

**TENZOMETRICKÁ MĚŘENÍ PŘETVÁRNÝCH VLASTNOSTÍ HORNIN V LABORATORNÍCH
PODMÍNKÁCH**

**MEASUREMENT OF STRAIN PROPERTIES BY STRAIN GAUGES IN LABORATORY
CONDITIONS**

Abstract

The method and results of continuous measurement of deformation of rock samples in laboratory conditions is described in this paper. The special cell is equipped by strain gauges and enables the measurement of axial and lateral deformation in process of loading. The results of Young's modulus obtained from these measurements are discussed, too.

Úvod

Jednou ze základních fyzikálních vlastností stanovovaných na vzorcích hornin a stavebních materiálů v laboratorních podmínkách jsou jejich pevnostní a přetvárné vlastnosti. Závislost přetvoření na napětí je důležitým parametrem umožňujícím pochopení celkového procesu deformace zkušební tělesa, jeho porušování eventuálně rozpojování a může přispět k pochopení chování horninového masivu jako celku (Fairhurst & Hudson, 1999). Měření přetvárných vlastností je možno provádět celou řadou metod od měření úchylkoměry až po měření pomocí laseru. Jednou z možností realizovaných na Ústavu geoniky AV ČR je snímání deformace pomocí párových tenzometrických snímačů vyvinutých na tomto pracovišti (Konečný et al. 1995).

Měřicí aparatura

Měření pevnostních a přetvárných vlastností materiálů se realizuje na mechanickém lisu ZWICK 1494, který je schopen vyvinout max. sílu 600 kN (obr. 1). Zkušební tělesa mají tvar válce o průměru 48mm a štíhlostním poměru 2 (výška:průměr). Snímání podélné a příčné deformace je prováděno za pomoci měřicí komory (obr. 2) vybavené dvěma párovými tenzometrickými snímači podélné deformace a čtyřmi párovými tenzometrickými snímači situovanými v polovině výšky zkušební tělesa ve dvou kolmých směrech. Snímače příčné deformace se zkušební tělesa dotýkají pomocí valivých doteků (Knejzlík et al. 1995). Toto zařízení je schopno měřit podélné deformace do 2 mm a příčné deformace do 1 mm s přesností $\pm 1,5$ %. Kromě této měřicí komory se pro vzorky vykazující velké deformace v průběhu zatěžování (např. uhlí, geokompozity atd.) používá zařízení umožňující snímání příčné deformace až do 7,5 mm (obr. 3). Podélná deformace je v tomto případě snímána z polohy příčnicku lisu.

Síla i deformace jsou pomocí AD převodníku zaznamenávány v definovaných časových intervalech (0,2 - 1,2 s) do paměti počítače. Měření je tímto způsobem zapisováno v podobě textového souboru, který je možno dále zpracovávat například pomocí programu MS Excel.

Výsledky měření

Laboratorní měření mechanických vlastností je výše uvedeným způsobem standardně prováděno na různých typech materiálů - pískovcích, prachovcích, slepencích, granitech, uhlí, geokompozitech atd. Z naměřených hodnot napětí a přetvoření je pak stanovován statický modul přetvárnosti E. Na základě doporučení ISRM (Fairhurst & Hudson, 1999) se hodnota modulu E

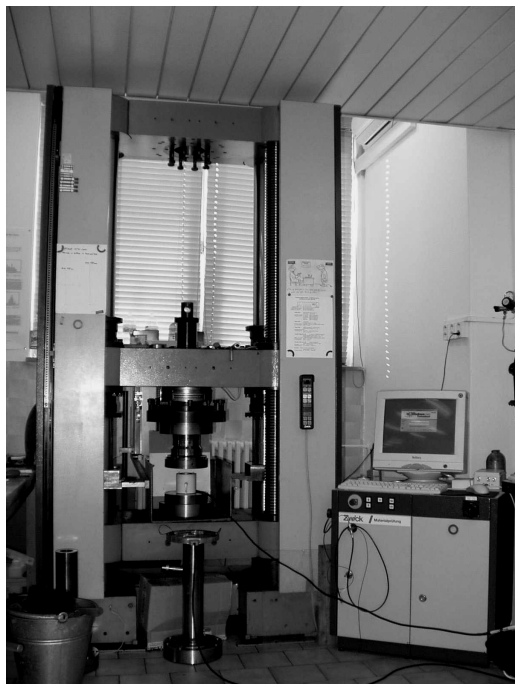
¹ Dr., Ing., Ústav geoniky AV ČR, Studentská 1768, Ostrava, konecpa@ugn.cas.cz

² Ing., CSc., Ústav geoniky AV ČR, Studentská 1768, Ostrava, knejzlik@ugn.cas.cz

³ Ing., Ústav geoniky AV ČR, Studentská 1768, Ostrava, rambousk@ugn.cas.cz

⁴ Ústav geoniky AV ČR, Studentská 1768, Ostrava, dombkova@ugn.cas.cz

odečítá v přibližně přímkové části grafu ("průměrný Youngův modul") respektive při napětí odpovídající 50% pevnosti v tlaku ("tangenciální Youngův modul").

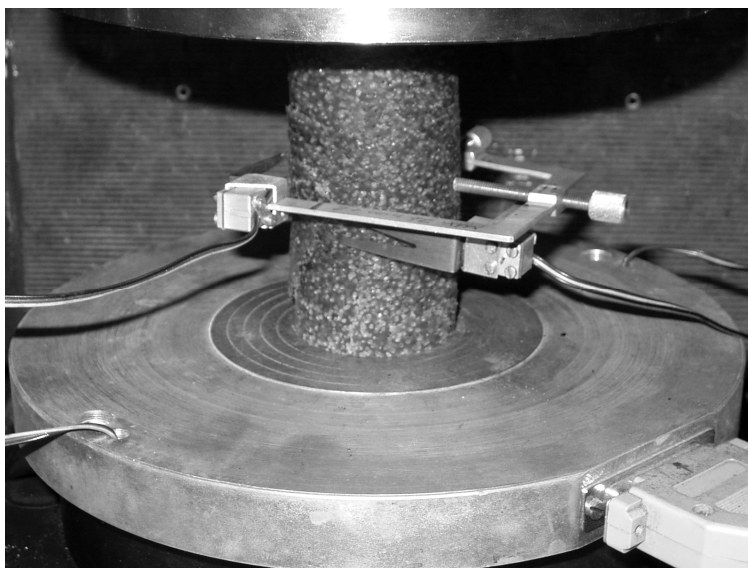


Obr.1 Mechanický lis ZWICK 1494

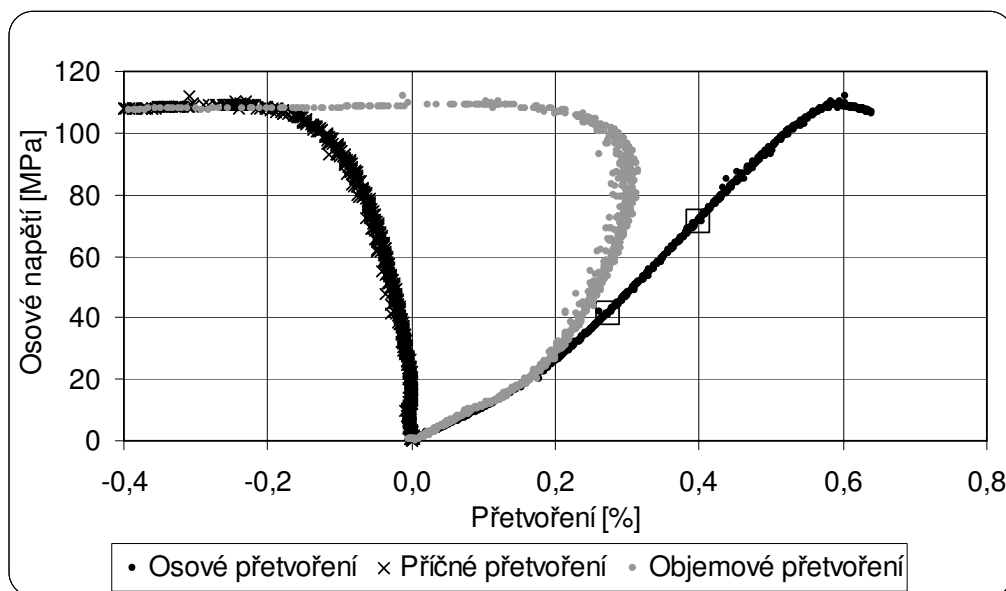


Obr.2 Měřicí komora se vzorkem

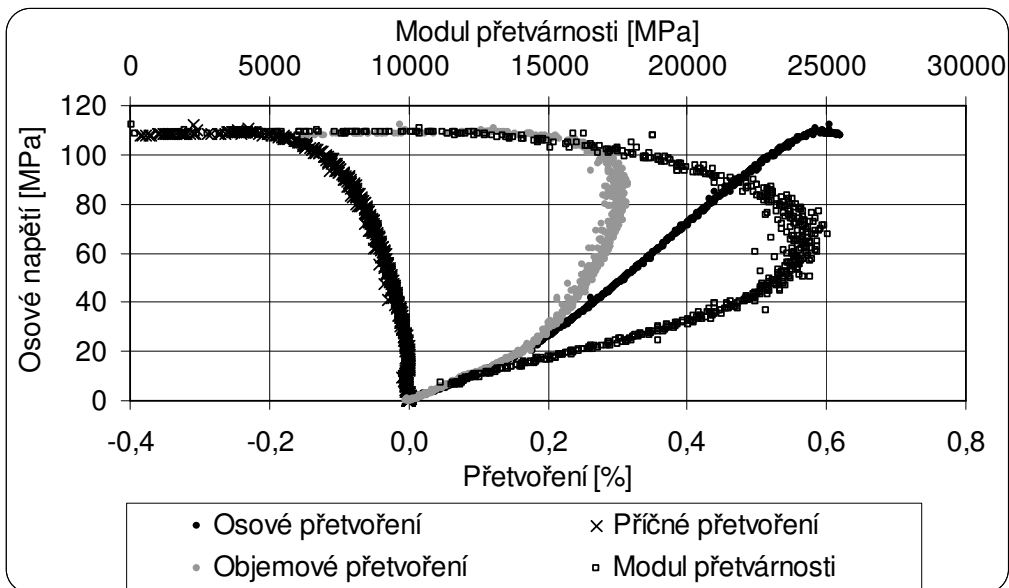
Na obrázku 4 je příklad standardního grafu znázorňujícího hodnoty napětí a přetvoření naměřené na vzorku karbonského pískovce. Body pro výpočet modulu E jsou znázorněny čtverci. Hodnota modulu je v tomto případě 23 000 MPa. Výše popsané měření však umožňuje zjistit a zobrazit celkový průběh závislosti modulu přetvárnosti E na napětí (Nowakowski, 2005). Identické měření jako na obr. 4 s vykresleným průběhem závislosti modulu přetvárnosti E na napětí je zobrazen na obr. 5. Z tohoto obrázku je zřejmé, že maximální hodnoty modulu E jsou v tomto případě ve střední části grafu. Ačkoli je takovýto průběh závislosti modulu přetvárnosti E na napětí nejobvyklejší, ze souboru několika stovek měření provedených na Ústavu geoniky vyplývá, že různé horniny mají průběh závislosti modulu E na napětí různý a ne vždy jsou maximální hodnoty E v oblasti odpovídající přibližně 50% pevnosti v tlaku. Příkladem takovéto horniny je vzorek karbonského slepence (obr. 6) u kterého je zřejmý posun maxima modulu E do oblasti 70% tlakové pevnosti. Při vyhodnocování závislosti pak může docházet k tomu, že modul E počítaný ve střední části grafu nebude nejvyšším modulem testovaného materiálu. Takovéto chování je však u hornin spíše výjimečné. Daleko častěji je možné tyto nestandardní průběhy modulu přetvárnosti naměřit u geokompozitů (obr. 7). Proinjektováním zemin jako jsou šterky či písky různými injektážními hmotami vzniká soudržný materiál - geokompozit. Vlastnosti vzniklého materiálu jsou determinovány jak vlastnostmi zrn zeminy respektive injektované horniny tak pojiva - injektážní hmoty. Výsledný materiál pak vykazuje zcela odlišné chování oproti běžným horninám. Proto není vždy vhodné použití standardních metod vyhodnocení mechanických vlastností používaných pro horniny a je nutné využití metod nových.



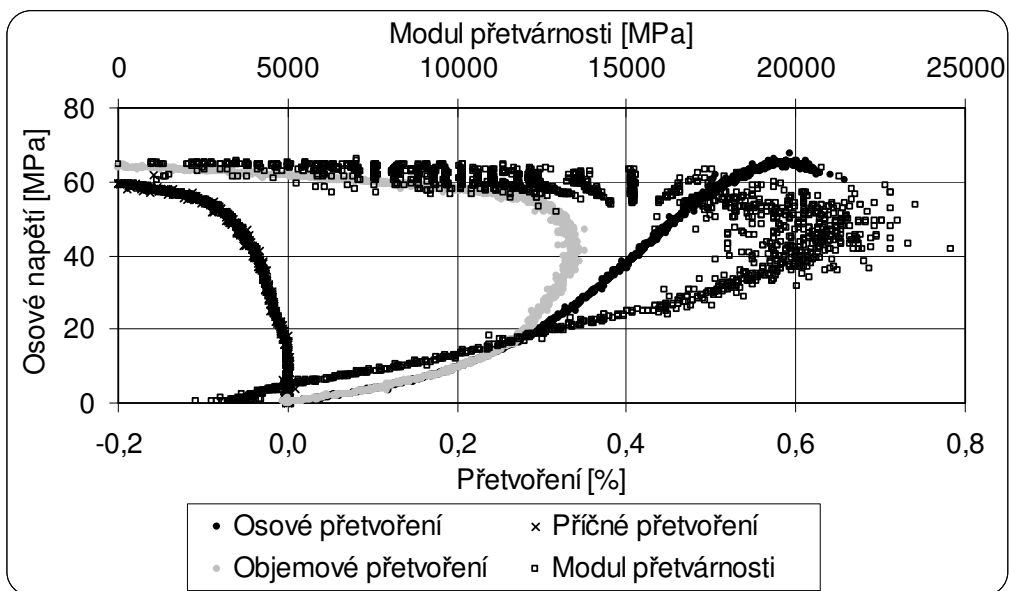
Obr.3 Měřicí zařízení pro snímání velkých příčných deformací



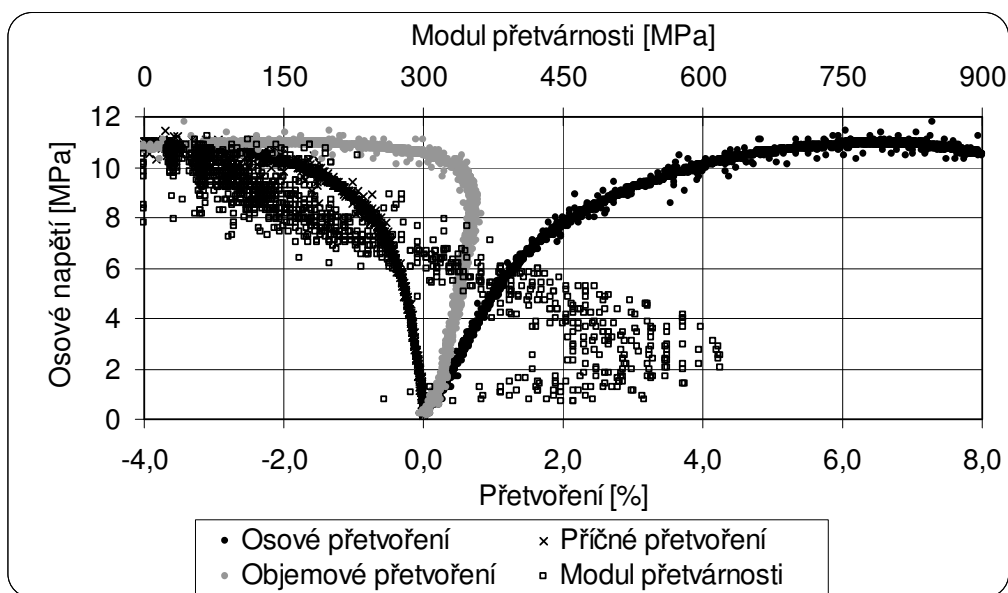
Obr.4 Graf závislosti napětí a přetvoření se znázorněnými body pro výpočet modulu E (vzorek karbonského pískovce)



Obr.5 Graf závislosti modulu E na napětí (vzorek karbonického pískovce)



Obr.6 Graf závislosti modulu E na napětí (vzorek karbonického slupence)



Obr.7 Graf závislosti modulu E na napětí (vzorek geokompozitu - čedičový štěrť injektovaný Geopurem)

Závěr

Ačkoli jsou změny hodnot modulů v průběhu zatěžování v literatuře popisovány, bývá vyjádřena charakteristika pevnostních a přetvárných vlastností zkušebních vzorků jedinou hodnotou (pevnost v tlaku, Youngův modul, Poissonovo číslo atd.) stále základním cílem měření vlastností materiálů v laboratorních podmínkách a v praxi jsou tyto výsledky standardně využívány ať již pro posouzení vlastností materiálu či jako data do matematických modelů, výpočtů apod. Současné možnosti kontinuálního snímání a zaznamenávání měřených veličin a dalšího zpracování větších objemů naměřených dat však umožňuje daleko podrobnější studium materiálů v laboratorních podmínkách. Změny, ke kterým v průběhu zatěžování, případně v průběhu porušování dochází je možné vyjádřit jak graficky tak tabulkově. Takovéto vyjádření přetvárných vlastností má zcela zásadní význam především při posuzování chování nestandardních materiálů jako jsou geokompozity či některé další stavební hmoty.

Poděkování

Výše uvedená měření byla provedena v rámci řešení výzkumného záměru AVOZ 30860518 "Fyzikální a environmentální projevy v litosféře indukované antropogenní činností".

Literatura

- [94] Fairhurst, C.E., Hudson, J.A. (1999): Draft ISRM suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 36.
- [95] Konečný, P., Knejzlík, J., Konečný, P. jr. (1995): Nový způsob vyjádření přetvárných vlastností hornin na bázi klasických laboratorních zkoušek. *Tunel 26/3*, Praha.
- [96] Knejzlík, J., Konečný, P. jr., Rambouský, Z. (1995): Měření přetvárných vlastností a akustických emisí hornin při jednoosém zatěžování. 33. konference o experimentální analýze napětí. Třešť.
- [97] Nowakowski, A. (2005): The static and dynamic elasticity constants of sandstone and shales from the hard coal mine "Jasmos" determined in the laboratory conditions. *Eurock 2005 - Impact of Human Activity on the Geological Environment*. Brno.

