پژوهشی در علل و مسائل تخریب آسفالت خیابانهای شهر اردبیل و ارائه راهکارهای مناسب

موسی عابدینی* - استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی

دریافت مقاله: ۸۹/۳/۲۲ **پذیرش نهایی: ۸۹/۶/۲۵**

چکیده

شهر اردبیل در سطح دشت انباشتی در منطقه سردسیر کوهستانی شمال‌غرب کشور ایران واقع شده است. تخریب سریع آسفالت خیابانهای اردبیل یکی از مسائل مهم آن است. مهمترین علل تخریب آسفالت خیابانهای اردبیل علاوه بر مسائل فنی آسفالت، رو سازی، زیرساخت‌ها،کندن‌های ناهماهنگ، عمدتاً مربوط به بافت و ویژگی‌های سازندها و نفوذ آبهای ناشی از نزولات و فرایند ژلیفراکسیون(یخبندان و ذوب یخ متوالی) می‌باشد. از طریق نمونه برداری‌های میدانی از سازندهای سطحی (خاک‌های۵ نقطه از اعماق ۵/. تا ۱ متری) و انجام آزمایشات فیزیک خاک از طریق دستگاه گرانولومتری(دانه سنجی توسط شیکر) بافت آنها تعین شد. نتایج گرانولومتری نشان داد که درصد سازندهای ریز دانه رسی و سیلتی نسبت به شن و ماسه در اغلب نمونه‌ها زیاد است. هم چنین نتایج آزمایشگاهی نشان داد که حد یا روانی(***Liquid Limit***) و شاخص خمیرائی(***Plasticity Index***) سازند های بستر شهر نیز در ارتباط با سازندهای ریز دانه بالا می‌باشد. در نتیجه در مواقع جذب آب و نیز یخبندان در بدلیل تنش‌های فیزیکی در تخریب آسفالت خیابانها نقش مهمی دارند. این سازندها در برابر فرایند ژلیفراکسیون و آبگیری و تنش‌های انبساطی و انقباضی واکنش‌های فیریکی خاصی بروز می‌دهند که منجر به تخریب سطح آسفالت خیابانهای اردبیل می‌شود. در زمان بروز زمین لرزه‌های مخرب نیز اغلب سازندهای منطقه مستعد وقوع پدیده تیکسوتروپی(روانگرا شدن سازند ها بواسطه تکان‌های زمین لرزه که در اثر فشردگی و آب پس دادن رخ می‌دهد) می‌باشند. در مجموع راهکارهای متناسب جهت افزایش داوم و پایداری آسفالت خیابانهای شهر اردبیل در ارتباط با علل تخریب و مسائل آنها، ارائه شد.

واژگان کلیدی: یخبندان و ذوب ، گرانولومتری سازندها، تخریب آسفالت، حد روانی،شاخص خمیرائی،شهر اردبیل

---

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۳۵۵۵۲۲۶ *E-mail: musaabedini@yahoo.com*

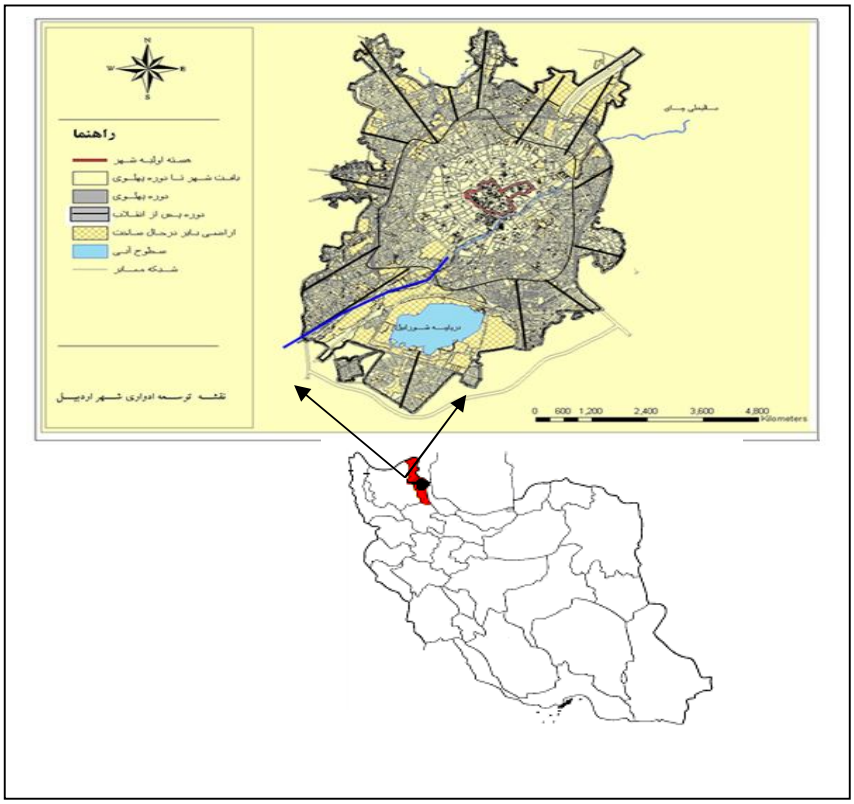
۱.مقدمه

عوامل متعددی نظیر: تغییرات دما، فرایند ژلیفراکسیون[۱](یخبندان و ذوب یخ متوالی)، ترموکلاستی، نوع سازندهای بستر شهر، واکنش سازندهای در مواقع جذب آب و تغییرات میکرو ژئومورفولوژی،تحکیم یافتگی اولیه و ثانویه(***Primary and Secondary consolidation)***، فرونشست، مشکلات فنی درترکیب آسفالت، روسازی و زیرساخت‌های نادرست، وکندن‌های متوالی در تخریب آسفالت و کاهش عمر مفید آن نقش مهمی دارند. مطالعه سازندهای بستر شهرها در طراحی شهری و خطوط ارتباطی و پایداری آنها بسیارحائز اهمیت است(عابدینی،۱۳۸۸: ۱۵). آسفالت خطوط ارتباطی درون شهری اردبیل (خیابانها) عمدتاً در روی سازندهای سست ریزدانه بدون مطالعه گرانولومتری (دانه سنجی خاک‌ها)، حساسیت خاک‌ها به فرآیند ژلیفراکسیون (یخبندان و ذوب یخ متوالی)، تحکیم یافتگی اولیه و فرونشست که نقش مهمی در تخریب و کاهش عمر مفید آسفالت شهری دارند، ریخته می‌شود. لذا آسفالت خیابانهای اردبیل در اقلیم سرد مرطوب زود تخریب شده و مشکلاتی را برای تردد خودروها و بالارفتن هزینه شهرداری و بد منظر شدن سیمای شهر می‌شود. داشتن اطلاعات دقیق و علمی از نوع و کیفیت سازندهای بستر شهر، از لحاظ بافت (شنی، ماسه‌ای، رسی و ماسه‌ای و سیلتی) در کیفیت نفوذ، تحکیم یافتگی طبیعی و مصنوعی و نیز ویژگی‌های، حد خمیرائی، مرز آتربرگ و...، و در افزایش عمر مفید آسفالت خیابانهای شهری تأثیر به سزائی دارد. تر و خشک شدن خاک باعث افزایش درز و شکاف بوجود آمده و مقاومت کششی کاهش می‌یابد(برزگر،۱۳۸۷: ۲۱۸). دررس‌هایی که نشانه خمیری آنها حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد است(حد روانی ۷۰ الی ۹۰ و حد خمیری ۲۰ الی ۳۰.چنانکه رطوبت طبیعی خاک در خارج از ساختمان به بالای رطوبت حد خمیری برسد (۲۵ الی ۳۵ درصد) امکان تخریب وجود دارد(عسگری و فاخر،۱۳۷۲ : ۹۳). خاک‌ها با انقباض خطی، حد روانی و نشانه خمیری بترتیب بزرگتر از ۸ درصد ،۳۰ درصد و ۱۲ درصد مسئله ساز هستند(همان منبع). حالت مذکور در خاک‌های ریزدانه محسوس می‌باشد. سازندهای سطحی بستر شهرها نقش مهمی را پایداری آسفالت در کنار سایر عوامل مؤثر دارد. لذا هدف اصلی تحقیق بررسی علل مؤثر بر تخریب سریع آسفالت خیابانهای اردبیل و ارائه راهکارهای متناسب با ویژگی‌های طبیعی منطقه است. جهت بالا بردن دوام آسفالت ابتدا بررسی وضعیت فیزیکی سازندهای سطحی بستر شهر و خطوط ارتباطی بین شهری ضرورت دارد. بررسی‌های مربوط به گرانولومتری خاک‌ها و تعیین درصد آنها و مشخص نمودن

---

۱. در اثر فرایند ژلیفراکسیون(***Gelifration***) یعنی یخبندان و ذوب یخ متوالی موجب تغییرات حجم در سازند های سست ریزدانه می‌شود که توالی این عمل آسفالت را متورم و تخریب می‌کند.

شاخص خمیرائی و حدود روانی در نحوه اجرای آسفالت شهری (میزان برداشت خاک‌ها، غلطک زنی، درصد و کیفیت مواد ترکیبی، زمان اجراء و..) اساسی می‌باشد. شهر اردبیل در سطح دشت انباشتی در منطقه سردسیر کوهستانی بخش شمال‌غرب کشور ایران در بین عرض‌های شمالی ۲َ ۳۸ْ الی ۸َ و ۳۸ْ طول‌های شرقی ۵َ و ۴۸ْ الی ۲۰َ و ۴۸ْ واقع شده است(شکل۱). شهر اردبیل در دشت نیمه مرتفع اردبیل (ارتفاع آن ۱۴۰۰ متر از سطح از دریا است) برروی نهشته‌های آبرفتی‌کواترنر(دوران چهارم-***Qt1***) واقع شده است. ترکیب کلی این نهشته‌های آبرفتی شامل: رس، سیلت،گراول، ماسه وکنگلومرا است(عابدینی، ۱۳۸۷ :۱۶).



شکل۱. نقشه موقعیت جغرافیایی و درآن بافت شعاعی شهراردبیل به تبع ازخطوط ارتباطی درون شهری

۲.داده‌ها و روش‌کار

۲-۱.داده‌ها

این تحقیق از طریق انجام کارهای میدانی و و آزمایشگاهی (نمونه برداری از سازندهای آبرفتی مقر شهر، اندازه‌گیری ضخامت لایه‌ها،گرانولومتری،تعیین حد خمیرئی و روانی نوع سازندها، عکسبرداری از ترانشه‌ها) انجام گرفت. نمونه خاک‌ها از ۵ نقطه متفاوت ترانشه بستر خیابانها جهت انجام آزمایشات لازم تهیه گردید. در این راستا از ابزارهای مختلف علوم طبیعی(خاک‌شناسی و ژئومورفولوژی)،عکس‌های هوائی ۱:۵۵۰۰۰ ، نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ ، نقشه‌های توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های آبهای زیرزمینی و سطحی دشت اردبیل و داده‌های اقلیم شناسی بلند مدت سازمان هواشناسی ار دبیل نیز استفاده شده است.

۲-۲.روش کار

این کار نتیجه طرح پژوهشی است که در انجام آن از محل ترانشه‌ها به ویژه از محل احداث زیرگذرهای شهری از سازندهای آبرفتی مقر شهر(خاک‌ها) نمونه برداری و در آزمایشگاه خاک‌شناسی گرانولومتری(دانه‌سنجی)شدند(جدول۱).بعلاوه شاخص خمیرائی[۱] و حد روانی[۲] آنها نیز در آزمایشگاه خاک‌شناسی توسط دستگاه کاساگراند تعیین شد.(جدول ۲). جهت تعیین حد روانی ابتدا اقدام تمیز نمودن کاسه دستگاه کاساگراند سپس اقدام به درست کردن گل اشباع از ۱۰۰ گرم خاک نمودیم و در دستگاه کاساگراند ریخته و ارتفاع سطح خمیره در کاسه را ضمن صاف کردن حدود ۱ سانتیمتر تنظیم می نمائیم. با ایجاد شیار توسط ۱/۳ سانتیمتری توسط فلز استاندارد مخصوص در خمیره گلی درون پیاله، شروع به چرخاندن دستگیره(تعداد ضربات۲بار درثانیه باشد)

---

۱. حد خمیری یا پلاستیک***Plastic limit*** - حد پائینی از محدوده خمیری بودن خاک یا درصد رطوبتی که در آن خاک وقتی مخلوط را با کف دست لوله نمائیم شروع به خرد شدن می‌کند،(رحیمی، ۱۳۵۹: ۹۳) و(طاحونی،۱۳۷۳: ۶۶). حداقل رطوبتی که خاک بتواند به صورت لوله‌های استوانه‌ای شکل به قطر ۳ یا ۳/۲ میلیمتر درآید. خاک دست خورده در حد خمیری، دارای مقاومت برشی حدود ۱۰۰ [illegible] . شاخص خمیرائی که فرمول از ***PI= LL-LP*** حاصل می‌شود این شاخص نشانگر تغییر درصد آب مورد نیاز جهت افزایش مقاومت تا ۱۰۰ برابر می باشد

۲. حد روانگرائی یا روانی(***Liquid Limit***) ، حداقل رطوبتی که خاک تحت تأثیر وزن خود جریان پیدا می‌کند. خاک دست خورده در حد روانی دارای مقاومت برشی حدود ۱ کیلو پاسکال می‌باشد. شاخص روانی یا روانگرائی(***Liquid Index***)- $(LI) = \frac{(W-Pl)}{PI}$. این شاخص به درصد رطوبت خاصی اشاره کرده و معیاری از ثبات و مقاومت می‌باشد.

و یاداشت تعداد ضربات لازم برای بسته شدن شیار ۱/۳ سانتیمتری در گل اشباع را بدست می‌آوریم. همچنین از خمیره خاک به مقدار ۱۰ گرم برداشته و در دمای حدود ۱۰۵ درجه سانتیگراد خشک می‌نمائیم. بعد رطوبت خاک را در سه نوع حالات متفاوت آن بدست می‌آوریم و منحنی مربوط به تعداد ضربات را در ارتباط با رطوبت خاک ترسیم می‌شود. رطوبت خاک به ازای ۲۵ ضربه برابر است با رطوبت خاک در حد روانی (***Liquid Limit***) را تعیین می‌نمایند. منحنی حد روانی که تغییرات رطوبی خاک را نسبت به لگاریتم تعداد ضربات را نشان می‌دهد ترسیم می‌نمایند. جهت کسب اطلاعات بیشتر در این مورد به منابع مذکور در پاورقی مراجعه شود.[۱] بعلاوه از داده‌های اقلیمی بلند مدت منطقه اردبیل مدل روند تغییرات اقلیمی ترسیم و از دادها هیدروژئومورفوژی موجود مقر شهر اردبیل در سازمان آب و منطقه‌ای نیز استفاده شده است. در انتها تجزیه و تحلیل داده‌ها لازم، ترسیم نقشه‌ها و نمودارها با استفاده از نرم افزارهای ***Excel، GIS*** انجام گرفت.

۳.یافته‌های تحقیق

۳-۱.سازندهای بستر شهر اردبیل و عوامل تخریب آسفالت خیابانها

از لحاظ ویژگی‌های خاک،دشت اردبیل از خاک‌های رسی و سیلتی نسبتاً عمیق و ماسه و شن می‌باشد و غالباً مواد ریز دانه بر روی مواد آبرفتی درشت دانه قرار دارند(جدول۱). خیابان کشی، احداث اتوبان، یا جاده نیازمند بررسی‌های متخصیصن برنامه‌ریزی شهری، شهرداری، ژئومورفولوژی و خاک‌شناسی، کلیماتولوژی و هیدرولوژی است. فرونشست، ترک برداشتن، از هم پاشیدن ترکیب آسفالت،تورم آسفالت، فرونشست و ریزش ناگهانی از جمله مسائل ناشی از اجرای طرح‌های تک بخش نگر و غیر اصولی، و نیتجه عدم مشارکت متخصصین علوم مرتبط است.در شهر اردبیل تخریب سریع و شدید آسفالت خیابانها یک معضل برای مردم،رانندگان و مسافران می باشد،شکل(۲).

---

۱. در مورد روش‌های آزمایشگاهی فیزیک خاک به صورت مبسوط در مبانی فیزیک خاک، برزگر،۱۳۸۷: ۲۱۹تا۲۲۴) ، اصول مهندسی ژئوتکنیک،(طاحونی،۱۳۷۳ :۶۸-۶۱). مبانی زمین شناسی مهندسی، قاضی فرد و نعیم امامی،۱۳۸۰ : ۲۱۴) در کتاب مهندسی پی، روشن ضمیر و شکرائی،۱۳۸۶: ۴۸).توضیح داده‌اند.

جدول ۱. گرانولومتری(تعیین درصد دانه بندی) نمونه‌های متفاوت بستر خیابانهای شهر اردبیل

منطقه نمونه برداری	وزن ذرات کوچکتر از ***0.05mm***	وزن باقیمانده روی غربال ***0.05mm***	وزن باقیمانده روی غربال ***0.1mm***	وزن باقیمانده روی غربال ***0.5mm***	وزن باقیمانده روی غربال ***1mm***
خیابان دانشگاه جنب شورابیل	۲۱/۱***gr***	۱۸/۲***gr***	۱۷/۳***gr***	۱۹/۴***gr***	۲۳/۷***gr***
خیابان شهید عطائی جنب رودخانه بالخلی چای	۱۸/۴***gr***	۱۶/۴***gr***	۱۵/۳***gr***	۲۷/۴***gr***	۲۲/۶***gr***
ترانشه زیر گذر و روگذر میدان سعدی	۲۷/۲***gr***	۱۱/۲***gr***	۹***gr***	۲۵/۷***gr***	۲۷.***gr***
سمت جاده آستارا نزدیک ترمینال اصلی	۴۰/۴***gr***	۱۳/۴***gr***	۱۷/۳***gr***	۱۵/۳***gr***	۱۸/۱***gr***
محل ترانشه زیرگذرورو‌گذرمیدان‌ورزش نمونه دو	۲۳/۲***gr***	۱۸/۲***gr***	۱۷/۳***gr***	۱۹/۴***gr***	۲۳/۷***gr***

در این شهر هیچ کوچه و خیابانی نمی‌توان یافت که آسفالت آن بعد از گذشت حدود ۲ سال بدون تعمیر یا چاله و چوله باشد. نوع، ضخامت، بافت، سازندهای سطحی، میزان شیب، آبهای سطح ارضی، در نحوه احداث و آسفالت ریزی خیابانهای شهر بسیار فاکتورهای مهم است. معمولا آسفالت بر روی اولین سازند سطحی یا خاک‌های سطحی که در دشت اردبیل عمدتاً نیز ترکیب ریز دانه و رسی و سیلتی دارند،ریخته می‌شود. در شهرهای واقع در میان دشت‌های انباشتی(مانند اردبیل) در بخش‌هایی با توپوگرافی هموار[۱] بستر و مقر شهر از سازندهای سطحی ریز دانه حساس می‌باشد.. معمولاً خاک‌های رسی عادی تحکیم یافته دارای اندیس روانی حدود یک می‌باشند در حالی‌که خاک‌های رسی از قبل تحکیم یافته دارای اندکس روانی نزدیک به صفر می‌باشند (متدین اول و همکاران، ۱۳۷۷، :۹۸). مقاومت یک خاک فاقد چسبندگی، به چگالی یا وزن واحد حجم، اندازه دانه ها، شکل، ترکیب کانی شناسی، درصد ریز دانه هاو.، بستگی دارد. خاک‌های ریز دانه با درصد زیاد رس، قدرت جذب رطوبت بالائی دارند، لذا پایداری خاک‌ها بیشتر توسط میزان رس و یا میزان یا درصد رطوبت آنها، ارزیابی می‌شود. جهت تعیین مرز پایداری (مرز آتربرگ) شناخت تعاریف و مفاهیم لازم است. در کاربری اراضی سطوح شیبدار گاهی ماهییتاً سازندها دارای ***PI*** بالاتر و ناپایدارند ولی در اغلب مواقع بعد از انجام کاربری ساختمانی و نفوذ آب زیاد به برخی از نقاط به صورت

۱. جهت سهولت ایجاد شبکه ارتباطی، جابجائی روزانه، شبکه آب مشروب، برق، تلفن، گاز و سایر امکانات لازم،مکان یابی،توسعه و گسترش می‌یابند.

موضعی و در اثر هیدراتاسیون و تورم رس‌ها جابجائی توده ای مواد و یا روانه گلی شروع می‌شود آزمایشات نشان داده که خاک‌های حاوی کمتر از ۲۵٪ درصد کانی‌های رسی معمولاً مقاومتر بوده و دارای ***PI*** (شاخص خمیرائی) کمتر و شکل پذیری پائینتر می‌باشند (عابدینی، ۱۳۸۸: ۳۳ به نقل از قاضی فرد و نعیم امامی). توانائی تغییر شکل خاک را اصطلاحاً خاصیت خمیری می‌گویند و در حالت خمیری خاک می‌تواند شکل پذیر باشد. حالت مذکور برای پروژه‌های خیابان سازی و ساخت و سازهای شهری، بسیار مهم و اساسی می باشد. نتایج حاصل از نمونه برداری‌ها و آزمایشات خاک از نقاط مختلف مسیر خیابانها (بویژه از محل ترانشه‌های احداث زیر گذرها) نشانگر در صد بالای رس و سیلت می‌باشند. نمونه‌های ۵ و۳ با مقادیر بالای ۲۵ درصد کانی رسی و حتی سیلت، شاخص خمیرائی و حدود روانی بالائی دارند،(جدول ۲). چنانکه نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد با افزایش درصد رس و سیلت در نمونه‌ها (بویژه در نمونه، حد روانی و شاخص پلاستیسیته سازندها (خاک‌ها) یا نهشته‌های آبرفتی مقر شهر با لا رفته است(جدول۲). تورم خاک نیز ارتباط تنگاتنگی با بافت خاک و نشانه خمیری دارد. معمولا نشانه خمیری(۱۵-۰) با پتانسیل تورم پائین، (۳۵-۱۰) متوسط، (۵۵-۲۰) بالا، (بیش از ۳۵) شدید و زیاد می‌باشد(عسگری و فاخر،۱۳۷۲ : ۹۳).

شکل۲. زیر ساخت نادرست موجب نشست، ترک خوردگی و پیدایش چاله در آسفالت خیابانهای شهر اردبیل می‌شود. این پدیده در شهر اردبیل بسیار بارز و چشمگیر است.
منبع: نگارنده،۱۳۸۷

با توجه به نتایج بعمل آمده توسط نگارنده از نمونه‌های آزمایشی خاک‌های (۱،۲،۳ و ۵) خیابانهای اردبیل(در جدول ۲) نشانه خمیری بین۵/ ۳۵ تا ۴۱/۴ می‌باشد که معرف پتانسیل بالای تورم خاک‌ها و دارای اثرات زیانبار و آسفالت شهر است. با افزایش میزان رس و سیلت حد خمیری و روانی خاک افزایش پیدا می‌کند. خاک‌هایی که استعداد انبساط دارند متورم شده یا در اثر یخ زدن و افزایش حجم موجب تورم کف ساختمان، سطوح آسفالت و می‌شوند(معماریان،۱۳۸۶: ۳۲۶). این امر در موقع نفوذ آب به زیر سازندها و نیز خشک شدن آنها تنش‌های فیزیکی در بافت خاک بستر آسفالت ایجاد می‌کند و در اثر یخبندان و ذوب یخ متوالی (چه در اثر آب‌های نفوذی سطحی و چه آبهای موئینه‌ای تحت صعود انجمادی) نقش عمده‌ای را در ترک بداشتن و تخریب آسفالت خیابانهای شهر اردبیل در اقلیم سرد سیری کشور دارد. برداشت کامل لایه یا طبقه رسی و سیلتی به ویژه در بخش میانی و شمال‌شرق شهر و زیر سازی با شن ماسه با ترکیب مشخص جهت مقاومت و پایداری عمر آسفالت بسیار اساسی است. معمولاً خاک‌های شنی حالت خمیرئی از خود بروز نمی‌دهند ولی خاک‌های ماسه‌ای رسی به فرآیند تیکسوتروپی و روانگرا شدن بسیار مستعد هستند. خاک‌های رسی و سیلتی دارای حد خمیرائی و روانگرانی زیاد می‌باشد. طبق نتایج بررسی‌های میدانی و آزمایشگاهی مهمترین عوامل مؤثر در تخریب خیابانهای اردبیل بدین صورت می باشد:

- تنش‌های انقباضی و انبساطی حاصل از فرآیند ژلیفراکسیون (***Gelifration***) یا یخبندان و ذوب یخ متوالی درسازندهای ریز دانه مقر شهر به ویژه توسط آب‌های موئینه‌ای تحت صعود انجمادی.
- عدم دقت در روسازی و زیر ساخت(بستر شبکه ارتباطی)خیابانهای شهر.
- مشکلات فنی در ترکیب و آسفالت شهر.
- نفوذ آب‌ها و تنش‌های انقباضی و انبساطی به واسطه هیدراتاسیون سازندهای ریز دانه شهر.
- عدم هماهنگی لازم بین سازمان‌های مربوط به شهر و مدیریت شهری و کنده کاری‌های متوالی.

جدول۲. شاخص خمیرائی ***Plasticity Index*** و حد روانی ***Liquid Limit*** و درصد نتایج گرانولومتری سازند های سطحی(خاک‌های) محدوده خیابانهای شهر اردبیل

شماره نمونه	مناطق نمونه برداری شده	درصد رس	درصد سیلت	در صد شن و ماسه	*PI(PLASTICIT (Y INDEX*	*LL(LIQUID LIMIT)*
۱	خیابان دانشگاه جنب شورابیل	۲۱/۱	۳۵/۷	۴۳/۱	۳۳/۳۲	۳۷/۲۵
۲	خیابان شهید عطائی جنب رودخانه بالخلی چای	۱۸/۴	۳۱/۷	۵۰	۳۱	۳۵/۵
۳	ترانشه زیر گذر و روگذر میدان سعدی	۲۷/۲	۲۰/۲	۵۲/۷	۳۴/۶	۳۹
۴	محل ترانشه زیر گذر میدان ورزش- نمونه دو	۲۳/۲۲	۳۰/۸	۴۵/۸	۲۸/۷	۳۲/۳
۵	سمت جاده آستارا نزدیک ترمینال اصلی	۴۰/۴	۲۶/۳	۳۳/۳	۳۹/۲۵	۴۱/۴

۳-۲.تنش‌های انقباضی و انبساطی حاصل از فرآیند ژلیفراکسیون (یخبندان و ذوب یخ متوالی)

مهمترین عامل در تخریب سریع خیابانهای شهر اردبیل علاوه بر مسائل فنی،کندن های ناهماهنگ، نفوذ آب‌های ناشی از نزولات جوی باران و برف (آب ذوبان ناشی از برف) و فرآیند ژلیفراکسیون می‌باشد. اردبیل یک شهر سردسیری است که در فصل زمستان یخبندان‌های شدیدی را تجربه می‌نماید[۱].تحلیل الگوهای سطوح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داد که در روزهای یخبندان شدید هماهنگی الگوهای فشار سطح زمین با سطوح میانی مشهود بود.[۲] زیربنای نشستگاه(***Site***) شهر اردبیل و خیابانهای آن در روی سازندهای جوان کواترنری با کمپلکسی از (قلوه ، سنگ، گراول، ماسه، رسی، مارنی و تراورتن) است. این سازندها در برابر فرآیند ژلیفراکسیون و آبگیری و

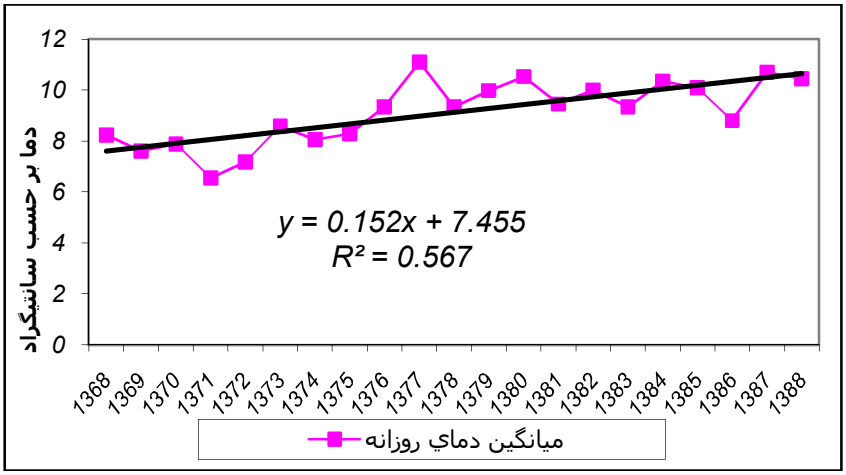
۱. طبق تحقیقات هژبر پور و علیجانی(۱۳۸۷ :۱۰۲ مجله جغرافیا و توسعه)،علل سرمای شدید اردبیل علاوه بر ارتفاع از سطح دریا، وجود یک ناوه ژرف و عمیق در منطقه (تا با شارش‌های خود هوای سرد شمالی را به عرض‌های پائین تر هدایت میکند)می‌باشد

۱. عوامل مهم حاکمیت سرما و وقوع یخبندان‌های شدید در شهر و استان اردبیل الگوهای فشار هستند و جهت مدیریت معماری، شهرسازی و کشاورزی انطباق و سازگار نمودن کشاورزی، مصالح و مواد و توجه به روسازی و زیر ساخت خیابانها در ارتباط با اقلیم حاکم ضرورت دارد.

تنش‌های انبساطی و انقباضی و واکنش‌های فیزیکی و شیمیایی خاصی بروز می‌دهند که منجر به تخریب سطوح آسفالت اردبیل می‌شود. در زمستان ۱۳۸۶ به دلیل حاکمیت سرمای شدیدی اغلب خیابانهای اردبیل(بیش از یک سوم خیابان بین میدان جانبازان و بسیج) تخریب و تبدیل به چاله‌های تجمع آب شد. معمولا در طول شب تحت یخبندان شدید آبهای نافذ، افزایش حجم پیدا می‌کنند. طوری که حدود ۰/۹ افزایش حجم در زیر آسفالت منجر به وارد کردن فشار تنشی ۱۵ الی ۱۶ کیلوگرم بر هر سانتی متر می‌شود(محمودی، ۱۳۷۵ :۱۵۹). سه عامل مهم در وقوع یخبندان مواد روسازی و زیر ساخت آسفالت جاده‌ها و خیابانهای اردبیل مؤثر است و در صورت فقدان یکی از آنها یخبندان رخ نخواهد داد.کاهش دمای هوا تا زیر صفردرجه ۲- وجود درز و ترک در آسفالت خیابانها و جاده‌ها و یا منابع آب زیر زمینی سطح ارضی حداکثر در اعماق ۳ متر ۳- وجود خاک‌های حساس ریز دانه(خاک‌های ریز دانه خاک‌هایی که دارای بیش از ۳ درصد دانه‌های با قطرکوچکتر از ۰/۰۲ که خاصیت موئینگی داشته باشند(محمدی و محمودی،۱۳۸۴: ۱). در نواحی اقلیمی سرد(همچون اردبیل) جائی دماهای پائین با تعداد روزهای یخبندان ۱۲۶ روز برای مدت‌های طولانی دوام دارد (جدول۳)، ترکیب آب زیرزمینی نزدیکی سطح، دماهای انجماد و صعود خیلی سریع موئینگی، بالا آمدگی انجمادی را موجب می‌شود. خاک‌های سیلتی که دارای صعود موئینگی بالا و نسبتاً نفوذپذیرند و بعنوان خاک‌های انجماد پذیر معرفی می‌شوند(اورمیه ای،۱۳۸۱ : ۶۶). بالا آمدگی انجمادی، نتیجه تشکیل و رشد بلورهای یخ در خاک‌های سطی در زمان انجماد است.کاهش مقاومت به خاطر درجه اشباع شدگی بالای بعد از ذوب شدن یخ هاست. مسائل ناشی از این وضعیت، منجر به شکسته شدن آسفالت خیابانها و جاده ها و حتی پی بناها می‌شود. وجود سازند سیلت، دوام مدت سرما، بالابودن سطح آب‌های زیرزمینی هر سه عمل مهم در تخریب انجمادی آسفالت (***Asphalt frost heaving***) و حتی تنش‌های در پی ساخت و ساز ها می‌باشند. با توجه به شکل(۳). هر چند روند خطی دمای شهر اردبیل در طول چندین سال روند صعودی داشته ولی تغییرات دمائی شدید و نیز یخبندانهای شدید بویژه در سال ۱۳۷۱ و ۱۳۸۶ موجب تخریب شدید آسفالت خیابانهای شهر اردبیل شدند.تعداد روزهای یخبندان اردبیل ۱۲۶ روز است(جدول۳) و دی ماه با میانگین ۲۶ روز بیشترین روزهای یخبندان را دارد که نقش مهمی در افزایش درصد تصادفات در منطقه اردبیل و مشکین داشته است(دولتی مهر، ۱۳۸۷:۱۰ : ۱۰۱-۱۰۰).

نام ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
اردبیل	۱۳	۳	۰	۰	۰	۰	۲	۱۱	۲۲	۲۶	۲۶	۲۳

جدول۳. مجموع تعداد روزهای یخبندان ایستگاه‌های اردبیل



شکل۳. نمودارمدل روند خطی سالانه دمای شهرستان اردبیل طی دروه آماری(۱۹۶۸-۱۳۸۸)

منبع: نگارنده،۱۳۸۹

معمولا پتانسیل رمبندگی در خاک‌های با تراکم خشک کمتر از***t /m3*** ۱/۵، حد روانی کمتر از ۳۰ و رطوبت کمتر از ۱۵٪ و در مناطق اقلیمی خشک دارای بیشترین مقدار است(قاضی فرد و نعیم امامی،۱۳۸۰: ۲۱۴). برای تثبیت خاک‌های رسی لایه دار،۲ تا ۴ درصد آهک و برای تثبیت رس سنگین،۳ تا ۸ درصد آهک هیدراته(برحسب وزن خشک خاک) استفاده می‌شود(***Brown,2000***). نتایج آزمایشات نشان‌داده‌که برخی سازندهای سست خاکی بر اثر جذب آب و اشباع اولیه فرو ریزند. به عبارتی ساختمان داخلی خاک یعنی حدود ۱۰ درصد ضخامت خاک می‌توان فرونشست داشته باشد. نشست زمین در مناطق شهری یکی از مسائل مهم می‌باشد که موجب تخریب و صدمه دیدن خطوط ارتباطی درون شهری و بناهای شهری می‌شود ***Francesco,*** (***2009:216***). رس‌ها و ماسه ها قابلیت فشردگی نسبتاً پائینی را دارند، بیشتر رس‌ها ذاتاً از قبل فشرده شده هستند. سرعت خارج شدن آب و هوای منفذی بین ذرات رسی

بسیار پائین است [۱] لذا فرونشست آنها به صورت بطئی در طول ماه‌ها و سال‌ها رخ می‌دهد.درحالی که قابلیت تحکیم یافتگی (قابلیت فشردگی) و خروج آب بین ذرات ماسه ها سریعتر و بیشتر است. ولی اغلب موارد نشست آسفالت خیابانها در اردبیل بعد از کنده کاری‌ها برای گاز و فاضلاب و غیره، رخ می دهد. در شکل(۴)نشست بطئی در نهشته‌های جوان با تحکیم یافتگی اولیه کم در منطقه سعدی اردبیل که منجر به پیدایش چاله و تخریب آسفالت می‌شود نشان داده شده است. این مورد یک نقیصه مدیریتی محسوب می‌شود، چرا که به روسازی و نیز به زیر ساخت آسفالت از لحاظ مواد و تحکیم یافتگی و غلطک زدن دقت کافی نمی‌شود.

شکل ۴. فقدان زیرساخت لازم وجود زباله های شهری در بین لایه ها موید جوان بودن و عدم تحکیم یافتگی مواد آبرفتی سیلابی حواشی مسیل یر شده باغمیشه و سعدی می باشد که با فرونشست آسفالت تخریب می‌شود. منبع: نگارنده، ۱۳۸۷

۳-۳.نفوذ آبها و تنش‌های انقباظی و انبساطی بواسطه هیدراتاسیون سازندهای ریز دانه

معمولا خاک‌های شنی و ماسه‌ای قدرت نفوذپذیری بالائی نسبت به خاک‌های ماسه‌ای رسی، رسی و سیلتی دارند. خاصیت متورم شدن عدسی‌های رسی در مواقع خیس شدن بسیار زیاد است،لذا رس‌ها موقع در یافت آب هم آماس می‌کنند و هم از

۱. نشست تحکیمی در خاک‌های چسبنده نتیجه کاهش نسبت پوکی خاک در اثر بار گذاری و اثر نفوذی پذیری و زهکشی خاک رخ می‌دهد.در تمام خاک‌ها نشست آنی(***immediate settlement***) در اثر بار گذاری و تغییر شکل الاستیکی رخ می‌دهد نشست پی‌ها در خاک‌های غیر چسبنده عموماً بلافاصله پس از اعمال بار اتفاق می‌افتد و حاصل تغییر شکل الاستیکی زمین بدون تغییر محسوس در نسبت پوکی خاک است(قاضی فرد و نعیم امامی، ۱۳۸۰) و(روشن ضمیر و شکرانی، ۱۳۸۶ :۲۵۱).

لحاظ الاستیکی و خمیرائی ناپایدار می‌گردند. تورم رس‌ها منجر به تورم آسفالت[۱] و گاهی حالت پلاستیکی و روانی آنها منجر به پخشیدگی و ترک خوردن نشست و تخریب آسفالت خیابانها می‌شود اشکال(۵) و (۶). رس‌ها بعد از دریافت رطوبت جزئی از حالت جامد به حالت نیمه جامد در می‌آیند که افزایش میزان رطوبت به مرز آتربرگ و خمیرائی رسیده و گذر از مرز آتربرگ حالت روانی و جابجایی آنها می‌باشد. نفوذ آب‌ها از درز و ترک‌ها به زیر آسفالت خیابانهای اردبیل با روی سازی ناقص وگاهی بدون روسازی، منجر به خمیرائی و روانی مواد آبرفتی (غالباً رسی شده) و تخریب آسفالت را در اغلب نقاط شهر در هر سال به همراه دارد. درجدول (۴) میزان نفوذ پذیری استاندارد آنها خاک‌ها توسط اورمیه‌ای(۱۳۸۱) ارائه شده است.

جدول ۴. میزان نفوذ پذیری استاندارد خاک‌ها

شماره نمونه	نوع خاک	ضریب نفوذ پذیری K (Sm/sec)	نفوذ پذیری نسبی
۱	شن درشت دانه	1^{-1}	زیاد
۲	ماسه تمیز	$1^{-1} - 1^{-3}$	متوسط
۳	ماسه خالص	$1^{-3} - 1^{-5}$	کم
۴	سیلت	$1^{-3} - 1^{-7}$	خیلی کم
۵	رس	1^{-7}	نفوذ ناپذیر

منبع: اورمیه‌ای،۱۳۸۱: ۶

اشکال ۵ و۶. در برابر این فشارهای افزایش حجم فیزیکی آب در حالت یخ زدن و نیز تورم رس‌ها در زمان نفوذ آب از ترک‌ها، آسفالت به صورت تکه‌های چندگوش معمولا در ابعاد ۵ الی ۲۰ سانتیمتری همرا با درز و ترک حالت پف کرده پیدا می‌کند. منبع:نگارنده،۱۳۸۸

۱. تورم عبارت است از بالا آمدن قسمتی سطح روسازی آسفالت در اثر افزایش حجم خاک بستر روی سازی و یا مصالح آن(عامری و همکاران، ۱۳۷۲).

۳-۴.عدم هماهنگی لازم بین سازمان‌ها و مؤسسات شهر و مدیریت شهری

ناهماهنگی بین برنامه‌ریزان و مجریان پروژه‌های شهری نظیر، سازمان آب، مخابرات، مسکن و شهرسازی، اداره گاز، آب و فاضلاب و راه ترابری است که بدون آینده نگری و هماهنگی بعد از اجرای یک پروژه توسط یاک سازمان سازمان دیگری مجدداً اقدام به تخریب آسفالت و یا بخشی از شهر اردبیل را میکنند که کاملاً مغایر با اصول و موازین توسعه پایدار شهری[1] است.زیرا دوباره کاری منجر به هزینه نقدی، هزینه مهم زمان ، مشکلات تردد و آشفتگی سیمای شهر می‌شود. در شهر اردبیل یک خیابان سالم بدون کنده کاری و وصله آسفالت نمی‌توان یافت گهگاهی به حدی چاله‌ها عمیق می‌شود که برای تردد خودروها مسئله ایجاد می‌کند،تصاویر(۲،۴،۵ و ۶).

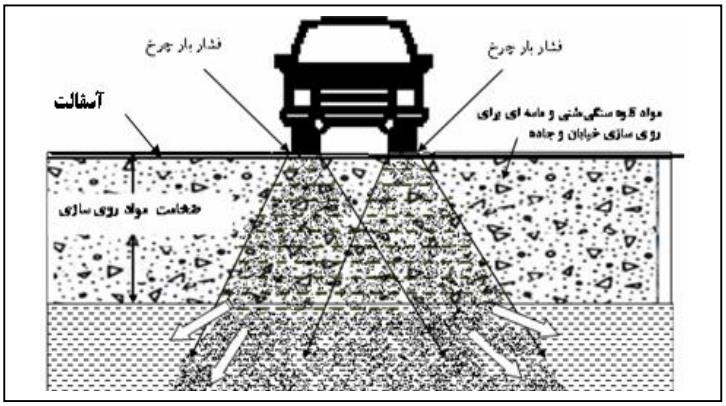
۳-۵.مشکلات فنی در ترکیب آسفالت و روسازی و زیر ساخت‌ها

ترکیب مقدار شن و ماسه، میزان شستشوی، اندازه و نوع آنها با میزان قیر نیاز به تجربه و تخصص خاصی دارد. که در صورت مراعات آنها، آسفالت مرغوب حاصل خواهد شد. شواهد زیادی در سطح خیابان‌های اردبیل وجود دارد که مؤید این مدعاست. دلیل این امر، گسیخته شدن و پیدایش زبری و جدا شدن شن ها، سنگریزه و ماسه و از بین رفتن همواری آسفالت، اغلب بعد از چند ماه یا یک سال در کوچه‌ها و خیابانهای اردبیل است، میزان مقاومت و چسندگی آسفالت کاملا بستگی به ترکیب مقدار شن و ماسه ،میزان شستشوی، اندازه، نوع آنها با میزان قیر، به فصل آسفالت ریزی، میزان ترکیب شن و ماسه، قیر و سیمان، به وضعیت سطح اساس روسازی، لایه زیر اساس و زیر ساخت طبیعی دارد. بسیاری از سطوح آسفالت جدیدی که از عمر آنها یک سال و دو سال نمی‌گذرد ولی ماده چسبنده مواد شنی و ماسه‌ای آنها از بین رفته (قیر) و عصاره آسفالت از هم پاشیده است. ترمیم و لکه گیری‌ها متوالی نیز موجب بد منظر و ناهمواری سطح خیابان اغلب خیابانهای اردبیل شده می‌شود. بهترین راه حل مسئله جهت استحکام آسفالت خیابانها و زیبایی منظر شهری توجه به زیر ساخت و ترکیب بهینه آسفالت است. استفاده از قلوه سنگ و شن و ماسه با در صد بسیار پایین رس در ضخامت بیش از نیم متر به همراه غلطک زدن و مسائل فنی دیگر موجب پایداری زیر ساخت آسفالت خیابانها می‌شود. از طرف دیگر کنترل جدی ترکیب مواد آولیه در تهیه آسفالت و رعایت فصل آسفالت‌ریزی (در فصول گرم سال) موجب استحکام و دوام آن خواهد شد.

1- Urban sustainable development

۳-۶.عدم دقت در روسازی و زیر ساخت خیابانهای اردبیل

روسازی بالاترین بخش راه است که شامل سه لایه،(لایه سطحی،لایه اساس ،لایه زیر اساس) می‌باشد و عالیترین و با کیفیت ترین مواد در آن بکار برده می‌شود. در مناطقی که بستر طبیعی شبکه ارتباطی از سنگ‌های مقاوم، و سالم و غیر تکتونیزه شده باشد روی سازی خیابان و جاده زیاد اهمیت پیدا نمی‌کند. لایه سطحی روسازی ترکیب آسفالت یا بتون آسفالتی و... می‌باشد و این لایه بایستی مستحکم و مقاوم در برابر تنش‌های تراکمی و نیز دارای چسبندگی کافی در تحمل سایش چرخ‌ها داشته باشد. لایه اساس در زیر لایه سطحی، قسمت اصلی ساختمان روسازی را تشکیل می‌دهد و شامل مواد سنگدانه‌های خوب دانه بندی شده، تمیز، درشت و شکسته شده و یک لایه نسبتاً ضخیم می‌باشد. لایه زیر اساس نیز با توجه به کیفیت خاک بستر راه (خیابان) انتخاب می‌شود. معمولا مواد این لایه حد واسط لایه اساس و بستر طبیعی راه می‌باشد. متأسفانه شهرداری اردبیل بدون مطالعه اصولی و شناخت وضعیت بستر راه و روسازی متناسب، اقدام به دادن کروکی، هموار نمودن و در نهایت به آسفالت ریزی برروی همین سطوح هموار شده مبادرت می‌ورزد. همه ساله میلیاردها ریال هزینه شهروندان بدین طریق حیف و میل می‌شود. در منطقه فاز یک کارشناسان تمام آسفالت خیابانهای حواشی مجتمع اداری،حواشی میدان فدک و شبکه‌های ارتباطی مجتمع های مسکونی نوساخت، پر از درز و ترک‌های و چاله های تجمع آب در فصول بارش شده است. آب از درز شکاف‌های حاصل از نشست آسفالت به داخل سازندهای آماس پذیر ریز دانه می‌رسد و موجب خیس شدن، تورم و بالا رفتن خاصیت پلاستیگی آنها می‌شود. لذا تحت فشار چرخ‌های وسایط نقلیه (به دلیل سست شدن زیر ساخت آسفالت) آسفالت شروع به نشست توام با ترک و شکاف می‌کند که در نهایت برخی از کانون شبکه‌ها تبدیل به چاله و تخریب لایه آسفالت می‌گردد اشکال(۲، ۴و ۶). در احداث جاده و خیابان‌های شهری، برداشت لایه رسی سطحی، تحکیم مواد زیر ساخت، توجه به ترکیب و ضخامت مواد روی سازی و غلطک زدن اصولی، برای آسفالت ریزی ضرورت دارد. فشار بار چرخ وسایط نقلیه به صورت متفاوت به روسازی و زیر ساخت جاده و خیابان انتقال می‌یابد. شکل(۷).



شکل۷. زیر ساخت تحکیم یافته و روی سازی با مواد مناسب جهت تحمل بار محوری درطراحی و اجرای خیابانها و جاده‌ها ضرورت دارد(تصویر شماتیک محور پراکنش بار محوری)
منبع: نگارنده، ۱۳۸۸

درجدول(۴) نیز میزان فشار محوری بار چرخ‌های وسیط نقیله برسطح خیابان‌ها و جاده‌ها توسط(اورمیه‌ای،۱۳۸۱: ۲۸۸) ارائه شده است. بعد از خاک‌برداری انجام تحکیم یافتگی زیر ساخت خیابانها و جاده‌ها، مواد روسازی نیز با ترکیب مناسب قلوه سنگ، شن و ماسه با درصد پایین رس بایستی به خوبی غلطک زده و آماده برای آسفالت ریزی شود. در مناطق شهری مانند نشستگاه شهر اردبیل که بستر طبیعی آن دارای خاک‌های حساس رسی و سیلتی با درصد پایین ماسه و شن است، بهترین روش افزایش ضخامت مواد روسازی(به ویژه مواد سنگدانه درشت لایه اساس) است. متأسفانه در شهر اردبیل مهمترین فاکتور مؤثر در تخریب آسفالت و مهیا شدن زمینه برای نفوذ آب و نیز تخریب بواسطه یخبندان و ذوب مجدد، عدم رعایت و توجه اصولی به مواد رو سازی است. گاهی بعد از ریختن قیر و نفت سیاه و غلطک زدن، آسفالت مستقیماً بر روی مواد طبیعی زیر ساخت رسی ریخته می‌شود و گاهی نیز ضخامت مواد رو سازی بسیار کم و ترکیب آن نامناسب می باشد[۱]. سازند های بستر یا مقر شهر اردبیل به صورت کلی از نهشته‌های آبرفتی شامل: رس، سیلت، گراول، ماسه و کنگلومرا تشکیل شده است. از طرفی وجود مواد پلاستیکی(نایلون،وسایل دیر تجزیه شونده در بین مواد آبرفتی نسبتاً درشت دانه در برخی نقاط شهر(باغمیشه، سعدی و..) نشانگر بسیار جوان بودن و عدم تحکیم یافتگی اولیه آنها است. شکل(۴).

Č. از تمام موارد فوق در بررسی‌ها و مشاهدات میدانی بصورت مستند عکسبرداری و فلیم برداری نمودیم.

از طرفی در فصل سرما آب‌های نفوذی حاصل ذوب برف در روز به سرعت اتفاق می‌افتد و این آب‌ها از محل درز شکاف‌ها وارد لایه زیرین آسفالت می‌شوند. لذا در برابر این فشارهای انقباضی و افزایش حجم فیزیکی آب در حالت جامد، آسفالت به صورت تکه‌های چندگوش در ابعاد چندین سانتیمتری(معمولا بین ۵ الی ۲۰سانتیمتری) همرا با درز و ترک حالت پف کرده پیدا می‌کند(اشکال۴و۶). سپس در طول روز با ذوب یخ‌های زیرین آسفالت تدریجاً سازندهای ریز دانه حالت پلاستیکی و خمیرائی به خود می‌گیرند. بنابر این در اثر فشار چرخ ماشین‌ها مواد گلی تحت فشار زیر آسفالت ها بالا می‌آیند و تکه‌های آسفالت شکسته و فرو نشست می‌نماید. گهگاهی فرو نشست آسفالت به صورت یکدست در ابعاد چندین متر مربع (از ۵ متر مربع تا ۲۰ الی ۳۰ متر مربع صورت می‌گیرد) که منجر به شکل‌گیری دست اندازهای واضح ولی بالانس دهنده ماشین‌ها می‌شوند،(عابدینی،۱۳۸۷: ۸۹-۸۷). معمولا در بزرگراه‌ها و اتوبان‌ها سرعت خودروها زیاد می‌باشد وجود این محل‌های فرونشست منجر به افت و خیز سریع اتومبیل‌ها و (گاهی عدم تعادل و حتی تصادف) و استهلاک آنها را بدنبال دارد.

جدول ۴. میزان فشار محوری بار چرخ‌های وسیط نقیله برسطح خیابانها و جاده ها (اورمیه

شماره	نوع وسیله نقلیه	حداکثر بار محور (*kips*)	حداکثر بار چرخ (*kips*)	فشار چرخ (*kips*)
۱	کامیون جاده ای،سبک	۱۸-۲۰	۹-۱۰	۶۰-۹۰
۲	تک محوره،چرخهای دوتائی	۳۲	۱۶	۶۰-۹۰
۳	کامیون جادهای،سنگین	۲۹	۱۵	۵۰-۹۰
۴	تک محوره ،چرخهای دوتائی	۱۱۸	۵۹	۵۰-۹۰
۵	باراندازسنگین(لودر)	۶۶	۳۳	۵۰-۹۰
۶	وسیله نقلیه غیر جاده ای سبک	۸۶	۴۳	۵۰-۹۰
۷	وسیله نقلیه غیر جاده ای سنگین	۳۰	۱۵	۵۰-۹۰
۸	زمین تراش(اسکرپر)نیمه سنگین	۵۷	۲۸	۵۰-۹۰
۹	زمین تراش(اسکرپر) سنگین	۹۴	۴۷	۵۰-۹۰

منبع: اورمیه‌ای،۱۳۸۱: ۲۸۸

۴.نتیجه‌گیری

زیر بنای نشستگاه(مقر) شهر اردبیل از سازندهای آبرفتی عمدتاً جوان کواترنر(دوران چهارم) شامل، رس، سیلت، ماسه، شن و کنگلومرا می‌باشد. یکی ازمهمترین مسائل شهری اردبیل تخریب سریع آسفالت خیابانها به دلیل اجرای نادرست طرح‌های احداث خیابان از لحاظ آسفالت ریزی، رو سازی و زیرساخت است. سطحی‌ترین لایه در اغلب نقاط شهر اردبیل که آسفالت کوچه‌ها و خیابانها بر روی آن ریخته می‌شود،لایه عمدتاً رسی و سیلتی است. با توجه به نتایج بعمل آمده توسط نگارنده از نمونه‌های آزمایشی

خاک‌های (۱،۲،۳،۵) خیابانهای اردبیل (در جدول ۲) نشانه خمیری بین۵/ ۳۵ تا ۴۱/۴ می‌باشد که معرف پتانسیل بالای تورم خاک‌ها و دارای اثرات زیانبار تخریبی برای آسفالت شهر است. سازندهای رسی و سیلتی به هنگام آبگیری وخشک شدن تنش‌های فیزیکی از لحاظ حجم نشان می‌دهند و بعلاوه زمان خیس شدن حالت الاستیکی و خمیرائی بالائی دارند. شهر اردبیل در منطقه سردسیر کوهستانی آذربایجان واقع شده و تقریباً ۵ الی شش ماه فرآیند یخبندان و ذوب یخ رخ می‌دهد. تعداد روزهای یخبندان شهر ۱۲۶ روز می‌باشد. معمولا در طول شب تحت یخبندان شدید آب‌های نفوذی از درز و ترک‌های و کناره‌های آسفالت، افزایش حجم پیدا می‌کنند. طوری که حدود۰/۹ افزایش حجم در زیر آسفالت منجر به وارد کردن فشار تنشی ۱۵ الی ۱۶ کیلوگرم بر هر سانتی‌متر مربع می‌شود. در نتیجه آسفالت خیابان به صورت چند گوش در ابعاد چند سانتی‌متری شکسته می‌شود. ریختن مستقیم آسفالت بعد از غلطک زنی و یا گاهی با زیرسازی کم ضخامت موجب کاهش عمر مفید آسفالت کوچه و خیابانهای اردبیل می‌شود. عدم هماهنگی سازمان‌های مربوط به مسائل عمران و آبادی شهر نیز یک معضل بزرگ در تخریب سریع آسفالت کوچه ها و خیابانهای این شهر است. وجود مناطق زیادی با نوسان آبهای سطح ارضی تا سطح سه متری در فصول بارش منجر به بالا آمدن موئینگی آب را بدنبال دارد. در نتیجه در فصول بارش(بویژه از اوایل تا اوسط بهار) منجر به متورم شدن رس‌ها، منجر به پیدایش ترک‌های چند گوش در آسفالت و بالارفتن حد خمیرائی و خاصیت الاستیکی آنها می‌شود(نتایج آزمایشات خاک‌ها در جدول ۲). در زمستان نیز بالا آمدگی موئینگی آب، منجر به انجماد و تنش‌های فیزیکی و تخریب آسفالت را بدنبال دارد.

با توجه به نتایج کارهای میدانی و آزمایشگاهی جهت بهینه شدن وضعیت آسفالت خیابانهای اردبیل پیشنهادهایی به صورت زیر ارائه شد:

- برداشت زیاد خاک‌های ریز دانه حساس و توجه کافی به ضخامت، ترکیب مواد شنی قلوه سنگی و ماسه ای و نیز تحکیم نمودن آنها توسط غلطک زنی.
- زهکشی مناطق حساس با نوسان آب‌های سطح ارضی نیز بسیار ضرورت دارد.
- استفاده از متخصصین خاک شناسی، ژئومورفولوژی در کنار مهندسین راه و ترابری
- نمونه برداری از خاک‌های لایه‌های سطحی تا چند متری مسیر احداث خیابان‌ها و جاده‌ها و آزمایش نمونه‌ها از لحاظ بافت(درصد رس،ماسه و شن و..)، حد روانی،خمیرائی میزان، تحکیم یافتگی و...، توسط کارشناسان خبره و متخصصین بسیار ضرورت دارد.
- دقت به ترکیب آسفالت مقدار شن و ماسه، اندازه و نوع آنها میزان قیر و فصل آسفالت ریزی، به تجربه و تخصص خاصی نیاز دارد.

۵.منابع

۱. اورمیه‌ای ،ع(۱۳۸۱)، **خاک‌ها در طرح‌های اجرائی**،ترجمه،دانشگاه تربیت مدرس.

۲. برزگر،ع(۱۳۸۷)، **مبانی فیزیک خاک**، انتشارات دانشگاه شهید چمران.

۳. سایت سازمان هواشناسی استان اردبیل(**داده های اقلیمی بلند مدت منطقه**).

۴. طاحونی،ش(۱۹۹۴)، **اصول مهندسی ژئوتکنیک**،جلد اول مکانیک خاک.ترجمه.انتشارات شفق.

۵. دولتی‌مهر،ع(۱۳۸۷)، **بررسی تأثیر پدیده‌های اقلیمی بر تصادفات جاده‌ای** (مطالعه موردی جاده اردبیل- مشگین شهر). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل.

۶. روشن‌ضمیر،م ع و سید حامد،ش(۱۳۸۶)، **مهندسی پی**، چاپ سوم، موسسه علمی دانش پژوهان برین.

۷. رحیمی،ح(۱۳۵۹)، مکانیک خاک.تألیف.انتشارات دانش و فن سابق.

۸. قاضی فرد ،الف و امامی ،س،ن(۱۳۸۰)، **مبانی زمین شناسی مهندسی**،انتشارات جهاددانشگاهی‌واحد اصفهان.

۹. فاخر،ع و عسگری، ف(۱۳۷۲)، **تورم و واگرائی خاک‌ها از دیدگاه مهندسی ژئوتکنیک**، انتشارات جهاد دانشگاهی.

۱۰. عامری و همکاران(۱۳۷۲)، **علل خرابی روسازی راه درشیب‌های تند**،دفترمطالعات‌وتحقیقات وزارت‌راه وترابری.

۱۱. عابدینی، م(۱۳۸۷)، **بررسی نقش مخاطرات هیدروژئومورفولوژی و ویژگی سازند های سطحی در تعیین کاربری اراضی شهری و پایداری و ناپایداری بستر**، مقالات چاپ شده در چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران دانشگاه تهران. دانشگاه تهران.

۱۲. عابدینی،م(۱۳۸۸)، **مطالعه موردی مخاطرات هیدروژئومورفولوژی و مورفودینامیک فعال در ناپایداری فونداسیون ساخت و سازها درکلان شهر تبریز**، مجموعه مقالات هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران دانشگاه شیراز. دانشکده مهندسی عمران.

۱۳.عابدینی، م(۱۳۸۸)، **مطالعه موردی مخاطرات هیدروژئومورفولوژی و مورفودینامیک فعال در ناپایداری فونداسیون ساخت و سازها درکلانشهر تبریز**، طرح اتمام شده در دانشگاه محقق اردبیلی.

۱۴. متدین ا، س و همکاران(۱۳۷۷)،**کلید مهندسی سازه ها**، انتشارت سازه.

۱۵. محمودی،ف(۱۳۷۰)، **ژئومورفولوژی اقلیمی**، تالیف،انتشارات دانشگاه تهران.

۱۶. معماریان،ح (۱۳۸۶)، **زمین شناسی برای مهندسین**، انتشارات دانشگاه تهران،چاپ نهم.

۱۷. **نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰** محدوده شهر اردبیل در مقیاسهای متفاوت.

۱۸. هژبر پور،ق و علیجانی،ب(۱۳۸۷)، **تحلیل همدید یخبندانهای استان اردبیل**، مجله علمی - پژوهشی جغرافیا و توسعه.شماره۱۰

19. .Brown, R, W,(2000) Practical foundation engineering handbook-second edition published by McGraw-Hill.

20. Francesco, S, et al ,(2009), Curvature analysis as a tool for subsidence-related risk zones identification in the city of Tuzla (BiH), Geomorphology Vol 107 , PP (316–325).