سن‌یابی لرزه‌خیزی گسل اهواز و جابه‌جایی مسیر رودخانه کارون با استفاده از ترمولومینسانس و مطالعات ژئوتکنیک و شناسایی گسل‌های نوشناخته در پروژه قطار شهری اهواز

بهمن اسمعیلی [۱*]، محمود الماسیان [۲]، بهرام آقا ابراهیمی سامانی [۳] و علی امیری سامانی [۴]

[۱] کارشناسی ارشد، واحد مهندسی، شرکت کیسون، تهران، ایران
[۲] استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
[۳] کارشناسی ارشد، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ایران
[۴] کارشناسی ارشد، پروژه قطار شهری اهواز، شرکت کیسون، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۱۸

چکیده

شهر اهواز، مرکز استان خوزستان در جنوب باختر ایران قرار گرفته است. عناصر اصلی زمین‌شناسی در این شهر عبارتند از: گسل اهواز، طاقدیس اهواز، سازندآغاجاری و رسوبات آبرفتی و بادرفتی جوان. ساخت پروژه قطار شهری اهواز در سال ۱۳۸۵ شروع شد. گسل اهواز از میانه شهر عبور کرده و آن را از دید ژرفای سنگ بستر به دو بخش شمال- شمال خاوری (فرادیواره) و جنوب- جنوب باختری (فرودیواره) جدا کرده است. ژرفای سنگ بستر (سازند آغاجاری) در بخش شمال- شمال خاور به‌طور میانگین ۸ تا ۱۲ متر و در بخش جنوب-جنوب باختر به دلیل افت زمین‌ساختی قابل توجه در دسترس حفاری‌های ژئوتکنیک قرار ندارد (شکل ۲). رودخانه کارون در دشت خوزستان و شمال اهواز شکل پیچان‌رودی دارد ولی در مرکز شهر در محدوده تلاقی با گسل اهواز شکل خطی پیدا می‌کند (شکل ۱). به‌منظور بررسی تأثیر گسل اهواز بر این تغییر شکل، ستون چینه‌شناسی رسوبات کارون به‌طور عمودی و افقی بررسی شده و نتایج نشان از آن دارد که رژیم رسوب‌گذاری کارون به‌طور عمودی و همچنین افقی (از مناطق باختری به‌سوی بستر کنونی) در چند هزار سال اخیر وارون شده است (شکل ۳). به منظور بررسی فرضیه تأثیر فعالیت گسل اهواز بر این پدیده، سن رسوبات بستر کارون در ژرفای مختلف با روش ترمولومینسانس اندازه‌گیری شد تا ضمن بررسی این نظریه، زمان یکی از فعالیت‌های اصلی این گسل معلوم شود. افزون بر این در طی عملیات اجرایی، دو گسل نوشناخته در ایستگاه‌های میدان فرودگاه و مصلا به همراه یک گسل احتمالی در محل ایستگاه مرکز فرهنگی در منطقه شمال- شمال خاور گسل اهواز شناسایی شده و مختصات محل، شیب، امتداد و جابه‌جایی ظاهری آنها اندازه‌گیری شد.

کلیدواژه‌ها: گسل اهواز، طاقدیس اهواز، قطار شهری، ژئوتکنیک، ترمولومینسانس، رودخانه کارون، سازند آغاجاری، گسل مصلا، گسل میدان فرودگاه، گسل مرکز فرهنگی، پارینه‌بستر، سن‌یابی.

***نویسنده مسئول:** بهمن اسمعیلی
E_mail: bahmanesm@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

پروژه قطار شهری اهواز در سال ۱۳۸۵ شروع شده و همزمان با آن مطالعات گسترده زمین‌شناسی و ژئوتکنیک در سطح شهر به‌عمل آمده است. فاز نخست آن، شامل خط یک قطار شهری اهواز با دو تونل موازی به‌طول ۲۴ کیلومتر و با ۲۴ ایستگاه است. ژرفای خط پروژه در همه طول مسیر به‌جز تلاقی با کارون منهای ۱۷/۵ متر از سطح زمین و عبور از رودخانه کارون به‌صورت زیرگذر با ژرفای بیشتر است. ابعاد تقریبی ایستگاه‌های آن عبارت از ۱۱۰ متر طول، ۲۵ متر عرض و ۱۸ متر ژرفاست. مهم‌ترین بخش پروژه عبور سلامت تونل از زیر رودخانه است. در نتیجه این محدوده که در بخش جنوبی گسل اهواز و نزدیک به آن قرار گرفته است با دقت زیاد به‌وسیله روش‌های روسطحی و زیرسطحی مطالعه شد.

۲- گردآوری اطلاعات

در یک جمع‌بندی ساده عناصر اصلی زمین‌شناسی موجود در شهر اهواز عبارتند از: گسل اهواز به عنوان اصلی‌ترین شکستگی و ساختار لرزه‌زمین‌ساختی منطقه، طاقدیس اهواز به عنوان یک ساختار زمین‌ساختی مهم که شیب و امتداد سازند سنگی منطقه تابع آن است. گفتنی است سازند آغاجاری به‌عنوان تنها سازند سنگی، سنگ بستر شهر را نیز تشکیل می‌دهد. رسوبات آبرفتی و بادرفتی کواترنر که سطح شهر به وسیله آن پوشیده شده و اولی تحت کنترل رودخانه کارون و دومی ناشی از وزش بادهایی است که بیشتر از سوی شمال باختر (عراق و شبه‌جزیره عربستان) می‌وزد. در شکل‌گیری و گسترش رسوبات جوان نقش کارون آشکارتر و تأثیر عوامل بادی به مراتب کم‌رنگ‌تر است. بیشتر رخدادهای جوان زمین‌شناسی شهر در کنترل این عوامل است و هر نوع مطالعه زمین‌شناسی نیاز به شناخت ژرف عوامل و تأثیر متقابل آنها بر یکدیگر دارد. در نگاه اول ممکن است زمین‌شناسی این شهر ساده و کم‌تنوع به نظر آید لیکن تجمع عملکرد این عوامل بیشتر شرایط ویژه و دشواری را ایجاد کرده است. مطابق با روش معمول در اجرای پروژه‌های عمرانی شماری گمانه ژئوتکنیک با سری کامل آزمایش‌های میدانی و آزمایشگاهی در طول خط، محل ایستگاه‌ها و نقاط خاص مانند برخورد مسیر پروژه با رودخانه حفر شد. افزون بر این ضمن گردآوری اطلاعات کلی و عمومی منطقه، مجموعه جامعی از مطالعات قبلی در سطح شهر، (حدود ۶۰۰ گمانه ژئوتکنیک) سازمان نظام مهندسی و دیگر پروژه‌های شهری نیز گردآوری شد. جمع‌بندی‌های حاصل از این اطلاعات ضمن استفاده در بخش‌های طراحی و اجرایی نتایج در خور توجهی به همراه داشته که این نوشتار از جمله آن است.

۳- زمین‌شناسی عمومی منطقه

دشت خوزستان بخشی از سکوی عربی به‌شمار می‌رود و توسط رسوبات آبرفتی پوشیده شده و سازندهای کهن در زیر این پوشش پنهان است. بر پایه نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه (۱۰۰۰۰۰: ۱ شرکت ملی نفت ایران، شکل۲) و مطالعات سطحی و زیرسطحی انجام شده می‌توان با اطمینان گفت که منطقه مورد نظر روی رسوبات آبرفتی جوان عهد حاضر متشکل از رسوبات ریزدانه رسی و سیلتی و متوسط‌دانه ماسه‌ای قرار گرفته است. حفاری‌های ژئوتکنیک نمایانگر آن است که در محدوده شمالی اهواز با کاهش ستبرای روباره آبرفتی (حدود ۸ تا ۱۲ متر) ژرفای سنگ بستر

کم است، ولی در بخش‌های جنوبی بر اثر عملکرد گسل اهواز، سنگ بستر افتادگی قابل توجهی دارد و تا ژرفای حدود چند ده متر در زیر آبرفت‌های جوان کم‌تراکم قرار می‌گیرد. به‌طور کلی واحدهای زمین‌شناسی محدوده طرح شامل بیرون‌زدگی سازند آغاجاری و رسوبات آبرفتی و بادرفتی است. از دید ساختاری نیز دو روند اصلی در منطقه دشت خوزستان و به‌طور خاص شهر اهواز قابل شناسایی و پی‌جویی است :

الف) روند شمال باختر - جنوب خاور با آزیموت میانگین 135 N. گسل اهواز در این گروه قرار گرفته که در اصل به موازات راستای راندگی زاگرس است.

ب) روند شمال، شمال باختر - جنوب، جنوب خاور با آزیموت میانگین .N 170 سازوکار این گروه از ساختارها، راستالغز با مؤلفه حرکتی واژگون است و با راستای سامانه گسل قطر-کازرون همخوانی دارد.

۳-۱. سازند آغاجاری

سازند آغاجاری از ماسه‌سنگ‌های آهکی قهوه‌ای تا خاکستری، گل‌سنگ ژیپس‌دار و فورش‌سنگ تشکیل شده است. ستبرای این سازند در مقطع تیپ، در طول جاده امیدیه و در چاه‌های نفت میدان آغاجاری، برابر ۲۹۶۵ متر است (درویش‌زاده ۱۳۷۰). سازند آغاجاری در نواحی لرستان و خوزستان از نوع رسوبات مولاسی است ولی در نواحی فارس دریایی است. سن این سازند در مقطع تیپ مربوط به میوسن پایانی تا پلیوسن است. در محدوده اهواز بستر سنگی شهر شامل تناوبی از لایه‌های ماسه‌سنگی، فورش‌سنگی و گل‌سنگی است. در محدوده تلاقی گسل اهواز با کارون به‌ویژه شمال و جنوب پل سفید بخش‌های ماسه‌سنگی رخنمون بیشتری دارد.

۳-۲. رسوبات جدید

رسوبات جدید متعلق به کواترنر است و در محدوده طرح گسترش فراوانی دارد. این رسوبات توسط سیلاب‌های عظیمی که در این زمان رخ داده، حمل و ته‌نشین شده است. رسوب‌گذاری در منطقه، توسط رودخانه کارون که عامل اصلی حمل رسوبات حاصل از فرسایش حوزه آبریز این رودخانه بوده است، همچنان ادامه دارد. نوع رسوبات موجود در دو سوی کارون و در جزیره‌هایی که در بستر رودخانه قرار دارند، متوسط تا ریزدانه است. جنس این رسوبات، سیلت و ماسه، و گاه رس سیلتی است. لایه‌های رس و ماسه به‌صورت متناوب روی یکدیگر قرار گرفته‌اند و خاستگاه بیشتر رسوبات ماسه‌ای، بستر فعلی و نواحی پیرامون رودخانه است. در منطقه اهواز به دلیل اقلیم نیمه‌بیابانی، رسوبات بادرفتی نیز رخنمون محدود دارد.

۴-گسل اهواز

گسل اهواز از نوع واژگون (Reverse) و در برخی مناطق از نوع راندگی (Thrust) است و با درازای حدود ۱۰۰ کیلومتر، با روند شمال باختر- جنوب خاور و شیبی به‌سوی شمال خاور از مرکز شهر می‌گذرد و یال جنوب باختری تاقدیس نامتقارن اهواز را در بر می‌گیرد (شکل ۲). یال شمال خاوری این تاقدیس شیب ملایمی(۱۵ درجه) دارد در حالی که یال جنوب باختری آن پرشیب و در کوه مشرحات به‌صورت برگشته و دارای شیبی حدود ۸۵ درجه به‌سوی شمال خاور است. در راستای این راندگی سازند آغاجاری روی دشت آبرفتی رانده شده است. از بررسی مقاطع ژئوفیزیکی شرکت ملی نفت ایران مشخص می‌شود که گسل اهواز از نوع واژگون بوده و دست کم سازندهای کهن‌تر از مزوزوییک را نیز جابه‌جا کرده است. راستای گسل اهواز شمال باختری- جنوب خاوری است که با نام گسل پیش‌بوم اهواز (Ahwaz Foreland Fault) معرفی شده است (ترابی و قاسمی، ۱۳۸۳) و پژوهشگرانی همچون Quarrie (2004) آن را طلایه ساختاری زاگرس دانسته‌اند که دستخوش دگرشکلی است. نقش آشکار این گسل در زمین‌ریخت‌شناسی و هیدرودینامیک رودخانه کارون، توانمندی فعالیت آن را نیرو می‌بخشد. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله نیز (حسامی و همکاران، ۱۳۸۲) آن را گسلی کواترنری و فعال معرفی کرده است. به‌دلیل پوشیده بودن بخش‌های گسترده‌ای از مرز قرارگیری سازند آغاجاری با نهشته‌های کواترنر نقاط کمی از این مرز رخنمون دارد، ولی سیمای توپوگرافی و تبدیل تپه‌ماهور به دشت هموار از عوارض آشکار پهنه گسلی اهواز در سراسر منطقه است. با توجه به موارد بالا برای بررسی موقعیت دقیق گسل افزون بر اجرای یک سری گمانه‌های اکتشافی در محدوده بالا (شامل ۱۱ گمانه در بستر کارون و ۸ گمانه در سواحل خاوری و باختری) از نتایج گمانه‌های حفر شده دیرین (بیش از ۱۰۰ گمانه) استفاده شده است (شرکت پی‌سامان جنوب و شرکت بانیان‌پی، ۸۶-۱۳۸۵). در شماری از این گمانه‌ها نمونه‌گیری مستقیم از گسل اهواز به عمل آمده و شواهد به‌دست آمده بیانگر فعال بودن این گسل است. برای نمونه می‌توان به گمانه BN3 در ساحل خاوری رودخانه کارون در شمال پل نادری با ژرفای ۵۰ متر اشاره کرد. جنس زمین در این گمانه از ژرفای صفر تا ۱۸ متر شامل رسوبات منفصل ماسه‌ای است. از ژرفای ۱۸ تا ۳۳ متر گمانه وارد سازند آغاجاری شده که شامل تناوبی از ماسه‌سنگ، سیلت‌استون و گل‌سنگ است. از ژرفای ۲۸ تا ۳۳ متر سنگ‌ها کاملاً خرد شده بوده و آثار گسلیده شدن سازند آغاجاری آشکار است. از ژرفای ۳۳ تا ۵۰ متر جنس زمین تغییر می‌کند، سازند آغاجاری به یکباره ناپدید می‌شود و جای آن را رسوبات جوان ریزدانه سیلتی- رسی می‌گیرد. مختصات این گمانه که مکان گسل اهواز را در ساحل خاوری کارون معین می‌سازد برابر X=279002,Y=3467516 است.

این گسل از مرکز شهر اهواز عبور و از دید ژرفای سنگ بستر و شرایط زمین‌شناسی شهر را به دو بخش شمال - شمال خاور (فرادیواره) و جنوب- جنوب باختر (فرودیواره) تقسیم کرده است. بر این اساس در بخش‌های شمال- شمال خاوری گسل اهواز ستبرای رسوبات آبرفتی جوان تقریباً برابر ۸ تا ۱۲ متر است و در زیر آن سنگ بستر (سازند آغاجاری) قرار می‌گیرد. این وضعیت شرایط تقریباً مناسبی را برای مطالعه بخش‌های زیر سطحی در بخش فرادیواره گسل در عملیات اجرایی پروژه‌های زیر سطحی ایجاد می‌کند. ولی در بخش‌های جنوب - جنوب باختری وضعیت به‌گونه‌ای دیگر بوده و به دلیل عملکرد گسل اهواز سنگ بستر تقریباً در ژرفای بیشتر از ۱۰۰ متر قرار گرفته است. با توجه به این شرایط در بخش‌های جنوب - جنوب باختری همه خاک‌برداری‌ها درون رسوبات جوان آبرفتی بوده و احتمال دیدن آثار گسل‌ها و حرکات زمین‌ساختی در آن کاهش می‌یابد. همچنین کم بودن ژرفای سطح آب‌های زیرزمینی در این شهر (حدود ۱/۵ تا ۲ متر) نیز ضمن دشوارتر کردن عملیات اجرایی سبب ناپایداری بیشتر دیواره‌های حاصل از خاک‌برداری نسبت به بخش‌های شمالی می‌شود و اجرای سریع دیواره‌های حایل را در بخش جنوبی به دنبال دارد، که در نتیجه آن فرصت مطالعه دقیق آثار حرکات زمین‌ساختی جوان در این بخش به شدت کاهش می‌یابد. با وجود این محدودیت‌ها در طی خاک‌برداری‌های ایستگاه‌های مترو آثار مشخصی از گسل‌های پنهان در شمال گسل اهواز در بخش‌های زیر سطحی دیده شد. این آثار در دو ایستگاه مصلا و میدان فرودگاه کاملاً مشخص و قابل اندازه‌گیری و در ایستگاه مرکز فرهنگی مبهم و غیرقابل اندازه‌گیری است. این گسل‌ها ویژگی‌هایی همانند روندهای موجود در پهنه زاگرس دارند و در قالب دسته‌بندی ارائه شده در بند چهار قرار می‌گیرند (شکل ۹).

۵-گسل مصلا

بزرگراه آیت‌اله بهبهانی، در جنوب مصلا و شمال چهارراه آبادان مکان احداث ایستگاه مصلاست. در ابتدا با تکمیل مطالعات ژئوتکنیک، ناهمگونی‌هایی در امتداد و ستبرای لایه‌های زیر سطحی سازند آغاجاری دیده شد که در نتیجه احتمال وجود یک گسل یا خطواره مهم مد نظر قرار گرفت. در ادامه با تکمیل عملیات خاک‌برداری گسلی شاخص در دیواره‌های خاوری و باختری ایستگاه نمایان شد. امتداد این گسل N ۱۴۲ و شیب اندازه‌گیری شده آن برابر۶۳ درجه به سوی خاور تا شمال خاور است. جابه‌جایی قائم اندازه‌گیری شده برای این گسل تقریباً برابر ۱/۵متر

است. با وجود محدودیت دسترسی به رخنمون این گسل با توجه به‌ویژگی‌های به‌دست آمده، می توان آن را در گروه اول از گسل‌ها و ساختارهای خطی مورد اشاره در ابتدای این نوشتار به شمار آورد (شکل ۹). مختصات محل برداشت این گسل X =۲۸۰۴۷۵ ، Y =۳۴۶۷۶۱۰ است.

۶–گسل میدان فرودگاه

با پیشرفت عملیات اجرایی و خاک‌برداری آثار گسلی آشکار در دیواره‌های خاوری و باختری ایستگاه میدان فرودگاه نمایان شد که در هنگام عملیات اجرایی به دقت بررسی و اندازه‌گیری شد. امتداد این گسل N ۱۷۵ و مقدار شیب اندازه‌گیری شده آن ۸۴ درجه به‌سوی خاور است. این گسل سبب جابه‌جایی در لایه‌بندی‌های سازند آغاجاری شده است و مقدار جابه‌جایی قائم اندازه‌گیری شده برای آن تقریباً ۱/۵متر است، ولی مقدار جابه‌جایی واقعی گسل با توجه به پوشیده بودن آن قابل اندازه‌گیری نیست. با وجود محدودیت دسترسی به رخنمون این گسل، با توجه به امتداد اندازه‌گیری‌شده، می توان آن را در گروه دوم از ساختارهای خطی مورد اشاره این نوشتار در نظر گرفت (شکل ۹). بر این اساس گسل میدان فرودگاه را می توان گسلی راستالغز (امتدادی) با مؤلفه حرکتی واژگون فرض کرد که احتمالاً از سطح به ژرفا از شیب آن کاسته می‌شود. یادآور می‌شود سازند آغاجاری در محدوده شهر اهواز با شیب ملایمی در حدود ۱۵ درجه به‌سوی شمال تا شمال خاور در زیر رسوبات آبرفتی جوان قرار گرفته و کنگلومرای بختیاری کمتر فرصت نمایان شدن در این ناحیه را به‌دست می آورد. ولی در محل این گسل، یک لایه افقی کنگلومرایی ریزدانه به‌طور دگرشیب روی سازند آغاجاری قرار گرفته که ضمن داشتن همانندی ظاهری با کنگلومرای بختیاری، در اثر عملکرد گسل فرودگاه همانند لایه‌های زیرین سازند آغاجاری جابه‌جا شده است. مختصات محل برداشت این گسل X=۲۸۲۳۴۰ ، Y=۳۴۷۱۳۵۰ است. یادآور می‌شود بر پایه نتایج به‌دست آمده از حفاری‌های ژئوتکنیک، در بخش فرادیواره گسل میدان فرودگاه و در راستای شمال خاور شیب سازند آغاجاری کاهش یافته و تقریباً به‌صورت افقی در می‌آید.

۷–گسل احتمالی مرکز فرهنگی

تقاطع بلوار پاسداران با خط آهن در ابتدای بزرگراه آیت‌اله بهبهانی مکان احداث یکی از ایستگاه‌های قطار شهری است که نام «ایستگاه مرکز فرهنگی» برای آن انتخاب شده است. با انجام حفاری‌های ژئوتکنیک در این محل ناهمگنی‌های آشکاری در ژرفای سنگ بستر (سازند آغاجاری) ثبت شد، که در ادامه با تکمیل عملیات خاکبرداری تفاوت‌های اصلی در ژرفای سنگ بستر در بخش‌های خاوری و باختری ایستگاه دیده شد. با انجام بررسی‌های بیشتر و پژوهش‌های محلی از ساکنان منطقه معلوم شد که مکان ایستگاه مرکز فرهنگی در اصل یک گودال یا فروافتادگی بزرگ کهن است که در گذشته نه چندان دور (حدود دو دهه پیش) به‌منظور گسترش شهری به‌وسیله خاک دستی پر شده و پل روگذر راه آهن روی آن ساخته شده است. به هر حال با توجه به روش اجرایی ویژه به‌کار رفته در ساخت این ایستگاه (روش پرده دیافراگمی)، هم‌زمان با تکمیل خاک‌برداری‌ها، دیواره‌های ایستگاه به‌طور کامل پوشیده شده است و امکان دیدن مستقیم دیواره‌های خاکی فراهم نشد، ولی اختلاف ژرفای سنگ بستر در خاور و باختر ایستگاه اندازه‌گیری شد. بر پایه این اندازه‌گیری‌ها ژرفای سنگ بستر در خاور ایستگاه حدود ۸/۵ متر و در باختر آن حدود ۱۰/۵ تا ۱۱ متر است. یادآور می‌شود عرض ایستگاه حدود ۲۵ متر است و این اختلاف ژرفا در سنگ بستر در همه طول ۱۱۰ متری ایستگاه در امتداد شمال – جنوب ملاحظه می‌شود (شکل ۹). البته به‌دلیل دیده نشدن مستقیم، امکان پافشاری بر ساختاری و گسلی بودن این عارضه وجود نداشت و چه بسا موارد شرح داده‌شده در محدوده ایستگاه مرکز فرهنگی در اثر عوامل دیگر مانند فرسایش یا شرایط ریخت‌زمین‌ساختی به وجود آمده باشند ولی نکته دارای اهمیت شناسایی و ثبت یک ناهنجاری مشخص و جهت‌یافته در ژرفای سنگ بستر است که با شرایط عمومی تغییرات ژرفای سنگ بستر در منطقه اهواز تفاوت دارد. مختصات این گسل احتمالی در مرکز ایستگاه X =۲۸۰۷۳۱، Y =۳۴۶۸۵۶۷ است.

۸– توصیف محیط رسوبی منطقه شهر اهواز و پارینه بستر کارون

از دیدگاه محیط رسوبی، اهواز و منطقه پیرامون آن از گونه محیط‌های رسوبی جلگه‌ای- رودخانه‌ای به‌شمار می‌رود که شرایط محیط کویری نیز تا اندازه‌ای بر آن تأثیر داشته است (سامانی و همکاران، ۱۳۸۶). رودخانه‌ها نیز به انواع گوناگون تقسیم‌پذیرند که رودخانه کارون با توجه به خم و چم فراوان و شیب کم توپوگرافی در منطقه، در دسته پیچان‌رودی (مئاندری) قرار می گیرد (موسوی حرمی، ۱۳۸۳). رسوبات در رودخانه‌های پیچان‌رودی بیشتر از نوع دانه‌ریز تا متوسط‌دانه‌اند که این نکته در بخش‌هایی از کارون که رژیم هیدرودینامیک از نوع رسوب‌گذاری است مصداق دارد. در رودخانه‌هایی مانند کارون که در دشت سیلابی(Flood Plain) خوزستان سیمای پیچان‌رودی به خود گرفته‌اند، هرچه طول عمر مسیر بیشتر باشد، چم‌های رودخانه بیشتر و ساختارهای پیچان‌رودی کامل‌تر خواهد بود. هرگاه و به هر دلیلی تغییر مکان در مسیر رودخانه رخ دهد، در آن صورت بستر جدید شکل خطی به خود می گیرد و به‌تدریج در گذر زمان به ساختار پیچان‌رودی تغییر وضع می‌دهد. چنین سیمایی از شمال پل سفید تا مناطق جنوبی اهواز دیده می‌شود و تغییر ریخت‌شناسی از پیچان‌رودی به خطی روی داده است. بر پایه اطلاعات به‌دست آمده از حفاری‌ها و مغزه‌های گرفته شده از رسوبات زیرسطحی، مطالعات زمین‌ریخت‌شناسی و همچنین تعیین سن نهشته‌های زیرسطحی می توان نتیجه گرفت که بستر کنونی کارون از محدوده پل سفید تا مناطق جنوبی پل نادری (محدوده برخورد رودخانه و گسل اهواز) بسیار جوان است. با توجه به نشانه‌های به‌دست آمده، جایگاه پیشین رودخانه با ساختاری پیچان‌رودی در محلی میان جنوب پل سفید تا مناطق جنوب باختری اهواز، در باختر بستر فعلی قرار داشته است. این ویژگی بازتاب دو محیط زمین‌شناسی متفاوت بوده و مرز گذر یا تغییر این دو محیط منطبق بر خط گسل اهواز است. رژیم هیدرودینامیک، از نوع تخریبی در فرادیواره گسل اهواز (شمال پل سفید) و از نوع رسوب‌گذاری در فرودیواره آن (محدوده پل نادری) است. این تغییر رژیم معلول تغییر در ریخت‌شناسی بستر رودخانه و پیکره زمین‌شناسی آن است. این ویژگی در میان دو پل سفید و نادری آشکار است و نشان از همخوان بودن این تغییر با عملکرد گسل در این محدوده دارد. نکته دارای اهمیت آن است که بر اثر فعالیت گسل اهواز و افزایش تدریجی و نسبی ارتفاع بخش فرادیواره (بلوک شمالی گسل اهواز) در محل یال برگشته تاقدیس اهواز، شیب بستر رودخانه و شیب گرادیان تغییر یافته است. تغییر در گرادیان نیز سبب برهم خوردن تعادل بین شیب کانال و ویژگی‌های هیدرولیکی جریان شده که خود تغییر در الگوی کانال (پیچان به خطی) را به دنبال داشته و در پایان مسیر رودخانه از بستر قدیمی به جدید جابه‌جا شده است. برای بررسی دقیق مقدار افزایش تراز زمین در بخش فرادیواره، مقاطع آب‌نگاری (هیدروگرافی) رودخانه کارون در این محدوده مورد مطالعه قرار گرفت (آب‌نگاری همه طول رودخانه کارون توسط شرکت آب منطقه‌ای خوزستان انجام شده است). در شکل ۱۰ مقطع سه‌بعدی تراز کف رودخانه دیده می‌شود که بر پایه مقاطع آب‌نگاری رسم شده است. همان گونه دیده می‌شود تراز کف رودخانه کارون از جنوب به شمال در محدوده گسل اهواز در شمال پل نادری به یک باره افزایش یافته و سبب تبدیل شکل پیچان به خطی در رودخانه شده است. مشاهده دقیق‌تر ستون چینه‌شناسی رسوبات کواترنر نیز (مغزه‌های به‌دست آمده از حفاری‌های ژئوتکنیک) در بستر فعلی رودخانه و منطقه باختر آن یا همان پارینه‌بستر رودخانه کارون، تغییرمکان رخساره ماسه‌ای و رسی و جابه‌جایی این دو

با یکدیگر از باختر به خاور را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر در مناطق باختری بستر فعلی، رسوبات ماسه‌ای متوسط‌دانه در بخش‌های زیرین و رسوبات سیلتی- رسی ریزدانه در بخش‌های بالایی و سطحی قرار گرفته‌اند. این شرایط در یک روند تدریجی از باختر به خاور (بستر قدیمی به بستر جدید) وارون شده و در بستر فعلی رسوبات ماسه‌ای متوسط دانه در بخش‌های بالایی و سطحی، و رسوبات سیلتی- رسی ریزدانه در بخش‌های زیرین قرار گرفته‌اند (شکل ۳).

بر این اساس، آبکندی کهن (Paleochannel) از محدوده گسل اهواز تا نواحی جنوب باختری شهر، در باختر بستر جدید وجود دارد و پرشدگی‌های ماسه‌ای درون این پارینه‌آبکند می‌تواند معبری مناسب برای نقل و انتقال آب‌های زیرزمینی به‌شمار رود و شرایط و سوی جریان زهکشی را در این منطقه برهم زند. نشانه‌های وجود این بسترکهن در جنوب گسل اهواز و باختر کارون در لایه‌های ستبر ماسه‌ای پراکنده در مناطق شهری، مانند گلستان، جنوب سه‌راه فروردین، میدان کارگر و میدان کودک و ... دیده می‌شود. شناخت هرچه بیشتر این آبکندکهن می‌تواند شرایط جابه‌جایی کارون را از بستر قدیم به بستر جدید روشن سازد. بنابراین به منظور شناسایی دقیق‌تر این پارینه بستر، ستبرای ماسه در همه گمانه‌ها در باختر کارون اندازه‌گیری و نتایج حاصل به‌صورت نقشه‌های هم ستبرای ماسه رسم شد. به دلیل محدود بودن شمار و چگونگی پراکندگی گمانه‌ها در سطح شهر، امکان رسم نقشه‌ای یک پارچه از لایه‌های هم ستبرای ماسه‌ای در باختر کارون وجود نداشته، ولی ایده اولیه‌ای از گسترش منحنی‌های هم ستبرای ماسه‌ای به‌صورت یک لکه ماسه‌ای بزرگ در منطقه گلستان به‌همراه دو لکه ماسه‌ای دیگر در مناطق کیانپارس و امانیه در شکل ۸ ارائه شده است که روند این سه نقطه، بسترکهن کارون را نمایان می‌سازد.

۹- لومینسانس

به‌زبانی ساده لومینسانس عبارت است از اندازه‌گیری انرژی ذخیره‌شده در یک نمونه و تعیین زمان ذخیره‌سازی انرژی برای تعیین سن عامل تولید انرژی و رویدادهای مربوط به آن. در تقسیم‌بندی کلی دو روش لومینسانس وجود دارد، لومینسانس حرارتی (Thermal Luminescence ,TL) و لومینسانس نوری (Optical Stimulated Luminescence ,OSL). لومینسانس حرارتی (TL) زمان بالا رفتن دما تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد را در نمونه‌های سنگ، خاک یا سفال نشان می‌دهد، از این دید این آزمایش می‌تواند زمان رخداد گسلش را در یک نمونه پهنه گسلی که در آن فشار و دما به‌طور موضعی و ناگهانی افزایش یافته است، تعیین کند و یا در مطالعات باستان‌شناسی زمان پختن یک قطعه سفالین را معلوم سازد. لومینسانس نوری (OSL) نیز آخرین زمان تابیدن نور خورشید به نمونه را مشخص می‌کند، بنابراین در این روش ضروری است تا در زمان نمونه‌گیری از تابش نور خورشید یا هر نوع نور مصنوعی جلوگیری شود. در نمونه‌گیری‌های انجام شده در اهواز با وجود استفاده از روش (TL)، از تابش نور طبیعی و مصنوعی به نمونه‌ها جلوگیری و نمونه‌گیری در زمان حفاری به وسیله لوله شلبی (غلاف فولادی) انجام شده است. با توجه به این که امکان انجام روش لومینسانس نوری (OSL) در ایران وجود ندارد، به ناچار از روش ترمولومینسانس (TL) موجود استفاده شد (در مواردی که امکان انجام لومینسانس نوری وجود ندارد، می‌توان با استفاده از لومینسانس حرارتی نیز عملیات سن‌یابی را انجام داد که البته این روش درصدی از خطا به همراه دارد). آزمایش‌های مربوط به این عملیات سن‌یابی در بخش سال‌یابی ترمولومینسانس پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی- فرهنگی سازمان میراث فرهنگی کشور صورت گرفته و نتایج آن در گزارش شماره TLD-87/6 به تاریخ ۱۳۸۷/۷/۶ بازتاب یافته است (بحرالعلومی، ۱۳۸۷). نتایج این سن‌یابی در جدول یک و همچنین نمودارهای یک تا پنج ارائه شده است. استفاده از روش لومینسانس در زمین‌شناسی در ایران کاری نو پا به‌شمار می‌رود و کاربری آن در یک پروژه عمرانی ناشناخته است.

۱۰- شرایط رسوب‌گذاری در بستر رودخانه کارون

رسوبات درکانال و بستر رودخانه ماسه‌ای (متوسط‌دانه) و در پیرامون آن (منطقه دشت سیلابی) به‌صورت سیلتی- رسی(دانه‌ریز) است (معماریان، ۱۳۷۴)، بنابراین پی‌جویی لایه‌های ستبر ماسه‌ای می‌تواند راهنمای درستی در شناخت بستر قدیمی باشد. تمرکز این لایه‌های ماسه‌ای (شکل ۸) در محدوده سه لکه ماسه‌ای در کیانپارس، امانیه و گلستان، مسیر تقریبی کانال قدیمی رودخانه را مشخص می‌سازد (البته در پیرامون پارینه‌آبکند اصلی لایه‌ها و عدسی‌های نازک ماسه‌ای فراوانی وجود دارد که می‌توان آنرا منسوب به رسوبات حاشیه‌ای یا رسوب‌گذاری کارون در طی جابه‌جایی تدریجی بستر قدیمی به بستر جوان فعلی دانست). نکته دارای اهمیت دیگر در این فرضیه، ارتباط ریخت‌زمین‌ساختی گسل اهواز با پدیده یاد شده است. همه موارد بالا و تبدیل ساختار خم‌وچم‌دار رودخانه به ساختار خطی که نشان از جوان بودن آن نیز دارد در محل برخورد کارون با گسل اهواز و رانده شدن سازند سنگی آغاجاری روی رسوبات منفصل جوان عهد حاضر است. در سال ۸۴۰ میلادی نیز یک زمین‌لرزه تاریخی برای گسل اهواز ثبت شده (رده، ۱۳۷۱)، که بیانگر فعال بودن این گسل است. همچنین آثار مشخص راندگی گسل اهواز روی رسوبات عهد حاضر در حفاری‌های ژئوتکنیک نیز دیده می‌شود. بنابراین، فرضیه تأثیر مستقیم فعالیت گسل اهواز بر جابه‌جایی مسیر و ساختار کارون تقویت می‌شود، و تعیین سن قدیمی‌ترین (زیرین‌ترین) بخش رسوبات ماسه‌ای متوسط‌دانه به‌عنوان نماینده رسوبات بستر فعلی، و جوان‌ترین(بالایی‌ترین) بخش رسوبات سیلتی- رسی ریز دانه به‌عنوان نماینده رسوبات دشت سیلابی پارینه‌آبکندکارون، می‌تواند زمان جابه‌جایی رودخانه را تعیین کند (شکل ۴). نتایج حفاری‌ها در بخش جنوبی پل نادری در بستر کارون نشان از آن دارد که از ژرفای صفر تا بیشینه ۲۴ متر، رسوبات جوان منفصل ماسه‌ای فروهشته‌شده، و در زیر آن رسوبات قدیمی‌تر منفصل سیلتی - رسی قرار گرفته‌اند (شرکت ماندرو، ۱۳۸۷) (شکل ۴). نمودارهای ۱ تا ۵ نیز سن‌یابی رسوبات کارون بر پایه افزایش ژرفای رسوبات بستر رودخانه در جنوب گسل اهواز را با استفاده از روش ترمولومینسانس نمایش می‌دهد. نمودارهای ۱، ۲ و ۳ متعلق به رسوبات ماسه‌ای بستر جوان رودخانه کارون هستند و همان‌گونه که دیده می‌شود سنین کمتر و در حدود ۴۰۰۰ سال را نشان می‌دهند. نمودارهای ۴ و ۵ نیز به رسوبات ریزدانه سیلتی- رسی دشت سیلابی بستر قدیمی رودخانه کارون اختصاص دارند و سنین ۹۰۰۰ سال و بیشتر را نشان می‌دهد. تفاوت سنی این دو بخش بیش از ۵۰۰۰ سال است، که بیانگر نبود رسوب‌گذاری پیوسته در بستر جدید کارون تا ۴۰۰۰ سال پیش است. با توجه به مکان نمونه‌ها در ستون چینه‌شناسی رسوبات کارون و در نظر گرفتن این نکته که نمونه‌های گرفته‌شده از ژرفای کم تا زیاد (جدید به قدیم) است و مسن‌ترین نمونه‌های ماسه‌ای (نمودارهای ۲ و ۳) به زیرین‌ترین بخش فروهشته‌های ماسه‌ای بستر جوان، و جوان‌ترین نمونه سیلتی - رسی (نمودارهای ۴ و ۵) به بالایی‌ترین بخش فروهشته‌های دشت سیلابی بستر قدیمی تعلق دارد، سن جابه‌جایی رودخانه از پارینه‌آبکندکارون به بستر جدید حدود ۴۰۰۰ سال برآورد می‌شود (جدول ۱). با توجه به همه توضیحات ارائه شده و ارتباط ریخت‌زمین‌ساختی و ساختاری گسل اهواز با تغییر مسیرکارون و تغییر رژیم رسوب‌گذاری آن، سن برآوردی ۴۰۰۰ سال به‌عنوان زمان یک فعالیت زمین‌ساختی مهم برای گسل اهواز و رویداد یک زمین‌لرزه بزرگ در این منطقه برآورد می‌شود.

۱۱- نتیجه‌گیری

مطالعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیک گسترده‌ای در راستای طراحی پروژه قطار شهری اهواز صورت گرفته که افزون بر اطلاعات مورد نیاز طراحی، اطلاعات جامعی از زمین‌شناسی منطقه به‌دست داده است. نتیجه بررسی‌ها نشان از آن دارد که در گذشته نه چندان دور، رودخانه کارون با ساختار پیچان‌رودی از مسیری در باختر بستر فعلی

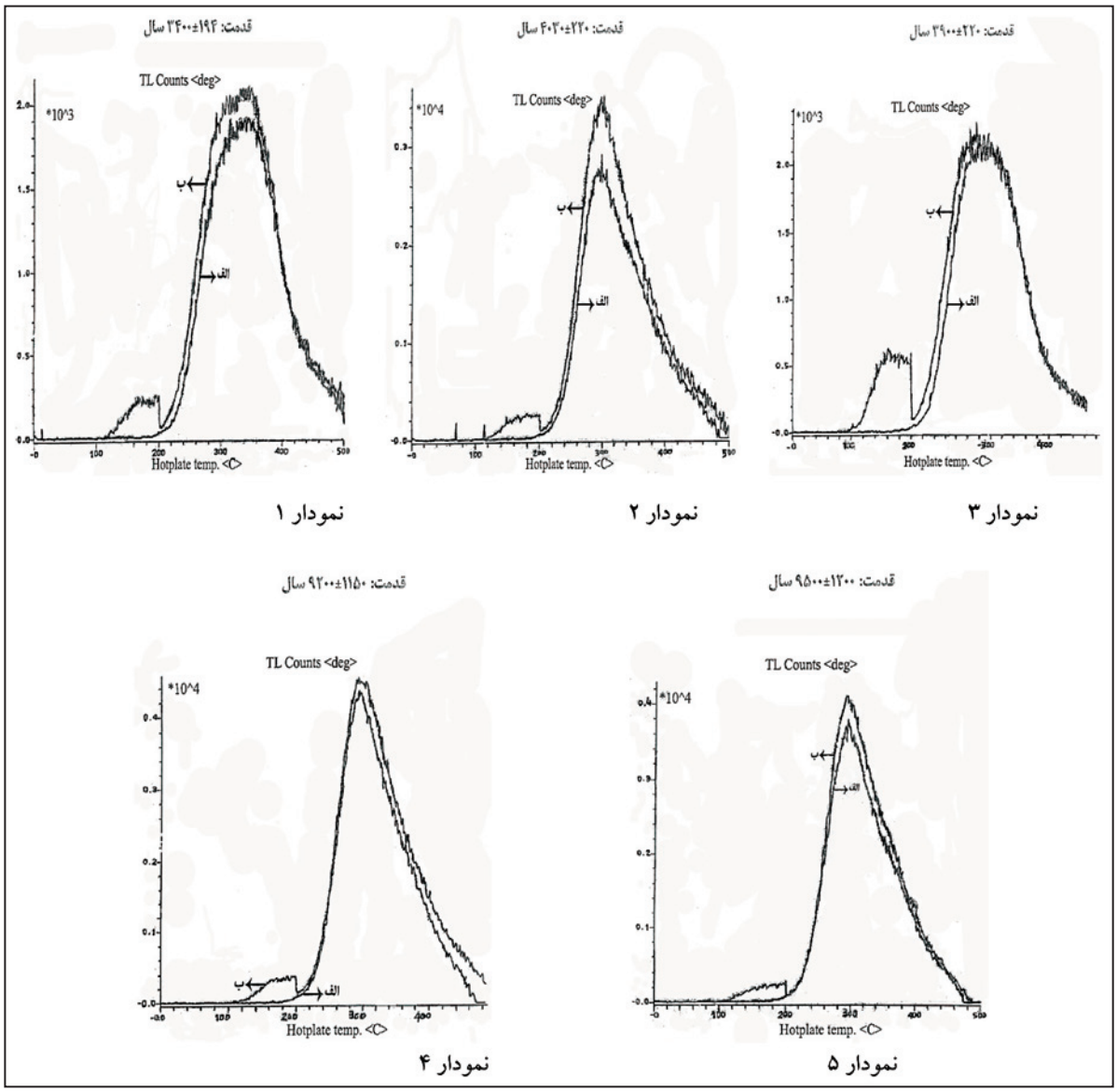
جریان داشته و آثار این پارینه‌بستر (پارینه‌آبکند، Paleochannel) به‌صورت کانالی انباشته از ماسه (فروهشته‌های متوسط‌دانه) در باختر بستر فعلی درون رسوبات ریزدانه سیلتی- رسی دشت سیلابی بستر جدید مدفون است. با توجه به نتایج حفاری‌ها، مسیر پارینه‌بستر کارون را می‌توان در روند سه لکه ماسه‌ای مدفون در محلات کیانپارس، امانیه و گلستان پی‌جویی کرد (شکل ۸).

انطباق گسل اهواز با محدوده تغییر ساختار کارون از شکل پیچان‌رودی به خطی (شرایط ریخت‌زمین‌ساختی) بیانگر آن است که این تغییر مسیر رودخانه تحت تأثیر فعالیت گسل اهواز است و این گسل تأثیر مستقیم در جابه‌جایی کارون از پارینه‌بستر خویش به بستر جوان و فعلی داشته است، بنابراین شناخت بیشتر از زمان و چگونگی جابه‌جایی کارون می‌تواند اطلاعات با ارزشی از فعالیت‌های پیشین گسل اهواز به دست دهد. نتایج حفاری‌های ژئوتکنیک در رودخانه کارون نشان از آن دارد که در بخش فرادیواره گسل اهواز (محدوده پل سفید) ستبرای رسوبات ماسه‌ای جوان حداکثر به ۸ متر می‌رسد و در زیر آن سازند آغاجاری قرار می‌گیرد. در بخش فرودیواره (محدوده پل نادری) نیز ستبرای رسوبات جوان ماسه‌ای حداکثر به ۲۴ متر می‌رسد و در زیر آن رسوبات ریزدانه سیلتی- رسی دشت سیلابی بستر کهن کارون قرار می‌گیرد. با توجه به این شرایط در صورت سن‌یابی بخش زیرین رسوبات ماسه‌ای بستر جوان فعلی و سن‌یابی بخش بالایی رسوبات سیلتی- رسی دشت سیلابی پارینه بستر کارون در محدوده پل نادری می‌توان سن تقریبی فعالیت مهم گسل اهواز را که سبب جابه‌جایی رودخانه از مسیر پیشین به مسیر کنونی شده است تعیین کرد. بر این اساس ۵ نمونه با روش ترمولومینسانس سن‌یابی شدند (۳ نمونه از رسوبات ماسه‌ای جوان (نمودارهای ۱ تا ۳) و ۲ نمونه از رسوبات ریزدانه کهن (نمودارهای ۴ و ۵)). نمودارهای ۱ تا ۳ حداکثر سن ۲۲۰ ±۴۰۲۰ سال و نمودارهای ۴ و ۵ حداکثر سن ۱۲۰۰±۹۵۰۰ را نشان می‌دهد. بنابراین سن برآوردی ۴۰۰۰ سال به عنوان زمان یک فعالیت زمین‌ساختی مهم برای گسل اهواز و رویداد یک زمین‌لرزه بزرگ در این منطقه که سبب جابه‌جایی مسیر رودخانه نیز شده، برآورد می‌شود. یادآور می‌شود رویداد یک زمین‌لرزه بزرگ را در سال ۸۴۰ میلادی در منطقه اهواز گزارش کرده‌اند. بنابراین با کسر این دو مقدار، می‌توان عدد ۲۸۰۰ سال را به‌عنوان دوره بازگشت احتمالی لرزه‌زایی گسل اهواز در نظر گرفت (رده، ۱۳۷۰). لازم به یادآوری است که دوره بازگشت منتسب به گسل اهواز با استفاده از یک زمین‌لرزه تاریخی و تعیین سن رسوبات منتسب به یک زمین‌لرزه دیگر به‌دست آمده است و همچنین احتمال رخداد زمین لرزه‌های دیگر مرتبط با گسل اهواز در ادوار دیگر دور از ذهن نیست که به‌دلیل گذشت زمان مستندات آن گم یا پنهان شده و از این رو اعتبار عدد ۲۸۰۰ سال خدشه‌دار است و تنها باید به‌عنوان یک احتمال مد نظر قرار گیرد.

همچنین بر پایه یافته‌های به‌دست آمده در هنگام عملیات عمرانی محل و ویژگی‌های دو گسل دارای اهمیت در شهر شناسایی و اندازه‌گیری و همچنین مکان احتمالی یک گسل دیگر نیز تعیین شد. دو گسل شناسایی‌شده عبارتند از گسل میدان فرودگاه و گسل مصلا. گسل احتمالی نیز در محل ایستگاه مرکز فرهنگی در پایانه جنوبی بلوار پاسداران در تقاطع با خط‌آهن قرار گرفته است. بر پایه مشاهدات و بررسی‌های انجام شده گسل‌های میدان فرودگاه و مصلا همگی در گروه گسل‌ها و روندهای شمالی - جنوبی زاگرس قرار گرفته‌اند و سازوکار اصلی آنها را می‌توان راستالغز (امتدادی) با مؤلفه قائم فرض کرد. از گسل احتمالی مرکز فرهنگی نیز مطلب یا ویژگی‌های قاطع و روشنی به‌دست نیامده ولی در طی عملیات خاک‌برداری، یک بی‌هنجاری مشخص در ژرفای سنگ بستر از خاور تا باختر این ایستگاه دیده و ثبت شد. این بی‌هنجاری روندی شمالی - جنوبی دارد و با توجه به نشانه‌های موجود و موارد توضیح داده شده می‌توان آن را در گروه گسل‌ها و روندهای شمالی- جنوبی زاگرس قرار داد و احتمالاً ویژگی‌های این گروه از شکستگی‌ها را نیز به آن منتسب کرد (اثبات قطعی وجود یک گسل در محل ایستگاه مرکز فرهنگی نیاز به بررسی و مطالعه بیشتر دارد). یادآور می‌شود با وجود تصورات اولیه و ریخت‌شناسی هموار و به نسبت یکنواخت شهر و نواحی پیرامون آن، افزون بر گسل اهواز، ساختارها و گسل‌های بسیاری در زیر رسوبات جوان پنهان است که در طی پروژه قطار شهری دو مورد قطعی و یک مورد احتمالی از آنها شناسایی شد. بر این اساس می‌توان احتمال وجود ساختارهای دیگر در دیگر مناطق پوشیده شهر را نیز مد نظر قرار داد.

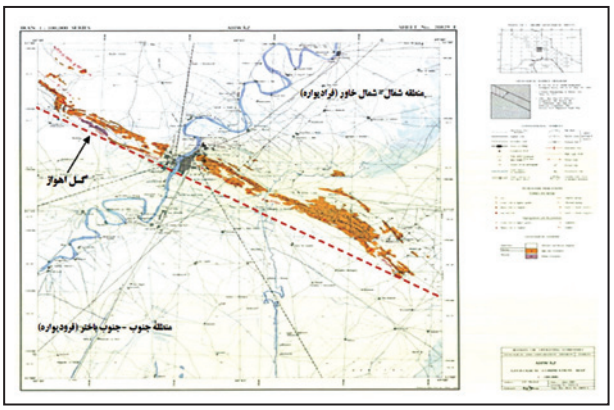
سپاسگزاری

در پایان از شرکت کیسون که امکان انجام این مطالعات را فراهم کردند، از اساتید بزرگوار و یاران همراه آقایان مهندس یوسفخانی، دکتر امینی، دکتر فتاحی، مهندس بهلول و مهندس لیاقت‌جو و همچنین از خانم‌ها مهندس شهابی، مهندس جان‌بزرگی و مهندس دهدشتیان برای یاری‌های دلسوزانه و راهنمایی‌های دقیق‌شان سپاسگزاری می‌شود.

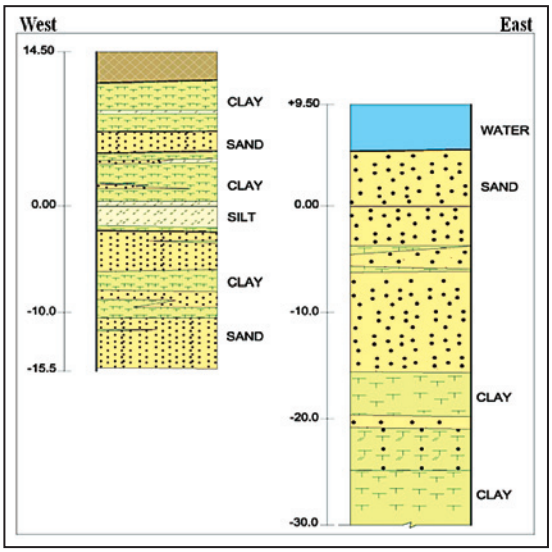


نمودارهای ۱ تا ۵ - نتایج حاصل از سن‌یابی به روش ترمولومینسانس در رسوبات بستر جوان و رسوبات دشت سیلابی پارینه‌بستر رودخانه کارون.

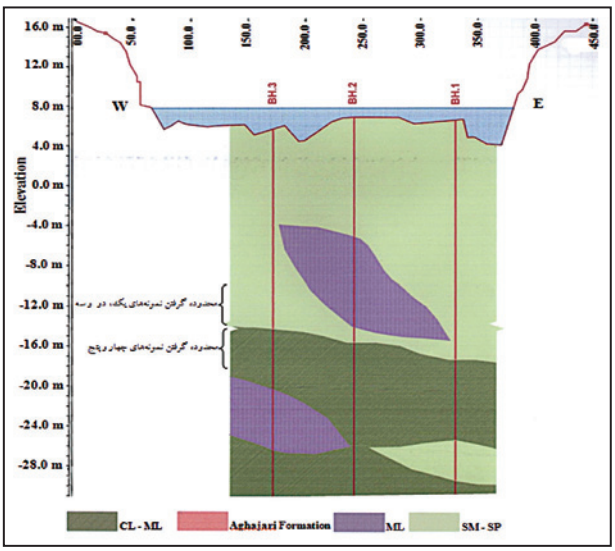
شکل ۱- تصویر هوایی رودخانه کارون در شهر اهواز، تغییر ساختار مئاندری رودخانه به ساختار خطی کاملاً مشهود است.



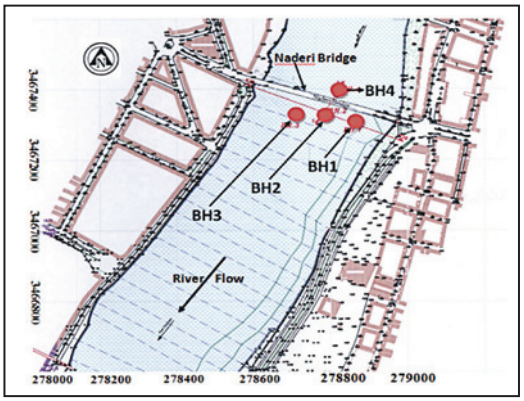
شکل ۲- نقشه‌ای برگرفته از نقشه زمین‌شناسی یک صد هزارم شهر اهواز (شرکت نفت) که موقعیت عمومی گسل اهواز و سازند آغاجاری (رنگ قهوه‌ای) را نمایش می‌دهد.



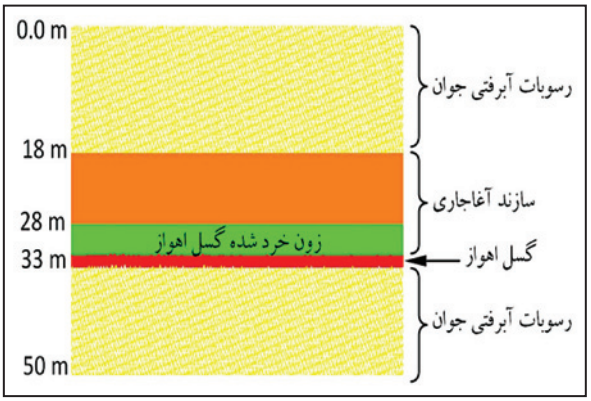
شکل ۳- تفاوت رسوبات کواترنر در بستر فعلی رودخانه (سمت راست) و منطقه باختر رودخانه کارون یا همان پارینه‌بستر (سمت چپ). تغییرمکان رخساره ماسه‌ای و رسی و جابه‌جایی این دو با یکدیگر از باختر به خاور (چپ به راست) قابل توجه است.



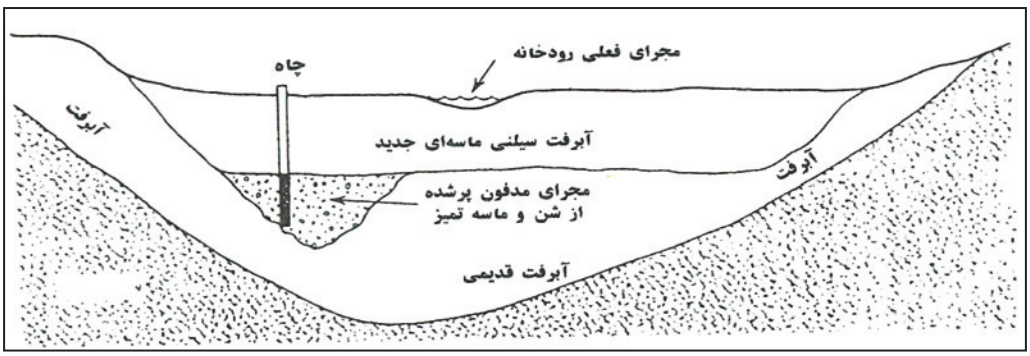
شکل ۴- نیمرخ زمین‌شناسی رودخانه کارون در جنوب پل نادری (فرودیواره گسل اهواز) ، ژرفای ۱۸- مرز رسوبات ریزدانه دشت سیلابی پارینه ۲ بستر کارون و رسوبات متوسط‌دانه بستر را نشان می‌دهد.



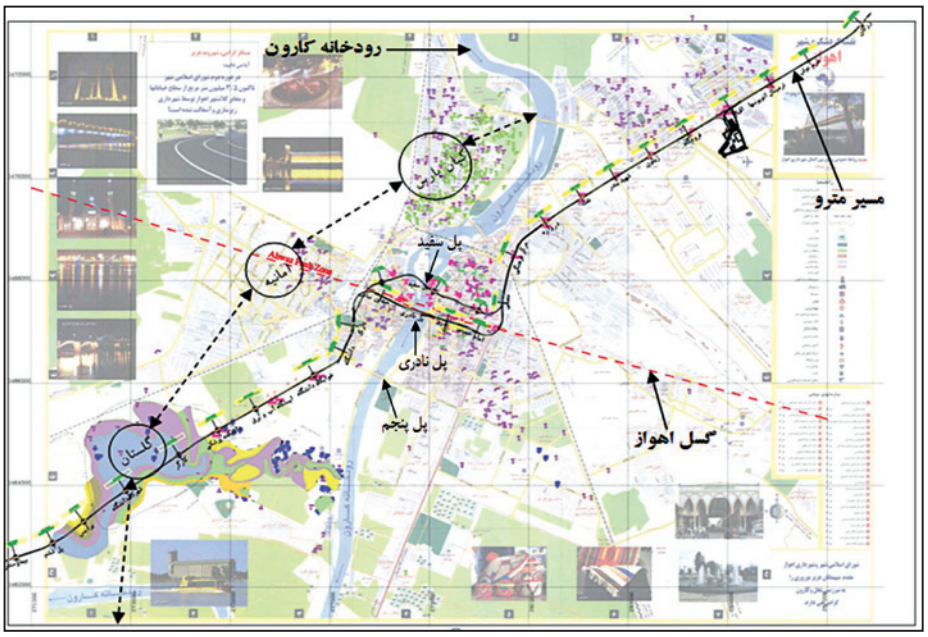
شکل ۵-نقشه محل قرارگیری چهار گمانه حفرشده در جنوب و شمال پل نادری.
BH1/ X=278870,Y=3467312 - BH2/ X=278783,Y=3467331
BH3/ X=278707,Y=3467325 - BH4/ X=278816,Y=3467384



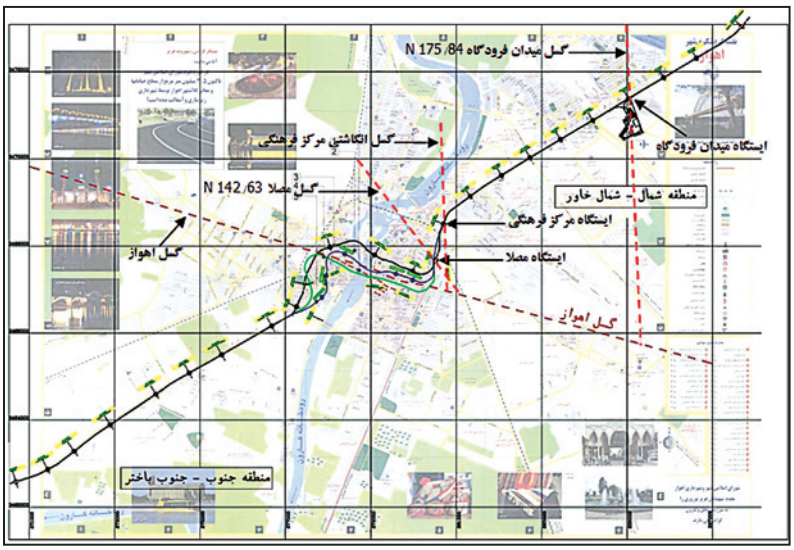
شکل ۶- ستون چینه‌شناسی گمانه حفر شده (BN3) در ساحل خاوری رودخانه کارون با مختصات X=279002,Y=3467516. این گمانه به‌طور مستقیم با گسل اهواز برخورد کرده است،



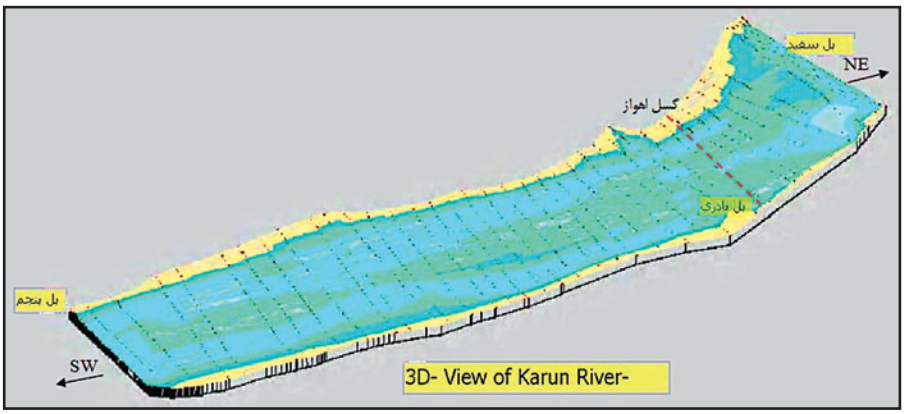
شکل ۷- تصویر نمادین از وضعیت پارینه‌آبکند کارون نسبت به بستر فعلی رودخانه (بیات، ۱۳۷۹).



شکل ۸- نقشه شهر اهواز، رودخانه کارون، گسل اهواز، مسیر پروژه، مکان گمانه‌ها، لکه‌های سه‌گانه ماسه‌ای در مناطق گلستان، امانیه و کیان‌پارس. روند لکه‌های ماسه‌ای مسیر کهن (پارینه‌آبکند) رودخانه کارون را در باختر مسیر فعلی نمایش می‌دهد (دایره‌ها و پیکان‌های خط‌چین).



شکل ۹- موقعیت و امتداد تقریبی گسل‌های مصلا و میدان فرودگاه و همچنین گسل انگاشتی مرکز فرهنگی.



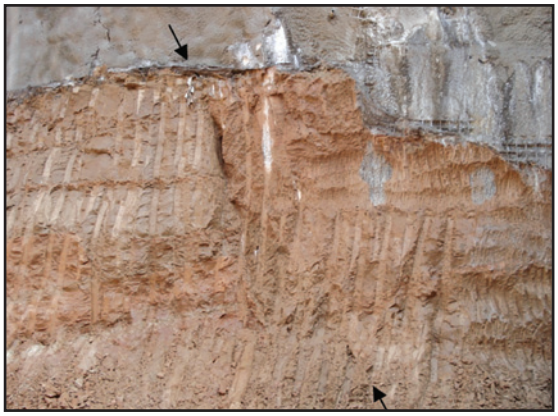
شکل ۱۰- مدل سه‌بعدی بستر رودخانه کارون از پل سفید تا پل پنجم. افزایش تراز بستر رودخانه کارون در محدوده پل نادری تا پل سفید (فرادیواره گسل اهواز) نسبت به محدوده پل نادری تا پل پنجم (فرودیواره گسل اهواز) کاملاً آشکار است.

عکس۱- پهنه گسل اهواز در منطقه کریت کمپ - بگعان دو، در ۳۰ کیلومتری خاور اهواز. سازندآغاجاری در سمت راست و دشت آبرفتی در سمت چپ. نگاه به‌سوی باختر.

عکس ۲- حفاری در بستر کارون، جنوب پل نادری، نمونه‌های سن‌یابی‌شده با روش ترمولومینسانس از این حفاری‌ها به‌دست آمده‌اند. نگاه به‌سوی جنوب باختر.

عکس ۳- نمونه‌ای از یک ایستگاه مترو که عملیات خاک‌برداری در آن به پایان رسیده است. این عکس شرایط ایجادشده برای دیدن لایه‌های زیرسطحی را نشان می‌دهد. نگاه به‌سوی شمال.

عکس ۴- نمایی از گسل مصلا در دیواره باختری ایستگاه مصلی، نگاه به سوی باختر.



عکس ۵- نمایی از گسل میدان فرودگاه در دیواره خاوری ایستگاه میدان فرودگاه، نگاه به‌سوی خاور.

عکس ۶- نمایی از ایستگاه مرکز فرهنگی. در این ایستگاه در فاصله تقریبی ۲۵ متر، ژرفای سنگ بستر از حدود ۸/۵ متر در دیواره خاوری به ۱۰/۵ تا ۱۱ متر در دیواره باختری می‌رسد.

عکس ۷- گمانه حفرشده با مختصات X=279002,Y=3467516 در ساحل خاوری کارون. همانگونه که در متن آورده شده این گمانه از ژرفای ۱۸ تا ۳۳ متر با سازندآغاجاری برخورد کرده است. بر اثر عملکرد گسل اهواز، سازند آغاجاری به‌صورت گسل‌سنگ درآمده است (عکس ۸) با توجه به نتایج و مختصات این گمانه محل گذر گسل اهواز، در ساحل خاوری کارون تعیین شده است. نگاه به‌سوی جنوب باختر.

عکس ۸- گسل سنگ مربوط به گسل اهواز در ژرفای ۳۳ متری از گمانه نمایش داده شده در عکس ۷، در مرز آبرفت‌های جوان و سازند آغاجاری.

جدول ۱- نتایج سن‌یابی نمونه‌های گرفته‌شده از حفاری ژئوتکنیک در بستر کارون در شمال و جنوب محدوده پل نادری.

شماره نمونه	نام گمانه	ژرفای نمونه‌گیری	جنس نمونه	درصد اکسید پتاسیم	غلظت توریم ppm	غلظت اورانیم ppm	سن نمونه
یک (نمودار ۱)	BH4	۱۶- ۱۵ متر	ماسه	۰/۸۱	۲/۸۴	۳/۰۷	۳۴۰۰ ± ۱۹۴ سال
دو (نمودار ۲)	BH1	۲۳/۶۰- ۲۳/۵۰ متر	ماسه	۱/۶۱	۲/۷۸	۴/۸۴	۴۰۳۰ ± ۲۲۰ سال
سه(نمودار ۳)	BH4	۲۵- ۲۴ متر	ماسه	۰/۸۵	۱/۷۴	۳/۴۲	۳۹۰۰ ± ۲۲۰ سال
چهار (نمودار ۴)	BH3	۲۱/۷۰- ۲۱/۵۰ متر	سیلت - رس	۰/۲۰	۲/۴۸	۳/۵۸	۹۲۰۰ ± ۱۱۵۰ سال
پنج(نمودار ۵)	BH2	۲۲-۲۱ متر	سیلت - رس	۱/۳۹	۱/۳۳	۵/۳۵	۹۵۰۰ ± ۱۲۰۰ سال

کتابنگاری

بحرالعلومی، ف.، ۱۳۸۷- سن‌یابی نمونه‌های کارون با روش لومینسانس، سازمان میراث فرهنگی.

بیات، ح. ا.، ۱۳۷۹- هیدروژئولوژی کاربردی در ساختمان، ترجمه پاورز، پ. جی.، دانشگاه امیرکبیر.

ترابی، آ. و قاسمی، م. ر.، ۱۳۸۳- تحلیل جنبشی چین‌خوردگی در افق‌های مخزنی میدان‌های نفتی واقع در فروافتادگی دزفول، فصل‌نامه علوم زمین، شماره ۵۲-۵۱.

حسامی، خ.، جمالی، ف. و طبسی، ه.، ۱۳۸۲- نقشه گسل‌های فعال ایران، گروه لرزه‌زمین‌ساخت، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، وزارت علوم- تحقیقات و فناوری.

درویش‌زاده، ع.، ۱۳۷۰- زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر.

رده، ا.، ۱۳۷۱- تاریخ زمین‌لرزه‌های ایران، ترجمه از امبرسیز، ن. ن. و ملویل، چ. پ.، انتشارات آگاه.

سامانی، ب.، اسمعیلی، ب. و صفی‌خانی، ع. ا.، ۱۳۸۶- گزارش ارزیابی دو گزینه خیابان نادری تونل در زون‌های گسلی، پروژه قطار شهری اهواز، شرکت کیسون.

شرکت پی‌سامان جنوب و شرکت بانیان‌پی، ۱۳۸۵- ۱۳۸۶- گزارش‌های مطالعات ژئوتکنیک در قالب مطالعات ژئوتکنیک پروژه قطار شهری اهواز تحت نظارت شرکت کیسون در ایستگاه‌های مترو.

شرکت ماندرو، ۱۳۸۷- گزارش مطالعات ژئوتکنیک پروژه قطار شهری اهواز، حفر شش گمانه در رودخانه کارون.

معماریان، ح.، ۱۳۷۴- زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، دانشکده فنی، دانشگاه تهران.

موسوی‌حرمی، ر.، ۱۳۸۳- رسوب‌شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی.

References

Mc Quarrie, N., 2004- Crustal scale geometry of Zagros fold, thrust belt, Iran, Journal of Structural Geology.

Age Dating of Ahwaz Fault Activities and Karoun River Displacement by Thermal Luminescence and Geotechnical Studies and Recording of New-Found Faults During Performance of Ahwaz Urban Railway Project

B. Esmaeili [1*], M. Almasian [2], B. Samani [3] & A. A. Samani [4]

[1] M.Sc., Engineering Department, Kayson Company, Tehran, Iran

[2] Assistant Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

[3] M.Sc., Atomic Energy Organization, Tehran, Iran

[4] M.Sc., Ahwaz Urban Railway Project, Kayson Company, Ahwaz, Iran

Received: 2012 January 31 Accepted: 2012 November 08

Abstract

Ahwaz city, the center of the Khuzestan province, is located in southwest of Iran. The four main geological phenomena of this area are Ahwaz Fault, Ahwaz Anticline, Aghajari Formation, and Quaternary Alluvium and Eluvium Deposits. The Ahwaz Urban Railway Project and its related comprehensive geological and geotechnical studies were started in 2006 and the first phase of the project consisted of 24 Km parallel twins tunnel & 24 stations. The project level is -17.5m beneath the ground surface, except for the crossing with the Karoun River. The twin tunnels cross under the Karoun River in lower elevation. The most important part of the project is crossing safely under the Karoun River. Therefore, this area, which is located in the southern vicinity of the Ahwaz Fault, was studied precisely by surface and under-ground methods. The Ahwaz Fault divides Ahwaz City into two sections. The north, north-east section (hanging wall), which depth of the bed rock is 8-12m and is covered by young quaternary sediments, and south, south-west section (foot wall), which its bed rock is settled down totally and cannot be reached by geotechnical drilling. The Karoun River has meander form in the Khouzestan Province (also north and south of Ahwaz City), but in center of the city (especially in crossing with the Ahwaz Fault) this form changes into straight shape, so it means that the Karoun River channel in center of Ahwaz is young and affected by the Ahwaz Fault. The logs of geotechnical drilling in river bed and river banks were studied vertically and horizontally in order to find out the stratigraphic changes of the Karoun River sediments. These studies show that stratigraphic sections of the Karoun River reveres from west to east horizontally and also vertically in recent thousands years in crossing area with the Ahwaz Fault. These evidences support the hypothesis of affection of the Ahwaz Fault activity on the Karoun River movement. Therefore, the age of river bed deposits was measured by thermal luminescence method in order to realize the age of one the main Ahwaz Fault activities, which change the river channel. The results of age dating show that the old river channel has changed to the recent one about 4000 years ago. In other words, the Karoun River channel changed after an earthquake struck this area. In addition, two new faults were discovered in the Foroodgah square and the Mosala stations during the excavation in north-northeast of the Ahwaz Fault. An inferred fault was discovered in the Cultural Center station as well.

Keywords: Ahwaz Fault, Ahwaz Anticline, Urban Railway, Geotechnical, Thermal Luminescence, Karoun River, Aghajari Formation, Mossala Fault, Airport Square Fault, Cultural Center Fault, Paleochannel, Age Dating .

For Persian Version see pages 69 to 78

*Corresponding author: B. Esmaeili; E-mail: bahmanesm@yahoo.com

Created with nitroPDF professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional