

BESKONTAKTNO MJERENJE POMAKA I DEFORMACIJA PRI STATIČKIM I DINAMIČKIM LABORATORIJSKIM ISPITIVANJIMA

Nina Čeh (*nina.ceh@uniri.hr*), Nikola Lustig (*nikola.lustig@uniri.hr*)
 Sveučilište u Rijeci; Građevinski fakultet; Zavod za nosive konstrukcije i tehničku mehaniku

Laboratorijska ispitivanja uključuju mjerenje parametara nužnih za opis analiziranog problema. U području eksperimentalne mehanike i nosivih konstrukcija najčešće treba odrediti vrijednosti pomaka i/ili deformacija sustava kako bi se provjerila granična stanja ili validirali analitički odnosno numerički modeli. Tradicionalan pristup takvim mjerenjima se sastoji od korištenja mikroura, LVDT uređaja, tenzometarskih traka ili akcelerometara koji pretvaraju razlike u električnim signalima na sondi u pomake, deformacije odnosno akceleracije. Svi navedeni uređaji zasnivaju svoj rad na kontaktu s površinom mjerenog objekta i ukoliko on ne može biti uspostavljen ili je tijekom ispitivanja izgubljen, ove metode postaju neučinkovite.

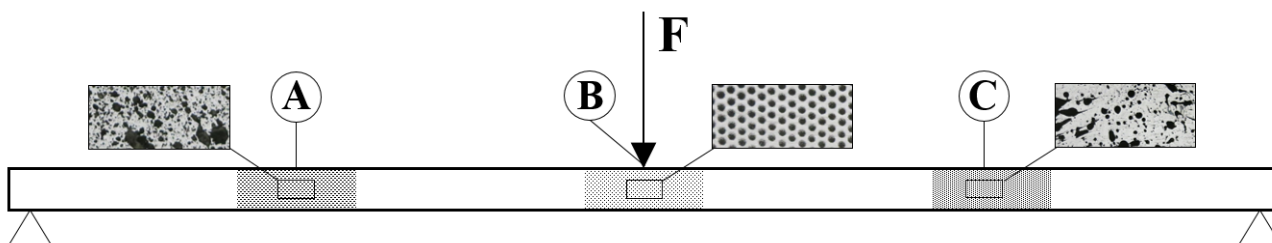
Razvojem digitalne fotografije postale su popularne metode beskontaktnog mjerenja koje koriste različite pristupe, a među kojima se ističe metoda korelacije digitalnih fotografija (DIC) [1]. Metoda se bazira na prepoznavanju istih točaka na nizu fotografija te mjerenju njihovih pomaka fotogrametrijskim metodama [2]. Najmanje ćelije koje softver prepoznaje na objektu jesu fasete - pravilne grupe piksela dimenzija npr. 18x18 (s međusobnim preklapanjem). Kako bi se povećala diferencijacija točaka analizirani objekt je prethodno potrebno prekriti nepravilnim uzorkom. Iz DIC analize se dobivaju pomaci točaka unutar faseta i njihove deformacije, odnosno podaci o ponašanju na površini promatranog objekta. Prednosti mjerenja beskontaktnim metodama su veliki broj mjernih mjesta na objektu (svaka faseta predstavlja jedno mjerno mjesto), mogućnost mjerenja u otežanim i ekstremnim uvjetima (visoke temperature, eksplozije) [3], mogućnost mjerenja u situacijama kada kontakt s klasičnom mjernom opremom ne može biti uspostavljen duž cijelog ispitivanja te mogućnost naknadnog mjerenja vrijednosti koje nisu početno predviđene iz spremljenog seta fotografija.

U Laboratoriju za konstrukcije Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci nabavljen je softverski paket za optičko mjerenje pomaka i deformacija Aramis v6.3.1-0 proizvođača GOM [1]. Kako bi se validirao softver i savladala metodologija korištenja napravljen je niz kontrolnih statičkih (Slika 1) i dinamičkih (Slika 2) laboratorijskih ispitivanja. Površine ispitivanih modela su obrađene na nekoliko načina: na površini prirodne boje materijala je iscrtan nepravilan raster točaka u bojama (Slika 2.b), na površini obojanoj bijelom mat bojom za drvo je nanesen nepravilni crni uzorak raspršivačem (Slika 1, lijevo i Slika 2.c) ili čeličnom četkom (Slika 1, desno) te kvazi-pravilan crni uzorak upotrebom perforiranog lima i raspršivača (Slika 1, sredina i Slika 2.d). Ispitivanja su praćena kamerama Canon PowerShot S110 IS i Nikon 1 V2 (Tablica 1).

Tablica 1. Najvažnije tehničke specifikacije korištenih kamera

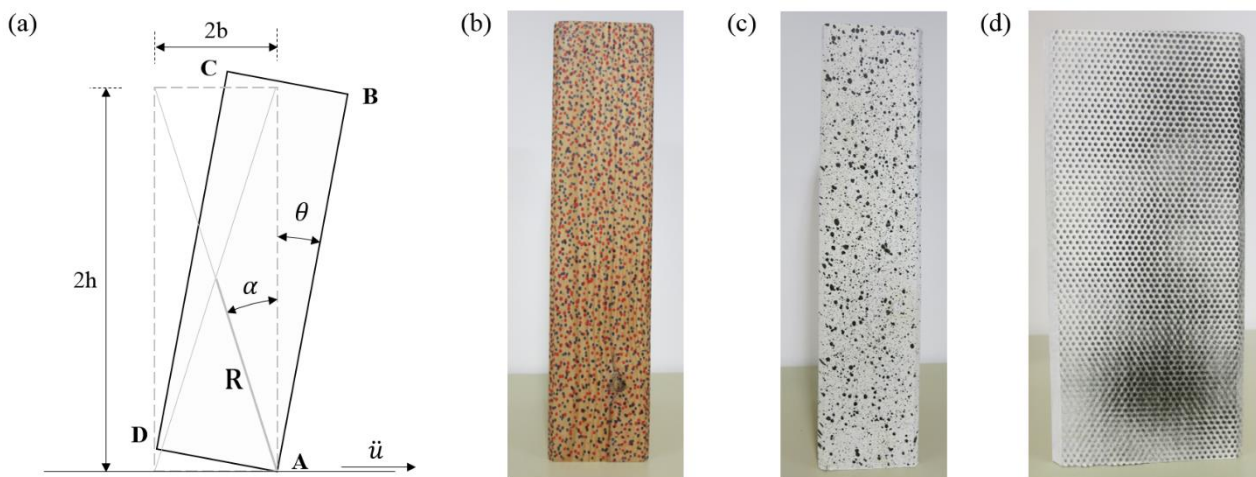
Video kamera	Fotografije	Video snimke	
	Najveća rezolucija (pix)	Rezolucija (pix)	Brzina (fps)
Canon PowerShot S110 IS	4000x3000	1920x1080	24
		320x240	240
Nikon 1 V2	4608x3072	1920x1080	60
		320x120	1200

Za statičku validaciju korištena je drvena greda dužine 3 m opterećena umjerenim utezima od 20 kg na kojoj se pomaci prate pomoću mikroura Mitutoyo i LVDT uređaja tvrtke Solartron. Greda je u sredini i četvrtinama raspona pripremljena za optičko mjerenje (Slika 1). Uspoređeni su rezultati dobiveni klasičnim mjernim instrumentima i Aramis sustavom i, ovisno o korištenoj kameri, razlike iznose između 2 i 6 %.



Slika 1. Skica ispitivane grede s označenim obrađenim površinama i mjernim mjestima

Također su provedena početna dinamička ispitivanja ljuljanja bloka bez proklizavanja (Slika 2.a). Budući da su tijekom ljuljanja pomaci bloka veliki i postoji mogućnost prevrtanja bloka, upotreba uobičajenih metoda za dinamička ispitivanja konstrukcija nije prikladna ni opravdana. Stoga je ispitivanje provedeno korištenjem sustava Aramis za dvije vrste dinamičkog ponašanja: slobodno ljuljanje bloka ispuštenog iz pomaknutog stanja i prisilno ljuljanje početno vertikalnog bloka pri harmonijskoj funkciji ubrzanja podloge na potresnoj platformi. Ispitivana su tri bloka različitih dimenzija: blok A dimenzija 11,5/25 cm, blok B dimenzija 11,5/50 cm i blok C dimenzija 11,5/96 cm.



Slika 2. Skica (a) i fotografije tri različito obrađene površine ispitivanih blokova (b,c,d)

Sljedovi fotografija izvučeni iz video snimaka dinamičkih ispitivanja su uvezeni u programski paket Aramis. Budući da su korištene nezavisne alternativne kamere, vrijeme između dvije fotografije (odnosno, frekvencija snimanja video snimki) je dodatno definirano kao ulazni podatak. Na taj način su, osim pomaka, dobivene kutna brzina i kutno ubrzanje blokova te brzina i ubrzanje podloge (potresne platforme). Tako dobiveni rezultati su uspoređeni s rezultatima jednostavnog numeričkog modela ljuljanja bloka uz pretpostavke da se blokovi ponašaju kao kruta tijela, da rotiraju u jednom smjeru i da je koeficijent trenja dovoljno velik da nema proklizavanja između bloka i podloge.

Usporedbom rezultata dobivenih pomoću različitih kamera ustanovljeno je kako kamera s promjenjivim objektivima daje znatno preciznije rezultate uz manje šuma tokom mjerenja, stoga u budućnosti prednost treba davati korištenju takve fotografske opreme. Također, kod obrade površine potrebno je nanositi sitniji uzorak svjetlijih i tamnijih točaka pomoću različitih sustava raspršivanja kako bi Aramis mogao preciznije prepoznati jedinstvena područja.

Zahvala

Programski paket Aramis i uzorci blokova za dinamička ispitivanja su kupljeni u sklopu projekta 3/13 *Evidence Based Characterisation of Dynamic Sensitivity of Multiblock Structures* koji je većim dijelom financiran od strane fonda *Unity Through Knowledge*.

Dinamička ispitivanja prisilnog ljuljanja bloka su provedena pomoću potresne platforme, generatora pobude i popratnih uređaja posuđenih s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Uzorci greda korišteni u statičkim ispitivanjima su kupljeni u sklopu projekta potpore Sveučilišta u Rijeci br. 13.05.1.1.01 „Procjena oštećenja i ojačanje građevinskih konstrukcija“.

Literatura

- [1] GOM, mbH: ARAMIS v6.3. and higher – User manual – Software, Braunschweig, Germany, 2013.
- [2] Schmidt, T, Tyson, J., Galanulis, K., Revilock, D., Melis, M.: Full-field dynamic deformation and strain measurements using high-speed digital cameras, Proc. SPIE 5580, 26th International Congress on High-Speed Photography and Photonics, Editors: Paisley, D.L., Kleinfelder, S., Snyder, D.R., Thompson, B.J., 2005.
- [3] Pickerd, V.: Optimisation and Validation of the ARAMIS Digital Image Correlation System for use in Large-scale High Strain-rate Events, Technical note, Australian Government, Department of Defence, Defence, Science and Technology Organization, 2013.