



ششمین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر
باران
بهمن 1396 دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر



مدیریت رواناب سطحی شهری با اجرای توام سنگ فرش های متخلخل و فضای
سبز گامی در جهت توسعه پایدار

جلیل عمادی^۱، مسعود نصری^{۲*}، علی نصری^۳ منصور شیشه فروش^۴
* نویسنده مسئول: emadi_jalil@yahoo.com

واژه‌های کلیدی

ارتقا کیفیت، بتن متخلخل، باغچه های باران
زاد، رواناب سطحی، فضای سبز.

چکیده

در جوامع در حال توسعه برای جلوگیری و کاهش اثر زیان آور افزایش روز افزون مقدار سطح‌های نفوذ ناپذیر نظیر جاده‌ها و آسفالت پیاده‌روها و پارکینگ‌ها از بتن متخلخل استفاده می‌شود. بتن متخلخل نوع خاصی از بتن با تخلخل بالاست که یکی از عمده ترین کاربردهای آن اجرای روسازی می‌باشد. به طور معمول بتن متخلخل فاقد مصالح ریز دانه می‌باشد و تنها با ملات سیمانی، مصالح درشت دانه را به هم می‌چسباند بطوری که فضاهای خالی را ایجاد می‌کند. بتن متخلخل به طور مرسوم در پارکینگ‌ها، مناطقی با ترافیک کم، پیاده‌رو و گلخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. اختلاط بتن متخلخل شامل سیمان پرتلند، پوزولان، دانه‌های یک شکل درشت دانه سنگی و آب می‌باشد. در مقایسه با بتن معمولی دارای 3 تا 5 درصد فضای خالی می‌باشد، فضای خالی و تخلخل این بتن بین 15 تا 22 درصد می‌باشد. بتن متخلخل به عنوان زهکش عمل نموده و به عنوان پیش تصفیه رواناب قبل از ورود به آب‌های زیرزمینی می‌باشد. با نگهداری صحیح از جمله تمیز کردن مرتب سطح برای جلوگیری از بسته شدن منافذ با رسوبات، بتن متخلخل می‌تواند حداقل بیست سال عمر کند. امید است با استفاده از نتایج این مقاله و با توجه صرفه اقتصادی و به منظور حفظ بیشتر محیط زیست استفاده از این بتن در کشور فراگیر شود.

- 1- عضو هیئت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان
- 2- عضو هیئت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان
- 3- عضو هیئت علمی منابع و بازیافت آب دانشگاه آزاد اسلامی
- 4- مدیر کل مدیریت بحران استانداری اصفهان

1- مقدمه

و با کوچکترین بارشی خیابانها و کوچهها دچار آبگرفتگی شوند. عقیده فوق که در حال حاضر نیز در بسیاری از کشورها از جمله ایران به آن عمل می‌شود، دارای معایبی است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

-احتمال سیل گرفتگی اراضی پایین دست و تخریب آنها

-کوچک بودن ابعاد زهکشی‌های طراحی شده با توجه به گسترش سریع شهرها و افزایش رواناب.

خروج حجم وسیعی از آب از محدوده شهر که با توجه به وضعیت بحران آب در کشور از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است. لذا با توجه به موارد ذکر شده ضروری است از روشها و تکنیک‌های جدید در این زمینه سود جست. که در ادامه تعدادی از روش‌های نوین در خصوص جمع آوری، هدایت و ذخیره رواناب که امروزه در دنیا شناخته شده و مورد استفاده قرار گرفته است ارائه می‌گردد[3].

1-2- اهمیت آبیاری توسط بتن متخلخل

حجم بالای رواناب درون شهری می‌تواند تا حد زیادی مشکل آبیاری فضای سبز شهری را برای چندین مرتبه آبیاری برطرف کند و باعث می‌شود که از منابع آب زیرزمینی و سطحی کمتر استفاده شود و همچنین هزینه‌های انتقال و لوله گذاری را کاهش می‌دهد. از جمله این رویکردها می‌توان تکنولوژی بسترهای متخلخل و باغچه های باران زاد را نام برد. این تکنولوژی‌ها با اجرای صحیح می‌توانند آبیاری فضای سبز را بر عهده بگیرند و از طرفی با توجه به حجم خلل و فرج داخلی، پتانسیل بالایی در ذخیره رواناب در همان نقطه بارش دارد. در صورتی که در لایه های زیرین بتن متخلخل از عایق‌هایی نظیر ژئوتکستایل استفاده شود حجم رواناب را بمرور زمان به روفوژهای حاشیه منتقل می‌شود و چنانچه از این عایق‌ها استفاده نشود باعث تغذیه چاه های درون شهری می‌شود. همچنین بسترهای متخلخل می‌تواند به بالا بردن کیفیت رواناب

تکنولوژی بتن متخلخل به طور گسترده در کشورهای با بارندگی زیاد مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. در کشور ایران هم با توجه به اقلیم نیمه کویری تا کویری آن که دارای بارندگی کم اما با شدت زیاد می‌باشد و موجب به وجود آمدن حجم زیاد رواناب در مدت بسیار کم می‌شود، استفاده این تکنولوژی باید مد نظر مدیران شهری قرار گیرد. البته اجرا و نگهداری از این نوع تاسیسات نیاز به مدیریت کامل و جامعی دارد[1].

برای مدیریت مطلوب و کاهش اثرات هرز آب‌های شهری اقدامات متعددی صورت گرفته است یکی از این شیوه‌ها فرش کردن سطح خیابانها، پیاده‌روها و پارکینگ‌ها با استفاده از سطوح بتنی متخلخل یا نفوذپذیر می‌باشد. از طرفی این مصالح می‌بایست مقاومت لازم در خصوص سایش داشته باشند و بتوان از آن در شبکه معابر شهری استفاده نمود.

در روش استفاده از بتن‌های متخلخل بر خلاف زهکش‌های نفوذناپذیر موجود در خیابانها که آب را سریعاً به پایین دست انتقال می‌دهد، سیلاب منتقل نشده و پس از ورود به جوی کنار خیابان به داخل خاک نفوذ می‌کند. در این خصوص آسفالت‌های متخلخل و باغچه‌های باران زاد دو روش نوین محسوب می‌شوند[2].

1-1- کنترل رواناب شهری در کشورهای در حال توسعه با تکنولوژی بتن متخلخل

عقیده کلاسیک در زمینه کنترل رواناب در مناطق شهری در قرون 19 و 20 متداول شد و آن مبتنی بر تخلیه و دفع سریع سیلاب و به فاصله‌های هر چه دورتر می‌باشد. سیستم‌های زهکشی و شبکه‌های آب سطحی با پوشش سخت با این هدف احداث می‌شوند تا سرعت جریان آب را زیادتر نموده و توان تخلیه سیلاب را افزایش دهند. اما اشباع شدن شبکه به علت عدم طراحی مطلوب، توسعه شهری و مسائل بهره‌برداری و نگهداری مناسب و ... باعث می‌شود که شبکه در اکثر موارد قادر به ایفای صحیح وظایف خود نبوده



شکل (2) آبیاری فضای سبز و مدیریت منابع آب با تکنولوژی بتن متخلخل

1-4- استفاده از تکنولوژی محیط های متخلخل

محیط متخلخل به یک محیط جامد دارای تخلخل گفته می شود. بسته به اینکه محیط متخلخل تحت اثر نیروی های بیرونی بتواند جریان هایی را از خود عبور دهد یا نه، به آن محیط متخلخل تراوا یا محیط متخلخل ناتراوا می گویند. محیط های متخلخل ممکن است ناپراکنده یا بس پراکنده، همگن یا ناهمگن، چندسازه یا حاصل ترکیب ساختارهای متفاوت باشند.

سیستم نوین زهکشی در خیابان ها

در این روش بر خلاف زهکش های نفوذناپذیر موجود در خیابان ها که آب را سریعاً به پایین دست انتقال می دهد، سیلاب منتقل نشده و پس از ورود به جوی کنار خیابان به داخل خاک نفوذ می کند. در این خصوص آسفالت های متخلخل و باغچه های باران زاد دو روش نوین محسوب می شوند [6].

سنگفرش های نفوذ پذیر و ترانشه های نفوذ

بر خلاف اغلب مناطق که بصورت عمده از بتن یا سنگفرش های نفوذناپذیر برای پوشش پیاده روها و خیابان ها استفاده می شود می توان از تکنیک جدید سنگفرش های نفوذ پذیر در این زمینه استفاده کرد. این سنگفرش ها با توجه به مواد سازنده قادر به عبور آب از خود بوده و در نتیجه باعث کاهش حجم سیلاب می گردد. تکنیک دیگر استفاده از

کمک کند و این خصوصیت معضلات زیست محیطی آلودگی رواناب در جوامع پرجمعیت را کاهش می دهد. از مزیت های بتن متخلخل در خصوص آبیاری فضای سبز، می توان هوادهی مناسب ریشه درختان، آبیاری زیرسطحی و کاهش تبخیر منابع آب، شادابی بیشتر درختان و صرفه جویی در هزینه های آبیاری را نام برد [4].

1-3- بهبود کیفیت رواناب با استفاده از بتن متخلخل

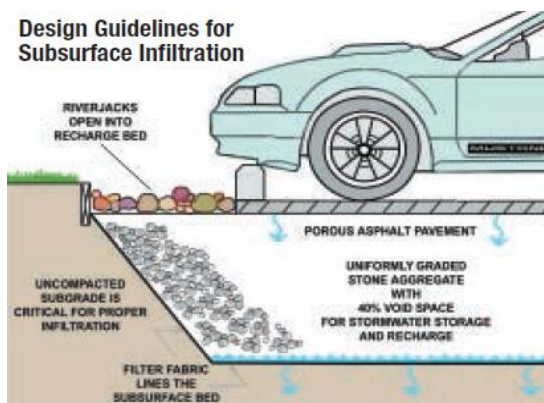
بتن متخلخل از طریق دو مکانیزم می تواند به بهبود کیفی رواناب و کاهش اثرات زیست محیطی آن کمک شایانی کند. رواناب عبور کرده از بتن متخلخل با فیلتر شدن و حذف بیولوژیکی بار آلی بصورت مطلوبی در جهت آبیاری فضای سبز و روفوژهای معابر شهری کمک کند. چنانچه در کنار بستر فضای سبز از محیط های متخلخل استفاده شود، این محیط ها می تواند با حذف ذرات معلق و بالابردن کیفیت پساب در مواقع بارندگی با عبور رواناب در خلل و فرج خود، آب پاکیزه را به ریشه درختان و بوته ها برساند. از طرفی در مواقعی که بارندگی نیست می تواند با هوادهی ریشه سبب رشد بهتر و شادابی گیاهان گردد [5]. شکل (1) تکنولوژی بتن متخلخل و کاربرد آن در معابر شهری در راستای توسعه پایدار شکل (2) آبیاری فضای سبز و مدیریت منابع آب با تکنولوژی بتن متخلخل را نشان می دهد.



شکل (1) تکنولوژی بتن متخلخل و کاربرد آن در معابر شهری در راستای توسعه پایدار

باغچه های باران زاد

با استفاده از این نوع باغچه‌ها به جای باغچه‌های معمولی میتوان از طریق نفوذ بخشی بهتر آب به درون خاک و تصفیه همزمان آن منجر به کاهش اوج و حجم رواناب شد. باغچه‌های باران زاد را می‌توان مشابه باغچه‌های موجود، در حیاط منازل یا حاشیه خیابان‌ها به کار برد. این روش به عنوان یکی از ساده ترین روش‌های کنترل آلودگی رواناب در منشأ توصیه می‌شود [6].



شکل (5) شمایی کاربرد باغچه های باران زاد

1-5- مزیت های اقتصادی کاربرد بتن متخلخل

جایگزینی با روش‌های پرهزینه مدیریت آب باران: سنگفرش کردن پارکینگ‌ها با بتن متخلخل نیاز به کانال‌های بزرگ را کاهش می‌دهد، زیرا بتن متخلخل خود به عنوان گذردهنده آب عمل می‌کند. صاحبان پارکینگ‌هایی که از بتن متخلخل استفاده می‌کنند، هزینه کمتری در نیروی انسانی، ساخت و نگهداری در کانال و کف آب‌رو، لوله‌های زهکش، پمپ‌ها و دیگر سیستم‌های مدیریت آب باران صرف می‌کنند و سیستم‌های آبیاری پرهزینه، کوچک می‌شود یا کلاً حذف می‌شود. بتن متخلخل نیاز به کانال‌های مختلف آب باران را کاهش می‌دهد و اجازه استفاده از مجاری جریان با ظرفیت کمتر را می‌دهد. نمونه‌ای از رواناب ایجاد شده بر روی سنگ فرش معمولی و تشکیل روان آب بر روی سنگفرش متخلخل در شکل 6 آورده شده است.

ترانشه‌های نفوذ می‌باشد. که در این کانال‌ها آب از مدخل ورودی در پیاده‌رو یا خیابان وارد سیستم زهکشی شده و ضمن عبور از آن به داخل خاک نفوذ می‌کند شکل شماره (3) نمونه‌ای از بتن متخلخل ارائه شده است [6].



شکل (3) بتن متخلخل

آسفالت های متخلخل

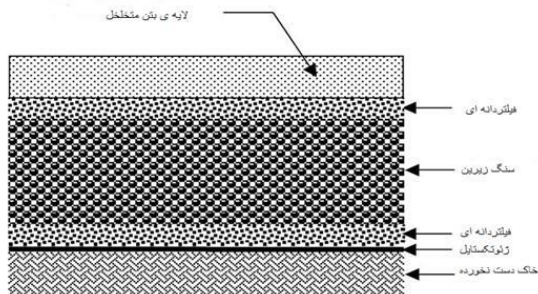
نوع دیگری از روسازی که در جوامع اروپایی بکار رفته است آسفالت متخلخل می‌باشد که در شرایط اقلیمی پر بارش دارای کاربرد فراوان می‌باشد. با گسترش استفاده از آسفالت متخلخل در طول دهه‌های گذشته، پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه ساخت و بکارگیری این نوع آسفالت حاصل شده است. بارزترین خصوصیت آسفالت متخلخل قابلیت زهکشی آن است که به دلیل وجود درصد بالایی از فضای خالی و تخلخل و ارتباطات موجود بین این فضاهای خالی صورت می‌گیرد. وجود مصالح نفوذ پذیر منجر به انتقال آب سطحی به لایه‌های زیرین و نهایتاً زهکشی آن می‌باشد.



شکل (4) مشخصات و نمونه کاربرد آسفالت متخلخل در مناطق

پرباران

مخزن ذخیره می شود. نفوذپذیری بالای لایه با مصالح تمیز شسته شده حداقل 43 درصد می باشد. در شکل شماره 8 یک سیستم شامل بتن متخلخل آورده شده است.



شکل (8) بخش های سیستم بتن متخلخل

2- جمع بندی و نتیجه گیری

بتن متخلخل را مخلوطی از سیمان و آب و با دانه بندی، بدون ریزدانه یا با ریزدانه کم و در مواردی افزودنی های شیمیایی تشکیل می دهد، به گونه ای که تخلخل آن بین 15 تا 25 درصد متغیر خواهد بود. نبود ریزدانه یا ریزدانه کم کاهش کارایی مخلوط تازه این نوع بتن را به دنبال دارد، بنابراین برای دستیابی به مشخصاتی مانند مقاومت و نفوذپذیری، ضروری است که عملیات تراکم در حین ساخت آن استفاده شود. در بتن متخلخل سخت شده، فضای خالی مؤثر، نقش اصلی و تأمین کننده خاصیت نفوذپذیری را دارد. فضای خالی مؤثر، آن بخش از فضای سازه متخلخل است که از طریق آن آب از سطح به داخل سازه نفوذ می کند و از بخش زیرین آن خارج می شود. حجم عمده این مخلوط را سنگدانه ها تشکیل می دهد و بیش تر سنگدانه ای آغشته به وسیله ی خمیر سیمان حالتی چسبناک داشته و وزن مخصوص حاصل در محدوده 1600 تا 2000 کیلوگرم بر مترمکعب متغیر است. از این نوع بتن به عنوان رویه برای اولین بار در سال 1865 در کشور اسکاتلند و در یک معبر شهری با استفاده از عمل تراکم برای کنترل فضای خالی استفاده شد.

عمده آلودگی ها در رواناب های شهری ناشی از عبور و مرور خودروها و کیفیت روسازی بزرگراه بوده و شامل مواد نفتی و هیدروکربنی، لاستیک، دوده و امثال آن است. این رواناب ها طیف گسترده ای از آلاینده های مختلف از جمله



شکل (6) روان آب ایجاد شده بر روی سنگ فرش معمولی و عدم تشکیل روان آب بر روی سنگفرش متخلخل

هزینه کم در دوره عمر: سطح بتن دارای هزینه عمر کمتری از سطح های آسفالتی می باشد. اگرچه هزینه اجرای بتن متخلخل ممکن است کمی بیشتر باشد، اما بتن در طول زمان با مقاومت و دوام بیشتر باعث صرفه جویی در هزینه ها می شود و نیاز کمتری به مرمت نسبت به آسفالت دارد و در عین حال عمر بیشتری دارد. به علاوه موارد گفته شده زیبایی منظر در اجرا هم نکته قابل ذکر دیگر است در شکل 7 نمونه هایی از زیباسازی با سنگ فرش بتنی متخلخل رنگی نشان داده شده است.



شکل (7) نمونه هایی از فضا سازی با سنگ فرش بتنی متخلخل رنگی

طرح کاربرد بتن متخلخل شامل حداقل سه لایه می شود: 5 تا 13 سانتیمتر لایه ای از بتن متخلخل، 2/5 تا 5 سانتیمتر فیلتر از مصالح خرد شده، حداقل 33 سانتیمتر لایه مخزن (از مصالح 3 تا 7 سانتیمتر) و یک لایه اختیاری از فیلتر فابریک. اختلاط بتن متخلخل شامل سیمان پرتلند، دانه های یک شکل درشت دانه سنگی و آب می باشد. در مقایسه با بتن معمولی که دارای 3 تا 5 درصد فضای خالی می باشد، فضای خالی و تخلخل این بتن بین 15 تا 22 درصد می باشد. این بتن برای پیش تصفیه آب باران می باشد. مصالح فیلتر خرد شده کمک به برداشتن برخی از آلودگی ها می کند، رواناب در طبقه

طبیعی، علوم آب و خاک، سال نوزدهم، شماره 71، بهار 1394.

[6] تاج بخش م، خدا شناس س، ر، بازنگری سیستم جمع آوری رواناب شهری توسط شبیه سازی، حوضه اقبال شرقی مشهد، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشکده ی مهندسی عمران دانشگاه تبریز، 1387.

فلزات سنگین، مواد معلق و... را شامل شده است. از آلاینده های مهم دیگری که در رواناب های شهری وجود دارد میتوان به مواد هیدروکربنی خطرناک و فلزات سنگین از جمله: سرب، روی، کادمیم، مس، آهن، آلومینیم و غیره اشاره کرد. تکنولوژی بتن متخلخل به طور گسترده در کشورهای با بارندگی زیاد مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. در کشور ایران هم با توجه به اقلیم نیمه کویری تا کویری آنگاه دارای بارندگی کم اما با شدت زیاد می باشد و موجب به وجود آمدن حجم زیاد رواناب در مدت بسیار کم می شود، استفاده این تکنولوژی باید مد نظر مدیران شهری قرار گیرد. البته اجرا و نگهداری از این نوع تاسیسات نیاز به مدیریت کامل و جامعی دارد. یکی از معروفترین و مؤثرترین فرایندها برای حذف فلزات سنگین از آب، استفاده از مواد جاذب است. این روش دارای انعطاف پذیری بالایی در طراحی و اجرا است.

مراجع:

[1] Montes F, Haselbach H, Pervious concrete and storm water management for highways, University of South Carolina, 2008.

[2] تاج بخش م، خداشناس م. ر، بهره گیری از روش های نوین کنترل سیلاب شهری برای استفاده بهینه در منابع آب، کنفرانس ملی توسعه منابع آب، زاهدان، 1386.

[3] پروین نیا م، تصفیه پذیری و احیای سیلابهای شهری با استفاده از لایه های نفوذپذیرفعال، پایان نامه دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، 1387.

[4] سقائیان نژاد س، عابدی کوپائی ج، مصطفی زاده فرد ب، بهفرنیا ک، کاهش COD روانابهای شهری با استفاده از بتن متخلخل، نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، 1391.

[5] عابدی کوپایی ج، جواهری طهرانی م، بهفرنیا ک، بهبود کیفیت پساب فاضلاب شهری با استفاده از بتن متخلخل برای آبیاری، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع

Urban runoff runoff with porous paving and green spaces is a step towards sustainable development

Jalil Emadi¹, Massoud Nasri^{2*}, Ali Nasri³, Mansour Shisheforoush⁴

* emadi_jalil@yahoo.com

Abstract

In developing societies, to prevent and mitigate the harmful effect of increasing the amount of impenetrable surfaces, such as roads and pavement pavements and parking lots, porous concrete is used. Porous concrete is a special type of high-porosity concrete, one of its major applications being pavement execution. Typically, porous concrete is free of fine grained materials, and only with cement mortar adheres coarse aggregates to create empty spaces. Porous concrete is commonly used in parking lots, areas with low traffic, sidewalks and greenhouses. The mixing of porous concrete consists of Portland cement, pozzolan, granules of a coarse-grained stone and water. Compared to conventional concrete, it has 3 to 5 percent free space, and the free space and porosity of this concrete is between 15% and 22%. Porous concrete acts as a drain and serves as pre-treatment of runoff before entering groundwater. With proper maintenance, including regular cleaning of the surface to prevent the pores closing with sediments, porous concrete can last at least 20 years. It is hoped that using the results of this paper, with economical interest and in order to maintain the environment more generally, the use of this concrete will be widespread in the country.

Keywords

Quality upgrades, porous concrete, rain gardens, surface runoff, greenery.

- 1- Director General of the crisis management of the governorate of Isfahan
- 2- Assistant Professor, Islamic Azad university, Ardestan Branch.
- 3- Member of the Scientific Resources and Recycling Center of Islamic Azad University
- 4- Director General of the crisis management of the governorate of Isfahan

