# طراحی سیستم حائل بندی در جبهه کار NATM قطعه اول تونل بلند انتقال آب دز – قمرود

**علی بنکدار[۱]، محمد خسروتاش[۲]**

**۱- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک سنگ، شرکت سابیر**

**۲- کارشناس ارشد مهندسی تونل و معدن، شرکت سابیر**

a.bonakdar@sabir.ir

**خلاصه**

عملیات حفاری قطعه اول تونل بلند انوج به قمرود با طول ۱۱۳۱۱ متر با به‌کارگیری دستگاه EPB Hard Rock TBM در شیب منفی و در شرایط سخت ژئوتکنیکی به انجام رسیده است. با توجه به لزوم اتمام هر چه سریعتر عملیات حفاری این پروژه، جبهه کار دوم (NATM) به صورت نیمه مکانیزه (با دستگاه رودهدر) تجهیز گردید. ضعیف بودن توده سنگ درونگیر این جبهه‌کار، شامل شیست و اسلیت گرافیتی (با UCS کمتر از ۲۵ مگاپاسکال) و لزوم عبور TBM از داخل نگهداری‌های نصب شده، همچنین نتایج حاصل از مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی ژئوتکنیک انجام شده که مبین پایین بودن مقاومت برشی و مدول دگرشکل‌پذیری توده سنگ بود، به‌کارگیری یک سیستم حائل‌بندی مناسب را اجتناب‌ناپذیر می‌نمود. در این پژوهش سعی شده است با بهره‌گیری از پارامترهای تنش سه بعدی و استفاده از ابزارهای دو بعدی (با مدل‌های کرنش صفحه‌ای و تقارن محوری و منحنی GRC)، سیستم نگهداری مورد نیاز، طراحی گردد.

**کلمات کلیدی: سیستم حائل‌بندی، تونل انتقال آب دز- قمرود، روش همگرایی- همجواری، مدل کرنش صفحه ای، تحلیل عددی.**

## ۱. مقدمه

کمبود آب شهرهای ایران مرکزی، ضرورت انتقال بین حوزه ای آب را مطرح ساخته است. یکی از مهم ترین طرح های اجرا شده در این خصوص، طرح انتقال آب از سرشاخه های حوزه دز به ایران مرکزی می باشد. تونل بلند انوج به قمرود (به عنوان بلندترین تونل انتقال آب خاورمیانه) به طول تقریبی ۳۶ کیلومتر، به عنوان مهمترین بخش این طرح عظیم قلمداد شده که جهت اجرا به چهار قطعه تقسیم شده است.

وجه تمایز شاخص قطعه یک تونل بلند دز- قمرود با قطعات دیگر آن، وجود تنوع منحصر به فرد سازندهای مسیر این قطعه به‌علاوه بالا بودن هد آبهای زیرزمینی (تا ۱۷۱ متر) بوده که چالش‌های زیادی را پیش روی عملیات حفاری، دستگاه حفار و تیم درگیر قرار داده بود. هرچند در حدود ۹۵٪ از حفاری این قطعه توسط دستگاه EPB TBM به انجام رسیده است، اما با توجه به لزوم اتمام هر چه سریعتر عملیات حفاری این پروژه، جبهه کار دوم (NATM) به صورت نیمه مکانیزه (با دستگاه رودهدر) تجهیز گردید. با توجه به غیرفعال بودن این جبهه کاری به مدت بیش از یکسال، که توسط پیمانکار دیگری به اجرا درآمده بود، و عدم بکارگیری قاب فولادی در نزدیکی سینه کار، و با درنظر گرفتن شرایط ناپایدار زمین شناسی منطقه، در اثر تماس مصالح سنگی بسیار ضعیف (شیست گرافیتی) با آب، ریزشی گنبدی شکل در هنگام شروع حفاری در این جبهه کاری (جبهه کاری مغانک) رخ داد (شکل ۱). با ملحوظ نمودن جنبه‌های فنی و اجرایی و نیز لزوم پایدارسازی مجدد سینه کار و حفاری هر چه سریع‌تر مابقی مسیر، بکارگیری فوم- بتن (بتن سبک) به عنوان اولین تجربه اجرایی در پر نمودن (Backfill) فضاهای زیرزمینی در دنیا، در دستور کار قرار گرفت. پس از مهار کامل منطقه ریزشی و اجرای موفق بکارگیری فوم-بتن در پایدارسازی سقف و دیواره تونل، اهمیت طراحی و پیاده‌سازی سیستم حائل‌بندی مسیر تونل (در جبهه کار NATM) تا محل تلاقی با جبهه کار TBM، مشهود می‌نمود. در همین راستا، با درنظر گرفتن ترکیب های مختلفی از سیستم های نگهداری (با توجه به جنبه های اجرایی و اقتصادی) و فاکتور زمان، با بکارگیری روش کوپل تجربی و عددی (Curran et al.)، نسبت به تخمین سیتسم نگهداری موردنیاز در محدوده حفاری جبهه کار NATM اقدام گردید. در این پژوهش به بررسی این روش با مطالعه موردی بر روی تونل قمرود پرداخته شده است.

---

[۱] کارشناس فنی کارگاه تونل انتقال آب دز- قمرود (قطعه اول)

[۲] مدیر پروژه تونل انتقال آب دز- قمرود (قطعه اول)، مدیر دفتر تخصصی تونل‌سازی شرکت سابیر