Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی اثرات انتشار امواج صوتی بر اندازه گیری های آزمایش آنالیز طیفی امواج سطحی در کاوش های ژئوتکنیکی دریا

دکتر توحید اخلاقی
استادیار گروه مهندسی ژئوتکنیک دانشکده عمران دانشگاه تبریز
آدرس: تبریز ـ بلوار ۲۹ بهمن ـ دانشگاه تبریز ـ دانشکده عمران
تلفن: ۳۳۹۲۵۱۳ (۰۴۱۱) ؛ دورنگار: ۳۳۴۴۲۸۷ (۰۴۱۱)
پست الکترونیکی: takhlaghi@tabrizu.ac.ir

۱. مقدمه

روش آنالیز طیفی امواج سطحی (SASW) یک تکنیک درجا و غیر مخرب جهت شناسائی های ژئوتکنیکی و تعیین پروفیل سختی لایه های تشکیل دهنده زمین در خشکی و بستر دریا می باشد. این روش به علت سرعت و دقت بالا و اقتصادی بودن آن از دیگر روش های امواج لرزه ای متمایز است. آزمایش آنالیز طیفی امواج سطحی بر مبنای تولید و ثبت امواج لرزه ای در سطح زمین و یا بستر دریا و تحلیل اختلاف فاز سیگنال های حاصله در حوزه فرکانسی و وارونه سازی نتایج با استفاده از یک مدل الاستیک، همگن و ایزوتروپ دارای لایه بندی افقی استوار است.

هنگامیکه از مواد منفجره به عنوان منبع انفجاری جهت ایجاد امواج لرزه ای در آزمایش SASW در زیرآب استفاده می‌شود امواج صوتی ناشی از انفجار در آب تولید می‌شوند[۱]. این امواج بر روی رکوردهای حاصل از گیرنده‌ها تأثیر گذاشته و در صورت نادیده گرفتن اثر این امواج در محاسبات، نتایج حاصل از آزمایش دقیق نبوده و ممکن است گمراه کننده نیز باشد. از اینرو لازم است خواص و ویژگی های امواج صوتی که در اثر انفجار در آب منتشر می شوند با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار بگیرد. در شرایط حضور آب و مرز منعکس‌کننده آب ـ هوا و خواص متفاوت آب در مقایسه با هوا، یک واکنش مختلط در ستون آب ایجاد می‌شود. مدل تئوریکی استفاده شده برای آزمایش آنالیز طیفی امواج سطحی در زیر آب اثرات ناشی از امواج پیکری، سطحی و صوتی ایجاد شده در بستر دریا را در نظر گرفته ولی اثرات ناشی از انرژی صوتی تولید شده در ستون آب حاصل از انفجار، بر روی بستر دریا و در نتیجه رکوردهای حاصل از گیرنده‌ها در مدل منظور نگردیده است. انرژی این امواج در بعضی از حالت‌ها باعث فشرده شدن منحنی فاز در روش SASW شده و در صورت فیلتر نکردن اثرات ناشی از این امواج از منحنی فاز باعث بوجود آمدن خطا در محاسبات می‌شود. همچنین سختی بستر دریا بر مود های انتشار امواج سطحی تاثیر گذار است. مود غالب انتشار امواج سطحی تحت تاثیر سرعت موج برشی در بستر دریا بوده و در این رابطه از سرعت موج طولی در آب جهت مقایسه و تعیین میزان سختی و نامگذاری سختی بستر دریا استفاده می شود[۲].

۲. اثر امواج صوتی بر روی اندازه‌گیری های SASW

امواج صوتی موجود در ستون آب (مرز میان بستر دریا و سطح آب) ممکن است بر روی اندازه‌گیری های SASW تأثیرگذار باشند. این تداخل هنگامی رخ می‌دهد که از منبع انفجاری جهت تولید امواج لرزه ای استفاده شود. در این شرایط امواج صوتی با دامنه بالا در ستون آب و در فاصله میان سطح آب و بستر دریا انتشار می‌یابند. جهت بررسی و تبیین رفتار امواج صوتی لازم است شرایط مرزی در سطح بستر دریا و سطح آب مشخص و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. این شرایط عبارتند از:

۱ـ شرایط متناظر با تنش آزاد در سطح آب (مرز بین هوا و آب) و بستر صلب

۲ـ شرایط متناظر با تنش آزاد در هر دو سطح (سطح آب و بستر دریا).

۲. ۱. شرایط متناظر با مرز آزاد و صلب در بالا و پایین لایه آب

در این شرایط معادله دو بعدی موج به وسیله تابع پتانسیل ϕ به شکل زیر بیان می‌شود[۳]:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = c^2 \left[\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2}\right] \qquad (۱)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در عبارت فوق c سرعت فاز موج طولی در آب (تقریباً حدود m/s ۱۵۰۰) بوده و جهات x و z بترتیب بموازات سطح آب و عمود بر سطح تعریف می شوند.

اگر تغییر مکان ها در جهات افقی و قائم با u و w نشان داده شوند این تغییر مکان ها با تابع پتانسیل ϕ به وسیله روابط زیر مرتبط می گردند:

تابع پتانسیل $\frac{\partial \phi}{\partial x} = u$, $\frac{\partial \phi}{\partial z} = w$ (۲)

ϕ را می توان به وسیله رابطه زیر نشان داد:

$$\phi = f(z)\exp(k_x x - \omega t) \quad (۳)$$

که در آن تابع $f(z)$ نشانگر نحوه تغییرات دامنه مؤلفه اتساعی موج سطحی، ω بیانگر فرکانس زاویه ای وk_x بیانگر عدد موج در جهت x می‌باشد($k_x = \frac{\omega}{c_x}$). با جاگذاری معادله (۳) در معادله (۱)خواهیم داشت:

$$\frac{d^2 f(z)}{dz^2} + [\frac{\omega^2}{c^2} - k_x^2] f(z) = 0 \quad (۴)$$

تابع $f(z)$ از رابطه زیر بدست می آید:

$$f(z) = A\sin(k_z z) + B\cos(k_z z) \quad (۵)$$

در رابطه فوق A و B مقادیر ثابتی هستند که از شرایط مرزی بدست می آیند و k_z عدد موج در جهت z بوده و رابطه زیر بین آن و عدد موج k_x برقرار است:

$$k_z = [\frac{\omega^2}{c^2} - k_x^2]^{\frac{1}{2}} \quad (۶)$$

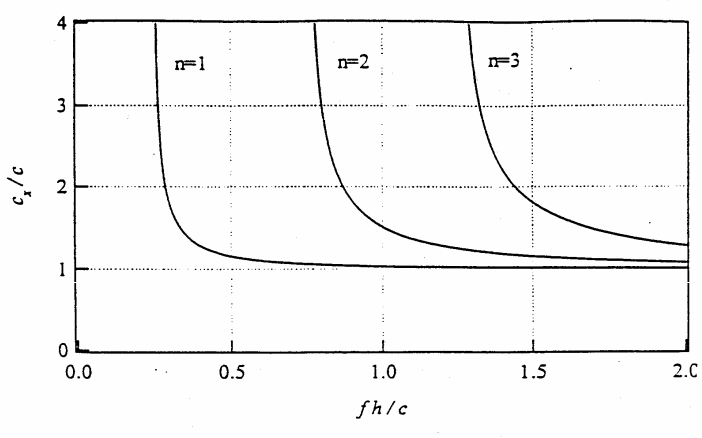
اگر h را برابر ارتفاع ستون آب در نظر بگیریم با استفاده از شرایط مرزی فوق الاشاره در محاسبه تابع پتانسیل و قرار دادن مقدار $\cos(k_z h)$ برابر با صفر، می توان نوشت:

$$k_z h = (2n-1)\frac{\pi}{2} \quad \text{برای} \quad n = 1, 2, 3, \ldots \quad (۷)$$

با ترکیب معادلات (۶) و(۷) نسبت سرعت موج در جهت x به سرعت موج طولی در آب از رابطه زیر بدست می آید:

$$\frac{c_x}{c} = \frac{1}{[1 - (\frac{c(2n-1)\pi}{2\omega h})^2]^{\frac{1}{2}}} \quad (۸)$$

این نسبت برای اولین تا سومین مود انتشار موج در شکل۱ نشان داده شده است. همانطور که دیده می‌شود برای هر مود در یک فرکانس خاص سرعت فاز در جهت x به سمت بینهایت میل می‌کند. در فرکانس‌های کمتر از فرکانس فوق، مودی منتشر نمی‌شود. این فرکانس، فرکانس برش (Cutoff Frequency) نامیده می‌شود.



www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱: سرعت فاز نرمالیزه در جهت x برای سه مود اول موج صوتی در شرایط مرزی آزاد و بستر صلب

مقدار فرکانس برش برای اولین مود در شرایط مرزی ذکر شده در بالا(سطح آزاد در بالا و صلب در پایین) برابر $\frac{۰.۲۵c}{h}$ است. به عنوان مثال برای یک سیستم با سرعت موج طولی برابر با $c=$ ۵۰۰۰ فوت بر ثانیه و عمق آب برابر با h = ۴۰ فوت، فرکانس برش برای اولین مود تقریباً معادل ۲۵/۳۱Hz بدست می آید.

۲. ۲. شرایط متناظر با سطح آزاد در بالا و پایین لایه آب

روابط مورد استفاده در این حالت نیز مشابه روابط ارائه شده در قسمت قبل بوده با این تفاوت که باید شرایط مرزی جدید بستر در فرمولهای مربوطه لحاظ و اعمال شود. در این صورت با استفاده از تابع پتانسیل و به کاربردن شرایط مرزی متناظر با سطح آزاد در بالا و پایین لایه آب ($z = h = ۰ \ , \ \phi = ۰$)، خواهیم داشت:

$$sin(k_z h)=۰ \qquad (۹)$$

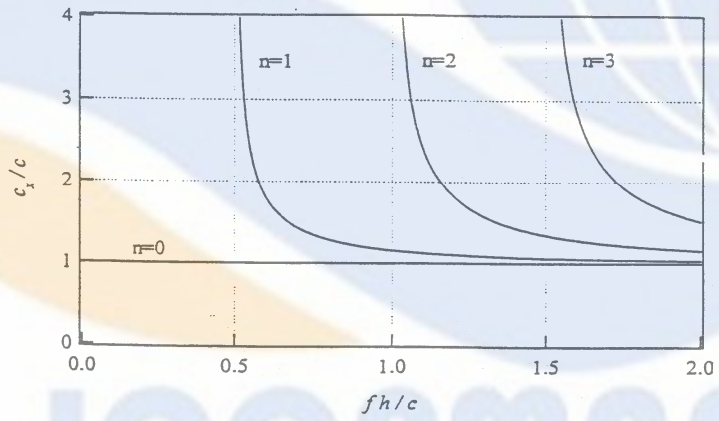
$$k_z h=n\pi \qquad \text{برای} \qquad n= ۱،۲،۳،.... \qquad (۱۰)$$

و لذا:

$$\frac{c_X}{c} = \frac{۱}{[۱-(\frac{cn\pi}{\omega h})^۲]^{\frac{۱}{۲}}} \qquad (۱۱)$$

نسبت سرعت فاز در جهت x به سرعت فاز کلی برای سه مود اول انتشار در شکل۲ نشان داده شده است. در این حالت فرکانس برش برای اولین مود وابسته به سرعت فاز(c) و ارتفاع آب(h) بوده و به وسیله رابطه زیر محاسبه می شود:

$$f_{cutoff} = \frac{۰.۵c}{h} \qquad (۱۲)$$



شکل ۲: سرعت فاز نرمالیزه در جهت x برای سه مود اول موج صوتی در شرایط مرزی آزاد در بالا وپایین لایه آب

به عنوان نمونه برای یک سیستم با سرعت فاز $c=$ ۵۰۰۰ فوت بر ثانیه و ارتفاع آب $h=$ ۴۰ فوت فرکانس برش برابر ۶۲/۶ Hz بدست می آید. سیستم ساده بحث شده در این قسمت بیانگر حالت‌های ایده‌آل شرایط مرزی است. برای حالت های مرزی واقعی در دریا، سطح آب (مرز آب و هوا) متناظر با یک سطح آزاد تحت فشار بوده و در بستر دریا نیز در شرایط واقعی هیچگاه شرایط مرزی آزاد یا صلب کامل برقرار نمی‌باشد. بستر دریا دارای شرایطی مابین شرایط فوق بوده و لذا نه کاملاً متناظر با سطح آزاد و نه کاملاً متناظر با بستر صلب می‌باشد بلکه ترکیبی از دو حالت فوق را داراست. رفتار بستر دریا در این شرایط با استفاده از روابط پیوستگی تنش ها و تغییر مکان‌ها در طول فصل مشترک آب و خاک مدل سازی و تعیین می‌شود.

منحنی زاویه فاز امواج صوتی و اسکولت زمانی با هم تداخل پیدا می‌کنند که در محدوده فرکانسی مشترک انتشار یابند. همانطور که بیان شد امواج صوتی در ستون آب اساساً در فرکانس‌های زیر فرکانس برش اولین مود منتشر نمی شوند. بنابر این اگر فرکانس های

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده شده در آزمایش SASW در زیر آب کمتر از فرکانس برش اولین مود موج صوتی باشد این امواج در فرکانس‌های مذکور منتشر نشده و در نمودار فاز و در نتیجه در نتایج آزمایش تأثیرگذار نخواهند بود. همچنین اگر فرکانس‌های استفاده شده در آزمایش کمی بیشتر از فرکانس برش اولین مود موج صوتی باشد یا بعبارتی فرکانس برش در انتهای بازه فرکانسی مورد استفاده در آزمایش قرار بگیرد یک تداخل خیلی کوچک رخ می دهد که می‌توان از آن صرفنظر نمود. در صورتی که فرکانس های استفاده شده در آزمایش خیلی بزرگتر از فرکانس برش اولین مود موج صوتی باشد یعنی فرکانس برش در میانه بازه فرکانس مورد استفاده در آزمایش قرار گیرد امواج صوتی در ستون آب منتشر شده و بر روی منحنی فاز سیگنال های دریافت شده توسط گیرنده‌ها تأثیر خواهند گذاشت. این اثر به شکل ترکیب شدن اختلاف فاز حاصل از امواج صوتی با اختلاف فاز حاصل از امواج اسکولت می‌باشد. همچنین دامنه امواج اسکولت و صوتی نیز بر میزان خطای ایجاد شده دراختلاف فاز مؤثر می باشند. علاوه بر موج مستقیم ورودی (موج صوتی)، امواج انعکاسی نیز منحنی اختلاف فاز را پیچیده‌تر خواهند نمود.

۳. مود غالب انتشار تحت شرایط سختی‌های متفاوت بستر

با حل معادله مشخصه پراکندگی امواج سطحی بی نهایت جواب حاصل می شود که هر ریشه بیانگر یک مود انتشارمی باشد. در روش SASW کوچکترین ریشه که متناظر با مود اول انتشار است مود غالب بوده و از این مود جهت رسم منحنی پراکندگی تئوریکی برای مقایسه با منحنی پراکندگی تجربی حاصل از آزمایش صحرایی استفاده می شود[۴].

در آزمایش های امواج سطحی در زیر آب، در بستر سخت دریا علاوه برامواج سطحی امواج شبه رایلی نیز انتشار می یابند. این موج به نام های موج صوتی با کمترین مقدار انرژی، موج رایلی نادرست، موج رایلی شعاعی و موج رایلی ضعیف نیز نامیده شده است. مود اول انتشار امواج در بستر دریا متناظر با موج اسکولت بوده و مودهای بالاتر بیانگر امواج صوتی می باشند. به بیان دیگر مود دوم حاصل از معادله مشخصه پراکندگی متناظر با موج آکوستیک با کمترین میزان انرژی است.

صدیقی منش و همکاران ایشان در تحقیقات خود در سال ۱۹۹۲ نشان دادند که موج شبه رایلی همان موج صوتی با کمترین مقدار انرژی است[۵]. سرعت انتشار موج شبه رایلی بسیار نزدیک به سرعت انتشار امواج رایلی است. انرژی امواج شبه رایلی در هنگام انتشار در مقایسه با انرژی امواج رایلی به سرعت کاهش می یابد بنابراین، امواج فوق نسبت به امواج رایلی خیلی زودتر مستهلک می‌شوند و معمولاً در فواصل زیاد از منبع قابل تشخیص نیستند.

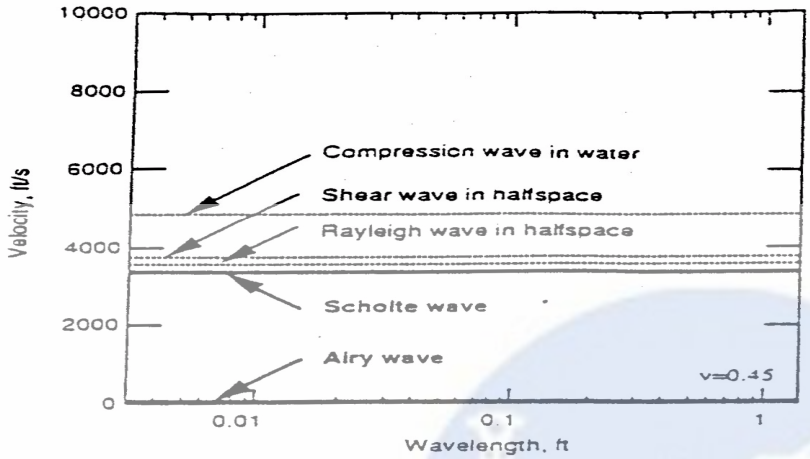
Luck et al (۱۹۹۳) جهت بررسی اثر سختی بستر بر مود غالب انتشار از آزمایش SASW بر روی یک دال بتنی در حال عمل آمدن در شرایط خشکی و زیر آب استفاده نمودند[۶]. آزمایشات در سطح دال بتنی از زمان گیرش اولیه بتن (۱/۲۵ساعت بعد از بتن ریزی) تاگیرش نهایی بتن (۱۰۱ روز بعد از بتن ریزی) انجام گردید. شرایط فوق محدوده وسیعی از سختی‌ها یا سرعت موج برشی ($۲۵۰۰-۲۷۰ m/s$) را شامل می شد. در مطالعات فوق از سرعت موج طولی آب جهت تعیین مرز بین مواد سخت و نرم استفاده شده و نشان دادند که با مقایسه سرعت موج برشی در مصالح خاکی و سرعت موج طولی آب می توان در مورد سخت و یا نرم بودن بستر و در نتیجه رفتار مود غالب اظهارنظر نمود.

بررسی ها و مطالعات انجام یافته در این تحقیق نشان می دهد که در شرایط بستر دریایی نرم و در حالتی که سرعت موج برشی در مصالح بستر دریا کمتر از سرعت موج طولی در آب است امواج اسکولت امواج مسلط بوده و مود اول که متناظر با امواج اسکولت است مود

www.SID.ir

Archive of SID

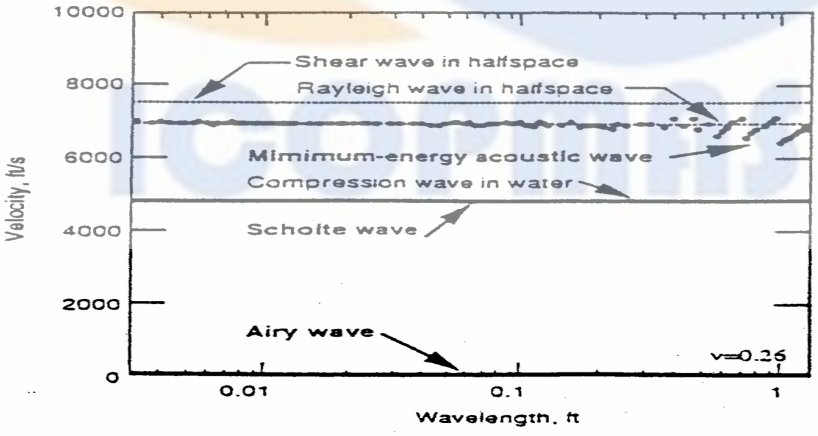
غالب انتشار می باشد. شکل ۳ منحنی پراکندگی انتشار امواج در یک محیط نیمه بی نهایت الاستیک نرم ($Vs<Vw$) را نشان می دهد.



شکل ۳: منحنی پراکندگی ا نتشار امواج در یک محیط نیمه فضای الاستیک نرم در زیر آب ($Vs<Vw$)

همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود در این نیمه فضا، امواج اسکولت با سرعتی کمتر از امواج رایلی حرکت کرده و سرعت امواج اسکولت تحت تأثیر سرعت موج برشی در مصالح محیط نیمه بی نهایت می‌باشد. در این شکل سرعت موج برشی و سرعت موج طولی آب نیز جهت مقایسه نشان داده شده است.

علاوه بر بستر دریای نرم، شرایط متناظر با بستر سخت در دریا نیز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و شکل۴ نشان دهنده منحنی های پراکندگی حاصل از آزمایش SASW در زیر آب بر روی یک محیط نیمه فضا با سرعت موج برشی بیشتر از سرعت موج طولی آب می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود سرعت موج اسکولت تحت تأثیر سرعت موج برشی خاک نبوده و بیشتر تحت تاثیر سرعت موج طولی آب است و به سمت این مقدار میل می‌کند. در این حالت (شرایط بستر سخت) امواج مسلط امواج شبه رایلی یا امواج صوتی با کمترین میزان انرژی می‌باشند که سرعت این موج تحت تأثیر سرعت موج برشی در مصالح خاکی است. لازم به ذکر است که این شرایط متناظر با شرایط آب عمیق می باشد. شرایط آب عمیق به شرایط آبی اطلاق می شود که در آن طول موج سطحی کمتر از عمق آب می باشد یعنی نسبت $\frac{L}{h}<1$ برقرار است [۷]. زمانی که سرعت موج برشی بستر بیشتر از سرعت موج آب باشد سرعت موج اسکولت



تحت تأثیر سرعت موج طولی آب بوده و به سمت آن میل می‌کند.

شکل۴: منحنی پراکندگی انتشار ا مواج در یک نیمه فضای الاستیک سخت در زیر آب ($Vs>Vw$)

www.SID.ir

Archive of SID

۴. خلاصه و نتیجه گیری

استفاده از منابع انفجاری جهت تولید امواج لرزه ای در ستون آب منجر به تولید امواج صوتی می شوند و این امـواج بـر روی دقـت آزمایش آنالیز طیفی امواج سطحی تأثیرگذار می باشند. عمق آب و شرایط مرزی مربوط به سطح آب و بستر دریا از جمله پارامترهای مؤثر بر انتشار امواج صوتی در آب هستند. در فرکانس های کمتر از فرکانس برش اولین مود امواج صوتی، این امواج در ستون آب تولید نـشده و در نتیجه اگر بازه فرکانسی مورد استفاده در آزمایش آنالیز طیفی امواج سطحی از این فرکانس کوچکتر باشد این امـواج بـر انـدازه‌گیـری هـای SASW اثرگذار نخواهند بود. زمانی که فرکانس برش اولین مود در بازه فرکانسی استفاده شده در آزمایش قرار بگیرد امواج صوتی در آب منتشر شده و بر روی منحنی فاز حاصل از گیرنده ها تأثیر می‌گذارند. در اکثر حالات، اثر موج صوتی را می‌توان به وسیله فیلتر کردن بخـش اولیه رکوردهای زمانی حذف نمود. اثر موج صوتی منتشر شده در ستون آب برمنحنی طیف زاویه فـاز آزمـایش SASW بـه صـورت اثـر اضافی آن بر تغییر فاز می‌باشد. اندازه تغییر فاز فوق بستگی به دامنه موج صوتی دارد. در مجموع امواج صوتی در اکثر شرایط بر اندازه گیری های SASW تأثیر گذار نمی باشد، زیرا فرکانس‌های انتشار آنهـا خیلـی متفـاوت از فرکـانس‌هـای مـورد اسـتفاده در آزمـایشSASW می‌باشند. با این همه موج صوتی می‌تواند با موج اسکولت تداخل پیدا کرده و یا حتی در بعضی مواقع به جای موج اسکولت تعبیر شود.

امواج صوتی امواج متناظر با مودهای بالاتر از مود اول انتشار امواج سطحی می باشند. این امواج متناظر بـا ریـشه هـای بزرگتـر از ریشه متناظر با مود اول حاصل از حل معادله مشخصه پراکندگی می باشند. کوچکترین مود امواج صوتی، امـواج صـوتی بـا کمتـرین مقـدار انرژی یا موج شبه رایلی می باشد. سختی بستر دریا بر مود غالب انتشار امواج سطحی تاثیر گذار است. در شرایطی که سـرعت مـوج برشـی بستر دریا از سرعت موج طولی آب کمتر است(شرایط بستر نرم) مود غالب انتشار امواج سطحی، مود اول بوده که متناظر با امـواج اسـکولت می باشد. در شرایطی که سرعت موج برشی بستر دریا از سرعت موج طولی در آب بزرگتر باشد(شرایط بستر سخت) مود غالب انتشار امـواج سطحی، مود دوم بوده که متناظر با امواج صوتی با کمترین میزان انرژی یا همان امواج شبه رایلی می باشد.

۵. مراجع

[۱] نبی زاده اصل، علی، "آنالیز کامپیوتری روش امواج سطحی جهت شناسایی های ژئوتکنیکی در زیر آب" پایان نامـه کارشناسـی ارشـد، دانشگاه ارومیه، ۱۳۸۲، ارومیه، ایران.

[۲] Stokoe, K. H. II, Wright, S. G., Roesset, J. M., Gauer, R. and Sedighi-Manesh, M., "In Situ Measurement of Stiffness Profiles in Ocean Bottom Materials Using the SASW Method", Proceedings, Offshore Technology Conference, OTC Paper No. ۶۲۳۴, Houston, Texas, ۱۹۹۰, pp. ۲۹۹-۳۰۵.

[۳] Ewing, W. M., Jardetzky, W. S. and Press, F. "Elastic Waves in Layered Media," McGraw-Hill, ۱۹۵۷.

[۴] گلابی، سید ابراهیم، "تعیین منحنی پراکندگی تئوریکی امواج رالی در محیط های لایه ای و بررسی اثر مودهای مختلف مـوج رالـی بـر روی آن"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، ۱۳۸۲، ارومیه، ایران.

[۵] Sedighi-Manesh, M., Wright, S. G., Roesset, J. M. and Stokoe, K. H. II, "Interpretation of Seismic Wave Measurements for Detection of Gas Hydrates Offshore", Proceedings, Offshore Technology Conference, Paper No. ۶۸۵۲, Houston, Texas, ۱۹۹۲.

[۶] Luke, B. A., Stokoe, K. H., Wright, S. G., Roesset, J. M. and Lee , B., "Experimental Investigation of Surface Wave Velocity in Simulated Ocean Bottoms", Proceedings, Offshore Technology Conference, OTC Paper No. ۷۱۱۲, Houston, Texas, ۱۹۹۳, pp. ۲۸۷-۲۹۷.

[۷] اخلاقی، توحید، "مطالعه تئوریکی روش امواج لرزه جهت شناسایی هـای ژئـوتکنیکی در زیـر آبهـا"، شـشمین کنفـرانس بـین المللـی مهندسی عمران ، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۲، اصفهان، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of Sound Waves Dissipation on Spectral Analysis of Surface Waves (SASW) Measurements in Marine Geo-Technical Investigations

Dr. Tohid Akhlaghi, Associate Professor of Geo-Technique, faculty of Civil-Engineering, Tabriz University

Abstract

Spectral analysis of surface waves (SASW) is a non-destructive, on-the-spot technique which is used in geo-technical investigations and operations that are designed to determine inflexibility profile of land layers both in land and sea. Due to being quick and accurate, this technique is often preferred to other seismic methods. SASW is based on generation and record of seismic waves on the surface of land or at seabed and then phase difference of resulting signals are analyzed in frequency scope. The outcome is then reversed using an elastic model. When explosive materials are used to generate seismic waves during SASW experiment inside the sea, sound waves are produced as a result of explosion. It affects records of the receivers and causes in the inaccuracy of results which sometimes may be confusing as well. It is, therefore, necessary to focus on properties of sound waves that are generated in this way. The theoretical model that has been applied for SASW experiment takes surface and sound waves into account.

Keywords: *spectral analysis, surface waves, non-destructive, technique, receiver, SASW*

www.SID.ir