

تأثیر دانه بندی مصالح اساس در زهکشی روسازی آسفالتی باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام(ره)

دکتر غلامرضا شیرازیانⁱ؛ مهندس وحید طاهریⁱⁱ

چکیده

باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام که در فاصله ۲۶۰۰ متری از باند فعلی واقع شده است هم اکنون در حال ساخت است. روسازی این باند از نوع انعطاف پذیر متشکل از لایه های اساس، زیر اساس و رویه آسفالتی است. یکی از مسائل مهم، قابلیت زهکشی این روسازی است که در این خصوص مطالعات کاملی انجام شده است. نتایج مطالعات و اقدامات صورت گرفته از قبیل حفر ترانشه شناسایی به طول تقریبی ۵ کیلومتر با عمقی در حدود ۱۰ متر و همچنین حفر چندین گمانه برای شناخت تأثیر قنوات در منطقه مورد نظر که در قالب فاز دوم توسعه فرودگاه امام معرفی گردیده؛ حاکی از آن بود که خوشبختانه در این ناحیه هیچ خطری عوامل پروازی فاز دوم را تهدید نمیکند. بهرحال بدلیل اهمیت فوق العاده پروژه باید نسبت به کیفیت مصالح روسازی همچنان حساسیت داشته و ملاحظات مضاعف در کنترل موارد فنی و خصوصیات مصالح در امر زهکشی سطحی یا زیر سطحی به عمل آورد. در این نوشتار سعی شده است تا با توجه به نتایج آزمایشهای فنی و مکانیک خاک انجام شده بر روی مصالح منتخب اساس سنگدانه ای، تأثیر دانه بندی آن بر زهکشی زیر سطحی عوامل پروازی مورد مطالعه قرار گیرد. به همین منظور میزان آب ورودی به روسازی باند و تاکسیوی (باند خزش) که از طریق ترکهای احتمالی در سطح روسازی به عمق های پایین تر نفوذ میکند تخمین زده شده و ظرفیت لایه اساس (لایه زهکش) برای هدایت این مقدار آب به سیستم زهکشی زیر سطحی شامل لوله های مشبک پلی اتیلن و مصالح درشت دانه زهکش پیرامون آن که توسط پارچه گونه (ژئوتکستایل) احاطه شده است، محاسبه گردید. نتایج محاسبات حاکی از آن بود که اگر دانه بندی بر اساس دانه بندی نوع ۴ ارائه شده در فصل سیزدهم نشریه ۱۰۱ تحت عنوان مشخصات فنی و عمومی راه انتخاب شود روسازی عملکرد خوبی در تخلیه آب ورودی به سیستم در مدتی بسیار کوتاه، خواهد داشت. لازم به ذکر است که این عملکرد ناشی از اهمیت اندازه (D₁₀) مصالح لایه اساس در روسازی عوامل پروازی باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام (ره) میباشد.

کلمات کلیدی: فرودگاه بین المللی امام، زهکشی زیر سطحی، دانه بندی، لایه اساس، باند فرودگاه.

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۴/۲۰

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۲/۱۰

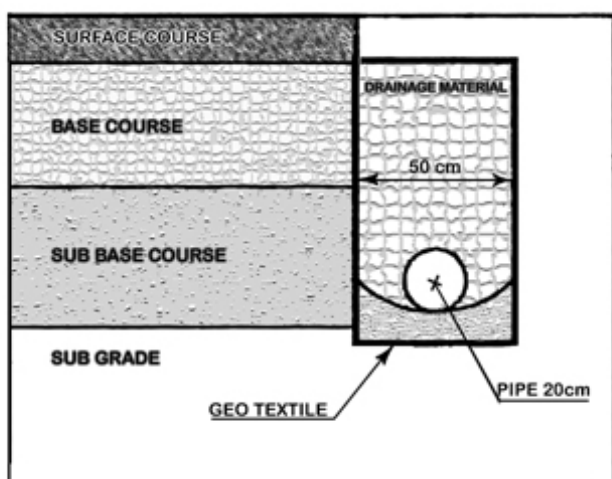
ⁱ مجری طرح فرودگاه بین المللی امام خمینی Rezashirazian@yahoo.com

ⁱⁱ عضو هیات علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان vahid460@yahoo.com

۱- مقدمه

میشوند. زهکشی عمیق شامل تخلیه آبهای نفوذی به لایه های زیرسازی و روسازی راه است که سه منبع اصلی زیر عامل عمده آن بشمار میروند:

الف: آبهای سطحی نفوذی ب: بالا بودن سطح ایستایی ج: حضور چشمه های فعال و سطوح گسترده تراوش در زمین های بالا دست ، مجاور و زیرین بدنه راه در زهکشی عمیق تخلیه آبهای نفوذی به ساختمان راه از طریق احداث زهکشهای باز و یا بسته با لوله و یا بدون لوله های زهکشی و با یا بدون زمین پارچه (ژئوتکستایل) در محلهایی که در نقشه های اجرایی نشان داده شده ، انجام میگردد [1]. طراحی سیستم زهکشی زیر سطحی باند جنوبی فرودگاه امام با این تفکر صورت گرفته است که لایه های روسازی با تعبیه زهکشهای زیر زمینی به موازات لبه های روسازی، زهکشی میشوند. این زهکشها شامل مصالح دانه بندی شده و لوله های زهکشی میباشند . لوله های زهکشی که به موازات لبه های روسازی قرار دارند در داخل کانال قرار میگیرند . مصالح نفوذ پذیر واقع در کانالها باید تا موقعیت لایه زهکش که در باند پرواز فرودگاه امام در قالب لایه اساس به ضخامت ۳۰ سانتی متر اجرا شده ، ادامه یابد. در شکل شماره ۱ مقطع این سیستم که در کنار شانه باند و به موازات آن اجرا خواهد شد نشان داده شده است.



شکل ۱- مقطع شماتیک سیستم زهکشی در باند جنوبی [2]. در این سیستم از پارچه گونه برای پوشش و عملکرد بهینه زهکشی داخل و پیرامون کانال استفاده شده است. زمین پارچه یا پارچه گونه معادل لغت ژئو سینتتیک میباشد. ژئو سینتتیک ها از الیاف پلی آمید بافته میشوند

فرودگاه بین المللی امام در ۳۵ کیلومتری جنوب پایتخت کشورمان واقع شده است. هم اکنون فعالیتهای مختلفی در فاز دوم طرح توسعه این فرودگاه از جمله احداث باند جنوبی به طول ۴۲۰۰ متر به همراه ۲ تاکسیوی موازی (باند خزش) با آن ، در حال انجام است. در خصوص حساسیت طرح در برابر خطر وجود قنوات و مسائل مربوط به زهکشی باید گفت که در مطالعات گذشته اهمیت قنات های قدیمی و متروکه از چشم تیزبین طراحان و مشاوران و همچنین شرکتهای پیمانکاری که در سالیان متمادی در منطقه مشغول به کار بوده اند، دور نبوده است. اگرچه تاکنون اقدامات مهمی در این زمینه انجام شده و ریسکهای مرتبط با اثر سوء قنوات و سفره آبهای زیر زمینی بطور کامل برطرف شده است اما باید توجه کرد که عوامل پروازی ممکن است از راههای دیگر تحت تاثیر روانابهای ناشی از بارشهای جوی قرار بگیرد. به عنوان مثال ممکن است روسازی قابلیت زهکشی آبهای نفوذ کرده به لایه های زیرین آسفالت از طریق ترکها و خرابیهای سطحی را نداشته باشد. بنابراین با تاکید مجدد بر اهمیت زیاد پروژه های فرودگاهی باید مسائل مربوط به سیستم های قابل قبول برای زهکشی آبهای نفوذی به روسازی به دقت مورد ارزیابی قرار گیرد. بدلیل گستردگی موضوع، در این پژوهش فقط اهمیت نوع دانه بندی مصالح اساس مستقل از مشخصات فیزیکی و مقاومتی آن، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲- انواع زهکشی و مشخصات مصالح اساس باند جنوبی

زهکشی و تخلیه آب شامل احداث نهرها، آبروهای باز و یا بسته ، لوله گذاریهای سطحی و زیر زمینی، مصرف زه های سنگی یا خرده سنگی و انحراف ، تنظیم و کنترل جریان آب انهار و رودخانه ها و اجرای سایر کارهای تکمیلی طبق نقشه های اجرایی و دستورات دستگاه نظارت میباشد. زهکشی بدو صورت سطحی و زیر سطحی انجام میشود. در زهکشی سطحی آب از طریق مسیره های مشخص به نواحی که دور از روسازی باشند هدایت

لوله ها با مصالح درشت دانه زهکش یا فیلتر پر میشود و آب نفوذی از این مصالح عبور کرده و به درون لوله ها جاری میشوند. برای آنکه سیستم زهکشی بتواند در دراز مدت با بهره دهی موثر و مفید عمل کند، باید به گونه ای طراحی شود که جریان جمع آوری و تخلیه آب بدون انتقال و فرار و جابجایی ذرات ریزدانه از خاک پایه و یا مصالح سنگدانه ای به داخل هریک از مواد و مصالح زهکشی ادامه یابد. برای تامین این هدف معیارهای خاصی باید در طراحی رعایت شود. در اینجا به برخی از ضوابط آن اشاره میشود:

الف: برای جلوگیری از افت فشار بیش از اندازه در عملکرد صافیها و فیلتر باید

$$\frac{D_{15}F}{D_{15}B} \geq 4 \quad (1)$$

لازم به توضیح است که F معرف مصالح فیلتر و B خاک پایه یا لایه اساس است.

ب: برای جلوگیری از حرکت، جابجایی و فرار ذرات خاک پایه روابط زیر باید برقرار باشد:

$$\frac{D_{15}F}{D_{85}B} \leq 5 \quad (2)$$

$$\frac{D_{50}F}{D_{50}B} \leq 25 \quad (3)$$

$$\frac{D_{15}F}{D_{15}B} \leq 20 \quad (4)$$

ج: برای جلوگیری از حرکت و فرار دانه های فیلتر به لوله های زهکشی باید روابط زیر برقرار باشد:

$$1.2 \leq \frac{D_{85}F}{WIDTH - OF - INLET} \leq 1.4 \quad (5)$$

$$1.0 \leq \frac{D_{85}F}{DIAMETER - OF - INLET} \leq 1.2 \quad (6)$$

در خصوص مصالح فیلتر معیارهای دیگری نیز در نشریه ۱۰۱ ارائه گردیده است که میتوان بر حسب شرایط بدان مراجعه نمود [1].

کلیه آبهای نفوذی به روسازی که توسط سیستم زهکشی شامل مصالح زهکش درشت دانه، لوله های پلی اتیلنی و پارچه گونه ها میشود باید قبل از آن از مصالح لایه اساس که از لایه های مهم روسازی است، عبور کند. لایه

که در صنعت راه و ساختمان قدمتی در حدود ۳۰ سال دارند و به محصولات دیگری از جمله ژئو تکستایل، ژئو گرید، ژئو کامپوزیت، ژئو ممبرن، ژئو سل، ژئو نت و غیره تقسیم بندی میشود. زمین پارچه ها به عنوان یک پوشش درونی و یا بیرونی در سیستم چند لایه ای مصالح دانه ای در سیستم زهکشی و همچنین وقتی که فقط استفاده از یک نوع مصالح سنگی دانه بندی شده نمی تواند الزامات طراح را به طور موثری در فرایند زهکشی دراز مدت تامین کند، به عنوان فیلتر یا صافی که از حرکت ذرات معلق خاک پایه جلوگیری می نماید، مصرف میشوند. پارچه گونه ها باید از نظر مشخصات فنی و مقاومتی الزامات معینی را برآورده کنند. برخی از این الزامات نظیر اندازه ظاهری چشمه ها (APPERIANCE OPENNING SIZE)، مقاومت کششی واحد طول (TENSILE STRENGTH) و گذر دهی آب (WATER PERMEABILITY) میبایست مورد توجه قرار گرفته و طبق مفاد نشریه ۱۰۱ و آشتو ام - ۲۸۸ کنترل شوند. لازم به توضیح است که پارچه گونه ها علاوه بر سیستمهای زهکشی، برای مقاصد دیگر نظیر اجرای خاکهای مسلح و جداسازی لایه های مختلف از جنسهای گوناگون و همچنین اجرای شمعههای پارچه ای در پروژه های استحصال اراضی (LAND RECLAMATION) و یا پایدار سازی ترانشه ها و همچنین زهکشی عمقی در فرایند تحکیم خاک در مناطق ساحلی قابل استفاده است [3]. در خصوص لوله های زهکشی زیر زمینی هم باید موارد فنی به دقت مورد بررسی قرار گیرد. این لوله ها طبق آیین نامه شماره ۱۰۱ به عنوان عامل انتقال دهنده و خارج کننده آب از سیستم عمل می کنند و در انواع مختلف سفالی، فلزی، پلاستیکی، سیمانی و به اشکال مشبک متخلخل، موجدار و ساده ساخته می شوند. در پروژه باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام از نوع پلی اتیلن و موجدار به قطر ۲۰۰ میلیمتر که دارای حفره هایی با مساحت ۲۵ سانتیمتر مربع در هر متر طول لوله بوده استفاده میشود. حفره های جمع آوری آب در تمام محیط لوله که مساحتی برابر با ۰,۶ سانتیمتر مربع دارند تعبیه میشوند. لوله های مذکور باید الزامات استاندارد آشتو ام - ۲۵۲ را برآورده کنند. اطراف

فضای خالی قشر اساس ماکادامی با دانه بندی مشخص روی آن با پخش کننده های مکانیکی پخش و بلافاصله با غلتک متراکم میشود. کوبیدن قشر ماسه ای میتواند بعد از آبپاشی انجام شود. اساس ماکادامی را میشود بصورت چند لایه ای هم اجرا کرد.

در تهیه اساس قیری از مصالح سنگی شکسته درشت دانه کوهی با دانه بندی یکنواخت و یا باز استفاده میشود که به همراه قیر بوسیله غلتک کوبیده و در هم قفل و بست میگردد. درصد فضای خالی این مخلوط بیشتر از فضای خالی بیندر میباشد.

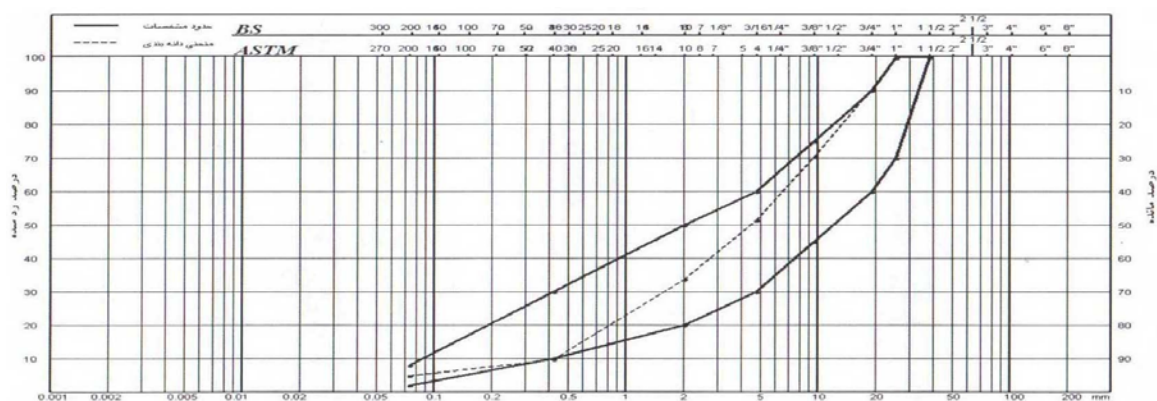
در پروژه باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام از اساس شنی استفاده میشود. این مصالح باید بدون مواد آلی بوده و از سنگدانه های مقاوم و سخت تشکیل شده باشد. برای بررسی تاثیر نوع دانه بندی بر کیفیت زهکشی روسازی، دانه بندی اساس سنگی مطابق با نوع شماره ۴ نشریه ۱۰۱ (مشخصات فنی عمومی راه)، طبق جدول شماره ۱ انتخاب میگردد [4]:

اساس بین مصالح زیراساس در پایین و لایه آسفالتی در بالا واقع شده است که علاوه بر سهیم بودن در انتقال بار ترافیکی قادر است در زهکشی عمیق نقش مهمی را بر عهده گیرد. در بحث زهکشی عمیق به لایه اساس اصطلاحاً لایه زهکش پایه نیز گفته میشود.

به طور کلی مصالح شنی و یا سنگی با مشخصات معین که به ابعاد هندسی مورد نظر و به شرح نقشه های اجرایی بر روی قشر زیر اساس و یا بستر روسازی پخش شده و طبق شرایط فنی مندرج در فصل سیزده نشریه ۱۰۱ با رطوبت مناسب کوبیده شود قشر اساس می نامیم. با توجه به نوع زمین و شرایط جوی و مصالح موجود در محل و میزان بار وارده و تعداد آمد و شد و همچنین اوضاع اقتصادی از انواع اساس؛ شامل اساس شنی و یا سنگی، اساس قیری و اساس ماکادامی استفاده میشود. برای تهیه اساس ماکادامی ابتدا مصالح سنگ کوهی یا رودخانه ای شکسته روی سطح آماده شده بستر و یا روی لایه جداکننده ماسه ای پخش شده و با غلتک متراکم میشود. در مرحله بعد مصالح ماسه ای برای پرکردن

جدول ۱- دانه بندی لایه اساس (نوع ۴ نشریه ۱۰۱)، باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام

شماره الک (mm)	۵۰	۳۷,۵	۲۵	۱۹	۹,۵	۴,۷۵	۲	۰,۶	۰,۴۲۵	۰,۰۷۵
درصد عبوری مطلوب	—	۱۰۰	۷۰	۶۰	۴۵	۳۰	۲۰	—	۱۰	۲
			۱۰۰	۹۰	۷۵	۶۰	۵۰		۳۰	۸



شکل ۲- منحنی دانه بندی (نوع ۴) - مصالح منتخب اساس باند جنوبی [۸].

خاک مطابق استانداردهای معتبر و دستورالعملهای توافق شده در قرار داد انجام گردید. یکی از مهمترین اقدامات تهیه منحنی دانه بندی و مقایسه با حدود مطلوب دانه بندی نوع ۴ مندرج در جدول شماره ۱ است. منظور از دانه بندی

پس از شناسایی تولید کننده مصالح اساس در محدوده شهر تهران و بازدید از معدن و مراحل تولید، نمونه های لازم توسط آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و ترابری اخذ گردید و در اولین گام آزمایشهای مکانیک

در خصوص مشخصات فیزیکی و شیمیایی مصالح اساس کوهی هم آزمایش‌های لازم توسط آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و ترابری مستقر در منطقه انجام گردید که مهمترین نتایج آن در جدول شماره ۲ مطابق با رواداریهای مندرج در مشخصات فنی منضم به پیمان و فصل سیزدهم نشریه ۱۰۱ ارائه شده است. نتیجه این بخش از آزمایش‌ها حاکی از آن بود که کیفیت مصالح بسیار خوب بوده و ضریب اطمینان طرح در حد بالایی قرار دارد.

همانگونه که در ابتدای این نوشتار گفته شد آبهای نفوذی به لایه های روسازی نباید به مدت طولانی در آن باقی بماند و لذا باید امکان جمع آوری و هدایت آن را با اجرای دقیق سیستم زهکشی زیر سطحی فراهم کرد. البته باید متذکر شد که شرایط آب و هوایی و جوی منطقه مورد مطالعه که در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی تهران واقع است بگونه ای میباشد که شدت بارش نزولات جوی طی سالیان گذشته چندان بحرانی و نگران کننده نبوده است؛ و همچنین سطح ایستایی آب پایین بوده و گذشته از آن خطر تراوش آب هم مورد توجه نمیباشد. اما بهرحال با توجه به حساسیت استراتژیک فرودگاه بین المللی امام هیچگاه نباید از نیل به ضریب اطمینان بالا و ایجاد حاشیه امن موثر، منصرف شد.

یک خاک تعیین درصد وزنی دانه های با حدود و اندازه های مختلف است که خاک مورد نظر را تشکیل میدهند. این امر برای خاکهای درشت دانه یا دانه ای با روش الک کردن معین میشود. نمونه خاک را از تعدادی الک معیار بندی شده که چشمه آنها به ترتیب کوچکتر میشود عبور میدهند. خاک مانده روی هر الک توزین میشود و سپس درصد وزنی خاک رد شده از الک محاسبه میگردد. توزیع اندازه دانه های یک خاک به صورت منحنی بر محورهای مختصات نیمه لگاریتمی نشان داده میشود. عرض نقاط واقع بر این منحنی درصد وزنی دانه های کوچکتر از دانه ای است که بر روی محور طولها داده شده است [5]. بعد از دانه بندی میبایست اقدام به رده بندی خاک نمود. منظور از رده بندی خاک تقسیم کردن خاکها به گروههای مختلف میباشد. بطوریکه تمام خاکهایی که در یک گروه قرار میگیرند و بنابر آن مشخص میشوند رفتاری مشابه در یک وضعیت معین داشته باشند. یک سیستم رده بندی موجب میشود که زبان مشترکی برای تبادل اطلاعات راجع به خاکها فراهم گردد. برای رده بندی هم روشهایی وجود دارد که برخی از آنان عبارتند از UNIFIED,FAA,(BCR[6]),AASHTO و... [7]. شکل ۲ منحنی دانه بندی مصالح منتخب اساس در روسازی باند جنوبی فرودگاه امام را نشان میدهد.

جدول ۲: مشخصات فنی مصالح اساس در باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام [۸].

شاخص	CBR	سایش لوس آنجلس	افت وزنی در برابر سولفات سدیم(درشت دانه) آشتو T104	افت وزنی در برابر سولفات سدیم(ریز دانه)	هم ارز ماسه(SE) آشتو T176	درصد شکستگی	رطوبت بهبه	حداکثر دانسیته خشک γ_{dmax}
مقدار	%۹۷	%۲۲	%۰.۶	%۱.۶	%۶۳	%۱۰۰	%۵.۵	۲,۲۴g/cm ³

آبهای نفوذی به اختصار مورد بررسی و تحلیل قرار میگیرد:

جریان ورودی آب به سیستم زهکشی زیر سطحی از رابطه زیر بدست میاید [9]:

$$q = 0.1 \times \left(N + \frac{W_p}{C_s} \right) \quad (۷)$$

که در باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام فرض شده

۳- محاسبه دبی آب ورودی و ظرفیت زهکشی اساس

اینک دبی ورودی به سیستم و نکات لازم برای کنترل مشخصات فنی مصالح اساس از نقطه نظر دانه بندی برای پاسخگویی به نیازهای طرح در زمینه جمع آوری و هدایت

است:

N : تعداد ترکهای طولی (برابر ۲ در نظر میگیریم).

C_s : فاصله ترکهای عرضی به میزان ۴۵ متر. و

W_p : طول مسیر زهکشی که برای باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام با شیب عرضی دو طرفه به میزان یک درصد، مجموع نیم عرض باند (۳۰ متر) به علاوه شانه به عرض ۷,۵ متر و در مجموع ۳۷,۵ متر منظور میشود. در خصوص تاکسیویهای باند جنوبی طول مسیر زهکشی برابر با طول نیم عرض (۱۵ متر) بعلاوه شانه به اندازه ۱۵ متر جمعاً به طول ۳۰ متر میباشد. با توجه به اندازه های فوق دبی جریان ورودی به تفکیک در باند و تاکسیوی به شرح ذیل محاسبه میشود [9]:

$$q = 0.1 \times (2 + (37.5/45)) = 0.283 \text{ ft}^2/\text{h}/\text{ft}$$

(آب ورودی به باند)

$$q = 0.1 \times (2 + (30.0/45)) = 0.267 \text{ ft}^2/\text{h}/\text{ft}$$

(آب ورودی به تاکسیوی یا باند خزش)

باید توجه داشت که آب ورودی به روسازی مینایست پس از عبور از لایه اساس به داخل کانال رسیده و سپس از مصالح زهکش فیلتر به تدریج گذر کرده تا به لوله های زهکش شکاف دار پلی اتیلنی برسد. بنابراین لایه اساس باید ظرفیتی بیش از دبی ورودی به روسازی داشته باشد تا خللی در زهکشی ایجاد نشود و احتمال باقیماندن آب در روسازی برای مدت طولانی به حداقل ممکن برسد. ظرفیت لایه های زهکش (اساس سنگ شکسته) از رابطه زیر بدست میاید [9]:

$$q = C_k \times (D_{10})^2 \times H \times \left(S + \left(\frac{H}{2 \times L} \right) \right) \quad (8)$$

که در آن:

C_k : یک ضریب تجربی است که برابر ۱۰ منظور میشود.
 D_{10} : اندازه موثر دانه ها یا اندازه الکی که ۱۰ درصد مصالح از آن عبور میکنند.

H : ضخامت لایه زهکش که برای باند و تاکسیوی طبق نقشه و مشخصات فنی برابر ۰,۳ متر میباشد.

S : شیب طولی لایه زهکش که در پروژه مورد نظر ۱ درصد است.

L : طول لایه زهکش که برای باند ۳۷,۵ و برای تاکسیویها برابر ۳۰ متر میباشد.

لازم به ذکر است که حاصل ضرب C_k در مجذور اندازه موثر دانه ها به عنوان ضریب نفوذپذیری لایه زهکش شناخته میشود. با توجه به منحنی دانه بندی مصالح اساس در شکل شماره ۲، اندازه موثر دانه ها (D_{10}) برابر با ۰,۴۲۵ میلیمتر (متناظر با الک شماره ۴۰)، است. در فرایند اجرا باید عملیات کنترل کیفیت لایه اساس با چنان دقتی صورت بگیرد که تغییر قابل ملاحظه ای در D_{10} آن ایجاد نشود؛ علت این حساسیت آن است که ضریب نفوذپذیری لایه اساس متاثر از توان دوم این کمیت است. با ادامه بحث در مورد ظرفیت زهکشی مصالح اساس تا حد زیادی اهمیت این قضیه روشن خواهد شد. با جایگذاری متغیرهای بدست آمده از آزمایشهای مکانیک خاک در فرمول ظرفیت زهکشی لایه اساس داریم:

$$q = 10 \times (0.425)^2 \times 0.3 \times (0.01 + (0.3 / (2 \times 37.5))) / 1000 = 8 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m} \cong (0.3 \text{ ft}^3 / \text{h} / \text{ft})$$

به عبارتی دیگر قشر اساس قادر خواهد بود در هر فوت طول باند، ۰,۳ فوت مکعب در هر ساعت، آب نفوذی را از خود عبور بدهد.

ظرفیت زهکشی تاکسیوی های موازی باند هم بر اساس همین فرمول قابل محاسبه است:

$$q = 10 \times (0.425)^2 \times 0.3 \times (0.01 + (0.3 / (2 \times 30))) / 1000 = 8.13 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m} \cong (0.33 \text{ ft}^3 / \text{h} / \text{ft})$$

علت توانایی بیشتر لایه اساس در تاکسیوی، کمتر بودن طول لایه زهکش آن نسبت به باند است.

بنابراین مصالح اساس در تاکسیوی قادر خواهند بود در هر فوت طول تاکسیوی ۰,۳۳ فوت مکعب در هر ساعت، آب نفوذی را از خود عبور بدهند.

برای نتیجه گیری راجع به کیفیت هدایت آبهای نفوذی به روسازی توسط لایه اساس باید مقادیر فوق را با میزان دبی ورودی به روسازی که در بخشهای گذشته محاسبه شده، مقایسه کنیم.

بنا به محاسبات قبل در میابیم که ظرفیت لایه اساس در باند و تاکسیوی که به ترتیب ۰,۳ و ۰,۳۳ فوت مکعب در هر ساعت به ازای هر فوت طول باند و یا تاکسیوی است، بیش از میزان آب ورودی به باند و یا تاکسیوی به مقدار ۰/۲۸۳ و ۰/۲۶۷ با همان واحد اندازه گیری است. بنابر این ظرفیت زهکشی لایه اساس ۱۰ تا ۲۰ درصد بیش از آب ورودی به روسازی است.

نکته دیگری که در این رابطه قابل بررسی است؛ زمان تخلیه آبهای نفوذی میباشد. استاندارد آشتو روسازیها را از نظر وضعیت زهکشی به ۵ طبقه تقسیم میکند که عبارتند از: عالی- خوب- متوسط- ضعیف و خیلی ضعیف. معیار سنجش این تقسیم بندی زمانی بر حسب روز است که ۵۰ درصد آب نفوذی تخلیه شود. جدول ۳ تقسیم بندی کیفیت زهکشی بر اساس زمان تخلیه مذکور یا t50 را نشان میدهد:

از رابطه زیر زمان تخلیه ۵۰ درصد آب نفوذی به روسازی قابل محاسبه است [9]:

$$t_{50} = \frac{n_e \times l^2}{2k(H + Sl)} \quad (9)$$

که در آن:

L، طول مسیر زهکشی

K، ضریب نفوذپذیری لایه زهکش (فوت بر روز)

H، ضخامت لایه زهکش (فوت)

S، شیب لایه زهکشی

n_e ، ضریب تخلخل موثر (خلل و فرج اشباع شده به

وسیله آب قابل زهکشی)

t، زمانی که در طی آن ۵۰ درصد آب قابل زهکشی تخلیه شود. (روز)

با عنایت به توضیحات فوق زمان تخلیه نیمی از آب قابل زهکشی برابر است با:

$$t_{50} = 0.2 \times \left(\frac{37.5}{0.3} \right)^2 \times \left(\frac{1}{2 \times 10 \times 0.425^2 \times 300^{-1} \times 3600 \times 24 \times (1 + 0.01 \times 125)} \right) = 1.3 \text{ day}$$

زمان ۱٫۳ روز به معنی آن است که سیستم طراحی شده کیفیت روسازی را در حد خوب تا متوسط نگه خواهد داشت.

برای مقایسه عملکرد دانه بندی اساس در این پژوهش دانه بندی نوع ۵ معرفی شده در فصل سیزدهم نشریه ۱۰۱ انتخاب شده و محاسبات مشابه انجام میشود. در جدول ۴ حدود مطلوب دانه بندی نوع ۵ ارائه شده است:

جدول ۳- تقسیم بندی کیفیت زهکشی بر اساس زمان تخلیه نیمی از آب نفوذی

T50	≤ 2hour	≤ 24hour	≤ 1week	≤ 1month	≥ 1month
کیفیت زهکشی	عالی	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف

جدول ۴- دانه بندی نوع ۵ طبق نشریه ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی

شماره الک (mm)	۲۵	۹٫۵	۴٫۷۵	۲	۰٫۴۲۵	۰٫۰۷۵
درصد عبوری مطلوب	۱۰۰	50-85	۳۵-۶۵	۲۵-۵۰	۱۵-۳۰	۵-۱۲
درصد عبوری نمونه	۱۰۰	۶۸	۵۰	۳۶	۲۲	۷

عبور میکند برابر با ۰٫۱۲۵ میلیمتر است که این عدد با رسم منحنی دانه بندی در جدول نیمه لگاریتمی استاندارد به راحتی قابل استخراج است. البته متذکر میشود به دلیل محدودیت های نوشتاری از ارائه منحنی مربوطه نیز خودداری میشود. متغیرهای دیگر نظیر ضخامت لایه اساس و طول مسیر زهکشی و شیب طولی آن به ترتیب برای باند و تاکسیوی (باند خزش) همان مقادیر ارائه شده در بخشهای قبلی مقاله است:

$$q = 10 \times (0.125)^2 \times 0.3 \times (0.01 + (0.3 / (2 \times 37.5))) / 1000$$

به علت محدودیت نوشتاری از ذکر مجدد فرمولهای لازم برای محاسبه ظرفیت زهکشی لایه اساس به طور کامل و با ذکر جزئیات محاسباتی خودداری نموده و فقط بررسی نتایج نهایی بدست آمده از مقایسه دو نوع دانه بندی شماره ۴ و ۵ مقدور است.

همانگونه که گفته شد برای محاسبه ظرفیت لایه اساس از رابطه ۲ باید استفاده نمود. اندازه الکی که ۱۰ درصد مصالح اساس طبق دانه بندی مندرج در جدول ۴ از آن

ع- نتیجه گیری:

بنابر کلیه مواردی که بدان اشاره شد با اطمینان میتوان گفت که اگر دانه بندی مصالح اساس مطابق با نوع ۴ فصل ۱۳ نشریه ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور انتخاب شود عملکرد روسازی در زهکشی زیر سطحی مثبت خواهد بود. گفتنی است که توان دوم متغیر (D_{10}) نقش مهمی در قبول یا رد دانه بندی اساس که متناظر با الک شماره ۴۰ در این مورد است، برعهده دارد.

۵- مراجع

- [۱] مشخصات فنی و عمومی راه، شماره ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی (نظارت راهبردی ریاست جمهوری)، فصل یازدهم
- [۲] نقشه های اجرایی باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام تهیه شده توسط مهندسین مشاور ایمن راه
- [۳] مشخصات ژئوسینتتیکها، مؤسسه هوسکر آلمان و پلی فلت اتریش در ایران (شرکتهای ایران بنای آریان و محک)
- [۴] مشخصات فنی و عمومی راه، شماره ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی (نظارت راهبردی ریاست جمهوری)، فصل سیزدهم
- [۵] دکتر بهنیا، کامبیز، دکتر طباطبایی، امیر، مکانیک خاک، صفحه ۷، چاپ دوازدهم، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۶] دکتر وفائیان، محمود، مکانیک خاک، چاپ اول، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- [۷] دکتر کامبیز بهنیا، دکتر امیر طباطبایی، مکانیک خاک، صفحه ۱۵، چاپ دوازدهم، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۸] گزارش آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و ترابری مستقر در سایت باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام
- [۹] گزارش مطالعات فاز اول باند جنوبی فرودگاه بین المللی امام، تهیه شده توسط مهندسین مشاور ایمن راه

$$= 0.66 \times 10^{-6} m^3 / s / m \cong (0.026 ft^3 / h / ft)$$

(ظرفیت زهکشی باند پروازی)

$$q = 10 \times (0.125)^2 \times 0.3 \times (0.01 + (0.3 / (2 \times 30))) / 1000 = 0.7 \times 10^{-6} m^3 / s / m \cong (0.028 ft^3 / h / ft)$$

(ظرفیت زهکشی تاکسیوی)

بر اساس محاسبه فوق مشاهده میشود که ظرفیت زهکشی اساس دانه بندی شده طبق نوع ۵ نشریه ۱۰۱ در باند و تاکسیوی که به ترتیب برابر ۰,۰۲۶ و ۰,۰۲۸ فوت مکعب بر ساعت و به ازای هر فوت از طول باند است، بسیار کمتر از دبی آب ورودی به روسازی است که مقادیر آن در بخشهای قبلی ۰,۲۸۳ و ۰,۲۶۷ محاسبه شده بود. لذا از این نظر نمیتوان از دانه بندی نوع ۵ نشریه ۱۰۱ استفاده نمود. اگر زمان تخلیه ۵۰ را هم محاسبه کنیم بر اساس مقادیر جدید استخراج شده از دانه بندی نوع ۵ عبارت خواهد بود از:

$$t_{50} = \frac{0.2 \times 125^2}{2 \times (10 \times 0.125^2 \times 86400 \times 300^{-1}) \times (1 + 0.01 \times 125)} = 15 \text{ days}$$

با عنایت به محاسبه فوق در حالت استفاده از دانه بندی نوع ۵ نشریه ۱۰۱ و مفاد مندرج در جدول شماره ۳ روسازی از نظر زهکشی ضعیف قلمداد میشود. لازم به توضیح است که علت این امر اندازه موثر دانه ها یا همان (D_{10}) مصالح اساس بر طبق دانه بندی نوع ۵ است که مقدار آن با رسم منحنی دانه بندی با مقادیر ارائه شده در جدول ۴ این نوشتار برابر ۰,۱۲۵ میلیمتر میباشد. البته در حالتی که دانه بندی نمونه بگونه ای باشد که در محدوده الک نمره ۴۰ منحنی دانه بندی مماس بر حد مطلوب پایین هم باشد باز هم اندازه موثر که مقدار آن ۰,۲ میلیمتر است کیفیت زهکشی را به مرز قابل قبولی نخواهد رساند زیرا در این حالت هم تفاوت عدد ۰,۲ و ۰,۴۲۵ زیاد است.