Amirkabir Journal of Civil Engineering

Amirkabir J. Civil Eng., 53(2) (2021) 171-174
DOI: 10.22060/ceej.2020.16612.6288

Laboratory Investigation of the Effect of "NICOFLOK" Polymer on the Compressive and Tensile Strength of Desert and Coastal Sand at the pavement Layers

Farzad Rezaie Moghaddam[1,*] , Bahman Jafari Nader[2], Taghi Rezaie Moghaddam[3]

[1] University of Mohaghegh Ardabili, Iran
[2] Civil Engineering, Iran
[3] Islamic Azad University, Iran

ABSTRACT: Dune sand can be easily found on beaches and deserts. In this study samples from beaches of the Caspian Sea in Astara and Mazandaran and also from deserts around Kerman were recognized and collected. The effect of adding Nikoflok polymer with cement to samples after stabilization was investigated. This study aims to improve the compressive and tensile strength of samples made of dune sand from beaches and deserts to assess the possibility of using them with cement in the subgrade, sub-base and base. 200 samples with 3, 6, and 12 percent of cement, 0.3, 0.6, and 1.2 percent of Nikoflok and dune sand were made and underwent 7, and 28 day compressive and indirect tensile tests. Also, the strength degradation of samples under 45 cycles of freeze-thaw was investigated. The results showed that by stabilizing dune sand with cement and Nikoflok, its compressive and tensile strength increases and it can be used in pavement layers.

Review History:
Received: 6/25/2019
Revised: 11/6/2019
Accepted: 1/4/2020
Available Online: 2/2/2020

Keywords:
Dune sand
Nikoflok
cement
compressive and tensile strength
stabilization

1. INTRODUCTION

There are wide beach regions in the north and south and vast deserts in the center of Iran. The materials of these regions are mostly poorly graded dune sand which cannot be used in concrete mixtures due to low strength and lack of coarse aggregate[1]. A general method to increase the quality and bearing capacity of materials is stabilization and by considering the conditions such as weather, soil, stabilization goal, environmental issue, and economic issues, the admixture is determined.

Alkarni and Elkholy investigated the effect of adding cement to dune sand of deserts in Saudi Arabia. To do this they produced samples with different cement ratios which underwent compressive and shear strength tests after curing. The results of this study showed that adding cement increased mechanical properties[2]. Palmerovich and Vladimirovich used ANT, NANO STAB, and Nikoflok with cement as a stabilizer in materials with different ratios of crushed aggregates and sand. The results showed that using Nikoflok polymer can increase 5 and 7 days compressive and tensile strength. In this study, Nikoflok/cement weight ratio was 0.1[3].

So in this study considering vast beaches and deserts in the north, south, and center of Iran, by sampling dune sand in Caspian sea beach at Astara and also desert regions around Kerman and producing standard compacted samples stabilized with cement and Nikoflok polymer, properties of these materials were investigated to determine whether they can be used in pavement layers.

2. EXPERIMENTAL STUDY

In this study dune sand from Astara and Mazandaran, and also from Kerman, cement manufactured in Ardebil, beverage water of Ardebil and Nikoflok polymer were used. In this study after grading and compacting test with obtained moisture ratios, compacted samples stabilized with cement were made according to ASTM-D558[4] from both samples of dune sand. The cement percent was 3, 6, and 12 according to experiments and also the Nikoflok/cement weight ratio was 0.1 according to previous studies. Then compressive and indirect tension strength tests were conducted on the samples after 7 and 28 days of curing. Also, samples with 45-day curing underwent 45 freeze-thaw cycles according to ASTM-C666[5].

3. RESULTS AND DISCUSSION

1- As shown in Figs. 1 and 2 Nikoflok polymer increased 7-day strength of samples with cement as the stabilizer. This increase for dune sand from the beach was 23.7% and for dune sand from the desert was 20% on average. The maximum increase in dune sand from the beach relates to the cases with

*Corresponding author's email: F_Rezaie@uma.ac.ir

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to Amirkabir University Press. The content of this article is subject to the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-NC 4.0) License. For more information, please visit https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.

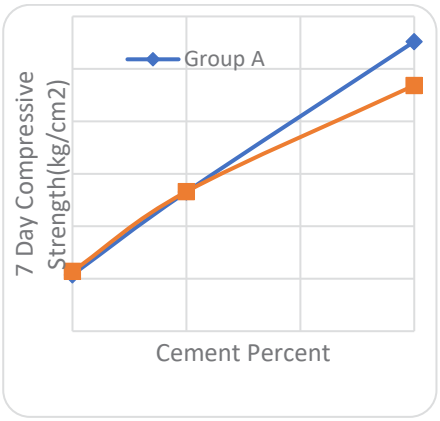


Fig 1. Results of Use Cement in coastal sand (Group A) and desert (Group B) on 7 days Compressive Strength

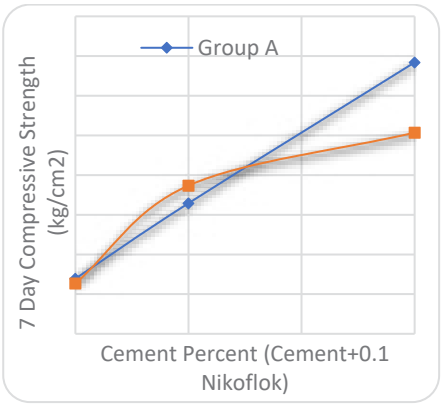


Fig 2. Results of Use Nicoflok with Cement in coastal sand (Group A) and desert (Group B) on 7 days Compressive Strength

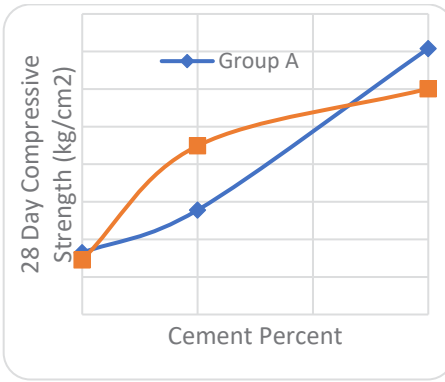


Fig 3. Results of Use Cement and in coastal sand (Group A) and desert (Group B) on 28 days Compressive Strength

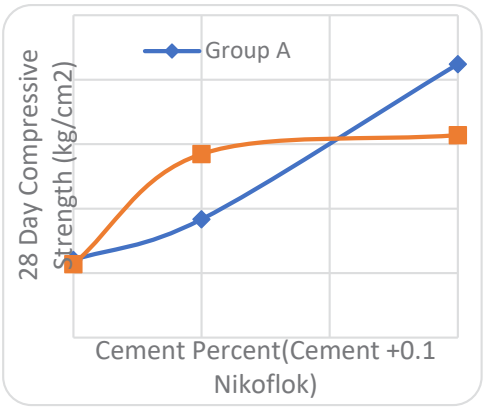


Fig 4. Results of Use Nicoflok with Cement in coastal sand (Group A) and desert (Group B) on 28 days Compressive Strength

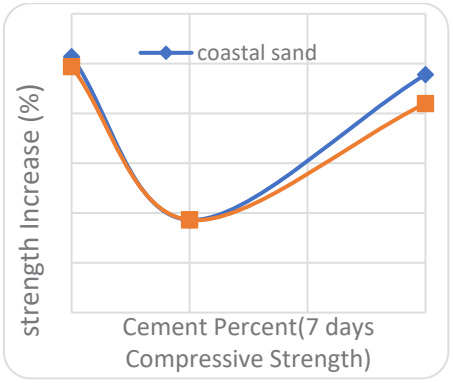


Fig 5. Percent of increase of 7 days Indirect tensile strength with use of Nicoflok Polymer

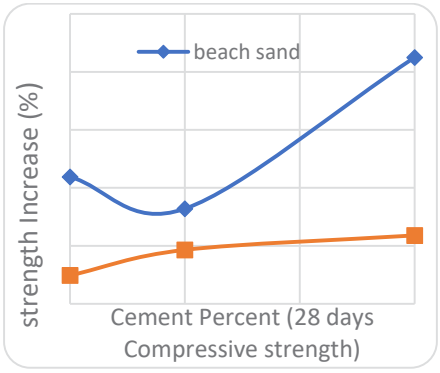


Fig 6. Percent of increase of 28 days Indirect tensile strength with use of Nicoflok Polymer

6 and 12 percent of cement and Nikoflok/cement ratio of 0.1 and in dune sand from the desert relates to the case with 6 percent of cement and 0.6% of Nikoflok.

2- As shown in Figs. 3 and 4 For the case of 28-day strength, samples with 3 percent of cement and 0.3% of Nikoflok have the most increase. The average increase for samples with dune sand from the beach is 32.7% and for dune sand from the desert is 28.9%.

3- As shown in Figs. 5 and 6 Using Nikoflok causes an improvement in dune sand material stabilized with cement. This increase in 7-day strength for samples with dune sand from the beach 18.3% and for samples with dune sand from the desert is 19.6% on average. For 28 day strength, these values became 8.6 and 26.9 percent, respectively. Also for the case of 7-day strength, Nikoflok was the most influential in samples with 3 percent of cement and 0.3 percent of Nikoflok.

This increase is the same for both samples of dune sand and equals 25%. For the case of 28-day strength, Nikoflok was the most influential in samples with 12 percent of cement and 1.2 percent of Nikoflok. This increase for dune sand from the beach equals 11.8 percent and for dune sand from the desert equals 42.5 percent.

4- Generally by increasing cement and Nikoflok percent, the resistance of materials with dune sand from the beach against freeze-thaw cycles increases. But this is not valid for materials with dune sand from the desert and the compressive strength of samples with Nikoflok is low, except for the sample with 3 percent of cement.

4. CONCLUSIONS

Considering the investigations in this study, dune sand materials can be found easily in beaches and deserts and used as a stabilized layer with cement. Considering the region and weather conditions, a suitable mixture can be determined according to the local conditions. It should be noted that for using this mixture as in pavement layers, it should be used with Nikoflok polymer. So using this material with Nikoflok in beaches and deserts can cause a decrease in the construction cost of roads, protect the environment, prevent immethodical extraction of mines and decrease high expenses of extraction, crushing, and transportation of the materials.

REFERENCES

[1] Y. Yu-qing, and W. J. C. J. o. G. E. Xuan-cang, "Experimental research on compaction characteristics of aeolian sand [J]," vol. 3, 2007.

[2] A. AlKarni, S. M. J. J. o. E. ElKholy, and C. Sciences, "Improving geotechnical properties of dune sands through cement stabilization," vol. 5, no. 1, pp. 1-19, 2012.

[3] M. Parmenovich, and S. Vladimirovich, "Study of the Influence of Stabilizing Additives on properties Strengthened by Mineral Structures Tablet – Sanded Mixtures," New technologies, 2013.

[4] ASTM, "Standard test methods for moisture-density relations of soil-cement mixtures," 2011.

[5] ASTM, "Standard test method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and thawing," 2003.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

F. Rezaie Moghaddam, B. Jafari Nader, T. Rezaie Moghaddam, Laboratory Investigation of the Effect of "NICOFLOK" Polymer on the Compressive and Tensile Strength of Desert and Coastal Sand at the pavement Layers, Amirkabir J. Civil Eng., 53(2) (2021) 171-174.

DOI: 10.22060/ceej.2020.16612.6288

This page intentionally left blank

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۳ شماره ۲، سال ۱۴۰۰، صفحات ۷۳۳ تا ۷۴۸
DOI: 10.22060/ceej.2020.16612.6288

بررسی آزمایشگاهی تاثیر افزودنی پلیمری «نیکوفلاک» بر روی مقاومت فشاری و کششی ماسه‌بادی بیابانی و ساحلی در لایه‌های روسازی

فرزاد رضائی مقدم[1،*]،بهمن جعفری نادر[1]، تقی رضائی مقدم[2]

[1] فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
[2] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، ایران

خلاصه: ماسه بادی جزو مصالحی است که در نواحی بیابانی و ساحلی به مقدار زیاد وجود دارد. در این تحقیق نمونه‌هایی از مناطق ساحلی دریای خزر در شهر آستارا و مازندران و همچنین مناطق بیابانی اطراف شهر کرمان شناسایی و جمع‌آوری شده‌است و بر روی نمونه‌های گردآوری شده تاثیر افزودن پلیمر طبیعی معدنی نیکوفلاک به همراه سیمان به صورت تثبیت شده بر روی مقاومت آنها بررسی شده‌است. در این تحقیق سعی بر آن است تا با بهبود مقاومت فشاری و کششی ماسه بادی موجود در سواحل دریاها و بیابان‌ها، امکان استفاده از این مصالح در لایه‌های خاک بستر، زیراساس و اساس راه‌ها بصورت تثبیت شده با سیمان مورد بررسی قرارگیرد. در این تحقیق تعداد ۲۰۰ نمونه با ۳ درصد، ۶ درصد و ۱۲ درصد سیمان به همراه ۰/۳ درصد، ۰/۶ درصد و ۱/۲ درصد نیکوفلاک از مصالح ماسه بادی نمونه برداری شده، ساخته شده‌است و مقاومت فشاری و کششی غیرمستقیم ۷ روزه و ۲۸ روزه نمونه‌ها به‌دست آمده است و سپس میزان افت مقاومت آنها در ۴۵ سیکل ذوب و یخ مورد آزمایش قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داده است، تثبیت مصالح ماسه بادی با سیمان به همراه افزودنی نیکوفلاک، بدلیل افزایش مقاومت فشاری و کششی این مصالح، امکان استفاده از آن را در لایه‌های روسازی راه‌ها فراهم می‌آورد.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۴
بازنگری:۱۳۹۸/۰۸/۱۵
پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۴
ارائه آنلاین: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳

کلمات کلیدی:
ماسه‌بادی
نیکوفلاک
سیمان
مقاومت فشاری و کششی
تثبیت

۱- مقدمه

شرایط توپوگرافی و جغرافیایی ایران، به گونه ای است که در شمال و جنوب آن مناطق ساحلی زیاد و در قسمت مرکزی آن بیابان‌هایی با وسعت زیاد قرار گرفته است. عمدتا مصالح این مناطق از نوع ماسه‌بادی با دانه‌بندی نامناسب است که به دلیل مقاومت کم و همچنین عدم وجود مصالح درشت‌دانه در آن‌ها، امکان استفاده از آنها در ساخت و ساز و تهیه مخلوط‌های سیمانی نیست [۱]. در حالت کلی یکی از راهکارهای بهبود کیفیت مصالح و افزایش توان باربری مصالح، تثبیت مصالح است که با توجه به عواملی همچون شرایط جوی، جنس خاک، هدف از تثبیت، مسائل زیست محیطی، شرایط اقتصادی و غیره، نوع افزودنی انتخاب می‌شود. افزودنی‌های مورد استفاده در تثبیت از یک دیدگاه به دو دسته افزودنی‌های متعارف مانند سیمان، آهک، قیر و افزودنی‌های غیر متعارف مانند سیلیکات‌ها، افزودنی‌های معدنی، نمک‌ها، آنزیم‌ها، اسیدها، پلیمرها و صمغ‌ها تقسیم بندی می‌شوند [۲]. و از دیدگاه دیگر براساس نوع تاثیرگذاری به دو دسته واکنش دهنده با کانی‌های خاک و واکنش ندهنده با کانی‌های خاک تقسیم بندی می‌شوند و هر دو دسته باعث چسبیدن ذرات خاک به همدیگر می‌شوند [۳]. لذا در این تحقیق برای افزایش مقاومت مصالح ماسه‌بادی از تثبیت خاک با استفاده از سیمان به همراه پلیمرهای معدنی استفاده شده‌است.

الکارنی[1] در تحقیقی با عنوان اصلاح مشخصات ژئوتکنیکی ماسه روان با استفاده از تثبیت با سیمان، در سال ۲۰۱۲، تاثیر افزودن سیمان

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: F_Rezaie@uma.ac.ir

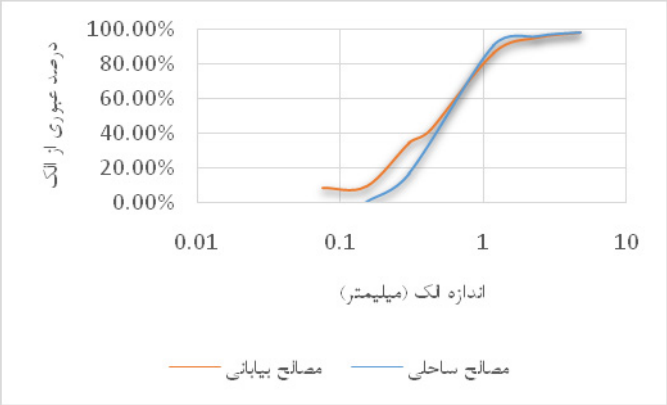
1 Alkarni

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

بر روی ماسه‌های روان بیابان‌های کشور عربستان را مورد مطالعه قرار داد و برای همین منظور نمونه‌هایی با درصدهای مختلف سیمان تهیه کرد و بعد از عملآوری تحت آزمایش‌های مقاومت فشاری و برشی قرار داد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که افزودن سیمان به این مصالح تا حدودی ویژگی‌ها، خصوصیات فنی و مقاومتی این مصالح را بهبود بخشید [۴]. پارمنوویچ[1] و همکارش دز سال ۲۰۱۳ در تحقیقی سه نوع ماده تثبیت کننده به نام‌های ANT، NANO STAB و نیکوفلاک به همراه سیمان را بر روی مصالح سنگی شکسته و ماسه ای که با درصدهای مختلف با هم مخلوط شده بود، استفاده کردند و تحت آزمایش مقاومت فشاری و کششی قرار دادند. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نشان داد که استفاده از مواد پلیمری نیکوفلاک در این مصالح باعث افزایش مقاومت فشاری و کششی پنج روزه و هفت روزه نمونه‌ها شد. در این تحقیق، پارمنوویچ میزان نیکوفلاک مصرفی در ساخت نمونه‌های مورد آزمایش را ده درصد وزنی سیمان در نظر گرفته است [۵]. نیکولای گوسیو[2] در سال ۲۰۱۳ در تحقیقی با عنوان ارزیابی مقاومت سازه‌ای لایه‌های راه پوشیده شده از مصالح پلیمری نیکوفلاک، تاثیر افزودنی نیکوفلاک را بر روی سه نوع مصالح در سه خیابان با درصدهای مختلف سیمان و نیکوفلاک مورد بررسی و آزمایش قرار داد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داده است دانه‌های آسفالتی تثبیت شده با ۵ درصد سیمان و ۰/۵ درصد نیکوفلاک در خیابان دوبربولیو که در سال ۲۰۱۰ ساخته شده بود، دارای مقاومت فشاری و کششی به ترتیب برابر با ۶/۵ و ۱/۲۵ مگاپاسکال بوده‌است. مصالح سنگی شکسته تثبیت شده با ۵ درصد سیمان و ۰/۵ درصد نیکوفلاک در خیابان سوچی که در سال ۲۰۱۰ ساخته شده بود دارای مقاومت فشاری و کششی به ترتیب برابر با ۷/۷ و ۱/۱ مگاپاسکال بوده‌است و دانه‌های گرانیتی الک شده مصرفی در رویه روسازی با ۶ درصد سیمان و ۰/۶ درصد نیکوفلاک در خیابان ولام در سال ۲۰۱۰ ساخته شده بود دارای مقاومت فشاری و کششی به ترتیب برابر با ۶/۹ و ۰/۹ مگاپاسکال بوده‌است [۶]. طاهرخانی و همکارش در سال ۱۳۹۲ در تحقیقی با عنوان ، مقایسه تثبیت کننده‌های آهک، سیمان و CBR PLUS برای تثبیت خاک رس ضمن بیان اینکه خاک‌های رسی جزو مصالح مشکل آفرین برای کارهای راهسازی می‌باشند، تاثیر استفاده از سه نوع مصالح سیمان، آهک و CBR PLUS را در بهبود خواص مقاومتی خاک رس مورد بررسی قرار داده اند از جمله نتایج این تحقیق مربوط به بیشترین افزایش مقاومت تک محوری بوده که بوسیله تثبیت خاک رس با سیمان حاصل شده‌است [۷]. روح بخشان و کلانتری در سال ۱۳۹۵ در تحقیقی با عنوان تثبیت خاک رس با آهک و پودر ضایعات سنگی، ضایعات سنگی به‌دست آمده از برش سنگ در کارخانجات سنگبری را برای تثبیت خاک رس همراه با آهک مورد بررسی قرار داده اند، نتایج به‌دست آمده از این تحقیق کاهش معناداری در پلاستیسیته و تغییر در رطوبت بهینه و وزن واحد حجم بیشینه خاک رس را با افزایش مقادیر پودر ضایعات سنگی و آهک نشان داده است، همچنین نتایج آزمایش مقاومت فشاری نشان داده است که در زمان های عمل آوری مختلف، افزودن پودر ضایعات سنگی و آهک سبب افزایش مقدار مقاومت فشاری تا ۶ درصد پودر ضایعات سنگی و ۷ درصد آهک شده‌است و برای درصدهای بیشتر، مقدار مقاومت فشاری کاهش یافته است [۸]. عابدی کوپایی و همکارانش در سال ۱۳۹۴ در تحقیقی با عنوان ارزیابی دوام و پایداری خاکهای رسی تثبیت شده با آهک هیدراته در مجاورت سازه های آبی، تأثیر آهک هیدراته برروی مقاومت فشاری خاک رسی در دو حالت با رطوبت بهینه و رطوبت اشباع را مورد بررسی قرار داده اند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داده است که با افزایش مقدار آهک هیدراته مخلوط در خاک، وزن واحد حجم خشک حداکثر کاهش یافته و رطوبت بهینه افزایش یافته است. همچنین افزایش آهک هیدراته به طور قابل ملاحظه ای موجب افزایش مقاومت فشاری خاک در دو حالت با رطوبت بهینه و رطوبت اشباع گردیده و این افزایش مقاومت به طور معنی دار متأثر از زمان عمل آوری و مقادیر آهک هیدراته بوده‌است. نتایج به دست آمده نشان داده است که مقدار ۵ درصد آهک هیدراته به عنوان مقاومت فشاری بیشینه بوده‌است[۹].

لذا در این تحقیق با توجه به وسعت زیاد مناطق ساحلی در شمال و جنوب کشور ایران و همچنین وسعت زیاد مناطق بیابانی در قسمت مرکزی کشور ایران، با نمونه برداری از ماسه‌بادی موجود در نواحی اطراف دریای خزر در شهر آستارا و مازندران و نیز نواحی بیابانی اطراف شهر کرمان و ساخت نمونه‌های تراکمی استاندارد تثبیت شده با سیمان و پلیمر معدنی نیکوفلاک، ویژگی‌ها و خصوصیات این مصالح برای استفاده در لایه‌های روسازی خصوصا در این مناطق مورد بررسی قرار گرفت.

1 Parmenovich
2 Gusev



شکل ۱. منحنی دانه‌بندی مصالح ماسه‌بادی بیابانی و ساحلی

Fig. 1. Grading curve of coastal and desert sand

جدول۱. مشخصات شیمیایی سیمان پرتلند پوزولانی اردبیل

Table 1. Chemical properties of Adr Portland Cement

ماده	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	CL
درصد	۲۶/۸۵	۶/۵	۳/۲	۵۶/۵	<۵	۱/۱	۴۴	<۱	<۵

۲- مصالح

مصالح مورد استفاده در این پژوهش شامل مصالح ماسه‌بادی ساحلی و بیابانی، سیمان، آب و پلیمر نیکوفلاک است. هرکدام از این مصالح به تفکیک در ادامه معرفی گردیده‌اند:

۲-۱- سنگدانه‌ها

سنگدانه‌های مورد استفاده برای ساخت نمونه‌ها در این پژوهش مصالح ماسه‌بادی هستند که برای گروه اول بطور مستقیم و طبیعی از نواحی مجاور دریای مازندران و از شهر آستارا برداشت‌گردیده است، این مصالح با نام «ماسه‌بادی ساحلی» مورد استفاده قرارگرفته‌است، برای گروه دوم نیز از مصالح موجود در نواحی بیابانی اطراف شهر کرمان استفاده گردیده‌است، این مصالح نیز با نام «ماسه بادی بیابانی» استفاده شده‌است. بر روی هرکدام از این مصالح آزمایش دانه‌بندی مطابق استاندارد ASTMC136 [۱۰] انجام گردید که نتایج آن در شکل ۱ آورده شده‌است.

۲-۲- سیمان و نیکوفلاک

سیمان مصرفی برای ساخت نمونه‌ها از نوع تیپ ۲ و پرتلند پوزولانی است که از کارخانه سیمان اردبیل تهیه گردیده است. وزن مخصوص این سیمان $3130 kg/m^3$ می‌باشد. نتایج آزمایش XRF بر روی نمونه‌ای از این مصالح در جدول ۱ آورده شده‌است.

مواد پلیمری نیکوفلاک یک ترکیب پلیمری - معدنی است که به صورت مخلوطی از سیلیکای فعال شده، سیمان فعال شده، نمک کلسیم، نمک سدیم و مخلوط پودرهای باز پخش شده بر مبنای لیگنین و به ویژه لیگنین تغییر یافته، اسیدهای کربن‌دار، نفتالن سولفونیک اسید و فرمالدهید می‌باشد. این مواد بصورت خاکستر با وزن مخصوص ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ کیلوگرم برمتر مکعب و رطوبت کمتر از ۲ درصد می‌باشد، همچنین بیشتر از ۹۰ درصد این مواد از الک شماره ۰/۳۱۵ عبور می‌کنند. این مواد سمی، آتش زا و خطرناک نیست، دارای تاییدیه بهداشت می‌باشد، میتوان آن را در دمای پایین حمل و نگهداری کرد، و مشخصات خود را تا دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد از دست نمی‌دهد، این ترکیب به‌صورت هیدروفوبیک است، در طی نگه‌داری آن بایستی از تماس مستقیم با آب جلوگیری شود. در شکل ۲ تصویر مصالح نیکوفلاک و سیمان نمایش داده شده‌است، همچنین بر روی مصالح آزمایش XRF انجام گرفته و نتایج آن در جدول ۲ نمایش داده شده‌است. این تست بر اساس استاندارد ASTM E1621 [۱۱]، با استفاده از دستگاه 1480 PW، نرم‌افزار IQ+ و در آزمایشگاه مرجع مرکزی دانشگاه علم و صنعت ایران انجام گردیده است.

سیمان

پلیمر نیکوفلاک

شکل ۲. شکل ظاهری نمونه مصالح سیمان و نیکوفلاک مصرفی در این تحقیق

Fig. 2. Cement and "Nicoflok" Polymer materials used in this study

جدول ۲. مشخصات شیمیایی افزودنی «نیکوفلاک»

Table 2. Chemical properties of "Nicoflok" polymer

ترکیب	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	P2O5	SO3	K2O	CaO	TiO2
درصد	۲/۹۳۰	۰/۷۳۵	۰/۷۸۶	۴۸/۰۴۶	۰/۷۷۵	۰/۱۱۸	۲/۹۶۹	۰/۵۰۵	۳۳/۱۳۴	<<
ترکیب	V2O5	Cr	Mn	Fe2O3	Ni	ZnO	Sr	Y2O3	PbO	
درصد	-	-	<<	۰/۷۷۵	<<	-	<<	-	-	
ترکیب	Ba	ZrO2	Cl	Co	Ce	Mo	F	Cu	L.O.I	
درصد	-	-	-	-	-	-	۴/۰۸۳	<<	۵/۹۱۱	

۲-۳- آب

برای ساخت نمونه‌ها از آب آشامیدنی شهر اردبیل استفاده گردیده‌است، در اکثر اختلاطها آب مناسب برای بتن آبی است که برای نوشیدن مناسب باشد. [۱۲]

۳- کارهای آزمایشگاهی

۳-۱- برنامه آزمایشگاهی

در این تحقیق، بعد از انجام آزمایش‌های دانه‌بندی، آزمایش تراکم بر روی نمونه‌ها انجام گردید، درصد رطوبت بهینه به‌دست آمده از آزمایش تراکم به عنوان درصد آب بکار رفته در ساخت مصالح استفاده گردیده است، پس از این آزمایش با استفاده از درصدهای رطوبت به‌دست آمده شروع به ساخت نمونه‌های تراکمی – تثبیت شده با سیمان مطابق استاندارد ASTM D558 [۱۳] از هر دو گروه مصالح ماسه‌بادی گردید، درصد سیمان به‌کار رفته در ساخت نمونه‌ها بطور تجربی برابر ۳، ۶ و ۱۲ درصد و نیز مصالح پلیمری نیکوفلاک بکار رفته براساس مطالعات پیشین صورت گرفته برابر با ۱۰ درصد وزنی سیمان استفاده گردید، سپس بر روی نمونه‌های ساخته‌شده آزمایش‌های مقاومت فشاری و کشش غیرمستقیم (برزیلی) انجام گردید، همچنین بر روی تعدادی از نمونه‌ها تعداد ۴۵ سیکل ذوب و یخ مطابق استاندارد ASTM C666 [۱۴] انجام گردید و بر روی نمونه‌های مورد نظر و نمونه‌های شاهد ذوب و انجماد آزمایش مقاومت فشاری انجام شد، درصدهای وزنی سیمان، آب و نیکوفلاک استفاده شده برای ساخت نمونه‌ها در جدول ۳ نمایش داده شده‌است.

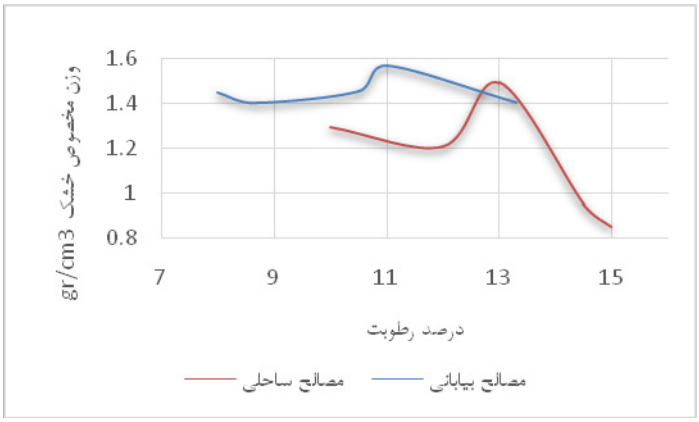
۳-۲- عمل‌آوری نمونه‌ها

نمونه‌های مربوط به بررسی مقاومت ۷ روزه، ابتدا پس از ساخت

جدول ۳. طرح اختلاط استفاده شده برای ساخت نمونه‌های تثبیت شده

Table 3. Mix design was Used for making stabilized samples

نوع مصالح	نام گذاری طرح اختلاط	درصد رطوبت	درصد سیمان	درصد نیکوفلاک	نوع مصالح	نام گذاری طرح اختلاط	درصد رطوبت	درصد سیمان	درصد نیکوفلاک
ماسه بادی ساحلی	G-A-1	۱۱	۳	۰	ماسه بادی بیابانی	G-B-1	۱۳	۳	۰
	G-A-2	۱۱	۶	۰		G-B-2	۱۳	۶	۰
	G-A-3	۱۱	۱۲	۰		G-B-3	۱۳	۱۲	۰
	G-A-4	۱۱	۳	۰/۳		G-B-4	۱۳	۳	۰/۳
	G-A-5	۱۱	۶	۰/۶		G-B-5	۱۳	۶	۰/۶
	G-A-6	۱۱	۱۲	۱/۲		G-B-6	۱۳	۱۲	۱/۲



شکل ۳. منحنی تراکم مصالح ماسه‌بادی

Fig. 3. Compaction curve of Sand materials

به مدت ۲۴ ساعت در داخل کیسه پلاستیکی نگه‌داری شد تا عمل سخت شدن سیمان در رطوبت بهینه انجام گیرد، سپس تا رسیدن به زمان تست در شرایط مرطوب نگهداری شد، نمونه‌های ۲۸ روزه را نیز ابتدا به مدت ۲۴ ساعت داخل کیسه پلاستیکی نگه‌داشته و سپس در داخل حوضچه آب قرار داده شد، نمونه‌هایی را که قرار بود بر روی آنها تست ذوب و انجماد انجام شود پس از ۱۴ روز از حوضچه خارج و سایر نمونه‌ها تا زمان تست مقاومت فشاری و کشش غیر مستقیم داخل آب نگهداری شد.

۳-۳- آزمایش تراکم

بر روی هر دو گروه مصالح مورد استفاده آزمایش تراکم استاندارد مطابق استاندارد ASTMD558 [۱۳] انجام گرفت، منحنی تراکم بر روی نمونه‌ها در شکل ۳ نشان داده شده‌است، درصد رطوبت استفاده شده برای ساخت نمونه‌ها مطابق نمودار زیر برای مصالح ماسه‌بادی ساحلی ۱۱ درصد و برای مصالح ماسه‌بادی بیابانی ۱۳ درصد انتخاب گردید. همانطور که در نمودارها می‌توان مشاهده کرد و بنابه نتایج به‌دست آمده از تحقیقات یوان [۱] منحنی تراکم مصالح ماسه‌بادی دارای دو نقطه اوج و فرود می‌باشد، بیشترین تراکم خشک این مصالح در دو نقطه منحنی ایجاد می‌گردد، یکی در رطوبت بهینه و دیگری در رطوبت صفر درصد می‌باشد، که به خاطر استفاده از سیمان در ساخت این نمونه‌ها از رطوبت بهینه استفاده گردیده‌است.

۳-۴- آزمایش مقاومت فشاری

این آزمایش مطابق استاندارد ASTM C39 [۱۵] انجام گرفته‌است، بدین ترتیب که نمونه‌های استوانه‌ای ساخته شده را مطابق شکل ۴ بین دو فک دستگاه تک محوری قرار داده و نیروی

شکل ۴. نحوه بارگذاری بصورت فشاری

Fig. 4. Test setup for Compressive Strength

شکل ۵ نحوه بارگذاری نمونه‌ها در آزمایش کشش غیر مستقیم

Fig. 5. Test setup for Indirect tensile Strength

قائم تا شکستن نمونه بر آن وارد گردید. این آزمایش بر روی نمونه‌های ۷ روزه و ۲۸ روزه و نیز بر روی نمونه‌های خارج شده از سیکل ذوب و یخ ساخته شده از مصالح با گروه‌های مختلف انجام گردید.

۳-۵- آزمایش کشش غیرمستقیم

این آزمایش مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۶۰۴۷ [۱۶] است و هدف از آن تعیین مقاومت کششی نمونه‌ها به روش دو نیم کردن برای نمونه‌های استوانه‌ای بکار می‌رود، در این روش یک نیروی فشاری قطری در امتداد طول نمونه استوانه‌ای وارد می‌شود تا نمونه گسیخته شود. شکل ۵ تصویر نحوه قرارگیری نمونه‌ها در دستگاه بتن شکن تک محوره را نشان می‌دهد. این تست بر روی نمونه‌های ۷ روزه و ۲۸ روزه ساخته‌شده از درصدهای مختلف سیمان و پلیمر انجام گردید.

۳-۶- آزمایش ذوب و یخ

نمونه‌ها را به مدت ۱۴ روز مطابق با استاندارد ASTM C 192

[۱۷] در داخل حوضچه آب معمولی نگهداری کرده و سپس آزمایش سیکل ذوب و یخ مطابق استاندارد ASTMC666 [۱۴] بر روی آن‌ها انجام گردید. در این صورت سیکل ذوب و یخ می‌بایست به یکی از دو روش زیر انجام شود:

روش اول: ذوب و انجماد سریع در آب

روش دوم: انجماد سریع در هوا و ذوب در آب

با توجه به امکانات موجود روش دوم انتخاب گردید، بر اساس دستورالعمل استاندارد مذکور دمای نمونه‌ها طی دوره انجماد از ۴ درجه به ۱۸- درجه سانتیگراد و سپس در دوره ذوب از ۱۸- درجه به ۴ درجه سانتیگراد می‌رسد. در این تحقیق هر سیکل یخ زدن و آب شدن ۳ ساعت بطول انجامید که در آن نمونه‌ها بمدت ۲ ساعت و ۲۰ دقیقه به حالت انجماد در دستگاه یخچال قرار گرفتند و ۴۰ دقیقه در داخل آب با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برای ذوب شدن قرار داده شدند. این کار برای هر نمونه ۴۵ بار تکرار شد. نمونه‌ها پس از پایان تعداد ۴۵ سیکل به همراه نمونه‌های شاهد مورد استفاده که برای مقایسه مقاومت فشاری آن‌ها ساخته شده بودند، زیر دستگاه بتن شکن قرارگرفتند.

۴- نتایج آزمایش‌ها

در جدول ۴ نتایج حاصل از مقاومت فشاری و کشش غیرمستقیم بر روی نمونه‌های ۷ روزه و ۲۸ روزه نشان داده‌شده‌است، جدول (۵) نیز نتایج آزمایش مقاومت فشاری بر روی نمونه‌های حاصل از ۴۵ سیکل ذوب و انجماد و نیز نمونه‌های شاهد که بصورت همزمان با نمونه‌های ذوب و انجماد تست شدند را نشان می‌دهد.

۴-۱- نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۷ روزه و ۲۸ روزه

شکل ۶ نتایج تاثیر افزودن پودر پلیمری - معدنی نیکوفلاک بر روی مقاومت فشاری ۷ روزه نمونه‌های ساخته شده با درصدهای مختلف سیمان را نشان می‌دهد، همانطور که مشاهده می‌شود این پودر در تمام حالات منجربه افزایش مقاومت فشاری نمونه‌ها گردیده‌است، شکل ۷ میزان افزایش مقاومت فشاری ۷ روزه را بر حسب درصد بیان می‌کند، همانطور که مشاهده می‌شود برای مصالح

جدول ۴. نتایج آزمایش مقاومت فشاری و کشش غیرمستقیم

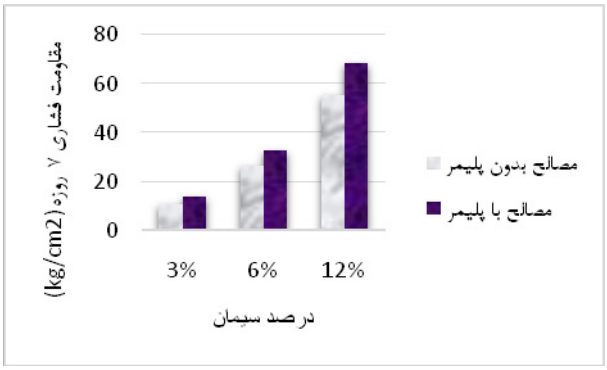
Table 4. results of compressive and indirect tensile strength

نوع مصالح	نام‌گذاری طرح اختلاط	مقاومت کششی				مقاومت فشاری			
		۷ روزه		۲۸ روزه		۷ روزه		۲۸ روزه	
		نیروی کششی متوسط (ton)	متوسط مقاومت کششی (kg/cm2)	نیروی کششی متوسط (ton)	متوسط مقاومت کششی (kg/cm2)	نیروی فشاری متوسط (ton)	متوسط مقاومت فشاری (kg/cm2)	نیروی فشاری متوسط (ton)	متوسط مقاومت فشاری (kg/cm2)
مصالح ماسه بادی ساحلی	G-A-1	۰/۷	۸/۹	۰/۸	۱۲/۱	۰/۸۵	۱۰/۷۵	۱/۲	۱۶/۴۵
	G-A-2	۱/۰۵	۱۳/۳	۱/۱	۱۳/۹	۲/۱	۲۶/۵۵	۲/۲	۲۷/۸
	G-A-3	۱/۶۵	۲۰/۹	۱/۷	۲۱/۵۵	۵/۱۵	۵۵/۲	۵/۶	۷۰/۸
	G-A-4	۰/۸۵	۱۱/۱	۱	۱۲/۷	۱/۱	۱۳/۹	۱/۹	۲۴/۱
	G-A-5	۱/۱۵	۱۴/۵۵	۱/۲	۱۵/۲	۲/۶	۳۲/۹	۲/۹	۳۶/۷
	G-A-6	۲	۲۵/۳	۱/۹	۲۴/۱	۵/۴	۶۸/۴	۶/۷	۸۴/۸۵
مصالح ماسه بادی بیابانی	G-B-1	۰/۸	۱۰/۱	۰/۹	۱۱/۴	۰/۹	۱۱/۴	۱/۱۵	۱۴/۵۵
	G-B-2	۱/۱	۱۳/۹	۱/۲	۱۵/۲	۲/۱	۲۶/۶	۳/۵۵	۴۴/۹
	G-B-3	۱/۲۵	۱۵/۸۵	۱/۳	۱۶/۴۵	۲/۷	۴۶/۸۵	۴/۷۵	۶۰/۱
	G-B-4	۱	۱۲/۷	۱/۱	۱۳/۹	۱	۱۲/۷	۱/۸	۲۲/۸
	G-B-5	۱/۲	۱۵/۲	۱/۴	۱۷/۷	۲/۹۵	۳۷/۲۵	۴/۵	۵۶/۹۵
	G-B-6	۱/۵۵	۱۹/۶۵	۱/۸۵	۲۳/۴۵	۴	۵۰/۷	۴/۹	۶۲/۱

جدول ۵. نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های حاصل از ذوب و انجماد و نمونه‌های شاهد

Table 5. Result of compressive Strength of freeze-thaw test samples

نوع مصالح	نام طرح اختلاط	متوسط مقاومت فشاری نمونه‌های تحت ذوب و انجماد	مقاومت فشاری نمونه‌های شاهد	نوع مصالح	نام طرح اختلاط	متوسط مقاومت فشاری نمونه‌های تحت ذوب و انجماد	مقاومت فشاری نمونه‌های شاهد
ماسه‌بادی ساحلی	G-A-1	۱۱/۴	۲۵/۶	ماسه‌بادی بیابانی	G-B-1	۱۳/۹	۲۴/۱
	G-A-2	۲۰/۳	۳۵/۴		G-B-2	۴۰/۵	۵۱/۹
	G-A-3	۴۹/۹	۸۳/۴		G-B-3	۵۹/۵	۶۲
	G-A-4	۲۲/۸	۳۴/۱		G-B-4	۲۲/۸	۳۲/۹
	G-A-5	۵۳/۱	۶۵/۷		G-B-5	۴۴/۳	۶۳/۲
	G-A-6	۷۵/۸	۹۱		G-B-6	۶۳/۳	۷۲/۲

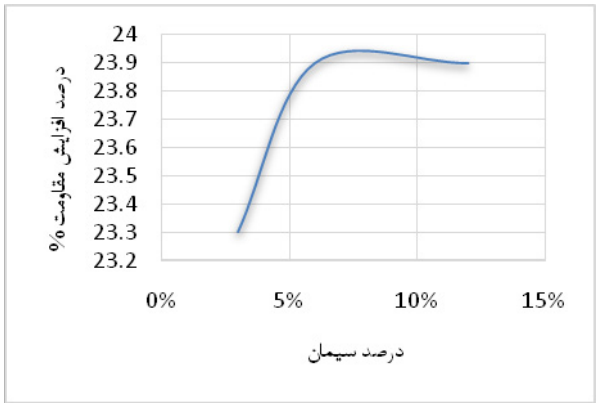


ماسه‌بادی ساحلی

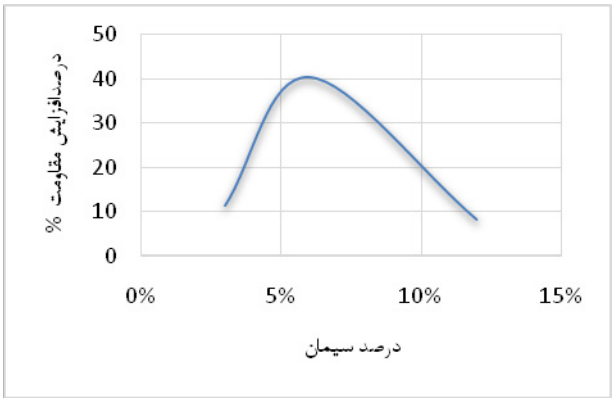
ماسه‌بادی بیابانی

شکل ۶. نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۷ روزه بر حسب کیلوگرم بر سانتی مترمربع

Fig. 6. Results of 7 day Compressive strength in kg/cm2



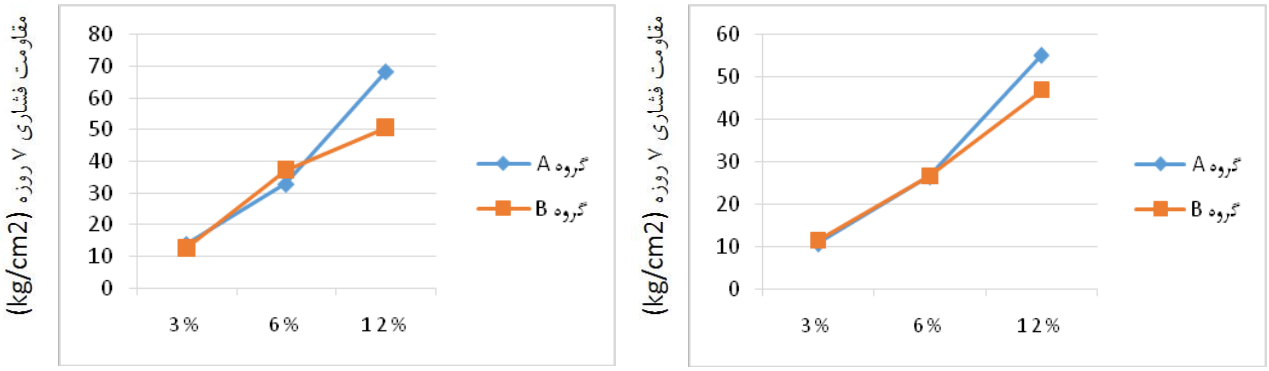
ماسه‌بادی ساحلی



ماسه‌بادی بیابانی

شکل ۷. تاثیر افزایش مقاومت فشاری ۷ روزه در اثر استفاده از پلیمر نیکوفلاک به همراه سیمان

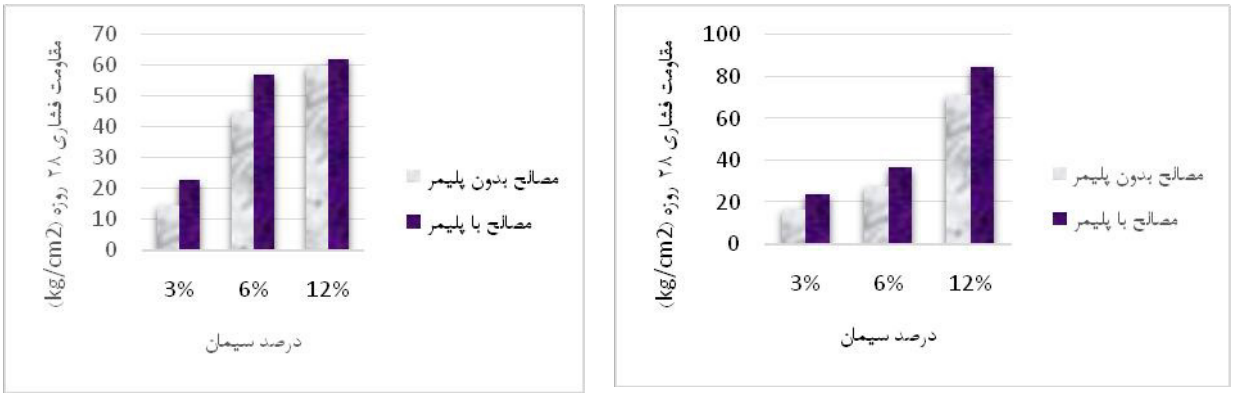
Fig. 7. Result of 7 days compressive strength at the effect of Using cement with "Nicoflok" polymer



تاثیر سیمان و نیکوفلاک — تاثیر سیمان

شکل ۸. نتایج تاثیر سیمان و تاثیر سیمان و نیکوفلاک با درصدهای مختلف سیمان در ماسه‌بادی ساحلی (گروه A) و بیابانی (گروه B) بر روی مقاومت فشاری ۷ روزه

Fig. 8. Result of use cement only and Cement with "Nicoflok" with various Percent of cement in coastal Sands (Group A), and desert Sands (Group B) at the 7 Day compressive Strength



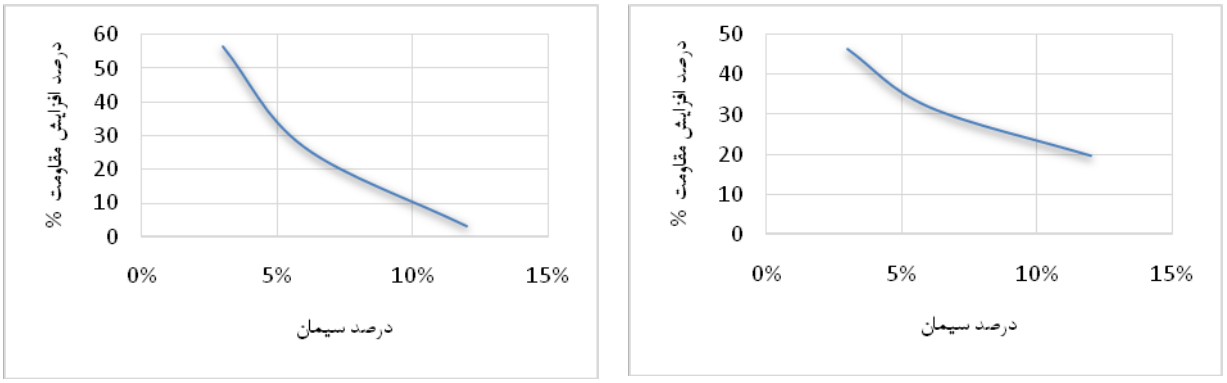
ماسه‌بادی بیابانی — ماسه‌بادی ساحلی

شکل (۹) نتایج ازمایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه برحسب کیلوگرم بر سانتی مترمربع

Fig. 9. Results of 28 day Compressive strength in kg/cm2

ماسه‌بادی ساحلی بطور کلی مقاومت مصالح به میزان ۲۳ تا ۲۴ درصد افزایش یافته است. برای مصالح ماسه‌بادی بیابانی مقاومت فشاری با اضافه شدن درصد سیمان تا ۶ درصد حالت صعودی داشته است و بیشترین تاثیر این پودر مربوط به حالت ۶ درصد سیمان با ۰/۶ درصد پودر نیکوفلاک است که مقاومت را به میزان حدود ۴۰ درصد افزایش داده‌است و با اضافه شدن درصد سیمان بعد از ۶ درصد مقاومت فشاری مرتبا کاهش یافته است، شکل ۸ مقایسه‌ای از تاثیر افزایش سیمان و پلیمر را بصورت مجزا بر روی هر دو نوع مصالح مورد استفاده نشان داده است. همانطور که در این شکل نشان داده شده‌است مقاومت فشاری ۷ روزه بر روی هر دو نوع مصالح برای ۳ و ۶ درصد سیمان بدون نیکوفلاک و با نیکوفلاک تقریبا یکسان و در حالت افزودن ۱۲ درصد سیمان، بدون پودر نیکوفلاک و با پودر نیکوفلاک مقاومت مصالح ماسه‌بادی ساحلی بیشتر از مصالح ماسه‌بادی بیابانی شده‌است. همچنین افزودن نیکوفلاک در شرایطی که مصالح دارای ۳ درصد سیمان می باشد، تاثیری بر روی میزان مقاومت فشاری ۷ روزه این مصالح نداشته ولی در شرایطی که مصالح دارای ۶ درصد سیمان و یا ۱۲ درصد سیمان می باشد، میزان مقاومت فشاری ۷ روزه در هر دو نوع مصالح به میزان قابل توجهی افزایش می یابد.

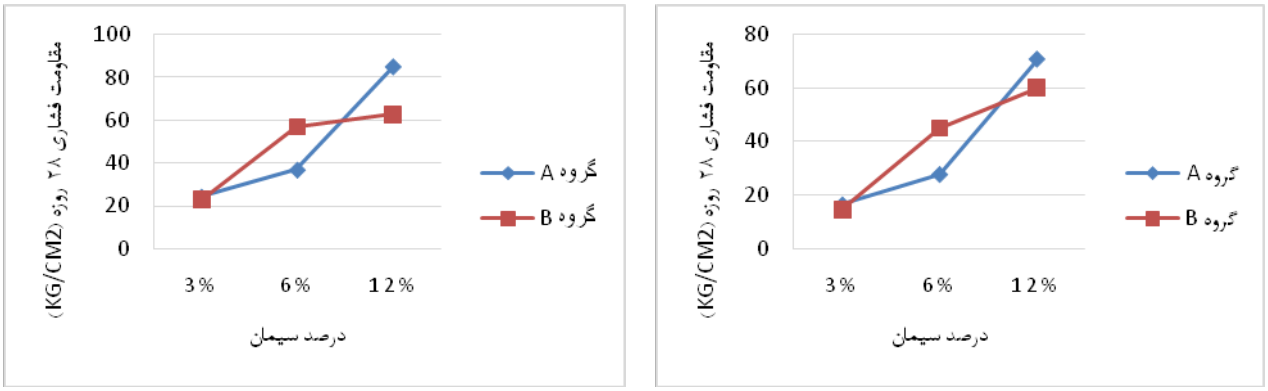
نمونه‌های تراکمی ساخته شده بعد از اینکه به مدت ۲۸ روز در داخل آب قرار گرفتند مورد آزمایش مقاومت فشاری قرار گرفتند، شکل ۹ نتایج آزمایش مقاومت فشاری بر روی نمونه‌های ۲۸ روزه را نشان می‌دهد، همانطور که می‌توان مشاهده کرد پلیمر نیکوفلاک



ماسه‌بادی بیابانی ماسه‌بادی ساحلی

شکل ۱۰. تاثیر افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه در اثر استفاده از پلیمر نیکوفلاک به همراه سیمان

Fig. 10. Result of 28 days compressive strength at the effect of Using cement with "Nicoflok" polymer



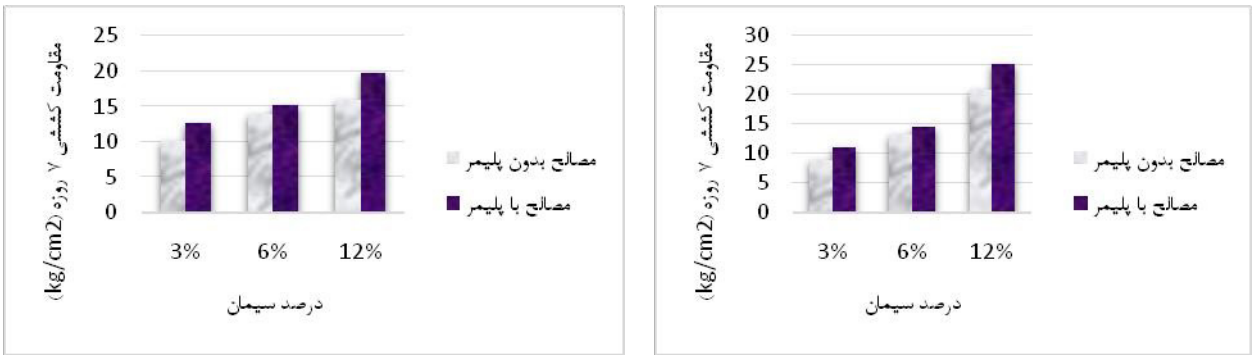
تاثیر سیمان و نیکوفلاک تاثیر سیمان

شکل ۱۱. نتایج تاثیر سیمان و تاثیر سیمان و نیکوفلاک با درصدهای مختلف سیمان در ماسه‌بادی ساحلی (گروه A) و بیابانی (گروه B) بر روی مقاومت فشاری ۲۸ روزه

Fig. 11. Result of use cement only and Cement with "Nicoflok" with various Percent of cement in coastal Sands (Group A), and desert Sands (Group B) at the 258 Day compressive Strength

سبب افزایش مقاومت فشاری در تمام درصدها در طول ۲۸ روز گردیده‌است. در شکل ۱۰ درصد افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه را برای مصالح ماسه بادی ساحلی و بیابانی آورده شده‌است. همانطوری که در این شکل نشان داده شده‌است بیشترین تاثیر مواد نیکوفلاک برای هر دو نوع مصالح ماسه‌بادی ساحلی و بیابانی مربوط به حالت استفاده از ۳ درصد سیمان با ۰/۳ درصد نیکوفلاک با ۴۸ درصد افزایش مقاومت ۲۸ روزه برای مصالح ماسه بادی ساحلی و ۵۷ درصد افزایش مقاومت ۲۸ روزه برای مصالح ماسه بادی بیابانی بوده و با افزایش درصد سیمان مصرفی و پودر نیکوفلاک به تناسب آن، درصد افزایش مقاومت فشاری ۷ روزه مصالح مرتبا کاهش یافته و در شرایطی که میزان سیمان مصرفی به ۱۲ درصد وزنی رسیده، میزان افزایش مقاومت ۲۸ روزه برای مصالح ماسه بادی بیابانی به ۲۰ درصد و برای مصالح ماسه بادی ساحلی نزدیک به صفر درصد شده‌است.

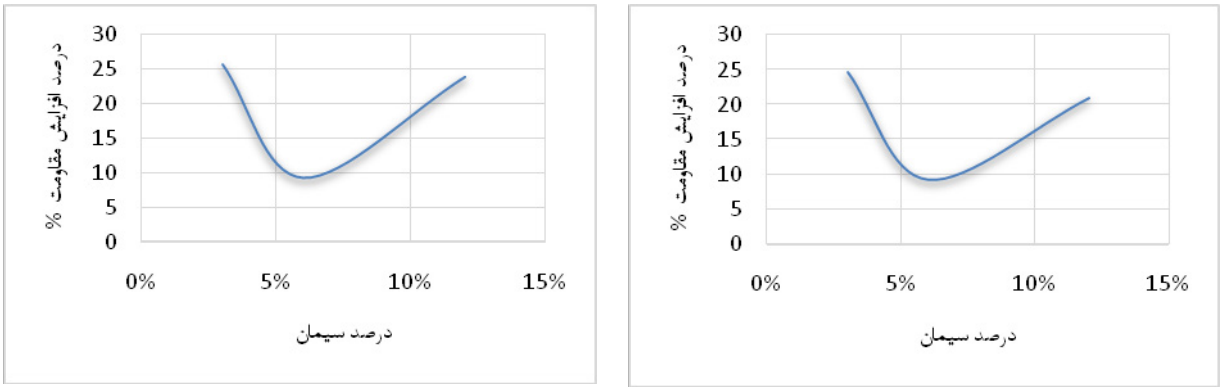
شکل ۱۱ مقایسه ای از تاثیر افزایش درصد سیمان و پلیمر را به صورت مجزا بر روی مصالح ماسه بادی ساحلی و بیابانی نشان داده است. همان‌طوری که در این شکل نشان داده شده‌است مقاومت فشاری ۲۸ روزه بر روی هر دو نوع مصالح برای ۳ درصد سیمان بدون نیکوفلاک و با نیکوفلاک تقریبا یکسان و مقاومت فشاری ۲۸ روزه با ۶ درصد سیمان در هر دو حالت بدون نیکوفلاک و با نیکوفلاک برای مصالح ماسه بادی بیابانی نسبت به ساحلی بیشتر و مقاومت فشاری ۲۸ روزه با ۱۲ درصد سیمان در هر دو حالت بدون نیکوفلاک و با نیکوفلاک برای مصالح ماسه بادی ساحلی نسبت به بیابانی بیشتر



ماسه‌بادی بیابانی ماسه‌بادی ساحلی

شکل ۱۲. نتایج ازمایش مقاومت کشش غیر مستقیم ۷ روزه بر حسب کیلوگرم بر سانتی مترمربع

Fig. 12. Results of 7 day Indirect Tensile strength in kg/cm2



ماسه‌بادی بیابانی ماسه‌بادی ساحلی

شکل ۱۳. درصد افزایش مقاومت کششی ۷ روزه در اثر استفاده از پلیمر نیکوفلاک

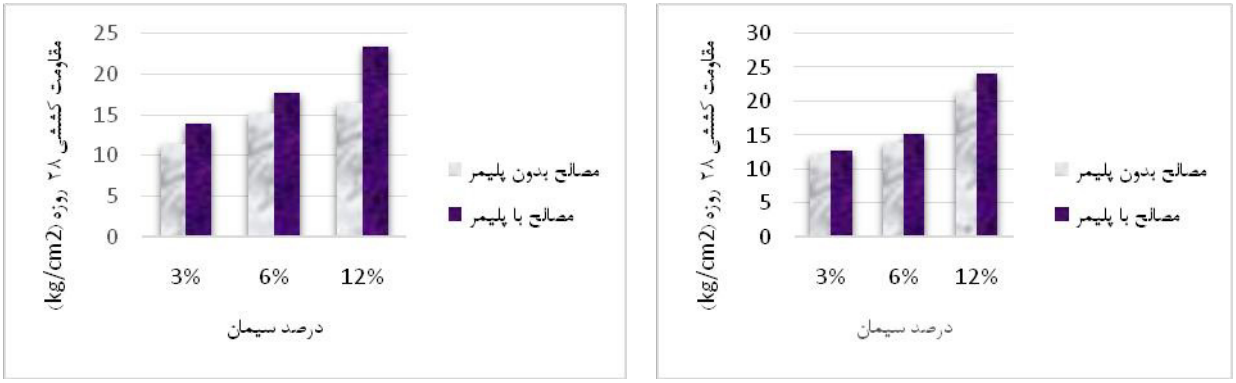
Fig. 13. Result of 7 day indirect Tensile strength at the effect of Using cement with "Nicoflok" polymer

است. همچنین افزودن نیکوفلاک به مصالح ماسه بادی ساحلی با ۶ درصد و ۱۲ درصد سیمان و افزودن نیکوفلاک به مصالح ماسه بادی با ۶ درصد سیمان، باعث افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه به مقدار قابل توجهی شده‌است و وجود نیکوفلاک در مصالح ماسه بادی بیابانی با ۱۲ درصد سیمان تاثیری بر روی مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن نداشته است.

۴-۲- نتایج آزمایش مقاومت کششی غیرمستقیم ۷ روزه و ۲۸ روزه

در شکل ۱۲ تاثیر استفاده از پودر نیکوفلاک بر روی مقاومت کششی ۷ روزه مصالح ماسه‌بادی نشان داده شده‌است، همانطور که مشاهده می‌شود مقاومت کششی ۷ روزه هر دو نوع مصالح ماسه بادی ساحلی و بیابانی در اثر استفاده از پودر نیکوفلاک افزایش یافته است. بیشترین تاثیر پودر نیکوفلاک مربوط به حالت ۳ درصد سیمان با ۰٫۳ درصد نیکوفلاک و همچنین ۱۲ درصد سیمان با ۱/۲ درصد نیکوفلاک بوده و کمترین تاثیر آن بر روی مصالح با ۶ درصد سیمان و ۰/۶ درصد نیکوفلاک است. در شکل ۱۳ درصد افزایش مقاومت کششی ۷ روزه در اثر استفاده از پودر نیکوفلاک برای مصالح ماسه بادی ساحلی و بیابانی نشان داده شده‌است. همانطوری که در این شکل مشخص است برای هر دو نوع مصالح ماسه بادی با ۳ درصد سیمان و ۰/۳ درصد نیکوفلاک، مقاومت کششی ۷ روزه تا ۲۵ درصد افزایش داشته است و برای شرایطی که ۶ درصد سیمان و ۰/۶ درصد نیکوفلاک استفاده شده و مقاومت کششی ۷ روزه تا ۱۰ درصد افزایش و برای مصالح ماسه بادی با ۱۲ درصد سیمان و ۱/۲ درصد نیکوفلاک، مقاومت کششی ۷ روزه تا ۲۵ درصد افزایش یافته است.

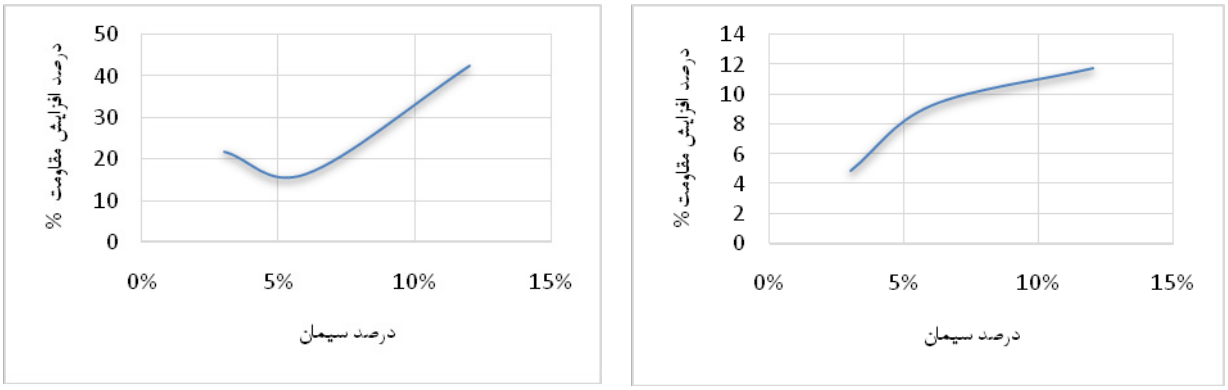
در شکل ۱۴ تاثیر استفاده از پودر نیکوفلاک بر روی مقاومت کششی ۲۸ روزه مصالح ماسه بادی آورده شده‌است. همانطوری که



ماسه‌بادی بیابانی ماسه‌بادی ساحلی

شکل ۱۴. نتایج ازمایش مقاومت کشش غیر مستقیم ۲۸ روزه بر حسب کیلوگرم بر سانتی مترمربع

Fig. 14. Results of 28 day Compressive strength in kg/cm2



ماسه‌بادی بیابانی ماسه‌بادی ساحلی

شکل ۱۵. درصد افزایش مقاومت کششی ۲۸ روزه در اثر استفاده از پلیمر نیکوفلاک

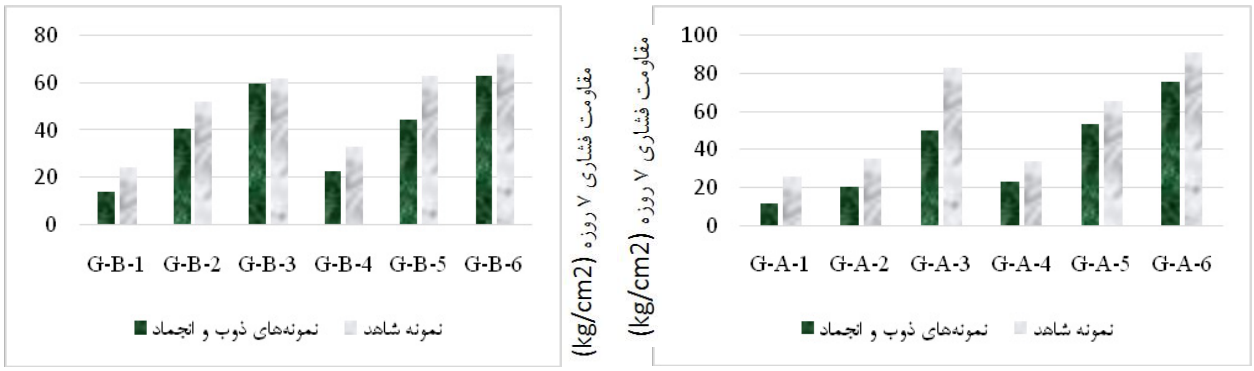
Fig. 15. Result of 28 day indirect Tensile strength at the effect of Using cement with "Nicoflok" polymer

در این شکل مشخص شده‌است مقاومت کششی ۲۸ روزه مصالح ماسه بادی در هر دو نوع افزایش یافته و بیشترین افزایش مقاومت کششی ۲۸ روزه مربوط به حالت ۱۲ درصد سیمان با ۱/۲ درصد پودر نیکوفلاک می‌باشد همچنین در مصالح ماسه بادی بیابانی میزان افزایش مقاومت کششی ۲۸ روزه در قیاس با مصالح ماسه بادی ساحلی قابل توجه بوده و مقاومت از حدود ۱۶ کیلوگرم بر سانتی مترمربع به حدود ۲۵ کیلوگرم بر سانتی مترمربع افزایش یافته است.

شکل ۱۵ درصد افزایش مقاومت کششی ۲۸ روزه در اثر استفاده از پودر نیکوفلاک برای مصالح ماسه بادی ساحلی و بیابانی را نشان می دهد. همانطوریکه در این شکل مشخص است روند تغییرات افزایش مقاوت ۲۸ روزه برای مصالح ماسه بادی بیابانی تا حدودی مطابق روند تغییرات افزایش مقاومت ۷ روزه آن مصالح بوده ولی روند تغییرات برای مصالح ماسه بادی ساحلی با روند تغییرات ۷ روزه متفاوت می باشد. برای مصالح ماسه بادی بیابانی به ازای ۳ درصد سیمان و ۰/۳ درصد نیکوفلاک، مقاومت کششی ۲۸ روزه تا ۲۵ درصد افزایش، به ازای ۶ درصد سیمان و ۰/۶ درصد نیکوفلاک تا ۱۵ درصد افزایش و به ازای ۱۲ درصد سیمان و ۱/۲ درصد نیکوفلاک مقاوت کششی ۲۸ روزه تا ۴۲/۵ درصد افزایش یافته است ولی برای مصالح ماسه بادی ساحلی بر خلاف مقاومت کششی ۷ روزه، درصد افزایش مقاومت زیاد نبوده و برای ۱۲ درصد سیمان و ۱/۲ درصد نیکوفلاک، حداکثر افزایش مقاومت ۱۱/۸ درصد می باشد.

۴-۳- نتایج آزمایش مقاومت فشاری بر روی نمونه‌های حاصل از ۴۵ سیکل ذوب و یخ

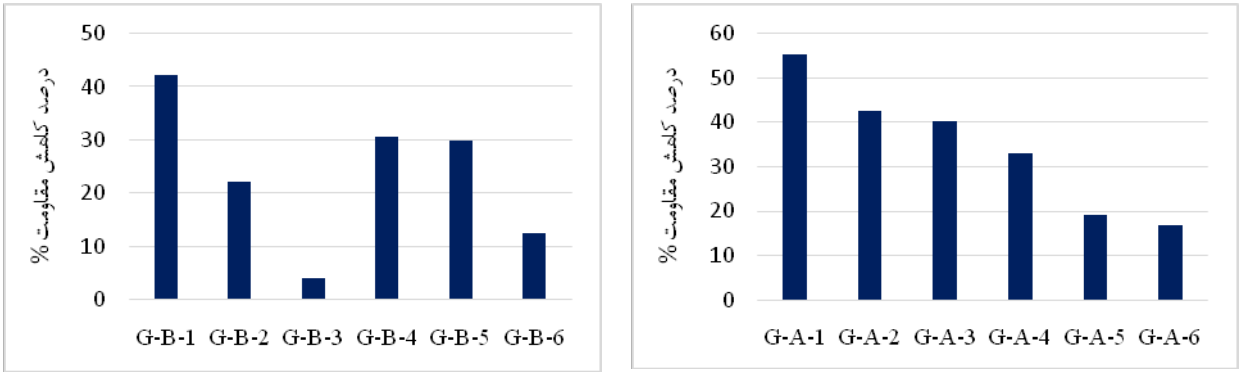
شکل ۱۶ نتایج آزمایش ۴۵ سیکل ذوب و انجماد بر روی نمونه‌ها را نمایش می‌دهد، همانطور که مشاهده می‌شود برای مصالح



ماسه‌بادی ساحلی ماسه‌بادی بیابانی

شکل ۱۶. مقایسه مقاومت فشاری نمونه‌های ذوب و یخ و نمونه‌های شاهد

Fig. 16. Results of compressive test on samples with 45 cycles of freeze-thaw and also control samples



ماسه‌بادی ساحلی ماسه‌بادی بیابانی

شکل ۱۷. درصد مقاومت کاهش یافته طی پروسه ۴۵ سیکل ذوب و انجماد

Fig. 17. Results of decreased strength of samples in 45 cycles of freeze-thaw test

ماسه‌بادی ساحلی نمونه‌های با پودر نیکوفلاک دارای مقاومت بیشتری نسبت به نمونه‌های فاقد این پودر می باشد و میزان افزایش مقاومت برای شرایط با ۶ درصد سیمان و ۱۲ درصد سیمان قابل توجه است. در مصالح ماسه بادی بیابانی نیز نمونه های با پودر نیکوفلاک دارای مقاومت بیشتری نسبت به نمونه های فاقد این پودر می باشد ولی برای شرایط با ۶ درصد و ۱۲ درصد سیمان میزان افزایش مقاومت آنچنان نیست.

شکل ۱۷ درصد کاهش مقاومت را برای هر ۶ نوع مصالح ماسه بادی بیابانی و هر ۶ نوع مصالح ماسه بادی ساحلی در اثر ۴۵ سیکل ذوب و انجماد نشان می دهد. همانطوری که مشاهده می شود برای مصالح ماسه بادی ساحلی در نمونه های با پودر نیکوفلاک نسبت به نمونه های بدون پودر نیکوفلاک با درصد سیمان یکسان، درصد کاهش مقاومت خیلی کمتر بوده و کمترین درصد کاهش مقاومت را در این نوع مصالح با ۱۲ درصد سیمان و ۱/۲ درصد نیکوفلاک شاهد هستیم. برای مصالح ماسه بادی ساحلی نمونه با ۳ درصد سیمان و ۰/۳ درصد نیکوفلاک، درصد کاهش مقاومت کمتری داشته ولی نمونه های با ۶ درصد و ۱۲ درصد سیمان به همراه پودر نیکوفلاک علی رغم اینکه نسبت به نمونه های بدون نیکوفلاک دارای مقاومت بیشتری است ولی در برابر آزمایش ۴۵ سیکل ذوب و یخ، درصد کاهش مقاومت بالاتری را نسبت به نمونه های بدون نیکوفلاک از خود نشان داده است.

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با ساخت نمونه‌های تراکمی از مصالح ماسه‌بادی ساحلی و بیابانی با ۳، ۶ و ۱۲ درصد سیمان و نیز ساخت نمونه‌هایی با همین درصد سیمان و ۱۰ درصد سیمان پودر نیکوفلاک و عمل آوری

نمونه‌ها به مدت ۷ و ۲۸ روز مورد مطالعه قرار گرفت و بر روی این نمونه‌ها تست مقاومت فشاری، کششی غیر مستقیم و ۴۵ سیکل ذوب و انجماد انجام گرفت نتایج پژوهش انجام گرفته بصورت زیر می‌باشد:

۱- مواد پلیمری «نیکوفلاک» سبب افزایش مقاومت ۷ روزه نمونه‌های ماسه‌بادی تثبیت شده با سیمان گردیده‌است، این افزایش برای مصالح ماسه‌بادی ساحلی بطور متوسط برابر ۲۳/۷ درصد و برای مصالح ماسه‌بادی بیابانی برابر ۲۰ درصد می‌باشد، بیشترین درصد افزایش مقاومت فشاری برای نمونه ماسه‌بادی ساحلی در این حالت مربوط به حالتی است که از ۶ و ۱۲ درصد سیمان با ۱۰ درصد وزنی سیمان نیکوفلاک استفاده شده‌است، و برای ماسه‌بادی بیابانی برای حالت ۶ درصد سیمان با ۰/۶ درصد نیکوفلاک است.

۲- برای حالت مقاومت فشاری ۲۸ روزه افزودن ۳ درصد سیمان با ۰/۳ درصد پودر نیکوفلاک بیشترین تاثیر در افزایش مقاومت فشاری دارد. متوسط افزایش مقاومت برای نمونه‌های ماسه‌بادی ساحلی ۳۲/۷ درصد و برای نمونه‌های ماسه‌بادی بیابانی ۲۸/۹ درصد است.

۳- استفاده از پودر نیکوفلاک سبب بهبود مقاومت کششی در مصالح ماسه بادی تثبیت شده با سیمان گردیده‌است، این افزایش مقاومت برای حالت ۷ روزه برای مصالح ماسه‌بادی ساحلی بطور متوسط برابر ۱۸/۳ درصد و برای مصالح ماسه بادی بیابانی برابر ۱۹/۶ درصد است، برای حالت ۲۸ روزه نیز افزایش مقاومت مصالح ماسه‌بادی ساحلی بطور متوسط برابر ۸/۶ درصد و برای مصالح ماسه‌بادی بیابانی برابر ۲۶/۹ درصد می‌باشد.

۴- بیشترین تاثیر پودر نیکوفلاک در افزایش مقاومت کششی نمونه‌های ۷ روزه مربوط به حالت ۳ درصد سیمان با ۰/۳ درصد نیکوفلاک است، این افزایش مقاومت برای هر دو نوع مصالح ماسه‌بادی تقریبا یکسان و برابر ۲۵ درصد می‌باشد، برای حالت ۲۸ روزه بیشترین تاثیر پودر نیکوفلاک مربوط به زمانی است که ۱۲ درصد سیمان با ۱/۲ درصد پودر نیکوفلاک مخلوط می‌گردد، این افزایش مقاومت برای مصالح ماسه‌بادی ساحلی برابر ۱۱/۸ درصد و برای مصالح ماسه‌بادی بیابانی برابر ۴۲/۵ درصد است.

۵- بطور کلی با افزایش درصد سیمان و پودر نیکوفلاک مقاومت مصالح ماسه‌بادی ساحلی در برابر سیکل ذوب و یخ بهبود یافته است، اما برای نمونه‌های ماسه‌بادی بیابانی این امر صادق نبوده و مقاومت فشاری نمونه‌های دارای پودر نیکوفلاک به جز برای حالت با ۳ درصد سیمان برای سایر درصدها کمتر می‌باشد.

۶- با توجه به تحقیقات صورت گرفته در این پژوهش می‌توان از مصالح ماسه‌بادی که به وفور در نواحی بیابانی و ساحلی یافت می‌شود به عنوان مصالح روسازی و لایه تثبیت شده با سیمان استفاده کرد. با توجه به نوع ناحیه مصرفی و شرایط آب و هوایی موجود می‌توان از درصدهای متناسب با شرایط محلی استفاده نمود. لازم به ذکر است در صورت تمایل به استفاده از این مصالح در لایه های روسازی، این مصالح صرفا به صورت تثبیت شده به همراه پودر پلیمری – معدنی نیکوفلاک قابلیت استفاده را داشته و بدون این افزودنی قابل استفاده نخواهد بود. لذا استفاده از این مصالح به همراه نیکوفلاک در مناطق ساحلی و بیابانی باعث کاهش هزینه های ناشی از ساخت روسازی راهها، حفظ محیط زیست، جلوگیری از استخراج بی رویه معادن، کوهها، تپه ها و هزینه های فوق العاده سنگین استخراج، شکستن و حمل این مصالح در مناطق بیابانی و ساحلی می شود.

مراجع

[1] Y. Yu-qing, and W. J. C. J. o. G. E. Xuan-cang, "Experimental research on compaction characteristics of aeolian sand [J]," vol. 3, 2007.

[2] J. S. Tingle, and R. L. J. T. R. R. Santoni, "Emulsion polymers for soil stabilization," in Proceeding of FAA Worldwide Airport Technology Transfer Congerence, Atlantic City, New jersey, USA, 2004.

[3] H. Taherkhani, "**Study and Comparison of Compressive Strength of Clays Soils Stabilization with Cement, Lime and CBR Plus,**" Modares Civil Engineering Journal, 2016

[4] A. AlKarni, S. M. J. J. o. E. ElKholy, and C. Sciences, "Improving geotechnical properties of dune sands through cement stabilization," vol. 5, no. 1, pp. 1-19, 2012.

[5] M. Parmenovich, and S. Vladimirovich, "Study of the Influence of Stabilizing Additives on properties Strengthened by Mineral Structures Tablet – Sanded Mixtures," New technologies, 2013.

[6] N. Gusev, and P. Nekhoroshkov, "Investigation of strength of Structure Layers Road clothes from Materials

and coarse aggregates," 2014

[11] A. E, "Standard guide for elemental analysis by wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry," 2013.

[12] A. M. Neville, and J. J. Brooks, Concrete technology: Longman Scientific & Technical England, 1987.

[13] ASTM, "Standard test methods for moisture-density relations of soil-cement mixtures," 2011.

[14] ASTM, "Standard test method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and thawing," 2003.

[15] ASTM, "Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens," 2018.

[16] I. N. S. 6047, "Evaluation of Indirect Tensile Strength by Splitting Cylindrical Samples," 2016.

[17] ASTM, "Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory," 2016

Strengthend Polymeric – Mineral Composition <NICOFLOK>," Bulletin of PSTU, 2013.

[7] H. Taherkhani, and H. Salami, "**Comparison of Lime, Cement and CBR PLUS Additives for Stabilizing Clay Coil** " Journal of Transportation Engineering, 2014

[8] A. Roohbakhshan, and B. Kalantari, "**Stabilization of Clayey Soil with Lime and Waste Stone Powder,**" Amirkabir Journal of Civil and Environmental Engineering, 2016.

[9] J. Abedi Koupai, K. Norozian, and N. Abbasi, "**Evaluation of durability and stability of hydrated lime-stabilized clay soils in the vicinity of aquatic structures,**" Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, 2016.

[10] ASTM, "Standard test method for sieve analysis of fine

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

F. Rezaie Moghaddam, B. Jafari Nader, T. Rezaie Moghaddam, Laboratory Investigation of the Effect of "NICOFLOK" Polymer on the Compressive and Tensile Strength of Desert and Coastal Sand at the pavement Layers, Amirkabir J. Civil Eng., 53(2) (2021) 733-748.

DOI: 10.22060/ceej.2020.16612.6288

این صفحه عمداً خالی است