شناسایی فروریزش‌های محتمل با استفاده از رادار نفوذی به زمین

حمیدرضا قرهی[۱]، صفورا روضه‌خوان آخونی[۲]، حبیب رحیمی[۳]
[۱]سرپرست بخش ژئوفیزیک، مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران، h.gharahi@yahoo.com
[۲]مسئول واحد عملیات میدانی، مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران، rozehkhan_safoura@yahoo.com
[۳]عضو هیئت علمی و دانشیار، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، rahimih@ut.ac.ir

چکیده

با توجه به قدرت تفکیک زیاد روش رادار نفوذی به زمین و همچنین، سرعت زیاد و سهولت برداشت، می‌توان گفت که این روش در بررسی و آشکارسازی اهداف زیرسطحی کم‌عمق مشابه حفره‌های زیرسطحی، قنات‌ها و اهداف دیگری که ثابت دی‌الکتریک متفاوتی با محیط اطراف خود دارند، روش قابل قبولی است. علاوه بر تأثیر بسامد امواج ارسالی از آنتن رادار نفوذی به زمین، عوامل دیگری همچون رطوبت خاک، میزان مواد رسی ریزدانه یا به طور کلی ریزدانه بودن رسوبات، عمق بررسی یا نفوذ امواج ژئورادار را کاهش می‌دهد. این مساله بصورت عمده ناشی از بالاتر بودن میزان رسانندگی الکتریکی به واسطه حضور رطوبت و یا ذرات رسوبی ریزدانه نسبت به رسوبات درشت دانه است. در این مطالعه به منظور بررسی فروریزش معبر در خیابان کارگر شهر تهران، از دستگاه رادار نفوذی به زمین با آنتن ۸۰ مگاهرتز استفاده شده و هفت پروفیل با مجموع طول ۶۶۲ متر برداشت شده است. رادارگرام‌ها پردازش شده و بی هنجاری‌های مرتبط با فروریزش ها بروی آنها مشخص شده است. این بی‌هنجاری‌ها در مرحله بعد بروی تصاویر ماهواره‌ای جانمایی و بروی نتایج بدست آمده بحث شده است. با توجه به نتایج برآورد شده، همخوانی خوبی مابین بی‌هنجاری‌های شناسایی شده در پروفیل‌های موازی مشاهده می‌شود که می‌تواند دلیلی بر شناسایی قابل قبول بی‌هنجاری‌های محتمل به فروریزش در منطقه مورد مطالعه باشد.

واژه‌های کلیدی: رادار نفوذی به زمین، پردازش، عمق نفوذ، آشکار سازی اهداف زیرسطحی، پروفیل GPR، ثابت دی الکتریک

Identification of possible settlements using Ground Penetrating Radar

Hamidreza Gharahi, Head of Geophysics Department, Geotechnical & Strength of material study center of Tehran,Tehran Municipality [1]
Safoora Rozehkhan Akhooni, Head of Field Operation, Geotechnical & Strength of material study center of Tehran,Tehran Municipality[2]
Habib Rahimi, Associate Professor of Seismology, Institute of Geophysics University of Tehran [3]

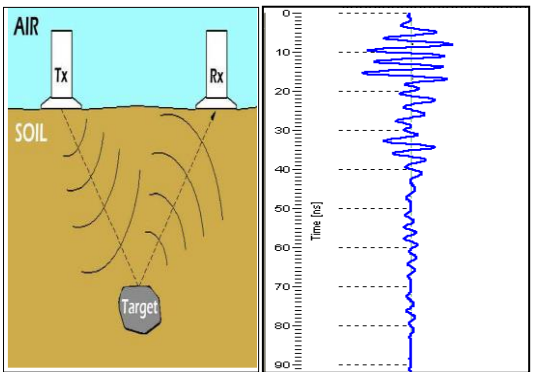
Abstract

Considering the high-resolution power of the ground penetrating radar method, as well as the high speed and ease of acquisition, it can be said that this method is useful in investigating and detecting shallow subsurface targets similar to subsurface holes, canals and other targets that have a different dielectric constant from the surrounding environment. It is an acceptable method. In addition to the effect of the frequency of the waves sent from the GPR antenna, other factors such as soil moisture, the amount of fine-grained clay materials or the fineness of the sediments in general, reduce the depth of investigation or penetration of GPR waves. This problem is mainly caused by the higher electrical conductivity due to the presence of moisture or fine-grained sediment particles compared to coarse-grained sediments. In this study, a ground penetrating radar device with 80 MHz antenna was used and seven profiles with a total length of 662 meters were taken in order to investigate the intersection of Kargar Street in Tehran. The radargrams have been processed and the anomalies related to the meetings have been identified on them. These anomalies are discussed in the next step on the positioning satellite images and on the obtained results. According to the estimated results, there is a good agreement between the anomalies detected in the parallel profiles, which can be a proof of the acceptable identification of possible anomalies in the study area.

Keywords: Ground Penetrating Radar،(GPR), Processing, Depth of Penetration, Detection of subsurface targets, GPR Profiles, Dielectric Constant

۱ مقدمه

روش رادار نفوذی به زمین روش بازتاب پالس الکترومغناطیسی برای بررسی‌های کم‌عمق با قدرت تفکیک زیاد است. این روش مشابه با لرزه‌نگاری بازتابی است که بر مبنای انتشار و بازتاب موج عمل می‌کند (Blindow, 2007). در حالت ساده یک دستگاه GPR از یک تولیدکننده سیگنال تشکیل شده است. سیگنال ایجاد شده با این تولیدکننده به وسیله آنتن فرستنده به درون زمین فرستاده می‌شود. امواج با سرعت زیادی در زمین منتقل می‌شوند و هنگامی که این امواج به یک شیء و یا سطح بازتاب برخورد می‌کنند، بر اثر تغییر امپدانس الکترومغناطیسی در این محل‌ها، قسمتی از امواج از سطح، بازتاب خواهد شد (Parasnis, 1997). آنتن گیرنده مستقر در دستگاه، این بازتاب‌ها را به صورت یک پیک بالا نشان می‌دهد و زمان حرکت و دامنه‌های بازتاب را ضبط می‌کند (شکل ۱).



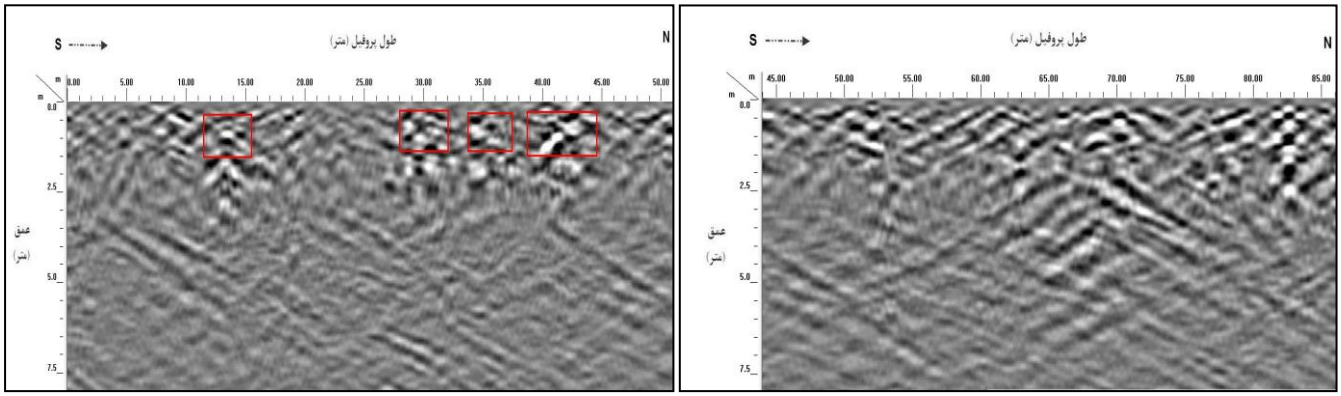
شکل ۱ - شمایی از مسیر بازتاب موج از بازتابنده‌ی عمقی

زمان رفت و برگشت موج از آنتن فرستنده و بازتاب از اهداف زیرسطحی و دریافت در گیرنده، از چند ده تا چندین هزار نانو ثانیه متغیر است. دستگاه‌های رادار نفوذی به زمین در واقع زمان رسید امواج را اندازه‌گیری می‌کنند. در نتیجه مقطع اولیه نمایش داده‌های برداشت شده یک مقطع زمانی است که در آن محور قائم، فاصله زمانی ارسال موج از فرستنده و دریافت با گیرنده را نشان می‌دهد. برای تعیین موقعیت مکانی رویدادها، باید این زمان‌ها به عمق تبدیل شوند یعنی این مقطع به مقطعی که محور قائم آن عمق را نمایش دهد، تبدیل شود. برای این منظور لازم است تا سرعت سیر موج در ساختارهای زیرسطحی منطقه مورد بررسی، محاسبه شود. در این مطالعه با استفاده از برداشت‌های رادار نفوذی به زمین در طول پروفیل‌های موازی و عمود بر ساختارها امکان شناسایی فروریزش‌ها بیشتر شده و عدم قطعیت‌ها کاهش پیدا کرده است. در این مطالعه به منظور شناسایی فروریزش‌های احتمالی در خیابان کارگر جنوبی شهر تهران، پروفیل‌هایی با طول بیش از ۶۶۲ متر برداشت و نتایج آن پردازش و گزارش شده است.

۲ روش تحقیق

مسئله مهم در بررسی روش رادار نفوذی به زمین اعمال پردازش‌های مناسب روی داده‌ها به منظور تفسیر قابل قبول است. هدف مورد بررسی، نوع و میزان پردازش‌های اعمالی را تعیین می‌کند. برخی از اهداف مورد بررسی فقط به پردازش‌های اولیه نیاز دارند درحالیکه در برخی تحقیقات باید پردازش‌های پیشرفته‌ای روی داده‌ها اعمال شود. از پردازش‌های استفاده شده در این مطالعه می‌توان به Band Pass، Background Removal، Range Gain و Horizontal Smoothing اشاره کرد. پردازش صافی میان‌گذر به منظور شناسایی و حذف نویزهای اضافی استفاده شد. هنگام استفاده از روش رادار نفوذی در محیط‌های شهری، یکسری نویزهای پیوسته که شبیه بازتابنده‌های افقی هستند در سرتاسر برداشت‌ها مشاهده می‌شود که سبب پنهان شدن برخی از بی‌هنجاری‌ها می‌گردند، بنابراین در پردازش دیگر اعمال شده بر روفی داده‌ها، حذف پس‌زمینه برای از بین بردن

این مشکل انجام گرفت. در ادامه و در شکل ۲ یک نمونه از مقاطع هفت رادارگرام پردازش شده به همراه بی‌هنجاری‌های مشخص شده آورده شده است. در شکل ۳ جانمایی همه پروفیل‌ها به همراه بی‌هنجاری‌های مشاهده‌ای آورده شده است.



شکل ۲- رادارگرام پردازش شده مرتبط با پروفیل K_1 - مستطیل‌های قرمز بی‌هنجاری‌های مشاهده‌ای را نمایش می‌دهند.

شکل ۳- پروفیل‌های جنوب به شمال، L_1 تا L_3 برداشت شده به همراه بی‌هنجاری‌های احتمالی (شکل بالا)؛ ادامه پروفیل‌های جنوب به شمال، K_1 تا K_4 برداشت شده به همراه بی‌هنجاری‌های احتمالی (شکل پایین)

۳ نتیجه‌گیری

با توجه به قدرت تفکیک زیاد روش رادار نفوذی به زمین و همچنین، سرعت زیاد و سهولت برداشت، می‌توان گفت که روش رادار نفوذی به زمین در بررسی و آشکارسازی اهداف زیرسطحی کم‌عمق مشابه حفره‌های زیرسطحی، قنات‌ها و اهداف دیگری که ثابت دی‌الکتریک متفاوتی با محیط اطراف خود دارند، روشی مناسب است. علاوه بر تأثیر بسامد امواج ارسالی از دستگاه رادار نفوذی به زمین، عوامل دیگری همچون رطوبت خاک، وجود و میزان مواد رسی ریزدانه یا به طور کلی ریزدانه بودن رسوبات، عمق بررسی یا نفوذ امواج GPR را کاهش می‌دهد، که این امر عمدتاً ناشی از بالاتر بودن میزان رسانندگی الکتریکی به واسطه حضور رطوبت و یا ذرات رسوبی ریزدانه نسبت به رسوبات درشت دانه است. در این مطالعه به منظور بررسی فروریزش معبر در خیابان کارگر بالاتر از میدان انقلاب، از دستگاه رادار نفوذی به زمین با آنتن ۸۰ مگاهرتز دستگاهMALA GX HDR استفاده و ۷ پروفیل با مجموع طول ۶۶۲ متر برداشت شد. داده‌ها مورد پردازش قرار گرفته و رادارگرام‌های آن تهیه و سپس همه عوارض بر روی این رادارگرام‌ها جانمایی گردید. در پروفیل‌های موازی همخوانی خوبی مابین پروفیل‌ها مشاهده شد که نشان دهنده قطعیت به نسبت بالای بی هنجاری‌های شناسایی شده می‌تواند باشد. بی‌هنجاری‌های احتمالی لزوماً محدوده‌های سست و مستعد فروریزش نیست و می‌تواند مواردی چون تجمع آب، تغییر در لایه بندی و خاک دستی ... باشد.

۴ سپاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان بر خود می‌دانند از آقایان مهندس آرش گوهری، مهندس فرهنگ (ریاست محترم و مدیر محترم گروه ژئوتکنیک و ژئوفیزیک مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران) به دلیل راهنمایی‌های ارزنده شان صمیمانه تشکر نماییم.

۵ منابع

1- Annan, A. P., 2001, Ground penetrating radar workshop note: Sensors and software.
2- Apparao, A., 1997, Development in geoelectrical methods, A. A. Balkema.
3- Blindow, N., Eisenburger, D., Illich, B., Petzold, H. and Richter, T., 2007, Ground penetrating radar, In Environmental Geology (Eds K.Knödel, G.Lange and H.-J.Voigt), Springer, 283-335.
4- Kofman, R., Ronen, A. and Fredman, S., 2006, Detection of model voids by identifying reverberation phenomena in GPR records, Journal of Applied Geophysics, 59, 284-299.
5- Neal, A., 2004, Ground penetrating radar and its use in sedimentology, principles, problems and progress. Earth-science Reviews, 66, 261-330.
6- Parasnis, D. S., 1997, Principles of applied geophysics, 5thedition, Chapman and Hall.
7- Reynolds, J. M., 1997, an introduction to applied end environmental geophysics, John Wiley & Sons Ltd.
8- Shafri, H. Z. M., Abdollah, R. S. A., Roslee, M. and Numiandy, R., 2008, Optimization for ground penetrating radar (GPR) mixture model in road pevement density data analysis, IGARSS, USA.