سومین کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت
مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران
تهران، ۲ الی ۳ بهمن ۱۳۹۷

تخمین زبری و بازشدگی شکستگی طبیعی در سنگ

محمد جواد نصری[۱]؛ احمد رمضان زاده[۲]

چکیده

شکستگی سنگ به عنوان سطح ضعیف‌تری به نسبت ماده‌سنگ در اغلب موارد تعیین کننده رفتار مکانیکی و هیدرولیکی توده‌سنگ است و در بسیاری از پروژه‌های ژئومکانیک نظیر بهره‌برداری از مخازن هیدروکربوری و ذخیره‌سازی مواد هیدروکربوری شناخت رفتار مکانیکی و هیدرولیکی شکستگی‌ها از مهمترین پارامترهای مورد مطالعه در طراحی و اجرا می‌باشد. کلیدی‌ترین پارامتر موثر بر رفتار شکستگی، ویژگی‌های هندسی سطح آن است از این رو کمی‌سازی زبری و بازشدگی شکستگی از اهمیت بالایی در ارزیابی رفتار هیدرولیکی و مکانیکی توده‌سنگ برخورداراست. در این مقاله اطلاعات رقومی از سطح چندین نمونه شکستگی سنگ طبیعی توسط روش فتوگرامتری و سیستم اندازه‌گیری ژئومتریک-استریو سه بعدی تهیه شده است. با استفاده از این سطوح رقومی شده همگونی سه بعدی از زبری این سطوح شکستگی برآورد شده است. مقایسه‌ای بین روش های موجود در خصوص کمی سازی زبری نظیر روش تجربی JRC و پارامترهای آماری زبری و روش فراکتال انجام شده است. تخمین زبری با روش فراکتال با توجه به تخمین سه بعدی زبری سطح شکستگی به نسبت روش تجربی JRC و شاخص آماری که به صورت دو بعدی به کمی سازی زبری می‌پردازند، درک مناسب‌تری از میزان زبری سطح شکستگی ارائه می‌دهد. همچنین با استفاده از این سطوح رقومی شده و اندازه‌گیری مکان هندسی دو دیواره شکستگی نسبت به هم، توزیع بازشدگی شکستگی موجود تحت تنش جانبی صفر تخمین زده شده است. این روش تخمین بازشدگی می‌تواند برای برآورد بازشدگی شکستگی‌های موجود در توده سنگ از نمونه مغزه حفاری شده مورد استفاده قرار بگیرد و در مدلسازی هیدرولیکی مخازن نفتی در توده سنگ دارای شکستگی به کار آید.

کلیدواژه‌ها: شکستگی سنگ، زبری شکستگی، بازشدگی شکستگی ، روش فرکتال، پارمترهای آماری

۱- مقدمه

بخش عمده جریان هیدروکربن در مخازن شکاف‌دار از طریق شکستگی‌های موجود در آن رخ می‌دهد و بنابراین شناخت مناسب از رفتار هیدرولیکی و مکانیکی از هیدروکربن در این نوع مخازن نیازمند فهم عمیق‌تر از ویژگی‌های شکستگی‌های سنگی خواهد بود[1]. به طور کلی در مخازن هیدورکربوری دو نوع شکستگی شامل شکستگی‌های طبیعی و شکستگی‌های ایجاد شده توسط شکست هیدرولیکی وجود دارد. بخشی از شکستگی‌های القایی توسط شکست هیدرولیکی تحت تاثیر ذرات عامل پروپانی باز باقی می‌مانند و مسیر اصلی انتقال نفت خام از مخزن به

[۱] نویسنده مسوول: دانشجوی دکترا مکانیک سنگ، دانشگاه صنعتی شاهرود، Mohammad.nasri@shahroodut.ac.ir
[۲] نویسنده دوم: دانشیار مکانیک سنگ، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک ، دانشگاه صنعتی شاهرود، aramezanzadeh@shahroodut.ac.ir

چاه می‌شوند. بخش بیشتری از شکستگی‌های القایی و شکستگی‌های طبیعی که بازشدگی کمی دارند تحت اثر عامل پروپانی قرار نمی‌گیرند ولی همچنان به تولید نفت کمک می‌کنند[2]. نفوذپذیری شکستگی هایی که خوب پروپان شده تحت تاثیر خصوصیات ذرات عامل پروپان و تنش‌های برجا است در حالی که نفوذپذیری شکستگی‌هایی که پروپان‌دار نشده است توسط خصوصیات هندسی شکستگی و میدان تنش تعیین می‌گردد[3].

به طور کلی هندسه شکستگی توسط پارامترهایی نظیر بازشدگی و زبری توصیف می‌شود [4]. دراین مقاله به بررسی این دو پارامتر پرداخته شده است.

برای کمی سازی پارامتر زبری شکستگی روش‌های گوناگونی، از جمله روش‌های تجربی[5]، آماری [6] و فراکتال[7] تاکنون ارائه شده است. شاخص ضریب زبری درزه سنگ(JRC) شاید پرکاربرد ترین معیار برای کمی سازی زبری سطح شکستگی سنگ در فعالیت های مهندسی باشد که بر پایه مطالعه آزمایشگاهی که توسط بارتون و چوبی (۱۹۷۷) پیشنهاد شده است. روند کمی‌سازی در این روش به این گونه است که با مقایسه پروفیل شکستگی با پروفیل های استاندارد تدوین شده مقدار زبری شکستگی برآورد می‌شود. وجود روند کیفی مبتنی بر قیاس در این روش، ابهاماتی در خصوص کیفی بودن شاخص (JRC) را مطرح می‌کند[8].

از پارامترهای آماری مختلفی نظیر مقدار میانگین خط مرکزی (CLA) ریشه میانگین مقدار مربع پروفیل (RMS)، میانگین مربع شیب پروفیل(Z_2)، میانگین مربع اولین مشتق شیب پروفیل (Z_3) و ... و توابع آماری نظیر تابع همبستگی خودکار (ACF)، تابع چگالی طیفی (SDF)، تابع ساختار (SF) و... برای تخمین و کمی سازی زبری پروفیل و یا سطح ناپیوستگی استفاده شده است. هرچند این پارامترهای و توابع آماری به توسعه سریع کمی سازی مقدار زبری شکستگی کمک کرده است، ولی این شاخص‌های وابسته به مقیاس اندازه‌گیری هستند. این ویژگی برای اندازه‌گیری زبری مطلوب نیست و به همین دلیل پژوهشگران به دنبال استفاده از روش‌های دیگر هستند که دارای استقلال از مقیاس برای کمی سازی زبری شکستگی سنگ باشد.

پس از ارایه نظریه فراکتال توسط مندلبرت (۱۹۷۶) محققین بسیاری در دهه‌های گذشته سعی کرده‌اند تا زبری سطوح شکستگی سنگی را با استفاده از این روش کمی‌سازی کنند و روش‌های متعددی نظیر جدایش مکعبات، سطح فزاینده پوششی، روش واریوگرام و ... به منظور تخمین بعد فراکتال سطوح شکستگی تاکنون پیشنهاد شده است. این روش‌ها در عین سادگی پیچیدگی‌های و دشواری‌های مربوط به خود را دارند. مزیت تمامی روش‌های تخمین مقادیر زبری مستقل از مقیاس اندازه‌گیری است.

در این مقاله با استفاده از سطوح رقومی شده از شکستگی سنگی به برآورد زبری سطح شکستگی طبیعی سنگ با استفاده از روش‌های آماری و فراکتال پرداخته شده است همچنین از داده‌های رقومی جهت تخمین بازشدگی در سطح سنگ استفاده شده است.

۲- برداشت هندسه سطوح شکستگی

برای برآورد هندسه شکستگی نخست می‌بایست توپوگرافری سطوح تشکیل دهنده شکستگی برداشت شود. تاکنون تکنیک‌های گوناگونی نظیر نیم رخ پیمای غلتکی، رقومی کردن با استفاده از فتوگرامتری، سیستم مثلث نوری و... برای اندازه‌گیری توپوگرافی ارائه‌شده است

به منظور برداشت ناهمواری سطح هندسه شکستگی در این پژوهش، از سیستم اندازه‌گیری ژئومتریک-استریو سه بعدی استفاده شده است. این دستگاه برای رقومی سازی یک شی، سیستم یک مجموعه از نورهای ساختار یافته بر سطح شی می‌تابد (شکل ۱). تصاویر از این الگو که به علت زبری سطح منحرف شده است به صورت

خودکار توسط دو دوربین CCD برداشت می‌شود. از این جفت تصاویر نرم افزار به صورت دقیق مختصات سه بعدی برای هر پیکسل بر مبنای اصول مثلثاتی محاسبه می کند. از این طریق، تعداد زیادی از نقاط با مختصات X ، Y، Z ، به اصطلاح ابر نقاط ، از سطح خارجی نمونه سنگ برداشت می‌شود.

شکل (۱): سیستم اندازه گیری ژئومتریک-استریو سه بعدی

اطلاعات ابر نقاط در نرم افزار Gom Inspector فراخوانی و نقاط برداشت شده در مرزهای جانبی حذف شد، پس از تعیین محورهای مختصات محلی نمونه محورهای مختصات محلی دوران یافته تا محورهای مختصات محلی بر محورهای مختصات مرجع منطبق شوند و اطلاعات ابر نقاط در سیستم مختصات مرجع ذخیره می‌گردد. با هدف مطالعه کمی هندسه شکستگی کدی در نرم افزار MATLAB تهیه شده و اطلاعات سطح شکستگی در این کد فراخوانی شده و مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در این کد شبکه ای منظم از نقاط در سطح نمونه ایجاد شده و مختصات با استفاده از روش درون یابی در شبکه مربعی با ابعاد مشخص باز تولید می‌شود. این عمل به منظور انجام محاسبه پارامترهای کمی سطوح شکستگی صورت می‌گیرد.

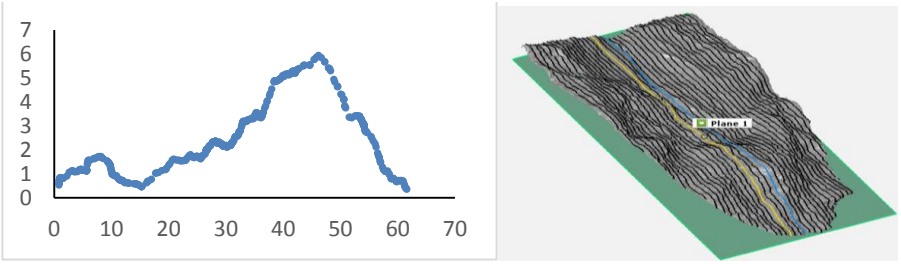
برای تعیین مختصات در ناهمواری‌های سطح شکستگی، سطح مبنا می‌بایست مشخص شود تا مختصات نقاط نسبت به آن سطح مبنا تعیین گردد. به منظور تعیین سطح مبنا مورد نظر، از اطلاعات ارتفاعی نقاط متوسط‌گیری شده و صفحه متوسط به عنوان صفحه مبنا در نظر گرفته شده است. پس از تعیین سطح مبنا مختصات ارتفاعی نقاط نسبت به صفحه مبنا محاسبه می‌شود (مشابه شکل۲-الف).

۳- برآورد زبری سطوح شکستگی

برای تخمین و برآورد زبری سطوح از دو روش آماری و فراکتال استفاده شده است.

۳-۱- روش آماری

برای برآورد پارامترهای آماری به صورت دو بعدی، از سطوح رقومی شده در راستا طول نمونه سنگ در فاصله‌های مشخص پروفیل دو بعدی تهیه شده، که در شکل ۲ نمونه‌های از این پروفیل ترسیم شده است. پارامترهای آماری شامل ارتفاع ناهمواری حداکثری (ζ_{max})، ریشه میانگین مربع ارتفاع ناهمواری‌های(R_{rms})، ارتفاع متوسط ناهمواری‌های (R_m)، میانگین مربع شیب پروفیل(Z_2) و (R_p) سطح سنگ مطابق روابط (۱-۵) محاسبه شده است.



شکل (۲): الف سطح رقومی شده از نمونه سنگ ب پروفیل تهیه شده از سطح مونه سنگ

$$\xi = Z_{\max} - Z_{\min} \quad (۱)$$

$$Rrms = \sqrt{\frac{1}{n}\sum (Zi - Za)^2} \quad (۲)$$

$$Rm = \frac{1}{n}\sum |Zi - Za| \quad (۳)$$

$$Z_2 = \left(\frac{1}{(n-1)(x_{i+1} - x_i)^2} \sum_{i=1}^{i=n} (Z_{i+1} - Z_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (۴)$$

$$Rp = \frac{Lr}{Ln} = \frac{\sqrt{(x_{i+1} - xi)^2 + (Z_{i+1} - Zi)^2}}{Ln} \quad (۵)$$

در این روابط n تعداد نقاط برداشت شده، Z_i ارتفاع در نقطه i، Z_a ارتفاع در سطح مبنا است. همچنین با استفاده از روابط ارائه شده توسط تسه و کردون (۱۹۷۹) و گرایزلی و همکارن (۲۰۱۰) شاخص زبری JRC برآورد شده است [9]، [10]:

$$JRC = (32.2 + 32.47 \log Z_2) \quad (۶)$$

$$JRC = 3.38e \times 10^{-2} + 1.07 \times 10^{-3} / Ln(Rp) \quad (۷)$$

به منظور بررسی تاثیر فاصله نمونه گیری (Δx) بر پارامترهای آماری دو گام ۰٫۵ و ۱ میلیمتر برای محاسبه این پارامترهای بکار گرفته شده است و برای یک پروفیل این پارمترهای آماری محاسبه و در جدول ۱ آورده شده است. آنچه واضح است با کاهش فاصله نمونه گیری تعداد ناهمواری ای برداشت شده افزایش می‌یابد بنابراین انتظار می‌رود پارامترهای آماری نیز تغییر کند

جدول (۱): پارامترهای آماری بدست آمده برای دو گام حرکت

Rp	Z_2	R_{rms}(mm)	R_m(mm)	گام حرکت
1.05	0.23	1.43	1.74	0.5
1.05	0.32	1.10	1.32	1

همانطور که در جدول ۱ مشخص است، مقدار تخمین زده شده برای از پارامترهای بجز پارامتر R_p سایر پارامترها تغییر کرده اند و پارامترهای R_m ،R_{rms} و Z_2 به فاصله نمونه گیری وابسته هستند. بنابراین، برای هر یک

از این پارامترهای آماری، مقادیر بی‌نهایت ممکن است بدست آید.

برای تخمین پارامترهای آماری برای هر نمونه میانگینی از پارامترهای آماری پروفیل‌های آن نمونه محاسبه و درجدول۲ آورده شده است. مطابق جدول تمامی نمونه سنگ‌ها دارای سطح زبر با JRC بیشتر از ۱۲ می باشند.

جدول (۲): میانگین پارامترهای آماری بدست آمده پروفیل های هر سطح برای گام حرکت یک میلیمتر

شماره نمونه	ζ_{max}	Rm(mm)	Rrms(mm)	Z_2	JRC	Rp	JRC
۱	4.32	1.21	1.02	0.31	15.43	1.04	16.31
۲	3.99	1.02	0.83	0.30	15.16	1.04	16.54
۳	3.62	1.00	0.85	0.23	11.23	1.03	12.83
۴	3.65	1.00	0.85	0.24	11.68	1.03	13.21
۵	6.55	1.97	1.72	0.31	15.08	1.04	16.25
۶	4.56	1.33	4.80	0.30	14.86	1.04	16.11
۷	9.13	2.09	1.64	0.47	21.11	1.09	21.05
۸	8.40	2.14	1.81	0.52	22.03	1.09	21.09

۳-۲- روش فراکتال

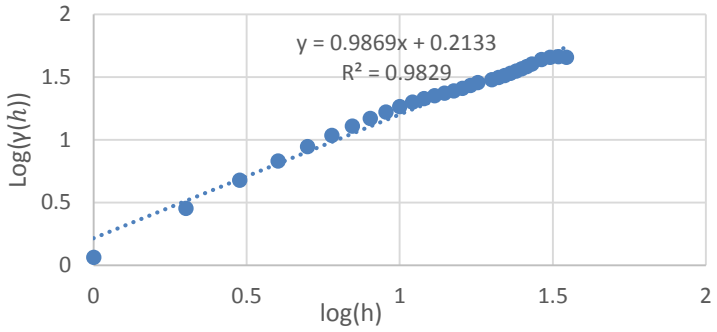
از زمان پیدایش تئوری فراکتال تاکنون روش‌های متعددی نظیر جدایش مکعبات، سطح فزاینده پوششی، روش واریوگرام و ... به منظور تخمین بعد فراکتال سطوح شکستگی تاکنون پیشنهاد شده است. این روش‌ها در عین سادگی پیچیدگی‌های و دشواری‌های مربوط به خود را دارند. مزیت تمامی روش‌های تخمین مقادیر زبری مستقل از مقیاس اندازه‌گیری است. در این مقاله از روش واریگرام جهت تخمین بعد فراکتال استفاده شده است. وایوگرام γ به شکل معادله بیان می‌شود و از معادله توزیع بعد فرکتال تخمین زده می‌شود.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n}\sum_1^n [Z(x) - Z(x+h)] \quad (۸)$$

$$\gamma(h) = \gamma_0 \mathrm{h}^{2H} \quad (۹)$$

در این معادله ها h مقدار گام $Z(x)$ ارتفاع سطح در نقطه x و n تعداد نقاط در طول گام h است. H پارامتری است که برای تخمین بعد فراکتال به صورت سه بعدی به کار می‌آید. برای بدست آوردن مقدار H نیاز است تا نمودار لوگ – لوگ $\gamma(h)$ برحسب h ترسیم شود (مشابه شکل ۴) مقدار H نصف شیب خط این نمودار است. مقدار بعد فرکتال سطح از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$D = 3 - H \quad (۱۰)$$



شکل (۳): برازش خطی بر داده های لگاریتمی واریوگرم

در جدول زیر مقادیر بعد فراکتال تخمین زده شده برای نمونه سنگ ها آورده شده است:

جدول (۳): مقادیر تخمین زده شده برای زبری با استفاده از روش فراکتال

شماره نمونه	H	γ(0)	D
۱	0.493465	0.2133	2.506535
۲	0.4042	0.2654	2.5958
۳	0.652	- 0.6182	2.3474
۴	0.6539	-0.6091	2.3461
۵	0.63035	- 0.3291	2.36965
۶	0.6217	- 0.2772	2.3783
7	0.59785	- 0.4277	2.40215
8	0.693	- 0.3761	2.307

هرچند محاسبه عدد فراکتال به نسبت روش‌های آماری دشوارتر است اما با توجه به مستقل بودن مقادیر این روش از فاصله نمونه گیری به نسبت روش آماری برتری دارد. همچنین تخمین زبری با روش فراکتال با توجه به تخمین سه بعدی زبری سطح شکستگی به نسبت روش تجربی JRC و شاخص آماری که به صورت دو بعدی به کمی سازی زبری می‌پردازند، درک مناسب‌تری از میزان زبری سطح شکستگی ارائه می‌دهد.

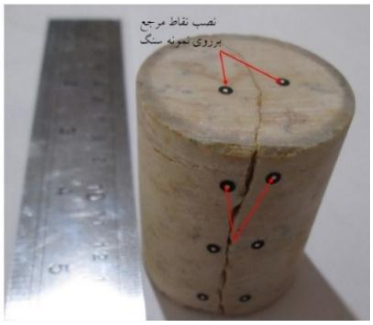
۴- برآورد بازشدگی شکستگی

فاصله دو سطح شکستگی از یکدیگر به عنوان بازشدگی تعریف می‌شود که در مراجع مختلف به صورت سه شکل بازشدگی هندسی، بازشدگی مکانیکی و بازشدگی هیدرولیکی تاکنون تعریف شده است. (Jing and Stephansson 2007b). تاکنون از روش متعددی نظیر تزریق به شکستگی استفاده از اشعه ایکس ری جهت اندازه‌گیری بازشدگی استفاده شده است.

در این مقاله با استفاده از داده های رقومی موجود بازشدگی شکستگی تخمین زده شده است. برای تخمین

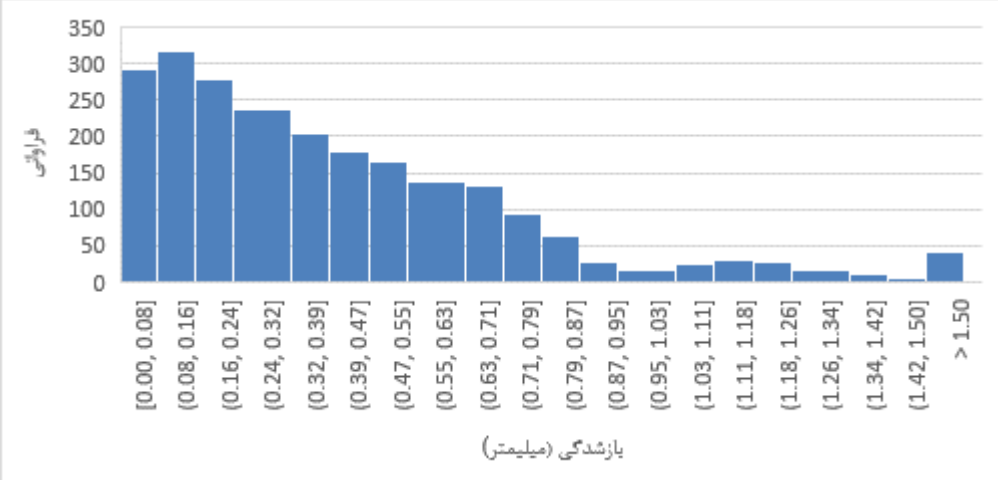
بازشـدگی شـکسـتگی سـنگی داشتن توپوگرافی دو سطح شکستگی لازم است ولی کافی نیست زیرا علاوه برآن می‌بایست از مکان نسبی هریک از دیواره های نسبت به یکدیگر (در شکستگی بسته) اطلاعات موجود باشد. برای بدست آوردن این ملزومات نخست می بایست سطح بیرون شکستگی در حالت بسته شکستگی ($\sigma_n=0$) رقومی سـازی شـود و سپس هریک از سطوح شکستگی به صورت مجزا رقومی سازی شود. بنابراین سه مدل دیجیتالی برای شکستگی سنگی ایجاد می‌گردد.

البته قبل از رقومی سـازی، برای تبدیل اندازه‌گیری مجزا به یک سیستم مختصات مشترک نقاط مرجع باید در اطراف نمونه اعمال شـود. در ادامه مدل‌های رقومی شده از دو سطح نمونه شکستگی با استفاده از نقطه های مرجع مشـترک در سـه مدل، به مدل پیرامونی شـکسـتگی بسته منتقل می‌گردد. سپس محورهای مختصات به نحوی که مناسـب ترین صـفحه x-y به در داخل شـکستگی با محور مثبت z به سمت بالا و مرکز بر روی محور نمونه قرار می‌گیرد. فاصله بین دو سطح شکستگی، به صورت عمود بر صفحه x-y به صورت بازشدگی تعریف می شود.



شکل (۴): نصب نقاط مرجع بر روی نمونه سنگ

در شکل ۶ توزیع فروانی بازشدگی برای نمونه شماره ۱ آورده شده است ، همانطور که در این شکل مشخص است با استفاده از این روش به خوبی می‌توان بازشدگی هندسی شکستگی را بدست آورد. این روش تخمین برای بازشدگی می‌تواند برای اندازه‌گیری بازشدگی شکستگی‌های موجود در توده سنگ از نمونه مغزه حفاری شده مورد استفاده قرار بگیرد و در مدل‌سازی هیدرولیکی شکستگی سنگ به کار آید.



شکل (۵): توزیع پراکندگی بازشدگی در نمونه شماره یک

۵- نتایج

با توجه به اهمیت هندسه شکستگی در نفوذپذیری توده سنگ مخازن نفتی شکاف‌دار و تاثیر آن بر عملکرد چاه‌های نفت، در این مقاله دو پارمتر مهم هندسه شکستگی شامل زبری و بازشدگی شکستگی برای چند نمونه سنگ مورد بررسی قرارگرفته است. توپوگرافی سطوح شکستگی با استفاده از سیستم اندازه گیری ژئومتریک-استریو سه بعدی رقومی شده است. با به کارگیری روش های آماری و فرکتال در این هندسه‌های رقومی شده، زبری سطوح شکستگی برآورد شده است. با توجه به اینکه زبری محاسبه شده در روش آماری وابسته به فاصله نمونه گیری نقاط است، روش‌های فراکتال درک مناسب‌تری از میزان زبری سطح شکستگی ارائه می‌دهد. همچنین با استفاده از این سطوح رقومی شده و اندازه‌گیری مکان هندسی دو دیواره شکستگی نسبت به هم، توزیع بازشدگی شکستگی موجود تحت تنش جانبی صفر تخمین زده شده است. این روش تخمین برای بازشدگی می‌تواند برای اندازه‌گیری بازشدگی شکستگی‌های موجود در توده سنگ از نمونه مغزه حفاری شده مورد استفاده قرار بگیرد و در مدل‌سازی هیدرولیکی مخازن هیدروکربوری در توده سنگ دارای شکستگی به کار آید.

۶- مراجع

[1] M. Lin, S. Chen, W. Ding, Z. Chen, and J. Xu, (2015) "Effect of fracture geometry on well production in hydraulic-fractured tight oil reservoirs," *J. Can. Pet. Technol.*, vol. 54, no. 3, pp. 183–194.

[2] B. Kong and S. Chen, (2018) "Numerical simulation of fluid flow and sensitivity analysis in rough-wall fractures," *J. Pet. Sci. Eng.*, vol. 168, pp. 546–561.

[3] M. M. Sharma and R. Manchanda, (2015) "The Role of Induced Un-propped (IU) Fractures in Unconventional Oil and Gas Wells," *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers, Houston, Texas, USA, p. 14.

[4] N. Barton, S. Bandis, and K. Bakhtar, (1985) "Strength, deformation and conductivity coupling of rock joints," *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, vol. 22, no. 3, pp. 121–140, Jun.

[5] N. . Barton and V. Choubey, (1977) "The shear strength of rock joints in theory and practice," *Rock Mech. Rock Eng.*, vol. 10, no. 1–2, pp. 1–54.

[6] N. Myers, (1962) "Characterization of surface roughness," *Wear*, vol. 5, no. 3, pp. 182–189.

[7] Y. Ge, P. H. S. W. Kulatilake, H. Tang, and C. Xiong, (2014) "Investigation of natural rock joint roughness," *Comput. Geotech.*, vol. 55, pp. 290–305.
[8] Y. Ge, P. H. S. W. Kulatilake, H. Tang, and C. Xiong, (2014) "Investigation of natural rock joint roughness," *Comput. Geotech.*, vol. 55, pp. 290–305.
[9] R. Tse and D. M. Cruden, (1979) "Estimating joint roughness coefficients," *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, vol. 16, no. 5, pp. 303–307.
[10] B. S. A. Tatone and G. Grasselli, (2010) "A new 2D discontinuity roughness parameter and its correlation with JRC," *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, vol. 47, no. 8, pp. 1391–1400.
[11] L. Jing and O. Stephansson, (2007) "Fluid flow and coupled hydro-mechanical behavior of rock fractures," in *Fundamentals of Discrete Element methods for Engineering*, pp. 111–144.

3rd National Conference on Petroleum Geomechanics
National Iranian Oil Company Exploration Directorate
Tehran, Jan,22-23,2019

Estimation of natural rock fracture roughness and aperture

Mohammad Javad Nasri[1]; Ahmad Ramezanzadeh[2]

Extended Abstract: In this paper using of data obtained from scan four natural fracture surface, roughness and aperture of fracture are quantified. Two methods statistical and fractals for estimating roughness have been used and the results of these methods are compared. Also this study presents a method for estimating fracture aperture.

Keywords: Rock fracture, fracture roughness, fracture aperture, statistical parameters, fractal method

Summary: Geometry of rock fracture plays main role in hydraulic and mechanical behavior of fracture. In this paper roughness an aperture of fractures as two main factor of geometry is studied.

Introduction: Rock fracture as a weakness plane in most cases determines the mechanical and hydraulic behavior of the rock mass. In many geomechanical projects such as exploitation of hydrocarbon reservoirs and storage of hydrocarbon materials, recognition of mechanical and hydraulic behavior of fractures is one of the most important issue of the study in design and implement. The most important parameter affecting fracture behavior is the geometry of features. Therefore, quantification of roughness and aperture is very important in evaluating hydraulic and mechanical behavior of rock mass. In this paper, information is provided on several examples of natural fracture with a photogrammetric method and three dimensional geometric measurements.

Methodology and Approaches: Using the cloud points obtained by scanning the fracture surfaces, the digital surface of the fracture surfaces is made Utilizing these digitized surfaces and available methods for roughness quantify such as JRC, two-dimensional statistical parameters and fractal methods, roughness of these fracture surfaces is estimated. A comparison was made between these methods. Also, using these digital surfaces and measuring the geometric location of two walls of the fracture relative to each other, the fracture aperture distribution is estimated at the zero confining stress.

Results and Conclusions: However, it is more difficult to calculate fractal numbers than statistical methods, but with regard to the independence of the values of this method, the sampling distance is superior to the statistical method. Also, roughness estimation by fractal method provides a better understanding of the fracture surface roughness in terms of three-dimensional roughness of fracture surface in comparison with the JRC empirical method and the two-dimensional roughness coefficient index. This paper also presents a method for estimating fracture aperture. This aperture estimation method can be used to estimate the fracture aperture in the rock mass from the drilled core sample and to be used in hydraulic modeling of the rock fracture.

[1]Corresponding Author: Ph.D. Student, Shahrood University of Technology, Mohammad.nasri@shahroodut.ac.ir.
[2]Ph.D. of Rock mechanic, Shahrood University of Technology aramezanzadeh@shahroodut.ac.ir.