

## تخریب و ترمیم بتن در سازه برج آبگیر سد چراغ ویس

پژمان صدقی

کارشناس کنترل کیفیت شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس

E\_mail : [pezhman\\_sed@yahoo.com](mailto:pezhman_sed@yahoo.com)

عبدالله آذر می

کارشناس اجرایی شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس

E-mail : [azarmi\\_arshin@yahoo.com](mailto:azarmi_arshin@yahoo.com)

### چکیده :

مرمت سازه های بتنی بدلیل وجود مشکلات اجتناب ناپذیر به هنگام اجرا در پروژه های عمرانی نیاز به دانشی ویژه و ظرافت و دقت درخور توجهی دارد ، مصالح و مواد ترمیم بتن در قالب ترکیبات متفاوتی در بازار موجود بوده که هر کدام به تناسب موارد مورد نیاز قابل استفاده می باشند . معمولا آنچه در ترمیم سازه های بتنی بسیار حائز اهمیت است نحوه چسپندگی این مواد با بتن زخمی شده زیر آن می باشد . در پروژه سد مخزنی چراغ ویس واقع در استان کردستان ، پیرو اشتباه تیم آرماتوربندی پیمانکار طرح به هنگام ایجاد شبکه آرماتور در سازه آبگیر در قسمت اتصال کف کانال دومین دریچه آبگیری به شافت جمع آوری سه دریچه در ناحیه خروجی از سازه و به پیرو آن بتن ریزی ناحیه مذکور ، به تشخیص دستگاه نظارت جهت جلوگیری از عدول در نقشه های اجرایی طرح و مشکلات احتمالی در زمان بهره برداری ، پیمانکار ملزم به تخریب ناحیه مذکور و انجام ترمیمات ضروری گردید . در این خصوص عملیات مختلفی از جمله تخریب مقطع مورد نظر ، کاشت مجدد میلگرد در نواحی مورد نیاز ، تهیه طرح اختلاط بتن خود تراکم ، تهیه طرح ملات ترمیم، اجرای آستر لاتکسی ، بتن ریزی مجدد و اجرای پوشش محافظتی اپوکسی ، انجام گرفته و مواد مختلفی طی مراحل فوق مصرف شده است . آزمایشات انجام شده موید سلامت کار انجام شده می باشد .

واژه های کلیدی : ترمیم بتن ، مواد ترمیمی ، سد چراغ ویس ، تخریب ، کاشت میلگرد ، لاتکس ، اپوکسی

### مقدمه :

امروزه ترمیم بتن و سازه های بتنی از فنون بسیار حساس در پروژه های عمرانی بوده که نیاز به دانشی ویژه و ظرافت و دقت درخور توجهی در هنگام اجرا دارد ، لذا فراگیری فن مرمت و استفاده از تجربیات پروژه های بزرگ نقش بسزایی در انتقال دانش و انجام ترمیمات مناسب در دیگر پروژه ها را دارد .

امروزه مصالح و مواد ترمیم بتن در قالب ترکیبات متفاوتی در بازار موجود بوده که هر کدام به تناسب موارد مورد نیاز قابل استفاده می باشند .مهمترین این مواد در دو دسته ملاتهای رزینی اپوکسی که موادی بسیار قدرتمند در نظام مرمت و رفع عیوب سازه های بتنی بوده و ملاتهای ترمیمی پایه سیمانی که اغلب ترکیبات سیمان با اندازه های مختلفی از مصالح سنگدانه ای و دیگر مواد با خواص اثر بخشی متفاوت نظیر الیاف و منبسط کننده ها ، تقسیم بندی می شوند .

معمولا آنچه در ترمیم سازه های بتنی بسیار حائز اهمیت است نحوه چسبندگی این مواد با بتن زخمی شده زیر آن می باشد . در ترکیبات رزینهای اپوکسی بدلیل وجود ترکیبات اصلاح شده چسبهای اپوکسی عموما چسبندگی اینگونه مواد با بتنهای زیرین به نحو بسیار مناسب و قدرتمندی صورت میگیرد ، اما این قضیه در خصوص مواد پایه سیمانی به مراتب خیلی ضعیفتر می باشد که نیاز به یک ماده چسبنده واسطه ضروری به نظر می رسد .

چسبهای بتن امروزه به وفور در بازار با نامهای تجارتي متفاوتی یافت می شود اما آنچه که قابلیت بیشتری در خصوص ترکیبات واسطه بین ملاتهای ترمیم و بتنهای دیرینه دارد ، چسبهای لاتکس بر پایه بوتادین استیرن می باشند که عموما باید با استانداردهای ASTM C ۱۰۴۲, C ۱۰۵۹ یا BS ۶۳۱۹ Part ۲,۳,۴ انطباق کامل داشته باشند . بدیهی است آماده سازی سطوح بتنی قبل از مرمت و دیگر اقدامات و تمهیدات لازم جهت ترمیم و نیز بکارگیری افراد آگاه و خبره ، بسیار ضروری بوده و لازم است که در این خصوص به دستور العملهای موجود توجه ویژه ای شود .

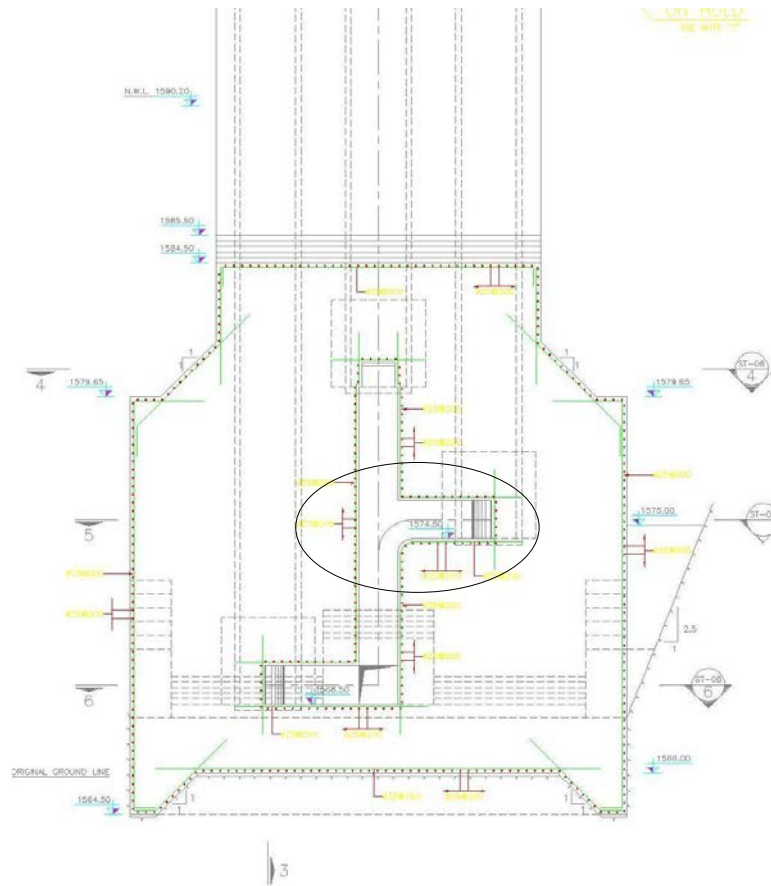
### معرفی پروژه :

طرح در حال اجرای سد مخزنی چراغ ویس از نوع سنگریزه ای با هسته ناتراوای رسی بوده که در فاصله ۱۷ کیلومتری محور سقز - بانه ( شمال غربی استان کردستان ) واقع شده است ، ارتفاع سد از پی ۶۶٫۷ متر و گنجایش مخزن در حدود ۸۸ میلیون مترمکعب خواهد بود . دیگر سازه ها و تاسیسات جانبی مختلف اعم از سرریز ، برج آبگیر ( سه دریچه ورودی و یک دریچه خروجی ) ، سازه ورودی و خروجی سیستم انحراف و ... بتنی بوده ، در این راستا نیاز به تهیه دستور العملی جامع در خصوص ترمیمات سطوح بتنی با توجه به احتمال زخمی شدن و مشکلات اجرایی ناخواسته در هنگام اجرا در سازه های بتنی ، بسیار ضروری بوده که در این خصوص دستگاه نظارت مقیم پروژه ( شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس ) اقدام به ارائه دستور کار جهت مرمت کلیه سازه های بتنی نموده است .

حال آنچه در این گزارش مورد بررسی و نگاهی ریز بینانه تر قرار گرفته است ترمیم قسمتی از سازه آبگیر واقع در جناح چپ بالادست بدنه سد می باشد .

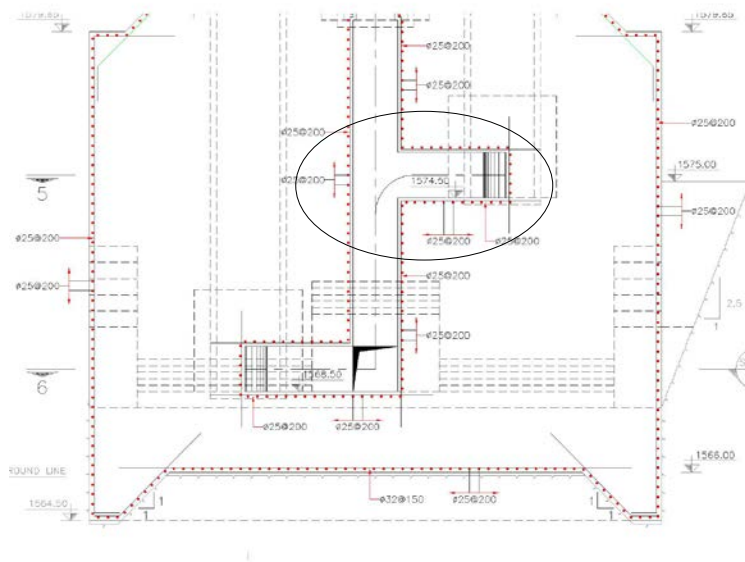
### نقص اجرایی بوجود آمده :

پیرو اشتباه تیم آرماتوربندی پیمانکار طرح به هنگام آرماتوربندی شبکه آرماتور در سازه آبگیر در قسمت اتصال کف کانال دومین دریچه آبگیری ، به شافت جمع آوری سه دریچه در ناحیه خروجی از سازه آبگیر در تراز ۱۵۷۴٫۵ (عدم ایجاد قوس طراحی شده در نقشه های اجرایی) و بتن ریزی ناحیه مذکور ، دستگاه نظارت مقیم طرح جهت جلوگیری از عدول در نقشه های اجرایی طرح و مشکلات احتمالی در زمان بهره برداری ، تصمیمات اتخاذ شده ای را طی مراحل جهت ترمیم به پیمانکار ابلاغ نموده است:



نمای جانبی برج آبگیر و دریچه ها و محل مورد نظر

چنانچه در شکل زیر مشاهده میگردد محل قوس به اشتباه بصورت صاف و بدون هیچگونه کمانی اجرا شده است :



نحوه آرماتوربندی و اشتباه صورت گرفته در SECTION C-C مطابق نقشه های اجرایی

لذا پیرو اشتباه فوق پیمانکار طرح ملزم به تخریب ناحیه مذکور و انجام ترمیمات ضروری با توجه به مراحل ذیل گردید :

### مراحل ترمیم :

- تخریب بتن اجرا شده تا عمق ۱ متری از هر طرف در راستای محور های X و Y به ضخامت عرض کانال با دج بر
- برش میلگردهای عرضی نصب شده در خارج از محدوده نقشه در محل مورد نظر
- کاشت مجدد میلگردهای عرضی مطابق نقشه اجرایی با ملات مخصوص کاشت میلگرد ( اپوکسی )
- تقویت میلگردهای طولی در امتداد قوس
- قالب بندی در امتداد محور عمود و ایجاد قوس مورد نظر با ورق ۲ میلیمتری با رعایت کامل پوشش یتنی میلگردها و تمیزکاری و آماده نمودن محل مورد نظر جهت بتن ریزی
- ساخت دوغاب چسبی با ترکیبات از قبل تهیه شده و آغشته نمودن کلیه سطح مورد نظر بتن ریزی جهت ایجاد فیلم چسبنده بتن قدیم به بتن جدید
- ساخت بتنی با کارایی بالا جهت پر نمودن محل مورد نظر
- لق گیری و آماده نمودن سطوح جانبی قوس ( دیواره دو طرف ) جهت مرمت قسمتهای زخمی شده در اطراف محل مورد نظر
- آغشته نمودن محلهای مورد نظر به دوغاب چسبی
- ساخت ملات ترمیم با مشخصات تایید شده و پر نمودن کلیه فضاهای موجود
- لیسسه کشی تمام سطح ترمیم شده با ملات اپوکسی بدلیل شدت جریان آب و وجود تنشهای فزاینده در محل مورد نظر در زمان بهره برداری

### اجرای مراحل ترمیم :

#### • تخریب

پس از دستور کار ارائه شده به پیمانکار طرح در خصوص تخریب محدوده مورد نظر تا عمق حداقل ۱ متر در امتداد محورهای قائم و افقی به ضخامت عرض کانال ، چنانچه مطابق عکسهای زیر مشاهده میگردد حفاری انجام شده مناسب بوده و سطح مورد نظر کاملا از بتن تخلیه گردیده است .



نمایی از تخریب انجام گرفته در محل قوس

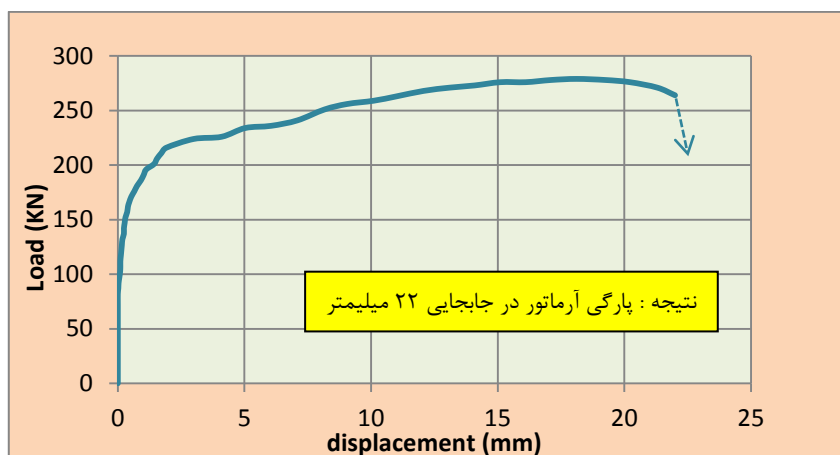


نمایی از تخریب انجام گرفته در محل قوس

#### • حفاری و کاشت میلگرد و آزمایشات مربوطه

جهت کاشت میلگرد های عرضی از دوطرف و نیز تقویت میلگردهای کف از ماده ملات کاشت میلگرد بر پایه رزینهای اپوکسی استفاده گردید . در این زمینه پس از مکاتبه با مهمترین شرکتهای فعال در عرصه مواد افزودنی بتن و ملاتهای تعمیراتی و نیز پس از اخذ مدارک و کاتالوگهای مواد مربوطه ، ملات ریزی اپوکسی ( ماده ای سه جزئی شامل Hardner یا سخت کننده ، Reactor یا واکنشگر اپوکسی پلی آمید و حجم دهنده های سنگدانه ای ) انتخاب شده و پس از تهیه ، جهت کاشت میلگرد در کف و دیواره ها مورد استفاده قرار گرفت .

جهت حصول اطمینان از عملکرد مناسب چسب کاشت میلگرد تعداد ۲ عدد چاله در محل مناسب دیگری با مشخصات همسان با چاله های مورد نظر حفاری شده در محل قوس ، حفر گردید و جهت آزمایش کشش مورد استفاده قرار گرفت . لازم به ذکر است چاله ها دارای عمقی برابر ۳۰ سانتیمتر و قطر ۳۰ میلیمتر بوده و از میلگرد های ۲۲ جهت کاشت و آزمایش کشش استفاده گردید . منحنی مقاومت کششی انجام شده مطابق شکل بوده است :





چنانچه مشاهده می شود پس از بارگذاری میلگرد تحت اثر کشش ، نیرویی در حدود ۲۶۴ کیلو نیوتن را تحمل نموده و سپس در چار گسیختگی شده و هیچ جدایشی در چسب مصرفی صورت نگرفته است .



نمایی از آزمایش کشش انجام شده بر روی میلگرد آزمایشی



نمایی از میلگرد آزمایشی گسیخته شده تحت اثر کشش

لذا با توجه به آزمایشات انجام شده و حصول اطمینان از صحت عملکرد چسب کاشت میلگرد ، با توجه به نیاز به کاشت میلگردهای ۲۲ مطابق نقشه های اجرایی طرح چاله هایی به عمق حداقل ۳۰ سانتیمتر در دیواره ها و در مقابل هم با قطر ۳۰ میلیمتر حفر گردید . پس از حفاری و شستشوی کامل چاله ها توسط تفنگ مخصوص ، ملات اپوکسی به داخل چاله ها ریخته شده و میلگردها با فشار تا ته چاله جای داده شده است . حداکثر پس از مدت زمان ۲۴ ساعت ملات مورد نظر بسیار سخت شده و مناسب بتن ریزی گردید .



نمایی از کاشت میلگرد در کف جهت تقویت میلگردهای طولی



نمایی از کاشت میلگرد در دیواره ها جهت کاشت میلگردهای عرضی از بین رفته

- قالب بندی و آماده سازی مقطع



چنانچه مشاهده میگردد پس از اتمام عملیات کاشت میلگرد به مقدار مورد نیاز پیمانکار اقدام به شستشوی کامل مقطع و قالب بندی و تعبیه ی شابلونهای افقی جهت لیسسه کشی سطح فوقانی نموده است .



قالب بندی پس از کاشت میلگردها و تقویت میلگردهای طولی و تعبیه شابلونهای افقی

#### • بتن ریزی

بتن ریزی محل مورد نظر بدلیل فشردگی شبکه در محل کاشت میلگرد و قوس ایجاد شده می بایست ، با بتنی با کارایی بسیار بالایی انجام می گرفت تا کلیه فضاهای موجود را پوشش دهد که در این راستا ضمن هماهنگی با بچینگ ( دستگاه بتن ساز مرکزی ) طرح مخلوط بتنی با قابلیت روانی بالا و کیفیت مناسب از لحاظ تامین پارامترهای مورد نیاز مقاومتی و دوامی با حاشیه امنیت بالایی به بچینگ ارائه شده و جهت ساخت ۲ متر مکعب بتن اقدام گردید . طرح مخلوط بتن مورد نظر مطابق جدول زیر می باشد :

| اسلامپ | درصد هوای ایجاد شده | ماده چسبنا | ماده افزودنی پلی کروکسیلاتی | شبن درشتن | شبن ریزن | ماسه | W/C | میکروسیلیس | سیمان |
|--------|---------------------|------------|-----------------------------|-----------|----------|------|-----|------------|-------|
| >۲۲    | ۵,۲%                | ۰,۱%       | ۱%                          | ۱۵%       | ۳۰%      | ۵۵%  | ۰,۴ | ۴۰         | ۴۰۰   |

#### • ایجاد لایه رابط

لازم به ذکر است جهت چسبندگی هر چه مناسب تر و بیشتر بتن جدید با بتن ریزین دوغابی چسبی ( Slurry Bonding ) با ترکیب : ۱ پیمانانه حجمی چسب لاتکس + ۱ پیمانانه حجمی آب + ۲ پیمانانه سیمان جهت آغشته نمودن سطوح نیاز به مرمت ساخته شده و ۱۵ دقیقه قبل از بتن ریزی کل سطح بتن ریزی با دوغاب مورد نظر آغشته گردید . لازم به ذکر است که در این دوغاب از چسب بتن با پایه لاتکس تهیه شده در کارگاه ، استفاده گردید .





نمایی از بتن ریزی و دیواره های آغشته شده با دوغاب چسبی

#### • انتخاب طرح مخلوط ملات ترمیم

در اکثریت پروژه های عمرانی در سطح کشور جهت مرمت سازه های بتنی با توجه به قیمت بالای مواد ترمیمی بر پایه رزینهای اپوکسی و عدم توجه اقتصادی بجز در مواد خاص و حساس ، بیشتر از ملاتهای ترمیمی بر پایه ترکیبات سیمانی استفاده میشود . که در این راستا تجربیات گذشته در دیگر پروژه های عمرانی ، بیانگر نوعی برتری کیفیتی و اقتصادی ملاتهای ترکیبی ساخته شده از مواد موجود در کارگاه های عمرانی از قبیل سیمان مصرفی پروژه ، میکروسیلیس ، مصالح سنگدانه ای ریزدانه مصرفی در کارگاه ( ماسه الک شده ) ، پودر سنگ و در صورت نیاز به مقدار بسیار اندکی ( ۰,۲ - ۰,۱ درصدوزنی مصالح سنگدانه ای ) الیاف پلیمری پروپیلن و چسبهای پایه لاتکس ، نسبت به ملاتهای آماده مصرف در بازار با نامهای تجارتي گوناگون می باشد . لذا در کارگاه سد مخزنی چراغ ویس پس از ساخت طرحهای ترکیبی متفاوتی از مصالح و مواد فوق الذکر و همچنین نحوه عملکرد ، قابلیت اجرا ، مقاومتهای بدست آمده و هم رنگی با بتن اطراف ، ملاتی مطابق جدول ذیل حاصل از مواد موجود در کارگاه جهت مرمت کلیه سازه های بتنی بجز موارد خاص به تشخیص دستگاه نظارت ، به پیمانکار پروژه ارائه شده است .

| مصالح                           | سیمان     | ماسه  | میکروسیلیس   | پودر سنگ  | چسب بتن + آب  |
|---------------------------------|-----------|---|--|---|---|
| مقدار برای ۱ متر مکعب (کیلوگرم) | ۴۰۰       | ۱۶۶۰  | ۴۰   | ۹۰  | ۱۴۰lit<br>(۷۰ لیترچسب بتن +<br>۷۰ لیتر آب )   |
| خواص بخشی                       | ماده پایه | مصالح سنگدانه ای در سایزهای مختلف (۰-۴,۷۵) ، ۰-۲ ، ۰-۱ ) متناسب با نوع مرمت | کاهش نفوذ پذیری ، افزایش استحکام و مقاومت ، افزایش مقاومت سایشی و کششی | حجم دهنده و پرکننده فضاهای خالی مصالح سنگدانه ای و تعدیل رنگ ملات | $Max W/C < ۰,۳$<br>به منظور افزایش استحکام و نفوذ ناپذیری ملات از چسب استفاده شده است |

خاطر نشان میسازد که در نمونه برداری های بعمل آمده از ملات فوق الذکر توسط واحد آزمایشگاهی مستقر در کارگاه جهت ساخت نمونه های آزمایشی مقاومت فشاری در سنن مختلف ( ملاتهای ۵\*۵\*۵ ) مقاومتی در حدود ۵۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در سن ۲۸ روزه حاصل گردیده است . در ناحیه مذکور نیز دیواره های دو طرف با استفاده از ترکیب فوق ترمیم شده و با ظرافت بالایی توسط نیروهای ماهر لیسه کشی شده است . در زیر تصاویری از عملیات مرمت گویا می باشد :



نمایی از ترمیم دیواره ها

#### • لیسه کشی سطح فوقانی

باتوجه به قضیه جریان آب در کانال و محدودیت ضریب زبری ( مانینگ ) ، جهت جلوگیری از وجود زبری و ناهمواریهای احتمالی و نیز تامین مقاومت لازم جهت جلوگیری از سایش و شستگی بتن ناشی از شدت جریان آب ، لیسه کشی این ناحیه با حساسیت بیشتری و توسط ملات مخصوص اپوکسی انجام شده است تا از هرگونه مشکلات و عواقب احتمالی جلوگیری بعمل آید .



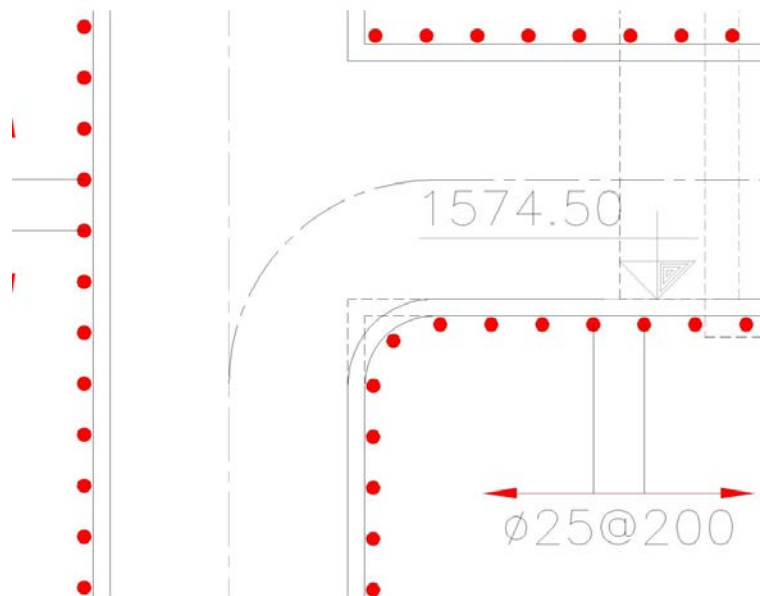
نمایی از عملیات لیسه کشی توسط بنای ماهر



نمای دیگری از عملیات لیسسه کشی با ملات اپوکسی

• اتمام عملیات ترمیم

پس از اتمام کلیه عملیات مرمت چنانچه در برش زیر مشاهده میگردد بطور کامل قوس موجود در نقشه های اجرایی با بالاترین کیفیت ایجاد شده است .



ترمیم انجام شده در محل مورد نظر

### نتیجه گیری و پیشنهاد :

بروز مشکلات اجرایی و عیوب ناشی از خطاهای انسانی و تجهیزاتی در سازه های بتنی از بدیهی ترین مشکلات محتمل در حین ساخت و اجرای پروژه ها میباشد ، لذا گزینش بهترین راه حل و نیز استفاده از مناسب ترین امکانات و تجهیزات موجود ، میتواند بهترین راه حل برای جبران و رفع موانع و مشکلات بوجود آمده در حین اجرای پروژه ها ، خصوصا سازه های بتنی ، باشد . در این راستا استفاده از دانش و تجربیات سایر دست اندرکاران علم بتن در کارگاههای مختلف و نیز ارتباط به روز با شرکتهای تولیدکننده های صنعت بتن ، همچنین بکارگیری افراد ماهر و باتجربه میتواند اثر بخش باشد.

### منابع :

دستورالعمل تخریب و ترمیم بتن - بخشنامه داخلی شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس ویرایش دوم سال ۱۳۸۳  
مشخصات استاندارد برای واکنشگرهای لاتکسی در اتصال با بتن تازه و سخت شده ASTM C۱۰۵۹  
مشاهدات و تجربیات اجرایی در کارگاههای طرح ملی سد و تونل گاوشان ، طرح ملی سد و سامانه آزاد ، خط ۲ قطار شهری کرج و تونل ۴۹ کیلومتری نوسود