوال**[3]

فرآیندی که تاثیر منفی بر عملکرد سازه دارد، از جمله قابلیت اطمینان در طول زمان ناشی از موارد زیر:

- اقدامات شیمیایی، فیزیکی یا بیولوژیکی که به طور طبیعی رخ می‌دهند؛
- اقدامات مکرر که باعث خستگی می‌شوند؛
- تاثیرات زیست محیطی عادی یا شدید؛
- پوشاندن ناشی از استفاده؛ یا
- اقدام نادرست و نگهداری سازه.
-

**۳-۴**

**مدل زوال**[4]

مدل ریاضی که عملکرد سازه‌ای را به صورت تابعی از زمان، با در نظر گرفتن زوال بیان می‌کند.

**۳-۵**

**بازرسی**[5]

آزمون غیر مخرب کارگاهی برای تصدیق شرایط موجود سازه.

---

1- Assessment
2- Damage
3-Deterioration
4-Deterioration model
1-Inspection

**۶-۳**

**تحقیق[1]**

مجموعه‌ای از ارزیابی اطلاعات از طریق بازررسی، بررسی اسناد، آزمون بارگذاری و سایر آزمون‌ها.

**۷-۳**

**آزمون بارگذاری[2]**

آزمون سازه یا بخشی از آن با بارگذاری برای ارزیابی رفتار یا خواص آن، یا پیش‌بینی ظرفیت تحمل بار آن.

**۸-۳**

**نگهداری[3]**

مداخله معمول برای حفظ عملکرد مناسب سازه‌ای.

**۹-۳**

**خواص مصالح[4]**

خواص شیمیایی، فیزیکی یا مکانیکی مصالح سازه‌ای.

**۱۰-۳**

**نظارت[5]**

نظارت یا اندازه‌گیری مکرر یا پیوسته ( معمولا طولانی مدت) شرایط یا اقدامات سازه‌ای.

**۱۱-۳**

**دوره مرجع[6]**

دوره زمانی انتخاب شده که به عنوان مبنا برای مقادیر ارزیابی اقدامات متغیر، خواص مصالح وابسته به زمان و غیره، به کار می‌روند.

**یادآوری**- عمر کاری باقیمانده یا حداقل دوره استاندارد برای ایمنی سازه موجودرا می‌توان دوره مرجع در نظر گرفت(به پیوست ج مراجعه کنید).

---

2-Investigation
3-Load testing
4-Maintenance
5-Material properties
6- Monitoring
1-Refrence period

**۱۲-۳**

**نوسازی[۱]**

کار مورد نیاز برای تعمیر و احتمالا ارتقاء، برای یک سازه موجود.

**۱۳-۳**

**عمر کاری باقیمانده[۲]**

دوره‌ای که انتظار می‌رود یک سازه موجود با نگهداری برنامه‌ریزی شده عمل کند.

**۱۴-۳**

**تعمیر کردن[۳]**

اصلاح شرایط سازه با بازسازی یا تعویض اجزای موجودی که آسیب دیده‌اند(در یک سازه).

**۱۵-۳**

**طرح ایمنی[۴]**

برنامه‌ریزی تعیین اهداف عملکرد ، طرح‌های در نظرگرفته شده برای سازه، و تمام اقدامات حال و آینده(طراحی، ساخت، یا اقداماتی مانند نظارت) برای اطمینان از ایمنی سازه.

**۱۶-۳**

**عملکرد سازه‌ای[۵]**

نمایندگی کمی یا کیفی رفتار سازه(مانند ظرفیت تحمل بار، سختی) با ضوابط ایمنی و خدمت پذیری.

**۱۷-۳**

**سطح قابلیت اطمینان هدف[۶]**

سطح قابلیت اطمینان لازم برای اطمینان از ایمنی و خدمت پذیری قابل قبول.

**۱۸-۳**

**به روزرسانی[۷]**

تغییرات در سازه موجود برای اصلاح عملکرد سازه‌ای آن.

---

2- Rehabilitation
3-Remaining working life
4-Repair
5- Safety plan
6-Structural performance
1-Target relaiability level
2-Upgrading

**۱۹-۳**

**طرح کاربرد[1]**

طرح حاوی کاربرد موررد نظر(یا کاربردهای) سازه، و فهرست شرایط عملکردی سازه شامل الزامات نگهداری، الزامات عملکردی متناظر.

## ۴ چارچوب کلی ارزیابی

### ۴-۱ اهداف

هدف از ارزیابی یک سازه موجود با ضوابط عملکرد سازه‌ای مورد نیاز در آینده باید با مشاوره با مشتری (مالک، مسئول، شرکت‌های بیمه و غیره) بر پایه سطوح عملکردی زیر مشخص شود:

الف – سطح عملکرد ایمنی، که ایمنی مناسبی برای کاربران سازه فراهم می‌کند؛

ب – سطح عملکردی پیوسته، که عملکرد پیوسته سازه‌های خاص مانند بیمارستان‌ها، ساختمان‌های ارتباطی یا پل‌های رابط در رویدادهایی از قبیل زمین لرزه، ضربه یا سایر خطرات پیش‌بینی شده؛

پ –الزامات عملکردی ویژه مشتری در مورد حمایت از مالک( زیان اقتصادی) یا خدمت پذیری. سطح این عملکرد عموما بر پایه هزینه چرخه عمر و الزامات کاربردی ویژه می‌باشد.

### ۴-۲ روش اجرایی

روش اجرایی به اهداف ارزیابی(بند۴-۱) و شرایط ویژه (مانند دسترسی به اسناد طراحی، مشاهده آسیب، کاربرد سازه) بستگی دارد. بازدید کارگاهی قبل از شروع روش اجرایی توصیه شده است.

ارزیابی با در نظر گرفتن شرایط واقعی سازه‌ها(به فلوچارت پیوست ب مراجعه شود) انجام می‌شود و به طور کلی از مراحل الف تا ج تشکیل شده است:

الف- تعیین اهداف ارزیابی؛

ب- حالات؛

پ- ارزیابی مقدماتی؛

پ-۱ مطالعه اسناد ومدارک دیگر؛

پ-۲ بازرسی مقدماتی؛

پ-۳ کنترل‌های مقدماتی؛

---

3- Utilization plan

پ-۴ تصمیم‌گیری در اقدامات فوری؛

پ-۵ توصیه برای ارزیابی دقیق؛

ت-ارزیابی دقیق؛

ت-۱ جستجو و بررسی دقیق مستند؛

ت-۲ بازرسی دقیق و آزمون مصالح؛

ت-۳ تعیین اقدامات؛

ت-۴ تعیین خواص سازه‌ها؛

ت-۵ تحلیل سازه؛

ت-۶ تایید؛

ث- نتایج ارزیابی؛

ث-۱ گزارش؛

ث-۲ طراحی مفهومی از مداخلات سازه؛

ث-۳ کنترل ریسک؛

ج-تکرار مراحل در صورت لزوم.

روش اجرایی بیان شده ممکن است هم به ارزیابی یک سازه مشخص و هم برای ارزیابی گروهی از سازه‌ها به کار رود.

### ۴-۳ تعیین اهداف ارزیابی

در ابتدا، هدف از ارزیابی سازه باید به طور واضح با ضوابط عملکرد آن در آینده با توافق بین مشتری و مسئولین مرتبط ومهندس ارزیابی مشخص گردد(به بند ۴-۱ مراجعه شود). عملکرد مورد نیاز در آینده باید در طرح بهره‌برداری و طرح ایمنی مشخص گردد.

### ۴-۴ سناریو[1]

توصیه می‌شود سناریوهای مربوط به تغییر در شرایط سازه‌ای و اقدامات به منظور شناسایی موقعیت‌های بحرانی ممکن برای سازه در طرح ایمنی مشخص شود. هر سناریو با یک فرآیند یا اقدام غالب (هر کدام مناسب بود) و همراه با یک یا چند فرآیند یا اقدام توصیف می‌شود. شناسایی سناریوها پایه‌ای برای ارزیابی و طراحی مداخلات در نظر گرفته شده برای اطمینان از ایمنی و خدمت‌پذیری سازه است.

### ۴-۵ ارزیابی مقدماتی

1-Scenario

### ۴-۵-۱ مطالعه اسناد و سایر مدارک

اسناد طراحی و بازرسی حاوی اطلاعات مهمی است که برای ارزیابی کامل یک سازه موجود ضروری می‌باشد. درست بودن اسناد و در این زمینه به روز بودن شامل اطلاعات مداخلات قبلی مربوط به سازه باید تایید شوند. سایر مدارک ، از قبیل وقوع وقایع مهم لرزه‌ای یا زیست محیطی ، اقدامات بزرگ، تغییر در شرایط خاک، خوردگی و سو استفاده از سازه باید ثبت و مستند شود.

### ۴-۵-۲ بازرسی اولیه

هدف از بازرسی اولیه شناسایی سیستم سازه‌ای و امکان آسیب سازه با مشاهده چشمی با ابزار ساده می-باشد.اطلاعات جمع‌آوری شده مربوط به جنبه‌هایی از قبیل مشخصات سطحی، تغییر شکل‌های قابل رویت، ترک‌ها، لغزش، خوردگی و غیره است. نتایج بازرسی اولیه با عباراتی از نظر درجه‌بندی کیفی شرایط سازه‌ای برای آسیب احتمالی (مانندهیچ، جزئی، متوسط، شدید، مخرب، نامعلوم) بیان می‌شوند.

### ۴-۵-۳ کنترل‌های اولیه

هدف از کنترل‌های اولیه برای شناسایی کمبودهای بحرانی مربوط به ایمنی و خدمت‌پذیری آینده سازه با توجه به تمرکز منابع بر این جنبه در ارزیابی‌های بعدی می‌باشد. بر پایه این نتایج، بعد از آن قضاوت می‌شود که تحقیقات بعدی لازم است یا خیر.

### ۴-۵-۴ تصمیم‌گیری در اقدامات فوری

در مواری که بازرسی و/یا کنترل‌های اولیه نشان دهند که سازه به طور بالقوه در شرایط خطرناکی می‌باشد، گزارش به مشتری مبنی بر توصیه بر در نظرگرفتن تدابیری برای کاهش خطر با محترم داشتن ایمنی عمومی،ضروری است. اگر عدم قطعیتی وجود داشته باشد، توصیه می‌شود نقایص بحرانی بی درنگ ارزیابی انجام شود و در صورت ضرورت اقدامات لازم انجام شود.

### ۴-۵-۵ توصیه‌هایی برای اقدامات دقیق

ممکن است کنترل‌های اولیه به وضوح عیوب ویژه سازه را نشان دهند یا نشان دهند که سازه به منظوراستفاده در بقیه عمرکاری باقیماندهقابل اطمینان است، در این مورد ارزیابی دقیق لازم نیست. در مواردی که عدم قطعیت در اقدامات، تاثیرات اقداماتیا خواص سازه وجود دارد، توصیه می‌شود ارزیابی دقیق طبق بند ۴- ۶ انجام شود.

## ۴-۶ ارزیابی دقیق

### ۴-۶-۱ جستجو و بازنگری دقیق مستندات

اسناد زیر(در صورت در دسترس بودن) باید بازنگری شوند:

- نقشه‌ها، ویژگی‌ها،محاسبات سازه‌ای، اسناد ساخت، اسناد بازرسی و نگهداری، جزئیات تعمیرات؛

- مقررات و آیین‌نامه‌ها، استانداردها و آیین‌کارهایی که در اجرای سازه به کار رفته‌اند؛
- توپوگرافی، شرایط خاک زیرین، سطح آب زیرزمینی در محل.

**۴-۶-۲ بازرسی دقیق و آزمون مصالح**

جزئیات و ابعاد سازه و همچنین مقادیر مشخصه خواص مصالحرا می‌توان از اسناد طراحی به دست آورد، به شرطی که اسناد موجود باشد و هیچ دلیلی برای شک و تردید وجود نداشته باشد. در مورد هر تردیدی، جزئیات و ابعاد اجزا و خواص مصالح فرض شده برای تحلیل، باید از بازرسی دقیق و آزمون مصالح تعیین شود. برنامه‌ریزی چنین بازرسی‌هایی بر مبنای اطلاعاتی است که در حال حاضر در دسترس می‌باشند. بازرسی کیفی مفصل، مجموعه‌ای از مقادیر به روز شده یا توزیع پارامترهای معین را نتیجه می‌دهدکه بر روی خواص سازه تاثیر می‌گذارد(به پیوست پ مراجعه شود).

**۴-۶-۳ تعیین اقدام**

عملیات و اقدامات زیست محیطی خاص بر روی سازه‌ها باید با تحلیل مطابق استاندارد ISO 2394 ، با در نظر گرفتن مقررات طرح ایمنی و طرح بهره‌برداری تعیین شود.

**۴-۶-۴ تعیین خواص سازه‌ها**

آزمون سازه برای اندازه‌گیری خواص آن و یا برای پیش‌بینی ظرفیت باربری، در مواردی که سایر رویکردها مانند تحلیل یا بازرسی سازه به تنهایی ، نتیجه واضحی ارایه نکند یا برای نشان دادن قابلیت اطمینان کافی موفق نباشد، به کار می‌رود.

**۴-۶-۵ تحلیل سازه‌ای**

تحلیل سازه‌ای باید مطابق با استاندارد ISO 2394 برای تعیین تاثیرات اقدامات بر روی سازه انجام شود. همچنین ظرفیت اجزای سازه‌ای برای مقاومت در برابر تاثیر اقدامات باید مشخص شود. خرابی سازه موجود باید در نظر گرفته شود. وقتی خرابی سازه موجود مشاهده می‌شود، ارزیابی قابل اطمینان سازه، یک مساله خرابی وابسته به زمان می‌شود(به استاندارد ISO2394 مراجعه شود) و روش تحلیل مناسب باید به کار رود. در مورد سازه‌های تخریب شده، دانستن دلایل آسیب و نقص مشاهده شده ضروری است.

بعضی نمونه‌ها روش‌های تحلیل مناسب برای ارزیابی قابلیت اطمینان وابسته به زمان در پیوست ث ارایه شده است.

**یادآوری**- برای خرابی، اغلب استفاده از پیش‌بینی عمر خدمت(مانند منحنی‌های S-N برای برای خستگی یا مدل‌های زمان ورقه‌ای شدن برای خوردگی آرماتورها) عملی‌تر است.

**۴-۶-۶ تایید**

توصیه می‌شود تایید سازه موجود به طور عادی برای اطمینان از سطح قابلیت اطمینان مورد نظر که نشان دهنده سطح لازم عملکرد سازه‌ای است، انجام شود(به بند۴-۱ و پیوست ج مراجعه شود). آیین‌نامه‌های رایج یا آیین‌نامه‌های معادل استاندارد ISO 2394 که قابلیت اطمینان کافی طولانی مدت از کاربرد ایجاد می‌کنند ممکن است به کار روند. آیین‌نامه‌های قبلیکه در زمان ساخت سازه موجود معتبر بوده‌اند بهتر است به عنوان اسناد اطلاعاتی به کار روند. بنابراین ممکن است تایید بر مبنای عملکرد قبلی مطلوب انجام شود(به بند ۸ مراجعه شود).

### ۴-۷ نتایج ارزیابی

#### ۴-۷-۱ گزارش

نتایج ارزیابی باید در قالب یک گزارش مستند شود(به پیوست چ مراجعه شود).

#### ۴-۷-۲ طراحی مفهومی اقدامات اجرایی

اگر نشان داده شود که ایمنی یا خدمت‌پذیری سازه‌ای ناکافی است، نتایج ارزیابی باید برای توصیه به اقدامات اجرایی برای تعمیر ، مقاوم سازی یا به روزرسانی سازه مطابق با هدف ارزیابی برای بقیه عمرکاری به کار رود(به پیوست ح مراجعه شود).

#### ۴-۷-۳ کنترل ریسک

رویکرد جایگزین برای اقدامات اجرایی، که ممکن است در بعضی موقعیت‌ها مناسب باشد، کنترل یا تعدیل ریسک است. اقدامات مختلف برای کنترل محیط ریسک شامل محدودیت بار اعمالی، جایگزینی کاربرد سازه و پیاده‌سازی بعضی از برنامه‌های نظارتی و کنترلی بهره‌برداری می‌باشد.

## ۵ داده‌های ارزیابی

### ۵-۱ کلیات

توصیه می‌شود داده‌های ارزیابی مربوط به خواص مصالح، خواص سازه‌ای، ابعاد ، سایر شرایط سازه موجود و برای اقدامات قبلی و آینده بر روی سازه باشد.

**یادآوری**-آیین‌نامه‌های رایج معمولا آیین‌نامه‌های طراحی هستند و بنابراین ممکن است برای استفاده مستقیم برای ارزیابی سازه موجود مناسب نباشند. همان طورکه در بند ۷ و پیوست ج بیان شده است ، کاهش عمر خدمت و سطح قابلیت اطمینان مد نظر ممکن است برای سازه موجود مد نظر قرار گیرد. بعلاوه، تحلیل‌ها، آزمون و ملاحظه رفتار سازه ممکن است مفید باشد.

### ۵-۲ اقدامات و تاثیرات زیست محیطی

#### ۵-۲-۱ اقدامات

اقدامات باید مطابق با آیین‌نامه‌های رایج تعیین شوند. تغییرات اقدامات ناشی از تغییر در کاربرد یا تعمیرات سازه موجود باید در نظر گرفته شود.

### ۵-۲-۲ تاثیرات زیست محیطی

تاثیرات زیست محیطی فیزیکی، شیمیایی یا طبیعی بیولوژیکی که ممکن است بر خواص مصالح سازه موجود تاثیر داشته باشد، باید در نظر گرفته شود. تاثیرات زیست محیطی تغییرات ناشی از تغییر در کاربرد یا اصلاحات سازه موجود باید در نظر گرفته شود.

### ۵-۲-۳ نقشه‌های اصلی و ویژگی‌های طراحی

تاثیرات زیست محیطی و اقدامات بر روی سازه‌اصلی که طراحی شده است را می‌توان از نقشه‌ها و ویژگی‌های طراحی تعیین کرد( در مواردی که عدم قطعیتی درباره اعتبار آنها وجود نداشته باشد).

### ۵-۲-۴ بازرسی

توصیه می‌شود در موارد عدم قطعیت تاثیرات زیست محیطی با بازرسی تعیین شوند. در بعضی موارد، بعضی از اقدامات ممکن است با بازرسی تعیین شوند.

### ۵-۲-۵ داده‌های ویژه محل

در نظر گرفتن مشخصات ویژه سازه یا محیط آن یا در نظر گرفتن اقدامات موقع تعیین تاثیرات زیست محیطی و اقدامات، ممکن است مفید باشد. تنظیم تاثیرات درازمدتی را که نمی‌توان مستقیما آن‌ها را موقع جمع‌آوری اطلاعات تاثیرات زیست محیطی و اقدامات تعیین کرد، مهم است.

## ۵-۳ خواص مصالح

### ۵-۳-۱ خواص مصالح واقعی

خواص مصالح مورد استفاده در ارزیابی باید از خواص مصالح واقعی سازه موجود تخمین زده شود، و از خواص مصالح بیان شده در طراحی اصلی سازه یا در آیین‌نامه و استاندارد استفاده نشود. خواص مصالح با در نظر گرفتن خراب و تاثیر احتمالی حوادث(مانند آتش) طی تاریخ سازه ارزیابی شود.

### ۵-۳-۲ نقشه‌های اصلی و ویژگی‌های طراحی

خواص مصالح را می‌توان ز نقشه‌ها و ویژگی‌های طراحی(در مواردی که عدم قطعیتی در مورد اعتبار آن-هاوجود نداشته باشد)، تعیین کرد.

### ۵-۳-۳ آزمون مصالح

در موارد عدم قطعیت، توصیه می‌شود خواص مصالح با آزمون، شامل آزمون مصالح مخرب یا غیر مخرب تعیین شود. توصیه می‌شود آزمون برای ایجاد داده‌هایی که مستقیما به ایمنی و خدمت پذیری سازه همان

طور که در تحلیل سازه نشان داده شده است طرح ریزی شود. کاربرد سازه و تاثیرات زیست محیطی بر سازه باید در نظر گرفته شود.

### ۵-۳-۴ روش نمونه‌برداری و آزمون

روش‌های نمونه‌برداری و آزمون باید مطابق بااستانداردهای ملی باشد. از محل‌های نمونه‌برداری و روش‌هایی که ممکن است قابلیت اطمینان سازه را به خطر بیاندازند باید اجتناب شود.

### ۵-۳-۵ تحلیل نتایج آزمون

بعد از آزمون نمونه‌ها، خواص مصالح سازه باید( در صورت امکان به صورت آماری) از نتایج آزمون تعیین شود.

## ۵-۴ خواص سازه

### ۵-۴-۱ آزمون خواص استاتیکی و دینامیکی سازه

اگر خواص سازه به اندازه کافی مشخص نشود یا اگر تعیین ابعاد لازم و خواص مصالح با اندازه‌گیری ممکن نباشد، ممکن است آزمون سازه برای تعیین خواص سازه‌ای لازم باشد. اگر خواص دینامیکی سازه موجود لازم باشد و از سایر منابع قابل دسترس نباشد، آزمون دینامیکی باید انجام شود(به پیوست ت مراجعه شود).

### ۵-۴-۲ تحقیقات ژئوتکنیکی

تاثیرات و زیر پی و ژئوتکنیکی بر رفتار سازه‌ای باید بررسی شود.

## ۵-۵ ابعاد

### ۵-۵-۱ ابعاد واقعی

در تعیین ابعاد اجزای سازه موجود، باید ابعاد واقعی به کار رود.

### ۵-۵-۲ تعیین ابعاد

ممکن است ابعاد از نقشه‌ها و ویژگی‌های طراحی، در صورتی که عدم قطعیتی در مورد اعتبار آن‌ها وجود نداشته باشد، تعیین شوند.درموارد عدم قطعیت، ابعاد باید با بازرسی و اندازه‌گیری تعیین شوند.

# ۶ تحلیل سازه

## ۶-۱ مدل‌ها

عملکرد سازه‌ای باید با استفاده از مدل‌هایی که به طور قابل اعتمادی نمایانگر اقدامات بر روی سازه می‌باشند، رفتار سازه و مقاومت اجزای آن تحلیل شود. توصیه می‌شود مدل تحلیلی بازتاب شرایط واقعی سازه موجود باشد.

### ۶-۲ حالت‌های حدی

سازه باید برای حالت‌های حد نهایی و حالت حد خدمت‌پذیری، با استفاده از متغیرهای مبنا و با در نظر گرفتن فرآیندهای خرابی مربوط، تحلیل شود.

### ۶-۳ متغیرهای مبنا

متغیرهای مبنای زیر برای استفاده در تحلیل سازه ایباید با به روز کردن اطلاعات درباره شرایط واقعی سازه تعیین شوند:

الف- اقدامات؛

ب- خواص مصالح و شرایط ژئوتکنیکی؛

پ- ابعاد اجزای سازه و هندسه زیر پی؛

ت- عدم قطعیت‌های مدل.

### ۶-۴ عدم قطعیت‌های مدل

عدم قطعیت مربوط به اعتبار و درستی مدل‌ها باید طی ارزیابی و با پذیرش ضرایب نسبی مناسب در تاییدهای قطعی یا با معرفی متغیرهای تصادفی اضافی نماینده عدم قطعیت‌های مدل در قابلیت اطمینان مدل مد نظر قرار گیرد.

### ۶-۵ ضرایب تبدیل

ضرایب تبدیل منعکس کننده تاثیر شکل و اندازه نمونه‌ها، درجه حرارت، رطوبت، تاثیرات مدت بارگذاری و غیره، باید در نظر گرفته شوند.

### ۶-۶ عدم قطعیت درباره شرایط اجزا

وقتی سازه موجود تحلیل می‌شود، سطح دانش درباره شرایط اجزا باید در نظر گرفته شود. این موضوع ممکن است با تنظیم متغیرهای فرض شده در ظرفیت باربریاجزا یا ابعاد سطح مقطعآن‌ها، بسته به نوع سازه، حاصل شود.

### ۶-۷ مدل‌های خرابی

وقتی خرابی سازه موجود مشاهده شد، مکانیسم‌های خرابی باید مشخص شود و مدل خرابی پیش‌بینی شده عملکرد آینده سازه باید بر مبنای تحقیقات تجربی یا تئوری، بازرسی و تجربه، تعیین شود.

## ۷ تایید

### ۷-۱ مبانی

ارزیابی سازه موجود باید بر مبنای تایید ایمنی و خدمت‌پذیری سازه‌ای باشد.

### ۷-۲ ارزیابی قابلیت اطمینان

ارزیابی قابلیت اطمینان باید با در نظر گرفتن عمر کاری باقیمانده سازه موجود، دوره مرجع و تغییرات زیست محیطی سازه همراه با تغییرات قابل انتظار در کاربرد آن، ارزیابی شود.

ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و پایداری منجر به تفکیک بیشتر در قابلیت اطمینان سازه‌ای برای ارزیابی سازه‌های موجود برای طراحی سازه‌های جدید باشد.

### ۷-۳ حالت‌های حدی

تاییدها باید بر مبنای مفهوم حالت حدی باشد. توصیه می‌شود به هر دو حالت حدی نهایی و خدمت‌پذیری توجه شود. ممکن است تایید با استفاده از ضرایب ایمنی نسبی یا روش‌های قابلیت اطمینان سازه‌ای با در نظر گرفتن سیستم سازه‌ای و شکل‌پذیری اجزا انجام شود.

ضرایب ایمنی نسبی ارایه شده در آیین‌نامه‌ها ممکن است با مدنظر قرار دادن نتایج بازرسی و آزمون اصلاح شود( مانند کیفیت مهارت کار، شرایط نگهداری و متغیر مقاومت مصالح).

### ۷-۴ کنترل معقول بودن

نتیجه ارزیابی باید از نظر کنترل معقول بودن مقبول باشد. به ویژه، اختلاف بین نتایج تحلیل سازه‌ای ( مانند ناکافی بودن ایمنی) و شرایط واقعی سازه (مانند نبودن نشانه تنش یا شکست، عملکرد سازه‌ای مطلوب) باید توضیح داده شود.

**یادآوری**- بسیاری از مدل‌های مهندسی محافظه‌کارانه هستند و نمی‌توانند همیشه مستقیما برای توضیح یک موقعیت واقعی به کار روند.

### ۷-۵ سطح قابلیت اطمینان مورد نظر

سطح قابلیت اطمینان به کار رفته برای تایید را می‌توان ، سطح قابلیت اطمینان حاصل از معیارهای پذیرش تعریف شده در آیین‌نامه‌هاطراحی مورد قبول در نظر گرفت. معیارهای پذیرش باید همراه با کاربردهای حد تعریف شده و مدل‌های ویژه متغیرهای مبنا بیان شوند.

همچنین سطح قابلیت اطمینان مورد نظر را می‌توان با در نظر گرفتن سطح عملکردلازم برای سازه (بند۴-۱)، دوره مرجع و نتایج شکست ممکن، تعیین کرد. اگر بتوان بر مبنای مبانی اجتماعی و اقتصادی کافی باشد، ممکن است سطوح قابلیت اطمینان پایین‌تر را برای سازه‌های موجود به کار رود.

## ۸ ارزیابی بر مبنای مطلوب بودن عملکرد گذشته

### ۸-۱ ارزیابی ایمنی

سازه‌هایی که بر مبنای ایین‌نامه‌های قبلی طراحی و ساخته شده‌اند، یا در مواردی که هیچ آیین‌نامه‌ای اعمال نشده است، مطابق با روش ساخت مناسبی طراحی و ساخته شده‌اند، ممکن است نسبت به اقدامات مقاوم غیر از اقدامات تصادفی(شامل زمین لرزه)ایمن در نظر گرفته شوند به شرطی که:

- بازرسی دقیق هیچ مدرکی از آسیب مهم و خرابی آشکار نسازد؛
- سیستم سازه‌ای بازنگری شده، شامل تحقیقات جزئیات بحرانی و کنترل آن‌ها برای انتقال تنش؛
- سازه عملکرد مطلوبی برای دوره ای به اندازه کافی طولانی از زمان در برابر اقدامات ناشی از کاربرد و در برابر رویدادهای حاصل از تاثیرات زیست محیطی نشان دهد؛
- پیش‌بینی خرابی با در نظر گرفتن شرایط حاضر و نگهداری برنامه‌ریزی شده، از شکل پذیری کافی اطمینان ایجاد کند؛
- در یک مدت به اندازه کافی طولانی تغییراتی که افزایش قابل توجهی در اقدامات بر روی سازه یا تاثیری بر شکل پذیری وجود نداشته باشد و چنین تغییراتی پیش‌بینی نشود.

**یادآوری**- اگر اطلاعات دقیق کمی در دسترس باشد ،عملکرد مطلوب در گذشته در برابر رویدادهای تصادفی (شامل زمین لرزه) را می‌توان در نظر گرفت.

### ۸-۲ ارزیابی خدمت پذیری

سازه‌هایی که بر مبنای ایین‌نامه‌های قبلی طراحی و ساخته شده‌اند، یا در مواردی که هیچ آیین‌نامه‌ای اعمال نشده است، مطابق با روش ساخت مناسبی طراحی و ساخته شده‌اند، ممکن است برای عملکرد آینده خدمت پذیر در نظر گرفته شوند به شرطی که:

- بازرسی دقیق هیچ مدرکی از آسیب مهم ، خرابی یا تغییرمکان آشکار نسازد؛
- سازه عملکرد مطلوبی برای دوره ای به اندازه کافی طولانی از زمان در برابر به وجود آمدن آسیب، خراب، تغییرمکان یا لرزش داشته باشد ؛
- تغییراتی در سازه یا کاربرد آن که تغییر مهمی در اقدامات شامل رویدادهای زیست محیطی بر روی سازه یا بخشی از آن ایجاد کند، به وجود نیاید؛

- پیش‌بینی خرابی با در نظر گرفتن شرایط حاضر و نگهداری برنامه‌ریزی شده، از شکل پذیری کافی اطمینان ایجاد کند؛

## ۹ مداخلات

در پاسخ به نیازمندی‌های تعریف شده در طرح کاربرد، ارزیابی سازه‌های موجود می‌تواند منجر به مداخلات محتمل مختلف شامل، تعمیر، بازسازی، نظارت بر عملکرد و نگهداری از اجزای بحرانی، ارتقائ(به پیوستح مراجعه شود) و تخریب شود. هزینه و ریسک مربوط به هر اقدامی باید برآورد شود.

## ۱۰ گزارش

### ۱۰-۱ کلیات

ارزیابی سازه موجود معمولا با روشی شامل تعدادی از مراحل کاری انجام می‌شود. برخی از فرم‌های گزارش معمولادر پایان هر مرحله ازکار لازم هستند. جنبه‌های معینی از گزارش نهایی، که باید پس از تکمیل ارزیابی صادر شود در بندهای ۱۰-۲ تا ۱۰-۸ ارایه شده‌اند.

### ۱۰-۲ نتیجه‌گیری

نتیجه‌گیری واضح با توجه به هدف ارزیابی با ضوابط الزامات عملکردی(به بند ۴-۳ مراجعه شود) و سناریوها(به بند۴-۴ مراجعه شود) باید بعد از ارزیابی دقیق قابلیت اطمینان و هزینه مداخلات و ایمنی عمومی، هزینه‌های چرخه عمر و حفاظت سازه ، بیان شوند.

### ۱۰-۳ قابلیت اطمینان کافی

در صورتی که تایید شود سازه موجود دارای قابلیت اطمینان کافی است، اقدامات بیشتری لازم نیست.

### ۱۰-۴ قابلیت اطمینان ناکافی

اگر نتیجه ارزیابی نشان دهد که قابلیت اطمینان سازه کافی نیست، باید مداخلات مناسبی پیشنهاد شود.

### ۱۰-۵ توصیه‌هایی برای مداخلات

توصیه‌هایی برای اجرای ممکن و یا مداخلات عملی منجر به نتیجه که برای مشتری از نظر منطقی در دسترس می‌باشند، باید ارایه شوند. زمانی که مهندسراه حل ترجیحی ارایه می‌کند، باید به مشتری یادآور شود که تصمیم نهایی برای مداخلات بر عهده او است. همچنین ممکن است مداخلات موقت برای شرایط غیر ایمن، بلادرنگ لازم باشد.

### ۱۰-۶ طرح نگهداری و بازرسی

در تمام موارد، توصیه می‌شود یک طرح بازرسی و نگهداری طی عمر کاری باقیمانده بسته به نتایج ارزیابی و طرح کاربری معین شده به مشتری ارایه شود. بهتر است تاریخ یا شرایط برای ارزیابی بعدی توصیه شود.

### ۱۰-۷ اطلاعات مستند

توصیه می‌شود تمام اطلاعات حاصل از ارزیابی، در گزارشی برای مشتری، شامل هدف از ارزیابی، نام مهند( یا شرکت)،توصیف سازه، روش‌ها و نتایج ارزیابی، و همینطور توصیه‌های مربوط به مراحل بعدی ( در صورت لزوم)، مستند شود( به پیوست چ مراجعه شود).

### ۱۰-۸ روش گزارش دهی

گزارش باید مختصر و واضح باشد. یک فرمت گزارش توصیه شده در پیوست چ ارایه شده است..

## ۱۱ قضاوت و تصمیم‌گیری

### ۱۱-۱ تصمیم‌گیری

تصمیم‌گیری نهایی برای مداخلات، بر مبنای قضاوت مهندسی و توصیه‌هایی در گزارش و ملاحظه تمام اطلاعات در دسترس، توسط مشتری با همکاری یا مشاوره با مسئولین ذیربط انجام می‌شود.

**یادآوری**- اگر مشتری درزمان معقولی در مورد ایمنی عمومی، پاسخ ندهد، مهندس ممکن است دارای تکلیف برای اطلاع دادن به مسئولین ذیربط باشد.

### ۱۱-۲ تغییر کاربری

تغییر مهم در کاربرد سازه بعد از ارزیابی، توصیه‌های پیشنهاد شده در گزارش را ابطال می‌کند.

## پیوست الف

## (اطلاعاتی)

## کتابنامه

[1] ISO 2854, Statistical interpretation of data — Techniques of estimation and tests relating to means and variances
[2] ISO 12491, Statistical methods for quality control of building materials and components
[3] Joint Committee on Structural Safety, Background Documentation, Eurocode 1 (ENV 1991) Part 1:Basis of Design
[4] Melchers, R.E. Structural Reliability; Analysis and Prediction. ELLIS HORWOOD, 1987
[5] Schall, G., Faber, M.H. and Rackwitz, R. "The Ergodicity Assumption for Sea States in the Reliability
Assessment of Offshore Structure". Proceedings, Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Transact. ASME 113:3, pp. 241-246, 1991
[6] [Rackwitz, R. "A Concept for Deriving Partial Safety Factors for Time Variant Reliability". Proceedings
to ESREL '97, Advances in Safety and Reliability, pp. 1295-1305, Lisbon,1997
[7] Mori, Y and Ellingwood, B. "Reliability-based Service Life Assessment of Aging Concrete Structures".
Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.119, No.5, pp. 1600-1621,1993
[8] Enright, M.P. and Frangopol, D.M. "Service-Life Prediction of Deteriorating Concrete Bridges". Journal
of Structural Engineering, ASCE, Vol.124, No.3, pp. 309-317,1998
[9] Allen, D.E. "Safety Criteria for Evaluation of Existing Structures". IABSE Colloquium: Remaining
Structural Capacity, Copenhagen, 1993, pp. 77-84
[10] "International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites [The Venice
Charter]" (1964) / ICOMOS
[11] "The Nara Document on Authenticity" (1994) / ICOMOS: ratified at Nara Conference on Authenticity in
Relation to the World Heritage Convention, held at Nara, Japan, from 1-6 November 1994
[12] "Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage"
(2003) / ICOMOS-ISCARSAH.
[13] ICOMOS Charter "Principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural
heritage — 2003" (2003) / ICOMOS: ratified by the ICOMOS 14th General Assembly, in Victoria Falls,
Zimbabwe, October 2003
[14] "Guidelines for evaluating and mitigation of seismic risk to cultural heritage (1997)/ [Gangemi Editore,Roma (English version)]" / Ministry for Cultural Heritage and Activities, Italian Government