افزایش دقت برآورد مشخصات دینامیکی خاک با ارتقاء دستگاه سه‌محوری تناوبی

جواد جلیلی
استادیار پژوهشکده مهندسی ژئوتکنیک j.jalili@iiees.ac.ir

به دنبال تکمیل این مطالعه، سیستم کنترل جدید حلقه بسته برای دستگاه سه‌محوری تناوبی ساخته شد که قابلیت اعمال بارگذاری همه جانبه تناوبی را نیز دارد. این سیستم حلقه بسته جدید بارگذاری محوری کنترل تنش و کنترل جابه‌جایی را با دقت متناسب با استاندارد ASTM مربوطه اعمال می‌نماید.

همچنین تمامی قطعات دستگاه سه محوری مطابق استاندارد مربوطه کالیبره شدند و از صحت عملکرد آنها اطمینان حاصل شد. جهت اطمینان از حاصل کار، یکی از معضلات موجود پژوهشگاه که همان عدم انطباق نتایج آزمایش سه‌محوری تناوبی و ستون تشدید بر روی یک نوع خاک و در محدوده کرنش مشترک می‌باشد، بررسی و آزمایش بیشتری صورت پذیرفت که منجر به یافته‌های ذیل شد:

- دقت قرائت نتایج آزمایش سه محوری تناوبی در کرنش‌های کمتر از 10^{-5} چندان مناسب نیست که با توجه به رسالت تعریف شده برای این دستگاه، طبیعی می‌باشد.
- با توجه به تأثیرپذیری خصوصیات مصالح از نرخ بارگذاری و تفاوت این نرخ در دستگاه ستون تشدید و سه محوری تناوبی، مقداری تفاوت در پاسخ این دو آزمایش طبیعی است.
- اندازه‌گیری کرنش‌ها به صورت موضعی (کرنش‌سنج موضعی) و یا کلی (نسبت جابه‌جایی کل بر طول اولیه) منجر به پاسخ‌های متفاوتی می‌شود که بخشی از آن ناشی از bedding error صفحات دستگاه در بالا و پایین نمونه و بخشی ناشی از توزیع ناهمگن کرنش در سرتاسر نمونه می‌باشد.
- با توجه به دقت قرائت نتایج آزمایش سه محوری تناوبی، محدوده‌ای از کرنش‌ها و سختی‌ها برای نمونه پلی اورتان مورد آزمایش بدست می‌آید، که نتایج آزمایش ستون تشدید را نیز در بر دارد.

در هر حال واقع شدن مقادیر سختی حاصل از ستون تشدید در حد فاصل این مقادیر حاصل از سه‌محوری تناوبی، به نوعی بیانگر صحت عملکرد دستگاه‌هاست، و در بعضی موارد مطابقت بسیار مناسبی دارد؛ هر چند باید رواداری‌های ناشی از دقت محدود آزمایشات سه‌محوری تناوبی در کرنش‌های کوچک را در تفسیر نتایج مدنظر داشت.

آنچه در این مطالعه مدنظر بود و در نهایت نیز حاصل شد، کالیبراسیون کامل دستگاه با دقت مناسب، و بکارگیری سیستم کنترل جدید با دقت مورد نظر استانداردهای مربوطه بود. با توجه به این مهم، دلیل تفاوت سختی‌های اندازه‌گیری شده بر روی نمونه‌های خاکی در دو دستگاه سه محوری تناوبی و ستون تشدید را نه در خطای دستگاهی، بلکه در تفاوت نرخ بارگذاری، ایجاد فشار آب حفره‌ای در نمونه ستون تشدید، ناهمگنی‌های القائی در بارگذاری سه‌محوری، تفاوت‌های نمونه‌های بکار رفته در هر آزمایش و همچنین تفاوت فرضیات تئوری‌های حاکم بر تفسیر نتایج آزمایش‌ها با واقعیات حاکم بر آزمایش‌ها می‌توان دانست.

Increasing Accuracy of Dynamic Soil-Properties Measurement by Improvement of Cyclic Triaxial Apparatus

Javad Jalili
Assistant Professor, Geotechnical Engineering Research Center
j.jalili@iiees.ac.ir

Following the completion of this study, a new closed loop control system was developed for the cyclic triaxial device. This new closed loop system applies to both the stress controlled and displacement controlled accurately, based on the relevant ASTM standards.

Also, all parts of the triaxial machine were calibrated according to the relevant standard, ensuring their correct operation. To be sure, one of the dilemmas of the present study, which is the inconsistency of the results of the cyclic triaxial and resonant column tests on a soil type within the common strain range, was further investigated and tested, which led to the following findings:

- The accuracy of the reading of the results of the cyclic triaxial test at strains of less than 10^{-5} is not so good, which is normal given the mission defined for this device.
- Given the influence of the material properties on the loading rate, and the difference in the rate of resonant column and cyclic triaxial devices, some differences in the response of these two experiments are normal.
- Measuring strains locally (local strain gauge) or overall (ratio of total displacement over initial length) leads to different responses, partly due to bedding error of the device plates at the top and bottom of the sample and partly due to heterogeneous distribution of the strain throughout the sample.
- Due to the accuracy of reading the results of the cyclic triaxial test, a range of strains and modulus is obtained for the tested polyurethane sample, which also includes the results of the resonance column test.

However, the modulus values obtained from the resonance column at the interval of these values from the cyclic triaxial tests somehow indicate the accuracy of the device's performance and in some cases match very well.

What was considered and ultimately achieved in this study was the complete calibration of the machine with the appropriate precision, and the application of the new control system with the precision required of the relevant standards. Given this importance, the reason for differences in modulus measured on the soil samples in the two cyclic triaxial and resonant columns devices is not in the error of the devices, but in the difference of loading rate, pore water pressure in

the resonant column sample, heterogeneity accounted for the differences of the specimens used in each experiment as well as the differences between the assumptions of the theories governing the interpretation of the test results and the facts governing the experiments.

Keywords: Cyclic triaxial test, Modulus reduction curve, Stroke-controlled loading

واژه‌های کلیدی: آزمایش سه محوری تناوبی، مدل منحنی کاهش، مشخصات دینامیکی خاک

Figure 1: New closed loop control system of the cyclic triaxial device

Figure 2: New closed loop control system of the cyclic triaxial device while testing

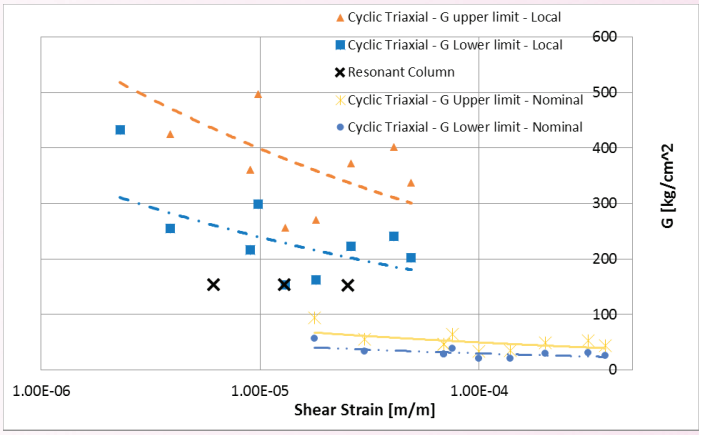

Figure 3: Modulus reduction curve from cyclic triaxial and resonant column devices

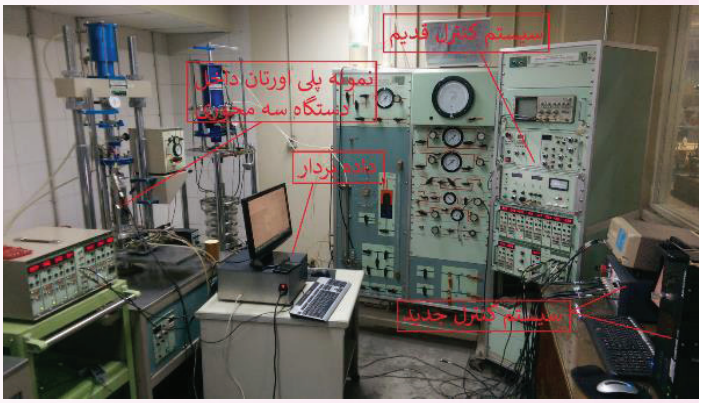

Figure 4: Cyclic triaxial apparatus with the old and the new control systems