

بکارگیری روش رادار نفوذی زمین جهت شناسایی نواحی آبستگي در محدوده خیابان شهید سباری

بهرام یوسفی ۱، یوسف علاءدین ۲، حمیدرضا قرهی،

۱ کارشناس ارشد ژئوفیزیک، مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهر تهران،

bahram.yousefi82@gmail.com

۲ کارشناس ارشد تکتونیک، مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهر تهران

۳ کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی، مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهر تهران

چکیده

به دلیل نشت آب در نقاط مختلف خیابان شهید سباری (آجودانیه) در مجاورت پارک شطرنج واقع در منطقه ۱ شهرداری تهران، مطالعات رادار نفوذی زمین (*GPR*) به منظور شناسایی منبع و مسیر ورودی آب به محل یاد شده توسط مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهر تهران انجام شد. در این مطالعات، ۱۲ پروفیل *GPR* در محدوده مورد نظر با مجموع طول پیمایش ۱۰۱۱ متر، با دستگاه ۵۰ مگاهرتز *MALA* مدل *RTA* برداشت گردید. ۶ پروفیل به صورت موازی هم و در امتداد خیابان بوده و ۶ پروفیل دیگر، عمود بر امتداد خیابان زده شد. در مرحله پردازش داده-های *GPR*، صافی‌های مختلفی از جمله حذف نوفه زمینه، مهاجرت، میانگذر و هموارسازی‌های افقی و قائم اعمال شد. پس از پردازش‌های انجام شده بر روی رادارگرام‌ها، نتایج به دست آمده نشان دهنده این است که عمده خرابی‌های ناشی از تراوش آب به روسازی خیابان، به خاطر قنات موجود در بخش شمالی خیابان آجودانیه بوده که پس از تراوش آب از این قنات (با نفوذ آب‌های سطحی) و عدم نفوذ آن به لایه‌های سیمانی شده زیرین (به دلیل ماهیت سازند زمین شناسی موجود در منطقه) و حرکت و تجمع آن بر روی این لایه‌ها، باعث تخریب سطح خیابان شده است.

واژه‌های کلیدی: رادار نفوذی زمین، قنات، مهاجرت، نشت آب

۱. مقدمه

خرابی‌های ناشی از نشت آب می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد که منجر به نتایج متعدد با خسارات بالای زیست محیطی می‌شود. نشت‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: (۱) نشت به صورت قطره قطره و تدریجی و یا اتلاف تدریجی در طول مسیر لوله‌ها و یا قنات؛ (۲) افشرد آب به صورت ثابت و با یک دبی نسبتاً یکنواخت. در بسیاری از سیستم‌های توزیع و انتقال آب، درصد قابل توجهی از آب در اثر نشت از لوله‌ها و کانال‌های انتقال دهنده هدر می‌رود. روش رادار نفوذی زمین (*GPR*)، یکی از ابزارهای اندازه‌گیری ژئوفیزیکی است که امروزه به طور گسترده جهت به نقشه درآوردن عوارض زیرسطحی در مقیاس‌های کیلومتر تا سانتی‌متر به کار گرفته می‌شود. روش *GPR* در مفاهیم، مشابه روش لرزه‌شناسی می‌باشد که در آن یک آنتن فرستنده، پالس‌های کوتاه از امواج الکترومغناطیسی با فرکانس بالا (*MHz* تا *GHz*) را ارسال کرده و از سوی دیگر آنتن گیرنده، سیگنال ارسالی از فرستنده را در تابعی از زمان دریافت



هشتمین جشنواره بین المللی برترین های پژوهش و نوآوری و دومین کنفرانس مدیریت

شهری (جایزه جهانی تهران)، آذر ۱۳۹۴

می کند. وقتی که آنتن چشمه بر روی سطح قرار دارد، امواج کروی در دو جهت رو به بالا (هوا) و رو به پایین (درون خاک) انتشار می یابد (Huisman و همکاران، ۲۰۰۳).

با توجه به ساز و کاری که در مفاهیم بنیادی روش *GPR*، شرح داده شده است، می توان محل نشت را شناسایی نمود. عموماً شناسایی محل نشت، بر اساس تعیین حفرات ایجاد شده در اثر نشت آب و چرخش آن در اطراف لوله و یا دیگر تاسیسات انتقال آب می باشد. از سوی دیگر، محل های اشباعی که در اطراف لوله ها و کانال های انتقال دهنده آب ایجاد می شود، باعث کاهش سرعت سیر امواج رادار شده که باعث می شود محل نشت آب پایین تر از جایی که در واقعیت قرار گرفته است نمایان شود.

۲. زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

گستره تهران بر روی نهشته های آبرفتی جوان بنا شده است. این نهشته ها از کوهپایه های البرز تا کناره کویر جنوبی تهران گسترش داشته و حاصل فعالیت رودخانه ها و سیلاب های فصلی جریان یافته از کوه های البرز می باشند و با توجه به ویژگی های ظاهری، تغییرات فیزیکی و مکانیکی از جمله لایه بندی، دانه بندی، جورشدگی، تخلخل، نفوذپذیری، هوازگی، درجه سیمانی شدن، مقاومت مکانیکی و تکنیک از قدیم به جدید به پنج سازند زیر تقسیم شده اند (Rieben 1955, 1966):

سازند آبرفتی هزاردره (آبرفت های A)

سازند آبرفتی ناهمگن شمال تهران (آبرفت های Bn) و سیلت های رسی کهریزک (آبرفت های Bs)

سازند آبرفتی تهران (آبرفت های C)

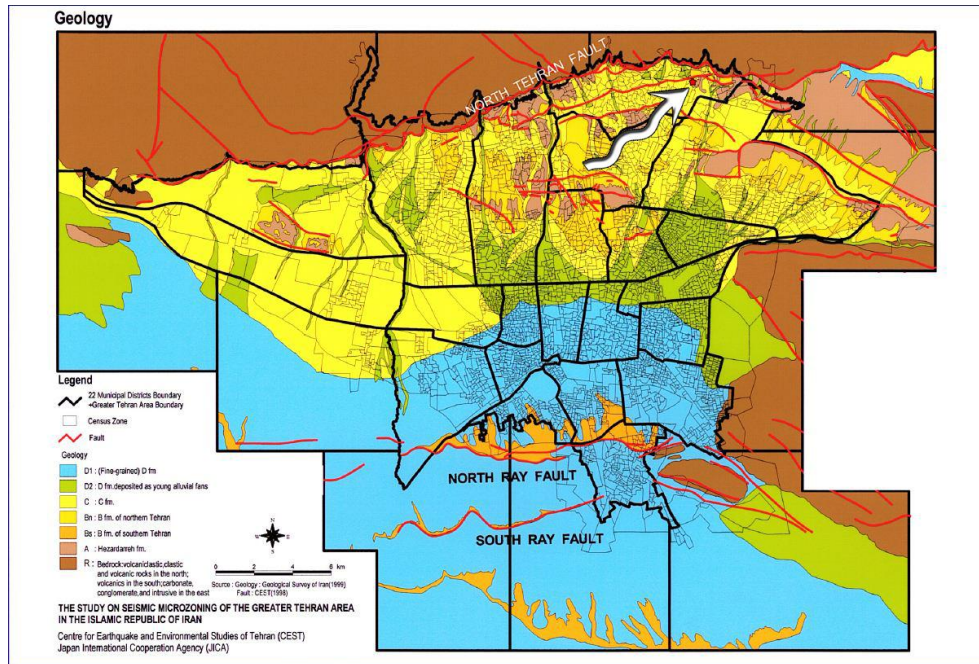
سازند آبرفتی خرم آباد در غرب ایوانکی

سازند آبرفتی کنونی (آبرفت های D)

با توجه به انطباق نقشه تهران و موقعیت محدوده مورد مطالعه با نقشه زمین شناسی *JICA* (شکل ۱)، از لحاظ زمین شناسی، منطقه مورد مطالعه در سازند آبرفتی هزاردره (A) و تهران (C) قرار گرفته است (شکل ۲- الف). ولی با توجه به شواهد میدانی، سازند توفی کرج در قسمت شمال شرقی محدوده مورد مطالعه رخنمون دارد (شکل ۲- ب).

سازند توفی کرج که یادآور فوران های انفجاری ائوسن میانی است، به عنوان یکی از شاخص ترین واحدهای سنگ چینه ای البرز جنوبی، شامل توالی به نسبت ستبری از توف های سبزرنگ، سنگ های رسوبی و گدازه های آتشفشانی و به ندرت تبخیری است. در منطقه مورد مطالعه، این سازند به صورت نابر جا و خورد شده مشاهده می شود.

هشتمین جشنواره بین المللی برترین های پژوهش و نوآوری و دومین کنفرانس مدیریت شهری (جایزه جهانی تهران)، آذر ۱۳۹۴



شکل ۱. نمایش نهشته‌های مختلف آبرفتی در گستره تهران (JICA, 2000) و جانمایی موقعیت محدوده مورد مطالعه.

الف



ب.



شکل ۲. سازند توفی کرج در مجاورت نهشته های آبرفتی (الف: دید به سوی غرب، ب: دید به سوی شمال شرق).

سازند هزاردره از کنگلومرای همگن با قلوه سنگ، شن و ریگ تشکیل شده و فضای میان دانه ها را ماسه و سیلت پر کرده است. ستبرای زیاد (حدود ۱۲۰۰ متر) و همگنی سازند، لایه بندی منظم به همراه لایه ها و عدسی هایی از رس و ماسه سنگ (به طور محلی)، سیمان خوب و سخت شده، اندازه متوسط قلوه ها (۲۵-۱۰ سانتی متر) و درجه دگرسانی پیشرفته، رنگ خاکستری روشن، قلوه های نیمه گرد شده بیشتر از جنس سازند کرج، شیب زیاد لایه ها (تا ۹۰ درجه) و چین خوردگی آنها از ویژگی های سازند هزاردره می باشد. این سازند در بخش زیرین دارای تخلخل بسیار کم و هوازدگی و مقاومت مکانیکی بسیار زیاد است و هرچه به قسمت های بالای سازند نزدیک می شویم تخلخل زیادتر و هوازدگی و مقاومت مکانیکی کمتر می شود. بدین معنی که قلوه های موجود در بخش بالای هزاردره تازه (*fresh*) بوده و در سیمانی از سیلت و ماسه ی سست قرار گرفته اند به طوری که با ضربه ملایم چکش به آسانی از هم پاشیده می شوند. سازند آبرفتی تهران شامل آبرفت های جوان مخروط افکنه ای است که از دامنه جنوبی البرز کوه به سمت جنوب ادامه داشته و بخشی از دشت تهران را در بر گرفته و بخش گسترده ای از شهر تهران بر روی آن بنا شده است. این سازند به طور کلی از نهشته های سیلابی و رودخانه ای جور نشده تشکیل شده که ضخامت آن تا ۶۰ متر می رسد. سازند آبرفتی تهران در نزدیکی کوهپایه شکل مخروط افکنه ای واضحی داشته و به سمت جنوب تبدیل به لایه های سیلتی کم شیب می شود (*Tchalenko* و همکاران، ۱۹۷۴). این نهشته ها همگن بوده و از قلوه سنگ و شن و ریگ در سیمانی از ماسه و سیلت تشکیل شده است. نهشته ها سخت نیستند ولی به هر حال گونه ای لایه بندی به صورت افقی در آنها دیده می شود.

۳. برداشت و تحلیل داده های GPR در محدوده مورد مطالعه

۳-۱. برداشت داده ها

در این بررسی، مجموعاً تعداد ۱۲ پروفیل برداشت گردید. در شکل ۳، موقعیت پروفیل های مورد مطالعه آورده شده است. مجموع طول پروفیل های مورد مطالعه، برابر ۱۰۱۱ متر می باشد. جنس زمین برای تمام برداشت ها، مصالح خشک



هشتمین جشنواره بین المللی برترین های پژوهش و نوآوری و دومین کنفرانس مدیریت شهری (جایزه جهانی تهران)، آذر ۱۳۹۴

در نظر گرفته شده و گام‌های برداشت شده برای دستگاه *GPR* مدل *RTA* با قدرت ۵۰ مگاواتر، برابر ۴ سیگنال بر متر می‌باشد.

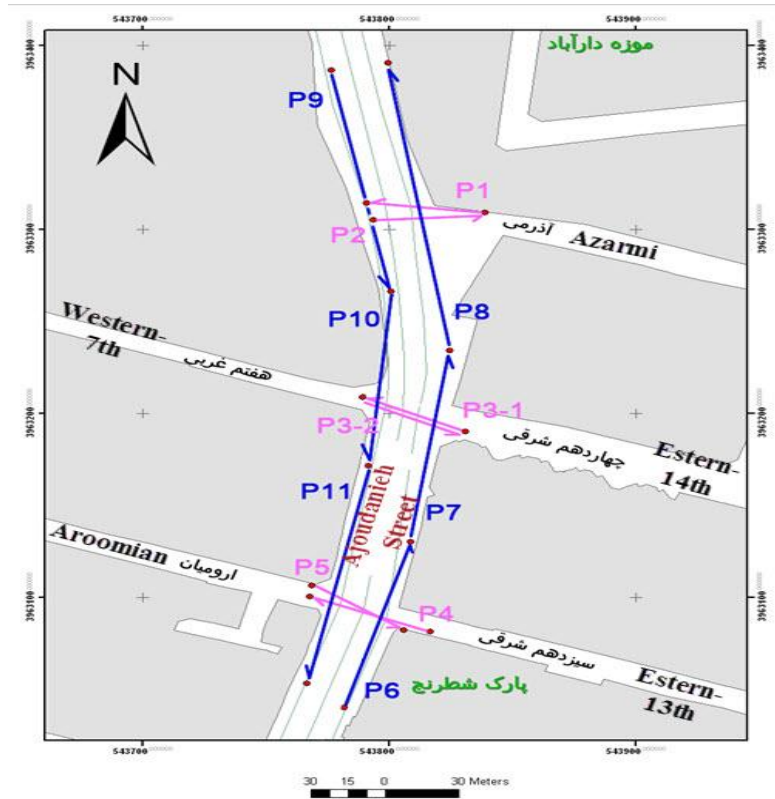
۳-۲. پردازش و تفسیر داده‌ها

جهت انجام پردازش مطلوب، نیاز به بررسی و آزمایش روش‌های مختلف پردازش با پارامترهای متفاوت است، در نتیجه برای انتخاب روش‌های پردازشی مناسب و تنظیم پارامترهای مربوطه در شرایط زمین‌شناسی منطقه و تأمین اهداف مورد نظر، بررسی‌های متعددی روی داده‌ها انجام گرفت. در نهایت پس از این بررسی‌ها و آزمایش‌ها، مراحل پردازش نهایی انتخاب، و با پارامترهای مناسب روی داده‌ها اعمال گردید. رادارگرام‌های پردازش شده‌ی مربوط به پروفیل‌ها، در ادامه ارایه شده است. در پردازش داده‌های *GPR*، صافی‌های مختلفی از جمله حذف نوفه زمینه، مهاجرت، میانگذر و هموارسازی‌های افقی و قائم بر روی داده‌ها اعمال شده است. تفسیر داده‌های *GPR* بر حسب هدف مورد نظر، به روش‌های متفاوتی انجام می‌شود. هنگامی که هدف تعیین محل و ژرفای عوارض نقطه‌ای نظیر حفرات و مجاری زیر زمین است، از روش تحلیل و مدلسازی منحنی‌های تفرق استفاده می‌شود.

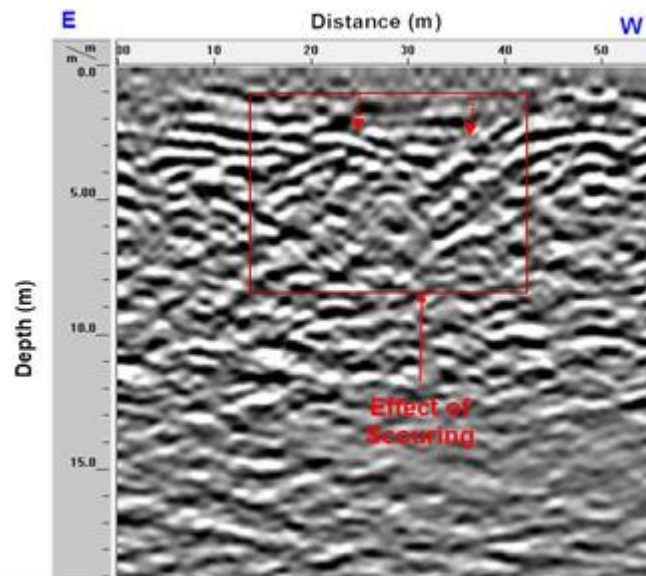
۳-۳. پروفیل P3-1

طول پروفیل حدود ۵۲ m و روند آن شرقی- غربی می‌باشد (شکل ۴). این پروفیل از ابتدای کوچه چهاردهم- شرقی عرض خیابان را طی کرده و وارد خیابان هفتم غربی می‌شود و در محدوده متر ۶ تا ۱۶ متری و عمق تقریبی ۳ تا ۳/۵ متری آن، عارضه‌ها و آشفتگی‌هایی در لایه‌بندی مشاهده می‌شود که می‌تواند به دلیل ترواش آب، و یا تخریب ساختار قنات احتمالی در این محل باشد.

هشتمین جشنواره بین المللی برترین های پژوهش و نوآوری و دومین کنفرانس مدیریت شهری (جایزه جهانی تهران)، آذر ۱۳۹۴



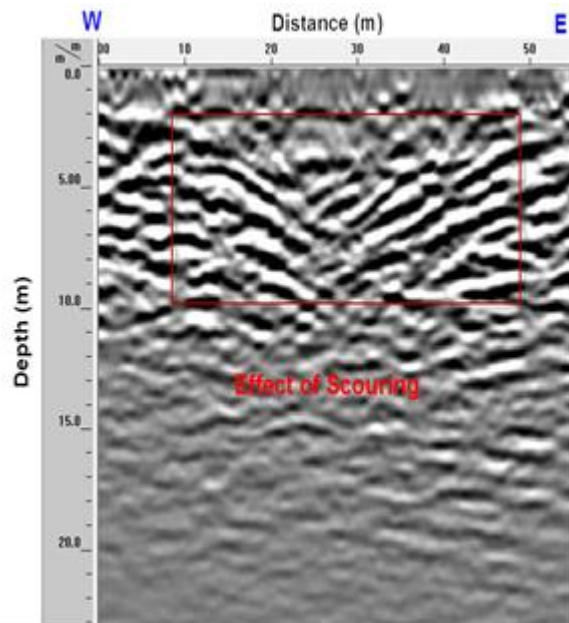
شکل ۳. طرح واره‌ای از موقعیت پروفیل‌ها در محدوده مورد مطالعه.



شکل ۴. مقطع به دست آمده از مسیر P3-1

۳-۴. پروفیل P3-2

طول پروفیل حدود ۵۲ m و روند آن غربی- شرقی می باشد (شکل ۵). این پروفیل در جهت عکس پروفیل P3-1 برداشت شده است. در محدوده متر ۳۶ تا ۴۹ متری و در عمق تقریبی ۳ تا ۵ متری آن، عوارض و ناهنجاری ها به صورت آشکارتر از آنچه در پروفیل P3-1 دیده شد، نمود یافته است که دلیل خوبی بر وجود مشکلاتی در این بخش از پروفیل است که می تواند به خاطر تراوش آب و یا تخریب بخشی از قنات عبوری در این قسمت باشد.



شکل ۵. مقطع به دست آمده از مسیر P3-2

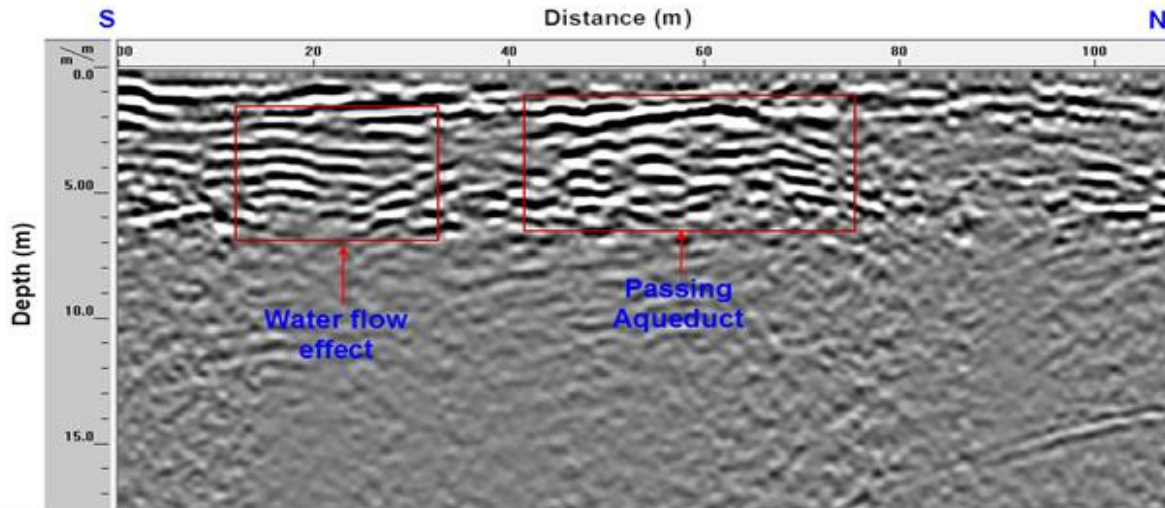
۴-۵. پروفیل P7

طول پروفیل حدود ۱۰۸ m و روند آن جنوبی- شمالی می باشد (شکل ۶). همانطور که در شکل مشاهده می شود و با رنگ زرد مشخص شده است، دو ناهنجاری آشکار به ویژه ناهنجاری موجود در محدوده متر ۴۴ الی ۷۰ و عمق ۲ تا ۵ متر مشاهده می شود. با مراجعه به شکل ۳ (پروفیل های برداشت) مشخص می شود که این ناهنجاری در تقاطع با پروفیل های P3-1 و P3-2 وجود دارد و از سوی دیگر، اگر روند بازتابنده مشاهده شده در پروفیل P7 دنبال شود، مشاهده می شود که در محل یادشده، ساختار لایه بندی کاملاً آشفته شده است که می تواند به علت تخریب کوره یا میله قنات باشد.

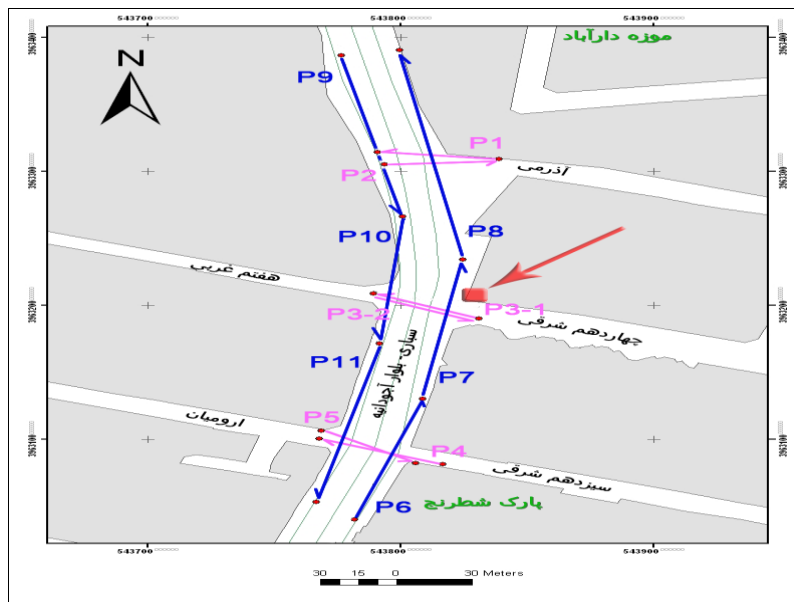
۵. نتیجه گیری

در این مطالعه، از دستگاه GPR با آنتن ۵۰ مگاهرتز استفاده گردید و در مجموع، ۱۲ پروفیل با طول ۱۰۱۱ متر

برداشت شد. داده‌ها، مورد پردازش قرار گرفته و رادارگرام‌های آن تهیه گردید و سپس، همه عوارض بر روی این رادارگرام‌ها مشخص شد. با توجه به پردازش‌های انجام شده، چنین به نظر می‌رسد که عمده خرابی‌های ناشی از تراوش آب به روسازی خیابان، به خاطر قنات موجود در بخش شمالی تقاطع کوچه چهاردهم شرقی و خیابان شهید سبازی است (شکل ۷) که پس از تراوش آب از قنات (یا نفوذ آب‌های سطحی) و عدم نفوذ آن به لایه‌های سیمانی شده زیرین (به دلیل ماهیت زمین‌شناسی منطقه) و حرکت و تجمع آب بر روی این لایه‌ها، باعث تخریب سطح خیابان شده است.



شکل ۶. مقطع به دست آمده از مسیر P7



شکل ۷. مظهر قنات نیش کوچه چهاردهم شرقی با فلش قرمز مشخص شده است.

۷. مراجع

- درویش زاده، ع. (۱۳۷۱). *زمین شناسی ایران*. چاپ چهارم، انتشارات امیرکبیر.
- Graf, F.L. (1990). Using ground-penetrating radar to pinpoint pipeline leaks, *Materials Performance*, 29: No. 4, 27-29.
- Huisman, J. A., Hubbard, S. S., Redman, J. D., and Annan, A. P. (2003). Measuring Soil Water Content with Ground Penetrating Radar, *Vadose Zone Journal* 2:476-491.
- Davis, J.L., Annan, A.P. (2002). Ground Penetrating Radar to measure soil water content. *Methods of soil analysis. Part 4. SSSA Book*. p. 446-463
- Nakhkash, M., Mahmood_Zadeh, M. R. (2004). Water Leak Detection Using Ground Penetrating Radar. *Proceeding of 10th International Conference on Ground Penetrating Radar*: 525-528.
- Hunaidi, O. Giamou, P. (1998). Ground-penetrating radar for detection of leaks in buried plastic water distribution pipes. *7th International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR '98)*: 783-786
- Cardimona, S., Webb, J., Lippincot, T. (2000). Ground Penetrating Radar. *Geophysics* 2000, 11-19.

Tracing the Scouring Area in Sabbari Street (North of Tehran) Using Ground Penetrating Radar Method

Usef Alaadin¹, Bahram Yousefi², Sima Houshmand³

¹ Geotechnical & Strength of material study center of Tehran, usef_aladin@yahoo.com

² Geotechnical & Strength of material study center of Tehran, bahram.yousefi82@gmail.com

³ Geotechnical & Strength of material study center of Tehran, sima.houshmand@yahoo.com

Abstract

In this study, Ground Penetrating Radar (GPR) method has been used to identify the source of water leakage in different parts of Ajoudanieh Street in vicinity of Chess Park located at district 1 of Tehran Municipality.

The GPR data acquisition had been performed by a 50 MHz GPR antenna. GPR data collected in 12 longitudinal profiles on both parallel and cross on the street; 6 profiles along the street and six other profiles cross to the street. At the next step, the collected data has been processed by the GPR experts of the Subsurface Identification Department at Geotechnical & Strength of material study center of Tehran. In the processing of the GPR data, different filters such as background removal, Migration, Band pass filter, and horizontal and vertical smoothing are applied to the data.

After the processing step, the results indicate that the major reason of water seepage into the pavement of the Ajoudanieh is from an aqueduct which is passed through the northern part of the Ajoudanieh Street; so the seepage from aqueduct or surface water infiltration and penetration into underneath non-cemented layers (due to the nature of the geological formations existed in the area) damaged the street.

Key words: Aqueduct, Ground Penetrating Radar, Migration, Water leakage