Archive of SID

اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار
تهران - ۸ اسفندماه ۱۳۹۲

روش های احداث سدهای زیر زمینی

علی حسنی
دانشجوی کارشناسی ارشد عمران گرایش مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه پیام نور کرج
Ali_hasani_1369@yahoo.com
حامد حسنی
کارشناس ارشد عمران گرایش آب، پردیس دانشگاهی باختر ایلام
hh_331@yahoo.com
حسین شیرخانی
کارشناس مهندسی مدیریت پروژه و عضو انجمن مدیریت پروژه ایران
Hossein.shirkhanii@yahoo.com

چکیده:

یکی از مسائل مهم و قابل توجه در سراسر دنیا حفظ و نگهداری از منابع آب است، مطالعات و تحقیقات فراوانی در این زمینه انجام شده است و یکی از راهکارهای پیشنهادی سد زیرزمینی است . این سدها مسیر جریان زیرزمینی را قطع نموده و با ممانعت از حرکت طبیعی آب،ذخیره خوبی را فراهم می نماید . این نوع سدها در کشورهایی مانند ایران که سطح آب زیرزمینی نوسان زیادی را در فصول خشک و مرطوب نشان می دهد مناسب می باشد و راه مفیدی جهت تصفیه و ذخیره آب محسوب می شود

واژه‌های کلیدی: سد زیر زمینی، آب زیر زمینی، رس متراکم شده، استخراج آب، ذخیره آب

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه:

مهندسی سد جز جدا نشدنی از تمدن بشیریت است.چرا که سدهایی که برای تامین آب احداث شده اند بدون شک از اولین سازه های ساخته شده توسط انسان به حساب می آیند و همانطور که شواهد در مهدهای تمدن بابل, مصر, ایران و شرق اروپا نشان می دهد سدها حداقل از پنج هزار سال قبل در خدمت تمدن بشری بوده اند.قرارگرفتن ایران بر روی کمربند خشک زمین و شرایط هیدروکلیماتولوژی کشور سبب شده که از گذشته های دور به منابع آب های زیر زمینی توجه خاص شود. بهره برداری از این منابع از هزاران سال پیش توسط قنات صورت گرفته است, اما یکی از معایب اصلی قنات ها خروج همیشگی آب است.این امر سبب می شود در فصل زمستان که نیاز به آب آبیاری حداقل است قسمت اعظم آب بدون آنکه استفاده قابل توجهی از آن شود با تبخیر و نفوذ از دسترس خارج می شود.ولی با توجه به گسترش کویرها و صحراهای داخلی در نواحی مرکزی و جنوبی کشور و کمبود بارندگی و در دسترس نبودن منابع آب های سطحی به صورت پایه و دائمی, حفظ و توسعه منابع آب های زیر زمینی یک ضرورت فوری و اورژانسی است.یکی از راهکارهای ساده و کاربردی برای جلوگیری از هدر رفت منابع آب زیر زمینی و جمع آوری و ذخیره سازی آب در مناطق خشک و نیمه خشک سدهای زیر زمینی هستند.البته تاریخچه استفاده از سدهای زیر زمینی در ایران و جهان به تمدن های قدیمی برمی گردد. به عنوان مثال سدهای زیر زمینی در جزیره ساردینا که در زمان رومیان ساخته شده است.ولی رشد و تکوین سدهای زیر زمینی به صورت علمی از قرن بیستم آغاز گردیده و در سه دهه اخیر بین کشورهای جهان رشد بسیاری کرده است. ماتسو در سال ۱۹۷۵ برای اولین بار گزارشی از احداث یک سد زیر زمینی با عمق ۲۵-۱۰ متر در جزیره کاباشیما در غرب ژاپن داد. قبل از آن فقط سدهای زیر زمینی برای لایه های آبدار کم عمق مورد استفاده قرار می گرفتند. اما این مساله قابل ذکر است که فن استفاده از جریانات زیر سطحی به ویژه سدهای زیر زمینی و قنات ها از ابتکارات ایرانیان بوده, به طوری که یکی از قدیمی ترین سدهای زیر زمینی جهان در دوره صفویه در میمه اصفهان و در نزدیکی کاشان احداث شده است. این سد زیر زمینی ۹ متر ارتفاع داشته و قادر به ذخیره حدود ۲۷۰ هزار متر مکعب بوده است. ولی متاسفانه و علی رغم آنکه شرایط توپوگرافی و اقلیمی ایران در بسیاری از مناطق پتانسیل بالای ایجاد سدهای زیر زمینی را نشان می دهد و سابقه و اهمیت دیرینه استفاده از آب های زیر زمینی به صورت های مختلف از جمله قنات ها و کاریز ها نیز در کشور ما وجود دارد تا کنون در مورد احداث سدهای زیر زمینی مطالعات جدی به عمل نیامده است. البته در کشور چندین سد زیر زمینی ساخته شده و چندین سد دیگر هم نیز در حال ساخت می باشند.
هدف از این مطالعه ابتدا معرفی سدهای زیر زمینی, محاسن و معایب آنها, طراحی و اجرای آنها و سپس بیان خصوصیات برخی از سدهای ساخته شده یا در حال ساخت کشور با توجه به مطالعات صورت گرفته روی آن می باشد.

مواد و روش ها:

هدف از طراحی سد های زیر زمینی را به طور کلی می توان به چهار بخش تقسیم کرد:

۱) تامین آب مصرفی
۲) مدیریت منابع آب (مانند مسدود کردن چند چشمه یا قنات و هدایت آب آنها به چشمه اصلی یا مادر چاه قنوات)
۳) جلوگیری از پیشروی آب شور به آب زیر زمینی(مانند سواحل و دشت های نمک) و اثرات زیست محیطی(مانند پخش آلودگی یا تشعشعات هسته ای در آب های زیرزمینی)

www.SID.ir

Archive of SID

تعریف سدهای زیرزمینی:

سد های زیر زمینی به مانعی گفته می شود که در مسیر جریان آب های زیر زمینی در یک لایه ی آبدار طبیعی یا مصنوعی قرار داده شده و وضعیت جریان آب را اغلب به منظور ذخیره آب زیرزمینی تغییر می دهد. بدنه اصلی یک سد زیر زمینی را پرده یا دیواره نفوذ ناپذیر ان تشکیل می دهد.

سفره های آب زیرزمینی خود به دو قسمت تقسیم می شوند :

۱) سفره های آزاد : در این نوع سطح ایستابی همان سطح فوقانی منطقه اشباع بوده و مقدار فشار در سطح ایستابی برابر فشار اتمسفر می باشد .

۲) سفره های تحت فشار : به سفره های آرتزین یا محصور معروفند و در محلهایی تشکیل می شوند که اب زیرزمینی توسط لایه ای نسبتا نفوذ ناپذیر از بالا محدود شده و در نتیجه آن آب زیر زمینی تحت فشاری بیش از فشار اتمسفری دارد.

انواع مخازن آب زیرزمینی :

الف) سفره ها یا مجموعه های آبی که در محیط هایی با تخلخل بین دندانه ا ی تشکیل می شوند و اکثر مخازن زیرزمینی که ازلحاظ بهره برداری اهمیت بیشتری دارند در این سری از مخازن واقع شده اند.

ب) گروه دوم مخازنی هستندکه در لایه های شکافدار، توده های آهکی و دولومیتی و همچنین بر اساس اطلاعاتی که در چند سال اخیر بدست آمده در توده های بازالتی شکافدار تشکیل می شوند .مجموعه این مخازن به عنوان هیدروژئولوژی کارستیک شناسایی می شوند که به جای یک سفره زیر زمینی گسترده پیوسته یک مجموعه از شکافهای مرتبط که بعد عبور جریان آب است را به وجود می آورد.

انواع سد زیر زمینی از لحاظ وضعیت قرار گیری در زمین :

الف) سد زیرزمینی طبیعی : لایه های نفوذ پذیر همانطور که قبلا گفته شد از سنگ یا رس تشکیل شده اند که حرکت آب در برخورد با آنها با کندی مواجه شده ویا قطع می شود . این لایه ها همانند سطح زمین دارای پستی و بلندی می باشند که حاصل حرکت گسلها ،آتشفشانها ، حرکتهای پوسته ای و.... هستند هنگامی که آبهای زیر زمینی در هنگام حرکت در شیب زمین به یک لایه نفوذ ناپذیر بلند با ارتفاع زیاد برخورد می کنند از حرکت باز ایستاده و در پشت لایه نفوذ ناپذیر که به عنوان سد زیر زمینی عمل می کند جمع میشوند شکل روبرو به صورت شماتیک یک سد زیر زمینی طبیعی را نمایش می دهد

ب) سدهای مصنوعی : سدهایی هستند که ساخته دست بشر هستند و به دو دسته مدفون و نیمه مدفون تقسیم می شوند:

ب-۱) سدهای مدفون : این نوع سدها شامل دیواره ای هستند که به طور کامل داخل زمین قرار گرفته اند و مخزن آن در داخل آبرفت بالا دست تشکیل می گردد . اکثر سدهای زیر زمینی از این نوع هستند . سدهای مدفون به دو دسته نزدیک سطح زمین و در اعماق زمین تقسیم می شوند.

ب-۲) سدهای نیمه مدفون: در سدهای نیمه مدفون دیواره نفوذناپذیر غالبا تا ارتفاع بالاتری از سطح زمین نیز امتداد پیدا می کند که این نوع سدها می توانند علاوه بر یک مخزن زر زمینی با ایجاد یک مخزن معلق سطحی و رسوب گیری جریان رودخانه یا سیل بر حجم مخزن زیر سطحی خود بیفزاید و آن را توسعه دهد بنابراین برای کنترل سیل نیز مناسب خواهند بود.

www.SID.ir

Archive of SID

مزایا ومعایب سدهای زیر زمینی نسبت به سدهای سطحی:

۱- مزایا:

۱-۱- هزینه ساخت بسیار پایین تر

۱-۲- برای همیشه ساخته و طراحی می شوند

۱-۳- عدم کاهش آب به علت تبخیر سطحی

۱-۴- نزدیک تر بودن سد به محل مصرف

۱-۵- بهداشتی تر بودن مصرف آب آن

۱-۶- تکنولوژی ساخت بسیار ساده

۱-۷- ذخیره آب برای مدت طولانی در دسترس می باشد در حالیکه در سدهای سطحی حجم مخزن به دلیل رسوب گذاری و... کاهش می یابد.

۱-۸- سد زیر زمینی مانند سدهای سطحی در معرض خرابی ناشی از سیل قرار نمی گیرد.

۱-۹- عدم اشغال زمین در بالا دست نسبت به سدهای سطحی که سطح وسیعی از زمین بالا دست اشغال می گردد

۲- معایب:

۲-۱- نسبت به سدهای سطحی حجم مخزن آن بسیار کمتر است.

۲-۲- عدم تعداد کاربری نسبت به سدهای سطحی(کاربری نیروگاهی و جلوگیری از سیل که در سدهای سطحی وجود دارد)

طراحی و ساخت سدهای زیر زمینی:

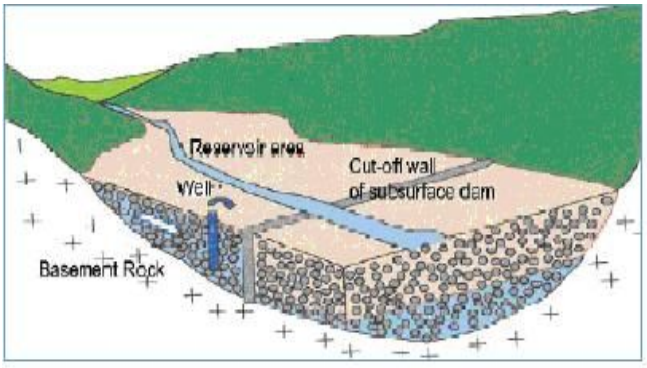
۱)مکانیابی:

اولین قدم در احداث سدهای زیر زمینی مکانیابی می باشد و با توجه به اینکه سدهای زیرزمینی امکان احداث در هر نقطه ای را ندارند پس با توجه به خصوصیات و اقلیم منطقه باید بهترین مکان برای احداث در نظر گرفته شود. منطقه مورد نظر از نظر اقلیمی باید دارای شرایط زیر باشد:

۱- دارای اقلیم خشک یا نیمه خشک باشد.

۲- بارندگی کم یا نامنظم باشد(بررسی مقدار بارش سالیانه بایستی انجام شود که جریان به اندازه ی کافی داشته باشیم و سد به خطر نیفتد).

با توجه به اینکه سد های زیر زمینی باید با کمترین هزینه ، بیشترین حجم مخزن و نشت کمتری را داشته باشند ، معمولا با ارتفاعی بین ۳ تا ۴ متر و در محلی که شیب زمین کمتر از ۵ درصد است ساخته می شوند که این خصوصیت بیشتر در دره ها یا رودخانه های باریک و یکدست یافت می شود.

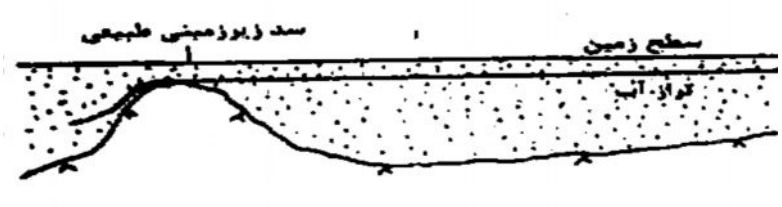


شکل ۱- مکان مناسب برای احداث سد زیر زمینی

www.SID.ir

Archive of SID

در مواردی شرایط مناسب طبیعی خود مانند یک سد زیرزمینی عمل می کند و اثر سد کنندگی موانع طبیعی (مانند برآمدگی لایه نفوذ ناپذیر بستر) می تواند نقش به سزایی در مکان یابی و صرفه جویی در هزینه ها داشته باشد.



شکل ۲- سد زیر زمینی طبیعی

فاکتورهایی که در مکانیابی سدهای زیرزمینی باید به آنها توجه شود عبارتند از :

۱) جلوگیری از شور شدن آب (تتحقیقات نشان داده است به تدریج از بالا دست حوزه به طرف پایین دست با اضافه شدن آبراهه های فرعی از میان تشکیلات زمین شناسی شور عبور کرده و موجب شوری آب می شود)
۲) جلوگیری از نفوذ آب به اعماق زمین(با توجه به تغییرات عمق رسوبات منطقه)
۳) رعایت حریم های بهره برداری(به منظور جلوگیری از آلوده شدن آب ذخیره شده)

۲- ساخت سد:

با استفاده از نتایج بررسی های زیر سطحی روش مناسبی برای حفاری دستی یا مکانیکی (دراگلاین، بیل و...) تعیین و اجرا می شود سپس در عرض دره یا بستر رودخانه ترانشه هایی حفر می گردد و سد زیر زمینی در ترانشه ی حفر شده(در عرض دره یا رودخانه)احداث می شود.چاه هایی در نزدیکی محل محور ترانشه حفر می شود که این چاه ها,چاه های مشاهده نامیده می شوند.به وسیله ی این چاهها می توان در زمان های مختلف تغییرات سطح آب زیر زمینی را مشاهده و بررسی کرد.

شکل ۳- حفر ترانشه ها برای احداث سد زیرزمینی

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به ذکر است که میزان رواناب و رسوب آبراهه اندازه گیری و با شرایط طرح مقایسه خواهد شد.از آنجا که معمولا عمق ترانشه های حفر شده بین ۳ تا ۱۰ متر است عملیات اجرایی می تواند توسط نیروهای انسانی انجام شود.در آبرفت های ماسه ای خشک با خاصیت چسبندگی کم ومناطق شنی به علت ناپایداری شیب ها امکان فرو ریزی دیواره ی ترانشه ها وجود دارد و حفاری را با مشکل مواجه می کند با این وجود آبرفت های ماسه ای برای مکان سد مطلوب هستند چون سطح آب زیر زمینی در آنها دیده می شود.معمولا حداکثر شیب ۳۰ درجه برای اینگونه مصالح قابل قبول است و این به این معناست که به منظور ایجاد خندق با عمق ۶ متر در بستر رودخانه عرض حفاری در سطح زمین بایستی حدود ۱۵ متر باشد.در هر صورت به علت تراکم بیشتر خاکدر اعماق بیشتر امکان افزایش تدریجی شیب وجود دارد.برای پایین نگه داشتن سطح آب زیر زمینی در موقع احداث سد معمولا آب را به وسیله ی پمپاژ خارج می کنند البته زمان احداث سد های زیر زمینی در پایان فصل خشک صورت می گیرد که سطح آب زیر زمینی پایین است بنابراین عملیات اجرایی با سهولت بیشتری انجام شد.

۲-۱- مصالح مصرفی در احداث سد زیر زمینی با توجه به سه پارامتر زیر تعیین می شوند:

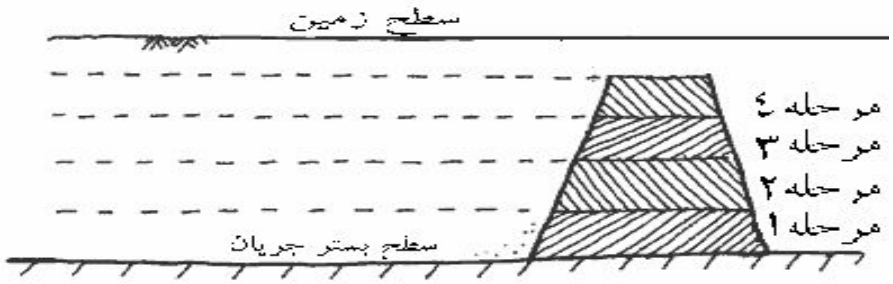
۱) منابع قرضه موجود در منطقه

۲) هزینه های مصرفی

۳) سهولت در انجام کار

۲-۲- مصالح مورد استفاده در احداث سد های زیر زمینی:

۱) رس متراکم شده: استفاده از رس ، روش مرسومی است که احتیاجی به نیروی انسانی ماهر ندارد. رس در لایه هایی با ضخامت کم ریخته و سپس متراکم می شود . به علت جریان آبی زیر زمینی احتمال فرسایش سطح رس وجود دارد به همین خاطر برای محافظت دیواره از ورقه های پلاستیکی استفاده می شود . عملیات پرکردن ترانشه توسط وسایل متراکم کننده و با رطوبت مناسب انجام می شود .اگر ذخیره آب زیر زمینی در فصول خشک کاهش یابد امکان توسعه درز و ترک در سد و جود دارد ، به همین خاطر با احداث دیواره با ضخامت مناسب جهت نگهداری رطوبت در منطقه هسته حتی در دوره های خشک طولانی می توان از این مسئله جلوگیری کرد.

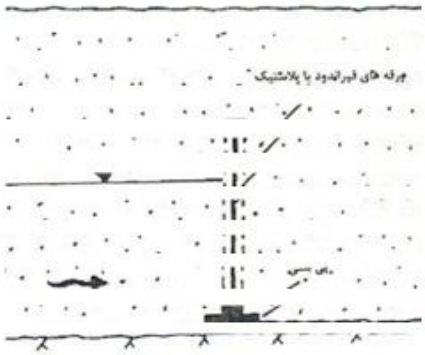


شکل ۴- مراحل ساخت

www.SID.ir

Archive of SID

۲) ورقه های قیر اندود یا پلاستیکی : در این روش از یک هسته پلاستیکی برای آب بند کردن استفاده می شود که نوع پلاستیک آن معمولا پلی اتیلن است و تاجایی که به هزینه ی مواد مربوط می شود.کم هزینه ترین روش می باشد . هنگامی که از این روش استفاده می شود باید توجه داشت که باید از مصالحی مانند گل ولای برای اندود کردن دو طرف ورقه استفاده شود تا از ایجاد سوراخ توسط سنگ های تیز جلوگیری به عمل آید . همچنین برای محافظت در برابر اثرات انبساط و انقباض باید تغییرات دمایی را مورد توجه قرار داد.



شکل ۵- روش استفاده از ورقه های پلاستیکی

۳) پرده تزریق: جهت متوقف کردن آبخوانهای بزرگ وعمیق و برای کنترل آلودگی از پرده تزریق استفاده می شود.مزیت آن تزریق بدون زهکشی است.جدیدترین روش در این زمینه از نوعی میکرو ارگانیسم است.که در آب دریاهای آزاد زندگی می کند.این میکرو ارگانیسم ها پس از استفاده از مواد غذایی مرده تشکیل یک لایه تقریبا غیر قابل نفوذ الاستیک را می دهد این طرح توسط کارشناسان بانک جهانی UNPD در آفریقا و استرالیا انجام شده است و به BIOMASS WALL معروف است که اگر مقدمات اجرایی آن فراهم باشد سریع ترین روش و کم هزینه ترین می باشد.

مراحل اجرای سدهای زیر زمینی:

۱) انحراف جریان سیلابها ی احتمالی که در حین اجرای سد ممکن است اتفاق بیافتد.

۲) خاکبرداری آبرفت تا سنگ بستر در کف و جناحین.

۳) پمپاژآب تا زمان تخلیه کامل کف ترانشه.

۴) برداشت لایه های هوازده و سست و یکنواخت کردن سطح آن برای سنگ چینی و بتن ریزی.

۵) اجرای بدنه با توجه به استانداردها و اهداف.

۶) نصب لوله آبگیر در تراز یک متری از عمیق ترین قسمت دیوار.

۷) اجرای چاه بهره برداری در بالادست همزمان با اجرای دیواره و پر کردن اطراف آن با شن وماسه تمیز.

www.SID.ir

Archive of SID

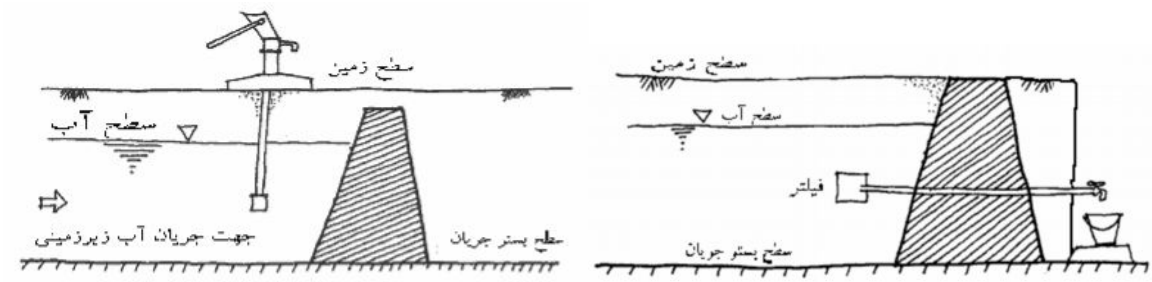
۸) قطع دیوار چینی ۱ متر مانده به تراز بستر رودخانه و پر کردن قسمت باقی مانده از مقطع با سنگهای بزرگ جهت عبور آب مازاد به طرف پایین دست.

۹) پر کردن بالا و پایین دست محور سد به ترتیب با شن و ماسه تمیز و مصالح حاصل از گودبرداری و سپس تثبیط سطح تمام شده با سنگچینی برای جلوگیری از آب شستگی های بعدی.

۱۰) حفاری چاه در پایین دست جهت کنترل تراز آب پایین دست در صورتی که احتمال فرار آب بیشتر از حد باشد زیرا در صورت آب بند بودن سد همزمان با دیوارچینی شروع به بالا آمدن کرده و به فاصله کمی از اتمام سد پر میگردد که این زمان بستگی به حجم مخزن و میزان تغذیه سفره نیز دارد

روش های استخراج آب ذخیره شده توسط سدهای زیر زمینی:

عملیات استخراج آب به دو صورت ثقلی و حفر چاه انجام می شود . اگر محل بهره برداری مردم در منقطه پایین دست سد باشد و شرایط توپوگرافی نیز فراهم باشد امکان استخراج آب از مخازن به صورت ثقلی وجود دارد. در این روش از طریق لوله که از بدنه سد می گذرد و نیروی ثقل آب را به مناطق پایین دست هدایت می کنند. چاهی که آب را از سد های زیرزمینی استخراج می کند در مخزن قرار می گیرد و برای جلوگیری از تخریب توسط سیلاب آن را نزدیک به کناره ی رودخانه ها حفر می کنند.



شکل ۶- بهره برداری از آب ذخیره شده به دو روش ثقلی و چاه

نتیجه گیری:

سدهای زیرزمینی با توجه به هزینه پایین ، روش ساخت آسان ، ذخیره آب بهداشتی و مزایای بسیاری که نسبت به سد های سطحی دارد و به خصوص با توجه به آب وهوای خشک ونیمه خشک ایران می تواند یک روش مقرون به صرفه و ساده برای استفاده از آب های زیرزمینی باشد. با توجه به موارد ذکر شده این نوع سدها می توانند یکی از راهکارهای مناسب جهت مدیریت آب در مناطقی که دارای اقلیم خشک و کم آب هستند باشند این روش علاوه بر هزینه ی کم روش ساده ای نیز هست و مشکلات اجرایی بسیار کمی دارد بنابراین در کشور ما می تواند بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع و مراجع:

۱) گزارش طرح بهره برداری از جریانات زیر سطحی در آبراهه های فصلی بند زیر زمینی تویه دوار، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان دامغان.

۲) گزارش پروژه مکانیکی سد های زیر زمینی در منطقه خرانق ، گلزارپور ، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیز داری.

۳) سدهای زیر زمینی جهت تامین آب در مقیاس کوچک نوشته آکه نیلسون، محمدرضا یزدانی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، چاپ اول ۱۳۸۵

۴) طباطبایی یزدی، جواد و نبی پی، سعید، سدهای آب زیرزمینی جهت تامین آب در مقیاس کوچک، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۵) سیامردی، کیانوش، ۱۳۸۸ ، بررسی روشهای مختلف طراحی سدهای زیرزمینی، برای ذخیره سازی آبهای زیرزمینی، هشتمین کنگره بین المللی عمران.

www.SID.ir