

# تأثیر نمک پاشی زمستانی بر مقاومت لغزشی سطح جاده‌ها

محمد رضا سلیمانی کرمانی، عضو هیأت علمی، پژوهشکده حمل و نقل، تهران، ایران

مرحوم گیل شوبرت

E-mail: soleimani@raهران.ir

## چکیده

پاشیدن نمک (NaCl) و یا بخش مواد شیمیایی (ضد یخ) ، در نقاط پر برف، فعالیت معمولی است که بر روی جاده‌ها در فصل زمستان در سر تا سر همان صورت می‌گیرد. این مقاله اثرات نمک پاشی در فصل زمستان را بر مقاومت لغزشی سطح جاده‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد. دمای برف و یخ موجود بر سطح جاده، مقدار و نسبت مورد نیاز نمک را مشخص می‌کند. هرچه یخ برف بیشتر باشد مقدار نمک مورد نیاز به طرز قابل توجهی افزایش می‌یابد. در این مقاله، اثر نمک بر مقاومت لغزشی سطح جاده‌ها مورد بررسی قرار گرفته و ثابت شد که حضور محلول نمک بر سطح جاده، مقاومت لغزشی سطح را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد، و همچنین می‌توان نتیجه گرفت که زمکشی مناسب جاده برای خارج کردن محلول نمک از سطح و برقراری مقاومت لغزشی مناسب در این راستا بسیار موثر است تا از سر خوردن وسایل نقلیه که نهایتاً منجر به تصادفات می‌شود جلوگیری شود. از آنجا که حضور محلول نمک بر سطح جاده خطرناک بوده و باعث کاهش مقاومت لغزشی می‌شود، بنابراین، بهتر است از مقدار مورد نیاز این ماده اطمینان حاصل شود تا نیاز به نمک پاشی مجدد نباشد.

واژه‌های کلیدی: مقاومت لغزشی، ضد یخ، محلول نمک، جاده‌ها

## ۱. مقدمه

به دلیل ارزان بودن نمک<sup>۱</sup> در مقایسه با بسیاری از فرآورده‌های دیگر، استفاده از این ماده در پاکسازی معابر پوشیده از برف در فصل زمستان روز به روز افزایش می‌یابد. خاصیت استفاده از نمک در این است که نمک نقطه انجماد آب را پایین می‌آورد. به طور مثال غلظت ۲۳/۳٪، محلول آب و نمک باعث می‌شود تا آب در دماهای ۶۰- و غلظت ۲۹/۸٪، محلول کلرات کلسیم در ۶۵- درجه فارنهایت یخ ببندد. این ماهیت باعث می‌شود نمک و کلرات کلسیم هر دو، در زمستان مورد استفاده قرار گیرند. دمای سطح جاده پوشیده از برف و یخ تعیین کننده مقدار نمک و یا ضد یخ مورد استفاده است [۱].

جاده‌های یخ‌زده و یا پوشیده از برف بسیار لغزنده و خطرناک هستند. برای تسریع در برطرف کردن برف و یخ، مدت زمان و مقدار مورد استفاده از مواد ذوب کننده، بسیار مؤثر است. استفاده به موقع از مواد ضد یخ بسیار تعیین کننده است. شایان ذکر است

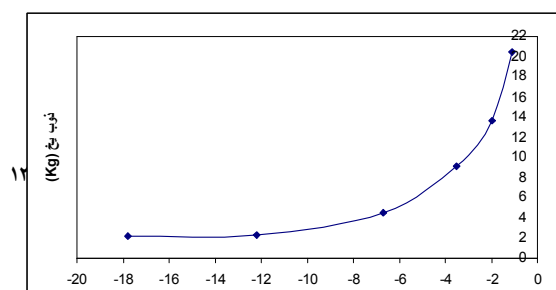
هنگامی که برف بر روی سطح از انسجام کافی برخوردار نیست، پاشیدن نمک مقدار کمی از آنرا ذوب کرده و بقیه به صورت برفاب بر سطح جاده باقی می‌ماند که در این صورت حتی جریان ترافیک هم قادر به از بین بردن برفایی که ۱۵ الی ۳۰٪ آن آب دارد نیست. در نتیجه بهتر است نخست، مقدار مناسب از این مواد استفاده شود تا این مشکل به وجود نیاید و همچنین اثرات

نمک بر سطح به حداقل برسد.

## ۲. استفاده از نمک در ذوب کردن برف و یخ

هر چه دمای هوا کمتر باشد و مقدار نمک مورد استفاده بیشتر شود، مدت حضور اثرات نمک بر سطح جاده طولانی‌تر خواهد بود و در نتیجه افت مقاومت لغزشی ادامه خواهد داشت. نمودار (۱) نشان می‌دهد که نمک می‌تواند تا مقدار پنج برابر در دمای ۳۰ درجه مؤثرتر از دمای ۲۰ درجه فارنهایت عملکرد بهتر داشته باشد. همچنین در نمودار (۱) مشاهده می‌شود، آب شدن یخ با وزن و ضخامت یخ نیز رابطه مستقیم دارد. بنابراین می‌توان بر اساس ضخامت و یا وزن سطح یخ زده مقدار نمک مورد نیاز را مشخص کرد. در درجه حرارت‌های بالا مقدار بیشتری از برف و یخ ذوب می‌شود.

نمودار ۲ رابطه بین زمان فعل و انفعال این مواد و ضخامت یخ و برف را نشان می‌دهد. یعنی هر قدر ضخامت یخ و برف بیشتر باشد عمل ذوب شدن به زمان بیشتری نیازمند است. هر دو، نمک و کلرات کلسیم در مدت زمان مناسب عمل ذوب کردن را به خوبی انجام می‌دهند. نمودار شماره ۲ همچنین نشان می‌دهد که نمک به مدت زمان طولانی‌تری نسبت به مواد دیگر نیازمند است تا عمل ذوب کردن کامل را انجام دهد.



پارامترهای صیقل دهنده و بار ترافیکی بستگی دارد و در سرعت‌های پایین ۳۰ مایل (۴۸/۲۸ کیلومتر) جهت پاسخ به نیاز مقاومت لغزشی سطح مؤثر است [۳].

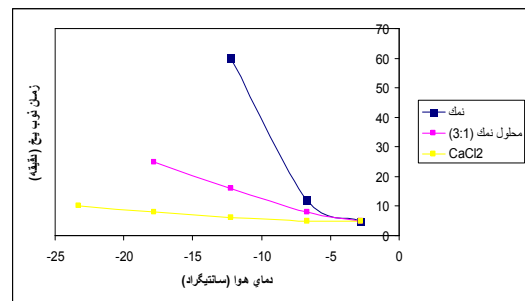
ب- بافت درشت: در مقیاس بزرگ‌تر، بافت درشت به اندازه سنگدانه و فاصله بین آنها اطلاق می‌شود که به وسیله روش پخش ماسه<sup>۴</sup>: قابل اندازه‌گیری است و در مستهلک کردن مقدار انرژی جنبشی که از عملکرد تایر با سطح جاده به وجود می‌آید نیز مؤثر است. برای رسیدن به تماس خشک بافت درشت مناسب عمل زهکشی سطح را نیز انجام می‌دهد و در سرعت‌های بالای ۳۰ مایل (۴۸،۲۸ کیلومتر) مؤثر است. بافت درشت یک سطح انعطاف‌پذیر، از دوام و پایداری توده‌های روباز آن تأثیر گرفته است. این خاصیت توسط عدد فرسایش توده<sup>۵</sup> (AAV) تعریف و اندازه‌گیری می‌شود [۳] (BS812 Part 113:1990).

به طور کلی بافت ریز توسط سنگ روسازی جاده کنترل می‌شود، در حالی که بافت درشت به نسبت سنگدانه و مواد چسبنده (قیر) به مقدار زیاد وابسته است [۲]. بافت درشت با استفاده از تکنیک‌های ویژه‌ای که نسبت مستقیم به نوع مواد استفاده شده، تعمیرات، نگهداری و مقاومت مواد در برابر تغییر شکل و فرسایش دارد فراهم می‌شود. در سطح خیس یک جاده، برای فراهم کردن مقاومت لغزشی مناسب سرعت‌های بالا، به بافت ریز و بافت درشت مناسب نیاز فراوان وجود دارد.

#### ۴. چپینگ<sup>۶</sup>

از آنجاکه زهکشی مناسب برای خروج محلول نمک از سطح جاده بسیار حائز اهمیت است، بنابراین، اندازه درشت دانه‌ها و فاصله بین آنها در تخلیه سریع آب و محلول نمک از سطح جاده بسیار تعیین کننده است، اگرچه توصیه BS594 [۴] در مورد جاده‌هایی که رانندگی در آنها با سرعت زیاد انجام می‌شود مقدار ایده‌آل استفاده از چپینگ، پوشش صد در صد سطح آسفالت است، اما این کار در عمل قابل انجام نیست و حتی باید فاصله بین سنگدانه‌ها از هم به اندازه ای باشد که عمل تخلیه آب به سرعت انجام پذیرد. در نتیجه مقدار ۷۰٪ سطح پوشش قابل قبول است. برای جاده‌های دیگر با اندازه چپینگ ۲۰ میلی‌متر، 11/5kg/m<sup>2</sup> پیشنهاد شده است. این مقدار ۶۰٪ از سطح جاده‌ها را پوشش می‌دهد. بررسی به عمل آمده توسط TRL در جاده‌ها در شهر لندن پوشش چپینگ را بین ۵۵ تا ۶۰٪ تخمین می‌زند.

نمودار ۱. نشانگر نیاز استفاده از مقدار زیادتر نمک در درجه حرارت‌های پایین تر است [۱]



نمودار ۲. زمان مورد نیاز عملکرد سایر ضدیخها برای ذوب یخ به ضخامت توسط ۱/۸ اینچ (۴/۵۷ سانتیمتر) [۱]

#### ۳. تأثیرات بافت سطحی بر لغزندگی (تخلیه آب سطوح)

همان‌طور که مشاهده شد عمل تخلیه آب از سطح جاده و در نتیجه از بین رفتن اثرات نمک در برقراری مجدد مقاومت لغزشی بسیار تعیین کننده است. نه تنها تعبیه مناسب سیستم زهکشی در جاده‌ها در عمل تخلیه آب مؤثر است، بلکه دو عامل دیگر یعنی بافت ریز و درشت نیز حائز اهمیت بسیار است و جا دارد اندکی به مکانیزم آنها پرداخته شود. به طور کلی بر قرار شدن مقاومت لغزشی سطح جاده‌ها به خصوصیت‌های دو عامل مهم زیر بستگی دارد [۲]:

الف- بافت ریز: بافت ریز در مقیاس کوچک به زبری توده ذرات روباز سطح جاده اطلاق می‌شود. برای رسیدن به تماس خشک با سطح جاده، نفوذ لایه نازک آب توسط تابر ضروری است. میزان دوام زبری بافت به قابلیت صیقل‌پذیری مواد و

مقدار کاهش	مقاومت لغزشی به دست آمده از نتیجه خیس کردن سطح با محلول نمک ۲۳٪	مقاومت لغزشی به دست آمده از نتیجه خیس کردن سطح با آب معمولی	سنگ کنترل
-۸	۶۵	۷۳	۱
-۱۱	۶۰	۷۱	۲
-۱۰	۶۲	۷۲	۳
-۱۰	۵۹	۶۹	۴
-۱۰	۶۰	۷۰	۵
-۱۰	۶۲	۷۲	۶
-۱۱	۵۹	۷۰	۷
-۷	۶۳	۷۰	۸
-۱۱	۵۸	۶۹	۹
-۱۰	۶۱	۷۱	۱۰
-۱۳	۵۹	۷۲	۱۱
-۱۱	۵۸	۶۹	۱۲
-۸	۶۴	۷۲	۱۳
-۱۰	۶۳	۷۳	۱۴

جدول ۲. اثر محلول نمک ۲۳٪ ارزش صیقل پذیری نمونه ساخته شده با سنگ کنترل

مقدار کاهش	عدد آونگی پس از اخذ (PSV) خیس کردن سطح با محلول نمک ۲۳٪	ارزش صیقل پذیری (PSV) سنگ کنترل	سنگ کنترل
-۱۱	۴۱	۵۲	۱
-۱۱	۴۲	۵۱	۲
-۱۱	۴۰	۵۱	۳
-۱۰	۴۱	۵۱	۴
-۹	۴۱	۵۰	۵
-۱۱	۴۰	۵۱	۶
-۱۱	۴۲	۵۱	۷
-۱۰	۴۱	۵۱	۸

مقدار کم پوشش دلیل بر پایین بودن مقدار مشخصه پخش دارد، اما پایین بودن مساحت سطح پوشش به دلیل شرایط سخت عملیات در محدوده شهری است [۲].

### ۵. روش تحقیق

اثر محلول نمک ۳۲٪ بر مقاومت لغزشی سطح نمونه‌های ساخته شده از سنگ کنترل در شرایط سطح خیس با محلول نمک. در حالت اول سطح نمونه‌ها با آب معمولی خیس شد و عدد آونگی آنها به دست آمد. در حالت دوم سطح نمونه‌ها با محلول نمک ۳۲٪ خیس گشته و اعداد آونگی هر یک اخذ شد. سپس با استفاده از ماشین شتاب صیقل<sup>۷</sup> محاسبه شد. فرآیند تحقیق به شرح زیر است:

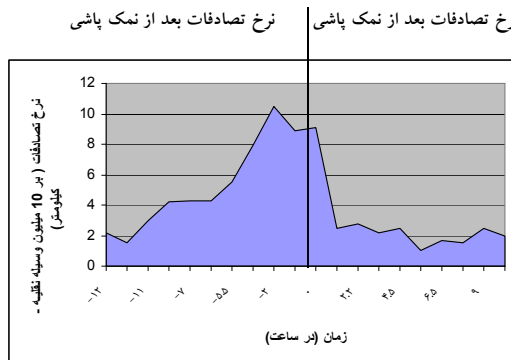
- تهیه مقدار مناسب سنگ کنترل
- ساخت تعداد ۱۴ نمونه از سنگ کنترل طبق استاندارد BS812Part:114 (1989) در شرایط یکسان (جهت تکرار پذیر بودن خروجی‌ها)
- اندازه‌گیری مقاومت لغزشی (اعداد آونگی) نمونه‌ها به وسیله آونگ انگلیسی (جدول ۱ ستون دوم).
- خیس کردن سطح نمونه‌ها با محلول نمک ۳۲٪ و اخذ مقادیر آونگی آنها توسط آونگ انگلیسی (جدول ۱ ستون سوم).
- شستشوی سطح نمونه‌های حاوی محلول نمک با آب معمولی جهت بر طرف شدن اثر نمک بر روی آنها
- به دست آوردن ارزش صیقل پذیری (PSV) سنگدانه‌ها طبق استاندارد BS812Part:114 (1989) (جدول ۲ ستون دوم).
- خیس کردن سطح نمونه‌های صیقل یافته با محلول نمک ۳۲٪ و اخذ مقادیر آونگی آنها توسط آونگ انگلیسی (جدول ۲ ستون سوم).
- تجزیه و تحلیل اعداد آونگی (سطح خیس کردن با آب معمولی و محلول نمک) و همچنین اخذ ضرایب صیقل پذیری (PSV) همان‌طور که مشاهده شد برای ساخت نمونه‌ها از سنگ کنترل استفاده می‌شود و دلیل این انتخاب این است که در BS812Part:114 (1989) [۳] این مسئله به خوبی بیان شده است و دارای پارامترهای شناخته شده‌ای است.

جدول ۱. اثر محلول نمک ۲۳٪ بر مقاومت لغزشی نمونه ساخته شده با سنگ کنترل

نمک در ذوب کردن سریع برف و یخ موجود در سطح جاده‌ها بسیار مؤثر و چاره ساز است. نمودار (۳) سیر نزولی و قابل ملاحظه تصادفات بعد از برطرف کردن برف توسط نمک از سطح جاده‌ها را نشان می‌دهد.

همان طور که در جدول‌های آماری ارائه شده مشاهده می‌شود، جامعه آماری جدول شماره ۲ که آزمایش بر روی ارزش صیقل‌پذیری بوده است، از متغیرها و انحراف معیار منسجم‌تری نسبت به آزمایش‌های اولیه (جدول شماره ۱) برخوردار است و این به دلیل یکسان نبودن عملیات خرد کردن سنگدانه‌ها بعد از استخراج آنها از معادن است. لازم به ذکر این نکته است که بهترین شکل سنگدانه جهت کاربرد بر سطح رویه و همچنین نظر مقاومت لغزشی، مکعب شکل است، حال آنکه می‌دانیم سنگ‌های روساختگاه‌ها هیچ شباهتی به شکل مکعب ندارند و به واسطه عدم تشابه شکلی نمونه‌ها است که این اختلافات آماری حاصل می‌شوند.

به دلیل این که بعد از به دست آوردن (PSV) علت این که نتایج، نزدیک به هم مشاهده شد، این است که ماشین شتاب صیقل همه نمونه‌ها را به طور یکسان صیقل می‌دهد و در نتیجه در تجزیه و تحلیل‌های آماری با مقایسه متغیرها و انحراف معیار آنها این مهم مشاهده می‌شود.



نمودار ۳. تأثیر نمک‌پاشی در زمان مناسب در کاهش تعداد

تصادفات جاده‌ای [۱].

۹	۵۰	۴۰	-۱۰
۱۰	۵۱	۴۲	-۹
۱۱	۵۱	۴۱	-۱۰
۱۲	۵۰	۴۰	-۱۰
۱۳	۵۲	۴۰	-۱۲
۱۴	۵۱	۴۱	-۱۰

## ۶. تجزیه و تحلیل

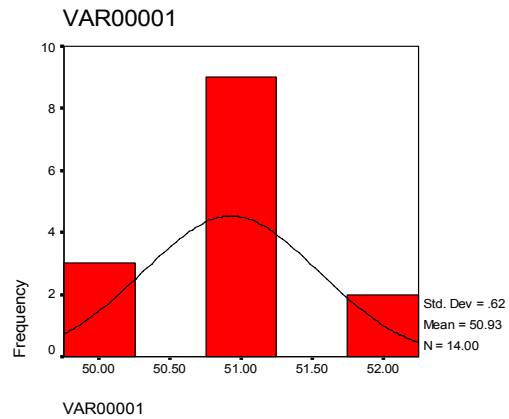
آزمایش‌های انجام شده توسط نویسنده در آزمایشگاه حمل و نقل دانشکده کویین مری دانشگاه لندن، بر روی سطوح خیس شده به وسیله آب معمولی و محلول نمک انجام شد و استفاده از نمک محلول بر روی نمونه‌های ساخته شده و اندازه‌گیری مقاومت لغزشی آنها به خوبی نشان داد که نمک محلول در آب/باران، سطح را لغزنده‌تر از زمانی می‌کند که سطح فقط با آب معمولی/باران خیس شده باشد (جدول ۲ و ۱). در نتیجه، جاده‌ها باید دارای سیستم زهکشی بسیار کارآمدی باشند تا یخ و برف ذوب شده را به سرعت از سطح جاده خارج کنند. تجزیه و تحلیل بر روی خروجی‌ها نشان می‌دهد (جدول ۳ نمودار ۴، جدول ۴ نمودار ۵، جدول ۵ نمودار ۶ و جدول ۶ نمودار ۷) که مقاومت لغزشی به دست آمده بر اثر خیس کردن سطح با محلول نمک ۲۳٪ نسبت به مقاومت لغزشی به دست آمده از نتیجه خیس کردن سطح با آب معمولی، کاهش به اندازه ۱۰ واحد را نشان می‌دهد که این نتیجه نشانگر تأثیر منفی محلول نمک بر مقاومت لغزشی و ارزش صیقل‌پذیری سطح جاده‌ها است.

اگر چه استفاده از نمک طبق آزمایش‌های انجام شده در این مقاله در نهایت، موجب افت مقاومت لغزشی و ارزش صیقل‌پذیری سطح (PSV) به اندازه میانگین ۱۰ واحد می‌شود (جدول ۲ و ۱) ولی باید متذکر شد که در فصل زمستان که بسیاری از جاده‌ها نیاز به پاکسازی مداوم سطوح برفی و یخ زده دارند استفاده از

جدول ۳. آنالیز آماری بر روی خروجی‌های ماشین شتاب صیقل

جهت برآورد ارزش صیقل‌پذیری (PSV)

آنالیز آماری	
تعداد مشاهدات	۱۴
میانگین	۵۰/۹۲۸۵۵۷۱۴۳
میانه	۵۱
مد	۵۱
انحراف معیار	۰/۶۱۵۷۲۷۹۲۶
تغییرات	۰/۳۷۹۱۲۰۷۸۹
دامنه	۲
کمینه	۵۰
بیشینه	۵۲

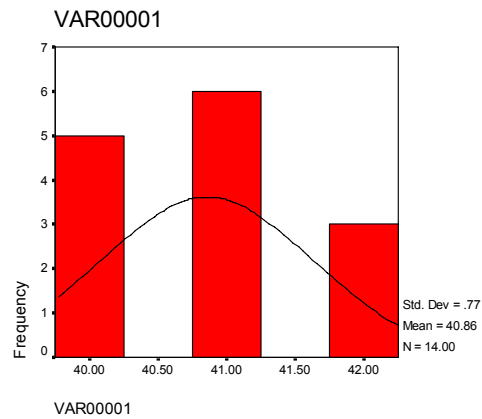


نمودار ۴. نرمال خروجی‌های ماشین شتاب صیقل جهت برآورد ارزش صیقل‌پذیری (PSV)

جدول ۴. آنالیز آماری بر روی خروجی‌های ماشین شتاب صیقل جهت برآورد عدد آونگی با استفاده از محلول نمک بعد از برآورد ارزش

صیقل‌پذیری (PSV)

آنالیز آماری	
تعداد مشاهدات	۱۴
میانگین	۴۰/۸۵۷۱۴۲۸۶
میانه	۴۱
مد	۴۱
انحراف معیار	۰/۷۷۰۳۲۸۸۸۷
تغییرات	۰/۵۹۳۴۰۶۵۹۳
دامنه	۲
کمینه	۴۰

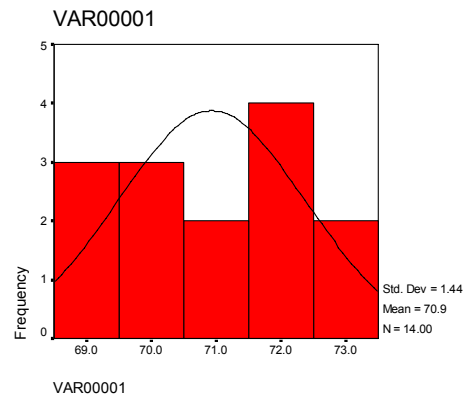


نمودار ۵. نرمال خروجی‌های ماشین شتاب صیقل جهت برآورد عدد آونگی با استفاده از محلول نمک بعد از برآورد ارزش صیقل‌پذیری (PSV)

جدول ۵. آنالیز آماری بر روی اعداد آونگی به دست آمده با استفاده

از محلول نمک

آنالیز آماری	
تعداد مشاهدات	۱۴
میانگین	۰/۹۲۸۵۷۱۴۳
انحراف معیار خطاها	۰/۳۸۴۶۵۴۶۲۹
میانه	۷۱
مد	۷۲
انحراف معیار	۰/۴۳۹۲۴۵۸۳۴
تغییرات	۰/۰۷۱۴۲۸۵۷۱
دامنه	۴
کمینه	۶۹
بیشینه	۷۳
جمع	۹۹۳

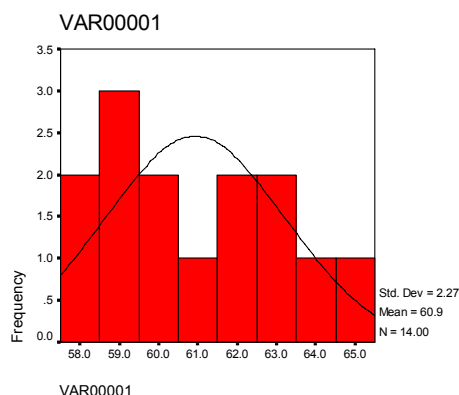


نمودار ۶. نرمال اعداد آونگی به دست آمده با استفاده از محلول نمک را نشان می‌دهد

جدول ۶. آنالیز آماری بر روی اعداد آونگی به دست آمده با استفاده

از محلول نمک

آنالیز آماری	
تعداد مشاهدات	۱۴
میانگین	۶۰/۹۲۸۵۷۱۴۳
انحراف معیار خطاها	۰/۶۰۶۴۱۲۵۰۷
میانه	۶۰/۵
مد	۵۹
انحراف معیار	۲/۲۶۸۹۹۷۹۳۹
تغییرات	۵/۱۴۸۳۵۱۶۴۸
دامنه	۷
کمینه	۵۷
بیشینه	۶۵
جمع	۸۵۳



نمودار ۷. نرمال اعداد آونگی به دست آمده با استفاده از محلول

نمک را نشان می دهد

جدول ۷. حداقل نیاز مقاومت لغزشی سطح خیس و برف زدایی شده توسط نمک

گروه	محل اجرا	حداقل مقاومت لغزشی سطح خیس	حداقل مقاومت لغزشی نقاط نمک پاشی شده
<u>A</u>	مکان های مشکل زا مانند: میادین، پیچ های با شعاع کمتر از ۱۵۰ متر جاده های بدون در نظر گرفتن سرعت مجاز  شیب های: ۱:۲۰ و یا کمتر طول بیشتر از ۱۰۰ متر  نزدیک به چراغ راهنما برای جاده های بدون در نظر گرفتن سرعت مجاز	<u>۶۵</u>	<u>۷۵</u>
<u>B</u>	در بزرگراهها، جاده های اصلی، جاده های درجه ۱ و جاده ها با ترافیک سنگین شهری (تردد بیشتر از ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در روز)	<u>۵۵</u>	<u>۶۵</u>
<u>C</u>	برای بقیه مکانها	<u>۴۵</u>	<u>۵۵</u>

## ۷. نتیجه‌گیری و توصیه

- آزمایش‌های انجام شده نشان دادند که محلول نمک، مقاومت لغزشی سطح جاده را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد.

- استفاده از نمک در جهت بر طرف کردن برف و یخ موجب افت مقاومت لغزشی و همچنین ضریب صیقل‌پذیری سطح به اندازه میانگین ۱۰ واحد (عدد آونگی) می‌انجامد (جدول ۲ و ۱).

- مشخص شد که مقاومت لغزشی به دست آمده از نتیجه‌خیس کردن سطح با محلول نمک ۲۳٪ نسبت به مقاومت لغزشی به دست آمده از نتیجه‌خیس کردن سطح با آب معمولی کاهش (به طور میانگین ۱۰ واحد) را از خود نشان می‌دهد که تأثیر منفی محلول نمک بر مقاومت لغزشی سطح جاده‌هاست (جدول ۱).

- مشخص شد که ارزش صیقل‌پذیری (PSV) سنگدانه‌های به دست آمده از نتیجه‌خیس کردن سطح با محلول نمک ۲۳٪ نسبت به مقاومت لغزشی به دست آمده از نتیجه‌خیس کردن سطح با آب معمولی کاهش (به طور میانگین ۱۰ واحد) را از خود نشان می‌دهد که تأثیر منفی محلول نمک بر مقاومت لغزشی سطح جاده‌ها می‌باشد (جدول ۱).

- با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش توصیه می‌گردد که جدول ارائه شده توسط دپارتمان حمل و نقل انگلستان (DOT) در خصوص حداقل ضریب صیقل‌پذیری مورد نیاز مکان‌های مختلف، که در جدول ۷ ستون سوم مشاهده می‌شود تغییر یابد. این تغییرات در همان جدول و در ستون چهارم لحاظ شدند.

نتیجه‌گیری می‌شود که جاده‌های برفگیر باید دارای سیستم زهکشی بسیار کارآمدی باید باشند تا یخ و برف ذوب شده را به سرعت از سطح جاده خارج کنند.

- سطح جاده‌های برفگیر باید دارای بافت درشت مناسب جهت تخلیه سریع آب باشند.

- استفاده از نمک در فصل زمستان و در زمان مناسب برای پاکسازی برف و یخ به منظور جلوگیری از تصادفات بسیار مؤثر و تعیین کننده بوده و جاده‌ها باید از زهکشی مناسب جهت به سرعت تخلیه کردن آب مجهز باشند.

## ۸. منابع

1. Using sand for winter maintenance, Road Management Journal, Wisconsin Transportation Bulletin, March 1996.
2. Soleymani Kermani, Mohammad Reza (1995) "Mechanical re-texturing of road surface aggregates", PhD Thesis in the Department of Civil Engineering, Queen Mary and Westfield College, University of London .
3. British Standards Institute (1990) "Method for determination of polished stone value (PSV), BS 812: Part 114, London.
4. British Standards Institute (2006) "Surface texture measurement on local roads", PPR148, London.

## پانویس‌ها

- 1- NaCl
- 2- Micro-texture
- 3- Macro-texture
- 4- Sand Patch Method
- 5- Aggregate Abrasion Value
- 6- Chippings
- 7- Accelerated Polishing Machine