ایمنی در حفاری تونل‌های سنگی تمام مقطع به روش انفجاری

محمد دهقان*،[1] علی آرام[2]

چکیده

امروزه افزایش آگاهی درزمینه احداث تونل منجر به بهبود شرایط کاری در کارگاه‌های زیرزمینی شده است بطوریکه آمار حوادث مرگبار و خطرناک به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش پیداکرده است. مسئول ایمنی به‌عنوان ناظر و کنترل‌کننده عملیات و انطباق دادن با بندهای مندرج در آیین‌نامه و دیگر آیین‌نامه‌های مصوب شورای عالی حفاظت فنی تعیین می‌گردد. محیط‌های کاری مخصوص ساخت فضاهای زیرزمینی، خطرات خاص و منحصربه‌فردی را دارا می‌باشند که پرسنل فعال در آن‌ها باید آگاهی‌های لازم را نسبت به این خطرات داشته باشند. این حوادث باید در برنامه ایمنی کارگاه شناخته شوند و پیش‌بینی‌های لازم ارائه گردد. سقف و دیواره‌ها و سینه کار در جبهه‌های کاری مختلف تونل باید به‌طور مداوم مورد بررسی قرارگیرد. کلیه مسیرهای دسترسی و ورودی‌های غیرمجاز در عملیات تونل سازی به زیر سطح زمین باید به طریق ایمن مسدود و با علائم هشداردهنده مشخص شوند. پیش‌بینی و تأمین سامانه ارتباطی مطمئن و مناسب در طول عملیات تونل سازی و در شرایط اضطراری توسط کارفرما الزامی است؛ همچنین قبل از شروع هر نوبت‌کاری، باید از صحت عملکرد وسایل ارتباطی اطمینان حاصل شود. حفاظت کارگران برای جلوگیری از خطر ریزش و رانش زمین هنگام نصب سامانه‌های تحکیم و نگهداری الزامی است. مجموعه سامانه نگهداری باید به‌گونه‌ای نصب شود که تکیه‌گاه نگهدارنده ها به‌قدر کافی مقاوم بوده تا از لنگر وارده ناشی از فشار زمین جلوگیری کرده و از محل خود خارج نشود؛ پیش‌بینی نصب سریع مهارهای جانبی بین تجهیزات نگهداری مجاور برای اطمینان از مقاومت و پایداری بیشتر ضروری است. تدوین و ارائه آیین‌نامه ایمنی دقیق و کارآمد برای کارگاه‌های تونل سازی امری ضروری است. رعایت اصول و مقررات ایمنی در کارگاه‌های زیرزمینی علاوه بر کاهش خطرات تهدیدکننده زندگی انسان‌ها ازنظر اقتصادی نیز به نفع جامعه و منافع ملی است.

واژگان کلیدی: مطالب مفید ایمنی ، HSE ، حادثه ، تونل ، حفاری، ایمنی در فاز حفاری تونل

[1] نویسنده مسئول: کارشناسی ارشد، مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج، Mo.amir.dehqan@gmail.com

[2] گروه مهندسی عمران، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران، Aliaram172@yahoo.com

۱- مقدمه

در دو دهه‌ی اخیر، افزایش ملاحظه‌ای در تعداد پروژه‌های تونل سازی در جهان وجود داشته است. انتخاب سیستم نگهداری بهینه یک گام کلیدی در اجرای موفق پروژه‌های تونل سازی پایدارسازی توده سنگ اطراف تونل است . درواقع مهم‌ترین عامل مؤثر بر هزینه و ایمنی حفارهای زیرزمینی، سیستم نگهداری است.

طبیعت ناهمگن توده سنگ و اطلاعات محدود موردنیاز از آزمایش‌های صحرایی و یا آزمودن‌های آزمایشگاهی باعث می‌شود که اطلاعات طراحی همراه یا عدم قطعیت باشند . به‌طوری خاص پروژه‌های تونل سازی در معرض سطح بالایی از عدم قطعیت ناشی از شرایط ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی می‌باشند. لذا در مهندسی فضاهای زیرزمینی، منابع و حوادث ریسک عموما ناشی از عدم قطعیت ژئوتکنیکی یا خط (epistemic or aleotory) یا (intrinsic or implementary) خواهند بود. (Li, et .al.., 2015). در نتیجه، طراحی نامناسب سیستم‌های نگهداری باعث وقوع ریسک های غیرمنتظره‌ای همچون کاهش پایداری تول خواهند شد. برای جلوگیری از چنین مشکلاتی، مدیران موظف به اجرای برنامه‌های مدیریت ریسک ایمنی شناسایی کنترل و ارزیابی ریسک در پروژه‌های زیرزمینی هستند (fouladgar, et al.., 2012). بر این اساس، مدیریت ریسک ژئوتکنیکی به‌عنوان موضوع مهم در زمین‌شناسی مهندسی یا توجه به افزایش پیچیدگی و مقیاس پروژه‌های ژئوتکنیکی در سال‌های اخیر در حال گسترش است. (Connor L angford, et al..., 2016). روش‌های آنالیز مبتنی بر ریسک، سهم قابل‌توجهی در مدیریت ریسک پروژه‌های مهندسی پیچیده بدارند (Oian & Lin , 2016). بر اساس روش‌های کمی، ریز می‌تواند به‌عنوان مقدار در نظر گرفته شده و بر اساس روابط ریاضی تخمین زده شده و بیان شود (Marhavilas , et al.., 2011) بنابراین آنالیز ریسک احتمالی، شاید عمده‌ترین روش مورداستفاده در مهندسی سنگ و به‌طور کل مهندسی ژئوتکنیک است (Brow, 2012) بنابراین با توجه به اینکه معیار های زیادی در انتخاب سیستم نگهداری مناسب هم ازنظر فنی و هم ازنظر اقتصادی مؤثر هستند و از طرف دیگر روش‌هایی که برای طراحی نگهداری مورداستفاده قرار می‌گیرند عموماً بر اساس قضاوت‌های مهندسی و تجربه طراحان انجام می‌گیرد لذا امکان طراحی یک سیستم نگهداری یا شرایط مناسب و بهینه وجود ندارد بر همین اساس، با استفاده از یک رویکرد کمی ریسک برای پروژه‌های طراحی زیرزمینی، درک بهتری از احتمال نسبی خطرات مختلف که در طول ساخت‌وساز با آن مواجه خواهد شد را می‌توان به دست آورد و سیستم نگهداری را از هر دو منظر ایمنی و هزینه بهینه کرد.

تحقیقات متعددی درزمینه طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌های نگهداری تونل‌ها با استفاده از روش‌های مختلفی ازجمله روش‌های عددی، روش‌های تصمیم‌گیری بر مبنای روش‌های فازی و غیره انجام‌شده اما مفاهیم بهینه‌سازی سیستم نگهداری تونل، صرفاً بر اساس استفاده از روش آنالیز ریسک کمی کمتر موردتوجه محققان قرارگرفته است. در این زمینه می‌توان بامطالعه یو (You) همکاران اشاره کرد که در آن راه‌کاری برای تعیین الگوی بهینه نگهداری برای طراحی یک تونل بر اساس آنالیز ریسک کمی یا ترکیب براندیس قابلیت اطمینان مناسب معرفی‌شده است.

نویسندگانی در این مقاله به‌منظور برآورد هزینه‌های ساخت‌وساز و شکست تونل، از اطلاعات مربوط به هزینه‌های سیستم‌های نگهداری تونل‌های مشابه قبلی استفاده نمودند که این خود می‌تواند باعث ایجاد خطا در محاسبات مربوط به ریسک گردد. همچنین توزیع‌های مربوط به پارامترهای دارای عدم قطعیت بدون برآوردهای واقعی و تحلیل‌های آمار احتمالاتی نرمال فرض شده‌اند و میانگین و انحراف معیار واقعی پروژه‌های مربوط در دسترس نیستند. و درنهایت به‌منظور تعیین هزینه‌های مورد انتظار از شکست از تابع چگالی احتمال توزیع نرمال استفاده‌شده که در عمل کاربردی ندارد(You et el .., 2005) همچنین مطالعه در همین چارچوب توسط لانگ فورد (Langford) و همکاران بوده که در آن‌یک روش ریسک کمی بر اساس قابلیت اطمینان برای بهینه کردن سیستم نگهداری یک مقطع از تونل ارائه‌شده است (connor Langford et al .., 2016) به دلیل اهمیت طراحی مناسب سیستم‌های نگهداری، در این پروژه پژوهشی سیستم نگهداری بهینه با توجه به عدم قطعیت های مؤثر در انتخاب آن برای تونل انحراف آن سد شهریار با استفاده

از روش آنالیز ریسک کمی بر مبنای احتمالاتی ارائه‌شده است که درنهایت به توآن‌یک سیستم نگهداری ارائه کرد که هم ازنظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد و هم جنبه‌های فنی و ایمنی لازم را تأمین کند.

حوادث زمان ساخت تونل درگذشته به ازای هر ۸۰۰ متر طول تونل معمولا حیات یک نفر را به مخاطره می‌انداخت . امروزه افزایش آگاهی درزمینه احداث تونل منجر به بهبود شرایط کاری در کارگاه‌های زیرزمینی شده است بطوریکه آمار حوادث مرگبار و خطرناک به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش پیداکرده است. بدیهی است امروزه با گسترش ساخت‌وساز در کشور در راستای بهبود شرایط امن بری پرسنل فعال در کارگاه‌های زیرزمینی اعم از تونل کاران یا معدن کاران نیاز بیشتری احساس می‌شود. آگاهی از مراحل مختلف عملیات اجرایی ساخت تونل و شناسایی خطرات و حوادث بالقوه در همه مراحل به ایجاد شرایط امن برای فعالیت کارگزان در داخل تونل کمک مؤثری خواهد نمود.در این مطالعه با تعریف ایمنی و اهمیت آن نقش مهندس ایمنی و شرح وظایف آن در پروژه‌های عمرانی بخصوص در کارگاه‌های زیرزمینی نظیر احداث تونل ارائه‌شده و خطرات موجود رد طول عملیات ساخت تونل و موارد ایمنی موردنیاز جهت کاهش رخداد حوادث خطرناک موردبررسی بیشتر قرارگرفته است.

احتمالاً اولین تونل‌ها در عصر حجر برای توسعه خانه‌ها با انجام حفریات توسط ساکنان شروع شد. این امر نشانگر این است که آن‌ها در تلاش‌هایشان جهت ایجاد حفریات به دنبال راهی برای بهبود شرایط زندگی خود بوده‌اند. پیش از تمدن روم باستان، در مصر، یونان، هند و خاورمیانه تکنیک های تونل سازی دستی مورداستفاده قرار می‌گرفت که در اغلب آن‌ها از فرآیندهای مرتبط با آتش برای حفر تونل‌های نظامی، انتقال آب و مقبره‌ها کمک گرفته می‌شد. در ایران نیز از چند هزار سال پیش به‌منظور استفاده از آب‌های زیرزمینی، تونل‌های موسوم به قنات حفرشده است که طول بعضی از آن‌ها به ۷۰ کیلومتر و بیشتر می‌رسد.

مسئول ایمنی به‌عنوان ناظر و کنترل‌کننده عملیات و انطباق دادن با بندهای مندرج در آیین‌نامه و دیگر آیین‌نامه‌های مصوب شورای عالی حفاظت فنی تعیین می‌گردد، که با حضور و بازرسی توصیه‌ها و پیشنهادهای خود را جهت پیشگیری و رفع خطر تذکر داده و در صورت حساسیت موضوع آن را کتبا به مدیر کارگاه گزارش می‌نماید و در صورت تشخیص خطر حتمی برابر مقررات این آیین‌نامه تا رفع خطر نسبت به توقف عملیات در محل خطر اقدام نماید.

۲- مبانی نظری و پیشینه

با توجه به افزایش روزافزون تونل و سازه‌های زیرزمینی توجه به کیفیت و ایمنی این سازه‌ها در حین ساخت و بهره‌برداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است امروزه استفاده از فناوری‌هایی که در شرایط اضطراری و در مواجهه با خطرات و حوادث رخداده بتواند با خطرات احتمالی مقابله نماید امری است که توجه بسیاری از جوامع خصوصا ملل پیشرفته را به خود معطوف نموده است. تونل سازی در مناطق شهری بخصوص جهت استفاده در حمل‌ونقل عمومی به‌طور قابل‌توجهی در سال‌های اخیر افزایش‌یافته است . همزمان با حفاری بناهای زیرزمینی ازجمله تونل به علت تغییرات به وجود آمده در خاک، تعادل اولیه محیط اطراف تونل به هم می‌خورد که این امر می‌تواند منجر به ایجاد نشسته‌ای سطحی و زیرسطحی و جابجایی‌های افقی در محیط اطراف تونل گردد (موسیوند و بیات ، ۱۹۳۱). جابجایی‌های قائم به وقوع پیوسته در اثر حفاری تونل ، خصوصاً زمانی که تونل‌ها در خاک‌های نرم و فشرده شونده قرار دارند، می‌تواند قابل‌توجه باشد . بررسی بسیاری از محققان نشان داده است که اجرای سازه‌های زیرسطحی می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین چالش مهندسی عمران به شمار آید (Bernat and Cambou ۱۹۹۹; Chiles and Delfiner ۱۹۸۲; Attewell and Christian ۲۰۰۸, Liu et al ۱۹۹۸). ساخت تونل‌ها باید بدون خرابی سازه‌های قرارگرفته روی محل حفاری و یا سازه‌های زیرسطحی به انجام برسد. خلاصه‌ای از مرورهای به‌عمل‌آمده توسط محققان روی جابجایی‌های قائم سطح زمین به‌واسطه حفر تونل توسط , Phoon and ۱۹۹۹), Kulhawy ۲۰۰۶) and Baker et al. (۲۰۰۳) Baecher and Christian به انجام رسیده است . این در حالی است که روش‌های صورت گرفته جهت کنترل ایمنی تونل‌ها غالباً در سه بخش کلی زیر تقسیم‌بندی می‌شود: ۱- روش‌های تجربی، ۲- روش‌های مدل‌سازی آزمایشگاهی و ۳- روش‌های عددی (موسیوند، ۱۹۳۱). روش‌های تجربی عمدتاً برای رده‌بندی سن‌ها با مشخصات

ژئومکانیکی مشابه می‌باشند و می‌توان از این دسته‌بندها به‌عنوان مرجعی جهت بررسی ایمنی تونل و انتخاب پوشش مناسبی برای آن با استفاده از رده سنگی آن و بار واردشده به آن ، اقدام نمود (مدنی ۱۹۳۱). این روش‌ها پاسخ مناسبی برای زمینه‌ای دانه‌ای یا زمین‌های با خاک نرم نخواهند داشت . در روش‌های مدل‌سازی آزمایشگاهی با استفاده از مدهای کوچک‌مقیاس می‌توان وضعیت پایداری تونل یا سایر حفره‌های زیرزمینی را بررسی نمود. در این روش ، با استفاده از نسبت مقاومت سنگ یا خاک به تنش مؤثر آن ، می‌توان منحنی‌های ه تراز را رسم نمود؛ جاهایی که این نسبت کمتر از ۱ باشد خاک ناپایدار است . با استفاده از این مدل‌های آزمایشگاهی می‌توان ایمنی تونل را تحت بارگذاری‌های مختلف ، مورد بررسی قرارداد. البته در اینجا باید مسئله اثر مقیاس را نیز مدنظر قرارداد (مدنی ۱۹۳۱، Vermeer et al۲۰۰۲). مطالعات چندانی از این روش توسط محققان صورت نپذیرفته است. بیشتر محققان از روش مدل‌سازی فیزیکی جهت بررسی میزان نیست‌ها استفاده نموده‌اند و به پارامتر ایمنی تونل توجه خاصی ننموده‌اند. به دلیل مشکلات و عدم قطعیت های موجود در موارد فوق‌الذکر روش عددی در تعیین ایمنی تونل موردتوجه طراحان ژئوتکنیک قرار گرفت . در این روش که با استفاده از روش‌های عددی که عمدتاً توسط برنامه‌های کامپیوتری انجام می‌شود، با بررسی توزیع کرنش (تغییر مکان‌ها) یا توزیع تنش‌ها را در اطراف تونل‌ها، ایمنی تونل به دست آورده می‌شود. خلاصه‌ای از تحقیقات انجام‌شده توسط محققان مختلف در این زمینه ارائه‌شده است (ملکی، ۱۹۳۳، ۱۹۹۷ Carranza-Torres and Fairhurst) :

در صورت استفاده از توزیع تنش، پس از تعیین تنش‌های مختلف در اطراف تونل ، می‌توان مشخص ای موسوم به نسبت مقاومت بر تنش را در نقاط مختلف محاسبه کرد که این نسبت به‌سادگی از تقسیم مقاومت در هر نقطه بر تنش مؤثر هم نام آن به دست می‌آید (مثلاً نسبت مقاومت فشاری به تنش فشاری). برای کرنش (یا نرخ کرنش) نیز مسئله به همین صورت است. البته بعضی از محققین برای بررسی عددی پایداری با استفاده از مدل‌های عددی ازجمله مور–کولمب از رابطه استفاده نموده‌اند. مدل مور–کولمب ، مدل ارتجاعی–کاملاً خمیری می‌باشد؛ در این مدل تا زمانی که تنش برشی موجود در رابطه صدق کند، ماده به حالت ارتجاعی خواهد بود، ولی درصورتی‌که مقدار تنش برشی موجود بیشتر از رابطه ذکرشده باشد، خرابی در مصالح صورتم گیرد. با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ، می‌توان مقدار تنش مجاز را نیز به دست آورد در جهت تدقیق در روایت ایمنی تونل باید از مدل‌های دقیق‌تری جهت تحلیل استفاده شود. در این تحقیق با استفاده از یک مدل الاستوپلاستیک با سخت‌شوندگی همسان به مطالعه ایمنی تونل پرداخته می‌شود (موسیوند، ۱۹۳۱). مدل موردنظر قادر به شبیه‌سازی مسیرهای تنش پیچیده موجود در پدیده تونل سازی می‌باشد. جهت تحلیل تونل و همچنین تعیین ایمنی تونل با استفاده از دو مدل مور کولمب و همچنین مدل cjs پرداخته خواهد شد و مقایسه‌ای بین نتایج آن خواهد شد.

۳ -مدل رفتاری و پارامترهای مدل

در مدل‌سازی انتخاب مدل رفتاری نقش به یار مهمی دارد، چراکه میدان تنش – کرنش حاصل از تحلیل وابستگی زیادی به مدل رفتاری دارد. در دو دهه اخیر محققان مختلفی تلاش در جهت مدل‌سازی تونل با استفاده از روش‌های اجزای محدود و تفاضل محدود انجام دادند که از آن میان می‌توان به ;۲۰۰۰ Dias and Kastner, ۱۹۹۴ Shahrour and Ghorbanbeigi, ;۲۰۰۶ Meguid and Rowe, ۲۰۰۳ Mroueh and Shahrour, اشاره نمود. با توجه به توصیه‌های راهنمای FLAC برای حفاری تونل‌ها و مطالعات پیشین انجام‌شده توسط نویسنده تحقیق مدل رفتاری CJS انتخاب گردید. در مدل رفتاری به‌کاررفته در تحقیق حاضر برخلاف مدل‌های الاستیک –پلاستیک کامل ، مدل به‌صورت الاستوپلاستیک در نظر گرفته شده است. چنین ملاحظه‌ای این امکان را فراهم می‌سازد که از قابلی‌های یک مدل الاستوپلاستیک به‌خصوص جهت بیان خرابی، ارتباط غیرخطی و الاستو–پلاستیک تنش – کرنش و بیان رفتار اتساع – انقباض استفاده شود. این مدل ساده الاستوپلاستیک از زیر مدل‌های مدل CJS می‌باشد(۱۹۹۸; Maleki ۲۰۰۰ Maleki et al). این مدل دارای دو مکانیزم خمیری است . اولین مکانیزم برای بارگذاری‌های انحرافی فعال‌شده ، دارای یک قانون جریان غیر متحد و تحول سطح تسلیم آن توسط یک سخت‌شوندگی همسان صورت می‌گیرد. دومین مکانیزم مربوط به بارگذاری همسان است .

سطح تسلیم آن‌یک صفحه عمود بر محور هیدروستاتیک است و جزء کرنش با استفاده از قانون جریان متحد حاصل می‌شود. کلیه پارامترهای مدل دارای معنی فیزیکی مشخص بوده که به‌سادگی از نتایج آزمایش‌های معمول آزمایشگاهی قابل‌تعیین هستند (ملکی ۱۹۳۳).

سطح خرابی در این مدل به‌صورت زیر است:

که در آن نامتغیر دوم تانسور انحرافی نامتغیر اول تانسور تنش باشد . تابعی است که تغییرات شعاع سطح خرابی را در پلان انحرافی برحسب زاویه بود، مطابق رابطه زیر بیان می‌کند.

در این تحقیق با توجه به آن‌که هدف مدل کردن رفتار تابع زمان خاک‌هاست و با توجه به آنکه اثر زمان در خاک‌های رسی بیشتر ظاهر می‌گردد لذا اثر چسبندگی را به‌صورت زیر در معادله سطح خرابی واردشده است (ملکی ۱۹۳۳)$1lc$ پارامتری است که برحسب چسبندگی خاک به دست می‌آید و در شکل زیر سطح خرابی در پلان انحرافی و پلان تنش انحرافی برحسب تنش داده‌شده است.

۳- کلیات ایمنی در تونل‌ها

ایمنی و اثرات آن

حوادث و اتفاقات در مباحث ایمنی به دودسته کلی تقسیم می‌شوند :

- حوادثی که نمی‌توان از وقوع آن‌ها جلوگیری کرد .
- حوادث قابل پیش‌بینی که برای جلوگیری از رخداد یا کاهش خطرات آن باید هزینه صرف نمود.

به‌طورکلی علل رخداد هرگونه حادثه در کارگاه‌های عمرانی به شرح ذیل می‌باشد :

- تماس کنترل نشده شخص با مواد و ماشین‌آلات.
- شکست و خرابی بناهای موقت.
- خطرات ذاتی فعالیت‌های عمرانی نظیر استفاده از مواد ناریه.
- عدم رعایت موارد ایمنی یا کم‌دقتی افراد شاغل در کارگاه.

پرسنل کارگاه باید با علل فوق آشنا بوده و هرگونه قوانین، آیین‌نامه و دستورالعمل یا راهنمایی موردنیاز را که منجر به کاهش خطرات گردد، رعایت نماید. کاهش تعداد و درجه خطر حوادث کارگاهی علاوه بر کاهش مشکلات و هزینه‌های مرتبط با بیمه، معمولا منجر به کاهش دیگر هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم حادثه می‌شود. وقتی حادثه‌ای رخ می‌دهد، مجموعه‌ای از هزینه‌های آشکار و پنهان به شرح زیر به سیستم تحمیل می‌شود :

- هدر رفتن وقت مفید فرد صدمه‌دیده در طول درمان.
- توقف یا تأخیر کار تیمی که عضو آسیب‌دیده در آن فعال بوده است.
- مدت‌زمانی که امدادگر جهت کمک و مراقبت از فرد مصدوم صرف می‌کند.
- هزینه‌ها و زمان موردنیاز جهت بررسی‌ها و تهیه گزارش حادثه.
- دیگر هزینه‌های پنهان.

بنابراین تدوین و ارائه قوانین و آیین‌نامه و پیروی متعهدانه از آن‌ها در همه کارگاه‌ها، به‌خصوص در پروژه‌های تونل سازی، نه‌تنها امری اقتصادی بلکه یک وظیفه اخلاقی تلقی می‌گردد .

۳-۱- مهندسی ایمنی و برنامه ایمنی

برای پروژه‌ها و کارگاه‌های زیرزمینی، ضروری است پیمانکار نسبت به استخدام یک مهندس ایمنی باتجربه و آشنا به مشکلات خاص پروژه اقدام نماید. لازم است کارفرما و مشاور به‌صورت جداگانه فردی را به‌عنوان مهندس ایمنی جهت انجام بازرسی‌های ادواری و موردی از شرایط ایمنی کارگاه در نظر بگیرند.

مهندس ایمنی پیمانکار در گام نخست باید یک برنامه ایمنی مناسب برای کارگاه طراحی نماید. لازم است همه پرسنل متعهدانه برنامه ایمنی را پذیرا باشند. حتی توصیه می‌گردد که پیمانکار جهت تشویق و ایجاد انگیزه برای رعایت منظم تدابیر ایمنی، پاداش و جوایزی در نظر بگیرد. همه پرسنل باید درزمینه آشنایی با خطرات و رعایت نکات ایمنی آموزش کافی دیده باشند و لوازم محافظت‌کننده و اضطراری در نزدیک‌ترین مکان برای دسترسی آسان پیش‌بینی‌شده باشد. لازم است هنگام فعالیت پرسنل در کارگاه‌های زیرزمینی اقدام به ثبت منظم تعداد، نوع و مکان دقیق فعالیت آن‌ها در دفتر کارگاه انجام گیرد.

هنگامی‌که ۲۵ نفر یا بیشتر در یک کارگاه تونل فعالیت دارند، حضور دو یا حداقل یک نفر امدادگر آموزش‌دیده و دارای تجربه کافی درزمینه کمک‌های اولیه و در نظر گرفتن امکانات اولیه کمک‌رسانی به مصدومان الزامی است. بازرسی‌های ایمنی از کارگاه باید به‌طور منظم در هر شیفت کاری با کنترل تجهیزات و امکانات در نظر گرفته شده، انجام پذیرد.

۳-۲- ایمنی درتونل‌ها

محیط‌های کاری مخصوص ساخت فضاهای زیرزمینی، خطرات خاص و منحصربه‌فردی را دارا می‌باشند که پرسنل فعال در آن‌ها باید آگاهی‌های لازم را نسبت به این خطرات داشته باشند. این حوادث باید در برنامه ایمنی کارگاه شناخته شوند و پیش‌بینی‌های لازم ارائه گردد. سقف و دیواره‌ها و سینه کار در جبهه‌های کاری مختلف تونل باید به‌طور مداوم مورد بررسی قرارگرفته و اقدام به لق گیری مناسب و تحکیمات اولیه سنگ‌های ضعیف شود. لازم است پیچ سنگ‌ها با استفاده از آچارهای مناسب به‌طور مرتب مورد آزمایش قرار گیرند. قاب‌ها و دیگر نگهدارنده های مناسب باید به‌منظور جلوگیری از جابجایی و حرکت بلوک‌های سنگی، به‌طور اصولی و صحیح نصب شوند. نگهدارنده های آسیب‌دیده و تغییر شکل یافته در اسرع وقت تعمیر و یا تعویض شوند. صفحه‌ها و سپرهای نگهدارنده مناسب برای زمین‌های ضعیف و سست طراحی و مورداستفاده قرار گیرند. دیواره‌ها و نگهدارنده ها پس از انفجار در سینه کار، مرتب بازرسی شوند و نسبت به اصلاح سطوح آسیب‌دیده اقدام گردد.

۳-۳- حفاری

لق گیری سقف و دیواره‌های تونل قبل از شروع حفاری، توسط کارگر باتجربه به‌دقت انجام‌گرفته و با بازرسی‌های دقیق، از ایمن بودن شرایط نسبت به خطرات بالقوه اطمینان حاصل گردد. باید همه پرسنل از آگاهی کافی درزمینه خطرات ناشی از انفجارت قبلی و مواد ناریه باقیمانده و عمل‌نکرده، برخوردار باشند. و همچنین حفاری باید با دقت کافی انجام گیرد که منجر به‌اضافه حفاری نگردد که باعث افزایش هزینه و همچنین افزایش خطرهای احتمالی جهت اضافه حفاری گردد (عکس۱)

عکس۱: لق گیری (رگلاژ) و حفاری بعد از انفجار

از نزدیک شدن افراد به بوم دستگاه جام بو در زمان حفاری جلوگیری شود و فردی به‌جز اپراتور جام بو بر روی جامبوی فعال یا در حال حرکت باشد. ضروری است وقتی جام بو شروع به حرکت می‌کند با مراقبت‌های دقیق از تجهیزات، بوم دستگاه در موقعیت مناسب قرار گیرد. همچنین لازم است خطوط هوا، برق و آب در جبهه کاری مشخص‌شده باشند.

۳-٤- جابجایی و نگهداری مواد ناریه

علاوه بر دارا بودن تجربه کافی درزمینه کاربرد صحیح و ایمن مواد منفجره، آتش بار باید دارای گواهینامه و مجوز اشتغال نیز باشد. حمل‌ونقل مواد ناریه فقط با استفاده از ماشین مخصوص انجام پذیرد. اپراتور ماشین حمل مواد ناریه دقت لازم را اعمال نماید تا حمل و جابجایی مواد ناریه با پرسنل، مواد مصرفی، چاشنی و دیگر تجهیزات همزمان انجام نگیرد. حمل مواد ناریه با وسیله نقلیه مشخص و دارای تابلوی مخصوص و علائم هشداردهنده انجام‌گرفته و حداقل فواصل بین دینامیت و چاشنی‌ها بافاصله ۲۴ اینچ در زمان حمل رعایت گردد. وسیله نقلیه مورداستفاده برای حمل مواد ناریه در داخل تونل ازنظر سیستم الکتریکی مورد بازرسی دقیق قرارگرفته و نتایج حاصل از بازرسی‌ها در دفتر کارگاه ثبت گردد.

برخی از مواردی که باید در حین حمل مواد ناریه مورد توجه قرارگیرد شامل:

- در زمان حمل‌ونقل جابه‌جایی مواد ناریه ممنوع است.
- حمل مواد منفجره به میزان موردنیاز باید در کیسه برزنتی یا جعبه مخصوص صورت گیرد.
- جابه‌جا کردن مواد ناریه در داخل معدن و حمل آن از انبار به محل کار باید تحت نظارت آتشبار صورت گیرد.

۳-۵- انبار مواد ناریه و آتشباری

مواد ناریه بر اساس نوع کاربرد آن‌ها و با در نظر گرفتن آیین‌نامه (۲۹ CFR 181) انبار می‌گردد، انبار کردن مواد ناریه در کارگاه‌های زیرزمینی و در نزدیکی محل فعالیت کارگرها ممنوع می‌باشد؛ انبار دائمی مواد ناریه باید حداقل ۱۰۰ متر از محل فعالیت‌های کارگاهی، سازه‌هایی نظیر شفت‌ها و محل تردد پرسنل فاصله داشته باشد. از سیگار کشیدن و آتش روشن کردن در فواصل کمتر از ۱۵ متر از انبار مواد ناریه جلوگیری به عمل آید. مواد ناریه با توجه به انواع مختلف و کاربرد آن‌ها در انبار نگهداری می‌گردد. به‌طور مثال معمولا رعایت فاصله ۱۵ متری بین محل نگهداری چاشنی‌ها و دیگر مواد ناریه در انبار توصیه می‌گردد.

۳-۵-۱- همگام عملیات آتش‌بازی موارد زیر باید رعایت گردند:

- حمل مواد ناریه به محلی که کارگران هنوز مشغول چال زنی هستند ممنوع است.
- هر آتشبار می‌تواند یک نفر کمک داشته باشد ولی مسئولیت عملیات از هر حیث بر عهده آتش بار است.
- وسایلی که ممکن است در حین آتش باری آسیبی به آن‌ها وارد شود باید به نحو مناسبی محافظت شوند.

۳-۵-۲- ازجمله مقررات عمومی تونل‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بکار بردن مواد ناریه یخزده و فاسد ممنوع است.
- صلاحیت آتشبار باید توسط سازمان‌های مربوطه تائید شود.
- قرارداد مواد منفجره در مجاورت یخ، آب وآتش ممنوع است
- مقدار مواد ناریه وارده و صادره به انبار باید با ذکر دقیق زمان در دفتر مخصوص ثبت شود.

۳-۵-۳- ازجمله ایمنی در انبار موارد ناریه شامل:

- با کفش میخ دار نباید وارد انبار موارد ناریه شد.
- درب انبار مواد ناریه باید به سمت بیرون باز شود.
- صندوق مواد ناریه و چاشنی در داخل انبار باز نشود.
- نصب گرماسنج که حداقل و حداکثر درجه حرارت را در داخل انبار نشان دهد برای کنترل درجه حرارت ضروری است.

۳-٦- موارد ایمنی در زمان توقف کار

در زمان عدم فعالیت کارگاه‌های زیرزمینی لازم است الزامات کنترلی، حصارکشی و نصب علائم هشداردهنده صورت گیرد. در توقف‌های موقتی و کوتاه‌مدت حفاری تونل، ضروری است که سینه کار به‌خوبی تحکیم شود و بازرسی‌های متوالی در زمان توقف، از جبهه کار و شرایط سینه کار انجام بگیرد. در توقف‌های بلندمدت فعالیت‌های تونل زنی، لازم است که دیوارهایی محکم در سینه کار ایجاد گردد و دریچه‌ای برای خروج آب برای کاهش بار اعمال‌شده به دیواره از طرف سینه کار پیش‌بینی گردد.

کمک‌های اولیه

۳-٦-۱- تجهیزات

جعبه کمک‌های اولیه مقاوم تهیه و در مکان مناسبی در کارگاه نصب گردد. محتویات جعبه زیر نظر پزشک و با رعایت استانداردهای جهانی (صلیب سرخ) تهیه و همه بسته‌بندی‌ها باید دارای برچسب دستورالعمل باشند. قبل از رخداد هرگونه حادثه، تجهیزات مربوط به کمک‌های اولیه باید توسط مهندس ایمنی کارگاه حداقل به‌صورت هفتگی کنترل‌شده و اقلام مصرفی جایگزین شود. تجهیزات مناسب جهت حمل فرد مصدوم به یک پزشک یا بیمارستان به‌وسیله آمبولانس با سرویس‌دهی مناسب پیش‌بینی گردد. در آیین‌نامه نیویورک و بعضی از ایالات آمریکا به ازای هر صد نفر کارگر در یک کارگاه زیرزمینی پیش‌بینی یک تخت با البسه و لوازم مناسب جهت حمل فرد مصدوم توصیه‌شده است.

۳-٦-۲- حضور امدادرسان

ضروری است که یک فرد آموزش‌دیده و باتجربه جهت ارائه کمک‌های اولیه در کارگاه در دسترس باشد. تعداد این افراد و محل استقرار آن‌ها در کارگاه و نحوه دسترسی به آن‌ها بر اساس پیچیدگی‌های نوع فعالیت، حساسیت کار و نوع پروژه، توسط مهندس ایمنی تعیین می‌گردد.

۳-٦-۳- خدمات پزشکی

تدابیر لازم جهت دسترسی به یک پزشک و انجام مشاوره‌های لازم و ارائه کمک‌های ویژه در زمان آسیب‌دیدگی‌های خطرناک پیش‌بینی گردد. شماره تلفن پزشک، بیمارستان و آمبولانس برای استفاده در مواقع اورژانس، در مکان‌های مناسب در کارگاه نصب گردد.

۳-۷- تهویه

- حوادث ناگوار ناشی از انفجار در تونل‌ها در فواصل زمانی ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ در آمریکا منجر به تنظیم، تکمیل و ارائه آیین‌نامه ایمنی برای کارگاه‌های زیرزمینی به نام آیین‌نامهOSHA گردید. آیین‌نامه OSHA تعریف جامع و جداگانه‌ای برای انواع زمین‌های گازدار و زمین‌های با پتانسیل گازدار و غیر گازدار ارائه نموده و برای هرکدام رهنمودهای ایمنی ویژه‌ای ارائه می‌نماید. مدیریت پروژه باید از شرایط گازدار بودن طبقات زمین و خطرات بالقوه آن آگاهی کامل داشته و آیین‌نامه یا

دستورالعمل‌های مناسبی جهت ایجاد شرایط امن برای پرسنل صادر نماید .آزمایش‌های لازم به‌طور پیوسته جهت ارزیابی مقدار گازها در محل انجام‌گرفته و مقادیر مجاز برخی از گازها ارائه گردد.

- درصورتی‌که مقادیر گازهای سمی و قابل‌احتراق، یا گردوغبار و بخارت از یک و نیم درصد تجاوز کند، همه پرسنل باید محدوده موردنظر را ترک کنند تا در اسرع وقت اقدام مناسب جهت کاهش مقدار گازهای فوق به مقدار کمتر از یک درصد انجام گیرد؛ لازم است همه آزمایش‌ها و نتایج اقدامات در دفتر کارگاه ثبت شود.
- تجهیزات ردیابی و اندازه‌گیری مقادیر گازها لازم است مرتب موردبازنگری قرار گیرند. همه ردیاب‌ها هشداردهنده‌های سمعی و بصری داشته و اغلب خروجی دیجیتالی دارند.
- انتخاب تجهیزات موردنیاز جهت ثبت و کنترل مقادیر گازها با توجه به اهمیت و خطرات پروژه یکی از مهم‌ترین وظایف مهندس ایمنی کارگاه می‌باشد، سیستم تهویه تونل باید با توجه به نوع پروژه به‌صورت علمی، طراحی‌شده و به‌صورت جدی و مداوم مورد بازنگری و بازرسی قرار گیرد. اگر تهویه تونل به هر دلیل قطع گردد، باید تمامی کارگران به بیرون منتقل‌شده و قبل از شروع مجدد فعالیت ضروری است که یک فرد باتجربه جهت انجام بازرسی اولیه و ارزیابی خطرات احتمالی و کنترل کیفی هوای داخل تونل از محل کار بازدید نماید. به‌کارگیری هوای تازه در تونل و دیگر فضاهای بسته زیرزمینی به ازای هر نفر نباید کمتر از دویست فوت مکعب بر دقیقه باشد و در شرایطی که فعالیت توأم با تولید گردوغبار و گاز می‌باشد، سرعت جریان هوا کمتر از سی فوت در دقیقه نشود. پس از هر نوبت انفجار و قبل از شروع فعالیت‌ها باید تمامی گردوغبار ناشی از انفجار از داخل تونل به خارج منتقل گشود
- تمام قسمت‌های درونی تونل غیر از قسمت‌هایی که مسدود گردیده باید به‌وسیله گردش منظم هوای سالم تهویه شود به‌طوری‌که جریان هوا محسوس باشد. هوای تونل باید ازنظر گرما و رطوبت قابل‌تحمل بوده و همواره مقدار گردوغبار و گازهای مضر آن کمتر یا برابر حدمجاز باشد. همچنین کار کردن در محل‌هایی که هوای آن کمتر از ۱۹٪ اکسیژن داشته و یا تشعشع مواد رادیواکتیو آن از ۳۰۰ میکرو کوری در لیتر تجاوز نماید و یا میزان گازهای مضر از حد مجاز زیادتر باشد ممنوع است.

۳-۸- برق‌رسانی در تونل

- خدمات مهندسی برق در تونل بسیار حیاتی بوده و در صورت طراحی نامناسب برق‌رسانی در اکثر فعالیت‌ها اختلال ایجاد می‌شود. همه کابل‌های برق‌رسانی به داخل تونل باید کاملاً روکش شده و با پوشش‌های مقاوم به‌طور کامل پوشانده شوند. خطوط فشارقوی موردنیاز ماشین‌آلات حفاری از قبیل ROAD HEADER و TBM به‌صورت و جدا از دیگر خطوط پشتیبانی نظیر خطوط انتقال آب، هوا و تلفن (از دهانه تا سینه کار تونل) بوده و معمولا در سقف تونل نصب می‌گردند.
- ترانسفورماتورها در یک محدوده مجزا و دارای حصارکشی مناسب و مقاوم در برابر آتش مورداستفاده قرارگرفته و ژنراتورهای موردنیاز پروژه جهت تأمین برق اضطراری در صورت قطع برق سراسر از قبل تهیه و آماده‌به‌کار در کارگاه وجود داشته باشند.

۳-۹- خطرات آتش‌سوزی

تا حد امکان از حمل و به‌کارگیری مواد مشتعل و قابل‌احتراق در کارگاه‌های زیرزمینی به‌خصوص در داخل تونل‌ها، جلوگیری به عمل آید، به‌خصوص در جبهه‌های کاری که به روش انفجاری حفاری می‌شوند. موادی که پتانسیل بالایی برای احتراق دارند و مواد سوختی نظیر گازوییل نباید به داخل جبهه کاری منتقل گردند. از تجمع زباله‌های مختلف و قابل‌احتراق نظیر لاستیک‌های مستعمل ماشین‌آلات در محل کار ممانعت به عمل آید. در صورت استفاده از سوخت‌های دیزلی، روغن و گریس باید از بسته‌بندهای مناسب و محکم استفاده کرده و در شرایط ایمن و با رعایت فاصله مناسب از مناطق حساس نگهداری شوند. در صورت استفاده از کپسول یا سیلندرهای گاز، با رعایت شرایط ایمنی در داخل محفظه‌های محکم و مقاوم نگهداری شوند. موانع مقاوم به‌صورت صفحات حائل در شفت‌ها برای جدا

کردن محدوده‌ای که فعالیت جوشکار انجام می‌گیرد نصب گردد. یک شخص آتش‌نشان با تجهیزات مناسب در زمان جوشکاری و حتی پس از ۳۰ دقیقه از اتمام جوشکاری جهت انجام هرگونه اقدام مناسب در صورت بروز آتش‌سوزی در محل حضورداشته باشد.

۳-۱۰- مقررات ایمنی در شاتکریت

در این بخش عملیات شاتکریت در حفاری تونل را بیشتر بررسی می‌کنیم.

بتن پاشی یا شاتکریت از تکنیک های رایجی است که در بسیاری از عملیات اجرایی به‌ویژه در سازه‌های زیرزمینی مورداستفاده قرار می‌گیرد؛ اما نیازمند تمهیدات خاص زیست‌محیطی است. مشکلات مربوط به بتن پاشی را می‌توان به دودسته نکات حین اجرا و نکات پس از اجرا تقسیم کرد. دسته اول خود شامل سه بخش مخاطرات فیزیکی، مشکلات شیمیایی و مسائل مربوط به الکتریسیته ساکن است. در زمینه دومین دسته از مشکلات بتن پاشی نیز می‌توان به عدم پایداری در سنین کم، جراحات و سوختگی‌های پوستی و نیز آلودگی آب اشاره کرد. در این بخش از تحقیق تمامی این نکات مورد بررسی قرار گرفته و راه‌حل‌های مناسبی در هر زمینه ارائه‌شده است.

به هنگام استفاده از بتن پاشی در سازه‌های زیرزمینی نظیر تونل‌ها مانند بسیاری عملیات اجرایی دیگر، علاوه بر تسلط به مسائل فن باید به یک سری نکات ایمنی نیز توجه کرد. هرچند که استفاده از بتن پاشی در بسیاری از موارد به‌عنوان تکنیک ایده آل و شناخته‌شده، روزبه‌روز درحال‌توسعه است؛ عدم رعایت نکات ایمنی می‌تواند موجب بروز مشکلاتی شود که گاهی خطرناک‌اند. این نکات را می‌توان به دودسته نکات حین اجرا و نکات پس از اجرا تقسیم کرد.

۳-۱۰-۱- نکات حین اجرا

مخاطرات فیزیکی

اولین نکته‌ای که باید در هنگام اجرای بتن پاشی به آن توجه نمود، محافظت اپراتور از خطر عوامل فیزیکی است. اپراتور بتن پاش به‌طور مستقیم و بیش از همه در معرض گردوخاک و سنگدان‌های جهیده از سطح کار بوده و به دلیل محدودیت میدان دید ناشی از استقرار در یک محیط مرطوب و پر گردوخاک و احیاناً تاریک، در معرض خطر لیز خوردن نیز قرار دارد. از مهم‌ترین این مسائل، گردوغباری است که بیشتر در اجرای بتن پاشی به روش خشک به دلیل ایجاد جریان‌های گردابی قوی در نازل و متعاقباً اختلاط غیریکنواخت مخلوط سیمان و سنگدانِ با آب به وجود می‌آید. تغذیه دستی مخلوط بتن پاشی خشک به پمپ و سایر فرآیندهای دستی این عملیات نیز در به وجود آمدن گردوغبار در محیط کار دخیل‌اند. متأسفانه مطالعات آماری محدودی در رابطه با میزان این گردوغبارها به‌عمل‌آمده است. با این‌حال آزمایش‌ها انجام‌شده توسط ارنست ساتر که در کارگاه‌های مختلف صورت گرفته می‌تواند ایده‌هایی از میزان این آلودگی به دست دهد. بر اساس آزمایش‌ها وی از ۴/۴ تا ۹۴/۰ میلی‌گرم بر مترمکعب (به‌طور متوسط ۱۶ میلی‌گرم بر مترمکعب) ذرات کوچک‌تر از ۵ میکرون (۰/۰۰۰۲ اینچ) در مجاورت نازلمن و از ۱۰ تا ۸۴ میلی‌گرم بر مترمکعب (به‌طور متوسط ۱۴ میلی‌گرم برمترمکعب) از این ذرات در فضای ۲۰ تا۱۷۰ متری پیرامون وی وجود دارد. ازآنجاکه ۵٪ تا ۱۵٪ این ذرات را غبار سیلیس تشکیل می‌دهد، می‌توان دریافت که تنها سیلیس موجود در این فضا بیش از دو برابر حد مجاز معرفی‌شده توسط استانداردهای مربوطه است. با توجه به این مهم، لزوم استفاده از ماسک‌های تنفسی مخصوص مشخص می‌شود.

پرتاب سنگدان‌ها از سطح کار نیز می‌تواند متناسب با شدت برخورد و سرعت اولیه آن‌ها به‌طور متوسط تا فاصله ۱۵ متری خطرآفرین باشد. بدیهی است اصابت این ذرات به‌ویژه به چشم پرسنل، به جراحات خطرناکی می‌انجامد. لذا باید پرسنل را موظف نمود که از عینک و ماسک‌های شفاف تمام‌رخ که تمام سطح صورت را می‌پوشاند استفاده نمایند. متأسفانه به دلیل کاهش میدان دید و کثیف شدن مکرر این عینک‌ها و ماسک‌ها، رغبتی برای استفاده از آن‌ها وجود ندارد. بااین‌حال راه‌حل‌های مختلفی جهت برطرف نمودن این مشکل ابداع‌شده و مورد امتحان قرارگرفته، ولی نتیجه کافی از آن‌ها حاصل نشده است. تعبیه ورق‌های شفاف قابل تعویض بر روی ماسک

می‌تواند راه‌حل مناسبی باشد. در برخی از کارگاه‌ها با استفاده از اسپری آب هرچند لحظه یک‌بار ماسک اپراتور را پاک‌کرده و یا آن را تعویض می‌کنند. به‌غیراز دست‌وپا گیر بودن این روش‌ها، بار مالی ناشی از به‌کارگماری کارگری برای این کار را باید در نظر داشت.
مشکل دیگری که اپراتورهای شاتکریت زن با آن روبرو هستند، خطر لیز خوردن در سطحی است که به‌واسطه وجود خمیر شاتکریت ریخته شده از سطح کار و نیز جریان آب شاتکریت و یا آب‌های زیرزمینی بسیار لغزنده است. در این میان، میدان دید ضعیف ناشی از بخارآب و گردوغبار محیط نیز درازدست دادن تعادل اپراتور مؤثرند. افتادن اپراتورها علاوه بر شکستگی اعضای بدن می‌تواند خطراتی نظیر شکستن عینک و فرو رفتن خرده‌شیشه در چشم، پخش مستقیم شاتکریت به سروصورت افراد و غیره را نیز در برداشته باشد. این امر باعث می‌شود که حتی استرس روانی ناشی از این خطرات موجب خستگی زودرس پرسنل گردد. آنچه مسلم است اینکه آثار منفی این مسائل، مستقیماً در کیفیت بتن پاشی اجراشده بروز می‌کند. به‌عنوان‌مثال وقتی اپراتوری به دلیل کثیف بودن ماسک خود یا گردوغبار فراوان محیط، سطح کار را به‌خوبی نبیند، نمی‌تواند از تمامی امکانات و مهارت خود استفاده نماید. اکثر این مشکلات را می‌توان به کمک بوم حمال نازل، روبوت بتن پاش و به‌ویژه تریکسر برطرف کرد.

مخاطرات شیمیایی

سیمان به پوست حمله کرده و موجب سوختن آن می‌گردد. وجود مواد قلیایی زودگیر کننده در شاتکریت نیز می‌تواند به‌شدت امر بیافزاید و باعث سوختگی‌های خطرناکی گردد. این مساله در پوست کارگرآن‌که اغلب دچار خراشیدگی است، جدی می‌باشد. به‌علاوه ممکن است بخارت قلیایی بسیار خطرناکی در محیط اجرای بتن پاشی پخش گردد. طی آزمایشی که دریکی از تونل‌های در دست بتن پاشی در آمریکا به‌عمل‌آمده، با نصب ورقه‌های تورنسل (قرمزرنگ) در فواصل مختلف اپراتور و حتی در درون ماسک دهانی وی و سایر کارگران به نتایج جالب و درعین‌حال تکان‌دهنده ایی رسیدند. بعد از بیست دقیقه نه‌تنها ورقه‌هایی که در فاصله سه متری و در فضای آزاد قرار داشتند، بلکه حتی ورقه‌هایی که در درون ماسک‌های دهانی تعبیه شده بودند کم‌وبیش به رنگ آبی درآمدند. pH مربوطه نیز حدود ۱۱ برآورد شد. که کاملاً سوزاننده است. بنابراین محافظت و پوشش کامل افراد بسیار ضروری است. بااینکه اکثر افراد تمایل دارند که کاملاً پوشانده شوند، ولی متأسفانه از بعضی جزییات کار بی‌اطلاع‌اند. سیمان و مواد زودگیر کننده اطراف یقه پیراهن و گردنبند، دستبند، بند ساعت و غیره جمع شده و به دلیل تمرکز در یک نقطه می‌تواند حتی پوست‌هایی را که به کرم‌های حفاظتی آغشته شده باشند را بسوزانند. لذا بهتر است از لباس‌های آستین‌دار یکسره تا پنجه استفاده شود. حتی‌الامکان باید از افزودن دستی زودگیر کننده‌ها به مخلوط شاتکریت نیز خودداری نمود. به‌عنوان اصل کلی، بهترین محافظ کارگران، آموزش صحیح و در مرحله بعد استفاده از ماسک‌های دهانی مناسب و کرم‌های حفاظتی است. به‌علاوه استحمام و شستشوی روزانه لباس کار نیز ضروری است.

الکتریسیته ساکن

در بعضی مواقع، در هنگام استفاده از بتن پاشی خشک، یک شارژ الکتریسیته ساکن در بین لوله لاستیکی و نازل فلزی ایجاد می‌شود. این پدیده در مواقعی بیشتر روی می‌دهد که مخلوط خشک بوده و رطوبت نسبی کمتر از ۵۰٪ باشد. هرچند این مساله در شرایط معمولی چندان محسوس نیست، ولی صرف‌نظر از ناراحتی‌های احتمالی ایجاد شونده برای اپراتور می‌تواند موجب انفجار در یک محیط قابل اشتعال گردد. اغلب سنگدان‌های مرطوب و رطوبت نسبی هوا به حدی است که مانع از ایجاد الکتریسیته می‌شود. در صورت احساس خطر می‌توان از لوله‌های نیمه‌رسانا استفاده کرد.

۳-۱۰-۲- نکات پس از اجرا

معمولا اکثر افرادی که با بتن پاشی سروکار دارند، شنیده‌اند که بتن پاشی در پایداری سازه‌های زیرزمینی نقش بسیار مهمی دارد. متأسفانه این طرز فکر باعث شده که از بتن پاشی انتظار رفتاری معجزه‌آسا داشته و با خیال راحت، تقریباً بلافاصله پس از اجرا در زیر آن

رفت‌وآمد کنند. این مساله خصوصا در ۴ تا ۶ ساعت اول، بسیار خطرناک است، زیرا در این سن شاتکریت هیچ‌گونه مقاومت سازه ایی ندارد و نمی‌تواند به‌عنوان تکیه‌گاهی برای سنگ‌های روی خود و یا آویزه‌ای احتمالی زیرین عمل نماید. گزارش‌های مختلفی از خرابی شاتکریت، چه در سنین کم و چه در سنین بالا وجود دارد. چسبندگی کم شاتکریت با سطح کار با دلایل مختلف از قبیل وجود گردوخاک، روغن و ... می‌تواند یکی از عوامل خرابی در سنین کم باشد. به‌علاوه ممکن است سطح سنگ و یا هر سطح دیگری که تحت بتن پاشی قرار می‌گیرد به حدی خشک و اسفنجی باشد که با مکیدن آب شاتکریت موجب کاهش چسبندگی آن گردد. بررسی علل خرابی شاتکریت در سنین بالاتر کمی مشکل‌تر است. از دلایل اصلی این نوع خرابی می‌توان به عدم اجرای کامل شاتکریت بطوریکه به‌صورت یک سازه کامل عمل کند، اشاره نمود.

به‌عنوان‌مثال اگر در جداره تونل‌ها یک قوس کامل از شاتکریت اجرا نگردد، می‌تواند به ناپایداری آن بی انجامد. وجود مواد زود گیر کننده در شاتکریت نیز ممکن است سوای مشکلات ذکرشده به اشکالات پس از اجرا منجر شود. ازجمله افرادی که اقدام به نمونه‌گیری دستی و یا کرگیری در سنین مختلف می‌کنند، از سوزش پوست شکایت دارند. از این نوع سوختگی‌ها در عملیات کرگیری که بعد از گذشت دو سال از اجرا صورت گرفته نیز دیده‌شده است. لذا پرسنل آزمایشگاهی هم باید از همان تدابیری که برای سایر پرسنل توصیه گردید، پیروی کنند. نکته دیگر در رابطه با آبی است که در اثر اجرای شاتکریت حاوی زود گیر کننده در پای‌کار(خصوصا در تونل‌ها) جمع شده و در صورت ورود به کفش و چکمه افراد می‌تواند موجب ضایعات پوستی گردد. از طرف دیگر تخلیه مستقیم این پس آب‌های قلیایی(که حاوی مواد ریز معلق هم هستند) به داخل نهرها و رودخانه‌ها به دلیل تأثیر منفی که بر اکوسیستم دارند، ممنوع است. یک‌راه‌حل عملی این مسئله عبور دادن این پساب‌ها از داخل حوضچه‌های حاوی محلول آهک و زاج سفید است که علاوه بر تسریع لخته سازی و ته نشینی مواد معلق می‌تواند pH آب را تا حد مجاز ۸/۵ و یا حتی کمتر کاهش دهد. همچنین باید از تخلیه پرت بتن پاشی در داخل مسیر رودخانه و مسیل‌ها که ممکن است موجب ایجاد آلودگی در پایین‌دست گردد، خودداری نمود. افزودن الیاف خصوصا الیاف فلزی به شاتکریت نیز علی‌رغم تأثیرات مثبت آن بر روی تاب کششی، معضلاتی به همراه دارد. ازجمله سطح نهایی کار چیزی شبیه به جوجه تیغی شده و در صورت برخورد افراد با آن می‌تواند به جراحاتی بیانجامد و نیز جمع‌آوری پرت شاتکریت از روی زمین کمی مشکل می‌گردد. پیشنهاد می‌گردد به نصب موقت ورقه‌های قیراندود بر سطح کار از خطر بروز این‌گونه جراحات کاست.

٤- مطالب و آیین‌نامه‌های کاربردی در حفاری انواع تونل‌ها:

روش تحقیق:

"آیین‌نامه ایمنی در تونل سازی"

هدف و دامنه کاربرد: این آیین‌نامه به استناد ماده ۸۵ قانون کار، به‌منظور صیانت از منابع انسانی و مادی کشور و پیشگیری از حوادث ناشی از کار در کارگاه‌های تونل سازی به‌غیراز معادن تدوین‌شده است.

تعاریف: در این آیین‌نامه اصطلاحات زیر در معانی مشروح ذیل به کار می‌روند:

الف) شخص دارای صلاحیت: منظور شخص آموزش‌دیده بامهارت فنی، تجربه و توانایی لازم به‌منظور شناسایی، ارزیابی و کنترل مخاطرات عملیاتی در محیط کار است که حسب مورد، وظایفی شامل پایش هوا، بررسی وجود آلاینده‌ها، پایداری و استحکام زمین، تجهیزات و ماشین‌آلات و همچنین شناسایی موارد نقص احتمالی و رفع آن‌ها را عهده‌دار است و توسط کارفرما بکار گرفته می‌شود.

ب) مسئول ایمنی: فردی است که وظیفه نظارت و هماهنگی امور مرتبط با ایمنی و حفاظت فنی حین عملیات اجرایی را عهده‌دار است.

پ) چاه: گذرگاهی است برای دسترسی و ارتباط از سطح زمین به مکانی معین زیر سطح زمین، که با زاویه بیش از ۱۸ درجه نسبت به افق حفر می‌شود.

ت) تونل: حفاری در زیر سطح زمین که به‌صورت افقی یا تقریباً افقی انجام می‌شود.

ث) شرایط اضطراری: وضعیت غیرقابل‌انتظار و بدون برنامه‌ریزی با منشأ طبیعی یا انسانی نظیر سیلاب، زلزله، انفجار، آتش‌سوزی، نشت گاز، ریزش، رهایش گاز و نظایر آن‌ها است که می‌تواند باعث بروز خسارات جانی و مالی گردد.

ج) سولفید هیدروژن: گازی سمی و آتش‌زا است که در صورت تجمع بیش‌ازحد آن در یک ناحیه و تجاوز از حد پایین اشتعال یا انفجار می‌تواند منجر به آتش‌سوزی شود.

چ) گازمتان: گازی بی‌رنگ، بی‌بو و قابل اشتعال که ماده اصلی تشکیل‌دهنده گاز طبیعی است و به‌عنوان سوخت مورداستفاده قرار می‌گیرد.

ح) گاز منوکسیدکربن: گازی است که براثر سوختن ناقص کربن به وجود می‌آید و سمی ، بی‌رنگ، بی‌بو و از هوا کمی سنگین‌تر است.

خ) حد پایین انفجار: کمترین غلظت درصد از یک گاز یا بخار که در صورت تماس یا مواجهه با منبع ایجاد احتراق (مثل جرقه، شعله روباز یا گرما) منفجرشده یا مشتعل می‌شود.

د) پذیرگاه: محل توقف، بارگیری و تخلیه واگن ها و انجام وظایف مختلف زیرزمینی که معمولاً در محل ارتباط با چاه قائم یا چاه مایل در زیرزمین احداث می‌شود.

ذ) عملیات امداد نجات: به مجموعه اقدامات و فعالیت‌ها در حین حادثه باهدف امدادرسانی برای رهاسازی و نجات مجروحان و مصدومان گرفتار درصحنه آسیب گفته می‌شود.

ر) حدود مجاز مواجهه شغلی: مقادیر مجاز قابل‌قبول عوامل مخاطره‌آمیز شغلی است که میزان آلاینده‌ها و عوامل زیان‌آور با آن سنجیده می‌شود.

۵- تحلیل و بحث و بررسی:

شخص دارای صلاحیت باید قبل از شروع هر نوبت‌کاری نسبت به بررسی میزان پایداری و استحکام خاک در نواحی سقف و دیواره‌های جبهه کار اقدام نماید.

تبصره ـ رعایت اقدامات حفاظتی هنگام بررسی این مناطق به‌منظور حفاظت شخص دارای صلاحیت در برابر ریزش سنگ‌های لق و بسترهای خاک قابل رانش الزامی است.

تحکیم بسترهای ناپایدار خاک توسط سازه‌های نگهبان و پشتیبان در داخل تونل برای پیشگیری از رانش و ریزش خاک الزامی است.

بررسی عملکرد ایمن سامانه نگهداری و پیچ سنگ ها با توجه به شرایط زمین و فاصله از منابع ناپایداری به‌صورت مستمر توسط شخص دارای صلاحیت با آچارهای مخصوص (دارای گشتاورسنج) الزامی است.

حفاظت کارگران برای جلوگیری از خطر ریزش و رانش زمین هنگام نصب سامانه‌های تحکیم و نگهداری الزامی است.

مجموعه سامانه نگهداری باید به‌گونه‌ای نصب شود که تکیه‌گاه نگهدارنده ها به‌قدر کافی مقاوم بوده تا از لنگر وارده ناشی از فشار زمین جلوگیری کرده و از محل خود خارج نشود؛ پیش‌بینی نصب سریع مهارهای جانبی بین تجهیزات نگهداری مجاور برای اطمینان از مقاومت و پایداری بیشتر ضروری است.

زمین‌های تخریب‌شده یارانشی که باعث ایجاد شرایط خطرناک می‌شوند باید به‌سرعت، به سامانه نگهدارنده مجهز شده و در صورت خرابی سامانه یا نقص فنی آن، اصلاح، ترمیم یا تعویض شوند. هنگام تعویض سامانه نگهدارنده، قبل از برداشتن سامانه‌های آسیب‌دیده، باید نگهدارنده های جدید نصب شوند.

نصب سپر حفاظتی یا هر نوع سازه نگهبان و پشتیبان حفاظتی برای تأمین ایمنی مسیر تردد کارگران در نواحی ناپایدار و یا در هنگام عملیات تعمیر و نگهداری، پیش از شروع عملیات الزامی است.

کارفرما باید نسبت به بررسی میزان پایداری بستر خاک به‌منظور جلوگیری از ناپایداری محتمل بر فرونشست ناشی از شسته شدن خاک براثر آب‌های روان سطحی یا زیرسطحی اقدام به پر نمودن بخش‌های نشست کرده بستر خاک نماید؛ یا با ایجاد موانعی در مسیر آب‌های روان سطحی یا زیرسطحی، مانع از رسیدن آب به مناطق خطرناک شده و با نصب علائم هشداردهنده دیداری و شنیداری از ورود افراد به داخل منطقه خطر جلوگیری به عمل آورد.

قسمتی از پیچ سنگ‌ها که بیرون از سنگ باقی می‌ماند و همچنین مهره‌ها و واشرها باید پس از نصب و کشش پیچ سنگ‌ها، با یک ترکیب محافظ پوشش داده شود.

در صورت ضعف میل مهار یا پیچ سنگ برای تحکیم تونل، باید با حفر چال جدید در کنار مهار پیشین، نسبت به نصب میل مهار اضافی و ایمن‌سازی محیطی اقدام نمود.

پیچ سنگ باید به مدت ۴۸ ساعت پس از نصب، در مقابل هرگونه ضربه و فشار محافظت شود .

کلیه میل مهارهای موجود در محدوده ۱۰ متری از موضع انفجار، پس از سپری شدن ۴ ساعت از عملیات انفجار در تونل باید به م فصل نور شناسایی ضرورت تحکیم مجدد تحت آزمایش کشش یا پیچش قرار گیرند .

۵-۱- چاه

محل‌های تردد کارگران در دهانه ورودی چاله‌ها و چاه با عمق بیش از ۲/۱ متر (یک متر و بیست سانتیمتر) باید توسط یک پوشش فولادی، لوله بتونی، الوار، سنگ سخت یا سایر مواد مناسب مستحکم، مقاوم‌سازی و مسدود شوند.

تمام طول مسیر حفاری چاه غیراز بخش‌های عبوری از سنگ سخت و پایدار باید به‌خوبی مهاربندی‌شده و حفظ و نگهداری شود. زمانی که چاه از میان سنگ سخت و مقاوم عبور می‌کند و احتمال برش خاک و سنگ محتمل است؛ مهاربندی باید حداقل به طول ۵/۱ متر (یک متر و پنجاه سانتی‌متر) داخل سنگ سخت برای تأمین پایداری، ادامه داشته باشد.

نصب پوشش حفاظتی مناسب و مهاربندی اطراف چاه به طول تقریبی یک متر بالاتر از سطح دهانه چاه الزامی است.

تبصره ـ چنانچه ارتفاع پوشش حفاظتی دور دهانه چاه به ۳/۰ متر (۳۰ سانتیمتر) کاهش یابد، باید یک نرده حفاظتی استاندارد با تأمین پاخور ۳/۰ متری (۳۰ سانتیمتر) در محیط اطراف دهانه چاه نصب شود و با استفاده از شیب --بندی در اطراف دهانه ورودی چاه، از ورود مایعات به داخل دهانه جلوگیری به عمل آید.

کارفرما مکلف به به‌کارگیری شخص دارای صلاحیت به‌منظور اطمینان از استحکام دیواره، نردبان، الوار، بلوک یا گوه‌های ناپایدار پس از اتمام عملیات آتشباری در چاه است و شخص مذکور در صورت مشاهده نقص باید در اسرع وقت نسبت به اطلاع‌رسانی به واحد تعمیرات جهت رفع نقص، قبل از ورود کارگران اقدام نماید.

پیش از شروع انفجار به‌منظور جلوگیری از برق‌گرفتگی باید سیم‌های انتقال جریان انفجار از خطوط برق، لوله‌ها، ریل‌ها و دیگر مواد رسانا مجزا شوند.

۵-۲- حفاری

- قبل از استفاده از تجهیزات حفاری، اپراتور دستگاه به‌عنوان شخص دارای صلاحیت باید نسبت به بررسی و رفع نواقص فنی و ایمنی احتمالی آن‌ها اقدام نماید.
- پیش از اقدام به حفاری باید محل حفاری در خصوص خطرات احتمالی بررسی و شناسایی شود.
- جابجایی و انتقال ماشین حفاری به محل دیگر منوط به تثبیت ایمن بوم و دکل حفاری و کلیه ابزارها و تجهیزات مجاز است.
- استقرار کارگران در زیر بازو و سبد جام بو دریل در هنگام کار ممنوع است.
- قبل از اقدام به حفاری باید از بسته شدن کامل سر مته روی راد حفاری (میله حفاری) اطمینان حاصل نمود.

- تعبیه ظروف یا قفسه‌های ایمن برای نگهداری سرمته روی ماشین جام بو دریل (ماشین چال زنی تونلی) الزامی است.
- حفاری توسط جام بو دریل فقط پس از تثبیت و مهار به‌وسیله جک‌های آن مجاز است.
- به‌منظور دسترسی به جایگاه اپراتور ماشین جام بو دریل با ارتفاع بیش از ۳متر، تعبیه یک‌راه پله ایمن با پهنای حداقل ۴۵ سانتی‌متر برای تردد اپراتور الزامی است.
- استقرار و سوارشدن افراد متفرقه بر روی دستگاه حفاری ممنوع است.
- تعمیر ماشین حفاری فقط در حالت توقف کامل دستگاه مجاز است.
- تردد و کار روی سطوح دستگاه حفاری جام بو باید به نحوی انجام پذیرد که مانع از لغزش و سقوط اشخاص از روی عرشه جام بو دریل گردد.

اهرم‌های سرکج مخصوص لق گیری سنگ باید در محل استقرار در دسترس بوده و در شرایط ایمن نگهداری شوند.
در صورت استفاده از تجهیزات باربرداری مکانیکی قدرتی برای برداشت سنگ حاصل از آتش باری که احتمال وجود مواد منفجره عمل نکرده در آن است؛ کارگران درون چاه باید با موانع مناسب از بروز احتمال انفجار ناخواسته حفاظت شوند.
نصب علائم هشداردهنده و احتیاطی مبنی بر اعلام «کانال تهویه هوا» که توسط آب یا سنگ و خاک پوشانده شده است، الزامی است.
حفر چال مجدد در ته چال باقی‌مانده از انفجار قبل ممنوع است.

۵-۳- کشنده‌ها

عامل انجام کار (اپراتور) در تجهیزات کشنده به‌عنوان شخص دارای صلاحیت، باید تجهیزات موتوری مذکور را قبل از شروع هر شیفت کاری و بعد از تعمیرات، به‌منظور اطمینان از صحت عملکرد آن‌ها موردبررسی قرار دهد.
نقص‌های فنی تجهیزات عملیاتی که بر ایمنی محیط کار مؤثر است باید قبل از راه‌اندازی ماشین رفع شوند.
تجهیزات حمل‌ونقل قدرتی مورداستفاده در عملیات تونل-سازی باید از سامانه توقف مناسب و ایمن برخوردار باشند.
تجهیزات کشنده متحرک قدرتی نظیر قطارها، باید از تجهیزات هشداردهنده فعال مناسب برای هشدار به کارگران برخوردار باشند.
اپراتور باید علائم هشداردهنده شنیداری خودرو را قبل و هنگام حرکت تجهیزات کنترل نماید.
نصب تجهیزات روشنایی مناسب در ابتدا و انتهای وسیله نقلیه الزامی بوده و عامل انجام کار مکلف است از صحت و سلامت سامانه روشنایی ماشین و کشنده خود مطمئن باشد.
تجهیز نوار نقاله شیب‌دار به ترمز یا ابزار بازدارنده از حرکت معکوس الزامی است.
سوارشدن کارگران بر نوار نقاله ممنوع است، مگر این‌که آن وسیله به‌طور خاص برای حمل‌ونقل اشخاص طراحی‌شده باشد.
جابجایی افراد فقط با بالابر مخصوص حمل نفر مجاز است.
سوارشدن کارگران بر تجهیزات حمل‌ونقل تونلی بدون صندلی سرنشین که وی را از ضربه، برخورد با تجهیزات و سطوح دیگر محافظت کند، ممنوع است.
رها نمودن تجهیزات کشنده در حالت روشن ممنوع است و هنگام توقف وسایل کشنده باید کلید اصلی در وضعیت خاموش و دنده در حالت خلاص و ترمزهای وسیله کشنده فعال شوند و احتیاط‌های لازم برای جلوگیری از حرکت آن در وضعیت توقف و خاموش انجام گیرد.
در صورت استفاده از مسیر ریلی به‌منظور مدار بازگشت کالسکه[۸]، هردو ریل راه‌آهن باید در هر مفصل متصل شده و در فواصل ۶۰ متری به یکدیگر مرتبط گردند.

هنگام تخلیه دستی ماشین‌ها، آن‌ها باید به متعلقاتی از قبیل زنجیرهای قلاب‌دار، مسدودکننده‌ها، یا دیگر وسایل قفل کننده یا نگهدارنده برای جلوگیری از واژگونی ماشین مجهز باشند.

مهار ایمن تجهیزات و بار هنگام حمل با ماشین‌آلات به منظور ممانعت از لغزش و واژگونی الزامی است.

تجهیزات متحرک نظیر تجهیزات ریلی و بالارونده، برای اتصال دستی به یکدیگر یا انجام کار باید متوقف شوند.

استقرار کارگران بین تجهیزات در حال حرکت یا در حال کار ممنوع است.

تعمیر، نگهداری و سرویس قسمت‌های گردنده و در حال چرخش ماشین یا لوکوموتیو در هنگام کار دستگاه ممنوع است.

در شرایطی که لوکوموتیو درشیب (بیش از یک درصد) در حال حرکت است، باید علاوه بر اتصال‌دهنده‌های اصلی واگن ها، از زنجیرها و سایر اتصالات ایمن کمکی نیز استفاده شود.

برای جلوگیری از حرکت ناخواسته لوکوموتیو روی ریل باید تجهیز ریلی در وضعیت پارک قرارگرفته و با ترمزهای مناسب تثبیت شوند.

مسدودکننده یا تجهیزات متوقف کننده معادل آن باید در انتهای مسیرهای بدون استفاده قرار گیرند.

۵-٤- ایمنی برق

خطوط تأمین برق باید از مسیرهای جریان آب، تلفن، کانال‌های تهویه هوا یا سایر مواد هادی و رسانا که باعث خرابی منابع تغذیه می‌شوند، مجزا و عایق‌بندی شوند.

استفاده از ترانسفورماتور روغنی مشروط به محصور نمودن در محفظه مقاوم در برابر حریق و عایق‌بندی آن در برابر آب بلامانع است.

۵-۵- جرثقیل و بالابرها

جابجایی مواد، ابزار و لوازم در داخل قفس[(محفظه بالابر) در داخل چاه‌ها باید به نحوی انجام پذیرد که با پایداری و ثبات کامل انجام گیرد و مانع از سقوط آن‌ها به داخل چاه شود.

نصب چراغ گردان هشداردهنده مناسب، برای هشدار به کارگران در ابتدا و انتهای چاه در هنگام انتقال بار ضروری است.

قبل از شروع هرگونه عملیات تعمیر و نگهداری در چاه باید اپراتور و سایر افراد در محیط کارگاه از عملیات مطلع شده و اقدامات ایمنی انجام گیرد.

نصب علائم هشداردهنده مناسب در دهانه ورودی چاه و پذیرگاه زیرسطحی زمین در هنگام کار الزامی است.

اتصال بین کابل بالابر و قفس یا کابین باید از نوع سیم بکسل و سازگار با سامانه بالابر باشد.

اتصالات بار و کابین به سیم بکسل (کابل فولادی) بالابر باید طوری ساخته‌شده باشد که نیروی کششی بالابر، ارتعاش، عدم تعادل، نیروی بالابر یا ضربه به اتصال، باعث رها شدن و قطع اتصال نگردد.

تبصره ـ استفاده از ضامن یا شیطانک قلاب، برای تأمین اتصال موردنظر ذکرشده در این ماده مجاز نیست.

جرثقیل باید به یک کلید کنترل محدودکننده برای جلوگیری از بارگیری بیش‌ازحد مجاز و مسافت جابجایی در نوک بازو مجهز شده باشد.

تبصره ـ کلیدهای محدودکننده فقط برای محدود کردن بار در هنگام نقص عملکرد پیش‌بینی‌شده است و نباید به‌عنوان جایگزین سایر کنترل‌های عملیاتی استفاده شوند.

در بالابرهایی که به‌طور مشترک برای حمل نفر و بار استفاده می‌شوند، باید میزان سرعت حمل نفر و مواد به تفکیک و به‌وضوح مشخص باشند.

حمل بار و اپراتور به‌طور همزمان در داخل قفس فقط با تثبیت کامل بار و امکان کنترل حرکت بالابر از داخل کابین مجاز است.

سرعت آسانسور حمل بار نباید از حد مجاز طراحی تجاوز نماید.

در صورت استفاده از شیشه در آسانسور باید شیشه از نوع نشکن یا حفاظت‌شده باشد.

هر بالابر باید به حداقل یک کپسول اطفای حریق از نوع پودر خشک شیمیایی مجهز باشد.

کنترل‌های عملیاتی بالابر باید در دسترس اپراتور قرار داشته و امکان توقف سامانه در شرایط عادی و اضطراری فراهم باشد.

استفاده از کلیدهای محدودکننده دامنه جابجایی بار در مسیر حرکت به‌عنوان کلید فرمان ممنوع است.

پیش‌بینی امکان برقراری ارتباط صوتی ایمن و مناسب در هر ایستگاه الزامی است.

ضریب اطمینان یا برگ خرید ایمنی سیم بکسل باید حداقل ۶ برابر حداکثر ظرفیت مجاز بالابر در نظر گرفته شود.

بازرسی چشمی ابزار و تجهیزات باید توسط اپراتور به‌صورت هفتگی انجام گیرد.

به‌منظور اطمینان از عملکرد صحیح و شرایط ایمن تجهیزات و ملحقات بالابر باید پس از نصب و اتمام فرآیند مونتاژ دستگاه، بازرسی و آزمودن بار بر اساس ۱۰۰درصد نرخ ظرفیت دستگاه انجام پذیرد.

آزمودن بار و بازرسی شرایط ایمن تجهیزات و ملحقات بالابر در مواقع ذیل الزامی است:

الف) در زمان نصب به استناد ماده ۸۹ قانون کار،

ب) در حین بهره‌برداری، پس از هرگونه تعمیر و یا تغییرات مؤثر بر ساختار و سازه بالابر،

پ) آزمودن سالانه در حین بهره برداری،

ت) پس از عملکرد تجهیزات ایمنی در شرایط اضطراری.

کارفرما باید نسبت به ثبت و نگهداری گواهی‌نامه ایمنی ادواری بالابر مشتمل بر مفاد زیر اقدام نماید:

الف)تاریخ آزمودن بار و بازرسی از بالابر،

ب) امضای شخص دارای صلاحیت برای انجام آزمودن و بازرسی،

پ) شماره سریال با سایر مشخصات فنی بالابر،

ت) نگهداری گواهی‌نامه ایمنی و سلامت دستگاه در پرونده مخصوص دستگاه.

قبل از راه‌اندازی عملیاتی بالابر حمل نفر و یا مواد و پس از هرگونه تعمیرات باید آزمودن راه‌اندازی انجام پذیرد.

سامانه درام بالابر باید حداقل به دو متوقف کننده مکانیکی و الکتریکی با توانایی توقف بالابر پس از طی مسیر حداکثر ۵/۱ متر (یک متر و پنجاه سانتیمتر) مجهز باشد.

تمام جوانب کابین حمل کارگران باید به‌وسیله توری مقاوم با اندازه چشمی ۱۳ میلی‌متری تا ارتفاع ۸۵/۱ متر (یک متر و هشتادوپنج سانتی‌متر) محصورشده باشد.

استفاده از بالابر به‌عنوان جایگاه کار در ارتفاع، مشروط به عدم جابجایی آن و حفاظ گذاری تا ارتفاع یک متر مجاز است.

کابین بالابرهای حمل نفر باید به سپر حفاظتی از جنس ورق فولادی باضخامت حداقل ۵/۴ (چهار و نیم) میلی‌متر یا مواد معادل با مقاومت مشابه و همچنین قفل مکانیکی درب کابین، مجهز باشد.

پوشش سپر بالابرهای حمل نفر باید شیب‌دار و جهت شیب آن به سمت خارج پیش‌بینی گردد، به‌نحوی‌که امکان خروج اضطراری با فشار آن به سمت بالا برای کارگر فراهم شود.

ابعاد سپر حفاظتی باید از سقوط اجسام از اطراف چاه جلوگیری و از شخص محافظت نماید.

کنترل‌های بالابر برای انجام فرآیندهای عملیاتی باید به‌آسانی در دسترس اپراتور باشد تا وی بتواند سریعاً در شرایط اضطراری نسبت به قطع سامانه اقدام نماید.

۵-٦- امداد و نجات

پیش‌بینی و تهیه برنامه عملیاتی امداد و نجات در شرایط اضطراری و ثبت و نگهداری مستندات آن در کارگاه توسط کارفرما الزامی است.

حضور دائم حداقل یک کارگر خارج از تونل به‌منظور کنترل و شمارش دقیق ورود و خروج اشخاص و ثبت اسامی و اطلاع‌رسانی سریع به گروه امداد و نجات در شرایط اضطراری الزامی است و ارجاع هرگونه کار متفرقه به وی ممنوع است.

کارگاه‌های با اشتغال تا ۲۵ نفر کارگر در داخل تونل، باید یک گروه ۵ نفری امداد و نجات موظف، دارای صلاحیت از مراجع قانونی داشته باشند؛ در صورت افزایش تعداد کارگران شاغل در داخل تونل، به ازای هر ۲۵ نفر شاغل در زیر سطح زمین حداقل یک گروه ۵ نفری غیرموظف به گروه قبلی اضافه خواهد شد؛ گروه‌های مذکور باید در فاصله زمانی حداکثر ۳۰ دقیقه از جبهه کار، مستقر شوند.

تبصره۱ـ کارفرما مکلف است، نسبت به تدوین برنامه عملیاتی امداد و نجات و آموزش اعضای گروه با اصول مبارزه با حریق، مخاطرات ریزش احتمالی تونل، استفاده از دستگاه تنفسی و تجهیزات مرتبط اقدام نماید.

تبصره۲ـ صلاحیت افراد گروه امداد و نجات باید توسط مراجع دارای صلاحیت به‌صورت سالانه مورد ارزیابی و تائید قرارگیرد.

حفظ آمادگی اعضای گروه امداد و نجات از طریق برگزاری تمرینات منظم فصلی الزامی است و بررسی صحت عملکرد تجهیزات امداد و نجات بر اساس استاندارد معتبر و در نبود آن الزامات سازنده باید توسط کارفرما انجام پذیرد و گزارش‌های و مستندات اقدامات مذکور باید در محل کارگاه ثبت و نگهداری شود.

٦- نتیجه‌گیری

تدوین و ارائه آیین‌نامه ایمنی دقیق و کارآمد برای کارگاه‌های تونل سازی امری ضروری است. رعایت اصول و مقررات ایمنی در کارگاه‌های زیرزمینی علاوه بر کاهش خطرات تهدیدکننده زندگی انسان‌ها ازنظر اقتصادی نیز به نفع جامعه و منافع ملی است .تنظیم و ارائه استانداردهای ایمنی برای کارگاه‌ها و پیگیری آن از طرف کارفرماها و مشاور و ملزم بودن پیمانکار به آن در پیشبرد پروژه اهمیت خاصی داشته و در این راستا لازم است تعریف مناسب از جایگاه مهندس ایمنی در همه کارگاه‌ها ارائه گردد. خطرات خاص و منحصربه‌فرد هر کارگاه با توجه به نوع پروژه و شرایط حاکم بر آن بررسی‌شده و آگاهی‌های لازم توسط مهندس ایمنی به همه پرسنل ارائه شود. در این راستا آموزش‌های کافی و مناسب درزمینه خطرات بالقوه موجود در کارگاه به افراد تازه استخدام با برنامه‌ریزی مناسب ارائه گردد. شرایط لازم برای فعالیت مستقل و جداگانه مهندس ایمنی در کارگاه مهیا گردد، به‌طوری‌که تحت تأثیر مشکلات و نواقص موجود در تدارکات و پشتیبانی احتمالی پیمانکار قرار نگرفته و مشکلات را متعهدانه به مشاور و کارفرما انعکاس دهد و تا زمان حصول نتیجه مناسب و انجام تدارکات مناسب ایمنی مانعی را در حسن انجام شرح وظایف خود احساس ننماید.

۷- منابع:

- آیین‌نامه ایمنی در تونل سازی
- حسین گنجی دوست و سعید نعمتی، تبیین نکات ایمنی و زیست‌محیطی بتن پاشی در تونل‌ها، مجموعه مقالات اجلاس هفتم تونل، جلد دوم، دانشگاه صنعتی شریف
- رحمت ا... استوار، آتش‌کاری در معادن، جلد اول
- رحمت ا... استوار، آتش‌کاری در معادن، جلد دوم
- رضا کیانی، نقش مهندسی ایمنی در کارگاه‌های عمرانی با نگرشی خاص به موارد ایمنی در تونل‌ها
- روشن بخت، ک.، آقا بیک، ک. و بکیاسا، ف. ۱۳۹۷. "انتخاب دستگاه حفاری در تونل‌های با شرایط متنوع زمین‌شناسی (مطالعه موردی تونل متوسلیان)." پژوهشنامه حمل‌ونقل، ۱۵(۲): ۳۲۳-۳۳۷.
- مقاله ایمنی در فاز حفاری تونل نویسندگان: دکتر عبدالله اردشیر، سید حسن داماد ممقانی، محمدمهدی عسکری فرسنگی
- مقاله کارگروه ایمنی و بهداشت

- Prepared by the ITA Working Group“Health and Safety”and financed by TBG and ITA ,” Safe Working In Tunneling,
- Beard, A. N. 2010. “Tunnel safety, risk assessment and decision-making”. Tunn. Undergr. Sp. Tech., 25(1): 91-94.
- Li, S.C., Zhou, Z.Q., Li, L.P., Lin, P., Xu, Z.H., & Shi, S.S. (2015). A new quantitative method for risk assessment of geological disasters in underground engineering: Attribute Interval Evaluation Theory (AIET). Tunnelling and Underground Space, 53, 128-139. http://dx.doi.org/10.1016/j.tust.2015.12.014
- Fouladgar, M.M., Yazdani-Chamzini, A., & Zavadskas, E.K. (2012). Risk evaluation of tunneling projects. ARCHIVES OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING, 12, 1-12. http://dx.doi.org/10.1016/j.acme.2012.03.008
- Connor Langford, J., & Diederichs, M.S. (2012). Reliability based approach to tunnel lining design using a modified point estimate method. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 60, 263-276. doi:10.1016/j.ijrmms.2012.12.034
- Connor Langford, J., Vlachopoulos, N., & Diederichs, M.S. (2015). Revisiting support optimization at the Driskos tunnel using a quantitative risk approach. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 8, 1-17. http://dx.doi.org/10.1016/j.jrmge.2015.11.003
- Qian, Q., & Lin, P. (2016). Safe ty risk management of underground engineering in China: Progress, challenges and strategies. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 8, 423-442. doi: 10.1016/j.jrmge.2016.04.0

- Chung, H., Lee, I. M., Jung, J. H. and Park, J. 2019. “Bayesian networks-based shield TBM risk management system: Methodology development and application”. KSCE J. Civ. Eng., 23(1): 452-465.
- Gui, S. and Gui, R. 2019. “Auto-extraction of stratified interface in the underground space-based on Bayesian detection algorithm with statistical fitting of probability density by actual data”. Sustain. Cities Soc., 101430.
- Jena, J. K., Verma, A. K., Kumar, U. and Ajit, S. 2019. “Tunnel QRA: Present and future perspectives”. *In:* Kapur, P., Klochkov, Y., Verma, A. and Singh, G. (Eds.)

System Performance and Management Analytics. Asset Analytics (Performance and Safety Management), Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7323-6_31

- Lyu, H. M., Shen, S. L., Zhou, A. and Yang, J. 2019. "Perspectives for flood risk assessment and management for mega-city metro system". Tunn. Undergr. Sp. Tech. 84: 31-44.
- Otto, A., Kellermann, P., Thieken, A. H., Manez Costa, M., Carmona, M. and Bubeck P. 2019. "Risk reduction partnerships in railway transport infrastructure in an Alpine environment". Int. J. Disaster Risk Reduction, 33: 385-397.
- Rakoczy, A. M., Wilk, S. T. and Jones, M. C. 2019. "Security and safety of rail transit tunnels". Transport. Res. Record, https://doi.org/10.1177/0361198118822819
- Ronchi, E., Colonna, P., Capote, J., Alvear, D., Berloco, N. and Cuesta, A. 2012. "The evaluation of different evacuation models for assessing road tunnel safety analysis". Tunn. Undergr. Sp. Tech., 30: 74-84.
- Su, M., Wang, P., Xue, Y., Qiu, D., Li, Z., Xia, T. and Li, G. 2019. "Prediction of risk in submarine tunnel construction by multi-factor analysis: A collapse prediction model". Marine Georesour. Geotech., 37(9): 1119-1129.
- Wang, Q., Luan, Y., Jiang, B., Li, S., He, M., Sun, H., Qin, Q. and Lu, W. 2019. "Study on key technology of tunnel fabricated arch and its mechanical mechanism in the mechanized construction". Tunn. Undergr. Sp. Tech., 83: 187-194.
- Zhou, C., Luo, H., Fang, W., Wei, R. and Ding, L. 2019. "Cyber-physical-system-based safety monitoring for blind hoisting with the internet of things: A case study". Automat. Constr., 97: 138-150.

Safety in drilling rock sections of whole section by explosive method

Today, increasing awareness of tunnel construction has led to improved working conditions in underground workshops, so that the number of deadly and dangerous accidents has decreased significantly. The safety officer is appointed as the supervisor and controller of the operation and compliance with the provisions of the bylaws and other bylaws approved by the High Council for Technical Protection. Underground work environments have special and unique hazards that active personnel must be aware of. These accidents must be identified in the workshop safety plan and the necessary predictions must be made. Roofs, walls, and worktops on different fronts of the tunnel should be constantly inspected. All access routes and unauthorized entrances in underground tunneling operations must be securely blocked and marked with warning signs. It is necessary for the employer to predict and provide a reliable and appropriate communication system during tunneling operations and in case of emergency; Also, before starting each shift, the correct operation of the communication equipment must be ensured. Workers' protection is essential to prevent the risk of landslides when installing consolidation and maintenance systems. The support system assembly must be installed in such a way that the support supports are strong enough to prevent the anchor from entering due to ground pressure and not to leave its place; Predicting the rapid installation of lateral restraints between adjacent maintenance equipment is essential to ensure greater strength and stability. Developing and presenting accurate and efficient safety regulations for tunneling workshops is essential. Observance of safety principles and regulations in underground workshops, in addition to reducing the life-threatening risks of human life, is also in the interest of society and national interests.

Keywords: Useful safety content, HSE, accident, tunnel, drilling, safety in tunnel drilling phase