

مطالعه نحوه توزیع ذرات در یکی از میادین ماسه‌ای ایران

پژوهش نفت

سال هجدهم
شماره ۵۷
صفحه ۲۴-۱۷، ۱۳۸۷

محمد رضا اصفهانی* و سیدمجید هاشمی

پژوهشگاه صنعت نفت، مرکز مطالعات اکتشاف و تولید

مقدمه

تولید شن یکی از مشکلات عمده تولید از مخازن نفتی ماسه سنگی است. به منظور مقابله با مشکل تولید شن از چاه‌های نفتی در طی چند دهه اخیر، ابزارهای مکانیکی و روش‌های متفاوتی پیشنهاد شده است که عموماً می‌توان آنها را به دو دسته غربال‌ها و آستره شنی^۱ تقسیم بندی کرد. منظور از غربال، لوله‌ای است با منافذ متعدد که به منظور جداسازی ذرات سازند طراحی شده است. این ذرات بر روی منافذ جمع آوری می‌شوند. لفظ غلاف آستره شنی^۲ به لوله مشبکی اطلاق می‌شود که برای محافظت از آستره شنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از آستره شنی در چاه‌های آبی به سال ۱۹۱۶ باز می‌گردد. این روش به حدی موفقیت آمیز بود که محققین بر آن شدند تا امکان استفاده از این روش را در چاه‌های نفتی بررسی کنند. در واقع هنگامی نیاز به آستره شنی احساس شد که غربال‌ها در جلوگیری از حرکت ماسه‌های دانه ریز شکست خوردند. ذرات آستره شنی به صورت فیلتر عمل می‌کنند. یعنی به سیال اجازه عبور داده ولی از ورود ذرات ریز سازند به درون چاه جلوگیری می‌کنند. سد کردن^۳ توسط منافذ بین ذرات آستره شنی کنترل می‌شود که خود تابعی از اندازه

چکیده

سالیان متمادی مشکل تولید ماسه اذهان مهندسين نفت را در سرتاسر جهان به خود معطوف داشته است. فرسایش تجهیزات که بر اثر تولید ماسه پدید می‌آید به میزان قابل توجهی هزینه عملیات را بالا می‌برد. تولید ماسه تابعی از دبی تولید است. اگر دبی از حد معینی پایین تر باشد، تولید ماسه نخواهیم داشت. اما معمولاً این دبی به حدی است که اجباراً مخزن با دبی بالاتری تولید می‌شود و باید به نحوی با مشکل تولید ماسه مقابله شود. برای سد کردن حرکت ذرات ماسه معمولاً از غربال و یا آستره شنی استفاده می‌شود. این روش‌ها مستلزم داشتن اطلاعات کافی از نحوه توزیع ذرات در سازند می‌باشند. این اطلاعات را معمولاً از آزمایش‌های گرانولومتری به دست می‌آورند.

در طی این مطالعه که بر روی نمونه‌های یکی از مخازن ماسه‌ای ایران صورت گرفته است، مشکلات ناشی از تولید شن عنوان شده و برای از بین بردن آنها، با انجام آزمایش‌های گرانولومتری، داده‌های لازم برای طراحی سیستم آستره شنی به دست آمده‌اند. از این داده‌ها برای تخمین خواص پتروفیزیکی اولیه سازند ماسه‌ای که به صورت غیرمترام است نیز می‌توان استفاده کرد.

1. Screen
2. Gravel Pack
3. Gravel Pack Liner
4. Bridging

واژه‌های کلیدی: آستره شنی، ماسه سازند، گرانولومتری، غربال، طراحی آستره

Clay، Silt، Sand، Granule، Pebble، Cobble، Boulder دسته‌بندی می‌کند. داده‌های فراوانی ذرات بر اساس وزن ذرات باقیمانده بر روی هر الک و درصد فراوانی تجمعی از مجموع درصدهای باقیمانده ذرات روی الک‌های قبلی به دست می‌آید. برای مقایسه بهتر داده‌ها باید اندازه قطر ذرات (محور افقی) بر حسب فراوانی تجمعی (محور عمودی) رسم شود. در محاسبات ریاضی فراوانی تجمعی، استفاده از مقیاس $(\phi)_{phi}$ که یک تبدیل لگاریتمی اندازه ذرات است، مفهوم‌تر است.

$$\phi = -\log_2 d \quad (1)$$

در این رابطه d قطر ذره بر حسب میلی‌متر است. سه پارامتر مقدار متوسط^۵، جورشدگی^۶ و میزان عدم تقارن^۷ را می‌توان به راحتی از نمودارهای فراوانی به دست آورد. پارامتر دیگری که معمولاً به کار برده می‌شود ضریب یکنواختی^۸ است که نمایانگر یکنواختی توزیع می‌باشد. این ضریب به صورت نسبت درصد قطر ۴۰ (۴۰ درصد ذرات دارای قطرهای بیش از d_{40} هستند) به درصد قطر ۹۰ نمایش داده می‌شود.

$$C = d_{40}/d_{90} \quad (2)$$

نسبت C کمتر از ۳ معرف ماسه یکنواخت و نسبت C بزرگتر از ۵ معرف ماسه غیر یکنواخت است.

نسبت شن به ماسه (G/S)

یکی از عامل‌های مهم برای طراحی آستره شنی، نسبت شن به ماسه است که به صورت اندازه ذرات شن آستره به اندازه ذرات ماسه سازند تعریف می‌شود. نسبت G/S کوچکتر از ۴ منجر به یک آستره با ثبات خواهد شد. اما مسلماً چنین نسبت کوچکی موجب کاهش تولید می‌شود. معمولاً نسبتی معادل ۶ به عنوان مقدار بهینه برای طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد و این مقدار حداکثر می‌تواند ۸ باشد [۵ و ۶].

ذرات آستره شنی و نحوه فشردگی آنهاست. نکات مهمی که باید در طراحی آستره شنی مورد توجه قرار گیرند عبارتند از:

۱. آنالیز ذرات ماسه سازند
۲. نسبت شن آستره شنی به ماسه سازند
۳. یکنواختی ذرات ماسه سازند
۴. سرعت عبور از لوله آستری مشبک^۱ [۱]

روش انجام کار

آنالیز ذرات ماسه سازند

برای انتخاب صحیح شن برای ایجاد آستره شنی باید اندازه دقیق و دامنه تغییرات قطر ذرات ماسه سازند تولید کننده را در دست داشت. مطمئن‌ترین روش برای به دست آوردن این اطلاعات آزمایش‌های گرانولومتری^۲ است. در این روش نمونه‌های مورد نظر پس از شستشو، خشک شدن و توزین، در دستگاه الک لرزان^۳ قرار داده می‌شوند. با انتخاب الک‌های مختلف با اندازه‌های مختلف که به ترتیب از بزرگ به کوچک بر روی هم قرار گرفته‌اند، می‌توان نمونه‌ها را به گروه‌های مختلف با اندازه‌های مشخص دسته بندی کرد.

از آنجا که اکثر ذرات به صورت کروی نیستند، نمی‌توان فرض را بر آن گذاشت که جدا شدن ذرات فقط بر اساس قطر ذرات بوده بلکه شکل ذره نیز مهم است. با وجود تمام فرضیات، گرانولومتری به عنوان یک روش مورد قبول برای آنالیز مکانیکی ذرات مورد تایید قرار گرفته است [۲].

نتایج آزمایش‌های گرانولومتری نیازمند به استفاده از یک مقیاس دسته بندی است [۳ و ۴]. هرچند که این مقیاس دلخواه است اما باید سیستماتیک بوده و ذرات را برای بررسی به دسته‌های مشخصی که از لحاظ اندازه قطر ذرات با هم متفاوت هستند تقسیم کند. معمولاً مقیاس ونورت^۴ ترجیح داده می‌شود. این مقیاس بر اساس تصاعد هندسی ۱/۲ (و یا ۲ با توجه به جهت حرکت) تنظیم شده و اندازه ذرات بر حسب میلی‌متر است. مقیاس ونورت ذرات را به اندازه‌های مختلف با نام‌هایی از قبیل

1. Slotted Liner	7. Skewness
2. Sieve Analyses	8. Uniformity Coefficient
3. Sieve Shaker	
4. Wenworth	
5. Mean, Medium	
6. Sorting	

روش طراحی آستره

منحنی‌های طراحی سیستم آستره شنی از نتایج حاصله از گرانولومتری به دست می‌آید. با توجه به منحنی‌های فراوانی تجمعی اندازه قطر دانه‌ها، مقادیر d_{10} ، d_{40} ، d_{70} و d_{90} ، مقدار ضریب یکنواخت (d_{40}/d_{90}) محاسبه می‌شود. سپس با توجه به اندازه سرعت ورودی، اندازه سرعت بحرانی ذرات ماسه به دست می‌آید.

- برای ماسه‌هایی با نسبت C کمتر از ۵ و سرعت ورودی کمتر از 0.05 ft/s نقطه d_{10} به عنوان اندازه بحرانی ذرات است.

- برای ماسه‌هایی با نسبت C بیشتر از ۵ و سرعت ورودی بیشتر از 0.05 ft/s نقطه d_{40} به عنوان اندازه بحرانی ذرات است.

- برای ماسه‌های خیلی غیریکنواخت با نسبت C بیشتر از ۱۰ و سرعت ورودی بیشتر یا مساوی 0.1 ft/s نقطه d_{70} به عنوان اندازه بحرانی ذرات است.

اندازه بحرانی ذرات شن آستره به وسیله ضرب کوچکترین ذرات بحرانی در عدد ۶ به دست می‌آید. سپس خطی از اندازه ذره بحرانی شن گذرانده می‌شود به طوریکه نسبت C آن کوچکتر یا مساوی $1/5$ باشد. تغییرات اندازه شن آستره از نقاط d_0 تا d_{100} مشخص می‌شود و این اندازه به نزدیک‌ترین مقیاس تاپلر تبدیل می‌شود.

تخمین خواص پتروفیزیکی

روش‌های مورد استفاده بر مبنای داده‌های تجربی می‌باشند که از نمونه‌های ماسه مورد نظر به دست می‌آید [۷]. تخلخل اولیه به میزان قابل توجهی تابعی از جورشدهگی ذرات می‌باشد که از ۴۲ درصد با جورشدهگی خیلی خوب تا ۲۸ درصد با جورشدهگی ضعیف تغییر می‌کند [۸]. همچنین با افزایش زوایای دانه‌ها مقدار تخلخل چندین درصد افزایش می‌یابد و تخلخل ماسه‌های طبیعی با تخلخل ماسه‌هایی که به صورت مصنوعی فشرده شده‌اند به خوبی مطابقت دارد. کاهش تخلخل بر اثر تراکم را می‌توان پیش بینی کرد ولی تخمین کاهش تخلخل بر اثر سیمان شدگی پیچیده‌تر است.
نفوذپذیری ماسه سنگ‌ها با اندازه ذرات و جورشدهگی

تغییر می‌کند. اگر اندازه ذرات یک دسته تغییر کند، نفوذپذیری با ضریب ۲ تغییر خواهد کرد. تغییرات نفوذپذیری از ۴۰۰ داری در نمونه‌های دانه درشت و خیلی خوب جور شده تا ۱۰ میلی داری در نمونه‌هایی با دانه‌های خیلی ریز و جورشدهگی ضعیف تغییر می‌کند [۹]. تخمین نفوذپذیری به مراتب پیچیده‌تر از درصد تخلخل است زیرا نفوذپذیری نه تنها تابعی از اندازه ذرات فضای متخلخل است بلکه تابعی از شکل هندسی فضای متخلخل و ارتباط منافذ با یکدیگر نیز هست.

نتایج حاصل از آزمایش‌ها

در این مطالعه تعداد ۳۰ نمونه از لایه ماسه‌ای غار از یک میدان نفتی در منطقه دریایی جنوب ایران انتخاب شده است. نمونه‌ها ابتدا در دستگاه شستشوی مغزه شسته شده و از هرگونه مواد هیدروکربنی عاری می‌شود. برای انجام آزمایش‌های گرانولومتری ابتدا مقدار مشخصی از هر نمونه وزن شده و در ۵۰۰ سی سی محلول 0.1 نرمال اسیدکلریدریک ریخته می‌شود. بدین ترتیب سیمان طبیعی بین دانه‌های نمونه از بین می‌رود سپس با استفاده از دستگاه الک لرزان اندازه ذرات تعیین می‌شود. نتایج حاصل از انجام آنالیز غربال بر روی تعدادی از نمونه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

با استفاده از اطلاعات به دست آمده (جدول ۱ و ۲) نمودار فراوانی تجمعی بر حسب قطر دانه‌ها (میلی‌متر) و همچنین هیستوگرام فراوانی هر دسته از داده‌ها مطابق دسته‌بندی ونورت شده است که با استفاده از نمودارهای مربوطه مقادیر پارامترهای ضریب جورشدهگی، عدم تقارن، میانه، مقدار متوسط و ضریب یکنواختی محاسبه شده است (جدول ۳).

برای بدست آوردن منحنی‌های طراحی سیستم آستره شنی، نمونه‌های مورد آزمایش به سه دسته تقسیم شدند. مقادیر d_{10} ، d_{40} ، d_{70} و d_{90} محاسبه شده و نقاط حاصل روی یک منحنی ترسیم شد تا منحنی بحرانی اندازه ذرات ماسه سازند به دست آید. با توجه به این منحنی مقدار اندازه ذره بحرانی شن و سپس اندازه ذرات شن آستره محاسبه می‌شود (شکل‌های ۱ الی ۳).

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمایش آنالیز غربال

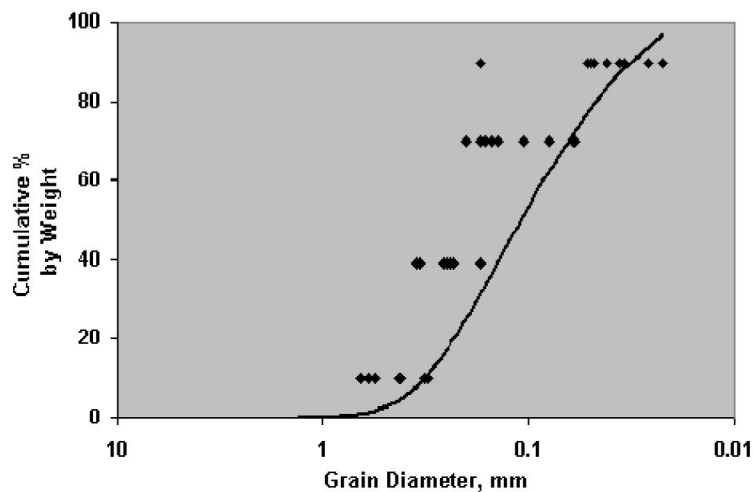
درصد تجمعی ذرات باقیمانده بر روی غربال										قطر بازشدگی توری غربال (mm)	شماره غربال
نمونه شماره ۳۰	نمونه شماره ۲۷	نمونه شماره ۲۴	نمونه شماره ۲۲	نمونه شماره ۲۱	نمونه شماره ۱۱	نمونه شماره ۹	نمونه شماره ۷	نمونه شماره ۳	نمونه شماره ۲		
۲۰/۰۰	۳۰/۸۲	۱۲/۵۹	۲۱/۰۹	۴۵/۵۰	۱۱/۶۲	۱۳/۷۱	۲۲/۷۹	۲۷/۲۵	۱۹/۸۹	۰/۰۳۷	۴۰۰
۲۳/۰۷	۳۱/۷۴	۱۳/۲۶	۲۳/۵۵	۴۷/۱۹	۱۲/۵۹	۱۵/۲۱	۲۵/۱۹	۳۰/۵۶	۲۰/۶۵	۰/۰۶۲۵	۲۳۰
۳۸/۳۴	۳۷/۰۱	۲۰/۳۹	۴۳/۱۴	۵۵/۴۶	۲۱/۱۲	۲۳/۵۰	۴۴/۰۰	۴۳/۰۳	۲۷/۸۷	۰/۰۷۴	۲۰۰
۶۲/۱۸	۶۸/۱۳	۶۳/۴۳	۸۰/۴۳	۸۳/۹۰	۹۲/۷۵	۶۲/۸۷	۷۶/۷۷	۸۰/۹۰	۶۴/۱۰	۰/۱۲۵	۱۲۰
۷۹/۲۸	۹۲/۱۳	۹۷/۲۲	۹۵/۶۹	۹۵/۴۴	۹۹/۲۲	۹۷/۱۰	۸۸/۹۸	۹۶/۱۷	۹۳/۵۳	۰/۲۵	۶۰
۸۵/۳۶	۹۶/۶۵	۹۹/۳۱	۹۸/۴۰	۹۶/۱۴	۹۹/۶۵	۹۹/۸۱	۹۲/۰۵	۹۸/۸۹	۹۶/۷۷	۰/۴۲	۴۰
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱	۱۸

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمایش آنالیز غربال

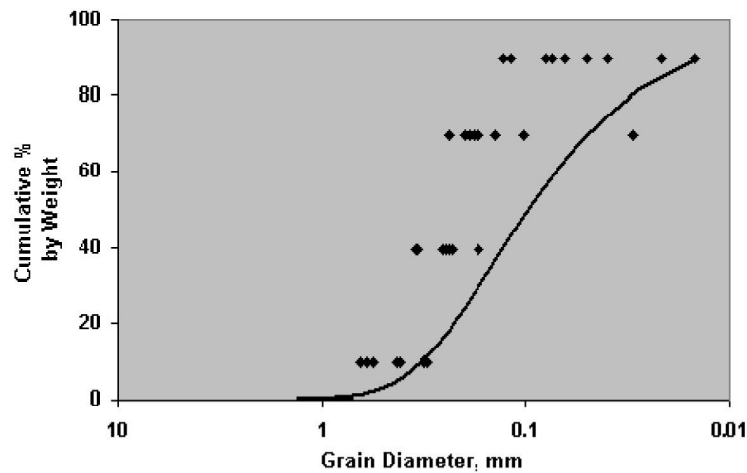
شماره نمونه	Silt	V.F.Sand	F.Sand	M.Sand	C.V.C.Sand
۱	۱۳/۷۹	۱۱/۷۷	۳۹/۸۸	۳۲/۳۱	۲/۲۴
۲	۱۹/۸۹	۷/۹۹	۳۶/۲۲	۲۹/۸۷	۶/۰۳
۳	۲۷/۷۵	۱۵/۷۸	۳۷/۸۷	۱۵/۶۴	۲/۹۵
۴	۱۳/۷۱	۱۱/۱۴	۳۷/۴۳	۳۳/۶۹	۴/۰۱
۵	۱۱/۸۶	۱۰/۳۸	۴۳/۶۳	۳۲/۳۷	۱/۷۵
۶	۱۲/۱۲	۱۱/۳۹	۴۴/۲۸	۳۱/۰۱	۱/۱۹
۷	۲۲/۲۹	۲۱/۲۲	۳۲/۷۶	۱۲/۶۳	۱۰/۶۰
۸	۲۰/۲۵	۱۲/۷۹	۴۳/۳۱	۲۰/۳۸	۳/۲۶
۹	۱۳/۷۱	۹/۷۹	۳۹/۳۸	۳۴/۶۰	۲/۵۲
۱۰	۱۵/۷۹	۷/۷۰	۳۸/۶۱	۳۳/۴۸	۴/۴۰
۱۱	۱۱/۶۲	۹/۵۰	۷۱/۶۳	۶/۵۳	۰/۷۲
۱۲	۸/۸۴	۱۸/۶۴	۶۸/۶۲	۳/۲۶	۰/۶۳
۱۳	۱۱/۵۱	۱۰/۳۳	۷۳/۳۵	۲/۶۵	۰/۱۵
۱۴	۹/۱۴	۱۱/۳۲	۷۶/۵۴	۲/۵۶	۰/۴۴
۱۵	۹/۷۵	۱۴/۶۲	۷۱/۸۵	۳/۰۴	۰/۷۳
۱۶	۷/۴۷	۴/۸۹	۵۳/۵۸	۳۲/۹۲	۱/۱۴
۱۷	۱۱/۸	۱۳/۴۸	۶۱/۳۷	۱۲/۶۹	۰/۶۵
۱۸	۷/۹۹	۱۲/۳۴	۷۶/۴۲	۳/۲۲	۰/۰۳
۱۹	۱۱/۸۷	۲۲/۵۲	۵۹/۴۶	۵/۳۵	۰/۷۸
۲۰	۶/۹۰	۴/۹۷	۵۳/۲۹	۳۴/۷۸	۰/۰۵
۲۳	۱۲/۵۸	۹/۱۶	۴۲/۰۸	۳۳/۸۶	۲/۳۱
۲۴	۱۲/۵۹	۷/۸۰	۴۳/۰۴	۳۴/۰۸	۲/۴۹
۲۵	۲۱/۵۱	۶/۹۲	۲۶/۱۸	۳۲/۲۰	۱۳/۱۸
۲۶	۲۰/۱۹	۵/۵۲	۳۷/۳۴	۲۹/۹۰	۷/۰۵
۲۷	۳۰/۸۲	۶/۱۸	۳۱/۱۲	۲۴/۶۲	۷/۲۴
۲۸	۲۱/۴۹	۱۵/۷۸	۳۹/۲۴	۲۱/۵۷	۱/۹۱
۲۹	۲۵/۰۰	۱۲/۲۰	۳۱/۵۲	۲۶/۵۷	۴/۷۰
۳۰	۱۹/۹۹	۱۸/۳۴	۲۳/۸۴	۱۷/۹۴	۱۹/۸۸
میانگین	۱۶/۶۳	۱۱/۸۸	۴۶/۶۵	۲۱/۰۳	۳/۷۱

جدول ۳- پارامترهای محاسبه شده از آنالیز غربالی برای نمونه‌های مورد آزمایش

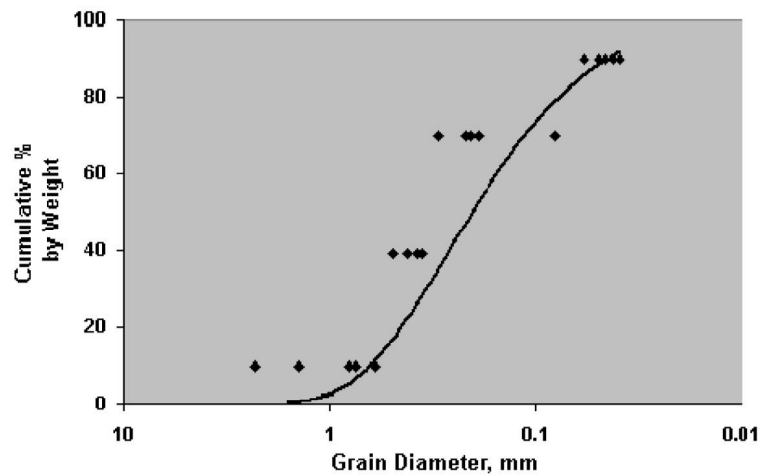
Uniformity Coefficient C	Mean, M	Median, ϕ_{50}	Skewness, SK_1	Sorting, σ_1	شماره نمونه
۶/۶۸۱	۲/۰۰۶	۱/۸۸	۰/۲۹۲	۱/۲۵۱	۱
۹/۵۸۰	۲/۴۰۰	۱/۹۰	۰/۳۵۰	۱/۷۱۱	۲
۷/۸۳۵	۲/۷۶۰	۲/۲۸	۰/۳۷۵	۱/۵۲۷	۳
۷/۵۶۸	۱/۹۷۰	۱/۸۵	۰/۲۸۸	۱/۲۸۸	۴
۵/۸۹۷	۱/۹۹۰	۱/۸۸	۰/۲۸۶	۱/۲۱۶	۵
۵/۹۳۸	۲/۰۰۷	۱/۹۲	۰/۲۶۵	۱/۱۸۸	۶
۷/۴۶۴	۲/۵۲۰	۲/۲۵	۰/۱۲۷	۱/۷۸۰	۷
۷/۶۷۴	۲/۵۰۰	۲/۰۸	۰/۳۸۰	۱/۵۰۹	۸
۲/۳۴۶	۱/۷۱۰	۱/۸۳	۰/۰۷۳	۰/۹۵۶	۹
۸/۱۶۸	۲/۰۴۰	۱/۸۵	۰/۳۲۵	۱/۳۴۴	۱۰
۴/۷۲۴	۲/۷۲۰	۲/۰۶	۰/۴۵۵	۰/۹۰۰	۱۱
۲/۴۶۲	۲/۲۸۰	۲/۱۳	۰/۵۰۶	۰/۸۰۱	۱۲
۴/۹۲۵	۲/۲۷۳	۲/۱۰	۰/۵۵۶	۰/۸۳۵	۱۳
۲/۷۷۰	۲/۲۰۰	۲/۰۹	۰/۴۹۰	۰/۷۶۰	۱۴
۳/۲۴۹	۲/۲۴۰	۲/۱۰	۰/۵۲۰	۰/۷۷۰	۱۵
۲/۳۶۲	۱/۷۲۶	۱/۸۳	۰/۰۸۵	۰/۹۵۸	۱۶
۵/۶۱۸	۲/۲۶۰	۲/۰۸	۰/۳۹۳	۱/۰۱۵	۱۷
۲/۴۱۲	۲/۱۹۳	۲/۱۰	۰/۴۷۲	۰/۷۳۷	۱۸
۵/۲۴۲	۲/۳۶۳	۲/۲۰	۰/۴۴۵	۰/۹۲۵	۱۹
۲/۱۷۳	۱/۷۲۳	۱/۸۲	۰/۰۹۶	۰/۹۳۵	۲۰
۷/۳۶۲	۱/۹۳۰	۱/۸۵	۰/۲۷۶	۱/۲۲۰	۲۳
۷/۴۶۴	۱/۸۹۶	۱/۸۳	۰/۲۷۰	۱/۲۰۶	۲۴
۱۱/۷۹۴	۲/۲۵۰	۱/۷۲	۰/۳۰۲	۱/۹۰۰	۲۵
۹/۸۴۹	۲/۳۷۰	۱/۸۷	۰/۳۴۹	۱/۷۳۰	۲۶
۱۰/۹۲۸	۲/۶۲۰	۲/۰۶	۰/۳۰۷	۱/۸۸۰	۲۷
۸/۶۹۴	۲/۶۴۰	۲/۱۲	۰/۴۱۷	۱/۵۷۲	۲۸
۱۰/۲۶۷	۲/۵۹۳	۲/۰۶	۰/۳۷۰	۱/۷۳۶	۲۹
۸/۵۷۴	۱/۹۲۶	۱/۹۸	۰/۰۲۵	۲/۰۶۹	۳۰
۲/۱۷۳	۱/۷۱۰	۱/۷۲	۰/۰۲۵	۰/۷۳۷	مینیم
۱۱/۷۹۴	۳/۲۳۳	۳/۰۰	۰/۵۵۶	۲/۰۶۹	ماکزیمم



شکل ۱- منحنی تجمعی پراکندگی قطر دانه‌ها برای گروه ۱



شکل ۲- منحنی تجمعی پراکندگی قطر دانه‌ها برای گروه ۲



شکل ۳- منحنی تجمعی پراکندگی قطر دانه‌ها برای گروه ۳

مجزا محاسبه و در جدول ۵ گزارش شده است.

جدول ۴- مقادیر تخلخل اندازه‌گیری

شماره نمونه	تخلخل اندازه‌گیری شده (%)
۵	۱۱/۸۱
۷	۶/۹۱
۸	۱۰/۵۸
۹	۸/۴۰
۲۳	۳/۴۱
۲۴	۸/۶۹

به دلیل اینکه امکان تهیه مغزه از بسیاری از نمونه‌ها وجود نداشت، لذا از قسمت‌هایی که امکان تهیه نمونه بود با استفاده از چسب مخصوص، جداره محافظی برای آنها تهیه شد تا به شکل پلاگ درآیند. مقدار درصد تخلخل این نمونه‌ها اندازه‌گیری و در جدول ۴ نشان داده شده است.

تخلخل اولیه که تابعی از جورشدگی و مقدار میانه اندازه ذرات است، تعیین شد و سپس درصد کاهش تخلخل در مقایسه با تخلخل اولیه محاسبه شده است. سپس با استفاده از مقادیر درصد کاهش، مقدار تخلخل اولیه برای نمونه‌هایی که امکان تهیه پلاگ از آنها نبوده در دو دسته

جدول ۵- مقادیر تخلخل تخمین زده شده

شماره نمونه	تخلخل محاسبه شده (%)	شماره نمونه	تخلخل محاسبه شده (%)
۱	۹/۶۹	۱۶	۱۰/۳۱
۲	۸/۷۵	۱۷	۶/۴۸
۳	۹/۳۸	۱۸	۶/۹۷
۴	۹/۵۳	۱۹	۶/۵۸
۵	۹/۶۹	۲۰	۶/۴۸
۶	۱۰/۰۰	۲۱	۵/۹۵
۷	۸/۹۱	۲۲	۵/۸۹
۸	۹/۳۸	۲۳	۶/۰۳
۹	۱۰/۰۳	۲۴	۵/۹۹
۱۰	۹/۵۳	۲۵	۵/۴۰
۱۱	۱۰/۶۳	۲۶	۵/۵۰
۱۲	۱۱/۰۹	۲۷	۵/۵۰
۱۳	۱۰/۹۷	۲۸	۵/۸۲
۱۴	۱۰/۹۴	۲۹	۵/۵۰
۱۵	۱۱/۱۹	۳۰	۵/۴۰

بحث و نتیجه گیری

آزمایش‌های گرانولومتری بر روی ۳۰ نمونه از عمق ۲۸۱۷/۵ الی ۲۹۵۶/۵ متر انجام گرفته است که با توجه به منحنی‌های فراوانی تجمعی ضریب جورشدگی از ۰/۷۳۷ تا ۲/۰۶۹ و مقدار عدم تقارن از ۰/۰۲۵ تا ۰/۵۵۶ و میان‌ه بین ۱/۷۲ تا ۳/۰۰ متغیر می‌باشد. همچنین مقدار متوسط اجزاء ماسه سنگ‌ها مطابق دسته بندی ونورت به شرح زیر می‌باشد که بیشترین مقدار فراوانی مربوط به Fine Sand می‌باشد (شکل ۴ و جدول ۶).

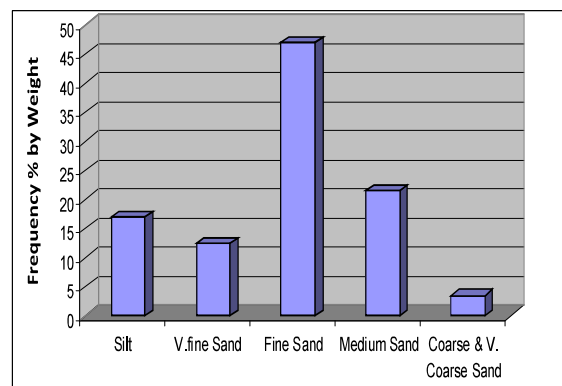
با توجه به نتایج حاصله منحنی‌های فراوانی تجمعی اندازه ذرات مقادیر d_{10} ، d_{40} ، d_{70} ، d_{90} محاسبه شده سپس منحنی

جدول ۶- مقدار متوسط اجزاء تشکیل دهنده ماسه سنگ

نوع ذرات	Silt	V.F. Sand	F. Sand	M. Sand	C.& V.C.Sand
درصد	۱۶/۶۳	۱۱/۸۸	۴۶/۶۵	۲۱/۰۳	۳/۷۰

بحرانی اندازه ذرات ماسه سازند رسم شد. مقدار ضریب یکنواختی که فاکتوری برای انتخاب نقاط فوق برای نقطه بحرانی ذرات ماسه می‌باشد به طور متوسط برابر ۶/۵۴۲ می‌باشد که نشان‌دهنده غیریکنواختی ماسه‌سنگ‌های آنالیز شده می‌باشد.

برای تخمین مقادیر درصد تخلخل از عمق ۲۸۱۷ الی ۲۸۵۲ متر، چهار نمونه پلاگ مصنوعی تهیه شد که مقادیر درصد تخلخل موثر اندازه‌گیری شده نسبت به تخلخل اولیه به طور متوسط ۶۸/۷۵ درصد کاهش داشته و از عمق ۲۸۵۲ الی ۲۹۵۶/۵ متر دو نمونه مصنوعی تهیه شد که مقدار کاهش درصد تخلخل اولیه در مقایسه با درصد تخلخل موثر اندازه‌گیری شده ۸۰ درصد کاهش را نشان می‌دهد. با توجه به این مطلب مقادیر درصد تخلخل موثر برای نمونه‌هایی که امکان تهیه نمونه پلاگ از آنها نبوده، تخمین زده شده است.



شکل ۴- هیستوگرام مقدار متوسط اجزاء تشکیل دهنده ماسه سنگ

منابع

- [1] Shawartz D.H., Successful sand control design for high rate oil & water wells, SPE 2330, Vol. 21, pp. 93-98, 1969.
- [2] Royers P., Livesey D. and Heldrick T., New sand-control filter for thermal recovery wells, SPE Production Engineering, 1922.
- [3] Krumbein W.C. and pehtohn F.J., Manual of sedimentary petrography, Appleton-Century-Craft Inc., 1938.
- [4] Krumbein W.C. and Sloss L.L., Stratigraphy & sedimentation, W.H. Freeman & Co., San Francisco & London, 1963.
- [5] Tucker M., Technique in Sedimentology, 1988.
- [6] Rodgers C.J., Some practical aspects of gravel packing, Trans. AIME, Vol. 201, pp. 15-21, 1954.
- [7] Beard D.C. and Weyl P.K., Influence of texture on porosity & permeability of unconsolidated sand, Bulletin of American Association of Petroleum Geology, Vol. 57, 1973.
- [8] Shryock S., Ahmad S. and Meloy J.M., Gravel packing for the during steam flood, SPE Production Engineering, 1990.
- [9] Nelson P.H., Permeability-porosity relationships in sedimentary rocks, Log Analyst, pp. 38-62, 1994.