



KO'PRIKLARDA FAVQULODDA VAZIYATLARNI OLDINI OLISHDA OPTIK TOLALI DATCHIKLARI ORQALI MONITORING QILISH USULLARI

Gafurov Baxtiyor Mangliyevich

Toskent davlat transport universiteti, t.f.n., dotsent.

Email: baxtiyorgafurov@gmail.com tel:+998903550636,

Yuldasheva Nargiza Patxullayeva

Toskent davlat transport universiteti, katta o'qituvchi.

Email: nargizayuldasheva@gmail.com tel:+998933988686

Annotatsiya. *Optik tolali datchiklarning (OTD) o'ziga xos afzalliklari tufayli (masalan, kichik o'lchamli, yengil, himoyalangan elektromagnit interferensiyasi (HEI) va korroziyaga qarshi himoyalangan va o'rnatish qobiliyati) fuqarolik sohasida sezilarli darajada innovatsion ekpluatatsiya tizimlaridan foydalanilgan. Loyihalarda (shu jumladan binolar, ko'priklar, tunnellar va boshqalar) foydalaniladigan (SHM) uchun muhandislik inshootlarida foydalaniladi. Yoriqlarni aniqlovchi OTDlar asosan temir-beton konstruktsiyalarning barqarorligi uchun ishlatiladi. Ular ko'priklar, binolar, tunnellar va magistrallarning xavfsizligini va barqarorligida keng qo'llaniladi.*

Kalit so'zlari: *optik tolali datchiklar (OTD); Fabry-Perot optik tolali harorat sensorini; taqsimlangan optik tolali sensor; taqsimlangan haroratni aniqlash (THA).*

Annotation. *Due to the unique advantages of fiber optic sensors (OTS) (e.g., small size, light weight, shielded electromagnetic interference (SEI) and corrosion-resistant and mounting capability), significantly innovative operating systems have been used in the civilian sector. Used in engineering structures for projects (including buildings, bridges, tunnels, etc.) (SHM). OTSs that detect cracks are mainly used for the stability of reinforced concrete*



structures. They are widely used in the safety and stability of bridges, buildings, tunnels and highways.

Keywords: *fiber-optic sensors(OTS); Fabry-Perot optical fiber temperature sensor; distributed fiber-optic sensor; distributed temperature determination (DTD).*

Kirish. Strukturaviy holati monitoringi (SHM) jarayonida tizim tomonidan namuna olingan dinamik javobning o'lgangan qiymatlari bir qator datchiklar orqali olinadi, havflar sodir bo'lganda datchik orqali sodir bo'ladigan havfli omillar ushbu o'lgangan qiymatlardan olinadi va ushbu xarakterli omillar hozirgi xavfsizlik holatini olish uchun statistik tahlil qilinadi. Umuman olganda, qurilish inshootlari va asosiy infratuzilmalari katta hajm, katta masofa, keng tarqalish maydoni va uzoq xizmat qilish xususiyatlariga ega [1,2]. Keng miqyosli konstruksiyalarning deformatsiyasi, siljishi, harorat, tebranish va hokazolarni to'liq miqyosda monitoringini amalga oshirish uchun odatda o'nlab yoki hatto yuzlab datchiklarni o'rnatish kerak bo'ladi [3,4,5]. SHM tizimi katta hajmdagi ma'lumotlarni olish, uzatish va saqlash muammosiga ham duch kelishi mumkin. So'nggi paytlarda datchiklar sensorlar turli xil maydonlarga muhim ta'sir ko'rsatadi [6]. SHM tizimida tez-tez ishlatiladigan datchiklar bu piezoelektrik elementlar, kuchlanish elementlari [7] va OTDlardir [8]. Piezoelektrik element yuqori sezuvchanlik, yaxshi ishlashi va keng ko'lamli ilovalar bilan ham datchik sifatida ishlatilishi mumkin, ammo u ba'zi kamchiliklarga ega, masalan, mo'rtlik, tuzilishga ko'ra joylashtirish oson emas, past chastotali xususiyatlari va hokazo.

Optik datchiklar elementi yuqori sezuvchanlik, yaxshi statik ishlashi va barqaror ishlash xususiyatlariga ega. Biroq, an'anaviy rezistiv kuchlanish o'lchagichlardan tashkil topgan monitoring tizimi ishlash barqarorligi nuqtai nazaridan amaliy muhandislik tuzilmalarining xavfsizligini aqlli monitoring qilish ehtiyojlarini qondirish va chidamlilik va tarqatish diapazoni qiyin



hisoblanadi. So'nggi yillarda OTD bizning ko'rish sohamizga moddiy va strukturaviy shikastlanish signallarini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish va sezish texnologiyasini chuqurlashtirish bilan kirib bordi. Kichik o'lchamli, yengil vaznli, korroziyaga qarshi, himoyalangan elektromagnit interferensiyasi (HEI)ga qarshi himoyalanganligi va oson o'rnatish afzalliklari bilan OTD butun dunyoda tez rivojlanishiga va qo'llanilishiga erishdi [9].

Yorilib qolgan holatlarni aniqlaydigan datchik (*Crack Sensors*). Bu datchikar oddiy optik tolali datchiklarida ya'ni turli sohalarda keng qo'llaniladi. Yoriqlarni aniqlash uchun ishlatiladigan OTDlar asosan panjara sensorlari va tarqalgan optik tolali sensorlarni o'z ichiga oladi. Yoriqlarni aniqlovchi OTDlar asosan temir-beton konstruksiyalarning barqarorligi uchun ishlatiladi. Ular ko'priklar, binolar, tunnellar va magistrallarning xavfsizligini va barqarorligida keng qo'llaniladi. Yoriqlarni aniqlashda eng muhim muammo shundaki, notekis va murakkab materiallar tufayli beton konstruksiyalardagi yoriqlar sonini va chuqurligini kuzatish imkoniyati qiyin hisoblanadi. Endi yoriqning o'rnini oldindan aniqlashga hojat yo'q va barcha yoriqlar qoplanishi monitoringini amalga oshiradigan, vaqt-parametiri optik aks etishiga asoslangan yoriq tolasi datchikini taklif qildim. Qisqa yorug'lik impulsini yorug'lik manbai sifatida ishlatiladi va orqaga tarqalgan yorug'lik quvvatini optik vaqt-parametri reflektometri bilan o'lchanadi. Yoriqning shakllanishi optik tolaning egilish burchagi bilan bog'liq bo'lib, egilish optik quvvatning yo'qolishiga olib keladi. Yoriqda orqaga tarqaladigan quvvat va yorug'lik tarqalish masofasi o'rtasidagi munosabatlarining egri chizig'i keskin kamayadi. Bundan yorilish ochilishini aniqlash mumkin. Tarqalgan optik tolani sezishning afzalliklaridan biri shundaki, u optik tola bo'ylab tarqalgan har bir nuqtani kuzatishi imkonini beradi, shuning uchun u yorilish joyiga aniq mos kelishi mumkin. Keyinchalik, yoriq o'rnini aniqlash asosida datchik tizimining taqsimlangan xususiyatlarini saqlab, sezgirlikni oshirish uchun yangi "S"

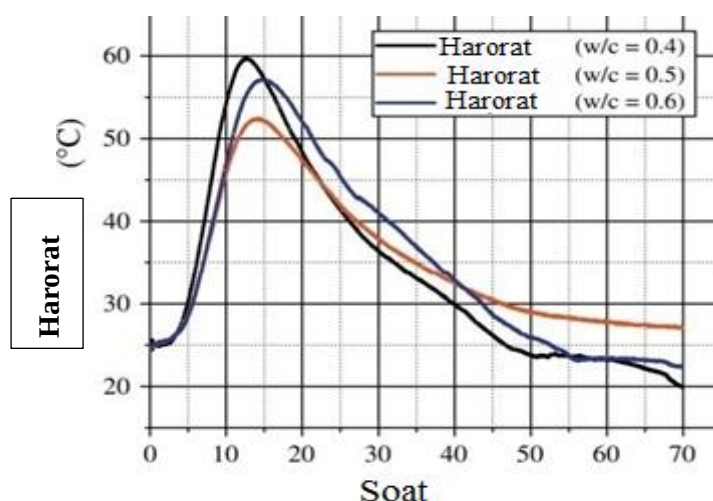


tipidagi optik tolali sxemani taklif qildim. Bundan tashqari, taklif qilinayotgan "S" tipidagi tolalar sxemasi bilan yoriq teshiklarining sezgirliigi 1,43 dBm/mm ga oshiriladi. 2015 yilda Gerardo Rodrigues va boshqalar [10] beton konstruksiyalardagi yoriqlar paydo bo'lishi, joylashishi va kengligini o'lchash uchun optik orqaga tarqaladigan reflektor (OOTR)ga asoslangan usulni ko'rsatdib o'tishgan. Yoriqlar orqali ko'plab noaniq strukturaviy shikastlanishlar ko'rsatiladi, shuning uchun ham yoriqning joylashishi va kengligi muhim parametrlardan biri hisoblanadi. Ushbu OOTR tizimi yuqori fazoviy o'lchamlari va aniqligi bilan uzluksiz kuchlanishni olishi mumkin va eksperimental ma'lumotlar beton plitaning chiziqli bo'lmagan modelini kalibrlaydi, bu namunaning turli qismlarining yoriq joyini va kengligini taxmin qilishi imkonini beradi. 2018 yilda Linked In va Yaming Li va boshqalar optik tolaning chiziqli makroskopik egilish yo'qolishiga asoslangan yangi turdagi chiziqli yoriq datchiklarini ishlab chiqdi. Datchik tizimi makroskopik egilish yo'qolishi va yoriqlar ochilishi joyini almashtirish (YOJA) o'rtasidagi chiziqli bo'lmagan munosabatni bartaraf qiladi va tishli uzatmalar bilan yoriqlarni uzatish moslamasidan foydalangan holda optik tolaning makroskopik egilish yo'qolishi va YOJA o'rtasidagi oddiy chiziqli munosabatni tekshirib beradi.

Qurilish sohasidagi harorat datchiklari. So'nggi bir necha o'n yilliklarda binolar, ko'priklar va to'g'onlarning jadal qurilishi bilan tadqiqotchilar beton konstruksiyalarning sog'lig'i monitoringiga e'tibor qaratdilar. Beton konstruksiyaning harorat ta'siri uning strukturaviy holati bilan chambarchas bog'liqdir. Harorat monitoringi beton konstruksiyaning sifati, issiqlik qarshiligi va sovuqqa chidamliligini aniqlaydi. Hozirgi vaqtda yanada rivojlangan texnologiyadan biri optik tolali haroratni sezish datchiki hisoblanadi. Mahalliy optik tolali datchiklardan farqli o'laroq, taqsimlangan sezish minglab ma'lumotlar nuqtalarining sinovini bitta datchik orqali amalga oshirishi mumkin. O'tkan yillarda Y. J. Rao va boshqalar bir vaqtning o'zida SHM ning statik kuchlanishini, haroratini va tebranishini o'lchash uchun



ishlatilishi mumkin bo'lgan to'liq uzunligi multipleksatsiyasiga asoslangan optik tolali Fabry-Perot sensorini taklif qilindi. Tarqalgan haroratni sezish uchun sirtga o'rnatilishi yoki ko'milishi mumkin. Atrof-muhitning beton konstruksiyalarning harorat o'zgarishiga ta'siriga qaratilgan ko'pgina tadqiqotlardan farqli o'laroq, Xiaotian Zou va boshqalar betonning ichki konsentratsiyasi jarayonidagi harorat o'zgarishini o'rganish uchun Fabry-Perot optik tolali harorat sensorini ishlab chiqdi va ko'rinadigan faollashuv energiyasini (E_a) hisoblash uchun ishlatiladigan harorat egri chizig'ini (1-rasmda ko'rsatilganidek) chiqardi, betonning ichki konsentratsiyasi issiqligi ($H(t)$), bu bizga sementning ichki konsentratsiyasini yaxshiroq tushunishga yordam beradi. Sement suv bilan aralashtirilganda ichki konsentratsiyasida issiqlik hosil qilish uchun ekzotermik kimyoviy reaksiya sodir bo'ladi [11]. Tajribalar natijasida olingan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, suv-sement nisbati (w/s) mos ravishda 0,4, 0,5 va 0,6 bo'lsa, beton namunaning eng yuqori harorati $51,42\text{ }^{\circ}\text{C}$, $52,88\text{ }^{\circ}\text{C}$, $55,08\text{ }^{\circ}\text{C}$. Oldindan harorat o'zgarishi turli xil suv-sement nisbatlarida ichki konsentratsiyasida issiqligidan kelib chiqadi va harorat kuchlanishi va beton konstruktsiyaning yoriqlari bilan bog'liq hisoblanadi. Shuning uchun, ichki konsentratsiyasi jarayonida sementning harorat tendentsiyasi va maksimal harorat hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ushbu parametrlar kelajakdagi tizimli holatini bashorat qilish uchun ishlatilishi mumkin.

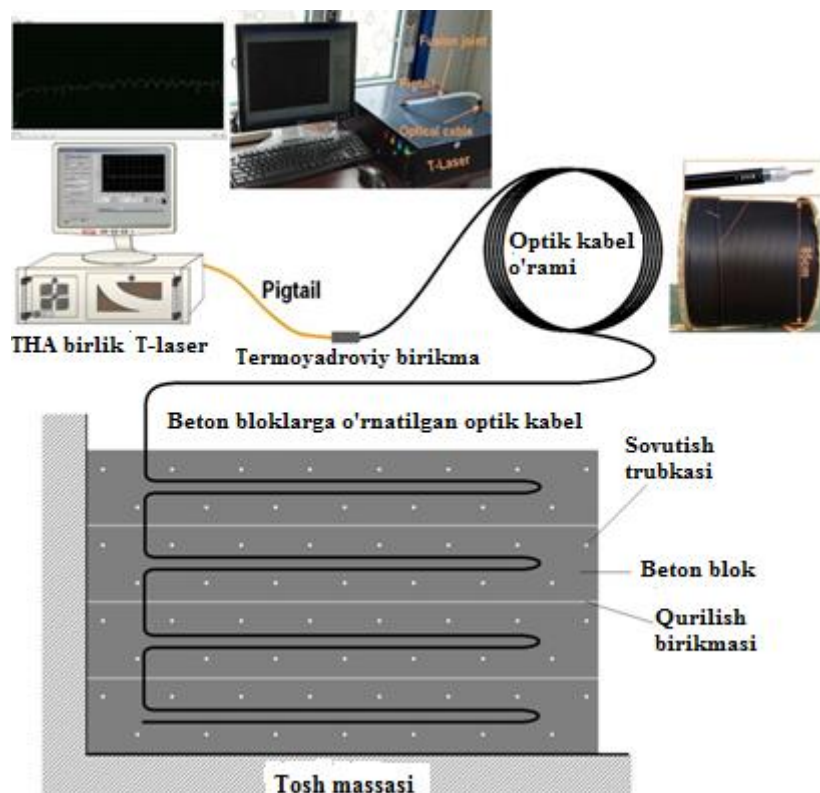




1-rasm. Termojuft yordamida 0,4, 0,5 va 0,6 sementga nisbatan suv nisbati bilan betonni ichki konsentratsiyasi tajribasi.

Bundan tashqari, taqsimlangan haroratni aniqlash (THA) beton konstruktsiyalardagi yoriqlarni nazorat qilish va nazorat qilishda muhim ro'l o'ynaydi. Yirik beton konstruktsiyalarda (katta poydevorlar, ko'priklar, to'g'onlar va boshqalar) ichki konsentratsiyasi jarayoni betonning katta qismlarini quyishdan keyin beton konstruktsiyani isitadi. Betonning tashqi yuzasi ichki yuzasiga qaraganda tezroq soviydi. Betonning yomon issiqlik o'tkazuvchanligi tufayli sirtida va ichkarida katta harorat gradienti hosil bo'ladi. Birinchi harorat farqlari natijasida yuzaga kelgan betonning notekis kengayishi sirtidagi termal kuchlanish kuchlanishiga olib kelishi mumkin. Keyingi davrda u yon beton yoki tosh massasi bilan chegaralanadi va deformatsiyalanadi, bu esa cheklangan sirtida kuchlanish kuchini keltirib chiqaradi. Qachonki valentlik kuchi kuchlanish kuchidan oshib ketganda, termal yorilish sodir bo'ladi. Ouyang va boshqalar THA tizimidan suv omborlari loyihalarida massiv beton konstruktsiyalar uchun yoriqlarni nazorat qilish g'oyalarini taqdim etish uchun foydalanilgan. Ushbu Raman asosidagi THA tizimi odatda o'rnatilgan multipleksor, kompyuter, quvvat manbai va optik kabelga ega THA blokidan iborat bo'ladi. Ular 50 mkm sinishi indeksi va 125 mkm diametrli qoplamali qatlamli ko'p rejimli optik tola bilan qoplangan, tashqi qatlami esa past zichlikdagi polietilen bilan qoplangan bo'ladi. Har bir optik tolali kabel THA qurilmasiga pigtail orqali ulanadi (2-rasm). Pigtail - tolali yadro simini himoya qilish uchun bir uchida maxsus ulagichga ega va multipleksorning kanali bilan bog'langan qisqa uzunlikdagi optik tolali; ikkinchi uchi optik kabel bilan birlashtirish uchun tolali termoyadroviy biriktirgichdan foydalanadi. Harorat simulyatsiyasiga asoslangan teskari tahlil usuli orqali beton blokda haroratni o'lchash qiymati quyma betonning issiqlik ko'rsatkichlarini aniqlash uchun asosiy ma'lumotlar sifatida ishlatiladi. Issiqlik xarakteristikalaridan foydalangan holda termal stress simulyatsiyasiga asoslanib, har bir beton

blokning yorilish xavfi vaqt o'zgaruvchan qurilish va atrof-muhit holatiga bog'liq bo'lgan haroratni nazorat qilish rejimida bashorat qilinadi va baholanadi, bu esa haroratni sozlash samaradorligini sezilarli darajada oshiradi va massa qurilishida yoriqni nazorat qiladi.



2-rasm. Taqsimlangan haroratni aniqlash (THA) tizimining diagrammasi.

Tarqalgan haroratni sezish texnologiyasi yetuk bo'lsa-da, nuqta sensorlari cheklangan o'lchov nuqtasi haroratini kuzatish uchun ko'proq mos keladi. OTD nuqtasi texnologiyasi o'lchov joyini so'roq qilish birligi bilan bog'laydigan optik toladan foydalanishning noyob afzalliklari tufayli ishlab chiqilishi mumkin [12]. Bundan tashqari, arzon narxlardagi va yetuk qadoqlash texnologiyasi sanoatda haroratni o'lchashda keng qo'llaniladigan OTD nuqtasining afzalliklari hisoblanadi.

Kuchlanish datchiklari. SSM jarayonida strukturadagi zichlik ma'lumotlari deformatsiya darajasini aniqlash uchun ishlatilishi mumkin. Boshqacha qilib aytganda, strukturaning mustahkamligi tashqi muhitda

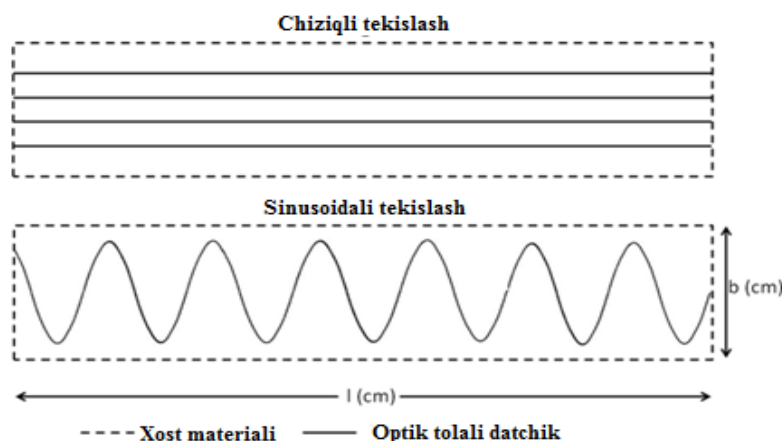


qo'llaniladigan holatidan kattaroq bo'lsa, strukturaning barqarorligi yuqori bo'ladi. Shuning uchun strukturaning sozlik holatini ta'minlash uchun strukturaga qo'llaniladigan holatidan (yukni) yoki kuchni (zararni) aniqlash muhim ahamiyatga ega. So'nggi yillarda FBG va taqsimlangan optik tolali sensorni (TOTS) tuzilmalarning ishlashini monitoring qilishda qo'llash bo'yicha ko'plab hisobotlar mavjud bo'lib, ularning aksariyati tuzilmalarning ichki kuchlanishini o'lchash uchun OTDga asoslangan bo'ladi.

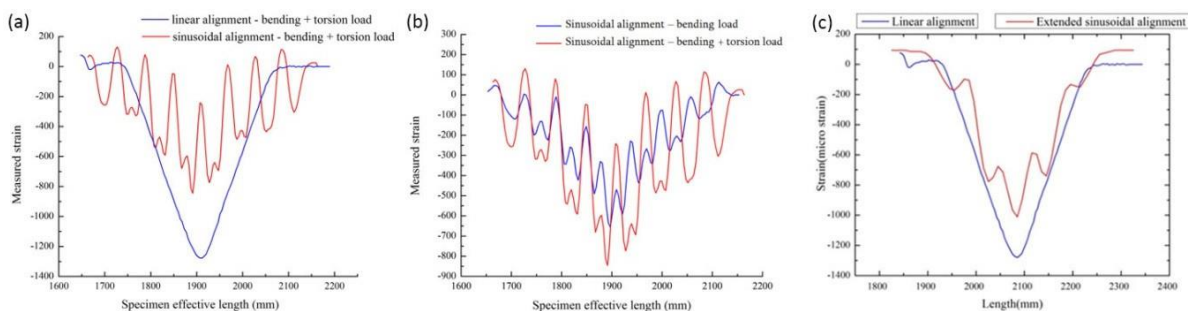
2016 yilda Sridevi. S va boshqalar pasaytirilgan grafen oksidi (rGO) bilan qoplangan Bragg panjara sensori (eFBG) haqida xabar berdi, bu kuchlanish va haroratga sezgirlikni sezilarli darajada yaxshiladi, chunki tarqaladigan yorug'lik va optik tola bilan qoplangan rGO plyonkasi o'rtasidagi o'zaro ta'sir kuchayadi. Ushbu tadqiqotda rGO qoplamali eFBG sensorining kuchlanish sezuvchanligi 5,5 pm/mkE ni tashkil etdi, bu taxminan FBG datchiklaridan besh baravar ko'p va o'lchamlari 1mm. Yuqori tomonlar nisbati, ajoyib moslashuvchanligi va 30% gacha cho'zilishlarga bardosh berish qobiliyati, shuningdek, volfram va platinaga qaraganda yuqori haroratli qarshilik koeffitsienti (TCR) grafenni juda sezgir va bardoshli kuchlanish va harorat sensori ishlab chiqarish uchun mos qiladi [13]. Kichik o'lchamlari tufayli OTDlar strukturaning yuzasiga joylashtirilishi yoki strukturaning ichiga ko'milishi mumkin. Yorug'lik optik tolada tarqalganda, uzatilgan va aks ettirilgan yorug'lik uning amplitudasi, fazasi, chastotasi yoki qutblanish holatiga qarab modulyatsiyalanadi. Agar strukturaga kuchlanish ta'sir qilsa, unda bu parametrlar o'zgaradi. Eng ko'p ishlatiladigan FBG sensorlari va TOTS ko'p parametrliligi sezgirlikni ta'minlay olmaydi. Monssef Drissi Habtiet va boshqalar ushbu muammoni hal qilish uchun sinus to'lqin sensori joylashuvining yangi turidan foydalanishni taklif qildi. Sensor strukturaning ichiga o'rnatilgan bo'lsa, sinusoidal hizalama modeli chiziqli modelga qaraganda ko'p parametrliligi kuchlanishni aniqroq ko'rsatadi (3-rasm). OTD katta strukturaga o'rnatilgan bo'lsa, ko'p o'qli kuchlanishni aniqlash qiyin.



Agar qo'llaniladigan kuchlanish yo'nalishi tasodifiy bo'lsa, chiziqli tekislangan OTD deformatsiya koordinatalarini ajrata olmaydi. Shuning uchun, epoksi viskoza tolasi bilan mustahkamlangan kompozitlarda tarqalgan OTD sinusoidal hizalama bilan ko'p eksenli kuchlanish eng yaxshi yechimdir. Chiziqli joylashtirilgan OTD faqat ko'ndalang deformatsiyani aniqlay oladi, sinusoidal joylashgan OTD esa chiziqli, kesish va ko'ndalang deformatsiyalar haqida ma'lumot berishi mumkin. 4a-rasmda ko'rsatilganidek, shunga o'xshash chegara sharoitida chiziqli tekislangan OTD tomonidan to'plangan deformatsiya qiymati 1300 mkm/m ni tashkil qiladi va sinusoidal tekislangan OTD tomonidan to'plangan deformatsiya qiymati 600 mkm/m ni tashkil qiladi. Chiziqli hizalanishning kuchlanish diapazoni sinusoidal tuzilishga qaraganda 55% yuqori. Shu bilan birga, sinusoidal hizalanishning afzalligi shundaki, burilish yuki qo'llanilganda 100~250 mkm/m (4b-rasmda ko'rsatilganidek) kesish deformatsiyasini aniqlash mumkin, shuning uchun u egilish yuklari ostida ishlashi mumkin. Deformatsiya diapazoni OTDning chiziqli konfiguratsiyasiga yaqin bo'lishi kerakligini hisobga olsak, buralish yukining kuchlanishini sezish saqlanib qoladi. Sinusoidal moslashish davri uzaytirilgandan so'ng yig'ilgan deformatsiya qiymati 1050 mkm/m ga etadi (4c-rasmda ko'rsatilganidek), bu chiziqli konfiguratsiya va sinusoidal konfiguratsiyaning kuchlanish qiymatlari o'rtasidagi farqni 20% gacha kamaytiradi. TOTS ko'p parametrlil deformatsiyani sezish deformatsiyaga ta'sir qilmasdan amalga oshirish mumkinligi to'liq isbotlangan.



3-rasm. Yo'naltiruvchi sirt maydoni uchun optik tolali datchikni



(OTD) o'rnatish usuli.

4-rasm. (a) Chiziqli va sinusoidal tekislash, egilish + buralish yuki; (b) sinusoidal tekislash, burilish bilan egilish yukiga nisbatan buralishsiz; (c) chiziqli va kengaytirilgan sinusoidal hizalanish, egilish yuki.

1998 yildan boshlab Froggatt va boshqalar birinchi marta tarqalgan statik kuchlanishni o'lchashni namoyish qilish uchun optik chastota-domen refraktometridan (OChDR) foydalangan. Deformatsiyani o'lchashda uning yuqori fazoviy rezolyutsiyasi salohiyati keng e'tiborni tortdi. OChDR kuchlanish yoki harorat va sensor uzunligi o'rtasidagi bog'liqlikni yaratish uchun, manba signali sifatida FBG yoki Rayleigh tarqalishi bilan taralgan chastotali lazer interferometridan foydalanadi. Neft va gaz, aerokosmik va geofizika sanoatida dinamik buzilishlarni o'lchash talabining tez o'sishi bilan OChDR ning taqsimlangan tebranishlarni o'lchash usuli ham keng qo'llanildi. 2015-yilda Stiven T. Kreger jamoasi OChDR ning optik tolali sensorlar tizimi ma'lumotlari asosida yangi optik fazaga asoslangan tebranishlarni aniqlash va xaritalash texnologiyasini ishlab chiqdi va namoyish etdi. Natija OChDR asbobining aniq, yuqori fazoviy piksellar sonini, dinamik muhitda taqsimlangan tebranishlarni aniqlash imkoniyatlarini isbotlaydi va modal chastota salomatlik ko'rsatkichi bo'lishi mumkin bo'lgan tizimli monitoring ilovalari uchun javob beradi [14]. Amorf kremniydan tayyorlangan optik tolani tabiiy ravishda ishlab chiqarilgan xaotik Bragg panjarasi deb hisoblash mumkinligi sababli, mahalliy aks ettirish spektri deformatsiya yoki haroratning o'zgarishi bilan ham o'zgaradi. Chastota siljishining o'lchangan qiymatini



olish uchun mahalliy aniqlangan mos yozuvlar spektrini joriy spektr bilan bog'lang, undan o'lchangan qiymat (deformatsiya yoki harorat) olinishi mumkin. Ushbu turdagi kuchlanish/harorat miqdoriy so'rov usuli fuqarolik, sanoat va aerokosmik inshootlarning SSMLarida isbotlangan. So'nggi paytlarda femtosekund (FS) lazeri o'zining yuqori cho'qqi quvvat qiymatlari, yuqori fazoviy o'lchamlari va ultra qisqa muddati tufayli e'tiborni tortdi. Optik tolalarda panjara yozish uchun FS lazeridan foydalanish tezda mashhur tendentsiyaga aylandi. Yinan Zhang va boshqalar yuqori haroratda bosimni o'lchash uchun diaframa asosidagi optik tolali Fabry-Perot interferometrik (FPI) sensorini ishlab chiqarish uchun FS lazerli mikro ishlov berish usulini taklif qildi. Diafragma asosidagi FPI sensorining muhrlangan bo'shlig'ida kesish optik tolasi yaqinida ultra yupqa plyonka (diafragma) mavjud. Diafragmaning vazifasi oyna sifatida interferentsiya hosil qilishdir. Atrof muhit bosimi o'zgarganda diafragma deformatsiyalanadi va shovqin shaklini o'zgartiradi. Shuning uchun sensor bosimni aniqlash uchun ishlatilishi mumkin. FS lazeridan foydalanishning ahamiyati quyidagilardan iborat: (1) lazerli sayqallangan sirt diafragma yuzasining tashqi ko'rinishini yo'q qilishga yordam beradi, shuning uchun sensorga atrof-muhitning sinishi indeksidagi o'zgarishlar ta'sir qilmaydi; (2) FPI ning bo'shliq uzunligi haroratga o'zaro sezgirlikni yanada kamaytirish uchun qisqarishi mumkin; (3) diafragmaning qalinligi bosim sezgirliги va o'lchov diapazoni uchun maxsus talablarni qondirish uchun boshqarilishi mumkin. Ushbu afzalliklar FS lazerining optik tolali uskunalarni ishlab chiqarish uchun samarali mikro ishlov berish vositasi ekanligini isbotlaydi [15].

Xulosa. Yangi texnologiyaning paydo bo'lishi nafaqat funktsiya va qulaylik, balki texnik yaxshilanish va muammolarni ham keltirib chiqaradi. So'nggi yillarda SHM sohasida optik tolali zondlash texnologiyasini ishlab chiqish va qo'llash tobora ortib bormoqda. Ushbu ishlar datchikning dizayni, amalga oshirish texnologiyasi, eksperimental natijalar va sensorning ishlashi



bilan bog'liq. Bundan tashqari, biz yangi optik tolali texnologiyani ishlab chiqishni kuzatib boramiz. Shuningdek, biz SHM sohasida OTD duch keladigan qiyinchiliklarni qisqacha umumlashtiramiz va uning kelajakdagi rivojlanish yo'nalishini bashorat qilinadi. Atrof muhit bosimi o'zgarganda diafragma deformatsiyalanadi va shovqin shaklini o'zgartiradi. Shuning uchun sensor bosimni aniqlash uchun ishlatilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Du, Y.J.; Jiang, N.J.; Liu, S.Y.; Jin, F.; Singh, D.N.; Puppala, A.J. Engineering properties and microstructural characteristics of cement-stabilized zinc-contaminated kaolin. *Can. Geotech. J.* 2014, 51, 289–302.
2. Balzannikov, M.I.; Kholopov, I.S.; Alpatov, V.Y.; Lukin, A.A. Stress and strain state in beams with corrugated web and their use in hydraulic engineering structures. *Procedia Eng.* 2015, 111, 72–81.
3. Stull, C.J.; Earls, C.J.; Koutsourelakis, P.S. Model-based structural health monitoring of naval ship hulls. *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 2011, 200, 1137–1149.
4. Sielski, R.A. Ship structural health monitoring research at the Office of Naval Research. *JOM* 2012, 64, 823–827.
5. Cheung, M.S.; Tadros, G.; Brown, T.; Dilger, W. Field monitoring and research on performance of the Confederation Bridge. *Can. J. Civ. Eng.* 1997, 24, 951.
6. Xin, W.; Wu, T.; Zou, T.; Wang, Y.; Jiang, W.; Xing, F.; Yang, J.; Guo, C. Ultrasensitive optical detection of water pressure in microfluidics using smart reduced graphene oxide glass. *Front. Chem.* 2019, 7, 395.
7. Nie, M.; Xia, Y.H.; Yang, H.S. A flexible and highly sensitive graphene-based strain sensor for structural health monitoring. *ClusT. Comput.* 2019, 22, 8217–8224.
8. Leung, C.K.; Wan, K.T.; Inaudi, D.; Bao, X.; Habel, W.; Zhou, Z.;



Ou, J.; Ghandehari, M.; Wu, H.C.; Imai, M. Optical fiber sensors for civil engineering applications. *Mater. Struct.* 2015, 48, 871–906.

9. Bilro, L.; Alberto, N.; Pinto, J.L.; Nogueira, R. Optical sensors based on plastic fibers. *Sensors* 2012, 12, 12184–12207.

10. Rodriguez, G.; Casas, J.R.; Villaba, S. Cracking assessment in concrete structures by distributed optical fiber. *Smart Mater. Struct.* 2015, 24, 035005.

11. Zuhriddinov Hayotbek Qaxramonjon o'g'li, "OPTIK TOLALI DATCHIKLARNING BOSHQA DATCHIKLARDAN FOYDALANISHDAGI AFZALLIKLARI" «ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ». Выпуск №25 (том 4) (апрель, 2022). Дата выхода в свет: 30.04.2022. <http://mpcareer.ru>. 445-449 bet.

12. Mirsagdiyev Orifjon Alimovich, Zuhriddinov Hayotbek Qaxramonjon o'g'li, "QISHLOQ XO'JALIGIDA NAMLIK DATCHIKLARIDAN OQILONA FOYDALANISH USULLARI" Journal of Advanced Research and Stability ISSN: 2181 -2608. www.sciencebox.uz/482-484 bet. 2022y.

13. Zuhriddinov Hayotbek Qaxramonjon o'g'li, "ANALYSIS OF SAFETY IN CONSTRUCTION SITES USING OPTICAL SENSORS" WEB OF SCIENTIST: INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH JOURNAL. ISSN: 2776-0979, <https://wos.academiascience.org/index.php/wos/article/view/1850>. 131-140 bet.

14. Zuhriddinov Hayotbek Qaxramonjon o'g'li, "MA'LUMOTLARNI OPTIK DATCHIKLAR YORDAMIDA YETKAZISH VA O'LCHASH TIZIMLARINI ISHLAB CHIQISH" Iqtisodiyotni raqamlashtirish sharoitida korporativ boshqaruv modellarining transformatsiyasi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. 10.24412/cl-36899-2022-1-237-241.

15. Zuhriddinov Hayotbek Qaxramonjon o'g'li, "HOZIRGI ZAMONAVIY RIVOJLANAGAN DAVRDA OPTIK DATCHIKLARDAN FOYDALANIB TURLI SOHALARDAGI HAVFLARNI OLDINI O'LGANISH"



Iqtisodiyotni raqamlashtirish sharoitida korporativ boshqaruv modellarining transformatsiyasi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. 10.24412/cl-36899-2022-1-231-236.