



PILOTNÍ STUDIE CHOVÁNÍ CYKlicky ZATĚŽOVANÉHO BETONOVÉHO NOSNÍKU METODOU AKUSTICKÉ EMISE THE PILOT STUDY OF THE BEHAVIOUR OF THE CYCLIC LOADED CONCRETE BEAM BY ACOUSTIC EMISSION METHOD

Michaela HODULÁKOVÁ*, Luboš PAZDERA*, Libor TOPOLÁŘ*, Oto ROTH**,
Peter OROLIN**, Karel MIKULÁŠEK*

*Vysoké učení technické v Brně, Stavební fakulta

** Technická univerzita v Košicích, Stavební fakulta

Contact e-mail: hodulakova.m@fce.vutbr.cz

Abstrakt

Betonové konstrukce se v průběhu své životnosti střídavě nachází ve stavech zatížených a odlehčených. Označíme-li zatížení a následné odlehčení konstrukce způsobené vnějšími vlivy za cyklus, je poté možné běžně namáhanou konstrukci označit za mnohonásobně cyklicky zatěžovanou. Tyto cykly nejsou pravidelné a v průběhu životnosti konstrukce se neomezeně opakují v závislosti na jejím významu a využití. Příspěvek se zabývá jednou z možností detekce trhlin pomocí metody akustické emise. Trhliny vznikají v průběhu zvyšujícího se cyklického namáhání vyztuženého betonového nosníku. Metoda akustické emise zaznamenává vznikající elastické vlny generované aktivními trhlínami. Tato metoda umožňuje průběžně sledovat celou konstrukci nejen vybranou část.

Klíčová slova: metoda akustické emise, vyztužený betonový nosník, cyklické namáhání, počet překmitů, kumulativní počet překmitů

Abstract

During the life-time of concrete structures, we can say there are two possible conditions, the first one is loading and the other one is unloading. If we mark the change of states from loading to unloading caused by external influence as a cycle, then we can call a conventionally stressed structure as multiply cyclically loaded. Those cycles are not periodical and the number of repetitions depends on structure's meaning and usage. In this paper we are going to talk about method using acoustic emission for detection of forming cracks. These cracks in reinforced concrete beam are created by increasing power of loading during cyclic loading and unloading. The principle of detection method is recording elastic waves which are formed by active cracks. This method allows you to monitor the entire construction continuously and not just small specific part.

Key words: Acoustic emission method, reinforced concrete beam, cyclic loading's, number of counts, cumulative number of counts

1. Úvod

Akustická emise (AE) je fyzikální jev. Tento jev se projevuje v materiálech tak, že v nich dochází k uvolňování částí nahromaděné elastické energie v důsledku dynamických procesů, které mohou být vyvolané vnějšími nebo vnitřními silami [1].

AE patří mezi nedestruktivní metody sledující aktivní defekty, tedy nestabilní a nebezpečné, které probíhající uvnitř sledované struktury. Pasivní poruchy a tvar struktury nemá na vznik AE rozhodující vliv [2, 3, 4]. Je nutné zmínit, že podmínkou úspěšného nasazení metody AE je zejména důkladné pochopení fyzikálního pozadí principu generování AE probíhajícím dějem, uvědomění si omezení daných náhodným charakterem šíření a vzniku AE, ale také omezení daných konkrétním technickým řešením měřicí aparatury a snímači AE např. jejich správná kalibrace [5].

V důsledku zhoršení občanské infrastruktury na celém světě vznikla potřeba efektivního hodnocení poškození, přičemž AE se jeví jako dobře použitelná nedestruktivní metoda. Využívá se zejména pro monitorování betonových mostů, které bývají často cyklicky zatěžované. Technika sledování AE umožňuje soustavné a neinvazivní monitorování těles či konstrukcí, pomáhá včasné zjistit poškození a prodloužit tak životnost konstrukce. Výhodou měření je možnost vidět historii zatížení, které se při měření projevilo v konstrukci [6, 7].

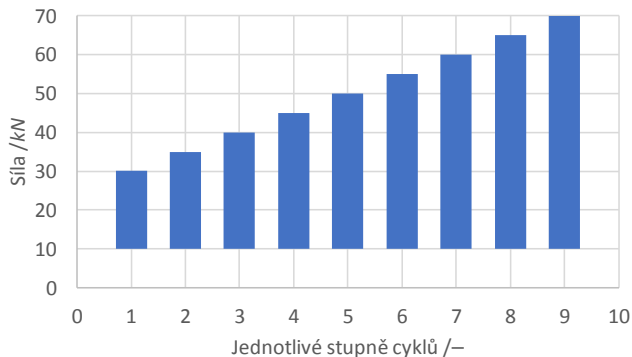
2. Popis experimentu

V rámci pilotního měření provedeného ve spolupráci s pracovníky Fakulty stavební, Technické univerzity v Košicích, jsme provedli zkoušku, při které byl cyklicky namáhán vyztužený betonový nosník viz Obr. 1. Na fotografiích je vidět i rozmístění snímačů AE vzhledem k umístění zatěžovací síly. Byly použity i dva snímače AE jako tzv. hlídací snímače. Jeden z nich byl umístěn na železném hranolu, přes který působila zatěžovací síla a druhý byl v těsné blízkosti tohoto železného hranolu.



Obr. 1 Vyztužený betonový nosník a rozmístění snímačů na vzorku

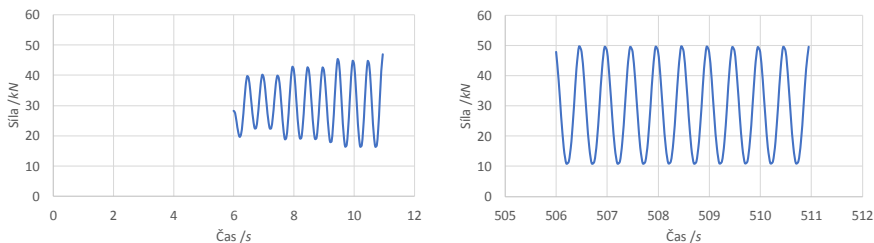
Fig. 1 Reinforced concrete beam and location of sensors on the sample



Obr. 2 Zobrazení způsobu zatěžování pro všechny stupně zatěžování

Fig. 2 Showing the way of the loading for all levels of loading

Na grafu na Obr. 2 je vidět velikosti působící síly v jednotlivých stupních zatěžování. V každém stupni zatěžování bylo přibližně 6020 cyklů v daném silovém rozpětí. Vzhledem k zatěžovací frekvenci o hodnotě 2 Hz a velikosti zatěžovací síly, je ukázán detail náběhu páté úrovně zatěžování (Obr. 3 – graf vlevo) a pak jeho průběh po 500 s (Obr. 3 – graf napravo).



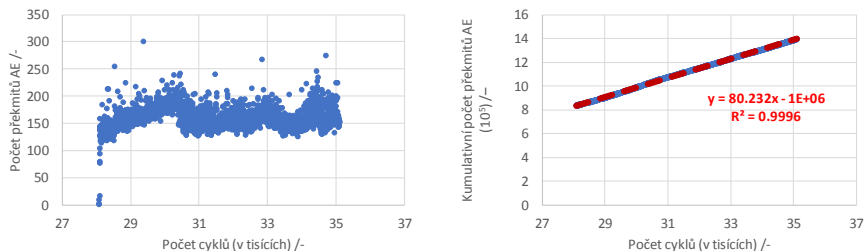
Obr. 3 Cyklické zatěžování v závislosti na čase pro pátý stupeň zatěžování

Fig. 3 Depending the cyclical loading on time for the fifth cycle

3. Výsledky

Z grafů na Obr. 4 je patrné (detail pro pátou úroveň zatěžování), že se vzrůstajícím počtem cyklů, roste i počet překmitů signálu AE. Jelikož počet překmitů AE udává množství vznikajících mikrotrhlin (trhlin) v materiálu, můžeme říct, že čím byla tělesa déle cyklicky zatěžována, tím v nich vznikalo stále více vad. Z tohoto důvodu jsme proložili křivky kumulativního počtu překmitů přímkami (Obr. 4 – graf napravo). Z následných směrnic (sklonu přímek) jsme vytvořili Tab. 1, ve které je vidět exponenciální (Rce 1) nárůst aktivity akustické emise:

$$\text{kumulativní počet překmitů} = 10,8 \cdot e^{0,4 \cdot \text{počet cyklů}}, \text{ při } R^2 = 0,95 \quad (1)$$



Obr. 4 Počet překmitů a kumulativní počet překmitů pro pátou úroveň zatěžování

Fig. 4 Number of overshoots and cumulative number of overshoots for the fifth cycle

Tab. 1 Hodnoty směrnic v jednotlivých stupních zatěžování

Tab. 1 The values of slopes in each levels of the loading

Jednotlivé stupně zatěžování /–	Směrnice kumulativního počtu překmitů /–
1	16,0
2	13,9
3	34,4
4	60,2
5	80,2
6	101,9
7	140,6
8	181,3
9	226,9

4. Závěr

Tento příspěvek popisuje pilotní měření na cyklicky namáhaném vyztuženém betonovém nosníku z hlediska aktivity AE. Bylo provedeno více než 54180 cyklů v devíti zatěžovacích úrovních. Bylo zjištěno, že nárůst aktivity AE je exponenciální, a tedy se dá předpokládat, že se struktura nosníku již blížila destrukci, ač celková destrukce neproběhla. Z tohoto měření je patrné, že struktura nosníku již byla poničena nad únosnou mez, přičemž běžná vizuální kontrola nosníku žádné porušení nevykazovala. Je možné tedy říct, že z tohoto důvodu je metoda AE přínosná při dlouhodobém monitorování namáhaných struktur a konstrukcí, protože dokáže včas varovat před celkovým selháním.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu J-17-4554 podporovaného Vysokým učením technickým v Brně, Fakultou stavební a projektu LO1408 "ADMAS UP", podpořeného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci "Národního programu udržitelnosti I".

Literatura

- [1] Diagnostická metoda akustické emise a její perspektivy. Techmagazín.cz [online]. Praha: TECH MEDIA PUBLISHING, 2017 [cit. 2017-09-21]. Dostupné z: <http://www.techmagazin.cz/85>
- [2] MAZAL, P.; PAZDERA, L.; TOPOLÁŘ, L.; NOHÁL, L. Netradiční aplikace metody akustické emise. V Brně: Vysoké učení technické, 2012. ISBN 9788021446298.
- [3] DAKEL: Uživatelská příručka XEDO a programu DaeMon.
- [4] TOPOLÁŘ, Libor, Luboš PAZDERA a Jaroslav SMUTNÝ. Hodnocení chování betonu při tuhnutí a tvrdnutí netradičními metodami. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2012. ISBN 9788021446427.
- [5] KEPRT, Jiří a Petr BENEŠ. Stanovení nejistot primární kalibrace snímačů akustické emise. In: KOŘENSKÁ, Marta a Pavel MAZAL. Defektoskopie 2007 - 37. mezinárodní konference a výstava: Sborník příspěvků proceeding. Praha: Česká společnost pro nedestruktivní testování, 2007, s. 105-110. ISBN 9788021435049.
- [6] Nair, Archana & Cai, C. (2010). Acoustic emission monitoring of bridges: Review and case studies. Engineering Structures. 32. 1704-1714. 10.1016/j.engstruct.2010.02.020.
- [7] Shiotani, T & Aggelis, D & Makishima, O. (2007). Global monitoring of concrete bridge using acoustic emission. J Acoust Emission. 25.