خطرات حفاری و اثرات آن در تونل در حال ساخت امیرکبیر به روش FMEA

سید عبدالرضا مرتضوی طباطبایی[۱]، سید مهدی فرشادنیا[۲*]، موسی جباری[۲]، کیوان ویسی[۳]

۱) مرکز تحقیقات پروتئومیکس، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران

۲)کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران

۳)گروه بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت ، دانشگاه علوم پزشکی ایلام

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۱

چکیده

مقدمه: عملیات حفاری و گودبرداری در بسیاری از پروژه‌های عمرانی، با خطرات جانی و مالی زیادی همراه می باشد. پروژه عمرانی تونل امیرکبیر در ایران، به دلیل وسعت کار شامل تمامی اجزای این عملیات بود.

مواد و روش ها: در این مطالعه توصیفی فرایند حفاری به ۳ فاز عملیاتی تقسیم شد و با استفاده از روش FMEA، اطلاعاتی شامل نوع خطرات، اثرات، علت، احتمال وقوع آن ها جمع آوری شد. فراوانی تجمعی و درصد فراوانی تجمعی نمرات ریسک محاسبه و به وسیله نمودار پارتو، عدد ریسک اولویت بندی گردید.

یافته های پژوهش: بیشترین درصد نمرات ریسک در مجموع فازهای عملیاتی شامل ۴ خطر؛ برخورد ماشین آلات حفاری به افراد، تصادف و برخورد به تجهیزات یا سایر ماشین آلات، سقوط تجهیزات، سقوط افراد از روی قسمت‌های مختلف ماشین آلات، بود.

بحث و نتیجه‌گیری: بر اساس نمودارهای پارتو، با حذف و یا کنترل خطرات مذکور می‌توان تفاوت چشم گیری در سطح ایمنی پروژه های احداث تونل امیرکبیر ایجاد کرد.

واژه های کلیدی: شناسایی خطر، ارزیابی ریسک، ساخت و ساز، حفاری، FMEA

* **نویسنده مسئول**: کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران

Email: studentresearchcommittee@gmail.com

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

مقدمه

حفاری و گودبرداری یکی از فعالیت‌های عمرانی است که معمولاً برای اهداف مختلفی از قبیل؛ تخریب و گودبرداری یک ساختمان فرسوده برای ساخت مجدد، رسیدن به تراز بکر، حفاظت فونداسیون ها در برابر یخبندان، احداث کانال ها و مخازن زیرزمینی و... انجام می شود.(۱)

متأسفانه، عملیات حفاری و گودبرداری در بسیاری از پروژه های عمرانی، با خطرات جانی و مالی زیادی همراه می باشد. به طوری که، در طی سال های اخیر و به دنبال افزایش پروژه های عمرانی شهری، ساخت و ساز واحدهای مسکونی و تجاری، به دلیل عدم توجه کافی به مقررات فنی و ایمنی، صدها نفر از کارگران و حتی ساکنین مجاور این‌گونه عملیات ها، دچار خسارات مالی و جانی جبران ناپذیر(حتی مرگ) شده اند.(۲،۳)

پروژه امیرکبیر یکی از مهم ترین و بزرگ‌ترین پروژه های عمرانی شهری ایران به طول ۲۳۵۰ متر و شامل ۶ قطعه اصلی(یک زیرگذر به صورت کات و کاو، دو تونل یک طرفه، دو تونل دو طرفه و یک سازه با ۷ طبقه) می باشد که به دلیل وسعت و حجم کار، تمامی انواع و اجزای عملیات حفاری و گودبرداری را در بر می‌گیرد.(تصویر شماره ۱)(۴)

از آن جایی که پروژه های مشابه پروژه امیرکبیر همواره در ایران و اغلب نقاط دنیا انجام می شوند، در مطالعه حاضر، سعی شده است خطرات احتمالی این پروژه(به عنوان یک پروژه‌های عمرانی مهم) با روش FMEA مورد شناسایی و بررسی قرار گیرد.

مواد و روش ها

مطالعه حاضر یک مطالعه توصیفی می باشد که در آن به مدت ۳ ماه و در اوج فعالیت های حفاری تونل امیرکبیر در دو شیفت کاری روز و شب نمونه گیری انجام گردید. سپس، کلیه فعالیت های ماشین آلات حفاری بر اساس نوع فعالیت و افراد مرتبط به دقت بررسی و تقسیم بندی شد. پس از شناسایی کلیه خطرات، با بهره گیری از تکنیک FMEA که از مطمئن ترین روش ها است، ریسک خطرات ارزیابی گردید.(۵،۶)

نمونه های مورد مطالعه شامل ۲۵۰ نفر(راننده ماشین آلات، مهندسین، سرپرست، کارگر و... که در دو شیفت روز و شب مشغول فعالیت هستند) و ماشین آلات مختلفی از قبیل؛ ۸ دستگاه بیل مکانیکی، ۷ دستگاه لودر، ۳۰ دستگاه کامیون، ۲ دستگاه شمع‌کوب یا روتاری و ۱ دستگاه درام، می باشد.

فرایند حفاری به ۳ فاز عملیاتی تقسیم شد و اطلاعاتی شامل نوع خطرات، اثرات، علت، احتمال وقوع آن ها از طریق مشاهده، مصاحبه و بررسی سوابق حوادث جمع آوری شد. بر اساس داده های ثبت شده در برگه های کار FMEA، اثرات تمامی خطرات و علل وقوع آن ها ذکر و بررسی گردید. هم چنین، عدد ریسک هر یک از خطرات بر اساس درجه مقبولیت آن طبقه بندی و ارزیابی و سطح آن ریسک به وسیله ماتریکس ارزیابی ریسک، مشخص شد. خطرات هر فاز بر اساس میزان درصد نمرات ریسک آن لیست شده و روی نمودارهای پارتو نمایش داده شد که مشخص‌کننده مهم ترین خطرات قسمت های مختلف عملیات حفاری می باشد.(۵،۷)

به منظور تعیین احتمال وقوع و شدت خطرات به دست آمده، از سوابق حوادثی که از ابتدای پروژه ثبت شده و نیز سایر مستندات در پروژه های مشابه استفاده شد تا عدد ریسک نهایی از کمترین میزان خطا برخوردار بوده و نتیجه‌گیری درستی اتخاذ گردد.

برای تعیین عدد ریسک خطرات هریک از فازهای عملیات حفاری، فراوانی تجمعی و درصد فراوانی تجمعی نمرات ریسک محاسبه و به وسیله آن نمودار پارتو را برای فازهای مختلف عملیات رسم گردید.(۸)

در پژوهش حاضر، معرفی نامه ای از معاونت آموزشی دانشکده سلامت، ایمنی و محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی جهت ارائه به واحد HSE پروژه احداث تونل امیرکبیر اخذ گردید. پس از اخذ رضایت نامه از این واحد، به تمامی نمونه ها اطلاعات لازم داده شد. اصل امانت در تمامی مراحل پژوهش رعایت گردیده است.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج به دست آمده، از عوامل خطر در این پروژه می توان به عدم انجام فعالیت های مختلف بر اساس دستورالعمل ها و استانداردهای موجود اشاره کرد که اغلب به دلیل تسریع در زمان اجرای عملیات و نیز فقدان آموزش کافی پرسنل اتفاق می افتند. نتایج ارزیابی ریسک و نمودارها نشان دهنده آن است که بیشترین درصد نمرات ریسک(۴۷ درصد) در مجموع فازهای عملیاتی، به ترتیب مربوط به ۴ خطر می باشد؛ برخورد ماشین آلات حفاری به افراد(۲۰ درصد)، تصادف و برخورد به تجهیزات یا سایر ماشین آلات(۱۰ درصد)، سقوط(۹ درصد)، سقوط افراد از روی قسمت‌های مختلف ماشین آلات در حال فعالیت(۸ درصد). بر اساس نمودارهای پارتو با حذف و یا کنترل این خطرات که نزدیک به ۵۰ درصد نمرات ریسک را به خود اختصاص داده، می توان تفاوت چشم گیری در سطح ایمنی پروژه احداث تونل امیرکبیر ایجاد کرد.

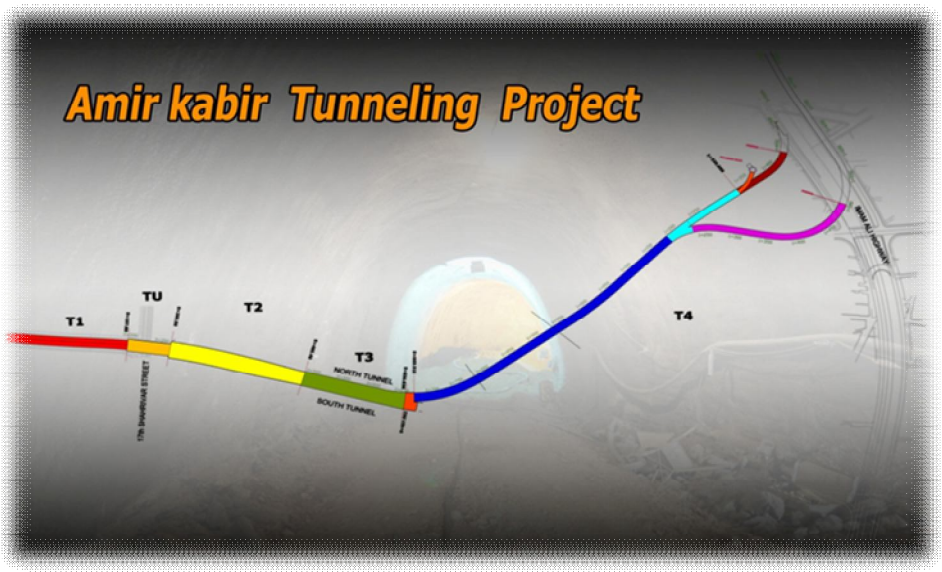
اولویت بندی ریسک خطرات در هریک از فازهای کاری ذکر شده به وسیله نمودار پارتو صورت گرفته و به کمک آن خطرات با بیشترین درصد نمرات ریسک مشخص شده است. راهنمای مربوط به هر نمودار به ترتیب میزان فراوانی خطرات هر فاز در جدول شماره ۱ آورده شده است.

با توجه به نمودار شماره ۱ در اولین فاز حفاری خطر برخورد بیل مکانیکی با کارگران و پرسنل کارگاه(با درصد ریسک ۱۹/۳ درصد) مهم ترین خطر و پس از آن خطر برخورد بیل مکانیکی با تجهیزات و ماشین آلات واقع در محیط کارگاه(۱۲/۱ درصد) رتبه دوم و خطر نشست و ریزش تونل(۸/۶ درصد) رتبه سوم را به خود اختصاص داده است.

همان طور که در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است، در فاز مربوط به حفاری به وسیله لودر، بیش ترین خطرات مربوط به برخورد لودر با کارگران و پرسنل کارگاه(۲۷/۳ درصد) و سقوط افراد از روی بدنه، رکاب و یا داخل باکت لودر(۱۳/۷ درصد) بوده است.

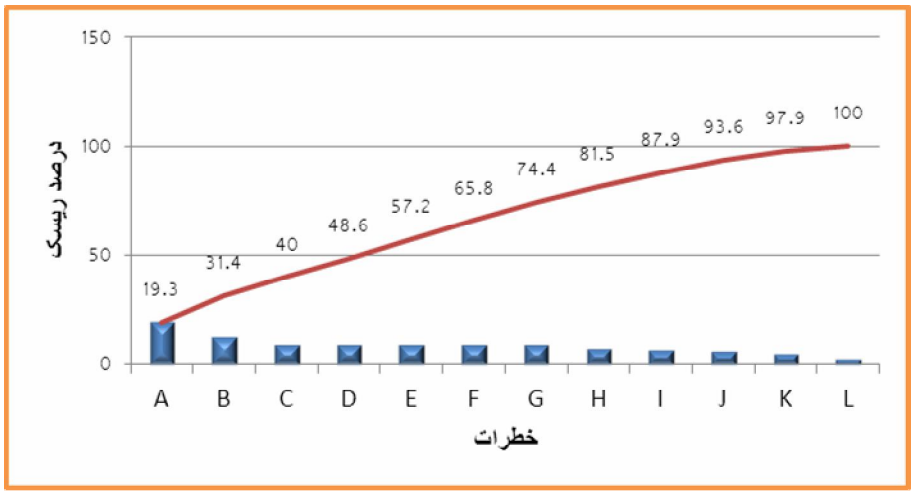
در مورد فاز حفاری شمع ها با دستگاه روتاری و به صورت دستی، به ترتیب سه خطر؛ سقوط افراد(۳۸/۸ درصد)، کمبود اکسیژن و وجود گازهای قابل اشتعال(۱۵/۳ درصد) و ارتعاش و آلودگی صوتی(۱۰/۷ درصد) بیش ترین میزان نمره ریسک را به خود اختصاص داده‌اند.(نمودار شماره ۳)

مروری بر سوابق حوادث پروژه تونل امیرکبیر نشان می دهد که در زمان شروع احداث تونل تنها حادثه ای که منجر به مرگ شده، سقوط بوده است و بعد از آن یک مورد شبه حادثه نیز گزارش شده که آن هم ناشی از سقوط فرد به داخل چاه های حفر شده بوده و خوشبختانه، فرد مورد نظر آسیبی ندیده است.

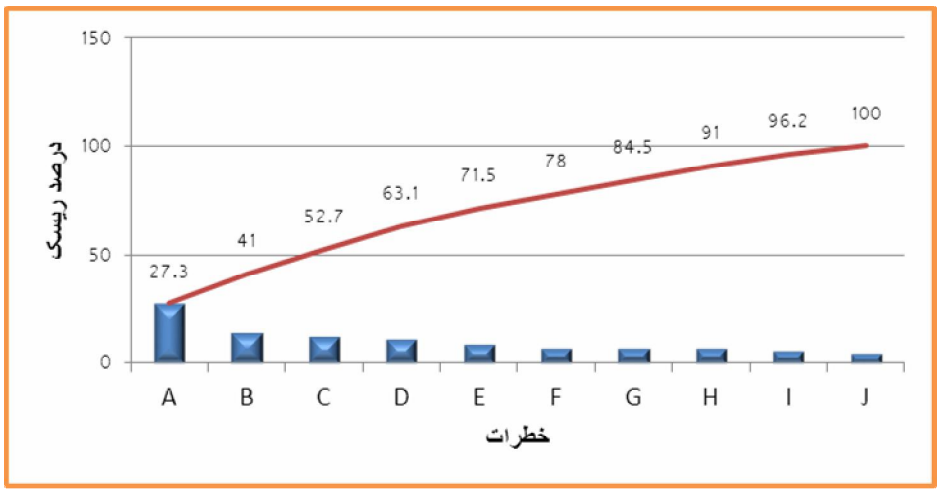


[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

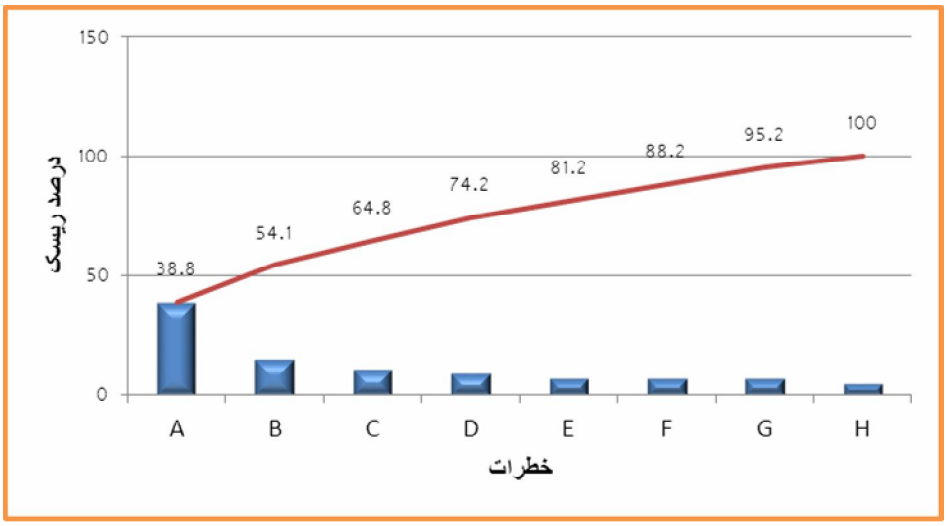
تصویر شماره ۱. نقشه تونل



نمودار شماره ۱. نمودار پارتو خطرات حفاری به وسیله بیل مکانیکی



نمودار شماره ۲. نمودار پارتو خطرات حفاری به وسیله لودر



[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

نمودار شماره ۳. نمودار حفاری شمع ها با دستگاه روتاری و به صورت دستی

جدول شماره ۱. راهنمای نمودارهای پارتو مربوط به خطرات حفاری به وسیله بیل مکانیکی، لودر و حفاری شمع ها با دستگاه روتاری و به صورت دستی

پارامتر	خطرات حفاری بوسیله بیل مکانیکی	خطرات حفاری بوسیله لودر	حفاری شمع‌ها با دستگاه روتاری و بصورت دستی
A	برخورد بیل مکانیکی با کارگران و پرسنل کارگاه	برخورد لودر با کارگران و پرسنل کارگاه	سقوط افراد
B	برخورد بیل مکانیکی با تجهیزات و ماشین آلات واقع درمحیط کارگاه	سقوط افراد از روی بدنه، رکاب و یا داخل باکت لودر	کمبود اکسیژن و وجود گازهای قابل اشتعال
C	نشست و ریزش تونل	برخورد لودر با تجهیزات و ماشین آلات واقع درمحیط کارگاه	ارتعاش و آلودگی صوتی
D	واژگون شدن	استنشاق گرد و غبار ناشی از فعالیت بیل مکانیکی و دود خارج شده از آن	سقوط سنگ و ریزش خاک به چاه
E	برق گرفتگی در اثر برخورد با کابلهای برق	برق گرفتگی در اثر برخورد با کابلهای برق	برق گرفتگی در اثر برخورد با کابلهای برق
F	سقوط افراد از روی بدنه و یا داخل باکت	سقوط تجهیزات، مصالح و سنگ از بالای آسانسور	برخورد دستگاه روتاری و یا متعلقات آن به افراد
G	استنشاق گرد و غبار ناشی از فعالیت بیل مکانیکی و دود خارج شده از آن	واژگون شدن	رها شدن مته دستگاه روتاری
H	سقوط تجهیزات و مصالح/پرتاب قسمت های جدا شده هنگام تخریب Middle Drift	آسیب دیدگی هنگام حمل مواد و مصالح در تونل	برخورد با تأسیسات زیرزمینی
I	برخورد با تأسیسات زیرزمینی	برخورد با تأسیسات زیرزمینی	--
J	ارتعاش	نشست و ریزش تونل	--
K	آلودگی صوتی	--	--
L	برخورد با تیغه های درام	--	--

بحث و نتیجه گیری

صنعت ساخت و ساز یکی از صنایع مهم کشور می باشد که علاوه بر آبادانی کشور، در اشتغال زائی و پیشرفت اقتصاد نیز تأثیر شگرفی دارد. متأسفانه، بروز حوادث روزافزون در این صنعت، آن را به یکی از پرحادثه ترین صنایع کشور تبدیل کرده است. علی رغم پیشرفت صنعت ساخت و ساز و استفاده از روش های نوین ساخت مسکن، متأسفانه، صنعت ایمنی، بهداشت و محیط زیست پیشرفت قابل ملاحظه‌ای نکرده است. مدیران پروژه‌های عمرانی اغلب به ایمنی به عنوان هزینه ای در تضاد با تولید نگاه کرده و اغلب از آن غفلت می‌کنند.(۹،۱۰)

دولت ها در سراسر دنیا بر تعهد مداوم و یکپارچه نسبت به استقرار محیط کار فارغ از هرگونه آسیب یا بیماری معتقد بوده اند. این بازتابی از تثبیت عملکرد بر پایه قوانین ایمنی و بهداشت می باشد که اهداف عملکرد فراگیر را تنظیم کرده و یک سیستم شفاف از مسئولیت های تعیین شده در این صنعت را فراهم می آورد. هر چند، ارائه این قوانین به تنهائی نمی تواند راه حل مناسبی باشد. در واقع، بروز حوادث نه تنها ناشی از بی دقتی کارگران است، بلکه گاهی اوقات حوادث به سبب ضعف در کنترل و محیا سازی شرایط ایمنی کار(که وظیفه مدیریت است) به وقوع می پیوندد.(۸،۱۱)

طبق آمار اداره کار ایالات متحده آمریکا، به طور تقریبی هر ساله ۱۵۰ هزار حادثه در صنعت ساخت و ساز رخ می دهد. سازمان OSHA نیز سقوط از ارتفاع را عامل اصلی جراحات و آسیب های پروژه های عمرانی معرفی کرده است. سازمان NIOSH در سال ۲۰۰۵ گزارش کرده است که در طول مدت یک سال، از هر تعداد ۲۴ کارگر یک نفر در صنعت ساخت و ساز جان خود را از دست داده اند. به طوری که این مسئله

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

موجب شده تا این صنعت به عنوان یک صنعت پرخطر در محافل رسمی کشور آمریکا مطرح باشد.(۱۲)
کشور ما نیز طبق آمار موجود بخش صنعت با ۴۷ درصد و بخش پروژه های عمرانی و ساختمان با ۳۰ درصد حوادث کار به وجود آمده، دومین رده را به خود اختصاص داده است. بر اساس مطالعات آماری که توسط معاونت روابط کار وزرات کار ایران در طی سال‌های ۷۹ تا ۸۴ روی ۳۰۰۰ مورد گزارش حوادث پروژه های عمرانی انجام شده است، ۱۶ درصد از حوادث ساختمانی منجر به فوت، حدود ۷۰ درصد حوادث منجر به مصدومیت و آسیب دیدگی و مابقی شامل سایر موارد بوده است. طبق آمار سازمان تأمین اجتماعی کشور، در سال های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ به ترتیب ۴۱۷۱ و ۴۲۹۱ مورد حادثه گزارش شده است که روند افزایش حوادث در این صنعت را بازگو می کند.
در مطالعه حاضر سعی شده است تا با صرف زمان کافی و با کمک تکنیک FMEA و نمودار پارتو به شناسایی تمامی خطرات توأم با پروژه تونل امیرکبیر و تسلط کامل نسبت به مدیریت و ارزیابی درصد هاب ریسک مربوطه پرداخته شود.

تکنیک، FMEA یک روش تحلیلی در ارزیابی ریسک و یکی از آشناترین تکنیک های تجزیه و تحلیل ایمنی سیستم ها می باشد که با استفاد از آن سعی می شود تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده‌هایی که در آن ارزیابی ریسک انجام می شود و علل و اثرات مرتبط با آن، شناسایی و امتیازدهی گردد. از بهترین ویژگی های این تکنیک، می توان به انجام عملی پیشگیرانه قبل از وقوع حادثه اشاره کرد. چرا که در صورت وقوع حادثه ناگوار معمولاً مبالغ هنگفتی صرف برطرف نمودن اشکالات و خرابی های به وجود آمده می شود و در صورتی‌که به هر علتی خطایی در مرحله طراحی نشات گرفته باشد، میزان خسارت وارده به حداکثر خواهد رسید. تکنیک FMEA نه تنها خطاها و نواقص و خرابی هایی که در سیستم، محصول و فرایند به صورت نهفته و آشکار وجود دارند را شناسایی می‌کند، بلکه با اتخاذ تدابیر صحیح در صدد حذف آن ها نیز بر می آید.(۵،۶،۱۳)

بر اساس مطالعه خداپرست که با هدف ارزیابی ریسک در شرکت هامون نایژه کاشان صورت گرفت، مشخص شده است که با استفاده از روش FMEA علاوه بر تشخیص خطرات نهفته، می توان با اولویت بندی آن ها به کمک نمودار پارتو، نقاط بحرانی را نیز تشخیص داد. رضایی و همکاران در مطالعه ای که در سال ۱۳۸۷ به چاپ رساندند، در راستای مدیریت ریسک احداث تونل رویکردی را ارائه دادند که هدف آن، ایمن سازی و پایداری تونل برای افراد، تجهیزات و به خصوص کارکنان بود. آن ها نیز در مطالعه خود از روش FMEA استفاده کردند.

یافته های مطالعه ما نشان داد که در فاز دوم عملیات یعنی حفاری به وسیله لودر، خطر برخورد لودر با کارگران و پرسنل کارگاه بیشترین میزان نمره ریسک را کسب کرده است که نسبت به خطر مشابه در حفاری به وسیله بیل مکانیکی(فاز اول) اختلاف بیشتری دارد که علت این امر نحوه اجرای عملیات آن هاست. بیل مکانیکی هنگام حفاری در محلی به صورت ثابت می ایستد و به وسیله اتاق‌گردان خود، قدرت مانور خوبی برای انجام عملیات دارد و در مواقع کمی جا به جا می گردد. بنا بر این، سایر افراد و پرسنل تونل می توانند از موقعیت لحظه ای دستگاه مطلع و دید کافی را نسبت آن داشته باشند که این امر باعث کاهش احتمال برخورد ناگهانی دستگاه به افراد می شود. با این حال، قسمت گردان بیل و حرکت سریع آن که با عدم دید کافی راننده نسبت به قسمت پشت آن همراه است، بسیار خطرناک می باشد. لذا طبق آئین نامه ایمنی ماشین آلات همواره باید حداقل فاصله ۵ متر بین افراد و ماشین آلات در حال کار رعایت گردد.

برخلاف بیل مکانیکی، لودر هنگام فعالیت همواره حرکت رو به جلو و یا عقب را انجام داده و با توجه به سرعت بیشتری که نسبت به بیل مکانیکی دارد، موقعیت آن در کارگاه به طور مداوم در حال تغییر می باشد. به خصوص، زمانی که لودر خاک های حفاری شده به وسیله بیل مکانیکی را از انتهای تونل به ابتدای آن انتقال می دهد، احتمال برخوردش با افراد بسیار بالا می رود. لذا لازم است با افزایش میزان روشنایی محیط کار، کاهش عبور و مرور افراد تا

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

حدامکان، مشخص نمودن و تفکیک محل عبور ماشین آلات، نصب بوق دنده عقب روی ماشین آلات حفاری از این خطر جلوگیری نمود.

حفاری های داخل تونل به وسیله بیل مکانیکی و دروم که روی آن نصب می شود، صورت می گیرد، لذا خطر نشست و ریزش تونل در مقایسه با فاز دوم در اولویت بالاتری قرار دارد و از درصد ریسک بیشتری برخوردار است. خطر سقوط افراد از روی بدنه، رکاب و یا داخل باکت لودر با درصد ریسک زیاد و به دلیل بالا بودن شدت خطر به عنوان دومین خطر در نمودار پارتو قابل مشاهده است. این درصد ریسک بالا ناشی از عدم وجود تجهیزات لازم، شرایط خاص جبهه های کاری تونل، تسریع در عملیات، فقدان آموزش و عدم آگاهی پیمانکاران از عواقب جبران ناپذیر آن می باشد به طوری که کارگران با قرارگرفتن در باکت لودر برای بستن مش و لتیس و یا سوار شدن روی قسمت های مختلف بدنه لودر برای طی کردن مسافت تونل، خود را در معرض این خطر قرار می دهند. در سوابق حوادث پروژه تونل امیرکبیر نیز مواردی از وقوع آن به چشم می خورد. بنا بر این، پیشنهاد می گردد که با شرط مهار کامل کارگر و کنترل های لازم، از بیل مکانیکی که به من بسکت مجهز شده، استفاده گردد. لازم به ذکر است قرار دادن فرد در باکت هر نوع ماشین آلات حفاری، غیر ایمن و مستعد حادثه می باشد که به دلیل شرایط خاص تونل و عدم وجود راه حل های جایگزین، این عمل با کنترل و نظارت پرسنل واحد HSE صورت می‌گیرد.

علاوه بر این، نتایج مطالعه ما نشان داد که بیشترین میزان نمرات ریسک در فاز حفاری شمع ها(به وسیله دستگاه روتاری و به صورت دستی) مربوط به سه خطر: سقوط افراد، کمبود اکسیژن و وجود گازهای قابل اشتعال، ارتعاش و آلودگی صوتی فاز می باشد. مروری بر سوابق حوادث پروژه تونل امیرکبیر نشان می دهد که در زمان شروع احداث تونل تنها حادثه ای که منجر به مرگ شده به علت سقوط بوده است و بعد از آن نیز یک مورد شبه حادثه گزارش شده است که آن هم ناشی از سقوط فرد به داخل چاه های حفر شده می باشد که با خوش‌شانسی فرد مورد نظر آسیبی ندیده است. علت اصلی این امر رها کردن چاه ها و گودال ها بدون هیچ گونه حفاظ یا علائم هشدار دهنده می باشد که در اثر سهل انگاری و در زمان های تغییر شیفت می تواند برای پرسنل شیفت جدید به دلیل عدم اطلاع از تغییرات ایجاد شده در محیط کارگاه، حادثه آفرین شود. بنا بر این، با بازرسی های به موقع از سایت های کاری، قراردادن درپوش های موقت، نصب نوار خطر و علائم هشدار دهنده می توان این نوع خطرات را کاملاً حذف نمود. در مورد دو خطر دیگر نیز می توان با اقدامات اصلاحی مؤثر نسبت به کنترل و کاهش اثرات آن اقدام نمود.

مطالعه حاضر اولین مطالعه ای است که در مورد شناسایی خطرات مربوط به یک پروژه بزرگ عمرانی در ایران صورت گرفته است و نتایج حاصله می تواند در راستای ارائه راهکارهای مدیریتی بهتر جهت کاهش خسارات جانی و مالی مربوط به پروژه های عمرانی، مؤثر واقع گردد با این حال، ارزیابی تمامی خطرات، علل وقوع و اثرات آن در مطالعات آتی امری ضروری می باشد و به منظور انجام ارزیابی ریسک خطرات با کمترین میزان خطا، لازم است تا سوابق احتمال وقوع و شدت خطرات و سوابق حوادث در آن صنعت به مدت چند سال و در تمام پروژه های مشابه بررسی گردد تا حتی الامکان از ذهنی شدن ماتریکس های ارزیابی ریسک جلوگیری شده و به نتیجه ای مطلوب دست یافته شود. هم چنین، شناسایی و بررسی خطرات این عملیات و کنترل آن ها از موضوعات حیاتی فعلی است و لازم است تا کارفرمایان مربوطه نسبت به آن اطلاع کامل داشته و توجه کافی را نسبت اجرا و اطلاع رسانی به عوامل مربوطه، داشته باشند.

بیشترین درصد نمرات ریسک(۴۷ درصد) در مجموع فازهای عملیاتی، به ترتیب مربوط به ۴ خطر می باشد؛ برخورد ماشین آلات حفاری به افراد(۲۰ درصد)، تصادف و برخورد به تجهیزات یا سایر ماشین آلات(۱۰ درصد)، سقوط(۹ درصد)، سقوط افراد از روی قسمت های مختلف ماشین آلات در حال فعالیت(۸ درصد). هم چنین، از عوامل خطر در این پروژه عدم انجام فعالیت های مختلف بر اساس دستورالعمل ها و استانداردهای موجود بوده که اغلب به دلیل تسریع در

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

زمان اجرای عملیات و نیز فقدان آموزش کافی پرسنل می باشد. بر اساس نمودارهای پارتو، با حذف و یا کنترل این خطرات که نزدیک به ۵۰ درصد نمرات ریسک را به خود اختصاص داده، می توان تفاوت چشم‌گیری در سطح ایمنی پروژه احداث تونل امیرکبیر ایجاد کرد.

.

سپاسگزاری

با تشکر از زحمات بی دریغ و همکاری اساتید و مشاورین محترم، پرسنل و کارگران زحمت کش تونل در حال ساخت امیرکبیر که ما را در تهیه و تنظیم این مطالعه یاری نمودند

References

1-Kolymbas D. Tunelling and tunnel mechanics: a rational approach to tunnelling. Springer:Verlag; 2005.

2-Mayne PW, Christopher BR, De-Jong J. Manual on subsurface investigations. Washington, DC: Federal Highway Administration; 2001.

3-Nakamura M, Deie M, Shibuya H, Nakamae A, Adachi N, Aoyama H, et al. Potential risks of femoral tunnel drilling through the far anteromedial portal: a cadaveric study. Arthroscopy 2009;25:481-7.

4-Ali M. [Tunneling projects]. Tehran Projects J 2010; 45:45-9.(Persian)

5-Robin E, McDermott, Raymond J, Mikulak., Michael R. The basics of FMEA. 2nd ed. Beauregard; 2008.

6-Khodaparast E, Abbasi-Niya M. [Risk assessment with FMEA method in Hamounnaize]. Kashan corporation; 2010. (Persian)

7-Craft RC, Leake C. The pareto principle in organizational decision making. Management Decision. 2002;40:729-33.

8-Nicholas J. System safety engineering and risk assessment. Washington: Taylor & Francis; 1997.

9-Turner J. Get deep into the field of excavation-planning, practice, and safety. 1th ed. McGraw-Hill:Professional; 2008.

10-Clifton A, Ericson I. Hazard analysis techniques for system safety. Virginia: Fredericksburg; 2005.

11-Walters D. Sydney airport link rail tunnel project. Des Walters: Descend Underwater Training Centre; 2008.

12-Omenon J. Health & safety construction-related regulations. Health regulat J 2009;31:21-7.

13-Theodoros HV, Ioannis SA. Application of failure mode and effect analysis[fmea],cause and effect analysis, and pareto diagram in conjunction with HACCP to the corn curl manufacturing plant. Critic Rev food Sci Nutr 2007;47:363-87.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

The Risks and Effects of Iranian Amirkabir Tunneling Project Using Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Mortazavi Tabatabaei S.A.R[1], Farshdnia S.M[2], Jabbari M[2], K V[3]*

(Received: 23 Aprl. 2013 Accepted: 23 July. 2013)

Abstract

Introduction: In many developmental projects, the tunnel drilling is fraught with various health and financial dangers. The purpose of this study was to investigate the risks of the Amirkabir tunnel drilling project in Iran.

Materials & Methods: In this descriptive study, the tunneling process was divided into 3 phase. The data including the type of risks, their effects and possibilities were gathered using failure modes and effects analysis (FMEA). The cumulative frequency of risk grades was calculated, and then ranked by Pareto principles.

Findings: The highest percentage of risk grades included hitting with tunneling machineries and equipments, falling-down of workers and crashing of equipments.

Discussion & Conclusion: Based on the Pareto diagrams, by removing or controlling the risks, it would be possible to optimize the safety of Amirkabir tunneling project.

Keywords: developmental projects, FMEA, risk, safety, tunneling

1. Proteomics Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2.Students Research Committee, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. Dept of Environmental Health, Faculty of Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran
**(corresponding author)*

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]