

MOŽNOSTI STANOVENÍ MODULU PRUŽNOSTI A POISSONOVA ČÍSLA V RANÉ FÁZI ZRÁNÍ CEMENTOVÝCH MATERIÁLŮ

POSSIBILITIES OF DETERMINATION OF THE MODULUS OF ELASTICITY AND THE POISSON'S RATIO IN THE EARLY AGE OF CEMENTITIOUS MATERIALS

Romana Halamová, Dalibor Kocáb, Barbara Kucharczyková

Ve stavební praxi se lze setkat s případy, kdy je vhodné, či dokonce nutné znát hodnotu nebo vývoj modulu pružnosti materiálu na bázi cementu i ve velmi raném stádiu. Typickými příklady jsou předpjaté konstrukce nebo konstrukce, kterým hrozí nadměrné deformace v důsledku předčasného odstranění bednění kvůli nutnosti rychle pokračovat ve výstavbě. Tento článek je především určitou rešerší či přehledem, jakými způsoby je možné stanovit modul pružnosti ve velmi raném stadiu tuhnutí a tvrdnutí betonu a jemu podobných materiálů. Článek se také zabývá možnostmi stanovení hodnoty a vývoje Poissonova čísla, které souvisí s vývojem dynamického modulu pružnosti vypočteného na základě ultrazvukového měření. ■ *Civil engineering sometimes encounters cases that require knowledge of the modulus of elasticity or its development in young cement composites. Typical examples are pre-stressed structures and structures that face the risk of severe strain, because their construction plan requires early removal of formwork. This paper reviews and describes the means of measuring the modulus of elasticity at very early ages. It also analyses the issue of determining the value and progress of Poisson's ratio; which closely follows the progress of the modulus of elasticity.*

V moderním stavitelství se v posledních letech dostávají do popředí zájmu kromě pevnosti v tlaku i další materiálové charakteristiky betonu, jako je např. smršťování, trvanlivost nebo modul pružnosti [1], [2], který je aktuálním tématem zejména v souvislosti s vývojem vysokohodnotných betonů s jemnozrnnou strukturou. Modul pružnosti v tlaku a tahu (především v zahraniční literatuře též zvaný Youngův modul) je deformační charakteristika, na které jsou závislé průhyby, smršťování, dotvarování nebo kmitání konstrukcí a která je vyjádřena pomocí Hookova zákona jako:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \quad (1)$$

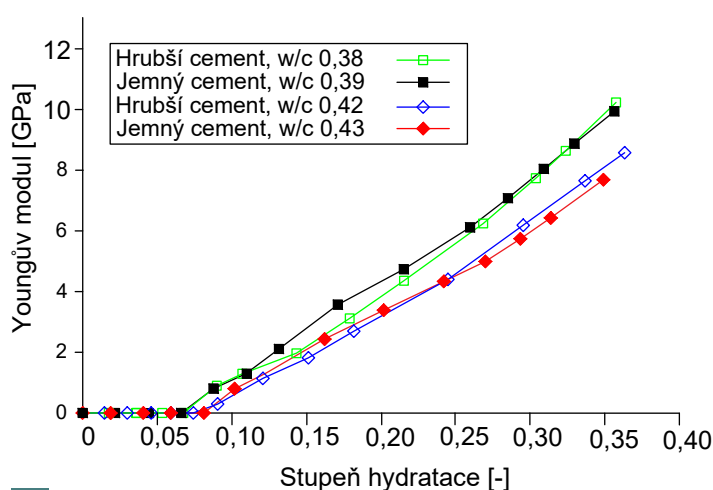
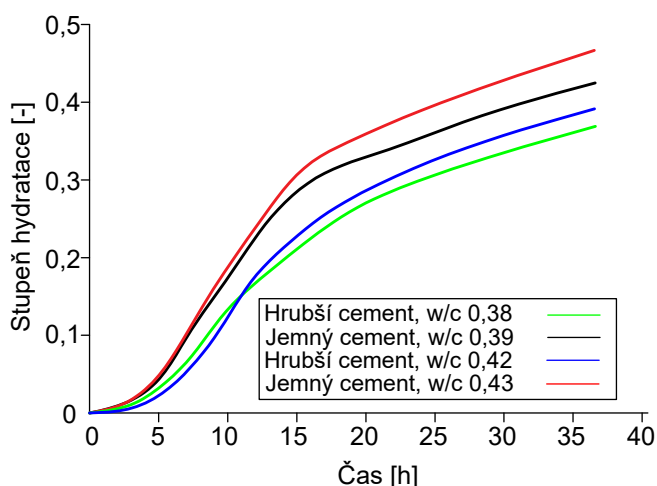
kde E je modul pružnosti, σ napětí a ε poměrné přetvoření [3].

Čím je modul pružnosti vyšší, tím menší jsou deformace prvku nebo konstrukce. Význam modulu pružnosti narůstá se snahou o navrhování čím dál tím štíhlejších a subtilnějších, často předpjatých konstrukcí. Zatímco pevnost v tlaku je výrobcem betonu jasně garantována, u modulu pružnosti je při návrhu konstrukcí většinou uvažována tabulková hodnota v závislosti na pevnostní třídě daného betonu. Během několika posledních desetiletí však beton prošel obrovským vývojem, zejména z pohledu technologického. Při výrobě betonu se začaly

ve velké míře používat různé přísady a příměsi, čímž vznikl takzvaný moderní beton [4], [5], u kterého se modul pružnosti nemusí odvíjet od jeho pevnostní třídy. Ve skutečnosti se reálná hodnota modulu pružnosti může velmi lišit oproti hodnotě, se kterou se při návrhu počítá. Mnohdy je tak skutečná hodnota modulu pružnosti betonu výrazně menší než hodnota, která je udávána pro pevnostní třídu, což dokazují např. články [6], [7]. Z tohoto důvodu se v posledních letech mnoho odborných pracovišť zaměřilo na zkoumání aspektů, které hodnotu modulu pružnosti betonu ovlivňují, viz např. články [8], [9], [10]. Ve většině tuzemských i zahraničních publikací je modul pružnosti zjišťován až po vytvrdnutí betonu a nikoli v počáteční fázi jeho zrání. Přitom existují případy, kdy je nutné znát modul pružnosti dříve než po 28 dnech, a to zejména v prefabrikaci, v mostním stavitelství, ale i při výstavbě předpjatých konstrukcí či konstrukcí, které je třeba rychle odbednit. Informace o průběhu

1 a) Graf závislosti stupně hydratace na vodním součiniteli a jemnosti mletí cementu v čase, b) graf závislosti modulu pružnosti na stupni hydratace (zdroj: [17]) 2 Ultrazvukový přístroj Vikasonic

1 a) Dependence of the degree of hydration on the w/c ratio and cement fineness over time graph, b) dependence of the Young's modulus on the degree of hydration graph (source: [17]) 2 Ultrasonic testing instrument Vikasonic



1a

1b