

بهره‌گیری از مهندسی ارزش در بهینه‌سازی الگوی انفجار تونل

دسترسی دائم گالری تزریق تراز ۱۵۳ جناح راست سد گتوند علیا

حسن بخشنده امنیه^۱؛ صادق ندیمی^۲؛ علی سیامکی^۳

۱- استادیار گروه مهندسی معدن، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان؛ bakhshandeh@kashanu.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی ژئوتکنیک، دانشگاه نیوکاسل، انگلیس؛ s.nadimi-shahraki@ncl.ac.uk
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان؛ ali.siamaki@gmail.com

چکیده

طرح سد و نیروگاه برق آبی گتوند علیا شامل تونل‌های آب بر نیروگاه و گالری‌های تزریق جناحین بدنه سد، با طولی بیش از دوازده کیلومتر به روش چالزنی و انفجار انجام شده است. یکی از دلایل اساسی بهینه‌سازی چالزنی و انفجار کاهش هزینه‌های تمام شده پروژه حفاری است. در این مقاله بر اساس اصول مهندسی ارزش به بررسی الگوی انفجار اجرایی تونل دسترسی دائم گالری تزریق تراز ۱۵۳ جناح راست سد پرداخته شده است. دو الگوی انفجار برای شرایط آبدار و خشک ارائه گردید. الگوی پیشنهادی برای شرایط آبدار ۱۹.۳۲ درصد به ازاء هر مترمکعب حفاری و الگوی پیشنهادی برای شرایط خشک ۸.۸۳ درصد به ازاء هر مترمکعب حفاری کاهش هزینه داشته است.

کلمات کلیدی: مهندسی ارزش، بهینه‌سازی الگوی انفجار، سد گتوند علیا.

۱ مقدمه

از این گالری ها تا گالری تراز پایینی آن صورت می گیرد. گالری تزریق تراز ۱۵۳ در تکیه گاه راست بدنه قرار گرفته است و دارای یک تونل دسترسی دائم جهت بازرسی از گالری در زمان بهره برداری از سد می باشد [۲]. در طراحی الگوی انفجار این تونل ها ابتدا از روش انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ استفاده شده است. زیرا در این روش عوامل موثری چون خواص ماده منفجره و سنگ، ابعاد سنگ های حاصل از انفجار و کیفیت خرج گذاری در نظر گرفته می شود. عملیات انفجار این تونل در توده سنگ کنگلومرا و به وسیله دینامیت انجام شده است، مشخصات فیزیکی سنگ و ماده منفجره در جدول ۱ ارائه شده است. سپس باتوجه به اجرای آزمایشی آن، الگوی بهینه بدست آمد.

جدول ۱: مشخصات فیزیکی سنگ و ماده منفجره مورد استفاده در گالری تزریق تراز ۱۵۳

مشخصات	مقدار	واحد
۱ وزن مخصوص سنگ	۳۷۳۰	Kg/m ³
۲ امپدانس سنگ	۱۰۱۲۲۸۴۰	Kg/m ² .s
۳ انرژی سطحی مخصوص سنگ	۰,۰۰۱۱	Mj/kg
۴ وزن مخصوص دینامیت	۱۴۵۰	Kg/m ³
۵ امپدانس دینامیت	۷۵۴۰۰۰۰	Kg/m ² .s
۶ انرژی مخصوص دینامیت	۴,۵	Mj/kg

۳ مهندسی ارزش

در سال ۱۹۴۷ مایلز و همکاران روشی گام گام به نام مهندسی ارزش جهت تحلیل هزینه و فعالیت ها به منظور یافتن هزینه های غیر ضروری ابداع کردند. روش جدید آنالیز ارزش مورد آزمایش قرار گرفت و تاثیرات بزرگ آن مشاهده شد و از سال ۱۹۵۲ در صنایع مختلف گسترش یافت [۳]. این روش در سال ۱۹۶۰ در پروژه های عمرانی استفاده شد و در نیم قرن گذشته به طور گسترده بکار گرفته شده است [۴]. همچنین تلاش های بسیاری برای توسعه کاربرد این روش در پروژه های عمرانی شده است [۵]. نتایج نشان دهنده تاثیر مستقیم آن بر بازدهی سازمانی است [۶]. در ادامه به توضیح مختصر مراحل مهندسی ارزش و سپس به کاربرد آن در بهینه سازی الگوی انفجار تونل پرداخته شده است.

مطالعات مهندسی ارزش با توجه به شش مرحله زیر انجام می گیرد:

طراحی الگوی حفاری و انفجار از مراحل اصلی حفاری فضاهای زیرزمینی است. در این زمینه می توان از روش های متداول، انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ، نیترونوبیل و استفاده کرد. حفر تونل با حفر کارگاه های دیگر به دلیل سطح آزاد کمتر و حفظ دیوارهای سازه حفاری بسیار متفاوت و عملیات انفجار آن نیز متعاقباً با تمهیدات خاص صورت می گیرد.

سالانه منابع مالی قابل توجهی به پروژه های معدنی و عمرانی اختصاص داده می شود. افزایش روز افزون هزینه های اجرایی، بررسی فنی و اقتصادی پروژه را برای کاهش هزینه ها تا حدی که از کیفیت پروژه کاسته نشود، الزامی می کند.

ویژگی های بسیار مهم در موفقیت یک پروژه معدنی و عمرانی، مدیریت هزینه ها برای دستیابی به سود بیشتر و افزایش ارزش بیشتر پروژه می باشد. این دو اصل سرمایه گذار را قادر می سازد تا فعالیت ها و منابع مورد نیاز جهت دست یافتن به اهداف پروژه، همچنین هزینه های ضروری برای تکمیل پروژه و جلب رضایت مشتری را شناسایی کند [۱].

۲ تونل دسترسی دائم به گالری تزریق تراز ۱۵۳

طرح سد ونیروگاه آبی گتوند علیا در ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان شوشتر و در نزدیکی شهر گتوند واقع شده است. تولید سالانه ۴۵۰۰ میلیون کیلووات ساعت انرژی برق آبی، تأمین آب شرب و کشاورزی مورد نیاز دشت خوزستان و کنترل سیلاب های فصلی رودخانه کارون از عمده ترین اهداف ساخت این پروژه به شمار می رود. بدنه آن با ارتفاع ۱۸۰ متر از پی، بلندترین سد خاکی کشور به حساب می آید. حفاری های زیرزمینی پروژه شامل تونل های آببر نیروگاه و گالری های تزریق جناحین بدنه سد با حجمی بالغ بر بیش از ۱۶۰۰۰۰۰ m³ می باشد [۲].

به منظور جلوگیری از نفوذ آب از پی و بخشی از تکیه گاه راست بدنه، دیوار آب بند توسط دستگاه BC-40 اجرا می شود. همچنین تزریق پرده آب بند در جناحین راست و چپ بدنه سد از طریق احداث گالری های تزریق در دستور کار قرار گرفته است. گالری های تزریق جناحین بدنه به صورت ۴ گالری در تکیه گاه راست و ۴ گالری در تکیه گاه چپ بدنه حفاری می شوند که عملیات حفاری و تزریق پرده آب بند از طریق هر یک

برابر ۲۱،۱۸ متر مربع و ۱۲،۵ متر می‌باشد. ولی ابعاد گالری تزریق تراز ۱۹۰ متفاوت بوده که با اصلاح برخی فاصله‌ها می‌توان مورد استفاده قرار داد. شکل ۱، ۲ و ۳ به ترتیب الگوی انفجار کنونی تونل دسترسی دائم گالری ۱۵۳، تونل دسترسی دائم گالری ۱۹۰ و گالری ۱۹۰ را نشان می‌دهد.

در جدول ۲ این سه تونل از نظر الگوی حفاری مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. با توجه به جدول ۱ نشان می‌دهد که حفاری ویژه و خرج ویژه تونل دسترسی ۱۵۳ از دو تونل دیگر بیشتر می‌باشد.

در جدول ۳ هزینه‌های عملیات انفجار در هر سه تونل بیان شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود هزینه چالزنی به ازاء الگوی گالری ۱۹۰ بیشتر از تونل دسترسی ۱۵۳ می‌باشد که به علت عمق بیشتر چالزنی در این گالری می‌باشد، اما هزینه‌های کل عملیات حفاری و انفجار گالری ۱۹۰ بر حسب ریال بر متر پیشروی کمتر از تونل دسترسی ۱۵۳ می‌باشد. از طرفی در شرایطی که تونل آبدار باشد، به علت سست شدگی سنگ، الگوی انفجار تونل دسترسی گالری ۱۹۰ به علت کم بودن خرج ویژه و حفاری ویژه و در نتیجه هزینه‌های عملیات حفاری و انفجار مناسب‌تر از الگوی گالری ۱۵۳ می‌باشد.

۵ نتیجه

مهندسی ارزش روشی گام به گام می‌باشد که با بکارگیری صحیح آن در پروژه‌های عمرانی و معدنی می‌توان هزینه‌های غیر ضروری را حذف کرد و راه‌هایی جدید جهت دست یافتن به اهداف پروژه با هزینه‌هایی کمتر و کیفیت یکسان ابداع کرد.

با بکارگیری مهندسی ارزش جهت بهینه‌سازی الگوی انفجار تونل دسترسی دائم به گالری تزریق تراز ۱۵۳، دو الگو برای شرایط خشک و آبدار ارائه شد. هزینه‌های عملیات حفاری و انفجار به ازاء هر متر پیشروی تونل با الگوی انفجار پیشنهادی برای شرایط خشک ۵،۶٪ و الگوی پیشنهادی برای شرایط آبدار ۱۳،۸٪ کاهش می‌یابد که با در نظر گرفتن طول حفاری تونل قابل ملاحظه می‌باشد.

۱ - اطلاعات: گروه به جمع آوری اطلاعاتی پیرامون طراحی و هزینه‌های فعلی می‌پردازد. سپس نیازها و محدودیت‌های مالکان، کاربران، سرمایه‌گذاران و ضوابط طراحی را تعیین می‌کنند.

۲ - تحلیل فعالیت: گروه به تحلیل فعالیت‌ها جهت تعیین اینکه کدامیک نیاز به اصلاح، حذف یا ترکیب شدن با یکدیگر دارند، می‌پردازد.

۳ - خلاقیت: در این مرحله به شناسایی راه‌حل‌های جدید جهت اجرای فعالیت‌های پروژه می‌پردازند.

۴ - ارزیابی: ایده‌های مطرح شده اصلاح و ترکیب می‌شوند. راه‌حل‌ها توسعه یافته و با مقایسه مزایا و معایب، روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

۵ - توسعه: بر پایه مرحله ارزیابی، گروه شروع به توسعه جزئیات راه‌حل با بالاترین ارزش می‌کند.

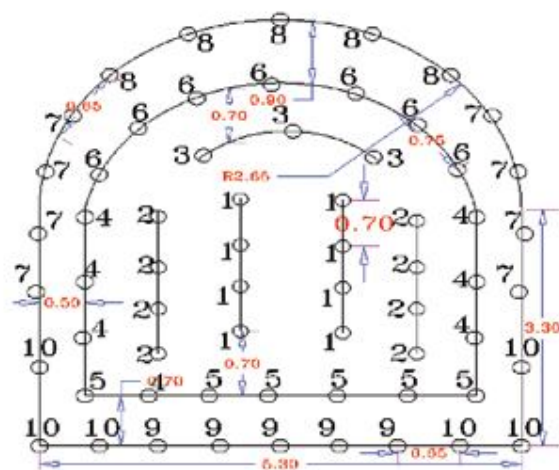
۶ - ارائه: مرحله نهایی مهندسی ارزش می‌باشد که گزارش مطالعات انجام شده به صورت مکتوب توسط مدیر گروه ارائه می‌گردد [۷].

۴ طرح ارائه شده توسط مهندسی ارزش

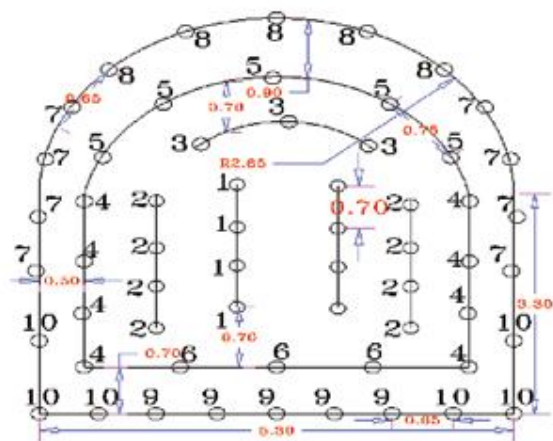
تونل دسترسی دائم گالری تزریق ۱۵۳ در مسیر خود با قسمت‌های آبدار نیز مواجه است و از آنجای که الگوی انفجار این تونل در همه شرایط یکسان در نظر گرفته شده است، تعیین الگو برای شرایط خشک و آبدار به صورت جداگانه حائز اهمیت بوده و باعث کاهش هزینه‌ها می‌گردد. جهت تعیین الگوی انفجار بهینه تونل دسترسی دائم گالری تزریق ۱۵۳، الگوی انفجار آن با الگوی انفجار سایر تونل‌ها در این سد مقایسه شده است. در این میان الگوی انفجار گالری تزریق تراز ۱۹۰ و تونل دسترسی دائم به آن گالری، به علت تشابه زمین‌شناسی تونل‌های مذکور با تونل دسترسی دائم به گالری تزریق تراز ۱۵۳ مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین با توجه به شرایط منطقه و آبدار بودن آن الگوی تونل دسترسی دائم گالری تزریق ۱۹۰ در شرایط آبدار نیز مورد استفاده قرار گرفت. باید توجه داشت سطح مقطع و محیط هر سه تونل یکسان و

جدول ۲: مشخصات الگوی انفجار گالری ۱۹۰، تونل دسترسی گالری ۱۹۰ و ۱۵۳

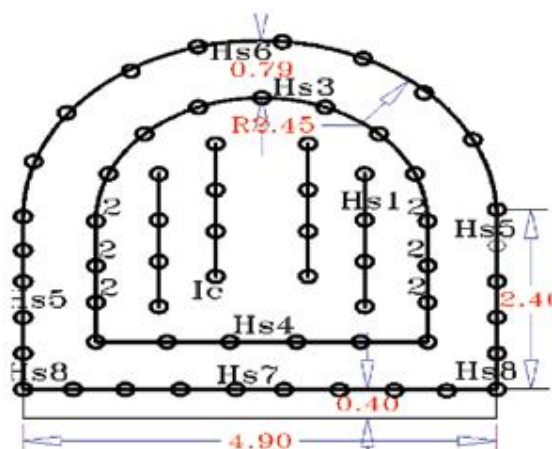
حفری ویژه (m/m ³)	خرج ویژه (km/m ³)	متراز حفری (m)	دینامیت مصرفی (kg)	تعداد چال	عمق چالزنی (m)	
۳,۱۴	۱,۷۴	۱۵۸	۸۸	۶۳	۲,۵	تونل دسترسی دائم گالری ۱۵۳
۳,۰۳۵	۱,۱۹	۱۷۱	۶۷	۶۱	۲,۸	گالری ۱۹۰
۲,۹۴	۱,۳۷	۱۴۸	۶۹	۵۹	۲,۵	تونل دسترسی دائم گالری ۱۹۰



شکل ۱: الگوی انفجار تونل دسترسی دائم به گالری تزریق ۱۵۳/۲



شکل ۲: الگوی انفجار تونل دسترسی دائم به گالری تزریق ۱۹۰/۲



شکل ۳: الگوی انفجار تونل گالری تزریق ۱۹۰، گالری اصلی [۲]

جدول ۳: هزینه عملیات حفاری و انفجار گالری ۱۹۰، تونل دسترسی گالری ۱۹۰ و ۱۵۳

مجموع هزینه (ها / متر / ریال)	چاشنی (ریال)	دینامیت (ریال)	چالزنی (ریال)	
۱۸۱۷۷۷۷۷	۱۵۲۳۳۴۰	۲۹۵۱۵۲۰	۳۸۶۹۷۳۶۰	تونل دسترسی دائم گالری ۱۵۳
۱۷۱۴۴۱۶۶	۱۴۷۴۹۸۰	۲۲۴۷۱۸۰	۴۱۸۸۱۳۲۰	گالری ۱۹۰
۱۵۶۶۳۴۶۱	۱۴۲۶۶۲۰	۲۳۱۴۲۶۰	۳۳۴۵۹۸۴۰	تونل دسترسی دائم گالری ۱۹۰

[5] Marzouk, M.M., 2011, "ELECTRE III model for value engineering applications", Automation in Construction 20, 596-600.

[6] Chen, W.T., Chang, P., Huang, Y., 2010, "Assessing the overall performance of value engineering workshops for construction projects", International Journal of Project Management 28, 514-527.

[7] Kopelousos S. C., 2008, "Value Engineering Program", Florida.

۶ مراجع

[1] Venkataraman R. R. and Pinto J. K.; 2008; *Cost and Value Management in Project*; Wiley.

[۱] شرکت مهندسی سپاسد؛ پروژه احداث سد و نیروگاه آبی گتوند علیا (شناسنامه پروژه).

[۲] WVD0H Office Service Division, 2004, *Value Engineering Manual*, United State of America, p.p. 1 - 11.

[4] Cheah, Y.J., Ting, S.K., 2005, "Appraisal of value engineering in construction in Southeast Asia", International Journal of Project Management 23, 151-158.