DAM AND TUNNEL CONFERENCE & EXPO همایش و نمایشگاه سد و تونل
ششمین همایش و نمایشگاه سد و تونل ایران
The 6th Dam and Tunnel Conference & Exhibition
16 - 17 February 2021
۲۸-۲۹ بهمن‌ماه ۱۳۹۹

بررسی تأثیر آب در طراحی سیستم نگهداری تونل‌های مکانیزه

صادق آمون (۱)، حمید چاکری (۲)، علی آرین‌فر (۳)

۱-دانشجوی دکتری مهندسی معدن، گرایش مکانیک سنگ، دانشگاه صنعتی سهند تبریز

۲- استادیار، گرایش مکانیک سنگ، دانشگاه صنعتی سهند تبریز

۳- دانشجوی دکتری مهندسی معدن، گرایش مکانیک سنگ، دانشگاه صنعتی شاهرود

مقدمه

در تحلیل پایداری فضاهای زیر زمینی، نیروهای اعمالی از طرف آب و زمین بر پوشش تونل که برای طراحی سازه ای تونل نیاز است، مشخص می‌شود. بارهای آب و خاک (سنگ) معمولا به صورت مجزا محاسبه می شود و از رفتار توامان آنها و همچنین اندرکنش سازه در ارتباط با آنها صرف نظر می شود [۱]، [۲] و [۳]. این ساده سازی معمولا به دلیل نتایج محافظه کارانه این روش مورد استقبال واقع شده است. روش واکنش بستر معمولا برای تونل هایی با خواص زمین الاستیک و همگن مورد استفاده قرار می گیرد [۱]. با پیشرفت تکنولوژی و استفاده از روشهای حفار مکانیزه عمق تونل ها کاهش یافته و حتی در محیط های ضعیف آبرفتی نیز تونل های بزرگ مقطع حفری می شوند. اما در ارتباط با طراحی سازه همچنان روش مورد استفاده روش های ساده شده واکنش بستر می باشد [۴]. در نتیجه استفاده از روشهای توامان در تعیین بارهای وارد بر سازه نهایی موضوعی است که کاملا وابسته به مصالح اطراف تونل، شرایط حفاری و روش اجرای مورد نظر دارد که در روش مرسوم واکنش بستر دیده نمی شود. بر این اساس در این مقاله سعی شده است اثر آب در هر روش حفاری به تفصیل مورد بررسی قرار گیرد.

روش بررسی

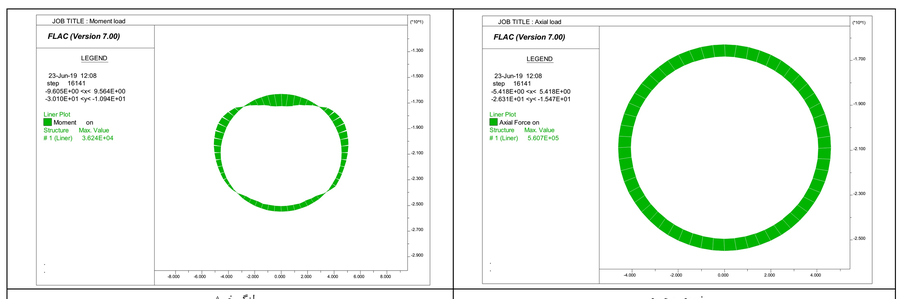
برای اینکه بتوان رفتار زمین در برابر بارهای اعمالی (بارهای دایمی-حین بهره برداری) بر سازه به درستی سنجیده شود و مراحل مختلف بارگذاری لحاظ گردد ویتکه پیشنهاد می کند از روش های عددی مثل روش المان محدود (FEM) استفاده شود. روش تحلیلی ساده همچون روش واکنش بستر باید تنها برای شرایط خاص و یا برای محاسبات تخمینی استفاده گردد، چرا که این روش ها بر اساس مدلهای بسیار ساده ارایه شده اند [۷].

از این رو با توجه به اینکه روشهای مذکور در خصوص تقدم و تاخر فشار آب بر سازه نسبت به فشار زمین که ناشی از روش اجرای تونل است، توضیحی ارائه نکرده اند، در این مقاله به این مهم پرداخته می شود.

در رابطه با اثر تقدم و تاخر فشار آب بر سازه تونل و تاثیر آن در نیروهای داخلی، می‌توان سه حالت را درنظر گرفت:

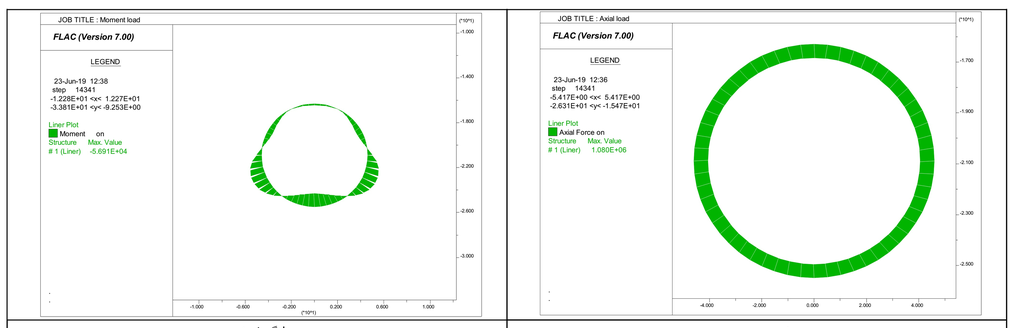
1) شرایطی که ابتدا بار زمین و سپس بار آب بر لاینینگ اثر می‌کند؛
2) شرایطی که بار زمین و بار آب همزمان بر لاینینگ اثر می‌کند (حفاری مکانیزه در آبرفت آبدار)؛
3) شرایطی که بار آب قبل از بار زمین بر لاینینگ اثر می‌کند (حفاری سنتی).

نتایج



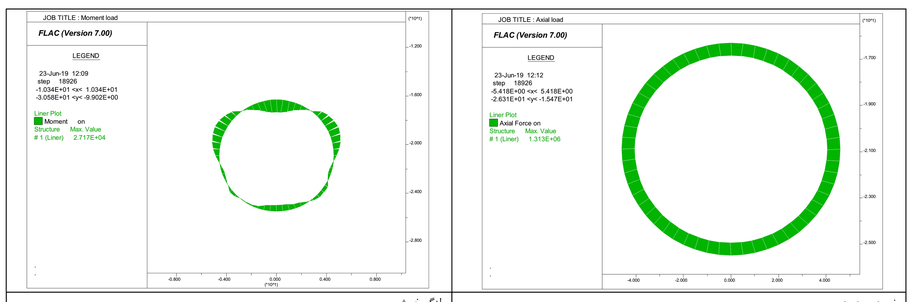
لنگر خمشی | نیروی محوری

مقادیر نیروهای داخلی حاصل از بار خاک بر سازه برای حالت اول



لنگر خمشی | نیروی محوری

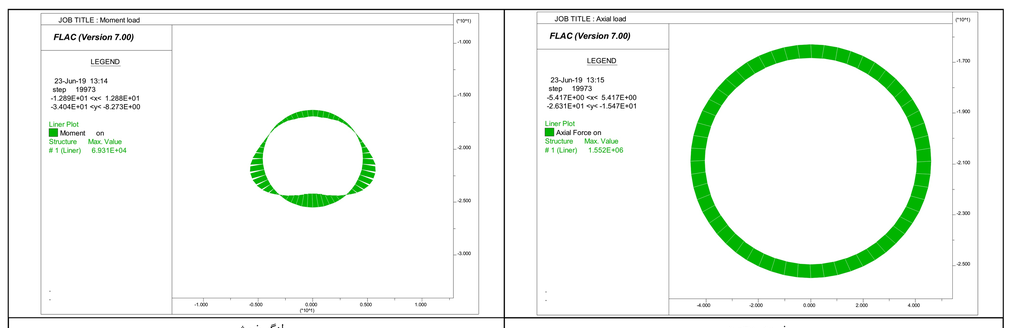
مقادیر نیروهای داخلی حاصل از بار آب بر سازه برای حالت سوم



لنگر خمشی | نیروی محوری

مقادیر نیروهای داخلی حاصل از بار آب بعد از خاک بر سازه برای حالت اول

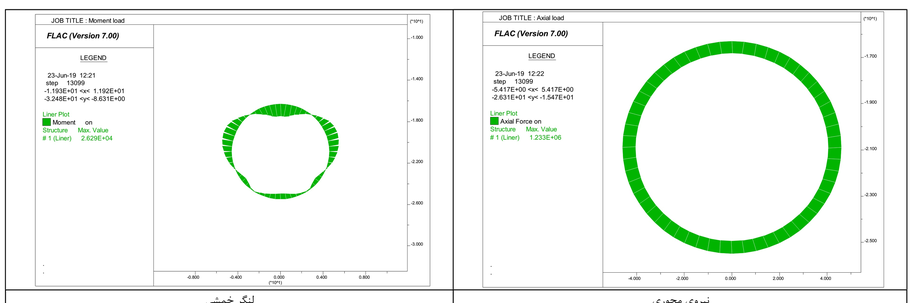
حالت اول



لنگر خمشی | نیروی محوری

مقادیر نیروهای داخلی حاصل از بار خاک بعد از آب بر سازه برای حالت سوم

حالت سوم



لنگر خمشی | نیروی محوری

مقادیر نیروهای داخلی حاصل از بار خاک و آب بر سازه برای حالت دوم

حالت دوم

بحث و نتیجه گیری

اثر آب بر سازه رابطه مستقیم با روش اجرای تونل و زمان نصب سازه اصلی دارد. بر این اساس سه حالت برای اثر آب بر سازه در نظر گرفته شده است که در هر حالت اثر آب بر سازه و لنگری که در سازه اعمال می کند به تفصیل بحث شد. در حالتی که آب بعد از زمین بر سازه اعمال فشار می کند مقدار نسبت تنشهای کل در مقایسه با قبل از اعمال بار آب تغییر کرده و این روند در تونل های سطحی معمولا باعث بهبود لنگر خمشی در سازه می شود. لذا می توان بیان داشت برای حالتی که فشار آب بعد از خاک بر لاینینگ اثر می کند بسته به خصوصیات خاک و شرایط تنشی اولیه، آب می تواند باعث کاهش و یا افزایش لنگر خمشی شود. لذا وجود آب همواره باعث بدتر شدن شرایط نمی شود. و در شرایط خاص می توان از این قابلیت برای بهینه سازی طراحی سود برد. در رابطه با حالت دوم، به روش ریاضی اثبات شد که از منظر کنترل لنگر خمشی اعمالی در سازه، همواره حفاری در محیطهای اشباع بهتر از محیطهای خشک است. در ارتباط با حالت سوم که در حفاری به روش سنتی به وضوح شاهد آن هستیم، رفتار مدول بستر به شرط همگن و الاستیک بودن محیط اطراف صحیح بوده نتایج آن با نتایج روش های عددی یکسان خواهد بود.

منابع اصلی

1) TUNNELS AND SHAFTS IN ROCK, Department of the Army U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC 20314-1000, EM 1110-2-2901, 30 May 97
2) Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels-Civil Elements, U.U. Department of Transportation Federal Highway Administration, FHWA_NHI-10-034, 2009
3) Guidelines for the Design of Shield Tunnel Lining, Working Group No. 2, International Tunnelling Association, Present address: International Tunnelling Association, Secretariat ,25,Av. F. Mitterand, Cse No. 1, FR 69674 Bron Cedex, France.
4) Integration of geotechnical and structural design in weak rock tunnels, Evert Hoek, Integration of geotechnical and structural design of tunnel linings, 2003
5) Engineering rock mechanics an introduction to the principles, John A. Hudson, John P.Harrison, 1992
6) Limitations of the Ground Reaction Curve Concept for Shallow Tunnels Under Anisotropic In-situ Stress Conditions, Diego Lope Álvarez, Master of Science Thesis in Soil and Rock Mechanics Stockholm, Sweden, 2012.
7) Stability Analysis and Design for Mechanized Tunneling, Walter Wittke, Aachen · 2007.