سرریز سد دوستی
مشکلات اجرایی و راهکارهای به کار رفته

حسن ساقی – دانشجوی دکتری عمران-آب دانشگاه فردوسی و مدیر پروژه شبکه پایاب سد دوستی-بخش توسعه

چکیده

همواره تجربیات مهندسین در اجرای پروژه‌های مختلف، راهنمای مناسبی جهت رفع مشکلات اجرایی بوجود آمده در سایر پروژه‌ها و نیز طراحی دقیق و اجرایی تر پروژه های مشابه می باشد. اجرای هر پروژه بطوریکه کاملاً بر طبق نقشه‌های اولیه صورت گیرد، امری است بسیار دشوار و در بعضی موارد غیرممکن که لازم است با دیدگاه مهندسی و با ارائهٔ راهکاری مناسب، تدابیر لازم جهت رفع مشکلات بوجود آمده اتخاذ گردد. این مشکلات می‌تواند به دلایل مختلفی همچون عدم تطابق نقشه‌ها با شرایط اجرایی، عدم پیش‌بینی و یا عدم توجه به وضعیت زمین‌شناسی منطقه، محدودیت‌های اجرایی در زمینهٔ اجرای قسمتی از سازه، شرایط جوی و ... بوجود آید.

هدف از این مقاله، ارائهٔ مشکلات اجرایی بوجود آمده در اجرای سرریز سد دوستی و بررسی راهکارهای به کار رفته جهت رفع مشکلات بوجود آمده به منظور استفاده از این تجربیات در پروژه های مشابه می‌باشد.

کلمات کلیدی : سرریز سد دوستی، مشکلات اجرایی، راهکارهای اجرایی

مقدمه

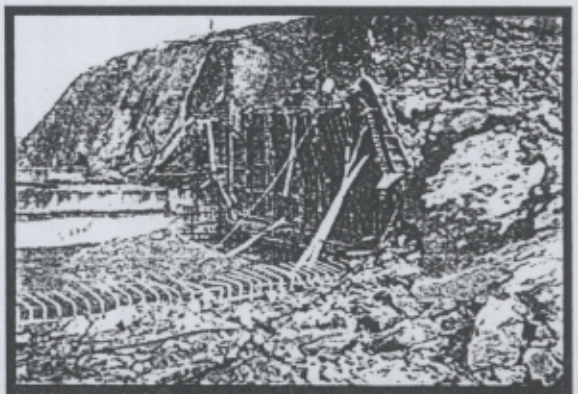
هر مانعی که در مسیر عبور آب قرار گرفته و باعث شود که ارتفاع آب در بالادست مانع افزایش یافته و از روی آن عبور نماید سرریز نامیده می‌شود. سرریزها به عنوان یکی از سازه‌های اصلی در پروژه‌های سدسازی نقش مهم و اساسی در حفظ ایمنی سدها و بخصوص سدهای خاکی بر عهده دارند. به طوریکه در شرایطی که موج سیلاب وارد مخزن سد می‌شود، آب اضافی توسط سرریز از پشت سد خارج شده و مانع عبور آب از روی تاج سد خاکی و تخریب آن می گردد. در این راستا، اجرای صحیح و دقیق این سازه و رعایت تمامی مشخصات فنی خصوصی ضروری می باشد. بنابراین آگاهی از مسائل و مشکلات اجرایی، علاوه بر صرفه جویی در هزینه ها، می تواند در کاهش زمان اجرای پروژه نیز کمک شایانی نماید. در این راستا به منظور انتقال تجربیات به دست آمده در اجرای سرریز سد دوستی، اهم مشکلات اجرایی و نیز راهکارهای به کار رفته، مورد بررسی قرار گرفته است. بدیهی است به طور قطع نمی توان تمامی موارد ذکر شده را به عنوان راه حل قطعی ذکر نمود و لازم است مهندس ناظر با توجه به شرایط خاص هر پروژه، بهترین راهکار را پیشنهاد نماید.

اجرای هر پروژه عمرانی مستلزم داشتن برنامه زمانبندی

می باشد تا بتوان برنامه ریزیهای لازم جهت تدارک نیروی انسانی متخصص و ماشین آلات مورد نیاز را انجام داد. مطابق برنامه زمانبندی، عملیات اجرایی سرریز سد دوستی شامل عملیات خاکبرداری و سنگبرداری، آماده سازی، قالب بندی، بتن ریزی و نگهداری بتن می باشد. جهت سهولت در تقسیم بندی، مشکلات اجرایی مربوط به هر مرحله به صورت جداگانه بررسی و راهکارهای پیشنهادی نیز ارائه گردیده است.

خاکبرداری و سنگبرداری

عملیات سنگبرداری، یکی از مراحل حساس و پر هزینه در اجرای هر پروژه می باشد. لذا عدم آگاهی از مشکلات اجرایی مربوطه باعث افزایش هزینه



شکل۱- ریزش زمین در تکیه گاه جناح راست

شکل۲- اصلاح شیب و اجرای شاتکریت در تکیه گاه جناح راست

های اجرایی می گردد. به عنوان نمونه پس از اتمام سنگبرداری ترانشه محدوده اجرای سرریز سد دوستی، به دلیل سست بودن سنگ منطقه، قسمتهایی از ترانشه ریزش نمود. لذا با بررسی شرایط زمین شناسی منطقه (وجود درز و شکافها، گسلها و ...) راهکارهای زیر برای قسمتهای مختلف پیشنهاد گردید. اصلاح شیب سنگبرداری و برداشتن سنگهایی که احتمال ریزش برای آنها زیاد بود، اجرای دو لایه شاتکریت و یک لایه مش و استفاده از هر دو راهکار به صورت همزمان روشهای پیشنهادی جهت رفع مشکل فوق بود. به عنوان نمونه به دلیل ریزش قسمتی از تکیه گاه جناح راست سردهانه سرریز(شکل ۱) و به دلیل سست بودن زمین در این محدوده، اجرای همزمان شاتکریت و اصلاح شیب اجتناب ناپذیر بود(شکل۲).

جنس زمین در محدوده اجرای حوضچه آرامش سنگی بوده و استفاده از مواد ناریه جهت سنگبرداری اجتناب ناپذیر بود. لیکن به دلیل قرار گرفتن محدوده اجرای حوضچه آرامش زیر تراز آب، مواد ناریه پس از قرارگیری در داخل چال خیس شده و عمل انفجار به خوبی انجام نمی گرفت. لذا پس از اتمام عملیات چال زنی، ابتدا به قطر و عمق چال تعدادی لوله PVC تهیه و در داخل چال قرار گرفت. سپس مواد ناریه در داخل چال قرار داده شده و انفجار انجام گردید. از طرفی به دلیل نزدیک بودن ساختمانهای تجهیز کارگاه، هنگام استفاده از مواد ناریه (انفجار)، احتمال وارد شدن صدمه به ساختمانهای مذکور وجود داشت که استفاده از روش انفجار کنترل شده به عنوان راهکار نهایی پیشنهاد گردید.

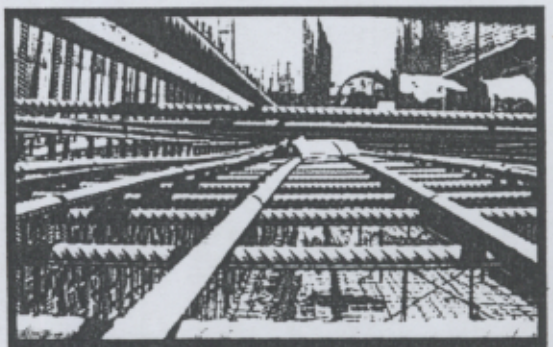
آرماتور بندی

آرماتوربندی یکی از مراحل مهم در اجرای هر سازه بتنی به شمار می رود. حساسیت این مسئله در اجرای سازه هایی همچون دیوار حوضچه آرامش با ارتفاعی بیش از ۲۴ متر کاملاً مشهود بوده و به کار گماشتن نیروهای فنی و متخصص در مجموعه پیمانکار و مشاور ضروری خواهد بود.

کلید برشی یکی از قسمتهای اصلی اسلب سرریز بوده که وظیفه آن ممانعت از لغزش اسلب بر روی سطح شیبدار می باشد از طرفی کلید برشی هر اسلب، تکیه گاه قسمت انتهائی اسلب بالائی خود بوده و لذا اجرای اسلب بالائی منوط به اجرای اسلب پائینی خواهد بود و این محدودیت باعث کاهش راندمان عملیات اجرایی می گردد. به منظور رفع این مشکل، در قسمتهائی از سرریز، آرماتوربندی و بتن ریزی کلید برشی به طور جداگانه انجام گرفت تا بتوان اسلب بالایی را اجرا نمود. البته با توجه به کاهش مقاومت برشی در محل قطع بتن. تعدادی آرماتور برشی(Shear bar) اضافه اجرا گردید(شکل(۳)).

یکی از مشکلات رایج در آرماتوربندی سازه های مختلف، افزایش کاور شبکه آرماتوربندی به دلایل مختلفی همچون کم بودن ضخامت بتن پرکننده در اسلیهای شوت و حوضچهٔ

شکل ۳ – اجرای آرماتوربندی کلیدبرشی جدا از اسلب


شکل ۴ – اضافه کردن شبکهٔ حرارتی جهت کاهش کاور شبکه

آرامش و نیز جابجایی آرماتورهای ریشه بر اثر فشار بتن، هنگام بتن‌ریزی لیفت قبلی می باشد که جهت رفع این مشکل به جز باز کردن شبکه آرماتور و بستن مجدد آن، در شرایطی که انجام این کار غیراجرایی و غیرمنطقی بوده و البته در صورتیکه افزایش کاور قابل اغماض بود تنها با افزودن شبکهٔ آرماتور حرارتی، میزان کاور شبکه کاهش داده شد(شکل (۴)).

قالب بندی

قالب بندی یکی از مراحل مهم و حساس در اجرای سازه های بتنی و بخصوص سازه های هیدرولیکی می باشد. عدم دقت و تطابق قالب بندی انجام شده با نقشه های اجرایی و در نتیجه ایجاد پله و نیز سطوح ناپیوسته، باعث بوجود آمدن مسائل هیدرولیکی و در نتیجه خرابی تدریجی سازه مورد نظر میگردد. بنابراین قالب بند می بایست با مسائل و مشکلاتی که ممکن است در حین کار با آن مواجه گردد آشنایی کامل داشته و برای هر یک راهکار مناسب ارائه نماید.

به دلیل وجود قطعات فیکس پارت در قسمتی از پایه‌های میانی سردهانه سرریز و به دلیل اینکه مشخصات فیکس پارتها هنوز مشخص نبود امکان اجرای کامل پایه‌ها نبود. از طرفی به دلیل شرایط خاص پروژه امکان اینکه تا زمان معین شدن مشخصات فیکس پارتها بتن‌ریزی در این قسمت متوقف گردد وجود نداشت. لذا با توجه به اینکه قطعات فیکس پارت تنها در محدوده میانی پایه وجود داشت، ابتدا دو عدد درز اجرایی قائم در دو طرف محل فیکس پارتها و مطابق شکل (۵)در نظر گرفته شد سپس بتن‌ریزی قسمت بالادست و پایین دست پایه‌ها انجام گردید. اما به دلیل وجود شبکهٔ آرماتوربندی پیرامون پایه‌ها استفاده از قالب‌معمولی در پیشانی‌ها را با مشکل مواجه می کرد. لذا از رابیتس برای قالب‌بندی استفاده شد. لازم به ذکر است پس از نصب قطعات فیکس پارت در ناحیه میانی و قبل از بتن‌ریزی، به خاطر وجود درز قائم و ضعیف شدن مقطع، تعدادی آرماتور در داخل بتن قسمت‌های بالادست و پایین دست انکر شد.

در قسمت کف بتن اوجی سردهانه سرریز، تعدادی Box culvert جهت زهکشی زه بستر در نظر گرفته شده بود.. قالب‌بندی Box culvert و سپس قالب‌برداری آن بسیار مشکل بود. لذا لیفت بندی بتن‌ریزی اوجی سردهانه در محدودهٔ زهکشها به نحوی انجام گردید که لیفت اول بتن ریزی منطبق بر لبهٔ Box culvert باشد. لذا پس از قالب‌بندی دو طرف زهکش‌ها و مطابق شکل(۶) بتن ریزی انجام گردید. پس از بتن ریزی، دیوارهٔ دو طرف Box culvert در داخل بتن تعبیه شد. سپس قطعات پیش ساخته‌ای به عرض ۴۰ سانتیمتر (۵ سانتیمتر تکیه گاه برای هر طرف) و طول ۱ متر تهیه شده و پس از تعبیه آن بر روی Box culvert، لیفت بعدی بتن اجرا گردید اما در قسمتهائی از اوجی سرریز که شبکهٔ زهکش در قسمت شیبدار قرار داشت، تعبیه Box culvert با توجه به لیفتهای بتن ریزی مشکل بود. لذا به جای اجرای Box culvert از لوله‌های پولیکائی به قطر ۲۰۰ میلیمتر استفاده گردید. بدین منظور، ابتدا ۱/۴ محیط لوله از آن جدا گردید. سپس ۳/۴ مابقی به وسیلهٔ آرماتورهای کوتاهی که به داخل سنگ پی و در امتداد زهکش مربوطه آنکر شده بود، به وسیلهٔ سیم مهار گردید(به طوریکه بتن نتواند وارد لوله گردد). سپس بتن‌ریزی انجام شد.

همچنین به دلیل انحناء دار بودن قالب محل نصب قطعات فیکس پارت دریچه‌های رادیال گیت(شکل۷)، قالب‌برداری پس از بتن‌ریزی مشکل بود. بنابراین در محل تماس قالب و بتن، پلاستوفوم قرار داده شد تا پس از بتن‌ریزی قالب به راحتی خارج گردد(شکل ۸).

در نهایت به دلیل نحوهٔ آرایش آرماتورهای کلید برشی اسلب سرریز، پس از قالب بندی پیشانی پائین دست اسلب

شکل ۵ – قالب بندی درز قائم اجرایی در پایه مبانی سرریز

شکل ۶ – قالب بندی زهکشهای سردهانه

شکل ۷– محل نصب قطعات فیکس پارت دریچه‌های قطاعی

شکل ۸– قرار دادن پلاستوفوم به منظور تسهیل در قالب‌برداری

بالائی، آرماتوربندی و اجرای کلید برشی اسلب پائینی، قالب مذکور به آرماتورها گیر کرده و قالب از محل خود خارج نمی گردید. لذا استفاده از قالب مدفون در دستور کار قرار گرفت.

بتن ریزی

بتن به عنوان ماده اصلی در هر سازه بتنی بسیار حائز اهمیت بوده و لازم است کنترل دقیقی در تمامی مراحل ساخت، حمل و انجام بتن ریزی صورت گیرد. بدین منظور مشاور طرح هر یک از مراحل فوق را با دقت کامل کنترل و نظارت نمود. این مراحل شامل تهیه و کنترل مصالح سنگی تولیدی (شامل تمیزی مصالح ، دانه بندی و ...)، نحوه دپوی مصالح، نحوه ذخیره سیمان و کنترل عدم فساد سیمان، تعیین نسبتهای اختلاط مصالح در ساخت بتن، نحوه تهیه بتن و کنترل رعایت نسبتهای اختلاط، کنترل زمان مجاز از زمان ساخت بتن تا زمان مصرف و در نهایت ارائه راهکارهای مناسب جهت بتن ریزی می باشد.

به دلیل عدم در اختیار بودن پمپ هوائی ، بتن‌ریزی سردهانه توسط پمپ زمینی انجام گردید. اما هنگام تخلیه و خروج بتن از سر لوله، امکان گرفتگی جلوی لوله وجود داشت. جهت رفع این مشکل تعدادی آرماتور به شکل خرک، در داخل لیفت پائین آنکر شده و سپس با قرار دادن لوله‌های پمپ زمینی بر روی آن بتن‌ریزی انجام گردید. در ادامه با کم و زیاد کردن لوله‌های پمپ ، بتن‌ریزی نقاط مختلف انجام شد.

به دلیل اینکه تراز بتن پرکننده تنها در چهار وجه اسلب مشخص بود، تراز بتن در قسمتهای میانی دقیق نبوده و باعث اشکالاتی در کار می گردید. بنابراین تعدادی آرماتور در قسمتهای میانی اسلب انکر و تراز بتن بر روی آنها مشخص گردید. سپس به کمک ریسمان کار و با استفاده از آرماتورهای مذکور، ضخامت بتن پرکننده در قسمتهای مختلف کنترل گردید.

به دلیل اینکه از زمان اجرای بتن مرحلهٔ اول سردهانه (بتنهای پله‌ای) و بتن لایهٔ نهایی وقفه طولانی بوجود آمد، واتراستاپهایی که قبلاً در بتن اجرا شده بودند، خشک و پاره شدند. جهت رفع این مشکل پس از اتمام لیفت اول، سطح واتراستاپ در مقابل آفتاب و گرما و به وسیله کیسه گونی پوشانیده میشد. اما هنگام بتن ریزی لیفت بعد، در صورتی که قسمتهایی از واتراستاپ پوسیده شده بود، قبل از بتن ریزی لیفت نهایی، واتراستاپ‌های پاره شده با چسباندن قطعات واتراستاپ در محلهای پارگی، ترمیم می گردید.

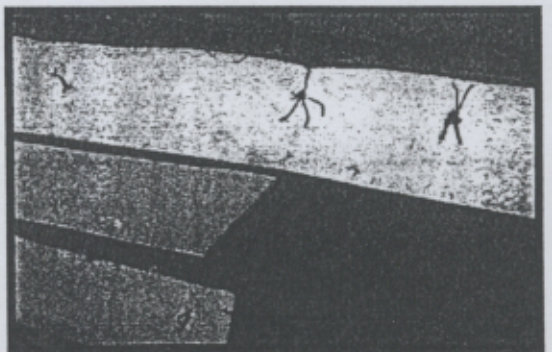
هنگام بتن‌ریزی، واتراستاپ موجود در اطراف اسلب تاخورده و حالت خود را از دست می‌داد. برای جلوگیری

از این مسئله، در امتداد هر واتراستاپ یک عدد آرماتور ضعیف (آرماتور ۱۲) به واتراستاپ بسته شده و سپس به شبکه آرماتوربندی مهار گردید.

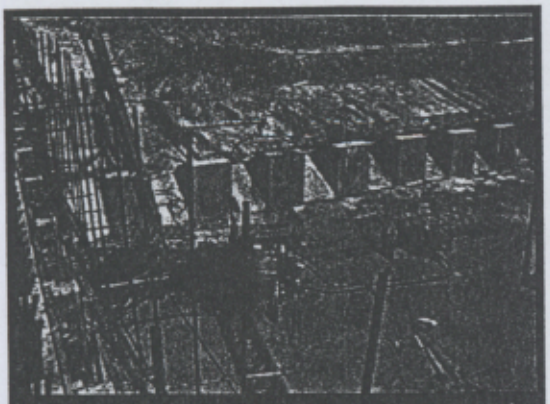
بعضی مواقع و بخصوص در فصل سرما، احتمال بارش برف و باران و ایجاد اختلال در بتن ریزی وجود دارد. به منظور جلوگیری از ورود آب ناشی از بارش برف و باران به داخل بتن، اجرای کانیوو به وسیله خاک، چوب و یا هر وسیله دیگر جهت هدایت آب جاری شده در بالادست به دو طرف اسلب و پوشاندن سطح فوقانی اسلب به وسیله چادر ضد رطوبت (با استفاده از داربست تعبیه شده از آرماتور با ارتفاع مناسب جهت رفت و آمد کارگران) پیشنهاد و مورد استفاده قرار گرفت.

بعد از نصب پلاستوفوم و اتمام آرماتوربندی، به منظور تمیزکاری به کمک فشار هوا، پلاستوفوم‌ها از سطح بتن جدا می‌شدند. جهت رفع این مشکل پلاستوفوم‌ها به وسیلهٔ سیمهایی که در هنگام قالب‌بندی بتن مجاور از سطح بتن بیرون آمده و نیز به کمک مواد چسبنده‌ای همچون گریس به سطح بتن چسبانده می شدند(شکل(۹))

در قسمتهایی که امکان بتن ریزی با پمپ موبایل بود بتن ریزی توسط پمپ مذکور انجام گردید. اما راندمان و



شکل ۹ – نصب و تثبیت پلاستوفوم به کمک گریس و سیم



شکل ۱۰ – اتصال پمپ زمینی و موبایل جهت بتن ریزی تراز های بالا

سرعت بتن ریزی کم و در نتیجه زمان بتن ریزی زیاد بود. با اتصال یک عدد پمپ زمینی و پمپ موبایل(به صورت سری) پمپ زمینی به عنوان پمپ اصلی و پمپ موبایل تنها به عنوان هادی جهت تخلیه بتن مورد استفاده قرار گرفت(شکل (۱۰)).

جمع بندی و نتیجه گیری

آشنایی مهندسین عمران با جزئیات اجرایی هرچند در نگاه اول غیرضروری به نظر می‌رسد، اما حضور مهندسین در کارگاه و همراهی با پرسنل اجرایی و بخصوص کارگران و استادکاران با تجربه نیاز به دانستن این جزئیات را روشن می‌کند. هرچند این مهم نیازمند سالها تجربه بوده و از طرفی انتقال این تجربیات در قالب یک مقاله نمی گنجد اما اشاره‌ای مختصر به گوشه ای از این تجربیات می‌تواند ذهن مهندسین جوان را به این مطلب معطوف کند که در کنار مطالب دانشگاهی، بسیاری از مسائل ساده و در عین حال مهمی در محیط کار وجود دارد که دانستن آنها بر مهندسی واجب و ضروری می‌باشد.

مراجع

۱- ساقی، حسن- "طراحی و اجرای سرریز سد دوستی"، گزارش مستندسازی پروژه سد دوستی، دی ماه ۱۳۸۳.

۲- اهم مطالب ذکر شده در این مقاله حاصل تجربیات ٤ ساله اینجانب و همکاران در مجموعه نظارت مقیم سد دوستی بوده است.