ارتقاء ارزش صیقل پذیری (PSV) سنگدانه‌ها*

محمدرضا سلیمانی کرمانی، عضو هیئت علمی، پژوهشکدهٔ حمل و نقل، تهران، ایران
E-mail: rezakermani@hotmail.com

چکیده

کاربرد و جایگاه سنگهای مورد استفاده در روسازی جاده‌ها توسط ارزش صیقل پذیری سنگدانه[1] مشخص می شود. با توجه به رشد روزافزون کاربرد سنگهای مناسب در نقاط دنیا که به افزایش قیمت هر متر مکعب این مصالح می انجامد، این باور وجود دارد که اگر در فرآیند تولید سنگدانه‌ها تغییراتی ایجاد شود و یا برای شکستن سنگدانه‌ها از روشهای دیگر استفاده شود که به سطح زبرتر سنگدانه منتهی شود، نهایتاً ارزش صیقل پذیری سنگدانه‌ها ارتقاء یافته و استفادهٔ بهینه مصالح حاصل می‌شود. در این مقاله، دو روش مختلف در شرایط آزمایشگاهی بکار گرفته شده‌اند. در مرحلهٔ اول 29 نوع سنگدانه از 35 معدن مختلف استخراج شده و این سنگدانه ها از نظر زمین شناسی گروه بندی شدند. تعداد چهار سری نمونه و به تعداد 300 قطعه طبق استاندارد BS 812 Part:114 ساخته شدند. این نمونه‌ها توسط ماشین شتاب صیقل2 و طبق دستورالعمل آزمایش شدند و ارزش صیقل پذیری (PSV) آنها تعیین شد. در مرحلهٔ دوم، بازیافت بافت صیقل یافته (توسط ماشین شتاب صیقل) به دو روش متفاوت یعنی روشهای سند بلاست3 و چکشی کردن4 در شرایط آزمایشگاهی بازسازی شد. ارزش صیقل پذیری نمونه‌های بازیافت شده طبق استاندارد BS 812 Part:114 1989 برآورد شد. در مرحلهٔ سوم کیفیت سطوح ایجاد شده با روش های متداول شکستن سنگها مورد مقایسه قرار گرفت. ارزش صیقل پذیری جدید (باز یافتی) آنها به دست آمده و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. در این راستا ارزش صیقل پذیری تعداد زیادی از سنگدانه‌ها به طور قابل توجهی افزایش یافت. مشخص شد که ارتقاء ارزش صیقل پذیری سنگدانه‌ها به نوع سنگدانه و روش بکار گرفته بستگی دارد و این نتیجه به دست آمد که با بکارگیری روش مناسب برای هر گروه از سنگها، ارزش صیقل پذیری آنها افزایش می یابد.

واژه‌های کلیدی: سنگدانه‌ها، ارزش صیقل پذیری، روسازی، فرسایش

1. مقدمه

با صیقلی شدن سطح جاده‌ها توسط تایر، بافت ریز دچار فرسایش شده و مقاومت لغزشی در سرعت‌های کم کاهش می‌یابد. این امر باعث تصادفات در جاده‌ها، به ویژه در هنگام خیس بودن سطح می‌شود. مقاومت در برابر لغزیدن تایر بر روی سطح جاده را

* تاریخ دریافت: 85/05/02 – تاریخ پذیرش: 85/10/27

Archive of SID
www.SID.ir

سنگهای روسازی آن تأمین می‌کنند و زبری موجود سطح سنگدانه‌ها از فرآیند خرد کردن سنگدانه‌ها تأثیر می‌پذیرد. وقوع حوادث ترافیکی در جاده‌های خیس به علت کمبود مقاومت لغزشی آنها یک امر ثابت شده است. می‌توان گفت که بر روی یک جاده با مقاومت لغزشی کم تصادفات بیشتر در سطح با مقاومت لغزشی زیاد رخ می‌دهند. حدوداً یک سوم سوانح رانندگی در جاده‌ها بر اثر لغزش وسیله نقلیه بر روی سطح خیس اتفاق می‌افتد [1]. هنگامی که محل این تصادفات مورد آزمایش قرار می‌گیرد، در اغلب موارد عدم مقاومت لغزشی مناسب حتی به طور عینی نیز مشاهده می‌شود. امروزه تصادفات در جاده‌ها جان تعداد بسیاری از انسانها را تهدید می‌کند و در کشور ما سالانه حدود 25 هزار نفر قربانی دارد [1]. اگر گفته شود تأمین 9/99 درصد مقاومت لغزشی سطح جاده به عنوان هدف اصلی تلقی شود به این معنا خواهد بود که در هر هزار وسیله نقلیه، یک وسیله لغزش خواهد داشت که این غیر قابل قبول است [1]. از دیدگاه فنی رسیدن به بیشینه مقاومت لغزشی تعریف شده در استانداردهای جهانی برای جلوگیری از تصادفات ناشی از لغزش، به علت سنگین بودن هزینه‌ها غیر ممکن است و با توجه به وابستگی شدید زندگی انسانها به حمل و نقل و توسعهٔ راهها، نیاز به منابع سنگی افزایش می یابد. امروزه افزایش تقاضای سنگهای با کیفیت مناسب در روسازی کاملاً مشهود بوده و باعث افزایش ارزش ریالی آنها نیز شده است. نتایج تجربی توسط (Hosking and Tubey 1972) نشان داد که کلسین بوکسیت (گرید RASC) از کشور گایانا بهترین نوع سنگ، با درجه ارزش صیقل پذیری زیاد (PSV=75) و دارای ارزش فرسایشی (AAV=2) است. این نوع سنگ بسیار گرانقیمت (با ارزشی حدود 20 برابر سنگهای طبیعی) است و برای اصلاح و پوشش‌های ویژه (مانند Shellgrip) در نقاط حادثه خیز و جاده‌های پرازدحام بکار می‌رود [2]. کشورهای اروپایی که دارای منابع محدودند، سالانه مبالغ هنگفتی به واردات سنگهای با کیفیت مرغوب اختصاص می‌دهند. کشور انگلستان سالانه مقادیر زیادی از این مواد را از کشور گایانا و دیگر کشورها وارد می‌کند.در گذشته در کشورهای پیشرفته اکثر سنگدانه‌های لایهٔ رویهٔ جاده‌ها، به ویژه در جاده‌های ارزان قیمت، و مکانهایی که امکان استفاده از سنگهای محلی به طور بهینه وجود داشت از سنگهای طبیعی تهیه می‌شدند. Hosking نشان داد که اگراندازهٔ سنگدانه‌ها (محدودهٔ استاندارد 25-35 میلیمتر) نصف شود، ضریب مقاومت لغزشی کناری (SFC) آنها به اندازهٔ 0/08 واحد افزایش می یابد [3]. این اثر از این واقعیت سرچشمه می‌گیرد که ذرات ریز و کوچکتر، لبه‌های تیز بیشتری تولید می‌کنند و در نتیجه سطح زبرتری را در تماس بین تایر و جاده به وجود می‌آورند. چنین به نظر می‌رسد که برای ایجاد مقاومت لغزشی بهتر است از سنگدانه‌های کوچکتر استفاده شود، ولی به دلیل این که سنگدانه‌های کوچکتر در زیر فشار وسایل نقلیهٔ سنگین خرد شده و در آسفالت فرو می‌روند، در نتیجه استفاده از سنگهای کوچکتر عملی نیست. با سنگین شدن روزافزون ترافیک و گسترش شبکه راهها، استفاده از سنگهای لایهٔ رویه با ارزش صیقل پذیری زیاد رو به افزایش است. تحقیقات جهت فراهم کردن چنین مصالحی هم از طریق تولید مصنوعی و هم از طریق استخراج از منابع طبیعی جدید ادامه دارد. اگر چه تولیدات مصنوعی نتایج بهتری در خصوص مقاومت در برابر صیقل پذیری و فرسایش دارند، ولی از آنجایی که سنگهای طبیعی بسیار ارزان‌تر هستند مورد استقبال بیشتری قرار می‌گیرند.

2. پارامترهای مؤثر در انتخاب سنگدانه‌های روسازی جاده‌ها

جایگاه سنگدانه‌های روسازی بر روی سطح جاده علاوه بر موقعیت و شرایط استفاده از چیپینگ به کیفیت سنگدانه نیز بستگی دارد که بر اساس معیارهای به دست آمده از آزمایشهای AAV, AIV و PSV سنگدانه‌ها طبقه‌بندی شده و موارد استفاده آنها مشخص می‌شود. چگونگی انجام این تستها در BS 812 توسط TRL موجود است [4].

2-1 ارزش صیقل پذیری (PSV)

در این مرحله نمونه‌های ساخته شده بر طبق استاندارد، توسط ماشین شتاب صیقل آزمایش می‌شوند. در این آزمایش، عمل سایش توسط یک چرخ با تایر لاستیکی صورت می‌گیرد. زمان لازم برای این آزمایش 6 ساعت است که در پایان آن اعداد آونگی سطح توسط آونگ انگلیسی اندازه‌گیری می‌شود (طبق روش ارایه شده در (BS 812. Part 114 1989)) [4].

ارزش صیقل پذیری (PSV) از رابطهٔ (1) محاسبه می‌شود.

$$PSV=S+52/5-C \quad (1)$$

Archive of SID
www.SID.ir

S- میانگین اعداد آونگی اندازه گرفته شده توسط آونگ انگلیسی از چهار نمونه (دو تا از هر آزمایش) با تقریب 0/1 واحد

C- میانگین اعداد آونگی اندازه گرفته شده توسط آونگ انگلیسی از نمونه‌های سنگ کنترل (دو تا برای هر آزمایش) و با تقریب 0/1 واحد

PSV- ارزش صیقل پذیری سنگدانه با نزدیک‌ترین عدد صحیح مقدار میانگین نمونه‌های آزمایش شده و نمونه‌های سنگ کنترل (دو عدد) برآورد می‌شود[4]. کمینه مقدار مقاومت لغزشی قابل قبول (استاندارد) به علت استفاده در نقاط گوناگون به شرایط مختلف قسمتهای یک جاده بستگی دارد. پیشنهاد AASHTO این است که هرگز نباید در ساخت رویه‌های آسفالتی از سنگهایی که دارای خاصیت صیقل پذیری خارج از استانداردهای جدول 1 باشند استفاده شود [1].

جدول 1. کمینه ارزش صیقل‌پذیری (PSV) مورد نیاز نقاط مختلف با سطح خیس[1].

گروه	محل اجرا	حد اقل ارزش صیقل پذیری (PSV) مورد نیاز سطح خیس
A	مکانهای مشکل زا مانند: میدانها، پیچهای با شعاع کمتر از 150 متر، جاده‌های بدون در نظر گرفتن سرعت مجاز شیبهای: 1:20 و یا کمتر طول بیشتر از 100 متر نزدیک به چراغ راهنما برای جاده‌های بدون در نظر گرفتن سرعت مجاز	65
B	در بزرگراهها، جاده‌های اصلی، جاده های درجه 1 و جاده ها با ترافیک سنگین شهری (تردد بیشتر از 2000 وسیلهٔ نقلیه در روز)	55
C	برای بقیهٔ مکانها	45

2-2 ارزش فرسایشی سنگدانه [5]

ارزش فرسایشی سنگدانه‌ها (AAV) توسط نمونه‌های استاندارد BS 812 Part 113 و با استفاده از دستگاه چرخ فرساینده انجام می‌شود. درصد کاهش وزن نسبت به 33 میلی‌لیتر حجم سنگدانه ارزش فرسایشی سنگدانه نامیده می‌شود. مقاومت در برابر فرسایش بستگی به مقاومت موجود ذرات تشکیل دهندهٔ آن سنگدانه و مقاومت برشی آن دارد.

مقدار فرسایش سنگدانه از هر نمونه آزمون توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود[5].

$$AAV=3(A-B)/d \qquad (2)$$

A= وزن نمونه قبل از فرسایش (g)

B= وزن نمونه‌ها بعد از فرسایش (g)

d= وزن مخصوص نسبی نمونه (براساس اشباع بودن و سطح خشک داشتن) همان طور که در بند 5 BS 812 Part 2 مشخص شده است.

3-2 ارزش ضربه پذیری سنگدانه(AIV) [6]

آزمون‌ضربه‌پذیری‌براساس‌استاندارد(BS 812 Part 112:1990) است که اندازه نسبی مقاومت ضربه‌پذیری یک سنگدانه را تعیین می‌کند. (ضربه وزنی است که توسط وسایل نقلیه بر سنگدانه‌های روی جاده برخورد می‌کند و بزرگی آن بستگی به ناهمواری سطح جاده دارد). در آزمایش AIV سنگدانه استاندارد (14-10 میلیمتر) در برابر تعداد 15 ضربه که با چکش و یا پیستون (14-13/5 کیلوگرم) از ارتفاع 380 میلیمتر با دامنهٔ تغییرات مجاز 5-/+ میلیمتر در هر ثانیه رها می‌شود قرار می‌گیرد.

نمونه پس از آن در الک BS 2.4mm سرند شده و مقدار درصد ذرات عبور کننده از الک محاسبه می‌شود. حداقل، تعداد نتیجه دو آزمون در این آزمایش مورد نیاز است و عددی که نزدیک‌تر به یک عدد صحیح باشد به عنوان ارزش ضربه پذیری انتخاب می‌شود. باید توجه داشت که اختلاف عددی بین دو آزمون باید کمتر از عدد 1 باشد [6].

3. رابطهٔ بین بافت درشت و بافت ریز سطح

بافت سطح جاده دارای دو جزء است که متأثر از مقاومت لغزشی جاده در حالت خیس‌اند. جزء اول در مقیاس بزرگ وابسته به اندازهٔ سنگدانه‌ها و فضای خالی بین آنهاست و جزء دوم (بافت ریز)، متأثر از لبه‌های تیز سنگ برجسته از سطح است. در سرعت 50km/hr تعداد و میزان لبه‌های تیز سنگ نسبت به

Archive of SID
www.SID.ir

مقاومت لغزشی قابل اهمیت است، در حالی که در سرعتهای بیشتر انرژی هدر رفته در تایر و تغییر شکل آن از اهمیت برخوردار است[1].

4. دستگاه آزمایشگاهی

نمونه‌های ساخته شده در حالت کنترل شدهٔ توسط دو روش بازیافت مکانیکی در شرایط آزمایشگاهی مورد آزمایش قرار گرفتند. روش اول روش چکشی کردن توسط تفنگ سوزنی و روش دوم روش سند بلاست است [1].

4-1 روش چکشی کردن توسط تفنگ سوزنی

تفنگ سوزنی 3D ترلاونی با سوزنهایی به قطر 3 میلیمتری به یک کمپرسور هوا که فشار معادل $345-690 Kn/m^2$ را تولید می‌کند متصل است[7]. اندازهٔ قطر سوزنهای مورد استفاده 1 میلیمتر است که در مدت زمان بهینه 10 ثانیه سطح نمونه را مورد باز یافت قرار می‌دهد.

4-2 روش سندبلاست

افشانهٔ به طول 31/75 سانتیمتر و دهانه افشانه مناسب ($7\frac{3}{4}$ اینچ برابر با 19/69 سانتیمتر) به یک کمپرسور مولد فشار هوای $345-690 KN/m^2$ متصل شد. حجم لازم هوای محاسبه شده $147 ft^3/\min$ (تقریباً $4 m^3/\min$) است. برای خروج آسان مواد فرساینده، افشانه‌ای به قطر (2-1/5/.) میلیمتر انتخاب شد. بیشینه زمان بهینه جهت سند بلاست کردن 40 ثانیه در نظر گرفته شد. مواد فرساینده توسط هوای فشرده به طور عمودی بر روی سطح نمونه‌های آزمایشی از فاصله 130 میلیمتری پرتاب شدند. برای پوشش دادن کل سطح نمونه‌ها توسط افشانهٔ سندبلاست، فاصلهٔ بهینهٔ دهانه افشانه از سطح مورد بازیافت حداقل 12 اینچ یا (30/48 cm) در نظر گرفته شد [7].

5. روش تحقیق

در این تحقیق مراحل زیر به ترتیب انجام شده‌اند:

1- 30 نوع سنگدانه که از 35 معدن مختلف تهیه شده بود، از نظر زمین شناسی گروه بندی شدند (جدول2 و 3).

2- تعداد چهار سری (برای اجرای هر روش 2 سری) از 30 نوع سنگدانه که حدوداً 300 نمونه است طبق استاندارد BS 812 Part:114 ساخته شد.

3- مقاومت لغزشی (عدد آونگی) سنگدانه‌ها توسط آونگ انگلیسی به دست آمد (جدول3).

4- ارزش صیقل پذیری سنگدانه‌ها (طبق دستورالعمل BS 812 Part:114 1989) مشخص شد (جدول 3).

5- رویه‌های صیقل یافته (در فرآیند ماشین شتاب صیقل) به وسیلهٔ روش‌های مکانیکی یادشده بازیافت شد.

6- مقاومت لغزشی (عدد آونگی) توده‌های بازیافت شده، توسط آونگ انگلیسی به دست آمد (جدول 3).

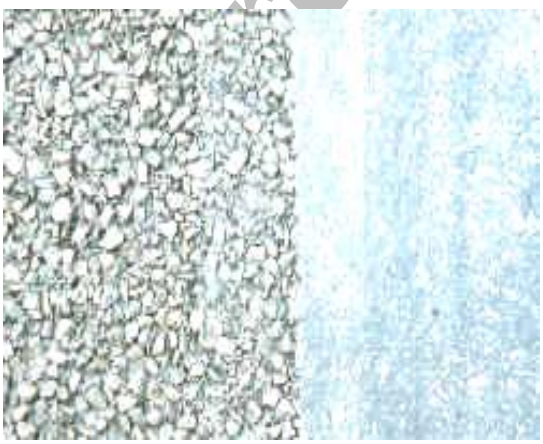
7- "ارزش صیقل پذیری بازیافت" (PSVR) طبق دستورالعمل BS 812 Part:114 1989 مشخص شد (جدول3).

8- تفاوت بین ارتقای ارزش صیقل‌پذیری دو روش محاسبه و مقایسه شد.

9- خروجیها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

جدول 2. طبقه بندی زمین شناسی سنگهای مورد استفاده در تحقیقات

گروه زمین شناسی		شمارهٔ سنگدانه
بازالت	(Basalt)	1 الی 8
گرانیت	(Granite)	9 الی 16
سنگ گریت	(Gritstone)	17 الی 21
سنگ آهکی	(Limestone)	22 الی 24
گابرو	(Gabbro)	25 الی 30

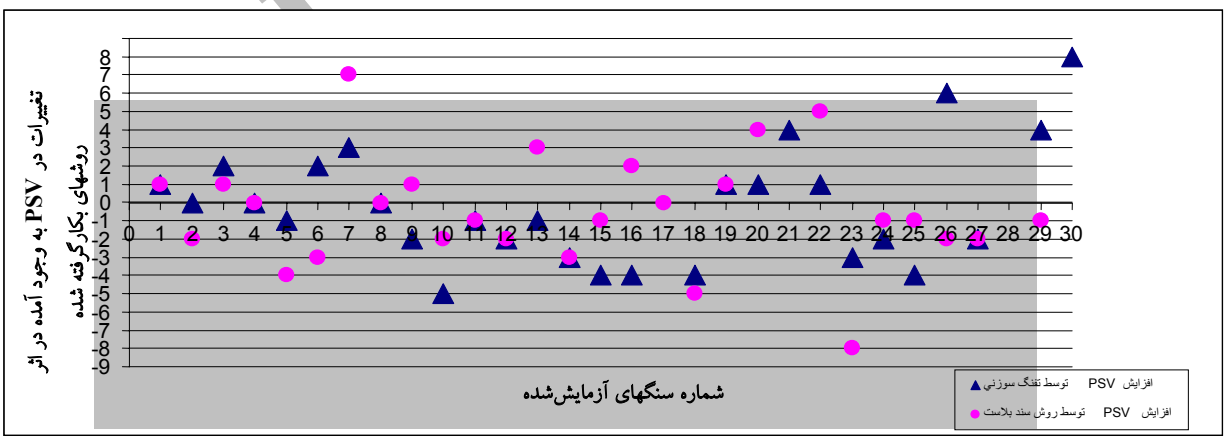


شکل1. سطح قبل از بازیافت (سمت راست) و بعد از بازیافت (سمت چپ) را نشان می‌دهد.

Archive of SID
www.SID.ir

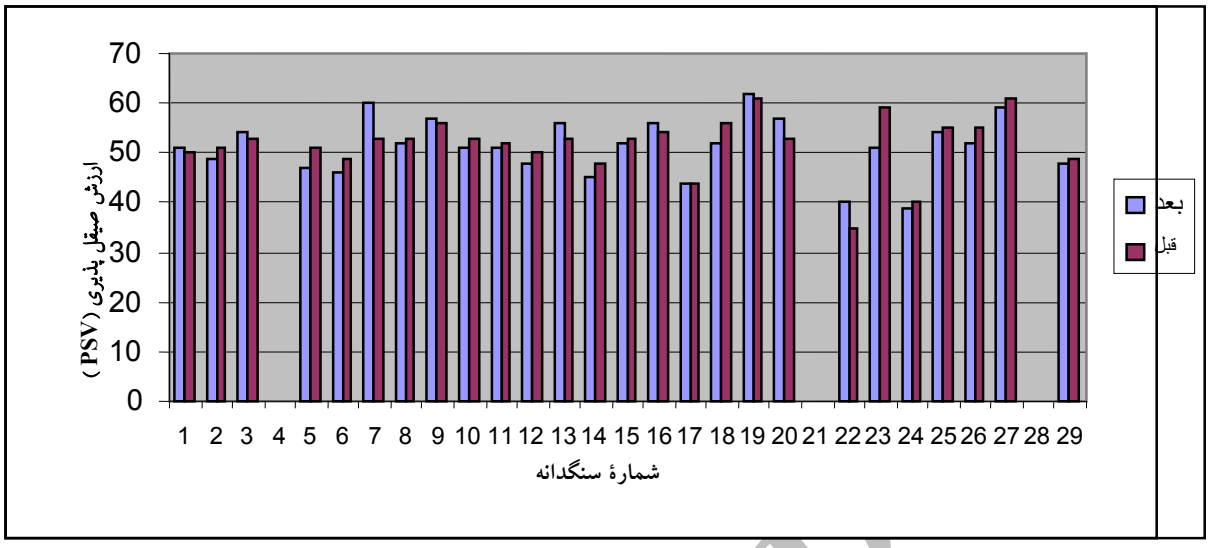
جدول 3. مقایسهٔ ارزش صیقل‌پذیری سنگدانه‌های گزیده که رویهٔ آنها توسط روش سند بلاست و چکشی کردن احیا شده است.

طبقه بندی ژئولوژیکی	شمارهٔ سنگدانه	سند بلاست			چکشی کردن		
		قبل PSV	بعدPSV	PSVارتقاء	قبل PSV	بعد PSV	PSVارتقاء
بازالت Basalt	1	50	51	1	50	51	1
	2	51	49	-2	51	51	0
	3	53	54	1	53	55	2
	4	0	0	0	60	60	0
	5	51	47	-4	51	50	-1
	6	49	46	-3	49	51	2
	7	53	60	7	53	56	3
	8	سنگ کنترل					
گرانیت Granite	9	56	57	1	56	54	-2
	10	53	51	-2	53	48	-5
	11	52	51	-1	52	51	-1
	12	50	48	-2	50	48	-2
	13	53	56	3	53	52	-1
	14	48	45	-3	48	45	-3
	15	53	52	-1	53	49	-4
	16	54	56	2	54	50	-4
سنگ گریت Gritstone	17	44	44	0	0	0	2
	18	56	52	-3	56	53	-3
	19	61	62	1	61	62	1
	20	53	57	4	53	64	1
	21	0	0	0	61	65	4
سنگ اهک Limestone	22	35	40	5	35	36	1
	23	59	51	-8	59	56	-3
	24	40	39	-1	40	38	-2
گابرو Gabbro	25	55	54	-1	55	51	-4
	26	55	52	-3	55	61	6
	27	61	59	-2	61	59	-2
	28	0	0	0	49	53	4
	29	49	48	-1	48	56	8

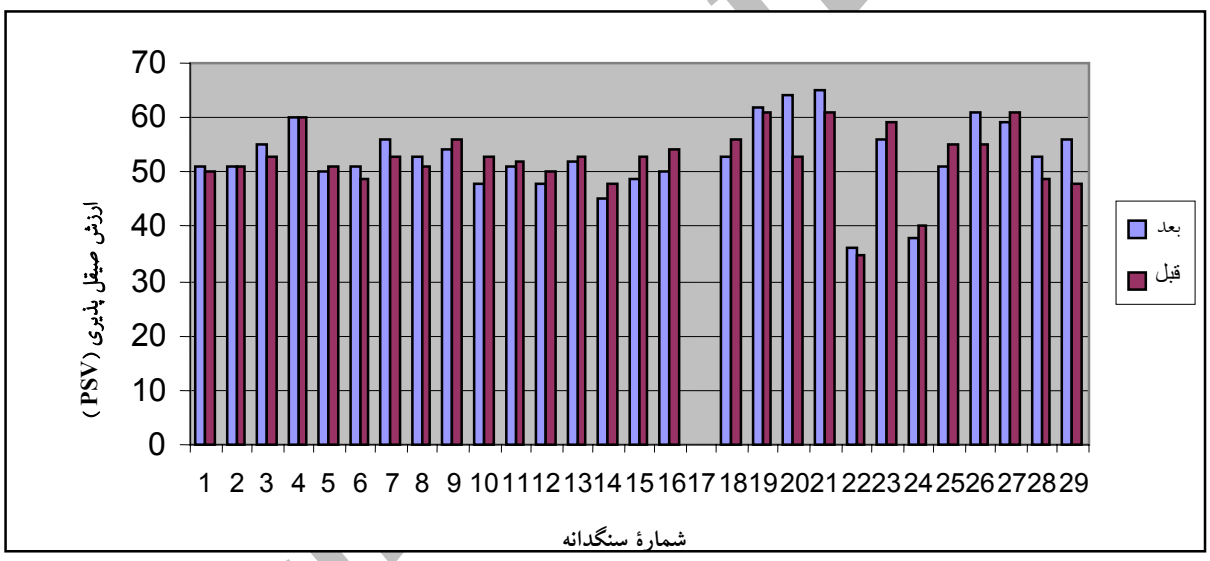


نمودار1. تغییرات ایجاد شده در ارزش صیقل پذیری سنگدانه (PSV) در اثر بکارگیری روشهای مختلف ایجاد بافت ریز

www.SID.ir



نمودار 2. تغییرات ایجاد شده در ارزش صیقل پذیری سنگدانه (PSV) در اثر بکارگیری روش سند بلاست



نمودار3. تغییرات به وجود آمده در ارزش صیقل‌پذیری سنگدانه (PSV) در اثر بکارگیری روش چکشی‌کردن

جدول4. سنگدانه‌هایی که حداکثر ارتقاء PSV را با استفاده از روش سند بلاست کسب کرده‌اند

شمارهٔ سنگدانه	واحد ارتقاع ارزش صیقل پذیری (PSV)
7	7
20	4
22	5

جدول 5. مقایسهٔ ارزش صیقل پذیری نمونه‌های آزمایش شدهٔ سنگدانهٔ شمارهٔ 7 که بیشینه ارتقاء PSV را با استفاده از روش سندبلاست کردن کسب کرده است.

تعداد نمونه های سنگدانه ها				آنالیز آماری					
1	2	3	4	$\bar{X}$	$\sum_x$	$\sum x^2$	Sd	t - تست	تغییرات PSV
54	52	53	52	53	213	11345	0.96	+6.55	7*
58	59	62	61	60	240	14410	1.8		

www.SID.ir

جدول 6. سنگدانه‌هایی‌که بیشینه ارتقاء PSV را با استفاده از روش چکشی کردن به دست آمده‌اند.

شمارهٔ سنگدانه	واحد، ارتقاع ارزش صیقل پذیری (PSV)
21	4
26	6
29	4
30	8

جدول 7. مقایسهٔ ارزش صیقل پذیری نمونه‌های آزمایش شدهٔ سنگدانهٔ شمارهٔ 30 که بیشینه ارتقاء PSV را با استفاده از روش چکشی کردن کسب کرده است.

تعداد نمونه های سنگدانه ها				آنالیز آماری					
1	2	3	4	$\bar{X}$	$\sum_x$	$\sum x^2$	Sd	t - تست	تغییرات PSV
48	48	49	48	48	193	9313	0.5	+7.52	8+
57	58	55	54	56	224	12554	1.83		

6. تحلیل

برای باز یافت بافت به وسیله تفنگ سوزنی(مدل سازی روش چکشی‌کردن)، دستگاه به کمپرسور تولیدکننده فشار $345-690 N/m^2$ متصل شد. مقطع (نوک) سوزنی به قطر انتهایی 1 میلیمتر، زمان عملکرد حداکثر 10 ثانیه در نظر گرفته شد. تعداد دو سری از نمونه‌های هر سنگدانه برای قابلیت تکرار پذیری و همانند سازی بکار گرفته شدند. حجم لازم هوای محاسبه شده $147 ft^3/\min$ (که تقریباً برابر $4m^3/\min$ است) در نظر گرفته شد. فاصله دهانه افشانه از سطح 12 اینچ (30/48 cm) بود. افشانه از آلیاژ بور با طول مناسب 31/75 سانتیمتر انتخاب شد تا دستگاه را با دهانه افشانه مناسب $7\frac{3}{4}$ اینچ (19/69 سانتیمتر) هماهنگ کند. دوسری نمونه از هر سنگدانه مورد بازیافت قرار گرفتند. پارامترهای متغیر (به طور مثال، فشار هوا، جریان هوا، سنگریزه و غیره) از قبل تعیین و مشخص شدند.

خلاصهٔ نتایج جدول (3) و نمودار 1 نشان می‌دهد که:

- سنگدانه‌هایی که نتایج هر دو روش بکار گرفته شده (روش سند بلاست و تفنگ سوزنی) برروی محور Xها قرار گرفته است مانند سنگدانه‌های شمارهٔ 4، 8 و 17 هیچ تغییر مثبت و یا منفی در مقایسه با خرد کردن معمولی سنگدانه نداشته‌اند.

نمودارهای 2 و 3 که تغییرات ایجاد شده بر اثر بکارگیری روشهای یاد شده را نشان می‌دهد می‌توان به کمک آنها مقایسهٔ بین تغییرات را مشاهده کرد.

- سنگدانه‌های 11، 12، 14، و 27 سنگدانه‌هایی هستند که نتایج هر دو روش بکار گرفته شده (روش سند بلاست و تفنگ سوزنی) زیر محور Xها قرار گرفته است و نشان می‌دهد که زبری ایجاد شده در اثر شکستن معمول، مؤثرتر از کیفیت سطح حاصل از بکارگیری روشهای دیگر (سند بلاست و چکشی کردن) است.
- سنگدانه‌های 1و 19 سنگدانه‌هایی هستند که نتایج هر دو روش بکار گرفته شده (روش سند بلاست و چکشی کردن) بالای محور X ها قرار گرفته است و نشان می‌دهد که هر دو روش نتایج یکسانی داشته و همچنین کیفیت خروجی به دست آمده از حالت شکستن معمول مؤثرتر است.
- روش سند بلاست در مورد سنگدانه‌های 7، 9، 13، 16، 20 و 22 از روش شکستن معمول و چکشی‌کردن در ارتقاء PSV مؤثرتر است. با توجه به نمودار شماره 1 مشخص شد که از میان تعداد 29 سنگدانه مورد استفاده، بکارگیری روش سند بلاست باعث ارتقاء بیشتر مقدار PSV سنگدانه‌های شمارهٔ 7، 20 و 22 شده است. این مقادیر در جدول 4 نمایش داده شده است.
- سنگدانه‌های 20،13،7، 22، سنگدانه‌هایی هستند که به طور قابل ملاحظه‌ای از روش سند بلاست بهره گرفته و ارزش صیقل پذیری آنها 1 الی 7 واحد ارتقاء یافته است.

Archive of SID
www.SID.ir

- سنگدانه‌های 21، 26، 29 و 30 سنگدانه‌هایی هستند که به طور قابل ملاحظه‌ای از روش چکشی کردن بهره گرفته‌اند و ارزش صیقل پذیری آنها 1 الی 8 واحد ارتقاء یافته است (جدول 6).
- روش چکشی کردن در مورد سنگدانه‌های 3، 6، 20، 21، 22، 26، 29 و 30 از روش شکستن معمول و سند بلاست در ارتقاء PSV مؤثرتر بوده است. با توجه به نمودار شماره 1 مشخص شد که از میان تعداد 29 سنگدانه روش چکشی کردن باعث ارتقاء بیشترین مقدار در سنگدانه‌های شمارهٔ 21، 26، 29 و 30 شده است. مقادیر ارتقاء در جدول 6 نمایش داده شده است.

جدول 5 اعداد آونگی 4 نمونهٔ ساخته شده شمارهٔ 7 در رابطه با افزایش PSV است. جدول 5 مقایسهٔ ارزش صیقل پذیری نمونه‌های آزمایش شدهٔ سنگدانهٔ شمارهٔ 7 که بیشینه ارتقاء PSV را با استفاده از روش سند بلاست به دست آورده است، این جدول افزایش اعداد آونگی یکایک نمونه‌ها را نشان می‌دهد. جدول7 اعداد آونگی 4 نمونهٔ ساخته شده از سنگدانهٔ شمارهٔ 30 را در رابطه با افزایش PSV نشان می‌دهد، این جدول افزایش اعداد آونگی یکایک نمونه‌ها را نشان می‌دهد. اگر چه در مورد سنگدانه‌هایی مانند 3، 19، 20 و 22 نتیجهٔ نهایی هر دو روش باعث ارتقاء ارزش صیقل پذیری آنها شده است، اما همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود فقط یکی از روشها مؤثرتر از سایرین واقع شده است. نتیجهٔ نهایی این است که برای انواع مختلف سنگها باید روشهای منحصر به فرد در نظر گرفته شود که کیفیت سنگدانه‌ها را به بیشینه ارزش صیقل پذیری برساند.

7. نتیجه‌گیری

1- از آنجا که عملکرد هر سنگدانه رابطهٔ مستقیم با روش بکار گرفته دارد، از این رو برای بکارگیری روش مناسب بازیافت بافت هر سنگدانه باید در ابتدا پارامترهای متغیر، تعیین و مشخص شوند (به طور مثال، فشار هوا، جریان هوا، سنگریزه و غیره).

2- نتایج حاصل در تحقیقات انجام شده در این مقاله نشان دادند که تغییرات در فرآیند شکستن سنگدانه‌ها منجر به ارتقای ارزش صیقل پذیری آنها می‌شود. در نتیجه، استفادهٔ بهینه از این مصالح ارزشمند نه تنها باعث سرویس دهی بهتر آنها می‌شود بلکه مرمت روسازی جاده را به تعویق انداخته که در امر صرفه جویی در منابع بسیار مؤثر است.

3- واکنش سنگدانه‌ها به روش اتخاذ شده تأثیر پذیر از موقعیت آنها در طبقهٔ بندی زمین شناسی سنگها نیست.

4 - نوع و روش بکار گرفته شده، به ارتقای ارزش صیقل پذیری وابسته است.

5- از آنجایی که سنگدانه‌ها به واسطهٔ داشتن ساختار تشکیل دهندهٔ مواد معدنی (در صد ونوع مواد تشکیل دهنده)، با یکدیگر متفاوت‌اند، برای ارتقاء کیفیت ارزش صیقل پذیری هر سنگدانه و در نظر گرفتن روش مناسب، وضعیت هر سنگدانه باید به صورت جداگانه در نظر گرفته شود.

6- ارزش صیقل پذیری سنگدانه‌های با ارزش صیقل پذیری کمتر را می‌توان با روشهای مؤثر و منحصر به فرد افزایش داد.

7- با در نظر گرفتن روش مناسب برای هر سنگدانه، می‌توان سنگدانه‌های با ارزش صیقل پذیری کمتر را بر حسب ارزش صیقل پذیری جدید (ارتقاء یافته) طبقه بندی کرده و در نقاط حادثه خیز، پیچهای خطرناک و محدودهٔ عبور عابران پیاده مورد استفاده قرار داد.

8- کمینه ارزش صیقل پذیری ارایه شده در استانداردها را می‌توان با بکارگیری روشهای یاد شده ارتقاء داد.

9- روش بهینه‌سازی ارزش صیقل پذیری سنگدانه‌ها با هم متفاوت بوده و باید برای هر کدام روش مناسبی در نظر گرفته شود، به عبارت دیگر نمی‌توان یک روش را برای کلیهٔ سنگدانه‌ها عمومیت داد.

8. منابع

1. Soleymani Kermani, M.R. (1995) "Mechanical re-texturing of road surface aggregates", Ph. D Thesis, Department of Civil Engineering, Queen Mary and Westfield College, University of London.

2. Hosking J.R and Tubey L.W. (1972) "Aggregate for resin-bound skid resistant road surfaces" TRRL Report LR466, Crowthorne.

3. Hosking, J. R and Woodford, G. C. (1983) "Measurement of skidding resistance, Part II,

Archive of SID
www.SID.ir

Factors affecting slipperiness of road surface", TRRL Report LR738, Crowthorne.

4. British Standards Institute (BSI) (1990) "Method for determination of polished stone value (PSV)", BS 812: Part 114, London.

5. British Standards Institute (1990) "Method for determination of aggregate abrasion value (AAV), BS 812: Part 113, London.

6. British Standards Institute "Method for determination of aggregate impact value (AIV)", BS 812: Part 112, London.

7. سلیمانی کرمانی، محمد رضا (1385) "کنترل کیفی بازیافت مقاومت لغزشی سنگدانه‌ها"، پژوهشنامهٔ حمل و نقل، سال سوم، شمارهٔ 1.

پانویس‌ها

1. Polished Stone Value (PSV)
2. Accelerated Polishing Machine
3. Sand Blasting
4. Bush Hammering
5. Aggregate Abrasion Value (AAV)
6. Aggregate Impact Value (AIV)

.

Archive of SID

www.SID.ir