

## مهندسی ارزش در نحوه اجرای دیوار آب بند بتن پلاستیکی سد خارج از بستری قیقاچ

سید مهدی عصمت ساعتلو<sup>۱</sup>، علیرضا پرویشی<sup>۲</sup>، محمدباقررنجبر باغمیشه<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد واحد مهاباد

۲- دانشجوی دکتری تاسیسات آبی، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات تهران

۳- کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

Meh\_scat@yahoo.com

Ranjbar\_m2006@yahoo.com

a.parvishi@gmail.com

### خلاصه

مهندسی ارزش رویکردی جدید، سازمان یافته، خلاق و جامع نگر در حل مسائل پیش روی بشر است. استفاده از این تکنیک در رفع مشکلات ناشی از عدم دسترسی به امکانات خاص و متعاقب آن نتیجه گیری مناسب بر اساس امکانات موجود و محدود، از بارزهای مشخص آن می باشد. طرح های منابع آب با توجه به پیچیدگی های خاص خود، گاه با کمبود امکانات در جهت اجرای به موقع، سریع و اصولی مواجه می شوند که با توجه به تخصیص حجم بالای منابع ارزی به این نوع از پروژه ها، هر گونه عقب ماندگی در پروسه اجرا و برنامه زمان بندی تعیین شده، می تواند خسارت های مادی و زیست محیطی غیر قابل جبران را به دنبال داشته باشد. از این رو توجه به رویکردهای مناسب طراحی، مدیریتی و اجرایی از نیازهای مهم در طرح های منابع آب به شمار می روند. استفاده از متدهای مهندسی ارزش در اجرای بخش های مختلف پروژه سد قیقاچ، یکی از مهمترین دلایل پیشرفت فیزیکی آن، مطابق با برنامه زمانبندی در نظر گرفته شده می باشد. در این مقاله با بررسی نحوه اجرای دیوار آب بند سد قیقاچ، استفاده از شیوه نوینی در حفاری و اجرای دیوار آب بند بتن پلاستیکی، با توجه به نوع ساختگاه سد از لحاظ زمین شناسی و هم چنین با توجه به امکانات موجود در کارگاه سد قیقاچ، ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: دیوار آب بند، بتن پلاستیکی، سد قیقاچ، سدهای خارج از بستر اصلی رودخانه، مهندسی ارزش

### مقدمه

یکی از روشهای جلوگیری فرار آب از پشت سدها، ایجاد دیوار آب بند می باشد که ضمن طولانی کردن مسیر زهاب، باعث کاهش حجم تلفات آب و همچنین کنترل پدیده آب سستگی می شود. اجرای این نوع دیوار با توجه به شیوه های مرسوم حفاری و بتن ریزی، بوسیله گرب و هیدروفورز انجام می پذیرد. در این کار تحقیقی، هدف ما بررسی انواع روشهای آب بندی در سدها و همچنین بررسی نحوه اجرای دیوار آب بند بتن پلاستیکی و نتایج حاصل از آن براساس متدهای مهندسی ارزش، در سد مخزنی قیقاچ می باشد. خصوصیات منحصر به سد قیقاچ، از جمله احداث سد در خارج از بستر اصلی رودخانه، تامین آب ذخیره شده در پشت آن از سد ارس بوسیله خط لوله ( ایستگاه پمپاژ شیبیلو)، همچنین طولیل بودن تاج سد ( بالغ بر ۲۰۰۰ متر) که خود باعث طولیل شدن دیوار آب بند اجرا شده خواهد بود و نیز نحوه حفاری پانلهای دیوار آب بند، چگونگی و حجم بتن ریزی در هر پانل که متفاوت از روشهای متعارف اجرا شده است، بررسی و مطالعه در این مورد را خالی از لطف نمی گذارد. مولکولهای آب به دلیل وجود انرژی پتانسیل در محیط متخلخل خاک جریان می یابند. در طی مسیر در این محیط به تدریج انرژی خود را به واسطه اصطکاک از دست می دهند، این پدیده که نشست آب در محیط متخلخل خاک نام دارد دارای آثار نامطلوبی به شرح زیر است،

- تلف شدن آب ذخیره شده در پشت سازه خاکی
- ایجاد فشار منفذی در محیط متخلخل و کاهش تنش موثر بین ذرات خاک و در نتیجه کاهش مقاومت برشی آن
- اعمال فشار بالا بر در سازه های غیرقابل نفوذ
- به حرکت در آمدن ذرات خاک و ایجاد پدیده فرسایش درونی در محیط
- اعمال نیروی نشست<sup>۴</sup> بر توده خاک

<sup>1</sup> کارشناس مهندسی مشاور زیستاب

<sup>2</sup> عضو هیات علمی دانشگاه آزاد ارومیه

<sup>3</sup> کارشناس ارشد مهندسی مشاور زیستاب

<sup>4</sup> Seepage Force

هر یک از موارد فوق می توانند در پایداری سد های خاکی اثر منفی داشته باشند. از این رو در تحلیل پایداری باید مورد توجه قرار گیرند. از این رو برای کاهش و کنترل آثار منفی پدیده نشت در محیط خاک لازم است حدالمقدور با به کارگیری روشهای مناسب انرژی پتانسیلی مولکولهای آب و در نتیجه مقدار نشت را کاهش داد از آنجایی که نمی توان مقدار نشت در خاک را کاهش داد لازم است روشهایی برای کنترل آن و جلوگیری از جابجایی ذرات در محیط به کار گرفته شود.

### روشهای کاهش و کنترل نشت از بدنه و پی سدهای خاکی

برای جلوگیری از مشکلاتی که بر اثر نشت آب به داخل بدنه و پی سدهای خاکی ایجاد می شود بایستی کوشش کرد تا با ایجاد مانع در مسیر جریان نشت و کاهش انرژی مقدار آن را به حداقل رساند، این روشها عبارتند از:

- استفاده از هسته با نفوذپذیری کم در بدنه سد
- استفاده از رویه آب بند در سطح بالادست
- استفاده از ترانشه و پرده آب بند در پی
- استفاده از پرده تزریق در پی
- استفاده از رویه با نفوذپذیری بسیار کم در کف مخزن
- استفاده از دیواره های آب بند نازک ( دیافراگم ) فلزی، بتنی و غیره ...

### استفاده از دیواره آب بند ( دیافراگم )<sup>۵</sup>

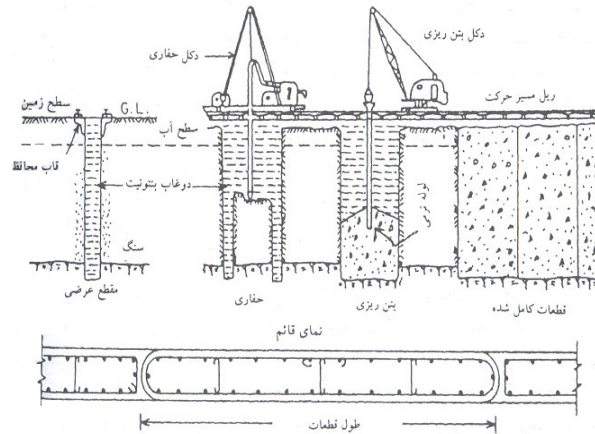
دیواره های آب بند نازک ( دیافراگم ها ) صفحات نازک متشکل از نوعی بتن انعطاف پذیرند ( بتن پلاستیک ) که در ترانشه های حفر شده با روش حفاری بسته در بسترهای آبرفتی رودخانه تا اعماق نسبتاً زیاد اجرا می شوند، ضخامت این نوع دیواره بین حدود ۰/۶ تا ۱/۵ متر متغیر است و عمق آن متناسب است با نیاز و مشخصات فنی دستگاههای حفاری و بتن ریزی و می توان تا حدود ۱۵۰ متر یا بیشتر باشند. هدف این نوع دیواره ها مسدود کردن مسیر جریان تراوش آب از بالادست به پایین دست است و احتمال دارد برای خشک ساختن محل، حفاری رو باز یا آب بندی آبرفتهای عمیق مورد استفاده قرار گیرد.

همانطور که توضیح داده شد برای اجرای این نوع دیواره از روش حفاری بسته و برای جلوگیری از ریزش دیواره های پی حفاری شده از خاصیت تیکسوتروپی یا بندش برخی از دوغابها استفاده می شود، بندش یا تیکسوتروپی<sup>۶</sup> خاصیت برخی از دوغابهاست که در حالت سکون به صورت ژله منعقد ( بسته ) شده و بر اثر به هم زده شدن حالت روان پیدا می کنند و این خاصیت ( بسته شدن و به حالت روان در آمدن ) قابل بازگشت است و می تواند بارها تکرار شود. به طور معمول دوغابهای حاوی بیشتر از ۱ درصد وزنی بنتونیت، دارای این خاصیت هستند. چنانچه بنتونیت در دسترس نباشد یا به دلیل گرانی استفاده از آن اقتصادی تلقی نگردد، بدین منظور می توان از رس ایلیت، مخلوط ۵ درصد وزنی کربنات سدیم استفاده کرد. دانسیته دوغاب های مورد استفاده معمولاً بین ۱/۰۵ تا ۱/۲۵ تن بر متر مکعب ( بسته به مقدار بنتونیت اولیه و مقدار ذرات ریزدانه حاصل از حفاری ) تغییر می کند. برای عملکرد مطلوب دوغاب و خنثی کردن فشار آب منفذی لازم است سطح دوغاب همواره بالاتر از سطح آب زیرزمینی نگه داشته شود. برای اجرای عملیات حفاری به صورت بسته معمولاً دو ریل به فاصله مناسب ( گایدوال ) در امتداد محور طولی ترانشه نصب می شود و ماشین آلات حفاری و بتن ریزی روی ریل های مذکور حرکت می کنند. عمل حفاری توسط دستگاههای حفاری مناسب که دارای قطعات حفاری دورانی - ضربه ای می باشند و یا توسط کلامشل ها انجام می شود. در این دستگاهها عمل حفر، خروج مواد حفر شده با کمک نیروی مکش دستگاهها و انتقال آن به خارج به صورت همزمان انجام می پذیرد و بلافاصله پس از حفر، دوغاب ساخته شده در واحد مرکزی مجاور، محل ترانشه را پر می کند. طول قطعه حفاری شده به قدرت و نوع دستگاه بین ۲ تا ۶ متر متغیر است. و به منظور حفظ پایداری و تأمین آب بندی قطعات به صورت یک در میان اجرا می شود. پس از آنکه قطعات سری اول تا عمق مورد نظر حفر شده، در صورت نیاز به مسلح سازی قفسه های میلگرد فولادی ساخته شده در سطح زمین به داخل ترانشه منتقل و پس از استقرار، عملیات بتن ریزی از پائین به بالا توسط لوله ترمی<sup>۷</sup> انجام می شود.

<sup>5</sup> Diaphragm wall cut-off

<sup>6</sup> Thixotropy

<sup>7</sup> Tremie



شکل ۱- روش اجرای دیواره آب بند بتن پلاستیکی

با پیشرفت عملیات بتن ریزی دوغاب، سر لوله ترمی بتدریج بالا کشیده می شود. تا اینکه بتن ریزی آن قطعه کامل شود. پس از تکمیل حفاری و بتن ریزی قطعات سری اول، قطعات سری دوم در فاصله بین قطعات سری اول حفر و به همان ترتیب بتن ریزی می شود. برای اطمینان از اتصال و آب بندی قطعات، معمولاً با کمک لوله ژئون، سطح بتن در دو انتهای قطعات سری اول به شکل نیم دایره در آمده و در بتن ریزی قطعات سری بعد، کاملاً با آن درگیر می شود. بتن مورد استفاده در دیوارها باید دارای خاصیت آب بندی و نیز انعطاف پذیری به منظور تحمل تغییر شکلهای ناشی از نشست و جلوگیری از ترک خوردگی باشد. از این رو معمولاً از دو نوع مصالح (بتن مسلح و یا بتن پلاستیک) با توجه به شرایط کار استفاده می شود. در بتن مسلح معمولاً از قفسه های میلگرد فولادی استفاده می شود. این قفسه ها عموماً متشکل از آرماتورهای فولادی به قطر ۱۶ تا ۲۰ میلی متراند که در دو جهت به فاصله ۳۰ تا ۳۳ سانتی متر قرار می گیرند. در این حالت استفاده از بتن با مقاومت فشاری ۲۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع کفایت می کند. بتن پلاستیک که با هدف انعطاف پذیری بیشتر و تحمل تغییر شکلها مورد استفاده قرار می گیرد، متشکل از سیمان، بنتونیت، ماسه و آب است. در این حالت به علت وجود خاک رس در مخلوط، مقاومت فشاری بتن حاصله بسیار کمتر از بتن معمولی و در حد ۵۰ کیلوگرم بر متر مربع یا کمتر است. استفاده از دیوارهای آب بند بتن پلاستیکی برای آب بندی پی سدهای زمانی مورد توجه قرار می گیرد که گرادیان هیدرولیکی و ارتفاع سد زیاد بوده و به مصالحی با مقاومت کافی در برابر فرسایش و دوام کافی نیازمندیم. همچنین از چنین دیوارهایی انتظار می رود که قابلیت تغییر شکل پذیری بالایی داشته باشند تا کرنشهای تحمیلی از طرف پی به این دیوارها تحت بارگذاریهای سد و شرایط مختلف هیدرولیکی را بدون وقوع ترک تحمل کنند. استفاده از مصالح بتن پلاستیک در مواردی برای آب بندی پی مطرح می گردد که احداث دیوار برای آب بندی پی سد در مقایسه با روشهای دیگر اصلاح آبگذری پی، ترجیح داده شود. یکی از مسائل مهم در طرح مخلوطهای بتن پلاستیک برای استفاده در دیوارهای آب بندی که در زیرسدها و بخصوص سدهای با ارتفاع قابل توجه وجود دارد، این است که مصالحی بوجود آورده شود که علاوه بر مقاومت کافی در برابر فرسایش های هیدرولیکی تحت گرادیانهای بسیار بالا و دوام و پایایی کافی در طول عمر بهره برداری سد، قابلیت هماهنگی از نظر تغییرشکل با محیط پی مجاور را نیز داشته باشد، به اینصورت که کرنشهایی که در پی سد تحت بارگذاری مربوط به ساخت سد، آنگیری و دوران بهره برداری به وجود خواهند آمد، تا حدود زیادی به دیوار آب بند اجرا شده در داخل پی نیز اعمال شده و در صورتیکه مصالح دیوار نتواند کرنشهای مذکور را تحمل نماید، وقوع ترک در دیوار و از دست دادن آب بندی آن محتمل خواهد بود. از طرفی مصالح بتن پلاستیک مثل بسیاری دیگر از مصالح خاکی و سنگی با بالا رفتن مقاومت آن، حالت تردشدگی پیدا خواهد کرد و کرنش حالت گسیختگی آن پائین خواهد آمد. بدین ترتیب در طرح چنین دیوارهایی ایجاد تعادل بین مقاومت و شکل پذیری مساله اصلی می باشد. کمیته بین المللی سدهای بزرگ (ICOLD) پیشنهاد کرده است که در پی های همگن و پی هایی که با افزایش عمق، مدول الاستیک آنها تغییر قابل توجهی ندارد، مدول بتن پلاستیک دیوار آب بند را حدود ۴ الی ۵ برابر مدول الاستیک خاک یا سنگ پی مجاور باید در نظر گرفت.<sup>۸</sup> البته برای تعیین مدول مناسب برای بتن پلاستیک ICOLD در شرایطی که پی ناهمگن باشد بدیهی است که معیار فوق الذکر دیوار آب بند، نمی تواند درست باشد و در این شرایط مدل نمودن عددی دیوار آب بند به همراه پی و سد در برآورد و تدقیق طرح مناسب برای مصالح دیوار آب بند بسیار مفید می باشد.

<sup>8</sup> (ICOLD, bulletin No 51, 1985)





شکل ۳- نحوه حفاری با بیل بازو بلند

بررسی مجدد و انجام مطالعات حفاری تکمیلی زمین ساختمان محل اجرای دیوار آب بند به لحاظ نوع خاک و پایداری ترانشه های احداث شده در آن، مؤید این مطلب بود که با این روش حفاری از لحاظ پایداری با مشکلی مواجه نخواهیم بود. لذا در نهایت انجام کار با این روش مورد تایید قرار گرفت.

### روشهای تولید ژل بنتونیت و بتن پلاستیک مصرفی دیوار آب بند سد مخزنی قیقاج

خط تولید بتن پلاستیک را می شود به ترتیب در گامهای زیر بررسی کرد:

- ۱- نحوه تولید، عمل آوری و بارگیری ژل بنتونیت به میکسر
- ۲- بارگیری مصالح رودخانه ای به میکسر (مراحل ۲ و ۳ به طور متناوب تکرار می شوند)
- ۳- بارگیری سیمان و آب به میکسر

ژل ساخته شده دارای نسبت ۷ به ۱ بود (۷ آب و ۱ بنتونیت)، که به مدت ۳ الی ۵ دقیقه درون مخلوط کن برقی با سرعت ۱۲۰۰ دور در دقیقه ( $rpm$ )، بهم زده می شد و سپس به درون حوضچه ها هدایت می شد. ژل تولید شده به این روش می بایستی حداقل به مدت ۲۴ ساعت، ضمن سیرکوله شدن، درون حوضچه قرار می گرفت تا عمل آوری شود. منظور از عمل آوری ژل بنتونیت، شکفته شدن آن می باشد. ژل بنتونیت شکفته شده بصورتی است که درون آن دلمه های خیس نشده بنتونیت وجود ندارد. وجود دلمه های خیس نشده باعث عدم کارایی بهتر و نیز عدم بروز تمام خواص ژل بنتونیت (تیکسوتروپی و...) می شود. مصالح مورد استفاده برای تولید بتن پلاستیک، از مسیل قیقاج واقع در پایین دست سد، تامین شد. مصالح بعد از حمل، از محل مسیل، در نزدیکی ماسه شویی دیو و سپس بوسیله ماسه شویی و یا سرنده کردن، در رنج مشخص شده قرار می گرفتند. نحوه بارگیری مصالح رودخانه ای به داخل میکسر، بسته به تر یا خشک بودن مصالح بوسیله قیف و یا باسکول (بچینگ) انجام می گرفت.

### نحوه بتن ریزی

بتن ریزی دیوار آب بند سد قیقاج به ترتیب در مراحل زیر انجام پذیرفت:

- ۱- قالب بندی (پارتیشن بندی) محل حفاری دیوار آب بند
- ۲- بتن ریزی

حفاری دیواره آب بند بوسیله دستگاههای متعارف حفاری، بصورت یک در میان (پانلهای اولیه و ثانویه) اجرا می شود و پانلهای کناری حفاری نشده به عنوان قالب عمل می کنند. اما در سد قیقاج به اقتضای استفاده از بیل مکانیکی بازو بلند، حفاری به صورت ممتد از یک نقطه آغاز و در طول مشخص و تعیین شده ادامه می یابد. با این روش حفر دیوار آب بند، استفاده از قالب جهت پارتیشن بندی پانلهای، لازم و ضروری می نمود که تمهیدات لازم جهت این کار انجام شود، به طوری که ضمن ایجاد حجم قابل بتن ریزی<sup>۱۰</sup>، شرایط ایمنی و پایداری لازم جهت بستن قالبها در عمق کاتاف، فراهم شود. جهت حفظ پایداری قالبها در حالتی که فضای بین دو قالب خالی است و هم در حین بتن ریزی و بعد از آن، از پشت بندهایی در فواصل ۲ و گاهی ۱ متر از همدیگر استفاده می شد. پشت بندها با حفاری دیواره های کناری و فرو رفتن در آنها، بواسطه سختی بالای دیواره ها، پایداری لازم را بدست می آوردند و به این ترتیب نیروی هیدرواستاتیک ناشی از بتن پلاستیک سفت نشده، مهار می شد. حداقل ۲ روز بعد از بتن ریزی پانل مشخص شده، قالبها باز می شدند. با حفظ فاصله معین از کناره های پانل پر شده، پانل دیگر قالب بندی می شد. یعنی پانلهای به صورت یک در میان بتن ریزی می شدند تا در پانلهای باقی مانده وسطی، دیگر نیازی به قالب بندی نباشد. حسن دیگر این کار، پایداری دیواره های پانلهای حفاری شده می باشد. در اجرای دیوار آب بند سد قیقاج، با توجه به پارتیشن بندی پانلهای حفاری شده، عملاً پانلهای اولیه و ثانویه حذف می شوند. با حذف پانلهای اولیه و ثانویه و متعاقب آن حذف خراشیدن بتن ریخته شده، می بایستی تمهیداتی اتخاذ می شد تا ضمن بتن ریزی پانلهای مجاور، بعد از در آوردن قالب، قفل و بست کافی بین دیواره های تماسی حاصل شود. بدین منظور ابتدا از چهار تراشهای چوبی به ابعاد ۲۰ سانتی متر استفاده

<sup>10</sup> بتن ریزی در فاصله زمانی معین، قبل از گیرش و سفت شدن بتن پلاستیک ریخته شده اولیه، انجام شود.

می شد که بعداً به علت استفاده از پروفیل قوطی به عنوان وصل کننده قالبها به هم (استیفنر) ، استفاده از چهار تراش منتفی شد . در حقیقت فرورفتگی که از محل چهار تراش یا قوطی در روی بتن ریخته شده پانل قالب بندی شده بدست می آمد ، ضمن طولانی کردن سطح تماس ، توسط بتن ریخته شده در پانل مجاور پر می شد و به صورت کام و زبانه ، بین بتن دو پانل در گیری و چسبندگی ایجاد می کرد . پس از حصول اطمینان از محکم بودن قالبها ، نوبت به بتن ریزی کاتاف می رسد . بتن پلاستیک تولید شده پس از خروج از میکسر بوسیله لوله ترمی به درون محل قالب بندی شده هدایت می شد .



شکل ۴ - بتن ریزی بوسیله قیف و لوله ترمی فلزی

**مقایسه هزینه های مربوط به حفاری با استفاده از بیل مکانیکی و روش گرب و هیدروفورز برای یک مترمکعب حفاری**  
(فرض شده است که ۹۰٪ مصالح حفاری غیر سنگی و ۱۰٪ سنگی می باشد)

**جدول ۱- آیتم های حفاری دیوار آب بند با استفاده از بیل بازو بلند برای هر متر مکعب حفاری - فهرست بهای آبیاری و زهکشی ۸۵**

ردیف	شرح	واحد	بهای واحد (ریال)	مقدار	بهای کل (ریال)	توضیحات
۰۳۰۵۲	پی کتی ابنه فنی هیدرولیکی با وسیله مکانیکی در زمین های سخت تا عمق ۲ متر و حمل خاک کنده شده تا فاصله ۲۰ متر از مرکز نقل برداشت و توده کردن آن .	M <sup>3</sup>	۷۰۱۰	٪۹۰	۶۳۰۹	با توجه به اینکه ۱۰٪ مصالح حفاری دیوار آب بند را سنگی در نظر گرفتیم ، لذا ۹۰٪ حجم از این آیتم پرداخت خواهد شد و ۱۰٪ آن از آیتم ۰۳۰۵۴ پرداخت می شود.
۰۳۰۵۴	پی کتی ابنه فنی هیدرولیکی با وسیله مکانیکی در زمین های سنگی تا عمق ۲ متر و حمل مواد کنده شده تا فاصله ۲۰ متر از مرکز نقل برداشت	M <sup>3</sup>	۳۷۹۰۰	٪۱۰	۳۷۹۰	
* ۰۳۰۵۵	اضافه بها به ردیف های ۰۳۰۵۲ و ۰۳۰۵۴ ، هرگاه عمق پی کتی بیش از ۲ متر باشد ، برای حجم خاک واقع شده در عمق ۳۵۲ متر یک بار ، ۴۵۳ متر دوبار و به همین ترتیب برای عمق های بیشتر .	M <sup>3</sup>	۶۷۰	۳/۶	۲۴۱۲	$8 \times 6 \times 70 + 2 \times 6 \times 70 + 1 \times 6 \times 70$ $((8 \times 9) / 2) / 10 = 3 / 6$
۰۳۱۱۳	اضافه بها به ردیف های پی کتی و کانال کتی ، هرگاه عملیات در زیر تراز آب و بدون استفاده از تلبه موتوری در حین اجرای عملیات جهت خارج نمودن آب الزام آور باشد .	M <sup>3</sup>	۵۳۲۰	٪۱۰	۵۳۲	
۰۳۱۳۰۱	بارگیری مواد حاصل از عملیات خاکی یا خاکهای توده شده و حمل آن با کامیون یا هر نوع وسیله مکانیکی دیگر تا فاصله ۱۰۰ متری مرکز نقل برداشت و تخلیه آن .	M <sup>3</sup>	۲۱۷۰	۱	۲۱۷۰	با توجه به اینکه عرض محل حفاری ۶۰ سانتی متر است ، بنابراین حجم بارگیری ۶۰٪ منظور گردیده است .
۰۳۱۳۰۲	حمل مواد حاصل از عملیات خاکی یا خاکهای توده شده ، وقتی که فاصله حمل بیش از ۱۰۰ متر و حداکثر تا ۵۰۰ متر باشد ، برای هر ۱۰۰ متر مازاد بر ۱۰۰ متر اول کسر صد متر به تناسب محاسبه می شود .	M <sup>3</sup>	۱۹۰	۴	۷۶۰	
	جمع کل (ریال)				۱۵۹۷۳	

**جدول ۲ - آیتم های حفاری دیواره آب بند برای هر متر مکعب حفاری - فهرست بهای سد سازی سال ۸۵ - با عمق ۱۰ متر**

ردیف	شرح	واحد	بهای واحد (ریال)	مقدار	بهای کل (ریال)	توضیحات
۴۳۲۰۱	حفاری محل دیوار آب بند به طور قائم تا عمق ۲۰ متر و حمل مواد حاصل تا فاصله ۵۰۰ متر	M <sup>3</sup>	۳۳۷۰۰۰	۱	۳۳۷۰۰۰	
۴۳۲۰۳	اضافه بهای ردیف حفاری محل دیوار آب بند ، برای آن قسمت از محل حفاری که استفاده از وزنه (تران) ناگزیر شود	M <sup>3</sup>	۱۳۱۵۰۰	٪۱۰	۱۳۱۵۰	با فرض ۱۰٪ حجم سنگی ، با توجه به حفاری .
۴۳۲۰۴	اضافه بها به حفاری دیوار آب بند ، اگر مصرف گل حفاری ، سیمان و یا ترکیبی از آنها ناگزیر باشد . این ردیف برای جریان کاهش رانندمان و تهیه مصالح و تجهیزات برای عملیات دوجاب ریزی می باشد .	M <sup>3</sup>	۴۴۹۰۰	٪۱۰	۴۴۹۰	آب زیر زمینی در محدوده دیوار آب بند خیلی کم بود .
	جمع کل (ریال)				۳۵۴۶۴۰	

با مقایسه مقدار ریالی جمع کل حاصل از دو روش فوق ( جداول او ۲ ) ، به روشنی مشهود است که حفاری بوسیله بیل بازو بلند ۳۳۸/۶۶۷ ریال در واحد حجم ، ارزان تر از حفاری بوسیله سایر روش های متعارف است . جدای از صرفه اقتصادی که با این روش حفاری در سایر مراحل اجرای دیوار آب بند سد قیقاج حاصل می شود ، با احتساب ۸۰۰۰ مترمکعب حجم خاکبرداری دیوار آب بند سد قیقاج ، مقدار ۲/۷۰۹ / ۳۳۶/۰۰۰ ریال ، تنها در عملیات خاکبرداری دیوار آب بند صرفه جویی شده است .

**نتیجه گیری**

استفاده از این روش حفاری و اجرا با مزیت های زیر همراه است ،

- کاهش هزینه های حفاری .
- افزایش رانندمان حفاری ( طول حفاری ) .
- افزایش سرعت حفاری و اجرا .
- عدم نیاز به اقدامات اضافی نظیر استفاده از گل بنتونیت و ماسه گیری دوجاب حفاری .
- افزایش طول پانل های حفاری .
- یکنواختی و یکپارچگی بتن ریخته شده ، به دلیل عدم استفاده از گل بنتونیت در حفاری .
- کاهش مدت اجرای عملیات دیوار آب بند .
- سادگی عملیات اجرایی و افزایش کنترل کمی و کیفی عملیات .
- کاهش تعداد درزهای اجرایی .

هم چنین عمده عیب این روش ، محدودیت عمق عملیات حفاری ( حداکثر ۱۰ متر ) می باشد ، ضمناً اجرای عملیات حفاری با بیل بازو بلند در زمین های آبدار و خیلی سخت ، غیر اقتصادی است .

\*) (با توجه به اینکه در آنالیز حفاری با گرب و هیدروفورز ، متوسط هزینه ها تا ۱۰ متر یکسان در نظر گرفته شده است ، لذا برای یکسان سازی هزینه تا عمق ۱۰ متر برای روش حفاری با بیل مکانیکی ، اضافه بهای حفاری بیش از ۲ تا ۱۰ متر در نظر گرفته شده است و بر عدد ۱۰ تقسیم شده است .)

## قدردانی

لازم و ضروری می بینیم از زحمات نماینده محترم مجری طرح سد مخزنی قیقاج و تاسیسات وابسته، جناب آقای مهندس شقاقی، مدیر محترم پروژه مهندسین مشاور زیستاب جناب آقای مهندس رضاپور و پرسنل نظارت مقیم سد قیقاج که در تهیه این مقاله ما را یاری کرده اند، کمال تشکر و قدردانی را به عمل آوریم.

## مراجع

۱. رنجبر باغمیشه، م. ب. (۱۳۷۷)، "مطالعه موردی نحوه اجرای دیوار آب بند سد سهند"، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
۲. عصمت ساعتلو، س. م. (۱۳۸۷)، "استفاده از مهندسی ارزش در طرح و اجرای بهینه سدهای خاکی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد مهاباد، آذربایجان غربی.
۳. نظری، ا. و حاجی علیخانی، م. ر. "مطالعات مهندسی ارزش در سد مخزنی خاکی"، اولین کنفرانس مدیریت پروژه (۱۳۸۳).
۴. رحیمی، حسن، "سدهای خاکی"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول (۱۳۸۲).
۵. مهندسین مشاور زیستاب، "گزارش سیمای طرح".
۶. آزمایشگاه مکانیک خاک زمین آزما، "گزارش طرح اختلاط بتن پلاستیک دیوار آب بند سد قیقاج"، تبریز، آذر ۱۳۸۵.
۷. شهبازیان اهری، رو میرقاسمی ع. ا. و پاکزاد م. "بررسی اندر کنش استاتیکی سد، پی و دیوار آب بند بتن پلاستیک در پی های ناهمگن سدهای خاکی" چهارمین کنفرانس سد سازی.