

**MEASUREMENT OF THE STRESS-STRAIN BEHAVIOUR AND ACOUSTIC
EMISSION OF ROCKS IN THE UNIAXIAL STRESS TEST****MĚŘENÍ PŘETVÁRNÝCH VLASTNOSTÍ A AKUSTICKÝCH EMISÍ HORNIN PŘI
JEDNOOŠEM ZATĚŽOVÁNÍ**

Knejzlík J., Konečný P. jun., Rambouský Z.

This contribution deals with the stress-strain behaviour and acoustic emissions of rocks on the uniaxial state of stress. Technical devices and control program are briefly described and first results are evaluated.

1. Úvod

Pevnostní a přetvárné vlastnosti hornin patří k základním parametrům, které horninu charakterizují. Výsledky laboratorních měření slouží k posuzování vlastností hornin a horninového masivu v přírodních podmínkách. Mezi metody zjišťování pevnostních a přetvárných vlastností hornin patří zkouška stanovení pevnosti hornin v prostém tlaku. Součástí této zkoušky je měření příčné a podélné deformace a následný výpočet Youngova modulu a Poissonova čísla. V minulosti se výsledky měření zaznamenávaly zpravidla v analogové formě. Ze záznamu se manuálně stanovovaly uvedené přetvárné charakteristiky hornin. Tento postup byl pracný a přesnost byla ovlivněna lidským faktorem. S rozvojem počítačových metod sběru a zpracování dat vznikla možnost automaticky snímat a vyhodnocovat velké soubory výsledků měření jednotlivých veličin což umožňuje využití matematických metod zpracování. Současně lze snímat i další fyzikální veličiny, které proces porušování charakterizují, jako například akustické emise.

V tomto příspěvku je popsán systém měření pevnostních a přetvárných vlastností hornin a akustických emisí při zkouškách pevnosti hornin v prostém tlaku tak jak je prováděn v Ústavu geoniky AV ČR.

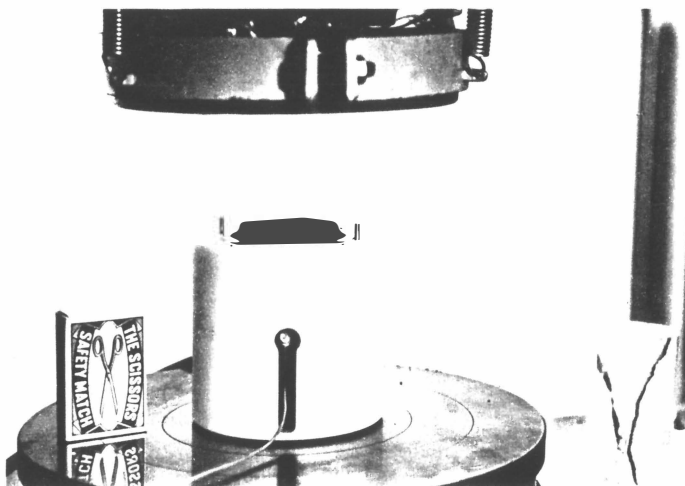
2 Popis technických prostředků

Pevnostní a přetvárné vlastnosti hornin se měří na mechanickém lisu ZWICK 1494, 500 kN s tuhostí $43 \cdot 10^8 \text{ Nm}^{-1}$. Regulační systém lisu umožňuje manuální i programové řízení. Používá se zkušební těles o průměru 48 mm a štihostním poměru 2. Pro snímání deformací zkušební tělesa a akustických emisí byla vyvinuta měřicí komora (obr. 1), která konstrukčně vychází z komory popsané v [1]. Podélná deformace se snímá dvěma pérovými tenzometrickými snímači a výsledná deformace je dána průměrem z obou hodnot. Příčná deformace se měří pomocí čtyř pérových tenzometrických snímačů situovaných v polovině výšky zkušební tělesa ve dvou kolmých směrech. Snímače příčné deformace se dotýkají zkušební tělesa pomocí valivých doteků. Příčná deformace se vyhodnocuje jako průměr ze všech čtyř snímačů. Všechny snímače deformací jsou umístěny v měřicí komoře, která zabezpečuje centrování zkušební tělesa a zajišťuje bezpečnost obsluhy při destrukci zkušební tělesa.

V polovině výšky zkušební tělesa je v komoře vytvořen otvor pro snímač akustické emise.

Tato komora se vyznačuje přesností, stabilitou a dobrými dynamickými vlastnostmi jakož i jednoduchostí manipulace. Příprava k měření spočívá pouze ve vložení zkušební tělesa a přitmělení akustického snímače.

Snímače deformace a snímač akustické emise v měřicí komoře a dynamometr lisu jsou spojeny s počítačem přes jednotku interface. Tato jednotka zabezpečuje napájení snímačů deformací, zesílení signálů, vyhodnocení parametrů akustických impulzů a spouštění registrace. Data se registrují na počítači PC - 286.

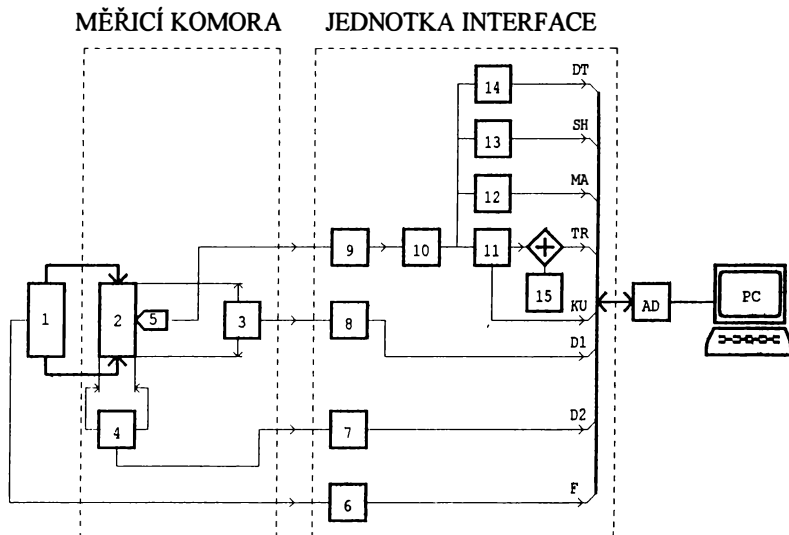


Obr. 1. Měřicí komora

Základní parametry měření pevnostních a přetvárných vlastností hornin:

Zatěžovací síla	do 500 kN
Průměr zkušebního tělesa	48 ± 1 mm
Výška zkušebního tělesa	96 ± 2 mm
Jmenovitý rozsah deformace podélné	2 mm
Jmenovitý rozsah deformace příčné	1 mm
Linearita	± 1 %
Celková přesnost	± 1.5 %
Stabilita výstupu (1 min)	$\pm 0.5 \cdot 10^{-3}$ mm

Blokové schéma uspořádání experimentu a zapojení elektronických obvodů je na obr. 2. Mechanický lis 1 vyvozuje zatěžovací sílu na válcový horninový vzorek 2, umístěný v měřicí komoře, která obsahuje snímač podélné deformace 3 a snímač příčné deformace 4. Přes otvor ve stěně měřicí komory je na vzorek v polovině výšky přitmělen snímač akustických impulsů 5 (piezoelektrický akcelerometr S9223 firmy Physical Acoustic Corporation z USA).



Obr. 2. Blokové schéma uspořádání experimentu a zapojení elektrických obvodů.

Legenda:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1 mechanický lis ZWICK | 9 nábojový zesilovač akustického signálu |
| 2 měřený horninový vzorek | 10 přesný usměrňovač |
| 3 snímač podélné deformace | 11 komparátor |
| 4 snímač příčné deformace | 12 detektor max. amplitudy ak. impulsu |
| 5 snímač akustických impulsů | 13 detektor střední hodnoty ak. impulsu |
| 6 zesilovač signálu síly | 14 detektor doby trvání ak. impulsu |
| 7 zesilovač signálu příčné deformace | 15 časová základna |
| 8 zesilovač signálu podélné deformace | 16 součtový člen |

Jednotka interface obsahuje elektronické obvody pro úpravu signálů z čidel řídicí a napájecí obvody. S personálním počítačem PC komunikuje jednotka interface přes kartu analogově-číslicového převodníku AD (AXIOM AX5210), která obsahuje multiplexer pro 16 analogových vstupních kanálů, 12-ti bitový analogově-číslicový převodník, 8-mi bitový výstupní port a vstup pro externí spouštění převodu. Počítač PC je vybaven řídicím programem LIS.EXE, který řídí sběr dat a jejich ukládání do výstupních souborů.

Všechny měřené veličiny se převádějí na analogová napětí v rozsahu 0-5V. Úroveň signálu síly F z dynamometru lisu ZWICK se upravuje zesilovačem 6. Signály ($D2$, $D1$) tenzometrických čidel podélné deformace 3 a příčné deformace 4 se zpracovávají v blocích zesilovačů 7 a 8. Signál ze snímače akustických impulzů 5 se zesílí nábojovým zesilovačem 9 a poté se usměrňuje přesným usměrňovačem 10. Z usměrněného signálu se v bloku 12 vyhodnocuje maximální amplituda MA , v bloku 13 střední hodnota usměrněného signálu SH a v bloku 14 doba trvání impulzu DT . Šířka pásma elektronických obvodů pro registraci akustických signálů je 3kHz - 300kHz, použitý akcelerometr ji však omezuje na 10kHz - 100kHz. Záznam dat do PC přes AD kartu se inicializuje signálem externího spouštění TR , který se generuje v pravidelných časových intervalech (0,2s - 1,2s) časovou základnou 15 a v případě výskytu akustického impulzu také komparátorem 11, v němž se porovnává amplituda usměrněného akustického signálu s definovanou komparační úrovní KU (0 - 100% z rozsahu max. amplitudy), která se zadává z PC. Spouštěcí signály z bloků 11 a 15 se slučují v součtovém členu 16. Komparátor 11 se po každém překlopení zablokuje na 3ms, čímž se znemožní vyhodnocení jednotlivých fází akustických impulzů jako několika samostatných impulzů.

Programu LIS.EXE, který řídí sběr a ukládání dat se zadávají parametry formou konfiguračního souboru VZOREK#.INI. Zápisem položek do souboru VZOREK#.INI lze určit:

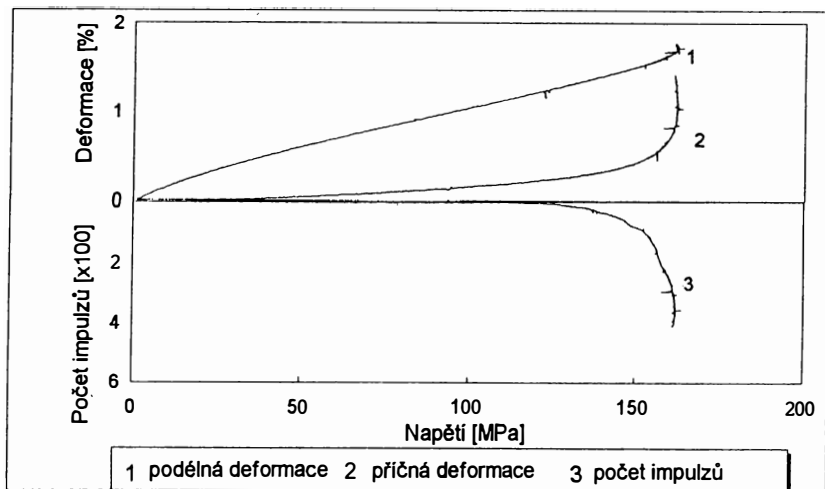
- které měřené veličiny se mají graficky zobrazovat (v závislosti na čase) na obrazovce monitoru PC již v průběhu experimentu,
- které veličiny se mají zaznamenávat do výstupního datového souboru JMENO_VZORKU.LIS,
- komparační úroveň pro kanál akustické emise,
- identifikaci zkušebního tělesa (JMENO_VZORKU) a jeho stručný popis.

V průběhu experimentu se data ukládají v PC do paměti RAM. Po ukončení experimentu se zapisí na pevný disk PC do výstupního souboru JMENO_VZORKU.LIS ve formě R řádků o C sloupcích. Každý řádek dat odpovídá jednomu impulzu TR (z časové základny nebo od akustického impulzu). První sloupec obsahuje čas od počátku měření, obsah ostatních sloupců je definován v konfiguračním souboru. Současně s datovým souborem se zapisí vybrané informace z konfiguračního souboru, které umožňují jednoznačnou identifikaci položek v souboru JMENO_VZORKU.LIS. Data se zapisují v textovém tvaru, proto lze k jejich vyhodnocení použít běžně dostupné tabulkové programy, jako např. LOTUS. Autorem programového vybavení je Mgr. Boris Gruntorád.

Způsob vyhodnocení parametrů akustických impulzů principiálně vychází z prací Šimáněho a Brože [2], kteří registrovali akustické emise (rychlosti kmitání) na vzorcích hornin i v dolech v pásmu kmitočtů do cca 20 kHz. Získané parametry (MA , DT a SH) umožňují hrubé rozřazení registrovaných impulzů podle jejich charakteru. Pro detailní studium vlnového obrazu jednotlivých impulzů používáme číslicový paměťový osciloskop HP54501A, připojený na výstup nábojového zesilovače 9.

3. Výsledky a závěr

Na obr.3 je příklad závislosti deformací a celkového počtu registrovaných akustických impulzů na napětí.



Obr. 3. Graf závislosti pměrné podélné a příčné deformace a počtu akustických impulzů na napětí

Popsané zařízení je v Ústavu geoniky AV ČR využíváno především pro standardní zkoušky pevnostních a přetvárných vlastností hornin které jsou doplněny měřením akustických emisí. Hlavní výhodou tohoto způsobu měření je možnost statistického zpracování naměřených dat a snadná archivace získaných výsledků

Práce byla uskutečněna za finanční podpory Grantové agentury České Republiky při řešení grantového projektu 105/93/2409 „Vliv geologických faktorů na porušování hornin a horninového masivu při různých způsobech namáhání“.

Literatura

- [1] Rambouský, Z., Sosnovec, L.: Aparatura pro měření síly a deformace při jenoosém zatěžování za mezi pevnosti. Sborník konference EAN 93, Měřin, 1993.
- [2] Šimáně, J., Brož, M.: Měřicí zařízení pro trvalé automatické sledování seismoakustické činnosti horninového masivu. PV 5776/73.

Ing. Jaromír Knejzlik, CSc., Ing. Pavel Konečný, Ing. Zdeněk Rambouský
Ústav geoniky, Akademie Věd České Republiky, Studentská 1768, 708 00 Ostrava-Poruba
Tel: 691 86 51, Fax: 691 94 52