



نقش مهندسی ارزش در پروژه آزادراه تهران - پردیس (تونل شماره ۴)

علی شاه‌رخی
ali_shahrokhi@yahoo.com

محمود جلالی
jalali@yahoo.com

رعنا کوچکخانی
r_koochakkhani@yahoo.com

چکیده

تونل شماره ۴ آزادراه تهران - پردیس موضوع مطالعه پروژه مهندسی ارزش حال حاضر می‌باشد، این تونل در اثر خاکبرداری غیر اصولی در زمین‌های پایین‌دست، از بین رفتن زهکش طبیعی زمین، بارندگی و اثرات ناپیوستگی زمین (ترکها، لغزش‌های محلی و گسل عمود بر مسیر تونل) دچار ریزش شده و عملیات اجرایی تونل در پی آن طولانی گشته و در نتیجه زمان تحویل پروژه به تعویق افتاده است.

طی این مطالعات مساله مزبور بررسی و راه‌کارهایی توسط گروه مهندسی ارزش ارائه گردید، در ادامه به تفصیل به آن می‌پردازیم .





مقدمه

مهندسی ارزش که مؤثرترین روش ارزیابی و شیوه ای کارآمد برای کاستن هزینه های غیر ضروری و انتخاب روشهای بهینه از زمان شکل گیری اندیشه یک طرح تا مرحله بهره برداری از آن است .

امروزه با تکیه بر رویکرد سیستمی و با دیدگاهی متفاوت از گذشته به طرح ها می نگرند . بازنگری و دوباره اندیشی طرح ها که با هدف کاستن از هزینه های اجرایی ، کاهش زمان و بهبود کیفیت کار تا کنون در کشور ما انجام شده است و صرفه جویی های زیادی را برای دولت به همراه داشته است ، حرکتی برنامه ریزی شده و در چارچوب دستور العملی از پیش تعیین شده نبوده است . آنچه تا کنون انجام شده را می توان اقداماتی ابتکاری به حساب آورد که در جبهه های مشکل دار و مساله آفرین کارهای اجرایی صورت گرفته است . با حرکتی برنامه ریزی شده و گام به گام با دوباره اندیشی و باز نگری ساختار یافته ، بهبود کیفیت و صرفه جویی های بسیاری را در طرح ها امکان پذیر می سازد .

هدف از کارگاه مطالعاتی مهندسی ارزش درباره تونل شماره ۴ - قطعه سوم آزاد راه تهران - رودهن علاوه بر اهداف مورد نظر از تکمیل آزادراه ها ، تعیین روش احداث با بیشترین شاخص ارزش (ارزش به هزینه) با استفاده از تجربه ، اطلاعات و خلاقیت اعضای گروه است .

مراحل انجام این فرایند به شرح ذیل می باشد :

- فاز پیش مطالعه (برنامه ریزی ، تامین منابع اطلاعاتی ، تشکیل و هدایت تیم و کمیته های تخصصی)
- فاز اطلاعات (پیشنهاد گزینه های جایگزین و دارای ارزشی بالاتر در دوره عمر پروژه)
- فاز تحلیل کارکرد (ایجاد بیان واحد بین متخصصان ، هدف گرایی و نتیجه محور کردن مطالعه ، تبدیل بحث از اجزاء پروژه به کارکرد ها ، تجزیه و تحلیل و انتخاب بخش های پر پتانسیل جهت بهبود و افزایش درک تیم مطالعاتی از پروژه و آماده سازی آنها جهت پردازش ایده های مناسب می باشد .)
- فاز خلاقیت (هدف از این فاز تولید تعداد زیاد گزینه و ایده برآ ورنده کارکرد های منتخب بدون نقد و کنکاش در امکان پذیری آنهاست .)
- فاز ارزیابی (ارزیابی ، نقد ، دسته بندی ایده ها و تعیین ایده هایی که باعث افزایش ارزش بیشتری می گردند .)
- فاز توسعه (توسعه ایده ها ، ترکیب ایده ها ، تهیه سناریو ها ، گزینه ها و انتخاب گزینه های برتر است .)





- فاز ارائه (گزینه های برتر مطالعه به مدیریت عالی جهت کسب موافقت ارائه می گردد).

معرفی طرح

این تونل با طول طراحی ۴۰۰ متر در باند راست و ۴۵۰ متر در باند چپ واقع در ابتدای قطعه سوم آزاد راه تهران - رودهن در حال احداث می باشد. کار فرمای طرح، اداره کل ساختمان آزاد راهها، مشاور طرح شرکت مهندسين مشاور ایران استن است و پیمانکار آن سازمان توسعه راه های ایران می باشد. پیشرفت فیزیکی قطعه سوم آزاد راه در ابتدای مطالعه مهندسی ارزش ۳۵٪ برآورد شده است.

در مرحله پیش مطالعه پس از بازدید از ساختگاه تونل و عوارض اطراف آن با توجه به تخریب سر دهانه تونل در هر دو باند، تونل شماره ۴ آزاد راه به طور مشخص به عنوان محدوده مطالعات انتخاب گردید. با توجه به منحصر به فرد بودن دالان عبور مسیر آزادراه که از یک طرف، وجود راه موجود، رودخانه جاجرود، آبادی ها و غیره و از طرف دیگر با توجه به توپوگرافی منطقه و محدودیت های زیست محیطی تغییر محور موجود جهت حل مشکل امکان پذیر نبوده و یکی از محدودیت ها تلقی می گردد. علاوه بر این زمان اجرای پروژه حاضر تا انتهای سال ۸۵ پیش بینی گردیده است. بدین ترتیب عدم تغییر محور و زمان بهره برداری به عنوان الزامات کار فرمایی تعیین گردید.

محور اصلی تهران - پردیس (بومهن) رودهن که شاهرگ ارتباطی استان وسیع و حاصلخیز مازندران و گرگان و بخشی از شهر های استان خراسان و کشور های استقلال یافته کناره دریای خزر و هم چنین در بر گیرنده قسمتی از ترافیک شهر مقدس مشهد به عنوان شهر زیارتی، سیاحتی و شهرهای اقماری شهر تهران از جمله مهمترین آنها پردیس می باشد.

در حدود ۳۵۰ سال قبل در زمان شاه عباس معبر کوهستانی تهران - رودهن، فیروز کوه و هراز توسط راه سازان ایرانی بررسی و طراحی گردید. این مسیر به مرور ترمیم و تعویض شد و نهایتاً در دهه ۱۳۴۰ در وضعیت فعلی برای خطر عبور بهسازی و آسفالت گردید. در سنوات آخر رژیم گذشته و پس از انقلاب راه مذکور مورد توجه قرار گرفته و با ایجاد واریانت های موضعی و تعویض به چهار خطه تبدیل شد.

در حال حاضر راه اصلی و تنه ها راه تهران - بومهن - رودهن علی رغم تعریض انجام یافته، جوابگوی ترافیک جاری نمی باشد. مضافاً اینکه مشخصات فنی راه موجود، مناسب برای وسائط نقلیه جدید که دارای سرعت بالا می باشند نیست. لازم به ذکر است ترافیک متوسط محور در انتهای سال ۱۳۸۵ به ۴۱۶۵۰ واحد می رسد و با توجه به آمد و شد ساکنین شهر جدید پردیس





(۲۰۰ هزار نفر) و کارخانجات و مؤسسات حاشیه که به این رقم اضافه خواهد شد ، مسلماً راه موجود جوابگو نخواهد بود و با توجه به این که مشخصات هندسی راه اصلاح نشده و دارای شیبهای تند با طول زیاد و قوس های با شعاع کمتر از ۱۵ متر می باشد . علاوه بر اشباع بودن سطح خدمت بر اساس آیین نامه ترافیکی HCM آمریکا فاقد ایمنی کافی و حادثه خیز می باشد . لذا اجرای آزاد راه الزامی است .

قبل از سال های ۱۳۶۰ ارتباط تهران - رودهن و جاده هراز صورت می گرفت که این راه دو خطه بود و در محل هزار دره با پیچ هایی با شعاع کم و شیب های تند که هیچکدام با مشخصات هندسی استاندارد راه تطابق نداشت . بعداً با شروع و اتمام کار های ساختمانی جاده فیروز کوه که به دلیل ازدیاد مسافرین تهران - شمال لازم الاجرا بود دیگر عرض ، شعاع پیچ ها و شیب طولی جاده موجود جوابگوی ترافیک نبود لذا در این زمان ابتدا شروع به تعریض عرض جاده در پیچ ها ، با خاکبرداری از سمت کوه و خاکریزی از سمت دره نمودند و به مرور زمان و ازدیاد ترافیک شروع به تعریض جاده در قسمت های دیگر نیز کردند تا به وضع فعلی رسید .

مشخصات قطعه مورد مطالعه

آزاد راه تهران - رودهن به درازای تقریبی ۳۲ کیلومتر و از ضلع شمالی تقاطع غیر همسطح بزرگراه شهید بابایی و جاده دماوند آغاز و پس از عبور از عوارض و تپه ماهورهای موجود در ضلع شمالی جاده دماوند ، در حدود کیلومتر ۴۰۰ جاده ۱ دماوند را قطع نموده و در کیلومتر ۲+۴۰۰ وارد اولین تونل از مجموع ۴ تونل پیش بینی شده در این مسیر می گردد .

مسیر آزاد راه پس از عبور از گردنه های هزار دره و رودخانه جاجرود ، در کیلومترهای ۹+۳۰۰ و ۹+۳۵۰ وارد تونل های شماره ۴ می شود و پهنای تونل ها ۱۳ متر ، ارتفاع آنها ۸ متر و شیب طولی آنها بسیار ملایم است .

تونل شماره ۴ ، از دو تونل رفت و برگشت مجزا از هم تشکیل گردیده است که فاصله محوری آنها از یکدیگر حدود ۴۵ متر در نظر گرفته شده است .





مشخصات تونل های شماره ۴ به شرح ذیل است :

الف - تونل دست راست : (به سمت رودهن)

درازای تونل ۴۰۰ متر با شیب ۰/۵ درجه به سوی دهانه ورودی است ، کیلومتر دهانه ورودی ۹+۳۰۰ و کیلومتر دهانه خروجی ۹+۷۰۰ می باشد رقوم خط پروژه در ورودی برابر ۱۵۷۰ و در خروجی ۱۵۷۲ است . حداقل عمق کف از سطح زمین در دهانه ورودی برابر ۲۴ متر و در دهانه خروجی برابر ۲۶ متر است درازای گالری ورودی برابر ۴۵ متر و بیشینه ستبرای روباره ۵۸ متر است که در کیلومتر ۹+۵۵۸ قرار دارد.

ب - تونل دست چپ

درازای تونل ۴۲۵ متر با شیب ۰/۸ درجه به سوی دهانه خروجی است ، کیلومتر دهانه ورودی ۹+۳۵۰ و کیلومتر دهانه خروجی ۹+۷۷۵ می باشد رقوم خط پروژه در ورودی برابر ۱۵۷۲ و در خروجی ۱۵۶۹ است . حداقل عمق کف از سطح زمین در دهانه ورودی برابر ۲۸ متر و در دهانه خروجی برابر ۲۱ متر است ، درازای گالری ورودی برابر ۶۰ متر و در گالری خروجی برابر ۲۵ متر می باشد ، بیشینه ستبرای روباره ۵۰ متر است که در کیلومتر ۹+۶۲۰ قرار دارد.

مقطع عرضی تونل

با توجه به اینکه مسیر آزادراه در هر سمت (به استثناء محل هایی که خط کندرو ساخته می شود) دارای دو خط عبور می باشد ، مقطع عرضی مصوب تونل ها به شرح زیر در نظر گرفته شده است .

در خط سواره رو هر یک به عرض ۳/۶۵ متر ، شانه در یک سمت به عرض ۱ متر و حاشیه ایمنی در یک سمت به عرض ۰/۵ متر قرار دارد . پیاده رو اضطراری در هر سمت به عرض ۰/۶ متر است .

برآورد عملیات اجرایی

برآورد عملیات اجرایی تونل شماره ۴ بر اساس فهرست بهای سال ۱۳۸۲ با اعمال ۳۰ درصد ضریب بالا سری برابر ۲۹۰۳۴۰۱۰۰۰۰ پیش بینی گردیده است این رقم بر اساس فهرست بهای سال ۱۳۸۳ معادل ۳۳۲۳۲۹۹۲۰۰۰ تعیین گردید .





تعریف مساله به شکل دقیق

مساله ای که به عنوان فرصت اصلی برای بهبود ارزش در این پروژه پیش بینی شد . ریزش در درون تونل شماره ۴ بود عواملی که در این امر بیش از موارد دیگر مؤثر بوده اند . خاکبرداری غیر اصولی در زمین های پایین دست و در نتیجه از بین رفتن زهکش طبیعی زمین بود همچنین بارندگی در ماه های اخیر و اثر ناپیوستگی زمین (ترک ها و لغزش های محلی و گسل عمود بر مسیر تونل) هم مزید بر علت های اصلی بودند . موارد ذکر شده باعث شد تا عملیات اجرایی تونل طولانی گشته و زمان تحویل کل پروژه به تعویق افتد و امکان بهره برداری از قطعات دیگر تا تکمیل تمام آزاد راه عملاً وجود نخواهد داشت . در نتیجه امکان اتصال به آزاد راه رودهن - آمل و برقراری ارتباط شمال ایران به تهران از این مسیر دچار مشکل خواهد گردید .

اهداف طرح آزادراه تهران - رودهن

با توجه به برنامه توسعه آزاد راه ها که از مدت زمانی پیش در برنامه کاری دولت و وزارت راه و ترابری قرار داشت در تمام محورهای پر تردد کشور به ترتیب اولویت شروع به ساخت آزادراه ها نمودند که یکی از آنها آزاد راه تهران - شمال بود و با توجه به دو راه اصلی هراز و فیروز کوه که

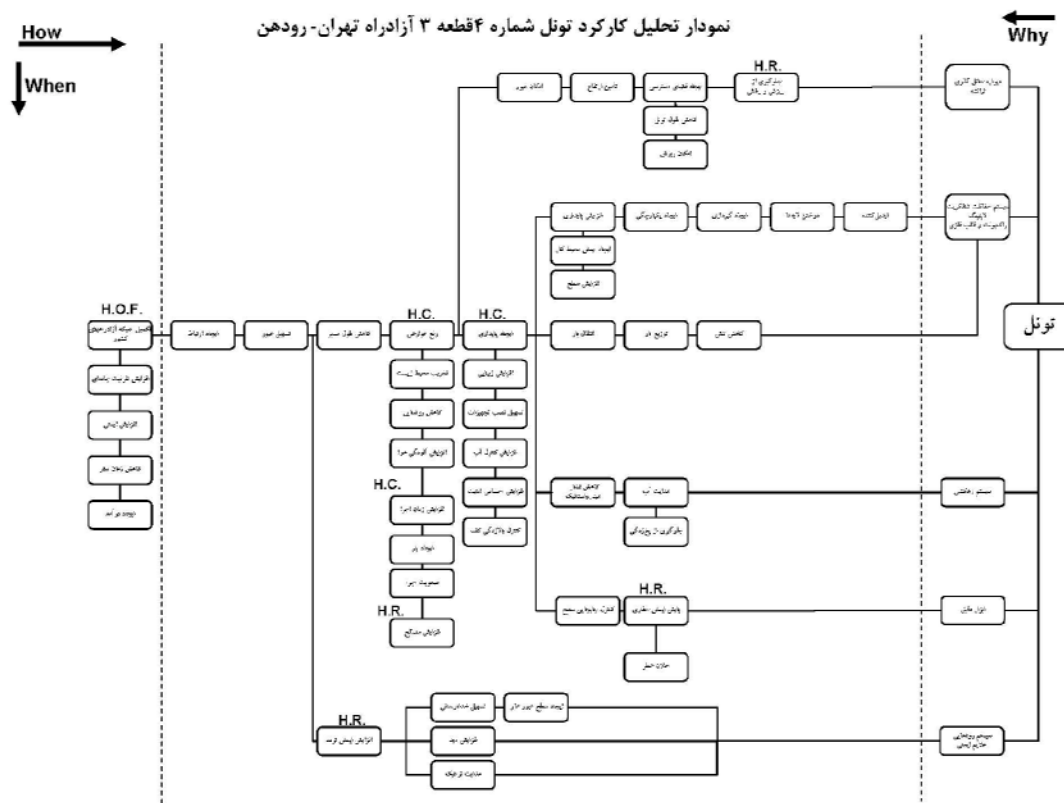
هر دو از گلوگاه تهران - رودهن تغذیه می گردند . ساخت این قسمت از آزاد راه ضروری گردید. همانطوری که پیش از این اشاره شد ، مشخصات هندسی جاده موجود جواب گوی ترافیک نبوده است . به همین دلیل ارتقای ایمنی و کیفیت جاده ای یکی از هدف های طرح آزاد راه تعیین گردید و البته عامل دیگری که بی شک هدف این طرح بوده است ارتقای ظرفیت جاده ای است . ازدیاد جمعیت ایران و به خصوص تهران و شهر های شمالی از یک طرف و وجود کشورهای آسیای مرکزی که اخیراً مستقل شده اند و احتیاج کشورهای فوق جهت دسترسی به خلیج فارس و کشورهای خاور میانه و نهایتاً کشورهای اروپایی ، ظرفیت حمل و نقل جاده ای را بالا برده که با توجه به آمارهای گرفته شده تعداد خودروهایی که از این آزادراه استفاده خواهند نمود . در سال ۱۳۸۵ به دو برابر مقدار آن در سال ۱۳۷۵ خواهد رسید که جهت جوابگویی به این ترافیک ازدیاد ظرفیت جاده ای ضروری می باشد .





یکی دیگر از مسائل موجود ازدیاد جمعیت تهران و عدم جوابگویی شهر تهران به اسکان کل جمعیت آن می باشد و این که تهران همچون سایر شهرهای پرجمعیت دنیا که محل کار تمام مردم در شهرهای بزرگ می باشد. جهت اسکان نیاز به ایجاد شهر و شهرکها در حومه آن است از آن جمله ایجاد شهر پردیس در قسمت شرق تهران را می توان نام برد و پیش بینی می گردد پس از انجام پذیرای حدود ۳۰۰ هزار نفر از جمعیت تهران باشد که رفت و آمد این تعداد نیز به ظرفیت آزاد راه اضافه خواهد شد.

بدیهی است هر چقدر ایمنی جاده بالا و مشخصات هندسی آن مناسب باشد و بالا رفتن سرعت مجاز را تامین نماید خود به خود زمان مسافرت از تهران به رودهن کمتر خواهد شد که در این جا با توجه به حداکثر سرعت طرح یعنی ۱۲۰ کیلومتر در ساعت و سرعت متوسط ۱۰۰ کیلومتر در ساعت مدت زمان لازم برای سواری ها ۱۳ دقیقه و برای وسائط نقلیه باری ۲۶ دقیقه پیش بینی شده است. که البته از نظر اقتصادی مصرف سوخت استهلاک خودرو تسریع در جابجایی مایحتاج زندگی و موارد دیگر نیز مطرح خواهد شد. در فاز تحلیل کارکرد نمودار تحلیل کارکرد برای ۲۴ جزء تونل ترسیم شد. در ادامه نمودار FAST آورده شده است.





در فاز خلاقیت در مجموع ۲۳۶ ایده به وسیله گروه پیشنهاد شد. این ایده ها جهت تامین پایداری، عبور از عوارض، افزایش ایمنی تردد، کاهش زیان اجرا، کاهش مصالح حفاری، جلوگیری از ریزش و رانش مطرح شدند.

از میان ایده های مطرح شده تبدیل تونل به ترانشه استفاده از جاده موجود جهت خودروهای سنگین، تبدیل تونل به ترانشه طبقاتی، ایجاد دیوار به وسیله خاک مسلح برای جلوگیری از ادامه حرکت رمین و حذف قسمتی از گالری، استفاده از سیستم زهکشی مناسب استفاده از پوشش گیاهی جهت پایداری سطوح شیبدار و استفاده از ورق فولاد مشبک ROOFIX به عنوان ایده های احداث گالری از احداث تونل و احداث گالری با طول بیشتر و زمین شناسی تکمیلی قبل از حفاری قابل توسعه برگزیده شد.

از منافع طرح تبدیل تونل به ترانشه می توان به صرفه جویی در زمان اجرا به میزان ۱۸ ماه افزایش ایمنی و تامین مصالح خاکریز اشانژور غرب اشاره کرد. از مضرات این طرح برخورد کانال آبرسانی موجود روی کوه مجاور و ترانشه مورد بحث می باشد. پتانسیل صرفه جویی تبدیل تونل به ترانشه برای ۴۱ درصد می باشد. با استفاده از جاده موجود جهت خودروهای سنگین می توان رقوم پروژه (روسازی، زیر سازی، ابنیه) را تا حدود حداکثر ۱۰ درصد کاهش داد. مضافا اینکه ایمنی افزایش یافته و خسارات و تلفات ناشی از تردد خودروهای سنگین کاهش خواهد یافت، زمان ساخت کاهش یافته و آلودگی های زیست محیطی هم کم خواهد شد.

از مضرات این طرح به افزایش دوران بهره برداری و اعمال محدودیت در تردد می توان اشاره کرد. صرفه جویی ناشی از این طرح برابر ۲۵/۲ درصد است.

طرح دیگری که مورد بحث قرار گرفت استفاده از ترانشه طبقاتی به جای تونل بود.

از منافع این طرح می توان به صرفه جویی ۲۷ درصد در هزینه تمام شده و تسریع در اجرای پروژه و همچنین کم شدن ۵۰ درصدی حجم خاک نسبت به ترانشه برداری به صورت معمول اشاره کرد. با ایجاد کردن دیواری به وسیله خاک مسلح برای جلوگیری از ادامه حرکت زمین و حذف قسمتی از گالری می توان یک حائل پایدار در مقابل زمین رانش برای تمام مدت به وجود آورد.





در این طرح دیوار حائل جلوی رانش به وجود آمده را گرفته و زمین را آماده اجرای تونل می نماید . در صورتیکه در طرح مبنا ابتدا ترانشه ایجاد شده بعد از تثبیت آن گالری بتنی ساخته می شود . سپس روی گالری پر می شود . پتانسیل صرفه جویی در این طرح برابر ۳۶ درصد می باشد .

در طرح مبنا سیستم زهکشی تعریف نشده است ، استفاده از چنین زهکشی می تواند کاهش هزینه های تحکیم و پایداری را در پی داشته باشد . از ریزش آب در بدنه تونل در زمان بهره برداری بکاهد و تاثیر قابل ملاحظه ای در پایداری سازه تونل داشته باشد . علاوه بر این ایمنی داخل تونل هنگام حفاری و بهره برداری افزایش خواهد یافت .

نتیجه

از مجموع بحثهای انجام شده در جلسه توسعه ایده ها اینطور به نظر میرسد که ایده احداث گالری قبل از احداث تونل (po74) پتانسیل اجرایی خوبی برای پروژه خواهد داشت . البته سایر ایده ها هم در صورت ارزیابی دقیقتر می توانند سناریویی در جهت بهبود شاخص ارزش تشکیل دهند .

سپاسگذاری

در پایان از تلاش مجدانه همکارانمان در ساختمان آزادراهها ، شرکت مهندسين مشاور ایران استن و شرکت مهندسان مشاور کریت کارا نهایت سپاسگذاری را داریم .

