

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی آب منطقه ای زنجان

کمیته تحقیقات

خلاصه طرح

بررسی پیامدهای شکست هیدرولیکی بوسیله مفهوم تخلخل دو گانه

سازمان مجری :

دانشگاه علم و صنعت ایران

پژوهشگر :

دکتر مجتبی غروی

مرداد ۱۳۹۲

مقدمه :

در ژئوتکنیک کاربردی، تغییر ویژگی‌های فیزیکومکانیکی خاک اشباع در اثر افزایش فشار سیال حفره‌ای را شکست هیدرولیکی گویند. رویکرد مهندسين در برابر این پدیده به دو شکل متفاوت می‌باشد. در کارهای سد سازی تلاش می‌شود تا با جلوگیری از وقوع این پدیده در هسته سدهای خاکی از پیامدهای مخرب رگابی شدن پرهیز گردد، در حالیکه در صنعت نفت با ایجاد شکست هیدرولیکی در مخازن نفت تلاش می‌شود تا تولید مخزن افزایش داده شود. از این رو اطلاع از جزئیات فرآیند شکست هیدرولیکی در محیط‌های متخلخل با توجه به خصوصیات مکانیکی مصالح تشکیل دهنده محیط از یکسو و ویژگی‌های سیال از سوی دیگر، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. شکست هیدرولیکی ابتدا در صنعت نفت مطرح و مورد استفاده قرار گرفته است. از روش شکست هیدرولیکی در سال ۱۹۴۷ برای اولین بار در یک چاه گاز در ایالت کانزاس امریکا برای افزایش تولید استفاده شد (Massarsch 1978). البته پیش از آن نیز گزارشی در خصوص تزریق اسید در داخل چاه نفت جهت افزایش درزه و ترک در دیوار چاه وجود داشته است. برای ارزیابی اندرکنش مجموعه عوامل منجر به شکست هیدرولیکی روشهای مختلفی توسط پژوهشگران بکار گرفته شده است. یکی از این روشها پیش‌بینی فشار شکست با بهره‌گیری از روابط تجربی حاصل از مطالعات آزمایشگاهی و یا میدانی است. در بسیاری از پژوهش‌های از این دسته برای ساده‌سازی آزمایش، از هندسه‌های غیر معرف محیط متخلخل همچون استوانه ای یا مکعبی شکل استفاده شده است. این نمونه‌ها دارای سوراخی در خود بوده که با افزایش فشار در داخل این سوراخ به کمک سیالی نظیر آب، شکست هیدرولیکی ایجاد می‌کرده‌اند. قطر نمونه‌های استوانه‌ای مورد استفاده توسط اغلب محققین کوچک بوده اما در میان آنها نمونه‌های مکعبی با ابعاد ۲۰ سانتیمتر و یا نمونه‌های استوانه ای با قطر ۱۵ سانتیمتر نیز مشاهده می‌شود (قنبری، ۱۳۸۱). در بیشتر موارد سلول شکست هیدرولیکی با اصلاح سلول دستگاه سه محوری ساخته شده و مورد استفاده قرار گرفته است. اما در مواردی نیز در انجام آزمایشات شکست هیدرولیکی از سلول پیشرفته تحکیم استفاده شده است. در این تحقیق نفوذپذیری ماسه‌های با دانه بندی یکنواخت پس از وقوع پدیده‌های شکست هیدرولیکی در یک سلول قطاعی نسبتاً بزرگ مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفت. تجهیزات و سلول ویژه‌ای که برای انجام این پژوهش ساخته و بکار گرفته شد می‌تواند رفتار مصالح در مجاورت یک چاه مفروض و همچنین در فواصل نزدیک به آن را پیش و یا پس از وقوع شکست هیدرولیکی مورد بررسی قرار دهد. شایان ذکر است که استفاده از سلول‌های شکست هیدرولیکی بکار گرفته شده توسط پژوهشگران پیشین با ابعادی که پیش از این بدان اشاره شد مفید دیده نشد. از این رو ابعاد سلول شکست

هیدرولیکی ساخته شده برای انجام این پژوهش بزرگتر انتخاب شد. در نتیجه این امر امکان بررسی تاثیر شکست در فواصل نزدیک به دیواره چاه فراهم شد. ابزار دقیق بکار گرفته شده در این پژوهش نیز چنان انتخاب گردیدند تا بتوان با دقت بسیار بالایی روند تغییرات فشار در محیط متخلخل را ثبت و پردازش کنند.

فشار شکست هیدرولیکی در ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت

آزمایشات شکست هیدرولیکی انجام شده بر روی ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت نشان داد که :

- با افزایش فشار ناشی از لایه‌های فوقانی خاک (فشار سربار)، فشار تزریق آستانه شکست هیدرولیکی افزایش پیدا می‌کند.
- در این گونه ماسه‌ها که تحت یک فشار سربار ثابت هستند، با افزایش قطر دانه‌ها مقدار فشار تزریق آستانه شکست هیدرولیکی افزایش می‌یابد.
- در این نوع مصالح تحت یک فشار سربار ثابت رابطه بین فشار تزریق آستانه شکست هیدرولیکی و قطر دانه‌ها، یک رابطه خطی است.
- امکان پیش‌بینی فشار تزریق آستانه شکست هیدرولیکی در ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت تحت فشارهای مختلف سربار به کمک یک تابع دو متغیره وجود دارد. این دو متغیر شامل قطر دانه‌ها و فشار سربار می‌باشند.

ضریب نفوذپذیری اولیه در ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت

مطابق نتایج آزمایش‌های اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری اولیه (قبل از شکست هیدرولیکی) برای ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت می‌توان گفت :

- در این نوع مصالح تحت یک فشار سربار ثابت، رابطه بین ضریب نفوذپذیری اولیه و قطر دانه‌ها یک رابطه غیر خطی مرتبه دوم است.

- امکان پیش‌بینی ضریب نفوذپذیری اولیه (قبل از شکست هیدرولیکی) در ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت تحت فشارهای مختلف سربار به کمک یک تابع دو متغیره وجود دارد. این دو تغییر شامل قطر دانه‌ها و فشار ناشی از لایه‌های فوقانی خاک (فشار سربار) می‌باشند.

ضریب نفوذپذیری ثانویه در ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت

نتایج آزمایشات اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری پس از شکست هیدرولیکی (ضریب نفوذپذیری ثانویه) صورت پذیرفته در تحقیق حاضر در خصوص ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت تحت فشارهای ناشی از لایه‌های فوقانی خاک (فشار سربار) تا مقدار $68/64 \text{ kpa}$ نشان می‌دهد که :

- در ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت در فشار تزریق آستانه شکست هیدرولیکی، مقدار ضریب نفوذپذیری به مقدار اولیه آن (پس از شکست هیدرولیکی) افزایش می‌یابد.
- مقدار رشد این افزایش ضریب نفوذپذیری در طول نمونه ثابت نمی‌باشد.
- با فاصله گرفتن از دیواره چاه از مقدار این رشد کاسته می‌شود.
- این رشد ضریب نفوذپذیری تا فاصله بخصوصی از دیواره چاه صورت می‌پذیرد.
- در فواصل بزرگتر از این فاصله بخصوص، مقدار رشد ضریب نفوذپذیری قابل صرف‌نظر می‌باشد.
- در این نوع مصالح با شرایط فوق‌الذکر در یک فشار سربار ثابت رابطه بین نفوذپذیری ثانویه فاصله دیواره از چاه یک رابطه نمایی است.
- در این نوع ماسه‌ها امکان پیش‌بینی ضریب نفوذپذیری ثانویه به کمک یک رابطه سه متغیره وجود دارد. این سه متغیره شامل فشار سربار خاک، قطر دانه‌ها و فاصله از محور چاه می‌باشند.

تاثیر پارامتر زمان بر مقدار ضریب نفوذپذیری پس از شکست هیدرولیکی در ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت

نتایج آزمایشات اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری پس از شکست هیدرولیکی صورت پذیرفته در تحقیق حاضر نشان می‌دهد که :

- در ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت و در فشار تزریق آستانه شکست هیدرولیکی، مقدار ضریب نفوذپذیری ثانویه با گذشت زمان در طول سلول ثابت بوده و تغییر محسوسی در آن دیده نمی‌شود.
- در فشارهای ثابت تزریق بزرگتر از فشار تزریق آستانه شکست هیدرولیکی، رفتار نمونه‌ها تغییر کرده و با گذشت زمان ضریب نفوذپذیری ثانویه افزایش می‌یابد.
- در فشارهای ثابت تزریق بزرگتر از فشار تزریق آستانه شکست هیدرولیکی، با گذشت زمان به تدریج مقدار رشد ضریب نفوذپذیری ثانویه کاهش یافته تا در نهایت این رشد متوقف می‌شود.