

# REOLOGICKÉ VLIVY VZNIKU PORUCH STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

*Príspevek XIV. konference znalců – Brno 21. a 22. 1. 2005.*

## 1. VŠE PLYNE, VŠE SE MĚNÍ

Podnětem k napsání tohoto příspěvku bylo soudní projednávání, kdy při vyjmenování možných vlivů vzniku poruch na starším rodinném domě, byl soud zaujat výrazem reologické vlivy a požádal o bližší vysvětlení toho pojmu.

Reologie je vědní obor, o jehož ustanovení se rozhodující mírou zasloužili M. Reiner, který se zabýval mechanikou a E. C. Bingham, který se specializoval na koloidní chemii. Název reologie zavedli roku 1926 podle výroku starého řeckého filosofa Herakleita: „ΠΑΗΤΑ ΡΕΙ“ (PANTA REI), což lze přeložit jako „Všechno plyne, všechno se mění“. Reologie se zabývá zkoumáním přetvárnosti hmot a pohybu vazkých kapalin [1].

M. Reinerem bylo zavedeno bezrozměrné Debořino číslo jako podíl relaxační doby a doby pozorování, které nabývá hodnot od nuly (pro dokonale tekoucí kapalinu) do nekonečna (pro dokonale tuhou hmotu). Látka se jeví jako kapalina, pokud vykazuje velmi malou relaxační dobu nebo pozorovací doba je naopak značně veliká. Látka se jeví jako pevná, když je relaxační doba větší než doba pozorování. Při řešení technických problémů se nahrazuje doba pozorování pojmem provozní doba nebo doba užívání.

K názvu Debořino číslo M. Reinera podnítl biblický zpěv prorokyně Debory „Hory tečou před Hospodinem“, kterým chtěl vyjádřit, že i skály by se při nekonečně dlouhé době pozorování jevily jako vazná kapalina. Poznáváme, že uživatel Bible svatě podle posledního vydání Kralického z roku 1613, v Knize Judicum totiž Soudců Izraelských, v kapitole 5 obsahující Píseň Debory a Baráka, v níž Bohu díky činí po vítězství, ve verši 5, by našli text: „*Hory se rozplynuly od tváří Hospodina, i ta hora Sinai třásla se před tváří Hospodina Boha Izraelského*“ [2]. Tento český překlad Písma sice nenavozuje dojem popisu časově závislého jevu, avšak představa Hospodina, který jako jediný může provádět pozorování nekonečně dlouhou dobu, má zřetelný filosofický náboj.

U stavebních konstrukcí má reologie významnou roli při zkoumání dlouhodobého přetváření a změn stavu napjatosti a deformace. Se statikou stavebních konstrukcí souvisí reologie pevné fáze, a zejména odvětví vazkopružnost a vazkoplastičita, které zkoumají časově závislé změny přetváření a napjatosti. Vlivy vzniku poruch stavebních konstrukcí, které jsou časově závislé, a které souvisí s reologickými vlastnostmi látek, se obecně označují jako *reologické*.

Celá řada stavebních materiálů používaných v praxi, např. beton, kovy, dřevo, keramika, zeminy, vykazují reologické vlastnosti.

V tomto příspěvku jsme se zaměřili na základní představení reologických vlastností zemín, betonu a kovů.

### 1.1 Reologické vlastnosti zemín

Pro zakládání staveb i řešení stability svaků je nutné zjišťovat reologické vlastnosti zemín, které mají velký význam na dlouhodobé sedání základů i na časové změny podmínek stability zemních svahů.

U zemín je významnou reologickou vlastností rozpínavost, tzv. *dilatance*. Jedná se o změnu objemu zeminy způsobenou vlivem smyku. Rozpínavost může být kladná nebo záporná. Sypké hmoty s kulatými zrny, např. písky, vykazují kladnou rozpínavost, naopak sypké hmoty s plochými a protáhlými zrny, např. jílovité zeminy, se projevují zápornou rozpínavostí. V případě sypkých hmot se kladná rozpínavost označuje jako rozstupnost.

### 1.2 Reologické vlastnosti betonu

Reologické vlastnosti značně ovlivňují chování betonových konstrukcí. Jedná se o vlastnosti materiálu a souvisí s mikrostrukturou betonu a s chováním jeho částic a složek a jsou ovlivněny celou řadou faktorů.

Základní složkou cementového tmelu, který spojuje jednotlivé části kameniva, je cementový gel, který je charakterizován jako koloidní hmota, která v různých formách obsahuje vodu, jednak vodu chemicky vázanou, tj. vodu krystalovou, jednak vodu koloidní v jeho pórech a vodu volnou v kapilárách a makropórech. V důsledku dlouhodobého napětí betonu se zvyšuje tlak vody v mikropórech gelu, která je tak vytlačována do kapilár a pórů, odkud se vypařuje. Tento jev se označuje jako *dotvarování*. Současně však vzniká v kapilárách podtlak, který dále vysává vodu z cementového gelu, což způsobuje další dotvarování. Množství vytlačované vody závisí na napětí betonu, zatímco velikost odpařování závisí na hygrometrických podmínkách.

Zmenšování objemu betonu, ke kterému dochází bez napětí odpařováním chemicky nevázané vody, se nazývá *smršťování*. Jeho opakem je *nabývání*, při kterém se objem betonu zvětšuje přijímáním vody z okolního prostředí.

### 1.3 Reologické vlastnosti kovů

U kovových konstrukcí jsou reologické projevy výrazně závislé na teplotě. Vysvětluje se to tím, že u kovů se na okrajích krystalických zrn vylučují sloučeniny (nitridy a sulfidy), které mají nižší bod tání než krystaly kovů. Tyto sloučeniny při vyšších teplotách dříve měknou a způsobují v mezizrnných oblastech vláčné přetváření.

### 2. UKÁZKY VLIVU REOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ ZEMIN NA VZNIK PORUCH STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

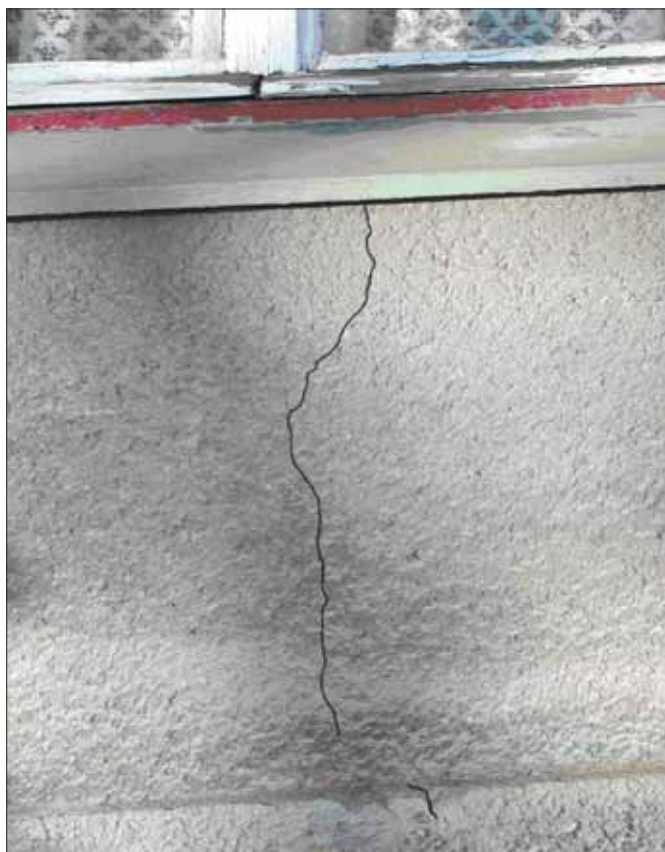
Sedání, resp. namáhání konstrukce od nerovnoměrného sedání, je jednou s nejčastějších příčin poruch stavebních konstrukcí, která má souvislost s reologickými vlastnostmi zemin. Vliv sedání lze pozorovat nejen u starých objektů, jejichž horní stavba není dostatečně tuhá, tj. u domů s dřevěnými stropy bez ztužujících pozedních věnců a pozedních kleštín, ale rovněž u novějších objektů s tuhými stropními tabulemi.

#### 2.1 Poruchy přízemních staveb staré zástavby

Obzvláště často se lze setkat s poruchami přízemních staveb způsobené sedáním. Jsou oblasti starší zástavby, kde lze procházet ulicemi a všechny přízemní zděné objekty mají trhliny příznačné pro porušení zdiva způsobené sedáním stavby, zatímco budovy patrové nevykazují žádné poškození, ačkoliv se nacházejí na stejných základových poměrech a jsou postaveny stejnou technologií a přibližně ve stejném časovém období. Tato skutečnost dokazuje vzájemnou interakci jednotlivých částí systému podloží – základová konstrukce – horní stavba, díky níž v důsledku vyšší tuhosti stěn horní stavby patrových budov při namáhání ve vlastní rovině, jsou eliminovány nepříznivé vlastnosti podloží. V této souvislosti je zjevné, jak nevhodná je běžná praxe, kdy spodní a horní stavbu řeší odděleně jiný projektant a návaznost je pouze v předání zatěžovacích údajů horní stavby na základy bez ohledu na ovlivnění chování horní stavby základy.



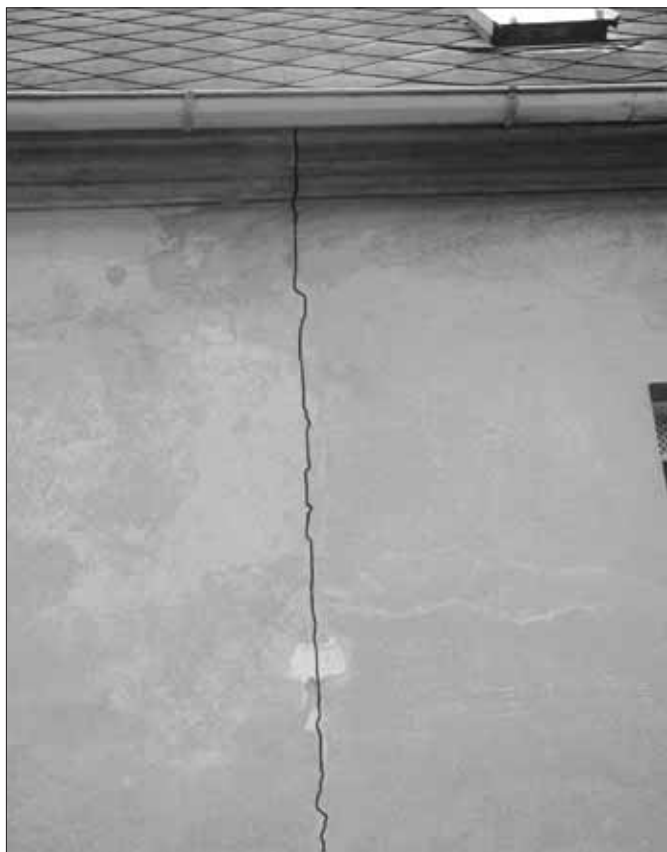
Obr. 2 Trhlina v římsce přízemní části



Obr. 1 Trhlina v parapetu přízemní části zděného domu



Obr. 3 Trhlina na rozhraní podsklepené a nepodsklepené části domu



Obr. 4 Trhlina na rozhraní podsklepené a nepodsklepené části domu

Na obr. 1 a 2 jsou ukázky poškození přízemní části rodinného domu, který se nachází v oblasti, kde toho poškození není patrné pouze u domů nově postavených s tuhými stropními tabulemi a ztužujícími pozedními věnci, u patrových objektů a domů, které jsou nově omítnuty a trhliny se u nich zatím neobnovily. Na přízemní část domu navazuje patrová a podsklepená část domu. V této části domu se popisované porušení trhlinami již nevyskytuje.

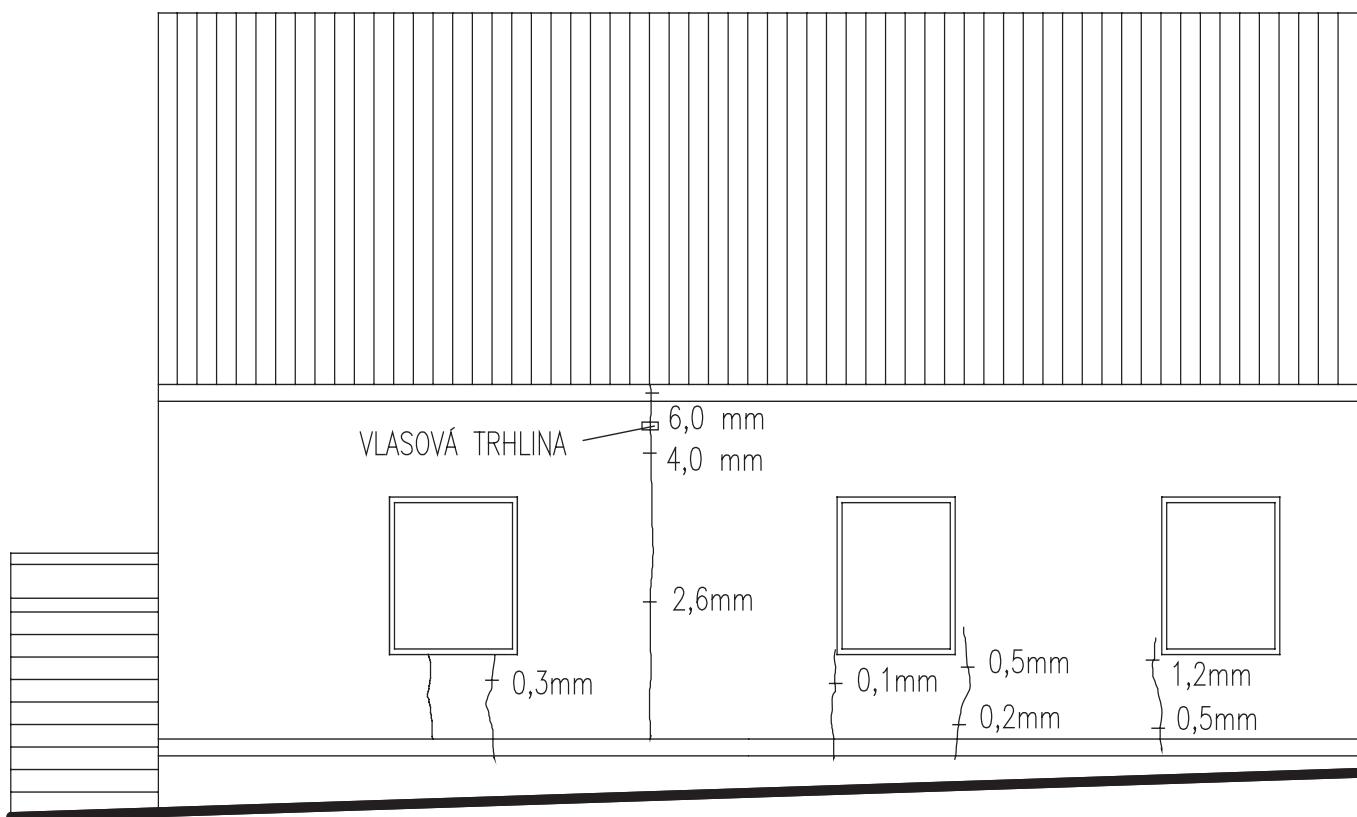
K četným poruchám rodinných domů vlivem sedání patří vytvoření široce rozevřené trhliny na rozhraní nepodsklepené a podsklepené části objektu. Na obr. 3 až 5 je ukázka takto poškozeného objektu, u něhož byl vývoj poruchy značně ovlivněn zvodněním podloží v důsledku nevhodné stavební činnosti v těsné blízkosti domu.

Na schematickém zakreslení zjištěných trhlin (obr. 5) je patrné poškození trhlinami v parapetní části zděné stěny. Oba domy (obr. 1 až 5) se nacházejí ve stejné zástavbě, v oblasti, kde toto poškození vykazují téměř všechny starší přízemní objekty.

### 2.2 Poruchy patrových staveb nové zástavby

S výraznými poruchami se lze setkat i u nových staveb, jejichž horní stavba je již opatřena tuhými stropními tabulemi a dostatečným množstvím ztužujících prvků, avšak jejich založení neodpovídá nevhodným základovým poměrům.

Jako příklad lze uvést objekt, jehož nosnou konstrukci tvoří montovaný železobetonový skelet se skrytými průvlaky MS-OB. Přestože jeho základovou konstrukci tvoří železobetonová základová deska vykazuje i po sanaci značné poškození (obr. 6, 7). Jeho příčinou je plošné založení na navážce v prostoru bývalého



Obr. 5 Schéma průběhu trhlin na uliční straně domu



Obr. 6 Trhlina ve vyzdívce skeletu a na rozhraní schodišťového přístavku



Obr. 7 Trhlina v dilatační spáře

složení popela. Objekt je provozně rozdělen na dvě části patřící různým vlastníkům; konstrukčně samozřejmě nadále tvoří jeden celek a tato okolnost v současné době i nadále nepříznivě ovlivňuje stav objektu, avšak poskytuje obživu právníkům i znalcům.

### 3. ZÁVĚR

V článku byl představen historický vývoj vědního oboru reologie. Jsou v něm uvedeny a popsány reologické vlastnosti základních stavebních materiálů, tj. zemin, betonu a kovů. Vliv reologických vlastností zemin na vznik poruch stavebních konstrukcí je dokumentován na třech případech poruch obytných domů.

Vlivem reologických vlastností betonu na vznik poruch stavebních konstrukcí se bude zabývat samostatný článek, který vyjde rovněž v časopise Soudní inženýrství v některém z dalších čísel. V tomto článku autoři blíže popíší reologické vlastnosti betonu včetně ukázek jejich vlivu na vznik poruch stavebních konstrukcí.

### 4. PODĚKOVÁNÍ

Článek vznikl za podpory vědecko výzkumného záměru MSM 0021630511 „Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“.

### 5. LITERATURA

- [1] SOBOTKA, Z.: Reologie hmot a konstrukcí, Academia, nakladatelství ČSAV, Praha, 1981, 21-057-81.
- [2] Bible Svata aneb Všechna Svata Pisma Starého i Nového Zákona podle posledního vydání Kralického z roku 1613, biblické dílo, Bible in Czech, CEPF 7019-15M-043X.
- [3] Fotografický archiv autorů.