Classification, Requirements, Methodology and Measurements of Surface Texturing of Concrete Pavements: Case Study of Tehran-North Highway

Mahdi Chini*
Assistant professor, Road, Housing and Urban development Research Center (BHRC)
mchini@hotmail.com

Parham Hayati
Assistant professor, Science and Research, Azad University

Abstract:
One of the main reasons of surface texturing in concrete pavements is to provide a safe surface by supplying adequate surface friction which could be furnished by different methods on fresh poured concrete. In this way, the hydroplaning and skidding on wet surface would be minimized. However, some other considerations such as safety, quality of driving, bumping noises and economical factor should be noticed. Required specifications should be controlled via width, depth and distance between grooves, amount of noises and grooves direction. In this paper, in order to monitor the surface texturing different classifications, texturing methods, surface properties and measuring methods have been discussed in accordance with American concrete pavement association (ACPA). Finally, different methods of surface texturing in Tehran-North highway are introduced and the results of English pendulum test on each method would be presented. The results indicate that texturing by TCM machine has better English pendulum value even in compare to asphalt overlay.
Keywords: *Surface Texturing, Jointed Plain Concrete Pavement, English Pendulum, Tehran-North Highway*

طبقه بندی، الزامات، روش اجرا و نحوه‌ی اندازه گیری مضرس سازی رویه‌های بتنی: مطالعه موردی آزادراه تهران– شمال

دریافت مقاله: ۰۸-۰۳-۱۳۹۷
پذیرش مقاله: ۱۳-۰۸-۱۳۹۸

مهدی چینی*
استادیار مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
mchini@hotmail.com
پرهام حیاتی
استادیار دانشگاه علوم وتحقیقات تهران

چکیده
هدف از عملیات مضرس کاری ایجاد سطحی ایمن از طریق ایجاد مقاومت اصطکاکی کافی پس از اجرای بتن تازه می باشد که با استفاده از کشیدن انواع مواد مختلف بر روی بتن تازه جهت ایجاد زبری کافی قبل از سفت شدن آن انجام می شود، به این ترتیب پتانسیل پدیده هیدرو پلانینگ و سرخوردگی ناشی از رطوبت جاده کاهش می یابد. ملاحظاتی شامل ایمنی، کیفیت رانندگی در جاده، صدای تولید شده و فاکتور اقتصاد عملیات اجرایی می بایست در این خصوص رعایت شوند. ویژگی ها و مشخصات لازم از طریق عرض، عمق و فاصله شیارها، طول موج و دامنه صدای تولید شده، جهت و سمت اجرای شیارها و سایر فاکتورهای مرتبط می بایست کنترل شوند. به منظور مشخص شدن عملیات مضرس کاری در این مقاله انواع طبقه بندی بافت سطوح روسازی، روش های اجرایی مضرس سازی، مشخصات سطح روسازی و روش های اندازه گیری آن و الزامات مضرس سازی مطابق با راهنمای انجمن روسازی بتنی آمریکا (ACPA) پرداخته شده است. در ادامه نحوه مضرس کاری در پروژه آزاد راه تهران – شمال با توجه به کاربرد فینشرهای مختلف و اجرای دستی و ماشینی (TCM) و نتایج آزمون پاندول انگلیسی و مقایسه آن با سطح روسازی بتن آسفالتی ارائه شده است. نتایج نشان می دهد عملیات مضرس کاری با دستگاه TCM دارای عدد پاندول بیشتر و تامین میزان مورد نظر در صورت رعایت ضوابط و الزامات اجرایی پس از عمل آوری می باشد.

کلمات کلیدی : عملیات مضرس کاری، روسازی بتنی درزدار، پاندول انگلیسی، آزادراه تهران - شمال.

۱- مقدمه

عملیات مضرس کاری در گذر زمان از تک عامل تامین کننده اصطکاک به سمت بهبود زهکشی سطحی و کاهش صوت تولیدی از ترافیک عبوری پیش رفته است. پیش از سال ۱۹۶۷ میلادی بیشتر عملیات مضرس کاری سطوح بتنی در ایالات متحده با استفاده از کشیدن چتایی(کنف) انجام می گرفت، در حالی که در آن زمان حداقل ضریب اصطکاک لازم در برخی از ایالات آمریکا را تامین نمی کرد. متعاقبا دیگر روش ها نیز جهت افزایش ویژگی های ایمنی و اصطکاک توسعه پیدا کردند که متداول ترین آن ها روش خراش عرضی عمود بر جهت عبورترافیک بود که توسط نیل در سال ۱۹۸۵ انجام گرفت. همزمان با افزایش تدریجی حجم ترافیک شهری، تولید صدای ناشی از برخورد تایر با روسازی به عنوان یک پدیده نگران کننده مطرح شد. در سال ۱۹۷۳ موسسه FHWA[۱] استانداردها و معیارهای صدای تولید شده در پروژه های آزادراهی را تدوین و منتشر کرد که از آن تاریخ به بعد بارها به روز رسانی شده است. هزینه های زیاد مرتبط با ایجاد دیوارهای صوتی (صداگیر) در جاده ها اهمیت استفاده از روسازی با کمترین صدای چرخ ترافیک عبوری را دو چندان کرد، لذا روش های مضرس سازی مورد ارزیابی دقیق قرار گرفتند و به تدریج روش های دیگری نیز به عنوان جایگزین در کنار روش خراش عرضی مطرح شدند که از آن جمله می توان به روش های خراش طولی که

در سال ۱۹۷۸ در ایالت کالیفرنیا اجرا شد و روش های خراش عرضی متغیر (تصادفی) اریب و عمود که در مقایسه با روش خراش عرضی صدای کمتری تولید می کنند، اشاره کرد[۱]. سایر روش هایی که در جهت کاهش صدای روسازی بعد ها رایج شدند شامل روش برش الماسه، شیارزنی، بتن نمایان و بتن متخلل می باشند. هدف بسیاری از تحقیقات علمی در گذشته، حال و آینده شناسایی روش بهینه مضرس سازی در شرایط متفاوت جاده ای و محیط زیستی است به نحوی که در نهایت سطحی ایمن، هموار، راحت و بدون سر و صدای ناشی از تردد داشته باشیم.

جهت ایجاد مضرس در بتن تازه و خمیری شکل از روش کشیدن چتایی، چمن مصنوعی و یا یا جارو زنی پشت سر فینیشر استفاده می شود. همچنین می توان از یک شن کش فلزی جهت ایجاد مضرس های طولی یا عرضی استفاده کرد. در مواردی که بتن سخت شده باشد، متداول ترین روش استفاده از برش الماسه می باشد که با استفاده از درام چرخنده دارای ابزار تیغه الماسه و تنظیم فاصله تیغه ها، شیارها مطابق الگوی مورد نظر و مشخص شده بر روی سطح بتن ایجاد می شوند و نهایتا بافت ایجاد شده در محدوده میکروسکوپی یا ماکروسکوپی قرار می گیرد. موسسه NCHRP[۲] مطالعات زیادی جهت یافتن و مقایسه روش های موجود و انتخاب روش مناسب انجام داده است[۱و۲].

جهت ارزیابی بافت روسازی و عمق تخمینی بافت (ETD)[۳] از روش استاندارد حجم ماسه ای استفاده می شود، همچنین می توان از روش لیزری CTM (سنجش مسیر دایره ای) جهت محاسبه عمق متوسط نیمرخ (MPD)[۴] استفاده کرد. تاثیر محدوده های مختلف بافت (با توجه به طول موج آنها) بر ویژه گی های سطح روسازی از طریق کنگره جهانی راه ها (PIARC)[۵] بررسی و به ۴ دسته بافت ماکرو ، میکرو ، مگا و هموار طبقه بندی شده است[۱و۳].

۱- *Federal Highway Administration*

۲- *National Cooperative Highway Research Program*

۳- *Estimated Texture Depth*

۴- *Mean Profile Depth*

۵- *Permanent International Association of Road Congresses*

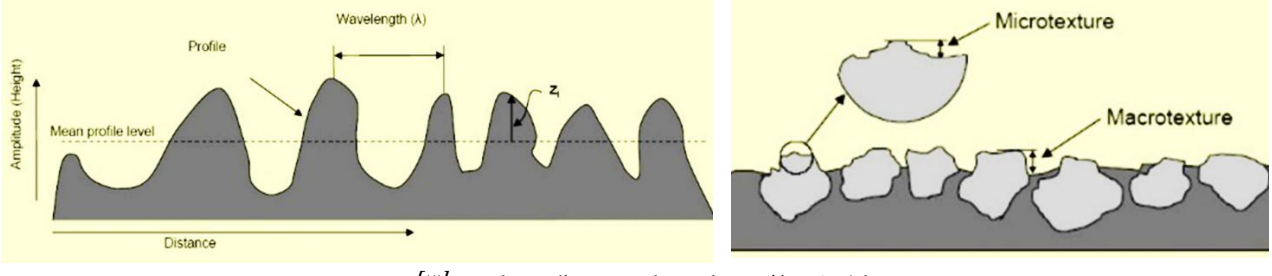
۲- عملیات مضرس سازی

۲-۱- طبقه بندی بافت سطوح روسازی

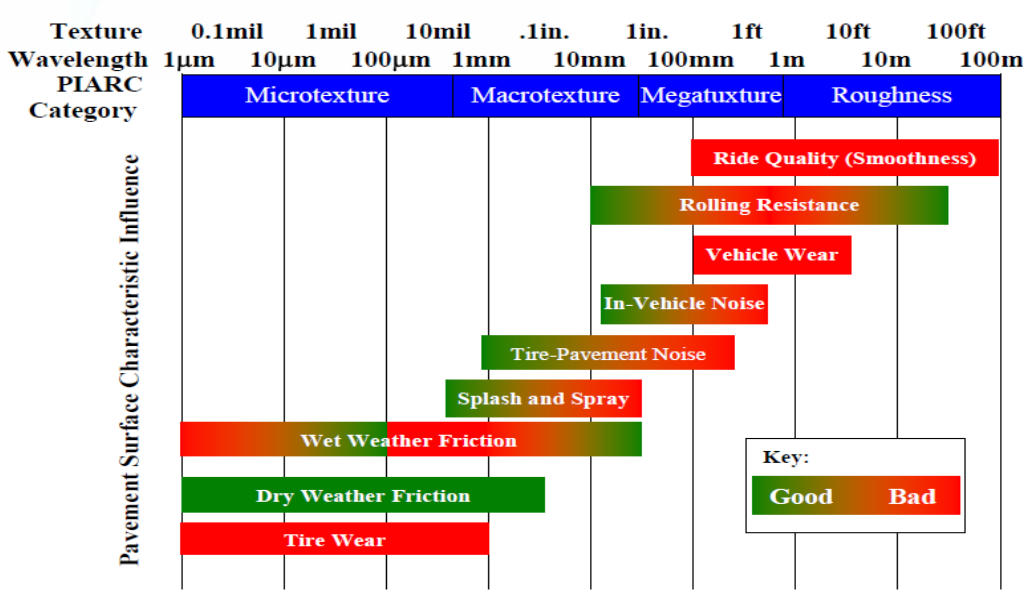
برای بافت سطح روسازی دو نوع ساختار زبری میکروسکوپیک و ماکروسکوپیک وجود دارد. زبری میکروسکوپیک به ناهمواری ها و زبری های موجود بر روی سنگ دانه ها که با چشم دیده نمی شوند، اما قابل لمس هستند می پردازد، اما زبری ماکروسکوپیک به وضوح توسط نوع سنگ دانه و شکستگی های آن مشخص می باشد که در روسازی بتنی توسط شیارهای طولی و یا عرضی ایجاد می شوند. انواع بافت سطوح با استفاده از طول موج (λ) و دامنه (A) مطابق PIARC – 1987 به شرح ذیل طبقه بندی می شوند:[۳و۴]

جدول ۱: مشخصات مرتبط با طبقه بندی بافت و طول موج و دامنه[۳]

نوع بافت	طول موج (λ) و دامنه (A)
بافت میکرو	Micro-texture (λ < 0.5 mm, A = 1 to 500 µm)
بافت ماکرو	Macro-texture (0.5 mm ≤ λ < 50 mm, A = 0.1 to 20 mm)
بافت مگا	Mega-texture (50 mm ≤ λ < 500 mm, A = 0.1 to 50 mm)
بافت ناهموار	Pavement roughness (λ > 500 mm)



شکل ۱ – بافت میکروسکوپی و ماکروسکوپی[۳]



شکل ۲ – طبقه بندی پیارک – تاثیر نوع و شکل بافت بر ویژه گی های سطح روسازی [۴]

۲-۲-روش های اجرایی مضرس سازی روسازی بتنی

در کاربردهای مختلف مضرس سازی، لازم است تعادلی بین خصوصیات مختلف روسازی بتنی از جمله اصطکاک کافی، کاهش صدای چرخ، حفظ دوام، روش اجرایی ساده و قابل انجام، کنترل هزینه های ساخت و نگهداری از طریق بهینه سازی آنها ایجاد گردد. انواع روش های مرسوم و متداول که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته اند، به شرح ذیل می باشد[۴و۵]:

۱-جارو زنی[۶]: در این روش با استفاده از جارو و برس از طریق ایجاد شیارهای کم عمق در روی سطح روسازی، اصطکاک مناسب جهت حرکت تایر ماشین بر روی سطوح مرطوب و یخ زده ایجاد می شود.

۲- کشیدن پارچه کنفی[۷] یا چمن مصنوعی[۸]: با کشیدن کنف (چتایی) بر روی سطح بتن تازه درطول یا عرض مسیر، بافت مضرس ایجاد می گردد. در این حالت صدای کمتری نیز تولید می شود.

جاروزنی **کشیدن پارچه کنفی**

شکل ۳ – روش های اجرایی مضرس سازی روسازی بتنی

۳- خراش[۹] : با استفاده از یک شن کش فلزی و کشیدن آن در طول و یا عرض جاده، بافت مضرس ایجاد می شود.

۴- برش الماسه[۱۰] : در هنگامی که سطح روسازی سفت شده باشد جهت ایجاد بافت مضرس از روش برش الماسه در طول یا عرض محور استفاده می شود. عمق برش در این روش کمتر از ۶ میلی متر می باشد.

خراش ***برش الماسه***

شکل ۴ – روش های اجرایی مضرس سازی روسازی بتنی

۶ *Brooming*

۷ *Burlap Dragging*

۸ *Turf Dragging*

۹ *Tinning*

۱۰ *Diamond Grinding*

۵- شیار زنی[۱۱] : زمانی که سطح روسازی سفت شده باشد، جهت ایجاد بافت مضرس در طول یا عرض محور می توان از روش های شیارزنی استفاده کرد. در روش شیارزنی نسبت به برش الماسه فاصله بین شیارها بیشتر و عمیق‌تر هستند، لذا صدای تولید شده بیشتر است. همچنین صدای تولید شده در روش شیار های عرضی بیشتر از طولی می باشد.

۶- استفاده ازبتن با مصالح نمایان [۱۲](EAC): با استفاده از بتن نمایان که خمیر سیمانی بتن از روی سطح آن جدا شده است می توان به بافت سطحی مناسبی دست یافت.

شیار زنی

بتن با مصالح نمایان

شکل ۵ – روش های اجرایی مضرس سازی روسازی بتنی

۷- استفاده از بتن متخلخل[۱۳]: این نوع بتن با اجازه دادن به عبور آب از آن، آب های سطحی را کاهش می دهد و لذا بافت سطحی مناسبی تامین می شود و نیازی به مضرس سازی در این نوع بتن احساس نمی شود.

استفاده از بتن متخلخل

شکل ۶ – روش های اجرایی مضرس سازی روسازی بتنی

۳-۲- مشخصات سطح روسازی و روش های اندازه گیری آن

ویژه گی های سطح روسازی به چهار دسته کلی شامل بافت سطحی، اصطکاک، صدای تولید شده و ناهمواری تقسیم بندی می شود. روش های متداول جهت اندازه گیری هر یک از مشخصات به شرح ذیل می باشد[۱و۶]:

الف - بافت سطحی:تعیین بافت سطحی با روش های استفاده از ماسه [۱۴](SPM) – روش جریان سنج [۱۵](OFM) – روش دایروی [۱۶](CTM) انجام می شود.

---

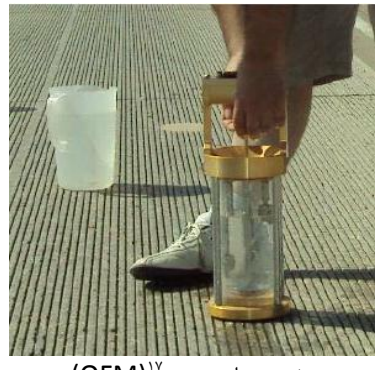
۱۱ *Grooving*

۱۲- *Exposed Aggregate Concrete*

۱۳ *Porous Concrete*

در روش ماسه (SPM) مطابق با ASTM E 965 [۷] با استفاده از گلاسبید حجم مشخصی از آن بر روی یک سطح دایروی پخش و عمق متوسط بافت به عنوان MTD بر حسب میلیمتر گزارش می شود. روش جریان سنج (OFM) مطابق با ASTM E 2380 [۸] با استفاده ازسنسور ها زمان لازم جهت عبور حجم مشخصی از آب به درون روسازی را محاسبه و گزارش می کند. در روش سنجش بافت به صورت دایروی (CTM) مطابق با ASTM E 2157 [۹] با استفاده از لیزر متوسط عمق نیمرخ اندازه گیری و به عنوان MPD بر حسب میلیمتر گزارش می شود.

استفاده از ماسه (SPM)



روش جریان سنج[۱۷] (OFM)

روش دایروی[۱۸] (CTM)

شکل ۷ – روش های اندازه گیری مشخصات روسازی

ب – اصطکاک

تعیین اصطکاک با روش های چرخ های قفل شده (Locked Wheel FT)[۱۹] – روش دینامیکی[۲۰](DFT) – روش پاندول انگلیسی[۲۱](BPT) انجام می گردد.

در روش چرخ های قفل شده مطابق با ASTM E 274 [۱۰] عدد اصطکاک (FN) سطح روسازی در شرایطی که مرطوب باشد، به دست می آید و به عنوان FN40S و FN40R گزارش می گردد. آزمون دینامیکی (DFT) مطابق با ASTM E 1911 [۱۱] انجام می شود و در این روش اصطکاک به صورت تابعی از سرعت حرکت وسیله نقلیه به دست می آید. دیگر روش متداول پاندول انگلیسی مطابق با ASTM E 303 [۱۲] می باشد که در آن با استفاده یک پاندول در ارتفاع مشخص و یک لغزنده لاستیکی در انتهای آن اصطکاک سطح روسازی تعیین می شود.

روش چرخ های قفل شده (Locked Wheel FT)

روش دینامیکی[۲۲] (DFT)

روش پاندول انگلیسی[۲۳] (BPT)

شکل ۸ – روش های اندازه گیری اصطکاک

---

۱۴ - *Sand Patch Method*
۱۵ - *Out Flow Meter*
۱۶ - *Circular Texture Meter*
۱۷ - *Out Flow Meter*
۱۸ - *Circular Texture Meter*
۱۹ - *Locked Wheel Friction Test*
۲۰ - *Dynamic Friction Test*
۲۱ - *British Pendulum Test*
۲۲ - *Dynamic Friction Test*
۲۳ - *British Pendulum Test*

ج – صدا

بـه منظـور تعیـین صـدا از روش هـای سـنجش صـدای چـرخ بـا میکروفـون [۲۴](OBSI) – روش نصـب میکروفـون در کنـار جاده [۲۵](CPB) و [۲۶](SPB) استفاده می شود.

در روش عبـور کنتـرل شـده (CPB) مطـابق بـا ISO 5725 بـا اسـتفاده از نصـب میکـرو فـون در کنـار جـاده حـداکثر شـدت صوت تولید شده توسط وسیله نقلیـه بـا سـرعت و ویـژه گـی مشـخص بـر حسـب dB بـه دسـت مـی آیـد. روش عبـور آمـاری (SPB) مطابق بـا ISO 11819 [۱۳] انجـام مـی شـود و در آن بـا نصـب میکروفـون بـه فاصـله مشـخص از محـور وسـط جـاده و در ارتفاع معلوم حـداکثر صـوت تولیـد شـده توسـط ترکیبـی از وسـائط نقلیـه عبـوری بـر حسـب dB بـه دسـت مـی آیـد. در روش سـنجش شـدت صـوت(OBSI) مطـابق بـا AASHTO TP 076-08 بـا نصـب دو میکروفـون بـر روی چـرخ ماشـین شـدت صوت تولید شده در اثر برخورد چرخ با سطح روسازی ثبت می شود.

روش سنجش صدای چرخ با میکروفون [۲۷](OBSI)

روش های نصب میکروفون در کنار جاده [۲۸](CPB) و [۲۹](SPB)

شکل ۹ – روش های اندازه گیری صدا

د– ناهمواری

بـه منظـور تعیـین شـاخص نـاهمواری از روش هـای شـاخص بـین المللـی نـاهمواری(IRI) ایـن شـاخص مطـابق بـا ASTM E 950 محاسبه مـی گـردد و از طریـق برداشـت پروفیـل طـولی مسـیر وضـعیت صـاف بـودن یـا نـاهمواری جـاده مشـخص مـی شود. از تقسیم مقادیر تجمعی تغییـر مکـان هـای عمـودی بـر کـل مسـافت طـی شـده توسـط ماشـین آزمـایش شـاخص IRI بر حسب mm/km به دست مـی آیـد. حـدود مقـادیر مشخصـات سـطح گـزارش شـده در پـروژه هـای کشـور ایـالات متحـده به شرح جدول ذیل می باشد[۱].

۲۴- *ON Board Sound Intensity*
۲۵- *Controlled Pass By*
۲۶- *Statistical Pass By*
۲۷- *ON Board Sound Intensity*
۲۸- *Controlled Pass By*
۲۹- *Statistical Pass By*

جدول ۲ – حدود مقادیر بافت، اصطکاک و صدا با توجه به نوع و روش مضرس سازی[1]

	محدوده بافت		محدوده اصطکاک		محدوده صدا	
روش	MTD،mm	MPD،mm	FN۴۰R	FN۴۰S	CPX،dB(A)	CPB L_{max},dB(A)
خراش(۰/۷۵اینچ)	۰/۵۳تا۱/۱	۰/۵۰تا۰/۵۲	۴۱/۰تا۵۶/۰	۳۰/۶تا۳۴/۴	۱۰۰/۴تا۱۰۴/۸	۸۳/۰تا۸۴/۰
خراش عرضی(۰/۵اینچ)		۰/۳۵تا۱/۰	۵۴/۰تا۷۱/۰	۳۷/۶تا۶۲/۰		۸۱/۹تا۸۳/۰
خراش عرضی(متغیر)	۰/۴۲تا۱/۰۲	۱/۱۴		۵۰/۰تا۶۹/۵		۸۱/۰تا۸۷/۳
شیارزنی عرضی	۴۸/۰تا۵۸/۰	۱/۰۷		۸۴/۱تا۸۴/۶		
کشیدن عرضی	۲۲/۰تا۴۶/۰	۰/۷۶				
خراش طولی	۳۶/۰تا۷۶/۶	۱/۲۲			۹۶/۶تا۱۰۳/۵	۷۹تا۸۵
شیار زنی طولی	۴۸/۰تا۵۵/۰	۱/۱۴			۹۹/۴تا۱۰۳/۸	۸۰/۹
برش الماسه طولی	۳۵/۰تا۵۱/۰	۰/۳تا۱/۲۰	۲۹/۹تا۴۶/۸	۹۵/۵تا۱۰۲/۵		۸۱/۲
کشیدن با چتایی					۱۰۱/۴تا۱۰۱/۵	
کشیدن با چمن مصنوعی	۲۳/۰تا۵۵/۶	۰/۵۳تا۱/۰	۲۰/۰تا۳۸/۰	۹۷/۴تا۹۸/۶		۸۳/۷
جاروزدن طولی	۴۸/۰تا۵۲/۰		۲۳/۰تا۲۴/۰	۱۰۱/۸تا۱۰۲/۲		
بتن نمایان	۳۵/۰تا۴۲/۰	۰/۵۳تا۱/۰				

مطابق با راهنمای انجمن روسازی بتنی آمریکا (ACPA[۳۰]) اولا کل سطح روسازی بتن غلتکی می بایست هموار و یکنواخت باشد و همچنین با توجه به طبیعت بتن غلتکی و دانه بندی آن بافت سطحی چاله دار و آبله گون (شبیه سطح آسفالت) خواهیم داشت که نسبت به بتن معمولی مناسب تر می باشد[۱۵].

۳- مطالعه موردی آزادراه تهران – شمال

برای ارزیابی مقاومت لغزشی در روسازی ها از آزمون پاندول انگلیسی در شرایط مرطوب استفاده می شود. این دستگاه از یک کفشک لاستیکی متصل به آونگ مطابق شکل ۱۰ تشکیل شده است. نتیجه این آزمون به صورت عدد پاندول انگلیسی (BPN) گزارش می شود.

شکل ۱۰ – روش پاندول انگلیسی ۳۱ (BPT)

۳۰ - *American Concrete Pavement Association*

۳۱ - *British Pendulum Test*

ماشین آلات رایج جهت عملیات مضرس سازی بلافاصله بعد از عمل آوری بتن تولید شرکت ویرتگن آلمان با نام TCM[۳۲] می باشند. این دستگاه ها پس از مضرس کاری با استفاده از کشیدن چتایی بر روی سطح روسازی و یا با استفاده از جارو مکانیکی مضرس کاری، عملیات عمل آوری را با پاشش ماده عمل آوری انجام می دهند [۱۶].

در پروژه آزادراه تهران – شمال جبهه جنوبی از دو فینیشر GT6300 و GP4000 به منظور اجرای رویه بتنی استفاده می شود. نحوه مضرس کاری فینیشر GP4000 به صورت کاربرد TCM و از طریق جارو زنی و برای دستگاه GT6300 به صورت مضرس کاری با جاروب دستی انجام می گردد (شکل ۱۱ و ۱۲).

شکل ۱۱- دستگاه TCM فینیشر GP4000

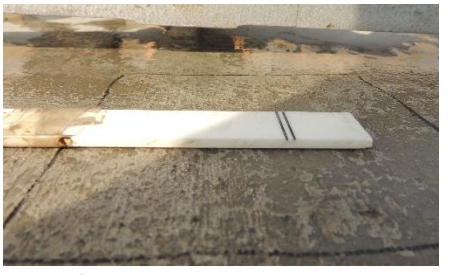
شکل ۱۲- مضرس دستی فینیشر GT6300

نتایج آزمون پاندول انگلیس از ابتدا تا انتهای جبهه جنوبی در طول مسیر مطابق شکل ۱۳ انجام گرفته است. در ضمن به منظور مقایسه عدد پاندول در رویه های بتن آسفالتی، یک آزمون نیز بر روی این سطوح انجام گرفت. در این شکل انواع سطوح نهایی به همراه عدد پاندول انگلیسی ارائه شده است.

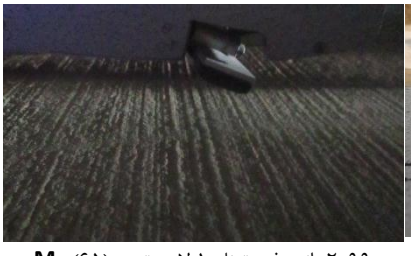
۳۲- *Texture & Curing Machine*

۱+۹۵۰ باند رفت لاین کندرو (۱۲۸) -TCM

۰+۷۷۰ باند رفت لاین کندرو(۹۰) -TCM



۰+۶۲۵ باند برگشت لاین تندرو(۸۵)-TCM



۲+۹۹۰ باند رفت تونل ۱ لاین تندرو(۶۵) -M

۲+۶۳۵ باند رفت لاین تندرو(۷۰) -TCM

۲+۳۶۰ باند رفت لاین تندرو(۶۵) -TCM

۴+۰۰۰ باند رفت تونل۴لاین کندرو(۷۰) -M

۳+۶۵۰ باند رفت تونل ۳ لاین تندرو(۶۵) -M

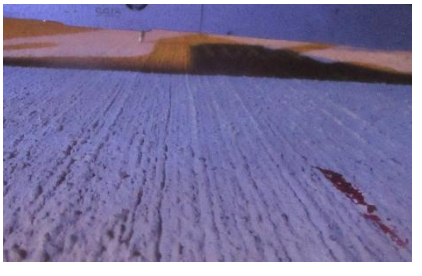
۳+۳۵۰ باند رفت تونل ۲ لاین تندرو(۴۸) -M

۵+۶۴۵ باند برگشت تونل۵لاین تندرو(۶۵) -M

۵+۳۲۰ باند رفت تونل۵ لاین تندرو(۶۰) -M

۴+۴۹۰ باند رفت لاین تندرو(۵۵) -M

۷+۵۷۵ باند رفت تونل۷ لاین کندرو(۶۹) -M



۶+۹۳۰ باند برگشت تونل۶لاین تندرو(۷۴) -M

۶+۹۸۰ باند رفت تونل۶ لاین تندرو(۷۰) -M

آسفالت لاین تندرو(۷۵)

۷+۵۸۰ باند برگشت تونل۷لاین تندرو(۷۰) -M

شکل ۱۳ – آزمون پاندول و نتایج هر مقطع از مسیر

۵-نتیجه گیری

با توجه به نتایج آزمون پاندول، مشاهده می شود که مقادیر پاندول برای دستگاه TCM از تضرس دستی بالاتر می باشد. مقدار میانگین عدد پاندول برای دستگاه TCM به میزان ۸۸ و برای مضرس کاری دستی عدد ۶۵ می باشد. اما میزان انحراف از معیار دستگاه TCM بالاتر است. البته وضعیت بتن کاربردی، زمان بندی اجرا و میزان تردد پس از اتمام عمل آوری از روی سطوح اجرا شده نیز می تواند در کاهش میزان عدد پاندول و یا افزایش انحراف از معیار موثر باشد. نکته حائز اهمیت در این خصوص بهبود یکنواختی تضرس در صورت کاربرد روش اتوماتیک بوده و ثبات زاویه اجرایی، میزان اعمال نیرو و سرعت حرکت می تواند در این روش یکنواخت باشد. یکی دیگر از مسائل مرتبط با روسازی های بتنی، میزان کمتر اصطکاک این نوع سطوح نسبت به سطوح دارای رویه بتن آسفالتی می باشد. همانطور که مشخص است میزان تضرس سطوح آسفالتی بر اساس آزمون انجام گرفته، ما بین تضرس دستی و اتوماتیک می باشد:

رویه بتنی با تضرس دستی < رویه آسفالتی < رویه بتنی با تضرس TCM

هدف از مضرس سازی ایجاد یک بافت مناسب در سطح روسازی بتنی است به نحوی که ایمن، کم صدا و اقتصادی باشد. مسئله اصلی این است که با توجه به وجود روش های متنوع ایجاد شیار، کدام یک از روش ها در کنار هدف اصلی (افزایش اصطکاک) ، تاثیر مضرس کاری بر تولید صدا، هموواری و دوام روسازی، قابلیت اجرا و اقتصاد عملیات اجرایی و محیط زیست را هم در نظر می گیرند. استفاده از روش های کشیدن پارچه کنفی و چمن مصنوعی و جارو زنی بافت سطحی ریزتر و در نتیجه صدای کمتری ایجاد می نماید. جهت و سمت انجام عملیات نیز هرچند تاثیر چندانی بر صاف بودن و ناهمواری سطح ندارد ولی در سر وصدای ایجاد شده توسط چرخ ماشین ها تاثیر مستقیم دارد.

منابع:

1. J.W. Hall, K.L. Smith, NCHRP, Report 634, Texturing of concrete pavements , The national academies press, Washington, D.C. 2009.

2. B. Worel, B. Izevbekhai, Improving pavement performance by optimizaing concrete surface features, Research services & library, 2016.

3. S.I. Sarsam, H.N. Al Shareef, Assessment of texture and skid variables at pavement surface, Applied research journal, 2015.

4. B. Igbafen Izevbekhai, Pavement surface characteristics concrete new construction (MnRoad Study) , Principal investigator Office of materials & Road research minnesota department of transportation, February 2016 , Final Report 2015-48.

۵. م. فرصت، ا. میرزا بروجردیان، ا. حسنی، بررسی روشهای مضرس سازی در ایمنی رویه های بتنی، دومین کنفرانس ملی رویه های بتنی، ۱۳۹۶.

6. W. James Wilde, Pcc surface charateristics rehabilitation MnRoad study, Principal investigator center for transportation research and implementation Minnesota state university, Mankato, 2013.

7. ASTM E 965. (2001) Standard Test Method for Measuring Pavement Macro-texture Depth Using a Volumetric Technique, ASTM, West Conshokocken, PA.

8. ASTM E 2380. (2005) Standard Test Method for Measuring Pavemen Texture Drainage Using an Outflow Meter, ASTM, West Conshokocken, PA.

9. ASTM E 2157. (2001) Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Properties Using the Circular Track Meter, ASTM,West Conshokocken, PA.
10. ASTM E 274. (1997) Standard Test Method for Skid Resistance of Paved Surfaces Using a Full-Scale Tire, ASTM, West Conshokocken, PA.
11. ASTM E 1911. (2002) Standard Test Method for Measuring Paved Surface Frictional Properties Using the Dynamic Friction Tester, ASTM, West Conshokocken, PA.
12. ASTM E 303. (2003) Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester, ASTM, West Conshokocken, PA.
13. ISO 11819 -1:2017- Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 1: Statistical Pass-By method & ISO 11819-2:2017 - Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2: The close-proximity method
14. AASHTO TP076-08. (2008) Provisional Standard Test Method for Measurement of Tire/Pavement Noise Using the On-Board Sound Intensity (OBSI) Method, AASHTO, Washington, DC.
15.ACPA Guide Specification – Roller Compacted Concrete pavements as exposed wearing surface version 1.2 – Setember 2014
16.www.Wirtgen.com , Wirtgen Group brochure , Texture Curing Machine , TCM 950/1800