



نشریه مهندسی عمران فردوسی

فصلنامه علمی

شماره پیاپی ۳۲

- ۱ مطالعه آزمایشگاهی ضریب جریان سرریزهای تناسبی خطی در آبگیر جانبی
جواد غفاری گوشه - روح الله فتاحی نافچی - حسین صمدی بروجنی
- ۱۵ مطالعه آزمایشگاهی مشخصات مکانیکی و دوام بتن حاوی سنگدانه
بتن بازیافتی و زئولیت
مسعود سعادت خوش - مهدی آرزومندی - شقایق افشار
- ۳۳ تثبیت بستر اطراف تکیه گاه با ترکیب المان های شش پایه و سنگ ریزه
مسیح ذوالقدر - علی اکبر حسین رضا - محمود شفاعی بجستان
- ۴۹ نقش تگرش و باور رانندگان جوان بر بازدارندگی جرایم رانندگی
با سرعت زیاد
علی یاراحمدی - محسن فلاح زواره - مجید ذبیحی طاری
- ۶۷ بررسی موانع و مشکلات تأثیرگذار بر روی استاندارد سازی مصالح تولیدی صنایع
ساختمانی استان لرستان (با تأکید بر بتن آماده و سنگدانه مورد استفاده در بتن)
فریدون امیدی نسب - وحید گودرزی مهر - حمیدرضا بابا علی - احمد دالوند
- ۸۱ بررسی قابلیت باکتری Sporsarcina Pasteuri در بهسازی و بهیالایی خاک های
آلوده هیدروکربنی
محمد تقی بلوری بزاز - جعفر بلوری بزاز - سید محسن کرابی



نشریه مهندسی عمران فردوسی

ISSN : 2008-7454

سر دبیر: محمدرضا اصفهانی

مدیر مسئول: فریدون ایرانی

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

هیئت تحریریه:

دکتر محمدرضا اصفهانی	استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی عمران
دکتر فریدون ایرانی	استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی عمران
دکتر کاظم بدو	استاد، دانشگاه ارومیه، دانشکده مهندسی
دکتر جعفر بلوری بزاز	دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی عمران
دکتر احمد پویا	استاد، Ecole des Ponts Paris tech
دکتر سید محمود حسینی	استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی عمران
دکتر ناصر حافظی مقدس	استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه
دکتر سیداحسان سیدی حسینی نیا	دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی عمران
دکتر شهناز دانش	دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه عمران
دکتر غلامرضا رخشنده رو	استاد، دانشگاه شیراز، دانشکده راه و ساختمان
دکتر محمدحسین سبط	استاد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی عمران
دکتر فرزاد شهابیان مقدم	استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی عمران
دکتر امیر کاووسی	استاد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی، گروه راه و ترابری
دکتر حسین گنجی دوست	استاد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی، گروه راه و ترابری
دکتر محمود فغفور مغربی	استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی عمران
دکتر فریدون مقدس نژاد	استاد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی عمران
دکتر محمدرضا کیانوش	استاد، University of Ryerson

ویراستار ادبی: دکتر یوسف بینا

مسئول دفتر نشریه: تکتّم هوشمند

ویرایش و صفحه آرایی: سیده عاطفه نوعی باغبان-تکتّم هوشمند

این نشریه در کتابخانه منطقه‌ای علوم و تکنولوژی شیراز (ISC) نمایه می‌شود. <http://www.srlst.com>

نشانی: مشهد- دفتر نشریه - دانشکده مهندسی - دانشگاه فردوسی مشهد - صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۱۱۱

تلفا کس: ۰۵۱-۳۸۸۰۶۰۲۴ پست الکترونیکی: ejour@um.ac.ir وب سایت: <http://civil-ferdowsi.um.ac.ir>

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

فهرست مطالب

۱	جواد غفاری گوشه - روح الله فتاحی نافچی حسین صمدی بروجنی	مطالعه آزمایشگاهی ضریب جریان سرریزهای تناسبی خطی در آبگیر جانبی
۱۵	مسعود سعادت خوش - مهدی آرزومندی شقاییق افشار	مطالعه آزمایشگاهی مشخصات مکانیکی و دوام بتن حاوی سنگدانه بتن بازیافتی و ژئولیت
۳۳	مسیح ذوالقدر - علی اکبر حسین رضا محمود شفاعی بجستان	تثبیت بستر اطراف تکیه گاه با ترکیب المان های شش - پایه و سنگ ریزه
۴۹	علی یاراحمدی - محسن فلاح زواره مجید ذبیحی طاری	نقش نگرش و باور رانندگان جوان بر بازدارندگی جرایم رانندگی با سرعت زیاد
۶۷	فریدون امیدی نسب - وحید گودرزی مهر حمیدرضا بابا علی - احمد دالوند	بررسی موانع و مشکلات تاثیر گذار بر روی استاندارد سازی مصالح تولیدی صنایع ساختمانی استان لرستان (با تاکید بر بتن آماده و سنگدانه مورد استفاده در بتن)
۸۱	محمدتقی بلوری بزاز - جعفر بلوری بزاز سید محسن کرابی	بررسی قابلیت باکتری Sporsarcina Pasteuri در بهسازی و بهپالایی خاک های آلوده هیدروکربنی

مطالعه آزمایشگاهی ضریب جریان سرریزهای تناسبی خطی در آبگیر جانبی*

مقاله پژوهشی

جواد غفاری گوشه^(۱) روح الله فتاحی نافچی^(۲) حسین صمدی بروجنی^(۳)

چکیده اندازه‌گیری دقیق بده جریان در مجاری روباز و شبکه‌های انتقال آب و فاضلاب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده، به‌طوری که تاکنون انواع مختلفی از سازه‌ها از قبیل سرریزها، روزنه‌ها، فلوم‌ها و دریچه‌های کشویی به منظور اندازه‌گیری بده جریان ارائه شده‌اند. سرریزهای تناسبی دسته‌ای از سرریزهای لبه تیز هستند که به دلیل حساسیت کم نسبت به تغییر عمق بالادست از دقت بالایی برخوردار می‌باشند. در سرریزهای تناسبی نوع خطی، رابطه میان بده و بار آبی خطی است، در حالی که در انواع جذری و لگاریتمی آن، رابطه خطی به ترتیب میان بده و جذر بار آبی و لگاریتم بار آبی برقرار می‌باشد. در این تحقیق بر اساس مبانی نظری موجود در زمینه سرریزهای تناسبی و روش طراحی بدون بعد، سه نوع سرریز تناسبی خطی با مقاطع دودکشی، مثلثی معکوس و دو مثلثی معکوس طراحی و ساخته شده و در آبگیر جانبی یک کانال با مقطع مستطیلی تعبیه شدند. با انجام حدود ۴۰۰ آزمایش در محدوده بده ۲ الی ۱۶ لیتر بر ثانیه بر روی سرریزها، برقراری رابطه خطی میان بده و بار آبی در سرریزهای جانبی از نوع تناسبی خطی، به‌صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان دادند که ضریب بده در شرایطی که این سرریزها به‌عنوان آبگیر جانبی مورد استفاده قرار گیرند تابعی از نسبت‌های بدون بعد بار آبی به ارتفاع تاج سرریز و طول تاج سرریز به ارتفاع تاج سرریز می‌باشد. با استفاده از بخش عمده‌ای از نتایج آزمایشگاهی رابطه‌ای میان بده و ضریب جریان برای هر کدام از سرریزها به‌دست آمد. مقایسه نتایج حاصل از روابط به‌دست آمده با باقیمانده نتایج آزمایشگاهی نشان داد که متوسط خطای معادلات ارائه شده برابر با ۱/۵ درصد است که بیانگر دقت مناسب روابط ارائه شده می‌باشد. به‌منظور برآورد حساسیت آزمایشگاهی سرریزهای فوق از رابطه‌ی برازش داده شده میان بده و بار آبی هر یک از سرریزها استفاده گردید. نتایج نشان داد که در میان سرریزهای تناسبی خطی، سرریز دو مثلثی معکوس با محدوده‌ی رفتار خطی بیشتر دارای عملکرد بهتر و مطلوب‌تری به‌عنوان آبگیر جانبی دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی آبگیر جانبی، سرریز تناسبی خطی، ضریب بده، کانال مستطیلی.

Experimental Study Discharge Coefficient of Proportional Weirs on Lateral Intake

J. Ghaffari Gousheh

R. Fatahi Nafchi

H. Samadi Borojeni

Abstract Accurate measurement of flow discharge in open channel and water and sewage transmission networks it is of special importance. So far, various types of structures, such as overflows, stomata, flumes and sliding valves, have been proposed for measuring current flow. The proportional weirs are a group of sharp edges weirs that are highly accurate due to low sensitivity to upstream depth variations. In linear proportional weirs, there is a linear relationship between the head and the discharge. In this study, based on theoretical fundamentals of proportional weirs, three proportional linear weirs with linear, triangular and reverse triangular, and two reverse triangles and three series of rectangular weirs were designed and tested in rectangular flume equipped with a side channel in hydraulic lab. About 400 laboratory experiments were carried out lead to, establish a linear relationship between the head and the discharge in linear proportional weirs based on the measurements. The range of the studied discharges varied from 2 to 16 liters per second. The experiments showed that the coefficient of discharge is as a function of two ratios, which are the water depth at the top of the weir and the length of the crest to the height of the weir. Based on these ratios, for each weir a relationship for the discharge coefficient was determined. The average error for proposed equation for linear correlation weirs was equal to 1.5 percent and for over 90 percent of laboratory data the average errors were less than this value. The results show that theoretical sensitivity in linear proportional weirs is equals to one, the more the values of the sensitivity of the studied weir are close to the theoretical values, the better the weir will be. In order to estimate the laboratory sensitivity of the above weirs, the derived relationship between the discharge and head of each weirs was used and compared. The results showed that among linear proportional weirs, inverse triangular weir with a linear relationship, has better and more accurate hydraulic performance.

Key Word linear proportional weir, Discharge coefficient, Lateral intake, Rectangular Channel.

* تاریخ دریافت مقاله ۹۸/۱۲/۴ و تاریخ پذیرش آن ۹۹/۱۲/۲۶ می‌باشد.

(۱) دانشجو کارشناسی ارشد، سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد.

(۲) نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد.

(۳) دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد.

مقدمه

آبگیر جانبی به سازه‌ای اطلاق می‌گردد که عمل آبگیری در آن با استفاده از یک سرریز جانبی انجام می‌شود. سرریزهای جانبی سازه‌های حفاظتی هستند که به‌طور وسیع در آبیاری، سیستم‌های زهکشی و کنترل سیلاب به‌کار می‌روند. این سازه‌ها نقش اساسی در کانال‌های توزیع سیستم‌های آبیاری انجام داده و کاربرد بسیاری در رساندن آب مورد نیاز به محل مصرف در شبکه‌ها دارند. بهترین موقعیت برای قرارگیری سرریز جانبی در سیستم‌های مختلف مکانی است که به‌توان جریان را به‌راحتی منحرف کرد تا میزان جریانی معادل عمق نرمال در سیستم باقی بماند. توانایی پیش‌بینی جریان انحرافی به طراحی سازه‌های انحراف جریان، شناخت آن‌ها و کاهش دبی سیلاب کمک زیادی می‌کند. سرریزها سازه‌های هیدرولیکی ساده، پرکاربرد و مؤثری هستند که برای اندازه‌گیری بده جریان و همچنین برای کنترل سطح آب در کانال‌ها استفاده می‌شوند. راحتی اندازه‌گیری بده و میزان درستی آن از عوامل مهم در انتخاب یک سرریز است. تنوع سرریزها بسیار زیاد است و به دلیل کاربرد بسیار وسیع آن‌ها، پژوهش‌های گسترده و جامعی برای شناخت رفتار هیدرولیکی و رابطه‌های حاکم بر آن‌ها انجام شده است. استفاده از انواع مختلف سرریزها به منظور اندازه‌گیری بده جریان مرسوم بوده، به‌طوری که با توجه به بار آبی روی سرریز و شکل هندسی آن، امکان تعیین بده عبوری به آسانی میسر است از میان انواع مختلف این سازه، سرریزهای تناسبی که بین بده و هد یا بارآبی آن‌ها رابطه خاصی وجود دارد به دلیل کاربرد در زمینه‌های مختلف مهندسی نظیر آبیاری و زهکشی، محیط زیست، هیدرولیک و شیمی مهم هستند [1]. طراحی سرریز تناسبی براساس رابطه مورد نظر بین بده و بارآبی صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر شکل مقطع سرریز براساس رابطه یاد شده مشخص می‌شود [2]. براساس رابطه بده و بار آبی، سرریزهای تناسبی به سه نوع یعنی سرریز تناسبی خطی، سرریز درجه دومی یا کوادراتیک و

سرریز تناسبی لگاریتمی طبقه بندی می‌شوند [3]. سرریزهای تناسبی خطی، نوع خاصی از این سرریزها هستند که رابطه بین بده و هد آن‌ها خطی است. به دلیل وجود چنین رابطه‌ای، این سرریزها کاربردهای خاصی دارند که از آن جمله می‌توان به اندازه‌گیری جریان در آزمایشگاه‌های هیدرولیک به دلیل تأمین دقت مورد نظر، نصب در خروجی حوضچه ترسیب به منظور حفظ سرعت جریان در اطراف سرعت متوسط برای ته نشینی رسوبات و همچنین برای کنترل مواد اشاره کرد [4]. شکل‌های مختلف سرریزهای تناسبی با توسعه معادلات و کاربرد روش‌های عددی و همچنین به‌صورت آزمایشگاهی، توسط محققان مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. این بررسی‌ها برای ارزیابی شکل هندسی سرریز تناسبی با کمترین میزان حساسیت نسبت به عمق آب بالادست و کمترین خطای ایجاد شده در محاسبه بده به‌عمل آمده است. به‌دلیل خطی بودن تغییرات بده در برابر ارتفاع آب روی سرریز، درسرریز تناسبی خطی، خطای قرائت ارتفاع آب به‌صورت خطی در بده ظاهر می‌شود، در حالی که در سرریزهای دیگر، به‌دلیل وجود توان بیش از یک در رابطه بده- بار آبی، مقدار خطای ایجاد شده به ازای مقدار معین خطا در قرائت بار آبی بیشتر از مقدار مربوط به سرریز تناسبی است. همچنین به‌دلیل نرخ ثابت تغییرات ارتفاع آب روی سرریز نسبت به افزایش بده در سرریزهای تناسبی، اندازه‌گیری بارآبی تسهیل و میزان خطا در قرائت بار آبی کاهش می‌یابد.

سابقه مطالعات

اساس طراحی سرریز تناسبی خطی، ایجاد رابطه خطی بین بده و هد است، یعنی حساسیت هیدرولیکی در این سرریز مطابق معادله (۱) برابر با واحد است.

$$S = \frac{dQ}{dh} \frac{h}{Q} = 1.0 \quad (1)$$

در معادله (۱)، S حساسیت هیدرولیکی، dQ تغییرات بده، Q بده، و h و dh به‌ترتیب بار آبی روی

سرریز و تغییرات آن است. ایده اولیه سرریز تناسبی توسط استات ارائه شد [5]، اما تلاش او برای به دست آوردن مقطعی که بتواند اندازه گیری بار آبی را تسهیل کند، به دلیل لزوم ایجاد عرض بی نهایت در تاج سرریز ممکن نشد [3]. به بیان دیگر اگرچه روش ارائه شده برای تعیین مقطع سرریز تناسبی دقیق بوده است، اما از آنجا که در این روش با نزدیک شدن عمق به حداقل مقدار خود، عرض سرریز به بی نهایت میل کرده که از جنبه اجرایی و نیز اقتصادی توجیه پذیر نبود، لذا این روش برای اهداف عملی کاربردی نیست [6]. برای حل این مشکل پیشنهاد شد که سرریز تناسبی خطی بر روی یک سرریز مستطیلی قرار داده شود که این توصیه منجر به توسعه عملی و ساخت این سرریز شد.

تروسکولانسی [7] اولین کسی بود که سرریز دوزنقه معکوس با یک زاویه راس تقریباً ۵۰ درجه را معرفی نموده و گزارش کرد که معادله بده-بار آبی این سرریز تقریباً خطی است. کشاوا مورتی و گایریدهار [4] با هدف تسهیل در ساخت، اما با محصور نمودن مقدار انحراف در محدوده مجاز، سرریز دوزنقه معکوس را به صورت یک مثلث معکوس در نظر گرفتند و ضمن به دست آوردن روابط نظری برای استفاده از آن، به بررسی عملکرد آزمایشگاهی آن پرداختند. کشاوا مورتی و گایریدهار [8] برای بهبود دامنه تغییرات خطی سرریز مثلثی معکوس یک سرریز مستطیلی با عرض $b = 0.1325$ (عرض تاج سرریز) و عوق $d = 0.735$ (ارتفاع سرریز مثلثی معکوس) به سرریز مثلثی معکوس اضافه کردند، این تغییر باعث شد تا دامنه عملکرد خطی سرریز مثلثی معکوس به طور زیادی، یعنی بیش از دو برابر افزایش یابد. این سرریز که به سرریز دودکشی معروف است برای جریان های در محدوده ی عمق های بین $0.22d$ و $2.43d$ بالای تاج سرریز، دارای انحراف بده های تئوری از رابطه خطی به مقدار کمتر از ۱/۵٪ است. ایشان بر اساس مطالعه آزمایشگاهی بر روی ۴ سرریز خطی، نتیجه گرفتند که میانگین ضریب بده برابر با ۰/۶۱۵ است.

همچنین سه عدد سرریز دودکشی مختلف را مورد آزمایش قرار داده و نشان دادند که رابطه خطی بین بده و بار آبی سرریز مثلثی معکوس، برای سرریز دودکشی نیز معتبر است. سوامی و همکاران با توجه به تحقیقات قبلی در زمینه سرریزهای خطی که توسط بنکس و همکاران، چاندراسک هاران و راوو، لاوک و راوو و عبدالهوکاری صورت گرفته بود و با فرض ثابت بودن ضریب بده، نیمرخ سرریز خطی را توسعه داده و سپس با بررسی تغییرات ضریب بده با نسبت بار آبی به ارتفاع سرریز، نیمرخ برای سرریز خطی ارائه کردند که نیاز به قاعده و سطح مبنای اصلاح شده ندارد [9]. بددور [6] یک معادله کلی برای محاسبه بده برای سرریزهای چند جمله ای (که در آن ها رابطه حاکم بر طراحی از چندین جمله تشکیل شده است) بر مبنای شکل جدید سرریز چند جمله ای ارائه داد. ایشان با بهینه سازی ضرایب سرریز چند جمله ای، سرریزی طراحی نمود که رفتار آن مشابه سرریز خطی یا تناسبی است. وطن خواه و کوچک زاده با استفاده از تابع گاما شکل کلی رابطه بده برای سرریز چند جمله ای از درجه n را توسعه دادند. آن ها با استفاده از این راه حل کلی، راه حل دقیق سرریز خطی را به دست آوردند [10]. با توجه به اینکه این راه حل دقیق سرریز خطی مختص اهداف کاربردی نیست، لذا آن ها یک راه حل دقیق اصلاح شده را پیشنهاد دادند. وطن خواه برای بهبود دامنه تغییرات خطی سرریز مثلثی معکوس پیشنهاد کرد که اگر به جای مقطع مستطیلی در سرریز دودکشی از مقطع مثلثی استفاده شود، ضمن افزایش دامنه خطی سرریز دودکشی، میزان خطای انحراف از رابطه خطی کاهش می یابد. همچنین وی با بهینه سازی و بی بعد سازی روابط تئوری سرریزهای مثلثی معکوس و دودکشی و دو مثلثی معکوس جدولی را برای تسهیل طراحی سرریز های فوق ارائه کرد. [11] بررسی منابع نشان می دهد تاکنون در زمینه تحلیل حساسیت سرریزهای جانبی تناسبی و خطی در شرایط هد متغیر در کانالهای آبیاری، تحقیق منتشر شده ای وجود ندارد لذا این پژوهش به این

منظور برنامه ریزی و انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

با توجه به اهداف مورد نظر در این تحقیق که شامل بررسی آزمایشگاهی سرریزهای تناسبی در آبگیر جانبی و نیز تعیین پارامترهای مؤثر بر روی ضریب بده جریان بود، یک مجموعه آزمایشگاهی طراحی شده و سپس آزمایش‌های متعددی بر روی مدل‌های طراحی شده از سرریزها انجام گرفت. به منظور ساماندهی آزمایش‌ها از نظر تعداد و تنوع آن‌ها، ابتدا عوامل دخیل در تعیین ضریب جریان مشخص شده و سپس با استفاده از روش آنالیز ابعادی، معادلات بدون بعد تعیین شده و برنامه‌ریزی آزمایش‌ها به عمل آمد. اگر از انرژی جنبشی بالادست و اثرات کشش سطحی صرف‌نظر شود معادله عمومی برای دبی عبوری سرریزهای تناسبی به صورت رابطه (۲) زیر است:

$$Q = C_d \int_{h=0}^{h=H} \sqrt{2g(H-h)} \cdot b(h) dh \quad (2)$$

در معادله (۲)، Q دبی جریان عبوری، C_d ضریب جریان، H ارتفاع حداکثر آب در بالادست (حداکثر هد ایستائی) و h فاصله سطح آب نسبت به تاج سرریز و $b(h)$ نصف طول تاج که برحسب نوع سرریز (خطی، جذری، لگاریتمی) بصورت تابعی از عمق آب روی تاج تعریف می‌شود. بر اساس مطالعات به عمل آمده، متغیرهای مؤثر بر ضریب بده جریان عبارتند از L ، H ، P ، B و v که به ترتیب نشان دهنده ارتفاع تاج سرریز از کف کانال، بار آبی روی سرریز، طول تاج سرریز، عرض کانال و سرعت جریان می‌باشند. همچنین کشش سطحی σ ، لزوجت دینامیکی آب μ و جرم مخصوص آب ρ نیز از پارامترهای مؤثر بر ضریب بده جریان هستند. مطابق با تئوری پای Π باکینگهام، با توجه به وجود هشت متغیر و سه بعد، تعداد پنج عامل بدون بعد تعیین و رابطه (۳) برای تخمین ضریب جریان به دست آمد:

$$C_d = f\left(\frac{L}{P}, \frac{H}{P}, \frac{B}{P}, R_n, W_n, Fr\right) \quad (3)$$

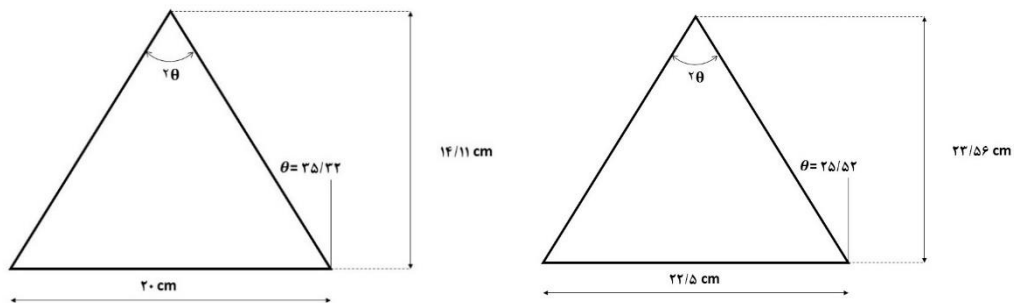
در رابطه (۳) R_n معرف عدد رینولدز، W_n عدد وبر و Fr عدد فرود است. با توجه به ناچیز بودن نیروهای لزوجت و نیز کشش سطحی و زیر بحرانی بودن جریان، می‌توان از عبارات بیان کننده نیروهای لزوجت و کشش سطحی و وضعیت جریان در کانال صرف‌نظر کرده و از آنجا که عرض کانال مقداری ثابت است و همچنین از پارامترهای طراحی نیز نیست، لذا متغیر بی‌بعد B/P نسبت به متغیر بی‌بعد L/P از اهمیت کمتری برخوردار است. لازم به ذکر است که L یا به عبارتی طول تاج سرریز از جمله پارامترهای طراحی سرریز محسوب می‌شود [12]. در نتیجه متغیرهای $H/(H+P)$ و $L/(L+P)$ به عنوان متغیرهای بی‌بعد مؤثر بر ضریب بده تعیین شدند و آزمایش‌ها بر این اساس برای تعیین ضرایب بده آزمایشگاهی در برابر تغییرات هر یک از این پارامترها برنامه‌ریزی شدند

مدل آزمایشگاهی

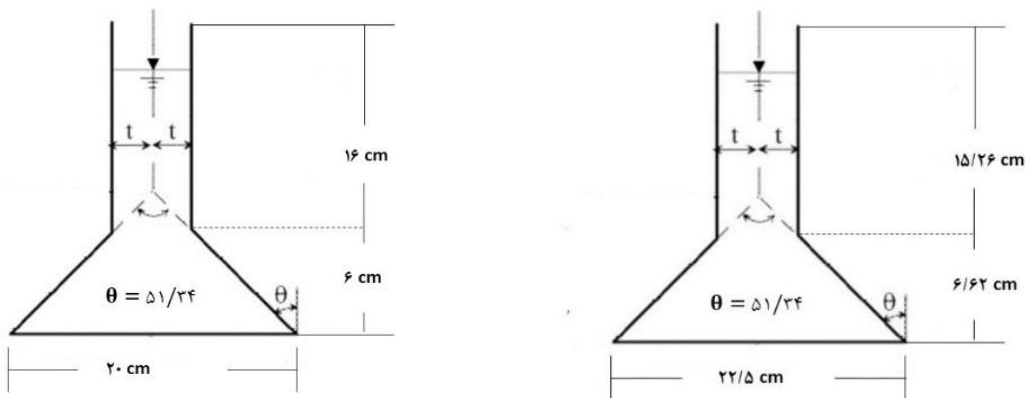
آزمایشات این تحقیق در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهرکرد و روی فلومی با مقطع مستطیلی به طول ۲۰ متر، عرض و ارتفاع ۰/۶ متر با شیب ۰/۰۰۱ انجام شد. جنس دیواره این فلوم از پلاکسی گلاس به ضخامت ۲ سانتی متر و کف آن فلزی می‌باشد. فلوم مذکور با یک پمپ سانتریفوژ با حداکثر دبی ۷۰ لیتر بر ثانیه تغذیه می‌شود جریان در این مدل چرخه‌ای را طی می‌کند که انتهای آن به حوضچه انتهایی ختم می‌گردد. با توجه به وجود محدودیت برای برداشت دیواره فلوم جهت نصب سرریزها ناچار به تعبیه دیواره‌ای در وسط کانال شده به طوری که عرض کانال به دو قسمت مساوی تقسیم و در نتیجه عرض کانال به ۳۰ سانتی متر تبدیل گردید. برای اندازه‌گیری دبی انحرافی سرریزها از یک سرریز مثلثی، با طول ۳۰ سانتی متر و زاویه راس حدوداً ۵۰ درجه در انتهای کانال انحرافی استفاده شد. برای انجام آزمایش‌ها ۳ مدل سرریز تناسبی خطی با مقاطع دودکشی، دو مثلثی معکوس و مثلثی معکوس مطابق شکل (۱) طراحی

جریان در بالادست سرریزها در مرکز کانال اصلی اندازه‌گیری شده که با توجه به ارتفاع سرریزها بین ۲۰-۶۰ سانتی‌متر متغیر بود.

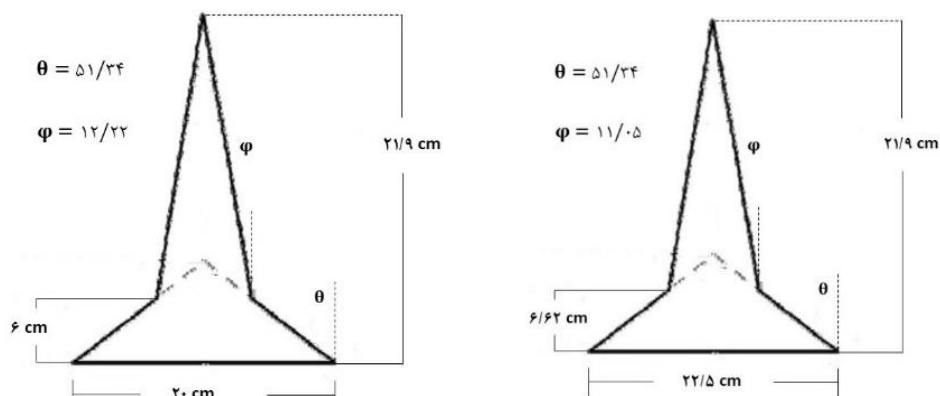
شدند. نمای سرریزها حین آزمایش و نمایی از فلوم آزمایشگاهی در شکل‌های (۲) و (۳) آورده شده است. تمامی آزمایش‌ها در شرایط زیربحرانی انجام شده و عمق



(الف) سرریز مثلثی معکوس



(ب) سرریز دودکشی



(ج) سرریز دو مثلثی معکوس

شکل ۱ نمای توصیفی از سرریزهای طراحی شده



(ب) سرریز دو مثلثی معکوس



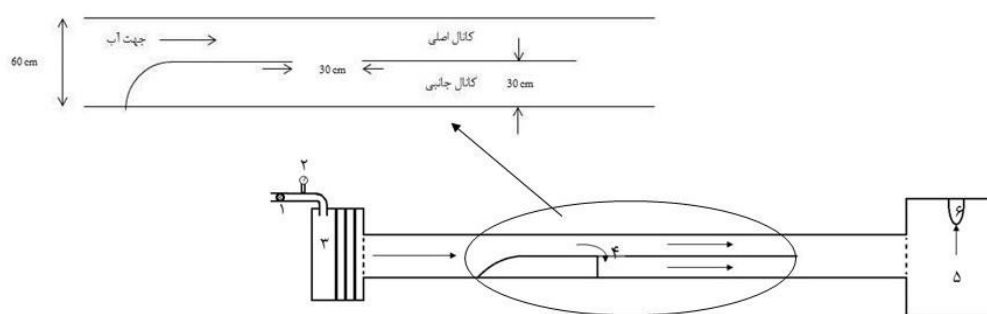
(الف) سرریز مثلثی معکوس



(ج)

سرریز دودکشی

شکل ۲. نمایی از سرریزهای تناسبی مورد آزمایش



۱- شیر تنظیم ورودی آب، ۲- فلومتر مغناطیسی، ۳- مخزن آرام کننده جریان، ۴- محل قرارگیری سرریز، ۵- مخزن جمع آوری آب، ۶- خروجی آب به سمت پمپ

شکل ۳. نمایی شماتیک از فلوم آزمایشگاهی

عمق جریان توسط عمق سنج با دقت ± 2 میلی متر در فاصله ۲۵ سانتی متری پشت سرریز قرائت می شد. این فاصله برای تمامی آزمایش ها ثابت در نظر گرفته شد.

لازم به ذکر است از آنجا که محل اندازه گیری عمق جریان برای سرریز تناسبی در فاصله ای معادل دو برابر بار آبی حداکثر در بالادست سرریز توصیه شده است [2].

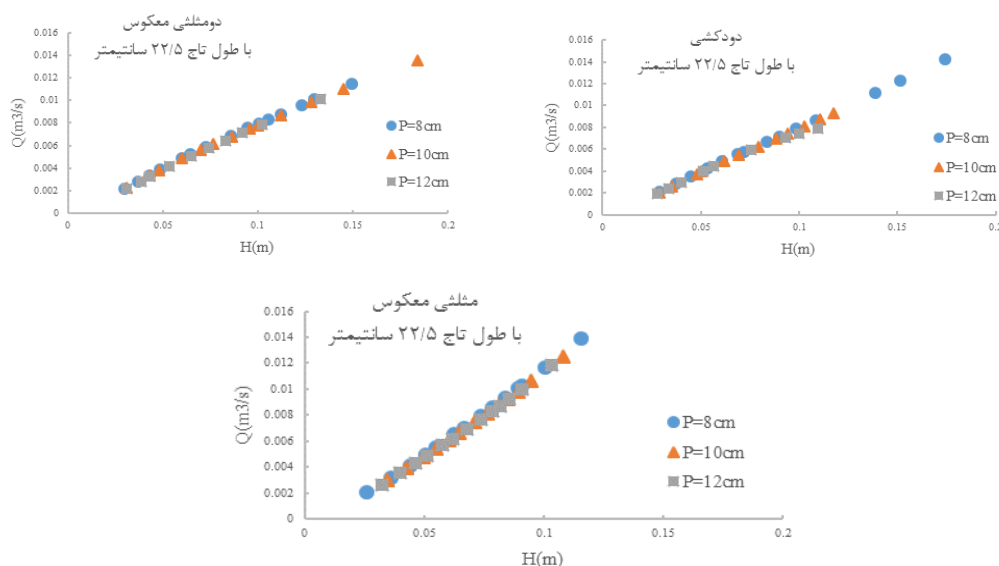
گام‌های مورد استفاده برای تغییر بده عبوری حدود ۰/۵ لیتر بر ثانیه تعیین شد تا طیف وسیعی از دبی‌ها مورد آزمایش قرار گیرد. برای هر ارتفاع سرریز حدود ۱۵ آزمایش در محدوده بده ۲ الی ۱۳ لیتر بر ثانیه انجام شد.

نتایج و بحث

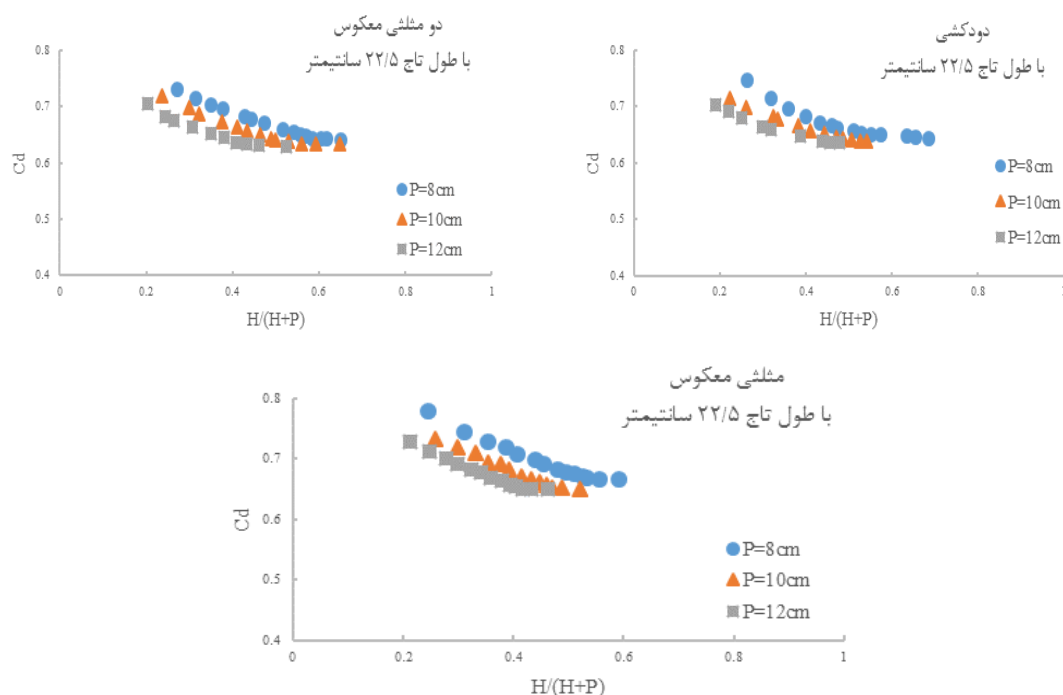
به منظور بررسی امکان وجود رابطه خطی میان بده و بار آبی در سرریزهای تناسبی خطی برای تمامی آزمایش‌ها بده آزمایشگاهی در برابر بار آبی قرائت شده ترسیم گردید. در شکل (۴)، نمودار مربوط به سه سرریز به عنوان نمونه آورده شده است. با توجه به شکل (۴) ملاحظه می‌شود که رابطه خطی مورد انتظار بین بده و بار آبی در سرریزهای تناسبی خطی برای تمام مقادیر P (ارتفاع سرریز)، وجود دارد.

در شکل (۵) نیز نمودار تغییرات ضریب بده در برابر نسبت تغییرات عمق آب روی سرریز به عمق آب در بالادست نشان داده شده است. همانگونه که از شکل (۵) ملاحظه می‌شود، با افزایش عمق آب روی سرریز در هر کدام از مدل‌های سرریز طراحی شده، ضریب جریان کاهش می‌یابد. این کاهش به دلیل افزایش سطح تماس

جریان عبوری با لبه سرریز و نیز افزایش فشار آب روی لایه جریان مماس بر روی لبه سرریز و در نتیجه ایجاد اصطکاک بیشتر در سطح تماس است. لازم به ذکر است که مقدار کاهش در ضریب بده با افزایش عمق کم‌تر شده و در نهایت ضریب بده تحت تاثیر افزایش عمق قرار نمی‌گیرد. همچنین در شکل (۵) مشاهده می‌شود که در هنگام عبور بده کم در کلیه سرریزها با افزایش ارتفاع تاج سرریز از کف کانال ضریب بده عبوری از سرریز کاهش می‌یابد، لیکن با افزایش بده عبوری، تغییرات ایجاد شده در ضریب بده عبوری ناشی از افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. بر این اساس می‌توان انتظار داشت که در انواع سرریزهای تناسبی با توجه به هندسه مقطع سرریز روی تاج تغییرات دبی عبوری در اثر تغییرات عمق آب در کانال اصلی نسبت به حالتی که از سرریزهای معمولی استفاده شود بطور قابل توجهی کمتر و تقریباً خطی است. به منظور پیش‌بینی ضریب بده عبوری و با در نظر گرفتن ضریب بده به صورت تابعی از دو متغیر بدون بعد $H/(H+P)$ و $L/(L+P)$ روابطی برای پیش‌بینی ضرایب بده عبوری از میان سرریزهای آزمون شده به کمک Solver نرم افزار Excel به دست آمدند.



شکل ۴ رابطه بده و بار آبی در سرریزهای مثلثی معکوس آزمون شده



شکل ۵ نمودار تغییرات ضریب بده آزمایشگاهی نسبت به $H/(H+P)$ در سرریزهای آزمون شده

ضریب بده هر سرریز مطالعه شده ارائه شد. شکل کلی در نظر گرفته شده برای معادله پیشنهادی به صورت غیرخطی و به فرم معادله (۴) است.

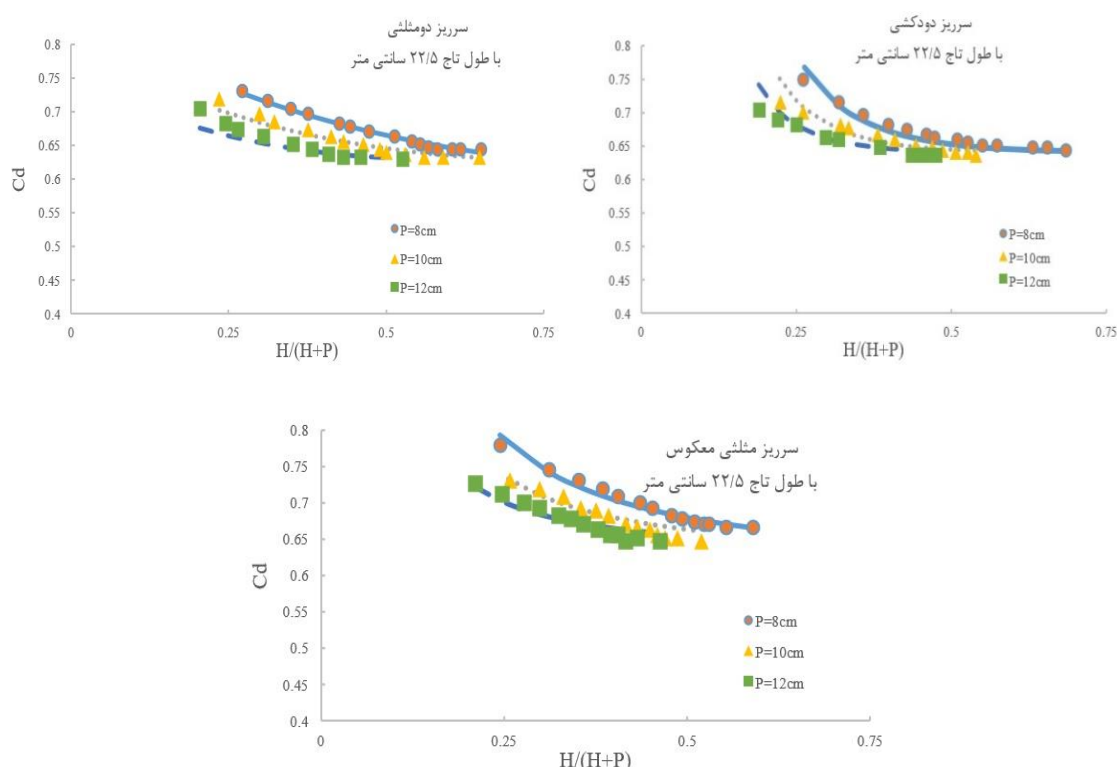
$$C_d = \frac{a}{x^b} + \frac{c}{y^d} + e x^f y^g \quad x = \frac{H}{H+P} \quad y = \frac{L}{L+P} \quad (4)$$

در معادله (۴) a, b, c, d, e, f, g مقادیر ثابتی هستند که مقدار آن‌ها با کمینه کردن خطاها، تعیین شده و برای هر سرریز متفاوت می‌باشند. معادلات تجربی پیشنهادی ضریب بده به شکل معادله (۳) برای سرریزهای مورد مطالعه در جدول (۱) معرفی شده‌اند. شکل (۶) برازش روابط پیشنهادی را با توجه به ضرایب بده آزمایشگاهی هر سرریز نشان می‌دهد. این روابط برای ارتفاع‌های مختلف از هر سرریز بسط داده شده‌اند.

نحوه تعیین ضرایب بده پیش‌بینی شده به این صورت بود که با تعیین مقادیر متناظر $H/(H+P)$ و $L/(L+P)$ برای تمامی داده‌های مربوط به هر سرریز مورد مطالعه و ضرایب بده آزمایشگاهی معلوم، مقادیر ضرایب بده پیش‌بینی شده مطابق روند زیر محاسبه شد. ابتدا شکل غیر خطی برای معادله‌ی پیشنهادی ضریب بده به صورت تابعی از دو متغیر بی‌بعد مؤثر $H/(H+P)$ و $L/(L+P)$ تعیین شد. سپس در نرم افزار Excel معادله پیشنهادی تا حدی که خطای آن نسبت به ضریب بده آزمایشگاهی در حد قابل قبول (بسیار کم) باشد، به دفعات حل شد و بعضاً تغییراتی در شکل معادله پیشنهادی به منظور رسیدن به شکل مطلوب آن با کم‌ترین خطا میان ضرایب بده آزمایشگاهی و ضرایب بده پیش‌بینی شده توسط معادله تجربی پیشنهادی صورت گرفت. لازم به ذکر است که این روند برای مجموعه داده‌های هر سرریز که شامل ارتفاع‌های مختلف است، به‌طور جداگانه انجام گرفت و در نهایت معادله پیشنهادی برای پیش‌بینی

جدول ۱ معادلات پیشنهادی ضرایب بده برای سرریزهای آزمون شده

معادله	درصد داده‌ها در باند خطای $\pm 5\%$	معادله پیشنهادی ضرایب بده	نوع سرریز
(۵)	۸۸/۵۷٪	$C_d = \frac{0.26}{\left(\frac{H}{H+P}\right)^{-0.14}} + \frac{0.34}{\left(\frac{L}{L+P}\right)^{0.34}} + 0.088 \times \left(\frac{H}{H+P}\right)^{-2.32} \times \left(\frac{L}{L+P}\right)^{7.9}$	سرریز دودکشی با طول تاج ۲۲/۵ سانتی‌متر
(۶)	۸۶/۱۱٪	$C_d = \frac{0.702}{\left(\frac{H}{H+P}\right)^{0.019}} + \frac{-0.089}{\left(\frac{L}{L+P}\right)^{0.511}} + 0.152 \times \left(\frac{H}{H+P}\right)^{1.549} \times \left(\frac{L}{L+P}\right)^{6.865}$	سرریز دودکشی با طول تاج ۲۰ سانتی‌متر
(۷)	۸۳/۳۳٪	$C_d = \frac{-1.374}{\left(\frac{H}{H+P}\right)^{-0.98}} + \frac{1.176}{\left(\frac{L}{L+P}\right)^{-0.971}} + 0.817 \times \left(\frac{H}{H+P}\right)^{1.189} \times \left(\frac{L}{L+P}\right)^{-1.01}$	سرریز دومثلثی با طول تاج ۲۲/۵ سانتی‌متر
(۸)	۹۱/۶۷٪	$C_d = \frac{0.262}{\left(\frac{H}{H+P}\right)^{-0.114}} + \frac{0.341}{\left(\frac{L}{L+P}\right)^{0.253}} + 0.117 \times \left(\frac{H}{H+P}\right)^{-2.18} \times \left(\frac{L}{L+P}\right)^{7.629}$	سرریز دومثلثی با طول تاج ۲۰ سانتی‌متر
(۹)	۷۷/۷۸٪	$C_d = \frac{-0.0558}{\left(\frac{H}{H+P}\right)^{0.735}} + \frac{0.556}{\left(\frac{L}{L+P}\right)^{0.381}} + 0.214 \times \left(\frac{H}{H+P}\right)^{-1.1} \times \left(\frac{L}{L+P}\right)^{3.7}$	سرریز مثلثی معکوس با طول تاج ۲۲/۵ سانتی‌متر
(۱۰)	۸۳/۳۳٪	$C_d = \frac{0.535}{\left(\frac{H}{H+P}\right)^{0.139}} + \frac{0.0855}{\left(\frac{L}{L+P}\right)^{-7.71}} + 0.868 \times \left(\frac{H}{H+P}\right)^{0.018} \times \left(\frac{L}{L+P}\right)^{8.4}$	سرریز مثلثی معکوس با طول تاج ۲۰ سانتی‌متر



شکل ۶ مقایسه میان ضرایب بده پیش بینی شده (خطوط ممتد) و ضرایب بده آزمایشگاهی در سرریزهای آزمون شده

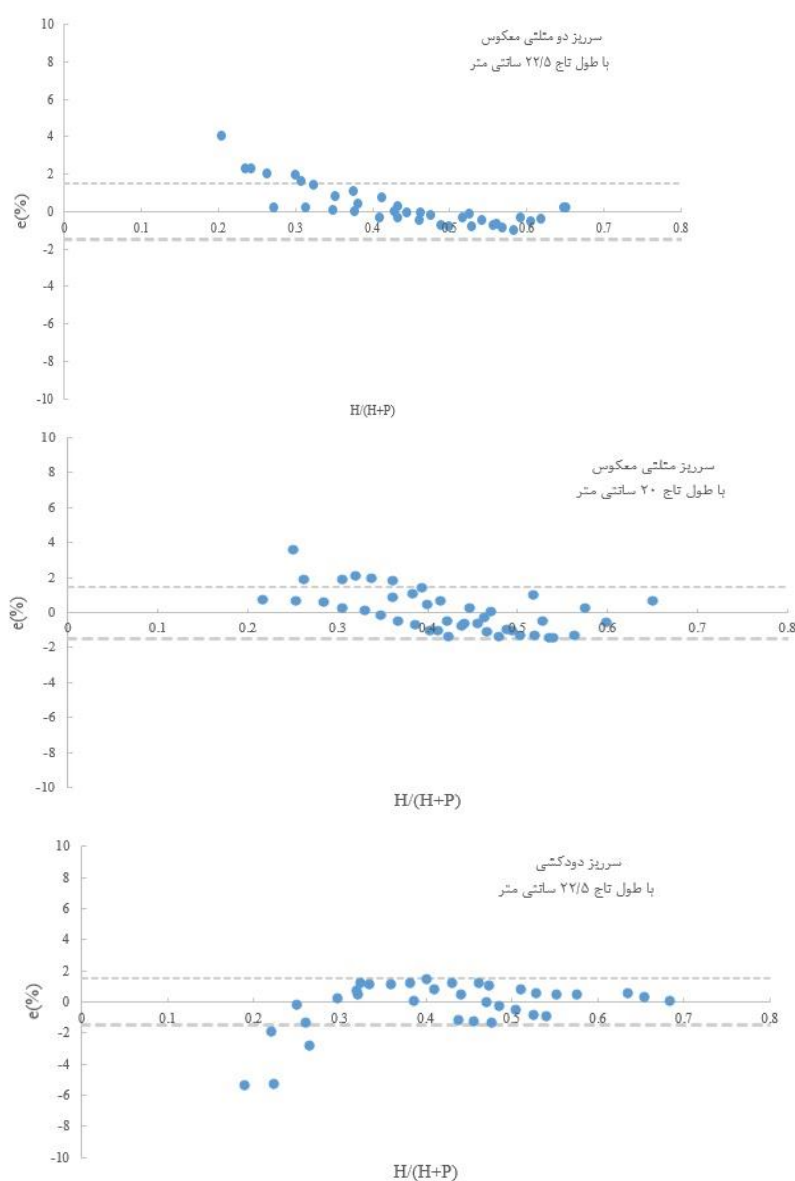
مقایسه سرریزهای آزمون شده

یکی از راه‌های مقایسه بین سرریزهای آزمون شده به منظور تعیین دقت آن‌ها و در نتیجه تمایز آن‌ها نسبت به یکدیگر، بررسی مقدار اختلاف میان دبی آزمایشگاهی اندازه‌گیری شده با دبی محاسبه شده است. دبی محاسبه شده عبارت از حاصل ضرب ضرایب دبی (به دست آمده از روابط موجود در جدول ۱) در دبی برآورد شده می‌باشد. در این مقایسه، میزان خطای کم‌تر به مفهوم رفتار مناسب‌تر سرریز بر اساس نوع خطی بودن آن‌ها می‌باشد.

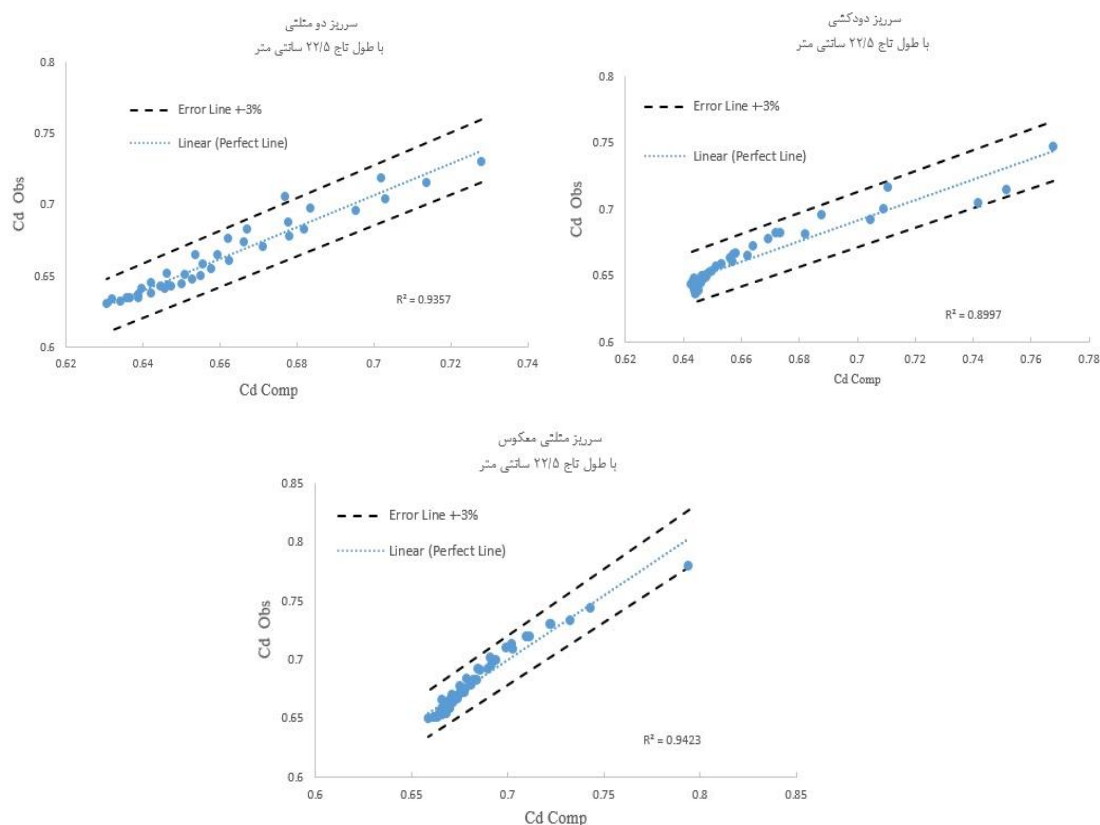
شکل (۷) میزان خطای نسبی ($e\%$) در برابر پارامتر بی بعد $H/(H+P)$ در برخی از سرریزهای بررسی شده را نشان می‌دهد. همچنین در شکل (۸) نمودار مقایسه مقادیر محاسباتی و مشاهداتی ضریب جریان در سرریزهای تناسبی قابل مشاهده می‌باشد.

$$e(\%) = \left(\frac{Q_{\text{exp}} - Q_{\text{pre}}}{Q_{\text{exp}}} \right) \times 100 \quad (۴)$$

در معادله فوق $e(\%)$ درصد خطای نسبی، Q_{exp} بده آزمایشگاهی و Q_{pre} بده پیش بینی شده می‌باشد.

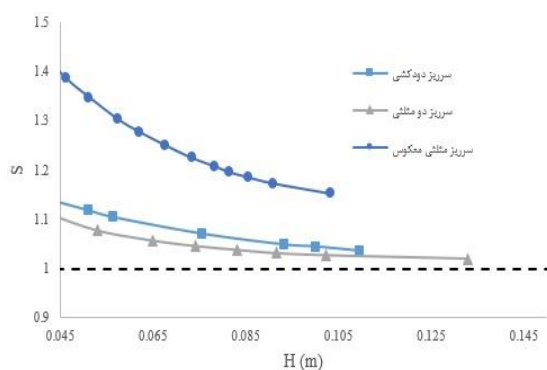


شکل ۷ خطای نسبی در برابر $H/(H+P)$ در برخی از سرریزهای آزمون شده



شکل ۸ نمودار مقایسه مقادیر محاسباتی و مشاهداتی ضریب جریان در سرریزهای تناسبی

که فرض اولیه طراحی سرریز تناسبی خطی را تأیید می-کند.



شکل ۹ حساسیت هیدرولیکی در مقابل بار آبی

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر به دلیل اینکه سرریز تناسبی نسبت به

همانطور که از شکل (۷) مشاهده می شود تمام سرریزهای بررسی شده رفتار خطی مورد انتظار را نشان داده اند و روابط پیشنهادی دقت قابل قبولی داشته به-طوری که در مورد تمامی سرریزهای آزمون شده ۷۷/۷۸٪ تا ۹۱/۶۷٪ از داده ها دارای خطای کمتر از $\pm 5\%$ می-باشند.

حساسیت هیدرولیکی سرریزهای آزمایش شده عملکرد آن ها را به خوبی نشان می دهد. برای تعیین حساسیت هیدرولیکی از رابطه (۱) و داده های آزمایشگاهی استفاده شد. نتایج حاصل از محاسبات در شکل (۹) نشان داده شده است.

همانطور که در شکل (۹) دیده می شود با توجه به اینکه در سرریز تناسبی خطی حساسیت هیدرولیکی برابر با یک است، حساسیت هیدرولیکی سرریزهای دو مثلثی معکوس و دودکشی به طور تقریبی به یک میل می کند

سایر سرریزها، اندازه‌گیری بده را با صحت بیشتری انجام می‌دهد، با توجه به روابط نظری توسعه یافته در زمینه‌ی سرریزهای تناسبی، شکل‌های متفاوت این سرریزها به منظور بررسی خصوصیات خطی و همچنین بررسی ضریب بده جریان عبوری از میان سرریز و پارامترهای موثر بر آن به‌عنوان ورودی آبگیرهای جانبی در کانال مستطیلی، با استفاده از روش بدون بعد طراحی و ساخته شدند و مورد آزمایش قرار گرفتند.

پس از تعیین ضرایب بده آزمایشگاهی، با استفاده از تحلیل ابعادی عوامل موثر بر ضریب بده به صورت پارامترهای بی‌بعد معرفی گردید و تأثیر آن‌ها بر ضریب بده جریان بررسی شد. عوامل موثر بر ضریب بده در این تحقیق شامل بار آبی نسبت به ارتفاع تاج سرریز از کف کانال و نسبت طول تاج سرریز به ارتفاع تاج سرریز از کف کانال می‌باشند. که نتایج نشان داد که افزایش ارتفاع تاج سرریز از کف کانال، تأثیر کاهنده و افزایش طول تاج سرریز، تأثیرافزاینده بر ضریب بده جریان دارند. با بررسی ضرایب بده عبوری برای سرریزهای مورد

مطالعه به‌عنوان آبگیر جانبی، روابطی برای پیش‌بینی ضرایب بده تحت این شرایط به صورت تابعی از دو پارامتر موثر معرفی شده، برای هر یک از سرریزها ارائه گردید. روابط ارائه شده در کل دامنه‌ی کاربرد کارایی داشته و از دقت بالایی برخوردار می‌باشند به طوری که در تمامی سرریزهای آزمون شده $77/8\%$ تا $91/7\%$ از داده‌ها دارای خطای کمتر از $1/5\% \pm$ می‌باشند.

با توجه به اینکه حساسیت نظری در سرریزهای تناسبی خطی برابر با یک می‌باشد هر چه مقادیر حساسیت آزمایشگاهی سرریزهای مورد مطالعه به مقادیر نظری گفته شده نزدیک‌تر باشد، سرریز دارای عملکرد بهتری می‌باشد. به‌منظور برآورد حساسیت آزمایشگاهی سرریزهای فوق از رابطه‌ی برازش داده شده میان بده و بار آبی هر یک از سرریزها استفاده گردید. نتایج نشان داد که در میان سرریزهای تناسبی خطی، سرریز دو مثلثی معکوس با محدوده‌ی رفتار خطی بیشتر، دارای عملکرد بهتر و مطلوب‌تری می‌باشد.

مراجع

1. Keshava Murthy, K., and Giridhar, D. P., "Inverted v-notch: Practical proportional weir", *Journal of irrigation and drainage engineering*, Vol. 115, No.6, pp. 1035-1050, (1989).
2. Bos, M.G., "Discharge measurement structures", 2nd ed. 464 pp. Publication 20, International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands, pp. 17-38 (1978).
3. Keshava Murthy, K., and Pillai, K. G., "Design of constant accuracy linear proportional weir", *Journal of the Hydraulics Division*, Vol. 104, No.4, pp. 527-541, (1978).
4. Keshava Murthy, K., and Pillai, K. G., "Modified proportional V-notch weirs", *Journal of the Hydraulics Division*, Vol. 104, No.5, pp. 775-791, (1978).
5. Stout, O. V. P., "A new form of weir notch", *Transaction Nebraska Engineering Society*, Vol. 13, No.1, pp 18-24, (1897).
6. Baddour, R. E., "Head-discharge equation for sharp-crested polynomial weir", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 134, No.2, pp. 260-262, (2008).
7. Troskolanski, A. T., "Hydrometry: Theory and practice of hydraulic measurements", Pergamon Press,

- 648 pages (1960).
8. Keshava Murthy, K., and Giridhar, D. P., "Improved inverted V-notch or chimney weir", *Journal of irrigation and drainage engineering*, Vol. 116, No.3, pp. 374-386, (1990).
 9. Swamee, P. K., Pathak, S. K., Agarwal, M., and Ansari, A. S., "Alternative linear weir design", *Journal of irrigation and drainage engineering*, Vol. 117, No.3, pp. 311-323, (1991).
 10. Vatankhah, A. R., and Kouchakzadeh, S., "Discussion of Head-discharge equation for sharpcrested polynomial weir", by Baddour, R.E. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 135, No.3, pp. 393-395, (2009).
 11. Vatankhah, A. R., "Head-Discharge Equation for Sharp Crested Weir with Piecewise-Linear Sides", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 138, No.11, pp. 1011-1018, (2012).
 12. Aslani, N., Ebrahim, T., Vatankhah, A. R., "Experimental Study of Linear And Logarithmic Proportional Weir In Rectangular Channels", *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 8, No.4, pp. 43-53, (2014).

مطالعه آزمایشگاهی مشخصات مکانیکی و دوام بتن حاوی سنگدانه بتن بازیافتی و زئولیت*

مقاله پژوهشی

مسعود سعادت خوش^(۱) مهدی آرزومندی^(۲) شقایق افشار^(۳)

چکیده در سال‌های اخیر توسعه استفاده از بتن در صنعت ساختمان باعث افزایش آلودگی گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید سیمان شده است و از طرفی افزایش تولید نخاله‌های ساختمانی و نبود مکان مناسب جهت دفن این زیاده‌ها، باعث افزایش آلودگی محیط زیست گردیده است. امروزه استفاده از مواد بازیافتی و پوزولان‌ها در راستای کاهش هزینه‌های جاری و همچنین کاهش یا حذف مشکلات زیست محیطی به یکی از مباحث مورد علاقه اکثر محققین تبدیل شده است. در این پژوهش امکان استفاده از زئولیت و همچنین نخاله بتن بازیافتی به عنوان درصدی از سنگدانه‌های مصرفی در بتن مطالعه شده است. برای این منظور از ۱۴ طرح اختلاط (۲۸۰ آزمونه) استفاده گردید و نقش جایگزینی درصد‌های مختلف سنگدانه بازیافتی ریزدانه، درشت‌دانه و ترکیب ریزدانه و درشت‌دانه (۱۵ و ۳۰ درصد) در بتن همراه با ۱۰ درصد زئولیت بر روی مقاومت فشاری، مقاومت کششی، مقاومت در برابر نفوذ یون کلراید و مقاومت ویژه الکتریکی بتن مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت بر اساس نتایج به دست آمده، در بین نمونه‌های بازیافتی نمونه با ۱۵ درصد جایگزینی درشت‌دانه بازیافتی همراه با زئولیت، بیشترین درصد افزایش مقاومت فشاری و کششی، بتن با ۱۵ درصد سنگدانه بازیافتی ترکیب ریزدانه و درشت‌دانه همراه با زئولیت بیشترین افزایش مقاومت الکتریکی و مخلوط بتنی با جایگزینی ۱۵ درصد سنگدانه بازیافتی درشت‌دانه و ۱۰ درصد جایگزینی پوزولان زئولیت، بیشترین کاهش نرخ نفوذ یون کلراید را نسبت به بتن معمولی ثبت کرده است.

واژه‌های کلیدی سنگدانه بتن بازیافتی، زئولیت، مشخصات مکانیکی بتن بازیافتی، دوام بتن بازیافتی.

An Experimental Study on Mechanical properties and Durability of Concrete with Recycled Aggregate Concrete and Zeolite

M. saadatkhosh M. arezoumandi Sh. Afshar M. Haji mahdi

Abstract Recently, there has been an increasing trend toward the use of sustainable materials. Sustainability helps the environment by reducing the consumption of non-renewable natural resources. Concrete – the second most consumed material in the world after water – uses a significant amount of non-renewable resources. Efforts aimed at producing environmentally friendly concrete can play a major role in securing sustainable construction. Candidate technologies for sustainable concrete materials include the incorporation of supplementary cementitious materials (SCMs) as a partial replacement for Portland cement; as well as recycled materials in concrete production. As a result, an experimental investigation was conducted to study the mechanical properties and durability of concrete constructed with 15% and 30% recycled aggregate concrete as well as 10% zeolite. This experimental program consisted of fourteen mix designs. The compressive strength, split tensile strength, electrical resistivity and chloride ion penetration of recycled concrete mixes were compared with the conventional concrete. Results of this study show that the zeolite and recycled aggregate concrete increased compressive strength, split tensile strength and electrical resistivity also decreased chloride ion penetration of concrete. To overcome inferior durability and mechanical properties of recycled mixes, zeolite (10%) has been added to recycled mixes. Results of the mixes including both recycled aggregate concrete and zeolite show superior durability (both electrical resistivity and chloride ion penetration) compared with the conventional concrete.

Key Word Recycled aggregate concrete, Zeolite, Mechanical properties of recycled concrete, Durability of recycled concrete.

* تاریخ دریافت مقاله ۱۵/۱۰-۹۷ و تاریخ پذیرش آن ۹۹/۲/۱۴ می‌باشد.

(۱) نویسنده مسئول، کارشناس ارشد مهندسی زلزله، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهاب دانش، قم.

Email: Masoudsaadatkhosh@gmail.com

(۲) استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهاب دانش، قم.

(۳) کارشناس ارشد مهندسی سازه، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهاب دانش، قم.

مقدمه

بتن پرمصرف‌ترین مصالح ساختمانی در دنیا پس از آب است که بر محیط زیست ما اثرگذار بوده و به نوعی آن را شکل می‌دهد [1]. در واقع بتن محصولی است که هم طول عمر بالایی را برای ساختمان‌ها به ارمغان می‌آورد و هم در مصرف انرژی صرفه جویی می‌شود. بشر هر روز به دنبال تغییر است، تغییر در ساختمان‌ها منجر به ایجاد برخی تخریب‌ها و به دنبال آن به وجود آمدن حجم بسیار بالایی ضایعات ساختمانی می‌شود که بخش عمده آن‌ها، از جمله بخش‌های بتنی، قابل بازیافت و استفاده مجدد در ساختمان‌ها هستند.

زباله ساختمانی حاصل از تخریب بناهای فرسوده بخش عمده ضایعات در جهان را تشکیل می‌دهد به طوری که تنها در آمریکا سالانه بیش از ۳۰۰ میلیون تن زباله از ضایعات ساختمانی تولید می‌شود [1]. با توجه به محدودیت زمین‌های دپو، دفع سنتی این مواد دیگر اقدام قابل قبولی نیست خصوصاً در کشورهایی مانند ژاپن که محدودیت زمین وجود دارد این امر بیشتر خود را نشان داده و یکی از راهکارها استفاده مجدد از ضایعات ساختمانی خصوصاً بتن‌هایی که سخت تر بوده و مقاومت بهتری دارند، در بتن به عنوان سنگدانه می‌باشد.

یکی از مصالح ساختمانی که ارزش استفاده مجدد و زمینه بازیافت کم هزینه ای دارد، بتن است. این ماده با کمترین دخل و تصرف، بهترین کیفیت و نزدیک‌ترین خواص به مصالح اولیه را می‌تواند داشته باشد و در این زمینه در کشورهای اروپایی اقدامات گسترده‌ای صورت گرفته است. بازیافت بتن عمدتاً نیازمند استفاده از تکنیک‌های شکستن و خرد کردن در اندازه‌های مورد نیاز (مثلاً در دانه‌بندی سنگدانه مورد استفاده در بتن) است.

ضمن اینکه بتن بازیافتی را می‌توان در تولید بلوک‌های سیمانی، کفسازی، جاده‌سازی و حتی بتن سازه‌ای استفاده کرد؛ لذا با توجه به حجم بالای تخریب‌ها، بسیاری از

زمین‌هایی که به دپوی ضایعات تبدیل شده‌اند، کاهش پیدا می‌کنند.

تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که سنگدانه‌های حاصل از خردکردن بتن در مقایسه با سنگدانه طبیعی جذب آب بیشتر، مدول بالک کمتر، وزن مخصوص کمتر، خوردگی بیشتر، جمع شدگی و خزش بیشتر، مقاومت فشاری، کششی و خمشی کمتر، مدول الاستیسیته کمتر و مقاومت در برابر یخ‌زدگی مشابهی دارند [2]. با وجود اینکه سنگدانه‌های بتن بازیافتی باعث کاهش مقاومت و دوام در مقایسه با سنگدانه‌های طبیعی در بتن شده است، اما در بسیاری از کشورهای دنیا به دلیل کمبود منابع طبیعی، حفاظت از محیط زیست و همچنین برخی مسائل اقتصادی استفاده از آنها اجتناب ناپذیر است [3].

کاربرد پوزولان‌های طبیعی مانند زئولیت که در ایران منابع فراوان دارد، هنوز کمتر مورد توجه متخصصین تکنولوژی بتن قرار گرفته است. پودر زئولیت به عنوان یک ماده معدنی، توسط محققین به عنوان جایگزینی مناسب برای سیمان در بتن معمولی مورد توجه قرار دارد [4].

در کشور چین سالانه بیش از ۲۰۰ میلیون تن سیمان تولید می‌شود و به جای بیش از ۲۰ درصد وزن این سیمان تولیدی، زئولیت مخلوط می‌شود. در حال حاضر بیشترین مصرف زئولیت در کشور چین در صنعت تولید سیمان آمیخته می‌باشد. همچنین با توجه به گزارش موسسه تحقیقاتی ROSKI بزرگترین بازار آینده زئولیت در استفاده از آن به عنوان پوزولان به جای قسمتی یا تمام سیمان پرتلند مصرفی در بتن خواهد بود که از خواص مطلوب آن در بهبود خواص مکانیکی بتن گزارش می‌شود [5].

دوام بتن یکی از مهمترین مشخصه‌های آن است که باید در هنگام طراحی و ساخت بتن، تمهیدات لازمی برای تامین آن در نظر گرفته شود. علاوه بر آن، می‌بایست

همچنین افزایش سرعت کاهش مقاومت می‌شود. همچنین آزمایش‌هایی نیز بر روی مقاومت کششی بتن‌های حاوی سنگدانه بتن بازیافتی انجام دادند که نشان داده، اگرچه مقاومت کششی بتن‌های حاوی سنگدانه بتن بازیافتی کاهش پیدا می‌کند اما این کاهش به نسبت مقاومت فشاری کمتر است به طوری که در صورت جایگزینی ۱۰۰ درصد سنگدانه بتن بازیافتی به جای سنگدانه معمولی بدون افزودن پوزولان خاصی، حدود ۱۲ درصد مقاومت کششی کاهش پیدا می‌کند [8].

کارتوکسو و همکاران [9] در تحقیقاتی که بر روی بتن‌های حاوی مقادیر تا ۱۰۰ درصد سنگدانه بتن بازیافتی انجام دادند، نشان داده شد که بتن حاوی ۱۰۰ درصد سنگدانه ریز بتن بازیافتی در سن ۲۸ روز، ۲۰ تا ۲۵ درصد مقاومت فشاری کمتری نسبت به بتن معمولی با نسبت آب به سیمان و مقدار سیمان یکسان دارد.

نجیمی و همکاران [10] گزارش کردند که مقاومت فشاری بتن شامل ۱۵ و ۳۰ درصد ژئولیت در همه سنین از نمونه شاهد کمتر است. اگرچه درصد کاهش در سنین انتهایی (۳۶۵ روز) کمتر است، این امر می‌تواند به علت فعالیت پوزولانی باشد.

Vaičiukynienė, D و همکاران [11] در مقاله‌ای با عنوان سیمان اصلاح شده با مواد پوزولانی مشاهده کردند که ۵ درصد ژئولیت تاثیر مثبت بر روی مقاومت فشاری ملات سیمان سخت شده به علت فعالیت‌های پوزولانی ژئولیت و توسعه فاز هیدرو آلومینات در سخت شدگی فرآیند سیمان دارد.

بررسی دوام مطالعات گذشته

در مطالعات گذشته مربوط به دوام بتن، کارتوکسو و همکاران [9] در بررسی نفوذ یون کلراید در بتن‌های حاوی سنگدانه ریز بتن بازیافتی که در آن ۴۰ درصد از این سنگدانه استفاده شده است، به این نتیجه رسیدند که

با روش‌های مناسب علمی، طول عمر خدمت‌دهی سازه‌های مختلف بتنی، نحوه رفتار آن‌ها در شرایط مختلف محیطی، وجود خوردگی‌ها و تخریب‌های احتمالی و علل آنها و نحوه تعمیر و زمان انجام آنها مشخص شوند. خوردگی فولاد مدفون در داخل بتن بر اثر نفوذ یون کلراید و پیامدهای آن، یکی از مهمترین انواع خرابی‌های سازه‌های بتن مسلح است که بویژه به دلیل کثرت میزان آن، هر ساله خسارات بسیار زیادی را بر ابنیه بتنی وارد می‌کند. علی‌رغم تحقیقات فراوانی که در این زمینه صورت گرفته است، اما به دلیل اهمیت فنی و اقتصادی موضوع، هنوز هم بخش عمده‌ای از تحقیقات مربوط به دوام بتن در این زمینه انجام می‌گیرد. این موضوع در کشور ما نیز، به دلیل جدی بودن مسئله، به ویژه در مناطق حاشیه سواحل و جزایر خلیج فارس و دریای عمان، از اهمیت بیشتری برخوردار است.

عمر خدمت‌دهی طولانی مترادف با دوام در نظر گرفته می‌شود. از آنجا که دوام تحت یک مجموعه شرایط، لزوماً به معنای دوام تحت مجموعه شرایط دیگری نمی‌باشد، به همین دلیل متداول است که هنگام تعریف دوام اشاره‌ای کلی به محیط نیز بشود. بر طبق تعریف کمیته ۲۱۲ انستیتوی بتن آمریکا (ACI) [6]، دوام بتن سیمان پرتلند، به توانایی آن برای مقاومت در برابر عوامل هوازدگی، حمله شیمیایی، سایش، و یا هر فرآیندی که موجب آسیب دیدگی شود، گفته می‌شود. بنابراین، بتن با دوام، بتنی است که شکل اولیه، کیفیت و قابلیت خدمت‌دهی خود را در شرایط محیطی حفظ کند [7].

بررسی مشخصات مکانیکی مطالعات گذشته

در زمینه مشخصات مکانیکی ساینی و ژئول (۲۰۱۶) در تحقیقات خود نشان داده که استفاده از سنگدانه بتن بازیافتی در بتن موجب کاهش مقاومت فشاری و

مقاومت و دوام نسبت به بتن معمولی را به دنبال داشته است [8-14]. در این پژوهش، اثر توامان جایگزینی پوزولان ژئولیت و سنگدانه بازیافتی با درصد‌های بهینه، جهت استفاده از بتن‌های دوست‌دار محیط‌زیست با مشخصات مکانیکی و دوام بالا مورد بررسی قرار گرفته است.

برنامه آزمایش‌ها

برای این تحقیق آزمایشگاهی ۱۴ طرح اختلاط به شرح زیر ساخته شده‌اند:

۱. نمونه شاهد با سنگدانه‌های طبیعی و فاقد ژئولیت (C).
۲. نمونه شاهد با سنگدانه‌های طبیعی همراه با ۱۰ درصد ژئولیت (Z).
۳. نمونه با ۱۵ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی ریزدانه فاقد ژئولیت (F15).
۴. نمونه با ۱۵ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی ریزدانه همراه با ۱۰ درصد ژئولیت (F15Z).
۵. نمونه با ۳۰ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی ریزدانه فاقد ژئولیت (F30).
۶. نمونه با ۳۰ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی ریزدانه همراه با ۱۰ درصد ژئولیت (F30Z).
۷. نمونه با ۱۵ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی درشت‌دانه فاقد ژئولیت (C15).
۸. نمونه با ۱۵ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی درشت‌دانه همراه با ۱۰ درصد ژئولیت (C15Z).
۹. نمونه با ۳۰ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی درشت‌دانه فاقد ژئولیت (C30).
۱۰. نمونه با ۳۰ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی درشت‌دانه همراه با ۱۰ درصد ژئولیت (C30Z).
۱۱. نمونه با ۱۵ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی ریزدانه و درشت‌دانه فاقد ژئولیت (T15).
۱۲. نمونه با ۱۵ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی ریزدانه و درشت‌دانه همراه با ۱۰ درصد ژئولیت

بتن حاوی ۴۰ درصد ریزدانه بازیافتی به دلیل افزایش اجباری آب در ساخت بتن، افزایش تخلخل و افزایش نفوذ پذیری دارد و در نتیجه بتن ساخته شده عملکرد قابل قبولی در برابر نفوذ کلر نشان نداد.

سمن و همکاران [12] عمق نفوذ یون کلراید بتن غوطه‌ور در محلول کلراید سدیم ۳٪ را بررسی نمودند. این نتایج نشان دادند که بتن بازیافتی بدون پوزولان مقاومت کمتری در برابر نفوذ یون کلراید نسبت به بتن با سنگدانه طبیعی داشته است، زیرا حجم خلل و فرج در بتن‌های بازیافتی بیشتر از بتن با سنگدانه طبیعی بوده است. علاوه بر این به این نتیجه رسیدند که یون‌های کلراید نیز می‌توانند از طریق ناحیه انتقال بین ملات چسبیده و سنگدانه خرد شده قدیمی نفوذ کنند.

Nagrockiene و همکار [13] در سال گزارش دادند که مقاومت در برابر یخ زدن و ذوب شدن بتن حاوی ۱۰٪ ژئولیت طبیعی ۳/۳ برابر بیشتر از نمونه شاهد است.

اسکندری و همکاران [14] در سال افزایش مقاومت در برابر نفوذ یون کلر و افزایش مقاومت الکتریکی را در بتن دارای ۱۰ درصد ژئولیت در سنین ۲۸ و ۹۰ روز مشاهده کردند.

هدف این تحقیق، بررسی اثر استفاده توام ژئولیت و سنگدانه بازیافتی به عنوان جایگزین درصدی از سنگدانه مورد نیاز، بر مشخصات مکانیکی و دوام بتن می‌باشد. برای بررسی مشخصات مکانیکی از آزمایش مقاومت فشاری و مقاومت کششی دو نیم شدن و در بررسی دوام از آزمایش‌های نفوذ تسریع شده یون کلر و مقاومت ویژه الکتریکی نمونه‌های بتنی استفاده شده است.

طبق مطالعات گذشته، درصد بهینه ژئولیت در بتن ۱۰٪ جایگزینی سیمان و برای سنگدانه بازیافتی تا ۳۰ درصد جایگزینی با سنگدانه‌های طبیعی، کمترین کاهش

جزئیات طرح‌های اختلاط و مشخصات بتن تازه را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه افزودن ژئولیت موجب کاهش کارایی بتن می‌شود برای جبران این مشکل و نزدیک شدن اسلامپ بتن‌های حاوی ژئولیت به اسلامپ بتن‌های دیگر از ابرروان‌کننده استفاده شده است.

جدول ۱ مشخصات فیزیکی سنگدانه‌ها

نوع سنگدانه	درصد جذب آب	چگالی اشباع با سطح خشک (kg/m^3)	حداکثر قطر سنگدانه (mm)
ماسه	۲/۱۹	۲۴۶۷	۴/۷۵
شن	۰/۷۰	۲۷۰۰	۱۹

جدول ۲ مشخصات فیزیکی و شیمیایی سیمان و ژئولیت

ترکیبات شیمیایی (%) و فیزیکی	سیمان	ژئولیت
SiO_2	۲۰/۷	۶۶,۹
Al_2O_3	۴/۷	۱۱,۶
Fe_2O_3	۴/۱	۱,۰۲
CaO	۶۳/۸	۱,۲
SO_3	۲/۳	-
MgO	۱/۳	۱,۲۶
Na_2O_3	۰/۴	۲,۳۶
K_2O	۰/۶	۲,۶
LOi	۲/۲	۱۲,۶
وزن مخصوص (kg/m^3)	۳۱۰۰	۲۲۰۰
بلین (cm^2/g)	۳۰۸۰	۱۸۰۰

مشخصات مکانیکی بتن

در این بخش نتایج آزمایش‌های مقاومت فشاری و کششی بتن (۷، ۲۸ و ۵۶ روز) بر روی نمونه‌های استوانه‌ای به ابعاد 20×10 سانتی‌متر مورد بررسی قرار می‌گیرند.

(T15Z)

۱۳. نمونه با ۳۰ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی ریزدانه و درشت‌دانه فاقد ژئولیت (T30).

۱۴. نمونه با ۳۰ درصد وزنی جایگزینی سنگدانه بازیافتی ریزدانه و درشت‌دانه همراه با ۱۰ درصد ژئولیت (T30Z).

مصالح مصرفی

شن مورد استفاده در این آزمایش با حداکثر بعد ۱۹ میلیمتر و چگالی ۲۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب از نوع شکسته کوهی (شهر قم) است. همچنین ماسه مصرفی از رودخانه شهر قم و چگالی ۲۴۶۷ کیلوگرم بر متر مکعب است. دانه بندی سنگدانه استفاده شده براساس استاندارد ASTM C29-11 [15] است که مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول (۱) آمده است. ریزدانه و درشت دانه بازیافتی مورد استفاده، از ضایعات آزمایشگاه‌های بتن شهر قم بوده که به صورت دستی شکسته شده‌اند. دانه‌بندی این مصالح بازیافتی به طور کامل منطبق بر دانه‌بندی و مشخصات سنگدانه طبیعی (فاز ریزدانه و درشت دانه) می‌باشد. ابر روان کننده (فوق روان کننده) استفاده شده در تحقیق حاضر از نوع پلی کربوکسیلات می‌باشد که براساس کارایی مدنظر بتن، مورد استفاده قرار گرفته است. آب مورد استفاده در این آزمایش‌ها نیز آب لوله‌کشی شهر قم بوده است.

سیمان مورد استفاده در این تحقیق، سیمان پرتلند معمولی تیپ ۲ براساس استاندارد ASTM C150-11 [16] می‌باشد. همچنین ژئولیت مورد استفاده از کارخانه بینالود بوده است که مشخصات فیزیکی و شیمیایی آنها در جدول (۲) ارائه شده است.

طرح اختلاط

طرح اختلاط‌های بتن مورد آزمایش در این تحقیق مطابق آئین‌نامه ACI 211.1-91 [17] بوده است. جدول (۳)

جدول ۳ طرح اختلاط (Kg/m^3)

شماره طرح	نام طرح	سیمان	نسبت آب به مواد سیمانی	ابر روان کننده (%)	شن	ماسه	سنگدانه بازیافتی درشت دانه	سنگدانه بازیافتی ریزدانه	زئولیت	اسلامپ (mm)	وزن مخصوص بتن تازه
۱	C	۴۲۵	۰/۴۵	۰	۶۹۰	۱۰۳۶	۰	۰	۰	۹۱	۲۳۵۶
۲	Z	۳۸۲	۰/۴۵	۰/۸	۶۸۷	۱۰۲۷	۰	۰	۴۳	۱۴۰	۲۳۴۱
۳	F15	۴۲۵	۰/۴۵	۰	۶۸۷	۸۷۱	۰	۱۵۲	۰	۹۲	۲۳۴۵
۴	F15Z	۳۸۲	۰/۴۵	۰/۵	۶۷۹	۸۶۷	۰	۱۴۰	۴۳	۱۲۰	۲۳۲۸
۵	F30	۴۲۵	۰/۴۵	۰	۶۸۱	۷۱۳	۰	۳۵۳	۰	۱۲۸	۲۳۳۵
۶	F30Z	۳۸۲	۰/۴۵	۰/۲۵	۶۷۴	۷۰۹	۰	۲۷۶	۴۳	۱۱۰	۲۳۱۶
۷	C15	۴۲۵	۰/۴۵	۰/۲۵	۶۲۶	۱۱۱۳	۸۵	۰	۰	۱۷۰	۲۴۶۵
۸	C15Z	۳۸۲	۰/۴۵	۰/۵	۵۸۱	۱۰۳۲	۱۰۰	۰	۴۳	۱۲۰	۲۳۳۰
۹	C30	۴۲۵	۰/۴۵	۰	۵۵۰	۱۱۸۸	۱۸۱	۰	۰	۱۴۵	۲۵۹۰
۱۰	C30Z	۳۸۲	۰/۴۵	۰/۵	۴۷۸	۱۰۴۶	۱۹۹	۰	۴۳	۱۴۰	۲۳۲۳
۱۱	T15	۴۲۵	۰/۴۵	۰/۲۵	۵۸۳	۸۶۶	۱۰۰	۱۳۹	۰	۱۳۵	۲۳۳۳
۱۲	T15Z	۳۸۲	۰/۴۵	۰/۷	۵۷۵	۸۶۵	۹۹	۱۳۸	۴۳	۱۴۰	۲۳۱۸
۱۳	T30	۴۲۵	۰/۴۵	۰/۱۵	۴۷۳	۷۰۴	۱۹۷	۲۷۵	۰	۱۳۵	۲۳۱۱
۱۴	T30Z	۳۸۲	۰/۴۵	۰/۵	۴۶۸	۷۰۳	۱۹۵	۲۷۲	۴۳	۱۲۰	۲۲۹۶

آزمایش مقاومت فشاری

در این تحقیق آزمایش مقاومت فشاری در سنین ۷، ۲۸ و ۵۶ روز بر اساس ASTM C39-11 [18] انجام شده و نتایج آن در جدول (۴) ارائه شده است.

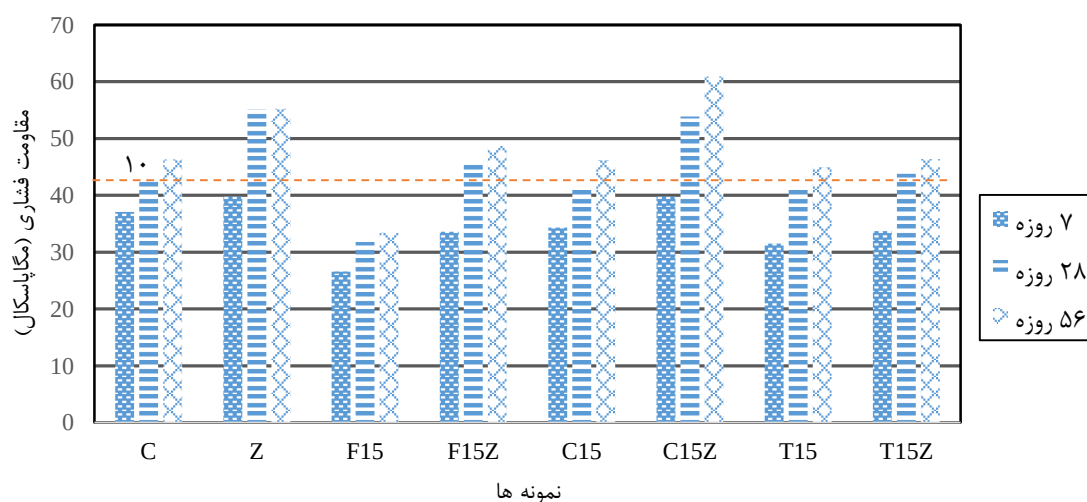
شکل (۱)، مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد سنگدانه بازیافتی را با نمونه‌های شاهد (بتن معمولی و بتن با ۱۰ درصد زئولیت) مقایسه می‌کند. همانطور که از شکل مشخص است، در سنین بالا (۲۸ و ۵۶ روز) مقاومت فشاری بتن حاوی ۱۰ درصد زئولیت (Z) حدود ۳۰ درصد بیشتر از بتن معمولی (C) می‌باشد. در مورد بتن‌های حاوی ۱۵ درصد درشت‌دانه بازیافتی در سن ۲۸ روز نمونه C15 کاهش مقاومت ناچیزی نسبت به بتن معمولی داشته است. اما با افزودن زئولیت به آن (نمونه C15Z) افزایش ۲۵ درصدی نسبت به بتن معمولی مشاهده شده است.

با بررسی نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد ریزدانه بازیافتی، نمونه F15 کاهش ۲۵ درصدی مقاومت فشاری نسبت به بتن معمولی را به همراه داشته است. با افزودن زئولیت به این نمونه (F15Z)، ۶ درصد افزایش نسبت به بتن معمولی به دست آمده است. در مورد نمونه‌های با ۱۵ درصد ترکیب ریزدانه و درشت‌دانه بازیافتی، نمونه T15 کاهش مقاومت فشاری ناچیزی نسبت به بتن معمولی داشته است. با افزودن پوزولان زئولیت به این نمونه (T15Z) مقاومت فشاری آن تقریباً به بتن معمولی نزدیک شده است. نتایج مربوط به مخلوط‌های حاوی ۳۰ درصد سنگدانه بازیافتی در شکل (۲) نشان داده شده است. برای نمونه با ۳۰ درصد درشت‌دانه بازیافتی (C30) در سن ۲۸ روز نسبت به بتن معمولی ۱۵ درصد کاهش داشته است. با جایگزینی ۱۰ درصد زئولیت با سیمان (نمونه C30Z)

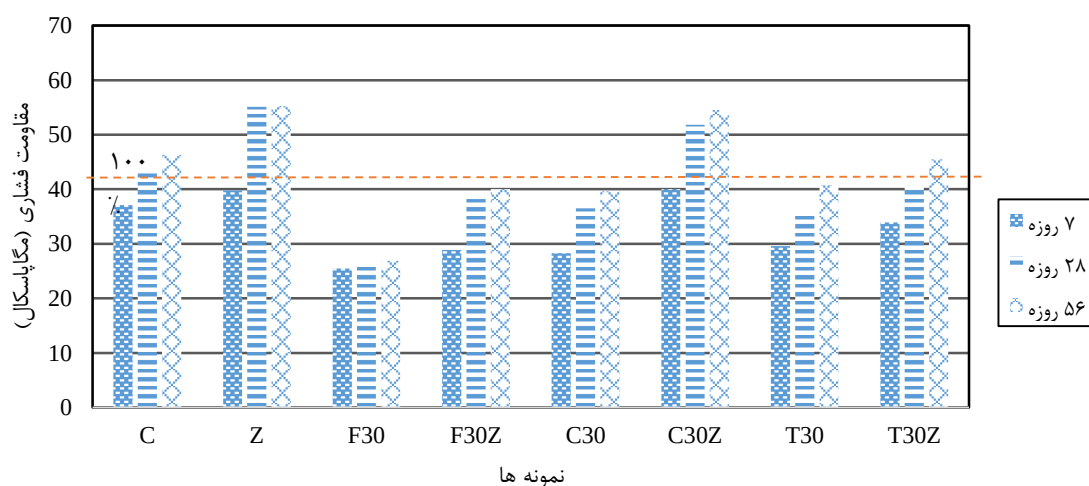
جدول ۴ نتایج آزمایش مقاومت فشاری

طرح	مقاومت فشاری (مگاپاسکال)		
	روزه ۷	روزه ۲۸	روزه ۵۶
C	۳۷,۱	۴۲,۹	۴۶,۳
Z	۳۹,۸	۵۵,۱	۵۵,۲
F15	۲۶,۶	۳۱,۸	۳۳,۴
F15Z	۳۳,۶	۴۵,۶	۴۸,۷
F30	۲۵,۵	۲۶,۳	۲۶,۹
F30Z	۲۸,۹	۳۸,۲	۴۰,۰
C15	۳۴,۳	۴۱,۵	۴۶,۲
C15Z	۳۹,۸	۵۳,۹	۶۰,۹
C30	۲۸,۳	۳۶,۵	۳۹,۶
C30Z	۴۰,۰	۵۱,۸	۵۴,۵
T15	۳۱,۵	۴۱,۵	۴۵,۰
T15Z	۳۳,۷	۴۳,۸	۴۶,۴
T30	۲۹,۶	۳۵,۲	۴۰,۸
T30Z	۳۳,۹	۴۰,۶	۴۵,۵

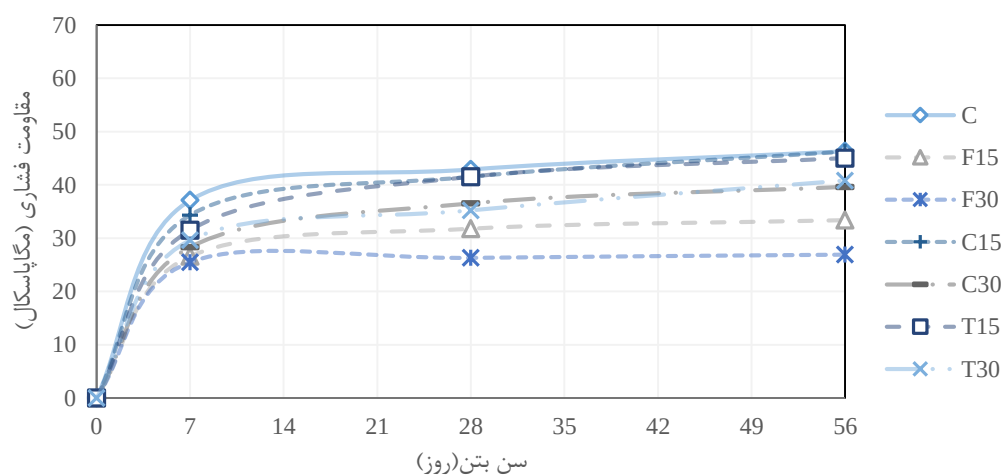
حدود ۲۰ درصد افزایش مقاومت فشاری نسبت به بتن معمولی مشاهده شده است. برای نمونه با ۳۰ درصد ریزدانه بازیافتی (F30) کاهش ۳۸ درصدی مقاومت فشاری به همراه داشته است. با اضافه کردن ژئولیت به این نمونه (F30Z) مقاومت فشاری تا حدی به بتن معمولی نزدیک شده است؛ برای نمونه‌های با ۳۰ درصد ریزدانه و درشت‌دانه بازیافتی (T30) در سن ۲۸ روز، کاهش ۱۸ درصدی مشاهده شده است. از طرفی نمونه T30Z نسبت به بتن معمولی ۵ درصد کاهش داشته است. شکل‌های (۳) و (۴) به ترتیب نمودار رشد مقاومت فشاری نمونه‌های بازیافتی و بتن‌های حاوی ژئولیت مورد آزمایش را نشان می‌دهند. همانطور که از شکل‌ها مشخص است در نمونه‌های حاوی سنگدانه بازیافتی با افزایش درصد جایگزینی سنگدانه‌ها کاهش مقاومت فشاری را به همراه داشته است. وجود ملات ماسه و سیمان بر روی سنگدانه‌های بازیافتی و اثرات منفی بر روی مشخصات سنگدانه‌ها عامل اصلی این کاهش مقاومت می‌باشد.



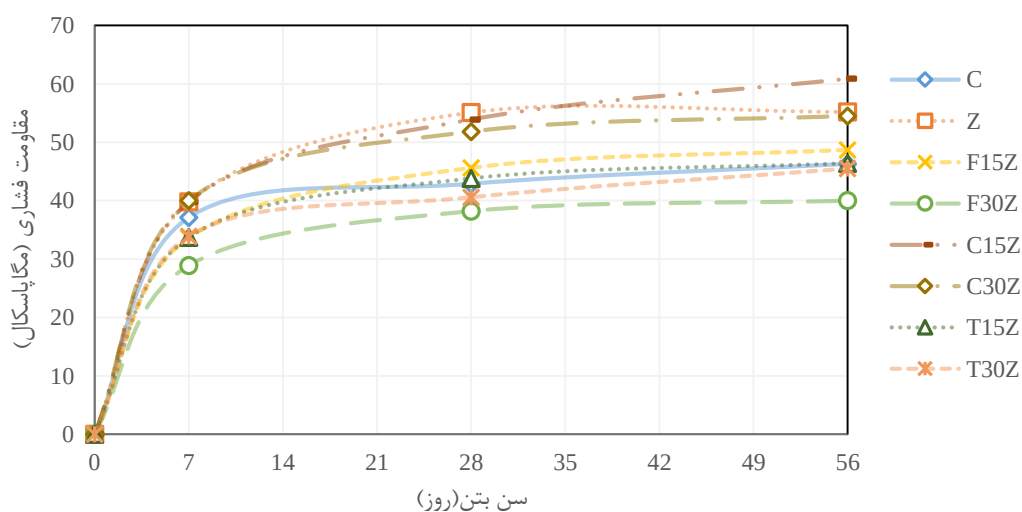
شکل ۱ مقایسه مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد سنگدانه بازیافتی با نمونه‌های کنترل



شکل ۲ مقایسه مقاومت فشاری نمونه های حاوی ۳۰ درصد سنگدانه بازیافتی با نمونه های کنترل



شکل ۳ مقاومت فشاری نمونه های بازیافتی مورد آزمایش



شکل ۴ مقاومت فشاری نمونه های حاوی زئولیت

نتایج مقاومت کششی مربوط به مخلوط‌های حاوی ۳۰ درصد سنگدانه بازیافتی در شکل (۶) نشان داده شده است. برای نمونه با ۳۰ درصد درشت دانه بازیافتی (C30) در سن ۲۸ روز نسبت به بتن معمولی، ۱۵ درصد افزایش داشته است. با جایگزینی ۱۰ درصد ژئولیت با سیمان (نمونه C30Z)، حدود ۳۵ درصد افزایش مقاومت کششی نسبت به بتن معمولی مشاهده شده است. برای نمونه با ۳۰ درصد ریزدانه بازیافتی (F30) مقاومت تقریباً یکسانی در کشش، نسبت به بتن معمولی به همراه داشته است. با اضافه کردن ژئولیت به این نمونه (F30Z) مقاومت کششی، ۱۵ درصد از بتن معمولی بیشتر شده است؛ در نمونه‌های با ۳۰ درصد ریزدانه و درشت‌دانه بازیافتی (T30) در سن ۲۸ روز، کاهش ۶ درصدی در مقاومت کششی شکافتنی مشاهده شده است. مقاومت کششی نمونه T30Z نسبت به بتن معمولی، ۵ درصد افزایش داشته است.

جدول ۵ نتایج آزمایش مقاومت کششی شکافتنی

مقاومت کششی شکافتنی (مگاپاسکال)	طرح		
	۷ روزه	۲۸ روزه	۵۶ روزه
C	۲,۸	۳,۱	۳,۳
Z	۳,۰	۴,۰	۴,۲
F15	۲,۶	۳,۵	۴,۰
F15Z	۳,۳	۳,۶	۴,۱
F30	۲,۹	۳,۲	۳,۴
F30Z	۳,۱	۳,۵	۳,۴
C15	۳,۳	۳,۶	۳,۹
C15Z	۳,۴	۴,۴	۴,۷
C30	۳,۰	۳,۵	۳,۵
C30Z	۳,۸	۴,۲	۴,۲
T15	۲,۶	۳,۱	۳,۲
T15Z	۲,۹	۳,۸	۴,۳
T30	۲,۵	۲,۹	۳,۱
T30Z	۲,۶	۳,۳	۴,۰

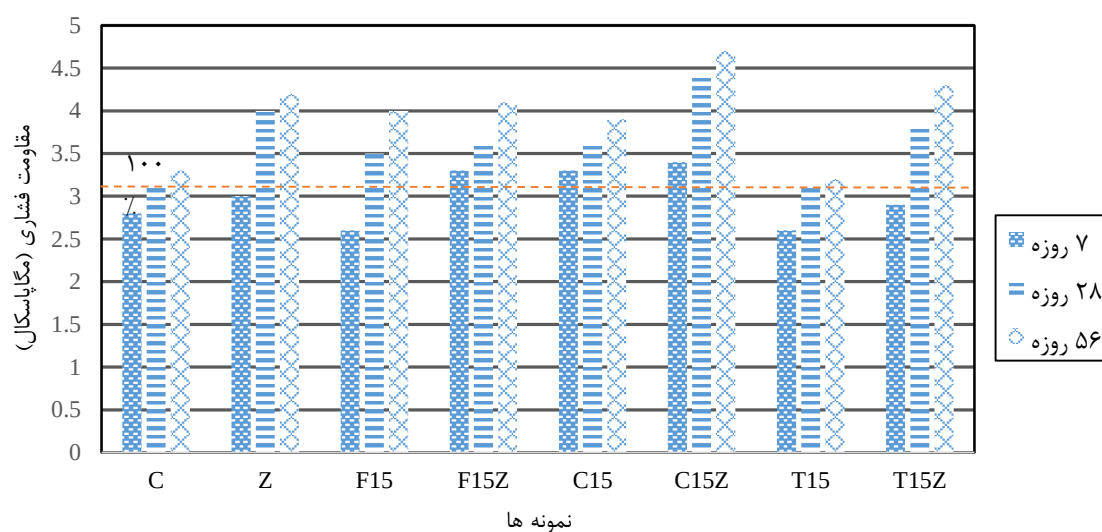
در نمونه‌های حاوی ژئولیت، با افزایش سن مقاومت فشاری افزایش قابل توجهی داشته است؛ به طوری که در نمونه‌های بازیافتی با افزودن ژئولیت ضعف بتن‌های بازیافتی با وجود سنگدانه‌های بازیافتی را جبران کرده است. واکنش پوزولانی سیمان و ژئولیت باعث افزایش مقاومت و جبران این ضعف بتن شده است.

آزمایش مقاومت کششی شکافتنی

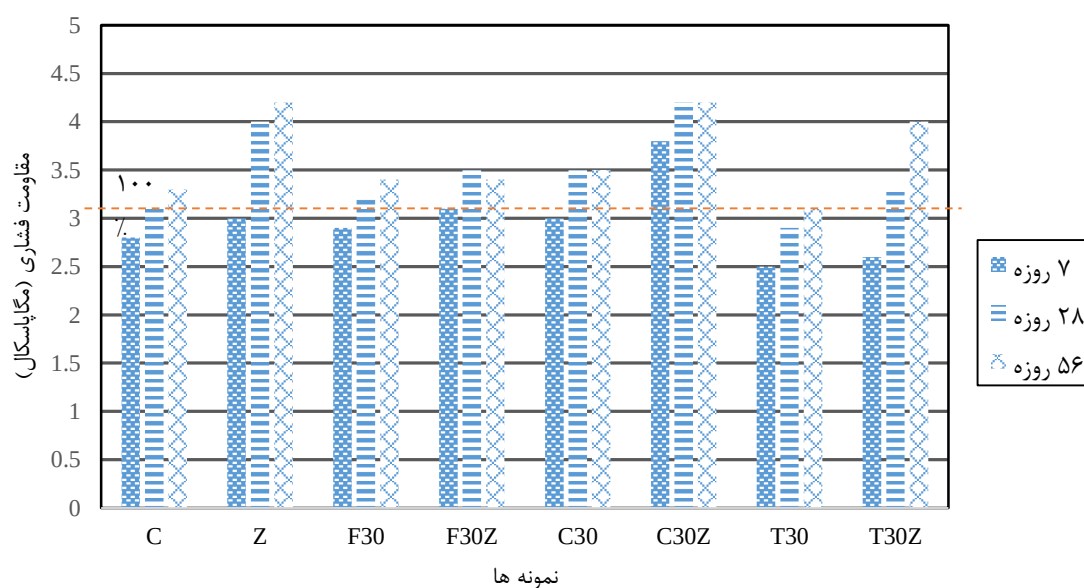
برای ارزیابی مقاومت کششی بتن به طور کلی از سه روش: ۱. آزمایش کشش مستقیم، ۲. آزمایش کشش دو نیم شدن استوانه (شکافتنی)، ۳. آزمایش کشش حاصل از خمش استفاده می‌شود. نتایج این تحقیق از آزمون کشش دو نیم شدن شکافتنی براساس استاندارد-ASTM C496 11 [19] بر روی نمونه‌های مختلف بتن در سنین ۷، ۲۸ و ۵۶ روز به دست آمده است. در جدول (۵) نتایج آزمایش مقاومت کششی شکافتنی مذکور نمونه‌ها ارائه شده‌اند.

شکل (۵) مقاومت کششی نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد سنگدانه بازیافتی را با نمونه‌های شاهد مقایسه می‌کند. همانطور که از شکل مشخص است، در سن ۲۸ روز مقاومت کششی بتن حاوی ۱۰ درصد ژئولیت (Z) حدود ۳۰ درصد بیشتر از بتن معمولی (C) می‌باشد. در مورد بتن‌های حاوی ۱۵ درصد درشت‌دانه بازیافتی نمونه C15 افزایش مقاومت کششی ۱۵ درصدی نسبت به بتن معمولی داشته است. با افزودن ژئولیت به آن (نمونه C15Z) این افزایش به ۴۰ درصد رسیده است. با بررسی نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد ریزدانه بازیافتی، نمونه‌های F15 و F15Z نسبت به بتن C، حدود ۱۵ درصد افزایش داشته‌اند.

در مورد نمونه‌های با ۱۵ درصد ترکیب ریزدانه و درشت‌دانه بازیافتی، نمونه T15 مقاومت کششی یکسانی نسبت به بتن معمولی داشته است، اما با افزودن پوزولان ژئولیت به این نمونه (T15Z)، مقاومت کششی آن ۶ درصد نسبت به بتن معمولی افزایش پیدا کرده است.



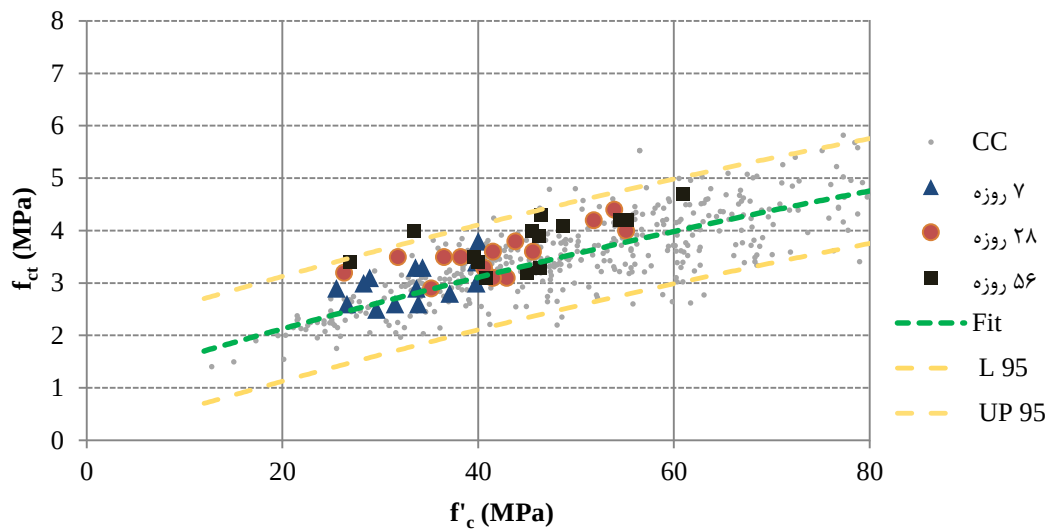
شکل ۵ مقایسه مقاومت کششی نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد سنگدانه بازیافتی با نمونه‌های کنترل



شکل ۶ مقایسه مقاومت کششی نمونه‌های حاوی ۳۰ درصد سنگدانه بازیافتی با نمونه‌های کنترل

Minitab 17.1.0 [21] بر روی این داده‌ها منحنی‌های کران پایین و بالای ۹۵ درصد ترسیم شده است. بررسی‌های آماری نشان می‌دهند که ۹۸٪ داده‌های مقاومت کششی بتن بازیافتی، در محدوده ۹۵٪ داده‌های بتن معمولی قرار دارند.

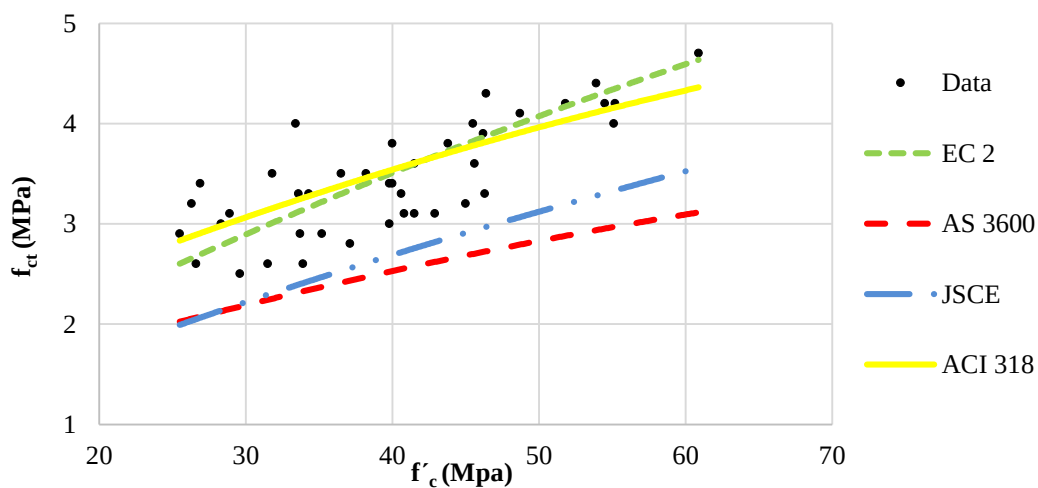
مقایسه مقاومت کششی شکافتنی تحقیق حاضر با بانک داده‌های مطالعات انجام شده گذشته. شکل (۷) نتایج حاصل از آزمایش‌های مقاومت کششی شکافتنی بتن با سنگدانه‌های بازیافتی را با انبوه داده‌های مطالعات انجام شده گذشته بتن معمولی مقایسه می‌کند [20]. با تحلیل‌های آماری (رگرسیون غیرخطی) و با استفاده از نرم‌افزار



شکل ۷ مقایسه مقاومت کششی بتن سنگدانه بازیافتی با بانک داده‌های بتن معمولی [20]

جدول ۶ روابط مقاومت کششی آیین نامه های مختلف

رابطه	آیین نامه
$f_{ct} = 0.56(f'_c)^{0.5}$	ACI 318 [22]
$f_{ct} = 0.3(f'_c)^{\frac{2}{3}}$	EC 2[23]
$f_{ct} = 0.4(f'_c)^{0.5}$	AS 3600 [24]
$f_{ct} = 0.23(f'_c)^{\frac{2}{3}}$	JSCE[25]



شکل ۸ مقایسه نتایج مقاومت کششی بتن بازیافتی با روابط آیین نامه ها

ژاپن [25] مقایسه می‌شود. جدول (۶) روابط مقاومت کششی شکافتنی آیین‌نامه‌های مختلف دنیا را نشان می‌دهد.

مقایسه مقاومت کششی بتن بازیافتی با روابط آیین‌نامه‌ها. در این بخش، مقاومت کششی دو نیم شدن (Tensile splitting strength)، با روابط آیین‌نامه‌های معتبر دنیا، نظیر آمریکا [22]، اروپا [23]، استرالیا [24] و

در شکل (۱۰) تاثیر کاربرد توام زئولیت و سنگدانه بتن بازیافتی بر مقاومت ویژه الکتریکی مخلوط های بتن نشان داده شده است. همانطور که در شکل (۱۰) مشاهده می شود، مقاومت ویژه الکتریکی مخلوط بتن Z نسبت به بتن C، در سن ۲۸ روز، ۱/۸ برابر شده است. در بتن های با جایگزینی ریزدانه بازیافتی، بتن F15Z و F30Z در سن ۲۸ روز به ترتیب ۶۴ و ۳۴ درصد افزایش مقاومت ویژه الکتریکی نسبت به بتن معمولی داشته اند. در بخش جایگزینی درشت دانه بازیافتی، بتن های C15Z و C30Z به ترتیب ۷۷ و ۵۵ درصد افزایش نسبت به بتن C مشاهده شده است. همچنین برای نمونه های ریزدانه و درشت دانه بازیافتی، یعنی نمونه های T15Z و T30Z نیز، نسبت به بتن معمولی به ترتیب افزایش ۱۰۶ و ۵۰ درصدی داشته اند.

جدول ۷ نتایج آزمایش مقاومت ویژه الکتریکی

طرح	مقاومت الکتریکی در سنین مختلف (کیلو اهم سانتی متر)		
	۷ روزه	۲۸ روزه	۵۶ روزه
C	۷,۰	۸,۱	۹,۰
Z	۶,۵	۱۴,۸	۱۹,۹
F15	۶,۷	۷,۵	۸,۰
F15Z	۵,۶	۱۳,۲	۱۵,۹
F30	۴,۹	۵,۶	۵,۸
F30Z	۵,۰	۱۰,۹	۱۲,۶
C15	۵,۷	۶,۹	۷,۵
C15Z	۵,۸	۱۴,۴	۱۸,۸
C30	۵,۱	۶,۰	۶,۸
C30Z	۵,۹	۱۲,۶	۱۷,۳
T15	۵,۵	۷,۰	۷,۴
T15Z	۷,۴	۱۶,۷	۲۲,۵
T30	۵,۰	۶,۳	۶,۷
T30Z	۵,۳	۱۲,۳	۱۵,۵

با توجه به شکل (۸) در بتن های بازیافتی مورد آزمایش، با ترسیم نمودار مقاومت کششی آیین نامه ها نسبت به مقاومت فشاری، روابط آیین نامه های استرالیا و ژاپن برای ۱۰۰ درصد داده های آزمایشگاهی محافظه کارانه می باشند (۱۰۰ درصد داده های آزمایشگاهی، مقادیر مقاومت کششی بالاتری نسبت به روابط آیین نامه ها دارند). حدود ۵۰ درصد داده ها مقادیر کمتری نسبت به آیین نامه های آمریکا و اروپا داشته اند.

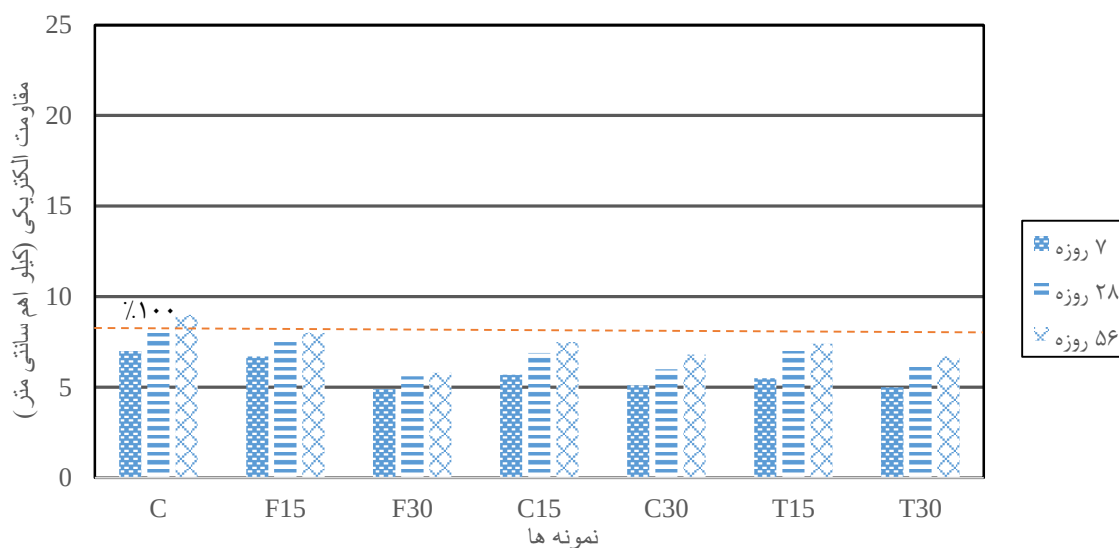
دوام

آزمایش مقاومت ویژه الکتریکی بتن

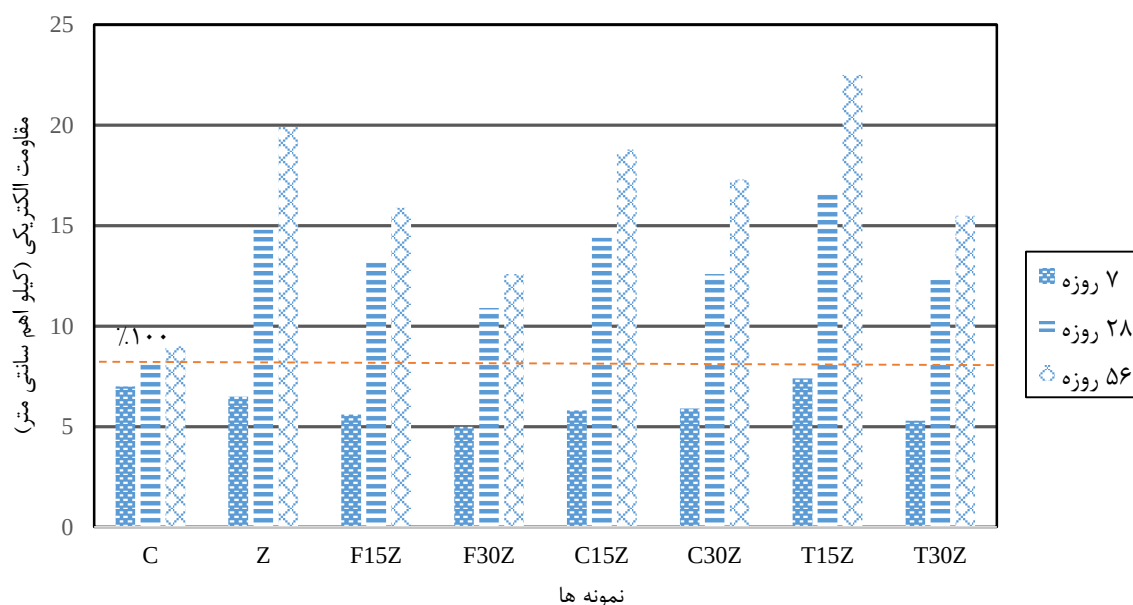
با توجه به اینکه فرآیند خوردگی میلگرد فولادی در بتن یک فرآیند الکتروشیمیایی می باشد، لذا مقاومت ویژه الکتریکی بتن نقش قابل توجهی در میزان خوردگی دارد و می توان انتظار داشت که بتن های با مقاومت ویژه الکتریکی بالاتر عملکرد بهتری در خصوص کاهش میزان خوردگی میلگردهای فولادی از خودشان نشان می دهند. در این تحقیق آزمایش مقاومت ویژه الکتریکی بر روی نمونه های استوانه ای به ابعاد ۲۰×۱۰ سانتی متر و در سنین ۷، ۲۸ و ۵۶ روز بر اساس استاندارد AASHTO T358-15 [26] انجام شده و نتایج آن در جدول (۷) ارائه شده است.

نتایج تاثیر سنگدانه بتن بازیافتی بر مقاومت ویژه الکتریکی بتن و مقایسه آن با بتن شاهد C در شکل (۹) ارائه شده است. در حالت استفاده از ریزدانه، برای نمونه های F15 و F30 در سن ۲۸ روز به ترتیب ۷ و ۳۰ درصد کاهش مقاومت ویژه الکتریکی نسبت به بتن معمولی مشاهده شده است. برای فاز درشت دانه بازیافتی نمونه های C15 و C30 به ترتیب ۱۴ و ۲۵ درصد کاهش نسبت به بتن C داشته اند.

در بخش بتن های بازیافتی ریزدانه و درشت دانه، برای نمونه های T15 و T30 به ترتیب حدود ۱۳ و ۲۲ درصد کاهش نسبت به بتن معمولی مشاهده شده است.



شکل ۹ نتایج آزمایش مقاومت ویژه الکتریکی نمونه های بازیافتی



شکل ۱۰ نتایج آزمایش مقاومت ویژه الکتریکی نمونه های حاوی زئولیت

آزمایش نفوذ تسریع شده یون کلراید (RCMT)

در آزمایش RCMT که طبق استاندارد AASHTO TP 64-03 [27] و NT-BUILD492 [28] انجام گرفته است، عمق نفوذ یون کلر به داخل نمونه بتنی را تحت اختلاف ولتاژ الکتریکی اندازه گیری و میزان نفوذ یون

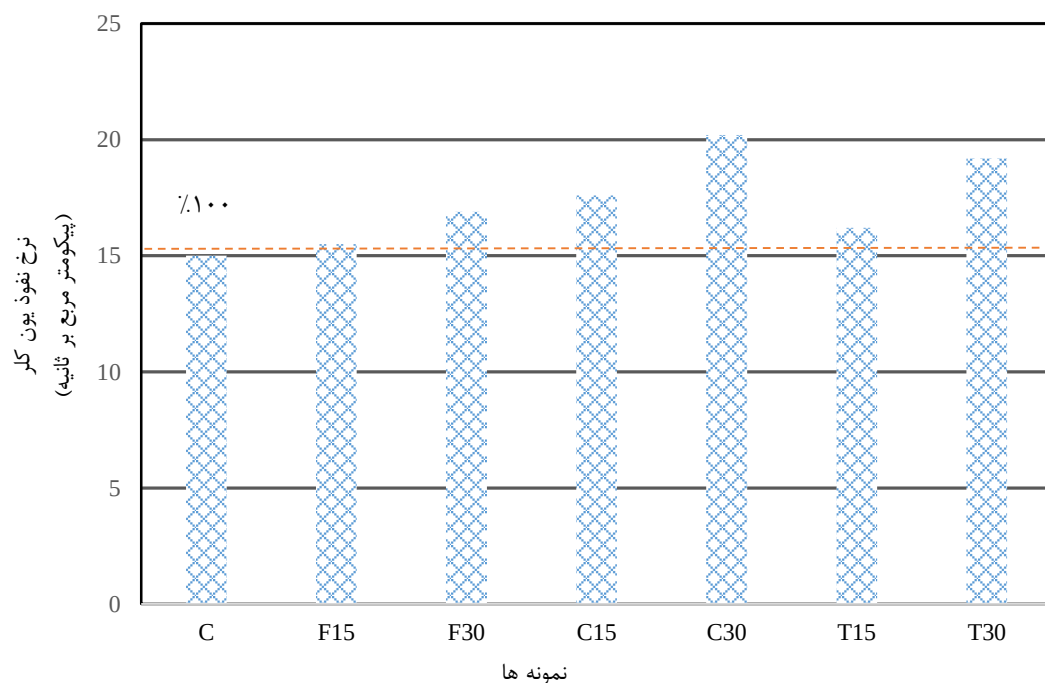
کلر به داخل بتن محاسبه می گردد. بدیهی است که مقادیر بالاتر میزان نفوذ یون کلر نشانگر عملکرد ضعیف تر آن بتن در برابر نفوذ یون کلر می باشد. نتایج آزمایش RCMT نمونه ها، با توجه به اهمیت تخریبی یون کلر در سنین بالای بتن، برای سن ۵۶ روز در جدول (۸) ارائه شده است.

جدول ۸ نتایج آزمایش نفوذ یون کلر (RCMT)

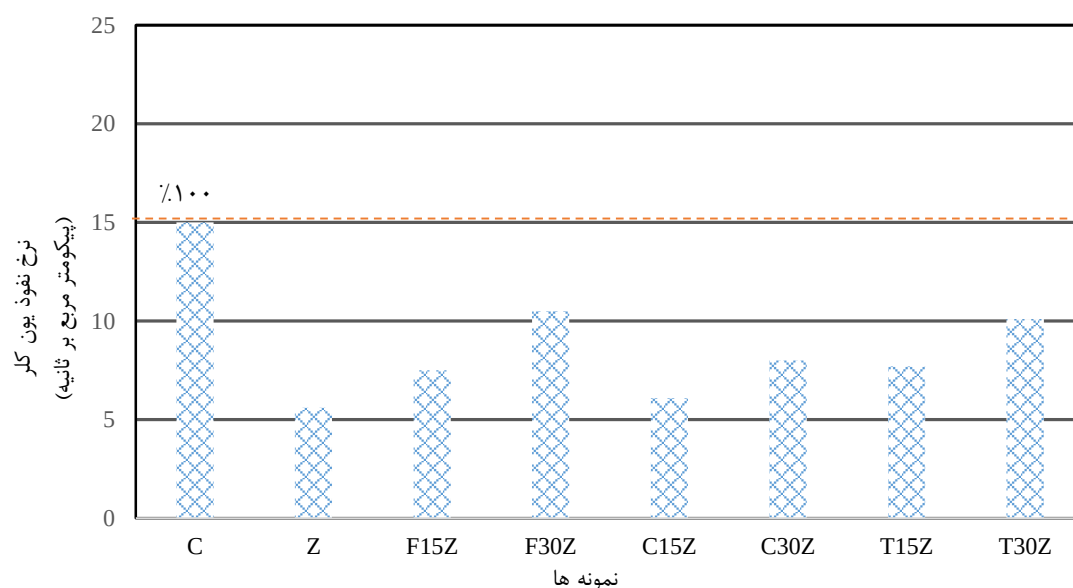
نرخ نفوذ یون کلر در بتن (پیکو متر مربع بر ثانیه)	طرح
۵۶ روزه	
۱۵,۰	C
۵,۶	Z
۱۵,۵	F15
۷,۵	F15Z
۱۶,۹	F30
۱۰,۵	F30Z
۱۷,۶	C15
۶,۱	C15Z
۲۰,۲	C30
۸,۰	C30Z
۱۶,۲	T15
۷,۷	T15Z
۱۹,۲	T30
۱۰,۱	T30Z

جهت امکان بررسی بهتر تاثیر کاربرد سنگدانه بتن بازیافتی و ژئولیت بر روی ضریب نفوذ یون کلر در بتن، نتایج آزمایش RCMT بصورت نمودار در شکل‌های (۱۱) و (۱۲) ارائه شده‌اند. شکل (۱۱) مقادیر نرخ نفوذ یون کلر برای نمونه بتن‌های ساخته شده از سنگدانه بازیافتی را نشان می‌دهد. در شکل (۱۱) مشخص است، در سن ۲۸ روز با کاربرد سنگدانه بازیافتی در بتن ریزدانه بازیافتی در درصدهای جایگزینی ۱۵ و ۳۰ (F30, F15) نسبت به بتن معمولی، به ترتیب ۳ و ۱۳ درصد افزایش یافته است.

در حالت استفاده از درشت‌دانه (C30, C15)، با همین درصدهای جایگزینی به ترتیب ۱۷ و ۳۵ درصد افزایش نرخ نفوذ و در بخش بتن‌های ریزدانه و درشت‌دانه بازیافتی (T30, T15) نسبت به بتن معمولی به ترتیب ۸ تا ۲۸ درصد افزایش نرخ نفوذ داشته‌اند.



شکل ۱۱ بررسی سنگدانه بازیافتی بر نرخ نفوذ یون کلر در سن ۵۶ روز



شکل ۱۲ بررسی تاثیر توام ژئولیت و سنگدانه بازیافتی بر نرخ نفوذ یون کلر در سن ۵۶ روز

بررسی رابطه نتایج مقاومت ویژه الکتریکی و نتایج نفوذ یون کلر (RCMT)

همانطور که در نتایج آزمایش های مقاومت ویژه الکتریکی و نفوذ یون کلر پیداست، نمونه هایی که مقاومت ویژه الکتریکی بالاتری داشتند، میزان نفوذ یون کلر در آنها کمتر بوده است. با افزایش مقاومت ویژه الکتریکی، نفوذ یون کلر کاهش یافته است. این نتایج، همخوانی آزمایش مقاومت الکتریکی و نفوذ یون کلر را تایید می کند. با توجه به نتایج و نمودارهایی که در بخش های قبلی ارائه شد، بیشترین مقاومت ویژه الکتریکی و کمترین مقدار نفوذ یون کلر مربوط به نمونه های حاوی ژئولیت می باشد.

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر، مشخصات مکانیکی و دوام بتن، شامل مقاومت فشاری، مقاومت کششی شکافتنی، مقاومت ویژه الکتریکی و نفوذ یون کلر (RCMT) نمونه های بتن حاوی ژئولیت و سنگدانه بازیافتی بر روی ۲۸۰ نمونه مختلف بتن مورد بررسی قرار گرفته است و در ادامه به مهمترین نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر اشاره می شود.

نتایج تاثیر ژئولیت بر نفوذ یون کلر، و مقایسه آن با بتن شاهد C در شکل (۱۲) نشان داده شده است. با توجه به نتایج نمودار، در سن ۲۸ روز، افزودن ۱۰٪ ژئولیت به مخلوط بتن، کاهش ۶۲ درصدی نرخ نفوذ یون کلر را به همراه داشته است. در بین نمونه های بازیافتی با ژئولیت در حالت استفاده از ریزدانه، در سن ۲۸ روز، ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش نفوذ یون کلر نسبت به بتن معمولی را به همراه داشته است (نمونه های F30Z, F15Z). در بخش درشت دانه بازیافتی (C30Z, C15Z)، کاهش نرخ نفوذ یون کلر از ۴۵ تا ۶۰ درصد نسبت به بتن معمولی مشاهده شده است. مقدار کاهش نفوذ یون کلر نسبت به بتن C در بتن های بازیافتی ریزدانه و درشت دانه (T30Z, T15Z) ۳۳ تا ۴۸ درصد بوده است.

همانطور که از نتایج مشخص است، با افزایش درصد سنگدانه بازیافتی نرخ نفوذ یون کلر افزایش داشته است؛ نمونه حاوی سنگدانه بازیافتی درشت دانه نسبت به بتن های حاوی ریزدانه و ترکیب ریز و درشت دانه، نتایج قابل قبولی کسب کرده است.

۱. حضور ژئولیت در نمونه بتنی بدون مصالح بازیافتی، باعث افزایش حدود ۳۰ درصدی مقاومت فشاری و کششی شکافتنی، افزایش حدود ۸۰ درصدی در مقاومت ویژه الکتریکی و کاهش حدود ۶۰ درصدی نفوذ یون کلر در سن ۲۸ روز نسبت به بتن معمولی را در بردارد.
۲. استفاده از سنگدانه بازیافتی با افزایش درصد جایگزینی، باعث کاهش مقاومت فشاری بتن می‌شود؛ در حالت استفاده از مصالح بازیافتی ریزدانه تا ۳۸ درصد، برای درشت‌دانه بازیافتی تا ۱۵ درصد و در فاز ریزدانه و درشت‌دانه تا ۱۸ درصد کاهش مقاومت فشاری در سن ۲۸ روز مشاهده شده است.
۳. با افزودن ژئولیت به بتن‌های بازیافتی، ضعف مقاومت فشاری تا حدی جبران می‌شود. در حالت استفاده از ریزدانه تا ۶ درصد افزایش، در بخش درشت‌دانه تا ۲۰ درصد افزایش و در حالت استفاده از ریزدانه و درشت‌دانه تا ۵ درصد کاهش مقاومت فشاری نسبت به بتن معمولی در سن ۲۸ روز به همراه داشته است.
۴. استفاده از سنگدانه بازیافتی در بتن در دو حالت درشت‌دانه و ریزدانه به صورت جداگانه، باعث افزایش تا ۱۵ درصد مقاومت کششی شکافتنی نسبت به بتن معمولی در هر دو درصد جایگزینی ۱۵ و ۳۰ برای سن ۲۸ روز شده است. استفاده از سنگدانه بازیافتی ترکیب ریزدانه و درشت‌دانه تا ۶ درصد مقاومت کششی شکافتنی را نسبت به بتن معمولی کاهش داده است.
۵. با اضافه کردن ژئولیت به نمونه‌های بتن با سنگدانه بازیافتی در حالت جایگزینی درشت‌دانه، تا ۴۰ درصد افزایش، ریزدانه تا ۱۵ درصد افزایش و ترکیب درشت‌دانه و ریزدانه تا ۶ درصد افزایش مقاومت کششی شکافتنی در سن ۲۸ روز نسبت به بتن معمولی را در بر داشته است.
۶. روابط مقاومت کششی شکافتنی آیین‌نامه‌های آمریکا و اروپا برای ۵۰ درصد داده‌های بتن بازیافتی و آیین‌نامه ژاپن و استرالیا برای ۱۰۰ درصد داده‌ها محافظه‌کارانه می‌باشند.
۷. با افزایش درصد جایگزینی سنگدانه‌های بازیافتی، مقاومت ویژه الکتریکی نمونه‌ها کاهش یافته‌اند. در حالت درشت‌دانه تا ۲۵ درصد، در بخش ریزدانه ۳۰ درصد و ترکیب ریزدانه و درشت‌دانه تا ۲۲ درصد کاهش مقاومت ویژه الکتریکی نسبت به بتن معمولی در سن ۲۸ روز داشته‌اند. با جایگزینی ۱۰ درصد ژئولیت به جای سیمان در این نمونه‌ها، برای بخش درشت‌دانه تا ۷۷ درصد، در حالت استفاده از ریزدانه تا ۶۴ درصد و در حالت استفاده از ترکیب ریزدانه و درشت‌دانه تا ۱۰۶ درصد افزایش مقاومت الکتریکی در سن ۲۸ روز مشاهده شده است.
۸. استفاده از سنگدانه بازیافتی در بتن افزایش نرخ نفوذ یون کلر در همه درصدهای جایگزینی را به همراه داشته است. برای حالت استفاده از درشت‌دانه تا ۳۵ درصد، بخش ریزدانه تا ۱۳ درصد و حالت استفاده از ریزدانه و درشت‌دانه تا ۲۸ درصد افزایش نفوذ یون کلر نسبت به بتن معمولی در سن ۵۶ روز به ثبت رسیده است. در نمونه‌های بازیافتی حاوی پوزولان ژئولیت، برای نمونه‌های حالت استفاده از درشت‌دانه، ریزدانه و ترکیب ریزدانه و درشت‌دانه به ترتیب افزایش ۵۰، ۶۰ و ۴۸ درصدی نرخ نفوذ یون کلراید نسبت به بتن معمولی در سن ۵۶ روز مشاهده شده است.
۹. استفاده از ۱۵ درصد سنگدانه بازیافتی ترکیب ریزدانه و درشت‌دانه و ۱۰ درصد ژئولیت برای کسب نتایج مطلوب مشخصات مکانیکی و دوام بتن، به عنوان درصدهای بهینه پیشنهاد می‌گردد. استفاده از این

درصدهای بهینه جایگزینی زئولیت و سنگدانه بازافتی به جای سیمان و سنگدانه طبیعی و تولید بتن‌های پرمقاومت و با دوام در جهت رسیدن به محیط زیستی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی در پروژه ملی و خصوصی با اهمیت بالا، کاربرد دارد.

مراجع

1. Initiative, C. S., Recycling Concrete: Executive summary. World Business Council for Sustainable Development, [http://www.wbcsdcement.org/pdf/CSI-Recycling Concrete-Summary](http://www.wbcsdcement.org/pdf/CSI-Recycling%20Concrete-Summary). (accessed: 11/11. 15), (2009).
2. Gonzalez, G., Moo-Young, H., "Transportation Applications of Recycled Concrete Aggregate, FHWA State of the Practice National Review", *Washington DC: Federal Highway Administration, Vol.12*, pp. 1-47, (2004).
3. Meyer, C., "The greening of the concrete industry", *Cement and concrete composites*, Vol. 31, No.8, pp. 601-605, (2009).
۴. طالقانی، جعفر، "مسائل و مشکلات تولید سیمان‌های مخلوط (پوزولانی)", انستیتوی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (۱۳۷۱).
5. Sabet, F. A., Libre, N. A., Shekarchi, M., "Mechanical and durability properties of self-consolidating high-performance concrete incorporating natural zeolite", *silica fume and fly ash. Construction and Building Materials*, Vol. 44, pp. 175-184, (2013).
6. 212, ACI Committee. 'Report on Chemical Admixtures for Concrete', American Concrete Institute (ACI 212.3R-10), Penetron International, East Setauket, NY, USA. (2010)
7. ISR 4977 1st.Revision, Aggregates - Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates -Test Method, (2015).
8. Saini, M., Goel, S., "Strength and Permeability of Recycled Aggregate Concrete Containing Silica Fumes", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, Vol. 5, pp. 5-10, (2016).
9. Cartuxo, F., de Brito, J., Evangelista, L., Jiménez, J. R., Ledesma, E. F., "Increased durability of concrete made with fine recycled concrete aggregates using superplasticizers", *Materials*, Vol. 9, No.2, pp. 1-26, (2016).
10. Najimi, M., Sobhani, J., Ahmadi, B., Shekarchi, M., "An experimental study on durability properties of concrete containing zeolite as a highly reactive natural pozzolan", *Construction and Building Materials*, Vol. 35, pp. 1023-1033, (2012).
11. Vaičiukynienė, Danutė, Gintautas Skipkiūnas. Vytautas Sasnauskas, and Mindaugas Daukšys, "Cement compositions with modified hydrosodalite", *chemija*, No. 3, Vol. 23, pp. 147-154, (2012).

12. Somna, R., Jaturapitakkul, C., Amde, A. M., "Effect of ground fly ash and ground bagasse ash on the durability of recycled aggregate concrete", *Cement and Concrete Composites*, Vol. 34, No.7, pp 848-854, (2012).
13. Nagrockiene, D., and Giedrius, G., "Research into the properties of concrete modified with natural zeolite addition", *Construction and Building Materials*, Vol. 113, pp. 964-969, (2016).
14. Eskandari, H., Mohammad, V., Kowsari, K., "Investigation of Mechanical and Durability Properties of Concrete Influenced by Hybrid Nano Silica and Micro Zeolite", *Procedia Materials Science*, Vol. 11, pp. 594-599, (2015).
15. ASTM C150/C150M-11, Standard Specification for Portland cement, ASTM International, West Conshohocken, PA, (2011).
16. ASTM C29/C29M/17, Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate. ASTM International, West Conshohocken, PA, (2011).
17. ACI Committee 211. Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete (ACI 211.2-91). American Concrete Institute, (1992).
18. ASTM C39-11. Standard Specification for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA, (2011).
19. ASTM C496/C496M-11. Standard Specification for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. ASTM International, West Conshohocken, PA, (2011).
20. <http://bme.t.u-tokyo.ac.jp/researches/detail/concreteDB/index.html>
21. Minitab 17 Statistical Software [Computer software]. Incorporation, Minitab
22. American Concrete Institute ACI Committee, "Building code requirements for structural concrete ACI 318-08 and commentary 318R-08 "Farmington Hills, MI, USA: American Concrete Institute, (2008).
23. European Committee for Standardization. Eurocode No. 2, "Design of concrete structures. Part 1: General Rules and Rules for Buildings", (2005).
24. Standards Australia, "Concrete structures", AS 3600, Sydney, Australia, (2009).
25. Japan Society of Civil Engineers, "Standard Specification for Concrete Structure", Japanese Society of Civil Engineering No. 15, Tokyo, Japan, (2005).
26. AASHTO T358-15, "Standard method of test for surface resistivity Indication of concretes Ability to resist chloride Ion penetration", AASHTO, (2006).
27. AASHTO TP 64-03, "Standard Method of Test for predicting chloride penetration of hydraulic cement concrete by the rapid migration procedure".
28. Nordtest, C., "Mortar and Cement-Based Repair Materials: Chloride Migration Coefficient from Non-steady-state Migration Experiments (NT BUILD 492)", Taastrup, Denmark, (1999).

تثبیت بستر اطراف تکیه گاه با ترکیب المان های شش پایه و سنگریزه *

مقاله پژوهشی

مسیح ذوالقدر^(۱) علی اکبر حسین رضا^(۲) محمود شفاعی بجنستان^(۳)

چکیده امروزه برای حفاظت تکیه گاه پل های موجود در مقابل آبشستگی از لایه سنگ بطور گسترده استفاده می شود. یکی از مصالح پوششی که می تواند جایگزین لایه سنگ شود المان های بتنی است. در این تحقیق تاثیر سنگریزه، المان های بتنی شش پایه و ترکیب آنها بر مهار آبشستگی تکیه گاه در مقیاس آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفته است. کارگذاری المان های شش پایه در تراکم های کم و زیاد (باز و متراکم) و همچنین در اعماق زیر بستر، روی بستر و حالت میانی در اطراف تکیه گاه با دیواره قائم و بالی شکل انجام گرفته است. به طور کلی نتایج نشان می دهد که کارگذاری سنگریزه و المان شش پایه می تواند آبشستگی پیرامون تکیه گاه با دیواره بالی شکل را به طور کامل حذف کرده و آبشستگی پیرامون تکیه گاه با دیواره قائم را تا ۷۰ درصد کاهش دهد. در کارگذاری المان های بتنی، شکست لبه ای در آرایشی که بیشترین مهار آبشستگی حاصل گردیده مشاهده شد. همچنین ترکیب کارگذاری المان های بتنی و سنگریزه نیز بررسی شد که ملاحظه گردید که علاوه بر مهار آبشستگی دماغه تکیه گاه، شکست لبه ای نیز رخ نداد.

واژه های کلیدی المان بتنی شش پایه، آبشستگی، دیواره قائم، دیواره بالی شکل، شکست لبه ای.

Bed Stabilization around Abutment Using Combination of Six-Legged Concrete Elements and Pebbles

M. Zolghadr A. Hoseinreza M. Shafai Bajestan

Abstract Installation of stone particles is a very common method to protect abutment against scour. An alternative is concrete elements. In this research, installation of pebbles, Six-Legged Concrete (SLC) elements and combination of them is studied in laboratory. SLC elements were installed in open and dense arrangements with three different depths; on the bed, under the bed and the median case around wing-wall and vertical-wall abutment. Generally, results showed the significant effect of scour mitigation when both methods were applied so that, the maximum scour depth at the abutment toed was reduced up to 70% in vertical wall abutment and totally eliminated at the wing wall abutment. Edge failure was observed when the best scour reduction was achieved in SLC elements installation case. However, best countermeasure was achieved when both methods were applied while edge failure was also controlled. Transformation of the maximum scour depth from the abutment toe to the channel midway at the downstream of the abutment is also discussed.

Key Word Six-legged concrete elements, Vertical-wall, Wing-wall, Edge failure.

* تاریخ دریافت مقاله ۹۸/۸/۸ و تاریخ پذیرش آن ۹۹/۱۱/۱۰ می باشد.

Email: zolghadr.masih@jahromu.ac.ir

(۱) نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه جهرم، جهرم.

(۲) دانش آموخته دکتری سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.

(۳) استاد، گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.

مقدمه

همه ساله پل های زیادی در سراسر دنیا عموماً به دلایل هیدرولیکی تخریب می گردند. در سیلاب بهمن ماه ۱۳۹۵ در استان فارس دو پل در محور اصلی شیراز- جهرم تقریباً به طور همزمان تخریب گردیدند. در سیلاب های فروردین ماه ۹۸ نیز چندین پل و راه ارتباطی تخریب گردیدند که از آن جمله می توان به پل جدید کشکان در محور خرم آباد-کوهدشت و پل فلزی بخش ماژین دره شهرستان ایلام اشاره کرد. مطالعات (Melville 1992) موبد این مطلب است که ۷۰ درصد هزینه های مالی شکست پل، ناشی از آبستگي تکیه گاه و تخریب آن بوده است [1]. بنابراین، مقاوم سازی پل ها در برابر آبستگي امری ضروری است. به طور کلی، جهت حفاظت پی پل دو روش اصلاح الگوی جریان و پوششی در ادبیات فنی مطرح می باشد.

در روش اصلاح الگوی جریان، عوامل اصلی ایجاد آبستگي شامل جریان رو به پایین و گرداب اصلی، تضعیف شده یا از محل دور می گردند. نصب طوقه، صفحات مستغرق، دیوارهای موازی و المان های زبری جزو این دسته هستند که توسط پژوهشگران مختلفی مورد واکاوی قرار گرفته اند [2,3,4].

در روش پوششی، قطعات سنگینی که توسط جریان آب جابجا نمی گردند، پیرامون پی کارگذاری می گردند. به کارگیری سنگ ریزه، توریسنگ، قطعات بتنی، ژئوبگ و غیره مثال هایی از این دسته هستند [5,6]. نتایج این مطالعات عموماً تعیین اندازه المان ها، گستره پوشش و به طور کلی هندسه آن می باشد. مرور انواع روش های مهار آبستگي در قالب دو دسته فوق و در مجاورت پایه پل توسط مرجع [6] صورت گرفته است. در نواحی که تهیه سنگ با ابعاد مورد نظر دشوار و پرهزینه باشد (مثل مناطق ساحلی، شهری، دشت، جلگه و غیره) می توان به عنوان جایگزین، از قطعات بتنی استفاده کرد. یکی از المان های بتنی که در مهندسی دریا، حفاظت سواحل و موج شکن ها

مورد استفاده می باشد، المان های بتنی شش پایه با نام تجاری a-jacks هستند.

این المان ها به عنوان ابزار مهار فرسایش پنجه ساحل رودخانه ها نیز توصیه شده اند [7]. کارگذاری این المان ها در بستر رودخانه منجر به استهلاک انرژی جنبشی و افزایش مقاومت در برابر نیروهای فرسایشی می شود. این المان ها از طرفین با المان های کناری قفل شده و بصورت یکپارچه عمل می کنند و ضمن ایجاد پوشش و افزایش زبری، امکان ایجاد پوشش گیاهی در میان پایه ها را فراهم نموده و به حفظ طبیعی ساحل رودخانه کمک می کنند. در مورد المان های بتنی شش پایه مطالعات انگشت شماری انجام شده که عموماً از دیدگاه سازه ای بوده است. مطالعات هیدرولیکی عموماً مرتبط با کاربرد آن ها در موج شکن و تا حدودی به حفاظت کناره رودخانه ها و پایه پل می باشد. کروالیس آزمایش هایی در مورد این المان ها به عنوان موج شکن مستغرق و به منظور تعیین ضرایب انتقال موج انجام داد [8]. پایداری المان های مستقر بر روی موج شکن از جنس سنگ، در برابر انواع موج توسط [9] مورد آزمایش و واکاوی قرار گرفت. نیروی های وارده از طرف موج بر این المان ها به صورت آزمایشگاهی و عددی شبیه سازی شدند [10] ضرایب افت و خیز و انعکاس موج برای این المان ها با شبیه سازی آزمایشگاهی در مطالعه ای دیگر تعیین گردید [11]. یک مطالعه سازه ای نیز بر روی قطعات شش پایه جهت بررسی رفتار آن ها تحت بارهای استاتیکی قائم انجام پذیرفت [12]. در سال بعد مطالعه ای جهت بررسی تنش های دینامیکی و استاتیکی درون قطعات بتنی المان های شش پایه در همان دانشگاه انجام شد [13]. مطالعات اندکی در ارتباط با کارکرد این المان ها را در کنترل آبستگي منتشر شده است. در این زمینه می توان به نتایج آزمایش هایی که به وسیله [14,15] برای بررسی آبستگي پایه پل در بستر ماسه ای انجام شد اشاره کرد. نتایج نشان داد که میزان کاهش عمق آبستگي با نصب المان های شش پایه ۷۰ تا ۹۵ درصد می باشد. آن ها پیشنهاد

اساس تحلیل قابلیت اطمینان طی مطالعه‌ای صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که عدم قطعیت‌های موجود در پارامترهایی مثل عمق و سرعت جریان منجر به کاهش قابل توجه قابلیت اطمینان لایه محافظ سنگچین می‌گردد. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که مهم ترین پارامتر در تعیین قابلیت اطمینان لایه سنگچین، سرعت متوسط جریان می‌باشد [۲۲].

با توجه به مزایای المان‌های شش‌پایه از یک سو و استفاده متداول و گسترده از سنگ‌ریزه از سوی دیگر مطالعه کاربرد ترکیبی این دو روش حفاظتی در این پژوهش صورت گرفته است. در این مطالعه تراکم قرارگیری المان‌ها و نیز عمق کارگذاری این المان‌ها به صورت منفرد و در ترکیب با سنگ‌ریزه مورد بررسی آزمایشگاهی و مقایسه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در فلومی از پوشش پلاکسی گلس به طول، عرض و عمق به ترتیب ۱۰، ۱ و ۰/۶ متر و شیب طولی ناچیز طراحی شد. در اواسط فلوم یک جعبه رسوبی به عرض، طول و عمق به ترتیب ۷۰ و ۱۸۰ و ۳۰ سانتی متر قرار داشته است. داخل جعبه رسوبی، رسوبات غیرچسبنده، شامل ماسه یکنواخت با اندازه متوسط (D_{50}) ۰/۶۵ میلی متر و با انحراف معیار هندسی ۱/۲۸ و ضریب یکنواختی ۲/۰۲ قرار گرفته است. اندازه ذره رسوبی کمتر از ۱ میلی متر در نظر گرفته شده است. انتخاب این اندازه به این دلیل بوده که سرعت آستانه حرکت رسوبات و همچنین زمان رسیدن به تعادل حفره آبشستگی با کاهش قطر ذرات کاهش پیدا می‌نماید. از طرفی انتخاب این اندازه باعث جلوگیری از تشکیل فرم‌های بستر می‌گردد [۲۳]. هرچند جهت اطمینان عدم تشکیل فرم بستر، آزمایش‌های اولیه‌ای در شرایط هیدرولیکی تحت مطالعه، بر روی رسوبات انجام گردید. در انتهای فلوم سریز لبه

نمودند که این المان‌ها باید به همراه فیلتر ژئوتکستایل و یا قرارگیری قطعات سنگ بین آن‌ها استفاده شود. در سال‌های ۱۳۹۵، ۱۳۹۷، ۱۳۹۹ [۱۶-۱۸] به بررسی تاثیر کارگذاری این المان‌ها پیرامون تکیه‌گاه پل بدون در نظر گرفتن سنگ‌ریزه پرداختند. در این مطالعات المان‌های شش‌پایه مستقیماً بر روی بستر ماسه‌ای قرار گرفته و شکست برشی لایه محافظتی در طی آزمایش‌ها ملاحظه گردید. در مطالعه دیگری تاثیر رقوم متفاوت کارگذاری سنگ ریزه و المان‌های بتنی نسبت به یکدیگر پیرامون تکیه‌گاه مستطیلی تحت یک تراکم کارگذاری بررسی شد. این پژوهشگران بیشتر درصد کاهش آبشستگی را معادل ۸۹ درصد اعلام نمودند [۱۹].

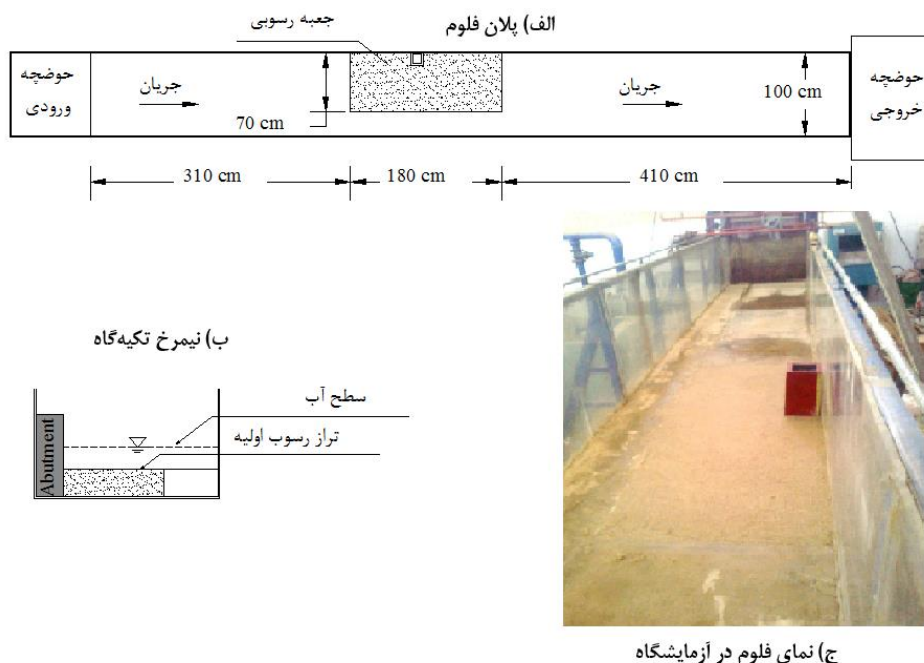
در ارتباط با مهار آبشستگی توسط سنگ‌ریزه نیز اخیراً مطالعات متعددی صورت گرفته است. از آن جمله خادم قانع و همکاران، در طی یک مطالعه آزمایشگاهی ابعاد مختلف سنگ‌ریزه را که منجر به درصدهای مختلف حفاظت از پایه پل می‌گردید ارائه دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند استفاده از ابعاد کوچکتر سنگ منجر به فرسایش یافتن المان‌های سنگی می‌گردد اما نهایتاً قطعات باقی مانده به درون حفره آبشستگی غلتیده و پیشرفت آبشستگی را متوقف می‌کنند [۲۰]. یکی از مشکلات استفاده از سنگچین به خطر افتادن پایداری آن می‌باشد که ناشی از عدم امکان قفل شدن قطعات سنگی به یکدیگر است. یکی از روش‌های رفع این مشکل تزریق در پوشش سنگچین می‌باشد. راهنمای طراحی پوشش سنگچین تزریق شده در شرایط تر و خشک در طی مطالعه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که اثرات جانبی زیست محیطی این پوشش در حالت خشک ناچیز می‌باشد [۲۱].

با توجه به وجود موارد عدم قطعیت متنوع در برآورد پارامترهای موثر بر تعیین اندازه سنگ پایدار جهت حفاظت از پایه پل در برابر آبشستگی، تحلیل حساسیت و بررسی پایداری پوشش سنگچین پیرامون پایه، بر

گرفته شده است. با توجه به طبقه بندی ملویل، این تکیه-گاه‌ها، از نوع متوسط قرار می‌گیرد که عمق آبشستگی آن‌ها تابعی از طول تکیه‌گاه و عمق جریان است [1]. همچنین به منظور حذف تاثیر آبشستگی ناشی از تنگ-شدگی و مخدوش کردن نتایج، میزان پیش‌آمدگی هر دو نوع تکیه‌گاه (۱۵ سانتی متر)، کمتر از یک سوم عرض فلوم در نظر گرفته شده است [28]. در جدول (۱) ویژگی‌های آزمایش‌ها نشان داده شده است. آزمایش‌ها با رعایت شرایط آب زلال انجام شده است. بدین منظور قبل از نصب تکیه‌گاه‌ها، آزمایش تعیین سرعت بحرانی انجام شد و با انجام چندین تکرار مقدار 0.3 متر بر ثانیه به عنوان سرعت آستانه حرکت رسوبات به دست آمد. پارامترهای اندازه‌گیری شده در هر آزمایش شامل دبی و عمق جریان و توپوگرافی بستر بوده که اندازه‌گیری به ترتیب به وسیله سرریز مثلثی، سطح سنج (Point-Gage) و متر لیزری انجام شده است.

تیز مستطیلی به منظور تنظیم سطح آب قرار داشته است. در بدو ورود آب به مخزن، سرریزی مثلثی جهت اندازه‌گیری بده جریان نصب شده است. در شکل (۱) فلوم آزمایشگاهی و مشخصات آن نمایش داده شده است.

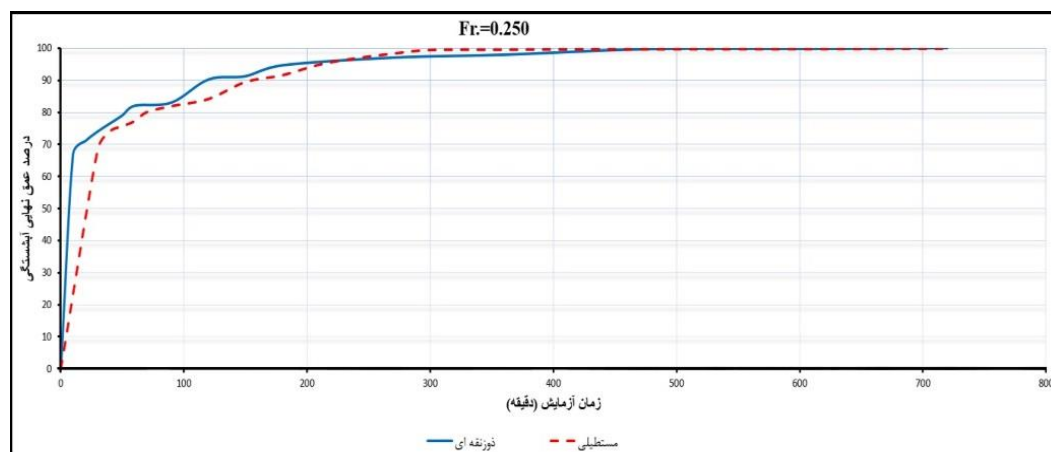
عمق جریان در کلیه آزمایش‌ها ثابت و معادل 0.12 متر بوده است. مطابق معیار ارائه شده در منبع [24] در اعماق بیش از شش سانتی متر تاثیرات کشش سطحی آب حذف می‌گردد. همچنین ابعاد مشابه این فلوم در مطالعات دیگری که در ارتباط با آبشستگی تکیه‌گاه بوده-اند مورد استفاده قرار گرفته است [25-27]. با افزایش سرعت جریان، چهار عدد فرود متفاوت بررسی گردیدند. دو شکل مختلف تکیه‌گاه با فاصله 0.71 متر از ابتدای جعبه رسوبی نصب گردید. یکی از تکیه‌گاه‌ها با دیواره بالی شکل و با زاویه اضلاع 45° درجه، با قاعده بزرگ و کوچک به ترتیب 0.45 و 0.15 متر بوده است. تکیه‌گاه دیگر از نوع با دیواره قائم و اضلاع 0.15 متر در نظر



شکل ۱ جزئیات فلوم آزمایشگاهی

جدول ۱ ویژگی‌های هیدرولیکی آزمایش‌ها

سرعت/سرعت بحرانی	سرعت جریان (cm/s)	عدد فرود	عمق جریان (cm)	بده (L/s)	شماره آزمایش
۰/۶۵	۱۹/۵	۰/۱۷۹	۱۲	۲۳/۴	۱
۰/۷۵	۲۲/۵	۰/۲۰۸	۱۲	۲۷	۲
۰/۸۵	۲۵/۵	۰/۲۳۵	۱۲	۳۰/۶	۳
۰/۹۰	۲۷	۰/۲۵۰	۱۲	۳۲/۴	۴



شکل ۲ تغییرات زمانی آبخستگی در عدد فرود چهارم برای دو نوع تکیه‌گاه

مشابه آبخستگی با زمان های ۴ ساعت و کمتر را نشان می‌دهد [31,30]. با توجه به همین هدف، اعداد فرود متفاوت با نسبت‌های سرعت به سرعت بحرانی متفاوت نیز در نظر گرفته شده‌اند.

آزمایش‌های شاهد

این گروه از آزمایش‌ها، که مجموعاً شامل ۸ آزمایش می‌باشد (۴ عدد فرود در دو نوع تکیه‌گاه)، با نصب تکیه‌گاه محافظت نشده طبق جدول (۱) انجام گردید. در پایان هر آزمایش، توپوگرافی بستر در شبکه ۳ در ۳ سانتی‌متر برداشت گردیده است. هرچند متناسب با ناهمواری بستر در مناطقی، برداشت متراکم‌تر شده است. نتایج آزمایش‌های شاهد برحسب پارامترهای بدون بعد عدد فرود (Fr) در مقابل عمق آبخستگی نسبی که عبارت است از نسبت عمق آبخستگی نقطه مینا به عمق جریان (ds/y) در جدول (۲) قابل مشاهده می‌باشد. نتایج آزمایش‌های ارزیابی نیز

به منظور تعیین مدت زمان انجام آزمایش‌ها در ابتدا آزمایش‌های ۱۲ ساعته در اعداد فرود مختلف انجام شده است. در این آزمایش‌ها تغییرات درصد عمق نهایی آبخستگی نسبت به زمان رسم گردیده است. به عنوان نمونه در شکل (۲) این تغییرات در بیشترین عدد فرود برای دو تکیه‌گاه نشان داده شده است. سپس مدت زمانی که به ازای آن بیش از ۹۰ درصد عمق آبخستگی ۱۲ ساعته رخ داده، به عنوان زمان انجام آزمایش‌ها تعیین گردیده که برابر ۲۴۰ دقیقه بوده است. لازم به ذکر است که در مطالعاتی که هدف آن‌ها ارائه روابط پیش‌بینی عمق آبخستگی تعادلی می‌باشد نیاز به انجام آزمایش‌های طولانی مدت است که در ادبیات فنی تا ۹۶ ساعت هم گزارش شده است [29]. اما با توجه به اینکه هدف مطالعه حاضر مقایسه گزینه‌های مختلف و تاثیر آن‌ها بر عمق آبخستگی است مدت زمان آزمایش‌ها کوتاه‌تر در نظر گرفته شده است. مرور پژوهش‌های پیشین نیز مطالعات

بر اساس همین پارامترها و طبق مطالعات مشابه قبلی ارائه گردیده‌اند [۲۷-۲۵].

جدول ۲ نتایج آزمایش‌های شاهد بر حسب عمق آبستگي نسبي (ds/y) در دماغه تکیه‌گاه

نوع تکیه‌گاه	Fr ₁	Fr ₂	Fr ₃	Fr ₄
با دیواره قائم	۳/۱	۴/۶	۵/۴	۷/۹
با دیواره بالی شکل	۲/۰	۲/۹	۴/۲	۶/۵

آزمایش‌های ارزیابی

به منظور بررسی تاثیر کارگذاری المان‌های شش‌پایه و سنگ‌ریزه بر مهار آبستگي، آزمایش‌ها ارزیابی در سه مرحله طراحی گردیدند. در گروه اول، دوم و سوم به ترتیب کارگذاری سنگ‌ریزه، المان‌های شش‌پایه و ترکیب آن‌ها مورد توجه قرار گرفت. در ادامه در مورد هر یک از این گروه‌ها بحث و بررسی انجام شده است.

آزمایش‌های ارزیابی مرحله اول

در مرحله اول که شامل ۸ آزمایش می‌باشد (۴ عدد فرود در دو نوع تکیه‌گاه)، سنگ‌ریزه بر روی بستر پیرامون تکیه‌گاه کارگذاری گردید. هدف از طراحی این آزمایش‌ها بررسی تاثیر کارگذاری سنگ‌ریزه بر کاهش عمق آبستگي پیرامون تکیه‌گاه می‌باشد.

جهت تعیین مشخصات سنگ‌ریزه پایدار آزمایش‌های اولیه متعددی در آزمایشگاه صورت گرفت. دو نکته مهم در مورد اندازه سنگ‌ریزه در کنترل آبستگي اهمیت زیادی دارد: اول اینکه اندازه آنها به حدی برسد که با عبور جریان حرکت نکند و دوم آنکه سرعت جریان عبوری از میان قطعات سنگ‌ریزه در حدی باشد که موجب فرسایش در لایه تحتانی یا خاک زیرین نگردد، یا به بیان دیگر منجر به فرسایش زیرسطحی نشود. بنابراین با توجه به این موضوع، ابتدا آزمایش‌های متعدد جهت تعیین سنگ‌ریزه مناسب صورت گرفت. همچنین تعیین اندازه سنگ‌ریزه مناسب با استفاده از رابطه‌های [5,32]

[34] مورد توجه قرار گرفت و با توجه به مسیر مستقیم کانال از رابطه [5]، اندازه $D_{50}=2.3 \text{ mm}$ برای سنگ‌ریزه انتخاب گردید و مورد آزمایش قرار گرفت. نهایتاً بهترین سنگ با جرم مخصوص ۱/۷ گرم بر سانتی متر مکعب (از نوع سنگ‌های آتش فشانی که بیشتر در صنعت ساختمان کاربرد دارد، شکل (۳-الف)) مورد استفاده قرار گرفت. سنگ‌ریزه مورد استفاده دارای ابعادی یکنواخت و تیز گوشه می‌باشند. المان‌های سنگ‌ریزه طبق پیشنهاد [35] و [۳۶] در لایه‌ای هم‌تراز بستر قرار داده شد. در این حالت سنگ‌ریزه، کمتر تحت تاثیر جریان قرار گرفته و پایداری بیشتری دارد. گستره پوشش پیرامون تکیه‌گاه ۱۳ سانتی متر در نظر گرفته شد (شکل ۳-ب). طبق رابطه [37] و با در نظر گرفتن شرایط آزمایش‌ها، حداقل گستره لازم جهت پوشش پیرامون تکیه‌گاه با دیواره قائم و بالی شکل به منظور اجتناب از گسیختگی ۷ سانتی متر می‌باشد. بنابراین گستره پوشش انتخاب شده (۱۳ سانتی‌متر) مقداری قابل قبول خواهد بود. علت انتخاب ۱۳ سانتی متر جهت گستره پوشش سنگ‌ریزه با توجه به گستره پوشش ایجاد شده هنگام چیدمان المان‌های بتنی شش‌پایه می‌باشد. همچنین، در ارتباط با گستره پوشش لازم المان‌های شش‌پایه پیرامون تکیه‌گاه پل، مطالعه‌ای آزمایشگاهی انجام شد. محققان در اعداد فرود مختلف و شرایط آب زلال، گستره‌هایی شامل دو، سه و چهار ردیف را مورد آزمایش قرار دادند. آن‌ها در نهایت گستره پوشش شامل سه ردیف را بهترین حالت کارگذاری گزارش نمودند که منطبق با نحوه کارگذاری المان‌ها در پژوهش حاضر می‌باشد [۳۸]. ضخامت لایه سنگ‌ریزه طبق معیار مرجع [33] دو برابر قطر متوسط المان‌های سنگ‌ریزه انتخاب گردید. پس از تعیین پارامترهای هندسی پوشش سنگ‌ریزه کارگذاری آن پیرامون تکیه‌گاه و انجام آزمایش‌ها مطابق جدول (۱) انجام شد. نتایج این مرحله از آزمایش‌های ارزیابی در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳ بیشینه عمق آبشستگی نسبی (ds/y) دماغه تکیه‌گاه‌ها
(نتایج آزمایش‌های ارزیابی مرحله اول)

نوع تکیه‌گاه	Fr ₁	Fr ₂	Fr ₃	Fr ₄
با دیواره قائم	۰/۹	۱/۴	۴/۲	۵/۵
با دیواره بالی شکل	۰/۸	۱/۲	۱/۸	۳/۷

شش پایه بتنی پیرامون تکیه‌گاه انجام شد. هدف از طراحی این گروه از آزمایش‌ها، بررسی تاثیر کارگذاری المان‌های بتنی شش پایه پیرامون تکیه‌گاه در تراکم و اعماق متفاوت کارگذاری و مقایسه نتایج با محافظت به وسیله سنگ‌ریزه به عنوان یک روش مرسوم می‌باشد. در شکل (۴) کارگذاری المان‌ها در تراکم و اعماق مختلف نشان داده شده است.

با قرارگیری متراکم‌تر المان‌ها در کنار یکدیگر، پایداری آن‌ها افزایش یافته و درصد بیشتری از بستر تحت پوشش قرار می‌گیرد. در این حالت تعداد قطعات مورد نیاز در واحد سطح بیشتر خواهد بود.

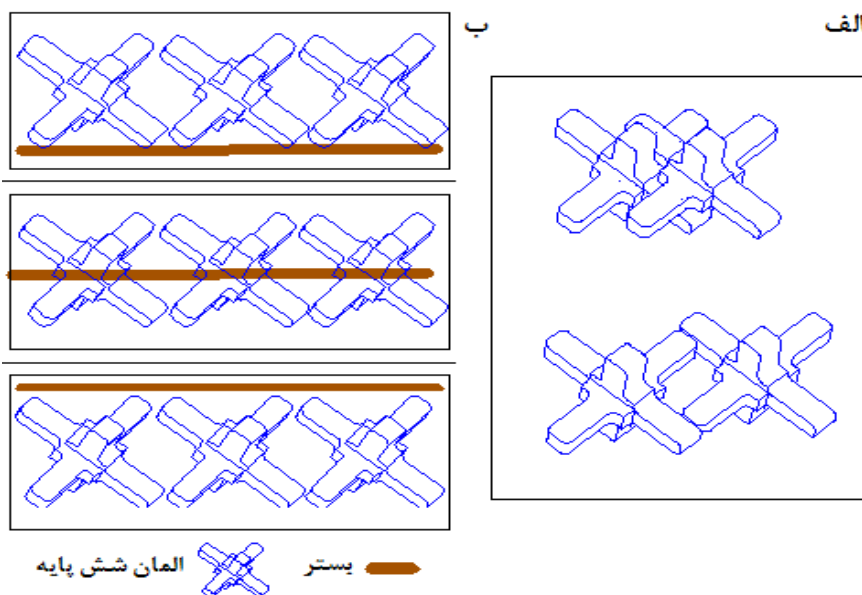
به منظور واکاوی اثر تراز کارگذاری المان‌ها در مهار آبشستگی، سه تراز روی بستر (D1)، زیر بستر (D2) و بین این دو عمق (D3) مطابق شکل (۴) مورد توجه قرار گرفت. در تراز D1، زبری المان نقش بیشتری داشته و می‌تواند ضمن ایجاد پوشش باعث راندن جریان از رأس تکیه‌گاه نیز شود. از طرفی در این تراز قرارگیری، پایداری المان‌ها می‌تواند به خطر افتد. در تراز کارگذاری D2 المان‌ها نقش کمتری در ایجاد زبری داشته و از پایداری بیشتری برخوردار خواهد بود.



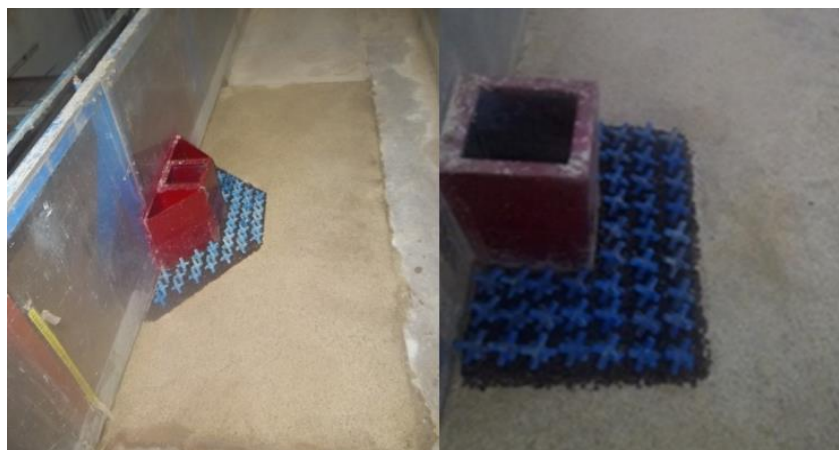
شکل ۳ الف) سنگ‌ریزه مورد استفاده در آزمایش، ب) کارگذاری سنگ‌ریزه پیرامون تکیه‌گاه با دیواره قائم

آزمایش‌های ارزیابی مرحله دوم

در مرحله دوم آزمایش‌های ارزیابی، که شامل ۴۸ آزمایش می‌باشد (۴ عدد فرود، ۲ نوع تکیه‌گاه، و ۳ عمق کارگذاری و ۲ تراکم مختلف)، کارگذاری المان‌های



شکل ۴ آرایش کارگذاری المان‌های شش پایه: الف) تراکم‌های کم (باز) و زیاد (متراکم)، ب) اعماق کارگذاری نسبت به بستر



شکل ۵ کارگذاری همزمان سنگریزه و المانهای شش پایه اطراف تکیه گاه بر روی بستر

جدول ۴ بیشینه عمق آبهستگی نسبی (ds/y) دماغه تکیه گاه ها در آزمایش های شاهد

نوع تکیه گاه	Fr ₁	Fr ₂	Fr ₃	Fr ₄
با دیواره قائم	۳/۱	۴/۶	۵/۴	۷/۹
با دیواره بالی شکل	۲/۰	۲/۹	۴/۲	۶/۵

در آزمایش های ارزیابی مرحله اول، محافظت تکیه-گاه ها با کارگذاری سنگریزه انجام شد. نتایج نشان داد که کارگذاری سنگریزه می تواند آبهستگی نقطه مبنا را تا ۷۰/۳ و ۶۰ درصد به ترتیب در تکیه گاه با دیواره قائم و بالی شکل تخفیف دهد (جدول ۵).

جدول ۵ درصد کاهش عمق آبهستگی دماغه تکیه گاه ها با کارگذاری سنگریزه

نوع تکیه گاه	Fr ₁	Fr ₂	Fr ₃	Fr ₄
با دیواره قائم	۷۰/۳	۶۹/۱	۲۳/۱	۳۰/۵
با دیواره بالی شکل	۵۸/۳	۶۰	۵۶	۴۳/۶

در آزمایش های ارزیابی مرحله سوم، المانهای شش پایه در تراز و تراکم های ذکر شده کارگذاری شدند. نتایج نشان داد که، بهترین نتایج مهار آبهستگی در هر تراکم زمانی به دست می آید که المان ها بر روی بستر

آزمایش های ارزیابی مرحله سوم

با توجه به نتایجی که از آزمایش های مرحله اول و دوم به دست آمد، آزمایش های مرحله سوم مشتمل بر ۲۴ آزمایش (۴ عدد فرود، ۲ نوع تکیه گاه، ۳ عمق کارگذاری و ۱ تراکم باز)، طراحی و اجرا گردیدند. در این مرحله ترکیب کارگذاری المان های سنگریزه و المان های بتنی شش پایه جهت محافظت تکیه گاه مورد توجه قرار گرفت. بدین منظور المان های شش پایه بتنی در اعماق مختلف و تراکم باز پیرامون تکیه گاه کارگذاری گردیدند. در شکل (۵) نمایی از این نوع آرایش لایه های حفاظتی پیرامون هر دو نوع تکیه گاه در حالتی که المان های شش پایه و سنگریزه بر روی بستر هستند نشان داده شده است.

یافته ها و بحث

در آزمایش های شاهد بیشینه آبهستگی، در گوشه بالادست یا دماغه تکیه گاه رخ داده است. بنابراین این نقطه به عنوان مبنای مقایسه بیشینه آبهستگی مورد توجه قرار گرفته است. در تکیه گاه با دیواره قائم، گردابه های شدیدتری شکل گرفته و در نتیجه اعماق آبهستگی در رأس این تکیه گاه به طور میانگین حدود ۲۸ درصد بیشتر از مقادیر متناظر در تکیه گاه با دیواره بالی شکل می باشد. بیشینه آبهستگی در انتهای آزمایش های شاهد برای هر دو تکیه گاه در جدول (۴) نشان داده شده است.

قرار گرفتند. علت را می توان به ایجاد پوشش بیشتر در چیدمان متراکم مرتبط دانست. در تراکم باز یا کم، در حدود ۵۴٪ مساحت بستر و در کارگذاری متراکم ۹۷٪ سطح بستر پوشانده می شود. از طرفی در چیدمان متراکم، تعداد المان ها در واحد سطح بیشتر می گردد. در مطالعه حاضر تعداد المان های به کار رفته در تراکم کم و زیاد پیرامون تکیه گاه با دیواره قائم به ترتیب ۵۱ و ۸۲ قطعه و پیرامون تکیه گاه با دیواره بالی شکل به ترتیب ۶۳ و ۹۸ قطعه بوده است.

پژوهش های [14,15] محدود به مطالعه کارایی المان ها در حفاظت پایه پل در چیدمان متراکم و تراز روی بستر بوده است. در حالی که در مطالعه پیش رو، دو تراکم و سه تراز مختلف قرارگیری مورد واکاوی قرار گرفته که نتایج آن به منظور ارائه گزینه های مختلف طراحی عمق پی تکیه گاه می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در گروه دوم آزمایش های ارزیابی بهترین نتایج در مهار آبشستگی زمانی رخ داد که المان ها بر روی بستر در چیدمان متراکم قرار گرفته اند. در جدول (۶) درصد کاهش آبشستگی در نقطه مبنا در این گروه از آزمایش ها دیده می شود. جهت اطلاعات بیشتر در این زمینه می توان به مطالعات [۱۶ و ۱۷] مراجعه کرد.

قرار گرفته بودند. علت را می توان به زبری المان ها مرتبط دانست. در این تراز قرار گیری، اثر زبری بیش از دیگر ترازها بوده و منجر به مهار جریان رو به پایین در وجه بالادست تکیه گاه شده است. همچنین بیشترین مقادیر آبشستگی در تراز D2 یا زیر بستر رخ داد. در این تراز، المان ها در زیر بستر قرار گرفته و زبری آن ها نقشی در کنترل آبشستگی نداشته است. هرچند با گذشت زمان و پیشرفت آبشستگی، المان ها به تدریج آشکار شده و اثر زبری آن ها نسبت به آغاز آزمایش بیشتر می گردد. در تراز قرارگیری D3 مقادیر آبشستگی مابین مقادیر متناظر دو تراز قرارگیری دیگر قرار گرفت. در ارتباط با رقوم قرارگیری پوشش، پژوهش های کم تعدادی، توسط دیگر دانشمندان مثل [35] و [۳۹,40] صورت گرفته است. آن ها در ارتباط با محافظت پایه توسط سنگ ریزه، در شرایط بستر زنده آزمایش هایی ترتیب دادند و نتیجه گیری کردند که در شرایط بستر زنده که فرم بستر ایجاد می گردد، تراز قرارگیری سنگ ریزه در کمینه تراز فرم های بستر باشد.

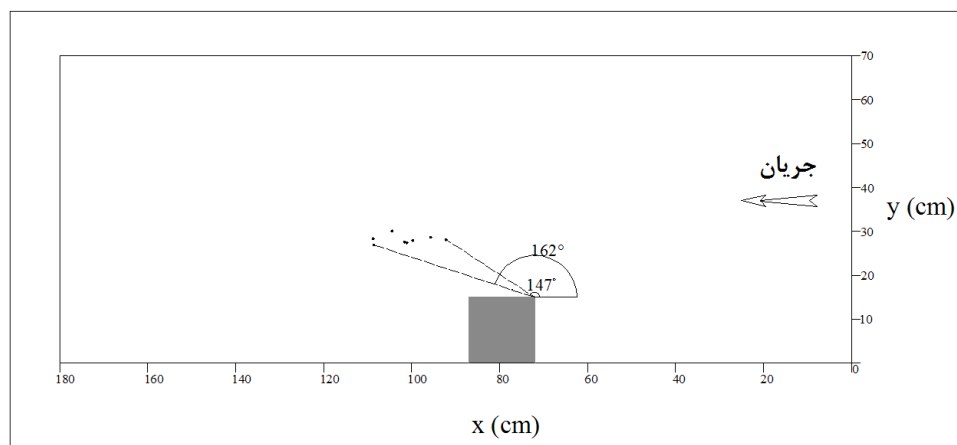
در مورد اثر تراکم قرارگیری المان ها بر مهار آبشستگی، بهترین نتایج در هر تراز قرارگیری، زمانی حاصل شد که المان ها به صورت متراکم در کنار یکدیگر

جدول ۶ درصد کاهش عمق آبشستگی نقطه مبنا (٪) در آزمایش های گروه دوم

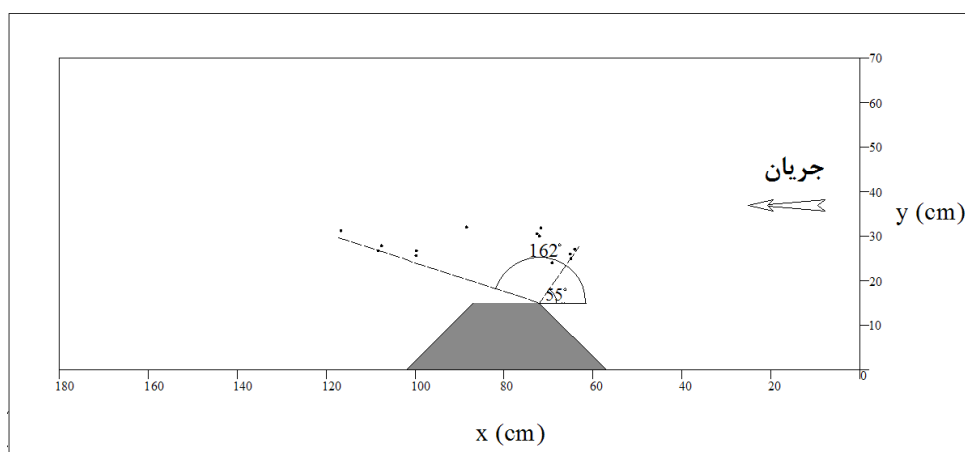
تراز کارگذاری	روی بستر D1		زیر بستر D2		عمق مبنا D3		عدد فرود
	تکیه گاه با دیواره قائم	تکیه گاه با دیواره بالی شکل	تکیه گاه با دیواره قائم	تکیه گاه با دیواره بالی شکل	تکیه گاه با دیواره قائم	تکیه گاه با دیواره بالی شکل	
T ₁	۷۶	۷۱	۸	۰	۳۰	۴	۰/۱۷۹
تراکم کم	۶۴	۶۶	۱۸	۱۱	۴۶	۱۷	۰/۲۰۸
	۷۷	۷۲	۳۲	۲۶	۴۳	۲۸	۰/۲۳۵
	۸۰	۷۷	۴۸	۴۹	۵۹	۵۱	۰/۲۵۰
T ₃	۷۴	۱۰۰	۴۳	۷۱	۸۱	۲۲	۰/۱۷۹
تراکم زیاد	۸۰	۱۰۰	۵۱	۵۱	۷۳	۸۰	۰/۲۰۸
	۸۲	۸۸	۴۸	۵۲	۶۹	۸۴	۰/۲۳۵
	۸۶	۹۱	۵۱	۶۵	۷۶	۸۲	۰/۲۵۰

منجر به انحراف جریان به سمت پایین دست و مرکز، و در نتیجه انتقال نقطه با عمق بیشینه آبستگي به آن مناطق نیز می گردند. علت را می توان در ارتفاع المان ها نسبت به بستر جستجو کرد: ارتفاع المان ها نسبت به بستر $3/5$ سانتی متر بوده است. این میزان در حدود یک سوم عمق جریان بوده است. شکل (۶) و (۷) نشان دهنده محدوده نقاط جابجا شده با عمق آبستگي بیشینه در دو نوع تکیه گاه می باشد. جابجایی نقطه بیشینه عمق آبستگي از یک سو محافظت بیشتر از پی را به همراه داشته و از سویی می تواند منجر به ایجاد گسیختگی برای پوشش حفاظتی پیرامون تکیه گاه گردد.

قرارگیری المان ها بر روی بستر در چیدمان متراکم آبستگي دماغه تکیه گاه با دیواره قائم و بالی شکل را به ترتیب تا ۸۶ و ۱۰۰ درصد کاهش داد. در یک مطالعه آزمایشگاهی دیگر که تاثیر کارگذاری تعداد ردیف این المان ها را بر پایه پل با مقطع مربعی بررسی می نمود، تاثیر تعداد ردیف کارگذاری المان ها بر آبستگي مورد بررسی قرار گرفت. محققان گزارش نمودند که با افزایش تعداد ردیف کارگذاری، آبستگي کاهش می یابد به طوری که در سه ردیف کارگذاری آبستگي به طور کامل حذف گردید [۳۸]. از سویی مشاهدات نشان داد که در مطالعه ی حاضر، این چیدمان المان ها ضمن ایفای نقش پوششی،



شکل ۶ محدوده نقاط جابجا شده با عمق آبستگي بیشینه در تکیه گاه با دیواره قائم



شکل ۷ محدوده نقاط جابجا شده با عمق آبستگي بیشینه در تکیه گاه با دیواره بالی شکل

قوس ۹۰ درجه پرداختند. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که کارگذاری سنگریزه بالاتر از بستر که معادل عمق کارگذاری D_1 در مطالعه پیش رو می باشد، کمترین میزان پایداری را دارد که مشابه نتایج پژوهش حاضر می باشد. همانطور که اشاره شد گسیختگی پوشش المان های شش- پایه (از نوع لبه ای) فقط در عمق کارگذاری روی بستر مشاهده گردیده است. شکل (۸) نشان دهنده آزمایش های دچار گسیختگی از نوع لبه ای می باشد.

همانطور که مشاهده می گردد شدت و ابعاد گسیختگی لبه ای در تراکم باز کمتر از تراکم زیاد است. دلیل این موضوع را می توان به شدت انحراف بیشتر جریان به سمت مرکز کانال در تراکم های بیشتر مرتبط دانست. همانطور که در بندهای قبلی اشاره شده به ویژه در تراکم حداکثر جریان از تکیه گاه به سمت مرکز منحرف شده و نقطه دارای عمق آبستتگی حداکثر به مرکز انتقال می یابد. ایجاد آبستتگی عمیق تر در مرکز کانال استعداد گسیختگی لبه ای را نیز افزایش می دهد.

با توجه به نتایج این مرحله، آزمایش های گروه سوم طراحی و اجرا گردیدند. هدف از اجرای این گروه از آزمایش ها، برطرف ساختن نقاط ضعف آزمایش های گروه دوم بود. در گروه دوم آزمایش ها، از یک سو در تراکم بیشتر میزان مهار آبستتگی کمتر بوده و از سوی دیگر، در این تراکم شکست لبه ای پوشش رخ داده است. بنابراین در گروه سوم، تراکم زیاد المان ها که منجر به شکست لبه ای می گردید حذف شده و کارگذاری آن ها در تراکم کمتر و با حضور سنگریزه مورد بررسی قرار گرفت. در این حالت تعداد قطعات المان در واحد سطح نیز کاهش می یابد. در ارتباط با عمق کارگذاری المان ها نیز همانطور که اشاره گردید، اعماق بیشتر، از یک سو منجر به پایداری بیشتر المان ها و از سوی دیگر منجر به کاهش توانایی آن ها در محافظت از تکیه گاه می گردد. بنابراین اعماق مختلف کارگذاری در این گروه از آزمایش ها مورد توجه و مقایسه قرار گرفت. خلاصه نتایج

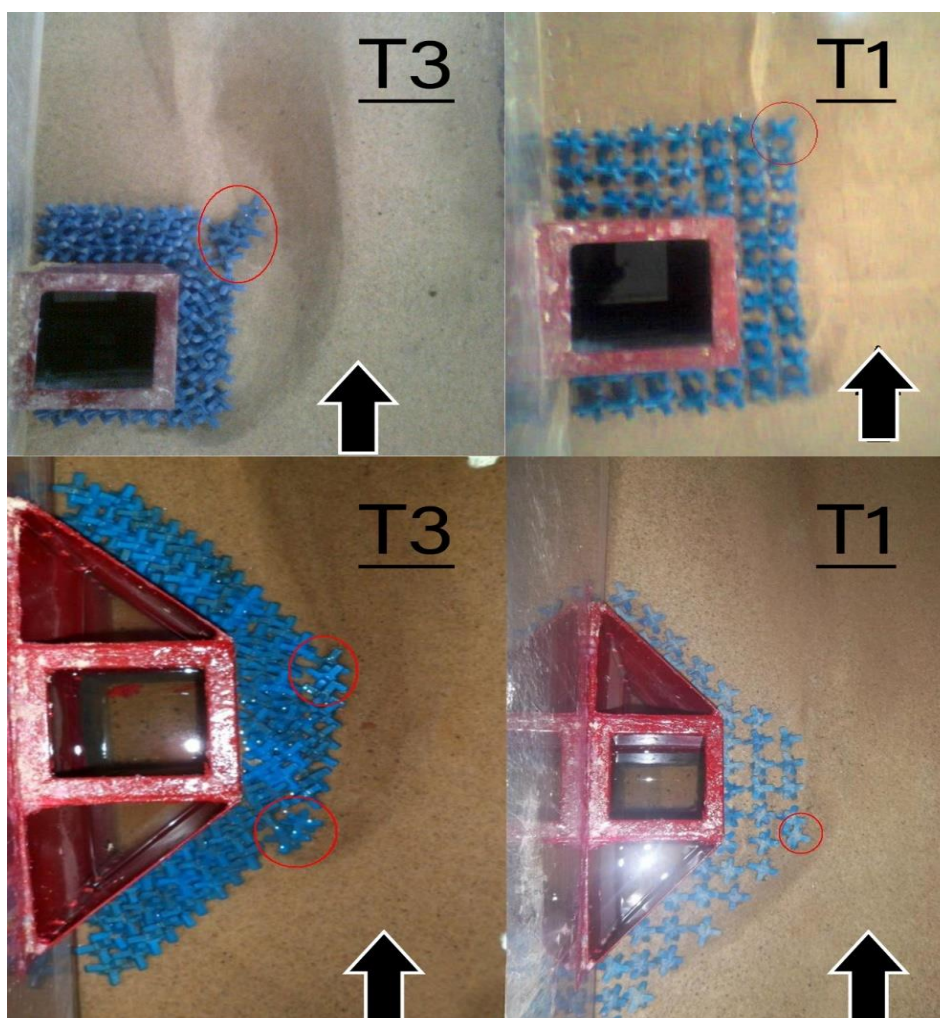
انواع مکانیزم های گسیختگی پوشش که در بستر افقی و در شرایط آب زلال پیرامون تکیه گاه قرار گرفته است شامل شکست برشی، تخریب زیرسطحی و شکست لبه ای می باشد. این مکانیزم ها می تواند به صورت منفرد و یا به اتفاق یکدیگر منجر به گسیختگی پوشش محافظتی گردند. در مطالعه حاضر با توجه به ابعاد المان- های شش پایه و شرایط هیدرولیکی آب زلال گسیختگی برشی رخ نداده است. شکست زیرسطحی زمانی رخ می- دهد که رسوبات بستر از لابه لای قطعات پوشش فرسایش یابند. در این حالت پوشش عملاً قادر به مهار آبستتگی نبوده و دچار نشست می گردد. اجرای فیلتر یا اجرای چند ردیفه پوشش به نحوی که به صورت فیلتر عمل کند، راه حل اجتناب از این نوع گسیختگی است. در مطالعه حاضر با توجه به شرایط هیدرولیکی جریان این نوع گسیختگی مشاهده نگردیده است.

شکست لبه ای که در حاشیه پوشش به واسطه فرسایش موضعی رسوبات ایجاد می گردد منجر به گردش یا لغزش قطعات پیرامون پوشش به سمت بیرون شده و گسیختگی آن را موجب می گردد. در آزمایش های این گروه، این نوع گسیختگی مشاهده شده است. شکست لبه ای تحت شرایط هیدرولیکی عدد فرود بیشینه و در تراز کارگذاری روی بستر (D_1) ، یعنی همان عمقی که بهترین حفاظت از تکیه گاه را به عمل می آورد، در هر دونوع تکیه گاه رخ داده است. به بیان دیگر کارگذاری المان ها در زیر بستر یا در حالتی که نیمی از آن ها در زیر بستر قرار گرفته باعث اجتناب از شکست لبه ای می گردد، هرچند تاثیر کمتری در مهار آبستتگی پیرامون تکیه گاه دارد.

این نتایج قابل مقایسه با یافته های [40] می باشد، آن ها نیز در مطالعه خود نتیجه گرفتند که هرچه عمق کارگذاری سنگریزه در تراز پایین تری باشد پایداری آن بیشتر خواهد بود. همچنین [۳۹] در مطالعه ای به مقایسه پایداری سه رقوم مختلف کارگذاری سنگریزه (روی بستر، هم تراز بستر و زیر بستر) پیرامون تکیه گاه پل در

رخ داده است. این در حالی است که در این گروه از آزمایش‌ها، شکست لبه‌ای لایه حفاظتی نیز مشاهده نگردیده است. همچنین با کارگذاری المان‌های شش‌پایه در تراکم کمتر نتایج بهتری در مقایسه با کارگذاری المان‌های متراکم در گروه دوم آزمایش‌ها به دست آمده است (۱۹ و ۷ درصد به ترتیب در تکیه‌گاه با دیواره قائم و بالی شکل)، ضمن اینکه تعداد المان‌ها نیز ۳۵ درصد کاهش یافته است.

این گروه از آزمایش‌ها در جدول (۷) قابل مشاهده می‌باشد. همان‌طور که دیده می‌شود درصد کاهش آبستگی نقطه مبنا با ترکیب سنگ‌ریزه و المان‌های شش‌پایه بیشتر از سایر چیدمان‌ها می‌باشد، به طوری که میانگین درصد کاهش عمق آبستگی نقطه مبنا در آزمایش‌های گروه اول تا سوم برای تکیه‌گاه با دیواره قائم به ترتیب ۵۹، ۵۸ و ۵۵ درصد و در تکیه‌گاه با دیواره بالی شکل به ترتیب ۶۰، ۵۵ و ۸۸ درصد می‌باشد. به بیان دیگر بهترین مهار آبستگی در حالت ترکیب سنگ‌ریزه و المان شش‌پایه



شکل ۸ شکست لبه‌ای در آزمایش‌های با عدد فرود بیشینه و المان‌های روی بستر

جدول ۷ درصد کاهش عمق آبشستگی راس تکیه گاه (%) در آزمایش های گروه سوم

نوع تکیه گاه	تراز کارگذاری المان	عدد فرود			
		Fr ₁	Fr ₂	Fr ₃	Fr ₄
با دیواره قائم	D ₁	۹۵	۹۱	۸۹	۸۷
	D ₂	۸۴	۸۵	۸۶	۸۵
	D ₃	۹۷	۹۵	۸۰	۸۰
با دیواره بالی شکل	D ₁	۹۶	۸۹	۸۸	۸۷
	D ₂	۷۹	۸۰	۸۴	۸۶
	D ₃	۱۰۰	۹۴	۸۲	۷۹

نقطه مبنا در اعداد فرود مختلف به طور میانگین ۲۸ درصد تفاوت دارد.

کارگذاری سنگ ریزه پیرامون تکیه گاه با دیواره قائم و بالی شکل، عمق آبشستگی نقطه مبنا را به ترتیب حداکثر تا ۷۰ و ۶۰ درصد کاهش می دهد.

کارگذاری المان های شش پایه بتنی پیرامون تکیه گاه ها با تراکم و ترازهای مختلف، آبشستگی نقطه مبنا را در دیواره قائم و بالی شکل به ترتیب حداکثر تا ۸۶ و ۱۰۰ درصد کاهش می دهد.

بهترین نتایج زمانی حاصل می گردد که این المان ها با تراکم بیشینه و بر روی بستر قرار گرفته باشند.

در حالت فوق شکست لبه ای المان ها رخ داده که می تواند منجر به گسیختگی پوشش گردد.

در مجموع بیشترین مهار آبشستگی زمانی رخ می دهد که ترکیب سنگ ریزه و المان های شش پایه مورد استفاده قرار گیرند، به طوری که عمق بیشینه آبشستگی در دیواره بالی شکل و قائم به ترتیب تا ۱۰۰ و ۹۷ درصد کاهش می یابد. این در حالی است که المان ها با تراکم باز قرار گرفته و بنابراین تعداد آن ها در واحد سطح کاهش یافته است.

در حالت فوق شکست لبه ای پوشش نیز مهار شده و پایداری پوشش حفاظتی تامین می گردد.

نتیجه گیری

در این پژوهش، مطالعه عملکرد المان های شش پایه بتنی به عنوان یک روش نوین در مهندسی رودخانه با هدف مهار آبشستگی دو نوع تکیه گاه مورد بررسی و مقایسه با کارگذاری سنگ ریزه به عنوان یک روش مرسوم با انجام جمعا ۸۸ آزمایش مورد تحقیق قرار گرفت. همچنین ترکیب این دو روش با هدف رفع نقاط ضعف آن ها مورد بررسی قرار گرفته و نتایج زیر حاصل گردید:

به دلیل تشکیل گردابه های قوی تر در تکیه گاه با دیواره قائم، آبشستگی پیرامون آن بیش از تکیه گاه با دیواره بالی شکل می باشد. به طوری که اعماق آبشستگی

مراجع

1. Melville, B. W., "Local scour at bridge abutments", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 118(4), pp.615-631, (1992).
2. Radice, A., Lauva, O., "On flow-altering countermeasures for scour at vertical-wall abutment", *Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics*, Vol. 59(3-4), pp.137-153, (2012).
3. Radice, A., Davari, V., "Roughening elements as abutment scour countermeasures", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 140(8), pp.1-7 (2014).
4. Bejestan, M. S., Khademi, K., Kozeymehnezhad, H., "Submerged vane-attached to the abutment as scour countermeasure", *Ain Shams Engineering Journal*, Vol. 6(3), pp. 775-783, (2015).
5. Pagan-Ortiz, J. E., "Stability of rock riprap for protection at the toe of abutments located at the

- floodplain", United States. Federal Highway Administration, Report No. FHWA-RD-91-057 (1991).
6. Singh, N. B, Devi, T. T., Kumar, B., "The local scour around bridge piers—a review of remedial techniques", *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, DOI: 10.1080/09715010.2020.1752830, pp. 1-14, (2020).
 7. Thornton, C. I., Abt, S. R., Watson, C. C., "Field Assessment of A-Jacks Installation, A Case Study of: Brush, Creek, Kansas City, Missouri Powell Creek, Waukegan, Illinois", *Wetlands Engineering & River Restoration* 2001, (2001).
 8. Corvallis, O. R., "Submerged breakwater tests a-jacks armor units", Master of Science Thesis, Oregon State University, USA, (1996).
 9. Lebaron, J. W., "Stability of A-Jacks armored rubble mound breakwaters subjected to breaking and non-breaking waves with no overtopping", Master of Science Thesis, Oregon State University, USA, (1999).
 10. Wise, L., "Numerical and physical modeling of wave forces on A-Jacks units", Master of Science Thesis, Oregon State University, USA, (1999).
 11. Ripkey, B. J., "Determination of wave run-up, rundown, and reflection design coefficients for a-jacks concrete armor units", Master of Science Thesis, Oregon State University, USA, (1999).
 12. Mickel J. J., "A-Jacks Matrix Stability: Deflection Due to Static Normal Loads", Master of Science Thesis, Oregon State University, USA, (1999).
 13. Latta, T. E., "Static and dynamic stresses in A-Jacks® concrete armor units", Doctoral dissertation, Auburn University, USA, (2000).
 14. Thornton, C. I., Watson, C. C., Abt, S. R., Lipscomband C. M., Ullman, C. M. a., "Laboratory Testing of A-JACKS Units for Inland Applications: Pier Scour Protection Testing", Colorado State University research report prepared for Armortec Inc., (1999).
 15. Thornton, C. I., Watson, C. C., Abt, S. R., Lipscomband C. M., Ullman, C. M. b., "Laboratory Testing of A-JACKS Units for Inland Applications: Full Scale Testing", Colorado State University research report for Armortec Inc., February. (1999).
 ۱۶. ذوالقدر، م.، شفاعی بجستان، م.، "تأثیر آرایش کارگذاری المان های شش پایه بر پستی و بلندی بستر اطراف تکیه گاه دوزنقه ای"، فصلنامه علمی - پژوهشی مهندسی منابع آب (۱۳۹۷)، ص ۵۸-۴۷.
 ۱۷. ذوالقدر، م.، شفاعی بجستان، م.، "تأثیر تراکم و رقوم کارگذاری قطعات شش پایه بر عمق آبشستگی اطراف تکیه گاه مستطیلی"، دانش آب و خاک (۱۳۹۷)، ص ۱۳۵-۱۱۹.
 18. Zolghadr, M., Shafai Bejestan, M., "Six legged concrete (SLC) elements as scour countermeasures at wing wall bridge abutments", *International Journal of River Basin Management*. DOI: 10.1080/15715124.2020.1726357, pp. 1-7, (2020).

۱۹. حسین رضا، ع. شفاعی بجستان، م. قم شی، م. فتحی مقدم، م. "کاربرد همزمان سنگچین و المان های شش پایه در کنترل عمق آبستنگی اطراف تکیه گاه پل مستطیل شکل"، علوم و مهندسی آبیاری، دوره. (۱۳۹۸)، ص ۹۹-۱۱۴.
20. Khademghaeiny, Gh., Abrishami, J., Zarrati, A. R., Karimaei Tabarestani, M., and Mashahirb, M., "Riprap design at bridge piers with limited scouring", *Journal of Scientia Iranica A*. Vol. 27(2), pp. 588-595, (2020).
21. Abboud, B., and Coe, J., "Environmental and Cost Effectiveness of Partially Grouted Riprap for Scour Countermeasure. Pennsylvania Department of Transportation", *Report No. FHWA-PA-2019-004-TEM WO 001*, pp. 215, (2019).
۲۲. کریمایی طبرستانی، م. "مطالعه پایداری و تحلیل حساسیت لایه سنگچین محافظ در اطراف پایه های پل براساس تحلیل قابلیت اطمینان"، نشریه هیدرولیک، (۱۳۹۸)، ص ۶۸-۵۱.
۲۳. شفاعی بجستان، م. "مبانی نظری و عملی هیدرولیک انتقال رسوب" انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، (۱۳۸۷).
۲۴. شفاعی بجستان، م. "مبانی و کاربرد مدل های فیزیکی و هیدرولیکی" انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، (۱۳۸۴).
۲۵. خادمی، خ. "بررسی اثر فواصل طولی و عرضی صفحات مستغرق بر آبستنگی موضعی ایجاد شده در محل تکیه گاه پل"، پایان نامه دکتری گرایش سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران، (۱۳۹۱).
۲۶. خزیمه نژاد، ح. "بررسی ابعاد و موقعیت قرارگیری طوقه بر آبستنگی موضعی ایجاد شده در محل تکیه گاه پل"، پایان نامه دکتری گرایش سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران، (۱۳۹۱).
۲۷. رمضانی، ی. "بررسی تاثیر پوشش گیاهی دشت سیلابی بر آبستنگی تکیه گاه پل در مقطع مرکب"، پایان نامه دکتری گرایش سازه های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران، (۱۳۹۱).
28. Ballio, F., Teruzzi, A., and Radice A., "Constriction effects in clear-water scour at abutments", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 135(2), pp. 140-145, (2009).
29. Kothiyari, U. C., Garde, R. C. J., and Ranga Ranju, K. G., "Temporal variation of local scour around circular bridge pier", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 118(8), pp. 1091-1106, (1992).
30. Bozkus, Z., Osman, Y., "Effect of inclination of bridge piers on scouring depth", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 130(8), pp. 1260-1269, (2004).
31. Pagliara, S., Hassanbandi, L. S., and Kurdistani, S. M., "Log-Vane Scour in clear water Condition", *Journal of River Research and Applications*, Vol. 31(9), pp. 1176-1182, (2015).
32. Lagasse, P. F., Richardson, E. V., "ASCE compendium of stream stability and bridge scour papers", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 127(7), pp. 531-533, (2001).
33. Melville, B. W., Van Ballegooy, S., Coleman, S. E., and Barkdoll, B., "Riprap size selection at wing-wall abutments", *Journal of hydraulic engineering*, Vol. 133(11), pp. 1265-1269, (2007).
34. Simons, D. B., Lewis, G. L., "Report-Flood Protection at Bridge Crossings", prepared for the Wyoming State Highway Department in conjunction with the U.S. Department of Transportation, C.S.U. Civil Engineering Report No. CER71-72DBS-GL10, (1971).

35. Lauchlan, C. S., "Pier Scour Countermeasures", *Ph. D. Thesis, University of Auckland, Auckland, NZ*, (1999).
۳۶. منصوری هفشجانی، م.، و شفاعی بجستان، م.، "طراحی قطر سنگ چین در اطراف تکیه گاه پل واقع در قوس رودخانه"، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، (۴)، صص ۳۵-۳۴، (۱۳۹۰).
37. Cardoso, A. H., Fael, C. M., "Protecting vertical-wall abutments with riprap mattresses", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 135(6), pp.457-465, (2009).
۳۸. زیلایی، ز.، شفاعی بجستان، م.، "تأثیر تعداد ردیف عناصر شش پایه در کاهش عمق آب شستگی پیرامون پایه پل مکعبی"، دانش آب و خاک، (۲، ۴)، ۲۶، صص ۱۸۷-۲۰۰، (۱۳۹۵).
۳۹. منصوری هفشجانی، م.، شفاعی بجستان، م.، "مقایسه تاثیر سه رقوم قرارگیری سنگ چین بر پایداری آن در محل تکیه گاه پل واقع در قوس ۹۰ درجه براساس آستانه حرکات سنگ چین"، دانش آب و خاک (۲۳)، صص ۱۹۵-۲۰۴، (۱۳۹۲).
40. Bakhtiari, M., Kashefipour, S, M., and Ghomeshi, M., "Criteria for Design of Rip Rap using bend form coastal protection plan", *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 13(2), pp. 81-91, (2014).

نقش نگرش و باور رانندگان جوان بر بازدارندگی جرایم رانندگی با سرعت زیاد*

مقاله پژوهشی

علی یاراحمدی^(۱) محسن فلاح زواره^(۲) مجید ذبیحی طاری^(۳)

چکیده سرعت غیرمجاز تخلیفی رایج در راهها و به خصوص در میان رانندگان جوان است. از جمله عوامل مؤثر در رانندگی با سرعت زیاد، نگرش و باور رانندگان می‌باشند. لذا در پژوهش حاضر به بررسی نقش نگرش و باور رانندگان جوان بر بازدارندگی جرایم مربوط به سرعت غیرمجاز (جریمه نقدی، نمره منفی، توقیف خودرو و محرومیت اجتماعی) پرداخته شد. پرسشنامه به روش طراحی آزمایش انتخاب با رویکرد ترجیحات بیان شده طراحی گردید که شامل ترکیبات مختلفی از انواع جرایم بود. به علاوه سوالاتی به منظور سنجش نگرش نسبت به تصادف، نگرش نسبت به رانندگی با سرعت زیاد و همچنین باور نسبت به جرایم رانندگی ارائه گردید. داده‌های پژوهش با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس و از میان دانشجویان دارای فعالیت رانندگی که در یکی از پردیس‌های کرج دانشگاه خوارزمی تهران، دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران و دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران-شرق مشغول به تحصیل بودند گردآوری شد. در مجموع ۵۵۰ پرسشنامه از پردیس‌های دانشگاهی به دست آمد. با هدف بررسی رفتار انتخاب جریمه رانندگان و تأثیر نقش نگرش و باور رانندگان بر آن، از رویکرد انتخاب گسسته و مدل لجیت چند جمله‌ای استفاده شد. براساس نتایج، محرومیت اجتماعی برای رانندگانی که نسبت به رعایت سرعت مجاز در تصادفات نگرش مثبتی داشتند، از دو مکانیزم نمره منفی و جریمه نقدی بازدارنده‌تر به دست آمد. همچنین بررسی برهمکنش باور رانندگان نسبت به جرایم و محرومیت اجتماعی نشان داد، برای رانندگانی که نسبت به کاربرد صحیح جرایم راهنمایی و رانندگی باور مثبتی نداشته‌اند، محرومیت از حقوق اجتماعی بازدارندگی کمتری نسبت به سایر رانندگان داشته است.

واژه‌های کلیدی نقض قوانین رانندگی، نگرش، باور، رانندگی با سرعت زیاد، لجیت چند جمله‌ای.

The Role of Attitudes and Beliefs on Deterrence of Speeding Among Young Drivers

A. Yarahmadi M. Fallah Zavareh M. Zabihi Tari

Abstract Speeding has been recognized as a common violation particularly among the younger drivers. Drivers' attitudes and beliefs are among the factors influencing drivers' speed selection. The present study investigates the role of young drivers' attitudes and beliefs on the deterrence of speeding penalties including "monetary fines", "demerit point", "car impoundment", and "social deprivation". We designed a stated preference survey to investigate the drivers' choice of speeding penalties. The convenience sampling method was used to collect data (n=550) at campuses of Kharazmi University in Karaj, College of Engineering at the University of Tehran, and the East Tehran Branch of Islamic Azad University. We conducted a Multinomial Logit (MNL) regression to correlate the drivers' selection of the speeding penalties to attitudes towards excessive speed and road crashes, as well as their beliefs about speed penalties. According to the results, for drivers who had a positive attitude toward accidents, social deprivation was more deterrent than demerit points and monetary fines. Moreover, analysis of the interaction between drivers' beliefs about traffic penalties and social deprivation showed that compared to other drivers, for drivers who did not have a positive belief about traffic penalties, the mechanism of social deprivation was less deterrent. The implications of these findings have been discussed.

Key Word Traffic violations, Attitudes, Beliefs, Speeding, Multinomial logit.

* تاریخ دریافت مقاله ۹۸/۹/۱۰ و تاریخ پذیرش آن ۹۹/۱۱/۸ می‌باشد.

(۱) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته راه و ترابری، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

(۲) نویسنده مسئول، استادیار، دکترای راه و ترابری، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

Email: m.fallah@khu.ac.ir

(۳) استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

مقدمه

در وقوع تصادفات رانندگی، ترکیبی از عوامل مختلف شامل راه و محیط آن، وسایل نقلیه و کاربران راه تأثیرگذارند [1,2]. در این میان، عوامل انسانی اهمیت به-سزایی در بروز تصادفات دارند، به طوری که این عوامل به تنهایی تقریباً در ۹۰ درصد تصادفات رانندگی مؤثر هستند [3]. از میان عوامل انسانی، سرعت زیاد از مهمترین عوامل خطر شناخته شده است [4-6]. سرعت زیاد نه تنها در افزایش شدت تصادفات مؤثر است، بلکه با افزایش تعداد تصادفات نیز ارتباط دارد [7-9]. بررسی-ها مؤید آن است که علیرغم پیشرفتهای شگرف در صنایع خودروسازی و راهسازی، سرعت همچنان به عنوان یک عامل عمده خطر به شمار می آید [10].

تاکنون، به منظور تطبیق رفتار انتخاب سرعت افراد با حدود مجاز، از راهکارهای گوناگونی مانند آموزش رانندگان، طراحی و اجرای راههای خود معرف (Self Explaining Roads) و توسعه خودروهای هوشمند استفاده شده است [11,12]. با این وجود، نقض قانون رانندگی با سرعت مجاز به دلیل وجود انگیزه‌های قوی برای انتخاب سرعت زیاد، همچنان از رایج‌ترین تخلفات رانندگی در جاده‌ها و معابر است [13-15]. تحلیل اطلاعات سامانه‌های تردد شمار در کشورمان نشان می‌دهد که متوسط نرخ تخلفات سرعت در راههای برون شهری در خلال سال‌های ۹۵ تا ۹۷ حدود ۱۰/۲ درصد است [۱۶]. همچنین تخمین زده شده است که در ازای یک درصد کاهش تخلفات سرعت، فراوانی تصادفات به طور متوسط ۳/۳ درصد کاهش یابد [۱۶].

وجود انگیزه‌های رانندگی با سرعت غیرمجاز در میان رانندگان جوان به مراتب قوی‌تر است. به طوری که با توجه به نتایج مطالعات، رانندگان جوان و رانندگان کم‌تجربه بیش از سایر رانندگان با سرعت زیاد رانندگی می‌کنند و بیشتر دچار سوانح و تصادفات ترافیکی می‌شوند [17-19]. به علاوه سرعت زیاد در میان رایج‌ترین تخلفات رانندگی در گروه رانندگان جوان است [20].

با هدف ایجاد بازدارندگی از ارتکاب تخلف در میان رانندگان متخلف از جمله رانندگان جوان متخلف، ابزار اعمال قانون و تعیین جرایم رانندگی ابزار مهمی به حساب می‌آید که اثرات مثبت آن بر تغییر رفتار رانندگی و کاهش تصادفات در بررسی‌های مختلفی نشان داده شده است [20-22]. به عنوان مثال، الویک (Elvik) در سال ۲۰۱۶ با بررسی تعدادی از مطالعات پیشین در زمینه تأثیر افزایش جرایم بر رفتار رانندگی، نشان داد که افزایش مقدار جرایم در کاهش تعداد تصادفات به میزان ۱ تا ۱۲ درصد تأثیرگذار بوده‌اند [23].

تاکنون مکانیزم‌های مختلفی برای تنبیه رانندگانی که مقررات رانندگی را نقض می‌کنند پیشنهاد و به کار گرفته شده است. این مکانیزم‌ها شامل جریمه نقدی، نمره منفی، توقیف خودرو، تعلیق گواهینامه، مشارکت اجباری در برنامه‌های اجتماعی و بازآموزی و یا حتی زندان بوده‌اند [24]. تاکنون اثربخشی مکانیزم نمره منفی موضوع مطالعات فراوانی بوده است. به عنوان نمونه نشان داده شده است که معرفی سیستم نمره منفی در کشور اسپانیا و اعمال آن منجر به کاهش معنی‌دار ۱۲/۶ درصدی متوفیات تصادفات رانندگی گردید [25-26]. در جمهوری چک، معرفی سیستم نمره منفی کاهش ۳۳/۳ درصدی در تعداد متوفیات تصادفات رانندگی را در یک بازه زمانی سه ماهه در پی داشته است [27]. بررسی‌ها نشان داده است که از ابتدای اعمال سیستم نمره منفی در ایتالیا تعداد تصادفات ۹ درصد و تعداد متوفیات تصادفات ۳۰ درصد کاهش داشته است [28].

علاوه بر نمره منفی، اثرات جرایم نقدی تخلفات رانندگی نیز بر رفتار رانندگی و ایمنی ترافیک بررسی شده و بر توسعه سیستمی مبتنی بر وضع جرایم نقدی متناسب با بازدارندگی انواع تخلفات رانندگی تأکید شده است [29]. نشان داده شده است که افزایش مبلغ جرایم در آمریکا، ایمنی ترافیک را به جهت کاهش رانندگی تحت تأثیر الکل بهبود می‌دهد [30]. مطالعه‌ای در قطر نشان داد که اعمال قانون مبالغ زیاد جرایم رانندگی

غالباً از باورها به عنوان عناصر سازنده نگرش یاد می‌شود [36]. برای نمونه روکیچ (Rokeach)، نگرش را به عنوان ساختاری نسبتاً پایدار از باورها در مورد چیزها یا موقعیت‌هایی که فرد را مستعد پاسخگویی اختیاری می‌کند تعریف کرده است [39]. مطابق تئوری رفتار برنامه‌ریزی شده (Theory of planned behaviour)، در ارتکاب به هر عمل، تحت تأثیر سه ملاحظه مهم است که عبارتند از باورهای رفتاری (Behavioural beliefs) (باور در مورد نتایج بالقوه ارتکاب به عمل)، باورهای هنجاری (Normative beliefs) (باور در مورد انتظارات هنجاری سایرین در مورد ارتکاب به عمل) و باورهای کنترلی (Control beliefs) (باور در مورد وجود عوامل کنترلی که ارتکاب به عمل را ممکن یا ناممکن می‌سازد). باورهای رفتاری منجر به نگرش‌های (Attitudes) همسو یا ناهمسو نسبت به نتایج عمل می‌شود. در حالی که باورهای هنجاری منجر به فشار اجتماعی درک شده (Subjective norms) گردیده و باورهای کنترلی نیز کنترل رفتاری درک شده (Perceived behavioural control) را فعال می‌سازد [40]. علیرغم این موضوع و به جهت مشابهت مفاهیم نگرش و باور، در برخی مطالعات هر دو مفهوم به صورت جایگزین نیز استفاده شده‌اند (برای نمونه [36] را ببینید).

مطالعات مختلف مبتنی بر تئوری رفتار برنامه‌ریزی شده [41] و تئوری‌های عمل منطقی (Theory of reasoned action) [42] نشان داده‌اند که رفتار رانندگی افراد با نگرش‌ها و باورهای فردی در ارتباط می‌باشند [43,44]. در واقع نگرش‌ها، ادراک و باور رانندگان نسبت به پیامدهای سرعت رانندگی، از تأثیرگذارترین عوامل در بروز رفتار رانندگی با سرعت زیاد هستند [45]. به عنوان مثال مطالعات نشان می‌دهد که اکثر رانندگان، صرف نظر از سابقه تصادف، خود را نسبت به حد متوسط ماهرتر می‌دانند. این امر باعث می‌شود، برخی از رانندگان باور داشته باشند که قوانین راهنمایی و رانندگی مانند رعایت سرعت مجاز تنها برای رانندگانی است که مهارت کمتری

بازدارندگی رانندگان را در ارتکاب به تخلفات ترافیکی افزایش می‌دهد [31]. در نروژ نشان داده شد که افزایش مبالغ جرایم ترافیکی نرخ بستن کمر بند ایمنی را افزایش می‌دهد [32]. همچنین افزایش چشمگیر مبالغ جرایم ترافیکی منجر به بهبود ایمنی ترافیک می‌گردد [23].

بر اساس تئوری استاندارد اقتصادی جرم (Standard economic theory of crime)، تخلف از مقررات راهنمایی و رانندگی اغلب به عنوان انتخاب‌های منطقی و آگاهانه در نظر گرفته می‌شوند [33]. بر این اساس نقض قانون زمانی رخ می‌دهد که مزایای مورد انتظار از انجام رفتارهای غیرقانونی بزرگتر از هزینه‌های مورد انتظار (جرایم) انتخاب آن اقدام باشد. در مقابل، هنگامی که مزایای مورد انتظار رفتار غیرقانونی کمتر از هزینه‌های مورد انتظار آن باشد، افراد از قوانین پیروی می‌کنند. از این رو به منظور افزایش بازدارندگی جرایم، می‌توان هزینه‌های مورد انتظار رانندگان برای ارتکاب به تخلف را افزایش داد. بررسی و شناخت عوامل تأثیرگذار بر ادراک رانندگان از هزینه‌های مورد انتظار در صورت نقض قوانین بسیار ضروری بوده و نتایج چنین مطالعاتی یکی از ضروریات مهم در برنامه‌ریزی‌های ارتقای ایمنی راه‌ها به حساب می‌آید.

باورها و نگرش‌ها به عنوان مؤلفه‌های مهم شناختی [34] از جمله عوامل مؤثر بر هزینه‌های ادراک شده ناشی از ارتکاب به تخلف توسط رانندگان به شمار می‌آیند. باور نسبت به یک موضوع به وضعیت ذهنی اطلاق می‌شود که با توجه به آن، فرد بدون شواهد منطقی کافی برای اثبات، صحت آن موضوع را می‌پذیرد [35]. در یک بیان دیگر، باور به اعتقادات در مورد پدیده‌ها یا چیزهایی گفته می‌شود که فارغ از حقیقت واقعی، درست پنداشته می‌شوند [36]. نگرش‌ها نیز ارزیابی کلی مثبت یا منفی افراد از یک رفتار خاص، پس از ارزیابی نتایج درک شده از یک عمل می‌باشند [37].

مطابق رویکردهای شناختی، باورها، نگرش‌ها و انتظارات از پیامدهای آتی به رفتار منتهی می‌شوند [38].

سرعت مجاز توسط رانندگان، مورد بررسی قرار گرفته است. به بیان دیگر باورها و نگرش‌هایی که بر بازدارندگی جرایم تاثیر منفی دارند به همراه میزان اثر آن‌ها شناسایی شده تا در سیاست‌گذاری‌هایی که تمرکز بر بهبود شرایط ایمنی ترافیک دارند (به عنوان مثال در برنامه‌های بازآموزی رانندگان متخلف) مورد استفاده قرار بگیرند.

داده‌ها و روش تحقیق

طرح پرسشنامه

پرسشنامه این مطالعه در چهار بخش اصلی طراحی شد. در بخش اول پرسشنامه، رفتار انتخاب جرایم رانندگان در مواجهه با جرایم مربوط به نقض سرعت مجاز مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از طراحی سناریوهای انتخاب با استفاده از روش طراحی آزمایش استفاده شد. بهترین طرح برای استفاده در آزمایش انتخاب، طرحی است که تعداد تکرار هر سطح از هر ویژگی در طراحی سناریوهای انتخاب برابر با تعداد تکرار سطوح دیگر از همان ویژگی بوده (برقراری تعادل طرح (Balanced design) و پس از مدل‌سازی تمامی پارامترها به طور کاملاً مستقل از پارامترهای دیگر تخمین زده شود (برقراری تعادل طرح (design Orthogonal) [51]. برای دستیابی به چنین طرحی از معیار کارایی (D-efficiency) استفاده می‌شود که مقداری بین صفر تا یک می‌پذیرد. هر اندازه که معیار کارایی به یک نزدیک‌تر باشد، آن طراحی از تعادل و تعادل بیشتری برخوردار است [51].

در طرح سناریوهای بخش اول پرسشنامه، طرحی که بیشترین کارایی را داشته باشد انتخاب شده و تعداد سناریوها توسط ماتریس کدگذاری شده آن طرح کارا محاسبه شدند. به عبارت دیگر ابتدا با توجه به ملاحظات منطقی و محدودیت‌های اجرایی، طرحی با تعداد سناریوی مشخص انتخاب شده و سپس ماتریس کدگذاری آن طرح نوشته و در انتها کارایی آن محاسبه گردید. این روند آنقدر ادامه پیدا کرد که طرحی با بیشترین کارایی به دست آید.

دارند [45]. همچنین نشان داده شده است که رانندگانی که نسبت به رانندگی با سرعت زیاد نگرش مثبتی دارند، بیشتر از سایر رانندگان با سرعت زیاد رانندگی می‌کنند [7].

تاکنون نقش نگرش و باور نسبت به رانندگی با سرعت زیاد بر رفتار رانندگی گروه‌های مختلف رانندگان، موضوع مطالعات متعددی بوده است [46-49]. با این حال، در مورد نقش نگرش یا باور رانندگان بر بازدارندگی جرایم مربوط به نقض قانون رانندگی با سرعت مجاز مطالعات زیادی در دسترس نیست. به عنوان یکی از مطالعات محدود در این زمینه ساگبرگ و سانفور (Sagberg, F., and Sundfør) با بررسی به روش خوداظهاری در میان رانندگان نروژی نشان دادند که بهبود بیشتر رفتار در میان رانندگان با نگرش مثبت آنها نسبت به سیستم نمره منفی در ارتباط است [50].

همچنین آثار بازدارندگی جرایم مختلف موضوع مطالعات محدودی بوده است. برای نمونه لیو و همکاران با بهره‌گیری از یک مدل همزمان نشان دادند که نمره منفی با افزایش بازدارندگی ارتکاب به تخلفات در ارتباط است، با این حال اثری از ارتباط بازدارندگی با مکانیزم اعمال قانون نمره منفی مشاهده نشد [22]. با این حال، بررسی‌ها حاکی از آن است که اندک مطالعات در دسترس در مورد آثار بازدارندگی جرایم مختلف رانندگی محدود به مطالعه مکانیزمهای تنبیهی موجود است. از سوی دیگر همواره جرایم دیگری نیز از سوی ذی‌نفعان مختلف در ایمنی راه (به خصوص پلیس) ارائه می‌گردد که آثار بازدارندگی آنها هنوز نامشخص است و به همین دلیل، رغبت زیادی برای به کارگیری چنین جرایمی در سطح وسیع وجود ندارد. لذا در این پژوهش به بررسی آثار بازدارندگی جرایم موجود در کنار جرایم پیشنهادی (که هنوز اجرایی نشده‌اند) پرداخته شده است.

پژوهش حاضر با هدف شناخت عوامل مؤثر بر بازدارندگی جرایم در گروه رانندگان جوان، نقش نگرش-ها و باورها در رفتار انتخاب جرایم مربوط به نقض

در جدول (۱) قابل مشاهده می‌باشد. با توجه به تعداد چهار جریمه در نظر گرفته شده و تعداد سطوح مربوط به آن‌ها، حداکثر تعداد سناریوهای ممکن برای پرسشنامه در این پژوهش ۲۵۶ سناریو و کمترین تعداد ممکن ۱۳ سناریو به دست آمد (در این مطالعه به منظور طراحی سناریوها و محاسبه تعداد و کارایی آن‌ها از روند ارائه شده توسط کوفلد (Kuhfeld) [51] استفاده شده است). با توجه به ملاحظات آماری (کارایی سناریوها) و محدودیت‌های اجرایی، طراحی پرسشنامه در این پژوهش مشتمل بر ۲۴ سناریو انجام گرفت و شاخص کارایی مربوطه به مقدار $83/9\%$ به دست آمد. در این مطالعه هر سناریو دارای سه گزینه از ترکیبات سطوح مختلف جرایم بود (جدول ۱) و به هر کدام از پاسخ-دهندگان چهار سناریو ارائه گردید. سطوح جرایم در هر کدام از سناریوها به نحوی انتخاب شدند که هیچ‌کدام از آن‌ها از نظر منطقی ارجح بر سایر جرایم نباشند و تنها ترجیحات رانندگان عامل تعیین کننده در انتخاب گزینه مورد نظر باشد. به طور مثال اگر در گزینه اول یک سناریو، مقدار جریمه نقدی کمتر از گزینه دوم باشد، در مقابل مقدار نمره منفی در گزینه اول از گزینه دوم بیشتر است. بنابراین تنها ترجیح راننده میان جریمه نقدی و نمره منفی، عامل تعیین کننده در انتخاب گزینه مورد نظر خواهد بود. همچنین به منظور جلوگیری از اربابی نتایج به دلیل پیچیده و طولانی شدن پرسشنامه لازم است تا ترتیب ارائه سناریوها به تصمیم گیرندگان به صورت تصادفی در نظر گرفته شود [52]. بنابراین سناریوها در قالب دو بلوک جداگانه طراحی شدند و به هر یک از پاسخ‌دهندگان یک بلوک از پرسشنامه به صورت تصادفی ارائه گردید و از آنان خواسته شد تا با فرض امکان تغییر در قوانین فعلی رانندگی، در هر سناریو از میان سه گزینه که هر کدام مرکب از سطوح مختلفی از انواع جرایم بود گزینه‌ای را انتخاب کنند که در صورت اعمال، به احتمال زیاد همچنان محدودیت سرعت رانندگی را نقض خواهند کرد.

به منظور طراحی سناریوهای انتخاب شامل جرایم و سطوح استفاده شده برای هر جریمه از مکانیزم‌های مختلف بازدارندگی شامل جرایم نقدی، نمره منفی، توقیف خودرو و محرومیت اجتماعی استفاده شد. از میان این جرایم، در قانون رسیدگی به تخلفات رانندگی در ایران (مصوب سال ۱۳۸۹) به طور مستقیم به سه جریمه اول به عنوان جرایم نقض سرعت مجاز اشاره شده است. بر این اساس در حال حاضر، مقدار جریمه نقدی برای تجاوز از سرعت مجاز تا ۳۰ کیلومتر در ساعت ۶۰۰ هزار ریال و برای بیش از ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر تجاوز از سرعت مجاز ۲ میلیون ریال می‌باشد. نمره منفی رانندگان خودروهای سواری در صورت نقض قانون سرعت ۵ نمره در نظر گرفته شده است. همچنین مطابق با قانون رسیدگی به تخلفات رانندگی، گواهینامه راننده متخلف دارای ۳۰ نمره منفی به مدت سه ماه ضبط خواهد شد. همچنین براساس بند (د) از ماده ۱۰ قانون رسیدگی به تخلفات رانندگی، در صورت انجام یک تخلف حادثه‌ساز دیگر به همراه نقض قانون رانندگی با سرعت مجاز خودروی راننده متخلف توقیف خواهد شد.

افزون بر مجازات‌های ذکر شده، در این مطالعه با هدف بررسی مکانیزم‌های جدید بازدارندگی، جریمه‌ای نیز تحت عنوان محرومیت از حقوق اجتماعی (که به-صورت ثبت سوء پیشینه راننده متخلف از مقررات سرعت تعریف شده است) در نظر گرفته شد و به پاسخ-دهندگان توضیح داده شد که از عواقب این جریمه، تأثیر منفی آن در شئون مختلف از جمله مصاحبه‌های تحصیلی، شغلی و یا دریافت وام‌های بانکی خواهد بود. مکانیزم محرومیت از حقوق اجتماعی، مطابق ماده ۲۶ از فصل دوم قانون مجازات اسلامی مسبوق به سابقه است. با این وجود، در قوانین فعلی مرتبط با تخلف نقض سرعت مجاز، جریمه‌ای با عنوان محرومیت اجتماعی وجود ندارد. لذا سطوح این مکانیزم به طور فرضی و با الهام از موارد مذکور در قانون مجازات اسلامی تعیین گردید. بر این اساس، جرایم انتخاب شده و سطوح آن‌ها

جدول ۱ لیست ویژگی‌ها، واحد و سطوح مورد استفاده در توسعه سناریوهای انتخاب

ویژگی	واحد	سطوح
جریمه نقدی	بر حسب ۱۰ ^۴ ریال	۳۰۰، ۲۳۰، ۱۴۰، ۵۰
نمره منفی	عدد	۲۵، ۲۰، ۱۰، ۵
توقیف خودرو	روز	۱۲، ۹، ۶، ۳
محرومیت اجتماعی	ماه	۷، ۵، ۳، ۱

سؤالات ارائه شده در مقیاس طیف لیکرت (۱: خیلی زیاد تا ۵: خیلی کم) اظهار نمودند.

جمع‌آوری داده‌ها

با هدف دستیابی به جامعه رانندگان جوان، اطلاعات مورد نیاز این پژوهش از طریق پرسشگری در میان دانشجویان دارای گواهینامه و سابقه رانندگی گردآوری شد. جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس (Convenience Sampling) و از طریق پرسشگری در سه پردیس بزرگ دانشگاهی کشور شامل پردیس کرج دانشگاه خوارزمی تهران، پردیس دانشکده-های فنی دانشگاه تهران و پردیس دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران-شرق انجام گرفت. پرسشنامه‌ها لزوماً توسط دانشجویان دارای گواهینامه که حداقل یک ساعت در طول هفته رانندگی می‌کردند، تکمیل شدند. در مجموع ۵۵۰ پرسشنامه از طریق مصاحبه چهره به چهره در محوطه‌های عمومی دانشگاه شامل محل راهروها، غذاخوری دانشگاه و کافه‌تريا گردآوری شد. همچنین پس از هماهنگی با برخی از اساتید، پرسشنامه‌هایی نیز در انتهای برخی کلاس‌ها توزیع گردید. دانشجویان پس از شنیدن دستورالعمل نحوه تکمیل پرسشنامه توسط پرسشگران، به سؤالات پاسخ دادند. در هیچ‌کدام از بخش‌های پرسشنامه‌ها نیازی به ثبت اطلاعات هویتی پاسخ‌دهندگان نبود و در تمام مراحل پرسشگری، به پاسخ‌دهندگان اطمینان داده شد که مشارکت در پرسشگری کاملاً داوطلبانه است.

در نهایت و پس از حذف پرسشنامه‌های ناقص و پرسشنامه‌هایی که دارای پاسخ‌های غیرمنطقی بودند، ۵۰۱ عدد پرسشنامه کاملاً تکمیل شده به‌دست آمد (نرخ پاسخ‌گویی ۹۱/۱ درصد) که در تحلیل‌ها و مدل‌سازی

در بخش دوم پرسشنامه اطلاعات اجتماعی-اقتصادی رانندگان شامل، سن، جنسیت، سال‌های سپری شده از زمان اخذ گواهینامه، وضعیت مالکیت خودرو و تعداد ساعات رانندگی در هفته گردآوری شدند.

در بخش سوم پرسشنامه، نگرش رانندگان نسبت به تصادف و نگرش آن‌ها نسبت به رانندگی با سرعت زیاد به صورت مجزا و با استفاده از ابزار توسعه‌یافته و اعتبارسنجی شده توسط دی پلسماکرز و جانسنز (پلس) مورد پرسش قرار گرفت [13]. بدین منظور از پاسخ‌دهندگان خواسته شد تا میزان موافقت خود را با نگرش‌ها در مورد تصادف (به عنوان مثال، رعایت محدودیت سرعت من را قادر می‌سازد تا بتوانم در موارد اضطراری زودتر متوقف شوم)، نگرش‌ها نسبت به رانندگی با سرعت زیاد (به عنوان مثال، رانندگی با سرعت غیر مجاز از مهم‌ترین مشکلات جامعه است) بیان نمایند. میزان موافقت یا مخالفت پاسخ‌دهندگان در مقیاس طیف لیکرت (۱: خیلی زیاد تا ۵: خیلی کم) مورد سنجش قرار گرفت.

بخش چهارم پرسشنامه به سه سؤال در رابطه با باور رانندگان نسبت به جرایم راهنمایی و رانندگی (به عنوان مثال، جرایم رانندگی برای درآمدزایی دولت هستند). اختصاص یافت. سؤالات این بخش به صورت خودساخته و با توجه به شرایط اجتماعی، طراحی شدند. پاسخ‌دهندگان میزان موافقت یا مخالفت خود را با

جدول ۲ توصیف اطلاعات مربوط به بخش دوم پرسشنامه

ویژگی/توزیع	فراوانی	درصد
سن		
کمتر از ۲۰ سال	۱۸	۳/۶
۲۰ تا ۲۳ سال	۲۴۴	۴۸/۷۰
۲۴ تا ۲۶ سال	۱۵۲	۳۰/۳۴
بالای ۲۶ سال	۸۷	۱۷/۳۶
جنسیت		
مرد	۳۵۲	۷۰/۳
زن	۱۴۹	۲۹/۷
ساعات رانندگی در هفته		
کمتر از ۱۰ ساعت	۳۰۹	۶۱/۶۸
۱۰ تا ۲۰ ساعت	۱۴۵	۲۸/۹۴
بالای ۲۰ ساعت	۴۷	۹/۳۸
مدت زمان سپری شده از اخذ گواهینامه		
کمتر از ۵ سال	۳۰۱	۶۰/۰۷
۵ سال و بیشتر	۲۰۰	۳۹/۹۳

مورد استفاده قرار گرفت. جدول (۲) اطلاعات توصیفی داده‌های بخش دوم پرسشنامه را نشان می‌دهد. براساس اطلاعات جمع‌آوری شده ۷۰/۳ درصد رانندگان نمونه مرد و ۲۹/۷ درصد آن‌ها زن بودند. ۵۲/۳ درصد از پاسخ دهندگان بین ۱۸ تا ۲۳ سال سن داشتند. ۶۱/۸ درصد از پاسخ دهندگان کمتر از ۱۰ ساعت در هفته رانندگی می‌کردند. همچنین ۶۰ درصد رانندگان کمتر از ۵ سال از مدت اخذ گواهینامه آن‌ها گذشته بود و لذا تجربه رانندگی زیادی نداشتند. میانگین و انحراف معیار پاسخ‌های رانندگان به سؤالات مربوط به نگرش نسبت به تصادف، نگرش نسبت به رانندگی با سرعت زیاد و باور نسبت به کاربرد صحیح جرایم راهنمایی و رانندگی در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳ نگرش‌ها و باور رانندگان در نمونه مورد بررسی

انحراف معیار	میانگین	سؤالات
		نگرش نسبت به تصادف
۰/۸۸۵	۱/۸۰۸	رعایت محدودیت سرعت من را قادر می‌سازد تا بتوانم در موارد اضطراری زودتر متوقف شوم.
۰/۷۷۴	۱/۷۱۵	رعایت محدودیت سرعت احتمال تصادفات منجر به خسارت خودرو را کاهش می‌دهد.
۰/۸۵۱	۱/۸۰۴	رعایت محدودیت سرعت احتمال تصادفات جرحی را کاهش می‌دهد.
		نگرش نسبت به رانندگی با سرعت زیاد
۱/۲۰۰	۲/۷۰۳	رانندگی با سرعت غیر مجاز از مهم‌ترین مشکلات جامعه است.
۱/۱۱۶	۲/۷۳۹	وقتی دیگران با سرعت غیر مجاز رانندگی می‌کنند من عصبانی می‌شوم.
		باور نسبت به جرایم رانندگی
۱/۱۸۰	۲/۸۳۰	هرچه مأموران راهنمایی و راهنمایی بیشتر جریمه کنند حقوق بیشتری می‌گیرند.
۱/۰۶۷	۲/۶۴۱	اگر افسران راهنمایی و رانندگی تمام قبض‌های جریمه را پر نکنند جریمه می‌شوند.
۱/۰۱۵	۲/۰۲۰	جرایم رانندگی برای درآمدزایی دولت است.

$i \neq j$

در رابطه قبل r_{ij} و a_{ij} به ترتیب ضرایب همبستگی ساده و جزئی بین متغیرهای اولیه i و j است. در صورتی که مقدار KMO کمتر از ۰/۵ باشد نمونه مورد مطالعه کفایت لازم را برای انجام تحلیل عاملی ندارد [54]. برای اطمینان از حصول نتایج یکسان با وسیله و شرایط مشابه در زمان‌های مختلف، لازم است تا پایداری مولفه‌های محاسبه شده توسط رویکرد مولفه‌های اصلی بررسی شود. بدین منظور از محاسبه ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است. رابطه (۵) نحوه محاسبه ضریب آلفای کرونباخ را نشان می‌دهد.

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n s_i^2}{\sigma^2} \right] \quad (5)$$

در رابطه (۵)، n تعداد پرسش‌ها، s_i واریانس هر پرسش و σ^2 واریانس کل پرسش‌ها می‌باشد [55]. هرچه مقادیر محاسبه شده توسط رابطه (۵) به عدد یک نزدیک‌تر باشند، همگنی پرسش‌ها بیشتر خواهد بود.

در این مطالعه به منظور مدل‌سازی معادلات ساختاری از نرم‌افزار AMOS استفاده شده است. بررسی خوبی برازش مدل ساخته شده از طریق کنترل برخی از شاخص‌های برازش مانند ریشه میانگین مربعات خطای برآورد (RMSEA)، برازش تطبیقی (CFI) و نسبت مجذور کای دو به درجات آزادی (CMIN) انجام گرفته شده است. در صورتی که RMSEA مقداری کمتر از ۰/۰۷، CFI بزرگتر از ۰/۹ و CMIN مقادیری کوچکتر از ۳ داشته باشد مدل دارای برازشی مناسب است [56].

مدل‌سازی رفتار انتخاب جرایم

در این مطالعه نقش نگرش و باور رانندگان بر بازدارندگی جرایم رانندگی با سرعت زیاد، از طریق مدل‌سازی انتخاب گسسته و مدل لوجیت چندجمله‌ای (Multinomial Logit Model) مورد بررسی قرار گرفت. مدل‌های انتخاب گسسته به صورت آماری در رابطه با انتخاب انجام شده توسط هر فرد و با توجه به ویژگی‌های

کاهش ابعاد داده‌ها

وجود متغیرهای زیاد و ناشناخته بودن ارتباط بین آن‌ها در بخش‌های سوم و چهارم پرسشنامه، انجام تحلیل‌های نهایی را دچار مشکل می‌کند. لذا در این مطالعه با هدف کاهش ابعاد داده‌ها و سهولت در فرایند مدل‌سازی، از تحلیل عاملی اکتشافی (Exploratory Factor Analysis) به روش مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis) و در ادامه تحلیل عاملی تأییدی (Confirmatory factor analysis) به روش مدل‌یابی معادلات ساختاری استفاده شد. در روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مهم‌ترین اطلاعات از میان داده‌ها استخراج شده و این اطلاعات به عنوان مجموعه‌ای از متغیرهای جدید به نام مؤلفه‌های اصلی بیان می‌شوند [53].

به منظور شناسایی مولفه‌های اصلی پس از استانداردسازی متغیرهای اصلی (X) ماتریس همبستگی با استفاده از رابطه (۱) و مقادیر ویژه (λ_i) و بردار ویژه (e_i) با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شوند.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

$$M.e_i = \lambda_i . I . e_i \quad (2)$$

در رابطه (۲)، I ماتریس همانی با درجه برابر تعداد متغیرهای اولیه است. مولفه‌های اصلی به تعداد متغیرهای اولیه (n)، با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌شوند.

$$PC_i = e_1^i y^1 + e_2^i y^2 + \dots + e_n^i y^n$$

$$ST:$$

$$(e_1^i)^2 + (e_2^i)^2 + \dots + (e_n^i)^2 = 1 \quad (3)$$

در رابطه (۳)، y^i نشان‌دهنده i -امین متغیر اولیه و e_i^j (امتیاز عاملی) نشان‌دهنده المان j -ام از بردار ویژه i -ام از ماتریس M است. به منظور بررسی کفایت نمونه در تحلیل اکتشافی به روش مولفه‌های اصلی از آزمون بارتلت (Bartlett) استفاده می‌شود. آماره این آزمون در رابطه (۴) نشان داده شده است.

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^2} \quad (4)$$

و صفر به آن تعلق می‌گیرد، بدین ترتیب که، در صورتی که راننده جریمه i را انتخاب کند متغیر وابسته مربوط به آن گزینه برابر یک و در غیر اینصورت برابر صفر خواهد بود. لذا در این پژوهش، متغیر وابسته مدل لجیت چند جمله‌ای، انتخاب جرایم رانندگی مربوط به نقض سرعت مجاز بوده است.

در این مطالعه، به منظور آزمون معناداری بهبود توصیف مدل لجیت چندجمله‌ای نسبت به مدل پایه (مدلی که تنها شامل متغیرهای اصلی می‌باشد) از آزمون نسبت درست نمایی استفاده شده است. فرضیه و آماره‌ی این آزمون در رابطه (۸) آورده شده است.

$$\begin{aligned} H_0: LL_{\text{base model}} &= LL_{\text{estimated model}} \\ H_1: LL_{\text{base model}} &\neq LL_{\text{estimated model}} \\ -2(LL_{\text{base model}} - LL_{\text{estimated model}}) &\sim \chi^2 \end{aligned} \quad (8)$$

اگر مقدار آماره محاسبه شده از رابطه (۸) از مقدار آماره بحرانی مربع کای (Chi-square) (در سطح معناداری $\alpha = 0.05$) بیشتر باشد، فرضیه صفر رد خواهد شد و مدل به طور کلی دارای اهمیت می‌باشد.

نتایج مدل‌سازی

کاهش ابعاد داده‌ها

نتایج حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی در جدول (۴) و نتایج حاصل از تحلیل عاملی تأییدی در جدول (۵) نشان داده شده است. با توجه به نتایج تحلیل عاملی اکتشافی مقادیر KMO در محدوده کفایت نمونه برای انجام تحلیل عاملی اکتشافی قرار دارد. همچنین بار عاملی (همبستگی هر مورد با عامل اکتشافی) و ضریب آلفای کرونباخ (معیاری از پایایی) تمام عوامل نیز گزارش شده‌اند.

فرد تصمیم گیرنده و ویژگی‌های ارائه شده برای گزینه انتخابی، می‌باشند.

ساده‌ترین و پرکاربردترین مدل استفاده شده برای مدل‌سازی انتخاب گسسته مدل لجیت چندجمله‌ای می‌باشد [57]. محبوبیت این روش از آنجا ناشی می‌شود که فرم بسته‌ای برای بیان احتمال انتخاب گزینه‌ها ارائه می‌دهد و به سادگی قابل تفسیر است [58]. فرض اساسی در تخمین مدل لجیت چند جمله‌ای توزیع مقادیر مشاهده نشده به صورت یکسان و مستقل (Independently and Identically Distributed) است. این فرض با در نظر گرفتن توزیع گامبل (Gumbel distribution) برای مقادیر مشاهده نشده اعمال می‌شود. در این مدل مطلوبیت درک شده‌ی گزینه i ام موجود در مجموعه انتخابی z از نگاه راننده n ام با U_{nij} نشان داده شده است. مطلوبیت درک شده به دو بخش معین (Deterministic component) و تصادفی (Stochastic component) تقسیم می‌شود. بخش اول با V_{nij} و بخش دوم با ε_{nij} مشخص شده است [59]. در رابطه (۶) ساختار ذکر شده نشان داده شده است.

$$U_{nij} = V_{nij} + \varepsilon_{nij} \quad (6)$$

احتمال انتخاب گزینه i توسط هر راننده با استفاده از رابطه‌ی (۷) به دست می‌آید. در این رابطه فرض می‌شود که هر راننده گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که مطلوبیت درک شده‌ی آن گزینه بیشتر از مطلوبیت درک شده‌ی سایر گزینه‌ها باشد.

$$\begin{aligned} P_{ni} &= P(U_{ni} > U_{nj}, \text{ for all } j \neq i) \\ &= P(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj}, \text{ for all } j \neq i) \\ &= P(\varepsilon_{nj} < V_{ni} - V_{nj} + \varepsilon_{ni}, \text{ for all } j \neq i) \end{aligned} \quad (7)$$

در رابطه (۷)، P_{ni} احتمال انتخاب گزینه i ام توسط راننده n ام می‌باشد. متغیر وابسته در مدل‌های انتخاب گسسته به صورت گسسته در نظر گرفته شده و مقدار یک

جدول ۴ نتایج تحلیل اکتشافی مؤلفه‌های اصلی برای ساختار نگرش و باور

F3	F2	F1	عوامل
			عامل اول: نگرش نسبت به تصادف ($\alpha^* = 0/768$)
0/250	-0/023	0/840	رعایت محدودیت سرعت احتمال تصادفات منجر به خسارت خودرو را کاهش می‌دهد.
0/062	0/027	0/813	رعایت محدودیت سرعت احتمال تصادفات جرحی را کاهش می‌دهد.
0/190	-0/097	0/776	رعایت محدودیت سرعت من را قادر می‌سازد تا بتوانم در موارد اضطراری زودتر متوقف شوم.
			عامل دوم: باور نسبت به جرایم رانندگی ($\alpha = 0/725$)
0/031	0/827	-0/138	هرچه مأموران راهنمایی و رانندگی بیشتر جریمه کنند حقوق بیشتری می‌گیرند.
0/113	0/822	-0/015	اگر افسران راهنمایی و رانندگی تمام قبض‌های جریمه را پر نکنند جریمه می‌شوند.
-0/168	0/756	0/064	جرایم رانندگی برای درآمدزایی دولت هستند.
			عامل سوم: نگرش نسبت به رانندگی با سرعت زیاد** ($\alpha = 0/414$)
0/768	0/024	0/150	رانندگی با سرعت غیرمجاز از مهم‌ترین مشکلات جامعه است.
0/758	-0/038	0/208	وقتی دیگران با سرعت غیرمجاز رانندگی می‌کنند من عصبانی می‌شوم
	0/711		KMO
	66		% Cumulative variance explained

* ضریب آلفای کرونباخ

جدول ۵ نتایج تحلیل عاملی تأییدی

شاخص‌های برازش	مقدار
Chi-Square	28/087
DF	17
Chi-Square/DF	1/652
CFI	0/987
RMSEA	0/036

تخمین ضرایب مدل

جدول (۶) متغیرهای مورد استفاده در برازش مدل لجیت چند جمله‌ای را نشان می‌دهد. برای میانگین هر گروه از متغیرهای کاهش ابعاد یافته در بخش ۳-۱، یک متغیر گسسته تعریف شد و حساسیت متغیر مربوطه با طیف‌های مختلف (۱= خیلی کم تا ۵= خیلی زیاد) در روند برازش مدل، مورد آزمون قرار گرفت. در نهایت، تنها آن طیفی از متغیرها که بیشترین معناداری را در مدل داشته‌اند، در جدول (۶) نمایش داده شده است.

لازم به ذکر است که علاوه بر پنج طیف لیکرت تعریف شده برای سؤالات، سطوح کوچکتر یا مساوی و بزرگتر یا مساوی با هر کدام از پنج طیف نیز برای میانگین متغیرهای کاهش ابعاد یافته در روند مدل‌سازی کنترل شده است.

نتایج برازش مدل لجیت چند جمله‌ای در جدول (۷) نشان داده شده است. با توجه به تعداد رانندگان حاضر در نمونه (۵۰۱ نفر) و ارائه چهار سناریو به هر کدام

همانطور که از جدول (۵) مشخص است، تحلیل عاملی تأییدی مؤید ساختار به دست آمده در تحلیل عاملی اکتشافی می‌باشد. با توجه به نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل عاملی اکتشافی، آن گروه از سؤالاتی که به صورت یک عامل، کشف و تأیید شده‌اند را می‌توان به عنوان یک متغیر مستقل برای مدل‌سازی در نظر گرفت. بدین ترتیب، در این مطالعه از میانگین مقادیر به دست آمده از پاسخ‌های رانندگان برای هر گروه از سؤالات مربوط به نگرش نسبت به تصادف، رانندگی با سرعت زیاد و باور نسبت به جرایم رانندگی استفاده شد.

صورت برهمکنشی در نظر گرفته شده‌اند. با توجه به نتایج مدل‌سازی، هر چهار متغیر جریمه نقدی، نمره منفی، توقیف خودرو و محرومیت اجتماعی از نظر آماری معنادار شده و در افزایش بازدارندگی از نقض قانون تأثیرگذار هستند.

همچنین برهمکنش میانگین متغیرهای نگرش نسبت به تصادف، نگرش نسبت به رانندگی با سرعت زیاد و باور نسبت به جرایم رانندگی در سطوح مختلف معنادار شده‌اند. علامت منفی در تمام متغیرهای تخمینی، نشان‌دهنده افزایش هزینه‌های مورد انتظار رانندگان برای ارتکاب به تخلف بوده و بزرگی اندازه ضریب متغیرهای تخمینی نشان‌دهنده میزان بازدارندگی جرایم بر حسب واحد هر کدام از آن‌ها می‌باشد.

از آن‌ها، تعداد انتخاب‌های مورد استفاده در مدل ۲۰۰۴ عدد بوده است. آزمون نسبت درست‌نمایی نشان می‌دهد که دو برابر تفاضل مقادیر $LL(\beta)$ و $LL(C)$ مربوط به مدل لجیت چندجمله‌ای و مدل ثابت (۶۱۱/۸۹) با اختلاف زیادی از مقدار آماره بحرانی مربع کای دو (۱۸/۳۰) بیشتر بوده و فرضیه صفر رد می‌شود. بنابراین مدل به طور کلی دارای اهمیت آماری است و متغیرها دقت مدل را از نظر آماری بهبود داده‌اند. همانطور که در جدول (۷) مشخص است، در روند پرداخت مدل به منظور بررسی ناهمگونی رفتار انتخاب جریمه رانندگان (اختلاف سلیقه‌ها) در گروه‌هایی با نگرش و باورهای متفاوت، میانگین متغیرهای ذکر شده و متغیرهای سیاست‌پذیر (چهار جریمه ارائه شده در سناریوها) به

جدول ۶ معرفی متغیرهای استفاده شده در مدل‌سازی

متغیر	نماد	توضیح
جریمه نقدی	PEN	مقدار جریمه نقدی
نمره منفی	MIN	مقدار نمره منفی
توقیف خودرو	STOP	مقدار توقیف
محرومیت اجتماعی	DEP	مقدار محرومیت اجتماعی
باور نسبت به جرایم رانندگی	BI	برای رانندگانی که میانگین باور آن‌ها نسبت به جرایم رانندگی کوچکتر از ۲ است $BI=1$ و برای رانندگانی که باور آن‌ها نسبت به جرایم بزرگتر از ۲ است $BI=0$
نگرش نسبت به رانندگی با سرعت زیاد	MAST	برای رانندگانی که میانگین نگرش آن‌ها نسبت به سرعت بزرگتر یا مساوی ۲ است $MAST=1$ و برای رانندگانی که میانگین نگرش آن‌ها نسبت به سرعت کوچکتر از ۲ است $MAST=0$
نگرش نسبت به تصادف	MACT1	برای رانندگانی که میانگین نگرش آن‌ها نسبت به تصادف کوچکتر یا مساوی ۳ است $MACT1=1$ و برای رانندگانی که میانگین نگرش آن‌ها نسبت به تصادف بزرگتر از ۳ است $MACT1=0$
	MACT2	برای رانندگانی که میانگین نگرش آن‌ها نسبت به تصادف کوچکتر یا مساوی ۲ است $MACT2=1$ و برای رانندگانی که میانگین نگرش آن‌ها نسبت به تصادف بیشتر از ۲ است $MACT2=0$
	MACT3	برای رانندگانی که میانگین نگرش آن‌ها نسبت به تصادف بزرگتر از ۲ است $MACT3=1$ و برای رانندگانی که میانگین نگرش آن‌ها نسبت به تصادف کمتر از ۲ است $MACT3=0$
	MACT4	برای رانندگانی که میانگین نگرش آن‌ها نسبت به تصادف کمتر از ۲ است $MACT4=1$ و برای رانندگانی که میانگین نگرش آن‌ها نسبت به تصادف بیشتر از ۲ است $MACT4=0$

جدول ۷. نتایج مدل لوجیت چند جمله‌ای

متغیرها	مقدار پارامتر تخمینی	p-value مقدار
PEN	-۰/۰۰۵۰۵	۰/۰۰۰۸
MIN	-۰/۰۳۱۳۰	۰/۰۲۳۷
STOP	-۰/۰۶۸۱۴	۰/۰۰۰۰
DEP	-۰/۱۵۲۶۷	۰/۰۰۰۰
DEP×BI	۰/۰۵۴۱۰	۰/۰۴۴۱
MIN×MAST	-۰/۰۲۸۷۳	۰/۰۲۷۷
PEN×MACT1	۰/۰۰۲۷۷	۰/۰۶۸۴
MIN×MACT2	۰/۰۱۵۱۵	۰/۰۴۶۶
STOP×MACT3	-۰/۰۳۵۸۶	۰/۰۶۴۱
DEP×MACT4	-۰/۰۴۶۵۵	۰/۰۴۶۵
تعداد مشاهدات	۲۰۰۴	
لگاریتم تابع درست نمایی LL(β)	-۱۸۷۵/۷۴۹۲	
لگاریتم تابع درست نمایی LL(C)	-۲۱۸۱/۶۹۸۵	
آماره آزمون نسبت درست‌نمایی نسبت به مدل پایه	۶۱۱/۸۹	
تعداد ضرایب مدل تخمینی	۱۰	

بحث و نتیجه‌گیری

با وجود تأثیر نگرش و باور رانندگان جوان و کم‌تجربه در رفتار رانندگی و همچنین اهمیت شناخت رفتار رانندگان در مواجهه با جرایم رانندگی با سرعت غیرمجاز، تاکنون در مطالعات اندکی نقش نگرش و باور رانندگان جوان بر بازدارندگی جرایم رانندگی مربوط به سرعت غیرمجاز مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین مطالعه حاضر در زمره نخستین مطالعاتی است که نقش نگرش رانندگان نسبت به سرعت زیاد، تصادف و باور رانندگان نسبت به جرایم رانندگی را بر بازدارندگی جرایم رانندگی با سرعت غیرمجاز مورد بررسی قرار داده است.

نتایج برازش مدل نشان داد که هر چهار جریمه ارائه شده در سناریوها در کاهش مطلوبیت انتخاب جرایم مؤثر بوده‌اند. به عبارت دیگر با افزایش مقدار این جرایم، هزینه‌های مورد انتظار رانندگان برای نقض قانون

رانندگی با سرعت مجاز نیز افزایش خواهد یافت. با توجه به اندازه ضرایب تخمینی جرایم (برحسب واحد)، متغیرهای محرومیت اجتماعی و جریمه نقدی به ترتیب در افزایش بازدارندگی از ارتکاب به تخلف سرعت غیرمجاز، نسبت به سایر متغیرها بیشترین و کمترین تأثیر را داشته‌اند. چنین یافته‌ای با نتایج به دست آمده از مطالعات پیشین که تأثیر افزایش جرایم نقدی در ایجاد بازدارندگی را محدود و در بعضی موارد بی‌تأثیر نشان داده است [32,60] هم سو می‌باشد.

براساس بررسی برهمکنش متغیر محرومیت اجتماعی و میانگین باور رانندگان نسبت به جرایم رانندگی، برای رانندگانی که نسبت به اعمال جرایم راهنمایی و رانندگی باور مثبتی نداشته‌اند، محرومیت از حقوق اجتماعی بازدارندگی کمتری نسبت به سایر رانندگان داشته است. به عبارت دیگر برای رانندگانی که در باور آن‌ها جرایم راهنمایی و رانندگی با هدف ایجاد

بازدارندگی جرایم نقدی برای رانندگانی با میانگین طیف نگرش نسبت به تصادف کوچکتر مساوی سه (طیف سه برابر گزینه "نظری ندارم" در پرسشنامه است)، کمتر از سایر رانندگان به دست آمده است.

برخلاف دو مکانیزم نمره منفی و جریمه نقدی، محرومیت از حقوق اجتماعی برای رانندگانی که نسبت به نقش رعایت سرعت مجاز در تصادفات نگرش مثبتی داشته‌اند، بازدارندگی از تخلف نقض سرعت مجاز را افزایش داده است. با توجه به این یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت، برای آن دسته از رانندگانی که به طور کلی نگرش آن‌ها نسبت به منافع رعایت سرعت مجاز در تصادفات مثبت بوده است، مکانیزم‌های نمره منفی و جرایم نقدی نقش کمتری در افزایش بازدارندگی نسبت به سایر رانندگان داشته‌اند، از این رو توصیه می‌شود تا در کنار سایر مکانیزم‌های بازدارندگی از مکانیزم‌های مؤثر دیگری مانند محرومیت اجتماعی برای کنترل رفتار انتخاب سرعت رانندگانی با این نوع از نگرش‌ها استفاده شود.

بررسی برهمکنش توقیف خودرو و میانگین نگرش نسبت به تصادف نشان می‌دهد، برای رانندگانی که در مورد منافع رعایت سرعت مجاز در بروز تصادفات نظری نداشته یا با آن مخالف بوده‌اند، توقیف خودرو نسبت به سایر رانندگان بازدارندگی بیشتری داشته است.

به طور کلی و براساس بررسی نتایج این مطالعه، جرایم نقدی در برخی از شرایط، مانند باور منفی رانندگان نسبت به جرایم راهنمایی و رانندگی و یا نگرش مثبت رانندگان نسبت به منافع رعایت سرعت مجاز در افزایش بازدارندگی از تخلف رانندگی با سرعت غیرمجاز موفق نبوده است. لذا همانطور که پیش‌تر نیز ذکر شد، پیشنهاد می‌شود که در کنار جرایم نقدی، سایر مکانیزم‌های بازدارندگی غیرپولی به کار گرفته شوند.

در این پژوهش تأثیر متغیرهای نگرش و باور رانندگان بر رفتار انتخاب جریمه آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با وجود این، تحقیقات حاکی از آن است که رفتار

بازدارندگی و در چارچوب کارکرد صحیح آن‌ها اعمال نمی‌شوند، محرومیت اجتماعی بازدارندگی را به اندازه سایر رانندگان افزایش نداده است. این یافته با نتایج مطالعات پیشین همخوانی دارد. با توجه به نتایج این مطالعات، عدالت درک شده از جرایم توسط رانندگان و به ویژه رانندگان جوان، به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در پیروی از قوانین راهنمایی و رانندگی به حساب می‌آید [24,61]. بنابراین، باور منفی نسبت به اعمال صحیح جرایم رانندگی و ناعادلانه ارزیابی کردن آن‌ها توسط افراد، به عنوان موانع مهمی در برابر افزایش بازدارندگی جرایم محسوب می‌شوند. از این رو لازم است تا از طریق آموزش و آگاهی رسانی، باور منفی افراد نسبت به جرایم رانندگی در جامعه کاهش یابد.

همچنین برهمکنش میانگین نگرش رانندگان نسبت به رانندگی با سرعت زیاد بر متغیر نمره منفی از نظر آماری معنادار شد. به عبارت دیگر، برای رانندگانی که به طور کلی میانگین نگرش آن‌ها نسبت به رانندگی با سرعت زیاد مثبت است و این شیوه رانندگی را خطرآفرین نمی‌دانند، نمره منفی، بازدارندگی از ارتکاب به تخلف نقض سرعت مجاز را نسبت به سایر رانندگان افزایش می‌دهد. بنابراین برای ایجاد بازدارندگی در این گروه از رانندگان علاوه بر برنامه‌های آموزشی به منظور تغییر نگرش آن‌ها نسبت به رانندگی با سرعت زیاد، می‌توان از افزایش نمره منفی نیز به عنوان عامل بازدارنده استفاده کرد.

با توجه به نتایج، میانگین نگرش رانندگان نسبت به تصادف و هر چهار متغیر مستقل در طیف‌هایی متفاوت از نظر آماری معنادار شده است. بر این اساس، نمره منفی برای رانندگانی که به طور کلی نسبت به نقش رعایت سرعت مجاز در تصادفات نگرش مثبتی داشته‌اند (میانگین نگرش آن‌ها نسبت به تصادف کوچکتر یا مساوی دو می‌باشد)، در مقایسه با سایر رانندگان بازدارندگی کمتری ایجاد کرده است. همچنین

نمونه‌گیری در دسترس استفاده شد. از آنجا که در روش نمونه‌گیری در دسترس، همه افراد جامعه شانس یکسانی در انتخاب شدن ندارند، وجود منابع اریبی، چالش مهمی در نمونه‌گیری خواهد بود. لیکن به دلیل محدودیت‌های اجرایی و زمان، از جمله عدم دسترسی یکسان به اعضای جامعه مورد بررسی (دانشجویان)، در عمل امکان استفاده از روش‌های نمونه‌گیری احتمالی مانند نمونه‌گیری سیستماتیک وجود نداشت.

رانندگی با سرعت زیاد تابع متغیرهای دیگری همچون درک از خطر رانندگان و سابقه رانندگی آن‌ها می‌باشد. بررسی تأثیر چنین متغیرهایی بر رفتار انتخاب جرمه رانندگان می‌تواند در تحقیقات آینده مورد توجه قرار بگیرد. همچنین کفایت بازدارندگی جرایم فعلی در این مطالعه مورد بررسی قرار نگرفت و می‌تواند موضوع مطالعات بعدی باشد.

محدودیت‌های تحقیق

در پژوهش حاضر به منظور گردآوری داده‌ها از روش

مراجع

1. Shinar, D., Treat, J. R., and McDonald, S. T., "The Validity of Police Reported Accident Data", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 15, No. 3, pp. 175–191, (1983).
2. Adanu, E. K., and Jones, S., "Effects of Human-Centered Factors on Crash Injury Severities", *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 2017, pp. 1–11, (2017).
3. Shinar, D., "Crash Causes, Countermeasures, and Safety Policy Implications", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 125, pp. 224–231, (2019).
4. ETSC., "4th Annual Road Safety Performance Index (PIN) Report | ETSC", [Online]. Available: <https://etsc.eu/4th-annual-road-safety-performance-index-pin-report/>.
5. Pei, X., Wong, S. C., and Sze, N. N., "The Roles of Exposure and Speed in Road Safety Analysis", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 48, pp. 464–471, (2012).
6. Yannis, G., Laiou, A., Theofilatos, A., & Dragomanovits, A. "Speeding. ESRA thematic report no. 1", ESRA project (European Survey of Road users' safety Attitude). Report No. 2016-T-01-EN, Athens, Greece: National Technical University of Athens, (2016).
7. Fleiter, J., and Watson, B., "The Speed Paradox: The Misalignment between Driver Attitudes and Speeding Behaviour", *Journal of the Australasian College of Road Safety*, Vol. 17, No. 2, pp. 23–30, (2006).
8. Rune, Elvik., "Speed and road accidents an evaluation of the Power Model", *The Institute of Transport Economics (TOI) Report*, (2004).
9. Aarts, L., and van Schagen, I., "Driving Speed and the Risk of Road Crashes: A Review", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 38, No. 2, pp. 215–224, (2006).
10. Elvik, R., Vadeby, A., Hels, T., and van Schagen, I., "Updated Estimates of the Relationship between Speed and Road Safety at the Aggregate and Individual Levels", *Accident Analysis & Prevention*, Vol.

- 123, pp. 114–122, (2019).
11. Wegman, F. C. M., "Driving down the road toll by building a safe system", [Online]. Available: https://www.dpti.sa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/259251/FredWegman_drivingdowntheroadtol1.pdf, (2012).
12. Walker, G. H., Stanton, N. A., and Chowdhury, I., "Self Explaining Roads and Situation Awareness", *Safety Science*, Vol. 56, pp. 18–28, (2013).
13. De Pelsmacker, P., and Janssens, W., "The Effect of Norms, Attitudes and Habits on Speeding Behavior: Scale Development and Model Building and Estimation", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39, No. 1, pp. 6–15, (2007).
14. Haglund, M., and Åberg, L., "Speed Choice in Relation to Speed Limit and Influences from Other Drivers", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 3, No. 1, pp. 39–51, (2000).
15. Ryeng, E. O., "The Effect of Sanctions and Police Enforcement on Drivers' Choice of Speed", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 45, pp. 446–454, (2012).
۱۶. وزارت راه و شهر سازی، مطالعات تحقیقاتی و پژوهشی تدوین نظام استقرار برنامه عملیاتی ملی ایمنی راه‌های کشور، مرکز تدوین مقررات، ایمنی حمل و نقل، پدافند غیر عامل و مدیریت بحران، تهران، ایران، (۱۳۹۹).
16. Hatfield, J., and Fernandes, R., "The Role of Risk-Propensity in the Risky Driving of Younger Drivers", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 41, No. 1, pp. 25–35, (2009).
17. Clarke, D. D., Ward, P., and Truman, W., "Voluntary Risk Taking and Skill Deficits in Young Driver Accidents in the UK", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 37, No. 3, pp. 523–529, (2005).
18. Cestac, J., Paran, F., and Delhomme, P., "Young Drivers' Sensation Seeking, Subjective Norms, and Perceived Behavioral Control and Their Roles in Predicting Speeding Intention: How Risk-Taking Motivations Evolve with Gender and Driving Experience", *Safety Science*, Vol. 49, No. 3, pp. 424–432, (2011).
19. Machin, M. A., and Sankey, K. S., "Relationships between Young Drivers' Personality Characteristics, Risk Perceptions, and Driving Behaviour", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 40, No. 2, pp. 541–547, (2008).
20. European Commission, "Speed Enforcement 2018", Directorate General for Transport, [Online]. Available: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/ersosynthesis2018-speedenforcement.pdf, (2018).
21. Liu, Z., Wu, H., and Li, R., "Effects of the Penalty Mechanism against Traffic Violations in China: A Joint Frailty Model of Recurrent Violations and a Terminal Accident", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 141, pp. 105547, (2020).
22. Elvik, R., "Association between Increase in Fixed Penalties and Road Safety Outcomes: A Meta-

- Analysis", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 92, pp. 202–210, (2016).
23. Goldenbeld, Charles, Jolieke Mesken, and Ingrid van Schagen, "The effect of severity and type of traffic penalties on car drivers' emotions, perceptions of fairness, and behavioural intentions", SWOV, Report No. D-2013-12, The Hague, Netherlands (2013).
 24. Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., and Pedregal, D. J., "An Econometric Analysis of the Effects of the Penalty Points System Driver's License in Spain", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 42(4), pp. 1310–1319, (2010).
 25. Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., López-Valpuesta, L., and Pedregal, D. J., "From Legislation to Compliance: The Power of Traffic Law Enforcement for the Case Study of Spain", *Transport Policy*, Vol. 75, pp. 1–9, (2019).
 26. Montag, J., "A Radical Change in Traffic Law: Effects on Fatalities in the Czech Republic", *Journal of Public Health*, Vol. 36, No. 4, pp. 539–545, (2014).
 27. De Paola, M., Scoppa, V., and Falcone, M., "The Deterrent Effects of the Penalty Points System for Driving Offences: A Regression Discontinuity Approach", *Empir Econ*, Vol. 45, No. 2, pp. 965–985, (2013).
 28. Baratian-Ghorghi, F., Zhou, H., and Zech, W. C., "Red-Light Running Traffic Violations: A Novel Time-Based Method for Determining a Fine Structure", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 93, pp. 55–65, (2016).
 29. Wagenaar, A. C., Maldonado-Molina, M. M., Erickson, D. J., Ma, L., Tobler, A. L., and Komro, K. A., "General Deterrence Effects of U.S. Statutory DUI Fine and Jail Penalties: Long-Term Follow-up in 32 States", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 39, No. 5, pp. 982–994, (2007).
 30. Shaaban, K., "Assessment of Drivers' Perceptions of Various Police Enforcement Strategies and Associated Penalties and Rewards", *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 2017, pp. 1–14, (2017).
 31. Elvik, R., and Christensen, P., "The Deterrent Effect of Increasing Fixed Penalties for Traffic Offences: The Norwegian Experience", *Journal of Safety Research*, Vol. 38, No. 6, pp. 689–695, (2007).
 32. Becker, Gary S. "Crime and Punishment: An Economic Approach". *Journal of Political Economy*, Vol. 76, No. 2, pp. 169–217, (1968)
 33. Eagly, Alice H., and Shelly Chaiken. *The psychology of attitudes*. Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, (1993).
 34. Schwitzgebel, E., "Belief.", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, [Online]. Available: <https://plato.stanford.edu/entries/belief/>, (2006).
 35. Wogalter, M. S., Dejoy, D. M., and Laughery, K. R., eds., *Warnings and Risk Communication*, Taylor & Francis, London ; Philadelphia, PA, (1999).
 36. Huh, H. J., Kim, T. (Terry), and Law, R., "A Comparison of Competing Theoretical Models for

- Understanding Acceptance Behavior of Information Systems in Upscale Hotels", *International Journal of Hospitality Management*, Vol. 28, No. 1, pp. 121–134, (2009).
37. Munro, S., Lewin, S., Swart, T., and Volmink, J., "A Review of Health Behaviour Theories: How Useful Are These for Developing Interventions to Promote Long-Term Medication Adherence for TB and HIV/AIDS?", *BMC Public Health*, Vol. 7, No. 1, pp. 104, (2007).
 38. Rokeach, M., "Attitude Change and Behavioral Change", *Public Opinion Quarterly*, Vol. 30, No. 4, pp. 529, (1996).
 39. Arafat, Yara, and Mohamed Izham Mohamed Ibrahim. "The Use of Measurements and Health Behavioral Models to Improve Medication Adherence". In *Social and Administrative Aspects of Pharmacy in Low- and Middle-Income Countries*, 53–69. Elsevier, (2018).
 40. Ajzen, Icek. "From Intentions to Actions: A Theory of Planned Behavior". In *Action Control*, edited by Julius Kuhl and Jürgen Beckmann, 11–39. Springer, Berlin Heidelberg, (1985).
 41. Fishbein, A. M., and Ajzen, I., *Belief, Attitude, Intention and Behaviour: An Introduction to Theory and Research*, (1975).
 42. Parker, D., Stradling, S. G., and Manstead, A. S. R., "Modifying Beliefs and Attitudes to Exceeding the Speed Limit: An Intervention Study Based on the Theory of Planned Behavior¹", *Journal of Applied Social Psychology*, Vol. 26, No. 1, pp. 1–19, (1996).
 43. Iversen, H., and Rundmo, T., "Attitudes towards Traffic Safety, Driving Behaviour and Accident Involvement among the Norwegian Public", *Ergonomics*, Vol. 47, No. 5, pp. 555–572, (2004)
 44. Blincoe, K. M., Jones, A. P., Sauerzapf, V., and Haynes, R., "Speeding Drivers' Attitudes and Perceptions of Speed Cameras in Rural England", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 38, No. 2, pp. 371–378, (2006).
 45. Assum, T., "Attitudes and Road Accident Risk", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 29, No. 2, pp. 153–159, (1997).
 46. Parker, D., Manstead, A. S. R., Stradling, S. G., and Reason, J. T., "Determinants of Intention to Commit Driving Violations", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 24, No. 2, pp. 117–131, (1992).
 47. Hatfield, J., and Job, R. F. S., "Beliefs and Attitudes about Speeding and Its Countermeasures", University of Sydney, School of psychology, Report No. B2001/0342, Australia, (2006).
 48. Ulleberg, P., and Rundmo, T., "Risk-Taking Attitudes among Young Drivers: The Psychometric Qualities and Dimensionality of an Instrument to Measure Young Drivers' Risk-Taking Attitudes", *Scandinavian Journal of Psychology*, Vol. 43, No. 3, pp. 227–237, (2002).
 49. Sagberg, F., and Sundfør, H. B., "Self-Reported Deterrence Effects of the Norwegian Driver's Licence Penalty Point System", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 62, pp. 294–304, (2019).

50. Kuhfeld, W. F., "Marketing Research Methods in SAS: Experimental Design, Choice, Conjoint, and Graphical Techniques", SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, (2010).
51. Hensher, D. A., Rose, J. M., and Greene, W. H., Applied Choice Analysis, Cambridge University Press, Cambridge, (2015).
52. Abdi, H., and Williams, L. J., "Principal Component Analysis: Principal Component Analysis", *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, Vol. 2, No. 4, pp. 433–459, (2010).
53. Ferguson, E., and Cox, T., "Exploratory Factor Analysis: A Users's Guide", *International Journal of Selection and Assessment*, Vol. 1, No. 2, pp. 84–94, (1993).
54. Cronbach, L. J., "Coefficient alpha and the internal structure of tests", *psychometrika*, Vol. 16, No. 3, pp.297-334, (1951).
55. Moen, B.-E., "Determinants of Safety Priorities in Transport – The Effect of Personality, Worry, Optimism, Attitudes and Willingness to Pay", *Safety Science*, Vol. 45(8), pp. 848–863, (2007).
56. Hess, S., Advanced discrete choice models with applications to transport demand. Diss. University of London, (2005).
57. Train, K., Discrete Choice Methods with Simulation, Cambridge University Press, New York, (2003).
58. Hensher, D. A., Rose, J. M., Ortúzar, J. de D., and Rizzi, L. I., "Estimating the Value of Risk Reduction for Pedestrians in the Road Environment: An Exploratory Analysis", *Journal of Choice Modelling*, Vol. 4, No. 2, pp. 70–94, (2011).
59. Moffatt, Steve, and Suzanne Poynton., "Deterrent Effect of Higher Fines on Recidivism: Driving Offences, The", *BOCSAR NSW Crime and Justice Bulletins*, (2007).
60. Goldenbeld, C., "Increasing Traffic Fines", <https://www.researchgate.net/publication/322790828>, (2017).

بررسی موانع و مشکلات تأثیرگذار بر روی استاندارد سازی مصالح تولیدی صنایع ساختمانی استان لرستان (با تأکید بر بتن آماده و سنگدانه مورد استفاده در بتن)*

مقاله پژوهشی

فریدون امیدى نسب^(۱) وحید گودرزى مهر^(۲) حمیدرضا بابا علی^(۳) احمد دالوند^(۴)

چکیده طبق دو ماده ۱۵۵ و ۱۶۸ قانون برنامه پنجم توسعه کشور، هر نوع ساخت و ساز باید با مصالح استاندارد و کاربرد آن توسط سازندگان ذی صلاح انجام و هر ساختمان باید ۱۰ سال بیمه شود. بر همین اساس هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی موانع و مشکلات تأثیرگذار بر روی استاندارد سازی مصالح ساختمانی در استان لرستان می باشد. روش تحقیق در این پژوهش کمی-کیفی (آمیخته) از نوع اکتشافی بود در این شیوه ابتدا تیم پژوهشی با توجه به اهداف و سوالات تحقیق، پرسشنامه ای شامل سوالات باز تدوین نمود. پس از تدوین پرسشنامه و انتخاب اعضای پانل مصاحبه ها آغاز شد. در این مرحله با تعداد ۵۰ نفر از مدیران مراکز تولید مصالح، کارفرمایان، کارشناسان سازمان نظام مهندسی استان، مسکن شهر سازی، اداره استاندارد، مجریان و ناظران طرح های ساختمانی هماهنگی به عمل آمد و مصاحبه ها انجام شد. روش نمونه گیری در بخش کیفی غیر احتمالی هدفمند و حجم نمونه در حد رسیدن به اشباع بود که مصاحبه ها در این بخش با ۵۰ نفر به اشباع رسید و در بخش کمی روش نمونه گیری تصادفی بود که در این بخش با بهره گیری از فرمول کوکران، ۳۲۵ نفر از تولید کنندگان، مصرف کنندگان، مهندسین ناظر، آزمونگران آزمایشگاه همکار و پیمانکاران مورد بررسی قرار گرفتند. جهت گردآوری اطلاعات در این پژوهش از مصاحبه عمیق، پرسشنامه، مشاهده میدانی و آزمایش (انحد نتایج ۴۰ نمونه آزمایش انجام گرفته توسط آزمایشگاه های تایید صلاحیت شده توسط اداره کل استاندارد در استان و تحلیل این آزمایش ها بر اساس استانداردهای موجود) بهره گرفته شده است.

واژه های کلیدی موانع و مشکلات، راهکارهای استاندارد سازی، استاندارد سازی، مصالح ساختمانی، انواع استاندارد.

Investigation of Barriers and Problems Effecting the Standardization of Industrial Construction Materials of Lorestan Province (with Emphasis on Concrete and Concrete's Aggregates)

F. Omidinasab V. Goodarzimehr H. Babaali A. Dalvand

Abstract

According to Articles 155 and 168 of the Fifth Development Plan Law, any construction must be carried out with standard materials and its application by competent builders, and each building must be insured for ten years. Accordingly, the main purpose of this study is to investigate the barriers and problems affecting the standardization of construction materials in Lorestan province. The research method in this research was quantitative-qualitative (mixed) of exploratory type. In this method, the research team first developed a questionnaire including open-ended questions according to the objectives and questions of the research. After compiling the questionnaire and selecting the panel members, the interviews began. At this stage, fifty managers of material production centers, employers, experts of the provincial engineering organization, urban housing, standard administration, executives, and supervisors of construction projects were coordinated and interviews were conducted. The sample size was so saturated that the interviews in this section were saturated with fifty people and in the quantitative section it was a random sampling method in which three hundred and twenty-five manufacturers, consumers, supervising engineers, laboratory testers using Cochran's formula. Colleagues and contractors were examined. To collect information in this study, in-depth interviews, questionnaires, field observations, and experiments (obtaining the results of forty samples of tests performed by accredited laboratories by the General Directorate of Standards in the province and analyzing these tests based on existing standards) have been used.

Key Word: Barriers and problems, Standard solutions, Standardization, Building material, Concrete.

* تاریخ دریافت مقاله ۹۹/۱۱/۱۰ و تاریخ پذیرش آن ۰۰/۲/۴ می باشد.

Email: omidinasab.f@lu.ac.ir

(۱) نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه لرستان، خرم آباد، لرستان.

(۲) دانشجوی دکتری مهندسی سازه، گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.

(۳) استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد، خرم آباد، لرستان.

(۴) دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه لرستان، خرم آباد، لرستان.

مقدمه

در حالی که مزیت‌های استفاده از سیستم‌های ساختمانی و مصالح با کیفیت به منظور حفظ ایمنی، افزایش سرعت ساخت، سبک سازی، افزایش عمر مفید و نیز مقاوم نمودن ساختمان‌ها در برابر زلزله به طور گسترده در صنعت ساخت و ساز شناخته شده است، اما کاربرد و استفاده از مصالح استاندارد و با کیفیت در بسیاری از شهرهای ایران از جمله استان لرستان محدود می‌باشد. اهمیت استفاده بهینه از منابع تجدیدناپذیر و تولید مصالح در برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۵-۱۳۹۹) در بخش وظایف دستگاه‌های اجرایی قسمت واحد عملیاتی: آن دسته از واحدهای سازمانی دستگاه‌های اجرایی که تولید، تأمین و ارائه محصول و خدمات اصلی و نهائی دستگاه اجرایی را به عهده دارند به این موضوع اشاره گردیده است.

در این راستا، ارتقاء سطح علمی و تخصصی جامعه مهندسی استان و آشنایی با فرآیند استاندارد سازی مصالح، صنایع ساخت و ساز امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. مشکلاتی نظیر خطر لرزه خیزی بالای استان، عمر مفید پایین و وزن بالای ساختمان، نیازمند ارائه راهکارهایی به منظور استفاده علمی از سیستم‌های ساختمانی و مصالح استاندارد جهت کاهش وزن، کاهش زمان ساخت، مقاومت بالا و نهایتاً کاهش هزینه اجرا می‌باشد [1]. [2] به منظور استفاده بهینه از مصالح الگوریتم ترکیبی PSOGA را توسعه دادند و مسائل گسسته را حل کردند. [3] جهت استفاده بهینه از مصالح الگوریتم ترکیبی TLBOHS را توسعه دادند. [4] با استفاده از الگوریتم بهینه سازی زنتیک مصالح مصرفی در ساختمان قاب خمشی را بهینه سازی کردند. [5] اخیراً نیز طلعت اهری و همکاران به منظور استفاده بهینه از مصالح ساخت و ساز الگوریتم جدید ارگانیکس های همزاد

هارمونی سرچ را توسعه داده اند. این اقدامات در طولانی مدت موجب بهینه‌سازی ساخت و افزایش سطح ایمنی در استان و رسیدن به شرایط اجرایی مطلوب خواهد شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که نیروهای اجرایی از جمله پیمانکاران نسبت به فواید استفاده از مصالح استاندارد و با کیفیت آگاه می‌باشند. در این تحقیق ضمن بررسی مشکلات و موانع تاثیرگذار بر استاندارد سازی مصالح نسبت به ارائه راهکارهایی به منظور رفع مشکلات فوق الذکر و مزایای احتمالی به کارگیری مصالح استاندارد اقدام شده است.

استانداردها به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که شامل: ۱. استانداردهای کارخانه‌ای، ۲. استانداردهای منطقه‌ای، ۳. استانداردهای ملی، ۴. استانداردهای بین‌المللی می‌باشند. با توجه به نوع استاندارد مورد نظر حال می‌خواهیم مشکلات و موانع تاثیرگذار بر استاندارد سازی مصالح در استان را شناسایی کنیم [6]. با توجه به بررسی‌های انجام شده در سطح استان لرستان در بسیاری از موارد استانداردهای مصالح مورد توجه قرار نگرفته است و شاهد اجرای غیر اصولی، پایین بودن عمر مفید ساختمان، پرت بالای مصالح، افزایش وزن و در نهایت به خطر افتادن ایمنی سازه می‌باشیم. به همین دلیل در چند دهه اخیر تقاضاهای زیادی مبنی بر استفاده از مصالح استاندارد به منظور جلوگیری از مشکلات فوق الذکر وجود دارد [7]. موانع موجود در سیستم ساختمانی صنعتی (IBS): مورد مالزی [8]. عوامل خطر موثر بر نگرش پزشکان نسبت به اجرای یک سیستم ساختمان صنعتی [9]. مدیریت کیفیت و پذیرش مهندسی ساختار بتن پیش ساخته [10]. موانع عمده در ساخت خارج از سایت [11]. افزایش کیفیت زندگی با استفاده از سیستم ساختمان سازی صنعتی مدولار پایدار [12]. تجزیه و تحلیل رضایت و کیفیت مشتری در ساخت و ساز - مورد مشتریان دولتی و خصوصی [13]. بررسی چالش های

ساختمان مسکونی صنعتی در چین [14].

به طور کلی مشکلات و موانع تاثیرگذار بر استانداردسازی را می‌توان از چند دیدگاه مختلف مورد بررسی قرار داد. به عنوان مثال، بررسی مشکلات از دیدگاه پیمانکاران، تولیدکنندگان، مشتریان مصالح ساختمانی، مجریان طرح‌های ساختمانی و آزمایشگاه‌های تایید صلاحیت شده. با توجه به تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور دلایلی از جمله:

۱. نگرش منفی نسبت به استاندارد سازی مصالح ساختمانی،
۲. نداشتن پروانه تولیدی،
۳. عدم وجود تجهیزات آزمایشگاهی مناسب در واحدهای تولیدی،
۴. اعمال هزینه‌های اضافه در فرآیند تولید،
۵. نداشتن تجربه کافی در زمینه استاندارد سازی،
۶. عدم همکاری و هماهنگی میان دستگاهی اجرایی،
۷. خرید مصالح بدون کیفیت با هزینه کمتر،
۸. استفاده از نیروی غیر متخصص با هزینه‌های کمتر و غیره ... می‌باشد.

از جمله مشکلات مهم، نبود مصالح استاندارد در ساخت و ساز، پایین بودن عمر مفید ساختمان می‌باشد. به عنوان مثال عمر مفید ساختمان سازی در کشورهای توسعه یافته بیش از ۱۰۰ سال است در حالی که در ایران کمتر از ۳۰ سال می‌باشد؛ که تفاوت ۷۰ ساله عمر مفید یعنی هدر رفت سرمایه انسانی و طبیعی. با توجه به آمار سازمان نظام مهندسی استان لرستان در سال ۱۳۹۶، هشتصد هزار مترمربع ساخت و ساز صورت گرفته که ارزش ریالی آن معادل ۹۶۰ میلیارد تومان است. بنابراین بالا بردن کیفیت بخش ساخت و ساز با استفاده از مصالح استاندارد به عنوان یک سرمایه زیر بنایی در استان امری ضروری است.

ازجمله مصالح موجود که دارای نقص می‌باشند

عبارتند از: ۱. تیرچه پیش ساخته خرپایی مورد مصرف در سقف‌های تیرچه بلوک، ۲. بتن آماده، ساخته شده در مراکز تولید بتن (بچینگ)، ۳. سنگدانه‌های مصرفی که در حوزه مصالح مصرفی اهمیت ویژه‌ای دارد. ۴. انواع بلوک‌های سفالی و پلی استایرن، ۵. مراکز ساخت قطعات فلزی که به عنوان اعضای اصلی سازه ای می‌باشند. ۶. مراکز ساخت قطعات بتنی پیش ساخته، ۷. آسانسورها که به دلیل نبود تجربه کافی نیازمند استاندارد سازی می‌باشد. ۸. انواع آجرها و غیره ... است که در صورت وجود تجهیزات مورد نیاز از جانب اداره کل استاندارد استان می‌توان با ساماندهی و ارائه توضیحات جامع در خصوص مزایای فرآیند استاندارد سازی با استفاده از آئین نامه‌های مرتبط نسبت به صدور پروانه تولید اقدام شود. از این رو، تسریع در اعطای پروانه استاندارد به تولیدکنندگان گام بزرگی در جهت افزایش عمر مفید ساختمان سازی و تشویق تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان به سمت استفاده از مصالح با کیفیت در استان می‌باشد.

مقاوم سازی ساختمان با توجه به وضعیت زلزله خیز بودن استان امری ضروری است و این مهم با مصالح مرغوب ساختمانی و نظارت‌های فنی قوی حاصل می‌شود. پیشگیری و کاهش خطرات ناشی از سوانح طبیعی و حوادث غیرمترقبه مبنی بر استانداردسازی مصالح ذکر شده و اصلی سازه‌ای و الزامی کردن استفاده از مصالح استاندارد، باکیفیت، مقاوم و ترویج و تشویق بکارگیری مصالح استاندارد و پایدار و ساخت سازه‌های سبک و با دوام توصیه می‌شود. لذا با توجه به زلزله های اخیر در استان و استان‌های همجوار آمادگی مردم برای پذیرش فرهنگ استانداردسازی و رعایت اصول فنی ساخت و ساز وجود دارد و متولیان امر استاندارد سازی و ارگان‌های اجرائی باید فرصت را غنیمت شمرند و با جدیت به این موضوع بپردازند. شکل گیری مناسب

شده در این گزارش موانع و راهکارهای تاثیرگذار بر روی استانداردسازی مصالح ساختمانی توسط جامعه آماری این گروه (مدیران مراکز تولید مصالح، پیمانکاران، کارشناسان سازمان نظام مهندسی استان، مسکن شهرسازی، اداره کل استاندارد، مشتریان مصالح ساختمانی، آزمونگران آزمایشگاه همکار، مجریان و ناظران طرح‌های ساختمانی)، استخراج گردیده و بر اساس اطلاعات به دست آمده، پرسشنامه مرحله دوم، کمی تدوین شد. سپس در مرحله کمی، پرسشنامه استخراج شده از مصاحبه‌های انجام گرفته، در ۳۲۵ نفر از مصرف کنندگان، تولیدکنندگان، مهندسین ناظر، آزمونگران آزمایشگاه همکار و پیمانکاران تکمیل گردید و داده‌ها به صورت آماری تجزیه و تحلیل شد. نمونه گیری در بخش کمی به صورت تصادفی بوده و حجم نمونه از این گروه از طریق فرمول کوکران ۳۲۵ نفر برآورد شد که فرمول آن به شرح زیر می‌باشد.

نمونه‌گیری و حجم نمونه در بخش کیفی

روش نمونه‌گیری در این بخش، نمونه‌گیری غیراحتمالی هدفمند به برای رسیدن به معرف بودن (Sampling to Achieve Representativeness) با حداکثر اختلاف است. نمونه‌گیری برای رسیدن به معرف توسط پژوهشگرانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که هدف آنها رسیدن به نمونه‌ای است که معرف یک گروه وسیع‌تر از نمونه‌ها بوده و تا حد امکان به آن نزدیک باشد و منظور از حداکثر اختلاف این است تمامی افرادی که به نحوی با استانداردسازی مصالح ساختمانی در ارتباط هستند از جمله مدیران مراکز تولید مصالح، پیمانکاران، کارشناسان سازمان نظام مهندسی استان، مسکن شهرسازی، اداره کل استاندارد، آزمونگران آزمایشگاه همکار، مجریان و ناظران طرح‌های ساختمانی مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

روایی

جهت سنجش روایی، از روایی محتوایی استفاده شد.

رفتارهای حرفه‌ای و مسئولیت‌پذیری در میان سازمان‌های اجرایی و تولیدکنندگان و رعایت اصول و مشخصات فنی در تمامی مراحل طراحی، اجرا و ساخت و ساز باعث توسعه هرچه سریعتر فرهنگ استاندارد سازی مصالح در استان می‌شود. با ایجاد یک انجمن یا گروه حرفه‌ای و ارائه آموزش‌های مناسب می‌توان تولیدکنندگان و مشتریان مصالح ساختمانی را نسبت به این موضوع آگاه ساخت که استاندارد سازی نه تنها هزینه نیست بلکه یک نوع سرمایه گذاری بهینه و بهره‌برداری مناسب از منابع طبیعی است. لذا با رعایت استانداردها، بالابردن کیفیت مصالح ساخت و ساز و نظارت دقیق بر اساس آئین نامه‌های مربوطه که در اختیار داریم می‌تواند باعث رفع مشکلات استاندارد سازی مصالح شود.

روش کار

در این پژوهش به دلیل این که ابزار اندازه‌گیری جهت بررسی موانع و مشکلات تاثیرگذار بر روی استاندارد سازی مصالح ساختمانی وجود نداشت در واقع موانع و مشکلات و همچنین راهکارهای رفع این موانع ناشناخته بودند، پژوهشگر جهت تدوین ابزار و شناخت متغیرها از روش ترکیبی (کمی، کیفی) از نوع اکتشافی استفاده نموده است. در این شیوه ابتدا تیم پژوهشی با توجه به اهداف و سوالات تحقیق، پرسشنامه‌ای شامل سوالات باز تدوین کرد. پس از تدوین پرسشنامه و انتخاب اعضای پانل مصاحبه‌ها آغاز شد. در این مرحله با تعداد ۵۰ نفر از مدیران مراکز تولید مصالح، پیمانکاران، کارشناسان سازمان نظام مهندسی استان، مسکن شهرسازی، اداره کل استاندارد، مجریان و ناظران طرح‌های ساختمانی و آزمایشگاه‌های همکار هماهنگی و مصاحبه‌ها انجام شد. (لازم به ذکر است که دلیل حجم نمونه ۵۰ نفر در این مرحله به خاطر به اشباع رسیدن مصاحبه‌ها بود).

مصاحبه‌ها به صورت حضوری و به شیوه مصاحبه عمیق اجرا شد و گزارش مصاحبه‌ها تهیه و اطلاعات آن به طور دقیق استخراج شد. سپس بر اساس مطالب عنوان

شاخص روایی محتوایی

جهت بررسی شاخص روایی محتوا از روش والتز و باسل (Waltz & Bausell) استفاده شد. بدین صورت که متخصصان «مربوط بودن»، «واضح بودن» و «ساده بودن» هر گویه را بر اساس یک طیف لیکرتی ۴ قسمتی مشخص کردند. متخصصان مربوط بودن هر گویه را از نظر خودشان از ۱ «مربوط نیست»، ۲ «نسبتاً مربوط است»، ۳ «مربوط است»، تا ۴ «کاملاً مربوط است» مشخص کردند. ساده بودن گویه نیز به ترتیب از ۱ «ساده نیست»، ۲ «نسبتاً ساده است»، ۳ «ساده است»، تا ۴ «ساده مربوط است» و واضح بودن گویه نیز به ترتیب از ۱ «واضح نیست»، ۲ «نسبتاً واضح است»، ۳ «واضح است»، تا ۴ «واضح مربوط است» مشخص شد.

حداقل مقدار قابل قبول برای شاخص CVI برابر با ۰/۷۹ است و اگر شاخص CVI گویه‌ای کمتر از ۰/۷۹ باشد آن گویه بایستی حذف شود.

با توجه به این که شاخص روایی محتوا (CVI) از ۰/۷۹ بالاتر باشد روایی محتوایی مقیاس مورد تایید است. همان گونه که در جدول (۲) مشاهده می‌گردد شاخص روایی محتوایی تمامی آیتم‌ها بالاتر ۰/۷۹ می‌باشد. بنابراین شاخص روایی محتوایی تمامی آیتم‌ها در محدوده قابل قبول است و مورد تایید قرار می‌گیرد.

جدول ۲ نتایج ضریب نسبی و شاخص روایی محتوا پرسشنامه

موانع	نسبی ضریب CVR محتوا روایی	شاخص روایی محتوا CVI
عوامل مربوط به تولید کننده	۸۰/۰	۹۵/۰
عوامل مربوط به مصرف کننده	۸۵/۰	۸۸/۰
عوامل مربوط به آزمایشگاه	۹۶/۰	۹۰/۰
عوامل مربوط به سازمان‌های ذیربط	۹۰/۰	۸۰/۰

برای ارزیابی روایی محتوایی از نظر متخصصان در مورد میزان هماهنگی محتوای ابزار اندازه‌گیری و هدف پژوهش، استفاده می‌شود. به همین جهت در این پژوهش برای بررسی روایی محتوایی به شکل کمی، ازدو ضریب نسبی روایی محتوا CVR و شاخص روایی محتوا CVI استفاده شده است.

شاخص نسبت روایی محتوایی

این شاخص توسط لاوشه طراحی شده است. جهت محاسبه این شاخص از نظرات کارشناسان متخصص در زمینه محتوای پرسشنامه مورد نظر استفاده شد و با توضیح اهداف آزمون برای آن‌ها و ارائه تعاریف عملیاتی مربوط به محتوای سؤالات به آن‌ها، از آن‌ها خواسته شد تا هریک از سؤالات را بر اساس طیف سه بخشی لیکرت «گویه ضروری است»، «گویه مفید است ولی ضروری نیست» و «گویه ضرورتی ندارد» طبقه بندی کنند.

بر اساس تعداد متخصصینی که سؤالات را مورد ارزیابی قرار داده‌اند، حداقل مقدار CVR قابل قبول بر اساس جدول (۱) زیر بایستی باشد. سؤالاتی که مقدار CVR محاسبه شده برای آن‌ها کمتر از میزان مورد نظر (با توجه به تعداد متخصصین ارزیابی کننده سؤال) بود، از آزمون کنار گذاشته شد به علت اینکه بر اساس شاخص روایی محتوایی، روایی محتوایی قابل قبولی نداشتند.

جدول ۱ لاوشه جهت تصمیم گیری ضریب روایی محتوا CVR

تعداد متخصصین	حداقل مقدار روایی	تعداد متخصصین	حداقل مقدار روایی
۵	۹۹/۰	۱۲	۵۶/۰
۶	۹۹/۰	۱۳	۵۴/۰
۷	۹۹/۰	۱۴	۵۴/۰
۸	۷۸/۰	۱۵	۴۹/۰
۹	۷۵/۰	۲۰	۴۲/۰
۱۰	۶۲/۰	۲۵	۳۷/۰
۱۱	۸۹/۰	۳۰	۳۳/۰

سنگدانه مورد مصرف در بتن مطابق استانداردهای ملی مربوطه برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شده است. در این بخش ابتدا یافته‌های مرحله کیفی و نتایج آزمایشات ذکر شده و پس از آن یافته‌های مرحله کمی تفسیر شده‌اند.

در این قسمت آمار جمعیتی مربوط به مصاحبه کنندگان در بخش کیفی که شامل مدیران مراکز تولید مصالح، پیمانکاران، کارشناسان سازمان نظام مهندسی استان، مسکن و شهرسازی، اداره کل استاندارد، آزمایشگاه همکار، مجریان و ناظران طرح‌های ساختمانی ذکر شده است.

تحلیل مصاحبه ها در مرحله کیفی

در این پژوهش بر اساس مصاحبه نیمه ساختار یافته و مشاهده هدفمند با مصاحبه کنندگان در بخش کیفی که شامل مدیران مراکز تولید مصالح، پیمانکاران، کارشناسان سازمان نظام مهندسی استان، مسکن و شهرسازی، اداره استاندارد، مجریان و ناظران طرح‌های ساختمانی اطلاعات مرحله کیفی جمع‌آوری شد؛ تجزیه و تحلیل داده‌ها در این مرحله بر اساس کدگذاری (کدگذاری باز و محوری) انجام گرفت پس از تجزیه و تحلیل اشتراکات و افتراقات، در مرحله کدگذاری محوری در مورد موانع و مشکلات تاثیرگذار بر روی استاندارد سازی مصالح تولیدی صنایع ساختمانی، ۴ طبقه (تولید کننده، مصرف کننده، آزمایشگاه همکار تایید صلاحیت شده و سازمان‌های ذیربط) و ۲۰ مفهوم استحصال گردید که در ذیل به آنها اشاره شده است.

کدگذاری باز موانع

فرآیندی است که در آن داده‌ها به صورت واحدهای معنادر و مجزا درمی‌آیند و در شروع مطالعه می‌توان از آن استفاده کرد. هدف اصلی کدگذاری باز، مفهوم‌سازی و برچسب زدن به داده‌هاست. در مرحله تجزیه و تحلیل داده‌ها و در جستجوی کدها بودن، کدگذاری باز امکان‌پذیر می‌شود. در جدول (۴) زیر کدگذاری باز حاصل از ۵۰ مصاحبه به شرح ذیل است.

روایی محتوا بر اساس جدول (۲) برای ۸ نفر از متخصصین حداقل ۰/۷۸ قابل قبول است که در این پژوهش برای تمامی آیت‌ها در محدوده (۰/۸۰-۰/۹۶) قرار گرفت بنابراین ضریب نسبی روایی محتوایی تمامی آیت‌ها در محدوده قابل قبول است و مورد تایید قرار می‌گیرد.

پایایی

منظور از پایایی آن است که اگر ابزار اندازه‌گیری را در فاصله کوتاه چندین بار و به گروه واحدی از افراد بدهیم نتایج حاصل نزدیک به هم باشند، و به یک نتیجه یکسان برسیم. پایایی ابزار اندازه‌گیری به روش‌های مختلف مورد سنجش قرار می‌گیرد که یکی از این روش‌ها، روش محاسبه آلفای کرونباخ می‌باشد. در این تحقیق به منظور تعیین پایایی پرسشنامه، تعداد ۳۰ نفر به عنوان نمونه انتخاب و پرسشنامه در اختیار آنها قرار گرفت و سپس از روش آلفای کرونباخ استفاده گردید که نتایج آن در جدول (۳) زیر ذکر شده است.

جدول ۳ جدول آلفای کرونباخ

موانع	تعداد گویه	مقدار آلفا
عوامل تولید کننده	۱۰	۸۰/۰
عوامل مصرف کننده	۶	۸۵/۰
عوامل آزمایشگاه	۱	۷/۰
سازمان‌های ذیربط	۳	۸۳/۰

نتایج

یافته‌های مرحله کیفی (تحلیل - مصاحبه‌ها). یافته‌های جمعیت شناختی بخش کیفی. تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده به تنهایی برای یافتن پاسخ پرسش‌های پژوهش کافی نیست، تعبیر و تفسیر این داده‌ها نیز لازم است. ابتدا باید داده‌ها را تجزیه و تحلیل نمود و سپس نتایج این تجزیه و تحلیل را تعبیر و تفسیر کرد. در این پژوهش همان گونه که پیش از این ذکر گردید از روش کمی و کیفی و همچنین انجام آزمایشات بتن آماده و

جدول ۴: کدگذاری باز مصاحبه‌های کیفی (موانع استاندارد سازی مصالح تولیدی صنایع ساختمانی)

ردیف	کدگذاری باز
۱	عدم بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در خطوط تولید
۲	عدم استفاده از تجهیزات استاندارد و توجه نکردن به مشکلات احتمالی به وجود آمده در تجهیزات
۳	عدم استفاده از دیدگاه‌های اساتید و صاحب‌نظران و پژوهشگران در بحث تولید مصالح
۴	عدم حضور مستمر مدیر کنترل کیفیت واجد شرایط و دارای گواهینامه صلاحیت معتبر در بیشتر مراکز تولیدی (جهت انجام امور کنترل کیفیت محصولات)
۵	نبود نظارت کافی در فرآیند تولید توسط واحد تولیدی
۶	عدم وجود نظارت مکرر بر واحد های تولیدی (نظارت استاندارد)
۷	استفاده از مواد اولیه بی کیفیت در مراحل تولید
۸	بیگانگی با مفهوم کیفیت در بین تولیدکنندگان
۹	سعی در پایین آوردن هزینه‌های تولید و افزایش سود توسط تولید کننده
۱۰	اعتقاد برخی از تولیدکنندگان به این که استانداردسازی در تسریع روند تولید اثر می‌گذارد

فرهنگ‌سازی در تولید است؛ مشکلات مربوط به مصرف‌کننده مربوط به دانش و آگاهی مصرف‌کننده و مشکلات فرهنگ‌سازی در این گروه است؛ همچنین مشکلات مربوط به آزمایشگاه همکار مربوط به عدم هماهنگی و نظارت کافی بین مدیر فنی و آزمون‌گران آزمایشگاه تایید صلاحیت شده در ثبت و تایید نتایج آزمون و مشکلات مربوط به سازمان‌های ذیربط نیز به نظارت و هماهنگی بین سازمان‌ها بر می‌گردد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها در این مرحله بر اساس کدگذاری (کدگذاری باز و محوری) انجام گرفت پس از تجزیه و تحلیل اشتراکات و افتراقات، در مرحله کدگذاری محوری در مورد موانع و مشکلات تاثیرگذار بر روی استاندارد سازی مصالح تولیدی صنایع ساختمانی، ۴ طبقه (تولید کننده، مصرف کننده، آزمایشگاه همکار تایید صلاحیت شده و سازمان‌های ذیربط) و ۲۰ مفهوم استحصال گردید.

جدول کدگذاری مربوط به مقولات استخراج شده از مصاحبه‌های مرحله کیفی در مورد موانع استانداردسازی مصالح ساختمانی استان می‌باشد. همان گونه که جدول (۴) نشان می‌دهد ۲۰ مقوله از مصاحبه‌های صورت گرفته در مورد موانع استانداردسازی مصالح ساختمانی استخراج گردید.

کدگذاری محوری

به طور کلی کدگذاری محوری، روند ارتباط دادن خرده مقولات به یک مقوله است. جریان پیچیده‌ای از تفکر استقرایی و قیاسی است که متضمن مراحل مختلف است. کدگذاری محوری مانند کدگذاری باز، از راه مقایسه‌ها و طرح پرسش‌ها صورت می‌گیرد. در کدگذاری محوری استفاده از این شیوه‌ها بیشتر متمرکز است و به سمت کشف روابط و ربط دادن مقولات به یکدیگر در راستای یک پارادایم سوگیری شده می‌رود.

در جدول (۵) کد گذاری محوری به این نتیجه رسیدیم که مشکلات مربوط به تولید کننده شامل: تکنولوژی ساخت، نیروی انسانی، کنترل تولید و

جدول ۵ کدگذاری محوری مصاحبه‌ها در مرحله کیفی (موانع)

طبقه	محور	کدگذاری باز
تولید کننده	تکنولوژی ساخت	عدم بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در خطوط تولید
		عدم استفاده از تجهیزات استاندارد و توجه نکردن به مشکلات احتمالی به وجود آمده در تجهیزات
		عدم استفاده از دیدگاه‌های اساتید و صاحب‌نظران و پژوهشگران در بحث تولید مصالح
	نیروی انسانی	عدم حضور مستمر مدیر کنترل کیفیت واجد شرایط و دارای گواهینامه صلاحیت معتبر در بیشتر مراکز تولیدی (جهت انجام امور کنترل کیفیت محصولات)
		نبود نظارت کافی در فرآیند تولید توسط واحد تولیدی
	کنترل تولید	عدم وجود نظارت مکرر بر واحد های تولیدی (نظارت استاندارد)
		استفاده از مواد اولیه بی کیفیت در مراحل تولید
		بیگانگی با مفهوم کیفیت در بین تولیدکنندگان
	فرهنگ سازی در تولید کننده	سعی در پایین آوردن هزینه‌های تولید و افزایش سود توسط تولید کننده
		اعتقاد برخی از تولیدکنندگان به این که استانداردسازی در تسریع روند تولید اثر می‌گذارد
مصرف کننده	دانش و آگاهی	ناآگاهی از کیفیت و مرغوبیت مصالح هنگام خرید
		ناآگاهی مصرف کننده از استانداردهای موجود مصالح
		ناآگاهی از اهمیت مصالح استاندارد در عمر مفید ساختمان و خطرات احتمالی (سیل، زلزله)
	فرهنگ سازی	حساس نبودن اکثر مردم به داشتن علامت استاندارد مصالح ساختمانی
		توجه مصرف‌کننده به قیمت مصالح ساختمانی تا مرغوبیت و کیفیت آن
		آگاه نبودن اکثر مصرف کننده ها به داشتن اختیاراتم در صورت زیان دیدن از مصالح نامرغوب و دفاع از حقوق خود
		عدم هماهنگی و نظارت کافی بین مدیر فنی و آزمون‌گران آزمایشگاه تایید صلاحیت شده در ثبت و تایید نتایج آزمون
سازمان های ذیربط	نظارت و هماهنگی	هماهنگ نبودن سازمان‌های ذیربط (نظام مهندسی، اداره صنعت معدن و تجارت؛ مسکن و شهر سازی و شهرداری...) در برنامه‌ریزی‌های مرتبط با استانداردسازی مصالح ساختمانی
		عدم نظارت کافی دستگاه‌های ذیربط بر استاندارد سازی مصالح
	بین سازمان‌ها	عدم برگزاری دوره‌های توجیهی در خصوص استاندارد سازی برای مهندسین ناظر

یافته‌های پژوهش در مرحله کمی

آمار توصیفی

در این بخش پرسشنامه‌ای که در مرحله کیفی از مصاحبه‌ها استخراج گردید در سطح وسیع‌تری (۳۲۵ نفر) در بین تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، آزمایشگاه همکار، مهندسین ناظر و پیمانکاران تکمیل گردید که نتایج آن در ادامه ذکر شده است. جدول (۶) درصد و فراوانی مربوط

به گروه‌های مورد بررسی را نمایش می‌دهد. جدول (۷) توزیع فراوانی پاسخگویان بر اساس جنسیت را نمایش می‌دهد. جدول (۸) توزیع فراوانی پاسخگویان بر اساس شغل و جدول (۹) توزیع فراوانی پاسخگویان بر اساس سطح تحصیلات را نشان می‌دهد.

جدول ۶ درصد و فراوانی مربوط به گروه‌های مورد بررسی

گروه‌های هدف	آمار	
	فراوانی	درصد
مدیران مراکز تولید مصالح	۸	۱۶
پیمانکاران	۱۰	۲۰
کارشناسان سازمان نظام مهندسی استان	۸	۱۶
کارشناسان مسکن شهرسازی	۵	۱۰
کارشناسان اداره کل استاندارد	۴	۸
مجریان و ناظران طرح‌های ساختمانی	۵	۱۰
آزمونگران آزمایشگاه همکار	۱۰	۲۰

جدول ۷ توزیع فراوانی پاسخگویان بر اساس جنسیت

جنسیت	فراوانی	درصد	درصد تجمعی
مرد	۲۶۶	۸/۸۱	۸/۸۱
زن	۵۹	۲/۱۸	۱۰۰
جمع	۳۲۵	۱۰۰	-
مأخذ: یافته‌های پژوهش ۱۳۹۸			

به‌طورکلی، مؤلفه‌هایی که دارای کمترین ضریب تغییرات هستند اهمیت بالاتری در اثرگذاری بر استانداردسازی مصالح ساختمانی در استان لرستان دارند.

جدول ۸ توزیع فراوانی پاسخگویان بر اساس شغل

شغل	فراوانی	درصد	درصد تجمعی
مصرف‌کننده	۱۰۴	۳۲	۳۲
تولیدکننده	۱۰۴	۳۲	۶۴
مهندس ناظر	۶۹	۲/۲۱	۲/۸۵
هیئت علمی دانشگاه	۱۰	۱/۳	۳/۸۸
پیمانکار	۱۳	۴	۳/۹۲
آزمونگران آزمایشگاه همکار	۷	۲/۲	۵/۹۴
کارمند	۱۸	۵/۵	۱۰۰
جمع	۳۲۵	۱۰۰	-
مأخذ: یافته‌های پژوهش ۱۳۹۸			

جدول ۹ توزیع فراوانی پاسخگویان بر اساس سطح تحصیلات

سطح تحصیلات	فراوانی	درصد	درصد تجمعی
دیپلم	۱۳۷	۲/۴۲	۲/۴۲
کاردانی	۴۹	۱/۱۵	۲/۵۷
کارشناسی	۱۱۲	۵/۳۴	۷/۹۱
کارشناسی ارشد	۲۰	۲/۶	۸/۹۷
دکتری	۷	۲/۲	۱۰۰
جمع	۳۲۵	۱۰۰	-

اولویت بندی شاخص تولید کننده از دیدگاه افراد مورد مطالعه

برای سنجش تأثیر شاخص تولید کننده از ۱۰ گویه با استفاده از طیف پنج درجه ای لیکرت (۱- خیلی کم تا ۵- خیلی زیاد) استفاده شد. در این قسمت با استفاده از میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات به اولویت بندی شاخص تولید کننده در استان لرستان از دیدگاه افراد مورد مطالعه پرداخته می شود.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۱۰) مشاهده می شود که در شاخص تولید کننده، بیشترین تأثیر بر «سعی در پایین آوردن هزینه های تولید و افزایش سود توسط تولید کننده» و کم ترین تأثیر بر «عدم استفاده از دیدگاه های اساتید و صاحب نظران و پژوهشگران در بحث تولید مصالح» دارد. به طور کلی، میانگین تأثیر در شاخص تولید کننده برابر با ۴/۴۰ است که نزدیک به خیلی زیاد (۵) است؛ بنابراین، می توان گفت که شاخص تولید کننده تأثیر بالایی بر مشکلات و موانع استاندارد سازی مصالح ساختمانی دارند.

اولویت بندی شاخص های مربوط به مصرف کننده از دیدگاه افراد مورد مطالعه

برای سنجش تأثیر شاخص مصرف کننده از ۶ گویه با استفاده از طیف پنج درجه ای لیکرت استفاده شد. در این قسمت با استفاده از میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات به اولویت بندی شاخص های مربوط به مصرف کننده از دیدگاه افراد مورد مطالعه پرداخته می شود.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۱۱) مشاهده می شود که در شاخص مصرف کننده، بیشترین تأثیر بر «ناآگاهی از کیفیت و مرغوبیت مصالح هنگام خرید» و کم ترین تأثیر بر «توجه مصرف کننده به قیمت مصالح ساختمانی تا مرغوبیت و کیفیت آن» دارد. به طور کلی، میانگین تأثیر شاخص مصرف کننده برابر با ۳/۸۷ است که نزدیک به زیاد (۴) است؛ بنابراین، می توان گفت که شاخص مصرف کننده تأثیر بالایی در اثرگذاری استاندارد سازی مصالح ساختمانی در استان لرستان دارد.

جدول ۱۰ توصیف شاخص تولید کننده از دیدگاه افراد مورد مطالعه (مقیاس ۱-۵)

اولویت	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	مؤلفه / گویه
۱	۲۱۱/۰	۲۳۱/۱	۸۰/۴	سعی در پایین آوردن هزینه های تولید و افزایش سود توسط تولید کننده
۲	۲۱۵/۰	۴۰۱/۱	۷۰/۴	عدم استفاده از تجهیزات استاندارد و توجه نکردن به مشکلات احتمالی به وجود آمده در تجهیزات
۳	۲۲۰/۰	۳۱۲/۱	۶۵/۴	عدم بهره گیری از فناوری های نوین در خطوط تولید
۴	۲۲۴/۰	۱۰۰/۱	۶۰/۴	استفاده از مواد اولیه بی کیفیت در مراحل تولید
۵	۲۳۰/۰	۲۷۰/۱	۵۰/۴	عدم حضور مستمر مدیر کنترل کیفیت واجد شرایط و دارای گواهینامه صلاحیت معتبر در بیشتر مراکز تولیدی (جهت انجام امور کنترل کیفیت محصولات)
۶	۳۴۵/۰	۳۵۵/۱	۴۸/۴	نبود نظارت کافی در فرآیند تولید توسط واحد تولیدی
۷	۳۵۱/۰	۳۲۶/۱	۴۰/۴	عدم وجود نظارت مکرر بر واحد های تولیدی (نظارت استاندارد)
۸	۳۵۰/۰	۱۱۱/۱	۲۰/۴	بیگانگی با مفهوم کیفیت در بین تولید کنندگان
۹	۳۶۵/۰	۲۱۲/۱	۱۷/۴	اعتقاد برخی از تولید کنندگان به این که استاندارد سازی در تسریع روند تولید اثر می گذارد
۱۰	۳۷۰/۰	۱۰۲/۱	۱۰/۴	عدم استفاده از دیدگاه های اساتید و صاحب نظران و پژوهشگران در بحث تولید مصالح
-	۴۵۰/۰	۲۴۱/۱	۴/۴	شاخص تولید کننده (کلی)

مقیاس: خیلی کم=۱، کم=۲، متوسط=۳، زیاد=۴، خیلی زیاد=۵

جدول ۱۱ توصیف شاخص‌های مربوط به مصرف‌کننده از دیدگاه افراد مورد مطالعه (مقیاس ۵-۱)

اولویت	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	مؤلفه / گویه
۱	۲۲۱/۰	۲۳۰/۱	۵۰/۴	ناآگاهی از کیفیت و مرغوبیت مصالح هنگام خرید
۲	۲۲۵/۰	۲۵۴/۱	۴۵/۴	ناآگاهی مصرف‌کننده از استانداردهای موجود مصالح
۳	۲۳۲/۰	۲۱۴/۱	۳۰/۴	ناآگاهی از اهمیت مصالح استاندارد در عمر مفید ساختمان و خطرات احتمالی (سیل، زلزله)
۴	۲۴۰/۰	۱۲۳/۱	۵۲/۳	حساس نبودن اکثر مردم به داشتن علامت استاندارد مصالح ساختمانی
۵	۲۵۷/۰	۱۲۰/۱	۳۰/۳	آگاه نبودن اکثر مصرف‌کننده ها به داشتن اختیارات در صورت زیان دیدن از مصالح نامرغوب و دفاع از حقوق خود
۶	۲۶۱/۰	۳۴/۱	۲۰/۳	توجه مصرف‌کننده به قیمت مصالح ساختمانی تا مرغوبیت و کیفیت آن
-	۲۵۱/۰	۷۸۴/۰	۸۷/۳	شاخص مصرف‌کننده (کلی)

جدول ۱۲ توصیف شاخص‌های مربوط به آزمایشگاه همکار از دیدگاه افراد مورد مطالعه (مقیاس ۵-۱)

اولویت	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	مؤلفه / گویه
۱	۲۰۰/۰	۳۳۰/۱	۱۰/۴	عدم هماهنگی و نظارت کافی بین مدیر فنی و آزمون‌گران آزمایشگاه تایید صلاحیت شده در ثبت و تایید نتایج آزمون
-	۲۰۰/۰	۳۳۰/۱	۱۰/۴	شاخص آزمایشگاه (کلی)

اولویت‌بندی شاخص آزمایشگاه همکار از دیدگاه افراد مورد مطالعه

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۱۲) مشاهده می‌شود که در شاخص آزمایشگاه همکار میانگین عدم هماهنگی و نظارت کافی بین مدیر فنی و آزمون‌گران آزمایشگاه تایید صلاحیت شده در ثبت و تایید نتایج آزمون ۴/۱۰ می‌باشد؛ به طور کلی میانگین تأثیر این شاخص برابر با ۴/۱۰ است که نزدیک به خیلی زیاد (۵) است؛ بنابراین، می‌توان گفت که شاخص آزمایشگاه تأثیر بالایی در اثرگذاری استانداردسازی مصالح ساختمانی در استان لرستان دارد.

اولویت‌بندی شاخص دستگاه‌های ذریع از دیدگاه افراد مورد مطالعه

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۱۳) مشاهده می‌شود که در شاخص سازمان‌های ذریع، بیشترین تأثیر به ترتیب بر، هماهنگ نبودن سازمان‌های ذریع (نظام

مهندسی، اداره صنعت معدن و تجارت؛ مسکن و شهرسازی و شهرداری...) در برنامه‌ریزی‌های مرتبط با استانداردسازی مصالح ساختمانی، عدم نظارت کافی دستگاه‌های ذریع بر استاندارد سازی مصالح و عدم برگزاری دوره‌های توجیهی در خصوص استانداردسازی برای مهندسین ناظر می‌باشد به طور کلی، میانگین تأثیر شاخص آزمایشگاه برابر با ۳/۹۰ است که نزدیک به زیاد (۴) است؛ بنابراین، می‌توان گفت که شاخص دستگاه‌های ذریع تأثیر بالایی در اثرگذاری استانداردسازی مصالح ساختمانی در استان لرستان دارد.

جدول ۱۳ توصیف شاخص‌های مربوط دستگاه‌های زیربُط از دیدگاه افراد مورد مطالعه (مقیاس ۵-۱)

اولویت	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	مؤلفه / گویه
۱	۲۰۱/۰	۳۲۹/۱	۰۰/۴	هماهنگ نبودن سازمان‌های زیربُط (نظام مهندسی، اداره صنعت معدن و تجارت؛ مسکن و شهر سازی و شهرداری...) در برنامه‌ریزی‌های مرتبط با استاندارد سازی مصالح ساختمانی
۲	۲۳۰/۰	۲۵۳/۱	۹۰/۳	عدم نظارت کافی دستگاه‌های زیربُط بر استاندارد سازی مصالح
۳	۲۳۹/۰	۱۲۰/۱	۸۰/۳	عدم برگزاری دوره‌های توجیهی در خصوص استاندارد سازی برای مهندسین ناظر
-	۲۳۱/۰	۲۰۰/۱	۹۰/۳	شاخص دستگاه‌های زیربُط (کلی)

سازی‌های انبوه یا بلند به طور شایسته به کیفیت مصالح توجه نمی‌شود و بدون انجام مطالعات و بررسی‌های آزمایشگاهی کافی، مصالحی انتخاب و مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین شایسته است هنگام ساخت و سازها که حجم بزرگی از مصالح در آنها به مصرف می‌رسد و از نظر اقتصادی نیز حایز اهمیت می‌باشند، قبل از انتخاب مصالح، کلیه ویژگی‌هایی که استاندارد برای آنها حدودی تعیین کرده، اندازه‌گیری و در صورت مناسب بودن مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج بخش کیفی نشان داد که بر خلاف این که در نگاه اول به نظر می‌رسد که مشکلات مربوط به مصالح فاقد کیفیت و غیراستاندارد در ساخت و سازها عمدتاً مربوط به تولیدکننده است درحقیقت عوامل متعددی به سهم خود در زمینه به کارگیری از مصالح ساختمانی بادوام و کارآمد نقش دارند و تولیدکنندگان تنها بخشی از این زنجیره را تشکیل می‌دهند؛ با توجه به نتایج تحقیق این موانع را می‌توان به ۴ دسته تقسیم کرد: موانع و مشکلات مربوط به تولیدکننده، موانع و مشکلات مربوط به مصرف‌کننده، موانع و مشکلات مربوط به آزمایشگاه همکار و در نهایت موانعی که به سازمان‌های زیربُط برمی‌گردد. در کد گذاری محوری در این بخش به این نتیجه رسیدیم که مشکلات مربوط به تولیدکننده خود شامل: تکنولوژی ساخت، نیروی انسانی، کنترل تولید و فرهنگ سازی در تولید است؛ مشکلات مربوط به مصرف‌کننده شامل دانش و آگاهی مصرف‌کننده و

رتبه بندی موانع و مشکلات تاثیرگذار بر استاندارد سازی مصالح ساختمانی بر اساس میانگین

بر اساس نتایج ارائه داده شده در جدول (۱۴) بالا مهمترین موانع و مشکلات تاثیرگذار بر استاندارد سازی مصالح ساختمانی به ترتیب عبارتند از: عوامل مربوط به تولیدکننده با میانگین (۴/۴۰)، عوامل مربوط به آزمایشگاه با میانگین (۴/۱۰)، عوامل مربوط به سازمان‌های زیربُط با میانگین (۳/۹۰) و در نهایت عوامل مربوط به مصرف‌کننده با میانگین (۳/۸۷) می‌باشد.

جدول ۱۴ رتبه بندی موانع و مشکلات تاثیرگذار بر استاندارد سازی مصالح ساختمانی بر اساس میانگین

اولویت	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	مؤلفه / گویه
۱	۴۵۰/۰	۲۴۱/۱	۴۰/۴	عوامل مربوط به تولیدکننده
۲	۲۲۰/۰	۳۳۰/۱	۱۰/۴	عوامل مربوط به آزمایشگاه همکار
۳	۲۱۰/۰	۵۴۲/۰	۹۰/۳	عوامل مربوط سازمان های زیربُط
۴	۲۵۱/۰	۷۸۴/۰	۸۷/۳	عوامل مربوط به مصرف کننده

نتیجه گیری

امروزه شاهد آن هستیم که بجز در پروژه‌های بزرگ عمرانی، در ساخت و ساز شهری مانند ساختمان

اطلاع و آگاهی مصرف کنندگان از حق و حقوق خود در برابر دریافت مصالح نامرغوب، ۸. بالابردن آگاهی مصرف کنندگان و حساس کردن آنها به توجه کردن به نشان استاندارد در هنگام خرید مصالح ساختمانی، ۹. استفاده از نیروهای مجرب و علمی در آزمایشگاه‌ها، ۱۰. توجه به بهبود کیفیت به عنوان یکی از اهداف استاندارد توسط تولید کنندگان، ۱۱. برخورد قاطعانه نهادهای نظارتی به ویژه استاندارد با عوامل عرضه محصولات فاقد کیفیت و قاچاق، ۱۲. از صحنه خارج کردن کالاهای بی کیفیت و استفاده از کالاهای با کیفیت، ۱۳. نظارت بر کار آزمایشگاه‌ها توسط سازمان‌های ذیربط، ۱۴. ارائه دوره‌های آموزشی برای تمامی کارکنان خط تولید مصالح ساختمانی جهت آشناسازی آنها با استانداردها، ۱۵. ایجاد هماهنگی بین نهادها و ناظرهای ساختمانی بویژه فعال شدن نظام مهندسی با توجه به آخرین حلقه نظارت، ۱۶. وجود مبنایی مناسب برای کنترل ناظر در حین اجرای پروژه‌ها، ۱۷. وجود آزمایشگاه مجهز به تجهیزات لازم به منظور انجام تحقیق و توسعه (R&D) در واحدهای تولیدی، ۱۸. جابجایی و تغییر مداوم کارکنان کلیدی آزمایشگاه، ۱۹. عدم آشنایی کافی آزمون‌گران با استانداردهای ملی مربوطه.

مشکلات فرهنگ‌سازی در این گروه است؛ همچنین مشکلات مربوط به آزمایشگاه مربوط به عدم هماهنگی و نظارت کافی بین مدیر فنی و آزمون‌گران آزمایشگاه تایید صلاحیت شده در ثبت و تایید نتایج آزمون می‌باشد و مشکلات مربوط به سازمان‌های ذیربط نیز به نظارت و هماهنگی بین سازمان‌ها بر می‌گردد. با توجه به رتبه‌بندی که بین عوامل تاثیرگذار بر استانداردسازی انجام گردید مهمترین عوامل به ترتیب مربوط به تولیدکننده با میانگین (۴/۴۰)، آزمایشگاه همکار با میانگین (۴/۱۰)، سازمان‌های ذیربط با میانگین (۳/۹۰) و در نهایت عوامل مربوط به مصرف کننده با میانگین (۳/۸۷) می‌باشد.

پیشنهادهای برای تحقیق‌های آینده: ۱. بهره‌گیری از تجهیزات نوین و استاندارد در خطوط تولید، ۲. استفاده از دیدگاه‌های افراد مجرب و صاحب‌نظر و دارای تجربه در امر تولید، ۳. فرهنگ سازی استانداردسازی توسط نهادهای ذیربط از جمله صدا و سیما آموزش و پرورش و...، ۴. تشویق تولیدکنندگان با کالای مرغوب و معرفی کردن آنها به عنوان تولیدکننده باکیفیت در بین مردم، ۵. نظارت بیشتر و بازرسی ادواری (به صورت مستمر) در فرآیند تولید و روش‌های تولید توسط سازمان‌های ذیربط، ۶. بهره‌گیری از مدیران کنترل کیفیت در مراکز تولیدی جهت انجام امور کنترل کیفیت محصولات، ۷. بالا بردن

مراجع

1. Chiang, Y. H., Chan, H. W., Lok, K. L., "Prefabrication and barriers to entry—A case study of public housing and institutional buildings in Hong Kong", *Habitat Int.* 30, Vol. 30(3) pp. 482–499, (2006)
2. Omidinasab, F., Goodarzimehr, V., "A Hybrid Particle Swarm Optimization and Genetic Algorithm for Truss Structures with Discrete Variables", *Journal of Applied and Computational Mechanics*, Vol. 6(3), pp. 593-604. (2020)
3. Talatahari, S., Goodarzimehr, V., Taghizadieh, N., "Hybrid Teaching-Learning-Based Optimization and Harmony Search for Optimum Design of Space Trusses", *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, Vol. 13(1) pp. 177-194, (2020).
4. Goodarzimehr, V., Taghizadieh, N., Omidinasab, F., "Design and optimization of steel frames using genetic algorithm", *International Conference on civil engineering, architecture and urban development*

- management in Iran*, Tehran, Iran, (2018).
5. Talatahari S, Goodarzimehr V, Shojaee S. SYMBIOTIC ORGANISMS SEARCH AND HARMONY SEARCH ALGORITHMS FOR DISCRETE OPTIMIZATION OF STRUCTURES. *International Journal of Optimization in Civil Engineering*. Vol. 11 (2) pp. 177-194, (2021)
 6. Din, M. I., Bahri, N., Dzulkifly, M. A., Norman, M. R., Kamar, K. A. M., Abd Hamid, Z., "The adoption of industrialised building system (IBS) construction in Malaysia: The history, policies, experiences and lesson learned", *In Proceedings of the 29th International Symposium of Automation and Robotics in Construction (ISARC)*, Eindhoven, The Netherlands, (2012).
 7. Qian, L., "The Level of Industrialized Building in Developed Countries Is More Than 10 Times than that in China", Available online: http://dz.jjckb.cn/www/pages/webpage2009/html/2015--10/08/content_10735.htm (accessed on 6 January 2016), (2015).
 8. Kamar, K., Alshaw, M., Hamid, Z., "Barriers to industrialized building system (IBS): The case of Malaysia", *In Proceedings of the BuHu 9th International Postgraduate Research Conference th (IPGRC 2009)*, The University of Salford, 29– 30th January, 2009, Salford, United Kingdom (2009).
 9. Luo, L.Z., Mao, C., Shen, L.Y., Li, Z. D., "Risk factors affecting practitioners' attitudes toward the implementation of an industrialized building system. *Eng. Constr*", *Archit. Manag.* Vol. 22, pp. 622–643, (2015)
 10. Jiang, Q., Huang, Q., Chang, S., Xu, Y., "Quality Management and Acceptance of the Prefabricated Concrete Structure Engineering", *Qual. Manag*, Vol. 34, pp. 5–13, (2016).
 11. Mao, C., Shen, Q. P., Pan, W., Ye, K. H., "Major Barriers to Off-Site Construction: The Developer's 9 Perspective in China", *Journal Manag. Eng.* Vol. 31, pp. 3, (2015).
 12. Musa, M. F., Mohammad, M. F., Mahbub, R., Yusof, M. R., "Enhancing the Quality of Life by Adopting Sustainable Modular Industrialised Building System (IBS) in the Malaysian Construction Industry", *Procedia Soc. Behav. Sci.* Vol. 153, pp. 79–89, (2014).
 13. Sami, K., "Analysing Customer Satisfaction and Quality in Construction—The Case of Public and Private Customers", Helsinki University of Technology: Espoo, Finland, (2015).
 14. Zhang, X., Skitmore, M., Peng, Y., "Exploring the challenges to industrialized residential building in China", *Habitat Int.* Vol. 41, pp. 176–184, (2014).
 15. Iranian National Standards Organization., Concrete's characteristic. 6044 Iranian National Standard, Tehran, Iran, 54, (2015).
 16. Iranian National Standards Organization., 3 Edition, Concrete's characteristic. 302 Iranian National Standard, Tehran, Iran, 54, (2015).
 17. Ismail, F., Yusuwan, N. M., Baharuddin, H. E. A., "Management Factors for Successful IBS Projects Implementation", *Procedia—Soc. Behav. Sci.* Vol. 68, pp. 99–107, (2012).

بررسی قابلیت باکتری *Sporsarcina Pasteuri* در بهسازی و بهیالایی خاک‌های آلوده هیدروکربنی*

مقاله پژوهشی

محمدتقی بلوری بزاز^(۱) جعفر بلوری بزاز^(۲) سید محسن کرابی^(۳)

چکیده در قرن حاضر استفاده از فرآورده های مختلف نفت و سوخت های فسیلی به عنوان جزء غیرقابل تفکیک از صنعت و پیشرفت های بشری بوده است. آنچه امروز به عنوان یک دغدغه مهم در کنار استفاده از این فرآورده ها مطرح است، انتشار غیرقابل کنترل آنها در قسمت های مختلف مانند استحصال، فرآوری، انتقال و استفاده است. سایر مشکلات استفاده از این فرآورده ها، آلودگی های زیست محیطی و بوجود آوردن خاک های مسئله دار آلوده در حوزه مهندسی ژئوتکنیک است. راه کارهای زیادی برای حل جداگانه این مشکلات بررسی و ارائه شده است؛ در پژوهش حاضر استفاده از روش بهسازی میکروبی (MICP) *Microbiologically induced calcium carbonate precipitation* به عنوان راه حلی برای بهیالایی خاک های آلوده و بهبود ظرفیت باربری کاهش یافته آن با دو فرآورده نفتی گازوئیل و روغن موتور ارائه شده است. باکتری مورد استفاده در این فرآیند *Sporsarcina pasteuri* بوده که بصورت فلوک (floculate) باکتری به خاک آلوده اضافه شده و سپس طی دو مرحله ارزیابی بهیالایی (با استفاده از نتایج کروماتوگرافی) و بهسازی ژئوتکنیکی (با استفاده از نتایج آزمون برش مستقیم و نفوذپذیری) انجام شد. با کمک آنالیز FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy) و بررسی نمودارهای کروماتوگرافی، کاهش پیک های اجزای شناسایی شده در نمونه تیمار شده نسبت به نمونه استاندارد تهیه شده از گازوئیل یا روغن موتور ملاحظه شدند. از طرفی بهبود خواص ژئوتکنیکی خاک های آلوده از مهمترین اثرات ملاحظه شده در نمونه های تیمار شده بود.

واژه های کلیدی آلودگی زیست محیطی، بهسازی، بهیالایی، *Sporsarcina pasteuri*، کروماتوگرافی و FTIR.

An Investigation into the Capability of *Sporsarcina Pasteuri* on Improvement and Refinement of Contaminated Hydrocarbon Soils

M. T. Bolouri Bazaz

J. Bolouri Bazaz

S. M. Karrabi

Abstract

In the present century, the use of various petroleum products and fossil fuels has been an integral part of industry and human progress. Nowadays the major concern, in addition to the use of petroleum products, is their uncontrolled diffusion in various parts such as extraction, processing, transfer and use. The other problem with the utilization of these products has arisen in the field of geotechnical engineering includes environmental pollution and the creation of problematic contaminated soils. Many solutions to these problems have been investigated and presented separately. In the present study, the *microbiologically induced calcium carbonate precipitation* (MICP) method, as a solution to purify contaminated soils and to improve its reduced bearing capacity with two petroleum products, diesel and engine oil, has been proposed. The bacterium used in this process was *Sporsarcina pasteuri*, which was added to the contaminated soil as a flocculate bacterium. In two stages; purification evaluation (using chromatographic results) and geotechnical improvement (using direct shear and permeability test results) were performed. With the aid of FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy) analysis and chromatographic diagrams, a reduction of peaks of the identified components in the treated sample in comparison to the standard sample (prepared from diesel or engine oil) was observed. On the other hand, improving the geotechnical properties of contaminated soils was one of the most important effects observed in the treated samples.

Key Words Environmental pollution, Improvement, Refinement, *Sporsarcina pasteuri*, Chromatography and FTIR.

*تاریخ دریافت مقاله ۹۹/۷/۷ و تاریخ پذیرش آن ۱۴۰۰/۱/۶ می باشد.

(۱) دانشجوی دوره دکتری ژئوتکنیک، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

Email: bolouri@um.ac.ir

(۲) نویسنده مسئول، دانشیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

(۳) استادیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

مقدمه

وابستگی شدید اقتصادهای مدرن به سوخت‌های فسیلی باعث افزایش فراوانی انتشار تصادفی هیدروکربن‌های نفتی ترکیبی از ترکیبات آلکانها، هیدروکربن‌های آروماتیک و ترکیبات حاوی نیتروژن، اکسیژن و گوگرد شده است [1,2]. کلیه فعالیت‌های صنایع نفتی از جمله اکتشاف، استخراج، حمل و نقل، پالایش و مدیریت پسماندهای روغنی، منابع احتمالی آلودگی محیط زیست هستند [7]. بطور کلی مقابله با این انتشارهای تصادفی به لحاظ اقتصادی و محیط زیستی هزینه بر است [3]. روش‌های مختلفی برای بهپالایی خاک‌های آلوده به هیدروکربن‌های نفتی نظیر روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی وجود دارد. در این بین، روش‌های فیزیکی و شیمیایی معمولاً در مساحت‌های کم، خاک‌های درشت‌دانه و با هزینه بالا انجام پذیرند [6]. استفاده از روش‌های بهپالایی زیستی هیدروکربن‌های نفتی یک فناوری موثر، اقتصادی و سازگار با محیط زیست است که امروزه به عنوان یک راهکار عملی برای بهبود خاک‌های آلوده به هیدروکربن‌های نفتی محسوب می‌شود [4,5]. ترکیبات هیدروکربنی به لحاظ تجزیه بدلیل محلول ناپذیریشان در آب بسیار سرسختند [8]. از طرفی متابولیسم میکروارگانیسم‌های سازگار با این مواد آن‌ها را به مواد ساده‌تری تجزیه می‌کنند؛ به جای زبان دیگر از حالتی غیرفعال به ملکول‌هایی فعال تر برای تجزیه تبدیل می‌کند [9].

مشکلات ژئوتکنیکی ناشی از انتشار مواد هیدروکربنی در کنار تأثیرات منفی این مواد بر پارامترهای مقاومتی خاک‌های آلوده قابل توجه است [10]. بهسازی با استفاده از روش‌های شیمیایی مانند استفاده از سیمان [15,16,21]، آهک [19,20]، روباره خاکستر [17] و یا روباره کوره سیمان [18] است. همچنین روش‌های بهسازی با استفاده نانوذرات (نانوذرات آهن [11] یا نانوذرات رس [12]) روشی مناسب برای بهسازی خاک‌های آلوده است. بهسازی به

روش زیستی یا بیو مانند، مانند روش MICP به عنوان یکی از سازگارترین، جدیدترین و مناسبترین روش‌ها برای بهسازی است که با استفاده از پتانسیل‌های موجود بین ذرات خاک و باکتری مناسب، می‌توان از آن بهره برد. استفاده از روش ترسیب میکروبی کلسیم کربنات برای بسیاری از موارد و کاربردهای مهندسی مانند بهسازی مورد استفاده قرار گرفته است [13,14]. فرآیندهای ژئوشیمیایی زیستی می‌توانند خصوصیات فیزیکی (تراکم، دانه بندی، تخلخل، درجه اشباع)، هدایتی (هیدرولیک، الکتریکی، حرارتی)، مکانیکی (سختی، اتساع، تراکم پذیری، تورم یا اتساع، انسجام، زاویه اصطکاک، فرسایش پذیری) و شیمیایی (واکنش پذیری و ظرفیت تبادل کاتیون) خاک‌ها را تغییر و بهبود دهند [15]. روش بهسازی رسوب میکروبی کلسیم کربنات، روشی است از مهندسی بیوژئوتکنیک که در نتیجه فعالیت متابولیک میکروبی انجام می‌پذیرد [23,24]. رسوب کلسیم با استفاده از روش‌های مختلفی امکان پذیر است که کارآمدترین آن استفاده از هیدرولیز آنزیمی اوره توسط باکتری است [25]. *Bacillus pasteurii* که اخیراً با عنوان *Sporosarcina pasteurii* (ATCC 11859) مجدداً طبقه بندی شده است، یک باکتری قلیادوست با آنزیم اوره‌آز بسیار فعال است [26]، در مطالعات آزمایشگاهی جهت ترسیب کلسیم مورد استفاده قرار گرفته است [27].

از طرفی در مورد پژوهش‌های انجام شده در حوزه بهپالایی می‌توان به تحقیقات سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در مورد بهپالایی خاک‌های آلوده به انواع هیدروکربن‌ها به روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی اشاره کرد [36,39]. در مورد روش‌های شیمیایی تحقیقات زیادی مبنی بر استفاده از مواد شیمیایی مانند سورفاکتانت‌ها انجام شده است [37]. همچنین، استفاده از روش‌های زیستی مانند کنسرسیوم باکتری‌های برای تجزیه مواد هیدروکربنی به مواد ساده تر نیز انجام پذیرفته است [38].

تیمار شده و تیمار نشده و همچنین نتایج آزمون های مکانیک خاک کلاسیک به سرانجام می‌رساند.

مواد و روش‌ها

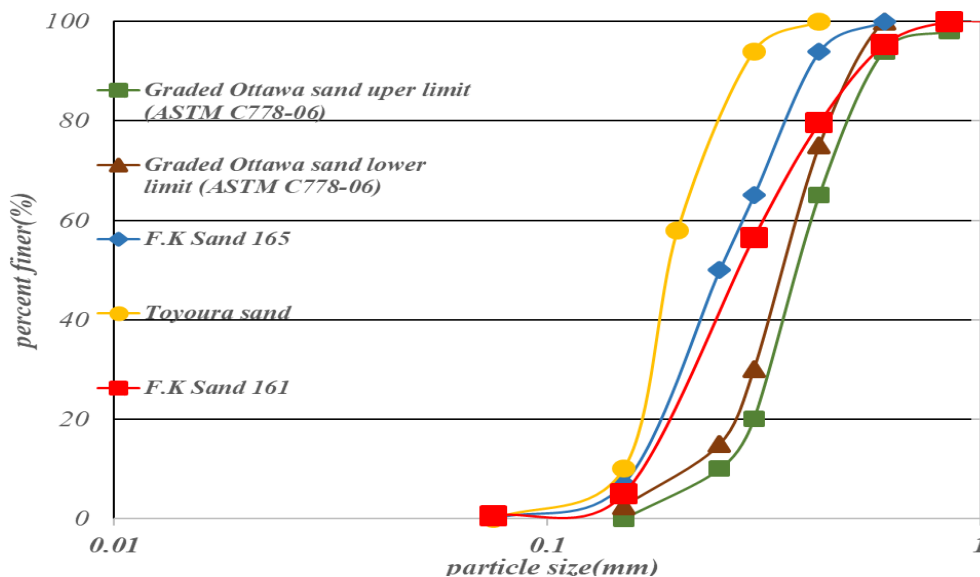
مواد مورد استفاده در این پژوهش، خاک دانه‌ای، دو نوع آلایند هیدروکربنی رایج (روغن موتور و گازوئیل) و نیز سویه باکتری *Sporsarcina pasteurii* بوده است.

خاک

خاک مورد استفاده در پژوهش حاضر ماسه ۱۶۱ فیروزکوه ایران بود که نحوه توزیع دانه‌بندی آن در شکل (۱) نشان داده شده است (ASTM D422). رده‌بندی این ماسه، بد دانه‌بندی شده یا SP [19] می‌باشد. مشخصات فیزیکی این ماسه در جدول (۱) آمده است.

آنچه در میان تحقیقات حاضر دارای خلل است، ارائه راهکاری مناسب برای بهسازی و بهپالایی خاک‌های آلوده هیدروکربنی به صورت همزمان و به گونه‌ای است که بتواند ضمن تجزیه و ساده سازی اجزای هیدروکربن، خواص مکانیکی از دست رفته آن را بازیابی نموده و به نحوی با کاهش نفوذپذیری خاک از گسترش بیشتر حرکت آلایند در خاک ممانعت به عمل آورد. به عنوان نمونه، Abdulrahimi, S. و Kang, C. H. and et al. با استفاده از گونه باکتری *Sporosarcina pasteurii* نسبت به بهپالایی زیستی کادمیم با روش رسوبگذاری زیستی کربنات کلسیم در خاک شنی پرداختند [28,29].

پژوهش حاضر بررسی فرآیند بهسازی و بهپالایی را به صورت همزمان و با استفاده از تحلیل نتایج آزمون‌های کروماتوگرافی جرمی و گازی نمونه های



شکل ۱ نمودار دانه بندی ماسه فیروزکوه ۱۶۱ در مقایسه با ماسه های استاندارد معمول در پژوهش ها

جدول ۱ مشخصات فیزیکی ماسه فیروزکوه

Gs	e_{max}	e_{min}	D_{10} (mm)	D_{60} (mm)	Cc	Cu
2.658	0.94	0.60	0.167	0.40	1.01	2.39

جدول ۲ مشخصات آلاینده ها

نام مایع	گرانروی سینماتیک (mm ² /s) [ASTM D 2270:2004]		نقطه اشتعال (درجه سلسیوس)	
	دمای ۴۰ درجه سلسیوس	دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس	باز [ASTM D1310]	بسته [ASTM D 92-05a]
روغن موتور	165.23	17.82	۲۱۷	-
گازوئیل	3.05	-	-	۷۵

آلاینده

برای آلوده نمودن نمونه‌های مورد آزمایش، از دو نوع آلاینده هیدروکربنی شامل گازوئیل و روغن موتور استفاده شده است که مشخصات آن در جدول (۲) زیر آمده است.

کشت و رشد سویه باکتری و نحوه ورود به خاک جهت بهسازی

سویه اصلی باکتری *Sporsarcina ATCC11859* *pasteuri* می‌باشد که دارای اوره‌آزی بالایی بوده و از بانک میکروارگانیسم ایران تهیه شد. جهت کشت و آماده سازی سوسپانسیون باکتری و با استناد به تحقیقات بلوری بزاز و همکاران [32] پس از تهیه محیط کشت جامد Nutrient Agar و اتوکلاو نمودن آن به مدت ۱۵ دقیقه و اضافه کردن اوره ۲۰٪ و کشت باکتری، محیط کشت مایع (۲۰ گرم عصاره مخمر (Yeast Extract)، ۱۷ مولار کلرید آمونیوم (NH₄Cl₂)، ۰/۱ میلی مولار کلرید نیکل (NiCl₂) و ۲۰ گرم اوره (CO(NH₂)₂) در یک لیتر آب مقطر) تهیه و اسیدیته آن به ۹/۲۵ رسید؛ با قراردادن محیط کشت در شیکر انکوباتور، جمعیت باکتری با اسپکتوفوتومتر کنترل و سوسپانسیون هنگامی که دانسیته نوری در طول موج ۶۰۰ نانومتر به ۲/۲۵ رسید، آماده استفاده شد. برای تهیه فلوکه باکتری، مقدار ۱۰۰ میلی مولار کلسیم کلرید در یک لیتر محیط کشت حاوی باکتری اضافه شد. کلسیم کلرید باعث تجمع و انعقاد سلول‌های باکتری شده و در نهایت باعث رسوب باکتری‌ها در ته ظرف می‌گردد. پس از ته‌نشست فلوکه باکتری، ۸۵٪ سوپرناتانت رویی حذف گردید [30]؛

بدین ترتیب، سوسپانسیون باکتری به همراه CaCl₂، به صورت لخته و فلوکه شده آماده ورود به خاک شد. اختلاط کلسیم کلرید و سوسپانسیون باکتری سبب شکافت پوسته باکتری و آزادسازی آنزیم‌های اوره‌آز آن می‌شود. ورود محلول فلوکه باکتری به صورت خیساندن با خاک مورد آزمایش بوده و هم حجم آن، محلول سیمان‌تاسیون (حاوی یک مولار کلسیم کلرید و اوره در یک لیتر آب مقطر استریل [31]) به خاک وارد شد.

دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و آشکارساز

از یک دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Chrompack CP9001 ساخت کشور هلند مجهز به سیستم تزریق Split/Splitless مورد استفاده در حالت انشعابی و آشکارساز یونیزاسیون شعله (FID) برای جداسازی و اندازه‌گیری کمی گونه‌ها استفاده شد (شکل ۲). ستون تجزیه‌ای مورد استفاده، یک ستون موئینه سیلیکای ذوب‌شده نیمه قطبی (CP-Sil 24CB) ساخت شرکت Chrompack کشور هلند متشکل آنالیز از ۵۰ درصد فنیل سیلوکسان و ۵۰ درصد دی متیل سیلوکسان (Column Description: CP-Sil 24 CB 50%) و به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۳۲ میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود. از هلیوم با خلوص بالا (۹۹/۹۹۹٪ شرکت سبلان، ایران) با سرعت جریان ۱/۲ میلی‌لیتر بر دقیقه و نسبت انشعابی ۱:۸ به عنوان گاز حامل استفاده شد. شرایط دستگاه GC به صورت زیر بود:

دمای منطقه تزریق ۲۹۰ °C، دمای اولیه گرمخانه

سه موضوع مورد بحث در عنوان پژوهش است:

۱. ارزیابی میزان بهسازی (استفاده از نتایج آزمون برش مستقیم و نفوذپذیری جهت ارزیابی میزان بهبود پارامترهای مقاومت برشی خاک)
۲. ارزیابی میزان بهپالایی (استفاده از نتایج کروماتوگرافی که در آزمایشگاه‌ها برای جداسازی ترکیبات استفاده می‌شود)

۳. ارزیابی نحوه ترسیب و میزان رسوب کلسیم کربنات (استفاده از تحلیل نتایج FTIR (ASTM D7889) و شیمی تر [33])

جهت تعیین پارامترهای مقاومتی خاک طبیعی، آلوده شده و نیز نمونه بهسازی شده از آزمون برش مستقیم (ASTM-D2166) استفاده شد. در مورد خاک‌های آلوده بهسازی شده یا نمونه شاهد برای تیمار به کمک بهسازی میکروبی، نمونه‌ها با ۶٪ از مایع منفذی (آب یا آلاینده) داخل ظرفی به ابعاد $25 \times 15 \times 4$ سانتیمتر با وزن مخصوص $16/9 \text{ kN/m}^3$ مورد نظر ریخته شدند. قالب مربوط به آزمون برش مستقیم با ابعاد $10 \times 10 \times 2/5$ سانتیمتر نیز به صورت مدفون و در میانه ظرف قرار گرفت. با اتمام فرآیند بهسازی، نمونه داخل قالب به قالب اصلی آزمون برش منتقل شد. نمونه‌های آماده شده در قالب 10×10 سانتیمتر را قبل از ورود به قالب اصلی برش نمایش می‌دهد. آزمون برش مستقیم در تنش‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و با سرعت حرکت ۱ میلیمتر بر دقیقه تنظیم و انجام شد. با همین وزن مخصوص، آزمون نفوذپذیری صورت پذیرفت. از مرکز نمونه‌های برش خورده از آزمون برش مستقیم، نمونه‌هایی برای تعیین میزان CaO و همچنین آنالیز FTIR انتخاب شد. مشابه فرآیند تولید نمونه برای آزمون برش مستقیم، در داخل قالب مربوط به آزمون نفوذپذیری، فرآیند بهسازی انجام و نتایج آن گزارش شد.

بنابراین برنامه آزمون‌های ارزیابی میزان بهسازی به شرح جدول (۳) انجام شد:

50°C تنظیم شد که به مدت ۲ دقیقه در این دما باقی ماند، سپس با سرعت 10° درجه بر دقیقه به دمای نهایی 290°C رسید و ۵ دقیقه در این دما باقی ماند. کل زمان انجام یک برنامه ۳۱ دقیقه بود. دمای آشکارساز 250°C تنظیم شده بود، سرعت جریان هوا 250 میلی‌لیتر بر دقیقه و سرعت جریان هیدروژن 30 میلی‌لیتر بر دقیقه بود.



شکل ۲ دستگاه کروماتوگرافی گازی مورد استفاده در پژوهش

آلوده سازی و استخراج آلاینده

آلوده سازی نمونه‌ها به روش خیساندن و با ۶٪ وزنی انجام شد. همچنین جهت ارزیابی وضعیت و تغییرات ایجاد شده در آلاینده‌ها، آلاینده باید از خاکی که با آن مخلوط شده بود خارج شده و مورد ارزیابی قرار می‌گرفت.

ساخت نمونه استاندارد از آلاینده‌ها

نمونه استاندارد گازوئیل و روغن موتور (بصورت جداگانه) با غلظت 100 میلی‌گرم بر لیتر در حلال دی کلرومتان تهیه شد. از این نمونه برای شناسایی اجزای موجود در گازوئیل و روغن موتور استفاده گردید.

برنامه آزمون‌ها

آزمون‌های انجام شده در تحقیق حاضر بر پایه ارزیابی

جدول ۳ کد گذاری نمونه های مورد آزمایش در برش مستقیم

نوع آلاینده	بهسازی نشده	بهسازی با اختلاط فلوکه
گازوئیل	GN	GF
روغن موتور	MN	MF
آب	WN	WF

نظر شناسایی شود. به همین منظور، نمونه های استخراج شده از خاک های آزمون برش و همچنین نمونه خالص آلاینده برای ارزیابی به دستگاه تزریق و آشکارسازی ها انجام پذیرفتند [35] و مقایسه جهت تحلیل پیک های حذف شده صورت پذیرفت. با توجه به توضیحات فوق، کدگذاری آزمون های کروماتوگرافی گازی به شرح جدول (۴) انجام شد:

جدول ۴ کد گذاری نمونه های مورد آزمایش در کروماتوگرافی گازی

عنوان نمونه	کد گذاری
نمونه استاندارد روغن موتور	m100
نمونه استاندارد گازوئیل	g100
نمونه استخراجی از خاک آلوده به روغن موتور	W _m
نمونه استخراجی از خاک آلوده به گازوئیل	W _g
نمونه استخراجی از خاک آلوده به روغن موتور پس از بهسازی میکروبی	m
نمونه استخراجی از خاک آلوده به گازوئیل پس از بهسازی میکروبی	g

بحث و تحلیل نتایج

نتایج آزمون های مکانیک خاک کلاسیک و شیمی تر

نتایج آزمون های مکانیک خاک کلاسیک به همراه درصد جرمی تولید شده CaO در جدول (۵) مشخص شده است:

جدول ۵ خلاصه نتایج آزمون های مکانیک خاک کلاسیک

CaO (%)	Permeability (cm/s)*10 ⁻³	C (kPa)	φ(°)	Sample Code
0.05%	5.03	0	38	WN
9.7%	1.35	630	52	WF
0.05%	4.01	17	17	MN
3.3%	3.99	33	19	MF
0.05%	4.31	10	24	GN
4.5%	1.95	20	28	GF

روش کروماتوگرافی عمومی ترین، قدرتمندترین و انعطاف پذیرین روش جداسازی در دسترس است. این روش می تواند برای جداسازی گستره دسته وسیعی از ترکیبات بکار رود. از این رو می توان برای جدا کردن مولکول ها و ترکیبات هیدروژن دار، بنزنی، ایزومرها، داروها و مشتقات آمینو اسید استفاده کرد. کروماتوگرافی گازی (GC) یک نوع معمول از کروماتوگرافی است که در شیمی تجزیه برای جداسازی و تجزیه ترکیبات فرار بدون تخریب آنها استفاده می شود. در کروماتوگرافی گازی وجود یک آشکارساز آنالین برای نمایش خروجی اجزای نمونه تجزیه شده لازم است. آشکارساز در واقع یک سنسور ترکیبات است که تغییرات در ترکیب خروجی ستون را به ولتاژ یا جریان تبدیل می کند که باید اندازه گیری و ثبت شود. در این پژوهش برای تحلیل نمونه های مورد آزمایش، از دو آشکارساز استفاده شده است. آشکارساز یونیزاسیون شعله (FID) یک ابزار عملی و پرکاربرد برای اندازه گیری آنالیت ها در جریان گاز است که غالباً به عنوان یک آشکارساز در کروماتوگرافی گازی استفاده می شود. همچنین آشکارساز طیف سنج جرمی قدرتمندترین آشکارساز کروماتوگرافی گازی است. در سیستم GC/MS طیف سنج جرمی به صورت مداوم جرم ها را در سراسر جداسازی اسکن می کند. هنگامی که نمونه از ستون کروماتوگرافی خارج می شود از خط انتقال گذشته و به ورودی طیف سنج جرمی منتقل می شود. باید دقت داشت که برای اندازه گیری کمی لازم است ابتدا مقداری از گونه استاندارد با غلظت مشخص به دستگاه تزریق شود و سپس با توجه با این نمونه استاندارد گونه مورد

هیدروکربنی در مقابل فعالیتهای زیستی دارد. این میزان از بازدارندگی در گازوئیل کمتر از روغن موتور بوده و بر همین مبنا حجم کمتر تولید CaO را می‌توان دریافت؛ بنابراین رابطه بین نوع مایع منفذی و فرآیند MICP مشخص شده و از طرفی باید دانست که با توجه به حجم CaO تولید شده، اثربخشی بهبود پارامترها در خاک‌های هیدروکربنی ضعیفتر از خاک معمولی است. همانطور که در شکل (۳) مشخص شده است، اطراف خاک آلوده هیدروکربنی، لایه‌های آلاینده وجود دارد که مانع از اتصال مناسب رسوبات به دانه‌ها شده؛ بدین ترتیب بهبود پارامترهای ژئوتکنیکی به صورت محسوس دیده نمیشود. کاهش نفوذپذیری نیز به واسطه دو عامل است، اول حضور خود آلاینده‌ها سبب کاهش نفوذپذیری خاک شده و دو اینکه رسوبات کلسیم کربنات به گونه‌ای بین دانه‌ها قرار می‌گیرند که خود سبب کاهش فضای خالی و کاهش نفوذ می‌گردد.

افزایش پارامترهای مقاومت برشی برای انواع خاکها، گواه تاثیر پذیر بودن فرآیند MICP بر این گونه هاست. به نحوی که در تمامی نمونه‌ها، رسوب کلسیم کربنات ملاحظه شده است. در این حین باید تاثیرگذاری دو موضوع بررسی شود، اول اینکه رابطه بین نوع مایع منفذی و فرآیند MICP و دوم، نحوه درگیر شدن رسوبات کلسیم کربنات در محیط‌های مختلف (به لحاظ مایع منفذی آن) با دانه‌های خاک است.

در واقع آنچه به عنوان متغیر بین مایع‌های منفذی وجود دارد، آلاینده بودن یک نوع در مقابل دیگری است و با توجه به اینکه فرآیند MICP رابطه مستقیمی با میزان عملکرد موجودات زنده دارد، بنابراین تفاوت نوع مایع منفذی بر عملکرد آن‌ها تاثیر گذار می‌باشد. بر همین رویه، آزمون بازدارندگی دیسکی [34] برای ارزیابی میزان بازدارندگی آلاینده‌های هیدروکربنی به شرح جدول (۶) انجام شد.

نتایج این آزمون حکایت از بازدارندگی آلاینده‌های

جدول ۶ مراحل و نتیجه آزمون بازدارندگی دیسکی

ردیف	فرآیند	توضیحات
۱	تهیه محیط کشت جامد و کشت باکتری به صورت چمنی	-
۲	تهیه گازوئیل و روغن موتور با رقت ۶٪	-
۳	آغشته کردن دیسک شاهد به آب و دیسک مورد آزمایش به هر کدام از محلول‌های رقیق شده به مدت ۱۵ دقیقه	پس از آغشته شدن، سه دیسک شاهد، دیسک آغشته به روغن و دیسک آغشته به گازوئیل وجود داشت.
۴	قرار دادن دیسک‌ها در داخل پتری کشت شده	پتری‌ها در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انکوبه (به منظور ثابت نگه داشتن دما) شدند.
۵	بررسی هاله‌های ایجاد شده اطراف دیسک‌ها و مقایسه با دیسک شاهد	-
۶	ایجاد هاله بازدارنده اطراف دیسک آغشته به روغن موتور به اندازه ۱۲/۵ میلی‌متر	-
۷	ایجاد هاله بازدارنده اطراف دیسک آغشته به گازوئیل به اندازه ۱/۵ میلی‌متر	-

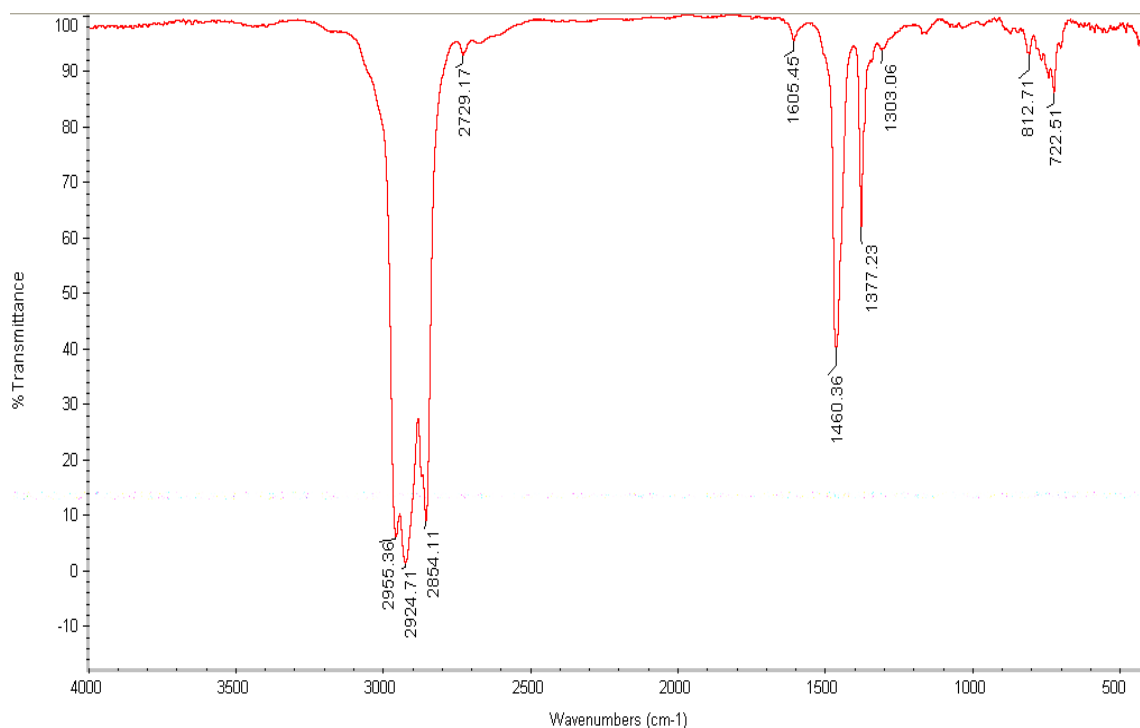
بررسی جهش‌های ارتعاشی مولکول‌ها و یون‌های چند اتمی صورت می‌گیرد. این روش به عنوان روشی پرقدرت و توسعه یافته برای تعیین ساختار و اندازه‌گیری گونه‌های شیمیایی به کار می‌رود. بر همین مبنا، تحلیل طیف سنجی مادون قرمز بر روی نمونه‌ها در دو قالب گرفته شد. اول نمونه‌های مربوط به آلاینده‌ها، قبل از فرآیند بهسازی (شکل‌های (۴) و (۵))؛ همچنین طیف سنجی مادون قرمز از نمونه محیط کشت نیز انجام و در شکل (۶) ارائه شد؛ تفسیر شکل‌های (۴)، (۵) و (۶) در جدول (۷) آمده است. قسمت دوم آنالیزها، بر روی نمونه‌های بهسازی شده از خاک‌های آلوده شده به گازوئیل و روغن موتور بود که پس از فرآیند MICP صورت پذیرفت و تفسیر شکل‌های (۷) و (۸) در جدول (۸) آمده است.



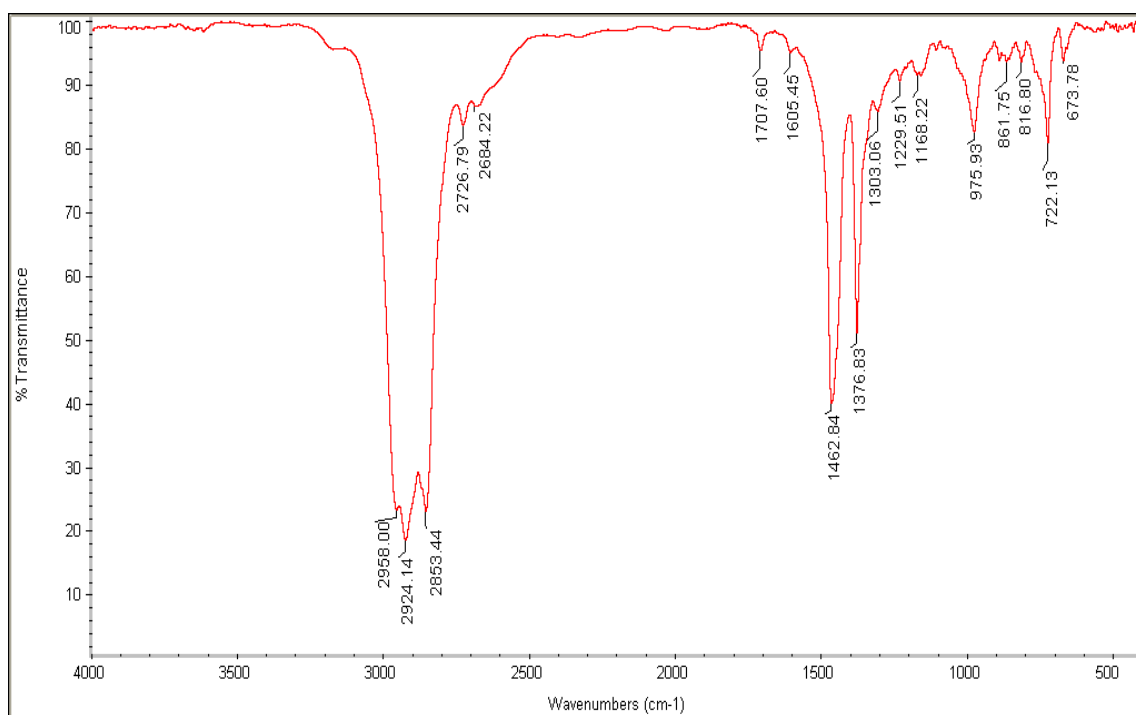
شکل ۳ شماتیک نحوه شکل‌گیری رسوب کلسیم کربنات بین دانه‌های آلوده هیدروکربنی

نتایج آنالیز FTIR

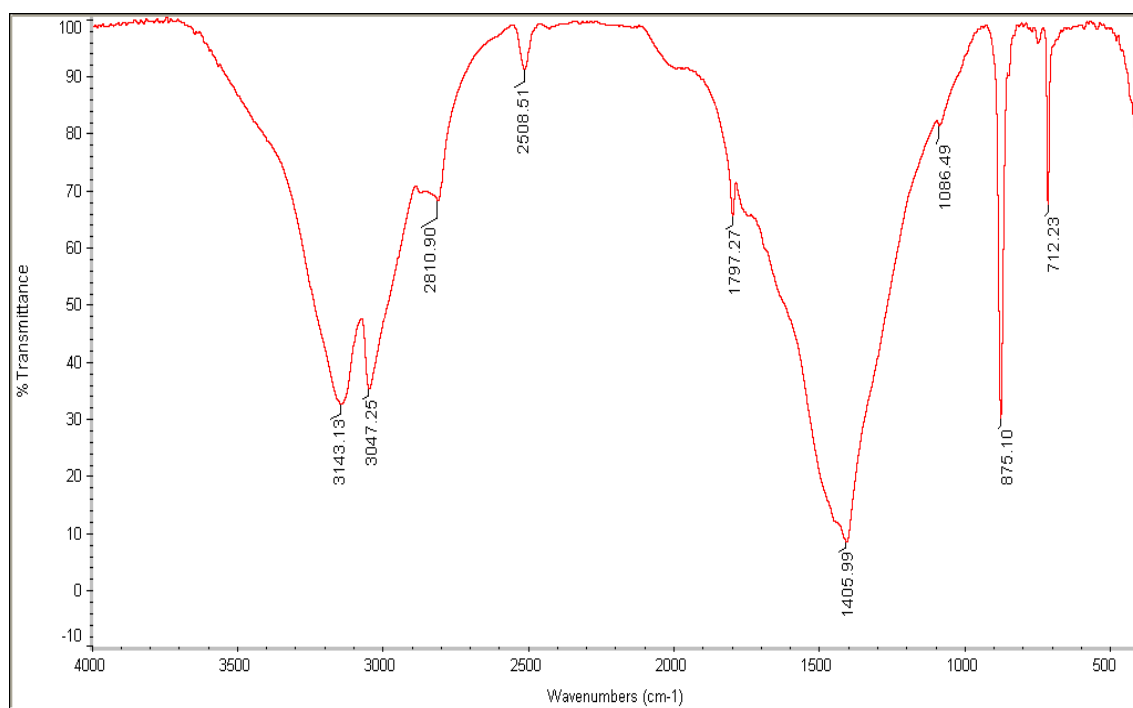
طیف سنجی مادون قرمز بر اساس جذب تابش و



شکل ۴ طیف سنجی مادون قرمز از نمونه خاک آلوده به گازوئیلی



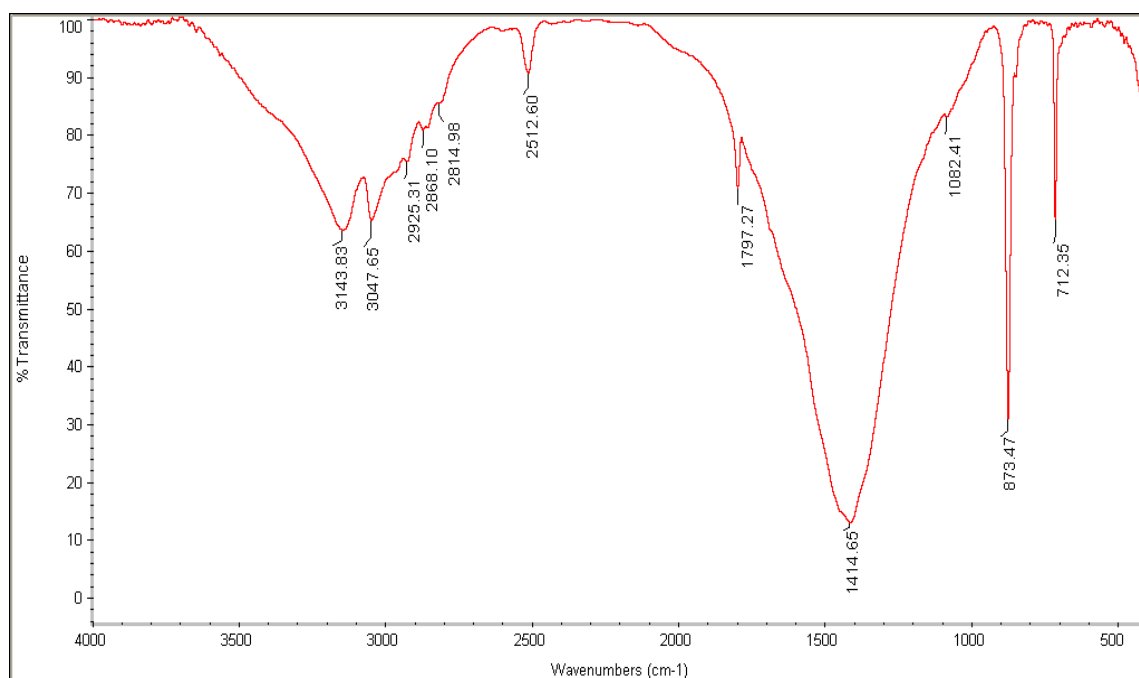
شکل ۵ طیف سنجی مادون قرمز از نمونه خاک آلوده به روغن موتور



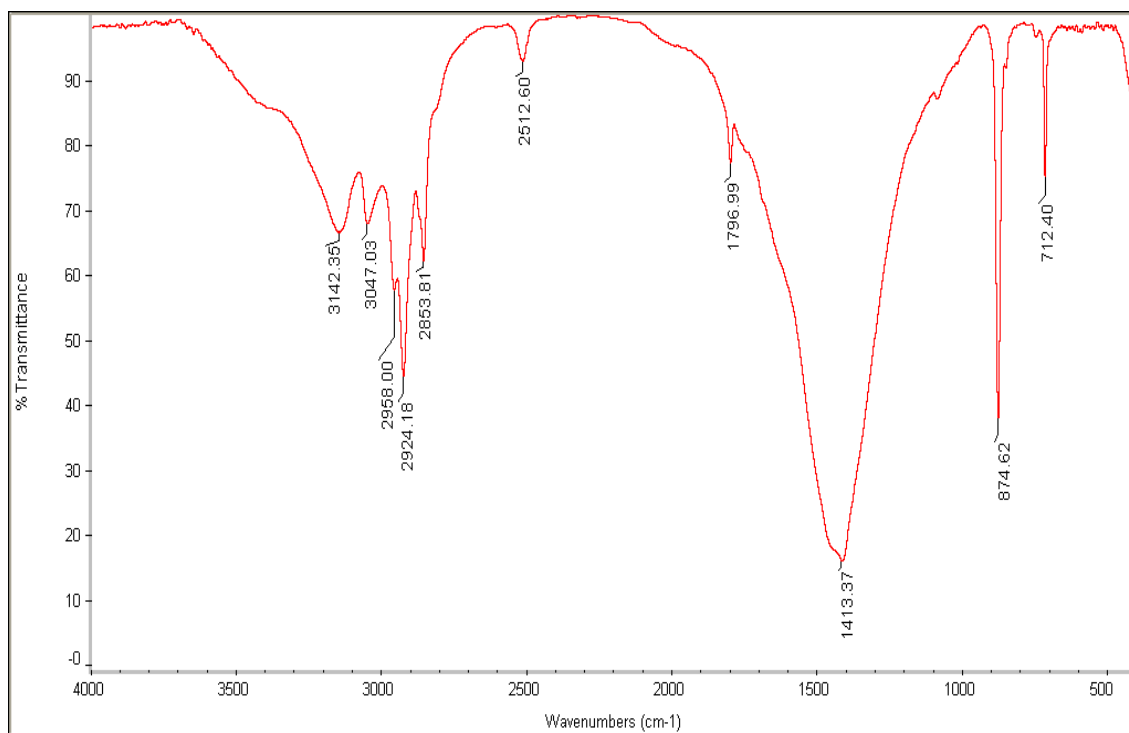
شکل ۶ طیف سنجی مادون قرمز محیط کشت Yeast Extract

جدول ۷ بررسی طیف سنجی مادون قرمز نمونه خاک‌های آلوده شده به روغن موتور و گازوئیل و همچنین محیط کشت و باکتری

نام نمونه	طول موج مورد بررسی	نوع ترکیب یا پیوند
گازوئیل	ناحیه 2955cm^{-1} تا 2854cm^{-1}	ارتعاشات پیوند C-H گروه های متیل و متیلن
	1460cm^{-1}	ارتعاش گروه CH_2
	1377cm^{-1}	ارتعاش خمشی پیوند C-H
	باندهای 812cm^{-1} و 722cm^{-1}	ترکیبات آروماتیک
روغن موتور	ناحیه 2955cm^{-1} ، 2924cm^{-1} و 2853cm^{-1} 1	گروه C-H
	2726cm^{-1} و 2684cm^{-1}	گروه آلدهید
	پیک های 1707cm^{-1} و 1605cm^{-1}	گروه سوکسین ایمید
	1462cm^{-1} و 1229cm^{-1}	پخش کننده های سوکسین ایمید
	1168cm^{-1}	دترجنت های سولفونات
	975cm^{-1}	پیوند P-O-C
محیط کشت باکتری	3143cm^{-1} و 3047cm^{-1}	ارتعاش متقارن پیوند CH- حلقه کینولین آروماتیک
	2810cm^{-1}	ارتعاش کششی C-H آلیفاتیک
	2508cm^{-1}	ارتعاش متقارن C-H در گروه های متیل
	1405cm^{-1}	ارتعاش پیوند C-C در زنجیره C-C آلیفاتیک
	875cm^{-1}	ارتعاش کششی C-C



شکل ۷ طیف سنجی مادون قرمز از نمونه خاک آلوده گازوئیلی بهسازی شده با روش MICP



شکل ۸ طیف سنجی مادون قرمز از نمونه خاک آلوده شده به روغن موتور پس از بهسازی با روش MICP

جدول ۸ مقایسه طیف سنجی مادون قرمز نمونه خاک‌های آلوده شده به روغن موتور و گازوئیل پس از بهسازی با روش MICP

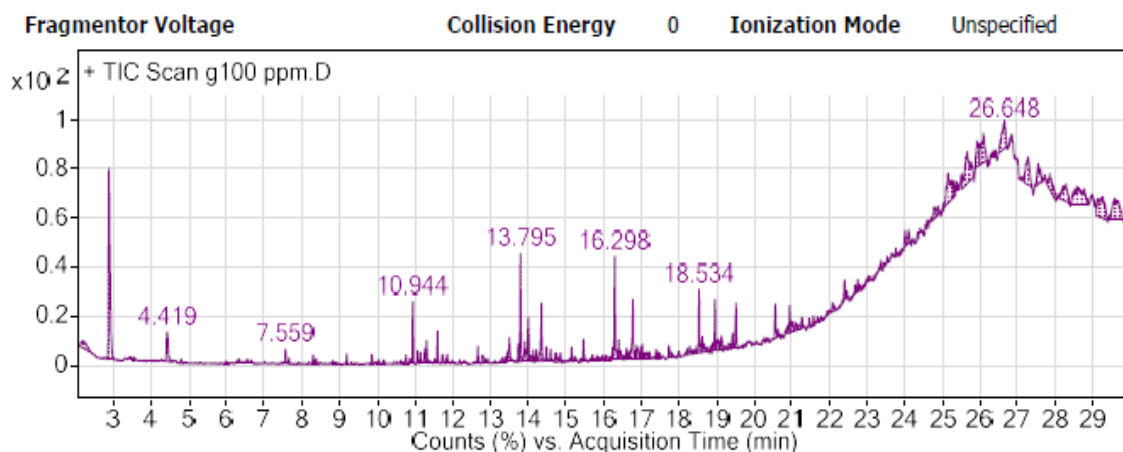
تفسیر مقایسه ای	نوع پیک	منشا	رخداد
شکل ۷	پیک های 3047cm^{-1} و 3143cm^{-1}	محیط کشت	کاهش شدت پیک
	پیک های 2868cm^{-1} و 2925cm^{-1}	گازوئیل	حذف کامل پیک
	812cm^{-1}	گازوئیل	حذف کامل پیک
	2513cm^{-1}	تاثیر باکتری بر گازوئیل	وجود آمدن کلسیم کربنات
شکل ۸	شدت دو پیک 3047cm^{-1} و 3142cm^{-1}	محیط کشت	کاهش شدت پیک
	پیک های 2853cm^{-1} و 2924cm^{-1} و 2958cm^{-1}	روغن موتور	کاهش شدت پیک
	975cm^{-1}	روغن موتور	حذف کامل پیک
	2513cm^{-1}	تاثیر باکتری بر روغن موتور	وجود آمدن کلسیم کربنات

نتایج کروماتوگرافی جرمی

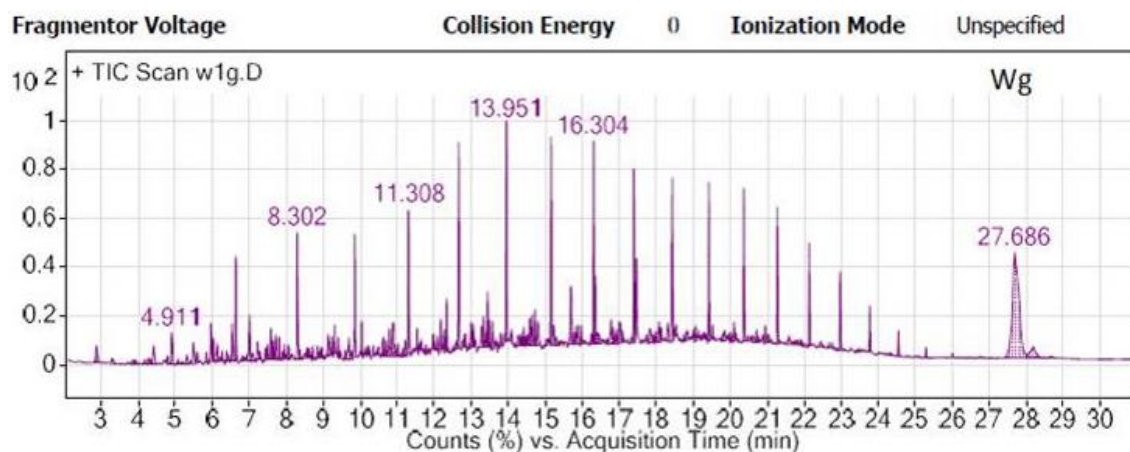
شکل های (۹)، (۱۰) و (۱۱) به ترتیب نشان

دهنده کروماتوگرام جرمی نمونه های 100g، 100g و 100g می باشد.

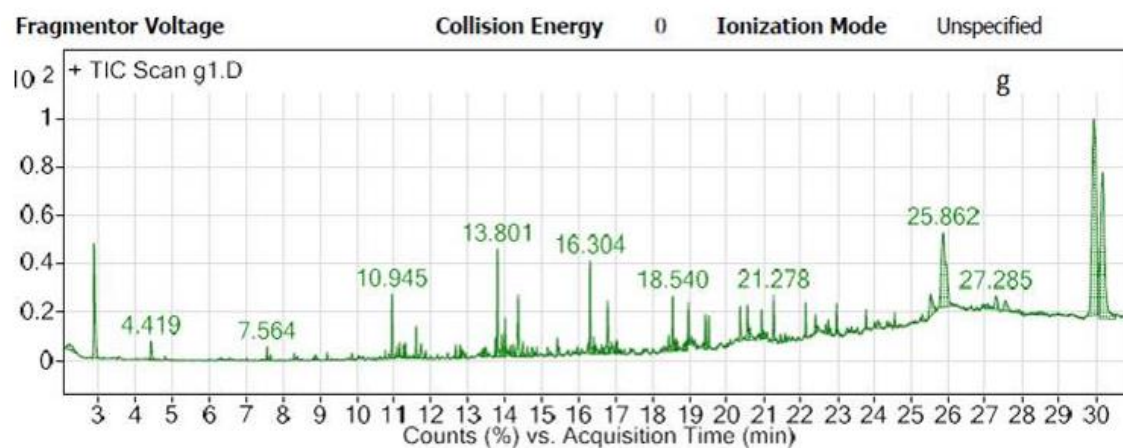
خلاصه نتایج کروماتوگرافی جرمی در نمونه ها به شرح زیر ارائه شده اند:



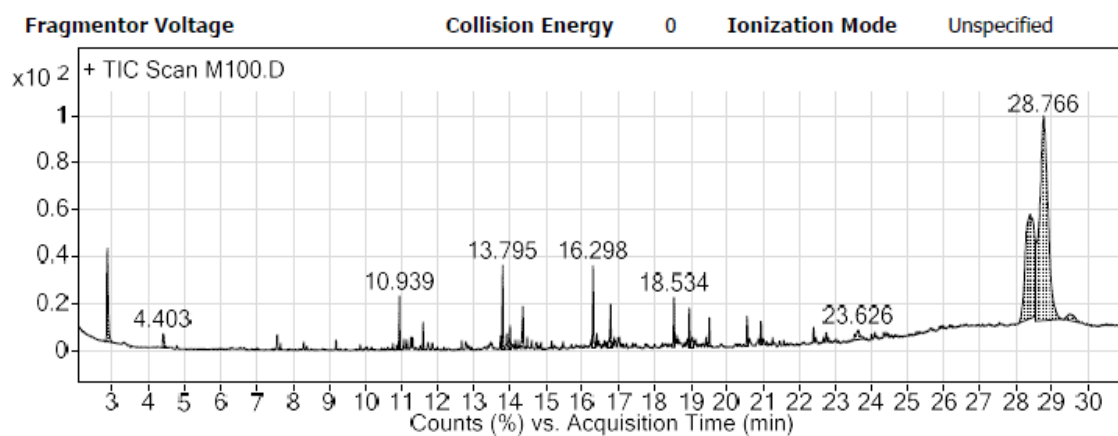
شکل ۹ کروماتوگرافی جرمی نمونه g100



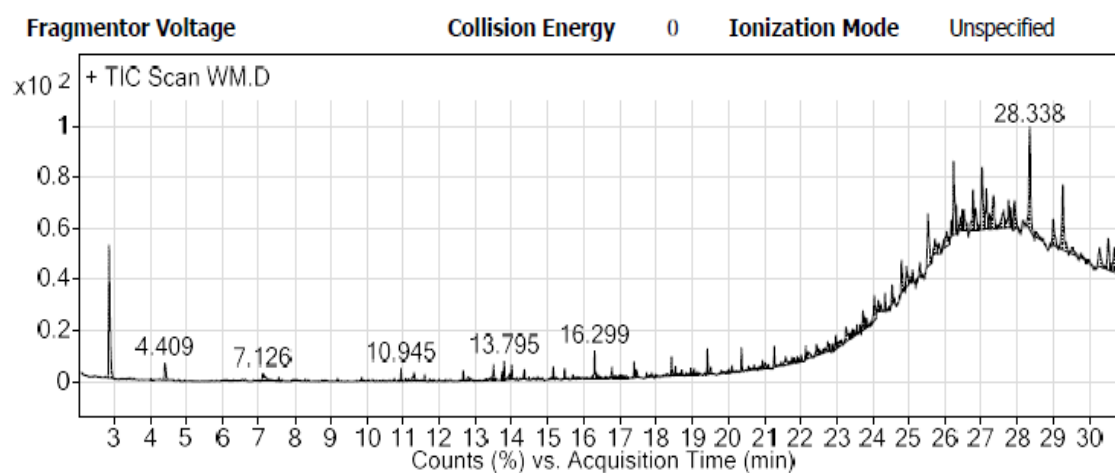
شکل ۱۰ کروماتوگرافی جرمی نمونه Wg



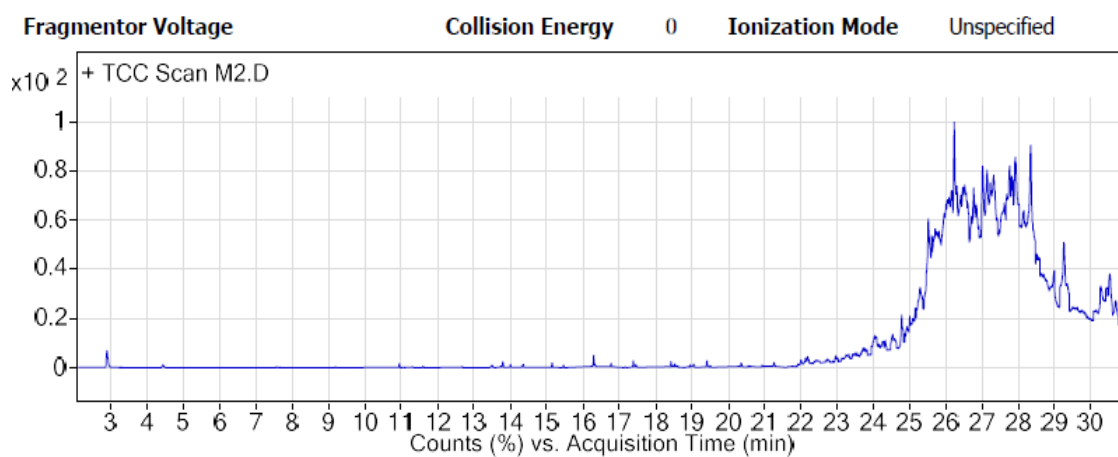
شکل ۱۱ کروماتوگرافی جرمی نمونه g



شکل ۱۲ کروماتوگرافی جرمی نمونه m100



شکل ۱۳ کروماتوگرافی جرمی نمونه Wm

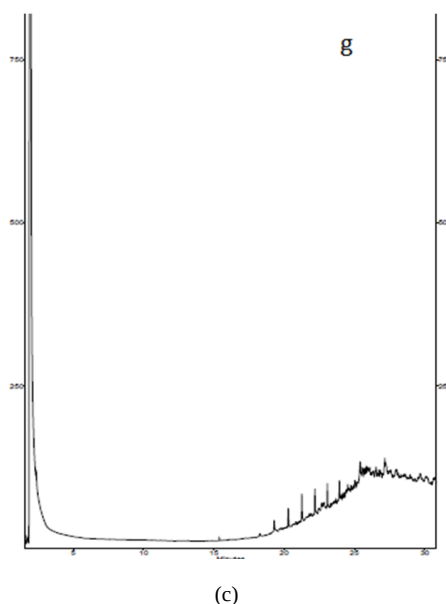
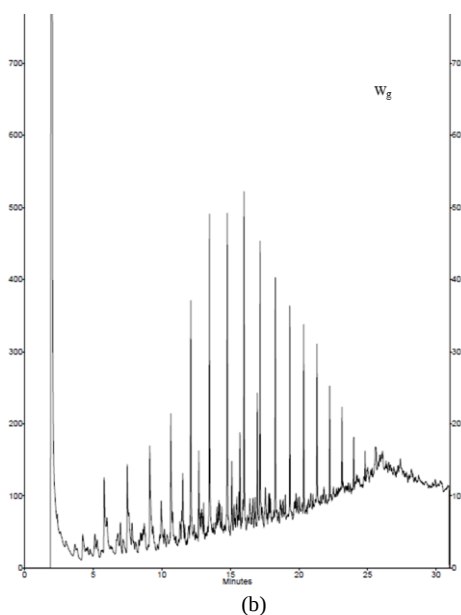
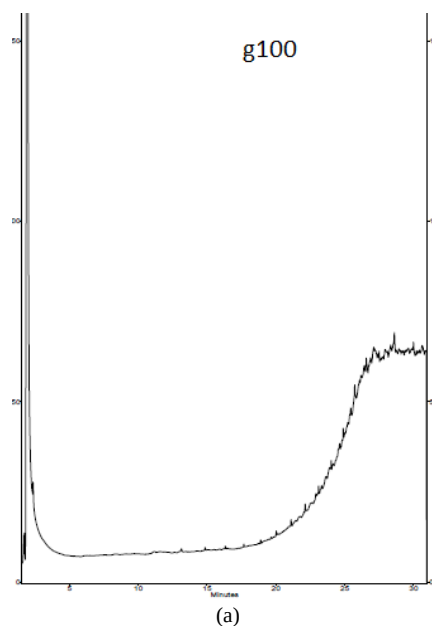


شکل ۱۴ کروماتوگرافی جرمی نمونه m

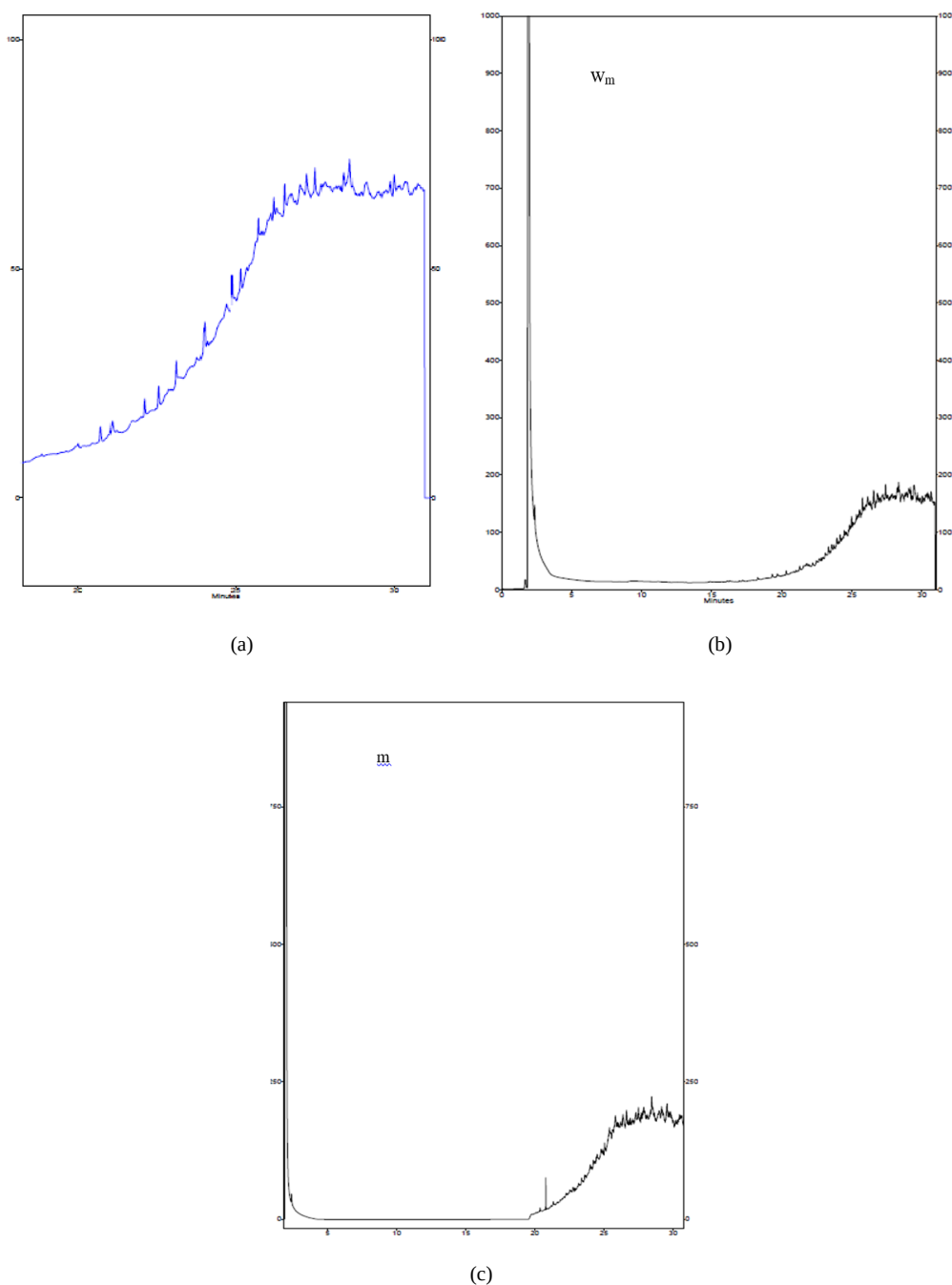
نتایج کروماتوگرافی گازی

در بررسی نتایج کروماتوگرافی گازی، لازم است نمونه‌ها تحت دستگاه کروماتوگرافی گازی قرار بگیرد. به کمک این دستگاه گونه‌ها از هم جدا شده، سپس توسط آشکارساز مربوطه شناسایی گونه‌ها انجام می‌شود. با آشکارساز یونش شعله‌ای می‌توان پس از

جداسازی اجزا و با تزریق نمونه‌های استاندارد محل پیک گونه‌ها را مشخص کرد و پس از تعیین محل هر پیک، غلظت گونه‌ها موجود در نمونه تعیین کرد. شکل های (۱۵) و (۱۶) کروماتوگرافی گازی نمونه‌های گازوئیلی و روغن موتور را نمایش می‌دهد.



شکل ۱۵ (a) کروماتوگرام g100 مربوط به نمونه گازوئیل استاندارد، (b) کروماتوگرام Wg مربوط به نمونه قبل از تاثیر باکتری و (c) کروماتوگرام g مربوط به نمونه بعد از تاثیر باکتری



شکل ۱۶ (a) کروماتوگرام m100 مربوط به نمونه روغن موتور استاندارد، (b) کروماتوگرام Wm مربوط به نمونه قبل از تاثیر باکتری و (c) کروماتوگرام m مربوط به نمونه بعد از تاثیر باکتری

بازه‌های زمانی از فعالیت باکتری، سطح زیر نمودار کروماتوگرافی کاهش و در واقع فرآیند تجزیه انجام شده است.

در بررسی نتایج، دریافت خروجی پیک‌های کاهش یافته، یکی از مهمترین تفسیرهای کروماتوگرام‌ها و مقایسه آن‌ها در شرایط مختلف خاک و آلاینده است. بدین معنا که با افزودن باکتری و تاثیرگذاری آن، در چه

جدول ۹ مقایسه تغییرات سطوح پیک کروماتوگرام‌های گازوئیلی
Wg و g و روغن موتوری Wm و m

تغییرات گازوئیل		تغییرات روغن موتور	
زمان	تغییرات سطح	زمان	تغییرات سطح
بازداری	زیر پیک	بازداری	زیر پیک
۲/۳۵	افزایش	۱۳/۱	کاهش
۱۴/۸	کاهش	۲۱/۲	کاهش
۱۷/۵۵	حذف	۲۳/۱	افزایش
۱۸/۸۶	حذف	۲۴/۸	افزایش
۲۱/۷	کاهش	۲۵/۷	افزایش
۲۲/۱	افزایش	۲۶/۳	کاهش
۲۳	کاهش	۲۶/۵	کاهش
۲۳/۰۷	کاهش	۲۶/۸	کاهش
۲۵/۷	کاهش	۲۷/۲	کاهش
۲۶/۴	حذف	۲۷/۴	کاهش
۲۶/۵	افزایش	۲۸/۸	کاهش
۲۶/۷	افزایش	۲۹/۰۸	کاهش
۲۷/۴	حذف	۲۹/۱	کاهش
۲۸	کاهش	۳۰	کاهش
۲۸/۲	حذف	۳۰/۱	افزایش
۲۸/۵	کاهش	۳۰/۶۴	کاهش
۲۸/۷	حذف	۳۰/۸	افزایش
۲۹/۹	کاهش	-	-
۳۰/۹	کاهش	-	-

امکان‌پذیر می‌کنند [37,39]، با توجه به سطوح کاهش پیدا کرده در پژوهش حاضر، میزان بهپالایی حدود ۶۰٪ برای گازوئیل و ۵۰٪ برای روغن موتور بوده است. لازم به ذکر است، این میزان از بهپالایی شاید به تنهایی تصبیر کافی بر تجزیه و ساده سازی اصل هیدروکربن تزریقی به خاک را نداشته باشد، اما با در نظر گرفتن آثار بهسازی آن، میتوان به اهمیت این روش اشاره کرد.

نتیجه گیری

از آنجایی که همواره در مورد بهسازی های زیستی، چالش مربوط به هزینه و مقایسه آن با سایر روش های شیمیایی یا فیزیکی بهسازی مطرح بود، طبق نتایج بدست آمده از پژوهش فوق، می‌توان دریافت:

۱. فرآیند بهسازی خاک های ماسه ای با روش MICP

به عنوان یکی از روش های نوین، بر روی خاک مورد پژوهش کارساز و موثر خواهد بود.

۲. با توجه به کاهش کمی پارامترهای مقاومتی خاک های آلوده هیدروکربنی، نسبت به خاک غیر آلوده، استفاده از روش های MICP مورد ارزیابی قرار گرفت و موفقیت آمیز بود.

۳. بهپالایی خاک های آلوده، یکی از دغدغه های مطرح در ژئوتکنیک زیست محیطی است که با بررسی روش بهسازی MICP و بررسی تاثیرات آن به کمک آنالیز FTIR این روش را میتوان تومان به عنوان بهپالایی و بهسازی در مطرح کرد.

۴. یکی از مهمترین چالش ها، بدست آمدن روشی است که در آن فرآیند زیستی، با بهره وری بالاتری، بتواند بهپالایش و بهسازی را انجام دهد؛ در همین راستا شاید استفاده از کنسرسیوم باکتری ها، یکی از بهترین پیشنهادات باشد که در پژوهشهای بعد بتوان از آن بهره برد.

جدول (۹)، نشانی از میزان تاثیر گذاری فرآیند بهپالایی در تزریق یه گونه باکتریایی با عنوان اسپورسارینا پاستوری است. قطعا استفاده از نتایج حاصل از مقایسه کروماتوگرافها و همچنین نمودارهای شکل های پیک های FT-IR همگی باهم تاثیر توانمند فرآیندهای بهپالایی و بهسازی را نشان میدهد. نتیجه ای که در پژوهشهای قبل، به صورت همزمان بررسی نشده بود. با این حالی که فرآیند های بهپالایی و تجزیه به مواد هیدروکربنی ساده تر در بهپالایی های تخصصی فیزیکی، شیمیایی و زیستی تا ۹۵٪ فرآیند تجزیه را

مراجع

1. Cai, B., Ma, J., Yan, G., Dai, X., Li, M., Guo, S., "Comparison of phytoremediation, bioaugmentation and natural attenuation for remediating saline soil contaminated by heavy crude oil", *Biochemical engineering journal*, 112, pp. 170-177, (2016).
2. Sima, N. A. K., Ebadi, A., Reiahisamani, N., Rasekh, B., "Bio-based remediation of petroleum-contaminated saline soils: Challenges", the current state-of-the-art and future prospects. *Journal of environmental management*, 250, 109476, (2019).
3. Li, X., Wang, X., Wan, L., Zhang, Y., Li, N., Li, D., Zhou, Q., "Enhanced biodegradation of aged petroleum hydrocarbons in soils by glucose addition in microbial fuel cells", *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, Vol. 91(1), pp. 267-275, (2016).
4. Alexander, M., "Biodegradation and Bioremediation. Academic Press San Diego CA. Biodegradation and bioremediation", Elsevier Publication, Academic Press, San Diego CA, (1999).
5. Rittmann, B. E., McCarty, P. L., "Environmental Biotechnology: Principles and Applications", Tata McGraw-Hill Education, (2012).
6. Khan, A. G., "Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation", *Journal of trace Elements in Medicine and Biology*, Vol. 18(4), pp. 355-364, (2005).
7. Hu, G., Li, J., Zeng, G., "Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: a review", *Journal of hazardous materials*, Vol. 261, pp. 470-490, (2013).
8. Abbasian, F., Lockington, R., Mallavarapu, M., Naidu, R., "A comprehensive review of aliphatic hydrocarbon biodegradation by bacteria", *Applied biochemistry and biotechnology*, Vol. 176(3), pp. 670-699, (2015).
9. Ladygina, N., Dedyukhina, E. G., Vainshtein, M. B., "A review on microbial synthesis of hydrocarbons", *Process Biochemistry*, Vol. 41(5), pp. 1001-1014, (2006).
10. Nasr, A. M., "Uplift behavior of vertical piles embedded in oil-contaminated sand", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 139(1), pp. 162-174, (2012).
11. Huang, Y., Wang, L., "Experimental studies on nanomaterials for soil improvement: a review", *Environmental Earth Sciences*, Vol. 75(6), pp. 497, (2016).
12. Tabarsa, A., Latifi, N., Meehan, C. L., Manahiloh, K. N., "Laboratory investigation and field evaluation of loess improvement using nanoclay-A sustainable material for construction", *Construction and Building Materials*, Vol. 158, pp. 454-463, (2018).
13. DeJong, J. T., Fritzges, M. B., Nüsslein, K., "Microbially induced cementation to control sand response to undrained shear", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 132(11), pp. 1381-1392, (2006).

14. Whiffin, V. S., van Paassen, L. A., Harkes, M. P., "Microbial carbonate precipitation as a soil improvement technique", *Geomicrobiology Journal*, Vol. 24(5), pp. 417-423, (2007).
15. Dejong, J. T., Soga, K., Kavazanjian, E., Burns, S., Van Paassen, L. A., Al Qabany, A., Chen, C. Y., "Biogeochemical processes and geotechnical applications: progress", *opportunities and challenges. Geotechnique*, Vol. 63, pp. 287-301, (2013).
16. Kogbara, R. B., "A review of the mechanical and leaching performance of stabilized/solidified contaminated soils", *Environmental Reviews*, Vol. 22(1), pp. 66-86, (2013).
17. Akinwumi, I. I., Booth, C., Diwa, D., Mills, P., "Cement stabilisation of crude-oil-contaminated soil", *Proceedings of the ICE-Geotechnical Engineering*, Vol. 169(4), pp. 336-345, (2016).
18. George, S., Aswathy, E. A., Sabu, B., Krishnaprabha, N. P., George, M., "Stabilization of Diesel Oil Contaminated Soil Using Fly Ash", *International Journal of Civil and Structural Engineering Research*, Vol. 2(2), pp.118-123, (2015).
19. Nasr, A. M., "Utilisation of oil-contaminated sand stabilised with cement kiln dust in the construction of rural roads", *International Journal of Pavement Engineering*, Vol. 15(10), pp. 889-905, (2014).
20. Ghasemzadeh, H., Tabaiyan, M., "The Effect of Diesel Fuel Pollution on the Efficiency of Soil Stabilization Method", *Geotechnical and Geological Engineering*, Vol. 35(1), pp. 475-484, (2017).
21. Ghobadi, M. H., Abdilor, Y., Babazadeh, R., "Stabilization of clay soils using lime and effect of pH variations on shear strength parameters" *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Vol. 73(2), pp. 611-619, (2014).
22. Estabragh, A. R., Kholoosi, M., Ghaziani, F., Javadi, A. A., "Mechanical and Leaching Behavior of a Stabilized and Solidified Anthracene-Contaminated Soil", *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 144(2), pp. 04017098, (2017).
23. Stocks-Fischer, S., Galinat, J. K., Bang, S. S., "Microbiological precipitation of CaCO_3 ", *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 31(11), pp. 1563-1571, (1999).
24. Ramakrishnan, V., Ramesh, K. P., & Bang, S. S., "Bacterial concrete", In *Smart Materials*, Vol. 4234, pp. 168-176, International Society for Optics and Photonics, April, (2001).
25. DeJong, J. T., Mortensen, B. M., Martinez, B. C., Nelson, D. C., "Bio-mediated soil improvement", *Ecological Engineering*, Vol. 36(2), pp. 197-210, (2010).
26. Ferris, F. G., Stehmeier, L. G., Kantzas, A., Mourits, F. M., "Bacteriogenic mineral plugging", *Journal of Canadian Petroleum Technology*, Vol. 36(09), (1997).
27. Mortensen, B. M., Haber, M. J., DeJong, J. T., Caslake, L. F., Nelson, D. C., "Effects of environmental factors on microbial induced calcium carbonate precipitation", *Journal of applied microbiology*, Vol. 111(2), pp. 338-349, (2011).
28. Abduolahimi, S., Ghorbanzadeh, N., Forghani, A., Farhangi, M. B., "Bioremediation of cadmium in

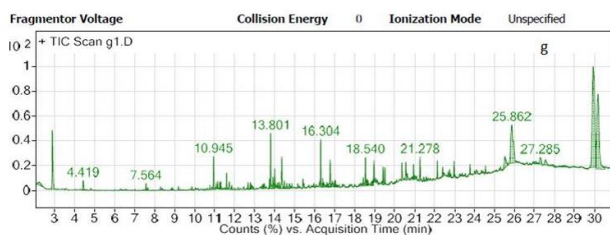
- contaminated sandy soil by microbially induced calcite precipitation", *Journal of Water and Soil*, Vol. 32(2), pp.343-357, (2018).
29. Kang, C. H., Han, S. H., Shin, Y., Oh, S. J., So, J. S., "Bioremediation of Cd by Microbially Induced Calcite Precipitation", *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Vol. 172(4), pp. 1929-1937, (2014).
 30. Cheng, L., Shahin, M. A., "Stabilisation of oil-contaminated soils using microbially induced calcite crystals by bacterial flocs", *Géotechnique Letters*, Vol. 7(2), pp. 146-151, (2017).
 31. Cheng, L., Cord-Ruwisch, R., "In situ soil cementation with ureolytic bacteria by surface percolation", *Ecological Engineering*, Vol. 42, pp. 64-72, (2012).
۳۲. بلوری بزاز، محمدتقی، بلوری بزاز، جعفر و کرابی، سید محسن، "مقایسه‌ی تاثیر نوع محیط کشت باکتری *Sporosarcina Pasteurii* بر میزان و نوع رسوبات کربنات کلسیم در جهت بهسازی خاک‌های دانه‌ای"، نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۳، شماره ۷، صفحه ۱۸، (۱۴۰۰).
32. Bolouri-Bazaz, M. T., Bolouri-Bazaz, J., "Effect of Hydrocarbon Contamination on Biostabilization of Soil Contaminated with Motor Oil and Gasoline", *Geomicrobiology Journal*, 38(6), pp. 467-481, (2021).
 33. Bauer, A. W., "Kirby, MM, Sherris, JC and Turck, M. Antibiotic susceptibility testing by a standard method", *American Journal of Clinical Pathology*, Vol. 45, pp. 493-496, (1966).
 34. Adeniji, A. O., Okoh, O. O., Okoh, A. I., "Analytical methods for the determination of the distribution of total petroleum hydrocarbons in the water and sediment of aquatic systems: A review", *Journal of Chemistry*, (2017).
 35. Enviromental Protection Agency (EPA) of United State, "Treatment technologies for site cleanup: Annual Status Report", Office of Solid Waste and Emergency Response. 10th Ed., USA, (2001).
 36. Lai, C. C., Huang, Y. C., Wei, Y. H., Chang, J. S., "Biosurfactant-enhanced removal of total petroleum hydrocarbons from contaminated soil", *Journal of hazardous materials*, Vol. 167(1-3), pp. 609-614, (2009).
 37. Vasudevan, N., Rajaram, P., "Bioremediation of oil sludge-contaminated soil", *Environment International*, Vol. 26(5-6), pp. 409-411, (2001).
 38. Xue, J., Yu, Y., Bai, Y., Wang, L., Wu, Y., "Marine oil-degrading microorganisms and biodegradation process of petroleum hydrocarbon in marine environments: a review", *Current microbiology*, Vol. 71(2), pp. 220-228, (2015).
 39. Luo, Q., Hou, D., Jiang, D., & Chen, W., "Bioremediation of marine oil spills by immobilized oil-degrading bacteria and nutrition emulsion", *Biodegradation Journal*, (Springer), Vol. 32, pp. 165-177, (2021).

The WN, MN and GN codes (Table 2) denote sand samples polluted with water, motor oil and gasoline with no improvement. The WF, MF and GF codes represent the same samples after improvement using flocculated method. The increase of the shear strength parameters for different states (non-polluted and polluted) of soil, is an evidence of the MICP process impact on the soil media. The process of Calcium carbonate deposition which is schematically in Figure 1, was observed in all samples. It is worth mentioning that the effectiveness of the relationship between the type of pore fluid and the MICP process, and also how calcium carbonate deposits are involved in different environments (in terms of its pore fluid) with soil grains should be considered.

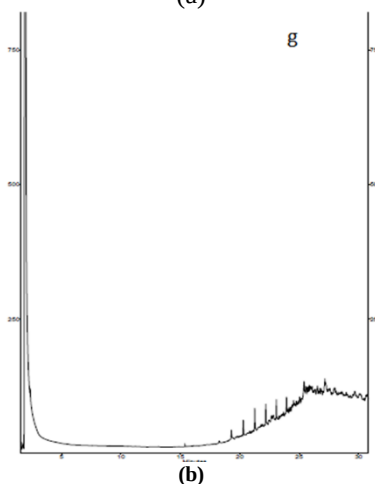


Figure 1. Calcium carbonate deposition among the soil contaminated grains

Mass and gas chromatography (GC) are common types of chromatography used in decomposition chemistry to separate and decompose volatile compounds without degrading them. Figures 2, as an example, is the mass and gas chromatography results for the refined and improved soil samples which have been polluted with gasoline.



(a)



(b)

Figure 2: (a) mass and (b) gas chromatography test results

In reviewing the results, receiving the output of reduced peaks is one of the most important interpretations of chromatograms and comparing them in different soil and pollutant conditions. This represents somehow the bacterial activity. That is, when the area below the chromatographic graph is reduced, the decomposition process is performed. Although the refining and decomposition processes of hydrocarbon materials make it easier to decompose up to 95% in specialized physical, chemical and biological refinements, but the refining rate is about 60% and 50% for gasoline and engine oil, respectively.

4. Conclusion

Based on the chemical and physical test results it can be concluded that:

- The process of improving sandy soils with MICP is an effective method on both polluted and non-polluted soil;
- The slight decrease in the strength parameters of hydrocarbon contaminated soils, compared to non-contaminated soils, can be successfully compensated with MICP methods;
- Soils contamination is one of the major concerns in environmental geotechnics which may be removed by examining the MICP improvement.

An Investigation into the Capability of *Sporsarcina Pasteuri* on Improvement and Refinement of Contaminated Hydrocarbon Soils

Mohammad Taghi Bolouri Bazaz¹
Jafar bolouri Bazaz^{2*} Seyed Mohsen Karrabi³

1. Introduction

The extreme dependence of modern economy on fossil fuels has increased the frequency of accidental emissions of petroleum hydrocarbons, a combination of alkanes, aromatic hydrocarbons, and compounds containing nitrogen, oxygen and sulfur. All activities of oil industry, including exploration, extraction, transportation, refining and management of oily waste are potential sources of environmental pollution. There are several methods for refining the contaminated soils with petroleum hydrocarbons, such as physical, chemical and biological methods. The use of bioremediation methods for petroleum hydrocarbons is an effective, economic and environmental friendly technology as a practical solution to improve soils contaminated with petroleum hydrocarbons. On the other hand, the metabolism of microorganisms compatible with these substances breaks them down into simpler substances. That is, it transforms from a passive state into more active molecules for decomposition.

Calcium carbonate microbial deposition improvement method, as a branch of biogeotechnical engineering, is the result of microbial metabolic activity. The urea enzymatic hydrolysis may be employed for calcium deposition, using various methods, of which *Bacillus pasteurii* is the most effective. More recently reclassified as *Sporosarcina Pasteurii* (ATCC 11859), it is an alkaline bacterium highly active with the enzyme urease, which has been used in laboratory researches for calcium deposition. Nowadays there is a relative lack of research on the provision of a suitable solution for the improvement and refinement of contaminated hydrocarbon soils, in such a way to be able to decompose and simplify the hydrocarbon components, recover its lost mechanical properties and somehow reduce the soil permeability to prevent further spread of contaminants.

2. Materials and methods

The materials used in this research are Firouzkouh sand with physical properties summarized in Table 1, two common types of hydrocarbon pollutants (engine oil and gasoline) and *Sporsarcina pasteuri* as the bacterial strain. This type of bacterial strain (ATCC11859), which has a high urea content, was prepared from the Bank of Microorganisms of Iran. For culture and preparation of bacterial suspension, after provision of Nutrient Agar solid culture medium, followed by leaving in autoclave

for 15 minutes, urea 20% and bacterial culture were added. The liquid culture medium (including 20 g yeast extract, 17 molar ammonium chloride, NH_4Cl_2 , 0.1 ml molar nickel chloride, NiCl_2 , and 20 g of urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ in one liter of distilled water) was then prepared. The acidity of the culture medium was reached 9.25 by placing the culture medium in an incubator shaker. To prepare bacterial fluke, 100 mM calcium chloride was added to one liter of culture medium containing the bacterium. Calcium chloride causes bacteria to accumulate and coagulate, eventually causes bacteria to settle down in the bottom of the container. After precipitation of bacterial blisters, 85% of the supernatant was removed. The bacterial suspension with CaCl_2 was finally ready to enter the soil in clotted and flocculated form. The mixing of calcium chloride and the bacterial suspension results in the bacterial shell to rupture and releases its urease enzymes.

Table 1. The physical properties of Firouzkouh sand

G_s	$e_{\max}$	$e_{\min}$	D_{10} (mm)	D_{60} (mm)	Cc	Cu
2.658	0.94	0.60	0.167	0.40	1.01	2.39

Infection of the samples was achieved by soaking method i.e. mixing sand with 6% engine oil and 6% gasoline by weight. Moreover, to assess the status and changes in the pollutants, the contaminant had to be removed from the soil with which it was mixed and evaluated. A standard sample of gasoline and engine oil (separately) with a concentration of 100 mg/l in dichloromethane solvent was prepared. This sample was used to identify the components in gasoline and engine oil.

3. Test program

The tests performed in this research are based on the evaluation of:

- The degree of soil improvement (based on the strength parameters obtained from direct shear and permeability test results);
- The quantity of purity (using chromatographic method);
- The rate of precipitation and sedimentation of calcium carbonate (using FTIR analysis results).

Table 2 shows the results of classical soil mechanics tests as well as the mass percentage of produced CaO .

Table 2. Summary of classical soil mechanics test results

Sample Code	$(^\circ)\phi$	C (kPa)	Permeability $(\text{cm/s}) \times 10^{-3}$	CaO (%)
WN	38	0	5.03	0.05%
WF	52	630	1.35	9.7%
MN	17	17	4.01	0.05%
MF	19	33	3.99	3.3%
GN	24	10	4.31	0.05%
GF	28	20	1.95	4.5%

¹ PhD student, Civil Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhd, Iran.

^{2*} Corresponding Author. Associate Professor, Civil Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhd, Iran.
Email: bolouri@um.ac.ir.

³ Associate Professor, Civil Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhd, Iran.

5. Analysis of interviews

This study, based on semi-structured interviews and purposeful observations with experts in the quality section, included quality stage information, including views of managers of material production centers, contractors, experts of the provincial engineering system, housing, and urban planning, standard administration, executors, and supervisors of construction projects. Data analysis in this stage was done based on coding (open and axial coding). After analyzing the similarities and differences, in the axial coding stage about the obstacles and problems affecting the standardization of production materials in the construction industry, there are four categories production, consumer, laboratory, certified partner, and related organizations, and 20 concepts were extracted.

6. Analysis of the qualitative stage

The results of the qualitative section showed that even though at first glance it seems that the problems related to low quality and non-standard materials in construction are mainly related to the manufacturers. But several factors contribute to the use of durable and efficient building materials are involved and producers are only part of this chain; According to the results, these barriers can be divided into four categories: barriers and problems related to the manufacturer, barriers and problems related to the consumer, barriers and problems related to the partner laboratory, and finally barriers related to the relevant organizations. In the axial coding in this section, it was concluded that the problems related to the manufacturer are manufacturing technology, manpower, production control, and culture in production; Problems related to the consumer are consumer knowledge and awareness, and cultural problems in this group. Moreover, the problems related to the laboratory are related to the lack of coordination and adequate supervision between the technical director and the laboratory examiners, who are authorized to record and confirm the test results. And the problems related to the relevant organizations are related to the supervision and coordination between organizations. According to the ranking that was done among the factors affecting standardization, the most important factors are related to the producer with an average of 4.40, the partner laboratory with an average of 4.10, the relevant organizations with an average of 3.90, and finally the factors. It is related to the consumer with an average (3.87).

Suggestions for future research: 1. Using new and standard equipment in production lines, 2. Using the views of experienced and knowledgeable people having experience in production, 3. Creating a culture of standardization by relevant institutions such as radio and television, education, and training, 4. Encouraging producers of high-quality goods and introducing them to people, 5. More supervision and periodic inspection (continuously) in the production process and production methods by relevant organizations, 6. Employing quality control managers in production centers to perform product quality control affairs, 7. Raising the awareness of consumers about their rights for receiving substandard

materials, 8. Raising the awareness of consumers and sensitizing them to pay attention to the standard brand when buying construction materials, 9. Using knowledgeable people having experience in laboratories

7. Conclusion

Today, we see that except for large construction projects, in urban construction, such as mass or high-rise buildings, the quality of materials is not properly considered and materials are selected and used without sufficient studies and laboratory studies. Therefore, when constructing buildings that consume large amounts of material and are economically significant, it is advisable to measure all the properties specified in the standard for the materials before selecting them and use them if appropriate. Suggestions for future research: 1. Using new and standard equipment in production lines, 2. Using the views of experienced and knowledgeable people with experience in production, 3. Creating a culture of standardization by relevant institutions, including radio and television, education and training, and so on. 4. Encouraging producers with quality goods and introducing them as quality producers among the people.

Investigating Barriers and Problems affecting the Standardization of Industrial Construction Materials of Lorestan Province (With an Emphasis on Concrete and Concrete's Aggregates)

Fereydoon Omidinasab^{1*} Vahid Goodarzimehr²

Hamidreza Babaali³ Ahmad Dalvand⁴

1. Introduction

According to Articles 155 and 168 of the Fifth Development Plan Law, any construction must be carried out with standard materials and its application by competent builders, and each building must be insured for ten years. Accordingly, the main purpose of this study is to investigate the barriers and problems affecting the standardization of construction materials in Lorestan province. The research method in this research was quantitative-qualitative (mixed) of exploratory type. In this method, the research team first developed a questionnaire including open-ended questions according to the objectives and questions of the research. After compiling the questionnaire and selecting the panel members, the interviews began. At this stage, fifty managers of material production centers, employers, experts of the provincial engineering organization, urban housing, standard administration, executives, and supervisors of construction projects were coordinated and interviews were conducted. The sample size was so saturated that the interviews in this section were saturated with fifty people and in the quantitative section it was a random sampling method in which three hundred and twenty-five manufacturers, consumers, supervising engineers, laboratory testers using Cochran's formula. Colleagues and contractors were examined. To collect information in this study, in-depth interviews, questionnaires, field observations, and experiments (obtaining the results of forty samples of tests performed by accredited laboratories by the General Directorate of Standards in the province and analyzing these tests based on existing standards) have been used.

2. Method

In this study, because there were no measuring tools to investigate the obstacles and problems affecting the standardization of building materials the obstacles and problems as well as solutions to overcome these obstacles were unknown. Qualitative) has used the exploratory type. In this method, the research team first developed a questionnaire including open-ended questions according to the objectives and questions of the research. After making the questionnaire and selecting the panel

members, the interviews began. At this stage, coordination and interviews were conducted with 50 managers of material production centers, contractors, experts of the provincial engineering system organization, urban housing, the General Directorate of Standards, executors, and supervisors of construction projects, and partner laboratories. (It should be noted that the reason for the sample size of 50 people at this stage was due to the saturation of the interviews).

3. Content validity ratio index

This indicator is designed by Lavoshe. To calculate this index, the opinions of experts in the field of the content of questionnaire were used and by explaining the objectives of the test to them and providing them with operational definitions related to the content of the questions, they were asked to rate each question according to the Likert scale such as: "Item is necessary", "item is useful but not necessary" and "item is not necessary". Based on the number of professionals who evaluated the questions, the minimum acceptable CVR should be based on Table 1. Questions for which the calculated CVR value was less than the desired amount (according to the number of experts evaluating the question) were excluded from the test because they did not have acceptable content validity based on the content validity index.

Table 1: Lavoshe for coefficient decision, Content validity CVR

Minimum of validity	Number of experts	Minimum of validity	Number of experts
0.56	12	0.99	5
0.54	13	0.99	6
0.54	14	0.99	7
0.49	15	0.78	8
0.42	20	0.75	9
0.37	25	0.62	10
0.33	30	0.89	11

4. Content validity index

Content validity according to Table 2 is acceptable for 8 experts at least 0.78, which in this study for all items are in the range (0.80-0.96), so the relative coefficient of content validity of all items in the range is acceptable and is approved.

Table 2: Results of relative coefficient and content validity index of the questionnaire

CVI	CVR	Barriers
0.95	0.80	Factors related to the manufacturer
0.88	0.85	Consumer factors
0.90	0.96	Laboratory factors
0.80	0.90	Factors related to relevant organizations

¹ *Corresponding Author: Associate Professor, Department of Civil Engineering, Lorestan University, Lorestan, Iran.
Email: omidinasab.f@lu.ac.ir.

² PhD Candidate, Department of Civil Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

³ Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Lorestan, Iran.

⁴ Associate Professor, Department of Civil Engineering, Lorestan University, Lorestan, Iran.

area enabled us to stop faster in case of an emergency) and attitudes towards speeding (e.g., speeding is one of the most important problems in our society) were measured using instruments developed and validated by De Pelsmacker and Janssens in 2007. Responses were collected on a Likert scale from 1 as strongly disagree to 5 as strongly agree. The fourth part of the questionnaire included three questions measuring the drivers' beliefs about the penalties (e.g., traffic fines is just a business for the government to make money). The instrument was developed by the authors and the responses were collected on a Likert scale from 1 as strongly disagree to 5 as strongly agree.

3. Data collection

Convenient sampling method was used to collect data from university students with a driving license who were active drivers (drove at least one hour a week). Sampling was conducted at campuses of Kharazmi University in Karaj, College of Engineering at the University of Tehran, and the East Tehran Branch of Islamic Azad University. A total of 550 questionnaires were collected. The respondents were assured that the information they provided would remain confidential and that the data would be used for the purpose of this study. Out of the returned questionnaires 501 were qualified for use (return rate 91.1 percent). 70.3 percent of the respondents were male and 29.7 percent were female. 61.8 percent of the respondents drove less than 10 hours a week. For around 60 percent of respondents less than 5 years passed from the issuance of driving license.

4. Data analysis

We conducted a Multinomial Logit (MNL) regression to correlate the drivers' selection of the speeding penalties to attitudes towards excessive speed and road crashes, as well as their beliefs about speed penalties. Likelihood of selecting alternatives was hypothesized to be affected by the respondents' characteristics (e.g., age and gender), as well as the alternative characteristics (attribute levels). The underlying assumption in estimating the multinomial

logit model is that the random components of the utilities of the different alternatives are independent and identically distributed (IID) with a Type I extreme-value (or Gumbel) distribution. The maximum likelihood estimation was used to estimate the model parameters. The overall significance of the model was tested using a likelihood ratio (LR) Chi-squared test, which compares the log-likelihood value from the model including all variables to the log-likelihood value from the model containing only an intercept term.

5. Results

Table 2 shows the results of the model estimation. The results indicate an overall significance of the model estimated, and that the addition of variables significantly improved the fit of the model compared to the model containing only an intercept term.

6. Conclusion

Findings showed that each of the four penalty mechanisms is able to create a general deterrence effect for speeding which may lead to a crash reduction. The general deterrence effect, however, is the best for social deprivation followed by car impoundment, demerit points, and monetary fines. According to the results, for drivers who had a positive attitude towards accidents, social deprivation was more deterrent than demerit points and monetary fines. Analysis of interaction effects between social deprivation and drivers' beliefs showed that for drivers who did not have positive beliefs towards the penalties, social deprivation was less deterrent compared to other drivers. This evidence implies that education and information campaigns should be undertaken to take in the beliefs that the traffic fines are used to improve road safety by modifying drivers' behavior. Results also showed that, compared to other drivers, for those having supportive attitudes towards speeding, demerit points are less deterrent. This suggests a change in drivers' attitudes towards speeding in educational programs.

Table 2. Results of model estimation

Variable	Estimated parameter
PEN	-0.00505***
MIN	-0.03130**
STOP	-0.06814***
DEP	-0.15267***
DEP×BI	0.05410**
MIN×MAST	-0.02873**
PEN×MACT1	0.00277*
MIN×MACT2	0.01515**
STOP×MACT3	-0.03586*
DEP×MACT4	-0.04655**

No. of observations: 2004, LL(β): -1875.7492, LL(C): -2181.6985, 2*(LL(β) - LL(C)): 611.89
* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.001
PEN: Amount of monetary fine / 10,000 IRR
MIN: Number of demerit points
STOP: Days of car impoundment
DEP: Months of social deprivation
BI: 1 for the drivers whose beliefs scores < 2 and BI: 0, otherwise
MAST: 1 for the drivers whose attitudes scores towards speeding > 2 and MAST: 0, otherwise
MACT1: 1 for the drivers whose attitudes scores towards crashes <= 3 and MACT1: 0, otherwise
MACT2: 1 for the drivers whose attitudes scores towards crashes <= 2 and MACT2: 0, otherwise
MACT3: 1 for the drivers whose attitudes scores towards crashes > 2 and MACT3: 0, otherwise
MACT4: 1 for the drivers whose attitudes scores towards crashes < 2 and MACT2: 0, otherwise

The Role of Attitudes and Beliefs on Deterrence of Speeding among Young Drivers

Ali Yarahmadi¹ Mohsen Fallah Zavareh^{2*} Majid Zabihi Tari³

1. Introduction

Excessive speed has been found as a risk factor that increases both frequency and severity of road crashes. Despite tremendous progress in safer vehicles and road design in the last two decades, speed still tends to contribute to a major proportion of severe road crashes. Interventions adopted to enhance drivers' compliance with speed limits have been focused on drivers (e.g., knowledge campaigns), road design (e.g., self-explaining roads), and in-vehicle systems (e.g., intelligent speed adaptation). However, motives of drivers to commit speed violation are often strong, and speeding tends to be among the most prevalent driving violations, particularly among the younger drivers. For instance, analysis of traffic counter data from 2016 to 2018 showed that the average rate of speed violation on rural roads in Iran has been around 10.2 percent. Moreover, it has been estimated that on average, one percent reduction in the rate of speed violation would decrease frequency of road crashes by around 3.3 percent.

For all groups of drivers, stricter penalties have been shown to strengthen deterrence against traffic offences. With the aim of enhancing the deterrence effect, a range of different penalty systems (including monetary fines, temporary or permanent driving license suspension, confiscation of vehicle, demerit points, mandatory participation in a rehabilitation programs, prison sentence and community service) have been suggested and executed to impose stronger sanctions against violating drivers. Each system might impose positive effects on road safety, although the literature lacks comprehensive studies that examine effects for all mechanisms. For instance, a relatively recent meta-analysis found that increase in fixed penalties is associated with a small reduction in fatal accidents, although the effect varies between studies from less than 1% to 12%.

In Iran, non-compliance with the speed limit has the potential for non-monetary fines as well as monetary. The non-monetary mechanisms include demerit point and car impoundment. According to the law, the penalty for speed violation is 600,000IRR if the driver is detected to exceed the speed limits by up to 30 km/h above the speed limit. A higher penalty of 2,000,000IRR, however, is applied in the case the violation is more than 30km/h above the speed limit. In addition, driving 30 to 50 km/h above the speed limit would incur five points on the license. The driver will receive 10 points on the license in case of driving more than 50km/h over the limit. In case of reaching 30 points, the license will be suspended for three months. Moreover, if a driver is caught committing one of the most dangerous driving offenses defined by the law, while speeding 50 km/h or more over the speed limit,

the driver's car will be impounded for 72 hours.

Attitudes and beliefs as the interpretations of the world around us are formed based on previous experience, familiarity, knowledge, etc. Beliefs have been defined as convictions about phenomena or objects that are believed to be true regardless of actual truth. It is believed that beliefs are the building blocks of attitudes, which have been defined as relatively enduring organization of beliefs about an object or situation predisposing one to respond in some preferential manner. According to the theory of planned behavior (TPB) a behavior is formed by a person's beliefs about the probable consequences of the practiced behavior (behavioral beliefs), beliefs about the expectations of other people (normative beliefs) and person's beliefs in regard to the presence of factors that may enable or obstruct the behavior (control beliefs). Behavioral beliefs, normative beliefs and control beliefs have been shown to trigger attitudes, social norms, and perceived behavioral control.

The role of beliefs and attitudes in driving violations have been investigated but the literature lacks evidence that beliefs and attitudes impact deterrence effects of speeding penalties. On the other hand, policy makers tend to adopt new forms of penalties for which the deterrence effect is unknown. Therefore, this study aimed to investigate the role of beliefs and attitudes on deterrence effects of penalty systems in a sample of university students in Iran.

2. Questionnaire design

The questionnaire had four main parts. The first part was a stated preference survey to investigate the drivers' choice of speeding penalties. This part was included a set of predefined scenarios of speeding penalties and levels. For each question the choice set encompassed a combination of different speeding penalties and levels. Table 1 shows penalty mechanism (attribute) and levels used in questionnaire. Design of scenarios was carried out using the choice experiment method (CEM), with regards to balanced and orthogonal design considerations. Each respondent was given four scenarios, each of which encompassed three choices made up of combinations of different penalties and levels.

Table 1. Attributes, units and levels used in the scenarios

Attribute	Unit	Level
Monetary fine	IRR×10 ⁴	50, 140, 230, 300
Demerit point	Number	5, 10, 20, 25
Car impoundment	Day	3, 6, 9, 12
Social deprivation	Month	1, 3, 5, 7

The second part of the questionnaire was designed to collect social and economic data about the respondents (including age, gender, and year of getting the driver license, car ownership status and number of weekly hours driving). In the third part, drivers' attitudes towards road crashes (e.g., respecting the speed limits in the built-up

¹ MSc in Highway Engineering, Kharazmi University, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Tehran, Iran.

^{2*} Corresponding Author. Assistant Professor, Kharazmi University, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Tehran, Iran. Email: m.fallah@khu.ac.ir

³ PhD in Highway Engineering, Assistant Professor, Islamic Azad University, East Tehran branch, Department of Civil Engineering, Tehran, Iran.

Table 1. Results of base line experiments

Abutment shape	Fr ₁	Fr ₂	Fr ₃	Fr ₄
Vertical-wall	3.1	4.6	5.4	7.9
Wing-wall	2.0	2.9	4.2	6.5

Different arrangements decrease the base point scour variously as compared with the baseline tests in three categories of assessment experiment. However, edge failure occurred in the 2nd series of the experiments. Generally, the average percent of maximum scour reduction in the 1st, 2nd and 3rd class of assessment experiment were 51.3%, 57.3%, and 87.5%, respectively, demonstrating that combination of SLC elements and riprap can reduce the maximum scour depth more noticeably. Besides edge failure was controlled in the latter category.

4. Conclusion

Based on the experimental analysis the following conclusions are drawn:

The average of maximum scour depth at vertical-wall abutment is 28% deeper than that of wing-wall abutment.

1. Placement of riprap reduced the abutment nose scour up to 60% and 70% at wing-wall and vertical-wall abutments, respectively.
2. Installation of SLC elements decreased the abutment nose scour up to 86% and 100% at vertical-wall and wing-wall abutments, respectively. Edge failure was, however, witnessed in this category of the experiments.
3. The best results were obtained when the combination of SLC elements and pebbles were installed. In this case, the maximum scour depth decreased up to 97% and 100% in vertical-wall and wing-wall abutments, respectively. Besides, edge failure was also controlled.

Bed Stabilization around Abutment using Combination of Six-Legged Concrete Elements and Pebbles

Masih Zolghadr^{1*} Aliakbar Hoseinreza²
Mahmood Shafai Bajestan³

1. Introduction

The failure of many bridges is caused by the scour around their abutments and piers during floods. This reveals the need for studies on scour prediction and bridge protection methods. There are two methods to protect bridges against scour, namely flow altering and bed armoring countermeasures. In armoring countermeasures, which are the main focus of this study, a rigid barrier, made of heavy pieces that could not be easily transported by the flow, is installed against the abutment or pier, such as placing large sizes of well graded rocks (WGR), gabion, rectangular concrete blocks (RBC) and geo-bags, the effects of which have been extensively studied by various researchers. The results of such experiments are generally based on determining the geometric properties such as size of the pieces, armoring coverage, and thickness. In bridges located on plain area with high capacity rivers, both rocks and RCB are subjected to local shear stress, which requires large sizes of materials for their stability. Therefore, engineers are interested in applying new materials that are both stable and economical, especially when rocks of appropriate size are not available near the construction site. One of the concrete blocks which has been used in marine structures in recent years is the Six Legged Concrete (SLC) elements. SLC elements can be placed in different densities and provide interlocking and self-stabilizing which can be considered as a superiority for scour countermeasure purposes. A few studies have been conducted on the SLC elements. These elements are recommended to control the erosion of riverbank toe. Another study on the effect of SLC elements placement density on abutment scour was also conducted by in 2016. The main objectives of this study are: defining the effect of SLC element and pebbles placement on scour reduction, individually and in combination with each other, around wing-wall and vertical-wall abutment. SLC element failure at bridge abutment is also discussed.

2. Materials and Methods

In order to assess the performance of the SLC elements as a bridge abutment scour countermeasure, and pebbles, some experiments in a glassed wall flume of 9 m length, 1 m width, 0.6 m depth and a 0.0003 floor slope were done. Uniform sand materials with $D_{50}=0.65$ mm (where D_{50} is the median size) were leveled in a sedimentary box. The flow depth within the flume was kept constant equal to 12 cm in all tests. Four different flow conditions were produced with four different Froude numbers. All

experiments were carried out under clear water conditions. The critical velocity was measured in initial tests before installation of the abutment. Experimental results were also compared with some available relations in the literature.

Two types of vertical-wall and wing-wall abutments were examined. In the absence of SLC elements, 12-hours duration experiments were carried out in four selected Froude numbers. During the experiment, the scour depths at specific time intervals were recorded. A constant value for the scour depth was reached after about 100 minutes. To be on a safe side, we resolved to run experiments for 4 hours (240 minutes).

3. Results and Discussion

Baseline experiments were carried out by installing abutment in absence of SLC elements and pebbles. The experiments completed, the bed topography data were measured in 3×3 cm mesh by a laser distance meter. On the basis of topography variations, the mesh was selected denser in desired locations, for example at the abutment toe. Results showed that the scour depth at the upstream of the abutment nose is deeper than that in other locations. Therefore, the scour depth at the abutment nose was considered as a basepoint to be compared between different alternatives.

Three categories of assuagement experiment were designed to investigate the effect of placement depth and density of the SLC elements and pebble installation on scour reduction around the abutments. In the 1st, 2nd and 3rd classes, installation of riprap (with $D_{50}=2.3$ mm), SLC elements (with 1/12 scale of the prototype), and a combination of them were considered respectively. Two densities, namely open and dense were used to assess the influence of the SLC elements density on controlling scour around the abutments. The denser the elements, the higher the stability, and the greater the area they could cover. Likewise, the number of elements needed for the unit of area increased as well. At the end of each experiment, in order to record the topography data, in places where the elements were placed on the bed, they were gently removed from the bed surface, so that the bed formation was not disassembled nor changed. In arrangements where elements were placed under the bed or buried under the sediments, they were kept intact in order to prevent disassembly of the topography of the bed. The pebbles were also kept intact to record the topography.

Table 1 presents the results of base line experiments. The table shows that the scour depths, located at the vertical-wall abutment nose is deeper compared to the wing-wall abutment.

^{1*} Corresponding Author. Assistant Professor, Department of Water Sciences Engineering, Jahrom University, Fars, Iran.
Email: zolghadr.masih@jahromu.ac.ir .

² Ph.D. Student of Hydraulic Structures, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

³ Professor in Hydraulic Structures, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

2.4. Rapid chloride migration test. Rapid chloride migration tests were carried out according to AASHTO TP 64-03 and NT-Build 492 after 56 days of moist curing. As the percentage of recycled aggregate increases, rapid chloride migration index increases as well. However, the specimens containing coarse recycled aggregate showed better results in comparison to the specimens containing only fine recycled aggregate and the mixtures containing a mixture of coarse and fine aggregate. Increase in electrical resistivity is accompanied by reduction in rapid chloride migration index and this point shows that the results of these sections are compatible.

3. Conclusion

The study investigated the effect of natural zeolite and recycled aggregate on mechanical and durability properties of concrete. To evaluate mechanical properties, compressive and tensile strength were done and to evaluate durability aspects, rapid chloride migration test and electrical resistivity test were carried out.

- Incorporation of NZ in mixture design of the specimens without recycled aggregate caused 30% increase in compressive and tensile strength in addition to 80% increase in electrical resistivity after 28 days of moist curing. Additionally, NZ could reduce rapid chloride migration index by 80%.
- Using recycled aggregate caused a decline in compressive strength. To be more accurate, replacing fine aggregate by recycled aggregate, replacing coarse aggregate by recycled aggregate, and replacing a mixture of fine and coarse aggregate by recycled aggregate caused 38%, 15%, and 18% reduction in compressive strength in comparison to the reference mixture, respectively.
- Replacing 15% and 30% of fine and coarse aggregate separately caused 15% increase tensile strength after 28 days of moist curing. Simultaneous use of fine and coarse aggregate reduced tensile strength by 6%.
- Replacing 15% of total aggregate weight with recycled aggregate and replacing 10% of cement weight with NZ is recommended as the optimum replacing percentage to reach sustainable construction in construction industry.

An Experimental Study on Mechanical Properties and Durability of Concrete with Recycled Aggregate Concrete and Zeolite

Masoud Saadatkhosh^{1*} Mahdi Arezoumandi²
Shaghayegh Afshar³

1. Introduction

Concrete as a building materials is now being widely used worldwide. However, concrete industry is notorious for its adverse effects on the environment. Construction waste from demolition of dilapidated buildings produces major part of waste materials in the world. For example, more than 300 million tons of construction waste is generated annually only in the United States. Concrete is one of the building materials that can be recycled by paying small fortunes. This material might be able to have the best quality and closest properties to raw materials by the least interference. In this regard, extensive measures have been taken in European countries. Various studies have shown that aggregates from concrete crushing have more water absorption, less bulk modulus, lower specific gravity, more corrosion, more shrinkage and creep, less compressive, tensile and flexural strength, lower modulus of elasticity and similar frost resistance in comparison with natural aggregates.

In China more than 200 million tons of cement are produced annually and up to 20% of this amount can be replaced by natural zeolite. Currently, the highest consumption of zeolite in China is in the cement industry. Moreover, according to the Ruski Research Institute, the largest future market for zeolite will be its use as pozzolans instead of part or all of Portland cement used in concrete which is reported to have desirable properties in improving the mechanical properties of concrete.

The aim of this study was to investigate the effect of simultaneous use of zeolite and recycled aggregates as a percentage replacement of required aggregates on the mechanical properties and durability of concrete.

Mechanical properties have been studied by conducting compressive strength and tensile strength tests. Moreover, to evaluate durability aspects, rapid chloride penetration tests were conducted.

According to previous studies, the optimum replacing percentage of cement weight by zeolite in concrete is 10% and for concretes which are made by recycled aggregate up to 30% of cement weight can be replaced by natural zeolite to acquire the minimum reduction in strength and durability compared to ordinary concrete. In this study, the simultaneous effect of replacing a proportion of cement weight with zeolite and replacing a part of natural aggregates by recycled aggregates with for preparing of eco-friendly concrete with desirable mechanical and durability properties were been investigated.

2. Experimental program

For this laboratory research study, fourteen mixing schemes with different replacing percentages of recycled aggregate and zeolite were used. The crushed coarse aggregate which was used in this experiment had a maximum dimension of 19 mm and a density of 2700 kg/m³. Moreover, the density of fine aggregate was fine aggregate with 2467 kg/m³. The recycled fine and coarse aggregates were obtained from waste concrete and were broken manually. The superplasticizer (superplasticizer) used in this study was poly-carboxylate-based, used to reach intended workability. The water used in these experiments was tap water. The cement used in this research is ordinary Portland cement type 2 according to ASTM C150-11 standard.

2.1. Compressive strength. Compressive strength test was done according to ASTM C39-11 after 7, 28, and 56 days of moist curing. In the specimens with recycled aggregate the major trend was reduction in compressive strength by increasing the percentage of recycled aggregate. Existence of cement mortar on recycled aggregate and deteriorated mechanical features in recycled aggregate were the main reasons of reduction in compressive strength.

In NZ-incorporated mixtures, the major trend was a significant increase in compressive strength after longer periods of moist curing. Interestingly, pozzolanic reaction of NZ could compensate the strength loss which was caused by replacing natural aggregate with recycled aggregate.

2.2. Tensile strength. In this research, tensile strength test was carried out according to ASTM C496-11 after 7, 28, 56 days of moist curing. The results show that when up to 40% of coarse aggregate was replaced by recycled aggregate, when up to 15% of fine aggregate was replaced by recycled aggregate, and when up to 6% of coarse and fine aggregate was replaced by recycled aggregate, incorporating NZ in mixture design resulted in higher compressive strength than the reference mixture after 28 days of moist curing.

2.3. Electrical resistivity. Electrical resistivity test was conducted on cylindrical specimens having 10 cm diameter and 20 cm height after 7, 28, and 56 days of moist curing according to AASHTO T358-15. The outcomes show that electrical resistivity reduces when the percentage of recycled aggregate in the mixture increases. To be more accurate, replacing up to 25% of coarse aggregate by recycle aggregate and replacing up to 30% of fine aggregate by recycled aggregate caused 22% reduction in compressive strength. However, replacing 10% of cement weight with NZ increased these figures by 64% and 106% after 28 days of moist curing.

^{1*} Corresponding Author, MSc in Structural Engineering, Shahab Danesh University, Qom, Iran.
Email: masoudsaadatkhosh@gmail.com.

² Assistant Professor, Shahab Danesh University, Qom, Iran.

³ MSc, Structural Engineering, Shahab Danesh University, Qom, Iran.

is an expected linear relationship between discharge and water head in linear proportional s for all values of p (weir height). Figure 4 shows variations of discharge coefficient against changes in the water depth on the upstream side. Figure 4 also shows that when the passed flow was low in all weirs with increasing of crest elevation relative to the channel bottom, the discharge coefficient decreases, but with increasing discharge flow, the changes of discharge coefficient caused by the increasing the height of weir, decreases.

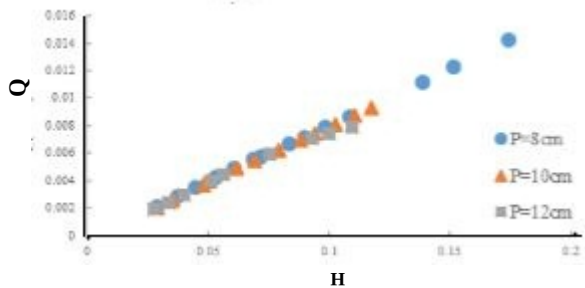


Figure 3. The relationship between discharge and head in inverted triangular weirs

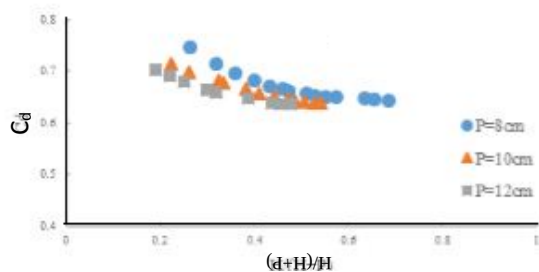


Figure 4. Variation of laboratory discharge coefficient relative to $H/(H+P)$

Based on this, it can be expected that in all types of proportional weirs, due to the geometry of the weir section on the crest, the changes in the flow rate due to changes in water depth in the main channel are significantly less than conventional weirs.

The hydraulic sensitivity of the tested overflows shows their performance well. Figure 5 shows the results of the calculations.

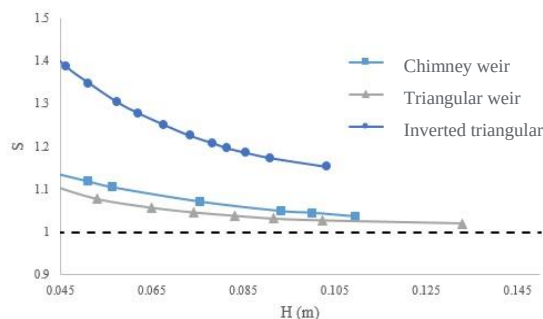


Figure 5. Hydraulic sensitivity to water head

As Figure 9 shows, since the hydraulic sensitivity in a linear proportional weirs is equal to one, the hydraulic sensitivity of inverted triangular weirs and chimney weirs is approximately approaching one, which confirms the basic assumption of a linear proportional weir design.

4. Conclusion

The results show that theoretical sensitivity in linear proportional weirs is equal to one. The more the values of the sensitivity of the studied weir are close to the theoretical values, the better the weir will be. In order to estimate the laboratory sensitivity of the above weirs, the derived relationship between the discharge and head of each weirs was used. The results showed that among linear proportional weirs, inverse triangular weir with a linear relationship has better and more accurate hydraulic performance.

Experimental Study of Discharge Coefficient Proportional Weirs on Lateral Intake

Javad Ghaffari Gousheh¹ Rouhallah Fattahi Nafchi^{2*}
Hosein Samadi Borojeni³

1. Introduction

Lateral intake refers to structures in which the intake operation is performed using a lateral weir overflow. Accurate measurement of flow discharge in open channel and water and sewage transmission networks is of special importance. So far, various types of structures, such as weirs, flumes, and sliding valves have been proposed for measuring flow discharge. Weirs are simple, multipurpose and efficient hydraulic structures used to measure flow rates and water level control in waterways. Among the different types of these structures, proportional weirs that have a special relationship between flow and head of water are well-known due to their application in various engineering fields such as irrigation and drainage, environment, hydraulics and chemistry. Proportional spillway design is based on the desired relationship between discharge and hydraulic head. Based on the relationship between discharge and hydraulic head, proportional weirs are classified into three types, namely linear proportional, quadratic or logarithmic and logarithmic proportional weirs. Different types of proportional weirs have been studied by different researchers in order to develop equations by numerical and experimental methods. These studies have been performed to evaluate the geometric shape of the proportional weirs to the lowest sensitivity to the upstream water depth and the lowest error in the calculation of the discharge. The proportional weirs are a group of sharp edge weirs that are highly accurate due to low sensitivity to upstream depth variations. Linear proportional weirs are those that the relationship between their discharge and head is linear. In this study, based on theoretical fundamentals of proportional weirs, three proportional linear weirs with linear, triangular and reverse triangular, and two reverse triangles and three series of rectangular weirs were designed and tested in rectangular flume equipped with a side channel in hydraulic lab.

2. Material and Methods

To reach the objectives of this study, which included the laboratory study of proportional weirs in the lateral intake and the determination of effective parameters on the discharge coefficient, a laboratory set was designed and then several experiments on models designed weirs were performed. In order to organize the experiments in terms of their number and variety, first, the factors involved in

determining the discharge coefficient were identified using dimensional analysis and then dimensionless equations were determined and experiments were planned.

According to Buckingham Π theory, given the existence of eight variables and three dimensions, five dimensionless factors were determined and following equation was obtained to estimate the discharge coefficient:

$$C_d = f\left(\frac{L}{P}, \frac{H}{P}, \frac{B}{P}, R_n, W_n, Fr\right)$$

In this equation, R_n represents the Reynolds number, W_n the Weber number, and Fr the Froude number. Since the channel width is a fixed value and not a design parameter, the dimensionless variable B/P is less important than the L/P dimensionless variable. It should be noted that L or in other words the length of the weir is one of the design parameters of the weirs. As a result, the variables $H/(H+P)$ and $L/(L+P)$ were determined as dimensionless variables affecting the discharge coefficient, and the experiments were planned to determine the laboratory discharge coefficients against changes in each of these parameters. Figure 1 shows a schematic view of the laboratory arrangement and Figure 2 shows the sections of the proportional weirs under study.

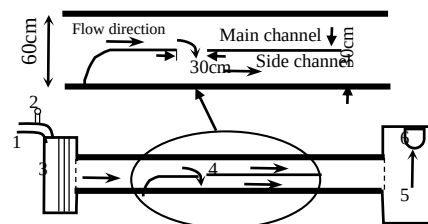


Figure 1. Schematic view of a laboratory flume

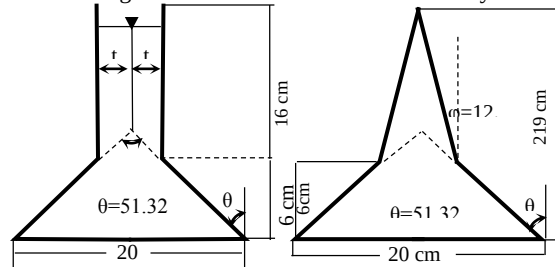


Figure 2. Sections of some of the proportional studied weirs

3. Results and Discussion

In order to investigate the possibility of a linear relationship between discharge and water head in linear proportional weirs for all experiments, laboratory discharge was plotted against the measured water heads. In Figure 3, a diagram of three weirs is given as an example. Figure 3 shows that there

¹. Former MSc student of Hydraulic Structures, Department of Water Engineering, Shahre_kord University, Shahre_kord, Iran.

^{2*}. Corresponding Author, Associated Professor, Hydraulic Structures, Department of water engineering, Shahre_kord University, Shahre_kord, Iran. Email: Fatahi2@gmail.com.

³ Associated Professor, Hydraulic Structures, Department of water engineering, Shahre_kord University, Shahre_kord, Iran.

CONTENTS

Experimental Study Discharge Coefficient of Proportional Weirs on Lateral Intake	J. Ghaffari Gousheh - R. Fattahi Nafchi H. Samadi Borojeni	1
An Experimental Study on Mechanical properties and Durability of Concrete with Recycled Aggregate Concrete and Zeolite	M. saadatkhoosh - M. arezoumandi Sh. Afshar - M. Haji mahdi	15
Bed Stabilization around Abutment Using Combination of Six-Legged Concrete Elements and Pebbles	M. Zolghadr - A. Hoseinreza M. Shafai Bajestan	33
The Role of Attitudes and Beliefs on Deterrence of Speeding Among Young Drivers	A. Yarahmadi - M. Fallah Zavareh M. Zabihi Tari	49
Investigation of Barriers and Problems Effecting the Standardization of Industrial Construction Materials of Lorestan Province (with Emphasis on Concrete and Concrete's Aggregates)	F. Omidinasab - V. Goodarzimehr H. Babaali - A. Dalvand	67
An Investigation into the Capability of Sporsarcina Pasteuri on Improvement and Refinement of Contaminated Hydrocarbon Soils	M. T. Bolouri Bazaz - J. Bolouri Bazaz S. M. Karrabi	81



JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING FERDOWSI UNIVERSITY OF MASHHAD

Ferdowsi University of Mashhad

ISSN 2008-7454

General Director: F. Irani
Editor-Chief: M. R. Esfahani
Published: Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board:

M. Reza Esfahani	Professor	Ferdowsi University of Mashhad
F. Irani	Professor	Ferdowsi University of Mashhad
K. badv	Professor	Urmia University
J. Bolouri Bazaz	Associate Professor	Ferdowsi University of Mashhad
A. Pouya	Professor	Ecole des Ponts Paris tech
S. M. Hosseini	Professor	Ferdowsi University of Mashhad
N. Hafezi Moghaddas	Professor	Ferdowsi University of Mashhad
E. Seyedi Hosseininia	Associate Professor	Ferdowsi University of Mashhad
Sh. Danesh	Associate Professor	Ferdowsi University of Mashhad
Gh. Rakhshandehro	Professor	Shiraz University
M. H. Sebt	Professor	Amirkabir University of Technology
F. Shahabian Moghadam	Professor	Ferdowsi University of Mashhad
A. Kavussi	Professor	Tarbiat Modares University
H. Ganji Doost	Professor	Tarbiat Modares University
M. Faghfour Maghrebi	Professor	Ferdowsi University of Mashhad
F. Moghadas Nejad	Professor	Amirkabir University of Technology
M. Kianoush	Professor	University of Ryerson

Text Editor: Yousef Bina
Typist: A. Noie – T. Hooshmand

Administrative Director: T. Hooshmand

Journal of Civil Engineering
Department of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad.
P. O. Box. 91775-1111, Mashhad, I.R.IRAN
Tel: +98 51 38806024; Fax: +98 51 38807384; Email: ejour@um.ac.ir
Web site: <http://civil-ferdowsi.um.ac.ir>

ISSN 2008-7454



**Ferdowsi University
of Mashhad**

Journal of Ferdowsi Civil Engineering

Serial No. 32

Experimental Study Discharge Coefficient of Proportional Weirs on Lateral Intake	1
J. Ghaffari Gousheh - R. Fattahi Nafchi - H. Samadi Borojeni	
An Experimental Study on Mechanical properties and Durability of Concrete with Recycled Aggregate Concrete and Zeolite	15
M. saadatkhoosh - M. arezoumandi Sh. Afshar - M. Haji mahdi	
Bed Stabilization around Abutment Using Combination of Six-Legged Concrete Elements and Pebbles	33
M. Zolghadr - A. Hoseinreza - M. Shafai Bajestan	
The Role of Attitudes and Beliefs on Deterrence of Speeding Among Young Drivers	49
A. Yarahmadi - M. Fallah Zavareh - M. Zabihi Tari	
Investigation of Barriers and Problems Effecting the Standardization of Industrial Construction Materials of Lorestan Province (with Emphasis on Concrete and Concrete's Aggregates)	67
F. Omidinasab - V. Goodarzimehr - H. Babaali - A. Dalvand	
An Investigation into the Capability of Sporsarcina Pasteuri on Improvement and Refinement of Contaminated Hydrocarbon Soils	81
M. T. Bolouri Bazaz - J. Bolouri Bazaz -S. M. Karrabi	

Vol. 33, No. 4
Winter, 2020