BER–PHYSICAL STRUCTURAL SAFETY (CPSS)

Dalla progettazione BIM alla gestione intelligente dei cantieri nella ricostruzione post-sisma 2016

Ing. Diego Dell'Erba – revisionato con ChatGTP

ABSTRACT

La sicurezza delle opere di ingegneria non può più essere considerata una condizione statica verificata esclusivamente in fase di progetto, ma deve essere interpretata come un processo dinamico, evolutivo e tempo-dipendente.

Il presente contributo introduce il paradigma della **Cyber–Physical Structural Safety (CPSS)**, fondato sull'integrazione continua tra struttura fisica, modellazione BIM, Digital Twin, sistemi avanzati di monitoraggio e intelligenza artificiale.

Un elemento centrale del lavoro è il passaggio dalla progettazione tradizionale a una **progettazione integrata orientata al ciclo di vita**, in cui il modello strutturale nasce già predisposto per la gestione futura dell'opera.

L'approccio viene sviluppato attraverso applicazioni reali nei cantieri della ricostruzione post-sisma 2016, con particolare riferimento al **cantiere MARINA di Colleposta (Accumoli)**, configurato come **cantiere laboratorio**, realizzato con il contributo dell'Impresa Appaltatrice **- Cricchi Costruzioni S.r.l.** d Antrodoco - Rieti

1. INTRODUZIONE

Le opere di ingegneria interagiscono costantemente con ambienti complessi caratterizzati da:

- degrado dei materiali
- variabilità geotecnica
- azioni ambientali e sismiche

In tale contesto, i modelli tradizionali basati su verifiche statiche risultano limitati.

Si impone una nuova visione:

la sicurezza deve essere **monitorata, aggiornata e prevista nel tempo**

Nasce così la **Cyber–Physical Structural Safety (CPSS)**, che integra progettazione, costruzione e gestione in un unico sistema evolutivo.

. DALLA PROGETTAZIONE BIM AL DIGITAL TWIN

Uno degli elementi innovativi del paradigma CPSS è l'evoluzione della progettazione strutturale.

Progettazione BIM evoluta

Il progetto strutturale viene sviluppato in ambiente **BIM**, non solo come rappresentazione geometrica ma come:

- modello informativo integrato
- contenitore di dati strutturali e prestazionali
- base per simulazioni evolutive

Il BIM non è più solo progettazione, ma **infrastruttura digitale dell'opera**.

Integrazione con Digital Twin

Il modello BIM costituisce la base per la costruzione del **Digital Twin**, che evolve durante:

- fase di cantiere
- esercizio dell'opera
- manutenzione

Il Digital Twin integra:

- dati reali di monitoraggio
- aggiornamenti continui
- scenari previsionali

Il progetto diventa così un sistema **vivo e dinamico**.

Progettazione orientata alla manutenzione predittiva

Fin dalla fase progettuale vengono introdotti:

- punti di monitoraggio
- strategie di acquisizione dati

- parametri di controllo nel tempo

L’opera nasce già predisposta per essere **osservata e interpretata nel suo ciclo di vita**.

3. ARCHITETTURA DEL SISTEMA CPSS

Il sistema CPSS si basa su un ciclo chiuso:

- acquisizione dati
- modellazione
- analisi
- previsione
- decisione
- azione

Il sistema è **auto-adattivo** e si aggiorna continuamente grazie al feedback tra realtà fisica e modello digitale.

4. SISTEMI DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio rappresenta il livello operativo della CPSS.

Tecnologie utilizzate:

- sensori a fibra ottica (FBG)
- estensimetri e inclinometri
- rilievi digitali
- verbali digitali

Il dato diventa continuo, oggettivo e tracciabile.

5. IL CANTIERE COME SISTEMA INTELLIGENTE

Nei cantieri della ricostruzione post-sisma 2016, il paradigma CPSS trasforma radicalmente il concetto di cantiere .

Il cantiere evolve in:

sistema informativo dinamico
nodo operativo del Digital Twin

5.1 IL CANTIERE MARINA DI COLLEPOSTA: CANTIERE LABORATORIO

Il **cantiere MARINA**, nella frazione di Colleposta (Accumoli), rappresenta un caso emblematico.





Cantiere Marina Fabri e Colleposta – Comune di Accumoli - Rieti

Realizzato con il contributo dell'**Impresa Cricchi Costruzioni S.r.l.**, costituisce un esempio concreto di:

tra progettazione BIM, Digital Twin e gestione intelligente del cantiere

Innovazioni operative

Nel cantiere sono stati introdotti:

- verbali digitali integrati ai controlli tradizionali
- acquisizione sistematica di immagini e dati
- archiviazione strutturata delle informazioni
- connessione tra dati di campo e modello digitale

Gestione del cantiere con Intelligenza Artificiale

L'intelligenza artificiale consente:

- analisi automatica delle lavorazioni
- identificazione di criticità
- supporto alle decisioni tecniche

Il cantiere diventa **capace di osservare, apprendere e supportare il processo decisionale**.

Evoluzione del ruolo dell'impresa

L’Impresa Cricchi Costruzioni S.r.l.:

- partecipa attivamente alla digitalizzazione
- contribuisce alla produzione del dato
- integra esecuzione e controllo

L’impresa evolve in **parte integrante del sistema informativo**.

6. DISCUSSIONE

Il paradigma CPSS introduce una trasformazione sistemica:

- progettazione → gestione del ciclo di vita
- costruzione → produzione di dati
- manutenzione → previsione

Il caso del cantiere MARINA dimostra la **concretezza operativa del modello**.

7. CONCLUSIONI

La Cyber–Physical Structural Safety rappresenta una nuova frontiera dell’ingegneria:

a sicurezza diventa un processo continuo
il progetto diventa sistema dinamico
il cantiere diventa piattaforma informativa

L’integrazione tra:

- **BIM**
- **Digital Twin**
- **monitoraggio continuo**
- **intelligenza artificiale**

consente di passare da una logica reattiva a una **gestione predittiva della sicurezza**.

Le applicazioni nei cantieri della ricostruzione post-sisma — e in particolare il **cantiere MARINA di Colleposta** — dimostrano che questo approccio è già realtà.

Il futuro dell’ingegneria è nella capacità di **anticipare il comportamento delle opere prima che il rischio si manifesti**.