

Populärvetenskaplig sammanfattning

Arbetet har haft som mål att evaluera och implementera tekniker för akustiska mätningar inom strukturövervakningsapplikationer. Arbetets fokus har varit att göra sådana system praktiska i verkliga applikationer, där strukturernas storlek, och de varierande omgivningarna de exponeras för, innebär problem för många metoder som annars fungerar bra i laboratoriemiljö.

Det finns ett ökat behov av säkerhet och pålitlighet för de byggnadskonstruktioner som våra städer och infrastrukturer består av. Forskningsfältet strukturövervakning strävar efter kontinuerlig observation av sådana strukturer med icke-förstörande provningsmetoder. Stora betongkonstruktioner, såsom kärnkraftverk eller broar, innebär en stor utmaning när sådana system ska implementeras. Särskilt om även små skador ska kunna detekteras. Det är känt att metoder som bygger på propagerande mekaniska vågor är användbara för att upptäcka strukturella förändringar, på grund av kopplingen mellan egenskaperna hos sådana vågor och de mekaniska egenskaperna i byggnadsmaterialet. Känsligheten i sådana mätningar ökar generellt för högre frekvenser, och ultraljudsvågor kan användas för att detektera små sprickor och tidiga tecken på skada. Tyvärr är betong ett komplext material, med ballast och armeringsjärn i samma storleksordning som våglängden hos ultraljud. Ultraljudsvågor sprids och dämpas snabbt, vilket gör att traditionella mätmetoder blir svåra att använda över längre avstånd. Dock innehåller spridda vågor (även kallat diffusa vågor) mycket information om materialet i strukturen, och har tidigare visats kunna användas för mätningar som är mycket känsliga för förändringar i materialet.

Eftersom lågfrekventa mekaniska vågor (exempelvis hörbart ljud) dämpas mindre i betong, men är mindre känsligt för skador, blir det tal om en avvägning där antingen avståndet mellan sensorer eller systemets känslighet prioriteras. För metoder som utnyttjar spridda vågor finns det tidigare inga tydliga riktlinjer om vad man kan förvänta sig att kunna upptäcka vid olika frekvensområden. En del av projektet har utforskat detta; en serie experiment demonstrerade skillnaden i känslighet och dämpning för diffusa vågor vid vitt skilda frekvensområden, för ett par olika typer av skador. Resultaten pekar på ett ungefärligt område som verkar lämpligt för övervakning av stora betongkonstruktioner. I detta område kan små skador upptäckas och sensorerna kan placeras med flera meters mellanrum.

En annan del av projektet har undersökt möjligheten att använda kontinuerliga vågor istället för att skicka korta pulser. Fördelen med detta är att man kan detektera sådana signaler även om de är mycket svaga och även om de göms under brus. Detta kan också leda till möjlighet att ha större avstånd mellan sensorerna.

När man sänder ut en kontinuerlig signal skapas diffusa vågfält som har mycket gemensamt med de diffusa vågor som skapas när korta pulser sprids i betongen. I ett experiment jämfördes känsligheten för skador i betong mellan kontinuerliga vågor och korta pulser. Försöken gjordes vid olika signalstyrkor, för att simulera olika avstånd mellan sändare och mottagare. Resultaten visade på att känsligheten var mycket lik, men att mätningarna med kontinuerliga vågor mycket riktigt fungerade vid betydligt mycket lägre signalstyrkor. Kontinuerliga vågor kan därför vara lämpligare om stora konstruktioner ska övervakas.

Förutom att detektera att en konstruktion blivit skadad vill man kunna få en uppfattning om var denna skada finns. Ett system för att lokalisera skador har utvecklats, där ett nätverk av sensorer placeras ut på en struktur, mellan vilka kontinuerliga vågor skickas. Genom att använda utslagen från alla möjliga kombinationer av sändare och mottagare kan systemet ge en uppskattning om var skadan ägt rum. Storleken på det indikerade området beror på hur tätt sensorerna placerats. I de presenterade experimenten är områdena någon kvadratmeter. En lokalisering till ett par kvadratmeter kan vara väldigt hjälpsamt om strukturen är flera hundra kvadratmeter stor.

Ett av de största problemen som system för strukturövervakning är deras känslighet för variationer i omgivningen. Saker som temperatur, fuktighet, trafik osv. påverkar mätningarna, ofta till ännu större utsträckning än vad eventuella skador gör. Detta kan därför dölja skador eller göra att systemet larmar för skada trots att det inte finns någon. Diffusa vågor är särskilt känsliga för temperaturvariationer, och någon metod för att kompensera för denna känslighet behövs för att systemet ska vara användbart på riktiga byggnader. I projektet används maskininlärning,

där systemet får lära sig hur naturliga variationer i omgivningen påverkar uppmätt data. När skador inträffar påverkas mätningarna på ett sätt som systemet identifierar som nytt, även om själva utslaget är mindre än variationerna orsakade av exempelvis temperaturvariationer. Detta har demonstrerats i samband med sensornätverket som beskrivits ovan. Ett betonggolvs övervakades under några veckor, och små skador skapades mot slutet av perioden. I de obehandlade signalerna syntes inte tillfällena för skadorna; de döljs helt av de naturliga variationerna. Men efter att systemet behandlat signalerna med maskininlärningsalgoritmen kan tidpunkterna för skadorna tydligt urskiljas, och lokalisering blev möjligt.

De samlade resultaten som projektet lett fram till visar på nya tekniker och nya rekommendationer för design av övervakningssystem som använder sig utav diffus akustisk vågutbredning. Fokus har varit på att göra teknikerna användbara på stora konstruktioner, inte bara små kroppar i laborieförsök.