

Dalla fisica atomica al cantiere: l'Italia sperimenta la rivoluzione quantistica in edilizia

Sensori per mappare il sottosuolo senza scavi, diagnostica predittiva per ponti e viadotti, nuovi leganti green per i calcestruzzi: l'innovazione sbarca sul campo e cambia il lavoro di ingegneri e direttori lavori

Le tecnologie quantistiche, nate per studiare l'infinitamente piccolo, stanno trovando applicazione concreta nel settore delle costruzioni, dell'ingegneria geotecnica e del monitoraggio delle infrastrutture. L'Italia, grazie a una straordinaria sinergia tra enti di ricerca metrologica, istituti geofisici, atenei tecnici e realtà industriali di nuova generazione, si trova in una posizione di avanguardia nella sperimentazione e nella validazione sul campo degli strumenti quantum.

Mappatura del sottosuolo e geotecnica senza sorprese

Chiunque gestisca uno scavo per una nuova galleria metropolitana o per le fondazioni di un grande edificio sa quanto l'incognita sottosuolo possa costare in termini di ritardi, varianti in corso d'opera e contenziosi legali. Le metodologie attuali mostrano spesso limiti invalicabili in termini di risoluzione e profondità di penetrazione, specialmente in contesti urbani storici ad altissima stratificazione.

La risposta a questa criticità arriva dai gravimetri quantistici ad atomi freddi e dai sensori atomici avanzati, tecnologie affinate in Italia non solo da grandi centri di eccellenza come l'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (Ingv) e l'Istituto nazionale di ottica del Cnr ma anche da innovative realtà nate nel tessuto accademico nazionale. Tra queste spicca la startup QSensato - spin-off dell'Università di Bari e incubata in Esa Bic Brindisi - fresca di

un round di investimento da 1 milione di euro guidato da Quantonation e Deep Ocean Capital per accelerare la produzione industriale e l'apertura del nuovo impianto Fab-1 al Tecnopolis di Valenzano. Sfruttando il raffreddamento laser e l'interferometria atomica, i dispositivi messi a punto dalla startup pugliese misurano le micro-variazioni del campo gravitazionale terrestre con una precisione millimetrica e ciò permette di eseguire una radiografia del terreno prima di azionare le macchine di scavo, azzerando i margini di errore.

Monitoraggio predittivo delle strutture esistenti

Il controllo dello stato di salute di ponti, viadotti e gallerie realizzati durante il boom economico rappresenta una delle grandi emergenze del Paese. I sistemi di sensoristica tradizionali soffrono spesso di problemi di degrado nel tempo, richiedono continue ricalibrature e, soprattutto, intervengono segnalando l'anomalia quando il danno fisico o la lesione strutturale si sono già manifestati sulla superficie del manufatto.

La metrologia quantistica avanzata ribalta radicalmente questo paradigma. Presso l'Istituto nazionale di ricerca metrologica (Inrim) di Torino e i laboratori del Cnr si sta perfezionando l'uso dei magnetometri quantistici basati sui centri NV (Nitrogen-Vacancy) nel diamante. Installati a contatto con le armature metalliche annegate nel calcestruzzo questi sensori sono in grado di leggere le variazioni infinitesimali del campo magnetico indotte dalle sollecitazioni meccaniche e dall'inizio dei processi di ossidazione dell'acciaio.

In sostanza si può diagnosticare lo

"snervamento" interno della struttura e la corrosione della gabbia di armatura con mesi o anni di anticipo rispetto all'affiorare di crepe visibili. Si passa dunque da un modello di manutenzione correttiva o programmata a una manutenzione predittiva basata su misurazioni atomiche stabili e immuni da deriva nel tempo.

Nuovi calcestruzzi green ad alte prestazioni

La potenza del calcolo quantistico e della modellazione molecolare sta offrendo un contributo decisivo nell'ambito dello sviluppo di miscele cementizie a basse emissioni che non compromettono prestazioni meccaniche e durabilità. Il Centro Nazionale Icsc di Bologna - che si occupa di ricerca in High Performance Computing, Big Data e Quantum Computing ed è stato finanziato con fondi Pnrr -, i Politecnici di Milano e Torino e la Sissa (Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati) di Trieste, stanno utilizzando algoritmi ibridi classico-quantistici per simulare la struttura e la cinetica di idratazione del silicato di calcio idrato, il principale responsabile della presa del cemento.

Per i produttori di materiali la capacità computazionale si traduce nella possibilità di progettare a tavolino nuovi leganti geopolimerici, miscele a ridotto contenuto di clinker e additivi autoriparanti accelerando la sperimentazione di laboratorio e mettendo a disposizione del cantiere prodotti green ad altissima resistenza perfettamente commisurati alle esigenze dell'opera.

Logistica di cantiere e gestione intelligente dei flussi

Coordinare le finestre temporali degli

Dalla fisica atomica al cantiere: l'Italia sperimenta la rivoluzione quantistica in edilizia

approvvigionamenti, i turni dei mezzi pesanti, lo stoccaggio nei piazzali e l'uso delle attrezzature di sollevamento richiede l'elaborazione simultanea di centinaia di variabili e vincoli normativi. Sfruttando gli algoritmi di ottimizzazione quantistica (come il Quantum Annealing e gli algoritmi di classe Qaoa), testati nei centri di

trasferimento tecnologico nazionali come il Made4.0 di Milano, è oggi possibile elaborare soluzioni logistiche in tempo reale.

L'esempio più emblematico riguarda la catena del valore del calcestruzzo fresco. I sistemi riescono a ricalcolare istantaneamente le rotte delle betoniere in viaggio dagli impianti al punto di

getto in cantiere, tenendo conto delle condizioni del traffico urbano e della disponibilità delle pompe o delle gru. L'impatto sul cantiere è immediato: azzeramento dei tempi morti di attesa, eliminazione del rischio di rigetto del materiale per inizio presa incontrollato e drastica riduzione dei consumi di carburante e delle emissioni acustiche e atmosferiche.

Norme&TributiPlus

