

Misure ad alta frequenza a supporto della modellazione fisica delle opere di scarico della diga di laminazione di Pratolungo

Mancini M.¹, P. Gianoli², G. Ravazzani¹, A. Ceppi¹, D. Curti¹, C. Corbari¹, A. Zasso¹, G. Ciraolo², S. Meucci³

¹ Politecnico di Milano. Piazza Leonardo da Vinci, 32 Milano – e-mail: marco.mancini@polimi.it

² Università di Palermo. Viale delle Scienze, Palermo

³ MMI srl, via Daniele Crespi, 7 Milano

SOMMARIO

La modellazione fisica delle opere di scarico delle dighe è ed è stato da sempre argomento ricco di fascino sviluppato nei laboratori di idraulica e costruzioni idrauliche delle università, che ha avuto nel tempo una sensibile riduzione sia per la diminuzione della costruzione di nuove opere, sia per lo sviluppo della modellistica numerica ma anche per i costi e il tempo che questi modelli fisici richiedono investigando campi maturi della ricerca di settore e come tali meno attrattivi di altri. Tuttavia la modellazione fisica dello scorrere dell'acqua attraverso le opere di regolazione di un'opera di sbarramento, continua a esercitare un fascino particolare sullo studioso dei moti delle acque rendendo possibile osservare e capire, forse in modo unico, i principali processi di moto sia nel dettaglio delle specifiche geometrie che nell'insieme dell'impianto e, cosa importante, permette di verificare le ipotesi su cui si basa la modellistica numerica.

Nell'ambito delle diverse prove su modello fisico richieste dalla normativa dighe per le opere di scarico regolazione di un'opera di sbarramento, il lavoro affronta alcune verifiche specifiche su opere di sfioro e dissipazione, condotte con strumenti ad alta frequenza di misura di pressione, di forza e di velocità e affronta il ruolo della progettazione del modello fisico per la misura delle variabili di interesse.

L'opera in esame è la vasca di laminazione di Pratolungo (Roma) costituita da una struttura mista composta da un rilevato in terra di circa 10 m di altezza sul piano campagna, con un volume di invaso di 4.5 milioni di m³, una larghezza di circa 400 m che abbraccia tutta la larghezza della valle, interrotta da una struttura centrale in CLS armato di circa 60 m comprendenti le opere di scarico e regolazione oggetto del presente lavoro.

Il modello fisico delle opere di scarico e regolazione è stato progettato in similitudine di Froude con una scala geometrica di 1/25, rapporto che come ben noto deriva da considerazioni sulla: rappresentatività dei processi, accuratezza e tipologia delle misure, spazi di laboratorio, portate di alimentazione e non ultimi costi di realizzazione.

Per la misura della velocità sono stati utilizzati 3 strumenti A.D.V. (Acoustic Doppler Velocimeter) Vectrino. Questo strumento usa 2 onde separate di trasmissione e ricezione e permette l'acquisizione ad alta frequenza (200 Hz) delle 3 componenti di velocità.

Sono state analizzati i diagrammi delle pressioni sui cigli di sfioro allo scopo di verificare la regolarità della vena di sfioro e la non sussistenza di valori negativi. Le pressioni sono misurate in frequenza (100 Hz) tramite dei trasduttori di pressione che grazie alle dimensioni compatte possono essere inseriti all'interno delle strutture lignee del modello fisico.

L'analisi delle forze esercitate dai denti del bacino di dissipazione è stata condotta utilizzando sia un trasduttore di pressione ad alta frequenza (dello stesso tipo usato per le misure sul profilo di sfioro) posizionato sulla presa di un tubo di pitot inserito su un singolo dente di dissipazione, sia con misure delle forze acquisite con una bilancia dinamometrica in grado di misurare le forze nelle componenti x, y e z ed i rispettivi momenti, la cui installazione ha richiesto non poche attenzioni. La bilancia è stata applicata ad una piastra che supporta cinque

elementi di dissipazione e posizionata al di sotto del modello ligneo in modo da evitare le interferenze con il flusso.

La forza valutata tramite la misura di pressione sul singolo dente di dissipazione, estesa per moltiplicazione ai 5 elementi della piastra di misura, mostra valori inferiori della forza integrale misurata tramite la bilancia dinamometrica. Questa differenza è proprio da ricercarsi nella maggiore rappresentatività della misura integrale condotta con la bilancia, che tiene in considerazione l'effetto complessivo di trascinamento idrodinamico tra i vari denti di dissipazione.

La differenza delle due misure è imputabile al coefficiente di drag della struttura di dissipazione (piu' denti) che può essere valutato sulla base della eguaglianza fra la spinta agente su un singolo dente di dissipazione determinata dal calcolo derivante dalle misure di pressione dinamica e quella misurata con la bilancia dinamometrica.

In particolare, si è considerata la forza F_2 sui denti di dissipazione calcolata come:

$$F_2 = \frac{1}{2} \rho v^2 C_D A$$

in cui A è l'area della sezione verticale dei 5 denti costituenti la piastra di misurazione, C_D è il coefficiente di drag e v è la velocità in corrispondenza del dente di dissipazione.

La velocità v è stata determinata a partire dall'altezza di pressione totale rilevata con il tubo di Pitot, distinguendo fra la componente statica coincidente con il tirante idrico, P_0/γ , misurato tramite asta graduata e quella dinamica, sono la relazione:

$$\frac{P}{\gamma} = \frac{P_0}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

Invertendo la relazione si è così potuto calcolare:

$$v = \sqrt{\left(\frac{P}{\gamma} - \frac{P_0}{\gamma}\right) 2g}$$

Uguagliando l'equazione della spinta dinamica, F_2 , con il valore misurato tramite la bilancia dinamometrica, è stato possibile ricavare il coefficiente di drag¹ secondo la relazione:

$$C_D = \frac{2F_2}{\rho v^2 A}$$

Nella tabella seguente vengono mostrati i risultati ottenuti.

Table 1 Valori delle forze misurate e definizione del coefficiente di drag..

portata	modello				prototipo				Coefficiente di drag [-]
	h statica dente [cm]	h cinetica dente [cm]	v [cm/s]	S misurata [N]	h statica dente [m]	h cinetica dente [m]	v [m/s]	S misurata [kN]	
Q = 119 mc/s (38 l/s)	11.6	8.4	128.1	3.10	2.91	2.09	6.4	48.3	1.57
Q = 275 mc/s (73.3 l/s)	11.0	7.2	118.9	3.30	2.75	1.80	5.9	51.9	1.96
Q = 315 mc/s (100.8 l/s)	13.3	12.0	153.2	4.65	3.33	2.99	7.7	72.4	1.64
Q = 345 mc/s (110.5 l/s)	11.5	12.4	156.2	4.75	2.88	3.11	7.8	74.55	1.63

¹ Cengel Yunus, John M. Cimbala, Fluid Mechanics Fundamental and application, Mc Graw- Hill, 2006.