

Aplicación del Método MASW para estudios sobre microzonificación sísmica en la ciudad de Lorca-España

Jaruselsky Pérez Cuevas⁽¹⁾; Pedro Martínez-Pagán⁽¹⁾; Iván Alhama⁽²⁾; Manuel Cánovas⁽²⁾; Francisco Segura⁽¹⁾
 Departamento de Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica⁽¹⁾; Departamento de Física Aplicada⁽²⁾

Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas

Paseo Alfonso XIII, No 52, 30203 Cartagena (España)

Teléfono: 630306648

E-mail: jaruselskyperezc@gmail.com; p.martinez@upct.es; iam3@alumnos.upct.es; manuel.canovas@upct.es

Resumen. Históricamente los terremotos han causado innumerables pérdidas de vidas humanas y bienes materiales, estos daños siguen presentes actualmente y seguirán pasando en el futuro, con el inconveniente del crecimiento desproporcionado de la población que hace que los terremotos sean más catastróficos cuando ocurren en zonas densamente pobladas. Después de la ocurrencia de un terremoto se añaden otro tipo de problemas para los sobrevivientes que se han quedado sin hogar, problemas como soportar bajas temperaturas, incendios, robos, enfermedades relacionadas al agua y al medio en que viven. Más del 90 % de las víctimas de los terremotos están relacionadas al derrumbamiento de edificios, por lo que es esencial que exista una buena calidad en la construcción de las viviendas para reducir los desastres, es por esto que es de suma importancia la evaluación de los peligros que amenazan una zona, peligros como derrumbes de laderas, zonas sísmicamente activas por estar sobre fallas geológicas, cercanía al mar en caso de producirse tsunamis, etc. Con la utilización de esta técnica se propone una caracterización del suelo que permitirá tomar en cuenta nuevos parámetros en la actuación ante riesgos sísmicos de edificios ya construidos y en la planificación del riesgo sísmico para nuevas zonas urbanizables.

1. Introducción

La región de Murcia se encuentra ubicada en el sureste de la península ibérica, entre las coordenadas 37° 23'; 38° 45' Norte y 0° 41'; 2° 21' Oeste, referidas al meridiano de Greenwich.

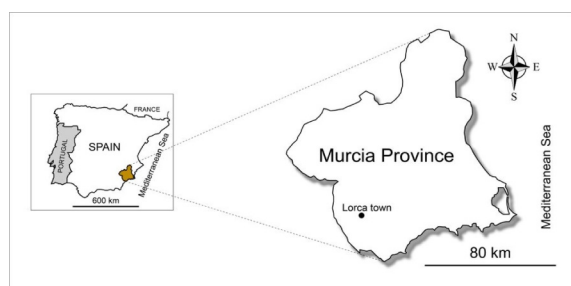


Fig. 1. Ubicación de Lorca-España.

En España ocurren más de 2.500 terremotos al año, siendo la región de Murcia una de las zonas más sensible y por tanto más afectada por estos eventos naturales. La peligrosidad sísmica en Murcia, caracterizada y cuantificada por registros históricos, muestra la necesidad de realizar estudios sísmicos para mitigar los posibles daños. De los terremotos ocurridos en esta región se destacan, debido a las numerosas pérdidas de vidas humanas y la destrucción parcial de algunas poblaciones, el terremoto de Torrevieja de 1829, los terremotos de Jacarilla de 1919, los de intensidad VIII ocurridos a lo largo de la falla de Alhama de Murcia y a lo largo del valle del Segura (Lorquí y Cotillas de 1911) y el terremoto de Cehegin de 1948. [1]

Debido a la problemática presentada en los párrafos anteriores, se pretende establecer, en primer orden, perfiles que definan la velocidad cizalla hasta los 30 metros de profundidad (V_s^{30}), esto logrado en base a la propagación de las ondas superficiales a través del empleo de técnicas geofísicas adecuadas para trabajar en ambientes urbanos.

2. Materiales y Métodos

2.1 Método MASW

El procedimiento a utilizar es el descrito por es el método multicanal de ondas superficiales (MASW) [2]. Este procedimiento consiste en registrar las ondas superficiales generadas por el golpeo en el terreno, con un martillo por ejemplo, para luego extraerse la curva de dispersión del modo fundamental y los modos superiores en caso de presentarse, finalmente se invierte esta curva en una sección vertical de cizalla. Todo esto es posible debido a que por lo general las ondas superficiales, producidas en este caso por un martillo, toman alrededor del 70 % de la energía sísmica total. Estas ondas se atenúan con la profundidad y se propagan dispersivamente cuando hay variación de la velocidad en los medios de propagación, es por esto que las grandes longitudes de ondas penetran grandes profundidades y las pequeñas longitudes de onda muestran las profundidades superficiales. [3]

En la aplicación de este método es conveniente la ayuda del sistema de adquisición del tipo Land Streamer, el cual consiste en un arreglo de geófonos,

dispuesto de forma tal que se acoplan al suelo o pavimento para detectar las ondas superficiales, estas ondas describen la variación de la velocidad de cizalla con respecto a la profundidad, obteniendo el perfil de V_s . El sistema Land Streamer permite obtener un alto rendimiento, esto es debido a que los estudios sísmicos consumen tiempo en el desplazamiento de equipos y protección de cables, además de plantar los geófonos cada vez que se proceda a realizar un perfil, es por esto que a través del SAIT (Servicio de Apoyo a la Investigación Tecnológica) de la Universidad Politécnica de Cartagena, se ha desarrollado un Land Streamer ajustado a nuestras necesidades, con el cual se cubren amplias zonas de estudio en poco tiempo.

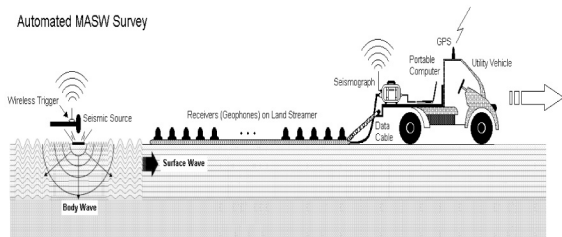


Fig. 2. Land Streamer desarrollado por el Servicio Geológico de Kansas, USA. Park et al 1999.

Para el proceso de adquisición se utilizaron geófonos de 28 Hz combinados con geófonos de baja frecuencia de 4.5 Hz, estos permitieron alcanzar la profundidad necesaria de 30 metros. La V_s^{30} es un parámetro fundamental en la zonificación sísmica, ya que permite categorizar los suelos según el Código Internacional de la Edificación (IBC 2000).

Tabla 1. Clase de suelos según la V_s^{30} IBC 2000.

Clase	Descripción	V_s^{30} (m/s) Según el IBC 2000
A	Roca Dura	$V_s > 1524$
B	Roca	$762 < V_s \leq 1524$
C	Suelo muy denso y/o roca blanda	$366 < V_s \leq 762$
D	Suelo rígido	$183 < V_s \leq 366$
E	Suelo blando	$V_s < 183$

Para la adquisición de las ondas superficiales se utilizó un sismógrafo SUMMIT II de la casa DMT (Alemania). El programa utilizado para el procesado es el "Surfseis 3.0" desarrollado por el Servicio Geológico de Kansas. Este programa permite representar perfiles de V_s en 1-D y en 2-D.

3. Resultados

Los perfiles obtenidos con el método tradicional y los realizados con el sistema de tipo Land Streamer no presentan variación alguna, por lo que el uso del Land Streamer aportar importantes ventajas al método, principalmente en la rapidez con la que se realizan los perfiles, llegando a doblar la cantidad de perfiles realizados.

En cuanto a la microzonificación sísmica realizada en la ciudad de Lorca, se realizaron varios perfiles en diferentes calles de esta ciudad, identificando así el comportamiento de la V_s^{30} . La microzonificación ha sido ampliamente utilizada en la definición del riesgo puntual para edificaciones ante un evento sísmico. A continuación se presentan los resultados obtenidos en la calle Juan Carlos I.



Fig. 3. Ubicación Calle Juan Carlos en Lorca.

La figura 4 muestra el primer paso en el procesamiento de las ondas superficiales. El proceso consiste, en primera instancia, en estimar la curva de dispersión obtenida para los diferentes perfiles realizados.

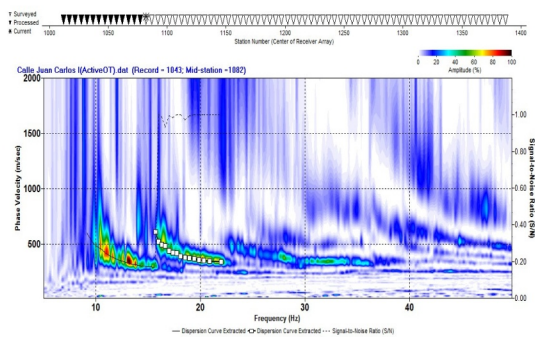


Fig. 4. Apreciación de la curva de dispersión.

La curva de dispersión se define regularmente para el modo fundamental, aunque en algunos casos suelen presentarse, como en esta ocasión, los modos superiores, los cuales se utilizan para mejorar la resolución y la profundidad obtenida en el perfil de velocidad de cizalla (V_s).

Definida la curva de dispersión, se continúa con la siguiente etapa que es el proceso de inversión. La figura 5 muestra los resultados en 1-D correspondiente al perfil obtenido en la avenida Juan Carlos I. En esta se aprecia inicialmente un descenso de la velocidad de cizalla hasta los primeros 4 metros.

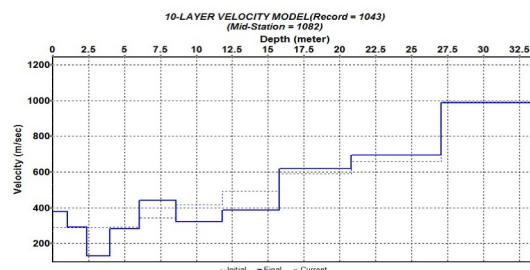


Fig. 5. Perfil de Velocidad de cizalla en 1-D.

En la figura 6 se describe el comportamiento de la V_s en un perfil en 2-D, compuesto, además, por la longitud de investigación (alrededor de 800 m) y la profundidad alcanzada (33 m).

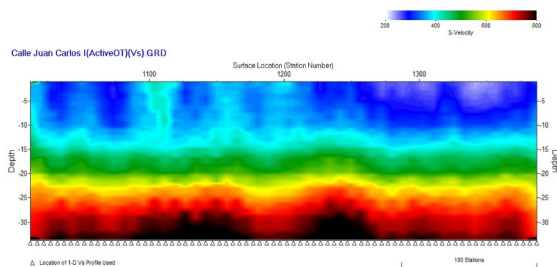


Fig.6. Perfil de Velocidad de cizalla en 2-D de la avenida Juan Carlos I.

La figura 7 describe el comportamiento de la velocidad de cizalla a diferentes profundidades, pudiéndose establecer la influencia que va adquiriendo las velocidades de cizalla (V_s^5 , V_s^{10} , V_s^{15} , V_s^{20} , V_s^{25} , V_s^{30}). Se puede apreciar como a medida que se profundiza en el terreno se va ganando precisión, estabilidad y mayor valor en las V_s .

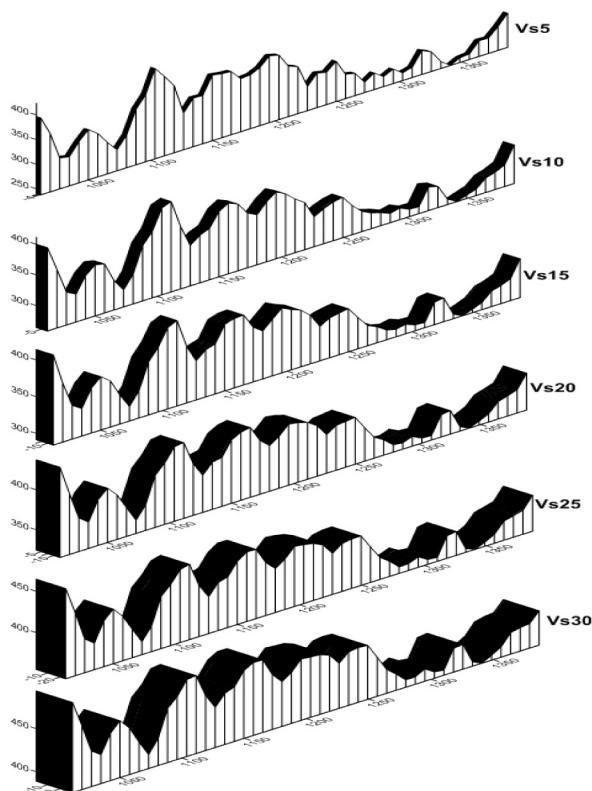


Fig. 7. Comportamiento V_s^5 , V_s^{10} , V_s^{15} , V_s^{20} , V_s^{25} , V_s^{30} .

El mayor valor de V_s^{30} fue de 493 m/s y el menor valor de V_s^{30} fue de 389 m/s lo que nos muestra que estamos frente a un tipo de suelo clase C (tipo de suelo muy denso y/o roca blanda) según IBC 2000. Para obtener una mayor precisión en los datos obtenidos se ha optado por subclasificar en tres partes los tipos de suelos definidos por la IBC2000, obteniendo un tipo de suelo, según la subclasificación adoptada, tipo C1 ($366 < V_s \leq 490$).

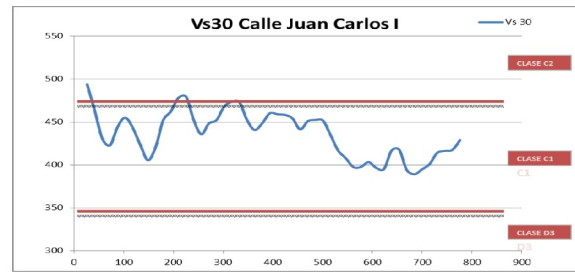


Fig.8. V_s^{30} según la clasificación de IBC 2000.

4. Conclusiones

Como se pudo apreciar el método MASW es robusto y fácil de utilizar, con el podemos identificar zonas puntuales o adquirir mapas de V_s^{30} , además, esta técnica ofrece un excelente estado de detalle y lo más importante es que supone un bajo coste en comparación con otras técnicas como Down Hole y Cross Hole.

Los resultados obtenidos han sido comparados con los datos alcanzados con otras técnicas para la obtención de V_s^{30} , técnicas como SPAC (Autocorrelación Espacial) y Microtremores de Refracción.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de los servicios de emergencias del ayuntamiento de Lorca y el apoyo de la policía local de Lorca en la regulación del tráfico. También agradecemos la financiación por parte de la Fundación Seneca (Murcia, España). Proyecto de investigación número 15322/PI/10.

Referencias

- [1] Dirección General de Protección Civil (DGPC). (2006) Plan especial de riesgo sísmico de la región de Murcia. SISMIMUR. Consejería de Presidencia, Comunidad Autónoma de la región de Murcia.
- [2] Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J. (1999) Multichannel analysis of surface waves: Geophysics. v. 64, n. 3, 800-808.
- [3] Ivanov, J., C. B. Park, R. D. Miller, J. Xia and Overtone, J. (2001) Modal separation before dispersion curve extraction by MASW method. Denver, Colorado.