

MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA

I. RESUMEN

La refracción sísmica es un método geofísico no destructivo para la interpretación de las propiedades de los suelos, y la detección de la profundidad de la roca, mediante el análisis de las variaciones en las velocidades sísmicas.

II. MÉTODO REFRACCIÓN SÍSMICA



Fig. 01: Sísmica de refracción

Este ensayo permite obtener los perfiles de ondas P de una zona de investigación, el principio del método consiste en medir el tiempo de llegada de las ondas de compresión (P) de una fuente artificial (caída de peso, pistolas de aire, martillo, explosivo). La longitud de la línea (L) se encuentra relacionada en una proporción de 3 a 4 veces con la profundidad de investigación (h), ($L \sim 3h$ a $4h$). A medida que la línea de refracción es más larga, la energía necesaria para es mayor, necesiándose en algunos casos explosivos.

Los materiales más compactos muestran velocidades altas de ondas P, en comparación con las velocidades bajas en materiales no consolidados.

Las mediciones de refracción sísmica se llevan a cabo a lo largo de los perfiles longitudinales de con múltiples sensores alineados (geófonos), con diferentes impactos posicionados en los extremos y parte central del tendido de la línea.

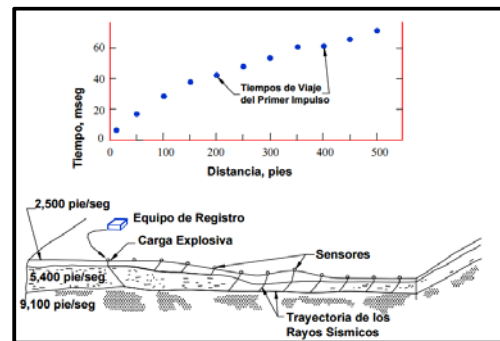


Fig. 02: Esquema del ensayo de Refracción Sísmica

Los resultados correspondientes a la velocidad de propagación de la onda de compresión V_p permiten definir áreas de contraste entre materiales de diferente velocidad y densidad.

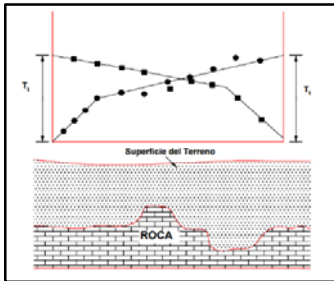


Fig. 03: Puntos altos y bajos sobre la superficie de la roca

Este método se basa en determinar los tiempos de recorrido de las ondas P (primarias), longitudinales o compresionales, desde un punto conocido (fuente sísmica) hasta una serie de sensores (geófonos) situados a lo largo de una línea de adquisición.

Conociendo tiempo de recorrido y distancia entre fuente y geófonos, se puede determinar la velocidad de propagación del medio situado entre ambos. La refracción sísmica permite reconstruir un perfil bidimensional de ondas P (V_p) en función de la profundidad a lo largo de la línea de geófonos.

Estas velocidades están controladas por los parámetros elásticos que describen el material y pueden correlacionarse con numerosas propiedades geomecánicas.

III. EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado para realizar los ensayos de medición del ensayo de refracción incluye principalmente lo siguiente:

SISMÓGRAFO:



Fig. 04: Sismógrafo marca Geometrics, modelo GEODE

Un adquirente digital multicanal de 12 a 24 canales de entrada, existen diferentes marcas ABEM Terraloc Pro, BISON, Pasi, Gisco, Geometrics, etc. La marca más utilizada, Geometrics, tiene los siguientes modelos: Geode, ES-3000, StrataVisor NZ XP o SmartSeis SE, entre otros.

SENSORES/GEÓFONOS:



Fig. 05: Geófono de 28 Hz

Para refracción sísmica se recomienda geófonos verticales con una frecuencia natural de 28 Hz, este sensor de frecuencias altas permitiría captar mejor las primeras llegadas de ondas P y aminoraría la llegada de las ondas superficiales, mejorando el procesamiento posterior de los registros.



Fig. 06: Geófonos de 28 Hz

CABLE DE REFRACCIÓN:



Fig. 07: Cable de Refracción Sísmica

También conocido como cable conector, los geófonos se conectan a dicho cable, la regla general es que la longitud extendida del cable conector de geófonos sea 3 a 4 veces la profundidad de investigación. Por ejemplo, con un sismógrafo de 24 canales, si la profundidad de interés es de 30 m, la longitud del cable conector de geófonos debe abarcar al menos 96 m, lo que supone un intervalo entre geófonos de 4 m.

FUENTE:



Fig. 08: Comba y plato metálico

Para líneas de refracción sísmica de 84 m de longitud, un martillo 20 libras es apropiado para la mayoría de los estudios. Para longitudes mayores de 100 m, se tiene que utilizar otras fuentes generadoras de energía, como es el martillo del ensayo SPT, explosivos, etc.



Fig. 09: Generación de ondas con equipo SPT

BATERIAS DE 12 VOLTIOS



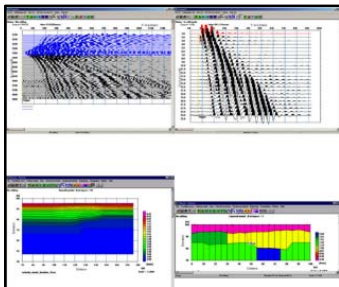
Fig. 10: Batería 12 voltios (Bosch)

GEORYS Ingenieros S.A.C. cuenta con 3 Baterías para respaldar un buen trabajo en campo, son baterías de alta densidad de energía, excelente rendimiento y completamente selladas a prueba de fugas, con un voltaje de entrada de corriente continua de 12 Voltios, con la magnitud y frecuencia deseada.



Fig. 11: Baterías 12 voltios

SOFTWARE DE ANÁLISIS DE DATOS:



Utilizamos el Software SeisImager/SW-1D para la obtención de perfiles sísmicos bidimensionales para estudios de Refracción Sísmica.

Fig. 12: Software usado en el procesamiento de datos sísmicos

IV. ADQUISICIÓN DE DATOS

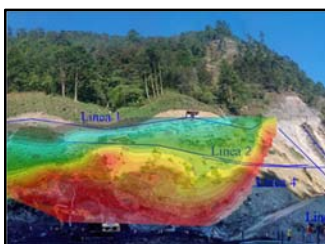


Fig. 13: Perfil de una línea de refracción sísmica

En los trabajos de campo para el ensayo de Refracción Sísmica, se define la línea sísmica, luego se procede a instalar los geófonos y los cables de conexión al equipo de adquisición de datos.

El espaciamiento entre geófonos se define en función de la profundidad de exploración requerida y del área libre disponible en la zona de trabajo.

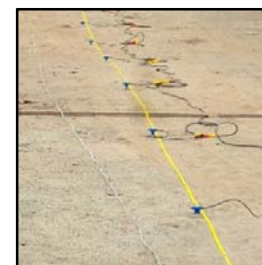


Fig. 14: Tendido de una línea de Refracción Sísmica



Fig. 15: Instalación del Geode

Se instala el equipo de adquisición (GEODE) en una superficie limpia y plana, luego colocamos los respectivos cables como son:

- ✓ Cable de Red, el cual va conectado a un adaptador, el mismo que se conecta al puerto de red de una laptop.
- ✓ Cable alimentador de energía, que va conectada a una batería de 12 voltios.
- ✓ Cable de Refracción, al cual van conectados los geófonos.

Luego de completar el tendido de la línea sísmica, se procede a generar señales sísmicas mediante la excitación del medio a través de golpes sobre un plato metálico.

La fuente de energía utilizada para generar las ondas sísmicas depende de la profundidad de investigación, para líneas menores de 100 m, una comba de 20 lbs. permite obtener registros de ondas con la adecuada nitidez.



Fig. 16: Golpe del Martillo sobre el plato metálico



Fig. 17: Cable de refracción sísmica con 15 m de espaciamento

El equipo de refracción sísmica de GEORYS Ingenieros S.A.C. cuenta con un adquisidor de datos de 24 canales, con 24 geófonos, 2 cables de refracción sísmica, de 5 m y 15 m de espaciamento máximo entre ellos, dando una longitud total de 120 m y 360 m respectivamente.

V. APLICACIONES

- ✓ Los principales estudios realizados con la utilización de este método son:
- ✓ Caracterización de macizos rocosos en minería a Tajo Abierto y Subterráneo.
- ✓ Estudios de Estabilidad de Taludes y Deslizamientos.
- ✓ Caracterización de compacidad de suelos para fundaciones de obras civiles (edificaciones, caminos, represas, puentes, etc.).
- ✓ Determinación de la trabajabilidad y ripabilidad de los materiales según la velocidad de las ondas compresionales (P).
- ✓ Definición de rellenos artificiales.
- ✓ Conjuntamente con los ensayos MASW y MAM (Vs), nos sirve para obtener las propiedades elásticas del suelo.

VI. VENTAJAS

- ✓ Permite hacer una prospección de estratos a muy poca profundidad en tierra. Esto es difícil de lograr con métodos de reflexión.
- ✓ La adquisición, procesamiento e interpretación son relativamente rápidos y sencillos.
- ✓ Es un método económico para el proyectista, pues abarca grandes extensiones de estudio en poco tiempo y se pueden tener un alcance preliminar, que será afinado con el informe final.

- ✓ La determinación de las velocidades de ondas P es bastante sencilla, ya que son las primeras llegadas.

VII. DESVENTAJAS

- ✓ Presenta limitaciones impuestas por la física de propagación de ondas, tales como el fenómeno de inversión de velocidad, el de capa delgada, el solapamiento de ondas cónicas de un mismo refractor, difracciones, refracciones no críticas.
- ✓ Sólo permite diferenciar las capas del subsuelo que presenten mayor contraste de velocidad y mayor espesor. En el caso de suelos con capas intermedias de menor velocidad el método no las visualizará, este fenómeno se llama inversión de onda.
- ✓ El problema de inversión de onda es el siguiente, una capa de suelo de baja velocidad de regular espesor entre dos capas más compactas no podrá ser detectada por el método de refracción sísmica debido a que la teoría de este método considera que los estratos incrementan su velocidad conforme se incrementa la profundidad, por ello este estrato de velocidad baja no podrá ser detectado. Presenta limitaciones de resolución debidas a la atenuación rápida de las longitudes de onda corta. Para detectar capas a mayor profundidad requiere tendidos de mayor longitud.
- ✓ En la práctica la refracción sísmica está limitada a profundidades hasta unos 100 metros y a 3 o 4 estratos principales. Capas más profundas son más difíciles de diferenciar por su velocidad en las dromocrónicas.
- ✓ Para que exista refracción de las ondas, la velocidad de propagación de las ondas debe ser estrictamente creciente con la profundidad. Está limitado por la disponibilidad de zonas descubiertas con suficiente extensión. La longitud del tendido en superficie está directamente relacionada con el alcance de la exploración en profundidad.