بررسی اثر میزان کربنات‌ها و مواد آلی روی حد روانی و حد خمیری در خاک‌های بستر دریا در نیمه شمالی خلیج فارس

هادی گریوانی[1*]، عبدالمجید نادری‌بنی[2]، مجید پورکرمان[3]، صدیقه امجدی[4]

۱- استادیار، گروه علوم غیرزیستی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، پست الکترونیکی: gerivani@inio.ac.ir
۲- استادیار، گروه علوم غیرزیستی، پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، تهران، پست الکترونیکی: amnaderi@inio.ac.ir
۳- کارشناس ارشد مرکز اقیانوس‌شناسی خلیج فارس، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، پست الکترونیکی: pourkerman@inio.ac.ir
۴- کارشناس ارشد مرکز اقیانوس‌شناسی خلیج فارس، پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، تهران، پست الکترونیکی: s.amjadi@inio.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۲۲ ** نویسنده مسوول* *تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۲*

چکیده

نوع و میزان کانی‌های رسی مهمترین عامل در تعیین رفتار پلاستیک خاک‌ها و در نتیجه حدود آتربرگ آنها به شمار می‌آید. اما عوامل دیگری مانند میزان مواد آلی و میزان کربناتها نیز به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در این رفتار خاکها موثر هستند. در این مقاله به منظور بررسی تاثیر میزان کربناتها و مواد آلی موجود در رسوبات بستر دریا، آزمایش‌های تعیین این فاکتورها و نیز آزمایش‌های حد روانی و حد خمیری روی نمونه‌های به دست آمده از نیمه شمالی خلیج فارس انجام گردید و نقشه پهنه‌بندی این پارامترها در گستره مورد مطالعه ارایه شد. سپس با مقایسه میزان کربناتها و مواد آلی با حد خمیری، حد روانی و شاخص خمیری خاکها، مشخص گردید که با افزایش میزان کربناتها، حدود و شاخص مورد بحث کاهش نشان می‌دهد. این مقایسه در مورد میزان مواد آلی نشان‌دهنده همبستگی مثبت با حدود و شاخص مورد مطالعه است.

کلمات کلیدی: *کربنات‌ها، مواد آلی، حدود آتربرگ، خلیج فارس.*

۱. مقدمه

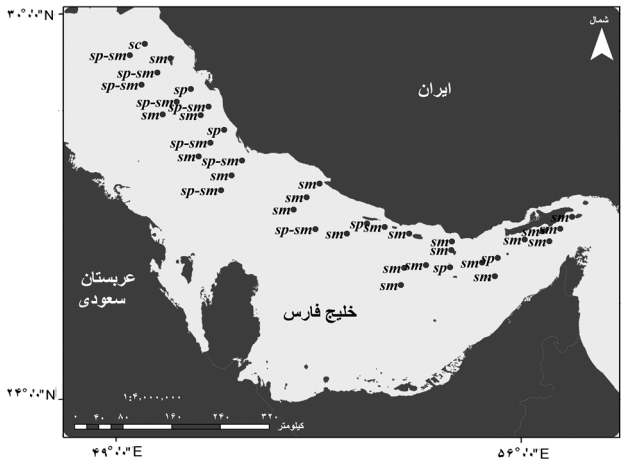
حدود آتربرگ را می‌توان قدیمی‌ترین و پرکاربردترین ویژگی خاکها دانست که به صورت اولیه برای بررسی رفتار پلاستیک خاکهای رسی و طبقه‌بندی مهندسی خاکها مورد استفاده قرار گرفت. اما بعدها ارتباط این حدود با بسیاری از پارامترهای مهندسی و فیزیکی خاکها مورد مقایسه قرار گرفته و روابطی تجربی متعددی ارایه گردید (بهبهانی و همکاران، ۱۳۹۲ Keller, 1982; Sivapullaiah and Sridharan, 1985; Smith et al., 1985; Zhang, 1994; Malkawi et al., 1999; Romilus, 2004; Schmitz et al., 2004; Zentar et al., 2009; Keller and Dexter, 2012; Zolfaghari et al., 2015).

تلاش برای تعیین ارتباط و همبستگی میان حدود آتربرگ و میزان مواد آلی و نیز میزان کربناتها از این دسته مطالعات است. مطالعات گذشته مشخص کرده است که میزان مواد آلی و کربناته تاثیراتی روی ویژگی‌های مهندسی و شاخص‌های اساسی خاکها از جمله حدود آتربرگ دارد (Thiyyakkandi and Annex, 2011; Rao and Thyagaraj, 2003; Muntohar and Hantoro,

2000). درک تاثیرات میزان این مواد می‌تواند راهگشایی در اصلاح کیفیت خاکها گردد. مطالعات گذشته نشان دهنده ارتباط میان میزان مواد آلی و میزان کربناتها با حدود آتربرگ است، اما در مورد کیفیت این ارتباط به خصوص در مورد میزان مواد آلی اتفاق نظر وجود ندارد. Edil (1997) پیشنهاد نمود که اگر مقدار مواد آلی در خاکها بین ۶ تا ۲۰ درصد باشد، مواد آلی ویژگی‌های خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما رفتار خاک بیشتر توسط سایر ذرات غیرآلی خاک تعیین می‌شود. اگر درصد مواد آلی بین ۲۱ تا ۷۴ درصد باشد، مواد آلی در رفتار خاک نقش تعیین کننده خواهند داشت. Odell و همکاران (۱۹۶۰) با آزمایش روی ۲۳ نمونه خاک دریافتند که حد روانی و حد خمیری با افزایش میزان کربن آلی به صورت خطی افزایش می‌یابند. Schmidt (1965) گزارش نمود که در خاک‌های بخش پولدینگ در ایالت اوهایو آمریکا (Paulding County) ارتباط خطی میان حد روانی و میزان کربن آلی وجود ندارد. در حالیکه میان حد خمیری و کربن آلی یک رابطه خطی مشاهده شد. علاوه بر این شاخص خمیری نیز ارتباطی با میزان کربن آلی نشان نداده است. Krizek و همکاران (۱۹۷۵) گزارش کردند که بر اساس آزمایش‌های انجام شده بر خاک‌های آلی مصنوعی، حد روانی و حد خمیری با افزایش میزان مواد آلی، افزایش نشان می‌دهند. Keller و Dexter (۲۰۱۲) بر اساس مطالعه خود پیش‌بینی نمودند که خاک‌هایی با میزان رس بیش از ۱۰ درصد رفتار پلاستیک نشان خواهند داد در حالی‌که خاک‌هایی با میزان رس کمتر از ۱۰ درصد در صورتی رفتار پلاستیک خواهند داشت که مقداری ماده آلی در آنها موجود باشد. Moradi (2013) نیز ارتباط مستقیم میزان کربن آلی موجود در خاک با حدود آتربرگ را نشان داد. در آزمایش‌هایی که طی آن به صورت مصنوعی به خاک کربنات کلسیم افزوده شده است، افزایش حد خمیری و کاهش شاخص خمیری گزارش شده است (Rao and Thyagaraj, 2003; Muntohar and Hantoro, 2000). Smith و همکاران (۱۹۸۵) با مطالعه‌ای که بر خاک‌های فلسطین اشغالی انجام دادند، نشان دادند در این خاک‌ها میزان مواد آلی با حد روانی و خمیری ارتباط مستقیم داشته، اما با حد انقباضی هیچ ارتباطی نداشته است. ایشان نشان دادند میزان کربناتها تاثیر اندکی روی حدود آتربرگ دارند. در ادامه این مطالعات، در این پژوهش سعی شد، ارتباط میان حدود آتربرگ و میزان مواد آلی و همچنین میزان کربناتها در رسوبات بستر دریا در نیمه شمالی خلیج فارس مورد بررسی قرار گیرد.

۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش، منطقه مورد مطالعه بخش شمالی خلیج فارس از تنگه هرمز تا خوزستان را شامل می‌شود. در این منطقه طی گشت دریایی PGGOOS که توسط پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی در مهر و آبان سال ۱۳۹۱ انجام شد، نمونه‌هایی با نمونه‌گیری چنگکی[1] از رسوبات سست بستر دریا گرفته شد که پژوهش حاضر روی این نمونه‌ها متمرکز شده است. تعداد نمونه‌های مورد استفاده ۳۳ نمونه است (جدول ۱) که در این گستره مطالعاتی، به نحوی که در شکل ۱ نشان داده شده است، توزیع شده‌اند. در این پژوهش ابتدا حد روانی و حد خمیری نمونه‌های رسوبی اخذ شده از بستر خلیج فارس تعیین شد و سپس میزان کربناتها و میزان مواد آلی موجود در این نمونه‌ها در آزمایشگاه تعیین گردید. با مقایسه این حدود با میزان کربناتها و میزان مواد آلی سعی شده است، ارتباط میان آنها بررسی گردد.



شکل ۱: موقعیت نمونه‌های رسوبی به دست آمده از بستر خلیج فارس در نیمه شمالی و سیستم طبقه‌بندی متحد (USCS)[2] (sm :ماسه سیلتی، sp-sm: ماسه بددانه بندی شده همراه با سیلت، sp: ماسه بددانه بندی شده، sc: ماسه رسی)

در این مطالعه، آزمایش‌های تعیین حد روانی، حد خمیری، میزان مواد کربناته و میزان مواد آلی روی نمونه‌های رسوبی انجام گردید. آزمایش حد خمیری به ازای هر نمونه دو بار (در مجموع ۶۶ آزمایش) و سایر آزمایشها به ازای هر نمونه یک بار انجام شده‌اند.

[1] Grap
[2] Unified Soil Classification System

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی و عمق نمونه‌برداری در محدوده شمال خلیج فارس

شماره	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	عمق (متر)	شماره	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	عمق (متر)
۱	۴۹ °۵۵'۱۲"	۲۹ °۳۲'۲۴"	۲۵	۲۰	۵۲ °۵۴'۳۶"	۲۶ °۳۴'۴۸"	۷۶
۲	۴۹ °۴۲'۰۰"	۲۹ °۲۱'۳۶"	۴۱	۲۱	۵۳ °۲۸'۴۸"	۲۶ °۴۰'۴۸"	۵۸
۳	۵۰ °۱۸'۰۰"	۲۹ °۱۸'۳۶"	۲۷	۲۲	۵۳ °۵۰'۲۴"	۲۶ °۲۴'۴۸"	۵۴
۴	۵۰ °۰۶'۳۶"	۲۹ °۰۵'۲۴"	۴۲	۲۳	۵۳ °۴۵'۳۶"	۲۶ °۰۲'۲۴"	۷۵
۵	۴۹ °۵۲'۱۲"	۲۸ °۵۴'۰۰"	۴۴	۲۴	۵۳ °۴۳'۱۲"	۲۵ °۴۶'۴۸"	۳۹
۶	۵۰ °۵۶'۰۰"	۲۸ °۴۹'۴۸"	۳۳	۲۵	۵۴ °۲۸'۱۲"	۲۶ °۲۷'۳۶"	۲۷
۷	۵۰ °۲۳'۲۴"	۲۸ °۳۷'۴۸"	۴۹	۲۶	۵۴ °۲۷'۳۶"	۲۶°۱۹'۱۲"	۷۹
۸	۵۰ °۱۱'۲۴"	۲۸ °۲۶'۲۴"	۵۵	۲۷	۵۴ °۲۷'۰۷"	۲۶ °۰۳'۰۰"	۸۱
۹	۵۰ °۵۷'۰۰"	۲۸ °۳۷'۴۸"	۳۲	۲۸	۵۴ °۵۵'۱۲"	۲۶ °۰۷'۴۸"	۸۲
۱۰	۵۰ °۴۵'۰۰"	۲۸ °۲۵'۱۲"	۴۹	۲۹	۵۵ °۴۹'۱۲"	۲۶°۳۷'۱۲"	۳۴
۱۱	۵۱ °۰۷'۱۹"	۲۸ °۱۱'۳۵"	۳۲	۳۰	۵۶ °۵۵'۱۲"	۲۶°۲۷'۳۶"	۵۹
۱۲	۵۰ °۵۳'۲۴"	۲۷ °۵۹'۲۴"	۶۱	۳۱	۵۶ °۱۵'۳۶"	۲۶ °۵۰'۲۴"	۴۹
۱۳	۵۰ °۴۳'۳۶"	۲۷ °۴۷'۱۴"	۶۴	۳۲	۵۶ °۰۴'۵۱"	۲۶ °۳۹'۰۰"	۶۳
۱۴	۵۱ °۲۱'۳۶"	۲۷ °۴۳'۱۲"	۲۰	۳۳	۵۵°۳۳'۰۰"	۲۶°۲۹'۲۴"	۲۱
۱۵	۵۱ °۱۲'۰۰"	۲۷ °۲۹'۲۴"	۷۴	۳۴	۵۵ °۰۶'۳۶"	۲۵ °۴۵'۳۶"	۶۱
۱۶	۵۱ °۰۳'۰۰"	۲۷ °۱۵'۰۰"	۶۹	۳۵	۵۳ °۱۲'۳۶"	۲۶°۴۴'۲۴"	۸۳
۱۷	۵۲ °۳۰'۳۶"	۲۷ °۲۱'۳۶"	۶۳	۳۶	۵۲ °۲۷'۰۰"	۲۶ °۳۹'۰۰"	۶۷
۱۸	۵۰ °۴۳'۳۶"	۲۷ °۴۷'۱۴"	۸۴	۳۷	۵۴ °۰۵'۲۴"	۲۶°۰۵'۲۴"	۸۴
۱۹	۵۲ °۰۸'۰۳"	۲۶ °۵۷'۲۷"	۵۴	۳۸	۵۵ °۰۹'۰۰"	۲۶ °۱۲'۰۰"	۱۰۷

حد خمیری درصد رطوبتی است که در آن وقتی خاک به صورت فتیله‌هایی با قطر ۳/۲ میلیمتر در می‌آید، ترک خورده و خرد می‌شود. حد خمیری حد پایین‌تر مرحله خمیری شدن خاک است. این آزمایش ساده بوده و با غلتاندن مکرر یک تکه از خاک بیضی شکل، با دست روی یک صفحه شیشه‌ای صاف انجام می‌شود (Das, 1990). آزمایش فیتیله با روش استاندارد ASTM به شماره D4318 انجام گرفته است.

حد روانی، درصد رطوبتی از خاک است که خاک از حالت خمیری به حالت روان در می‌آید. برای اندازه‌گیری حد روانی معمولا از دستگاه کاساگراند استفاده می‌شود. اگرچه روش‌های دیگری نیز مطرح شده‌اند اما این روش کماکان متداول است. در این روش، درصد رطوبتی که در آن یک فاصله ۰/۵ اینچی از نمونه خاک بعد از ۲۵ ضربه در کف شیار بسته شود را رطوبت حد روانی گویند.

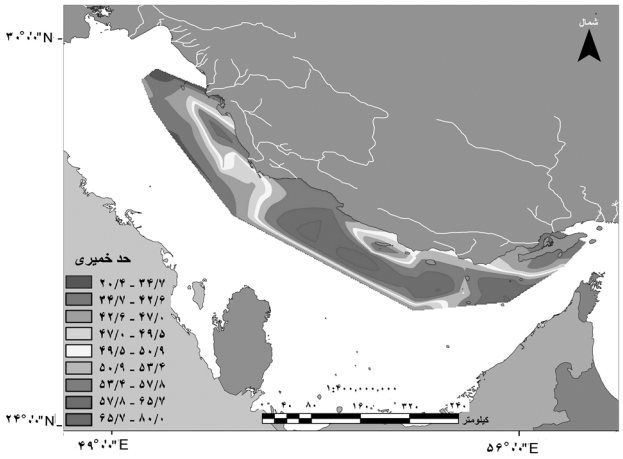
تنظیم رطوبت خاک به گونه‌ای که در ۲۵ ضربه شیار مذکور بسته شود، کار مشکلی است. از این رو چند بار آزمایش با رطوبت‌های مختلف تکرار شده و نمودار نیمه لگاریتمی که محور لگاریتمی آن تعداد ضربات و محور غیر لگاریتمی آن درصد رطوبت را نشان می‌دهد ترسیم شده و بر اساس آن، درصد رطوبت معادل ۲۵ ضربه تعیین می‌شود. این آزمایش در این تحقیق مطابق با استاندارد ASTM به شماره D4318 انجام شده است.

آزمایش‌های تعیین درصد کربناته و درصد مواد آلی به روش سوزاندن در کوره (LOI) روی نمونه های مورد مطالعه انجام شد و در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. روش سوزاندن در کوره (loss on ignition: LOI) یک روش معمول و پرکاربرد در تعیین میزان مواد آلی و کربناته در رسوبات به شمار می‌رود. در این روش ابتدا مواد آلی با قرار دادن نمونه در درجه حرارت ۵۰۰ تا ۵۵۰ درجه سانتیگراد اکسید شده و به دی اکسید کربن و خاکستر تبدیل می‌شود. در مرحله دوم با افزایش درجه حرارت کوره به ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد دی اکسید کربن کربناته‌ها آزاد می‌شود. مقدار کاهش وزن که مبنای تعیین میزان کربناته و مواد آلی است در هر مرحله از تفاضل وزن نمونه قبل و بعد از قرار دادن در کوره به دست می‌آید (Dean, 1974; Bengtsson and Enell, 1986). لازم به یادآوری است در این روش میزان کلیه کربناته‌ها شامل کربنات کلسیم یا دولومیت و غیره سنجیده می‌شود.

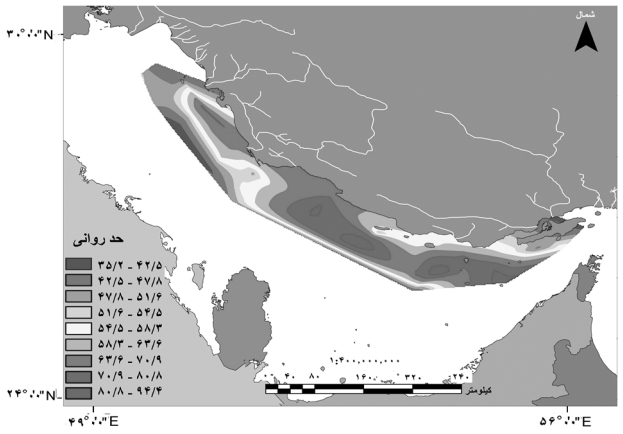
۳. نتایج و بحث

بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام شده روی نمونه‌های رسوبی در دسترس، در شکل‌های ۲ تا ۵ به ترتیب پهنه‌بندی حد خمیری، حد روانی، درصد مواد آلی و میزان کربنات در منطقه مورد مطالعه ارایه شده است. همانطور که در این شکل‌ها مشخص است میزان

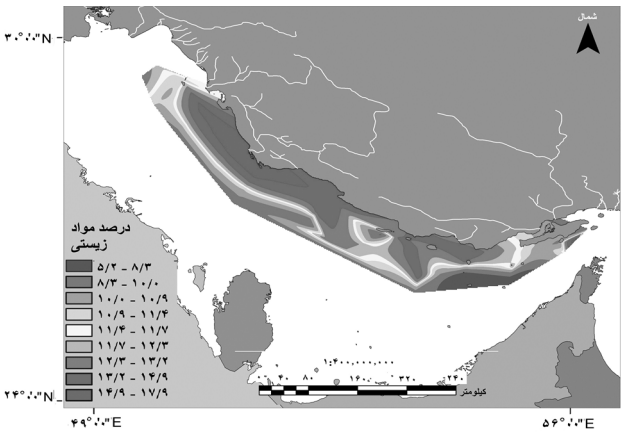
مواد آلی رسوبات در مناطق نزدیک به ساحل بیشتر بوده که با افزایش عمق آب از میزان آنها کاسته شده است.



شکل ۲: پهنه‌بندی درصد رطوبت حد خمیری رسوبات بستر دریا در نیمه شمالی خلیج فارس

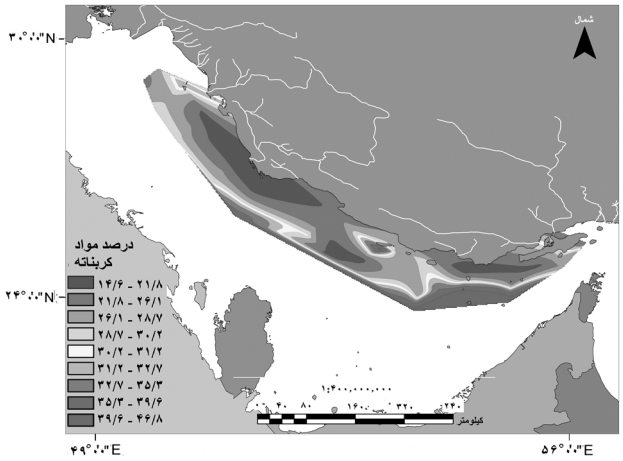


شکل ۳: پهنه‌بندی درصد رطوبت حد روانی رسوبات بستر دریا در نیمه شمالی خلیج فارس



شکل ۴: پهنه‌بندی درصد مواد آلی رسوبات بستر دریا در نیمه شمالی خلیج فارس

در مورد کربنات، میزان آن در مناطق ساحلی کمتر بوده و به سمت بخش‌های عمیق‌تر خلیج فارس، میزان آن افزایش می‌یابد. در ادامه بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌ها، اثر مواد آلی و کربناته روی حدود آتربرگ بررسی شده است.

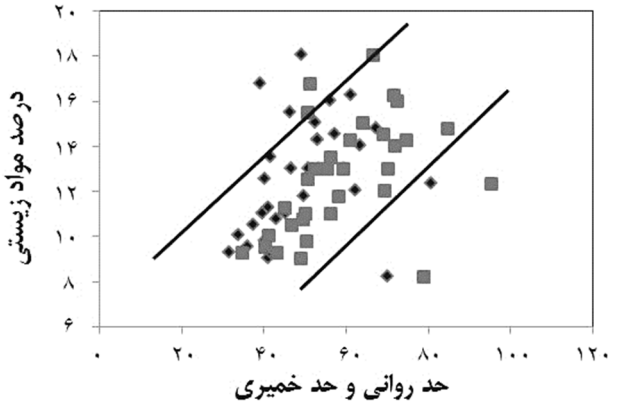


شکل ۵: پهنه‌بندی درصد کربناتها در رسوبات بستر دریا در نیمه شمالی خلیج فارس

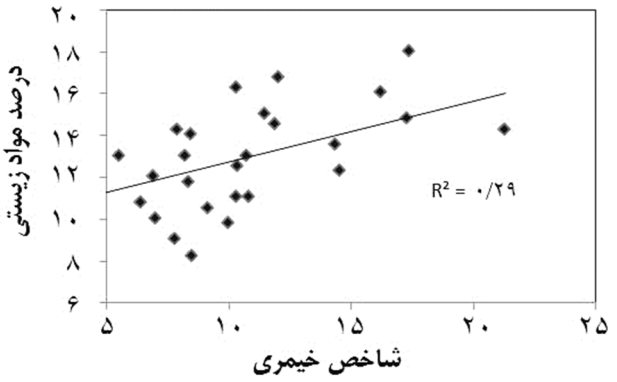
۳-۱ اثر مواد آلی بر حدود آتربرگ

اگرچه میزان و نوع کانی‌های رسی مهمترین عامل در تعیین میزان حدود آتربرگ در خاک‌ها به شمار می‌آیند، اما مواد آلی موجود در خاک نیز با تغییر دادن میزان آبی که خاک می‌تواند در خود نگه دارد، می‌توانند حدود آتربرگ خاک را تحت تاثیر قرار دهند. در این مطالعه به منظور ارزیابی تاثیر میزان مواد آلی موجود در خاک بر روی حدود آتربرگ، درصد این مواد با حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیرایی مقایسه شده است. همانطورکه در شکل ۶ مشاهده می‌شود، با افزایش میزان مواد آلی، رطوبت حد خمیری و حد روانی خاک نیز افزایش نشان می‌دهد، اما همبستگی میان آنها کاملا روشن و واضح نیست. در مقایسه میزان مواد آلی با شاخص خمیری که از تفاضل حد روانی و حد خمیری حاصل می‌شود، روند مثبت مشخصی مشاهده می‌شود (شکل ۷) که با توجه به وسعت محدوده مورد مطالعه و گستردگی عوامل زمین‌شناسی و اقیانوس‌شناسی موثر در رسوبات، همبستگی قابل قبولی به شمار می‌آید. نتایج حاصل در این بخش با مطالعات Odell و همکاران (۱۹۶۰) و نیز Moradi (2013) که همبستگی خطی میان حدود آتربرگ با میزان کربن آلی را گزارش کرده‌اند، مطابقت نشان می‌دهد. در مقابل با نتایج

Schmidt (1965) که فقدان ارتباط معنی‌دار شاخص خمیری با میزان کربن آلی را گزارش کرده است، ناهمخوان است.



شکل ۶: مقایسه میزان مواد آلی با حد خمیری و حد روانی در رسوبات به دست آمده در نیمه شمالی خلیج فارس (نقاط لوزی، حد خمیری و نقاط مربع، حد روانی را نشان می‌دهند).



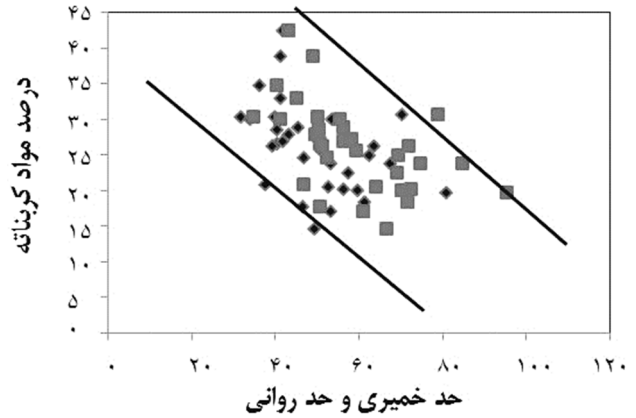
شکل ۷: مقایسه شاخص خمیری با میزان مواد آلی در رسوبات به دست آمده در نیمه شمالی خلیج فارس.

۳-۲ *اثر میزان کربنات‌ها بر حدود آتربرگ*

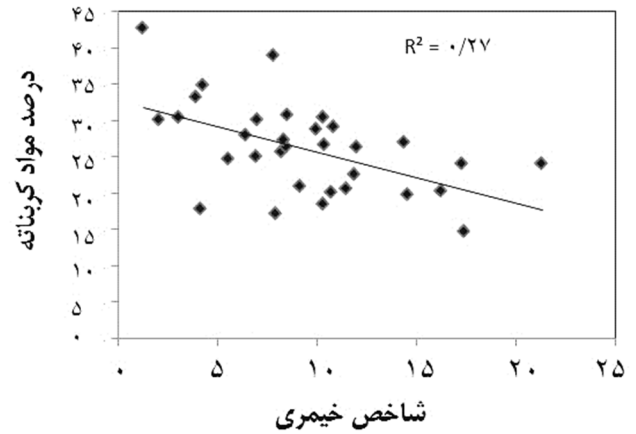
یکی دیگر از پارامترهای شیمیایی مورد مطالعه میزان کربناتها است. در محیط خلیج فارس، کربناتها عموما به صورت کربنات کلسیم حضور دارند. کلسیم عنصری است که می‌تواند در ساختار کانی‌های رسی رسوخ کرده و باعث تغییر رفتار رس‌ها شود.

ذرات کانی رسی، یک بار منفی را در سطح خود حمل می‌کنند که نتیجه تعویض ایزومورف و نیز وقفه یا شکاف در پیوستگی ساختار ذرات در لبه‌ها است. این بارهای منفی قابلیت تعویض با کاتیون‌هایی نظیر Ca، Na، Mg و K را دارند (Das, 1990). جایگزینی کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند Ca به جای کاتیون‌های تک ظرفیتی مانند Na باعث کاهش توانایی کانی‌های رس در جذب آب و در نتیجه کاهش پلاستیسیته آنها می‌شود. از این رو انتظار می‌رود با افزایش میزان کربنات‌ها و در نتیجه افزایش میزان Ca در رسوبات، پلاستیسیته آنها کاسته شود.

در این تحقیق به منظور ارزیابی این موضوع، میزان کربنات کلسیم با حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری مقایسه شده‌اند. همانطورکه در شکل ۸ مشاهده می‌شود، با افزایش میزان کربنات حد خمیری و حد روانی کاهش یافته‌اند. در مقایسه میزان کربنات با شاخص خمیری (شکل ۹)، روند معکوس بین این دو، حالت واضح‌تری به خود گرفته است. روند معکوس مشابهی توسط برخی از محققین گزارش شده است (Rao and Thyagaraj, 2003; Muntohar and Hantoro, 2000).



شکل ۸: مقایسه میزان کربنات‌ها با حد خمیری و حد روانی در رسوبات به دست آمده در نیمه شمالی خلیج فارس (نقاط لوزی، حد خمیری و نقاط مربع، حد روانی را نشان می‌دهند).



شکل ۹: مقایسه میزان کربنات‌ها با شاخص خمیری در نمونه‌های مورد آزمایش.

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه نتایج آزمایش‌های حد روانی و حد خمیری با میزان مواد آلی و کربناته موجود در رسوبات برای درک ارتباط بین آنها و ارزیابی تاثیر میزان مواد آلی و کربناته بر رفتار پلاستیک خاک‌های بستر دریا در نیمه شمالی خلیج فارس مقایسه شد. بر اساس این مقایسه، با افزایش میزان مواد آلی؛ حد روانی، حد خمیری و نیز شاخص خمیری خاک‌ها افزایش نشان می‌دهند. وجود مواد آلی از یک سو میزان آبی که توسط خاک می‌تواند در شرایط مختلف نگهداشته شود را افزایش داده و از سوی دیگر باعث افزایش مقاومت برشی خاک می‌شود. این دو مکانیسم سبب می‌شود خاک برای شروع رفتار خمیری و نیز شروع رفتار روان به درصد بالاتری از آب نیازمند باشد. به این ترتیب حد روانی و حد خمیری افزایش می‌یابد. علاوه بر این میزان مواد آلی با شاخص خمیری همبستگی مثبتی نشان می‌دهد که این بدین معنی است که میزان تاثیر این مواد بر حد روانی بیشتر از تاثیر آن بر حد خمیری بوده و در نتیجه بازه میان حد روانی و حد خمیری (شاخص خمیری) افزایش یافته است.

همچنین بر اساس نتایج این پژوهش مشخص شد که حد خمیری، حد روانی و شاخص خمیری در خاک‌های بستر نیمه شمالی خلیج فارس همبستگی وارونه‌ای با میزان کربنات‌ها دارند. در توضیح مشاهدات، به نظر می‌رسد کربنات‌ها که عموما کربنات کلسیم هستند، احتمالا، به صورت غیرمستقیم و با مکانیسم تعویض کاتیونی Ca به جای Na در ساختار کانی‌های رسی باعث تغییر ترکیب و نوع کانی‌های رسی شده و در نتیجه موجب کاهش رفتار پلاستیک رس‌ها می‌شوند.

۵. سپاسگزاری

این تحقیق در پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی و با حمایت این پژوهشگاه انجام شده است. از این رو مولفین بر خود لازم می‌دانند مراتب سپاسگزاری خود را اظهار دارند.

منابع

بهبهانی، ر.؛ لک، ر.؛ حسین یار، غ.؛ دهقان، ا.، ۱۳۹۲. تاثیر اکسیژن محلول، محتوای زیستی، زیست آشفتگی و اندازه ذرات بر قابلیت حفظ مواد آلی در رسوبات سطحی بخش شمالی خلیج فارس. نشریه اقیانوس شناسی. سال چهارم. شماره ۱۴. ۵۶-۴۵.

A.S.T.M., 2000. Standard test methods for liquid limit and plasticity index of Soils. ASTM International, West Conshohocken, PA. No. D4318.

Bengtsson, L.; Enell, M., 1986. Chemical analysis. In Berglund, B. E. (ed.), Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology. John Wiley & Sons Ldt., Chichester, 423-451.

Das, B.M., 1990. Principle of geotechnical engineering: 2nd ed. Translated by Salehzadeh H., Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. 457P.

Dean, W.E.Jr., 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. Journal of Sedimentary Petrology, 44: 242-248.

Edil, T.B., 1997. Construction over peats and oganic soil. Conference proceedings on recent advances in soft soil engineering, Kuching. Referred by Abedin, 2006.

Keller, G.H., 1982. Organic matter and the geotechnical properties of submarine sediments. Geo-Marine Letters, 2(3-4): 191-198.

Keller, T.; Dexter, A.R., 2012. Plastic limits of agricultural soils as functions of soil texture and organic matter content. Soil Research, 50(1): 7-17.

Krizek, R.J.; Max, W.G.; Paul, L.H., 1975. Organic content and engineering behavior of typical maintenance dredging. 4th South East Asian Conference on Soil Engineering Kuala Lumpur, Malaysia, 6-15.

Malkawi, A.I.H.; Alawneh, A.S.; Abu-Safaqah, O.T., 1999. Effects of organic matter on the physical and the physicochemical properties of an illitic soil. Applied Clay Science, 14(5): 257-278.

Moradi, S., 2013. Impacts of organic carbon on consistency limits in different soil textures.

Thesis, University of Illinois, 100-110P.

Sivapullaiah, P.V.; Sridharan, A., 1985. Liquid limit of soil mixtures. STM, Geotechnical Testing Journal, 8: 111-116.

Smith, C.W.; Hadas, A.; Dan, J.; Koyumdjisky, H., 1985. Shrinkage and Atterberg limits in relation to other properties of principal soil types in Israel. Geoderma, 35(1): 47-65.

Thiyyakkandi, S.; Annex, S., 2011. Effect of organic content on geotechnical properties of Kuttanad Clay. Electronic Journal of Geotechnical Engineering. 16: 1651-1663.

Zentar, R.; Abriak, N.E.; Dubois, V., 2009. Effects of salts and organic matter on Atterberg limits of dredged marine sediments. Applied Clay Science, 42(3): 391-397.

Zhang, H., 1994. Organic matter incorporation affects mechanical properties of soil aggregates. Soil and Tillage Research, 31(2): 263-275.

Zolfaghari, Z.; Mosaddeghi, M.R.; Ayoubi, S.; Kelishadi, H., 2015. Soil atterberg limits and consistency indices as influenced by land use and slope position in Western Iran. Journal of Mountain Science, 12(6): 1471-1483.

International Journal of Agriculture and Crop Sciences. IJACS/2013/5-12/1381-1388. Available online at www.ijagcs.com

Muntohar, S.; Hantoro, G., 2000. Influence of rice husk ash and lime on engineering properties of a clayey subgrade, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 5.

Odell, R.T.; Thornburn, T.H.; Mckenzie, L.J., 1960. Relationships of Atterberg limits to some other properties of illinois soils. Proceedings of Soil Science Society of America, 24: 287-300.

Rao, S.M.; Thyagaraj, T., 2003. Lime study stabilization of an expansive soil, Journal of Geotechnical Engineering, 156(3): 139-146.

Romilus, P., 2004. Effect of organic contents on the compaction and shear strength of soil. M.SC. Thesis, University of Malaysia Sarawak, 8-9P.

Schmitz, R.M.; Schroeder, C.; Charlier, R., 2004. Chemo-mechanical interactions in clay: a correlation between clay mineralogy and Atterberg limits. Applied Clay Science, 26(1): 351-358.

Schmidt, N.O., 1965. A study of the isolation of organic matter as a variable affecting properties of a soil. PhD