CYBER–PHYSICAL STRUCTURAL SAFETY

Il passaggio dall'emergenza alla previsione nella sicurezza delle opere di ingegneria

di Ing. Diego Dell'Erba

1. INTRODUZIONE

Dalla sicurezza statica alla sicurezza intelligente

Per oltre un secolo, la sicurezza delle opere di ingegneria è stata affrontata secondo un modello statico:

- ***si progetta***
- ***si costruisce***
- ***si verifica***
- ***si interviene dopo il danno***

Questo approccio oggi non è più sufficiente.

Le strutture:

- ***invecchiano***
- ***interagiscono con ambiente e territorio***
- ***sono soggette a eventi imprevedibili***

nasce quindi una nuova visione:

CYBER–PHYSICAL STRUCTURAL SAFETY
Sicurezza Integrata Cyber-Fisica delle Strutture

Una sicurezza che non aspetta il danno, ma lo **anticipa**.

2. DEFINIZIONE DEL PARADIGMA

La Cyber–Physical Structural Safety è un sistema integrato in cui:

- la **struttura fisica** è monitorata
- il **dato digitale** la rappresenta
- l'**intelligenza artificiale** la interpreta

- **il sistema decisionale interviene**

tutto in tempo reale.

Non è una somma di tecnologie, ma:

UN NUOVO MODELLO DI INGEGNERIA

3. IL DIGITAL TWIN: IL GEMELLO VIVENTE

Il **Digital Twin** è il cuore del sistema.

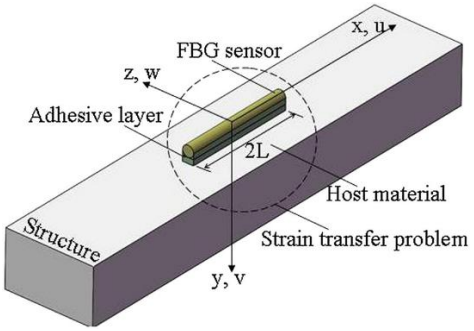
Non ***è un modello statico, ma:***

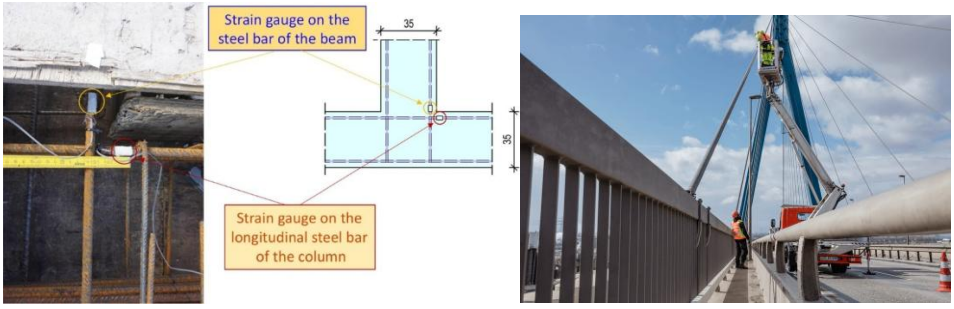
- ***un organismo digitale***
- ***aggiornato continuamente***
- ***capace di simulare scenari***

Permette di:

- ***conoscere lo stato reale della struttura***
- ***prevedere il comportamento futuro***
- ***supportare decisioni tecniche***
-

4. I SENSORI: LA NASCITA DELLA STRUTTURA OSSERVABILE





Le strutture diventano sistemi che **parlano**.

Attraverso:

- ***sensori a fibra ottica (FBG)***
- ***estensimetri***
- ***inclinometri***
- ***piezometri***
- ***sistemi satellitari***

ogni deformazione, variazione, movimento viene registrato.

5. L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

I dati raccolti vengono elaborati da sistemi intelligenti che:

- riconoscono anomalie
- analizzano trend
- prevedono criticità

nasce una nuova figura:

L'INGEGNERE SUPPORTATO DAI DATI

. IL CAMBIO DI PARADIGMA

PRIMA

- ***sicurezza = controllo***
- ***manutenzione = intervento***
- ***gestione = emergenza***

OGGI

- ***sicurezza = conoscenza continua***
- ***manutenzione = previsione***
- ***gestione = strategia***

DALL'EMERGENZA ALLA PREVISIONE

7. APPLICAZIONI REALI

Ricostruzione post-sisma

- ***Accumoli***

- ***L'Aquila***
- ***cantieri innovativi***

Palazzo Mannetti – L'Aquila

- ***Digital Twin***
- ***manutenzione predittiva***
- ***integrazione università–cantiere***

Infrastrutture strategiche

- ***ponti***
- ***dighe***
- ***gallerie***

Territori fragili

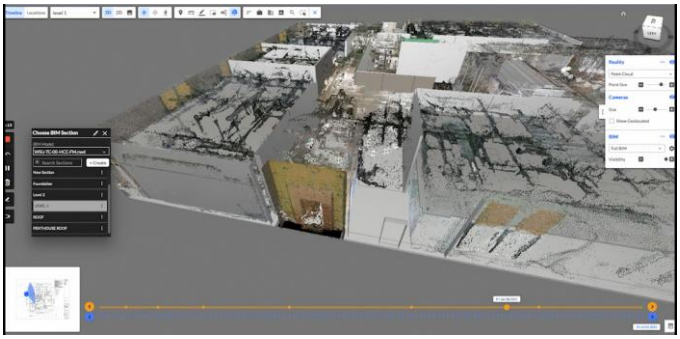
- ***frane***
- ***versanti instabili***

Ogni versante non monitorato è una emergenza futura

8. IL CANTIERE INTELLIGENTE







Il cantiere evolve in sistema intelligente:

- ***sopralluoghi digitali***
- ***analisi IA immagini/video***

- ***controllo continuo qualità***
- ***gestione dati centralizzata***

il Direttore dei Lavori diventa:

UN REGISTA DEL SISTEMA

9. IL METODO

1. ***Progettare***
2. ***Monitorare***
3. ***Conoscere***
4. ***Prevedere***

la struttura non è più un oggetto, ma un **processo nel tempo**

10. IMPATTO STRATEGICO

L'Italia è:

- ***fragile***
- ***complessa***
- ***unica***

Serve un modello nazionale basato su:

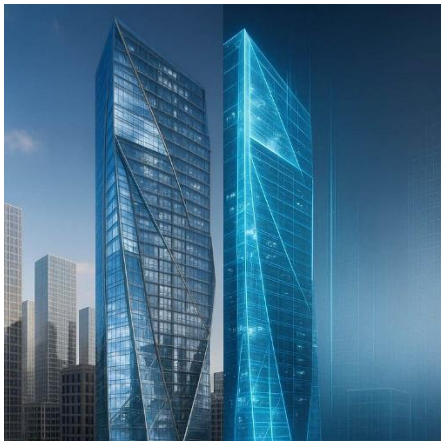
- ***Digital Twin territoriale***
- ***monitoraggio diffuso***
- ***piattaforme integrate***

11. CONCLUSIONI SVILUPPATE

La nascita della nuova ingegneria







UNA SVOLTA CULTURALE

La Cyber–Physical Structural Safety non è tecnologia.

È una nuova cultura.

La sicurezza non è più:

- ***un calcolo***
- ***un collaudo***
- ***una certificazione***

Ma:

UNA CONOSCENZA CONTINUA DELLA REALTÀ

LA STRUTTURA DIVENTA VIVENTE

Le opere diventano sistemi capaci di:

- ***percepire***
- ***comunicare***
- ***evolvere***

la materia si trasforma in informazione.

DALL’INCERTEZZA ALLA CONOSCENZA

L’ingegneria passa da:

- ***ipotesi***
- ***coefficienti***
- ***approssimazioni***

a:

- ***dati reali***
- ***misure continue***
- ***conoscenza progressiva***
-

NON SI IMMAGINA PIÙ — SI OSSERVA

LA MANUTENZIONE CAMBIA NATURA

Da:

- ***intervento dopo il danno***

a:

- ***prevenzione del danno***

nasce la:

MANUTENZIONE PREDITTIVA

IL TERRITORIO DIVENTA INTELLIGENTE

Non solo opere singole.

Ma:

- ***città***
- ***infrastrutture***
- ***versanti***

integrati in un:

DIGITAL TWIN TERRITORIALE

RESPONSABILITÀ NUOVA

Se è possibile monitorare e non lo si fa:

si accetta un rischio evitabile

Questo cambia:

- ***norme***
- ***responsabilità***
- ***governance***

IMPATTO UMANO

Non è solo ingegneria.

È:

- ***sicurezza delle persone***
- ***tutela del patrimonio***
- ***stabilità del territorio***

IL RUOLO DELL'ITALIA

L'Italia può diventare:

LABORATORIO MONDIALE DELLA PREVISIONE

Grazie a:

- ***competenze***
- ***storia***
- ***necessità***

Ing. Diego Dell'Erba

Ingegnere Nucleare — Innovatore, Multidisciplinare

Ingegnere con oltre **50 anni di esperienza sul campo**, protagonista nello sviluppo di soluzioni avanzate per la **sicurezza delle opere di ingegneria** e la **difesa del territorio**.

COMPETENZE CHIAVE

- Ingegneria strutturale e geotecnica avanzata
- Digital Twin territoriale e delle infrastrutture
- Manutenzione predittiva e monitoraggio continuo
- Sensori avanzati (fibra ottica FBG, sistemi integrati)
- Analisi dei rischi e prevenzione dei dissesti
- Direzione lavori in contesti complessi (sisma, frane, infrastrutture)

ATTIVITÀ E VISIONE

Opera in Italia e all'estero con un approccio innovativo:

integra progettazione, monitoraggio e intelligenza dei dati
trasforma le opere da statiche a **sistemi intelligenti e osservabili**
promuove il passaggio da **emergenza a previsione**

È ideatore del modello:

CYBER–PHYSICAL STRUCTURAL SAFETY
Progettare – Monitorare – Conoscere – Prevedere

ESPERIENZE SIGNIFICATIVE

- Interventi strutturali e geotecnici in aree sismiche (Abruzzo, Lazio, Marche)
- Stabilizzazione versanti e fronti rocciosi
- Progetti innovativi con sistemi di monitoraggio integrato
- Collaborazioni con Università e centri di ricerca (La Sapienza, Tor Vergata, Roma Tre, ENEA, altri)

MISSIONE

Diffondere una nuova cultura ingegneristica:

il territorio va ascoltato prima che crolli
ogni struttura deve essere **monitorata, compresa e prevista**

"L'ingegneria non interviene dopo il danno.
L'ingegneria vera lo prevede."