بسم الله الرحمن الرحيم
١٤٣٨

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی قزوین
دانشکده بهداشت

بررسی عملکرد آکوستیکی برخی مصالح ساختمانی غنی شده با پودر سنگ باریت

استاد راهنما:
جناب آقای دکتر علی صفری

استاد مشاور:
جناب آقای دکتر سعید احمدی

دانشجو:
مهسا اختیاری
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای
ورودی ۹۶

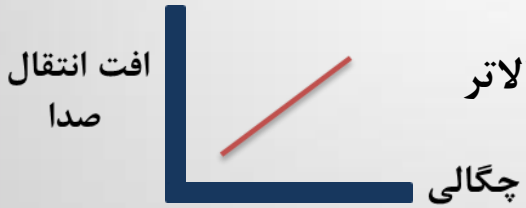
بیان مسئله و مقدمه

❖ آلودگی صوتی ⟵ یکی از مهم ترین عوامل زیان آور محیط کار، خیابان ها و حتی منازل مسکونی

❖ عوامل تاثیرگذار بر افت انتقال صوت دیواره ها ⟵

- ✓ جرم یا چگالی سطحی ⟵ مهم ترین عامل
- ✓ یکدستی یا یک شکلی
- ✓ میرایی
- ✓ فنریت

❖ قانون جرم ⟵ هرچه ماده چگال تر- فشرده تر و سنگین تر نسبت به صدا نفوذپذیری کمتر بنابراین افت انتقال صوت در آن ماده بالاتر



بیان مسئله و مقدمه

❖ استفاده از موادی با دانسیته‌ی بالا در کامپوزیت عایق صوت

دست یافتن به عدد افت انتقال صوت بالاتر

افزایش جرم و دانسیته‌ی عایق صوتی بدون افزایش قابل توجه در ضخامت

❖ یکی از راه‌های ارتقای عملکرد آکوستیکی مواد

استفاده از پرکننده‌ها (Fillers)

باریت (سولفات باریوم)

از ترکیباتی که می‌تواند باعث افزایش جرم در مصالح ساختمانی شود.

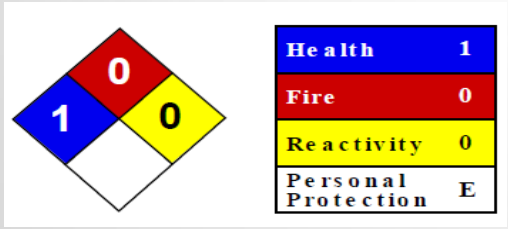
بیان مسئله و مقدمه

❖ سولفات باریم

- ✓ جامد و سفید رنگ
- ✓ فرمول شیمیایی $BaSO_4$
- ✓ Heavy Spar ⟸ نام دیگر
- ✓ واژه‌ی یونانی barys ⟸ به معنای سنگین
- ✓ چگالیِ بسیار بالا ⟸ (حداقل ۴/۵ گرم بر سانتی متر مکعب)
- ✓ مصارف صنعتی، پزشکی و تولیدی

ارجحیت نسبت به دیگر ترکیبات چگال

- ✓ خنثی بودن از نظر ترکیب شیمیایی (بی‌اثر)
- ✓ ارزان بودن
- ✓ تمیز بودن کانی
- ✓ فراوانی ذخایر باریت درکشور
- ✓ کم‌خطر بودن آن برای سلامتی و بهداشت انسان



بیان مسئله و مقدمه

❖موارد کاربرد باریت

- ✓ به عنوان یک ماده پرکننده در صنایع رنگ‌سازی، لاستیک، پلاستیک و کاغذ
- ✓ به عنوان یک عامل سنگین‌کننده در گل حفاری
- ✓ کارت‌های بازی: مقداری باریت بین فیبرهای کاغذ وجود دارد.
- ✓ جلوگیری از نشر پرتوی ایکس و گاما: ساخت بلوک‌های سیمانی با دانسیته‌ی بالا در بیمارستان‌ها، نیروگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها
- ✓ مخلوط لاستیک، آسفالت و ۱۰ درصد باریت در ساخت توقف‌گاه‌ها و باند فرودگاه‌ها
- ✓ و...

اهداف پژوهش

✓ **نوع مطالعه:** پایه (تجربی) / ✓ **نوع طرح:** کاربردی

❖ **هدف کلی:** بررسی عملکرد آکوستیکی برخی مصالح ساختمانی غنی شده با پودرسنگ باریت

❖ **اهداف جزئی:**

۱) تعیین ضریب افت انتقال و ضریب جذب نمونه‌های شاهد تهیه شده از گچ، ملات سیمان، خاک‌رس و پودر باریت با ضخامت‌های ۰/۵ و ۱ سانتی‌متری توسط دستگاه امپدانس تیوب کالیبره شده در فرکانس‌های یک اکتاوباند

۲) تعیین ضریب افت انتقال و ضریب جذب نمونه‌های تهیه شده از ترکیب گچ با پودر باریت با درصدهای نسبی ۱:۱، ۱:۲ و ۱:۳ و با ضخامت‌های ۰/۵ و ۱ سانتی‌متری توسط دستگاه امپدانس تیوب کالیبره شده در فرکانس‌های یک اکتاوباند

۳) تعیین ضریب افت انتقال و ضریب جذب نمونه‌های تهیه شده از ترکیب ملات سیمان با پودر باریت با درصدهای نسبی ۱:۱، ۱:۲ و۱:۳ و با ضخامت‌های ۰/۵ و ۱ سانتی‌متری توسط دستگاه امپدانس تیوب کالیبره شده در فرکانس‌های یک اکتاوباند

۴) تعیین ضریب افت انتقال و ضریب جذب نمونه‌های تهیه شده از ترکیب خاک رس با پودر باریت با درصدهای نسبی ۱:۱، ۱:۲ و ۱:۳ و با ضخامت‌های ۰/۵ و ۱ سانتی‌متری توسط دستگاه امپدانس تیوب کالیبره شده در فرکانس‌های یک اکتاوباند

۵) مقایسه‌ی ضریب افت انتقال و ضریب جذب نمونه‌های شاهد با نمونه‌های کامپوزیت

اهداف پژوهش

❖ **اهداف کاربردی:**

۱) دستیابی به درصد مناسبی از مخلوط گچ و باریت، مخلوط سیمان و باریت و مخلوط خاک رس و باریت برای تولید موانع صوتی مطلوب، جهت کنترل صدا در ساختمان‌ها و صنایع.

۲) دستیابی به افت انتقال بیشتر در موانع صوتی به وسیله‌ی کاهش ضخامت پانل و با افزایش جرم یا دانسیته‌ی مواد.

۳) جلوگیری از خطرات بهداشتی احتمالی ناشی از عایق‌ها و موانع صوتی سنتی.

۴) کاهش زمان و هزینه در کنترل صدا، در صنایع و ساختمان‌های مسکونی.

به طور کلی:

ارائه یک عایق بهینه جهت کنترل صدا

قابلیت اجرا در: ساختمان‌های مسکونی، کارخانجات، مدارس، دانشگاه‌ها، بیمارستان‌ها، کتابخانه‌ها، اتاق‌های کنترل، مطب‌ها، سالن‌های انتظار، سینماها، سالن‌های آمفی‌تئاتر و...

فرضیه‌های پژوهش

۱) افزودن پودر باریت به مصالح ساختمانی مورد مطالعه، سبب افزایش افت انتقال و ضریب جذب صوت خواهد شد.

۲) افزایش نسبت مخلوط پودر باریت به مصالح ساختمانی مورد مطالعه، منجر به افزایش افت انتقال و ضریب جذب صوت می‌شود.

۳) افزایش ضخامت مخلوط پودر باریت و مصالح ساختمانی مورد مطالعه، سبب افزایش افت انتقال و ضریب جذب صوت می‌شود.

۴) غنی‌سازی مواد مانع صوتی (مصالح ساختمانی)، توسط ترکیباتی با جرم و دانسیته‌ی بالا (مثل سولفات‌باریوم) موجب بهبود عملکرد آکوستیکی موانع می‌شود.

مروری بر مطالعات و متون گذشته

رفرنس	عنوان یا هدف	نتایج و نتیجه‌گیری
Seymour و Hartman و همکاران(۱۹۶۹)	مواد ویسکوالاستیک مانع صوت، همراه با ذرات پرکننده با چگالیِ بالا	❑افزایش افت انتقال صوت در مخلوط **موادِ ویسکوالاستیک** به همراهِ ماده‌ی معدنیِ **سولفات باریوم.** ❑افزایش افت انتقال صوت با افزایش جرم یا وزن در واحد سطح عنصر (جرم در هر فوت مربع). ❑ساخت جداکننده‌ها و پانل‌هایی جهت کاربردهای آکوستیکی در دیوار، سقف و کف و همچنین محافظ‌های پرتو از جمله اشعه‌ی ایکس.
Emile N.Homsi (۲۰۰۳)	بهینه‌سازی ویژگی‌ها و پارامترهای آکوستیکی مواد پلمیری کنترل‌کننده‌ی صدا	❑ضخامت و چگالی پانل آکوستیکی، از مهم‌ترین عوامل در رسیدن به بیش‌ترین افت انتقال صدا. ❑چگالی سطحی، شاخص خوبی از ظرفیت کنترل کنندگیِ مانعِ صوتی. ❑ساخت پانل‌هایی دو لایه از جنسِ **رزینِ پلی‌آمید** غنی‌شده با پرکننده‌هایی با چگالی بالا از جمله ماده‌ی معدنی **سولفات باریوم.** ❑در این پژوهش، سولفات باریوم ۴۰ تا ۷۰ درصدِ وزن کامپوزیت را شامل می‌شد.

مروری بر مطالعات و متون گذشته

رفرنس	عنوان یا هدف	نتایج و نتیجه‌گیری
Franco Cotana و همکاران (۲۰۰۷)	تست‌های آکوستیک بر بتن معمولی و ترکیب‌شده با مواد بی‌اثر	❑ ارزیابی ویژگی‌های افت انتقال صدا در بتن پر شده با موادی از جمله: سنگ‌های متخلخل، سنگ‌ریزه و لاستیک. ❑ترکیبات متنوع درکامپوزیت، تاثیر قابل توجهی بر ویژگی‌های افت انتقال صدا. ❑ افزایش ویژگی‌های آکوستیکی از جمله افت انتقال صدا، در کامپوزیتی که حاوی هر دو سنگ متخلل و سنگ‌ریزه بود، در کلیه‌ی فرکانس‌ها.
Lee و همکارانش (۲۰۱۰)	ویژگی‌های مکانیکی و عایق صوتی کامپوزیت آکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS)/ کربن سیاه	❑افزایش ۱۰ درصدی افت انتقال صدا در کامپوزیت پرشده با ۵٪ کربن سیاه، در مقایسه با آکریلونیتریل بوتادین استایرن پر نشده (به عنوان نمونه‌ی شاهد). ❑افزایش در مقدار کربن سیاه تاثیر مستقیمی بر خواص عایق صوتی کامپوزیت.

مروری بر مطالعات و متون گذشته

رفرنس	عنوان یا هدف	نتایج و نتیجه‌گیری
Xing Wang و همکاران (۲۰۱۰)	مطالعات تجربی و نظری درباره‌ی افت انتقال صدا در کامپوزیت پلی وینیل کلراید پر شده با میکا	❑توصیف ویژگی‌های عایق صدای کامپوزیت **پلی‌وینیل‌کلراید/ میکا** را توسط قوانین فنریت و جرم. ❑فنریت و چگالی سطحی فاکتورهای مهمی در بهینه سازی افت انتقال صدا ❑ افزایش افت انتقال صدا و فرکانس رزونانس در کامپوزیت پلی‌وینیل‌کلراید/ میکا با افزایش در مقدار میکا.
Liang و Jiang (۲۰۱۲)	ارزیابی ویژگی‌های عایق صدای کامپوزیت پلی‌پروپیلن (pp)/ ذرات‌معدنی	❑افزایش خواص جاذب و مانع صوتی کامپوزیت‌های پلیمری پرشده با ذرات معدنی ❑ بهینه‌سازی ویژگی‌های آکوستیکی **پلی‌پروپیلن**، با **تکه‌های شیشه‌ای متخلخل (HGB) و ذرات کلسیم‌کربنات ($nano\text{-}CaCO_3$)** ❑خواص عایق صدای کامپوزیت پلی‌پروپیلن/ نانوذرات کلسیم‌کربنات به شدت تابع اثر جرم. ❑افزایش ویژگی افت انتقال صدا به صورت غیر خطی با افزایش در مقدار ماده‌ی پرکننده‌ی هر دو نوع کامپوزیت.

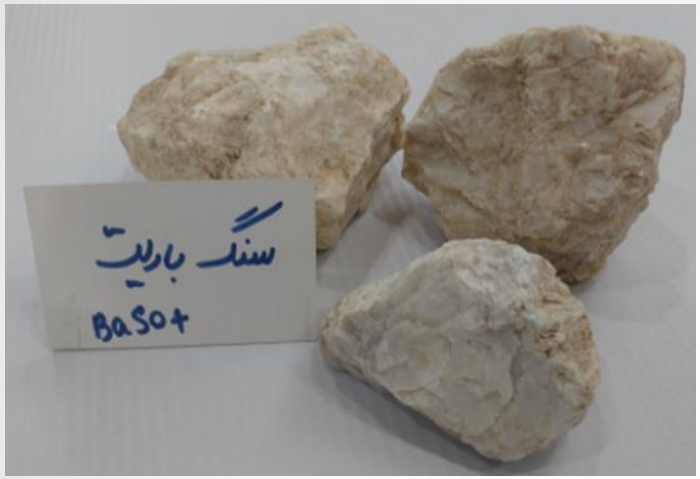
مروری بر مطالعات و متون گذشته

رفرنس	عنوان یا هدف	نتایج و نتیجه‌گیری
چلنگران و همکارش (۱۳۹۷)	بررسی آزمایشگاهی میزان افت انتقال صوت از بتن حاوی لاستیک بازیافتی	❑تأثیر بسزای جایگزینی ریزدانه‌ی لاستیکی به جای سنگ دانه‌ی بتن (ماسه)، در کاهش انتقال صوت. ❑کاهش انتقال صوت چشمگیرتر در نمونه‌ی حاوی ٪ ۱۱ خرده لاستیک در مقایسه با سایر نمونه‌ها، در بازه ۲۰۰۰Hz الی ۶۳۰۰ Hz. ❑افزایش افت انتقال صوت با افزایش حضور **خرده لاستیک** در **بتن**.

مواد و روش کار (فاز۱: تهیه مواد اولیه)

❖ تهیه مواد و مصالح ساختمانی مورد مطالعه:

- ✓ گچ
- ✓ ماسه
- ✓ سیمان نوع ۱ (پورتلند معمولی)
- ✓ خاک رس
- ✓ سنگ باریت
- ✓ پودر سولفات باریوم



مواد و روش کار (فاز ۲:سنجش خصوصیات فیزیکی مواد اولیه)

۲-۱) تعیین چگالی بالک (جرم حجمی) مصالح ساختمانی و پودر سولفات باریوم
۲-۲) تعیین وزن مخصوص سنگ باریت
۲-۳) انجام آزمایش طیف‌نگاریِ فلوئورسانس اشعه ایکس (XRF) جهت تعیین درصد خلوص پودر باریت

اندازه گیری چگالی بالک
با
ترازوی دیجیتال و قالب

مواد و روش کار (فاز ۲:سنجش خصوصیات فیزیکی مواد اولیه)

تعیین درصد خلوص پودر باریت توسط دستگاه XRF

- ✓ مدل PW2404
- ✓ ساخت شرکت فیلیپس هلند
- ✓ کالیبره شده توسط استانداردهای X-Ray B.V
- ✓ تیوب دستگاه از نوع رودیم با حداکثر انرژی ۴۰۰۰ وات
- ✓ کارکرد بر اساس اندازه‌گیری اختلاف در طول موج
- ✓ گزارش مقادیر کمی عناصر به صورت ده عنصر اصلی

نمایی از دستگاه XRF موجود در آزمایشگاه اشعه ایکس دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس

مواد و روش کار (فاز ۲:سنجش خصوصیات فیزیکی مواد اولیه)

اندازه گیری وزن مخصوص
سنگ باریت
با
ترازوی دیجیتال و ظرف
پلاستیکی

مواد و روش کار (فاز۳: آماده سازی و ساخت نمونه ها)

دستگاه تراش، فرز، فلز آلومینیوم

- ✓ ضخامت: نیم و یک سانتی متر
- ✓ قطر: سه و ده سانتی متر

قطر واقعی

نمونه های شاهد

الک کردن مصالح ساختمانی

افزودن مقدار مشخصی آب

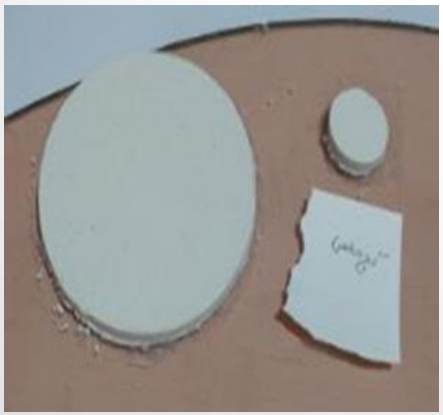
مواد و روش کار (فاز۳: آماده سازی و ساخت نمونه ها)

اختلاط کاملِ مصالح ساختمانی با حجمِ مشخصی از آب جهتِ ایجادِ ترکیبی همگن

قالب‌گیری نمونه گچی

مواد و روش کار (فاز۳: آماده سازی و ساخت نمونه ها)

نمونه
گچ خالص



مواد و روش کار (فاز۳: آماده سازی و ساخت نمونه ها)

نمونه های کامپوزیت (مصالح + باریت)

در تهیه ملات سیمانِ مورد استفاده در ساختمان‌سازی، مقدارِ ماسه‌ی مورد نیاز ۳ برابرِ سیمان می‌باشد.

محاسبات مقدار جرم ماده مورد نیاز جهت ساختِ نمونه‌های با ضخامت نیم و یک سانتی‌متر

مثال!

ردیف	نوع نمونه (۱سانتی‌متری)	سیمان (گرم)	ماسه (گرم)	باریت (گرم)	نسبت ملات سیمان به باریت
۱	ملات سیمان خالص (بدون باریت)	۵۰	۱۵۰	------	--------
۲	ملات سیمان + باریت ۱:۳	۳۷/۵	۱۱۲/۵	۵۰	سه برابر
۳	ملات سیمان + باریت ۱:۲	۳۱/۲۵	۹۳/۷۵	۶۲/۵	دو برابر
۴	ملات سیمان + باریت ۱:۱	۲۵	۷۵	۱۰۰	برابر

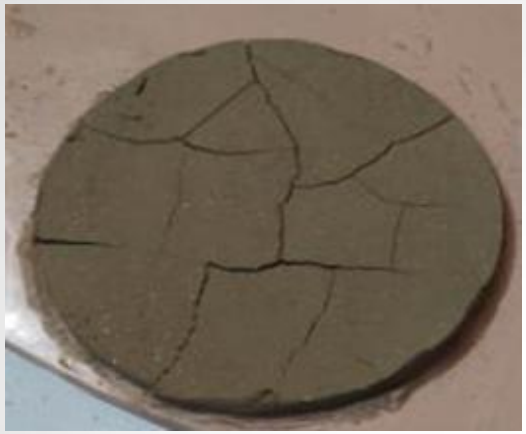
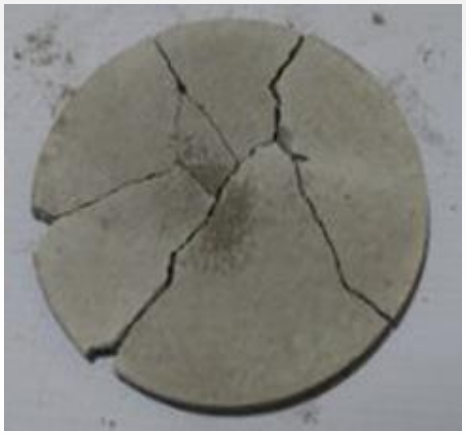
مواد و روش کار (فاز ۳: آماده سازی و ساخت نمونه ها)

نسبت‌های جرمی	درصدِ مصالحِ ساختمانی (٪)	درصدِ باریت (٪)
۱:۳	۷۵	۲۵
۱:۲	۶۶/۶۷	۳۳/۳۳
۱:۱	۵۰	۵۰

افزایش باریت

عملِ قالب‌گیری و خارج‌سازیِ نمونه‌های ملات سیمان

مواد و روش کار (فاز۳: آماده سازی و ساخت نمونه ها)

به طورِ میانگین
حداقل ۴ و حداکثر ۱۲
مرتبه!

مواد و روش کار (فاز۳: آماده سازی و ساخت نمونه ها)

مواد و روش کار (فاز۴: اندازه گیری خصوصیات فیزیکی نمونه ها)

الف) جرم

ب) چگالی سطحی

جرم

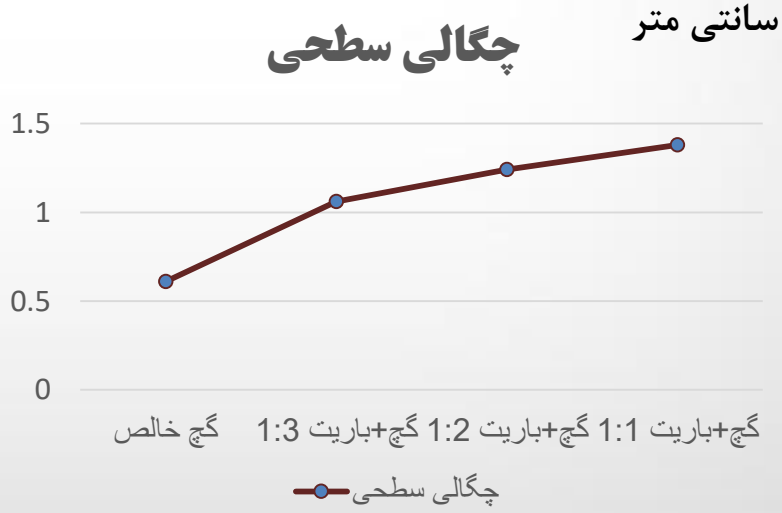
مساحت دایره

ج) چگالی حجمی

جرم

حجم استوانه

نمونه های گچی
ضخامت ۱ سانتی متر
قطر ۱۰ سانتی متر



مواد و روش کار (فاز۴: اندازه گیری خصوصیات آکوستیکی نمونه ها)

اندازه گیری افت انتقال صوت
توسط دستگاه امپدانس تیوب

فرکانس های یک سوم اکتاوباند

میانگین لگاریتمی افت انتقال صوت

- ساخت شرکت BSWA Technology Co کشور چین
- مدل SW422
- با درنظر گرفتن استاندارد ASTM E2611
- براساسِ روشِ تابع انتقال
- لوله با قطر بزرگ برای فرکانس (۶۳-۱۶۰۰هرتز)
- لوله با قطر کوچک برای فرکانس (۱۶۰۰-۶۳۰۰ هرتز)

نمایی از دستگاه امپدانس تیوب
موجود در دانشکده بهداشت دانشگاه تربیت مدرس

مواد و روش کار (فاز۴: اندازه گیری خصوصیات آکوستیکی نمونه ها)

اندازه گیری ضریب جذب صوت
توسط فرمول مربوطه

فرکانس های یک سوم اکتاوباند

ضریب جذب کلی هر ماده (NRC)

پس از وارد نمودنِ داده‌های مربوط به افت انتقالِ صوت نمونه‌ها در نرم افزار اکسل، ضرایبِ جذب از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$TL \approx 10\, log \frac{1}{\alpha}$$

TL= افت انتقال صوت (دسی‌بل)

α= ضریب جذب صوت

$$NRC = \frac{\alpha_{۲۵۰} + \alpha_{۵۰۰} + \alpha_{۱۰۰۰} + \alpha_{۲۰۰۰}}{۴}$$

ضریب جذب کلی

یافته ها (سنجش خصوصیات فیزیکی مواد اولیه)

نتایج چگالی بالک

نوع ماده	چگالی بالک $\frac{gr}{cm^3}$
سیمان	۱/۱۳
ماسه	۱/۴۳
ملات سیمان	۱/۳۵
خاک رس	۱/۲۶
گچ	۱/۲۲
پودر باریت	۲/۰۱

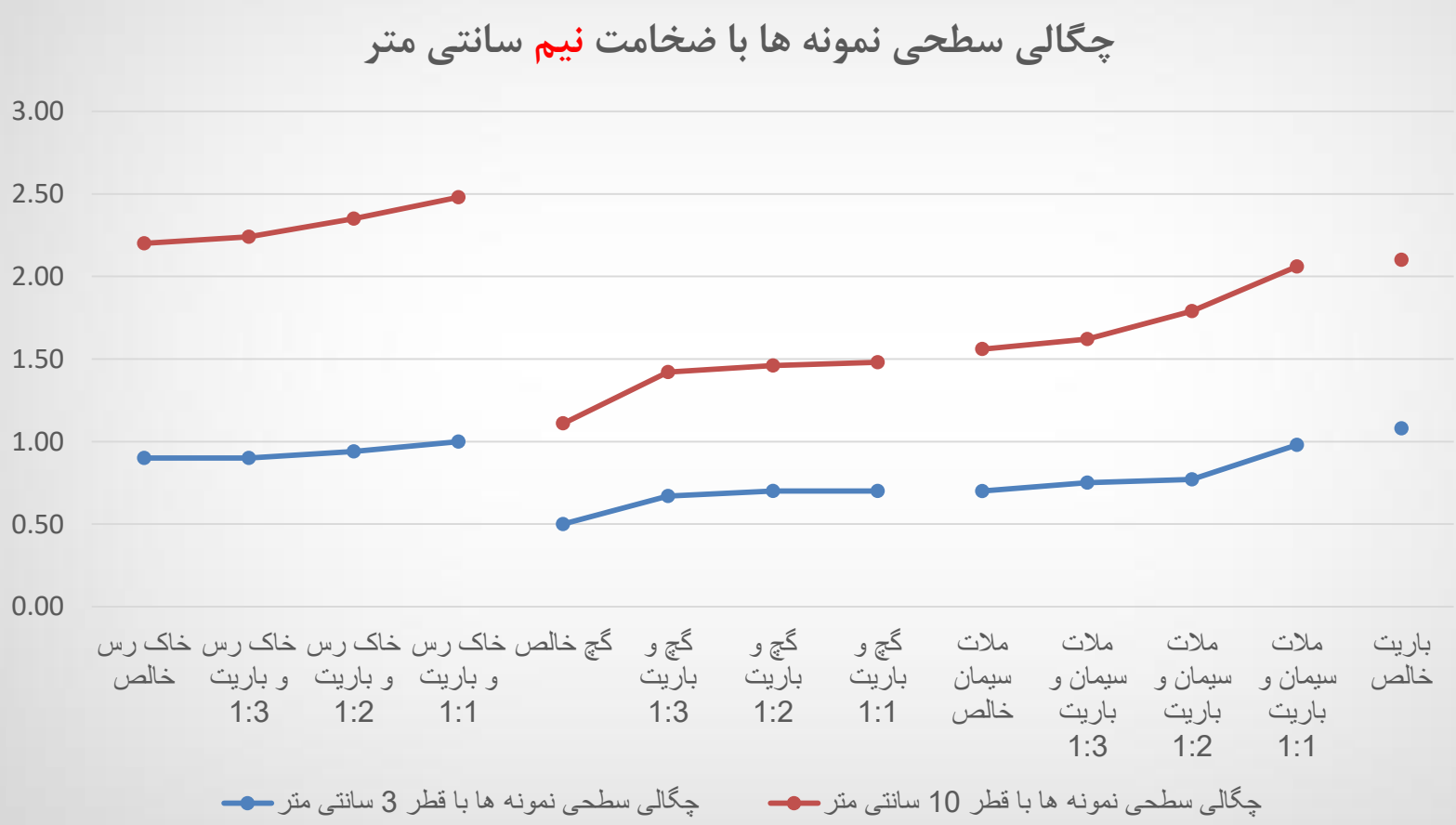
$$\text{وزن مخصوص سنگ باریت} = \frac{\text{جرم خشک}}{\text{جرم غوطه وری}}$$

۴/۳۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب

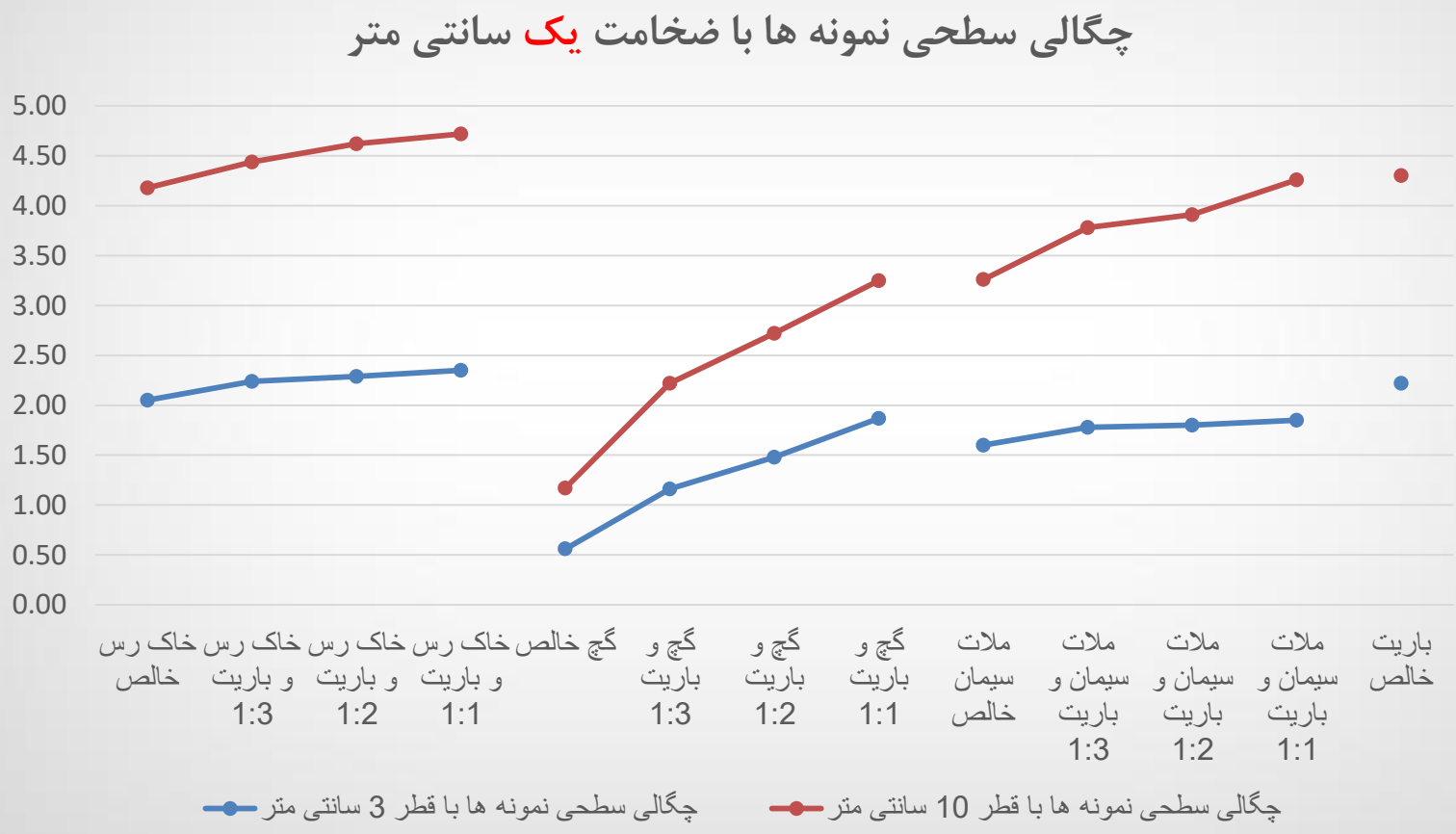
نتایج XRF پودر باریت

آنالیز باریت	L.O.I	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3
٪	۰/۴۵	۰/۴۱۸	۰/۱۷۸	۰/۵۴۶	۳/۲۰۷	۰/۰۰۵	۲۵/۰۰۷
Cl	K_2O	CaO	Fe_2O_3	Cu	Zn	Sr	BaO
۰/۰۲۱	۰/۰۷	۰/۳	۰/۲۹	۰/۰۱۵	۰/۲۸	۱/۲۳	۶۸/۲۳۴

یافته ها (اندازه گیری خصوصیات فیزیکی نمونه ها)

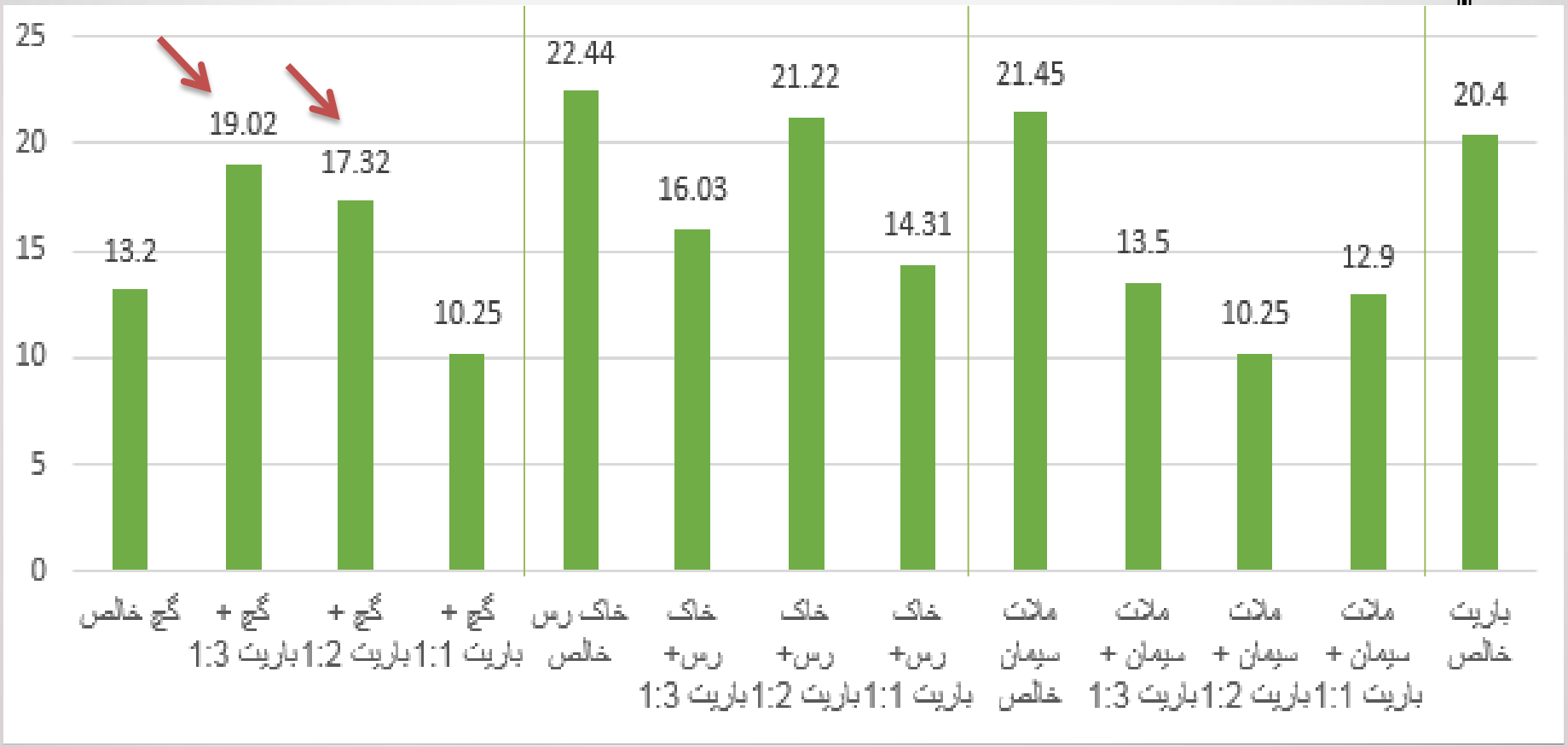


یافته ها (اندازه گیری خصوصیات فیزیکی نمونه ها)



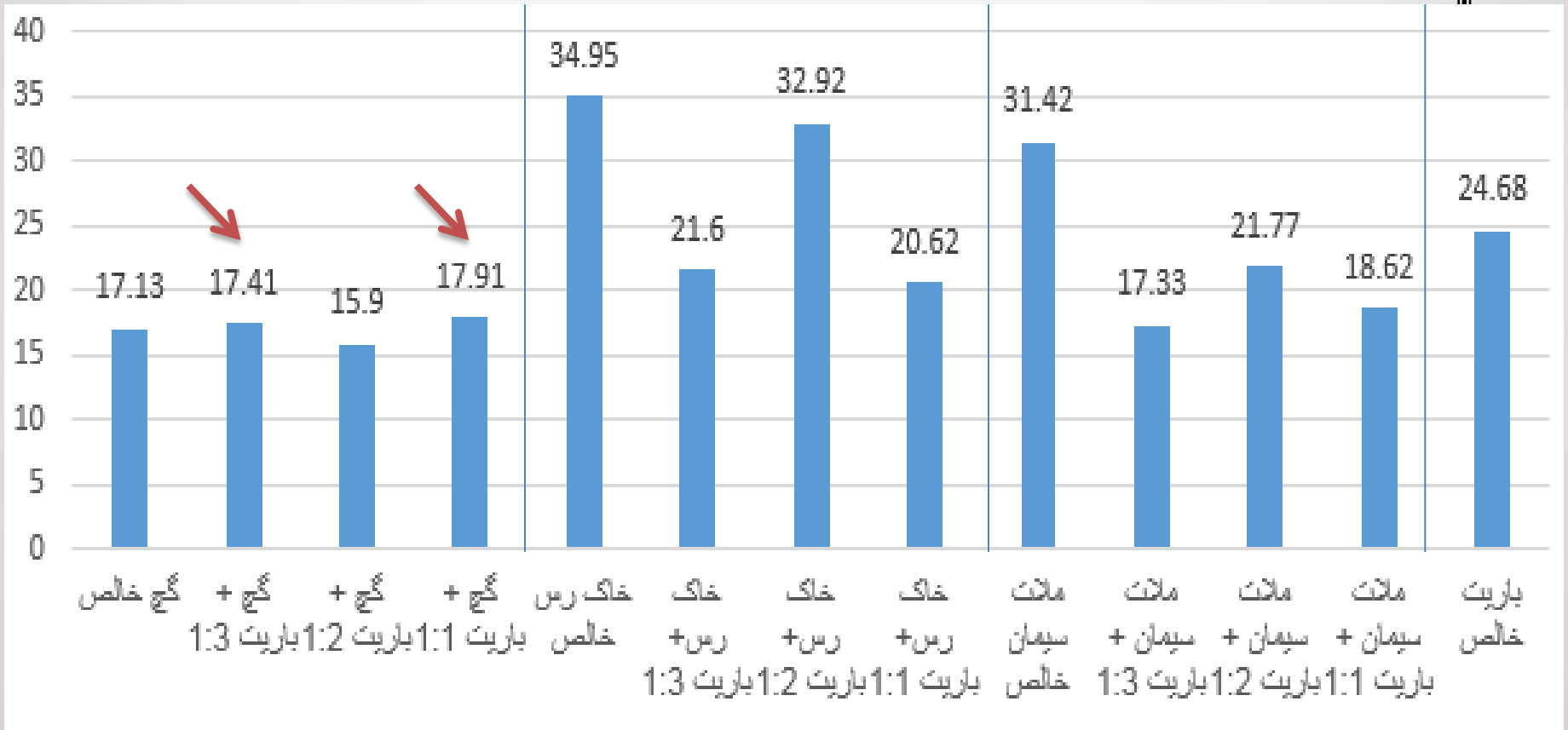
یافته ها (اندازه گیری خصوصیات آکوستیکی نمونه ها)

میانگین لگاریتمی افت انتقال صوت در نمونه های با ضخامت نیم سانتی متر



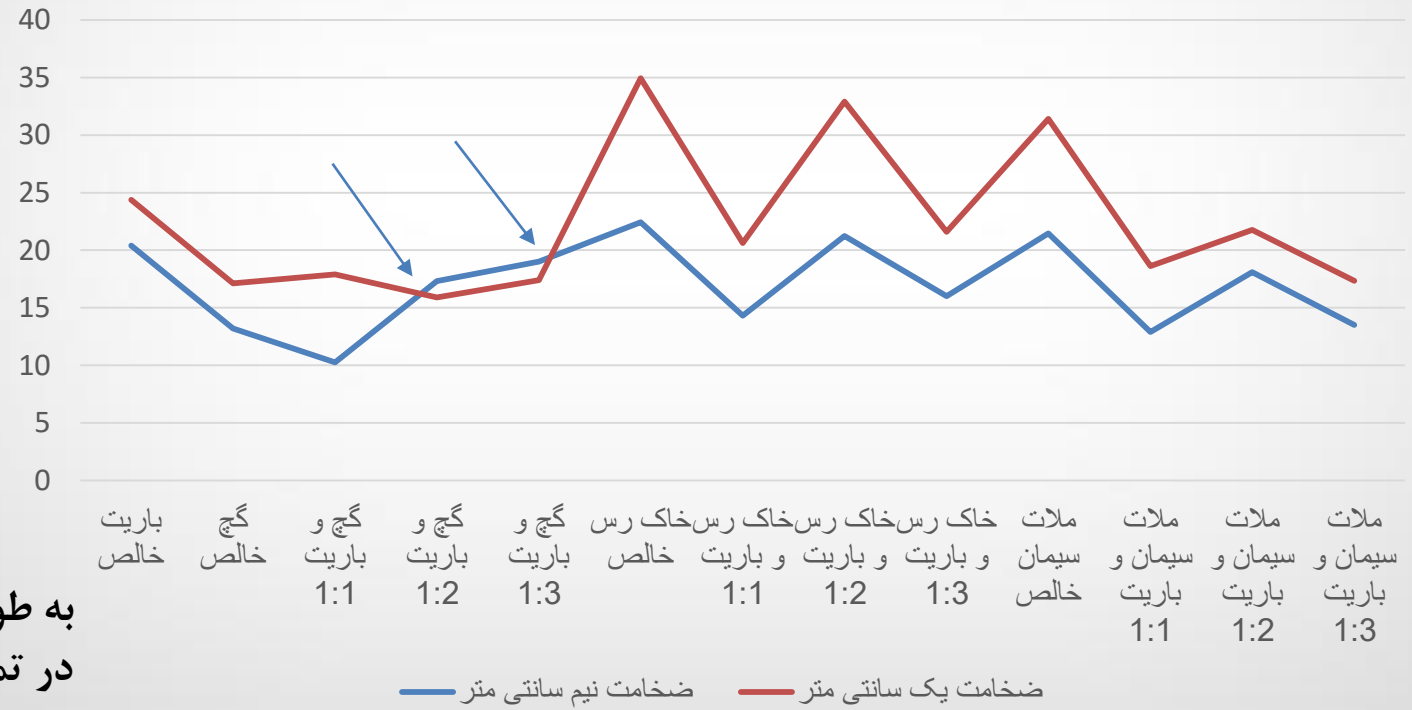
یافته ها (اندازه گیری خصوصیات آکوستیکی نمونه ها)

میانگین لگاریتمی افت انتقال صوت در نمونه های با ضخامت یک سانتی متر



یافته ها (اندازه گیری خصوصیات آکوستیکی نمونه ها)

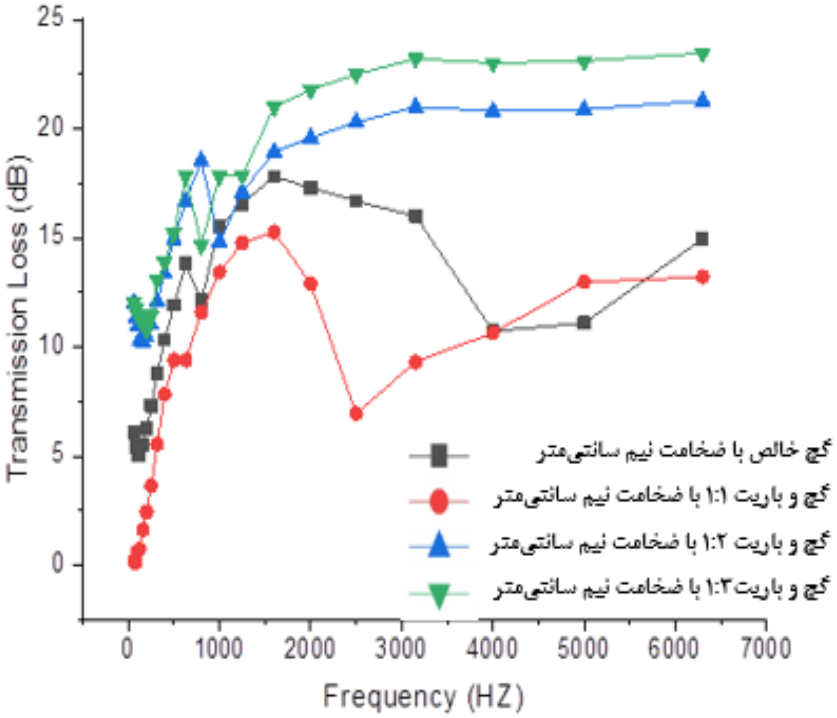
مقایسه میانگین لگاریتمی افت انتقال صوت نمونه های نیم و یک سانتی متری در فرکانس های یک سوم اکتاوباند

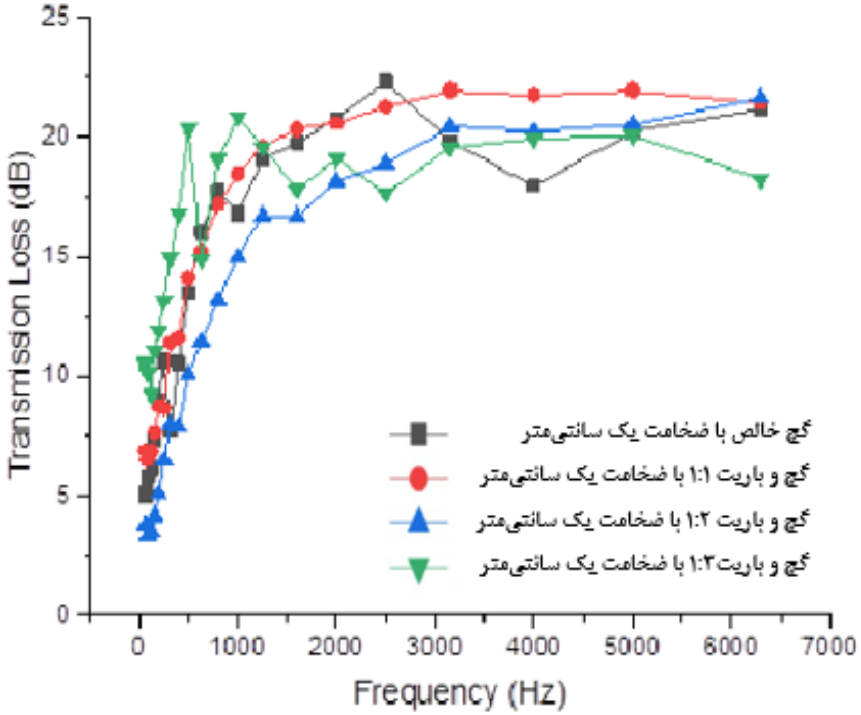


۵/۵۲ دسی‌بل

به طور میانگین در تمام نمونه ها

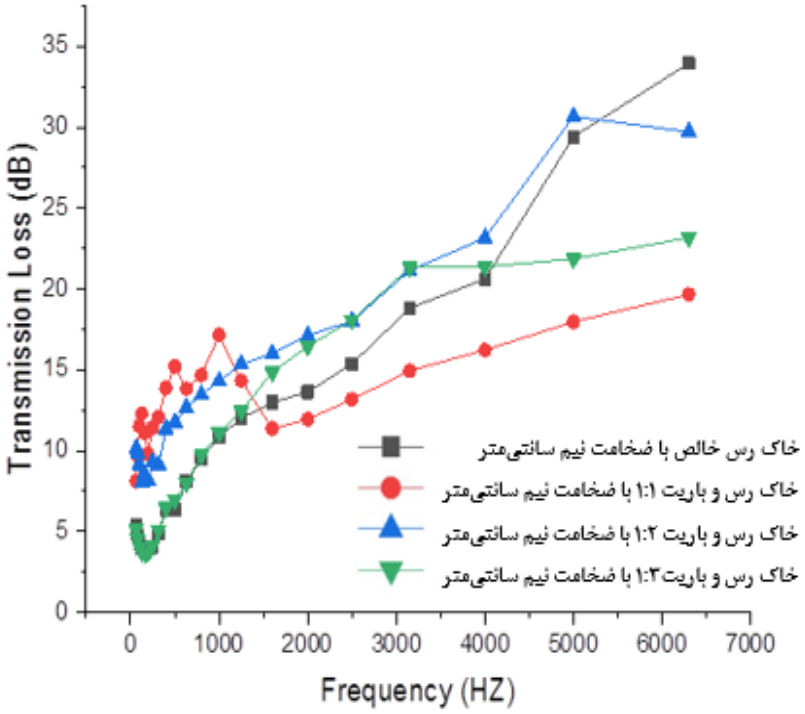
یافته ها (اندازه گیری خصوصیات آکوستیکی نمونه ها)

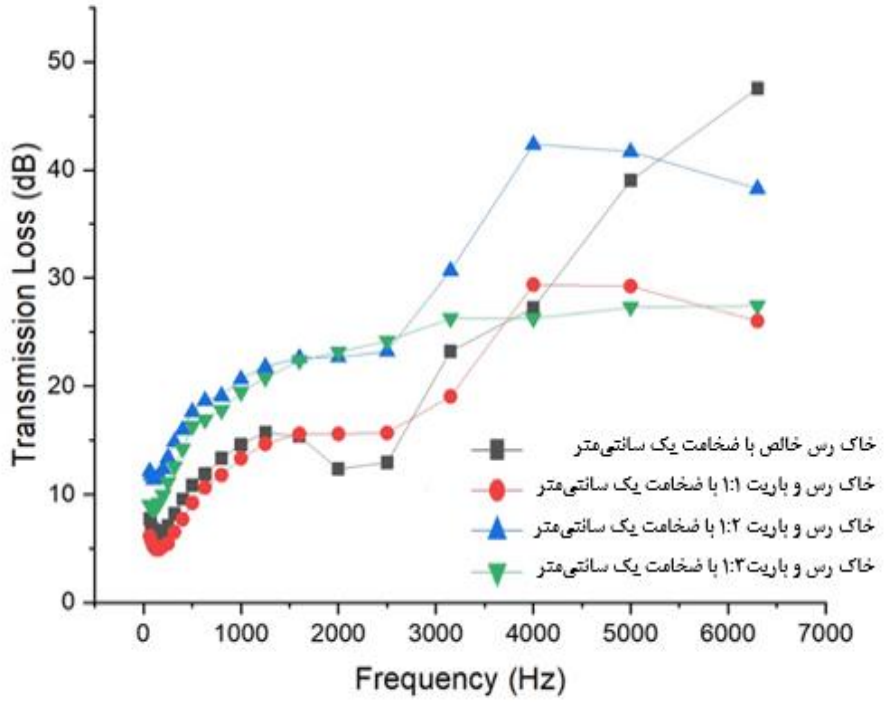




نمودارِ افتِ انتقالِ صوتِ نمونه‌های گچ با ضخامتِ نیم و یک سانتی‌متر

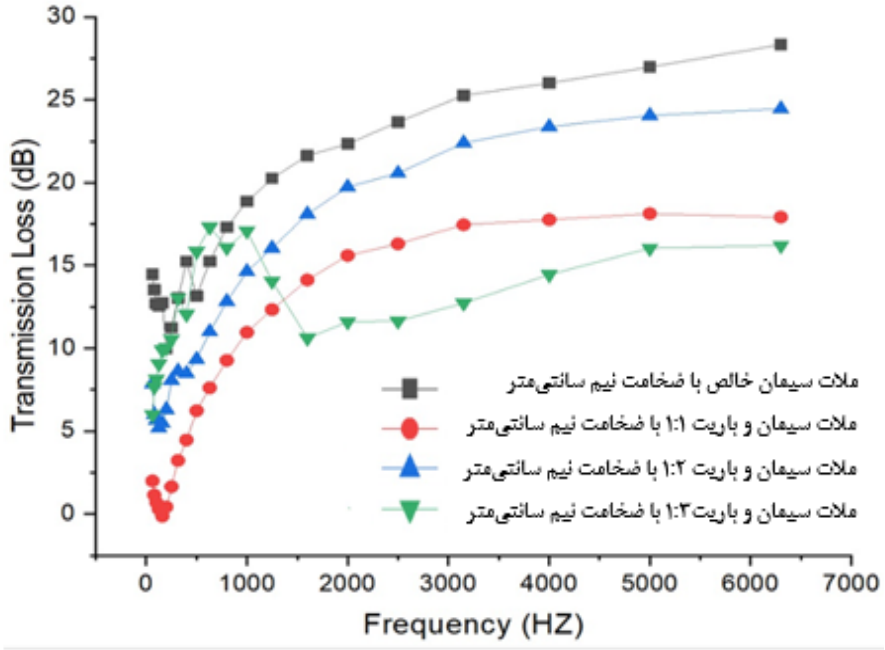
یافته ها (اندازه گیری خصوصیات آکوستیکی نمونه ها)

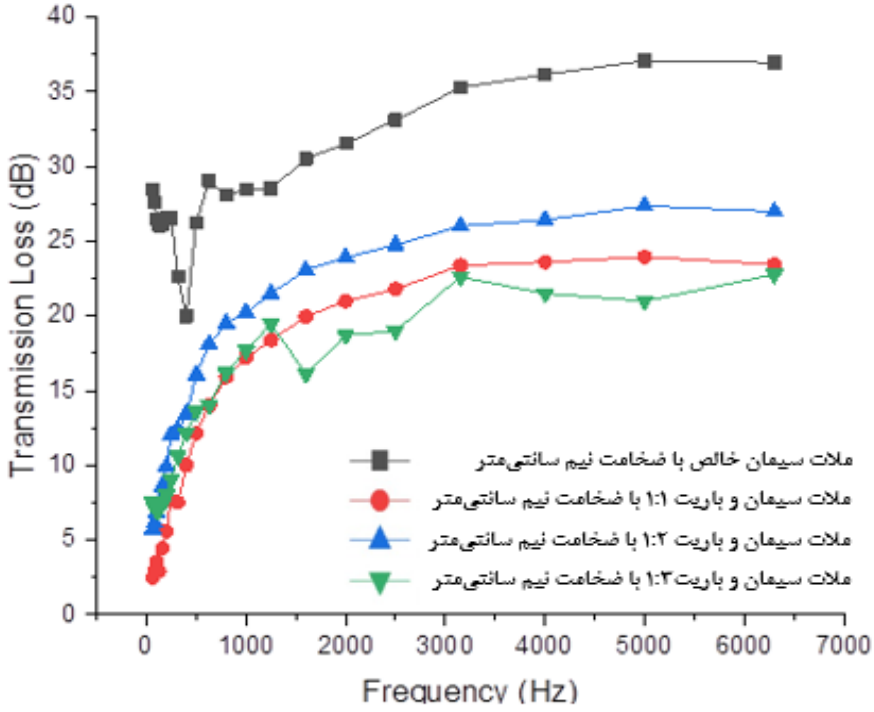




نمودارِ افتِ انتقالِ صوتِ نمونه‌های خاک رس با ضخامتِ نیم و یک سانتی‌متر

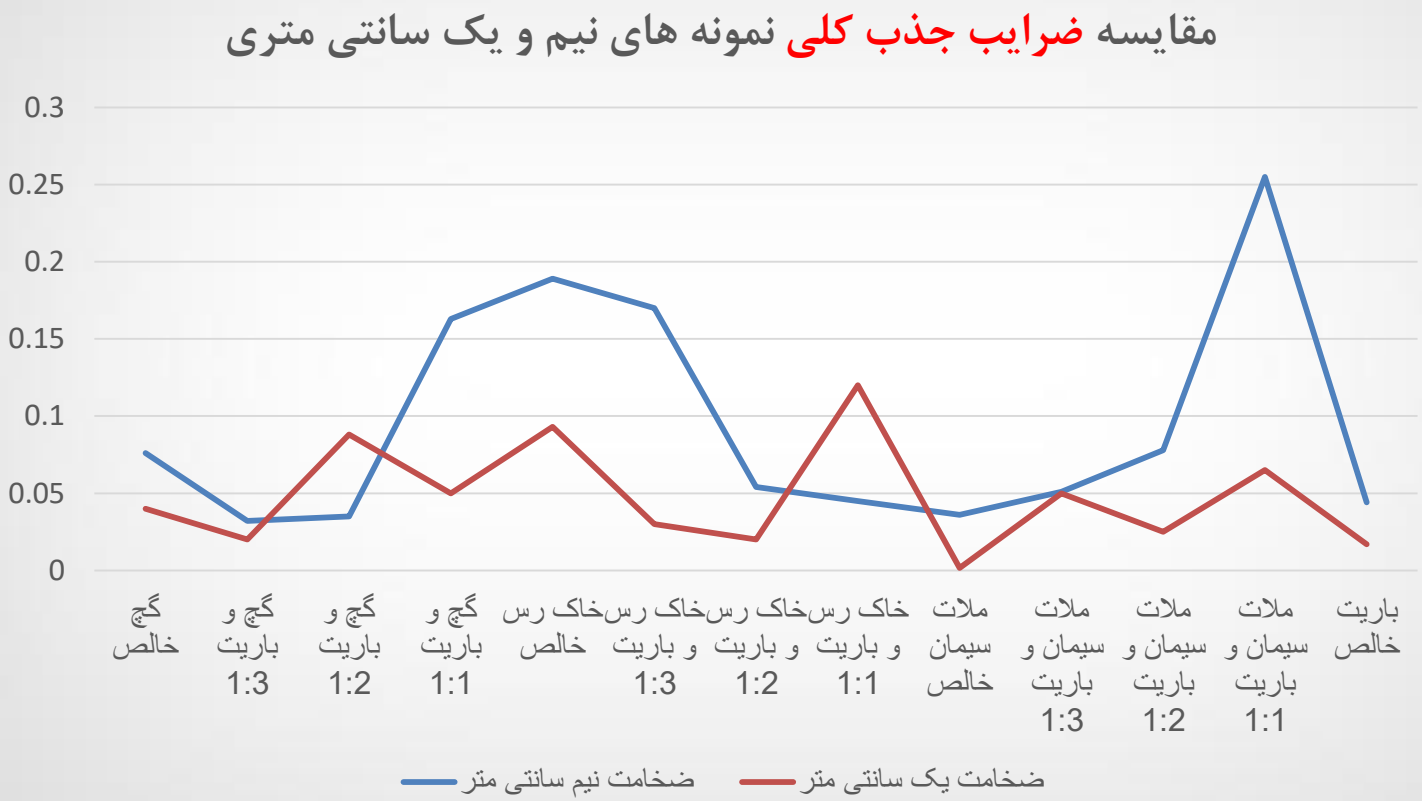
یافته ها (اندازه گیری خصوصیات آکوستیکی نمونه ها)





نمودارِ افتِ انتقالِ صوتِ نمونه‌های ملات سیمان با ضخامتِ نیم و یک سانتی‌متر

یافته ها (اندازه گیری خصوصیات آکوستیکی نمونه ها)



یافته ها

بیش‌ترین جرم و چگالیِ سطحی

قطر و ضخامت نمونه‌ها	ضخامت نیم سانتی‌متر		ضخامت یک سانتی‌متر	
	قطر ۳ سانتی‌متر	قطر ۱۰ سانتی‌متر	قطر ۳ سانتی‌متر	قطر ۱۰ سانتی‌متر
نوعِ ماده	باریت خالص	خاک رس + باریت ۱:۱	خاک رس + باریت ۱:۱	ملاتِ سیمان + باریت ۱:۱

بیشترین میانگین لگاریتمی افت انتقال صوت

ضخامت نیم سانتی‌متر	ضخامت یک سانتی‌متر
خاک‌رس خالص ۲۲/۴۴ دسی‌بل	خاک‌رس خالص ۳۴/۹۵ دسی‌بل

یافته ها

بیش ترین تاثیر افزایش ضخامت

فرکانس یک اکتاوباند	فرکانس یک سوم اکتاوباند
خاک رس و باریت ۱:۲ dB ۱۶/۵۵	خاک رس خالص dB ۱۲/۵۱

تفاضل میانگین لگاریتمی نمونه ضخامت نیم با یک

بیشترین تاثیرغنی سازی پودر باریت

ضخامت نیم سانتی متر	ضخامت یک سانتی متر
گچ و باریت ۱:۲ dB ۴/۱۲	گچ و باریت ۱:۳ dB ۰/۲۸
گچ و باریت ۱:۳ dB ۵/۸۲	گچ و باریت ۱:۱ dB ۰/۷۸

تفاضل میانگین لگاریتمی نسبت به نمونه خالص

یافته ها

بیشترین ضریب جذب کلی

ضخامت نیم سانتی متر	ضخامت یک سانتی متر
ملات سیمان+ باریت ۱:۱	خاک‌رس+ باریت ۱:۱

بحث

چگالی بالک

- مشخصه ذاتی مواد ✖
- رابطه‌ی مستقیمی با نوعِ دانه‌بندیِ مواد و میزان مش‌بندی
- هرچه دانه‌بندیِ مواد ریزتر ⬅ ماده متراکم‌تر ⬅ مقدارِ بیش‌تری از آن در ظرف ⬇
- چگالیِ بالک بیشتر ➡ جرم در واحد حجم افزایش

جالبِ توجه است که مصالحِ موردِ استفاده در این مطالعه، تقریباً دانه‌بندیِ یکسانی داشتند، پس چگالیِ بالک اعدادِ نزدیک به همی را نشان داد. اما باریت از آن‌جایی که پودر است؛ دانه‌بندیِ بسیار ریزتری داشته فلذا چگالیِ بالکِ آن از مابقیِ مصالح بیشتر بوده (۲۰۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب) و هم‌پوشانیِ نسبتاً خوبی را با چگالی بالکِ ماده‌ی مرجع در مقالات لاتین (۲۱۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب) دارد.

باریت | ملات سیمان | خاک رس | گچ

افزایش چگالیِ بالک از چپ به راست

بحث

جرم، چگالی سطحی، چگالی حجمی نمونه ها

با افزایشِ نسبتِ پودرِ باریت در نمونه‌های گچ، خاکِ رس و ملاتِ سیمان، مقدارِ جرم، در نمونه‌هایی که درصدِ باریتِ بالاتری داشتند، افزایش یافته است. به طورِ کلی بیشترین جرم به ترتیب مربوط به نمونه‌های خاک‌رس، ملات سیمان و گچ می‌باشد. نتایج حاکی از آن بوده است که جرم، چگالیِ سطحی و حجمی رابطه‌ی کاملاً مستقیمی دارند و نمونه‌های با بیشترین جرم، بیشترینِ عددِ مربوط به چگالیِ سطحی و حجمی را نیز نشان دادند.

روندِ افزایشِ جرم با روندِ افزایشِ چگالیِ بالک که در بخش قبل بدان اشاره شده است، مطابق نبوده و در این جا مقدارِ آبی که نمونه‌های خشک‌شده، از دست داده‌اند یا به عبارتی مقدارِ آبی که مصالح جذب کرده‌اند، حائز اهمیت می‌شود.

این طور به نظر می‌رسد که نمونه‌های خاک‌رس بیشترین جذبِ رطوبت را دارند و این جذبِ بالای آب، باعثِ افزایشِ جرمِ نمونه‌های آن نسبت به سایرِ مصالح می‌شود. اگر اینگونه نبود بایستی نمونه‌های ملاتِ سیمان که نسبت به دیگر مصالح، چگالیِ بالکِ بالاتری دارند، بیشترین جرم را نیز می‌داشتند.

خاک رس | ملات سیمان | گچ

بحث

بدیهی است که با افزایش ضخامتِ نمونه‌ها از نیم به یک سانتی‌متر مقدار جرم و چگالیِ سطحی در تمامیِ نمونه‌ها افزایش یافته است. نکته‌ی مهمِ دیگر آن است که با افزایشِ درصدِ پودرِ باریت در نمونه‌ها، چگالیِ سطحی تغییرات افزایشی قابل توجهی داشته است. برای مثال در ذیل به چگالیِ سطحیِ نمونه‌های گچی در قطرِ ۳ و ضخامتِ نیم سانتی‌متر اشاره می‌شود:

با به دست آوردنِ درصد تغییراتِ چگالی سطحی، در نمونه‌ی گچِ خالص و نمونه‌ی گچی که توسط ۵۰٪ پودرِ باریت غنی شده است؛ درمی‌یابیم، که چگالی سطحی در نمونه گچ و باریت ۱:۱ نسبت به گچ خالص، ۴۰٪ افزایش یافته است.

$$\frac{0/7 - 0/5}{0/5} \times 100 = 40\%$$

تغییراتِ چگالیِ سطحیِ نمونه‌های گچی با افزایش درصد پودرِ باریت

نوع ماده	چگالیِ سطحی (گرم بر سانتی‌متر مربع)
گچ خالص	۰/۵
گچ و باریت ۱:۳	۰/۶۷
گچ و باریت ۱:۲	۰/۷
گچ و باریت ۱:۱	۰/۷

افزایش باریت

بحث

افت انتقال صوت

گچ: نتایج افت انتقال صوت در نمونه‌های گچ با ضخامت نیم سانتی‌متر نشان می‌دهد؛

در فرکانس‌های ۶۳ تا ۱۶۰ هرتز، با افزایش باریت در نمونه‌ی خالص (۱:۳ و سپس ۱:۲) افت انتقال صوت افزایشِ ۲ برابری داشته است. در مابقی فرکانس‌ها، افزایشِ افت انتقال صوت در حدود چند دسی‌بل بوده است. اما افت انتقال صوت در نمونه‌ی گچ و باریت ۱:۱، نه تنها نتیجه‌ی افزایشی نداشته بلکه از نمونه‌ی خالص هم کمتر بوده است.

در نمونه‌های گچ با ضخامت یک سانتی‌متر، نتایج در نمونه‌ی ۱:۳ و ۱:۱ روند صعودی داشته است.

بحث

افت انتقال صوت

خاک‌رس: الگوی افت‌انتقال صوت در نمونه‌های با ضخامت نیم سانتی‌متر خاک‌رس خالص و خاک‌رس+باریت ۱:۳ (در صورتی‌که ۲۵٪ نمونه‌ها پودرِ باریت باشد) به این ترتیب است:

از فرکانس ۶۳ تا ۸۰۰ هرتز، نتایج افت انتقال صوت، تقریبا مشابه است و از فرکانس ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز در نمونه‌ی خاک‌رس+باریت ۱:۳ افزایشِ چند دسی‌بلی در افت انتقال صوت دیده می‌شود. اما در ۲ فرکانس آخر، نمونه‌ی خالص افت بیش‌تری نشان می‌دهد. نمونه‌ی خاک‌رس+باریت ۱:۲ نسبت به نمونه‌ی خالص، به طور کلی در تمامی فرکانس‌ها دارای الگوی افزایشی است. در فرکانس‌های ۶۳ تا ۸۰۰ هرتز، نمونه‌ی خاک‌رسی که با ۵۰٪ باریت غنی شده است؛ نسبت به نمونه‌ی خالص، افزایش ۲ الی ۳ برابری در نتایج افت انتقال صوت نشان داده است.

در نمونه‌های خاک‌رس با ضخامت یک سانتی‌متر، افت انتقال صوت به ترتیب از نمونه‌ی خالص تا نمونه‌ی خاک-رس+باریت ۱:۲ روند کاملا افزایشی و صعودی داشته است؛ اما در نمونه‌های ۱:۱ نتایج افت انتقال صوت، حتی از نمونه‌های خالص کمتر بوده است.

بحث

افت انتقال صوت

ملات‌سیمان: در نمونه‌های ملات سیمان با ضخامت نیم سانتی‌متر، با افزایش درصد جرمیِ پودر باریت در نمونه‌ها، نتایج افت انتقال صوت کاملا الگوی نزولی دارد. یعنی هرچه بر درصدِ جرمیِ باریت در نمونه افزوده شود؛ افت انتقالِ صوت کمتر می‌شود؛ به طوری‌که نتایج افت انتقال صوت در نمونه‌ی شاهد (ملات سیمان خالص) از بقیه نمونه‌ها بیشتر و بهتر است.

در نمونه‌های ملات‌سیمان با ضخامت یک سانتی‌متر نیز، نتایج در نمونه‌ی خالص بیشتر و بالاتر از سایرِ نمونه‌ها است. اما افت انتقال صوت در نمونه‌ی ملات سیمان+ باریت ۱:۲ نسبت به ۱:۳ در فرکانس‌های ۱۲۵ تا ۶۳۰۰ افزایش چند دسی‌بلی داشته است. نتایج افت در نمونه‌ی ملات سیمان+ باریت ۱:۱ به طور کلی کمتر از سایر نمونه‌ها می‌باشد. از فرکانس ۱۶۰۰ تا ۶۳۰۰ افت انتقال در نمونه‌ی ملات سیمان+ باریت ۱:۱ بیش‌تر از ۱:۳ بوده است.

بحث

ضریب جذب صوت

نتایج محاسبه ضرایب جذب صوت در فرکانس‌های یک سوم اکتاوباند نمونه‌های ساخته شده نشان می‌دهد با **افزایش فرکانس، ضریب جذب کاهش** می‌یابد. در واقع هرچه فرکانس کمتر باشد؛ جذب صوت توسط نمونه بالاتر می‌رود.

در نمونه‌های گچ با ضخامتِ نیم سانتی‌متر و نمونه‌های ملات سیمان در ضخامت‌های نیم و یک سانتی‌متر، افزایش درصد باریت نمونه منجر به افزایش میانگینِ ضریب جذب گردیده است.

در نمونه‌های گچ و باریت ۱:۲ و خاک‌رس و باریت ۱:۱، افزایش ضخامت نمونه منجر به افزایش میانگینِ حسابی ضرایب جذب صوت شده است.

نتیجه گیری

افزایشِ ۲ برابریِ ضخامت، تاثیر مثبتی بر افت انتقال صوتِ نمونه‌ها گذاشته است و به طور میانگین در تمامیِ نمونه‌ها در حدودِ ۵ دسی‌بل موجب افزایش افت انتقال صوت گردیده است.

افزایشِ نسبتِ پودرِ باریت در نمونه‌ها با اینکه تاثیرِ قابل ملاحظه‌ای بر روی جرم و به دنبالِ آن چگالی سطحی و حجمی نمونه‌ها داشته است؛ اما بر میزان افت انتقال صوت تاثیر بسزایی نداشته است. به طوری که بیشترین "میانگین" افت انتقال صوت در ضخامت‌های مورد مطالعه مربوط به همان نمونه‌های شاهد (ملات سیمان و خاک رس) و بدون ترکیب شدن با پودر باریت بوده است.

اما بیش‌ترین ضرایب جذب صوت در ضخامت‌های مورد مطالعه مربوط به نمونه‌هایی است که به صورت درصد جرمی ۱:۱ با پودر باریت غنی شده‌اند. (پنجاه درصد مصالح ساختمانی و پنجاه درصد پودر باریت). لذا این‌گونه نتیجه‌گیری می‌شود که غنی‌سازیِ مصالح ساختمانی با پودر سولفات‌باریوم بیش‌تر روی جذب صوت این مصالح موثر بوده است.

نتیجه گیری

از جداول افت انتقال صوت نمونه‌ها می‌توان این‌گونه برداشت کرد که با افزایش فرکانس، افت انتقال صوت بیشتر شده و این به معنای کنترلِ سخت‌ترِ صداهای با فرکانسِ کمتر است. نتایج محاسبه ضرایب جذب صوت در فرکانس‌های یک سوم اکتاوباند نمونه‌های ساخته شده نشان می‌دهد؛ با افزایش فرکانس، ضریب جذب کاهش می‌یابد. در واقع هرچه فرکانس کمتر باشد؛ جذب صوت توسط نمونه بالاتر می‌رود. پس هرچه ضریب جذب یک دیواره یا ضریب صوت آن که به معنی نفوذپذیریِ زیاد صوت در دیواره است؛ بیشتر باشد؛ شاخص افت انتقال صوت در دیواره کمتر خواهد بود.

نکته‌ی حائز اهمیت آن است، طبقِ نتایجِ حاصل از میانگینِ افت انتقال صوت در فرکانس‌های یک سومِ اکتاوباند، بیشترین میانگینِ افت انتقال صوت، مربوط به نمونه‌ای نیست که بیشترین جرم و چگالی سطحی را دارد و اینچنین به نظر می‌رسد در افت انتقال صوتِ مصالح ساختمانی عوامل دیگری به جز جرم و چگالی سطحی موثر باشند. برای مثال: میزان آبی که نمونه هنگامِ خشک شدن از دست می‌دهد- جنسِ مصالح- چگالیِ بالک یا توده مواد- میزان فنریت- میزان سختی مصالح- نوع دانه‌بندی مصالح- میزان فضاهای خالی و وجودِ حباب‌های هوا در نمونه‌ها- تخلخلِ نمونه‌ها و ...

نتیجه گیری کلی

به طور کلی می‌توان این‌گونه برداشت کرد:

آن‌طور که انتظار می‌رفت؛ تاثیر پودر باریت بر افت انتقال صوت کلیه مصالح ساختمانی مورد مطالعه و در تمامیِ فرکانس‌ها، تاثیرِ مثبت و افزایشی نداشته است.

بهترین تاثیرِ افزایش پودر باریت بر نمونه‌های گچی صورت گرفته است. اگر گچِ ساختمانی با ۲۵ تا ۳۳ درصد جرمی از پودر باریت غنی شود؛ انتظار می‌رود در اکثرِ فرکانس‌ها افزایش ۲ تا ۳ برابری در افت انتقال صوت صورت پذیرد. این موضوع بسیار حائز اهمیت است؛ چراکه اگر هنگامِ ساختمان‌سازی، به افزودن درصدی پودر باریت در ملات گچ اقدام شود؛ می‌توان به ترکیبی با افت انتقال صوت بالا دست یافت که در کنترل صوت و سروصدای ناخواسته که از دیوارها ناشی می‌شود؛ عملکردی مطلوب داشته باشد.

پیشنهادات

۱. پیشنهاد می‌شود این مطالعه بر روی مصالح ساختمانیِ دیگر و نمونه‌هایی با ضخامت‌های مختلفِ دیگر نیز تکرار شود.

۲. پیشنهاد می‌شود خواص شیمیایی و مکانیکیِ مصالح غنی‌شده با باریت، از جمله مقاومت در برابر مواد اسیدی و قلیایی، مقاومت در برابرِ خوردگی، مقاومت در برابر گازها و هوازدگی، خاصیت ارتجاعی، خزش، مقاومت فشاری، درجه سختی، کرنش و ... اندازه‌گیری شود.

۳. پیشنهاد می‌شود آزمون‌های استاندارد مربوط به مصالح ساختمانی از جمله زمان گیرش اولیه و ثانویه، مقاومت فشاری و خمشی و ... برای نمونه‌های حاصل از پژوهش حاضر از جمله گچ غنی‌شده با باریت انجام شود.

۴. پیشنهاد می‌شود جهت انجام تست و آزمایش نمونه‌های غنی‌شده با باریت در شرایط واقعی، دیواری آجری برای مثاَل در ابعاد یک در یک متر ساخته شود و میزان عبور صوت از دیوار توسط صداسنج اندازه‌گیری شود. سپس دیوار آجری توسط ملات سیمان یا گچ غنی‌شده پوشیده شود و دوباره صوت عبوری از دیوار اندازه‌گیری شود تا نتایج حاصل از پژوهش حاضر در شرایط عملیاتی نیز مورد آزمون قرار گیرد.

محدودیت های پژوهش

۱. محدودیت منابعِ داخلی و خارجی در زمینه اندازه‌گیری افتِ انتقالِ صوت مصالح ساختمانی و استفاده از ماده سولفاتِ باریوم در ساختِ موانعِ صوتی جهتِ مقایسه با نتایج مطالعه حاضر

۲. کمبودِ منابعِ اطلاعاتیِ لازم در خصوصِ چگونگیِ ساختِ نمونه‌های پژوهشِ حاضر

۳. از دست رفتنِ زمانِ چندین ماهه به علتِ نبودِ تجهیزات لازم در دانشکده بهداشت قزوین از جمله دستگاهَ XRF و لوله امپدانس تیوب

سپاس از
توجه دلپذیر شما