

## استفاده از روش توموگرافی لرزه ای جهت تعیین پتانسیل نشت از تکیه گاههای سد بختیاری

یوسف شرقی<sup>۱</sup>؛ فیروز علی نیا<sup>۲</sup>؛ حمیدرضا سیاه کوهی<sup>۳</sup>؛ پرویز معارف وند<sup>۴</sup>؛ محمود میرزایی<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر [ysharghi@gmail.com](mailto:ysharghi@gmail.com) - عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر [aliniat@aut.ac.ir](mailto:aliniat@aut.ac.ir) - ۳  
عضو هیات علمی دانشگاه تهران [hamid@ut.ac.ir](mailto:hamid@ut.ac.ir) - ۴ - عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر [Parviz\\_moaref@yahoo.fr](mailto:Parviz_moaref@yahoo.fr) - ۵ - عضو هیات علمی دانشگاه اراک [m-mirzaei@araku.ac.ir](mailto:m-mirzaei@araku.ac.ir)

### چکیده

به منظور ترسیم تصویری از زمین که تحت تاثیر امواج لرزه ای قرار گرفته است از توموگرافی اولین زمان رسید استفاده می شود. این روش به طور وسیع در علوم زمین و زمین شناسی مهندسی بکار می رود. در این روش گیرنده ها اولین زمان رسید موج مربوط به فرستنده های مصنوعی را که در نزدیکی اهداف اکتشافی قرار دارند دریافت می کنند، این زمان به منظور تعیین توزیع سرعت در بین فرستنده ها و گیرنده ها پردازش می شود. این مقاله برداشتهای توموگرافی انجام یافته در ساختگاه سد بختیاری را مورد بررسی قرار می دهد. هدف این بررسی پیدا کردن زونهای کم سرعتی است که منطبق با بخش های درزه دار با پتانسیل نشت در جناحین ساختگاه می باشد. تصاویر لرزه ای بدست آمده از توموگرافی اولین زمان رسید نشان می دهند که از افق گالری GR2 به سمت بالا یک زون کم سرعت دیده می شود. با این وجود کیفیت توده سنگ جناح چپ ساختگاه مناسب می باشد. علی رغم شرایط بد در تکیه گاه راست بین GR2-GR3، سرعت امواج لرزه ای بین دو گالری GR1 و GR2 نشان دهنده حضور آهکهای با کیفیت مناسب تر می باشد. با وجود حضور زونهای ضعیف در بعضی از توموگرام ها کیفیت توده سنگ ساختگاه در مجموع خوب بوده و با طراحی پرده آب بند مناسب می توان از نشت آب از این زونها جلوگیری کرد.

کلمات کلیدی: توموگرافی، توموگرام، نشت، لرزه نگاری، محاسبات مستقیم، وارون سازی، کیفیت توده سنگ

## Detecting Potential Seepage Paths in Bakhtyari Dam Site by Using Seismic Tomography

Yousef Sharghi; Firooz Alinia; Hamidreza Siahkoobi; Parviz Moarefvand; Mahmood Mirzaei

### Abstract

Seismic travelttime tomography uses seismic waves to detect the inside of the ground. This method has been widely applied to practical applications in many fields including rock engineering. In this method, first-arrival times of seismic waves due to artificial sources, observed at receivers in the vicinity of the exploration target are analyzed to obtain the velocity distribution within it. This paper describes the seismic tomography investigation performed in the abutments of Bakhtyari Dam site in order to find the low-velocity zones that may correspond to jointed media where seepage is most likely. Velocity images obtained by P-wave travel time tomography indicated that in the level of GR2 gallery upward there is a large zone of low velocity. But the rock mass quality seems better in the left abutment. In spite of unfavorable conditions between GR2-GR3, the P-wave velocity between GR2 and GR1 galleries is in the range of undisturbed limestone. Despite the presence of these weak zones, the placement of the dam is where the rock mass quality is good, and the design of the grout curtain could help to bypass the reservoir water away from these seepage paths.

**Keywords:** Tomography, Tomogram, Seepage, Seismic, Forward Calculation, Inversion, Rock Quality

## ۱- مقدمه

توموگرافی لرزه ای اولین زمان رسید بین دو چاه و یا گالری یکی از تکنیکهایی است که بطور وسیع در علوم زمین و زمین شناسی مهندسی بکار می رود. توموگرافی بین چاهی در هر جایی که دو چاه (یا دو گالری) همجوار در دسترس باشد به منظور توصیف مخازن نفت [۱۴]، تعیین خصوصیات مهندسی ساختگاه و کاربردهای ژئوتکنیکی [۹-۱۳-۷-۳]، پیش بینی خطرات احتمالی معدنکاری [۶] و غیره مورد استفاده قرار می گیرد.

در توموگرافی لرزه ای هدف تهیه یک نقشه دقیق از تغییرات سرعت زیر سطحی با استفاده از فرستنده ها و گیرنده های سطحی و زیر سطحی است. این روش به منظور تکمیل داده های حفاری جهت تفسیر مناطق پیچیده از نظر زمین شناسی و یا جهت تعیین توزیع دقیق سازندهای ضعیف (کم سرعت) و قوی (پر سرعت) می تواند مورد استفاده قرار گیرد. این روش همچنین می تواند به منظور تعیین تغییرات زمانی در سرعت سازندها (به طور مثال برای ارزیابی زونهای سست در دیواره یک تونل قبل و بعد از حفاری) مورد استفاده قرار گیرد. این روش دارای دقت بالایی بوده و انتظار می رود در آینده نیز بهبود یابد، ضمناً کارایی این روش هنگامی که برداشت داده ها با استفاده از گمانه های موجود و تونلهای افقی انجام می شود، افزایش می یابد. [۲]

این مقاله برداشتهای توموگرافی انجام یافته در ساختگاه سد بختیاری را مورد بررسی قرار می دهد. هدف این بررسی پیدا کردن زونهای کم سرعتی است که منطبق با بخش های درزه دار با پتانسیل نشست در جناحین ساختگاه می باشد. ساختگاه سد بختیاری در بخش سفلا رودخانه بختیاری در استان لرستان و بخش جنوب غربی ایران در دامنه های جنوب غربی کوههای زاگرس چین خورده و در ۵ کیلومتری شمال غرب ایستگاه تنگ پنج در مسیر راه آهن تهران - اهواز قرار دارد. نوع سد بتنی دو قوسی نازک و به ارتفاع ۳۳۰ متر از بستر رودخانه طراحی شده است که از لحاظ ارتفاع بلندترین سد قوسی جهان محسوب می شود.

## ۲- تشریح یک مسئله توموگرافی

برای تولید یک تصویر توموگرافی از داده های لرزه ای ابتدا ساختار زیر سطحی ناحیه اندازه گیری شده توسط مجموعه ای از پارامترهای مدل نامشخص تعریف می شود. به طور کلی روشهای توموگرافی برای محاسبه نیازمند یک تخمین اولیه برای پارامترهای مدل می باشند. پارامتر بندیهای معمولی مدل شامل بلوکهایی با سرعت (کندی) ثابت می باشند (شکل ۱). در مرحله بعد که تحت عنوان محاسبه مستقیم (forward calculation) نامیده می شود با توجه به توزیع سرعت موجود، داده های اولین زمان رسید با استفاده از روشهای خاص محاسبه می شوند.

فرض کنید  $t_1, t_2, \dots, t_m$  یک مجموعه از زمان سیرهای مشاهده شده برای  $m$  زوج چشمه - گیرنده در یک محیط با کندی تعریف شده توسط  $S(x)$  باشد  $S=1/v$ ،  $v$  سرعت و  $S$  کندی یا عکس سرعت می باشد. اگر  $p_i$  مسیر موج در بین  $i$  امین زوج چشمه و گیرنده باشد با صرف نظر کردن از خطای مشاهده ای می توان نوشت

$$\int_{p_i} s(x) dl = t_i \quad i = 1, \dots, m \quad (1)$$

رابطه ۱ یک معادله غیر خطی است زیرا مسیر انتگرال گیری به سرعت مدل بستگی دارد.

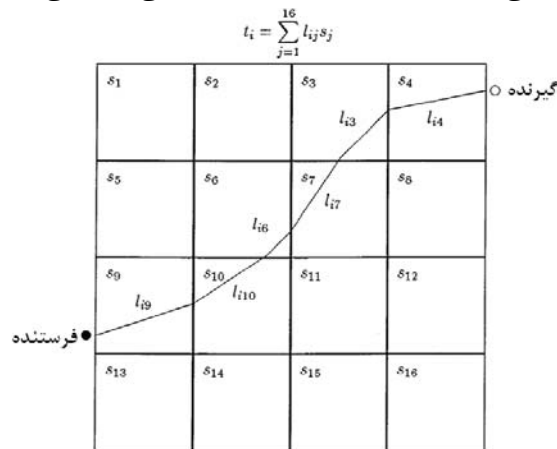
برای یک مدل بلوک بندی شده از کندیها، اگر  $l_{ij}$  طول مسیر  $i$  ام در سلول  $j$  ام باشد

$$l_{ij} = \int_{p_i \cap \text{cell}_j} dl \quad (2)$$

برای مدلی با  $n$  سلول رابطه (۱) را می توان به صورت زیر نوشت

$$\sum_{j=1}^n l_{ij} s_j = t_i \quad i = 1, \dots, m \quad (3)$$

باید توجه نمود که برای هر  $i$ ، طول مسیر پرتوی  $I_{ij}$  برای اغلب سلولهای  $j$  صفر می باشد. زیرا هر پرتو برای رفتن از چشمه به گیرنده فقط از تعدادی از سلولها عبور می کند. شکل (۱) این مسئله را به خوبی نشان می دهد.



شکل ۱- توصیف شماتیکی از مسیرهای پرتو لرزه ای از میان یک مدل گسسته با میزان کندی های ثابت در سلولها [۴]

با تعریف بردارهای ستونی  $S$  و  $t$  و ماتریس  $L$  رابطه (۳) را می توان بصورت ماتریس زیر بازنویسی کرد.

$$L = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1n} \\ l_{21} & l_{22} & \dots & l_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{m1} & l_{m2} & \dots & l_{mn} \end{pmatrix}, \quad S = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_n \end{pmatrix}, \quad t = \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \\ \vdots \\ t_m \end{pmatrix} \quad (4)$$

بنابراین رابطه (۳) بصورت یک رابطه کلی و اساسی برای مسئله مستقیم در تجزیه و تحلیل هر رابطه پرتویی ظاهر می شود

$$LS = t \quad (5)$$

توجه شود رابطه (۳) را می توان بصورت تقریب عددی رابطه (۱) در نظر گرفت و این فقط شکل گسسته آن است گام سوم برای تولید یک تصویر توموگرافی مرحله وارون سازی (inversion) است، در این مرحله با استفاده از یک روش مشخص، مقادیر پارامترهای مدل (مقادیر سرعت) طوری تغییر می یابند که داده های بدست آمده از مرحله قبلی با داده های مشاهده شده همخوانی بهتری داشته باشند.

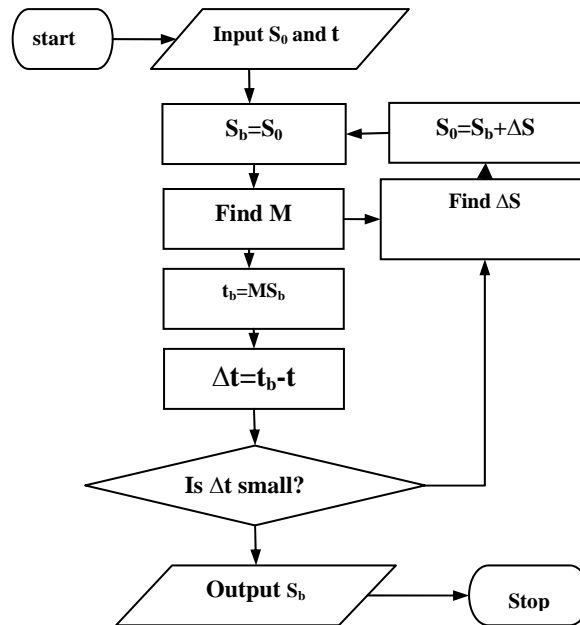
در وارون سازی خطی، مقادیر  $t$  و  $L$  معلوم هستند. هدف تعیین  $S$  می باشد. فرضی که در حالت خطی بکار می رود این است که مسیر پرتو از قبل مشخص است و اغلب مسیر پرتوها را خطوط مستقیمی در نظر می گیرند که چشمه و گیرنده را بهم وصل می کنند.

در معکوس سازی غیر خطی فقط  $t$  مشخص است (همراه با موقعیت چشمه ها و گیرنده ها) و هدف بدست آوردن  $S$  و در خیلی از موارد  $L$  است. در اینگونه مسائل وابستگی مسیر پرتو به تغییرات کندی محیط شدیداً در طراحی الگوریتم معکوس تاثیر می گذارد. روش غیر خطی بیشتر برای حل مسائلی با تغییرات کندی شدید در ناحیه مورد مطالعه بکار می رود، در چنین محیط هایی مسیر پرتوها خطوطی با انحنای خیلی زیاد خواهند بود.

معکوس سازی خطی را می توان تقریباً با استفاده از تکنیکهای نگاشت به عقب (Backprojection) و یا با استفاده از روش کمترین مربعات استاندارد حل نمود.

در معکوس سازی غیر خطی عموماً یک الگوریتم بازگشتی برای یافتن جواب تقریبی  $S$  نیاز می باشد. ساختار پایه چنین الگوریتمی در شکل ۲ نشان داده شده است. [۱]

این الگوریتم خیلی منطقی بنظر می رسد و گاهی اوقات بخوبی جوابگوی مسئله می باشد. این الگوریتم برای مدلهایی با اختلاف کندی کم به یک نتیجه مطلوب همگرا خواهد شد.



شکل ۲- الگوریتم بازگشتی برای معکوس سازی زمان سیر [۵]

### ۳- زمین شناسی ساختگاه سد بختیاری

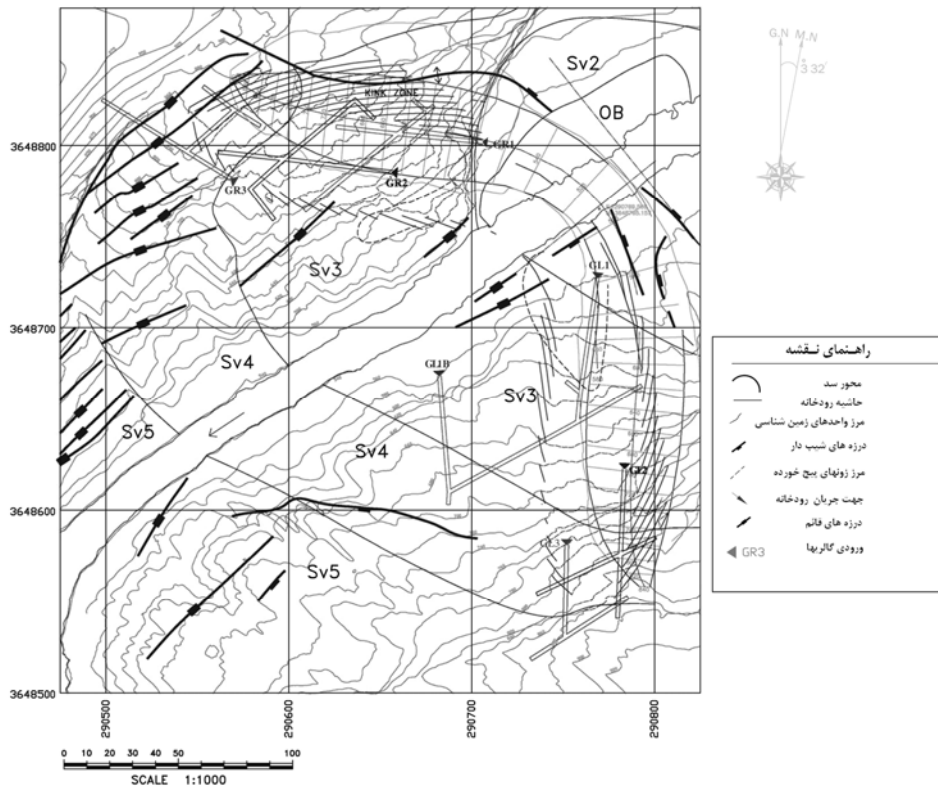
محل سد بختیاری در زون زاگرس چین خورده و در بخش جنوب غربی این زون قرار گرفته است. توالی سنگ شناسی منطقه شامل سازند های متعلق به کرتاسه تا میوسن می باشد. دو سازند گرو (GR) و سازند سروک در محل احداث سد واقع شده اند. سازند گرو در بالا دست تنگه رخنمون داشته ولی در تنگه محل سد دیده نمی شود. بطور کلی این واحد از لایه های نازک شیلی، مارنی و آهک مارنی به رنگهای زرد و خاکستری تیره تشکیل شده است. سازند سروک را در ساختگاه سد بختیاری به ۷ گروه تقسیم بندی کرده اند که شامل واحدهای زیر می باشد.

- واحدهای SV1 و SV2 در هسته تاقدیس سیاه کوه و در داخل تنگه رخنمون دارند و شامل آهکهای مارنی ریز تا متوسط دانه، با لایه بندی خوب و منظم می باشند. واحد SV1 غالباً آهک مارنی تیره رنگ بوده که دارای آثار بیتومین فراوان است ولی واحد بالایی SV2 از تناوب آهکهای متوسط لایه با آهکهای شیلی ورقه ای تشکیل شده است.

- واحدهای SV3 و SV4 شامل آهک های متوسط لایه، ریز دانه و آهکهای مارنی هستند. واحد پایینی SV3 که بخش عمده پی آهک سیلیسی بر روی آن قرار خواهد گرفت، از تناوب لایه های آهکی متوسط تا نازک با باندهای نازک و ممتد آهک سیلیسی تشکیل شده و ضخامت آن در حدود ۱۱۰ متر است. واحد بالای SV4 نیز شامل لایه های آهکی تا آهک مارنی تیره رنگ با گرهکهای آهک سیلیسی می باشد ضخامت این واحد در حدود ۷۰ متر است. ابعاد گرهک های چرتی در حدود ۱۰-۱۵ سانتی متر است. قسمتهای بالایی تاج سد بر روی این واحد قرار خواهد گرفت (شکل ۳).

- واحدهای SV5 و SV6 ستیغ های بلند و دیواره های پرشیب سنگی و صخره ای را تشکیل می دهند. این دو واحد از لایه های آهکی مقاوم، ضخیم، تیره رنگ و ریزدانه تشکیل شدند.

- واحد SV7 در پایین دست تنگه رخنمون دارد و متشکل از لایه های آهکی - آهکی مارنی تیره رنگ ریز دانه با لایه بندی نازک تا متوسط می باشد.

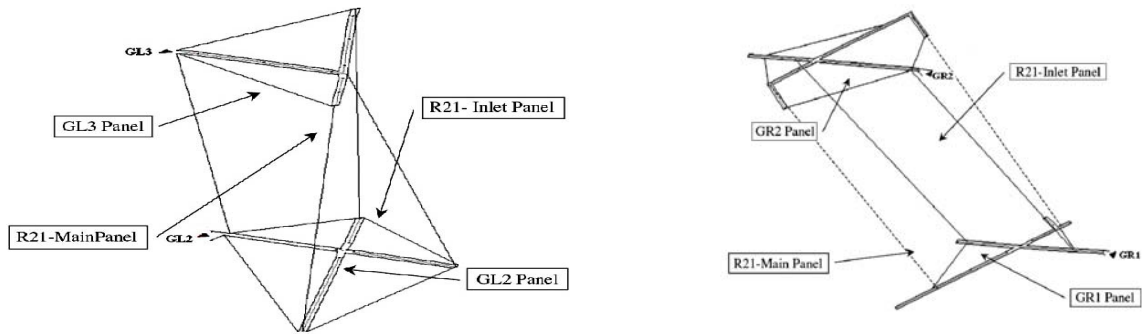


شکل ۳- نقشه زمین شناسی ساختگاه سد بختیاری [۸]

#### ۴- توموگرافی ساختگاه بختیاری

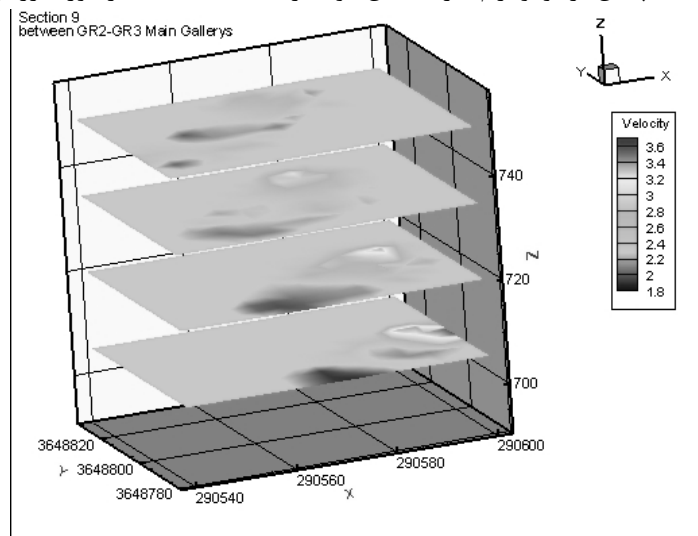
برداشت‌های توموگرافی در محدوده محور سد در دو تکیه گاه چپ و راست اجرا شده است. در ۱۱ مقطع توموگرافی لرزه ای به صورت گالری به گالری با منبع انفجاری و همچنین در درون خود گالری ها با منبع چکشی، متشکل از امواج P اجرا گردیده که تعداد ۵ مقطع در تکیه گاه چپ و ۶ مقطع در تکیه گاه راست واقع شده است. شکل ۴، بخشی از مقطعی که در آنها برداشت توموگرافی انجام شده است را نشان می دهد. هدف از انجام آزمایشها عمدتاً پهنه بندی سرعت انتشار امواج لرزه ای بین گالریهای حفاری شده به جهت شناسائی وضعیت کلی توده سنگ و تعیین موقعیت و نحوه گسترش زون های ضعیف می باشد. جریان آب از پی سد عمدتاً از بین شبکه درزه ها وسایر ناپیوستگی های موجود در ساختگاه صورت می گیرد. با تزریق پی دوغاب تزریقی وارد درزه هایی که گمانه تزریق را قطع کرده اند می شود. درزه هایی که به طور مستقیم و یا غیر مستقیم گمانه را قطع نکرده اند بعد از تزریق مسدود نشده و مسیرهایی را برای نشت آب از پی فراهم می آورند [۱۱]. در تصویر سازی امواج P درزه های باز و زون های سست خود را به صورت نواحی با سرعت پایین نشان می دهند.

به منظور تهیه مقاطع سه بعدی سرعت از روی اطلاعات مربوط به اولین زمان رسید موج P در بین گالریها برای محاسبات مستقیم (Forward Calculation) از روش انحنایی (Bending method) و الگوریتم ارائه شده توسط ام و تربر [۱۲] بهره گرفته و به منظور وارون سازی و حل مسئله غیر خطی توموگرافی از روش تکراری، باز سازی تصویری هم زمان (Simultaneous iterative reconstruction technique) استفاده شده است. [۱۰]



شکل ۴- موقعیت و محل قرارگیری گالریها و مقاطع توموگرافی انجام شده در تکیه گاه راست (شکل سمت راست) و تکیه گاه چپ (شکل سمت چپ) ساختگاه سد بختیاری [۸]

شکل ۵ تصویر سه بعدی توزیع سرعت حاصل از توموگرافی بین دو گالری GR2-GR3 را نشان می دهد رنگ زمینه موید متوسط سرعت اندازه گیری شده در بین دو گالری می باشد بخشهایی که در آن تغییرات سرعت با رنگ های مختلف مشخص شده مکانهایی را نشان می دهند که امواج لرزه ای از آنها عبور کرده است گالری GR2 در افق ۶۹۴ متری و گالری GR3 در افق ۷۵۳ متری قرار گرفته است. سرعت متوسط بین دو گالری در حدود ۲,۳ km/s بدست آمده و یک زون با سرعت پایین (در حدود ۱,۸ km/s) در شکل دیده می شود که نشان دهنده حضور یک زون ضعیف در بین دو گالری است. برداشت ناپیوستگیها در دو گالری فوق درزه هایی با تراکم بالا را در محل آنومالی های کم سرعت نشان می دهد. حضور ناحیه کم سرعت در افق های مختلف موید گسترش این زون ضعیف در این بخش از تکیه گاه راست می باشد. به منظور بررسی گسترش احتمالی این زون در افق های پایین تر توموگرام سرعت بین دو گالری GR1-GR2 نیز مورد بررسی قرار گرفت.

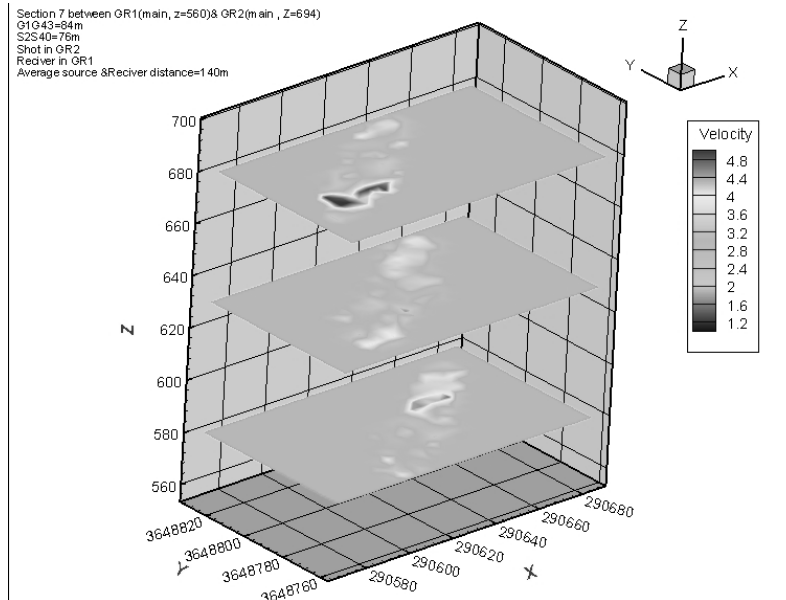


شکل ۵- تصویر سه بعدی توزیع سرعت حاصل از توموگرافی بین دو گمانه GR2-GR3

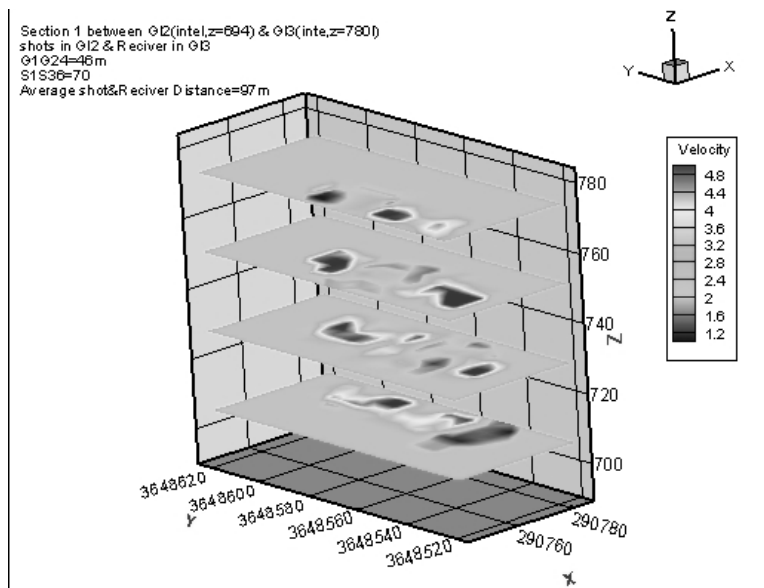
شکل ۶ تصویر سه بعدی توزیع سرعت حاصل از توموگرافی بین دو گالری GR1-GR2 را نشان می دهد. چنانچه در این شکل دیده می شود متوسط سرعت در این بخش حدود ۳,۲ km/s می باشد که نسبت به افق های بالاتر مقادیر بیشتری را نشان می دهد و علاوه بر این نواحی با سرعت پایین نیز بین دو گالری وجود ندارد. برداشتهای توموگرافی در تکیه گاه راست موید این مطلب است که در افقهای بالاتر زونهای ضعیف وجود داشته و این مسئله در طراحی پرده آبیند بایستی مد نظر قرار گیرد، ضمناً با توجه بالا بودن سرعت در افق های پایین تر کیفیت توده سنگ در این بخش وضعیت مطلوب تری دارد.

شکل ۷ تصویر سه بعدی توزیع سرعت بین دو گالری GL2-GL3 مربوط به جناح چپ ساختگاه را نشان می دهد، متوسط سرعت در این بخش از ساختگاه در حدود ۲,۴ km/s بوده و در اغلب بخش های بین این دو گالری سرعت بالا می باشد و

فقط در چند قسمت زونهای کم سرعت مشاهده می گردد که آنها هم ارتباط چندانی با هم ندارند. لذا به نظر نمی رسد که مشکل چندانی از لحاظ نشت آب در این بخش از تکیه گاه بوجود آید و نواحی کم سرعت منطبق بر زونهای ضعیف را می توان با تزریق مختصر از طریق گمانه ها آب بندی نمود. توموگرام های تهیه شده از افق های پایین تر از تکیه چپ نشان دهنده وضعیت مناسب توده سنگ در این بخش از ساختگاه می باشد.



شکل ۶- تصویر سه بعدی توزیع سرعت حاصل از توموگرافی بین دو گالری GR1-GR2



شکل ۷: تصویر سه بعدی توزیع سرعت حاصل از توموگرافی بین دو گالری GL2-GL3

## ۵- نتیجه گیری

در ساختگاه سد بختیاری و در داخل لایه های آهکی به منظور شناسایی آنومالی های کم سرعت، در جناح راست و چپ ساختگاه اندازه گیری های توموگرافی بین گالری ها و در افق هر کدام از گالری ها صورت گرفته است. اندازه گیری شکستگی ها و درزه ها در گالری ها حضور زونهای ضعیف در تکیه گاه های جناحین ساختگاه را نشان می دهد. اندازه گیریهای توموگرافی اساساً به منظور شناسایی جهت گسترش و وسعت زونهای ضعیف در ساختگاه بوده است.

برطبق نتایج بدست آمده نشانه های کمی از حضور زونهای ضعیف (با سرعت ۱-۲km/s) در تکیه گاچپ دیده می شود و به نظر می رسد کیفیت سنگ در این بخش مناسب می باشد. اما در جناح راست زونهای ضعیفی در افقهای بالا (بالتر از ۶۲۰متر) مشاهده می شود که برداشتهای درزه نگاری حضور آنها را تایید می کند. این زونهای ضعیف فقط محدود به افق بالاتر از ۶۲۰ بوده و در افق های پایین و در اطراف گالری GR1 دیده نمی شوند.

#### ۶- تشکر و قدردانی

بر خود لازم می دانم از شرکت محترم صحراکاو و مشاوران که امکانات و اطلاعات لازم برای انجام این تحقیق را فراهم نموده اند تشکر نمایم.

#### ۷- مراجع

- [۱] غلامی، علی؛ (۱۳۸۴)؛ *توموگرافی غیر خطی زمان سیر امواج لرزه ای*، سمینار کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران
- [۲] شرقی، یوسف؛ (۱۳۸۶)؛ *تخمین سرعت انتشار امواج لرزه ای در تکیه گاههای سد بختیاری با استفاده از توموگرافی و روشهای زمین آماری*، پیشنهاد رساله دکتری، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- [3] Angioni, T., Rechten, D., R., Cardimono, J., S., Luna, R.; 2003; "Crosshole seismic tomography and borehole logging for engineering site characterization in Sikeston, MO, USA", pp. 119 – 137.
- [4] Berryman, J. G.; 2000; "Analysis of Approximate Inverses in Tomography: I. Resolution Analysis of Common Inverses", Optimization and Engineering, Vol. 1, pp. 87–115.
- [5] Berryman, J. G.; 1991; "Lecture notes on nonlinear traveltime and tomography", Earth resources laboratory, Massachusetts Institute of Technology, University of California.
- [6] Hanson, R., D., Vandegrift, L. T., DeMarco, J., M., Kanaan H.; 2002; "Advanced techniques in site characterization and mining hazard detection for the underground coal industry", pp. 275 – 301.
- [7] David W. Hyndman, Jerry M. Harris; 1996; "Traveltime inversion for the geometry of aquifer lithologie", Geophysics, Volume 61, Issue 6, pp. 1728-1737
- [8] Nicksiar M., Esfandiary M., Mehinrad A., Binazadeh K.; 2007; "Application of seismic tomography for detecting potential seepage paths in Bakhtyari Dam, Iran", Int J Rock Mech Mining Sci
- [9] Rechten, R. D., Greenfield R. J., Ballard, R. F.; 1995; "Tunnel signature prediction for a cross-borehole seismic survey" Geophysics, Volume 60, Issue 1, pp. 76-86
- [10] Santamarina, J.C. and Fratta, D.; 1998;. "Introduction to Signals and Inverse Problems in Civil Engineering". ASCE Press. Reston, VA. 327 pages
- [11] Shuttle DA, Glynn ME.; 2003; "Grout curtain effectiveness in fractured rock by the discrete feature network approach." in: Proceedings of the grout and grout treatment, , Reston, Virginia, ASCE
- [12] Um, J. and C. Thurber; 1987; "A Fast Algorithm for Two-Point Seismic Ray Tracing" Bull. Seismol. Soc. Am., v. 77, pp. 972-986.
- [13] Williams M.C., Leighton V.L., Vassiliou A.A., Tan H., Nemeth T.; 1997; "Crosswell seismic imaging: A technology whose time has come?" The Leading Edge, Volume 16, Issue 3, pp. 285-291