

GEMELLO DIGITALE DI UNA DIGA IDROELETTRICA

G. Longhin, G. Batistela, T. Forti, F. L. G. Santos, J. R. C. Pires, L. Melegari, L. Genzano

Le centrali idroelettriche rappresentano la più importante fonte di elettricità in Brasile, esse costituiscono una fonte di energia pulita che non produce residui o inquinamento durante la sua vita operativa, tuttavia lo stoccaggio di grandi quantità di acqua può rappresentare un rischio per le città a valle.



Sebbene le possibilità di incidenti siano ridotte, il loro impatto potrebbe essere catastrofico. Pertanto, il monitoraggio delle strutture è fondamentale per avere un funzionamento sicuro. Questo lavoro si concentra sul monitoraggio della sicurezza strutturale della centrale elettrica di Foz do Chapecó. L'impianto è installato sul fiume Uruguai, al confine tra gli stati di Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Brasile, la struttura è costituita da una diga in roccia con nucleo asfaltico e sfioratori in calcestruzzo. La struttura dello sfioratore è lunga 350 metri e alta 60 metri con 15 paratoie. La struttura è modellata con il Metodo degli Elementi Finiti in 3D, con l'intera struttura nella stessa maglia, che comprende gallerie, contatto con fondazione rocciosa e giunti di dilatazione. Le aperture dei cancelli a livello dell'acqua a monte e le sottopressioni di fondazione dovute alla percolazione sono i carichi sul modello. Il risolutore è implementato sulla libreria NeoPZ FEA di SimWorx, che fornisce una varietà di morfologia degli elementi, diversi spazi di approssimazione e tecnologie di adattamento della rete.

Gli spostamenti ottenuti dalle simulazioni vengono confrontati con la cronologia degli spostamenti dello sfioratore misurata da vari sensori. Nella fase successiva, nel sistema saranno integrati anche una stazione totale robotica (RTS) e alcuni sensori ancora da installare. Lo stato di sollecitazione-deformazione strutturale del gemello

digitale è ottenuto con l'analisi FEM. Eventuali aggiornamenti sulle letture dei sensori innescano una nuova simulazione. Sono disponibili anche input manuali per scenari what-if. Il monitoraggio consiste in dati in tempo reale recuperati da una serie di sensori (letture di pressione e stress) sensori di assestamento e da una RTS (stazione totale robotica). L'intera struttura è costituita da uno sfioratore in cemento armato con 15 porte, una diga in roccia con nucleo in asfalto di 598 metri di lunghezza per 48 metri di altezza e una diga in roccia con nucleo in argilla di 200 metri di lunghezza per 33 metri di altezza. SimWorx sviluppa la sua libreria FEM chiamata NeoPZ, Devloo, una libreria C++ orientata agli oggetti, con tecnologie come spazi di approssimazione, mesh non strutturate, parallelizzazione, multi-morfologia, adattabilità delle mesh H, P e H-P.

Le pressioni idrostatiche vengono applicate sulle facce a valle e a monte delle strutture. Le letture delle valvole di pressione impostano lo stato corrente della diga per ciascuna simulazione. I cancelli non sono inclusi, al loro posto vengono applicati carichi equivalenti direttamente alle zone che sostengono i loro cardini, considerando il livello dell'acqua a monte e sulle aperture dei cancelli in altezza.

Lo sfioratore e la diga principale vengono simulati separatamente, nel modello Sfiatore, questa regione riceve una pressione del terreno dalla diga, mentre nella simulazione della diga è considerata come regione limitata di spostamenti con condizioni al contorno di Diri-

Figura 1. Risultati di simulazione di un Gemello Digitale

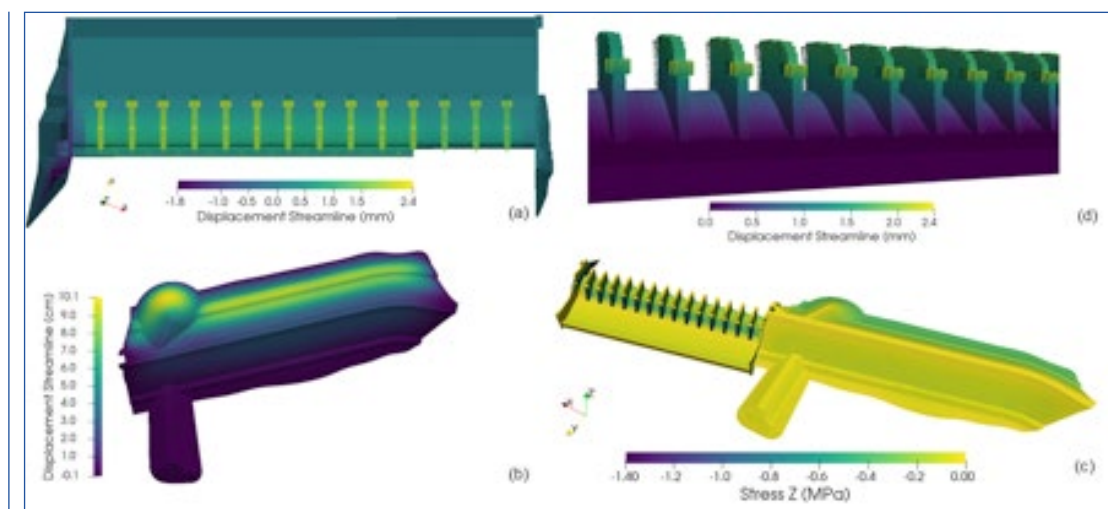
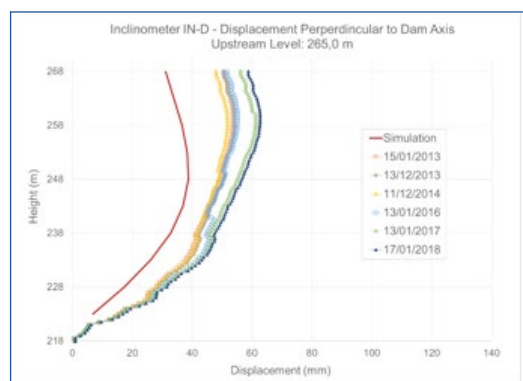


Figura 2. Confronto tra spostamenti calcolati e misurati al centro della diga

Sezione E (MPa)		
Fine transition/core	100.0	0.20
Coarse transition	100.0	0.20
Fine rockfill	50.0	0.25
Coarse rockfill	35.0	0.25

Table 1. Parametri del materiale di diverse sezioni della diga



chiet nella direzione normale di contatto. Il modulo di Young del calcestruzzo (E) per lo sfioratore è di 21800 MPa e il coefficiente di Poisson (ν) è 0,20. I parametri dei materiali secondo le sezioni della diga sono stati ottenuti dai documenti di progetto e sono rappresentati nella Tabella 1. Lo strato centrale asfaltico viene trascurato data la sua scarsa influenza sugli spostamenti complessivi. Il peso proprio delle strutture viene utilizzato come pre-sollecitazione poiché le misurazioni dei sensori sono date dalla differenza tra lo stato attuale e lo stato di fine costruzione, in cui la struttura è deformata dal peso proprio ma il serbatoio deve ancora essere riempito. Considerando un livello dell'acqua a valle di 264,0 m e un livello dell'acqua a monte di 223,0 m. Gli spostamenti risultanti dello sfioratore sono mostrati nella Fig. 1(a) e 1(b). La Fig. 1(c) mostra gli spostamenti della diga principale. La sollecitazione nella direzione z è mostrata in Fig.1(d). La figura 2 mostra gli spostamenti ottenuti dall'inclinometro IN-D, installato nella regione centrale della diga, per un livello a monte di 265m i corrispondenti spostamenti calcolati in questa regione. Sebbene la distribuzione degli spostamenti sia letti sia calcolati sia simile, questi ultimi sono più piccoli. Ciò può

essere dovuto agli spostamenti iniziali del consolidamento rockfill, non considerati nel modello. I risultati di Digital Twin sembrano promettenti nel far corrispondere le letture di dati reali al comportamento strutturale. Confermando la sua importanza come strumento per simulare scenari di interesse per l'operatore. Le implementazioni future includono l'accoppiamento con più sensori e un'installazione RTS. Insieme agli spostamenti, le sollecitazioni della fondazione verranno confrontate con le letture dei piezometri. Gli spostamenti e le sollecitazioni relativi possono essere utilizzati nel modello, insieme alla variazione del livello del serbatoio.

Ringraziamenti

Il lavoro riportato in questo documento è stato eseguito come parte di un progetto di ricerca e sviluppo interdisciplinare. Gli autori riconoscono il finanziamento e il sostegno finanziario delle società Ceran - Companhia Energética Rio Das Antas SA, Enercan - Campos Novos Energia SA, Foz Do Chapecó Energia SA, sotto la supervisione di ANEEL - The Brazilian Regulatory Agency of Electricity, Project number PD-00642 -1304/2018.