

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نفت

فهرست خدمات همسان مطالعات ارزیابی آسیب پذیری
و طرح بهسازی لرزه‌ای تاسیسات صنعت نفت



معاونت امور مهندسی و فناوری
اداره کل ضوابط فنی و استانداردها
امور مهندسی زلزله
تابستان ۸۶



جمهوری اسلامی ایران

وزارت نفت

بسمه تعالی

تاریخ : ۷، ۵، ۸۲
شماره : ص ۱۳۶، ۸۳۶
پیوست :

به : معاونین محترم وزارت نفت

مدیران عامل محترم شرکتهای اصلی و فرعی

موضوع : فهرست خدمات همسان مطالعات ارزیابی آسیب پذیری
و طرح بهسازی لرزه‌ای تاسیسات صنعت نفت

با سلام ،

احتراماً ، در راستای بند الف - ۱ تصمیمات جلسه شورای معاونین محترم مورخ ۸۲/۱۰/۱۵ و
به منظور ایجاد هماهنگی و وحدت رویه در طرح‌های مطالعات ارزیابی آسیب‌پذیری و طرح بهسازی
لرزه‌ای تاسیسات صنعت نفت، فهرست خدمات همسان مطالعات ارزیابی آسیب‌پذیری و طرح
بهسازی لرزه‌ای تاسیسات صنعت نفت مشتمل بر ۹ بند ارسال می‌گردد.

حمد/... محمدنژاد

معاون وزیر در امور مهندسی و فناوری

بسمه تعالی

مقدمه:

با توجه به ویژگی‌های خاص لرزه‌زمین‌ساختی ایران و نیازهای موجود، در بهار سال ۱۳۸۱ دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانها توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی تهیه و ارائه گردید. همچنین فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود در پاییز همان سال تدوین و ارائه شد. اما در این میان، نبود فهرست خدمات مناسب برای انجام اینگونه مطالعات در تاسیسات صنعت نفت از یکسو، و روند سریع و پرشتاب شرکتهای تحت پوشش وزارت نفت در ارجاع این تاسیسات به مشاوران برای انجام مطالعات بهسازی لرزه‌ای از سوی دیگر، باعث بروز مشکلاتی در مقاطعی خاص بین کارفرمایان و مشاوران به لحاظ عدم وجود تعریفی مشترک از روند ارزیابی و طرح بهسازی شده است.

با هدف رفع این مشکل، و یکسان‌سازی و ایجاد وحدت رویه و هماهنگی در طرحهای مطالعات ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای، امور مهندسی زلزله اداره کل ضوابط فنی و استانداردهای معاونت امور مهندسی و فناوری وزارت نفت از سال ۱۳۸۵ اقدام به جمع‌آوری فهرستهای خدمات پروژه‌های مطالعات ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای شرکتهای تابعه وزارت نمود و پس از تهیه نسخه پیش‌نویس فهرست خدمات با استفاده از منابع مذکور و سایر منابع، آن را برای نظرخواهی و ارائه پیشنهادهای اصلاحی به شرکتهای تابعه ارسال نمود. پس از دریافت پیشنهادها، و اعمال آنها در نسخه پیش‌نویس، در بهار و تابستان ۱۳۸۶ جلساتی با کارشناسان و نمایندگان ذیربط در شرکتهای تابعه برگزار گردید که حاصل آن، نسخه نهایی فهرست خدمات همسان مطالعات ارزیابی آسیب‌پذیری و طرح بهسازی لرزه‌ای تاسیسات صنعت نفت می‌باشد. یقیناً به‌روزرسانی و رفع کاستی‌های فهرست خدمات مزبور نیازمند نظرها، پیشنهادها و انتقادهای مخاطبین محترم، کارشناسان شرکتهای تابعه، مشاورین، مهندسان و اساتید دانشگاه می‌باشد.

در انتها لازم می‌دانم از زحمات کارشناسان محترم شرکتهای تابعه که با حضور در جلسات و ارائه پیشنهادهای سازنده در تهیه نسخه نهایی فهرست خدمات سهمی به سزا داشتند، و همچنین از تلاش‌های بی‌وقفه کارشناسان محترم امور مهندسی زلزله اداره کل ضوابط فنی و استانداردهای معاونت تشکر و قدردانی نمایم.

حمدا.. محمدنژاد

معاون وزیر در امور مهندسی و فناوری

تابستان ۱۳۸۶

فهرست خدمات همسان مطالعات ارزیابی آسیب‌پذیری و طرح بهسازی لرزه‌ای تاسیسات صنعت نفت

• موضوع:

فهرست خدمات مربوط به مراحل مختلف ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای و طرح بهسازی لرزه‌ای تاسیسات صنعت نفت به منظور استفاده در قراردادهای انجام مطالعات ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای و طرح بهسازی لرزه‌ای.

• هدف:

ارتقاء سطح عملکرد تاسیسات موجود صنعت نفت در زمان وقوع زلزله و رسیدن به سطح عملکرد تعریف شده طبق مدارک فنی معتبر و توافق شده.

• حدود کاربرد:

این فهرست خدمات شامل موارد زیر می‌باشد:
کلیه مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌های موجود صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، پالایش، تاسیسات بین راهی، خطوط لوله داخل واحدها، ساختمانهای صنعتی و صنایع وابسته.
این فهرست خدمات شامل موارد زیر نمی‌باشد:
سازه‌های ساحلی و فراساحلی، خطوط لوله انتقال سراسری. سازه‌ها و تجهیزات آسیب‌دیده در زلزله. راه‌ها، پلها، زیرگذرها و روگذرها، تونل‌ها و کلیه مسیرهای عبور افراد و ماشین‌آلات در داخل محوطه تاسیسات.^۱
همچنین بنا به ضرورت و طبق نظر کارفرما، میتوان مفادی از این فهرست خدمات را در پروژه‌های در دست مطالعه حذف و یا مواردی را به آن اضافه نمود.

• مراحل انجام کار:

انجام خدمات طبق این فهرست به نه بخش تقسیم می‌گردد:
بخش اول: گردآوری اطلاعات اولیه
بخش دوم: تعیین سطوح خطر و انجام مطالعات ساختگاهی
بخش سوم: تعیین سطوح عملکرد
بخش چهارم: تعیین اهداف بهسازی

۱- برای ساختمانهای مسکونی، اداری و خدماتی (غیر صنعتی) نشریه شماره ۲۵۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور مرجع تعیین فهرست خدمات می‌باشد. برای راه‌ها، پلها، زیرگذرها و روگذرها، تونل‌ها و کلیه مسیرهای عبور، سایر مراجع معتبر (مانند CALTRANS ، AASHTO و FHWA) قابل استفاده می‌باشند.

بخش پنجم: تعیین مشخصات موجود مصالح و اعضا

بخش ششم: تعیین معیارهای پذیرش

بخش هفتم: ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای

بخش هشتم: تهیه طرح بهسازی لرزه‌ای

بخش نهم: تهیه اسناد مناقصه

۱- گردآوری اطلاعات اولیه:

اطلاعات موردنیاز عبارتند از:

- شناخت خواسته‌های کارفرما
- ملاحظات اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، جغرافیایی
- مشخصات محلی
- مطالعات ژئوتکنیک، زمین‌شناسی و خطر لرزه‌ای انجام شده در محل
- مشخصات فنی مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌های مورد ارزیابی
- کلیه نقشه‌ها و دفترچه‌های محاسبات، دستورکارها، صورت‌مجلس و آزمایشها، مشخصات مصالح مصرفی و دیگر اطلاعات موجود پروژه
- تاریخچه ساخت، تعمیرات اساسی و بهره‌برداری
- صدمات و آسیب‌های وارده ناشی از حوادث طبیعی یا انسان‌ساخت و یا استهلاک طبیعی در طول زمان بهره‌برداری
- دستورالعملها، آیین‌نامه‌ها، راهنماها و قوانین و مقررات حاکم بر طرح در زمان ساخت و در زمان ارزیابی
- سابقه آسیب‌پذیری تاسیسات مشابه در اثر زلزله و بررسی مودهای خرابی
- تعیین اولویت‌های موجود در ارزیابی، طرح بهسازی و اجرای بهسازی با توجه به شرایط تاسیسات، نظر کارفرما، ویژگیهای تولیدی، مخاطرات بالقوه و شرایط اقتصادی

۲- تعیین سطوح خطر و انجام مطالعات ساختگاهی:

برآورد پارامترهای حرکت قوی زمین در سطح زمین و همچنین لایه‌های قرارگیری خطوط لوله یا سایر تجهیزات مدفون برای سطوح خطر موردنیاز.

این پارامترها عبارتند از طیف شتاب، سرعت و تغییرمکان و همچنین تاریخچه‌های زمانی سازگار با شرایط موجود در صورت نیاز برای هر سطح خطر. همچنین شتاب مبنای طرح به منظور استفاده در تحلیل‌های مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها باید تعیین گردد.

به منظور برآورد پارامترهای یادشده، از روشهای تحلیل خطر ویژه ساختگاه با روشهای تعیینی (deterministic) و احتمالاتی (probabilistic) استفاده می‌شود. تعیین پارامترهای لرزه‌ای در سنگ بستر، سطح زمین و لایه‌های خاک مورد نیاز از جمله نتایج این بخش خواهند بود. در صورت

وجود شرایط اثرات حوزه نزدیک (Near Source Effects)، لازم است این شرایط در نتایج مطالعات ویژه ساختگاه لحاظ گردند.

همچنین به منظور برآورد شرایط لایه‌های خاک مانند ظرفیت باربری و نحوه عبور امواج لرزه‌ای از آنها و موارد خاص ژئوتکنیکی مانند احتمال پدیده‌های روانگرایی، ناپایداری شیب، نشست، رانش خاک و سنگ‌ریزش، مطالعات ژئوتکنیک و ژئوتکنیک لرزه‌ای انجام می‌شود. نتایج مطالعات انجام شده نباید مغایرتی با آیین‌نامه‌های معتبر موجود ایران داشته باشد. سطوح خطر قابل استفاده عبارتند از:

الف- سطح خطر ۱: زلزله سطح خطر اول (زلزله طرح) زلزله‌ای با بزرگای نسبتاً زیاد است که احتمال وقوع زلزله‌ای بزرگتر از آن در دوره ۵۰ ساله عمر سازه ۱۰ درصد است. (زلزله با احتمال فراگذشت ۱۰ درصد). دوره بازگشت این زلزله در محدوده ساختگاه طرح ۴۷۵ سال می‌باشد.

ب- سطح خطر ۲: زلزله سطح خطر دوم (زلزله حداکثر) زلزله‌ای با بزرگای خیلی زیاد است که احتمال وقوع زلزله‌ای بزرگتر از آن در دوره ۵۰ ساله عمر سازه ۲ درصد است. (زلزله با احتمال فراگذشت ۲ درصد). دوره بازگشت این زلزله در محدوده ساختگاه طرح ۲۴۷۵ سال می‌باشد.

ج- سطح خطر انتخابی: زلزله سطح خطر انتخابی برای احتمال فراگذشت دلخواه در دوره زمانی انتخابی برحسب نیاز برای سازه‌ها و تاسیسات خاص تعیین می‌شود.

۳- تعیین سطوح عملکرد:

سطوح عملکرد در ابتدای کار با توجه به انتظار نحوه عملکرد مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها، با نظر مشاور و تایید کارفرما تعیین می‌شود.

۴- تعیین اهداف بهسازی:

اهداف بهسازی با ترکیب سطوح خطر (بخش ۲) و سطوح عملکرد (بخش ۳) با نظر مشاور و تایید کارفرما تعیین می‌شود. در تعیین اهداف بهسازی باید این نکته که در اغلب موارد آسیب‌دیدگی سازه‌ها و تاسیسات صنعت نفت در صورت وقوع حوادث طبیعی و غیرمترقبه، قابلیت ایجاد مخاطرات برای محیط اطراف، لطمه به محیط زیست، خسارات انسانی و اقتصادی گسترده را دارا هستند، در نظر گرفته شود.

۵- تعیین مشخصات موجود مصالح و اعضاء:

تعیین و برآورد مشخصات موجود مکانیکی مصالح تشکیل دهنده مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها. در مورد تجهیزات استفاده از مشخصات فنی (specifications) و نقشه‌های موجود به عنوان مهمترین منابع کسب اطلاعات در این زمینه باید مورد توجه قرار گیرد. برای سازه‌های ساختمانی و شبه ساختمانی (طبق تعریف بخش ۷-۱) نقشه‌ها و دفترچه‌های محاسبه مرجع اینگونه اطلاعات می‌باشند. در صورت لزوم به منظور تعیین این مشخصات، آزمایشهای غیر مخرب یا مخرب

(نمونه برداری) باید انجام گیرد. همچنین ظرفیت اعضاء با توجه به مشخصات مکانیکی بدست آمده، نوع تحلیل (خطی یا غیر خطی)، نوع رفتار عضو (شکل پذیر یا ترد) و مقدار و قابلیت اطمینان اطلاعات موجود، تعیین می شود.

۶- تعیین معیارهای پذیرش:

تعیین ضوابط پذیرش یا عدم پذیرش تجهیزات، سازه‌ها، مخازن و خطوط لوله مورد بررسی بر مبنای آخرین ویرایش استانداردها و آیین‌نامه‌های معتبر. در تعیین این ضوابط نوع تحلیل (خطی یا غیرخطی)، رفتار تجهیزات، اعضای سازه‌ای، مخازن یا خطوط لوله (شکل پذیر یا ترد) و مولفه نیرویی یا تغییرشکلی مورد بررسی، باید مدنظر قرار گیرد.

۷- ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای

ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای تجهیزات و سازه‌های مورد نظر به روش کیفی و کمی طبق مراحل ذیل.

۷-۱- دسته بندی:

- دسته بندی و تفکیک انواع مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها به منظور تهیه کاربرگهای ارزیابی عینی و تعیین روش ارزیابی.
- انواع مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌های موجود در تاسیسات صنعت نفت که در محدوده کاربرد این فهرست خدمات قرار می گیرند را می توان به شکل زیر دسته بندی نمود:
- سازه‌های شبه ساختمانی: سازه‌های صنعتی مانند سوله‌ها و یا سازه‌های چند طبقه نگهدارنده تجهیزات.
 - تجهیزات زمینی: انواع تجهیزاتی که بصورت مستقیم و یا از طریق تکیه‌گاه به زمین متصل هستند.
 - تجهیزات مرتفع: تجهیزاتی که بر روی سازه‌های شبه ساختمانی قرار دارند و بصورت مستقیم با زمین در تماس نیستند.
 - مخازن: مخازن ذخیره نفت خام، فرآورده، گاز طبیعی و گاز مایع و آب.
 - خطوط لوله: شامل خطوط لوله رو زمینی و مدفون داخل تاسیسات.
 - سازه نگهدارنده خطوط لوله (Pipe rack).
 - سکوها و مسیرهای عبور (بجز مواردی که در حدود کاربرد مستثنا شده‌اند).
 - سازه‌های کمکی مانند برجهای خنک کننده.

۷-۲- ارزیابی کیفی:

ارزیابی کلیه مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها با استفاده از کاربرگهای از پیش تهیه شده ترجیحا با روش امتیازدهی و وزن دهی مناسب با نظر کارفرما. در این مرحله نقاط ضعف مخازن،

تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها که با قضاوت مهندسی و موارد مندرج در دستورالعمل‌های موجود قابل تشخیص هستند شناسایی شده و علاوه بر تاثیر آنها در مرحله ارزیابی دقیق، در طرح بهسازی؛ راهکارهایی برای رفع آنها پیشنهاد می‌گردد. پاره‌ای مشکلات بارز مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌های صنعت نفت عبارتند از:

- شکست در پایه‌های نگهدارنده فولادی یا بتنی
- ضعف، کمبود یا خوردگی پیچهای اتصال
- کمبود یا ضعف در اتصالات سازه‌ها
- خوردگی در اعضای سازه‌های فولادی
- ترک خوردگی، تخلخل و کرمو بودن پایه‌های بتنی نگهدارنده
- امکان واژگونی تجهیزات بلند
- امکان برخورد و ضربه متقابل تجهیزات و سازه‌ها به یکدیگر
- مسیر نامناسب انتقال بار ثقیل و جانبی
- مشکلات جوش
- وجود نماهای سنگین و خطرناک با اتصالات ناکافی به سازه
- امکان سقوط تجهیزات الکتریکی سقفی
- تغییرات بوجود آمده در سازه پس از ساخت مانند حذف سیستم‌های باربر جانبی به منظور عبور تجهیزات، افتادن پیچهای اتصال، تغییر مکان اعضای سازه‌ای، اضافه‌شدن بخشهای گوناگون به سازه در پلان و ارتفاع
- امکان آتش سوزی و انفجار
- وجود مواد به شدت خورنده
- امکان شکست لوله‌ها در محل انشعاب ناشی از عدم شکل‌پذیری
- امکان شکست لوله‌ها در محل اتصال به مخازن و زمین
- امکان کمانش مخازن ناشی از ایجاد تنشهای فشاری در بدنه
- امکان مشکلات بارز ناشی از نشست نامتقارن مانند دوران پی، ترک دیوارها و شکستگی شیشه‌ها

۷-۳- تفکیک موارد بر حسب آسیب‌پذیری:

پس از انجام مطالعات کیفی آسیب‌پذیری، تمام موارد در ۴ رسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- موارد /یمن: تمام مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌هایی که با توجه به اطلاعات موجود و تهیه شده و نتایج ارزیابی کیفی، آسیب‌پذیر تشخیص داده نشده‌اند. ممکن است برخی توصیه‌های اصلاحی به منظور بهبود رفتار این موارد ارائه گردد. همچنین کلیه مواردی که طبق آخرین

آیین‌نامه‌های معتبر موجود طرح و اجرا شده باشند و از نظر کیفی فاقد مشکل مشخص باشند نیز در این رسته واقع می‌شوند.

۲- موارد آسیب‌پذیر درجه ۲: تمام مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌هایی که آسیب‌پذیر تشخیص داده شده‌اند اما با رفع نواقص مشهود، آسیب‌پذیری آنها قابل رفع می‌باشد.

۳- موارد آسیب‌پذیر درجه ۱: مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌هایی که آسیب‌پذیر تشخیص داده شده‌اند اما برای تعیین نواقص و موارد آسیب‌پذیری، تحلیل‌های دقیق کمی مورد نیاز است.

۴- موارد نامشخص: تمام مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌هایی که تعیین آسیب‌پذیر بودن یا نبودن آنها با روش کیفی قابل انجام نیست و برای این منظور تحلیل‌های دقیق کمی مورد نیاز است. موارد آسیب‌پذیر درجه ۱ و موارد نامشخص (ردیفهای سوم و چهارم) مورد مرحله ارزیابی تحلیلی قرار می‌گیرند.

پس از انجام ارزیابی کیفی، بخش اول گزارش مرحله اول (بخش ۷-۶) تهیه شده و به کارفرما ارائه می‌گردد.

۷-۴- دسته‌بندی و تیپ‌بندی مخازن، تجهیزات و خطوط لوله:

پس از ارزیابی کیفی، با توجه به ویژگی‌های مصالح، هندسی و بارگذاری مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها، دسته‌بندی آنها به منظور کاهش عملیات ارزیابی کمی انجام می‌گیرد.

۷-۵- ارزیابی کمی:

ارزیابی کمی مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها، با استفاده از روشهای تحلیلی و یا نرم‌افزارهای معتبر و به روشهای استاتیکی و دینامیکی با دو روش خطی و غیرخطی طبق شرایط موجود.

در این بخش مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها مدلسازی شده و بارهای موجود شامل بار ثقلی، جانبی (زلزله یا باد)، گرادیان حرارتی، اثر فشار، بارهای عملکردی و ... به طرز مناسب طبق آیین‌نامه‌های مربوط، اعمال می‌شود. برای تجهیزات مرتفع (طبق تعریف بخش ۷-۱)، نیروهای جانبی به شکل مناسبی که بیانگر مقدار و جهت صحیح نیرو باشد به آنها اعمال گردد. به این منظور می‌توان کل سازه را به همراه تجهیزات مدلسازی نمود و یا از مفهوم طیف طبقه برای مدلسازی مجزای سازه و تجهیزات استفاده کرد. در هر صورت اثر اندرکنشی سازه و تجهیزات باید مد نظر قرار گیرد. مسایل خاص تحلیلی مانند اثرات پیچش، اثرات لنگر ثانویه ($P-\Delta$)، اندرکنش خاک و سازه، ارزیابی شالوده، پایداری کل مجموعه و سایر موارد طبق آیین‌نامه‌های معتبر باید بررسی گردد. در پایان این مرحله، نقاط آسیب‌پذیر مشخص خواهد شد.

۷-۶- تهیه گزارش مرحله اول:

گزارش مرحله اول شامل دو بخش است. در بخش اول، تهیه، تدوین و تنظیم گزارش مطالعات کیفی انجام گرفته همراه با نمودار، جداول و اشکال لازم که وضعیت آسیب‌پذیری مخازن، تجهیزات،

خطوط لوله و سازه‌ها را طبق تعریف بخش ۷-۳ بطور کامل و واضح بازگو نماید. پس از ارائه بخش اول به کارفرما، آغاز تهیه بخش دوم گزارش مرحله اول مستلزم اخذ تایید کارفرما می‌باشد. در بخش دوم، نتایج مطالعات کمی طبق بخش ۷-۵ ارائه می‌شود. در این مرحله نیاز یا عدم نیاز مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها به بهسازی مشخص می‌شود. همچنین راهکارهای ابتدایی بهسازی با توجه به نوع آسیب‌پذیری تعیین می‌گردد. در انتهای این مرحله، پس از ارجاع گزارش به کارفرما و تصویب آن، تایید کارفرما جهت ادامه کار و تهیه طرح بهسازی لازم است.

۸- تهیه طرح بهسازی لرزه‌ای:

تهیه طرح بهسازی شامل مراحل زیر است:

- ۸-۱- تهیه و گردآوری اطلاعات تکمیلی
 - ۸-۲- تعیین روشهای مدلسازی و تحلیل
 - ۸-۳- ارائه گزینه‌های بهسازی و گزینه منتخب
 - ۸-۴- ارائه اولویت بندی برای بهسازی موارد تعیین شده
 - ۸-۵- انجام مطالعات کمی برای مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌هایی که طرح بهسازی برای آنها در نظر گرفته شده تا رفع آسیب‌پذیری
 - ۸-۶- تهیه گزارش نهایی طرح بهسازی
 - ۸-۷- تهیه مشخصات فنی عمومی، نقشه‌ها و جزییات اجرایی طرح بهسازی
- در ادامه، هر یک از موارد فوق شرح داده می‌شود.

۸-۱- تهیه و گردآوری اطلاعات تکمیلی:

در صورت عدم کفایت اطلاعات بدست آمده طبق بخش‌های ۱ و ۵، اطلاعات تکمیلی به منظور انجام مطالعات تحلیلی بهسازی لرزه‌ای طبق این بخش تعیین خواهند شد. اطلاعات احتمالی مورد نیاز عبارتند از رفتار خطی و غیر خطی مصالح، مشخصات فولادگذاری مقاطع بتنی، مقاومت فشاری بتن، مشخصات اتصال درمقاطع فولادی، فشار و حرارت کارکردی و طراحی تجهیزات و خطوط لوله، نقشه‌های چون ساخت بروز شده و

۸-۲- تعیین روشهای مدلسازی و تحلیل:

مدلسازی مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها باید ضمن ساده‌سازی، دربرگیرنده متغیرهای مهم و اساسی مانند هندسه صحیح، بارگذاری مناسب، مشخصات مکانیکی صحیح مصالح، و روش مناسب تحلیل باشد.

انواع تحلیلهای ممکن عبارتند از:

- تحلیلهای خطی

- تحلیل‌های غیرخطی
 - همچنین روش‌های تحلیل عبارتند از:
 - روش تحلیل استاتیکی
 - روش تحلیل دینامیکی
- روش مناسب تحلیل با توجه به مدارک فنی معتبر تعیین و به تایید کارفرما می‌رسد.

۸-۳- ارائه گزینه‌های بهسازی و گزینه منتخب

پس از تعیین آسیب‌پذیری مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌ها و نقاط ضعف آنها، گزینه‌های متفاوت قابل قبول بهسازی (۳ گزینه) از جانب مشاور انتخاب و به همراه توضیحات اجمالی نقاط قوت و ضعف، هزینه‌های تقریبی اجرا، بازده کاری، اجرایی بودن و زمان تقریبی اجرا جهت تصویب به کارفرما ارائه می‌شوند. باید توجه داشت که در برخی موارد امکان ارائه گزینه‌های گوناگون وجود ندارد. در این موارد تنها گزینه موجود همراه با توضیحات لازم جهت تصویب کارفرما ارائه می‌گردد.

۸-۴- انجام مطالعات کمی برای مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌هایی که طرح

بهسازی برای آنها در نظر گرفته شده تا رفع آسیب‌پذیری

مدلسازی، تحلیل و بررسی مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌های مورد نظر با اعمال گزینه منتخب بهسازی به منظور رفع مورد یا موارد آسیب‌پذیری آن.

در این مرحله با در نظر گرفتن سطوح عملکرد (بخش ۳) و معیارهای پذیرش (بخش ۶)، رفع موارد آسیب‌پذیری تجهیزات، سازه‌ها، مخازن و خطوط لوله با اعمال گزینه منتخب بهسازی (بخش ۸-۳) بررسی می‌شود. تفاوت این بخش با بخش ۷-۵ در تکرار آن تا حصول به سازه ایمن طبق تعاریف بخش‌های ۳ و ۶ می‌باشد. در صورت عدم امکان رفع موارد آسیب‌پذیری، تجدید نظر در اهداف بهسازی و یا روش آن با تایید کارفرما صورت خواهد گرفت.

۸-۵- تهیه گزارش نهایی طرح بهسازی

تهیه گزارش از مراحل طرح بهسازی شامل گردآوری اطلاعات تکمیلی، ارائه راهکارهای بهسازی و انتخاب گزینه مناسب، نتایج حاصل از تحلیل‌های نهایی و مقایسه پارامترهای بدست آمده با معیارهای پذیرش.

گزارش حاصل از این مرحله باید بطور روشن و واضح موارد ذیل را دربرگیرد:

- تبیین آسیب‌پذیری مخازن، تجهیزات، خطوط لوله و سازه‌های مورد ارزیابی و نقاط ضعف آنها
- روش‌های پیشنهادی برای رفع موارد آسیب‌پذیری و با ذکر نقاط قوت و ضعف روش
- گزینه منتخب بهسازی و دلیل انتخاب آن
- محاسبات فنی طرح بهسازی
- مشخصات فنی و اجرایی لازم به ارائه در طرح بهسازی

این گزارش پس از تدوین، به منظور بررسی و کسب تایید به کارفرما ارائه می‌شود.

۸-۷- تهیه مشخصات فنی عمومی، نقشه‌ها و جزییات اجرایی طرح بهسازی

تهیه کلیه مشخصات فنی عمومی و جزییات اجرایی به همراه نقشه‌های اجرایی به منظور تشکیل اسناد مناقصه و یا ارائه به پیمانکار.

در این بخش مشخصات فنی عمومی که رعایت آنها در پروژه الزامی است تهیه و تدوین شده و بخشی از این مشخصات که برای اجرای پروژه مورد نیاز می‌باشند در نقشه‌ها درج می‌شوند. نقشه‌ها و جزییات اجرایی باید بطور کامل، گویا و بدون نیاز از توضیحات اضافی تهیه شده و بیانگر روش طرح بهسازی بطور مشخص باشند. توالی و تناوب مراحل اجرایی طرح بهسازی باید در نقشه‌ها و سایر مدارک فنی بازگو شده و رعایت گردد. عنوان، شماره نقشه، مراجع صدور، کنترل، تصویب و تایید نهایی نقشه‌ها و همچنین بازبینی آنها (در صورت وجود) به همراه تاریخ مربوط به هر مرحله باید در نقشه‌ها درج شود. تمام مدارک فنی به منظور بررسی و کسب تایید، به کارفرما ارائه می‌شوند.

۹- تهیه اسناد مناقصه:

تهیه و تدوین مدارک لازم به منظور ارائه در مناقصه یا ارجاع به پیمانکار با هماهنگی و تایید کارفرما.

این بخش شامل خدمات ذیل می‌باشد:

- تهیه برآورد فهرست مقادیر شامل احجام کار و برآورد ریالی و ارزی
 - تهیه سناریو اجرا
 - تنظیم اسناد مناقصه (شامل شرایط عمومی و خصوصی پیمان، نقشه‌ها، شرح خدمات، برنامه زمانبندی، دفترچه‌های برآورد و سایر اسناد مورد نیاز)
- در هر حال موارد فوق نافی سایر مسوولیت‌های مشاور در این زمینه نمی‌باشد.

• فهرست مراجع:

- فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود - سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور - نشریه شماره ۲۵۱
- دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود - پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله/دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
- آیین‌نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰-ویرایش سوم) - مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- راهنمای طرح لرزه‌ای صنعت نفت - معاونت امور مهندسی و فناوری وزارت نفت
- تعدادی از شرح خدمات مطالعات ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای و طرح بهسازی تاسیسات در دست مطالعه صنعت نفت
- *Guideline for Seismic Evaluation and Design of Petrochemical Facilities (ASCE 97)* – American Society of Civil Engineers
- *Welded Steel Tanks for Oil Storage (API 650)* – American Petroleum Institute
- *Pre-standard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 356)* – Federal Emergency Management Agency