

HOLOGRAFICKÁ DETEKCE PORUŠOVÁNÍ SOUDRŽNOSTI MEZI LAMINÁTOVÝM PLÁŠTĚM A BETONOVÝM PODKLADEM PŘI NAMÁHÁNÍ NA ÚNAVU

Ing. Vladimír Weiss, CSc. a ing. Karel Antropius, CSc.
Stavební fakulta ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Popisovaný výzkum směřuje k experimentálnímu důkazu, že při zlepšování energetické bilance kritických trhlinek ve kvasikřehkých materiálech úloha, kterou má deformace laminátového pláště, převažuje nad úlohou energie absorbované porušováním soudržnosti mezi tímto pláštěm a betonovým podkladem. Tento důkaz je důležitý pro rozhodnutí otázky, zda houževnatější plášť může spolehlivě zvýšit tahovou pevnost a protaživost konstrukčních prvků s jádrem z křehkých materiálů i při opakovaném nebo dlouhodobém zatížení.

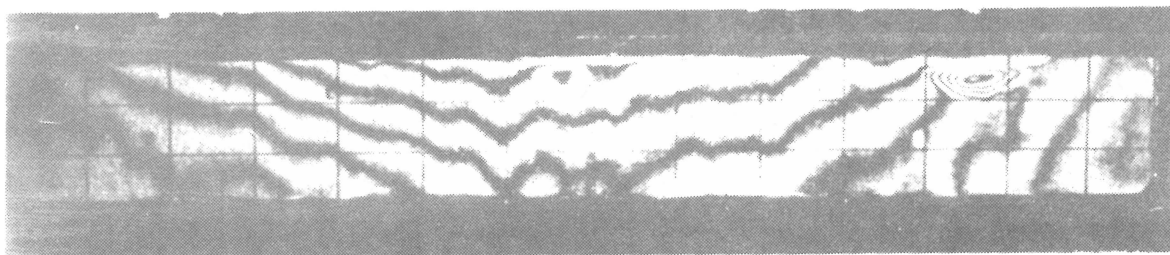
Pro vlastní experimenty, jejichž cílem bylo podrobněji objasnit procesy probíhající v okolí povrchových strukturálních trhlinek při únavovém zatěžování, byly z prostého betonu vyrobeny zkušební trámký o rozměrech 100 x 80 x 700 mm, na kterých jedna strana (o rozměrech 100 x 700 mm) byla opatřena pláštěm o tloušťce 5 mm z epoxy laminátu vyztuženého skleněnou tkaninou. Tyto zkušební trámký byly opakovaně podrobeny únavovému namáhání v tříbodovém ohybu (s laminátovou vrstvou na straně tahového napětí) cyklickým zatěžováním s frekvencí 5 Hz na 80 % jednorázové statické únosnosti. Zatěžovací etapy obsahující řádově 10^4 zatěžovacích cyklů byly opakovány až do vzniku průběžné trhliny z některé trhlinky kritické. Cyklické zatěžování bylo prováděno na dynamickém testovacím 200 kN zařízení Instron v Kloknerově ústavu ČVUT v Praze.

Na počátku, t.j. před prvním zatěžováním, poté vždy po skončení zatěžovací etapy a ještě nakonec při vyčerpání únavové pevnosti betonu, které se projeví poklesem tuhosti trámů (t.j. zvýšením měřených průhybů), byly laminátové plochy zkušebních trámů vyšetřovány v holografické laboratoři Stavební fakulty ČVUT metodou dvouexpoziční holografické interferometrie s cílem detekovat eventuální narušení soudržnosti mezi laminátovým pláštěm a betonovým jádrem trámku. K tomu účelu byl sestrojen speciální rámeček s okénkem ze skla nebo plexiskla, těchže rozměrů jako vyšetřovaná laminátová plocha. Tento rámeček se přitmelením nebo jen i přitlačením přes pružnou podložku vzduchotěsně spojil se zkušebním trámkem tak, že dovoľoval pozorovat celou zkoumanou laminátovou plochu zkoušeného trámku a současně umožňoval evakuovat prostor nad touto plochou.

Dvouexpoziční holografický záznam laminátové plochy byl realizován tak, že první expozice byla provedena za normálního atmosférického tlaku a druhá, když byl prostor pod rámečkem evakuován vodní vývěvou. Podtlak vyvolal lokální nepravidelnosti v deformaci povrchu laminátu všude tam, kde pod jeho povrchem byla jakákoliv porucha, nebo tam, kde došlo ke ztrátě soudržnosti mezi laminátem a betonem. Tyto nepravidelnosti

v deformaci se zřetelně ukázaly v obraze zkušebního trámku rekonstruovaném z dvouexpozičního hologramu, a to jako jasné viditelné skvrnky nebo lokální uzavřené křivky na pozadí do značné míry pravidelného systému interferenčních pruhů s malou prostorovou hustotou. (Tyto pruhy jsou důsledkem deformace zkušebního trámku i průhledného rámečku jako celku vlivem sil vzniklých evakuováním prostoru nad vyšetřovanou plochou).

Velmi zajímavý experimentální výsledek byl získán při zkoušce jednoho trámku, kdy se cyklické zatěžování podařilo zastavit právě na počátku přeměny kritické trhlinky v trhlinu průběžnou. Tato kritická trhlinka se rozšířila pouze v oblasti u jednoho boku trámku (na jehož líci pak byla i viditelná), zatímco na druhém boku trámku byl beton ještě neporušen. Holografický interferogram laminátové plochy tohoto trámku před začátkem zatěžování ukázal sice několik míst, kde byly patrné drobné nepravidelnosti v deformaci (pravděpodobně zalaminované vzduchové bubliny), ale oblast pod budoucí trhlinou byla prostá jakýchkoliv poruch. Na interferogramu téže plochy po vzniku průběžné trhliny (viz obrázek) je zřetelně patrné místo (na obrázku nahoře těsně vlevo od středu trámku), kde pod laminátem končila trhlinka v betonu. Plošný rozsah porušení soudržnosti byl však jen velmi malý, takže nepravidelnost v deformaci povrchu se projevila jen rozdílem jednoho interferenčního pruhu. To kontrastuje s poměrně velkou oblastí, kde došlo k porušení soudržnosti pravděpodobně vlivem otlačení laminátu podporou trámku při zatěžování (na obrázku vpravo nahoře).



Nejdůležitějším výsledkem všech provedených zkoušek bylo zatím zjištění, že během cyklického zatěžování nedochází k postupnému porušování soudržnosti mezi houževnatějším laminátovým pláštěm a kvazikřehkým betonovým jádrem v sousedství povrchových strukturních trhlinek. Zlepšování energetické bilance těchto trhlinek absorpcí energie při deformování pláště není tedy předcházejícím únavovým zatěžováním omezováno. Zmíněný příznivý energetický účinek pláště se tedy projeví až při přeměně kritické strukturní trhlinky v trhlinu průběžnou [1, 2].

Literatura:

- [1] Weiss, V.: In: Proc. Mech. of Polymer Composites, IUTAM, Prague, April 15-17, 1986, pp. 262 - 265.
- [2] Weiss, V.: In: Proc. ISAP '86, RILEM, Aix-en-Provence, September 16-17, 1986. Ed.: H.R.Sasse. Chapman and Hall, London, New York 1986, pp. 289 - 296.