

استفاده از تکنیک مدرن BMP جهت کنترل و حفظ رواناب سطحی با استفاده از روکش نفوذپذیر

پارسا میدانشاهی^۱، یاسر پوست فروش فرد^۲، رویت قنواتی^۳، مریم زارع^۴

۱- کارشناس عمران، دانشگاه استهبان

۲- کارشناس عمران، دانشگاه استهبان

۳- کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه ارسنجان

۴- دکتری منابع آب، دانشگاه هرمزگان

Maryamzare63@gmail.com

چکیده

آب به عنوان ماده حیاتی بشر همچنین ماده خام کشاورزی و راه گشای صنعت در جوامع امروزی از اهمیت بالایی برخوردار است و تأمین آن در خیلی از کشورها به صورت بحران در آمده است. بروز مشکلات آب‌گرفتگی شهری و توسعه سریع شهرها در سالهای گذشته، ضرورت بازنگری آبهای سطحی را از اواسط دهه گذشته نمایان کرد. همانطور که می‌دانیم امروزه صنعت بتن نقش بسیار مهمی در ساخت و سازهای جوامع بشری ایفا می‌کند و یکی از عوامل بسیار مؤثر در سازه‌های بتنی در جهان است. یکی از روش‌های تصفیه سیلاب شهری قبل از انتقال و پیوستن به آب‌های سطحی و زیرزمینی استفاده از بتن متخلخل جاذب می‌باشد. بتن اسفنجی یا متخلخل نوع خاصی از بتن سبک غیر سازه‌ای است که به دلیل وجود فضای خالی و تخلخل ۲۳ درصد، نفوذپذیری $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ می‌تواند به عنوان زهکش عمل نموده و رواناب و آب باران را از خود عبور دهد. همچنین مقاومت فشاری ۷ روزه $8/2 \text{ mpa}$ این بتن را به بستری مناسب برای پوشش معابر تبدیل کرده است. این پوشش می‌تواند به عنوان سنگفرش برای خیابان‌هایی با ترافیک کم، معابر، پارکینگ‌ها، پارک‌ها، حاشیه سواحل و ... مورد استفاده قرار گیرد. همچنین استفاده از فیلتر در بتن نفوذپذیر در این مطالعه، باعث جلوگیری از هدررفت و جمع‌آوری آب جهت مصرف دوباره آب صورت می‌گیرد. این سیستم از نظر اقتصادی نسبت به دیگر روش‌های تصفیه بسیار مقرون به صرفه می‌باشد. براساس نتایج، طرح مخلوط شماره ۱ بهترین طرح مخلوط ارزیابی می‌گردد.

کلمات کلیدی: بتن نفوذپذیر، مدیریت رواناب شهری، فیلتر.

1. مقدمه

شهرسازی و توسعه شهرها و تبدیل مناطق بایر به اراضی شهری، احداث ساختمانها، خیابانها و تأسیسات دیگر، امکان و فرصت نفوذ آب باران به درون زمین را به شدت کاهش می‌دهد. به بیان بهتر، به دلیل نفوذناپذیری بیشتر نواحی درونشهری نسبت به اراضی برونشهری، رواناب در شهرها با حجم و سرعت بیشتر به سوی جویها و آبراهه‌ها سرازیر شده و این شرایط به نوبه خود احتمال آب‌گرفتگی معابر و اماکن عمومی و خصوصی را افزایش می‌دهد. همچنین جاری شدن آب باران در سطح اراضی شهری علاوه بر مشکلات تردد و ترافیک، آلودگی روانابهای سطحی و زیرزمینی پذیرنده روانابهای شهری را تشدید میکند. نتایج بررسی‌ها و تحقیقات گسترده و دامنه‌دار بین‌المللی بیانگر این نکته می‌باشد که برای مهار پیامدهای منفی شهرسازی و توسعه شهرها بر محیط زیست میباید اقدامات سازمان‌یافته‌ای در جهت احیاء چرخه طبیعی آب شهر صورت

پذیرد. تقلید از چرخه آب شهر و فرآیند احیاء شرایط طبیعی در عمل به مفهوم آن است که عوامل مؤثر در تشدید حجم و اوج روانابها مهار و کنترل شوند و از آلودگی محیط زیست به وسیله روانابهای شهری جلوگیری به عمل آید. رویکرد نوین یا مدرن به مدیریت روانابهای سطحی شهرها اساساً به روشها و فنونی اطلاق میشود که در جهت احیای مصنوعی چرخه طبیعی آب در شهر عمل میکنند؛ یعنی میکوشند حجم و اوج آب دهی روانابها و میزان آلودگی در آبهای جاری ناشی از بارندگی در سطح شهر به حد و میزانی که قبلاً یعنی پیش از توسعه نواحی شهری در اراضی بایر پیرامون شهر قدیم وجود داشت کاهش یابد. برخی از کشورها در این خصوص حتی فراتر رفته و سهم شرایط طبیعی پیش از توسعه شهر را مشخص کرده و آن را به صورت یک سلسله از اهداف کمی طرحهای مدیریت روانابهای سطحی اعلام کردهاند. روشهای متنوعی جهت کنترل دبی اوج سیلاب و مدیریت کیفیت و کنترل آلایندههای سیلاب شهری وجود دارد که سیستم های تزریق و بخصوص حوضچه های نگهداری و تزریق سیلاب بصورت حوضچه خشک و حوضچه تر بسیار رایج میباشد. درحوزه های شهری که تراکم بافتهای شهری و تاسیسات وجود دارد، با توجه به محدودیت زمین امکان استفاده از سیستم تزریق سیلاب بصورت حوضچه وجود ندارد ولی ایجاد ترانشه در حاشیه فضاهاى سبز و خیابانها به همراه استفاده از بلوکهای بتنی متخلخل جاذب امکان پذیر میباشد. در مدیریت کیفی رواناب شهری دو دیدگاه Best Management Practice (BMP) و Low Impact Processes (LID) وجود دارد. در دیدگاه اول مشخصاً هدررفت آب، آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی و اکوسیستم و کنترل سیل یک چالش اصلی است در صورتی که در دیدگاه دوم هزینه های اجرایی، نداشتن زمان قابل استفاده بودن، هزینه های نگهداری و مدیریت فاضلابهای شهری از چالشهای آن میباشد. سالهای اخیر، رشد روزافزون جمعیت شهرنشینی در شیراز موجب افزایش بهره برداری از منابع آب و به تبع آن کاهش کمیت و کیفیت ذخایر آبی در محدوده شهر و حوضه های آبخیز اطراف آن شده است. از اینرو، مدیریت آبهای سطحی با توجه به نیازهای تأمین آب از لحاظ کمیت و کیفیت برای آبیاری فضای سبز و دیگر مصارف در سطح شهر، همسو با اهداف گسترده تر اقتصادی، اجتماعی، بهبود منظر شهری و بهبود کیفیت روانابهای تولیدی باید به صورت کارا مورد توجه قرار گیرد. مدیریت آبهای سطحی شهرها، بر خلاف دیدگاه سنتی که راهکار اصلی را جمع آوری و دفع هرچه سریعتر آبهای مازاد میدانست، امروزه متکی بر این دیدگاه است که رواناب شهری یک منبع آب برای استفاده مستقیم و یا منبعی برای کاهش فشار بر منابع آب شرب محدود شهرهاست. بتن متخلخل نوع خاصی از بتن با تخلخل بالا است که یکی از عمده ترین کاربردهای آن اجرای روسازی می باشد. این بتن رواناب را از خود عبور می دهد و منجر به کاهش رواناب جاری شده بر سطح زمین و همچنین افزایش سطح آبهای زیرزمینی می شود. تخلخل بالا توسط فضاهای خالی به هم چسبیده ایجاد میشود. به طور معمول بتن متخلخل فاقد مصالح ریزدانه می باشد و تنها با ملات سیمانی مصالح درشت دانه را به هم میچسباند به طوری که فضاهای خالی را ایجاد میکند. مدیریت منابع آب چه در حوزه شهری و چه در حوزه غیر شهری باید به صورت پایدار صورت گیرد. در این تحقیق یکی از رویکردهای نوین مدیریتی از دیدگاه BMP، برای کنترل سیل و رواناب به عنوان روش نفوذپذیر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

2. پیشینهی تحقیق

بتن سبک یا بتن متخلخل در سال ۱۹۲۴ میلادی توسط یک مهندس سوئدی ابداع گردید (دایی و محبوبی، ۱۳۸۷). ویژگیهای منحصر به فرد بتن متخلخل از جمله مقاومت در برابر یخ زدگی، کم وزن بودن، تخلخل بالا و افزایش ضریب نفوذپذیری باعث شد تا برای استفاده در روسازی معابر مورد استقبال قرار گیرد (تنیس و اکرز، ۲۰۰۴). اجرای پروژهی بتن اسفنجی در پارکینگ دانشگاه کارولینای شمالی توسط (شرکت کاهیل ۲۰۰۲)، که شایان ذکر است این پروژه برنده جایزه American Council of Engineering Companies (ACEC) گردیده است. این پارکینگ معمولاً از بارترافیکی بالایی برخوردار بوده و در اکثر مواقع پر می باشد. در کف سازی این محوطه از بتن اسفنجی بر روی زیر اساس غیر متراکم استفاده گردیده است. در ساخت این پارکینگ از ۱۵۰۰ یارد مکعب بتن استفاده شده است. در این منطقه بطور متوسط ۹۰ روز در

سال بارندگی می‌باشد و متوسط آب و هوای آن معمولاً بالای صفر درجه می‌باشد. علیرغم مراقبت کمی که از سطح رویه می‌گردد، ولیکن بعد از گذشت چند سال از وضعیت خوبی برخوردار است.

اجرای پروژه بتن اسفنجی در پارکینگ نمایندگی پورشه واقع در جورجیانا توسط تیم پیمانکاری (پی سی آی 2003) انجام گردید. این پروژه شامل استفاده از بتن اسفنجی در کف سازی پارکینگ نمایندگی پورشه با مساحت ۱۲۰۰۰ فوت مربع می‌باشد. در محوطه‌ی این پارکینگ از ۵ اینچ ضخامت بتن اسفنجی بروی ۴ اینچ سنگدانه بروی ژئوتکستایل استفاده گردیده است. وضعیت آب و هوایی این منطقه به صورتی است که در این منطقه بطور متوسط ۵۰ روز در سال بارندگی می‌باشد. متوسط دمای شبانه روز بالای صفر درجه می‌باشد. پارکینگ در وضعیت مناسبی بوده و نیازی به تعمیرات یا نگهداری سالیانه نمی‌باشد. اجرای پروژه بتن اسفنجی در پارکینگ و پیاده روهای پارک منطقه‌ای در آتن توسط (شرکت لنتز 2003)، این پروژه شامل محوطه پارکینگ و مسیر پیاده رو می‌باشد. در این محوطه از لوله‌های زهکشی نیز استفاده گردیده است. در ساخت پارکینگ از ۱۳۰۰ یارد مکعب بتن اسفنجی استفاده شده است. در این منطقه بطور متوسط ۹۰ روز در سال بارندگی می‌باشد. البته یخبندان سختی تا کنون مشاهده نشده است. دمای متوسط روزانه معمولاً بالای صفر درجه می‌باشد. بعد از طوفان‌های سنگین مقداری گل و لای بر روی مسیر پیاده رو منتقل می‌شود، که با جارو کشی ساده این مشکل برطرف می‌گردد. تا به امروز هیچگونه گرفتگی، ترک خوردگی یا مشکلات مشابه گزارش نگردیده و پروژه را می‌توان از جمله پروژه‌های موفق ارزیابی کرد.

3. مواد و روش‌ها

روکش‌های نفوذپذیر

این نوع پوشش‌ها با ذخیره موقت آب امکان تأمین اهدافی چون کاهش حجم رواناب، تغذیه آب زیرزمینی و تصفیه رواناب شهری را فراهم می‌سازند. روکش‌های نفوذپذیر را میتوان به جای انواع سطوح نفوذناپذیر شهری به ویژه برای روکش پیاده‌روها و پارکینگ‌های شهرها به کار برد. صحن ساختمان‌های اداری و عمومی، حیاط منازل و امکانات خصوصی جزء بهترین مکانها برای کاربرد انواع بلوک‌های تراوا یا روکش‌های نفوذپذیر می‌باشند. ذخیره موقت رواناب، کاهش حجم و اوج رواناب، تغذیه آبهای زیرزمینی، بهبود کیفیت آب از اهداف بتن نفوذپذیر میباشد. استفاده از بتن نفوذپذیر به عنوان پوشش معابر مزیت‌های زیست محیطی و اقتصادی را در بردارد. پس از آشنایی با بتن نفوذپذیر، به بررسی روش‌های ساخت و اجرای سنگفرش به وسیله بتن نفوذپذیر می‌پردازیم، اگرچه بتن نفوذپذیر را می‌توان همانند بتن معمولی تهیه کرد و توسط کامیون‌های مخصوص حمل بتن تحویل داد اما مراحل زیرسازی، اجرا و پرداخت آن متفاوت و در بعضی موارد سخت تر از بتن معمولی است. از این رو آشنایی با مراحل اجرای بتن اسفنجی برای داشتن پیاده رویی با دوام و با نفوذ بالا الزامی است. در واقع بتن نفوذپذیر، بتنی با حجم زیادی از منافذ (۱۵ تا ۲۵ درصد) است، که همانند بتن معمولی از ترکیبی از سیمان، درشت دانه و آب تشکیل شده است، با این تفاوت که در ترکیبات آن از مقدار ناچیزی ماسه و در بعضی مواقع هیچگونه ماسه ای استفاده نمی‌شود، که این امر موجب سهولت عبور آب از منافذ بتن می‌گردد. زمانیکه بتن اسفنجی در محوطه سازی یا پیاده روها استفاده گردد، قادر به دفع بارندگی‌هایی با حجم ۵-۳ گالن آب در واحد سطح یک فوت مربع در هر دقیقه می‌باشد که در اکثر قریب به اتفاق مواقع این حد از قابلیت، بیش از حد شدیدترین بارندگی‌های سالانه می‌باشد. آبهای حاصل از بارندگی ممکن است در لایه شنی ذخیره گردد و یا از لایه‌های خاک زیر اساس عبور کند. نقطه حائز اهمیت در این بین پروسه فیلتراسیون می‌باشد، که به تصفیه آب کمک می‌کند. بدین صورت که آلودگی‌های زیانبار آب در هنگام عبور از منافذ بتن نفوذپذیر توسط باکتری‌های هوازی موجود در این فضاهای خالی تجزیه و از بین می‌روند.

مراحل اجرای بتن نفوذپذیر شامل موارد زیر است:

۱- آماده سازی سطح زیر اساس

سطح زیر اساس باید قبل از بتن ریزی آماده شود و هر گونه ناهمواری و اختلاط موجود بر روی سطح آن باید از بین برود تا سطحی یکنواخت برای بتن ریزی داشته باشیم.

۲- بتن ریزی

عملیات بتن ریزی بتن اسفنجی با بتن معمولی تفاوت زیادی دارد، بتن اسفنجی به دلیل نداشتن ریزدانه روانی کمتری نسبت به بتن معمولی دارد، به همین دلیل نمی توان آن را پمپ کرد.

۳- تراکم و پرداخت

به دلیل وجود فضای خالی زیاد در بتن اسفنجی، عملیات پرداخت آن با بتن معمولی استاندارد متفاوت است. پرداخت و تراکم دو مرحله بسیار سخت در ساخت سنگفرش های با دوام و مقاوم می باشد.

۴- درزه گذاری و عمل آوری

همانند بتن معمولی، در بتن اسفنجی نیز درزه هایی برای کنترل و جلوگیری از ترک خوردگی بر روی سطح بتن ایجاد می شود. اگرچه به دلیل بافت ناهموار بتن اسفنجی، درزه های کنترلی همیشه لازم نیستند اما به هر حال اغلب پیاده رو ها دارای این درزه ها هستند. در بتن اسفنجی از مصالحی همانند بتن معمولی استفاده می شود با این تفاوت که مصرف ریزدانه ها کاهش می یابد و یا به کلی حذف می شود. مواد دیگر برای ساخت این نوع بتن شامل سیمان پرتلند تیپ ۲ و آب به مقدار لازم می باشد.

برای انجام این پژوهش در آزمایشگاه تخصصی بتن، برای ساخت نمونه های بتن متخلخل معمولی طرح مخلوط اولیه ای با توجه به استاندارد آیین نامه ACI211.3R انتخاب گردید. در این تحقیق عبار سیمان ۳۳۰ کیلوگرم در مترمکعب به طور ثابت در نظر گرفته شده است. همچنین آب مورد استفاده آب شرب بوده است. نکته دیگر که با توجه به جدول ۱ باید مد نظر قرار گرفته شود این است که با افزوده شدن ریزدانه با توجه به مشاهدات آزمایشگاهی درصد W/C افزایش یافته تا خمیر بتن به صورت یکنواخت تهیه گردد. در اینجا منظور از ریزدانه، شن عبور کرده از الک ۴ و مانده الک ۲۰۰ می باشد و درشت دانه ذرات شن ۴.۷۵ تا ۱۲.۵ بر میلیمتر می باشد. برای ساخت نمونه ها، مقادیر مصالح مصرفی در بتن مطابق طرحهای مخلوط به وسیله ظروف حجمی مدرج اندازه گیری و به وسیله مخلوط کن، سیمان، آب و سنگدانه با هم مخلوط گردید. سطح داخلی قالبهای موجود در آزمایشگاه بتن به وسیله روغن چرب گردید تا بتن سخت شده از قالب جدا گردد. بتن در سه لایه داخل قالب ریخته شد و هر لایه با ۲۵ ضربه میله استاندارد متراکم گردید، همچنین به کمک ماله بنایی سطح قالب مسطح گردید. از هر طرح مخلوط ۳ مکعب نمونه تهیه شد. حدود ۲۴ ساعت پس از بتن ریزی نمونه ها از داخل قالب فلزی خارج و درون حوضچه عمل آوری قرار داده شد. دوره عمل آوری نمونه های بتنی ۷ روز می باشد. در این نوع بتن از مصالحی مانند بتن معمولی استفاده می شود با این تفاوت که مصالح ریزدانه حذف می شوند و توزیع درشت دانه نیز بطور یکنواخت و در یک اندازه نگه داشته می شود این باعث سختی بتن است.

جدول ۱. مشخصات طرح های مخلوط بتن نفوذپذیر

شماره طرح مخلوط	سیمان (Kg/m ³)	پودر سیوس (Kg/m ³)	ریز دانه (Kg/m ³)	درشت دانه (Kg/m ³)	نسبت آب به سیمان	تخلخل
۱	۳۳۰	۷.۴	۱۰۰	۱۵۲۰	۰.۳۲	۲۳
۲	۳۳۰	۱۲	۲۰۰	۱۴۰۰	۰.۴۳	۱۹
۳	۳۳۰	۰	۲۲۰	۱۴۰۰	۰.۳۶	۲۱



شکل ۱. مراحل تهیه بتن، قالب ریزی در آزمایشگاه تخصصی بتن

الف) آزمایش مقاومت فشاری

مضاف بر اینکه استفاده از افزودنی های کاهنده آب سبب کاهش نسبت آب به سیمان و در نتیجه افزایش مقاومت و دوام در این نوع بتن ها می گردند، ضمن بهبود دانه بندی طرح مخلوط این گونه بتن ها تاثیر بسزایی در ایجاد منافذ لازم و افزایش مقاومت دارد. در سازه های بتنی به جهت اختلاط چند مصالح لازم است علاوه بر کیفیت هر بخش تشکیل دهنده، وضعیت کلی نیز بوسیله ی انجام آزمایشهایی از نظر مقاومت مورد ارزیابی قرار گیرد. در این تحقیق برای تعیین مقاومت فشاری بتن هفت روزه از دستگاه جک هیدرولیکی استفاده شد. جک دارای دوفک بالا و پایین می باشد که فک پایین متحرک و فک بالا ثابت است و همچنین دارای یک دریچه روغن و دریچه ضامن و گیج سرعت بارگذاری می باشد. باری که نمونه مکعبی بتن نفوذپذیر هفت روزه تا مرز ترک خوردگی تحمل می کند حدود $8/2 \text{ mpa}$ خوانده شد.



شکل ۲. دستگاه جک هیدرولیکی

ب) آزمایش نفوذ

دستگاه مورد نظر برای انجام آزمایش نفوذپذیری به روش بار افتان نیز ساخته شد. مقدار نفوذپذیری بتن در این مطالعه حدود $10^{-1} \times 4/5$ برآورد گردید. همچنین درصد تخلخل بتن نفوذپذیر حدود ۲۳ درصد محاسبه گردید.



شکل ۳. مقدار نفوذپذیری بتن

فیلتر زیر پوشش بتن

فیلتر محیط متخلخلی است که آب را با ضریب آبدگزی بسیار زیاد نسبت به محیط از خود عبور می دهد. به همین دلیل فیلتر می تواند محیط اطراف را بصورت آزاد زهکشی و از حالت اشباع خارج کرده و از بروز صدماتی که ممکن است در اثر وجود آب اضافی در محیط اطراف یا سازه های بالایی ایجاد شود جلوگیری کند. معیارهای طراحی فیلترها بسته به نوع کاربرد آنها متفاوت و گاهی متناقض است بطوری که استانداردهای اداره مهندسی ارتش آمریکا، اداره عمران وزارت کشور آمریکا و اداره حفاظت خاک منابع طبیعی آمریکا با یکدیگر مطابقت ندارند. نوع و دانه بندی فیلتر با توجه به نوع خاک اطراف تعیین می شود. فیلتر یا یک لایه است و یا چند لایه و معمولاً دانه بندی آن مخلوطی از شن و ماسه بدون مواد ریزدانه می باشد. فیلترهای یک لایه معمولاً دانه بندی متنوعی در گستره وسیعی از ذرات با قطرهای مختلف شن و ماسه دارند. در حالی که در فیلترهای چند لایه هر لایه فیلتر دانه بندی یکنواختی داشته و ضریب یکنواختی آن حدود ۳ تا ۴ است. برای طراحی فیلتر معیارهای مختلفی وجود دارد که هدف از آنها این است که فیلتر آن قدر ریزدانه باشد که از ورود ذرات خاک بستر به داخل فیلتر جلوگیری شود و در عین حال ضریب آبدگزی فیلتر نسبت به محیط اطراف آن قدر زیاد باشد که آب اضافی به صورت آزاد و به سرعت توسط فیلتر جمع آوری و به محل خروجی هدایت شود. تخلیه فیلتر زیر پوشش کانالها به ترتیب اولویت باید به صورت ثقلی آزاد یا ثقلی با دریچه های یکطرفه به داخل کانال و در شرایط عدم وجود امکان تخلیه ثقلی، به وسیله پمپاژ انجام شود. برای اجرای صحیح فیلتر، ضمن انتخاب دانه بندی درست برای فیلتر زیر پوشش و نیز فیلتر دور لوله زهکش داخل آن باید فیلتر را بوسیله رطوبت و با کوبیدن تا حد لازم متراکم کرد تا ضمن ایجاد بستری محکم برای پوشش بتنی کانال از نشست پوشش بتنی کانال نیز اجتناب گردد.

4. نتیجه‌گیری

آب به عنوان ماده حیاتی بشر و راهگشای صنعت در جوامع امروزی از اهمیت بالایی برخوردار است و تأمین آن در خیلی از کشورها به صورت بحران در آمده است. افزایش جمعیت و افزایش آلودگی هوا مدیریت شهری را بر آن می‌دارد تا با اتخاذ تدابیر درست سرانه فضای سبز افراد جامعه را افزایش دهد. بتن متخلخل به عنوان نوعی از سنگفرش و مصالحی نو به منظور روسازی راهها به کار گرفته می‌شود. مهمترین مزیت آن توانایی عبور آب از آن است که باعث برگشت آب به منابع زیرزمینی و همچنین جلوگیری از جاری شدن رواناب بر روی سطح جاده میگردد. بتن متخلخل از نظر زیست محیطی مزایای فراوانی دارد که امروزه توجه خاصی به آن شده است. مورد استفاده این نوع بتن غالباً در مناطق بارانی، فرودگاه ها، پارکینگ ها، پاسیوها، گذرگاههای عابر پیاده و جاده های با ترافیک سبک در قالب لایه روسازی به منظور کاهش رواناب و افزایش نفوذپذیری و همچنین به عنوان زهکش در لایه های زیرسازی راه ها و سازه های هیدرولیکی کاربرد دارد. مزایای استفاده از سنگفرش بتنی متخلخل عبارتند از: تصفیه آب از طریق زدودن آلاینده، نیاز کمتر به مهار رواناب باران و صرف هزینه کمتر، بهبود دائمی جاده جهت مقاومت لغزشی بهتر، تغذیه به آبخوانهای محلی. در زیر حوضه شیراز با توجه به تراکم بالا و شیب کم، با کوچکترین بارش و اشباع شدن شبکه، سطح خیابانها و کوچه ها دچار آبگرفتگی می‌شود. لذا با استفاده از روکش‌های نفوذپذیر و چاهک‌های نفوذ باران، که از روش‌های نوین کنترل رواناب شهری می‌باشد، شاهد کاهش رواناب تولیدی بودیم که علاوه بر کنترل رواناب، میتوان آب مازاد بر مصرف گیاهان و فضای سبز و یا به صورت نفوذ به تغذیه آب‌های زیرزمینی کمک کرد. بتن متخلخل جاذب به همراه فیلتر به کاربرده شده در کاهش کدورت آب های نامتعارف و رواناب های شهری تاثیر قابل ملاحظه ای داشته است. برای طراحی فیلتر معیارهای ذیل مورد توافق مراجع مختلف است و فعلاً مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از معیار پایداری، تراوش پذیری، ضخامت فیلتر، دانه بندی. فیلتر باید تمیز و غیرچسبنده باشد و ضریب یکنواختی دانه بندی آن بین ۱/۵ تا ۸ باشد همچنین به منظور پایداری ذرات ریز بستر باید منحنی دانه بندی فیلتر و منحنی دانه بندی بستر در گستره ذرات ریزدانه نسبتاً موازی باشند.

مراجع

[1] -دایی چینی، م. و محبوبی. الف. (۱۳۸۷). بتن متخلخل اسفنجی، چهارمین کنگره بین المللی

مهندسی عمران، دانشگاه تهران، اردیبهشت. ۱۳۸۷

[2] "Earth Manual", U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Earth Sciences and Research Laboratory, Geotechnical Research, Technical Service Center, Denver, Colorado, Third Edition, 1998.

[3] "Design of Small Dams", U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, A Water Resources Technical Publication, Third Edition, 1987.

[4] "Irrigation Canal Lining", by D.B. Kraatz, Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Land and Water Development Series NO.1, Rome, 1977.

[5] Technical Record of Design and Construction, Central Valley Project, West San Joaquin Division - San Luis Unit - California, Volume VI, Design of Waterways and Detention Dams, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, October 1974.

[6] Tennis, P. D and D. J. Akers. (2004). Pervious Concrete Pavements, Portland Cement Assoc. ISBN 0-89312-242-4.

[7] http://www.irancivilcenter.com/fa/articles/view/?article_id=64.



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

نهمین کنفرانس ملی بتن ایران
15 و 16 مهرماه 1396
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



انجمن علمی بتن ایران



انجمن علمی بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران

- [8] <http://zohrab10.blogfa.com>.
- [9] <http://www.hamkelasy.com/content/view/145/43/> .
- [10] http://lightweightconcrete.persianblog.com/1385_7_LightWeightConcrete_archiv_e.html.
- [11] <http://waterscience.blogfa.com/post-139.aspx>.