NASCE UNA NUOVA FRONTIERA

Nasce così una **nuova frontiera** dell'ingegneria:

CYBER-PHYSICAL STRUCTURAL SAFETY

ideata dall'Ing. Diego Dell'Erba



STRUTTURA FISICA — DIGITAL TWIN — INTELLIGENZA ARTIFICIALE

MISURA — **PREVEDE** — ANTICIPA LE CRISI

PRIMA CHE SIA TROPPO TARDI

- **Opere monitorate** in tempo reale
- **Memoria strutturale** evolutiva
- **Decisioni** sicure e tempestive

È CYBER-PHYSICAL STRUCTURAL SAFETY

NASCE UNA NUOVA FRONTIERA DELL'INGEGNERIA

CYBER–PHYSICAL STRUCTURAL SAFETY

Ideata dall'Ing. Diego Dell'Erba

1. IL CONTESTO: UNA SFIDA NON PIÙ RINVIABILE

Negli ultimi decenni, il territorio italiano e internazionale è stato segnato da eventi che hanno evidenziato con forza un limite strutturale dell'ingegneria tradizionale:
la sicurezza delle opere è stata troppo spesso considerata una **condizione statica**, verificata in fase di progetto e raramente aggiornata nel tempo.

Terremoti, frane, crolli infrastrutturali e degrado progressivo delle opere dimostrano invece che la sicurezza è un **processo dinamico**, soggetto all'evoluzione delle condizioni ambientali, dei materiali e delle sollecitazioni.

Il modello basato sull'emergenza non è più sufficiente.
È necessario un cambiamento radicale:
passare dalla reazione alla previsione.

2. L'ESPERIENZA PROFESSIONALE COME BASE DEL CAMBIAMENTO

In oltre cinquant'anni di attività, l'Ing. Diego Dell'Erba ha operato come progettista e Direttore dei Lavori in Italia e all'estero, contribuendo alla realizzazione di opere complesse:
gallerie, ponti, porti, infrastrutture viarie e altri interventi di consolidamento.

L'esperienza maturata nei cantieri, in particolare nelle aree colpite da eventi sismici, ha evidenziato una necessità fondamentale:
le opere non possono essere considerate concluse con la loro realizzazione, ma devono essere **seguite, osservate e comprese nel tempo**.

Questo approccio è stato sviluppato attraverso:

- l'integrazione con Università e centri di ricerca
- l'impiego di tecnologie avanzate di monitoraggio
- l'introduzione di strumenti digitali nella gestione dei cantieri

- il contributo alla formazione accademica attraverso tesi applicate su casi reali

3. IL LIMITE DELL'INGEGNERIA TRADIZIONALE

L'ingegneria classica garantisce la sicurezza attraverso:

- modelli di calcolo
- verifiche normative
- coefficienti di sicurezza

Tuttavia, questi strumenti si basano su condizioni iniziali e su ipotesi semplificate.

Nel tempo reale, le opere:

- invecchiano
- si deformano
- interagiscono con l'ambiente
- subiscono eventi imprevisti

Ne deriva che la sicurezza non è una proprietà immutabile, ma una **condizione evolutiva**.

4. LA SVOLTA: NASCE LA CYBER–PHYSICAL STRUCTURAL SAFETY

Da questa consapevolezza nasce un nuovo paradigma:

CYBER–PHYSICAL STRUCTURAL SAFETY

una nuova frontiera dell'ingegneria ideata dall'Ing. Diego Dell'Erba.

Essa si fonda sull'integrazione continua di tre domini:

- **la struttura fisica** (l'opera reale)
- **il Digital Twin** (il suo modello digitale dinamico)
- **l'Intelligenza Artificiale** (capace di analizzare, apprendere e prevedere)

5. IL PRINCIPIO FONDAMENTALE

La sicurezza strutturale non è più un dato iniziale,
ma il risultato di un equilibrio dinamico tra:

- stato dell'opera

- azioni ambientali
- conoscenza derivante dal monitoraggio continuo

Nasce così il concetto di:

MEMORIA STRUTTURALE

Ogni opera diventa un sistema che:

- registra il proprio comportamento nel tempo
- accumula dati
- costruisce una storia tecnica evolutiva

6. IL PROCESSO OPERATIVO

Il modello si articola in un ciclo continuo:

1. **Misura** – acquisizione dati (sensori, rilievi, immagini, FBG, ecc.)
2. **Integrazione** – organizzazione e archiviazione strutturata
3. **Simulazione** – aggiornamento del Digital Twin
4. **Previsione** – analisi evolutiva tramite IA
5. **Decisione** – interventi mirati e tempestivi

Questo processo trasforma l'opera in un sistema **osservato e governato nel tempo**.

7. APPLICAZIONE IN CANTIERE: DAI VERBALI DIGITALI ALLA GESTIONE INTELLIGENTE

Nei cantieri più recenti, questo approccio ha trovato applicazione concreta attraverso:

- introduzione di **verbali di sopralluogo digitali**
- integrazione con controlli tradizionali "de visu"
- acquisizione sistematica e tracciabile delle lavorazioni
- utilizzo di immagini e video analizzati con supporto IA

Il controllo del cantiere passa così:
da episodico → a continuo
da soggettivo → a tracciabile
da statico → a evolutivo

8. DALLA MANUTENZIONE REATTIVA ALLA MANUTENZIONE PREDITTIVA

Il risultato più rilevante è il passaggio da:

- **manutenzione reattiva** (intervenire dopo il danno)
  a
- **manutenzione predittiva** (intervenire prima della crisi)

L'ingegneria diventa così capace di:

- individuare segnali deboli
- anticipare fenomeni di degrado
- prevenire collassi

9. UNA NUOVA RESPONSABILITÀ DELL'INGEGNERE

L'ingegnere non è più solo progettista e costruttore,
ma diventa:

- osservatore permanente dell'opera
- interprete dei dati
- decisore consapevole nel tempo

10. CONCLUSIONI: DALL'EMERGENZA ALLA PREVISIONE

La **Cyber–Physical Structural Safety** rappresenta un passaggio storico:

- dall'ingegneria statica → all'ingegneria dinamica
- dalla verifica iniziale → al controllo continuo
- dall'emergenza → alla previsione

È una visione che mette al centro:

- la sicurezza delle persone
- la tutela del patrimonio costruito
- la responsabilità tecnica verso il futuro

UNA NUOVA INGEGNERIA È GIÀ IN ATTO

Un’ingegneria che non aspetta il disastro,
ma lo previene.

Un’ingegneria che integra fisico e digitale.

Un’ingegneria che costruisce memoria, conoscenza e sicurezza nel tempo.

È QUESTA LA NUOVA FRONTIERA

CYBER–PHYSICAL STRUCTURAL SAFETY

Ing. Diego Dell’Erba