



## تأثیر مهندسی ارزش در انتخاب نوع سد رئیسه‌لی دلواری

مهدی امینی<sup>۱</sup>

کارشناس عمران، مدیر طرح سد رئیسه‌لی دلواری

آدرس پستی: تهران خ شهید وحید دستگردی کوی تخارستان شماره ۱۷ کد پستی ۱۹۱۸۷۸۱۱۸۵  
آدرس الکترونیکی: amini-m@mahabghodss.com

مهندسی ارزش طرح، رویکردی کارکردگرا، خلاق و سازمان یافته به منظور دستیابی به گزینه با شاخص ارزش بیشینه با کمی کردن ارزشها می‌باشد. با توجه به اینکه پس از حفاری پی و تکیه‌گاههای سد بتنی قوسی رئیسه‌لی دلواری ملاحظه شد که پی سد در طرح پایه (اولیه) روی لایه ریزدانه با مقاومت ناکافی قرار داشته و نامناسب بودن کیفیت پی موجب ناپایداری سد، ساختمان نیروگاه و کلیدخانه در پایین دست سد می‌شد، بررسی گزینه جایگزین مطرح شد. بنابراین طرح پایه که اجرای سدهای فرازبند و نشیب‌بند، تونل انحراف و بخشی از حفاری پی و تکیه‌گاههای آن انجام شده بود، برای انجام مطالعه مهندسی ارزش و انتخاب گزینه بهینه با توجه به شرایط ژئوتکنیکی دره و با توجه به هزینه‌های انجام شده، معرفی شد.

پس از بازدید از محل پروژه و جمع‌آوری اطلاعات لازم و تحلیل کارکرد، در مرحله خلاقیت هشت گزینه مختلف جهت نیل به هدف فوق مطرح گردید که در مرحله ارزیابی، گزینه‌های سد بتنی دو قوسی با بالشتک و سد بتنی متقارن با رویه بتنی به‌عنوان گزینه‌های برتر برای مرحله توسعه برگزیده شدند. در مرحله توسعه با تدقیق اطلاعات و با توجه به کارهای انجام شده در کارگاه با در نظر گرفتن هزینه طول عمر و مدت زمان اجرا گزینه سد بتنی دو قوسی با بالشتک بتنی گزینه بهینه و برتر تشخیص داده شد.

**واژه‌های کلیدی:** مهندسی ارزش، محور بهینه‌سد، سد بتنی دو قوسی، انتخاب نوع سد.



#### مقدمه:

مهندسی ارزش رویکردی کارکردگرا، خلاق و سازمان یافته به منظور دستیابی به گزینه طرح با شاخص ارزش بیشینه از طریق کمی کردن ارزش‌ها می‌باشد. مراحل انجام مهندسی ارزش شامل تعیین هدف، تعیین اعضاء گروه جمع‌آوری اطلاعات، تعیین عوامل مهندسی ارزش، تعیین دامنه مطالعات، تحلیل کاربردها، پیشنهاد گزینه‌ها با استفاده از خلاقیت گروه، ارزیابی گزینه‌ها، بسط اطلاعات مربوط به گزینه‌های رقیب و تعیین شاخص ارزش آنها و انتخاب و ارائه گزینه برتر می‌باشد.

طرح سد رئیسه‌لی دلواری در استان بوشهر، منطقه دشتستان، در محلی بنام جره بالا، بر روی رودخانه شاپور در حال احداث می‌باشد. از اهداف این طرح، آبیاری ۲۵۰۰۰ هکتار زمین‌های کشاورزی دشت شبانکاره، کنترل سیلاب، تولید انرژی و اشتغال زایی و توسعه اقتصادی منطقه را می‌توان نام برد.

مطالعات شناسایی توسعه و بهره‌برداری از رودخانه‌های شاپور و دالکی در آذر ماه سال ۱۳۵۳ آغاز گردید. در این راستا مناقصه عملیات اجرایی سد رئیسه‌لی به عنوان بزرگترین و آخرین پروژه طرح توسعه رودخانه‌های شاپور و دالکی در سال ۱۳۷۵ برگزار گردید که پس از انجام عملیات انحراف آب رودخانه و احداث جاده‌های دسترسی بدلیل مشکلات فنی موجود در طرح اولیه (سد بتنی وزنی) عوامل طرح تصمیم به برگزاری مهندسی ارزش برای انتخاب نوع سد رئیسه‌لی دلواری نمودند.

#### طرح مسئله و روش‌ها:

باتوجه به قرارگیری ساختگاه پروژه بر روی بخش لهری از سازند آجاجاری که این سازند عمدتاً تشکیل شده از ماسه سنگ‌ها، مارن‌ها و کنگلومرای بختیاری است و عملاً محور اولیه سد مستقیماً بر روی لایه ریزدانه قرار می‌گرفت که این موضوع نیز باعث نشست‌های احتمالی در پی سد در درازمدت و همچنین بدلیل وجود سرریز بر روی بدنه و حفر آبکند زیر پی سد و در نظر گرفته شدن ساختمان نیروگاه و کلیدخانه در پایین سد، طرح اولیه از نظر فنی مناسب شناخته نشد، بنابراین در سال ۱۳۸۱ انتخاب نوع سد رئیسه‌لی دلواری با استفاده از روش مهندسی ارزش رد دستور کار عوامل طرح قرار گرفت.

در مرحله جمع‌آوری اطلاعات از محل تونل دسترسی به فرازبند و نوع کنگلومرا و لایه‌های ریزدانه در محدوده محور سد و لایه ریزدانه در مخزن سد بازدید بعمل آمد و مسایل زمین‌شناسی و نحوه قرارگیری لایه‌های ریزدانه در زیر پی سد مورد بحث و بررسی قرار گرفت و باتوجه به مشخص بودن کارکرد مورد نظر (ذخیره کردن آب) برای مرحله خلاقیت، پیشنهادهای ذیل مطرح گردید.

- ۱- سد بتنی دوقوسی با بالشتک بتنی
- ۲- سد بتنی قوسی وزنی
- ۳- سد بتنی وزنی
- ۴- سد بتنی قوسی پشت بند دار
- ۵- سد بتنی کوبیده متقارن با رویه بتنی (F.S.H.D)
- ۶- سد سنگریزه‌ای با رویه بتنی
- ۷- سد خاکی با هسته رسی
- ۸- سد خاکی با هسته آسفالتی

#### تجزیه و تحلیل:

در مرحله بررسی هشت گزینه مطرح شده از نظر فنی، اجرایی و شاخص ارزش، امتیازدهی شده و مزایا و معایب گزینه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. باتوجه به لایه‌های ریزدانه به ضخامت هشت متر در عمق کم زیر پی سد کلاً



## سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش

۱۳۸۷ آذرماه

سدهای بتنی وزنی به لحاظ نشست از نظر فنی مناسب تشخیص داده نشدند و گزینه‌های سد خاکی و سنگریزه‌ای با رویه بتنی باتوجه به شیب و عرض کم دره و باتوجه به اجرا شدن سیستم انحراف و همچنین حجم زیاد بدنه و عدم وجود معدن رس مناسب در نزدیکی محل پروژه این گزینه‌ها نیز مناسب تشخیص داده نشدند و با توجه به پارامترها و نقشه‌های زمین‌شناسی ارائه شده سدهای بتنی پیشنهادی شماره ۲، ۳ و ۴ از نظر هزینه و زمان اجرا در مقایسه با گزینه‌های شماره ۱ و ۵ مردود شناخته شدند و گزینه‌های شماره ۱ و ۵ یعنی سد بتنی دو قوسی بر روی بالشتک بتنی و سد متقارن با رویه بتنی گزینه‌های مناسب جهت ساخت در ساختگاه و شرایط موجود تشخیص داده شدند. جهت ارائه گزینه برتر و انتخاب نوع سد رئیسه‌لی دلواری بین دو گزینه مطرح شده مطابق جدول شماره ۱ تا ۳ مقایسه‌ای صورت پذیرفت.

جدول شماره ۱ (مقایسه هزینه‌های دو گزینه)

سد بتنی دو قوسی بالشتک بتنی	سد F.S.H.D با رویه بتنی	شرح
۱۰۶،۳۷۶،۰۹۰،۳۵۶	۷۰،۱۱۶،۱۸۲،۲۰۸	هزینه بدنه سد
۱۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰	۳۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰	هزینه سرریز
۲،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰		مابه‌التفاوت هزینه تزریق
۰۰۰،۱۵۰،۰۰۰،۰۰۰		هزینه اضافی بابت طراحی
۱۱۸،۳۷۶،۰۹۰،۳۵۶	۱۰۰،۱۱۶،۱۸۲،۲۰۸	جمع هزینه‌ها
۳۶	۳۸	زمان اجرا
۱۸،۲۵۹،۰۹۰،۱۴۹		اختلاف دو گزینه
۱۵۴۲۵		نسبت اختلاف به عدد بزرگتر (درصد)

جدول شماره ۲ (مقایسه زمان بندی)

سد بتنی دو قوسی بالشتک بتنی	سد F.S.H.D با رویه بتنی	شرح
۴ ماه	۶ ماه	تهیه نقشه‌ها
۱۰ ماه	۱۰ ماه	اجرای حفاری پی
۲۲ ماه	۱۲ ماه	اجرای بتن بدنه سد
۲ ماه	---	تزریق ژوئن‌ها و تزریق مجدد
---	۸ ماه	بتن‌ریزی و آرماتوربندی رویه بتنی
۳۸ ماه	۳۶ ماه	جمع



## جدول شماره ۳ (مزایا و معایب گزینه‌های بتنی دوقوسی با بالشتک بتنی با سد F.S.H.D)

سد بتنی دوقوسی با بالشتک به حجم $200000 \text{ m}^3$ تن		سد F.S.H.D با رویه بتنی به حجم $650000 \text{ m}^3$ بتن	
مزایا	معایب	مزایا	معایب
کاهش ناشی پی	سختی روش اجرا نسبت به گزینه دیگر	سرریز در روی بدنه	تاکنون این نوع سد ارتفاع ۱۰۰ متر در دنیا ساخته نشده است.
حجم کم بتن	نیاز به تزریق درزهای قائم	مناسب برای پی‌های ضعیف	عدم تجربه طراحی در ایران و احتیاج به کارشناسان خارجی جهت طراحی
سازه‌های هیدرولیکی در داخل بدنه سد قرار می‌گیرد	نیاز به سرریز جانبی	ترک خوردن حسن کار می‌باشد	حجم زیاد بدنه
مقاومت بیشتر در مقابل زلزله و روگذری سیلاب	نیاز به پیش سرد کردن و پیش سرمایش بتن	رویه بتنی	سازه‌های هیدرولیکی از قبیل تخلیه کننده و آبگیرهای آبیاری و نیروگاه می‌بایستی به خارج از بدنه انتقال یابند.
حساسیت کمتر در آب‌بندی	نیاز به مطالعات بیشتر ژئوتکنیکی	پیش سرد کردن و پیش سرمایش بتن نیاز ندارد	احتیاج به حفاری و تزریق زیاد جهت پرده آب‌بند و تحکیم
انعطاف‌پذیری نسبت به تغییر مکان نسبی	--	تزریق ژون‌ها ندارد	احتیاج به میلگرد و واتراستاپ زیادتر نسبت به گزینه دوقوسی
امکان بهینه سازی بدنه نسبت به تغییر و تکمیل پارامترهای سنگ	--	بزرگی دانه‌های سنگ مهم نیست	--
حجم کم حفاری	--	جدایی سنگ‌دانه‌ها در بتن چندان مهم نیست	--
امکان استفاده از سرریز جانبی و سرریز آزاد	--	پوزولان احتیاج ندارد	--
--	--	اجرای بتن ریزی ساده می‌باشد	--



باتوجه به اینکه آبیگری در سدهای بتن دوقوسی در صورتی که سرریز جانبی و تزریقات پرده آببند انجام شده باشد می تواند ۳ ماه قبل از بتن ریزی نهایی صورت گیرد. ولی در نوع دیگر می بایستی سد کاملاً به اتمام رسیده باشد. بنابراین این زمان شروع بهره برداری می تواند ۳ ماه از زمان فوق کاهش یابد. در گزینه دوم آبیگری می توان حدود ۳ ماه زودتر انجام گیرد لذا هر دو گزینه از نظر آبیگری مخزن دارای ارزش برابر می باشد و شاخص ارزش گزینه با هزینه کمتر بیشتر و گزینه برتر می باشد.

#### نتیجه گیری:

باتوجه به حجم بتن ریزی های انجام شده در مرحله تجزیه و تحلیل نتایج، ملاحظه می شود که از جمیع جوانب مالی، فنی و زمان بهره برداری گزینه بهینه سد بتنی دوقوسی با بالشتک بتنی انتخاب گردید که همانگونه که ملاحظه می شود پروژه های که در طی حداقل دو سال به صورت غیرفعال باقی مانده و چند مشاور مختلف به پروژه وارد و طرح های مختلف را ارائه نموده بودند که هیچ کدام در عمل جمع بندی و اجرا نشده بود با برگزاری کارگاه مهندسی ارزش در مدت کمتر از یک هفته گزینه یابی و در مدت ۴۸ ماه پس از برگزاری مهندسی ارزش در سال ۱۳۸۴ آبیگری و در سال ۱۳۸۵ بعنوان طرح برتر بتنی سال برگزیده شد.

#### منابع و مؤخذ:

- ۱- شرکت مهندسی مشاور یکم، گزارش زمین شناسی مهندسی سد رئیسعلی دلواری، آذر ۱۳۷۸.
- ۲- انجمن مهندسی ارزش ایران، مقدمه ای پیرامون مهندسی ارزش.
- ۳- دکتر رضا توکلی مقدم، مهندس امیر شکاری، مهندسی ارزش ابزار قدرتمند بهره وری.
- ۴- ابریشمی، ج، سدهای بتنی: طرح و اجرا، چاپ اول، انتشارات آستان قدس رضوی پاییز ۱۳۸۰.
- ۵- شمسایی، الف، طراحی و ساخت سدهای مخزنی، جلد سوم، انتشارات دانشگاه عمل و صنعت ایران، سال ۱۳۸۳.

6- U.S.Army Coros.of Engineers "Scepage Analysis and Control for Dams" , E.M. 1110201901,1992.