

## تجربیات و نکات خاص تولید و اجرای کانالت های بتنی پیش ساخته و مقایسه آن با کانال های درجا در شبکه آبیاری میان آب شوشتر

روح‌اله محمدعلی زاده<sup>۱</sup>

محمود فتحی<sup>۲</sup>، محمدرضا اقبالی<sup>۳</sup>

[rmalizadeh84@Gmail.com](mailto:rmalizadeh84@Gmail.com)

### چکیده

کانال های بتنی روباز از رایج ترین مقاطع مورد استفاده در سیستم های انتقال آب در اراضی کشاورزی به شمار می روند. کانالت های بتنی پیش ساخته یکی از انواع کانال های بتنی روباز می باشند که امروزه استفاده از آن در احداث کانال های فرعی آبیاری مورد توجه متخصصین قرار گرفته است. مزایای استفاده از این سیستم آبیاری از جمله استحصال سطح کمتری از اراضی کشاورزی، حذف هزینه تعویض خاک، سرعت اجرای بالا و دوام بیشتر سبب کاربرد روزافزون آن در شبکه های فرعی آبیاری در کشور بویژه در استان خوزستان شده است. اجرای شبکه آبیاری با کانالت های پیش ساخته با مشکلات اجرایی و ایراداتی نیز همراه است. عدم پذیرش این سیستم توسط اهالی منطقه، آسیب پذیر بودن کانالت ها در برابر ضربه، لزوم استفاده از مصالح خاص جهت تولید کانالت ها از عمده ترین این موارد است که به تفصیل بیان می شود. توجه پذیر بودن این گزینه به جای کانال درجا به لحاظ فنی و اقتصادی در احداث شبکه های فرعی آبیاری نیز در این مطالعه تشریح می گردد. به منظور انتخاب گزینه برتر از بین کانال درجا و کانالت، فاکتورها و عواملی ارائه شده است. وسعت و حجم پروژه، شرایط محل، دسترسی یا عدم دسترسی به خاک مرغوب، وجود مصالح سنگی مناسب در نزدیکی محدوده طرح، فرهنگ اجتماعی اهالی منطقه و توجه به مسایل زیست محیطی از آن جمله اند. تجربیات ساخت و اجرای کانالت های بتنی شبکه آبیاری فرعی پروژه داریون ۳ از طرح بزرگ آبیاری و زهکشی میان آب شوشتر در استان خوزستان به وسعت ۳۵۰۰ هکتار به عنوان مطالعه موردی انتخاب گردیده است.

واژه های کلیدی: کانالت بتنی، کانال درجا، سیستم انتقال آب، شبکه آبیاری، زیست محیطی

---

۱- کارشناس ارشد عمران - دفتر فنی معاونت طرح و توسعه شبکه های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان  
۲- کارشناس عمران - رئیس گروه سازه دفتر فنی طرح و توسعه شبکه های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان  
۳- کارشناس مکانیک خاک و منابع قرضه - دفتر فنی طرح و توسعه شبکه های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان

اساسی ترین محور طراحی کانال های آب، انتقال آب از محل استحصال تا مصرف، با حداقل تلفات و کمترین هزینه ساخت و بهره برداری می باشد. کانالهای بتنی درجا از معمول ترین نوع کانال های آبیاری می باشند که در احداث کانال های انتقال و شبکه های فرعی مورد استفاده قرار می گیرند. این کانال ها با مقطع دوزنقه ای شکل و با پوشش بتنی لاینینگ در اکثر شبکه های درجه ۱، ۲ و ۳ مورد استفاده قرار می گیرند. مشکلات اجرایی ساخت و بهره برداری کانالهای فرعی درجا بخصوص در مناطق با خاک های مسئله دار که تهیه خاک مناسب بسیار مشکل است ضرورت به کارگیری روشی جایگزین (استفاده از کانالت های پیش ساخته) را مطرح کرده است. از عمده ترین معایب استفاده از کانال های درجا می توان به موارد زیر اشاره نمود.

- هدررفت بالای آب تا حدود ۲۰ درصد به دلیل عدم تراکم کافی بتن لاینینگ و درزبندی های نامناسب
- اشغال سطح بیشتر باند اجرایی و تملیک و استحصال بیشتر اراضی و مشکلات اجتماعی معارضین
- مشکلات تهیه خاک مناسب و تعویض خاک در مناطق با خاک های مسئله دار
- راندمان پایین عملیات اجرایی و کیفیت نامناسب بتن لاینینگ
- مشکلات بستر کانال نظیر نشست های نامتقارن و رویش گیاهان و علف های هرز در بدنه کانال
- کاهش عمر مفید کانال به دلیل کارایی پایین بتن و مجاورت با خاک های حاوی سولفات و یا کلر

یکی از گزینه های جایگزین، استفاده از کانال های بتنی پیش ساخته یا کانالت می باشد. در این سیستم کانالت های بتنی پیش ساخته با مقطع نیم بیضی به صورت هوایی اجرا می گردند. این کانالت ها ابتدا در کارگاه تولید و عمل آوری می شوند و سپس به محل مورد نظر حمل و نصب می گردند. تصویر شماره ۱ کانالت های اجرا شده در شبکه آبیاری و زهکشی داریون ۳ شوشتر را نشان می دهد.

استفاده از کانالت ها بسیاری از معایب اشاره شده کانال های درجا را برطرف کرده و مزایای آن را می توان به شرح زیر بیان نمود.

- استحصال کمتر اراضی کشاورزی جهت اجرای کانالت ها در طول خط پروژه
- حذف هزینه های تهیه خاک مناسب در زمین های با خاک نامرغوب و مسئله دار
- کیفیت ساخت بالا به دلیل نظارت مستمر بر ساخت آن در کارگاه و عمل آوری مناسب تر
- سرعت نصب و اجرای بالا

- افزایش عمر مفید به دلیل استفاده از مصالح مرغوب و ساخت بتن مسلح با مقاومت بالا و انجام آزمایشات کنترل کیفی ساخت قطعات بتنی
- به دلیل عدم تماس مستقیم با خاک رویش گیاهان در کانالت امکان پذیر نیست
- کمترین دخل و تصرف در محیط زیست به دلیل حداقل خاکبرداری و خاکریزی در اراضی کشاورزی
- راندمان بالای انتقال آب در حدود ۹۷ درصد
- تولید، نصب و اجرای کانالت ها در تمام فصول سال مقدور می باشد

در ادامه بحث ضمن پرداختن به مشکلات اجرایی و معایب کانالت ها راهکارهایی جهت انتخاب گزینه برتر نیز ارائه می گردد. مراحل تولید و نصب کانالت ها در شبکه آبیاری داریون ۳ شوشتر، مشخصات فنی مصالح مورد نیاز و نکات خاص طراحی نیز به اختصار بیان می شود.



تصویر شماره ۱: کانالت های اجرا شده در شبکه آبیاری و زهکشی داریون ۳ شوشتر

## کانالت ها و متعلقات آن

کانالت از بتن مسلح با مقطع نیم بیضی در تیپ های مختلف تولید می گردد. نام گذاری هر تیپ بر اساس حجم آب عبوری در یک ثانیه بر حسب لیتر با فرض سرعت آب  $1 \text{ m/s}$  انجام می گیرد. در طرح میان آب شوشتر از سه تیپ کانالت ۲۳۰، ۳۱۵ و ۳۵۰ استفاده شده است. طول کانالت ها ۵ متر و ضخامت جداره بتنی آنها ۵ سانتیمتر می باشد. تصویر شماره ۲ مقطع کانالت و نحوه دپوی آن ها در کارگاه را نمایش می دهد.



تصویر شماره ۲: کانالتهای پیش ساخته تیپ ۳۵۰ و نحوه دپوی آنها در کارگاه

طراحی و تولید کانالت های پیش ساخته بر اساس دستورالعمل مبنای و اصول طراحی کانال های بتنی پیش ساخته مصوب ۱۳۶۷ به عنوان تنها مرجع موجود در کشور انجام شده است. بتن مورد استفاده جهت ساخت کانالت از نوع B-400 با حداقل مقاومت فشاری  $400 \text{ kg/cm}^2$  نمونه ۲۸ روزه مکعب استاندارد و حداقل عیار  $450 \text{ kg/m}^3$  بتن می باشد. حداکثر اسلامپ بتن ۵ و حداکثر نسبت آب به سیمان به ۰.۴۵ محدود می شود. امروزه با بکارگیری شیوه های جدید ساخت بتن های پرمقاومت با استفاده از پوزولان ها و کاهش نسبت آب به سیمان مطابق آیین نامه بتن ایران می توان میزان سیمان مصرفی را کاهش داد که ضرورت دارد در تجدیدنظر دستورالعمل طراحی کانالت ها این امر لحاظ گردد. به منظور افزایش سرعت هیدراتاسیون و رسیدن به مقاومت اولیه سریعتر از بخار آب تا دمای حداکثر ۸۰ درجه سانتیگراد استفاده می شود. پس از گذشت حدود ۲ ساعت از اتمام عملیات بخاردهی قالب ها باز می شوند و کانالت های بتنی در استخرهای آب به مدت ۳ تا ۴ روز قرار داده می شوند. سپس کانالت ها از حوضچه آب بیرون آورده شده و در محوطه کارگاه دپو می شوند.

کانالت ها جهت اجرا و نصب در محل، نیاز به یک سری قطعات پیش ساخته نظیر تکیه گاه و پایه و پی دارند که در ادامه توضیح داده شده اند.

زین: این قطعه از نوع بتن مسلح و به عنوان تکیه گاه دو کانالت مجاور هم عمل نموده و وظیفه آببندی میان دو کانالت را برعهده دارد. در پروژه مذکور از نوارهای لاستیکی (به قطر حدود ۱۶ میلیمتر) برای آب بندی کانالت ها استفاده شده است. در تصویر شماره ۳ نمونه ای از زین ها نشان داده شده است.



تصویر شماره ۳: زین های بتن مسلح که به عنوان تکیه گاه کانالت می باشند

پایه: به عنوان یک عضو بتن مسلح وظیفه تامین ارتفاع مورد نیاز کانالت را بر عهده دارد. انتقال نیروهای وارده از کانالت به پی نیز از طریق این قطعه صورت می پذیرد . محدوده ارتفاع پایه ها در شبکه آبیاری داریون ۳ از ۲۵ سانتیمتر تا ۲ متر متغیر بوده است. تصویر شماره ۴ نمونه ای از این پایه ها را نشان می دهد.



تصویر شماره ۴: پایه بتن مسلح که وظیفه انتقال بار از کانالت به کفشک را بر عهده دارد

**کفشک:** به منظور تامین گیرداری پایه و انتقال نیرو های وارده از پایه به بستر(متناسب با ظرفیت باربری خاک) مورد استفاده قرار می گیرد قرارگیری کفشک ها بر روی زمین بر اساس ظرفیت باربری خاک محل طراحی و انجام می گردد. تصویر شماره ۵ نمونه ای از کفشک ها را نشان داده است.



تصویر شماره ۵: نمونه ای از کفشک ها که از بتن غیر مسلح ساخته می شوند

### مصالح مورد نیاز جهت تولید کانالت ها

مصالح مورد نیاز جهت تولید کانالت ها شامل شبکه آرماتور، سیمان، مصالح سنگی(شن و ماسه) و مواد افزودنی مجاز می باشد.

آرماتورهای مورد استفاده در کانالت ها از نوع AIII و با مقاومت ارتجاعی حداقل  $5000 \text{ kg/cm}^2$  می باشد. میلگردهای مورد استفاده در ساخت کانالت ها به صورت شبکه های مربعی ۱۰ سانتی و از نوع  $\Phi 6$  بوده که به شکل مورد نظر خم شده و در قالب جایگذاری می شوند. به منظور رعایت پوشش مورد نیاز بتن بر روی میلگردها و جلوگیری از حرکت شبکه آرماتور در هنگام بتن ریزی از لقمه های پلاستیکی مخصوص استفاده می شود. به منظور تقویت نشیمن کانالت از ۲ آرماتور  $\Phi 8$  در کف استفاده شده است. در تصویر شماره ۶ شبکه آرماتورهای به کار رفته در کانالت نشان داده شده است.



تصویر شماره ۶: شبکه آرماتورهای به کار رفته در کانالت

سیمان مصرفی می بایست با مشخصات ASTM-C150 یا مشخصات ارائه شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مطابقت داشته باشد (۲). سیمان مورد استفاده در ساخت کانالت های طرح میان آب شوشر با توجه به وجود یون سولفات در آب منطقه از نوع سیمان تیپ ۵ انتخاب شده است.

مصالح سنگی (شن و ماسه) می بایست دارای آن چنان کیفیتی باشند که بتوان از آن ها بتنی مرغوب، مقاوم و با دوام ساخت. شن و ماسه مورد مصرف می بایست از معادن طبیعی تامین شود. شن مصرفی به دو گروه ریزدانه و درشت دانه تقسیم می شود. شن درشت می بایست در محدوده ۹.۵ تا ۱۶ میلیمتر و شن ریز بین ۴.۷۵ تا ۹.۵ میلیمتر باشد. نسبت مصرف شن ریز به شن درشت حدود ۱ به ۲.۵ می باشد. به دلیل نازکی و ظرافت کانالت های پیش ساخته حداکثر قطر دانه های شن مصرفی به ۳/۴ اینچ محدود می شود. دانه بندی ماسه نیز می بایست در محدوده ۰.۱۵ تا ۵ میلیمتر باشد. در طرح میان آب شوشر از ماسه با حداکثر سایز ۵ میلیمتر استفاده شده است که از معادن ماسه کوهنک در فاصله حدود ۱۰۰ کیلومتری تامین می شود.

### تجربیات نصب و اجرای کانالت ها در طرح میان آب شوشر

کانال های بتنی پیش ساخته پس از تولید و عمل آوری در کارخانه به محل نصب حمل می گردند. طول کلی پروژه ۶۸ کیلومتر و عرض باند مورد نیاز جهت اجرا و نصب کانالت ها حدود ۸ متر می باشد که در مقایسه با گزینه اجرای کانال های درجا به میزان ۳۴ درصد در استحصال اراضی کشاورزی صرفه جویی شده است. در تصویر شماره ۷ نحوه بارگیری و حمل کانالت ها به محل نصب نشان داده شده است.



تصویر شماره ۷: بارگیری و حمل کانالت ها به خط پروژه

به منظور اجرا و نصب کانالت ها ابتدا محل پایه های کانالت پی کنی، بتن ریزی و آماده می شود. سپس کفشک ها و پایه ها در محل مورد نظر نصب می شوند. آنگاه کانالت ها بر روی پایه ها قرار داده می شوند و توسط واشرهای مخصوص آبندی می شوند در مواردی که محل اتصال دو کانالت کاملاً آبند نشود از پوشش های درزبند نظیر ماستیک استفاده می شود. تصویر شماره ۸ مراحل نصب و اجرای کانالت ها را نشان می دهد.



. تصویر شماره ۸: مراحل نصب و اجرای کانالت ها



## تحلیلی بر مشکلات ساخت، اجرا و بهره برداری از کانالت های پیش ساخته

علیرغم محاسن اشاره شده کانالت ها، تولید، اجرا و بهره برداری از آنها با مشکلاتی همراه است که در ادامه بحث به آن پرداخته می شود. در شبکه آبیاری میان آب شوشتر روستاییان منطقه در ابتدا عملیات اجرایی کانالت ها را متوقف کرده و این سیستم جدید را نمی پذیرفتند. گروه بررسی اجتماعی با تلاش های فراوان و برگزاری جلسات متعدد با اهالی روستا و تبیین محاسن این سیستم و اعزام روستاییان به منظور بازدید از مناطقی که این سیستم اجرا شده بود سرانجام توانستند آنها را متقاعد کنند. بنابراین یکی از عواملی که می بایست به آن توجه شود مسایل اجتماعی و فرهنگی ساکنین آن منطقه است.

لزوم استفاده از مصالح خاص و مرغوب در تولید کانالت های بتنی، استفاده از سیستم مذکور را در برخی مناطق غیرممکن و در پاره ای موارد تولید آن را با هزینه هنگفتی مواجه می سازد به عنوان مثال مصالح درشت دانه (شن) می بایست طبیعی بوده و در رنج خاصی از دانه بندی باشند که تهیه آن بسیار مشکل و پرهزینه می باشد همچنین ماسه طرح اختلاط نیز می بایست ماسه ریزدانه با اندازه ۰.۱۵ تا ۵ میلیمتر بوده که در پروژه میان آب شوشتر با وجود کارخانه های ماسه شویی در نزدیکی کارگاه، مجبور به تهیه ماسه با این دانه بندی خاص از مسافتی بسیار دورتر شده که این امر هزینه های ساخت کانالت ها را افزایش می دهد.

احداث کارخانه تولید کانالت های پیش ساخته نیز تنها زمانی توجیه اقتصادی دارد که حجم و وسعت کار قابل توجه بوده و برای طرح های کوچک ساخت کارگاه تولید کانالت با توجه به هزینه های بالای آن توجیه اقتصادی ندارد. در چنین مواردی می بایست از نزدیک ترین کارخانه تولید کانالت به محل پروژه استفاده یا در صورت عدم وجود کارخانه یا مسافت طولانی آن گزینه کانال درجا انتخاب شود.

آسیب پذیر بودن کانالت ها در برابر ضربه یکی دیگر از مشکلات طراحی آنهاست. برخورد ماشین آلات و یا کامیون های حمل محصولات کشاورزی با این کانالت ها سبب شکستن و سقوط آنها از روی پایه ها شده و ارتباط کانال با پایین دست آن به طور کلی قطع خواهد شد که اتصال دو کانالت به هم نیاز به ماشین آلات نظیر جرثقیل و اکیپ های اجرایی ترمیم دارد که می بایست در هزینه های بهره برداری به آن توجه شود.

سوء استفاده دامداران و اهالی منطقه یکی دیگر از مشکلات اجتماعی طرح می باشد که در پروژه میان آب شوشتر نیز با آن مواجه بوده ایم. این افراد با خارج نمودن لاستیک های آبنند بین دو کانالت سبب نشت آب از بین دو کانالت می شوند و به این ترتیب دام های خود را سیراب می نمایند که این امر سبب هدر رفت آب و در مقیاسی بزرگتر کاهش راندمان انتقال آب می شود.

## آیا استفاده از کانالت ها در هر پروژه ای توجیه اقتصادی و فنی دارد؟

با در نظر گرفتن مزایا و معایب اشاره شده هر یک از گزینه های کانال درجا و کانالت ها این سؤال مطرح می شود که کدام روش به عنوان گزینه برتر انتخاب گردد. انتخاب روش مناسب که در برگیرنده تمام جوانب فنی، اقتصادی، مسایل اجتماعی و زیست محیطی باشد مستلزم برآوردی دقیق از امکانات موجود در منطقه، وجود یا عدم وجود خاک مناسب، دسترسی به مصالح مرغوب و خاص، نیروی ماهر بومی موجود در منطقه و وسعت و حجم پروژه مورد نظر دارد. به عنوان مثال جهت اجرای کانال فرعی در یک پروژه با وسعت و حجم کم، احداث کارخانه تولید کانالت توجیه اقتصادی ندارد هر چند مصالح مرغوب و مورد نیاز ساخت کانالت در دسترس باشد.

همچنین در مواردی که خاک مرغوب و مناسب در منطقه موجود باشد احداث کانال درجا به لحاظ فنی و اقتصادی در اولویت می باشد. متأسفانه در برخی مناطق استان خوزستان بدون در نظر گرفتن نکات فنی و ارزیابی اقتصادی و کارشناسی اقدام به اجرای کانالت شده که مشکلات فراوانی را به وجود آورده است. شبکه آبیاری فرعی شعبیه در استان خوزستان یکی از این موارد می باشد که از کانالت جهت احداث شبکه های فرعی استفاده شده است این در حالی است که خاک مناسب ناشی از خاکبرداری زهکش های طرح در زمینهای کشاورزی باقی مانده اند که خارج نمودن این خاکها از محل طرح نیز هزینه دیگری را به پروژه تحمیل نموده است.

## نتیجه گیری و جمع بندی

تولید و ساخت کانالت های پیش ساخته نیاز به مصالح خاص دارد که تولید آن را در برخی موارد با مشکلاتی روبه رو می سازد. گسترش استفاده از کانالت های بتنی در کشور تدوین آیین نامه یا دستورالعملی جامع در این خصوص را بیش از پیش ضروری ساخته است.

با توجه به نکات اشاره شده در این مطالعه استفاده از روشهای کانال درجا و کانالت پیش ساخته مزایا و معایب خاص خود را داراست. به عنوان مثال هر چند عمر مفید کانالت ها بیشتر از کانال درجا بوده و راندمان انتقال آب نیز در کانالها بیشتر است اما استفاده از این سیستم در هر طرحی توجیه فنی و اقتصادی ندارد. در نتیجه گزینه برتر از بین کانال درجا و یا کانالت پیش ساخته می بایست برای هر منطقه و پروژه بر اساس پارامترهایی نظیر وسعت و حجم پروژه، شرایط محل، دسترسی یا عدم دسترسی به خاک مرغوب، وجود مصالح سنگی مناسب در نزدیکی طرح، فرهنگ اجتماعی اهالی منطقه و با رویکرد به مسایل زیست محیطی انتخاب گردد.

## تشکر و قدردانی

بدینوسیله از پشتیبانی و همکاری دفتر تحقیقات و استانداردهای معاونت طرح و توسعه شبکه های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان کمال تشکر و قدر دانی را داریم.

## مراجع

- ۱- "دستورالعمل مبانی و اصول طراحی کانل های بتنی پیش ساخته و متعلقات"، سازمان گسترش کشاورزی، ۱۳۶۷
- ۲- "آیین نامه بتن ایران (آبا)"، نشریه شماره ۱۲۰، تجدیدنظر اول، معاونت امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، ویرایش هفتم، ۱۳۸۳
- ۳- شرکت لیمیت، آبکوش سرزمین، "احداث شبکه های فرعی با استفاده از کانال های پیش ساخته بتنی با مقطع نیم بیضی با رویکرد در مسایل اجتماعی"، نخستین کنفرانس ملی تجربه های ساخت شبکه های آبیاری و زهکشی، تهران، تیرماه ۱۳۸۴