

انتقال اصطکاک

آزمونی برای تعیین مقاومت و چسبندگی آزمایشگاهی و
درجای مواد و مصالح مصرفی در راه و ساختمان و سازه‌ها

دکتر محمود نادری

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

سرشناسه: نادری، محمود، * عنوان و نام پدیدآور: انتقال اصطکاک: آزمونی برای تعیین مقاومت و چسبندگی آزمایشگاهی و درجای مواد و مصالح مصرفی در راه و ساختمان و سازه‌ها/ محمود نادری * مشخصات نشر: تهران: محمود نادری، ۱۳۹۰

مشخصات ظاهری: ۳۵۰ ص.: مصور (جلد رنگی)، جدول، نمودار * شابک: 978-964-04-7148-7 * وضعیت فهرست نویسی: فیبا * یادداشت: وازه‌نامه * یادداشت: کتابنامه * موضوع: مقاومت مصالح -- آزمایش‌ها * موضوع: بتن -- پایداری -- آزمایش‌ها * رده بندی کنگره: ۴۱۲TA/ن ۸۱۱۲/۱۳۹۰ * رده بندی دیویی: ۶۲۰/۱۱۲۰۲۸ * شماره کتابشناسی ملی: ۰۸۳۱۳۳۲

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ اول: بهار ۱۳۹۰

چاپ نهضت

مرکز پخش: تهران، خیابان انقلاب، روبه روی نگاه تهران، شماره ۱۲۰۶ کد پستی

۱۳۱۴۷۵۴۷۱۱

تلفن: ۶۶۴۰۸۶۶۷ تلفکس: ۶۶۴۰۲۲۵۲

۱۲۰۰۰ تومان

(C) تمامی حقوق چاپ، نشر، کپی، تصویر برداری و هر گونه استفاده دیگر برای مصف محفوظ است.



شماره: ۱۱۰۲۸ / ۴۹۰۳۵
تاریخ: ۱۳۸۵/۱۱/۲۸



سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

اداره کل ثبت شرکتها و مالکیت صنعتی

با سلام و تحیات به نام شماره ۳۵۰ مورخ ۱۳۸۵/۱۱/۲۸ در رابطه با طرح ۲۰۰۰ مورخ ۱۳۸۵/۱۱/۲۸ بنام آقای دکتر محمود نادری، ملحق به شماره ۱۸۱۷۵ بعنوان ابداع کننده محمول صنعتی جدید ثبت می‌باشد.

خواهشمند است به بهره‌گرفته‌ها جهت نگهداری در اسناد و کتابخانه ملی اطلاع دهید.

تاریخ: ۱۳۸۵/۱۱/۲۸

مهر و امضاء: 

آقای سید علی

۱۳۸۵/۱۱/۲۸

شماره: ۱۲۵
تاریخ: ۱۳۸۵/۱۱/۲۸
۲۴۲۳
۱۳۸۵/۱۱/۲۸
تایید شد
۱۳۸۵/۱۱/۲۸

مکان: تهران - میدان فرهنگ - پلاک ۳۱ - تلفن: ۸۸۰۰۰۰۰۰

شماره
تاریخ: ۱۳۸۵/۱۱/۱۱
موضوع: ...



۸۰/۶۴۷
۱۹/۱۰/۶۴

معاونت عالی علمی، فناوری و همکاران
معاونت عالی علمی، فناوری و همکاران

موضوع: ...

تاریخ: ...
کلاس: ...
موضوع: ...

موضوع: ...
تاریخ: ...

موضوع: ...
تاریخ: ...

۱۳۸۵/۱۱/۱۱
۱۱/۱۱/۱۳۸۵

موضوع: ...
تاریخ: ...

موضوع: ...
تاریخ: ...

تاریخ: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱
شماره: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱
پوسته: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱



وزارت آموزش عالی و عالی
معاونت عالی و عالی

پوسته: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱
شماره: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱

این سند به منظور اعلام نتایج آزمون انتقال اصطکاک، به اطلاع شما می‌رساند. در صورتی که شما در این آزمون شرکت کرده باشید، می‌توانید نتایج خود را در این سند مشاهده کنید.

این سند به منظور اعلام نتایج آزمون انتقال اصطکاک، به اطلاع شما می‌رساند. در صورتی که شما در این آزمون شرکت کرده باشید، می‌توانید نتایج خود را در این سند مشاهده کنید.

این سند به منظور اعلام نتایج آزمون انتقال اصطکاک، به اطلاع شما می‌رساند. در صورتی که شما در این آزمون شرکت کرده باشید، می‌توانید نتایج خود را در این سند مشاهده کنید.

این سند به منظور اعلام نتایج آزمون انتقال اصطکاک، به اطلاع شما می‌رساند. در صورتی که شما در این آزمون شرکت کرده باشید، می‌توانید نتایج خود را در این سند مشاهده کنید.

معاونت عالی و عالی

معاونت عالی و عالی

تاریخ: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱
شماره: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱

تاریخ: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱

شماره: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱

پوسته: ۱۳۹۰/۰۹/۰۱

تقدیم به:

تمام دانشجویان، دانش‌پژوهان، مهندسان، محققان،
مدیران و همه کسانی که طالب دانش، فن و آگاهی لازم
قبل از طرح و اجرا هستند، و تقدیم به آن‌هایی که
پیوسته به ساختن می‌اندیشند.

www.ketab.ir

فهرست



۲۷	پیشگفتار
۳۱	فصل ۱ معرفی آزمون 'انتقال اصطکاک'
۳۶	۱-۱ گستره کاربرد آزمون 'انتقال اصطکاک'
۳۷	۱-۱-۱ استفاده از آزمون 'انتقال اصطکاک' برای تعیین مقاومت آزمایشگاهی و درجای بتن
۳۹	۲-۱-۱ استفاده از آزمون 'انتقال اصطکاک' برای اندازه گیری مقدار چسبندگی لایه های تعمیراتی بتنی
۴۱	۳-۱-۱ استفاده از آزمون 'انتقال اصطکاک' برای اندازه گیری مقاومت صخره ها و صخره سنگ ها
۴۳	۴-۱-۱ استفاده از آزمون 'انتقال اصطکاک' برای اندازه گیری مقاومت آسفالت
۴۶	مراجع فصل یکم
۵۳	فصل ۲ آزمون 'انتقال اصطکاک' برای تعیین مقاومت فشاری معادل 'مکعب بتنی' و 'مغزه بتنی'
۵۴	۱-۲ کارهای آزمایشگاهی انجام شده
۵۶	۱-۱-۲ مصالح مصرفی
۵۹	۲-۱-۲ تهیه نمونه ها

- ۶۰ ۳-۱-۲ انجام آزمایش‌ها
- ۶۱ ۲-۲ نتایج حاصله
- ۶۱ ۱-۲-۲ رابطه بین مقاومت فشاری 'مکعب' و مقاومت 'انتقال اصطکاک'
- ۶۶ ۲-۲-۲ رابطه بین مقاومت فشاری 'مغزه' و مقاومت 'انتقال اصطکاک'
- ۶۸ ۳-۲-۲ تاثیر عمق نیم‌مغزه بر مقاومت بدست آمده از آزمون 'انتقال-اصطکاک'
- ۷۲ ۳-۲ مقایسه آزمون 'مغزه' با آزمون 'انتقال اصطکاک'
- ۷۴ ۴-۲ مقایسه نتایج آزمون‌های 'چکش اشمیت' و 'انتقال اصطکاک'
- ۷۶ ۱-۴-۲ آماده سازی نمونه‌ها
- ۷۷ ۲-۴-۲ انجام آزمایش‌ها
- ۷۷ ۱-۲-۴-۲ انجام آزمون 'چکش اشمیت' بر روی تاوله‌های با ضخامت‌های مختلف
- ۷۷ ۲-۴-۲ انجام آزمون 'انتقال اصطکاک'
- ۷۸ ۳-۴-۲ تحلیل نتایج
- ۸۱ ۵-۲ نتیجه‌گیری
- ۸۷ مراجع فصل دوم
- ۹۱ فصل ۳ آزمون 'انتقال اصطکاک' برای تعیین مقاومت بتن‌های الیافی
- ۹۴ ۱-۳ کارهای آزمایشگاهی انجام شده در ارتباط با بتن‌های الیافی
- ۹۴ ۱-۱-۳ مصالح مصرفی
- ۹۷ ۲-۱-۳ الیاف
- ۹۷ ۱-۲-۱-۳ الیاف فولادی
- ۹۸ ۲-۲-۱-۳ الیاف شیشه‌ای
- ۹۸ ۳-۲-۱-۳ الیاف پلی‌پروپیلین
- ۹۹ ۲-۳ طرح اختلاط‌های بتن برای ساخت نمونه‌ها
- ۱۰۰ ۳-۳ آماده سازی نمونه‌ها
- ۱۰۲ ۴-۳ تعیین مقاومت فشاری نمونه‌های مکعبی ۱۵ سانتیمتری

- ۱۰۳ ۵-۳ تعیین مقاومت خمشی و مدول گسیختگی تیرها
- ۱۰۴ ۶-۳ انجام آزمون‌های 'انتقال اصطکاک'
- ۱۰۵ ۷-۳ نتایج بدست آمده
- ۱۰۹ ۸-۳ نتیجه‌گیری
- ۱۱۷ مراجع فصل سوم
- ۱۲۱ فصل ۴ آزمون 'انتقال اصطکاک' برای تعیین مشخصه‌های سنگ‌ها و صخره-ها
- ۱۲۲ ۱-۴ کارهای آزمایشگاهی انجام شده
- ۱۲۲ ۱-۴-۱ تهیه صخره سنگ‌ها
- ۱۲۳ ۲-۴ آزمایش‌های انجام شده
- ۱۲۴ ۱-۲-۴ تعیین میزان جذب آب مغزه‌ها
- ۱۲۷ ۲-۲-۴ انجام آزمون‌های 'انتقال اصطکاک'
- ۱۲۸ ۳-۴ جایگزینی مقاومت به دست آمده از آزمون 'انتقال اصطکاک' بجای مقاومت فشاری تک‌محوره در معیارهای گسیختگی سنگ
- ۱۲۸ ۴-۴ نتایج حاصله
- ۱۴۰ ۵-۴ کاربرد مشخصه‌های به دست آمده از آزمون 'انتقال اصطکاک' برای تعیین مشخصه‌های سنگ‌ها و صخره‌ها
- ۱۴۲ ۶-۴ مقایسه نتایج حاصل از آزمون‌های مقاومت فشاری، چکش‌اشیت و 'انتقال اصطکاک' برای تعیین مقاومت صخره سنگ‌ها
- ۱۴۹ مراجع فصل چهارم
- ۱۵۷ فصل ۵ آزمون 'انتقال اصطکاک' برای تعیین مقاومت آسفالت
- ۱۵۹ ۱-۵ مصالح و انجام آزمایش‌های مربوطه
- ۱۵۹ ۱-۱-۵ حدود آتربریگ
- ۱۵۹ ۲-۱-۵ آزمایش تعیین حد روانی
- ۱۶۱ ۳-۱-۵ تعیین گام خمیری
- ۱۶۲ ۴-۱-۵ آزمایش نسبت درصد ماسه

- ۱۶۷ ۵-۱-۵ آزمایش تعیین افت وزنی در سولفات سدیم
- ۱۷۱ ۶-۱-۵ آزمایش تعیین وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح ریزدانه
- ۱۷۴ ۷-۱-۵ آزمایش تعیین درصد جذب آب درشت دانه
- ۱۷۵ ۸-۱-۵ آزمایش تعیین درصد سائیدگی
- ۱۷۸ ۲-۵ ساخت نمونه ها و ایجاد شرایط آزمایش
- ۱۸۳ ۳-۵ ساخت نمونه ها بر روی صفحه فلزی
- ۱۸۶ ۴-۵ ساخت آسفالت لاستیکی
- ۱۸۹ ۵-۵ شرایط محیطی انجام آزمایش
- ۱۸۹ ۱-۵-۵ شرایط ترو خشک شدن
- ۱۹۱ ۲-۵-۵ شرایط یخ و ذوب یخ
- ۱۹۲ ۳-۵-۵ شرایط تغییر دما
- ۱۹۲ ۶-۵ آزمایش 'مارشال'
- ۱۹۵ ۷-۵ انجام آزمایش های 'انتقال اصطکاک'
- ۱۹۷ ۸-۵ تعیین چسبندگی لایه ها در نمونه های روی صفحه فلزی
- ۱۹۸ ۹-۵ نتایج بدست آمده و تحلیل آنها
- ۱۹۸ ۱-۹-۵ نتایج آزمایش ها بر روی نمونه های عادی مارشال (بدون افزودنی)
- ۲۰۹ ۲-۹-۵ نتایج آزمایش نمونه های ساخته شده بر روی صفحه فلزی
- ۲۱۱ ۱۰-۵ نتایج آزمایش ها بر روی نمونه های لاستیکی
- ۲۱۲ ۱-۱۰-۵ مقایسه نتایج بدست آمده از، آزمایش پایداری مارشال بر روی نمونه های لاستیکی و شاهد بعد از سیکل های ترو خشک
- ۲۱۲ ۲-۱۰-۵ مقایسه نتایج بدست آمده از، آزمایش انتقال اصطکاک بر روی نمونه های لاستیکی و شاهد بعد از سیکل های ترو خشک
- ۲۱۳ ۳-۱۰-۵ مقایسه نتایج بدست آمده از، آزمایش پایداری مارشال بر روی نمونه های لاستیکی و شاهد بعد از سیکل های یخ و ذوب یخ
- ۲۱۴ ۴-۱۰-۵ مقایسه نتایج بدست آمده از، آزمایش 'انتقال اصطکاک' بر روی نمونه های لاستیکی و شاهد بعد از سیکل های یخ و ذوب یخ

- ۲۱۵ ۵-۱۰-۵ مقایسه نتایج بدست آمده از، آزمایش پایداری مارشال بر روی نمونه‌های لاستیکی و شاهد بعد از سیکل‌های تغییردهنده
- ۲۱۶ ۵-۱۰-۶ مقایسه نتایج بدست آمده از آزمایش 'انتقال اصطکاک' بر روی نمونه‌های لاستیکی و شاهد بعد از سیکل‌های تغییردهنده.
- ۲۱۷ ۵-۱۱ رابطه میان نتایج آزمون 'مارشال' و نتایج آزمون 'انتقال اصطکاک'
- ۲۱۸ ۵-۱۲ نتایج حاصله
- ۲۱۹ ۵-۱۲-۱ بررسی نتایج آزمون 'انتقال اصطکاک' بر روی نمونه‌های آسفالتی در دماهای مختلف
- ۲۲۵ ۵-۱۳ تعیین مقاومت برشی درجای روکش‌های آسفالتی با بکارگیری 'انتقال اصطکاک'
- ۲۲۶ ۵-۱۳-۱ مقدمه
- ۲۲۷ ۵-۱۳-۲ اهداف مطالعه
- ۲۲۸ ۵-۱۳-۳ محاسبه مقاومت برشی با آزمون 'انتقال اصطکاک'
- ۲۲۹ ۵-۱۳-۴ آزمایش‌های آزمایشگاهی
- ۲۲۹ ۵-۱۳-۵ آزمایش‌های درجا
- ۲۲۹ ۵-۱۳-۶ نتایج و تحلیل آن‌ها
- ۲۳۳ ۵-۱۳-۷ نتیجه گیری
- ۲۳۵ مراجع فصل پنجم
- ۲۴۱ فصل ۶ آزمون 'انتقال اصطکاک' برای تعیین مقاومت چسبندگی سیستم‌های مختلف تعمیرات بتنی
- ۲۴۲ ۶-۱ نیاز به تعمیرات بتنی
- ۲۴۹ ۶-۲ تهیه نمونه‌ها
- ۲۵۰ ۶-۳ انجام آزمایش‌ها
- ۲۵۱ ۶-۴ نتایج حاصله و تحلیل آن‌ها
- ۲۵۶ ۶-۴-۱ تحلیل با استفاده از آزمون 'بهبه‌سازی'
- ۲۵۷ ۶-۴-۱-۱ تشکیل معادلات همزمان و حل آن‌ها

- ۲۵۹ ۲-۴-۶ تحلیل رگرسیون چندمتغیری
- ۲۶۶ ۵-۶ مقایسه نتایج حاصل از بکارگیری آزمون 'انتقال اصطکاک' با نتایج متناظر دیگر آزمون‌های متداول
- ۲۶۹ ۶-۶ بکارگیری آزمون 'انتقال اصطکاک' برای اندازه‌گیری مقدار چسبندگی بتن خودتراکم اعمال‌شده به بسترهای مختلف بتنی
- ۲۶۹ ۷-۶ استفاده از بتن خودتراکم برای تعمیرات بتنی
- ۲۷۱ ۸-۶ طرح اختلاط‌ها و نتایج آزمایش‌های جریان اسلامپ و قیف‌وی شکل روی بتن و ملات خودتراکم تعمیری در حالت تر
- ۲۷۲ ۹-۶ انجام آزمون 'انتقال اصطکاک' برای تعیین چسبندگی بتن خودتراکم
- ۲۷۳ ۱۰-۶ آماده‌سازی بتن بستر، اجرای لایه تعمیری و انجام آزمایش 'انتقال اصطکاک' و روی نمونه‌ها
- ۲۷۴ ۱۱-۶ تحلیل آماری نتایج
- ۲۷۵ ۱۲-۶ مدل‌سازی
- ۲۷۸ ۱۳-۶ نتایج آزمایشگاهی و نتایج حاصل از رگرسیون خطی و منطق فازی
- ۲۸۱ ۱۴-۶ نتیجه‌گیری
- ۲۸۲ ۱۵-۶ دلایل پیشنهاد آزمون 'انتقال اصطکاک' برای تعیین مقدار چسبندگی سیستم‌های مختلف تعمیرات بتنی
- ۲۸۵ مراجع فصل ششم
- ۲۹۳ فصل ۷ آزمون 'انتقال اصطکاک' برای تعیین مقاومت بتن‌هوادار
- ۲۹۳ ۱-۷ کارهای آزمایشگاهی انجام شده برای تعیین مقاومت بتن‌هوادار
- ۲۹۵ ۱-۱-۷ مصالح مصرفی
- ۲۹۶ ۲-۷ لزوم انجام تحلیل آماری
- ۲۹۷ ۳-۷ نتایج بدست‌آمده
- ۳۰۷ ۴-۷ نتیجه‌گیری
- ۳۰۹ مراجع فصل هفتم
- ۳۱۵ واژه نامه انگلیسی - فارسی

پیشگفتار

با اینکه آزمون‌های آزمایشگاهی آزمون‌های مقاومت مواد و مصالح، سابقه‌ای طولانی دارند ولی آزمون‌های درجا از دهه شصت به بعد مورد توجه خاصی قرار گرفته‌اند. ضرورت پیدایش و توسعه این آزمون‌ها ناشی از افزایش انواع مصالح جدید و خرابی‌های غیرمنتظره در تعدادی از بناها و سازه‌ها می‌باشد. به علاوه، اشکالات موجود در آزمون‌های کنترل و تطابق مشخصات مواد و مصالح با استانداردهای مربوطه نیز مزید علت می‌باشند.

بنابر این علاوه بر نیاز به آزمون‌های آزمایشگاهی، آزمون‌هایی برای تعیین مقاومت درجای مصالح در محل سربیس دهی بناها و سازه‌ها نیز ضرورت پیدا می‌ماید. علیرغم آشنایی نسبی دست‌اندرکاران با آزمون‌های آزمایشگاهی، با آزمون‌های تعیین مقاومت درجای مصالح ساختمانی و سازه‌ای برخورد تخصصی شده و اکثر دست‌اندرکاران از عملکرد و محدوده اعتبار آزمون‌های موجود بی‌اطلاع می‌باشند. اگرچه انجام و تفسیر نتایج آزمون‌ها توسط متخصصین باتجربه اهمیت زیادی دارد، ولی عدم اطلاع طراحان و مجریان از آزمون‌های درجا، ایجاب می‌نماید که این آزمون‌ها با جزئیات کافی به دست‌اندرکاران ذیربط شناسانده شوند.

در همین راستا، این کتاب تدوین گردیده‌است تا علاوه بر معرفی آزمون 'انتقال اصطکاک'، نحوه کاربرد آن را نیز برای تعیین مقاومت و چسبندگی مواد و مصالح مصرفی در صنعت راه و ساختمان و سازه‌ها ارائه نماید.

با معرفی آزمون 'انتقال اصطکاک' در فصل اول کتاب، سعی شده‌است در شش فصل دیگر، کاربرد این آزمون برای تعیین مقاومت آزمایشگاهی و درجای بتن معمولی، اندازه‌گیری آزمایشگاهی و درجای مقدار چسبندگی بین لایه‌های مختلف تعمیر رابچ در صنعت بتن و بتن قدیم، اندازه‌گیری مقاومت آزمایشگاهی و درجای آسفالت، اندازه‌گیری مقاومت آزمایشگاهی و درجای سنگ‌ها و صخره‌ها، و اندازه‌گیری مقاومت بتن‌هوادار، بطور عملی ارائه گردد.

با توجه به معمول و رایج بودن آزمون‌های تعیین مقاومت فشاری مکعب بتنی، مغزه‌های بتنی، و آزمون چکش‌اشمیت در صنعت بتن، نتایج متناظر این آزمون‌ها با نتایج آزمون 'انتقال اصطکاک' مقایسه گردیده است تا بتوان با داشتن یکی، دیگری را به دست آورد.

همچنین با عنایت به رایج بودن آزمون‌های مقاومت فشاری UCS و چکش‌اشمیت برای تعیین مقاومت سنگ‌ها و صخره‌ها، علاوه بر کاربرد آزمون 'انتقال-اصطکاک' برای تعیین مقاومت آزمایشگاهی و درجای سنگ‌ها و صخره‌ها، نتایج متناظر به دست آمده از این آزمون‌ها نیز با نتایج آزمون 'انتقال اصطکاک' مقایسه گردیده‌اند.

با توجه به این که آزمون 'انتقال اصطکاک' را می‌توان بدون هیچ محدودیتی رطوبتی و دمایی برای تعیین مقاومت مصالح به کار گرفت، مقاومت آزمایشگاهی و درجای آسفالت با طرح اختلاط‌های مختلف، دردهماهای مختلف، اندازه گیری شده و با نتایج متناظر به دست آمده از آزمون مارشال مقایسه گردیده‌اند.

نظر به کارایی منحصر به فرد آزمون 'انتقال اصطکاک' که این آزمون را برای هرگونه شرایط آزمایشگاهی و محیطی قابل استفاده می‌سازد، از این آزمون می‌توان برای تعیین چسبندگی و مقاومت آزمایشگاهی و درجای مواد و مصالح مصرفی در صنعت راه و ساختمان و سازه، با هدف کنترل کیفیت و مطالعات پژوهشی و تحقیقاتی استفاده نمود.