

مطالعه تجربی ضریب جذب صوت سطح آسفالت در شرایط آزمون نويز تايير

امير حسين منصور فر^۱ و عادل توفیقي^{۲*}

۱- مدير راهبرد، شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

۲- سرپرست مرکز آزمون تايير، شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک

Adel.tofighi69@gmail.com

چکیده: هدف از این پژوهش، بررسی و تعیین ضریب جذب صوت سطح آسفالت مخلوط به عنوان سطح مرجع برای انجام آزمون‌های نويز تايير است. این آزمایش‌ها براساس الزامات استانداردهای بین‌المللی ISO 10534-1 و ISO 10534-2 و با استفاده از روش تابع انتقال در لوله امپدانس انجام شده‌اند. نمونه‌های آسفالتی از نوع مخلوط (Mixed Asphalt) با ضخامت ۴۰ میلی‌متر تهیه و در محدوده فرکانسی ۲۵۰ تا ۱۶۰۰ هرتز مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که ضریب جذب صوتی (α) برای تمامی باندهای فرکانسی کمتر از ۰/۱ بوده و در محدوده مجاز استاندارد برای سطوح آزمون نويز تايير قرار دارد. همچنین تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که ساختار دانه‌بندی، میزان تخلخل و ضخامت لایه آسفالت بیشترین تأثیر را بر میزان جذب صوت دارند. رفتار آکوستیکی سطح در فرکانس‌های بالا پایدارتر و در فرکانس‌های پایین اندکی متغیرتر مشاهده شد. این نتایج بیانگر یکنواختی سطح آسفالت و انطباق آن با الزامات فنی برای استفاده به‌عنوان سطح مرجع تست نويز تايير است.

واژه‌های کلیدی: ضریب جذب صوت، آسفالت مخلوط، ISO 10534، نويز تايير، جذب صوت سطحی، تست آکوستیکی

مقدمه

آلودگی صوتی ناشی از ترافیک یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت زندگی در محیط‌های شهری است. مطالعات نشان داده‌اند که در سرعت‌های بالاتر از ۵۰ کیلومتر بر ساعت، سهم نويز تماس تايير و سطح جاده از کل نويز خودرو بیش از ۷۰ درصد است. از این‌رو، کنترل ویژگی‌های صوتی سطح جاده اهمیت زیادی در کاهش نويز کلی ترافیک دارد.

یکی از پارامترهای کلیدی در این زمینه، ضریب جذب صوت سطح آسفالت (α) است که بیانگر توانایی سطح در جذب انرژی صوتی منتشرشده از تماس تايير و جاده است. هرچه مقدار α کمتر باشد، سطح بازتابنده‌تر بوده و تأثیر کمتری بر تضعیف نويز دارد. برعکس، سطوح با α بالاتر می‌توانند بخشی از انرژی صوتی را جذب کرده و بازتاب آن را کاهش دهند.

در پژوهش حاضر، ضریب جذب صدای یک نوع آسفالت مخلوط که به‌عنوان سطح استاندارد برای تست نويز تايير در کشور استفاده می‌شود، با استفاده از استانداردهای ISO 10534-1 و ISO 10534-2 اندازه‌گیری و تحلیل شده است. محدوده فرکانسی بررسی‌شده بین ۲۵۰ تا ۱۶۰۰ هرتز انتخاب شده است تا با فرکانس‌های غالب نويز تايير مطابقت داشته باشد. هدف این تحقیق، ارزیابی سازگاری سطح آسفالت با معیار فنی $\alpha \leq 0.1$ و تحلیل رفتار آکوستیکی آن در باندهای مختلف فرکانسی است.

مروری بر پژوهش‌های پیشین

در دهه‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی در زمینه رفتار آکوستیکی سطوح جاده‌ای انجام شده است. در اکثر این مطالعات، مشخص شده که ساختار فیزیکی آسفالت ازجمله تخلخل، اندازه سنگ‌دانه‌ها و بافت سطحی (texture) نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان جذب و بازتاب صوت دارد.

مطالعات بین‌المللی بر روی آسفالت متخلخل (Porous Asphalt) نشان داده‌اند که افزایش تخلخل تا حدود ۲۰٪ می‌تواند باعث افزایش قابل‌توجه ضریب جذب در فرکانس‌های میانی شود. بااین‌حال، برای سطوح مورد استفاده در تست نويز تايير، معمولاً نیاز به آسفالتی با جذب پایین و بازتاب بالا وجود دارد تا نتایج نويز تايير به خود تايير وابسته باشد، نه به سطح آزمایش.

در استانداردهای اروپایی و ژاپنی، سطوحی با α کمتر از ۰/۱ در محدوده ۲۵۰ تا ۱۶۰۰ هرتز به‌عنوان سطوح مرجع برای آزمون‌های نويز تايير شناخته می‌شوند. پژوهش حاضر در همین راستا انجام شده و هدف آن اطمینان از همخوانی سطح آسفالت مخلوط داخلی با معیارهای بین‌المللی است.

مبانی نظری

ضریب جذب صوت (α) بیانگر نسبت انرژی صوتی جذب‌شده توسط سطح به انرژی صوتی برخوردکننده است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\alpha(f) = 1 - |R(f)|^2$$

که در آن $R(f)$ ضریب بازتاب فرکانسی سطح است.

هم‌چنین، رابطه بین امپدانس سطح (Z_s) و ضریب بازتاب به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$R = \frac{Z_s - Z_0}{Z_s + Z_0}$$

در این رابطه Z_0 امپدانس صوتی هوا است. اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی مطابق با استانداردهای ISO 10534-1 و ISO 10534-2 انجام می‌شود که روش‌های دقیق تعیین α از روی تابع انتقال فشار را تشریح می‌کنند.

در محدوده فرکانسی ۲۵۰ تا ۱۶۰۰ هرتز، که بخش عمده‌ای از انرژی صوتی تولیدشده در تماس تايير و سطح جاده را دربر می‌گیرد، تغییرات ضریب جذب بیشترین اهمیت را دارد.

استانداردهای مرجع

استانداردهای ISO 10534-1 و ISO 10534-2 دو روش پذیرفته‌شده بین‌المللی برای تعیین ضریب جذب صوت در لوله امپدانس هستند.

• در بخش اول (Part 1) از روش تابع انتقال (Transfer Function) با دو میکروفون استفاده می‌شود.

• در بخش دوم (Part 2) روش نسبت موج ایستا (Standing Wave Ratio) معرفی شده است.

این استانداردها، نحوه آماده‌سازی نمونه، کالیبراسیون میکروفون‌ها، محاسبه ضریب بازتاب و درنهایت استخراج ضریب جذب را مشخص می‌کنند.

روش پژوهش

مشخصات نمونه‌ها

نمونه‌ها از سطح آسفالت مخلوط استاندارد، با قطر ۱۰۰ میلی‌متر و ضخامت حدود ۴۰ میلی‌متر، مطابق با الزامات ISO آماده‌سازی شدند. قبل از آزمایش، سطح نمونه‌ها تمیز و خشک شد و دمای محیط در حدود ۲۳ °C نگهداری شد.

تجهیزات

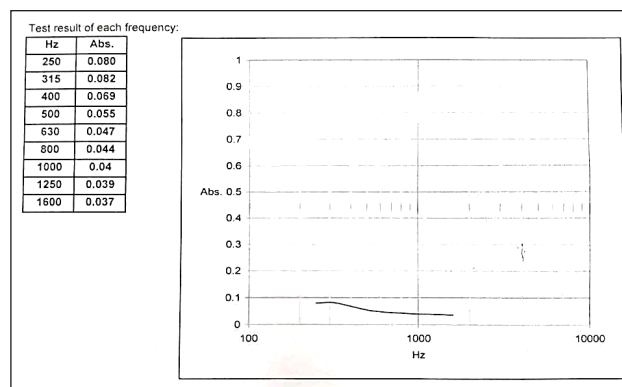
- لوله امیدانس با قطر داخلی ۱۰۰ میلی‌متر
- دو میکروفون اندازه‌گیری دقیق
- منبع صوتی پهن‌بند و سیستم تحلیل طیف
- نرم‌افزار تحلیل تابع انتقال

روش انجام آزمایش

- کالیبراسیون سیستم و اطمینان از هم‌ترازی میکروفون‌ها.
- قرار دادن نمونه در انتهای لوله و اجرای سیگنال sweep در محدوده ۲۵۰ تا ۱۶۰۰ Hz.
- ثبت فشار صوتی در دو نقطه و محاسبه تابع انتقال.
- استخراج ضریب بازتاب و محاسبه α در هر فرکانس.
- تکرار آزمایش برای چهار نمونه مختلف و محاسبه میانگین α .

پردازش داده و نتایج به‌همراه نمودار

نتیجه ضریب جذب یکی از میادین تست تایر توسط دستگاه امیدانس اندازه‌گیری شد که نتایج به شرح شکل (!) است.



مراجع

[۱] INSO 15877، و ۱۳۹۸. انتشار صدای غلتشی تایرهای رادیال ۳۲-۳۸

- [2] ISO 10534-1: Acoustics — Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes — Part 1: Method using standing wave ratio.
- [3] ISO 10534-2: Acoustics — Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes — Part 2: Transfer-function method.
- [4] ISO 11819-1: Acoustics — Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise — Part 1: Statistical Pass-By method.
- [5] M. Crocker (Ed.), Handbook of Noise and Vibration Control, John Wiley & Sons, 2007.
- [6] P. Donovan, "Acoustic Properties of Road Surfaces and Tire Noise," Transportation Research Record, 2016.



تحلیل آماری

برای بررسی یکنواختی نمونه‌ها، از آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) استفاده شد. نتایج نشان داد تفاوت معناداری بین نمونه‌ها وجود ندارد ($p > 0.05$) هم‌چنین ضریب تغییر کمتر از ۵٪ بوده که نشان‌دهنده تکرارپذیری مناسب آزمون است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از آزمایش نشان می‌دهد که ضریب جذب صوتی آسفالت مخلوط در تمام فرکانس‌های اندازه‌گیری شده کمتر از ۰/۱ است. این موضوع بیانگر رفتار بازتابنده سطح و انطباق آن با الزامات فنی تست نویز تایر است. در فرکانس‌های پایین (۲۵۰ تا ۴۰۰ هرتز)، مقدار α اندکی بالاتر مشاهده می‌شود که می‌تواند ناشی از تخلخل سطح یا رطوبت باقی‌مانده در نمونه باشد. با افزایش فرکانس تا حدود ۱۰۰۰ هرتز، مقدار α کاهش یافته و به پایداری می‌رسد. این روند با یافته‌های پژوهش‌های مشابه در آسفالت‌های مخلوط مطابقت دارد و در فرکانس‌های غالب نویز تایر در همین بازه قرار دارند؛ بنابراین، ضریب جذب پایین سطح موجب می‌شود سهم سطح از انرژی صوتی نسبت به تایر ناچیز باشد و نتایج آزمون‌ها به ویژگی‌های تایر وابسته بماند.

- مقدار ضریب جذب صوتی آسفالت مخلوط در محدوده ۲۵۰ تا ۱۶۰۰ هرتز کمتر از ۰/۱ است.
- سطح آسفالت مورد استفاده برای تست نویز تایر با الزامات استانداردهای بین‌المللی مطابقت دارد.
- رفتار آکوستیکی نمونه‌ها در فرکانس‌های میانی پایدار و قابل تکرار است. در مناطق شهری که هدف کاهش نویز محیطی است، می‌توان از آسفالت‌های با تخلخل بالاتر استفاده کرد، ولی برای تست‌های مرجع، سطح با جذب پایین تر الزامی است.