



دانشگاه سمنان

معرفی دستگاه PS Suspension Logging

جهت تعیین خواص ژئوتکنیکی خاک

محمد حاجی عزیزی^۱، محمدرضا شادباش^۲

۱-شادباش، سمنان-دانشگاه سمنان-دانشکده عمران

arashzrz@yahoo.com

۲-حاجی عزیزی، سمنان-دانشگاه سمنان-دانشکده عمران

mhazizi@yahoo.com

چکیده

از دیرباز مهندسين ژئوتکنیک علاقه مند بوده اند که ویژگی های خاک را از قبیل چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی، وزن مخصوص و ... را بدون دست خورده شدن خاک و با دقت قابل قبولی اندازه بگیرند. در این گزارش دستگاه PS SUSPENSION LOGGING معرفی می گردد که بوسیله آن می توان سرعت موج برشی و طولی را در لایه های مختلف خاک اندازه گیری کرده و با استفاده از زمان تأخیر بین ورود آنها خواص ژئوتکنیکی خاک را تخمین زد. در معرفی این دستگاه از عملیاتی که بر روی دو گمانه در استن فرد کالیفرنیا انجام شده بود کمک گرفته شد. پهنه بندی مناطق مختلف با استفاده از این دستگاه و یافتن رابطه ای بین سرعت موج برشی و خواص ژئوتکنیکی خاک منطقه می تواند علاوه بر این که دقت شناسایی خواص خاک را بالا ببرد در صرف هزینه نیز صرفه جویی قابل توجهی داشته باشد.

کلمات کلیدی : PS Suspension Logging، سرعت موج برشی، سرعت موج طولی، خواص ژئوتکنیکی خاک، گمانه زنی، منبع.

مقدمه

امروزه با توجه به پیشرفت فناوری در زمینه های مختلف علوم، مهندسين به دنبال روش های جدید با دقت بالا تر و هزینه کمتر می باشند. علم ژئوتکنیک نیز به عنوان شاخه ای از مهندسی عمران از این امر مستثنی نبوده و با توجه به اینکه در پروژه های بزرگ مطالعات ژئوتکنیکی یکی از ارکان اصلی پروژه می باشد لزوم پیشرفت در این رشته و تولید دستگاه های جدید برای شناسایی های تحت الارضی یک امر حتمی می باشد در این خصوص در بخش شناسایی های تحت الارضی و شناخت لایه بندی خاک در یک منطقه دستگاهی به نام دستگاه PS Suspension Logging معرفی می گردد که این دستگاه این قابلیت را دارد که لایه بندی خاک را با دقت و سرعت بیشتر و با هزینه کمتری انجام دهد این دستگاه توسط شرکت ژاپنی OYO ساخته شده و از دهه ۷۰ در ژاپن استفاده می شود. در مقابل این روش، روش های Down-hole و Cross-hole وجود دارد که این روش ها مشکلات مخصوص خودشان را داشته از جمله هزینه بالا یا قطر زیاد برای گمانه زنی یا تعداد گمانه ها که همگی این پارامترها به عنوان مسئله ای برای مهندسان برای ایجاد دستگاهی بهتر مطرح بوده اند. در این مقاله به معرفی این دستگاه پرداخته شده و نحوه عملکرد آن و همچنین آنالیز آن شرح داده شده است در آخر دلایل استفاده از دستگاه و مزیت های آن آورده شده است. در توضیح این دستگاه از ۲ چاه گمانه در استن فرد کالیفرنیا استفاده شده است.

معرفی دستگاه

این دستگاه به طور مستقیم سرعت متوسط را در قطعات ۳/۲۸ ft از ستون خاکی که محل چاه را احاطه کرده است بوسیله اندازه گیری زمان سپری شده بین ورود امواج پخش شده در خاک اندازه گیری می کند. گیرنده هایی که امواج را دریافت می کنند (Hydrophone برای امواج P و Geophone برای امواج S_H) و منبعی که امواج را تولید می کند با هم جابجا شده و در تمام عمق، سیگنال هایی با شدت تقریباً ثابت ایجاد می کنند. دستگاه شامل ترکیبی از یک منبع امواج برشی با سیم پیچ قطبی برگشت پذیر و منبع امواج فشاری است که به وسیله یک سیلندر ایزولاسیون انعطاف

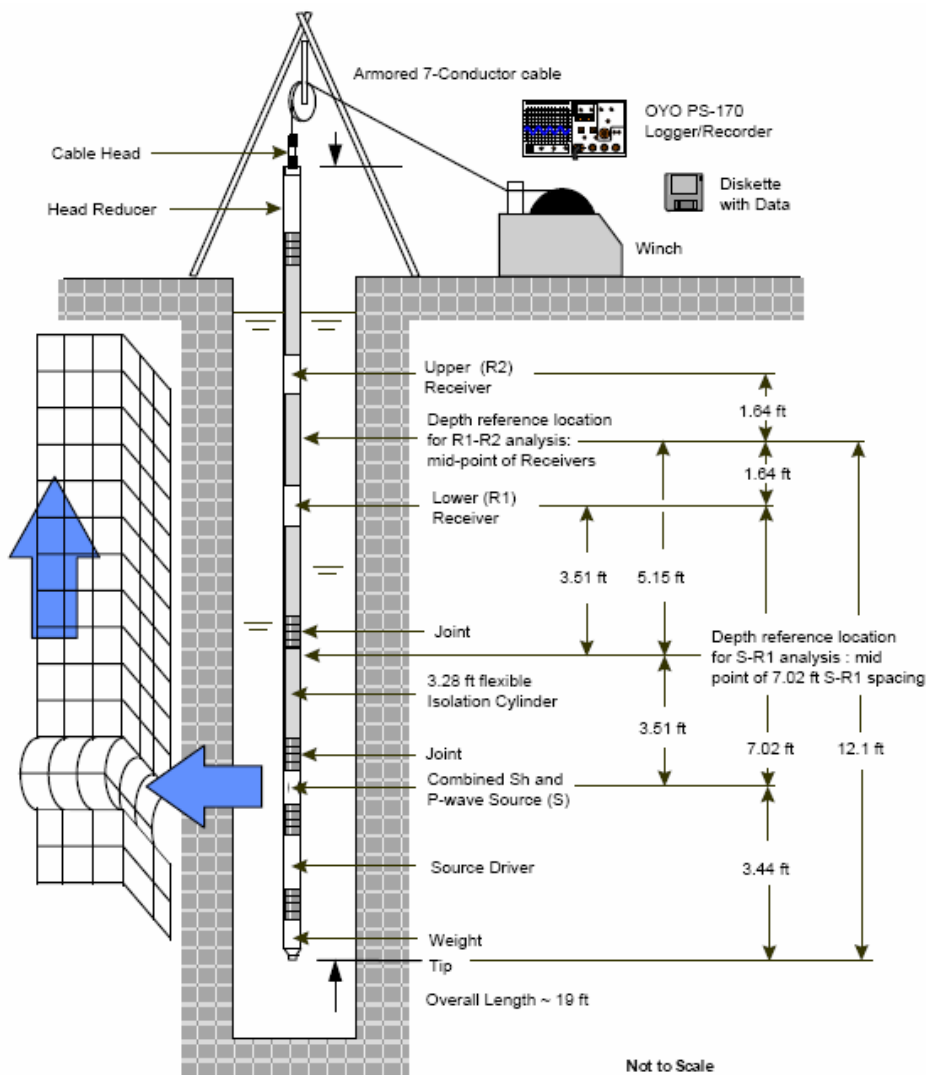
۱. استادیار دانشگاه سمنان

۲. دانشجوی کارشناسی دانشگاه سمنان

پذیر به دو گیرنده^۶ دو محوره متصل شده است همان طور که در شکل (۱) نشان داده شده است فاصله ی ۳/۲۸ ft بین دو گیرنده اجازه تعیین سرعت متوسط امواج در منطقه بین دو گیرنده را بوسیله ی انحراف زمان حرکت موج بین دو گیرنده می دهد.

طول کل دستگاه همان طور که در این عملیات استفاده شده است ۱۹ ft می باشد و مرکز بین دو گیرنده در ۱۲/۱ ft از پایین دستگاه می باشد. دستگاه ، سیگنال های کنترل را توسط کابل مسلح شده ۷ هادی از ابزاری در سطح می گیرد و سیگنال های تقویت شده گیرنده ها را به آن ابزار می فرستد. کابل دور یک قرقره که به جرثقیل متصل است پیچیده می شود و برای حمایت از دستگاه به کار می رود. حرکت کابل، اندازه گیری شده تا داده های مربوط به عمق دستگاه بدست آید.

کل دستگاه بوسیله ی کابل معلق در مرکز چاه قرار می گیرد. در نتیجه حرکات منبع به طور مستقیم به دیوار چاه وارد نمی شود بلکه حرکات منبع امواج فشاری افقی فزاینده ای را در مایعی که چاه را پر کرده است تولید می کند. این امواج فشاری وقتی به دیواره چاه برخورد می کنند در خاک و سنگ اطراف چاه به امواج S_H و P تبدیل می شوند. این امواج درون خاک و سنگ پخش شده و پس از اینکه مسیر خود را طی کردند باعث می شوند امواج فشاری در مایعی که اطراف گیرنده ها قرار دارد بوجود آید امواج ثبت شده بر روی یک نمایشگر CRT و نوار کاغذ که از ۶ کانال با مقیاس زمان خارج شده اند نمایش داده می شود. داده ها بر روی یک فلاپی ۳/۵ اینچی برای پردازش های بعدی ذخیره می شود. بالغ بر ۸ مرحله نمونه گیری می توانند جمع شوند تا نسبت سیگنال به اغتشاش را بهبود بخشند. بازنگری داده های نشان داده شده بر روی CRT یا نوار کاغذ این امکان را به کاربر می دهد که gain ، فیلترها ، زمان تأخیر، طول پالس (انرژی)، سرعت نمونه گیری و تعداد مجموع نمونه ها را تنظیم کند تا کیفیت داده ها را قبل از ضبط بهینه نماید.



شکل ۱: شماتیک دستگاه PS Suspension Logging

روش اندازه گیری معلق

هر دو چاه بدون غلاف حفر شده، و جدار دیوار با گل بنتونیت پوشانده می شود و گمانه با آب پر می شود. دستگاه حفاری طوری جایگذاری می شود که وسط گیرنده ها در سطح زمین قرار بگیرد و کنتورهای الکتریکی و مکانیکی روی صفر تنظیم می شوند. دستگاه در داخل چاه به قدری پایین برده می شود که مرکز دو گیرنده در سطح قرار بگیرند. و کنتور الکترونیکی و مکانیکی عمق، روی صفر تنظیم می شوند سپس دستگاه تا انتهای چاه گمانه پایین برده می شود و دوباره به سطح باز گردانده می شود. در حالی که در فواصل $1/64 \text{ ft}$ توقف کرده و اطلاعات را جمع آوری می کند. در هر عمق اندازه گیری دو رکورد متضاد افقی و یک رکورد قائم انجام می گیرد و gain به اندازه مورد نیاز تنظیم می شود. داده های هر عمق بر روی نوار کاغذ چاپ شده، کنترل شده و قبل از اینکه به عمق بعدی برده شود بر روی فلاپی ذخیره می شود. در اتمام اندازه گیری، نمایشگر عمق صفر دستگاه در سطح، قبل از خارج کردن از چاه تأیید می شود.

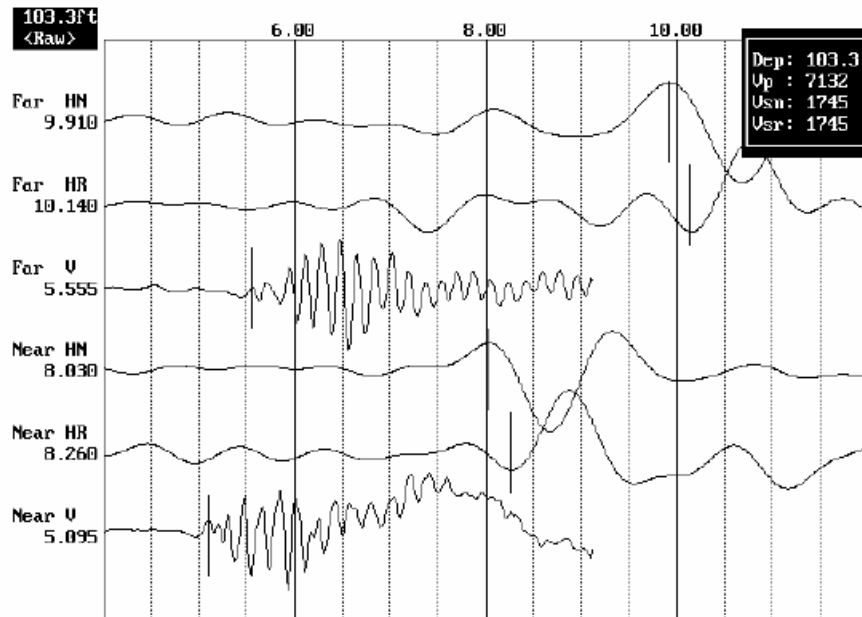
آنالیز داده های معلق

رکوردهای دیجیتالی ثبت شده تحلیل می شوند تا موقعیت اولین کمینه که نشان دهنده ورود انرژی امواج P می باشد روی محور قائم مشخص شود. اختلاف زمان ورود به گیرنده ۱ و گیرنده ۲ (R1-R2) برای اندازه گیری سرعت امواج P در قطعه ستون $3/28 \text{ ft}$ از خاک مورد استفاده قرار می گیرد. در حالیکه ورود امواج قابل رویت P بر روی محور افقی برای تأیید سرعتی که از داده های محور قائم بدست آمده است مورد استفاده قرار می گیرد.

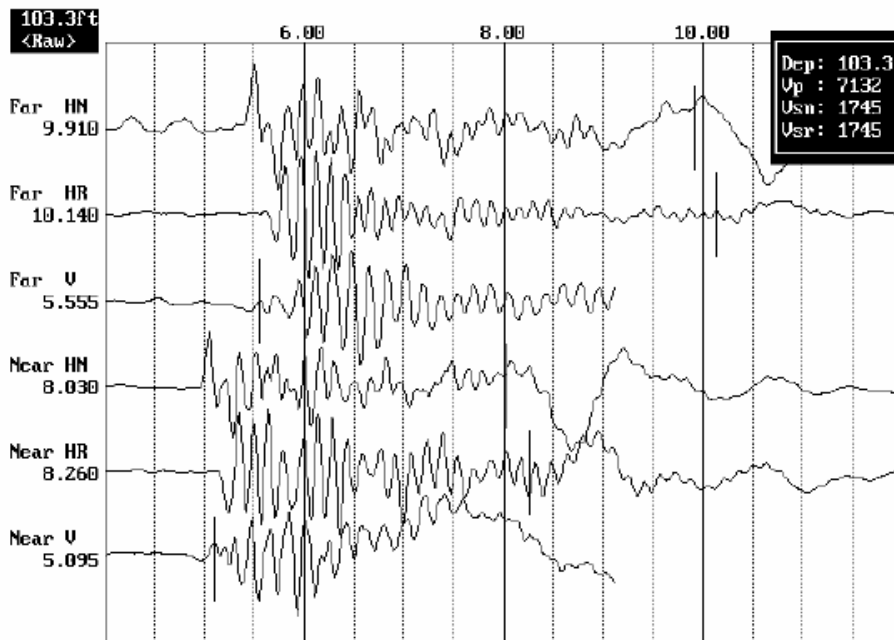
برای اطمینان از کیفیت سرعتی که از زمان سپری شده بین دو گیرنده بدست می آید سرعت امواج P از زمان سیر امواج در فواصل $7/02 \text{ ft}$ از منبع تا گیرنده ۱ (S-R1) محاسبه شده و پرینت می شوند. در این تحلیل ها مقادیر ثبت شده عمق به علاوه $5/15 \text{ ft}$ شده تا به نقطه میانی فاصله $7/02 \text{ ft}$ (S-R1) مربوط شود همان طور که در شکل (۱) نشان داده شده است. زمان حرکت اینگونه بدست می آید که از اولین شکست سیگنال امواج P در گیرنده (۱) $2/7$ میلی ثانیه که همان تأخیر محاسبه شده و تأیید شده تجربی از ضربه پالس (trigger pulse) منبع (شروع ثبت) تا ضربه منبع می باشد کم می شود. این تأخیر مربوط به مدت زمان شتاب سیم پیچ قبل از ضربه است. رکوردهای دیجیتالی ثبت شده مطالعه می شوند تا حضور پالس های امواج خالص S_H تصدیق شود که حضور این امواج با حضور پالس های قطبیده متضاد بر روی هر جفت رکوردهای افقی نشان داده می شود. به طور ایده آل سیگنال های امواج S_H از پالس های ساده و معکوس منبع به طور خیلی نزدیکی تصاویر معکوس شده یکدیگرند. فیلترهای پایین گذر FFT – IFFT استفاده می شوند تا سیگنال امواج فرکانس بالای P را از سیگنال امواج S_H حذف کند. فیلترهای متفاوت قطع جریان برای جداسازی امواج S_H و P در اعماق مختلف در دامنه 700 Hz برای آرام ترین مناطق تا 2000 Hz برای مناطق با بیشترین سرعت استفاده می شود. در هر عمق فرکانس فیلتر حداقل ۲ برابر فرکانس غالب سیگنال امواج S_H که فیلتر می شوند انتخاب می شود.

عموماً اولین بیشینه از سیگنال های ساده انتخاب شده و اولین کمینه از سیگنال های معکوس، هر چند اگر اولین پالس از شکل طبیعی خارج شود دیگر نقاط روی امواج هم استفاده می شوند. زمان مطلق ورود سیگنال های ساده و معکوس ممکن است بین $\pm 0/2$ میلی ثانیه تغییر کند که این تغییر ناشی از تفاوت زمان تحریک سیم پیچ منبع است که این تحریک توسط سمت گیری مکانیکی ثابت در منبع یا انحراف چاه گمانه انجام می گیرد. این تغییرات بر سرعتهای بدست آمده از R1-R2 تأثیر نمی گذارند زیرا اختلاف زمانی بین ورود امواج که با تحریک همان منبع بدست می آیند اندازه گیری می شود. مقدار نهایی سرعت، میانگین مقادیری است که از تحریکات ساده و معکوس منبع بدست آمده است. همانند داده های امواج P، سرعت امواج S_H نیز محاسبه شده و پرینت می شوند.

شکل (۲) مثالی از اندازه گیری R1-R2 بر روی رکورد نمونه فیلتر شده نشان می دهد در شکل (۲)، اختلاف زمانی $1/88$ میلی ثانیه در طول $3/28 \text{ ft}$ برای سیگنال های افقی معادل سرعت امواج S_H برابر 1745 ft/s می باشند. هر وقت ممکن باشد اختلاف زمانی از نقاط مختلف فاز بر روی رکورد امواج S_H تعیین شده تا داده هایی که از اولین ورود پالس امواج S_H بدست آورده شده تأیید شوند. شکل (۳) همان رکورد را قبل از فیلتر کردن رکورد امواج S_H با فیلتر پایین گذر دیجیتالی 1400 Hz FFT – IFFT نشان می دهد که نشان دهنده حضور انرژی امواج فرکانس بالای P در شروع رکورد و تغییر شکل امواج فرکانس پایین S_H توسط سیگنال های امواج پسماند P می باشد.



شکل ۲: نمونه فیلتر شده پایین گذر (1400 Hz)



شکل ۳: نمونه فیلتر نشده

کاربردهای این دستگاه شامل موارد ذیل می باشد:

- (۱) تحقیقات ایمنی سد
 - (۲) مطالعات پاسخ لرزه ای زمین برای کوله های پل ،سد،ساختمان ها و ...
 - (۳) مطالعات پی
 - (۴) اندازه گیری خصوصیات خاک و سنگ (مدول برشی و حجمی،تراکم،نسبت پواسون)
 - (۵) توصیف سایت ها با تکان قوی
 - (۶) کنترل سرعت برای بررسی بازتابهای لرزه ای
- دلایل استفاده از این دستگاه عبارتند از :
- (۱) تنها روشی است که سرعت امواج P و S_H را به طور قابل اطمینان در یک چاه در اعماق بیش از ۲۰۰ ft می دهد
 - (۲) در چاههای بدون غلاف یا غلاف دار PVC می تواند استفاده شود در حالی که نتایج در چاههای بدون غلاف بهتر است.
 - (۳) در چاههایی که برای Barg ها حفاری شده اند می تواند استفاده شود.
 - (۴) شفافیت بالایی برای رفع لایه های نازک که می توانند آثار چشمگیری بر روی پاسخ سطح داشته باشند ، دارد.
 - (۵) نیاز به فقط یک چاه دارد در مقابل روش Cross-hole (اندازه گیری سرعت موج برشی) که حداقل ۲ چاه نیاز دارد.
 - (۶) در حال حاضر تا عمق ۲۰۰۰ ft استفاده شده است
 - (۷) به طور ویژه ای با خاک سازگار است در حالی که وسایل کشف نفت برای سنگ بهینه هستند
 - (۸) اندازه گیری خصوصیات سنگ و خاک را ممکن می سازد مانند مدول برشی و حجمی،تراکم،نسبت پواسون
 - (۹) در لایه های سریع و جایی که امکان نفوذ به اعماق زیاد مقدور نباشد ، شبیه روش های سطحی مثل Down-hole مشکلی ندارد.

مراجع:

1. <http://www-ssrl.slac.stanford.edu/lcls/cf/geotechnical/geotechnicaldatareportvol1jan05/07-slacvol.1appendixf.pdf>
2. http://www.geologging.com/english/products/probes/digital_suspension.htm
3. http://www.geovision.com/PDF/M_PS_Logging.PDF
4. <http://www.ncree.gov.tw/ncree-jrc/CD/Poster/MingHungChen.pdf>