

## تعیین ضخامت آبرفت با استفاده از لرزه نگاری شکست مرزی در ساختگاه سد لیلانچای

صابر رستمی<sup>۱</sup>، یوسف شرقی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی سهند، [saber.rostami64@gmail.com](mailto:saber.rostami64@gmail.com)  
<sup>۲</sup>دانشیار، عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی سهند، [sharghi@sut.ac.ir](mailto:sharghi@sut.ac.ir)

### چکیده

روش لرزه نگاری شکست مرزی در ساختگاه سد لیلانچای در شرق شهرستان ملکان و جنوب استان آذربایجان شرقی برای تعیین تغییرات ضخامت آبرفت به کار برده شد. برداشت داده ها در چند پروفیل در نقاط مختلف ساختگاه سد انجام شد و در نهایت با استفاده از روش های زمان تقاطع، پرتویابی، GRM و توموگرافی داده های به دست آمده تفسیر شدند. لایه های موجود در منطقه شامل آبرفت اشباع و غیر اشباع از آب، شیل و دولومیت است که در پروفیل های لرزه ای آشکار شدند. ضخامت آبرفت در پروفیل های مختلف لرزه ای از ۴ تا ۲۴ متر تغییر می کند. نتایج به دست آمده با حفاری ها و مقاطع زمین شناسی موجود مقایسه و نتایج خوبی حاصل شد. نتایج حاصله نشان می دهد که روش زمان تقاطع در لایه های با سرعت متغیر و تغییرات شدید عمق، مدل چندان معتبری را ارائه نمی دهد. با این وجود این روش به همراه روش پرتویابی توانستند مدل های اولیه خوبی را برای روش توموگرافی آماده کنند. GRM تغییرات جانبی سرعت را به خوبی به تصویر کشید و روش توموگرافی نیز مدل سرعت و عمق خوبی را ارائه داد.

**واژه های کلیدی:** لرزه نگاری شکست مرزی، زمان تقاطع، GRM، توموگرافی، پرتویابی، ضخامت آبرفت، سد لیلانچای

## Determination of Alluvium thickness in Leylan Chai dam site using refraction seismic method

Saber Rostami<sup>1</sup>, Yousef Sharghi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MSc Student, Sahand University Of technology  
<sup>2</sup>Associated Professor, Sahand University Of technology

### Abstract

Seismic refraction surveys were conducted in Leylan Chai Dam near Malekan, Eastern Azarbaijan province to determine depths of the alluvium in dam site. Refraction seismic data collected from 4 location in dam site and interpreted with four methods of interpretation, include: Intercept-time method, Raytracing method, Generalized reciprocal method and Refraction Tomography. Four layers include saturated alluvial, unsaturated alluvial, saturated shale and dolomite were detected in seismic profiles. Thickness of alluvium ranged from 4 to 24 meter. Results compared with boreholes and geologic sections and good results achieved. Also this results indicated that Intercept-time method have a weak result in complicate subsurface models, however this method with Ray tracing method can prepare well initial models for other raytracing methods such as tomography. GRM could finely illustrate the lateral changes in layers velocity and tomography also prepared high quality model of depth and velocity

**Keywords:** (: Refraction seismic, Intercept time method, GRM, Tomography, Ray tracing, Alluvium)

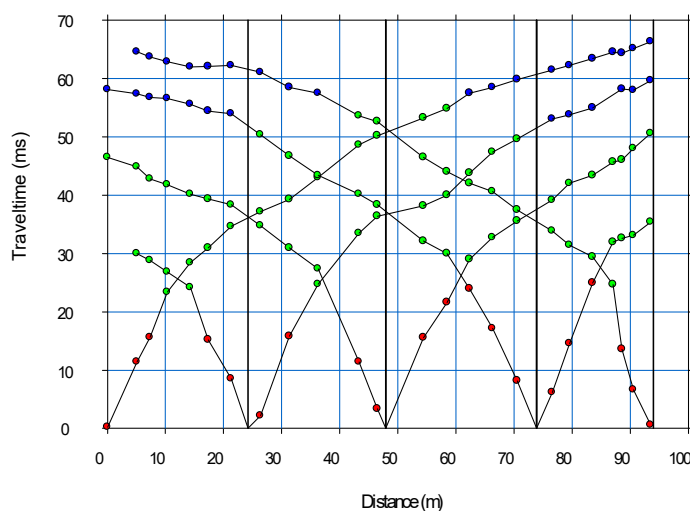
### مقدمه

حضور آبرفت تراوا و زون های خرد شده در پی یک سد، مشکلات مختلف آبگذری را می تواند ایجاد کند. اغلب قبل از احداث یک سد خاکی، ضخامت و ویژگی این لایه ها بررسی و پارامترهای مورد نیاز استخراج می شود (بدروسن و همکاران، ۲۰۱۱). روش لرزه نگاری شکست مرزی تکنیک مؤثری در تعیین ضخامت آبرفت، عمق سنگ بستر، سطح آب زیرزمینی، نوع لیتولوژی، تغییرات افقی و عمودی در لیتولوژی و تعیین ویژگی ساختارهایی مانند ریزگسل ها می باشد (آل عبد ال و محمد، ۲۰۱۰). در سال های اخیر مطالعات زیادی برای تعیین ضخامت آبرفت صورت گرفته است. در سال ۲۰۰۹، آلاندر و برگر مطالعه ای را با استفاده از لرزه نگاری شکست مرزی بر روی آبرفت های منطقه ای در شرق نوادا انجام دادند و داده های

حاصل را از طریق روش های زمان تقاطع، زمان تأخیر و پرتویابی تفسیر کردند (آلندر و برگر، ۲۰۰۹). در سال ۲۰۰۸، سو کیم و یونگ کیم روش انکساری CMP را به همراه لرزه نگاری انعکاسی برای تعیین مشخصات آبرفت در سایت RBF در کره به کار بردند (سوکیم و یونگ کیم، ۲۰۰۸). روش های تفسیر که در این مقاله مورد استفاده و بررسی قرار گرفتند شامل زمان تقاطع، روش پرتویابی، روش GRM و روش توموگرافی است. روش پرتویابی ساختارهای پیچیده را به وسیله مقایسه زمان های سیر محاسبه ای با مشاهده ای به خوبی مدل می کند. این روش همچنین امکان بررسی دقیق مدل های ارائه شده دیگر را دارد (هافمن و شات، ۲۰۰۳). روش دوجانبه تعمیم یافته یا GRM در ساختارهای با سرعت پیچیده نسبت به روش هایی مثل توموگرافی لرزه ای که در مدل سازی چنین ساختارهایی کارایی بهتری دارند، دارای صحت کمتری است (سامپاتن و همکاران، ۲۰۱۱).

## ۲ روش تحقیق

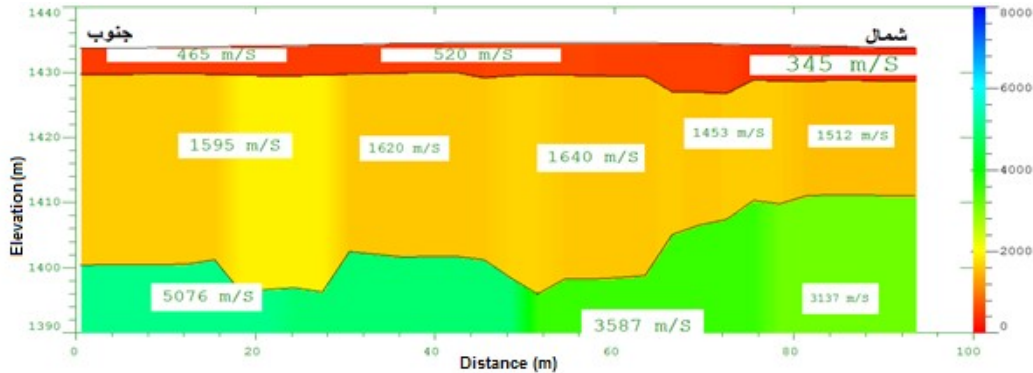
چنانچه اشاره گردید، از چهار روش زمان تقاطع، روش پرتویابی، روش پالمیر یا GRM و روش توموگرافی برای پردازش داده ها در این مطالعه استفاده شد. لرزه نگاری شکست مرزی، روش مناسبی برای به دست آوردن دید کلی و سریع از لایه های زیرسطحی است (راکر، ۲۰۰۲). روش پرتویابی با استفاده از مدل های اولیه ای که از طریق روش های ساده تر به دست آمده اند، تخمین های اولیه ای را انجام می دهند و مسیر پرتو را پیش بینی می کنند. بر اساس مسیر فرضی که موج طی کرده است زمان های رسید موج به هر یک از گیرنده ها به دست می آیند و با زمان های حاصل از برداشت مقایسه می شوند. با تعیین اختلاف این دو، مدل اولیه بازسازی شده و تکرار محاسبات برای دست یافتن به کمترین خطا و بیشترین انطباق با زمان های مشاهده ای صورت می گیرد (گریفین، ۱۹۹۵). در روش دوجانبه تعمیم یافته یا پالمیر، با استفاده از داده های حاصل از شلیک مستقیم و معکوس و در نهایت یک راه حل ترسیمی، سطح افق انکساری و سرعت منکسرکننده را می توان مشخص کرد. روش توموگرافی نیز از مدل سازی مستقیم و وارون برای تعیین توزیع سرعت در زیر زمین استفاده می کند. مدل سازی مستقیم در واقع شبیه سازی مسیر پرتو با استفاده از ضرایب کندی داده شده است که به منظور پیش بینی زمان های اولین رسید انجام می شود، در صورتی که در مدل سازی وارون هدف پیدا کردن توزیع سرعت است به گونه ای که بتواند زمان های رسید مشاهده ای را توجیه کند، به عبارتی هدف پیدا کردن یک عملگر وارون است. (شرقی و همکاران، ۱۳۸۹). در این پروژه برای برداشت داده ها از دستگاه لرزه نگار ۲۴ کاناله شرکت OYO مدل 1125N McSEIS-SX استفاده شد. برای بررسی ضخامت آبرفت در نقاط مختلف طرح سد مخزنی لیلانچای، تعداد چهار پروفیل طراحی و برداشت شد. پروفیل اول در پایین دست سد (در نزدیکی نشیب بند)، پروفیل دوم در بالا دست سد (در نزدیکی فرازبند) و پروفیل های سوم و چهارم در محور سد برداشت شدند شکل ۱ منحنی زمان فاصله مربوط به پروفیل یک را نشان می دهد.



شکل ۱: منحنی زمان-فاصله پروفیل L1. نقاط قرمز رنگ لایه اول، سبز لایه دوم و آبی لایه سوم را نشان می دهد.

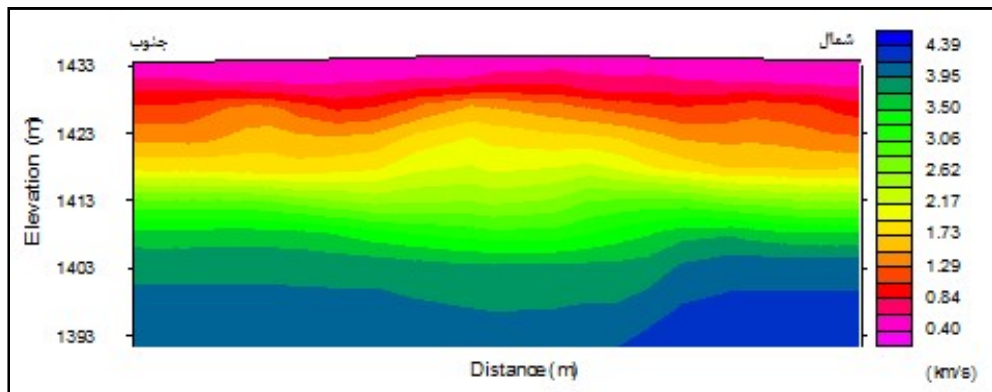
## ۳ بحث و نتایج

برای تفسیر داده ها از چهار روش زمان تقاطع، پرتویابی، GRM و توموگرافی استفاده شد. روش GRM با فاصله‌های بهینه مختلفی بررسی شد تا مناسب‌ترین فاصله به دست آید که در نهایت با توجه به معیارهای آقای پالمر فاصله بهینه ۲/۷ متر انتخاب شد که صاف‌ترین تابع سرعت و پیچیده‌ترین تابع زمان-عمق را نتیجه می‌دهد. نتایج روش دوجانبه تعمیم‌یافته برای XY بهینه ۲/۷ متر در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۲: مدل نهایی روش GRM با فاصله بهینه ۲/۷ متر.

از نتایج روش پرتویابی و GRM به عنوان مدل اولیه در توموگرافی استفاده شد. از طریق مدل‌سازی مستقیم و سپس وارون مدل اولیه، مدل نهایی روش توموگرافی به دست آمد. مقایسه منحنی‌های حاصل از زمان‌های تئوری با زمان‌های مشاهده‌ای بعد از ۲۰ بار تکرار عملیات وارون‌سازی میانگین خطای محاسبات ۰/۶۶ میلی ثانیه را نشان می‌دهد. مدل توموگرافی به دست آمده نیز در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳: مدل عمق و سرعت به دست آمده از روش توموگرافی در پروفیل L1.

عمق و سرعت محاسبه شده توسط زمان تقاطع در هر نقطه از ساختگاه با نتایج حاصل از روش GRM و پرتویابی همخوانی دارند و انطباق خوبی با حفاری‌های موجود در ساختگاه نشان می‌دهند. کاربرد روش زمان تقاطع برای تقریب‌های ساده که به اطلاعات محدودی دسترسی دارند یا جاهایی که ساختار نسبتاً ساده‌ای دارند توصیه می‌شود.

در روش GRM برای برآورد عمق لایه مورد نظر، لازم است شوت‌های متقابل از آن لایه در دسترس باشد. در روش توموگرافی مدل‌سازی آسان بوده و تصویر خوبی از ساختارهای زیر سطحی ارائه می‌دهد. در مدل حاصل به دلیل اینکه سرعت با عمق افزایش می‌یابد امکان تعیین مرز لایه‌ها با دقت خوبی میسر نیست. سرعت لایه‌ها در هر چهار روش بکار رفته تقریباً مشابه هم هستند، روش پرتویابی مدل سرعت را خیلی ساده نشان می‌دهد، GRM تغییرات جانبی سرعت را در خوبی به تصویر می‌کشد و روش توموگرافی امکان تفسیر ساختارهای پیچیده را با داشتن اطلاعات و تجربه اندک فراهم می‌کند.

#### ۴ نتیجه‌گیری

ضخامت آبرفت غیراشباع در پروفیل مورد مطالعه تقریباً معادل ۴/۵ متر بدست آمد. ضخامت آبرفت اشباع نیز بطور متوسط در حدود ۱۸ متر برآورد شده است. سرعت لایه اول (آبرفت غیراشباع) در حدود ۳۵۰ m/s تا ۵۵۰ m/s و سرعت لایه دوم (آبرفت اشباع) از ۱۴۴۰ m/s تا ۱۶۸۰ m/s و سرعت لایه سوم از ۳۵۰ m/s تا ۴۵۰۰ m/s متغیر است. عمق و سرعت محاسبه شده توسط زمان تقاطع در هر نقطه از ساختگاه با نتایج حاصل از روش GRM و پرتویابی همخوانی دارند و انطباق خوبی با حفاریهای موجود در ساختگاه نشان می‌دهند. کاربرد روش زمان تقاطع برای تقریب‌های ساده که به اطلاعات محدودی دسترسی دارند یا جاهایی که ساختار نسبتاً ساده‌ای دارند توصیه می‌شود. در روش GRM برای برآورد عمق لایه مورد نظر، محاسبه سرعت آن لایه اهمیت زیادی دارد. برای بدست آوردن نتایج دقیق در این روش، سرعت لایه‌های عمیق در نقطه مورد نظر را بایستی با استفاده از اطلاعات منحنی‌های زمان - فاصله دو چشمه متقابل محاسبه نمود.

در روش توموگرافی مدل سازی آسان بوده و تصویر خوبی از ساختارهای زیر سطحی ارائه می‌دهد. مدل توموگرافی کمک می‌کند تا ساختارهای زیر سطحی را آسانتر تشخیص دهیم. با این حال در این روش لایه بندی به طور کامل مشخص نیست و در مدل حاصل به دلیل اینکه سرعت با عمق افزایش می‌یابد امکان تعیین مرز لایه‌ها با دقت خوبی میسر نیست. روش توموگرافی راهنمایی خوبی برای اصلاح مدل ارائه شده توسط روش پرتویابی است. در مورد تعیین زونهای کور، روش توموگرافی کارایی خوبی دارد.

سرعت لایه‌ها در هر چهار روش بکار رفته تقریباً مشابه هم هستند با این تفاوت که روش پرتویابی مدل سرعت را خیلی ساده نشان می‌دهد، GRM تغییرات جانبی سرعت را در به خوبی به تصویر می‌کشد و روش توموگرافی امکان تفسیر ساختارهای پیچیده را با داشتن اطلاعات و تجربه اندک فراهم می‌کند.

#### منابع

- شرقی، ی. علی نیا، ف. سیاهکوهی، ح ، ۱۳۸۹. "استفاده از روش توموگرافی لرزه ای برای تعیین پتانسیل نشت از تکیه گاه های سد بختیاری." علوم زمین ۷۶: ۷۸-۷۱.
- Abd El-Aal, A.K. Mohamed, A.A. , 2010). "Near-surface seismic refraction applied to exploring subsurface clay layer at a new mining area in southeast Cairo, Egypt." *Arabian Journal of Geosciences* 3(2): 105-112.
- Allander, K.K. Berger, D.L. , 2009,. "Seismic velocities and thicknesses of alluvial deposits along Baker Creek in the Great Basin National Park, east-central Nevada." U. S Geological Survey.
- Bedrosian, P.A. Burton, B.L. Powers, M. Minsley, B.J. Phillips, J. Hunter, L.E. , 2011,. "Geophysical investigations of geology and structure at the Martis Creek Dam, Truckee, California." *Journal of Applied Geophysics* 77: 7-20.
- Griffin, R. H, U.S. Army Corps of Engineers. , 1995,. "Geophysical exploration for engineering and environmental investigations , General Users." EM 1110-1-1802.
- Heywood, C. E. , 2002,. "Estimation of Alluvial-fill Thickness in the Mimbres Ground-water Basin, New Mexico, from Interpretation of Isostatic Residual Gravity Anomalies." US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Hoffmann, T. and L. Schrott , 2003,. "Determining sediment thickness of talus slopes and valley fill deposits using seismic refraction-a comparison of 2D interpretation tools , with 7 figures and 3 tables,." *zeitschrift fur geomorphologie supplementband::* 71-87.
- Kim, H. S. and J. Y. Kim , 2008,. "High-resolution profiling of alluvial aquifer in potential riverbank filtration site by use of combining CMP refraction and reflection seismic methods." *Journal of Applied Geophysics* 66, (1),: 1-14.
- Nicksiar, M. Esfandiary, M. Mehinrad, A. Binazadeh, K. , 2007,. "Application of seismic tomography for detecting potential seepage paths in Bakhtyari Dam, Iran." *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 44(7),: 1035-1044.
- Rucker, M. L. , 2000. "Applying the seismic refraction technique to exploration for transportation facilities." *Geophysics 2000 conference proceedings*, St. Louis, MO, Missouri Department of Transportation.
- Sompotan, A.F. Pasasa, L.A. Sule, R. , 2011,. "Comparing Models GRM, Refraction Tomography and Neural Network to Analyze Shallow Landslide." *ITB J. Eng. Sci* 43( 3):161-172