COSTRUZIONE, CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE DINAMICA DI UN MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI A PARTIRE DA TECNOLOGIA UAV: IL CASO DI RIDRACOLI

Ing. Giulia Buffi gbuffi@romagnacque.it Servizio Ottimizzazione Gestione Fonti Idriche Romagna Acque Società delle Fonti S.p.A.



CULTURA DELL'INNOVAZIONE IN RISPOSTA AI CAMBIAMENTI CLIMATICI Sistema idrico in Romagna: visione, competenze e nuovi servizi

Teatro Galli, Piazza Cavour, 22 – Rimini, 03 maggio 2022



Motivazioni



- ✓ Sicurezza e mantenimento efficiente
- ✓ Ridotta accessibilità di grandi opere
- ✓ Approcci innovativi
- ✓ UAV Unmanned Aerial Veliche droni
- Elevata accuratezza e dettagli strutturali
- ✓ Comportamento locale degli elementi



Obiettivi



- Validazione tecnica UAV
- ✓ modellazione solida 3D di un sistema diga
- Influenza delle procedure di modellazione dei giunti verticali
 - Procedura di calibrazione dei parametri di smorzamento alla Rayleigh





Outline: la diga ad arco-gravità di Ridracoli



Massima altezza:	103.5m
Lunghezza coronamento:	432.0m
Capacità:	33Mm3
Massimo spessore (fondazione):	36m
Minimo spessore (coronamento):	10m



Integrated Survey System

✓ Total Station; Gps Station; Laser Scanner



✓ UAV – Unmanned Aerial Vehicle



✓ Marker Placement





Validazione della UAV dense point cloud



✓ Densità dei punti

 Analisi delle coordinate dei punti





Analisi per linee

✓ Analisi per superfici





- ✓ Geometria di progetto della struttura
- DEM Digital
 Elevation Model –
 dell'area







✓ Batimetria del lago



UAV - Unmanned Aerial Vehicle dense point cloud





 Unione dei dati in formato puntuale, orientati nel sistema di riferimento Gauss-Boaga



Modellazione solida 3D del sistema diga

 Estrazione di punti significativi dalla UAV dense point cloud





✓ Creazione di **polisuperfici chiuse**





Modello 3D del sistema diga



- elementi C3D4 per ammasso roccioso e struttura e AC3D4 per l'acqua
- ✓ Legame costitutivo elastico lineare per ammasso roccioso e struttura in analisi lineari
- In analisi dinamiche, Ed > Es

	E _s (kPa)	<i>E_d</i> (kPa)	<i>E′</i> (kPa)	<i>E_u</i> (kPa)	v	ρ (t/m³)	K (kPa)	ζ
Ammasso Roccioso	-	-	4.80·10 ⁷	$2.17 \cdot 10^7$	0.25	2.635	-	0.05
Cls <mark>dei blocch</mark> i	3.07·10 ⁷	3.70·10 ⁷	-	-	0.20	2.470	-	0.02
Ma <mark>lta dei giunti</mark>	2.20·10 ⁷	2.65·10 ⁷	-	-	0.20	2.100	-	0.02
Acqua	-	-	-	-	-	1.000	2.15·10 ⁶	-

Analisi statiche elastiche lineari: peso proprio, spinta idrostatica e carico termico

Confronto spostamento monte-valle

<u>Pendolo diretto</u> $\Delta d_y = 0.025m$ $\frac{\text{Modello FEM}}{\Delta d_v} = 0.021 \text{m}$

Analisi Modali: confronto delle procedure di modellazione del corpo diga

Modelli	Giunti Veritcali	Giunto del <i>Pulvino</i> di fondazione
(a) Monolithic m.	Surfaces-based tie constraint	Surface-based tie constraint
(b) Surface-to-surface joint m.	General-contact interaction with normal and tangential b.	Surface-based tie constraint
(c) Solid element joint m.	Solid elements	Surface-based tie constraint

Analisi Modali: confronto delle procedure di modellazione del corpo diga – forme modali

Vibrodyne test

FE solid element joint model

f₁=2.82 Hz

f₁=2.75 Hz

f₂=2.84 Hz

f₃=3.80 Hz

f₃=3.58 Hz

Analisi Modali: calibrazione dei parametri di smorzamento alla Rayleigh

$$\mathbf{C} = \alpha \mathbf{M} + \beta \mathbf{K} \implies \zeta_k = \frac{\alpha}{2\omega_k} + \frac{\beta\omega_k}{2} \implies \zeta_i = \zeta_j = \overline{\zeta}$$

Rock mass					Dam structure					
Frequencies		uencies Damping parameters			Frequ	iencies	Da	Damping parameters		
mode	f(1/s)	ζ	a (1/s)	β (s)	mode	f (1/s)	ζ	a (1/s)	β (s)	
1	3.49	0.05	0.1780	0.0140		3.31	0.005	0.0205	0.0012	
2	3.63	0.06	0.2136	0.0168	2	2.22	0.010	0.0410	0 0000	
3	3.80	0.07	0.2492	0.0197	Z	3.32	0.010	0.0410	0.0023	
4	4.21	0.08	0.2848	0.0225	3	4.47	0.020	0.0820	0.0046	
5	4.23	0.09	0.3204	0.0253	4	5.38				
6	4.39				5	6 59				
7	4.50				5	0.09				
					6	7.41				
					7	7.88				

Analisi dinamiche elastiche lineari: calibrazione dei parametri di smorzamento alla Rayleigh

Analisi dinamiche elastiche lineari: calibrazione dei parametri di smorzamento alla Rayleigh ammasso roccioso

Analisi dinamiche elastiche lineari: calibrazione dei parametri di smorzamento alla Rayleigh ammasso roccioso

Analisi dinamiche elastiche lineari: calibrazione dei parametri di smorzamento alla Rayleigh struttura della diga

Analisi dinamiche elastiche lineari: calibrazione dei parametri di smorzamento alla Rayleigh struttura della diga

Conclusioni

- Un rilievo topografico tradizionale è ancora necessario
- La tecnica UAV si adatta molto bene alla ricostruzione solida 3D di grandi dighe
- È stata proposta una procedura di calibrazione dello smorzamento alla Rayleigh;
- Modelli semplificati possono descrivere il comportamento dinamico globale;
- Modelli soifisticati investigano lo stato di conservazione della struttura e verificano importanti discontinuità.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

